

良質・良食味米安定生産・出荷のための栽培技術
—産米のタンパク質含有率低下、売れる米づくりを目指して—

I

令和5年の水稲(うるち米)の生育経過と本年の取組について
全道総括編

1 気象と水稲の生育経過

2 作柄の概況

3 品質低下要因

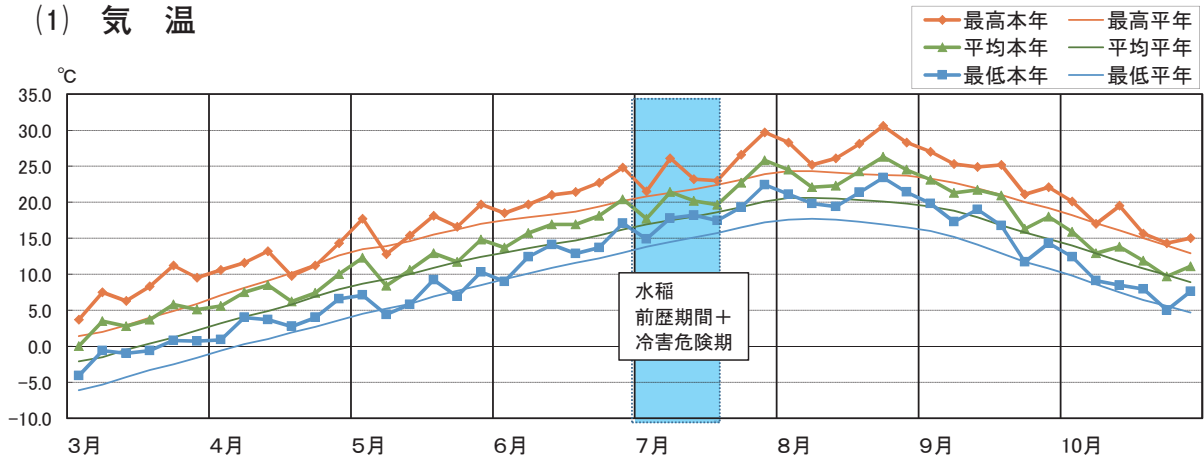
4 「令和5年産米の品質実態調査」より

5 高温登熟への対応方策

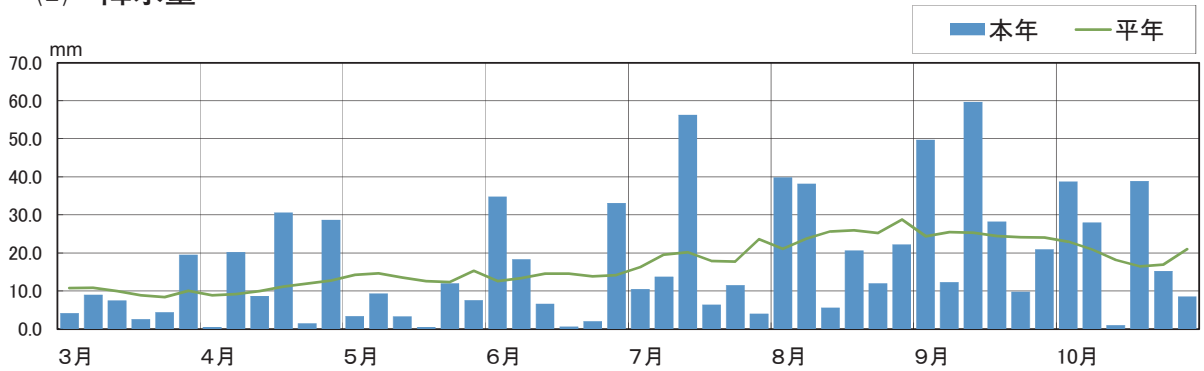
執筆：北海道農政部生産振興局 技術普及課 道南農業試験場駐在
上席普及指導員 李家真理（農業革新支援専門員）

1 気象と水稲の生育経過

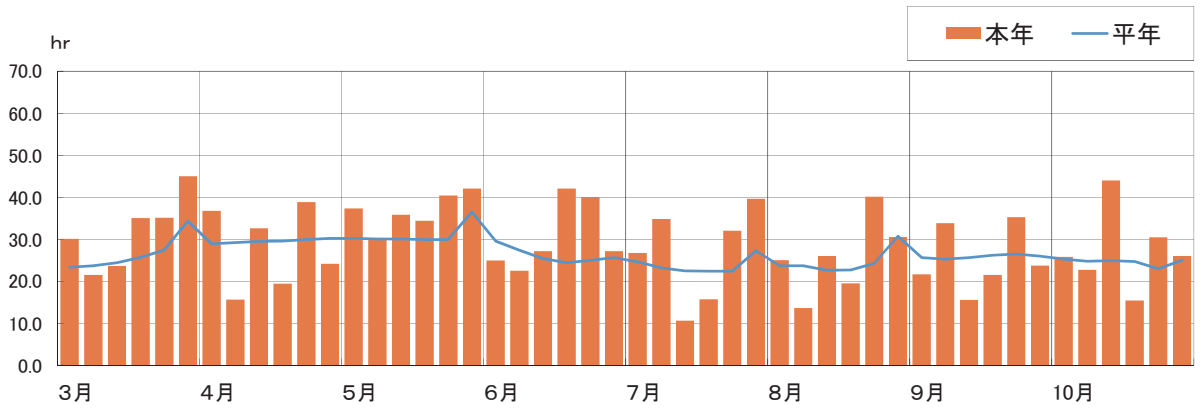
(1) 気温



(2) 降水量



(3) 日照時間



[札幌管区気象台管内22地点観測点平均]

2 作柄の概況

令和5年における北海道米の作柄は、全道各地で平年作を上回り5年連続の豊作となった。北海道農政事務所公表による全道の10a当たり平均収量は579kg（作況指数104）であった。地帯別では、渡島・檜山（106）、オホーツク・十勝（109）の2地帯で「良」、主産地の空知、上川を含め7地帯で「やや良」となった（図1）。

また、外観品質は、記録的な高温の影響もあり白未熟粒等が混入し、整粒歩合の低下が見られている。

「令和5年産米の農産物検査報告（速報値）11月30日現在（農林水産省公表）」によると、検査総数量のうち1等米の割合は、北海道産の水稻うるち玄米で87.4%、水稻もち玄米で95.9%となった。また、低タンパク米（白米のタンパク質含有率6.8%以下）の割合は、例年より低い状況となった。

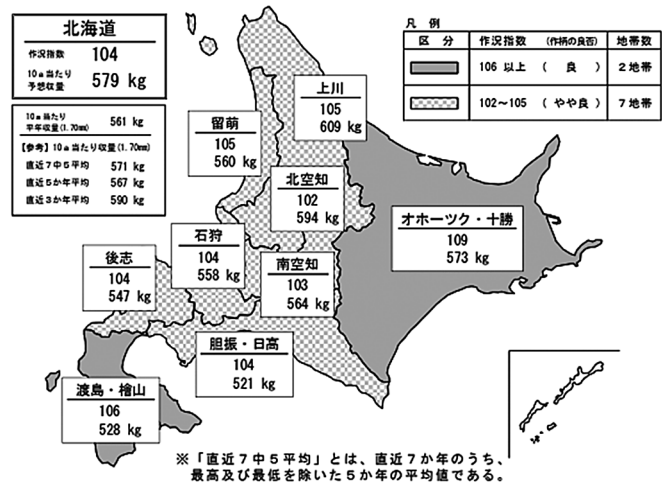


図1 地帯別10a当たり収量

（令和5年12月12日公表、収量はふるい目幅1.7mm、作況指数は1.9mmふるい目幅で選別、北海道農政事務所）

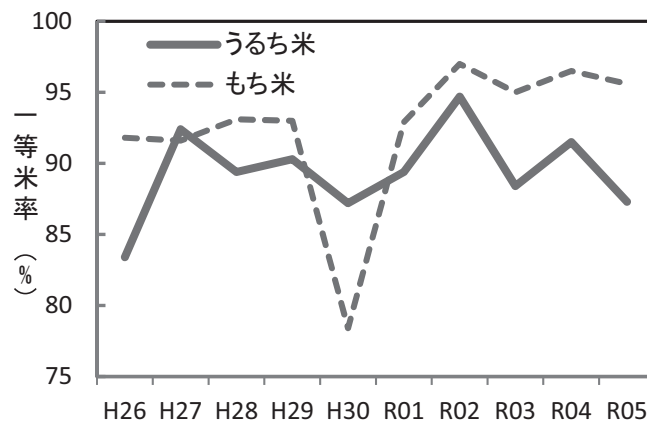


図2 年次別の1等米率

（北海道農政事務所、米穀検査報告より令和5年11月30日現在）

3 令和5年、生育の特徴

(1) 融雪状況と春耕期

各地の根雪終日は、旭川3月23日（早15）、岩見沢3月28日（早9）、留萌3月13日（早18）、函館3月6日（早4）と平年より早くなった（表1）。また、融雪後も好天に恵まれ、ほ場の乾燥が進み、耕起作業は平年対比で3日早く行われた（表2）。

表1 令和5年 各地の根雪終日
(アメダス地点)

区分	長期積雪(根雪)終日		
	令和5年	平年	差(日)
札幌	3月20日	4月5日	早16
旭川	3月23日	4月7日	早15
岩見沢	3月28日	4月6日	早9
留萌	3月13日	3月31日	早18
函館	3月6日	3月10日	早4

(2) は種作業から移植作業まで

は種作業は平年並に行われ、出芽も良好であった（表2）。その後、5月は総じて好天で経過し、移植時の苗質は地上部乾物重が重く、良質な苗を確保することができた（図3）。また、移植作業も平年並（移植期、早1）に行われた（表2）。

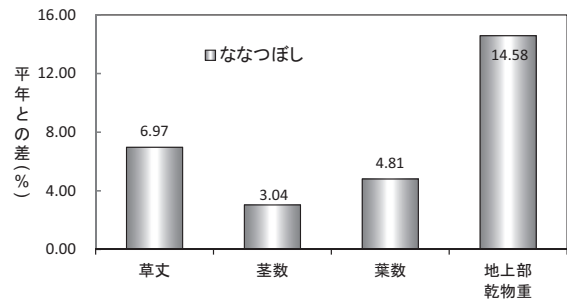


図3 移植時苗質の平年比較
(中央、上川、道南3農試の平均値)

移植後は空知、檜山、留萌地域で、低温および風の影響により、植え傷みが見られたものの、活着は総じて平年並であった（表2、図5）。

(3) 分けつ始から幼穂形成期

6月上旬は日照不足気味であったが、生育への影響は最小限であり、分けつ始は6月4日で平年並となり、6月15日現在の茎数も、233本/m²で平年対比で98%を確保することができた（表2、図4、5）。

6月中旬からは多照となり、植え傷みの見られたほ場の生育も回復し、分けつ発生が盛んとなった。6月下旬は高温・多照で経過し、分けつが旺盛となった。このため、7月1日の茎数は609本/m²と、平年対比で12%多くなった（図4）。また、幼穂形成期は6月27日と平年対比で3日早く迎えることができた（表2）。

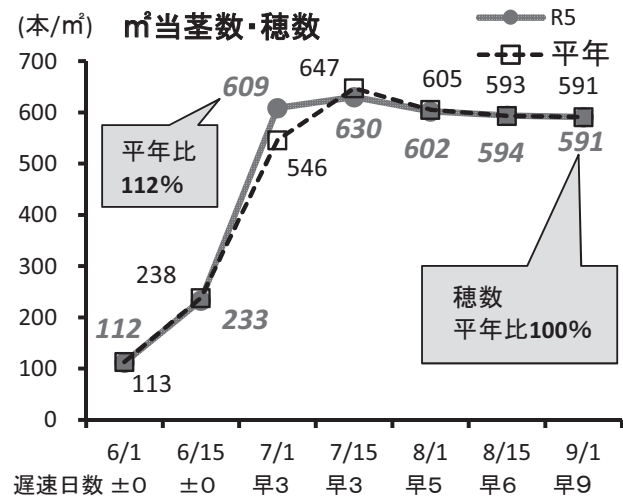


図4 令和5年 全道の茎数・穂数の推移
※農政部農作物生育状況調査より

表2 全道の作業期節と生育期節（令和5年農政部農作物生育状況調査より）

	作業期節				生育期節						
	は種期	耕起盛期	移植期	収穫期	出芽期	活着期	分けつ始	幼穂形成期	止葉期	出穂期	成熟期
空知	+1	+2	+1	+10	+1	±0	±0	+3	+4	+5	+10
石狩	±0	+2	±0	+7	±0	±0	±0	+3	+4	+6	+13
後志	±0	+3	+1	+10	+3	+1	+3	+3	+4	+5	+12
胆振	±0	±0	+1	+9	▲1	+1	+2	+4	+5	+6	+11
日高	+1	▲1	±0	+9	+1	▲1	▲1	+3	+4	+6	+13
渡島	±0	+2	+1	+5	▲1	±0	±0	+2	+3	+5	+10
檜山	±0	+11	+1	+7	+1	+2	±0	+4	+5	+8	+15
上川	+1	+2	+1	+7	±0	±0	±0	+2	+2	+3	+8
留萌	±0	+3	+1	+6	±0	+1	▲3	+2	+3	+3	+8
オホーツク	▲1	+3	+1	+13	▲1	±0	±0	+4	+3	+4	+10
全道平均	4/19	4/29	5/21	9/17	4/25	5/27	6/4	6/27	7/13	7/23	9/3
遅速	+1	+3	+1	+8	±0	±0	±0	+3	+3	+4	+10

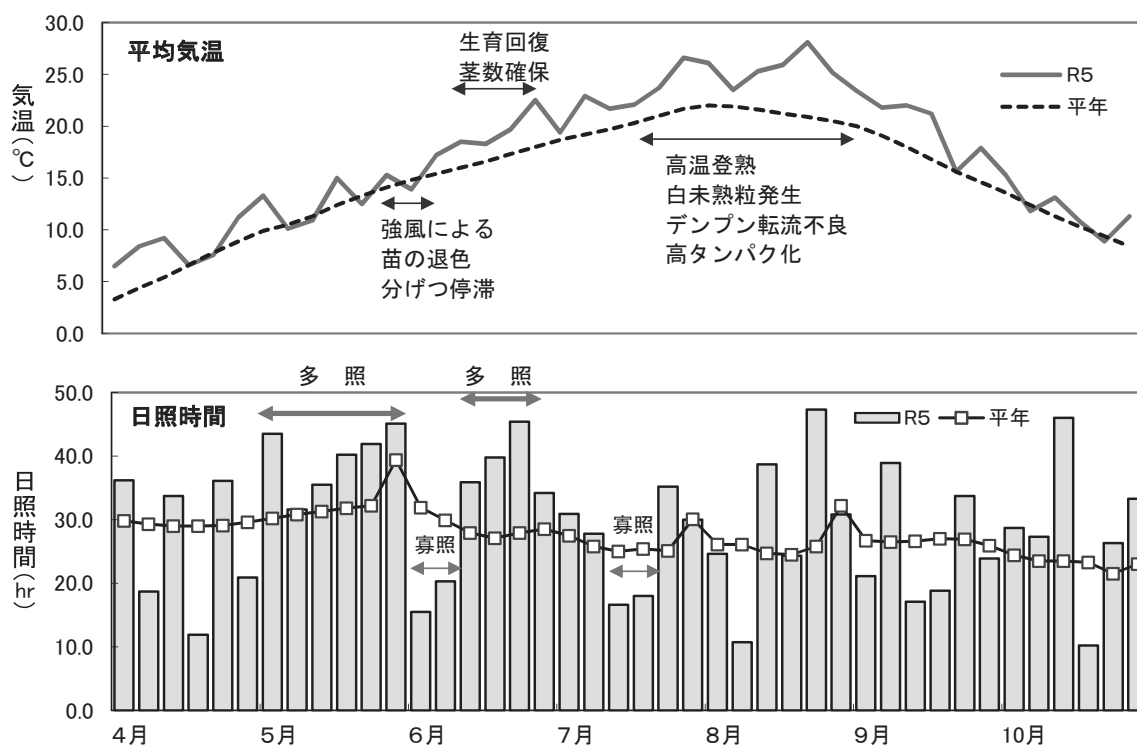


図5 令和5年 水稻生育期間の気象経過（平均気温・日照時間：岩見沢アメダス）

(4) 幼穂形成期から成熟期

7月に入ってから高温傾向は継続し、最高分けつ期の前進化が見られ、7月15日の茎数は630本/m²と、平年対比で3%少なくなった（図4）。幼穂形成期前に確保した分けつが主であることと、その後の高温により生育は順調であったことから、穂揃性は良好となった。

その後、記録的な高温状態が継続したため、生育は早まり出穂期は7月23日で、平年対比で4日の早となった（表2）。そして、開花・初期登熟も順調に進んだ。しかし、8月中旬の台風の接近により、各地で倒伏が発生し、その後も風雨の度に倒伏面積の拡大が見られた。8月中旬以降も記録的な高温が継続したため、登熟は進み成熟期は9月3日で平年対比で10

日の早となった（表2）。

(5) 収量構成要素および決定要素の状況

収量構成要素について、 m^2 当穂数は地域間差が大きいものの、全道平均では平年対比100%を確保した。しかし、一穂粒数が3%程度少なく、稔実歩合はほぼ平年並であったものの、 m^2 当稔実粒数では2%程度少なく、収量構成要素はやや不足する年となった。

また、千粒重は平年並であったが、登熟歩合の低下により、収量は3.5%少なくなった（図6）。

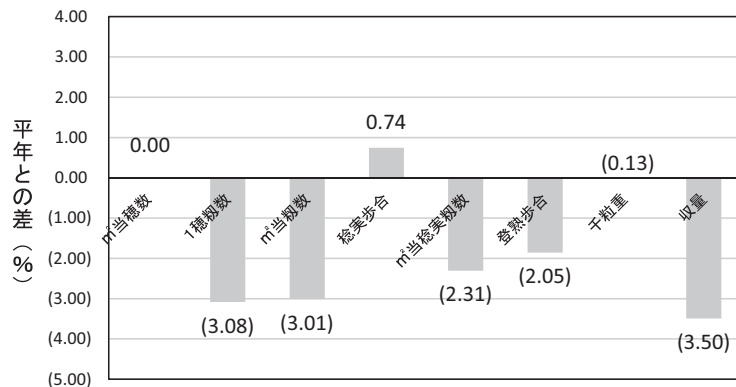


図6 収量決定要素・決定要素の平年差（令和5年農政部農作物生育状況調査より）

4 品質低下要因

(1) 穂数確保について

令和5年は融雪が早く、育苗期間も好天に恵まれた。このため、各地で健苗の適期移植が実施され、活着や初期生育はほぼ順調であった。しかし、前述のとおり m^2 当穂数は、全道平均で平年並を確保するにとどまった（図4、6）。これは、6月中旬からの高温・多照により、生育ステージが早まり、幼穂形成期の前進化が見られたことが主な要因と考えられる。栄養生長から生殖生長への移行が早く、分けつが十分に確保できない地帯や、6月中に分けつを確保したものの、著しい無効化が見られ、7月15日の茎数は、平年よりかなり少なくなる地帯が一部で見られた。本現象は平年であれば、初期茎数の確保が良好な地帯で顕著に表れる傾向が見られた。

(2) 倒伏の多発について

ア 稲の生育における「稈（かん）」の重要性

稈は稲体を構成する葉、分けつ、根、穂のもとを作りこれを生長させる。いわば、稲の生長の源となっている器官である。稈は節と節間か

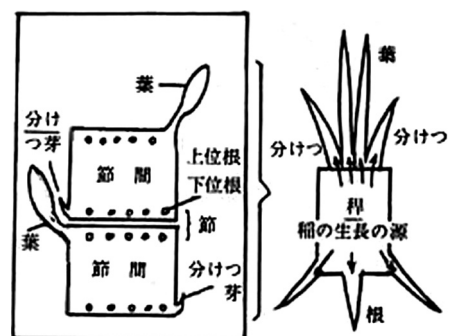


図7 稈の模式図～稲の各器官は稈の節部から生まれる～

（北海道の稲作技術，生育と診断①P81より）

らなり、節間は幼穂形成期に入ると伸長を始め、一般的な稈としての外観をなすようになる(図7)。生殖生长期間の稈は、①節間伸長で穂を押し上げて出穂させること、②受精後は登熟のための養分を穂に送り込むこと、③地上部の骨格として稲体を支えることなど非常に重要な役割を果たしている。

イ 令和5年の稈質について

前述のとおり、節間は幼穂形成期(令和5年は6月27日)を迎えると伸長を始めるが、本年は7月前半が高温(高夜温)で経過し、日照不足となる期間もあった(図8、7/11頃囲い部分)。このため、急激な節間伸長が見られ、特に下位節間の徒長があったと考えられる。

表3に示すとおり、7月1日の草丈は平年対比で4cm、7月15日では7.3cmも長くなった。この下位節間の徒長は、稈質を弱める(=倒伏の発生が増える)とともに、登熟期の穂へのデンプン転流能力も低下させたものと推察される。そして、7月下旬からの猛暑に見舞われた(図8)。暑熱ストレスを受けたのか、下位節間の徒長によるものなのか、原因は特定できないが、草丈の伸長は徐々に鈍化し、9月1日の稈長は、平年対比で0.8cm長くなるにとどまった(表3)。

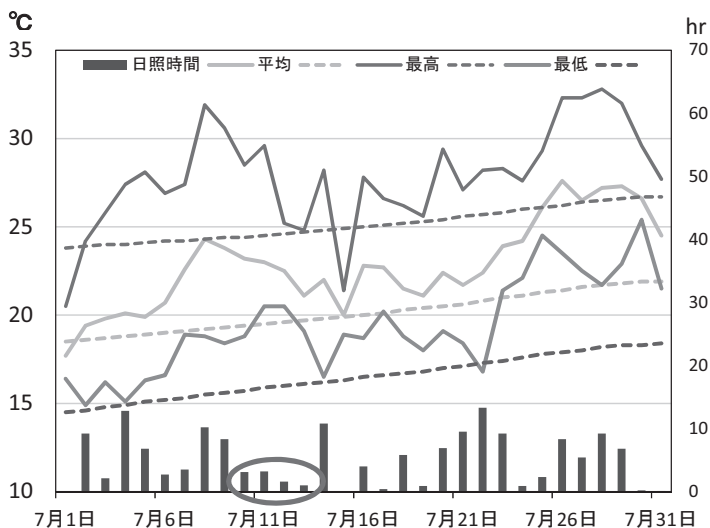


図8 令和5年7月の気温と日照時間(岩見沢アメダス)

表3 草丈・稈長の推移(令和5年農政部農作物生育状況調査より)

	6/1	6/15	7/1	7/15	8/1	8/15	9/1
R5	19.1	30.2	46.2	71.1	90.1	90.8	72.6
平年	19.1	29.6	42.2	63.8	85.4	89.4	71.8
平年差	0.0	0.6	4.0	7.3	4.7	1.4	0.8

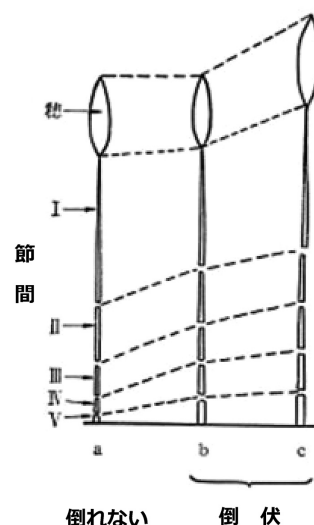
※単位:cm, 9/1の値は稈長

ウ 倒伏の多発要因

稲の倒伏は登熟期、つまり稈が伸びきった後に起こることがほとんどである。倒伏は地際(下位節間)で稈が折れ曲がることであり、稈の上部が折れることは少ない。倒伏した稲と倒れなかった稲の各節間の長さを比較すると一般的には図9の様になる。

また、稲の倒伏抵抗力には稈の強度だけではなく、それを包んでいる葉鞘の強さも関係していると言われる。葉鞘は葉が枯れると著しく弱るが、本年は8月の猛暑の影響により、登熟中期から茎葉の枯れ上がりが見られた(写真1、2)。

このように、稈、葉鞘とも脆弱になったところに、風雨や病害(いもち病、紋枯病(疑似紋枯症含む))が追い打ちをかける形となり、倒伏の多発に至ったものと考えられる(写真3、4)。



倒れない 倒伏

図9 イネの生長

(星川清親著、P155より)



写真1 倒伏株の様子 (R5, 9. 11撮影)
株元が枯れ上がっている



写真2 写真1の株のアップ (R5, 9. 11撮影)
茎が風乾された様になっている



写真3 節いもちによる倒伏
(R5, 8. 23撮影)



写真4 紋枯病 (疑似紋枯症含む) による倒伏 (R5, 8. 23撮影)

エ 下位節間の調査結果より (農研本部技術普及室調査)

- ① 節間は倒伏株がやや長い傾向となった (表4、写真5)。折損部分は第四節間 (地際) ではなく、第三節間が多かった (写真6)。
- ② 第三節間をよく観察すると、葉鞘が腐敗し、稈質を支える剛直な質感が失われていた。
- ③ また、調査株によっては疑似紋枯症と思われる症状が併発し、より稈質を弱め、第三節間から折れているように観察された。さらに、上位節ではあるが、節いもちと思われる症状があり、折れている株も多かった (写真7)。

表4 下位節間の調査結果
(農研本部技術普及室調査)

	第四節間長 (地際部,cm)	第三節間長 (第四の上,cm)
倒伏株	2.8	11.5
健全株	1.3	7.6

※品種: 「ななつぼし」
※採取場所 中央農試稲作試験地予察田



写真5 徒長が見られる第四節間
(農研本部技術普及室原図)



写真6 第三節間の折損
(農研本部技術普及室原図)



写真7 節いもちによる折損
(農研本部技術普及室原図)

(3) 一穂粒数の減少要因について

穂数が少ない分、収量の補償作用により、一穂粒数の増加が期待されたが、平年対比で3%以上少ない結果となり、稔実粒数が不足した(図6)。これは、前述の急激な節間伸長や同化産物の消耗等と密接な関係があると考えられる。

節間の徒長は、稈質を弱めるとともに、稈へのデンプンの蓄積量も低下させてしまう。また、7月の夜温が非常に高かったため、稲体の呼吸作用が増大し、幼穂への養分転流がスムーズに行われなかったと考えられる。また、上川農業試験場の調査によると、6月20日時点の茎数が多くなると一穂粒数が減少することが分かっている(図10)。これらにより、伸長中の幼穂の栄養状態が悪化し、一穂粒数の増加が阻害されたものと推察される。

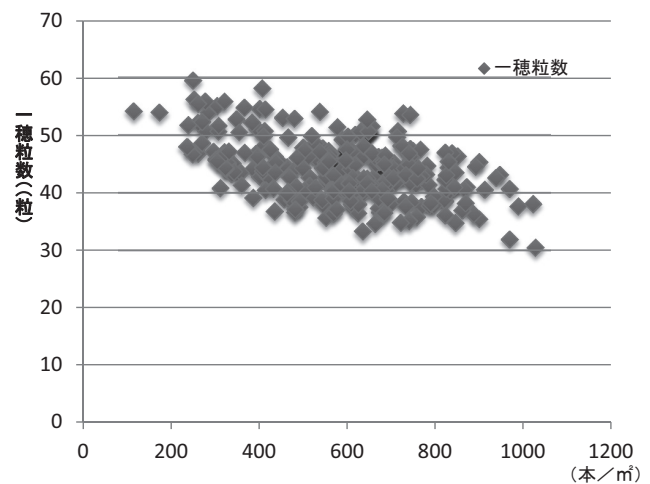


図10 6月20日の茎数と一穂粒数の関係
(道総研上川農業試験場「ゆめぴりか」、H21~25年)

(4) 白未熟粒の多発要因

北海道では近年、登熟期の高温によって腹白米、乳白米、心白米、背白米など、いわゆる白未熟粒が発生し、色彩選別機による選別作業の結果、歩留まりの低下など生産者所得が低下する年が増加している。

これまで、北海道における白未熟粒の発生は、日照不足に伴うもの、多肥栽培によるものなど、発生要因は本州の高温障害とは異なるものが主体であった。しかし、令和5年はこれまで経験した事の無い猛暑となり、初めて本州型の高温障害に遭遇したと考えられる。このことにより、北海道米は玄米等級の低下、屑米の増加による減収、加えて、タンパク質含有率の上昇という三重苦となっている。

ア 白未熟粒発生メカニズム

白未熟粒は、粳へのデンプン蓄積の低下や異常により、デンプン粒の形成が未熟で隙間を生じるために乱反射が生じ、白濁して見えると考えられている。正常な胚乳中ではデンプン粒が隙間なくつまっているため透明性がある。白未熟粒は白濁部の部位や形態で見ると多様である(図11)。

種類	乳白粒	心白粒	腹白未熟粒	背白粒	基部未熟粒	青死米	白死米
白濁部位	横断面にリング状	横断面に平板状または紡錘状	腹部	背部	基部	大部分	大部分
白濁程度	粒平面の1/2以上	粒平面の中心に1/2以上	粒長2/3以上かつ粒幅1/3以上	粒長2/3以上かつ粒幅1/4以上	粒長1/5以上	粉状質、緑色	粉状質、白色

図11 白未熟粒・死米の分類

(平成29年指導参考事項「北海道米の白未熟粒・死米の発生要因と軽減方策」道総研上川農業試験場研究部生産環境グループ)

胚乳内のデンプンはおおまかには①中心部から蓄積が始まり、②周辺部、③腹部、④背部、⑤基部へと蓄積が進むことから推定すると、デンプン蓄積の低下・異常の時期の違いが白濁部位の違い、白未熟粒のタイプの違いに現れていると考えられる(図12)。

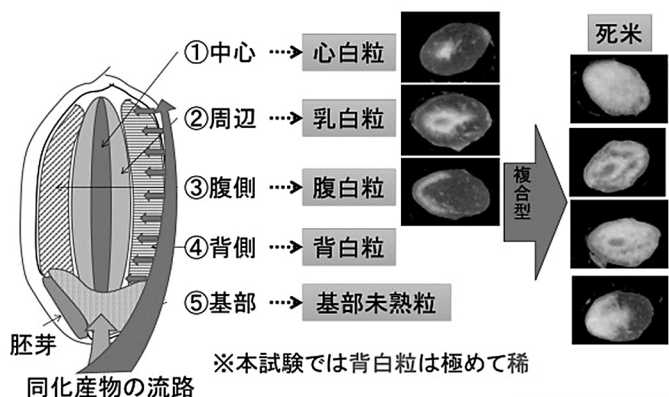


図12 デンプン蓄積の順序

(平成29年指導参考事項「北海道米の白未熟粒・死米の発生要因と軽減方策」)

(道総研上川農業試験場研究部生産環境グループ)

白濁: 同化産物の供給不足によるデンプン充実不良
 部位: 一時的に不足した時期に対応

イ 白未熟粒発生 の 弊害

白未熟粒の多発は、精米や吸水時の碎けにより、製品歩留まりと食味の低下を招く。このため、実需からは敬遠されるとともに、生産者にとっても落等による収入減少と、産地評価の低下につながる重大な問題となる。

ウ 白未熟粒の発生要因

① 令和5年の猛暑を振り返る

昨夏は太平洋高気圧に覆われる日が多く、南から暖かく湿った空気が流れ込み続けた。このため、全道的に気温が記録的に高くなり、日本海側、太平洋側の月平均気温の平年差は、8月としての極値を更新した（1946年統計開始）。日々の気温も記録的に高く、61か所のアメダス地点で猛暑日を観測した。

例年であれば、8月始め頃には勢力を弱め始める太平洋高気圧が、昨夏は平年より西に張り出し続けた（図13）。この高気圧の縁に沿って、南の暖かい空気が北陸や北海道に流れ込み続けたことが猛暑の原因となった。

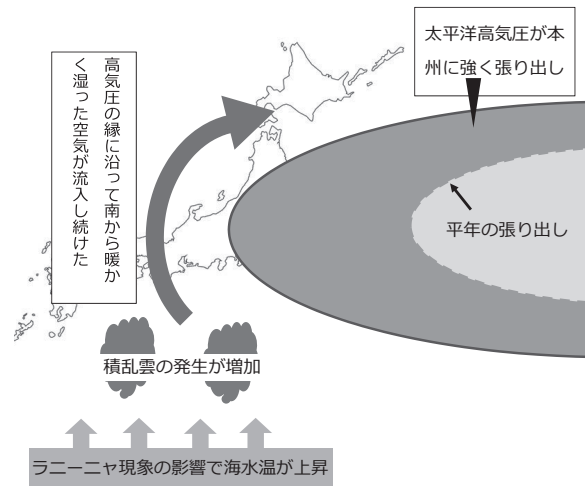


図13 令和5年猛暑の要因模式図

② 7～8月の気象経過

図14のとおり、7～8月は厳しい高温に見舞われ続けた。特に、お盆以降に気温が最も高くなるなど特異的な経過が見られた。

一般的に白未熟粒が発生しやすい基準温度は、①出穂期後 20日間の最高気温の平均で32℃以上、②平均気温の平均で26℃以上、③最低気温の平均では23℃以上と言われる。

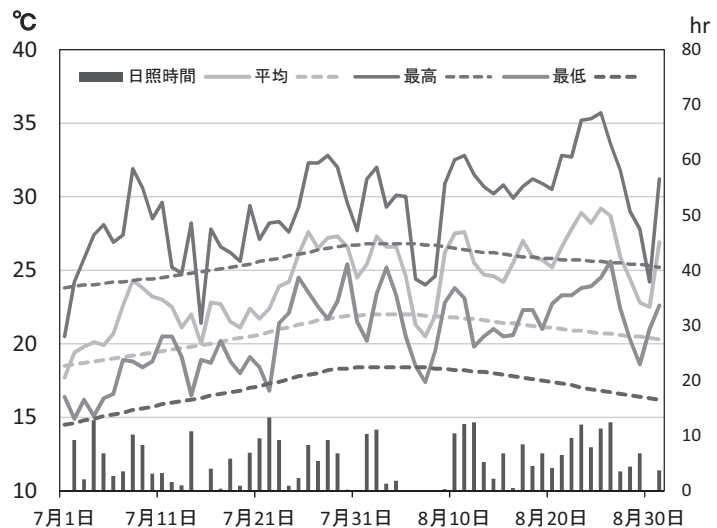


図14 令和5年7～8月の気温と日照時間(岩見沢アメダス)

また、心白・乳白粒は出穂後10～15日の高温により発生し、平均気温が26℃を越えると急激に増加する（図15）。本年の出穂期を7月23日とし、岩見沢アメダスの平均値を求めてみると、それぞれ、①29.8℃、②25.6℃、③22.1℃となり、平均気温や最低気温は、白濁の発生が急増する温度帯であったことが推察される。

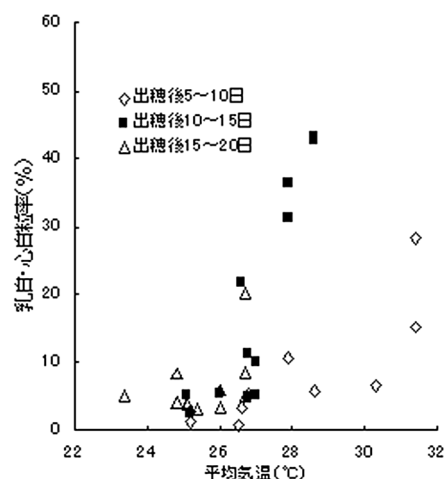


図15 高温処理時期別平均気温と乳白・心白粒率

(農研機構、平成14年度)

③ 北海道米の白未熟粒・死米の発生要因と軽減方策（平成29年指導参考事項）より

一般に白濁は、光合成の場であるソース、すなわち茎葉と、デンプン蓄積の場であるシンク、すなわち籾との間で、同化産物の分配にアンバランスを生じた結果と捉えられる。具体的には、㎡当たり籾数の過剰、穂揃い性の不良、1 籾当たり登熟温度の不足等で助長される。本指導参考では、これらは窒素施用量の遵守、深水管理、健苗育成、栽植密度の適正化などの従来の基本栽培技術で軽減できるとされている（表5）。

前述のとおり、非常に厳しい高温条件下で、これらの基本技術対策に遺漏があり、倒伏の発生等が伴ったとすれば、白未熟粒の発生は免れなかったものと推察される。

表5 北海道米の白未熟粒・死米の発生要因と軽減方策

形質	発生要因	対策	内容・留意点
乳白粒 腹白粒	籾数過剰	適正施肥	・施肥標準の遵守および診断に基づく施肥対応（土壌診断、有機物施用、乾土効果に応じた窒素減肥）。
		深水管理	・初期生育過剰の場合は、分けつ期からの深水管理 ¹⁾ で籾数を抑える。
白死米 青死米	穂揃い性不良	1籾当たり登熟温度 ²⁾ の確保(青死米)	・適期移植と初期生育の促進。 ・青死米の発生は1籾当たり登熟温度0.03℃/籾/㎡以下で多い。
		早期異常出穂の抑制	・育苗時の温度管理（2.5葉期以降に25℃以上にしない）。
	品種特性(乳白粒)	栽植密度の適正化	・移植時葉齢上限（ななつぼし：4.0葉、ゆめびりか：4.2葉、きらら397：4.4葉）の遵守。 ・水稲機械移植基準（中苗マット：25本/㎡以上、成苗ポット：22～25本/㎡）の遵守。
基部未熟粒	品種特性	品種選定	・乳白粒の発生は「ゆめびりか」と「きたくりん」で多い。 ・発生は「きたくりん」で多く、出穂後21～40日間の日平均気温の上昇で助長される。

1) 「きらら397」に準じ㎡当たりの茎数が6月15日に300本、20日に400本、25日に575本、30日に750本以上の場合に実施し、倒伏リスクが高まるため施肥標準を遵守する。2) 出穂後40日間の日平均気温積算値/㎡当たり籾数(0.03℃/籾/㎡は960℃/32,000粒/㎡に相当)。

(5) 低タンパク米出荷率の低下要因

本年は、白未熟粒の多発に加え、低タンパク米出荷率の低下も見られている。米粒はデンプンが主成分であり、一般的に80%のデンプンと7%のタンパク質、脂質、ビタミンやミネラルで構成されており、登熟条件によりこれらの配分は異なったものとなる。

つまり、デンプンの転流が悪化すると、相対的にタンパク質の割合が高くなるので、タンパク質含有率は高くなると考えられる。

ア タンパク質含有率の変動要因

これまで、本道では冷害年における不稔歩合の増加により、タンパク質含有率が上昇し、食味や炊飯米の外観品質低下に悩まされてきた。一方、自然条件下で高温に遭遇する機会について、先例は少ないが、人工気象箱を用いた実験では、高温によりタンパク質含有率が上昇することが確認されている。

つまり、タンパク質含有率の温度反応は直線的ではなく、放物線を描くものと推定される(図16)。具体的には、温度がある値以下になるとタンパク質含有率は増加し、逆に、ある値以上となっても、タンパク質含有率は増加する。低タンパク米出荷率の高位安定化には、最適温度が存在するという考え方が成り立つと考えられる。

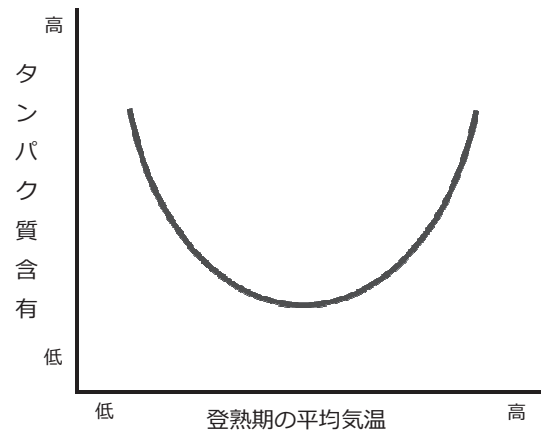


図16 登熟期の平均気温とタンパク質含有率の関係 (イメージ)

イ 高温登熟によるタンパク質含有率の上昇について

令和5年はこれまで経験したことがない猛暑となり、本道において史上初めて、本州型の高温障害に遭遇したと考えられる。これまで、ほ場レベルでの知見はないが、人工気象箱での実験結果は図17のとおりである。

これによると、登熟温度が高いほど、タンパク質含有率が高まっていることが明らかである。また、粒厚が厚いほどタンパク質含有率は低下する傾向にあり、粒の充実が良好なほどタンパク質含有率は低下する結果が得られている。

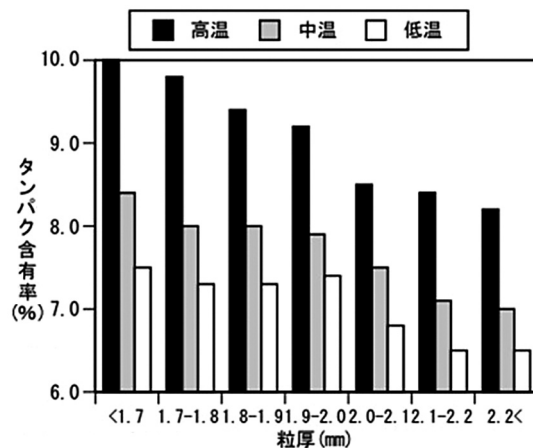


図17 登熟温度と粒厚がタンパク質含有率に及ぼす影響

高温：昼-夜 (29-25℃)、中温：25-21℃、低温：21-17℃ (上川農試、平成12年)

ウ 気候登熟量示数について

令和5年の総籾数は、適正籾数よりもやや少ないレベルとなっており、高タンパク化を招く籾数過剰な状態とは言えなかった(図6)。つまり、籾数レベルは

ほぼ適正であったが、高温条件により登熟が悪化し、高タンパク化につながったと考えられる。

登熟期間の平均気温と、水稻の登熟能力の関係を示す数値として、「気候登熟量示数」がある。気候登熟量示数とは、登熟の効率を示す数字であり、日照1時間あたり登熟量（登熟効率）は平均気温によって変化し、21.4℃の場合に最も高い4.14kg/10aを示す関係式として表される。つまり、21.4℃以上になると、平均気温が高いほど気候登熟量示数は低下し、登熟歩合の低下は窒素玄米生産効率の低下をもたらし、タンパク質含有率が高くなると推定される（図18）。

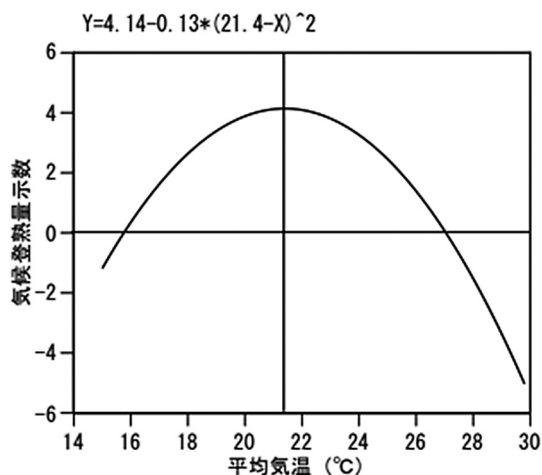


図18 平均気温と気候登熟量示数の関係
(内島ら、1967年)

エ 気候登熟量示数、令和4年との比較について

令和4年は低タンパク質米出荷率が極めて高い年であったが、令和5年と登熟期間の平均気温を比較してみると図19の様になる。令和4年において、21.4℃を超えたのは7月下旬のわずかな期間であるのに対し、令和5年は、8月23日頃まで高温状態が続いており、気候登熟量示数が全出穂期間で低下していたことを示している。

また、気候登熟量示数を比較してみると、令和4年では8月11日まで最大を示し、非常に良好な登熟環境であったことがわかる。一方、令和5年の出穂期にあたる7月23日頃は2以下が継続し、令和4年の半分程度であった。令和5年は高温により8月下旬に入るまで気候登熟量示数が低下していたことが明らかであった（図20）。

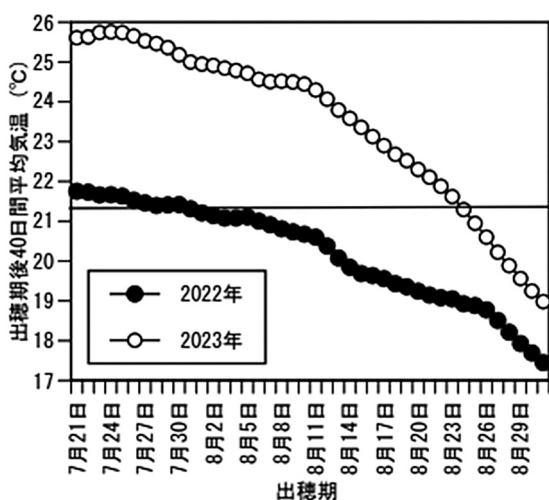


図19 出穂期別の出穂期後40日間平均気温
(岩見沢アメダス、R5中央農試水田農業部)

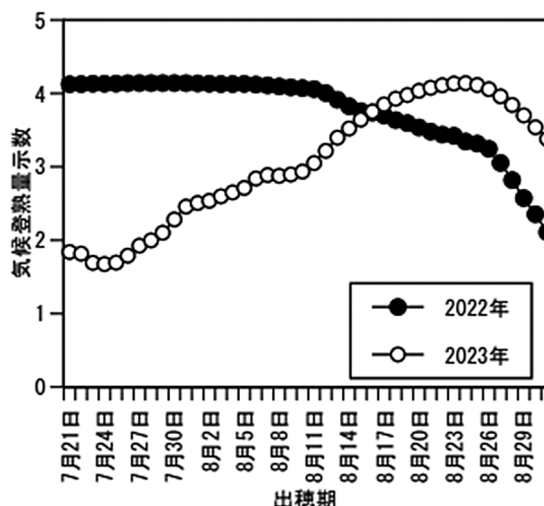


図20 出穂期別の気候登熟量示数
(岩見沢アメダス、R5中央農試水田農業部)

オ 水田の土壌中アンモニア態窒素推移

本田における土壌窒素は平年に対し、空知、渡島ともに期間を通じて低レベルで推移した（図21、22）。これは、6月中旬から高温多照傾向が継続したため、稲の生育が旺盛となり、窒素吸収が盛んになったためと推察される。

その後も、高温傾向が続き、出穂期頃の土壌中アンモニア態窒素レベルは近年になく低かった。これは、稲の旺盛な窒素吸収が継続していたためと推察され、高タンパク化の一要因になったと考えられる。

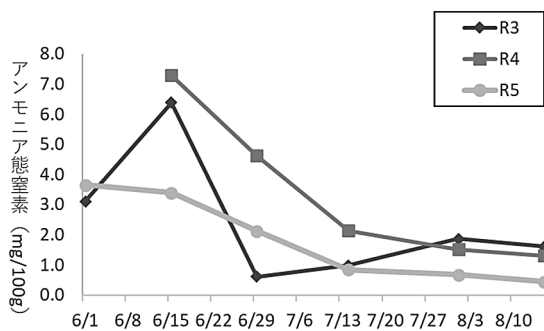


図21 令和5年水田の土壌中アンモニア態窒素の推移（空知農業改良普及センター調査）

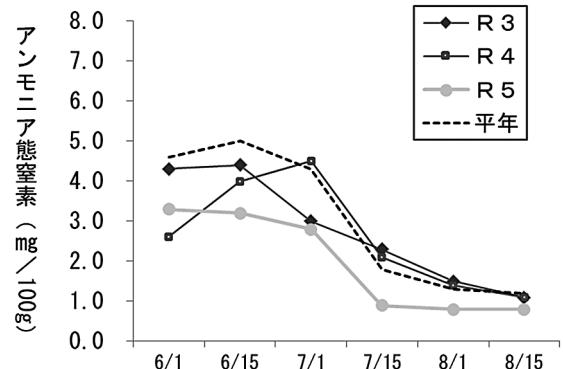


図22 令和5年水田の土壌中アンモニア態窒素の推移（渡島農業改良普及センター調査）

さらに、上川の土壌中アンモニア態窒素は、8月に入り上昇する傾向が見られた（図23）。令和5年は、「8月中旬以降に稲が若返り、収穫時も葉色が濃かった。」という報告が各地から寄せられたが、残存していた地力窒素の発現が、産米のタンパク質含有率を押し上げたこともこのグラフから推察される。

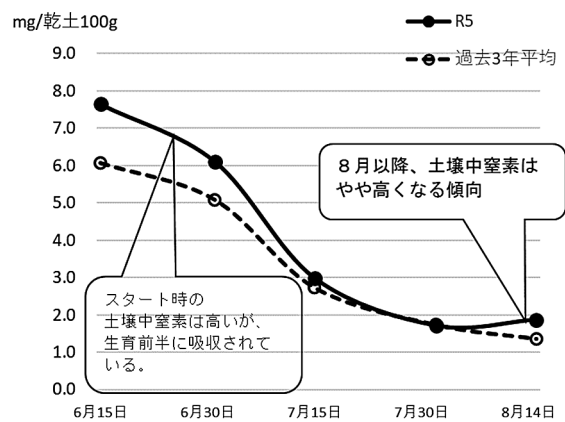


図23 令和5年水田の土壌中アンモニア態窒素の推移（上川農業改良普及センター調査）

5 「令和5年産米の品質実態調査」より

ここからは、全道の普及センターで実施された品質実態調査から、令和5年産米の具体的な品質の状況や、どのような対策が功を奏したのか検証し、高温年における効果的な技術対策について考えてみたい。

(1) 調査数値の概要（提供されたデータの内訳等）

水稲作のある農業改良普及センターから、作況ほ、各種試験ほ及び実証展示ほの調査数値206点の提供を受けた。内訳は表6のとおりである。

表6 提供されたデータの内訳（「令和5年産米の品質実態調査」）

品種 振興局	ななつ ぼし	ゆめび りか	ふっく りんこ	上育 485号	きたく りん	きらら 397	そらき らり	えみま る	そらゆ たか	空育 198号	さんさ んまる	きたゆ きもち	はくちよ うもち	風の子 もち	くどう もち	振興局計
空知	26	16	2	2		2	5	4	8	4	3					72
石狩	9															9
後志	4	4														8
胆振	6	2														8
日高	5															5
渡島			5											1		6
檜山	3	2	7	2	1	1	2		2						1	21
上川	25	13	3	3	1	3	1	5		3		1	3	1		62
留萌	5	6														11
林-ツ												4				4
合計	83	43	17	7	2	6	8	9	10	7	3	5	3	2	1	206

(2) 地域および品種別の玄米品質状況

ア 白未熟粒割合（乳白、腹白、死米割合の合計、以下同様）について、地域別に見るとサンプル数に偏りはあるが、道南＞上川（留萌を含む）＞道央の順となった（図24）。

イ 品種別の白未熟粒割合は「ふっくりんこ」＞「ゆめぴりか」＞「ななつぼし」の順となった。また、「ふっくりんこ」は乳白粒と死米が多発傾向であった。

ウ 道南の「ゆめぴりか」を除き、整粒歩合に大きな差は見られなかったが、これは「ななつぼし」「ゆめぴりか」の、その他未熟粒割合が「ふっくりんこ」より高かったためである（図24、表7）。道南の「ゆめぴりか」は白未熟粒、その他未熟粒割合ともに高かったため、整粒歩合の低下が見られた。

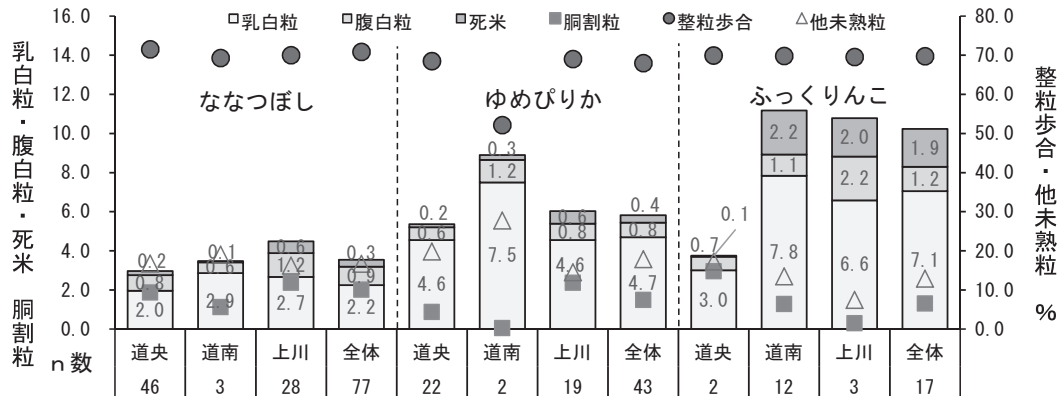


図24 「ななつぼし」「ゆめぴりか」「ふっくりんこ」の玄米品質

※上川は留萌含む、「令和5年産米の品質実態調査」

エ 平成28年の白未熟粒多発年と比較し、特徴的な点として「ななつぼし」「ゆめぴりか」においては、その他未熟粒（ねじれ粒等）の発生が多く、整粒歩合が低下している点が挙げられる（表7、図25）。

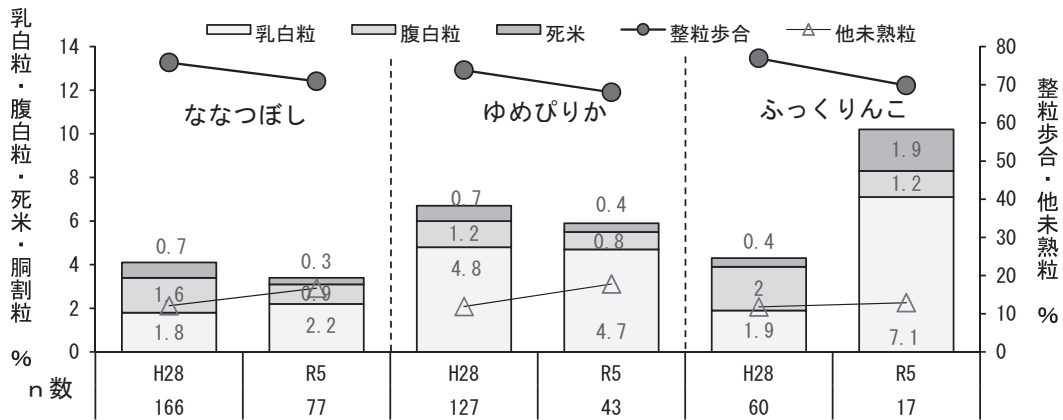


図25 「ななつぼし」「ゆめぴりか」「ふっくりんこ」の玄米品質、平成28年との比較
※「平成28年、令和5年産米の品質実態調査」

オ 胴割粒の発生については、多発年であった令和3年と比較すると、低い割合となった（表7、令和3年、ななつぼし：4.4%、ゆめぴりか：4.7%）。

表7 品種ごとの玄米品質

（普及センターサンプルの平均値、「平成28年産米、令和5年産米の品質実態調査」）

品種 (n)	整粒 (%)	未熟粒 (%)	被害粒 (%)						青未熟 (%)	他未熟 (%)	被割粒 (%)	胴割粒 (%)	死米 (青・白) (%)	着色粒 (%)	白未熟粒 (乳白・腹白・死米) (%)
			乳白粒	最多	最少	腹白	最多	最少							
ななつぼし 77	70.9	25.4	2.2	14.1	0.2	0.9	14.2	0.0	4.7	16.7	3.2	2.0	0.3	0.2	3.5
ゆめぴりか 43	68.0	28.5	4.7	12.2	0.5	0.8	2.6	0.0	4.2	17.8	2.9	1.5	0.4	0.3	5.8
ふっくりんこ 17	69.8	25.1	7.1	23.2	1.6	1.2	2.7	0.5	3.0	12.9	2.8	1.3	1.9	0.3	10.2
そらゆたか 10	66.1	26.5	3.9	13.1	1.2	0.4	0.9	0.0	5.0	16.9	6.3	2.4	0.8	0.4	5.1
えみまる 9	70.8	24.8	1.5	5.0	0.3	0.7	1.7	0.2	5.2	13.6	3.8	1.5	0.2	0.3	2.4
空育195号 8	65.8	29.8	4.1	7.2	1.6	1.0	1.2	0.7	7.5	16.9	3.7	2.1	0.4	0.4	5.5
空育198号 7	70.4	22.8	1.9	5.0	0.6	0.5	1.7	0.1	2.8	13.2	6.1	4.0	0.5	0.3	2.9
上育485号 7	73.1	24.2	1.5	3.4	0.1	0.5	1.7	0.0	3.7	15.2	2.0	0.7	0.3	0.4	2.2
きらら397 6	67.1	28.5	3.8	5.7	1.9	1.0	1.4	0.6	4.6	19.1	2.5	0.7	0.5	1.5	5.3
さんさんまる 3	71.6	25.1	3.2	4.9	2.2	0.1	0.2	0.0	5.8	15.6	3.0	1.7	0.1	0.2	3.4
きたくりん 2	72.7	22.3	2.8	3.5	2.1	0.6	0.8	0.3	0.1	18.9	4.1	2.4	0.4	0.9	3.8
きたゆきもち 5	88.0	9.3	0.0	-	-	0.0	-	-	5.3	12.8	2.6	0.0	0.0	0.1	-
はくちょうもち 3	72.3	23.9	-	-	-	-	-	-	9.0	14.9	2.8	1.4	0.0	1.0	-
風の子もち 2	71.5	24.1	0.0	-	-	0.0	-	-	6.4	17.7	1.2	0.0	1.3	2.0	-
くどうもち 1	0.9	13.9	13.5	-	-	0.0	-	-	0.0	0.4	0.4	0.0	82.1	2.8	-
H28															
品種 (n)	整粒 (%)	未熟粒 (%)	被害粒 (%)						青未熟 (%)	他未熟 (%)	被割粒 (%)	胴割粒 (%)	死米 (青・白) (%)	着色粒 (%)	白未熟粒 (乳白・腹白・死米) (%)
乳白粒	最多	最少	腹白	最多	最少										
ななつぼし 166	75.8	21.4	1.8	24.0	0.1	1.6	6.7	0.0	5.9	12.1	1.9	-	0.7	0.2	4.1
ゆめぴりか 127	73.8	24.0	4.8	15.0	0.5	1.2	2.9	1.0	6.1	11.9	1.2	-	0.7	0.3	6.7
ふっくりんこ 60	76.9	21.4	1.9	9.0	0.0	2.0	21.2	0.1	5.7	11.8	1.5	-	0.4	0.1	4.3
きたくりん 37	74.2	23.7	3.2	13.5	0.3	0.4	4.9	0.0	5.7	13.0	1.1	-	1.1	0.2	4.7
きらら397 17	75.0	22.9	2.5	6.7	0.5	0.7	3.0	0.4	5.9	13.4	1.3	-	0.6	0.2	3.8
そらゆき 14	79.6	19.1	1.2	4.8	0.2	1.0	1.8	0.0	5.8	11.8	0.8	-	0.3	0.2	2.5
大地の星 8	71.7	24.2	2.0	5.2	0.6	0.5	2.5	0.3	3.5	17.4	2.7	-	0.7	0.8	3.2
ほしまる 7	77.0	20.9	2.0	6.3	0.2	0.5	3.8	0.0	3.1	14.9	1.4	-	0.4	0.2	2.9
そらゆたか 3	67.5	28.0	1.9	9.6	4.3	1.0	3.1	1.3	6.7	14.3	1.2	-	2.7	0.6	5.6
おぼろづき 1	75.4	23.2	6.1	-	-	0.1	-	-	6.4	15.7	0.8	-	0.3	0.4	6.5
彗星 1	53.0	20.1	0.8	-	-	0.6	-	-	2.7	11.6	27.3	-	0.9	0.3	2.3

(3) 育苗様式別の玄米品質状況

ア 「えみまる」の高密度播種栽培はその他の栽培法と比較し、白未熟粒等の発生割合が低く整粒歩合の向上が見られ、その優位性が見て取れた（図26）。

イ 「ななつぼし」「ゆめぴりか」の成苗栽培は、白未熟粒の発生が多く整粒歩合が低下する傾向にあった。これについては出穂が早く、高温にさらされる期間が長期化した影響が考えられる（図26）。

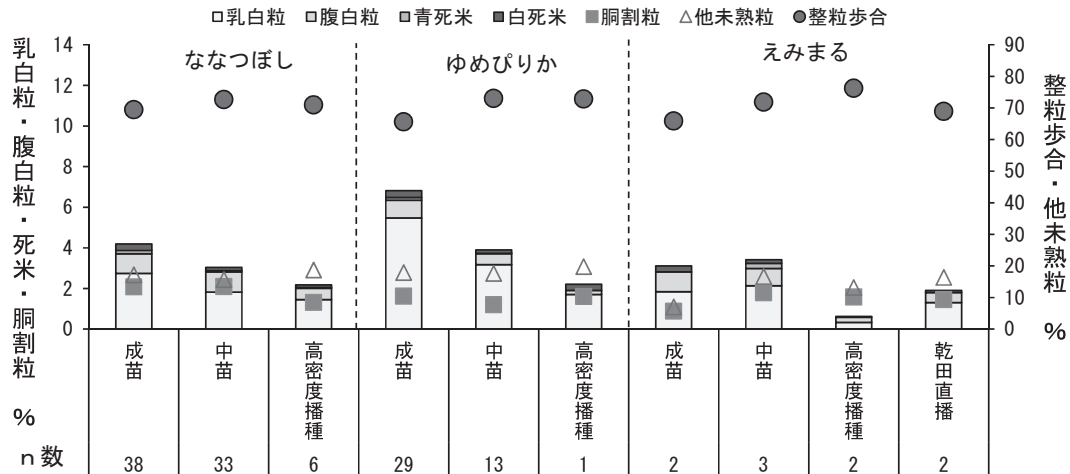


図26 育苗様式毎の玄米品質

※「令和5年産米の品質実態調査」

(4) 移植の早晚と玄米品質状況

5月25日以降の遅植えについて、各品種とも出穂期が遅れる傾向となった。「ゆめぴりか」や「ふっくりんこ」は、遅植えの白未熟粒割合が低下する傾向にあったが、これについては、令和5年の異常高温が関与していると推察される。しかし、昨今の気象変動の激しさを考えると、本州のように移植を遅らせるような対策を取ることは、時期尚早であり、出穂の早期化を図れる、適期移植の励行が今後とも重要であると考えられる（図27）。

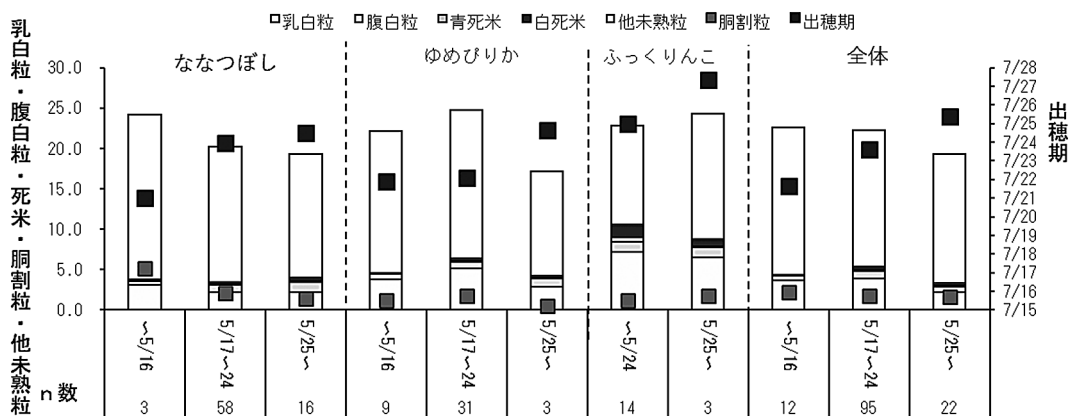


図27 移植時期と産米品質

※「令和5年産米の品質実態調査」

(5) 穂揃いの良否と玄米品質状況

出穂始～出穂揃の期間を2段階に分け、主要3品種の移植栽培で関係を見た。すると、穂揃期間が10日以上になると、白未熟粒の発生が増加し、整粒歩合が低下する傾向が見て取れた(図28)。

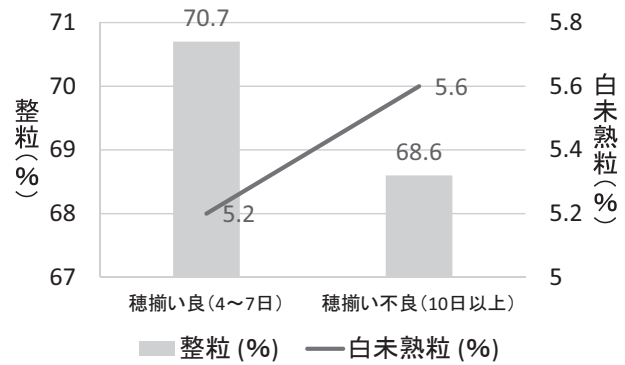


図28 白未熟粒と穂揃日数の関係

※移植「ななつぼし」「ゆめぴりか」「ふっくりんこ」
(「令和5年産米の品質実態調査」より)

(6) 幼穂形成期前から登熟期の水管理と玄米品質状況

ア 幼穂形成期前後の中干し効果

中干し実施の有無と、倒伏や白未熟粒の発生関係を見ると、実施をした方がどちらも軽減する効果が見て取れた(図29、30)。この時期の中干しは、還元状態で弱った根の活性化と、田面の引き締めによる倒伏防止効果があり、これにより良好な登熟を維持できたことにより、白未熟粒の発生が減少したと推察される。

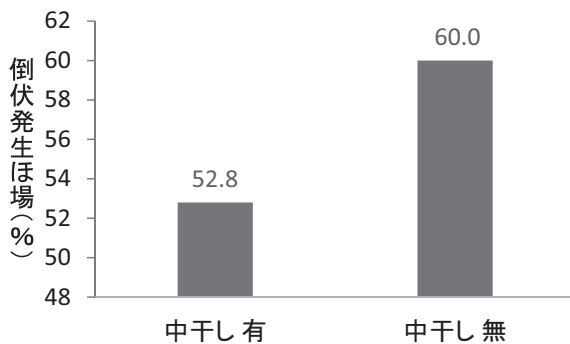


図29 幼穂形成期前後の中干しが倒伏に及ぼす影響

※移植「ななつぼし」「ゆめぴりか」「ふっくりんこ」
(「令和5年産米の品質実態調査」より)

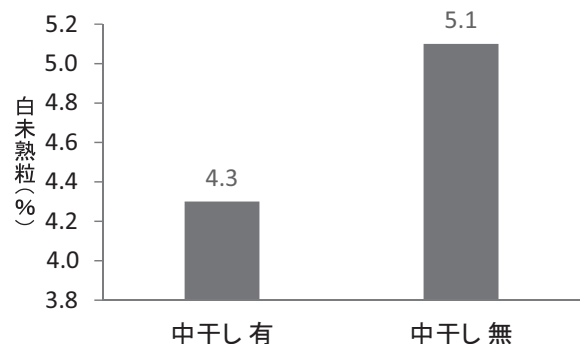


図30 幼穂形成期前後の中干しが玄米品質に及ぼす影響 ※移植「ゆめぴりか」

(「令和5年産米の品質実態調査」より)

イ 落水前、常時湛水の効果

登熟期の水管理について、入水のなかった雨まかせのほ場に比較し、間断かんがい、常時湛水、掛け流し、いずれの方法についても玄米品質は総じて向上する傾向が見て取れた(図31)。

特に、掛け流し管理が行われたほ場では、整粒歩合の向上、タンパク質含有率の低下が見られた。

また、同様に登熟期の水管理と胴割粒発生に関連を見てみると、かんがい水の補給により、低減できることは明らかであった(図32)。

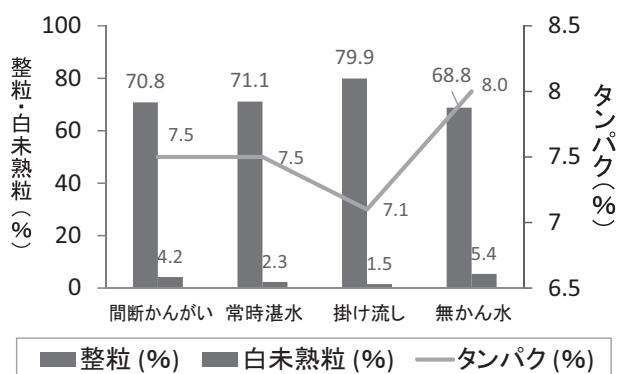


図31 白未熟粒と登熟期の水管理

※移植「ななつぼし」「ゆめぴりか」「ふっくりんこ」
(「令和5年産米の品質実態調査」より)

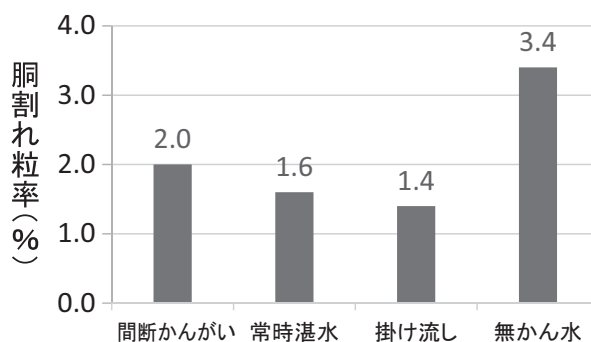


図32 胴割粒と登熟期の水管理

※移植「ななつぼし」「ゆめぴりか」「ふっくりんこ」
(「令和5年産米の品質実態調査」より)

(7) m²当粒数と白未熟粒率、タンパク質含有率の相関について

m²当粒数の増加に伴い、白未熟粒率及びタンパク質含有率は増加する傾向にあった。特にタンパク質含有率は、33,000粒/m²を超えると8%以上となる傾向となった(図33、34)。

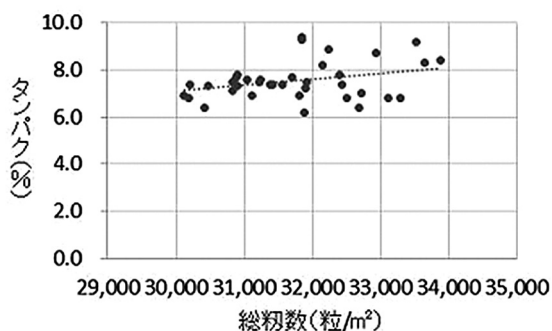


図33 タンパク質含有率と総粒数の関係

※移植「ななつぼし」「ゆめぴりか」「ふっくりんこ」
(「令和5年産米の品質実態調査」より)

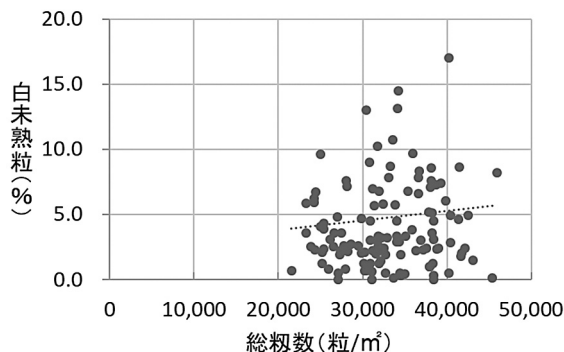


図34 白未熟粒と総粒数の関係 (全品種)

※移植「ななつぼし」「ゆめぴりか」「ふっくりんこ」
(「令和5年産米の品質実態調査」より)

また、多肥栽培は整粒歩合の低下と高タンパク化を招くことは明らかであった(図35)。

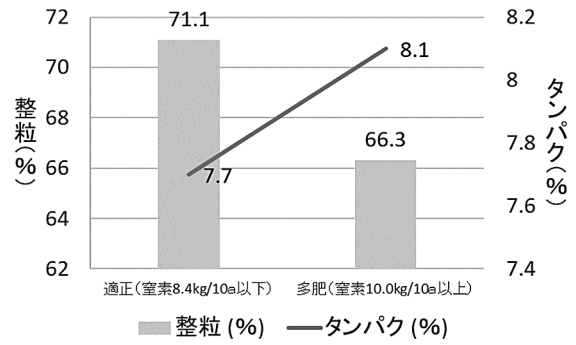


図35 施肥窒素量と品質・食味の関係

※移植「ななつぼし」「ゆめぴりか」「ふっくりんこ」
(「令和5年産米の品質実態調査」より)

(8) 倒伏と玄米品質状況

倒伏は場は、いずれの品種においても白未熟粒の発生が増加し、整粒歩合が低下する傾向にあった(図36)。

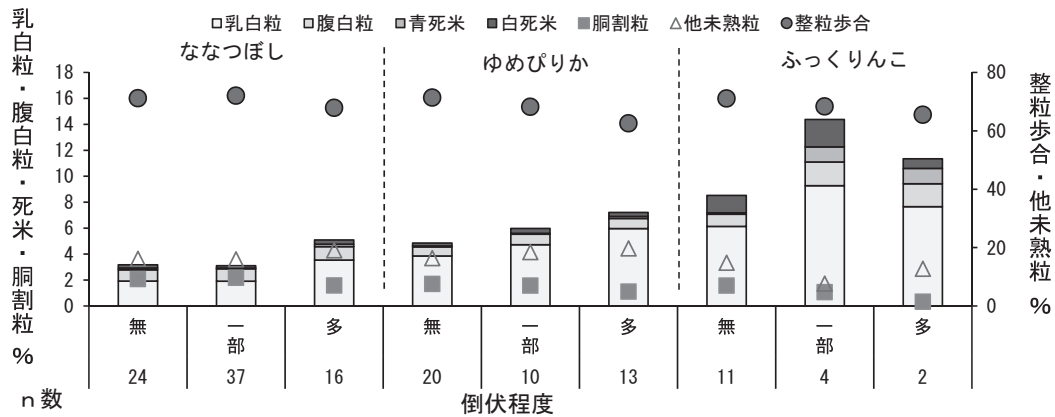


図36 倒伏と玄米品質の関係

(「令和5年産米の品質実態調査」より)

(9) 病害(紋枯病、疑似紋枯症含む)と玄米品質状況

紋枯病、疑似紋枯症があり、これに倒伏が伴う場合、白未熟粒の発生が増加し、整粒歩合が低下する傾向にあった(図37)。

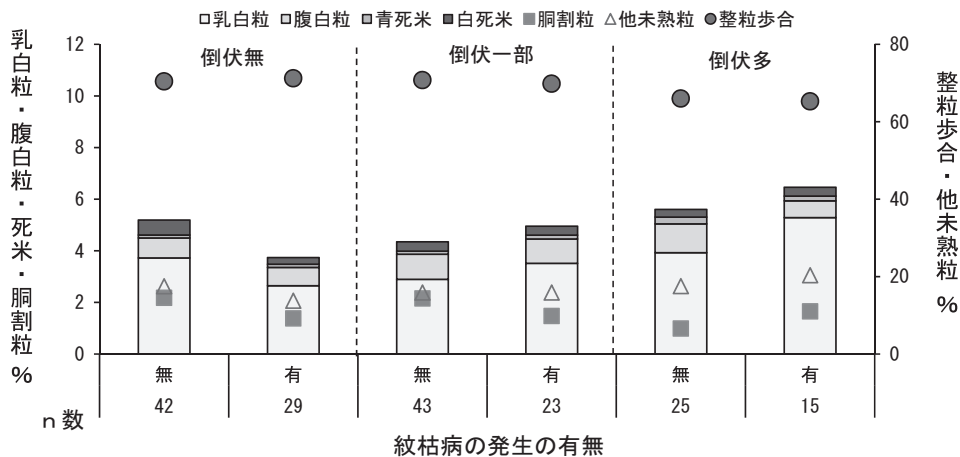


図37 倒伏と紋枯病(疑似紋枯症含む)と白未熟粒の関係

(「令和5年産米の品質実態調査」より)

6 高温登熟への対応方策

令和5年のような高温が常態化するようであれば、高温耐性品種や晩生品種の開発促進、高温時の出穂を避けるための移植時期の変更等、本州で実施されているような抜本的な対策が必要となるが、これらについては今少し知見を重ねる必要があると考える。

現在考えられる基本的な対策は、平成29年指導参考事項の「北海道米の白未熟粒・死米の発生要因と軽減方策」に示されている、窒素施用量の遵守、深水管理、健苗育成、栽植密度の適正化など従来の基本栽培技術励行と、積極的なケイ酸資材の施用による稲体の健全化等であろう（表5）。

これら基本技術の中で、令和5年産米品質実態調査の解析結果を踏まえ、特筆的な効果があった技術対策は次の5項目である。

(1) 穂数確保対策 ～老化苗、早期異常出穂防止対策の徹底を～

令和5年は活着や初期生育は順調であった。しかし、 m^2 当穂数は、全道平均で平年並を確保するにとどまった。これは、6月中旬からの高温・多照により、生育ステージが早まり、幼穂形成期が前進化したことが主な要因と考えられる。栄養生長から生殖生長への移行が早く、普段、初期茎数の確保が良好な地帯でも穂数不足となる傾向が見られた。

これについて、まれに見る高温が主因ではあるが、移植時の苗質（葉齢）に問題はなかっただろうか。老化苗の移植は、幼穂形成期の前進化に拍車をかけることになる。近年は育苗後半の気温が高くなる場合が多く、育苗後半の適正な温度管理と適正葉数での移植が、苗の老化防止対策に大変重要であることを再認識して欲しい（図38）。

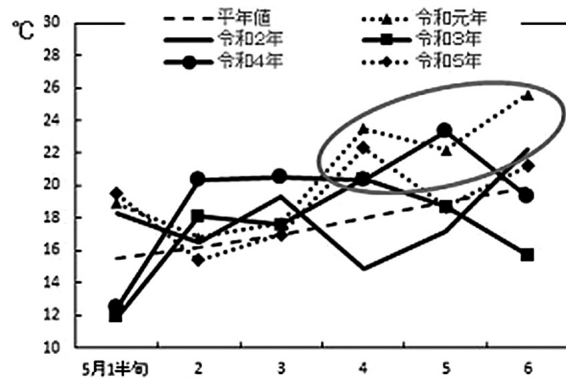


図38 5月の最高気温推移（岩見沢アメダス）

また、高温時におけるパイプハウス内の温度管理は困難ではあるが「2.5葉期以降は25℃以上にしない」という基本技術を守る。

今後とも早期異常出穂の発生リスクを低減するためには、成苗ポットにおける移植時苗質の草丈、目標葉数、乾物重に達した時点で移植することも重要である（表8）。育苗日数と葉数の関係を見ると、「ななつぼし」は3.6葉に達した育苗日数が28日、「ゆめぴりか」は27日とそれぞれ短期化している（図39）。

これらに対応した育苗日数で作業計画を立て直す必要がある。具体的には、移植日から逆算し、播種日、催芽日、浸種日などを設定し直す。また、中苗箱マットに関しても、近年の育苗期間の高温を加味して、日数を短縮することをすすめたい（表9）。但し、育苗期間の気温は年次によって変動するため、各品種の目標葉数の範囲を遵守し、根域の強度を確認した中で、最終的な移植開始日を決定することが重要である。

表8 早期異常出穂のリスクを抑制するための成苗ポット苗移植時苗形質と育苗管理の留意点 (抜粋)

移植時 苗形質	草丈	10~13cm ¹⁾	
	乾物重	3.0~4.5g/100本 ¹⁾	
	目標葉数 ²⁾	ゆめぴりか (異常出穂リスク:中)	3.6~4.3葉以内
育苗管理の 留意点		ななつぼし (異常出穂リスク:高)	3.6~4.0葉以内
	育苗温度	簡易有効積算温度 ³⁾ 400°C以内	
	管理	2.5葉期以降は25°C以上としない。	
	育苗日数 ⁴⁾	中生品種は30~35日	

- 1) 北海道水稲機械移植栽培基準 (成苗ポット) (昭和61年指導参考事項) に準拠。
- 2) 早期異常出穂を抑制するための成苗ポット苗の目標葉数の範囲。
- 3) 有効温度 = $60.1 / (1.9 + (\text{日最高最低平均気温} / 21.8)^{-4.2})$ の積算。簡易有効積算気温を利用した成苗ポット育苗における育苗日数の適正化 (平成21年度指導参考事項) に準拠。
- 4) 但し、各品種の目標葉数の範囲を遵守し、根鉢の強度を確保すること。

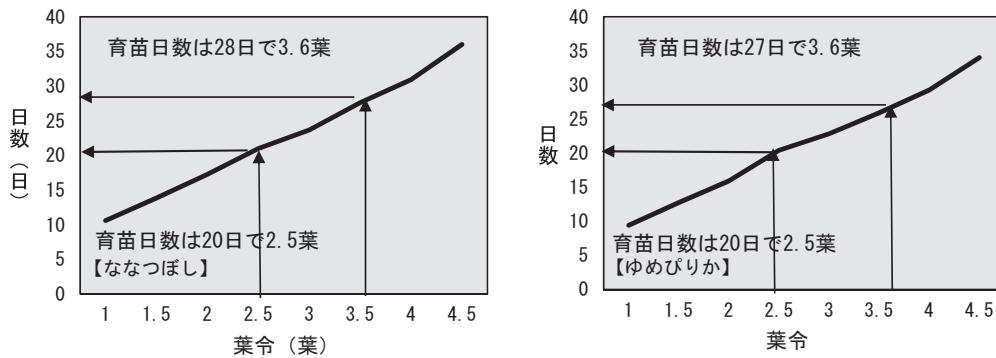


図39 成苗ポットにおける育苗日数と葉令進度 (H21~23年 上川農業試験場)

表9 中苗マット苗の育苗基準

移植時 苗形質	草丈	10~12cm
	乾物重	2.0g/100本以上
	目標葉数	3.1葉以上
育苗管理の 留意点	育苗日数	30~35日程度

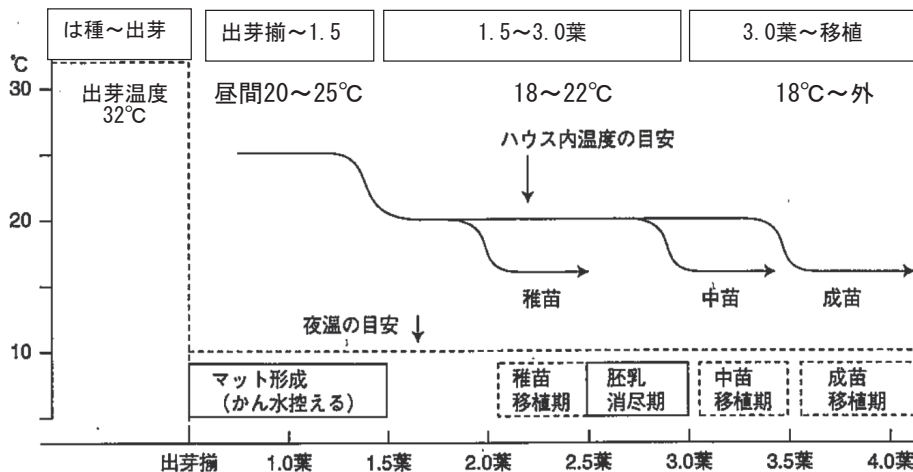


図40 出芽から移植までの温度管理 (北海道米づくり2001より転載)

(2) 本田の適正な水管理（中干し、深水、登熟期間）

本田の水管理は移植後の管理から重要であることは言うまでもないが、ここでは高温登熟へ対応する水管理のポイントについて述べる。

令和5年は過剰な籾数を抑制し、登熟期間に十分に稲に水を確保することが品質低下を防ぐために重要であった。

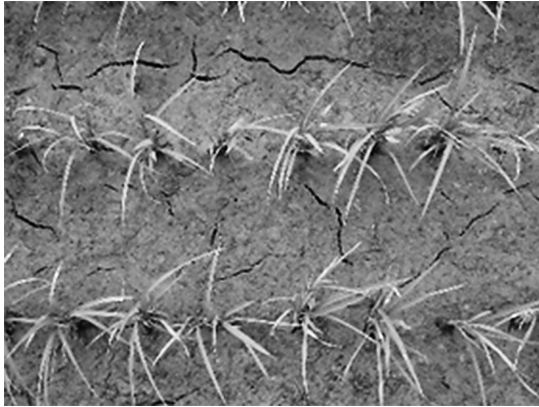


写真8 幼穂形成期前の中干し
(H27 北海道農業入門)



写真9 溝切り作業
(H27 北海道農業入門)

ほ場の水分を確保することが重要であるが、常時湛水状態では土壌が還元状態となり根が弱ったり、落水後の地固めが不十分となり、倒伏やコンバインによる機械収穫の効率低下につながる要因となる。そのため、水田の水を抜く中干しを実施する。中干しを実施することにより、登熟期間の後半まではほ場の水分を十分に保つことができる。中干しのタイミングは幼穂形成期前と冷害危険期終了後の2回である（写真8）。

幼穂形成期前の中干しは気温が高く好天の時に実施する。低温が予想される場合は水の入替え程度にとどめる。冷害危険期終了後は葉耳間長を確認し、出穂前に実施する。

中干しは作土表面に亀裂が生じ、土中に空気が入るようにするが、亀裂が大きくなると根が断絶するので、亀裂の幅は5mm程度を目安とする。実施する期間は短いほうがよく（5日程度）、落水後速やかに水が抜けるような工夫が重要で、溝切りを行なうと効果的である（写真9、図41）。

初期生育が過剰の場合は総籾数が過剰とならないように、深水管理を実施する。分けつ期から10cmの深水で管理する。深水管理実施時期は「きらら397」の基準に準じる。倒伏リスクが高まるため施肥標準を遵守する（表10、11、図42）。

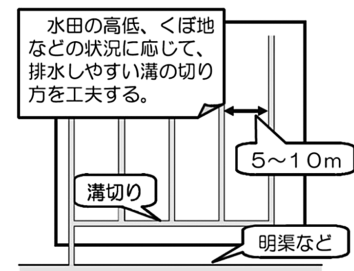


図41 溝切りの施工方法

表10 「きらら397」における分けつ抑制のための深水管理開始時期（H27 北海道農業入門）

時期	深水開始茎数
6月15日	300本/㎡
6月20日	400本/㎡
6月25日	575本/㎡
6月30日	750本/㎡

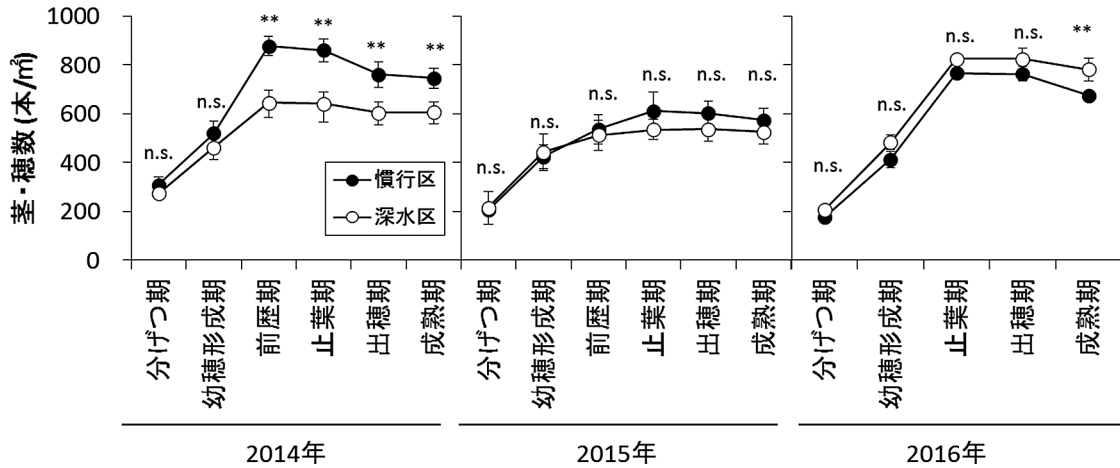


図42 分げつ期からの深水管理が茎数の推移に及ぼす影響

(平成29年指導参考事項「北海道米の白未熟粒・死米の発生要因と軽減方策」)

(道総研上川農業試験場研究部生産環境グループ)

表11 分げつ期からの深水管理が収量、品質、稈長に及ぼす影響

(平成29年指導参考事項「北海道米の白未熟粒・死米の発生要因と軽減方策」)

(道総研上川農業試験場研究部生産環境グループ)

年次	水管理	m ² 当たり 籾数 (千粒/m ²)	収量 ¹⁾ (kg/10a)	白米タンパク 質(%)	整粒 歩合(%)	白未熟粒 ・死米(%)	稈長 (cm)
2014	深水	29.0 n.s. ²⁾	622 n.s.	5.4 n.s.	75.0 n.s.	9.7*	67.1 n.s.
	慣行	33.2	625	5.7	76.2	12.0	66.5
2015	深水	28.1 n.s.	508 n.s.	5.3 n.s.	85.3 n.s.	6.2 n.s.	66.5 n.s.
	慣行	26.3	515	5.4	81.8	7.0	64.7
2016	深水	34.0 n.s.	596 n.s.	5.3 n.s.	75.3 n.s.	13.7 n.s.	67.8**
	慣行	28.3	560	5.3	72.7	11.7	62.8

1)篩目1.9mm、水分15%、2)**は1%、*は5%水準で有意であることを、n.s.は有意でないことを示す(t検定、n=3)。

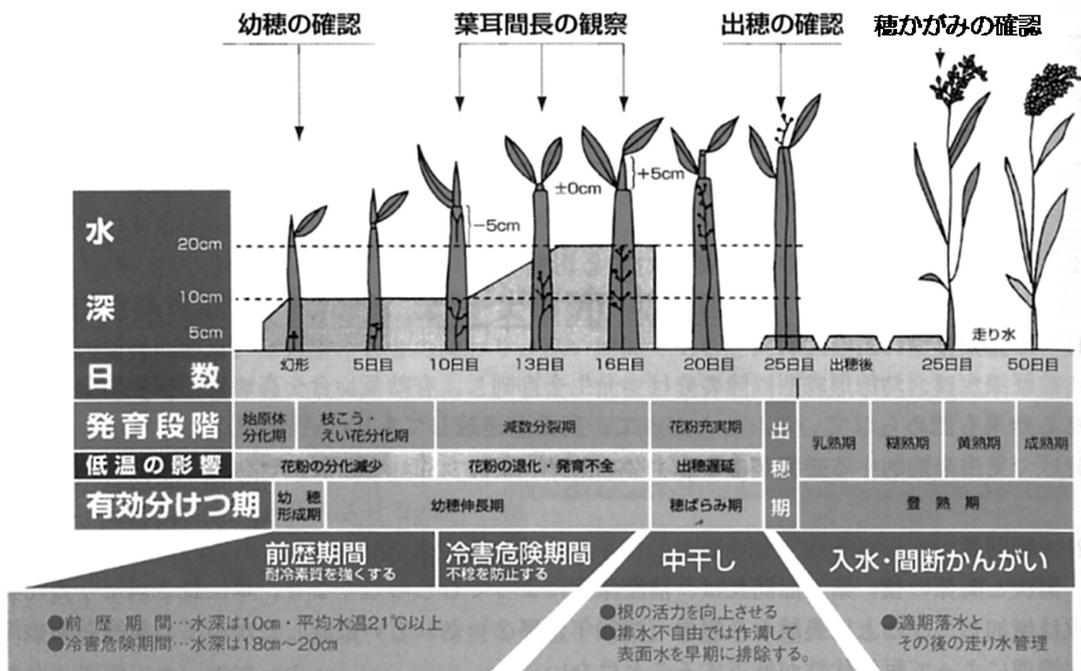


図43 幼穂形成期から成熟期までの水管理 (1986 長谷川原図)

適正な水管理の実施には前述の初期生育量に加え、幼穂形成期、葉耳間長、出穂期を把握することが重要となる。図43にてあらためて基本技術を確認していただきたい。

登熟期間の水管理については、落水後もほ場の土壤水分を確保することが重要である。

- ① 落水時期が早く、土壤表面が乾燥し過ぎることで亀裂が入り、根が切れて水稻の吸水力が低下する。このことが登熟不良や粒重低下など胴割粒発生リスクに繋がる。
- ② 収穫10日前頃までは、土壤表面に1 cm以上の亀裂を入れないように、適宜走り水の実施等の水管理を行う必要がある（写真10、11）。
- ③ 登熟期後半の適正な土壤水分は、土壤表面に小さな亀裂ができ、足を踏み入れた際、わずかに足跡が付く程度（pF2.3以下）が目安となる（表12）。
- ④ 根の活力を高く保つために浅水管理または間断かんがいをを行うことで、登熟に必要な土壤水分を保持するようにする（写真11）。



写真10 大きくひび割れたほ場
(令和3年8月末、空知管内A町)



写真11 タップリと入水されたほ場
(令和3年8月13日、上川管内B町)

表12 登熟期後半の水田土壤水分と土壤表面状態（上川農業試験場2001指導参考）

落水後登熟期間の土壤水分	水田土壤観察	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、水稻根の切断が観察	×	×
pF2.4程度	作土に幅1 cm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

(3) 適正施肥、適正籾数の確保

図44が示すとおり、過剰な籾数の着生は、整粒歩合の低下や白未熟粒の発生を助長し、品質を低下させる。また、タンパクを高め食味を損ねる。品質・食味向上のためには、適正な籾数を確保した中庸な米づくりが肝要である。そのためにも、ほ場毎の稲の出来を把握し、土壤診断に基づく施肥設計と肥培管理が必要である。

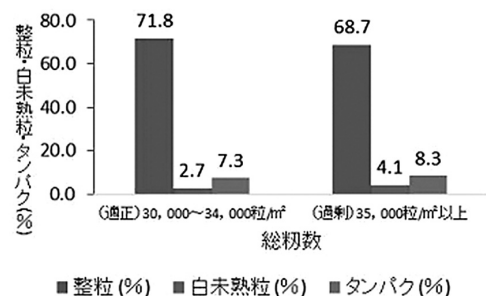


図44 総籾数と品質・食味の関係

※移植「ななつぼし」

(「令和5年産米の品質実態調査」より)

具体的な対策：土壌診断による窒素施肥対応

- ア 施肥の基本は「土壌からの供給だけでは不足する養分を必要量施用すること」である。
- イ 表13は「北海道施肥ガイド2020」に掲載されている、基準収量に応じた施肥標準量である。
- ウ 例えば、泥炭土のほ場で基準収量が540kg/10aとすると、窒素施肥標準量は7.0kg/10aとなる。
- エ この窒素施肥標準量からかけ離れて多投している場合は、生育の健全化や低タンパク化のためにも減肥を考えなければならない。

表13 基準収量に応じた施肥標準量

基準収量 (kg/10a)	全層全層施肥における窒素施肥量(kg/10a)					リン酸 (kg/10a)	カリ (kg/10a)
	低地土(乾)	低地土(湿)	泥炭土	火山性土	台地土		
420				7.5	6.5	8.0	8.0
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3.0~4.0kgN/10a程度とし、総窒素施肥量を表の値から0.5kg/10a減肥する

- オ さらに、土壌診断に基づく施肥対応では、上記の「施肥標準量」からの3段階評価で、ほ場の窒素施肥量を算定する。なお、窒素の増減肥は側条施肥ではなく全層施肥に対して行い、減肥後の窒素施肥量は初期生育を確保するため、4kg/10aを下限とする。

①土壌診断値 ➡ ②有機物施用の状況 ➡ ③ほ場の乾土効果

カ 窒素施肥量算定の具体例

- ① 窒素施肥標準量の算定 ~表13を参照~

基準収量が570kg/10aの地帯 ➡ ほ場は乾きの良い低地土
➡ この場合、窒素成分で9.5kg/10aとなります

- ② 土壌診断値に基づく窒素施肥対応

窒素肥沃度 (土壌診断値)	増減 (kg/10a)
低	+0.5
中位	±0
やや高	-0.5
高	-1.0

土壌診断の結果「窒素肥沃度」が「高」だった場合
↓
9.5-1.0=8.5kg/10a
までの減肥を考えます

③ 有機物施用に対応した減肥

有機物の種類 (1t/10a施用)	減肥対応 (kg/10a)
稲わら堆肥	-1.0
家畜ふん堆肥	-1.5
稲わらすき込み	0~-0.5

家畜ふん堆肥を施用している場合

↓

$8.5 - 1.5 = 7.0 \text{ kg/10a}$
までの減肥を考えます

④ 乾土効果に対応した減肥

乾燥の程度	土壌診断値 (Nmg/100g)		
	10未満	10~14	15以上
著しく乾燥	-0.5	-1.0	-1.5
乾燥		-0.5	-1.0
やや乾燥	±0		-0.5
平年並~湿			±0

前年の秋、および融雪後に平年より著しくほ場が乾燥し、土壌診断値が15Nmg/100gある場合

↓

$7.0 - 1.5 = 5.5 \text{ kg/10a}$
までの減肥を考えます

(4) 倒伏防止対策（ケイ酸施用、病虫害防除）

ア 令和5年は、8月中旬の台風により、各地で倒伏が発生し、その後も風雨の度に倒伏面積の拡大が見られた（写真12）。その主な要因は、7月の高温と日照不足による急激な節間伸長にあるが、施肥窒素が過剰となっていることはないだろうか。



写真12 令和5年の倒伏状況
(令和5年9月11日撮影)

イ 本年、倒伏やなぎきが見られたほ場は、前述の土壌診断による施肥対応を実施し、無理・無駄のない稲づくりを心がけて欲しい。

ウ あわせて、可給態ケイ酸の測定も行いケイ酸資材の施用量を再確認し、稲体を丈夫にするため積極的に施用する。

具体的な対策Ⅰ：ケイ酸資材の効果と施用法

図45に示すとおり、ケイ酸施用は多様な効果がある。

特に倒伏防止や受光態勢の改善など、高温年における暑熱ストレスの軽減には高い効果があると考えられる。

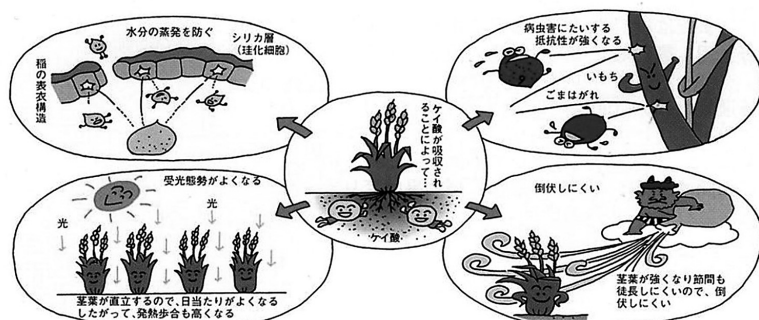


図45 ケイ酸の施用効果（珪酸石灰肥料協会）

① 土壌診断値に基づくケイ酸の施用量

現在の水田は、ケイ酸が不足している場合が多い。土壌中の可給態ケイ酸含量を測定し、適正量を施用する（表14）

表14 ケイ酸の土壌診断値に基づく
施肥対応

（北海道施肥ガイド2020）

ケイ酸含量 (SiO ₂ mg/100g)	ケイカル施用量 (kg/10a)
極低い 0~10	180~240
低い 10~13	120~180
やや低い 13~16	60~120
基準値 16~	0~60

② 春のスタートはケイ酸資材の雪上散布から

湿ったほ場で耕起作業を行うと透排水性が悪化し、地温上昇が妨げられ初期生育悪化の原因となる。令和5年秋の乾田化対策を本年の作柄につなげるため、ケイ酸資材施用による融雪促進を積極的に行って欲しい（表15）。

表15 融雪材散布適期

1回目	最高気温0℃以上、平均気温が-3℃以上となる頃
2回目	降雪があり、積雪深が20cm以上となった時

※散布後の積雪深が10cm以内であれば融雪効果は持続します



③ ケイ酸の補給を兼ねた稲わらの秋すき込み（平成18年留萌農業改良普及センター）

～技術の概略と特徴～

ア この技術は、水田の微生物に尿素などのエサを与え、その働きで腐熟を促進させる技術である。

イ 作業は水田内で行い収穫後に資材（尿素とケイカル）を散布しロータリ等で混和する簡易なものである。

ウ 浅く起こすので透水性は確保され、わらは腐熟が進み減少するので翌春の土壤乾燥は良好となる。

エ さらに、浮きわらの減少で除去作業が楽になり収量・品質・食味の向上も期待できる。

～期待される効果～

ア 乾田化促進

イ 浮きわら減少と除去作業の低減

ウ ワキの減少と根の健全化・初期生育の改善

エ 玄米のタンパク減少と増収（図46）

オ 地力増進

～処理作業の工程と注意点～

ア 作期中の溝切りなどで排水性を良くしておく。

イ 収穫後、資材を散布する。

10a 当りの推奨資材：尿素 9 kg + 粒状ケイカル 20kg

ウ ロータリで混和する。深さは5cm程度と、極浅くする。10cm以上の深さでは翌春の乾きが悪くなる恐れがある。

- エ 透水性の悪いほ場では、心土破碎を実施する。
- オ 収穫後はできるだけ早く処理を行う。

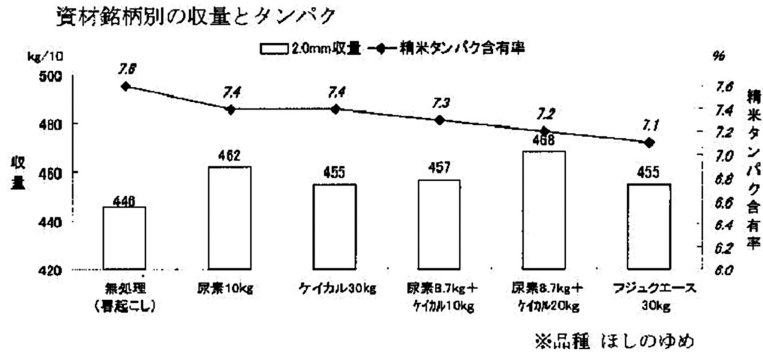


図46 資材銘柄別の収量とタンパク値 (H18, 留萌農業改良普及センター)

具体的な対策Ⅱ：紋枯病、疑似紋枯症（赤色菌核病）の適切な防除

① 紋枯病、疑似紋枯症の発生状況と防除法

ア 7～8月の高温傾向により、各地で紋枯病、疑似紋枯症の発生が見られた。本病の発生に倒伏が伴う場合、白未熟粒の発生が増加し、整粒歩合が低下する傾向にあった（生育適温は28～32℃、写真13、図37）。



写真13 紋枯病によるなびき

(令和5年9月8日撮影、檜山農改檜山北部支所提供)

イ 本病・症状における防除対策について、成熟期を迎えたほ場で、止葉葉鞘に紋枯病状が散見される場合、翌年は薬剤による防除が必要となる（表16）。

ウ 紋枯病

- ・圃場の縁に多く発生
 - ・白く大きく枯れる印象
 - ・病勢伸展が激しい
 - ・落水の頃に菌糸や菌核
- (写真14)

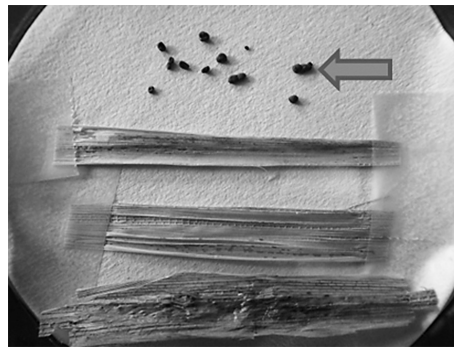


写真14 紋枯病の菌核

(平成30年指導参考事項)

エ 疑似紋枯症（赤色菌核病）

- ・圃場の中にもよく発生
 - ・葉鞘内側に小さな菌核
- (写真15)



写真15 疑似紋枯症（赤色菌核病）の菌核

(平成30年指導参考事項)

表16 紋枯病、疑似紋枯症の防除方法（令和5年度北海道農作物病害虫・雑草防除ガイドより）

病害虫名及び防除時期	防除方法及び注意事項
紋枯病 は種時～移植当日 7月上旬～8月上旬	耕種的防除 1. 窒素肥料の多用は避ける。 2. 極端な密植は避ける。 薬剤防除 ア. 収穫期に病斑が止葉葉鞘にまで達している株が散見されるような水田（病斑高率35%・発病度40）では、翌年薬剤防除を考える。 1. 育苗箱施用 2. 茎葉散布 薬剤散布の時は浅水として葉しょう下部に十分付着するように散布する。 出穂20日前と出穂期の2回散布で防除効果が高い。 3. 水面施用 散布にあたっては湛水状態（水深3 cm 以上）でまきむらのないように均一に散布し、散布後少なくとも3～4日間は湛水状態を保ち、散布後7日間は落水、かけ流しはしない。 漏水の激しい水田では効果の劣る場合があるので使用を避ける。
疑似紋枯症（赤色菌核病） 移植当日	薬剤防除 ア. 収穫期に病斑が止葉葉鞘にまで達している株が散見されるような水田（病斑高率35%・発病度40）では、翌年薬剤防除を考える。 1. 育苗箱施用 2. 水面施用

(5) 適期収穫の実施

- ア 成熟期の目安は、出穂後に日平均積算気温が950℃に達した日である（北海道の水稲うるち中生品種の場合）。
- イ 令和5年は、9月中旬以降断続的な降雨に見舞われた。このため、収穫が遅れた地域が見られ、胴割粒の発生が見られる地域もあった（図47）。玄米判定時に胴割粒の発生状況（可能であれば軽度・重度なども）を確認し、発生が認められる場合は整粒70%での早刈りも有効である（JA等と要相談）。
- ウ また、収穫時期に降雨が予想される場合は、降雨前の収穫を推進する（図48）。

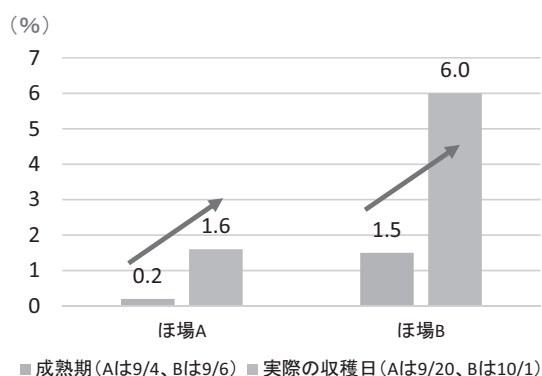


図47 収穫日と胴割粒発生率の関係

※収穫が遅れるほど胴割粒が増加する
 （農業改良普及センター調べ）

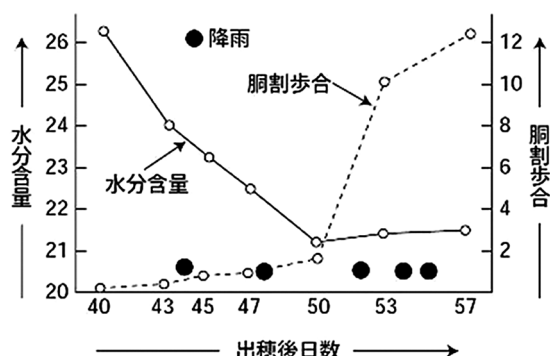


図48 出穂後日数と胴割粒発生率の関係

※出穂後50日を超えると急激に胴割粒が増加する。
 登熟が進みすぎると、米粒品質は急激に低下する
 （北海道農業入門【稲作編】より）