

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。

(1) 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世紀中ごろの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。

(2) 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、灌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㍓）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（22.5×22.5cm）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。

(3) 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というえ、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㍓）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。

(4) 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18cm）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）を醸熟物として混合堆積しながら灌水し水分を与え、よく踏み固めて厚さ4～5寸（12～15cm）とする。

しかし、灌水で失敗することが多く、灌水量を少なくする指導が行われた。それとともに、2寸（6cm）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、さらにビニールフィ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。

(5) 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

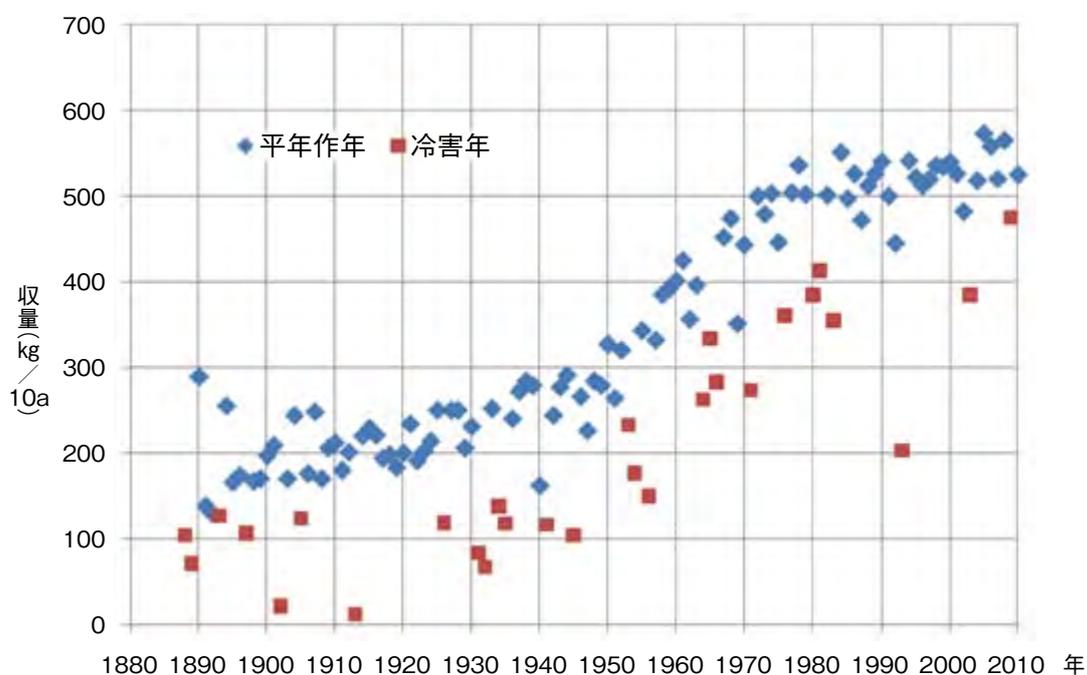
を可能にする技術が開発された。最初は、箱の中に多数の仕切りを入れ、苗の根絡みによって一本の紐状になる「ひも苗」移植方式であったが、ひも状にするのが難しかった。その後、箱に仕切りを入れず箱全体を一枚のマット状とした「マット苗」型式の開発により、実質的な機械移植時代の幕が開いた。その時期の育苗箱の規格（内径28cm×58cm、高さ3cm）が現在も使われている。

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稻の収量向上と安定化につながっていった(図Ⅱ-1)。



図Ⅱ-1 北海道の水稻単収の推移

(6) 品種開発

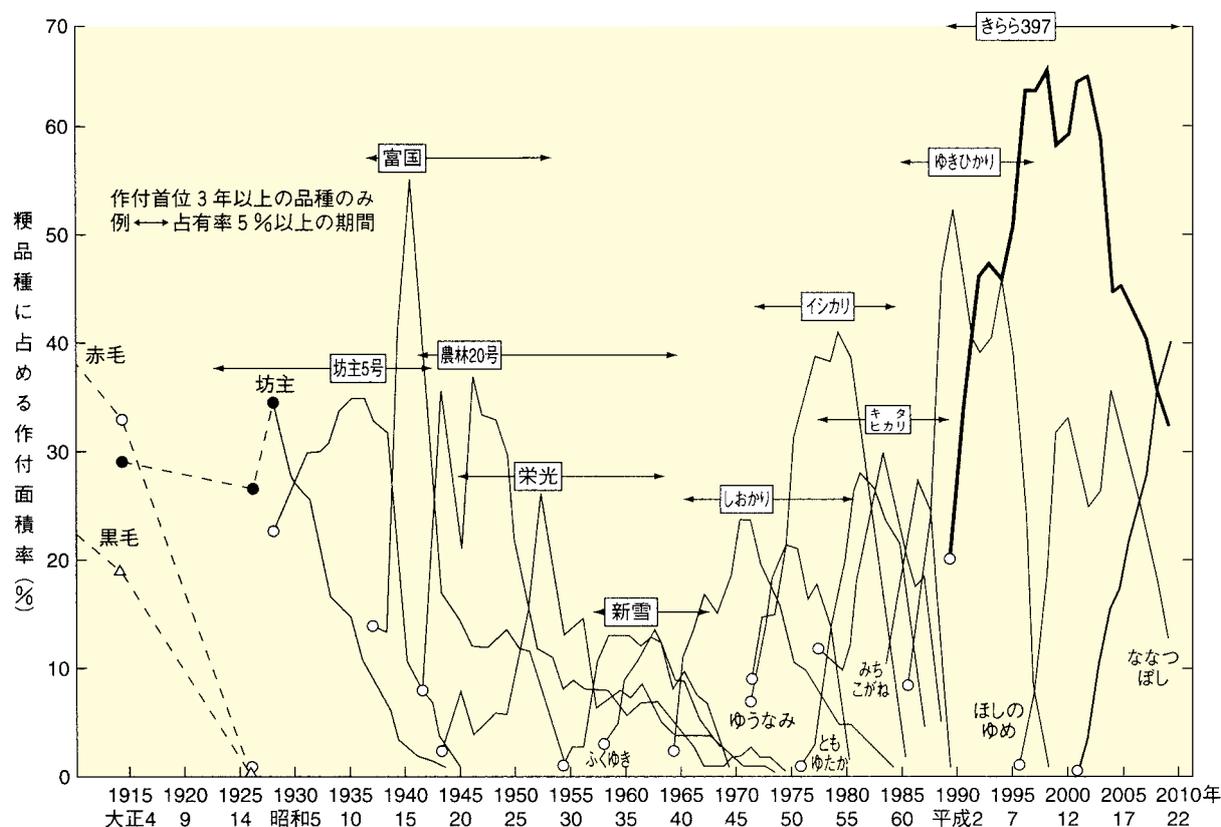
北海道稲作の初期の品種「赤毛」と、それから選抜された「坊主」などは、在来種から篤農

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」「ユーカーラ」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、「伊シカリ」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

(1) 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。

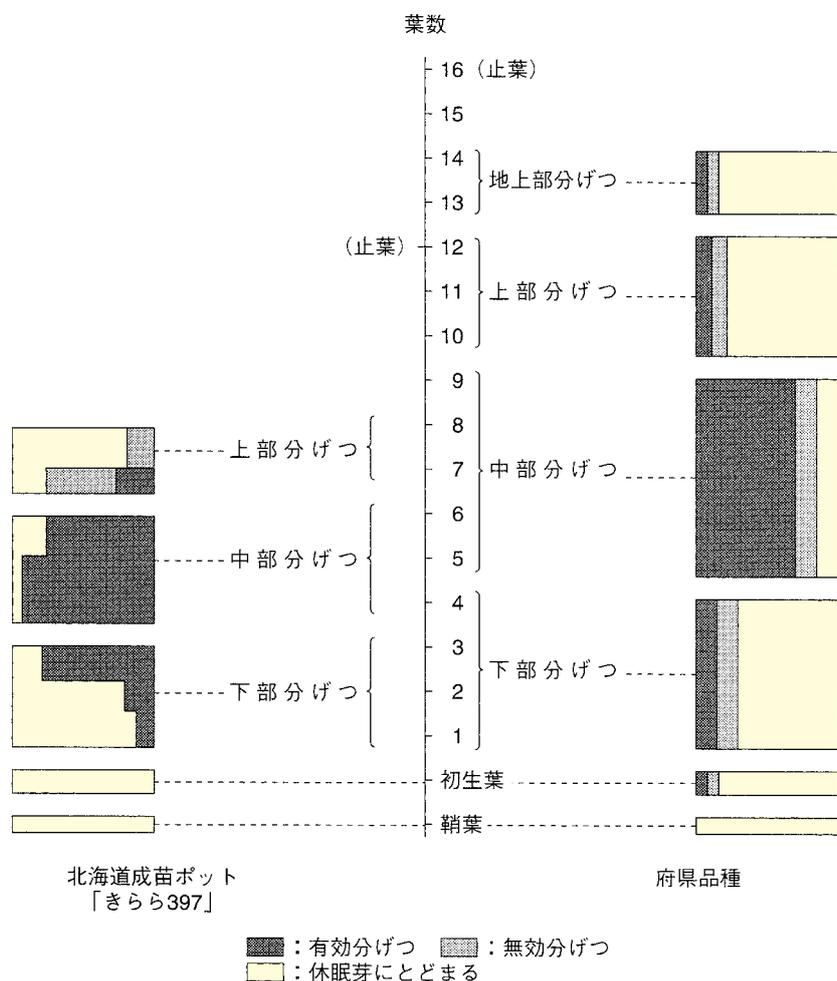
府県品種の多くは栄養生長期間が長く、止葉の葉令が14～16葉である。一方、北海道の品種は10～12葉であり、府県の品種と比較して4枚ほど少なくなっている。1枚の葉が伸長しきるのに5～7日を要するので、葉の数が4枚少なくなることは、計算の上ではほぼ1ヶ月ほど短い日数で止葉に達することになり、出穂期、成熟期も同様に早まる。言い換えるならば、生育期間の温度が低い北海道で成熟するためには、生育日数を短くするため葉数を少なくせざるをえず、一定の温度を獲得したところで花芽分化が行われ、葉の分化が10～12枚で止まってしまったともいえる。このため、分けつの構成や消長は府県のイネとは違ったものになっている（図II-3）。

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。

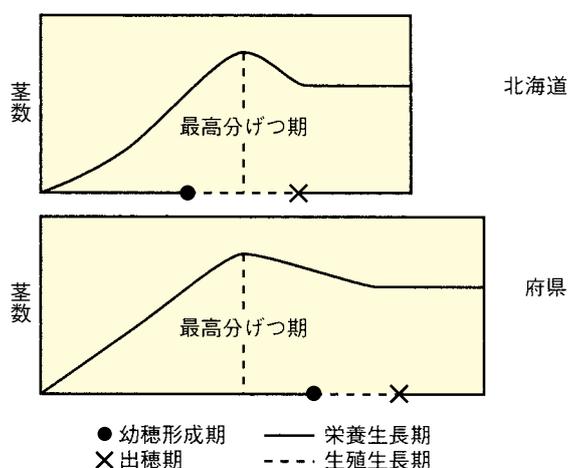
北海道の水稲の幼穂形成期は、6月末から7月上旬になることが多いが、この時期はまだ盛んに分けつが発生しており、生殖生長と栄養生長が重複して進行している。さらに土壤中に吸収できる窒素が多く残っていると、幼穂形成期以降も栄養生長が継続し、盛んに発生したこれらの分けつも穂をつけやすくなる。このように、北海道の稲は幼穂形成期の後に、最も茎数が多くなる最高分けつ期を迎える。

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

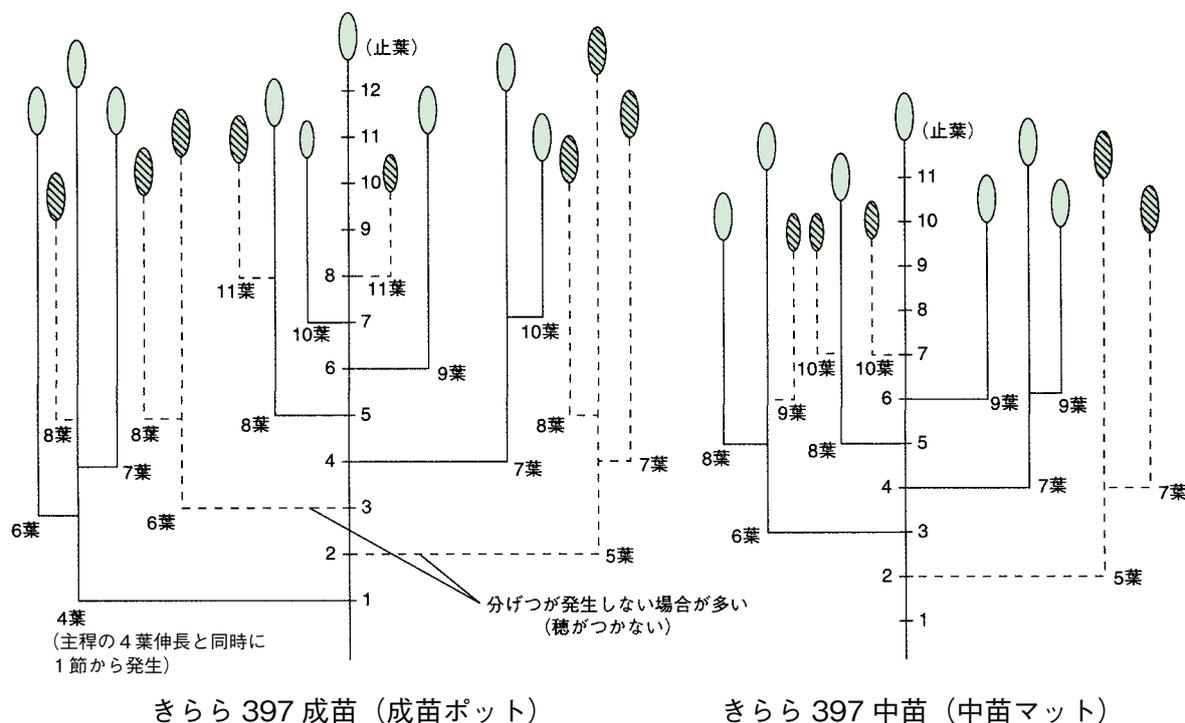
(2) 収量構成要素の確保は容易、決定要素確保に課題

先に述べたように幼穂形成期の後に最高分けつ期が来るため、生殖生長期に発生した分けつでも、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け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いが劣る稲は、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、有効分けつ終止期を過ぎて発生した分けつが枯れて（無効分けつ化）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。

北海道の水稲の分けつ構成を調べると（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けつ茎数は、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けつを抑えて穂揃いを良くするための対策が必要である。



図Ⅱ-5 きらら397の分けつの発生 (左：成苗ポット苗、右：中苗マット苗)

(3) 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)