

平成 29 年度

第 1 回 土地改良研修会

講演 北海道における水稲直播栽培技術について

拓殖大学北海道短期大学農学ビジネス学科教授

農学博士 田中 英彦



一般社団法人 北海道土地改良設計技術協会

目 次

1. 北海道の魅力は、雄大な自然景観と美味しい食べ物です。	1
2. 47 都道府県<食のイメージ>調査 2016 (株式会社パイヤーズ・ガイド)	1
2 (1) 食のイメージがある都道府県 (複数回答)	1
2 (2) 米のイメージがある都道府県 (複数回答)	1
2 (3) イクラの醤油漬け (米:ゆめぴりか)	1
3. 府県の品種を北海道で植えると??	2
3 (1) 北海道の品種は、日長感応しない!	2
3 (2) 8月イネのお花が咲きました	2
3 (3) 冷害と葯	2
3 (4) 葯長と不稔歩合	2
3 (5) 冷害を防止するための深水栽培法	3
3 (6) 深水灌漑による受精率向上の因果関係	3
3 (7) 北海道優良品種における耐冷性の向上	3
4. 北海道の稲作面積と収量の変遷	3
4 (1) 直播対移植収量比較試験成績 (北海道の米 1921)	3
4 (2) 黒田式 (たこ足式) 直播器と播種風景	4
4 (3) 赤毛から坊主へ	4
4 (4) 水苗代、湛水直播、畑苗代の技術	4
4 (5) 北海道米における水稻栽培法の変遷	4
5. 全国と北海道の将来推計人口	4
5 (1) 農林業センサスを用いた北海道農業農村の動向予測 (中央農試 2013)	5
5 (2) 2010 年を基準とした 2025 年における販売農家戸数 (予測値) の地域間差	5
6. 直播栽培の可能性・必要性	5
6 (1) 北海道における直播栽培面積の推移	5
6 (2) 稲作は、苗半作! 直播は、苗立ち半作! 内地のイネとの違い!	6
6 (3) 北海道と府県のイネの生育の違い	6
7. 水稻湛水土壤中直播栽培の開発 (三石・中村 1977a, b)	6
7 (1) 低温に最も弱い時期は?	7
7 (2) イネの発芽の仕方	7
7 (3) 低温苗立ち性と初期伸長性の関係	7
7 (4) 第2葉長と5月18日播種における苗立ち率	7
7 (5) 土壤還元と <i>Pythium</i> 属菌に対する耐性	7
7 (6) 苗立関連の検定 (苗立性の評価)	8
7 (7) 落水期間が苗立ちと生育収量に及ぼす影響 (圃場試験)	8
7 (8) 出芽と発根を確認してから入水する	8
7 (9) 出芽・苗立ちに及ぼす播種直後からの落水の効果 (室内試験)	8
7 (10) メチレンブルーによる土壤の酸化還元状態の観察	9
7 (11) 湛水区と落水区の地表下1cmの地温の比較 (1992~1997年)	9

7 (12)	落水出芽法における適正播種深度 (中央農試 1997 年)	9
7 (13)	最適入水日	9
7 (14)	苗立ち率に及ぼす播種後落水期間延長の効果	9
7 (15)	播種機の実用性の評価	10
7 (16)	水稻直播栽培用品種の育成	10
7 (17)	湛水直播、乾田直播の長所と短所	10
7 (18)	一人当たり米消費量の推移	11
8.	優良米の早期開発プロジェクトの推進	11
8 (1)	白米の成分 (概念図)	11
8 (2)	アミロース オートアナライザー	11
8 (3)	蛋白質含有率測定のための近赤外分析装置インフラライザー	12
8 (4)	同じ品種でも登熟温度が低いとアミロース含有率が高くなる	12
8 (5)	アミロース含有率とおいしさ	12
8 (6)	食味官能試験って?	12
8 (7)	生産力検定予備試験段階の食味試験	12
8 (8)	北海道米もこんなに美味しくなった!	12
8 (9)	昔のお米とはどこが違う?	12
8 (10)	水稻育種の実際	12
8 (11)	育種の流れ図	12
8 (12)	培養の労力が必要	13
8 (13)	交配: F0 世代 (1 年目)	13
8 (14)	交配で出来た種	13
8 (15)	世代促進温室における冬期栽培 (1 年目) F1 世代	13
8 (16)	道南農試世代促進温室で 2 期作 (2 年目) F2・F3 世代	13
8 (17)	系統選抜試験 (3 年目 or 4 年目) (F4 or F5)	13
8 (18)	生産力検定予備試験 (4 年目 or 5 年目) (F5 or F6) (薬培養は A3, 3 年目)	13
8 (19)	耐冷性検定	13
8 (20)	冷水田検定結果	13
8 (21)	いもち病抵抗性検定	13
8 (22)	いもち病の本田防除がいらぬ「きたくりん」を育成 (中央農試)	13
9.	北海道米の系譜 (品種の家系図)	13
9 (1)	府県極良食味遺伝子の利用	13
9 (2)	国宝ローズ遺伝子の利用	14
9 (3)	組織培養による低アミロース遺伝子の利用	14
9 (4)	新旧品種のアミロース含有率と蛋白質の関係	14
9 (5)	現在検討中の主な DNA マーカー	14
9 (6)	北海道の水稻多収育種の展開方向	14
10.	直播栽培の今後の課題	15

北海道における水稲直播栽培技術について

拓殖大学北海道短期大学農学ビジネス学科教授 農学博士
田中 英彦

皆さん、こんにちは。拓殖大学北海道短期大学の田中と申します。よろしくお願ひします。

今、ご紹介いただきましたように、この3月まで農業試験場に勤めておりました。都合31年7カ月試験場におりまして、そのうち研究生活を送ったのは大体20年ですけれども、水稲を中心としております。水稲の中でも栽培技術、その中でも直播栽培をメインに研究してきました。今日はこのタイトルでお話をさせていただきます。

自己紹介ですが私は埼玉県出身です。埼玉県の入間市というところで、関東平野の少し丘陵地帯に入ってくるところで、所沢あたりだとトトロの世界で田んぼもあるのですが、私の生まれ育ったところは畑作地帯です。

1. 北海道の魅力は、雄大な自然景観と美味しい食べ物です。【スライド1】

18歳で北海道へ渡って、北海道は本当にすばらしく、5月には一斉に花が咲き出して、爽やかな梅雨のない夏。秋は短いですが、冬は冬の楽しみもあります。こんなに四季がはっきりとしていて、なおかつ食べ物がおいしく本当に魅力的なところだということで私は住みつきまして、ここに骨を埋めるつもりでおります。北海道というのは、名前自体がブランドです。今は大学で教えていますけれども、学生の皆さんにも北海道の魅力にしっかり気づいてほしいという思いでいつもおります。

2. 47都道府県＜食のイメージ＞調査2016（株式会社パイヤーズ・ガイド）【スライド2】

2（1）食のイメージがある都道府県（複数回答）【スライド2】

パイヤーズ・ガイドというもので、ご存じだと思いますけれども、昨年末の結果です。食のイメージがある都道府県ということで、北海道は断トツで52.3%。2位が大阪ということで、海産物、農産物含めてそのとおりだなと思います。

2（2）米のイメージがある都道府県（複数回答）【スライド3】

昔は、北海道の米は全然おいしくなかったが、去年お米のイメージがある都道府県の1位になって、新潟を抜いたということで私もうれしかったです。米どころといえば北海道という時代になってきたということです。

品種で見ると、「コシヒカリ」、「あきたこまち」、「ひとめぼれ」が1、2、3位。4番目に「ゆめぴりか」、5位に「ななつぼし」、6位が「きらら397」という状況になっています。トップの3つには入っていませんけれども、マツコデラックスの効果もあって、「ゆめぴりか」、「ななつぼし」、「ふっくりんこ」、「きらら397」など、北海道にはいろんな用途の美味しいお米があると認識されてきた結果でないかと思っております。北海道の米づくりは、これからはしっかり頑張っていかなければならないと思います。

2（3）イクラの醤油漬（米：ゆめぴりか）【スライド4】

これは私の漬けたイクラの醤油漬ですが、昔ですと、イクラの時期になると「コシヒカリ」を買ってきて食べたいなという気持ちになったものですが、今や「ゆめぴりか」です。これは上川農業試験場でとれた「ゆめぴりか」ですが、新米の「ゆめぴりか」にイクラ

ラの醤油漬け、全部北海道産です。

3. 府県の品種を北海道で植えると??【スライド5】

3(1) 北海道の品種は、日長感応しない!【スライド5】

北海道の稲の特徴を少しおさらいしたいと思います。府県の品種を北海道で植えるとどうなるか。北海道代表、「ゆめぴりか」。東北、「ひとめぼれ」。北陸、「コシヒカリ」。九州、「ヒノヒカリ」。これを同じ日に同じような苗を植えると、9月下旬の上川農試ですがこのような状況です。「ゆめぴりか」はしっかり実っていますが、「ひとめぼれ」はまだ青米です。年によっては黄熟するときもありますけれども、大体は青米で終わります。

「コシヒカリ」は9月に入ってやっと穂が出るぐらいです。「ヒノヒカリ」、九州の品種に至ってはほぼ穂が出ません。これが府県の品種との違いなのです。

何が違うかという、北海道の品種は日長感応をしないのです。稲というのは短日植物です。夏至を過ぎて日長が短くなっていくのを感じて、葉っぱを出すのをやめて穂をつくることを始める特性があるわけです。北海道だと、夏至を過ぎてから穂をつくったのでは、出穂するのがお盆過ぎになって秋に間に合わないということなのです。昔の農家の方々が東北あたりから持ってきた種を植えても、なかなかうまくいきません。そういう中に、突然変異が起こって、日長に感応しないものが選ばれてきました。それが「ゆめぴりか」につながっているということです。

3(2) 8月イネのお花が咲きました【スライド6】

もう一つ、北海道は寒いですから、冷害に強くなければなりません。どういうことかという、8月に稲の花が咲きます。最近では7月中旬から下旬あたりが出穂期、開花期になってきていますけれども、ことしはおくれて8月が開花時期になっていました。

これは「穎(エイ)」と読みます。「花」をつけて「(穎花)エイカ」といいます。秋にとれたもので玄米をとった後は、もみ殻になってしまいますけれども、この段階では穎といえます。穎が、日中温度が上がってくると開いて、中から、「葯(ヤク)」という、雄しべが出てきて、その途中で「ヤクハウ」といいますが、雄しべの袋が破れて、中の花粉がぱらぱらと落ち、雌しべに受粉して受精します。それからだんだんと光合成産物を蓄えて玄米が生長していくのが稲の姿なのです。葯を見ますと、健全な葯というのは2ミリぐらいの長さで、中のつぶつぶが花粉です。数えた人がいまして、多い場合は1,000粒ぐらいあります。

3(3) 冷害と葯【スライド7】

冷害を受けると葯が短くなって、花粉ができなくなります。大きく受けた場合には1.2ミリぐらいになってしまっていて、全然粒がありません。こうなると、花粉がないから受精しません。これが障害型の冷害です。

3(4) 葯長と不稔歩合【スライド8】

横軸に葯長、雄しべの長さ、縦軸が不稔歩合です。普通の年というのは1.8ミリぐらいの長さがある、1,000粒近い花粉が入っています。不稔は10%ぐらいなのですけれども、冷害の年になると葯が短くなって、不稔歩合が上がってくる。1.2ミリ以下になると収穫皆無。平成5年の大冷害がありました。北海道の作況指数は平均40です。空知も作況指数40でしたけれども、道南の渡島檜山は2、3という世界だったのです。全く花粉ができない年だったということです。

3 (5) 冷害を防止するための深水栽培法【スライド9】

それを栽培的にどういうふうを守っていくかということ、深水かんがいです。これは皆さんにも関係が深く、畦の高さがしっかりないと深水かんがいができません。従来は、冷害に一番弱い時期と言われる穂ばらみ期を15~20cmの水深にして保温しましょうという指導ですけれども、最近では前歴期間、つまり穂ばらみ期の前が重要だということで、幼穂形成期を過ぎたら10cmの水深にして幼穂を保護していく、これが今の基本的な水管理になっています。

3 (6) 深水灌漑による受精率向上の因果関係

(satake 1989. Jpn. J. Crop Sci. 58:240-245)【スライド10】

その因果関係を調べたのが、北農試、国の試験場の冷害研究の大権威であります佐竹徹夫さんです。不稔が多いというのは、受精率が下がるということです。受精率を上げるためには、柱頭上花粉数の増加、雌しべの上に花粉がどれだけ受粉したかが大事で、そのためには充実した花粉数をふやす必要があります。その道筋として、冷害危険期の深水というのは、小孢子というのが花粉のもとですけれども、これが穂ばらき期に低温に当たると退化してしまう。発育不全を起こして充実花粉数が減るのです。それを守るのが危険期の深水管理です。前歴の深水管理というのは、花粉のもとをふやしてやります。両者の組み合わせというのは、相加的というよりは相乗的な効果があるということをもとめられました。この2つを実践していくことが非常に重要です。

3 (7) 北海道優良品種における耐冷性の向上【スライド11】

品種の面でも改良がなされております。これは、北海道優良品種について、その年その年に植えられている品種の耐冷性を面積で加重平均したものです。戦後あたりではやや弱から中というレベルでしたが、どんどん上がって、今は強以上でなければ品種になりません。ものによっては極強レベルにまでなっているということです。

4. 北海道の稲作面積と収量の変遷【スライド12】

北海道の稲作の統計が残っている全てのデータです。緑が作付面積で、ほぼゼロから始まって、一時期20万ヘクタール。その後戦争に向かって減っていますけれども、最大で26万ヘクタール。ここで減反が起こって、現状では11万ヘクタール程度ということです。赤い丸が通常年の収量です。200キロぐらいから始まりまして、いろんな技術が積み重なって今は600キロ近くにまで上がっています。ただ、青い点が冷害年の収量になります。全部で128年だったと思いますが、そのうちの33年、4年に1回は冷害が起こっている。これが北海道の現状です。

上のほうに栽培技術の変遷を示しました。最初は東北のやり方をそのまま持ってきたのです。5月に田んぼの代かいて、苗代をつくって種をまいた。それを6月に植えるというやり方をしました。ところが、それよりも湛水直播、同じ時期に直接田んぼにまいたほうが、田植えをしないので植え傷みもなく、生育も促進されたのです。湛水直播のほうが安定した技術でした。

4 (1) 直播対移植収量比較試験成績（北海道の米 1921）【スライド13】

北海道米100万石達成を記念してつくられた「北海道の米」という1921年の本の中にあるデータです。直播と移植を比較しています。各地にある試験場、これは札幌の琴似にある時代です。それから渡島、上川、十勝。「赤毛」とか「坊主」とかいう品種ですけれど

も、単位が反当たり石ですので、2石ですと10アール当たり300キロです。年代としては明治の末から大正の頭ぐらいを平均値で示していますが、いずれも移植と対比して100以上。札幌では106。移植よりも明らかに直播のほうが安定したのです。ですから直播が普及したのです。

4（2）黒田式（たこ足式）直播器と播種風景【スライド14】

たこ足式の直播器はご存じでしょうか、ブリキでつくられたものです。ここにもみを入れて、一個一個穴があいていて、20粒ぐらいつ種が入ります。板でならして、板をすつと横に動かすと穴が抜けて、筒に20粒ずつ種が落ちていきます。一株一株、株まきができるといふ技術です。腰を曲げなくても済むということで、非常に省力的に種まきができ、安定して、収量が高く、省力的。これが普及しないわけないということで、水苗代の移植栽培が湛水直播栽培に置きかわっていきました。このときの直播は、ヘドロをかぶるとどうしても苗が腐るので、澄んだ水の中をそろりそろりと歩きながら、靱にヘドロがかぶらないように種をまくのがこの技術の基本だったのです。表面まきということです。泥の表面に種をまく直播栽培。これが昔の湛水直播です。

4（3）赤毛から坊主へ【スライド15】

水苗代の時代は、中山久蔵さんが現在の北広島で稲作に成功しました。中山さんの偉いところは、欲しい人には技術とともに種を無償で配ったことです。それで北海道の稲作が道央地帯に拡大していくわけですが、その時代から今度は直播に移ります。さっきのたこ足式直播器の播種の穴に、「赤毛」の毛がひっかかるわけです。きちんと種をまくためには脱芒をしっかりとしなければならず、その手間が面倒くさいのです。そういう中で、「坊主」、文字どおり毛がない。これも突然変異です。赤毛の中から江藤庄三郎さんという農家の方が見つけ出しました。「坊主」が、たこ足の直播器とともに直播技術を確立して、20万ヘクタールのうち8割が直播だったという時代が来るわけです。

4（4）水苗代、湛水直播、畑苗代の技術【スライド16】

模式的に示したのですが、5月に種まきし、1カ月ぐらい育苗して、6月に田植えをする。これが水苗代。それに比べて、湛直ですから、播種してそのまま育苗なし。植え傷みがないので生育が早まります。これで水苗代よりも安定したのです。ただし、昭和初期に冷害が多発しています。もっと安定化させなければならないということで、4月に種をまく技術をつくりました。1カ月生育期間を長くしたことによって成熟期も早くなります。早くなるので、場合によっては晩生の品種が植えられます。そうすると収量も上がるということで、畑苗代技術というのが普及していきます。当時は障子を利用した保温が行われましたが、だんだんビニールに置きかわって行くわけです。

4（5）北海道米における水稲栽培法の変遷【スライド17】

栽培法の変遷を模式的に示しました。当初は水苗代が行われましたが、8割が直播の時代を迎えます。その後、昭和初期から畑苗代栽培が普及していき、その延長として機械移植栽培が稚苗、中苗、成苗と普及してきました。これが北海道の歴史でございます。そういう中で、湛水直播栽培は、ほぼ消滅しました。

5. 全国と北海道の将来推計人口【スライド18】

人口問題研究所のホームページからまとめたものですが、全国と北海道の将来の推計人口です。全国で見ますと、2010年に1億2,800万人、2040年には約1億人、2060年には8,7

00万人まで減ります。これが日本の現状です。北海道は、2040年には550万人が420万人に減る推計がなされております。

5（1）農林業センサスを用いた北海道農業農村の動向予測（中央農試 2013）

【スライド19】

農業においても、中央農試が2010年のセンサスをもとに予測したものですけれども、販売農家戸数が2010年に4万4,000戸。これが2025年には2万6,000戸までに減ります。それに伴って平均経営耕地面積は21haが33haにまで拡大するという予測です。

5（2）2010年を基準とした2025年における販売農家戸数（予測値）の地域間差

【スライド20】

地域別に見ると、畑作酪農地帯は比較的減り方が小さいのに対して、水田地帯の上川、空知、石狩は5割ないし5割以下です。うちの大学も後継者、担い手を育成するという大きなテーマを持ってやっているわけですが、これをもっと増やしていくのは難しい。そういうことで、省力化は大きな課題です。

6. 直播栽培の可能性・必要性【スライド21】

田んぼにひびが入っていますけれども、湛水直播、代かきをしてやる直播栽培で、現状行われている落水出芽法という方法で、芽が出る手前です。芽が出てきたら水を張っていくのですけれども、その試験圃場の写真です。皆さん、きょうお聞きに来られたのも、まず直播は安定技術なのか、本当に低コストなのか、良食味米はできるのか、売れる米はできるのか。こういう疑問をお持ちになってお越しになっていると思います。

結論的にいうと、かなり安定はしてきましたが、移植に完全に置きかわるレベルにはいっていないと思います。10アール当たりの生産費は下がりますが、どれだけ収量をとるかです。結論的に最後に言いますけれども、移植並みの収量を目指していかないと真の低コストにはならないと思っています。味の面でいうと、アミロースとたんぱくがありますけれども、同じ品種を移植と直播をしますと、出穂が直播のほうが10日ほど遅れます。穂が出る時期が遅れると、登熟期間の温度が下がりアミロースは上がります。アミロースが上がると味は悪い方向に向かいます。ただし、直播栽培は150から200本の苗立ちを立てると、密植効果が出てたんぱくは下がる方向にあります。たんぱくをメインに見れば直播のほうが有利ということです。いずれにしても、直播でどういう品種をつくって、どう売っていくかということが大事だと思います。

6（1）北海道における直播栽培面積の推移【スライド22】

北海道の直播栽培面積の推移でございます。水色が、水があるという意味で湛水直播です。茶色が乾田直播。今年データはないのですが、2,000ヘクタールを超えていると思います。湛直と乾直が半々ということです。下段が私の職歴なのですけれども、私が試験場に入って、水色の期間が稲の研究をしていた時期です。2007年から十勝農試に行って畑作のほうに移るのですけれども、私が十勝に行った途端に直播が増え出しました。

先ほどの昔のたこ足式直播器は泥の表面にまく技術だったのですけれども、その後、泥に埋め込んでまくという技術ができ、それがいろんところで試作されます。どういうふうにやったらいいかというのが何もなかったものですから、まず平成元年に暫定基準というのを上川地域に限定してつくりました。それを空知ほかにまで拡大したのが平成5年です。このときには、背負いのミスト機で代かいた濁り水の状態ではらまくという技術にし

ましたが、やはり不安定でした。

そこでいろいろ試行錯誤する中で、落水出芽法にたどり着きました。この段階では、技術的には一応できたと思ったのですけれども、やはり普及しなかったのです。その後、「大地の星」というピラフ向けの品種、直播向けの「ほしまる」という品種ができて、2つとも直播での収量が高かったのです。それと、直播をやらなければどうにもならないという時代になり、直線的に2007年から直播が普及していきました。乾田直播でいうと、冒頭にもありましたけれども、集中管理孔を使って、下から水を揚げてやる、地下かんがい技術。乾田直播は水のコントロールが重要で、水をコントロールできなければ乾田直播は安定しません。そういう意味で集中管理孔の技術。何といても、岩見沢の地域が普及員と農協さんが一緒になって直播研究会で頑張っていて、既存の小麦をまくドリルで直播ができるようになったことが非常に大きいと思っております。

6（2）稲作は、苗半作！直播は、苗立ち半作！内地のイネとの違い！【スライド23】

湛水直播のヤンマーの播種機です。条播の機械で、側条もできるというものです。稲作は苗半作といいます。直播は、この言葉をかりれば苗立ち半作。150から200本/㎡の苗立ちをとらなければ安定した直播にはなりません。これが一番の基本です。そういう意味でいいますと、内地の播種量は3 kg/10a ぐらいでいい。場合によっては2 kg/10a。北海道は10 kg/10a で、播種量が全然違うのです。それは稲の生育が違うからなのです。苗立ち本数としても、府県では50本/㎡もあればいいというのですけれども、北海道はその3倍ないし4倍必要です。皆さんは、止葉の葉数、穂が出るまでに何枚葉っぱが出るかご存じでしょうか。北海道の移植の稲は10枚から11枚です。直播に使っている「ほしまる」は、それよりも2枚少なくなります。穂が出るまでに出る葉数が少ないから早く出穂するので、だから直播が安定してできるのです。「コシヒカリ」は、北海道でつくった場合は16枚で、大きな違いがあります。

6（3）北海道と府県のイネの生育の違い【スライド24】

それを図式化してみたのですけれども、これは大学の授業でも出てくるグラフだと思います。分げつ、要は茎数の推移です。最高分げつ期というのがあって、消えていく分げつがあって、最終的な穂数は最高分げつ期よりも減ります。府県は最高分げつ期を過ぎてから幼穂形成期を迎えるのです。必要な穂数がそろってから幼穂形成期が来ますから、穂ぞろいが安定するのです。せっかくつくった分げつが無駄になるのではないかとということで、ラグ期なんていう言い方をしますけれども、これをどういうふうにコントロールするかがというのが向こうの課題です。北海道はそうではなくて、最高分げつ期の前に幼穂形成期が来ます。必要な茎数が確保できてから幼穂形成期を迎えればいいのですけれども、それができないと、遅れ穂で形成されることになります。遅れ穂で形成された穂になると、どうしても穂ぞろいが悪くなり、登熟が悪くなっていきます。だから、移植も含めて初期の分げつの確保が最も重要です。直播でいうと、苗立ちが150本/㎡以下になると、遅れ穂中心の稲になってしまいます。これがあるから、北海道では150から200本/㎡の苗を立てなければなりません。苗立ちが安定しないので10 kg/10a の種を播いています。

7. 水稻湛水土壌中直播栽培の開発（三石・中村1977a, b）【スライド25】

先ほども言いましたが、表面まきの直播ではなくて、湛水土中直播が開発され、カルパーという酸素を発生する剤をコーティングしてやって、1から2 cmの土中に播種する技術

が昭和50年代に開発されて、北海道にも渡ってきます。東川を中心に試作が行われるのですが、どうしても苗立ちが不安定で、1から2cmに植えるとほとんど芽が出てこないのです。どうしようもないので5mmの浅まきにしてやったのですが、それでも不安定で、大場茂明さんが落水出芽法と命名した技術が開発されました。これが北海道でできるのかということがありまして、その辺を検討していきました。

これからは、私が試験場で研究してきた内容に移っていきますが、柱として2本あります。1つは、品種改良につなげていきたいということで、苗立ちを向上するにはどういう特性が必要なのかを調べました。もう一つは、落水出芽法を北海道で確立させようという栽培面での仕事です。

7（1）低温に最も弱い時期は？【スライド26】

北海道は低温ですので、苗立ちに大きく影響するので、いつの時期の稲が低温に弱いのかを実験的に調べたものです。無処理に対して、播種直後、種をまいてから1週間と2週間、11度の水を流して低温処理をしたものです。それから、出芽がそろったところから1週間と2週間。本葉が出てきてから1週間と2週間。こういう処理をしたのです。そうしたら一目瞭然、低温処理の期間が長いほど苗立ちは明らかに低下します。そして、一番低温に弱いのは出芽揃期ではないかということがわかってまいりました。出芽揃期というのは、鞘葉という最初に出てくる葉が伸びている時期です。

7（2）イネの発芽の仕方【スライド27】

星川清親先生の発芽の仕方という図です、苗代で種をまいたときの稲の発芽の仕方は、酸素が十分あると上の図の格好です。皆さんもよくご存じだと思いますけれども、芽よりもむしろ根のほうが出てくるのです。根がしっかり出てきて、鞘葉、この中には本葉が同時に伸長し薄く緑色をしています。これが酸素が十分ある場合の発芽の仕方ですけれども、酸素不足の場合、土中に種をまいた場合が下の図です。こうなると、種子根はほとんど伸びません。水中に鞘葉が伸び、水中の酸素を吸って、その後で本葉と種子根が伸びる生長の仕方をするのです。先ほどのグラフで、低温に一番弱い時期はこのような姿をしているときです。こういう時期に低温に当たると、ピシウムという菌にやられたりして枯死するという現象が起こってくるということがわかりました。

7（3）低温苗立ち性と初期伸長性の関係【スライド28】

今度は外国稲も含め52品種を供試しまして、泥に埋めたときの苗立ちがいいかどうかを見ました。当時直播で使われていた「キタアケ」は全然ですけれども、その倍ぐらい芽が出てくるイタリアの「Italica Livorno」だとか、外国稲に非常に苗立ちのいいものがあるということがわかってきました。

7（4）第2葉長と5月18日播種における苗立ち率【スライド29】

それらはどういう特性を持っているのかを調べると、これは試験管の中で初期の生長を見たものですが、初期の伸びが非常にいいのです。初期伸長性がよくて苗立ちがいいということがだんだんわかってまいりました。

7（5）土壌還元とPythium属菌に対する耐性【スライド30】

泥に埋めるとということで、土壌還元が起こります。籾の周りで還元が特に起こってくるのですが、わざとわらを入れて強い還元状態をつくった還元土と、ピシウムという菌を接種した場合の試験をやりますと、道内の品種の出芽が、酸化土で多少落ちています

けれど、還元状態にすると40%から60%ぐらいに落ちます。こういう中で9割以上の出芽をしてくる「Italica Livorno」、「Arroz da Terra」というものが見つかりました。それからピシウムを接種した場合、全体では14%と極端に下がっていますが、そういう中で「Dunghan Shali」というのが35%と結構高い値を示しました。こういう素材が使えるのではないかということで、育種の皆さんがいろんな交配に使っていきました。ただ、それが実際の品種につながっていません。この30年ずっとやってきているのですが、実際の品種の苗立ち性というのは改良されていません。

7（6）苗立関連の検定（苗立性の評価）【スライド31】

育種の中では、低温でシャーレでの発芽の試験、冷水を掛け流した検定方法、わざと泥の中に極端に埋め込んだ還元状態での試験をやっております。木枠をつくって、網を張ってありまして、そこに種をまいて、その上に代かき土を上と同じ深さになるように充填し、そこで検定をするというやり方をやっております。

7（7）落水期間が苗立ちと生育収量に及ぼす影響（圃場試験）【スライド32】

栽培技術のほうに移ります、私が四苦八苦している中で、カルパーという薬の原体メーカーの保土谷化学という会社がありまして、その会社の岡村さんという方が全国を回って直播の指導をしていたのです。その中で、府県のほうでは、種をまいてから4、5日田んぼを干す。当時は種干しと言っていましたけれども、田んぼを干すといいのだと言って、北海道でもやってみろよと言われたのです。でも、北海道は低温なので、水を張って保温したい。先ほどの冷害の話でも言いましたけれども、水の保温というのが頭にこびりついているのです。ですから、そんなの多分無理だよと言いながら上川農試と中央農試で2年間やってみたのです。上川では4日、中央では5日干してみたのです。

上川でやってみると、逆に落水、干したほうが浮き苗が多発してしまい、苗立ちも低下して収量も低下。翌年、私は転勤して中央農試へ来てやってみたのですけれども、やはり同じでだめでした。北海道は水で保温しなければだめだよと言ったのです。でも、その後ほかのものがなかなかうまくいかないの、いろんなことを試す中で、だめでいいから12日、13日放っておこうと思って干したのです。そして見ていると、干していても芽が出てくるのです。そのときに根が土の中に入っていくのです。これはひょっとすると思っただけで、行ったら、浮き苗は少なくなるし、苗立ち本数は多少下がった例もありますけれども、収量も明らかに高く、倒伏にも強く、これが今の落水出芽法が道内で初めて成功した例です。

7（8）出芽と発根を確認してから入水する【スライド33】

ポイントは、出芽と発根をきちんと確認してから水を入れること。しっかりそこまで干さなければだめだということに気がつきました。4、5日干しただけですと、低温なので、芽も根も余り動かない中で干してしまうので、土壌の表面だけが固まってしまうのです。それから水を入れて根が伸びようとする、抵抗があって根が土中に伸びずに浮き苗になってしまうことに気がつきました。ですから、しっかり出芽と発根を確認するまで落水をすることがポイントだということに気がつきました。

7（9）出芽・苗立ちに及ぼす播種直後からの落水の効果（室内試験）【スライド34】

これは室内のシャーレ試験で、赤が落水、水色が湛水で、その比較です。それから、温度条件を変えて、わらをわざと入れて還元状態をつくる。こういう状態でどういふ芽が出てくるかを見たのですが、低温区の稲わらなしで見ると、出芽してくるのは湛水のほうが

早いのです。でも、そのうち頭打ちになってしまうのです。落水区は最初劣りますけれども、ぐっと伸びてきます。わらを入れると極端で、湛水处理では抑制されてしまうのに対して、落水するとしっかり伸びてきます。特に、これが出芽なのですが、破線が本葉抽出率です。落水ですと、出芽して2、3日で本葉が出てくるのです。ところが、湛水していると本葉が出るまでに1週間ぐらいかかり、一番最初に見ていただいたように、一番低温に弱い時期、鞘葉でいる期間が長くなってしまふことがわかりました。どの条件でも落水したほうが苗立ちは高まるという確信が持てました。

7 (10) メチレンブルーによる土壌の酸化還元状態の観察【スライド35】

メチレンブルーという酸化還元状態を見る試薬です。酸化還元電位が50ミリボルト以上だと青色をしています。還元が進むと退色してきます。稲わらを入れた湛水の場合が一番ですが、すぐに還元状態がどんどん進んでいきます。稲わらなしの場合も部分的に還元が進んでいくのですが、落水していれば酸素が供給されて酸化状態が保たれます。ですから、落水して苗立ちがよくなるのは、土壌、そして特に籾の周りが酸化状態に保たれることが重要だとわかりました。

7 (11) 湛水区と落水区の地表下1cmの地温の比較(1992~1997年)【スライド36】

水の保温効果は大事ではないのかという話がありまして、これは5年間のデータですけれども、毎日の温度、地温を湛水したときと落水したときを比較したものです。破線が $y = x$ ですから、両者が同じということです。そう見ると、日最低地温は破線よりも下にありますので、湛水したほうが保温されるわけです。ところが、日最高地温は、当然といえば当然なのですが、落水しているので地温は上がるのです。日射があるほど上がる、水を張っているよりも地温は上がります。日平均で見ると若干湛水のほうが高いですが、ほぼ変わらないと見ていいでしょう。北海道でも、極端に霜がおりるような条件を除けば、落水したほうが苗立ちにとってはいいということが言えました。

この結果、北海道の直播だけではなくて、北海道みたいな低温でも落水して大丈夫なのだという情報が全国にも行きまして、東北でも安心して落水出芽するというふうにつながっていったと自負しております。それから、乾田直播の水管理についても、干すというやり方がわかってから、ひたひたの水で管理していくように変わっていったと思っています。

7 (12) 落水出芽法における適正播種深度(中央農試、1997年)【スライド37】

これで落水出芽法でいけると思ってから、適正な播種深度はどうかということで、5mm、10mm、15mmと試験をやりました。青がカルパーがある場合、茶色は催芽籾です。催芽籾ですとどんどん低下していきますけれども、カルパーありの場合、10mmが一番よくて、15mmぐらいまでは大丈夫というデータでございます。

7 (13) 最適入水日【スライド38】

いつ水を入れたらいいかという問題があります。これは10年分のデータで、日平均気温から6度を引いて積算した値が85.9度になったときが入水のタイミングですよというのを明らかにしました。この関係を見ると、落水期間の温度が高いほど落水の日数は短くて済みます。落水の日数が短いほど苗立ちが高いという関係があります。このデータをもとにして入水のタイミングを決めました。

7 (14) 苗立ち率に及ぼす播種後落水期間延長の効果【スライド39】

カルパーをやるのは面倒だし、コストがかかるという声があつて、今はおそらく半分以

上、湛水直播でもカルパーは使っていないのではないかと思いますので、カルパーをやらなくても、標準よりも3日ほど落水期間を延長すると苗立ちが高まってくるということを示しました。ただ、落水で苗立ちはよくなるのですが、稲も出るけれども草も出るという問題があって、対応は除草剤でやっていかなければならないという課題は残っております。

7 (15) 播種機の実用性の評価【スライド40】

10mm、15mmまで埋めてもいいということがわかってきましたので、いろんな播種機が使えるようになってきました。左上はタブラーと呼んでいるもので昔の試作機です。右上はヤンマーの施肥条播機。左下は带状散播機という、ばらばら落としていくだけのものです。右下は九州で開発されたショットガン方式というものです。インペラがついていて、粃を飛ばしてショットガン方式で点播をしていく。それで土中に埋め込んでいくというやり方です。最終的には施肥条播機が一番普及しています。現在は条播ではなくて点播の形になってきています。本当に点播がいいのか私もわからないのですが、点播のほうが耐倒伏性、倒れづらくなることは言えるのではないかと思います。その試験も今試験場ではやっているところでございます。以上が栽培技術です。

7 (16) 水稲直播栽培用品種の育成【スライド41】

品種はどういうものを使ってきたかということです。昔は早生の品種、「キタアケ」を直播で使っていましたが、その後直播もこれから重要になるということで、直播向けの品種として、上川農試で「はやまさり」を育成しました。若い方は「キタヒカリ」と言われてもわからないと思いますけれど、このときの食味は「キタヒカリ」並みです。その次は「きたいぶき」を平成5年に出していますが、これが「ゆきひかり」並みです。「ゆきまる」は移植用で出したものですが、直播でも使えるということで使われてきました。どの時代も移植の一番おいしい品種に比べるとワンランク以上、下にあったということです。ですから、早生の直播用の品種で同じ食味をつけるのは、なかなか難しかったという状況がありました。

そういう中で、「大地の星」という、粒が大きくて多収な品種ですが、早生ということで、直播でかなりとれることがわかってきました。「きらら」よりもばらばらする米で、そこがピラフに向いていました。売り先もニチレイさんがピラフで使ってくれたということです。ところが、最近はニチレイさんも製造ラインのほうを改良してきて、もうすこしおいしいお米が欲しいと言っています。ということで、「大地の星」も今は販売面では苦戦をしているという状況です。「ほしまる」は、「ほしのゆめ」並みの食味、直播・移植兼用ということで、粒が大きくてとれます。食味もまずまずあるものですから、「タネから育ちのほしまる」という形で一般販売もされるようになってきたということです。ただ、「ほしまる」ができてから10年たつわけで、苗立ちのところも全然改良されていません。さらに苗立ちがよくて、多収なもの、売れる米が欲しいと考えております。

7 (17) 湛水直播、乾田直播の長所と短所【スライド42】

湛水直播と乾田直播の特徴を示しておきたいと思っております。要は、代かきをするかしないかが大きな違いで、一方の長所が一方の短所になっているということです。湛水直播は代かきするので、いつでも作業ができます。普通に移植をしている水田であれば、土壌的にはどこでもできるということです。ただ、代かきするので労力、土壌還元が進みやすい、地耐力が低下しやすいという欠点があります。乾田直播は畑でまきますから、大型機械の

導入が可能ですし、岩見沢でやられているように田畑輪換につながります。基盤整備をして地下かんがいができるようにして、場合によっては野菜も入れた中での輪作をつくっていきます。空知型輪作と言っていますが、これには乾田直播だと思います。土壌が酸化的に推移するし、転作もやりやすくなってきます。ただ、漏水田には不適で、やはり水のコントロールが必要です。水が抜けてしまうと、除草剤も効かない、水温が上がらない、生育が遅れる、肥料も流れる。こういう悪循環になります。水のコントロールができる田んぼをつくるのが乾田直播の基本です。均平作業は、今はレーザーレベラーが基本ですし、畑雑草が発生しやすいという欠点もございます。

直播栽培の可能性、必要性、直播栽培は安定技術かということですが、昔に比べれば相当に安定してきたと言えらると思います。ただ、先ほども言いましたが、全面北海道が直播になるかという、現状ではまだそこまではいっていないということです。直播栽培は低コストか。収量をどれだけとるかがポイントです。直播栽培は良食味か、売れるか、そういう戦略を持って取り組めばできると思います。次に、品種改良の話も補足的にしたいと思います。

7 (18) 一人当たり米消費量の推移 【スライド43】

日本人の米の消費量なのですが、戦後、年間120キロのお米を食べていました。それがもう半分以下、60キロ以下になってしまいました。それだけ米を食べなくなったということです。

8. 優良米の早期開発プロジェクトの推進 【スライド44】

減反が行われた当時、北海道の米の評価が最悪な状況の中で、危機感を持って優良米の早期開発プロジェクトというのが昭和55年に開始されました。これは岩見沢にある米質検定実験室ですが、この中で非常に重要な研究が行われました。この施設は、斉藤秀次さんという個人の農家の方が昭和53年に寄贈してくれたものです。農家の人の寄贈によって実験室ができて、研究が行われてきました。

8 (1) 白米の成分(概念図) 【スライド45】

何に着目したかということ、成分です。最終的には食べてみて食味検定しますが、成分を早い世代で分析するということを行ったということです。特に約8割あるでん粉の中で、網目状のアミロペクチンではなくて、鎖状のアミロースの量を減らす。たんぱく質の量を減らす。こうすればおいしいお米になるというのを、そのときに既に戦略として位置づけました。もう一つ大事だったのは、「コシヒカリ」を目標にしたことです。私が試験場に入ったときにそれを聞いて、どう見ても無理だろうと思ったのですが、「ゆめぴりか」でここまで来ました。やはり高い目標をつくって、それにどう到達するのかという手段、戦略、戦術がしっかりできていたというのが、ここへつながっています。お金をつけていただいたり、みんなが頑張ったということもありますけれども、そういうことを感じます。

8 (2) アミロース オートアナライザー 【スライド46】

基本的には、血液を分析するオートアナライザーを使って、1点3分で米粉0.1gという非常に少量で分析できるので、選抜の早い段階からこれで選ぶことができたということです。

8 (3) 蛋白質含有率測定のための近赤外分析装置インフラライザー【スライド47】

たんぱくについては、この近赤外のインフラライザーを活用しました。

8 (4) 同じ品種でも登熟温度が低いとアミロース含有率が高くなる【スライド48】

穂が出てからの登熟温度とアミロース含有率の関係です。これは「きらら397」、同じ品種のデータです。同じ品種でも温度が変わるとこれだけアミロースが変わるのです。北海道は低温ですから、どうしてもアミロースが高くなりやすい。ですから、そこを遺伝的に府県よりもさらに下げなければならないということなのです。今は登熟温度800℃が結構とれるようになってはいますが、昔は余りとれなかったと思うのです。

8 (5) アミロース含有率とおいしさ【スライド49】

私が大学に入ったころの代表品種が「イシカリ」です。これは機械移植栽培に非常に適していたのです。短稈で、肥料をやっても倒れづらい。だから稚苗に非常に適していましたが、品質が悪くアミロースが24、25%ありました。それが「キタヒカリ」、「ゆきひかり」、「きらら397」、「ほしのゆめ」、「ななつぼし」、「ゆめぴりか」、「コシヒカリ」がここです。このようにアミロースを低下させることによって、おいしさが達成されていきました。

8 (6) 食味官能試験って？【スライド50】

食味官能試験。今時期から試験場では、基準を「ななつぼし」にして、品種の候補を4点配置し、外観、香り、味、口当たり、粘り、やわらかさ、総合評価を評価する試験を毎日やります。

8 (7) 生産力検定予備試験段階の食味試験【スライド51】

研究員は、お昼に試験を行ってから、また3時に行い良いのを選びます。番号が9番までありますけれども、基準がありますので全部で10点です。冬になると、太るし胃が荒れるということです。このように、最終的には食べて評価しています。

8 (8) 北海道米もこんなに美味しくなった！【スライド52】

中山久蔵さんの「赤毛」から始まって「ゆめぴりか」まで、食味の総合評価を府県の極良食味米と比較して、まとめたものです。徐々に上がって、「きらら397」で日本の標準品種と言われていた「日本晴」と肩を並べました。その後もさらに上がって、今や府県のブランド米に匹敵する食味になってきたということです。

8 (9) 昔のお米とはどこが違う？【スライド53】

どこがよくなったかというと、「イシカリ」から「ゆめぴりか」に向かって、粘りとやわらかさが大きく改良されてきています。さらに、白さ、つやも改良されていることがわかります。

8 (10) 水稻育種の実際【スライド54】

8 (11) 育種の流れ図【スライド55】

育種の実際ですけれども、育種は交配から始まります。今は世代短縮というのを行って、8年～9年で品種ができます。さらに蒔培養という技術を使うと、もう1年早く品種ができます。こういう形で選抜が行われています。ここに15万個体とありますが、100組み合わせ程度行って、最初は個体数が多いですが、それからどんどん選抜されて、品種ができるかどうかということです。

8 (12) 培養の労力が必要【スライド56】

これまでに育成された品種の「ななつぼし」も「ゆめぴりか」も薬培養を使って育成されました。ただ、雄しべをとって試験官の中に埋め込むという作業をしますので、非常に労力がかかるので、有望な組み合わせに限って行っています。

8 (13) 交配：F0世代（1年目）【スライド57】

交配するときには、43℃のお湯に7分つけます。そうすると花粉は死にますが、雌しべは生きています。そうしてから穎を切り、死んだ雄しべを吸引器で吸い取ります。これに袋をかけておいて、翌日、父方の穂の花粉をかけて交配というものができます。

8 (14) 交配で出来た種【スライド58】

交配してできた種がこれです。キノコの森みたいなのですが、切穎していますから、粃殻が半分なのです。粃殻がないので、玄米が伸びてくるのです。

8 (15) 世代促進温室における冬期栽培（1年目）F1世代【スライド59】

こういうものを1粒ずつ種を播きまして、11月に田植えを行います。雪の中で育てて、来年の3月にF1を育ててF2の種がとれます。

8 (16) 道南農試世代促進温室で2期作（2年目）F2・F3世代【スライド60】

道南農業試験場に大きなハウスがあるのですが、それを持って行って2期作をします。1年で2期作ということで、冬の間は1作、道南農試で1作。品種になるまでの日数を、これで2年短縮できるということなのです。

8 (17) 系統選抜試験（3年目○r4年目）（F4○rF5）【スライド61】

8 (18) 生産力検定予備試験（4年目○r5年目）（F5○rF6）

（薬培養はA3，3年目）【スライド62】

帰ってきてから系統選抜、苗種個体選抜が行われて、収量を見る試験になってきます。

8 (19) 耐冷性検定【スライド63】

19℃の水をずっと掛け流す耐冷性の検定で、冷害年の平成5年ぐらいの状態をつくり、出した冷水田で検定します。

8 (20) 冷水田検定結果【スライド64】

その中で耐冷性の強いのはしっかり実ります。これで検定を行い選抜をします。

8 (21) いもち病抵抗性検定【スライド65】

病気のほうではいもち病が一番問題になりますので、穂いもち、葉いもちの検定を行います。

8 (22) いもち病の本田防除がいらぬ「きたくりん」を育成（中央農試）

【スライド66】

いもち病無防除の田んぼですが、「ほしのゆめ」はめためたです。中央農試育成の「きたくりん」は本田防除が要らないほど圃場抵抗性の強いものです。これだけの差があるのです。基本的に殺菌剤は要りません。カメムシにも強いので、クリーン農業あるいは有機農業には非常に重要な品種になっております。

9. 北海道米の系譜（品種の家系図）【スライド67】

9 (1) 府県極良食味遺伝子の利用【スライド67】

北海道米の系譜、家系図を見ていきます。「キタヒカリ」、「ゆきひかり」までは道内の品種を使って食味を上げてきたのです。ただ、「きらら397」の育成には「コシヒカ

り」の血が必要でした。「コシヒカリ」を使って「しまひかり」という品種ができたのですが、これは晩生で、耐冷性が弱かったのです。それで、「キタアケ」をかけまして「きらら」が1988年にできました。さらに、「コシヒカリ」の血を引いた「あきたこまち」の血が入って「ほしのゆめ」ができました。「ゆきひかり」には「コシヒカリ」の血が入っていないのです。米アレルギーの方が「ゆきひかり」に変えると7割の方は改善すると言われています。これは「コシヒカリ」に何かがあると考えられます。たんぱく等を調べてもなかなか解らず、今、帯広畜産大学では、「ゆきひかり」には腸内環境が改善される効果があるのではないかという研究をされております。

9（2）国宝ローズ遺伝子の利用 【スライド68】

「ななつぼし」にいくのには、「国宝ローズ」というアメリカの品種が必要でした。これは国府田農場というところで、もともと日系の方ですが、日本から行ったものを土台にしてつくった品種で、ある人が1981年に持ち帰り、交配させたのです。交配したのですが、なかなか品種になりませんでした。ただ、育種の皆さんは「空系90242」系統が非常に有望だと思っていたのです。そこから「ななつぼし」が2001年にできました。交配から20年かかっています。その2年後に、似た系統を使って「ふっくりんこ」ができており、「ななつぼし」と「ふっくりんこ」は特性が結構似ているのです。

9（3）組織培養による低アミロース遺伝子の利用 【スライド69】

さらに、「ゆめぴりか」にいくのには、また別の遺伝子が必要でした。「きらら397」を培養したときの低アミロースの変異体「北海287号」を親にして「おぼろづき」ができて、これを改良して「ゆめぴりか」が育成されたということです。

今考えると、どの遺伝子が効いて、食味をアップしてきましたとお話できますが、これからどうなるかというのは何にも話せないのです。それは後になってわかることで、今は試行錯誤で行っていかねばならない状況です。

9（4）新旧品種のアミロース含有率と蛋白質の関係 【スライド70】

アミロースとたんぱくの分布図です、「コシヒカリ」がこの辺になって、「ゆめぴりか」はたんぱくが高目なのでこれを下げたいのです。それから、アミロースは温度反応しますが、「ゆめぴりか」は年によっての変動がありますが、その程度が多少大きいのです。低温の年でも安定していて、逆に言うと高温の年でも下がりづらい特性が現在の目標です。

9（5）現在検討中の主なDNAマーカー 【スライド71】

品種改良していくときに、田んぼに植えなくても特性が選抜できるという技術、DNAマーカーというバイオ技術が発達してきています。マーカーというのは、遺伝子に旗を立てて、その遺伝子を持っているかどうかを判定していきます。ですから、植えなくても選抜ができるということです。いもち病抵抗性とか低アミロース性とか、直播に関しては低温苗立ち性、発芽性のDNAマーカーも開発されてきていますので、今後期待したいと思います。

9（6）北海道の水稲多収育種の展開方向 【スライド72】

この40年、食味の向上をメインにやってきましたけれども、やはり収量性を置き去りにしてきたと思います。最近「ななつぼし」で多少上がって、さらに「そらゆき」、飼料用ですけども多収の「そらゆたか」ができてきています。この収量をさらに上げていく。収量を上げることによってコストを下げるのが真つ当な道だと思いますので、ここが必要だ

と思います。

10. 直播栽培の今後の課題【スライド73】

今後の課題ということで、まずは直播用品種の開発。具体的には収量を上げる、そして今の播種量10kg/10aを減ずることができるように苗立ち性を向上しなければなりません。また、品種にするのには、どういうふうにするかです。市販米で売なのか、業務用米なのか、はっきりした戦略を立てて品種化をしていく必要があると思います。

次に移植並みの収量の確保。再三言っていますけれども、非常に重要です。直播だから手を抜いていいよといったら直播は普及しません。

3人の方のお話をしたいと思うのですが、まず乾田直播を開発した北農試の栗崎弘利先生という方がいらっしゃいます。この方は、直播は多収技術だとずっと言い続けています。それは、苗立ちが200本/m²確保できて、さらに幼穂形成期までにきちんと窒素を吸収するという前提があるのです。その前提がクリアできれば多収技術につながると言っています。

美唄の直播研究会の2代目の会長さんの且見隆さんは、毎年研究会で坪刈り調査をしていますが、そのときにどういうところを刈ったらいいかという、一番いいところを刈りなさいと。一番いいところを刈ったら、その田んぼの評価ができないと私は思いました。いや、違うよと。一番いいところの収量を知れば、田んぼ全体でその稲をつくれれば全体がその収量になるという考え方です。

最後は、妹背牛の直播研究会の佐藤忠美さん。直播を手抜きだと思ったらだめ。手抜きでやるのだったら直播はやめて育苗箱を買ったほうがいい。直播では除草剤にしてもいろんな経費もかかってくる。省力的ではあるけれどもコストはかかるのが直播だと。移植並みの収量はやればとれる。ただ、移植とは栽培のポイントが違うぞと。そこをしっかりと確保すれば移植並みの10俵はとれると力強く話しています。

そして、コストを下げるためには、作業機を共同利用する。あるいは移植と違う技術のポイントを共有していくという意味で、地域の研究会というのは非常に重要だと思っています。直播が安定して普及した地域には、必ずしっかりしたリーダーがいるということです。それは技術の共有だけではなくて、できた米をどうやって売なのか。1つの研究会だけではなくて道内の研究会が力を合わせて、大きなロットとして全国に勝負していくことが必要だと思います。

時間がきてしまいました。今日の講演は終わりたいと思います。おまけですが、私の大学も、学生が来ないと我々も食べていけませんので、皆さんのお知り合いの中に高校3年生、高校2年生でも結構ですが、ぜひ我が大学に来てほしい。それから、今年の卒業生は大体就職できましたけれども、次年度以降の口探しということもございますので、そういう折はぜひよろしくお願ひしたいと思います。

今日はどうもありがとうございました。(拍手)

平成29年度 第1回土地改良研修会

講演 北海道における水稲直播栽培技術について

【当日配布資料】

開催日時 平成29年11月17日 13:20~14:35
会場 ACU-A (アスティ45) 16F 大研修室
主催 一般社団法人 北海道土地改良設計技術協会

北海道における 水稲直播栽培技術について



拓殖大学北海道短期大学
農学ビジネス学科
田中 英彦

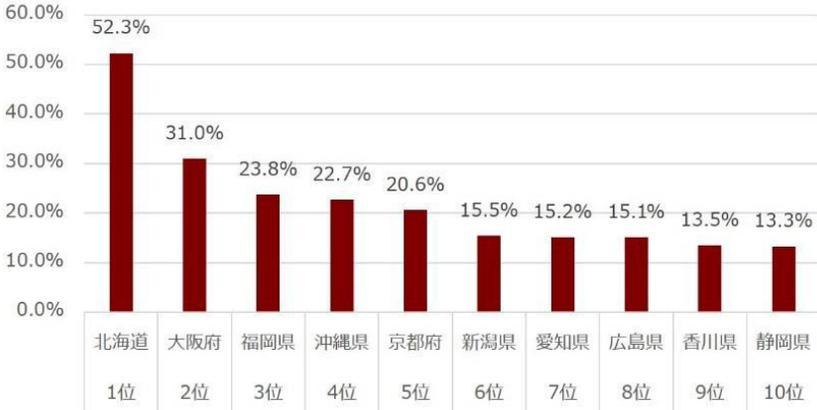
1. 北海道の魅力は、雄大な自然景観と
美味しい食べ物です。



2. 47都道府県〈食のイメージ〉調査2016

(株式会社バイヤーズ・ガイド)

2(1) ●食のイメージがある都道府県 (複数回答)



2

2(2) ●米のイメージがある都道府県 (複数回答)



●米でイメージの強い品種 (複数回答) ランキング

1位	コシヒカリ	85.9%	6位	きらら397	19.3%
2位	あきたこまち	69.7%	7位	はえぬぎ	11.9%
3位	ひとめぼれ	37.1%	8位	ヒノヒカリ	10.5%
4位	ゆめぴりか	29.4%	9位	つがるロマン	10.1%
5位	ななつぼし	21.7%	10位	キヌヒカリ	3.9%

3

2(3) イクラの醤油漬け(米:ゆめぴりか)



4

3. 府県の品種を北海道で植えると??

3(1) 北海道の品種は、日長感応しない!

北海道	東北	北陸	九州
ゆめぴりか	ひとめぼれ	コシヒカリ	ヒノヒカリ



* 上川農試資料

上川農試、9月下旬

5

3(2) 8月
イネのお花が咲きました



* 石塚喜明監修「北海道の稲作」より

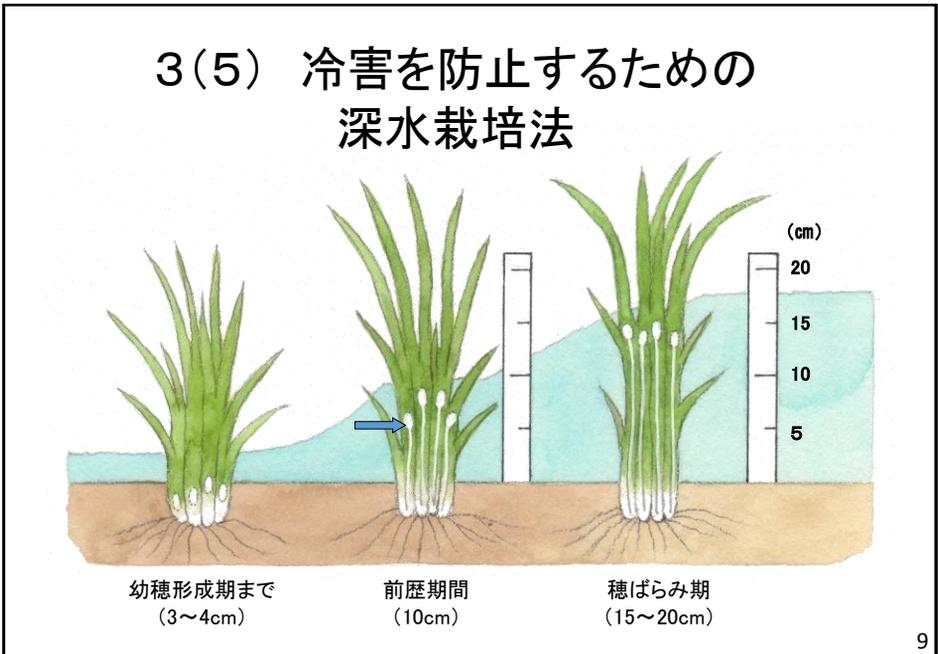
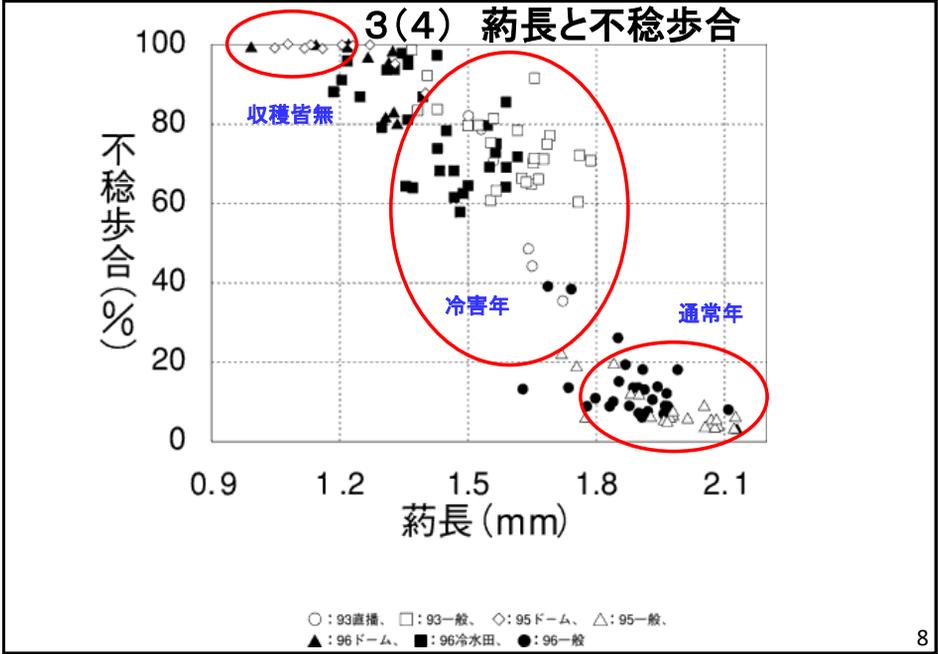
3(3) 冷害と葯

障害を大きく受けた葯

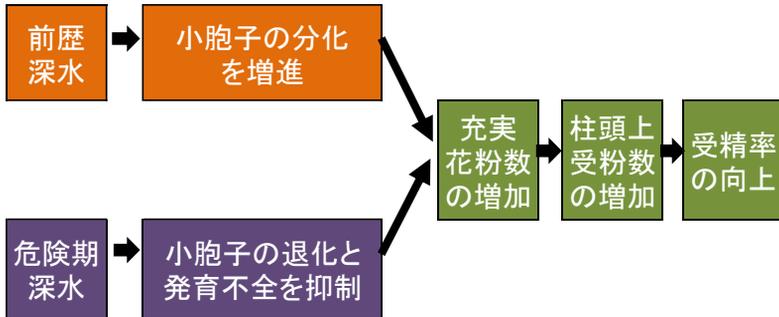
中程度に障害を受けた葯

健全な葯



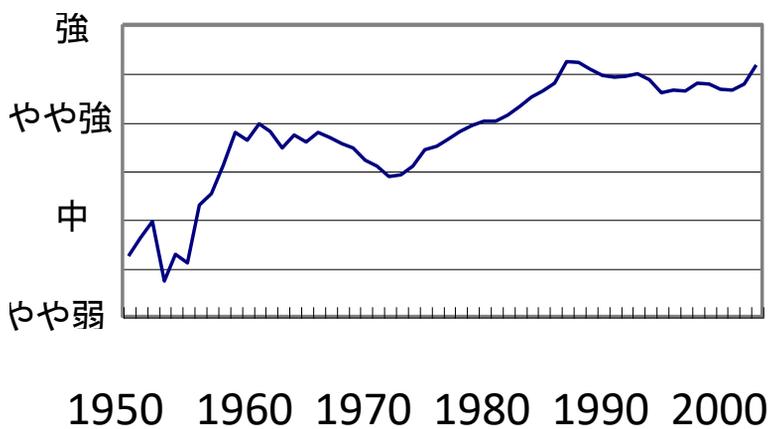


3(6) 深水灌溉による受精率向上の因果関係 (Satake 1989. Jpn. J. Crop Sci. 58:240-245)



10

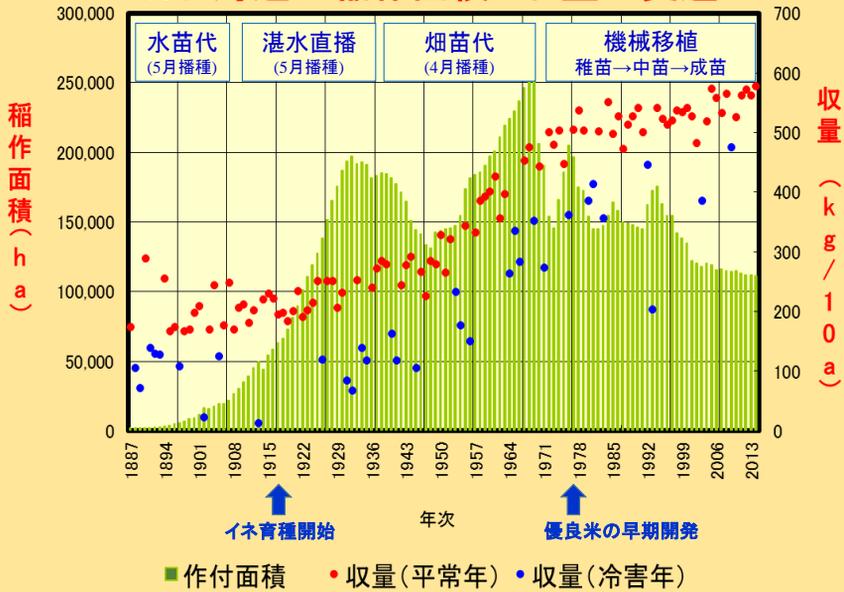
3(7) 北海道優良品種における耐冷性の向上



* 上川農試資料

11

4. 北海道の稲作面積と収量の変遷



12

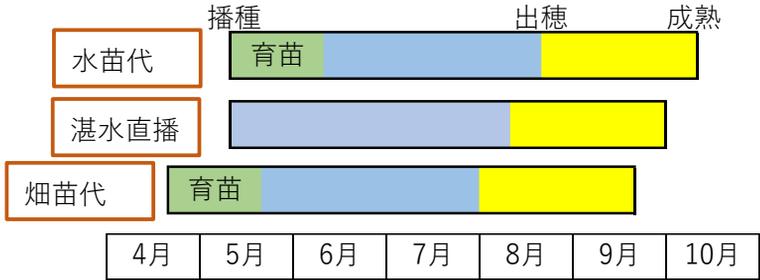
4(1) 直播対移植収量比較試験成績 (北海道の米 1921)

試験 区別	本場 (札幌)	渡島支場		上川支場		十勝 支場
	赤毛	赤毛	地米	赤毛	坊主	黒毛
直播	1.527	2.045	2.157	2.273	2.543	1.82
移植	1.435	2.032	2.155	2.262	2.518	1.63
(直播/移植×100)	(106)	(101)	(100)	(100)	(101)	(112)
試験年次	明治38~39年 の2ヶ年	明治43~大正5年 (大正2年を除く) の6ヶ年		明治40~ 大正3年 (明治 43, 44, 大正2年 を除く) の5ヶ年	大正4~7 年 の4ヶ年	大正元~ 7年(大 正2, 3年 を除く) の5ヶ年

表中の数値の単位は、石/反.

13

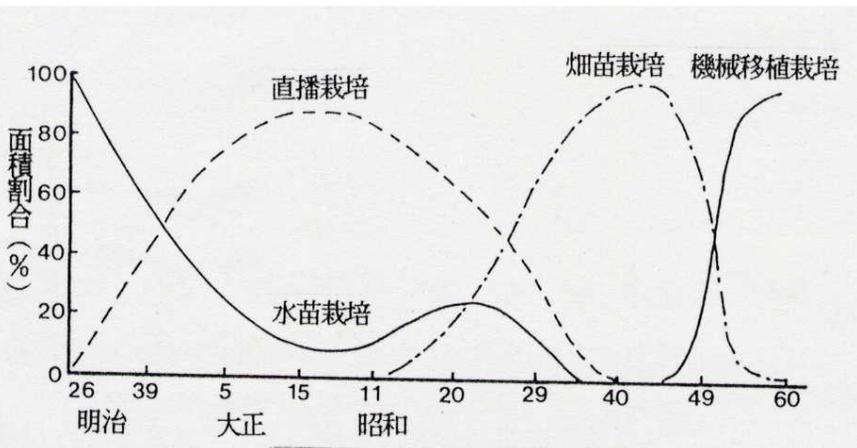
4(4) 水苗代、湛水直播、畑苗代の技術



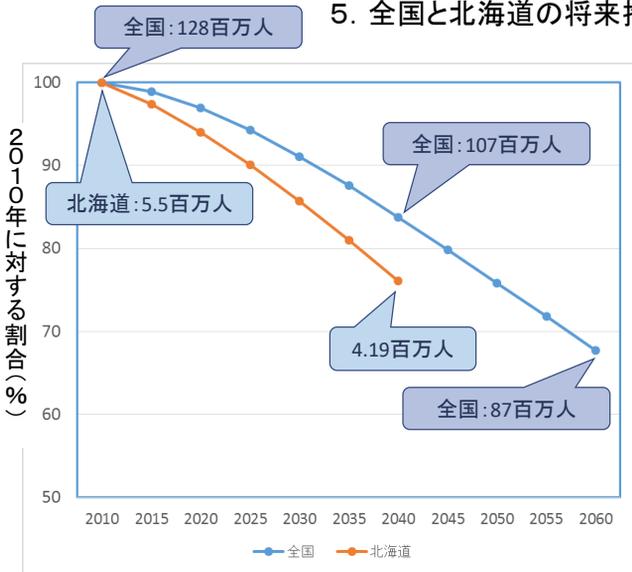
障子により保温した畑苗代



4(5) 北海道米における水稻栽培法の変遷



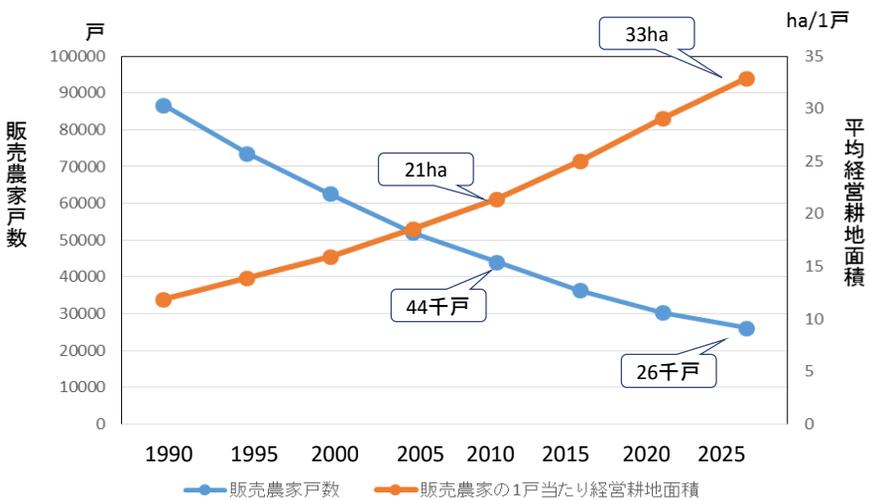
5. 全国と北海道の将来推計人口



国立社会保障・人口問題研究所の「日本の将来推計人口(平成24年1月推計、出生・死亡とも中位)」と「日本の地域別将来推計人口(平成25年3月推計)」のデータから作図

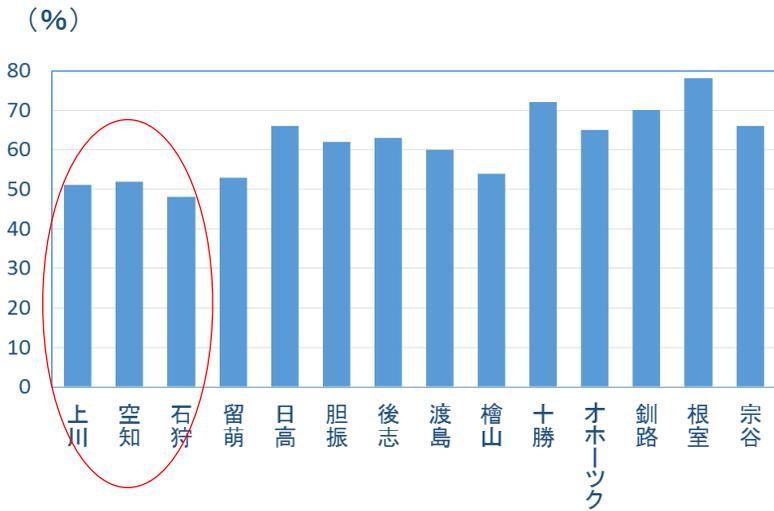
18

5(1) 農林業センサスを用いた 北海道農業農村の動向予測(中央農試 2013)



19

5(2) 2010年を基準とした2025年における販売農家戸数 (予測値)の地域間差

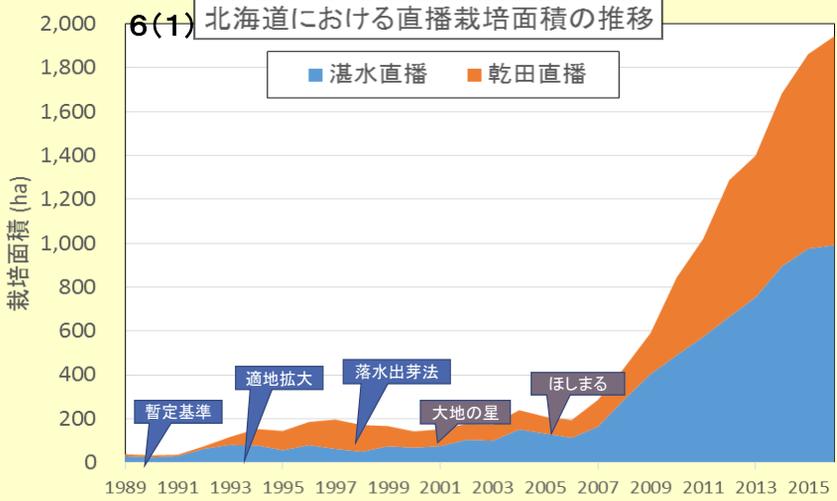


20

6. 直播栽培の可能性・必要性

- 直播栽培は安定技術か？
- 直播栽培は低コストか？
- 直播栽培米は良食味か？

21

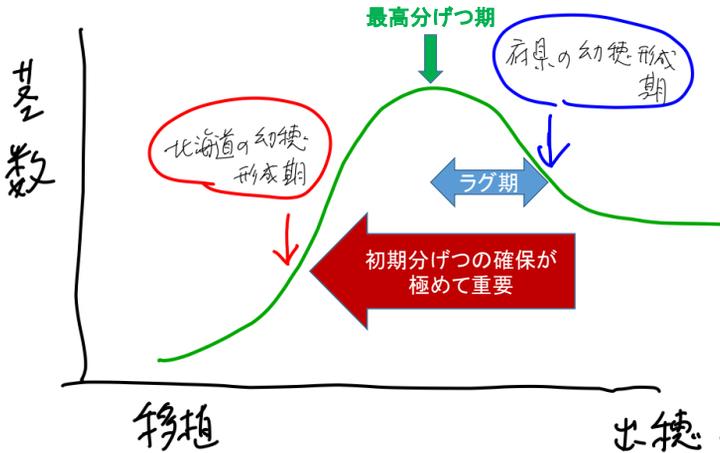


私の職歴: 上川農試 | 中央農試(稲作部) | 道庁 | 中央 | 十勝 | 管理職(中央・花野・上川)



6(2)
 稲作は、苗半作！
 直播は、苗立ち半作！
 内地のイネとの違い！

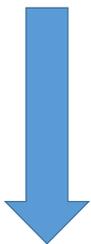
6(3) 北海道と府県のイネの生育の違い



24

7. 水稻湛水土壤中直播栽培の開発 (三石・中村 1977a,b)

過酸化石灰剤を被覆した籾を1~2cmの土壤中に播種する技術



道内での
試作

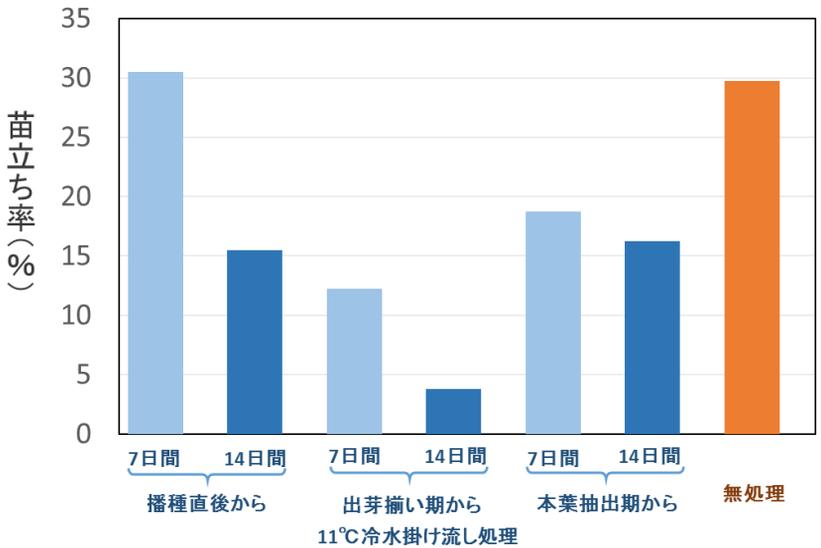
苗立ち
不安定



落水出芽法の開発 (大場 1994,1997)

25

7(1) 低温に最も弱い時期は？

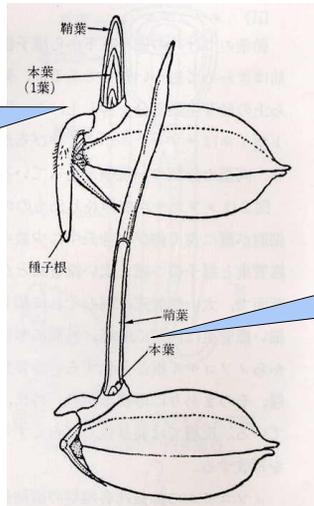


26

7(2) イネの発芽の仕方

(星川 1975. 解剖図説イネの生長)

酸素が十分
ある場合



酸素不足
の場合

27

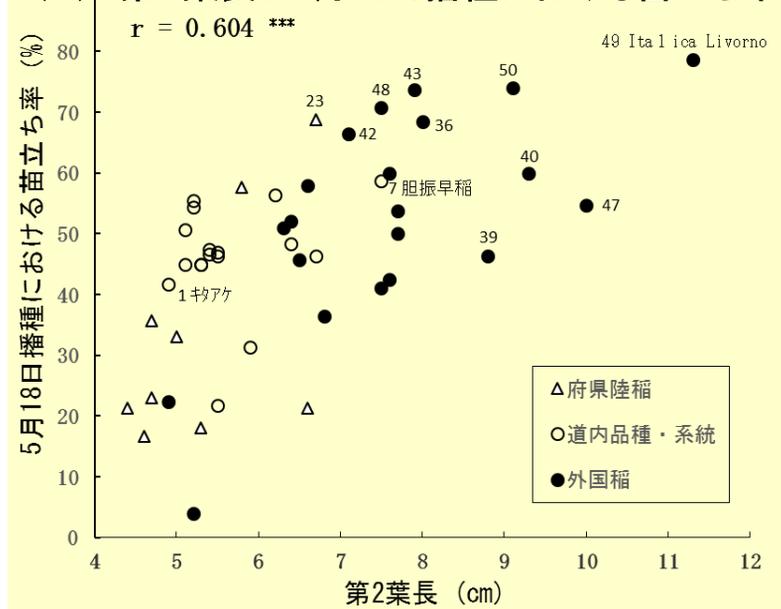
7(3) 低温苗立ち性と初期伸長性の関係

表 苗立ち率の品種間差異（抜粋）.

No.	品種		苗立ち率 (%)
			5月15日播種
49	Italica Livorno	イタリア	79.5
50	Kaeu-N17	旧ソ連	76.3
43	Arroz da Terra	ポルトガル	74.5
48	Alborio-J1	イタリア	73.1
36	Dunghan Shali	旧ソ連	68.9
42	Sakuzairei	中国	67.1
7	胆振早稲	道内品種	59.2
1	キタアケ	道内品種	41.3

28

7(4) 第2葉長と5月18日播種における苗立ち率



29

7(5) 土壤還元とPythium属菌に対する耐性

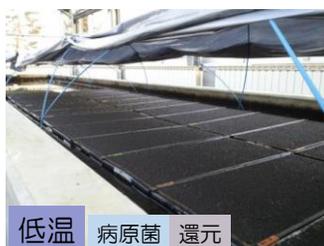
表 出芽率・苗立ち率の品種間差異と土壌処理およびPythium属菌接種の効果.

品種	出芽率に対する 土壌の効果		苗立ち率に対する Pythiumの効果	
	酸化土	還元土	無接種	接種
Italica Livorno	100	95	98	17
Alborio-J1	94	58	60	6
Arroz da Terra	99	93	95	11
Sakuzairei	92	86	89	24
Dunghan Shali	99	90	93	35
キタアケ	86	54	60	15
はやまさり	81	61	65	6
胆振早生	87	44	61	9
平均	94	75	80	14

30

7(6) 苗立関連の検定 (苗立性の評価)

○低温苗立性検定



低温 病原菌 還元

温室における冷水掛け流し

13~14℃ 4週間 冷水掛け流し

○低温発芽性検定

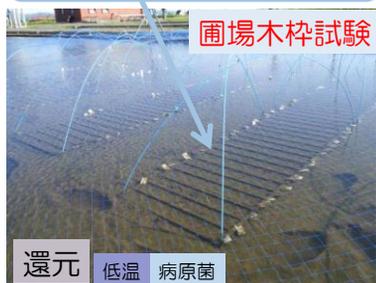
15℃での発芽性 シャーレ試験

低温

○土中出芽・苗立性検定



圃場木枠試験



還元 低温 病原菌

代かき土壌 1 cm深、常時湛水 4週間

* 上川農試資料

31

7(7) 落水期間が苗立ちと生育収量に及ぼす影響 (圃場試験)

表 播種後の落水が苗立ち、倒伏および収量に及ぼす影響。

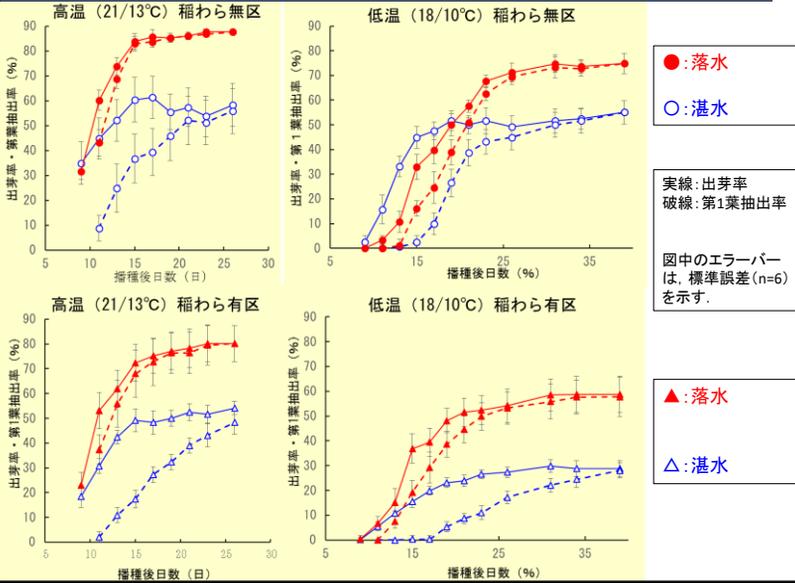
場所 (土壌)	年次	水管理	日数・ (日)	浮き苗 発生 程度	苗立ち 本数 (本 m^{-2})	倒伏 程度	玄米 収量 (gm^{-2})
上川農試 (褐色低地土)	1991	落水区	4	53%	281	無	351
		慣行区	2	13%	304	無	558
中央農試 (泥炭土)	1992	落水区	5	多	147	無	378
		慣行区	3	少	179	無	394
	1994	落水区	12	少	269	無	490
		慣行区	2	中	315	30%ナビキ	420
	1995	落水区	13	少	182	無	532
		慣行区	2	少	160	10%ナビキ	508

32



33

7(9) 出芽・苗立ちに及ぼす播種直後からの落水の効果 (室内試験)

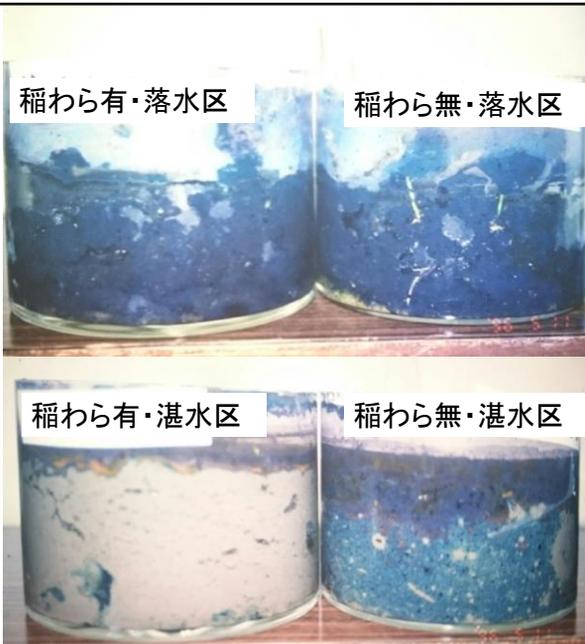


34

7(10) メチレンブルーによる 土壌の酸化還元状態の観察

(酸化状態では濃青色を呈し、酸化還元電位が50mV程度で退色する)

高温区
グライ土



35

7(11) 湛水区と落水区の地表下1cmの地温の比較(1992～1997年)

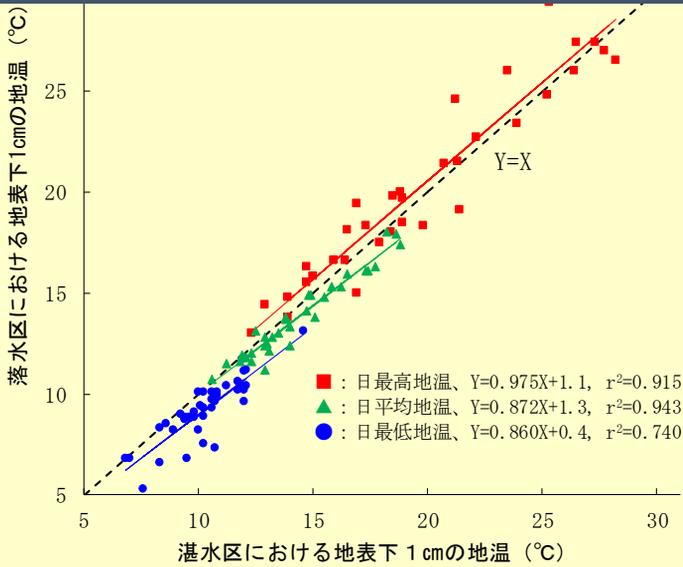
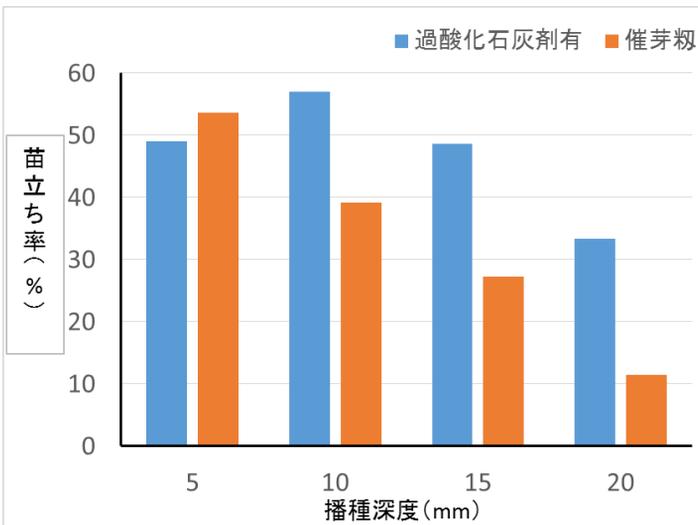


図 湛水区と落水区の地表下1cmの地温の比較 (1992～1997年)

36

7(12) 落水出芽法における適正播種深度 (中央農試、1997年)



37

7(13) 最適入水日

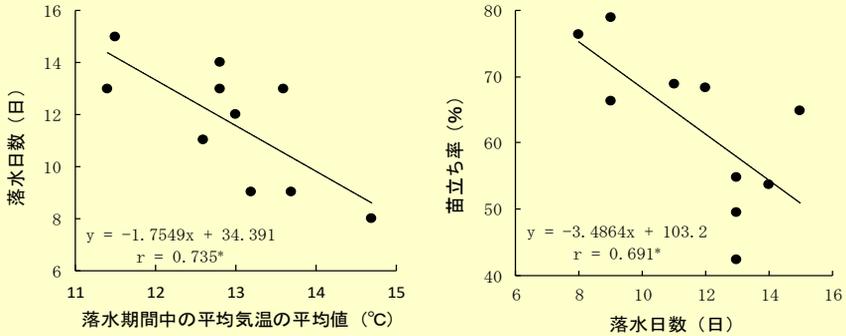


図 落水日数と落水期間中の平均気温および苗立ち率の関係。
過酸化石灰粉粒剤を被覆した場合。*は、5%水準で有意であることを示す (n=10)。

38

7(14) 苗立ち率に及ばず播種後落水期間延長の効果.

落水期間	落水日数 (日)	種籾処理	播種量 (g m^{-2})	入水時出芽率 (%)	苗立ち率 (%)
早期	6.8	カルパー	9.8	-	62.0
		催芽籾	12.1	-	45.7
標準	10.2	カルパー	9.8	42.4	70.9
		催芽籾	12.0	23.8	52.2
延長	13.0	カルパー	9.8	51.9	65.0
		催芽籾	12.0	38.4	60.9

供試品種は「ゆきまる」, 平均は, 早期は1999~2002年の4年間, 標準と延長は1998~2002年の5年間の平均値。

39

7(15) 播種機の実用性の評価



乗用型散播機



乗用型施肥条播機(密条)



带状散播機



打ち込み式代かき同時直播機

40

7(16) 水稲直播栽培用品種の育成

品 種	育成年	早晚性	育成経過	食味
はやまさり	昭63	極早生	直播専用	キタヒカリ並
きたいぶき	平5	極早生	直播専用	ゆきひかり並
ゆきまる	平5	早生	移植用	きらら397並
大地の星	平15	早生	移植用	冷凍米飯向け
ほしまる	平18	早生	直播・移植兼用	ほしのゆめ並



大地の星



ほしまる



41

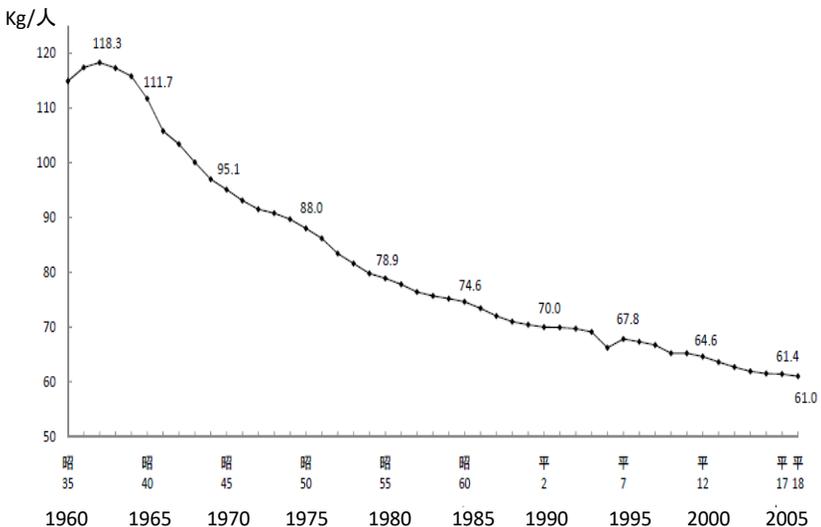
7(17) 湛水直播、乾田直播の長所と短所

	湛水直播	乾田直播
長所	<ul style="list-style-type: none"> ① 全天候型で作業が計画的に行える ② 適応土壌が広く取り組みやすい 	<ul style="list-style-type: none"> ① 大型機械導入が可能 ② 田畑輪換がしやすい ③ 土壌が酸化的に推移
7(17)湛水直播、乾田直播の長所と短所		
短所	<ul style="list-style-type: none"> ① 代かき労力が必要 ② 土壌が還元が進みやすい ③ 地耐力が低下しやすい 	<ul style="list-style-type: none"> ① 漏水田には不適 ② 降雨により計画的な作業に支障が生じやすい ③ 均平作業が必要 ④ 畑雑草が発生しやすい

水のコントロールが最も重要!!

42

7(18) 一人当たり米消費量の推移



* 農林水産省資料より

43

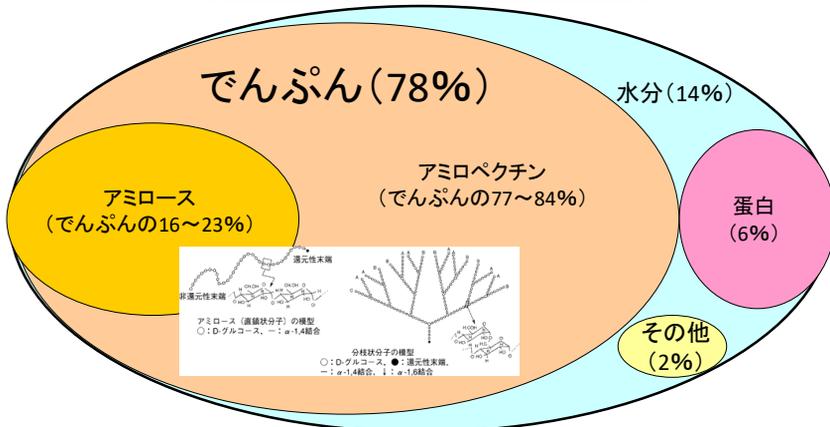
8. 優良米の早期開発プロジェクトの推進

- ・育種年限の短縮
- ・育種規模の拡大
- ・食味検定



44

8(1) 白米の成分(概念図)



**アミロース含有率と蛋白含有率が
少ないお米ほどおいしい。**

45

8(2) アミロースオートアナライザー

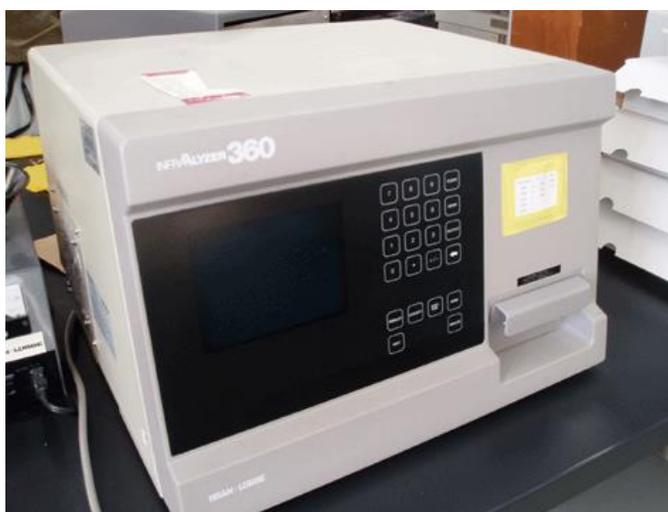
1点3分、1点米粉0.1g



* 上川農試資料

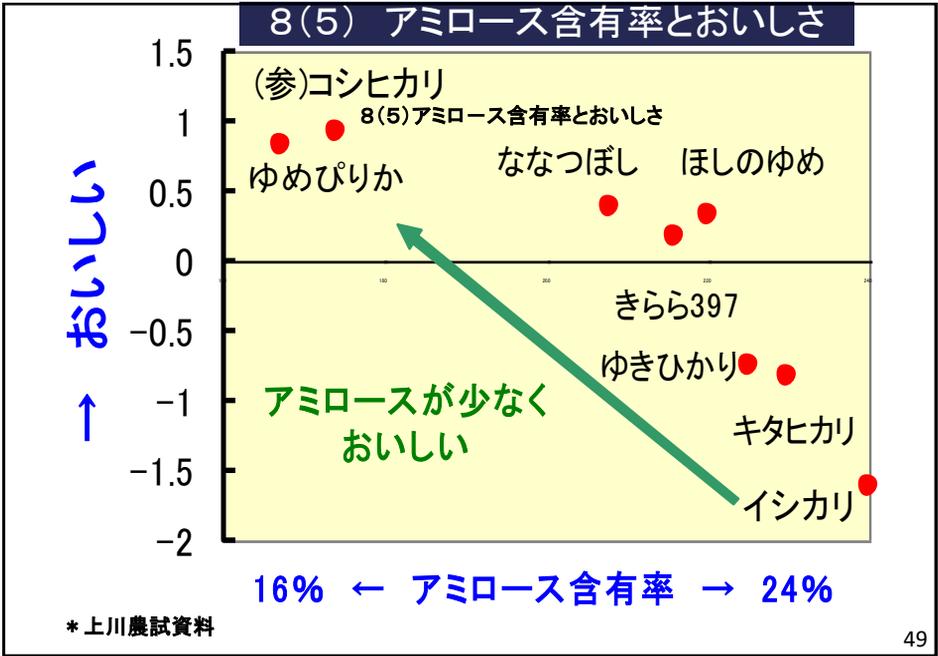
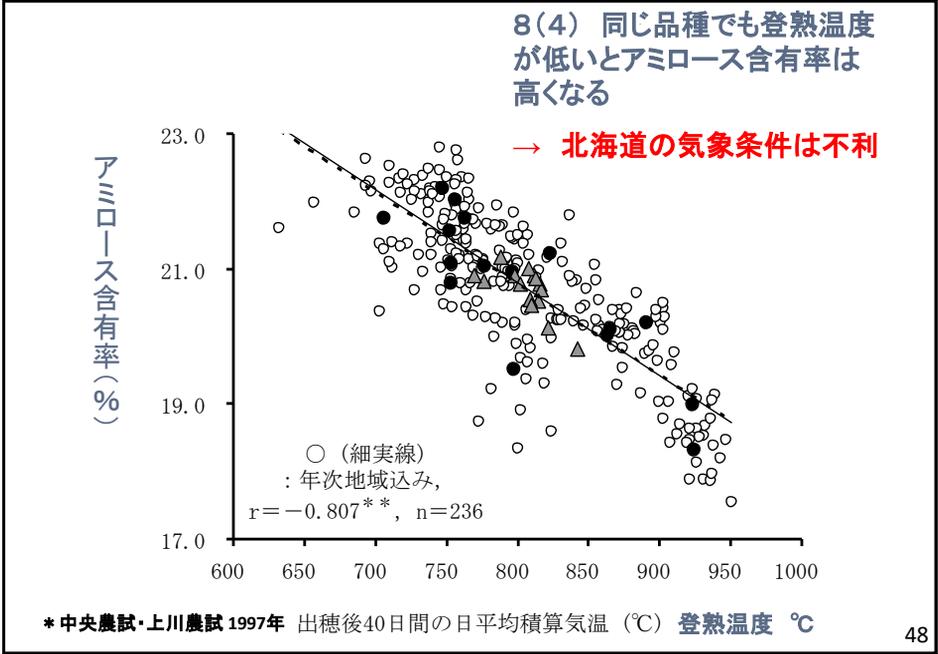
46

8(3) 蛋白質含有率測定のための 近赤外分析装置インフラライザー



* 上川農試資料

47



8 (6) 食味官能試験って？

基準米（ななつぼし）
を0として
-2～+2の点数で評価

食味試験		年 月 日		氏名		
表現	かなり不良	不良	基準と同じ	良い	かなり良い	
評点	-2	-1	0	+1	+2	
外	白さ					
観	つや					
香	り					
味						
口あたり						
粘り						
柔らかさ						
総合						



全員が「良い」をつけると
+1.0
全員が「不良」をつけると
-1.0

* 上川農試資料

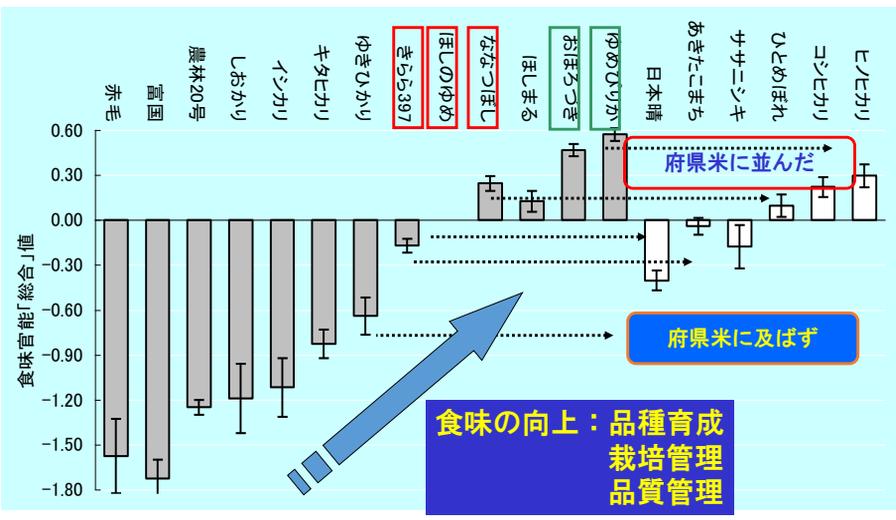
50

8 (7) 生産力検定予備試験段階の食味試験



51

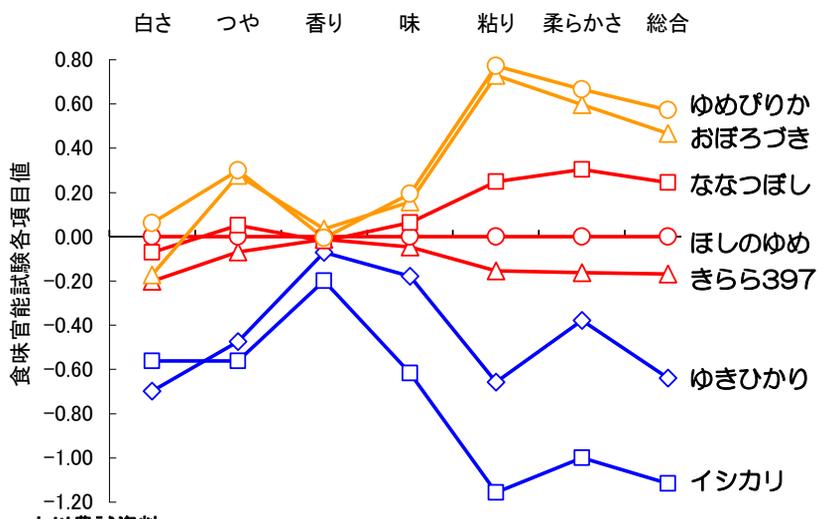
8 (8) 北海道米もこんなに美味しくなった！



* 上川農試資料

注) 上川農試による評価

8 (9) 昔のお米とはどこが違う？



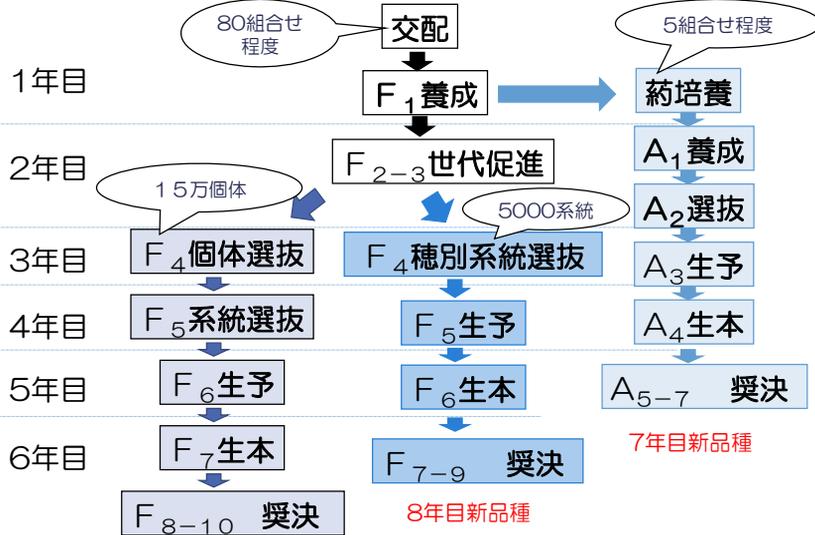
* 上川農試資料

8(10) 水稻育種の実際



* 上川農試資料

8(11) 育種の流れ図



* 上川農試資料 9年目新品種



8(12) 培養の労力が必要

薬培養: 合計7年

例えば、育種全体で80組合せ中、特に有望な5組合せを薬培養に供試

育成品種

上育394号

彩

ななつぼし

ゆきまる

しろくまもち

ゆめぴりか



56

8(13) 交配:F0世代(1年目)

切穎・雄蕊吸引



温湯除雄(43°C、7分間)

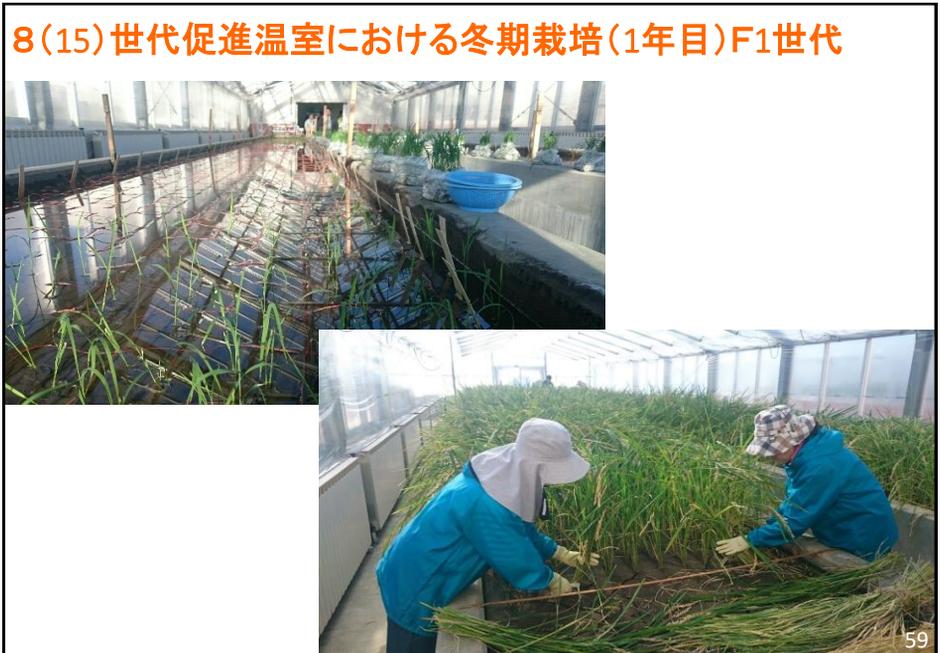


57

8(14) 交配で出来た種



8(15) 世代促進温室における冬期栽培(1年目)F1世代



8(16)道南農試世代促進温室で2期作(2年目)
F2・F3世代

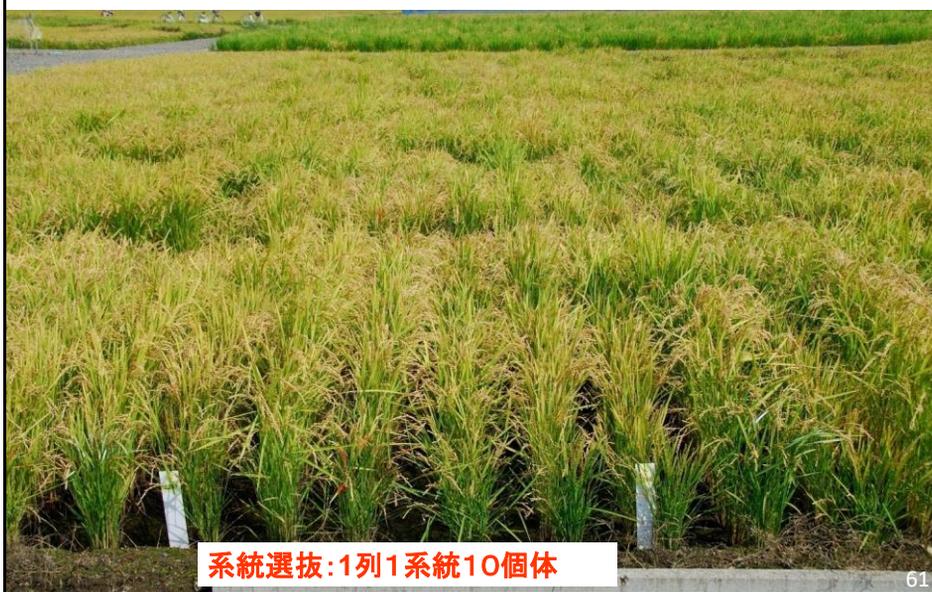


作付圃場750㎡



60

8(17)系統選抜試験(3年目、or 4年目)(F4 or F5)



系統選抜:1列1系統10個体

61

8 (18) 生産力検定予備試験(4年目 or 5年目)
(F5 or F6) (葎培養はA3、3年目)



8 (19) 耐冷性検定

穂ばらみ期耐冷性

6月下旬～8月下旬まで
日平均水温19℃

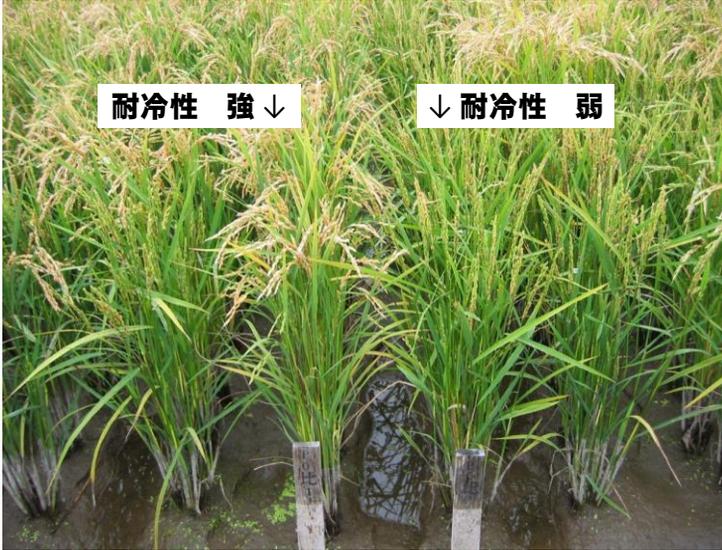


開花期耐冷性

出穂期から15日間
17.5℃



8 (20) 冷水田検定結果



* 上川農試資料

64

8 (21) いもち病抵抗性検定



穂いもち検定



葉いもち検定

* 上川農試資料

65

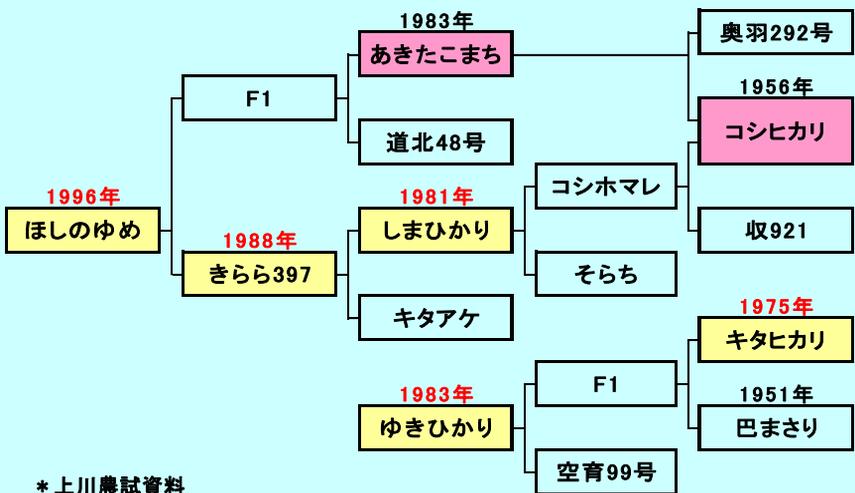
8(22)いもち病の本田防除がいらぬ
「きたくりん」を育成(中央農試)



66

9. 北海道米の系譜(品種の家系図)

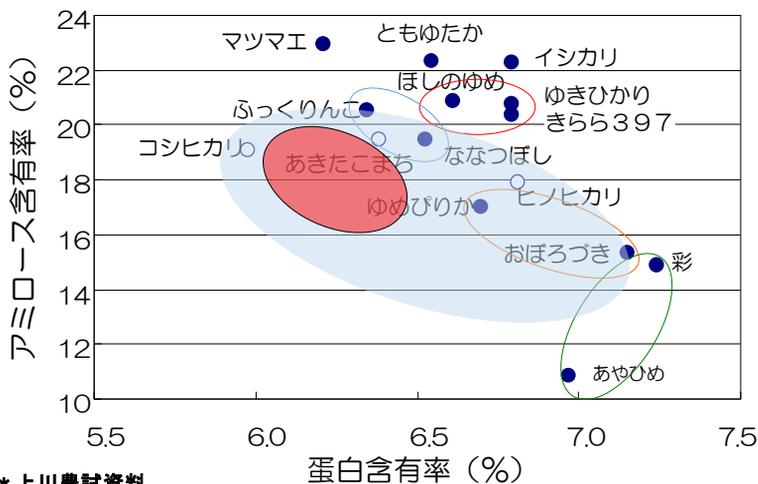
9(1) 府県極良食味遺伝子の利用



* 上川農試資料

67

9 (4) 新旧品種のアミロース含有率と蛋白質の関係



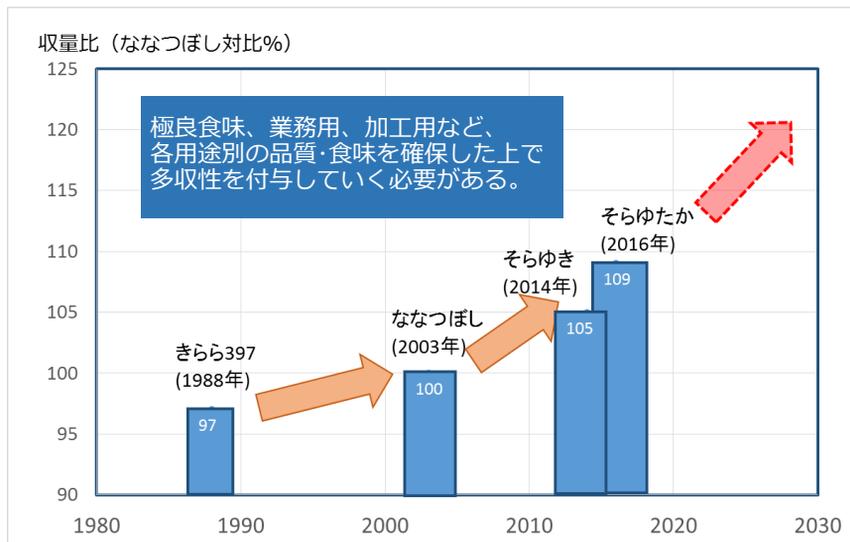
70

9 (5) 現在検討中の主なDNAマーカー

対象形質	DNAマーカー	由来
いもち病抵抗性	<i>Pi35</i> <i>Pi39</i>	北海188号 みねはるか
低アミロース性	<i>qAC9.3</i>	北海PL9
アミロペクチン 短鎖化	<i>sbe1</i>	早不知D
低温苗立ち性 (低温発芽性)	<i>qSES11</i> (<i>qLTG11</i>)	Arroz Da Terra
深根性	<i>DRO1</i>	Kinandang Patong

71

9 (6) 北海道の水稲多収育種の展開方向



72

10. 直播栽培の今後の課題

- 直播用品種の開発
多収、苗立ち向上、販売戦略
- 移植並み収量の確保
手抜き直播はだめ
- 作業機械の共同利用と技術共有
地域の研究会の重要性

73

講演会を終えて

当協会は公益事業の一環として、土地改良研修会を年数回開催しております。

今回は、「北海道における水稲直播栽培技術について」と題して拓殖大学北海道短期大学農学ビジネス学科教授 田中 英彦 様から、種もみを田に直接まく米の直播栽培が道内で広がっていることを踏まえご講演を頂きました。

今後も、こうした形での情報提供を行っていきたいと考えておりますので、ご支援とご協力をお願いいたします。

講 師： 田中 英彦 氏の職歴

【職 歴】

- 1957 年 生 埼玉県入間市
- 1982 年 北海道大学大学院農学研究科農学専攻修士課程修了・修士
- 1985 年 北海道立上川農業試験場水稲栽培科研究職員
- 2002 年 北海道農政部農業改良課主査（研究企画）
- 2004 年 北海道立中央農業試験場生産システム部主任研究員
- 2008 年 北海道立十勝農業試験場技術普及部次長
- 2014 年 北海道立総合研究機構上川農業試験場長
- 2017 年 拓殖大学北海道短期大学農学ビジネス学科教授 現在に至る

平成 29 年度 第 1 回土地改良研修会 講演録

発 行 一般社団法人 北海道土地改良設計技術協会
〒060-0807 札幌市北区北 7 条西 6 丁目 2-5 ND ビル
TEL 011-726-6038 FAX 011-717-6111
URL: <http://www.aeca.or.jp/>
