平成23年度
資料第１号

北海道の米づくり

[2011年版]

2011年(平成23年6月)

北　　海　　道
道総研農業研究本部
ホクレン農業協同組合連合会
社団法人 北海道米麦改良協会

は　じ　め　に

北海道の稲作は、北海道では米づくりが不可能といわれていた明治初期に、中山久蔵によって稲作の試作が行われて以来約140年が経過しました。この間、北海道の自然環境に即した特性を持った水稲の品種改良や栽培技術の開発などにより、ピークの昭和44年には十勝・オホーツク地域も含め、26万６千haに達しました。

その後、米の生産調整開始による作付面積の大幅な減少や、食糧法の制定などにより米の流通体制の変革など、北海道米には厳しいものとなりました。そのため、農業試験場には米の品種改良や栽培技術の改善、農業団体等では流通施設等の整備などを行い、その時々のニーズにマッチした米の生産・販売に努めてきました。特に食味については、育種関係者の大変な御努力により、多くの良質良食味米を輩出し、さらに生産技術の向上と生産者の努力とも相まって、「おいしさ」をアピールした北海道米の販売展開が可能となりました。

このような中にあって、㈶日本穀物検定協会が実施する食味ランキングにおいては、平成22年産の「ななつぼし」と参考品種としての「ゆめぴりか」が、北海道で初めて最高ランクである「特Ａ」の評価を得たこともあり、食味においても名実ともに府県の銘柄米に肩を並べるまでとなりました。

また、米を取り巻く状況としては、米によるモデル事業を経て、平成23年度から農業者戸別所得補償制度がスタートしたことなどにより、飼料用米などの「非主食用米」の作付増加が見込まれるほか、近年、省力低コストな直播栽培面積が増加するなど、経営面・生産面で選択の幅が拡大してきており、多様な米づくりに対応した高度な稲作技術が従前にも増して求められております。

「北海道の米づくり」は、平成元年に作成されて以来、改訂版と合わせ地域の指導者や、多くの関係者の間で活用され、今日の北海道稲作の生産体制の形成・発展に寄与してまいりましたが、前回の発行から10年以上が経過し、水稲の新品種や栽培技術の高度化等に加え、大きな変革が進む米の情勢に的確に対応するため、全面的に改訂することとしました。

今後においても、多様化が進む米の生産・流通に、生産者と関係機関・団体が一丸となって、取り組み、北海道稲作の更なる発展を図るために、本書が広く活用されることを期待しております。

平成23年６月

北海道農政部長　羽　貝　敏　彦

発刊にあたって

米の需要は依然として減少傾向にあり、米に係わる制度が生産調整から戸別所得補償制度に大きく転換したものの、過剰作付けの解消が進まないため需給状況が緩和基調で推移し、価格水準は低迷が続いております。

この冊子の編集作業が行われている最中の2011年（平23）３月11日、宮城県沖を震源とするM9.0という巨大地震が発生し、北海道から千葉県に至る太平洋岸では未曾有の大津波に見舞われ、少なくとも２万㌶以上の水田が被災し、海水流入による塩害や漂流物･土砂などの流入、水田そのものの地割れ、液状化、隆起や陥没などの被害があり、さらに農道、用排水路、揚水機場などへの被害、それに東京電力福島第一原子力発電所の事故による放射性物質の飛散に伴う作物や土壌汚染地域の拡大など、本年や来年以降の水田耕作がどの程度できるかどうか心配されます。

このような状況の中で、本年の米穀年度の供給には問題無いとする見方が一般的ですが、来季の米不足が心配されています。現に一部産地の米価格が上昇してきたり、備蓄米の動向など不確実な状況が生まれてきており、米をめぐる情勢は混沌としてきています。

さて北海道米は、「優良米早期開発試験プロジェクト」が発足し30年目を迎え着実にその食味レベルをあげてきており、2010年産（平22）の「ななつぼし」、作付けがまだ少ないため参考品種としての「ゆめぴりか」が、日本穀物検定協会の食味ランクで北海道初の「特Ａ」ランクに評価されるまでになり、本州のブランド米と肩を並べる水準となりました。また、「きらら397」を代表とする業務用米の供給地としても評価されています。北海道内のお米の食率も良食味品種の「ほしのゆめ」「ななつぼし」「おぼろづき」「ふっくりんこ」「ゆめぴりか」の開発によりほぼ80％に達するなど、北海道内においても道産米に対し高い評価を得るまでになってきました。

しかしながら、2009年（平21）の冷害、2010年（平22）のいもち病の多発のように、安定供給を図る上ではまだまだ総合的な技術対策を実行することが望まれています。

本会では、北海道や道立農業試験場の協力を受けて、北海道稲作の技術書・教科書ともいうべき「北海道の米づくり」の冊子を1989年（平１）、2001年（平13）と刊行し稲作技術の指導者等に広く活用されてきました。

その後10年が経過し、米をめぐる情勢も変化し、新品種・新技術も開発されたこともあり、内容を見直して改訂することになり、編集発行の運びとなりました。

作成に当たりましては、北海道農政部食の安全推進局農産振興課、道総研中央農業試験場のご指導により章立てと執筆者の推薦、編集方針を決めていただき、北海道農政部の稲作関係の職員や普及指導員、道総研の研究員諸氏に執筆いただきました。写真や図表を多用していただき、内容の豊富なものになったと自負いたしております。ご執筆いただいた方々のご苦労に深く感謝の意を表します。

良質で食味の良い米の安定生産と生産費低減に向けて本書を活用いただくことで、北海道米の評価をさらに高め、稲作経営の向上に寄与できるものと確信しております。

社団法人　北海道米麦改良協会

会長理事　佐　藤　俊　彰

Ⅰ　米を巡る情勢と将来方向

１　不足から過剰へ

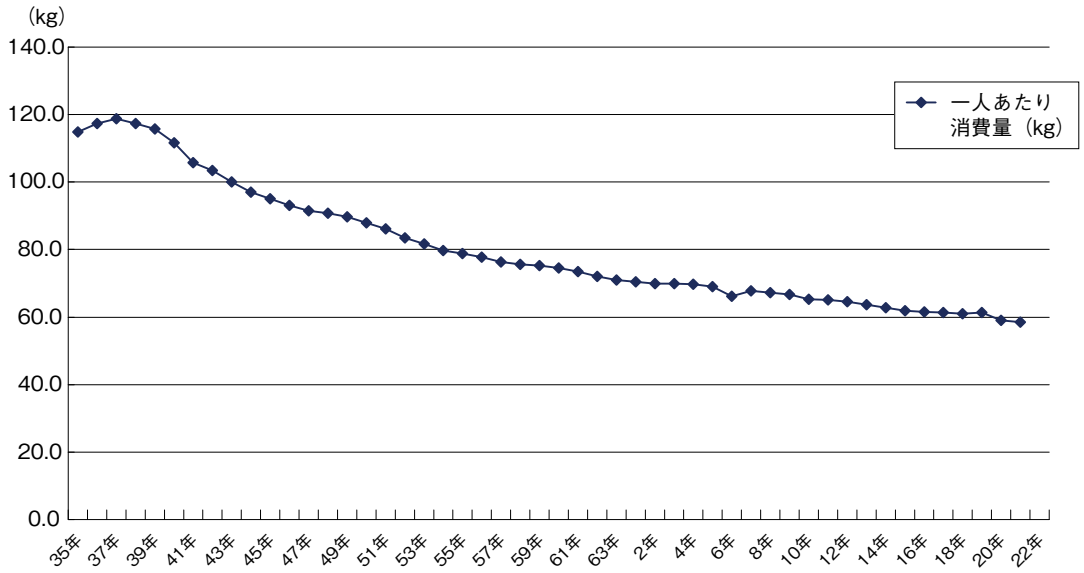
日本は、「瑞穂の国」と称されるが、国民の主食が米と雑穀から文字通り米となったのは、明治以降のことである。明治から昭和初期までは、本土内の生産だけでは必要な米が不足していたため、台湾や朝鮮半島に米の相当量を依存する体制が続いた。

また、戦後（1945年・昭20以降）になっても海外からの引き上げや、現在の団塊世代のベビーラッシュによる急激な人口増などに伴い、毎年100万ﾄﾝ程度の外米輸入を行わざるを得ない状況が続き、さらに、冷害による不作などが続いたが、1967年（昭42）にはようやく1,445万ﾄﾝの米が生産され、初めて国民が必要とする米の全量を国産で満たせるようになった。

このように､我が国は､米の自給を可能とするために明治以降（1870年頃）100年を要したが､一方で皮肉なことに、戦前には150kg程度あった国民一人当たりの米の年間消費量が、戦後には横ばいとなり、1962年（昭37）に118kgを記録して以降急激に低下し、1969年（昭44）には97kgと100kgを割ることとなった。

また、1967年（昭42）以降連続して豊作が続き、米は一転して「不足」から「過剰」に転じたことから、1969年（昭44）には実験的に、また翌1970年（昭45）からは本格的に生産調整が開始され、現在まで形を変えながらも続くこととなった（表Ⅰ-１）。

米の一人当たり消費量は、その後も減少を続け、2009年（平21）では58.5kgまで低下（図Ⅰ－１）するとともに、生産技術の向上や新品種の開発などによる単収の増加により、以降40年間、冷害等による一時的な需給の逼迫があったものの、米の供給過剰基調は現在まで続いており、この過剰対策が農政上の大きな課題となっている（図Ⅰ-２）。

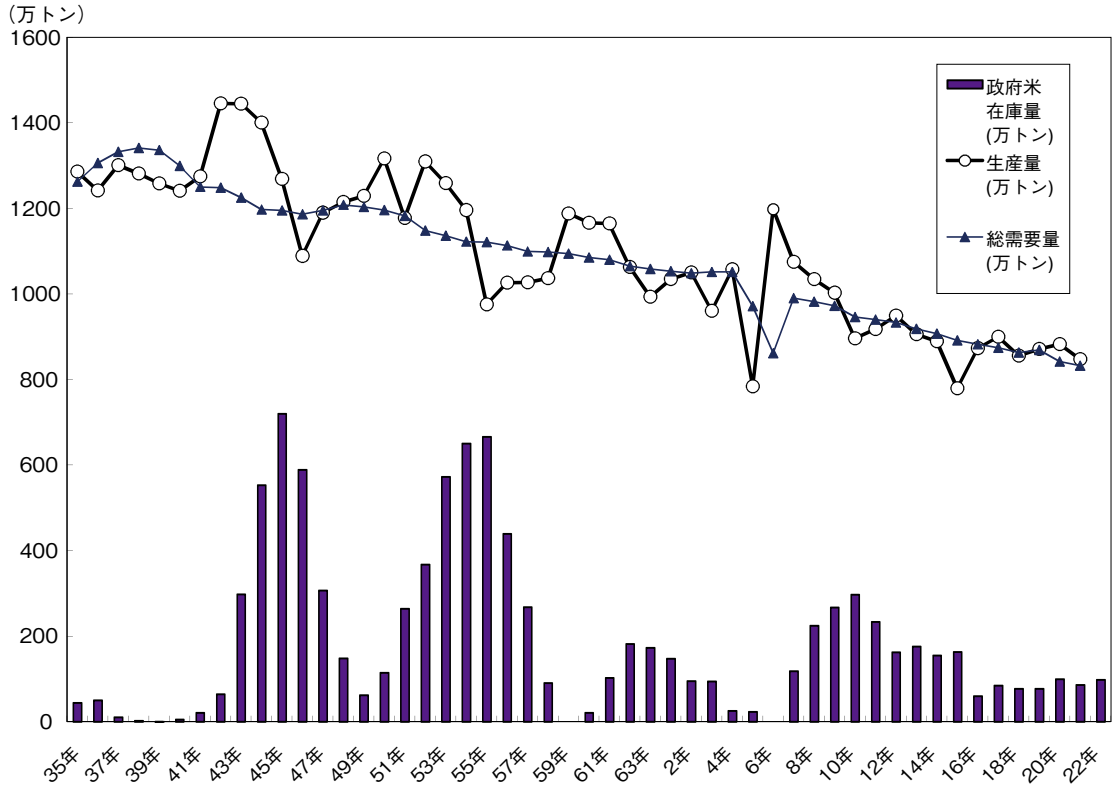


図Ⅰ－１　一人当たり米消費量の推移

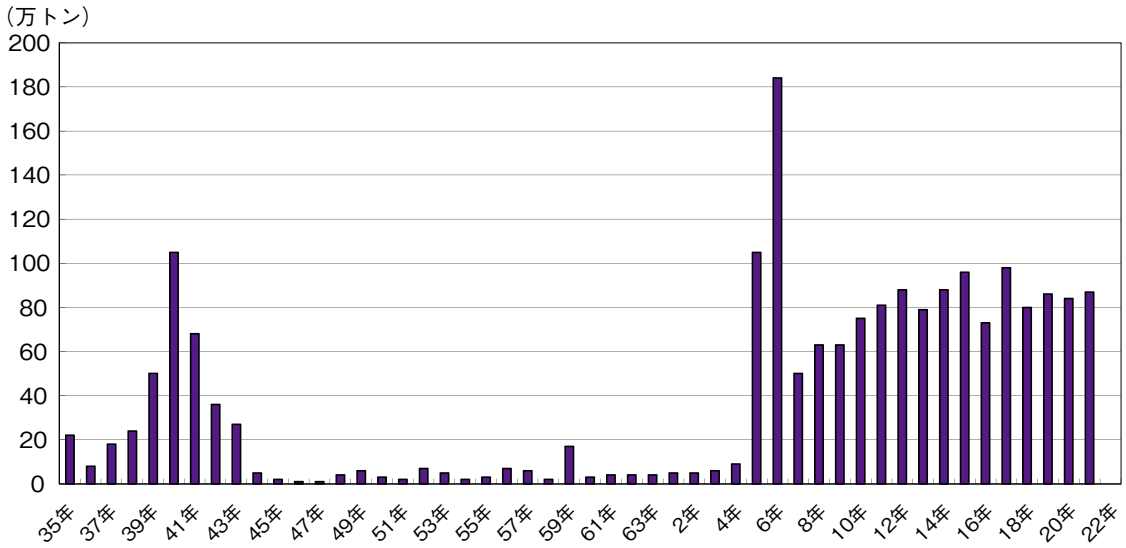
表Ⅰ－１　転作等目標面積（数量）及び水稲作付面積の推移

対策名		年度	転作等目標面積（数量）<内示>				水稲作付面積(ha)			
			全国	都府県	北海道	割合	全国	都府県	北海道	割合
米生産調整対策		昭和45	1,000,000t	913,300t	86,700t	8.7%	2,836,000	2,629,600	206,400	7.3%
米生産調整及び稲作転換対策		昭和46	2,300,000t	2,080,700t	219,300t	9.5%	2,626,000	2,435,600	190,400	7.3%
		昭和47	2,150,000t	1,930,700t	219,300t	10.2%	2,581,000	2,426,900	154,100	6.0%
		昭和48	2,050,000t	1,830,700t	219,300t	10.7%	2,568,000	2,422,700	145,300	5.7%
		昭和49	1,180,000t	805,400t	374,600t	31.7%	2,575,000	2,509,100	165,900	6.4%
		昭和50	900,000t	654,200t	245,800t	27.3%	2,719,000	2,533,500	185,500	6.8%
水田総合利用対策		昭和51	195,000ha	130,920ha	64,080ha	32.9%	2,741,000	2,535,800	205,200	7.5%
		昭和52	195,000ha	131,450ha	63,550ha	32.6%	2,723,000	2,526,700	193,300	7.1%
水田利用再編対策	1期	昭和53	391,000ha	302,180ha	88,820ha	22.7%	2,516,000	2,340,800	175,200	7.0%
		昭和54	391,000ha	302,180ha	88,820ha	22.7%	2,468,000	2,295,400	172,600	7.0%
		昭和55	535,000ha	425,020ha	109,980ha	20.6%	2,350,000	2,195,800	154,200	6.6%
	2期	昭和56	631,000ha	513,530ha	117,470ha	18.6%	2,351,000	2,106,000	145,000	6.2%
		昭和57	630,360ha	512,890ha	117,470ha	18.6%	2,350,000	2,085,100	144,900	6.2%
		昭和58	600,000ha	483,160ha	116,840ha	19.5%	2,246,000	2,098,900	147,100	6.5%
	3期	昭和59	600,000ha	483,360ha	116,640ha	19.4%	2,290,000	2,135,300	154,700	6.8%
		昭和60	574,000ha	462,510ha	111,490ha	19.4%	2,318,000	2,154,100	163,900	7.1%
		昭和61	600,000ha	483,360ha	116,640ha	19.4%	2,280,000	2,121,700	158,300	6.9%
水田農業確立対策	前期	昭和62	770,000ha	643,370ha	126,630ha	16.4%	2,123,000	1,973,000	150,000	7.1%
		昭和63	770,000ha	643,370ha	126,630ha	16.4%	2,087,000	1,938,100	148,900	7.1%
		平成元	770,000ha	643,370ha	126,630ha	16.4%	2,076,000	1,927,800	148,200	7.1%
	後期	平成２	830,000ha	692,960ha	130,440ha	15.7%	2,055,000	1,908,700	146,300	7.1%
		平成３	830,000ha	692,960ha	130,440ha	15.7%	2,033,000	1,887,900	145,100	7.1%
		平成４	700,000ha	582,258ha	112,040ha	16.0%	2,092,000	1,929,800	162,200	7.8%
水田営農活性化対策		平成５	676,000ha	570,110ha	100,290ha	14.8%	2,127,000	1,954,400	172,600	8.1%
		平成６	600,000ha	501,410ha	92,990ha	15.5%	2,200,000	2,024,200	175,800	8.0%
		平成７	600,000ha 80,000ha （指標面積）	501,410ha 71,030ha （指標面積）	92,990ha 8,700ha （指標面積）	15.5% 10.9%	2,106,000	1,942,800	163,200	7.7%
新生産調整推進対策		平成８	677,000ha （787,000ha）	594,270ha （680,100ha）	82,730ha （106,900ha）	12.2% （13.6）	1,967,000	1,812,200	154,800	7.9%
		平成９	673,000ha （787,000ha）	590,220ha （680,100ha）	82,780ha （106,900ha）	12.3% （13.6）	1,944,000	1,789,700	154,300	7.9%
緊急生産調整推進対策		平成10	963,000ha	842,480ha	120,520ha	12.5%	1,793,000	1,651,000	141,700	7.9%
		平成11	963,000ha	842,480ha	120,520ha	12.5%	1,786,000	1,650,500	138,500	7.8%
水田農業経営推進対策		平成12	963,000ha	842,480ha	120,520ha	12.5%	1,763,000	1,628,100	134,900	7.7%
		平成13	1,010,000ha	877,650ha	132,350ha	13.1%	1,700,000	1,578,000	122,000	7.2%
		平成14	970,000ha	839,390ha	130,610ha	13.5%	1,683,000	1,562,800	120,200	7.1%
		平成15	1,020,000ha	885,750ha	134,250ha	13.2%	1,660,000	1,542,200	117,800	7.1%

（注）1990（平成２）年度以降の転作等目標面積の都道府県別の内訳と全国計は一致しない。
1974（昭和49）年度以降の全国及び都府県の水稲作付面積には、沖縄県を含む。
都府県の水稲作付面積は、全国と北海道の差により算出した数字。
1996～1997（平成８～９）年度の（　）内は、水田営農活性化対策ベース。



図Ⅰ－２　米の全体需給の推移



図Ⅰ－３　　米の輸入数量の推移（加工用含む）

２　米の全量管理を基本とした食糧管理法時代

米は、我が国において、食生活上の主食として、また、農業生産面においても基幹作物として最も重要な食糧、かつ作物となっている。

明治以降、米は、自由な市場流通に委ねられていたが、1918年（大正７）には諸物価の高騰や投機思惑、地主の売り惜しみ等が連鎖して空前の高値を呼び、全国的にいわゆる「米騒動」を引き起こした。

このため国は、自由流通を前提としながらも需給及び価格の安定については政府が介入する

こととし、1921年（大10）に「米穀法」を、1933年（昭８）には「米穀統制法」を制定したが、十分な効果を上げることが出来ず、1940年頃（昭10代半ば）の米不足と戦時経済への移行を契機に、政府が米の流通を直接管理下に置くことを内容とした諸規制を制定し、1942年（昭17）にはこれらを補強した「食糧管理法」（以下、「食管法」という。）が制定された。

食管法は、成立した時代背景を反映し、生産者に対しては生産した米穀の政府への売り渡し義務を課すとともに、流通面では「配給制」を公平かつ効率的に実施するため、流通業者を国の代行機関と位置付け、生産者から政府、政府から消費者までを単線的に結びつけ、それ以外の流通を禁止するという極めて厳格な手法を内容としており、戦時経済の下に制定された食管法は、戦後も米の生産と流通・消費制度を維持する目的でそのまま引き継がれた。

その後、米をめぐる経済的・社会的実態が大きく変化するのに対応し、消費者ニーズがそれまでの量的充足から質的充足へと変化しつつあったことを踏まえ、政府を経由しない米の流通として1969年（昭44）から自主流通米制度が導入され、1987年（昭62）には、生産者が消費者に一定量の米を直接販売できる特別栽培米制度が導入されるなど、その時々の状況に合わせ、制度の改正・運用改善により対応してきた。

３　食糧法の制定と新たな米政策

1986年（昭61）から７年余りにわたって実施されてきた、ガット・ウルグアィ・ラウンド農業交渉において、1993年（平５）12月に、「米は関税化を行わず、輸入割当制度と国家貿易制度を維持する代わりに、最大で国内消費量8％相当量のミニマム・アクセス米の輸入を受け入れる」という農業合意が成立した。

また、全国的な低温多雨に見舞われた1993年（平５）産米の作況指数は、1920年代後半（昭和）以降では、1945年（昭20）の67に次ぐ74という結果となり、1991年（平３）の不作以後、当時の持ち越し在庫水準が低く、1993年（平５）10月末には３万㌧であったことなどから、米不足が社会的な大問題と化し、いわゆる「平成米騒動」となった。このため、政府は、米国・豪州・中国及びタイから合計約259万㌧にのぼる米の緊急輸入を行い、消費者に供給することを余儀なくされた。

こうした状況が重なり、これまで、情勢の変化に改正等で対応してきた食管法も、根本的な対応が必要とされ、「主要食糧の需給及び価格の安定に関する法律」（以下、「食糧法」という。）が1994年（平６）11月に制定し、翌1995年（平７）11月から関係政省令と併せ、施行された。

食糧法は、米の需給及び価格の安定を図ることを基本としつつ、生産者の自主性を活かした稲作生産の体質強化、市場原理の導入や規制緩和を通じた流通の合理化を図ることを目的としており、具体的には、

①国が米需給の基本計画を策定し、生産調整の円滑な推進や備蓄運営等により、全体需給を調整

②自主流通米及び政府米を「計画流通米」と位置づけ、従来「やみ米」（不正規流通米）とされていたものを「計画外流通米」とし、数量の届出を要件に自由販売を可能とするなど、流通規制を緩和

③自主流通米を米流通の基本とし、入札を通じて取引の指標とすべき適正な価格形成が図られるよう、価格形成施設を制度上位置付け、また、政府米の価格決定に当たっても、自主流通米価格の動向を反映

④政府米は、備蓄の運営とミニマム・アクセスの運用のための機能に限定。などを骨子としている

この食糧法の施行に伴い、特に、それまでの流通規制が大幅に緩和されたが、それと軌を一にするように、1994年（平６）産以降、全国的に豊作が続いたこと、更に国際規約に基づくミニマムアクセス米の増加が重なったことから、米の需給は大幅に緩和し、平成10米穀年度末（1998年10月末）の国産米在庫は370万ﾄﾝと、適正在庫の150±50万ﾄﾝを大幅に上回わるとともに、自主流通米価格が急落したことから、現場では生産調整制度に対し、急速に不公平感が高まって行った。

このため、国は、1997年（平９）11月に、①生産調整の拡大、②自主流通米価格の急激な低落を緩和する稲作経営安定対策、③政府買入数量を政府米販売数量以内とする計画流通制度の運営改善の３つを柱とする「新たな米政策大綱」を決定し、1998年（平10）産からは全国で963千ha（前年の約1.43倍）の生産調整が開始されたが、生産調整への参加・不参加による不公平感や、生産調整面積が拡大しているにも係わらず米価が低下したことなどが重なり、制度に対する限界感が生じた。

2004年度（平16）からは、「米政策改革大綱」（2002年・平14）及び食糧法の改正（「主要食糧の需給及び価格の安定に関する法律等の一部を改正する法律（2003年・平15法律第103号）」）などを受け、「水田農業構造改革対策」（2004年度・平16）が実施され、①従来の行政主体の生産調整システムから、農業者・農業者団体主体によって自主的に生産調整を進めるシステムへの転換（行政サイドは側面からの支援へ移行）、②農業者に指示される生産調整の目標数値について作付面積による配分（ネガ配分）から生産数量による配分（ポジ配分）に変更（ネガポジ転換）となり、最初の３年間は、行政側が生産数量配分に関与したが、2007年度（平19）からは、農業者・農業者団体が主体的に配分をおこなう生産調整が進められた。

また、2010年度（平22）に開始された戸別所得補償モデル対策の導入と同時に、生産調整の非実施者に対するペナルティ措置を廃止し、今までの生産調整非参加者に対し、制度への参加を推進した（２ページ表Ⅰ－１、表Ⅰ－２）

表Ⅰ－２　米の生産調整の実施状況（平成16年度以降）

年度	生産数量目標（需要量情報）（トン）		換算面積（ha）	
	全　国	北海道	全　国	北海道
16	8,574,356	622,320	1,633,211	117,864
17	8,510,362	611,910	1,614,869	115,892
18	8,330,983	594,713	1,574,855	112,210
19	8,284,755	605,900	1,566,116	113,891
20	8,149,720	598,930	1,542,121	112,286
21	8,150,020	605,720	1,542,849	113,430
22	8,130,000	604,510	1,540,000	112,900
23	7,950,000	584,180	1,500,000	109,190

4　所得補償制度の創設

2010年度（平22）は「戸別所得補償モデル対策」、2011年度（平23）には畑作も含めた「農業者戸別所得補償制度」が開始され、米の生産数量目標に従って生産を行なった場合、主食用米の作付けに対して、生産費を補填することを目的に、15千円/10aの交付金が交付されるとともに、当年産の販売価格が標準的な販売価格を下回った場合に、その差額分が交付される仕組みが導入された。

また、食料自給率向上のため、水田を有効活用して、麦・大豆・米粉用米・飼料用米等の戦略作物の生産を行う場合、主食用米並の所得を確保できる水準を直接支払いにより交付されるとともに、地域で助成内容を設定可能なメニュー（産地資金）が措置された。

5　北海道における米生産の将来方向

戦後長く続いた食管法から食糧法に移行して既に15年が経過し、国内における米の流通も、民間ベースでの取引が定着した。北海道米においても、主食用、業務用、加工向けと、生産される米の特徴を生かした生産・販売戦略を展開し、また、良食味米生産に向けた独自の基準を設け、品質別・用途別に仕分けを行うなど、消費者や実需者ニーズに対応した品質管理によって、優位販売に取り組んできている。

近年、戸別所得補償制度の開始などにより、米粉、飼料用等の新規需要米が生産されるようになり、道内の米生産は、用途や経営形態等も含め多様性に富んだ内容となってきている。

このような中で、2009年（平21）４月に「米穀等の取引等に係る情報の記録及び産地情報の伝達に関する法律」（以下「米トレーサビリティ法」という）が公布され、2010年（平22）10月から米穀等の取引き等の記録保存が義務づけられ、2011年（平23）７月からは産地情報の伝達業務が施行となるが、これをきっかけに今後益々、食の安全性に関心が集まることが考えられ、生産者・関係機関・米穀販売団体などが、安全・安心な米の供給に努めていくことが必要となっている。

近年、極良食味系統の品種が開発されるなど、全国的にも北海道米の知名度・評価が高まってきているものの、今後とも、一層の良食味米生産に努め、消費者に対し、より高品質な米を安定的に供給して行くことが求められる。一方、道内における北海道米の食率についても、より一層の向上に向けた活動を展開する必要がある。

戸別所得補償制度の導入により、「売れる米づくり」の定義が、高品質・良食味やクリーン農業への取組だけではなく、米粉・飼料用米等の新規需要米の取組など、多様な形の稲作について選択肢があることが改めて確認された。また、今後、担い手の高齢化や後継者不足を背景に農地の流動化が進み、１戸当たりの経営面積が増加するなど、稲作農家においては、良食味米栽培技術のほかに、低コスト・省力化栽培技術の導入に向けた取組が必要となってくる。

こうした情勢の変化に伴い、「売れる米づくり」に求められる消費者や実需者のニーズについて的確に把握し、必要な技術、品種、販売戦略などについて、農業者をはじめ、関係機関が一体となって取り組むことが重要である。

（北海道農政部食の安全推進局農産振興課）

Ⅱ　北海道稲作の生い立ちと水稲生育の特徴

1　稲作への取り組みと発展・・・品種・栽培法の改良と発展・・・

北海道は積雪寒冷地であるため、稲作の不適地とされていた。近年においてもしばしば低温による冷害が発生し、収量や品質の低下が生じている。ここ数年の北海道米の食味向上は著しく、府県産米に匹敵すると評されるまでになったが、ここまでの歴史的経過を簡単に振り返ってみる。

⑴　稲試作時代

北海道における稲作の始まりは、17世紀後半から18世紀初めにかけて道南で試作され、天候に恵まれた年にはある程度収穫できたようであるが、何年も続くことはなかった。18世紀中ころの30年間は稲作の記録がなく、後半には松前藩によって開田が試みられたが、凶作年が多く廃絶した。この時期までは個人の試みとして水稲の栽培が行われることが多かったようである。

19世紀になると、幕府は直轄地とした道南で大規模な造田を行い、さらに個人での開墾も進んで、1809年には150町歩（150ha）に及んだ。その後、凶作続きと幕府の撤退によって、既存の水田のかなりは荒廃したりヒエの作付けに替わったが、たびたびの凶作や援助が無いにもかかわらず農民の手で守られ、1855年、再び幕府の直轄となったときには115町歩（115ha）の水田が残っていた。その年の作柄が良かったことから、翌年から幕府は積極的に開田を奨励した。

その結果、試作は内陸にも及び檜山、後志、胆振、石狩、留萌などでの記録があり、水田の総面積はおおよそ400町歩（400ha）を上回ったとされる。しかし、1866年の大凶作で内陸部は収穫皆無、渡島でも「白髭」「赤毛」の２品種の種子を残すのみで、その後は明治維新の混乱、1869年の凶作で作付けは衰退したが、1870年（明２）になお350町歩（350ha）の水田が維持されていた。

この時期の栽培技術は、津軽や南部地方とほとんど変わらないようであった。すなわち、品種は津軽や南部から入ったものの中から、1850年代（文久年間）に大野種赤稲（俗に地米赤毛）が選ばれ、安政年間に津軽から「白髭」が移入され、この２品種が北海道稲作の基礎づくりに貢献した。

⑵　稲作拡大期

明治になってからも造田は緩慢で、1891年（明24）の稲作面積2153町歩（2153ha）のうち88％が道南であった。道南での稲作は徐々に安定度を増していったが、道央部では1873年（明６）に広島村の中山久蔵氏が道南の大野村からとりよせた「赤毛」種によって初めて試作に成功してから、石狩地方に稲作が定着するまでに、その後約20年の歳月を要した。

この時期の育苗は、府県で行われていたと同様に、水苗代で育苗した苗を移植するものであった。５月上旬に水田状態の苗代に播種されるが、種籾は府県の郷里から持ち込まれたものが多く、低水温のため発芽ができなかったり、苗腐敗病の発生などで枯れたりした。

また、６月中旬～下旬に移植する栽培体系であったが、苗は弱々しく移植しても活着できないものも多く、収量が低く非常に不安定であった。しかし、稲作に対する農民の執着は強く、

禁止令が出されているにもかかわらず各地で試作が続けられた。府県から導入した品種は、良い結果が得られず不安定であったが、「赤毛」は早熟で北海道でも十分栽培できる特性を持っていた。1890年代（明20代）後半になって、北海道での米づくりが可能と判断され、土工組合、水利組合などが各地に生まれ、潅漑用水路の整備とともに造田が進み、稲作は急激に拡大した。

水田の耕起作業に馬が使われるようになったのは明治後半のようで、耕耘機やトラクタの普及が進む1965年頃（昭40）まで馬耕中心の作業が続いた。

水苗代の栽培法は、５月上旬：苗代播種、６月中～下旬：２～３葉で移植、10月上旬～中旬：刈り取りであった。種籾は布袋に入れ、さらに俵で包んで流水に約７昼夜浸漬し、播種量は坪（3.3㎡）当たり６合程度（1.08ﾘｯﾄﾙ）で、被覆技術はなく苗代の周囲をヨシズで囲って寒風から苗を守った。本田での栽植密度は、府県と同様の正方形植が主体で7.5×7.5寸（22.5×22.5㎝）１株７～10本植であった。

主要な技術指導は、苗生育の遅れが移植の遅れになることから、苗代での苗生育促進のための水管理、１株植本数を多くして栽植株数も多くする、多肥は慎むことなどで、いずれも生育遅延を防ぐための対策であった。

⑶　直播栽培の普及

不安定な水苗代育苗が続いたが、発芽が悪い苗代でそのまま放置された稲が、りっぱに生育して稔実した姿から、1893年（明26）に直接種籾を播く直播栽培が白石村の水稲試作場で最初に試みられ、各地に設置された農業試験場でも試験が行われた。

直播栽培は、水苗代育苗より遅く５月中旬に播種することから、低温の影響を受けにくいうえ、移植に伴う活着による生育停滞がないため、出穂期が遅れず順調に成熟期に達したことから、収量は水苗に劣らず冷害に対する安定性も高かった。

当初は手播きによる散播が主で、１人で１日５～７aぐらいしか播けず、また、雑草が繁茂し刈り取りに多くの労力を必要とした。その後、水田に線を引いたり糸を張ったりした上に10粒程度播種する点播が行われるようになった。この方法では播種量が反(約10a)当たり６升(約10.8ﾘｯﾄﾙ）で、１日３反（約30a）の播種ができた。

1905年（明38）東旭川村の末武安二郎氏によって考案された黒田式直播器（いわゆる「タコ足式直播器」）は、一度に16株、１株当たり20粒程度の播種ができ、手播きの10倍以上の能率があった。水田が増え大面積で人手の少ない北海道にとって、この播種器は救世主として迎えられ、急激に直播栽培が拡大した。

同じころ、手押し式除草器が開発され、除草作業能率を上げるため、播種器の改良が行われタコ足式の基本的な形は同じながら、畦間を広げて株間を狭くしたものが主流となった。手作りのため様式は様々で、株数としては20株程度のものが多かった。

栽培法としては耕起、施肥、整地した後、水を入れて代かきをし、３～４日後に水が澄んでから播種する。直播器の籾のせ台に鳩胸状態の籾を入れ、水が濁らないように静かに足を送って播種した。播種は、風の弱い早朝から、畦が曲がらぬように水糸を張って行われたが、慣れれば水糸を張らずとも隣の播種された籾を見ながら播種できた。

毛（芒）の長い籾では播種作業が難しいため、有芒種の「赤毛」の中から芒のない「坊主」が選抜され、脱芒や播種作業の省力化が図られた。直播栽培は、移植の人手がかからず水苗移植より安定的であったため、1920年代（大正時代末～昭和初期）に、全道水稲栽培面積の80％

を直播栽培が占めるという黄金期を迎えた。

⑷ 畑苗代育苗の誕生と育苗技術の発達

1930年代前半（昭６、７、９、10）立て続けに冷害に見舞われ、直播栽培は生育遅延、稔実不良のため大きな被害を受けた。

ちょうどこの時期、1931年（昭６）和寒村の篤農家松岡氏が、野菜温床で育てた苗の移植により好成績をあげ、翌1932年（昭７）の冷害でも平年並みの収量をあげて、保護苗代育苗（温床育苗）による育苗法が、直播に比べて冷害に強く、収量が大幅に優ることを実証した。しかし、立枯病やムレ苗の発生など、育苗は決して容易ではなかった。

農業試験場の研究の結果、立枯病は種籾と土壌の殺菌を励行することで防ぐことができ、ムレ苗は苗の水分平衡が失われたときに発生することがわかった。対策として、苗床のpHを5.0以下とすること、床土培養により床土を膨軟にするとともに排水を良好にし、床土を過湿にしない水管理、いもち病、馬鹿苗病の種子消毒の励行などを進めた。

温床苗代造成法は、土地を６寸（約18㎝）ほど掘り下げ、その中に新鮮えん麦厩肥及びえん麦から（稈）（稲わらはいもち病の発生源となるので入れない）を醸熱物として混合堆積しながら潅水し水分を与え、よく踏み固めて厚さ４～５寸（12～15㎝）とする。

しかし、潅水で失敗することが多く、潅水量を少なくする指導が行われた。それとともに、２寸（６㎝）ほど掘り下げる簡易温床法や、単に土地を平らにしてその上に木框を置き、床土を入れてつくる冷床育苗法は、育苗の失敗の少ないことがわかった。これらのことから、農家の育苗技術も年とともに徐々に向上していった。

保護苗代育苗は４月下旬に播種でき､保護された苗代で移植時までに十分な生育量を確保し、活着が良く、初期生育量が大きく、生育日数を長くできることで、生育量・収量ともに大きかった。そのため、1930～ '40年代前半（昭10代）には直播栽培に替わって普及し始めた。

しかし、技術はでき上がったが、苗作りの技術指導が間に合わなかったことや、技術習得に時間がかかったことなどで普及は足踏み状態が続いた。大々的に普及したのは戦後（1945年以降・昭20）になってからであった。

木框の上を障子で覆って保温していたが、当初は被覆資材に障子紙を使用し、次に雨に強い油加工紙の利用、さらにビニールフイルムの利用へと移行するとともに、二重被覆技術によって出芽の安定性が増した。また、良い苗が得られやすく苗取りも容易な条播育苗が開発され普及した。畑苗代冷床育苗は、ビニール障子からビニールトンネル育苗へ、さらにビニールハウス育苗へと技術開発が進み、早播き可能な条件ができて、熟苗育苗法が開発されるなど、総合的な育苗管理技術へと進歩していった。

こうした中で、直播栽培は1960年代前半（昭30代後半）にはほとんどなくなった。畑苗代育苗の研究が始まってから50年が経過していた。

⑸ 機械移植栽培の誕生

1960年代前半（昭30代後半）になって、機械移植技術の開発が始まった。当初は苗代で育苗された成苗を移植する方法が検討され、根洗い苗移植機が考案されたが、手間がかかり本格的な実用化には至らなかった。

同時期に、畑や水田を使わず、箱の中で育苗するというまったく新しい考え方で、機械移植

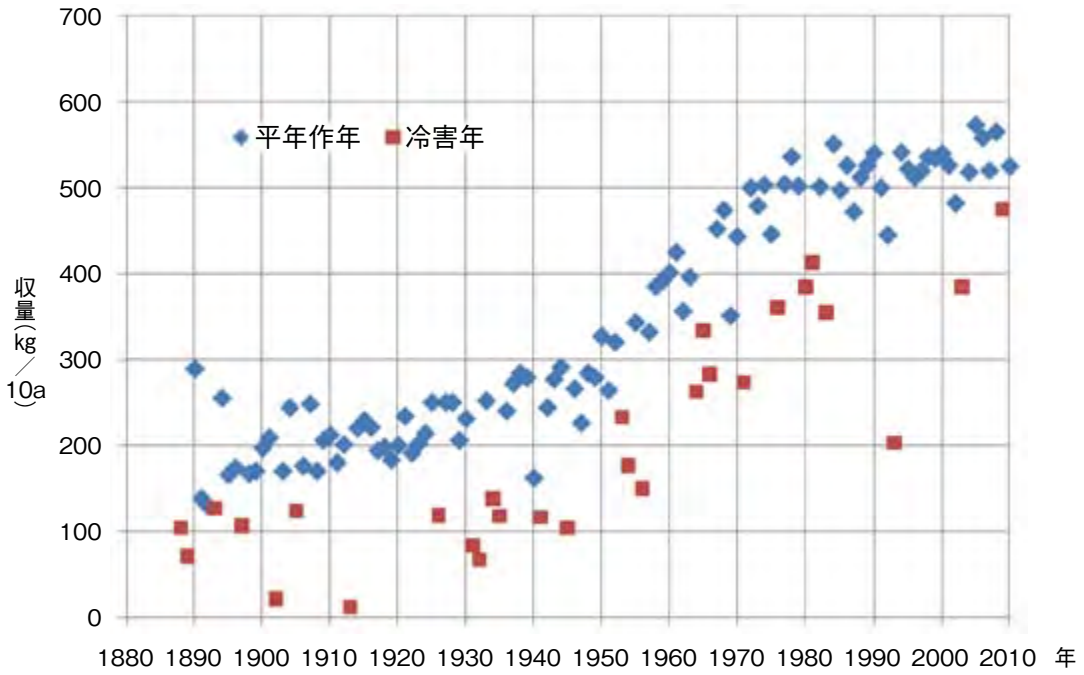
を可能にする技術が開発された。最初は、箱の中に多数の仕切りを入れ、苗の根絡みによって一本の紐状になる「ひも苗」移植方式であったが、ひも状にするのが難しかった。その後、箱に仕切りを入れず箱全体を一枚のマット状とした「マット苗」型式の開発により、実質的な機械移植時代の幕が開いた。その時期の育苗箱の規格（内径28cm×58cm、高さ３cm）が現在も使われている。

機械移植苗の育苗技術は、北海道で普及していた冷床畑苗代育苗技術をそのまま応用できたため、農家への導入は容易であった。同時に、「イシカリ」「ゆうなみ」など早生で多収品種の開発があったことなどから、機械移植栽培は急激に拡大していった。1978年（昭53）には機械移植面積が90％を越え、1980年代後半（昭60代）には、ほぼ全面積が機械移植栽培となった。

稚苗移植栽培でスタートした機械移植も、1976年（昭51）の遅延型冷害が「田植機（稚苗）冷害」といわれたように、稚苗は成苗と比較して生育が遅れる問題があった。そのため、安定性を高める育苗技術の開発が行われ、より葉数の多い苗を使用する中苗機械移植、成苗機械移植栽培法が次々と開発され実用化された。

機械移植栽培の歴史は、田植機の精度向上と育苗技術の開発・変遷そのもので、これは、農業試験場とともに多くの民間技術が開発研究に参入したため、短期間に技術を完成させることができた。不足する労働力を補うため急速に普及が進んで、現在では安定生産技術として定着している。

機械移植の普及は、移植条数の増加、高速化、側条施肥装置などの機能が加わり、性能向上が図られたこと、加えて育苗技術の平準化が進み良質苗が比較的容易に得られるようになったことなどが、優良品種開発と合わせて水稲の収量向上と安定化につながっていった（図Ⅱ－１）。



図Ⅱ－１ 北海道の水稲単収の推移

⑹ 品種開発

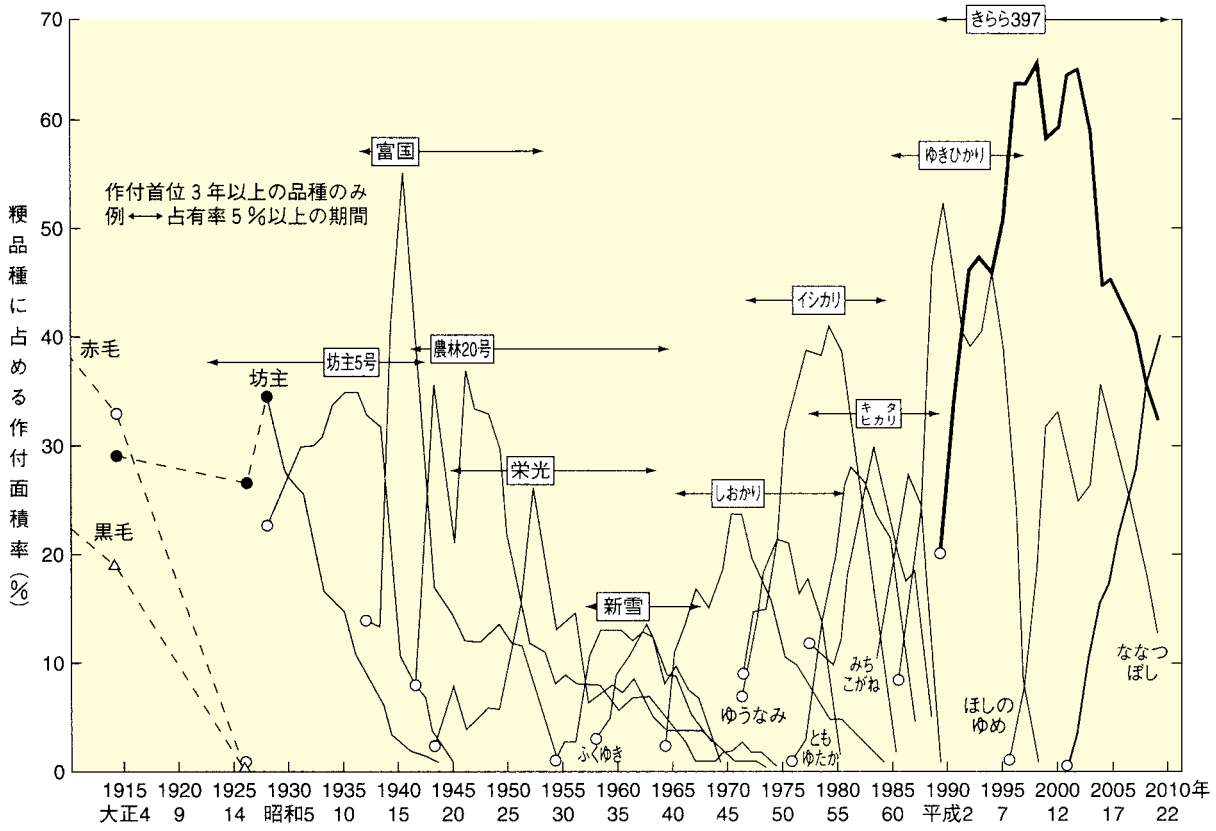
北海道稲作の初期の品種「赤毛」と、それから選抜された「坊主」などは、在来種から篤農

家の手によって育成されたものであった。1919年（大８）以降は、農業試験場が純系分離法を用いて「坊主１、２、５、６号」を育成した。

また、1913年（大２）から開始した人工交雑法による育種の最初の品種として、1924年（大13)「走坊主」が誕生し、「農林９号、11号、15号」と矢継ぎ早に新品種が育成されて稲作の安定性が向上するとともに、稲作の北への拡大に大きく貢献した。

1935年（昭10）に育成された「富国」は､府県品種との交配から生まれた初の中生の品種で、畑苗代育苗に合致した品種であった。「富国」は強稈多けつ、穂首が抜け出ず、葉が短く立ち、耐肥性のある多収品種で、後の「栄光」「ユーカラ」を経て今日に至る北海道水稲独特の草型の走りであった。

その後も「農林20号」「栄光」「新雪」「ふくゆき」「しおかり」などの奨励品種が続々と誕生し、北海道稲作の発展に貢献した（図Ⅱ-２)。



図Ⅱ－２　北海道における主要品種の推移

1970年代（昭40代半ば）から米は生産過剰の時代となり、減反政策が進められるとともに、米の品質・食味の向上が求められるようになった。品種開発も、「イシカリ」などの多収品種の育成から一転して、品質・食味のよい品種の開発が急務となり、1980年（昭55）から水稲育種に関わる道立４農試による「優良米早期開発事業」がスタートし、「ササニシキ」「コシヒカリ」級の食味水準の品種開発を目指すこととなった。

このため、米粒中のアミロース含有率やタンパク質含有率、アミログラムなど米の物理・化学性の測定による、全国で初めての選抜法の導入などにより、「キタヒカリ」を上回る食味水準の「しまひかり」「ゆきひかり」「きらら397」「ゆきまる」「ほしのゆめ」「あきほ」「ほした

ろう」「ななつぼし」が次々に育成され、急速に府県品種の食味レベルに近づき、栽培条件や年次によっては、府県産地を上回るまでになった。さらに「国宝ローズ」由来の育成系統を母本にして､これらの良食味品種とアミロース含有率が同程度の「ふっくりんこ」「ほしまる」が、また「きらら397」の培養変異系統を母本としてアミロース含有率が適度に低い「おぼろづき」「ゆめぴりか」が育成されるなどして、府県の良食味産地と肩を並べる水準に到達した。その結果、2010年（平22）産の「ななつぼし」は道産米として初めて日本穀物検定協会による「特A」の評価を得るようになった（なお､「ゆめぴりか」も参考品種ながら「特A」と評価された)。

一方、用途別の品種として、低アミロースの「彩」「はなぶさ」「あやひめ」が、加工用（冷凍米飯）として「大地の星」が、酒米用として「初雫」「吟風」「彗星」が開発されて現在に至っている。

２．北海道における水稲生育の特徴

⑴　感温性が高く栄養生長と生殖生長が重複

もともとは熱帯性植物である稲が北海道で栽培可能になったのは、耐冷性の強化ばかりでなく稲のそのものの性質の変化があった。

本来、稲は夏至を過ぎて日長が短くなることによって、花芽分化が促進される短日植物である。そのままの日長反応によれば盛夏を過ぎた出穂となり、秋の早い北海道では成熟する前に気温が下がり満足な収量は得られない。そのため、長年の品種改良の中で、一定の積算温度に達したら花芽分化がおこる性質（感温性）を示し、日長に支配されずに早く出穂して成熟する個体が選抜されてきたものと思われる。

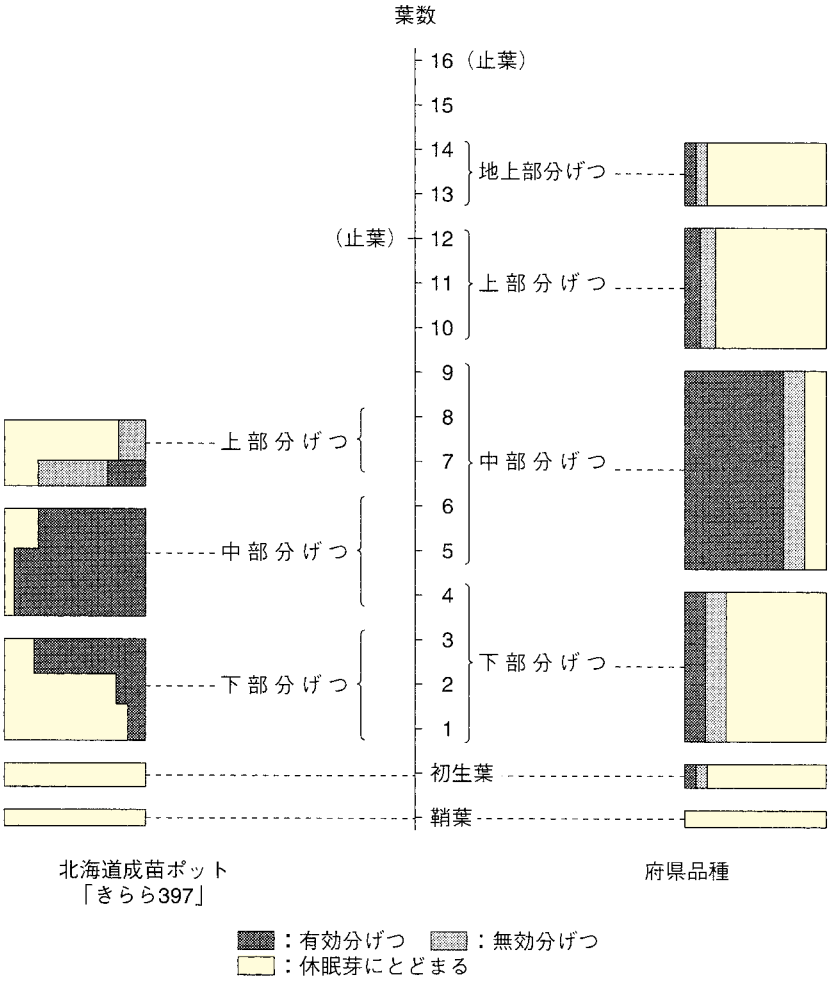
府県品種の多くは栄養生長期間が長く、止葉の葉令が14～16葉である。一方、北海道の品種は10～12葉であり、府県の品種と比較して４枚ほど少なくなっている。１枚の葉が伸長しきるのに５～７日を要するので、葉の数が４枚少なくなることは、計算の上ではほぼ１ヶ月ほど短い日数で止葉に達することになり、出穂期、成熟期も同様に早まる。言い換えるならば、生育期間の温度が低い北海道で成熟するためには、生育日数を短くするため葉数を少なくせざるをえず、一定の温度を獲得したところで花芽分化が行われ、葉の分化が10～12枚で止まってしまったともいえる。このため､分げつの構成や消長は府県のイネとは違ったものになっている(図Ⅱ-３)。

栄養生殖期間では生長点は葉に分化しているが、一定の温度に達すると穂が分化する（花芽分化という)。花芽分化（穂首分化）は幼穂形成期の５日から１週間前であり、これから以降は生殖生長と呼ばれるステージになる。生殖生長が始まり小さな穂が茎の基部に形成され、これを幼穂形成期と呼ぶ。

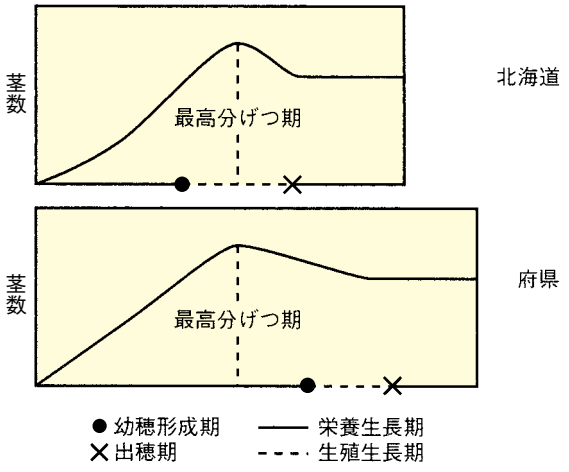
北海道の水稲の幼穂形成期は、６月末から７月上旬になることが多いが、この時期はまだ盛んに分げつが発生しており、生殖生長と栄養生長が重複して進行している。さらに土壌中に吸収できる窒素が多く残っていると、幼穂形成期以降も栄養生長が継続し、盛んに発生したこれらの分げつも穂をつけやすくなる。このように、北海道の稲は幼穂形成期の後に、最も茎数が多くなる最高分げつ期を迎える。

府県の水稲はこれまでも述べたように、短日条件下で花芽分化がおこり、その時期は最高分

げつ期を過ぎてからになる。つまり北海道の稲とは異なり、府県の水稲は栄養生長と生殖生長の重複期間がほとんどなく、このことが府県と北海道の稲の生育相の大きな違いであり、栽培技術対策もそれぞれ違ったものとなる（図Ⅱ－４）。



図Ⅱ－３　府県と北海道の稲の分げつ構成の模式図



図Ⅱ－４　府県と北海道の水稲の茎数の推移と生育期節

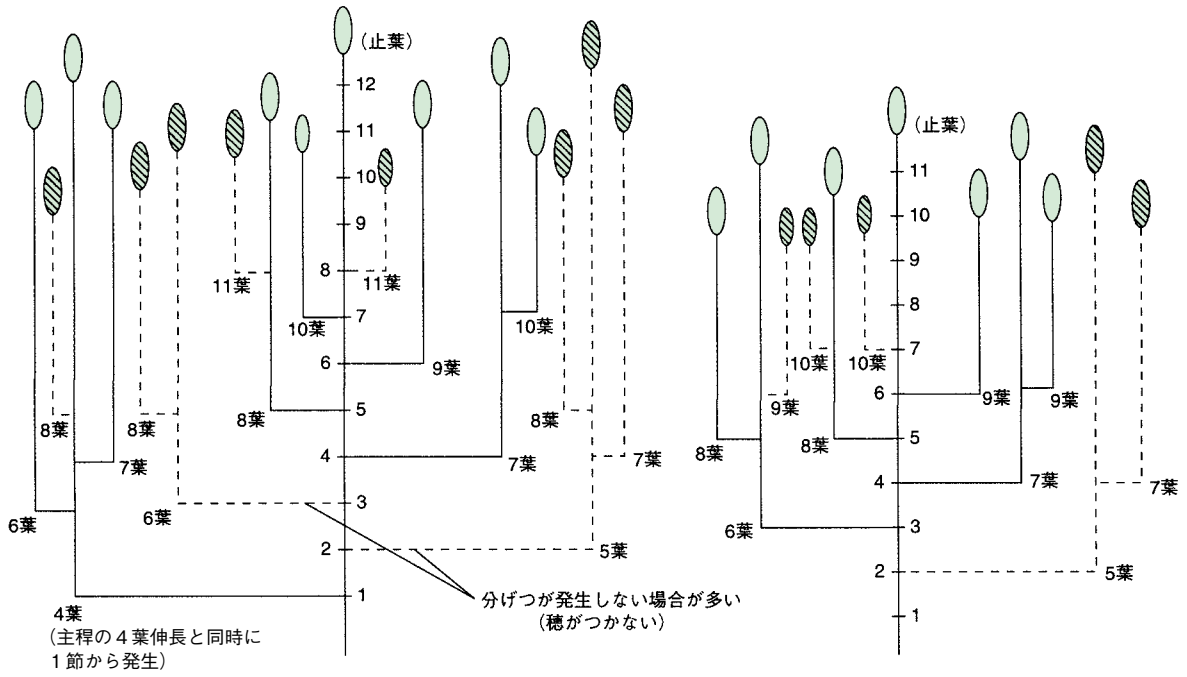
⑵ 収量構成要素の確保は容易、決定要素確保に課題

先に述べたように幼穂形成期の後に最高分げつ期が来るため、生殖生長期に発生した分げつでも、土壌中の窒素条件や気象条件によって穂をつけ、有効茎となることがある。このため目標収量を得るために必要な穂数を比較的容易に確保することができる。幼穂形成期の後に発生した分げつが穂をつけるということは、主茎と遅い茎の間には幼穂形成で10日から２週間の差が生じており、主茎の出穂から穂揃いまでに10日以上かかることになる。つまり、主茎と遅く出穂した穂の登熟の差が著しく大きくなることを意味している。

このように遅い穂が混じり出穂の揃が劣る稲は、籾の成熟が不揃いで登熟歩合が低く、そのため青米や屑米は多く千粒重が小さく品質・収量ともに低くなる。また、収穫では籾の熟度がばらつき、刈り取り適期の判定が難しくなる。

府県の稲の幼穂形成は､有効分げつ終止期を過ぎて発生した分げつが枯れて（無効分げつ化）から、株全体で短期間に斉一に行われるため、穂揃いが良く登熟が揃うため登熟歩合が高く、青米の極めて少ない整粒歩合の高い米が生産される。

北海道の水稲の分げつ構成を調べると（図Ⅱ－５）、１個の種籾から生長した稲が、品質の良い米粒を生産できる分げつ茎数は、せいぜい成苗で８～９本、中苗で５～６本の範囲にある。穂揃いが良く登熟の揃った良質な米を生産するためには、初期生育を良くし幼穂形成期までに必要な茎数を確保するとともに、幼穂形成期以降に発生する分げつを抑えて穂揃いを良くするための対策が必要である。



きらら 397 成苗（成苗ポット）　　きらら 397 中苗（中苗マット）

図Ⅱ－5　きらら397の分げつの発生（左：成苗ポット苗、右：中苗マット苗）

⑶ 登熟気温が低く成熟期が遅くなりやすい

これまで北海道の稲は出穂を早め降霜前に成熟期に達するように品種の早生化や、葉齢の進んだ苗を移植するなど生育を早める対策を行ってきた。しかし、作期のうえで十分な余裕があ

るわけではなく、生育適期幅の短い作期設定になっている。そのため、低温年では生育が遅れ、品質収量の低下を生じやすく、同時に食味に対する影響も大きい。

出穂期は最も気温の高い時期であることから、以降の登熟は気温が低下し続けるなかで行われ、特に９月に入っての気温の低下は顕著となる。出穂後40日間の登熟気温は、750～800℃であることが多く不十分な実態にある一方、府県の登熟気温は900～1000℃である。府県では８～９月の気温が高いため成熟に必要な日数は、一般的に40日程度と短くてすむが、北海道では50～55日かかる。よって、北海道の場合では、年次によって成熟期は降霜の直前という場合も少なくない。そのため、登熟気温を確保するために出穂を早める対策が求められている。

（北海道農政部道南農業試験場技術普及室　上席普及指導員　岩田俊昭）

Ⅲ　水稲地帯別作付け指標と品種特性

1　基本的な考え方

⑴　現在の作付け基準の基本事項

北海道品種の作付けや栽培技術については、1968年（昭43）から稲作地帯を14区分にわけて考えられてきた。しかし、1989年（平元）、商品性の高い北海道米の安定生産と安定供給を目標として、①作付け品種の１ランク早生化による安全出穂期の確保、②一つの品種に対する作付け偏重の回避、③良質・良食味品種の作付け拡大、を基本事項として作付け基準の検討を行った。

⑵　基準作成の考え方

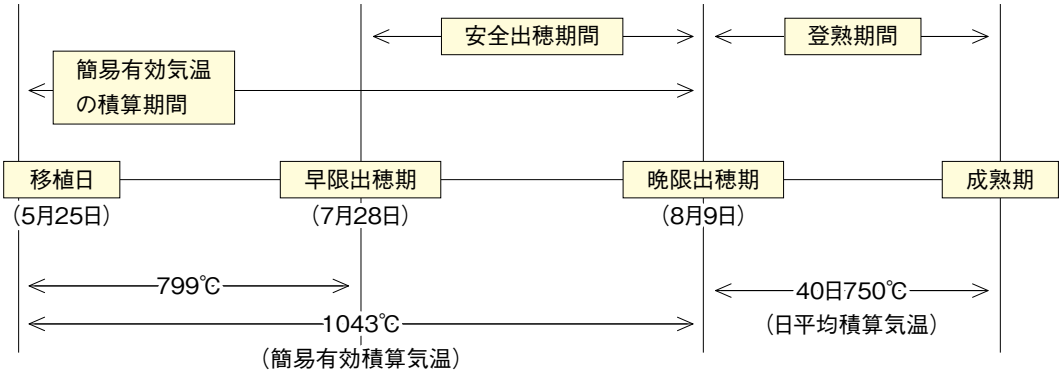
その結果、市町村ごとの安全出穂期を明らかにし、これを基に作付け品種の適正熟期を決定し、品種選定の基本とした。そのため、主として市町村を単位とした平均的気象条件（アメダス、1978～1985年の平均）から晩限出穂期と早限出穂期を確定し、安全出穂期間を導き出した。次に、移植期から限界出穂期までの簡易有効積算気温を確定して限界熟期と適正熟期を導き出した。最終的にこの適正熟期を基盤として、市町村ごとの水田の標高分布などの特殊的立地条件を加味して全道を29地帯に区分し、作付け品種の構成割合を策定した。

⑶　安全出穂期間の設定

①　早限出穂期とは、出穂前24日以降30日間（出穂後５日まで）の日最高最低平均気温が穂ばらみ期耐冷性が強の品種では19.1℃以上、やや強の品種で20.0℃以上、中の品種で20.5℃以上となる日である。これは不稔歩合20％の発生に対する気温条件より求めた。

②　晩限出穂期とは、出穂後40日間の日最高最低平均気温の積算値が750℃となる日である。750℃は軽い登熟不良を想定した温度である。

③　安全出穂期間は、早限出穂期から晩限出穂期までである（図Ⅲ－１）。



図Ⅲ－１　出穂早限、晩限出穂期および安全出穂期間

具体的な数字は滝川市の例。北海道・北海道米麦改良協会（1989）による

⑷ 晩限指標品種の設定

簡易有効積算気温と晩限指標品種との関係を決定した（表Ⅲ－１、表Ⅲ－２）。一部の品種では登熟性も考慮した。簡易有効積算気温とは日最高最低平均気温から稲の生育に有効な温度だけ（簡易有効気温、表Ⅲ－３）を使用した積算値である。しかし、出穂には気温よりも水温が大きく影響し（図Ⅲ－２）、水温には風速と日照が影響する（図Ⅲ－３、表Ⅲ－４）。北海道の稲作地帯には上川地域のように海岸から離れ山岳に囲まれた風の弱い地帯と、日高、胆振、空知南部および石狩地域のように太平洋岸に近いため、移植後風が強く、さらに年次により太平洋岸からの霧の流入により日照が少なくなる地帯がある。そこで、風速と日照の影響を加えた日最高水温Twhを、日最高気温（Th）、日照時間（S）および日平均風速（W）を用いて、以下の（1）式より求めた。

$$Twh = 10.3 + 0.86Th + 0.55S - 1.49W \quad \cdots\cdots (1)$$

ここで、1984～1985年に、大野町（現、北斗市）、木古内町および今金町での実測値（n＝30）から、最高水温の平均値：26.9℃と最高気温の平均値：18.6℃との差異は8.3℃であった。そこで、簡易有効積算気温の算出に用いる日平均気温（Tmean）を（1）式のTwhから８℃差し引いた値と日最低気温（Tmin）との平均値とし、次の（2）式から算出した。

$$Tmean = ((Twh - 8) + Tmin))/2 \quad \cdots\cdots (2)$$

各市町村の早限、晩限出穂期までの簡易有効積算気温を算出し、これに対応する熟期の品種をもってその市町村の早限熟期、晩限熟期（略して限界熟期）とした。両熟期の範囲内にある品種を適正熟期とし（図Ⅲ－１）、また、晩限熟期に相当する品種を晩限指標品種とした。

なお、苗の種類では熟苗、成苗、中苗および稚苗と葉令が小さいほど、出穂までに必要な積算気温が高くなる（図Ⅲ－２）。そのため、成苗、中苗および稚苗のそれぞれについて晩限出穂期までの簡易有効積算気温を明らかにし、栽培基準に反映させた。また、移植日は、すべての市町村、苗種とも５月25日とした。なお、北海道の限界移植期（移植早限）は移植以降５日間の日最高最低平均気温が中苗マットで12.0℃、成苗ポットで11.5℃とされている。

これらの基準策定には日最高最低平均気温を用いた。同気温は現在のアメダス平均気温のような多数回測定値を総て平均した平均気温に比べ、７月をピークに高く５月半ばと９月半ばでほぼ同じとなり、その前後では低くなる。このため、アメダス平均気温を用いる場合には、出穂早限ではアメダス平均気温が0.5℃低いと仮定し、出穂晩限はそのままで算出している。

⑸ 基本的な熟期別品種作付け割合の設定

障害型および遅延型冷害の危険分散を図ること、また適期収穫による品質向上を意図した収穫作業の分散にも配慮し、①それぞれの地域の早生、中生、中晩生の比率を３：５：２とし、標高別に割り付けた。②一品種の作付け上限を35％とした。

表Ⅲ－１　簡易有効積算気温と晩限指標品種

簡易有効積算気温	晩限指標品種		
	中　苗	成　苗	稚　苗
851 ～ 860		（ほしまる）	
861 ～ 870		キタアケ	
871 ～ 880			
881 ～ 890		ゆきまる （大地の星）	
891 ～ 900			
901 ～ 910	（ほしまる）		
911 ～ 920	キタアケ		
921 ～ 930		あきほ	
931 ～ 940	ゆきまる （大地の星）		
941 ～ 950			
951 ～ 960		ほしのゆめ （ゆめぴりか）	
961 ～ 970		（ななつぼし）	
971 ～ 980	あきほ	きらら397	
981 ～ 990			ゆきまる
991 ～ 1000			
1001 ～ 1010	ほしのゆめ （ゆめぴりか）		
1011 ～ 1020	（ななつぼし）		
1021 ～ 1030	きらら397		あきほ
1031 ～ 1040	みちこがね	（彩） （ふっくりんこ）	
1041 ～ 1050			
1051 ～ 1060	（彩） （ふっくりんこ）		ほしのゆめ （ゆめぴりか）
1061 ～ 1070			
1071 ～ 1080			（ななつぼし）
1081 ～ 1090	ユーカラ		
1091 ～ 1100			
1101 ～ 1110			きらら397
1111 ～ 1121	マツマエ		
1121 ～ 1131			
1131 ～ 1140	巴まさり		

（　）は出穂熟期からの推定（表Ⅲ－２参照）。北海道・北海道米麦改良協会（1989）、同（2002）を改訂。簡易有効積算気温は、地帯、年次により多少異なる。

表Ⅲ－２　育種における出穂早晩の指標品種

出穂早晩	品種名
早早 早中 早晩	ほしまる 大地の星 キタアケ
中早 中早 中中 中晩	あきほ きらら397 みちこがね 彩
晩早 晩中 晩晩	ユーカラ マツマエ 巴まさり

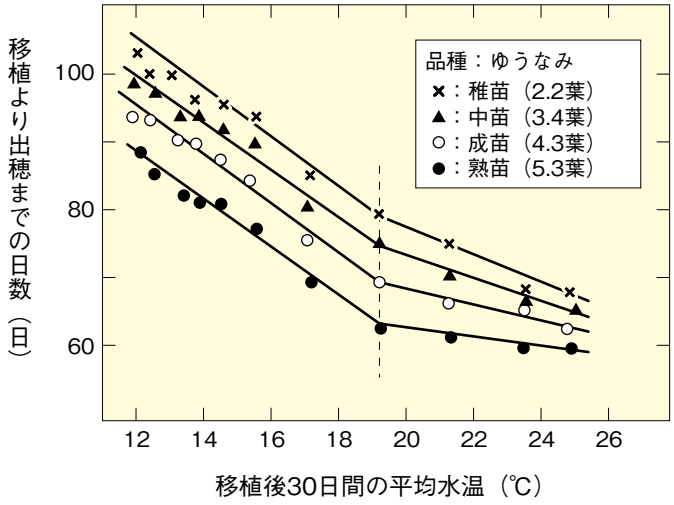
表Ⅲ－３　日最高最低平均気温（T）と簡易有効気温（θa）との関係

T	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	14.5	15.0	15.5
θa	2.1	2.3	3.2	3.8	4.3	5.4	5.6	6.5	7.2	8.2	9.0	10.0

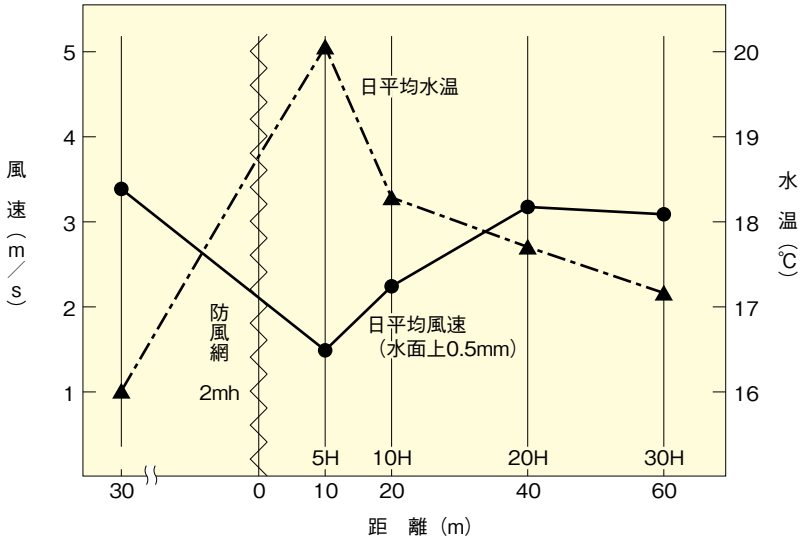
T	16.0	16.5	17.0	17.5	18.0	18.5	19.0	19.5	20.0	20.5	21.0
θa	10.4	11.2	12.9	13.3	14.6	15.0	16.5	17.0	18.0	19.1	19.4

T	21.5	22.0	22.5	23.0	23.5	24.0	24.5	25.0	25.5	26.0	26.5
θa	20.3	21.1	21.3	22.0	22.6	23.3	23.6	24.4	24.5	25.0	25.5

北海道立中央・北見・上川・道南農業試験場・北海道農業試験場（1984）による



図Ⅲ－２　苗の種類別にみた移植後30日間の平均水温と出穂まで日数との関係



図Ⅲ－３　防風網の減風効果と水温上昇効果（泊ら 1980）

表Ⅲ－４　天候別（日照時間別）にみた水田水温の保温効果（気温との差、℃）

月 / 天候 / 要素	6　月			7　月			8　月		
	曇～雨	薄　曇	晴	曇～雨	薄　曇	晴	曇～雨	薄　曇	晴
平均水温と平均気温の差	3.7	4.5	5.6	1.8	2.2	3.9	0.6	0.9	1.4
平　均　気　温	15.0	15.0	15.9	19.6	21.2	19.2	21.0	21.5	21.0

注1）　北海道農試水田（札幌市）での昭和49、50、51年（1924、'25、'26）の３カ年の毎日の水温の観測値から求めた。
　2）　天候別は日照時間から次のように分けた。曇～雨：３時間以下、薄曇：3.1～6.9、晴：７時間以上
藤原（1982）による

２　品種変遷に伴う改訂

北海道の稲作地帯は気象条件が大きく異なる地域に広がっている。そのため、本来は早生種が必要な地帯も広く存在する。しかし、その生産米は北海道米として一括販売される。また、近年は蛋白質含有率による仕分けが行われるなど流通、販売面でのコストや他品種混入の危険性の排除などのため、作付けできる品種数は限定される。

一方、栽培での育苗法は稚苗から中苗そして成苗に主体が変遷し、苗の葉令が大きいほど出穂までの簡易有効積算気温は低い（表Ⅲ－１）。そのため、本来は早生品種の作付が必要な地域においても、中生品種の成苗を用いて遅延型冷害を回避できるようになってきた。また、良食味品種を育成する上でも、早生品種は中生品種よりも収量が低く蛋白質含有率が高い傾向があるなど難しい。そのため、育成される良食味品種は中生品種に偏る現状にある。

以上のことから、栽培上は早生品種の作付が望ましいとされた地域でも、流通販売上の理由からうるち作付は中生品種に集中することとなった。それに対応して、栽培指標でも2009年（平21）以降一品種の作付を最大50％まで許容するようにした。

一方、もち品種の作付けでは、うるち米品種の花粉の飛散により生じるキセニアやうるち米の機械的混入により品質を低下させないために、うるち米品種の作付け地域から離れた地域や稲作の北限地帯に、もち米生産団地を形成している。また、これらの地域は、北海道の稲作地帯の中でも気象条件が厳しく、主に早生品種の栽培地帯であるが、良食味で販売しやすいうるち米の早生品種が無かったことも、もち米生産団地となる理由の一つであった。栽培指標においてこれらの地帯では、もち品種のみが示されるようになった。

直播栽培の栽培適地については早生品種と中生品種について、前述の移植栽培と同様の方法により、播種から出穂までの簡易有効積算気温が算出された。また、登熟期間が移植栽培よりも３日程度短く、移植の晩限出穂期より３日遅い熟期までを適するとして晩限指標品種を決定した。その結果、道南南部は「きらら397」など中生品種が、道央部は早生品種が適応した。ただし、留萌、胆振、日高、石狩地域の一部や上川北部、網走、十勝地域などでは、早生品種でも出穂期が晩限出穂期より４日以上遅くなるため、直播栽培は難しいと判断された（Ｘ章２節参照）。なお、栽培指標では作付面積は小さいため、具体的な記載はない。

また、北海道は東北以南には例が少ないほど品種の変遷が早く、そのことにより良食味化を急速に達成してきた。例えば、過去30年間で、主要な良食味基幹品種は「キタヒカリ」（育成年次1975年（昭50））、「ゆきひかり」（同1984年（昭59））、「きらら397」（同1988年（昭63））、「ななつぼし」（同2001年（平13））と変遷してきた。そのため、栽培指標もその時々の販売状況に

合わせ改訂を行ってきており、近年はほぼ３年置きに見直しを実施している。

３　新たな水稲地帯別作付け指標

平成20年に従来の地帯区分の各市町村の代表的な地点について、（財）日本気象協会北海道支社提供による１kmメッシュ気象値から日平均気温の平年値と、北海道農業ネットワークシステムの水稲生育予測システムから安全出穂期間を求めた。これらには、新しく1971～2000年のアメダス平年値を用いた。また、同アメダスデータから得られた６・７月の平均風速と日照時間、道の生育状況調査からみた初期生育の良否、過去20年間における市町村別平均収量及びJAの生産販売体制を考慮し、従来の29地帯における類似地帯を統合・再編し18地帯とした。

なお､平年気象での出穂期は､１日当たり発育速度DVRの積算値で表される発育指数DVI（出芽時に０、幼穂形成期に１、出穂期に２とする）により推定した。すなわち、

DVR＝1/（1＋exp（－A（T－Th））/G（Tは日平均気温）

DVItp＝B×NLtp（DVItpは移植時のDVI、NLtpは移植時葉数）として、品種毎と苗種毎に、A、Th、G、Bのパラメータを過去の実測データを用い、シンプレックス法で推定した（表Ⅲ－５）。本法では前述の簡易有効積算気温法と異なり、日照と風速の影響を考慮していないが、本改訂は既存の区分を近隣区分と比較して集約することを主な目的としているため、大きな問題はないと考えた。ただし、本改訂においても基本的な地帯区分は従来の簡易有効積算気温によるものである（表Ⅲ－６）。

また、晩限出穂期を従来通り出穂後40日間の日最高最低平均気温の積算値が750℃となる日としたが、東北地方では同積算値800℃を用いている。良質米生産の立場から800℃を適用できるか試算したが、安全出穂期間が十分確保できない市町村が多くなり、採用しなかった。

表Ⅲ－５　「きらら397」における発育ステージごとの発育パラメータ

パラメータ	移植～幼穂形成期	幼穂形成期～出穂期
A	0. 286	0. 298
Th	17. 070	15. 850
G	28. 950	20. 930
B	0. 109	
中苗移植時DVI	0. 326	
成苗移植時DVI	0. 434	

（中央・上川農試 1997）

表Ⅲ－６　水稲作付地帯区分（平成20年9月）

区分	旧区分	市町村等	出穂早限（月/日）		出穂晩限（月/日）	早生品種		中生品種		安全出穂期間		中苗出穂猶予日数		成苗出穂猶予日数		日平均平年値				収量（kg/10a）（＃：H18,19欠測）			参考）旧栽培指標	
			耐冷性やや強（19.5℃）	耐冷性強（18.6℃）	出穂後積算気温750℃	中苗出穂期*	成苗出穂期*	中苗出穂期*	成苗出穂期*	耐冷性やや強	耐冷性強	早生品種	中生品種	早生品種	中生品種	AMeDAS Point	6月風速（m/s）	6月日照時間	7月日照時間	20年平均	標準偏差	変動係数	晩限出穂期	同左簡易有効積算気温
1	1	奥尻町	7/31	7/24	8/26	8/6	8/2	8/11	8/7	27	34	21	16	25	20	奥尻	4.3	5.4	4.3	417	101	24	8/17	1200
		上ノ国町	7/25	7/18	8/22	8/1	7/29	8/6	8/2	29	36	22	17	25	21	江差	2.4	5.4	4.9	412	118	29	8/17	1190
		江差町	7/23	7/16	8/21	8/1	7/28	8/5	8/1	30	37	21	17	25	21	江差	2.4	5.4	4.9	448	120	27	8/17	1201
		乙部町	7/24	7/17	8/19	8/1	7/28	8/5	8/1	27	34	19	15	23	19	江差	2.4	5.4	4.9	429	103	24	8/17	1176
		八雲町熊石	7/25	7/18	8/20	8/2	7/29	8/6	8/2	27	34	19	15	23	19	熊石	1.3	3.9	3.7	417#	87	21	8/18	1495
		福島町	7/24	7/18	8/21	8/1	7/29	8/6	8/2	29	35	21	16	24	20	松前	3.6	4.2	3.8	364	129	36	8/21	1226
2	2	函館市	7/29	7/22	8/17	8/4	8/1	8/9	8/5	20	27	14	9	17	13	函館	3.5	5.6	4.8	400	121	30	8/18	1185
		七飯町	7/31	7/24	8/14	8/5	8/2	8/10	8/6	15	22	10	5	13	9	北斗	2.4	4.2	3.4	451	122	27	8/15	1138
		北斗市	7/29	7/22	8/16	8/3	7/31	8/8	8/4	19	26	14	9	17	13	北斗	2.4	4.2	3.4	436	129	30	8/15	1150
		木古内町	7/30	7/24	8/17	8/5	8/2	8/11	8/6	19	25	13	7	16	12	木古内	2.5	4.0	3.2	389	126	32	8/15	1073
		知内町	7/28	7/21	8/20	8/4	7/31	8/9	8/4	24	31	17	12	21	17	木古内	2.5	4.0	3.2	406	124	31	8/16	1077
		厚沢部町	7/27	7/20	8/13	8/3	7/30	8/8	8/3	18	25	11	6	15	11	鶉	1.3	4.0	3.4	451	126	28	8/14	1179
	3	せたな町	7/30	7/23	8/15	8/5	8/1	8/10	8/5	18	25	12	6	15	11	せたな	3.5	4.6	4.3	447	129	29	8/13	1024
		今金町	7/30	7/23	8/13	8/5	8/1	8/10	8/5	15	22	9	4	13	9	今金	2.4	3.9	3.2	433	132	31	8/13	1052
	4	森町	8/3	7/27	8/13	8/7	8/4	8/13	8/8	11	18	7	1	10	6	森	1.8	4.4	3.5	433	134	31	8/9	952
		（参）八雲町もち	8/1	7/25	8/17	8/6	8/3	8/12	8/7	17	24	12	6	15	11	八雲	2.0	3.8	2.9	429#	129	30	8/11	945
3	5	赤井川村	7/26	7/18	8/10	8/2	7/30	8/7	8/3	16	24	9	4	12	8	余市	1.8	4.9	4.6	458	109	24	8/6	1029
		倶知安町	7/29	7/21	8/7	8/4	8/1	8/9	8/5	10	18	4	(1)	7	3	倶知安	3.4	5.5	4.8	457	117	26	8/7	961
		ニセコ町	7/27	7/19	8/8	8/2	7/30	8/7	8/3	13	21	7	2	10	6	蘭越	1.5	4.7	3.6	446	120	27	8/8	1018
		島牧村	8/4	7/27	8/16	8/8	8/5	8/14	8/9	13	21	9	3	12	8	寿都	3.1	5.6	5.4	424	99	23	8/17	866
		古平町	7/31	7/23	8/9	8/5	8/1	8/10	8/6	10	18	5	0	9	4	美国	1.6	5.0	4.4	461	69	15	8/8	938
		（参）黒松内もち	8/2	7/25	8/11	8/6	8/3	8/12	8/7	10	18	6	0	9	5	黒松内	2.4	3.6	3.1	357	142	40	8/8	878
4	7	小樽市	7/25	7/18	8/15	8/2	7/29	8/7	8/2	22	29	14	9	18	14	小樽	2.0	6.1	5.6	439	89	20	8/9	1042
		余市町	7/24	7/17	8/14	8/1	7/28	8/5	8/1	22	29	14	10	18	14	余市	1.8	4.9	4.6	494	73	15	8/8	1021
		仁木町	7/22	7/15	8/12	7/31	7/27	8/4	7/31	23	30	14	10	18	14	余市	1.8	4.9	4.6	484	102	21	8/9	1049
		共和町	7/25	7/23	8/12	8/5	8/1	8/10	8/5	19	21	8	3	12	8	蘭越	1.5	4.7	3.6	499	95	19	8/12	1043
		岩内町	7/28	7/20	8/16	8/3	7/31	8/8	8/4	20	28	14	9	17	13	岩内	2.6	5.0	4.6	447	93	21	8/12	1063
		蘭越町	7/29	7/22	8/11	8/5	8/1	8/10	8/5	14	21	7	2	11	7	蘭越	1.5	4.7	3.6	473	125	26	8/8	1025
5	8	伊達市	7/30	7/23	8/15	8/5	8/1	8/10	8/5	17	24	11	6	15	11	伊達	1.6	4.4	3.4	453	125	28	8/15	1132
	9	豊浦町	8/6	7/28	8/10	8/9	8/5	8/14	8/10	5	14	2	(3)	6	1	伊達	1.6	4.4	3.4	388	118	30	8/13	1108
		洞爺湖町	8/1	7/24	8/8	8/5	8/2	8/11	8/6	8	16	4	(2)	7	3	伊達	1.6	4.4	3.4	458	126	28	8/11	1021
		壮瞥町	7/31	7/23	8/11	8/5	8/1	8/10	8/6	12	20	7	2	11	6	伊達	1.6	4.4	3.4	448	127	28	8/14	1101

注1）　出穂早限は、出穂前24日以降出穂後５日間の日最高最低平均気温（日最高気温と日最低気温平均）の値が、アメダスの日平均気温よりも0.5℃高いと仮定した。すなわち、アメダスの日平均気温の同期間の平均気温19.5℃は耐冷性やや強、同18.6℃は耐冷性強に対応する。日高町日高は19.5℃に達する日が存在しない。

2）　熟期別・苗別の平年気象値（日平均気温）における出穂日の推定（＊）は、１日当たり発育速度を用いた発育指数による（中央・上川農試 1997）。移植日は５月25日とし、早生品種は「ゆきまる」、中生品種は「きらら397」のパラメータによる。

3）　安全出穂期間は、出穂早限と出穂晩限（750℃）との差

4）　熟期・苗別出穂猶予日数は、推定出穂期と出穂晩限（750℃）との差

5）　地帯区分は、平年気象（日平均気温）による推定出穂期、平年の６月風速、６、７月日照時間、過去20年間の平均収量、収量変動係数を基に、さらに流通事情や作付面積も考慮し策定した。

6）　各市町村は面積に比例してメッシュポイント１～５地点につき算出し、平均を求めた。

7）　旧区分の簡易有効積算気温は、晩限出穂期までの同積算気温を示す。

区分	旧区分	市町村等	出穂早限（月/日）		出穂晩限（月/日）	早生品種		中生品種		安全出穂期間		中苗出穂猶予日数		成苗出穂猶予日数		日平均平年値				収量（kg/10a）（＃：H18,19欠測）			参考）旧栽培指標	
			耐冷性やや強（19.5℃）	耐冷性強（18.6℃）	出穂後積算気温750℃	中苗出穂期*	成苗出穂期*	中苗出穂期*	成苗出穂期*	耐冷性やや強	耐冷性強	早生品種	中生品種	早生品種	中生品種	AMeDAS Point	6月風速（m/s）	6月日照時間	7月日照時間	20年平均	標準偏差	変動係数	晩限出穂期	同左簡易有効積算気温
6	10	厚真町	8/7	7/28	8/7	8/8	8/4	8/13	8/9	1	11	0	(5)	4	(1)	厚真	2.6	4.1	3.1	440	123	28	8/7	983
		むかわ町穂別	8/4	7/26	8/6	8/7	8/3	8/12	8/8	3	12	0	(5)	4	(1)	穂別	2.0	4.7	3.6	428#	120	28	8/7	1014
	11	平取町	8/2	7/24	8/7	8/6	8/2	8/11	8/7	6	15	2	(4)	6	1	穂別	2.0	4.7	3.6	448	116	26	8/8	977
		日高町門別	8/6	7/28	8/6	8/8	8/5	8/14	8/9	1	10	(1)	(7)	2	(2)	日高門別	2.6	4.2	3.2	420#	131	31	8/8	987
		新冠町	8/5	7/27	8/5	8/8	8/4	8/13	8/8	1	10	(2)	(7)	2	(2)	新和	1.4	3.8	2.8	422	129	31	8/8	1024
	12	新ひだか町	8/5	7/27	8/8	8/8	8/4	8/13	8/8	4	13	1	(4)	5	1	静内	1.5	4.3	3.2	423	119	28	8/12	1016
		浦河町	8/11	7/31	8/5	8/11	8/7	8/17	8/12	(5)	6	(5)	(11)	(1)	(6)	浦河	3.2	4.8	3.5	408	110	27	8/10	990
		様似町	8/15	8/3	8/5	8/13	8/9	8/18	8/14	(9)	3	(7)	(12)	(3)	(8)	浦河	3.2	4.8	3.5	403	100	25	8/10	988
	13	日高町日高	—	8/1	7/26	8/11	8/7	8/17	8/11	—	(5)	(15)	(21)	(11)	(15)	日高	1.4	4.6	3.9	395#	100	25	8/3	919
	14	安平町	8/4	7/26	8/9	8/7	8/3	8/12	8/8	6	15	3	(2)	7	2	厚真	2.6	4.1	3.1	429	117	27	8/8	958
		むかわ町鵡川	8/8	7/30	8/7	8/10	8/6	8/15	8/10	0	9	(2)	(7)	2	(2)	鵡川	2.4	3.8	3.0	425#	133	31	8/6	929
7		北広島市	7/29	7/21	8/12	8/3	7/31	8/9	8/4	15	23	10	4	13	9	恵庭島松	2.7	4.4	3.6	448	90	20	8/11	944
		恵庭市	7/29	7/21	8/11	8/3	7/31	8/9	8/4	14	22	9	3	12	8	恵庭島松	2.7	4.4	3.6	446	94	21	8/9	950
		千歳市	8/1	7/24	8/10	8/5	8/2	8/11	8/6	10	18	6	0	9	5	恵庭島松	2.7	4.4	3.6	425	97	23	8/11	950
	15	江別市	7/28	7/20	8/11	8/3	7/30	8/8	8/3	15	23	9	4	13	9	江別	4.4	5.2	4.2	482	84	17	8/8	967
8		栗山町	7/27	7/19	8/11	8/2	7/29	8/7	8/2	16	24	10	5	14	9	長沼	2.7	4.5	3.8	471	102	22	8/11	985
		南幌町	7/29	7/21	8/11	8/3	7/31	8/8	8/4	14	22	8	3	12	8	長沼	2.7	4.5	3.8	474	95	20	8/11	975
		長沼町	7/29	7/21	8/11	8/3	7/31	8/8	8/4	15	22	9	4	13	8	長沼	2.7	4.5	3.8	470	95	20	8/12	989
		由仁町	7/31	7/22	8/8	8/4	7/31	8/9	8/5	10	18	5	0	9	4	長沼	2.7	4.5	3.8	470	107	23	8/13	1015
		夕張市	8/4	7/25	8/4	8/6	8/2	8/11	8/7	1	11	(1)	(6)	3	(2)	夕張	2.0	4.4	3.4	441	103	23	8/8	964
9		札幌市	7/29	7/22	8/9	8/4	8/1	8/9	8/5	12	19	6	1	9	5	山口	2.2	4.7	4.6	433	84	19	8/11	1031
		新篠津村	7/29	7/21	8/9	8/3	7/31	8/8	8/4	12	20	7	2	10	6	新篠津	3.5	4.9	4.3	517	75	15	8/10	985
	16	当別町	7/31	7/22	8/9	8/4	7/31	8/9	8/4	11	20	6	1	10	6	新篠津	3.5	4.9	4.3	505	84	17	8/13	1005
		石狩市石狩	8/2	7/25	8/9	8/6	8/3	8/12	8/7	8	16	4	(2)	7	3	石狩	2.9	4.8	4.5	504#	88	17	8/15	995
		石狩市厚田	8/5	7/28	8/8	8/8	8/5	8/14	8/9	4	12	1	(5)	4	0	厚田	3.3	4.4	4.0	463#	92	20	8/9	1007
	19	石狩市浜益	7/26	7/19	8/12	8/2	7/30	8/7	8/3	18	25	11	6	14	10	浜益	2.8	4.9	4.7	451#	75	17	8/11	1063
10	17	岩見沢市	7/27	7/19	8/11	8/2	7/29	8/7	8/3	16	24	10	5	14	9	岩見沢	3.4	6.0	5.2	508	85	17	8/12	1019
		三笠市	7/24	7/16	8/12	7/31	7/28	8/5	8/1	20	28	13	8	16	12	岩見沢	3.4	6.0	5.2	503	75	15	8/13	1072
		美唄市	7/24	7/16	8/11	7/31	7/28	8/5	8/1	18	26	11	6	15	11	美唄	2.1	5.0	4.4	529	69	13	8/10	1078
		月形町	7/29	7/20	8/9	8/3	7/30	8/8	8/3	12	20	6	1	10	6	月形	2.1	4.6	3.7	489	75	15	8/9	1003
11	18	滝川市	7/23	7/16	8/7	7/31	7/28	8/5	8/1	16	24	8	3	12	8	滝川	2.5	4.9	4.5	523	51	10	8/9	1043
		砂川市	7/21	7/14	8/10	7/30	7/27	8/4	7/31	21	28	12	7	15	11	滝川	2.5	4.9	4.5	502	56	11	8/12	1089
		奈井江町	7/21	7/14	8/10	7/30	7/27	8/4	7/31	21	28	12	7	15	11	美唄	2.1	5.0	4.4	525	55	10	8/10	1048
		浦臼町	7/24	7/17	8/9	8/1	7/28	8/6	8/1	17	25	10	5	13	9	月形	2.1	4.6	3.7	503	54	11	8/11	1068
		新十津川町	7/23	7/16	8/8	7/31	7/28	8/5	8/1	17	24	9	4	12	8	滝川	2.5	4.9	4.5	545	59	11	8/7	1060
		赤平市	7/23	7/16	8/9	7/31	7/27	8/5	7/31	18	25	10	5	14	10	芦別	2.2	4.9	4.5	512	69	13	8/9	1043
		芦別市	7/23	7/15	8/7	7/31	7/27	8/5	7/31	17	24	9	4	12	8	芦別	2.2	4.9	4.5	513	73	14	8/9	1090
		深川市	7/25	7/17	8/6	8/1	7/29	8/6	8/2	13	21	6	1	9	5	深川	2.7	5.2	4.7	556	54	10	8/9	1099
		妹背牛町	7/24	7/16	8/7	8/1	7/28	8/5	8/1	15	23	7	3	11	7	深川	2.7	5.2	4.7	550	56	10	8/9	1089
		秩父別町	7/24	7/16	8/6	8/1	7/28	8/6	8/1	13	21	6	1	9	5	石狩沼田	1.6	4.4	4.1	548	63	11	8/7	1026
12	19	雨竜町	7/24	7/16	8/7	7/31	7/28	8/5	8/1	16	23	8	3	11	7	滝川	2.5	4.9	4.5	515	57	11	8/7	1033
		北竜町	7/27	7/18	8/5	8/2	7/29	8/7	8/2	10	18	4	(2)	7	3	石狩沼田	1.6	4.4	4.1	544	67	12	8/8	1039
		沼田町	7/27	7/18	8/4	8/2	7/30	8/7	8/3	9	18	3	(2)	6	2	石狩沼田	1.6	4.4	4.1	535	67	13	8/8	1027

区分	旧区分	市町村等	出穂早限（月/日）		出穂晩限（月/日）	早生品種		中生品種		安全出穂期間		中苗出穂猶予日数		成苗出穂猶予日数		日平均平年値				収量（kg/10a）（＃：H18,19欠測）			参考）旧栽培指標	
			耐冷性やや強（19.5℃）	耐冷性強（18.6℃）	出穂後積算気温750℃	中苗出穂期*	成苗出穂期*	中苗出穂期*	成苗出穂期*	耐冷性やや強	耐冷性強	早生品種	中生品種	早生品種	中生品種	AMeDAS Point	6月風速（m/s）	6月日照時間	7月日照時間	20年平均	標準偏差	変動係数	晩限出穂期	同左簡易有効積算気温
13	20	留萌市	7/29	7/21	8/5	8/4	8/1	8/10	8/5	8	16	2	(4)	5	1	留萌	3.5	6.2	5.7	506	76	15	8/11	995
		増毛町	7/30	7/23	8/9	8/6	8/2	8/11	8/6	11	18	4	(1)	8	4	増毛	1.2	4.9	4.8	445	77	17	8/9	1012
		小平町	7/29	7/21	8/7	8/4	8/1	8/10	8/5	11	18	4	(1)	8	4	達布	1.6	4.9	4.4	504	61	12	8/7	994
	21	苫前町	7/29	7/21	8/10	8/4	7/31	8/9	8/4	14	22	8	3	11	7	羽幌	2.5	6.2	6.0	496	57	11	8/10	965
		羽幌町	7/29	7/21	8/9	8/4	7/31	8/9	8/4	12	20	6	1	9	5	羽幌	2.5	6.2	6.0	495	53	11	8/10	957
14	22	和寒町	7/25	7/17	8/4	8/1	7/29	8/6	8/2	11	19	4	(1)	7	3	和寒	1.6	4.4	4.0	508	92	18	8/4	995
		剣淵町	7/27	7/19	8/3	8/3	7/30	8/8	8/3	9	17	2	(4)	6	1	和寒	1.6	4.4	4.0	489	92	19	8/3	935
		士別市士別	7/28	7/20	8/2	8/3	7/30	8/8	8/4	6	14	(0)	(5)	4	(1)	士別	1.4	5.2	4.7	457#	103	23	8/3	920
		(参)幌加内町もち	8/5	7/25	7/29	8/7	8/3	8/13	8/8	(6)	5	(8)	(14)	(4)	(9)	幌加内	2.0	4.4	3.8	493	90	18	8/3	890
		(参)初山別もち	8/6	7/28	8/6	8/9	8/5	8/14	8/9	1	10	(2)	(7)	2	(2)	初山別	2.1	5.4	5.0	455	73	16	8/7	864
15	23	旭川市	7/24	7/16	8/5	7/31	7/28	8/5	8/1	13	21	6	1	9	5	比布	2.1	5.0	4.6	572	61	11	8/6	1051
		鷹栖町	7/23	7/15	8/4	7/31	7/28	8/5	8/1	14	21	6	1	9	5	比布	2.1	5.0	4.6	570	60	11	8/8	1021
		東神楽町	7/25	7/17	8/4	8/1	7/28	8/6	8/1	11	19	4	(1)	8	4	東川	2.1	4.9	4.5	541	86	16	8/5	1011
		東川町	7/27	7/18	8/2	8/1	7/29	8/6	8/2	8	17	2	(3)	5	1	東川	2.1	4.9	4.5	547	77	14	8/6	1018
		比布町	7/25	7/17	8/3	8/1	7/29	8/6	8/2	10	18	3	(2)	6	2	比布	2.1	5.0	4.6	548	65	12	8/6	1020
		当麻町	7/24	7/16	8/4	7/31	7/28	8/5	8/1	12	21	5	0	8	5	比布	2.1	5.0	4.6	542	63	12	8/5	1017
		愛別町	7/26	7/17	8/3	8/1	7/29	8/6	8/2	9	18	3	(3)	6	2	上川	1.4	5.0	4.4	515	71	14	8/4	985
	24	美瑛町	7/29	7/20	8/2	8/2	7/30	8/7	8/3	6	15	1	(4)	5	0	美瑛	1.6	5.1	4.6	531	108	20	8/3	950
		上富良野町	7/24	7/16	8/5	8/1	7/28	8/6	8/1	13	21	5	0	9	5	上富良野	2.2	4.9	4.4	503	112	22	8/4	980
16	25	中富良野町	7/21	7/13	8/7	7/30	7/26	8/3	7/30	17	25	9	4	12	8	富良野	2.2	5.0	4.5	533	104	19	8/5	1030
		富良野市	7/24	7/16	8/5	7/31	7/28	8/5	8/1	13	21	6	1	9	5	富良野	2.2	5.0	4.5	496	105	21	8/5	1021
		(参)南富良野町もち	8/1	7/22	8/1	8/4	7/31	8/9	8/5	1	11	(2)	(7)	2	(3)	富良野	2.2	5.0	4.5	470	107	23	8/1	801
17	26	士別市朝日	8/2	7/23	7/30	8/6	8/2	8/11	8/6	(2)	8	(6)	(11)	(2)	(6)	朝日	1.6	4.7	4.5	444#	106	24	8/2	850
		名寄市風連	7/28	7/20	8/2	8/3	7/31	8/8	8/4	6	14	(1)	(6)	3	(1)	名寄	2.1	4.6	3.9	471#	109	23	8/3	900
		(参)上川町もち	8/1	7/22	7/30	8/5	8/2	8/10	8/6	(1)	9	(5)	(10)	(2)	(6)	上川	1.4	5.0	4.4	480	90	19	7/30	869
		(参)名寄市もち	7/28	7/20	8/3	8/4	7/31	8/9	8/4	7	15	0	(5)	4	0	名寄	2.1	4.6	3.9	471#	103	22	8/2	871
		(参)下川町もち	8/6	7/26	7/30	8/7	8/4	8/13	8/8	(6)	5	(7)	(13)	(4)	(8)	下川	2.5	5.0	4.6	439	116	27	7/31	832
		(参)美深町もち	8/1	7/23	8/1	8/6	8/2	8/11	8/7	1	10	(4)	(9)	0	(5)	美深	1.7	4.7	4.2	446	118	27	8/3	850
		(参)遠別もち	8/10	7/30	8/2	8/10	8/6	8/16	8/11	(7)	4	(7)	(13)	(3)	(8)	遠別	2.6	4.5	4.1	461	113	25	8/5	805
18	27	大空町	8/10	7/30	8/1	8/11	8/7	8/16	8/11	(8)	3	(9)	(14)	(5)	(9)	北見	1.6	4.4	4.1	378	171	45	8/4	785
		美幌町	8/7	7/28	8/3	8/9	8/5	8/15	8/10	(3)	7	(5)	(11)	(1)	(6)	美幌	1.9	4.6	4.0	378	160	42	8/3	819
		津別町	8/6	7/27	8/2	8/8	8/5	8/14	8/9	(3)	7	(5)	(11)	(2)	(6)	津別	2.0	4.5	4.0	356	143	40	8/2	814
	28	北見市	8/5	7/28	7/31	8/9	8/5	8/14	8/10	(4)	4	(8)	(13)	(4)	(9)	北見	1.6	4.4	4.1	396	154	39	8/3	835
		訓子府町	8/8	7/28	8/1	8/8	8/5	8/14	8/9	(6)	5	(6)	(12)	(3)	(7)	境野	1.9	4.4	4.3	368	149	40	8/4	809

（道総研中央農業試験場生産研究部水田農業グループ　研究主幹　丹野　久）

4　奨励品種の主要特性と栽培上の注意事項

各品種の特性を表Ⅲ－７に示した。

表Ⅲ－７　品種の特性一覧表

熟期・全道対象	品種名	組み合わせ	採用年次 育成場所	調査場所 調査年次	草型	芒の多少長短	ふ先色	出穂期 月日	成熟期 月日	稈長 cm	穂長 cm	穂数 本/㎡	籾数 粒/1穂	a当たり玄米重 kg	玄米 千粒重 g	玄米 色沢 光沢	玄米 心白の多少	玄米 腹白の多少	玄米 整粒品質	食味	穂ばらみ耐冷性	開花期冷性	いもち病性抵抗 葉いもち	いもち病性抵抗 穂いもち	耐倒伏性	優点	欠点
早早	ほしまる	上育428号×空育159号	2006 上川	中央 '08～'10	数	極稀極短	黄白	8.06	9.23	72.4	15.9	866	37.9	55.8	23.3	や淡や大	微	少	中上	上下	強	強～極強	や弱	中	や強	良食味 移植・直播兼用	初期生育がやや劣る
中早	ほしのゆめ	（あきたこまち ×道北48号）F1 ×上育397号（きらら397）	1996 上川	中央 '08～'10	数	少短	黄白	7.31	9.14	72.1	15.4	795	43.9	49.6	21.3	や淡や大	微	微	上下	上下	強	強	弱	や弱	や弱～中	良食味 初期生育が良好	収量性が低い,割籾発生多い いもち病抵抗性が劣る 耐倒伏性が劣る
中早	ゆめぴりか	札系96118 ×上育427号（ほしたろう）	2008 上川	中央 '08～'10	数	稀短	黄白	8.01	9.16	70.5	17.0	808	45.0	54.0	21.9	中や大	微	微	上下	上中	や強～強	や強～強	や弱	や弱～中	や弱	極良食味 割籾発生やや少	耐冷性がやや劣る いもち病抵抗性が不十分 対倒伏性が劣る
中早	おぼろづき	空育150号（あきほ）×95晩37	2005 北農研	中央 '08～'10	数	無	黄白	8.01	9.17	71.4	16.9	779	45.4	46.5	21.2	中や大	微	微	上下	上下	強	強	弱	中	中～や強	極良食味	収量性が低い いもち病抵抗性が不十分 粒厚が薄い
中早	ななつぼし	（ひとめぼれ ×空系90242A）F1 ×空育150号（あきほ）	2001 中央	中央 '08～'10	偏数	少短	黄白	7.31	9.18	73.0	17.2	803	47.6	56.4	21.4	や淡や大	微	少	上下	上下	強	や強～強	や弱	や弱	や弱	良食味 収量性がやや高い	いもち病抵抗性が劣る 耐倒伏性が劣る 割籾発生やや多
中早	きらら397	渡育214号（しまひかり） ×道北36号（キタアケ）	1988 上川	中央 '08～'10	数	稀短	黄白	8.02	9.21	69.6	16.5	774	44.2	56.2	21.9	や淡中	微	少	上下	中上	や強	や強	や弱	中	中～や強	初期成育が良好 業務用途向けの食味特性	耐冷性が劣る いもち病抵抗性が不十分
晩中	ふっくりんこ	空系90242B ×上育418号（ほしのゆめ）	2003 道南	中央 '08～'10	数	少短	黄白	8.03	9.22	73.6	17.4	841	46.4	55.7	22.1	や淡や大	微	少	上下	上下	強	強～極強	や弱	や弱	中～や強	良食味	いもち病抵抗性が劣る
中早	ゆきひかり	{北海230号{キタヒカリ} ×巴まさり}F1 ×空育99号	1984 中央	中央 '08～'10	偏数	中短	黄白	8.01	9.16	70.6	17.1	760	56.1	53.1	20.4	や淡や大	微	微	上下	中中	強	中～や強	や弱	中	中	米アレルギー患者に対する影響が小さい	登熟性がやや劣る いもち病抵抗性が不十分
中早	あやひめ	ＡＣ90300×キタアケ	2001 上川	中央 '08～'10	偏数	稀短	黄白	7.31	9.14	71.2	15.7	752	52.4	53.9	20.0	中や大	－	－	中上	上下	強	弱	強	中～や強	中～や強	良食味（低アミロース） 玄米・白米白度が高い	初期生育がやや劣る 開花期耐冷性が劣る 割籾発生多
早中	大地の星	空育151号 ×上育418号（ほしのゆめ）	2003 上川	中央 '08～'10	偏数	稀短	黄白	7.29	9.16	72.4	16.6	675	51.8	60.1	24.6	や淡大	微	少	中上	中中	極強	強	強	や強	中～や強	冷凍ピラフ等加工用に向く 耐冷性が優れる いもち病抵抗性が優れる	初期生育が劣る
中早	彗星	北海278号（初雫） ×空育158号（吟風）	2006 中央	中央 '08～'10	中間	少短	黄白	8.02	9.22	71.1	16.9	629	48.1	60.1	25.2	中中	中	少	中上	－	強	極弱	強	や強	や強～強	タンパク質含有率がやや低く大粒で酒造適性が良好 いもち病抵抗性が優れる	初期生育が劣る 開花期耐冷性が大幅に劣る 心白発現率が変動しやすい
中早	吟風	（八反錦2号 ×上育404号）F1 ×きらら397	2000 中央	中央 '08～'10	中間	稀短	黄白	8.03	9.23	68.9	16.7	618	55.7	56.8	23.5	中中	多	や少	中上	－	や強	極弱	強	や強	や強～強	心白発現が多く酒造適性が良好 いもち病抵抗性が優れる	初期生育が劣る 耐冷性が劣る
早早	しろくまもち	北海糯290号 ×上育438号（大地の星）	2007 上川	中央 '08～'10	数	稀極短	黄白	7.26	9.08	65.9	14.2	740	49.0	50.6	20.1	淡や大	－	－	中上	上下	極強	強	や弱	や弱～中	中～や強	つき餅の硬化性が高い 耐冷性が優れる	収量性が劣る いもち病抵抗性が劣る 紅変米発生率がやや高い
早晩	きたゆきもち	（北海糯286号 ×上育糯425号）F1 ×風の子もち	2009 上川	中央 '08～'10	偏数	稀極短	黄白	7.27	9.10	66.0	17.7	689	51.2	51.4	21.7	や淡や大	－	－	中上	上下	極強	中～や強	や弱	や弱	や強	白度が高く良質のもち米 収量性がやや高い 耐冷性が優れる	いもち病抵抗性が劣る
早晩	はくちょうもち	上育糯381号（たんねもち） ×おんねもち	1989 北見	中央 '08～'10	偏数	少極短	黄白	7.29	9.09	61.7	15.7	699	51.6	50.7	20.4	や淡や大	－	－	中上	上下	強	中	や強	や強	や強～強	良質のもち米 登熟性が良好 いもち病抵抗性が優れる	収量性がやや低い
中早	風の子もち	上系85201 ×北育糯80号 （はくちょうもち）	1995 上川	中央 '08～'10	偏数	少短	黄白	7.30	9.14	67.2	17.4	627	62.6	56.8	21.7	淡や大	－	－	中上	上下	強	中	中	中	や強	良質のもち米 収量性が高い	初期生育がやや劣る 登熟日数がやや長い

注1）　特性は新品種決定に関する参考成績書および奨励品種決定試験の累年成績による。

注2）　「ほしまる」は湛水直播栽培のデータ。

注3）　草型：数＝穂数型、偏数＝偏穂数型、中間＝中間型

⑴ ほしまる

「ほしまる」は、出穂期が早生の早、成熟期が早生の晩で、穂ばらみ期耐冷性が“強”、直播に適した移植、直播兼用の良食味品種である。食味が「ほしのゆめ」並に良く、早生としては収量性に優れるため、「ゆきまる」に替わって普及し、直播栽培で徐々に作付面積を伸ばしている。2009年（平21）の作付面積は317haである。

栽培上の注意としては、出穂期が早生で、特に成苗移植栽培では早期異常出穂のおそれがあるので、育苗時の適正な管理に努める。初期の分げつ性がやや劣り穂数確保が難しいので、側条施肥などにより初期生育を促進する。直播栽培においては苗立ちが劣る場合があるので、塩水選などの種子予措や落水出芽における水管理に十分留意する。大粒であるので移植、直播栽培とも播種時には適正な播種密度になるように播種機を調整する。

⑵ ほしのゆめ

「ほしのゆめ」は、出穂期、成熟期ともに中生の早で、穂ばらみ期耐冷性が“強”、初期生育が良好で穂数確保が比較的容易な良食味品種である。「きらら397」に優る良食味が特長で、作付面積は2000年（平12）に最大の４万ha強に達したが、その後減少に転じた。平成15年の冷害を契機に耐冷性の強さが評価され、平成16年にはいったん増加したが、粒厚が薄く収量性が不十分なこと、割籾が多く斑点米が出やすい、いもち病にも弱いなど欠点が多く、さらに、「ななつぼし」や「ゆめぴりか」等の登場によって、近年は作付面積が急減している。

栽培上の注意としては、耐倒伏性が不十分なので「施肥標準」を守り、多窒素栽培は厳に慎む。いもち病抵抗性が“弱”（葉いもち）、“やや弱”（穂いもち）とかなり弱いので、発生予察情報に留意し、適期・適切な防除を徹底する。さらに、割籾が多いので、斑点米などの発生による品質低下を招かぬよう、綿密な圃場設計や適切な病害虫防除に努め、適期収穫を励行する。

⑶ ゆめぴりか

「ゆめぴりか」は、出穂期、成熟期ともに中生の早で、アミロース含有率が適度に低い極良食味品種である。新潟産「コシヒカリ」と遜色ない食味評価で、極良食味ブランド米としての期待が高い。現在、販売状況を勘案しながら普及を進めている段階であり、2011年（平23）の作付けは１万ha程度が予定されている。先行する極良食味品種「おぼろづき」に比べて耐冷性はやや劣るが、収量性や炊飯米の外観が改善されている。

栽培上の注意としては、耐冷性が“やや強～強”であり、現行品種の中では弱い方であるので、冷害対策を徹底する。耐倒伏性が劣るので、「施肥標準」を遵守し、多肥栽培は厳に慎む。いもち病抵抗性は“やや弱”（葉いもち）、“やや弱～中”（穂いもち）と不十分であるため、発生予察に留意し、適切な防除に努める。

⑷ おぼろづき

「おぼろづき」は、出穂期、成熟期ともに中生の早で、耐冷性が“強”、アミロース含有率が適度に低い極良食味品種である。北海道における極良食味ブランド米の先駆けとして評価が高く、2009年（平21）には6,253haが作付されている。

栽培上の注意としては、粒厚が薄く、収量性が低いため、米選には適切な篩目を用いる。いもち病抵抗性は“やや弱”（葉いもち）、“中”（穂いもち）と不十分であるため、適切な防除に

努める。また、登熟期間が高温の場合には玄米が白濁することがある。

⑸ ななつぼし

「ななつぼし」は、出穂期が中生の早、成熟期が中生の早～中で、穂ばらみ期耐冷性は“強”、穂数がやや少ない偏穂数型の良食味品種である。食味が「ほしのゆめ」並からやや優り、収量性が「きらら397」をやや上回ることから、徐々に普及が進み、作付面積は2008年（平20）から「きらら397」を抜いて一位となっている。2009年（平21）の作付面積は42,407haである。

栽培上の注意としては、稈が長く耐倒伏性が劣るので、「施肥標準」を守る。いもち病抵抗性は“やや弱”（葉いもち、穂いもち）と弱いので、発生予察情報に十分注意し、適切な防除を行う。割籾の発生がやや多いので、斑点米などによる品質低下を生じないよう、病害虫防除を的確に行うとともに、適期収穫を励行する。また、初期生育が劣る場合があるので、栽培基準の栽植密度を守り、側条施肥などの初期生育を促進する栽培法を行うことが望ましい。

⑹ きらら397

「きらら397」は、出穂期が中生の早、成熟期が中生の早～中で、初期生育が旺盛で穂数確保が容易な品種である。それ以前の主力品種であった「ゆきひかり」に明らかに優る食味をもち、北海道米として初めて府県産米に並ぶ食味水準の品種として販売も好調であったため、急速に普及した。作付面積が一位であった期間は、1991年（平３）から2007年（平19）まで通算16年に及び、1996年（平８）の92,694ha、1998年（平10）の粳米全体に占める作付面積率65.4％は、いずれも過去の品種を含め最高の記録である。近年は、食味特性が牛丼店等業務用途に向いていることが評価され、需要の大部分が一般家庭用から業務用向けにシフトした。そのため、依然北海道米の販売上重要な品種として位置づけられているが、収量・食味が優る「ななつぼし」や極良食味品種「ゆめぴりか」などの登場により、作付けは漸減傾向にある。

栽培上の注意としては、穂ばらみ期耐冷性が“やや強”であり現行品種の中では最も弱い水準にあるため、深水灌漑等の冷害対策を励行する。いもち病抵抗性は“やや弱”（葉いもち）、“中”（穂いもち）と不十分であるため、発生予察に留意し、適切な防除を行う。また、過剰な分げつが発生すると穂揃い不良を生じ、登熟が悪くなって品質低下を招くおそれがある。

⑺ ふっくりんこ

「ふっくりんこ」は、出穂期が晩生の中、成熟期が晩生の早で、穂ばらみ期耐冷性が“強”の良食味品種である。ただし、出穂期は2010年（平22）の出穂熟期の見直しにおいて、中生の晩程度とされた。普及当初の作付けは道南地域限定であったが、2007年（平19）以降は空知中北部地域にも拡大され、良食味米ブランドとしての地位を確立しつつある。2009年（平21）の作付面積は4,245haである。適地外では登熟不良による減収や品質低下の危険性が高いため、作付けを行わないことが肝要である。

栽培上の注意としては、いもち病抵抗性が“やや弱”（葉いもち、穂いもち）と弱いので、その発生に留意し、適切な防除を行う。倒伏や干ばつにより粒厚が薄くなることがあるので、多肥栽培は避け「施肥標準」を厳守し、登熟期の水管理に留意する。

⑻ ゆきひかり

「ゆきひかり」は、出穂期、成熟期ともに中生の早、穂ばらみ期耐冷性が“強”の品種である。それ以前の品種に比べ食味が上回っていたため、急速に普及し、1989年（平１）には作付面積が７万haを超えて普及面積が最大となった。その後、より食味の良い「きらら397」や「ほしのゆめ」の登場により作付けが大幅に減少した。近年は、米アレルギー患者に影響の少ない米として注目され、ここ数年は150ha前後の作付けが維持されている。

栽培上の注意としては、一穂籾数が多く、総籾数が過剰になりやすい。気象条件が不良な場合には登熟不良により品質低下が懸念されるので、移植時期や栽植密度、施肥量に注意し、生育が遅延しないようにする。また、いもち病抵抗性は“やや弱”（葉いもち）、“中”（穂いもち）と不十分であるため、適切な防除を行う。

⑼ あやひめ

「あやひめ」は、出穂期、成熟期ともに中生の早で、いもち病抵抗性が“強”（葉いもち）、“中～やや強”（穂いもち）と強い、低アミロース品種である。炊飯米の粘りが特に強いため、一般うるち米とのブレンド用または玄米食用として用いられ、2005年（平17）には878haが作付けされた。その後、「おぼろづき」や「ゆめぴりか」などの極良食味品種が登場したため、作付けは漸減傾向にある。

栽培上の注意としては、割籾の発生が多いので、斑点米や紅変米の発生を招かぬよう、病害虫の適切な防除に努めるとともに、適期収穫を励行する。初期の分げつ性がやや劣り穂数確保が難しいので、栽植株数は栽培基準を守る。

⑽ 大地の星

「大地の星」は、出穂期が早生の中で成熟期は中生の早、穂ばらみ期耐冷性が“極強”で、いもち病抵抗性が“強”（葉いもち）、“やや強”（穂いもち）と強い、加工用品種である。炊飯米の粘りが弱く、冷凍ピラフ等加工用途に向く。2006年（平18）には1,547haが作付けされたが、買い取り価格が低い加工用米としては、収量性が不十分な事例が多く、作付けは減少傾向にある。一方、出穂期が早いため、道央部では直播栽培で作付けされる割合が高くなっている。

栽培上の注意としては、出穂期が早生で移植栽培では早期異常出穂のおそれがあるので、育苗ハウスの温度管理を徹底し、3.7葉以下で移植する。初期の分げつ性が劣り、穂数確保が難しいので、初期分げつを促進する栽培に努める。大粒であるので、移植、直播栽培とも播種時には適正な播種密度になるように播種機を調整する。

⑾ 彗　　星

「彗星」は、出穂期、成熟期ともに中生の早で、いもち病抵抗性が“強”（葉いもち）、“やや強”（穂いもち）と強い、酒造用品種である。心白の発現率は「吟風」より低く、製成酒の酒質は「吟風」と異なる。「吟風」に比べ、穂ばらみ期耐冷性が強く、タンパク質含有率がやや低く、大粒で多収である。2009年（平21）の作付面積は70haである。

栽培上の注意としては、初期分げつが少ない傾向にあるので、栽培基準の栽植密度を守り、初期生育を促進する栽培法を心がける。タンパク質含有率が高いと酒質を低下させる要因となるので、多肥栽培はさける。開花期耐冷性は「吟風」並に弱い。

⑿ 吟　　風

「吟風」は、出穂期、成熟期ともに中生の早で、いもち病抵抗性が“強”（葉いもち）、“やや強”（穂いもち）と強い、酒造用品種である。北海道初の心白を有する酒造好適米として、酒造適性や製成酒の評価が高い。作付面積はここ数年、200ha前後で横ばいであったが、日本酒の需要減の影響で、2011年（平23）は減少する見通しである。

栽培上の注意としては、穂ばらみ期耐冷性が“やや強”、開花期耐冷性は“極弱”と劣るので、作付け地域の選択や冷害対策の徹底が重要である。多窒素栽培は酒造用原料としての品質を低下させるとともに、耐冷性を低下させるので、「施肥標準」を厳守する。初期分げつの発生が劣るので、栽培基準の栽植密度を守り、初期生育を促進する栽培法に努める。

⒀ しろくまもち

「しろくまもち」は、出穂期が早生の早、成熟期が早生の中で、穂ばらみ期耐冷性が“極強”のもち米品種である。つき餅の硬化性が従来の北海道もち米に比べて高く、成形もち用途に向く。この用途向けの品種に対する実需者の要望は高いが、収量性が低いために作付けが伸びず、2009年（平21）の作付面積は128haに留まっている。

栽培上の注意としては、出穂期が早生で早期異常出穂のおそれがあるので、成苗移植栽培では育苗時の適正な管理に努める。初期の分げつ性がやや劣り穂数確保が難しいので、側条施肥などにより初期生育を促進する。いもち病耐病性が“やや弱”（葉いもち）、“やや弱～中”（穂いもち）と不十分であるため、適切な防除を行う。刈り遅れによる品質低下が生じやすいため、適期刈り取りに努める。

⒁ きたゆきもち

「きたゆきもち」は、出穂期が早生の晩、成熟期が早生の中で、穂ばらみ期耐冷性が“極強”、「はくちょうもち」より多収で、玄米、精米白度が高く、食味が良い良質もち米品種である。つき餅の硬化性は低く、おこわ等主食用途に向く。現在、「風の子もち」と「はくちょうもち」の一部に替えて普及が進められている。

栽培上の注意としては、いもち病耐病性が“やや弱”（葉いもち、穂いもち）と弱いので、発生予察に留意し、適切な防除を徹底する。

⒂ はくちょうもち

「はくちょうもち」は、出穂期が早生の晩、成熟期が早生の中で、穂ばらみ期耐冷性が“強”、登熟性が良く、紅変米の発生が少ない良質もち米品種である。つき餅の硬化性は低く、おこわ等主食用途に向く。1991年（平３）以降現在まで、もち米の中で最も作付けが多い品種であり、作付面積は最大10,109ha（1999年（平11））、もち米全体に占める作付面積率は最高88.7％（1997年（平９））である。2009年（平21）には4,944haが作付けされているが、2009年（平21）に「きたゆきもち」が優良品種となり、今後「はくちょうもち」の一部に替えて普及が見込まれるため、減少が予想される。

栽培上の注意としては、年次や地域によって生育が遅れることがあるので、「施肥標準」を守り、適正な栽植密度により穂数確保を図る。登熟性が良く、収穫適期幅が短いので、刈り遅れに注意する。

⑯　風の子もち

「風の子もち」は、出穂期、成熟期ともに中生の早で、穂ばらみ期耐冷性が“強”、「はくちょうもち」並の精米白度と食味を有する、多収、良質もち米品種である。つき餅の硬化性は低く、おこわ等主食用途に向く。もち米作付け地域は大部分が早生地帯にあるため、作付け可能な地域は限定されるが、近年、適地外である早生地帯での作付けが増加している。2009年（平21）の作付面積は2,917haに達しており、適地外では登熟不良による減収や品質の低下が懸念されるため、「きたゆきもち」への早急な切り替えが望ましい。

栽培上の注意としては、登熟日数が比較的長いので、栽培適地においても、生育の遅延する地帯では成苗を用い、また早植えなど生育促進のための対策技術を励行する。初期の分げつ性が劣るので、基準の栽植株数を確保し、品質低下を防ぐために適期収穫に努める。

（文章：道総研中央農業試験場生産研究部水田農業グループ　研究主任　木下　雅文）
（ 表 ：　〃　研究職員　其田　達也）

5　北海道の水稲品種改良の現状と将来

⑴　北海道の水稲育種体制

現在、北海道で水稲の育種を行っている機関は、独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構北海道農業研究センター寒地作物研究領域（2011年４月改組、札幌市）、地方独立行政法人北海道立総合研究機構中央農業試験場生産研究部水田農業グループ（岩見沢市）および同上川農業試験場研究部水稲グループ（比布町）である。ほかに、民間のホクレン農業総合研究所バイオ研究センター（長沼町）があり、それぞれ育成課題を分担あるいは共同して事業を推進している。

米の消費が頭打ちとなり、国内の産地間競争が激しくなるなか、消費者や市場の多様なニーズに沿った売れる米づくりが一層求められている。北海道米のシェアの維持拡大を図るためには、これら多様なニーズに応えるべく用途別に高品質で競争力のある品種が必要であり、先述の各試験機関は、機関ごとに育成目標を分け、品種の育成を行っている。現在のところ、道総研では、上川農試が極良食味、糯、直播向け品種、中央農試が業務用、加工用（酒造好適米含む）品種の育成を担当している。

⑵　極良食味品種育成の取り組み

1980年（昭55）から開始した、道立（現在は道総研）農試水稲育種プロジェクトチームによる「優良米の早期開発」「高度良食味品種の開発」「極良食味米品種の早期開発」「高品位米品種の開発促進」および「高度安定性高品質米の早期総合開発」や民間受託研究「多様なニーズに対応する米品種並びに栽培技術の早期開発」といった従来の育種を強化・促進する課題により、「ゆきひかり」（1984年（昭59））、「きらら397」（1988年（昭63））、「ほしのゆめ」（1996年（平8））、「ななつぼし」（2001年（平13））、「ふっくりんこ」（2003年（平15））、「ゆめぴりか」（2008年（平20））などが育成された。また、このプロジェクトチームとは別に北海道農業研究センターにおいても「おぼろづき」（2005年（平17））などが開発された。これら品種の食味水準は着実に向上し、府県産ブランド米にも対抗できるまでになってきた。

その食味水準向上の大きな要因は、食味に関する理化学分析の早期導入と低アミロース遺伝子を幅広く活用してきたことである。食味を理化学的特性として客観的に推定しうる手法が確立されるにともない、それらを簡易で迅速に測定する分析機器（アミロースオートアナライザー、タンパク質測定用インフラライザーやインフラテック、熱糊化特性測定用アミログラフやRVAなど）を順次導入し、育種の初期から中期世代の選抜に活用してきた。また、それと並行して有望な系統については、早い世代から官能検査も実施してきた。さらに、低アミロース遺伝子をもつ遺伝資源を積極的に導入してきたことにより、北海道の気象条件でも府県産並のアミロース含有率を示す品種が育成できた。

今後も、新たな食味評価法の育種選抜への導入や低アミロースや低蛋白質素材の積極的な利用を図り、また実需者の評価を得ながら、極良食味品種の開発を目指していく。

⑶ 業務用・加工用品種育成の取り組み

1) 業務用良食味米

北海道米は値頃感があり生産量が多く安定供給が可能なため、その６割が業務用に用いられている。業務用途としては、「きらら397」が多く使用され、その需要は依然として大きく、需要に応えきれていない状況にある。「きらら397」は現在としては耐冷性がやや劣り、冷害年の収量と品質低下が問題となっている。また、全国的に粘りが強く柔らかい食味の品種が多数を占め、業務用途に向く大量炊飯適性のある品種が求められている。業務用途として「きらら397」に換わる多収で耐冷性に優れた品種の育成を進めている。

2) もち米

糯品種は稲作北限地域での作付けが主体であるため、冷害等により生産性が不安定となり、安定生産が求められている。主要な糯品種である「はくちょうもち」（1989年（平成１））や「風の子もち」（1995年（平７））は、産地間に品質のバラツキがあり、品質のさらなる向上が求められていた。「きたゆきもち」（2009年（平21））は耐冷性がそれらの品種よりも強い“極強”で、玄米品質が良く、収量性も高い品種として、平成22年度より一般栽培が開始された。

また、道産もち米は、従来適性が低いとされてきた「もち加工」向けとしての硬化性の高い品種の開発も求められていた。「しろくまもち」（2007年（平19））は硬化性が「はくちょうもち」等より高く、「もち加工」向けに広く使用されることが期待された。しかし、収量が「はくちょうもち」より少なく、栽培面積は増加していない。今後は収量性が高く、さらに硬化性の高い品種の育成を進めていく。

前述の新品種「きたゆきもち」は作付初年の2010年（平22）にいもち病が多発し、いもち病耐病性が不十分であることが明らかになった。また、「しろくまもち」もいもち病耐病性は劣るため、糯品種のいもち耐病性の改善は急務である。さらに、北限地帯での安定生産には、より一層の耐冷性向上が望まれる。

3) 酒　米

「吟風」（2000年（平12））は、心白を有する酒造好適米として道内の主要な酒米品種となっているが、蛋白質含有率が高く、千粒重も府県産に比べれば十分ではない。また、耐冷性が劣るため安定生産上問題がある。一方、「彗星」（2006年（平18））は千粒重が府県産並で穂ばら

み期耐冷性も強いが、心白の発現が不安定である。また、開花期耐冷性は「吟風」「彗星」ともに“極弱”と極めて弱い。そのため、心白発現が安定し耐冷性が強く蛋白質含有率が低い酒造適性の高い品種の育成を進めている。

4) 加 工 米

「大地の星」(2003年（平15)）は、冷凍米飯用として利用されてきたが、早生でもあり不時出穂しやすく、穂揃い性も良くないことから、成苗移植栽培では収量性が安定せず問題となっている。加工用途としては、安価で取引されるため多収性が最も重要である。そのため、当面「大地の星」並の加工適性を有し、千粒重が重く収量性の高い品種育成を進めている。

また、北海道農業研究センターでは、新規需要開拓を目指し様々な形質をもつ品種の育成を行っている。まだ優良品種に認定された品種はないが、巨大胚品種「ゆきのめぐみ」（巨大胚米はGABAの生成量が多く、高血圧の予防に効果が期待されるなど健康食品としての利用が期待される）や極多収の「きたあおば」（稲発酵粗飼料（ホールクロップサイレージ）用やバイオエタノール原料用など水田の有効活用が期待される）が育成されており、今後実用形質の揃った優良品種の開発が期待される。

⑷ 直播栽培向け品種育成の取り組み

水稲の直播面積は、ここ数年増加傾向にある。これは、直播栽培技術の向上と直播向け品種が開発されたことによる。直播栽培は移植栽培に比べ、栽培期間が短いため、直播向け品種は早生である必要がある。また、直播栽培では、生育期間が短くなることなどから、移植栽培ほどの収量が確保できないといった問題があった。現在直播栽培に利用される「ほしまる」や「大地の星」は、直播栽培においても収量性が大きく低下しない特性をもっている。しかし、「大地の星」は登熟が遅れるため、栽培地帯は限定される。また、「ほしまる」は腹白が発生しやすいなど玄米品質が不十分で、苗立性が劣る傾向がある。今後は、低温苗立性が優り、品質・食味が良く、収量性のさらに高い早生品種の開発が必要である。

直播栽培向き品種は、低温苗立性が優れなければならない。そのため、国内品種や外国稲など多くの遺伝資源の中から、高度低温苗立性の母本を見出し交配に用いて、低温苗立性の優れる品種の育成を行ってきた。また、低温苗立性は室内における冷水掛け流し法により検定し、さらに低温発芽性も選抜に利用している。

⑸ 耐冷性・耐病性の向上

1) 耐 冷 性

「ゆめぴりか」は食味水準は向上したが、穂ばらみ期耐冷性が“やや強～強”と耐冷性は不十分である。「ななつぼし」「ふっくりんこ」「おぼろづき」の耐冷性は“強”であるが、冷害年では不稔が多く発生し、さらなる耐冷性の強化が必要である。

育種での穂ばらみ期障害型耐冷性の検定、選抜は冷水田における中期冷水掛け流しで行い、開花期耐冷性検定を人工気象室で実施している。

近年は、耐冷性遺伝子に関する様々な研究が行われ、耐冷性に関する遺伝子も特定されてきている。各遺伝子の効果や集積による効果などの研究が進んでおり、DNAマーカーによる選抜の有効性の調査も進んでいる。また、いくつかの外国稲に由来する中間母本として耐冷性極

強以上の材料が育成されており、今後、これらを利用して実用品種を育成していく。

2) いもち病耐病性

道内の主要品種は*Pia*、*Pii*、*Pik*の抵抗性遺伝子を単独あるいは複数で持っているが、現在の道内のいもち病菌はこれら全てに罹病性をもつレース037が主流となっている。各農試のいもち病検定は、抵抗性遺伝子別にグループに分け、それぞれ強～弱の基準品種を決めて検定・選抜を行っている。近年、いもち病圃場抵抗性に関する数々の遺伝子が見つかり、そのDNAマーカーが開発、実用化されている。北海道においても既に見つかっている抵抗性遺伝子の導入が試みられており、実用品種の開発を目指している。

⑹ 育種手法の現状と将来

1) 育種の基本的な手法

ア　交雑育種法とその固定

この手法の中に系統育種法、集団育種法、戻し交雑育種法および半数体育種法（葯培養法）が含まれる。品種の成立要件の一つとして、特性が実用上固定していることが必要であるが、交配によって得た交雑集団は、世代が進むにつれ主要な特性が固定した個体の頻度が高まる。系統育種法は、分離個体が多く含まれる初期世代の、雑種第２代で個体選抜、雑種第３代で系統選抜を行い、雑種第4代以降は系統群選抜、群内系統選抜を繰り返し品種を育成していく手法であり、１年１作ずつ栽培すると、品種育成に最短でも10年程度を要する。この欠点を改良したのが集団育種法であり、初期世代の数世代を雑種集団で養成し、集団内の固定個体の頻度が高まった段階で系統選抜法に準じた選抜を開始する方法である。初期世代を、温室や暖地などを利用して１年に数世代経過させることによって、短期間に品種の育成が可能となり、現在では基本的な方法となっている。

イ　突然変異を利用した育種

遺伝変異の拡大は、交雑による方法の他、放射線や化学物質による突然変異を利用する方法がある。誘発された変異体の中から有用なものを選抜・固定し品種を育成する。北海道でも^{60}Coのガンマー線、エックス線などの放射線やEI、EMS、MNU、アジ化ナトリウムなどの化学物質を用いて突然変異誘発が行われてきた。また、培養の易変異性を利用して、変異系統の作出が行われている。これらの手法による優良品種の育成はないが、「彩」や「あやひめ」といった低アミロース品種の母材となったNM391（「ニホンマサリ」のγ線突然変異系統）、「おぼろづき」や「ゆめぴりか」の母材となった「北海278号」（「きらら397」の培養変異系統）など、広く利用されている。

2) 育種年限短縮

交雑後代系統を、早期に固定することにより、より短期間で品種育成が可能となる。このような考えから、世代促進と葯培養を実施している。世代促進は育成場の冬期温室での雑種第一代（F_1）養成とともに、2001年（平13年）より、道南農試に整備された大型の促進温室を利用して年２作（F_2、F_3）の栽培を実施している（写真Ⅲ－１）。また、暖地の沖縄県名護市における年２作の栽培も実施され、より効率的な育種に取り組んでいる。現在では育種材料の大部分が世代促進栽培に供試されている。

写真Ⅲ－１　道南農試での世代促進温室内

写真Ⅲ－２　葯培養（葯の置床作業）（上川農試）

写真Ⅲ－３　葯培養の植物体（上川農試）

雑種の固定を図る方法に、F_1の葯を培養して、染色体数が通常の植物の半分の植物体（半数体）に育て、それを自然倍加や薬剤処理により染色体を倍加させ、正常な植物（２倍体）にする方法がある。こうして出来たものは、理論上分離をせず、遺伝的に固定された個体となる。葯培養の手法を利用して、上川農試は1991年（平３）における最初の「上育394号」の育成に続き「彩」「しろくまもち」「ゆめぴりか」等を、中央農試は「ななつぼし」を、ホクレンバイオ研究センターは上川農試と共同で「ほしまる」を育成した。ただし、培養には労力とコストを少なからず必要とするため、多数の組合せは供試出来ず、限られた有望な組合せを選んで供試している。そのため現在も、葯培養技術の向上を図って、育種の効率化を目指している。

3)　DNAマーカー選抜技術

近年、品種改良において、DNAマーカー選抜育種法が急速に発展している。全国でいもち病圃場抵抗性遺伝子が数々見出され、そのDNAマーカーが開発されてきている。北海道でもそれらを利用し、いもち病圃場抵抗性向上を図っている。また、低アミロース遺伝子に関するマーカーも多数開発され、低アミロース品種の育成に利用している。これら、低アミロース遺伝子間にはアミロース含有率の低減化に対して相加効果が見られ、これらの組合せにより、広範囲のアミロース含有率をもつ品種育成の可能性が見出されている。さらに、耐冷性や低温苗立性に関するマーカーも作出されており、その利用が進みつつある。

DNAマーカーを利用することにより、表現型をみることなく必要形質の選抜が可能となることから、育成年限の大幅な短縮や効率化並びに確実な抵抗性の導入が実現できる。

（道総研上川農業試験場研究部水稲グループ　主査　平山裕治）

Ⅳ　種　子　増　殖

1　種苗登録と奨励品種

(1)　水稲の品種育成場

北海道内の水稲品種改良は、独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構北海道農業研究センター（略称北農研）および地方独立行政法人北海道立総合研究機構（略称道総研）の中央農業試験場（岩見沢試験地）と上川農業試験場において実施されている。また、道南農業試験場は世代促進温室における世代促進事業のみを、中央農業試験場遺伝資源部では、育成品種の育種家種子の維持・管理と原原種の増殖計画立案・管理が行われている。2010年度（平22）現在、各育成場の主な育種目標は、以下のとおりである。

北海道農業研究センター：寒地向け加工用・業務用
寒地向け飼料用米、稲発酵粗飼料用

中央農業試験場：中生、耐病性、業務用・加工用（酒造好適米含む）向き

上川農業試験場：早生、高度耐冷性、極良食味、糯、直播栽培向き

各試験場が育成している系統は、それぞれ以下のような固有の名称が使われている。

系統名	系統番号(例)	育　成　地
北　海	北　海 312号	独立行政法人北海道農業研究センター
空　育	空育酒 177号	地方独立行政法人北海道立総合研究機構農業研究本部
		中央農業試験場（岩見沢試験地）
上　育	上　育 463号	上川農業試験場
渡　育	渡　育 240号	北海道立道南農業試験場（2004年（平16）中止→中央へ）
北　育	北育糯　80号	北海道立北見農業試験場（1995年（平７）中止→上川へ）
十　育	十　育　12号	北海道立十勝農業試験場（1972年（昭47）中止→北見・上川へ）

＊一般食用「うるち」種は系統名に続いて番号をつけ、糯米の場合は系統名と番号の間に「糯」を、酒米の場合は「酒」を、飼料米の場合は「飼」をつけるなど、育成系統の特性を表している。

(2)　水稲優良品種が誕生するまでの経過（例：道総研農業試験場）

1年目	母本養成と交配　F_1 養成（育成場冬期温室）→		葯培養（上川農試、冬期）
2年目	F_2 集団養成（道南農試世代促進温室）		A_1 個体選抜（温室）
	F_3 集団養成（道南農試世代促進温室）		A_2 系統選抜（温室）
3年目	F_4 個体選抜 （以降育成場）	F_4 穂別系統選抜 （以降育成場）	A_3 生産力検定予備試験
4年目	F_5 系統選抜	F_5 生産力検定予備試験	A_4 生産力検定本試験
5年目	F_6 生産力検定予備試験	F_6 生産力検定本試験	A_5 奨励品種決定予備試験
	（品種決定年まで生産力、いもち･耐冷性検定、食味分析調査がおこなわれる）		

6年目	F_7 生産力検定本試験	F_7 奨励品種決定 予備試験	A_6 奨励品種決定 本試験１年目 （現地試験１年目）
7年目	F_8 奨励品種決定予備試験 （各試験場に配付して試験）	F_8 奨励品種決定 本試験１年目 （現地試験１年目）	A_7 奨励品種決定 本試験２年目 （現地試験２年目）
8年目	F_9 奨励品種決定 本試験１年目 （現地試験１年目）	F_9 奨励品種決定 本試験２年目 （現地試験２年目）	↓
9年目	F_{10} 奨励品種決定 本試験２年目 （現地試験２年目）	↓ （穂別系統選抜では ９年目に次の欄へ）	↓ （葯培養では８年目 に次の欄へ）
10年目	奨励品種決定試験３年・現地試験２年の試験が完了した系統は、農業試験会議（成績会 議：１月）に新品種候補として成績を提出できる。 農業試験会議の成績検討結果、成績が良好と認められれば新品種候補が誕生し、北海道農作物優良品種認定委員会の決定を受けて国への種苗登録申請が行われる。		
11年目以降	認定されると新品種誕生となり、種子増殖体系で種子増殖が図られる。		

１年目の⟶は、材料の一部を右欄の葯培養に供試することを示す。

⑶ 「ゆめぴりか（上育453号）」育成の例

1） 交配から生産力試験まで

1997年（平９）	北海道立上川農業試験場にて交配 札系96118（北海287号）／上育427号（ほしたろう）
’97～ ’98（平９～10）	冬期温室にてF_1養成
1998年（平10）	二層培養法による葯培養（23,228葯） 再分化個体を温室に移植（626個体）し、291個体選抜
’98～ ’99（平10～11）	冬期温室にて105系統供試、40系統選抜
1999年（平11）	AC99189の系統名で生産力検定予備試験（ACは、葯培養を意味する）

2） 生産力検定予備試験以降の供試系統数と１系統当たり個体数

H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20～
① 〜 (20) 〜 40	1 ② (40) 〜 4	① (10)	① (10)	① (10)	① 〜 (40) 〜 4	1 〜 (80) ⑦ 10	1 ② (80) 〜 10	1 〜 (80) ⑦ 10	以降 遺伝資源 センター
生予	生本	系統養成			生本	奨予	奨本１	奨本２	新品種
AC99189						上育453号			「ゆめぴりか」

注、○内選抜系統番号、（ ）内植え付け個体数。H13～15年は系統養成と食味官能試験を実施。生予は生産力検定予備試験、生本は生産力検定本試験、奨予は奨励品種決定予備試験、奨本は奨励品種決定本試験の略である。

AC99189は、1999年度の生産力検定予備試験で189番目の系統。上育453号は、上川農業試験場で昭和２年に品種育成を始めてから育成された、453番目の地方配付系統。

3)　選抜系統と採種の流れ

2004年（平16）生産力検定本試験時の4系統のうち①の系統を選抜し、10個体を次期の系統として選抜。残りの個体から廃棄株を除いて採種し、次期の試験の種子として活用。

奨予系統（育成場：上育453号）2005（H17）

1 ＝80個体　○
2 ＝　〃　○
3 ＝　〃　○
4 ＝　〃　○
5 ＝　〃　○
6 ＝　〃　○
7 ＝　〃　＝選抜・・10個体 ⟶
8 ＝　〃　○
9 ＝　〃　○
10＝　〃　○

奨本1年目系統（育成場：上育453号）2006（H18）

1 ＝80個体　○
2 ＝　〃　＝選抜・・10個体 ⟶
3 ＝　〃　○　（下図の左へ）
4 ＝　〃　○
5 ＝　〃　○
6 ＝　〃　○
7 ＝　〃　○
8 ＝　〃　○
9 ＝　〃　○
10＝　〃　○

2005年選抜した７番目の系統の中から10個体を次年度の基本系統とし、80個体のうち畦際等端の数個体を除いた約70個体を収穫して脱穀し、次年度の予備増用種子とする。残りの○の系統を一括収穫して採種し、次年度の生産力、現地試験等の種子とする。

選抜した２番目の系統の中から10個体を次年度の基本系統とし、80個体のうち畦際等端の数個体を除いた約70個体を収穫して脱穀し、次年度の予備増用種子とする。残りの○の系統を一括収穫して採種し、次年度の生産力、現地試験等の種子とする。

奨本２年目（育成場：上育453号）2007（H19）

1 ＝80個体　○
2 ＝　〃　○　残りの系統は混合採種
3 ＝　〃　○　し、育種家種子格として
4 ＝　〃　○　原原種圃に配布。
⟶ 5 ＝　〃　○　他は前年に同じ
6 ＝　〃　○
7 ＝　〃　＝選抜・・10個体 ⟶
8 ＝　〃　○
9 ＝　〃　○
10＝　〃　○

新品種決定年（ゆめぴりか）2008（H20）

遺伝資源センター　　育成場

200個体＝1 ×　　1 ×　＝60個体
〃　＝2 ○　　2 ○　＝　〃
〃　＝3 ×　　3 ×　＝　〃
〃　＝4 ○　　4 ○　＝　〃
〃　＝5 ×　　5 ×　＝　〃
〃　＝6 ○　　6 ○　＝　〃
〃　＝7 ×　　7 ×　＝　〃
〃　＝8 ○　　8 ○　＝　〃
〃　＝9 ×　　9 ×　＝　〃
〃　＝10○　　10○　＝　〃

2008年新品種に決定後、奨本２年目の系統から選抜した７番目の系統の10個体を道総研中央農試遺伝資源部と育成場で個体ごとに折半し、同じ系統別に所定の個体以上を栽培した。固定度等を両者で協議し厳密に選抜し、５系統となったため、この５系統から５個体選抜して25系統を翌2009年（平21）に再度系統選抜にかけた。その結果８番の系統のみ落として20系統を選抜し、中央農試遺伝資源部で採種した種子を系統ごとに適正量保存管理（種子備蓄長期貯蔵室）した。

残りの種子から系統間で等量を混合し育種家種子として貯蔵し、原原種生産に供する基種子として３作に１回配付するとともに、貯蔵量が減少した場合は育種家種子を用いて再増殖を行う。

育種家種子、原原種、原種の増殖量

例えば、毎年５万ヘクタールの作付けが見込まれる品種の場合、逆算して毎年30kgの原種圃用の原原種が必要で、３年間供給をするためには最低90kgの原原種が必要となる。この原原種を確保するため、３年に１回原原種を増殖する（基準生産量は100kg／10a）が、３作目は育種家種子を使用して増殖する。従って、３作に１回育種家種子を使用して原原種を増殖できるように育種家種子を準備する必要がある。そのため育種家種子は10年程度は発芽率を低下させずに貯蔵できる長期低温貯蔵を、道総研中央農試遺伝資源部で行っている。

育種家種子とは

「育種家種子」とは、「育成者（または育成場）が選抜した基本系統」から構成される系統群集団種子（品種の基種子）であり、育成者が責任を持って供給しなければならない種子である。水稲の場合、「育種家種子」の作出と原原種ほへの供給は育成場に代わって道総研中央農試遺伝資源部が行っている。

⑷　種苗登録

その種苗がそれまで種苗登録されたものと明確に区別できる要件が満たされれば新たに種苗登録できる。北海道農業研究センターで育成された系統で、北海道奨励品種にはなっていないが種苗登録されて品種名がついているものに、巨大胚の「ゆきのめぐみ」と飼料用の「きたあおば」があり、「おぼろづき」も奨励品種になる前に種苗登録された。

道総研の農業試験場育成のものは、基本的に奨励品種になってはじめて種苗登録される。

「種苗法」により品種育成者の権利保護は「種苗登録」によって保証されるが、品種登録出願日の前に、種苗として有償・無償にかかわらず譲渡、譲渡する旨の申し出、譲渡する目的で生産した・・・等の事実があった場合は、資格を失って品種登録ができなくなる。

「品種登録出願」前の有望系統などの種子の取扱い

⑴ 有望系統の「予備増殖」については、道総研農業試験場の圃場で実施されるので特に問題はない。
⑵ 「奨励品種決定現地調査事業」に供試された有望系統の生産物の取扱については、試験担当農試職員のみならず、現地関係者（奨決現地調査事業の受託農業者は元より、指導を担当する普及指導員（旧農業改良普及員）、農業団体や市町村の関係者）にも慎重な配慮が要求される。すなわち、いかに有望な系統であっても、品種登録出願前に種子として譲渡および売買されることがあってはならない。
⑶ 46ページ「３」の増殖体系図からもわかるように、新品種決定年に直ちに当該品種の種子が出回って栽培され、米が生産・出荷されることはあり得ないので、現地では十分な配慮をもって対応することが望まれる。

⑸ 北海道農作物優良品種候補の審査・認定基準並びに北海道農作物優良品種廃止候補の選定基準（北海道農業試験会議、抜粋）

北海道農業試験会議運営要領第７に基づき、優良品種の審査基準、優良品種の認定基準、優良品種の廃止候補の選定基準などが定められている。

1） 水稲優良品種候補の審査基準

水稲の優良品種候補に関する審査基準を次のとおりとし、優良品種候補は次に示す要件を満たすものから採用する。

１．種苗法における品種登録を受けるものは、育種素材及び育成の経過が明示されていなければならない。

２．道内の独立行政法人又は地方独立行政法人の試験研究機関において、次の試験を実施したものでなければならない。ただし、必要な場合は他の試験研究機関や関係機関の試験成績を利用することができる。

試　験　名	試　験　機　関	試験年数	備　　考
系統適応性検定試験又はこれに準ずる試験	担当機関又は育成機関	１年以上	独立行政法人または地方独立行政法人の育成系統
奨励品種決定基本調査又はこれに準ずる試験	２機関以上（ただし、普及対象地域が限定されるものはこの限りでない。）	３年以上	
奨励品種決定現地調査又はこれに準ずる試験	普及対象地域を中心として２か所以上（ただし、普及対象地域が限定されるものはこの限りでない。）	２年以上	
特性検定試験	育成機関、特性検定試験担当機関	２年以上	
固定度調査	育成機関	１年以上	
利用特性に関する試験	育成機関	１年以上	関係機関又は団体の試験成績を利用できる

3．上記の試験により次のことが明らかにされていなければならない。

⑴　対照品種[1)]との特性の差異（必要に応じて比較品種[2)]との特性の差異）

⑵　普及対象地域

⑶　用途及び栽培上の注意

注１．対象品種：優良品種候補が置き替わる対象となる優良品種

注２．比較品種：優良品種候補の特性を明確にするための優良品種

4．普及見込み面積及び配付しうる種子量が明示されていること。

2)　優良品種の廃止候補の選定基準

優良品種認定後に､次のいずれかに該当すると認められる品種を廃止候補として選定する。

⑴　優良品種の特性が変化し、優良品種の認定基準を満たさなくなった場合

⑵　普及対象地域で栽培上重要とされる特性又は生産物の利用上重要とされる特性に関し、重大な欠点が明らかになった場合

⑶　当該品種に係る作付け面積が著しく減少し、今後とも増加の見込みがない場合

⑷　新たな優良品種によって、代替えが可能である場合

⑸　当該品種の種苗供給が困難となった場合

＊北海道農作物優良品種認定要領第２の２「優良品種の廃止基準」の⑶の運用：
次に該当すると認められるときは、優良品種（水稲）の廃止を検討するものとする。
＊優良品種認定後５年以上経過した品種で、作付面積が2,000haを下回っている場合（需要が堅調で代替え品種がない場合を除く）。

２．北海道における水稲種子増殖

稲（その他、大麦、はだか麦、小麦、大豆）の種子生産は､「主要農作物種子法」において「原原種」と「原種」は都道府県が生産し､「一般種子」は、都道府県が指定する「指定採種圃」で生産することが定められている。北海道の水稲の増殖体系は下記の表のとおり。

種　類	基本系統	育種家種子	原 原 種	原　　種	一般採種
生　　産	遺伝資源部で系統別に生産[1)]	遺伝資源部	道がホクレン種子センターに委託	道が生産農家に委託	ホクレンがJAと生産契約
調　　製	遺伝資源部	遺伝資源部	ホクレン種子センター	ホクレン種苗生産センター	ホクレン種子センター
貯　蔵 備　　蓄	遺伝資源部で選定した系統を、系統別に適量保管	遺伝資源部 長期備蓄 低温貯蔵	遺伝資源部（原種圃への配付量の２年分を備蓄[2)]） 低温貯蔵	ホクレン種子センター 低温備蓄	ホクレン種子センター
配　　付		原原種生産３作当たりに１回無償で供給		道がホクレンへ売払い	ホクレンがJAへ販売

１）道総研中央農業試験場遺伝資源部で、優良品種認定年のみ生産。選定した基本系統を等量混合して育種家種子を作出。

2）原原種の備蓄は、災害などにより原原種の生産に支障を来し、原種圃への配付に不足を生じた場合に充当するために行う。備蓄システムは、当年産種子を備蓄し、原種圃への配付は備蓄種子（単年度または複数年産）を用いるいわゆる回転備蓄方式とする。

ただし、原種圃への配付量が少量の品種については、数年分を一括して生産・備蓄できるものとする。この場合、良好な発芽率を確保するため、備蓄期間は５～６年を限度とする。さらに原種生産する必要のないほど需要の少ないものは、直接採種圃に配布できる。

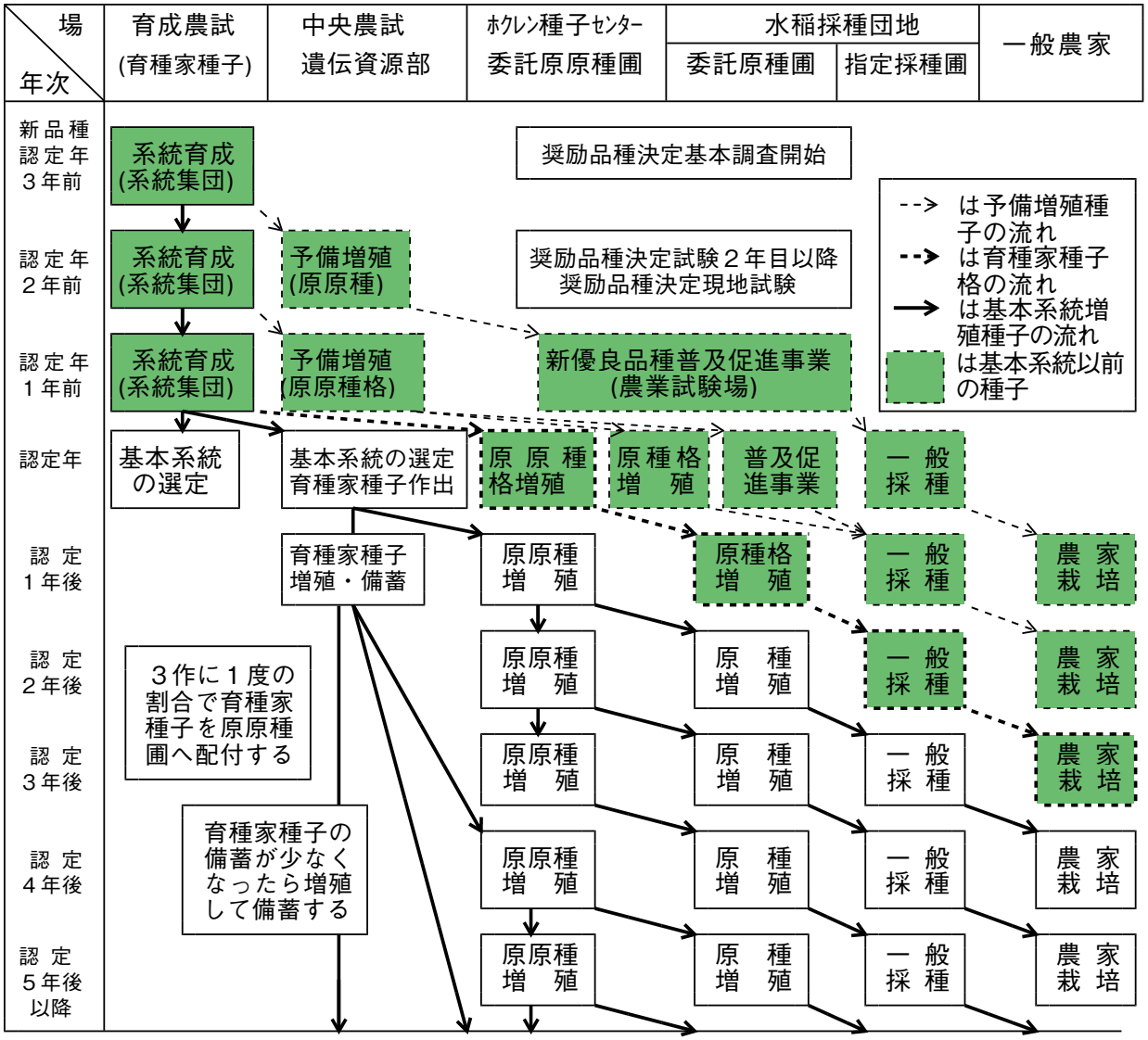
(1) 水稲採種圃の概要（2011年度（平23））

産　地	JA	場　所	採種圃面積	生産農家数	備　考
北　斗	新はこだて	北斗市大野	83.9ha	13戸	
当　別	北いしかり	当別町	85.5	12	
栗　沢	いわみざわ	岩見沢市栗沢	240.4	16	
江部乙	たきかわ	滝川市江部乙	207.7	21	
芦　別	たきかわ	芦別市新城	25.9	9	もち（H16から）
秩父別	北いぶき	秩父別町	117.1	11	
中富良野	ふ　ら　の	中富良野町	172.3	24	もち採種含む
合　計			932.8ha	106戸	

注１） 成苗ポット苗（一部マット苗）を使用した機械移植栽培で、平成５年から種子用自脱コンバイン収穫・機械乾燥体系によって行われている。

注２） 1996年（平８）に各地にあった種子センターを統合し、滝川市にホクレン種子センターを設置し、全道一括した高品質種子調製と効率的操業、安定供給を行っている。

3．北海道における水稲種子の増殖体系



4．予備増殖について

(1) 予備増殖

北海道では、新品種の種子の増殖は、新品種決定年の２年前から、すなわち有望系統の段階から開始する。新品種決定以前の原原種格の増殖を、北海道では「予備増殖」と呼んでいて、1952年（昭27）から実施されてきた。

上図で見るように、新品種に決定してから増殖を開始すると種子が農家に届くのは３年後になる。しかし、北海道では２年前から増殖を始めているので、新品種決定年の翌年には種子が普及する。このシステムのために新品種の普及が早く、農業生産に大きく貢献している。

(2) 予備増殖で生産された種子の固定度

予備増殖で生産された種子（図内 で示される種子）は、新品種決定の３年前または２年前の系統を増殖したものであることから、新品種決定後に増殖が始まる種子と比較して「固

定度が必ずしも十分ではない種子」である。

予備増殖に係わる種子の「原種圃」「採種圃」においては、異型の抜き取り及び「圃場審査」に当たってもこのことを念頭に入れておく必要がある。

稲、麦、豆など自殖性作物の育種は、一般に交雑育種法が行われ、交配から新品種誕生まで10年前後かかる。このように長い年月がかかる理由は、「遺伝子が固定する」のに、ほぼ10世代ないしはそれ以上にわたって自殖と選抜を繰り返す必要があるからである。さらに、このような選抜操作と並行して、少なくとも後半の５年間はいろいろな特性が調査される。この場合系統の固定度は、育種終了時に比べて、その1世代前、２世代前は僅かながら低いのが普通である。

品種の特性が「十分に固定している」・・という意味は、「実用上さしつかえない程度に固定している」・・・という意味である。

５．純度が高い種子を生産するために

⑴　「原原種」、「原種」、「一般種子」

種子の生産・管理の上で一番大切なことは、人為的・機械的ミスで起こる異品種の混入を防止すること、及び、自然交雑・遺伝子の分離・突然変異などで生じた「変種」（北海道では一般に「異型」と呼んでいる）の混入率を最小限にとどめることである。

「原原種」、「原種」、「一般種子」の生産において、特に“品種の特性保持”と“純度の保持”のために、それぞれに栽培管理基準が定められ、注意深く生産が行われている。

⑵　準種子の確保（災害等緊急時の種子確保対策）

北海道では、強い冷害に遭遇することがあり、また、病害虫の異常発生により指定採種圃産の種子量だけでは不足する場合がままある。近年では1993年（平５）、2003年（平15）の冷害年、2002年（平14）のいもち病多発などがあった。

このようなことを想定し、主要農作物種子制度の運用で、災害等により生産物審査に合格した種子をもっては必要種子量の確保が困難な場合には、「品種の来歴が明確で、被害量が少ない一般ほ場であって都道府県が選定したもののうち、ほ場審査に準じて審査を行ったものにおいて生産された農産物で、生産物審査に準じて審査を行い種子用に供することが適当であると都道府県知事が認めたものについては、いわゆる準種子として普及させることは、差し支えない。」と規定している。

⑶　転用種子（災害等緊急時の種子確保対策）

大冷害などの大災害の年や異常気象年、需要量の急激な増加等で、採種圃産種子、準種子対応でも必要な種子確保ができないことがある。この場合、主要農作物種子法等の規定はないが、種子量を確保するため一般生産者生産の籾を種子として確保する場合がある。その種子を「転用種子」と呼んでいる。選定基準は、

- 種子更新率100％であること。
- 圃場が他品種と隣接していないこと。
- 生育が均一であったこと。
- 雑草の発生が無かったこと。

・　籾を傷つけないよう収穫すること（コンバインの回転数を落とす）。
・　半乾貯留二段乾燥の実施（仕上げ水分14.5～16.0％の範囲内）。

などの確認を行うとともに、審査員による圃場審査と生産物審査は対象外となるが、種子用としてホクレン種子センターにて採種と同様の調製を行い、農産物検査普通籾にて受検し、発芽試験で基準である発芽率90％以上と確認されたものを種子として販売することを基本とし、原料確保に努めている。但し、上記基準を満さない原料しか確保出来ない場合については、別途協議の上取り進める。

６．北海道における種子生産の経過

昭25	・原原種圃は農業試験場、原種圃は道庁、採種圃は市町村単位に設置。
昭27	・「主要農作物種子法」の制定。
昭39	・原種の生産は、道庁からの委託及び補助の形で農家段階で実施。
昭43	・米麦種子生産供給合理化事業により種子の集団栽培を行うとともに、水稲種子センターが道内７箇所に設置され、近代的な施設のもとで種子の調製・管理が行われる（大野・当別・栗沢・江部乙・秩父別・東神楽・中富良野。昭45年まで整備）。
昭53	・品種育成者の権利保護等から「農産種苗法」を「種苗法」に改正。 ・民間事業者への参入の途を開くため「種苗法」「主要農作物種子法」を改正。
昭61	・水稲種子センターに種子消毒施設を新設、消毒済種子の配付を開始。 ・「水稲種子収穫・乾燥機械化体系確立試験」が道指導参考事項。
昭63	・東神楽水稲採種組合が解散し、東神楽水稲種子センターの操業を廃止する。
平 3	・「水稲種子の収穫・乾燥省力化実用技術試験」が道の指導参考事項。
平 4	・原採種生産に種子専用コンバインでの収穫、種子専用乾燥機での乾燥が取り込まれ、収穫・乾燥機械化体系へ全採種組合が移行。
平 5	・大凶作で水稲採種圃産種子が大打撃を受け、緊急転用種子確保を実施。
平 8	・滝川市にホクレン水稲種子センターが新設され機械化一貫体系が確立。 ・既存の６カ所の種子センター操業廃止。 ・栗沢採種圃産「風の子もち」にうるち混入発生。逆塩水選の指導。以降毎年うるち混入が問題化。栗沢採種圃では平成10年から「はくちょうもち」へ切り替え。 ・「水稲直播用極早生品種の採種栽培における育苗法」が道の指導参考。 ・「水稲直播用種子生産のための機械収穫乾燥技術」が道の研究参考。
平10	・栗沢採種圃産「はくちょうもち」にうるち混入発生。関係機関と協議し0.04％以下の混入率であれば合格とした。
平11	・もち米品種のうるち混入率審査手順決定。
平14	・大野採種圃でいもち病大発生。圃場審査で全筆不合格となる。 ・栗沢採種圃の「はくちょうもち」を隣接圃場から大きく隔てられた隔離圃場に集約したが、障害型冷害の影響で、うるち品種と隣接した風下の圃場で基準を超えるうるち粒が混入。

平15	・汎用コンバインによる水稲直播用種子の収穫技術が道の普及推進事項。 ・平成５年以来の大冷害で、緊急転用種子確保。 ・障害型冷害で栗沢採種圃産「はくちょうもち」に多量のうるち粒混入。技術対策が限界で、もち種子生産の返上へ（うるちと200m以上離しても受粉）。
平16	・栗沢採種圃から「もち」の採種をJAたきかわの芦別もち団地へ移設。 ・栗沢採種圃「ゆきひかり」に褐条病発生、全量不合格。準種子対応。 ・水稲種子製品のDNA鑑定開始。
平17	・圃場審査基準「いもち病は、ほ場の0.04％を超えて発生していないこととする」に改正（いもち病被害は発生株率で見る）。
平18	・原料籾でのDNA鑑定開始。 ・道立植物遺伝資源センターが改組、道立中央農試遺伝資源部となる。
平19	・汎用コンバイン使用による初の収穫「ほしまる」（秩父別）。 ・食酢利用による水稲種子消毒で、褐条病防除技術が道の普及奨励。
平20	・中富良野・芦別「上育糯451号」に異型・うるち混入＝予備増種子由来。 ・いもち病多発、株率適用では種籾確保ができないことから北海道、道立農業試験場と協議し、ほ場審査基準の発病株率を発病穂率適用（平成22年まで連続）。
平21	・冷害による細粒化で種子確保が困難な品種がでたため転用種子確保へ。 ・いもち病多発。ほ場審査で不合格ほ場発生。
平22	・いもち病多発。ほ場審査で不合格ほ場発生。
平23	・汎用コンバインによる水稲直播用種子の収穫技術が道の指導参考事項。

７．主要農作物種子法に基づく審査

⑴　圃場審査基準（最高限度）（原原種、原種、一般種子）

審査項目	変種・異品種及び異種類の農作物の混入程度	雑草の混入程度	種子伝染性の病害虫の発生程度[1)]	その他の病虫害及び気象被害の発生程度	生育状況
審査基準	混入していないこと。	ほとんど混入していないこと。	発生していないこと。	ほ場の20％を越えて発生していないこと[2)]。	特に異常な生育を示していないこと。

1）種子伝染性の病害虫は、「ばか苗病」及び「線虫心枯病」。
2）その他の病虫害で「いもち病」の場合は、ほ場の0.04％を超えて発生していないこととする（北海道独自基準）。

病虫害の発生程度は、発病株率で表す。いもち病の場合、１株内に「籾いもち・穂首いもち・枝梗いもち・節いもち病」が発病している穂が１穂でもあれば発病株とする。

審査は、第Ⅰ期は出穂期、第Ⅱ期は糊熟期に圃場単位毎に行う。

⑵ 生産物審査基準

審査項目	発芽率	混入程度				
		異品種粒	異種穀粒	雑草種子	種子伝染性の病虫害粒	その他の病虫害粒
審査基準	90％以上であること。	混入していないこと。もち品種の中に混入する「うるち粒」の混入率は0.04％以下とする。	混入していないこと	0.2％を越えて混入していないこと	混入していないこと。	0.5％を越えて混入していないこと

⑶ 発芽率の測定

主要農作物の種類	発芽床の条件	温　度	測　定　日		休眠打破法 その他の留意事項
			第１回目	最　終	
稲[1)]	ろ紙の上、間又は砂の中	25℃ [2)]	5 日	14日	予熱（50℃、７日以内） 水又は１規定硝酸に 浸漬（24時間）

１）１区100粒、４反覆分計400粒で調査。
２）温度は、上下１℃の範囲に留め、照光条件で行う。

以上のことについて､各採種地の種子審査員（知事から任命を受けた技術吏員（普及センター職員が多い））による審査を受ける。

⑷ 種子水稲うるち籾・もち籾の検査規格（品位）（任意検査）

項目／等級	最　低　限　度			最　高　限　度			色
	発芽率％	整粒％	形質	水分％	被害粒％	異物％	
合格	90	90	標準品	14.5	0.5	0.2	品種固有の色

（注１）水分は、当分の間１％を加算した値。
（農産物検査法の改正により「検査を受けることができる」とされ、任意検査となったが、北海道では検査員による検査を受け、生産物審査証明書に記載される）。

⑸ DNA鑑定（任意検査）

・フレコン出荷前段階でのサンプル採取時にDNA鑑定用サンプルを採取。
・第３者機関に検定を依頼。

８．種子原料の出荷

各採種地で圃場審査を合格した種籾は、現地で以下の要件を満たすように乾燥・調製されて滝川市のホクレン種子センターに出荷される。

⑴　種子原料の出荷量は、各年「北海道種子協議会」で決定するものとし、需要及び作況により必要がある場合は、可能な範囲で増加するものとする。

⑵　種子原料の対象となるものは、主要農作物種子法第４条に基づく圃場審査に合格したもので、粗選別（原則として篩目は2.20mm以上使用）を適正実施したものとする。

⑶　ホクレン種子センター受け入れ時の籾水分は、16％以下であること。

⑷　浮籾割合は浄水選で100粒中５粒以内（５％以内)、脱ぷ粒はないことが基本。

⑸　自動自主検定装置（スーパーチェッカー）による籾での選別歩合は98％を基本とする。

⑹　異種穀粒の混入がないこと。

⑺　種子原料籾での発芽率は90％以上。

⑻　種子原料の量目は、概ね650kg／フレコンとする。

⑼　もち種子は必ずヨード反応試験を実施し、もちであることを確認する。

⑽　その他の項目については、農産物検査に合格するものを基準とし、⑵～⑼に適応しないものは、都度、関係者協議の上取り進める。

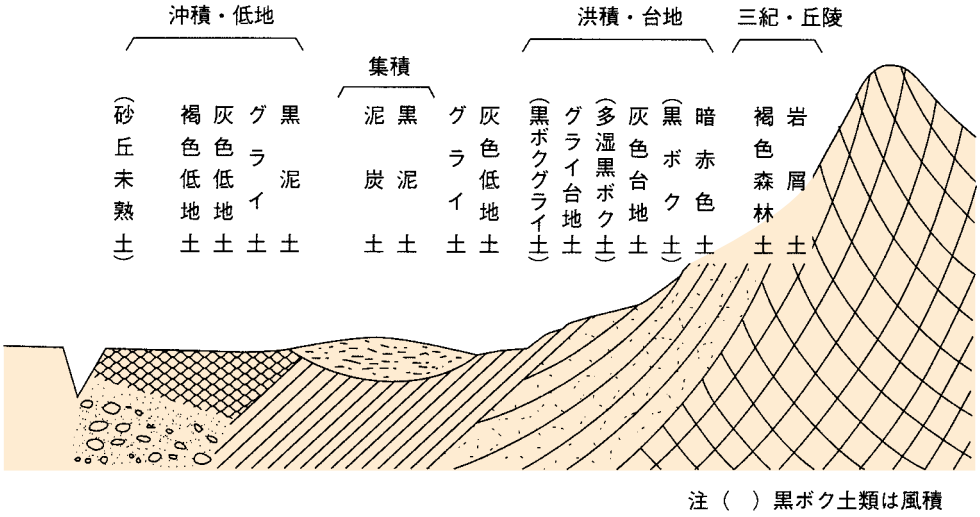
（北海道米麦改良協会、ホクレン米穀生産課）

Ⅴ　北海道の水田土壌の特徴

1　北海道に分布する水田土壌の種類と特徴

(1)　地形と土壌および分布

土壌条件を把握するには、まず地形と土壌の関係について理解する必要がある。図Ⅴ－1には模式的に河川から山までの地形、地質と各土壌群の関係を示した。河川に近い平野部には低地土、グライ土、泥炭土などの低地の土壌が分布し、台地や丘陵地には台地土や黒ボク土などの台地の土壌、火山性土壌が分布している。



図Ⅴ－1　地形、地質と土壌群模式図（新時代の土づくり施肥技術、P.10）

表Ⅴ－1　水田土壌群の支庁別分布面積

（単位ha）

支庁	低地の土壌						台地の土壌			台地(火山性)の土壌			合　計
	砂丘未熟土	褐色低地土	灰色低地土	グライ土	黒泥土	泥炭土	褐色森林土	灰色台地土	グライ台地土	黒ボク土	多湿黒ボク土	黒ボクグライ土	
渡島		1,834	1,209	3,351		1,047				419	157	45	8,062
檜山		3,938	3,331	1,202		2,171	341			693	31		11,707
後志		4,060	2,745	1,224		1,039	1,531	78	136				10,813
石狩	84	1,654	1,913	9,027	1,529	12,995		196			1,249	568	29,215
空知		10,468	18,959	28,810		25,445	1,263	12,372	3,766	564	1,535	407	103,589
上川		15,285	17,356	14,554	276	8,386	3,768	8,724	2,185				70,534
留萌		5,143	3,050	2,676			257						11,126
胆振		1,199	4,676	1,905		16				452	1,815	1,826	11,889
日高		3,400	1,524	761		651				144	51	448	6,979
網走		1,985	3,547	1,582		1,091		101					8,306
十勝		60	1,175	236		939					1,389	759	4,558
合計	84	49,026	59,485	65,328	1,805	53,780	7,160	21,471	6,087	2,272	6,227	4,053	276,778

注）1993年（平15）地力保全基本調査より

北海道の田本地面積は1970年（昭45）に26.9万haに達したが、2009年（平21）には21.3万haまで減少し、水稲作付面積は11.4万haとなった。表Ⅴ－１には、地力保全基本調査を基に1993年（平５）に集計された水田土壌面積27.7万haの土壌群別分布面積を示した。最も分布面積の多い土壌群は排水性の不良なグライ土で、空知、上川に多く分布している。次に多いのは灰色低地土、泥炭土、褐色低地土で、泥炭土は空知、石狩に、また灰色低地土、褐色低地土は上川、空知にそれぞれ多く分布している。さらに、台地の土壌は空知、上川に多く、火山性土（黒ボク土）は空知南部から胆振、日高にかけての太平洋側に比較的多く分布する。

⑵ 土壌の特徴

水田土壌として主要な土壌群について､土壌の生成や分類などに関係する特徴を以下に示す。

1) 泥 炭 土

多湿な条件の下で集積した、やや腐植化した植物遺体よりなる堆積物（泥炭）を母材とした土壌で、乾物中有機物含量20％以上の泥炭層が、表層50cm以内に25cm以上ある土壌として定義される。なお、肉眼で植物の組織が認められない程度まで分解した泥炭を黒泥としている。

泥炭は、構成植物により低位・中間・高位泥炭に分けられる。土壌の特徴としては、凹地ないし平坦で標高も低く、付近から集水する位置にあるため排水不良である。有機物が多いことから、容積重が小さく乾燥によって収縮し、地耐力が小さい。さらに、窒素地力は高いが、その他の養肥分は少なく、強酸性である。

多くの場合、粘土など無機質土壌の客土が行われており、表層は後述の低地土と類似した特徴を示す。

2) 低 地 土

沖積世（およそ１万年前から現在に続く時代）の堆積物に由来する土壌で、沖積平野や扇状地に分布する。堆積の時期が比較的新しいため、土壌が膨軟であるなど一般に物理性が良く、また、地下水位が低い場合および砂質あるいは礫質である場合を除けば、干ばつのおそれが少なく養分に富んでいる。農耕地土壌として最良であるが、排水状態の良否が土地利用に大きな影響を与える。排水の良否を反映する下層の土色により分類され、排水が良好な順に、褐色低地土、灰色低地土、グライ土に分けられる。

3) 台 地 土

沖積世の前の時代､洪積世（およそ200万年前から１万年前まで）の堆積物に由来する台地･丘陵の土壌で、残積土や崩積土を含む。排水状態の良い台地・丘陵の土壌は褐色森林土で、排水不良な湿性土壌は、灰色台地土とグライ台地土に分けられる。典型的な灰色台地土は“白粘土”とも呼ばれる明るい灰色の土壌であり、グライ台地土は台地上の平坦部や凹分に見られ、灰色台地土よりさらに湿性が強い細粒質の土壌で､下層が青緑色のグライ層を持つ土壌である。道内で重粘土と呼ばれる土壌の主なものは、灰色台地土である。

4) 火山性土（黒ボク土）

地形で示した元々の土壌の上に、風により運ばれた火山灰が表層50cm以内に25cm以上の層

として存在するものとして定義される。元々の土壌の透排水性が不良な場合には、その上の火山灰も湿潤状態に維持されるため、植物遺体等からなる腐植は蓄積しやすく、そのため土色は黒褐～黒色を示す。一方、透排水性の良好な乾燥地に降灰があった場合には腐植はあまり蓄積しないため、表層土壌の下に褐色の土層が存在する。

排水が良好な順に、黒ボク土、多湿黒ボク土、黒ボクグライ土に分類される。

⑶ 土壌の理化学性

道内に分布する主要な水田土壌群の理化学的な特徴を表Ⅴ－２に整理した。

① 土壌の窒素地力は泥炭土（黒泥土も含む）が最も高く、次いでグライ土、灰色低地土、黒ボク土の順で、灰色台地土が最も低い傾向にある。

② リン酸、カリ、石灰、苦土などの供給量は、泥炭土、黒ボク土で少なく、グライ土、灰色低地土で多い。

③ 土壌の物理性に関する排水性および易耕性などの面では、泥炭土、グライ土が最も劣り、灰色低地土、灰色台地土はそれに次いで悪い。また、これらの土壌はいずれも稲わら施用に伴う湛水後の還元障害が発生しやすい。一方、褐色低地土、黒ボク土は排水性並びに易耕性が良好で、土壌の還元障害も少ない。

④ 道内に分布する水田を土壌排水性の良否の面から区別すると、乾田型土壌（排水性良）21％、半湿田型土壌（同やや不良）32％、湿田型土壌（同不良）47％で、全水田面積の80％近くが排水性に問題のある半湿田あるいは湿田によって占められている。これら土壌の乾湿区分と水稲生育の特徴の詳細については表Ⅴ－３に示すとおりで、乾田型土壌が水稲の生育にとって一般的に望ましい特徴を備えており、湿田型土壌は土壌の特徴から水稲の初期生育や収量、品質の安定性に問題がある。

なお、一般に湿田というのは、１年を通じて作土が最大容水量以上の含水量を持っている排水不良田で、地表面に常時停滞水をたたえている。また、半湿田とは、１年のある期間湿田となる水田、あるいは地表面が常に過湿気味で、足を踏み入れると水がにじみ出る水田と定義されている。

⑤ 以上のように、道内に分布する水田土壌は全般的に排水に欠陥があり、かつ有機質土壌（泥炭土および黒泥土）が多いなど、水稲栽培の立地条件としては障害要因や制限要因を抱えている圃場が多いといえる。近年、大豆、麦などとの田畑輪換、あるいは飼料稲のような水田機能を生かした生産調整が行われているが、いずれにしても良質米生産への対応と同様に、排水性の改善が重要である。

表Ⅴ－２　土壌の種類と理化学的な特徴

土壌の種類	化学的肥沃度		物理的な特徴		
	窒　素	塩基類	排水性	易耕性	還元障害
泥炭土	極多	極少	不良	不良	多
グライ土	多	多	極不良	極不良	極多
灰色台地土	少～中	少～中	不良	不良	多
灰色低地土	中～多	中	やや不良	やや不良	少～中
褐色低地土	中	少～中	良	良	無～少
黒ボク土	中～多	少～中	良	良	無～少

表Ⅴ－３　道内に分布する水田の乾湿区分と水稲生育の特徴

乾湿区分	乾　田	半　湿　田	湿　田
土壌群	褐色低地土 砂丘未熟土 黒ボク土	灰色低地土 灰色台地土 多湿黒ボク土 褐色森林土	泥炭土 黒泥土 グライ土 グライ台地土 黒ボクグライ土
分布面積割合	21％	32％	47％
土壌の特徴			
窒素供給量	少	中	多
有機物施用効果	大	中～大	中
排水改善の効果	小	中～大	大
深耕の効果	大	中～大	中
地温	高	低～中	低
水稲生育の特徴			
初期生育	良	並～やや不良	やや不良～不良
登熟性	良～並	並	並～やや不良
総もみ数	少	中	多
安定性	高	中～低	低
窒素施肥反応	大	中	小

⑷　求められる水田土壌の条件

水稲の生育、収量、品質を高める理想的な土壌の条件として、次のような特性が具備されていることが望ましい。

①　水稲の生育に必要な養水分を、各生育時期の必要に応じて円滑に供給することができる：土壌構造の発達、保水力・保肥力が適正

②　水稲根の発達が良く、冷害・湿害・干害などの気象災害に耐えうる機能を備えている：作土深が適正、下層土が膨軟、排水性良好、地温が高い

③　幼穂形成期以降の窒素吸収パターンをコントロールできる：土壌の窒素潜在地力が適当

このような安定高収・良質米生産を可能とする土壌（乾田型土壌で窒素肥沃度水準の適度な土壌）は、自然の立地条件下では極めて少なく、実際には、土壌物理性改善を目的とした基盤整備や、稲わら処理や有機物施用などの土づくり、さらには土壌診断・有機物施用に基づいた施肥量の適正化など、農家個々の改善技術の導入によってはじめて達成されるものである。

表Ⅴ－４は、北海道施肥ガイド2010に示される水田土壌の物理性および化学性の診断基準値である。低コストで良質米を安定生産するためには、これらの基準値を目標に適切な改善を行うことが望まれる。

なお、水稲が栽培されている主要な土壌型の改善目標は、表Ⅴ－５のように整理することができる。これらの改善目標は各土壌型の立地条件や、自然肥沃度の差異に基づいて大まかに定めたものであり、実際には農家個々の肥培管理、土壌管理などの相違によって改善目標やその優先程度が当然変わってくる。したがって、実際場面では土壌診断結果に基づいた改善対策が不可欠である。

表Ⅴ－４　水田土壌の診断基準値（北海道施肥ガイド2010）

区　分	診　断　項　目	基　　準　　値
物理性	作土の深さ	15～20cm
	有効土層の深さ	50cm以上
	作土の固相率	30～40%（黒ボク土では25%前後）
	鋤床層のち密度	15～20mm（山中式硬度計） 0.5～1.5MPa（貫入式土壌硬度計）
	飽和透水係数	10^{-3}～$^{-4}$cm/s
	地下水位	50cm以下
	収穫期地耐力	コンバイン走行が可能な指標値 0.25MPa以上（貫入式土壌硬度計） 10cm以内（矩形板沈下量（10cm×2.5cm、載荷圧1.6kg/cm^2））
化学性	pH（H_2O）	5.5～6.0（非湛水期）
	有効態リン酸（P_2O_5）	ブレイNo.２法（１：10抽出） 10～20mg/100g（湛水前風乾土） 20～40mg/100g（湛水期生土）
	交換性カリ（K_2O）	15～30mg/100g
	交換性苦土（MgO）	25mg/100g以上
	苦土・カリ比（Mg/K）	２以上（当量比）
	可給態ケイ酸（SiO_2）	16mg/100g以上
	遊離酸化鉄（Fe_2O_3）	2.0%以上（浅見・熊田法） （S含有率が0.08%以上の場合はFe/S（モル比）10以上）
	易還元性マンガン（Mn）	100～1000ppm

表Ⅴ－５　土壌型ごとの改善目標

土壌の種類	有機物	リン酸	カリ、石灰、苦土、ケイ酸	排水対策	還元対策（中干し）
泥炭土	□～○	◎	◎	◎	○～◎
グライ土	□～○	○	□～○	◎	◎
灰色台地土	○～◎	○～◎	○～◎	○	○～◎
灰色低地土	○	○	○	○	◎
褐色低地土	◎	○～◎	○	□	□～○
黒ボク土	○～◎	◎	○～◎	□	□～○

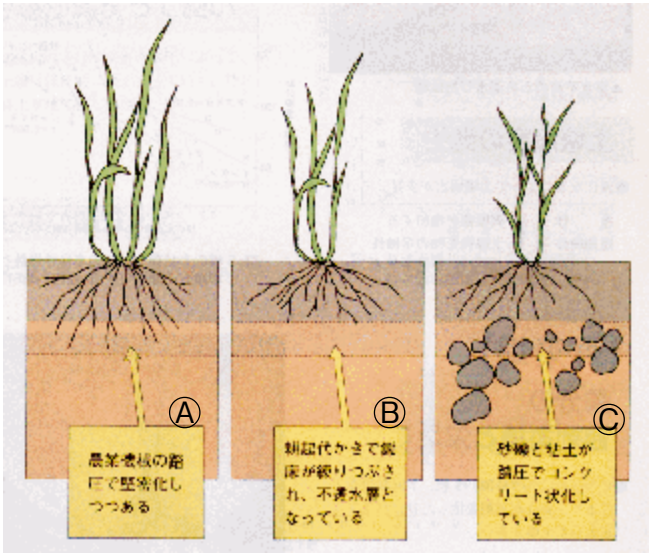
備考）◎：特に必要、○：必要、□：ふつう（具体的には土壌診断基準値を参考にすること）

２　水田土壌の問題点と改善対策

良質米生産を目指すためには、土壌の物理性（排水性など）の改善、窒素の適正供給および塩基の補給、さらには有機物（堆肥、稲わらなど）施用の問題などについて取り組む必要がある。ここでは、最も大きな問題と考えられる土壌の透排水性を中心に述べる。

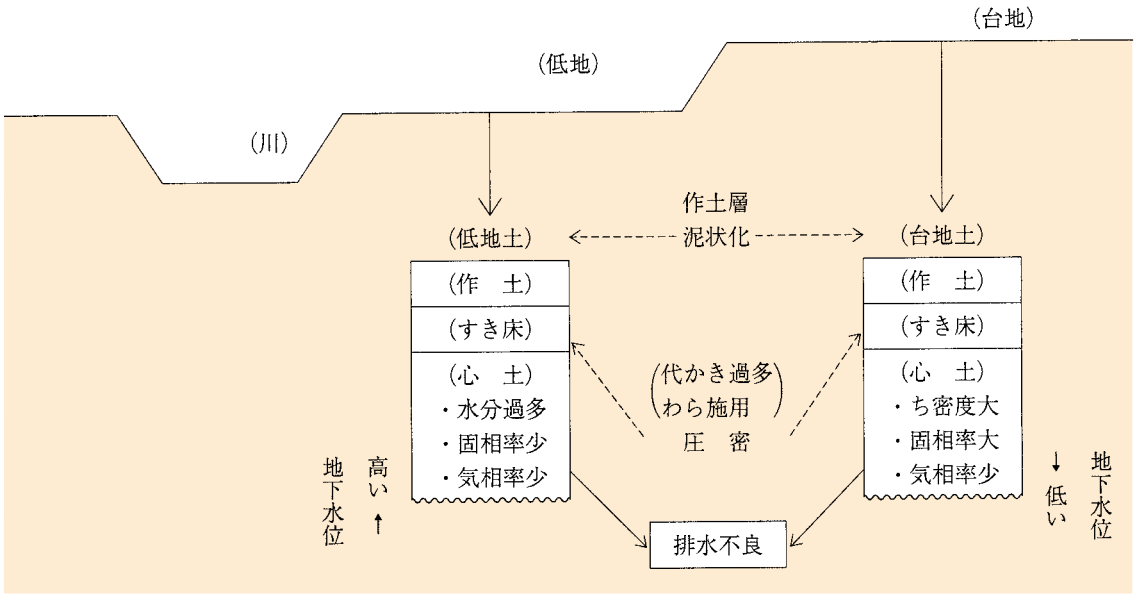
⑴　排水不良になる原因と改善対策

①　透排水性を悪化させる要因を図Ⅴ－２に示した。Aは作業機による作土下部の堅密化で、作業時に土壌が湿っているとその影響はより大きい。また、近年の農業機械の大型化も堅密化を助長する。Bは過度な代かきによる練りつぶしである。Cは透排水性が良好と考えられる砂礫混じりの土壌で、砂礫と粘土が押しつぶされて固まる場合がある。



図Ⅴ－２　透排水性悪化の原因

②　排水不良田の生成要因は低地土と台地土によっても異なる。低地土では土層全体の地下水位が高いこと、台地土では下層の緊密な土層が排水を阻害する（図Ⅴ－３）。



図Ⅴ－３　排水不良田の模式図

③　透排水性不良田の改善対策は、まずは、土層全体の地下水位を下げることである。つぎに、下層土の堅密層を破砕すること、圃場表面の停滞水を迅速に排除することなどが必要で、概念としては、土に亀裂を入れることと、できた亀裂を大切にすることと、そして、湛水期間以外には水を溜めないことである。

④　土層全体の地下水位を下げるには、基盤整備による明・暗渠の効果が高く、暗渠の効果を維持するにはモミガラ暗渠や心土破砕が有効で、それらには下層の堅密層を破砕する効

果もある。なお、モミガラ暗渠の効果は長期間に及ぶが、心土破砕の効果は短期的であり、状況によっては毎年の施工が望まれる。透水不良な礫質水田では穿孔排水の効果が大きい（表Ⅴ－６）。

表Ⅴ－６　穿孔処理による土壌環境改善効果

（上川農試 1987）

項　目	処　理	総籾数 (x100/㎡)	登熟歩合 (%)	精玄米重 (kg/10a)
平　　均	対照	316	57.7	392
	穿孔疎[1)]	314	63.2	443
	穿孔密[2)]	326	63.0	418
指数（%）	対照	100	100	100
	穿孔疎[1)]	99	110	113
	穿孔密[2)]	103	109	107

1）２m×３m間隔
2）１m×２m間隔

⑤　圃場表面の停滞水の排水には溝切り（圃場内作溝明渠）の効果が大きく、収穫後に施工しておくと、秋期のまとまった降雨や融雪水が迅速に排水され、圃場の乾燥が促進される（表Ⅴ－７）。なお、溝を落水口につなぐなど、集めた水を圃場外に排水する工夫を怠ると十分な効果が得られない。

表Ⅴ－７　溝切りが土壌の乾燥化に及ぼす影響

（空知中央普及センター）

処　理	作土の含水比（%）		矩形板沈下量（cm）
	２～７cm	７～12cm	
対照	48.1	47.3	11.2
溝切り	43.6	45.4	1.0

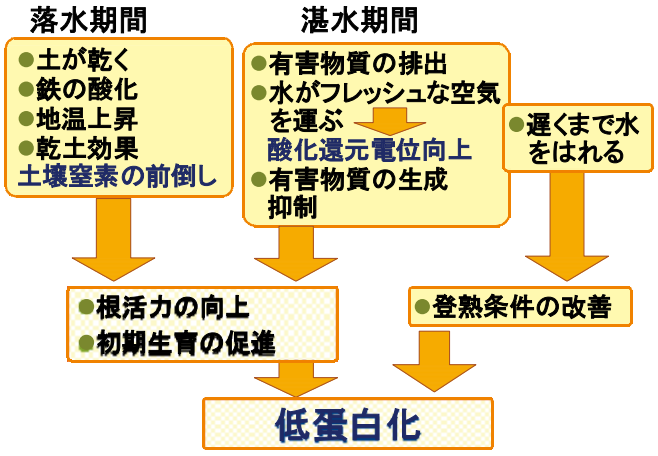
調査日：1993年11月８日

(2)　透排水性の改善効果

①　図Ⅴ－４に透排水性改善の意義を示した。

②　落水期間（融雪後）に透排水性の高い水田では、耕起等の作業性が向上し、作業がスケジュール通りに進む。また、土壌中の鉄が酸化し、酸素が蓄積される。地温の上昇と乾土効果により地力窒素が無機化され、水稲初期生育の向上が期待される。

③　湛水期間には、水の移動に伴い酸素が供給されることによって土



図Ⅴ－４　透排水性改善の意義

壌還元（ワキ）の軽減が見込まれる。また温められた水が浸透することによって地温が上昇する。これら効果は、根の活力向上、初期生育の向上をもたらす。

④　透排水性が高まることで、ねらった時期に落水させることが可能となり、適期に中干しが可能となる。また、収穫前の落水を遅らせることができ、登熟条件の改善が図られる。

⑤　落水期間（収穫後）には、稲わらの搬出が容易になる。圃場の乾燥化が進めば、回収できなかった稲わらの分解が促進されるため悪影響が緩和される。

⑥　これらのことが総合し、産米の食味向上（低蛋白化）や収量の向上がもたらされる。

⑶　圃場および畦畔の透水性

①　一般田および復元田の圃場減水深（縦浸透量＋蒸発散量＋畦畔浸透量）は各土壌型とも１日当たり15mm以下であるが、縦浸透と蒸発散量の合計はその半分程度であり、畦畔浸透量が大きいことが想定される（表Ｖ－８）。

表Ｖ－８　減水深の比較

（中央農試 1992）

土壌区分	水田区分	減水深	縦浸透＋蒸散
褐色低地土	対照田	7.7	3.7
	復元田	10.1	6.1
灰色低地土	対照田	5.0	1.0
	復元田	6.7	2.7
グライ土	対照田	8.2	4.2
	復元田	8.8	4.8
泥炭土	対照田	6.3	2.3
	復元田	12.5	8.5

備考）N型減水深測定器、蒸発計による。単位はmm/日。６月22～23日

②　各水田とも、湛水条件に置かれる期間が長く、かつ代かきの影響を受けている畦畔下層部に比べ、畦畔上層部の透水性が高い。また、長期にわたる営農作業によって少しずつ畦畔が削られ、高さや幅ともに痩せてきている場合がある。

③　最近の気候変動の大きさを考慮すると、水稲の冷害危険期に深水かんがいを徹底する必要がある。そのためには、畦畔が低い場合は事前に土盛りし、畦塗り・床締めなどを行って畦畔からの漏水防止対策を講じる。

⑷　稲わら施用の影響と施用時の留意点

①　稲わらは土づくりにとって貴重な有機物資源であり、土壌還元等による障害を回避するためには搬出・堆肥化してから施用されることが望まれる。しかし、堆肥化されているのはわずか２割程度であり、７割程度が直接圃場にすき込まれている（表Ｖ－９）。

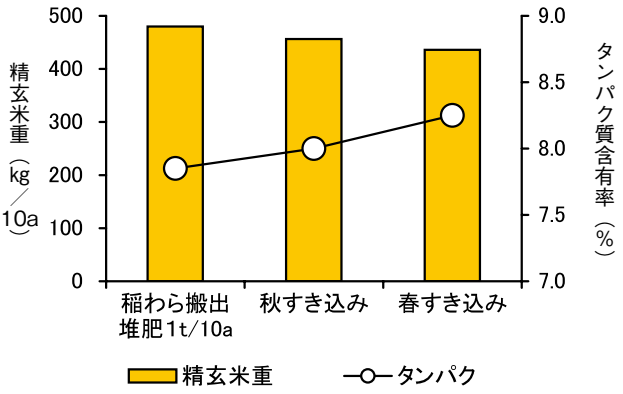
表Ｖ－９　稲わらの利用状況の推移（「米に関する資料」より作成）

（％）

年　次	堆肥化	家畜の敷料	飼　料	すき込み		焼　却	その他
				秋	春		
1965年（S40）	63	24	2	1	3	1	6
1974年（S49）	37	15	6	3	25	3	11
1981年（S56）	25	3	9	11	35	12	5
1990年（Ｈ２）	31	8	3	23	26	5	4
1995年（Ｈ７）	24	3	1	24	35	9	4
1999年（H11）	21	4	1	33	29	11	1
2003年（H15）	22	4	2	31	33	6	2
2008年（H20）	18	2	4	42	28	5	1

② 稲わらのすき込み時期は、秋が６割、春が４割程度である。春まで圃場表面に放置された稲わらは、圃場の乾燥を妨げるのみならず、分解が遅れるため、秋すき込みより、水稲の生育、収量、品質に悪影響を及ぼす（図Ｖ－５）。

③ 秋にすき込まれた稲わらであっても、翌春の湛水前までに分解する量は30～40％程度であり、透排水性の不良な湿田型土壌および寒冷な地域ではさらに分解割合が劣る。



図Ｖ－５　稲わら鋤き込みと収量、タンパク質含有率（中央農試）

④ 稲わら施用による悪影響は、未分解なC/N比の高い有機物が土壌中で分解する過程で生じるものであり、土壌の還元が進み、各種有害物質（有機酸・フェノール・活性２価鉄など）の影響により根の活性、初期生育が著しく抑制される（表Ｖ－10）。

⑤ 稲わらの施用は、搬出・堆肥化を優先し、湿田型土壌や寒冷な地域での生わらすき込みは避けるべきである。また、乾田型土壌であっても、秋すき込みを原則とする。

⑥ やむを得ず稲わらをすき込む場合には、稲わらを裁断し、収穫後できるだけ早い時期に土壌表面に混和することで分解の促進を図る。この際、溝切りなど、先に述べた圃場の乾燥化対策を図ることで、分解が一層促進される。湛水後の還元障害を緩和するには、中干しが有効である。

⑦ 稲わらのみならず、堆肥等の有機物を施用した場合には、有機物施用に伴う減肥対応を考慮すべきである。また、長期間にわたって稲わらを連用している場合には、地力が高まっていることが想定されるので、土壌診断を活用し、施肥量の適正化に努める。

表Ｖ－10　水稲の初期生育に及ぼす稲わら施用の影響

（上川農試 1975）

土　壌	処　　理		6月19・20日			5月29日（土壌）		
			草丈（cm）	茎数（本/株）	N吸収量（g/㎡）	NH_4－N（mg/100g）	2価鉄（mg/100g）	酸化還元電位（mv）
褐色低地土（乾　田）	ロータリ耕	無処理	33.0	9.7	0.63	4.6	12.9	+43
		堆　肥	36.3	8.7	0.75	5.1	23.1	+53
		稲わら	31.8	8.5	0.60	5.4	78.7	+14
	プラウ耕	無処理	37.5	8.7	0.46	4.6	13.0	+61
		堆　肥	38.6	7.5	0.57	4.7	17.5	+87
		稲わら	36.1	9.1	0.65	4.5	65.9	+29
グライ土（湿　田）	ロータリ耕	無処理	35.7	10.7	0.36	6.9	20.8	+70
		堆　肥	32.1	9.0	0.35	8.0	22.3	+56
		稲わら	28.3	7.0	0.28	9.9	477.9	－44

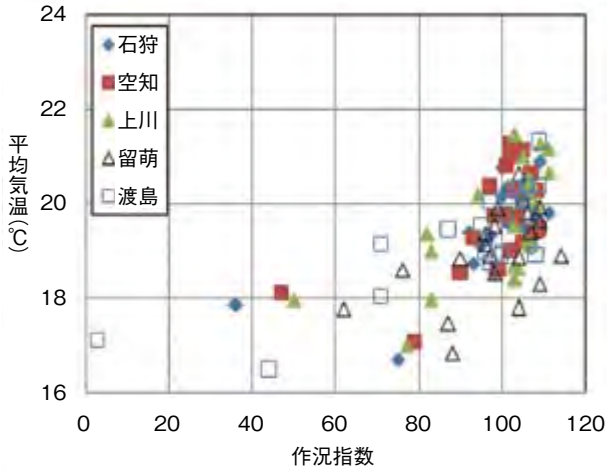
（道総研農業研究本部企画調整部地域技術グループ主査　渡邊祐志）

Ⅵ　北海道の気象条件の特徴

1　北海道の水田地帯における気象の特徴

稲作は７、８月の天候が最も重要で、盛夏期の気温が作柄を決定づけ、両月の平均気温が20℃を越えないと生産が安定しない（図Ⅵ－１）。

北海道では気象変動が作柄と直結し、水稲の作柄安定の制限要因になっている。ここでは、本道の稲作に深く関係する融雪期から農耕期間の気象の特徴を中心に述べる。



図Ⅵ－１　７、８月の平均気温と作柄の関係
（1990～2009年の20年間）

(1)　農耕期間の積算気温

地域の気象条件を気温から評価する基準として､積算気温や簡易有効積算気温があげられる。北海道における農耕期間は５～９月の５ヶ月であるが、この間の気象が水稲の作柄のほとんどを決定づけている。

道内の主要稲作地帯をアメダス地点の53ヶ所で代表させ、その地点における平均値を基に積算気温で分類したものが表Ⅵ－１である。稲作の安定性が高いとされる2,600℃を越える地点は江差、熊石、芦別、函館で、これら４ヶ所が道内では最も農耕期間の気温が高い地点であった。ついで、安定的とされる2,500℃以上の地点は、稲作安定地帯の大部分が含まれる岩見沢、余市、美唄、北斗、旭川、共和、浜益、富良野、鶉、石狩、今金、せたな、木古内、深川、上富良野、蘭越、長沼、増毛、滝川、新篠津、留萌、和寒であった。やや不安定とされる2,500℃未満の地点には、留萌中北部、上川中北部、渡島北部、日高、胆振、道東地方などの多くの地点が含まれていた。

次に、移植期を５月20日、出穂期を７月31日として、その間の簡易有効積算気温により評価をしてみた。1,000℃を越えた地点は、芦別、旭川であった。ついで、1,000℃未満950℃以上の地点は、主要稲作地帯である富良野、美唄、岩見沢、深川、江差、上富良野、滝川であった。また、900℃以上には比布など上川中部、空知、道南、石狩、後志が含まれた。

一方、上川中央部などでは、農耕期間の積算気温が2,500℃に満たなくても、簡易有効積算気温は高く、出穂期までの気温の高いことがうかがえ、出穂までの気象条件が良好であると考えられる。反対に、道南や石狩、留萌など海岸地方では、積算気温は高いものの７月末までの簡易有効積算気温はやや低く、初期生育や出穂期などに影響が生じやすい地域と考えられる。

表Ⅵ－１　道内のアメダス地点における平年の気象概況

地点	農耕期間気温(℃)		月別平均気温(℃)						月別日平均日照時間						月別平均風速(m/s)					
	積算気温	有効積算	5月	6月	7月	8月	9月	7～8月	5月	6月	7月	8月	9月	7～8月	5月	6月	7月	8月	9月	平均
芦別	2,632	1,026	11.6	16.4	20.5	21.4	16.1	21.0	5.8	5.8	5.3	5.0	4.7	5.1	2.5	2.3	2.1	2.0	2.0	2.1
旭川	2,582	1,017	11.3	16.4	20.2	21.0	15.6	20.6	6.2	6.2	5.4	5.1	4.9	5.3	4.0	2.8	2.8	2.5	2.4	2.7
富良野	2,569	991	11.4	16.3	20.1	20.8	15.4	20.5	6.0	5.8	5.4	5.3	4.4	5.3	2.6	2.1	1.9	1.9	1.8	1.9
美唄	2,591	990	11.4	16.0	19.8	21.1	16.4	20.5	6.1	5.9	5.2	5.0	5.1	5.1	2.4	2.1	2.0	1.8	1.9	1.9
岩見沢	2,597	985	11.4	15.8	19.9	21.2	16.7	20.6	6.3	6.1	5.3	5.5	5.6	5.4	3.7	3.3	3.3	3.1	3.1	3.2
深川	2,532	967	11.1	15.9	19.7	20.6	15.6	20.2	6.3	6.1	5.5	5.4	5.2	5.4	3.2	2.7	2.4	2.2	2.3	2.3
江差	2,709	955	11.5	15.8	20.1	22.4	18.9	21.3	5.6	5.5	4.9	5.5	5.4	5.2	3.3	2.4	2.4	2.5	3.2	2.5
上富良野	2,532	954	11.1	16.0	19.9	20.6	15.2	20.3	5.8	5.7	5.3	5.1	4.6	5.2	2.4	2.2	2.0	1.9	1.8	2.0
滝川	2,527	954	11.0	15.6	19.6	20.7	15.7	20.2	6.1	5.7	5.3	5.0	5.1	5.2	3.0	2.5	2.3	2.1	2.1	2.2
比布	2,492	947	10.8	15.8	19.6	20.3	14.9	20.0	5.9	5.9	5.5	5.1	4.8	5.3	2.5	2.0	1.8	1.7	1.8	1.8
石狩沼田	2,492	942	10.5	15.5	19.6	20.5	15.4	20.1	6.0	5.3	4.8	4.9	4.9	4.9	2.2	1.6	1.3	1.2	1.1	1.3
和寒	2,502	936	10.9	15.7	19.7	20.5	15.1	20.1	5.5	5.3	4.8	4.8	4.5	4.8	2.0	1.6	1.5	1.4	1.4	1.5
東川	2,486	933	10.9	15.8	19.5	20.3	14.9	19.9	5.8	5.8	5.3	5.1	4.6	5.2	2.6	2.1	1.9	1.8	1.9	1.9
函館	2,638	923	11.6	15.4	19.6	21.7	17.9	20.7	6.4	5.6	4.8	5.1	5.2	4.9	3.6	3.2	2.7	3.0	3.6	2.9
熊石	2,669	921	11.3	15.8	19.8	22.1	18.4	21.0	4.9	4.8	4.4	4.8	5.0	4.6	1.5	1.3	1.2	1.3	1.7	1.3
石狩	2,541	919	11.0	15.1	19.5	20.6	16.8	20.1	6.2	5.7	5.2	5.5	5.5	5.4	3.3	2.9	2.6	2.4	2.5	2.5
蘭越	2,532	909	10.9	15.3	19.5	20.9	16.2	20.2	6.1	5.6	4.4	4.2	4.2	4.3	1.8	1.5	1.3	1.1	1.2	1.2
鶉	2,565	908	11.0	15.5	19.5	21.3	16.7	20.4	5.4	4.7	4.1	4.4	4.7	4.3	1.5	1.3	1.1	1.1	1.1	1.1
新篠津	2,509	908	10.8	15.3	19.2	20.6	16.2	19.9	6.1	5.8	5.1	5.2	5.2	5.2	3.9	3.5	3.2	2.9	2.7	3.1
長沼	2,528	904	10.9	15.1	19.1	20.9	16.7	20.0	5.9	5.3	4.5	4.7	5.3	4.6	2.8	2.7	2.5	2.2	1.9	2.4
余市	2,595	902	11.5	15.7	19.8	21.3	16.6	20.6	6.2	5.7	5.4	5.5	5.2	5.5	2.4	1.7	1.6	1.6	1.7	1.6
浜益	2,571	893	10.8	15.5	19.7	21.2	16.9	20.5	6.1	5.7	5.5	5.5	5.3	5.5	3.2	2.8	2.6	2.7	3.1	2.7
倶知安	2,473	885	10.4	15.0	19.3	20.5	15.7	19.9	6.0	5.7	5.0	4.9	4.9	4.9	3.4	3.4	2.9	2.6	2.6	2.8
士別	2,439	884	10.5	15.2	19.2	20.1	14.9	19.7	6.3	6.1	5.5	5.2	4.9	5.3	1.8	1.4	1.2	1.2	1.2	1.2
共和	2,579	883	11.0	15.4	19.5	21.4	17.1	20.5	5.9	5.8	5.5	5.5	5.3	5.5	3.3	2.7	2.3	2.5	3.0	2.4
北斗	2,583	878	11.3	15.3	19.1	21.3	17.4	20.2	5.7	5.0	4.2	4.2	4.7	4.2	2.6	2.4	2.1	2.0	2.0	2.1
月形	2,470	873	10.4	15.0	19.0	20.4	15.9	19.7	5.9	5.5	4.5	4.5	5.0	4.5	2.4	2.1	2.0	1.7	1.4	1.9
今金	2,539	871	10.8	15.0	19.2	21.2	16.9	20.2	5.5	4.7	4.0	4.1	4.9	4.1	2.3	2.4	2.3	2.0	1.7	2.2
日高	2,434	861	10.4	15.1	19.0	20.1	15.0	19.6	5.3	5.4	4.6	4.5	4.2	4.5	1.5	1.4	1.3	1.2	1.2	1.3
留萌	2,503	860	10.4	14.8	19.3	20.8	16.6	20.1	6.2	6.1	5.6	5.9	5.8	5.8	4.2	3.4	3.4	3.8	4.4	3.6
幌加内	2,403	860	9.7	15.2	19.1	19.9	14.6	19.5	5.7	5.2	4.6	4.4	4.2	4.5	2.3	2.0	1.8	1.7	1.8	1.8
名寄	2,415	858	10.2	15.1	19.2	20.0	14.6	19.6	5.8	5.4	4.7	4.5	4.5	4.6	2.7	2.1	1.9	1.8	1.8	1.9
美唄	2,424	855	10.5	15.3	19.1	19.9	14.5	19.5	6.0	6.0	5.4	5.2	5.0	5.3	2.0	1.6	1.4	1.4	1.4	1.4
朝日	2,407	848	10.2	15.1	19.1	19.8	14.5	19.5	5.8	5.6	5.3	5.0	4.8	5.2	2.0	1.6	1.4	1.4	1.5	1.4
羽幌	2,499	830	10.3	14.9	19.2	20.7	16.6	20.0	6.2	6.4	5.7	5.8	5.9	5.7	3.5	2.9	2.4	2.9	3.7	2.7
美深	2,383	826	10.0	14.7	18.8	19.9	14.6	19.4	5.9	5.5	5.0	4.4	4.3	4.7	2.0	1.7	1.6	1.5	1.5	1.6
北見	2,414	823	10.6	14.6	18.6	19.9	15.3	19.3	5.7	5.1	5.0	4.9	4.5	5.0	2.0	1.6	1.3	1.2	1.2	1.3
恵庭島松	2,449	821	10.4	14.6	18.6	20.4	16.1	19.5	5.8	5.2	4.4	4.4	4.9	4.4	3.2	2.8	2.6	2.3	1.9	2.5
増毛	2,528	813	10.8	14.8	19.2	21.0	16.9	20.1	6.4	5.8	5.7	5.8	5.2	5.7	2.1	1.2	1.0	1.1	1.7	1.1
夕張市	2,379	813	10.2	14.5	18.3	19.7	15.1	19.0	5.8	5.2	4.2	4.1	4.7	4.2	2.6	2.0	1.8	1.9	2.3	1.9
せたな	2,536	809	10.5	14.6	18.9	21.2	17.7	20.1	6.0	5.5	5.2	5.4	5.7	5.3	3.5	3.5	3.3	3.3	3.4	3.3
上川	2,350	807	9.8	14.8	18.8	19.5	14.0	19.2	5.6	5.9	5.2	5.1	4.8	5.2	1.7	1.4	1.2	1.1	1.2	1.2
黒松内	2,451	799	10.3	14.5	18.6	20.6	16.2	19.6	5.6	4.4	3.8	4.0	4.5	3.9	2.5	2.4	2.2	1.9	1.7	2.1
厚真	2,429	794	10.3	14.6	18.4	20.2	16.0	19.3	5.6	4.8	3.8	4.4	5.2	4.1	3.0	2.6	2.3	2.0	2.0	2.2
木古内	2,535	791	10.9	14.5	18.6	21.2	17.7	19.9	6.0	4.8	4.0	4.3	4.9	4.1	2.6	2.5	2.5	2.7	2.7	2.6
八雲	2,473	766	10.4	14.3	18.4	20.7	17.1	19.6	5.7	4.5	3.5	4.3	4.8	3.9	2.3	2.0	1.8	1.8	2.0	1.8
遠別	2,383	764	9.6	14.3	18.5	19.9	15.6	19.2	5.7	5.3	4.9	5.0	5.2	4.9	3.2	2.5	2.2	2.3	2.8	2.3
むかわ	2,411	759	10.0	14.2	18.2	20.2	16.2	19.2	5.7	4.6	3.8	4.2	4.8	4.0	3.0	2.4	2.1	2.0	2.3	2.1
静内	2,467	755	10.3	14.3	18.3	20.7	17.2	19.5	6.1	5.1	3.9	4.3	4.1	4.1	1.8	1.5	1.2	1.3	1.6	1.3
初山別	2,426	745	9.9	14.4	18.6	20.3	16.2	19.5	6.2	6.3	5.8	5.6	5.7	5.7	2.8	2.1	2.0	2.1	2.7	2.1
日高門別	2,394	720	9.9	13.9	18.0	20.2	16.4	19.1	6.0	5.0	3.9	4.4	5.2	4.2	3.1	2.6	2.6	2.5	2.6	2.6
美幌	2,309	705	9.7	13.6	17.7	19.4	15.1	18.6	5.8	5.4	4.8	5.1	4.8	5.0	2.3	1.9	1.7	1.6	1.5	1.7
浦河	2,333	635	9.1	13.0	17.3	19.8	17.0	18.6	6.5	4.9	3.9	4.8	5.5	4.4	3.7	3.2	3.1	3.2	4.0	3.2

注）有効積算は５月20日～７月31日の簡易有効積算気温

積算気温の年次間差を道内のアメダス地点で比較すると、年次によって著しく変動することがわかる。特に顕著なのは北見で、過去20年間1990年（平２）～2009年（平21）でみると、最低値が1993年（平５）の2,119℃、最高値は2004年（平16）の2,677℃で、年次による格差が極めて大きい。かつ低温の程度は他地域の比ではなく、2,400℃未満の年次が20年中８回出現していた（表Ⅵ－２）。

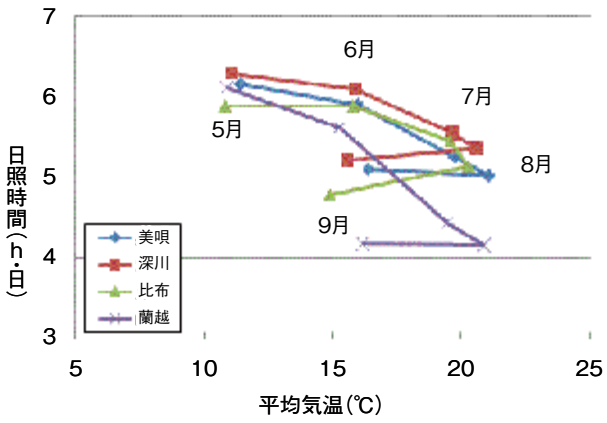
表Ⅵ－２　農耕期間における積算気温の年次格差

年　次	北　見	羽　幌	比　布	岩見沢	北　斗
1990	2,537	2,625	2,626	2,749	2,756
1991	2,456	2,602	2,521	2,689	2,641
1992	2,299	2,411	2,363	2,492	2,507
1993	2,199	2,408	2,348	2,439	－
1994	2,664	2,696	2,713	2,825	2,809
1995	2,472	2,567	2,524	2,602	2,603
1996	2,287	2,414	2,414	2,461	2,480
1997	2,376	2,410	2,453	2,532	2,562
1998	2,338	2,454	2,557	2,609	2,623
1999	2,284	2,698	2,722	2,809	2,792
2000	2,671	2,710	2,772	2,808	2,798
2001	2,408	2,500	2,532	2,566	2,548
2002	2,365	2,472	2,477	2,537	2,540
2003	2,394	2,466	2,531	2,466	2,409
2004	2,677	2,607	2,701	2,716	2,680
2005	2,552	2,582	2,621	2,635	2,589
2006	2,494	2,629	2,683	2,675	2,576
2007	2,518	2,598	2,651	2,725	2,680
2008	2,454	2,551	2,609	2,639	2,584
2009	2,481	2,533	2,550	2,612	2,585
平均	2,442	2,542	2,565	2,623	2,611
標準偏差	131	98	117	117	108
変異係数	5.4	3.9	4.6	4.4	4.1

注）農耕期間は５月～９月、単位は℃、1993年北斗は欠測。

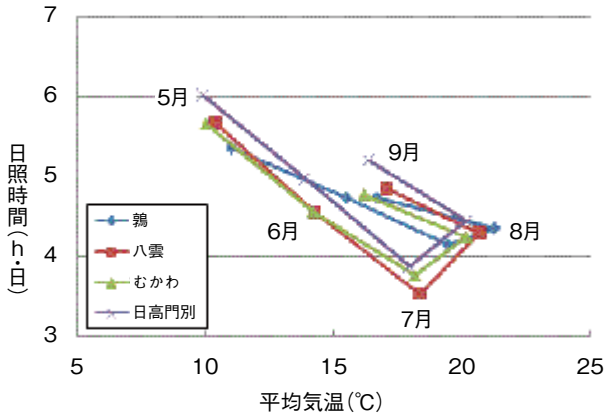
次に、平年における平均気温と日照時間の関係について、５月から９月まで月別の変化をみたものが図Ⅵ－２～図Ⅵ－４である。内陸部および日本海側の地点の変化を図Ⅵ－２、太平洋側の地点を図Ⅵ－３に示した。

６月から７月にかけての日照時間の変化を比較すると、美唄、深川、比布など内陸部ではわずかな減少しか見られないが、太平洋側のむかわ、日高門別などでは、１ヶ月当たり１時間／日の割合で大きく減少し、太平洋側の各地点はいずれも強い類似性が認められた。

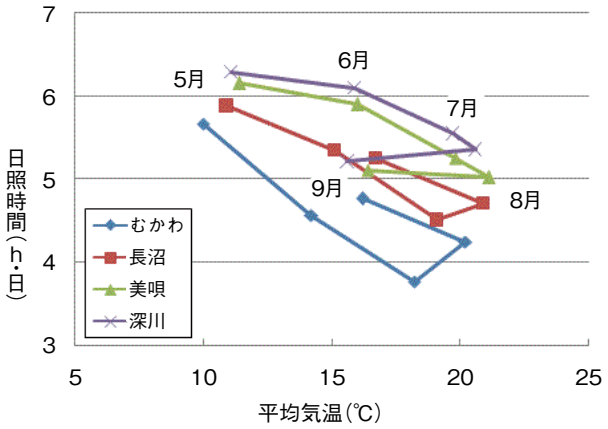


図Ⅵ－２　平均気温と日照時間の月別変化

図Ⅵ－４は石狩平野の主要地点について見たものである。太平洋から離れるにしたがってむかわ、長沼、美唄、深川と気温が高まり、日照時間が長くなるという変化が連続的に生じている。



図Ⅵ－３　平均気温と日照時間の月別変化



図Ⅵ－４　平均気温と日照時間の月別変化

(2)　融 雪 期

空知北部や上川管内および後志管内における育苗の準備は、まだ圃場に積雪が残っている状態で開始される。また、これらの地方では年次によって、本田の耕起作業直前まで積雪状態であることも珍しくない。融雪期は２～３月の気象とその年の積雪量によってほぼ決まるが、融雪の遅れによって様々な影響が生ずる。

地域によって最深積雪量は大きく変動する。2001年（平13）の指導参考事項「北海道の１kmメッシュの根雪情報と表示システム」によって求めた地区別の平年融雪期は、表Ⅵ－３のとおりである。また､アメダス地点の平年における最深積雪深を表Ⅵ－４に示した。さらに、融雪期と積雪深の関係を見たものが図Ⅵ－５である。当然ながら、融雪期は積雪量が多いほど遅れる傾向があった。積雪量が少なく融雪期が早い道南や日胆地方、積雪量が多く融雪の遅れる上川北部や空知北部地域など、地域的な差が明らかであった。

表Ⅵ－３　平年における市町村別の融雪期

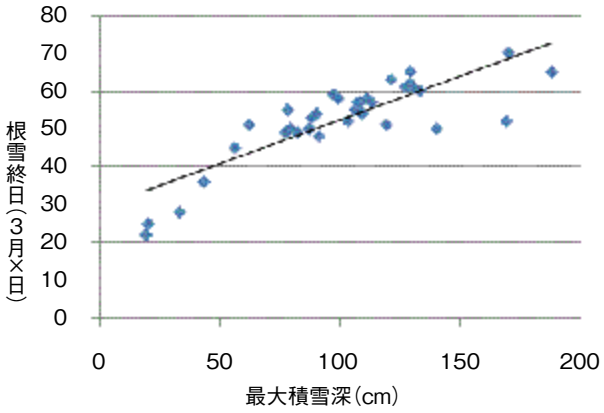
市町村名	地区名	融雪期	市町村名	地区名	融雪期	市町村名	地区名	融雪期
浜益	川下	４月７日	留萌		４月６日	鵡川	田浦	３月25日
石狩	生振	４月３日	増毛	中歌	４月９日	厚真	上厚真	３月27日
新篠津	上篠津	４月６日	美深	西里	４月22日	伊達	荻原町	３月27日
恵庭	恵み野	４月５日	名寄	智恵文	４月16日	穂別	豊田	４月９日
幌加内	沼牛	４月19日	士別	上士別	４月14日	静内	目名	３月25日
深川	音江	４月１日	和寒	東和	４月13日	門別	福満	３月19日
深川	一巳	４月11日	比布	基線	４月14日	三石	本桐	３月24日
滝川	北滝の川	４月11日	東川	西１号	４月10日	浦河		３月25日
芦別	常磐	４月13日	旭川	永山	４月９日	八雲	野田生	３月28日
美唄	光球内	４月８日	美瑛		４月13日	木野	千代田	３月30日
岩見沢	中幌向	４月３日	富良野	中富良野	４月11日	木古内	瓜谷	４月１日
沼田	沼田	４月14日	蘭越		４月８日	厚沢部	杜の山	３月27日
長沼	12区	３月31日	倶知安	豊岡	４月23日	今金		３月27日
遠別	北里	４月10日	黒松内	幌近	４月６日	北見	御町	４月13日
初山別	明里	４月11日				池田	青山	３月30日
羽幌		４月６日						

注）北海道地域の根雪情報（北農試）による検索結果による

表Ⅵ－４　平年における最大積雪深（cm）

地点名	積雪深	地点名	積雪深	地点名	積雪深	地点名	積雪深
深　川	113	余　市	133	八　雲	87	富良野	169
滝　川	106	共　和	140	今　金	107	初山別	79
芦　別	77	倶知安	188	鶉	88	羽　幌	103
美　唄	109	蘭　越	130	江　差	33	古丹別	127
岩見沢	119	黒松内	129	美　深	121	留　萌	91
夕　張	129	穂　別	56	名　寄	99	幌　糠	170
石　狩	108	静　内	20	和　寒	97	北　見	62
新篠津	111	浦　河	19	旭　川	90		
恵庭島松	82	函　館	43	美　瑛	78		

注）気象庁による平年値



図Ⅵ－５　根雪終日と最大積雪深の関係

⑶　夏期間の気象と冷害

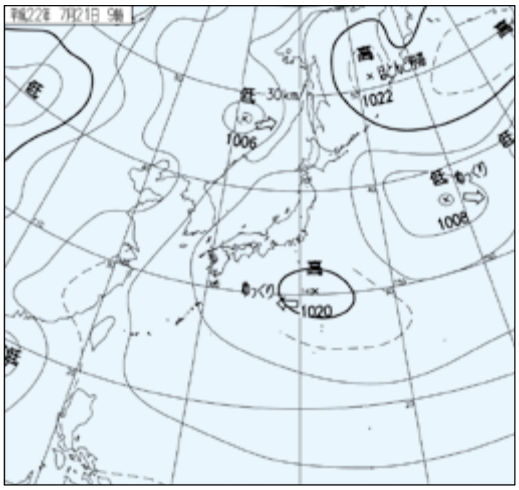
本道の水稲の作柄は、その年の夏が暑夏か冷夏になるかで決定づけられてきた。暑夏の場合は豊作となり、冷夏の場合は作柄が不良になる。

冷夏の出現はオホーツク海高気圧の発達によって、高気圧から吹き出す高湿で低温の気流、いわゆる「やませ」が道南地方や日高・胆振地方の沿海部に侵入吹走し、日照不足と低温が続き、水稲の生育に決定的な影響を及ぼす。

この強い冷風により水田水温は上昇しないため、栄養成長期には分げつ発生を抑制し、生殖生長期では不稔を多発させる。

近年の大冷害として1993年（平５）の北海道の作況指数40がある。この年は６月から８月まで長期にわたってオホーツク海高気圧などの影響を受け、低温と日照不足が連続した。このため、栄養生長期間はもとより、冷害危険期から出穂開花期にわたって影響を受けた。

また、2003年（平15）の北海道の作況指数73が



図Ⅵ－６　2010年７月21日９時の地上天気図（気象庁）

ある。この年は、４月から９月にかけて寡照が続くとともに、６月末にオホーツク海高気圧が現れ７月末まで持続した。このため、栄養生長期間から冷害危険期にわたり影響を受けた。

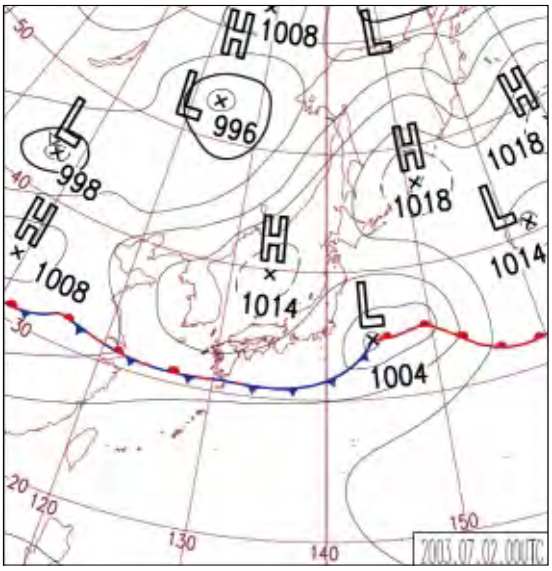
一方、暑夏は北海道全体が太平洋高気圧に広く覆われ、高温多照の状態が安定して長く続くことによりもたらされる（図Ⅵ－６）。幼穂形成期から出穂期まで水稲は順調に生育することができ、多くの場合高収量で高品質となる。

1)　冷夏の出現

北海道が冷夏に覆われる場合、オホーツク海高気圧の中心位置で、本道の気象に与える影響が変化する。

本道が高気圧の中心部にすっぽり覆われるような場合は、晴冷型となって主要稲作地帯では、気温はやや低いものの日射量は多く、分げつ期間は水温が高まるので、栄養生長は比較的順調に推移する。

しかし、高気圧の中心がオホーツク海にある場合は、太平洋やオホーツク海岸から内陸部にまで、海霧をともなう低温多湿の風が吹き込み、低温と日照不足が顕著になって水稲生育に直接的な影響を与える（図Ⅵ－７）。



図Ⅵ－７　2003年（平15）７月２日９時の地上天気図（気象庁）

オホーツク海高気圧は、一度発達すると勢力の強い状態がしばらく続くため、この低温と日照不足は短くとも数日間から、年や地域によっては半月も連続することがある。こうなると水稲に対する影響は決定的なものとなる。

北海道の冷夏は、バイカル湖やカムチャッカなどシベリア大陸から寒気が南下流入して低温になる場合と、北極の寒気がオホーツク海に流入してできる高気圧によって、著しい低温になる場合とがある。柏原･大川（1967）は前者を第1種冷夏（低指数型冷夏）、後者を第2種冷夏（高指数型冷夏）と定義している。また、年次によっては両型が複合して発生する。

2)　やませ・偏東風

やませ（偏東風）とは寒冷なオホーツク海高気圧から吹く気流である。この気流は、高度600～1,000mの低層雲を伴い、北海道では東～南東方向から内陸部へと侵入してくる。したがって、水田から見てこれらの方向に標高1,000mを越える山塊が存在すると、遮られ迂回すらできないことも多い。

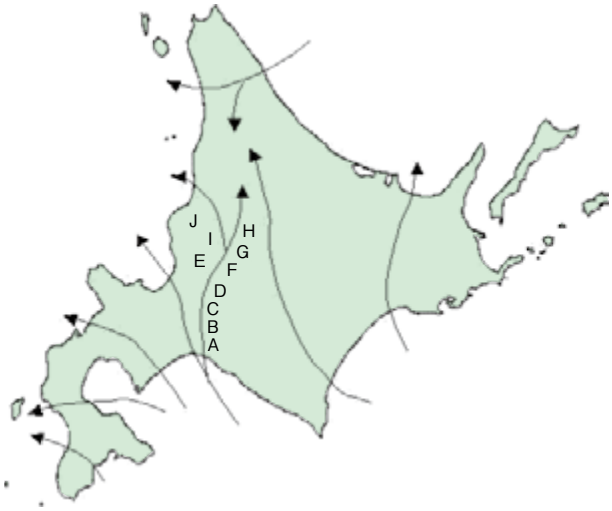
しかし、標高の低い山や、山頂自体の標高は高くても鞍部が南東方向にあると、その場所からやませが侵入し、風下の稲作地帯に少なからぬ影響を与えることもある。

渡島半島では噴火湾または津軽海峡方面から侵入する。半島の脊梁部を鳥瞰すると、稜線は南東から北西方向に走っており、やませの侵入方向と平行しているため、山塊のピークは1,000m前後あるにもかかわらず、やませは比較的容易に日本海側まで到達する。やませが卓越した年次でも、留萌や後志など日本海側の地域では影響が小さくなる場合も多いが、檜山管内では冷害に見舞われることになる。

また、石狩平野南西部の南空知や石狩では「偏東風」と呼ばれ、５月から８月にかけて吹走する。地形は平坦でさえぎる山塊などがないため、勇払原野から侵入した後も風速は衰えることなく長沼から岩見沢を越え、一方は新篠津･石狩方面から石狩湾に、もう一方は月形･浦臼･滝川・深川へと抜けていく。

冷害年である1993年（平５）の７月下旬～８月上旬や2003年(平15)の７月上旬には、強い「やませ」や「偏東風」が稲作地帯を吹走し、連続した低温と日照不足をもたらした。その年における北海道の吹走状況を図Ⅵ－８に示した。また、各地点ともに海岸からの距離に比例して気温が上昇し、日照時間は増加していた（表Ⅵ－５）。

夏期に北海道内で卓越する風系はいくつか例示されているが、ここでは夏伐らが報告した風系図を代表例として図Ⅵ－９に示した。それによると、平年における稲作地帯の気流の特徴は、石狩～勇払、倶知安～岩内、今金、寿都、留萌、津軽海峡に強風地帯、上川盆地には弱い収束帯の存在を明らかにしている。



図Ⅵ－８　1993年(平５：７月下旬～８上旬)、2003年（平15：７月上旬）の風の吹走方向

注:図注の記号Ａ～Ｊは､表Ⅵ－５の地名上の記号と同じ。

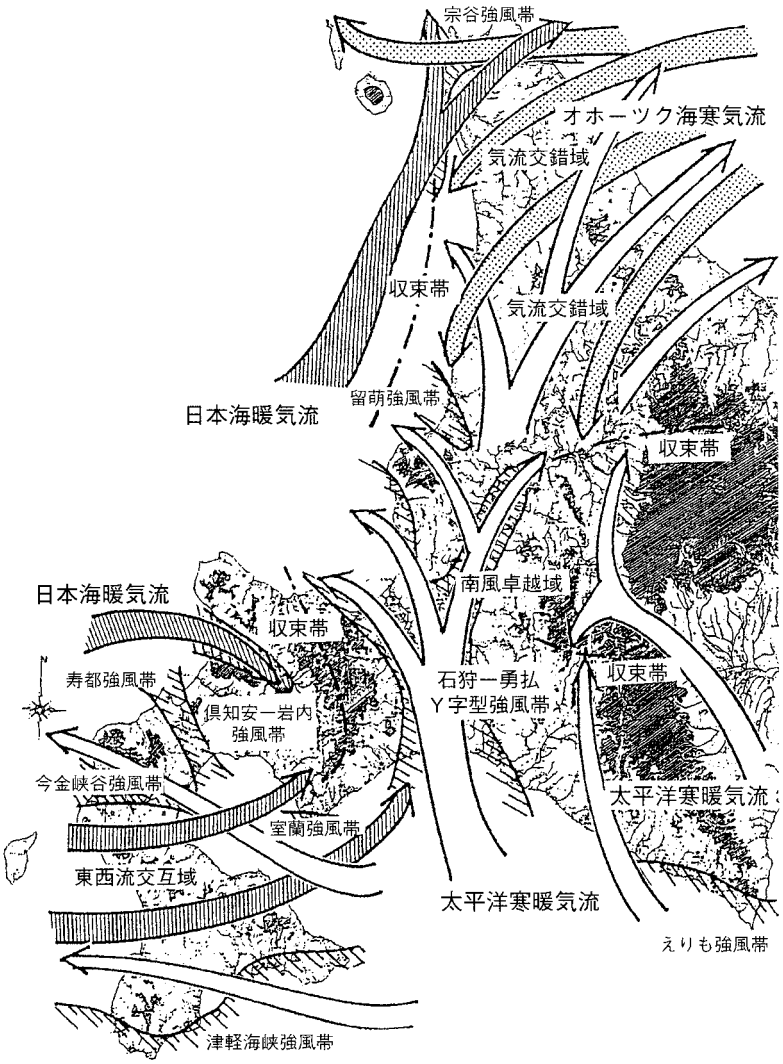
表Ⅵ－５　冷風（やませ）の風上と風下の気象変化と「きらら397」の稔実歩合

1993年

		A 鵡川	B 厚真	C 長沼	D 岩見沢	E 美唄	F 滝川	G 深川	H 幌加内	I 沼田	J 留萌
	稔実歩合（%）	16	15	14	31	58	68	72	31	55	55
７月上旬	日照時間hr	100.7	108.3	106.5	116.3	103.9	102.6	111.4	96.4	72.3	127.9
	平均気温℃	16	16	17.3	18.1	18.3	18	18.2	18.1	18.2	17.9
	平均風速m/s	1.7	2.3	2.7	3.3	2.4	2.6	2.9	1.6	1.3	4.3
	風向	西北西	南	南	南南東	南西	南南西	南西	西北西	南	東南東
7月中旬	日照時間hr	13.4	16.2	32.3	36.4	40.2	48.7	54.8	50.5	49	74.5
	平均気温℃	16.4	16.7	17.7	18.3	18.8	18.4	18.1	16.9	18.1	18.1
	平均風速m/s	1.4	1.6	1.8	2.8	1.8	2.1	2.5	2.4	0.7	3.5
	風向	北西	南南西	南	北	北北東	南	北	北北東	北西	北東
7月下旬	日照時間hr	3.9	5.6	10.4	32	30.9	40.8	47	44.8	44.7	55.7
	平均気温℃	16.2	16.5	17	17.6	17.9	17.9	18.1	18.2	18.2	18
	平均風速m/s	2.1	2.1	2.3	3.0	1.6	2.6	2.8	1.5	1.1	4.1
	風向	東南東	南南東	南	南南東	南	南	南西	西北西	南	東南東
8月上旬	日照時間hr	59.5	61	64	76.9	81.2	91.7	102.1	95.8	89.7	113
	平均気温℃	16.2	16.1	17	17.5	17.8	17.7	17.3	16.8	17.5	17.7
	平均風速m/s	1.7	2.3	2.3	3.7	1.8	2.7	27	1.6	1.2	4.1
	風向	南東	南南東	南	南南東	南南西	南	南西	南南西	南	東南東

2003年

		A 鵡川	B 厚真	C 長沼	D 岩見沢	E 美唄	F 滝川	G 深川	H 幌加内	I 沼田	J 留萌
	稔実歩合（%）	71	71	75	77	80	84	72	80	76	67
7月上旬	日照時間hr	36.6	39.8	53.9	67.1	56.1	55.5	56.3	55.3	57.1	68.2
	平均気温℃	13.6	14.2	15.5	16	16.6	16.3	17	17.2	17.1	16.7
	平均風速m/s	3.1	2.9	2.7	3.9	2.8	3.5	3	1.4	1	4.1
	風向	南東	南東	南	南東	南西	南南西	南東	南南西	南東	東南東
7月中旬	日照時間hr	26.4	24.2	34.6	49.5	42.1	41.3	39.9	37.2	39.4	50.9
	平均気温℃	15.7	16	16.5	16.7	17.4	16.6	17	16.5	17	16.6
	平均風速m/s	3	2.5	2.9	3.6	2.9	3.5	3	2.1	1	3.3
	風向	北北西	南	北	北北東	南南西	北	北北東	北北東	南南西	東南東
7月下旬	日照時間hr	40	29.6	43.4	56.4	58.5	60.7	64.4	57.3	63.2	83.1
	平均気温℃	46	16.1	17.1	17.4	18.1	17.6	17.7	16.6	17.6	17.2
	平均風速m/s	2.7	2.1	2.1	3.1	2.6	3.0	2.8	1.5	0.8	3.3
	風向	北北西	南	北北西	南	南南西	南南西	南西	南南西	北北西	東南東
8月上旬	日照時間hr	23.2	17.8	20.9	33.9	33	26.3	28.2	30.7	24.6	22.9
	平均気温℃	19.8	20.1	20.4	20.7	21.1	20.5	20.7	20.2	20.4	2.0
	平均風速m/s	2.6	2.1	2.2	3.1	2.5	2.8	2.2	1.4	0.8	3.2
	風向	北西	南南東	北北西	南南東	南	南南西	北東	南南西	南南西	東南東



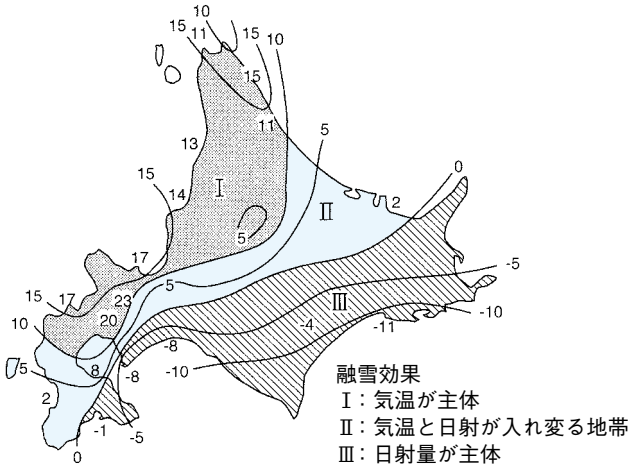
図Ⅵ－９　北海道農耕期における気流系の特性（夏伐ら）

2　気象条件の緩和対策

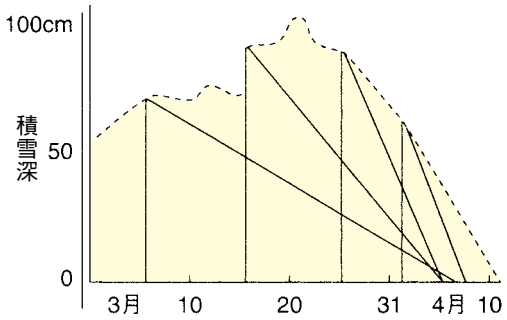
⑴　融雪促進

泊は、融雪期と融雪状況の違いから、Ⅰ区を気温（暖気）が主体となる地帯、Ⅱ区を融雪効果の主体が気温または日射が年次により入れ替わる地帯、Ⅲ区を日射量が主体の地帯と、道内を３分類している（図Ⅵ－10）。

通常、融雪促進には雪面に日光を吸収させる資材（融雪促進材）を散布する。融雪材の散布は時期を誤ると効果が低下する。つまり、散布後に降雪があって融雪材が覆われると、その効果は失われる。しかし、新しい積雪深が10cm程度なら、日光の一部は透過し融雪材まで到達するので、効果は低下するが全く失われるものではない（図Ⅵ－11、表Ⅵ－６）。



図Ⅵ－10　根雪終日と平均気温０℃初日との差の分布と地帯区分（泊）



図Ⅵ－11　融雪材の散布時期と消雪日の関係（北農試 札幌 1970）

一般的に融雪材散布の散布目安は平均気温が－３℃以上になった頃とされている。その時期は道北地方で３月下旬、道央地方では３月中旬である（表Ⅵ－６）。日高や胆振、道南では積雪量自体が少なく、３月末には融雪期を迎えるため、通常は水田で人為的に融雪期を早める必要性は小さい。

散布に用いる資材は、水田の場合ケイ酸質資材が多い。土壌改良のためケイ酸施用が行われており、ケイ酸施用と融雪促進を兼ねて散布するのが効果的である。10a当たりの散布量は、融雪促進が目的の場合は60～90kgであるが、土壌改良を考慮すると120kgが必要である。散布後の降雪などを考慮し、土壌改良に要する量を２回に分けて散布しても良い。

また、薄く均一な散布より、散布ムラが生じやや濃淡があった方が、雪が融け始めた際に雪の表面積が大きくなり、空気に触れることによる融雪促進効果の増大が期待できる。

上川農試によると、融雪剤の散布は無散布に比べて融雪期が約２週間早まる効果が実証されている（表Ⅵ－７）。

なお、ケイ酸質資材はアルカリ性であるため、育苗ハウスの置き床では、床土のpHが上昇して育苗障害を生ずる恐れがあるので、酸性で水稲床土専用の融雪資材を使用する。

表Ⅵ－６　平年における日平均気温到達日（月／日）

地点	−3℃	−2℃	0℃	地点	−3℃	−2℃	0℃	地点	−3℃	−2℃	0℃
石狩沼田	3／16	3／22	3／31	むかわ	3／7	3／13	3／23	士別	3／19	3／24	3／31
深川	3／15	3／20	3／29	厚真	3／11	3／16	3／26	朝日	3／20	3／25	4／1
芦別	3／10	3／15	3／26	日高	3／16	3／21	3／30	和寒	3／18	3／23	3／30
滝川	3／14	3／19	3／29	静内	2／20	2／27	3／15	上川	3／21	3／26	4／2
美唄	3／11	3／16	3／26	日高門別	3／2	3／9	3／21	比布	3／19	3／24	3／31
月形	3／10	3／16	3／27	浦河	2／11	2／24	3／16	旭川	3／13	3／18	3／27
岩見沢	3／7	3／13	3／24	八雲	3／18	3／26	3／16	東川	3／19	3／24	3／31
夕張市	3／14	3／20	3／29	北斗	2／19	2／26	3／15	美瑛	3／21	3／26	4／1
長沼	3／10	3／14	3／25	函館	2／9	2／21	3／11	富良野	3／17	3／22	3／29
浜益	2／24	3／5	3／18	木古内	2／2	2／19	3／10	上富良野	3／18	3／23	3／30
石狩	3／2	3／10	3／22	熊石	−	2／11	3／4	遠別	3／14	3／19	3／28
新篠津	3／11	3／16	3／27	今金	2／19	2／27	3／16	初山別	3／6	3／12	3／24
恵庭島松	3／9	3／15	3／26	江差	−	−	2／26	羽幌	3／5	3／12	3／23
蘭越	2／26	3／8	3／21	鶉	2／21	2／27	3／16	留萌	3／1	3／9	3／21
余市	2／22	2／29	3／17	せたな	−	2／11	3／8	増毛	2／22	2／29	3／17
倶知安	3／10	3／16	3／27	美深	3／21	3／25	4／1	美幌	3／18	3／23	3／31
共和	2／20	2／27	3／17	名寄	3／21	3／26	4／2	北見	3／16	3／20	3／28
黒松内	2／26	3／9	3／20	幌加内	3／21	3／26	4／2				

表Ⅵ－７　融雪剤の散布効果（上川農試 2003）

	消雪日	融雪促進日数	消雪所要日数	日平均減雪深
無散布区	4月11日	−	30日	2.3cm/日
散布区	3月27日	15日	15日	4.7cm/日

融雪剤：防散炭カル、100kg/10a、3月12日散布

⑵　防風対策

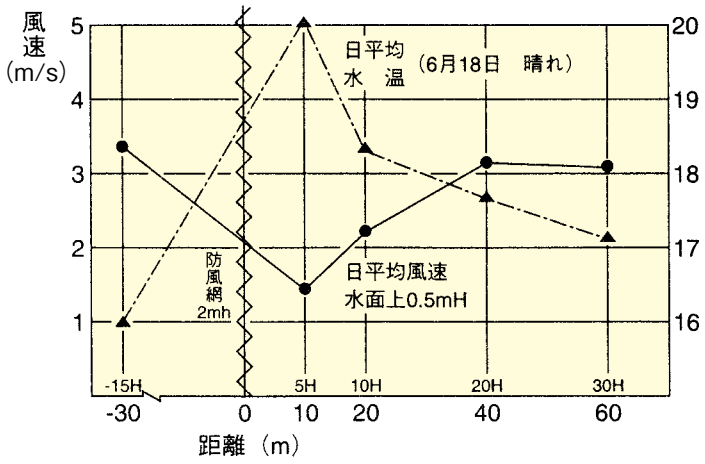
気温が低く日照時間が短いと水温が上昇しないため、水稲の初期生育が停滞し、分げつ発生が遅れて穂数が不足し、収量、品質に影響が生じる。

水温を上昇させ水稲の生育適温（25～30℃）を確保することは、正常な生育確保に不可欠である。しかし、北海道では水稲栽培期間全般にわたって適温以上に経過することは稀で、しばしば一時的または連続した低温に見舞われる。さらに、恒常的に吹く偏東風など冷気をともなった強風は、潅漑水の蒸発を促して熱を奪い水温を低下させる。潅漑水温の低下を抑制防止するために、防風対策が必要である。

南空知など強い風が吹走する地帯では、防風網の設置や防風林の造成が行われている。これらの防風施設の効果は、一般的に防風林の風下側では樹高の約20倍、風上側では5倍の範囲に及ぶといわれている。

水稲栽培における防風効果は、主に水温上昇に現れる。その効果は、防風網からの距離に反比例し、泊の調査によれば、風上の水温と比較して風下10mでは日平均で４℃、60mでも１℃上昇した。このように水温上昇効果の及ぶ範囲は意外に広い（図Ⅵ－12）。理由は防風網付近で温度上昇した潅漑水が、風によって風下側に移動していくためである。風が強いほどこの熱の交換が広範囲にわたるため、効果は広い面積に及ぶ。

温度が上昇した潅漑水は、水田土壌中に縦浸透して地温を高め、根圏の温度環境を改善し、根の活性を高めて養水分の吸収を促す。



図Ⅵ－12　防風網の減風効果と水温上昇効果（泊）

また、表Ⅵ－８は中央農試における防風処理の効果である。「きらら397」、「ほしのゆめ」では、初期生育が改善され、乾物生産量が増加した結果、玄米生産効率が高まり精米タンパク質含有率が低下した。図Ⅵ－13、図Ⅵ－14は1993年（平５）の現地における防風効果の事例である。不稔発生を軽減し収量を確保する上で、防風林が有効であったことがわかる。

以上のように、防風対策は圃場全体において、水稲の生育改善に大きな効果が期待できる。とくに、偏東風卓越地域の内陸部で、日照が比較的多い石狩や南空知などで有効な生育改善技術である。

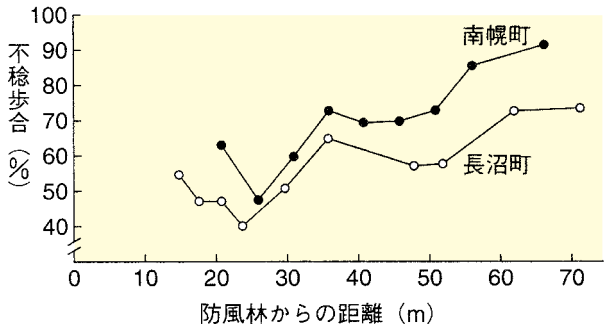
また、出穂直後の強風によって穂（籾）に傷が付きやすく、この小さな傷から病原菌が侵入して褐変穂となる。褐変した籾では、米粒表面にまで褐変が及んで品質が著しく低下する。この褐変穂も防風によって被害を軽減できる。

風速の低減を図る対策は、主に防風林の造成や防風網の設置で進められている。しかし、設置する際の場所の確保や費用の問題、また設置後の農作業への影響や、日陰部分の作物生育の問題に加えて、年次によっては防風効果が出にくいなどの理由から、十分に普及が進んでいるとはいえない。

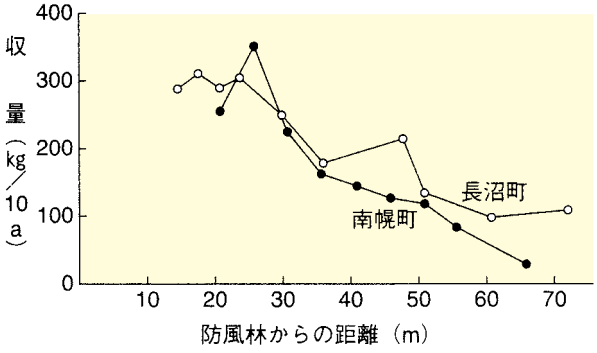
表Ⅵ－８　防風処理の効果（中央農試 2001）

	きらら397		ほしのゆめ	
	処理	無処理	処理	無処理
初期生育[1)]（本/㎡）	643	532	622	585
窒素吸収量[2)]（kg/10a）	3.9	3.1	3.7	3
収量（kg/10a）	536	521	557	513
窒素玄米生産効率	46	39	45	38
精米タンパク質含有率（%）	7.6	8.4	7.5	8.3

１）幼穂形成期の茎数　　２）幼穂形成期まで
1997～2000年の４カ年の平均値



図Ⅵ－13　防風林からの距離と
不稔歩合の関係



図Ⅵ－14　防風林からの距離と
収量の関係

（空知南西部地区農業改良普及センター 1993）

1）　防風林の造成

半永久的な防風施設として、大小さまざまな耕地防風林が造成されている。国有林として整備された大規模なものから、農家が植林した小規模なものまで存在する。

樹種も多様で、道内では主にヤチダモ、シラカバ、ヤナギ類が用いられている。ヤチダモは生長がやや遅いが寿命が長く、反対にシラカバやヤナギ類は寿命が短い。エゾカワヤナギは約10年ほどで枝枯れが生じ、幹全体が枯死してしまう。また、シラカバは枝落とし程度は可能でも、幹下部の寸胴切りなどによる強剪定には耐えられず、切断部分から腐敗して木全体が枯死してしまうなどの欠点がある。

したがって、最初は生長の早いヤナギなどを用いて造成を進め、同時にヤチダモなどのタモ類を同じ場所に植栽しておき、ヤナギの更新時に樹種の変更を図るなどの工夫が必要である。

2）　植栽の実際

ヤナギ類ではエゾカワヤナギやウンリュウヤナギを用いることが多いが、ともに春期の挿し木で容易に発根し活着する。苗木を養成した後定植するか、穂木を直接造成地に挿し木してもよい。農道など土壌が乾燥しやすい場所では、前者の方が比較的活着は良好である。

栽植間隔は１～２ｍとし、生長が進み混み合うようになったら適宜間引きを行う。防風林は、植栽に耕地の一部を使うこと、生長に伴い防風効果は高まるが、同時に日陰部分が大きくなり、作物に対する影響が生じやすく、防除作業のじゃまになるなどマイナス面も生ずる。そのため、農地への植栽には抵抗感もあって、防風対策が停滞する要因の一つにもなっている。

したがって、防風林の造成は農家の個人所有耕地はなるべく避け、市町村道や土地改良区の用排水路用地などで行うことが望ましく、関係機関の十分な協議を経て計画的に推進する必要がある。

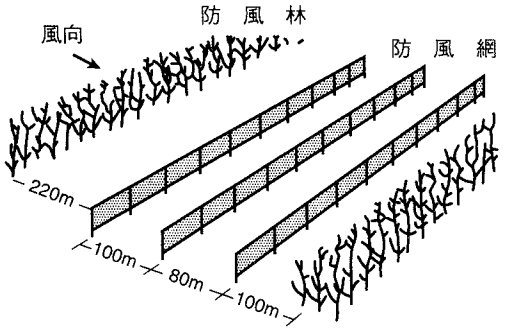
3）　防風網の設置

根本的な防風対策には防風林の造成が必要であるが、用地確保が困難な場合や早急に対策を講じたい場合は、防風網の設置を行う。網の高さは２ｍとし支柱は５m間隔で立てるのが一般的で、地形や風の強弱によって支柱間隔を変える。

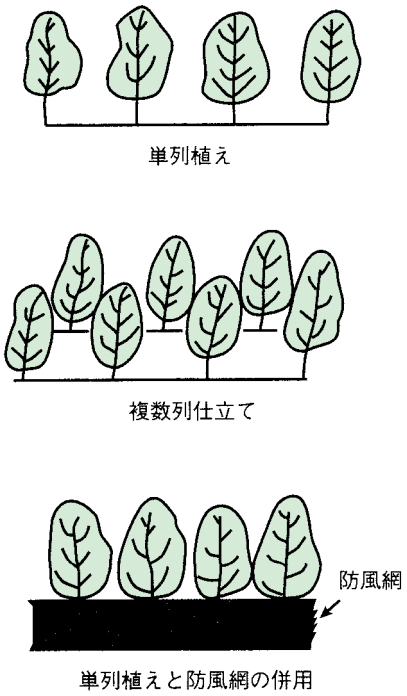
基本的には生育期間全般にわたる防風が必要で、展張期間は移植～成熟期近くまでとなる。

高い効果の期待できる時期は、水温が気温と比較して高い７月中旬頃までであるが、先にも述べたように強風から出穂直後の軟弱な穂を保護するために、８月末までは展張しておくことが望ましい。設置のモデルと栽植例を図Ⅵ－15、図Ⅵ－16、図Ⅵ－17に示した。

図Ⅵ－15　ヤナギの防風林と防風網を組み合わせた設置状況（空知管内）



図Ⅵ－16　防風林と防風網



図Ⅵ－17　植え方と配置

⑶　防霜対策

寒候期に、風が弱く穏やかに晴れて放射冷却が発生し、気温がおよそ５℃以下まで低下すると、地面付近の温度は気温よりも数℃低い０℃以下となり、霜が降りることがある。

稲の生育が遅れ、成熟期前に降霜にあうことで、水稲の登熟は成熟期前に不可逆的に停止し、収量や品質が低下する。そのため、初霜前に成熟期を迎える生育促進対策が必要である。

降霜はその程度によって、植物組織内の水分が氷結する場合と、植物体表面の氷結だけで済む場合があり、当然のことながら組織内の氷結で被害が大きくなる。また、霜は解ける際に表面から大量の熱を奪い、作物体を冷却するため一層被害が大きくなる。

そのため、初霜前に成熟期を迎える生育促進対策が必要である。かつては降霜対策として、燻煙による被害軽減が行われていたが、効果が限定的であったり、人の健康や交通機関への影響が懸念された。実際には野焼きと変わらないことから、現在では法的な制限を受け実施できない。

表Ⅵ－９　札幌管区気象台による平年の初霜日（1971～2000年統計値）

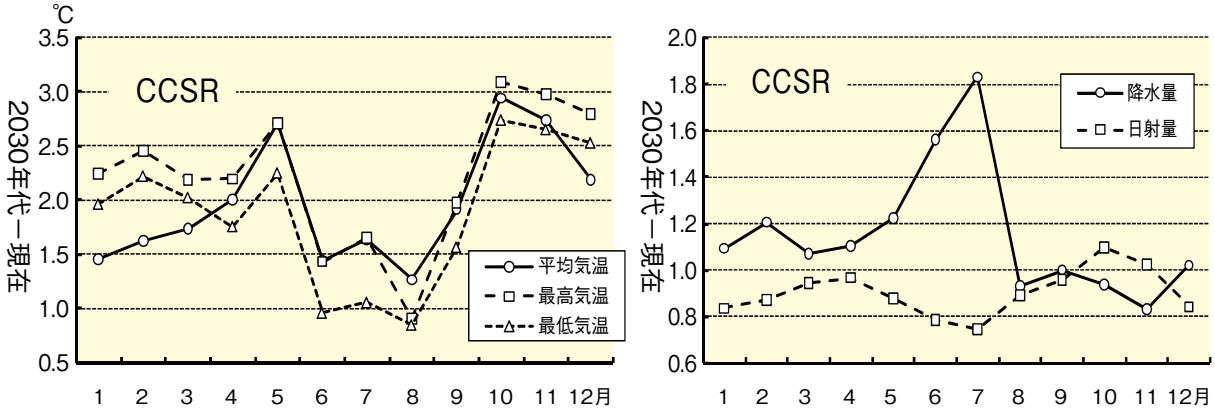
官署名	初霜日	官署名	初霜日
留　萌	11月３日	苫小牧	10月16日
旭　川	10月７日	浦　河	10月31日
札　幌	10月22日	江　差	11月９日
岩見沢	10月17日	函　館	10月17日
寿　都	11月９日	倶知安	10月５日

（北海道農政部食の安全推進局技術普及課　主査　田口章一）

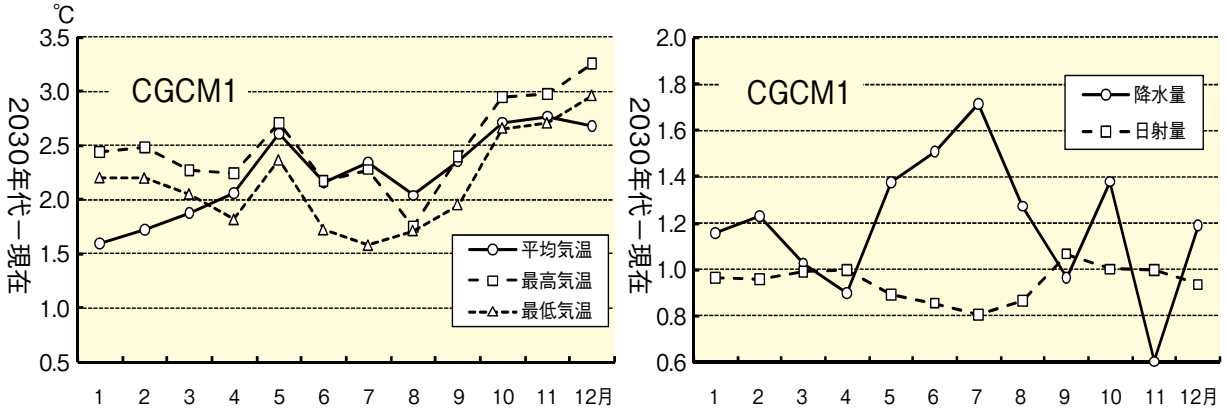
3. 温暖化評価

日本の年平均気温は過去100年で1.10℃上昇しており、人類の温室効果ガス排出による温暖化は進みつつある。そこで、過去24ヶ年の中央農試、上川農試、道南農試の成績から気象の推移とその影響について検討し、さらに２つの2030年代の予測気象、CCSRとCGCM1（以下、CGCMと記す）について、水稲の生育や収量、品質および栽培適地などに及ぼす影響を検討した（中央農試・十勝農試・畜試 2011年（平23））。なお、限界移植期、限界（早限、晩限）出穂期、安全出穂期間および用いた生育予測方法については、Ⅲ章１.３節を参照されたい。

これら予測気象の気温は、CCSRでは、５～９月は現在（1971～2000年平均）（昭46～平12）よりも1.3～2.7℃（平均1.8℃）上昇し、他の期間の1.5～2.9℃よりやや小さい（図Ⅵ－18）。CGCMで５～９月は2.0～2.6℃（平均2.2℃）の上昇でCCSRよりやや高く、他の期間の1.6～2.8℃との差は小さい（図Ⅵ－19）。CCSRの降水量は６、７月で現在の1.6～1.8倍と多く、CGCMも同様である。そのため、これら予測気象の日射量は５～８月で現在のほぼ0.8～0.9倍と減少する。なお、５～９月の日平均積算気温からみると、北海道のこれら予測気象は現在の青森県に近似する（表Ⅵ－10）。また、夏の猛暑が顕著であった2010年（平22）は６～９月の積算気温で現在比113％と、予測気象の106～109％よりもさらに高い。



図Ⅵ－18　CCSR予測における2030年代の気温、降水量および日射量の推移
（北海道内935メッシュの平均）



図Ⅵ－19　CGCM1予測における2030年代の気温、降水量および日射量の推移

（北海道内935メッシュの平均）

表Ⅵ－10　北海道および東北北部地域における現在と2030年代の５～９月の積算気温

県道名	市町名	気象種別	５～９月 日平均積算気温
北海道	旭 川 市	現　　在	2512
		CCSR予測	2695
		CGCM1予測	2784
北海道	岩見沢市	現　　在	2542
		CCSR予測	2761
		CGCM1予測	2838
北海道	江 差 町	現　　在	2654
		CCSR予測	2869
		CGCM1予測	2891
青　森	十和田市	現　　在	2722
青　森	黒 石 市	現　　在	2850
岩　手	雫 石 町	現　　在	2807
岩　手	北 上 市	現　　在	2983
秋　田	大 館 市	現　　在	2901

北海道はアメダスメッシュ、東北地域はアメダスポイントデータによる。

⑴　2030年代の水稲生育予測

1) 1985～2008年（昭60～平20）の24ヵ年の成績では、収量に対して７月の気温の影響が最も大きく、不稔歩合と千粒重に影響した。しかし、それらの程度は大きくなく、収量を月別気象値から推定・予測することは困難であった。また、気温と生育・収量の経年変化みると、この24年間だけでは、夏の気温に昇温傾向は認められず、また北海道の水稲生育の変化に一定の傾向はなかった。

2) 2030年代には限界移植日（移植早限）が、水稲栽培18地帯の平均で現在より13～14日間早まる。また、安全出穂期間が現在の13日から32～38日に拡大し、とくに晩限出穂期が遅くなり遅延型冷害の発生が少なくなる（表Ⅵ－11）。従来作期が短いため作柄が安定しなかった地域ではより安定化する。また､登熟気温が高くなるためアミロース含有率が低下し良食味化する。

精米蛋白質含有率もやや低下する（表Ⅵ－12、図Ⅵ－20）。

表Ⅵ－11　現在および2030年代における限界移植日、限界出穂日および安全出穂期間

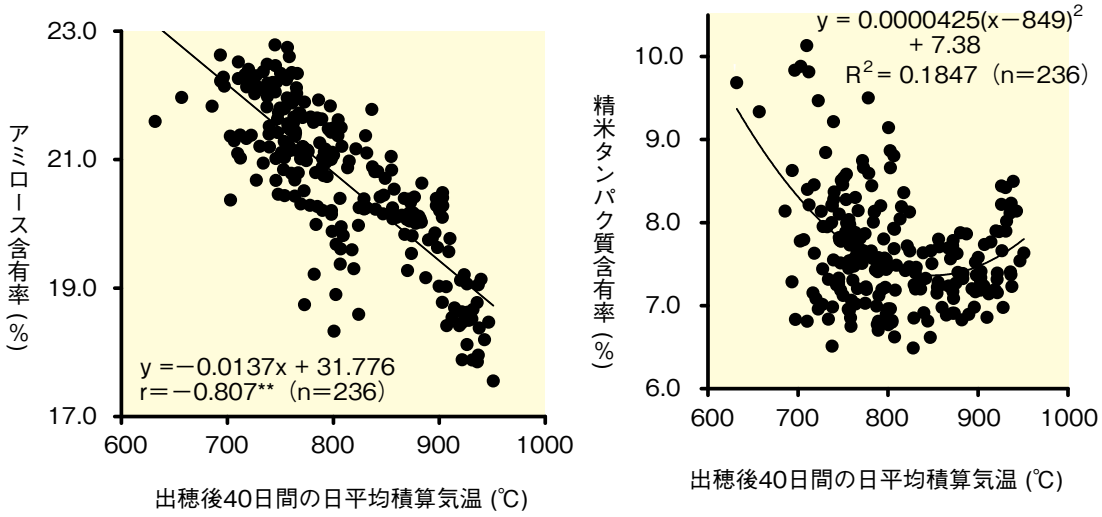
現代または予測	限界移植日	早限出穂期	晩限出穂期	安全出穂期間
現在	5 /21	7 /28	8 /10	13
CCSR予測	5 / 7	7 /18	8 /19	32
CGCM1予測	5 / 8	7 /14	8 /21	38

「きらら397」、中苗と成苗の平均。水稲地帯別栽培指標における18地帯の平均。現在の気象データは代表的な稲作地のアメダスメッシュポイント。

表Ⅵ－12　現在および2030年代における出穂期と登熟気温および登熟気温から推定されるアミロース含有率と精米タンパク質含有率

現代または予測	出穂期	登熟気温℃	アミロース含有率％	タンパク質含有率％
現在	8 / 6	770	21.3	7.7
CCSR予測	7 /30	843	20.2	7.4
CGCM1予測	7 /28	876	19.8	7.4

出穂期は、平均気温を用いた１日当たり発育速度に基づく発育指数による推定。「きらら397」、中苗と成苗の平均（５月25日移植）。登熟気温は出穂後40日間の日平均積算気温。登熟気温による精米のアミロース含有率とタンパク質含有率の推定式は丹野（2010）による、図Ⅵ－20を参照。現在の気象は各市町村の代表的な稲作地のアメダスメッシュのデータ。18地帯の平均



図Ⅵ－20　出穂後40日間の日平均積算気温とアミロース含有率、精米タンパク含有率との関係
（15カ年、22箇所「きらら397」のデータによる）

3) 障害不稔発生に関係する冷害危険期の平均気温は少し高くなるに過ぎないため、冷害発生の危険性は残る。これは水稲の生育、すなわち冷害危険期が早まることにより冷害危険期の気温が低下することによる。一方、不稔発生をもたらすような低温域の出現頻度は上川地域と空知地域では減じるが、胆振地域や渡島地域では明確ではなく、地域間で差異が見られる（表Ⅵ－13）。

表Ⅵ－13　現在（1978から2000年まで、23年間）および2030年代における不稔発生の危険性が高い冷害危険期の平均気温18.5℃以下の年次の比率（%）

気温の種別	苗種	士別市	比布町	深川市	岩見沢市	厚真町	北斗市
現在	中苗	17	0	0	0	4	4
	成苗	13	9	9	9	13	17
CCSR予測	中苗	0	0	0	0	4	9
	成苗	4	4	0	4	13	13
CGCM1予測	中苗	0	0	0	0	4	6
	成苗	4	0	0	0	4	13

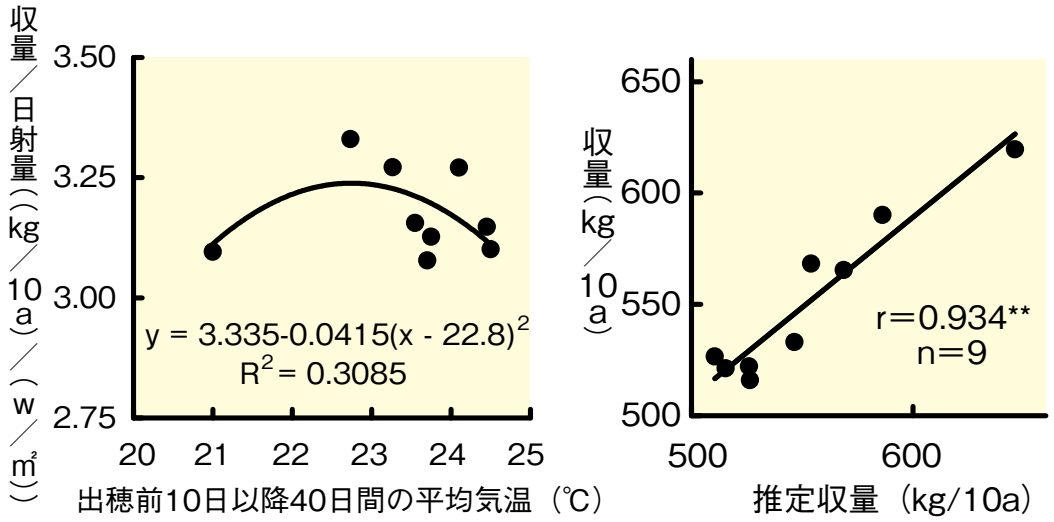
気温はアメダスポイント。1978～2000年の各年次の気温が現在から予測気温まで上昇すると仮定して算出。

4) 出穂前10日から40日間の気温と日射量から見た推定収量は、気温が上昇し最適気温に近づくが日射量が減少するため、現在対比で99～103%である（表Ⅵ－14、図Ⅵ－21、表Ⅵ－15）。一方、出穂後40日間の同気象から算出し潜在収量性を示す気候登熟量示数は、登熟気温が適温に近づくため107～110%と高くなる（表Ⅵ－15、図Ⅵ－22）。

表Ⅵ－14　過去15年間（1994～2008年）の都道府県別の平均収量および出穂前10日から40日間の平均気温、日射量および推定収量

都道府県名	出穂期	収量	出穂前10日以降40日間における			推定収量
		kg/10a	平均気温	日射量	収量	B
	月日		℃	W/㎡	日射比	
北海道	8／2	522	21.0	169	3.096	526
青　森	8／7	568	22.7	171	3.330	554
岩　手	8／8	521	23.3	159	3.272	516
宮　城	8／6	516	23.6	164	3.156	527
秋　田	8／6	565	24.5	182	3.101	569
山　形	8／7	590	24.5	188	3.148	586
福　島	8／12	533	23.8	171	3.127	547
栃　木	8／6	527	24.1	161	3.271	511
長　野	8／9	620	23.7	201	3.077	646

供試道県は、出穂前10以降40日間の平均気温が25℃以下。推定収量は図Ⅵ－21の二次回帰式による。出穂期と収量は農林水産省大臣官房統計部編（1995～2009）、気象データは各都道府県で1～3ヵ所のアメダスポイントによる。



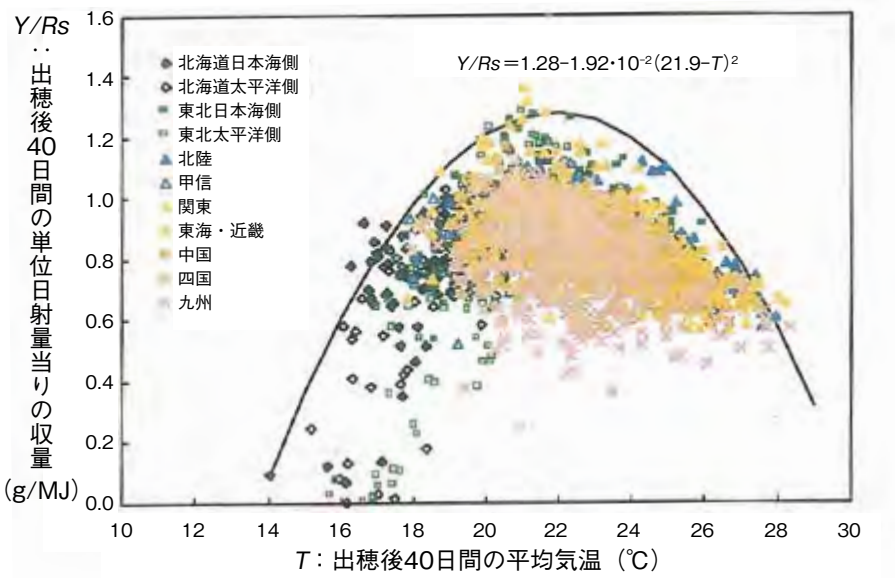
図Ⅵ－21　出穂前10日以降40日間の平均気温が25℃以下の道県における同平均気温と収量/日射量との関係およびそれによる推定収量と収量との関係

（データは表Ⅵ－14を参照）

表Ⅵ－15　現在および2030年代での出穂前10日以降40日間の日射量と平均気温による収量の推定および出穂後40日間の同気象による気候登熟量示数

現代 または 予測	出穂期	出穂前10日以降40日間		同左推定収量	出穂後40日間		気候登熟量示数
		平均気温 ℃	日射量 W/㎡	kg/10a	平均気温 ℃	日射量MJ/㎡	kg/10a
現代	8 / 6	20.4	180	539	19.3	585	669
CCSR予測	7 /30	21.6	166	527	21.1	566	710
CGCM1予測	7 /28	22.2	169	545	21.9	575	731

18箇所の平均。収量の推定は以下の式（1）による（図Ⅵ－21参照）。ｙ：収量、ｓ：出穂前10日以降40日間の日射量、ｔ：同期間の平均気温、$y=s(3.335-0.0415(t-22.8)^2)$（1）。気候登熟量示数は林ら（2001）の以下の（2）式による（図Ⅵ－22参照）。$y/s=1.28-0.0192(21.9-t)^2$（2）、ｙ：気候登熟量示数、ｓ：出穂後40日間の積算日射量（J）、ｔ：同期間の平均気温（℃）。出穂期は中苗と成苗の平均。



図Ⅵ－22　気候登熟量示数を求めるための出穂後40日間の平均気温と単位日射量当たりの収量との関係（林 2001）

図中の二次回帰式（曲線）が気象登熟量示数を示す。

5）直播栽培では、生育が早まり出穂期が早くなり晩限出穂期も遅くなることにより、早生品種に加え中生品種の直播も全道で安定的に行える（表Ⅵ－16）。

表Ⅵ－16　現在および2030年代における直播栽培の出穂期

現代または予測	早生品種		中生品種		晩限出穂期
	出穂期	晩限出穂との差異	出穂期	晩限出穂との差異	
現代	8 /12	− 2	8 /17	− 7	8 /10
CCSR予測	8 / 3	16	8 / 7	12	8 /19
CGCM1予測	7 /31	22	8 / 4	18	8 /22

18箇所の平均。早生品種「ゆきまる」、中生品種「きらら397」。播種日は現行直播マップ（中央農試・上川農試 2004）で使用している５月10日。気象はアメダスポイントデータによる。日照時数と風速の影響を入れた簡易有効積算気温による推定で、気温の影響のみ評価。

6）その他の障害については、以下のように考察された。

ア　登熟期の高温による白未熟粒発生は、これまでの報告から出穂後20日間の平均気温が26～27℃をこえると高くなり、検査等級が低下する。本試験での予想気象の出穂後20日間の平均気温は、より気温が高いCGCM予測では江差町、北斗市、深川市、旭川市で22.5～23.5℃であり、26℃よりも低い。すなわち、2030年代の平均的気象条件において、白未熟粒の発生による検査等級の低下が生じる危険性は低いと考えられる。

イ　高温による不稔発生については、稲の感受性は穂ばらみ期よりも開花期で顕著に高く、明確な高温障害が生じるのは35℃前後である。2030年代でより気温が高いCGCM予測で、開花期に相当すると思われる出穂期以降7日間での最高気温の最高値は、江差町、北斗市、深川市、旭川市で26.1～27.6℃であり、35℃以上の気温が発生する危険性は極めて低いと考えられる。

ウ　いもち病について、2030年代には現在に比べ春季の気温が上昇するため、いもち病の初発

が早まることが考えられる。また、いもち病の発生の適温は20～25℃とされ、日照不足による稲体の軟弱化、降雨によるいもち病菌の発芽・侵入に必要な水滴の供給が助長するが、夏季においても平均気温25℃以下の範囲での気温上昇とともに日射量の減少や降雨量の増加が見込まれる。以上のことから、いもち病の発生増加は避けられないと思われる。

⑵ これら2030年代の予測に基づく技術的対応方向

1) 作付品種の耐冷性および熟期

2030年代では水稲の生育期間が長くなるため、遅延型冷害の危険性は小さくなる。一方、春季の気温上昇のため水稲の生育が促進され、同一熟期の品種では冷害危険期の平均気温は7月の気温上昇ほど上がらず、障害不稔発生の危険性は残る。さらに、将来的に夏季の気象変動が現状より増大するとの見方もあることから、今後も障害型耐冷性向上の重要性は変わらないと考えられる。

また、潜在収量は高まると予想されるが、実際に一定収量を得るためには出穂期までの栄養成長期に必要籾数を確保しなければならない。そのため、2030年代までの期間も含めて、現行の品種については作付けの地帯区分を気候変化に合わせて見直すとともに、生育期間が大きく延長する地帯については、一定の収量を安定して得られる出穂期を見出し、その熟期を備えた品種を育成する必要がある。例えば、2030年代の北海道に類似した夏季気温である青森県は、現在の北海道に比べ移植期が５日早く（表Ⅵ－17）出穂期が5日遅く（表Ⅵ－14)、すなわち栄養生育期間が10日間長く、青森県の水稲生育は一つの目安となる。

一方、一般に出穂が遅い品種ほど登熟気温が低下しアミロース含有率は高くなるが、精米蛋白質含有率は逆に低下する。すなわち、現在の中生品種よりも熟期の遅い品種を作付けすることにより、さらに低蛋白化による食味向上を図れる可能性がある。

2) 育苗法、施肥対応

現在の北海道では、安定生産と良食味米生産のため初期生育を促進すること、すなわち基準の栽植密度を遵守、苗では稚苗、中苗より成苗と葉令が進んだ苗種、施肥法では側条施肥が奨励されている。しかし、これら技術は、農家に大きな労力とコストを負担させている。また、春季の気温上昇により、葉令が進んだ苗では育苗ハウスでの高温により早期異常出穂を生じる危険性が高まる。さらに、生育期間が長い条件では栄養成長期の途中まで肥料成分の大半を吸収してしまい、肥料切れを生じる可能性が高まることから、分施や緩効性肥料の利用場面が増えると推測される。以上、現在の青森県のように2030年代の北海道でも初期生育の重要性は変わらないが、気象が変わることに対する現在の技術体系の検証が必要である。

3) いもち耐病性の強化

いもち病の発生増加に対する防除法については、東北地域、その中でも前述したように５～９月の積算気温からみれば青森県で行われている対策を実施すれば対応可能と思われる。しかし、いもち病の発生には日射量や降雨量も影響することから、それらの違いによりいもち病発生がどう変わるか留意が必要である。一方、近年は農薬散布量を少なくすることが社会から求められていることから、それに対応した防除法も合わせて検討するとともに、いもち耐病性が強い品種を育成し普及させる必要がある。

4) そ の 他

将来的に融雪の促進により５月の河川流量が減少することが予測されており、地域によっては、かんがい用水確保の面で制約が生じる可能性がある。

表Ⅵ－17　北海道と東北各県の移植日

県道名	移植日 月日
北海道	5 /24
青　森	5 /19
岩　手	5 /15
宮　城	5 / 8
秋　田	5 /18
山　形	5 /17
福　島	5 /14

2003～2007年の平均。農林水産省大臣官房統計部編（2010）による。

（道総研中央農業試験場生産研究部水田農業グループ　研究主幹　丹野　久）

Ⅶ　米の品質食味

1　米の品質について

全国の主食用米等の需給見通しは、表Ⅶ－１のとおりとなっており、消費の低迷と低価格志向が定着している。北海道米の生産に当っては、実需者・消費者が満足と安心のできる品質の確保に向け徹底した取組みを掲げており、農産物検査規格ばかりでなく、食味の高位平準化をめざしている。ここでは、米品質の基本である検査規格と生産者団体独自の取組みについて述べる。

表Ⅶ－１　2010／2011年（平22／23）の主食用米等の需給見通し（単位：万トン）

		主食用米等
平成22年６月末民間在庫量	A	216
平成22年産主食用米等生産量	B	824
政府備蓄米としての買入数量	C	▲18
米穀機構等による飼料用等処理の数量	D	▲15
平成22／23主食用米等供給量計	E＝A＋B＋C＋D	1,007
平成22／23主食用米等需要量	F	811
平成23年６月末民間在庫量	G＝E－F	196

農林水産省23年２月２日公表、（米穀の需給及び価格の安定に関する基本指針抜粋）

表Ⅶ－２　平成22／23年及び平成23／24年の見通し

平成22／23年	811万トン
平成23／24年	802万トン

農林水産省23年２月２日公表、（米穀の需給及び価格の安定に関する基本指針抜粋）

(1)　玄米の検査規格

農産物検査法に基づく水稲うるち玄米の規格規程を表Ⅶ－３に示した。

表Ⅶ－３　農産物規格規程（農林水産省）

水稲うるち玄米及び水稲もち玄米（北海道産に適用）

項目／等級	最低限度		最高限度								混入限度
				被害粒、死米、着色粒、異種穀粒及び異物							
							異種穀粒				
	整粒（%）	形質	水分（%）	計（%）	死米（%）	着色粒（%）	もみ（%）	麦（%）	もみ及び麦を除いたもの（%）	異物（%）	もち米に混入するその種類以外の玄米（%）
１等	70	１等標準品	15.0	15	7	0.1	0.3	0.1	0.3	0.2	1
２等	60	２等標準品	15.0	20	10	0.3	0.5	0.3	0.5	0.4	2
３等	45	３等標準品	15.0	30	20	0.7	1.0	0.7	1.0	0.6	3

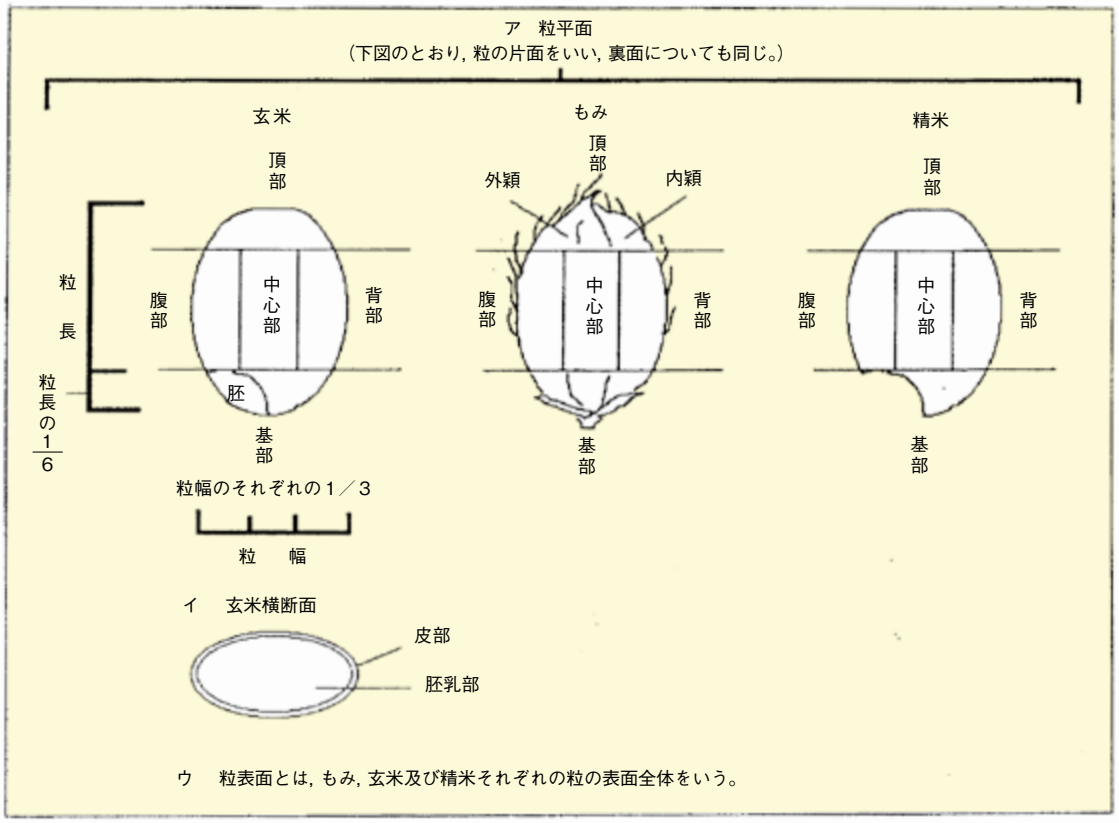
規格外：１等から３等までのそれぞれの品位に適合しない玄米であって、異種穀粒及び異物を50%以上混入していないもの

水分：玄米の水分は、各等級とも、当分の間、本表の数値に1.0%を加算したものとする。
（米麦改良協会良質米出荷目標：仕上がり水分14.5～15.0%）

1) 定　　義

ア　整　　粒

整粒とは、被害粒、死米、未熟粒、異種穀粒及び異物を除いた粒をいう。



図Ⅶ－１　玄米、もみ、精米の粒長・粒平面・断面

イ．形　　質

形質とは、皮部の厚薄、充実度、質の硬軟、粒ぞろい、粒形及び光沢並びに肌ずれ、心白及び腹白の程度をいう。

ウ．水　　分

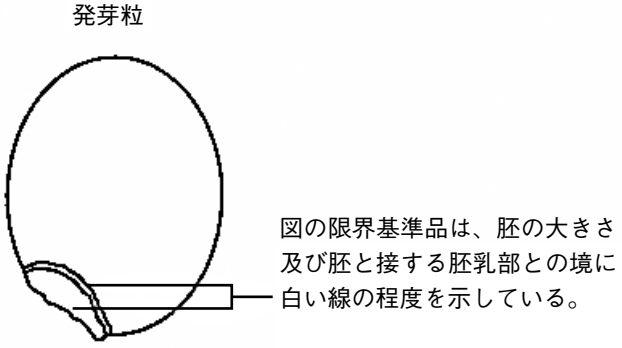
水分とは、常圧加熱乾燥法のうち、105度乾燥法によるものをいう。

エ．被害粒

損傷を受けた粒（発芽粒、病害粒、芽くされ粒、虫害粒、胴割粒、奇形粒、茶米、砕粒等）をいう。

ア）発 芽 粒

発根又は発芽している粒をいう。



図Ⅶ－２　発芽粒

イ）病 害 粒

病害により損傷したもの。

ウ）芽くされ粒

胚又は胚と接する胚乳部が変色し腐敗したもの。

エ）虫 害 粒

①虫により食害されたもの。

②虫により吸害された痕が、通常の精米後、粉状質として直径１mm以上残るもの。

オ）胴 割 粒

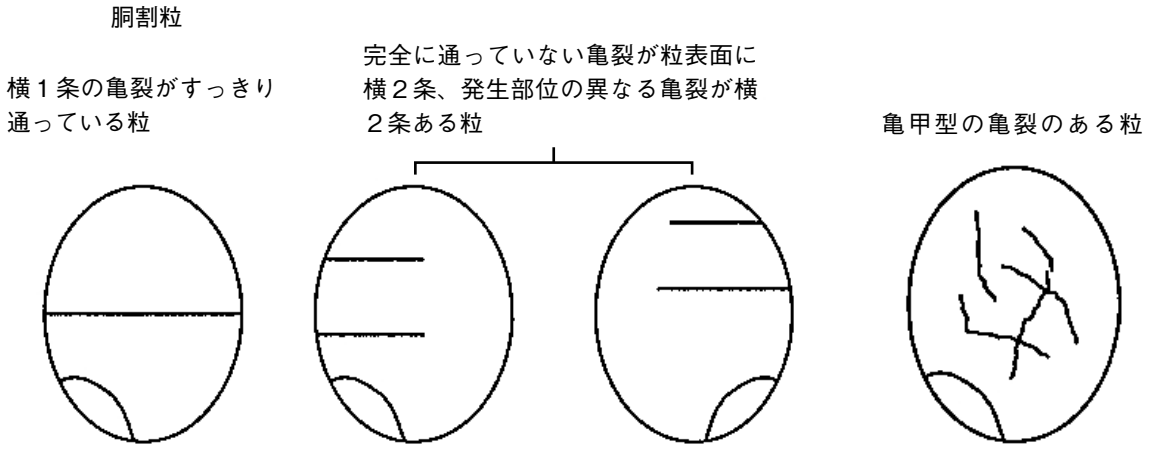
①粒平面に横１条の亀裂がすっきり通っているもの。

②粒平面に完全に通っていない亀裂が横２条、他の粒平面から見て発生部位の異なる亀裂が横２条あるもの。

③粒平面に完全に通っていない亀裂が横３条以上あるもの。

④粒平面の亀裂の程度を問わず縦に亀裂があるもの。

⑤粒平面に亀甲型の亀裂があるもの。

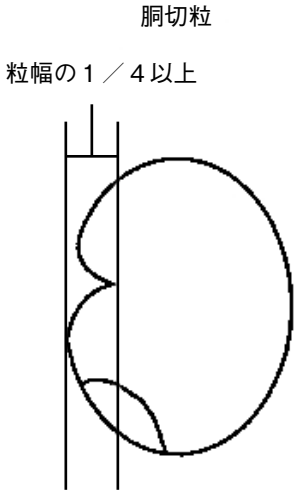


図Ⅶ－３　胴割粒・亀甲粒

カ）奇 形 粒

①胴 切 粒

胚乳部に切れ込みがあり、その切れ込みが粒幅の1／4以上のもの。



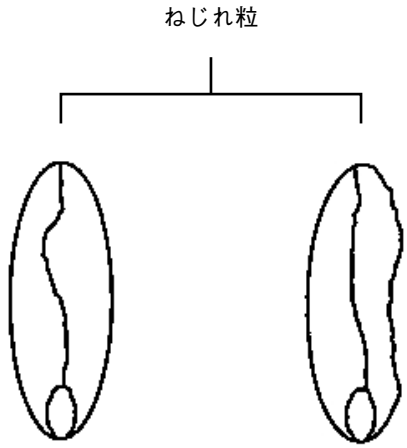
図Ⅶ－４　胴切粒

②ねじれ粒

粒に厚みがなくねじれているもの。

③その他奇形粒

粒形がくさび形状になったもの及び粒幅が整粒の1／2以下の棒状のもの。



図Ⅶ－５　ねじれ粒

図Ⅶ－６　くさび形粒

キ）茶　　米

粒表面が茶褐色を呈するもの。

ク）砕　　粒

砕けた粒をいい、その大きさは問わない。

オ　死　　米

充実していない粉状質の粒（青死米及び白死米）をいう。

写真Ⅶ－１　青死米

充実していない粉状質の粒
葉緑素が分解せず緑色の光沢のないもの

写真Ⅶ－２　白死米

充実していない粉状質の粒
葉緑素が分解して白色の光沢のないもの

カ　着 色 粒

粒面の全部又は一部が着色した粒及び赤米をいう。ただし、とう精によって除かれ、又は精米の品質及び精米歩留に著しい影響を及ぼさない程度のものを除く。

キ　未 熟 粒

死米を除いた成熟していない粒をいう。

ア）乳 白 粒

胚乳部の横断面の白色不透明な部分がリング状になっているもの。なお、その白色の不透明な部分の大きさが粒平面の1／2以上のもの。

イ）心 白 粒

胚乳部の横断面に白色不透明な部分が平板状又は紡錘状となっているもの。

ウ）青未熟粒

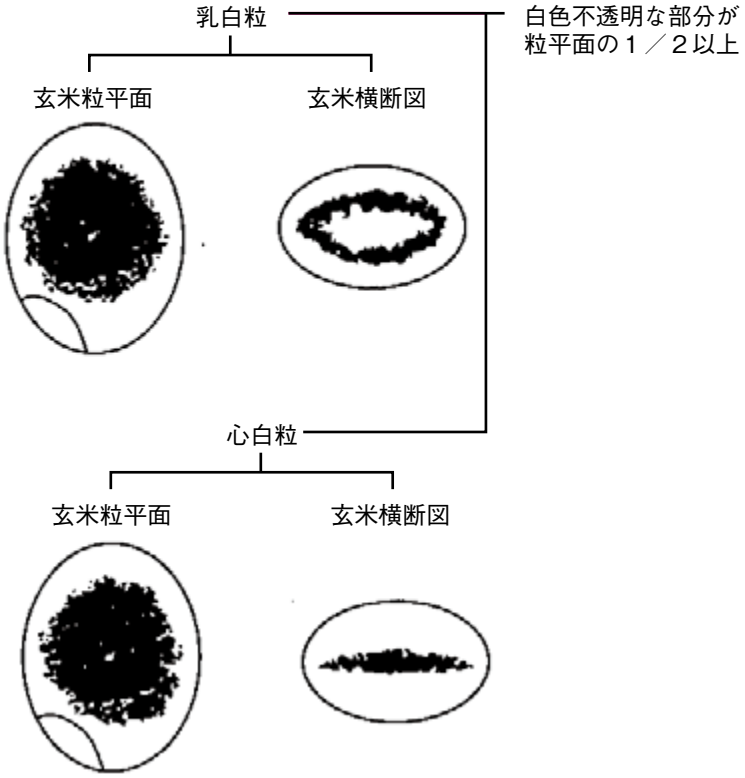
粒表面に葉緑素が残り緑色を呈しているもの。

エ）基部未熟粒

基部の白色不透明な部分の大きさがその粒長の1／5以上のもの。

写真Ⅶ－3　青未熟粒（右）

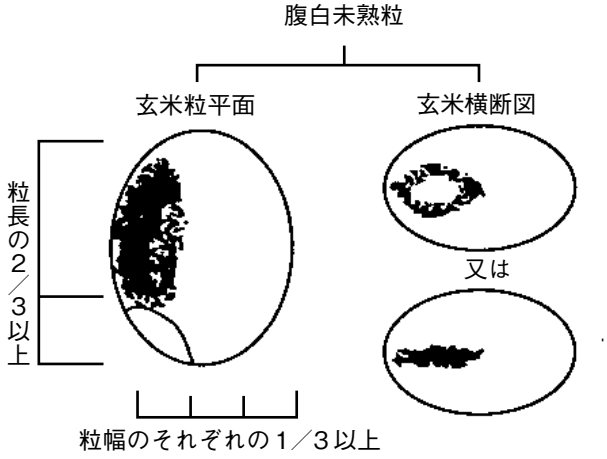
粒表面に葉緑素が残り緑色を呈しているもの



図Ⅶ－７　乳白粒・心白粒

オ）腹白未熟粒

腹部の白色不透明な部分の大きさが、その粒長の2／3以上でかつ粒幅の1／3以上のもの。



図Ⅶ－８　腹白未熟粒

⑵　玄米検査規格以外の品質基準

売れる米づくりの推進により、米の集荷団体であるホクレンは、生産者団体との協議で独自の品質基準を設けて仕分け集荷を実施し、対象品種の仕分け集荷による販売戦略を全国に先駆けて実施し、北海道米の評価を高め販売促進につなげている。

1)　品位仕分（精米タンパク質含有率仕分基準）

表Ⅶ－４　ななつぼし・ほしのゆめ

整粒歩合＼精米タンパク質含有率		低蛋白米	一般米	高蛋白米	
		6.8%以下	6.9～7.9%	8.0%以上	
				8.0～8.4%	
1等米	高整粒（整粒80%以上）	4次	2次	8次	9次
		3次	1次		

次数はホクレン入庫区分

表Ⅶ－５　きらら397

整粒歩合＼精米タンパク質含有率		低蛋白米	一般米	高蛋白米
		6.8%以下	6.9～8.4%	8.5%以上
1等米	高整粒（整粒80%以上）	4次	2次	9次
		3次	1次	

次数はホクレン入庫区分

表Ⅶ－６　おぼろづき

	基準品	基準外A	基準外B
精米タンパク質含有率	7.9%以下		8.0%以上
アミロース	16.0%以下	16.1%以上	－

※　アミロース値は変更があり得る。

表Ⅶ－７　ふっくりんこ

	基準品	基準外A	基準外B
精米タンパク質含有率	6.8%以下	6.9～7.9%	8.0%以上

表Ⅶ－８　ゆめぴりか

23年産			旧（～22年産）	
仕分区分名称	精米タンパク質含有率		仕分区分名称	精米タンパク質含有率
第１区分S	6.8%以下		基準品	6.8%以下
第１区分	6.9～7.4%		基準外A１	6.9～7.4%
第２区分	7.5～7.9%		基準外A２	7.5～7.9%
第３区分	8.0%以上		基準外B	8.0%以上

2)　実需者仕分米

実需者の指定内容により、全道仕分基準と異なる仕分（各種検査・分析、指定されたロット管理など）を要望された米穀をいう。

ア　需要者の指定するロット毎にDNA鑑定・残留農薬検査・カドミウム検査などの検査・分析を要する米穀。

イ　需要者の指定により、全道の仕分基準と異なる蛋白仕分を要する米穀。

ウ　「特徴のある米」の取組み

栽培方法・乾燥調製方法等にこだわった「特徴のある米」への付加価値販売への取組み。

（特別栽培米、農薬節減米
YES ！ clean、遠赤外線乾燥米、利雪型籾貯蔵米）

（北海道米麦改良協会）

２　外観品質を左右する要因と向上対策

⑴　整粒歩合の向上対策

1)　登熟期間の温度と日照

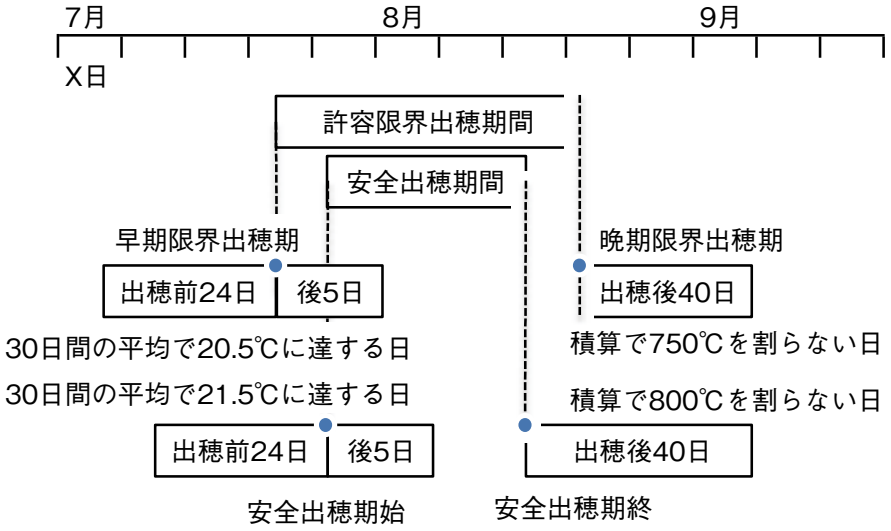
玄米の外観品質を向上させるためには､登熟を良くすることが必要である。登熟の良否には、登熟期間の気温と日照が密接にかかわっている。高温ほど、登熟は早いが粒重増加の停止も早く、過度な高温条件では、籾の機能低下に伴う転流阻害などの高温障害が発生する。したがって、登熟の適温はおよそ20～25℃の間である。

日照不足も登熟に抑制的に作用する。登熟期における日射量が１日平均300～350カロリー以下の場合、日射量の低下に伴って千粒重は低下する。一方、350カロリー以上の場合、日射量が増加しても千粒重は増加することなく一定である。なお、出穂後25日間の一日平均日照時間

が４時間以下の場合、登熟が悪くなる。

2)　安全出穂期内の出穂

外観品質の低下要因として、登熟期間における温度条件の低さがあげられる。このため、適期内の出穂を目指した計画的な栽培が重要である。出穂は、早すぎると、低温に遭遇（不稔多発）する機会が多くなる。一方、遅すぎると登熟積算気温が不足して整粒歩合が低下する。このため、安全出穂始期と安全出穂終期を設定している（図Ⅶ－９）。したがって、安全出穂期間内に出穂可能な品種と苗の種類、移植期間を地域ごとに選定しなければならない。



注) その地帯を代表する平年の気温を用いて求める

図Ⅶ－９　許容限界出穂期間と安全出穂期間の求め方

（北海道の良質米生産技術、登熟期の管理・米質の改善、農業技術普及協会刊行より）

3)　品種の選定

整粒歩合の高い良質米を生産するためには、出穂期後40日間日平均気温（登熟温度）が800℃程度必要である。このため、各地帯における好適出穂期を目標とし、多少の低温年でも安全出穂期までに、確実に出穂できる品種を選定することが重要である。また、品種の能力の限界を知り、品質を低下させない収量構成要素の範囲で栽培することが必要である。

4)　登熟温度の確保と出穂期の促進

安全出穂期間内に出穂させる手段として、育苗方法による苗の種類と移植時期を適正化することがあげられる。成苗と中苗では同時に移植した場合、平常年では１～２日、冷温年で２～３日の出穂差がある。また、出穂期は移植時期によっても変動する。一般的に早植によって生育が促進され、晩植にすると生育が遅延し出穂期も遅くなる。このように、育苗と移植時期によって出穂期を調整する役割は大きく、品種（早晩性）、育苗（苗の種類）、移植時期の３要素を適切に組み合わせて、安全出穂期間内に出穂させることが重要である。苗の種類と移植時期による出穂期の変動を表Ⅶ－10に示した。

表Ⅶ－10　苗の種類による出穂期の変動

地域	苗の種類	早植	標準植	晩植
中央農試	成苗・中苗	(5/17) －1.5	(5/23) －4.0	(5/30) －4.5
上川農試	成苗・中苗	(5/16) －1.5	(5/23) －2.3	(5/30) －4.5

数値は成苗－中苗の差（日）

5)　落等の要因と刈り取り時期

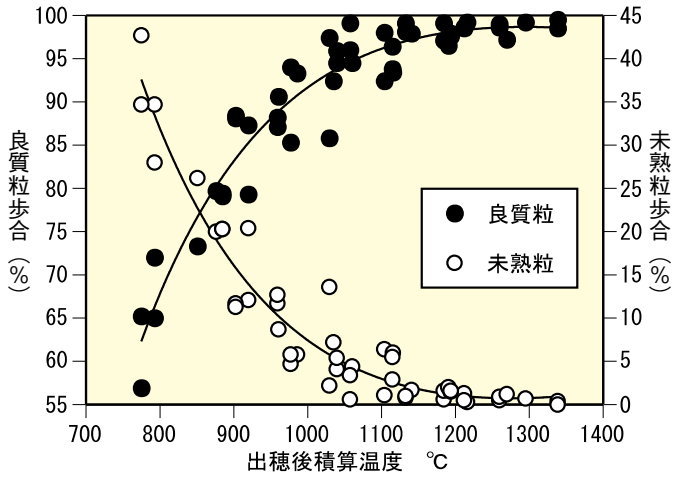
落等する要因は、未熟粒の混入や整粒不足など登熟不良に起因する形質不良と刈り遅れによる着色粒や被害粒の混入があげられる。着色粒は、登熟が早く刈り遅れた場合に発生する。とくに、穂揃いが不良な場合、株内の籾熟度が不揃いとなり、刈り取り適期をすぎることにより、すでに完熟した米粒が過熟となり着色する。したがって、登熟の斉一化を図ることが重要であり、穂揃いを良化する必要がある。

ア　収穫時期

近年、ほとんどの被害粒は、色彩選別機により取り除くことが可能である。しかし、刈り遅れになった場合、籾は過熟となり、割れ籾や胴割れが生じたり、さび米などの着色粒も増加する。したがって、良質米を生産するためには、刈り遅れしないように計画的な収穫作業をおこなう必要がある。

刈り取り適期は、収量性と品質の両面から判断する。玄米収量が最大で青未熟粒や着色粒が少なく、整粒が最も多い時期が刈り取り適期である。刈り取り適期として、出穂後の日数45～55日や積算気温950～1000℃がおおよその目安となる（図Ⅶ－９）。

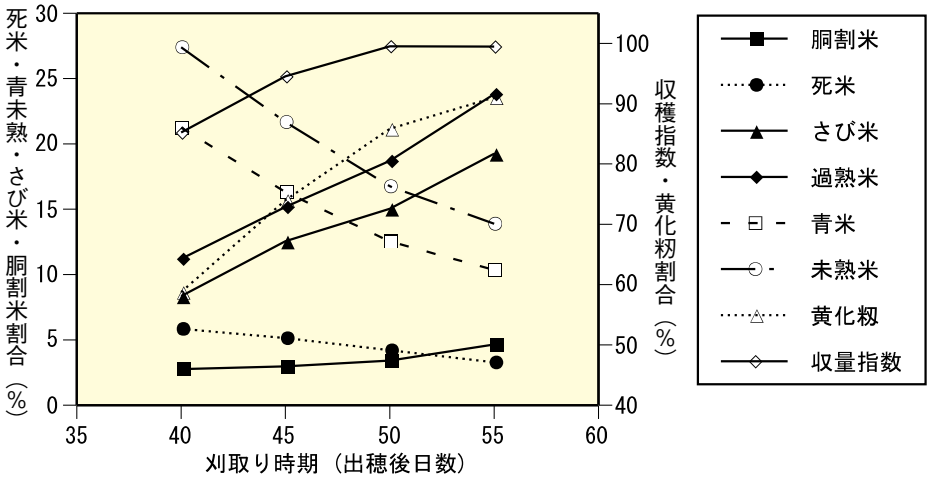
しかし、収量と品質のそれぞれの刈り取り適期は一致しない。また、品種の違いに加え地域により気象条件や籾数が異なるため出穂後日数や気温を使うことは精度が悪い場合が多い。収穫を遅らせることで収量は増加するが、品質は未熟粒が低下する一方、着色粒やさび米、胴割米が増加し玄米の光沢も悪くなる。したがって、籾の熟色によって玄米の成熟程度を知り、全籾に占める最適熟色の割合で判定する。刈り取り適期は、籾の熟色で判定する。刈り取り適期は、１株の1／3程度の優勢穂の籾が95％黄化した時か、株全体の籾が90％黄化した時である。



図Ⅶ－９　出穂後積算温度と良質粒歩合・未熟粒歩合の関係
（上川農試「きらら397」・「ほしのゆめ」1998）

イ　収穫時期と品質

品質面から見た刈り取り適期は、登熟日数の経過に伴う未熟粒の減少曲線と過熟粒の増加曲線が交差する時である（図Ⅶ－10）。しかし、栽培条件、品種、年次などで青未熟粒と着色粒の程度が異なるので一様ではない。したがって、試し刈りを行い収穫適期を判定することが重要である。



図Ⅶ－10　刈取り時期と品質（空知支場 1963）

ウ　被害粒の減少対策

発芽粒は、成熟期前に高温多雨や倒伏などで玄米が水分を吸収して発芽した痕跡のある粒をいう。したがって、倒伏させないように適正な窒素量を施肥するとともに、地力ムラに対応した施肥を行うと同時に施肥ムラを避けるようにする。

胴割れ粒は、急速な吸湿や乾燥で発生することから、刈遅れて雨に当てたり高温乾燥などを避ける。茶米は、葉鞘褐変病や褐変穂の発生、刈遅れなどで多くなる。葉鞘褐変病や褐変穂は、ケイ酸資材の施用で発病程度を軽減するとともに適期刈り取りを励行する。

エ　死米と着色粒の軽減対策

① 死米は、未登熟のままの粒が発育を停止することで発生する。適正籾数で安全出穂期間に出穂させるとともに、土壌水分の不足や穂首・枝梗いもち病などによる登熟停止を防止する。

② 着色米は、アカヒゲミドリカスミカメによる斑点米と、エピコッカム菌による紅変米が主体である（クサビ型斑点米は原因不明であるがカメムシ類によることが多い）。防除対策は、病害虫防除対策の項を参照する。

⑵ 形質・充実度の向上対策

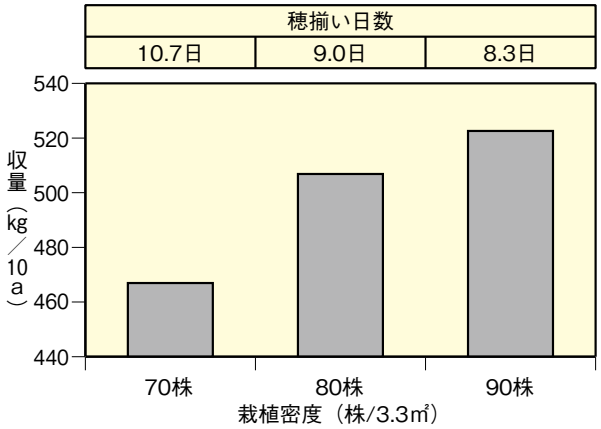
形質充実度不良粒や腹白・乳白粒の発生は、澱粉の蓄積不良であり、登熟初中期の高温や極端な低温、干ばつなどで発生する。特に、籾数過多や登熟期の水管理不良の場合に発生が助長される。

1) 初期生育の向上

穂揃いは、品種、移植時の苗形質、栽植密度、移植時期によって変動し、早生品種で苗の葉令を大きくするほど悪化する。とくに、早生品種は主稈が不時出穂しやすい。不時出穂させないためには、育苗日数を短くし葉令を大きくしないことである。また、有効茎終止期が幼穂形成期よりも遅いほど穂揃いは悪化する。成苗は、幼穂形成期までの日数が短く、幼穂形成期前に有効茎数を確保しにくいため、中苗に比べて穂揃いが悪化しやすい。

2) 栽植密度

このことから、登熟を良くするためには、幼穂形成期以前に穂数と同じ数の茎、つまり、有効茎を確保することが重要である。すなわち、初期生育を旺盛にする栽培技術を取り入れる必要がある。このため、栽植密度を高めることが有効である。また、栽植密度を高めるほど、収量は高く、穂揃い日数は短縮される（図Ⅶ－11）。



図Ⅶ－11　栽植密度と収量・穂揃い性
（収量：空知北部普及センター 1995）
（穂揃性：倶知安町 2004～2006）

3) 側条施肥

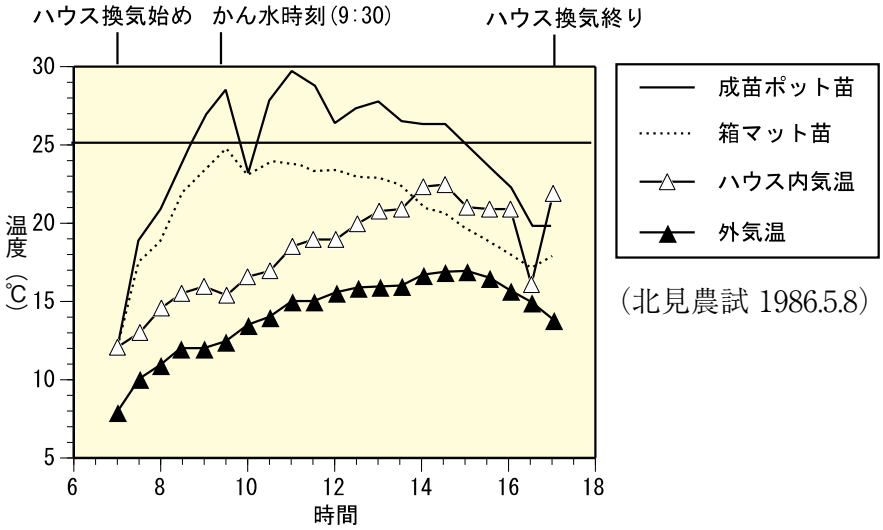
栽植密度を高めるだけでは不十分な場合、側条施肥と組み合わせ、初期生育を促進させることが必要である。側条施肥は、移植された苗の横３cm深さ５cmの位置に施肥するので、速効的で肥料の吸収効率が高く、低節位分げつの発生促進効果も高い。特に、側条による肥料は６月中に吸収されるので、７月以降の高節位分げつの発生が少なく、穂揃い性が向上する。また、側条施肥は施肥効率が高く、全層施肥に比べて10～20％減肥が可能である。

4) 不時出穂（早期異常出穂）の防止

不時出穂（早期異常出穂ともいう）は、通常の葉数を確保しないうちに幼穂ができて、早期に主茎のみが出穂し、分げつの発生が減少する現象で、感温性の高い品種に共通して発生する。

これは、育苗後期や本田初期に高温に遭遇することによって発生する。葉数でおおむね2.5葉以上になると感受性を持つようになる。生長点付近の温度が25℃以上で反応すると推定されている。この現象には品種間差があり、「きらら397」よりも「ななつぼし」で発生しやすい。

成苗ポット苗は、マット苗よりも高温になりやすいので（図Ⅶ－12）、育苗後期の温度管理に特に注意するとともに、育苗日数を35日程度として、高温に遭遇する期間を短くすることが重要である。



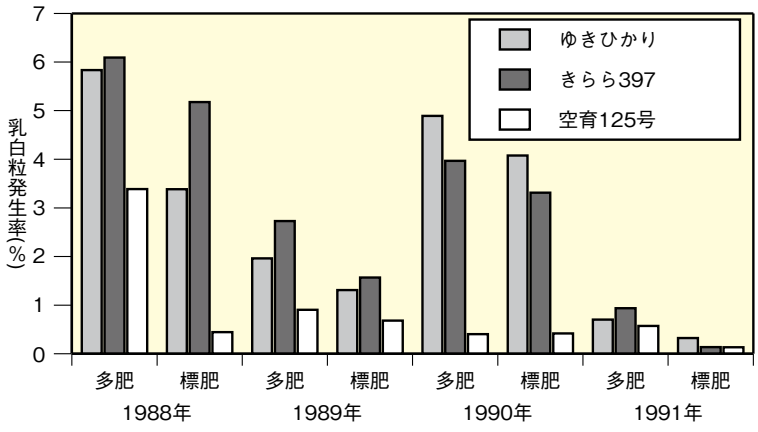
図Ⅶ－12　育苗枠（箱）内床土の日中の温度変化

5)　地域の登熟温度に合わせた適正な籾数

外観品質を高めるためには、安全出穂期内に出穂させることが必要であることを述べたが、さらに、１籾当たりの登熟温度を確保するため、籾数の適正化が重要である（玄米の千粒重は品種により異なるが、概ね21～25g程度である）。

玄米白度と精米白度は、出穂期後40日間日平均気温（登熟温度）と正の相関関係が認められる。しかし、同一の登熟温度でも㎡当たり籾数が多い場合、１籾当たりの光合成産物の分配が低下するため、玄米白度と精米白度が低下する。つまり、籾数が多いと全ての籾には澱粉が十分分配されないため、登熟不良となる。「きらら397」の最適籾数は、㎡当たり33,000～35,000粒、「ほしのゆめ」は30,000～32,000粒程度である。

また、1988年（昭63）は、高温登熟のため上川中央部で乳白や腹白粒が発生した。このときの現地調査では、多窒素栽培や品種では「きらら397」で発生が多く、適正な窒素施肥や水管理を実施した生産者は乳白粒などの発生が少なかった。このように、乳白・腹白粒は気象条件や品種、施肥窒素に左右される（図Ⅶ－13）。



図Ⅶ－13　年度・品種・施肥別の乳白粒混入率（上川農試調査）

6)　登熟期間の水管理

1997年（平成９）の登熟期間は少雨に推移した。この年は粒の充実度が悪く、形質充実度不良で落等した地域も多かった。登熟期間は、間断潅漑や走水管理を的確に行い、米粒の生長を促進させ玄米の充実に努めなければならない。表Ⅶ－11に登熟期間の土壌水分が収量と品質に及ぼす影響を示した。

表Ⅶ－11　登熟期間の土壌水分が収量と品質に及ぼす影響

落水後登熟期間の土壌水分	水田土壌観察	収量への影響	産米品質への影響
pF2.5以上	作土に深い大亀裂が生成、水稲根の切断が観察	×	×
pF2.4程度	作土に幅１cmくらいの亀裂多数、足跡つかない	▲	×
pF2.1～2.3	表面に小亀裂生成、わずかに足跡が付く	◎	◎
pF2.1以下	表面のみ乾燥、亀裂微、明瞭に足跡が残る	－	－

※）◎；好適、▲；境界領域、×；不適、－；収穫機械走行に悪影響

（道総研上川農業試験場研究部　主査　五十嵐俊成）

3　食味を決める要素

(1)　米の食味

米飯の食味は、淡白であって食べたときの粘り、舌や喉に米飯が接触するときの滑らかさ、米飯をかんだときの香味、さらに食器に盛られた際の色沢などが大切な要素である。つまり、飯米が白くて艶があり口に含んだときふかふかしている。かんだときの歯触りが柔らかい割にほどほどに歯ごたえがある。ほどほどに粘りがあり冷えても硬くならない。さらに、軽い芳香があり噛んでいるとかすかな甘みがでてくるという表現に集約される。日本人は、新米の粘り新鮮な香りを良しとしている。また、食べ慣れた味を美味しいと感じる。

各種の調理・用途によって、例えば寿司米やピラフなどで美味しい米の適性は、白飯での好みと明らかに異なる。カレーライスやピラフなどの場合は、ほどほどの硬さと粘りのある米が好まれ、白飯ほど粘りは強くないほうがよい。さらに、丼ものは米の食味そのものよりは具や汁の味に強く影響される。

(2)　食味に関連する要因

米の美味しさは、視覚（白さ、つや、粒の形）、嗅覚（香り、風味）、触覚（粘り、硬さ）、味覚（うまみ）など、五感の要素が総合された感覚である。これらは米粒中の多くの成分と物理的性質が複合して成立している。米の味は、食味を支配する要因（五感）のうちの呈味成分（味覚）よりも、粘り、硬さの程度を示すテクスチャー（触覚）が重視されている。

(3)　食味特性

食味に関係する成分、性質を食味特性と呼び、人が感ずる食味の大部分は米の成分や性質によって評価できる。テクスチャーに関係が深いのは熱糊化性であり、さらにその良否の原因と

考えられるのはアミロースやタンパク質の含有率とそのバランスである。

1) アミロース含有率

白米はその成分の75～80％が澱粉質で、その澱粉はアミロースとアミロペクチンというブドウ糖の集合体からできている。アミロースは、ブドウ糖が直鎖状で長くつらなっており、米の中では脂質と複合体を作り、比較的温度の高いところで糊化する特徴がある。アミロペクチンは、分子が樹枝状構造を呈しており、ブドウ糖の重合度はアミロースよりはるかに大きく、糊化しやすい。アミロースは、アミロペクチンに比較すると熱に対して安定で糊化しにくい。アミロースは、分子の結合強度が大きく糊化の良否を支配している。したがって、アミロースを多く含むとご飯は硬くなり、粘りが少なくぼろぼろとした感じになる。

アミロースは、うるち（粳）米では約20％含まれるが、もち（糯）米澱粉には全く含まれていない。このため、もち米とうるち米では糊化特性が異なる。

また、ご飯を放置しておいた場合、元の「なま米」の性質に戻る現象を老化という。アミロースは直鎖状分子でありそれが老化の主要因となる。ご飯は、米の澱粉と水が加熱により結合した状態、すなわち糊化した状態にあるが、アミロース含有率が高い米は結合した水分が次第に分離するため、老化しやすい。ご飯は老化すると硬くなり、粘りがなくボソボソとした状態になって食味は極端に悪くなる。

2) タンパク質含有率

白米には６～８％の蛋白質が含まれているが、タンパク質含有率の高すぎる米は、澱粉の糊化が不十分になりがちであるため、食味が落ちる傾向にある。なお、「タンパク質含有率」という表記は、食味との関係で用いる場合、「精白米、乾物あたりの重量％」を示すことが一般的である。

米の蛋白質はプロティンボディと呼ばれる貯蔵蛋白顆粒として合成される。この蛋白顆粒はプロティンボディⅠ、Ⅱに分類される。プロティンボディⅠはプロラミンからなり、直接集積によって蓄積される１～３ミクロンの比較的小さなタンパク粒である。炊飯しても崩れずにそのまま残るため、ご飯の表面構造に影響し食味低下を招くと考えられている。これに対しプロティンボディⅡはグルテリン、グロブリンからなり、これらがブロック状に集合して形成され、間接的に集積される３～５ミクロンの大きなものである。熱に弱く、炊飯することにより崩れるので食味に与える影響は小さいと思われる。

3) 熱糊化性とテクスチャー

米澱粉熱糊化性は、糊化（アルファー化）のしやすさ、すなわち「ご飯の炊きあがりの良さ」を示す指標として使われている。一般に食味の良い米は、糊化開始温度が低く、最高粘度およびブレークダウン値が高い。また、最低粘度と最終粘度の差（セットバック値）が小さいほど老化し難いと言われている。

ご飯の食感に大きな影響を及ぼす米飯粒の硬さや粘り（物理的要素＝テクスチャー）は、米の食味を支配する最も大きな要因である。日本人の大部分は硬くボソボソとした米よりも、やわらかく粘る米を好む傾向がある。かつての北海道米は府県の良食味米に比べて「硬く、粘らない」、「冷めたらぼろぼろ」という評価で敬遠されていたが、近年の品種改良によりこれらテ

クスチャーに関する特性が大きく改善され、それとともに食味の評価が上昇した。現在では米飯の「やわらかさ」や「粘り」について府県良食味米との差はほとんど認められない。

熱糊化性とテクスチャーは､アミロース含有率およびタンパク質含有率と密接な関係があり、北海道ではこの両成分を指標とした品種改良や栽培法改善により、北海道米の食味向上を推進してきた。

4) 炊飯米の外観

白さとつやで表現される米飯の外観特性は、粘りや硬さと言った物理的な性質とともに、食味評価上重要な要素である。米飯サンプル34点について官能検査による食味評価と、理化学的な測定項目との相関関係を調査した例（竹生ら 1985（昭60））では、外観は、硬さ以外の官能検査項目と相関関係が認められた。特に、総合評価とはr＝0.863（１％水準で有意）の高い関係があり、また、タンパク質含有率、アミロース含有率とは負の相関関係が認められた。

5) 香　　り

米を水蒸気蒸留にかけ、香気成分を取りだしてガスクロマトグラフにより成分を分別して、質量分析計で同定した。その結果では、ご飯の香気を代表する特別に量の多いものや、香りの強いものは存在しない。したがってご飯の香りは複合臭ということになる。古米は貯蔵中にリノール酸等の不飽和脂肪酸が分解して、低分子の化合物を作るので、香り成分の総量は多くなり古米臭となる。

6) 味　　覚

白米の中の糖やアミノ酸を測定しても、舌に感じる最小濃度「味の閾値」には達しない。しかし、炊飯や咀嚼によって、炭水化物の一部が分解して糖の濃度も増加する可能性はある。

4　食味評価法

米の食味評価には、官能検査法と理化学的測定法とがある。理化学的手法には、米及び米飯のテクスチャーに関するものと、それ以外の要因を分析する方法とがある。

(1) 官能検査

ご飯が美味しい、不味い、ということは最終的には人間が食べて評価することになる。人間には、幼児期の食環境や生活経験などに影響され、ご飯の味に対する評価には個人差がある。また、同一人物でもその時と場合によって、いろいろ心理的、生理的に変化することがある。美味しさを表現する場合でもそれぞれの人が判断する物差しが、全く同じかどうかは分からない。

これらの問題を勘案し、統計学的手法も導入して、食品総合研究所では官能検査による米の評価法を作った。この方法をもとに、食糧庁は「米の食味試験要領および米の食味試験実施要領」を制定した。この方法の特徴は、食味の判断基準となる米（基準米）を設け、評価すべき米の食味が良いか悪いかを、基準米と比較して判断する相対比較法を用いている。

相対比較法は、絶対比較法（基準を設けず試食者が個々に持っている判断基準で評価する方法）に比べて、試食者の個人差が現れにくい方法である。

㈶日本穀物検定協会では、複数産地の「コシヒカリ」ブレンド米を基準米として、全国産米の格付けを行っている。品種育成の場合の評価は、対照品種に対して判断している。穀物検定協会が毎年実施している「米食味ランキング」では、北海道米の評価はこれまで「A」ランク評価に留まってきたが、2010年（平22）産米の「ななつぼし」が初めて「特A」ランクと評価された。また、作付面積が少ないため参考扱いではあるが、「ゆめぴりか」も「特A相当」と評価され、北海道米の食味の良さが全国的にも高く評価されている。

食味試験では、パネル（試食者）の選定が最も重要である。食味試験の結果に普遍性を持たすには、パネルの年齢や性別が適当に分散していることが望ましい。食糧庁の「米の食味試験実施要領」では、パネルは24名とし年齢構成は20～40才未満の人数と、40才以上の人数をほぼ同数に、かつ男女もほぼ同数にすることとされている。

調査項目は、外観、香り、味、硬さ、粘り、総合評価の６項目である。それぞれ基準米に対して、１わずかに、２すこし、３かなり、４たいそう、５もっとも、良い（不良）の±５の範囲で判定する。現在のように良食味品種が多数育成され、食味の差が縮小されている段階では、この判定の判断は極めて微妙である。初心者は差を大きく感じやすい。実際場面においては、穀物検定協会ではよく訓練されたパネルが試食を行っている。

食味試験の時刻は、パネルが空腹または満腹の時を避け、一回の試験の試料は基準米を除いて３点である。

炊飯米を同一にするため、同一機種の電気炊飯器を用い、同じ要領で炊飯されたご飯を試食し判断する。炊きあがりも同時になるよう準備し、同じ白色無地陶器製皿の４ヶ所に試料を盛りつけて行う。試食場所は炊飯場所とは離れた部屋を使い、どの席でも同じように見える明るさが必要である。

試食中は私語、談話および喫煙などを禁じて静かな環境を保ち、各パネルが試験に集中できるようにしなければならない。

⑵ 機器分析による方法

官能試験は、人間の五感がセンサーとして極めて感度が良いことを利用し重要なものであるが、炊飯にはある程度の量が必要となり、１回３点、１日２回しか行えない。

官能検査では、多数の試料を比較するのは時間的にも困難なので、食味特性に関連する項目を機器分析によって測定する。この場合の分析項目と分析法は、品種や肥培管理による食味の差をよく評価でき、迅速、正確で省力的に分析が行え、分析試料は少量で済むことが必要である。

1) テクスチャー：硬さ、粘り

テクスチュロメーター（101ページ、参考Ⅰ）、テクスチャーアナライザーなどで測定する。測定する試料の炊飯条件を同一にし、炊飯後の放置時間やご飯の温度を一定にしなければならない。プランジャーを上げ下げして試料のご飯を押しつぶし、この際の米飯粒の抵抗力（硬さ）、及び米粒から離れる際の粘りを測定する。

2) アミログラフィ

小麦粉の品質測定に開発されたブラベンダーアミログラフやRVA（ラピッドビスコアナラ

イザー）が転用され、米粉の加熱糊化特性を測定している。描かれる温度と粘度の関係図をアミログラムという。最高粘度が高く、ブレークダウンが大きく、最終粘度は低い方が良い（102ページ、参考Ⅱ）。

3) アミロース含有率

ヨウ素呈色法で行われ、育種の選抜や北海道米分析センターの分析では自動分析装置（オートアナライザー）で測定している（111ページ、写真Ⅶ－１）。

4) タンパク質含有率

化学分析（ケルダール法）で窒素を測定し、それに定数を掛けて算出する。多数の試料を扱う育種の選抜や、北海道米分析センターの分析では化学分析値との相関が極めて高い近赤外分光法で測定している（111ページ、写真Ⅶ－２、102ページ、参考Ⅲ）。

5) 簡易成分分析計（食味計）

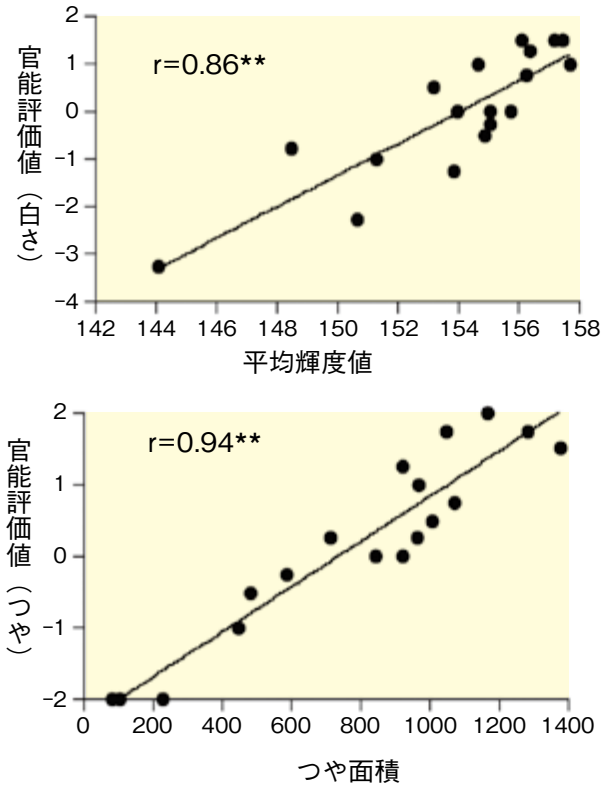
JA（農業協同組合）等の米受入場所では、等級検査と同時にタンパク質含有率よる成分仕分けが行われている。この精米タンパク質含有率の測定には簡易成分分析計が使用されている。その測定原理は近赤外分光分析によるものである。

道内には４機種導入されており、分析値の統一と精度の保持のため、北海道米品質管理協議会が組織されている。簡易分析計の設置場所、設置環境、温湿度管理、電源管理、基準サンプルの管理、策定条件など細かく取り決めており、基準サンプルは北海道米分析センターが、全道を対象に用意することになっている。

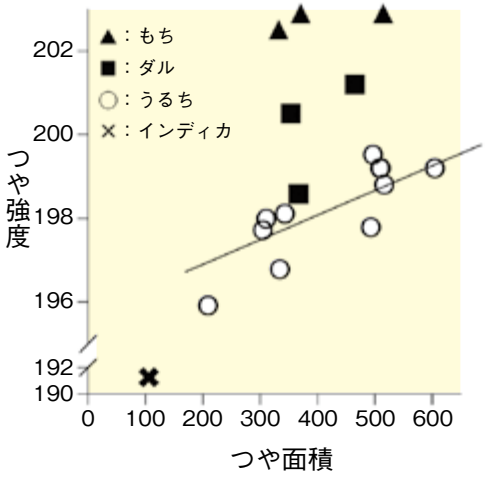
なお、現在の簡易成分分析計による食味評価値は、表示方法（基準値、範囲）も各メーカーによって異なり、官能検査に替わる食味評価法としての精度は十分ではない。

6) 炊飯米の外観評価（白さ・つや）

外観は、米の状態では白度の測定により白さを予測できるが、炊飯したご飯では画像解析によって「白さ」や「つや」の評価が可能である（図Ⅶ－14）。炊飯米外観測定のための自動測定装置が開発され（写真Ⅶ－４）、測定プロトコル手順が示されている（表Ⅶ－12）。



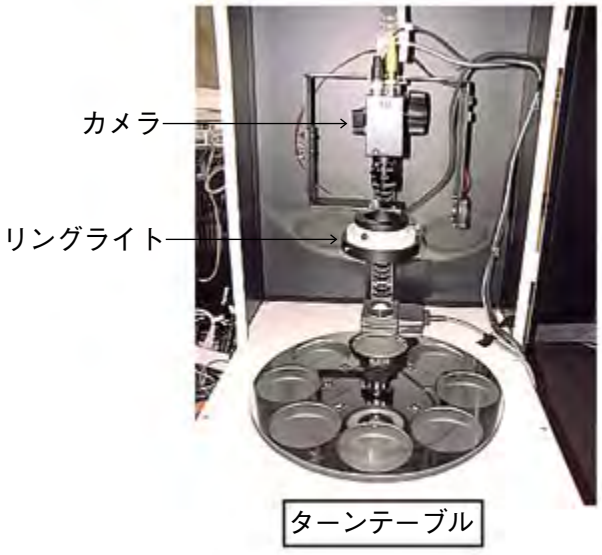
※本成績で用いる測定値の定義は以下の通りとする
・平均輝度値：測定炊飯面構成画素の輝度平均値
・つや面積：測定炊飯面構成画素のうち輝度値170以上の画素の合計値
・つや強度：輝度値170以上の画素の輝度平均値



図Ⅶ－14　画像解析による「白さ」「つや」の関係（中央農試 1998）

表Ⅶ－12　炊飯米外観測定プロトコル

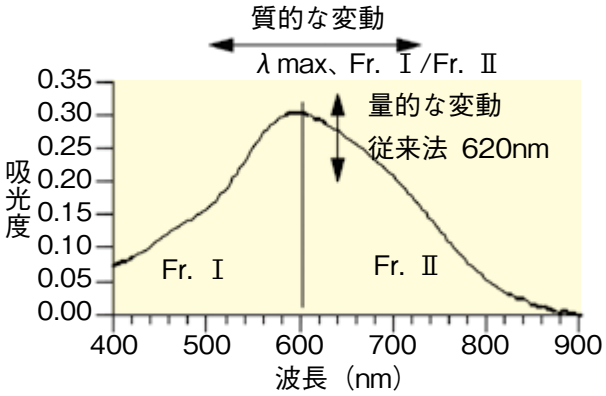
開発セクション	測定過程	測定条件
	精米	
	秤量・洗米	15g，2回洗米
炊飯シャーレ	加水・浸漬	1.6倍量，10分
少量炊飯装置	加熱炊飯	105℃，40分
	放置	20分
自動測定用ターンテーブル	画像取り込み	20回積算，4角度
		しぼり解放，7.0lux
専用解析ソフト	画像解析	



写真Ⅶ－4　炊飯米外観自動測定装置

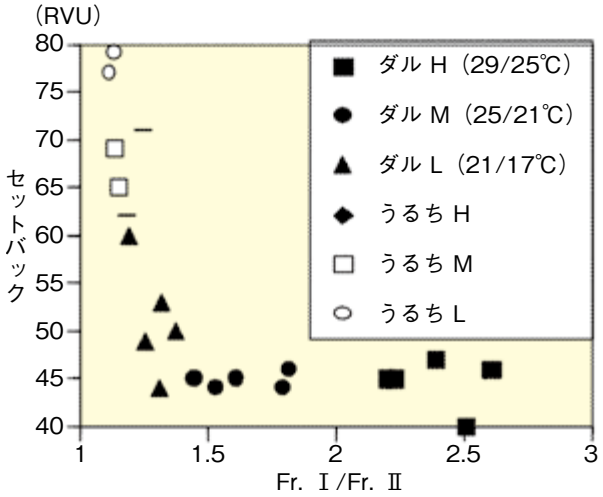
7)　米粉のヨウ素吸収マルチスペクトル解析による新食味評価法

オートアナライザーにマルチチャンネル（400－900nm）ディテクタを組み合わせ、米粉のヨウ素吸収スペクトルを多次元的に解析できる測定装置が共同開発され、米澱粉の質的な変動の指標となるFr.Ⅰ／Fr.Ⅱが提案された（図Ⅶ－15）。従来のアミロース含有率とこの指標を組み合わせて特性を解析することにより、澱粉の老化性などを含めた新しい食味評価法の開発が期待されている（図Ⅶ－16）。



図Ⅶ－15　ヨウ素吸収曲線の概念図

注. Fr.Ⅰ：ヨウ素吸光スペクトルのうち400～600nm吸光度積算値。
Fr.Ⅱ：ヨウ素吸光スペクトルのうち600～900nm吸光度積算値。



図Ⅶ－16　Fr.Ⅰ/Fr.Ⅱ比とセットバックの関係

注. セットバック：最低粘度と最終粘度の差

参考Ⅰ　テクスチュロメーターによる測定（テクスチャーを直接測定する）

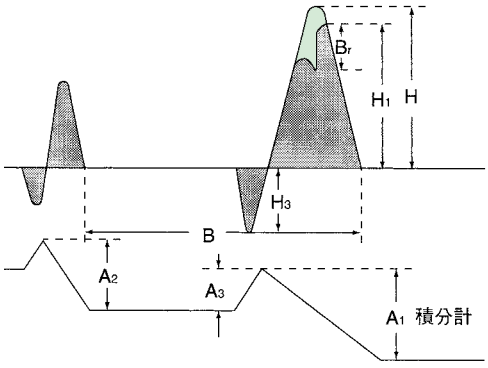


図　テクスチュロメーターの図形
山の高さH_1：硬さ
山の高さH_3：粘り

H_1 …… 硬さ（Hardness）；食品の形態を変化させる力。

A_2／A_1 … 凝集性（Cohesiveness）；食品の形態を構成する内部的結合に必要な力

A_3 …… 付着性（Adhesiveness）；食品の表面と他の物体（歯、口腔等）の表面が付着している状態を引き離すに要する力。

C－B …… 弾力性（Springiness）；外力によって起こされた変型が力を取り去った際に元の状態に復する性質（Cは粘度時間定数）。

Br …… 脆さ（Brittleness）；破砕に必要な力で示されるが、硬さと凝集性に関係し脆い食品は凝集性は小さい。

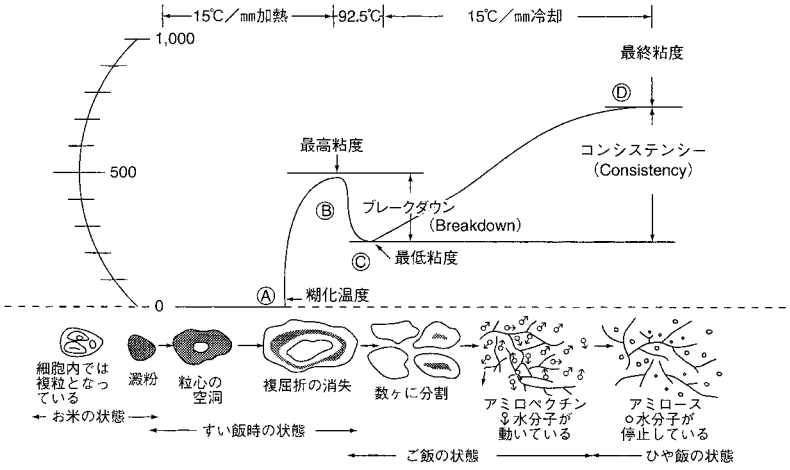
硬さ×凝集性
…… ガム性（Gumminess）；飲み込める状態まで崩壊されるのに必要なエネルギをいう。

硬さ×凝集性×弾力性
…… そしゃく性（Chewiness）；固体の食品を飲み込むに必要なだけ咀嚼するに用するエネルギーをいう。

参考Ⅱ　アミログラム

アミログラム特性値－１

精米を粉にし一定量の粉に蒸留水を加え一定の昇温速度で加熱し、糊化する際に起こる粘りの変化を測定する。ブラベンダー社のアミログラフで測定すると、図形は右のようになる。最近はRVA（ラピッドビスコアナライザー）（112ページ写真Ⅶ－3）が使用されている。



アミログラム特性値－２

糊化温度：米粉の水溶液を加熱してゆくと、デンプン粒の粒心に空洞ができ、それが次第に大きくなってその周辺部から糊化がはじまる。糊化は更に進み、デンプン粒が膨張し、これが互いにこすれあって糊液の粘度が上昇し始める。この点を糊化温度という。

最高粘度：糊化が進んでさらに高温になると、糊化はデンプン粒全体に広がって伸びきった膨潤粒となる。糊液の抵抗が増し粘度は最高値を示す。この時の粘度が最高粘度である。

ブレークダウン：最高粘度点をすぎてさらに加熱し高温になると膨潤粒は伸びきって壊れる。この状態になるとこすれ合いはなくなり、糊液の粘度は低下する。この粘度の低下をブレークダウンとしてあらわす。

参考Ⅲ　近赤外分光分析

近赤外線を物質に照射した場合、特定の波長域が吸収され、農産物毎に主要成分の近赤外スペクトルができる。この吸収スペクトルと従来法による分析値との関係から検量線を作成し、特定物質の濃度を測定する。あくまでも相関関係から導かれた検量線であることを認識すべきである。

近赤外法の測定精度は、従来法の測定精度の影響を直接受け、精度は従来法の測定精度より良くなることはない。熟練した測定者が必要で、温度や湿度に注意し、振動やほこりなどがなく、電源を専用にし電圧の変化を起こさないなど測定条件を一定にしなければならない。装置が正常に作動しているかを、毎日使用開始時に点検し、精度確認のための定期検査が必要である（インフラライザー、111ページ写真Ⅶ－2）。

5　食味向上対策

先に述べたように、日本では適度な粘りと柔らかさのある米が好まれ、主食用に開発される品種は基本的にこれに沿っている。同時にそれら品種の栽培に当たっても、その特性が引き出させるように技術構築がされている。

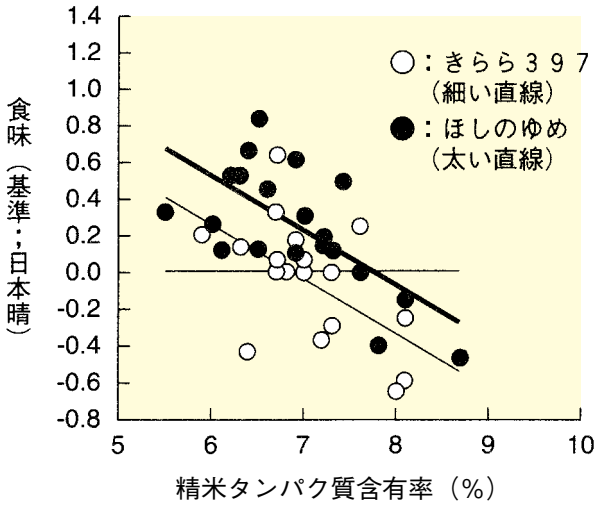
粘りがあっておいしいといわれるうるち米の内部成分を調べてみると、デンプン中のアミロースの割合が適度に低いことに加え、タンパク質含有率が低い特性がある（図Ⅶ－17）。した

がって、当面の課題としてアミロースおよびタンパク質含有率の低い米を生産することが重要になる。

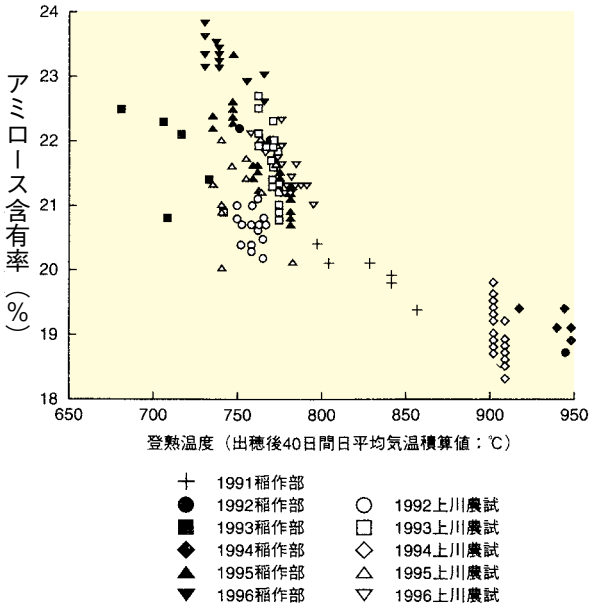
(1) アミロース含有率の変動要因と安定化

アミロース含有率は品種による違いが明確である。いわゆる良食味品種は、アミロース含有率が適度に低い特徴がある。

出穂後40日間の積算気温を「登熟温度」と呼ぶが、この登熟期間の気温が高いほどアミロース含有率は低下する。図Ⅶ－18は「きらら397」の登熟温度とアミロース含有率の関係をみたものであるが､明らかに負の相関が認められ､800℃までは温度上昇にともなって大きく低下し、その後も低下率はやや小さくなるものの、ほぼ直線的に低下する。また、登熟期間を前半と後半に分けて、アミロースの低下に対する温度効果をみると、明らかに前半の温度が高いほど低下の程度が大きい。また、１日の温度効果を昼間と夜間に分けてみると、夜間の気温が高いとアミロースが低下することが分かった。



図Ⅶ－17　精米タンパク質含有率と食味の関係（中央農試 1997）

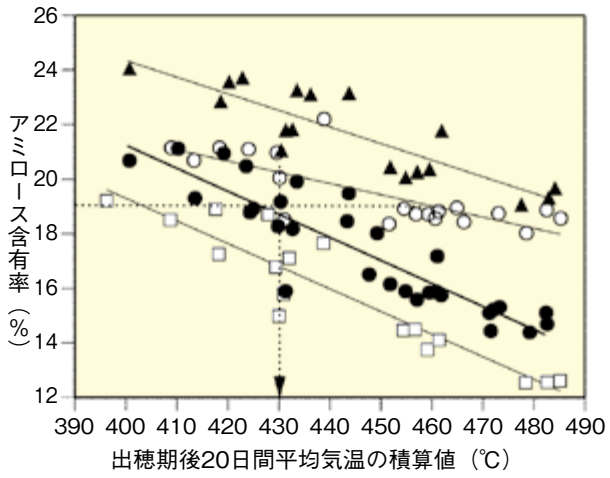


図Ⅶ－18　登熟温度とアミロース含有率の関係（中央・上川農試）

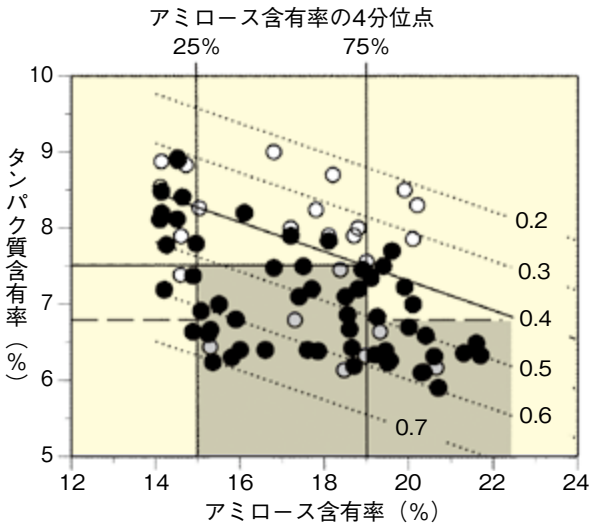
北海道で水稲を栽培する場合、出穂期が８月上旬の最も気温の高い時期にあたる関係で、登熟が始まるやいなや気温の低下が始まることになる。そのような条件下では、十分な登熟温度を確保するために、出穂期から登熟初期に最も気温の高い時期を迎えるように、作期を設定する必要がある。出穂促進対策と同時に遅れ穂を減らして穂揃い性を高める栽培対策が、アミロース含有率のばらつきを低下させる。

近年は「おぼろづき」や「ゆめぴりか」のように、従来の北海道米に比較してアミロース含有率がやや低い良食味品種が普及している。これらの品種は従来品種に比較して、登熟温度に対するアミロース含有率の変動割合が大きい事が明らかにされている（図Ⅶ－19)。そのため、これら品種の食味変動には、アミロース含有率の影響も大きいことから、それに応じたタンパク質含有率の目標を設定することが合理的と考えられ（図Ⅶ－20)、「ゆめぴりか」についての

当面の品質・食味管理目標が設定されている（表Ⅶ－13）。



図Ⅶ－19　出穂期後の平均気温の積算値とアミロース含有率の関係
（上川・中央農試 2009－2010）



図中の●は食味官能総合評価実測値+0.4以上、○は+0.4未満を示す。
図中の斜線は重回帰式による食味総合評価値の予測値、$R^2=0.24$（p<.0001）2.1183－0.1539×タンパク質含有率－0.0297×アミロース含有率

図Ⅶ－20　「ゆめぴりか」の食味管理目標
（上川・中央農試 2009－2010）

注）アミロース含有率15～19%未満∩タンパク質含有率7.5%未満、19%以上∩6.8%未満において食味官能総合評価実測値が+0.4以上の割合は各々88%（15/17）、87%（31/39）であった。

表Ⅶ－13　「ゆめぴりか」の当面の品質・食味管理目標

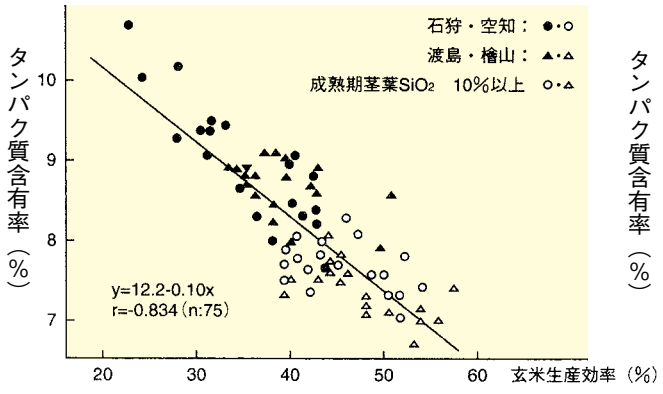
出穂後20日間 日平均気温積算値	430℃未満	430℃以上
アミロース含有率区分	19%以上	19%未満
タンパク質含有率	6.8%未満	7.5%未満
成熟期窒素吸収量	10kg/10a	
窒素玄米生産効率	55以上	
収量	550kg/10a以上	
窒素施肥量	地域の施肥標準量を遵守する	

＊2009年冷害年、2010年高温年のデータに基づく。

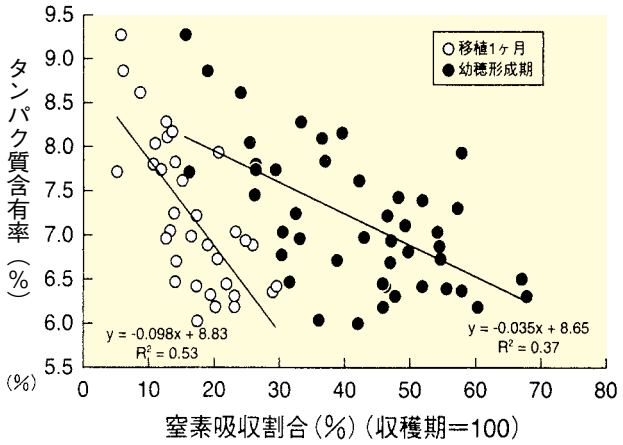
⑵　精米タンパク質含有率の低下技術

米の硬さや柔らかさは、主に米粒中に含まれる蛋白質の割合の影響を受け（表Ⅶ－13参照）、一般的にタンパク質含有率の高い米の食味評価は低くなる。タンパク質含有率は、水田土壌からの窒素供給の影響を強く受けるため、対策は主として土壌改良や施肥法改善、稲わら処理など有機物管理が中心となる。また、防風対策による初期生育改善は、前述したように窒素玄米生産効率を高めて米粒の低蛋白化に有効である（72ページ、表Ⅵ－８）。

米粒中のタンパク質含有率は、とくに施肥窒素の影響を強く受ける。施用量や方法が不適切ならば、その圃場から生産される米は高蛋白化しやすい。吸収した窒素量と生産される玄米量が一定の比率（窒素玄米生産効率と呼んでいる）を保っている稲は、タンパク質含有率が低い（図Ⅶ－21）。また、窒素吸収が栄養生長期間に不足し、登熟期間に過剰になる場合は、著しく米粒のタンパク質含有率が高まる。図Ⅶ－22は生育初期の窒素吸収割合と米粒タンパク質含有率の関係をみたものであるが、窒素吸収が遅れるに従いタンパク質含有率は高くなっている。



図Ⅶ－21　精米タンパク質含有率と窒素玄米生産効率の関係（中央農試 1992）



図Ⅶ－22　生育初期における窒素吸収割合と精米タンパク質含有率の関係
（南空知現地調査、中央農試 2000）

土壌の窒素肥沃度が高い水田、具体的には泥炭土壌などに由来する圃場では、水稲生育期間の中～後期に大量の土壌窒素が供給される。その結果、穂ばらみ期から登熟期間に旺盛に窒素吸収が行われ、過剰な籾数の着生や玄米1粒当たりの窒素分配量が増えて、登熟不良と米粒の高蛋白化がおこる。

反対に、土壌の窒素肥沃度が適正かやや不足する圃場では、人為的に窒素の抑制が容易で、生育に不足する窒素は施肥で補い、その時期や期間もある程度調節が可能である。

以上のように低蛋白米生産のためには、水田の土壌特性を考慮した上で施肥対策を講ずる必要がある。

1)　土壌の窒素肥沃度に応じた施肥量

北海道施肥ガイドが2010年（平22）に改訂され、各地域・土壌型の基準収量が全面的に改訂された。施肥標準量は新たに基準収量と土壌区分に対応して設定されたが、良食味米生産のための施肥管理を行う場合には、土壌診断により圃場毎の窒素肥沃度を把握し、それに応じてきめ細かく施肥量を調整する必要がある。

施肥ガイド2010の「土壌窒素肥沃度水準による窒素施肥対応」（表Ⅶ－14､抜粋）には､地帯･土壌区分毎に増減肥の対照となる窒素肥沃度水準（土壌診断分析値）が整理されている。この施肥対応はタンパク質含有率7.0％以下の安定生産を行うための指標として設定されているが、さらにタンパク質含有率6.5％以下を目標とする場合は、基本技術（側条施肥、健苗育成、適

期移植、栽植密度向上、水地温上昇対策、登熟中後期の土壌水分確保など）が実行されることを前提に、全層施肥部分からさらに0.5kg／10aの窒素減肥を行うこととされている。

表Ⅶ－14　窒素施肥対応のための窒素肥沃度水準（施肥ガイド2010抜粋）

地帯区分	地　帯　名	土壌区分	施肥窒素増減量（kg/10a） 窒素肥沃度水準（mg /100g）			
			低 ＋0.5kg	中位 0kg	やや高 －0.5kg	高 －1.0kg
1	檜山・渡島南部 および伊達市周辺	低地土（乾）	～7.0	～11.0	～13.0	13.0～
		低地土（湿）	～8.0	～17.0	～20.0	20.0～
		泥炭土	～9.0	～16.5	～19.0	19.0～
		火山性土	～6.0	～10.0	～12.0	12.0～
		台地土	～6.0	～15.0	～18.0	18.0～
2	内浦湾・胆振沿岸 および石狩の一部	低地土（乾）	～7.0	～11.0	～13.0	13.0～
		低地土（湿）	～8.0	～17.0	～20.0	20.0～
		泥炭土	～9.0	～16.5	16.5～	－
		火山性土	～6.0	～10.0	～12.0	12.0～
		台地土	～6.0	～15.0	～18.0	18.0～
3A	羊蹄山麓	低地土（乾）	～7.0	～11.0	～13.0	13.0～
		低地土（湿）	～8.0	～17.0	～20.0	20.0～
		泥炭土	～9.0	～16.5	～19.0	19.0～
		火山性土	～6.0	～10.0	～12.0	12.0～
		台地土	～6.0	～15.0	～18.0	18.0～

また、前年秋および当年融雪後の乾燥程度や有機物施用に対応した窒素の減肥対応も示されていることから、施肥ガイド2010を活用し、各圃場の管理方法に合わせて窒素施肥量を設定することが重要である。

各地域の窒素施肥量決定のフローを図に示した（図Ⅶ－23）。具体的な地域毎の施肥標準量および基準収量等は施肥ガイド2010を参照されたい。

施肥標準量
（表Ⅷ－９、Ⅷ－10）

地帯	土壌型	基準収量
20区分	低地土（乾） 低地土（湿） 泥炭地 火山性土 台地土	390～ 570kg/10a

＋

土壌診断値
（表Ⅶ－14）

窒素肥沃度区分	増減（kg/10a）
低	＋0.5
中位	±0
やや高	－0.5
高	－1.0

＋

有機物施用
（表Ⅶ－16）

耐用年数	たい肥種類			
	稲わらたい肥	家畜糞たい肥	稲わらすき込み	
1～4	－1.0	－1.5	0～－0.5	窒素肥沃度による施肥対応を行う場合は、たい肥・稲わらを５年以上連用している場合でも単年度施用の減肥可能量を用いる。 その他有機物については、表Ⅲ－１の化学肥料代替率により、施用量に応じて減肥する。
5～9	－1.5	－2.0	－1.0	
10～	－2.0		－2.0	

＋

乾土効果
（表Ⅷ－13）

乾燥の程度	培養N（mg N/100g）			
	～10	～14	15～	
著しく乾燥	－0.5	－1.0	－1.5	乾土効果は、前年秋期および当年融雪後に、平年よりも土壌が乾燥している場合に適用する。
乾燥		－0.5	－1.0	
やや乾燥	±0		－0.5	
平年並～湿		±0		

↓

N施肥量

図Ⅶ－23　地域毎の窒素施肥量決定フロー（施肥ガイド2010より抜粋）
施肥量算定の流れ（本田、一般うるち米・移植栽培）

2)　施肥方法

高蛋白米は、窒素吸収が生育の後半に増大するいわゆる「後勝り」型の生育相を示す稲で生産される。施肥は、生育初期の養分吸収を旺盛にするとともに、施肥窒素を生育後半まで残存させないことが重要である。そのためには、移植した苗の近傍に施肥を行う「側条施肥」の効果が顕著である。

この側条施肥技術の開発は早く、1970年代（昭45）後半には普及が始まっている。1990年代（平２）に入り低蛋白米生産にも有効であることが確認されている。とくに泥炭土壌では、初期生育の確保による品質の向上と低蛋白米生産の可能性が示唆されている。表Ⅶ－15は、中富良野町の泥炭土壌水田における、タンパク質含有率低下に及ぼす側条施肥の効果の例である。現在では高い成分含有率の肥料銘柄が開発され、全施肥量に占める側条施肥割合を比較的自由に決定できるようになった。

施肥ガイドでは、側条施肥を実施する場合には、側条施肥窒素量を3.0kg～4.0kgN／10a程度とし、残りの窒素施肥量から0.5kg／10a減肥して全層施肥することとしている。

表Ⅶ－15　タンパク質含有率低下に対する側条施肥割合増加の効果

（平成12年度食味改善モデル圃場成績富良野地区普及センター）

試験区	窒素施肥量(kg／10a)		側条施肥割合（%）	幼穂形成期茎数（本／㎡）	総籾数（×10³／㎡）	精玄米重（kg／10a）	精米タンパク質含有率（%）
	全層	側条					
改善区	2.2	4.5	67	806	30.0	521	6.6
慣行区	4.0	2.8	41	537	26.4	496	7.0

注）試験地：中富良野町、土壌：泥炭土、品種：ほしのゆめ中苗、移植期：５月25日

3)　適正な有機物管理

稲わらを始めとする粗大有機物は、地力維持向上に不可欠である。しかしながら、透排水性の劣る水田では、わらの分解時に有害物質が生成されること、施肥窒素が一時的に有機化し稲による吸収が遅れるなどの現象が生じ、初期生育を抑制することが知られている。

また、窒素肥沃度の高い水田に稲わらを連用すると、地力が必要以上に高まり、低蛋白米生産に不利になることが明らかになっている（図Ⅶ－24）。水田土壌の窒素地力に応じた有機物管理が必要であり、道内の多くの圃場では稲わらは搬出し、堆肥などにして活用処理すべきである。

堆肥施用や稲わらすき込み、下水汚泥資材等の有機物を水田に施用した場合には、それに応じて窒素施肥量を減ずる必要がある。有機物施用に伴う施肥対応を表Ⅶ－16に示した。

Ⅶ－16　有機物施用に対応した窒素、リン酸、カリの減肥量（北海道施肥ガイド2010）

有機物の種類（標準的な施用量）	連用年数	窒素減肥量（kg／10a）	リン酸減肥量（kg／10a）	カリ減肥量（kg／10a）
稲わら堆肥（現物１t/10a）	1～4 5～9 10～	1 1.5 2	－	2
家畜糞堆肥（現物１t/10a)）	1～4 5～	1.5 2	－	4
稲わら直接鋤込（400～00kg乾物／10a）	1～4 5～9 10～	0～0.5 1 2	－	
石灰系下水汚泥コンポスト*（現物100kg/10a）		0.5	0.5	－

*：全層施肥（コンポストおよび化学肥料）と側条施肥（化学肥料のみ）の組合わせ施肥を前提とする。

注１　窒素肥沃度による施肥対応（表Ⅶ－14）を行う場合は、堆肥・稲わらを５年以上連用している場合でも単年度施用の減肥可能量を用いる（連用効果の重複評価を避けるため）。

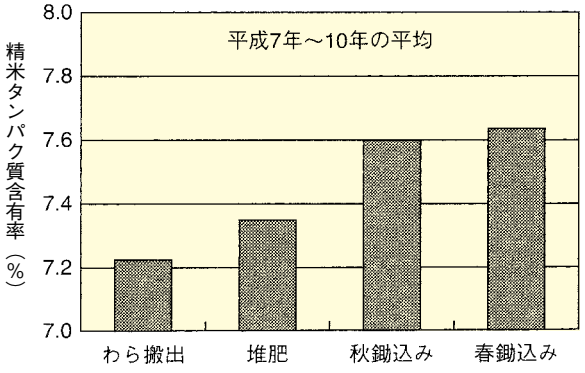
【出典】「水稲に対する石灰系下水汚泥コンポストの施用効果」（平成19年　指導参考）

4)　ケイ酸質資材の施用

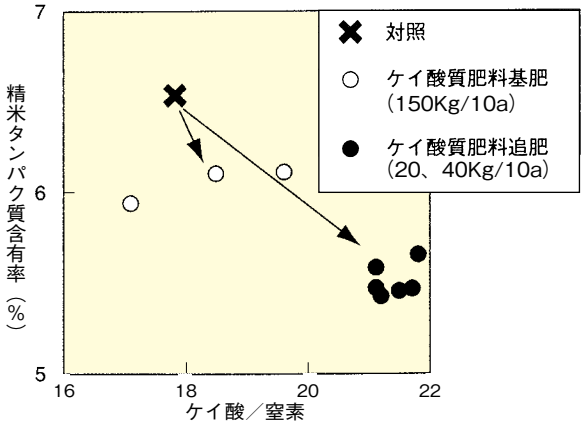
窒素の過剰吸収が食味を低下させることは先述した。この過剰な窒素吸収の悪影響を、ケイ酸吸収量を高めることにより軽減できることが明らかになっており、ケイ酸／窒素比を高めることで種々の改善効果が期待できる。このケイ酸栄養の改善は、ケイ酸質資材の幼穂形成期後

1週間目の追肥で利用効率が高いことが確認され、米粒の低蛋白化を始め不稔籾の発生抑制や、いもち病の被害軽減など、窒素吸収が抑制され稲体窒素濃度の低下がもたらす効果は多様である。

低蛋白米生産を目的としたケイ酸追肥による施肥量は、いずれのケイ酸質資材でも10a当たり20kgが基準である（図Ⅶ－25）。



図Ⅶ－24　精米タンパク質含有率に及ぼすわら処理の影響（中央農試泥炭土、1984年からの連用試験）



図Ⅶ－25　ケイ酸／窒素比と精米タンパク質含有率の関係（上川農試、ケイ酸質肥料施用試験 1998）

5)　少肥密植栽培

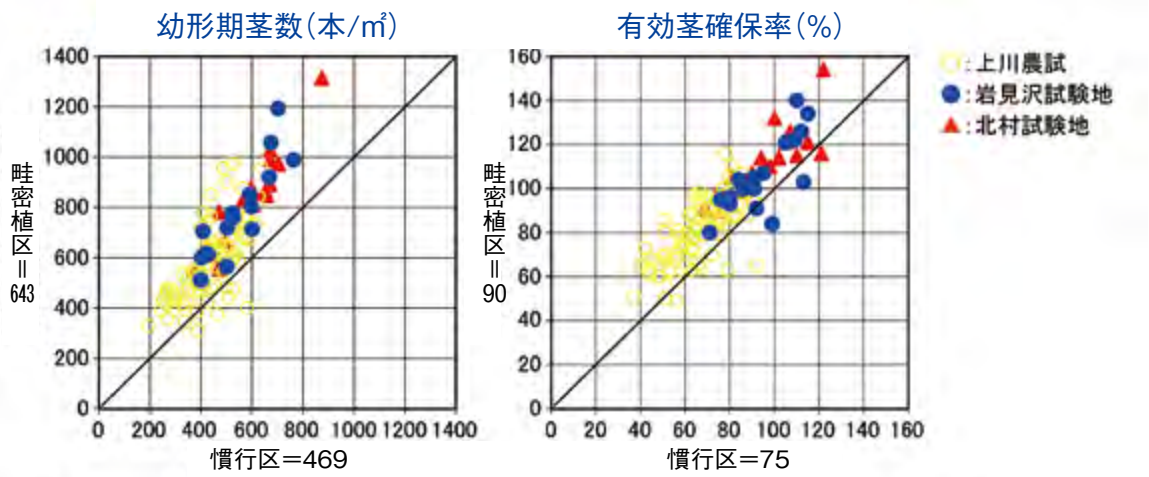
米粒の低蛋白化を図りながら、収量性の確保を目指す中苗マット栽培における技術として開発された。

基肥窒素量を減じる一方で、栽植密度を40株／㎡まで高めて初期の窒素吸収量を増大させ、必要な単位面積当たりの籾数を栽植密度で確保する栽培法である。

少肥密植栽培では、栽植密度が慣行の機械移植の25株／㎡と比べて約1.6倍になっている。窒素施肥量は全層施肥とし、慣行栽培対比で80％に抑えることで、低蛋白米生産を容易にしている。育苗に当たっては、育苗面積を増加させずに苗の量を確保するため、種籾浸漬時に植物生育調節剤を使用し、播種量を乾籾200g（催芽籾400mℓ）／箱の密播とし、3.1葉苗を30日育苗で得られるようにしている。なお、移植には条間が21cmの専用田植機を用いる。また、機種によっては専用の育苗箱の使用が必要なものもある。

近年成苗ポットによる密植栽培についても検討された。成苗ポットによる密植栽培を実施するためには、移植機の株間設定用歯車を交換（別途購入が必要な場合がある）し、10cmに設定する（約30株／㎡となる）必要がある。このとき成苗ポット苗箱は従来のものがそのまま使用可能であるが、必要な苗の量が３割増加することに留意すべきである。

成苗・密植栽培は、移植する苗を増加させる技術であることから、水稲初期生育の安定化に最も大きな効果がある。図Ⅶ－26には幼穂形成期の茎数と有効茎確保率（成熟期の穂数に対して、幼穂形成期までにどの程度の茎数が確保されているかを示す指数）を、密植栽培と慣行栽培を比較した。密植することにより、いずれの地域でも幼形期の茎数は大きく増加し、また、安定確収に必要な穂数をより早い時期に確保できることが分かる。



図Ⅶ－26　慣行栽培と密植栽培の幼形期茎数および有効茎確保率の違い
（上川農試 2009）

土壌や気象の条件により初期生育が不安定な地域では、密植による初期生育促進は、収量や品質の安定化に大きな効果が期待できる。特に、成苗・密植栽培により玄米収量の年次変動が小さくなり安定化する。これは、初期生育が安定化することにより穂数や籾数の確保が容易になり、低温年でも籾数が不足する危険性が小さくなるためである。

表Ⅶ－17には、空知・上川管内各試験圃場における玄米収量、タンパク質含有率および未熟粒歩合に対する密植の効果を示した。いずれの地域でも減収することなく、タンパク質含有率や未熟粒歩合が低下する効果が認められた。密植栽培技術は、「低蛋白米」や「高品質米区分」の生産比率を高め、地域のブランド力を向上させたい場合などに有効な技術となることが期待されている。

以上、アミロース含有率の安定化、低蛋白米生産のポイントを述べたが、これらは生産安定の技術と共通する。結果的に食味向上対策は、品質や収量の安定を図る対策と同一技術上にあるといえる。

表Ⅶ－17　密植効果の試験地別集計（2004～2008）

密植方法	試験場所	慣行区対比指数		
		玄米収量	タンパク質含有率	未熟粒歩合
畦間密植（24×12cm）	上川A	108	98	67
	空知A	105	96	93
	空知B	106	99	85
	空知C	105	94	81
	上川B	101	97	61
株間密植（33×10～12cm）	上川A	101	100	81
	空知A	101	97	105
	空知C	103	95	89

ただし、表Ⅶ－17から成苗･密植栽培を導入する場合には以下の点に留意することが必要である。

1　育苗箱数が増加する（慣行対比30％）

3　機種によっては密植用歯車（１万円程度）が必要である。

4　側条施肥の実施を基本とする。

5　施肥N量を１kg／10a程度減肥することが望ましい。

（道総研中央農業試験場作物開発部農産品質グループ　研究主幹　柳原哲司）

6　食味分析事業

⑴　食味分析事業の経過

生産者の「おいしい米づくり」のため、お米の味に関わりの深いアミロース含有率と精米タンパク含有率を分析するとともに、その米が生産された栽培条件等から栽培指導に役立つ関係を明らかにすることを目的として、北海道農業協同組合中央会が北海道の補助を受けて1990年（平2）から事業を開始し1996年（平８）から北海道米麦改良協会へ移管、事業内容を見直しながら2010年（平22）現在第四期目の事業を展開している。

北海道米食味分析センター（現：北海道米分析センター）は、岩見沢市上幌向の北海道立中央農業試験場稲作部（現：道総研中央農業試験場岩見沢試験地）にある「優良米開発研修センター」に置かれている。アミロース含有率の分析はオートアナライザー（ブラン・ルーベ社)、精米タンパク質含有率、水分はインフラライザー（ブラン・ルーベ社)、味度メーター（東洋精米機製作所）などと周辺機器が導入され、逐次新機種に更新されてきていて、現在のオートアナライザー（ビーエルテック社)､インフラライザー（ユニティ･サイエンティフック社）は、2007年（平19）に更新されている（写真Ⅶ－１、Ⅶ－２、Ⅶ－３、Ⅶ－４)。

1996年（平８）から簡易食味分析計が各JAの検査場に配置され、1997年（平９）から精米タンパク質含有率別の分別集荷システムが本格導入された。この簡易食味分析計の測定精度維持のため、タンパク質含有率基準品が分析センターで作成され、ホクレンを通して配布されてきた。

写真Ⅶ－１　オートアナライザー

写真Ⅶ－２　インフラライザー

写真Ⅶ－３　ラビットビスコアナライザー

写真Ⅶ－４　味度メーター

1)　第一期の事業（1990年～ ’98年）（平２～10）

北海道米の一層の評価向上と需要拡大に向け各地域、各年産の食味を把握し、その要因解析通じて食味水準向上に必要な対策や、生産者の食味向上に対する意識の醸成につとめるとともに、食味評価方法を確立し生産、販売、消費対策を図る目的で実施された。

分析サンプルは10haに１点とし採取圃場を固定する条件で、９年間に約８万件の成分分析と、生産条件調査のデータ蓄積が行われた。しかし、

①事業目的と内容が末端まで十分な理解を得られないまま進行。

②目標とするサンプル数、生産条件調査票が収集されない。

③サンプル米採取場所の移動。

④生産条件調査票の未記入・誤記入。

⑤分析結果の公表が全道・支庁単位であるため有効な解析が出来ない。

などの問題も明らかとなり、データ解析に基づく食味向上対策と、栽培マニュアル作成は行われなかった。

2)　第二期（1999年～2003年）（平11～15）と第三期（2004年～ ’06）（平16～18）

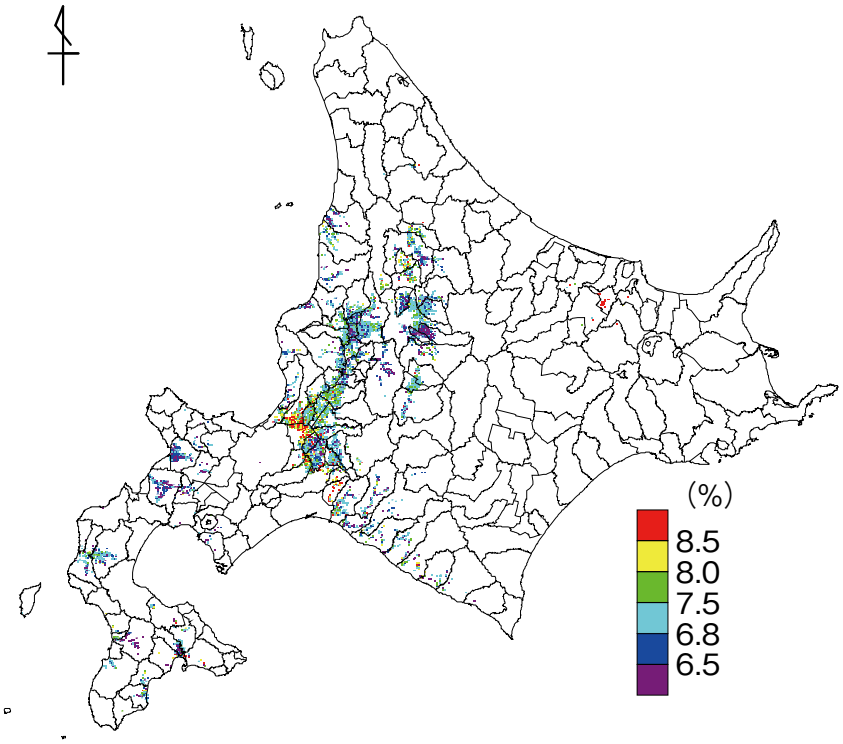
第一期に引き続き食味関連項目のデータ収集としての定点調査を、第二期は25haに１点、第三期は地図上の標準地域メッシュである１メッシュ（約100ha）に２～３品種と設定して実施され、生産条件調査は実施しないこととした。生産条件調査は、データーの信頼性が高い普及センター事業を活用し、技術解析定点として推進した。

全データを道立農業試験場に提供することが可能となり、データ解析の結果、良食味米生産の栽培技術マニュアル、用途別米の生産技術マニュアル、全道のタンパクマップ・アミロースマップの作成、1991年（平３）以降の成分分析結果のデータベース化（道立農業試験場のホームページHaoの内部データとしてメッシュデータとともに掲載し、農試研究員、普及センター、道庁関係者が活用できるようになった）が図られた。

なお、2010年（平22）から道立農業試験場が地方独立法人へと移行し、データベースを維持出来なくなったため、毎年全データをエクセルデータとしてCD－ROMに記録し、農試、普及センター等関係機関に配布している。

タンパクマップは、これまでの分析事業で得られた年次で、タンパク質含有率の低かった年

次として1998年（平10）～2000年（平12）を選び、さらに１メッシュの中で最低のタンパク質含有率となった年次のタンパク質含有率を図示した。この図は、メッシュ別に米のタンパク質含有率が最も低くなる可能性を示したものである（図Ⅶ－27）。



1998～2000年　最低タンパク質含有率（全品種平均）

図Ⅶ－27　1998年（平10）～2000年（平12）の最低タンパク質含有率（全品種平均）

3)　第四期（2007年～ ’12）（平19～24）

極良食味な低アミロース品種の普及が見込まれ、タンパク質含有率とともにアミロース含有率が食味指標の柱になってくる可能性が高くなるのをうけ、低アミロース品種の年次変動、地域変動等のデータを蓄積するとともに、アミロース含有率の仕分けのためのデータを集積することを目的として展開している。

2008年（平20）に育成された「ゆめぴりか」は、タンパク質含有率は「ほしのゆめ」並みと低タンパク品種ではないが、アミロース含有率が適度に低い低アミロース品種で、すぐれた食味特性を示す。2010年（平22）産「ゆめぴりか」はタンパク質含有率は高かったが、アミロース含有率が低く、日本穀物検定協会の食味ランキングで参考値ながら「ななつぼし」とともに北海道初の「特A」にランクされ、食味の良さが実証された。

しかし、各JA等で利用されている簡易食味分析計は、タンパク質含有率の測定精度は高く、集荷された米のタンパク仕分けに活用されているが、アミロース含有率の測定は精度が極めて低く、アミロース含有率について仕分けができない状況にある。

2009年（平21）と2010年（平22）の成績から、2011年（平23）に米のアミロース含有率は、出穂後20日以降には変動が少ないこと、また、この間の登熟積算温度が430℃以上であればアミロース含有率は19％以下となることが判明した。2011年（平23）には各地から出穂期後30日頃の「ゆめぴりか」サンプルを収集し、アミロースを分析することにより、成果の検証とアミ

ロース含有率レベルに基づくタンパク質含有率による仕分け集荷についての検討が行われる予定である。

表Ⅶ－18　食味分析事業の概要

年	定点数（品種数）	分析項目	事業名・その他	分析点数（点）
1990	10haに１点（１品種）	（Ｈ２年は試行） ・精米タンパク質含有率 ・精米アミロース含有率 ・味度値（全体の５～15%） ・食味官能試験（17～53点） ・もち米の加工適正	北海道米食味水準向上対策 ・定点ごとの生産条件表の提出 （調査項目：41～47） ・採取定点の固定 （メッシュ番号） ・濃密集団育成＝10農協	10,200
1991				11,124
1992				10,877
1993				8,264
1994				8,601
1995				8,036
1996				7,317
1997				7,478
1998				6,689
1999	25haに１点（１品種）	・精米タンパク質含有率 ・精米アミロース含有率 ・玄米白度　・精米白度 ・整粒、青未熟粒、被害粒等の品質測定	北海道米高水準食味確立緊急対策 ・実態把握定点 （定点ほの固定、メッシュ番号） ・技術解析定点 （普及センター試験等を活用、生産条件表の提出）	4,970
2000				4,817
2001				4,595
2002				4,089
2003				3,920
2004	100haに１点（２～３品種）	同　上	売れる米づくり推進事業 ・食味成分分析定点（同上） ・用途別生産技術解析定点（同上）	3,795
2005				3,502
2006				3,178
2007	100haに１点（２～３品種）	同　上 （低アミロース品種の誕生を受け、アミロースの年次変動・地域変動を把握）	北海道米分析事業 ・食味成分分析定点（同上） （道立農業試験場における「多様なニーズに対応する米品種並びに栽培技術の早期確立試験」と連動して進める）	3,073
2008				3,452
2009				3,468
2010				3,277
2011				
2012				

注）分析点数には、JAからの依頼、アミロース含有率分析を含まず。

⑵ これまでの分析事業の成果

本格的に成分分析が行われた1991年（平３）から2010年（平22）までの主な品種のデータを表Ⅶ－19に示した。

表Ⅶ－19　主な品種の年次別成分分析結果（全道）

		総分析点数	精米タンパク質含有率			精米アミロース含有率		
			平均値	最高値	最低値	平均値	最高値	最低値
		点	%	%	%	%	%	%
きらら397	1991	5,545	8.0	12.0	5.4	19.7	22.0	13.9
	1992	6,043	8.0	10.8	6.1	19.8	23.2	12.8
	1993	5,036	8.6	11.7	5.4	20.8	24.0	15.8
	1994	5,186	8.0	10.4	5.6	21.9	21.9	12.1
	1995	4,910	7.6	9.8	5.7	19.0	24.2	17.6
	1996	5,333	7.5	10.3	5.7	21.9	25.4	18.2
	1997	5,138	7.2	10.0	5.4	22.2	24.2	19.4
	1998	4,347	7.5	10.8	5.1	21.0	23.1	16.6
	1999	2,527	7.5	10.5	5.2	18.3	20.6	15.5
	2000	2,522	7.3	10.3	5.5	20.3	21.8	18.2
	2001	2,561	7.4	11.1	5.3	21.1	23.1	17.8
	2002	2,383	7.8	11.4	5.8	21.2	22.7	15.4
	2003	2,231	8.3	11.6	6.2	21.7	23.5	16.4
	2004	1,136	7.4	10.0	5.6	21.0	23.6	16.2
	2005	1,009	7.5	9.9	5.7	20.1	21.9	16.7
	2006	899	7.2	9.9	5.8	20.0	21.9	18.1
	2007	544	7.2	10.3	5.7	19.7	22.4	16.8
	2008	594	6.6	8.9	5.3	22.5	23.6	20.2
	2009	518	8.2	10.5	6.4	23.0	24.7	20.7
	2010	405	8.2	10.6	6.7	19.2	21.4	17.0
ほしのゆめ	1998	1,611	7.2	10.2	5.2	21.3	23.7	18.1
	1999	2,110	7.3	10.4	5.3	18.5	20.9	16.2
	2000	2,030	7.1	9.8	5.4	20.6	22.2	17.6
	2001	1,823	7.2	10.0	5.6	21.2	23.4	16.9
	2002	1,491	7.6	10.2	6.0	21.7	23.1	18.9
	2003	1,399	8.0	11.0	6.0	21.9	23.6	18.6
	2004	1,030	7.2	9.4	5.7	21.1	23.2	18.8
	2005	970	7.3	9.3	5.8	20.3	22.8	17.7
	2006	743	6.9	9.8	5.5	20.2	22.8	17.9
	2007	566	7.0	9.7	5.7	20.0	22.7	16.6
	2008	492	6.4	8.5	5.1	22.9	23.9	20.3
	2009	278	7.7	9.7	6.6	23.5	25.3	19.9
	2010	206	7.9	10.3	6.4	19.8	21.2	17.9
ななつぼし	2002	62	7.7	9.0	5.7	20.1	21.6	19.0
	2003	166	8.3	10.2	6.3	20.5	22.8	17.4
	2004	621	7.1	9.1	5.2	20.1	22.0	12.4
	2005	639	7.2	9.7	5.5	19.3	21.2	13.2
	2006	628	6.9	9.6	5.5	19.3	22.2	16.6
	2007	739	7.1	9.8	5.4	18.5	21.1	15.6
	2008	818	6.5	8.3	5.0	21.3	23.4	19.6
	2009	802	7.9	10.3	6.1	21.6	23.8	19.0
	2010	767	7.8	10.1	6.2	18.4	20.0	12.6
おぼろづき	2005	1	9.6	9.6	9.6	15.4	15.4	15.4
	2006	15	8.1	9.9	6.4	13.2	14.8	10.7
	2007	274	8.0	10.0	6.3	12.3	16.2	8.9
	2008	350	7.3	9.8	5.4	17.8	20.2	15.1
	2009	313	8.4	10.2	6.7	18.1	21.3	15.5
	2010	249	8.5	10.1	6.2	12.8	16.0	9.1
ゆめぴりか	2008	49	6.3	7.6	5.1	19.8	21.0	17.4
	2009	360	7.8	10.2	5.8	19.2	22.9	15.4
	2010	596	7.8	10.3	6.1	14.6	17.6	12.0

（北海道米麦改良協会）

7　衛星タンパクマップの活用

⑴　「タンパクマップ」とは

「タンパクマップ」は、衛星画像データからタンパク質含有率を推定し、その高低によって色分けした地図であり、市町村などの広い地域内における差異が一目でわかるようになっている。色分けできる区画の大きさは衛星の能力の違いや、使用目的によって異なるが、水田ごとに色分けが可能で、衛星によっては一筆内のタンパク質含有率変動まで表すこともできる。

「タンパクマップ」は稲体の色からタンパク質含有率を推定しており、簡単にいえば、登熟期の緑色が濃いほど高タンパク質含有率と判断する。推定値であるため、個々の圃場で実測値と比較した場合、多少の食い違いはあるが、活用すべき多くの利点がある。利点のひとつは現地調査、分析を経ずに水田ごとにタンパク質含有率がわかる点である。実績では農家単位や、数枚の圃場が一緒になって評価されることが多い。もうひとつは、「ご近所」のタンパク質含有率の傾向がわかる点である。また、年次を重ねることで、変化の方向や、変動の程度などもわかる。

⑵　まわりの圃場との比較

「タンパクマップ」をみると、タンパク質含有率の高い地帯、低い地帯がありそうなことがわかる。図Ⅶ－28の例ではもとの図（左）とこれをもとに2km四方の平均をとったもの（平均化処理、右）を示した。平均化処理によってタンパク質含有率の高い地帯、低い地帯がより鮮明に見えてくる。これまでの知見から、タンパク質含有率に最も大きな影響を及ぼす要因は「土壌区分」であり、「タンパクマップ」においてもタンパク質含有率が高い地域や低い地域などはこの「土壌区分」を反映することが多い。ここから改善策を考える上での糸口が見えてくる。

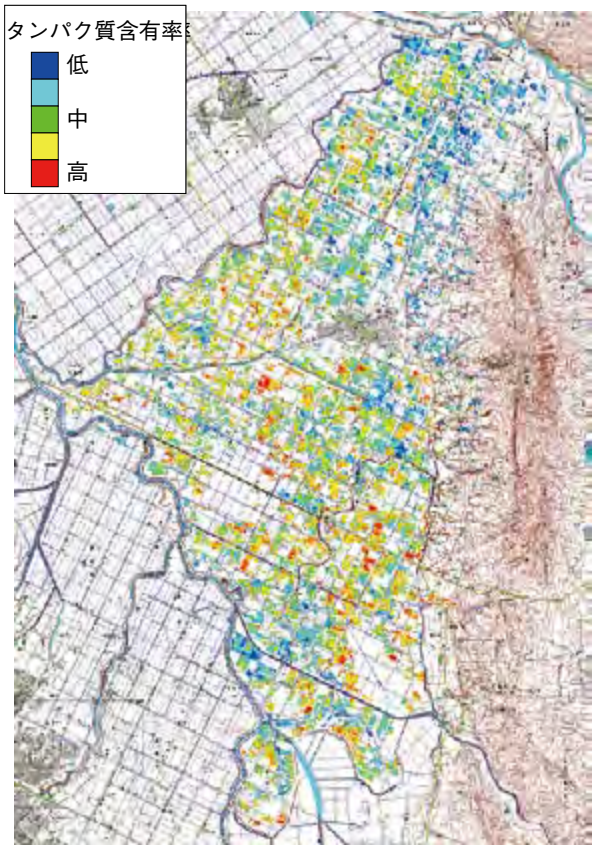
中央農試から提案された対策例を表Ⅶ－19に示した（「衛星リモートセンシングによる米粒タンパクマップの高度化と利活用技術（平成16年普及推進）」。タンパク質含有率が高い地域は、繰り返し記すように土壌に問題があることが多い。土壌図と重ね合わせれば、その要因がはっきりする。この場合個々の栽培管理、圃場管理で対応するには限界があるので、機会を捉えて地域全体で基盤整備の推進をはかる（表Ⅶ－21の区分Ⅰ、Ⅱ）。

タンパク質含有率の高い地域で、さら周辺に比べて相対的に高い水田では、栽培管理の改善も優先すべきである（表Ⅶ－21の区分Ⅰ）。その際にチェックすべきなのは、まずは基本技術（窒素施肥量の適正化、ケイ酸施用、側条施肥の導入、健苗育成、適期移植、栽植密度向上、水地温上昇対策、登熟中後期の水管理など）であり、稲わら処理についても見直す必要が出てくる。タンパク質含有率は高いが、周辺と大差ない水田（表Ⅶ－20の区分Ⅱ）でも、近傍にタンパク質含有率の低い水田があれば、低蛋白化にチャレンジする価値がある。その際のチェックポイントも上の例と同様である。

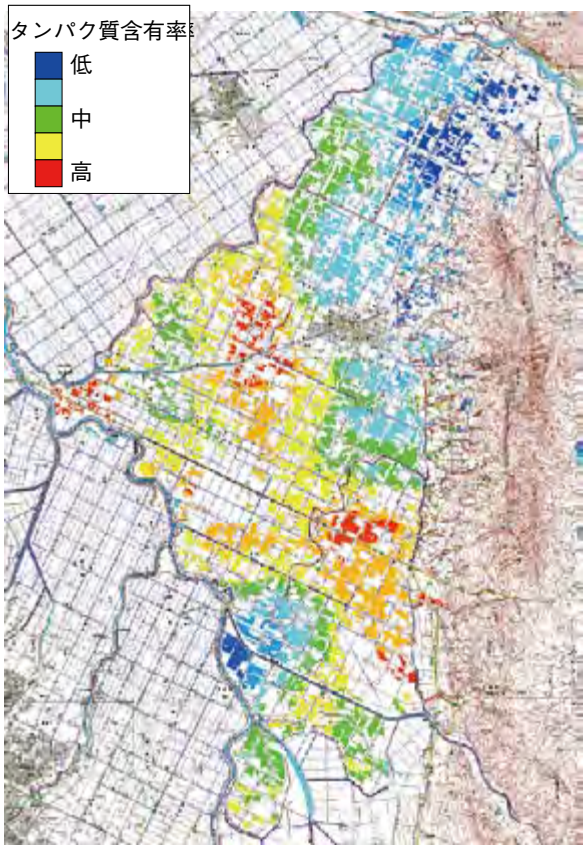
タンパク質含有率の高くない地域で、周辺に比べると相対的に高い水田（表Ⅶ－20の区分Ⅲ）では、根本的な土壌条件よりも栽培管理が高蛋白化の要因になっている場合が多い。基本技術や稲わら処理などの点検を行う。

通常、タンパク質含有率の推定値と実測値はほぼ一致するが、食い違いが大きい場合には、それをもとに改善策を考えることができる。もし、実測値が推定値よりも0.5～１％近く高い

場合には、葉色が淡かったにもかかわらずタンパク質含有率が高かったことを意味する。登熟期の水管理とともに、登熟が良好に進んでいたかをチェックする。



平均化処理をおこなっていないタンパクマップ



2km 四方の平均化処理をおこなったタンパクマップ

図Ⅶ－28　平均化処理によるタンパクマップの表示の比較

表Ⅶ－20　タンパクマップから抽出された要改善地点の特徴と改善方策の例

区分	タンパク質含有率	周辺との差	特　　徴	主な改善方策
Ⅰ	8％以上	＋0.5％以上	タンパク質含有率は高く、さらに周辺に比べて相対的に高い	栽培管理の改善および基盤環境の改善
Ⅱ	8％以上	＋0.5％未満	タンパク質含有率は高いが、周辺と大差ない	基盤環境の改善および栽培管理の改善
Ⅲ	8％未満	＋0.5％以上	タンパク質含有率は高くないが、周辺に比べると相対的に高い	栽培管理の改善
Ⅳ	8％未満	＋0.5％未満	タンパク質含有率は高くなく、周辺との差もあまりない	改善の優先度は低い

（衛星リモートセンシングによる米粒タンパクマップの高度化と利活用技術（平成16年普及推進））

⑶　収量の実績とあわせて考える

タンパク質含有率が高く、収量も高い場合には、窒素供給量が多すぎる可能性が高い。まずは、窒素施肥量の適正化（減肥）を検討してみる。改善技術として減肥のみを導入すると収量だけ低下する場合があるので、減肥とあわせて側条施肥割合を高めるなど、初期生育向上対策

を励行する。泥炭土であれば、浅耕代かき技術を小面積試みる等、蛋白低下への工夫を始めたい。

タンパク質含有率が高く、収量が低い場合には、不稔歩合が高い可能性がある。窒素施肥量の適正化、初期生育向上対策を試みる。

（道立総合研究機構連携推進部　主幹　安積大治）

8　もち米品質

⑴　北海道におけるもち米生産

1)　生産量と産地・品種

北海道におけるもち米生産面積は8,040ha（2009年（平21））、収穫量は41,600t（2010年（平22））と全国第一位のもち米産地となっている。北海道内各地にもち米生産団地が形成されているが、主な産地は上川北部、網走、留萌北部など比較的気象条件の厳しい地域に偏在している。

品種は「はくちょうもち」、「風の子もち」に加えて、2007年（平19）に「しろくまもち」、2009年（平21）に「きたゆきもち」が相次いで優良品種に認定された。これまで北海道米の品種開発は、うるち米を中心に進められてきたが、近年は北海道もち米に対する実需要望の高まりを受けて新品種の開発が進んでいる。

「しろくまもち」は耐冷性が強く、従来の北海道もち米にはない、もち硬化性の高さを特徴としており、主に成型によって製品化する「もち工」用途での利用拡大が期待されている。一方の「きたゆきもち」は、おこわやつきもちなど生食用途での特性・食味に優れる。また、耐冷性が強く安定的に多収を期待できることから、「はくちょうもち」に代わり、北海道もち米本来のやわらかさを活かした用途での利用拡大が期待されている。

2)　主な用途と北海道もち米に求められる特性

全国規模でのもち米の用途は主に次の４種類に分けられている。「主食用途」は、おこわや赤飯等、家庭向けもち米など、調理加工後短時間のうちに消費される用途で、流通量全体の約４割を占める。「もち工用途」は、お供えもちや板もちなど、主に包装もちとして流通する用途で、流通量の約２割を占める。その他「米菓用途」は、米菓原料としての利用で約２割、その他「穀粉利用」として約１割の需要構成となっている。

これらの用途うち、「もち工」と「米菓」では、もち生地を一度硬化させた後に成型・切断する加工工程が含まれるため、加工歩留まりの点から、もち生地はより硬く、速く硬化する特性が求められる。一方、「主食用途」では、調理・加工後のやわらかさが長時間持続することが望ましく、硬化性の面からは他の用途と正反対の特性が求められる。

もち生地の硬化性は、登熟温度と密接な正の相関がある事が知られており、府県に比較して登熟温度が低い北海道もち米は硬化性が低く、主食用途での利用に適している。このため北海道もち米の用途別出荷量は、「主食用途」が約６割、「もち工」、「米菓」がそれぞれ約２割と「主食用途」の比率が高い特徴がある。

⑵ 北海道もち米の品質評価

1) 実需者のニーズと北海道もち米の評価

従来から北海道もち米の品質に対しては、主にもち工、米菓加工実需者から「白度が低く、もち生地硬化性が低い」、米菓加工にあたり「膨化性が低い」といった欠点が多く指摘され、全体としては府県産もち米に比較して品質が劣るとする評価が多かった。

しかし、近年では北海道もち米の硬くなりにくい特性が知られるようになり、コンビニエンスストアでの赤飯やおこわなどの主食用途として高く評価され需要が増加するなど、用途に応じた使い分けが進んでいる。このように､実需者の評価はその用途により大きく異なっており、北海道もち米に求められる特性は多様化している。

そこで、用途により評価が異なるもち生地硬化性以外の項目について、北海道もち米の改善方向と品質改善目標値（暫定基準）が設定された（表Ⅶ－21)。

表Ⅶ－21　北海道もち米の改善方向と品質改善目標値（暫定基準）

北海道産もち米の改善方向

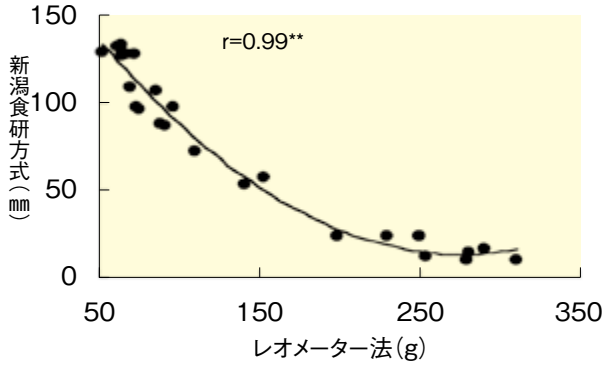
・品質の向上、特に白度向上
・品質の均一化と安定化
・低蛋白もち米の生産と地域間差の改善

北海道産もち米の品質改善目標値

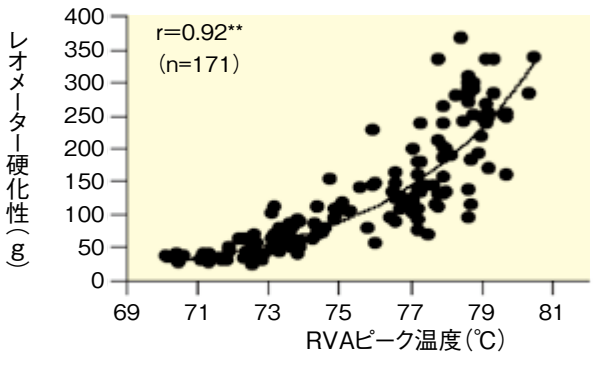
	実需要望	府県産平均	目標値
白米白度	45～50以上	53.8	50以上
ﾀﾝﾊﾟｸ質含有率	7％	6.9	8％以下
整粒歩合	88%	－	80%以上

2) 品質評価法の開発

もち米の品質評価法として最も精力的に検討された項目は、もち生地硬化性の測定・評価法である。1994年にレオメーターを用いたもち生地測定法（図Ⅶ－29）が品質検定に取り入れられ、北海道もち米の硬くなりにくい特性が初めて数値により明らかにされた。また、同時にRVAを用いた硬化性の簡易検定法が導入されたことにより育成系統の硬化性選抜が本格化した（図Ⅶ－30)。



図Ⅶ－29　硬化性測定法間の相関関係
（中央農試 1994）



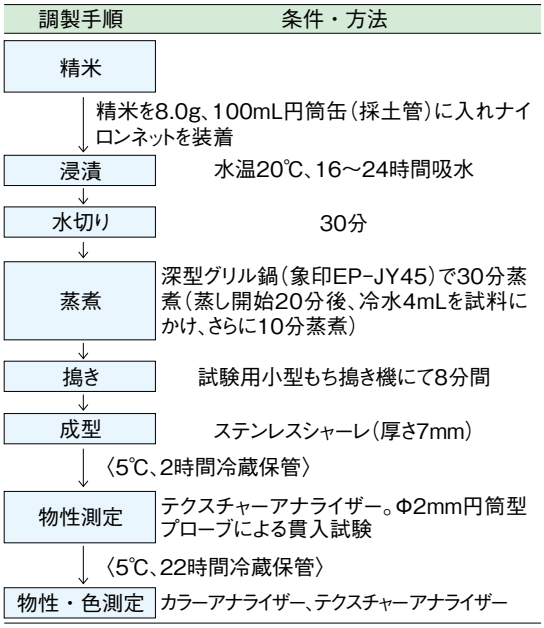
図Ⅶ－30　RVAピーク温度と硬化性の関係
（1991～1994年度米171点を測定）

その後検定手法はさらに発展し、少量もちつき器とテクスチャーアナライザーの導入により初期世代の材料であっても、8g程度のもち米からもち生地を調製し硬化性を検定評価する手

法が取り入れられている（図Ⅶ－31）。

これら硬化性検定法の充実により、現在で北海道で不可能と考えられていた硬化性の高いもち米品種「しろくまもち」が選抜・品種化され普及している。「しろくまもち」の硬化性は、「はくちょうもち」と府県で最も硬化性の高い品種である「こがねもち」の中間程度の値となっており、今後もさらに硬化性の高い品種の開発が望まれる。

硬化性の高いもち米が求められる一方で、北海道もち米の「やわらかさ」を活かした用途の拡大も望まれている。おこわ、おはぎ、大福などなどの生食用途では、加工後もやわらかさが長く持続することが重要な特性である。硬化性が低い特性を評価して、北海道もち米を原料として採用している実需者も多いことから、今後はこれらの用途に合わせた評価技術の開発も求められる。

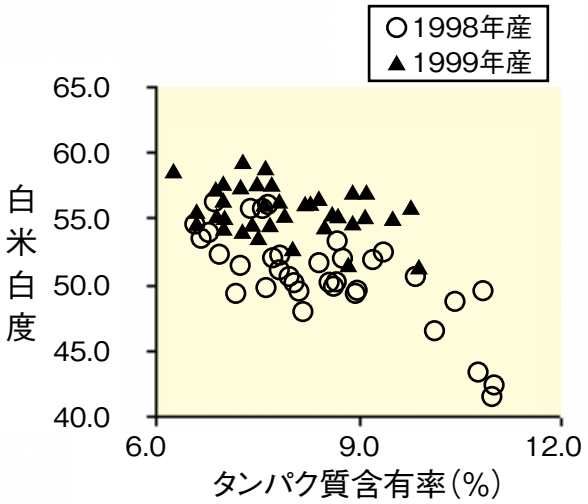


図Ⅶ－31　もち生地品質（色・物性）の評価手順（中央農試 2004）

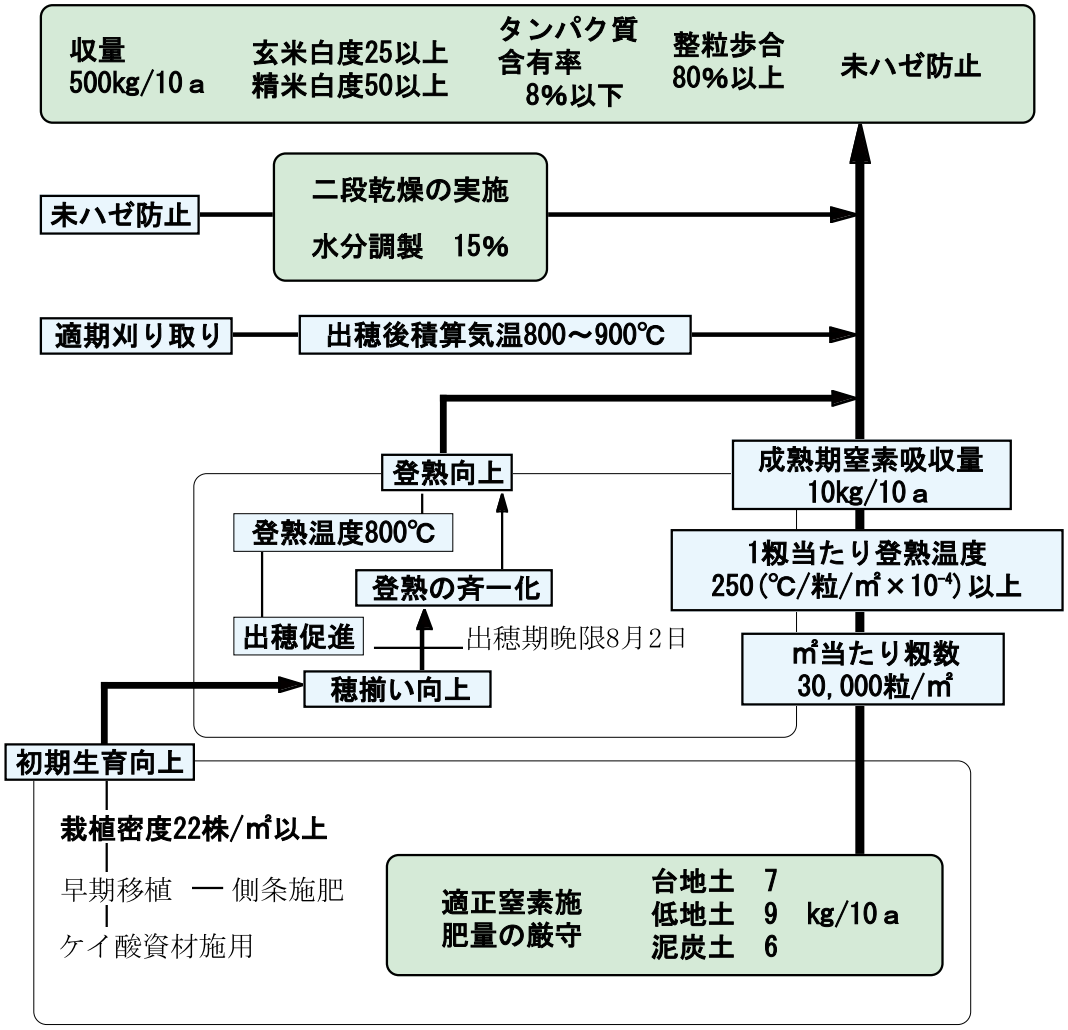
3)　栽培管理指標

北海道もち米の高品質化には栽培管理技術も重要な役割を果たす。北海道もち米の主産地である上川北部地域において、品質改善目標を満たすための肥培管理技術についても検討された。

もち米の流通上の重要な特性である白米白度はタンパク質含有率と関連が深い（図Ⅶ－32）。また、整粒歩合の向上や品質の均一性は、株内の出穂や登熟の斉一性など栽培形質の制御が極めて大きな影響を及ぼすことから、上川北部においてこれらの品質目標を満たすための総合組み立て試験を実施し、図に示したような栽培指標と肥培管理のフロー（図Ⅶ－33）が明らかにされている。



図Ⅶ－32　タンパク質含有率と白米白度
（上川農試 2001）



図Ⅶ－33　主食用もち米の高品質・安定化のための栽培組立てフロー図

（上川農試 2003）

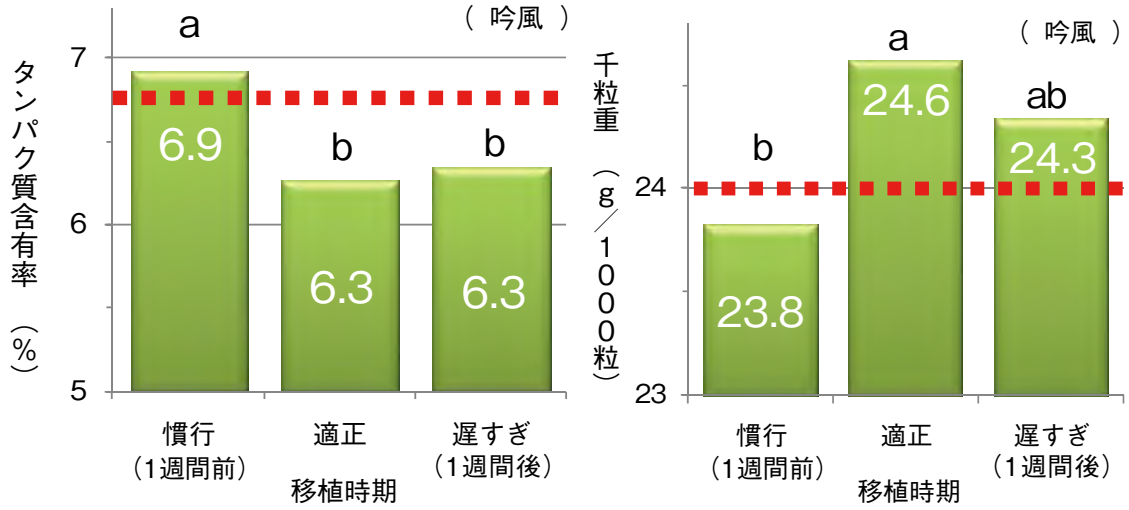
（道総研中央農業試験場作物開発部農産品質グループ　研究主幹　柳原哲司）

9　酒米品質と品質向上対策

実態調査の結果より、酒米の生産拡大に必須である酒造好適米の「質」の改善には、千粒重とタンパク質含有率を優先すべきである。

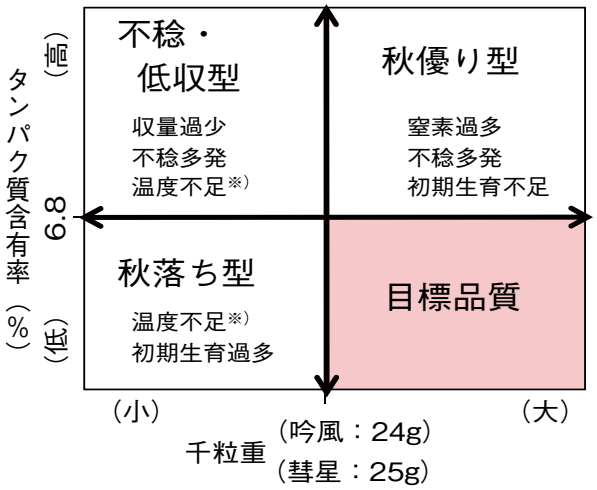
タンパク質含有率および千粒重を同時に改善させる一番のキーポイントは、出穂前後の気温を確保することである。出穂前24日以降30日間日最高最低平均気温が高いほど、タンパク質含有率が低くなり、同時に千粒重は大きくなった。このため、苗の種類の選択あるいは移植日によって出穂期を適正化することが有効である（図Ⅶ－34）。

府県産米と同等の品質を目指した品質目標や生育指標、それに対応する品質改善対策を表Ⅶ－22、産米品質からの区分と水稲生育の類型化による、簡便な水稲生育の特徴や品質低下要因を図Ⅶ－35に示す。



図Ⅶ－34　移植時期の適正化が品質に及ぼす影響（成苗、吟風、上川農試 2007）

※）アルファベットの同一文字間に有意差なし（５％水準、Tukey－KramerのHSD検定）



※）出穂前24日以降30日間最高最低平均気温が低いことを示す

図Ⅶ－35　産米品質区分から推定される品質低下要因（模式図）（上川農試 2009）

表Ⅶ－22　道産酒造好適米の品質目標と生育指標ならびに対応する栽培技術（上川農試 2009）

<table>
<tr><th colspan="3"></th><th>吟風</th><th>彗星</th></tr>
<tr><td rowspan="2">品質目標</td><td colspan="2">精米タンパク質含有率（%）</td><td colspan="2">6.8%未満（90%精白時）</td></tr>
<tr><td colspan="2">千粒重</td><td>24g以上</td><td>25g以上</td></tr>
<tr><td rowspan="6">生育指標</td><td>生育期節</td><td>出穂期</td><td colspan="2">上川中央部：7月6半旬頃
空知中南部：7月6半旬～8月1半旬</td></tr>
<tr><td rowspan="4">主要形質</td><td>幼穂形成期茎数</td><td colspan="2">520本／㎡</td></tr>
<tr><td>穂数</td><td colspan="2">500本／㎡</td></tr>
<tr><td>総籾数</td><td>28千粒／㎡</td><td>27千粒／㎡</td></tr>
<tr><td>精玄米収量</td><td>590kg／10a</td><td>610kg／10a</td></tr>
<tr><td rowspan="3">窒素吸収量</td><td>幼穂形成期</td><td colspan="2">2～4 kgN／10a</td></tr>
<tr><td>出穂期</td><td colspan="2">7.5kgN／10a</td></tr>
<tr><td>成熟期</td><td colspan="2">10.0kgN／10a
（14kgN以上の時、倒伏が懸念）</td></tr>
<tr><td rowspan="6">対応する栽培技術</td><td colspan="2">移植時期</td><td colspan="2">上川中央部：5月6半旬頃（成苗）
5月20日頃（中苗）
空知中南部：5月5半旬～6半旬（成苗）</td></tr>
<tr><td colspan="2">施肥量</td><td colspan="2">施肥標準に準じる</td></tr>
<tr><td rowspan="2">タンパク質含有率の低減が優先される時</td><td>側条施肥</td><td colspan="2">初期生育の向上やタンパク質含有率低減に有効。ただし千粒重が減少する場合があり留意する</td></tr>
<tr><td>栽植密度</td><td colspan="2">初期生育不良の時、栽植密度の増加は初期生育の向上やタンパク質含有率低減に有効。ただし千粒重が減少する場合があり留意する</td></tr>
<tr><td colspan="2">冷害危険期の深水管理</td><td colspan="2">不稔の抑制はタンパク質含有率低減に極めて有効。不稔対策の徹底が必須である。
※）品質目標のため、不稔歩合は「吟風」15%未満「彗星」18%未満が目安</td></tr>
<tr><td colspan="2">収穫適期</td><td colspan="2">出穂後の平均気温積算値
1050～1100℃</td></tr>
</table>

（道総研中央農業試験場生産研究部水田農業グループ　研究主任　佐々木　亮）

10　冷凍加工用米飯向け品質

⑴　北海道米の冷凍米飯向け需要と「大地の星」の育成

1)　冷凍米飯向け需要

日本冷凍食品協会の統計資料によると、最近10年間（1999～2009年）（平11～21）の冷凍米飯（炒飯・ピラフ）は国内生産量で10～11万トン（冷凍食品全体の7.2％）、生産金額で350～400億円に達する巨大な市場である。

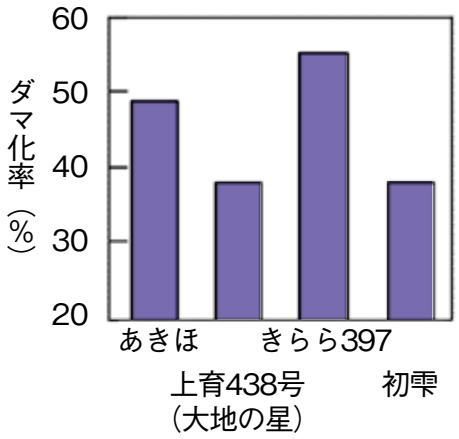
冷凍食品における製造原価は原材料の価格の比率が高く、冷凍食品の販売拡大には原材料の品質と価格のバランス、さらに、原材料を使いこなす加工技術が重要となるといわれている。

良食味米の市場が飽和状態にあるなか、加工適性に優れた調理・加工用として用途の明確な北海道米を安定供給することは、良食味北海道米の値崩れを防ぎ、従来の販路確保からさらなる拡大へ向けて重要な意味を持つと考えられる。

2)　冷凍加工用途に求められる特性

北海道米は冷凍米飯原料としての需要が高く、その加工適性評価や専用品種の開発、多収栽培法に関する試験が実施されてきた。中央農試は、冷凍米飯製造工程における加工適性と内部成分との関係を検討し、米飯物性を粒離れの指標値として、冷凍ピラフ原料米としてのアミロースおよびタンパク質含有率の適正値を明らかにした。また、原料品種の違いによるピラフの官能評価を実施し、ピラフ適品種の評価をおこなった（1998年）（平10）。

この研究を契機に、冷凍米飯専用品種の開発が進められた。中央農試は、米飯表面の粘り測定および製品のバラ化度を示す「ダマ化率」（図Ⅶ－36）による評価法を開発し、育成系統「上育438号（大地の星）」の優れた冷凍米飯適性を明らかにした。この研究は全国初の冷凍米飯適性品種「大地の星」の育成に大きく貢献した（2004年）（平16）。



図Ⅶ－36　小規模製造試験による冷凍米飯のダマ化率[1)]
（中央農試 2003）
「あきほ」：実需が使用している原料米
「上育438号」「きらら397」「初雫」：
中央農試／多肥（N15）　2001年産
1）ダマ化率：冷凍米飯粒同士のバラケ度合の評価値で、8mm以上の塊の比率である。この数値が大きいとダマが多く冷凍米飯適性が低いと判断される。

⑵　「大地の星」の多収栽培法

1)　移植での多収栽培法

「大地の星」は現在空知・石狩の道央部を中心に688ha栽培されている（北海道農政部, 2009年(平21)）。「大地の星」は加工用品種として低コストかつ多収であることが求められるが、品種特性から十分な穂数の確保が難しく、低収となる事例が多く見られた。そこで、この品種に対応した安定多収栽培法について検討がなされ、冷凍米飯適性を落とさず、かつ目標収量650kg／10aを得るための栽培指標、育苗技術および施肥法について明らかにされた（表Ⅶ－23）。

表Ⅶ－23　収量650kg／10aを目標とした「大地の星」の安定多収栽培指針

育苗	播種	中苗マット：籾が大きいため、播種量は１割程度多く必要であり、播種量220ml／箱とする。 成苗ポット：播種機に厚播き用ロールを用い播種粒数は３～４粒／穴とする。
	育苗管理	温度管理を徹底し、3.7葉齢以下で移植する。
本田	生育	各生育時期の茎・穂数は、幼穂形成期500本／㎡、止葉期630本／㎡、成熟期600本／㎡を確保し、総籾数３万５千粒／㎡を目指す。
	基肥	施肥標準から窒素２～３kg／10a増肥する。
	移植	過度な深植えを避け、浅植えで分げつを促進する。
	水管理	浅水管理による初期分げつを促進する。冷害危険期の深水管理による不稔を防止する。
	追肥	幼穂形成期茎数500本／㎡に満たない場合は、幼穂形成期に窒素２kg／10a程度の追肥を行う。
	倒伏	止葉期の茎数が700本／㎡を超える場合は、倒伏の危険が高いので注意する。 やむを得ず倒伏軽減剤を使用する場合は、圃場全体の出穂状況から使用時期を判断する。
	収穫	登熱温度1050℃を目安に、試し刈りによって収穫適期を判定する。整粒歩合70％以上を目標とし、穂揃いが悪い場合には、刈遅れによる外観品質の低下に注意する。

注）苗床施肥、除草、防除は基準に従う。2007年（平19）普及推進事項。

2)　直播での多収栽培法

南空知を中心に「大地の星」の直播栽培が広がっており、2009年には600kg／10aの収量を達成するための低コスト栽培技術が提案された（表Ⅶ－24）。この提案では、目標収量を得るために必要な各種栽培指標が示されるとともに、コスト削減対策として酸素供給剤コーティングの省略や雑草発生に応じた除草剤の使用方法なども同時に示され、一俵一万円の低米価でも収益のある提案として出されている。

表Ⅶ－24　「大地の星」の直播栽培技術コスト低減対策のまとめ
（中央農試 2009）

●600kg／10a以上の安定確収に向けての目標値
1）籾数；35,000粒／㎡程度
2）成熟期窒素吸収量；12kgN／10a程度
3）基肥は施肥標準から窒素２～３kg／10a増肥
4）収穫適期の目安は登熱温度[1)]で1,000℃
5）穂数；750本／㎡以上
6）苗立ち本数；150本／㎡以上

●コスト削減の対策
1）酸素供給剤コーティングの省略
・播種量は20％増（泥炭地は10％増）
・落水期間中の積算温度[2)]は90℃
2）雑草発生に応じた除草剤の使用（図３）

1)　出穂期翌日から日最高最低平均気温の積算値
2)　播種日翌日から日最高最低平均気温より６℃を減じた値の積算値2009年
（平21）普及推進事項

（道総研中央農業試験場作物開発部農産品質グループ　研究主幹　柳原哲司）

Ⅷ　水稲移植栽培技術

1　土壌管理と施肥技術

⑴　耕起から移植までの土壌管理

移植までの主な土壌管理作業は、耕起、砕土、代かきである。これら作業により土壌の膨軟化、肥料混和、有機物のすき込み、圃場均平、透水性の制御などが図られるが、目的は、移植、活着およびその後の養水分供給が円滑に行われうる土壌環境を整えることにある。

1)　適正な作土の厚さ

水稲の根は水田の作土層にその約90％が分布し（表Ⅷ－１）、生育に必要な養水分の多くをそこから吸収している。したがって、健全な水稲生育のための必要な養分を保持し、それを適時に供給できる作土層を作ることが重要である。

表Ⅷ－１　水稲根の土壌深さ別分布

土壌深さ（cm）	根の重量（g/株）（分布割合（％））		
	幼形期	出穂期	成熟期
0－10	2.12（68）	5.31（75）	3.29（71）
10－20	0.73（24）	1.41（20）	0.97（21）
20－	0.25（８）	0.34（５）	0.37（８）

（森 1959）

「七回耕起は肥いらず」、「耕土一寸、玄米一石」などと言われるように、作土層を厚くすることの重要性は古くから認識されており、生産性の高い水田では作土層が厚く下層も肥沃である例が多い。しかし、作土層を厚くすることが収量、特に品質の向上と結びつかない場合も多く、必ずしもプラスの効果をもたらすとは限らない。

例えば、秋落ち傾向の水田や稲わらすき込み田においては、作土層の厚い（作土層を拡大する）ことは生産性向上、わら障害軽減に有効になる場合が多いが、初期生育不良水田や下層の窒素肥沃度が高い泥炭土水田においては、作土層の厚いことは出来遅れによる品質低下を招く場合がある。言い換えれば、窒素肥沃度が高い泥炭土水田においては、作土層を薄くする（作土層を制限する）ことで、土壌由来の窒素吸収を抑制し、品質向上（産米の低蛋白化）の可能性があるということである。表Ⅷ－２に耕起､代かき深さを浅くした場合の水稲の窒素吸収量、収量、タンパク含有率を示した。作土層を薄く（耕起・代かき深さを浅く）することで蛋白は低下し、また、処理を継続することでより効果が高まる傾向が見られた。この効果をもたらした要因は、作土層の薄いことよる窒素吸収量の減少に加え、全層施肥の混和深が浅くなることによる肥料濃度の上昇とそれに伴う初期生育の向上によると考えられた。ただし、グライ土では処理による窒素吸収量の減少に伴い収量が低下している点に注意が必要である。また、作土層の深さは、耕起・代かきや移植時の作業性にも影響を及ぼす。このように、「適正」な作土層の厚さは、土壌条件や肥培管理、さらには目標とする収量、品質などにより異なるので、個々の水田においては、それら条件を総合的に判断して決めることが大切である。

なお、水稲は下層土からも養分を吸収しており、窒素については総吸収量の10～30％に達する。この割合は泥炭土水田で高く､また下層土からの吸収は幼穂形成期以降に旺盛となるため、良食味米（低蛋白米）生産の観点からは下層土からの窒素吸収量の制限が重要である。これに関しては、作土層下に砂質客土材を埋設し、下層土からの窒素吸収を制限するする土層改良法

が示されている（表Ⅷ－3）。

表Ⅷ－２　耕起・代かきの深さが水稲の収量、タンパク質含有率に及ぼす影響（中央農試 2002）

耕起・代かき深さ（継続年数）	泥炭土			グライ土		
	窒素吸収量（kg/10a）	玄米収量（kg/10a）	精米タンパク質含有率（%）	窒素吸収量（kg/10a）	玄米収量（kg/10a）	精米タンパク質含有率（%）
13cm	11.5	461	8.4	10.6	463	7.3
8 cm（１年）	11.1	467	8.2	9.4	431	6.9
8 cm（２年）	10.5	446	7.7	9.2	419	6.9
8 cm（３年）	10.5	463	7.6	8.5	386	6.9

窒素施肥量は処理区平均で８kg/10a（全層4kg/10a、側条4kg/10a）

表Ⅷ－３　砂質客土埋設工法の施工条件（中央農試 2008）

項目	施工条件
適用圃場	精米タンパク質含有率が高まる傾向にある泥炭土水田
施工方法	表土を削剥して基盤整地を行い砂質客土材を敷き均して表土を戻す
客土材埋設深	25cmを標準
客土厚さ	５～10cm（埋設後５cm以上を確保する）
客土材	国際法土性でSL、LS、S 粒径30mm以上の礫含有率が5％未満 粗粒火山性土を使用し、川砂は使用しない 交換性ニッケル含量1.5mg/kg未満 全イオウ含有率0.05％未満

2)　耕起法と土壌への影響

水稲作における耕起法は、ロータリー耕（攪拌耕）とプラウ耕（反転耕）であるが、これらによる耕起は耕起深の違いだけではなく窒素肥沃度および肥効発現（表Ⅷ－４）を通じて水稲生育にも特徴的な影響を及ぼす。

表Ⅷ－４　　耕起法と作土深別窒素肥沃度

耕起法	深さ（cm）	培養生成窒素	
		30℃	40℃
プラウ耕	0－5	3.7	8.7
	5－10	6.0	11.8
	10－15	6.3	11.6
ロータリー耕	0－5	9.8	16.3
	5－10	5.8	11.4
	10－15	3.8	6.3

（昭49刊、ニューカントリー臨時増刊、米づくりのすべてより引用）

ア　ロータリー耕

耕起深は15cm程度までで、耕起後の土塊は比較的小さい。プラウ耕に比べて耕起後の土壌の偏りは少ないが、肥沃度は上部ほど高い傾向にあり、また、土塊が小さいため、乾燥が進んだ場合には土壌窒素発現が速く、かつ多くなる特徴がある。有機物をすき込む際には作土（耕起深）全体に混合されるため、稲わらすき込みの場合、耕起深が浅いと湛水後の土壌還元が強く推移し、水稲生育に障害をもたらすことがある。

イ　プラウ耕

耕起深は18～20cm以上で、耕起後の土塊は大きく、土壌の偏りも大きいため、通常は砕土作業の併用が不可欠である。反転耕となるため、肥沃度の劣る作土下部が表層に移動し、また土塊が大きく、乾燥も進まないため土壌窒素の発現はロータリー耕に比べて遅い特徴が

ある。有機物をすき込む時には作土下層部に入るため、湛水後の土壌還元は比較的弱く推移する。

なお、土層の反転を伴わないチゼルプラウが一般化している。チゼルプラウは、有機物の下層へのすき込みには不向きであるが、反転耕による鋤き床や土塊表面の圧密、練り返しがなく、また作業性（作業時間）に優れる特徴がある。

3) 耕起と土壌水分

耕起時の土壌水分は､作業効率や作業精度のみならず圃場の透水性にも大きな影響を及ぼす。特に、過湿条件下での作業は透水性を著しく悪化させる。これは、トラクターの踏圧による圧密層の形成、練り返しが原因で、粘質土壌で起こりやすい。

透排水性の悪化を回避するには、できるだけ圃場が乾いている条件で作業を行うことが必要であり、同時に作業効率、精度も高くなる。土壌水分としては塑性限界よりやや低い程度（30％以下)、土を握っても手に付着せず、土塊を打ちつけると容易に砕ける状態が目安となる。

4) 基肥の施用・混和時期と肥効

全層に施肥された窒素の水稲による吸収利用効率、肥効発現推移は、施用・混和時期により異なる（表Ⅷ－５)。最終的な利用効率は、高い順に、耕起前＝耕起後＞砕土後＞代かき前となるが、生育初期における肥効は、代かき前＝砕土後＞耕起後＞耕起前の順で、また、肥効の持続性では、耕起前＞耕起後＞砕土後＝代かき前の順となる。

このような肥効の差異は、混和深による肥料濃度の違いによるものが大きい。例えば耕起前施用の肥料混和深は耕起深と同じであるが、耕起後施用の混和深は一般的に耕起深より浅いため、肥料濃度は耕起前より耕起後施用で高く、このことが初期生育における肥効の違いとして現れる。砕土後あるいは代かき前施用では、肥料の大部分が作土層上部に分布するため、肥料濃度が高く生育初期の肥効は高いが、代かき落水時における流出、脱窒などによる損失が多いため、利用効率は低くなる。

表Ⅷ－５基肥施用・混和時期と吸収窒素利用効率

施用・混和時期	利用効率（％）	窒素吸収量（kg/10a）
耕起前	47	9.5
耕起後	48	9.6
砕土後	33	8.2
代かき前	23	7.3

（昭52刊、農業技術普及協会、北海道の稲作技術より引用）

5) 入水・代かき

代かきは田面の均平化や漏水の防止を図るとともに土塊を砕き、移植や活着が良好に行えるよう土壌条件を整える作業であるが、同時に、土壌構造や透水性の変化、土壌窒素の無機化などを通じて、水稲の生育にも影響を及ぼしている。

代かき程度が強の場合は、土壌構造が破壊され泥状となるため、土壌窒素の無機化が促進される。しかし、透水性が低下するとともに、土壌還元が比較的進みやすく、根圏環境は悪化の傾向を示す。一方、代かき程度が中～弱の場合は、土壌構造が維持されるため土壌窒素の発現は緩慢であるが、土壌構造の内部には肥料は混和されないので結果として肥料濃度が高まる。また、透水性が高いため土壌還元が進みづらく、また地温も上昇しやすいため、根の活性が高く維持される。さらに、落水が容易であるため、中干しの効果が発現しやすいなど、水稲の生

育にとって好都合な場合が多い。

強度の代かきによる透水性の低下や、土壌還元の進行による悪影響を回避するためには、入水前に砕土や均平作業を十分に行い、代かきは軽く済ませることが大切である。なお、代かきのための入水は、施肥窒素の硝酸化成、およびそれによる入水後の溶脱、脱窒による損失を防ぐため、肥料混和後速やかに行うことが重要である。

⑵ 施肥技術

施肥とは、目標とする収量・品質の農産物を得るため、作物に対して必要養分を補給することであり、そのために、「どのくらいの量を（施肥量）」、「どの時期に（施肥時期）」、「どのように（施肥法）」与えるべきかを示すのが施肥技術である。近年の施肥技術に対しては、環境保全および省資源に配慮することも求められており、作物の養分吸収特性のみならず、土壌および有機物からの養分供給特性に基づいた、より合理的な施肥技術の実行が望まれる。以下には、生育、収量、品質に最も大きな影響を及ぼす要素である窒素に加え、リン酸、カリ、苦土およびケイ酸の施肥技術について概述する。

1) 窒素施肥について

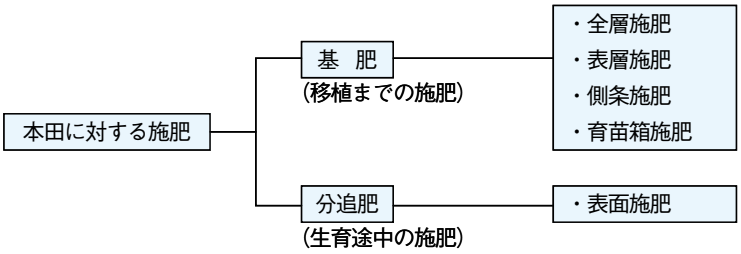
各時期における稲体の窒素診断指標値が示されており（表Ⅷ－６）、施肥量、施肥時期、施肥法によって、それに沿うように窒素を供給するのが窒素の施肥技術である。

表Ⅷ－６　各時期の稲体窒素診断指標値（茎葉部）（北海道施肥ガイド2010）

	分げつ期	幼形期	止葉期	出穂期	成熟期
含有率％	3.5～4.1	3.0～3.8	1.8～2.6	1.4～1.6	0.6～0.8
吸収量kg/10a	＊	＊	＊	8～9	10～11

ア　施肥法および施肥時期

北海道における施肥法は、施肥時期および施肥位置により概ね図Ⅷ－１のように整理されるが、施肥時期としては、初期生育確保が重要であるため基肥に重点が置かれ、追肥が実施される場合は限られる。



図Ⅷ－１　本田に対する施肥法

ア）基肥の施肥法

基肥の施肥法には、本田における施肥位置の違いによるもの（全層施肥、表層施肥、側条施肥など）と、本田への持ち込み方法が特殊な育苗箱施肥がある。現在、生産現場で行われている施肥法は、全層施肥および全層施肥と側条施肥の組み合わせ施肥がほとんどである。

a　全層施肥

全層施肥は、耕起層（作土層）全体に肥料を混和するもので、基肥として最も基本的な施肥法である。先に述べた、肥料の施用・混和時期、代かき強度の影響を受けるものの、

基本的には肥料が作土層に均等に分布するため、後述する側条施肥に比べて生育初期の窒素供給は緩慢であるが、肥効が持続する特徴がある。また、耕起層（肥料の混和層）が厚いほどこの傾向が強く現れる。施肥窒素利用率は40％程度とされる。

肥沃度が低く初期生育の良好な圃場における適合性は高いが、初期生育不良で秋優り的な生育をする圃場や、耕起層が厚い圃場では、初期の窒素吸収不足を補うため側条施肥（あるいは表層施肥）との組み合わせが望ましい。

b　側条施肥

粒状化成（またはペースト化成）を移植と同時に稲株の横3cm、深さ3～5cm部位に作条に施肥する施肥法であり、移植機に側条施肥機構があることを前提とする。この施肥法の特徴は、根の近傍に肥料が高濃度で存在するため、初期生育促進効果が非常に高く、施肥窒素の利用率も45％程度と全層施肥より高い点にある。ただし、肥効の持続に劣り、生育中期以降は肥切れを起こす場合もあるため、基肥として側条施肥が単独で用いられる場面は限られ、全層施肥との組み合わせが基本である。

なお、この施肥法は代かき時の養分流出が発生しないことなどから、水質保全効果が高いので、環境保全の観点からも積極的な導入が望ましい。また、従来は側条施肥には不向きとされたBB肥料であるが、粒径を揃えるなど工夫された新たなBB肥料（水稲側条用BB肥料）は、化成肥料と同等に使用できる（2009年、中央農試）。BB肥料はコスト低減を可能とする肥料であり、今後の使用拡大が見込まれる。

表Ⅷ－７に土壌タイプ別（窒素肥沃度や水稲生育の特徴別）に適当な施肥法、全層施肥と側条施肥の比率を示した。

表Ⅷ－７　土壌タイプと施肥法

土壌区分	窒素肥沃度、水稲生育など	適当な施肥法	全層、側条の比率
沖積土（乾田）	肥沃度・・・・・低い傾向 初期生育・・・・良好	全層施肥、全層・側条施肥の組み合わせ	全層＞側条
沖積土（湿田）	肥沃度・・・・・高い傾向 初期生育不良、秋優り型生育	全層・側条施肥の組み合わせ	側条≧全層
泥炭土	肥沃度・・・・・高い 秋優り型生育	全層・側条施肥の組み合わせ	側条＞全層
火山性土	肥沃度・・・・・低い 保肥力・・・・・小	全層施肥、全層・側条施肥の組み合わせ、分・追肥	側条＝全層
洪積土	肥沃度・・・・・中～低 物理性・・・・・不良	全層・側条施肥の組み合わせ	側条≧全層

注）地帯区分では不安定地帯ほど側条施肥比率を高くする。

初期生育が良好で生育中期以降肥切れの可能性がある土壌（褐色低地土など）では全層施肥の比率を高くし、初期生育が不良ないし生育中･後期の土壌窒素供給量の多い土壌（グライ土、泥炭土など）では側条施肥の比率を高くすることが望ましい。また、地帯区分では、生育不安定地帯ほど側条施肥比率を高くする。なお、北海道施肥ガイド2010では、全層・側条の組み合わせ施肥を実施する場合の窒素施肥は、地帯、土壌によらず側条施肥を3.0～4.0kg/10a程度とするとともに、総窒素施肥量を全層施肥のみの場合から0.5kg/10a減

肥するとされている（表Ⅷ－10脚注参照）。そうすることで土壌別の窒素施肥標準量の多少と相まって、おおよそ先に述べた比率に当てはまる。

c　表層施肥

入水、荒代かきの後に肥料を表面散布し、その後軽く代かきを行うことで作土表層部（0～5cm）に施肥を行うものである。初期生育促進効果があるが、作業が繁雑であり、肥効が生育初期の気温に左右され安定しないこと、また、田面水への養分溶出、脱窒等で施肥窒素の利用率が低いなどの短所がある。

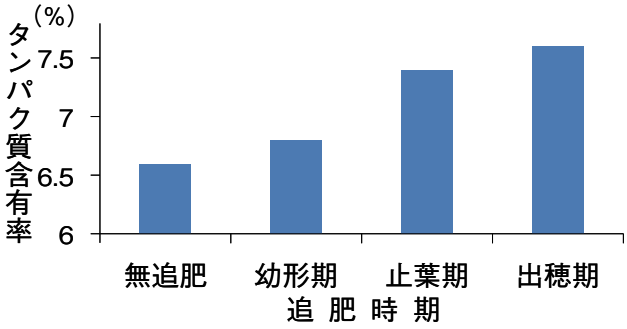
d　育苗箱施肥

育苗箱施肥は、緩効性肥料を播種時に育苗箱内に施肥し、育苗後移植と同時に育苗箱内肥料で本田施肥を行うものである。水稲根のごく近傍に肥料があるため施肥窒素利用効率が高く、減化学肥料栽培への活用も可能な施肥法といえる。肥料の溶出期間のコントロールにより育苗箱全量施肥も可能であるが、道内においては他の施肥法との組み合わせを基本として活用される。

イ）分追肥法

分追肥とは生育途中における施肥をいい、主な分追肥時期は幼穂形成期、幼穂形成期1週間後、止葉期などである。幼穂形成期から幼穂形成期後1週間にかけての窒素施肥は収量構成要素（穂数、一穂籾数、総籾数）に、止葉期以降では登熟歩合、千粒重に作用し、それらの変化を通して収量、品質に影響を及ぼす。しかし、現状においては、窒素肥沃度がかなり低い圃場や、砂質土壌など肥料持ちの悪い圃場を除いては、分追肥が実施される場面は少なく、止葉期以降の施肥については実施を控えることが望ましい。その理由は、幼穂形成期から同1週間後の施肥は、低温年においては不稔増加、登熟歩合低下の危険性があり、また止葉期以降の施肥は、米粒中のタンパク質含有率を高め（図Ⅷ－２）食味を低下させるなど、追肥が収量、品質の向上をもたらさない場合も多いためである。

表Ⅷ－８に「北海道施肥ガイド2010」に示される窒素分追肥対応を示した。作期中の土壌窒素診断を前提とするとともに、生育、気象条件、過去の実績等を考慮して慎重に対応することが必要である。



図Ⅷ－２　分追肥とタンパク質含有率

（上川農試 1996）

表Ⅷ－８　本田における窒素分追肥対応（北海道施肥ガイド2010、一部改）

土壌区分	幼穂形成期前（６月５半旬～７月１半旬）の診断基準値（NH_4－Nmg/100g乾土）			移植後（６月初旬）の診断基準値（NH_4－Nmg/100g乾土）		
	良地帯	普通地帯	不安定地帯	良地帯	普通地帯	不安定地帯
低地土(乾)	3.0	2.5	2.0	4.5	4.0	3.5
低地土(湿)	2.5	2.0	1.5	4.0	3.5	3.0
泥炭土	2.5	2.0	1.5	3.0	2.5	2.0
火山性土	3.5	3.0	2.5	5.0	4.5	4.0
台地土	2.5	2.0	1.5	3.0	3.0	2.5

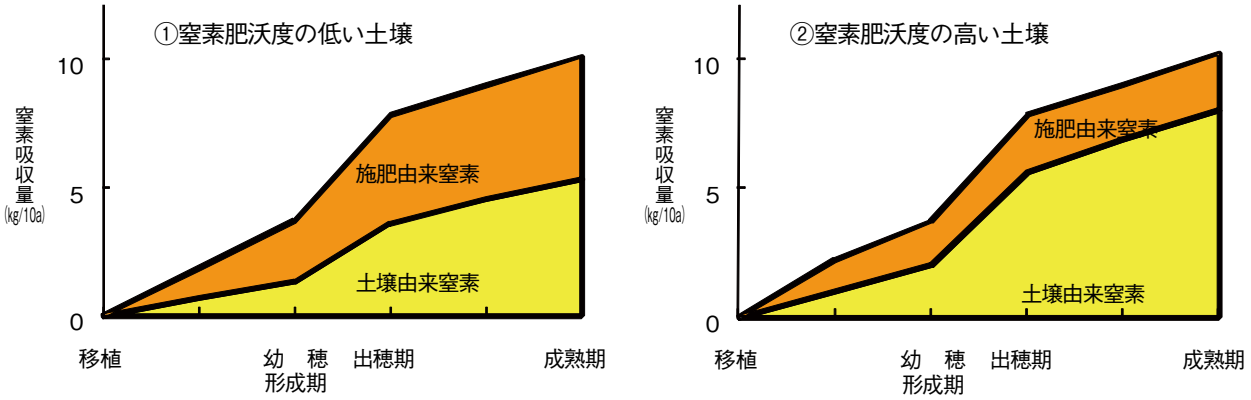
注１　分析値が表の数値より低い場合に分追肥対応を行う。なお、移植後（６月初旬）の診断では、その後の生育が順調な時のみ分追肥対応を行う。
注２　分追肥を実施する際の窒素施肥量：２kg/10a
注３　施肥時期：幼穂形成期から幼穂形成期後１週間
注４　土壌採取法、分析法は「低蛋白米生産をめざした水田土壌窒素診断の手引き」を参照する。
注５　地帯区分は、「北海道施肥ガイド2010」を参照する。

イ　窒素施肥量の適正化

水稲によって吸収された窒素の70％程度は米粒中で蛋白として集積する。そのため、水稲の生育にとって過剰な窒素吸収はタンパク質含有率を高め、食味を低下させる。適正な窒素吸収量は、９（低収地帯）～11（高収地帯）kg/10a程度である。水稲の吸収する窒素は大きく土壌由来と肥料由来に分けられるが、泥炭土や稲わらを連用した水田など土壌の窒素供給量が大きい場合には、それに対応して窒素施肥量を少なくし、逆に土壌窒素供給量が小さい場合には、その分、施肥量を多くする必要がある（図Ⅷ－３）。

ただし、窒素施肥量を単純に少なくすれば低蛋白が実現できるわけではない。窒素施肥量が少なすぎると、初期生育が悪くなり十分な収量が得られず、かえって高蛋白化する場合がある。これを避けるには、全層施肥で施用していた窒素の一部を側条施肥に置き換えることで対応する。側条施肥を導入する、あるいは側条施肥割合を高めることで初期生育を促進するとともに施肥量を低減することが可能となり、収量を落とさずに低蛋白をねらうことができる。

いずれにしても窒素施肥量を決めるにあたっては、多すぎず少なすぎない量を見極めることが大切で、過去の生育、収量、タンパク質含有率の実績を十分に考慮することはいうまでもない。以下には、「北海道施肥ガイド2010」の適正窒素施肥量の設定方法についてその概要を示す。なお、窒素施肥量の適正化のための窒素減肥は基本的に全層施肥部分から行い、減肥後の窒素施肥量（全層施肥と側条施肥の総量）は初期生育を確保するため４kg/10aを下限とする。窒素施肥量の適正化の詳細については「北海道施肥ガイド2010」を参考にされたい。



図Ⅷ－３　土壌の窒素肥沃度に対応した水稲窒素吸収量の差異

（低蛋白米生産をめざした水田土壌窒素診断の手引き 1998年）

ア）施肥標準量

窒素の施肥標準は、中庸な地力水準において全量全層施肥により精米タンパク質含有率7.0％以下の安定生産を目標とした場合の、地帯区分および土壌区分別の基準収量（表Ⅷ－９）と、各基準収量に対応する土壌区分別の施肥標準量（表Ⅷ－10）を示したものである。施肥標準量の算定にあたっては、まず表Ⅷ－９において対象とする地帯区分・土壌区分の基準収量を確認の上、表Ⅷ－10において基準収量に対応する施肥標準量を求める。基準収量が対象とする圃場の収量と乖離している場合は、窒素施肥量を±0.5kg/10a（収量で±30kg/10a相当）の範囲内で増減する。

イ）土壌窒素診断に基づく施肥対応

土壌窒素診断に基づく基肥窒素施肥対応では、窒素肥沃度を湛水培養窒素（風乾土を40℃で1週間湛水培養して生成したアンモニア態窒素量を測定）で評価し、窒素肥沃度水準に応じて施肥標準量から＋0.5～－1.0kg/10aの範囲で増減する（表Ⅷ－11）。算出される窒素施肥量は、全量全層施肥により精米タンパク質含有率7.0％以下の安定生産を行うための値であり、精米タンパク質含有率6.5％以下を目標とする場合は、基本技術（側条施肥、健苗育成、適期移植、栽植密度向上、水地温上昇対策、登熟中後期の土壌水分確保など）が実行されることを前提に、全層施肥部分からさらに0.5kg/10aの窒素減肥を行う。

湛水培養窒素は土に含まれる有機態の窒素のうち、短期間で無機化するものを評価しており、わらなどの有機物を長期間すき込むと増加し、逆に有機物を長期間施用しないと低下するが、短期的な変化は小さい。診断のための土壌の採取時期は分析にかかる時間を考慮すると、収穫後から積雪前までが望ましく、融雪後土壌が乾燥し始めると乾土効果として発現する窒素の一部が分析値に反映されるので、土壌採取時期として適切ではない。

表Ⅷ－９　地帯別・土壌別基準収量（北海道施肥ガイド2010）

地帯区分	地帯名	基準収量（kg/10a）				
		低地土（乾）	低地土（湿）	泥炭土	火山性土	台地土
1	檜山・渡島南部および伊達市周辺	480	480	480	450	450
2	内浦湾・胆振沿海および石狩の一部	480	480	480	450	450
	（黒松内町）	420	420	420	390	390
3A	羊蹄山麓	510	510	510	480	480
3B	豊浦および南羊蹄	450	450	450	420	420
4	日高	480	480	480	450	480
5	檜山北部および後志日本海沿海	510	510	510	480	480
6	石狩沿海および留萌南部	510	510	510	480	480
7A	石狩北部および空知中南部	540	540	540	510	510
7B	石狩および空知南部	510	510	510	480	480
8A	空知中西部および北部	570	570	570	540	540
8B	空知東部山麓および夕張	540	540	540	510	510
	（夕張市）	480	480	480	450	450
9A	上川中央部	570	570	570	540	540
9B	上川中北部および富良野	540	540	540	510	510
9C	富良野南部および日高山麓	480	480	480	450	450
10A	空知最北部および上川北部	510	510	510	480	480
10B	上川北部	480	480	480	450	450
11	留萌北部・上川北部の一部	510	510	510	480	480
13	北見内陸	420	420	420	420	420
14	北見東部沿海	420	420	420	420	420
16	十勝中央部	420	420	420	420	420

注1　基準収量は、過去10年（平成11～20年（冷害年（平成15年）を除く）の統計収量に基づいて設定した。

表Ⅷ－10　基準収量に応じた窒素施肥標準量（北海道施肥ガイド2010）

基準収量（kg/10a）	全量全層施肥における窒素施肥量（kg/10a）				
	低地土（乾）	低地土（湿）	泥炭土	火山性土	台地土
390				7.0	6.0
420	7.0	6.5	5.0	7.5	6.5
450	7.5	7.0	5.5	8.0	7.0
480	8.0	7.5	6.0	8.5	7.5
510	8.5	8.0	6.5	9.0	8.0
540	9.0	8.5	7.0	9.5	8.5
570	9.5	9.0	7.5		

注１　各地帯区分・土壌区分の基準収量に応じ、施肥量を算定する。

注２　実際の各圃場の収量水準に応じ、窒素施肥量を±0.5kg/10aの範囲で増減する。

注３　全層・側条組合せ施肥を実施する場合の窒素施肥は、側条施肥を3.0～4.0kg/10a程度とし、総窒素施肥量を表の値から0.5kg/10a減肥する。

表Ⅷ－11　土壌窒素肥沃度水準による窒素施肥対応（一部）（北海道施肥ガイド2010から抜粋）

地帯区分	地帯名	土壌区分	施肥標準に対する施肥窒素増減量（kg/10a）			
			+0.5	0	－0.5	－1.0
			窒素肥沃度水準の区分（mg/100g）			
			低	中位	やや高	高
7B	石狩および空知南部	低地土（乾）	～8.0	～12.0	～14.0	14.0～
		低地土（湿）	～7.0	～14.0	～16.0	16.0～
		泥炭土	～6.0	～13.5	～16.0	16.0～
		火山性土	～9.5	～13.0	～15.0	15.0～
		台地土	～3.0	～9.0	～11.5	11.5～

注１　窒素肥沃度：可給態窒素量（40℃ １週間湛水培養法）
注２　窒素減肥は、全層施肥部分から行う。
注３　精米タンパク質含有率6.5％以下を目標とする場合は、基本技術（側条施肥、健苗育成、適期移植、栽植密度向上、水地温上昇対策、登熟中後期の土壌水分確保など）が実行されることを前提に、全層施肥部分からさらに0.5kg/10aの窒素減肥を行う。

ウ）有機物施用に伴う施肥対応

有機質肥料を用いた場合はもちろんのこと、堆肥などの有機物を施用した場合（地力維持を目的とした１t/10a程度の堆肥施用を含む）にも、有機物の種類および連用年数に応じて減肥する（表Ⅷ－12）。なお、有機物の長期連用は土壌の窒素肥沃度を高め、湛水培養窒素分析値に反映される。そのため、土壌診断に基づく基肥窒素施肥対応（表Ⅷ－11）を行う場合は、有機物連用効果の重複評価を避けるため、堆肥・稲わらを5年以上連用している場合でも単年度施用の減肥可能量を用いる。

表Ⅷ－12　有機物施用に対応した窒素、カリの減肥量（北海道施肥ガイド2010から抜粋）

有機物の種類（標準的な施用量）	連用年数	窒素減肥量（kg/10a）	カリ減肥量（kg/10a）
稲わら堆肥（現物１t/10a）	１～４ ５～９ 10～	1 1.5 2	2
家畜糞堆肥（現物１t/10a）	１～４ ５～	1.5 2	4
稲わら直接鋤込（400～600kg乾物/10a）	１～４ ５～９ 10～	0～0.5 1 2	4

注１　窒素肥沃度による施肥対応を行う場合は、堆肥・稲わらを５年以上連用している場合でも単年度施用の減肥可能量を用いる（連用効果の重複評価を避けるため）。

エ）乾土効果の評価

乾土効果とは、湛水前（前年秋期および当年融雪後）に土壌が乾燥することにより、湛水後の土壌無機態窒素の発現が増加する現象で、気象データ（降水量、気温）から発現量を推定することができる（表Ⅷ－13）。

表Ⅷ－13　乾土効果に対応した窒素の減肥量（北海道施肥ガイド2010）

圃場の乾湿の程度	風乾土40℃－1週間培養窒素量（mg/100g）		
	10未満	10～14	14以上
著しく乾燥（水熱係数０～２）	0.5	1.0	1.5
乾燥　　（水熱係数２～３）	0.5	0.5	1.0
やや乾燥　（水熱係数３～４）	0.0	0.5	0.5
平年並～湿（水熱係数４～　）	0.0	0.0	0.0

注１　前年秋期（９/１～10/31）および当年融雪後（４/11～５/10）に、平年よりも土壌が乾燥している場合に適用する。

注２　水熱係数は以下の式から算出する。水熱係数=10×Σ Pr/ΣT10、Σ Pr：前年秋期および当年融雪後の、積算降水量（mm）、Σ T10：前年秋期および当年融雪後の、日平均気温10℃以上の日の積算気温。

注３　窒素施肥は全層部分から行う。なお、減肥後の施肥窒素量は初期生育を確保するため、４kg/10aを下限とする。

2)　リン酸施肥について

リン酸は、寒冷地では初期生育促進を通じて水稲の安定生産に大きく寄与する重要な要素である。そのため道内ではリン酸施肥を重視し、リン酸肥沃度の低い圃場ではリン酸資材も併用することで土壌のリン酸肥沃度向上を図ってきた。その結果、現在は９割以上の水田で土壌診断基準値（10～20mg/100g）を上回っており、リン酸は蓄積している状況にある（2010年、中央農試他）。リン酸の施肥標準は、地帯、土壌によらず一律８kg/10a（北海道施肥ガイド2010）であるが、施肥コストの低減のためからも、土壌診断を活用したリン酸施肥量の適正化が望まれる（表Ⅷ－14）。

なお、リン酸肥料は根の近傍にあることで利用効率が高まるため、側条施肥による施用が望ましく、全層･側条の組み合わせ施肥の際には、側条施肥でリン酸が多く入るように肥料銘柄（肥料成分割合）を選択する。なお、減肥する際には基本的に全層施肥部分から減肥する。

表Ⅷ－14　リン酸肥沃度に対応したリン酸施肥量
（北海道施肥ガイド2010）

有効態リン酸含量（P_2O_5mg/100g）	施肥量（P_2O_5kg/10a）
～　5	16
5　～　10	12
10　～　20	8
20　～　30	6
30　～	4

注１　分析法はブレイNo.２法（１:10）による

注２　施肥量は、「ようりん」などリン酸質資材を含む施用量

注３　側条施肥の実施時において、リン酸減肥を行う場合は基本的に全層施肥部分から減肥する

3)　カリ施肥について

カリは、水稲の光合成や炭水化物の蓄積、吸収窒素のタンパク質合成などに関わっており、不足すると茎稈部の軟弱化、登熟不良となる。現在、道内水田の交換性カリ含量の平均値は28mg/100gで、土壌診断基準値（15～30mg/100g）の範囲内にあるが、基準値未満の圃場が１割程度、

表Ⅷ－15　カリ肥沃度に対応したカリ施肥量
（北海道施肥ガイド2010）

交換性カリ含量（K_2Omg/100g）	施肥量（K_2Okg/10a）
～　7.5	14
7.5　～　15	11
15　～　30	8
30　～	5

基準値以上が３～４割で、過不足の両方が見られる。カリの施肥標準は、地帯、土壌によらず一律8kg/10aであるが､土壌診断を活用したカリ施肥量の適正化が望まれる（表Ⅷ－15)。また、たい肥等の有機物を施用した際には、それに伴う減肥対応が必要である（表Ⅷ－12)。

4) 苦土施肥について

苦土は葉緑素の主要構成要素であり、作物体において多くの酵素を活性化するなどの役割を担っている。道内水田の交換性苦土含量の平均値は54mg/100gで、８割程度の圃場が土壌診断基準値（25mg/100g以上）の範囲内にあるが、苦土の適正施肥量は交換性苦土25mg/100g未満で１～２kg/10a、25mg/100g以上で無施用であるため、現状において苦土施肥の必要性の高い水田はそう多くない。

5) ケイ酸施肥について

水稲は他の作物に比べてケイ酸吸収量が著しく多く､「ケイ酸植物」とよばれている。吸収されたケイ酸は組織に多量に蓄積し､それによる形態､生理機能の変化が各種ストレス耐性（耐病性、耐倒伏性など）や、群落としての乾物生産能力を高め、収量、食味向上（低蛋白化）に有効に作用している。

良食味米の安定生産のためには、成熟期における茎葉のケイ酸含有率は少なくとも10％以上（栄養診断指標値は13％以上）であり、この水準を確保するための土壌の可給態ケイ酸含有量は少なくとも10mg/100g以上（土壌診断基準値は16mg/100g以上）である。これに対して、道内水田の可給態ケイ酸含有量の平均値は10.8mg/100gで、土壌診断基準値未満の圃場が９割程度も存在する。表Ⅷ－16にケイ酸肥沃度に対応した資材施用量を示した。可給態ケイ酸の土壌分析値がない場合は、グライ土、泥炭土で150～180kg/10a､灰色低地土、火山性土、台地土で120～150kg/10a、褐色低地土で90～120kg/10aがケイカル施用量の目安となる。

ケイ酸の施用法は融雪剤を兼ねた雪上散布や耕起前散布による全層施肥が一般的であるが、幼穂形成期1週間後のケイ酸追肥（ケイ酸質肥料20kg/10a）が食味向上に有効である（表Ⅷ－17)。

表Ⅷ－16　ケイ酸肥沃度に対応した資材施用量

（北海道施肥ガイド2010）

ケイ酸含量 (SiO_2mg/100g)	ケイカル施用量 (kg/10a)
0　～　10	180　～　240
10　～　13	120　～　180
13　～　16	60　～　120
16　～	0　～　60

注１　分析法は湛水保温静置法による
注２　グライ土、泥炭土では施用範囲内の高い数値を適用する。
注３　他の資材についてはケイカルとの肥効差を考慮して施用する。

表Ⅷ－17　ケイ酸の施用法がタンパク、ケイ酸吸収効率に及ぼす影響（上川農試 2000）

ケイカル施用量 (kg/10a)	精米タンパク (%)	総窒素吸収量 (kg/10a)	総ケイ酸吸収量 (kg/10a)	茎葉の ケイ酸/窒素比	施用したケイ酸の吸収率（%）
無施用	6.5	11.1	80.6	17.8	－
基肥150kg	6.1	10.1	84	18.5	8
追肥20kg	5.4	9.8	83.1	21.2	42
追肥40kg	5.5	10	83.2	21.5	22

（道総研農業研究本部企画調整部地域技術グループ　主査　渡邊祐志）

2　育苗と移植

⑴　寒地稲作における育苗の役割

北海道では地域により多少の差はあるものの、水田での生育期間は概ね５月中旬から９月下旬の無霜期間に限られる。従って、過去に行われていた移植が６月中旬になる水苗代栽培や、直播栽培では生育日数が短いため十分な生育量が確保できず、出穂が遅れるなどの理由から収量性が低く、かつ年次間変動が大きく不安定であった。

その後普及してきた保護畑苗代育苗は、４月下旬には播種できるため、生育日数、特に栄養生長期間が延びて、生育量（分げつ茎数や草丈）の増大と、生育を進め安全な時期に出穂させ、登熟温度を十分確保出来るようになって収量が大幅に増加した。また、気象条件などによる変動も著しく小さくなった。

このように、育苗の役割は、

①　保護苗代で一定の生育進度と生育量を確保できることから、晩霜の危険の少ない時期に移植し、初期生育の増大と生育日数の延長をはかり、生育量を早期に確保できる。

②　生育を進め、十分な登熟ができるよう、「安全出穂期間」内に出穂させる好適作期への調整が出来る、などである。

これらのことから、保護苗代育苗の普及にともなって、北海道の稲作は年次変動が小さくなり、収量も著しく増加した（詳細は７ページ「Ⅱ．１稲作への取り組みと発展」参照）。

⑵　稲作法と育苗様式の移り変わり

栽培技術等の変遷については「Ⅱ．１稲作への取り組みと発展」に詳しい記述があるが、ここではその概略を記述しておく。

北海道稲作の始まりの頃は、当時の東北地方の稲作に習い、水苗移植栽培体系であった。その後、移植の手間が省け、生育が比較的良好な直播栽培が急速に増加し、1920年代後半（昭和初期）には、全道稲作面積の80％をこえた。水苗移植栽培や直播栽培が中心の時代には、品種改良や技術の進歩はあったものの、反収の増加の歩みは非常に遅かった。

1935年（昭10）頃から油紙障子などによる保護畑苗代育苗技術が開発され、収量の大幅増と、低温などによる収量変動の低下をもたらしたため、1940年代（昭20）後半に入り急速に普及が進んだ。

保護畑苗代育苗は、その後、うす播き大苗育苗（熟苗と称した）の方向に、また、保温方式は油紙障子からビニールトンネル、さらにビニールハウスへと移り変わり、より大きな苗の育成と作業性の向上に寄与した。

1960年代後半（昭40前半）になって田植機とそれに適した育苗方法の開発が積極的に行われ、1970年代（昭40後半）には田植機による移植が急速に普及し、1970年代後半（昭50前半）には90％以上が機械移植となって、現在は人手による移植（田植え）を見ることは殆どない。

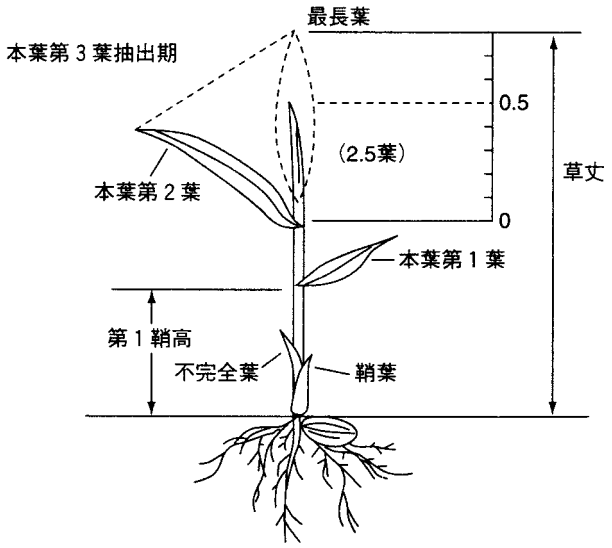
機械移植栽培は、これに適した品種開発や肥培管理技術の進歩に加えて、人手による田植え時代は困難であった密植が可能となったことから、収量は飛躍的に伸びた。機械移植栽培の初期は、厚播き短期育苗の稚苗が中心だったが、育苗本来の目的である生育量確保に必要な育苗日数の延長ができなかった。1976年（昭51）の冷害を契機に、移植機と育苗法の開発にともない、より播種量の少ないの中苗へ、さらに成苗へと移行してきた。

一方、低コスト生産、省力化の観点から稚苗より短期育苗の乳苗が、1980年代後半（昭60）から指導技術となった。さらに省力的な直播栽培は2007年（平19）以降から大きく増加し、2010年（平22）には全道の作付面積は855haとなっている。

⑶ 機械移植苗の形質と管理のポイント

苗は移植後に、水による保護はあるものの、直接外気に接し風にさらされる。また、箱マット苗や型枠苗は移植の際に根が切断される。このような移植にともなう環境の変化に耐えられ、すみやかに新根を発生し活着できる丈夫な苗を作ることが、育苗上の重点になる。

移植時の苗が備えていなければならない形質は、育苗様式によって異なるが、播種量の多少と育苗日数の長短によって大部分が決まってしまうものである。播種量の多い育苗様式は、いくら育苗日数を長くしても、葉令や乾物重の増加はわずかしか期待できず、逆に苗の徒長や老化を招き苗素質が低下する。これらのことを考慮して、育苗基準が設定されている。図Ⅷ－４に苗の部位の呼称と葉令の数え方を示す。



図Ⅷ－４　苗部位の呼称と葉令の数え方

1) 草　　丈

草丈は、育苗期間中の温度や水管理、育苗日数との関連が強い。育苗基準より長いものが徒長苗であり、茎葉の表面積が大きいため、移植後の蒸散量が増加し、葉枯れ（植傷み）を生じやすい。短すぎると水管理が難しくなるが、移植後の植傷みなどの問題発生は少ない。以上のことから、草丈は育苗基準の範囲内で、できるだけ短くなるようビニールハウスの換気と潅水に注意する。

2) 葉　令（葉数）

育苗日数や育苗期間中の管理の適否に左右されるが、中苗および成苗では、徒長して葉身長の長い苗ほど葉令が増加しにくくなる。移植時の葉令が小さい場合は、本田での出葉数が多くなるので、移植から出穂までの日数が長くなり、出穂の遅れを生じやすくなる。移植時の葉令が基準の大きさになるよう管理に努める。

3) 地上部乾物重

地上部乾物重は播種量の多少、育苗日数、管理の適否に左右される。通常は100本の籾殻を取り除いた苗を乾燥して測定する。苗の生育量を最も確実に把握できる項目であるが、草丈や葉令の大きさにつれて増加するので、地上部乾物重だけでよい苗とは判断できない。苗の充実度を評価するため、草丈１cm当たりの乾物重の大小を意味する［地上部乾物重÷草丈］がし

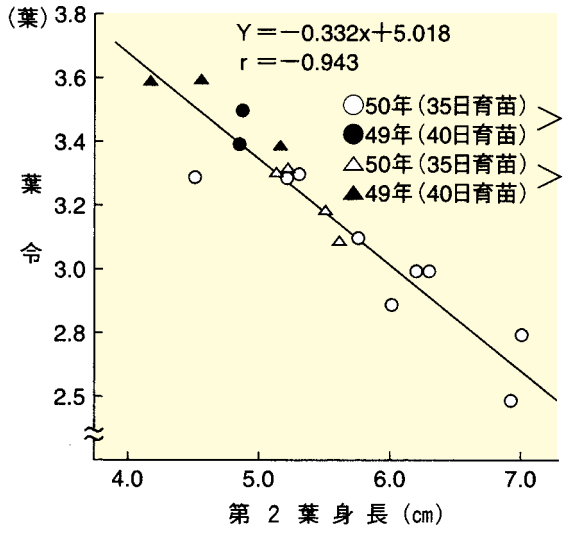
ばしば用いられている。

4) 第１鞘高（第１葉鞘高）

第１葉の葉鞘の長さをいい、徒長苗か否かの目安になる。３cmを越えると徒長苗と判断される。出芽揃い後も高温管理を続けた場合に第1鞘高が高くなり、同時に第１葉、第２葉の葉身が伸び、３葉および４葉の出葉が停滞して必要葉令の確保が難しくなる。出芽の打ち切りや二重被覆の除去にあたっては、芽が伸びすぎないうちに早めに行い、出芽揃い後は高温や床土の水分過多に注意する。

5) 葉 身 長

葉身長は、高温で水分が多い場合に長くなりやすい。第２葉身長が長いと図Ⅷ－５のように葉令が小さくなる。葉身は常に直立状態を保てる長さにして良好な受光体勢を維持することが大切である。



図Ⅷ－５　第２葉の葉身長と葉令の関係

6) 茎　　数

厚播きの稚苗および200ml播きの中苗では、育苗期間中に分げつを発生することはまずない。しかし、うす播きの成苗では１～２本の分げつを発生し、120～150ml播きの中苗でも分げつを発生することがある。苗代分げつは第1節、第2節からの発生であり、移植時に枯死しなければ初期生育に大きく寄与する。苗代分げつに発生には、うす播きであること、徒長させないこと、日照が多く好天であることなどが要求される。

(4) 育苗型式別の特徴

1) 乳　　苗

播種量は箱当たり催芽籾700～800ml、出芽器で出芽させ、育苗日数７～10日で、10a当たり15箱使う。稚苗に比べ胚乳残存量が多く、低温下での活着性が高いため稚苗よりやや早植できる。稚苗に比べ出穂期は３～４日遅れる。

2) 稚　　苗

播種量は箱当たり催芽籾350～400ml、10a当たり20箱程度必要である。省力、低コストであるが、移植時の葉令が2.0～2.5葉であるため、出穂が遅れやすい欠点がある。

3) 中　　苗

箱マット苗、紙筒苗、型枠苗の３型式がある。播種量は催芽籾で、箱マット150～200ml／箱、

紙筒苗120～130ml／冊、型枠苗150ml／枠である。育苗日数は30～35日程度で、移植時葉令は3.1～3.5葉である。第１鞘高と第２葉を伸ばさぬように育苗前半の温度と水管理に注意する。

4) 成　　苗

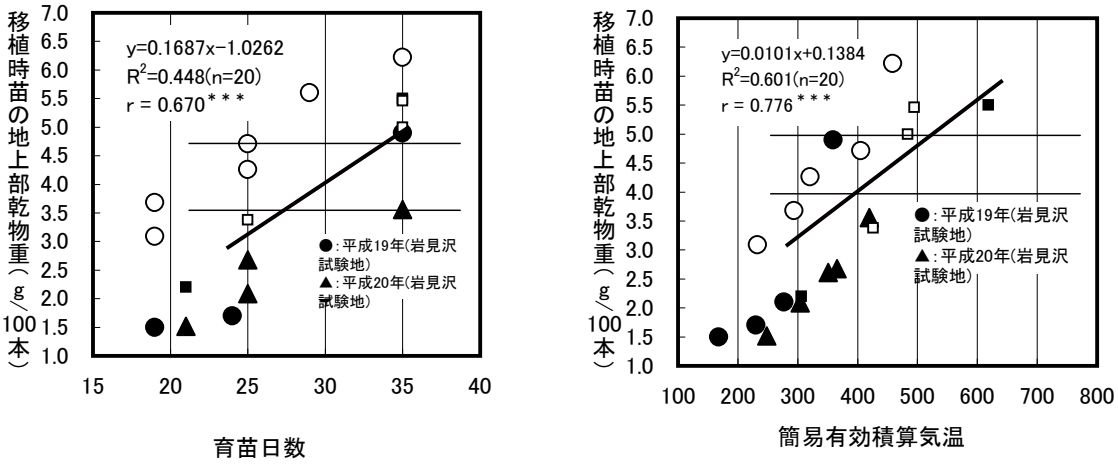
成苗ポット苗、箱マット苗、箱ポット苗、型枠苗、紙筒苗の５型式がある。成苗ポット苗では、播種量が催芽籾で75ml／枠、35～40日育苗し4.0葉以上の大きい苗を移植する。これ以外では90～100ml／（箱、冊）の播種量で、35～40日育苗し3.6葉以上の苗にして移植する。いずれの型式もうす播きであるため、箱数を多く必要とする。早生品種は育苗後半の高温障害に注意するとともに、育苗日数を長くすると不時出穂を起こしやすくなるため、育苗日数は35日程度にする。

機械移植面積に占める成苗（５型式合計）の割合は、2009年（平21）で67％と最も高く、次いで中苗が32％となっており、これら以外の型式はごくわずかである。

5) 成苗ポット苗における育苗日数の見直し

また、上述の苗形質に関する基準値は1970年代後半（昭50年代）の試験成績に基づき定められている。この当時に比べ現在では､水稲経営の大規模化により育苗ハウスが大型化しており、かつ密集して建てられ風通しが悪くなっている。このため、育苗ハウス内部の気温は下がりにくい状況にあり、育苗日数が35～40日であっても4.5葉前後の徒長、老化した苗が移植されるケースも増えている。

育苗ハウス内の環境が従前と変化していることから､「ななつぼし」を用いて成苗ポット苗での苗形質と育苗日数の関係が見直された。その結果、育苗日数よりも育苗ハウス内の簡易有効積算気温の方がより苗形質を示す目安としては妥当であり（図Ⅷ－６）、430℃で移植可能な苗形質となることが示された。



図Ⅷ－６　育苗日数および簡易有効積算気温と移植時の地上部乾物重との関係（中央農試 2010）

簡易有効積算気温は次式で算出される簡易有効気温を播種翌日から移植まで積算し算出。

$y=60.1/(1+(x/21.8)^{-4.2}+0.9)$

x; 日最高最低平均気温（育苗ハウス内の地表から10cmの高さで測定）

y; 簡易有効気温

簡易有効積算気温430℃は育苗日数で29～37日（平均33日）に相当することから、これまで

の35～40日に比べ早限では６日、晩限で３日早まる（表Ⅷ－18）。具体的には、通常の移植期である５月20～25日からさかのぼって33日前の４月17～22日に播種を行う育苗計画をたてることが、健苗の育成に有効である。なお、「ななつぼし」以外の品種については2011年（平23）より農業試験場において試験を行なっている。

表Ⅷ－18　水稲「ななつぼし」における簡易有効積算気温と移植時の苗形質[1]との関係（中央農試 2010）

簡易有効積算気温	430℃
育苗日数[2]	29～37
草丈	12.8cm （基準値内）
葉数	葉数4.0 （基準値に達する）
地上部乾物重	4.5g/100本 （上限値に達する）

1)　北海道水稲機械移植栽培基準（成苗ポット）に示される苗形質。
2)　各簡易有効積算気温に対する平均値と90％信頼区間から算出。

⑸　床土の培養と置床の準備

機械移植苗の育苗は、制限された少量の培土で密播状態の苗を健苗に仕立てなければならない。苗の生育には床土の物理化学性、および置き床の環境が直接影響することになる。これらの条件が悪いと、出芽や苗立ちも含めて各種苗立枯病、湿害、乾燥害などが発生しやすく、育苗管理に苦労するばかりでなく、経費や労力の損失につながる。したがって、優良な床土の確保と置き床の排水改善などに、万全の注意をはらうことが重要である。

1)　優良な床土の確保

機械移植の育苗では、毎年多量の床土が本田に持ち出されるので、少なくとも２～３年分の育苗に必要な土量を確保し、良く培養しておく必要がある。水田土、畑土などは、そのままでは育苗床土としての理化学性を満足させるものはない。次のような方法で培養しておくと良い。

ア　手近な水田や転作畑の表土などを床土に利用する場合は、１ヶ所に積み上げて放任するのではなく、培養場所を定めて適当な厚さに広げ、えん麦など緑肥作物の栽培を励行する。

イ　床土を培養する。えん麦の緑肥栽培は年２回行える。鋤き込みは深く行い、２～３回ロータリーをかけよく混和させる。第２回の鋤き込み混和を９月中旬に行い、10月中旬までに乾燥程度を見計らって採集または集積し、次年度分の床土として準備しておく。

ウ　酸度（pH）の矯正を行う。育苗床土のpHは4.5程度が良く、5.0より高いとムレ苗や苗立枯病が出やすくなる。床土にする原土は必ずpHを調べ、緑肥作付け前の耕起時に酸度の矯正を実施しておく。第１回目の鋤き込み後に再度pHを確認し、必要があればさらに矯正を行う。硫黄粉末を使う場合は、表Ⅷ－19を参考に施用する。また、サンドセットを使う場合は、箱当たり200～250gの施用でpHが1.0低下する。

表Ⅷ－19　床土のpH矯正法

	硫黄粉	備　　考
泥炭土	800g	3.3㎡（１坪）、深さ10cm当
埴　土	260g	たりのpH1.0降下量
砂　土	180g	

2)　置床（苗代用地）の準備

機械移植用育苗の多くは、箱下や枠下への発根が多い育苗法である。したがって、置床は常時排水が良好でなければならない。排水不良に低温や不適当なpHが重なると、苗立枯病などの育苗障害を招きやすい。したがって、雨水侵入をふせぐためハウス周辺には明渠を、置き床には暗渠を施工して排水性を確保しなければならない。また、育苗用地は融雪促進を図り、早期に育苗ハウスを建設し、播種前に十分に置土を乾燥させることが大切である。

3)　育苗施肥

機械移植用苗が密植の状態で、しかも限られた床土で育苗されるからといって、多くの肥料を必要とするものではない。少ない床土に窒素を多用すると、徒長苗や根張り不良を招いたりする。また、育苗床土（置床）として長く経過した場合は、リン酸の集積や塩基のバランスがくずれている事例が多い。リン酸の適正基準値については播種時において20～40mg/100gが示されている。土壌診断を行い、この範囲および40mg/100gを超える場合にはリン酸施肥を行う必要はない（表Ⅷ－20、表Ⅷ－21、表Ⅷ－22）。

表Ⅷ－20　水稲育苗床土土壌診断基準値（施肥ガイド2010）

区分	診断項目	診断基準 基準値	診断基準 単位	留意事項	備考
物理性	容積重	60～100	g/100ml		105℃乾燥重
	固相率	25～35	vol. %		
	粗孔隙率	15～30	vol. %		pF1.8の気相率
	易有効水容量	10～20	ml/100ml		pF1.8～2.7の孔隙量
	10分間吸水量	30前後	ml/100ml	現場での簡易な吸水性の指標値	
	水分	20～30	含水率%		成苗ポット専用播種機利用の場合
化学性	ｐＨ（H_2O）	4.5～5.0		pHが高いとムレ苗発生の恐れが大きい	1：2.5水抽出（1：5水抽出も可）
	電気伝導率（EC）	前0.2以下 後1.5以下	mS/cm		1：5水抽出
	有効態リン酸（P_2O_5）	後20～40	mg/100g		トルオーグ法
	交換性カリ（K_2O）	前15以下 後15～50	mg/100g		
	交換性苦土（MgO）	前25前後 後100以下	mg/100g		
	リン酸･苦土比（P_2O_5／MgO）	4.5未満			重量比
	石灰・苦土比（CaO／MgO）	1.0～4.1		苗の異常褐変防止のため、基準値を守る	重量比（当量比：0.7～2.9）

注１．10分間吸水量と水分以外の物理性診断は、100ml容採土管を二個連結して濾紙を付け、床土（５mm篩別あるいは製品そのまま）を育苗箱と同程度の密度で充填し、毛管飽和させた後、管の接続部で切断して下部を一連の測定試験に供試する。脱水過程で実容積を測定後、最後に熱乾して乾重を測定する。

注２．化学性基準値の「前」は施肥前、「後」は施肥後の試料を対象とする。無表記は両者に共通の基準値である。

表Ⅷ－21　土壌診断に基づく施肥対応（水稲育苗床土）（施肥ガイド2010）

項目	分析値水準（施肥前）	施肥率（%）	留意事項
ｐＨ（%）	低い　～4.5 適正　4.5～5.0 高い　5.0～	－	床土の酸性矯正は、適正値に設定する。ただし、有効態リン酸が50mg以上で石灰・苦土比4.1以上かつpH4.0以下の高リン酸･低苦土･低pH土壌の場合は、苦土資材を混合して使用する。この場合、炭酸カルシウムと炭酸マグネシウムを１：１に混合した資材を施用するのが望ましい。苦土炭カルでも良い。
有効態リン酸（P_2O_5mg/100g）	～10 10～20 20～40 40～	150 100 0 0	100％の施肥量は中苗箱マットP_2O_5 1g/箱、成苗箱ポットP_2O_5 1g/箱、置き床は30g/㎡。　分析方法:トルオーグ法。
交換性カリ（K_2Omg/100g）	～15 15～35 35～50 50～	100 50 25 0	100％の施肥量は育苗箱当たりK_2O 1g、置床では20g/㎡。

注１．施肥前の土壌診断が困難な場合は、水稲機械移植基準を参照する。

注２．人工倍土のリン酸成分表示は、使用する時点での成分量を保証するものである。

表Ⅷ－22　育苗施肥基準

		基　　肥	追　　肥
稚苗	箱マット苗	箱当たり N、K_2O、P_2O_5 各１g	１～1.5葉期 N　1.0g/箱
中苗	箱マット苗	箱当たり N、K_2O、P_2O_5 各１g	①1～1.5葉期 ②2～2.5葉期 N　1.0g/箱
	紙筒苗	床土0.2～0.24㎥ 当たりN、P_2O_5各 130g、K_2O 80g	①1～1.5葉期 ②2～2.5葉期 N　1.0g/箱
	型枠苗	枠内無肥料 置床施肥[1)]	追肥無
成苗	箱マット苗	箱当たり N、K_2O、P_2O_5 各１g	①1～1.5葉期 ②2～2.5葉期 必要に応じ ③3～3.5葉期 各N　1.0g/箱
	箱ポット苗	① N、K_2O、P_2O_5 各0.6g/箱 ②置床施肥（注記）	
	型枠苗	枠内無肥料 置床施肥（注記）	追肥無
	成苗 ポット苗	① N、K_2O、P_2O_5 各0.5g/枠 ②置床施肥（注記）	追肥無

1)　置床施肥：N：25g、P_2O_5：30g、K_2O：20g/各㎡当たり

⑹　育苗の実際

機械移植は良い苗も悪い苗も無差別で植えていくので、移植後に欠株や生育の不揃いを生じないよう、斉一な苗を育てなければならない。

1)　育苗計画を立てる

播種～移植の一連の育苗作業計画は、地域の気象条件から見た移植開始可能日と、移植終了日をもとに、育苗様式別育苗日数や品種特性を考慮して決める。むやみに育苗日数を長くすると苗質を損ない、老化苗や本田での不時出穂を招くので注意する。

2)　純度の高い種子を用意する

使用する種子は原則として、純度が高く調製の良好な種子センター産種籾が望ましい。種籾を自家採種する場合は、突然変異･自然交雑･遺伝的な分離などにより、品種固有の純度は年々低下するので、出穂から穂かがみ時期にかけて毎年２～３回、異型や異品種を抜き取るとともに、種子伝染性病害の感染に注意し２～３年ごとに種子センター産で更新する必要がある。

3)　種子の予措（よそ）

種子予措とは、選種（比重選）、浸種吸水、種子消毒、催芽（芽出し）など一連の作業の総

称である。斉一に出芽させ、生育の揃った苗を育てるための重要な作業である。

ア　選　　種：

種子センター産の種籾は十分に調製されているので、原則として選種の必要はない。特に、消毒済みの種籾は薬剤が流亡するので選種を行ってはならない。自家採種の場合は選種が必要で、うるち種は比重1.08～1.10、もち種は比重1.06～1.07の比重選を行う（表Ⅷ－23）。

表Ⅷ－23　比重選選液の作り方

	標準比重計	ボーメ度比重計	水10リットル当たり（kg）	
			食塩	硫安
うるち	1.10	14	1.6	2.1
もち	1.07	10	1.0	1.4

イ　種子消毒：

種子センター産の消毒済み種子は消毒の必要はない。消毒済み種子以外は、北海道病害虫防除基準に基づき、ばか苗病、褐条病、苗立枯細菌病、いもち病などの対象病害について薬剤を選択し、消毒を行う。浸漬消毒を行う場合は、薬液と籾の量は１：１とし、消毒液温は10～12℃で行う（Ｘ　７－１「病害防除」参照）。

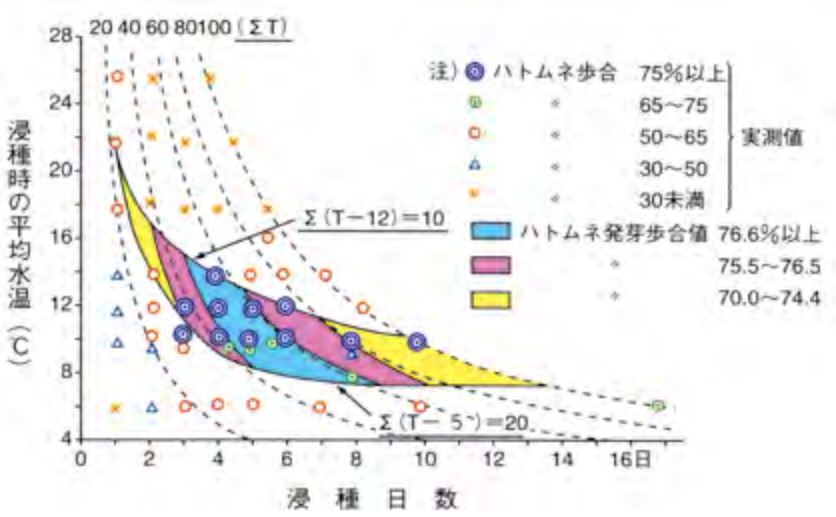
安全・安心を求める消費者ニーズに対応してYES！clean等の減農薬栽培や有機栽培を行う生産者、産地が増加している。このような状況の中で、薬剤によらない温湯消毒が各地で行われている。これは60℃のお湯に10分浸漬する、あるいは58℃に15分浸漬する種子消毒方法で、いもち病、ばか苗病、苗立枯細菌病に対して有効である。

種子伝染性の褐条病には温湯消毒のみでは効果がない。しかし、温湯消毒と催芽時の食酢処理を組み合わせることで、褐条病も抑えることができる。なお、食酢には酸度4.2％の穀物酢を50倍に希釈して使用する。

ウ　浸　　種：

貯蔵中わずかに呼吸をしていた種籾は、吸水によって体内の各種酵素が活動を始め、発芽への準備に入る。発芽に必要な吸水量は、籾風乾重の28％程度（吸水前の15％を加えると43％の含水率）で、浸漬温度が高いほど給水時間は短い。しかし、水温が15℃以上と高い場合は、吸水中に一部で発芽を始めたり、逆に水温が低い場合には吸水が不十分となり、不発芽籾が多くなって、催芽不揃いの原因となる。

斉一な「ハト胸催芽」をするためには、浸種期間の毎日の水温から5℃を差し引いた積算水温が20℃以上（最低水温の規制）で、かつ毎日の水温から12℃を差し引いた積算水温が10℃以下（最高水温の規制）の範囲でなければならない（図Ⅷ－７）。一般的には平均水温は11～12℃とし、浸種日数は５～６日である。ただし、登熟期間が高温に経過した年は、種子の休眠が深くなる品種があるので、高温年産種籾は浸種日数を２～３日延長して、７～８日は浸種する必要がある。



図Ⅷ－７　浸種温度と浸種日数（北農試 1980）

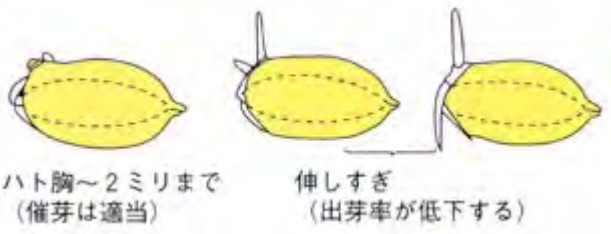
ΣＴ＝毎日の水温の積算（合計）

Σ（Ｔ－12)、(Ｔ－５）＝毎日の水温から12、５を引いた水温の積算

エ　催芽（芽出し）：

浸種の完了した種籾に一定の温度を与えると、発芽・発根が始まる。発芽・発根は呼吸作用によってエネルギーを作り出し、新しい器官を分化生長させることから、酸素要求量も多くなる。したがって、種籾に均一な温度と十分な酸素を供給して、催芽を揃えることが大切である。

催芽の程度は、ハト胸から２mm程度の長さが適当である（図Ⅷ－８）。芽を伸ばしすぎると、播種作業時に損傷して出芽歩合を低下させる。催芽における発芽・発根の最適温度は30～32℃で、催芽までの時間は20時間前後である。



図Ⅷ－８　発芽の程度（北農試 1975）

オ　催芽における留意点：

種籾全体の温度むらを防ぐことが大切である。その為には、催芽を始める前に、30～35℃程度の温湯に３時間程度漬けてから催芽器（育苗器）に入れる。また、芽出し袋に種籾を入れすぎると、中心部と周縁部に温度差が生じ催芽が揃わないので、できるだけ小分けして催芽を行う。催芽器の種類によっては積み重ねた芽出し袋の上部が乾きやすいものがあるので、濡れた麻袋などで覆うようにする。15時間を過ぎてからは、１時間ごとに催芽の程度をチェックする。また、品種や来歴の差により、催芽時間は少しずつ異なるものである。芽出し袋を一つずつ確認し、催芽が遅れる袋は加温を継続する。

カ　循環式催芽器と細菌性病害：

褐条病と苗立枯細菌病などの細菌病は、30～34℃が活動の適温である。したがって、温水を循環させて催芽させるハト胸催芽器などの使用は、発病を助長するので避ける。

4) 播　　種

播種作業は、それぞれの育苗様式の良さを最大に発揮できるよう、育苗日数や箱当たりの播種量を確認し、計画的に行う。播種に当たり次の点に注意する。

ア　催芽した種籾を均一に播種するため、脱水機等で籾表面の水分を除く。

イ　播種する前に、空の育苗箱を播種機に通し、メスシリンダーで正確に播種量を量り、機械を調整する。

ウ　ポット苗や型枠苗は、穴または列ごとの播種粒数が、均一に所定量入っているかを確認し調整する。

エ　品種や種子の来歴により籾の大きさが異なり、播種量は変化する。また、催芽の程度によっても変わる。したがって、品種や催芽の程度が変わるたびに播種機を調整する。

オ　床土・覆土量の調整も的確に行う。

5) 播種前後の潅水

床土の水分含量や人工培土の種類によって、箱当たりの潅水量が異なるので、十分に留意する。箱当たりの潅水量の目安は、床土全体に水が行きわたる量とし、水の過不足を避ける。床土の温度上昇をはかるため、温湯（40℃）を潅水するのも良い。

6) 置床設置から出芽

箱マット苗では、出芽器（育苗器）の使用が多かったが、褐条病や苗立枯細菌病など細菌病の発病を助長するので、避けることが望ましい。育苗ハウスに直接静置し、二重被覆で保温し出芽する置床出芽法が安全である。置床の地温上昇を図るため、融雪促進を行って早めにビニールをかけ、土壌を十分乾燥させる。

成苗ポット苗や型枠苗など、置床に灌水して設置する育苗方式では、播種前日の早朝に灌水し、古ビニール等で被覆をして、十分に地温を上昇させておく。置き床設置後は、必要に応じて灌水を行い、その後、遮光性のフイルムで被覆し、さらにその上に透明な有滴フイルムをかけて二重トンネルにする。ただし、二重トンネルは低温の日中と夜間のみとする。

出芽時の温度は籾の位置で測定し、25～32℃を保つように、ハウスのビニールや二重被覆フイルムを開閉し調節する。35℃以上にしてはならない。覆土の上に白い芽が70％出たら、二重被覆を取り除く。ただし、二重トンネルは1.5葉期まで夜間の気温が低下した日のみ使用し、夜間の最低温度を10℃以下にしないようにする。

7) 出芽揃いから1.5葉期までの管理

出芽揃いになったら、ハウス内の温度は20～25℃を目安にし、25℃を越える場合は換気を行う。夜間は10℃以下にしないように、寒い日は日没直前に二重トンネルをかけて温度の維持につとめる。発根を促進するため、床土の過湿を避ける。この時期は苗も小さく、水分の蒸散量も少ないので、毎日灌水する必要はない。床土の中まで乾き、灌水が必要になったら晴天日の早朝に、床土全体にいきわたるように潅水する。

8) 1.5葉期から３葉期の管理

稚苗では1.5葉期を過ぎたら、１週間後の移植に備え徐々に外気に慣らし、晩霜に注意しな

がら夜間もビニールを開放して丈夫な苗に仕上げる。

中苗と成苗は、1.5葉期から胚乳消尽期までの間、徒長を防止しながら葉令を進め、根の発育を促進し、充実した苗で胚乳消尽期を経過させ、独立栄養生長に移行させる期間である。1.5葉期からは、養水分の吸収が旺盛で光合成も盛んとなり、葉令が進み草丈や地上部重も急増する。一方、胚乳は生育とともに消失していき、2.5～3.0葉期にかけて胚乳消尽期となる。胚乳消尽期の苗は環境の変化に敏感で、気温の急激な変化や、各種の障害に対する抵抗力が低下する時期でもある。

温度管理は18～20℃を目安にする。晴天の日は早朝からビニールを開放して、徒長を防止する。また、ビニールの開放にともない、床土は乾きやすくなる。晴天の見込まれる早朝には、床土全体に水が行きわたるよう十分に灌水する。

9)　3葉期から移植までの管理

中苗は、3.1～3.5葉の間に、成苗は3.6葉以上（成苗ポット苗は4葉以上）で移植する。移植の5日前頃から18℃～外気温を目安に管理し、移植後の環境に耐えられるよう、苗質の充実硬化につとめる。ビニールは昼夜ともに開放し外気温に馴らすが、晩霜には十分注意する。

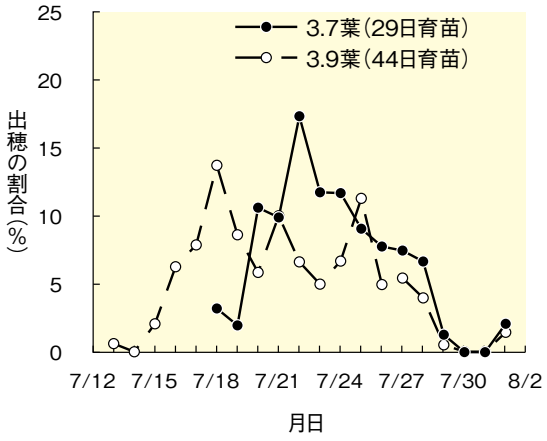
床土の水分不足は苗の老化を助長する。この期間は苗が大きくなり、葉からの蒸散量も増える。また、ビニールも大きく開放するので、床土は良く乾くようになる。したがって、床土全体に水がいきわたるよう十分に灌水する。移植直前の晴天日には1日2回の灌水を必要とする場合がある。

育苗日数は、中苗で30～35日、成苗が35～40日である。この日数がさらに延びると、老化苗となり初期生育が悪くなる。また、早生品種や感温性の高い品種では、不時出穂（早期異常出穂）をまねくことが多いので、安易な育苗日数の延長は避ける。

10)　不時出穂（早期異常出穂）

不時出穂を防止するには、2.5葉期以降に25℃以上に遭わせないこと、適期に移植することなどが大切である。早生品種に限らず道内で栽培されている主要品種は、いずれも感温性が高く、特に苗床での高温に敏感であるので注意する必要がある。とくに早生品種の「大地の星」の成苗ポット苗では、移植時の葉数が3.8葉を超えると不時出穂により穂揃い性が悪化することが知られている（図Ⅷ－9）。このため、「大地の星」では3.7葉以下で移植することとされている。

育苗型式では、成苗ポット苗に多い傾向があるが、これは成苗ポット苗の育苗枠が、マット苗の育苗箱に比べて表面が熱吸収しやすいことや、枠裏面に空間があり熱容量が小さいため、日差しが強いと床土内温度が5℃程高くなることが主な要因であるので注意する



図Ⅷ－9　「大地の星」における移植時の葉数と穂揃い性に関係
（中央・上川農試 2007）

（Ⅶ．２　外観品質を左右する要因と向上対策の図Ⅶ－１参照）。

⑺ 移　　植

稲の生育期間が短い北海道では、安全出穂期の晩限が早いので、少しでも早く移植して出穂までの期間を長くし、十分な生育量を確保する必要があるが、春の気温上昇が遅いので早植えにも限界がある。

低温活着性や植傷みは、移植時の胚乳残存程度、根の有無、苗の大きさ、苗の乾物重などが関与している。移植の早限は、苗の低温活着性と移植後の気温を考慮して決められており、安全出穂期間を考慮して移植の晩限が決められている。

1)　育苗型式別の移植時期

ア　乳苗と稚苗

乳苗と稚苗は、苗が小さく胚乳を残したまま移植されるので、低温活着性が良く早植えできる。しかし、出穂遅延のおそれがあるので移植を早めに終わらせる必要がある。

イ　中　　苗

紙筒苗は移植時に断根がないので早植えできる。マット苗や型枠苗は断根をともない、また胚乳消尽期を過ぎていることから、移植早限は稚苗や紙筒苗より遅くなる。移植晩限は５月末日である。

ウ　成　　苗

成苗ポット苗は完全に独立栄養に移行しており、移植時の断根がなく土付きのまま植えられるので活着に優れ、稚苗並に早く移植できる。また、移植時の葉数が大きく、生育遅れが少ないことから移植晩限も遅く設定されているが、早目に移植を終えることが望ましい。

苗が大きく移植時に断根をともなう型式は、ポット苗より移植早限が遅くなる。

2)　適正な栽植密度

北海道のような寒地では、移植から出穂までの期間が短い。このため、移植後の分げつ期間が低温になると、必要な生育量が確保できず減収したり、後出来の生育となり穂揃いが悪くなって品質が低下することが多い。これらに対応するために、栽植密度を高め安定生産に努めてきた。また、1996年（平８）に指導参考事項となった「少肥超密植栽培技術」に代表されるように、低蛋白米と白度の高い米づくりには、密植がキーポイントになっている。手植え時代には、労力の関係から栽植密度を高めるのが困難であったが、機械移植になり、苗の量さえ確保すれば、容易に密植ができるようになったが、栽植密度は依然として半数近くが基準を下回る実態にある。

育苗型式別に適正な栽植密度が設定されているが、初期生育の不安定な地帯および作期幅の短い地帯では、㎡当たり30株程度までの栽植密度を目標として、生育遅延の防止と収量性および品質の安定化を図る必要がある。

3)　適正な代かきと浅植えにつとめる

過度な代かきを行うと、水田土壌の透水性を著しく低下させるので、入水前に砕土を2回程行い、代かきは1～2回で終えるようにする。また、耕起・砕土は、土壌水分が高い条件で行う

と透水性を悪くするので、土壌水分30％（含水比50％）以下で行うことが望ましい。移植の深さは1.5～2.0cmが適当である。地温は浅いほど高いが、あまり浅すぎると転び苗や浮き苗が発生する。2.0cm以上の深植は地温が低く、また生長点が土に埋まるため、初期生育と分げつの発生が遅れる。

4)　田植え直後の水管理

移植を終えたら、すぐに入水し苗を落ち着かせる。水深は移植直後と、低温や風の強い日は４～６cmのやや深めとする。苗が落ち着いた２日目以降の晴天日は、１～３cm程度のヒタヒタ水から浅水とし、水温と地温の上昇をはかり活着を促す。

3　初期生育・栄養生長期間の管理

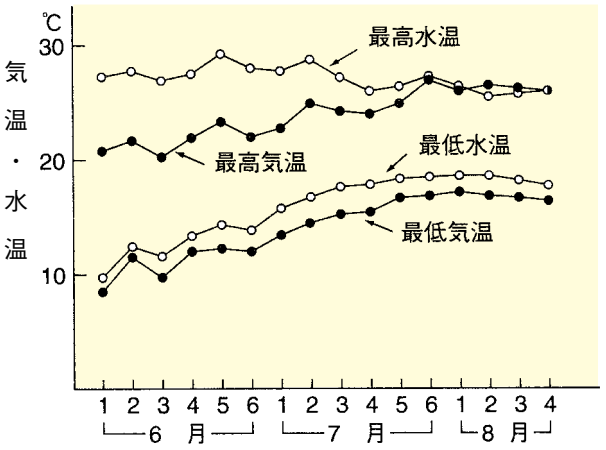
北海道では、春の気象条件が冷涼なことから移植は府県より１ヶ月近く遅く行われ、また、登熟温度確保のため出穂期は府県より早いことが求められる。このように本道の水田での生育は５月中旬から９月中下旬頃の短い期間に限られ、とくに、幼穂形成期までの栄養生長期間が短いという特徴がある。このため、苗質が悪かったり、移植後の低温で生育が停滞すると、出穂が遅れるばかりでなく、分げつ発生が遅れるため、穂数不足、登熟不良などを招き減収することが多い。また、当然食味にも大きな影響を及ぼす。

初期生育には、気温や偏東風などの気象条件ばかりでなく、苗の良否･移植時期･栽植密度･植え付け深さ・水田水管理・側条施肥などの施肥法・水田の透水性など多くの栽培管理技術が関与する。ここでは、水管理を中心に栄養生長期間（分げつ期）の管理を述べる。

⑴　北海道の分げつ発生の特徴

稲の分げつは、本葉４葉が伸びるのと同時進行で本葉１枚目の節（１節）から分げつが発生する。本葉５枚目の時に本葉２枚目の節（２節）から、６枚目の時には３枚目の節（３節）からというように、一定のリズムに従って生育（同伸性という）する。

しかし、移植のストレスから、中苗は１～２節、成苗は２～３節の分げつが発生しないことが多く、苗質が劣り活着に手間取ったり、移植後が低温であった場合は、さらに上位節の分げつが発生しないことも多い（14ページ、図Ⅱ－５参照）。したがって、苗半作と言われるように移植ストレスや低温に強い健苗を育て､移植後は水田水温を高め、すみやかに分げつが発生できるよう、きめ細かな水管理が重要となる。



図Ⅷ－10　稲作期間の半旬別気温と水温の推移
（上川農試 1978～1987）

⑵　灌漑水の役割

稲にとって湛水状態は、肥料の流亡を抑え、地力を維持し、水に溶けた養分を運び、雑草の発生を抑えるなどの役割があるが、特に寒地ではイネを保温し、厳しい気象環境から守る働きをしている。

図Ⅷ－10は、上川農試における湛水期間の水温と気温の比較である。４年の冷害を含む10年間の半旬平均であるが、水による保温効果が明らかであり、とくに、分げつ茎発生など初期生育に関与する６月から７月上旬の最高水温が、最高気温より６～８℃程度高いことがわかる。最低水温は最高気温ほどでないが、最低気温より明らかに高めである。

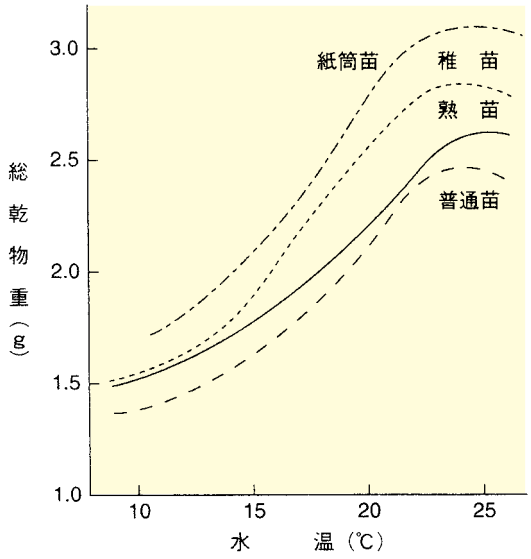
このように、水温は気温より常に高く経過し、とくに、６～７月の灌漑水の保温効果は想像以上のものがある。

⑶ 灌漑水の深さと水温

浅水では、水温は気温の影響を受けやすく、気温の高い日には容易に上昇する。反面、夜間の水温低下は大きく、水温の日較差も大きくなる。深水は、気温の影響が浅水より小さく、水温が上昇しにくいが冷えにくい特徴があり、保温効果は深水の方が大きいといえる。また、日照が多いほど水温の上昇は顕著であり、たとえ気温が低くても日照が十分あれば、出穂・幼穂形成期前の水稲生育に対する低温の影響は殆どない。日照のある日は極力浅水にし水温を上昇させ、低温や風の強い日は深水にして稲を保温・保護することが大切である。地温の温度変化は水温より遅れるが、だいたい同じように変化する。

⑷ 活着と水温

稲の活着は気温より水温に左右されるといわれている。図Ⅷ－11のように、移植後10日間の平均水温と乾物重の増加をみると、15℃以下で小さく、15～23℃の間は水温上昇にともなって総乾物重の増加割合は高まるが、25℃を越えると横ばいかやや低下傾向になっている。このことから活着の適水温は23～25℃と見られる。



図Ⅷ－11　移植後10日間の平均水温と総乾物重との関係（上川農試、昭和44年成績より作図）

⑸ 分げつ発生と水温

分げつ発生の限界水温は、生理的には13℃前後、実用的には15～18℃と見られる。また、適水温は16～30℃と範囲が広いが、上川農試の成績では、23℃程度で茎数が最も増加している。とくに、昼夜の温度較差が大きい場合（夜間15℃、昼30℃以上）に分げつが多くなることがわかっている。このことから、低温でない限り浅水で日最高水温を高め、水温の日較差のある管理をした方が良いといえる。

⑹ 草丈伸長・葉数増加・根の伸長と水温

草丈伸長の適水温は25～30℃とされ、17℃以下となると著しく伸長が抑制される。限界水温は11～12℃とみられている。

葉数増加の適水温も草丈の場合と同様で、限界水温は9～10℃とみなされている。分げつ同

様に日較差が大きい方が葉数増加に有利である。

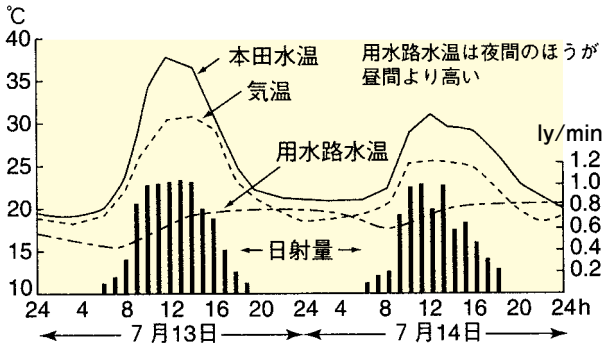
根数は30℃くらいが最も多いといわれるが､根長はこれよりやや低い温度の時が伸びやすく、地上部伸長の適温よりやや低いとみられる。

⑺ 分げつ期の水のかけ引き

寒冷地の分げつ期とされる６月の気温、水温は、分げつ発生の適温より低いことが多い。したがって、できるだけ水温上昇策を講じ、分げつ発生適温に近づける努力が必要である。

晴天で気温の高い日は浅水とし、気温の下がる夜間や低温の日、および風の強い日は深水とすることが水管理の基本である。しかし、現在はほとんどが大型水田となり、水のかけひきが簡単にできなくなっている。週間天気予報などに注意し、低温予報の場合には事前に深水に移行し、晴天予報なら浅水にするなどの対応が必要である。

灌漑時間は、図Ⅷ－12に示した大型水田における水田水温と気温、用水路水温の推移の調査からみて、夕方から灌漑を始め夜間に水を貯めるのが合理的である。なぜなら､一般に河川の中下流域の用水路水温は、昼間よりも夕方から夜間の方が高く、用水路水温と水田水温の差も夜間の方が小さく、灌漑による水田水温低下を小さくできるからである。このように、灌漑入水は夕方から夜間に行い、水温が上昇する日中は止め水にして、水を移動させないことが基本である。



図Ⅷ－12　栗沢町大型水田における用水路および本田水田と気温・日射量の日変化（北農試 1982年７月13～14日）

日射量単位　ly（ラングリー）/min＝10Kcal/㎡＝0.042MJ/㎡

⑻ 防風対策と水温上昇

気温や水温に対する風の影響は大きい。防風網の設置により、水温上昇効果が１～４℃、気温は0.5～１℃上昇するといわれ、その相乗効果は長期間累積されると非常に大きなものとなる。

⑼ 土壌透排水性改善

透排水性も分げつ期の生育促進に不可欠な改善項目である。酸素を多く含んだ温かい水が下方に移動することにより地温を上昇させ、土壌還元を軽減できる。暗渠の水こうを開放したとき、日減水深が1.5～２cmあるような水田が望ましい。

⑽ 土壌還元対策と中干し

透排水性不良田や稲わらが鋤き込まれた水田は、水温・地温が20℃を越えてくると、土壌中の酸素不足による還元（ワキ）が現れ、強い還元の場合は硫化物や有機酸などの有害物質が発生し、根の活動阻害や養分吸収阻害をおこして生育を停滞させる。還元が軽い場合は「灌漑水の入れ替え」、強還元の場合は「中干し」を実施する。

⑾　分げつを抑制する深水管理

初期生育の良い地帯では、「きらら397」は過剰分げつの発生が多く、一本一本の茎が細くなり、登熟歩合が低下する場合がある。これは、「きらら397」は出葉速度が早く、それにともなって分げつが過剰に発生するためである。このような場合には、分げつ期から徐々に深水灌漑することで、過剰分げつを抑制し登熟性を高めることができる。

その判断は、６月15日の茎数が300本／㎡、20日に400本／㎡、25日に575本／㎡、30日に750本／㎡を越えていた場合には、深水灌漑を開始したほうがよい。

ただし、初期生育が悪い場合には、深水は逆効果であり、生育状況を的確に把握して行うことが大切である。

４　幼穂発育期間（幼穂形成期～出穂期）の管理

幼穂の発育期間は、障害型冷害との関わりが深い期間である。同時に稲体の窒素濃度が、倒伏や食味に及ぼす影響も大きい時期である。また、幼穂の発育期間が日照不足に経過すると割籾の発生も多くなる。

不稔の多発する障害型冷害は、減収に加えて割籾の発生による品質低下や、玄米のタンパク質含有率を高めて食味を低下させる。

窒素濃度の高い稲は、不稔の発生を助長するとともに、倒伏やタンパク質含有率を高めて食味の低下を招く。

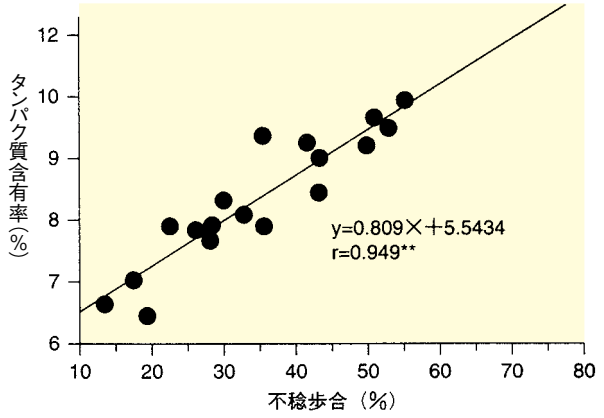
障害型冷害については、別項（Ⅸ－冷害の発生と対策）で詳しく紹介するので、ここでは一般的な管理について述べる。

⑴　障害型冷害と品質・食味

障害型冷害は、不稔の発生により減収するとともに、割籾の増加による品質の低下（着色粒などの発生）や、米粒のタンパク質含有率を高めて食味を低下させる。とくに、タンパク質含有率は、不稔の発生が多いほど高まる（図Ⅷ－13）。

表Ⅷ－24に遮光した場合の割籾率と粒重を示した。７月中旬頃日照不足になると、割籾率が高くなったり千粒重も軽くなる。これは、日照不足による光合成能力の低下により、籾殻の生長が不十分となるためである。その結果、鉤合部にすきま（割籾）が出来たり、粒重も籾殻の大きさに制約されて軽くなるものと推察される。とくに、障害型冷害は、7月の低温と日照不足で発生することから、障害型冷害年は、割籾の多発による品質の低下を伴うことが多い。

北海道では現在､酒米として「吟風」､「彗星」の作付けが行われているが、これらはその用途から精米のタンパク質含有率が6.8％未満であることが求められる。このため、低蛋白米生産にあたって「吟風」では不稔歩合を15％未満、「彗星」では18％未満に抑えることが重要となっている。



図Ⅷ－13　不稔歩合と精米タンパク質含有率の関係（上川農試 1987）

このため、幼穂形成期を確認したら10cm程度の深水とし、冷害危険期になったら18～20cmの深水とするのが基本の水管理である。

表Ⅷ－24　穂孕期の遮光と割籾・粒重の関係（上川農試 しおかり：1973）

移植期	割籾率（%）		出穂前30～6日平均日射量(cal)		完全米千粒重（g）	
	遮光処理	無処理	遮光処理	無処理	遮光処理	無処理
5月21日	43.9	14.4	159	380	18.7	20.0
6月6日	39.4	14.1	145	356	19.4	20.1

⑵　前歴深水の分げつや節間長に対する影響

1)　遅発分げつ発生の抑制

前歴深水は、幼穂形成期以降の分げつ発生を抑制し、有効茎歩合を高め、穂揃い性を向上させる効果も認められている。したがって、高温が連続しても10cm程度の深水は継続し、遅発分げつ発生を抑制する必要がある。

2)　節間長

倒伏と関係の強い第3節間長は、前歴深水によってむしろ短くなり、単位長さ当たりの乾物重は増加した、と上川農試から報告（1990年、平2）されている。したがって、前歴期間の深水管理によって耐倒伏性が低下することはない。

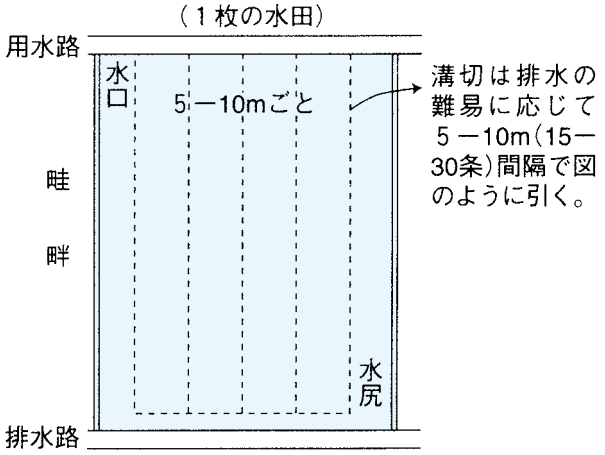
⑶　出穂前の落水と溝切り

1)　冷害危険期終了後の落水

幼穂形成期から冷害危険期までは、湛水状態のため、根の周囲は酸素不足である。したがって、冷害危険期が終了したら直ちに落水し、出穂直前まで中干しをして根圏に酸素を供給する。中干しは、地表面を固め稲の倒伏を防ぐ役割もする。

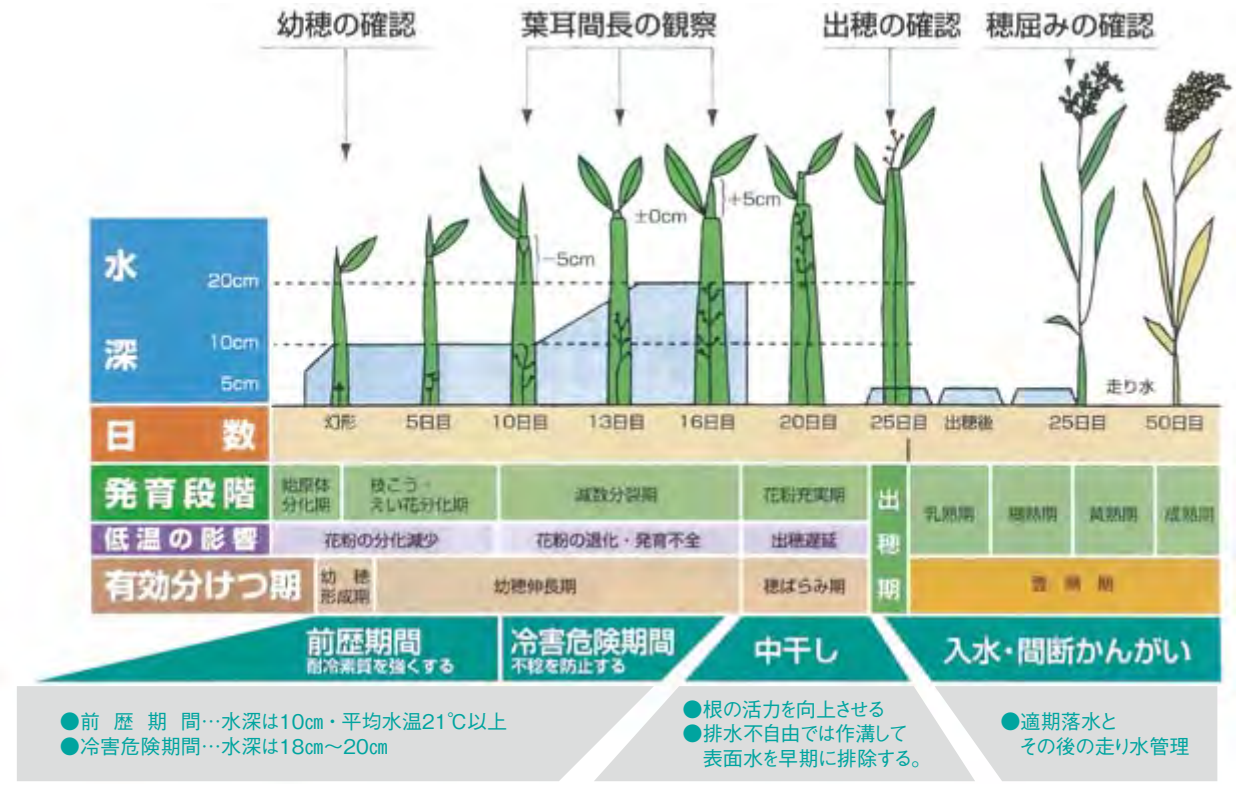
2)　溝切りの方法

排水不良田での溝切りは、中干しの効果を高めたり、出穂後の水管理を容易にするため、重要な作業である。溝切機は、動力式と人力式（コンクリート船型式など）の2種類で、最近は作業の負担を軽減するため、動力式溝切機が多く普及している。溝切りの方法は、中干しなどで落水した後、土が落ち着いたら排水のやや悪い水田では20～30条ごと、排水の悪い水田では15～20条ごとに作溝し、集水溝を切って表面水を排水路に導く（図Ⅷ－14）。



図Ⅷ－14　溝切の方法（産米改良資料 1987）

図Ⅷ－15には、この章の「4　幼穂発育期間（幼穂形成期～出穂期）の水管理」と「5　登熟期間（出穂～成熟期）の水管理」を併せて図解した。



図Ⅷ－15　幼穂形成期から成熟期までの水管理（上川農試 1986）

5　登熟期間（出穂～成熟期）の管理

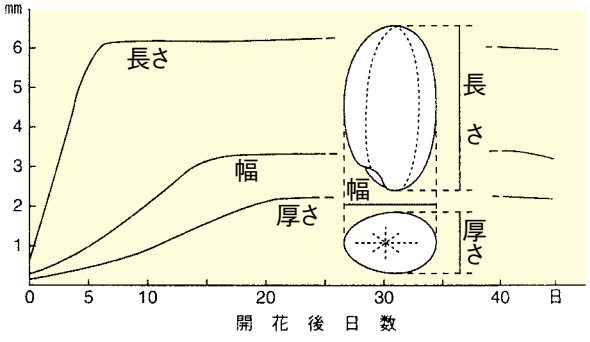
登熟期間は、出穂前の稲体の貯蔵澱粉（20%前後）や、出穂後の澱粉生産（上位３葉で合成される）により、玄米が生長する重要な期間である。このため、登熟の良否は澱粉の生産や移行に係わりの深い土壌含水比や気象条件が大きな影響を及ぼす。

そこで、玄米の生長と、登熟期間の高温による登熟阻害や干ばつの事例、登熟期間の実際の水管理について述べる。

(1)　玄米の生長

1)　玄米の外観的生長

開花受精した子房（玄米）は、出穂後急速に生長する。長さは５～７日、幅は10～11日、厚さは15～16日で最大となる。受精を完了した子房は、７日後頃までは縦方向に生長し、その後14日頃までは横方向に生長し、気象条件などによる変動はあるものの、外観的には15から16日で完成する（図



図Ⅷ－16　玄米の生長（星川）

Ⅷ－16)。

胴切粒は奇形粒の一種で、玄米が“く”の字にくびれることから「くびれ米」とも呼ばれる。玄米の縦伸長を籾殻が制限するために発生すると推察されている。「ななつぼし」では縦伸長期にあたる登熟初期において、平均気温19℃以下の低温により胴切粒（くびれ米）が多発することが知られている（表Ⅷ－25)。

表Ⅷ－25　水稲「ななつぼし」着生位置別の胴切粒発生率（中央農試 2007）

温度処理	胴切粒の発生比率（%）					
	1次枝梗			2次枝梗		
	正常	微	甚	正常	微	甚
極低温区（昼20℃夜14℃）						
主稈	97.7	2.3	0.0	96.4	2.5	1.1
1次分げつ	88.0	8.1	3.9	83.5	9.6	6.8
2次分げつ	89.1	5.4	5.4	77.0	9.8	13.1
低温区（昼22℃夜16℃）						
主稈	99.3	0.7	0.0	97.8	1.5	0.7
1次分げつ	98.3	1.6	0.1	96.0	3.0	1.0
2次分げつ	95.6	2.5	1.9	93.8	2.7	3.5

2)　玄米の内容的な充実

胚乳を構成する細胞の分裂は、受精後10日頃までにほぼ完了する。その後、細胞中に澱粉粒が顕著に増加し、澱粉粒間の小さな間隙にタンパク質が充填され胚乳は透明となる。澱粉やタンパク質の充填による透明部は、玄米の周辺から中心へ、背部から腹面と広がり、受精後ほぼ25～30日で全体が透明となる。このように、玄米の乾物重は受精後25日頃までに急速に増加する。

3)　登熟の条件

ア　登熟温度

登熟に好適な気温は、20～25℃の間にある。30℃の高温になると登熟は速まるが、粒重増加の停止も早い。15℃以下では登熟速度が遅くなる。適夜温は14～16℃で、高温では呼吸量の増加により澱粉の蓄積が少なくなる。

イ　日照と受光態勢

登熟は、日照時間で4時間、日射量で1日平均300cal以下では不良となる。また、上位3葉は直立しているほど葉身相互の遮蔽が少なく、光合成能力が高い。

(2)　高温登熟と品質

東北地方南部以南では、登熟期間の高温により乳白や腹白粒が発生して品質の低下する年も多く、高温だった2000年（平12）には、検査格付け理由（落等要因）の25%に達している。北海道では、登熟期間の高温で品質が低下する年は少ない。しかし、1970年（昭45）に上川農試から、1988年（昭63）には上川専技室から、1990年（平2）には中央専技室から、高温による品質低下が報告されている。

1) 試験成績

上川農試の報告によれば、表Ⅷ－26に示したように、開花５日後から40日間を高温処理した結果、半死米や腹白粒が著しく多くなったとしている。

2) 現地事例

1988年（昭63)、上川中央部の「ゆきひかり」は、乳白・腹白粒の発生により１等米出荷率が35％程度に止まった。このとき、同じ上川中央部でも、山沿いの町村の1等米出荷率は70％以上に達していた。

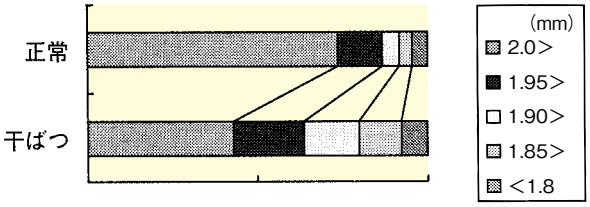
この要因を解明するために、８月中下旬の最高気温を調査した結果、旭川市内が最も高く、28.0℃以上に達しており、周辺山沿いに比べてかなり高くなっていた。このことから、品質低下の主な要因は、登熟期間前半の高温によるものと判断した。

以上のことから、登熟期間が高温に経過すると、籾の炭水化物受け入れ能力の低下や、夜間の旺盛な呼吸による炭水化物消費量の増加などにより、澱粉や蛋白質の充填が悪くなり、乳白・腹白粒などの発生が多くなると推察される。また、乳白・腹白粒の発生は、弱勢穎花や二次枝梗に多いことから、多窒素栽培を避けるなど、基本技術の励行により、過剰な籾数を着生させないことが重要である。

登熟期間の水管理で、このような障害を軽減するには、最高気温29℃、夜間気温23℃以上の高温が5日間以上続くと予報された場合には、灌漑水の掛け流しが有効と考えられる。

⑶ 1997年（平成９年）の干ばつと品質

1997年（平９）の登熟期間の降水量は、８月上中旬は多かったが、その後9月中旬までは平年よりもかなり少なく、８月下旬から９月上旬にかけて、水田土壌水分の不足する地域が多かった。そこで、９月上旬に亀裂のなかった水田（正常）と、亀裂の発生していた水田（干ばつ）を比較した結果、干ばつ水田の「きらら397」は、正常水田よりも粒厚2.1mm以上の玄米が少なく、2.1mm未満が多かった。干ばつ水田の「ほしのゆめ」も正常水田よりも粒厚2.0mm以上が少なく、2.0mm未満が多かった（図Ⅷ－17)。



図Ⅷ－17　粒厚分布調査
（中後志普及センター　ほしのゆめ 1997）

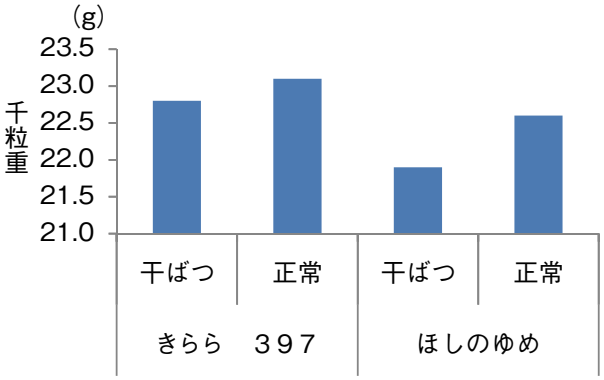
干ばつ水田の粒重低下は、「きらら397」よりも粒重の小さい「ほしのゆめ」で大きかった（図Ⅷ－18)。このような理由により、干ばつ水田では収量が低下し、屑米も多かった。グライ土で亀裂断根の著しかった中央農試稲作部や南空知の干ばつ田では、粒重や収量の低下とともに、腹白粒もやや多い傾向にあった（図Ⅷ－19)。また、精米タンパク質含有率は低くなったが、食味は悪かった。(115ページ、表Ⅶ－19)

気象要因と１等米出荷率との関係について検討した結果、気温や日照時間よりも、８月20日から９月15日（少雨期間）の降水量との関係が強い傾向にあった。また、干ばつ水田の落等要因は、形質・充実度不良や、登熟不良による整粒不足が多い傾向にあった（表Ⅷ－27)。

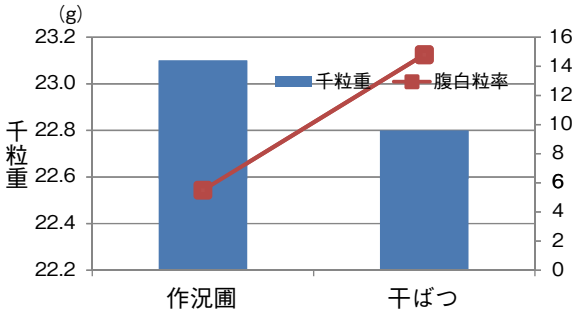
これらのことから、登熟期間中の土壌水分不足が登熟を遅延させ、粒厚・粒重を小さくし、収量を低下させたと考えられた。また、品質面では、玄米の充実（形質・充実度不足や整粒不

足、腹白粒など）や被害・着色粒の発生（玄米表皮活性低下）に影響を与えたと考えられた。

したがって、登熟期間の土壌水分が相対的に不足しなかった地域や、根の伸長の深い水田などでは、収量や品質の低下は小さかったと推察された。このことは、登熟期間の土壌水分維持と、水田の透水性改善（暗渠や心土破砕など）の重要性を示すものである。



図Ⅷ－18　干ばつと粒重
（中後志普及センター 1997）



図Ⅷ－19　干ばつと粒重
（空知南西部普及センター 1997）

表Ⅷ－26　登熟期の気温と玄米品質（上川農試 1970）

温度条件	整粒（%）	半死米（%）	奇形粒（%）
標準区	90.0	0.9	9.1
高温区	73.4	12.3	14.3

注）　高温区：昼29℃　　夜23℃
　　標準区：昼23℃　　夜17℃

表Ⅷ－27　干ばつと品質（空知中央普及センター 1997）

落水期	収量	屑米	検査等級	落等要因
8月20日	485	89	1等	
8月13日	476	90	2等	形質充実度

(4)　登熟向上のための水管理の実際

1)　出穂始めからの水管理

登熟期間は、土壌含水比が低下すると、登熟不良による収量や品質低下（青未熟・乳白・腹白粒の増加）を招きやすいので、出穂後の水管理は、水田内の土壌水分を良く観察しながら、週間予報を参考にしてきめ細かく行う必要がある。

① 開花受精後の米粒は、急速に生長する。したがって、出穂始めになったら直ちに入水し、米粒の生長を促進する。

② 出穂始後の水管理は、浅水としヒビが入る前に入水する、間断灌漑を行うのがよい。排水良好田は、少なくとも出穂後25日前後まで、前記の間断灌漑を励行する。

③ 出穂期後も田面が柔らかく乾きにくい排水不良田は、出穂期に落水して根の活力を維持させる。ただし、ヒビ割れが入る前に確実に走水を行う。

④ 登熟初中期に高温条件となり、日中の気温が29℃以上、夜温23℃以上が5日以上続くと

予想される場合は、灌漑水の掛け流しを行い、水田地温や稲周辺の気温を下げ、乳白・腹白粒などの発生を防ぐことが大切である。

2)　落水期と走水管理

稲は、穂揃性が均一ではなく、籾の着生位置によっても登熟進度が異なるので、成熟期直前まで土壌からの水分供給が必要である。一方､コンバインの走行には田面の堅さが求められる。玄米の正常な生長と、コンバインの良好な走行条件を両立させるため、出穂後25日程度を目安に落水が行われる。

しかし、落水後も玄米は各々生長しているので、土壌含水比が低下すると1997年（平９）のように品質・収量ともに低下する。「きらら397」､「ほしのゆめ」の適正な土壌水分はpF2.1～2.3程度（表面に小亀裂生成、わずかに足跡が付く）で、落水期と走水管理の目安は、以下のように行う。

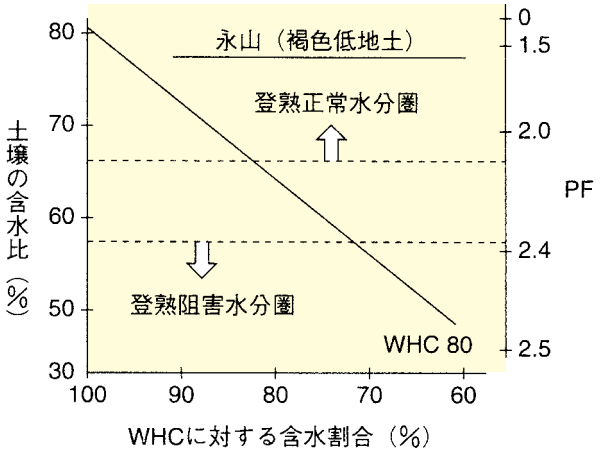
① 落水期は、褐色低地土など排水良好田では穂屈み期（出穂後25日目前後）を目安とする。

② グライ土など排水不良田の落水は、出穂期でよい。しかし、大きなヒビ割れが入る前に走水管理を行う。

③ 落水後の限界土壌含水比は、褐色低地土で66％、グライ土では58％前後である（図Ⅷ－20)。

④ 出穂や登熟が遅れた場合は、地域の用水路の断水時期を繰り延べる必要がある。

⑤ 褐色低地土など排水良好田は、用水路の断水前に５～10cm湛水して、落水後の土壌含水比を維持することも大切である。



図Ⅷ－20　土壌含水比と登熟

（上川農試 1976）

WHC：Water Holding Capacity の略
最大容水時の含水比に対する
試料含水比の割合

6　雑草防除

水田での草取り（雑草防除）は、除草剤が開発される以前は、機械除草や手取り除草で10aに約50時間を要していたが、今はわずか数時間である。除草剤の普及によって、除草作業の重労働からは解放されたが、使われた除草剤の中には、薬害や環境汚染の原因となったものもあり、新たな問題を生み出してきた。

最近は、環境に影響が少なく、安全性の高い除草剤の開発が進み、使用量も少なくてすむものが増え、新しい使い方やさまざまな剤型がある。

(1)　雑草の変遷

北海道の水田に発生する主な雑草は、除草剤の普及に伴って変化してきた。

手取りや中耕除草器で除草していた時代には、ノビエ、マツバイ、ミゾハコベなどの一年生

雑草やウリカワ、ヒルムシロなどの地下茎や塊茎で増える雑草が主であった。1960年代後半（昭40以降）から除草剤が使用され始め、エムオ－＋サターンSに代表される体系処理の普及で、それまで目立たなかったホタルイ、ヘラオモダカが主要雑草の仲間入りをした。

その後マーシェット＋マメットSMに代表される除草体系となり、各草種に対して高い除草効果が得られるようになったが、一部ではノビエ、ホタルイなどは依然として残っていた。

1980年代（昭50代後半）から、クサカリンに代表される、一回の散布で高い防除効果のある薬剤（一発剤）が普及し、ほとんどの雑草が防除出来るようになったが、数年後にはクサカリンでは全く効果のないエゾノサヤヌカグサが増加してきた。

次に、広葉雑草に高い効果のあるスルホニルウレア系の薬剤（SU剤）と、ヒエ剤等を混合した除草剤の開発と普及により、エゾノサヤヌカグサも防除出来るようになった。

この結果、エゾノサヤヌカグサ、ヘラオモダカ、ウリカワ、ヒルムシロなどは水田でその姿をみることができないくらいまで減少した。

その後1990年代に入り、1993年（平５）にミズアオイだけが多量に残った水田が見つかった。翌1994年（平６）にも同じ水田で多量に残ったため、種子を採って中央農業試験場で検定した結果、スルホニルウレア系除草剤の効果が著しく低下していることがわかり、スルホニルウレア系除草剤（以降SU剤）抵抗性の雑草として、日本で初めて確認された。

さらに1997年（平9）には、イヌホタルイの残草が目立つ水田が見つかり、全道の普及センターに連絡し、イヌホタルイだけが残存している水田から株や種子を取り寄せて、中央農業試験場で検定したところ、13カ所中８カ所のイヌホタルイがSU剤に抵抗性を持っていることが確認された。この他にもアゼナ、ヘラオモダカ、ミゾハコベ、オモダカについても、SU剤に対する抵抗性が確認されている。

2001年（平13）の農業試験会議（成績会議）で、SU剤に抵抗性イヌホタルイに対する除草効果について検討した結果、ブロモブチド、クロメプロップ、ピラゾレート、ピラゾキシフェン、ベンゾビシクロン、クミルロン、ブタクロールおよびダイムロンを含む除草剤が有効なことが明らかになった。SU剤抵抗性イヌホタルイの防除に当たっては以下の事項に注意して行うこととなった。

① SU剤抵抗性イヌホタルイの出芽・発生は、感受性のイヌホタルイより早いことが多いので、水田での発生を早くから観察し処理時期を逸しないよう注意する。

② SU剤抵抗性イヌホタルイ種子の生存率から判断して、当面、有効除草剤は継続して3年以上の使用が必要と考えられる。

⑵ 近年の雑草発生状況

2008年（平20）３月に、雑草防除に関する実態のアンケート調査が行われた。また、同年6月には農業改良普及センターによる雑草の発生実態調査も行われている。その結果、一年生雑草ではミズアオイ、ノビエ、アゼナが、多年生雑草ではオモダカ、ホタルイ、ヘラオモダカが防除できていない雑草の上位にあげられている（表Ⅷ－28）。また、除草剤を主体とした防除が行われており、除草剤のみで防除が行われているケースも80％と高いことが示された（表Ⅷ－29）。

除草剤については初中期一発処理剤の頻度が高く、剤型ではフロアブル剤が中心で（表Ⅷ－30）、使用時期は70％が移植後６～15日となっている（表Ⅷ－31）。除草剤の銘柄変更は３年程

度で行われている一方で、４年以上にわたって連用するケースも20％程度あり（図Ⅷ－21）、抵抗性雑草の出現を未然に防ぐ観点からは問題であることが指摘されている。

表Ⅷ－28　防除できていない雑草

（北海道 2008）

雑草名		回答率 2007年	回答率 1986年
一年生雑草	ミズアオイ	32.0	9.1
	ノビエ	25.0	44.5
	アゼナ	11.0	0.2
	タウコギ	4.0	0.2
	アメリカセンダングサ	4.0	-
	オオアブノメ	2.0	0.5
	コナギ	1.0	3.4
多年生雑草	オモダカ	42.5	13.0
	ホタルイ	32.0	69.7
	ヘラオモダカ	19.0	31.3
	エゾノサヤヌカグサ	13.5	29.8
	シズイ	8.0	0.5
	セリ	6.0	0.2
	マツバイ	5.0	0.5
	ウリカワ	2.0	16.6
	ヒルムシロ	2.0	3.8
	コウキヤガラ	2.0	0.7
藻類	アオミドロ	20.0	0.2
	表層剥離	23.5	
その他	スズメノテッポウ	1.0	-
	ハイコヌカグサ	0.5	-
	マコモ	0.5	-

表Ⅷ－29　主な除草方法

（北海道 2008）

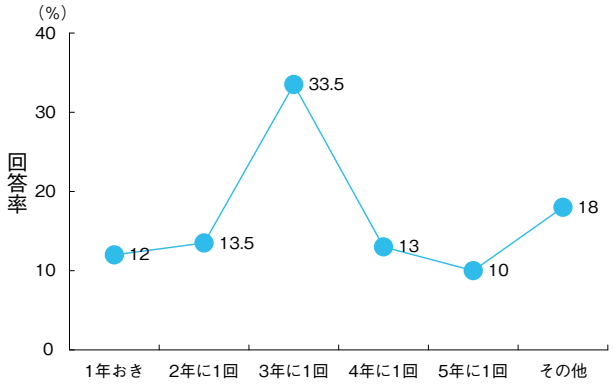
除草方法	回答率 (%)
除草剤のみ	80.5
除草機のみ	0.0
手取りのみ	0.0
除草剤と除草機	2.0
除草剤と手取り	16.5
除草機と手取り	0.0
除草剤、除草機、手取りの全て	1.0

表Ⅷ－30　使用除草剤の分類と剤型（回答数）（北海道 2008）

	初期剤	初期一発剤	初中期一発剤	中期剤	後期剤	計
粒剤	6	48	32	8	15	109
フロアブル剤	37	24	134	0	0	195
ジャンボ剤	6	2	9	0	0	17
乳剤	19	0	0	0	0	19
液剤	0	0	0	0	11	11
顆粒水和剤	0	0	6	0	0	6
計	68	74	181	8	26	357

表Ⅷ－31　除草剤使用時期の実際（北海道 2008）

	回答率（%）	
	2007年	1986年
代かき～移植直前まで	9.9	26.4
移植時	1.3	4.3
移植から移植後5日まで	7.3	
移植後6日から10日まで	44.2	19.7
移植後11日から15日まで	26.6	34.4
移植後16日から20日まで	6.9	7.0
移植後21日から30日まで	1.7	2.2
移植後31日以降	0.0	-
無回答	2.1	6.0



図Ⅷ－21　除草剤の変更頻度（北海道 2008）

※その他は６年に１回、年数ではなく雑草発生状況やコストを勘案して変更など。

(3)　除草剤の使用と環境

除草剤の有効成分は化学物質が１種類だけの除草剤もあるが、２～４種類、最大５種類の化学物質を組み合わせて、一年生のノビエなどのイネ科雑草と広葉雑草、多年生雑草を一回の使用で防除できるような除草剤に作られている。除草剤によって、重労働で最も過酷な農作業の一つとされている手取り除草（人手で行う除草作業）はほとんど必要としなくなった。しかし、農産物の安全性に対する要望はますます強くなっている。雑草防除のために広範囲に使用されている除草剤に対しても例外ではない。クリーンな農産物を生産するためにも、より環境への影響が少ない除草剤の使い方をすることが大切である。

ここでは、除草剤の環境へ配慮した使用方法について記載することとし、耕種的あるいは機械除草についてはⅩⅢ章に記載した。

1)　田植え前は除草剤を使用しない

田植え前の除草剤散布は、①まだ雑草の芽が動いていないこと、②移植時の落水で光や空気に触れることで除草剤が分解されやすいこと、③田植機の走行によって除草剤の処理層が破壊されることなどによって、除草効果が変動しやすいことや、移植時の落水によって除草剤成分が河川に流出するおそれがあることなどから、田植え前の除草剤散布は行わないよう、1999年

（平11）の北海道除草剤使用基準から田植え前処理を削除した。北海道農業のイメージを損なわないためにも、除草剤の田植え前処理は行わないようにすべきである。

2) 止め水を行う

水のあることが除草効果を高める上で大切な要件である。散布時には完全に止め水とし、散布後３～５日は入水や落水をしない。

3) 早めの散布

除草剤が最も高い効果を発揮する時期は、雑草の出芽直後である。ノビエの葉令が２葉以上になっても効く除草剤もあるが、他の雑草と同時防除のために早めに散布する。

4) 雑草の発生を確認

代かきから移植までの期間が長い場合、移植直後でも雑草の生育が進んでいる場合が多いので、発生時期や葉令に注意する。

5) 良い苗を育て、適期に移植し活着を早める

6) 除草剤のローテーション使用

同じ化学物質含む除草剤（同じ仲間を含む）を毎年連続して使用しない（異なった種類の除草剤を使い分ける）。

⑷ 除草剤の剤型

除草剤の剤型は単一ではなく様々なものがある。ここではそれらの主な特徴を整理した。

1) １kg粒剤

１kg粒剤は、1995年（平７）に試験成績に基づいて実用化され、北海道水稲除草剤使用基準にはじめて掲載された。

この剤は均一に散布されなくとも、水田に散布された剤がすみやかに水の中で拡散し、散布されていないところにも有効成分が行き渡るような、粒剤加工技術の開発があったことにより製品化できた。

１kg粒剤中の除草剤の有効成分は、３kg粒剤の３倍量相当のものが入っていて、10aに投下される成分量は、殆どが３kg粒剤とほぼ同じになっている。１kg粒剤は一つ一つの粒が３kg粒剤より大きくなっていて、粒剤散布機による散布でより遠くへ飛ぶようになっている。

2) 500g粒剤、250g粒剤

500g粒剤は、2000年（平12）北海道水稲除草剤使用基準から、250g粒剤は2001年（平13）基準から掲載されはじめた。粒剤の拡散性などをさらに改良して、少量散布を可能にしたものである。

3)　フロアブル剤

この剤は、1992年（平４）北海道水稲除草剤使用基準にはじめて掲載された。除草剤の有効成分に水和性を持たせ、水などの溶媒を加えて沈殿を生じないように製品化したもので、多くの剤が10a当たり500mlを散布する製品となっている。一部成分の関係で１ﾘｯﾄﾙ散布する必要のある製品しかできない剤もある。

フロアブル剤は、容器から直接水田に散布することができ、機械や道具を必要としない手軽さと、剤の種類が豊富になったことで普及が進み、道内水田の40％以上で使用されている。

4)　ジャンボ剤

1996年（平８）北海道水稲除草剤使用基準にはじめて掲載された。水中で拡散しやすくした成分を含んだ粒剤を、手で投げやすい大きさの袋に入れたものや、固形にしたものがある。一つ一つは30～60gで、通常10a当たり10個を投げ入れる。

5)　顆粒水和剤

この剤は、1997年（平９）北海道水稲除草剤使用基準にはじめて掲載された。有効成分を水に懸濁しやすい水和剤とし、水に拡散しやすい顆粒状にしたもので、製品は10a当たり40～60gのスティック状の包装になっている。使用するときは、250ml ～500mlの容器に水田水やかんがい用水を汲み上げて、その中に懸濁させて手で容器を振って散布する。

これらの新しいタイプの除草剤は、いずれも水に懸濁しやすく拡散しやすいことで、安定した除草効果を上げるようになっている。このため、次の点に留意して処理を行う。

①　表土剥離やアオミドロなどが多く発生している場合は、拡散が妨げられ除草剤の濃度ムラを生じて、薬害が発生したり効果が不十分になることがある。

②　田面に凸凹があって水深が浅かったり田面が露出する場合にも、同様なことが起こる。

③　漏水や水尻からの水の流出があったり掛け流ししている場合は、成分が薄くなって十分な除草効果が得られない。

使い勝手は良くなってはいるが、水管理を誤ると除草効果不足ばかりでなく、薬剤が河川に流出し、大きな環境問題を引き起こしかねないので、水管理には万全をつくすことが大切である。

（道総研上川農業試験場研究部地域技術グループ　研究主幹　古原　洋）

7　病害防除

はじめに

近年、水稲では育苗時の病害として褐条病、ばか苗病などが、本田での病害としていもち病が重要となってきている。さらに、苗立枯細菌病、もみ枯細菌病、葉しょう褐変病、紋枯病などが、ときに多発して局地的な被害を与えることがある。

これらの病害の防除に当たって最も大切なことは、薬剤防除のみを防除の重点とすることなく、まず丈夫な作物を栽培することである。

現在の栽培指導の中で、土作りを基本として、側条施肥などによる地力窒素の制御による減肥、ケイ酸質資材の施用などによる肥培管理、透排水性不良田における稲わらの搬出など、良質米生産のための技術は、そのまま病害に罹りにくい稲体を育てることに通じる。

これらを基本として、病原菌生息環境の清浄化（除去）、圃場清掃、健全種子の使用、耐病性品種の栽培など、総合的な対策を講ずることが望ましい。

特に耕種的防除であるが、病原菌を水田やその周辺に「残さない、持ち込まない、増やさない」ことが重要である。

しかし、病害の種類によっては、これら耕種的対策だけでは効果が十分でない場合が少なくない。そこで、補助的な手段として農薬の併用が必要となる。

農薬による防除に際して、いくつかの今日的課題に触れたい。その一つは、圃場観察（発生モニタリング）による発生動向の把握と、発生予察情報・発生予察システムの利活用である。それに基づいて適期防除を行うことにより、最小限の農薬で最も効果的な防除が可能となる。その実例として、後述するいもち病の発生対応型防除や初発予測システムBLASTAMの活用がある。

次に要防除水準の考え方とその利用の重要性である。病害の撲滅という従来までの考え方はコスト的に、あるいは環境への配慮から無理なことが明らかとなってきた。今後は、ある種の病害との共存は不可避であり、経済的な被害レベルと、防除効果を評価した被害許容水準の設定が必要である。

もう一つは、総合防除の考え方である。難防除病害虫は、一つの手段では実用的な防除を達成することが困難である場合が多い。病原菌の生態に合わせた耕種的対策、生物的防除、薬剤防除等を総合的に組み合わせた対応に心がけたい。

⑴ 苗立枯病

病原（かび）	*Fusarium roseum* f. sp.*cerealis*	*Fusarium solani*
	Rhizopus spp.	*Trichoderma* spp.
	Rhizoctonia solani	*Pythium graminicola*

1） 発生状況

箱育苗で発生する。被害の程度は環境や菌種によって左右されるが、近年ではピシウム菌によるもの（通称「ムレ苗」）が多い。その他に床土pHが極端に低いと、トリコデルマ菌によるものが発生することがある。成苗ポットおよび人工床土の普及によって発生は減少傾向にあるが、育苗管理を誤ると多発して苗不足になることから、十分な注意が必要である。

2） 病　　徴

多数の病原菌が知られており、病徴もその種類によって異なる。

ア　ピシウム菌:育苗後半に発生することが多い。根は褐変して、葉はこより状に巻き上がり、「ムレ苗」と称する立枯症状を示す。籾の周囲にカビは見えない（写真Ⅷ－１）。

イ　フザリウム菌：地上部は立ち枯れ症状を示し、根は褐変して伸長が悪い。やがて萎凋し、黄化、枯死する。籾に白色～淡紅色のカビが見られることがある（写真Ⅷ－２）。

ウ　リゾープス菌：全面が白いカビで覆われる。籾の周囲に白い菌糸の層を形成する。根数は

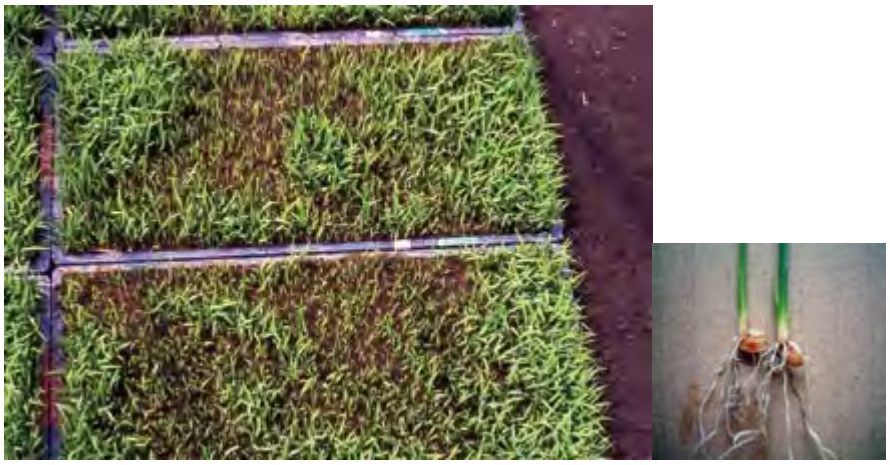
少なくなり、根の先端が肥大して伸長が止まる。生育は極端に不良となり、被害が激しい場合は萎凋、枯死する（写真Ⅷ－３）。

エ　トリコデルマ菌：葉の黄化が特徴であり、生育は不良となる。枯死する場合もある。床土の表面や籾の周囲に、最初白色でやがて青緑色に変わるカビを密生する（写真Ⅷ－４）。

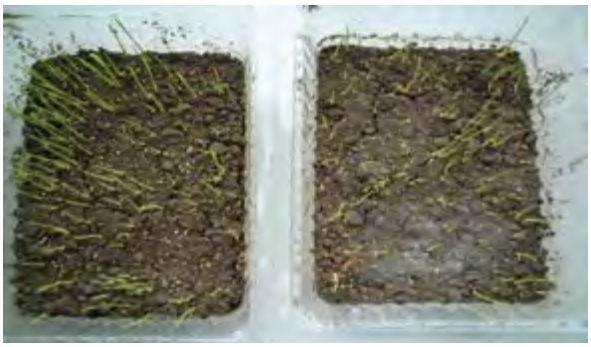
オ　リゾクトニア菌：移植直前に発生する。下葉や葉鞘が灰緑色となって、べとべとに腐る。クモの巣状の菌糸が絡みつくことが多い。

いずれの菌も土壌中に生息し、土壌伝染が主体である。ただし、リゾープス菌、トリコデルマ菌は空気伝染もあり、汚染された育苗箱も伝染源となる。

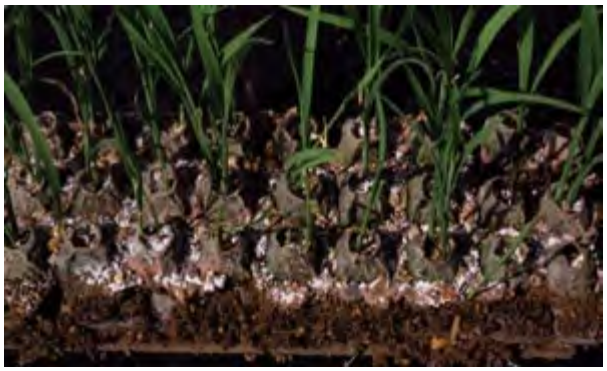
写真Ⅷ－１　ピシウム菌によるムレ苗症状



写真Ⅷ－２ フザリウム菌による立ち枯れ症状と赤いカビ



写真Ⅷ－３　リゾープス菌による白カビの発生（左は正常）



写真Ⅷ－４ トリコデルマ菌の発生状況

3) 発生環境

発生環境は病原菌の種類で異なるが、一般には育苗期間中の低温や、日照不足、床土の過湿などによる生育不良時に発生しやすい。不適切な温度管理、潅水過多などの栽培的な原因が多く、適切な育苗管理を行えば発生しない病害である。

特にフザリウム菌はpH5.5以上の床土の使用や、緑化期の低温（10℃以下）など、リゾープス菌は厚播や傷籾の過多、高温出芽（32℃）などが多発要因として知られている。

さらに、トリコデルマ菌ではpH4.0以下の床土の使用や、ペーパーポット栽培など、ピシウム菌では緑化期以降の低温（10℃以下）や、潅水過多が発生を著しく助長する。

4) 防 除 法

健苗育成の技術はすべて防除に繋がる。耕種的な防除が第一で、薬剤防除は補助的手段とする。

① 育苗中の温度管理に注意し、極端な低温（10℃以下）や高温（32℃以上）にしない。
② 潅水は過不足なく行い、特に過潅水を避ける。
③ 床土は砂壌土～埴壌土を使用し、粘土質を避ける。pHは4.0～5.0に調整する。
④ 種子は傷籾が少なく、玄米の混入していないものを用い、厚播を避ける。
⑤ 育苗箱などの資材は良く水洗する。
⑥ 土壌混和や土壌灌注などの薬剤防除を行う。

(2) 褐 条 病

病原　*Pseudomonas avenae*　（細菌）

1) 発生状況

1985年（昭60）以降、循環式催芽期の普及にともなって全道的に発生が急増した。重症の発病苗は枯死するため、成苗ポットなどの播種量の少ない育苗様式では、移植時の欠株の原因となる。

2) 病　　徴

育苗期の苗に発生する。発病苗は育苗箱内に籾単位で均一に散在し、坪状に発生することはない。その名の通り、苗の葉鞘や葉身に褐色、水浸状の条斑を生ずるのが特徴である。

発病苗の生育は劣り、２葉期までに発病した苗は枯死することが多い。枯死しないまでも苗の生育は不揃いとなるため、苗質を低下させる。発病苗の中には、葉鞘の基部あるいは苗全体がわん曲して、いわゆる「腰まがり」症状を起こすものもある（写真Ⅷ－５）。

写真Ⅷ－５ 褐条病の症状と腰曲がり症状（右）

3) 発生環境

本病の病原細菌は種子伝染する。枯死に至らなかった発病苗は本田に移植され、病原菌が潜伏したまま生育を続ける。その後、出穂とともに籾に侵入して保菌種子となる。

本病は循環式催芽器の使用で多発する。その理由は、保菌籾がわずかでも混入していると、病原菌は温水中で旺盛に増殖して、健全籾に伝染することによる。温水を循環させない静置催芽や、出芽器を利用した蒸気催芽では著しく発生が減少する。

箱育苗での本病の発生は出芽温度とも関係があり、32℃で多発し、これより低い温度では発生は少ない。そのため、出芽時に出芽器を使用することで発生が助長される。出芽以降の高温多湿によっても発病が助長されるが、発病苗から健全苗への二次感染によって蔓延拡大することはない。

4) 防 除 法

① 循環式催芽器を使用する場合は必ず食酢を併用する（ⅩⅢ．４参照)。
② 種子消毒を励行する。温湯消毒の効果は不安定なので注意する（ⅩⅢ．４参照)。
③ 出芽に際しては出芽器を使用しない。
④ 高温多湿にならないように適切な育苗管理を行う。
⑤ 発病苗は移植しない。

(3) 苗立枯細菌病

病原 *Pseudomonas plantarii* （細菌）

1) 発生状況

1990年（平２）に空知地方を中心に多発し、その後も道央部を中心に発生が拡大した。近年は循環式催芽器の不使用や、効果的な種子消毒法の定着により少発生に経過しているが、一度発生すると苗が全面枯死することも珍しくなく、その被害は甚大であることから、今後とも発生には注意を要する。

2) 病　　徴

播種１～２週間後の５月上旬になって発生に気づくことが多い。最初、苗の本葉第２葉、時には第１葉の葉身基部が白化または黄白色化するのが特徴である。

その後の発病進展は急激で、発病苗はしおれ、全体が針状になって乾燥枯死する。しかし、発病期に葉鞘基部が腐敗することはなく、これがもみ枯細菌病との違いである。根の生育は極端に劣る。最初、育苗箱内では坪状に発生し、その後は潅水とともに箱全体に及ぶ（写真Ⅷ－６）。

写真Ⅷ－６ 苗立枯細菌病の葉の白化と針状症状（右）

3) 発生環境

病原細菌は種子伝染を主体とし、浸種、催芽、出芽などの過程で健全種子に伝染するほか、潅水により健全苗に二次感染する。そのため、中苗マットでの蔓延は激しく、成苗ポットではその構造上、比較的軽微な被害となる。

発病最適気温は30～34℃であり、高温多湿で多発することから、育苗管理方法の違いが発病被害に著しい影響を与える。すなわち、多潅水や被覆期間の延長は発病を促進し、逆に低温や土壌の乾燥は抑制的となる。

4) 防 除 法

① 効果的な薬剤を選択して、種子消毒を励行する。
② 低水温での浸種は十分に時間をかけて行い、その後の催芽、出芽時間の短縮を図る。
③ 出芽の過程で出芽器を使用しない。
④ 出芽後のハウス内温度を25℃以下に保つ。その後も苗の生育段階に合わせた適切な温度管理を徹底し、さらに移植前の高温は避ける。
⑤ 潅水は晴天時の早朝に行うことが望ましい。その際、潅水量は必要最小限にとどめ、潅水後の被覆は避ける。
⑥ 発病苗は活着が著しく劣るため、移植しない。

(4) もみ枯細菌病（苗腐敗症）

病原　*Pseudomonas glumae*　（細菌）

1) 発生状況

この病害は、もみ枯症状を起こす穂枯れ性病害として九州で発見されたが、東北地方、北海道を含む北日本では本来のもみ枯症状は見られず、育苗時の苗腐敗症が問題となる。

1991年（平３）に本道で初めて発生が確認された。前後して確認された立枯細菌病と同様に、近年は効果的な種子消毒剤の適用によって少発生に推移しているが、一度発生すると大部分の苗が枯死するため、被害が大きいのが特徴である。

2) 病　　徴

発病の初期には苗の葉鞘が地際部より褐変し、のちに苗全体が黄褐色～褐色となって腐敗枯死する。本葉第２、第３葉基部に白化を伴う場合もある。

発生は腐敗苗を中心に坪状に起こり、育苗箱内の苗が坪枯れすることが多いが、激しいときには全体が腐敗枯死する。症状が軽い場合には枯死せずに生き残る苗もあるが、その後の生育が不揃いとなり、移植後も生育が不均一となる。

本病と苗立枯細菌病の識別は困難とされるが、苗立枯細菌病は、発病初期の苗では葉鞘部分が腐敗することはなく、末期には苗が赤茶けて枯死するのが特徴である。

3) 発生環境

本病菌の生育適温は30～35℃であり、発病環境は苗立枯細菌病と極めて類似する。なお、育苗箱内の播種密度が高いほど、窒素肥料が多いほど発病が多くなるので注意する。

4) 防除法

基本的には苗立枯細菌病に準じた防除法が有効である。ただし、発病苗から出穂後の籾に感染するので、種籾は育苗期に発病が見られなかった水田から採種する。その他の防除法については、苗立枯細菌病の項を参照。

(5) ばか苗病

病原　*Gibberella fujikuroi*　（かび）

1) 発生状況

種子伝染性の重要病害で、種子対策を怠ると突発するので、絶えず十分な注意が必要である。特に本病は種子の指定病害となっているので、採種圃で発生すると種子として使用できなくなる。

2) 病　　徴

症状は育苗期と本田の二つに大別される。育苗期では本葉２～３葉期の苗の黄化、徒長が典型的な症状である。発病苗は全身が顕著に徒長して軟弱となり、移植間もない時期に枯死する（写真Ⅷ－７）。

写真Ⅷ－７　本田のばか苗症状

育苗期に発病せず、潜伏感染していた苗は移植後に本田で発病する。移植後に徒長症状を示し、出穂前に枯死する場合が多い。枯死株は健全株に紛れて目立たなくなるが、茎、葉鞘、節などに白色～淡紅色の粉状のカビを一面に生じる。これが病原菌の胞子であり、開花期の籾に感染して次年度の伝染源となる。

3) 発生環境

保菌種子が唯一の第一次伝染源である。一般に高温多湿な箱育苗は病原菌の繁殖に好適であり、特に人工床土は蔓延しやすい。出穂期の高温は病原菌の活動そのものを、風雨は胞子の分散を促進して、いずれも籾への感染を助長する。

4) 防 除 法

① 種籾は無発病田から採種する。発病株は健全株に紛れて見過ごしやすいので注意する。
② 塩水選、種子消毒を励行する。
③ 稲わら、籾殻を苗床に使用しない。
④ 病株は早めに抜き取り処分する。

(6) 縞葉枯病

病原 *Rice stripe virus* （ウイルス）

1) 発生状況

ヒメトビウンカが媒介するウイルス病であり、1985年（昭60）のヒメトビウンカ異常発生を契機に、主要な稲作地帯で発生が見られるようになった。道内では留萌管内で初確認された病害であるが、近年は上川および渡島管内での発生が多く、防除対象病害となっている。被害許容水準は発病株率で10%、発病茎率で５％と推定されている。

2) 病 徴

通称「ゆうれい病」と呼ばれ、移植直後の若い稲が罹病すると、心葉がこより状に巻いて垂れ下がり、やがて枯死する全身病徴を示す。発病時期が早いほど被害が大きい。６月中～下旬の発病株は枯死するものが多く、枯死を免れた発病茎は無効茎や不完全穂となる。

生育が進んだものでは上位葉や穂だけに症状を示す。一般に発病時期が遅れるほど発病程度が軽くなるが、発病茎では正常出穂は少ない。

病徴は感染時期によってやや異なるが、基本的には葉身の基部に黄～黄白色の縞状のかすり模様が見られる。

3) 発生環境

本病は種子伝染せずヒメトビウンカによって媒介される。ウイルスに対する稲体の感受性は若いほど高く、止葉期以降に接種しても発病しない。感染した稲は10～20日間の潜伏期間を経過した後に発病する。その潜伏期間は高温や若い生育段階のときほど短くなり、症状も激しくなる。

4) 防 除 法

本病の防除法については「ヒメトビウンカ」の項を参照のこと。

(7) いもち病

病原　*Pyricularia grisea*　（かび）

1) 発生状況

水稲の最重要病害の一つであり、温暖化傾向にともなって、本道も発生に好適な地域となることも予想されるので、今後は注意が必要である。本病が多発すると減収被害が大きく、特に出穂前のずりこみ症状や、白穂を生じた場合には著しい被害となる。

近年は抵抗性遺伝子*Pi－i*を侵すレース（033、037など）の広範な出現により、現行の基幹品種は軒並み抵抗性が「中～やや弱」に位置づけられ、特に高温年には防除を徹底する必要を生じている。発病部位によって、苗いもち、葉いもち、穂いもち、節いもちなどと呼ばれているが、いずれも同一の病原菌によるものである。本道では従来、苗いもちの発生は稀であり、本田での防除が主体であったが、近年は移植直後の発生を見ることも少なくなく、発生様相に変化が見られる、(309ページ、資料４参照)。

2) 病　　徴

いもち病は、病徴（病斑型）と稲の抵抗力に密接な関係があり、薬剤防除の要否や緊急性など、防除対策の上で大切な指標となる。

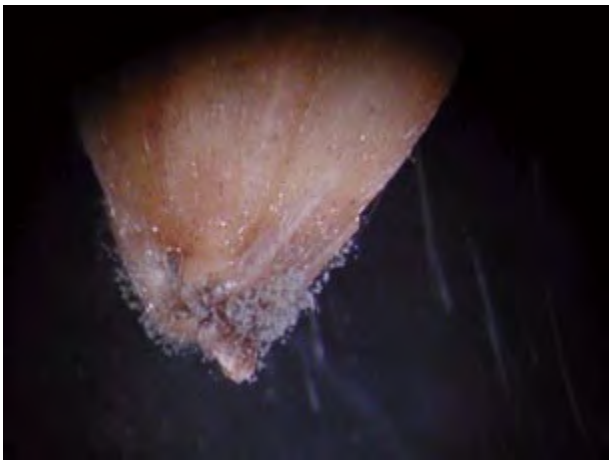
「葉いもち」（苗いもちを含む）は、一般的に７月上～中旬ころから発生する。病斑ははじめ暗緑色の小さな斑点が生じ、次第に大きくなって内部は灰白色、周囲は赤褐色、外周が黄色の病斑となる。これが典型的な病斑で「慢性型病斑」と呼ばれ、その上に形成された胞子が葉いもち、穂いもちの伝染源となる。稲の抵抗力が強いときには微少な褐点にとどまり、「褐点型病斑」と呼ばれる。これは胞子を形成することはない。しかし、稲体が著しく罹病性のときには「急性型病斑」となる。これは、水浸状、円形～楕円形、灰白色～暗緑色の病斑で、胞子形成量が夥しく、伝染源として最も恐ろしいものである。

「穂いもち」は穂首いもち、枝梗いもち、籾いもちなど穂が侵された症状の総称であり、穂首または枝梗に褐色～黒色の病斑を生じて、結果的に白穂や稔実不良となる。出穂間もない時期に侵されるほど被害が大きくなる。「節いもち」は節全体が黒変して、折れやすくなる症状を示す。

3) 発生環境

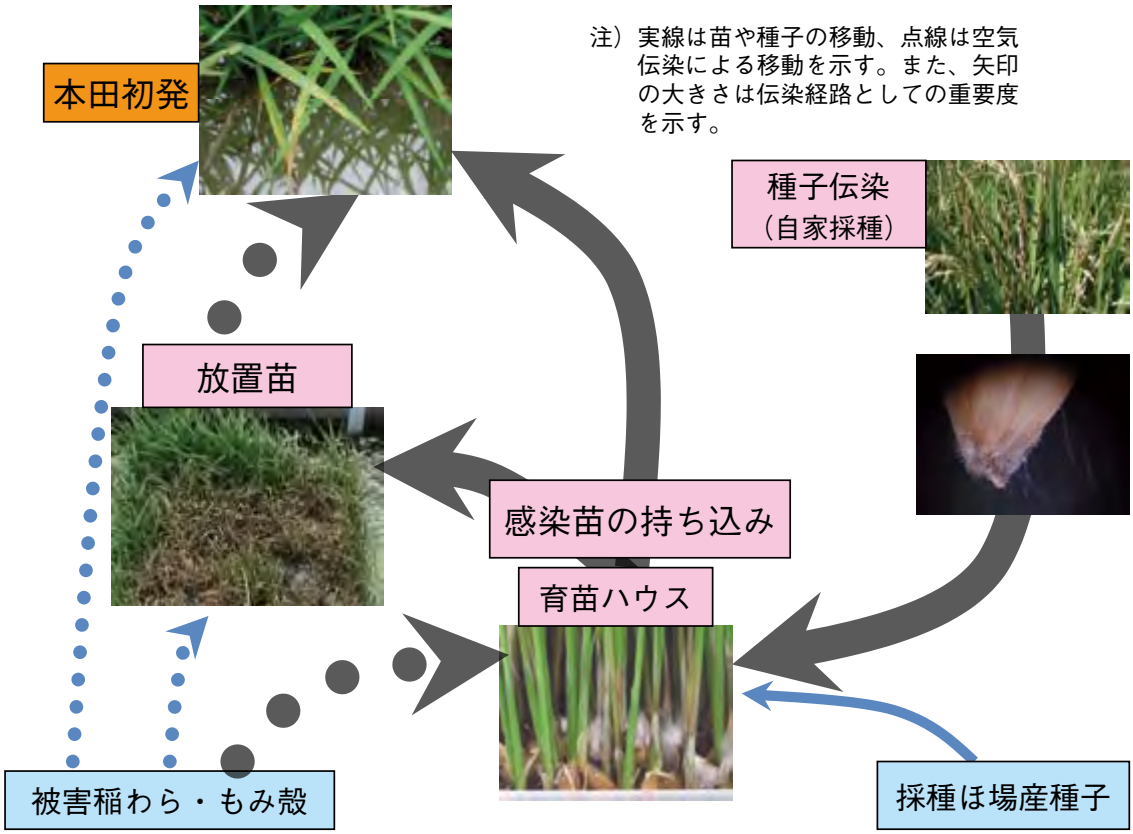
第一次伝染源は保菌種子（写真Ⅷ－８、写真Ⅷ－９）または育苗ハウス内外の保菌籾殻・わらである。保菌率の高い種子を使用したり、ハウス内外に前年度の罹病籾がらを散乱させた場合、育苗期間中の発病は本道では一般的に見られないが、保菌苗率が高まり、その後の移植後の発病が著しく早まる（図Ⅷ－23）。

本病の発病適温は20～25℃とされ、初発危険期は平均気温で20℃、最低気温で16℃に達した時である。病原菌が侵入してから発病までの期間を潜伏期間というが、葉いもちでは温度に左右されるが普通５～７日である。



写真Ⅷ－８　籾の護穎部に形成した胞子

写真Ⅷ－９　玄米に形成した胞子



図Ⅷ－22　いもち病の主要伝染経路

日照が不足すると稲体の抵抗力が低下し、発病を助長するほか、降雨は病原菌の侵入に不可欠である。降水量よりも葉の濡れている期間の長いことが感染に重要である。

泥炭土壌では窒素供給が過多になるため、透水不良田では根腐れを起こすため、いずれも抵抗力を弱めて発病しやすくなる。窒素肥料の多用は同様の理由と、過繁茂によって多湿環境を作るため、著しく発生を助長する。

地形的には、周囲を山で囲まれた川沿いのように露が乾きにくいところ、風通しの悪い水田、

周囲の物陰で日照不足になる水田では多発しやすいので、特に注意が必要である。

さらに本病は品種の抵抗性によって発生が大きく左右される。品種の持つ数種の抵抗性遺伝子に対応した病原菌のレース（菌型）が存在し、その時点での優占レースが変わった場合には品種の抵抗性が著しく変動する。そのため品種が変わったときには発生に注意する。

5) 防 除 法

圃場衛生、適切な肥培管理、品種の選択などの総合的な防除対策が重視される病害である。特に前述のように、保菌種子・籾殻に由来する発病が主体であり、その点に関する防除対策は重要である。

ア 伝染源対策

① 前年度の被害わらや籾殻などの主要な伝染源を適切に処分し、育苗ハウスや圃場周辺に放置しない。

② 健全種籾（市販の購入種子）を使用し（図Ⅷ－23）、自家採種籾は塩水選を励行する。

③ 本病に効果の高い薬剤または温湯消毒による種子消毒を徹底する。

イ 耕種的対策

④ 常発地では耐病性の劣る品種の作付けを避けるのが望ましい。

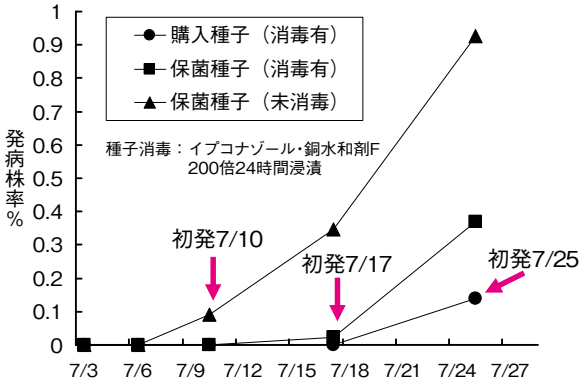
⑤ ケイ酸質資材の施用に努め、透排水性を改善するなど健全な稲体の育成を目標に栽培する。

⑥ 標準施肥量を厳守し、特に窒素肥料の多用は絶対避ける。

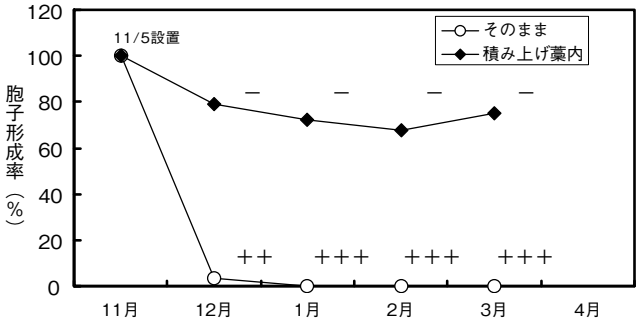
⑦ 本田収穫後のわらは積み上げずに薄く土壌表面に拡散して越冬させる（図Ⅷ－24）。

ウ 薬剤防除

⑧ 育苗箱施用剤、水面施用剤、茎葉散布剤による防除



図Ⅷ－23 本田における発病株率の推移
（上川農試 2002）



図Ⅷ－24 積雪下におけるいもち病菌の越冬状況（上川農試 2000～2001）

濡れ程度；－（湿気が少しある）、＋～＋＋＋（濡れ少～多）

万一、育苗時に苗いもちの発生が見られた場合には、発病した育苗箱を速やかにハウス外に搬出し、焼却するか土中に埋める。その後薬剤散布を行う。

やむを得ず、発病ハウスの苗を移植する場合には育苗箱施用剤を使用する。さらに発病に好適な気象条件が予想される時には、水面施用剤を発病前に施用する。なお、水面施用剤の効果

については後述する（ＸⅡ．２参照）。

保菌苗に起因する早期の発病は、その地域の広範な発生源となることから、移植後は周辺圃場の観察を徹底する。

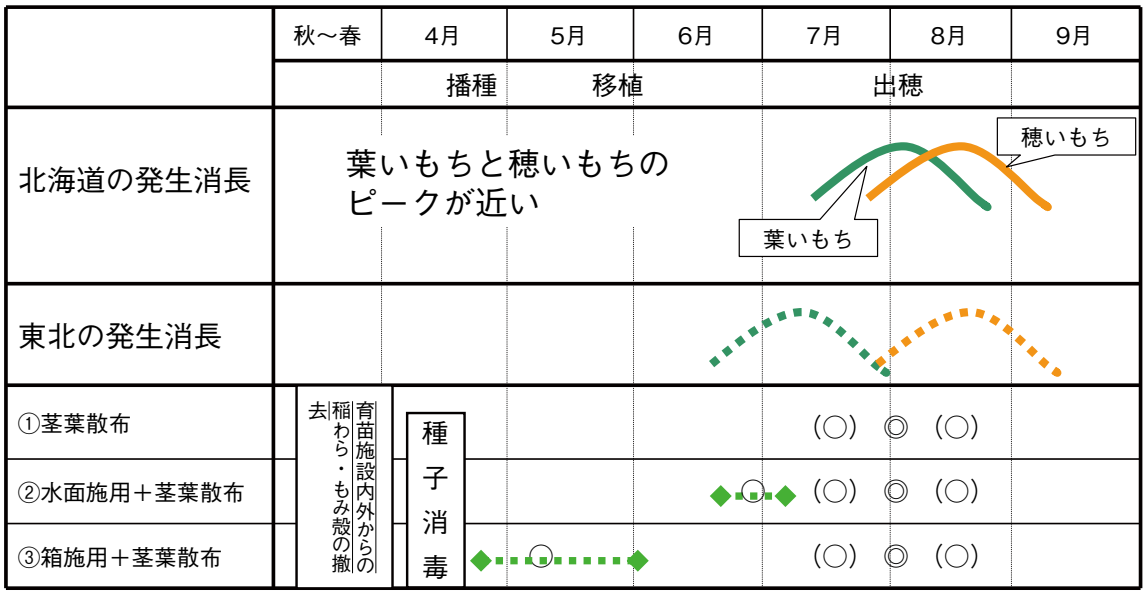
健全苗を移植した圃場では、一般的には葉いもち病からの対応となる。常発地以外では、葉いもちは発病前から薬剤を散布する必要はない（図Ⅷ－25）。

最低気温が16℃を超える頃（一般的には７月中旬、高温年には７月上旬）から、降雨があった５～７日後に水田を観察し、株間をかき分けて下葉に病斑を見つけた場合には薬剤散布を行う。防除は初発後でも間に合うが、この初発の速やかな確認が最も重要である。

例年発生しやすい圃場をあらかじめ把握しておくか、本病に弱い品種の観察を重点的に行うと、初発の見過ごしが少なくなる。さらに初発予測システム（BLASTAM）を利用することで、その精度を高めることが可能である。

次は穂いもちの防除時期となるが、穂いもちは発病してからの防除では被害を抑制できない。出穂後間もない時期に感染するほど被害が大きくなるので、基幹防除として出穂期には必ず１回薬剤散布を行う。その後も圃場観察を徹底し、さらに葉いもちの増加、または穂いもちの発生が見られた場合には、その10日後を目途に追加散布を行う。

天候が不順で雨の多い年は葉いもち、穂いもちの防除適期を逸することがないように、柔軟な散布方法で対応することが必要である。



注）○：水面施用は6月下旬～7月初旬、箱施用は播種時～移植時に実施、（○）：発生状況に応じて実施する防除（臨機防除）、
◎：必ず実施する防除（基幹防除）

図Ⅷ－25 いもち病の発生パターンと防除体系

⑻ 葉しょう褐変病

病原　*Pseudomonas fuscovaginae*　（細菌）

1） 発生状況

本病の発生の歴史は古く、1918年（大７）に道北地方で多発したが、1962年（昭37）になっ

て病原細菌が特定された。低温年に特有の病害であり、1976年（昭51）には東北、北陸地方でも発生が認められ、近年では1993年（平５）の多発生が記憶に新しい。

2) 病　　徴

病徴は大きく分けて、移植後の苗に発生する苗腐敗（不定性腐敗）と、穂ばらみ期～出穂期に特徴的な止葉葉鞘及び穂の褐変腐敗の二つに分けられる。

苗腐敗は移植苗の水際部葉鞘に、最初は暗緑色、水浸状の微細斑点が現れ、後に拡大して黒褐色～灰褐色の幅広い条斑を生ずる。葉身はしおれ、軟化腐敗して容易に引き抜ける。発病部位は独特の悪臭を発する。

穂・葉鞘の褐変腐敗は、止葉の葉鞘に暗緑色水浸状で周辺部が不明瞭な斑紋が現れる。病斑が古くなると褐色～灰褐色に変わる。発病穂の籾では最初は褐色の斑紋が現れ、その後は黒褐色～灰褐色となる。玄米でも褐色の斑紋が現れ、激しく侵されると茶米となり、玄米品質を損ねる。

低温年で激しく侵された穂は「出すくみ」症状となるが、これはみごの下部組織が壊死するため、伸長が阻害されて穂が抽出できないことによる。

苗腐敗では移植後の、葉鞘褐変では穂ばらみ期の低温によって稲の生育が停滞することにより、病原菌の増殖が促進されて発病が助長される。

3) 発生環境

穂ばらみ期の低温が最も重要な発病要因である。移植期、施肥量との直接的な関係は認められない。品種間にも本質的な抵抗性の差も従来は認められなかったが、近年は明らかに発病の多い育成系統が認められている。

4) 防 除 法

① 生育遅延を生じさせない肥培管理、水管理を行う。

② ケイ酸質資材の施用により発生を軽減できる。

(9) 紋 枯 病

病原　*Tanatephorus cucumeris*　（かび）

1) 発生状況

本州以南の暖地で被害の大きい高温性病害である。本道でも、夏に高温多湿な年に発生することがあるが、発生する水田は固定化していることが多い。通常は発病が水際の下部葉鞘にとどまるが、止葉葉鞘まで及ぶと減収する。

2) 病　　徴

本道では、穂ばらみ期から出穂期にかけて初発する。はじめ水際部の葉鞘に暗緑色の小さい斑点が現れ、さらに進むと、周辺が褐色で中心が灰白色の雲形病斑となる。まれに葉にも同様の病斑を生ずる。病斑は次第に上部に進展する。

病斑が古くなると、最初は白色の菌糸の塊ができ、やがて直径１～３mmのジャガイモ形の

淡褐色の菌核を生ずる。これが地上に落下し、次年度以降に水面に浮上して伝染源となる。

3) 発生環境

病原菌の生育適温は28～32℃と高いのが特徴である。そのため盛夏に発生が多く、高温が遅くまで続く年は注意が必要である。湿度も高いほど発病が助長される。そのため、山際や山林に囲まれた風通しの悪い水田で発生しやすい。

栽培条件では、窒素質肥料の多施用はいもち病と同様に稲体の抵抗力を弱め、過繁茂によって株間の湿度を高めることから、著しく発病を促す。

また、代かき時にわらやゴミが集まるところや、風下の畦際では水に浮いた菌核が集まるため、発病が多い。温暖化が予想通り進行した場合には発生が懸念される病害の一つである。

4) 防 除 法

① 窒素肥料の多用を避ける。
② 極端な密植を避け、過剰分げつを抑制する栽培を行う。
③ 病斑が上位の葉鞘にまで及ぶような発病が見られたら、出穂期頃に薬剤散布を行う。

⑽ 褐 変 穂

病原 *Alternaria alternata* （かび）
Epicoccum nigrum （かび）

1) 発生状況

本症状は従来「さび籾」、「黒穂」などと呼ばれ、古くから発生が見られていたが、1980年代前半（昭50後半）に空知、石狩地方を中心に多発した。それ以降、「褐変穂」の呼称が与えられた経緯がある。現在でも道央部の偏東風地帯など強風地帯を中心に、年によって多発する。

2) 病徴と発生環境

出穂後間もない時期の籾に褐点が生じたり、籾全体が褐変する。その後、病勢の進展に伴って濃褐色から黒褐色になる。病徴の激しい籾の玄米は茶米となることが多く、品質低下の一因となる。

病原菌は複数のカビが知られており、その一つは紅変米の病原菌と同一である。いずれの菌も健全な稲体を侵すことはできず、衰弱または枯死したイネ科植物の茎葉に寄生して胞子を形成する。その胞子が空気伝染して感染する。籾の感受性は出穂直後に最も高く、出穂７日を過ぎると発病しにくくなる。その時期の穂が強風にさらされたり、低温に遭遇すると多発することになる。

3) 防 除 法

本症状に対する薬剤散布の効果は十分でないことから、耕種的な対策が重要である。

① 強風地帯では防風網の設置、ケイ酸質資材の施用が被害軽減に有効である。
② 畦畔雑草は出穂前に刈り取って除去し、圃場を清潔に保つ。
③ 適正な肥培管理、病害虫防除を行い、下位葉の衰弱、枯死を防止する。

⑾ 紅 変 米

病原　*Epicoccum nigrum*　（かび）

1) 発生状況

本道では古くから発生が見られており、1960年代（昭35頃～）に上川や後志地方で、近年では1980年代（昭55頃～）に上川、網走地方で多発して、品質低下を招いた。うるち米でも年によって発生するが、もち米の被害が大きいのが特徴である。

2) 病　　徴

玄米の表面に、基本的には赤褐色～紅色の斑紋を生じるのが特徴である。その色彩は病斑形成時の温度に左右されるが、立毛中の発生では褐色～赤褐色のものが多く、収穫後の発生では赤褐色～紅色が多い傾向がある。

病斑の形状も一様でなく、円形、雲形～不整形、点状、背部に沿って縦に長形のものなどさまざまであるが、近年、もち米では背部を中心とした褐色の横長な楕円形病斑、うるち米では通称「リング米」と呼ばれる玄米側部の赤色～赤褐色の円形斑紋が多い。

3) 発生環境

病原菌は、褐変穂と共通な糸状菌（カビ）の一種であるが、開花中の籾内に感染し、その後成熟しつつある玄米に侵入して病斑を形成する。病原菌は衰弱した植物組織を侵すため、成熟が進むほど発生が多くなる。その際、玄米水分が高いほうが感染が容易となり、症状も激しくなる。もち米で発生が多い理由は、うるちに比べて玄米水分の低下が緩慢なためである。

発病には籾周囲の湿度が大きな影響を及ぼす。刈り遅れによって夜間結露に長期間さらされる場合、収穫後の乾燥作業工程で滞留するなどの不具合のために、水分が速やかに低下しない場合などに多発するので、注意が必要である。

4) 防 除 法

褐変穂と同様に薬剤散布の効果は十分でないことから、耕種的な対策が重要である。

① 刈り遅れを避け、収穫後は速やかに乾燥させる。
② 乾燥工程での滞留などの不具合を防止する。
③ 割れ籾の少ない品種を栽培する。
④ 畦畔雑草は出穂前に刈り取って除去し、圃場を清潔に保つ。
⑤ 適正な肥培管理、病害虫防除を行い、下位葉の衰弱、枯死を防止する。

⑿ その他の病害

これまで北海道で発生する主要病害について述べたが、その他、一般的には発生が稀な病害、及び発生しても被害の軽微な病害について、発生状況と症状を解説する。なお、各病害の発生生態の詳細、及び防除法については他の文献等を参考にして頂きたい。

1) 黒すじ萎縮病

病原　*Rice black-streaked dwarf virus*　（ウイルス）

ヒメトビウンカによって媒介されるウイルス病で、本道では1992年（平４）に初確認されたが、現在は上川地方で発病が認められている。発病初期は生育がやや遅れる程度で、明瞭な病徴が現れないため、見分けが難しい。穂ばらみ期頃になると株全体が萎縮し、葉の裏側や葉鞘の表面、茎などにろう白色または黒色の隆起した条斑が現れる。また葉脈は曲がり、葉はねじれてしわができ、内側に巻くものがある。

2) 白葉枯病

病原　*Xanthomonas campestris* pv.*oryzae*　（細菌）

本道では、1981年（昭56）夏の集中豪雨によって石狩川水系の水田が冠水し、6,200haの発生面積を記録した。その後の発生は稀である。葉の縁に沿って淡黄色～白色の波状の条斑を生ずる。病勢の激しいときには、葉縁は水浸状、蒼白色となり、やがて葉は縮んで巻き、枯死する。罹病葉の葉縁部に黄色～黄褐色の小粘塊が見られることがある。

3) 褐色菌核病

病原　*Ceratobasidium setariae*　（かび）

紋枯病と同様に高温性の病害で、夏期が高温多湿の年に発生が目立つが、被害となることはほとんどない。株元の葉鞘に約0.5～1cmの褐色で楕円形の病斑を多数形成する。紋枯病に類似するが、個々の病斑は小さく、互いに融合する。枯死した葉鞘内に褐色の菌核を形成する特徴がある。

4) 黄化萎縮病

病原　*Sclerophthora macrospore*　（かび）

近年は用排水路の整備が進んだために被害は少なく、水田内の冠水部分に局部的な発生を見る程度となっている。移植後に冠水すると発生する。発病株は著しく萎縮し、退緑して、葉にかすり状の断続的な斑点を形成する。葉身は厚く、広くなる。症状が激しい場合には枯死に至るが、枯死を免れた茎の穂は出すくみ、奇形穂となって稔実しない。

5) ごま葉枯病

病原　*Cochliobolus miyabeanus*　（かび）

土壌改良や肥培管理の改善によって秋落ち田がなくなり、それに伴って発生は見られなくなった。葉に濃褐色、楕円形の病斑を多数生ずる。個々の病斑の周囲は黄色の部分で囲まれ、拡大するに従って灰褐色の大型病斑となり、同心円状の輪紋を生ずる特徴がある。穂が発病すると籾に褐変穂のような褐色病斑が現れ、稔実不良となる。

6) 褐色葉枯病

病原　*Metasphaeria albescens*　（かび）

各地で発生するが被害は見られない。出穂期前後から発生する。葉に生じた赤褐色の斑点が次第に拡大して、周辺がやや不明瞭な楕円形～菱形の赤褐色病斑となる。激しくなると下葉の葉先から枯れあがる。

7) 稲こうじ病

病原　*Claviceps virens*　（かび）

本道では高温年の病害で、道南や日高地方で稀に発生が見られる。乳熟期頃から発生し、普通は１穂に数個の被害粒がつく。収穫期近くには、この塊の上に黒色で不整形の菌核を形成する。

8) にせいもち病

病原　*Alternaria alternata*　（かび）

Epicoccum nigrum　（かび）

Cladosporium herbarum　（かび）

泥炭土地帯や強風地帯の水田で例年発生する。冷涼年に発生が多いが、被害はほとんどない。葉身に濃褐色で楕円形～不整形の斑点を生じる。病斑の大きさは数mmで、いもち病に見られる病斑周囲の壊死線を欠く。

9) 苗 腐 病

病原　*Pythium* spp.　（かび）

Achlya spp.　（かび）

Dictyucus spp.　（かび）

湛水直播や水苗代で発生し、箱育苗では見られない。多発すると十分な苗立ち本数が確保できなくなることから被害が大きい。発芽不良となり、発芽しても鞘葉から腐敗する。発病した籾は綿毛のような白いカビで覆われる。ピシウム菌は鞘葉から、アクリア菌は籾から侵入して腐敗させる。

表Ⅷ－32　主要病害診断のポイント

1）　育苗時に発生する病害
　ア）発芽不良で、種籾にカビが見られる…… 苗立枯病＊
　イ）軟弱に徒長し、枯死する…… ばか苗病＊
　ウ）葉がしおれて、枯死する…… 苗立枯病＊・褐条病・苗立枯細菌病＊・もみ枯細菌病

2）　本田で発生する病害
　①　葉に黄白色の縦縞を生ずる…… 縞葉枯病＊
　②　葉の縁が白く波形に枯れる…… 白葉枯病
　③　葉に斑点を生ずる
　　(a)　斑点は黒色で小さい…… 黒しゅ病
　　(b)　斑点は褐色
　　●　楕円形または不規則な病斑…… にせいもち病
　　●　楕円形で輪紋がある…… ごま葉枯病
　　●　紡錘形で縦にすじがある…… いもち病（慢性型）＊
　　●　非常に小さく、数が多い…… 斑点病
　　●　長楕円形、中央黒褐色…… 褐色葉枯病
　　(c)　暗緑色かネズミ色…… いもち病（急性型）＊
　　(d)　白色…… いもち病（稲体質極弱反応）＊

3）　茎・葉鞘の症状
　①　葉鞘に褐色斑紋
　　(a)　中心部灰白色の楕円形または雲形の大型病斑…… 紋枯病＊
　　(b)　止葉葉鞘に不規則な濃褐色の病斑（中心部灰褐色に変わることがある）…… 葉しょう褐変病＊
　②　茎下部が軟弱、内部に多数の黒色小型の菌核…… 小粒菌核病
　③　葉鞘に白色～桃色の粉状の胞子を生じ、枯死…… ばか苗病＊
　④　節の部分が黒色になる…… いもち病（節いもち）＊・赤かび病

4）　穂の異常
　①　穂が出すくみ、または奇形になる…… 縞葉枯病・葉しょう褐変病＊・黄化萎縮病・いもち病（穂いもち）
　②　穂首が黒褐色になり白穂になる…… いもち病（穂いもち）＊
　③　籾より大きい黒い塊を生ずる…… 稲こうじ病
　④　籾は黒く、合わせ目から黒い舌状のものが出る…… 墨黒穂病
　⑤　籾の合わせ目に淡紅色のカビが粘着する…… ばか苗病＊
　⑥　籾が褐変、または斑点を生ずる…… 葉しょう褐変病＊・ごま葉枯病・褐変穂（変色米）

5）全身の異常
　①　水際から腐敗する…… 苗腐敗病・葉しょう褐変病＊
　②　萎縮し、葉は黄白色、縦に白いかすりが連なる…… 黄化萎縮病
　③　軟弱に徒長し、分げつが少ない…… ばか苗病＊
　④　心葉は黄白色、巻いて垂れる…… 縞葉枯病＊
　⑤　倒伏する…… 小粒菌核病・紋枯病＊

＊は近年の重要病害

（道総研中央農業試験場病虫部長　田中文夫）

コ ラ ム

いもち病の大発生と防除対策

2010年（平22)、北海道の水稲は過去最大級の「いもち病」発生となった。特に穂いもち病の発生は､水稲作付け面積の半分に近い5万ha強で被害面積も過去最高となった（資料３）。2008年（平20）から発生が目立ち始め、年年倍増の勢いである。

2010年（平22）は感染好適日が多く出現し、葉いもち病の発生も例年より早くなり、気がついた時には蔓延してしまっていたところも多く見られた。また、登熟後半まで発病が続いたこと、水稲採種圃周辺でも多発生となるなど、採種圃産種子であっても「いもち病の保菌」が懸念され、その後の保菌率調査で少なからず保菌していることが確認された。

菌密度が高かったことから、通常の種子消毒では防除出来ない「玄米感染」している種籾もあるものと予想され、2011年（平23）の作付けに当たって「いもち病」に対する総合防除による封じ込め対策が指導された。

第一段階：通常の種子消毒＋ベンレート水和剤の使用（玄米感染防除）
第二段階：育苗箱施用剤または水面施用剤使用による葉いもち病予防
第三段階：耕種的防除と発生予察の徹底
第四段階：予察に基づく茎葉散布の徹底

いもち病の発生が甚大だった地域のいもち菌の検定結果、MBI－D剤耐性菌であることが北海道で初めて確認され、近くの採種圃場の菌の検定でも一部に耐性菌であることが確認されたため、MBI－D剤の使用を回避するよう指導が行われた。

8　虫害防除

水稲の害虫は日本全体で200種以上、北海道としては約100種が知られている。ここでは、北海道で発生する主要な害虫について記すこととする（主な害虫の写真はⅩⅢ　クリーン農業と稲作に掲載)。

⑴　イネミギワバエ（イネヒメハモグリバエ）

Hydrellia griseola（Fallēn）

1)　被　　害

北海道での多発記録を見ると、1942年（昭17）に道西部を中心に多発したのが初記録で、その後、1946年（昭21）に上川支庁管内、1950年（昭25）に留萌支庁管内、1954年（昭29）に全道で多発記録がある。以降、防除技術の普及等で1982年（昭57）に道央部で、1999年（平11）の浜益村、留萌支庁管内北部で多発記録があるのみである。

被害は幼虫が移植後初期のイネの葉肉に潜入し、始め直線的に、時間の経過とともに袋状に

食害する。１葉に数頭も食入すると、葉は完全に枯死し、発生が激しい水田では一面が苗腐れの様相を呈する。欠株や生育遅延を招き減収要因となる。

2) 習　　性

加害植物：イネ、オオムギ、コヌカグサ、スズメノテッポウ、クサヨシ、ヌカボ、
メヒシバ、ヒロハノドジョウツナギ等イネ科植物。

発生回数・越冬態：年６～７回、蛹・一部幼虫で越冬。

産卵：卵の形状は長径約0.7mm、長楕円白色で表面は多くの縦溝で覆われる。葉脈に沿って１粒ずつ表面に産み付けられる（イネハモグリバエは組織内に産卵）。水面に浮かぶ葉に好んで産卵。卵期間は５日内外。

幼虫：老熟幼虫は体長約４mm、乳白色～淡緑白色を呈する。幼虫は潜入し直したり、別の葉に移動する。第一世代幼虫の加害盛期は６月中旬、幼虫期間は10～14日間。

蛹：体長約４mm、米粒状で褐色～暗褐色。大半は食害した葉の中で蛹化する（イネハモグリバエは葉の表面で蛹化）。蛹期間は10日～２週間。

成虫：体長約2.5mm、翅長約2.7mm。全体に青灰色（イネハモグリバエは光沢ある黒色）、触角刺毛の枝分かれは５～６本（コトニミギワバエは８本）、翅脈は褐色（イネハモグリバエは黄褐色）で平均棍は黄色（イネハモグリバエは白色）。水辺や湿地を好む。水面低く飛翔し、水面を巧みに歩行する。黄色に誘引される。６月下旬以降（３回目）の成虫は、イネから他のイネ科植物へ移動する。

近似種にイネクキミギワバエ（イネクロカラバエ）*Hydrellia sasakii* Yuasa et Ishitani、コトニミギワバエ（トミオカミギワバエ）*Hydrellia isshiaca* Loewの加害が知られる。

3) 防　　除

耕種的防除：移植時に深植えや不要な深水を行わない。

薬剤防除：４月中～下旬または、５月下旬の水田周辺のイネ科植物での産卵状況を見て、例年より多いと考えられたら防除する。薬剤防除には育苗箱施用、水面施用、茎葉散布があるが、他害虫との同時防除が可能な薬剤が多いので、二重に使用することがないよう、病害虫防除基準を参照して薬剤を選択する。

(2) イネハモグリバエ

Agromyza oryzae（Munakata）

1) 被　　害

北海道での多発記録は、1941年（昭16）の上川･空知、1942年（昭17）の道西部、1952年（昭27）の上川・空知、1960年（昭35）の全道、1961年（昭36）の道西部、1969年（昭44）の道央部、1970年（昭45）の全道の７回である。なぜか、おおよそ10年周期で発生地域は異なるものの、2年連続している。1970年（昭45）以降は、防除技術の普及等により現在まで多発記録はない。

被害は幼虫がイネの葉肉内に潜入して袋状に食害するほか、成虫も産卵管で葉脈に沿った短い掻き傷をつくる（イネヒメハモグリバエでは見られない）。被害の主体は幼虫の加害である。

幼虫は通常１葉に１頭（イネヒメハモグリバエは複数）ずつ食入するので、被害部は葉の先端から１/３～１/２程度となり、葉身全体に及ぶことがないので、激発時でも株が枯死することはない。生育を遅延させ減収の要因となる。

2) 習　　性

加害植物：イネ、マコモ。

発生回数・越冬態：通常年２回、蛹越冬。

産卵：卵の形状は長楕円で長径約0.6mm、乳白色である。掻き傷の下の組織内（イネヒメハモグリバエは表面）に、１～２個ずつ産み付けられる。若い葉を好む。卵期間は５～６日間。

幼虫：老熟幼虫は体長約5mm。白色で後に淡青緑色となる。第一世代幼虫の加害盛期は６月中下旬、幼虫期間は10～14日間。

蛹：体長約３mm。腹面は扁平で背面はやや隆起する（越冬型では背面の隆起が著しくなる）。緑色から褐色に変化する（越冬型のものは黒色）。葉の表面（イネヒメハモグリバエは被害葉の中）に付着した形で蛹化する。蛹期間は約２週間。

成虫：体長約2.5mm、全体に光沢ある黒色（イネヒメハモグリバエは青灰色）。翅脈は黄褐色（イネヒメハモグリバエは褐色）。平均棍は白色（イネヒメハモグリバエは黄色）。越冬蛹から羽化した成虫は移植直後のイネを好んで集まり若い葉に掻き傷をつくる。

近似種に麦の害虫として著名なムギクロハモグリバエ*Agromyza albipennis* Meigenが知られる。

3) 防 除 法

薬剤防除：移植直後のイネを観察し、掻き傷の多少から防除の必要性を判断する。薬剤防除には育苗箱施用、茎葉散布があるが、他害虫との同時防除が可能な薬剤が多いので、二重に使用することがないよう、病害虫防除基準を参照して薬剤を選択する。

⑶ イネドロオイムシ

Oulema oryzae（Kuwayama）

1) 被　　害

北海道の多発記録は1899年（明39）に道南で初めて記録され、以降1921年（大10）全道、1926年（大15）全道、1928年（昭３）上川、1930年（昭5）全道、1931年（昭６）上川・留萌、1935年（昭10）遠別で多発し、約35年間に７回もの多発があり、北海道の稲作主要害虫として位置づけられた。その後、防除技術の発達と普及により、おおよそ25年間は大きな問題とならなかったが、1961年（昭36）頃から薬剤抵抗性個体群（BHC･空知北部）が出現し、1964年（昭39）には空知・上川、1965年（昭40）には道央・道南で多発している。以後は、薬剤抵抗性個体群に対する適切な防除技術の普及等により、現在まで広範囲に大きな被害を受けた記録は、1983年（昭58）に全道での記録があるのみである。

成虫・幼虫ともに葉の表側を葉脈に沿って裏側の表皮を残しそぎ取るように食害する。食害部は細い帯状をなし、新鮮なものは白色であるが古くなると褐変する。幼虫の食害痕は成虫のそれより幅が広い。類似の食害痕を示すものにイネミズゾウムシ成虫、フタオビコヤガ若齢幼

虫がある。激発下（50卵塊／50株・以上）でないと減収に至らない。

2) 習　　性

加害植物：イネ、マコモ、サヤヌカグサなど。

発生回数・越冬態：年１回、成虫越冬。

産卵：長径0.8mm、幅0.4mmの長卵形。黄色→褐色→黒褐色と変化する。葉の表側に数粒～十数粒平らに並べて産む（卵塊）。卵期間は１～２週間。

幼虫：老熟幼虫の体長約4.5mm。腹部が盛り上がった洋なし型。頭部は黒褐色。胸・腹部は黄褐の地肌に黒褐色の前胸背板、腹部背面全体に剛毛を持った褐色小瘤を有する。通常胸・腹部に暗緑色の糞を背負う。幼虫の食害期間は６月下旬～７月上旬。幼虫期間は約3週間。

蛹：まゆの長径５～６mm、白色で表面が凸凹したやや扁平な卵形で、稲体の種々の部位に形成される。蛹期間は約２週間。

成虫：体長4.0～4.5mm、幅はその約１/２。頭部、腹面、翅鞘は光沢ある青藍色、前胸、脚は赤褐色～黄褐色。越冬成虫は移植後徐々にに水田に侵入し、６月中～下旬にピークを迎える。低温年には8月までイネを食害し産卵を続けることもある。

3) 防　　除

薬剤防除：防除要否判断のためのモニタリング法「虫見番」を利用する（273ページ、図Ⅻ－17）。薬剤防除には床土混和（育苗用土壌処理）、育苗箱施用、側条施用、水面施用、茎葉散布がある。

上川、空知、石狩、後志、胆振、日高支庁管内では、有機燐系及びカーバメート系薬剤に抵抗性個体群が確認されているので、合成ピレスロイド系または、ネライストキシン系薬剤を使用する。薬剤の選択と使用に当たっては、病害虫防除基準を参照する。

(4) ヒメトビウンカ

Laodelphax striatellus（Fallen）

1) 被　　害

本虫の多発記録は1968年（昭和48）以前にはなく、水稲の害虫として注目されたのは、同年に留萌支庁管内の小平町でイネ縞葉枯病が北海道で初めて発見されたことに始まる。年を追って道内水稲作付け地帯に発生が拡大し、ベクター（ウイルス媒介虫）として重要害虫に位置づけられた。

また、1984年（昭59）に道央で本虫が多発し、翌1985年（昭60）には上川・空知支庁管内で激発し、吸汁害による減収も確認され、ベクターとしての重要性にあわせて、激発時の吸汁害虫としても注目されるようになった。その後、1989年（平１）、1990年（平2）、1991年（平３）に３年連続で本虫が多発したが大きな被害とはならなかった。

被害は上述したように、ベクターとしてイネ縞葉枯病を媒介すること（病害の項参照）、稲体から成・幼虫が吸汁して、水分ストレスを引き起こし減収させるものとがある。吸汁害は、通常の密度では発生せず、夏期（出穂期以降）に株当たり成・幼虫50頭（20回振りすくい取り数で成虫換算1800頭、幼虫換算900頭）以上の激発条件下で発生する。このような激発条件下

では、すす病が発生し、葉の周辺部から黄化し、登熟不良、玄米の肥大抑制、屑米の増加を招く。

2) 習　　性

加害植物：イネ、ムギ類、トウモロコシ、イネ科牧草。

発生回数・越冬態：年２～３回。２～３齢幼虫。

産卵：長さ１mm、バナナ状で半透明白色、上部が僅かに見える程度に、葉鞘や葉の中肋の組織内に一列に数粒～十数粒ずつ産み付ける。

幼虫：成虫と類似し翅の欠如した形態で、俵型ないし菱形である。淡褐色で濃淡の斑紋（セジロウンカは灰色の体色に黒色斑紋）を有す。

蛹：不完全変態で蛹期間はない。

成虫：翅端までの長さ3.5～4.0mm、全体は淡褐色であるが、頭頂部の突出は弱く（セジロウンカは強い)、頭頂部の３条隆起線の間は黒色（セジロウンカは褐色)、雄ではこのほか前胸背は黒色（セジロウンカでは褐色で中央に白色斑）である。

3) 防　　除

耕種的防除：窒素質肥料の多用を避ける。

薬剤防除：吸汁害は激発条件下でないと発生しないので、出穂期以降すくい取り調査を実施して防除要否を判断する。

イネ縞葉枯病の防除には、畦畔防除、育苗箱施用、水面施用、茎葉散布がある。恒常的に発生する地域では発生度合いやヒメトビウンカの発生状況に応じて各種防除を組み合わせる。MEP剤は広範囲に、PHC剤は一部地域で抵抗性個体群の発生が確認されている。薬剤の選択と使用に当たっては、病害虫防除基準を参照する。

(5) セジロウンカ

Sogatella furcifera（Horvath）

1) 被　　害

本虫の多発記録は1903年（明36）に始まり、1924年（大13)、1929年（昭4)、1944年（昭19)、1946年（昭21)、1948年（昭23)、1955年（昭30)、1966年（昭41)、1969年（昭44）の9回ある。以降現在まで多発事例は見られていない。本虫は本道では越冬できない長距離飛来型害虫なので、道南や留萌支庁管内など本道日本海側での多発事例が圧倒的に多い。

2) 習　　性

加害植物：イネ、イネ科牧草。

発生回数・越冬態：７月～９月にかけて飛来し、早期に飛来したものは道内で1世代を経過する。越冬は出来ない。

産卵：長さ１mm、バナナ状で葉鞘など組織内に１列に数粒～十数粒産み付ける。

幼虫：若齢幼虫はヒメトビウンカと似るが、中齢以降の幼虫は菱形となり、灰色の体色に黒色の雲形斑紋（ヒメトビウンカは淡褐色濃淡の斑紋）を有す。

蛹：不完全変態で蛹期間はない。

成虫：翅端までの長さ4.0～4.5mm、頭頂部の突出は強く（ヒメトビウンカは弱い）、頭頂部の３条隆起線の間は褐色（ヒメトビウンカは黒色）、雄ではこのほか前胸背は褐色で中央に白色斑（ヒメトビウンカは黒色）である。移動に適した長翅型と増殖に適した短翅型が出現するが、本道では短翅型の出現は少ない。飛来は７月上旬～９月にかけて断続的に起こるのが主体であるが、近年は６月にも少数であるが飛来が見られるようになっている。

3) 防　　除

薬剤防除：発生予察情報に留意し、他害虫のすくい取り調査時に、飛来成虫の次世代の多発が確認されたら、幼虫期にヒメトビウンカに準じて防除する。

(6) フタオビコヤガ

Naranga aenescens Moore

1) 被　　害

過去の多発記録は見あたらないが最近になって、2000年（平成12）空知の一部地域で、2001年（平13）に全道で発生している。幼虫による食害であり、若齢幼虫の食害は白色かすり状であるが、中・老齢幼虫のものは葉縁から鋸歯状あるいは台形状の欠損となる。激甚な発生では主脈を残したささら状となることもある。

2) 習　　性

加害植物：イネ。

発生回数・越冬態：年３回の発生で、水田周辺や搬出した稲わら中で蛹越冬。

産卵：直径0.6mmで饅頭型。葉裏に数個～十数個産卵する。

幼虫：20～25mm、やや細長く、緑色で淡緑縦線を有す。

蛹：長径約10mm、緑褐色で葉身を三つ折りにして切り落とした中で蛹化する。

成虫：翅長約10mm、前翅は三角形で、黄褐色の地色に２本の褐色紋が斜めに走る。雄では褐色紋の幅が地色部分と同じくらいの幅となる。灯火に誘引される性質がある。

3) 防　　除

薬剤防除：７月下旬～８月下旬の他害虫のすくい取り調査時に、幼虫の発生が多い場合には防除する。他害虫と同時防除が可能であるので、薬剤の選択に当たっては二重三重に散布することのないよう留意する。薬剤の選択・使用に当たっては病害虫防除基準を参照する。

(7) ニカメイガ

Chilo suppressalis（Walker）

1) 被　　害

北海道での多発記録は、1939年（昭14）に始まり、1949年（昭24）に胆振支庁管内、1950年（昭25）、1961年（昭36）、1962年（昭37）に全道規模、1967年（昭42）に上川支庁管内の計6

回がある。その後は防除技術の発達、品種の変遷、農作業体系の変化等により、現在まで多発記録はない。

被害は、７月以降に幼虫が茎の内部を食害し、出穂前に食害された場合は芯枯茎や出すくみ茎となり、出穂直後のものは白穂となる。登熟が進んでからの食害では、食害部の変色が見られ、甚だしい場合はそこから折損倒伏する。また、若齢虫の集団加害では葉鞘が褐変枯死することもある。これら加害部には、幼虫や食害痕、虫糞、脱出孔等を伴うことが多い。

2) 習　　性

加害植物：イネ、トウモロコシ。

発生回数・越冬態：通常年１回の発生で、老熟幼虫で越冬する。

産卵：葉身に扁平な卵塊状に産卵され、初めは白色で次第に灰黒色へと変化する。

幼虫：体長20～30mm。やや細長いイモムシで、頭と前胸背は褐色、胴体は淡褐色の地色に５本の褐色縦線を持つ。茎の太い品種、高刈り、被害わらの放置等は幼虫の生存率を高め、多被害の原因となる。

蛹：５月～７月にかけ蛹化し、６月下旬～８月上旬に羽化する。

成虫:翅長10～13mm。翅は細長く､わら色の地色に僅かに黒点を持つ。頭頂部は円形に尖る。

近似種にニカメイガモドキ*Chilo hyrax*、オオバツトガ*Chilo christophi*があるが、識別には交尾器での鑑定が必要。この二種はイネに寄生しないと考えられている。

3) 防　　除

耕種的防除：被害わらを適正に処分する。

薬剤防除：通常栽培では、他害虫の防除で低密度に抑えられているため、多発することは少ない。多発が予想される場合は、成虫発生盛期とその７～10日後の２回薬剤散布する。薬剤の選択・使用に当たっては病害虫防除基準を参照する。

(8) アワヨトウ

Pseudaletia separate（Walker）

1) 被　　害

本害虫の多発記録は古くは1895年（明28)、1898年（明32)、1915年（大４）（いずれも被害作物･発生場所不詳）がある。引き続き1932年（昭7)、1935年（昭10）いずれも道西部の水稲、1939年（昭14）畑作物・発生場所不詳、1950年（昭25）に石狩支庁管内、1953年（昭28）に全道、1958年（昭33）に全道、1960年（昭35）に全道、1961年（昭36)、1962年（昭37）いずれも道西部の水稲に発生し、その後は、1971年（昭46)、1972年（昭47)、1981年（昭56)、1986年（昭61）に牧草を主体に全道的に発生した記録がある。近年は、なぜか水稲での多発記録はない。

幼虫が葉を食害し、若齢時には不規則な小穴状の食痕を生ずるだけであるが、老熟するにつれて暴食し、100頭以上／㎡の密度では、数日の内に全葉食い尽くし、イネの生育や登熟に甚大な影響を与える。本虫は長距離飛来性の害虫として著名で、中国南東部～東部の小麦地帯で発生した成虫が、低気圧や前線に伴う下層ジェット気流に乗って北海道に飛来する。中国での

発生状況や気流の方向によって飛来量は異なるが、多量に飛来した場合、北海道での被害は著しいものとなる。成虫は、糖蜜や灯火に誘引される性質を有するが、トラップとしては誘蛾灯より糖蜜誘殺の方が捕獲効率が高い。また、枯葉や堆積された乾牧草に潜り込んで産卵する習性もあり、中国では軒先に枯葉を束ねたトラップをつるして発生状況を把握している。

2) 習　　性

加害植物：イネ、ムギ類、トウモロコシ、イネ科牧草等イネ科植物。

発生回数・越冬態：通常年１～２回の発生。越冬は出来ない。発生源での成虫の発生は６月上～中旬と、７月末～８月中旬の２回。

産卵：直径約1mmの球形、黄白色～暗紫色。乾燥したイネ科植物の枯葉に卵塊（十数粒～350粒）で産み付けられる。

幼虫：高密度・移動型の群棲型と、低密度・定着型で単独型の２型がある。老熟すると35～40mmで、群棲型は黒～暗褐色、単独型は淡橙褐色。被害発生時の幼虫はほとんどが群棲型で、胴部背面に濃淡の縦線を有し、頭部は橙色で明瞭な黒色の「八」の字紋を配す。幼虫期間は約30日間、７～８齢を経て蛹となる。

蛹：体長18mmで茶褐色のヨトウガ蛹様の形状をなす。蛹期間は約15日間。地下２cm程の地中で蛹化する。

成虫：前翅の長さ約２mm、全体に灰褐色から淡赤褐色をなし、中央前縁側に２個の淡色紋を配す。

3) 防　　除

薬剤防除：発生予察情報に留意し、幼虫の早期発見に努め、若齢期に防除する。特に水害等で倒伏の多い水田では注意する。薬剤の選択に当たっては病害虫防除基準を参照する。

⑼ アカヒゲホソミドリカスミカメ

Trigonotylus coelestrialium（Kirkaldy）

1) 被　　害

本害虫の被害は、旧くは黒蝕米と言われ細菌病とされていたが、その後の研究で細菌は二次的に寄生するもので、アカヒゲホソミドリカスミカメの加害が主因であり、被害米を斑点米と称することとなった。

多被害の記録は1970年（昭45）に上川支庁管内で、1977年（昭52）に全道で、1978年（昭53）はアカヒゲホソミドリカスミカメの後期多発により全道的に、1984年（昭59）に上川で、1994年（平６）に全道的に、1999年（平11）に全道での記録がある。

成虫・幼虫ともにイネの葉・茎・穂を吸汁する。茎葉の吸汁は実害とならないが、登熟過程の籾が吸害された場合は、その傷口から細菌が侵入し、玄米の内部に達するため、精米後も斑点が残り、着色粒となって落等の原因となる。本虫は籾の鉤合の隙間から好んで吸汁する習性があるため、割れ籾率が高い品種ほど斑点米の発生が多くなる。イネ以外にも麦やトウモロコシの子実に類似の被害を出す。

2) 習　　性

加害植物：イネ、ムギ類、トウモロコシ、イネ科植物。

発生回数・越冬態：年３回の発生で、卵態で越冬する。

産卵：長さ約１mm、幅約0.3mm、淡緑色でバナナ状。数卵ずつ横に並べた状態の卵塊で、加害植物の葉鞘や葉舌と茎の間隙に産み付けられる。

幼虫：成虫と類似し翅のない形をしている。全体は緑色。中齢から終齢虫は胸部背面に、腹部方向に突き出た翅芽が認められる。また、背面に１個の黄斑を有する。

蛹：不完全変態で蛹時代はない。

成虫：体長４～６mm、幅約１mmで細長く、全体が緑色で触角が薄紅色である。ムギ類、イタリアンライグラス等で良く繁殖する。第１回発生時は水稲では繁殖せず、稲以外の食草で繁殖した第２回目の成虫が、出穂後の稲に飛来し吸汁加害する。

3) 防　　除

耕種的防除：畦畔や周辺のイネ科雑草で越冬増殖するので、雑草管理を適切に行う。

薬剤防除：出穂始めから水田内のすくい取り調査を行い、発生動向を把握して必要ならば薬剤防除を行う。薬剤散布の時期・回数については「環境保全対策－環境に配慮した農薬の使用－」を参照する。薬剤の選択に当たっては病害虫防除基準を参照する。

⑽ イネミズゾウムシ

Lissorhoptrus oryzophilus Kusched

1) 被　　害

本虫はアメリカからの侵入害虫で、日本では1976年（昭51）に愛知県で初めて確認された。北海道では1986年（昭61）に渡島支庁管内大野町で初めて確認され、その後、次第に発生地域を拡大し、現在では水稲栽培地帯のほぼ全域で発生が認められるようになった。成虫・幼虫ともに稲を食害する。成虫は葉を食害しイネドロオイムシに似た食痕を残すが、よほど高密度でないと実害はない。幼虫は根部を食害するため、稲の生育に与える影響は大きく、生育の抑制、茎数の減少、寄生数が多くなると生育停滞、下葉の黄化等を引き起こす。

2) 習　　性

加害植物：イネ。

発生回数・越冬態：年１回の発生。成虫越冬、水田畦畔が主な越冬場所、一部水田周辺の雑草、林地でも越冬する。自力での移動力は比較的小さい。

産卵：卵期間は約10日、長さ約0.8mm、乳白色でウインナーソーセージ状の形状をしている。水面下の葉鞘に口吻で穴を開け、その内部に産み付ける。

幼虫：水を入れたバケツに稲株の根を入れて洗うと、幼虫が浮いてくる。若齢幼虫はさらにふるいで濾して探索する。老熟幼虫は体長８～10mm、胴体は白色無脚、頭部に茶色の頭蓋を持つ。胴部背面はやや盛り上がり、６節に１対の棘状突起（ドルサルフック＝体の固定と呼吸）を持つ。幼虫は取り出すとC字状に湾曲する。体型が細長いことで、ネクイハムシやイネゾウムシ幼虫と識別できる。ユスリカ幼虫とは茶色の頭蓋の有無で識別する。幼虫期間は約１ヶ月

間。

蛹：根に付着した土まゆ中で蛹化する。土まゆは４～５mmで卵形をしている。蛹期間は２～３週間。

成虫：体長約３mm、地色は灰褐色で背面中央部に黒色の紋（稀にないものもある）がある。触角は赤褐色で、中脚脛節に長毛（遊泳時に使用）があるが乾燥した個体では見えづらく、水に浮かべて検鏡すると観察は容易である。イネゾウムシとの識別は背面の黒色紋と、中脛節の長毛の有無で識別できる。成虫は夕方以降を好んで飛翔する性質があるが、20℃以下では不活発で、北海道では野外で好適条件を満足することは少ないので、飛翔行動は不活発で、移動は歩行・遊泳が中心となる。成虫は深水条件の箇所を好んで産卵する。

3) 防　　除

耕種的防除：産卵に好適な条件を作らないために可能な限り深水を避ける。

薬剤防除：育苗箱施用、水面施用、茎葉散布がある。越冬成虫最盛期（６月中～下旬）に0.5頭／株に達するかどうかで、防除の要否を決定する。水田への侵入は歩行移動が主体であるので、畦畔沿いの防除（額縁防除＝中央部は防除しない）も有効である。薬剤の選択に当たっては、イネドロオイムシなど他害虫との同時防除可能薬剤が多いので、重複施用することのないよう、病害虫防除基準を参照する。

⑾ コブノメイガ

Cnaphalocrocis medinalis（Guenee）

1) 被　　害

多発記録は1927年（昭2）の道南地方を初めとして、1932年（昭7）に道西部で、1970年（昭45）に道南、1971年（昭46）に道央以南及び日高、1973年（昭48）に道央以南での記録がある。

本虫は移動性害虫で、７月～９月に本州以南から成虫が飛来する。幼虫が止葉や次葉を縦の筒状に巻き、その中で葉肉を食害する。１葉をある程度食害すると新しい葉に移動して、同様な食害を繰り返す。飛来時期が早いほど、飛来量が多いほど、生育が遅い稲ほど被害が多くなる。

2) 習　　性

加害植物：イネ、オオムギ、コムギ、ハダカムギ、エンバク。

発生回数・越冬態：道内では１回の発生で、越冬は不可能。

産卵：長径約１mm、扁平な長楕円で、葉裏に１～数粒産卵する。

幼虫：体長14～16mmの細長いイモムシ。体色は黄緑色で各節の気門付近に黒点を持つ。動きは活発で、巻き葉の展開時に下から抜け落ちることが多い。

蛹：体長約10mm。褐色で、巻き葉の中で蛹化する。

成虫：翅長８～９mm。翅形は三角で、黄褐色の地色に中央部に１～２本の濃褐色の条線を配し、外縁部は濃褐に縁取られる。

3) 防　　除

薬剤防除：１株の被害葉が数枚に達すると防除が必要と考えられるが、近年はこのようなレベルに達したことはない。多発時の対応としては、フタオビコヤガとの同時防除を行う。

（道総研中央農業試験場病虫部クリーン病害虫グループ　研究主幹　橋本庸三）

９　収穫及び乾燥・調製

稲刈り鎌やバインダで刈り取り、結束し、地干しや架掛け（はさがけ）で乾燥してから脱穀する風景は、試験研究など特殊な場合を除きほとんど見られなくなった。現在は自脱コンバインや汎用コンバインによる機械収穫、個別または共同調製施設における機械乾燥、籾摺り、選別が行われている。機械収穫では生脱穀を行い、速やかに乾燥を行うので架掛け乾燥のような追熟は期待できず、成熟した状態で、しかも過熟とならない時期を見定める技術が求められる。また、水稲作に必要とされるエネルギは約４×10^5kcal/10aと、小麦、大豆やばれいしょの1.5～２倍と大きい。中でも動力負荷の大きな耕うん・代掻きや収穫の占める割合は10～15％と多いが、最も多く消費するのは乾燥で全体の約40％を消費し、効率化の求められる作業である。コンバイン収穫と機械乾燥、調製の基本技術を解説するとともに効率的な乾燥法や省エネ技術について触れる。

(1)　収穫適期の判断

コンバイン収穫における収穫時期は米の品質を左右する重要な要因である。刈り取りが早すぎると未熟粒や青米が増加し、収量は減少する。一方、刈り遅れると着色米・胴割れ米が増加し、茶米の発生、玄米白度の低下につながり、倒伏等によってさらに品質が低下する。一等米を目標とするならば収穫、乾燥、調製後の整粒歩合が基準を満たすように刈り取り日を決定しなければならない。そのためには圃場ごとに籾の状態を把握して成熟期を予測し、試し刈りをし、乾燥させて籾摺し、玄米の組成を見て適期かどうかを判定する。以下に手順を示す。

1)　積算温度で成熟期を予測する。

出穂期以降の日平均気温の積算値が950℃に達する日を成熟期と予測する。積算値は品種や籾数の多少によって異なる。これから一週間後が収穫適期の目安と考えるが、あくまでも予想である。（詳しくは91～92ページ参照）

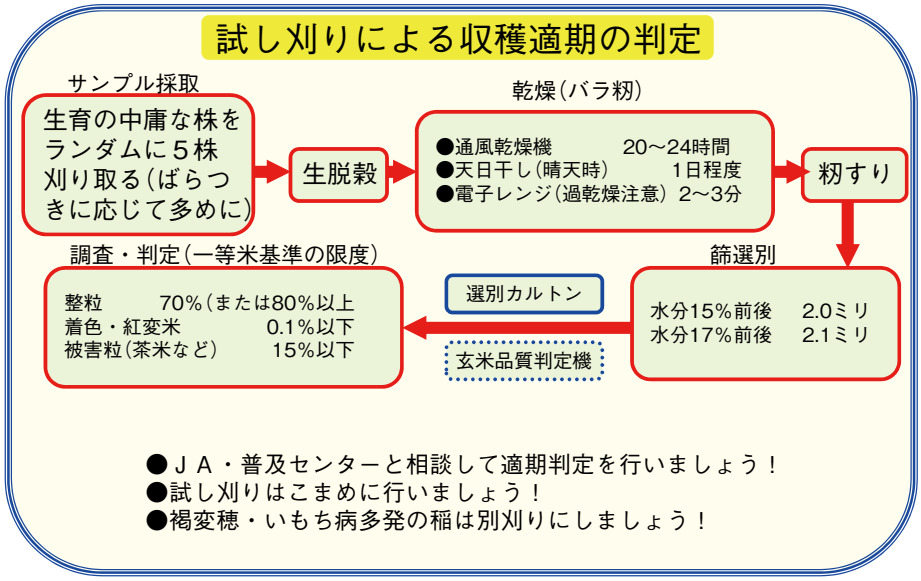
2)　籾の熟色によって成熟期を判定する。

積算気温により予測した成熟期が近づいたら、好天日に１株中の黄化籾の割合を目視で確認する。成熟期は全籾の90％が完熟籾となった時である。完熟籾かどうかは籾の付け根にある護頴が黄色になっていることで判断する。見る時は太陽を背にし､籾の裏側も忘れずに確認する。

3)　試し刈りをして玄米により収穫適期を判定する。

積算温度や籾の熟色で成熟期が近づいたら、試し刈りして玄米にし、整粒歩合で収穫適期を判断する。圃場の中で中庸な稲株を5株ほど試し刈りする、ばらつきの多い圃場では多めにサンプルを取るようにする。これを生脱穀して乾燥、籾摺し、篩ったあと整粒歩合を確認する。

整粒歩合が70％以上となれば収穫適期とみなす。確認は圃場ごとに行う。登熟は１日に２～３％進む（図Ⅷ－26）。



図Ⅷ－26　試し刈りによる収穫適期判定の手順

⑵　コンバインの調整・整備、清掃

コンバインは収穫作業を始める前に良く整備する必要がある。点検整備や調整にかけた時間は、収穫作業中のトラブルを最小限にとどめ、快調な作業で十分取り戻すことができる。機械を調整すれば収穫損失や損傷は少なくなるし、選別の良い籾は乾燥の仕上がりや品質も良い。

整備個所とその方法は点検整備マニュアルや取扱説明書に記載されている。自脱コンバインは自動方向制御、流量・速度の自動制御、刈り高さ、扱ぎ深さなどの自動調整装置など、構造が複雑なため点検整備箇所も多いが、事故を予防し、機械の性能を十分引き出すためにも、点検整備は必ず行う必要がある。

機械の清掃も重要である。夏、麦刈りに使用したコンバインは、異種穀粒の混入を防止するため、コンプレッサや掃除機を利用して、徹底的に掃除をする必要がある。水稲の品種が切り替わる時も同様である。

清掃は上から下へが基本で、意識しないと一度清掃した個所に再び穀粒が入り込みやすい。まず、シートを敷いて排出オーガ、グレンタンクを清掃し、掃除用フタやカバーを取り外し、還元装置、脱穀装置、選別部とカッタを清掃し、外したカバーなどを清掃し、カバーを取り付ける。カバーの着脱レバーの裏側、フィードチェーンや排わらチェーンの隙間（すきま）も良く掃除する。

⑶　圃場の準備と刈り取り計画

出穂後の適切な期間、間断潅水などにより登熟向上や倒伏防止を図るとともに、生育期には溝切り、中干しなどを行い地耐力の確保に努める。コンバインは接地圧が小さく、湿田でも走行できるが、田面が軟らかすぎると走行が困難となるか、作業能率が低下するほか、圃場表面を過度に練り返して透水性を極端に劣化させる。

品種の熟期構成、乾燥機や調製・選別機の能力、作業人員、天候などを総合的に判断し、適

期に刈り取りが終わるように計画を立てる。作業計画にはゆとりをもたせ、作業事故を未然に防止することも重要である。

⑷ 収穫作業

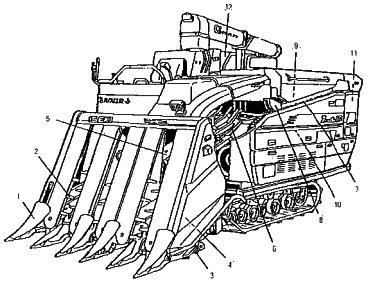
1) 高水分時の収穫

収穫時の籾水分は高く、ばらつきが大きい。汎用コンバインで高水分収穫を行うときは、送塵弁、シーブの目開きなどを調整し、選別・分離機能が低下しないようにする。自脱コンバインも汎用コンバインもチェーンやベルトが緩んでいると傷籾の発生や選別不良が懸念されるので、作業前にテンションスプロケット（プーリ）の張り具合を確認し、必要があれば調節する。適正状態は取扱説明書で確認する。

脱穀選別損失の量は収穫する作業時刻によっても異なる。朝露があると、わら、穂切れなどの付着や引っかかりが多く、網目が詰まって籾の漏下が悪くなり、機外への飛散や傷籾の発生が多くなるので避ける。

2) 倒伏した稲の収穫

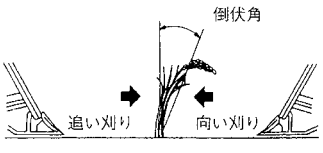
自脱コンバインは、株元をフィードチェーンで挟んで把持し、扱ぎ胴に穂の部分を入れて脱穀する。掴みしろを必要とし、適応可能な草丈（稈長+穂長）は55cm以上130cm程度である。草丈70cm以下の場合は、刈り高さを地際すれすれに低くし、120cm以上の場合は高刈りして、扱ぎ深さを一定に保つようにする（図Ⅷ－27）。



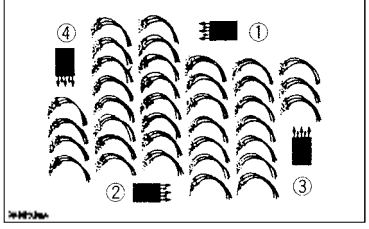
①ディバイダ
②引き起こし装置
③刈り取り装置
④株元搬送チェーン
⑤穂先搬送チェーン
⑥縦搬送チェーン
⑦フィードチェーン
⑧レール
⑨自脱装置
⑩選別装置
⑪カッタ
⑫穀粒タンク

図Ⅷ－27　自脱コンバインの構造

倒伏した稲はわらが弱くて切れやすく、扱ぎ室でのわら屑の発生が多く脱穀部が詰まりやすい。また、引き起こし装置の爪に掛かる負荷が増加し、搬送部で稲が乱れて穀粒損失が増大するなどの問題が生ずる。自脱コンバインで稲の倒伏角が60度以内の場合、作業速度0.5～0.8m/sであれば、どの方向からでも刈り取りが可能である。



倒れぐあい / 刈る方向は	完全倒伏の場合	中倒伏の場合	立毛倒伏の場合
①追い刈り	△	○	◎
②向い刈り	×	△	○
③左倒伏刈り	△	△	○
④右倒伏刈り	×	△	○



◎…刈取りOK　○…注意しながら刈取る
△…注意しながらゆっくりと　×…刈取り困難

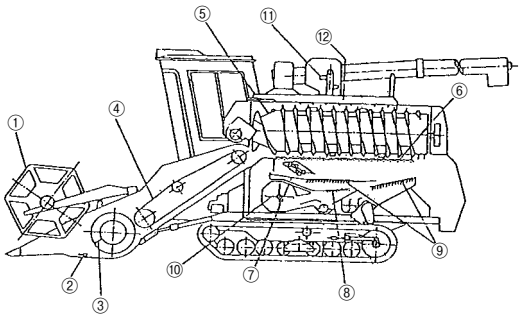
図Ⅷ－28　自脱コンバインの倒伏稲への適応

（追い刈りと向かい刈り方法：農機メーカー　自脱コンバイン取扱い説明書）

しかし、さらに倒伏角が大きくなると刈り取り方向によっては収穫損失が多くなり、作業速度も遅くしなければならない。この場合、

作業能率が大幅に低下するとともに、穀粒損失も急激に増加することがある（図Ⅷ－28）。

汎用コンバインでは、稲をリールで引き寄せながら作業するため、倒伏した稲でも比較的自由に作業方向を選択できる（図Ⅷ－29）。



①リール　⑩選別ファン
②刈刃　⑪バケットコンベヤ
③オーガ　⑫グレンタンク
④チェーンコンベヤ
⑤脱穀シリンダ（スクリューロータ）
⑥受け網
⑦グレンパン
⑧グレンシーブ
⑨チャフシーブ

図Ⅷ－29　汎用コンバインの構造

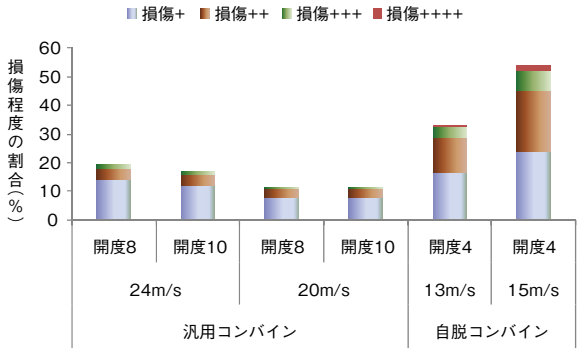
3)　収穫による籾の損傷を防ぐ

脱穀部のわら量が突然少なくなった場合や扱ぎ胴（シリンダ）の回転数が高い場合など、完熟した籾に過大な摩擦や衝撃力が加わったときに脱ぷ（籾殻が外れること）が発生しやすくなる。脱ぷ粒がわずかであっても混入すると収穫後の工程で品質、食味の低下を起こす原因になるので、収穫時にはグレンタンク中の脱ぷの有無を時おり観察して作業する。通常の発生割合は自脱コンバインで0.1％、汎用コンバインで0.1～1.0％程度である。規定のシリンダ回転速度を守ってわらや穀粒の流れが急激に変化しないように心がける。特に、旋回する場合などに回転を下げたり、脱穀クラッチを切ったりせず、脱穀作業中、エンジン回転数を常にフルスロットルで維持する。

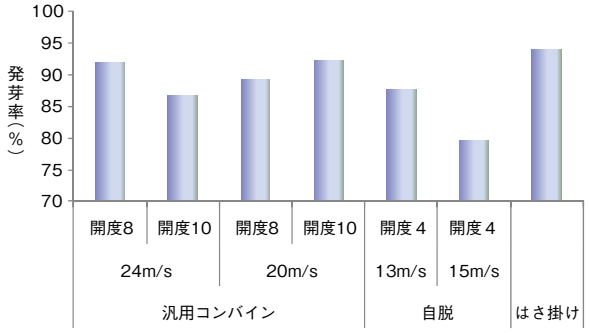
生籾は物理的衝撃によって傷が付きやすく、中の玄米も損傷を受けやすい。籾が損傷を受けると腐敗や乾燥時の胴割れ粒発生の要因となり、品質低下につながるので収穫に当たって留意すべきである。

自脱コンバインで傷籾を発生させないためには、①扱胴（シリンダ）回転数を指示回転数にする、②必要以上に扱ぎ深さを深くせず、扱ぎ残しがない程度に浅くする、③排塵調節を適正にするため風量調節を行う。扱ぎ深さを浅くするのは､深くすると扱室内のわら屑が多くなり、傷籾、脱ぷ粒が生じやすくなり、所要動力も増大するからである。

汎用コンバインは脱穀機構が自脱コンバインと異なり、作業時のシリンダ周速度は自脱コンバインよりも大きく､グレンタンク内の穂切れや枝梗付着粒割合は多いが､籾の損傷は少ない。籾及び玄米への損傷が少ないため低温での発芽率や苗立ち率の低下が少ない特徴がある（図Ⅷ－30、図Ⅷ－31）。この特徴を活かして直播用の種子の収穫に利用する技術が確立され、脱ぷ粒の発生が少なくなる利用条件などが整理されている。



図Ⅷ－30　機種別の籾損傷程度
（中央農試 2010）



Ⅷ－31　機種別の脱穀条件と低温発芽率
（中央農試 2010）

4)　その他の注意

圃場内で倒伏しているところ、登熟が遅れているところの稲はその他の稲と一緒にすることで品質低下を招くおそれがあるので別刈りする。褐変穂やいもち病発生のあった場所も同様である。生籾のまま長時間放置すると玄米が変色するので収穫した生籾は速やかに乾燥機にかける。

収穫前には圃場毎の作付け品種を確認し、異品種混入を避ける。コンバインは品種が切り替わる時はよく清掃する。また、刈り取りの時、泥や石などが入らないよう注意する。

コンバインによる傷害事故は、作業中にわらやわら屑などの詰まりや引っかかりを除去する際に多く発生している。このような場合はエンジンを止めてから整備を開始する必要がある。

⑸　乾　　燥

乾燥は、籾の品質を損なわずに貯蔵可能な水分まで低下させることが目的である。主要穀物の出荷時水分の上限は農林水産省の農産物検査規格で定められており、玄米の上限水分は15.0％である。

また、収穫後、乾燥終了までの過程で不適切な処理を行うと製品である米の外観品質や食味を損なうこともある。米の食味を低下させず、品質の高い「商品」として出荷するには注意すべき基本事項がある。

1)　乾燥前の貯留

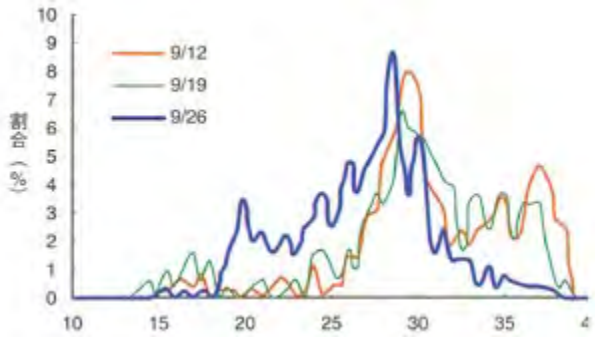
収穫後の籾は水分が高いほどそのまま貯留すると異臭の発生や発芽率低下による品質の劣化を起こしやすく、速やかに乾燥する必要がある。

2)　乾燥前後の籾水分

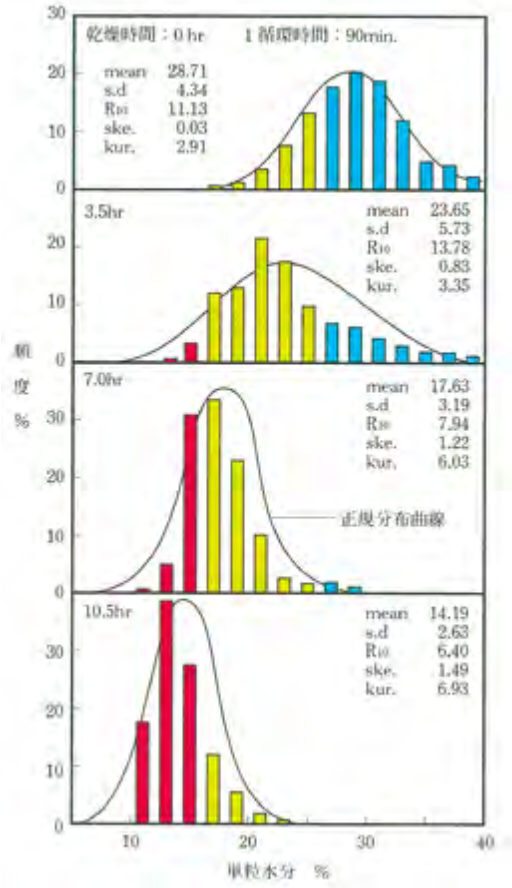
籾の成熟期は株毎の出穂時期、１株内での出穂時期、１穂内での開花時期などにより、30日ほどの差が生ずると言われている。その結果、１穂中の粒別水分はばらつきが大きく、圃場における籾の単粒水分のばらつきは更に大きい。成熟期の圃場における籾の単粒水分の分布幅は収穫適期といわれている成熟後０～５日頃に最も大きくなる（図Ⅷ－32)。水分の大きく異なる籾を一定の水分に仕上げ、品質の良い米に乾燥するためには、一粒毎の籾の状態を考慮に入

れた合理的な乾燥を行うことが必要である。

一般に乾燥の経過とともに、単粒水分の分布は低水分側に移り、分布幅が狭くなる（図Ⅷ－33）。



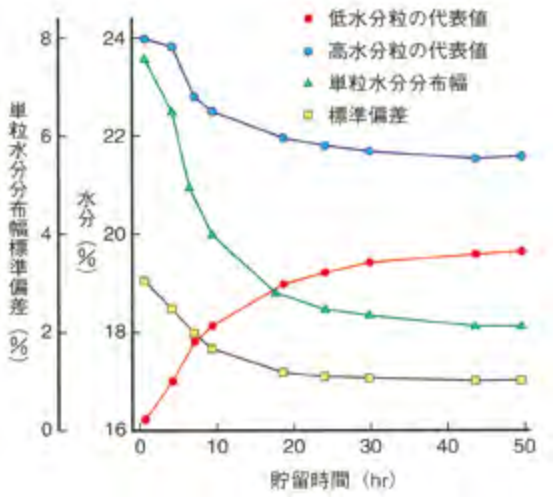
図Ⅷ－32　コンバイン収穫籾の単粒水分分布（中央農試）



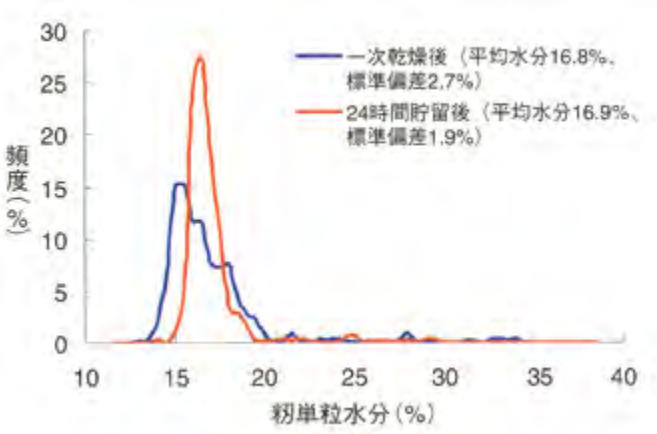
図Ⅷ－33　乾燥中の籾単粒の水分分布（笠原ら）

3)　乾燥途中の貯留（テンパリング）の水分特性

乾燥途中に貯留を行うと高水分粒から低水分粒への水分移動が行われ、水分のバラツキが減少する。水分約20％の籾を35℃の定温器で密閉貯留した場合の水分経過を見ると、高水分の籾は放湿し、低水分の籾は吸湿するため水分のばらつきが小さくなる。粒間の水分移行は概ね24時間で85％が完了し、2日間で平衡に達する（図Ⅷ－34）。一次乾燥終了後（平均水分16.8％）の籾を約24時間貯留した後の籾の単粒水分分布を見ると、貯留により平均水分に変化は認められないが、単粒水分の分布幅が狭くなる（図Ⅷ－35）。これを応用したのが二段乾燥である。



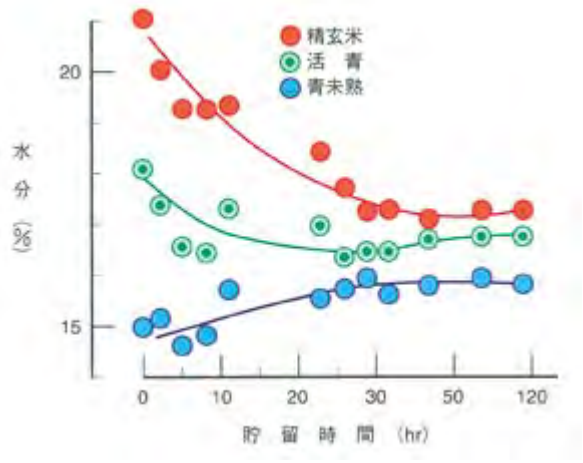
図Ⅷ－34　貯留中の粒間水分移動



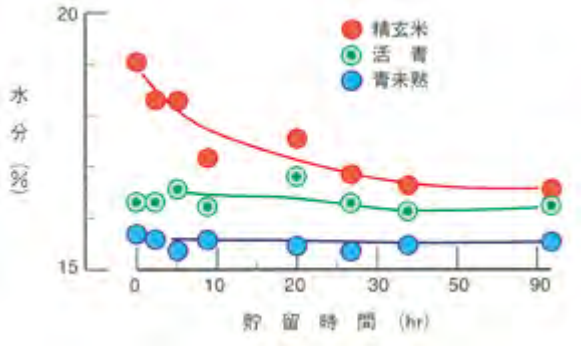
図Ⅷ－35　貯留時の単粒水分分布の変化
（中央農試）

4)　二段乾燥

循環式乾燥機において水分のばらつきをできるだけ解消する上で有効な方法が二段乾燥である。二段乾燥は高水分粒と低水分粒間の水分移行を促す方法である。乾燥終了時点での精玄米と青未熟との水分差は２～４％であり、時間の経過とともにわずかではあるが差が縮まり、全体的に水分が減少する。特に、精玄米に注目するとどちらの年も水分が戻ることはなく、むしろ低下する。つまり、放冷後の水分の戻りが起こらないので目標水分どおりに乾燥を終了させることができる。一次乾燥終了時の水分の目安は、高水分では変質する危険性があり、低水分では低水分粒の過乾燥が避けられないため、18％程度である（図Ⅷ－36、図Ⅷ－37）。なお、休止中の青米の水分変化等から判断すると、休止時間は24時間以上とするのが望ましい。



図Ⅷ－36　一次乾燥後の水分変化
（山形農試）



図Ⅷ－37　二段乾燥後の水分変化
（山形農試）

5) 胴割れと食味

胴割れ米は検査等級格下げの原因となるだけでなく、精米時には砕米の発生原因となり、食味にも悪影響を及ぼす。砕米の混入率の高い米飯は外観、粘りが劣り、食味総合評価が低下する。

胴割れは籾の乾燥速度や玄米の吸湿速度が早い時に発生する。乾燥速度を高めると、粒の内部と外部との水分差によってひずみが生じ、胴割れが発生する。熱風乾燥では毎時乾減率が0.8% /hを超えると胴割れの発生が多くなり、その発生は立毛時の胴割れの発生が多いほど多くなりやすい。また、乾燥温度が高いほど、同じ乾燥温度でも籾水分が高く、入気湿度が低いほど胴割れは発生しやすい。したがって晴天日など空気が乾燥している日では曇天日よりも乾燥速度が速くなるため、熱風温度を下げる必要がある。張り込み量が少ない場合には、満量張り込み時よりも乾燥速度が速くなるので熱風温度を低く設定する。また、立毛時に胴割れが発生している場合は、軽胴割れが乾燥によって重胴割れへと進行しやすいので、このような場合には、毎時乾減率を0.5～0.6%程度になるよう乾燥温度を低く設定する。テンパリングを行うと貯留中に粒の内部から外部へ水分移行が行われるため、連続乾燥に比べて胴割れの発生が少なくなる。

表Ⅷ－33　胴割れ米の定義と分類

1．胴割れ米の定義　胴割れ粒とは、玄米の胚乳部に亀裂の生じている粒をいう。
2．胴割れ粒の分類
①　軽胴割れ粒…精米上の影響が少なく、政府の買入検査の際に被害粒として計数されない程度の胴割れ粒
②　重胴割れ粒…検査の際に被害粒として計数される程度の粒
③　全胴割れ粒…軽胴割れ粒＋重胴割れ粒

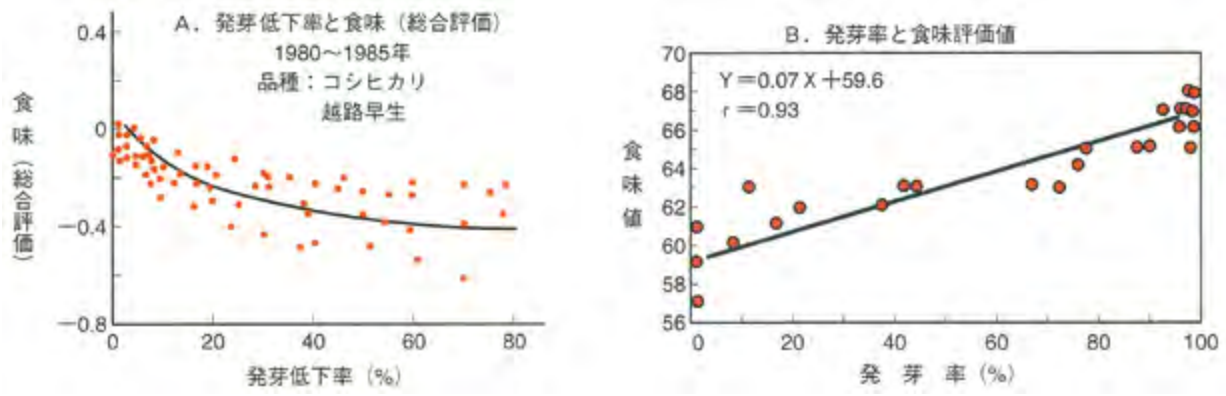
6) 過乾燥と食味

過乾燥米は米粒が硬いため、搗精時には搗精むらや砕粒の発生が増加するほか白度も低下する。過乾米を搗精した精米を水に浸漬すると玄米水分が低いほど表面亀裂が多く発生する。その結果、過乾燥米は砕米率が低くても、炊飯時に澱粉の溶出が多くなり、食味が低下する。また、過乾燥で硬い玄米は糠層の除去が不十分となりやすく、炊飯時に糠臭が発生する場合もある。

北海道米は青米の混入率が高く、１粒毎の籾水分を均一に乾燥するのは大変難しい。乾燥時に籾水分の測定を行うが､青米や屑米を混入して水分を測定すると水分は高く表示されるため、これらを除いた精玄米で測定しなければならない。過乾燥防止の決め手は、原料籾を良く選別し、水分差を小さくすることである。このためには、圃場の生育むらを極力なくし、水口や倒伏している場所を区別して収穫を行い、出来るだけ水分が均一となるように配慮する必要がある。

7)　発芽率と食味

発芽率は種子用では高いことが必須であるが､食用であっても発芽率が食味との関係があり、発芽率の低くなった米の食味が低下することが知られている（図Ⅷ－38)。初期水分が高いほど低い温度で乾燥しないと発芽率は低下するので、食味も低下する恐れがある。水分25％程度の籾では40℃以内の送風温度で乾燥する必要がある。



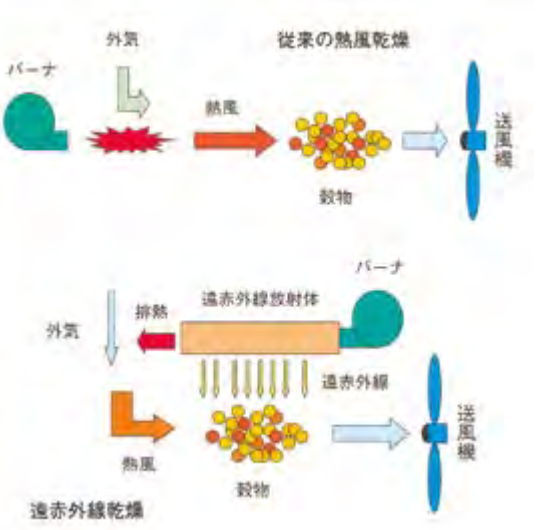
図Ⅷ－38　籾の発芽率と食味

8)　乾燥機のいろいろ

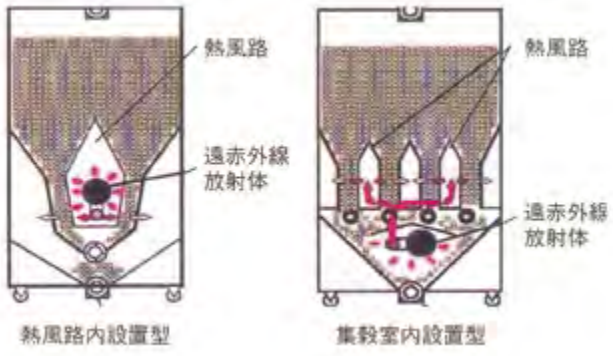
ア　遠赤外線乾燥機

品質維持と、より効率的でエネルギコストの低い乾燥システムとして開発された遠赤外線乾燥は近年、籾乾燥の主流となりつつある。遠赤外線は穀物内の水分に吸収されやすいエネルギであり、遠赤外線放射エネルギ量は、放射体温度の４乗に比例する。この原理を利用し、バーナで放射体を加熱し、遠赤外線を放射させ乾燥を行うのが遠赤外線乾燥機である。また、放射体から排出される排熱で加温した熱風も乾燥エネルギとして利用することにより、エネルギ効率の向上を図っている。遠赤外線乾燥では、穀物水分の除去に必要なエネルギが送風される空気を媒体とせずに穀物へ伝達されるため、送風量を少なく設計できる。遠赤外線乾燥機は放射体の設置位置により、熱風路内設置型と集穀室内設置型に大別される（図Ⅷ－39、図Ⅷ－40)。遠赤外線の照射範囲は１cm程度であるため、集穀室内設置型では穀物を薄い層で流下させ、むらなく全粒に遠赤外線を照射する。遠赤外線乾燥の効果として、燃料および消費電力量の節減効果があり、容量約30トンの遠赤外線乾燥機による乾燥例を示した（図Ⅷ－41)。

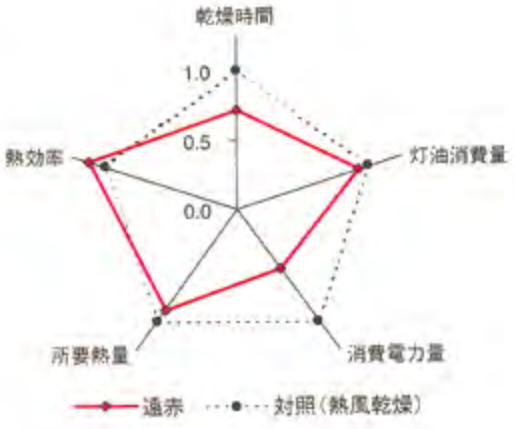
遠赤外線乾燥機は熱風乾燥機よりも乾燥時間が約30％短縮され、灯油消費量は10％程度、消費電力量は40～50％程度削減される。これは遠赤外線乾燥では穀温の上昇が早く穀物内の水が蒸発されやすくなるためである。また、遠赤外線乾燥のメリットとして胴割れ発生の軽減がある。容量が同じの遠赤外乾燥機と熱風式の循環式乾燥機による胴割れ率を比較した（図Ⅷ－42)。



図Ⅷ－39　遠赤外線乾燥の模式図



図Ⅷ－40　遠赤外線乾燥の種類

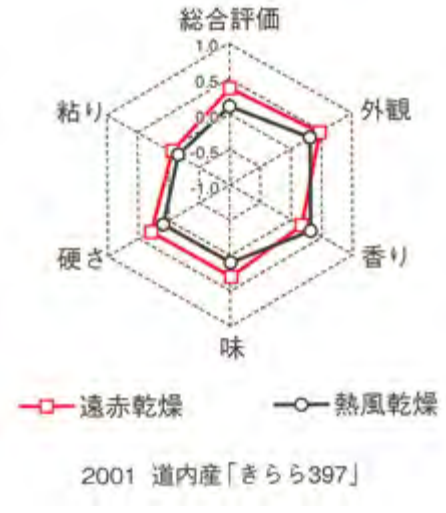


図Ⅷ－41　遠赤外線乾燥の省エネ効果

図Ⅷ－42　乾燥条件と胴割れ率

立毛胴割れが多い原料での試験結果であるが、前述のように胴割れは乾燥速度を高めると発生しやすいのに対し、遠赤外線乾燥は循環式乾燥機よりも乾燥速度が早い場合でも、胴割れの発生が少ない。また、遠赤外線乾燥した米の食味は熱風乾燥と同等もしくは若干優ると評価される場合が多い（図Ⅷ－43）。

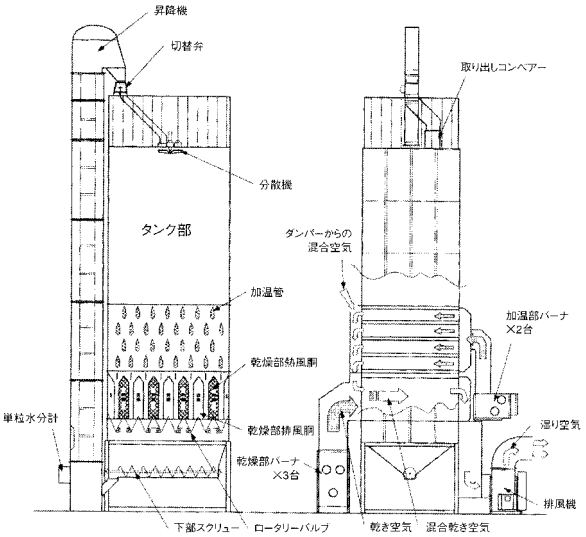
その他、遠赤外線乾燥機には送風量を少なくできること、バーナの燃焼を放射体内部で行うため騒音が低減するなどの利点がある。



図Ⅷ－43　乾燥法と食味

イ　加温部管を利用した乾燥方式

遠赤外線乾燥機と同様に、穀温を効率よく上昇させ、水分が蒸発しやすい状態にしてから、低温少風量で乾燥を行う方式の加温部を設けた乾燥機がある。この方式ではバーナにより加熱された加温管からの伝導熱と加温管から放射される放射熱（遠赤外線）、および対流熱（熱風）を利用して乾燥する（図Ⅷ－44）。この方式も遠赤外線乾燥機同様に燃料および消費電力量の節減効果、音の低減効果がある。



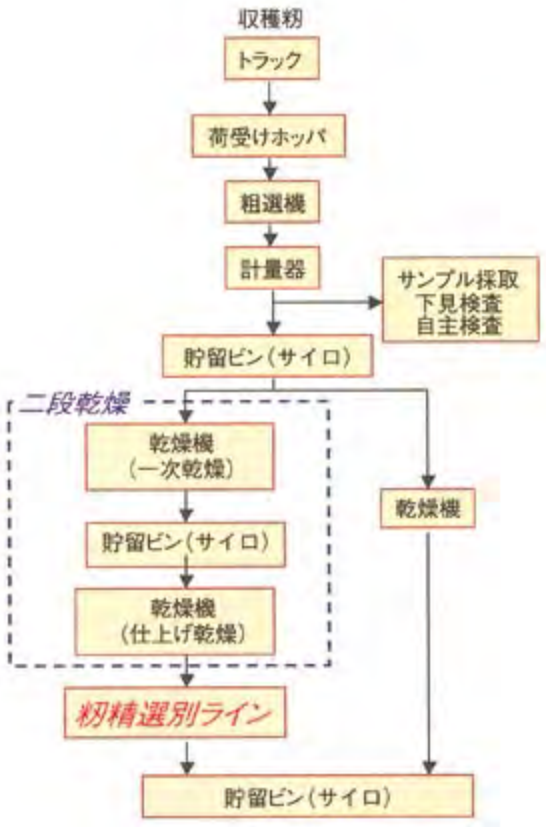
図Ⅷ－44　加温管方式の乾燥機

ウ　合理的な乾燥制御

近年、乾燥中の穀物水分や穀温、熱風温度を随時測定しながら制御する乾燥機が普及している。高水分時には熱風温度を低めにし、水分が減少するにつれて熱風温度を高める逐次昇温乾燥法や、高水分時および胴割れの危険性の高い低水分時には熱風温度を低くし、品質面からみて安全な水分域では熱風温度を上げる高低水分域規制乾燥などがある。

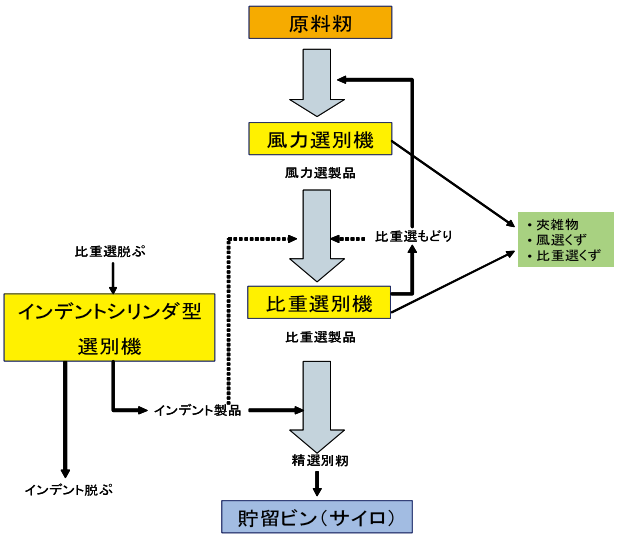
エ　共同乾燥調製施設（カントリーエレベータ）における乾燥と貯蔵前の籾精選別

代表的な共同乾燥調製貯蔵施設の荷受けから乾燥終了までの選別調製ラインを示した（図Ⅷ－45）。乾燥調製施設で荷受けされた籾は、粗選機により夾雑物を除去した後、計量を行い、貯留ビンに一時貯留する。この途中で、サンプルを採取し、籾の自主検査を行う。粗選機は金網式の回転選別円筒（スカルパ）と吸引選別ファン（アスピレータ）を併用したものが大半である。粗選機の毎時処理量は20～30t/hで、複数台を装備し、荷受量の低下防止を図っている。乾燥機の容量とほぼ同量の籾が貯留ビンに溜ると乾燥を開始する。荷受けした籾水分が低い場合は仕上げ水分まで乾燥し、乾燥を終了させる。水分が高い場合は二段乾燥を行う。一次乾燥で水分18％程度まで乾燥した後、貯留ビンで１次貯留を行い、籾水分のバラツキを少なくした後、仕上げ乾燥を行う。二段乾燥は籾水分の均一化のほかに途中で乾燥を止めることにより荷受け量の増加が図れる利点がある。



図Ⅷ－45　共同乾燥調製貯蔵施設における荷受けから乾燥終了までの選別調製ライン

乾燥が終了した籾は貯留ビンあるいはサイロに貯蔵される。乾燥を終了した籾の中には、稲わらや異種穀粒、石礫や金属片などの異物や未熟粒、被害粒、脱ぷ粒や砕粒やしいなが混入しているため、長期間の籾貯蔵前には、製品内に混入する異物の除去、製品の品質向上、籾摺り歩留の向上、貯蔵施設の効率向上などの目的で籾の精選別が行われている（図Ⅷ－46）。籾摺りラインにはこれらを除去する選別機が装備されていないため、搗精前には必ず実施することが重要である。

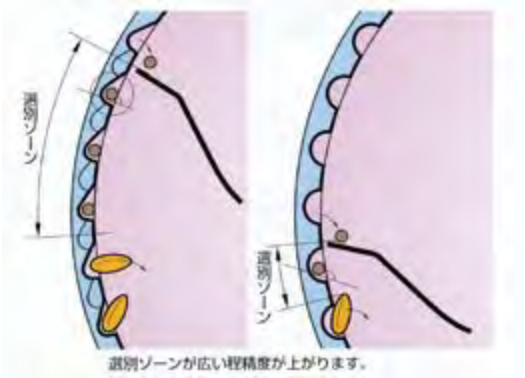


図Ⅷ－46　共同乾燥調製・貯蔵施設における貯蔵前の籾の精選別調製ライン

籾の精選別ラインではまず、風力選別機でしいなやわらなどの夾雑物を除去する。その後、比重選別機により脱ぷ粒・砕粒、しいな・未熟粒・被害粒と精籾の３区分に選別する。比重選別機で比重の重い方に大半の脱ぷ粒や砕粒、石礫が集まる。インデントシリンダ型によっても選別機により脱ぷ粒や砕粒、石礫の選別を行うが、比重選別機に比べ、インデントシリンダ型選別機の処理量は低い。つまり、最初に大量の籾をインデントシリンダ型選別機に流し、脱ぷ粒や砕粒、石礫の除去を行っても、その選別精度は低いため、比重選別機による選別を先に行う方が望ましい。比重選別機とインデントシリンダ型選別機で選別した精籾は貯留ビンやサイロに貯蔵する。

比重選別機は比重と空気抵抗の差を利用した選別機で、特殊なスクリーンを貼ったデッキ（またはデック）とファン、デッキを振動させる振動モータで構成されている。送風機はダンパで風速が設定でき、整流格子を通してデッキ上に風が出る機構である。デッキ上の穀粒に浮遊速度に近い風速の風を当てると穀粒は流動層の状態となり、デッキ上で比重と空気抵抗の差により層状に分離する。層の中で重く充実した穀粒は層の下に沈み、未熟な軽い穀粒や形が小さな穀粒は層の上に浮き上がる。デッキを縦横に傾斜させ、凹凸のあるデッキを振動させると、層の下に沈んだ穀粒は傾斜の上方に移動し、層の上の穀粒は傾斜の下方へ移動する。積層した穀粒を振動により分離するにはデッキの大きさ、つまり選別距離と幅が重要である。比重選別機では軽い穀粒は屑口へ、重い穀粒、脱ぷ粒や、砕粒、石礫などは製品口へと移動し、選別することができる。

インデントシリンダ型選別機は、回転するシリンダの内面にくぼみ（インデント）があり、粒の長短によってくぼみへの収まり方が異なるため、くぼみの形状とシリンダの遠心力のつりあいから落下する位置に違いが生じることを利用する選別機である。選別程度はシリンダの内側にあるキャッチトラフ（またはトローフ）と呼ぶ樋の選別エッジ（リーディングエッジまたはカッティングエッジ）の位置を変えることで調整する。選別したい短粒がシリンダ



図Ⅷ－47　インデントシリンダセパレータ（HYDE社）

の最上部まで持ち上げられるように回転数を調整すると精度や処理能力が最大となる。シリンダの周速度が速くなると粒が遠心力でくぼみから離れなくなり、トラブルの原因になる。また、選別用シリンダ全長の90％ぐらいのインデントポケットに穀粒が入る状態で運転効率が高いため、供給過多にならないよう流量を調整する（図Ⅷ－47）。

オ　乾燥機の点検

乾燥機内部に付着した残存物は細菌やカビの発生源となり、また別の穀物を乾燥する際の異種穀粒の原因となることから、排出が終わったら必ず取り扱い説明書の手順を読んで清掃して除する。目標乾燥水分で乾燥を終えるために、乾燥機に内蔵されている水分計の特徴を把握し、適宜補正をする。また、些細な故障が火災などの思わぬ事故につながることもあるため、定期的な点検を行うことが重要である。

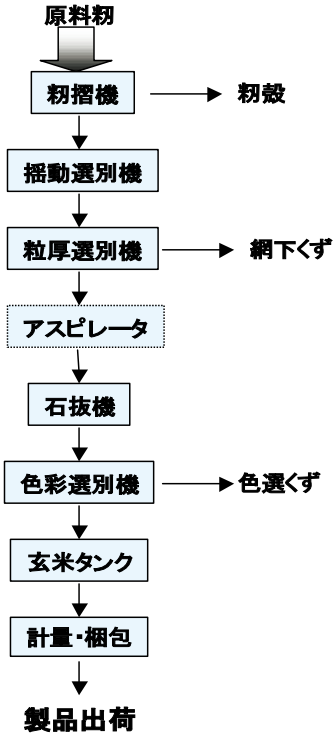
⑹ 調　　製

1)　籾摺り

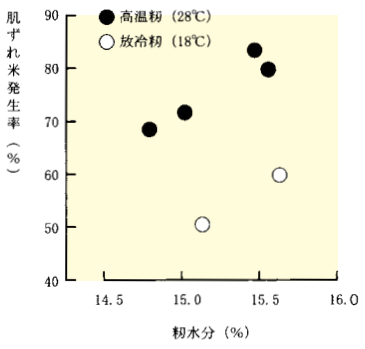
良質米生産の最終工程として、籾摺り、選別作業は重要で、玄米を傷めず整粒歩合を高める調製を行うことが重要である。代表的な籾摺り、選別調製ラインを示した（図Ⅷ－48）。

ア　籾摺り

籾摺りは籾摺り機で行う。ゴムロール式籾摺り機のほか、最近は衝撃式のインペラ式籾摺り機の使用も増えている。ゴムロール式は、小形から大形まで種々の処理能力の機種が製造されており、インペラ式は農家用の小形機が大半である。インペラ式は、脱ぷ率が高いこと、やや水分の高い籾にも使用できるなどの特長がある。ゴムロール式では、ロール間隙によって脱ぷ率が変化し、ロール間隙が狭いと脱ぷ率は良くなるが、玄米表面に傷が付く肌ずれ米が生じ、品質の劣化の原因となる。一方、ロール間隙が広いと脱ぷ率が悪くなり、処理能力が低下する。そこで、ロールの回転数と間隔、籾流量を調整し、脱ぷ率が80～90％になるように設定する。この調製方法は、異径ロール式籾すり期機の場合、摩耗量を考慮しながら基準の間隙値より少しずつ広くするように、同径ロール式では、ロール間隙をやや狭めるようにし、主軸と副軸のロールを入れ替え、周速度差率の変化を少なくして肌ずれ米の発生を抑制するように行う。ゴムロールが片減りしていたり、ゴムの厚さが新



図Ⅷ－48　籾摺り、選別、調製ライン



図Ⅷ－49　籾温度と肌ずれ米発生率

品の４分の１以下まで減っている場合は、直ちに新品と交換する。また、籾摺り機の振動が激しい場合も砕米が発生するので定期的に各部の締め付けを行う。

肌ずれ米は吸湿しやすく、カビの被害を受けやすいので貯蔵性が劣る。肌ずれ米は、その大部分が籾摺り機のゴムロールによる搗精時に発生する。同じ籾摺り機を使っても、籾の温度が高いと肌ずれ米発生率が高くなる（図Ⅷ－49）。

玄米水分を安定させるため、乾燥終了後５～７日間程度の調湿期間を置き、籾温度が低下してから籾摺りを行うことが望ましい。また、ライスグレーダで選別する時はシリンダ篩の回転数と、傾斜に注意して肌ずれが発生しないようにする。

2)　選　　別

米の充実度は玄米の粒厚と相関が高く、粒厚選別機によって粒厚の小さい未熟粒、死米などを除去して整粒割合を増加させ、玄米の品質を向上させる。

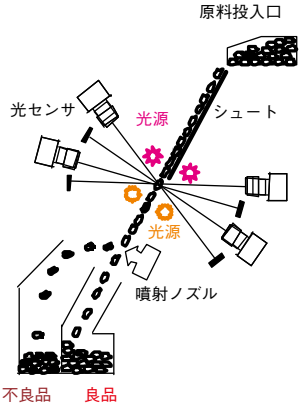
ア　粒厚選別機

従来使用されていた横形回転篩選別機にかわって､縦形回転篩選別機が急速に普及している。長所は、シリンダ全面で選別作用が行われるのでシリンダを短くでき、縦形であるため設置面積が小さく、狭い場所でも使用が可能であることが挙げられる。また、電子秤を利用して装置の上部に運ばれた穀粒を連続的に計量・袋詰め作業を行うことができる。回転篩選別機の場合は網目筒の回転数を上げすぎると、肌ずれが生じることがあるので、指定された回転数で使用することが大切である。

縦線米選機の場合は線間を米粒にあわせ、各線の間隔が一定にすることが大切である。傾斜は玄米の走り方を見て間隔を調整し、玄米の流量は有効幅一面に一粒ならびに流下する程度とする。

イ　色彩選別機

色彩選別機はシュートを流れる玄米に光を当て、着色粒（斑点粒）、未熟粒、被害粒、死米、砕粒や石、ガラス、プラスチック、金属片などの異物を選別する。個人利用では数チャンネルの色彩選別機が使用されているが、北海道のカントリーエレベータなどの選別調製施設では数百チャンネルの色彩選別機が使用されており、全ての玄米の選別に利用されている（図Ⅷ－50、写真Ⅷ－10）。



図Ⅷ－50　色彩選別機の選別方法

写真Ⅷ－10　色彩選別機の外観

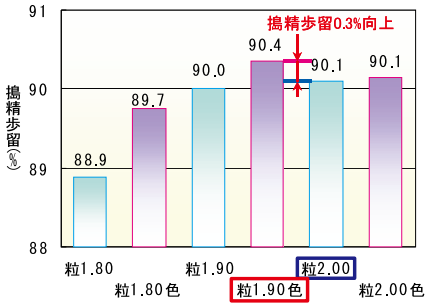
ウ　粒厚選別機と色彩選別機の組み合わせによる歩留・検査等級・整粒割合の向上

北海道の米の共同乾燥調製施設や農家では、籾摺り後の玄米の選別は、従来から粒厚選別が行われている。この粒厚選別では粒厚の小さい未熟粒や死米などを除き、整粒割合を増やし、玄米の品質を向上させる。

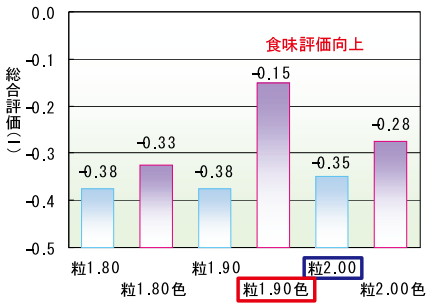
粒厚選別を行う際、網目サイズが1.90mmの篩を使用していた。最近は、品質の良い米を生産するために、目幅を大きくする傾向にある。その結果、現在の標準的な篩の目幅は、「きらら397」では2.00mm、「ほしのゆめ」では1.95mmとなっている。しかし、目幅を2.00mm（または1.95mm）と大きくしても、１等玄米を調製できない場合もあり、そのような時には、さらに大きな目幅で選別する例もある。近年は整粒割合を高くして１等玄米の出荷比率を高めるために、網目サイズを大きくする傾向にある。このように篩の目幅を大きくすると、歩留まりが低下し、網目下（選別くず）に整粒が除去され、生産者にとって損失が大きくなる。

北海道では米の乾燥調製貯蔵工程の合理化と高品質で均質な大ロットの北海道産銘柄米の確立を目的に、1996年以降、カントリーエレベータの建設が進んでいる。このような最新の大型施設では、玄米から異物（小石等）や着色粒を除去するために、粒厚選別の後に色彩選別を行う例が増えている。そこで、現在の粒厚選別の篩目幅を0.1mm小さくし、「きらら397」では1.90mm、「ほしのゆめ」では1.85mmで選別した後、色彩選別機により未熟粒や着色粒などをしっかり取り除くことで製品玄米の品質や歩留向上の検討が行われている。

すなわち、高品質米（１等米）の調製と歩留の向上とを同時に実現するために、粒厚選別と色彩選別とを組み合わせた新しい玄米選別技術である。現行の粒厚選別の篩の目幅を0.1mm小さくして、「きらら397」では1.90mm、「ほしのゆめ」では1.85mmで選別し、その後色彩選別機による選別を行った結果、歩留が４～11％増加、検査等級が向上し１等となった、整粒割合が0.1～３％増加、搗精歩留が0.2～0.3％増加、食味評価がわずかに向上するなどの良好な結果を得ている（図Ⅷ－51、図Ⅷ－52、表Ⅷ－33）。



図Ⅷ－51　搗精歩留
（北大・中央農試 2002）



図Ⅷ－52　食味試験の総合評価
（北大・中央農試 2002）

表Ⅷ－33　粒厚選別機と色彩選別の組み合わせによる歩留・検査等級、整粒割合の向上

（北大・中央農試 2002）

試料	色彩選別の有無	歩留（%）			検査等級			整粒割合（%）		
		粒厚選別の篩の目幅			粒厚選別の篩の目幅			粒厚選別の篩の目幅		
		1.80mm	1.90mm	2.00mm	1.80mm	1.90mm	2.00mm	1.80mm	1.90mm	2.00mm
2001年北村産きらら397	色選なし	97.3	94.1	84.0	等外	等外	3（中）	73.4	74.9	78.4
	色選あり	88.2	88.2	81.5	1（下）	2（上）	2（上）	80.6	80.8	79.3
2002年北村産きらら397	色選なし	98.5	95.9	84.5	3（上）	2（下）	2（中）	70.6	72.3	75.8
	色選あり	89.6	89.5	81.9	1（下）	1（下）	1（下）	75.5	75.9	75.9
2002年長沼産きらら397	色選なし	98.1	92.5	72.3	等外	等外	3（下）	74.0	76.4	81.8
	色選あり	84.9	83.6	67.3	1（中）	1（中）	1（中）	85.6	84.6	85.3
		1.75mm	1.85mm	1.95mm	1.75mm	1.85mm	1.95mm	1.75mm	1.85mm	1.95mm
2001年美唄産ほしのゆめ	色選なし	97.5	94.1	79.7	3（下）	3（中）	2（中）	68.7	69.8	75.2
	色選あり	85.9	85.6	76.9	1（下）	1（下）	1（下）	77.5	78.1	77.0

（道総研中央農業試験場生産研究部長　竹中秀行）

Ⅸ　冷害の発生と対策

1　北海道における冷害の特徴

(1)　過去の冷害と冷害の形態

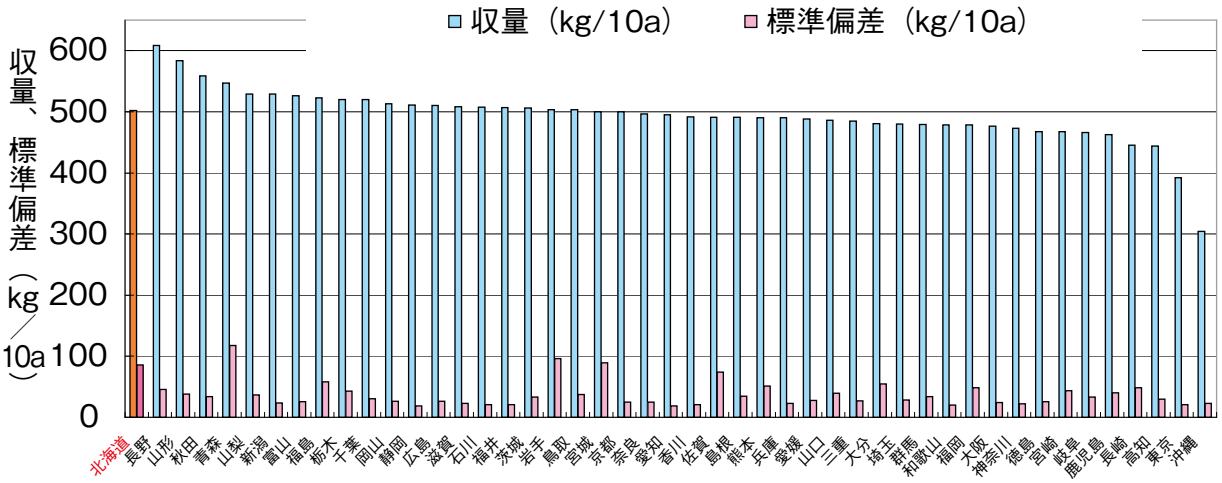
冷害は、1884年（明17）から2010年（平22）までの127年間に32回、ほぼ４年に１回発生し、温暖化が進んでいると言われている近年でも、2003年（平15）や2009年（平21）に発生している（表Ⅸ－１）。

表Ⅸ－1　北海道における冷害と稲の収量

年　　次	10a当たり収　量	作況指数	10a当たり平年収量	冷害の形態
1884（明治17）	45kg	(28)	(161)kg	遅延型
1888（　21）	105	(63)	(166)	
1889（　22）	71	(42)	(168)	
1893（　26）	127	(74)	(172)	遅延型
1897（　30）	105	(59)	(177)	併行型
1902（　35）	22	(12)	(184)	〃
1905（　38）	124	(66)	(187)	障害型
1913（大正２）	12	(6)	(197)	遅延型
1926（　15）	119	(56)	(212)	併行型
1931（昭和６）	84	(38)	(219)	遅延型
1932（　７）	67	(30)	(220)	〃
1934（　９）	138	(62)	(223)	障害型
1935（　10）	117	(52)	(224)	遅延型
1941（　16）	117	(51)	(231)	併行型
1945（　20）	105	(44)	(236)	遅延型
1953（　28）	233	81	289	障害型
1954（　29）	177	60	293	遅延型
1956（　31）	150	51	293	併行型
1964（　39）	264	68	389	遅延型
1965（　40）	334	86	389	障害型
1966（　41）	283	73	389	〃
1969（　44）	351	86	406	併行型
1971（　46）	273	66	411	障害型
1976（　51）	361	80	451	遅延型
1980（　55）	385	81	475	障害型
1981（　56）	413	87	475	遅延型
1983（　58）	355	74	482	遅延型
1987（　62）[1)]	472	90	490	障害型
1992（平成４）	445	87	502	併行型
1993（　５）	209	40	498	〃
2002（　14）[1)]	492	91	528	〃
2003（　15）	385	73	528	〃
2009（　21）	475	89	535	〃

１）1987、2002年は冷害年と評価しない場合もあるが、北海道産米の販売上影響が少なからず大きい年であったことから記載した。なお、農林水産統計では、作況指数ではないものの、平年比94以下を不良としている。

北海道の平年収量は2010年で535kg/10a、全国の都道府県で７位であるが、1993（平５）～2010年（平22）の18年間の平均収量は、502kg/10aで、同20位となっている（図Ⅸ－１）。また、収量の標準偏差は85kg/10aで、青森県、岩手県、宮城県に次いで大きい。これらの差異や変動には、1993、2003年などの冷害年が大きく影響している。このように北海道稲作には、今後とも冷害を回避し品質と収量の安定化を図ることは重要な課題である。

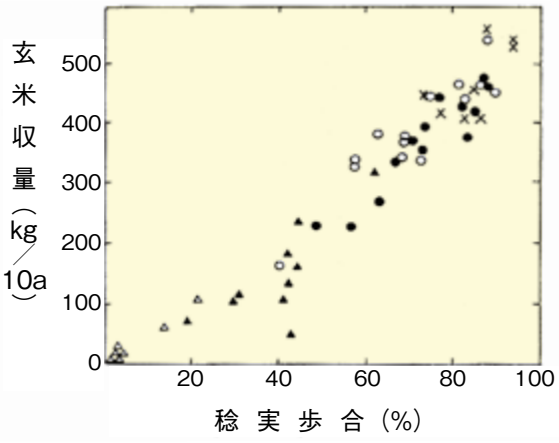


図Ⅸ－１　過去20年間（1993～2012年）の都道府県別収量とその標準偏差

（農林水産省大臣官房統計部編（1993～2010）による。）

冷害には、稲の生育に与える影響の違いにより、低温障害で不稔籾多発により減収する障害型（図Ⅸ－２）と、低温による生育遅延で減収する遅延型、および障害型と遅延型が併行して被害を与える併行型の３つに区分できる。

冷害の中で障害型冷害は、併行型も含め多くみられる。不稔の発生による減収とともに、籾殻形成期の低温およびそれに伴うことの多い寡照の影響により、籾殻が小さくなり千粒重が軽くなる（表Ⅸ－２）。また、籾殻が小さくなると割籾が増加するため、着色粒などの発生による品質を低下させる。さらに、不稔の発生が多いほど精米タンパク質含有率が高くなり（図Ⅸ－３）、食味を低下させる。



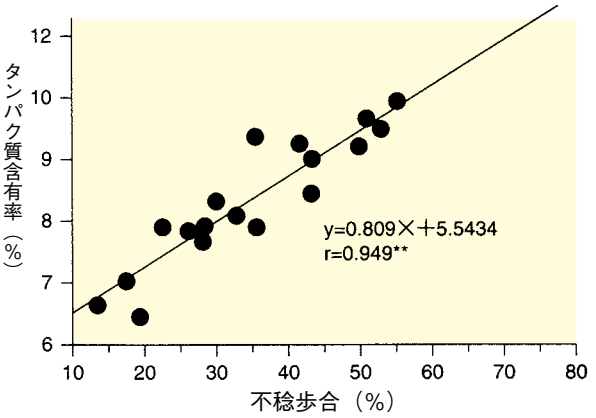
図Ⅸ－２　障害型冷害年（1971年）における北海道各地の水稲収量と稔実歩合との関係（佐竹 1994）

（農業試験場における育成系統生産力検定試験成績より作図）

△：北見農試　▲：十勝農試
○：上川農試　●：中央農試
×：道南農試

表Ⅸ－２　穂孕期の遮光と割籾・粒重の関係
（「しおかり」上川農試 1973）

移植期	出穂前30～６日平均日射量（cal）		割籾率（%）		完全米千粒重（g）	
	遮光処理	無処理	遮光処理	無処理	遮光処理	無処理
5/21	159	380	43.9	14.4	18.7	20.0
6/6	145	356	39.4	14.1	19.4	20.1



図Ⅸ－３　不稔歩合と精米タンパク質含有率の関係（上川農試 1987）

遅延型は、近年、葉令が進んだ成苗の比率が60％以上となり、さらに側条施肥など初期生育を促進する栽培法が導入されたため、その発生頻度は過去に比べて低くなった。しかし、重度の遅延型は登熟が秋冷に間に合わず登熟停止となり、収穫物に青米が多く混入すると収量や品質の低下は甚しく、そのままでは販売できない状況も考えられるため、その影響は大きい。

併行型も多く見られる。すなわち、北海道は平年でも東北以南に比べ登熟気温が低い。障害型冷害が発生した年には、少なからず生育も遅延するためいっそう登熟気温が低下し、収量や品質に影響する場合が多い。近年で被害が顕著に大きかった1993（平成５）年の冷害は、併行型であった。

⑵　冷害発生の機作

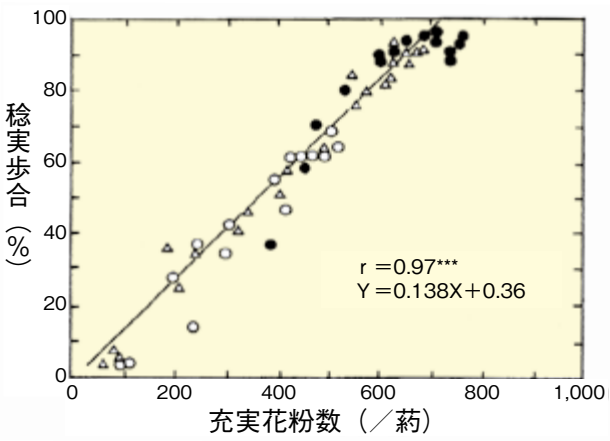
1)　障害型冷害

冷害は、幼穂分化期から開花受精期までの期間に低温に遭遇し、花粉分化数の減少、花粉の発育不全や受精不良によって不稔粒が多発し､減収する。稔実あるいは不稔いずれとなるかは、その受精可能な充実花粉の数が大きな影響をもつ（図Ⅸ－４）。

花粉のできる過程を述べると、幼穂形成期（えい花始原体分化初期）後、えい花の生長とともに葯の中で花粉の母細胞が分裂を始める。花粉母細胞は２分裂後、４つの小胞子に分裂し、小胞子の１つ１つが充実して花粉となる。えい花には、６本の葯と２つに分かれた柱頭と１つの子房がある（図Ⅸ－５）。１つの葯には1,000個近い花粉が入っている。開花と同時に葯が裂開し、花粉は柱頭に付着、受精して稔実する。低温は幼穂の分化始めから受精完了まですべてに影響し、不稔粒を多発させる。

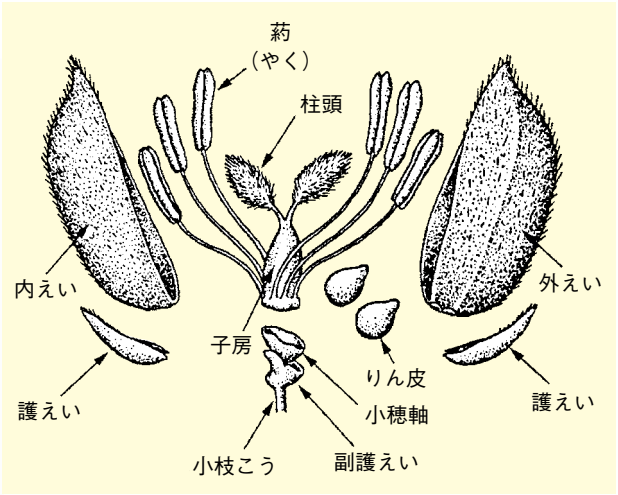
その影響する時期は、大きく穂ばらみ期と開花期に分けられ（図Ⅸ－６）、さらに前者は前歴期間と危険期に分けられる。前歴期間となる幼穂形成期後10日間は、低温により小胞子（花粉の基になる細胞）の分化が抑制されて、花粉数が減少する。その後、出穂前11日を中心とする前後７日間は、（穂ばらみ期の）危険期とされ、低温に遭遇するとタペート（葯壁）細胞の肥大などにより、分化した小胞子が退化したり発育不全となり、充実した花粉数が減少する。さらに、開花・受精期の低温は、開花の遅延や開花しても葯の裂開不良を生じさせる。そのた

め、裂開しても花粉の飛散が不十分で柱頭への付着が少なくなり受精が阻害されたり、開花が遅延することにより花粉の発芽や受精能力が低下する。

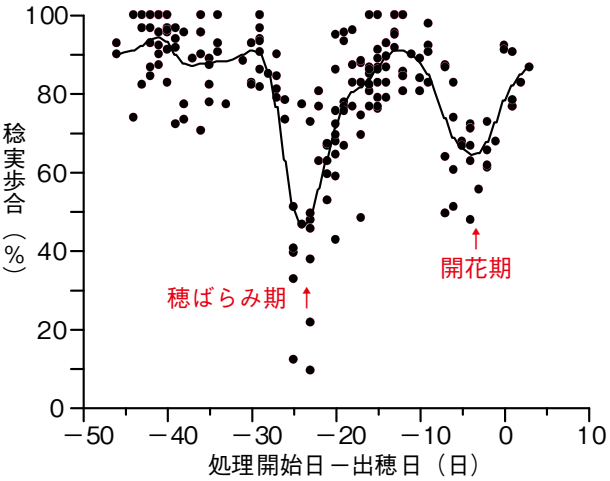


図Ⅸ－４　生育時期別冷温処理実験における稔実歩合と葯当たり充実花粉数との関係（satake 1991）

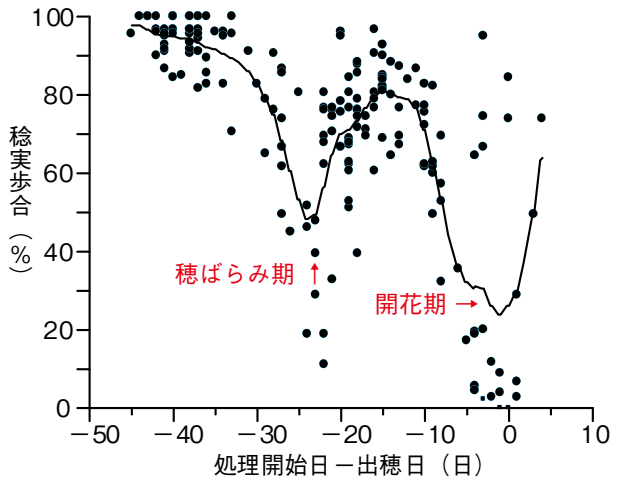
品種（培養温度、冷温処理）
●：はやゆき（24/19、12℃・3日間）
○：農林20号（24/19、12℃・3日間）
△：農林20号（26/19、12℃・4日間）



図Ⅸ－５　イネのえい花の形態
（保木本敬一氏農業基礎講座より）



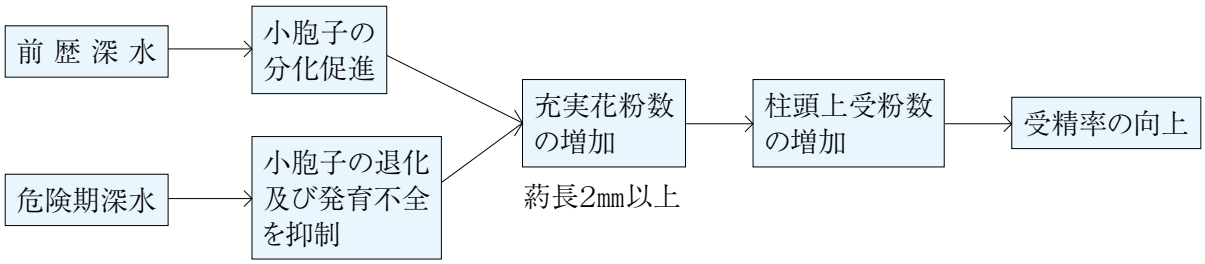
きらら397
耐冷性、　穂ばらみ期：やや強
　　開花期：やや強



吟風
耐冷性、　穂ばらみ期：やや強
　　開花期：極弱

図Ⅸ－６　穂ばらみ期と開花期の不稔発生
17.5℃ 14日間処理による（上川農試 2006）

これらのことから、稔実を高めるためには、深水管理により幼穂を保温することにより、前歴期間では花粉の基となる小胞子の分化を増進し、危険期では小胞子の退化・発育不全を抑制する。このことにより、開花期に葯当たり充実花粉数を増加させ、その結果柱頭上の受粉数が多くなり、受精率が高まる（図Ⅸ－７）。



図Ⅸ－７　稔実歩合向上の模式図（北農試 1987）

葯中の花粉数は葯長と関係が深い。葯長が1.8mm以上では、不稔歩合は20％以下と低く、それ以下では葯長の短縮に伴い不稔歩合が増加する。これをもとに、葯長から不稔歩合を推定することができる（表Ⅸ－３）

表Ⅸ－３　葯長による不稔歩合の推定
（中央農試 1997）

葯長（mm）	不稔発生程度	不稔歩合（％）
1.2以下	極大	100～90
1.2～1.5	大	100～50
1.5～1.8	中	80～20
1.8～2.0	小	20以下
2.0以上	極小	10以下

注）葯長はFAA固定後の長さ

一方、開花期の低温には直接、開花受精を促進する対応策がない。それでも稔実するには受精可能な充実花粉が一定数、受粉することが必要であるから、出穂前に葯内の充実花粉数を増やしておくことが、不稔発生の抑制に役立つと考えられる。

2)　不稔の発生気温

稔実歩合の低下に影響する最低限界温度は、幼穂形成期後約10日間は15～20℃、冷害危険期は13～15℃、開花期は日中の最高気温24℃以下が４日以上とされている。しかし、不稔発生の多少は、昼夜の気温差やその継続日数、日照時間、品種の耐冷性、稲体の窒素濃度などにより大きく変わる。表Ⅸ－４に「きらら397」の前歴期間、冷害危険期、開花期の気温と不稔発生の関係を示したが、これらによりある程度は予測することができる。

表Ⅸ－４　気温からみた不稔歩合の推定（中央農試 1997）

前歴期間平均気温（℃）	冷害危険期間平均気温（℃）	きらら397（推定不稔歩合％）[1)]		
		開花期間最高気温（℃）		
		20～20.9	21～22.9	23以上
16～17.9	16～16.9	100～85	100～80	100～80
	17～18.1	90～75	95～65	95～60
	18.2～18.9	70～45	50～25	35～20
	19以上	65～30	40～５	20～５
18以上	16～16.9	95～75	90～70	90～65
	17～18.1	90～55	85～40	80～35
	18.2～18.9	70～45	50～25	35～20
	19以上	65～30	40～５	20～５

１）５～15％の不稔発生は、収量に影響しない。

3)　遅延型冷害

播種後から移植期、分げつ期、幼穂形成期、出穂期までの生育各時期あるいは複数の時期の冷温による出穂遅延のため秋冷により登熟不良となるか、出穂が遅延しなくても登熟期の低温により登熟不良となった場合に生じる。開花期の冷害では不稔発生とともに開花受精が遅れ、登熟開始が遅れるので同じ現象を生じる。収穫玄米に青米や屑米が多くなり、粒重も低下して減収する。

2　冷害防止対策

(1)　安全出穂期を守る品種と栽培法

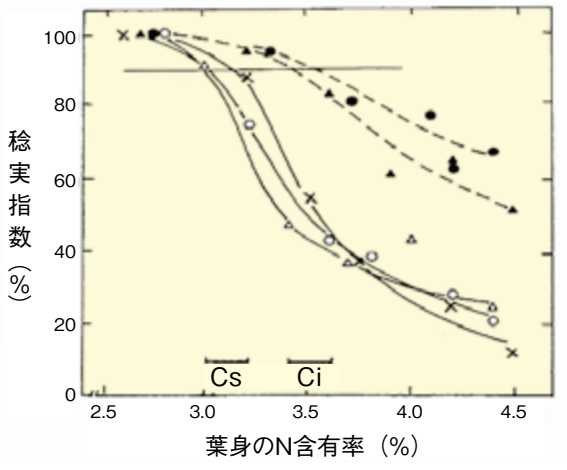
北海道では東北以南に比べ冷涼なため、稲の生育期間が限定される。すなわち、各地域において、出穂が早すぎると穂ばらみ期に低温に遭遇するので、その危険性の小さくなる早限出穂期と、出穂が遅くなると秋冷により登熟不良を生じるので、最も遅い登熟可能な晩限出穂期を定めている（Ⅲ章１節を参照)。それらを参考に、地域別の水稲作付指標を定めており、それらを参照に作付品種を選定する。また、直播と移植、あるいは移植の苗種類などの栽培方法を選択する場合にも、安全出穂期内に出穂が見込めることが前提となる。

(2)　品種の耐冷性と配合による危険分散

品種の耐冷性は穂ばらみ期と開花期の両期について明らかにされている（Ⅲ章４節を参照)。作付品種を選定する場合、品種の耐冷性と栽培地域の気象の両者に配慮する。さらに、実際の気象では、低温は長期間一様な冷温ではなく、特定の時期に襲来するので、１品種のみでは危険期がちょうど低温に遭遇すれば壊滅的な不稔発生となる。また、障害型冷害は出穂の早い品種で、遅延型冷害は出穂が遅い品種に発生しやすい。これらのことから、出穂早晩の異なる複数の品種を作付けし、危険分散を図ることが望ましい。

(3)　健　　苗

遅延型冷害を回避するには、葉令が基準に達し乾物重/草丈が高く、ずんぐりむっくり型の「健苗」をつくることが重要である（Ⅷ章２節を参照)。健苗は、発根力が強く、活着時の低温により生育遅延発生を生じさせない。また、健苗により初期生育を良くすることによって土壌中の窒素の吸収を早め、冷害危険期の稲体窒素濃度を低下させることは、障害不稔発生の防止にも役立つ(図Ⅸ－８)。



図Ⅸ－８　止葉期の葉身N含有率と稔実指数との関係（上川農試 1984）

しおかり：－○－1976 イシカリ：┈●┈1976
－△－1977　　：┈▲┈1979
－×－1980
Cs、Ciは、それぞれ「しおかり」、「イシカリ」の穂ばらみ期葉身限界窒素含有率

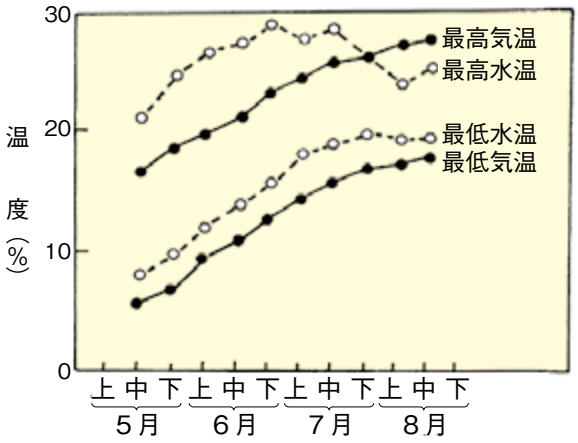
(4)　施肥量と施肥法

過剰な肥料は、稲体を軟弱徒長させ、低温による不稔発生を助長する。そのため、基準の施肥量を守る。また、全層施肥のみよりも

側条施肥を組み合わせて初期生育を良くすることは、危険期の稲体窒素濃度を低下させ、遅延型のみならず障害型冷害の回避に有効である。

(5) 水温上昇のための管理法

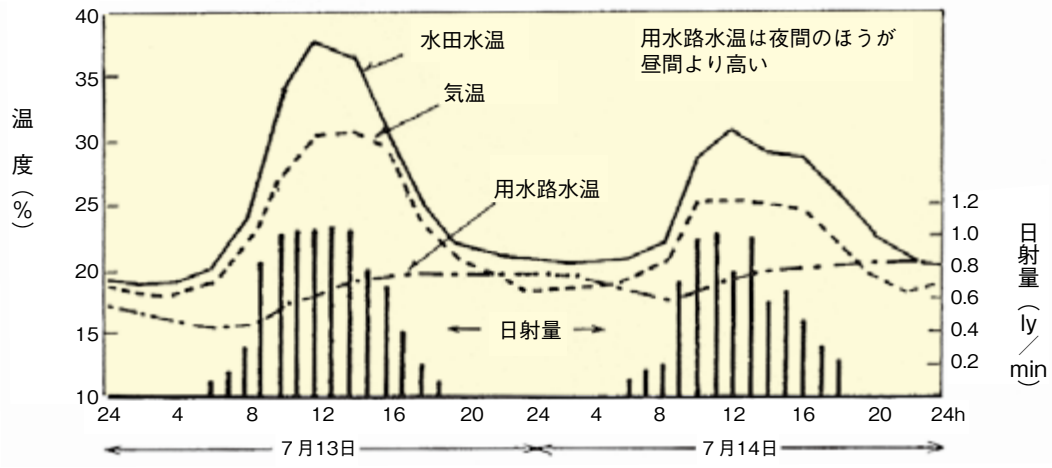
５月下旬から７月中旬までの最高水温は最高気温よりも３～５℃高く、最低水温は最低気温よりも約３℃高い(図Ⅸ－９)。この時期、生長点のある稲の茎葉基部は水面下にあるので、生育は水温の影響を強く受ける。水温は生育の適温である25℃前後よりも低いので、上昇を図ることが基本である。



図Ⅸ－９　５～８月における旬別の気温と水田水温の推移（藤原 1982）
－北海道農試、昭和15～24年の10年間の平均値

1) 灌漑水温の上昇と入水時間

河川の水温が低い地域では温水池が利用されている。また、水田の水温は早朝にかけて最低になる（図Ⅸ－10)。用水路の水温は日変化が少なく、水田との水温差が小さい夕方から早朝に水を入れるのが良い。



図Ⅸ－10　岩見沢市栗沢町大型水田における用水路および水田水温と気温・日射量の日変化
（藤原 1982）

2) 防 風 網

防風網は風速を小さくするとともに、風による蒸発散による水温の低下を抑えて水温の上昇効果をもたらす（Ⅲ章　図Ⅲ－３参照)。強風条件では、防風網の防風効果が高い地点ほど水温上昇効果が高い。例えば、高さの５倍地点で４℃、10倍地点で２℃の効果が認められている。

3) 深水灌漑

灌漑水温は気温よりも一般に数度高く、冷害危険期のえい花が水面下に入る深さを保てば冷気温から保護されるため、深水灌漑が奨励されてきた。冷害危険期のえい花の80％を覆うためには、18～20cmの水深が必要である（表Ⅸ－５）。

また、幼穂形成期から危険期直前までの前歴期間での深水も、不稔発生防止に効果のあることが明らかになった。この場合、不稔発生に対する前歴深水の単独効果は危険期深水の単独効果より大きく、両期深水の複合効果は相乗的に大きい。この前歴深水の水深は10cmである（表Ⅸ－６）。

表Ⅸ－５　冷害危険期の花が50％及び80％含まれる水の深さ（北農試 1978）

品　　種	危険期の花の比率	
	50％	80％
農林20号	17.0cm	20.8cm
ゆうなみ	15.6	18.6
しおかり	15.0	19.0

表Ⅸ－６　前歴深水と危険期深水による冷害防止効果（佐竹ら 1987）

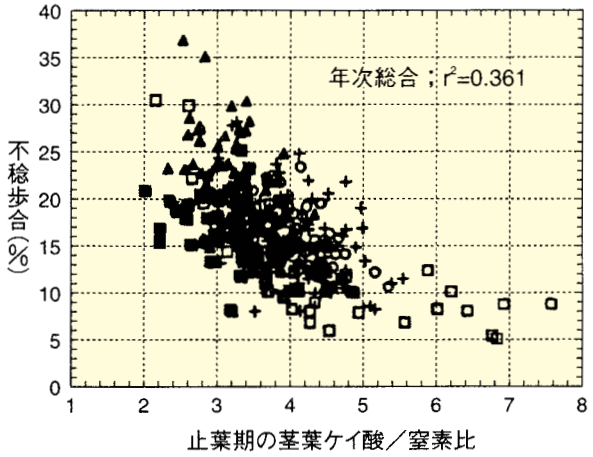
前歴水温	水　深		ポット当たり籾重 g（％）	稔実歩合（％）
	前　歴	危険期		
21℃	3 cm	3 cm	4（ 9）	10
		10	6（ 13）	13
		20	8（ 17）	17
	10cm	3 cm	13（ 28）	25
		10	14（ 30）	32
		20	26（ 55）	58
24℃	3 cm	3 cm	17（ 36）	32
		10	21（ 45）	42
		20	33（ 70）	71
	10cm	3 cm	35（ 74）	72
		10	38（ 81）	72
		20	42（ 89）	90
対照（常温）区			47（100）	88

＊危険期水温はいずれも18℃

(6) 土地基盤の改良

透排水が不良な圃場では、地温の上昇が遅く、土中の酸素供給が悪く、有害物質が滞留し、初期生育が不良化し生育遅延を生じ、冷害を受けやすくなる。暗きょ排水、心土破砕、深耕などにより水田の透排水性を良くするとともに、根の生育領域を広げる。地力を培養するために、わらは堆肥にしていれるか、少なくとも秋鋤き込みにして分解を促進する。

さらに、ケイ酸吸収を高めることが不稔発生を軽減する（図Ⅸ－11）ので、土壌改良材として施与するなど基準を下回らな



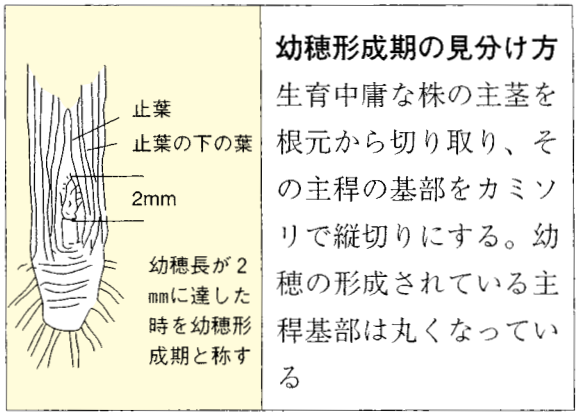
図Ⅸ－11　止葉期の茎葉ケイ酸／窒素比と不稔（上川農試 1999）

いようにする。

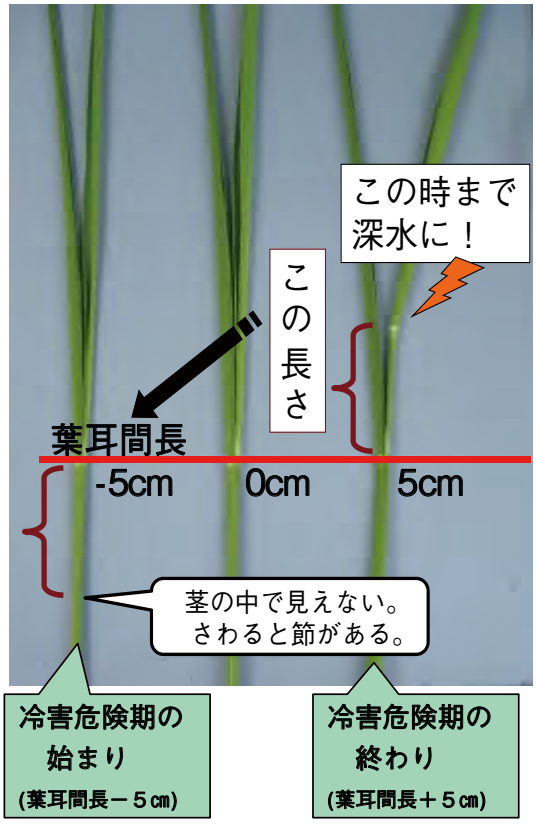
3　前歴・冷害危険期深水管理の実際

⑴　最初に、主稈の幼穂形成期を確認し（図Ⅸ－12）、前歴期間の始まりを把握する。幼穂形成期後10日目頃に主稈の葉耳間長が－５cmであることを確認できると、前歴期間の終わりとなる（図Ⅸ－13、写真Ⅸ－１）。

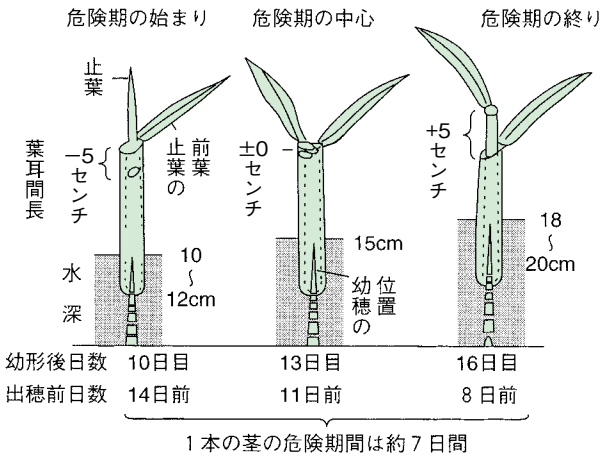
⑵　前歴期間は徐々に水を深くして、できるだけ水温を上昇させるため、最大水深は10cmを限度とする。入水は、日照が多いと予報された早朝に行う。早朝入水、昼夜止水管理を励行し、できるだけ平均水温（21℃以上）の上昇に努め、小胞子（花粉母細胞）の分化増進を図る。



図Ⅸ－12　幼穂形成期の見分け方



写真Ⅸ－１　葉耳間長と冷害危険期



図Ⅸ－13　冷害危険期の見分け方

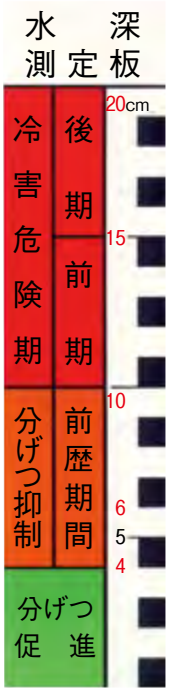
⑶　冷害危険期は、主稈の葉耳間長が－５cmから、全茎（約80％の茎）の葉耳間長が＋５cmになるまでの期間である。従って、水田・品種ごとの葉耳間長をよく観察して、深水灌漑を実施し、小胞子の退化・発育不全を防止する。

⑷　冷害危険期に達したらさらに水深を幼穂長に合わせて徐々に深くし、最大水深は18～20cmを保ち、低温から幼穂を保護する。入水・水管理方法は、前歴期間と同じにして、できる限り水温を上昇させる。

⑸　水深を正しく維持するため、「水深測定板」（写真Ⅸ－２、棒に印を付けたものでもよい）などを、水田ごとに設置する。低温予報が出されてから一斉に深水灌漑を行うと地域全体の用水量は不足しがちになり、また水温が上昇しないため保温効果も期待できなくなるので、連続高温の予報がない限り深水灌漑を継続する。

⑹　幼穂形成期から冷害危険期までは湛水状態のため、根の周囲は酸素不足である。冷害危険期が終了したら直ちに落水し、出穂直前まで中干しをして根圏に酸素を供給するとともに、地表面を固め倒伏防止を図る。

⑺　前年の秋か当年の春には、18～20cmの深水管理ができるように畦の補修を行う。



写真Ⅸ－２　水深測定板

４　稲体窒素濃度と不稔・食味の関係

７月の稲体窒素濃度は、培養窒素が多い水田や基肥の多窒素、追肥の施用や施肥ムラ、６月の低温や日照不足による窒素吸収の遅れなどで高くなる。この窒素吸収過多やケイ酸吸収量の不足により、不稔率が高まり（図Ⅸ－８）、タンパク質含有率が高くなり（図Ⅸ－３）食味の低下などを招く。従って、培養窒素の評価に基づき適正な基肥窒素の施用を行い、施肥ムラをなくし、追肥の施用も避けなければならない。

また、耐冷性を高めるには、止葉期の稲体炭水化物の含有率を高め、茎葉の窒素含有率を低くし、茎葉のケイ酸含有率を高める必要がある（図Ⅸ－11）。従って、初期生育を促進する栽培法を行うとともに、ケイ酸の基肥施用や追肥が重要である。

（道総研中央農業試験場生産研究部水田農業グループ　研究主幹　丹野　久）

X　直播栽培技術

1　直播栽培の現状と技術開発の経過

(1)　直播栽培の普及状況

農林水産省は、水稲の直播栽培技術を21世紀の変革を支えるキーテクノロジーの一つとして位置づけ、1994年（平６）から「全国直播サミット」を各地で開催するなど、直播栽培の技術開発と普及の促進を図ってきた。

表Ｘ－１には、近年の直播栽培面積の推移を示した。まず全国についてみると、1974年（昭49）の約５万５千haをピークに年々減少していたが、1997年（平９）以降は上昇に転じた。この間、岡山県で集中的に行われてきた乾田直播栽培が減少する一方で、1994年（平６）以降湛水直播栽培が着実に増加し、2000年（平12）には湛水直播が乾田直播を上回った。これは、播種後出芽始めまで落水する「落水出芽法」が全国的に定着し、湛水直播栽培の苗立ちの安定性が大幅に向上したことと、打ち込み式代かき同時点播機や高精度湛水条播機等の開発により、倒伏に弱い「コシヒカリ」でも直播が可能となったことによる。2009年（平21）には、全国の直播栽培面積は約２万ha、水稲作付面積に占める割合は1.2％に達し、今後も増加の傾向にある。地域別にみると、北陸の増加が最も多く、とくに福井県では水稲作付面積の12％を直播が占めている。

一方、北海道内では、直播栽培への関心の高まりと減反緩和を背景にして、1997年（平9）には196haまで拡大したが、減反の再強化などにより、その後普及は停滞した。しかし、2007年（平19）以降は、乾田直播・湛水直播とも急激な増加を示し、2010年（平22）には、845haに達した。増加はとくに岩見沢市を中心とした空知管内と道南地域で著しい。この増加の背景には、農家戸数の減少とこれに伴う一戸当たり作付面積の拡大により、移植栽培だけでは対応が不可能になってきたこと、「大地の星」や「ほしまる」により収量が安定化してきたこと、温暖な道南地域で「ななつぼし」の直播栽培が低蛋白米生産技術として定着してきたことなどがあげられる。

表Ｘ－１　近年の直播栽培面積の推移

		1989	1993	1997	2001	2005	2006	2007	2008	2009	2010
全　国	乾田直播（千ha）	6.1	4.8	4.5	4.5	5.5	5.3	5.6	6.1	6.8	－
	湛水直播（千ha）	2.6	2.4	3.1	5.6	10.2	10.5	11.8	12.5	12.8	－
	直播計（千ha）	8.7	7.2	7.7	10.2	15.7	15.9	17.4	18.6	19.6	－
北海道	乾田直播（ha）	9	37	134	77	77	81	122	144	187	355
	湛水直播（ha）	29	81	63	75	132	113	164	288	404	490
	直播計（ha）	38	117	196	152	209	194	286	432	591	845
	水稲合計（千ha）	148	173	154	122	119	115	116	115	114	115

⑵ 北海道における直播栽培技術開発の経過

直播栽培を抜きにして、北海道稲作の歴史を語ることは出来ない。1900年代前半（明治後半から昭和前半）の湛水直播栽培の普及と畑苗代への移行の歴史については、７ページⅡ章１節に詳しいので、ここではそれ以降の技術開発の経過について整理したい。

1960年代前半（昭30後半）、高度経済成長を背景とした労働力不足に対応して、全国的に直播栽培に対する期待が高まった。道内においても、ヘリコプタ利用による湛水直播の総合組み立て試験が1963年（昭38）に行われた。しかし、苗立ちムラ、雑草害、倒伏など、たこ足式直播よりもさらに不安定要素が大きく、試験は２ヵ年で打ち切られた。これ以降、省力稲作に関する技術開発は、もっぱら機械移植栽培の実用化に向かうことになるが、農業試験場では細々ながら直播研究が継続された。全国的には、過酸化石灰の出芽･苗立ち向上効果の確認（1970･昭45）と、実用的なコーティング技術の確立（1976・昭51）により、直播栽培は新たな展開を見せ始める。

1) 乾田直播栽培

北海道における乾田直播栽培の技術開発は、1971年（昭46）に北海道農試（現北農研センター）機械化第２研究室が「水稲の無代かき直播湛水法」として開発し､1974年（昭49）からは、美唄の泥炭地研究室における栽培法の研究に引き継がれた。この「無代かき直播湛水法」は、湛水直播と同時期の５月中旬に播種し、播種後は水による保温効果を期待して、直ちに湛水する方式であった。1976年（昭51）からは、乾田状態における幼芽伸長の温度反応性の解析とともに、４月下旬からの早期播種の試験が開始され、播種後一定期間を乾田状態で経過した後入水する方式として､｢折衷直播」の用語が用いられるようになり､現在の栽培法の原型となった。

その後、江別市、南幌町、美唄市における現地実証を経て、1986年（昭61）に「寒地直播水稲栽培における安定技術－折衷直播方式について－」が指導参考事項となった。この成果は、カルパーの被覆量、播種深度、目標砕土率、播種・湛水時期など苗立ち安定化対策のほか、側条施肥と緩効性窒素の全層施肥との組み合わせ施肥法、安定多収のための生育指標などを総合的に明らかにしたものである。

1988年（昭63）には美唄市水稲直播研究会が結成され、９戸7.2haで実質的に直播が経営に導入された。その後は、北海道農試と地元農機具メーカーのサポートのもと、この研究会が試行錯誤の中から各種の圃場管理技術の開発に取り組みつつ、技術的完成度を高めていった。この間に開発・導入された技術としては、各種の播種機の他、チゼルプラウ、給排水明渠（1994年・平６）、トラクタ牽引式レーザー均平機（1996年・平８）などがある。このように、単に播種機の改良にとどまらず、直播に適した圃場をいかに作るかという観点から、今までの移植栽培体系にはない新たな技術を生産者自ら積極的に導入した点が特筆される。

名称については、全国的に様々な直播技術が開発される中で多少の混乱があったことから、1995年（平７）に農研センターが中心となって呼称を統一し、北海道の折衷直播は「乾田播種早期湛水直播栽培」となった。

北海道農試は、1996年（平８）から総合研究第１チームを中心に「地域総合研究」として乾田直播を取り上げ､場をあげて技術開発と普及に取り組んだ。その成果として､1997年（平９）に暫定栽培マニュアルが策定された後、1999年（平11）には「水稲乾田直播におけるレーザー均平機の作業性能と均平効果」､「寒地の乾田播種早期湛水直播水稲の時期別生育指標」、2000

年（平12）には「チゼルプラウ耕起と給排水明渠による圃場の乾燥促進技術」、「寒地乾田直播水稲に対する収量安定と高品質化のための窒素施肥技術」が相次いで指導参考事項となり、暫定栽培マニュアルは暫定基準に改訂された。その後、「蛋白質高含有率種子を利用した乾田直播水稲の苗立ち安定化法（2001年･平13）」、「催芽種子を用いる水稲の乾田直播栽培技術（2002年･平14）」、「稲麦大豆に適用できる汎用ロータリシーダを用いた播種技術と導入効果（2006年･平18）」、「寒地水稲乾田直播におけるグレーンドリルの利用法（2011年・平23）」が指導参考事項となっている。

直播栽培のなかでも、最も省力的な直播栽培法として、前年秋の収穫後のそのままの田面に、播種溝だけを部分耕起して播種する不耕起乾田直播栽培について、岡山県で開発された不耕起直播機を活用して道内での適応性が検討された。その結果、カルパーなしでも目標苗立ち本数が確保できることや、緩効性窒素肥料の利用法などが示された（上川中央部における水稲不耕起乾田直播の栽培技術（2004年・平16））。

その後、道央部においても適応性の検討が行われ、苗立ち本数が確保された事例では水稲の生育に問題は認められず、登熟が未達になることもなく収穫できた。しかしながら、播種作業が降雨などの天候に大きく影響されることから播種適期が短く、播種中止や苗立ち不良により廃耕になる可能性があり、この栽培法を現地圃場へ適用するためには、まず播種体系において多くの前提条件が必要で、積極的な普及には改善すべき技術課題が多いことが確認された（不耕起乾田直播栽培の栽培事例と安定化に向けた技術改善（2007年・平19））。

2） 湛水直播栽培

一方、湛水直播栽培については、1977年（昭52）にカルパーをコーティングした籾を、10～20mmの土壌中に播種する湛水土壌中直播栽培が石川県で開発された。道内では、道立農試でその適応性と栽培法を検討する一方、東川町新稲作技術導入研究会を中心として、一部先進的農家が導入・試作に取り組んだ。しかし、年次や圃場によって苗立ち率の変動が大きいことが指摘され、1986年（昭61）から上川農試で「直播苗立ち障害防止技術開発試験」が実施された。その結果、苗立ち率低下の最大の要因は播種深度であり、苗立ちの安定化には５mm以内の浅播きが望ましいこと、苗腐病の病原菌としては、*Pythium spp.*、*Achlya spp.*および蛍光性*Psudomonas*が考えられ、このなかでは*Pythium spp.*の病原性がもっとも強く、ヒドロキシイソキサゾール・メタラキシル粉剤とカルパーとの同時被覆処理が有効なことなどが明らかとなった。これらの成果を中心として、1989年（平１）に初期生育の良い上川中央部に限定して「水稲湛水直播栽培暫定基準」が策定された。

次いで、1988年（昭63）から５年間にわたり、有人ヘリコプタ、ミスト機およびブロードキャスタを用いた大規模散播法の実用性が検討され、1993年（平５）には「水稲湛水直播・大規模散播法」が指導参考事項となり、暫定基準が改訂された。この成績では、①湛水直播栽培の生育特性、②播種適期、③適地を「道央以南の良地帯」に拡大、④最適苗立ち本数は300本／㎡、限界苗立ち本数は200本／㎡、⑤カルパー粉粒剤16の使用量（乾籾重対比100％）、５mmの浅播きとするための播種方法、⑥散播播種機の実用性評価、⑦経営評価などが提示された。

このように、播種方法の改良と適地の拡大がなされ、おもにミスト機を利用した湛水直播栽培を導入して試作する農家が増加した。しかし、積極的に経営に取り入れるほどには技術は完成しておらず、定着には至らなかった。浅播きによって苗立ち率は比較的安定したが、除草剤

の処理時期との関係や低温の影響で芽干しのタイミングを逸し、浮き苗、苗の吹き寄せが発生したり、中干しが不十分なために倒伏が問題となる場合が多かった。

当時府県では、播種後出芽期まで落水管理する「落水出芽法」が普及し始めていたが、寒地では水による保温効果の重要性が強調され、この方式を北海道で採用することにはかなりの抵抗があった。しかし、1994（平６）に中央農試で出芽始めまで12日間落水管理したところ結果は良好で、寒地においても落水出芽法の有効性が確認された（表Ｘ－２）。これ以降、中央農試と上川農試で落水出芽法の実用化に向けて検討を行い、1998年（平10）には「湛水直播栽培・落水出芽法」が、1999年（平11）にはこれの追補として「播種機の性能と湛水直播栽培の導入条件」が指導参考事項となった。この落水出芽法の採用により播種深度10mmの土中播種が可能となり、また北海道仕様の密条型湛水土壌中施肥条播機（条間20cm）の開発により、湛水直播栽培の安定性は格段に向上した。

表Ｘ－２　湛水直播栽培における水管理処理が苗立ち、倒伏および収量に及ぼす影響

（中央農試・上川農試 1998）

場所（土壌）	年次	水管理	播種（月／日）	落水期間	苗立ち本数（本／㎡）	浮き苗の発生程度	埋没深度（mm）	倒伏面積・程度	収量（kg／10a）
中央農試（泥炭土）	平６年	落水出芽	5／13	5／13～25	269	少	0.9	無	490
		慣行芽干し	5／18	6／１～３	315	中	0.3	30%・ナビキ	420
	平７年	落水出芽	5／15	5／15～28	184	少	3.8	無	532
		慣行芽干し	5／19	6／１～３	160	少	3.4	10%・ナビキ	508
上川農試（褐色低地土）	平９年	落水出芽	5／16	5／16～26	350	無	3.0	20%・ナビキ～小	509
		慣行芽干し	5／13	5／23～27	370	中	1.0	60%・甚	508

注１）埋没深度は、苗立ちした個体の茎基部の白色部分を測定した。

さらにその後、緩効性窒素肥料による合理的施肥法、苗立ち安定確保技術、適地マップなどが検討・整理され、暫定基準は水稲湛水直播栽培基準として改訂された（落水出芽法を用いた水稲直播栽培の安定多収技術（2004年・平16））。

この直播適地マップによれば、道南地域においては「きらら397」や「ほしのゆめ」の中生品種の栽培が可能とされ、これらの良食味中生品種について、緩効性肥料を利用した施肥法改善により収量・品質の高位安定化を実証し、道南地域における水稲直播栽培指標と施肥指針が示された（道南地域における水稲湛水直播栽培指針（2007年・平19））。さらに、道南の広い範囲で「ななつぼし」湛水直播栽培による低蛋白米生産が可能であることが実証された（道南地域における水稲「ななつぼし」湛水直播栽培による低蛋白米生産の実証（2010年・平22））。

道央地帯においては、「大地の星」で600kg／10aの収量を得るための生育目標や雑草発生予測による除草剤の効果的な使用法などを示した「水稲「大地の星」における湛水直播栽培のコスト低減（2009年・平21）」が普及推進事項となり、その後の湛水直播栽培普及拡大の契機となった。

3)　直播向け品種開発

乾田直播の開発当初は、中生の「イシカリ」が供試され、その後「きたこがね」、「はやこがね」、「キタアケ」、「ともひかり」などが試験された。美唄市直播研究会の発足以降は、「空育125号」が美唄の気象条件に適したため主流となった。湛水直播も同様に「キタアケ」などの早生品種を供試して検討が行われた。

直播向け品種が強く要望された背景には、苗立ちの不安定性と、生育遅延による収量・品質の低下が課題としてあった。このため、直播向け品種の育成は、①外国稲の低温苗立ち性の道内品種への導入、②極早熟性と良食味性の結合、の２つの具体的方向性で進められた。その後、上川農試から直播専用品種として、「はやまさり」（1988年･昭63）と「きたいぶき」（1993年･平５）が相次いで育成されるが、これらはいずれも②の成果である。ただし、極早生で中生種並の良食味を実現するのは難しく、「はやまさり」の食味レベルは「キタヒカリ」並、「きたいぶき」は「ゆきひかり」並で、一般移植栽培用の品種に比べ常に１ランク低い水準にあった。また、直播向け品種と限定してしまうと、直播面積自体が極少ない段階では販売ロットの確保ができず、販売戦略上問題があり、両品種とも本格的な普及には至らなかった。このような課題から、実際の直播栽培の普及場面では、移植用として品種となった早生の「ゆきまる」（1993年・平５）が広く用いられ、さらには収量性と販売面の相対的有利性から美唄市などでは中生の早の「あきほ」（1996年・平８）へ移行した。

上川農試と北海道グリーンバイオ研究所（現：ホクレン農業総合研究所）の共同研究の成果である「ほしまる」（2006年・平18）は、早生の移植・直播兼用品種で、耐冷性が強く多収で、「ほしのゆめ」並の良食味である。「大地の星」（2003年・平15）は直播向けとして育成されてはいないが、早生・多収の特性が道央地帯の直播栽培に適し、冷凍加工向けの需要にも対応している。これらの２品種は、早生・大粒・多収で、直播の収量の安定性に貢献し、近年の直播栽培普及の原動力となっている。

２　直播栽培法の実際

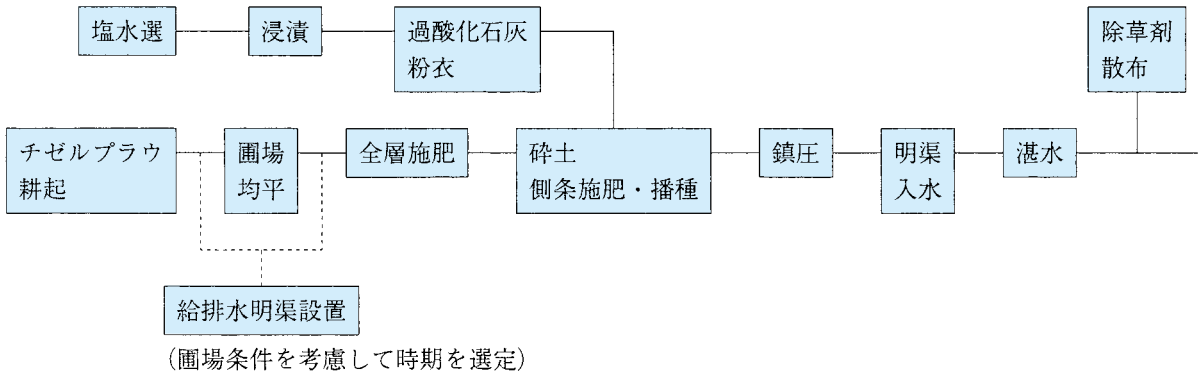
ここでは、乾田播種早期湛水栽培と湛水直播栽培・落水出芽法について、各々の暫定基準と栽培基準等に基づき、栽培法の実際について述べる。

⑴　乾田播種早期湛水栽培

1)　適　　地

適地は、道央以南の初期生育の良い地帯とし、遅延型冷害のおそれのある地帯、融雪の遅い地帯は除く。また、代かきを行わないので減水深の大きな土壌には適用しない（地下灌漑できる水田はこの限りではない）。

一言でいえば、均平でかん排水が容易な、砕土性の良い圃場が乾田直播に適している。ただし、明暗渠の設置や耕起法の工夫、田畑輪換やレーザー均平の導入など、年次計画を立てて取り組めば、乾田直播に適した圃場に変えることもできる。



図Ｘ－１　水稲乾田播種早期湛水栽培の作業体系（北農研 2001）

2)　品種の選定

湛水直播栽培適地マップに準じて、各地の出穂安全限界までに出穂できる品種を利用する。現在、道央部では早生品種の「ほしまる」と「大地の星」が主体である。道南地域では、中生品種の利用も可能である。直播栽培は移植栽培に比べて倒伏しやすいので、品種の耐倒伏性には十分注意する。

3)　種籾の準備・予措・コーティング

適正苗立ち本数は、㎡当たり200～250本である。このため、播種量は乾籾で10kg／10aを基本としている。つまり、乾籾10kg／10aは、粒数で約370粒／㎡に相当するので、苗立ち本数200、250本／㎡を得るためには、各々54%、68%の苗立ち率が必要となる。

直播栽培では、出芽・苗立ちは播種後の環境条件の影響を大きく受けるので、発芽力の旺盛な無病・無傷の充実した種籾を準備する必要がある。そのためには、汎用コンバインを用いて収穫し、発芽力を落とすような乾燥方法や保管などを避ける。

塩水選は、移植栽培の場合より比重を高くし（少なくとも比重1.10以上）、厳密に実施する。塩水選後は良く水洗いし、移植栽培に準じて種子消毒・浸種を行う。浸種は吸水ムラを生じないように注意し、催芽はハト胸程度とする。過度の催芽はコーティング時に幼芽を傷つけるので避ける。また、循環式催芽は細菌病などの感染を助長し、苗立ち不良の原因となるので使用を避ける。

ハト胸催芽後に、カルパー粉粒剤16のコーティングを専用のコーティングマシンで行う。カルパーの使用量は、乾籾重量と同量（100%）を基本とする。

コーティングした種子は十分陰干しし、表面が白くなって乾燥したら網袋に入れて風通しの良いところで保管する。通気性の悪い袋などを使っての保管は避ける。

4)　本田準備

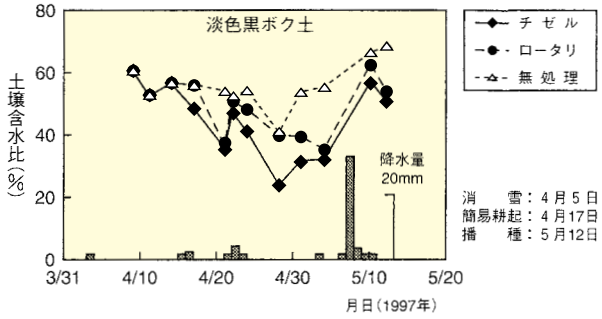
代かきをしないので、砕土率を高めて精度良く播種するために、可能な限り圃場の早期乾燥化に努める。

表面水の排除には水稲収穫後のサブソイラ施工が、消雪後の圃場の乾燥にはチゼルプセウを利用した荒耕起などが有効である。チゼルプラウで耕起した圃場は、ロータリ耕起のように降

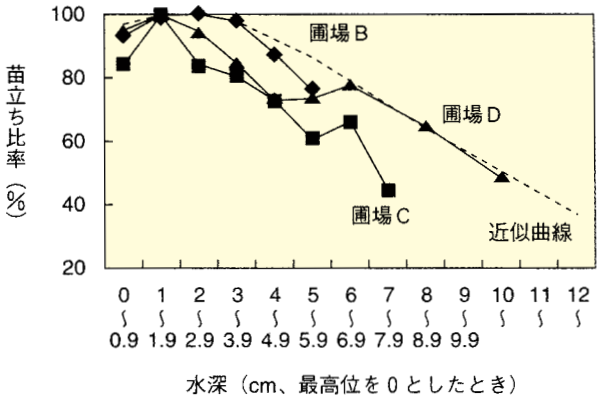
雨後に土塊の間隙に保水することが少ないため、ロータリ耕起に比べて乾燥が早まる（図Ｘ－２）。また、チゼルプラウ耕起では土塊が大きいため、ロータリ耕起に比べて地耐力が大きく、作業能率が高いなどの利点がある。

発芽・苗立ちの安定、水管理、雑草防除、鳥害軽減などの効果を高めるためには、適切な水管理が必要なので、レーザ均平機などで圃場の均平を図る。レーザ均平機の基本構成は、レーザ発光機を畦畔等に設置し、受光センサを搭載し、凸凹に応じて運土ブレードを上下させて圃場の均平を取る方式の作業機を走行させるもので、牽引型と直装式がある。図Ｘ－３に示すように、水深が４cmを越えると苗立ち率の低下が大きいことから、均平は、最大高低差６cm以内（標準偏差で1.2cm以内）を目標とする。

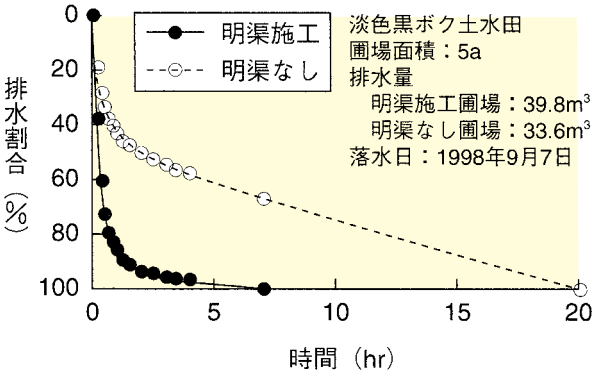
次に、畦畔に沿って給排水明渠（25cm×25cm）を設けると、かん排水の効率化が図られ（図Ｘ－４）、水口の冷水の影響も緩和される。また、本格的な湛水前にこの明渠を利用して地下水位を上昇させると、土壌水分の供給や湛水直後の地温低下が緩和される。



図Ｘ－２　耕起法の違いが土壌含水比の推移に及ぼす影響
（北の国の直播 1999）



図Ｘ－３　水深別苗立ち比率
（北農研 1999）
B：1997美唄　C：1998妹背牛　D：1998美唄



図Ｘ－４　給排水明渠の有無と排水特性
（北農研 2000）

5)　播種作業

播種時期は、４月末～５月中旬とするが、生育促進、安定多収のために早期播種が望ましい。

播種量は乾籾で10kg／10aを標準とし、揺動スクリーンロータリーシーダ等、乾田直播用の施肥・播種機（写真Ｘ－１）で、砕土・施肥・播種を一工程で行う。この場合、砕土が良好なほど発芽・苗立ち率は向上するので、砕土には十分な注意を払う。表面から深さ５cmまでの播種床の土壌層では、直径２cm以下の土塊割合が70％以上確保されることが望ましい。

播種深度が20mm以上になると苗立ち率が著しく低下する。安全を見込んで10mmを超えない程度の浅播きが望ましい。また、条間は20cmが良い。播種後は、入水までの水分供給を確

保し、圃場の減水深を制御するために、ケンブリッジローラで圃場条件に応じた適度の鎮圧を行う。

グレーンドリルを用いて播種する場合は、耕起・砕土後に鎮圧を行って、矩形板沈下量を10mm以内（かかとに全体重をかけた際の靴の沈み込みとほぼ同じ）とし、播種後の種子が15～40％露出している程度に調整を行い、さらに播種後にも鎮圧を行うことで、５～10mmの適切な播種深度が得られる。

施肥量は、北海道施肥標準に準ずるが、圃場の窒素供給力を十分に考慮する。窒素施肥は、速効性肥料の側条施肥と肥効調節型緩効性肥料の全層施肥とを併用し、速効性肥料と肥効調節型緩効性肥料の割合は３：１程度とする。なお、復元田は速効性窒素の側条施肥にとどめる。

写真Ｘ－１　乾田直播の播種状況

6）湛　　水

播種後の入水時期は、幼芽長が５mm程度に達しているのが望ましく、日平均気温が11.5℃以上に達した時期に行う。湛水による保温効果を高めるために、初期の湛水深は３～５cmの浅水とする。田面が露出すると、鳥害を受けたり、雑草の多発生を招くので注意が必要である。

7）栽培管理

除草剤の使用は、北海道除草剤使用基準に従うが、直播用一発処理剤は入水後湛水状態が安定したら、早めに処理する。

直播栽培では根張りが浅く、移植栽培に比べて倒伏し易いので、冷害危険期を過ぎてからの中干しは徹底して行う必要がある。

直播栽培は、移植栽培に比べて稈長が短くなる場合が多いので、収穫作業においては、収穫ロスが出ないように収穫機械の調整に注意する。その他の栽培管理は移植栽培に準じて行う。

8）時期別生育指標

乾田直播栽培の安定多収のための時期別生育指標を表Ｘ－３に示した。直播栽培では、初期生育を促進し、下位分げつ主体の分げつ構成とすることが重要で、そのためには、分げつ盛期（６葉期）の窒素含有率をできるだけ高め、その後、幼穂形成期にかけては、窒素含有率を高めずに栄養生長量を大きくすることが重要である。

表Ｘ－３　乾田直播水稲の時期別好適生育量（北農研 1999）

生育栄養診断 （生育期:美唄・妹背牛～札幌羊ヶ丘） 葉　数	分げつ期 6月20日−25日 5.0	分げつ盛期 6月27日−7月2日 6.0	有効茎決定期 7月4日−9日 7.0	幼穂形成期 7月10日−15日 7.8	止葉期 （減数分裂盛期） 7月26日−31日 10.0
草　丈（cm）	16～20	24～30	32～38	39～47	59～65
茎　数（本／㎡）	440±50	600±70	940±100	1100±120	880±100
乾物重（kg／10a）	11±1	35±5	85±5	220±40	550±20
窒素含有率（%）	3.6～4.0	3.6～3.9	3.2～3.6	2.6～3.0	1.6～1.8
窒素吸収量(kg／10a)	0.42±0.06	1.3±0.2	2.9±0.3	6.2±1.6	8.5±0.8
葉緑素計値（SPAD）	37～40	41～45	41～45	40～43	41～43
乾物推定指標(×10^4)[1)]	0.8	1.6	3.3	4.7	5.5
窒素吸収推定指標(×10^6)[2)]	0.3	0.7	1.4	2.0	2.3

注：１）乾物推定指標（×10^4）は、草丈（cm）×茎数（本／㎡）
　　２）窒素吸収推定指標（×10^6）は、草丈（cm）×茎数（本／㎡）×葉緑素計値（SPAD）

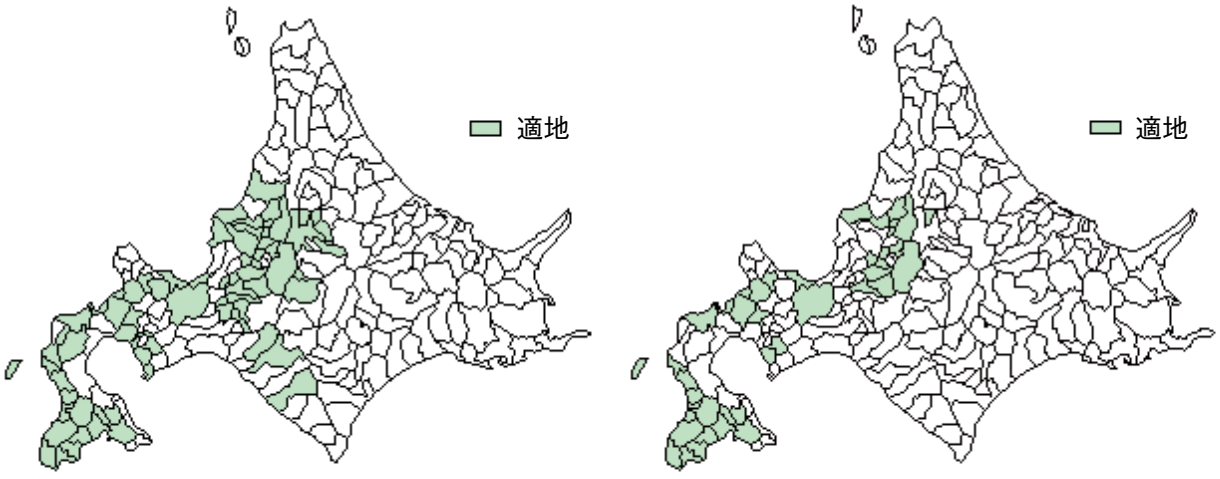
⑵　湛水直播栽培・落水出芽法

1)　適　　地

適地は、道央以南の初期生育の良地帯とし、遅延型冷害のおそれのある地帯、融雪の遅い地帯は除く。湛水直播では代かきを行うため、乾田直播に比べると適応土壌条件は比較的広い。

2)　品種の選定

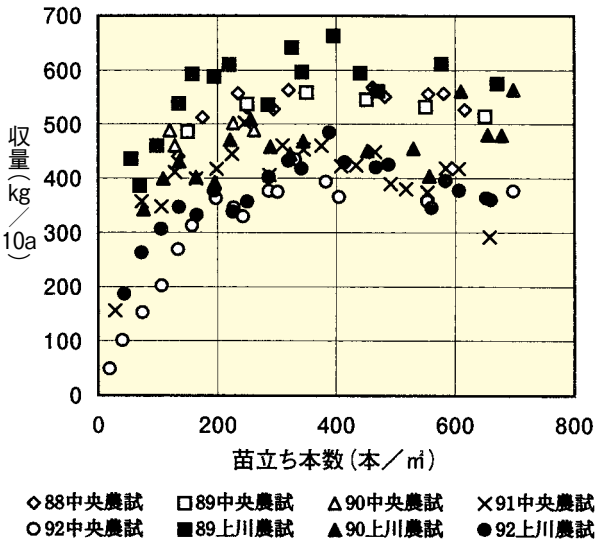
乾田直播栽培に同じである（図Ｘ－５を参照）。



図Ｘ－５　湛水直播栽培における各品種の適地マップ
（中央農試・上川農試 2004）

3) 種籾の準備・予措・コーティング

図Ｘ－６には、「はやまさり」について苗立ち本数と収量の関係を示した。苗立ち本数が200本／㎡以下では、収量は直線的に減少した。この結果などから、苗立ち本数は200～300本／㎡を目標としている。「大地の星」では、600kg／10aの収量を達成するためには、苗立ち本数は少なくとも150本／㎡以上を確保する必要がある。



図Ｘ－６　苗立ち本数と収量の関係（はやまさり）
（中央農試・上川農試 1993）

種籾は、初期生育の良好な地帯の褐色低地土では乾籾で８kg／10a、その他の地帯・土壌では、10kg／10aを用意し、カルパーコーティングを原則とする。褐色低地土では安定した苗立ちが見込まれるので、カルパーコーティングを省略できる。その場合、初期生育の良好な地帯では10kg／10a、初期生育の不良地帯では12kg／10aとする。なお、乾籾10kg／10aの播種量は、㎡当たり粒数にすると370粒／㎡程度であり、千粒重の大きく異なる品種を用いる場合は、㎡当たり播種粒数が一定になるよう換算する。

植物生長調整剤ヒドロキシイソキサゾール・メタラキシル粉剤は苗立ち率を高める効果があるので、使用する場合には乾籾重量の３％を用意し、カルパーに均一に混和する。できれば、カルパーを３等分し、そのうちの１つに混和し、コーティングの中間層に混ぜるように投入するとよい。

その他は乾田直播と同じである。

4) 本田準備

稲わらの鋤込みは、土壌還元が進み苗立ちに悪影響があるので、直播に使用する水田は前年秋に稲わらを搬出しておく。

本田施肥量は、北海道施肥ガイドに準ずる。ただし、「大地の星」の多収栽培では、一般うるち米の施肥標準に窒素を２～３kg／10a増肥する。

直播栽培では、下位分げつを主体とした有効茎の早期確保が重要であり、側条施肥の効果が期待されるため、初期生育が不良な地帯では積極的に側条施肥を導入する必要がある。ただし、播種後の落水管理によって、側条施肥された肥料の利用率が低下するため、側条には速効性の肥料ではなく、溶出の早いタイプの緩効性肥料を配合した肥料が有効である。

具体的には、条播の場合、良地帯の褐色低地土は、40日タイプ（25℃で80％溶出する日数）の緩効性肥料を窒素成分の30％配合した肥料を全量全層施肥する。その他の地帯・土壌では、全層＋側条の組合せとし、側条には20～30日タイプの緩効性肥料を窒素成分の50～100％配合した肥料を用い、側条施肥割合は施肥窒素量の50％程度とする。

散播では、窒素を基肥６（初期生育不良地帯）～８kg／10a（良地帯）＋４～５葉期に２kg／10aの分肥体系、または、基肥８（不良地帯）～10kg／10a（良地帯）のうち、40～50日タイプの緩効性窒素肥料を２～３kg／10a配合した全量基肥体系が基本である。

また表Ｘ－４のように、品種ごとに収量構成要素、および生育時期別の窒素吸収量の目標値が示されているので、水田ごとの生育状況を把握して、次年度以降の施肥設計の見直しに活用する。

耕起・砕土は、移植栽培に準じて行うが、田面に稲の刈り株などのゴミがあると播種精度が低下したり、苗立ちムラが生じやすいので浅耕は避ける。乾田直播で使用されるチゼルプラウの利用は、湛水直播においても圃場の乾燥促進と乾土効果向上が期待される。また、圃場の均平が悪いと湛水直播においても、苗立ち不良や苗立ちムラ、除草剤の効果不足などを生ずるので、レーザ均平機等の活用が有効である。

代かきはできるだけ浅水条件で行い、ゴミの浮き上がりを防ぐ。過度な代かきは、播種精度の低下や、出芽不良を招くので過度にならないようにする。

表Ｘ－４　湛水直播栽培における品種別の生育指標

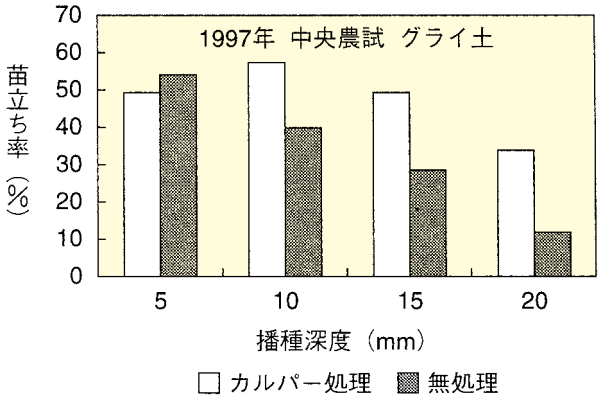
地域		道央		道南
品種		ゆきまる[1)]	大地の星[2)]	ななつぼし[3)]
目標収量（kg／10a）		500	600	500
苗立ち本数（本／㎡）		200～300	150以上	200
穂数（本／㎡）		－	750以上	700～800
籾数（×10^3／㎡）		30	35程度	27～30
窒素吸収量（kg／10a）	幼穂形成期	4.5	－	－
	出穂期	8	－	－
	成熟期	11	12	－

注１）中央農試・上川農試 2004
　２）中央農試 2009
　３）道南農試 2007

5）播　　種

播種後30日間の水温の平均値が16℃に達する日が播種の早限である。播種時期は、概ね５月中旬で、この時の平均気温は、10～12℃である。播種深度は10mmを目標とする（図Ｘ－７）。

播種の方法は､条播と散播に大別される。条播の場合は､専用の播種機で播種するが､播種深度が10mmとなるように播種機の調整に注意する。溝切り型の条播機については播種時の圃場条件は移植並とする。土壌の表面が硬すぎる場合には、播種・施肥溝の覆土が不十分となり、落水期間中の鳥害や浮き苗の発生、肥料の利用率低下の原因となるので注意する。なお、条間は15～20cmが望ましい。



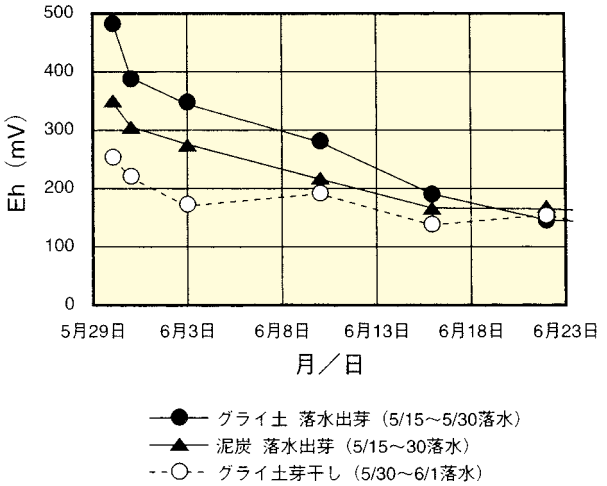
図Ｘ－７　播種深度と過酸化石灰剤の処理が苗立ち率に及ぼす影響
（中央農試・上川農試 1998）

散播は、ミスト機や乗用型散粒機、無人ヘリコプタなどで行うが、播種が均一になるよう丁寧に行う。播種深度が10mmとなるように、代かき直後に播種することを基本とする。種籾が適度に埋没するよう、落水した後土壌表面が柔らかい状態で播種する。

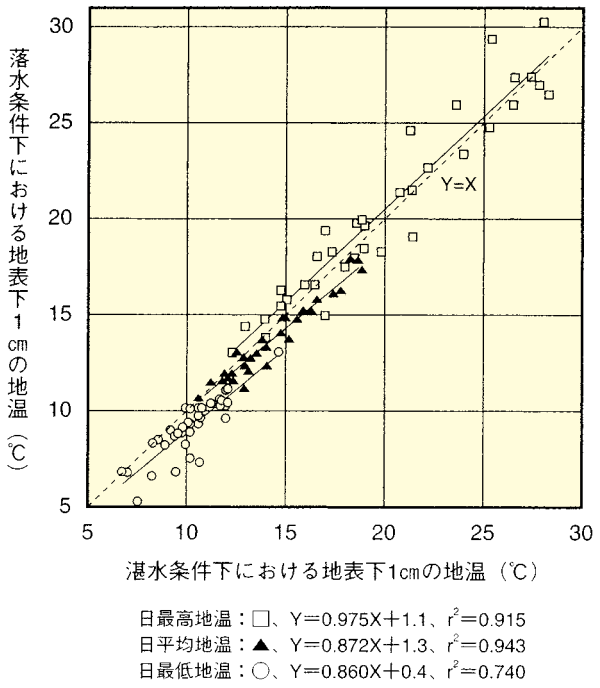
6) 播種後の水管理

播種後出芽始めまで落水管理する。これは、土壌とくに種籾のまわりの土壌還元を抑制して酸化的に維持するためである（図Ｘ－８）。圃場で観察していると、従来の播種後湛水栽培の発芽の仕方は、まず鞘葉だけが伸長して水中の酸素を吸収してから、種子根と本葉が伸長し始めるのに対して、落水出芽法では発芽と発根が同時に進行し、また鞘葉のなかには緑の本葉も伸長していることが確認できる。

従来は、水による保温効果が強調されてきたが、図Ｘ－９に示すように、日最低地温については水による保温効果は認められるが、日最高地温はむしろ落水区で高い場合が多く、イネの生長に重要なのは最高地温であり、この程度の温度差であれば、問題はないと考えられる。



図Ｘ－８　圃場試験における土壌の酸化還元電位の推移（中央農試 1998）



図Ｘ－９　湛水条件と落水条件における地表下１cmの地温の比較（中央農試 1998）

したがって、播種後湛水して水による保温効果を期待するよりは、むしろ落水して土壌還元を抑制する方が合理的である。このとき、圃場全体を均一に落水することが重要であり、溝切りを行うことが望ましい。また区画の大きい水田では、乾田直播と同様に給排水明渠の利用も有効である。

落水期間は、10～15日間を標準とする。落水日数は、播種後の気象条件で変動するが、日最高・最低平均気温から６℃を減じた気温を、播種翌日から積算した値で80℃に達する日の±２

日が目安になる。カルパーを使用しない場合は、これよりも３日程度（同積算温度では105℃まで）延長する。

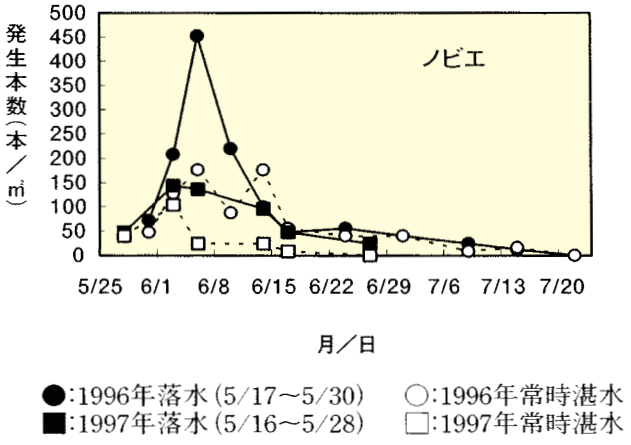
写真Ｘ－２のように田面にはかなりのヒビ割れが生ずるがとくに心配はない。むしろ発根が不十分なうちに入水すると、浮き苗が多発した例があるので、必ず種子根が土中に伸長したことを確認してから入水する必要がある。ただし、土壌の乾燥が著しい場合、苗立ちが低下することがあるので、pF＝２（褐色低地土でゴルフボールを地上１mから落下させたとき跡がつく程度）以上に乾燥しないように、走水を行い適度な土壌水分を保つ。

写真Ｘ－２　出芽始めとなり入水直前の圃場状態

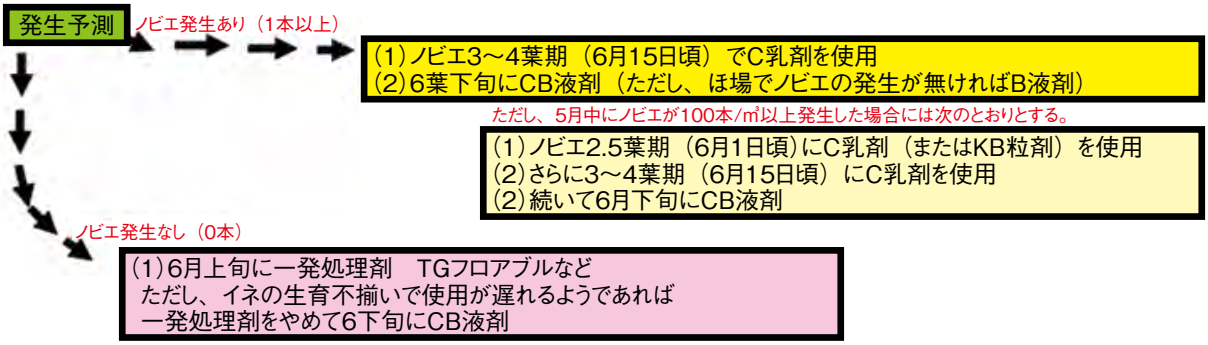
入水後苗立ちが安定するまでは、田面が露出しない程度の水深を保つ。低温時には深水とする。苗立ちが安定した後の水管理は移植栽培に準ずる。播種深度が浅い場合には、落水期間中に雀等の食害を受ける場合があるので、確実に土中に播種することが必要である。また、入水後は鴨による食害が発生することもあるので注意する。

7)　栽培管理

その他の栽培管理は、乾田直播と同様である。除草については、落水出芽法では苗立ちも安定するが、ノビエが多発生する場合があるので（図Ｘ－10）、ノビエ専用剤との体系処理を考慮する必要がある。なお､事前に雑草の発生量を予測し、除草剤の選択を効果的に行う方法が提案されている（図Ｘ－11）。



図Ｘ－10　播種後の水管理がノビエの発生消長に及ぼす影響（中央農試 1998）



図Ｘ－11　雑草発生予測に基づく効果的な除草剤の使用法

（中央農試 2009）

注１）C乳剤：クリンチャー EW、CB液剤：クリンチャーバスME、B液剤：バサブラン、KB粒剤：キックバイ１キロ、TGフロアブル：トップガン

２）雑草発生予測の手順は次の通りである。

①耕起前の水田1筆あたり３ヵ所から、採土管（内径寸法：直径50×深さ51mm）で土壌を採取する

②３ヵ所まとめていちごパック程度の容器に入れ、水と硫安を0.24gを加えてゴロゴロがなくなるまで代かきする

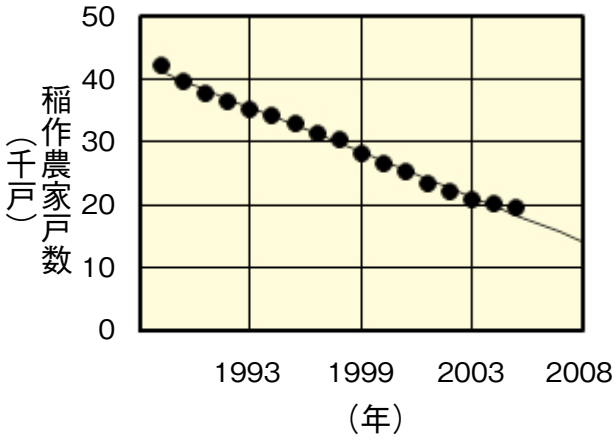
③育苗ハウスなど光があって暖かいところに置き、３～５cmの常時湛水状態で管理する

3　直播栽培導入の効果と課題

農業者の高齢化、後継者不足がいわれて久しいが、21世紀に入り担い手を巡る状況はいよいよ深刻である。道内の農家戸数は、2009年（平21）には４万５千戸に減少し、さらに農家人口のうち65歳以上の割合は、35％に達している。

北海道内の稲作農家戸数も、1989年（平１）には４万戸以上であったが、その後直線的に減少し、2005年（平17）には２万戸を切っている（図Ｘ－12）。

このような明らかな担い手の減少と米価下落の状況下で、将来の北海道稲作の姿を思い描くとき、現行の機械移植栽培体系がそのまま存続するとは考えにくい。



図Ｘ－12　北海道における近年の稲作農家戸数の推移（米に関する資料から作図）

●実数　　――回帰式

(1)　直播栽培導入の効果

北海道稲作の10a当たり全労働時間は、1965年（昭40）の118時間に対し、2008年（平20）には18.3時間と、６分の１以下に減少している。機械化と除草剤の使用によって、省力化が大幅に進んだといえるが、一方で春作業に要する労働時間が全労働時間の約６割を占め、移植適期幅が制限されることからも５月に著しい労働ピークが形成され、規模の拡大や他作物の導入を妨げる要因となっている。また、移植作業は機械化・乗用化されたとはいえ、ハウスの設置から、播種、育苗管理、苗運搬・補給などいまだに手作業、重労働、補助労働を伴う組作業を必要としている。

このような既存の機械移植栽培体系の壁を打ち破る技術として、直播栽培が期待されている。以下、「大地の星」を用いた湛水直播の実証経営の調査結果から、直播栽培導入の効果と問題

点を整理したい。

湛水直播栽培の労働時間と経済性を移植栽培と比較して示した（表Ｘ－５）。実証経営では、品種は「大地の星」、カルパーを省略、緩効性肥料を利用、雑草発生予測に対応した除草剤使用の４項目が従来の直播栽培と違う点である。そこで、技術的課題を浮き彫りにするため、従来の直播栽培についても試算値を示した。

表Ｘ－５　「大地の星」落水直播栽培実証経営における経済性と労働時間の比較（中央農試 2009）

項　　目		直播栽培 ①	移植栽培 ②	差 (①～②)	従来の直播 (参考)
物財費（円）	種苗費	4,846	1,070	3,776	4,846
	肥料費	5,322	3,997	1,325	4,746
	農業薬剤費	6,480	5,263	1,217	12,880
	光熱動力費	4,055	4,533	△478	4,055
	その他の諸材料費	755	2,586	△1,831	755
	農機具・建物費	30,271	40,043	△9,772	30,271
	うち減価償却費	22,729	29,467	△6,738	22,729
	賃借料及び料金	10,690	8,928	1,762	10,690
	土地改良及び水利費	6,405	6,405	0	6,405
	物件税及び公課請負担	2,020	2,020	0	2,020
	生産管理費	334	334	0	334
	物財費計	71,178	75,179	△4,001	77,002
労働時間（時）	種子予措	0.20	0.20	0.00	0.60
	育苗	－	4.32	△4.32	－
	耕起整地	1.47	1.47	0.00	1.47
	基肥	0.26	0.26	0.00	0.26
	田植・播種	0.42	2.19	△1.77	0.42
	除草	1.75	0.13	1.62	1.75
	かん排水管理	2.55	2.55	0.00	2.55
	防除	0.28	0.28	0.00	0.36
	収穫・脱穀	0.73	0.73	0.00	0.73
	乾燥	0.61	0.61	0.00	0.61
	生産管理	1.20	0.07	1.13	0.48
	労働時間計	9.5	12.8	△3.3	9.2
労働費（円）		16,016	21,674	△5,658	15,615
10a当たり生産費（円）		87,194	96,853	△9,659	92,617
収量（kg／10a）		566	589	△23	396
60kg当たり生産費（円）		9,243	9,866	△623	14,033

従来の直播栽培では、農業薬剤費が高かったものの、実証経営においてはカルパーの省略と除草剤の節減によって、農業薬剤費が大幅に節減されている。肥料費は、緩効性肥料の使用によりやや増加している。直播では育苗と移植が省略されることから、諸材料費および農機具費・

建物費は移植栽培よりも低い。これは、実証経営では直播播種機を共同利用し、利用料金を2,000円／10aに抑制しているためである。以上の結果、物財費の合計は、従来の直播栽培では移植栽培よりもやや増加したのに対し、実証経営では移植栽培よりも約４千円低い。

投下労働時間については、移植栽培でも道内平均よりもかなり少ない10a当たり12.8時間であったが、直播では9.5時間と26％省力化している。労働時間の内訳をみると、育苗、次いで田植の省略の効果が大きく、両者で6時間程度の省力化を達成している。また実証経営では、カルパーの省略により種子予措の時間が短縮されている。一方で、手取り除草を含めた除草に1.75時間を要している点が特筆される。

実証経営における労働費を含めた10a当たり生産費は、移植栽培よりも9.7千円の減（約10％減）である。

従来の直播栽培では収量が400kg／10a以下と低収であったため、60kg当たり生産費では移植栽培よりも大幅に高いのに対して、「大地の星」による実証経営では、ほぼ移植に近い収量を確保することによって、移植栽培以下の60kg当たり生産費を実現している。

このように、直播栽培を低コスト栽培技術として位置づけるためには、まず第一に収量の安定確保が必要であり、またカルパーの省略、除草剤の効果的な使用、および播種機等の共同利用による農機具費の低下などによる物財費の低下が必要である。

⑵　直播栽培の課題と将来展望

北東北以北では困難とされていた乾田直播が、早期播種･出芽前湛水という栽培法の採用と、耕起法の改善、給排水明渠やレーザ均平機の導入など周辺技術の改良により、また湛水直播では、従来信じられてきた水による保温効果の常識を打ち破り、寒地でも落水出芽法の有効性が確認されて以降、直播栽培の最大の問題点である苗立ちの安定性は格段に向上してきているといえる。さらに、道央部においては収量性の高い「大地の星」、「ほしまる」、道南地域においては「ななつぼし」の活用、カルパーの省略などにより、北海道の直播栽培も真の低コスト技術として、大幅な普及拡大の兆しが見えてきた。

春作業の大幅な省力化を実現し、担い手の減少に対応した稲作生産構造の変革を支えるキーテクノロジーとして、直播栽培を本格的に普及させるための課題を整理して、将来展望としたい。

まず第１に、直播の導入目的を明確にする必要がある。直播栽培を単に移植の代替え技術として位置付けるのではなく、直播栽培の導入により、空いた育苗ハウスと労働力を活用して、高収益な園芸作物を導入・拡大を図る、あるいは田畑輪換により、麦・大豆、さらには2011年（平23）から戸別補償制度の対象作物となる、そば・なたねも含め、田畑輪換体系で水田をトータルに活用することで収益を向上するなど、経営全体のなかで直播栽培の効果をとらえる視点が重要になる。無代かきのため転作が容易な乾田直播は、とくに地下灌漑が可能な水田における田畑輪換の中心技術になる可能性がある。

第２に、さらに新たな技術開発が求められる。直播栽培の課題というと、現在でも「品種」、「苗立ち」、「施肥」、「雑草」が常に話題になる。品種については、当面道央部では「大地の星」と「ほしまる」、道南では「ななつぼし」を活用することになるが、将来的にはカルパーを使わなくても安定した苗立ちが得られるよう、外国稲の持つ低温苗立ち性をDNAマーカーなどを活用して効率的に導入することなどが期待される。いずれにしても、北海道米全体の販売戦

略の中で、直播栽培米をどのように位置付けるかが課題である。

苗立ちについては、乾田直播で種子予措の手間も省略した乾籾播種が、岩見沢市を中心に試みられ、成果を上げている。今後、安定した苗立ちが得られる条件の整理や、乾籾播種では生育はやや遅れるため、播種期の晩限の設定が必要である。また、条播以上に高能率な作業が期待できる散播栽培の高度化が課題である。

施肥は、直播の収益に直結する課題である。乾田直播・湛水直播とも、播種後落水状態で管理するため、効率的な施肥法が求められる。地域や土壌条件に適した緩効性肥料の選択が課題である。

雑草防除については、直播で使用できる安価で効果の高い新除草剤の開発に期待するのはもちろん、雑草の発生予測、発生状況の的確な把握に努め、既存の除草剤を効率的・効果的に選択する技術開発が必要である。さらには、先に述べた田畑輪換において、各作物の収益を高め、雑草や野良生えを抑制するには、どのような輪作体系が有効か明らかにする必要があり、今後重要な研究テーマとなると考えられる。

第３に、直播という新たな技術を地域に円滑に導入・普及を図るためのシステムが必要である。機械利用経費削減のためにも、地域ごとに研究会等の組織化を通じて、共同利用を図るなどの対応が求められる。また、栽培管理のマニュアル化や研修会の開催、普及組織の充実によって、技術情報を正確に伝達できる組織の構築、そして道内の各地域間の生産者のネットワークが今後ますます重要性を増すと考えられる。

（道総研農業研究本部企画調整部長　田中英彦）

コ ラ ム

乾田直播の新たな試み

JAいわみざわを中心とした「大地の星」を使った乾田直播の取り組みは、徹底的なコスト低減と作業の効率化を目指した取り組みである。まだ地域独自の技術であり普遍化のための試験が続けられているが、その一端を紹介する。

1．直播圃場の早期乾燥化と均平化を図る技術が確立してきたことで、適期播種が可能となった。

2．鎮圧による水コントロールが可能となった。

3．ドリルシーダーの活用が進んできた。

4．「大地の星」の作付けにより多収を得ることができ、販売先も確保でき経営的にも有利。これらの条件を最大限活かすための技術が実証されてきている。

5．種籾は乾籾を用い、カルパーコーティングはしない。

① 浸種・催芽等の手間が省けるとともに、播種機でのトラブルが発生しにくい。

② 苗立率が低下するため、播種量は通常12kg／10aのところ15kg程度とする。

③ 乾籾なので成熟期は３日程度遅れる。

6．雑草対策は、体系処理を基本としている。

7．その他

転作麦・大豆の過作や連作回避と水田農家の所得拡大を目指す、「空知型輪作体系の確立」の１品目として普及拡大することを大きな目的としている。また、低投入で持続可能な農法とするため、燃料消費量を削減できる土づくりや、肥料・農薬費の低減も実測を通じた調査を行っている。

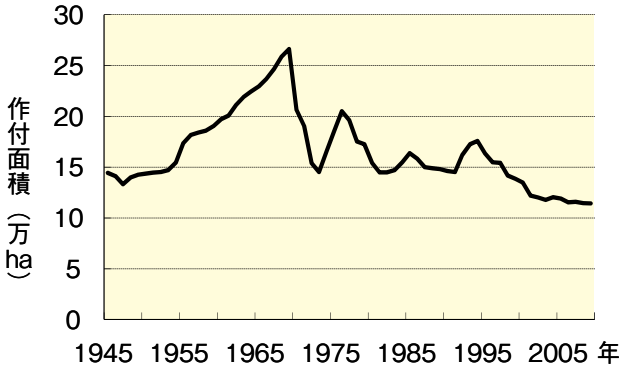
これらの技術は空知農業改良普及センターの指導のもとで実施され、毎年着実に成果をあげてきており、それにつれてこの方式の実施生産者数、面積とも大幅に伸びてきている。播種量が多いため種子量の確保が課題である。

XI　田　畑　輪　換

1　田畑輪換の特徴と適地

(1)　水稲作付面積の推移

北海道の水稲作付面積の推移を図XI－1に示した。1947年（昭22）以降一貫して増加し、1969年（昭44）に26.6万haに達したが、その後、米の生産過剰により作付けが制限されたことにより大きく減少した。1980年代には15万ha前後で安定していたが、1994年（平６）以降は漸減傾向となり、2005年（平成17）には12万haを下回った。2009年の作付面積は11.4万haで、これは田本地面積21.3万haの54％にあたる。近年の米の作付けを取り巻く政策の変化はめまぐるしいが、米の過剰作付けを避け、食料自給率向上に必要な、麦、大豆、飼料作物等の増産を図ることを基本とすることには大きな変化はないと考えられ、今後も水田を畑として利用する状況が継続すると思われる。



図XI－１　北海道における水稲作付面積の推移

(2)　田畑輪換の特性

本来、田畑輪換は、転作奨励状況下において、やむを得ず水田で畑作物を栽培し、そこをまた水田に戻して稲作を行うものである。そのため、稲作にとってはデメリットを伴う場面も多いが、いくつかのメリットもある。水田を転作し畑地利用する際の技術情報を取りまとめた資料が、2004年（平16）に中央農試から「水田転作技術ガイド」として示された。そこには、畑作物および水稲生産における、田畑輪換と永久転換のメリット・デメリットが次のようにまとめられている。

1)　田畑輪換のメリット・デメリット

単一農家内で転換畑を３～４年で移動していく一般的な田畑輪換方式の特徴は以下のとおり。

①　連作障害の軽減：畑作において連作障害、土壌病害の軽減が期待できる。

②　雑草発生の軽減：水田と畑地では雑草の種類とその生育条件が異なるため、雑草発生の軽減が期待できる。

③　土壌物理性の改善：畑転換時に土壌の乾燥が進み、亀裂の形成が促進される。

④　土壌養分の有効利用:畑転換初期においては土壌から放出される窒素の有効活用が可能。ただし、復田時の水稲に対する窒素制御は難しい。

⑤　用水の有効利用：用水の利用や暗渠システムを活用した地下かんがいの導入などが可能となり、畑作物の干ばつ害の軽減が可能となる。

⑥　水稲の高い収量性実現の可能性:復田時の水稲に対する土壌からの窒素供給が見込まれ、透排水性の改善と相まって水稲の収量性向上が期待される。

⑦　米粒の高蛋白化の恐れ：水稲および転作作物ともに品質向上はあまり期待できない。特に、復元田ではタンパク質含有率上昇による米の食味低下の危険性がある。

2)　永久転換のメリット・デメリット

転作圃場を固定化し、基本的に復田を想定しない永久転換方式の特徴は以下のとおり。田畑輪換を実施する際には､以下に示すような永久転換を前提とした技術対応をとることは難しい。

①　高い収量性の実現：抜本的な排水改善、積極的な土壌・肥培管理などが可能となるため。

②　品質向上の可能性：同上。

③　土壌の乾燥促進：乾燥の進展は泥炭圃場の不等沈下をもたらす場合もあるが、復田を前提としないため大きな問題とならない。

④　土壌理化学性の容易な改善：復田時の米粒の高蛋白化を懸念する必要がないので、有機物の積極的な供給が可能となる。また、積極的な耕盤の破砕や深耕が可能となる。

⑤　農作業の効率化：畦の撤去や圃場の大区画化が可能となり、作業効率が向上する。復田に伴う畦畔や落水口の補修、圃場の均平化が不要となる。

⑥　連作障害（土壌病害）の懸念：湛水期間がないので、土壌病害の発生が懸念される。ただし、夏季に数日～数ヶ月間、圃場を湛水することで田畑輪換と同様の効果を得ることができる（小麦では条斑病、立枯病、眼紋病、小豆では落葉病対策）ため、用水を使えるようにしておくことが望ましい。

⑦　水利権調整の必要性：転作作物においても防除用水は不可欠であるとともに、干ばつ被害が常態化している地域では水田用水の活用が有効であるため、水利用に関して土地改良区との調整が必要。

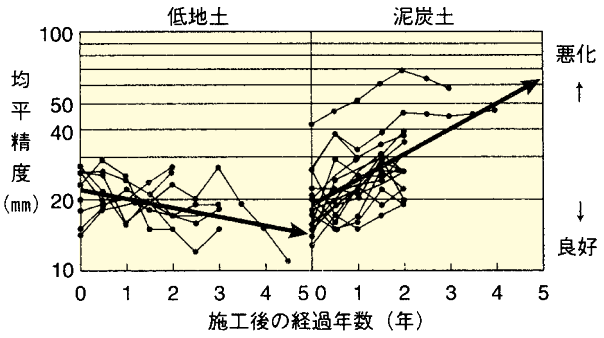
⑶　田畑輪換の適地

田畑輪換を行う場合に、土壌条件が畑地としても利用しやすいこと、および、復田時における水管理が容易なことが重要な条件である。この観点から、水田を畑地として利用する際の難易度（A ～ C）と用排水の分離状況とを合わせた分類図を市町村毎に整理・図示したものが、1979年（昭54）に道立農試でまとめられた。この「田畑輪換可能性分類図」は、市町村、農業改良普及センターに配布されている。

本分類は、地力保全基本調査の土壌統（区）の特徴を基本にしており、転換初期の畑作物生産の難易を、土壌の①排水性、②砕土性、③透水性、④作土化可能層厚、⑤表層の礫含量から判定している。現在では用排水施設整備や客土、暗渠排水の整備が進んでおり、本分類の中でB（簡易な土層改良が必要)、C（平均収量を得るために土地改良が必要）と判定される土壌地帯でも、田畑輪換が十分可能となっている圃場も多いと考えられる。先に述べた田畑輪換の特性を考慮すると、田畑輪換を効率的に実施できるのは、排水条件の比較的良好な乾田型土壌で、一定規模（概ね0.5ha）以上の基盤整備実施済みの圃場と想定される。さらに、このような条件を満たし、小麦や大豆、露地野菜の栽培が可能で、復田時における水稲の品質、収量で標準以上の生産が期待できることが望ましい。

⑷ 泥炭層と不等沈下

泥炭土圃場では、転換時の圃場の透排水性向上、乾燥化による不等沈下が問題となる。また、土壌分類上、泥炭土ではなくても地下数m程度に泥炭が出現する場合は多く、石狩川流域など下層に泥炭が存在する水田はかなりの面積に上る。このような圃場で田畑輪換を行うことは、圃場の不等沈下を進める結果となり、復田する場合は大規模な均平作業が必要となる。図Ⅺ－２は一般田におけるデータであるが、土壌の違いによる圃場整備後の均平精度の変化を示したものである。低地土では年とともに均平精度は向上していくが、泥炭土では逆の傾向となる。近年は、レーザー均平機の普及により比較的容易に均平化が可能となったが、大区画圃場では手間やコストが大きくなるため、泥炭層の分布域では、圃場区画をあまり大きくするべきではない。この泥炭層の情報を地図化したものを2001年（平13）に中央農試で作成し、「石狩川水系泥炭層厚分布及び安定地盤分布図」として各支庁の耕地部門や水田地帯の農業改良普及センターに配布してあるので参考にしてほしい。



図Ⅺ－２　土壌別均平精度の経年変化
（中央農試 2001）

２　田畑輪換のための土壌管理と施肥

⑴ 復元田の特徴

第１の特徴として、畑地利用に伴い圃場の排水環境が改善され、土壌の透排水性が向上することである。湿田型土壌の復元田では、水田連作時に見られたグライ層が退化するか消失し、酸化鉄の斑紋が増加するほか、半湿田型の土壌では、乾燥の進行とともに亀裂の発達が認められるようになる（表Ⅺ－１）。

表Ⅺ－１　　復元田の土壌形態変化

類　型	土壌型	断面形態変化の内容
乾　田	褐色低地土（中粒質） 褐色低地土（粗粒質）	斑鉄、土色の変化なし、ち密度やや減少 斑鉄、土色の変化なし、ち密度増大
半湿田	灰色台地土 灰色低地土	グライ斑の消失、ち密度の増大、亀裂の発達 ち密度の増大、亀裂の発達
湿　田	グライ土 泥炭土	グライの退化、斑鉄の増加顕著 グライの退化または消失、斑鉄の増加、不等沈下

水田における透排水性の改善効果は、用水量の増大を招くものの、Ⅴ章で述べられているとおり水稲の生育環境としては望ましいものである。圃場の透排水性の向上は、道内の多くの水田土壌で最も望まれる項目であり、その点において復元田が一般田に勝っていることは非常に有利な点といえる。言い換えれば、このような透排水性改善効果が現れるように、転作時の土壌管理を徹底することが必要である。

こうした水田の畑地利用による透排水性の改善、乾燥の進行に伴って、土壌物理性も変化する（表Ⅺ－２）。収穫時の土壌水分は作土、心土ともに一般田に比べて復元田が少なく、排水が良好なことがうかがわれる。また、心土の気相率も復元田が勝っている。表Ⅺ－３は飽和透水係数を比較したもので、田畑輪換により作土の透水性は明らかに向上し、心土でも改善傾向にある。

表Ⅺ－２　輪換田の水稲収穫後地における土壌物理性の比較（上川農試 1981～1983）

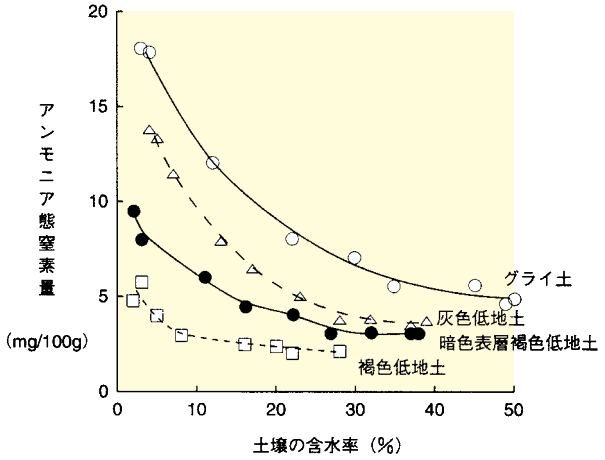
土　層		含水比（%）	容積重（g/100ml）	三相分布（VOL%）			全孔隙率（%）
				固相	液相	気相	
作　土	一般田	60.6	96.0	34.8	58.2	7.0	65.2
	復田１年目	47.4	114.3	40.1	54.2	5.7	59.9
	復田２年目	58.9	99.2	34.9	58.4	6.7	65.1
心　土	一般田	56.4	104.5	37.6	58.9	3.5	62.4
	復田１年目	47.8	113.1	41.5	54.1	4.4	58.5
	復田２年目	48.9	113.3	39.9	55.4	4.7	60.1

表Ⅺ－３　飽和透水係数の変化の例（上川農試 1973）

土　壌　型		飽和透水係数（cm/s）	
		一般田	復元田
褐色低地土	作土	1.2×10^{-6}	6.5×10^{-4}
	心土	1.5×10^{-6}	1.8×10^{-6}
グライ土	作土	2.8×10^{-4}	1.7×10^{-3}
	心土	1.5×10^{-6}	5.1×10^{-6}

第２の特徴として、作土の化学的肥沃度の向上が見られることである。表Ⅺ－４に示すとおり、作土中の交換性塩基類（石灰、苦土、カリ）は、畑地利用により増加する傾向にある。また、有効態リン酸については、道内の水田土壌のほとんどで蓄積傾向にあるため一概に多ければ良いというものではないが、転作時に比較的多量のリン酸を施用する例が多いので、結果として含有量が高まる傾向にある。

有機物（全炭素）含量は、転換時の好気的条件でその分解が促進されるため、褐色低地土などではやや減少傾向にあるが、泥炭土ではプラウ耕などによって下層の泥炭が混入するため、大幅に増加しているのが特徴である。また、土壌を一度乾かすことにより、再湛水後の土壌に無機態窒素の発現量が多くなる乾土効果が一般的に知られているが、これは湿田型土壌で顕著である（図Ⅺ－3）。



図Ⅺ－３　土壌別の乾土効果
（上川農試 1992）

表Ⅺ－4　転換畑の養分状態（水田高度利用対策調査 1978～1981）

土壌型	前　歴	全炭素（%）	交換性塩基（mg/100g）			塩　基飽和度（%）	有効態＊リン酸（mg/100g）	調査点数
			CaO	MgO	K_2O			
灰色台地土	水田	1.99	194	53	19	45	8.3	12
	1年間畑	2.26	232	55	13	55	13.0	
	3年以上畑	1.97	263	55	15	60	19.2	
褐色低地土	水田	3.46	221	50	16	49	7.3	19
	1年間畑	3.24	254	56	18	58	12.0	
	3年以上畑	3.38	283	52	23	59	12.0	
灰色低地土	水田	2.44	212	103	11	59	10.3	16
	1年間畑	2.34	257	104	15	69	12.4	
	3年以上畑	2.93	276	99	22	67	17.3	
グライ土	水田	2.50	213	78	9	55	9.1	19
	1年間畑	2.44	238	77	23	59	11.1	
	3年以上畑	2.35	326	101	27	72	17.6	
泥炭土	水田	4.92	276	126	20	63	8.6	28
	1年間畑	6.21	277	113	26	59	14.6	
	3年以上畑	7.04	308	116	28	60	14.5	

＊トルオーグー－P_2O_5

⑵　用水管理のあり方

復元田は一般田と比べると圃場の透排水性が高まっているため、復田初年目にまず留意すべき点は、圃場および用排水路の水管理である。特に、畦畔や用水路は転作期間中に使用していないため、雑草根の伸長、乾燥に伴う亀裂、小動物（ネズミ、ケラ等）の影響等により、漏水や崩壊の原因となることが想定される。

復元初年目の代かき用水量は、一般に連作田の1.5～2.0倍が必要といわれている。泥炭土における調査結果では、復元による用水量の増加は、圃場に形成された亀裂から暗渠につながる流去量に支配されていた（表Ⅺ－５）。また圃場全体における減水深が比較的大きい場合の調査事例では、深水にした場合に、縦浸透の増加をはるかに上回る圃場減水深が認められ（図Ⅺ－４）、畦畔に近づくほど減水深が大きくなったこと（図Ⅺ－５）ことなどから、畦畔とその近くで漏水が生じていることが示唆される。一方、畦畔等からの漏水の影響を除いた水稲移植後の日減水深を見ると、復元田は一般田に比べて復田当初はやや大きい傾向が認められるが、復田3年目にはその差は判然としなくなる（表Ⅺ－６）。

これらのことから、復元田における用水使用量の増加は、代かき用水量の増加と畦畔からの漏水によるものがほとんどと考えられる。したがって、復田にあたっては、まずは、畦畔部の補修、突き固めを入念に行う必要がある。圃場の耕盤層の床締めは、畦畔の近くを除いて、それほど神経質になる必要はないといえ

表Ⅺ－5　代かき用水量の調査結果

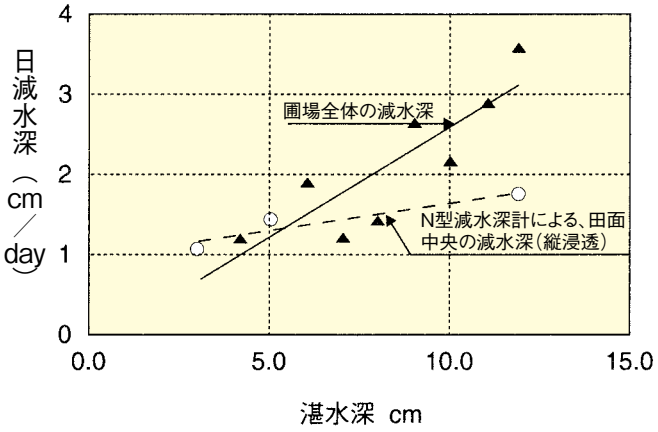
（中央農試 1982）

	全流入量（㎥）	暗渠流出量（㎥）	実流入量（㎥）	所要時間※（h）
復元田	472	89	383	31
一般田	394	6	388	27
復元による増　加	78	83	－5	4

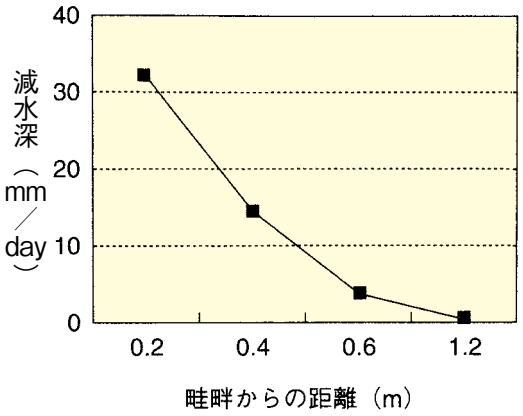
注）ほ場面積40a、復元初年目、泥炭土

※代かき作業を行うのに十分な水量を入れるのに要する時間

る。復元田の入水に当たっては、事前に十分な用水量を確保することと、入水に時間がかかることを認識する必要がある。



図Ⅺ－４　漏水田における湛水深と日減水深の関係（中央農試）



図Ⅺ－５　漏水田における畦畔際の減水深（中央農試）

表Ⅺ－６　日減水深（縦浸透量）の比較（中央農試 1981～1983）（mm／日）

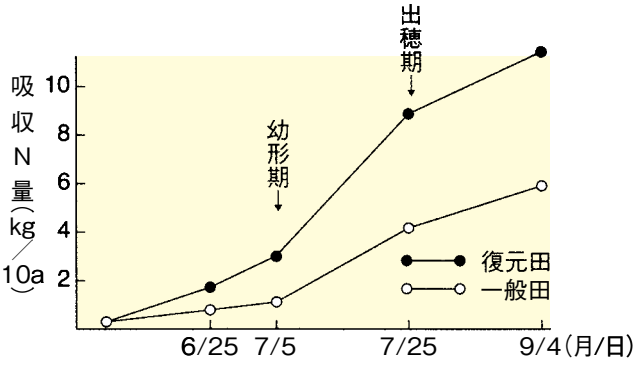
土壌型	区　分	1年目	2年目	3年目
灰色台地土	一般田	2.6	5.5	4.6
	復元田	3.6	5.0	4.4
褐色低地土	一般田	6.5	6.0	5.0
	復元田	5.2	7.5	5.4
灰色低地土	一般田	5.5	7.0	2.3
	復元田	12.0	7.5	3.7
グライ土	一般田	6.0	4.5	4.0
	復元田	7.5	5.5	3.4
泥炭土	一般田	4.0	6.0	2.0
	復元田	4.0	7.0	2.0

注）測定はN型減水深測定器を使用

(3)　復元田における施肥

復元田における施肥において、一般田と最も大きく異なるのは、窒素の施肥対応である。一般に復元田では、乾土効果によって地力窒素の発現量が増大する。この傾向は湿田型土壌で顕著である。さらに、泥炭土では乾土効果の発現が大きいことに加え、畑転換時の深耕に伴い下層泥炭が作土層に混入する場合があり、その際には有機物含量が高まるため、土壌からの窒素供給量が著しく増える場合も予想される。

これら土壌からの窒素供給量の増加に伴って、復元田では水稲の窒素吸収量も増加



図Ⅺ－６　水稲のN吸収経過（無窒素区）（北村 1984）

する。図Ⅺ－６はその一例を示したものだが、一般田に比べると特に生育後半において窒素吸収量が増大する傾向にある。さらに復田の前年に畑作物の残渣あるいは緑肥のすき込みを行った場合に、その分解による窒素供給量の増加が認められる。すき込まれる窒素量は作物の種類や生育量にもより、また、すき込まれた窒素のすべてが水稲に利用されるわけではないが、秋まき小麦麦稈で３kg、大豆茎莢で２kg、てんさい茎葉では12kg/10a程度の窒素がすき込まれる。また、これら有機物からの窒素供給は化学肥料に比べて明らかに遅れる特徴がある。

復元田における窒素施肥の実態と水稲の収量性について表Ⅺ－７に示した。復田初年目の窒素施肥量は、一般水田に対して47～78％と、明らかに減肥が意識されており、その減肥率は高い順に、泥炭土＞灰色低地土＞グライ土＞褐色低地土＞灰色台地土となっており、泥炭土、湿田型土壌で高い割合で減肥されている。また、泥炭土では復田２年目以降も減肥対応がとられているが、他の土壌型では一般水田と同程度の施肥量となっている。復田初年目の水稲の窒素吸収量は、窒素減肥が実施されているにもかかわらず、一般田対比で115～121％ときわめて多い。玄米収量は復元田で106～118％と増収しているが、窒素の過剰吸収が青米歩合および屑米の増加、籾／わら比の低下をもたらすなど、栽培上の不安定性がうかがわれるとともに、産米のタンパク質含有率も高まることが想定される。

表Ⅺ－７　輪換田の窒素施肥実態と収量性（各項目とも一般田対比 ％）

（中央・上川農試 1981～1983）

土壌型	復元後の年数	窒素施肥割合	成熟期の窒素吸収量	総籾数	登熟歩合	玄米重	もみ／わら	青米歩合
灰色台地土	1	78	115	105	91	106	93	116
	2	100	97	105	100	106	100	98
	3	100	95	116	80	78	93	104
褐色低地土	1	70	117	116	110	116	102	87
	2	100	119	－	－	106	91	95
	3	100	121	131	100	119	97	87
灰色低地土	1	55	116	111	95	113	91	115
	2	100	100	88	116	114	110	88
	3	100	98	100	95	98	111	107
グライ土	1	64	121	96	99	118	99	103
	2	100	97	98	90	81	72	108
	3	100	100	97	92	97	109	76
泥炭土	1	47	119	－	－	117	94	151
	2	72	101	103	96	97	94	101
	3	79	101	103	100	101	100	99

これらのことを考慮し、土壌、前作物、復元後の年数に対応した復元田に対する窒素施肥対応が示されている（表Ⅺ－８）。なお、窒素施肥対応の実施においては、施肥量の適正化（施肥標準量の遵守）はいうまでもない。また、健苗育成、適期移植、適正栽植密度、登熟中後期の土壌水分確保など、水稲栽培の基本技術の実行が望まれる。

なお、畑転換時に有機物の分解が促進され、復田２年目以降には地力の損耗の影響が懸念され、特に乾田型土壌ではその傾向が見られる。田畑輪換においても地力維持のための適切な堆肥施用は必要で、乾田型土壌では、秋の稲わら鋤込みによる対応も可能である。ただし、地力

維持のためであっても、有機物施用に伴う減肥対応を考慮する必要がある。

表Ⅺ－8　復元田（輪換田）に対する窒素施肥（北海道施肥ガイド2010）

土壌区分		前作物の種類	復元後の年数	施肥標準に対する施肥率%	施肥配分%	
					全層	側条
低地土（乾）		豆類、麦類、そば	1年目	70～80	50	50
		ばれいしょ	2年目	100		
		てんさい（葉茎鍬込み）	1年目	50～70		
		牧草、野菜	2年目	60～80		
		秋まき小麦春鍬込み*	1年目	60		
低地土（湿）	灰色低地土	豆類、麦類、そば	1年目	70～80		
		ばれいしょ	2年目	100		
		てんさい（葉茎鍬込み）	1年目	50～70		
		牧草、野菜	2年目	60～80		
		秋まき小麦春鍬込み*	1年目	60		
	グライ土	豆類、麦類、そば	1年目	60～70		
		ばれいしょ	2年目	〃		
		てんさい（葉茎鍬込み）	1年目	40～60		
		牧草、野菜	2年目	〃		
		秋まき小麦春鍬込み*	1年目	50		
泥炭土		豆類、麦類、そば	1年目	50～60		
		ばれいしょ	2年目	〃		
			3年目	〃		
		てんさい（葉茎鍬込み）	1年目	30～50		
		牧草、野菜	2年目	〃		
		秋まき小麦春鍬込み*	1年目	40		
火山性土		豆類、麦類、そば	1年目	70～80		
		ばれいしょ	2年目	100		
		てんさい（葉茎鍬込み）	1年目	50～70		
		牧草、野菜	2年目	60～80		
		秋まき小麦春鍬込み*	1年目	60		
台地土	灰色台地土	豆類、麦類、そば	1年目	60～70		
		ばれいしょ	2年目	〃		
		てんさい（葉茎鍬込み）	1年目	40～60		
		牧草、野菜	2年目	〃		
		秋まき小麦春鍬込み*	1年目	50		

*：雪腐れ病の多発などによりやむを得ず起生期にすき込む場合の施肥対応

注意１　透水性の大きい礫質土壌では、減肥しない。

注意２　リン酸・カリの施肥量は施肥標準に従う。

注意３　秋まき小麦春鍬込みの２～３年目は麦類に準ずる。

⑷　復元田産米の食味特性と今後の方向

復元田で生産される米は、水稲の窒素吸収が生育後半まで持続し、玄米のタンパク質含有率が高まるため、食味特性に劣るとされる。表Ⅺ－９は、一般田と麦類跡地の復元田において、玄米の食味特性値を比較したものである。一見すると、適正に窒素減肥を実施した場合には、復元田においても一般田とほぼ同等な食味特性値（タンパク質含有率、アミロース含有率、アミログラム最高粘度）を示しており、食味の低下を回避できるように見える。しかし、この試験のタンパク質含有率の水準は全般に高く、必要最小限の窒素施肥による良食味米生産（低蛋白米）を目標とした場合はどうであろうか。

そのような状況下において復元田の食味特性を見た例として、衛星リモートセンシングによ

って米粒タンパク質含有率の推定値と土壌環境の関連をひとつの町の全水田で検討した結果が報告されている（表Ⅺ－10）。それによると、復元田のタンパク質含有率の推定値は、土壌間差や年次間差ははっきりしていないが、一般田を0.1～0.8ポイント上回っている。窒素施肥量が明らかでないので一概には言えないが、水稲栽培の主流が低蛋白米生産を志向する状況にあっては、復元田はある程度のハンディキャップを負ってしまうのは避けがたい。

先に述べた、復元田における窒素施肥対応や基本技術の励行、さらには、浅耕無代かきや密植栽培など、低蛋白化につながる技術の導入は有効である。しかし、これら対策を実施しても、同様な対策を行った一般田と同レベルまで低蛋白化を図ることは無理があると考えるべきで、極良食味米の生産を目的とするような水田では、田畑輪換は避けることが望ましい。

田畑輪換を活用して米づくりを行う場合には、豊富に供給される土壌窒素を有効活用する視点が望ましい。つまり、多収を目的としながら一定のタンパク質含有率を下回ることで低コスト生産による売れる米づくりを狙う戦略である。現状の作付は極めて限定的であるが、将来的には直播栽培の導入も含め、新規需要米生産に活用するなどの方策も検討すべきである。

表Ⅺ－9　輪換田産米の食味特性（中央農試 1981～1983）

		タンパク質含有率（%）	アミロース含有率（%）	アミログラム最高粘度（B.U.）	灰分（%）	窒素施肥量	
						（kg/10a）	比
1年目	一般田	8.8	23.5	294	0.67	11.0	100
	復元田	8.9	23.5	290	0.69	6.9	63
2年目	一般田	8.4	24.0	359	0.56	9.8	100
	復元田	8.2	24.1	363	0.55	8.4	86
3年目	一般田	8.4	23.8	355	0.48	10.4	100
	復元田	8.2	24.2	348	0.48	9.8	94
1～3年目平均値	一般田	8.6	23.2	330	0.59	10.4	100
	復元田	8.5	23.9	328	0.59	8.0	77

表Ⅺ－10　衛星リモートセンシングによるタンパク質含有率推定値の比較

（中央農試 2001）

土壌	平成11（1999）年			平成12（2000）年		
	一般田	復元田	差	一般田	復元田	差
火山性土	7.2	7.3	+0.1	7.4	7.9	+0.5
洪積土	7.1	7.9	+0.8	7.1	7.2	+0.1
褐色低地土	7.5	－	－	7.4	－	－
灰色低地土	7.4	7.8	+0.4	7.5	7.8	+0.3
グライ土	7.5	7.9	+0.4	7.5	8.1	+0.6
泥炭土	7.7	8.5	+0.8	7.9	8.2	+0.3
平均	7.4	7.8	+0.4	7.4	7.8	+0.4

（道総研農業研究本部企画調整部地域技術グループ　主査　渡邊祐志）

コ ラ ム

畑作物が主作物の田畑輪換

もともとの田畑輪換は、水稲の生産調整のための技術であり、とりあえず、しかたなく、水田で畑作物を生産し、しばらくするとまた水田に戻し水稲を生産する。いうまでもなく、水稲が主作物の技術体系である。

ところが、生産調整が永きに及び、また転作面積配分も増加の一途をたどるなかで、状況の変化が発生した。田畑輪換に伴うデメリットの解消、つまり、水田の永久転換、畑地化である。しかし、水稲・畑作の複合経営条件下では、畑作専業地帯のように多作物に対応した機械装備は困難であり、労働力を多く必要とする作物も敬遠された。また、稲作地帯の土壌は、馬鈴しょやてんさいなどの根もの（馬鈴しょは根ではなく、正しくは塊茎であるが）には必ずしも向いていない場合が多い。その結果、自ずと麦、大豆中心の作付体系が拡がっていった。

そこで、問題が発生する。麦・大豆の過作、連作障害、土壌病害の多発である。それを解消する手段として、田畑輪換が取り上げられた。これは、畑作物が主役の田畑輪換である。さて、田畑輪換に伴うデメリット、水田に戻すことによる透排水性の悪化にどう対応するか。岩見沢市では、農業改良普及センター、JAが中心となって、畑地の透排水性を損なわない水稲栽培技術を開発し浸透し始めている。水稲乾田（乾籾）直播および水稲無代かき移植栽培技術である。これは、労力の軽減と相まって生産者からの高い支持を得ており、新たな栽培体系として注目される。

Ⅻ　環境保全対策

米を取りまく情勢についてみると、消費者の間では農産物に対する健康、安全、安心についての根強い要望があり、他方、外交政策上の米輸入枠の増大や、経済の低迷、米離れ傾向の進展などによる米価低迷の問題も存在する。

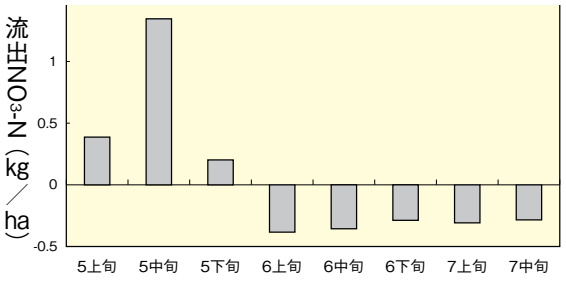
国は、農業・農村への国民的支持（農業・農村の生存戦略）を確保するため、「食糧・農業・農村基本法」において、農業の自然循環機能の維持増進と、持続的発展を基本理念に位置づけ、「環境と調和した農業」を推進するとしている。これを受け、道は農業・農村基本条例で、農業・農村を将来にわたって受け継いでいくべき道民共有の財産と位置づけ、第２期振興計画以降、「環境に調和した農業」の推進が、北海道農業・農村の維持・発展に無くてはならないものとしている。そこで、稲作におけるこれらの政策の支援技術を紹介する。

１　水質汚染および温室効果ガス

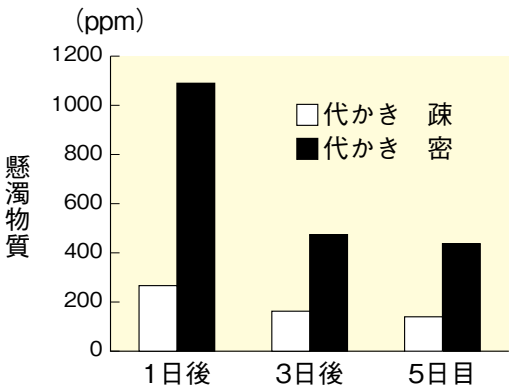
⑴　水田から河川への硝酸性窒素流出

水田においては微生物の作用により硝酸呼吸（脱窒）がおこなわれるため、水田が硝酸性窒素を浄化する機能を持っていると言われる。しかし、実際の排水中には、窒素やリン等の余剰肥料成分が含まれており、周辺水環境へ影響をおよぼすことが懸念される。

水田地帯（旭川近郊）における硝酸性窒素流出量の調査例をみると、河川への年間流出量は0.13kg／ha（文献値例：－0.3～0.7kg／ha）で、畑地（文献値例：18.2kg／ha）と比較すると低い結果が得られている。しかし、流出量の旬別収支をみると、５月、特に中旬は著しく多い（図Ⅻ－１）。この時期は、粘土を主体とした土壌懸濁物質の河川への流出が多く、その原因は代かき後の排水によると報告されており、硝酸性窒素もそれら土壌懸濁物質とともに河川に流出したものと考えられる。



図Ⅻ－１　水田地帯における硝酸態窒素の旬別流出量
（３カ年平均、上川農試 2000）

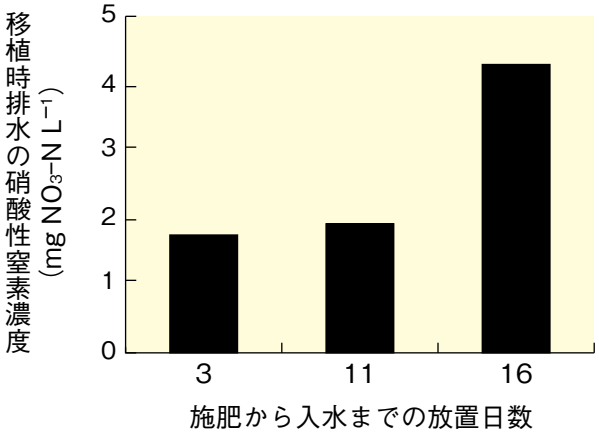


図Ⅻ－２　代かき程度と懸濁物質
（上川農試 1997）

このように、水田地帯における硝酸性窒素の農地以外への流出は、畑地に比べて明らかに少ないものの、施肥窒素の一部は河川に流出しており、それは代かき後の不適切な水管理（落水など）が主な原因と推定される。流出を抑制するためには、施肥代かき直後の田面水中の窒素が高濃度で存在する期間中は落水をしな

いことが必要である。具体的には過度な代かきを避け、落水は粘土・土壌粒子を沈降（代かき後１～５日）させてから行うことが挙げられる（図Ⅻ－2)。

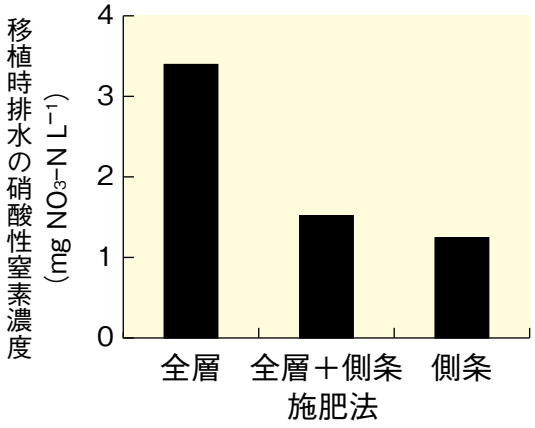
施肥との対応をみると、全層施肥の場合、土壌と混和後、入水までの期間が長くなるにつれ、移植時の排水中の硝酸性窒素濃度が上昇する（図Ⅻ－３)。また、側条施肥や育苗箱施肥では移植時排水の硝酸性窒素濃度が低いことから（図Ⅻ－４)、施肥後、速やかに入水代かきをおこなうこと、全層施肥を減らし、側条施肥と組み合わせた施肥を行うことにより、排水中の硝酸性窒素濃度を低下させることが可能である。



図Ⅻ－３　施肥後放置日数と硝酸性窒素濃度
（北海道農政部 2009）

⑵　水田から河川への農薬の流出

石狩管内の河川流域で行われた調査では、農薬は施用直後から検出され、畦の漏水や給水時のかけ流し等、給排水管理の不徹底が要因の一つと考えられる。また、移植後の気温や日照といった気象要因による生育状況によっても農薬の使用時期が左右され、流出時期も変動する。水田田面水中の除草剤の半減期は２～５日で、約１週間後に初期濃度の約１／10となる。移植前処理の使用禁止の徹底、施用後１週～10日間の止め水の実行により河川への高濃度の流出は抑制が可能である。さらに、流出軽減対策として、水口近傍排水口による水位管理は、オーバーフローやかけ流しによる農薬流出量の大幅削減、施用効果の持続においても有効である。

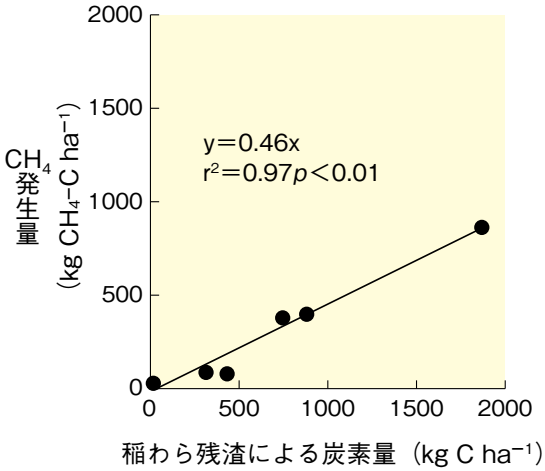


図Ⅻ－４　施肥法と硝酸窒素濃度
（北海道農政部 2009）

⑶　水田からの温室効果ガス（メタン）

北海道における水田からのメタン発生量を調査した結果をみると、メタン発生量は土壌還元の進行に伴って増加し、そのピークは７月下旬から８月中旬にある。

メタンの発生は、自然要因としては土壌型、人為的要因としては、圃場管理、有機物処理、栽培管理が挙げられ、それぞれの組み合わせによって、発生量が増減する。図Ⅻ－５は、稲わら残渣による炭素量とメタン発生量の関



図Ⅻ－５　麦わら残渣による炭素量とCH₄発生量の関係
（北農研 2009）

係を示したものであるが、メタン発生量は圃場にすき込まれる稲わら残渣量の増加量に比例して多くなり、すき込まれる炭素量の約50％がメタンとして放出される。

また、土壌型もメタン発生量に影響をおよぼす要因であり、北海道の調査では、褐色低地土＜灰色低地土＜グライ土の順に大きくなる。これは・圃場の透排水性の低さがメタン発生量を大きくすることを示している。

表Ⅻ－１は、稲わらの鋤込み時期、さらに鋤込み時における肥料や分解資材の添加がメタン発生量におよぼす影響をみたものである。秋混和は春混和に比べてメタン発生量が55～70％に低下している。堆肥化等が困難な場合も、収穫後、秋に耕起を行い、稲わら残渣を鋤込むことが推奨される。この場合､簡易な５～８cm程度の浅いロータリー耕を行うことが効果的である。また、肥料や分解資材の添加は、秋に耕起する事の効果に加え、さらに10％程度、メタン発生量を減少させる効果が認められる。

表Ⅻ－１　稲わら処理法、肥料および分解資材添加が水稲栽培期間の推定メタン発生量に及ぼす影響（上川農試 2000）

処　理　区	水稲栽培期間の推定メタン発生量（$gCH_4／m^2$）		
	1997年	1998年	1999年
稲わら秋混和	10.6	5.2（ 55）	12.0（ 70）
稲わら秋混和＋肥料A＋分解資材B添加	8.9	4.4（ 46）	－
稲わら秋混和＋肥料B＋分解資材B添加	－	－	9.9（ 58）
稲わら春混和	－	9.5（100）	17.1（100）
稲わら春混和＋肥料A＋分解資材B添加	－	8.0（ 84）	－
稲わら春混和＋肥料B＋分解資材B添加	－	－	12.5（ 73）
稲わら無施用	－	1.5（ 16）	4.8（ 28）

メタンフラックスの測定は1997年：５回、1998年：６回、1999年：７回。
（　）内の数値は稲わら春混和区を100とした指数。

表Ⅻ－２は水管理処理が異なる圃場におけるメタン発生量を示す。中干し（６月下旬）は、連続湛水に比べ、50％程度のメタン発生量を軽減する効果がある。間断灌漑（６月下旬、出穂期以降）は、中干し処理に比べるとメタン発生量軽減効果は小さいものの、連続湛水に比べ40％程度の軽減効果もみられる。間断灌漑は弱（落水（２～３日）と湛水（４日）と落水（２～３日））に比べ、強（落水（３～５日）と湛水（２～３日）一落水（３～５日））でメタン発生量軽減効果が高い。

表Ⅻ－２　水管理処理が水稲栽培期間の推定メタン発生量に及ぼす影響（上川農試 2000）

水管理処理	水稲栽培期間中のメタン発生量（gCH_4/m^{-2}）					
	1996年	1997年	1998年		1999年	
	稲わら なし	稲わら なし	稲わら なし	稲わら 春混和	稲わら なし	稲わら 春混和
1．連続湛水	8.4（100）	5.4（100）	8.9（100）	28.6（100）	10.0（100）	50.3（100）
2．中干し	4.2（ 51）	3.1（ 58）	4.7（ 53）	20.9（ 73）	－	25.1（ 50）
3．間断灌漑(弱)	－	5.2（ 95）	7.6（ 85）	25.3（ 89）	－	44.4（ 88）
4．間断灌漑(強)	5.5（ 6.6）	3.5（ 65）	5.1（ 57）	18.9（ 66）	8.3（ 82）	26.3（ 52）

但し、幼穂形成期前の水管理処理以前のメタンフラックスの測定（1996年：２回、1997年：３回）は１．連続湛水区の測定値を２～４区の発生量の積算に用いた。1998年～1999年は各区とも全測定を行った。（　）内の数値は連続湛水区を100とした指数。

表Ⅻ－３は、稲わら鋤込み時期、資材添加（肥料＋分解資材）、水管理（間断灌漑（強））の組み合わせがメタン発生量におよぼす影響をまとめたものである。農家慣行の秋散布＋春混和に比べ、秋混和によりメタン発生量は30％軽減されるが、さらに分解資材や、間断灌漑を組み合わせることによって、75％まで、メタン発生量を軽減する効果になることが示されている。

表Ⅻ－３　湛水期間の推定メタン放出量に及ぼす稲わら腐熟促進および水管理法の影響（上川農試 2000）

稲わら	資材	水管理	メタン放出量 gCH_4m^2	比率1	比率2
秋散布＋春混和	－	－	17.1	142	100
秋混和	－	－	12.0	100	70
秋混和	肥料＋B	－	9.9	82	58
秋混和	－	あり	5.1	42	30
秋混和	肥料＋B	あり	4.3	36	25

肥料は腐熟促進肥料、B：微生物資材、水管理：中干期・出穂後に間断灌漑
比率１：稲わら秋混和を100、比率２：秋散布＋春混和を100として

（道総研中央農業試験場農業環境部栽培環境グループ　研究主幹　日笠裕治）

２　環境に配慮した農薬の使用

ここでは水田の周辺への農薬の飛散を抑制する使用法について概略する。道内でのドリフト（漂流飛散）低減の取り組みは、有人ヘリ散布からラジコンヘリを主体とした無人ヘリ散布への切り替えが重要であった。さらに、下記の水面施用剤や茎葉散布の際のドリフト低減ノズルの使用の他に、育苗箱灌注剤および箱施用粒剤の使用や粉剤に代替する微粒剤（2011年・平23に２剤登録見込み）の使用などがある。

また、育苗箱灌注剤および箱施用粒剤の使用に際しては育苗ハウスでの後作への農薬の残留に充分配慮した薬剤と使用時期・方法の選択が必要となる。

⑴ Y字二頭口ドリフト低減ノズルによる農薬飛散低減及び防除効果

（2008年（平20）中央農試）

1） 防除効果

・ 速度連動式システムを装備した乗用管理機（パンクルスプレーヤ・RV60H ／120KN）のスプレーヤ部分にY字二頭口ドリフト低減ノズル（扇型噴霧・ヤマホ工業社製）を装着した場合の薬剤飛散防止効果とカメムシ類（斑点米）防除効果を慣行ノズル（中空円錐形噴霧）と比較した。

・ Y字二頭口ドリフト低減ノズルの薬液付着量は慣行ノズルとほぼ同等である（表Ⅻ－４）。

・ Y字二頭口ドリフト低減ノズルのドリフトは慣行ノズルに比べ低減される（表Ⅻ－４）。

・ Y字二頭口ドリフト低減ノズルによる防除は慣行作業と同条件（農薬種類、希釈濃度、10a当たり散布量）での散布作業においては､慣行ノズルとほぼ同程度の防除効果である（表Ⅻ－５）。

・ 以上の結果より、新たに開発されたY字二頭口ドリフト低減ノズルは、慣行ノズルとほぼ同等の散布性能と防除効果を有すると共に、ドリフト低減効果を持つことが明らかである。

2） 注意事項

・ 供試ドリフト低減ノズルは噴霧圧力1.0～2.0MPaの範囲で使用する。

・ 風速が強い場合、薬液のドリフト量が増えるばかりでなく、薬液の葉面付着量も低下し、防除効果が低下する可能性が高いことから、３m/sを超える強風時の散布作業は慎む。

・ ドリフト低減ノズルを使用する場合であっても、強風下あるいは微風であっても散布地点から至近距離に別圃場や作物がある場合など、ドリフト発生の危険性が高い場面では、散布経路や作業日程を変更することや、ネット等の遮蔽物を設置する等のドリフト防止への対応が不可欠である。

・ 使用したY字二頭口ドリフト低減ノズルは㈱ヤマホ工業から商品名「キリナシESYノズル」シリーズとして市販されている。

表Ⅻ－４ 薬液付着程度およびドリフト特性[1)、2)]（中央農試 2008）

ノズル名	感水紙設置方向		付着度指数[3)] 上	中	下	計	水平・鉛直	指数合計	ドリフト（散布機端からの距離） 1m	2m	3m	4m	5m	7.5m	10m
Y字二頭口ドリフト低減ノズル	水平	表	9.0	9.0	8.5	26.5	30.0	56.0	1.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		裏	1.5	1.0	1.0	3.5									
	鉛直	左	9.0	5.5	3.5	18.0	26.0								
		右	3.5	2.5	2.0	8.0									
慣行ノズル	水平	表	10.0	9.0	9.0	28.0	31.0	66.0	1.5	1.0	0.5	0.5	0.5	0.0	0.0
		裏	1.0	1.0	1.0	3.0									
	鉛直	左	9.5	8.0	7.0	24.5	35.0								
		右	4.5	3.0	3.0	10.5									

1）風は散布方向に対し112.5°の横風、２）指数合計は120点満点、8/12および8/21試験の値を平均化し評価した。
3）作業速度、ポンプ圧および風速：Y字二頭口ドリフト低減ノズル：0.51m/s、1.7MPa、風速8/12：2.7m/s、8/21無風
慣行ノズル：0.56m/s、1.3MPa、風速8/12：2.0m/s、8/21無風

表Ⅻ－５　斑点米調査結果[1)]（中央農試 2008）

ノズル名	頂部[2)]	側部[3)]	合計	同左百分率(%)
Y字二頭口ドリフト低減ノズル	0.5	3.8	4.3	0.14
慣行ノズル	0.7	3.7	4.4	0.15
無処理区	2.3	8.7	11.0	0.37

1）斑点米調査：９/25に刈取り、乾燥調整後、各区精玄米（粒厚1.9mm以上）、9,000粒（3,000粒×３）について斑点米を調査

2）頂部：頂部斑点米粒数/精玄米3,000粒、３）側部：側部斑点米粒数/精玄米3,000粒

⑵　水稲のアカヒゲホソミドリカスミカメに対する水面施用粒剤の残効特性と施用時期

（2008年（平20）中央農試）

1)　防除効果

・　水面施用粒剤はアカヒゲホソミドリカスミカメに対し、１回の施用で少なくとも出穂期後第２週目まで残効期間が認められ、茎葉散布剤の２回散布（出穂期および出穂期７日後）と同等の防除効果が期待できるので、本剤を利用することで２回の茎葉散布を省くことができ減農薬が可能になる（表Ⅻ－６）。

・　１回施用で高い防除効果が認められた水面施用粒剤と効果的な施用時期およびその残効期間は以下の通りである（表Ⅻ－７）。

キラップL粒剤：出穂期10日前（27日間）、出穂期（18日間）、出穂期７日後（14日間）

ダントツ粒剤：出穂期（15日間）、出穂期７日後（12日間）

スタークル１キロH粒剤：出穂期施用（22日間）、出穂期７日後施用（14日間）

スタークル粒剤：出穂期施用（17日間）、出穂期７日後施用（15日間）

表Ⅻ－６　水面施用粒剤の施用時期と斑点米率（%）（中央農試 2006～2008）

薬剤名	施用時期	試験１	試験２	試験３	試験４	試験５	平均値	平均値対無処理比
無処理[1)]	発生程度	少～中	中～多	少～中	多	多		
	出穂期	7/29	8/8	7/24	7/31	7/31		
	幼虫初発期	8/15	8/15	8/21	8/14	8/10		
	斑点米率%	1.1	3.3	1.0	10.5	9.6	5.1	100
茎葉散布[3)]	２～３回	0.3[2)]	1.4	0.8	4.6	4.7	2.4	46.3
キラップL粒剤	出－10	0.1	1.0	－	3.6	2.5	1.8	35.3
	出	0.1	0.6	0.8	2.2	3.6	1.5	28.6
	出＋７	0.4	0.6	0.8	1.8	1.5	1.0	20.0
ダントツ粒剤	出	1.8	0.5	0.5	2.6	1.9	1.5	28.6
	出＋７	0.1	1.1	1.0	3.2	2.6	1.6	31.4
スタークル１キロH粒剤	出	1.3	0.8	0.6	1.6	2.7	1.2	23.9
	出＋７	0.1	1.1	0.3	1.7	1.9	1.1	22.4
スタークル粒剤	出	1.2	0.4	0.5	1.7	2.3	1.4	27.5
	出＋７	0.1	0.8	0.3	1.9	2.6	1.0	20.0

1）無処理：各水田試験におけるカメムシ発生程度、出穂期、幼虫初発日、斑点米率％を示す

2）網掛け部分：高い防除効果（無処理区の斑点米率を100とした場合の対無処理比30以下）が認められた薬剤施用時期

3）茎葉散布：エトフェンプロックス乳剤散布をH18上川では３回(出、出+７、出+14)、その他では２回(出、出+７)実施

表Ⅻ－７　水面施用粒剤の有効施用時期（●）と残効期間（中央農試 2008）

薬　剤　名	10日前	出穂期	カメムシ吸汁加害危険期間と粒剤の残効期間			
			出穂期後第１週目	出穂期後第２週目	出穂期後第３週目	出穂期後第４週目
茎葉散布		●				
キラップL粒剤	●					
		●				
			●			
ダントツ粒剤		●				
			●			
スタークル１キロH粒剤		●				
			●			
スタークル粒剤		●				
			●			

出穂期後
第１週目：出穂期～７日後　第２週目：出穂期８日後～14日後　第３週目：出穂期15日後～21日後
第４週目：出穂期22日後～28日後　●：薬剤の有効施用時期　網掛け部分：残効期間

2)　注意事項

・　水面施用粒剤はその種類、あるいは施用時期によって出穂期後第２週目以降も残効が期待できるが、出穂期後第３週目にはすくい取りなど発生モニタリングを行い、カメムシの発生動向に十分注意することが必要である。
・　水面施用粒剤の施用に当たっては湛水状態で均一に行い､施用後７日間は湛水状態を保ち、落水及びかけ流しを行わない。

⑶　水稲のいもち病に対する水面施用粒剤の施用時期と防除効果

（2010（平22）中央・上川農試）

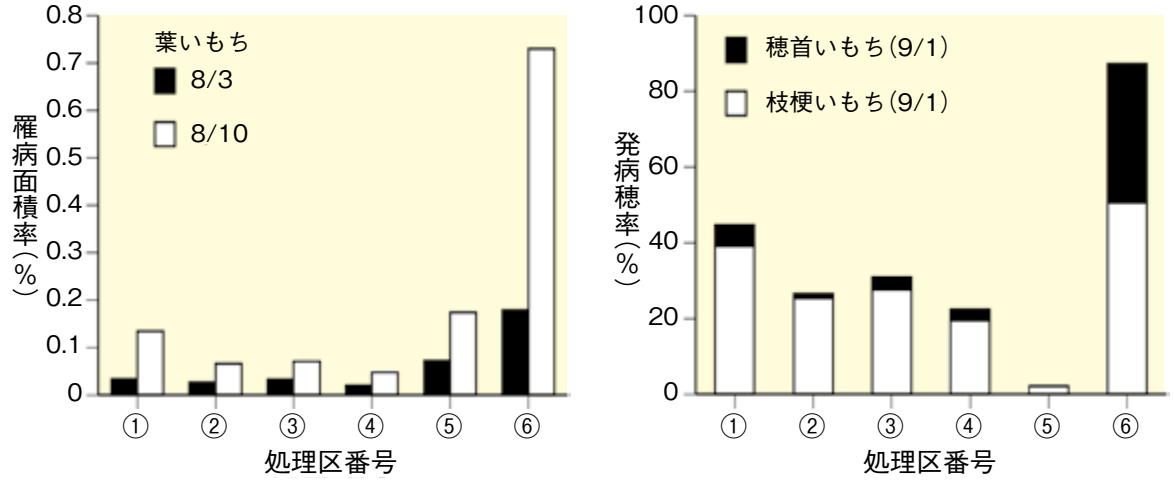
1)　防除効果

・　いもち病対象の各種水面施用粒剤処理は出穂期頃までは葉いもちに対しては一般的な茎葉散布とほぼ同等の防除効果であり、葉いもち防除には同粒剤の効果が期待できる。ただし、初発後散布では明らかに効果が劣るので必ず初発前に施用する必要がある。
・　また、穂いもちまでの効果は期待できないため、別途穂いもちの防除は必要である。
・　穂いもちに対する同粒剤の防除効果は、茎葉散布では甚発生年でも安定して効果が高いにも係わらず防除効果が不安定であり、特に散布前に葉いもちが既に発生している場合や出穂以降に葉いもちが増加するような条件下では、効果が不十分となる可能性が高い。

表Ⅻ－８　供試薬剤名と各薬剤の施用時期（上川農試 2009）

番　　号	処　理　薬　剤（施用時期）
①	嵐キラップ粒剤・３kg／10a（７／17：出穂16日前）
②	コラトップ１キロ粒剤・１kg／10a（７／３：出穂30日前）
③	コラトップ１キロ粒剤・１kg／10a（７／17：出穂16日前）
④	イモチエースキラップ粒剤・３kg／10a（７／13：出穂10日前）
⑤茎葉散布	ビームフロアブル（７／30、８／７）
⑥	無処理

注）初発７／27、出穂期８／２



図Ⅻ－６　各水面施用粒剤の葉・穂いもちに対する防除効果（上川農試 2009）

（処理区番号は表Ⅻ－８に記載）

（道総研中央農業試験場病虫部長　田中文夫）

Ⅻ　クリーン農業と稲作

1　はじめに

近年は環境保全と、より安全・安心な農産物を求める消費者のニーズに呼応して、府県の優良米産地においても化学肥料や化学合成農薬の使用を削減した「減化学肥料・減化学農薬栽培米」の販売が主流となりつつある。一例として、宮城県では平成24年までに化学肥料と化学合成農薬それぞれを慣行よりも50%以上削減した水稲栽培面積を県全体の70%以上とする目標を掲げて取り組みを強化している。

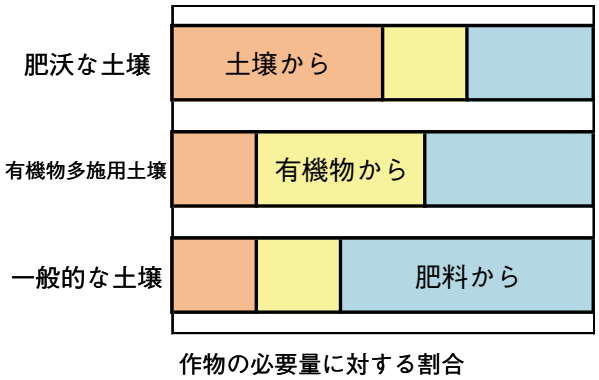
本道においても、平成３年から、土づくりを基本として、化学肥料や化学合成農薬の使用を必要最小限にとどめるなど、環境との調和に配慮したクリーン農業を提唱し、それに対応した生産拡大を推進するとともに、クリーン農業を支える技術の開発、普及を図ってきた。

これまでに開発されたクリーン農業技術は304課題と拡大してきているが、その中で水稲に関する技術は38課題と最も多くなっている。クリーン農業の取り組みを一層加速させ、レベルアップしていくためには、さらなる技術開発が望まれるが、ここではそれらのうちの主要な技術の紹介とクリーン農業推進の意義および実際について概括したい。

2　無・減化学肥料栽培技術

無・減化学肥料をおこなうためには水稲に限らず、作物の養分吸収のあり方を理解することがことが重要となる。施肥とは作物の適正な生育・収量を得るために肥料を施用することであるが、作物の養分吸収が良好におこなわれるためには、肥料成分が作物の各養分要求時期に、過不足無く根群域に存在することが重要である。このためには施肥の他に施用された有機物および土壌そのものから供給される養分の把握が必要となる。図Ⅻ－１に土壌の肥沃度や有機物施用による養分の供給源割合の模式図を示した。土壌からの養分供給が多い、つまり土壌分析値が高ければ化学肥料は少なくて済み、有機物を多量に施用した場合も、有機物から放出される養分の分を減肥できる。収量や品質を大きく損なうことなく、無・減化学肥料栽培をおこなうためには化学肥料で供給される養分の代わりに有機物や土壌からの養分供給を高める必要がある。

ただし、寒冷地で栽培される水稲の場合は生育期間が短く、初期生育確保が非常に重要となる。このため、水稲において無・減化学肥料栽培をおこなうためには、この養分吸収パターンの把握と初期の養分吸収確保がこの技術を成立させるためのキーポイントとなる。



図Ⅻ－１　養分供給源の模式図
（施肥ガイド2010）

⑴ 減化学肥料（クリーン農業）栽培技術の概要

1) 土づくり

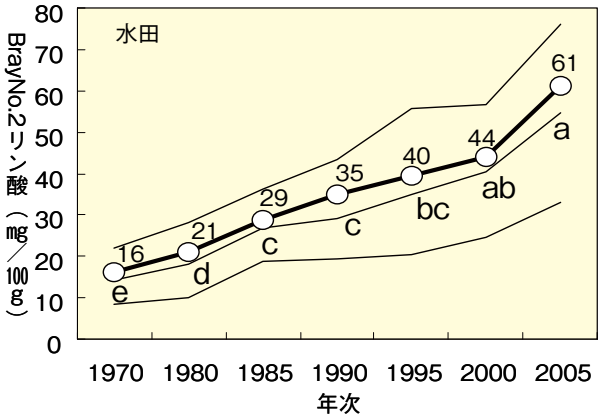
基本的な基盤整備としては排水対策の実施などがあげられ､次に有機物の施用があげられる。有機物の施用は稲わらの秋すき込み（400～600kg／10a）が主なものであるが、稲わらは原則堆肥化して施用し、秋鋤込みは排水良好な水田に限定される。

その他として、土壌診断を行い、不足時には鉄・ケイ酸資材の施用、又は客土をおこなう。

2) 施肥管理

ア 土壌診断に基づく施肥対応による減肥

土壌の養分状況に合わせて施肥量を増減することが施肥対応である。例えば、北海道農耕地の実態調査によると、土壌診断基準値を超える農耕地の割合は依然として多い項目が認められ、特に水田におけるリン酸などが過剰傾向にある（図Ⅻ－２）。土壌の養分状況を適切に保つためにも、土壌の状況に対応した施肥が必要と考えられる。水稲の施肥対応技術はリン酸の他に窒素、カリ、苦土、ケイ酸などが設定されており（北海道施肥ガイド2010)、減化学肥料をおこなう際の基本的な技術である。



図Ⅻ－２ 水田作土の有効態リン酸の年次推移

（中央農試 2010）

図中細線は下から順に25、50（中央値)、75％タイルを示す。白丸は平均値、アルファベットの同一文字間に有意性（５％水準）はない。

イ 乾土効果の評価による窒素減肥

ウ その他

その他の減肥技術として、土壌中アンモニア態窒素の生育初期測定による、分・追肥要否の判断や側条施肥の導入による基肥窒素の削減があげられる。

3) 有機物管理

有機物の施用は土づくりの面もあるが、養分供給源として施肥の代替も可能である。この場合は例えば窒素ならば､有機物由来窒素の評価による施肥窒素の適正化をおこなう必要がある。減化学肥料栽培をおこなう場合の有機物施用による化学肥料代替については､「発酵鶏糞」や「魚かす、大豆かす、なたねかす」なら施肥全窒素量の30％まで､「米ぬか」なら20％まで代替しても、全量化学肥料区と比較して同程度の収量、窒素吸収量が得られている（表Ⅻ－1)。ただし、有機質肥料は窒素無機化に時間を要するため、代替率が高まると化学肥料に比べ初期生育の抑制､産米のタンパク質含有率の上昇が懸念される。従って､ここで示した代替率は､収量･品質面を考慮した上限値である。バーク堆肥のようにC／N比の高い資材は、窒素無機化が非常に緩慢であるために窒素代替が困難であり、地力維持効果・土壌物理性改善効果を目的に施用すべきと考えられる。

表Ⅻ－１　有機質化特性と化学肥料窒素代替性（施肥ガイド2010）

有機物	C/N比	窒素無機化速度	化学肥料窒素代替率（%）
発酵鶏糞	～7	中～やや大	30
魚かす、大豆かす、なたねかす	～10	大	30
米ぬか	10～13	中～やや大	20
稲わら堆肥、家畜糞堆肥	13～	小	
バーク堆肥	21～	極小	代替困難

注）窒素代替率は、施用全窒素に占める有機物由来窒素の割合を示す

4)　化学肥料の５割削減技術

化学肥料窒素５割削減区（減肥）の精玄米収量は、通常年においては窒素吸収量や総籾数の慣行区対比73～74%に相当する減収となり、慣行区対比85%となった。なお、産米品質は慣行区と同等であった。

上川農試において、化学肥料削減窒素を有機質肥料で代替した場合、慣行区より窒素吸収量はやや低下するものの産米品質は同等であった。また、玄米収量は、慣行区対比92～112%（３ヶ年平均100%）であった。現地圃場の有機質肥料窒素代替区では、YES！clean区に比較して窒素吸収量が低下し、総籾数が減少した。その結果、玄米収量指数は平均90%（77～103%）に減収したが、産米の品質については特に低下する傾向は認められず、YES！clean区と同等であった（表Ⅻ－２）。

表Ⅻ－２　減肥と有機質肥料による窒素代替が窒素吸収量、収量構成要素と品質に及ぼす影響（上川農試 2011）

場所	区名	N施用量 (kg/10a)		成熟期N吸収量		精玄米収量		穂数 (本/㎡)	一穂籾数
		T－N	O－N	(kg/10a)	左比	(kg/10a)	左比		
上川農試	慣行	10	0	9.7	(100)	531	(100)	630	55.8
	減肥	5	0	7.2	74	451	85	497	51.1
	代替	9.5	4.5	9.0	93	530	100	610	46.3
	無施肥	0	0	4.5	46	281	53	333	44.0
A生産者	YES！clean	7.2	1.5	10.3	(100)	486	(100)	521	44.1
	代替	7.2	2.2～3.6	9.3	90	435	90	478	41.5
B生産者	YES！clean	8.1	0	9.9	(100)	522	(100)	601	52.1
	代替	8.4	4.2	9.6	97	467	89	470	52.6

場所	区名	総籾数		千粒重 (g/千粒)	登熟歩合(%)	不稔歩合(%)	良質粒(%)	白米タンパク質 (%)
		(千粒/㎡)	左比					
上川農試	慣行	35.0	(100)	22.0	70.6	15.0	86.7	6.5
	減肥	25.4	73	22.3	80.2	9.6	87.0	6.0
	代替	34.2	98	22.1	75.8	11.0	87.5	6.5
	無施肥	14.6	42	23.3	87.7	9.2	91.4	6.6
A生産者	YES！clean	23.9	(100)	26.9	83.4	11.2	89.0	7.4
	代替	19.8	90	26.3	78.5	11.9	87.3	7.0
B生産者	YES！clean	31.5	(100)	22.4	76.8	10.4	86.6	6.8
	代替	25.0	79	23.6	83.2	7.4	88.8	7.4

注1）数値は試験期間の平均値（上川農試：2008～2010年、A生産者：2008、2010年、B生産者：2009、2010年）。
注2）施肥法はB生産者YES！clean区では全層＋側条、その他の区では全量全層。

⑵ 無化学肥料栽培技術の概要

1) 無化学肥料栽培における苗の特徴と問題点

無化学肥料栽培における苗の特徴と問題点を明らかにするために、平成16～18年に行われた実態調査において、有機栽培育苗に用いられる土壌の化学性を見ると、pHは中苗培土が5.5～6.1、成苗培土が4.4～5.9であり、成苗置床が4.3～5.9であった。土壌診断基準からみると、基準値を超える事例が多く、ムレ苗発生の懸念がある。

無化学肥料栽培における育苗時の施肥実態では、非常に多種な資材が使用されており、その大半が市販のぼかし肥料であった。聞き取り調査による窒素施肥量は中苗培土が2.0～2.4gN/箱であり、北海道施肥ガイドにおける育苗施肥基準の約２倍の窒素施肥である。中苗の窒素追肥量は1.9～4.2gN/箱、成苗培土への施肥は０～11.4gN/箱であった。成苗培土では無施肥が多く、育苗施肥基準に比べ少ない事例がほとんどであった。一方、成苗置床への窒素施肥量は3.7～36.4gN/m^{2}であり、育苗施肥基準に比べ多い事例が多かった。総じて育苗における総窒素施用量はいずれの苗種においても多肥傾向であった。

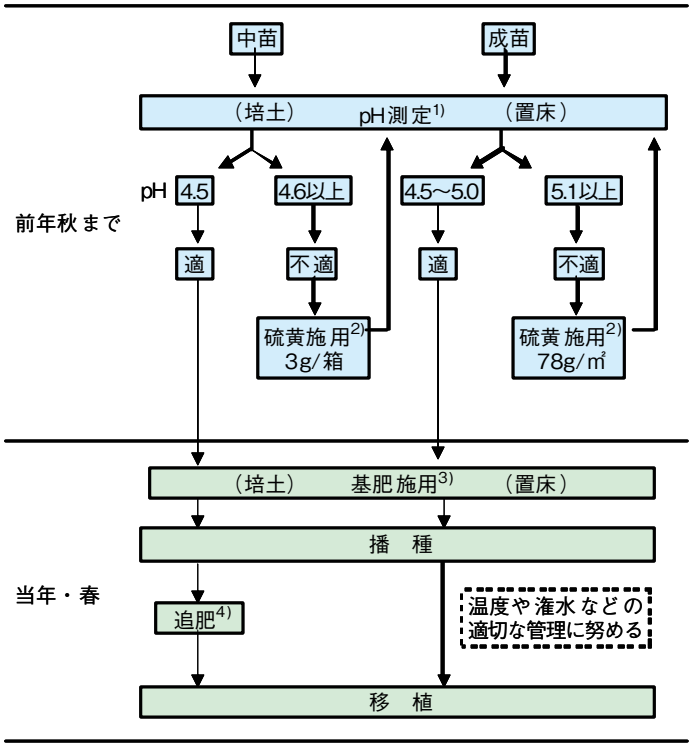
そこで育苗試験を行った結果、市販のぼかし肥料は土壌のpHを高める傾向が強いことが示されたため、無機硫黄剤の利用により施肥後の土壌pHを適正に保つことが苗乾物重の確保に重要であると考えられ、苗立枯病防除のための要調整pHを成苗置床で5.0以上、中苗培土については4.5以上と設定した。pH制御のための１回の適正な硫黄施用量は、苗立枯病の防除効果と過剰なpH低下による出芽遅延の回避を勘案し、成苗置床で78g/㎡、中苗培土で３g/箱とした。適正pHになるまで繰り返して施用する。なおpHの調整は前年秋までに実施することが望ましい。

さらに、水稲有機育苗における有機質ペースト肥料による中苗追肥技術を検討し、次のようなことが明らかとなった。

① 中苗の窒素追肥における有機質ペースト肥料（窒素濃度２gN/リットル）の１回の施用量として１gN/箱までは生育障害は認められなかった。

② 有機質ペースト肥料の追肥量が多いほど苗形質は向上した。

③ 1・2・3葉期の３回追肥区は移植時苗形質で化成1・2葉期追肥区の値に最も近かった。



1)pH再測定は硫黄施用15～25日後以降に行う.
2)一度のpH降下に用いる硫黄量は、成苗置床78g/㎡、中苗培土3g/箱（416g/500Lフレコン）を目安とする. pH降下反応を十分にさせるため、硫黄施用は温暖な時期に行い、土壌は適度な水分を保持すること.
3)基肥は 成苗置床25gN/㎡、中苗培土1gN/箱、有機質肥料 は窒素無機化速度「大」の有機質肥料、または窒素含有率の高い発酵鶏糞、ぼかし肥料などを用いる.
4)2gN/Lの市販有機質ペースト肥料希釈液を用い、1・2・3葉期に各500mL/箱（1gN/箱）を施用.

図Ⅻ－３　pH制御と追肥による水稲有機育苗技術
（上川農試 2011）

④　有機栽培における中苗追肥法として、2 gN/Lの有機質ペースト肥料を用い、1・2・3葉期に各1 gN/箱、合計3 gN/箱追肥する。以上の結果から、水稲有機栽培におけるpH制御と追肥による育苗技術を示した（図Ⅻ－3）。

2)　本田における無化学肥料栽培の特徴と問題点

本田における無化学肥料栽培の特徴と問題点を明らかにするために、有機栽培の水田圃場の実態調査をおこなったところ、土壌の培養窒素は5.3から31.3mg/100gに分布し、平均値は17.3mg/100gであった。北海道土壌診断基準における土壌肥沃度が「低い」の範囲に分類される事例（7.0mg/100g以下）は1％に過ぎなかったが、地力窒素過剰と考えられる20.0 mg/100g以上の事例は30％に上った。

有機栽培の本田への施肥資材は市販の有機質肥料を利用する事例が多く、施肥量は育苗と同様に窒素量のみ考慮して決定されており、リン酸やカリウムは考慮されていなかった。窒素施肥量はから7.0から17.4kg/10aの範囲で分布し、平均値は10.6kg/10aであった。施肥標準と有機栽培の窒素施肥量の差は－2.0から＋9.4kg/10aの範囲で分布し、8割以上の事例で一般栽培よりも窒素施肥量は多かった。

有機栽培の茎数は生育初期で顕著に少なく、その後増加するが最終的にも一般栽培に及ばない例が多い。窒素吸収量も6月中旬は0.3gN/m^2（慣行区比54）、7月上旬は2.8gN/m^2（慣行区比57）、7月中旬は5.7gN/m^2（慣行区比74）、8月上旬は8.8gN/m^2（慣行区比74）、成熟期は11.3gNm^2（慣行区比108）であった。このように有機栽培水稲の窒素吸収量は慣行区に比べ生育初期においては著しく少なかったが、成熟期にははば同等の値になった。

有機栽培の収量は376～653kg/10aに分布し、平均は493kg/10a（慣行区比79）であり、経営面から見た目標収量420kg/10aを下回る事例が約3割に上った。これまでの実態調査と同様に初期生育不足で秋優りの生育であり、低収となる傾向であった。

収量構成要素を比較すると、有機栽培の穂数は平均が488本/m^2（慣行区比81）であり、慣行区に比べ少なかった。同様に籾数も少なかった反面、一穂籾数や千粒重、登熟歩合は慣行とほぼ同等であった。以上から、有機栽培の水稲は穂数不足による籾数の不足が要因であることが明らかになった。

以上の成果より、無化学肥料栽培を含めた有機栽培の特徴と当面の栽培指針を取りまとめた（表Ⅻ－3）。この指針に従い乾物重の充実した健苗を用いて、栽植密度を確保し、移植後の浅水管理、適期の機械除草などの実施することが重要であり、目標収量とそのために必要な初期生育は、窒素無機化速度が「大」に分類される有機質肥料を用いて、慣行栽培向けの施肥標準に準じた窒素施肥量を施用することにより得ることが可能と考えられる。

表Ⅷ－３　水稲有機栽培の特徴と当面の栽培指針（上川農試 2007）

育苗	有機栽培の特徴と問題点		・苗の乾物重が年次により大きく変動する特徴がある。特に冷涼年は苗の乾物重が不足するので、注意が必要 ・適正な土壌pHの維持と追肥が苗乾物重の向上に効果が大きい
	栽培指針	種子消毒	・温湯消毒
		肥料	・窒素無機化の早い有機質肥料 （窒素含有率の高い発酵鶏糞、市販ぼかし肥料など、窒素無機化速度「大」のもの）
		培土施肥量	（成苗）無施肥、（中苗）1.0Ng/箱
		置床施肥量	（成苗）25gN/㎡、（中苗）無施肥
		無機硫黄剤	・有機質肥料の施用により土壌pHは上昇するので、無機硫黄剤の施用により施肥後のpHを4.5から5.0に保つ
		追肥	・市販の有機質ペースト肥料を利用 ・中苗追肥は育苗施肥基準に準じ、計2.0gN/箱 ・肥料の用法によっては一回あたりの窒素施肥量が少なくなるため、必要に応じて追肥回数を増やすこと
本田	有機栽培の特徴と問題点		・初期生育が不足する特徴があり、穂数の不足、生育の遅れによる登熟不良を招き収量が伸びないことが懸念される ・雑草の発生は全体的に多く、年次や圃場ごとの変動も大きいため、常に注意が必要 ・病害虫が多発した場合は甚大な被害となる場合がある
	栽培指針	目標収量	・最低限　420kg/10a以上（損益分岐点の試算より）
		施肥	・窒素無機化の早い有機質肥料 （窒素含有率の高い発酵鶏糞、市販ぼかし肥料など、窒素無機化速度「大」のもの） ・施肥量は施肥標準に準ずる
		移植	・北海道機械移植基準を満たす苗
		栽培管理	・初期生育を確保するように特に留意する
		雑草防除	・移植後10～15日後に１回目、以後10日間隔で行う ・機械除草のみの場合は３回以上、２回代掻きとの併用時は少なくとも１回の処理を行う ・強制駆動式揺動タイン型除草機は水深5cm程度、作用深度４cm程度で行う
		イネドロオイムシ防除	・産卵最盛期に卵塊密度から防除の要否を判定し、防除が必要な場合は幼穂形成期頃に機械防除を実施する

（道総研中央農業試験場農業環境部栽培環境グループ　研究主幹　日笠裕治）

3　無・減除草剤栽培技術

水田での雑草防除の方法は耕種的防除、機械防除および化学的防除の３種類に大別できる。防除の効率性､経済性および労働性から化学的防除がとられるケースが圧倒的に多い。しかし、安全、安心を求める消費者の要望を受けて、耕種的防除や機械防除を行う減農薬栽培、有機栽培も増えてきている。農業試験場での試験研究も1991年（平３）より行われており研究成果が蓄積されている。これらを以下に概説した。

(1)　雑草の発生予測に基づく雑草防除

水田の土壌を４月中旬～下旬（耕起前）に採取し事前にどの程度の雑草が発生するかを調べることによって、実際の水田での雑草発生を予測する方法がある。具体的な調査手順は次の①～④のとおり。

①　採土管などにより１筆９ヶ所、深さ５cm で１ヶ所当たり 100cm³の土壌を採取する。

②　これらをまとめて洗面器などの容器に入れ、水を加えて日のあたる加温可能な場所（育苗ハウスなど）に置く。

③　１～２日後に窒素で８kg/10a相当の硫安を加えて、代かきを行う。

④　代かき後30日くらいに雑草の発生本数を調査する。

ノビエとホタルイが主に発生する水田であれば、上記の調査結果で発生本数が各々370～690

本/㎡、230～480本/㎡の範囲にあれば、除草機を６月中に３回かけることで、除草剤を使わなくても減収しない程度にまで雑草を防除できる。雑草防除をどのように行うかを検討する際、このように埋土種子量をふまえておくことは無・減除草剤栽培に限らず、すべての水稲栽培において重要である。

⑵　アイガモ利用による雑草防除

耕種的防除とは、管理手段や栽培体系などを活用し雑草の生育等を抑える方法である。化学的防除の比率を低下する、または化学的防除によらないとすれば、耕種的防除を考える必要がある。耕種的防除の代表例には水位を高く保つ深水管理があり、ノビエなどに対してある程度有効である。一般的には耕種的防除の他に生物の利用を組み合わせる、あるいは機械除草を組み合わせて行うことが多い。そこでまず、アイガモ利用による防除を紹介する（写真Ⅻ－１）。

写真Ⅻ－１　アイガモの利用による雑草防除
（写真は北海道農政部ホームページより）

アイガモの利用による防除では、10a当たりに10～15羽を放飼することで高い除草効果が得られる。この際の条件は第一に６月中旬までに放飼することで、これよりも遅れると除草効果が劣る。第二は機械除草等と組合せることで、除草効果が安定する。留意点としては、アイガモを放飼する水田周囲や上空を電牧やテグス等で囲み、カラスあるいはキツネといった有害鳥獣への対策が必要なことである。

⑶　機械防除

これは機械もしくは道具による防除で、手取り除草、耕耘、火炎放射器といった防除方法、すなわち雑草に物理的な障害を加える方法が該当する。ここでは「２回代かき」による防除や除草機を使った防除について紹介する。

1)　「２回代かき」による防除

これは雑草の発生パターンに対応した防除方法である。タイヌビエ（ノビエ）、イヌホタルイといった主要雑草は、５月６半旬に全発生量の50%、６月１半旬では70%が発生する（表Ⅻ－４）。この発生パターンから雑草が十分発生した５月６半旬～６月１半旬に２回目の代かきを行うことによって、代かきの有する物理的除草効果を利用するのが「２回代かき」による防除である。この方法では除草しきれなかった草の量（除草効果を示し、数字が小さいほど効果が高い）は、除草剤を使用していない区の３～28%となる。留意点は移植を遅らせざるを得ないので慣行栽培に比べて減収することである。場合によっては減収30%に至ることもあるが、平均すると10%程度の減収を見込む必要がある。なお、この２回代かきによる防除とプレチラクロール（単剤）とを組み合わせた減除草剤栽培では、除草効果が１%、減収程度も１%程度と報告されている。なお、２回代かきによる防除は、代かきが管理手段であることから耕種的

防除の側面も有している。しかし、雑草に物理的に障害を加えることから、ここでは機械除草に分類した。

表Ⅷ－４　代かき翌日からの積算温度と雑草発生の関係（中央・上川農試 2004）

試験場所	草種	発生期	
		50%	70%
岩見沢試験地	タイヌビエ	116（5/31）	148（6/3）
	ミズアオイ	105（6/30）	139（6/3）
	イヌホタルイ	124（6/1）	153（6/6）
上川農試	タイヌビエ	111（5/31）	152（6/5）
	イヌホタルイ	130（6/3）	154（6/6）

1）　5月15日代かきの場合における有効積算温度（単位：℃）
2）　（　）は有効積算温度に達する暦日（月/日）

2）　除草機を使った防除

除草機にはこれまで人力中耕除草機から動力付きのティラー用除草機へと改善されてきた経緯がある。しかし、いずれも株間の除草ができなった。そこで人力の株間除草機が開発されるが、土壌が硬いと除草効果は期待できないものであった。動力を有しかつ株間も除草できる除草機が望まれる中で近年、強制駆動・揺動タイン方式の除草機（写真Ⅷ－２）が開発された。本除草機のタイン（写真Ⅷ－２右）はPTOの動力により左右に揺動する。この際に雑草を土壌表面から引き抜くことで除草効果を発揮する。最も大きくタインが動いた時にその先端が株間に作用するよう調節することで、株間の除草が可能となっている。５月下旬に移植した水田でこの除草機を、移植10～15日後から10日間隔で３回使用することで、雑草による減収率は５％以下であった。除草効果を得るための留意点は除草作業の水深を５cm以上にすることである。これは水深が深い程、雑草が浮力を受けて引き抜かれやすくなるためである。

写真Ⅷ－２　除草機（左；全体図　右；タイン部　写真提供は石井氏）

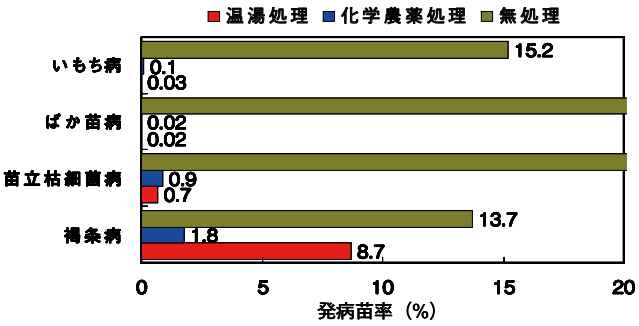
（道総研上川農業試験場研究部地域技術グループ　研究主幹　古原洋）

4　無・減殺菌殺虫剤栽培技術

(1)　温湯種子消毒による各種種子伝染性病害の防除（2002年（平14）中央・上川農試）

1)　防除効果

60℃・10分または58℃・15分の温湯処理により、４種の種子伝染性病害のうち、ばか苗病と苗立枯細菌病は化学合成農薬と同等かやや優る防除効果、いもち病に対しては現在の基幹薬剤であるDMI剤と同等の防除効果を示す。ただし、褐条病に対しては、化学合成農薬と比較して効果が劣り、実用的な効果は期待できない(図Ⅻ－４)。褐条病の対策は次項参照のこと。



図Ⅻ－４　温湯種子消毒による防除効果
（中央・上川農試 2002）

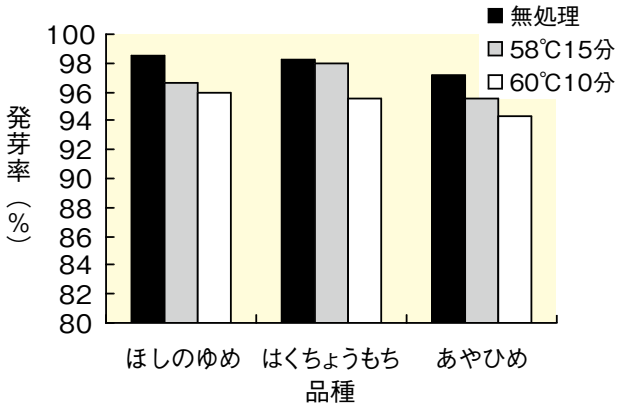
2)　発芽に対する影響

発芽率に対する影響は、60℃・10分または58℃・15分の処理では「ほしのゆめ」、「はくちょうもち」ともに２～３％の低下にとどまったが、60℃・15分または58℃・20分の処理ではいずれの品種も顕著な発芽率の低下が認められた（図Ⅻ－５、図Ⅻ－６）。

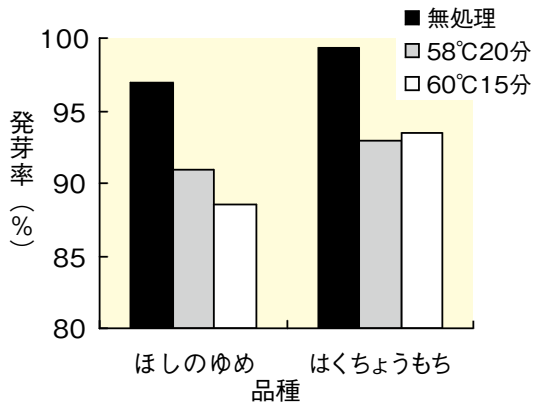
3)　注意事項

実際の処理に際しては、処理温度・時間を厳守する。処理後は速やかに水で冷却し、直ぐに浸種・催芽を行う。

ただし、JAなどに設置された共同施設における温湯消毒後の種籾乾燥は「温湯消毒籾の乾燥による保管技術」(2010年（平22）中央農試）の成績を参考にする。各温湯消毒機種使用に際しての注意事項を遵守する。



図Ⅻ－５　60℃ 10分・58℃ 15分の処理が種籾の発芽率に及ぼす影響

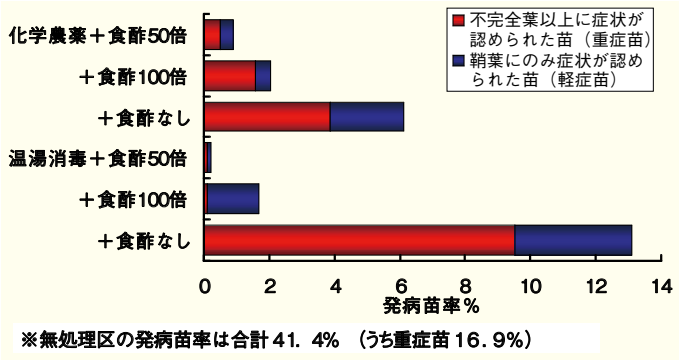


図Ⅻ－６　60℃ 15分・58℃ 20分の処理が種籾の発芽率に及ぼす影響

(2) 催芽時食酢処理による水稲の褐条病防除対策（2006年（平18）中央・上川農試）

1) 防除効果

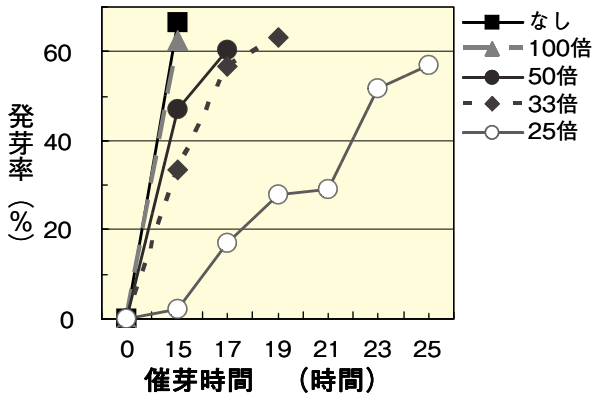
循環式催芽器を使用した催芽時の食酢50倍液処理と60℃・10分間の温湯種子消毒との組合せ処理は、褐条病に対して高い防除効果が認められる。同様に、催芽時の食酢50倍液処理と化学農薬（イプコナゾール・銅水和剤Fまたは銅・フルジオキソニル・ペフラゾエート水和剤DFの浸漬または塗末処理）との組合せ処理も防除効果が高い（図Ⅻ－７）。



図Ⅻ－７　食酢処理の褐条病に対する防除効果
（中央・上川農試 2006）

2) 発芽に対する影響

食酢の濃度が33倍よりも高くなると、食酢を使用しない場合に比べて発芽遅延が顕著になるとともに、催芽が不揃いとなり、移植時の苗形質も劣化する傾向となる（図Ⅻ－８）。



図Ⅻ－８　食酢の処理濃度が種子の発芽におよぼす影響（中央農試 2006）

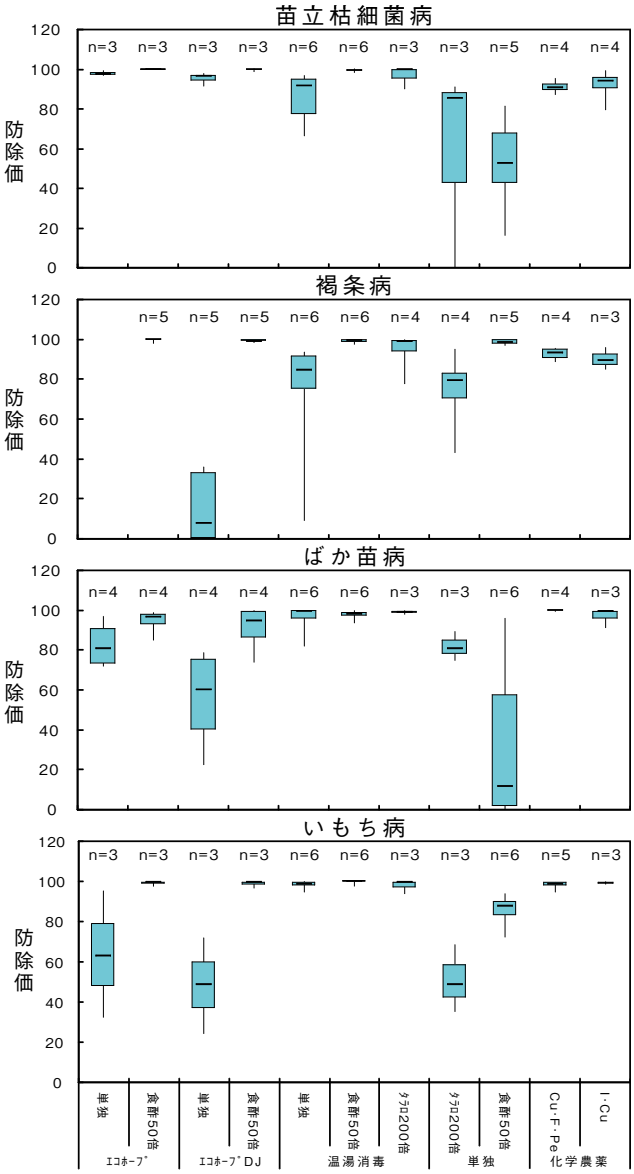
3) 注意事項

使用する食酢濃度は50倍とする。使用する食酢は穀物酢（酸度4.2%）とし、循環式催芽器の温度は32℃が適当である。一度使用した食酢は再利用できない。なお、食酢は特定防除資材に指定されている。使用後の廃液は、法令に従って適正に処理する。

(3) 化学農薬によらない水稲の種子消毒法（2009年（平21）中央・上川農試）

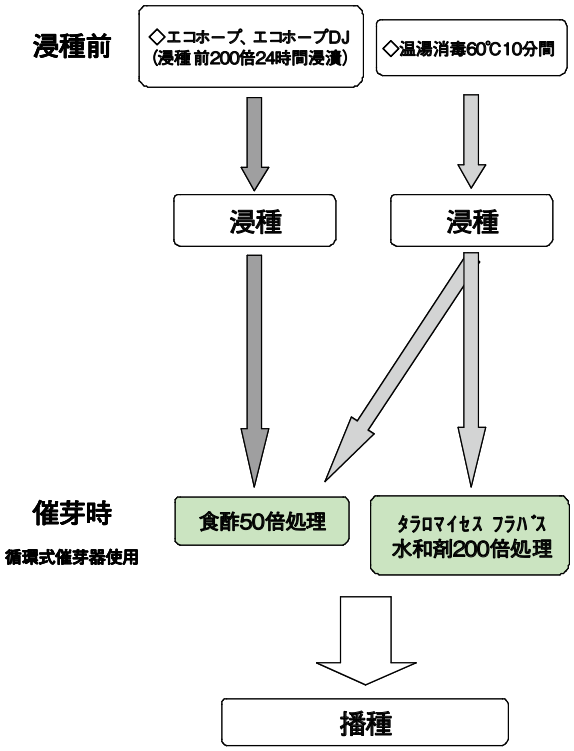
1) 防除効果

いもち病、ばか苗病、苗立枯細菌病および褐条病の４つの種子伝染性病害に対して既存の生物農薬または温湯消毒に催芽時食酢処理もしくは催芽時タラロマイセス フラバス水和剤処理を組み合わせることで化学農薬とほぼ同等以上の防除効果が期待できる。



図Ⅷ－９　各種子消毒法の種子伝染性病害に対する防除効果（中央・上川農試 2007～2009）

注1）　箱は第１四分位点および第３四分位点、－は中央値、ひげは最小値と最大値、nは試験例数を表示
注2）　エコホープおよびエコホープDJ：浸種前200倍浸漬、温湯消毒：60℃ 10分間、タラロ：タラロマイセスフラバス水和剤催芽時200倍浸漬、I･Cu:イプコナゾール・銅水和剤F200倍浸漬　Cu･F･Pe:銅・フルジオキソニル・ペフラゾエート水和剤DF7.5倍３％塗沫



図Ⅷ－10　種子消毒法の作業手順図

催芽時食酢50倍処理とエコホープおよびエコホープDJとの組み合わせでは、４病害に対して、それぞれの単独処理と比較すると優る防除効果であり、化学農薬と比較してもばか苗病を除くとほぼ同等～優る防除効果を示す（図Ⅷ－９）。なお、エコホープDJの重曹成分と食酢との中和反応を考慮するとエコホープDJは、浸種前に処理する。

温湯消毒の単独処理は、褐条病に対して防除効果が不安定であり、苗立枯細菌病に対しても効

果が劣る事例が認められたが、催芽時食酢50倍処理と組み合わせることで４病害に対して温湯消毒単独処理および化学農薬と比較するとほぼ同等～優る防除効果が認められる（図Ⅻ－９）。

タラロマイセス フラバス水和剤催芽時200倍の単独処理の４病害に対する防除効果は、化学農薬と比較すると十分な防除効果ではないが、温湯消毒と組み合わせることで化学農薬とほぼ同等～優る防除効果が認められる（表Ⅻ－５）。

2) 注意事項

催芽には循環式催芽器を使用する。エコホープDJは、催芽時食酢処理と組み合わせる場合、浸種前に処理する（図Ⅻ－10）。

表Ⅻ－５　各種子消毒法の種子伝染性病害に対する防除効果の評価

（中央・上川農試 2007～2009）

種子消毒法		いもち病	ばか苗病	褐条病	苗立枯細菌病	総合評価
エコホープ 浸種前200倍浸漬	＋食酢50倍	B	B～C	A	A	◎
	単独処理	C～D	C～D	－	A	×
エコホープDJ 浸種前200倍浸漬	＋食酢50倍	B	B～C	A	A	◎
	単独処理	D	D	A～B	D	×
温湯消毒60℃ 10分	＋食酢50倍	B	B～C	A	A	◎
	＋タラロマイセス フラバス水和剤200倍	B	B～C	A～B	A～B	◎
	単独処理	B	B～C	B～D	B～D	○
食酢50倍	単独処理	C	D	A	D	×
タラロマイセス フラバス水和剤200倍	単独処理	D	D	C～D	B～D	×

注1）A：化学農薬より効果が優る、B：ほぼ同等の効果、C：効果がやや劣る、D：効果が劣る
注2）総合評価◎：４病害に対して安定した防除効果、○：やや防除効果が不安定、×：防除効果が不安定
注3）網掛けは、単独処理より防除効果が向上したものを示す、注4）エコホープは、褐条病に対して登録はない

⑷ 水稲有機栽培における苗立枯病防除のためのpH制御と追肥による育苗技術（2010年（平22）上川農試）

1) 防除効果

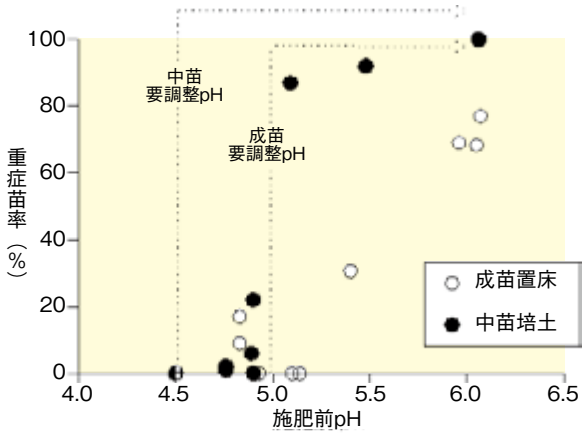
一般に有機物資材を施用すると土壌pHが高くなり、苗立枯病の被害が問題となる。ピシウム属菌による本病の罹病重症苗率は、床土（成苗置床・中苗培土）pHが5.0を越えると増加することから、苗立枯病防除のためには置床で5.1以上、中苗培土については4.6以上の土壌についてはpHの再調整が必要となる（図Ⅻ－11）（図Ⅻ－３）。

有機育苗の施肥前pHが5.1（成苗置床）、4.6（中苗培土）以上の場合には、１回の調整に粉末硫黄78g/㎡（成苗）、３g/箱（中苗）を施用することにより、苗立枯病が防除できる。その結果苗形質は向上する（表Ⅻ－６）。

表Ⅷ－６　硫黄施用が苗立枯病防除と苗形質に及ぼす影響（上川農試 2007～2010）

育苗様式	硫黄施用量	床土移植時pH	重症苗率（%）	移植時苗形質			床土移植時EC（mS/cm）	出芽遅延[2)]
				草丈（cm）	葉齢	乾物重（g/100本）		
成苗	0g/㎡	5.1	49.4	7.3	3.9	2.45	0.1	－
	78g/㎡	4.3	2.8	11.6	4.7	4.92	0.4	－
	150g/㎡	4.2	0	12.8	5.0	5.59	0.6	－～＋
	基準[1)]			10～13	4.0以上	3.0～4.5		
中苗	0g/箱	5.0	22.0	7.5	4.4	1.83	0.2	－
	3g/箱	4.1	0	10.2	3.6	2.00	0.7	－
	6g/箱	3.7	0	10.6	3.7	2.18	0.9	－
	12g/箱	3.4	0	10.6	3.9	2.28	1.1	－～＋
	基準[1)]			10～12	3.1以上	2.0以上		

1　北海道施肥ガイド「機械移植用苗形質・施肥基準」より。
2　＋は出芽遅延が見られたもの。



図Ⅷ－11　有機栽培育苗の施肥前pHと苗立枯病重症苗率との関係（上川農試 2007～2010）

注）重症苗は枯死苗、萎ちょう苗、生育不良苗（健全苗と比較して1/2以下の苗）

2)　注意事項

pHの調整は前年秋までに実施することが望ましい。

⑸　紋枯病の被害許容水準とその対策

・　防除の目安：前年度の発生状況から、多発すると判断された水田に限り防除が必要。
・　被害許容水準：収穫期の発病度を40、出穂期30日後の発病度で30以下に抑えると、実害はない。

⑹ 葉しょう褐変病と褐変穂の被害解析とその対策（1998年（平10）中央農試）

1) 葉しょう褐変病

ア 被害解析

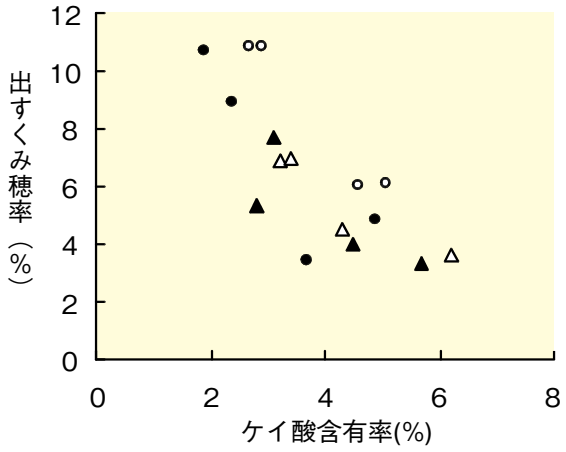
葉しょう部の褐変症状は、葉しょう褐変病によるとは限らない。葉しょう褐変病は葉しょうに水浸状の斑紋を生じ、多発すると必ず出すくみ穂を伴う。

葉しょう褐変病が多発すると、不稔歩合および屑米歩合が増加し著しい減収となり、出すくみ穂率５％以上で被害が生じる（図Ⅻ－12）。

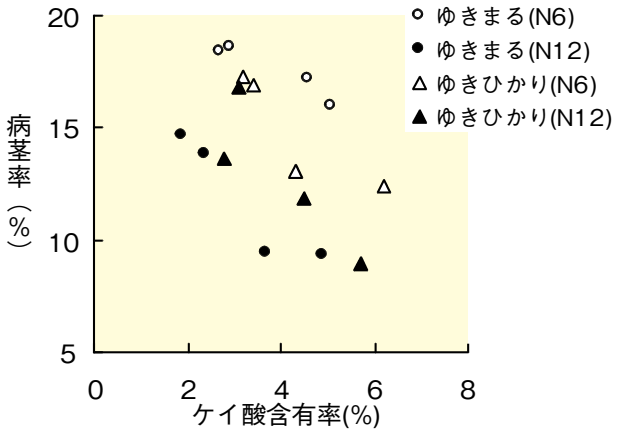
イ 対　策

稲体のケイ酸含有率を高めるほど葉しょう褐変病による被害は顕著に軽減され、止葉期で６％、成熟期茎葉で10％以上を確保することで本病による被害を回避できる（図Ⅻ－13）。

葉しょう褐変病に対する薬剤防除は十分な効果を上げうる散布が難しく、実用的な対策にはならない。



図Ⅻ－12　葉しょう褐変病の出すくみ穂率と稲体ケイ酸含有率の関係
（中央農試 1997～1998）



図Ⅻ－13　葉しょう褐変病の病茎率と稲体ケイ酸含有率の関係
（中央農試 1997～1998）

2) 褐 変 穂

ア 被害解析

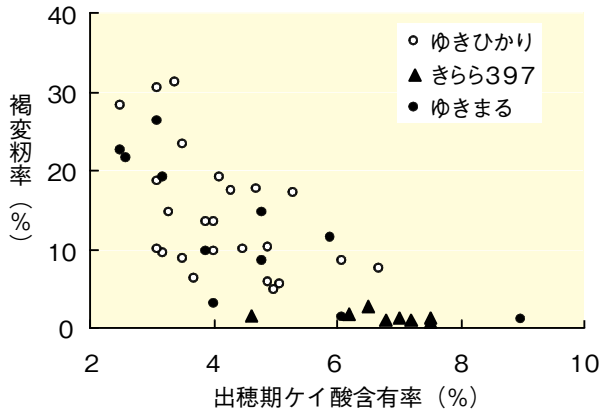
褐変穂の病原菌とされる *Alternaria* 菌によって、籾の褐変は助長される。その結果として淡茶米の発生が増える。しかし、本菌によって助長される籾の褐変で、不稔や屑米は増えず、減収することはほとんどない。

イ 対　策

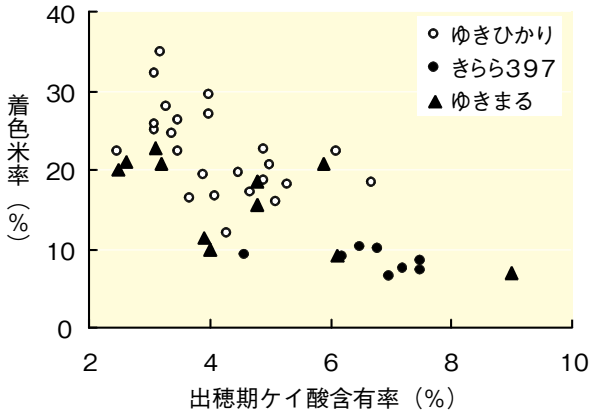
淡茶米・背黒米の発生軽減のためには、適期刈りが最も重要かつ実施可能な対策である。さらに、稲体のケイ酸含有率を高めることにより、籾の褐変と淡茶米の発生を軽減できる（図Ⅻ－14、図Ⅻ－15）。

濃茶米は粒厚が薄いものが多く、ふるい目の調整によって除去されるものが多い。

褐変穂に対する薬剤防除はその効果がほとんど認められず、実用的な対策にはならない。



図Ⅻ－14　褐変穂による褐変籾率と稲体ケイ酸含有率の関係
（中央農試 1997～1998）



図Ⅻ－15　褐変穂による着色米率と稲体ケイ酸含有率の関係
（中央農試 1997～1998）

(7)　モニタリングを活用した発生対応型防除（2004年（H16）中央・上川農試）

モニタリングを活用した発生対応型防除を行い、また、要防除水準に基づいた効率的な防除を行うことで減農薬栽培が可能になる。水稲主要病害虫に対する要防除水準と発生モニタリング法を表Ⅻ－７に示した。

表Ⅻ－７　水稲主要病害虫に対する要防除水準と発生モニタリング法

対象病害虫	☆被害許容水準	○発生モニタリング法と□要防除水準
いもち病	穂いもち病穂率 ５％	○幼形期５日後もしくは止葉始から１週間間隔で見歩き調査。（７月10日以前は調査不要。BLASTAMを適宜活用。地域・品種などにより開始時期を判断） □葉いもち病斑1個／1畦10mを4カ所まで
フタオビコヤガ	第１回目幼虫食害葉面積51cm²	○６月下旬、10株の幼虫被害の有無を調査。 □被害株率100％未満なら防除不要、被害株率100％でも被害葉率44％以下なら防除不要
	第２回目幼虫食害葉面積210cm²	○７月下旬、10株の幼虫被害の有無を調査。 □被害株率100％未満なら防除不要、被害株率100％でも被害葉率65％以下なら防除不要
	第３回目幼虫食害葉面積630cm²	○８月下旬、10株の幼虫被害の有無を調査。 □被害株率100％未満なら防除不要、被害株率100％でも被害葉率100％未満なら防除不要
イネドロオイムシ	２卵塊／株	○産卵最盛期の圃場調査 □10卵塊／10株
イネミズゾウムシ	成虫0.5頭／株	○成虫最盛期の圃場調査 □成虫食害株率70％／50株
ヒメトビウンカ	出穂期以降 50頭／株	○出穂期以降のすくい取り調査 □成虫1800頭または幼虫900頭／すくい取り20回
アカヒゲホソミドリカスミカメ	成虫すくい取り総数150頭／出穂から30日間	○基幹防除以降のすくい取り調査 □１頭／すくい取り20回「ほしのゆめ」、 ２頭／すくい取り20回「きらら397」

注）○：モニタリング時期と方法。□：要防除水準。

1)　いもち病

ア　被害許容水準：

穂いもち病穂率が５％に達すると収量に影響する。

イ　モニタリング法：（図Ⅻ－16）

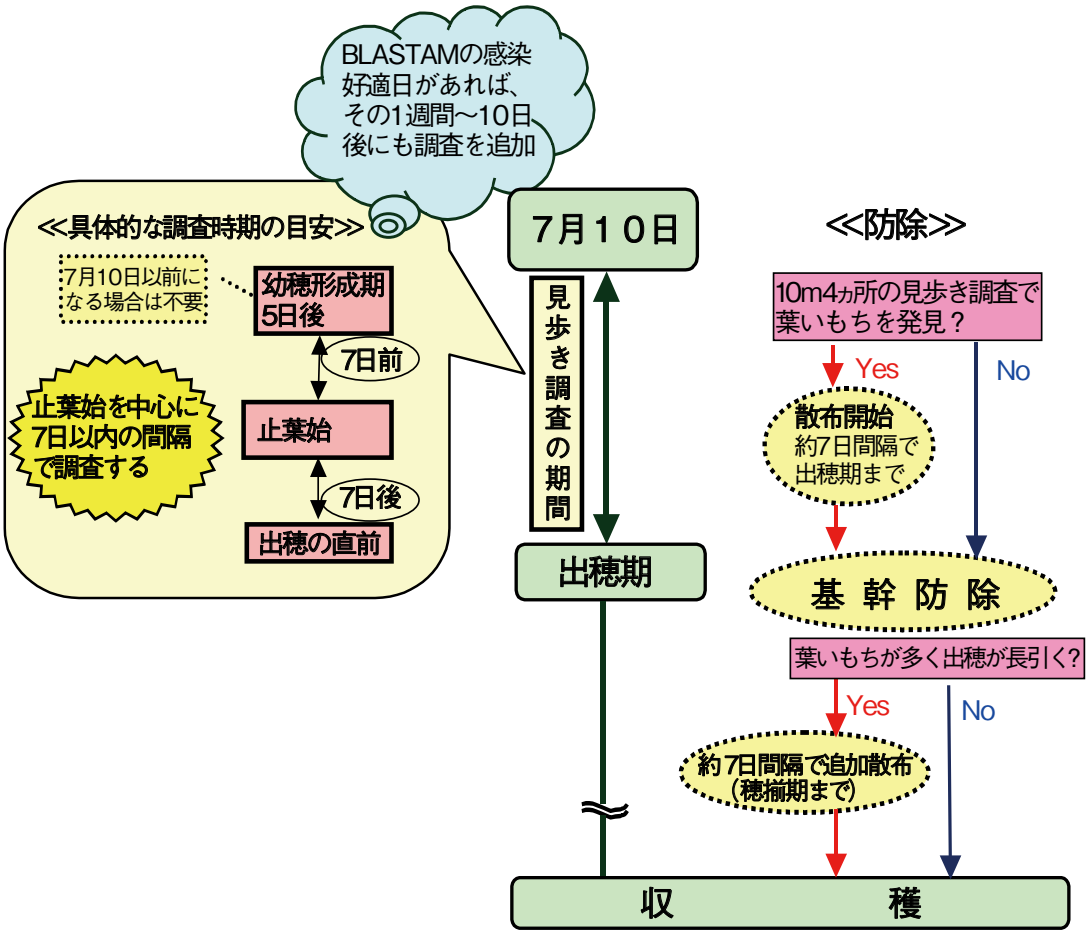
①　調査時期：止葉始めとその１週間後（７月10日以前は不要）に実施する。ただし、止葉始めが７月20日近くになると想定される場合は、止葉始め約１週間前（幼穂形成期の約５日後）から調査する。BLASTAMによる感染好適日、準感染好適日が多く出現した場合には、調査間隔を短くして適宜調査する。

②　調査方法：水田1筆につき１畦10mを４カ所（離れた場所）見歩き調査する。調査水田は農家各々の経験に基づく他、葉色が濃い場所、建物などの陰、いもち病抵抗性の弱い品種などを重点的に選択する。

ウ　要防除水準：

モニタリングにより葉いもちが確認されなければ、出穂前の葉いもち防除は不要で、穂いもちに対する基幹防除のみとする。

葉いもち病斑を１畦10mに一つでも確認したら約１週間間隔で基幹防除まで散布する。出穂期間が長い場合は穂が完全に揃うまで追加防除が必要だが、その後の散布は不要。ただし、予防効果主体の薬剤を使用する。



図Ⅻ－16　見歩き調査によるモニタリングを利用したいもち病防除体系

エ　注意事項

・　減農薬栽培にあたっては、病害の発生を助長しないよう、適正な肥培管理を行う。
・　葉いもちの発生を確認後の防除は速やかに行う
・　葉いもちが多発し、かつ出穂期間が長引いた時は穂いもち防除は一回だけでは不十分であるので、１週間間隔で穂揃期まで防除する必要がある。
・　いもち病に対しては、苗からの持ち込みの影響が大きい場合は本成果は適用できないため、「イネいもち病の早期多発を防ぐための伝染源対策」(2003年・平15　上川農試）に基づく対策を徹底する。

①病斑が見つからなければ出穂まで防除不要
②病斑が１つでも見つかれば防除開始

写真Ⅻ－３　見歩き調査で確認された葉いもち病の病斑

2)　フタオビコヤガ

ア　被害許容水準：

第１回目幼虫食害葉面積約51cm²（６月下旬)、第２回目幼虫食害は面積約210 cm²（７月下旬)、第３回目幼虫食害葉面積約630 cm²（８月下旬）である。

イ　モニタリング法：

①　調査方法：1976年（昭51）からの上川・中央・道南農試発生予察成績では、被害許容水準に達している年は1年のみであった。よって本虫に対するモニタリングは主要病害虫(イネドロオイムシ、いもち病、アカヒゲホソミドリカスミカメに対するモニタリングの際に10株の幼虫被害の有無を調査し、被害株率が100％に達した場合にのみ被害葉率を調査し、要防除水準を活用する。

第１回目：６月下旬に被害葉率が44％に達していなければ防除不要。
第２回目：７月下旬に被害葉率が65％に達していなければ防除不要。
第３回目：８月下旬に被害葉率が100％に達していなければ防除不要。

ウ　要防除水準：(表Ⅻ－8)

被害許容水準を幼虫数に換算して、第１回目幼虫数株当たり2.7頭（６月下旬)、第２回目幼虫数株当たり8.7頭（７月下旬)、第３回目幼虫数株当たり26頭（８月下旬）である。

表Ⅻ－8　　フタオビコヤガの要防除水準

調　査　項　目	第１回目	第２回目	第３回目
時　　期	６月下旬	７月下旬	８月下旬
被害許容水準（食害葉面積）	51 ㎠	210 ㎠	630 ㎠
要防除水準（幼虫数／株）	2.7頭	8.7頭	26頭
被害株率	100％	100％	100％
被害葉率	44％	65％	100％

写真Ⅻ－４　止葉を食害するフタオビコヤガ老齢幼虫

3)　イネドロオイムシ

ア　被害許容水準：

産卵最盛期における株当たり卵塊数が２卵塊以上になると収量に影響がでる。

イ　モニタリング法：

①　調査時期：卵塊の最盛期を中心とした前後10日間（有効積算温度法や特定気象条件法などで予測）。

・有効積算温度法　卵塊最盛期（越冬直後からの日平均気温－11.5℃）の累積値が192℃に達した初日。ただし、（　）内数値がマイナスの場合は0とする。

・特定気象条件法　卵塊最盛期６月Ｙ日＝15.18＋0.298X。ただし、X＝５月21日以降の最高気温が25℃を超えた日（６月にずれ込んだ場合は月換算値をXとする。６月１日は５月32日となるので、Xは32となる）。

②　卵塊の数え方：小卵塊や葉裏の卵塊等の見落としは無視して、見える範囲の簡便な調査でよい。

③　調査水田の選択：苗質や移植時期の違い、小型の水田、屋敷や立木に囲まれた水田、飛び地の水田など特徴的な水田は個別に調査する。

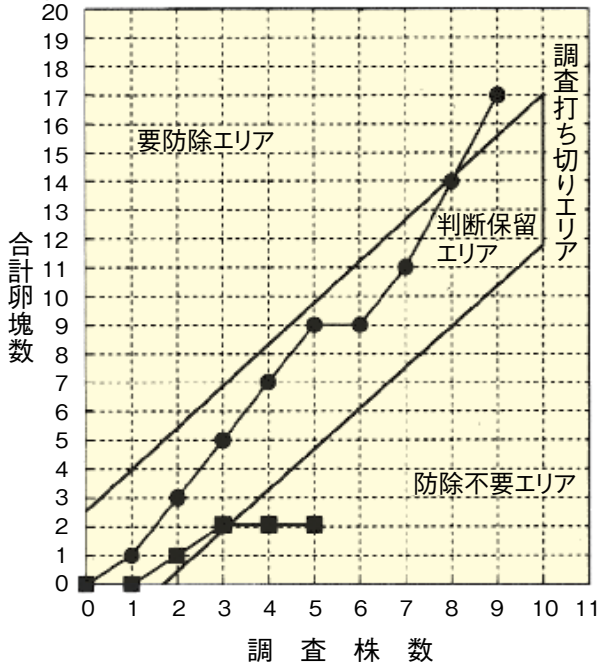
④　調査株の選択：基本的には対象水田の畦畔際から２～３ｍ入った任意の株でよい。ただし、風通しや生育の良否、山林・河畔林・幹線道路に接しているか否かなどに留意する。

⑤　調査に必要な株数：「虫見番」（逐次抽出法）（図Ⅻ－17）に基づき調査する。

ウ　要防除水準：

産卵最盛期に２卵塊／株以上で防除が必要で、１卵塊以下では防除が不要。

写真Ⅻ－５　葉に産み付けられたイネドロオイムシの卵塊（左）と幼虫による食害



図Ⅻ－17　虫見番（逐次抽出調査シート）の使用例

注：①まず1株調査し、卵塊数をシートにプロット（点を打つ）する。もし、プロットしたところが判断保留エリアであれば、もう1株調査し、その卵塊数を足して合計数をシートにプロットする。
②まだ判断保留エリアにあれば、さらにもう1株調査して同様にプロットする。
③判断保留エリアにある限り調査を続け、要防除エリアか防除不要エリアに入った時点で調査を打ち切る。
④ 最大10株の調査でよい。

4)　イネミズゾウムシ

ア　被害許容水準：

成虫の発生最盛期に株当たり成虫数が0.5頭前後以上になると、根を食害する幼虫が被害を生じる頭数になることで減収する。

イ　モニタリング法：

①　調査時期：４月１日からの13.8℃以上の積算気温が70～100日度の期間。

②　調査に必要な株数：成虫密度なら120株。成虫食害株率なら50株（水田中央部の畦畔か

ら反対側の畦畔まで等間隔に10株５カ所。ただし、水田中央部の畦畔から移植方向に直角に１株10列計10株調査し、被害株が認められない場合は要防除水準に達しないので50株調査を省略できる）

ウ　要防除水準：

成虫の発生最盛期に成虫食害株率70％になると防除が必要。

写真Ⅻ－６　イネミズゾウムシの成虫と食痕

写真Ⅻ－７　ヒメトビウンカの成虫

5)　ヒメトビウンカ

ア　被害許容水準：

出穂期以降に発生密度が株当たり50頭以上になると吸汁害で減収する。

イ　モニタリング法：

①　調査方法：出穂期以降に水田で20回振りすくい取りを行う。

ウ　要防除水準：

成虫では1,800頭、幼虫はすくい取り効率が成虫の１/２なので900頭以上になると防除が必要。

6)　アカヒゲホソミドリカスミカメ

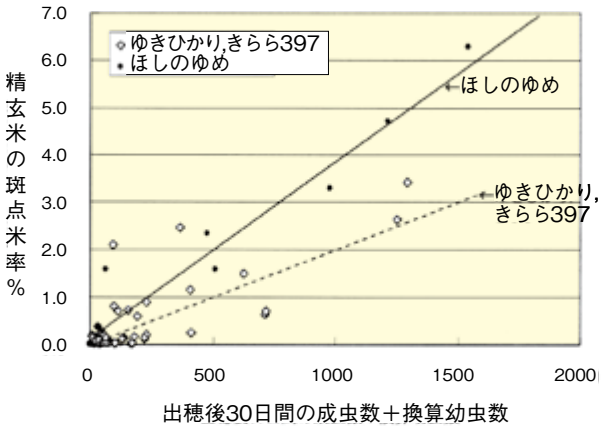
ア　被害許容水準：

出穂期から約30日間のすくい取り成虫総数が150頭を超えると１等米から落等する。

イ　モニタリング法：（写真Ⅻ－８）

①　調査方法：基幹防除後の３回目以降の散布予定日の２～３日前に水田で20回振りすくい取りを行う。

ウ　要防除水準：

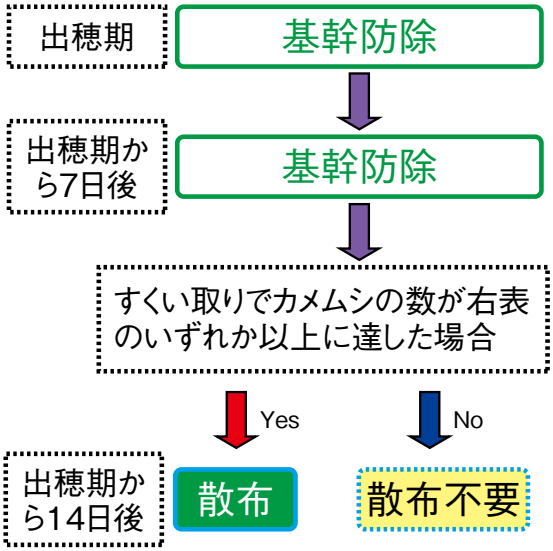


図Ⅻ－18　カメムシの発生密度と斑点米率の関係（中央農試 2001）

「きらら397」などでは２頭、割れ籾率の高い品種「ほしのゆめ」などは「きらら397」に比べると約２倍斑点米が生じやすいので（図Ⅷ－18）、１/２の発生量である１頭に達した場合追加防除が必要。

写真Ⅷ－８　水田でのすくい取り
・イネの穂をこするようにして10往復20回振り
・イネに露がなく、風のない穏やかな日に行う

写真Ⅷ－９　アカヒゲホソミドリカスミカメ成虫



すくい取り時期	20回振りのカメムシ頭数	
	きらら397	ほしのゆめ
出穂10～12日後（追加防除の2～3日前）	2	1

図Ⅷ－19　すくい取りによるモニタリングを利用したカメムシ防除体系

(8)　機械除草・害虫防除技術実用化（2007年（H19）中央農試）

1)　防除効果

有機栽培技術を開発するため、発生予察情報に基づくイネドロオイムシの機械防除技術の効果と利用法を明らかにした。

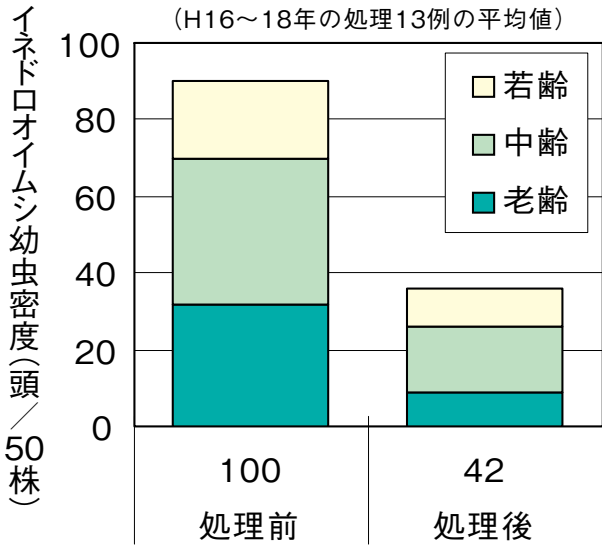
回転するゴム製羽根が幼虫を払い落し駆除する乗用型の防除機（乗用３輪、ミッドマウント式除草機のアタッチメントを交換）を用いて、その防除効果と利用法について明らかにした。防除機の左右に滑走板を装着して機械防除を行ったところ、処理前に比べ幼虫密度が42%に減

少し、防除効果が認められた（写真Ⅻ－10、写真Ⅻ－11、図Ⅻ－20）。

幼虫の齢期が進むと減少率は高まり、稲が生長して草丈が高い方が減少率は高まったが、機械防除適期は幼穂形成期頃であり、幼穂形成期９日後の処理では茎葉の損傷が見られ減収した。

写真Ⅻ－10　イネドロオイムシ防除機

写真Ⅻ－11　水平安定用ソリ（滑走板）



図Ⅻ－20　機械防除による防除効果

（Y軸数値は50株当たり幼虫数、X 軸数値は処理前を100とした時の処理後合計幼虫数）

⑼　アカヒゲホソミドリカスミカメの性フェロモントラップを用いた斑点米の要防除水準（2008年（平20）道南・中央・上川農試）

1)　試験目的

アカヒゲホソミドリカスミカメの性フェロモントラップを活用して、様々な栽培環境、品種、各種防除法など各地域の条件に対応した要防除水準を設定し、簡便で地域適用性の高い防除モデルを策定する。

2) 成果の概要

ア　性フェロモントラップの有効性、設置法の検討

ア）徐放性誘引製剤と捕獲部分が網円筒からなる性フェロモントラップ（以下、トラップ）は、長期間にわたり安定した誘引捕獲性能を示した。

イ）トラップは、概ね半径30mの範囲の虫の発生を捉えていた。

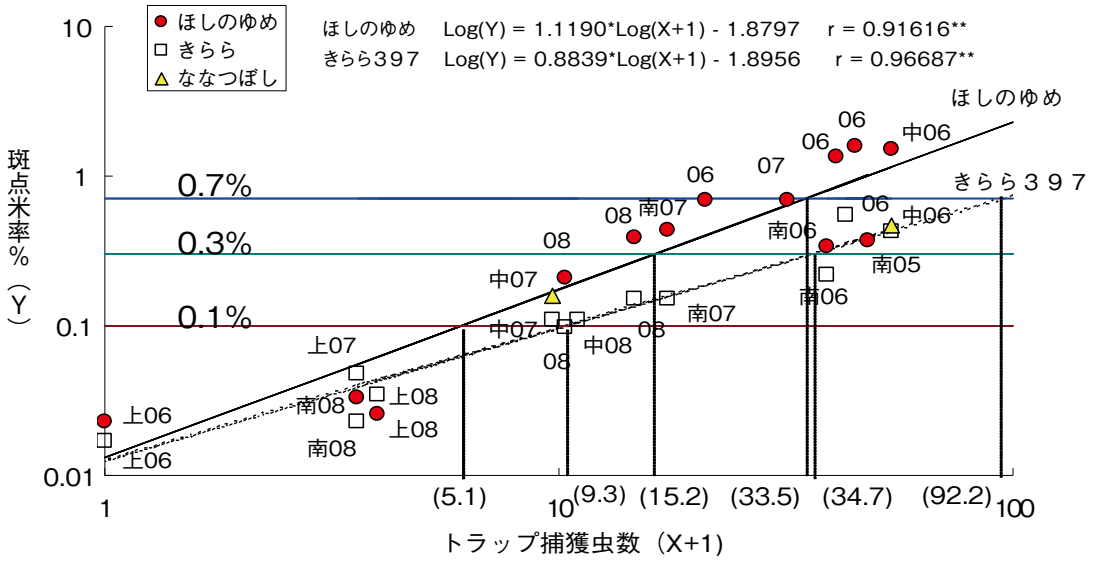
ウ）トラップを外周部から30m以上水田側に入った細い畦畔沿に設置することで、水田での発生を捉えることが可能である。発生密度の調査の確度を高めるには、トラップの誘引範囲や設置場所による捕獲虫数のばらつきを考慮し、同一防除でまとまった区域（1～10ha）に少なくともトラップ3基設置する。

エ）予察灯の光が届く範囲（200m程度）にトラップを複数カ所設置し、それらの捕獲虫数を平均した消長は、予察灯による捕獲消長と各ピークがほぼ一致した。

オ）半旬毎または期間合計のすくい取りとトラップ捕獲虫数の関係は、ばらつきが大きいが正の相関がみられた。トラップ捕獲虫数はすくい取りの約3～5倍を示し、低密度で虫の検出性能が優れた。トラップは､水田及び畦畔での発生消長を安定した精度で捉えていた。

イ　要防除水準の設定

出穂後30日間の水田トラップの捕獲虫数と斑点米率との間には高い正の相関がみられた（図Ⅻ－21）。この積算虫数を1日当たりに換算し、防除間隔の7日間で積算した値を防除要否の基準として示した（表Ⅻ－9）。斑点米率0.1%以下（1等米）に抑えるには、7日間の捕獲虫数が「ほしのゆめ」ではトラップあたり1.2頭、「きらら397」で同2.2頭が防除要否の目安となる。また、「ほしのゆめ」で3.6頭、「きらら397」で8.1頭を超えると、斑点米率が0.3%を上回ることになる。



図Ⅻ－21　無防除水田におけるトラップ捕獲虫数（出穂後30日間）と粗玄米の斑点米率（%）との関係　（図中、南・無印：道南農試、中：中央農試、上：上川農試および試験年）

ウ　要防除水準の適用性の検討

ア）斑点米率0.1％以下にする７日間のトラップ捕獲虫数の防除要否の基準で追加防除を行うと、「ほしのゆめ」及び「きらら397」で、0.1％の斑点米率となった（表Ⅻ－10）。

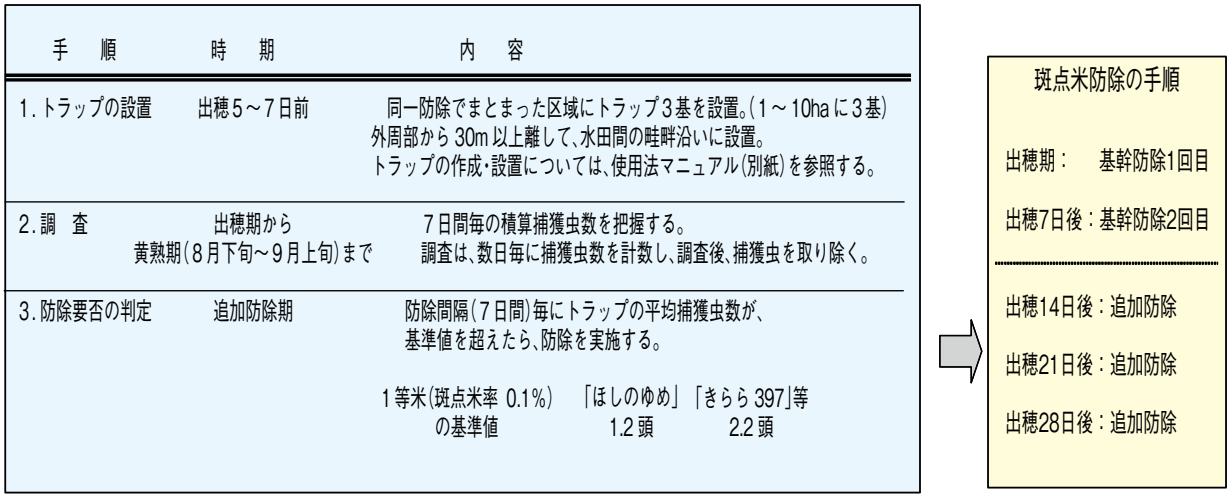
イ）現地慣行防除水田においても、出穂後約30日間のトラップ積算捕獲虫数が多くなると斑点米率は高くなった。また、トラップによる虫の検出率は高く、各圃場での発生状況を簡易に捉え、防除時期や必要性などが把握できた（表Ⅻ－11、－12）。

エ　追加防除における防除要否の判定の手順

以上から、本カメムシの性フェロモントラップによる捕獲虫数調査によって、追加防除における防除要否の判定の手順を示した（図Ⅻ－22）。これにより適正な斑点米の防除を行う。

表Ⅻ－９　斑点米防除におけるトラップ捕獲虫数の要防除水準

	斑点米率（％）	出穂後30日間	1日当たり	7日間
ほしのゆめ	0.1	5.1	0.17	1.2
	0.3	15.2	0.51	3.6
	0.7	33.5	1.12	7.8
きらら397	0.1	9.3	0.31	2.2
	0.3	34.7	1.16	8.1
	0.7	92.2	3.07	21.5



図Ⅻ－22　性フェロモントラップを用いた防除要否の判定および防除の手順

表Ⅻ－10　各判定基準による防除と斑点米率（2007）

		防除時期								斑点米率（％）	
圃場	基準	7/25	8/2	8/10	8/16	8/24	8/31	9/5	9/10	ほしのゆめ	きらら397
A－1	(a)すくい取り1頭		○	○						0.223	0.143
A－2	(b)トラップで1.2頭		○	○	○	○	○			0.100	0.040
B－1	(c)トラップで5頭（積算）		○	○			○			0.253	0.127
B－2	(d)トラップで2.2頭		○	○		○	○			0.283	0.107
C－1	(e)無防除									0.680	0.217

(a)～(c)は「ほしのゆめ」、(d)は「きらら397」を対象。出穂期：8／1　8/22穂黄化始め（ほしのゆめ）
防除は、エトフェンプロックス乳剤1500倍を散布　8/29穂黄化始め（きらら）、黄化（ほしのゆめ）

表Ⅻ－11　性フェロモントラップによる捕獲数（現地圃場）

圃場	トラップ捕獲数 7/20～	7/25	8/2	8/10	8/16	8/24	8/31	9/5	9/10	出穂30日間
A－1, 2		1.0	3.7	7.0	1.7	2.3	2.0	0.7	1.0	14.7
B－1, 2		1.3	4.0	9.0	0.7	2.0	2.7	0.7	0.0	15.7
C－1		1.7	6.0	11.0	0.3	1.4	1.3	0.7	1.0	18.7
平均		1.3	4.6	9.0	0.9	1.9	2.0	0.7	0.7	
積算		1.3	4.6	13.6	14.5	16.4	18.4	19.1	19.7	

各圃場にトラップ３基設置、出穂日は８月１日

表Ⅻ－12　すくい取り（現地圃場）

圃場	すくい取り捕獲虫数 7/25	8/2	8/10	8/16	8/24	8/31	9/5	9/10	出穂30日間
A－1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
A－2	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
B－1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
B－2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
C－1	0.0	0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	1.0

各区２反復調査

3)　注意事項

・性フェロモントラップは、地域の広域的な発生状況の把握に活用する。
・当面、誘引製剤は道南農試で作成し、農業改良普及センターの使用に限り、供試品を配布する。

⑽　そ の 他

1)　耕種的対策

○ 健全種子の使用：各種病害
○ 病株の早期抜き取り：ばか苗病、縞葉枯病
○ 適正pH：苗立枯病
○ 適正育苗管理（温度・水分）：各種育苗病害
○ 施設・資材の清掃・消毒：各種病害（特にいもち病ではもみ殻、稲わらを保温資材に使用したり、ハウス周辺に放置しない）
○ 循環式催芽の使用を避ける：褐条病、苗立枯細菌病
○ 多肥・密植を避ける：苗立枯病（リゾープス菌）、いもち病、紋枯病、ヒメトビウンカ、イネキモグリバエ
○ ケイ酸質資材の施用：いもち病、葉しょう褐変病、変色米（褐変穂）
○ 畦畔等周辺雑草の刈り取りと搬出：紅変米、変色米、アカヒゲホソミドリカスミカメ、イネキモグリバエ（イネ科雑草を根際から除去）
○ 適期収穫：紅変米、変色米

2)　物理的対策

○ 床土消毒（湿熱60℃ １時間または55℃ 12時間）：苗立枯病「リゾープス菌」

○ 塩水選：褐条病、苗立枯細菌病
○ 強風地帯での防風網の設置：変色米（褐変穂）
○ 適正な乾燥・調製：紅変米、アカヒゲホソミドリカスミカメ（色彩選別機による斑点米の除去）

5　安全・安心な米づくりの推進

⑴　推進の意義

冒頭に述べたように、本道では堆肥等投入による土づくりと化学肥料や化学合成農薬の使用を必要最小限にとどめるなどの環境との調和に配慮したクリーン農業を実践してきており、今後、クリーン農業を本道農業のスタンダードとすることを目指して、総合的な取り組みを進める必要がある。

クリーン農業を先導する事業として、2000年（平12）に「YES！clean表示制度」を創設し、2004年（平16）産からは数値化された登録基準に基づいた減化学肥料・減化学合成農薬の情報を表示しながらYES！clean農産物の販売を促進してきた。

また、クリーン農業の取り組みにより生産された農産物に対する消費者の理解と信頼を高めるため、一定の基準を満たした農産物にYES！cleanマーク等を表示しており、YES！clean農産物の生産集団や作付け面積は着実に増えているが、水稲は2009年度（平21）の実績として67集団・約8,000haと最も多い。

さらに、近年は環境保全と、より安全・安心な農産物を求める消費者のニーズに対応し、国のガイドラインに基づいて、化学肥料や化学合成農薬を大幅（５割以上）に削減した農産物を「特別栽培農産物」として表示・販売する動きが道内でも広がりを見せている。

これらの取り組みは、国の「農地・水・環境保全向上対策（営農活動支援）」の支援を受けて増加傾向にあり、同対策による2010年度（平22）の取り組みでは支援面積で約15,000haで実施されており、そのうち水稲が約4,000haを占め、最も多い作物となっている。

一般に他作物では、化学肥料や化学合成農薬を大幅（５割以上）に削減する栽培は、北海道ではまだ生産技術が確立されていないため、収穫量の減少や品質の低下などの生産面での課題があり、安定的な生産技術の開発・普及が課題となっている。

そのため､本道ではさらに高度なクリーン農業技術の開発に2007年度（平19）から取り組み、先進的な取り組みにおける生産の安定化の支援を目指してきた。

しかし、水稲では後述するように、認証基準そのものが既にガイドラインに適合しており、特別栽培対応が可能となっている。

本道産農産物全体でみると、YES！clean認証の生産量はまだ少なく、消費者や流通関係者の認知度の向上や、安定取引、有利販売につなげていくことが求められているが、その牽引役としての水稲の役割は大きいと考えられる。

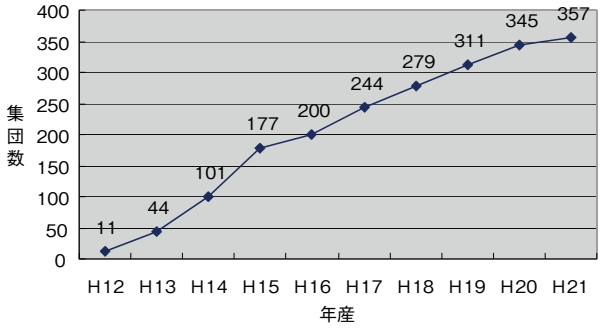
有利販売のためには他府県の取り組みなどとの競合に負けない戦略を先行して打ち出す必要性が強く求められるし、実際に良食味米「ゆめぴりか」と減化学肥料・減化学合成農薬を組み合わせた販売戦略は道産米イメージアップに有効と考えられる。

表Ⅻ－13　平成21年産YES！clean対象農産物に係る登録集団数・面積

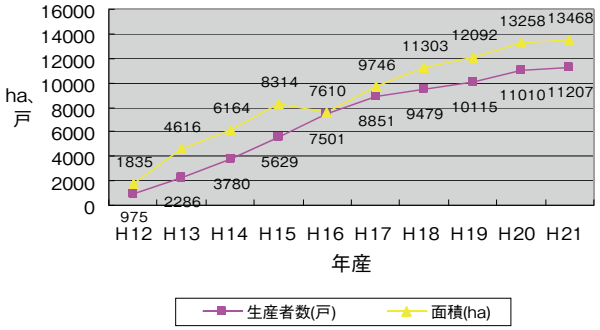
類別		作物名	集団数	面積（ha）
水稲	1	水稲	67	7,904.2
麦類	2	秋まき小麦	2	235.1
	3	春まき小麦		
豆類	4	大豆	7	167.1
	5	小豆	3	81.8
	6	菜豆	1	14.3
その他畑作物	7	ばれいしょ	29	1,567.5
	8	そば	5	114.9
	9	てんさい		
	10	ひまわり		
果菜類	11	トマト	24	230.9
	12	ミニトマト	12	21.4
	13	きゅうり	5	4.1
	14	なす		
	15	かぼちゃ	24	521.0
	16	えだまめ	1	9.7
	17	スイートコーン	1	45.9
	18	さやいんげん	1	0.4
	19	さやえんどう		
	20	ししとう	2	2.3
	21	とうがらし	1	1.5
葉茎菜類	22	たまねぎ	23	558.6
	23	ねぎ	11	76.4
	24	小ねぎ	3	9.3
	25	はくさい	6	39.8
	26	キャベツ	10	343.6
	27	ほうれんそう	10	122.5
	28	チコリ	1	1.0
	29	サンチュ	1	2.0
	30	モロヘイヤ		
	31	にんにく		
	32	みつば		
	33	しゅんぎく	3	12.7
	34	みずな	2	8.4
	35	こまつな	3	16.0

類別		作物名	集団数	面積（ha）
葉茎菜類	36	チンゲンサイ	3	16.8
	37	ターサイ	1	3.0
	38	あさつき	1	0.8
	39	にら	1	3.8
	40	食用ゆり		
根菜類	41	だいこん	6	275.6
	42	にんじん	12	293.8
	43	ごぼう	6	29.7
	44	かぶ	3	8.9
	45	はつかだいこん	1	2.7
	46	ながいも		
	47	ヤーコン	1	2.0
果実的野菜	48	すいか	2	43.0
	49	メロン	13	133.0
	50	まくわうり	2	10.0
	51	いちご		
洋菜類	52	ピーマン	10	22.4
	53	レタス	7	39.8
	54	リーフレタス	3	7.6
	55	サラダナ	1	2.8
	56	セルリー	1	4.0
	57	ブロッコリー	5	101.0
	58	アスパラガス	6	24.5
	59	カリフラワー		
果樹	60	りんご	5	182.0
	61	なし	2	34.0
	62	ぶどう	2	41.0
	63	おうとう	2	37.9
	64	プルーン	2	31.0
	65	ハスカップ		
	66	ブルーベリー	1	5.0
計		66品目	357	13,468.5

注：面積は、登録時における作付計画に基づく値



図Ⅷ－23　YES！clean登録集団数の推移

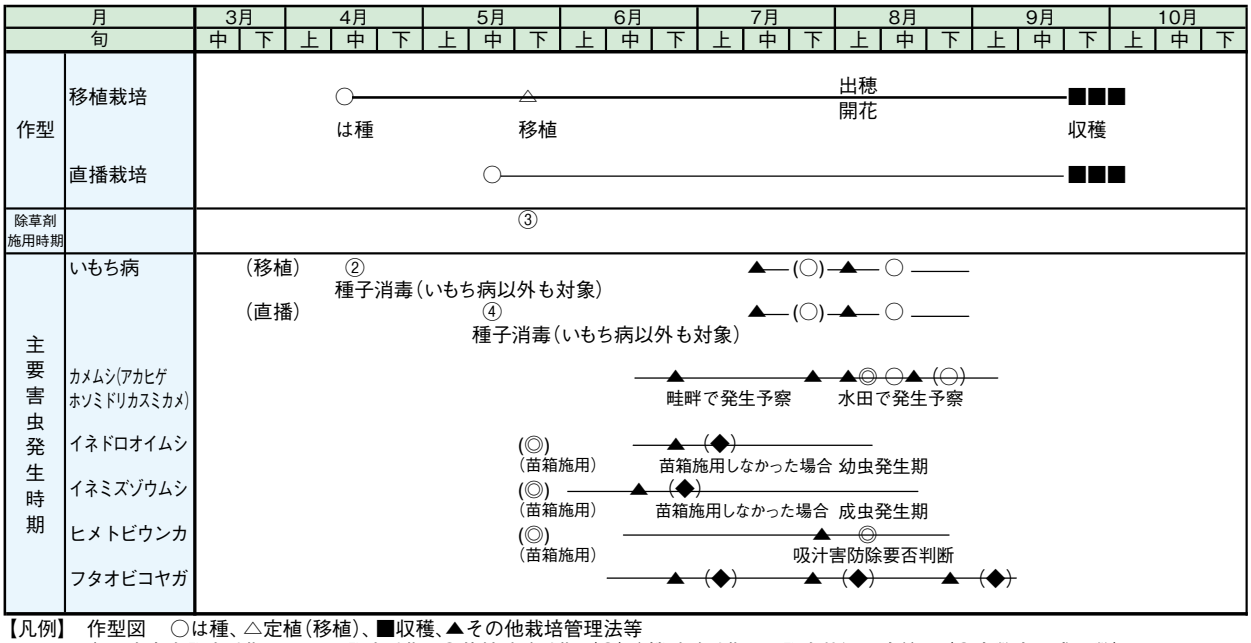


図Ⅷ－24　YES！clean登録生産者数と面積の推移

⑵　クリーン農業技術体系（水稲）

1)　水稲（うるち、もち）栽培管理カレンダー

北海道における水稲の作型と病害虫の発生時期を示す。



【凡例】　作型図　○は種、△定植(移植)、■収穫、▲その他栽培管理法等
主要病害虫発生時期図：――発生時期、○基幹防除時期、(○)臨機防除時期、▲発生状況調査等　(○内数字は成分数)
◎同時防除(同一薬剤で複数の病害虫を対象)　(◆)条件付き防除
注)各作型の月旬は道央地帯を主としているので、道南、道東北地帯は前後する。

図Ⅷ－25　北海道における水稲（うるち・もち）の栽培管理カレンダー

2)　主なクリーン農業技術の概要

ア　土づくり

○ 基盤整備：排水対策の実施

○ 有機物の施用：稲わらの秋すき込み（400～600kg/10a、排水良好な水田に限定）

※ただし、稲わらは堆肥化して施用することが原則

○ その他：土壌診断を行い、不足時には鉄・ケイ酸資材の施用、又は客土。

メタンガス発生抑制対策として稲わらの搬出や腐熟促進資材の投入

イ　施肥管理

○ 土壌診断による施肥の適正化

・土壌診断を行い、その結果を活用した「施肥対応」等による適正施肥

・乾土効果の評価による窒素減肥

・土壌中アンモニア態窒素の生育初期測定による、分・追肥要否の判断

○ 有機物の肥料評価による施肥の適正化

・有機物由来窒素の評価による施肥窒素の適正化

○ 施肥法の改善による減肥

・側条施肥の導入による基肥窒素の削減

・二段施肥の導入による窒素の削減

・側条施肥と育苗箱施肥の組合せによる窒素施肥量の20%削減

○ 有機物施用による化学肥料代替

・総窒素施用量の30%以内を限度に、化学肥料の代替として魚かす、大豆油かす、なたね油かす（C/N比<10、窒素含有率>６%）の施用

・総窒素施用量の20%以内を限度に、化学肥料の代替として脱脂米ぬか（C/N比<10～13、窒素含有率>３～５%）の施用

ウ　雑草の防除

○ 雑草の発生状況に応じた適正な除草剤の選択

○ 代かきの２回実施や機械除草又はそれらとアイガモ放飼又は除草剤の併用

エ　病害虫の防除

○ 発生予測情報の活用

・葉いもち発生予察システム（BLASTAM）の活用

・突発及び長距離移動性の害虫類（アワヨトウ、セジロウンカ等）に係る発生予察情報の活用

○ 発生モニタリングによる効率的防除

・葉いもちの初回防除時期は、ほ場をモニタリング調査して決定する発生対応型防除

・捕虫網すくい取り（畦畔・水田）によるカメムシの発生予察と防除要否判定、及びヒメトビウンカの吸汁害有無判定

・見歩き調査によるイネドロオイムシ（「北の虫見番」活用）とイネミズゾウムシの防除要否判定

・フタオビコヤガのモニタリング調査、防除要否判定、発生対応型防除

・防除対象外の病害虫に係る発生有無の随時観察及び増加防止のための圃場環境の整備

○ 物理的防除

・温湯消毒器の使用による種子消毒剤の削減

○ 耕種的防除

・ケイ酸資材の基肥施用によるいもち病、葉しょう褐変病、褐変穂発生の軽減

・畦畔植生管理（草刈り、ハーブ植栽等）によるカメムシの発生源除去

・いもち病の感染源（発病田のわら、籾がら、取り置き苗等）の除去

・苗床感染の対策として、種子更新を毎年行い種子消毒を徹底、籾殻・わら等を育苗ハウス内で利用したり近辺に放置しない

オ　植物成長調整剤の使用

○ 湛水直播栽培においては、種子に過酸化カルシウム（コーティング）剤を原則使用

3)　栽培に当たっての留意事項

○ 有機物（堆肥、稲わら）連用を前提とすること

○ 稲わらは原則として堆肥化して施用すること

○ 排水不良な水田、もしくは気象的制約を受ける地帯では稲わらすき込みを避けること

○「ほしのゆめ」は割籾の発生が多く、斑点米が生じやすいので、薬剤防除の際は要防除水準を厳守すること

○ 殺虫・殺菌混合剤の使用は、必要最小限にすること

○ 薬剤の育苗箱施用は、前年の発生状況から見てその必要性が明らかな場合のみ行うこと

○ 物理的防除の温湯消毒については、60℃・10分間又は58℃・15分間により種子消毒用農薬を削減できるが、褐条病に対する効果は低いので、耕種的対策を併用すること

4)　栽培に当たっての禁止事項

○ 有人航空防除を実施していないこと

5)　肥料・化学肥料（窒素）の使用基準

表Ⅷ－14　化学肥料（窒素）の使用基準

分類	慣行	使用基準			
	化学肥料施用量（kg／10a）	総窒素施用量上限値（肥沃度低､kg/10a）	総窒素施用量上限値（肥沃度中､kg/10a）	堆肥等施用量下限値（t/10a）	化学肥料施用量上限値（kg/10a）
低地土(乾)	10.0	9.5	9.0	1.0	8.0
低地土(湿)		9.0	8.5	1.0	7.5
泥炭土		7.5	7.0	1.0	6.0
火山性土		9.0	8.5	1.0	7.5
台地土		8.5	8.0	1.0	7.0

注１　高収地帯で、窒素肥沃度水準が「中」､「低」の使用基準である

注２　低収地帯（450kg/10a以下）は上記から２kg差し引き、中間地帯（450kg/10a超～540kg/10a未満）は１kg差し引く（慣行は高収・中間・低収に関わらず一定）

注３　「はくちょうもち」は上記に１kg加算する

注４　「大地の星」は上記に２kg加算する

注５　堆肥１t当たり１kgの窒素換算量とする。この場合の堆肥とは「稲わら堆肥」を指す

注６　堆肥等施用量下限値は、堆肥に相当する有機物での対応も認めるものとする

注７　うるち米の場合、窒素肥沃度水準が「やや高」「高」に分類されており、米のタンパク質含有率を6.5％（極良食味米）を目標とする集団は、堆肥又は堆肥に相当する有機物の施用を省略することができる

6) 化学合成農薬の使用基準

化学合成農業の使用に当っては、次のとおりとする。

表Ⅷ－15　化学合成農業の使用基準

（単位：成分使用回数）

作型	慣行							使用基準											
	殺菌剤		殺虫剤	殺虫・殺菌剤	除草剤	植調剤	計	殺菌剤			殺虫剤		除草剤		植調剤		計		
		(種子消毒)						基幹	(種子消毒)	臨機	基幹	臨機	基幹	臨機	基幹	臨機	基幹	臨機	合計
うるち(移植)	7	(4)	5	5	5	0	22	3	(2)	1	2	2	3	0	0	0	8	3	11
うるち(直播)	6	(6)	11	0	5	0	22	5	(4)	1	2	2	3	0	1	0	11	3	14
もち(移植)	5	(4)	4	7	5	0	21	3	(2)	1	2	2	3	0	0	0	8	3	11

注１　使用基準は剤別（殺菌剤・殺虫剤・除草剤・植物成長調整剤）及び基幹・臨機防除別に記載
　　基幹防除：平均的な病害虫の発生状態を考慮した場合、ほぼ毎年行う必要がある防除
　　臨機防除：突発的な病害虫の発生や、地域や品種により発生状態が異なる病害虫に対して行う防除
注２　種子消毒は殺菌剤の内数とする
注３　生産集団の栽培基準における化学合成農薬の使用回数は、使用基準の合計回数を下回るものとする
注４　使用基準における化学合成農薬の剤別の使用回数は、地域の栽培実態に合わせ変動して差し支えない

7) 注　　釈

ア　肥料・化学肥料（窒素）の使用基準における土壌タイプ分類法

・低地土（乾）：褐色低地土
・　〃　（湿）：グライ土、灰色低地土
・泥炭土　　：泥炭土、黒泥土
・火山性土　：黒ボク土、多湿黒ボク土、黒ボクグライ土
・台地土　　：褐色森林土、暗赤色土、灰色台地土、グライ台地土

イ　土壌診断の実施

湛水培養窒素の分析を行い、窒素肥沃度を算出する。分析値は、３年以内に行われたものを有効とする。

ウ　有機物の施用

うるち米の場合、窒素肥沃度水準が「やや高」、「高」に分類されており、米のタンパク質含有率6.5％（極良食味米）を目標とする集団は、堆肥又は堆肥に相当する有機物の施用を省略することができる。

エ　乾土効果（水熱係数）の評価による窒素減肥指針

表Ⅷ－16　乾土効果に対応した窒素の減肥量

乾湿の程度	水熱係数（mm／℃・日）	40℃－1週間培養窒素（mgN/100g）			備考
		10未満	10～14	14以上	
著しく乾燥	～2	0.5	1.0	1.5	基肥からの減肥量（kg/10a）
乾燥	2～3	0.5	0.5	1.0	
やや乾燥	3～4	0	0.5	0.5	
平年並～湿	4～	0	0	0	

・水熱係数＝10×積算降水量／日平均気温10℃以上の日の積算温度
　算出対象期間は、前年９月１日から10月31日と当年４月11日～５月10日
・培養窒素は、前年収穫跡地の風乾土より求める
・減肥は全層施肥部分より行う

オ　二段施肥

田植え時に株横３cm、深さ３～５cmと株横15～16cm、深さ８～12cmの二段に施肥をする方法で、省力的であり、肥料の利用効率が高いため肥料の節減が図れる。

カ　機械除草

人力中耕除草機、ティラー用除草機、田植機装着・駆動型カルチベータなどがあるが、株間除草が不十分な場合は、手取り除草等と組合せる必要がある。

キ　葉いもち発生予察システム（BLASTAM）

北海道病害虫防除所から情報提供されている、いもち病に感染する時期を予測するシステム。この情報を活用すると、葉いもち発生の有無が確認しやすくなり、適期防除の参考となる。ブラスタムの「いもち病感染好適条件日」から７～10日後が発病を見つける目安で、防除の実施判断にもなる。昨年発生した水田を中心に発病の有無を確認する。ブラスタム情報は北海道病害虫防除所のウェブサイトから取得し活用する。（http://www.agri.hro.or.jp/boujosho/blastam/index.htm）

ク　カメムシの発生予察と防除要否判定

捕虫網によるすくい取りで成虫と幼虫の捕獲頭数を調べる。畦畔における調査は、各畦畔毎に20回振りのすくい取りを行い、水田における調査は各水田毎に20回振りのすくい取りを数カ所行う。

ケ　ケイ酸資材の基肥施用によるいもち病、葉しょう褐変病、褐変穂発生の軽減

水稲は、各種無機成分中最も多量にケイ酸を吸収する。ケイ酸の稲体中の働きは、葉や籾の表層に「けい化細胞」を多数作り、病害虫から体を守ることや吸収した水分の蒸散を調節する機能を持つ。このため、土壌診断に従いケイ酸質資材を施用する。

表Ⅷ－17　ケイ酸肥沃度に対応した資材施用量

ケイ酸含量（SiO_2 mg/100g）	ケイカル施用量（kg/10a）
0～10	180～240
10～13	120～180
13～16	60～120
16～	0～ 60

表Ⅷ－18　土壌型別ケイカル施用量

土壌型	ケイカル施用量（kg/10a）
グライ土、泥炭土	150～180
灰色低地土、灰色台地土	120～150
火山性土	120～150
褐色低地土	90～120

・ケイ酸含量は湛水保温静置法で分析する

・表Ⅷ－18「土壌型別ケイカル施用量」は可給態ケイ酸分析値がない場合に利用する

・グライ土、泥炭土では施用範囲内の高い数値を適用する

・ケイカル以外の資材につては、肥効差を考慮して施用する

コ　イネドロオイムシの防除要否判断（北の虫見版）…273ページ、図Ⅷ－17参照

6　安全・安心な米づくりの実際

⑴　実証試験事例紹介

「水稲のYES！clean栽培高度化と有利販売」

ー府県がマネできない米づくりを目指してー

1)　目　　的：

個別のクリーン農業技術を体系化し、農薬成分回数を５回（慣行栽培の25%）以内、総窒素施肥量の30%以上を有機物で代替する栽培体系について現地圃場で技術実証を行い、より高度なYES！clean栽培の普及を図る。

2)　実証試験課題名：高度クリーン米栽培の体系化実証

3)　実証試験年次：2004～2005年（平16～17）

4)　担当部署：上川農試技術体系化チーム、中央農試技術体系化チーム

5)　協力分担:上川中部地区農業改良普及センター、空知東部地区農業改良普及センター、「とんぼの会」（滝川市）、「きらきらぼし生産組合」（芦別市）、谷口　氏圃場（旭川市）

6)　試験方法：

ア　試験場所･供試品種:旭川（「ほしのゆめ」成苗）、滝川（「きらら397」成苗）、芦別（2004年（平16）:「きらら397」中苗、2005年（平17）:「ななつぼし」中苗）

イ　試験内容（導入技術）:（図Ⅻ－28）

①雑草防除：雑草発生予測、除草剤処理、２回代かき（図Ⅻ－26）。

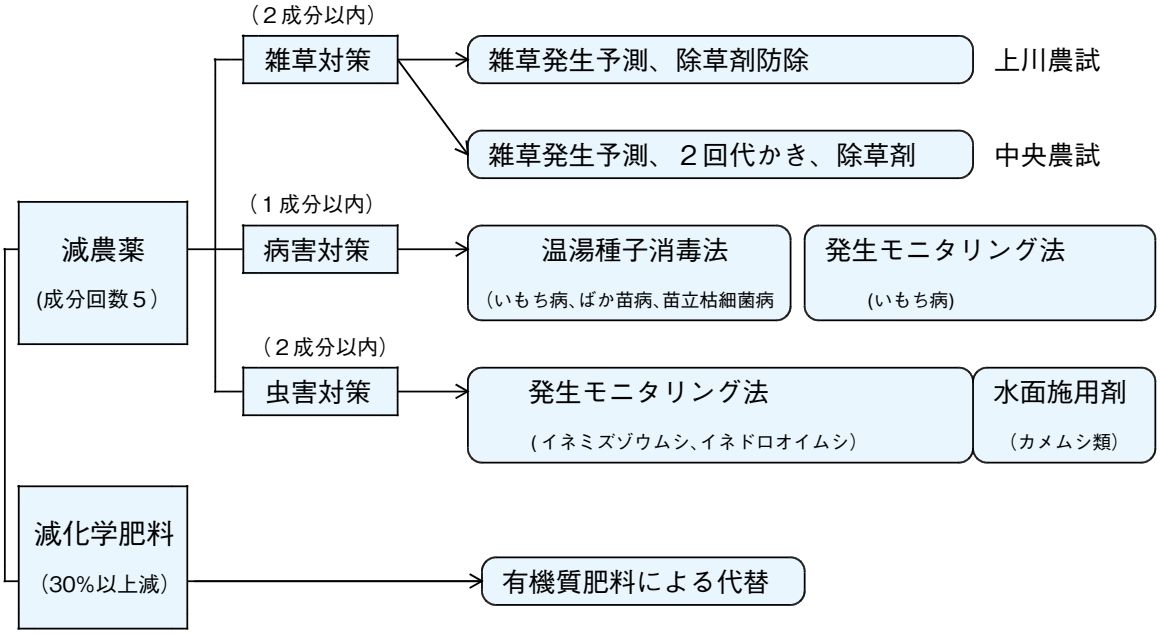
②病害防除：温湯種子消毒（60℃・10分処理）（図Ⅻ－27）。

③害虫防除：初期害虫発生モニタリング調査による防除要否判定および水面施用剤（ジノテフラン粒剤）施用による斑点米抑制効果の検証（図Ⅻ－27）。

④有機質肥料による化学肥料の代替。

図Ⅻ－26　雑草防除

図Ⅻ－27　病害・害虫防除



図Ⅻ－28　現地試験圃場における利用技術の概要

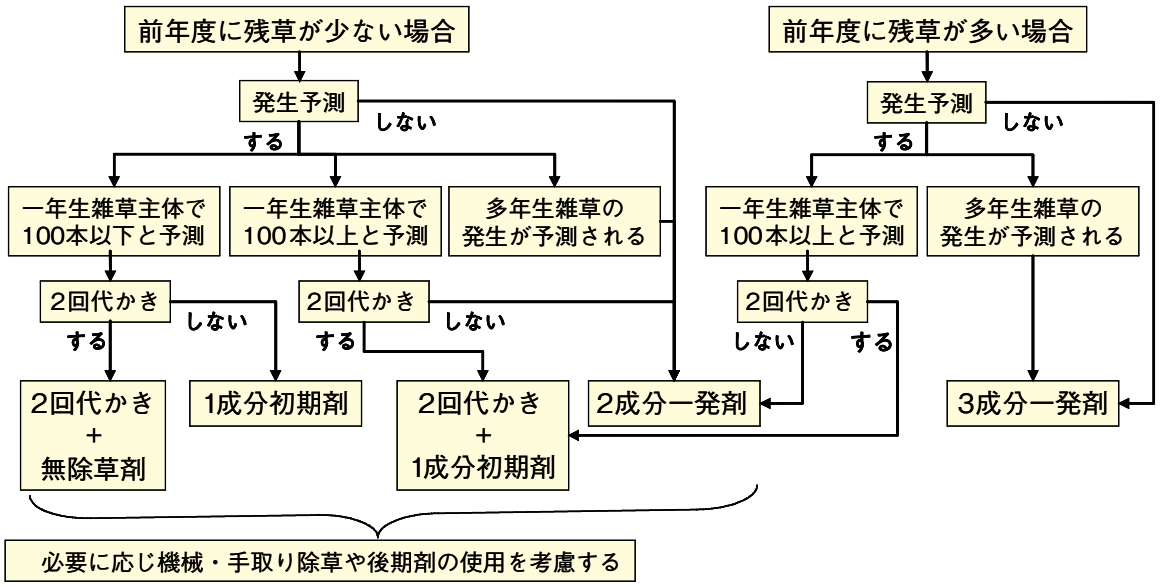
ウ　調査項目：雑草、病害虫の発生状況、作物生育・収量・品質、資材費（肥料、農薬）調査。

7)　結果の概要

ア　減農薬について

ア）雑草防除

除草剤２成分以内による雑草防除により、ノビエ、ホタルイ、一年生広葉雑草の発生が少ない圃場では、慣行（３～４成分）と比較して雑草害が問題視されないと思われる程度まで雑草の発生を抑制することが可能であった。２回代かき+１成分では、２年目で２成分とする必要があった。２回代かき+機械除草では残草対策が必要と考えられた。これらの成果などから雑草防除対応フローを図Ⅻ－29に示した。



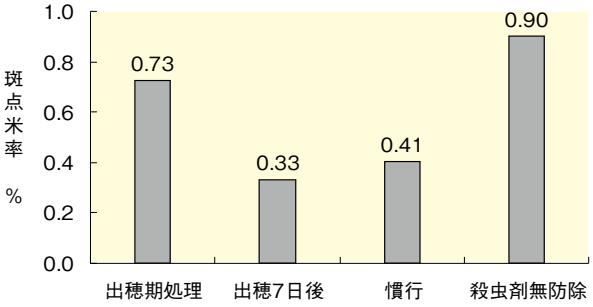
図Ⅷ－29　YES！clean栽培の高度化に向けた雑草防除対応フロー

イ）病害防除

いもち病に対しては、温湯種子消毒および発生モニタリング調査を活用することにより、殺菌剤成分回数を１回以下にすることが可能であった。

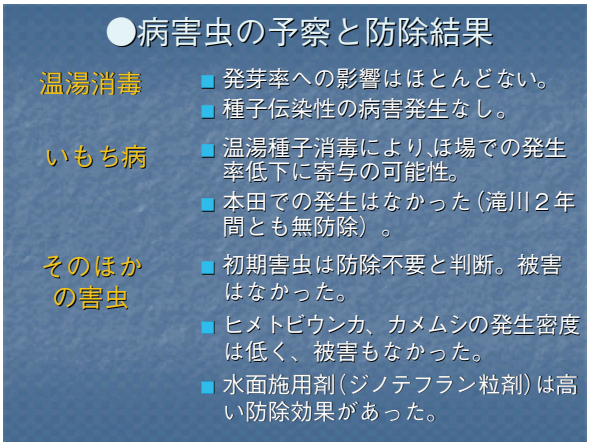
ウ）害虫防除

２年間の当該試験圃場における害虫発生量の条件下では、初期害虫に対しては発生モニタリング調査による防除要否判定の活用、カメムシ斑点米に対しては水面施用剤１成分による防除体系で、慣行防除程度の害虫防除が可能であった（図Ⅷ－30）。



図Ⅷ－30　水面施用剤（ジノテフラン粒剤）処理と斑点米率（旭川「ほしのゆめ」2004）

注）慣行：エトフェンプロックス・トリシクラゾール１回、MEP乳剤２回散布



図Ⅷ－31　病害虫の予察と防除効果

写真Ⅷ－12　現地検討会

エ）減化学肥料（有機質肥料による化学肥料代替）について

含有窒素の無機化の速い有機質肥料を利用することにより、総窒素量のほぼ30％程度まで代替することが可能であった。

イ　技術体系導入による資材費（農薬、肥料）の比較

肥料資材費はいずれの試験地においても増加した。一方、農薬資材費、合計資材費は試験地により増減異なる結果であった。これは、多様な技術体系の中から、現地実態に合わせて技術選択を行ったためである。

8)　成果と今後の展開方向

以上のように、既往のクリーン農業技術を体系化することにより、農薬成分回数を５回（慣行栽培の25%）以内、総窒素施肥量の30%を有機質肥料で代替することが可能であった。これらの結果に基づき、表Ⅷ－19に現行YES！clean栽培の高度化に向け、安定かつ継続可能な農薬・有機質肥料利用技術体系をとりまとめた。

表Ⅷ－19　YES！clean栽培の高度化に向けた技術体系

対応	導入技術	導入技術による成分回数	現行クリーン基準成分回数	基幹防除で対応できる条件
雑草対応	＜雑草の発生予測法＞ ＜２回代かき＞	2（1）	3	・前年まで雑草発生が少ない ・越年生や難防除草種がない
種子消毒	＜温湯種子消毒法＞	0	2	・種子は毎年更新し、健全種子を使用する ・「いもち病の早期多発を防ぐための伝染源対策」を徹底する
病害対応	＜発生モニタリング法＞	1（1）	1（1）	・葉いもちの発生が要防除水準以下
初期害虫	＜発生モニタリング法＞	0（1）	0（1）	・初期害虫の発生が要防除水準以下
カメムシ対応	＜水面施用剤の利用＞	1	2（1）	・出穂７日後処理
	合計	4（3）	8（3）	

対応	導入技術	代替可能割合	備考
減化学肥　料	＜有機質肥料による代替＞	30%	・圃場管理（乾燥促進、稲わら処理）を徹底し、利用有機質肥料は、含有窒素の無機化が早いものを用いる。

注、表中の数値は成分回数で、基幹防除（臨機防除）を示す。

・農薬成分回数５回以下の米の商品化により、販路は拡大しつつある。具体的には米穀小売店一行が産地を訪問。JA・ホクレンを通じて販売契約を結び全国11店舗で販売。

また、地元の消費者協会への販売や海外（台湾）への輸出が始まる。さらに、高度クリーン米栽培面積も拡大し、地域全体へクリーン農業が波及している。

写真Ⅻ－13　産地視察する米穀小売店関係者一行と生産者

写真Ⅻ－14　滝川市の実証試験圃場（「とんぼの会」のメンバーと見学の小学生たち）

（道総研中央農業試験場病虫部長　田中文夫）

資料１　北海道の水稲作付面積(ha)と反収(kg/10a)の推移・作況指数

西暦		作付面積	単収	作況指数	冷害型
1888	明治21		105	63	
1889	22		71	42	
1890	23		289		
1891	24		138		
1892	25		129		
1893	26		127	74	遅延
1894	27	3,210	255		
1895	28	3,820	166		
1896	29	4,990	174		
1897	30	5,730	107	59	併行
1898	31	6,790	167		
1899	32	8,690	170		
1900	33	9,200	197		
1901	34	11,900	209		
1902	35	16,400	22	12	併行
1903	36	16,100	170		
1904	37	17,700	244		
1905	38	19,300	124	66	障害
1906	39	19,600	176		
1907	40	22,100	248		
1908	41	26,700	170		
1909	42	30,300	206		
1910	43	34,800	212		
1911	44	39,500	180		
1912	大正 1	45,300	201		
1913	2	49,500	12	6	遅延
1914	3	43,800	220		
1915	4	54,300	229		
1916	5	58,500	221		
1917	6	63,300	194		
1918	7	66,500	198		
1919	8	72,900	183		
1920	9	81,200	200		
1921	10	89,700	234		
1922	11	100,900	191		
1923	12	110,700	202		
1924	13	118,800	214		
1925	14	127,500	250		
1926	15	138,600	119	56	混合
1927	昭和 2	151,200	250		
1928	3	165,400	250		
1929	4	175,500	206		
1930	5	186,900	231		
1931	6	193,300	84	38	遅延
1932	7	197,100	67	30	遅延
1933	8	191,600	252		
1934	9	192,700	138	62	障害
1935	10	191,400	118	52	遅延
1936	11	181,600	240		
1937	12	183,100	272		
1938	13	184,900	284		
1939	14	184,500	279		
1940	15	181,300	162		
1941	16	177,200	117	51	併行
1942	17	171,200	244		
1943	18	164,700	277		
1944	19	152,800	291		
1945	20	144,200	105	44	遅延
1946	21	141,100	266		
1947	22	133,200	226		
1948	23	139,900	284		
1949	24	142,600	279	106	
1950	25	143,600	327	116	
1951	26	144,700	264	94	
1952	27	145,300	320	113	
1953	28	147,100	233	81	障害
1954	29	154,600	177	60	遅延
1955	30	173,600	343	117	

西暦		作付面積	単収	作況指数	冷害型
1956	昭和31	181,600	150	51	併行
1957	32	184,000	332	113	
1958	33	186,000	385	126	
1959	34	190,500	392	125	
1960	35	197,100	401	119	
1961	36	200,900	425	115	
1962	37	211,100	356	92	
1963	38	219,300	396	102	
1964	39	224,400	263	68	遅延
1965	40	229,700	334	86	障害
1966	41	236,800	283	73	障害
1967	42	246,600	452	116	
1968	43	258,600	474	122	
1969	44	266,200	351	86	併行
1970	45	206,400	443	109	
1971	46	190,400	273	66	障害
1972	47	154,100	500	121	
1973	48	145,300	479	113	
1974	49	165,900	503	117	
1975	50	185,500	446	100	
1976	51	205,200	361	80	遅延
1977	52	196,300	504	112	
1978	53	175,200	536	118	
1979	54	172,600	502	107	
1980	55	154,200	385	81	障害
1981	56	145,000	413	87	遅延
1982	57	144,900	501	105	
1983	58	147,100	355	74	遅延
1984	59	154,700	551	114	
1985	60	163,900	497	103	
1986	61	158,300	526	108	
1987	62	150,000	472	96	障害
1988	63	148,900	512	104	
1989	平成 1	148,200	526	107	
1990	2	146,300	540	109	
1991	3	145,100	500	100	
1992	4	162,200	445	89	併行
1993	5	172,600	203	40	併行
1994	6	175,800	541	108	
1995	7	163,200	522	103	
1996	8	154,800	512	101	
1997	9	154,300	520	102	
1998	10	141,700	536	105	
1999	11	138,500	534	103	
2000	12	134,900	540	103	
2001	13	122,000	526	100	
2002	14	120,200	482	91	併行
2003	15	117,800	385	73	併行
2004	16	120,500	518	98	
2005	17	119,100	573	109	
2006	18	115,400	558	105	
2007	19	116,000	520	98	
2008	20	114,600	565	106	
2009	21	114,400	475	89	併行
2010	22	114,600	525	98	
2011	23				
2012	24				
2013	25				
2014	26				
2015	27				
2016	28				
2017	29				
2018	30				
2019	31				
2020	32				
2021	33				
2022	34				
2023	35				

資料２　水稲うるち品種別作付面積推移－１（ha）

西暦	昭和	うるち計	その他	在来坊主	坊主5号	坊主2号	坊主6号	チンコ坊主	井越早生	近成	赤毛	十勝黒毛	黒毛	坊主1号	万太郎米	早生坊主	白毛	走坊主	南早生	玉置坊主	渡島2号	富国	胆振早稲	中生白毛
1928	3	152,800	10,379	52,189	35,141	15,369	14,749	11,420	3,027	1,885	1,839	1,392	1,217	1,127	1,064	1,049	955	340						
1929	4	163,084	12,465	49,449	40,719	14,385	18,604	13,803	3,182	1,443	1,858	1,305	1,061	640	1,236	679	1,168	1,088						
1930	5	173,407	11,542	46,128	48,377	14,869	23,453	14,044	2,878	1,892	1,286	870	1,035	991	1,734	668	738	1,862	1,040					
1931	6	177,449	12,953	45,627	53,274	13,375	24,765	12,458	2,256	1,843	1,093	824	729	573	1,925	687	935	4,135						
1932	7	178,496	14,372	36,559	53,409	12,397	25,225	10,098	2,091	1,209	639			652	1,549	1,007	1,004	13,660	1,731	2,968				
1933	8	172,863	8,359	29,569	54,025	12,138	27,799	10,574	1,471	988	525				1,670	544	700	12,568	2,109	6,764	1,731			
1934	9	174,846	13,979	28,076	59,231	12,136	24,827	7,731	914	978					1,702		610	9,625	2,626	9,347	2,598			
1935	10	174,355	15,052	25,682	60,379	11,676	21,863	6,802	810	762					1,872		1,118	10,993	2,042	12,504	2,703			
1936	11	163,500	12,470	18,100	56,856	9,653	16,740	5,158	735	536				376	1,913		1,316	15,953	2,043	18,548	3,106			
1937	12	167,844	14,784	12,549	55,771	8,965	11,562	4,421							1,487		896	9,901	2,560	15,331	2,436	23,903	823	
1938	13	169,758	19,862	12,179	55,073	9,014	11,573	6,133	489						1,504		849	9,955	2,421	15,265	2,436	22,620	823	
1939	14	167,214	18,119	7,202	34,862	5,180	7,803	4,401							1,317			7,831	2,322	11,605		63,698	1,303	1,219
1940	15	161,775	33,901	4,167	18,015		4,944											4,661		7,570		88,518		
1941	16	153,563	12,669	3,519	11,550	2,292	3,901	3,040							696		2,579	3,136	1,179	6,195		64,767	2,221	3,366
1942	17	148,375	15,001	2,875	10,002	1,722	2,306	2,211							774		2,760	3,053	1,216	3,857		43,934	1,655	
1943	18	141,558	18,784	1,829	5,030	894	1,586										1,914	1,572	1,015			24,463	1,583	3,471
1944	19	132,950																						
1945	20	129,711	17,720		1,099		631													1,248		18,644	1,164	
1946	21	129,179	24,648		508												508			701		15,508	617	
1947	22	116,631	20,953															765				13,736	850	
1948	23	115,800	21,709		572		209													501		15,547		
1949	24	119,330	22,111																			16,685		
1950	25	122,400	31,170																			14,827		
1951	26	124,797	32,600																			14,781		
1952	27	122,287	22,991																			12,340		
1953	28	122,233	33,778																			7,713		
1954	29	125,138	33,388																			2,610		
1955	30	127,004	28,263																			1,676		
1956	31	130,876	28,740																			1,201		

水稲うるち品種別作付面積推移ー２（ha）

西暦	昭和	うるち計	その他	早生白毛	農林11号	渡島錦	石狩白毛	胆振白毛	農林15号	早生富国	中生栄光	共和	晩生栄光	巴錦	農林19号	富錦	玉光	農林28号	亀錦	農林20号	農林34号	シラユキ	栄光	北海95号
1941	16	153,563	12,669	6,328	3,826	2,245	921													11,672				
1942	17	148,375	15,001	6,827		1,748			6,472	3,874										33,189				
1943	18	141,558	18,784				6,131		5,361	2,124	1,184	5,263								51,437			3,608	
1944	19	132,950																						
1945	20	129,711	17,720	1,022		936	9,396		4,869	1,585	10,573	8,316	10,848	2,557	754		543		561	27,406			10,400	
1946	21	129,179	24,648	833	860		6,900		7,837		4,860	3,769	2,786	1,683	1,231		732	1,066	986	47,598			5,548	
1947	22	116,631	20,953	668	2,004		5,916		6,041	889	5,198	2,832	4,175	1,820	1,040		1,911	2,377	1,172	38,852			5,432	
1948	23	115,800	21,709	499			6,884		6,082	1,098	5,596	2,649	3,504							37,754		1,722	6,422	5,052
1949	24	119,330	22,111		888		5,997	982	6,095	1,075	6,495	2,861	2,393	2,397	1,567		1,545	3,678	1,510	34,351			6,889	1,811
1950	25	122,400	31,170				7,093	1,351	3,863		6,306	1,743	3,357	2,325	1,426		1,246	4,359	1,762	24,252	871	936	12,416	2,218
1951	26	124,797	32,600				4,934	1,642	2,649		7,135	1,290	2,312	2,155				3,759	1,832	18,712	1,255	4,018	18,817	2,786
1952	27	122,287	22,991				5,447	1,646	2,314		6,527		1,411	1,546				3,377	1,800	14,722	2,413	1,261	31,564	3,883
1953	28	122,233	33,778				7,591		1,946		4,457					1,289		2,298	1,345	13,114	3,066	2,850	23,560	3,156
1954	29	125,138	33,388				8,975		2,358		2,191					2,135		1,902	1,342	9,992	4,923	2,304	10,346	3,549
1955	30	127,004	28,263				5,695		2,764		1,999							1,942		10,909	10,374	3,106	11,909	4,448
1956	31	130,876	28,740				6,363		2,038		2,514							1,361	953	10,532	7,650	2,808	12,380	3,310
1957	32	132,743	34,392				5,730		3,026		1,388							986	962	11,318	11,006	3,372	8,181	3,819
1958	33	140,228	35,914				4,562		2,016											11,181	5,147	2,451	10,484	2,863
1959	34	147,886	40,053				2,849		1,666		1,149									10,241	2,467	2,549	11,546	2,579
1960	35	158,904	33,813				1,787		1,363		1,519									9,710	1,181	3,001	11,337	2,211
1961	36	167,470	27,267						1,114											12,399		2,500	15,067	2,885
1962	37	175,578	27,466																	11,912		2,112	12,382	3,462
1963	38	181,154	26,757						824											11,316		1,542	8,434	2,918
1964	39	189,168	25,186						617											8,437		1,009	7,577	1,614
1965	40	195,715	25,776																	7,497			7,761	
1966	41	206,323	27,018																	5,198			8,495	
1967	42	219,823	28,906																	2,286			9,129	
1968	43	235,395	29,622																	2,875			7,721	
1969	44	247,087	28,828																	3,654			4,948	
1970	45	190,674	17,772																	3,238			2,708	
1971	46	175,435	9,140																	4,505			1,952	
1972	47	143,380	5,078																	2,216			1,551	
1973	48	132,424	4,396																	2,165			860	
1974	49	147,792	4,539																	1,631			476	
1975	50	172,171	4,654																	1,431				
1976	51	196,918	10,032																					
1977	52	187,651	6,287																	1,040				
1978	53	166,188	6,612																	1,031				
1979	54	163,871	6,650																	743				
1980	55	146,506	4,462																	558				
1981	56	137,426	3,027																	419				
1982	57	135,681	4,618																	377				
1983	58	137,552	3,191																	281				

水稲うるち品種別作付面積推移ー３（ha）

西暦	昭和	うるち計	その他	上育136号	北海112号	北海116号	新雪	豊光	新栄	早生錦	南栄	照錦	北斗	巴まさり	上育185号	フクユキ	ながみのり	みまさり	ヤチミノリ	イワコガネ	上育167号	ささほなみ	テイネ	ユーカラ
1951	26	124,797	32,600	1,238	3,731																			
1952	27	122,287	22,991	2,139	4,348	1,328								1,224										
1953	28	122,233	33,778	1,697	2,710	1,490			4,527		1,803	1,982		1,390										
1954	29	125,138	33,388		1,204	1,974	1,063	7,405	4,122	10,402	1,173	11,784												
1955	30	127,004	28,263		1,262	3,895	3,332	10,348	4,281	6,920	1,441	7,531	4,825											
1956	31	130,876	28,740		1,251	2,786	4,385	22,054	6,150	4,568		5,725	2,800	1,257										
1957	32	132,743	34,392		851	3,715	15,153	10,693	7,656	3,911	2,520	2,346	1,910	1,756										
1958	33	140,228	35,914			2,173	17,730	13,006	9,154	2,868	3,212	1,499	1,309	1,760	2,545	5,037	5,317							
1959	34	147,886	40,053			2,138	19,215	10,543	10,606	2,050	4,095			2,204		8,065	6,367	4,536	2,968					
1960	35	158,904	33,813			2,076	20,507	7,196	11,620		4,849			2,095		14,453	5,581	11,932	8,264	2,648	1,761			
1961	36	167,470	27,267		1,183	2,021	20,223	8,565	12,755		5,820	863		2,229		19,753	2,950	10,526	4,849	6,875	3,760	3,866		
1962	37	175,578	27,466		1,338	2,532	22,617	3,984	13,328		6,012			2,013		24,846	1,231	6,718	2,926	9,570	4,718	13,577	1,546	1,288
1963	38	181,154	26,757		869	1,686	20,956	3,119	13,515		6,718			2,168		22,768		4,441	1,974	9,475	5,096	17,475	6,252	12,851
1964	39	189,168	25,186				15,796	1,753	12,733		6,645			2,193		15,614		2,506	935	4,932	3,484	15,773	11,268	41,073
1965	40	195,715	25,776				19,678	1,293	8,501		6,529			1,939		16,930		3,662		4,298	3,663	20,552	2,105	25,532
1966	41	206,323	27,018				15,607		8,084		7,307			2,001		14,033		3,488		2,112	2,581	19,974	1,437	17,747
1967	42	219,823	28,906				14,231		6,684		9,272			2,134		10,899		3,786			1,407	23,430		5,278
1968	43	235,395	29,622				7,756		6,602		9,713					8,228		2,483				21,252		3,895
1969	44	247,087	28,828				2,618		5,693		8,208			1,870								6,314		4,265
1970	45	190,674	17,772						1,760		5,006			2,058										3,002
1971	46	175,435	9,140								1,737			2,281										4,642
1972	47	143,380	5,078						608		995			1,713										5,431
1973	48	132,424	4,396						410		768			1,328										7,213
1974	49	147,792	4,539								545			1,203										9,776
1975	50	172,171	4,654								399			1,312										8,760
1976	51	196,918	10,032																					6,961
1977	52	187,651	6,287								207			1,122										3,369
1978	53	166,188	6,612								174			1,442										3,475
1979	54	163,871	6,650											1,260										3,886
1980	55	146,506	4,462											1,459										5,519
1981	56	137,426	3,027											1,468										4,088
1982	57	135,681	4,618											1,179										4,550
1983	58	137,552	3,191											1,267										3,957
1984	59	143,979	3,372											1,102										1,971
1985	60	153,894	1,477											1,306										2,272
1986	61	148,893	910											1,772										1,879
1987	62	136,484	1,660											2,476										1,645
1988	63	135,501	2,496											2,455										1,059
1989	1	134,575	613											2,127										408
1990	2	133,418	1,785											1,432										18
1991	3	133,641	1,469											790										
1992	4	149,549	884											859										
1993	5	159,228	1,171											654										
1994	6	162,378	621											375										
1995	7	153,682	298											329										
1996	8	147,146	984											183										
1997	9	147,047	203											90										
1998	10	129,205	154											13										

水稲うるち品種別作付面積推移ー４（ha）

西暦	昭和	うるち計	その他	北海117号	しおかり	ほうりゅう	岩系15号	安斎系統	うりゅう	トクミノリ	ひめほなみ	ほくせつ	そらち	照稔	上育294号	きよかぜ	空育59号	上育319号	かちほなみ	空育74号	ゆうなみ	イシカリ	渡育125号	マツマエ
1964	39	189,168	25,186	1,059	8,964																			
1965	40	195,715	25,776		22,949	8,472	3,433	2,355	1,601	1,189														
1966	41	206,323	27,018		28,342	20,156		2,301	7,017	1,893	7,149	4,383												
1967	42	219,823	28,906		36,691	14,118		3,106	9,653		17,338	7,991	11,090	1,214		1,180								
1968	43	235,395	29,622		34,456	15,991		3,139	10,106		24,886	6,807	26,910	1,958	5,936		2,958	2,101						
1969	44	247,087	28,828		44,360	21,324		3,517	16,461		25,976	6,701	39,872	3,696	7,405			3,469	3,343	4,565				
1970	45	190,674	17,772		45,545	19,007		3,133	16,133		17,100	2,897	26,195	1,731	6,536			1,712	2,830	2,282				
1971	46	175,435	9,140		41,445	25,897		1,784	10,148		9,384	1,329	12,086						1,648	1,037	12,415	15,028	1,145	3,079
1972	47	143,380	5,078		26,617	22,081		749	6,266		7,019	740	6,983						1,102		20,532	21,925	878	4,798
1973	48	132,424	4,396		23,054	23,099		635	4,871		6,015		3,035						880		23,865	19,579	672	6,016
1974	49	147,792	4,539		21,001	19,587		554	4,721		4,316		1,688						816		31,744	30,904		7,738
1975	50	172,171	4,654		18,624	10,936		576	2,919		1,867		1,048			58			1,022		36,120	54,297		8,536
1976	51	196,918	10,032		19,979	5,631			2,376												31,484	69,540		10,377
1977	52	187,651	6,287		16,821	4,006		581	2,984		609		742			37			1,052		33,292	73,337		7,950
1978	53	166,188	6,612		12,132	1,708		427	1,422		228		304			23			753		21,822	62,586		6,354
1979	54	163,871	6,650		8,571	499		223	649		69		76			16			402		12,232	66,634		6,050
1980	55	146,506	4,462		7,299	256		164	358		30		35			18			167		1,649	57,219		5,152
1981	56	137,426	3,027		5,543	102		88	295		11		24			10			27		264	44,123		4,607
1982	57	135,681	4,618		4,027	55			157							8					121	34,200		4,573
1983	58	137,552	3,191		2,955				147							3					72	21,434		4,893
1984	59	143,979	3,372		1,239											5						11,818		5,000
1985	60	153,894	1,477		173											4						2,655		5,347
1986	61	148,893	910		29																	572		4,282
1987	62	136,484	1,660																					2,087
1988	63	135,501	2,496																					506
1989	1	134,575	613																					204
1990	2	133,418	1,785																					73

水稲うるち品種別作付面積推移ー５（ha）

西暦	昭和	うるち計	その他	空育84号	きたこがね	はやこがね	なるかぜ	さちほ	キタヒカリ	ともゆたか	しまひかり	みちこがね	キタアケ	ともひかり	空育125号	上育393号	上育394号	はやまさり	きたいぶき	ハヤカゼ		
1970	45	190,674	17,772	4,005			6,024															
1971	46	175,435	9,140	2,994			11,759															
1972	47	143,380	5,078	2,026			4,072															
1973	48	132,424	4,396	1,998	592		973															
1974	49	147,792	4,539	2,004	689		495	3,365														
1975	50	172,171	4,654	1,322	1,408		302	11,931	4,649													
1976	51	196,918	10,032		1,553			9,145	25,943	3,897												
1977	52	187,651	6,287	596	1,339	876	127	2,598	22,253	6,426												
1978	53	166,188	6,612	302	500	2,721	64	1,259	17,461	23,388												
1979	54	163,871	6,650	137	343	4,530	26	757	17,189	32,929												
1980	55	146,506	4,462	38	139	5,475	9	380	18,607	37,513												
1981	56	137,426	3,027	47		7,826		82	27,598	37,777												
1982	57	135,681	4,618			7,725			38,347	35,384	360											
1983	58	137,552	3,191			8,230			42,520	33,480	180	14,942										
1984	59	143,979	3,372			7,812			34,031	30,677	127	25,232	4,600	16,993								
1985	60	153,894	1,477			4,263			31,367	24,971	132	32,623	9,526	24,840								
1986	61	148,893	910			2,432			26,061	16,217	148	41,278	9,998	25,808								
1987	62	136,484	1,660			858			25,166	4,228	173	33,597	5,981	24,473								
1988	63	135,501	2,496			507			6,717		129	15,438	3,303	15,363	21,308	2,005	112					
1989	1	134,575	613			61			555		86	2,360	1,194	5,632	19,137	4,048	610	31				
1990	2	133,418	1,785			6			42		65	235	424	1,510	15,988	2,957	523	41				
1991	3	133,641	1,469								38		158	505	15,518	1,982	268	9	185			
1992	4	149,549	884								12		35	290	15,547	1,500	246	3	256			
1993	5	159,228	1,171								3		19	43	13,881	1,278	180	10	259			
1994	6	162,378	621						2						6,210	798	37	1	91	53		
1995	7	153,682	298												2,366	420	22	2	41	8		
1996	8	147,146	984												660	108	11		19			
1997	9	147,047	203												82	147						
1998	10	129,205	154												10	2						
1999	11	125,893	318												2	0						
2000	12	123,543	394												0	0						

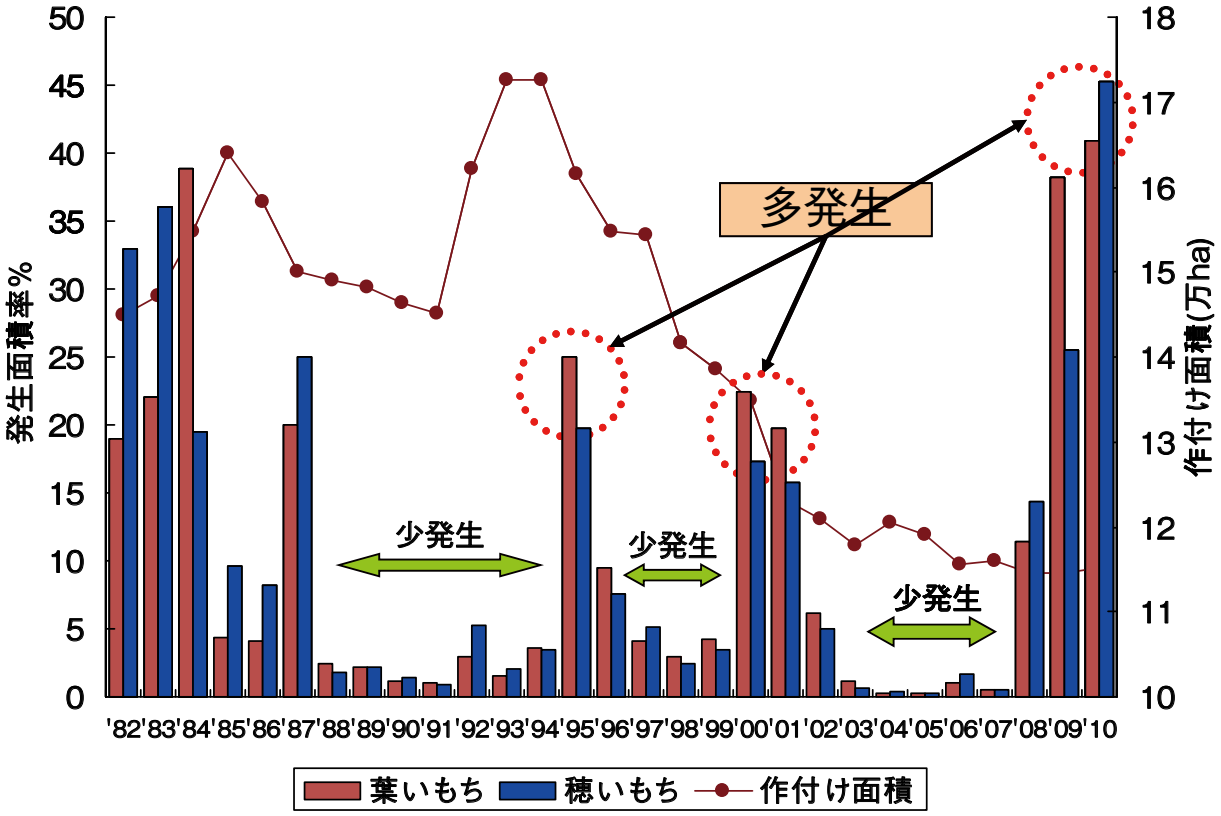
水稲うるち品種別作付面積推移ー６（ha）

西暦	昭和	うるち計	その他	ゆきひかり	きらら397	彩	ほのか224	ゆきまる	ほしのゆめ	あきほ	はなぶさ	初雫	吟風	あやひめ	ほしたろう	ななつぼし	ふっくりんこ	大地の星	おぼろづき	彗星	ほしまる	ゆめぴりか	
1985	60	153,894	1,477	12,938																			
1986	61	148,893	910	17,507	25,000		赤色の数値は、品種育成時の普及見込み面積を表す																
1987	62	136,484	1,660	34,140																			
1988	63	135,501	2,496	64,103	945																		
1989	1	134,575	613	70,681	26,828																		
1990	2	133,418	1,785	62,449	45,870	300	2,000																
1991	3	133,641	1,469	53,670	56,731		2,318																
1992	4	149,549	884	58,780	68,694	235	2,208																
1993	5	159,228	1,171	63,963	75,522	145	2,100	20,000	38,000	40,000	8,000	1,000	500	2,000	13,000	10,000	800	1,200	4,500	1,000	4,500	10,000	
1994	6	162,378	621	74,060	72,832	92	969	6,237															
1995	7	153,682	298	59,387	79,114	186	1,288	10,221															
1996	8	147,146	984	35,809	92,694	394	1,067	13,240	945	1,032													
1997	9	147,047	203	13,275	92,172	356	677	10,663	12,269	17,109													
1998	10	129,205	154	1,625	84,430	312	47	5,268	24,382	12,885	69	8											
1999	11	125,893	316	472	72,971	285	16	3,006	39,942	8,097	766	20											
2000	12	123,543	394	497	73,299	401	16	1,856	40,202	6,064	649	31	80		53								
2001	13	111,774	306	468	71,682	516	19	979	31,314	4,317	977	32	147	22	916	36							
2002	14	110,608	422	363	71,338	396	17	648	27,336	3,051	223	29	184	594	2,307	3,700							
2003	15	108,663	387	269	63,562	187		379	28,291	2,421	36	24	236	698	2,208	9,900	22	43					
2004	16	110,904	603	175	48,811	165		188	38,735	966	20	16	240	743	1,635	17,101	109	1,397					
2005	17	109,410	1,077	144	48,883	168		80	35,999	469	12	10	177	858	862	18,642	314	1,438					
2006	18	106,315	1,249	156	45,155	116		0	29,073	196	19	12	181	625	264	25,504	415	1,547	1,792	11			
2007	19	107,207	1,261	174	43,489	86			24,424	74	0	8	209	586	36	29,679	1,711	1,428	3,810	37	193		
2008	20	105,900	1,390	164	36,965	76			18,771				197	400		37,245	3,385	916	6,069	60	245	50	
2009	21	106,267	1,446	149	33,942	88			13,171				198	308		42,407	4,245	688	6,253	70	317	2,985	
2010	22	106,873	1,753	137	32,441	90			10,480				161	274		43,699	4,956	812	5,851	55	439	5,725	
2011	23																						
2012	24																						
2013	25																						
2014	26																						
2015	27																						
2016	28																						
2017	29																						
2018	30																						
2019	31																						
2020	32																						
2021	33																						

資料３　水稲もち品種別作付面積推移－１（ha）

	昭和	もち計	その他	栗柄糯	厚別糯	黒糯	島田糯	改良糯１号	松本糯	山崎糯	寺林糯	長沢糯	渡島糯	栄糯	功糯	チンコ糯	神力糯	北糯	南糯	ハシリモチ	福糯
1,928	3	13,836	4,770	3,580	3,161	1,302	1,024														
1,929	4	15,461	5,396	4,350	3,250	1,328	1,138														
1,930	5	16,905	4,860	4,597	3,807	1,356		1,411	874												
1,931	6	16,363	4,650	4,477	2,769	1,149		2,443	936												
1,932	7	17,316	4,113	4,554	2,088	735		5,088	738												
1,933	8	20,329	4,438	5,898	2,148			6,343	637	865											
1,934	9	19,460	4,363	4,899	1,849			6,270		1,447	632										
1,935	10	18,557	3,083	5,171	1,492			6,648		1,636	527										
1,936	11	19,235	2,731	5,877	1,316			7,104		1,754		453									
1,937	12	18,557	4,307	3,054	1,275			7,356		2,154		231									
1,938	13	18,415	2,764	5,061	1,016			7,172		2,171		231									
1,939	14	20,073	5,170	4,517	1,168			7,098		2,121											
1,940	15	21,052	7,080	3,763				8,166		1,843											
1,941	16	24,824	－	－	－			－		－											
1,942	17	24,267	3,213	2,506	1,155			11,234		1,975			4,184	3,192							
1,943	18	24,404	3,633	2,948	1,087			11,352		2,219											
1,944	19	21,097	－	－	－			－		－				－							
1,945	20	16,606	3,206	2,195				4,788		1,500				2,317	2,600						
1,946	21	14,151	2,487	1,696				5,424		1,335				1,804	1,405						
1,947	22	15,251	4,033	1,820				4,961		1,435				2,022	980						
1,948	23	15,251	4,628	1,944				3,945		1,624				2,102		1,008					
1,949	24	14,979	3,118	1,864				4,790		1,684				2,332	1,186						
1,950	25	13,062	4,185	1,354				2,992		1,358				2,266	907						
1,951	26	12,673	6,402	1,001				1,588		979				1,814	887						
1,952	27	13,700	6,253					895		665				1,204			951				
1,953	28	15,030	4,347					381						604	426		647				
1,954	29	14,658	3,018	256						237				291				271			
1,955	30	16,712	2,942											226				382	252		
1,956	31	18,433	3,482					142						200				548	222		
1,957	32	16,619	4,405					138						271				608	275		
1,958	33	17,361	4,548															519	257	1,146	196
1,959	34	15,706	4,537											94				417	302	806	
1,960	35	13,224	2,401															212	302	417	
1,961	36	10,887	1,816															119	257	228	
1,962	37	10,523	1,336															69	209	127	
1,963	38	12,441	1,221															40	131	113	
1,964	39	12,647	1,137															40	130	69	
1,965	40	13,401	836																116		

資料４　北海道におけるいもち病の年次別発生状況



北海道の米づくり（2011年版）章立て	執　　筆　　者	
Ⅰ　米を巡る情勢と将来方向	北海道農政部食の安全推進局農産振興課	
Ⅱ　北海道稲作の生い立ちと水稲生育の特徴	道南農業試験場技術普及室 上席普及指導員	岩田　俊昭
Ⅲ　水稲地帯別作付け指標と品種特性		
1．基本的考え方	道総研中央農業試験場生産研究部水田農業グループ 研究主幹	丹野　　久
2．品種変遷に伴う改定		
3．新たな水稲地帯別指標		
4．奨励品種の主要特性と栽培上の注意事項(表)	道総研中央農業試験場生産研究部水田農業グループ 研究職員	其田　達也
(文)	道総研中央農業試験場生産研究部水田農業グループ 研究職員	木下　雅文
5．北海道の水稲品種改良の現状と将来	道総研上川農業試験場研究部水稲グループ 主査	平山　裕治
Ⅳ　種子増殖	北海道米麦改良協会・ホクレン米穀部米穀生産課	
Ⅴ　北海道の水田土壌の特徴	道総研農業研究本部企画調整部地域技術グループ 主査	渡邊　祐志
Ⅵ　北海道の気象条件の特徴		
1．水田地帯における気象の特徴	北海道農政部食の安全推進局技術普及課 主査	田口　章一
2．気象条件の緩和対策		
3．温暖化評価	道総研中央農業試験場生産研究部水田農業グループ 研究主幹	丹野　　久
Ⅶ　米の品質食味		
1．米の品質について	北海道米麦改良協会	
2．外観品質を左右する要因と向上対策	道総研上川農業試験場研究部生産環境グループ 主査	五十嵐俊成
3．食味を決める要素	道総研中央農業試験場作物開発部農産品質グループ 研究主幹	柳原　哲司
4．食味評価法		
5．食味の向上対策		
6．食味分析事業	北海道米麦改良協会	
7．衛星タンパクマップの活用	道立総合研究機構連携推進部 主幹	安積　大治
8．もち米品質	道総研中央農業試験場作物開発部農産品質グループ 研究主幹	柳原　哲司
9．酒米品質と品質向上対策	道総研中央農業試験場生産研究部水田農業グループ 研究主任	佐々木　亮
10．冷凍加工用米飯向け品質	道総研中央農業試験場作物開発部農産品質グループ 研究主幹	柳原　哲司
Ⅷ　水稲移植栽培技術		
1．土壌管理と施肥技術	道総研農業研究本部企画調整部地域技術グループ 主査	渡邊　祐志
2．育苗と移植	道総研上川農業試験場研究部地域技術グループ 研究主幹	古原　　洋
3．初期生育・栄養生長期間の管理		
4．幼穂発育期間の管理		
5．登熟期間の管理		
6．雑草防除		
7．病害防除	道総研中央農業試験場病虫部長	田中　文夫
8．虫害防除	道総研中央農業試験場病虫部クリーン病害虫グループ 研究主幹	橋本　庸三
9．収穫及び乾燥・調製	道総研中央農業試験場生産研究部長	竹中　秀行
Ⅸ　冷害の発生と対策	道総研中央農業試験場生産研究部水田農業グループ 研究主幹	丹野　　久
Ⅹ　直播栽培技術	道総研農業研究本部企画調整部長	田中　英彦
Ⅺ　田畑輪換	道総研農業研究本部企画調整部地域技術グループ 主査	渡邊　祐志
Ⅻ　環境保全対策		
1．水質汚染および温室効果ガス	道総研中央農業試験場農業環境部栽培環境グループ 研究主幹	日笠　裕治
2．環境に配慮した農薬の使用	道総研中央農業試験場病虫部長	田中　文夫
ⅩⅢ　クリーン農業と稲作		
1．はじめに	道総研中央農業試験場病虫部長	田中　文夫
2．無・減化学肥料栽培技術	道総研中央農業試験場農業環境部栽培環境グループ 研究主幹	日笠　裕治
3．無・減除草剤栽培技術	農総研上川農業試験場研究部地域技術グループ 研究主幹	古原　　洋
4．無・減殺菌殺虫剤栽培技術	道総研中央農業試験場病虫部長	田中　文夫
5．安全・安心な米づくりの推進		
6．安全・安心な米づくりの実際		
ⅩⅣ　資 料 集	北海道米麦改良協会	

北海道の米づくり［2011年版］

2011年６月　発行

編集および発行
社団法人　北 海 道 米 麦 改 良 協 会
〒060-0004　札幌市中央区北４条西１丁目
共済ビル５階
電話 011-232-6495
FAX 011-232-3673
E-mail：beibaku@basil.ocn.ne.jp
ホームページ：http//www.beibaku.net

印　　刷
富士プリント株式会社
〒064-0916　札幌市中央区南16条西９丁目
電話 011-531-4711