

ISSN 0386-6211

北海道立農試資料 第27号

Misc. Pub. Hokkaido  
Prefect. Agric. Exp. Stn.  
No.27, p.1-80 March, 1997

## 北海道立農業試験場資料 第27号

Miscellaneous Publication of Hokkaido  
Prefectural Agricultural Experiment Stations  
No.27, March 1997

---

# 北海道の育種指定試験地における 耐性育種の成果と展望

---

平成9年3月

北海道立中央農業試験場

Hokkaido Central  
Agricultural Experiment Station  
(Naganuma, Hokkaido, 069-13 Japan)



冷水掛け流し水田  
(上川農業試験場水稲育種指定試験地)

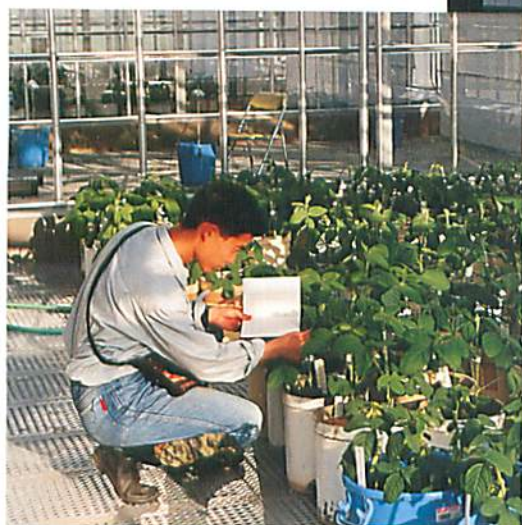


人工気象室



春播小麦出穂後  
(北見農業試験場小麦育種指定試験地)





豆類低温育種実験室と耐冷性検定調査  
(十勝農業試験場大豆育種指定試験地)



ダイズわい化病現地選抜圃場  
(中央農場試験場大豆育種指定試験地)





小豆育種試験圃全景  
(十勝農業試験場小豆育種指定試験地)



疫病無防除栽培における疫病圃場抵抗性品種の効果  
左が抵抗性の「根育29号」、右が「農林1号」  
(根釧農業試験場ばれいしょ育種指定試験地)





とうもろこし交配圃場  
(十勝農業試験場とうもろこし育種指定試験地)



チモシー個体選抜圃場  
(北見農業試験場牧草育種指定試験地)

# 序

北海道における公的機関による本格的な作物育種は、水稲および豆類に関しては1890年代に、小麦、馬鈴しょ、てん菜およびとうもろこしは1900年代から1910年代に開始された。これらの主要作物の育種は、北海道農業技術発展の過程で中心的な役割を演じながら、約100年の歴史をもって今日まで続けられてきている。

現在、北海道立農業試験場には国の委託事業として実施している指定試験地が10単位あり、これらのうち8単位が作物育種指定試験地である。これらの育種指定試験地の設置は、1956年十勝農業試験場の大豆に始まり、1966年の上川農業試験場の水稲までに7試験地、1972年十勝農業試験場の小豆が最後の設置である。各指定試験地は、設置後既に25年～40年の長年月を経過しているが、北海道立農業試験場が実施している試験研究事業の中で、重要な位置を占める作物育種の中心的役割を果し、それぞれの作物について寒冷地北海道に適応する多収、耐冷、耐病、耐虫、良質、良食味等の重要特性を具備した多くの品種開発を行い、それらの品種の普及によって北海道における作物生産性の向上と農業経営の安定に大きな役割を果してきた。また育種指定試験事業は国立研究機関との研究員および研究情報交流のための大きな機能を担い、歴史的には北海道立農業試験場が取り組んでいる作物育種全体の研究および技術水準の向上にも貢献してきたといえよう。

昨年(1996年)は国が指定試験事業を開始して70周年目に当り、大規模な記念事業が行われたが、記念式典において、指定試験地をもつ北海道立各農業試験場は長年にわたる事業推進功勞の榮譽に浴した。指定試験事業のこの大きな節目に当り、北海道立農業試験場は、北海道の自然条件のもとで各作物の重要育種目標である耐冷性、耐病性、耐穂発芽性等の「耐冷育種の成果と展望」を取りまとめ、北海道立農業試験場資料第27号として刊行することとした。本資料が作物育種および関連研究分野の今後の試験研究のために有効に利用されるとともに、北海道における作物耐性育種の重要性を広く関係者の方々の理解を得ることに役立つことができれば幸とするものである。70周年および本資料発刊を機に、各指定試験が次なる研究の発展に向けて邁進することを期待する。

末尾に、本資料作成に当り、編集および執筆を担当した各位に対し、謝意を表す。

平成9年3月

北海道立中央農業試験場長 三分一 敬

平成9年3月

# 北海道の育種指定試験地における耐性育種の成果と展望

土屋武彦 編

## 目 次

### I. 総 括

北海道における育種指定試験地 ..... 土屋 武彦 ( 1- 4)

### II. 育種指定試験地における耐性育種の成果と展望

#### 1. 水稲耐冷性育種の成果と展望

..... 北海道立上川農業試験場 水稲育種指定試験地 菊地 治己 ( 5- 17)

#### 2. 小麦における耐性育種の現状と今後の方向

..... 北海道立北見農業試験場 小麦育種指定試験地 天野 洋一 ( 18- 27)

#### 3. 大豆の耐性育種の成果と展望

..... 北海道立十勝農業試験場 大豆育種指定試験地 松川 勲 ( 28- 38)

#### 4. 大豆の耐病性育種の成果と展望

..... 北海道立中央農業試験場 大豆育種指定試験地 白井 和栄 ( 39- 47)

#### 5. 小豆の耐性育種の成果と展望

..... 北海道立十勝農業試験場 小豆育種指定試験地 村田 吉平 ( 48- 56)

#### 6. ばれいしょにおける耐病性育種の成果と展望

..... 北海道立根釧農業試験場 ばれいしょ育種指定試験地 伊藤 武 ( 57- 64)

#### 7. とうもろこしの耐性育種の成果と展望

..... 北海道立十勝農業試験場 とうもろこし育種指定試験地 千藤 茂行 ( 65- 74)

#### 8. チモシーにおける耐性育種の成果と展望

..... 北海道立北見農業試験場 牧草育種指定試験地 下小路英男 ( 75- 80)

# I. 総括

## 北海道における育種指定試験地

土屋武彦\*

### 1. 指定試験事業

指定試験事業は、国の試験研究機関のおかれている立地条件から、国が直接試験研究を実施することが困難なものについて、適地の都道府県の試験研究機関を指定し、国の試験研究機関の一環として委託実施しているものである。本事業は1926年(大正15)に始まり、単位の改廃拡充など時代の要請に応じた変遷を経ながら、現在は全国に61試験地が設置されている。

北海道には、水稻(上川農試)、小麦(北見農試)、大豆(中央農試、十勝農試)、ばれいしょ(根釧農試)、とうもろこし(十勝農試)、牧草(北見農試)の育種試験地8単位と、土壤肥料試験(根釧農試、天北農試)2単位の計10単位が設置されている(表1)。これらの試験地は、国との密接な連携のもと、地域に密着した立地条件を活かすことによって大きな成果を上げてきた。また、

各試験地は技術開発の中核として、寒地及び寒冷地試験研究をリードしてきた。

これまでにも指摘されているように、指定試験制度には、長期的な視点で課題に専念できる環境があり、国との人事交流や情報交換により技術水準の向上が図られ、さらに生産現場のニーズを肌と感じながらの事業展開、普及組織や地域の関係団体との連携協力など生産現場に足をつけた研究が可能であるなど、いくつかの長所がある。これら制度の強みが、燦然と輝く数々の成果を生み出したと考えることが出来よう。本事業の一層の充実強化を願うとともに、各指定試験地の研究発展を期待したい。

### 2. 刊行の意図

北海道ブロック指定試験協議会は、農水省農林水産技術会議事務局地域研究振興課の指導を頂き、試験地相互の技術向上をめざした検討会を毎年開催している。検討

表1 北海道における指定試験地と課題名(1996)

試験地	設置場所	設置年	従事者数	課題名
水稻育種	上川	1966 <sup>注)</sup>	5	寒地中北部向け早生・高度耐冷性、良食味及び直播栽培適性品種の育成
小麦育種	北見	1954	5	寒地向け秋播、高品質めん用安定多収品種の育成、及び寒地向け春播、高品質パン用安定多収品種の育成
大豆育種	十勝	1956	5	寒地北東部向け耐冷性、センチュウ抵抗性、機械化適性、高品質、多収品種の育成
大豆育種	中央	1966	3	寒地中南部向け大粒・高品質、わいか病抵抗性、機械化適性、多収品種の育成
小豆育種	十勝	1973	3	寒地・寒冷地向け高品質、耐冷性、病害虫抵抗性、機械化適性品種の育成
ばれいしょ育種	根釧	1957	3	寒地北東部向け耐冷性、病害・線虫抵抗性、でん粉および加工食品原料用品種の育成
とうもろこし育種	十勝	1963	3	寒地北東部向け早生、耐冷性、安定多収サイレージ用品種の育成、及び寒地向け高品質、耐冷性、生食・加工用多収品種の育成
牧草育種	北見	1964	3	寒地・寒冷地向け安定多収チモシー品種の育成、及び寒地向け採草用安定多収スムーズブロマグラス品種の育成
土壤肥料	根釧	1965	3	湿原等水系への負荷軽減のための草地管理技術の開発
土壤肥料	天北	1963	3	寒地牧草の環境ストレス耐性の評価法と強化技術の開発

注) 第二次指定試験地の設置年

\*北海道立道南農業試験場



会ではここ数年にわたり、各育種試験地が抱える「耐性育種の課題」について、その戦略と戦術を議論してきた。この度、検討会の論議をふまえ、その一端を「耐性育種の成果と展望」と題して取りまとめ、広く紹介することとした。

北海道開拓の歴史に果たした品種開発の役割を振り返るまでもなく、寒地農業の確立のためには、耐冷性や病害虫抵抗性品種の開発など、耐性育種の成功が極めて重要である。品種開発こそが厳しい気象条件や病害虫被害を克服する最も効果的な手段であり、また耐性育種の成功がこれからの環境調和型農業を支えることにもなるだろう。本資料では、そのような意味を込めて、各指定試験主任に取りまとめをお願いした。皆様には、各論で述べられる議論を、これからの品種開発のために是非発展させて頂きたい。

品種開発は、多くの諸先輩の苦勞と財産を引継ぎながら、花を咲かせ実らせる事業である。さらに、育種場所の担当者に加え、多くの関係者の協力によってなされることは言うまでもない。関係者の皆様に感謝申し上げるとともに、また新たな種子を播き、育種の継続を図りたいと思う。本資料が、指定試験事業の推進と品種開発の更なる飛躍のために役立つことを願うものである。

### 3. 北海道における育種指定試験地の概要

北海道における8単位の育種指定試験地は、開設年次が異なるものの44～25年が経過し、47名の主任によって継承され、事業展開がなされてきた。育成された農林登録の実用品種は、78品種に及んでいる(表2、3)。

#### (1) 北海道立上川農業試験場〔水稲育種指定試験地〕

育種目標は、「寒地中北部向け早生・高度耐冷性、良食味及び直播栽培適性品種の育成」である。1966年の第二次試験地設置以降、強稈・多収の「イシカリ」、早生・耐冷性の「キタアケ」「ハヤカゼ」、低アミロースの「彩」、直播品種の「きたいぶき」、耐冷・良食味の「ほしのゆめ」など6品種を育成し、寒地稲作の発展に貢献した。

さらに、府県極良食味品種を母材として、約培養技術、冷水田、理化学的食味検定法などを駆使し、早生、耐冷、極良食味品種の早期開発を目指している。また、直播品種や多収化など低コスト生産に向けた品種開発、病害抵抗性品種など生産の安定化に向けた取り組みを進めている。

#### (2) 北海道立北見農業試験場〔小麦育種指定試験地〕

育種目標は、「寒地向け秋播、高品質めん用安定多収品種の育成、及び寒地向け春播、高品質パン用安定多収品種の育成」である。1954年の試験地設置以降、秋播小麦では「ムカコムギ」、強稈の「ホロシリコムギ」、早生の「タクネコムギ」、製めん適性が良く多収の「チホクコムギ」、製めん適性が優れる「タイセツコムギ」、耐雪性が改善された「ホクシン」など、春播小麦では製パン適性が優れる「ハルヒカリ」、強稈多収の「ハルユタカ」、製パン適性良の「春のあけぼの」など合わせて12品種を育成した。

北海道の小麦生産は1989年の13万haをピークに漸減傾向にあるが、作付け面積は全国の58% (1995) を占

表2 北海道における育種指定試験地主任一覧

試験地	歴代主任氏名
水稲育種(上川)	和田定(1966-78)-江部康成(1978-85)-國広泰史(1985-91)-前田博(1991-93)-新橋登(1993-96)-菊地治巳(1996-)
小麦育種(北見)	小林喜久夫(1954-55)-松本武夫(1955-60)-長内俊一(1960-69)-尾関幸男(1969-85)-牧田道夫(1985-88)-佐々木宏(1988-92)-天野洋一(1992-)
大豆育種(十勝)	小山八十八(1956-57)-後藤寛治(1957-64)-斎藤正隆(1965-73)-砂田喜興志(1973-83)-佐々木紘一(1983-90)-土屋武彦(1990-92)-松川勲(1992-) 赤城仰哉(1961-64)-後木利三(1964-66)
大豆育種(中央)	諏訪隆之(1966-70)-森義雄(1970-76)-後木利三(1976-80)-番場宏治(1980-89)-中村茂樹(1989-92)-村田吉平(1992-94)-白井和榮(1994-)
小豆育種(十勝)	成河智明(1973-82)-原正紀(1982-88)-千葉一美(1988-94)-村田吉平(1994-)
ばれいしょ育種(根釧)	金子一郎(1957-67)-浅間和夫(1967-82)-奥山善直(1982-87)-村上紀夫(1987-94)-伊藤武(1994-)
とうもろこし育種(十勝)	仲野博之(1963-79)-長谷川寿保(1979-87)-門馬栄秀(1987-92)-千藤茂行(1992-)
牧草育種(北見)	真木芳助(1964-68)-植田裕一(1968-76)-増谷哲雄(1976-85)-古谷政道(1985-93)-下小路英男(1993-)

表3 北海道育種指定試験地における育成品種（農林登録）

試験地	育成品種数	育成品種
水稲育種（上川）	6	イシカリ（1971）、キタアケ（1983）、ハヤカゼ（1990）、彩（1991）、きたいぶき（1993）、風の子もち（1995）、ほしのゆめ（1996）
小麦育種（北見）	12	ムカコムギ（1969）、ホロシリコムギ（1974）、タクネコムギ（1974）、チホクコムギ（1981）、タイセツコムギ（1990）、ホクシン（1994）、ハルヒカリ（1965）、ハルミノリ（1972）、ハルユタカ（1986）、春のあけぼの（1993） アカンムギ（1956）、マッシュウムギ（1960）
大豆育種（十勝）	19	ホッカイハダカ（1958）、カリカチ（1959）、コガネジロ（1961）、シンセイ（1961）、トカチシロ（1961）、ワセコガネ（1964）、ホウライ（1965）、トヨスズ（1966）、キタムスメ（1968）、ヒメユタカ（1976）、キタコマチ（1978）、キタホマレ（1980）、ズズヒメ（1980）、トカチクロ（1984）、トヨムスメ（1985）、トヨコマチ（1988）、カリユタカ（1991）、大袖の舞（1992）、トヨホマレ（1994）
大豆育種（中央）	7	ユウヅル（1971）、ユウヒメ（1979）、フクナガハ（1981）、コマムスメ（1982）、ツルコガネ（1984）、スズマル（1988）、ツルムスメ（1990）
小豆育種（十勝）	11	アカネダイナゴン（1974）、ハヤテショウズ（1976）、ホッカイシロショウズ（1979）、エリモショウズ（1981）、ハツネショウズ（1985）、ベニダイナゴン（1985）、サホロショウズ（1989）、カムイダイナゴン（1989）、アケノワセ（1992）、きたのおとめ（1994）、ほくと大納言（1996）
ばれいしょ育種（根釧）	6	シレットコ（1967）、ワセシロ（1974）、コナフブキ（1981）、ムサマル（1992）、サクラフブキ（1994）、根育29号（1997）
とうもろこし育種（十勝）	10	ヘイゲンワセ（1973）、ワセホマレ（1978）、ダイヘイゲン（1983）、ヒノデワセ（1985）、ヘイゲンミノリ（1989）、ピリカスイート（1975）、メロデイスイート（1987）、スイートメモリー（1993）、サマスイート（1995）、スイートエール（1995）
牧草育種（北見）	7	センボク（1969）、ノサップ（1977）、ホクシュウ（1977）、クンプウ（1980）、アッケシ（1992）、キリタップ（1992）、アイカップ（1988）

め、品質も国産小麦の中では評価が高い。生産の安定化、めん適性及びパン適性の向上に果たした本試験地の役割は大きい。さらに、品質評価の高い輸入銘柄に近づける努力と、生産安定化のために赤さび病、耐雪性を初め、穂発芽抵抗性、うどんこ病、赤かび病抵抗性など障害抵抗性品種の開発に取り組んでいる。

### (3) 北海道立十勝農業試験場【大豆育種指定試験地】

育種目標は、「寒地北東部向け耐冷性、センチュウ抵抗性、機械化適性、高品質、多収品種の育成」である。1956年の試験地設置以降、耐冷多収の「キタムスメ」「トヨホマレ」、納豆用の「ズズヒメ」、センチュウ抵抗性で良質多収の、「トヨスズ」「トヨムスメ」「トヨコマチ」、機械化適性の「カリユタカ」、良質黒豆・あお豆の「トカチクロ」「大袖の舞」など19品種を育成し、寒地大豆作の安定化に貢献してきた。当試験地の育成品種は、全道作付面積の67%（1994）を占めている。

道産大豆は、大粒良質と美味しさ等から実需者の評価が高く、安定供給が求められている。価格の低下、機械化の遅れ、わいか病の多発と冷害の影響で、現在作付けが低迷しているが、畑作地帯における大豆は輪作体系を確立する基幹作物として重要であることから、機械化適性、耐冷性、わいか病及びセンチュウ抵抗性を備えた安定多収品種の開発に取り組んでいる。

### (4) 北海道立中央農業試験場【大豆育種指定試験地】

育種目標は、「寒地中南部向け大粒・高品質、わいか病抵抗性、機械化適性、多収品種の育成」である。1966年の試験地設置以降、極大粒良質の「ユウヅル」「ユウヒメ」、わいか病抵抗性の「ツルコガネ」「ツルムスメ」、納豆用の「スズマル」など7品種を育成した。なお、大粒良質の「フクナガハ」は岩手県で、「スズマル」は青森県でも奨励品種に採用された。

ダイズわいか病は、現在、北海道一円及び東北・関東

地方にまで拡がっている重要な病害である。これまで、同定法及び検定法の確立、抵抗性品種の探索を進め、抵抗性の2品種を育成した。さらに、生産安定化のためには高度抵抗性素材の作出が必要であり、DNA マーカーの探索など新手法を取り込みながら、大粒・高品質の抵抗性品種開発に向けて取り組んでいる。

#### (5) 北海道立十勝農業試験場 [小豆育種指定試験地]

育種目標は、「寒地・寒冷地向け高品質、耐冷性、病害虫抵抗性、機械化適性品種の育成」である。1973年試験地設置以降、大粒多収の「アカネダイナゴン」、早生多収の「ハヤテショウズ」、良質多収の「エリモショウズ」、落葉病など抵抗性の「ハツネショウズ」「アケノワセ」「きたのおとめ」など11品種を育成した。これらの品種は、北海道における小豆栽培面積の96% (1994) を占め、特に、「エリモショウズ」の作付けが約80%を占めている。一方、大粒ウイルス病抵抗性の「ベニダイナゴン」は岩手、山形、新潟県で奨励品種となった。

全国の生産量の70~80%を占める道産小豆は、実需者から品質面で高い評価を受けているが、作柄は気象条件に大きく影響され、価格と供給の安定が強く求められている。さらに、落葉病、茎疫病、萎ちょう病など土壌病害の被害も大きい。今後も、高品質を維持しつつ、耐冷性を一層向上させるとともに、病害複合抵抗性品種の開発を進める。

#### (6) 北海道立根釧農業試験場 [ばれいしょ育種指定試験地]

育種目標は、「寒地北東部向け耐冷性、病害・線虫抵抗性、でん粉および加工食品原料用品種の育成」である。1957年の試験地設置以降、早期肥大性の「ワセシロ」、高でん粉価の原料用「コナフブキ」「サクラフブキ」、良質加工食品用の「ムサマル」、疫病圃場抵抗性の「根育29号」など6品種を育成した。なお、「ムサマル」「サクラフブキ」はシスト線虫抵抗性であり、線虫抵抗性はこれからの奨励品種の必須形質となろう。

ばれいしょに対する病害の種類は多く、今後耐病性育種がますます重要である。そうか病の被害が拡大しており、その対策が要望されていることから、抵抗性品種の開発を積極的に進めている。また、Yウイルス、シスト線虫に加えて、疫病(圃場抵抗性)抵抗性を有する品種開発に取り組んでいる。

#### (7) 北海道立十勝農業試験場 [とうもろこし育種指定試験地]

育種目標は、「寒地北東部向け早生、耐冷性、安定多収サイレージ用品種の育成、及び寒地向け高品質、耐冷性、生食・加工用多収品種の育成」である。1963年の試験地設置以降、サイレージ用では耐冷・耐倒伏性の「ワセホマレ」「ダイヘイゲン」「ヒノデワセ」「ヘイゲンミノリ」など、生食・加工用では高品質・耐倒伏性の「スイートメモリー」「サマースイート」「スイートエール」など合わせて10品種を育成した。

サイレージ用とうもろこしは、高エネルギー粗飼料として自給飼料生産のうえから重要であり、生産の安定拡大と低コスト化が課題である。耐冷性、すず紋病抵抗性、密植機械化適性の安定多収・高栄養の新品種育成をさらに進める。また、加工用は海外製品との激しい競争にさらされているが、地力維持作物として輪作体系の中に定着している面もあり、安定多収、高品質、耐倒伏性品種の育成が期待されている。

#### (8) 北海道立北見農業試験場 [牧草育種指定試験地]

育種目標は、「寒地・寒冷地向け安定多収チモシー品種の育成、及び寒地向け採草用安定多収スムーズブロマグラス品種の育成」である。1964年の試験地設置以降、チモシーでは早生から晩生までの「センボク」「ノサップ」「ホクシュウ」「クンプウ」「アッケシ」「キリタツ」の6品種、スムーズブロマグラスでは多収・褐斑病抵抗性の「アイカップ」を育成した。

チモシーでは、さらに耐倒伏性、永続性、採種性、耐病性(斑点病、すじ葉枯病、黒さび病)の優れる採草用品種を目指している。また、土壤凍結地帯に適した放牧用品種を育成する。スムーズブロマグラスでは、多収、耐病性(褐斑病、立枯病)で採種性、再生に優れた品種育成に取り組んでいる。

## 4. おわりに

昨年(1996)は、最初に指定試験地が設置されてから満70周年という記念すべき年に当たる。これを機会に、北海道における育種指定試験地の「耐性育種の成果と展望」を整理したので、参考に供して頂ければ幸いである。

各論で述べるように、これまでに多くの成果が蓄積され、開発された品種は広く普及している。寒地北海道に設置された指定試験地の成果であるが、その成果は北海道に限らず広く活用できるものと期待している。



## II. 育種指定試験地における耐性育種の成果と展望

### 1. 水稲耐冷性育種の成果と展望

菊地 治 己\*

#### 1. はじめに

北海道立上川農業試験場は1886年に現在の旭川市に設立された。1896年には水稲の試作試験を実施し、その後、本格的な育種が開始されたが、1927年には、全国の水稲育種体制の整備に伴って指定試験地が設置された。

戦後まもない1947年に、この試験地は札幌農事改良実験所上川試験地と改称され、農林省の直轄事業となったが、1950年には廃止され、育種事業は札幌の北海道農業試験場に移管された。その後は道費試験による育種のみとなったが、1964、65年の連続冷害を契機として、1966年に再び指定試験地が設置された<sup>76)</sup>。

この間、上川農試は文字どおり寒地における早生耐冷性品種の育成の最前線基地として、幾多の品種を世に送り出し、北海道の稲作発展に大きく貢献してきた。上川農試稲作研究100年、指定試験再設置30年という記念すべき節目の年である1996年に奇しくも耐冷性が強く、かつ食味の良い「ほしのゆめ」が育成された意義は大きい。以下、当指定試験地における1966年以降の耐冷性育種の成果について述べる。

#### 2. 水稲の冷害研究

##### 1) 北海道の冷害

世界的にも北限の稲作地帯である北海道では過去110年間に29回にもものぼる冷害が発生しており、稲作に対する最大の脅威となっている<sup>77)</sup>。明治、大正期の大冷害についてはもはや記録によってその惨状を偲ぶしかないが、昭和以降も冷害は頻発している。特に1993年は道内の作況指数が40、全国平均で74と戦後最大規模の大冷害であった。この結果、深刻な米不足がおり、買いためや売り惜しみなど、いわゆる平成の米騒動が繰り広げられたことは記憶に新しい。

減反による生産調整がきびしく行われている米ではあ

るが、ひとたび、1993年級の大冷害がくれば、再び需給が逼迫することは明らかである。とりわけ、国内総生産の約8%のシェアを占める北海道稲作の安定化が極めて重要であり、冷害に関する研究、特に育種に対する期待は大きい。

北海道の冷害および冷害研究に関しては多くの優れた論文、総説等があるので<sup>74,76,77,84,86,87,98)</sup>、詳細についてはそれらに譲り、ここでは耐冷性育種の基礎として重要な耐冷性の遺伝について簡単に述べたい。

##### 2) 耐冷性の遺伝解析

水稲の冷害を障害型と遅延型の2つの型に分類したのは、1945年から1949年に上川農試の支場長であった酒井寛一博士であるが<sup>90)</sup>、以来、北海道農業試験場を中心に上川農試をはじめ道立農試各場による耐冷性に関する栽培生理研究が着実に進展してきた。

近年、穂孕期の障害型冷害に対する耐冷性については、低温による障害不稔の発生機構に対する研究が進み、成熟花粉による受精率を(分化小胞子数×発育花粉歩合×受粉歩合×受精効率)の4つの構成要素の積としてとらえる理論がSatakeにより提唱され<sup>92)</sup>、これらの各要素の決定プロセスにさまざまな遺伝子が関与しているのではないかと考えられている。

障害型耐冷性の遺伝解析については、酒井が1947年に上川農試でおこなったタペート肥大に関する遺伝子分析がおそらく最初であろう。その後、鳥山<sup>96)</sup>によって北海道大学農学部作物育種学教室の保有する標識遺伝子を利用した耐冷性に関する連鎖分析が行われ、数個の遺伝子の関与が推定された。

最近では、「Silewah」などの外国稲に由来する耐冷性遺伝子の解析が進みつつあるが<sup>82,83,88,89)</sup>、日本稲のもつ耐冷性遺伝子との異同は明らかではない。

東北など寒地に栽培される日本品種の耐冷性の起源については、系譜的な考察から、明治時代に関東以西に普及していた「愛国」や「神力」に由来するという説が有力であるが<sup>91)</sup>、北海道品種の耐冷性に関しては、その品種成立過程から推測して、江戸時代に東北途地方から道南

\*北海道立上川農業試験場  
水稲育種指定試験地

地方に導入された在来品種から選抜育成された「赤毛」の持つ耐冷性をベースに、上記の府県品種の耐冷性遺伝子などが集積されてきたものと思われる<sup>77)</sup>。

いずれにしても、前述のように、これら日本稲の耐冷性に関する遺伝子分析が進んでいないので、関与遺伝子の実体については不明である。ただし、最近、北海道品種と東北品種の耐冷性の直接的な比較が試みられ<sup>81,85)</sup>、両者の強弱関係が明らかになりつつある。育種的には多様な母本を用いて耐冷性遺伝子の集積をはかることが重要と思われる。

遅延型耐冷性や、開花期の障害型耐冷性に関する研究も稍力的に行われて来たが<sup>78-80,93-95)</sup>、関与遺伝子の同定には至っていない。また、直播育種に関連して、低温発芽性や、低温下における出芽性、初期伸長性などの解析では、一部、分子生物学的な手法が導入され、低温で発現が誘導される遺伝子などが単離されている<sup>99)</sup>。

このように、稲の耐冷性といっても、その生育時期に対応した種々の耐冷性があり、それらを多面的に、あるいは単独で制御する耐冷性遺伝子が想定されるが、今後、RFLP(制限酵素断片長多型)などのDNA分子マーカーを用いたQTL(量的遺伝子)解析が進めば、やがて、こう

した耐冷性遺伝子も次第に解明されていくものと思われる。

### 3. 品種育成試験の成果

#### 1) 育種目標

上川農試に置かれた指定試験地の目的ならびに育種目標は、1975年に策定された国の作物育種基本計画によれば、「寒地中北部向良質品種の育成ならびに高度耐冷性早生品種の育成」であったが、1993年の作物育種基本計画においては、「早生・高度耐冷性、良食味及び直播栽培適性品種の育成」となった。具体的には下記の目標のもとに品種育成試験を実施している。

- 1) 早生高度耐冷性：極強クラスの実用品種
- 2) 良食味：「コシヒカリ」並の極良食味
- 3) 直播適性：極早生、高度苗立、良食味
- 4) 多収：低コスト栽培用多収品種
- 5) 糶：府県糶並の良質性、加工適性
- 6) 縞葉枯病抵抗性：良食味実用品種

#### 2) 早生耐冷性品種

前述のように、上川農試における水稻育種の歴史は

表1 指定試験事業により育成された品種(1966年以降)

品種名	系統名	農林登録 番号(水稻)	品種 決定年	交配組合せ	育成 方法	主要特性	最大普及 面積(ha)
イシカリ	道北1号	217号	1971	北海182号/空育4号	集団	中生、多収、良質、耐病	73,337
キタアケ	道北36号	268号	1983	永系7361/道北5号	集団	早生、耐冷、多収	10,000
ハヤカゼ	道北47号	303号	1990	北育74号/道北36号	集団	早生、耐冷、早熟	300
彩	道北52号	309号	1991	永系84271/キタアケ	薬培養	中生、低アミロース	394
きたいぶき <sup>1)</sup>	上育413号	318号	1993	上育395号/上育397号	集団	極早生、直播用	40
風の子もち <sup>2)</sup>	上育糶417号	糶333号	1995	上系85201/北育糶80号	集団	中生、耐冷、良質	2,000 <sup>3)</sup>
ほしのゆめ	上育418号	340号	1996	あきたこまち/道北48号 //上育397号	集団	中生、耐冷、良食味	38,000 <sup>3)</sup>

注1) きたいぶきは新配布時は道費育成系統、1991年に指定試験に移管

2) 風の子もちは1991年に指定試験に移管

3) 普及見込み面積

表2 育成品種の特性一覧

品種名	出穂 早晚	草型	ふ先 色	芒性	耐冷性		いもち病耐病性		耐倒伏性	玄米 品質	食味 (全国基準)
					障害型	遅延型	葉いもち	穂いもち			
イシカリ	中早	偏穂数	黄白	無	や強	や強	や強	強	強	上下	下上
キタアケ	早中	穂数	黄白	稀一極短	強	や強	中	中	強	上下	中下~下上
ハヤカゼ	早早	穂数	黄白	無	強	や弱	強	強	や強	上下	中下
彩	中晩	穂数	黄白	中一短	や強	や強	弱	弱	中	上下	上下
きたいぶき	極早	穂数	黄白	稀一短	や強	や弱	強	強	中~や強	上下上	中中
風の子もち	中早	偏穂数	黄白	少一短	強~極強	弱	中	中	や強	上下上	上下上*
ほしのゆめ	中早	穂数	黄白	少一短	強	中	中	中	や弱~中	上下上	上下

\*：道内基準

表3 育成系統一覧 (1966年以降)

系統名	配布年	交配組合せ	育成方法	出穂早晚	耐冷性障害型	備考
道北1号	1968	北海182号/空育4号	集団	中早	や強	イシカリ
道北2号	1968	みまさり/農林20号	集団	早晩	強	
道北3号	1968	みまさり/新雪	集団	早早	や強	
道北糯4号	1968	みまさり/双豊糯	集団	極早	中	
道北5号	1969	北海182号/ふくゆき	集団	早早	や強	
道北6号	1969	巴まさり/空育4号	集団	早中	や強	
道北糯7号	1969	みまさり/双豊糯	集団	早早	や強	
道北8号	1970	ささほなみ/上育234号	集団	早早	や強	
道北9号	1970	ユーカラ × 線照射処理	突然	早晩	や強	ユーカラの早生変異
道北10号	1971	ささほなみ/上育234号	集団	早早	強	
道北11号	1971	上育294号/豊雪A	集団	極早	強	
道北12号	1972	上育254号/上育234号	集団	早早	や強～強	
道北13号	1972	ささほなみ/上育234号	集団	早早	中～や強	
道北14号	1973	ユーカラ/上育349号	集団	早晩	や強	
道北15号	1973	ユーカラ/上育349号	集団	中早	や強	
道北16号	1973	ユーカラ/上育349号	集団	中中	や強	
道北17号	1973	上育323号/新雪	集団	中中	や強	
道北糯18号	1973	かむいもち/ささほなみ	集団	中早	強～極強	
道北糯19号	1973	かむいもち/ささほなみ	集団	中中	や強	
道北20号	1974	北海222号/上育323号	集団	中中	や強	
道北21号	1974	北海222号/上育323号	集団	中中	や強	
道北22号	1974	北海222号/上育323号	集団	晩中	強	
道北糯23号	1975	ふ系糯84号/道北1号	集団	晩晩	中～や強	
道北24号	1975	はやゆき/道北1号	集団	早晩	や強	
道北25号	1975	レイホウ/道北6号	集団	早晩	や強	
道北26号	1975	ふ系69号/石狩白毛//上育350号	集団	中晩	や強	
道北27号	1976	道北1号/永系68209	集団	早晩	や強	
道北28号	1976	道北1号/空育87号	集団	中早	や強	
道北29号	1976	コシヒカリ/道北1号	集団	中早	中～や強	
道北30号	1977	コシホマレ/道北10号//道北10号	系統	早早	や強～強	
道北31号	1977	レイホウ/イシカリ//イシカリ	系統	早晩	や強	
道北32号	1977	北海228号/イシカリ//イシカリ	系統	中早	や強～強	
道北33号	1977	道北1号/永系68128	集団	中中	や強	
道北34号	1978	永系71303/イシカリ	集団	早中	や強	
道北35号	1978	道北14号/きたこがね	集団	早中	や強	
道北36号	1980	永系7361/道北5号	集団	早中	強	キタアケ、多収
道北37号	1981	キタヒカリ/道北24号	集団	中早	中～や強	
道北38号	1982	道北糯18号/道北11号	集団	極早	や強	
道北39号	1982	キタヒカリ/道北24号	集団	中早	や強～強	
道北40号	1984	渡育214号/道北糯18号	約培養	中早	強	
道北41号	1984	道北21号/道北31号	集団	中早	や強～強	
道北42号	1985	ミネアサヒ/道北36号	約培養	中早	や強	
道北43号	1985	NM397/イシカリ	集団	中中	中	ダル、低アミロース
道北44号	1986	注2)	約培養	早晩	中～や強	
道北45号	1986	道北37号/空育114号	集団	早晩	強	
道北46号	1986	道北36号/キタヒカリ	集団	中早	強	
道北47号	1987	北育74号/道北36号	集団	早早	強	ハヤカゼ、早熟、
道北48号	1987	北育74号/道北36号	集団	早晩	や強～強	ほしのゆめの親
道北49号	1988	空育114号/道北36号	集団	早中	強	
道北50号	1988	永系78415/道北36号	集団	早晩	極強	
道北51号	1988	永系84271/キタアケ	約培養	早晩	や強～強	多収
道北52号	1988	永系84271/キタアケ	約培養	中晩	や強	彩、日本初の低アミロース品種
道北53号	1989	永系84271/キタアケ	約培養	早晩	や強	ダル、低アミロース
道北54号	1990	道北46号/上育397号	約培養	中早	や強	
上育414号	1991	上育397号/道北47号	約培養	早晩	強	
上育415号	1991	道北44号/みちこがね	集団	早晩	や強	
上育416号	1991	道北46号/上育397号	集団	中早	や強	
上育糯417号	1992	上系85201/北育糯80号	集団	中早	強～極強	風の子ども、耐冷、良質、多収
上育418号	1993	あきたこまち/道北48号//上育397号	集団	中早	強	ほしのゆめ、良食味
上育419号	1994	あきたこまち/道北48号//上育397号	集団	中中	や強～強	
上育420号	1995	上育414号/上育413号	約培養	中早	強	
上育421号	1995	東北143号/上育404号//道北54号	集団	中中	強	
上育422号	1995	道北52号/上育413号	約培養	中中	や強～強	ダル、低アミロース
上育423号	1996	上系91340/AC91678	約培養	早晩	強	
上育424号	1996	上系91340/空系90242(A)	約培養	中早	や強	
上育糯425号	1996	上育糯411号/はくちょうもち	集団	早中	強～極強	
上育糯426号	1996	上育糯411号/北育糯83号	集団	早晩	強	旧北育90号

注1) 特性は主に新配布系統に関する参考成績書ならびに新品種決定に関する参考成績書による。

2) 渡育214号/道北36号//コシヒカリ/奥羽305号/永系77168)F<sub>2</sub>



100年であるが、この間に育成された品種は69品種に上り、うち指定試験および国の直轄事業による育成品種は31品種、残りの38品種が道費により育成されている。1966年以降に指定試験地により育成された品種は7品種である(表1、表2)。

また、1966年以降に指定試験より配布された地方番号系統は67系統であるが(表3)、これらの系統と品種について、まず、耐冷性の中でも、もっとも重要と思われる

る穂孕期における障害型耐冷性(以下耐冷性)と出穂早晩性の関係について表4にまとめて示した。

これによると、耐冷性に関しては、極強が1系統、強から極強が3系統品種、強が16品種系統、や強～強が9系統あり、半数近い系統品種の耐冷性が強いことがわかる。

また、熟期別に見ると、育成系統の約半数の34品種系統が極早生、早生であり、このうち、耐冷性が強以上のものは12系統である。この中で品種となったものは「ハ

表4 育成系統の出穂早晩と耐冷性

出穂早晩 耐冷性	極早生	早生			中生			晩生			系統数
		早早	早中	早晩	中早	中中	中晩	晩早	晩中	晩晩	
極強				D 50							1
強～極強			JM 425		DM 18 風の子もち						3
強	D 11	ハヤカゼ D 10	キタアケ D 49	D 2、D 45 J 414、J 423 JM 426	D 40、D 46 ほしのゆめ J 420	J 421			D 22		16
や強～強				D 48 D 51	D 32、D 39 D 41	J 419、J 422					9
や強	きたいぶき D 38	D 3、D 5 DM 7 D 8	D 6、D 34 D 35	D 9、D 14、D 24 D 25、D 27、D 31 D 53、J 415	イシカリ、D 15 D 28、D 42、D 54 J 416、J 424	D 16、D 17 DM 19、D 20 D 21、D 33		D 26 彩			32
中～や強		D 13		D 44	D 29、D 37					DM 23	5
中	DM 4										2
系統数	4	9	6	17	18	10	2		1	1	68

D：道北、DM 道北稻、J：上育、JM：上育稻

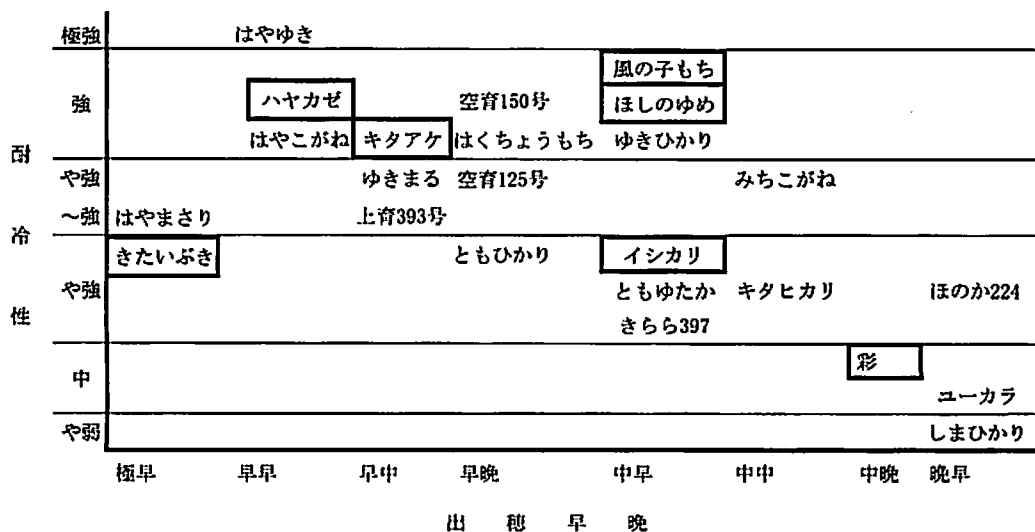


図1 品種の耐冷性と出穂早晩の関係  
    ：上川農試指定試験地育成品種

ヤカゼ」と「キタアケ」である。なお、参考までに、図1に最近の北海道品種の出穂早晚性と耐冷性の関係を示した。各熟期とも耐冷性の強い品種が育成されてきたことがわかる。

#### (1) キタアケ (道北 36号)

「キタアケ」は1988年に品種となったが、耐冷性が強く、食味も「キタヒカリ」に近く、当時としては良食味であり、早生一耐冷性一良食味の結合を大きく前進させた。大粒、強稈で多収であり、早生種地帯を中心に広く栽培された。「キタアケ」は交配母本としても優れており、「きらら397」、「ハヤカゼ」、「彩」などを生んだが、現在の道内品種系統にはこの「キタアケ」を祖先に持つものが多い。

「キタアケ」の両親は「永系7361」と「道北5号」である。「永系7361」はいもち病耐病性の強いアメリカ品種「Cody」に耐冷性が強い「そらち」を一回戻し交雑して育成された中生の耐病、強稈系統で、耐冷性はやや強から強であった。一方、「道北5号」は「ユーカラ」と「ふくゆき」から育成された早生、強稈系統で、その耐冷性はやや強であったことから、「キタアケ」の耐冷性は両親のもつ耐冷性遺伝子の集積効果によるものと考えられている。

#### (2) ハヤカゼ (道北 47号)

1990年に品種となった「ハヤカゼ」は早生、耐冷、耐病品種として、道東、道北の稲作限界地帯への普及が期待された。「ハヤカゼ」の耐冷性は「キタアケ」にはやや劣るが、「はやこがね」並みの強に判定されている。熟期は両親よりも早くなっており、食味も「キタアケ」よりは優れており、「上育393号並み」であったものの、収量品質が劣ったことから、1993年の259haが最高の普及面積であった。

なお、「ハヤカゼ」の食味については育成地では「ゆきひかり」に劣ったが、適地産米では「ゆきひかり」並みの評価となり、食味に関して地域変動性が認められた。また、本品種においては地方番号を付ける際に、北見農試における系統適応性検定試験の結果を重要視したが、1996年に北見農試における水稲育種試験が廃止され、それに伴って同農試で実施されていた系統適応性検定試験も他場に移管された。したがって、今後、これらの地帯に適應する早生品種の開発を効率的に推進するためには、系統適応性検定試験にかわる現地試験地等を早急に設定する必要がある。

### 3) 耐冷良質品種

北海道の中心熟期はもちろん中生種であるが、この熟期では早生種以上に良質性が要求される。表4によれば、

中生種は30系統であるが、このうち16系統が中早の粳種であり、この中で耐冷性が強いものが4品種系統ある。「イシカリ」、「ほしのゆめ」はいずれも中早で、耐冷性は、それぞれや強、強である。

最近におけるこの熟期の品種構成は、「きらら397」と「ゆきひかり」の2品種に集中している。両品種は文字どおり北海道の基幹品種として道産米の品質、食味向上に大きく貢献してきたが、「きらら397」は耐冷性が不十分であり、年次、地帯によっては品質、食味の低下が問題となっているし、「ゆきひかり」は耐冷性は強いものの、その食味はもはや時代の要請にこたえるものではない。したがって、「ゆきひかり」並みに耐冷性が強く、「きらら397」よりもさらにおいしい新品種の登場が強く望まれていた。「ほしのゆめ」は、耐冷性が「ゆきひかり」よりも強く、食味は「きらら397」よりもおいしいことから、今後の道産米のエースとしての期待が大きい。

なお、北海道における水稲粳の作付面積は15万haほどであるが、1995年の作付率をみると「きらら397」が51%、「ゆきひかり」が39%で、2品種のみで実に90%を占めている。1996年には、「ゆきひかり」が前年より2万ha以上も少ない35,830haに減少したのに対して、「きらら397」は、前年に比べて、さらに1万ha以上も増えて、92,751haとなった。これは、北海道における1品種の栽培面積としては、これまでの最高記録である。いづれにしても、このような「きらら397」への集中は冷害の危険分散上、大きな問題であるので、「きらら397」の過作部分を新品種の「ほしのゆめ」、「空育150号」等に置き換えていく必要がある。

#### (1) イシカリ (道北 1号)

本品種は、その系統番号が示すとおり指定試験再設置後の最初の配布系統であり、1971年に優良品種となった。交配組合せは「ユーカラ」×「ささほなみ」で、草姿が良好で、強稈、多収、耐病、良質と諸特性が揃っており、折しも機械移植栽培の普及と相まって1970年代には北海道に広く栽培された。1977年にはそれまで「富国」の持っていた最大普及面積87,787haに次ぐ73,337haを記録した。しかし、食味があまり良くなかったことから、1980年代に入ると急減し、その地位を「キタヒカリ」、「ゆきひかり」など良質良食味品種に譲ったが、寒地稲作安定への大きな貢献が認められ、1980年度には日本育種学会賞を受けた。

#### (2) ほしのゆめ (上育 418号)

1996年に品種となった「ほしのゆめ」は極良食味品種「あきたこまち」と早生耐冷系統の「道北48号」のF<sub>1</sub>を母に、これに「上育397号」(きらら397)を父として交

配し、その雑種後代より選抜固定された。

上川農試では1980年から、鹿児島県(2期作栽培)、沖縄県石垣島(冬季栽培)での1年に3世代進める世代促進栽培を行っているが、本品種は沖縄県における世代促進栽培を経由して育成された最初の品種である。亜熱帯の石垣島での冬季栽培で自然低温による障害不稔が発生し、その結果、耐冷性の強いものが選ばれたものと思われる。1993年の冷害においても、「きらら397」、「ゆきひかり」を上回る耐冷性を示した(図2)。なお、「ほしのゆめ」の親の「道北48号」は「北育74号」×「道北36号」(キタアケ)から育成された。

「ほしのゆめ」は、当指定試験地としては「イシカリ」以来、久々の中生品種である。「ササニシキ」など府県の極良食味米に匹敵する食味特性と耐冷性の結合に高いレベルで成功したと思われる(図3)、今後の普及が期待されている。しかし、いもち病耐病性は葉・穂いもち病ともに「きらら397」に劣る中であり、耐倒伏性が弱く、割粃などの欠点も多い。適地帯での適正な肥培管理によって良質米生産に努め、北海道の極良食味品種としてのブランド化をはかっていくことが重要と思われる。

4) 耐冷糯品種

1968年以来、糯系統は全部で8系統育成されたが、このうち品種となったのは「風の子もち」のみである。これら糯系統のうち半数以上が耐冷性強である。なかでも、「道北糯18号」は中早で耐冷性が強〜極強で、当時とし

ては、粳品種系統も含めてもっとも強い系統のひとつであった。

この系統は「かむいもち」×「ささほなみ」の組合せから育成されたが、両親の耐冷性はいずれも、や強程度であるので、本系統の耐冷性は遺伝子の集積効果によるものと思われる。なお、「道北糯18号」の後代からは、「たんねもち」、「はくちょうもち」を介して、「風の子もち」が育成された。また、耐冷性が強いことから、粳品種の育成母本としても用いられ、「道北38号」、「道北40号」などが育成された。

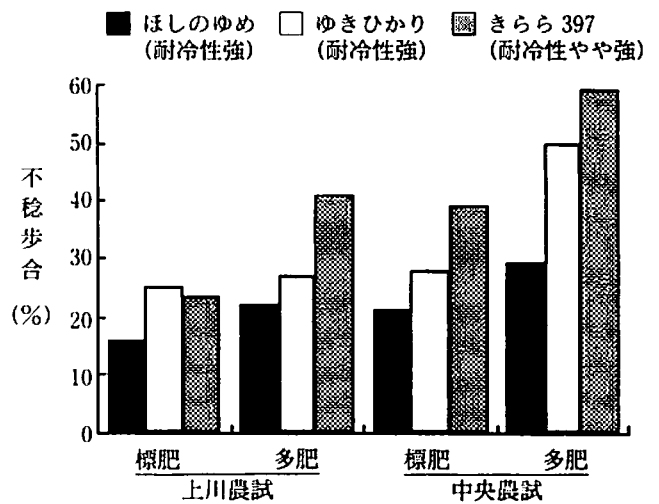


図2 1993年(平成5年)冷害における障害不稔の発生

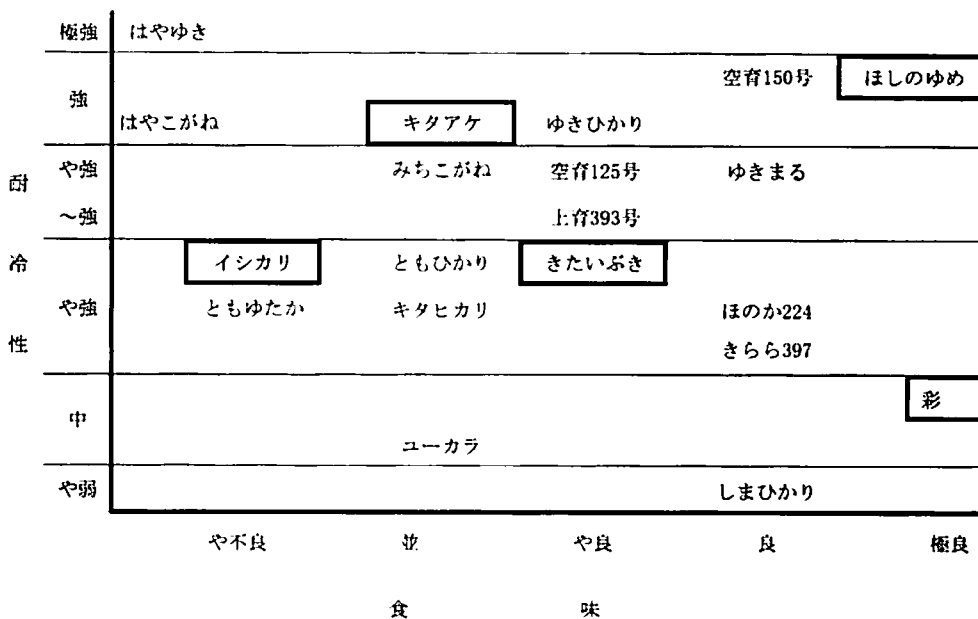


図3 品種の耐冷性と食味の関係  
 □: 上川農試指定試験地育成品種



前述のように、北見農試における水稲育種試験が廃止となったので、同農試の糯の育成材料は1996年度より上川農試に移管された。「上育糯426号」は、北見農試における最後の新配布候補系統として分譲されたものである。今後は、道内における本格的な糯の育成場は上川農試のみとなるが、北限地帯の糯生産の安定化をはかるために、糯品種の育種体制を早急に整備する必要がある。

#### (1) 風の子もち (上育糯417号)

「風の子もち」は、「北育糯80号」(はくちょうもち)×「上系85201」の組合せから育成された中生(中早)の糯種である。両親の耐冷性は「はくちょうもち」が強で、「上系85201」は、判定が年次によって若干異なっていたが、強程度と思われる。「風の子もち」の耐冷性は、「はくちょうもち」よりも強く、強～極強程度と思われる。多収で、「はくちょうもち」並みの良質の糯品種として、中生地帯における「たんねもち」と「はくちょうもち」の一部に置き換えての普及が期待されている。

### 5) 直播向き品種

北海道における直播栽培の歴史は古く、明治末期に上白石稲作試験場で、直播栽培に関する試験が開始されている。北海道においては、大正～昭和20年代までは直播時代ともいうべき時代であり、この時期の品種改良は直播向き品種の育成であった。その後、冷床苗の移植栽培、そして機械移植栽培の普及にともなって直播栽培が激減し、現在に至っているが、再び低コスト栽培の切り札として直播栽培への期待が高まっている。

直播は、湛水直播と乾田直播に大別されるが、最近、北海道では乾田状態で播種し出芽前に入水する折衷直播が増加しており、直播専用品種の開発に対する期待が大きい。

上川農試では、指定試験の設置直前の1965年に極早生の「きよかぜ」が育成され、直播栽培向き品種としての利用が考えられたが、一部での作付けにとどまった。その後、直播専用品種として「はやまさり」(1988年)が育成され、ついで1993年に「きたいぶき」が育成された。

指定試験の育成系統中、直播熟期の極早生種は、「きたいぶき」以外に3系統あるが、いずれも品種にはなっていない。1982年に育成された「道北38号」は極早生で、直播による試験も実施されたが、食味が不良であった。これら、極早生系統の耐冷性は、「道北11号」が強であったほかは、「道北糯4号」が中、「道北38号」、「きたいぶき」がやや強と、いずれも耐冷性が不十分である。今後は、低温苗立ち性などの直播品種に求められる特性の付与とともに、極早生種の耐冷性検定を強化する必要がある。

なお、上川農試は、北海道立中央農業試験場稲作部とともに北海道グリーンバイオ研究所と直播育種に関する共同研究を行っており、1989～1992年には「水稲直播栽培用品種育成のための中間母本の作出」試験を実施し、直播向けの中間母本、「緑育PL1」を育成した<sup>75)</sup>。また1993年からは「水稲直播栽培品種の早期開発」の課題名で、薬培養を利用した直播品種の共同開発に取り組んでいる。この共同研究で育成された「緑育PL1」は高度低温苗立ち性をもつイタリア品種「Italica Livorno」と「きらら397」の組合せから、薬培養によって育成された。本系統は、北海道の在来種の「胆振早生」よりも高い低温苗立ち性をもち、低温下での出芽、苗立ち性が優れているが、稈質がやや弱く、障害型耐冷性は中～やや強とあまり強くない。

#### (1) きたいぶき (上育413号)

「きたいぶき」は、「上育395号」(はやまさり)×「上育397号」(きらら397)の組合せから育成された直播向き品種であり、直播栽培用として農林登録された日本初の実用品種である。「はやまさり」並みの苗立ち性をもち、直播栽培に適するが、食味が「ゆきひかり」クラスであるために、栽培面積は極めて少ない。現実には、早生で「きらら397」並みの良食味の「ゆきまる」が直播栽培にも用いられており、良食味の直播専用品種の開発が強く求められている。

### 6) 高度耐冷系統の育成

上川農試で育成中の高度耐冷性系統の一部を表5に示した。耐冷性の強い道内の品種系統や、インドネシアの在来種である「Silewah」、中国品種の「CI107」、「昆明小白夜」などの障害型耐冷性の強いといわれる外国稲が交配母本として用いられており、冷水田での選抜等によって、耐冷性遺伝子の集積や、外国稲由来の耐冷性遺伝子の導入を進めている。従来の極強レベルよりもさらに強い系統がいくつか見出されており、これらの利用による極強以上の実用品種の作出も夢ではなくなっている。

最近では、日中の水稲育種共同研究で育成された耐冷性品種や、海外遺伝資源収集により入手した外国稲およびフィリピンにある国際稲研究所(IRRI)で実施されている国際ネットワーク試験(IRCTN)の供試材料についても、障害型耐冷性や初期耐冷性などの評価を行っており、新たな耐冷性母本の導入をはかっている。

#### (1) 道北50号

本系統は耐冷性が極強の中生種で、1988年に新配布された。両親は「永系78415」と「道北36号」(キタアケ)

で、「永系 78415」は「永系 71303」×「イシカリ」から育成された耐冷性強系統であった。F<sub>2-3</sub> 世代は、鹿児島における世代短縮栽培され、F<sub>4-5</sub> 世代は冷水田における集団選抜、個体選抜に供試され、F<sub>6-7</sub> 世代は同じく冷水田

における系統選抜試験に供試された。したがって、F<sub>4-7</sub> の4世代にわたる冷水田での選抜で残ったもので、生産力検定予備試験以来、耐冷性の評価は一貫して極強である。食味は「ゆきひかり」程度であり、耐冷性の母本として多用されているが、その後代からは極強系統が多数出現している。

表5 指定試験事業により最近育成された耐冷性極強系統

系統名	交配組合せ	耐冷性 (障害型)
90 DSW 6	Silewah/ゆきひかり//キタアケ	極強
90 DSW 26	Silewah/ゆきひかり//キタアケ	極強
90 DSW 91	CI 107/2*キタアケ	極強
91 J 409	CI 107/2*キタアケ	極強
91 J 411	昆明小白夜/2*キタアケ	極強
90 DP 26-76	空育134号/道北50号	極強
90 DP 26-163	空育134号/道北50号	極強
91 J 51	北海 PL 3/道北50号	極強
92 DSW 1505	永系 88295-L/道北50号	極強
92 DSW 1524	永系 88295-L/道北50号	極強
92 DSW 1540	永系 88295-L/道北50号	極強
92 DSW 1606	永系 88295-L/道北50号	極強
92 DSW 1637	永系 88295-L/道北50号	極強
92 JS 31-2	北海 PL 7/空育131号	極強
AC 9347	上育414号/上育413号	極強
AC 93298	上育欄411号/上育414号	極強
AC 93322	上育欄411号/はくちょうもち	極強
上系 93293	東北143号/上育404号//道北47号	極強
上系 94010	ヒノヒカリ/空育143号//空育144号	極強
上系 94178	雲 82-148/キタアケ//道北50号	極強
上系 94180	AC 8804/道北50号	極強
上系 94210	上育欄411号/はくちょうもち	極強
上系 94259	上育欄411号/はくちょうもち	極強
上系 95081	上系 91409/道北50号	極強
上系 95082	上系 91409/道北50号	極強
上系 95092	空系 90242 (A)/道北50号	極強
道北50号	永系 78415/道北36号	極強

#### 4. 耐冷性に関する育種法試験

育種を効率的におこなうためには、各種の特性検定法が極めて重要であることはいうまでもない。上川農試では、耐冷性検定法の試験方法に関しても多くの研究を実施し、効率的な方法の開発に努めてきた。こうして開発された各種の耐冷性検定法の概略を表6に示した。また、引用文献の1~73)は1966年以降に当指定試験地より報告公表された耐冷性と品種育成に関する研究成果である。

##### 1) 耐冷性検定法に関する試験

###### (1) 冷水掛け流しによる耐冷性検定

耐冷性に関する品種間差異については、近代育種が開始される以前より知られていたが、上川農試において、人工的な条件下での品種の耐冷性の検定を行ったのは1936年からである。このときは、直播栽培された圃場に冷水を6月16日から7月22日まで掛け流し、出穂前の8月11日から落水までの2週間掛け流している。処理区の収量減によって品種の耐冷性の程度を見ているが、障害不稔よりは、生育遅延による減収であったと思われる。

その後、冷水掛け流しの方法や、検定材料の栽培方法、

表6 現在実施中の各種耐冷性検定法

試験名	処理方法			育成試験名			備考
	施設	温度	処理期間	生予	生本	莢決	
冷水掛け流しによる検定	冷水田	13-14°C	播種後2-3週間	○	○	○	本田直播栽培 1区面積0.30平方m
人工気象室による 出穂遅延型耐冷性検定	人工気象室	高温区(昼一夜) 26-20°C 低温区(昼一夜) 18-12°C	3-4-6葉期 15日間			○	ポット移植栽培 5cm×5cm、 1本/株、7株/区
中期冷水掛け流しによる 障害型耐冷性検定	冷水田	19°C	6月下旬から 8月中下旬	○	○	○	本田移植栽培 27cm×10cm 3本/株、7株/区
人工気象室による 穂孕み期耐冷性検定	人工気象室	15°C	止葉葉耳抽出から 7日間			○	ポット移植栽培 2株/ポット 2ポット/区
人工気象室による開花期 耐冷性検定	人工気象室	15°C	開花始めから 8日間			○	同上

結果の判定方法等について、多くの試験研究が実施され、次第に検定精度が向上してきた。1972年には、それまでの自然灌漑水の掛け流しから、地下30mから汲み上げられた冷水(10~11°C)の混合による灌漑水の温度コントロールが開始された。なお、この当時の冷水田の面積は20aであり、生産力検定予備試験以上の系統の耐冷性検定と、冷水掛け流しによる個体、系統、集団選抜試験が実施されていた。

1980年に優良米の早期開発試験が開始されたが、これに伴う育種規模拡大や耐冷性の緊急育種試験に対応するために、1982年には地下水ポンプが増設され、冷水田の面積も85aに大きく拡大された。

1994年の比布町への移転によって冷水田も新たに造成されたが、これは掛け流した水を揚水ポンプによって回収し、再び地下水を加えて掛け流す、いわゆる循環方式を採用している。冷水田面積はさらに増えて120aとなった。現在、現場で行われている耐冷性検定法は、極早生種の止葉葉耳抽出期から晩生種の開花出穂前期までの間、平均水温が19°Cとなるように設定した中期冷水掛け流し法である。このほか、冷水掛け流し法による個体選抜、系統選抜および集団選抜試験を実施しており、初期世代からの耐冷性に関する積極的な選抜に取り組んでいる。

## (2) 人工気象箱による耐冷性検定

指定試験地の再設置に伴い、1967年には屋外型の人工気象箱10基が設置された。気象箱の空調室部分の大きさは2m×2mであった。人工的な低温下での高精度の検定法の確立をめざし、設置当初から各種の試験が精力的に実施された。

1994年の移転に伴い、人工気象室が新たに建設された。これは、1部屋が3m×3mの広さで、横に12室連結した構造となっている。空調室部分の総面積は108m<sup>2</sup>であるが、旧人工気象箱に比べ約70m<sup>2</sup>も広がった。

穂孕期の障害型耐冷性検定に関しては、1/5000のワグネルポットで養成した材料を止葉葉耳の抽出始めから15°Cで7日間処理する方法が確立された。この方法では、穂別に出穂日と稔実歩合の調査が必要であるために、多くの労力がかかるので、現在は奨励試験の供試材料についてのみ実施している。

開花期の耐冷性についても、上記と同様にポットで養成された材料について、開花始めより15°Cで8日間処理する方法を行っているが、処理法や判定方法について問題点が残されており、参考程度の検定にとどめている。現在、さらに精度の高い方法の確立に向けて試験中である。また、開花期耐冷性については冷水田を利用しての

集団選抜試験等が出来ないので、人工気象箱を用いた大量検定法の開発も試みている。

出穂遅延型に対する耐冷性検定としては、バット栽培された苗について3-6葉期から高温(昼間26°C、夜間20°C)と低温(昼間18°C、夜間12°C)処理を15日間おこなって、両区における主稈葉数と止葉期の変動から検定する方法が確立されているが、この検定法も労力がかかるので奨励品種決定試験に供試中の系統についてのみ実施している。

このほか、低温下での登熟性に関する検定法の開発も試みられたが、現在では登熟性に関する検定は実施されていない。ただし、異なる温度条件における米の化学的成分の変動に関しては、食味に関する基礎試験として実施されてきた。府県産米に比べて食味の年次変動や地域変動が大きいとされる北海道米の改良を進める上で、低温登熟性のみならず、高温登熟耐性も問題となる可能性があり、人工気象箱による登熟性に関する試験を再開する必要がある。

## (3) 低温発芽性および低温苗立ち性検定

寒地における直播向き品種の具備すべき特性として、早熟性ととも到低温下における発芽、苗立ち、初期伸長性の優れていることが上げられる。上川農試では、低温下での発芽性、発根性、初期伸長性に関する品種間差異や雑種集団を用いた遺伝解析を実施し、直播品種育成のための多くの基礎的知見を得ている。

現在、冷水田において冷水掛け流し処理による低温苗立ち性検定を実施しているが、これは落水した田面に播種し、13~14°Cの冷水を2~3週間掛け流して苗立ち性を検定するもので、直播向け品種育成試験における系統選抜以降の材料を供試している。田面の均平度など土壌表面の状態による検定結果の変動が大きいので、さらに検定精度を上げる必要がある。

なお、温室を利用した低温発芽苗立ち検定法について検討中であるが、これは温室内の土耕ベッドに直播し、約15°Cの冷水を掛け流すもので、通年試験が可能である。また、この方法によって世代促進栽培も兼ねた集団選抜を実施中である。これによって初期世代における低温苗立ち性に関する選抜効果が期待できそうである。このほか、土中播種による還元条件下での苗立ち性に関する検定法についても検討中である。

## 2) 耐冷性に関する基礎試験

外国稲や新旧品種、北海道大学の標識遺伝子系統などを用いて、耐冷性に関する遺伝子分析や選抜実験がおこなわれ、耐冷性遺伝子の集積効果や耐冷性に関する組合

せ能力など耐冷性育種のための重要な知見が得られている。特に、雑種初期世代における耐冷性に関する選抜をおこなっても、収量性や良質性など、他の重要形質について集団が極端に歪むことがないことが確認された意義は大きい。これによって冷水田における集団選抜が可能となった。

なお、上川農試では、1980年より暖地を利用した世代促進栽培が本格化した。鹿兒島県における世代促進栽培では1期作、2期作とも折衷直播による集団養成をおこなっており、石垣島では冬季間における移植栽培による穂別系統選抜試験も実施している。これらの世代促進栽培が育成系統の遺伝的特性にどのような影響を及ぼしているかは不明であるが、石垣島の冬季栽培では低温による障害不稔が発生するので、これによって耐冷性に関する選抜が可能である。

このように、耐冷性品種の育成に関しても大きな効果のあった世代促進事業であるが、数年後には事情により廃止される予定である。これにかわり、道南農試における大規模温室を利用した世代促進栽培が計画されているが、道内の温室を用いた場合の集団の遺伝的構成の変化等について検討する必要がある。

## 5. 今後の課題

### 1) 高度耐冷極良食味品種の育成

「ほしのゆめ」の育成によって、耐冷性と良食味がより高いレベルで結合されたが、さらに耐冷性と食味レベルを上げ、名実ともに「コシヒカリ」級の極良食味品種を育成する必要がある。

耐冷性の母本については、前述のように、すでに利用可能な極強系統が多数得られている。ただし、これらの極強系統は、品質、食味に問題のあるものが多い。耐冷性が強程度であれば、食味が「ほしのゆめ」にやや優る系統も見い出されている。

耐冷性や食味に関しては超越的な分離が期待できるので、耐冷性、食味とも「ほしのゆめ」程度の系統間の交配によって、耐冷性遺伝子と良食味遺伝子の集積をはかる方が現実的かもしれない。いずれにしても、由来の異なる良食味系統や耐冷性系統など、多様な育種材料を揃えることが重要と思われる。

### 2) 直播向き耐冷良食味品種の育成

北海道の直播栽培の今後の見通しについては、現在のところ不確定要素が多いので、予測が困難であるが、食味の良い直播向き品種が育成されれば、栽培面積が急増

する可能性もある。

「きたいぶき」の食味レベルは「ゆきひかり」クラスであり、今後の作付け面積の拡大は期待できない。「ゆきまる」は「きらら397」並みの食味ではあるが、直播栽培での熟期に不安がある。したがって、これからの直播品種には、「きたいぶき」並みの熟期と少なくとも「きらら397」並みの品質、食味が要求されよう。

現在、配布中の空育159号は、「はやまさり」×「空育139号」(ゆきまる)から育成された直播向け極早生系統であるが、食味が「きらら397」並みで、低温苗立ち性も良いとされる。稈質、玄米品質が劣るものの、収量性は「きたいぶき」に優る。したがって、(1)の場合と同様、当面、この「空育159号」クラスの育成系統を揃え、遺伝子の集積効果に期待しつつ、食味と耐冷性の向上をはかるといのが、現実的な戦略と思われる。

同時に、野生稲や外国稲などから高度低温苗立性や耐倒伏性などを導入した中間母本の作出についても、強力に取り組む必要がある。

### 3) 先端技術の利用による耐冷性育種強化

RFLP解析によって、インドネシア品種の「Silewah」に由来する耐冷性遺伝子が染色体3、4に座乗していることが明らかとなりつつある<sup>98)</sup>。現在、これらの耐冷性遺伝子とさらに強く連鎖するマーカーの開発も進んでおり、こうした分子マーカーを用いた耐冷性の間接選抜が遠からず可能となろう。

冷水田における耐冷性の検定は年一回であり、耐冷性に関する効率的な戻し交雑などが困難である。もし、分子マーカーによって苗の段階で耐冷性遺伝子をもっていることが判定できれば、年数回の連続戻し交配や、異なる耐冷性遺伝子の集積が容易となり、耐冷性育種が飛躍的に効率化されるに違いない<sup>99)</sup>。すでに北海道農業試験場を始め、青森県農業試験場の藤坂支場や宮城県古川農業試験場では、外国稲に由来する耐冷性遺伝子の分子マーカーの探索に取り組んでいるが、上川農試もこれらの機関との連携を強め、新しい育種法の導入による耐冷性育種の強化をはかる必要がある。

## 引用文献

- 1) 和田 定・佐々木一男・高橋三平(1967) 水稲における障害型冷害の2・3の事例について — 1966年、上川農試の圃場における調査 —。日作紀, 36(4), 525.
- 2) 佐々木一男・柴田和博(1969) 水稲における2, 3の集団養成方法の差異が主要形質に及ぼす影響につい

- て、育作道会報, 9.
- 3) 柴田和博・佐々木一男・本間 昭 (1969) 水稲品種の肥料三要素反応の一例——その品種間差と年次差. 育種学雑誌, 19, 28-38.
  - 4) 柴田和博・佐々木一男・島崎佳郎 (1970) 時期別の気温・水温処理が水稲の生育に及ぼす影響 第1報 昼夜別気温, 水温及び処理日数と不稔歩合との関係. 日本作物学会紀事, 39, 401-408.
  - 5) 和田 定・国広泰史・本間 昭 (1969) 人工気象箱による耐冷性検定方法の改善に関する研究 1. 移植期における気温, 水温, 水深, 光, 品種ならびに処理期間の組合せ実験(2n実験). 日本作物学会紀事, 38(別1)
  - 6) 和田 定・国広泰史・本間 昭 (1970) 人工気象箱による耐冷性検定方法の改善に関する研究 2. 穂首分化期における気温, 水温, 水深, 光, 品種ならびに処理期間の組合せ実験(2n実験). 育作道会報, 10, 1.
  - 7) 和田 定・国広泰史・本間 昭 (1970) 人工気象箱による耐冷性検定方法の改善に関する研究 3. 幼穂形成期における気温, C水温, 水深, 光, 品種ならびに処理期間の組合せ実験(2n実験). 育作道会報, 10, 2.
  - 8) 和田 定・国広泰史・本間 昭 (1970) 人工気象箱による耐冷性検定方法の改善に関する研究 4. 減数分裂期における気温, 水温, 水深, 光, 品種ならびに処理期間の組合せ実験(2n実験). 育作道会報, 10, 3.
  - 9) 佐々木一男・伊東 馨・桑山 貢 (1970) 水稲の幼穂発育各期における低温障害の品種間差異—低温処理時期と不稔発生程度との関係—. 育作道会報, 10, 3.
  - 10) 佐々木多喜雄 (1970) 稲品種の低温発芽性に関する育種学的研究 第5報 雑種初期世代集団における発芽性. 北海道立農試集報, 21, 48-56.
  - 11) 佐々木多喜雄・山崎 信弘 (1970) 水稲品種の低温発芽性と初期生育との関係 第3報 初期分けつ性との関係. 北海道立農試集報, 22, 1-9.
  - 12) 佐々木多喜雄・山崎信弘 (1970) 水稲品種の低温発芽性と初期生育との関係 第2報 初期発根性との関係. 日本作物学会紀事, 39(1), 117-124.
  - 13) 和田 定・国広泰史・本間 昭 (1970) 水稲における枝梗別着生穎花の不稔発生状況. 農及園, 45, 1707-1709.
  - 14) 佐々木一男・前田 博 (1971) 水稲の生育各期におけるN, P, KおよびMgの施用量と温度処理が, 出穂期におよぼす影響——人工気象箱による肥料要素と温度の組合せ試験(3n実験). 育作道会報, 11, 7.
  - 15) 佐々木多喜雄・山崎 信弘 (1971) 水稲品種の低温発芽性と苗立性との関係. 育作道会報, 11, 5.
  - 16) 佐々木多喜雄・山崎 信弘 (1971) 水稲品種の低温発芽性と初期生育との関係 第4報 苗立性との関係. 日本作物学会紀事, 40(4), 474-479.
  - 17) 和田 定・国広泰史・本間 昭 (1971) 水稲の障害不稔に及ぼす低温と遮光の影響. 日作紀, 40(別2), 93-94.
  - 18) 本間 昭・国広泰史 (1972) 出穂期前の各種の気温が水稲の出穂期と稔歩合にあたる影響(人工気象箱による実験). 育作道会報, 12, 20.
  - 19) 佐々木多喜雄 (1972) 水稲の低温発芽性に対する粒選抜の効果. 育作道会報, 12, 18.
  - 20) 和田 定・国広泰史・本間 昭 (1972) 水稲の減数分裂期における水温, 気温ならびに遮光などの処理が不稔歩合に及ぼす影響. 日作紀, 41(3), 340-347.
  - 21) 柴田和博・佐々木一男・島崎佳郎 (1973) 時期別の気温・水温処理が水稲の生育に及ぼす影響 第2報 昼夜別気温, 水温及び処理日数と出穂記との関係. 日本作物学会紀事, 42, 267-274.
  - 22) 佐々木多喜雄 (1973) 水稲の雑種初期世代における低温発芽性と初期伸長性および初期発根性との関係. 育作道会報, 13, 11.
  - 23) 佐々木一男・和田 定 (1973) イネの幼穂発育各期の低温障害の品種間差異——最高不稔歩合と不稔歩多発期間—. 北農, 40(8), 7-14.
  - 24) 佐々木一男・前田 博・和田 定 (1973) イネの減数分裂期の不稔発生に及ぼす窒素と温度の影響 人工気象箱による肥料要素と温度の組合せ実験. 北農, 40(9), 1-7.
  - 25) 和田 定・国広 泰史・本間 昭 (1973) 水稲の出穂期における水温・気温ならびに遮光などの処理が不稔歩合に及ぼす影響. 北海道立農試集報, 28, 45-51.
  - 26) 佐々木一男・柳川 忠男 (1973) 水稲雑種集団の養成方法が主要形質に及ぼす影響. 北海道立農試集報, 28, 52-61.
  - 27) 佐々木多喜雄・山崎信弘 (1974) 栽培条件が稲品種の低温発芽性の品種間差異に与える影響. 育作道会報, 14, 11.
  - 28) 佐々木一男・和田 定 (1974) 水稲の出穂開花期における低温処理による2, 3の知見. 育作道会, 14, 9.
  - 29) 佐々木多喜雄 (1974) 稲品種の低温発芽性に関する育種学的研究. 北海道立農試報告, 24, 1-90.
  - 30) 佐々木一男・和田 定 (1975) イネの障害不稔発生に及ぼす燐酸の効果. 育作道会報, 15, 12.
  - 31) 佐々木一男・和田 定 (1975) イネの障害型耐冷性検定方法に関する一改善案について. 育種学雑誌, 25



- (1), 13-16.
- 32) 佐々木一男・和田 定 (1975) イネの冷害不稔発生に及ぼす窒素、燐酸および加里の影響。日本作物学会紀事。44(3), 250-254.
- 33) 森村克実 (1976) 水稻の割れ粳と黒舂米の発生について (V) 2・3条件下における割れ率の変異。育種。27(別2), 18-19.
- 34) 佐々木多喜雄・本間 昭 (1976) 稲品種の低温発芽性の選抜が後代の主要農業形質に及ぼす影響。育種学雑誌。26(別2), 1-2.
- 35) 佐々木多喜雄・本間 昭 (1977) 稲品種の低温発芽性に関する育種学的研究 VI. 雑種初期世代における低温発芽性の選抜が後代の主要農業形質に及ぼす影響。育種学雑誌。27(2), 157-166.
- 36) 柴田和博・本間 昭 (1978) 地帯区分のための反復力の計算。農林研究計算センター報告。A(14), 141-159.
- 37) 佐々木一男・沼尾吉則 (1979) イネの出穂開花期における高温 (温湯) 不稔と障害型耐冷性。育作道会報。19, 6.
- 38) 佐々木多喜雄 (1979) 稲品種の低温発芽性に関する育種学的研究 VII. 雑種初期世代の育成条件が低温発芽性および初期生育性に及ぼす影響。北海道立農試集報。42, 11-19.
- 39) 佐々木多喜雄 (1979) 水稻品種の低温発芽性と初期生育の関係 第5報 低温下における発芽と発根。日本作物学会紀事。48(1), 39-45.
- 40) 佐々木多喜雄 (1980) 水稻雑種世代における冷水灌漑処理が後代の耐冷性およびその他の主要形質に及ぼす影響。育種学雑誌。30(別1), 88-89.
- 41) 佐々木多喜雄 (1981) 北海道の耐冷性稲品種に関する母能力の検定。北海道立農試集報。46, 51-60.
- 42) 佐々木多喜雄 (1981) 水稻品種の低温発芽性と初期生育との関係 第6報 粳の乾熱処理が低温発芽性と初期生育に及ぼす影響。日本作物学会紀事。50(1), 1-24.
- 43) 佐々木多喜雄 (1982) 水稻品種の低温発芽性と初期生育との関係 第7報 過酸化石灰粉衣処理が出芽と初期伸長の品種間差異に与える影響。育作道会報。22, 14.
- 44) 佐々木多喜雄 (1982)  $\gamma$ 線照射による水稻耐冷性の変異。育種学雑誌。32(別1), 208-209.
- 45) Sasaki, T. (1983) Relationship between germinability of rice seeds at low temperature and subsequent early growth of seedlings. JARQ. 17(2), 73-80.
- 46) 佐々木多喜雄 (1983) 冷水処理が水稻雑種初期世代におけるアミロース含有率に及ぼす影響。育種学雑誌。33(別1), 328-329.
- 47) 佐々木多喜雄 (1984) 水稻品種の低温発芽性と初期生育との関係 第8報 生育時期別葉面積指数と受光態勢。育作道会報。24, 7.
- 48) 佐々木多喜雄 (1984) 暖地における世代促進が水稻雑種集団の耐冷性およびその他の形質に及ぼす影響。育種学雑誌。34(別2), 118-119.
- 49) 佐々木多喜雄 (1984) 水稻冷害克服の戦略 — 育種の立場から —。作道会報。24(別), 33-50.
- 50) 佐々木多喜雄 (1985) 稲品種の低温発芽性に関する育種学的研究 VIII. 低温発芽性の品種間差異 (補遺) とアミロース含有率及びびもち耐病性との関係。育作道会報。25, 8.
- 51) 佐々木多喜雄・沼尾吉則・柳川忠男。 (1985) 水稻の耐冷性に関する遺伝子集積の効果。育種学雑誌。35(別1), 158-159.
- 52) 新橋 登・相川宗殿 (1986) 水稻育種における薬培養法の利用。育種学最近の進歩。27, 13-19.
- 53) 國廣泰史 (1987) 耐冷性品種育成方法についての提言。21回熱帯農業研究国際シンポジウム要旨
- 54) 菊地治己・國廣泰史。 (1987) ガンマー線照射処理によるイネの耐冷性 (障害型) 突然変異の誘発。育作道会報。28, 39.
- 55) 國廣泰史・江部康成・和田 定・新橋 登・本間 昭・佐々木多喜雄・佐々木一男・沼尾吉則・森村克美・丹野 久 (1988) 新品種「キタアケ」の育成について。北海道立農試集報。59, 67-80.
- 56) 丹野 久・國廣泰史 (1990) 水稻新品種「ハヤカゼ」。農業技術。45(10), 465.
- 57) 國廣泰史 (1990) 水稻新品種「ハヤカゼ」。北農。57(3), 88.
- 58) 菊地治己・國廣泰史 (1991) 水稻新品種「彩」。農業技術。46(10), 472.
- 59) 佐々木多喜雄 (1993) 水稻良食味品種「きらら397」, 「ゆきひかり」, 「彩」の育成。育種。43(別2), 282-283.
- 60) 新橋 登 (1993) 水稻直播品種の開発。育種学雑誌。43(別2), 336-339.
- 61) 國廣泰史・江部康成・新橋 登・菊地治己・丹野 久・菅原圭一 (1993) 薬培養による底アミロース良食味新品種「彩」の育成。育種学雑誌。43, 155-163.
- 62) 田縁勝洋・前田 博 (1993) 水稻直播栽培向き新品種「きたいぶき」。農業技術。48(10), 462
- 63) 佐々木多喜雄。 (1994) 水稻早生良食味品種「きらら397」及びび早生耐冷性品種の育成。農業技術。49(2), 72-76.
- 64) 新橋 登 (1995) 水稻新品種「上育糶417号」。北農。

- 62(3), 74.
- 65) 新橋 登 (1995) 水稲新品種「上育 418 号」, 北農, 63(2), 176.
- 66) 丹野 久・熊 建華・陸 載園・葉 昌榮, (1996) 中国雲南省における耐冷性品種・系統の特性について, 育作道会報, 37, 44-45.
- 67) 北海道立上川農業試験場 (1971) 水稲新品種決定に関する参考成績書 道北 1 号.
- 68) 北海道立上川農業試験場 (1983) 水稲新品種決定に関する参考成績書 道北 36 号.
- 69) 北海道立上川農業試験場 (1990) 水稲新品種決定に関する参考成績書 道北 47 号.
- 70) 北海道立上川農業試験場 (1991) 水稲新品種決定に関する参考成績書 道北 52 号.
- 71) 北海道立上川農業試験場 (1993) 水稲新品種決定に関する参考成績書 上育 413 号.
- 72) 北海道立上川農業試験場 (1995) 水稲新品種決定に関する参考成績書 上育 417 号.
- 73) 北海道立上川農業試験場 (1996) 水稲新品種決定に関する参考成績書 上育 418 号.
- 74) 天野高久 (1984) 水稲の冷害に関する作物学的研究, 北海道立農試報告, 7, 1-151.
- 75) 北海道立中央農業試験場・北海道立上川農業試験場・北海道グリーンバイオ研究所 (1993) 新中間母本決定に関する参考成績書 稲 緑育 PL 1.
- 76) 北海道立上川農業試験場 (1986) 北海道立上川農業試験場百年史.
- 77) 石塚喜明監修・星野達三編著 (1994) 北海道の稲作, 財団法人 北農会
- 78) 刈屋国男・佐竹徹夫・小池説夫 (1986) 開花期耐冷性と穂ばらみ期耐冷性の品種間相関, 日本作物学会紀事, 55(別 2), 183-184.
- 79) 刈屋国男, (1996) 北海道稲作期間の気象変動と葎の生育 — 平成 5 年から 7 年のデータを中心に —, 農業および園芸, 71(12), 21-24.
- 80) 刈屋国男, (1996) イネ穂ばらみ期及び開花期における障害型耐冷性, 低温生物工学会誌, 42(1), 37-44.
- 81) 刈屋国男・松葉修一 (1996) 水稲品種の生殖生長各時期における耐冷性 — 北海道品種と東北品種の比較 —, 育作道会報, 37, 46-47.
- 82) 前川雅彦・刈谷国男・佐竹徹夫・喜多富美治 (1987) 外国稲の耐冷性に関する遺伝子分析 1. Silewah の耐冷性遺伝子, 育種学雑誌, 37(別 1), 84-185.
- 83) 三浦清之・斎藤浩二・加藤 明・永野邦明・荒木 均 (1996) 水稲中間母本農 8 号の耐冷性遺伝子の近傍に位置する農業関連形質の QTL について, 育種学雑誌, 46(1), 81.
- 84) 村上利男・森田弘彦・土井康生・今野一男 (1982) 寒地水稲の計画的栽培に関する解析的研究, 北海道農試研報, 133, 61-100.
- 85) 永野邦明・荒木 均, (1996) 北海道と東北地域で育成された耐冷性極強水稲品種系統の穂ばらみ期耐冷性の比較, 育種学雑誌, 46(2), 186.
- 86) 西山岩男 (1985) イネの冷害生理学, 北海道大学図書刊行会
- 87) 沼尾吉則 (1995) 1994 年度日本作物学会シンポジウム〔1〕 作物にとって寒さとは何か イネの耐冷性と品質, 農業および園芸, 70(4), 11-16.
- 88) 斎藤浩二・三浦清之・永野邦明・早野由里子・荒木均・加藤 明 (1995) RFLP マーカーによる水稲中間母本農 8 号の穂ばらみ期耐冷性の QTL 解析, 育種学雑誌, 45(1), 73.
- 89) 斎藤浩二・早野 (斎藤) 由里子・加藤 明, (1996) 水稲中間母本農 8 号の穂ばらみ期耐冷性と関連する RAPD マーカーの探索, 育種学雑誌, 46(1), 52.
- 90) 酒井寛一 (1949) 冷害におけるイネ不稔性の細胞組織学的並びに育種学的研究 特に低温によるタペート肥大に関する実験的研究, 北海道農試報告, 43, 1-46.
- 91) 佐々木武彦 (1995) わが国の食糧と日本農学〔4〕 — イネを中心として — イネの耐冷性遺伝資源と育種の展望, 農業および園芸, 70(10), 37-43.
- 92) Satake, T. (1989) Male sterility caused by cooling treatment at the young microspore stage in rice plants. XXXI Four components participating in fertilization. Jpn. J. Crop Sci., 61, 454-462.
- 93) 柴田和博 (1975) 水稲品種の気温による出穂変動性の簡易検定法 (第 1 報), 育作道会報, 15, 24.
- 94) 柴田和博 (1976) 水稲品種の気温による出穂変動性の簡易検定法 (第 2 報), 育作道会報, 16, 9.
- 95) 柴田和博 (1977) 水稲品種の気温による出穂変動性の簡易検定法 (第 3 報), 苗素質による処理適期の差異, 育作道会報, 17, 3.
- 96) 鳥山國士 (1962) 水稲品種の耐冷性検定法並びに耐冷性の遺伝に関する研究, 青森農試研報, 7, 109-153.
- 97) 鳥山國士 (1994) イネの耐冷性育種の展開と将来への期待〔2〕, 農業および園芸, 69(7), 11-15.
- 98) 和田 定 (1992) 水稲の冷害, 養賢堂
- 99) 吉田 均・加藤 明, (1996) イネ低温誘導性遺伝子群の解析, 育種学雑誌, 46(1), 17.

## 2. 小麦における耐性育種の現状と今後の方向

天 野 洋 一\*

### はじめに

北海道の小麦が本格的に栽培に移されたのは明治からで、その歴史は100年余りと比較的浅い。しかしその間における作付の変動は実にめまぐるしい。道南、道央から始まった小麦栽培は、開拓とともに道東北へと広がり、明治の終わりに2万haにまで拡大した。この頃から小麦の主産地は北見地方となり、その後北見に小麦指定試験地ができる礎となっている。大正に入るとさび病が多発し、作付は1万haに減少した。昭和に入って良い品種が普及したこと、それに伴って栽培が改善されたこと等により再び作付は増え、昭和10年代には4万ha近くまで伸びた。しかしその後は価格の低迷等もあり、再び作付は減少の一途を辿り、昭和47年には7千haの底まで落ち込んだ。それが昭和50年代に入ってまた爆発的に増え、昭和56年以降は10万haほどの作付がある。今では畑の基幹作物として定着したかにみえる。

過去も現在も北海道の小麦栽培は決して安定しているとはいえない。収量は先進地のヨーロッパに比較すると低いレベルにあり、しかも収量変動が大きい。絶えず障害に見回れ、減収と品質劣化を繰り返している。残念ながらいまだ克服できたといえる状態にはない。

障害にはいくつかあり、それも歴史とともに様変わりした。栽培の当初は赤さび病、黒さび病、黄さび病が猛威を振るった。黄さび病などは現在では全く見られないが、当時は大変な病害であった。また冬枯れが大発生し、廃耕を余儀なくされることもままあった。1960年頃まで

その状態が続き、その後さび病は治まり、冬枯れが定期的に発生した。1975年になって冬枯れの発生も少なくなったが、それに代わって穂発芽、うどんこ病、赤かび病の被害が大きくなってきている。

北見農試小麦育種指定試験地は、これらの障害に対し品種改良の立場で仕事を進めている。今回はこれらのうち特に近年問題が大きくなった穂発芽、うどんこ病、赤かび病に対する育種を取り上げ、現状と今後について論ずることとする。

### 1. 穂発芽被害の実態

1995年の夏北海道では小麦の収穫時期に長雨が続き、43%の規格外を出す大惨事を招いた。これは極端なケースだが、機械化、大型化の進んだ近年では毎年のように1~2割の穂発芽被害が発生している。表1の規格外はほとんどが穂発芽によるもので、今では小麦栽培の最大の障害といえる。

「穂発芽はどのような条件で発生するのか?」という問いに対し、単に雨が降るからと短絡できない側面がある。穂発芽は環境に微妙に左右される性質で、登熟期から収穫期の降雨の他に、気温、湿度、日照等も影響する。またコムギの粒水分と休眠性も関係する。したがって10粒中2粒でも芽が出ていると「穂発芽」とする規格からすると、発生条件を決定することは困難を極める。なお多少の気象条件の違いを超越した穂発芽抵抗性がコムギに備わっていれば別であるが、現品種の能力では多くを望めない。

表1 北海道産小麦の検査成績と規格外小麦(穂発芽小麦)の発生量(トン)とその割合(%)

検査成績	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
1等	19,159	183,065	291,526	337,998	185,188	262,139	231,440	288,363	162,743
2等	339,203	309,074	160,754	95,113	112,999	110,631	77,918	30,274	26,584
規格外	102,768	57,548	48,402	57,467	84,617	92,010	54,195	25,857	143,478
規格外比率	22.3	10.5	9.7	11.7	17.5	10.0	14.9	7.5	43.1%

\*北海道立北見農業試験場  
小麦育種指定試験地

十勝農試では1988年より成熟期前後のアミロ粘度の変化を追跡調査している。その例として1992、1993、1994年3か年の結果を図1に示した。登熟期から収穫期にかけての天候が微妙に影響しているのが伺える。1993年は曇天・多湿の年で、成熟期にすでに低アミロとなっている。

気象のデータから穂発芽の発生予察を行なう試みが各地で行なわれ、成熟期後の降雨量と降雨日数で説明できるとする結果もあるが、日本、北海道のような多湿の条件では、小麦は絶えず穂発芽を起こし易い条件に曝されており、予測は困難を極めている。しかし、登熟期より定期的にアミラーゼ活性の測定を行い、低アミロ発生の警報を出すことは意義深いと考えられる。できれば気象条件の異なる各地を拠点として測定が行える体制が整えば品質管理にとって好都合であろう。しかしこれと穂発芽防止の抜本的手だてとはなりえない。

穂発芽の発生を個別の気象要因と品種の反応で検討した試験から、発生のポイントとなる点を拾い出してみたい。登熟期間中の曇天・多湿はアミラーゼ活性を高い状態に維持する作用をもち、低アミロの原因となる。しかしこの特性も品種で異なり、アミラーゼ活性が高くない品種も存在する。登熟期間中の高温(25℃以上)と多湿は休眠を弱める。逆に登熟中の低温(湿度のない状

態)と乾燥は休眠を強める。またこの特性に対する反応にも品種間差異がある。成熟期後(吸水能力が強まる)の小麦は降雨の繰り返しで休眠性が弱まり、さらに吸水した小麦は低温(15℃以下)条件で休眠は打破される。

## 2. 穂発芽の母材

穂発芽対策には抵抗性品種の作付がもっとも効果的と考えられ、また主流品種「チホクコムギ」「ハルユタカ」が抵抗性が劣ることからすると、早期に抵抗性品種を育成する必要がある。

北見農試では1975年頃より「穂発芽抵抗性母材の探索」の仕事を進めてきた。多くの材料について穂発芽検定を行い、探索を行ってきた結果、いくつかの優れた素材を見いだした。表2に秋播小麦と春播小麦のそれぞれについて抵抗性母材とみられた材料を示した。完全な抵抗性といえるものはみられないが、「チホクコムギ」「ハルユタカ」と比較して「強」と評価された材料は明らかに抵抗性であり、有効な素材とみられる。「チホクコムギ」が穂発芽した状態で「北系1354」などは2～3日の雨が続いてもちこたえることができる。

表中の「Lancer」は北見での栽培では低アミロとなっていないが、十勝での栽培では成熟期にすでに低アミロ

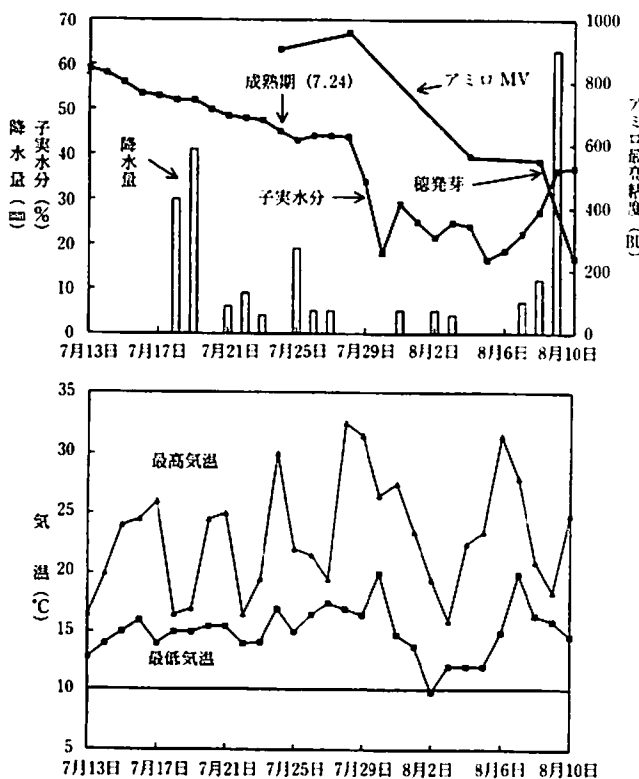


図1-1) 登熟のパターンと穂発芽被害の実態 (十勝農試 1993年)

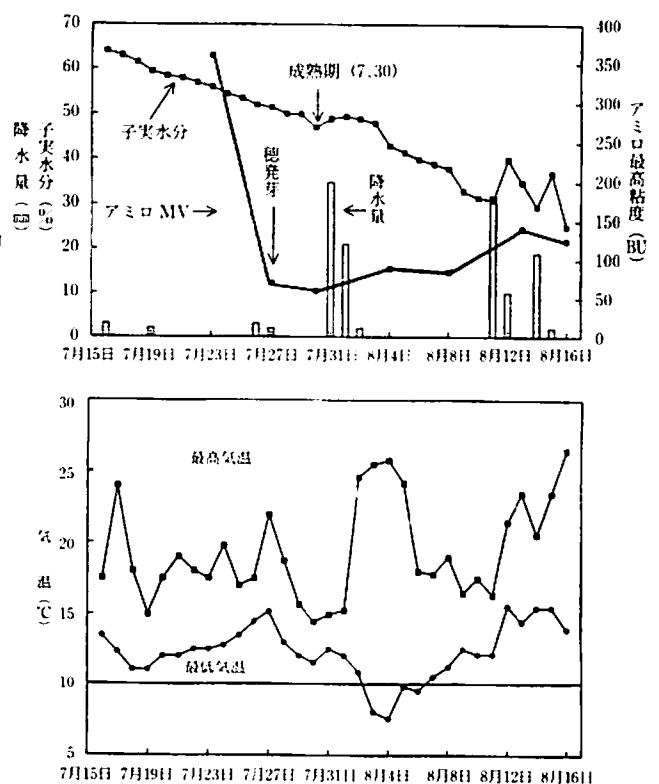


図1-2) 登熟のパターンと穂発芽被害の実態 (十勝農試 1994年)

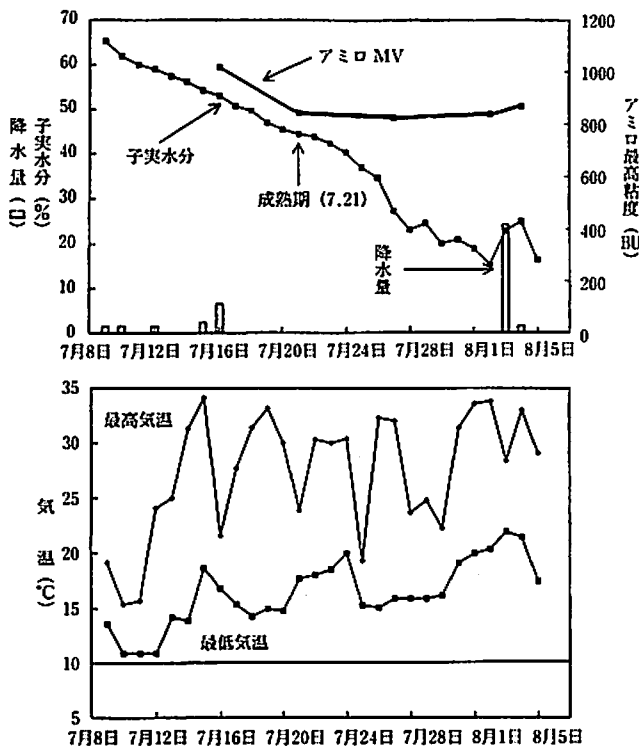


図1-3) 登熟のパターンと穂発芽被害の実態 (十勝農試 1995年)

となるケースがみられる。穂発芽抵抗性の一つの要因、休眠性は優れるものの、登熟中の曇天・多湿の条件でアミラーゼ活性が高いまま経過する性質があるためとみられる。この特性は「高アミラーゼ」という特性として着目され、遺伝的特性、しかも比較的少数の遺伝子で支配される形質であることが認められた。近年、世界各国で栽培品種からこの特性を除く努力が払われている。

「北系 1354」のレベルの抵抗性が北海道の各地の栽培でどの程度の効力をもつだろうか。そのことに対し十分解答ができるほど検討されていないが、いくつかの試験が取り組まれている。図2に示した結果は、雨害の酷しかった1993年に十勝農試で行なったもので、「チホクコムギ」が成熟期以前に穂発芽し、低アミロとなった年である。「北系 1354」は成熟期にはまだ穂発芽していない。またアミラーゼ活性も2.4 (ブルースターチ法、OD 620の自然対数値) と比較的低い。この値からするとアミロ粘度は400~500 BUと推定される。しかし成熟期に雨にあたったとすると、2日ほどの雨で4日目には8%穂発芽が発生している。雨害年を想定すると、もっと深い休眠性をもった素材の開発が望まれることになる。

表中の春播小麦 (府県では秋播) の抵抗性素材は絶え

表2 秋播小麦と春播小麦の穂発芽抵抗性母材

種類	品種名	抵抗性	休眠性 (発芽率%)				アミラーゼ活性 (F.N. 秒)			
			1990		1991		1990		1991	
			17°C	15°C	20°C	13°C	17°C	15°C	20°C	13°C
秋播小麦	チホクコムギ	弱	81	28	43	69	193	260	103	111
	ホロシリコムギ	中	24	5	5	3	231	307	218	258
	タイセツコムギ	中	18	22	2	9	242	350	235	245
	Lancer	強	13	1	0	3	290	339	340	338
	Satanta	強	5	1	1	2	378	390	284	297
	北系 1354	強	1	1	0	2	361	355	318	314

注) 成熟期に収穫。  
休眠性 (発芽試験) は1週間、アミラーゼ活性は3日間降雨処理。

種類	品種名	抵抗性	休眠性 (発芽率%)				アミラーゼ活性 (F.N. 秒)		
			10°C		30°C		無処理	3日	5日
			10日	70日	10日	70日			
春播小麦	ハルユタカ	弱	59	100	3	80	(250)	(62)	(62)
	ハルヒカリ	中	39	99	3	39	273	152	84
	RL 4137	中	23	97	6	30	354	258	182
	ゼンコウジコムギ	強	10	86	1	7	473	450	367
	伊賀筑後オレゴン	強	—	86	—	3			
	北系春 617	強	17	89	0	1			

注) 休眠性—1989年の結果。10日は成熟期後10日間自然乾燥、その後試験。  
アミラーゼ活性—1987年の結果。  
3日間は成熟期後5日乾燥後の小麦を3日間降雨処理。



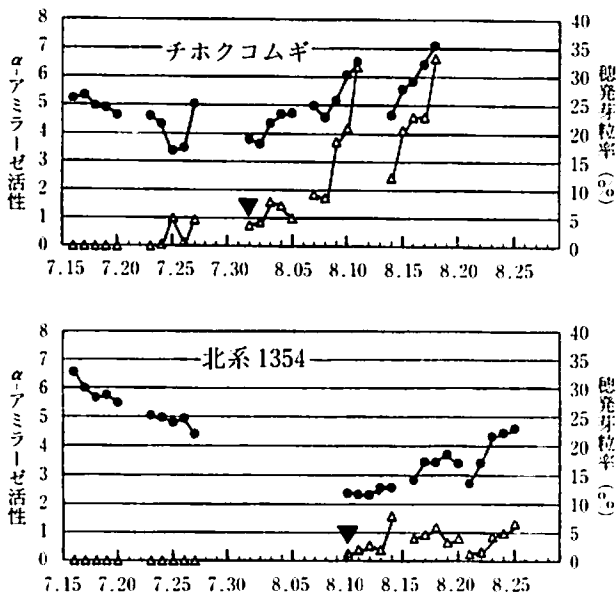


図2 降雨処理による $\alpha$ -アミラーゼ活性と穂発芽粒率の変動(平成5年十勝農試)  
 ▼: 成熟期、●:  $\alpha$ -アミラーゼ活性、△: 穂発芽粒率

ず梅雨の危険のなかで選抜されたもので、「北系 1354」より抵抗性が上の可能性もある。同一の登熟条件下で生育させ比較した結果が充分でないため、抵抗性の優劣ははっきりとしていないが、今後は交雑後代も含め、遺伝的能力を明らかにして行かなくてはならない。遺伝資源、あるいは交雑後代を用いて、「北系 1354」より抵抗性のものが作出できればまた大きな飛躍である。

コムギは 15°C以下の低温の状態では吸水すると休眠が破られ穂発芽する現象がある。北海道では小麦の成熟期に 15°C以下の低温となることはそれほど珍しいことではないし、実際に収穫期に低温で長雨が続きと大変なこととなる。北海道の穂発芽状態で、低温がどの程度のウェイトを占めるか検討が充分に行われた訳ではないが、低温条件でも穂発芽しない素材を開発する必要性は充分考えられる。15°Cあるいは 10°Cという低温条件下で発芽しない材料を選抜することを提案し、それを繰り返した実験がある。表 3 にその実験例を示したが、明らかに選抜された材料は「北系 1354」より強そうに見える。しかし強の「OS-21-5」でもかなりの発芽率であり、現実このような厳しい気象条件のときには有効な材料とはいえないことになる。

以上のように、北海道での穂発芽あるいは低アミロの発生条件は複雑な要因が絡んでいる。育種的には多くの側面をクリアーする必要があるように思われるが、実際の育種操作では要因を網羅して選抜することは困難で、

表 3 異なる温度条件下での休眠性の比較(発芽率%)

品種名	10°C	15°C	20°C
Mex 852	96 a	93 a	75 a
Tordo	82 ab	79 b	63 b
RL 4137	74 b	56 c	23 e
北系春 617	69 bc	42 d	21 e
伊賀筑後オレゴン	67 bc	50 cd	34 d
ゼンコウジコムギ	56 defg	48 cd	10 f
OS-21-6	51 def	19 ef	3 f
OS-21-3	42 defg	17 f	4 f
OS 21-5	29 g	13 f	3 f

注) 1993 年長内発表よりデータ一部抜粋。  
 成熟期収穫、30 日間吹抜小屋乾燥。  
 アルファベット文字は Duncan の多重検定。  
 OS 系統: F<sub>10</sub> 世代。

現実的には成熟期に一般的な温度条件下で雨処理を行い、全く穂発芽しない材料を選抜していくのがベストと考えている。

### 3. 穂発芽抵抗性の遺伝

小麦の穂発芽抵抗性の遺伝は量的形質の色彩が強い。環境に左右される形質だからである。しかし、一つの限られた条件下で検定を行い解析を行うと、比較的単純な遺伝に支配される結果がえられることが多い。それらを総合して考えると、穂発芽抵抗性は 2~3 個の作用性の大きな主動遺伝子と環境条件下で作用する多くの微動遺伝子に支配される形質と見ることができる。

北農試では過去に二つの遺伝実験が取り組まれた。一つは休眠性品種「Lancer」と「チホクコムギ」の交雑集団を、F<sub>2</sub> および F<sub>3</sub> 世代に選抜を繰り返した集団と無選抜集団を比較した試験で、その結果を図 3 に示した。抵抗性の遺伝は比較的単純とみられ、初期世代における単年度の選抜でも有効であることが示された。いま一つは、強弱 7 品種の総当たり交雑後代の F<sub>2</sub> 集団を用いてダイアレル分析を行なった試験で、成熟期後 10 日目以降に 20°C以上の温度条件下で発芽試験を行なうと、単純な相加-優性モデルが適用可能な遺伝に支配されることが示された。また関与する遺伝子は 2~3 個、成熟期後の早い時期は抵抗性が優性、時間が経つと抵抗性が劣性に变化することが認められた。

近年分子マーカーを用いた育種が開発され、小麦の穂発芽抵抗性にも適用されている。半数体倍加系統、SSD 法で育成された系統あるいは F<sub>2</sub> 等雑種集団を用いた実験例が見られる。系統を用いた場合、反復、条件の異なるデータに適用できる利点がある。環境に左右される本

形質には系統での試験は有効で、200 前後の系統を用い、乾燥、多湿等異なる条件で栽培を行い、登熟後の異なる時期のデータに対して、RFLP 解析を適用することが可能である。具体的結果では、全体の遺伝分散を充分に説明できるといところまで進んでいないものもあるが、数個のマーカーで半分あるいは 60%の分散を検出でき

ている結果もある。後者では 3 個ほどの抵抗性に大きく関与するマーカーが見いだされ、そのマーカーの集積作業が育種のなかに取り入れられている。分子マーカーによる育種そのものが限界があるのか、さらにマーカーの開発で検索能力を高めることが可能かは今後の課題であるが、近い将来育種を中心になることが期待されている。

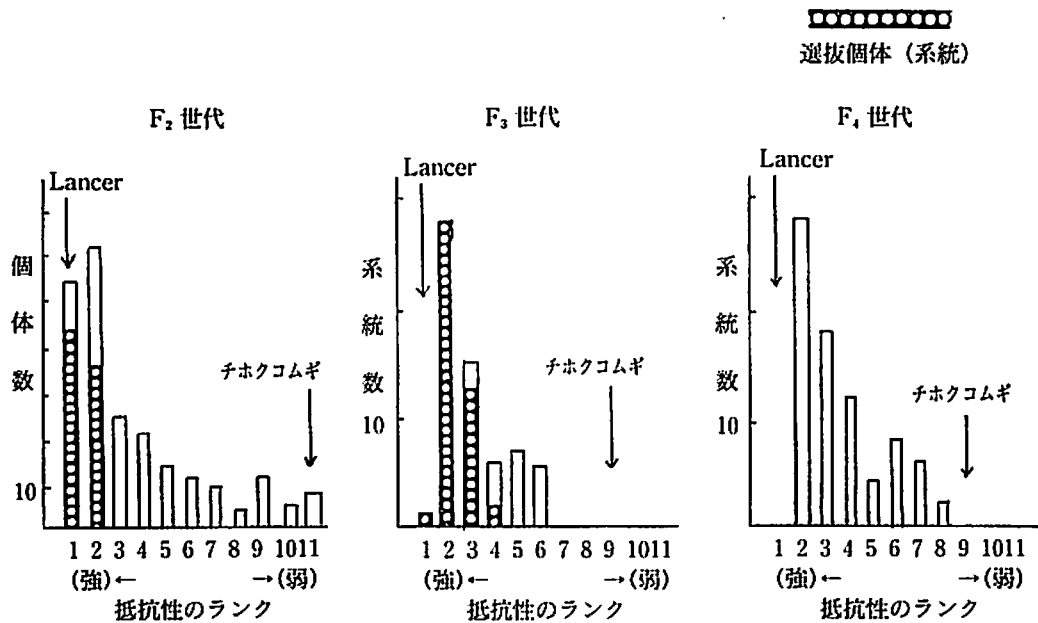


図 3 穂発芽抵抗性の初期世代における選抜の効果 (組合せ : Lancer / チホクコムギ)

#### 4. 穂発芽選抜の実際

北見農試では 1980 年頃より、穂発芽の選抜による育種を始めた。個体選抜、系統選抜すべての選抜材料について穂発芽検定を行ない、「強個体」「強系統」を選抜している。また生産力試験供試の後期世代の材料について特

性検定試験を行い、成熟期に収穫、穂発芽検定、アミロ検定を 2 反復で実施している。

個体選抜試験(多くは F<sub>2</sub>、一部 F<sub>3</sub> 以降)は、圃場で選抜された個体の主茎 1 穂、系統選抜試験 (F<sub>3</sub> 以降) では選抜系統の 1 系統 10 個体各 1 穂ずつを降雨処理し選抜に供している。降雨処理は成熟期に収穫した小麦を 10 日ほど吹抜小屋で乾燥したものを、20°C の恒温恒湿室内で、

表 4 F<sub>2</sub> 世代での穂発芽個体選抜 (北見農試、1988)

交配 組 番号	組み合わせ	試供 個体数	穂発芽程度							選抜	
			無 (0)	微 (1)	少 (2)	中 (3)	多 (4)	甚 (5)	平均	個体数	平均
1452	北見 62 号/北系 1409	513	38	69	66	72	143	125	3.40	244	2.13
1453	北見 62 号/北系 1463	305	9	30	55	46	122	43	3.49	109	2.72
1476	北系 1468/北系 1455	376	151	65	49	28	65	18	1.84	145	0.60
1523	北系 1354/Hustler//北見 62 号	227	141	46	14	7	11	8	0.98	156	0.45
1535	北系 1354/北系 1388//北見 62 号	300	82	86	43	22	53	9	1.90	183	0.98
比較	北系 1354	10	9	1					0.10		
〃	北系 1455	10	9	1					0.10		
〃	北見 62 号	10				2	8		4.80		
〃	ホロシリコムギ	60	2	6	4	7	36	15	4.23		

表5 F<sub>3</sub>世代での穂発芽系統選抜（北見農試、1988）

交配 訓交 番号	親、組み合わせ	供 試 系統数	穂発芽程度					
			(系統および個体数)					
			0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	平均
P 1	北見 47 号		3	3	1	2	1	2.20
P 2	北見 58 号			2	4	3	1	3.25
1354	北見 47 号/北見 58 号	46	2	7	6	17	14	3.31
P 1	北見 47 号			2	3	3	2	3.25
P 2	北見 62 号						10	4.95
1356	北見 47 号/北見 62 号	26		2	6	9	9	3.58
P 1	タクネコムギ				2	4	4	4.15
P 2	北系 1353		10					0.10
P 3	チホクコムギ				1	3	5	3.95
1408	タクネ/北系 1353//チホクコムギ	34	14	8	10	2		1.52
P 1	Hustler			8	1	1		1.80
P 2	58 H-15			1	4	3	2	3.25
P 3	北系 1451		10					0.10
1414	Hustler/58H-15//北系 1451	55	45	7	1	2		0.60

毎日降雨処理を行い、100%の湿度状態に1週間置く。その選抜の一例を表4、表5に示した。条件がうまく設定されると、抵抗性：0%、弱品種：60%の発芽率の数値が得られ、弱から強が広がりをもってほどよく分散する。そのような条件で選抜が行われると、比較的少ない年数でも選抜効率が高い結果が得られている。しかし選抜条件をいつもベストにすることはきわめて難しい。すなわち休眠形成あるいは休眠覚醒の条件が毎年異なるため、適切な検定条件を設定できないのが実態である。そのため年によっては、分散が極端に一方に偏ることがみられ、十分な選抜が行えていないこともある。

穂発芽選抜による育種は最近着実に成果が上がりつつある。その一例として「北見 72 号」を紹介したい。本系統は、1985年に多収・良質の「ホクシン」を母、穂発芽抵抗性の「北系 1354」を父として交配を行い、穂発芽の選抜を繰り返し選抜固定を図ってきたものである。図4は北見の雨害年1995年の結果を示したもので、雨にかなり当たった8月10日においてもまだ休眠性がかなり残っており、発芽率は「北系 1354」並に低く、「チホクコムギ」「ホクシン」に比べ明らかに穂発芽が少ない。

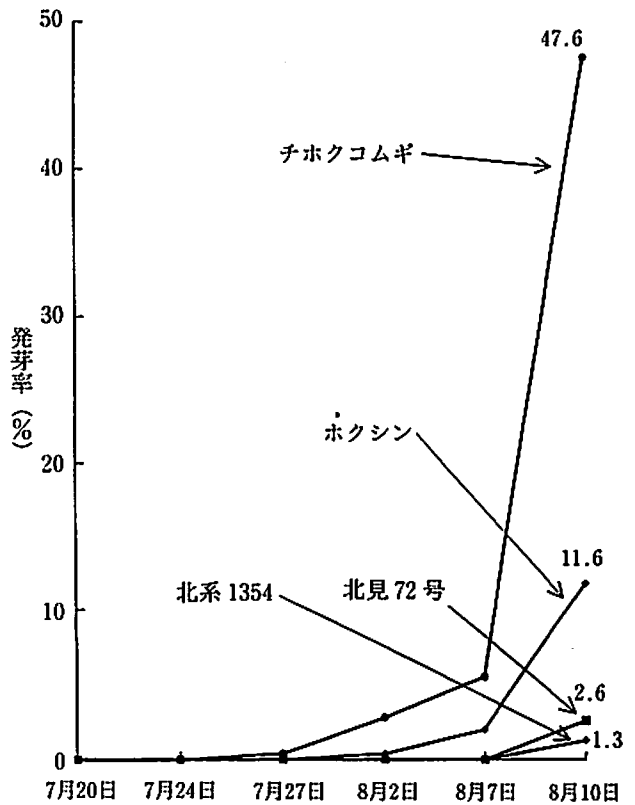


図4 北見 72 号の穂発芽耐性

### 5. うどんこ病、赤かび病の被害の実態

「チホクコムギ」が普及して15年。この品種は従来の品種に比較してうどんこ病と赤かび病に特に弱いこともあり、実際の栽培ではこの両病害に対し防除は必須と

なっている。しかも近年防除回数が増む傾向にあり、抵抗性品種の開発あるいは防除技術の改善等対策が急がれている。「チホクコムギ」を無防除で栽培すると、うどんこ病は40~60%あるいはそれ以上の病斑面積率に拡大

し、20%程度の減収、品質の劣化を引き起こす。また赤かび病も、特に登熟中湿度の高い地帯では発生が多く、減収と品質劣化を引き起こしている。そのため両病害に対して、通例2～3回の防除が当り前となっている。1996年コムギの登熟期、全道的に曇天・多湿の条件となり赤かび病が大発生した。網走で70%、十勝でほぼ100%の被害面積率となり、大半が多以上の発病、収量は半年の半作となり、千粒重が小さく、きわめて充実の悪い小麦となってしまった。

この両病害に対し「ホロシリコムギ」「タクネコムギ」は「チホクコムギ」より発病は明らかに少ない。この程度の抵抗性の差でも防除回数と被害は大いに軽減される。ちなみに「チホクコムギ」の栽培以前は両病害に対してそれほど防除は徹底されておらず、それでも大きな問題とはならなかった。また防除が徹底され回数が嵩んだ結果、うどんこ病菌の薬剤に対する感受性が鈍化し、防除効果が低下し、被害が拡大している現象もみられている。なんとか薬漬けの小麦栽培から脱却して、一回程度の防除で健全な良質麦が得られるよう育種も成果を上げなくてはならない。

## 6. 耐病性の母材

うどんこ病はヨーロッパとアメリカ西部の小麦栽培で、赤かび病は本州や中国大陸南部で厄介な病害の一つであり、そのためその地域では抵抗性品種が作付される必要から、育種が古くより取り組まれてきた。北見農試ではこの両病害に対し、これらの地域の材料を導入し検討を進めている。

### 1) うどんこ病

北見でうどんこ病耐病性の検定を行なうと、全く発病の認められない材料は比較的数量多く認められる。秋播小麦品種保存でみると「Hustler」「Apollo」「Oregon-86」等50種を数え、ヨーロッパとアメリカの品種に多い。北見農試でこれらの素材を他の特性も含め交配に用いて、数多くの無発病系統を作出しているが、罹病化を考えると要注意である。すなわちこれらの品種はいずれも育成地では栽培と同時に罹病化している事実があるからであ

る。「ハルユタカ」は育成当時の1985年には発病は認められなかった。しかし栽培が進むにつれ1990年から発病がみられるようになり、1994年からかなり多めの発病となっている(表6)。「ハルユタカ」を侵すレースが出現したことになる。

過敏反応による抵抗性は、菌のレースの誕生で容易に罹病化することから、圃場抵抗性が見直されている。イギリスの研究でレース混合の条件を想定して、年次と場所を重ねた試験を行い、病気の進展が遅く被害程度がひどくならない品種を探索した。その結果、発病はするがひどい被害とならない素材が見いだされ、これらは圃場抵抗性(Durable resistance)があるとした。この性質は遺伝し、近年では真性抵抗性よりも圃場抵抗性に重きをおいて選抜が行なわれている。ただし、現時点では圃場抵抗性の選抜をどう行なうかが厄介な問題で、結局のところ、罹病はするが発病の少ないものを年次を重ねて選んで行くしかないようである。

### 2) 赤かび病

我々の赤かび病耐病性育種の取組みは、1989年からのことで緒についたばかりである。北見では赤かび病の発生頻度と発病度が低く検定が充分行えないことから、常発する十勝農試で行っている。

赤かび病耐病性は全く発病しない材料がないこと、開花、登熟中の気象条件によって発病が左右されることから、素材についてもはっきりした結果がえられていない。そんななかにあつて「タクネコムギ」「北見70号」「ホロシリコムギ」等は比較的评价が高い。北見農試において行った施設、接種による赤かび病の接種検定と十勝の自然発病の結果を表7に示した。圃場では「タクネコムギ」が最も発病が少ない。「ホクシン」も比較的少ない。しかし、灌水ハウスや接種条件では「ホクシン」は「チホクコムギ」並に弱く、「タクネコムギ」も決して強いというレベルではない。実際の圃場では早生であるためエスケープしている可能性が大きい。

東海近畿農試、九州農試では古くより赤かび病抵抗性育種が取り組まれている。「蘇麦3号」「新中長」などはあきらかに抵抗性遺伝子を持つとして、交配母材に使われてきた。特に「蘇麦3号」は世界的に抵抗性品種とし

表6 「ハルユタカ」「ハルヒカリ」のうどんこ病耐病性の推移(発病指数)

品種名	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
ハルユタカ	0	0	0	0.1	0.9	0.0	0.4	0.5	0.3	0.9	1.9	2.1
ハルヒカリ	-	-	2.2	0.6	3.5	3.2	1.3	1.4	1.2	1.8	2.0	2.0

表7 各種検定条件での赤かび病耐病性の品種間差異 (1995)

品 種 系統名	十勝圃場 自然感染	北見農試接種検定		
		袋かけ	濃厚液	灌水 ハウス
タクネコムギ	0.2	1.8	0.3	3.4
ホロシリコムギ	1.1	2.8	3.1	3.5
ホクシン	1.3	3.2	2.9	4.6
チホクコムギ	4.3	3.4	3.3	4.3
北見70号	0.5	1.7	0.4	4.4
-----				
Troud			1.5	3.8
北系1277			0.7	5.1
Triumph			1.2	4.9
北系1643	1.0	6.9	3.4	
北系1646	0.5	2.0	3.2	
タクネコムギ	0.3	0.3	4.8	
チホクコムギ	3.0	2.8	6.0	

注)十勝圃場自然感染：上段は前6か年平均。下段は1995年のみ  
 袋掛け接種：開花期に、 $5 \times 10^4$  個/ml 胞子液を20 ml/10 穂。  
 接種後2日間パラフィン袋掛け。  
 濃厚液接種：開花期に  $5 \times 10^4$  個/ml 胞子液、120 ml/m<sup>2</sup> を噴霧接種。  
 灌水ハウス：出穂直前50%遮光フィルムハウスで、隔日に5 mm 灌水。湿度保持。

て評価が高い。北海道ではこの遺伝子の導入もまだ不十分だが、前段で評価した北海道の材料と併せ育種を進めていく必要がある。その際、北海道の材料が上記の材料と遺伝的にどのような関係にあるのかも明らかにする必要がある。

## 7. 病害の遺伝と選抜の実際

### 1) うどんこ病

うどんこ病に対して感受性か抵抗性かを菌と植物体との特異的關係で説明する「gene-for-gene」の考え方が古くよりあり、長い間この論理に基づいて育種が取り組まれてきた。奥によれば、日本におけるうどんこ病のレースは20個あり、小麦品種は大きくはこれに対する反応で

10のグループに分けられるとされる。「ホロシリコムギ」「タクネコムギ」「ムカコムギ」「ホクエイ」はすべてのレースに罹病性のグループに属する。「ハルヒカリ」「ハルユタカ」等北海道の大半の春播小麦はレース10、12、13、15、16、20に罹病性で、他のレースに抵抗性。「チホクコムギ」は「ハルヒカリ」のグループに近似するが、一部のレースに対する罹病性を異にする。「Hustler」等イギリス品種、「ハルユタカ」の親である「Tob 8156 R」はすべてに抵抗性と分類している。北海道には4、8、9、10、11、15、16のレースが認められており、4、9、15、16が主流とされる。

レース検定でみると「チホクコムギ」は他の品種に比較して発病が少ない。しかし、実際の圃場では「ホロシリコムギ」は「チホクコムギ」に比較して明らかに発病が少ない。この要因は明らかにされてはいないが、圃場抵抗性のような耐病性関与の別の因子を「ホロシリコムギ」はもつものと推察される。いずれにしろ「ホロシリコムギ」のように罹病はするが発病の少ない品種が貴重である。またこの種の圃場抵抗性の遺伝についても明らかにしていく必要がある。さらに近年「Hustler」等を交配材料に用い、罹病の見られない系統が多数養成されているが、今後の罹病化に対しては細心の注意が必要であろう。

北見農試での実際の選抜の一例を表8に示した。実際の選抜に当たっては「チホクコムギ」より発病度の低い系統の選抜に努めており、かなり発病度が低い系統が多くなってきている。「ホクシン」は訓交1012の組合せからの材料で「チホクコムギ」に比較してかなり発病度が低いものが選抜された。

### 2) 赤かび病

古くは東海近畿農試、近年は九州農試において、赤かび病耐病性の遺伝研究が取り組まれた。他の耐病性と異なり、真性抵抗性が存在しない、環境によって著しく左

表8 北見農試におけるうどんこ病の系統選抜 (1985)

組 合 せ	発病度 (%)				
	0	1~5	6~15	16~25	26<
訓交1138 (Oregon/K58)	18	3	2	1	0
訓交1012 (K 35/チホク)	0	20	20	10	18
訓交1047 (K 49/ホロシリ//チホク)	0	14	19	18	9
-----					
親品種	Ore	ホロシリ	K 35	K 49	チホク
			K 58		

注：系統はいずれもF<sub>4</sub>世代。  
 網掛けは選抜系統を含むグループ



右される形質であることから、解析の手法は他の病気と異なる。主要な成果として、選抜の効果、ダイアレル分析、半数体倍加系統による分離比の検定等の結果がある。抵抗性の異なる品種間の交雑3組合せを用い、F<sub>2</sub>およびF<sub>3</sub>世代の選抜効果を検討したところ、選抜と無選抜に大きな差異が認められず選抜効果はきわめて小さかった。強弱5品種の総当たり交雑、F<sub>1</sub>を用いてダイアレル分析したところ、F<sub>1</sub>は両親の間に位置し単純な相加一優性モ

デルが適用可能な範囲であったが、系列により共分散が分散に比較して小さいものがあり、組合せによって抵抗性、罹病性に関与する要因が異なる遺伝様式とみられた。強弱2品種間交雑の半数体倍加系統をハウス内で接種検定した結果では、抵抗性は2個の主動遺伝子と微動遺伝子に支配されると見られた。以上のように試験によって結果はまちまちであり、環境条件や材料により影響を受け易い形質といえる。

表9 北見農試における赤かび病系統選抜  
(発病指数の組合せによる系統数頻度の違い、1996)

組 合 せ	発病指数			
	>1.0	1.1~1.5	1.6~2.0	2.1<
F 6 訓交 1952 (K 68/K 70)	2	4	5	5
F 5 訓交 2048 (ホクシン/K 68)		9	10	9
F 4 訓交 2135 (K 64/K 71)	11	42	30	11
親品種	K 70	ホクシン K 64	K 71	K 68 チホク

注：網掛けは選抜系統を含むグループ  
訓交 2135 は前年に十勝農試で赤かび病で選抜。

1996年、北見農試で例外的に赤かび病が大発生した。そのときの系統選抜試験を表9に示した。3組合せの発病指数ごとの系統数の頻度を比較すると、組合せによって発病度のモードが明らかに異なる。すなわち抵抗性は遺伝的な様相を呈している。しかし北見農試では赤かび病に対しては解析はほとんどされていないに等しい。また選抜に対しても一部の材料を除いてほとんど手が回っていない状況である。今後の課題である。

「チホクコムギ」に九州農試育成の赤かび病抵抗性系統「GW-1」「GW-3」の抵抗性を導入することを行なった材料がある。十勝農試で自然発病下で選抜を繰り返す、素材が絞られた時点で接種検定により選抜を行なった。その結果、発病指数が「タクネコムギ」並以上の系統を2系統作出することができた。これらの系統は他の農業特性がまだまだ不十分で、さらに戻し交雑が必要な段階にある。良質・安定・多収系統を交配し次のステップにやっとな進んだところである。

## おわりに

北見農試では「チホクコムギ」の育成後、「チホクコムギ」の良質性を維持し、冬枯れ、うどんこ病、赤かび病、穂発芽などの障害抵抗性を高めることを課題としてきた。そんななか「ホクシン」が誕生した。各種障害に対して確実に「チホクコムギ」よりレベルアップしたとみ

ている。しかし本品種はやっとな実際栽培が始まったところであり、今後どんな障害が待ち受けているかしのれない。育種は永遠の課題のように思われる。

## 引用文献

- 1) 土屋俊雄 (1982). 穂発芽の国際シンポジウムから。北海道立農業試験場資料, 15, 33.
- 2) 長内俊一 (1985). 道産小麦の安定生産条件(第2回)。北農, 52(4), 1.
- 3) 桑原達雄、前田浩敬 (1979). コムギの穂発芽抵抗性に関する研究。育種学雑誌, 30(別1), 26.
- 4) Nakatsu, S.; Miyamoto, H.; Amano, Y. (1996). Variation for  $\alpha$ -amylase activity in Hokkaido wheat varieties. Pre-Harvest Sprouting in Cereals. 1995. CASJO, Japan. 411.
- 5) 中津智史 (1994). 小麦の低アミロ耐性の要因解析。北海道農業試験会議資料。
- 6) King, R.W. (1993). Manipulation of grain dormancy in wheat. Journal of Exp. Bot. 44, 1059.
- 7) Noda, K.; Mares, D.J. (1996). Pre-Harvest Sprouting in Cereals 1995. CASJO, Japan.
- 8) Anderson, J.A.; Sorrells, M.E.; Tanksley, S.D. (1993). RFLP analysis of genomic regions associated with resistance to preharvest sprouting in wheat. Crop

- Sci. 33, 453.
- 9) Sorrells, M.E.; Anderson, J.A. (1996). Quantitative trait loci associated with preharvest sprouting in white wheat. Pre-Harvest Sprouting in Cereals 1995. CASJO, Japan. p137.
- 10) Osanai, S.; Amano, Y. (1993). Selection of tolerant lines to low temperature germinability in wheat. Pre-Harvest Sprouting in Cereals 1992. AACC, USA 76.
- 11) Osanai, S.; Amano, Y. (1996). Selection for tolerance to low temperature germinability in winter wheat. Pre-Harvest Sprouting in Cereals. 1995. CASJO. Japan. p239.
- 12) Amano, Y.; Tsuchiya, T. (1993). Expression of seed dormancy in relation to stage of grain development and germination temperature. Pre-Harvest Sprouting in Cereals 1992 AACC, USA: p319.
- 13) 中川元興他(1960). 麦類赤かび病抵抗性育種に関する研究. 麦類総括会議資料. 東海近畿農試.
- 14) Ban, T. (1996). Genetic analysis of *Fusarium* head blight resistance using wheat doubled haploids. *Fusarium* Head Scab Workshop. CIMMYT(in press).
- 15) Johnson, R. (1978). Practical breeding for durable resistance to rust diseases in selfpollinating cereals. *Euphytica*. 27, 529.
- 16) Johnson, R. (1992). Past, present and future opportunities in breeding for disease resistance, with examples from wheat. *Euphytica*. 63, 3.
- 17) Oku, T. (1987). Physiologic races of *Erisiphe graminis* f. sp. *tritici* in Japan. 日植病報. 53, 470.
- 18) Oku, T. (1991). Seedling reaction of wheat cultivars to six races of Powdery mildew from Japan. 日植病報. 57, 351.

### 3. 大豆の耐性育種の成果と展望

松川 勲\*

#### はじめに

十勝農試に大豆育種指定試験地が設置されたのは1956年であり本年で40周年になる。十勝農試の大豆育種の歴史は古く、試験地が設置される41年前の1915年から純系分離育種を、1927年から人工交配による育種が開始された<sup>1)</sup>。1947年には「十勝長葉」が育成され、本品種は1953~1954年に十勝地方の大豆面積約4万haのおよそ50%に作付された<sup>2)</sup>。しかし、1954年の冷害により大きな被害を受けたことから耐冷性に強い品種の育成が求められ、さらには豆類の過作により被害が現れ始めたダイズシストセンチュウ抵抗性品種の育成が急がれ、1956年、十勝農試に試験地が設置されるに至った<sup>3)</sup>。その後、1961年に大豆の輸入自由化に伴って、良質(高蛋白)とマメシンクイガ抵抗性品種の育成のため1単位が増設され、2単位となったが、1966年には1単位が削減され、代って中央農試に道央、道南地域を対象とする試験地が設置された。その後当場は、北海道の東部、北部地域に適する品種育成を行う試験地として現在に至っている。

指定試験地の育種目標は、この間多少の変更があり、マメシンクイガ抵抗性や中晩熟多収品種の育成は中止となり、現在は、「寒地北東部向け耐冷性、センチュウ抵抗性、機械化適性、高品質、多収品種の育成」に加えて、道費予算による「ダイズわい化病抵抗性の品種育成」である。これらのうち、耐冷性、耐病虫性、難裂莢性等についてその経過と成果について以下に述べる。

#### 1. 耐冷性育種

北海道東部、北部はおよそ4年に1度冷害にみまわれることから、大豆の収量を安定させるためには耐冷性を強化することが最も重要である。その豆類の冷害には三つのタイプがあり、表1のように分類できる。水稲では障害型冷害と遅延型冷害の二つに分けられるが、豆類ではもう一つ、生育不良型冷害が加わる。過去の冷害年の

\*北海道立十勝農業試験場  
大豆育種指定試験地

タイプ別被害程度を見ると障害型による被害が最も多く、次いで生育不良型の被害が多い(図1)。従って、冷害年に対応できる耐冷性品種の育種強化を図るには、この冷害の型に応じた選抜、検定方法が必要である。

#### 1) 耐冷性の選抜、検定方法

十勝農試における耐冷性に関する研究は1954年、1956

表1 豆類の低温に対する生育反応の分類  
(山本1982、後藤・成河1968から作表)

生育不良型	生育初期あるいは全生育期間が低温のため生理機能の低下
障害型	開花前後の低温による花器の機能低下
遅延型	開花の遅れにともなう子実肥大の不良

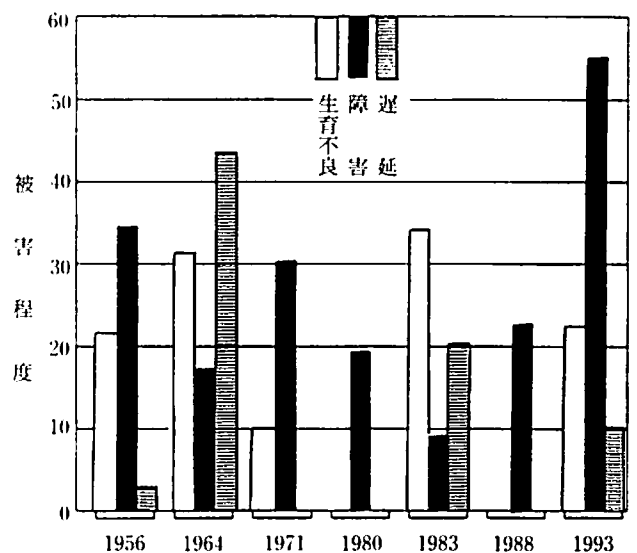


図1 主な冷害年のタイプ別被害程度

注) 佐々木・神谷(1984)の計算式により算出した。

表2 耐冷性に関する選抜・検定の場所

1961年	「低温恒温室」の新設
1964年	陸別に現地選抜圃(1972年まで)
1966年	「低温育種実験室」の新設
1979年	大樹に現地選抜圃(1983年まで)
1982年	細霧冷房装置の新設
1983年	土土幌に現地選抜圃(現在に至る)
1994年	「豆類低温育種実験室」の新設

年の大冷害を契機として1961年に新設された「低温恒温室」の利用に始まり、その後は表2の施設および現地選抜圃を使用して耐冷性の選抜、検定を行ってきた。

低温育種実験室等の施設を利用した検定は開花期前後の低温処理を中心としており、障害型冷害を対象にした検定方法である。

障害型冷害は、開花前から開花期にかけての低温により花芽分化、花粉および受精などに障害を受け着莢数や1莢内粒数が低下することによる減収である。日平均気温が15~17°C以下で2~3週間継続すると障害が発生する。成河ら(1970)は、開花始から2週間、15°C(昼) - 12°C(夜)の低温処理によって品種、系統間の障害程度を評価する方法を提案した<sup>7)</sup>。その後も処理時期、期間、温度等に検討が加えられ、現在は開花期から3週間、18°C(昼) - 13°C(夜)の低温処理を行い、品種および系統の減収程度によって障害型の評価を行っている<sup>8)</sup>。しかし、低温育種実験室は、供試できる材料数が限られ雑種集団や多数の系統の選抜はできないことから、後期世代の系統の耐冷性検定にとどまっている。集団や系統など大量の育種材料の選抜ができる方法を検討する必要がある。

生育不良型冷害は、生育初期あるいは全生育期間が低温のため生理機能が低下して生育量が劣ることによって生ずる減収である。三分一(1979 a)は、大豆の生育および収量は、6月および7月の生育量と密接な関係にあり、初期生育力の大きい品種は耐冷性が強いことを明らかにしている(表3)。また、低温年の生育、収量を正常年のそれらと比較した耐冷性指数(Cool tolerance index, CTI)を求めて、既存の耐冷性品種は弱品種に比べCTIが高いことを明らかにしている(表4)。これらの成果をもとに、生育不良型冷害に対する育種は、十勝農試に比べ夏季の気温が1~2°C低い山麓、沿海の現地選抜圃に育種材料を供試して、生育量の旺盛な個体や系統

表3 初期生育力の品種間差異(三分一1979 aを改変)

品種名	耐冷性	初期生育力					平均
		1977 <sup>1)</sup>	1977 <sup>2)</sup>	1978 <sup>1)</sup>	1978 <sup>2)</sup>	1978 <sup>3)</sup>	
キタムスメ	強	5	5	5	5	5	5.0
カリカチ	強	5	4	5	5	5	4.8
シンセイ	強	4	4	4	4	3	3.8
北見白	強	4	3	3	4	4	3.6
トヨスズ	中	4	3	2	3	5	3.4
十勝長葉	弱	3	2	1	2	3	2.2
ホッカイハダカ	弱	2	2	1	1	1	1.4
コガネジロ	弱	1	1	1	1	2	1.2

注1) 初期生育力は5:高い、4:やや高い、3:中、2:やや低い、1:低い  
 2) <sup>1)</sup>: 戸外の莖長で評価、<sup>2)</sup>: 低温室(12-15°C)の莖長で評価、<sup>3)</sup>: 戸外の乾物率で評価。

表4 品種の耐冷性の評価(三分一1979 b)

品種名	障害型	遅延型	生育不良型	実際の冷害
シンセイ	5	5	4	76.7
キタムスメ	4	4	5	71.9
カリカチ	4(*)	3	5	71.4
北見白	4	3	3	69.1
トヨスズ	2	2	4(*)	59.5
十勝長葉	1(?)	1	2	59.0
ワセコガネ	3(?)	4	1	58.7
ホウライ	1	1.5	2.5	53.8
ホッカイハダカ	1	2.5	1	53.5
コガネジロ	1	1.5	1	45.2

注1) 評価の根拠は、障害型:開花期低温処理、莢数×1莢内粒数、遅延型:成熟期及び開花後の子実の肥大、生育不良型:生育初期低温処理、初期生育力、  
 2) \*は従前の結果に修正を加えてのもの。  
 3) ?は試験年数が少なく、確信がもてないもの。  
 4) 評価は、5:最強、1:最弱。  
 4) 実際の冷害:冷害年(1964、66、71)、正常年(1965、67、68、70)から求めた子実収量の耐冷性指数(CTI)=(冷害年/正常年)×100(%)

を選抜している。

低温育種実験室を利用する生育不良型冷害の検定は、6月下旬から7月中旬の生育初期に15°C(昼) - 10°C(夜)の低温処理を行う<sup>9)</sup>。この方法は、処理終了後に新しい花をつけ、これが着莢して無処理より多収になることがあるので、処理とは関係ない莢は除いて評価するなどの注意を要する。

## 2) 耐冷性品種の育成

耐冷性の育種は、多収性ととともに十勝農試が育種に着手した当初から主要な育種目標の一つである。具体的に低温下における生育、収量等を調査して耐冷性の検定を行うようになったのは、低温育種実験室が設置された後であり、最初に育成された品種は「キタムスメ」<sup>11)</sup>である。

耐冷性の遺伝資源は「上春別在来」「樺太1号」「大谷地2号」「カリカチ」等北海道東部を中心とする在来種もしくは在来種を母材に育成された品種、スウェーデン産品種、多毛性品種等を用いてきたが、1968年に育成された「キタムスメ」の耐冷性を上回る品種は現在まで育成されていないのが実状である。これら耐冷性遺伝資源は全て褐毛、褐目品種であり、実需者が要望する白目品種に耐冷性を付与することは相当困難であった。この間育成された「キタホマレ」<sup>12)</sup>は耐冷性強であるが褐目品種で熟期が中生の晩であるため十勝地方には適さなかった。また、1988年に育成された「トヨコマチ」<sup>13)</sup>は開花期の低温による臍周辺着色粒の発生は少ないが障害型冷害に対する被害は他の白目品種と同様に発生した。これ

に対し1994年に育成された「トヨホマレ」<sup>14)</sup>は従来の白目品種に比べ節数および開花数が多く、開花期がやや遅いなど、「キタムスメ」に類似の特性を持ち1993年の障害型冷害にもやや強い、耐冷性強の品種である。

3) 臍周辺着色抵抗性品種の育成

もう一つの低温障害として、白目品種の臍及び臍周辺の着色がある。この現象は、開花期の約1週間後に17~18°C以下の低温が約10日程度続くと、黄色の臍が淡褐~褐色になる。あるいは、臍に直角にハケで画いたようにヒゲ状になる品種がある<sup>15、16)</sup>。着色しやすい品種を弱、しにくい品種を強とすると、表5のように分類できる。「トヨムスメ」「カリユタカ」は弱、「トヨホマレ」は臍そのものは淡褐を呈するがヒゲ状にはなりにくい。臍のみ着色するのを臍着色、臍の周辺にヒゲ状に着色するのを臍周辺着色と呼んで区別している。前者は検査等級に影響することはほとんどないが、後者は発生程度によっては落等し、特定加工用大豆扱いになる。1993年、十勝地方は8月上旬が17°C前後の低温であったため、「トヨムスメ」には着色粒が多発した。この他臍周辺着色粒が多発した年は1987年、1991年があり、このような年には着色粒の選抜は圃場でできるが、平常年には選抜できないため、効果的な選抜方法を今後検討する必要がある。

4) 問題点と将来展望

耐冷性育種を強化するためには次の二つの問題点が指摘される。

一つは強度耐冷性の遺伝資源の探索および作出である。

耐冷性品種は、褐目品種の「キタムスメ」「キタホマレ」に次いで「トヨコマチ」「トヨホマレ」など白目の耐冷性やや強~強の品種が育成されてきた。しかし、その耐冷

性は「キタムスメ」を上回るものではない。また、「キタムスメ」も1993年の極低温年には著しい減収となっていることから、より一層耐冷性の強い品種の探索が必要である。また、既存品種の耐冷性遺伝子の集積を行い、耐冷性の強化を図らなければならない。さらに、他作物の耐寒性遺伝子の導入など遺伝子工学の技術を積極的に活用する手法開発が必要である。

二つ目には、着莢障害抵抗性および着色抵抗性の選抜方法の開発である。現在、地方配布系統等の少数の育成系統は、低温育種実験室を利用して選抜、検定を行っているが、集団や系統等、大量の育種材料の耐冷性選抜は現状の小規模な低温育種実験室では困難である。同様のことが着色抵抗性の選抜についても言える。これまでは、数年に1度の低温年に自然選抜を行っていたに等しい。耐冷性の選抜効率を高めるためには早急に解決しなければならない問題である。

2. ダイズシストセンチュウ抵抗性育種

十勝地方の豆類の作付率は1950年代の35~40%から1960年には67%までに達し、その後、豆類の面積は徐々に減少したが、過作状態は1970年代まで続いた<sup>17)</sup>。このためダイズシストセンチュウが各地に多発し被害がではじめた。これに対処するため十勝農試では線虫抵抗性育種を目標に1953年から交配を始めた。現在までに、「下田不知」系(レース3)抵抗性を有する品種として1966年育成の「トヨスズ」をはじめ「ホウライ」<sup>18)</sup>、「トヨムスメ」<sup>19)</sup>、「トヨコマチ」<sup>13)</sup>、「大袖の舞」<sup>20)</sup>の5品種が育成された。また、より強度の「Peking」系(レース1)抵抗性因子の導入育種は1960年から行われた。実用品種の育成は「トヨスズ」が育成されてから14年後の1980年に納豆用の小粒種「スズヒメ」<sup>21)</sup>が育成された。現在は豆

表5 低温処理による着色抵抗性の品種間差異 (十勝農試1993、1994)

部位	臍			
	抵抗性	弱	中	強
臍	弱	キタコマチ トヨムスメ カリユタカ		
	中	十系817号	スズヒメ	
臍周辺	中	十系824号	十系847号	
	強	トヨコマチ トヨホマレ 十育228号	ワセコガネ 十育223号	十育225号 十育229号 十系793号

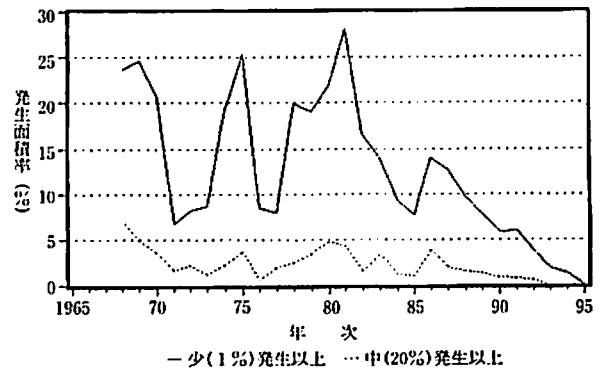


図2 十勝地方の線虫発生面積の推移(大豆) (病害虫発生予察事業年報1968-1995)



類、特に大豆の作付面積が少ないことから観察上では被害はほとんど見られない (図2) が、線虫の生息期間は長く、また小豆には被害が収見されている等から、抵抗性品種の育成は重要な育種目標の一つである。

### 1) 抵抗性の選抜、検定方法

北海道の線虫分布はほぼ全域であり、大部分がレース 3 であるが、十勝地方には他にレース 1 とまれにレース 5 が分布している (図3)。未知の圃場のレース判別は Golden ら (1970) が提唱しているレース判別用品種を用いて行う。育種上の選抜、検定は、優占レースが明らかになっている線虫汚染圃場に育種材料を栽植して、根に

寄生するシストの有無および程度により抵抗性の強弱を判定する。

十勝農試では、レース 3 の抵抗性は 1978 年から 1983 年まで音更町で、1984 年から現在まで更別村の現地選抜圃場において選抜、検定を行ってきた。また、レース 1 の抵抗性は十勝農試内に汚染圃場を造り、選抜、検定を行っている。

線虫抵抗性の検定は、一般的には根を掘取り、シストの寄生の有無を観察して判定するため、掘取った個体から種子を得ることができない。シストの寄生が激しいと葉が黄色になる特性を利用して、雑種集団の場合は葉色によって抵抗性を判定している。しかし、シストが寄生しても葉が黄色にならない年次や材料があるため、このような時は、後代系統でさらに抵抗性の確認を繰返し行う必要がある。抵抗性の検定は、育成系統の本体を十勝農試に栽植し、検定用の 10 個体を選抜圃場に播種して行っている。

前述の全根掘取りによる検定法を改良して、酒井ら (1975) は、畦の片側の根を掘取り調査する半根法による個体の検定法を考案し、抵抗性個体の採種を可能にした。これにより集団および系統の次世代の遺伝を正確に把握することができ、遺伝様式の解明が一步前進した。

### 2) 抵抗性の遺伝

十勝地方に生息する線虫レース 3 に対する抵抗性の遺伝は、当初優性 1 対によって支配されていることが推定された (後藤、砂田 1968)。しかし、その後、組合せ数を増したり、半根法を導入して検定精度を高めていくうちに劣性 2 対に支配されていることが明らかになり (白井ら 1991)、杉山・広間 (1968) の報告と一致する結果が得られた。従って、抵抗性と感受性品種の組合せでは F<sub>2</sub> 世代で抵抗性個体が得られる確率は 16 分の 1 の低頻度である。また、レース 1 に対する抵抗性の遺伝は劣性 3 対によって支配されていると考えられていた (Caldwell ら 1960、杉山・広間 1968、酒井・砂田 1987) が、現在は劣性 3 対と優性 1 対による支配であることが明らかになり

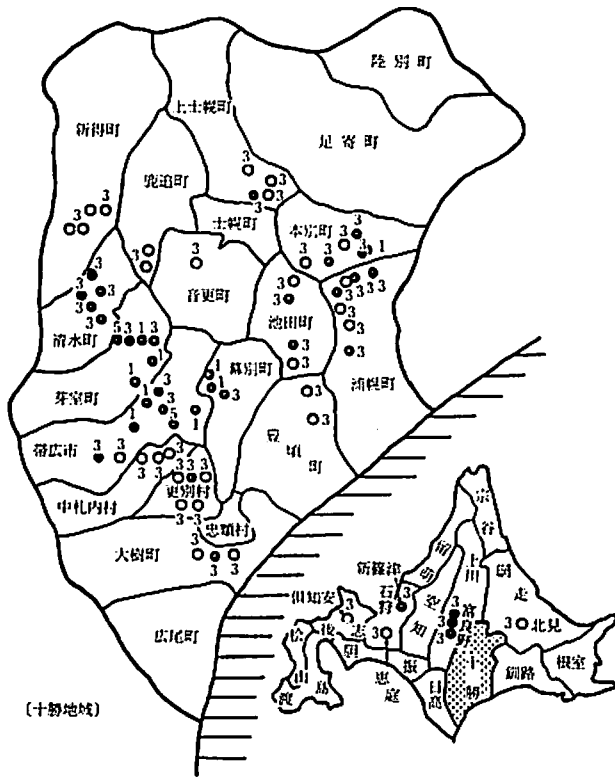


図3 北海道におけるダイズシストセンチュウレースの分布 (清水 1987)  
 注1) 数字はレース番号  
 2) 「北見白」の寄生率に対し「トヨスズ」が 10%以上：  
 ●、10%以下：○

表6 F<sub>2</sub> 世代における線虫抵抗性の分離 (白井ら 1990)、(酒井・砂田 1987)

組合せ	調査個体数	観察値		理論値		分離比 R:S	備考
		R	S	R	S		
黒農 34 号 × トヨムスメ	294	17	277	18.4	275.6	1 : 15	「下田不知」系
キタホマレ × 十育 205 号	125	8	117	7.8	117.2	〃	〃
十系 494 号 × 十系 423 号	2,058	25	2,033	24.1	2,033.9	3 : 253	「Peking」系
十系 421 号 × キタムスメ	327	2	325	3.8	323.2	〃	〃

注1) 下線の品種系統は抵抗性親  
 2) R: 抵抗性 (シスト着生指数 0.5 以下)、S: 感受性

れている (Arnold and Leonard 1965、酒井・砂田 1987)。この場合、抵抗性と感受性品種の組合せでは  $F_2$  世代で抵抗性個体が得られる確立は 253 分の 3 と極めて少数である (表 6)。

以上の結果から、線虫抵抗性は初期世代の選抜で確保し、その後、中・後期世代で他の特性の選抜を行う方法を取る必要がある。

### 3) 抵抗性品種の育成

抵抗性の育種は、最初は、東北地方の遺伝資源である「黒炭三本木」系を使い、その後「下田不知」系の「ゲデンシラズ 1 号」、「東北 3 号」および「ネマシラズ」等を用いた<sup>26)</sup>。これらの母本は十勝地方では極晩熟であり、耐倒伏性も劣った。しかし、子実は中粒の白目品種で品質も優れていた。これらの早生化を目標に「十支第 7910 号」、「鈴成」および早、中生種の育成系統などを片親として交配を始めた。1955 年に交配した 2 組合せから 1965 年、1966 年にそれぞれ「ハウライ」、「トヨスズ」が育成された。線虫抵抗性の育種規模は、1955～1965 年は 1 年に 3～4 組合せ、全組合せの約 20% が線虫抵抗性の組合せであった。その後線虫抵抗性の組合せは増加して 1975 年以降は 40～50%、1985 年前後は 60%、1995 年前後は 80～90% を占める状況にある<sup>7)</sup>。

「トヨスズ」は白目、大粒、良質で実需者の評価も良く、1975 年前後には十勝地方の大豆面積の半数以上を占めるに至った。しかし、「トヨスズ」は十勝地方では熟期がやや遅く作付地域が限定されることから、1971 年から「トヨスズ」の早生化、さらには多収性、耐冷性、難裂莢性等の形質の付与を目標に育種が進められた。1971 年および 1975 年に交配された組合せから中生、大粒良質の「トヨスズ」および中生の早、中粒良質の「トヨコマチ」が育成された。「トヨコマチ」は片親に早熟で耐冷安定性の「樺太 1 号」を用い組合せであり、育成過程で耐冷性現地選抜圃にも供試して選抜が加えられたことから耐冷性がやや強の特性も持ちあわせている。

「Peking」系の抵抗性育種は 1960 年から交配が行われた。遺伝資源に用いた「PI 84751」、「PI 90763」および「Peking」等は、線虫抵抗性は極強（「下田不知」系の抵抗性が強に対し「Peking」系の抵抗性は極強と表している）であるが種皮色は黒色で粒大は極小粒、晩熟で耐倒伏性が弱い等、農業形質は著しく劣る品種である。また、「Peking」系を用いた交雑は、後代における抵抗性個体の出現頻度が低く、早熟個体および黄色種皮個体の出現頻度も低いなど、全ての特性を満たす希望個体の出現頻度は極めて低いことから、大きな雑種集団を養成する必要

があり、他形質を対象とする育種とは異なる操作が必要であった。1960 年に交配した「PI 84751」×「コガネシロ」の組合せから中熟、種皮と臍色が黄色の系統を選抜し、「十系 421 号」の系統番号を付した。この系統の根に侵入した幼虫は、その 96～99% が 2～3 令幼虫で生育を停止するので成虫にまで達する頻度が極めて低い。本系統は小粒のため利用方法が無く、 $F_{10}$ ～ $F_{14}$  世代は品種保存に編入された。その後、白目小粒の納豆用として用途が開かれたので、再度個体選抜を行い  $F_{17}$  世代で「十育 182 号」の系統番号を付して生産力検定試験等に供試した。1980 年に北海道の奨励品種に採用され、「スズヒメ」<sup>21)</sup> と命名された。

その後、線虫抵抗性極強の中間母本を利用して白目大粒系統の「十育 213 号」や「十育 218 号」を育成したが、耐倒伏性や収量性の改良がさらに必要である。

### 4) 問題点と将来展望

線虫抵抗性育種を進める上で次の三つの問題点が指摘される。

一つは抵抗性の選抜および検定を行う場所の維持である。選抜および検定を行うための線虫汚染圃場は、線虫密度が高く、かつ均一性が求められる。しかし、実際に選抜、検定を毎年行っていくと大豆の連作障害によって線虫密度が低下する。また、抵抗性強の材料が大量に供試されると線虫の増殖が抑制される。その結果、試験開始後、数年から 10 年経過すると線虫密度は低下し、さらに線虫分布が不均一になる。これを解決するには輪作を行う方法があるが、現実にはかなり難しい。なぜなら、試験圃約 50 a を維持するためには 4 年輪作した後に 1 年間、線虫の増殖に感受性大豆を栽植するため、試験圃の 5 倍の面積、250 a を必要とする。これだけの面積を確保するためには現地農家の理解とそれに伴う予算措置が必要である。

当面は財政の理解を得て現地選抜圃の維持、拡大を図ることを検討中である。将来的にはバイオテクノロジー技術を導入し、RFLP による抵抗性の判別方法<sup>22)</sup> を利用していきたい。この手法を併用すると、初、中期世代は実験室で RFLP による選抜を行い、予備試験以降の後期世代のみを圃場検定すると、従来の 5 分の 1 以下に圃場面積を減少することができ、輪作も実現可能である。

二つ目は、十勝農試における線虫抵抗性に使用している遺伝資源が限定されていることである。レース 3 の抵抗性は「ゲデンシラズ 1 号」に由来する品種および中間母本のみである。また、レース 1 の抵抗性に用いた材料は、レース 3 よりも広いものの、「PI 84751」、「PI

90763」、「Peking」の3品種に由来する品種および系統に限られている。遺伝資源を制限してきたのは、抵抗性遺伝資源が野生種に近く、また北海道の品種とは遠縁であるため、劣悪形質が発現して単交配のみで実用品種を育成することが困難なところにある。しかし、抵抗性を安定して維持していくためには新たな抵抗性遺伝資源を導入し、幅広い中間母本の養成が必要である。今後は1年に1組合せは新しい線虫抵抗性品種を交配に使用し、中間母本の拡大を図って行きたい。

三つ目は、レース1、3以外の新しいレースの抵抗性育種の取組みである。十勝地方の主なレースは前述のレース1、3であるが、極く低頻度にレース5が検出されている(清水1987)。また、百田・串田(1993)は、単シスト培養系を用いて培養、接種を繰り返すことによって新たなレース6が分離されることを示唆している。未知のレースに対する品種育成は現状では不必要であるが、ブリーダーとしては新たなレースに対する知見、関心を常に持ち続けなければならない。

### 3. ダイズわい化病抵抗性育種

ダイズわい化病は、発病率と減収率の間に高い相関があり(谷村、玉田1976)、現地農家の被害状況は、発病率に0.9を乗じた値が減収率に相当し、収量に大きな影響を及ぼしている(図4)。また、発病個体は、正常個体が成熟した後もまだ緑色を保っているためコンバイン収穫時の汚粒発生の一因にもなっている。このように、収量

性およびコンバイン収穫の両方の阻害要因であるわい化病に対する育種は、中央農試では1966年から、遺伝資源の探索、選抜方法の確立等、基礎研究を行うかたわら、実用品種の育成を行ってきた。その詳細は別章に述べられている。十勝農試では1984年に小規模な選抜を開始したが、本格的な育種に着手したのは、鹿追町に現地選抜圃が設置された1993年からである。

#### 1) 十勝地方のわい化病発病状況

ダイズわい化病は、道央、道南地方では1965年以降、恒常的に発生するようになった(玉田1975)。十勝地方ではやや遅れて1971~1973年に多発した後は、1983年、1991~1996年と発生のピークに約10年の間隔がみられた。しかし、最近では1991年から現在まで、ほぼ連続して発生している(図5)。各地の発病率をみると(表7)、鹿追町、大樹町など牧草地の多い山麓、沿海地域で高い

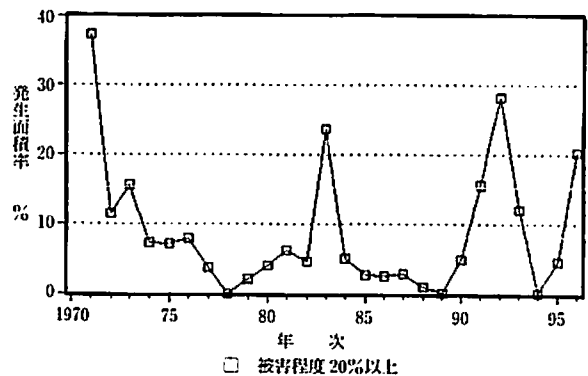


図5 十勝地方のわい化病被害発生面積率の推移 (病害虫発生予察事業年報1971-1996)

表7 十勝地方のわい化病発病率 (%)

市町村	1992	1993	1994	1995	1996	平均
鹿追町	52	94	15	87	79	65
大樹町	45	64	16	43	81	50
幕別町	54	35	0	44	17	38
帯広市	45	58	8	28	-	(34)
更別村	-	-	0	29	62	(30)
新得町	13	13	0	48	48	24
上士幌	25	20	0	29	43	23
本別町	12	25	1	8	35	16
清水町	-	-	0	11	37	(16)
豊頃町	20	16	-	6	14	(14)
士幌町	21	6	1	4	20	10
浦幌町	4	10	3	4	-	(5)
平均	29	34	4	28	44	(27)

注1) 調査場所は大豆奨励品種決定現地調査地。  
 2) 調査品種は「トヨムスメ」、ただし、上士幌、更別は「キタムスメ」。  
 3) -は未調査。  
 4) 市町村平均の( )は3~4年の平均値。

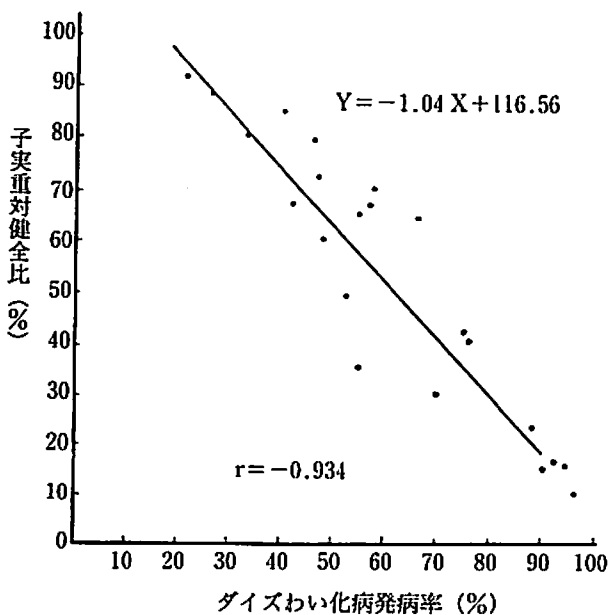


図4 ダイズわい化病発病率と子実重対健全比 (谷村・玉田1976)

傾向にあり、それらに隣接している新得町、清水町、上士幌町、更別村などは最近ほど発病率が高くなっている。また、中央部でも幕別町、帯広市は平均すると高い発病率を示している。

一方、年次で見ると高温年であった1994年の発病率は平均で4%と低いが、その前後の冷涼年はいずれも30~40%と高い発病率である。

## 2) 抵抗性育種

十勝農試では1983年の多発生を契機に翌1984年から、当時からわい化病の発生が多い大樹町の農家圃場に1~2組合せの集団または系統を栽培し、小規模な選抜を始めた。1990年からは十勝農試の育成系統は中央農試の現地選抜圃にも供試し、1993年から鹿追町に独自の現地選抜圃を設置して本格的に育種試験を開始した。

十勝地方の現地選抜圃における指標品種のわい化病発病率は、伊達市の発病率と遜色なく、むしろ品種間差異がより明確に現れている(表8)。1996年のわい化病の発生は例年以上に多く、鹿追町および大樹町の両圃場とも抵抗性弱品種は80~90%の高い発病率である。この年に最も発病率が低いのは「Adams」の18~29%、次いで「黄宝珠」、「十育231号」であった。「Adams」は従来から発病率が最も低い品種の一つとして認められていたが、交配母本に使用するとその後代において「Adams」同様の種皮に裂皮が多発し、耐倒伏性も弱いため中央農試ではその後代の大部分は廃棄されてきた。それに比べると「黄宝珠」は、わい化病抵抗性は若干劣るもののその後代の子実の品質は良く、草姿も比較的安定していることから「ツルコガネ」をはじめ中間母本もいくつか育成されている。十勝農試では中央農試で育成された抵抗性品種および系統を母本に1984年以降1年に2~3組合せの交配を始めた。これまで「十育225号」「十育230号」「十系824号」などを育成してきたが、熟期や草姿が劣る等のた

め品種には至っていない。先にあげた「十育231号」は、「中育24号」(後の「ツルムスメ」)×「十系777号」の組合せでわい化病抵抗性は「ツルムスメ」より強い傾向にあるが、熟期が「トヨスズ」並の中生の晩で線虫抵抗性がない等の欠点があり、なお一層の改良が必要である。

## 3) 問題点と将来展望

わい化病抵抗性育種においては次の二つの問題点が指摘される。

一つは、より強度な抵抗性遺伝資源の探索が必要である。既存品種の抵抗性は圃場抵抗性であり、ウイルス毒性が強い時や伝染源のジャガイモヒゲナガアブラムシの頭数が多い場合には、抵抗性品種であっても発病率、被害ともに著しく高くなることから、真性抵抗性を含む強度抵抗性品種が必要である。

中央農試では1966年から1981年までの間に3,100品種の検定を行い、抵抗性16品種を明らかにした。その中には「黄宝珠」や「Adams」などは比較的草姿がよく抵抗性も強であるが、接種試験ではほぼ100%感染し、被害も現れる。その後、1982年から1994年までの間に1,000品種の検定を行い、抵抗性18品種を得ている(表9)。しかし、これらの抵抗性も「黄宝珠」や「Adams」を上回るものではなかった。「黄宝珠」が育成されたのは中国であるが、中国の遺伝資源はその数が約17,000品種以上と言われており<sup>30)</sup>、「黄宝珠」とは異なるタイプ、あるいはより強度な抵抗性の遺伝資源の可能性も考えられる。

二つ目は、効率的な選抜方法の開発が必要である。現在の選抜方法は、わい化病の発生が比較的高い現地選抜圃において選抜・検定を行っているが、表7、8に示されるように場所によってまた年次によって発病率が大きく変動している。試験精度を高める方法として人工接種法があるが、アブラムシの飼育、ウイルスの回収、接種作業等、多大な時間と労力が伴うため大量の育種素材の

表8 現地選抜圃における指標品種のわい化病発病率(%)

品種名	鹿追町					大樹町					伊達市				抵抗性
	1993	1994	1995	1996	平均	1993	1994	1995	1996	平均	1994	1995	1996	平均	
Adams	3	6	1	18	7	21	3	6	29	15	15	28	47	30	強
黄宝珠	16	8	4	48	19	33	7	9	58	27	13	19	28	20	強
ツルコガネ	19	13	29	33	24	35	3	5	68	28	8	39	39	29	強
ツルムスメ	22	9	16	63	28	48	16	14	65	38	42	51	54	49	やや強
スズマル	58	23	21	53	39	20	10	23	79	33	—	73	58	(44)	中
トヨムスメ	94	91	66	79	83	78	20	29	97	56	97	85	82	88	弱
トヨコマチ	81	74	64	78	74	86	31	51	89	64	—	69	77	(73)	弱
カリユタカ	93	76	58	85	78	86	34	42	98	65	98	99	89	95	弱
十育231号	—	—	20	46	(33)	—	—	20	54	(37)	—	9	52	(31)	やや強
平均	48	38	31	56	—	51	16	22	71	—	46	52	58	—	

表9 わい化病抵抗性遺伝資源の探索（中央農試 1966～1995）

年次	供試 品種数	抵抗性 品種数	抵抗性 品種名
1966～ 1981	3,100	16	黄宝珠、Adams、Bavender special 7、Calland、Harbinska 231、Kimame、Pando、Peking、PI 89772、PI 90763、Timi. 144、840 2-7、赤仁田、極早生千島、北京黒大豆、吉岡中粒
1982～ 1995	1,000	18	吉林 8 号、吉林 14 号、吉林 15 号、集体 4 号、集体 5 号、合豊 22 号、小金黄 1 号、中勝 1 号、平頂 4 号、中国産-6、水里紅、青豆（以上、中国）、メチタ（ロシア）、白雲コン、長葉コン（以上、韓国）、もやし豆、青御前、呉豆（以上、長野県）、

選抜には不向きである。今、注目されるのは、中央農試畑作部・生物工学部が共同研究を行っている「DNA レベルでの抵抗性選抜技術の開発」に期待をかけている<sup>37)</sup>。この技術の活用はわい化病の選抜のみならず、多くの育種方法に画期的な技術革新をもたらすであろう。

#### 4. 機械化適性育種

畑作地帯における大豆の 10 a 当り労働時間はピーンハーベスター・にお積み体系が 11.8 時間に対してコンバイン収穫体系は 7.3 時間に短縮され、さらに機械除草を導入して手取除草を省略すると 3.1 時間と大幅に短縮できる<sup>38)</sup>。コンバイン収穫に必要な特性は裂莢性、最下着莢位置、耐倒伏性、早生化等が上げられる。裂莢性は莢のはじけ易さであり、コンバイン収穫時の衝撃で子実が飛散するのに影響する。裂莢にくい特性を難裂莢性と呼んでいるが、ここではその難裂莢性品種の育種について述べる。

##### 1) 裂莢性の検定方法

難裂莢性品種の育種は 1975 年ころから開始された。土屋・砂田 (1978) は裂莢性の検定方法として表 10 の三通りについて検討した。一つは自然裂莢法であり、成熟期後、2～3 週間圃場に放置しておき、自然状態での裂莢性を調査する。この方法は、晩生種は圃場では裂莢しないため評価ができない、また年次によって自然裂莢が生じない年には検定が全くできない等の欠点がある。二つ目のガラス室乾燥法は、温室やガラス室を利用する方法で自然法に比べると品種間差異が大きく現れる。十勝農

表 10 裂莢性の検定方法と裂莢率（土屋 1977）

検定方法	平均裂莢率 (%)
自然裂莢法	5.4
ガラス室乾燥法	13.1
熱風乾燥処理法	47.3

注) 52 品種供試

試では成熟後の集団および系統を 10 月下旬から 11 月中旬に、裂莢検定室に入れ、約 1 週間放置後、裂莢しない個体を選抜する。現在、初中期世代の選抜にこの方法を利用している。三つ目の熱風乾燥処理法は、60℃ 3 時間乾燥機にかけた後、戸外に出し裂莢率を測定する。この方法は処理条件が一定で熟期に関係なく検定でき、年次間で結果が安定していることから品種固有の裂莢性を判定するのに有効である。欠点は高温処理するため検定に用いた子実は種子に使用できない。

##### 2) 裂莢性の品種間差異と遺伝

1975 年 115 品種を供試して熱風乾燥処理により裂莢性を検定した。その結果、「トヨスズ」「キタムスメ」「北見白」等、有限伸育型の北海道品種は裂莢性が易であり、米国、中国の無限伸育型品種は大部分が難裂莢性であった (表 11)。

裂莢性に関与する遺伝子数は、Piper and Morse (1923)、永井 (1926) は 1 対、Caviness (1963) は 4 対を示唆している。土屋 (1986) は、易裂莢性が難裂莢性に対して不完全優性と推定し、多くの場合比較的少数 (1～2 対) の遺伝子が関与していると推察している。

##### 3) 難裂莢性品種の育種

1972 年から 1996 年までにタイ国、米国、中国等の難裂莢性因子を導入した組合せは 353 組合せになる (表 12)。タイ国から導入した難裂莢性の遺伝資源はタイ国の優良品種「SJ-2」に由来する。この品種と北海道品種の交配した後代から「タイ 7012」系統を選抜したが、これらは子実が小粒で収量性がやや劣り、かつ倒伏しやすい等の難点があった。米国から導入した難裂莢性の遺伝資源には「Harosoy」、「Clark」があるが、これらは無限伸育型であり、北海道品種と交配した後代も長莖で耐倒伏性が劣るなど問題があった。これらに比べて無限伸育型「Clark」の同質有限型系統「Clark Dt<sub>2</sub>」を難裂莢性因子に用い、北海道品種と交配した後代は、伸育型は有限で莖長は短、中莖が多く、草姿の良い個体が多かった。こ

表11 裂莢性検定による品種の類別(土屋 1986)

裂莢性	品 種 名		
	A 群	B 群	C 群
難		Acme, Adams, Altona, Harosoy, Chippewa, 克霜, 呼蘭-1, 元宝金, 黄宝珠, 満倉金, 他	ワセコガネ, テンボクシロメ, トカチシロ
中	鈴成, 蘭越1号, 細葉1号, 白千石, 本育65号, 早生緑, 白鶴の子,	Burewell, Comet, Pagoda, Fiskeby III-20, 紫花4号	コガネジロ, ナガハジロ, ホウライ, テンボクワセ
易	奥原1号, 大谷地2号, カリカチ, イスズ, シンセイ, ユウヅル, 北見白, 十勝長葉, トヨスズ, キタムスメ, 他	Agate, Hidatsa, Pando, Sioux, 牡丹江, 634-13-46-8	

注) A群:有限伸育型の日本品種, B群:無限及び有限伸育型の導入品種,  
C群:有限と無限の交雑による品種

表12 難裂莢性を目標とする組合せ数と開発経過(土屋 1993に追加)

年次	組合せ数	開 発 段 階
1972-75	10	育種目標設定。耐裂莢性検定法と品種間差異の検討。タイ国、USA、中国品種の利用。
1976-79	18	耐裂莢性の遺伝、最下着莢位置の検討。
1980-83	64	難裂莢性系統の育成と中間母本としての利用。十育207号(タイ7012/十系423号)、十育208号(キタムスメ/タイ7012)
1984-87	40	十育211号(コガネジロ/Harosoy Dt2)、十育214号(ヒメユタカ/Clark Dt2)。難裂莢性と耐病性の複合化目標。
1988-91	78	カリユタカの育成。難裂莢性と耐病性を複合化した有望系統の選抜。
1992-96	143	十育230号(ツルコガネ/十育205号)、十育231号(中育24号/十系777号)。難裂莢性、耐冷性、耐病性の複合化育種。
合計	353	

の組合せは、F<sub>4</sub>世代はガラス室乾燥法により、F<sub>5</sub>世代は熱風乾燥処理法により裂莢生の選抜をおこなった。さらに、着莢、草型が良く中生で大粒の系統を選抜して「カリユタカ」<sup>45)</sup>の育成に至った。しかし、「カリユタカ」は耐冷性や耐病性に欠点があり、現在、「カリユタカ」に早熟性、耐冷性、線虫抵抗性、わい化病抵抗性の特性を導入する方向で育種を進めている。

難裂莢性の遺伝資源は比較的多く、前述の三通りの選抜方法の開発により、他の育種目標に比べ選抜方法が簡易であり、その効果も高いことから、難裂莢性品種の育種は、耐冷性やわい化病育種に比べると効率良く実施できるようになった。

## 5. 将来展望

北海道の大豆は、かつては95,400 ha(1954年)あった作付面積が近年では1986年の23,700 haをピークに年々減少している。これは大豆の収益性の低下や冷害やわい化病による低収、さらには機械収獲の対応の遅れが

大きな要因となっている。しかしながら、北海道の畑作を維持、発展させるためには豆類を取入れた4年以上の輪作体系が必要であり、とりわけ大規模経営においては労働力不足から省力栽培が可能な大豆を導入する作付体系が見直されている。一方、実需者においては、北海道産大豆の外観品質や美味しさ、さらには農薬使用量が少ないことから安全性においても評価が高く、道産大豆の安定供給が強く求められている。

このため、当面の育種目標はコンバイン収獲ができる安定多収品種を目指し、現在の主要品種に他の特性を1~2付加させることに重点をおいている。例えば機械化適性品種「カリユタカ」にわい化病抵抗性と耐冷性を導入する。また、線虫抵抗性の「トヨムスメ」には難裂莢性とわい化病を導入する。次のステップとして耐冷性、耐病性、難裂莢性および多収性の複合特性を有する高品質品種の育成を図る。これらを達成するためには、耐冷性とダイズわい化病に関しては、より強度な抵抗性遺伝資源の探索、収集が必要である。ダイズシストセンチュウ抵抗性と難裂莢性に関しては遺伝資源としてはほぼ



整っており、これらを有効に利用しながら選抜を強化するとともに、新しい遺伝子型を導入して中間母本の種類を広げることも重要である。一方、耐冷性や耐病虫性育種を進めるには、特定の選抜圃場の維持、管理が必要である。また、調査、選抜に多大な労力を要することから、効率よく精度の高い選抜を行うための新たな方法として、DNA マーカーを利用した選抜、検定方法が早期に開発されることを期待している。

現在、個々の育種目標についてはおおむね目標どおりの品種が育成されているが、既存品種は複数形質の障害抵抗性を持っていないため現実には栽培上の障害となっている。そこで、現段階は、前述の2～3形質を持った品種を5年後を目処に育成することとし、次の段階では全ての形質を持った高品質品種を10年後を目処に育種に取り組んでいる。これらの育種目標が達成された時には、用途は豆腐、納豆を中心に一部煮豆にも利用できる複数の品種を組合せて栽培することにより、道東、道北の大豆の平年単収は300～330 kg/10 a、冷害年の単収は200 kg/10 a前後が期待できるであろう。

## 引用文献

- 1) 北海道立十勝農試編 (1966), 66年のあゆみ, 大豆, 29-38.
- 2) 砂田喜與志 (1980), これからの大豆育種の方向, 北海道における豆類に関する研究収録, 農林水産省北海道農業試験場, 12-23.
- 3) 砂田喜與志 (1978), 研究業績, 豆類(2)北海道立十勝農業試験場試験地, 農林水産技術会議事務局編, 指定試験事業50年史, 130-134.
- 4) 山本 正 (1982), 豆類, 冷害発生の仕組み, 北海道の農業気象, 北海道協同組合通信社, 100-101.
- 5) 後藤寛治・成河智明 (1968), 第4章 大豆の耐冷性に関する育種学的研究, 福井重郎編, 大豆の育種, ラテイス社, 80-97.
- 6) 佐々木紘一・紙谷元一 (1984), 過去の主な冷害年における十勝農試の大豆の被害型解析, 日本育種学会・作物学会北海道談話会会報, 24:26.
- 7) 成河智明・三浦豊雄・松川 勲 (1970), 豆類の耐冷性に関する一考察, 北農, 37(12):41-45.
- 8) 北海道立十勝農業試験場編 (1970-1995), 大豆新品種育成試験成績書, 昭和45年度～平成7年度.
- 9) 三分一 敬 (1979 a), 大豆の耐冷性に関する育種学的研究, 北海道立農試報告, 29:1-57.
- 10) 三分一 敬 (1979 b), 大豆における耐冷性検定の一考察, 日本育種学会・作物学会北海道談話会会報, 19:42.
- 11) 斎藤正隆・三分一敬・佐々木紘一・酒井真次・土屋武彦 (1969), 大豆優良品種「キタムスメ」について, 北農, 36(7):1-13.
- 12) 砂田喜與志ら (1981), だいち新品種「キタホマレ」の育成について, 北海道立農試集報, 45:79-88.
- 13) 佐々木紘一ら (1990), だいち新品種「トヨコマチ」の育成について, 北海道立農試集報, 60:45-58.
- 14) 湯本節三ら (1995), ダイズ新品種「トヨホマレ」の育成について, 北海道立農試集報, 68:33-49.
- 15) 岡 啓・高橋 幹・王連敏 (1989), 白目大豆のへそ周辺着色粒の発生に及ぼす低温時期と期間の影響, 日本育種学会・作物学会北海道談話会会報, 29:22.
- 16) 湯本節三・佐々木紘一 (1990), 白目大豆野低温処理による着色粒発生程度の検定, 日本育種学会・作物学会北海道談話会会報, 30:39.
- 17) 農林省帯広統計事務所編 (1976), 日高・十勝・釧路農作物累年統計, 33-48.
- 18) 砂田喜與志・後藤寛治・斎藤正隆・酒井真次 (1966), 大豆優良品種「ホウライ」及び「トヨスズ」, 北農, 33(11):16-28.
- 19) 佐々木紘一ら (1988), だいち新品種「トヨムスメ」の育成について, 北海道立農試集報, 57:1-12.
- 20) 湯本節三ら (1993), ダイズ新品種「大袖の舞」の育成について, 北海道立農試集報, 65:45-59.
- 21) 砂田喜與志ら (1981), だいち新品種「スズヒメ」の育成について, 北海道立農試集報, 45:89-100.
- 22) 北海道病害虫防除所十勝支所・道立十勝農試編 (1971-1995), 病害虫発生予察事業年報, 昭和46年度～平成6年度.
- 23) 清水 啓 (1987), 北海道におけるダイズシストセンチュウのレース——十勝地方を中心として——, 植物防疫, 41:117-123.
- 24) Golden, A.M. et al. (1970), Terminology and identity of infraspecific forms of soybean cyst nematode (*Heterodera glycines*), Plant Dis. Rep. 54:544-546.
- 25) 酒井真次, 斎藤正隆, 砂田喜與志 (1975), 大豆のダイズシストセンチュウ抵抗性個体選抜の一方法——半根法——, 北海道立農試集報, 32:18-24.
- 26) 後藤寛治・砂田喜與志 (1968), 大豆シスト線虫に対する抵抗性の導入に関する研究, 福井重郎編, 大豆の育種, ラテイス社, 38-66.
- 27) 白井和栄・富田 謙一・土屋武彦 (1991), ダイズシ

- ストセンチウのレース3に対するダイズの「下田不知」系抵抗性の遺伝。日本育種学会・作物学会北海道談話会会報。31:54.
- 28) 杉山信太郎・広間勝巳(1968)。大豆品種のダイズシストセンチウ抵抗性に関する研究1。抵抗性の品種間差異。育種。18:80-87.
- 29) Caldwell, B.E., C.A. Brim and J.P. Ross(1960). In-heritance of registance of soybeans to the cyst nematode, *Heterodera glycines*. *Agron. J.* 52: 635-636.
- 30) 酒井真次・砂田喜興志(1987)。寒地におけるダイズシストセンチウ抵抗性育種。わが国におけるマメ類の育種。明文書房。124-153.
- 31) Arnold L.M. and F.W. Leonold(1965). Evidence of a fourth gene resistance to the soybean cyst nema-tode.*Crop Sci.* 5: 477.
- 32) Concibido, V. et al.(1993): RFLP mapping of cyst nematode resisitance genes in soybeans. *Soybean Genetics Newsle.* 20: 136-139.
- 33) 百田洋二・串田篤彦(1993)。ダイズシストセンチウ地域個体群におけるレースの混在とレース分化。北海道農業試験場年報 平成5年度。62-64.
- 34) 谷村吉光・玉田哲男(1976)。ダイズわい化病抵抗性の育種的研究。I 抵抗性の品種間差異。北海道立農試集報。35: 8-17.
- 35) 玉田哲男(1975)。ダイズわい化病に関する研究。北海道立農試報告。25: 1-144.
- 36) 常汝鎮(1989)。国内外大豆遺伝資源的搜集。研究和利用。大豆科学。8(1): 87-96.
- 37) 紙谷元一・木口忠彦・高宮泰宏・白井和栄(1996)。大豆のダイズわい化病抵抗性に関する RAPD マーカーの探索。育種。46(別2): 74.
- 38) 道見邦彦・道場三喜雄・犬塚秀一(1994)。豆類の機械化栽培。明日の豆作り(平成6年)。日本豆類基金協会。215-253.
- 39) 土屋武彦・砂田喜興志(1978)。大豆の裂莢性に関する育種学的研究。II 裂莢性の検定方法と品種間差異。北海道立農試集報。39: 19-26.
- 40) Piper, C.v. and W.J. Morse(1923). *The soybean*. Mc Graw-Hill, New York. 329p.
- 41) 永井威三郎(1926)。ダイズの遺伝に就て。農業及び園芸。1: 4-14.
- 42) Caviness, C.E.(1963). A physiological and genetic study of shattering in the soybean. University of Missouri, Ph.D. Dissertation. 1-120.
- 43) 土屋武彦(1986)。ダイズの耐裂莢性に関する育種学的研究。北海道立農試報告。58: 1-53.
- 44) 土屋武彦(1993)。ダイズの難裂莢性品種育成の現状と展望。農業技術。48(5): 193-197.
- 45) 田中義則ら(1993)。ダイズ新品種「カリユタカ」の育成について。北海道立農試集報。65: 29-43.

## 4. 大豆の耐病性育種の成果と展望

白井和栄\*

### 1 大豆育種指定試験地の設置目的と背景

道央・道南向け大豆育種を担当していた農林省北海道農試が諸般の事情により1963年をもって育種事業を中止した。道立十勝農試の大豆育種指定試験地(1956年設置)でこの地域をすべてカバーするのは気象的に困難なことから、1966年に道立中央農試に大豆育種指定試験地が設置され新品種育成事業が開始された。

対象地域の道央・道南はおよそ北緯41.5~44度、東経140~143度の範囲にあり、立地環境は多様である。6~9月の積算気温と無霜期間は、後志地方の羊蹄山麓では2000°C、130日前後であり十勝と同様に厳しい気象条件下にあるが、桧山南部では2300°C、165日以上であり晩生種の栽培が可能である。

当時の道央・道南地域の大豆作の特徴の第一は、気象条件に恵まれた道南を中心に、菓子用や煮豆用として需要の大きい鶴の子系や光黒等の良質・大粒種が特産大豆として作られてきたことである。多収化や障害に対する安定性を高めることで生産地形成をさらに進めることが期待できた。第二は、これらの商品価値の高いものを除いては水田作や他の高収益作物との競合に負け、大豆作が立地条件の悪いところや山間地へとシフトしたことである。在来種の作付けが多く熟期、収量性、品質等、改良すべき点が多かった。第三は、当時原因不明の「萎縮状異常生育(仮称)」と呼ばれたダイズわい化病が各地で発生し、とくに良質・大粒種に多いことから早急な育種的対応が必要であった。

以上のように当地域向けの品種改良の余地は極めて大きく、当面の具体的な育種目標が次のように設定された。

①大粒良質多収型品種の育成：当地域で栽培されている「つるの子」銘柄大豆を目標とし(百粒重40g以上)、収量は育成地で450kg/10a、農家で300kg/10a以上、「萎縮状異常生育」を発現しないことを必須条件とした。

②安定多収型品種の育成：立地、経営条件とも不良で、病害虫防除など管理作業を充分に行えない地域を対象と

し、百粒重35g以上の白目大豆で収量は育成地で350kg/10a、農家で250kg/10a以上を目標とした。

このうち、①を最重要目標とした。なお、当初、マメシクイガ耐虫性の付与も目標に掲げたが、すでに薬剤防除効果が明らかとなっており翌1967年に育種目標から削除された。

なお、「指定試験事業の概要」(農林水産技術会議事務局、1973)において、事業目的は「道央、道南における約18万haの畑作地帯を対象として晩生良質大粒多収品種を育成する」と当初の目標を包含する内容で記載された。その後、「作物関係育種基本計画」(同事務局、1975)が策定され、育種目標は「1. 寒地(道央)向良質大粒品種の育成、2. わい化病抵抗性品種の育成」と明確になった。さらに、諸情勢の変化に対応するため改訂が行われ、「作物育種推進基本計画」(同事務局、1993)において、当試験地の育種目標は「寒地中南部向け大粒・高品質、わい化病抵抗性、機械化適性、多収品種の育成」とより明確に位置付けられた。

ここでは、当指定試験地で実施してきた新品種育成試験及び育種関連試験について、わい化抵抗性育種を中心に、成果と今後の展望を述べる。

## 2 新品種育成

### 1) 大粒良質多収品種の育成

#### (1) 純系分離

指定試験地開設とともに交雑育種を開始したが育種材料の蓄積と選抜固定には長年月を要することから並行して地方在来種の収集と純系分離を急ぎ、放射線照射による既存品種の改良、十勝農試より委譲された雑種集団の選抜を進めた。

純系分離選抜試験では日高地方新冠町産の在来種「鶴の子」からの純系分離により1971年に「ユウヅル」が育成された<sup>19)</sup>。「ユウヅル」は「白鶴の子」より約7日早熟の晩生種に属し約20%多収、粒大は同品種並の極大粒種であり、道央中部以南に奨励され1980年には790ha作付けされた。現在も「つるの子」銘柄の基幹品種として道南地方で栽培されている。

\*北海道立中央農業試験場  
大豆育種指定試験地

純系分離選抜試験では「中育3号(ユウヅル)」を含め5系統に地方番号が付され、1974年をもって試験を終了した。この試験で選抜された系統は耐病性をもたないが、白目極大粒良質の母本として交雑育種に利用された。たとえば、松山地方乙部町産の在来種「鶴の子」より純系分離した「中育1号」はわい化抵抗性品種「ツルコガネ」の育成(1984)に、また、胆振地方穂別町産の在来種「鶴の子」から純系分離した系統である「LT 88-16」は岩手県奨励の多収品種「フクナガハ」の育成(1981)に用いられた。

## (2) 突然変異育種

突然変異育種では当初、放射線照射により「オシマシロメ」の早生、短粒、大粒化、「鶴の子」の早生、大粒、多収化を選抜目標とした。後者の種子照射後代の2系統に「中育6、7号」の地方番号を付して1974年まで供試したが、「ユウヅル」に優る結果を得られなかった。1975年以降は「ユウヅル」(放射線種子照射及び核酸物質処理の組み合わせ)の他、「Adams」、「Wabash」、「Bavender Special 7」、「黄宝珠」、「中育14号(ツルコガネ)」、「フクナガハ」、「中育12号」、F<sub>2</sub>集団(以上放射線種子照射)等、ダイズわい化病圃場抵抗性の材料を多用して耐病、良質、多収化等を目標に実用的な変異体の選抜を図った。しかし、十分な成果が得られず1987年をもって突然変異育種を中止した。

## (3) 交雑育種

当試験地開設以降の交雑育種の展開にともない、その成果は1970年代中期以降、大粒良質多収品種・系統の育成となって成果を生み始めた。1974年に地方番号が付与された「中育8、9号」以降、現在までの中育系統はすべて交雑育種により育成されている。なお、1970年までの交配組合せは「大粒、良質、多収」を育種目標としてきた。前後して、ダイズわい化病がジャガイモヒゲナガアブラムシで媒介されるウイルス病と判明し、圃場で発病の少ない品種が見いだされた。こうして「わい化病抵抗性品種の育成」を具体的目標として育種プログラムに取り入れることが可能となり、1971年から耐病性(わい化病)を主目標に交配が開始された。

「ユウヒメ」、「コمامスメ」、「フクナガハ」は1969年までの交配組合せから育成された品種であり、「ユウヅル」と同様にわい化病抵抗性は持っていないが当試験地開設当初からの育種の流れに沿ったものであり、育成の意義を以下に述べる。

「中育8号」は交雑育種による初の育成品種「ユウヒメ」(1979)である<sup>31)</sup>。両親は早生・褐目種の「奥原1号」と青森県在来種で白目極大粒の「木造在来」であり、中生、

白目大粒を目標とした。道央部では晩生種「ユウヅル」の適地は気象条件の良い地帯に限られ、1977年頃は「キタムスメ」、「北見白」等の中粒褐目種の作付けが70%近くを占めていた。このため、熟期の早い白目大粒品種の要望が強かった。「ユウヒメ」は「ユウヅル」より12日前後早熟な中生の極大粒種であり、要望に沿う良質多収品種として空知中部以南の道央部に奨励され、1981年には190ha栽培された。しかし、大豆作の停滞により広く普及するには至らず、1996年に廃止された。

道南地域は従来より「つるの子」銘柄大豆の主産地であるが、「ユウヅル」の耐倒伏性、収量性が不十分であることと、水田転換畑での大豆作付け奨励により栽培の容易な多収品種の要望も強かった。1982年育成の「コمامスメ」<sup>3)</sup>は百粒重37g前後で極大粒種には届かないが「ユウヅル」より10~20%多収を示し、耐倒伏性もやや優った。この多収性は母本の「オシマシロメ」(1964、北海道農試育成)の多莢性に由来すると思われた。父本の「十交3612」は十勝農試から分譲を受け選抜固定中の白目極大粒系統である。つくりやすい多収品種として道南の転換畑を中心に奨励され作付け拡大が期待されたが野菜、黒大豆、枝豆等の高収益作物への転換が進み、一般大豆の作付け減少によりほとんど普及することなく1992年に廃止された。

「フクナガハ」は長葉、白目中粒の「中系12号」と、鶴の子在来種からの純系分離系統で晩生、白目大粒の「LT 88-16」の交配により育成された<sup>32)</sup>。当初、道南地域向けの「つるの子」銘柄品種を目標に選抜が進められたが耐倒伏性が「ユウヅル」より劣り、奨励するのは無理であった。同時に奨励試験を開始した岩手県では多収良質に加えて倒伏に強い特性を示し、1981年に県中北部の標高300m以上の高冷地帯に奨励された。この地帯は「白目長葉」、「十勝長葉」のほか雑多な在来種が作付けされ、商品性の高い良質で安定多収な早生品種が望まれてきた。「フクナガハ」は百粒重36g前後の大粒種で標準品種「白目長葉」の28gよりはるかに大きく、莢数も多いことから約15%多収である。成熟期は北海道では晩生であるが岩手県北部では早生の晩に属する。北海道の品種は感温性が高いため岩手県においては成熟期が早まり、岩手県農試の成績では育成地に比べ主茎節数は約2節少なく、平均節間長は0.6cm、主茎長は18cm短かった。短茎化が耐倒伏性向上に貢献したものと思われた。しかし、ウイルス病(SMV)に弱く褐斑粒の発生が多い年があり、普及拡大のネックとなった。この地帯で100~160ha程度の作付けを保ってきたが新品種の採用により1994年に廃止された。

なお、東北地方におけるダイズわい化病の発生は1971年に青森県下北半島で初めて確認され<sup>7)</sup>、1973年には岩手県北沿岸部に、1983年には「フクナガハ」の適地である岩手県中北部まで拡大していた<sup>17)</sup>。現在、この地域ではSMVと並んでわい化病の恒常的被害がみられることから、大豆奨励調査における選定目標の一つとして、「県北部対象のわい化病抵抗性品種」（1995、岩手県農試「畑作に関する設計書」）が要望されるに至っている。「フクナガハ」の例から、当試験地の育成系統を東北部に導入すると早熟化（品種構成上、早生種の要望がある）や耐倒伏性の向上（草型が短莖化）が示されることがわかった。当試験地の育種対象地域からは少し異なるが、北海道ではやや晩熟なわい化病抵抗性系統を青森県及び岩手県へ供試し適応性検定を実施している。なかでも、「中育41号」は中粒種でSMV抵抗性を持たないが早生、強莖多収、わい化病抵抗性、難裂莢性でコンバイン収穫向きの特性を有する系統として継続検討中である。

以上の育成品種は大粒～極大粒の良質多収品種であるが、いずれも普及対象地域における主要病害に対する抵抗性をもっていないことが大きな欠点である。大豆生産の安定性を高め、積極的に普及拡大を図るには耐病性の付加が必須である。

## 2) ダイズわい化病抵抗性品種の育成

ダイズわい化病発病個体は維管束が壊死し、光合成産物の転流阻害により著しく減収する。現在、北海道における大豆作の最も大きな問題の一つである。土壌施用剤が極めて有効な防除薬剤であるが、保毒アブラムシの飛来による一次感染を防げない<sup>21)</sup>ことから、抵抗性品種の育成と利用が最も効果的な防除対策である。



写真1 ダイズわい化病無防除圃場（日高支庁平取町，8月下旬）左：ツルコガネ（抵抗性強）右：キタホマレ（抵抗性弱）



写真2 アブラムシ人工接種によるダイズわい化病抵抗性検定

当試験地発足と同時に母本探索に取り組み、1970年までに「Adams」、「黄宝珠」等数品種が圃場抵抗性を持つことが確認され、翌1971年から本格的にこれらの品種と北海道の優良品種との交配を開始した。その結果、1984年に初のダイズわい化病抵抗性実用品種「ツルコガネ」が誕生した<sup>4)</sup>。

「ツルコガネ」は極大粒白目良質の「中育1号」と中国東北部品種「黄宝珠」の組合せから育成された。交配時の目標は、道央地域向けダイズわい化病抵抗性の「つるの子」銘柄品種であった。当時発病の多かった道立中央農試の大豆育種圃場を無防除とし、F<sub>2</sub>～F<sub>4</sub>の初期世代で発病の少ない材料を選抜できたことが効果的であった<sup>4)</sup>。中期世代の時期には人工接種検定法の採用（1975）、わい化病現地選抜圃場の設置（道央南部・伊達市、1976、口絵参照）などの本病抵抗性育種法の土台造りが行われた。後期世代でこれらの検定圃を活用して発病率や被害程度を調査し、「ツルコガネ」は「黄宝珠」並みの圃場抵抗性を有することが明らかとなった<sup>26)</sup>。

「ツルコガネ」は百粒重35g前後で、当初の目標である大粒「つるの子」銘柄には入らないが「トヨスズ」、「ユウヅル」より多収であり、ダイズわい化病の被害が極めて大きい道央南部と道南北部に奨励された。作付けは順次拡大し、1987年には道央南部を中心に500ha以上栽培され生産安定化に貢献した。しかし、その後、道央では「トヨスズ」より早熟な白目大粒多収の「トヨムスメ」（1985、道立十勝農試育成）、機械化栽培向き納豆用高品質の「スズマル」（1988、道立中央農試育成）の普及が進み、道南では「つるの子」銘柄や黒大豆などの特産大豆に作付けが特化し、現在、「ツルコガネ」の作付けは少ない。やや晩熟で耐倒伏性や収量性が不十分であり、大粒ではあるが「うす茶目」で外観品質上の難点が指摘され

るなど、抵抗性強の特性をベースに農業特性の改善をさらに進める必要があった。

白目良質化を目指してさらに改良が続けられ「中系67号(ツルコガネ)」と強莖多収で白目極大粒の「中育12号」の交配組合せから、1990年にわい化病抵抗性「やや強」の「ツルムスメ」が育成された<sup>1)</sup>。「ツルムスメ」は当試験地の2つの大きな育種の流れである極大粒良質性とダイズわい化病抵抗性が結合した初の品種である。育成当時、道央、道南地域で栽培されていた白目大粒品種「ユウヒメ」、「ユウヅル」、「トヨムスメ」は何れもダイズわい化病に弱いことから、多発地域向きの高品質なわい化病抵抗性品種が強く望まれていた。

F<sub>2</sub>～F<sub>3</sub>世代にダイズわい化病現地選抜圃に栽植して発病のみられない草型良個体を選抜し、以降は道立中央農試圃場において比較的早熟な大粒系統を選抜した。後期世代における自然感染及び人工接種による被害程度等の検定結果から、「ツルムスメ」のわい化病抵抗性は「ツルコガネ」の強に対してやや強と判定された。わい化病抵抗性を得るためには「ツルコガネ」の育成過程と同様に初期世代の選抜が有効であることがわかる。

「ツルムスメ」の百粒重は41g程度、裂皮抵抗性はやや強、外観品並びに煮豆加工適性は良好であり、「ユウヅル」並みの高品質性をもつ白目・極大粒品種である。現在「ツルムスメ」銘柄として銘柄区分Ⅱに類別されている。適地は道央中部以南で、対照の「ユウヒメ」または「ユウヅル」より早熟、多収である。耐倒伏性に優れるので密植と生育後期窒素供給法(追肥または緩効性窒素)を組み合わせた多収技術とコンバインによる高品質省力収穫技術の総合化を農業機械部門と共同で進めており、栽培法の改善を伴って一層の普及が期待される。

### 3) 機械化適性品種の育成

大豆生産拡大のためにはコンバイン収穫による省力低コスト生産体系の普及が不可欠であり、1985年前後から関連課題を設定して機械化適性品種の開発に取り組んできた。1988年育成の納豆用小粒品種「スズマル」<sup>2)</sup>は、熟期が中生で耐倒伏性が強く密植適性があり、裂莢性中程度、小粒(百粒重13g程度)で立毛乾燥しやすい、等の特性が機械化栽培に好適しており、コンバイン収穫体系により1995年には全道で約800ha作付けされている。子実は球形で外観品質及び納豆加工適性は良好であり北海道産の納豆原料用高品質大豆として高い評価を得ている。

栽培適地は道央の中部、南部、羊蹄山麓及びそれに準ずる地域であり、「作りやすさ」に加えて加工適性が優れ

ることから作付けは拡大傾向にある。なお、1990年には青森県で奨励品種に採用されたが、収穫時茎水分が高い「莢先熟」現象がみられ機械収穫上の問題があることがわかり、1997年に廃止される予定である。

「スズマル」の両親は道立十勝農試でマメシンクイガ耐虫性を目標に育成された無毛茸の白目小粒系統「十育153号」、及び茨城県在来種より選抜された極小粒の「納豆小粒」である。両親の組み合わせからみてダイズわい化病に対する耐病性因子は持っていないと推察されるが、「スズマル」の発病率は感受性の「ユウヅル」より低く「だいでず特性審査基準」(種苗特性分類調査報告書、1995)ではダイズわい化病抵抗性「中」に区分されている。媒介昆虫であるジャガイモヒゲナガアブラムシの行動様式及び耐虫性因子の関与について検討する必要がある。

ダイズわい化病罹病個体は収穫適期になっても茎水分

表1 「スズマル」のダイズわい化病抵抗性検定試験成績

品 種 名	発病率(%)				平均	抵抗性判定
	1984	1985	1986	1987		
スズマル	92.0	8.1	10.7	1.2	28.0	弱*
ツルコガネ(標準)	22.0	1.2	7.1	1.1	7.9	強
ユウヅル(標準)	90.7	31.9	76.5	9.0	52.0	弱

注1) わい化病現地選抜圃(胆振支庁伊達市)の自然感染による。  
2) 発病調査日は各年とも8月20日前後。  
3) \*:だいでず特性審査基準(1995)では抵抗性「中」に区分されている。

が高く、コンバイン収穫の際に汚粒発生の原因となる。また、秋期が多湿に経過し降雪の早い道央地域の気象条件では収穫時期が限られ、茎水分の低下が進まず汚粒が発生しやすい。道央地域では難裂莢性は必要としないが耐倒伏性、高着莢位置、早熟性、わい化病抵抗性が機械化適性を構成する重要特性である。シスト線虫抵抗性を含む耐病虫性の付与と多収化を図り、省力低コスト安定生産向けの大粒種及び小粒種の機械化適性品種開発に取り組んでいる。また、茎水分を効率良く低下させる品種及び栽培技術の検討、極大粒種の高品質収穫技術、汚粒の調製方法など農業機械部門との連携により技術開発を目指している。

## 3 ダイズわい化病の原因解明試験

現在、北海道における大豆作の最も大きな生産阻害要因であるダイズわい化病は1951年頃から道南地域の一部で鶴の子系品種に発生が認められていたが、当試験地



開設の頃には道央、道東部にも発生が拡大し「大豆萎縮状異常生育(仮称)」と呼ばれていた。その原因解明と対策の確立が急務であることから当試験地、当场病虫害部、道南農試、北海道農試などにより精力的に試験が実施された。

道立道南農試において、「萎縮状異常生育」と種子、土壤、土壤病虫害、生育初期の気象などとの関係を検討したが、明らかな関連性は認められなかった。殺虫剤によるアブラムシ防除により異常生育の発生が抑制され、土壤施用粒剤の播き溝施用が応急対策として示された。寄生アブラムシは「ジャガイモヒゲナガアブラムシ」と同定された<sup>9)</sup>。

当試験地においても「萎縮状異常生育」の原因を明らかにするため同様の試験を行った。すなわち、圃場における異常生育の発生分布はきわめて不均一であり、また、在来種「鶴の子」から正常個体と異常個体を選抜し、系統選抜の効果を検討したが後代の異常個体発生率に差はみられず、原因は供試種子ではないと判断された。栽培要因(播種期、施肥量、栽植密度、マルチ、粒状有機りん剤)との関係では、土壤施用アブラムシ防除薬剤である有機りん剤の施用が異常生育の発生率低下に最も有効であった。アブラムシにする隔離栽培(出芽直後から寒冷紗被覆)では異常生育の発生及び伝播は起こらなかった。接ぎ木により本症状の人工的誘発が可能であった<sup>18)</sup>。また、発病時期が早いほど主莖長、主莖節数、分枝数などが減少し、莢数、粒数、1株粒重は著しい減少を示した<sup>5)</sup>。

罹病大豆の篩部内にウイルス粒子を認め<sup>6)</sup>、ジャガイモヒゲナガアブラムシによって媒介されるウイルス病と判明し、1968年、玉田らによりダイズ矮化ウイルス(SDV)によるダイズ矮化病と命名された<sup>22)</sup>。症状は矮化型と縮葉型に分かれ、ジャガイモヒゲナガアブラムシのみにより永続的に伝染した。病株より吸汁後、14日目頃まで伝染力を維持していた。大豆圃場周辺の外観健全なクローバ類からウイルスが分離され、伝染源と推定された<sup>23)</sup>。

一連の病理学的研究から病原系統はわい化ウイルス系統と黄化ウイルス系統の二つがあること、アカクローバにはわい化系統のみ、シロクローバには黄化系統のみ、ラジノクローバには両系統が感染し無病徴保毒される等の多くの知見が得られた<sup>24)</sup>。

ダイズわい化病の発生地域は現在、北海道の他、東北地方全域に及び<sup>14)</sup>大豆作における最重要病害の一つとなっている。谷村ら<sup>24)</sup>は1983年に北海道14、青森県3、岩手県7か所から非農耕地に自生するラジノクローバを



写真3 ダイズわい化病わい化ウイルス系統による病徴



写真4 ダイズわい化病黄化ウイルス系統による病徴

採取した。ウイルス保毒率は地域間差がみられ、北海道では日高、胆振、松山、渡島、十勝地方で70%以上の高い値を示し、上川、空知では60~65%、網走では44~57%であった。青森、岩手県では1か所で保毒が確認されず、他の9か所平均では22%と北海道より著しく低かった。同様な調査結果(玉田、1975)<sup>21)</sup>と比べて十勝地方ではクローバ類の保毒率は著しく高まっており、さらに最近の報告(水越、1992)<sup>15)</sup>によると十勝地方では100%の保毒率を示す地域もあった。また、新しい草地のラジノクローバほど黄化系統の割合が高く、古い草地になるほど混合感染の割合が高いことが観察された。ラジノクローバには速やかに黄化系統が感染し、その後わい化系統による混合感染の割合が高まると推測された。

ダイズ矮化病の発生とクローバの保毒率とは密接に関係しており<sup>21)</sup>、最近、十勝地方ではダイズわい化病が多発している(1991、1992、1996年)。

東北地方においても太平洋沿岸を中心に発生地域が拡

大し、1989年には東北全域で発生を確認<sup>12)</sup>、1990年にはほぼ東北地方全域で保毒シロクローバの発生が認められ、わい化病多発地ほど畦畔シロクローバの保毒率が高かった<sup>13)</sup>。なお、東北地方ではジャガイモヒゲナガアブラムシの他にエンドウヒゲナガアブラムシによって媒介される系統が報告されている<sup>14)</sup>。

## 4 ダイズわい化病抵抗性の育種法に関する研究

### 1) ダイズわい化病抵抗性検定方法の開発

1966年より道立中央農試においてアブラムシ防除薬剤無施用の圃場で自然感染による耐病性品種の探索が開始された。1976年にはダイズわい化病の常発地である胆振支庁伊達市に現地選抜圃が設置された。自然感染法では多くの材料のスクリーニングが可能であるが発病率の低い年次も含まれ、耐病性の判定には数年間の試験を必要とする<sup>25)</sup>。

1970年頃にはダイズわい化病抵抗性検定法として、保毒したジャガイモヒゲナガアブラムシによる人工接種検定法が確立した<sup>21)</sup>。しかし、この方法は発病が均一で確実であるがアブラムシの飼育や接種に労力を要し、初中期世代の選抜には不向きである<sup>26)</sup>。1980年からは両検定法を併用し初中期世代の選抜及び品種探索を現地選抜圃で、抵抗性の確認及び抵抗性程度の検定を道立中央農試圃場に設けた隔離圃で人工接種法により実施している。

育種関連試験のなかで抵抗性検定方法についても多くの試験が実施された。主なものは次のとおりである。

ほ場抵抗性の検定方法に関する試験(1969)：検定品種と罹病性品種(コガネジロ)を交互栽植して検定。発病の分布状況の均一性が認められ、結果の信頼性が向上した。

罹病指数設定に関する試験(道立中央農試病虫部と共同、1971～1972)：接種試験により指数(0～4)を決定。抵抗性弱の判定がより正確となった。

抵抗性検定方法に関する試験(1972)：シロクローバを畦間及び周囲に栽植し、感染源として多発圃場を設定。ほぼ均一な発病状況が得られた。

### 2) ダイズわい化病抵抗性の育種学的研究

1972年以降、抵抗性選抜に関する情報を得るため遺伝実験に取り組んだ。圃場抵抗性の「Adams」、「Bavender special 7」と感受性の「ユウヅル」を交配し、その後代を供試して検討を行った。F<sub>2</sub>世代系統の平均発病指数は両親のほぼ中間値を示し、正逆の交配組み合わせの違い

による発病指数の差はみられなかった。F<sub>3</sub>系統の発病指数は両親の間に分布し、正規分布に近似した。さらに発病指数を用いた選抜が有効であること、F<sub>3</sub>及びF<sub>4</sub>系統群の発病指数から耐病性の親子相関及び遺伝力が高いことが明らかとなった。同時に、場内と現地選抜圃場で耐病性の反応に差が生じることも示され、関与ウイルス系統を十分把握する必要があることがわかった<sup>10)</sup>。他の交配組合せによる調査からも耐病性の遺伝が量的遺伝子に支配されることが示唆された<sup>25)</sup>。

また、圃場抵抗性品種「ツルコガネ」、「ツルムスメ」の育成経過も初期世代における選抜の有効性を示すものと考えられた<sup>4,16,25)</sup>。

主要品種の圃場検定の結果、発病度の増加に比例して、子実重は減少した。接種検定の結果、ウイルス系統に対する反応に品種間差がみられ、矮化系統より黄化系統、弱毒系統より強毒系統による被害が大きかった。「黄宝珠」、「Adams」、「Peking」は比較的抵抗性(relatively resistant)、「白鶴の子」、「コガネジロ」、「ユウヅル」は比較的感受性(relatively susceptible)と判定された。発病度、病徴程度は抵抗性検定の判定基準として有効と考えられた<sup>30)</sup>。

自然感染は稔実莢数、粒数、全重、子実重等の収量関連形質への影響は大きい、主茎長、主茎節数、分枝数、総節数等の形態的形質への影響は小さかった。人工接種ではウイルス系統により異なり、矮化ウイルス系統の接種では収量及び形態の両形質ともに影響が大きく、黄化ウイルス系統は自然感染と類似した反応がみられた。百粒重への影響は両ウイルス系統とも小さく、粒数減少による補償作用と思われた。抵抗性の選抜検定に際しては、収量関連形質を重点的に考慮すれば育種効率は高まると思われた<sup>27)</sup>。

### 3) 抵抗性遺伝資源の探索

ダイズわい化病抵抗性品種の探索は1966年より中央農試圃場で、1978年より現地選抜圃場で開始し、現在までの30年間で延べ4,100品種余りが供試された。農林省農業技術研究所、道立十勝農試等より国内及び国外の大豆品種の分譲を受けた他、当試験地が北海道中南部及び東北地方で収集した在来種も供試して探索を進めた。第1期の成果として1981年までの16年間に約3,100品種のなかから自然感染により発病率の低い24品種が検出され<sup>29)</sup>、人工接種による確認を経て、発病はするが被害程度の小さい16品種を耐病性品種と判定した<sup>25)</sup>。このなかには、圃場抵抗性の母本として育種事業に利用されている「Adams」、「黄宝珠」、「Bavender special 7」等が含

まれている。

第II期の成果として1982年から1995年までの14年間に現地選抜圃場に供試した約1,000品種のなかから発病率の低い17品種を「黄宝珠」、「ツルコガネ」並みの圃場抵抗性をもつと判定した<sup>2)</sup>。その特性を表に示した。導入地域別にみると中国、韓国の品種が多かった。ただし人工接種による確認は行っていない。中央農試では「吉林15号」等5品種を交配母本として利用してきた。以上、30年間で圃場抵抗性の33品種が探索され一部は育種に利用されている。今後は遺伝的背景の差異の検討、真性抵抗性遺伝資源の探索、高度圃場抵抗性品種の開発が必要である。

## 5 ダイズ茎疫病に関する試験

1971年からの稲作転換対策に始まる米の生産調整により転換畑での大豆作が増加したため、1981年から「転換畑向け大豆耐湿性品種の育成試験」が開始された。場内転換畑で湛水処理を行い、これまでに約2,100品種系統のなかから140点を耐湿性強と判定した。このなかには転換畑で発生の多いダイズ茎疫病抵抗性のもも含まれている。ダイズ茎疫病は日本で初めて1977年に道東の転換畑で発生が確認されて以来、数年で全道各地の転換畑に広く発生し問題となってきた。そこで、1985年から1993年にかけて道立上川農試病理部門との連携により、

「転換畑におけるダイズ茎疫病の防除対策確立試験」を実施し、成績の一部は1989年度指導参考事項に採択された(ダイズ茎疫病菌のレースの分布と品種の抵抗性、道立上川農試病虫害学部・道立中央農試畑作第一科)。病原菌の同定、道内レース群の分布及びレース群は4種に統合でき主要なのはI、IIであることなどがわかった。さらに抵抗性品種探索を242品種系統について行い、各レース群に対する品種系統の反応が明らかとなった。当試験地育成品種では「ツルコガネ」及び「ユウヅル」がレース群Iに抵抗性、他の品種は4群ともに感受性であった。主要レース群I、IIに対する抵抗性の遺伝解析により抵抗性は優性1対の遺伝子に支配されていると推定された<sup>1)</sup>。これらの成果をもとに当試験地では1996年より道立中央農試病理部門の指導を得て、茎疫病抵抗性品種育成に向けて育成系統の幼苗接種検定を開始した。

## 6 今後の展望

現在、道央・道南地域は北海道の大豆作付け面積の約39%を占め(1996)、極大粒白目、黒大豆、納豆用小粒種等の高品質特定用途大豆の主産地を形成している。加えて、道央の畑作地帯を中心に機械化収穫が普及しつつある。現地農家や関係機関からは耐病虫性の付与や高品質化、省力化への要望は以前にも増して強い。

1994年より国研プロジェクト；DNAマーカー選抜育

表2 新たに探索された抵抗性品種の特性(ダイズわい化病現地選抜圃、1982~1995)

品 種 名	導入先	山 来	種皮色	脐色	粒大	わい化病	
						発病率(%)	年次
PI 291311B	米国	中国黒竜江省	黄	黄	中の小	9.8 (19.6)	I
PI 304218	米国	Taichung Green (中華民国)	黒	黒	極小	4.1 (19.6)	I
Suwon #63	韓国	不明(九州大学保存)	黄白	極淡褐	小	0.0 (16.6)	II
AN GE BURI	韓国	不明(九州大学保存)	黄白	黄	中の小	7.5 (16.6)	II
HEUK DAE DU	韓国	不明(九州大学保存)	黄	淡褐	中	8.9 (16.6)	II
OU DU	韓国	不明(九州大学保存)	黒	黒	小	3.7 (16.6)	II
KLS 125-2	韓国	不明(九州大学保存)	黄白	黄	中の小	5.0 (16.6)	II
KLS 805-1	韓国	不明(九州大学保存)	黄白	極淡褐	小	4.0 (16.6)	II
KLS 805-3	韓国	不明(九州大学保存)	黄白	褐	小	4.9 (16.6)	II
吉林8号	中国	小金黄1号×紫花豆	黄白	淡褐	小の大	5.8 (10.4)	III
吉林15号	中国	一窩蜂×吉林5号	黄	黄	中の小	7.5 (13.3)	IV
中国産-6	中国	不明(十勝農試保存)	黄白	淡褐	小の大	4.6 ( 6.3)	V
水黒紅	中国	吉林省在来(十勝農試保存)	黄	淡黒	中の小	2.3 ( 6.3)	V
中勝1号	中国	不明(十勝農試保存)	黄白	褐	小の大	3.7 ( 6.3)	V
青豆	中国	黒竜江省(十勝農試保存)	緑	褐	小の大	3.9 ( 6.3)	V
L 251	東北	一ノ関在来	黄	黄	極小	9.9 (16.7)	VI
メチタ	ロシア	沿海地方(共同研究)	黄白	黄	小の大	12.8 (19.2)	VII

注1) 試験年次 I: 1982~1983, II: 1983~1984, III: 1989~1990, IV: 1983~1984, 1986, 1989~1991, 1993~1994, V: 1993~1994, VI: 1988~1991, VII: 1990~1991, 1994

2) 発病率は試験年次の平均値。( )は対応する年次の「ツルコガネ」(抵抗性強)の平均値。

種に参画し「DNA マーカーによるダイズの耐病性選抜技術の開発」課題を道立中央農試生物工学部とともに分担している。現在までに、同一連鎖群に属する3つのマーカーが探索され、わい化病抵抗性に関して大きな作用力をもつ遺伝子の存在が推定された<sup>9)</sup>。1997年にはマーカーによる選抜効果の評価を行う予定である。

新育種技術の開発を進めるとともに1995年には現行のわい化病現地選抜圃の面積拡大(胆振支庁伊達市)、1996年にはシスト線虫現地選抜圃の新設(檜山支庁厚沢部町)を行い、初期世代の耐病虫性選抜を強化中である。前述の茎疫病検定のルーチン化とあわせ、耐病虫性に関する複合抵抗性品種開発を目指している。寒地向き煮豆、納豆用の高加工適性品種・系統の育成に関する国研プロジェクト研究にも参画することで、品質・加工適性の選抜評価技術の高度化も進めながら育種目標に沿った新品種開発を加速したい。

## 7 引用文献

- 1) 足立大山・土屋貞夫・番場宏治・鈴木和織(1991)。ダイズ茎疫病抵抗性品種の探索と抵抗性の遺伝解析。北農。58(4): 40-44。
- 2) 番場宏治・松川勲・谷村吉光・足立大山・鈴木和織・後木利三・森義雄・古川勝弘(1988)。だいでず新品種「スズマル」の育成について。北海道立農試集報。58: 55-69。
- 3) 番場宏治・谷村吉光・松川勲・後木利三・森義雄・千葉一美(1982)。だいでず新品種「コマムスメ」の育成について。北海道立農試集報。48: 85-94。
- 4) 番場宏治・谷村吉光・松川勲・後木利三・森義雄・千葉一美(1985)。だいでず新品種「ツルコガネ」の育成について。北海道立農試集報。52: 53-64。
- 5) 千葉一美・諏訪隆之(1970)。ダイズ矮化病による大豆の生育および収量について。北農。37(1): 10-20。
- 6) 土居養二・木村登・与良清・明日山秀文(1968)。北海道の大豆矮化病(異常生育)の茎葉から見出されたウイルス粒子について。日植病報。34: 375。
- 7) 香川寛・那須曠正・佐藤久六・柳田雅芳(1975)。ダイズ矮化病の発生と減収実態 第1報。東北農業研究。16: 112-115。
- 8) 紙谷元一・木口忠彦・高宮泰宏・白井和栄(1996)。大豆のダイズわい化病抵抗性に関するRAPDマーカーの探索。育種。46(別2): 74
- 9) 木幡寿夫(1968)。大豆「白鶴の子」にみられる萎縮状生育異常障害について。北農。35(12): 30-43。
- 10) 松川勲・谷村吉光・森義雄・後木利三(1977)。ダイズ矮化病抵抗性の育種的研究 II 雑種世代の抵抗性に関する一考察。北海道立農試集報。37: 11-16。
- 11) 御子柴義郎(1992)。東北地方におけるダイズわい化病の多発要因。植物防疫。46: 401-404。
- 12) 御子柴義郎・藤澤一郎・藤田靖久・梶和彦(1990)。東北地方におけるダイズわい化病発生地域の拡大。北日本病虫研報。41: 58-59。
- 13) 御子柴義郎・藤澤一郎・本多健一郎(1991)。東北地方における畦畔シロクロバのダイズわい化ウイルス保毒実態。北日本病虫研報。42: 31-33。
- 14) 御子柴義郎・藤澤一郎・本多健一郎(1991)。ダイズわい化ウイルス(SDV)のエンドウヒゲナガアブラムシ伝搬系統。日植病報。57: 448。
- 15) 水越亨(1992)。十勝地方の牧草地におけるラジノ型シロクロバのダイズわい化ウイルス2系統の保毒割合。北日本病虫研報。43: 59-60。
- 16) 中村茂樹・番場宏治・松川勲・谷村吉光・足立大山・鈴木和織(1991)。ダイズ新品種「ツルムスメ」の育成について。道農試集報。63: 71-82。
- 17) 小川勝美・鈴木敏男・武田真一(1984)。岩手県におけるダイズわい化病の発生分布と防除効果。北日本病虫研報。35: 50-52。
- 18) 諏訪隆之・千葉一美(1969)。大豆萎縮状異常生育(仮称)に関する研究——大豆萎縮状異常生育(仮称)の発現とその原因の解明——。北海道立農試集報。19: 47-58。
- 19) 諏訪隆之・森義雄・千葉一美・谷村吉光・砂田喜与志・志賀義彦(1972)。大豆新品種「ユウヅル」の育成について。北海道立農試集報。25: 59-69。
- 20) 高宮泰宏・白井和栄・鴻坂扶美子(1995)。多発地におけるダイズわい化病抵抗性品種の探索。育種・作物学会北海道談話会会報。36: 104-105。
- 21) 玉田哲男(1975)。ダイズ矮化病に関する研究。北海道立農試報告。25: 1-144。
- 22) 玉田哲男・後藤忠則・千葉一美・諏訪隆之(1968)。ダイズ矮化病について。日植病報。34: 368。
- 23) 玉田哲男・後藤忠則・千葉一美・諏訪隆之(1969)。ダイズ矮化病。日植病報。35: 252-285。
- 24) 谷村吉光・番場宏治(1985)。ダイズ矮化病抵抗性の育種的研究IV 北海道および東北地方北部のラジノクロバにおけるダイズ矮化病ウイルス保毒率について。北海道立農試集報。52: 85-93。
- 25) 谷村吉光・番場宏治(1987)。ダイズわい化病耐病性育種。小島睦男(編)。我が国におけるマメ類の育種。

- 農林水産省農業研究センター，65-92。
- 26) 谷村吉光・番場宏治 (1987)，ダイズ矮化病抵抗性の育種的研究Ⅴ 大豆品種「ツルコガネ」の抵抗性程度。北海道立農試集報，56：83-92。
- 27) 谷村吉光・松川勲・番場宏治 (1984)，ダイズ矮化病抵抗性の育種的研究Ⅲ 自然感染および人工接種による感染が大豆の諸形質におよぼす影響。北海道立農試集報，51：95-104。
- 28) 谷村吉光・松川勲・番場宏治・後木利三・森義雄・千葉一美 (1982)，だいず新品種「フクナガハ」の育成について。北海道立農試集報，47：57-65。
- 29) 谷村吉光・松川勲・千葉一美・番場宏治 (1982)，ダイズわい化病抵抗性品種の探索。北海道立農試資料，13：1-119。
- 30) 谷村吉光・玉田哲男 (1976)，ダイズ矮化病抵抗性の育種的研究Ⅰ 抵抗性の品種間差異。北海道立農試集報，35：8-17。
- 31) 谷村吉光・後木利三・森義雄・松川勲・千葉一美 (1981)，だいず新品種「ユウヒメ」の育成について。北海道立農試集報，45：70-78。

## 5. 小豆の耐性育種の成果と展望

村田吉平\*

### 1. 指定試験地の設置と耐性育種

北海道における小豆栽培は、明治初期の北海道の開拓に始まり、換金作物として栽培された。当初は主に石狩、胆振地方の道央で作付けされていたが、道東の開拓が進むに従い、主産地は十勝地方に移った。北海道立十勝農業試験場（以下、十勝農試）における小豆の品種改良は1895年（明治28年）の十勝農事試作場の設置に始まる。当時は、開拓者の出身地等の在来種が導入され、収穫可能であったものが栽培されていた。第二次世界大戦までの小豆の品種改良は主に、これらの在来種からの品種選定、純系選抜であった。大戦中は小豆は食糧作物でなかったことから、十勝農試での品種育成は中止され、戦後、北海道での小豆の栽培面積の増加にともない1952年（昭和27年）に道費による品種育成試験が再開された。1959年（昭和34年）に在来種から「宝小豆」が選定された。また、1954年（昭和29年）からは、交雑育種が開始され、「光小豆」他3品種が育成された。1961年（昭和36年）には全国で14万ha以上作付けされていた小豆の面積は1960年代後半には、10万ha以下となり、このうち北海道が約50%を占め、主産地の十勝地方での安定生産が要望されていた。一方、十勝地方では、1950年代から1960年代にかけて冷害による不作が続き、更に小豆の過作による土壌病害（アズキ落葉病）の発生が顕在化した。このような背景から、小豆の育種体制を強化するため、十勝農試に1973年（昭和48年）に指定試験地が設置された。育種目標は当初、「良質多収耐冷性、早生多収及び大粒多収品種育成」に定められ、1976年（昭和51年）に耐病性品種の育成が育種目標に加えられた。1993年（平成5年）には、「寒地、寒冷地向け高品質、耐冷性、病虫害抵抗性、機械化適性品種の育成」となった。このように小豆育種における耐性育種は①耐冷性 ②耐病性の2つで、耐病性育種は北海道における小豆の重要病害のアズキ落葉病 (*Phialophora gregata*)、茎疫病 (*Phytophthora vignae*) および萎凋病 (*Fusarium oxysporum f.sp adzukiicola*) の土壌病害が中心である。

### 2. 研究経過と成果

#### 1) 小豆の耐冷性育種

十勝地方の平年並の気象条件では、本州に比べて病虫害の被害も少なく、収穫の秋の天候も良好なことから、平年の気象条件では小豆の栽培に適している。しかし、十勝地方は地勢的に約4年に1回の冷害、10年に1回の大冷害に見舞われる。

表1に過去102年間で十勝地方の小豆の収量が対平年比が70%以下の年次とその時の帯広市の6～9月の平均気温を示した。これから、十勝地方における冷害年での小豆の収量の減収が大きく、最近では、1983年、1993年が平年比が僅か14%、または44%であった。また、冷害年の帯広市の6～9月の平均気温はほとんどが17℃以下で16℃前後となった場合、壊滅的な被害であることが分かる。

十勝農試における小豆の耐冷性研究は1966年の冷害を契機に農民の寄付で十勝農試に新設された「低温恒温室」に始まり、更に1964年の大冷害後、1966年、日本豆類基金協会の寄付による「低温育種実験室」の設置で研究は拡充された。この施設を使って①耐冷性検定方法、②耐冷性の母本の探索と品種間差異、③冷害機構の解明と冷害防止技術、④育種選抜等の試験が実施された<sup>22)</sup>。この結果、選抜された耐冷性母本から「ハヤテショウズ」<sup>25)</sup>、「エリモショウズ」<sup>29)</sup>が育成された<sup>29)</sup>。

図1に「ハヤテショウズ」「エリモショウズ」の系譜、表2に十勝農試の生産力検定試験でそれぞれの対照品種である「茶殻早生」「宝小豆」と共通して供試されて1977～1989年の13か年平均値を示した。系譜の「蔓小豆」「剣-3」「斑小粒系-1」（「斑小粒系-1」の種皮色は地色が赤色の黒斑紋である）は低温育種実験室で耐冷性が高いと判断されたものである。両品種の育成では耐冷性が高いことが確認されたのはいずれも生産力検定予備試験に供試された年が偶然、冷害年であったことによる。この2品種は表2から対照品種より約10%の多収性となっている。2品種での耐冷性の向上を帯広市の6～9月の平均気温と十勝農試での生産力検定試験成績の子実重の関係で図2-1～6に示した。平均気温との関

\*北海道立十勝農業試験場  
小豆育種指定試験地



係は2次曲線で近似した。但し、分析に使用したデータは干ばつ年を除き、試験供試年数は品種で異なる。図2-5、図2-6に示した4品種の平均気温との関係から、「ハヤテショウズ」「エリモショウズ」は対照品種より耐冷性が向上し、特に、「エリモショウズ」が優れていることがわかる。この温度-収量の関係式では17°C以下での

表1 十勝地方の冷害年の小豆収量、対平年比と帯広市の6~9月の平均気温

年次	当年収量 kg/10a	平年収量 kg/10a	対平年比 %	6~9月平均気温 °C
1902	56	122	46	15.8
1908	95	117	81	16.7
1912	65	116	56	16.2
1913	20	115	17	15.3
1919	103	120	86	17.8
1920	85	127	67	18.5
1923	69	117	59	17.1
1926	42	106	40	16.8
1931	46	129	36	16.9
1932	29	111	25	16.7
1934	53	116	46	17.0
1935	23	98	23	16.7
1936	83	80	104	17.8
1940	56	108	52	17.0
1941	4	87	5	16.4
1945	47	113	42	16.0
1947	58	95	61	17.4
1953	75	123	61	17.7
1954	34	116	29	16.4
1956	45	127	35	17.1
1964	18	145	12	16.1
1966	36	140	26	16.8
1971	51	109	47	16.7
1976	86	146	59	17.0
1980	94	166	56	16.9
1981	116	150	78	16.9
1983	14	155	9	15.8
1993	44	202	22	16.1

注1) 平年収量は前7か年中最高と最低収量を除いた5か年平均。

2) 対平年比70%以下を列挙した。太字は大冷害年を示す。

3) 帯広市の6~9月の平均気温は(日最高気温+日最低気温)/2。

減少が大きい。17°C以下の年次は、初霜害を防ぐため、いずれも10月始めに未成熟で収穫された年である。

「ハヤテショウズ」は、早生、多収品種であったことから昭和51年(1976)の育成後、それまでの「茶殻早生」、「宝小豆」の一部に置き替り、一時小豆栽培面積の33%以上を占めた。しかし夏季高温であった1978、1979年に小粒化・過熟粒が多発し、品質が劣ったため、その後栽培は激減した。1989年に育成された「サホロショウズ」<sup>2)</sup>は、過熟粒の発生が少なく子実が大きい早生種であり、現在は「ハヤテショウズ」に置き替って栽培されている。

「エリモショウズ」は、1981年の育成後3年目に栽培面積が1万4千haを超え、「宝小豆」に置き換り、急速に普及した。表3に指定試験地となった1973年と1995年の北海道における小豆品種の作付割合を示した。「エリモショウズ」は耐冷、良質、多収性であることから、現在北海道の小豆栽培面積の約85%を占める主要品種となっている。「エリモショウズ」は「道産豆類地帯別栽培指針」<sup>3)</sup>で早生、中生品種の栽培地帯として区分されている十勝地方でも98%の作付となっている。これは、図2-6に示すように「エリモショウズ」の収量性が低温年でも早生品種より高く、近年十勝地方の初霜が遅くなっている傾向が見られることから、中生の「エリモショウズ」が優位になっていることによる。十勝地方では「エリモショウズ」の普及により、収量性が大きく向上した。図3に示すように十勝地方の小豆の収量と帯広市の6~9月の平均気温の関係をみると1945年以降を大きく3期に分けることができる。「エリモショウズ」の普及が進んだ1983年以降は、50%以上平均10a当り収量が増加している。この要因は前述の「エリモショウズ」の耐冷、多収性と多くの小豆栽培農家が落葉病の発生を押さえるため小豆を6年以上の長期輪作で栽培するようになったことによると推察される。耐冷性育種は「エリモショウズ」の育成と普及により、それ以前より、一段階の進歩があったといえる。

2) 小豆の耐病性育種

北海道における小豆の重要病害は、前述のアズキ落葉病、茎疫病及び萎凋病の土壌病害である。落葉病は1970

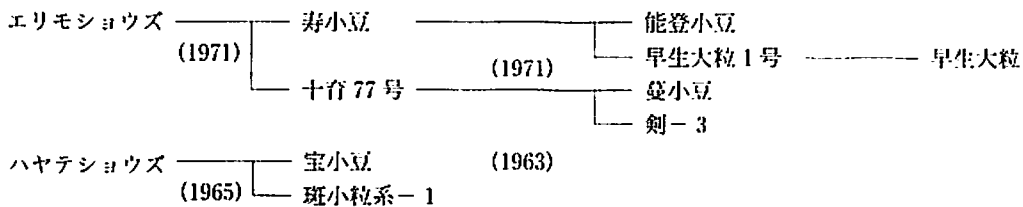


図1 ハヤテショウズ、エリモショウズの系譜 (図中の数値は交配年次、以下同じ)

表2 ハヤテショウズ, エリモショウズの子実重検定試験成績 (1977~1989年)

品 種 名	開花期	成熟期	倒伏	主茎長	主茎	分枝数	莢数	一莢	総重	子実重	比較比	百粒重	品質
	月日	月日	程度	cm	節数	/株	/株	粒数	kg/10a	kg/10a	%	g	(検査等級)
ハヤテショウズ	7.29	9.14	1.2	51	12.2	3.3	45	6.20	418	260	110	12.5	3下
茶殻早生	8. 1	9.13	0.4	41	11.7	2.9	40	6.66	372	237	100	12.1	3中
エリモショウズ	8. 1	9.19	1.5	54	12.6	3.2	43	6.35	466	287	112	13.6	3中
宝小豆	8. 2	9.20	1.7	59	13.3	3.2	41	6.63	433	257	100	12.3	3中

注) 成熟期, 品質は未成熟年を除く10か年平均値で示す。

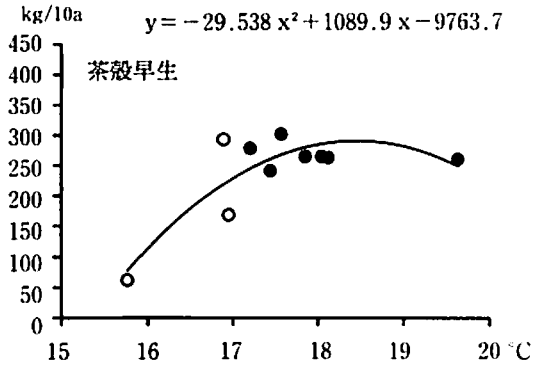


図2-1 平均気温と茶殻早生の子実重の関係

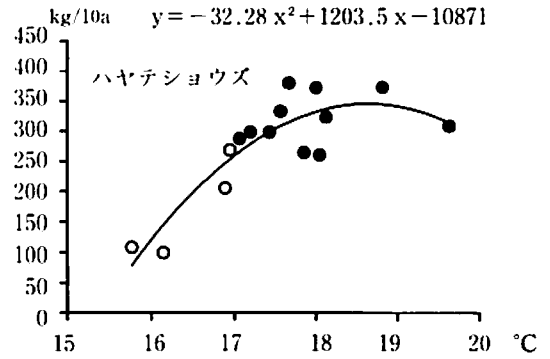


図2-2 平均気温とハヤテショウズの子実重の関係

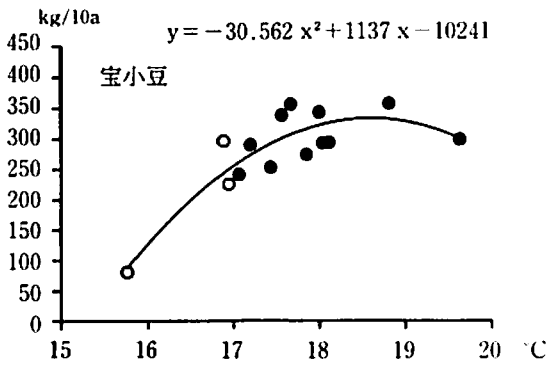


図2-3 平均気温と宝小豆の子実重の関係

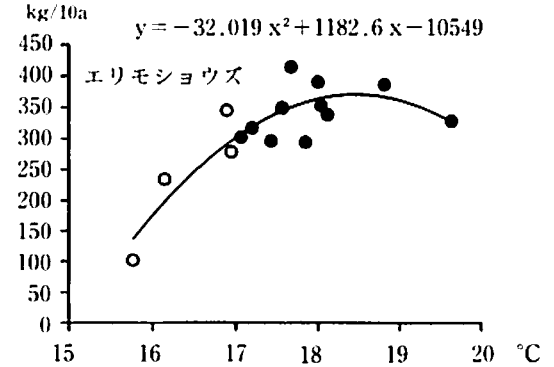


図2-4 平均気温とエリモショウズの子実重の関係

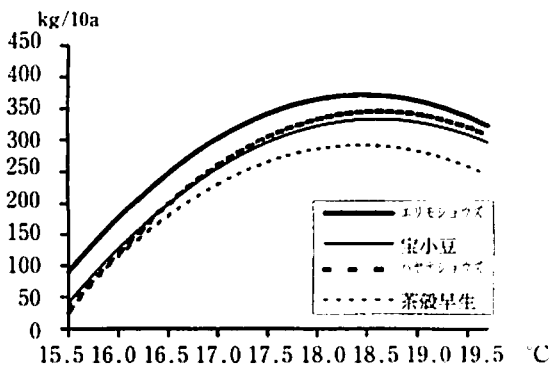


図2-5 平均気温と小豆品種の子実重の関係(関係式)

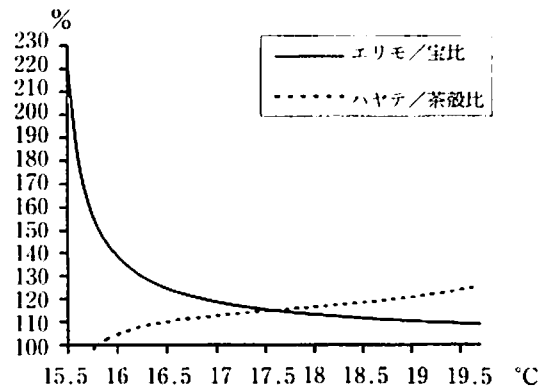


図2-6 平均気温と小豆品種の収量比(関係式)

図2 平均気温と育成品種の収量性の関係(気温は帯広市の6~9月の平均気温)

表3 1973年と1994年の北海道の小豆品種別作付面積

年度	順位	品種名	面積	比率	年度	順位	品種名	面積	比率
1973	1	宝小豆	35,024	56.0	1994	1	エリモシヨウズ	29,445	86.6
	2	寿小豆	7,005	11.2		2	アカネダイナゴン	2,478	7.3
	3	茶殻早生	6,916	11.1		3	サホロシヨウズ	624	1.8
	4	暁大納言	3,567	5.7		4	きたのおとめ	290	0.9
	5	早生大粒1号	1,905	3.1		5	寿小豆	264	0.8
	6	光小豆	564	0.9		6	アケノワセ	152	0.4
	7					7	カムイダイナゴン	83	0.2
	8					8	ハツネシヨウズ	38	0.1
	9					9	ホッカイシロシヨウズ	22	0.1
	10					10	宝小豆	15	0.0
その他			7,530	12.0	その他			659	1.9
計			62,511		計			34,000	

(北海道農政課畑作課調査)

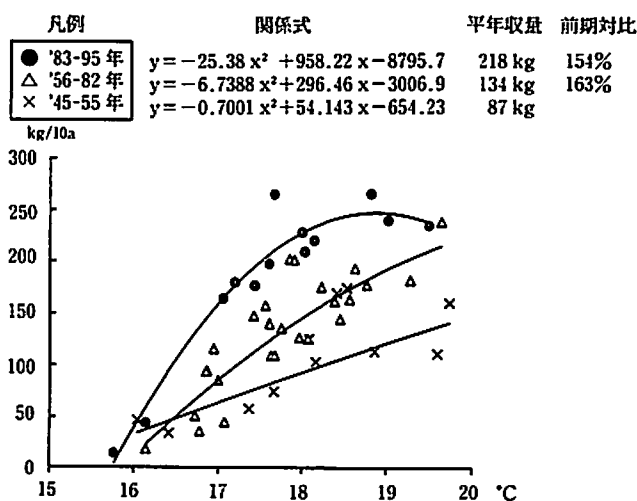


図3 帯広市の6-9月の平均気温と十勝の小豆の平均収量(1945-1995年)

年前後から十勝地方を中心に多発し<sup>2)</sup>、その後、全道で発生している。一方、茎疫病<sup>14)</sup>、萎凋病<sup>5)</sup>は上川、道央地方で1970年代中頃より、水田転換畑で発生し、小豆の減収要因となった。これらの病害に対する有効な耕種的防除方法がなかったため、十勝農試では1976年から落葉病<sup>12)</sup>、<sup>13)</sup>、更に1981年から茎疫病、1988年から萎凋病に対する抵抗性育種を開始した。

耐病性育種では、①抵抗性母本の探索 ②検定方法の確立 ③選抜圃の設置が重要となる。抵抗性母本の探索では保存品種数が重要な点であるが、1973年の指定試験が設置された当時の保存品種数は圃場で増殖可能な308品種で、北海道の在来種が半数以上であった。しかし、1976年の落葉病抵抗性育種の開始で、抵抗性母本の収集が必要となった。また、1983年には、短日処理装置を持つ温室が設置され、極晩生品種の少量増殖が可能になっ

た。このため、国内各地および韓国<sup>17)</sup>、台湾、ネパール、ブータン等から遺伝資源が収集され、現在の保存数は約2,800となっている<sup>33)</sup>。抵抗性母本探索試験は、落葉病が十勝農試<sup>11)</sup>、茎疫病は上川農試、萎凋病は中央農試で実施された。試験は落葉病では罹病株の投与による多発選抜圃を設け、茎疫病、萎凋病は土屋<sup>15)</sup>または近藤<sup>6)</sup>が確立した幼苗検定法または多発選抜圃でおこなわれた。現在まで、落葉病は約800点、茎疫病は約1150点、萎凋病は約100品種が検定され、それぞれ抵抗性の母本が見いだされている。

1985年に落葉病抵抗性・中生品種「ハツネシヨウズ」<sup>3)</sup>、1992年に稲作転換畑が多い上川、道央向け落葉病・茎疫病抵抗性・早生品種「アケノワセ」<sup>9)</sup>、1994年に耐冷、良質、落葉病・萎凋病抵抗性・中生品種「きたのおとめ」<sup>20)</sup>が育成された。図4にこれらの品種の系譜を示した。「ハツネシヨウズ」は前述の早生・耐冷性「ハヤテシヨウズ」を母に韓国から導入された極晩生の落葉病抵抗性の「赤豆」の組合せから育成された。この組合せは落葉病が冷害年に多発する傾向にあるため、早生の落葉病抵抗性品種育成を目指したものである。しかし、本品種は、全道で1,020 haまで普及したが、耐冷性、品質等で「エリモシヨウズ」より劣るため栽培面積は漸減している。「アケノワセ」の組合せは「落葉病抵抗性、大粒」を育種目標に「ハツネシヨウズ」の姉妹系統である「十系276号」に大粒の「十育106号」を交配したものである。本品種の落葉病抵抗性は初期世代から十勝農試選抜圃で個体選抜されたが、茎疫病抵抗性は育成途中で「十育106号」が茎疫病抵抗性であることが明らかになったため(育成系統「2020」「2025」は茎疫病抵抗性品種「寿小豆」と同じ組合せ、「2020」「能登小豆」が抵抗性)、生産力検定予備試験で上川農試の茎疫病検定選抜圃場に供試し、抵抗

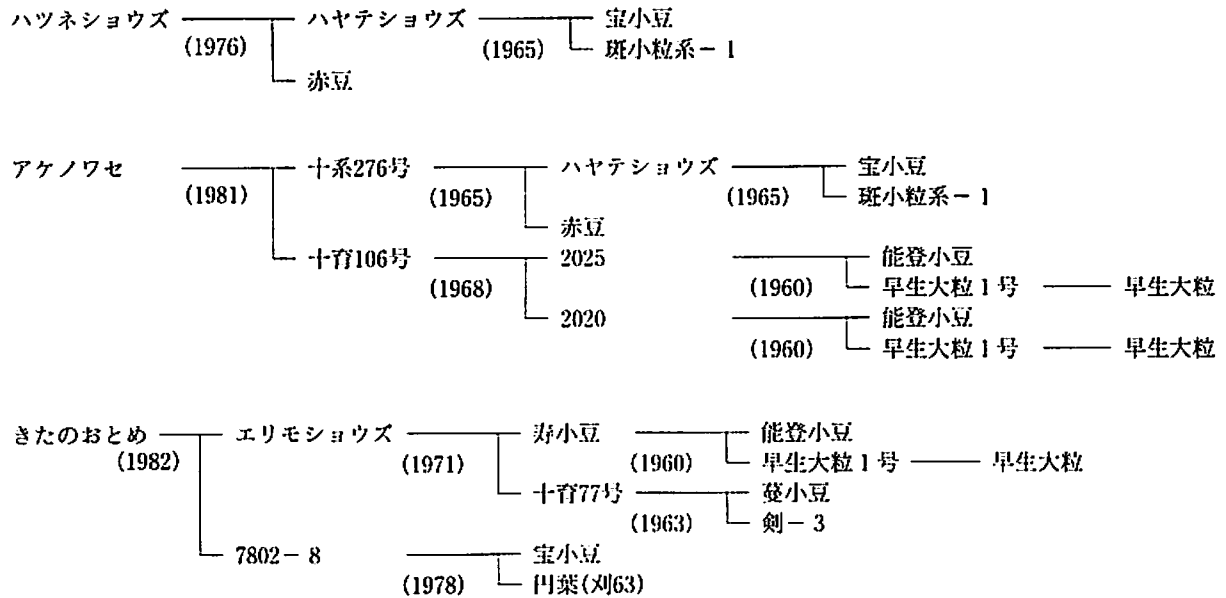


図4 ハツネショウズ、ケノワセ、きたのおとめの系譜

性が確認されたものである。本品種は当初、上川地方での作付け増加が期待されたが、①北海道の小豆作付けの大部分を占める「エリモショウズ」と品質が異なる ②萎凋病抵抗性がない ③茎疫病の多発圃では、本品種の抵抗性では不十分 等の理由で作付けが伸びていない。「きたのおとめ」は「ハツネショウズ」の欠点を補うため、「エリモショウズ」を母に落葉病抵抗性系統を交配した後代より育成された。本品種は「アケノワセ」と同様、育成の途中で、落葉病抵抗性の母本として使われている東北農試刈和野試験地から導入された「円葉 (刈63号)」が萎凋病抵抗性であることが判明したことから、予備選抜試験で中央農試での萎凋病検定試験に供試し、2病害抵抗性品種として育成された。

「きたのおとめ」は、ほぼ「エリモショウズ」並みの耐冷性、良質性をもつことから、今後の普及が期待される。

小豆の耐病性育種では、最初の抵抗性品種が育成されるまで育種が開始されてから落葉病抵抗性品種で10年、茎疫病抵抗性品種が11年、萎凋病抵抗性品種が6年の歳月を要している。萎凋病で、短期間の育成が可能であったのは、選抜にあたっての病理部門の協力と萎凋病抵抗性が落葉病抵抗性と強連鎖<sup>9)</sup>であったことによる。

### 3. 将来展望

現在の我が国における小豆の年間消費量は約11万tで、北海道産は4～9万tで変動が大きい。小豆の作付面積は本州での減少が著しく、現在全国では約5万ha、北海道は約33千haである。平成5年の北海道での小豆の

不作に伴う価格の暴騰とガットウルグアイラウンド合意に基く小豆の輸入関税化により、実需者間では小豆の供給基地を海外に求める動きが強まっている。今後、国内の小豆の作付が増えることが期待できないことから、北海道での高品質小豆の安定供給が強く要望されている。このため、小豆の新品種育成では現在の高品質を維持しつつ、耐冷性を一層向上させ、北海道での減収要因となっている小豆の土壤病害(落葉病、茎疫病、萎凋病)抵抗性を合わせ持つ品種の育成が必要である。

耐冷性については、小豆の良質、多収、耐冷性品種「エリモショウズ」の普及により、冷害年の収量性が110～120%向上した。しかし、1983年、1993年の極低温年では減収程度が大きい。兩年の冷害の特徴と低温育種実験室を使った実験から、①小豆の冷害はオホーツク海高気圧による1か月程度長期の低温が継続した場合、被害が大きくなりその発生時期により、被害の現れ方が異なる<sup>29)</sup>。②1983年の発芽直後の長期の低温に対する耐冷性には品種間差があり、その検定方法が確立された<sup>29)</sup>、<sup>30)</sup>。③1993年のような開花期前後の低温による稔実障害は、開花前15～20日の低温が花粉稔性に大きく影響し、開花当日の低温の受粉、受精に対する影響は小さく、「ハヤテショウズ」の耐冷性母本の「斑小粒系-1」は「ハヤテショウズ」より低温による花粉稔性の低下が少ない<sup>8)</sup>、<sup>10)</sup>。④本葉4～5葉期の低温で「ハヤテショウズ」「サホロショウズ」等の早生品種は芯止まりで生育が停止し<sup>16)</sup>、減収することが明らかとなった。

耐冷性品種育成では、多くの育成材料を検定、選抜する手法の確立が必要である。耐冷性が向上した「ハヤテ

ショウズ」「エリモショウズ」の育成は母本の選定は低温育種実験室での検定であった。一方、育成は冷害年の系統選抜の結果による。

現在、耐冷性の選抜に関して2つの試みを実施されている。1つは、十勝農試より2～3℃冷涼で、初霜が遅く、選抜が可能な現地選抜圃の設置である。耐冷性現地選抜圃は1977年から鹿追町(後に落葉病の選抜圃としても利用)、1993年には上士幌町に耐冷性現地選抜圃が設置されたが、この地帯は十勝農試より約1℃程冷涼であるが、やや温暖な年ではほぼ平年並の生育を示し、また初霜も早い地帯で十分な選抜ができなかった。このため、1995年に大樹町の海岸近くに選抜圃を移設した。この地

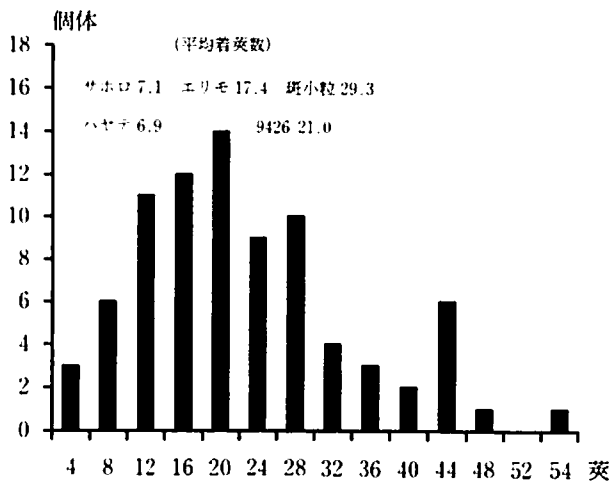


図5 耐冷性現地選抜圃におけるF3集団(9426)の着莢数の度数分布

帯は5月下旬の播種から8月上旬まではやませの影響で気温が低く、小豆の開花始は1995、1996年とも8月10日以降で、1983年、1993年の大冷害年に類似した。また、9月中旬以降は海の影響で内陸の十勝農試より温暖で初霜が10月中旬と遅く、小豆は未成熟であったが耐冷性の選抜が可能であった。図5に1996年の現地選抜圃での「エリモショウズ」×「斑小粒系-1」のF<sub>3</sub>集団の個体当たりの着莢数の分布を示した。F<sub>3</sub>集団の平均莢数は親品種の中間で、芯止まりがみられた「ハヤテショウズ」「サホロショウズ」より、着莢数が4～5倍以上の多い個体も多数あった。これから「ハヤテショウズ」「エリモショウズ」より耐冷性が優る系統の選抜が期待される。他方、小豆を4月中旬にビニールハウスに播種し、生育を促進後、6月中、下旬にハウスを開放し、冷涼な外気を利用して、稔実障害に対する選抜の可能性が平成7年より検討され、2か年とも低温による花粉不稔による着莢障害が確認されている。今後、これらの選抜手法で「斑小粒系-1」の耐冷特性を十分にに取り込み、さらに、本品種が持っている1983年のような発芽直後の長期の低温には弱い特性を改良することで十勝地方で今日まで経験された大冷害でも平年比50～60%の収量性を持つ耐冷性品種の育成が可能であろう。しかし、生育期間の耐冷性が向上しても、小豆の生育期間が温度との関係式で近似できる<sup>31), 32)</sup>ように、冷害年では、生育が遅延し、早い初霜で生育が停止し、大きく減収することも予想される。将来的には、更に冷害年の収量性を向上させるためには、

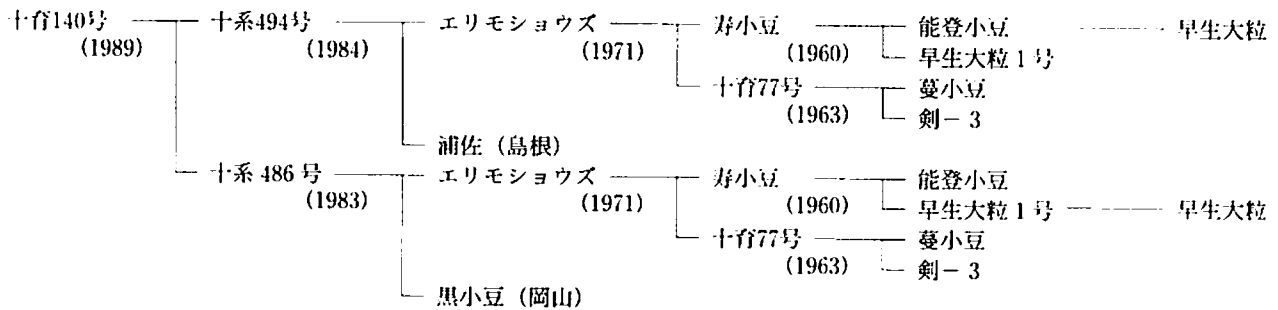


図6 落葉病、疫病、萎凋病抵抗性系統「十育140号」の系譜

表4 「十育140号」の生産力検定試験成績(1996年)

系統名 または 品種名	開花期 月日	成熟期 月日	倒伏 程度	主茎長 cm	主茎 節数	分枝数 本/株	莢数 莢/株	一莢 粒数	総重 kg/10a	子実重 kg/10a	エリモ 比 %	百粒重 g	品質 (検査 等級)
十育140号	8. 1	9.27	0.0	59	11.9	2.7	38	6.83	491	324	100	15.2	2中
アケノワセ	8. 1	9.24	0.0	44	10.4	2.7	51	5.51	409	290	90	15.1	2下
きたのおとめ	7.31	9.27	0.0	49	11.9	2.8	45	6.71	458	324	100	13.9	2上
エリモショウズ	7.31	9.27	0.3	53	12.2	2.1	42	6.58	469	323	100	15.0	2中

防霜<sup>18)</sup>、耐霜性の研究が必要であろう。

耐病性育種での3病害抵抗性品種育成では、図6に現在最も有望な「十育140号」の系譜、表4に1996年の生産力検定試験1年目の試験成績を示した。本系統の耐病性は落葉病・萎凋病抵抗性が「黒小豆(岡山)」、茎疫病抵抗性が「浦佐(島根)」から導入されている。「黒小豆(岡山)」は落葉病抵抗性品種「ハツネショウズ」と落葉病の菌株での反応が異なることで中間母本となった「十系325号」<sup>14)</sup>の抵抗性母本と同じである。「浦佐(島根)」の茎疫病抵抗性は抵抗性が「強」の「寿小豆」より1ランク上の「極強」に分類される<sup>15)</sup>。「十育140号」が本年(1996年)のやや冷涼な気象条件でも「エリモショウズ」と同程度の収量性を示したことから、ほぼ「エリモショウズ」の特性を取り込めたと思われる。本系統の耐病性選抜は、落葉病抵抗性が初期世代から十勝農試での多発圃で選抜され、茎疫病、萎凋病抵抗性は予備選抜試験以降の上川農試および北大での特性検定で明らかになったものである。「十育140号」は今後、加工適性、現地試験を経て、新品種候補として検討される可能性が大きい。

「十育140号」の育成で3病害抵抗性系統の育成は達成されるが、本年、落葉病について茎疫病、萎凋病と同様にレースの存在が十勝農試の落葉病選抜圃で確認され、「十育140号」や「きたのおとめ」の抵抗性が有効でないことが明らかとなった<sup>21)</sup>。

表5に1996年に試験供試された普通小豆の育成材料100組合せの母本を示した。図1に示した「エリモショウズ」の母本となっている「蔓小豆」他3品種の共通組合せ数が80組合せであることから供試材料の80%が「エリモショウズ」を使った組合せであることを示している。また、耐病性の母本として落葉病13品種、茎疫病6品種が使われ、落葉病抵抗性母本はほとんど萎凋病抵抗性であることが確認されている<sup>6)</sup>。また、茎疫病抵抗性母本ではAcc番号は韓国から導入されたもので、抵抗性は「浦佐(島根)」と同じ極強<sup>19)</sup>である。

このことから、普通小豆では当面は「エリモショウズ」に耐病性を付加した品種の育成が主となる。

表6に今後育成される品種の目標として具備すべき耐性を普及地帯別に示した。耐冷性については、道南地帯が冷害年ではやませの影響で冷涼となる場合が多いことから、IV(中・晩生種地帯)でも必要な耐性とした。耐病性では、落葉病抵抗性はすべての地帯で必須とし、茎疫病、萎凋病は発生地帯を考慮した。これらの目標を達成するためには耐冷性品種育成では、現在の2つの選抜方法を有効に活用し、1ランク上の耐冷性品種育成を目指すとともに、低温育種実験室を利用した「斑小粒系-1」

表5 1996年の小豆育種試験に供試した育成材料に使用されている母本種類と組合せ数

区別	品種名	組合せ数
良質・多収・ 耐冷性等	早生大粒1号	90
	蔓小豆	80
	剣-3	80
	宝小豆	72
	斑小粒系-1	57
	茶殻早生	47
	清原春小豆	25
	不詳 <sup>13)</sup>	12
	紅(M14)	11
	美甘大納言	9
	中国在来1	4
	小豆早生系-4	3
	北育3号-1	3
	Acc 843	2
	Acc 175	2
	小豆(M2)	1
	小豆64-2	1
	Acc 1250	1
	早生大粒(W14)	1
	小豆(日試)(W2)	1
	Acc 910	1
落葉病抵抗性	円葉(刈63)*	53
	黒小豆(岡山)*	19
	丸葉(刈68)*	15
	小長品-10*	13
	赤豆*	8
	Acc 1238*	6
	Acc 86	5
	Acc 385?	2
	Acc 239*	2
	Acc 33*	2
	Acc 422*	1
Acc 349*	1	
Acc 62*	1	
茎疫病抵抗性	能登小豆	87
	浦佐(島根)	24
	Acc 830	6
	Acc 787	1
	Acc 826	1
	Acc 820	1

注) 落葉病抵抗性の\*印は萎凋病にも抵抗性である。?は不明。無印は罹病性。

以上の耐冷性品種探索を進める必要があろう。一方、落葉病、茎疫病、萎凋病の耐病性品種育成では、「十育140号」の育成で今後育成される系統の多くは3病害抵抗性を持つことが要求される。しかし、現在、茎疫病、萎凋病では幼苗検定による育成系統の検定は可能であるが、初期世代の個体選抜の体制(選抜圃の設置)が整っていない。また、3病害ともレースの存在が確認されているが、抵抗性母本として探索された品種の反応、遺伝的差異、遺伝様式も十分明らかでない。耐性育種では有効な



表6 小豆の耐性育種で今後具備すべき特性

地帯区分	耐冷性	落葉病	茎疫病	萎凋病
I-1 (早生種地帯：道東)	◎	◎	-	-
-2 (早生種地帯：道央、道北)	○	◎	◎	◎
II-1 (早・中生種地帯：道東)	◎	◎	○	-
-2 (早・中生種地帯：道央、道北)	△	◎	◎	◎
III (中生種地帯)	△	◎	◎	◎
IV (中・晩生種地帯)	○	◎	○	△

注1) 当面は普通小豆が対象。地帯区分は「道産豆類地帯別栽培指針」による。  
 2) 表中の記号は◎(必須)、○、△の順に重要度、-は対象外を表す。

選抜手法、体制の確立が必要となるが、小豆の耐性育種ではまだまだ十分とは言えない。今後、良質な耐性品種の育成の進展で北海道で小豆の安定供給が十分可能とするため、育種体制の強化が望まれる。

### 引用文献

- 1) 青田彦彦・原 正紀・足立大山 (1986)。アズキ落葉病の菌株と品種系統間差異。日本植物病理学会報, 52: 141.
- 2) 赤井純・坪木和夫・後木利三 (1971)。十勝地方に多発したアズキ落葉病の発生と被害について。日本植物病理学会報, 37: 168.
- 3) 足立大山・成河智明・千葉一美・村田吉平・原 正紀・島田尚典 (1988)。小豆新品種「ハツネショウズ」の育成について。北海道立農試集報, 57: 13-24.
- 4) 足立大山, 2。アズキ落葉病耐病性育種(1987)。わが国におけるマメ類育種。明文書房, p389-413.
- 5) 北沢健治・柳田麒作 (1984)。アズキ立ち枯病の病原菌 *Fusarium oxysporum* Schl. について。日本植物病理学会報, 50: 643-645.
- 6) 近藤則夫。アズキ萎凋病に関する研究(1995)。北海道大学農学部邦文紀要, 19(5): 411-472.
- 7) 島田尚典・村田吉平・足立大山・千葉一美・原 正紀・成河智明・白井滋久 (1990)。小豆新品種「サホロショウズ」の育成について。北海道立農試集報, 60: 59-72.
- 8) 島田尚典(1991)。小豆の耐冷性に関する研究 第1報 受粉に対する開花前の低温の影響。日本育種学会・作物学会北海道談話会会報, 32: 24-25.
- 9) 島田尚典・藤田正平・千葉一美・村田吉平・足立大山・原 正紀・白井滋久・成河智明・土屋武彦・三浦豊雄 (1992)。あずき新品種「アケノワセ」の育成について。北海道立農試集報, 64: 59-74.

- 10) 島田尚典・村田吉平 (1994)。小豆の耐冷性に関する研究 第2報 開花期間の低温が受粉・受精に及ぼす影響。日本育種学会・作物学会北海道談話会会報, 35: 110-111.
- 11) 千葉一美(1982)。アズキ落葉病抵抗性の育種学的研究1 抵抗性品種間差異。北海道立農試集報, 48: 56-63.
- 12) 千葉一美(1985)。アズキ落葉病抵抗性の育種学的研究2。品種間差の成立過程。北海道立農試集報, 52: 79-84.
- 13) 千葉一美・成河智明・村田吉平・足立大山 (1991)。アズキ落葉病抵抗性の育種学的研究3。抵抗性の遺伝様式とその導入効果。北海道立農試集報, 56: 1-7.
- 14) 土屋貞夫・見玉不二雄 (1978)。上川管内におけるアズキ茎疫病の病原菌と発生状況。日本植物病理学会報, 44: 75.
- 15) 土屋貞夫(1988)。アズキ茎疫病とその防除に関する研究。北海道立農業試験場報告, 72.
- 16) 十勝支庁・北海道立十勝農業試験場編 (1994)。'93 異常気象と十勝の畑作物。
- 17) 原 正紀・村田吉平 (1985)。8) 豆類遺伝子源の海外調査(韓国)。植物遺伝資源探索導入調査報告書(生物資源研) 昭和58年度~昭和59年度, :172-193.
- 18) 藤田正平・島田尚典・千葉一美 (1993)。小豆の登熟期間における不織布被覆の効果並びに霜害粒の発芽について。日本育種学会・作物学会北海道談話会会報, 34: 32-33.
- 19) 藤田正平・島田尚典・村田吉平・他 (1995)。アズキ茎疫病抵抗性品種の地理的分布について。日本育種学会・作物学会北海道談話会会報, 36: 118-119.
- 20) 藤田正平・島田尚典・村田吉平・白井滋久・原 正紀・足立大山・千葉一美 (1995)。あずき新品種「きたのおとめ」の育成について。北海道立農試集報, 68: 17-31.
- 21) 藤田正平・芳賀 一・近藤則夫・村田吉平 (印刷中)。アズキの落葉病の菌系と品種間の発病差異。日本植物病理学会会報, 63.
- 22) 北海道立十勝農業試験場(1978)。豆類の耐冷性に関する試験成績集。北海道立十勝農試資料, 5: 。
- 23) 北海道農務部(1987)。異常気象対応技術に関する調査概要 第2 豆類の生育と微気象。微気象観測施設成績報告, :21-82.
- 24) 北海道農政部 (1994)。道産豆類地帯別栽培指針。
- 25) 村田吉平・佐藤久泰・成河智明 (1977)。小豆新品種「ハヤテショウズ」の育成について。北海道立農試集報

- 38:78-82.
- 26) 村田吉平(1987). 1. アズキの耐冷性育種. わが国におけるマメ類育種. 明文書房. p364-389.
- 28) 村田吉平・原 正紀(1984). 1983年の異常気象と小豆の生育——生育初期の低温・寡照と生育量. 日本育種学会・作物学会北海道談話会会報. 24:28.
- 29) 村田吉平・成河智明・千葉一美・佐藤久泰・足立大山・松川 勲(1985). 小豆新品種「エリモショウズ」の育成について. 北海道立農試集報. 53:103-113.
- 30) 村田吉平・原 正紀(1986). 小豆の初期の耐冷性と品種間差異. 日本育種学会・作物学会北海道談話会会報. 26:57.
- 31) 村田吉平・島田尚典・原 正紀(1987). 小豆の温度——生育反応モデルについて. 日本育種学会・作物学会北海道談話会会報. 27:36
- 32) 村田吉平(1992). シンプレックス法による小豆の出葉日数と開花始の推定. 日本育種学会・作物学会北海道談話会会報. 33:86.
- 33) 村田吉平(1995). 十勝農試における小豆の遺伝資源収集と特性調査. 十勝農学談話会 36:46-59.

## 6. ばれいしょにおける耐病性育種の成果と展望

伊藤 武\*

ばれいしょの最も重要な病害虫は欧州および北米ではジャガイモシストセンチュウ・同シロシストセンチュウ・ハマキウイルス・Yウイルス・スピンドルチューバー・疫病・乾腐病・黒脚病・Mウイルスであり、熱帯および亜熱帯ではハマキおよびYウイルス・疫病・各種昆虫である (Ross 1986)<sup>1)</sup>。北海道では欧州および北米と同様の危険性があると思われるが、シロシストセンチュウおよびスピンドルチューバーについては未発生である。またジャガイモシストセンチュウについては既に育種体勢が整った。耐病性育種の重要性については今後ますますその比重を高めていくものと思われるが、その中でこれから取り組みを強化しようとする最も重要な3種類を取り上げて内外の現状と展望を整理した。

### 1. そうか病

#### 1) 世界の現状

そうか病については欧米において古くから認識されている。ばれいしょ育種の問題点と展望 (Ross 前出) によって次のように要約した。

そうか病菌は砂質土を好む。土壌伝染をし、塊茎伝染はまれである。品質を損ない、商品価値を下げる。今日、外観品質への市場要求は強く、ほとんどの塊茎は洗われて透明な膜で包装されている。土壌中の至る所に存在するそうか病菌はストロンの先端肥大部を侵す。感染には土壌の高い pH と乾燥が好まれる。感染の危険期間は塊茎肥大開始後の3～4週間である。3種類の異なる症状が観察される、即ち浅い型・深い型・その他である。Jellis (1977) はこれらの型は病原菌の遺伝的な相違によるものではなく、被害程度を示すものであり、環境要因によって変化するとしている。品種に対する特異性を示す寄生型も発見されていない。しかし単一の分離菌では病原力に差がある。

土壌中での品種の抵抗性試験を実施するに当たってはアルカリ性程度と5～6月の降水量を考慮する必要がある。通常、溝法 (Noll 1968) が採用される。溝には罹

病塊茎を栽培した用土か人工培地と砂の混合物を充填する。

ポットでの選抜法 (Bjor & Roer 1980) も展開された。Jellis (1975) はポリエチレンによるトンネル法を開発した。Gunn ら (1983) はガラス室による接種法を好んだ。pH 7 の養液と孢子けんたく液を加えた砂またはパーミキュライトの入ったトレイを用いて、実生の選抜ができる。圃場試験における抵抗性のクラス分けは罹病塊茎数と病斑面積程度によって行う。正確な計数および測定が観察による判定に勝るということはなく (Dowly 1972)、観察によっても10の抵抗性クラス分けが可能である。

品種の抵抗性について Krantz & Eide (1948) は単一の優性主動遺伝子が関与すると結論した。抵抗性程度は単式から4重式の状態になるにつれて増し、分離比の変動は微動遺伝子効果によるものであるとした。Cipar & Lawrence (1972) は抵抗性品種の Hindenburg と中位抵抗性品種の Avon から2倍性半数体を作成した。Hindenburg から74.1%、Avon から37.2%の半数体が、5クラス中抵抗性の強い1と2のクラスに分類された。Howard (1978) は複数の遺伝子が抵抗性を支配すると結論した。

そうか病抵抗性の後代を生じることでよく知られているものには、Ackersegen・Carmen・Hindenburg・Jubel などの古い品種と、Cayuga・King Edward・Ontario・Pentland Crown の現行品種、新しい西独品種で広く普及している Jessica・Roxy・Tempora などがある。

#### 2) 根釧農試における育種の現状。

北海道においては需要動向が澱粉原料用から食用へと重点を移しつつあり、そうか病対策は最重要課題である。特に北海道は大規模栽培とクリーン農業指向から育種による対策が強く望まれている。根釧農試を中心に、育種の現状を順に記述する。

抵抗性遺伝資源の導入；1986年から文献検索などから抵抗性遺伝資源として有望と目される以下の材料を導入した (村上 1992)<sup>2)</sup>。

国際ばれいしょ研究所 (ペルー) から、Pentland

\*北海道立根釧農業試験場  
ばれいしょ育種指定試験地

Crown・Saturna、国内から Pentland Hawk・Sieglinde・Atlantic・S.andigena (T-AY-20)・Multa・長系 94 号・Norking Russet。Inter-Regional Potato Introduction Station (アメリカ) から、ばれいしょ近縁種である S. phureja 10 系統・S.stenotomum 1 系統・S.tuberosum ssp.andigena 3 系統・S.tuberosum ssp.tuberosum 1 系統の真性種子各 50 粒。ウィスコンシン大 (アメリカ) から導入したばれいしょ近縁種である 13 の SB 系統。なお、I-RPIS の真性種子については根釧農試において 1990 年から 1991 年にかけて実生養成をし、収量性で個体選抜を実施したもので、PI 番号が付されている。

遺伝資源の抵抗性検定；前述の導入遺伝資源を含め、保存材料の抵抗性検定を 1981 年から実施した。試験方法は枠試験と圃場試験によっている。検定材料は育成系統を含め、毎年数十品種について実施した。主な材料について、抵抗性検定試験結果を示す(表 1、表 2)。抵抗性(罹病度)は年次、場所によって大きく変動した。しかし、全体を眺めてみると、現在の栽培品種では「紅丸」が最も弱く、「男爵薯」や「ワセシロ」より強いと推定される品種及び系統として、Atlantic・Jubel・Sirtema・Ackersegen・Urtica・根育 31 号・Cherokee・R 392-3・同-27・同-50・同-53・島系 530 号・S.adg (T-AY-20)・長系 94 号(長崎県育成)・Superior・Early Gem・Norking Russet・Russet Rural・SB 系統などが有力であった。このように罹病度は環境変動がきわめて大きいことが抵抗性判定の隘路となっているが、中尾(1996)<sup>3)</sup>は病斑面積を根拠とする罹病度の使用を避けて、病斑の深さを根拠とする病斑型の使用により比較的安定した結果を得るとしている。

育種の進捗状況；遺伝資源の抵抗性検定結果を受けて 1980 年から抵抗性母本を用いた交配を行い、以後、継続して実生選抜・個体二次選抜・系統選抜・生産力検定予備・生産力検定試験を行い(表 3)、現在従来品種に比較して明らかに抵抗性において勝り、かつ一般的形質も備えた実用品種をねらえる有力系統「根育 31 号」を選抜するところまで達した。一方、北海道農業試験場においては、そうか病発病密度の均一な試験精度の高い抵抗性選抜圃場の造成に成功し、抵抗性については加工用としてはほぼ十分な強度の抵抗性を有する有望系統「島系 582 号」を選抜するまでに至っている。

### 3) 今後の展望

遺伝資源の確保について；現在使われている交配母本は Early Gem・Norking Russet・Saturna・Cherokee 等比較的少数に絞られており、抵抗性の遺伝的背景は欧

州品種を起源として狭い。今後、近縁種に遡って遺伝資源を開発する必要がある。

効率的な選抜法の開発；根釧農試は十勝農試と北見農試の協力による、農家汚染圃場での罹病程度を判断材料に選抜を進めている。そこでは罹病程度の株間及び株内(塊茎間)変動が大きく、信頼性に欠ける。北海道農業試験場の例にみるように、周到に管理されたしかも大規模な選抜圃場を造成することが肝要である。均一にして適正なそうか病菌密度を維持するためには透水性が良く、酸度矯正が継続して実施された、平坦な圃場が必要である。圃場選抜は個体二次選抜から始まるが、人力による株別掘り上げは多大な労力が必要となる。従ってこの省力機械化、室内選抜法の開発が同時に必要となる。そこでは高度の選抜精度は必ずしも必要でなく、目的とする比較品種より弱い罹病性個体をできるだけ多く間引く視点での簡易な手法開発が実用的である。高橋ら(1994)<sup>4)</sup>は室内での有効な実生選抜法を提案しているが、実用化には至っていない。個体二次選抜以降についても引き続いて抵抗性の選抜あるいは検定が必要であり、中尾ら(前出)によって選抜計画が提案されている。育種場所に汚染圃場を確保すれば、抵抗性の選抜と一般農業形質の選抜を同時に行うことができ、選抜能率が高められよう。そうか病菌は北海道で確認されているだけでも *Streptomyces scabies* subsp. *scabies*・*S. turgidiscabies*・*S. scabies* subsp. *achromogenes*・未同定 1 の 4 種類の病原菌が存在している(田中ら)<sup>5)6)</sup>。これらに病原型変異を考えると特定の選抜圃場での結果による抵抗性系統の選抜では広域な抵抗性については未確認という問題が残っている。しかし、十勝管内と北見管内のある圃場間についてそうか病抵抗性を検定した結果、両地域間に正のかなり高い相関係数が得られた例(未発表)、また海外の文献による抵抗性品種の中から、国内においても抵抗性を示すものが多く確認されていることから、現状ではあまり心配する事ではない。

抵抗性は地域が異なっても普遍性があること、全国的にみたそうか病抵抗性育種の重要性の 2 点からそうか病抵抗性特性検定試験の設置が望ましく、今後期待される。

## 2. 疫 病

### 1) 世界の現状

ばれいしょ育種の問題点と展望(Ross 前出)から世界の現状を次のように要約した。

*Phytophthora infestans* は茎葉の破壊と塊茎の腐敗

表1 そうか病抵抗性検定試験結果（罹病度、1989～1993）

供試材料	1989		1990		1991		1992		1993	
	株	圃場	株	圃場	株	圃場	株	圃場	株	圃場
男爵薯	8.6	0.3	36	5	21		45		21	
ワセシロ	7.3	0		18						
紅丸	32.3	7.2		11	57		44		30	
Atlantic	6.1	0	41	2	24					
Fina	6.6	2.0								
Jubel	7.8	0								
Sirtema	2.5	2.5								
Ackersegen	2.0	1.9	29		29		18		21	
Urtica	3.1	0.9			12					
Pentland Crown	16.7	5.3	52	3	33					
Saturuna	9.2	6.1	35	6	19		7			
Pentland Hawk	7.6	7.8								
Kingston	5.1	7.7								
Aminca	8.3									
Pentland Dell	13.8									
Mentor	0.6		45		38		31			
Prevalent	13.2		48	6	22		18			
Prominent	7.4									
Record	17.9									
Cherokee	0									
R 392-3	0									
R 392-27	2.4									
R 392-50	5.2									
R 392-53	0									
島系 530 号	3.1									
Maris peer			43		30		14			
Pito			36	6	28		17			
Matilda			48	8	25					
Hertha			40	2	24					
Indura			46	7						
Astarte			59		35		24			
S.adg (T-AY-20)			16		20		1			
長系 94 号			23		15		15			
Norland			37		25		43			
Superior			17		31		16		18	
Wauseon			30		23					
W 553-4			32		18		11			
Early Gem					7		13		19	
Norking Russet					2		8		12	
Russet Rural					7		4			
Multa					10		3		21	
Maris Piper					43		27			
Aurora									11	
Elles									18	

注1) 検定方法：株試験では前年に罹病塊茎の表皮をコンクリート株内に散布し、雨水を遮断した汚染圃場とし、一区1株、5反復で実施。圃場試験では常発農家圃場に一区10株、3～4反復で実施。

2) 罹病度は次の罹病基準による。0：病班が皆無、1：病班が僅かに認められる、2：病班が中程度認められる、3：病班が多数認められる、4：病班がきわめて多数認められる

$$\text{罹病度} = \frac{\sum(\text{罹病基準} \times \text{当該塊茎数})}{4 \times \text{調査塊茎数}} \times 100$$

表2 育成系統および保存品種の抵抗性検定 (1994)

品種・系統	調査塊茎数 (個)	罹病率 (%)	罹病度
男爵薯	74	63	21
トヨシロ	64	72	20
紅丸	70	91	35
根育29号	73	54	17
根育31号	54	4	1*
Ackersegen	107	38	10
Jubel	45	24	6*
Norking R.	53	23	6
P.Crown	48	66	18
長系94号	87	38	10
T-AY-20	22	67	21
W 892209 P	105	53	15
SB 8-4 P	65	1	0
SB 9-4 P	31	4	1
SB 10-5 P	70	14	4
SB 11-15 S	12	15	5
SB 11-4 S	23	17	5
SB 12-3 A	50	0	0*
SB 12-5 A	51	29	8
SB 12-8 A	129	4	1
SB 14-5 A	104	16	4*
SB 18-1 A	91	27	7*
SB 18-5 A	36	33	9
SB 18-6 A	39	49	10
SB 26-11 T	98	56	20
SB 26-12 T	104	57	18*
Chc. 523-3	25	3	1
F 1-1	7	17	4

注) \* : 象皮類似症状(そうか病として計数せず)が多い。

SB : ウィスコンシン大から導入の近縁種。

末尾のアルファベットは種を略記、P: phureja S: stenotomum A: andigena T: tuberosumを示す。  
Chc.523-3、F 1-1は神戸大の系統

をおこす最重要病害のばれいしょに寄生する糸状菌である。その重要性はばれいしょ栽培が温暖多湿気候帯にひろがることによって増し、基本的な阻害要因となっている。2種類の抵抗性が数えられる。過敏感性(hypersensitivity)または特異的抵抗性(specific resisitance)と圃場抵抗性(field resisitance)または一般的抵抗性(general resisitance)である。過敏感性の遺伝子型は感染細胞とその近傍細胞の壊死反応が特徴である。この過敏感性は一連のメジャーゾーンシリーズによって支配され、病原型を区別する。圃場抵抗性は寄主を侵すことを妨害する複合的な要因であり、マイナーゾーンとして遺伝する。この2種類の抵抗性は S.tuberosum の純系が様々な程度の圃場抵抗性のみを表し、S.demissum・S.bulbocastanum・S.polyadenium・S.stoloniferum・S.vernei・S.verrucosum 等が2種類結合の抵抗性を表す。

過敏感性利用育種において銘記すべきことは、疫病の問題解決にはならないことである。すべてのRゾーン(メジャーゾーン)またはそれらの複合型はそれらを侵す病原型の選抜に役立つにすぎない。Rゾーン保有は無意味である。Stegemann & Schnick (1985) の品種リストによれば、Rゾーン保有で64%の品種が、抵抗性スコアが1(最高度抵抗性)から5(中程度抵抗性)である。しかしRゾーン非保有でほぼ同数の62%の品種が同スコアのグループに入る。従って実際にはRゾーンに無関係に両親が選択される。しかし S.demissum との雑種である MPI 19268 のように R 10 保有と同時に高度の圃場抵抗性を保有する特別な例ではRゾーンの役割も無視できない(Anon.1983)。

圃場抵抗性は複数要因からなっている(Nillson

表3 根創農試におけるそうか病抵抗性育種の経過

年度	交配組合せ数	採種種子数	実生選抜	個体二次	系統選抜	生産力検定予備	生産力検定
1983		33,025	295				
1984		24,492	3,000	1,631			
1985				853	70		
1986					37		
1987	3				9	9	
1988	3	6,284					
1989	17	21,786	2,400				
1990	22	22,285	1,879	1,206			
1991	15	15,251	200	777	37		
1992	21	46,870	12,257	145	60	14	
1993	35	174,708	9,385	9,199	17	19	5
1994	37	75,599	30,830	3,197	328	15	17
1995	-	-	24,459	6,822	329	77	20

注) 供試数(系統選抜以後は系統数)を示す。

1981、その他)。病原菌が接触する前であっても寄主が遊走子の移動性、被襲位置、発芽力に影響する。そのことが最初の病斑発現までのタイムラグの相違となり、病斑数、病斑面積、分生孢子生産数、罹病中心地からの拡散速度の相違となる。抵抗性品種と抵抗性の野生種では抵抗性要素に異なりがある。

圃場抵抗性は多くの相互作用のある遺伝子によってコントロールされる (Malcolmson & Killick 1980 その他)。後代の抵抗性程度平均値は通常、両親平均値を下回る。しかし組み合わせを変えることによって後代の葉組織中の菌糸の発育は5-50%制限された。一般組み合わせ能力と特殊組み合わせ能力を認めることができる。抵抗性は熟度と密接な関係がある。生育が進むほど感染の感受性が高まる。したがって晩生品種はより抵抗性である。

葉について圃場抵抗性評価法が研究されている (Nilsson 1981)。一般的予備試験の方法として、異なる寄生型遊走子の混合液を圃場で7月に感染させ、スプリンクラー灌漑を継続する。抵抗性の判定は病斑面積による。温室を使った標準法は確立している (Hodgson 1961)。圃場で開花間近の葉を円盤状に打ち抜き、箱に並べて病原型の1・2・3、1・3・4、1・4・11など遊走子の混合液を散布する。これらの結果と圃場観察との相関については環境要因の妨害が大きいため比較は出来ない。温室での実生選抜法として感受性個体を廃棄する適当な方法が得られている (Caligari et al.1984)。メキシコ市付近のトルカパレイでは圃場テストに必要な広範囲な寄生型による、一定の感染圧をかける方法が普及した。国際育種場の優れた系統は数十年にわたるそこからの結果によるものである (Niederhauser 1972 等)。類似環境がコロンビア農業研究所にある。

塊茎の抵抗性がさほど興味を引かない理由は多くの品種が満足のいくレベルにあると信じられているからであるが、深刻な被害は起こりうる。萌芽時の抵抗性を含めて塊茎抵抗性はマイナーゾーンによる圃場抵抗性によっている。

メジャージーン保有品種が普及してから、過敏反応による抵抗性が1932年頃から効かなくなって次のねらいは野生種である、*S.demissum*・*S.stoloniferum*・*S.vernei*・*S.verrucosum*などの高度圃場抵抗性を栽培品種に導入することに変更された。しかし、4~6回バッククロスすると野生種起源の抵抗性は少量しか残らない (Tazelaar 1981)。実際、*S.tuberosum*の純系と*S.demissum*のバッククロスの例からは高度圃場抵抗性のもを見いだせなかった (Stegemann & Schnick

1985)。これは収量と疫病抵抗性など量的形質が多数の遺伝子組み合わせを必要とすることもあるが、重要な他の理由はマイナーゾーン集積効果である圃場抵抗性はバッククロスの過程で離散することにある (Black 1970)。この解決は構成遺伝子の再集合しかない。

## 2) 根釧農試の現状

北海道では「農林1号」までの戦前育成品種が抵抗性のメジャージーンを保有しない罹病性品種であったため、導入品種のケネベックがR<sub>1</sub>遺伝子を保有することによる際だった疫病抵抗性を示し、爆発的な人気を得たが短期間でこの抵抗性を無効とするr<sub>1</sub>遺伝子を保有する寄生型の流行により人気を失墜した。その後もメジャージーン保有は育種の大きな目標であり、奨励品種に採用されたものは殆どがメジャージーンを保有しており、育成当時は罹病開始時期が遅いことから、防除農薬の散布回数節減が期待されたが、抵抗性遺伝子R<sub>1</sub>、R<sub>2</sub>と複数保有する「コナフブキ」ですらでんぷん原料用面積第1位となった現在ではその保有効果は皆無といっている。

「農林1号」は「紅丸」に比較して圃場抵抗性に優れていたが、格段に優れたものとして北海道農試により「リシリ」が育成された。「リシリ」は*S.demissum*のバッククロスによる強度の圃場抵抗性を保有する奨励品種の魁となった。後続系統は*S.stoloniferum*の圃場抵抗性を導入した「北海56号」がある<sup>7)</sup>。抵抗性育種の主力は1972年に侵入が発見されたジャガイモシストセンチュウに移ったためと、優秀な疫病防除農薬の開発により、疫病圃場抵抗性育種は等閑にされていた感があるが、クリーン農業の推進と共に今後最も主力を注ぐ必要がある分野となった。

交配母本材料の検索： 疫病抵抗性新品種育成のための有用な交配母本材料を検索するため、以下の試験を実施した。

国内外の遺伝資源、育成途上の系統の中から抵抗性が強いことが期待される材料を選び、疫病無防除で栽培し、罹病経過を観察した。圃場抵抗性母本を選抜することを目的とし、主働遺伝子による抵抗性母本を誤って選抜しないように比較品種を配置するとともに、強度の抵抗性を示した系統については翌年も供試し、罹病経過を確認した。1区5株、2反復で、1991~95年の5年間、87品種および系統について実施した。

一例として1993年の成績から抵抗性について有望なものおよび比較品種の結果を表4に示した。

圃場抵抗性の強さは晩生ほど強い傾向にあるので、参



考のために通常に防除した試験区の枯凋期と併せて検討した。これらの抵抗性について有望な系統は次年度も供試し、リシリ並以上の強度の抵抗性系統を含む11(表5)を検索した。このうち、I-822・I-853・Kufuri Jyoti・Prevalentが、リシリより強度の圃場抵抗性系統と見なすことができる。現在、根釧農試ではこれらの圃場抵抗性系統を交配母本に用いて育種を進めている。これら11系統の多くはW 553-4の後代系統である。W 553-4は現在もアンデス山地に栽培されている、4倍体の*S. tuberosum* ssp. *andigena*の1系統で*S. tuberosum*の亜種とされている。また一部は*S. stoloniferum*の圃場抵抗性を導入した北海56号の後代であり、一部はインドおよび欧州の品種である。なお比較品種のリシリは*S. demissum*に由来するR<sub>1</sub>主働遺伝子と圃場抵抗性を有する圃場抵抗性実用品種の魁である。なお、「根育29号」は実用品種を目指す有望系統であり、W 553-4を母親として

表4 供試品種の疫病罹病程度(根釧農試、1993)

品 種 名	初発日 (月日)	調査月日				枯凋期
		9.4	9.10	9.17	9.27	
KW 88002-2	未発生	0	0	0	0	L
KW 88002-3	9/27	0	0	0	0.1	M
WB 88055-8	未発生	0	0	0	0	M
I 822	未発生	0	0	0	0	L
I 853	9/27	0	0	0	0.1	M
K. Jyoti	9/15	0	0	0.3	0.8	M
Prevalent	未発生	0	0	0	0	L
農林1号(比較) <sup>1)</sup>	8/25	2.5	4	5.5	枯	ML
シントコ(比較) <sup>2)</sup>	9/2	0.5	2.5	4	5.5	L
リシリ(比較) <sup>3)</sup>	9/5	0.1	1	2	4	L

注) 罹病度は、1:罹病葉面積率5%、2:20%、3:40%、4:60%、5:80%、6:100%の基準による。  
枯凋期は疫病防除区における、M:中生、ML:中晩生、L:晩生を示す。

1):疫病抵抗性主働遺伝子を保有しない、通常の栽培品種。

2):疫病抵抗性主働遺伝子R<sub>1</sub>、R<sub>2</sub>を保有する。

3):疫病圃場抵抗性強の品種。

表5 疫病圃場抵抗性が強と推定された検定系統の来歴等

品種、系統名	両視・来歴等	枯凋期
I-822	インド原産。CIP評価では疫病抵抗性強	極晩生
I-853	インド原産。CIP評価では疫病抵抗性強のほか、PVYに過敏感反応	中生
Kufri Jyoti	イギリス原産→インド。CIP評価では疫病抵抗性強のほか、PVYに過敏感反応	中晩生
Prevalent	CIP評価ではR <sub>10</sub> 、オランダ資料では抵抗性中位。PVA、PVXに免疫。線虫抵抗性H <sub>1</sub> 、 <sub>2</sub>	晩生
マチルダ	MATILDA(P 134×P 137)。スエーデン原産。主働遺伝子R <sub>2</sub> 以上保有。	晩生
根育29号	W 553-4 (S. Andigena) × R 392-50 (Hudson × Wauseon)。H <sub>1</sub>	晩生
KW 88002-2	トヨアカリ × W 553-4	晩生
KW 88002-3	同上	中晩生
WB 88055-8	北海56号 × P 10168-4 (72/Mast × BR53-1 [TBR × (TBR × PHU)])	中晩生
KB 90015-3	W 85091-24 (W 553-4由来) × 島系544号	中生
KB 90015-16	同上	中晩生

いる。

本試験により選抜された圃場抵抗性系統は晩生の系統がほとんどであり、夏疫病罹病の目立つものが多い。さらに莖長が徒長倒伏するなどの欠点を有している。本格的な圃場抵抗性品種開発のためにはこれらの諸点を改善した中間母本の開発が望まれる。

### 3. Yウイルス病(PVY)

#### (1) 世界の現状

Ross(前出)によって、次のように要約した。

PVY感染による被害はPLRV(ジャガイモ葉巻ウイルス)より深刻である。やっかいなのはかすかな症状を起こす弱毒系統である。このような系統は潜伏して残存する。本ウイルスはモモアカアブラムシなどによって、

非永続的ながら短期間の吸汁によって伝染する。3群が区別されている。PVY<sup>o</sup>が最も多くの系統を包含する。これらの一次病徴葉は典型的な、葉の裏に暗色の条を発現させ、最初は老葉を、ついには若葉を落葉させる。翌年、二次病徴はしばしば深刻なモザイクを発現する。PVY<sup>o</sup>はタバコに対してPVY<sup>o</sup>と異なる病徴を発現する系統群である。即ち、葉裏に褐変を生じる(PVY<sup>o</sup>は生じない)。ばれいしょ品種群は両群に対して典型的な症状を示すものと潜在するものとがある。PVY<sup>o</sup>に対しては多くの品種が潜在的な症状を示す。PVY<sup>c</sup>群はばれいしょ育種家にとって重要ではない。本系統は昆虫による伝染はしないし、殆どの品種が保有するNc遺伝子により、局在的な過敏感壊死を生じる。特定のばれいしょ後代はPVYに対するのと同様な疑似症状を呈する。この区別は難しい。疑似症状は実生ばれいしょにみられる。

抵抗性育種は主に、感染抵抗性と過敏感壊死に分かれる。いくつかの品種は *S. phureja* および *S. stenotomum* を出所とする、高度の感染抵抗性と同様に、組織的過敏感死に近い壊死反応とつながりがある。感染抵抗性は基本的にマイナーゼン効果による。選抜法は PLRV に対すると同様である。しかし PVY の場合は圃場条件下で感染植物の汁液散布により、感染圧を高めることができる。気温 18°C 以上が接種に効果的なため、晩春の作業が推奨される。

深刻な問題点は潜在性であり、PVY<sup>a</sup> と PVY<sup>b</sup> の潜在感染を許す品種群では潜在性は優性遺伝をする。条件が合えば全面的な汚染が生じる。潜在感染により、ウイルスフリー種芋の生産が不可能（採種圃でウイルス感染個体の抜き取りが不可能な場合）な品種は栽培品種のリストから除かれる。将来は無菌培養の実施やエライザ血清検定による潜在感染個体の除去がこのような状況を阻止する事を期待する。

N および R メジャーゼンが壊死による抵抗性育種に用いられる。N 遺伝子群は局在および組織的過敏感性に関与する壊死反応を統括する。Ny 遺伝子群は Pentland Crown 他の品種群にみられ、野生種である *S. chacoense*・*S. demissum*・*S. mirodontum* との雑種にみられる。これら遺伝子は通常中程度抵抗性で、場合によっては圃場で枯死個体が見出される。ウイルスの局在に成功するためには適当なマイナーゼンを遺伝的バックグラウンドを持つことである。それ以上に対ウイルス系統によって反応が異なる Ny 群がある一方で、全ウイルス系統に

有効な Ny 群がみられたことが重要である。一方、Ry 遺伝子は完璧な防御をする端的抵抗性 (extreme resistance type) を支配する。PVY に対する端的抵抗性は Stelzner により *S. stoloniferum* に検出され、その遺伝は Cockerham (1970) 等によって単独優性遺伝 (Ry 遺伝子) する事が認められた。この遺伝子はウイルス系統特異性がない (PVY の全系統に抵抗性)。栽培品種のリストにも載っている、Barbara (本品種は PVX にも端的抵抗性を示す) はじめオランダ・ポーランド・旧西独の十数品種が Ry 遺伝子を保有する。Ry 親として最も多く使用される MPI 61.303/34 は 5 つの野生種 (Ry 遺伝子は *stoloniferum* に由来) の混血であり、*stoloniferum* 由来では同時に PVA 抵抗性を有する。Ry 遺伝子は *andigena* にもあるが、同時の PVA 抵抗性はない。

選抜は育苗箱の若い実生に対してウイルスを含む溶液の噴霧により行う (Ross 1960 等)。潜在感染実生の拡散をさけるため、無症状実生の PVY フリー確認のテストが必要である。分離比は予備選抜をしない後代については期待値と殆ど変わらない (Cockerham 1970 等)。Wiersema によれば、分散は感受性親 (マイナーゼン) により影響される。Ry 遺伝子の存在確認には選抜作業の最後に接ぎ木によるテストが必要である。

(2) 根釧農試における育種の現状

これまで、PVY 抵抗性について積極的な選抜は実施しておらず、根系番号が付与されて以降中央農試が実施

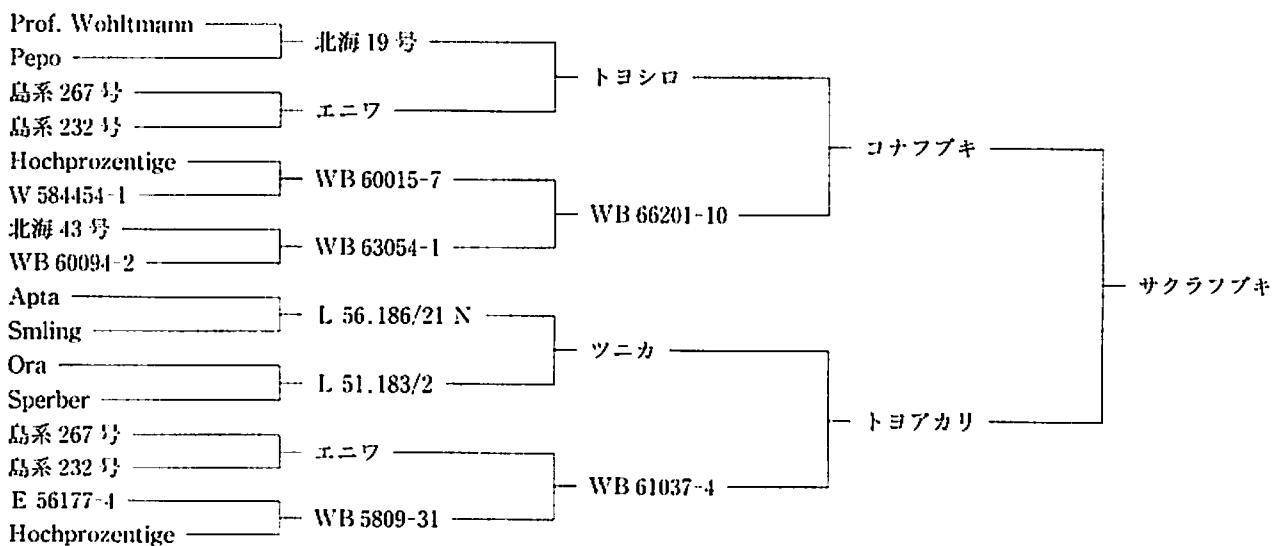


図1 サクラフブキの系譜

注) 島系 267 号、北海 43 号、Apta、Ora、Sperber は *S. demissum* (W-race) に由来する。W 584454-1 は *S. chacoense* (W 84) に、WB 60094-2 は *S. phureja* (PI 197762) と *S. chacoense* (PI 175402) に由来する。

するウイルス病特性検定試験が実施される。幸いなことに平成8年度に種苗登録がなされた「サクラフブキ」<sup>9)</sup>は抵抗性強であり、「コナフブキ」<sup>9)</sup>が僅かに局在性の壊死反応を示すことがある他は無病徴にして感染しない、抵抗性強であることからRyまたはNy遺伝子を保有するものと推定される。潜在性のウイルス保有でないことは種苗管理センター北海道中央農場で確認された。「サクラフブキ」の系統図(図1)にみるとおり、RyまたはNy遺伝子は「コナフブキ」-「WB 66201-10」<sup>10)</sup>-「WB 60015-7」-「W 584454-1」-「S.chacoense」と遡ることができる。この遺伝子は単純な優性遺伝をするため、片親に抵抗性親を用いれば後代に5割の抵抗性後代が期待できるので、ウイルス病部門の協力が得られれば、より早い選抜年次からの選抜により、比較的容易に選抜能率の向上が図られ、本病被害の大きさを鑑みれば育種効果も大きいことが期待される。

吉田らは<sup>11)</sup>PVYのT系統に対して「コナフブキ」などがえそ型抵抗性、免疫性である可能性が高いものとして「Cherokee」・「Chippewa」・「Early Gem」・「2070-ab(31)」を上げた。

本稿は土屋武彦氏に校閲を戴いたことを付記して感謝の意を表する。

## 引用文献

- 1) Hans Ross(1986). Potato breeding-problems and perspectives. Verlag Paul Parey.
- 2) 村上紀夫(1992). 馬鈴しょそうか病に関する育種栽培学的課題。北海道そうか病対策シンポジウム(中央農試、講演資料)
- 3) 中尾敬・高橋賢司・佐藤章夫・梅村芳樹(1995). ばれいしょそうか病小病斑系統の選抜。日本育種・作物学会北海道談話会会報。35:124-125.
- 4) 高橋賢司・佐藤章夫・加藤雅康・梅村芳樹(1994). ジャガイモそうか病抵抗性の簡易検定法。平成6年度北海道地域新しい研究成果。
- 5) 田中文夫・竹内徹・谷井昭夫・宮島邦之・国永史朗(1994). ジャガイモそうか病菌 *Streptomyces scabies* の分類学的研究。日植病報。60:795.
- 6) 田中文夫・竹内徹・谷井昭夫・宮島邦之・阿部秀夫・国永史朗(1995). ジャガイモそうか病菌 *Streptomyces turgidiscabies* an.st. 日植病報。61:253-254.
- 7) 田中正武・烏山国土・芦沢正和(1989). 植物遺伝資源入門。技報堂出版:p.83-91.
- 8) 村上紀夫・松永浩・千田圭一・奥山善直・入谷正樹・浅間和夫・三井康・清水啓(1995). ばれいしょ新品種「サクラフブキ」の育成について。北海道立農試集報。68:1-16.
- 9) 浅間和夫・伊藤平一・村上紀夫・伊藤武(1982). ばれいしょ新品種「コナフブキ」の育成について。北海道立農試集報。48:75-84.
- 10) 森元幸・西部幸雄(1986). WB 66201-10. 寒地作物遺伝資源情報3号(北海道農業試験場研究資料29号):73-76.
- 11) 吉田勉・三浦政直・梅村芳樹(1995). 長期保存品種・系統のPVY-T接種検定結果。日本育種・作物学会北海道談話会会報36:126-127.

# 7. とうもろこしの耐性育種の成果と展望

千藤茂行\*

## 1. 耐冷性育種

### 1) 背景

北海道の道東・道北地域のとうもろこしは、4～5年に1回の割合で冷害に遭遇する。これら冷害は、十勝農試のデータでみると、a生育期間を通して低温・寡照・過湿に経過する場合(1993年など)、b生育前～中期(出穂期頃まで)にかけて低温・寡照・過湿に経過する場合(1983年など)、c生育の後半(出穂期頃から登熟期)に低温・寡照・多雨に経過する場合(1980年)の3つに大別され、bの場合が最も多い。いずれの場合も生育が遅延し、登熟が遅れ、減収と品質低下をもたらすので、耐冷性の向上は重要課題である。

### 2) 冷害年のとうもろこしの生育の特徴

十勝農試では、指定試験が置かれて以降、主な冷害年には、生育・収量解析を行っており、その結果を要約すると以下の通りである<sup>1,2,3)</sup>。

上記a、bのように絹糸抽出期以前に低温・寡照・過湿に遭遇した場合、低温・寡照の程度が強くと長期に渡るほど、生育の遅延、絹糸抽出期の遅れ、登熟不良の程度は大きくなる。この場合、茎葉の生育は徒長気味となり、茎が細くなり、低温・寡照・過湿の程度が強いほど、特に、過湿傾向が強いほど茎葉の生育量は著しく抑制され、矮小化する。また、雌穂は登熟が遅れ、先端不稔が発生し、過湿傾向が強いと雌穂の矮小化や無雌穂の発生する場合もある(表1)。

一方、cの絹糸抽出期頃から登熟期にかけての低温・寡照・多雨によって、受粉が阻害され雌穂のぬめけ状不稔や先端不稔を発生し、また、登熟が遅延し減収する。

これに対して、十勝農試では昭和40年代、50年代に、人工気象室を用いて自殖系統およびF<sub>1</sub>雑種に対し生育の各ステージに低温処理(9.5～12°C、10日間)を行い、低温の生育・収量への影響について研究を行った<sup>4,5,6)</sup>。その結果、幼穂形成期における低温処理によって、下位節

は上位節に比べて、茎部は葉部に比べて、節間径は節間長に比べて、それぞれ乾物重の減少が大きかった。また、上位節の節間長は供試材料によってはむしろ低温処理で長くなった。このことから、全体として徒長気味の秆となり、倒伏しやすくなること、栄養体より雌穂特に子実重への影響が大きく、F<sub>1</sub>雑種と自殖系統を比較すると自殖系統の方がそれら形質の影響を受ける程度は大きいこと、また、収量に対する影響では、低温発芽性の高い系統は影響が小さいことなどを明らかにした。上記の研究成果は低温処理によって冷害年の生育状況に類似した状況が再現できることを示している。また、表2に示すように生育時期別の低温(9.5°C)10日間処理に対する反応を明らかにし、遅延および子実の減収程度からみると幼穂形成期頃が最も低温感受性が高く、次いで絹糸抽出期前後、登熟期の順で、幼苗期は生育の遅延は最も大きい回復するので、子実収量の影響という点では、感受性が小さいことを明らかにした。

### 3) 冷害克服のための育種の基礎研究

冷害を克服する育種戦略として、十勝農試では品種の早生化、耐冷性の強化の観点から研究を行ってきた。以下にそれらの具体的な研究成果を述べる。

#### (1) 早生化

冷害による登熟不良を回避するには、サイレージ用とうもろこしでは霜のおりる前に黄熟期に達する早熟な品種の育成が有効である(図1)。櫛引は、北海道各地の10年間の5月1日～10月5日の平均気温(0.1°C以上)の積算温度にもとづいて、6段階の地帯区分を行い、それぞれの地帯において平年的に刈取時に安定して黄熟期に達する早熟な品種の指針を与えた<sup>7)</sup>。これは、冷害年においても黄熟期かこれに近い熟度に達する早熟な品種の育種と作作品種の選定に対しての指針となった。

早晩性の指標としては、絹糸抽出期の早晩が最も普通に使用される。絹糸抽出期は、比較的少数の遺伝子の関与する量的遺伝形質であり、F<sub>1</sub>雑種の絹糸抽出期について、F<sub>1</sub>は早い親自殖系統に同じか、両親より早まることが知られている<sup>8)</sup>。十勝農試では、このヘテロシスの発現については、図2に示すように両親の絹糸抽出期の差が

\*北海道立十勝農業試験場  
とうもろこし育種指定試験地

およそ1週間より大きいと、ヘテロシスは早い親に近く、両親の差が1週間以内であると早い親よりさらに早まり、組合せによっては7~10日早まる傾向があるとする成績を得た(未発表)。即ち、極早生を作出するためには、両親とも絹糸抽出期が早く、その差も1週間以内の自殖系統を組合せることが効果的であり、早熟な自殖系統を数多く作出することが重要と考えられる。

しかし、早生化に伴う問題点は、気象良好年においては、早生化により収量性が低下することである(図1)。この打開策としては、異なる来歴に由来する早熟で組合せ能力の高い自殖系統を育成することが重要である。

(2) 耐冷性の向上

とうもろこしの耐冷性として問題になるものは、低温発芽性、低温生長性(幼穂形成期以前、幼穂形成期、絹糸抽出期前後)、減数分裂期の障害抵抗性、登熟期の霜害抵抗性である。このうち低温発芽性及び低温生長性をここではとりあげる。

a 低温発芽性

既に低温土壌下でのとうもろこし発芽性の差異は、フ

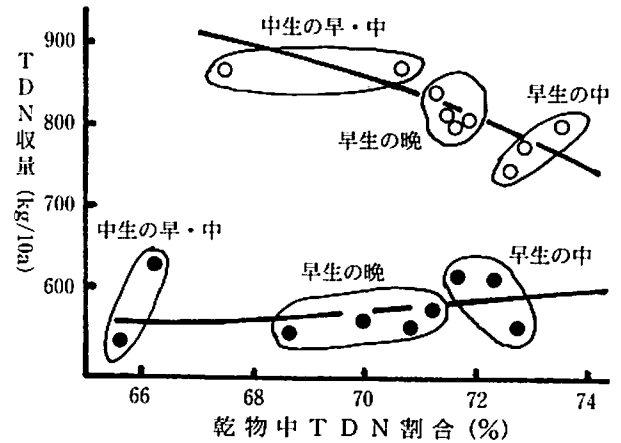


図1 サイレージ用早晩生品種の冷害年における収量性と品質

○：気象良好年(1994年)  
●：冷害年(1993年)

表1 冷害年(1993年)における十勝地方の地帯別のとうもろこし作況

調査地 <sup>1)</sup>	収穫時熟度 <sup>2)</sup>		絹糸抽出期(月日)			乾総重(kg/10a)			乾雌穂重(kg/10a)		
	1993	平年	1993	平年	比較	1993	平年	比率	1993	平年	比率
中部											
芽室町	7.0	8.0	8.14	8.1	13	941	991	95	422	498	85
山麓											
鹿追町	7.0	8.0	8.20	8.3	17	947	995	95	468	545	86
新得町	5.5	7.5	-	-	-	676	900	75	316	504	63
足寄町	6.5	8.0	8.19	8.7	12	740	1089	68	263	551	48
平均	6.3	7.8	8.20	8.5	15	788	995	79	349	533	66
沿海											
更別村	2.5	8.5	8.20	8.4	16	924	1100	84	283	538	53
忠類村	5.5	7.5	8.23	8.7	16	709	1099	65	295	573	52
浦幌町	2.5	8.5	9.3	8.11	23	571	1081	53	165	504	33
平均	3.5	8.2	8.26	8.7	18	735	1093	67	248	538	46

注1) 芽室町は十勝農試生産力検定試験、新得町と忠類村は十勝農試現地選抜圃生産力検定試験、その他は奨決現地試験の成績である。

2) 収穫時雌穂熟度 2:乳中、3:乳後、4:糊初、5:糊中、6:糊後、7:黄初、8:黄中、9:黄後。

3) 比較は平年との差(日)、比率は平年対比(%)である。

表2 生育各期の低温処理の生育・収量への影響(櫛引、1965)

処理時期	絹糸抽出期の 日数遅延(日)		稈長 <sup>3)</sup> (%)		乾総重 <sup>3)</sup> (%)		子実重 <sup>3)</sup> (%)	
	WM13R	W41A	WM13R	W41A	WM13R	W41A	WM13R	W41A
稚苗期	-5	-8	117	102	97	85	85	77
幼穂形成期	-4	-11	113	101	79	38	71	28
絹糸抽出期	+3	0	98	100	83	69	77	55
登熟期	0	+1	96	99	83	82	78	67
無処理	0	0	100	100	100	100	100	100

注1) 処理は9.5°C、30,000 Luxで10日間。試験は4反復で実施。

2) 供試材料はWM13R、W41Aともデント種の自殖系統である。

3) 表中の数字は無処理対比。

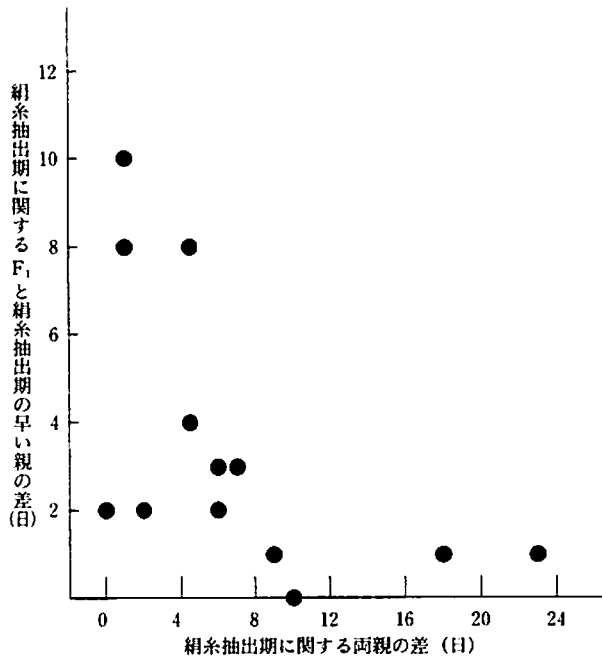


図2 絹糸抽出期に関する両親の早晩生とヘテロシスの関連

ザリウム菌などの土壌菌に対する種子の抵抗性の差異によることが知られ、その検定法が確立されていたが<sup>9,10)</sup>、十勝農試では土壌菌にたいする種子消毒の普及した状況では、土壌菌のない条件下での種子本来の低温発芽性が育種上重要であることを示した<sup>11)</sup>。また、この種子本来の低温発芽性についての検定法を確立した<sup>12)</sup>。即ち、低温発芽性は次式の比較低温発芽勢で示される。

$$\text{発芽勢 (\%)} = \frac{\text{低温条件下 (10°C) の発芽率}}{\text{常温下の発芽歩合}} \times 100$$

比較低温発芽勢は圃場発芽率との間に  $r = 0.6 \sim 0.9$  の統計的に有意 (1%水準) な相関関係がある。

本形質の F<sub>1</sub> に示される変異の遺伝分析については、

既に、相加的效果、優性効果及び両者の相互作用による部分が大きいこと及び選抜によって発芽性が改良されることが報告されている<sup>13,14)</sup>。これに対し、十勝農試では低温発芽性の検定法を用いて、育成品種「ワセホマレ」、「ヘイゲンワセ」の8つの構成自殖系統、4つの構成単交配とそれらの F<sub>2</sub> 集団に対して、低温発芽性の遺伝様式を検討した<sup>15)</sup>。その結果、低温発芽性については、F<sub>1</sub> は低温発芽性に優れた親自殖系統並かそれを上回るヘテロシスを示すことから、F<sub>1</sub> の交配組合せに当たっては、少なくとも片親に低温発芽性の高い自殖系統を用いることが有効であること、また、本形質は比較的少数の遺伝子によって支配される量的形質であること、親子相関が統計的に有意であり(表3)、また、実際、初期世代での選抜効果が高いこと等を明らかにした(表4)。

b 低温生長性 (幼苗期・幼穂形成期)

低温生長性は、低温条件 (8~15°C) での乾物重を検定指標とすると有効であることが知られている<sup>16,17)</sup>。

十勝農試においても、低温生長性は低温年の3~7葉期の草丈、乾物重の測定によって検定できることを示し、また、低温生長性に関して自殖系統単交配に示される

表3 低温発芽性に関する親子相関及び初期生長との関連

交配組合せ	世代	比較低温発芽勢の親子相関		低温発芽性と初期生育との相関
		F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>	
N19 × CM7	F <sub>2</sub>	0.80**		-0.05 <sup>2)</sup>
	F <sub>3</sub>		0.62**	-0.36 <sup>3)</sup>
W41A × W79A	F <sub>2</sub>	0.58**		0.07 <sup>2)</sup>
	F <sub>3</sub>		0.84**	0.33 <sup>3)</sup>

注1) \*\*: 1%水準で統計的に有意  
2) F<sub>3</sub>系統の初期生育  
3) F<sub>4</sub>系統の初期生育

表4 低温発芽性に関する選抜効果

交配組合せ	選抜 <sup>1)</sup> 方向	選抜 <sup>1)</sup> 系統数	F <sub>3</sub> 種子比較低温発芽勢 (%)	圃場発芽率11日目 (%)	F <sub>4</sub> 種子の比較低温発芽勢 (%)	F <sub>3</sub> 系統の初期生育		
						乾物重 (mg/個体)	草丈 (cm)	
							4葉期	8葉期
N19 × CM7	高	12	99.6 <sup>2)</sup>	65.0 <sup>2)</sup>	53.0 <sup>2)</sup>	114 <sup>2)</sup>	15.2 <sup>2)</sup>	37.2 <sup>2)</sup>
	低	10	24.2	50.4	15.8	110	15.2	40.7
	差		75.4**	14.6**	37.2**	4	0	-3.5
W41A × W79A	高	12	99.2	69.4	55.2	123	15.7	36.7
	低	9	44.8	51.3	32.1	119	15.5	34.4
	差		54.4**	18.1**	23.1**	4	0.2	2.3

注1) F<sub>3</sub>種子について比較低温発芽勢により高、低両方向に選抜。  
2) 表中の数字は選抜系統の平均値。  
3) \*\*: 1%水準で系統的に有意。

ヘテロシスは、両親を明らかに越えるほど大きいことを示した<sup>15)</sup>。

#### c 低温発芽性と低温生長性の関連

低温発芽性と低温生長性の関連については、密接な相関関係がみられず独立の関係にあること、北方プリント種は両形質に優れたものが多く、デント種は変異が大きいことが知られている<sup>18)</sup>。十勝農試においても、両形質の相関関係について、N19×CM7、W41A×W79Aの2組合せのF<sub>2</sub>、F<sub>3</sub>、F<sub>4</sub>世代を用いて検討した結果、遺伝相関はまったく認めず、独立の関係にあることを確認した(表3)。従って、両形質についての選抜により、両形質の同時的向上も可能である<sup>15)</sup>。

#### d 低温処理後の回復生長性

十勝農試では、自殖系統16点を用いて、3～7葉期に低温処理(10～12°C)を8日間行った後の、常温における回復生長性(日当の乾物重増加量)を調査した<sup>19)</sup>。その結果、この形質で自殖系統間で差異が認められ、低温処理後の回復生長性と種子の粒大との間に1%水準で統計的に有意な相関のあることが認められた。この傾向は、各自殖系統内の大粒種子と小粒種子の間にも認められた。このことから寒暖の繰り返される寒冷地では、耐冷性品種の育種には大粒種子の選抜が必要なことが示された。

### 4) 早生化及び耐冷性育種の成果

#### (1) 自殖系統育成

十勝農試では、これまで耐冷性の育種母材として、明治年間に北米から導入され北海道に適応した北方プリント種を活用してきた。

F<sub>1</sub>雑種の親となる自殖系統の育成では、低温発芽性、低温生長性の選抜を行って、早熟で耐冷性の強いプリント種自殖系統を多数育成してきた。この中で「To15」、「To38」は特に低温発芽性、低温生長性に優れた耐冷性

の強い系統である<sup>20)</sup>。また、十勝農試では1981年～1987年に実施した大型プロジェクト研究「グリーンエネルギー計画」の中で、寒地における高能力自殖系統の作出のためには、低温発芽性、低温生長性の優れた自殖系統を育成することが重要であるとして、「ハイゲンワセ」、「ワセホマレ」の構成単交配4組合せを育成母材にして両形質について同時選抜を5世代重ねて、両形質の特に優れた早熟で耐冷性の北方プリント種自殖系統「To76」、「To77」、「To78」、「To79」を育成した(表5)<sup>21)</sup>。このうち「To77」は、耐倒伏性、組合せ能力にも優れることから、早熟・耐冷性のF<sub>1</sub>品種育成の母本として活用されている。

#### (2) 新品種育成

早生化については、先述した「To15」、「To38」を利用して育成したサイレージ用の「ワセホマレ」(1978年育成)、「ダイハイゲン」(1983年育成)、「ヒノデワセ」(1985年育成)はいずれも早生で、特に、「ヒノデワセ」は極早生として育成されたが、現在でも最も早熟な部類に属する<sup>22,23,24)</sup>。現在、奨励品種決定現地試験に供試しているサイレージ用の「道交S16号」、「道交S17号」は「ヒノデワセ」並かやや早く、輸入品種と比べても最も早い熟期の系統である。

耐冷性品種育成では、先述した「To15」、「To38」を利用して、現在の栽培品種(F<sub>1</sub>)の中では最も耐冷性に優れた「ワセホマレ」、「ダイハイゲン」、「ヒノデワセ」を育成した<sup>22,23,24)</sup>。「ワセホマレ」、「ダイハイゲン」、「ヒノデワセ」は、いずれも早生で耐冷性が強いので、1983年、1993年の大冷害において、他の輸入品種が絹糸抽出期の遅延、熟度の遅延、乾子実重の減収、TDN収量の減少を来たすなかで冷害の影響をある程度軽減することができた(図3)<sup>23)</sup>。「ワセホマレ」、「ダイハイゲン」、「ヒノデワセ」は、昭和50年代に道東・道北におけるサイレージ用とうもろこしの早生化と作付け面積の拡大に多大の

表5 育成系統の低温発芽性と初期生長性

系統名	比較低温発芽率 (%)			4葉期乾物量 (g/個体)			6葉期草丈 (cm)		
	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	平均	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	平均	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	平均
To76	88.0	92.0	90.0	230	345	288	21.0	24.0	22.5
N19 <sup>1)</sup>	15.9	14.5	15.2	200	357	279	17.8	19.2	18.5
To15 <sup>1)</sup>	45.5	48.0	46.8	185	325	255	17.8	22.4	20.1
To77	87.5	52.3	69.9	230	530	380	22.3	30.6	26.5
To78	87.5	91.4	89.6	200	340	270	20.8	23.5	22.2
To79	92.5	64.0	78.3	220	325	273	21.5	23.7	22.6
To15 <sup>1)</sup>	45.5	48.0	46.8	185	405	295	17.8	21.2	19.5
To31 <sup>1)</sup>	20.3	54.0	37.2	170	235	203	19.0	20.8	19.9

注1) 自殖系統育成における育種母材となった両親系統。

2) いずれの系統も北方プリント種である。

3) S<sub>1</sub>、S<sub>2</sub>は自殖世代を示す。



は早熟で耐冷性の最も強い「ワセホマレ」などの十勝農試育成品種でも不十分である。熟期的には「ヒノデワセ」より5～7日早い極早生で、耐冷性は「ワセホマレ」より一層強い品種が必要である。

早生化については、先述したように早生化と収量性の間には密接な相関関係があるため、実用的な極早生品種を育成するには、その相関を打ち破らなければならない。その方策としては、粒質など由来の異なるグループの各々において、早生・耐冷性で組合せ能力の高い高能力自殖系統を育成することである。

現在、サイレージ用では、多収性をねらうためF<sub>1</sub>組合せの片親としてヨーロッパフリント種やデント種の高能力自殖系統の育成に力を注いでいる。これらヨーロッパフリント種、デント種は耐冷性が北方フリント種より劣り、これらを用いた早生の耐冷性品種育種の障害となっている。ヨーロッパフリント種、デント種の自殖系統の耐冷性の強化が必要であるが、このためには、実際の観点からすると、北方フリント種の耐冷性因子を導入するよりも、北方フリント種以外の耐冷性遺伝資源を利用することが理想的である。しかし、そのような耐冷性の遺伝資源についての知見は不十分である。

現状では、遠縁系統間のF<sub>1</sub>にヘテロシスが出やすいことを考慮すると、ヨーロッパフリント種やデント種に北方型フリント種のもつ耐冷性因子のみを導入するには数回に及ぶ戻交雑を通して導入しなければならない。

現状のところ、ヨーロッパフリント種、デント種の自殖系統の耐冷性の強化は、北方フリント種を交配する系統育種法により実施されており、デント種の改良も含めて戻し交雑法の適用が今後の課題である。

北方フリント種自殖系統については、既に高水準に達しているが、「To 15」、「To 38」、「To 77」などの自殖系統を母材に集団改良を実施し、さらに耐冷性遺伝子の集積を図ることも重要である。

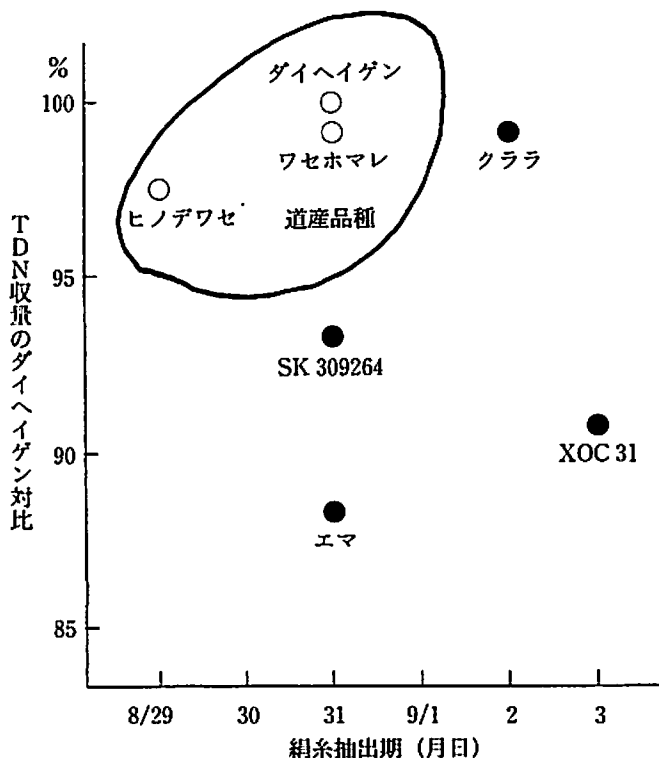


図3 冷害年(1993年)における道産品種の収量性

注1) エマ：基幹品種、クララ、XOC 31、SK 309264：多収な輸入品種。いずれも早中～早中の熟期である。  
注2) データは根拠農試生産力検定試験による。

貢献をした<sup>25)</sup>。最近の系統では、1993年の冷害下でも雌穂熟度が黄熟期にかけ、平年に近い収量性を示す系統が認められた。これらは耐冷性に優れた系統と考えられる(表6)。

### 5) 今後の研究方向と展望

1983年や1993年の大冷害を想定すると、その回避に

表6 冷害年(1993年)における有望系統の耐冷性

早晩生	系統名	初期生育 (1良～5不良)	絹糸抽出期 (月日)	雌穂熟度	乾雌穂重 (kg/10a)	TDN収量 (kg/10a)	対比 (%)	ステイ グリーン度 <sup>4)</sup>
早生の早	303*	1.8	8.15	黄初～中	544	785	136	○
	エマ	2.8	15	黄初	394	577	100	○
	ヒノデワセ	1.8	13	黄初	391	578	100	×
早生の中	93201*	1.0	8.13	黄初	561	780	114	○
	ダイヘイゲン	2.0	17	糊後	436	682	100	×
早生の晩	93233**	1.5	8.20	糊初	546	887	115	○
	ディア	3.0	20	糊初	410	769	100	◎

注1) \*：北方フリント×欧州フリントの組合せ。

注2) \*\*：北方フリント×デントの組合せ。

注3) 「エマ」、「ディア」は輸入品種で基幹品種であり、「ヒノデワセ」、「ダイヘイゲン」は耐冷性の奨励品種である。

注4) ◎：非常に良好、○：良好、□：中間、△：やや劣る、×：劣る

これらの自殖系統の耐冷性の改良を通して5年後には「ワセホマレ」以上、さらに10年後には「ワセホマレ」などの現在の耐冷性品種の水準を大幅に越えた冷害に強いF<sub>1</sub>新品種の育成を旨としている。

## 2. 耐倒伏性

### 1) 背景

北海道の道東・道北地方は、夏期比較的日照時間が少なく、とうもろこしは軟弱徒長気味に生育しやすく、倒伏の発生することが多い。倒伏は、受光体勢を悪化させ、登熟を阻害し、雌穂の先端不稔の発生や矮小化による生産物の減少と品質の低下をもたらすばかりでなく、機械収穫時の収量損失や作業能率の低下をもたらす。このため、耐倒伏性の向上は育種上最も重要な課題の一つである。

### 2) 倒伏の被害解析

倒伏の被害解析の報告はいくつかなされてきたが、十勝農試では、スイートコーンを異なるステージに人為的に倒伏（ころび倒伏）させて雌穂収量への影響を解析した<sup>26)</sup>。この結果、絹糸抽出期以前より、絹糸抽出期後に倒伏させた場合に最も収量への影響が大きく、これは、主に雌穂の先端不稔の発生によるものであった。また、絹糸抽出直前の倒伏は不受精による扁粒列不稔も認められた。また、サイレージ用とうもろこしにおいて、倒伏程度の異なる圃場を機械収穫した場合と手刈りした場合を比較し、倒伏程度と刈取損失の関係を調査した<sup>27)</sup>。その結果、本来多収な品種でも、耐倒伏性が弱く、倒伏の発生の著しい場合は、機械収穫によって収穫損失が多く、低収となったのに対し、本来低収な品種でも倒伏のない品種の方が実収量は20~30%多くなった。倒伏の程度によっては減収率はさらに大きくなることが予想され、上記の成績から耐倒伏性の重要性が実証された。

### 3) 耐倒伏性の育種的基本研究

とうもろこしの耐倒伏性の機作は1965(昭和40)年頃から多くの研究者によって、稈壁の厚さ、挫折荷重<sup>28)</sup>、根系の大小<sup>29)</sup>、稈の曲げ強度<sup>30)</sup>、引き抜き抵抗<sup>31)</sup>など異なる要因から解明が行われてきたが、必ずしも十分に解明されてはいなかった。

#### (1) 耐倒伏性の機作

十勝農試では、耐倒伏性の機作の解明のために多数の自殖系統やF<sub>1</sub>雑種について根重、根数を調査した<sup>32,33)</sup>。

その結果、ころび倒伏個体では、根の折損が根の50%

に、しかも、基部から10cm以内に認められた。バネ計りによる引倒し抵抗の時期的推移をみると、出穂期以降急速に抵抗値は高まり、25~30日に最高値に達し、以降漸減する。このことは耐倒伏性も育成ステージによって異なることを示している。

また、自殖系統およびF<sub>1</sub>雑種についてバネ計りによる引倒し抵抗と生根重、乾根重は1%水準で統計的に有意な相関( $r=0.7\sim 0.9$ )があることを明らかにし、倒伏と根系との関連が強いことを示した。さらに、耐倒伏性の系統は、耐倒伏性の弱い系統に比べて全体の乾根重が大きく、上位の節当たりの乾根重も大きく、また、地上部重に対する根重の割合も大きい傾向にあること、さらに、地上部重に対する生根重の比は倒伏割合との間に1%水準で統計的に有意な高い負の相関があることを明らかにした。

以上から、倒伏と比較的密接に関連する根部の形質も明らかになったが、耐倒伏性の検定指標に利用するには、それら形質は調査時間と手間がかかりすぎるほか、検定作物に対し破壊的であり、実用性が低かった。

#### (2) 耐倒伏性の検定

十勝農試では、圃場で簡単に実施でき、非破壊的で、検定した個体から採種が可能となることを前提とする実用的な検定法「引倒し法」を考案した<sup>34)</sup>。

この方法は、図4に示すように雌穂下部付近を手でつかんで、上部雄穂の着生方向に円弧を描くように地表に向けて引倒し、地表に達したら手を離す。引倒し過程での植物体の状況と操作直後の回復状態によって、図4のようにI~IV型のパターンに区分して稈・根の強弱を総

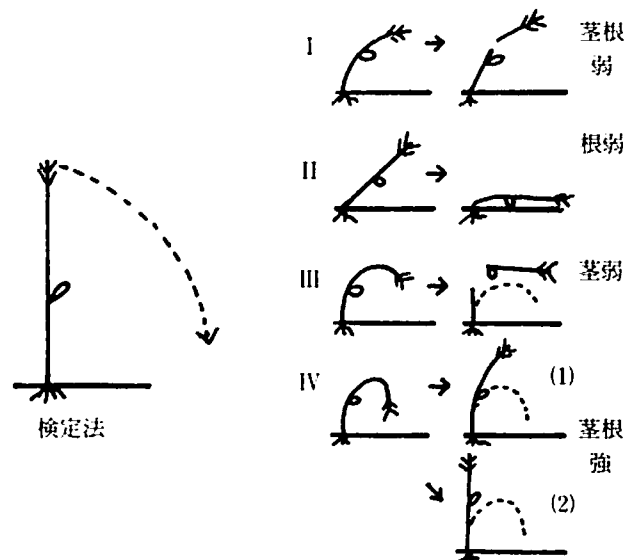


図4 検定法と引倒しパターン

合的に判定する。検定期間は交配時期、登熟後半の2回行う。

この検定法を多数の自殖系統とF<sub>1</sub>雑種に適用して得られた引倒しパターンと圃場で観察した倒伏割合との間には、I型に属する系統は倒伏し易く、順次II型、III型と倒伏し難くなり、IV型は最も倒伏し難いことを明らかにした。また、同一の材料について、パネ計りで測定した「引倒し抵抗」は倒伏個体割合との間にはほとんど関係が認められなかった。さらに、この「引倒し法」を用いて複交配品種「ワセホマレ」と「ダイヘイゲン」とその構成単交配・自殖系統の引倒しパターンを調査したところ、得られた引倒しパターンは、それら親子関係にある材料の実際の倒伏割合と比較的よく一致した。これらのことから、引倒し法は多分に感覚的な面も含むが、引倒しパターンが多様な要因の総合された結果と考えられ、これが実際の倒伏割合と密接な関係をもたらしており、実用的な耐倒伏性の検定法として特に自殖系統育成に活用できることを示した。

#### 4) 耐倒伏性育種の成果

##### (1) 自殖系統育成

十勝農試では「引倒し法」をサイレージ用とうもろこしとスイートコーンの自殖系統育成試験に利用し、自殖系統の抵抗性水準を引き上げてきた。この検定法が適用されて最初に育成された「To 15」は、当時、耐倒伏性の弱い北方フリント種の中では最も耐倒伏性が強かった<sup>20)</sup>。その後も本法を適用して北方型フリント種やスイート種を中心に耐倒伏性の強い自殖系統を多数育成してきた。1993年以降は新たにヨーロッパフリント種の耐倒伏性自殖系統も育成されている。図5には十勝農試で

育成した自殖系統について、1991年以前と以降に分けて耐倒伏性程度を示したが、最近は特に耐倒伏性レベルの向上が著しい傾向にある。

##### (2) 新品種育成

耐倒伏性のサイレージ用D<sub>1</sub>雑種の育成については、F<sub>1</sub>雑種そのものには「引倒し法」を適用しづらいので、この方法によって耐倒伏性が強いと評価された自殖系統を交配母本に選定することになっている。これまでに育成された「ワセホマレ」、「ダイヘイゲン」、「ヒノデワセ」は、いずれも新品種に認定された当時は同熟期の輸入品種に対して耐倒伏性は優れていた<sup>22,23,24)</sup>。

「ヘイゲンミノリ」は1989年に新品種に認定されたが、現在でも、耐倒伏性のレベルが向上した輸入品種に対してやや劣るものの大差ない強さである(表7)<sup>35)</sup>。

現在、奨励品種決定現地試験に供試している「道交S16号」、「道交S17号」は、耐倒伏性が強く、特に後者は耐倒伏性が最も強い同熟期の輸入品種「エマ」よりやや優れている。

スイートコーンでは、ホクレンとの共同研究で耐倒伏性の育成自殖系統と耐倒伏性は弱いが加工適性に優れる導入系統を交配して、「スイートメモリー」(1993年育成)<sup>36)</sup>、「サマースイート」<sup>37)</sup>、「スイートエール」(両者とも1995年育成)<sup>38)</sup>を育成した。これらの品種は既存の栽培品種(輸入品種)より耐倒伏性は明らかに強く、この面では世界の最先端にある(表8)。

#### 5) 今後の研究方向と展望

サイレージ用の輸入品種の耐倒伏性水準が高まる中で、「エマ」、「ディア」は1985年以降耐倒伏性の最も強い品種として君臨してきた。北海道の道東・道北地方で

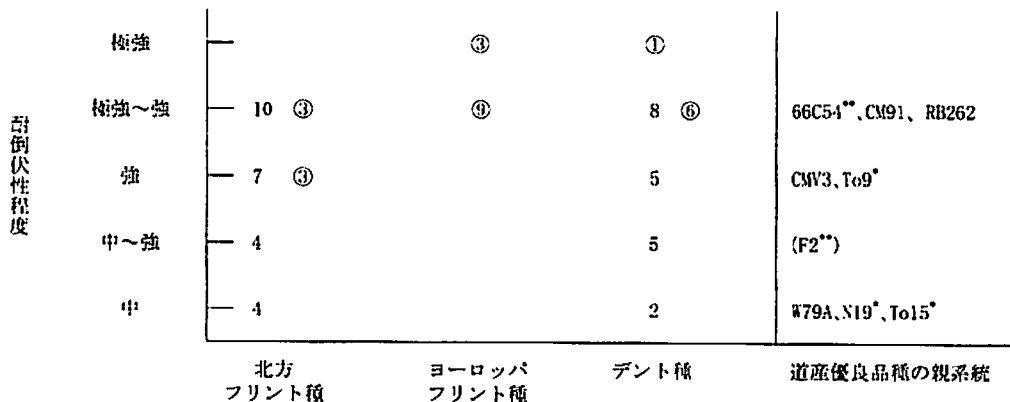


図5 十勝農試育成自殖系統の耐倒伏性の評価(1995年)

図中の数字：1990年までに育成された主要な系統の数、

○で囲ったもの：1991年以降に育成された系統数

\*：北方フリント種、\*\*：ヨーロッパフリント種、その他はデント種

表7 「ヘイゲンミノリ」と最近の輸入品種の倒伏割合(%)の比較

品 種	十勝農試	北見農試	上川農試	根釧農試	忠類村	美深町	別海町
ヘイゲンミノリ	0.5	1.0	0.1	15.0	19.3	0	37.0
ディア	0.5	1.0	0	14.0	40.1	—	—
セリア	0.3	0.7	0.3	—	21.0	2.5	—
コラリス	1.6	3.7	—	31.0	47.2	—	42.0

注1) サイレージ用外国導入品種選定試験におけるデータ。

2) 十勝農試、北見農試、上川農試、根釧農試は1990～1992年の3か年平均  
忠類村、美深町、別海町は1991～1992年の2か年平均である。

3) 「ディア」：準奨励品種(北海道、1985年認定)  
「セリア」：準奨励品種(北海道、1995年認定)  
「コラリス」：準奨励品種(北海道、1995年認定)

表8 最近のスイートコーン育成品種の耐倒伏性(%)

品種名	十勝 農試	北見 農試	上川 農試	ホクレン (長沼)
スイートメモリー <sup>2)</sup>	0.3	2.1	0.4	2.1
サマースイート <sup>2)</sup>	1.6	1.3	0	1.3
スイートエール <sup>2)</sup>	(2.2)	(1.8)	(0)	(1.8)
メロディスweet <sup>2)</sup>	0	0	0	0
リワード	31.7	9.4	0	9.4
GH1703	13.9	—	—	—
ページェント	20.0	(13.0)	(8.0)	(12.2)
ジュビリー	11.5	9.6	0	9.6

注1) 試験年次は1991～1994年の4か年平均。ただし、「スイートエール」は1992～1994年、「ページェント」十勝農試を除く3場は1991～1993年の3か年平均である。

2) 上段4品種が育成品種である。

みると両品種並の耐倒伏性水準にあれば、実質的には十分であるが、多くの商社が品種競争を行う状況下では、今後も耐倒伏性について「エマ」、「ディア」より強い品種の選定に向かうものと思われる。

十勝農試では、現在、北方フリント種、ヨーロッパフリント種、デント種の各々の分類群について耐倒伏性に優れた(極強を目指す)自殖系統の育成に力を注いでおり、今後これら自殖系統を利用することで、5年後には「エマ」、「ディア」以上の耐倒伏性をもつ新品種の育成が可能となろう。スイートコーンでは、5年後には最も耐倒伏性の強い「メロディスweet」<sup>39)</sup>並かこれを上回る新品種の育成が可能となろう。一方で、長期的になるが、上記のデント種などの分類群ごとに循環選抜法により、集団改良を実施し、耐倒伏性遺伝子の集積を図り、それらを基礎集団にして、耐倒伏性の自殖系統の育成を行うことが望ましい。

### 3. すず紋病抵抗性

#### 1) 背 景

北海道の道東・道北ではすず紋病が発生することがある。すず紋病の発生が著しい場合、葉が枯れ上り、雌穂

の先端不稔が発生して減収する。従来、十勝農試では抵抗性の向上のため北方フリント種の持つ圃場抵抗性を育成に利用してきた。現在、北海道ではすず紋病抵抗性が極弱と判断されるものは優良品種として選定されないことになっている。

#### 2) すず紋病抵抗性育種の成果

##### (1) 自殖系統育成

十勝農試では1983年からすず紋病抵抗性の向上をめざして、すず紋病検定試験を実施してきた。主に、サイレージ用とうもろこしとスイートコーンのF<sub>1</sub>雑種及びフリント種、デント種、スイート種のS<sub>5</sub>～S<sub>6</sub>世代の自殖系統を供試して抵抗性の検定を行っている。この結果、F<sub>1</sub>組合せの親となる自殖系統の中から「To 38」、「To 15」(以上フリント種)、「RB 262」、「W 401」、「RB 259」、「To 62」、「To 84」、「To 93」(以上デント種)、「Tos 24」、「Tos 27」、「Tos 35」、「Tos 37」、「Tos 38」、「Tos 43」、「V 711-B」(以上スイート種)をすず紋病抵抗性の強い系統として選定してきた。現在、これらの自殖系統はすず紋病抵抗性の強いF<sub>1</sub>組合せの作成に利用している。

##### (2) 新品種育成

F<sub>1</sub>雑種育成における成果としては、サイレージ用の「ワセホマレ」、「ヘイゲンミノリ」を挙げることができる。「ワセホマレ」の抵抗性は「中」、「ヘイゲンミノリ」は「弱～中」であり、一般に抵抗性の弱い早生品種の中では強い部類に属する。道東・道北地域においては「ワセホマレ」程度の抵抗性があれば、実用的には問題がないと考えられる。

#### 3) 今後の研究方向と展望

道東・道北地方には十勝の沿海部や天北地域などのようにすず紋病の発生しやすい地帯を含んでおり、今後ともすず紋病抵抗性の強化が必要である。十勝農試では、すず紋病抵抗性の自殖系統の育成を真正抵抗性(HxN)、

圃場抵抗性の賦与の両面から積極的に進めており、サイレージ用では、5年後には「ワセホマレ」よりも強い品種の育成は可能である。スイートコーンは、すす紋病抵抗性が弱いため、耐病性育種は一層重要であり、5年後にはサイレージ用の「ワセホマレ」並の抵抗性をもつ品種の育成を目指す。

#### 4. アブラムシ抵抗性育種

##### 1) 背景

北海道のとうもろこし栽培において、アブラムシの発生はしばしば見られ、年次によっては多発生する。しかし、アブラムシ抵抗性に対する育種学的な研究は少なく、また、日本の育種にはほとんど取り入れられてこなかった。

##### 2) アブラムシ抵抗性の育種的基礎研究

十勝農試では、育成品種、輸入品種を供試して、アブラムシのとうもろこしの雌穂、収量におよぼす影響及びアブラムシに対する抵抗性の品種間差異を調査した<sup>40)</sup>。アブラムシの寄生の指標としてアブラムシの排泄物に発生したカビによるすす状の黒変物及び植物体に付着した脱皮殻の量を指数化してこれを用いた。その結果、アブラムシの発生量と雌穂の不稔や矮小雌穂の発生割合の間には密接な相関関係が認められた。また、アブラムシに対する抵抗性はアブラムシ寄生指数と不稔や矮小雌穂の両者から評価でき、これには明らかな品種間差異が認

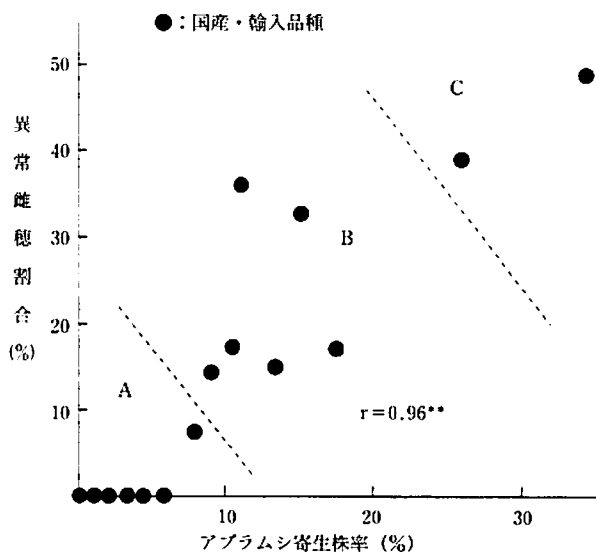


図6 アブラムシ寄生程度及び異常雌穂の品種間差異  
寄生株率：寄生指数0.6以上の株の割合  
異常雌穂割合：上記寄生株における不稔などの異常雌穂をもつ株の割合  
抵抗性について、A：強、B：中、C：弱

められた(図6)。また、アブラムシの寄生によって著しい減収となる場合もあることを示した。これらのことから、アブラムシの抵抗性を育種に取り込むことは可能であり、また、重要であることが示された。現在、自殖系統の育成試験の中にアブラムシ寄生指数による選抜を取り入れ、アブラムシ抵抗性に弱いものは淘汰している。

##### 3) 今後の研究方向と展望

研究は緒についたばかりである。今後さらに精度の高い簡易な検定法を開発するとともに、抵抗性の系統を評価・選定することにより、アブラムシ抵抗性育種に利用することができる。

#### 引用文献

- 1) 戸沢英男 (1982). 昭和56年の異常気象と十勝の畑作物. "とうもろこし". 十勝農業試験場資料, 7: 14-21.
- 2) 長谷川寿保 他 (1984). 昭和58年冷湿害による十勝の畑作物被害解析. "とうもろこし". 十勝農業試験場資料, 9: 27-35.
- 3) 千藤茂行 他 (1994). 平成5年北海道における農作物異常気象災害に関する緊急調査報告書 "とうもろこし". 十勝農業試験場資料, 23: 106-110, 112-116.
- 4) 仲野博之・榎引英男 (1967). とうもろこしの耐冷性に関する研究 (2)生育各期の低温影響について. 日本育種学会・作物学会北海道談話会会報, 7: 23.
- 5) 榎引英男 (1970). とうもろこし耐冷性に関する研究 (4)低温処理による植物体への影響. 日本育種学会・作物学会北海道談話会会報, 10: 26-27.
- 6) 榎引英男 (1973). トウモロコシの冷害と耐冷性検定. 日本育種・作物学会北海道談話会報 13: 66-68.
- 7) 榎引英男 (1980). 寒冷地におけるサイレージ用トウモロコシの原料生産特性と早晩生の品種群の配合に関する研究 IV. 地帯区分と品種配合. 日本草地学会誌, 26: 7-13.
- 8) Jugenheimer, R.W. (1976). Corn, p.139-159 Wiley Interscience, N.Y.
- 9) Hoppe, P.E. (1955). Cold testing seed corn. Agron. J. 54: 523-525.
- 10) 森行雄 (1964). トウモロコシの低温不発芽の原因とその対策. 農業及園芸, 39: 1079-1083.
- 11) 榎引英男 (1971). とうもろこしの発芽に関する耐冷性とその検定法に関する研究 (1)現行法の問題点について. 北海道立農試集報, 24: 33-42.

- 12) 榎引英男・仲野博之 (1976). トウモロコシの発芽に関する耐冷性とその検定法に関する研究 (2)低温発芽性の検定法と表示. 北海道立農試集報, 35: 1-7.
- 13) McConnell, R.L.; Gardoner, C.O. (1979). Inheritance of several cold tolerance traits in corn. *Crop Sci.*, 19: 847-852.
- 14) Mock, J.J.; Bukri, A.A. (1976). Recurrent selection for cold tolerance in maize. *Crop Sci.*, 16: 230-233.
- 15) 長谷川寿保・千藤茂行・高宮泰宏・戸沢英男 (1987). トウモロコシにおける低温発芽性と初期生長性の遺伝性と選抜. グリーンエネルギー計画成果シリーズ, 14: 101-112.
- 16) Miedema, P. (1982). The effects of low temperature on *Zea mays*. *Advances in agronomy*, 95: 93-128.
- 17) 恩田重興・大河内英樹 (1942). 玉蜀黍幼苗の寒害抵抗性に関する品種間差異に就て. 育種研究, 1: 138-143.
- 18) 門馬栄秀 (1985). トウモロコシ自殖系統の低温下における発芽力と初期生育にみられる遺伝変異. 北海道農試研究報告, 143: 137-148.
- 19) 榎引英男・桑島昭吉 (1980). トウモロコシ種子の粒大と低温処理後の回復生長量の関係. 北海道立農試集報, 44: 47-51.
- 20) 戸沢英男・仲野博之他 (1988). トウモロコシ新親品種「To 15」の育成について. 北海道立農試集報, 57: 25-33.
- 21) 千藤茂行・門馬栄秀他 (1989). トウモロコシ高能率系統の作出. グリーンエネルギー計画成果シリーズ, 21: 71-84.
- 22) 榎引英男・仲野博之他 (1979). サイレージ用トウモロコシ新品種「ワセホマレ」の育成について. 北海道立農試集報, 41: 91-103.
- 23) 十勝農試とうもろこし科 (1983). 北海道農業試験会議資料「サイレージ用とうもろこし「道交S 4号」の成績書”. 北海道立十勝農試, p.1-46.
- 24) 長谷川寿保 (1986). 飼料作物の新品種「ヒノデワセ」(とうもろこし農林交 25号). 新しい技術, 23: 43-49.
- 25) 十勝農試とうもろこし育種グループ (1986). トウモロコシ一代雑種品種「ハイゲンワセ」「ワセホマレ」「ダイハイゲン」の育成. 育種学雑誌, 36(別1): 6-9.
- 26) 十勝農試とうもろこし科 (1987). 「スイートコーン「十生13号」に関する成績書”. 昭和62年度北海道農業試験会議資料, p.1-43.
- 27) 十勝農試とうもろこし科 (1980). 「サイレージ用トウモロコシ新品種決定に関する参考資料「道交S 6号」”. 昭和55年度北海道農業試験会議資料 p.1-30.
- 28) Loesh, P.J.; Zuber, M.S., et. (1963). Inheritance of crushing strength and rind thickness in several inbred lines of corn. *Crop Sci.*, 3: 173-174.
- 29) Musick, G.L.; Fairchild, M.L.; et. (1965). A method of measuring root volume in corn (*Zea mays* L.). *Crop Sci.*, 5: 601-602.
- 30) Crane, P.L.; Efrain, D.B.; et. (1966). Stalk strength of strains of maize of Colombia, Ecuador and Venezuela as measured by rind thickness. *Crop Sci.*, 6: 210-212.
- 31) 源馬琢磨・釣岡勉 (1973). トウモロコシ耐倒伏性程度の一指標. 日本育種学会・作物学会北海道談話会会報, 13: 50.
- 32) 十勝農試とうもろこし科 (1972). 昭和46年度とうもろこし育種成績書. 北海道立十勝農試, p.1-138.
- 33) 仲野博之 (1973). トウモロコシ耐倒伏性に関する研究 1. 根系の自殖系統間差異. 日本育種・作物学会北海道談話会会報, 13: 48.
- 34) 榎引英男 (1979). トウモロコシ耐倒伏性簡易検定法. 道立農試集報 42: 21-27.
- 35) 門馬栄秀・長谷川寿保他 (1995). とうもろこし新品種「ハイゲンミノリ」の育成について. 北海道立農試集報, 69: 41-53.
- 36) 高宮泰宏・千藤茂行他 (1996). 加工用スイートコーン新品種「スイートメモリー」の育成について. 北海道立農試集報, 70: 61-72.
- 37) 千藤茂行・三好智明他 (1996). 加工用スイートコーン新品種「サマースイート」の育成について. 北海道立農試集報, 70: 73-85.
- 38) 千藤茂行・三好智明他 (1995). 加工用スイートコーン新品種「スイートエール」(十生27号). 平成6年度新しい研究成果——北海道地域——北海道農業試験研究推進会議, p.28-32.
- 39) 千藤茂行 (1987). トウモロコシ新品種「メロディスイート」. 農業技術, 42: 464.
- 40) 千藤茂行・鈴木和織他 (1995). トウモロコシの雌穂の生育と収量に及ぼすアブラムシの影響と品種間差異. 北海道草地研究会報, 29: 51-54.

## 8. チモシーにおける耐性育種の成果と展望

下小路 英 男\*

### はじめに

牧草は、播種後10年以上利用する 경우가多く、永続性に優れていることが必要である。また、牧草に残留毒物がある場合は最終生産物である乳肉にそれが蓄積されるため、農薬による病害防除ができない。したがって、安定栽培のためには、適草種の利用とともに、各種耐性に優れた品種を利用することが必要であり、品種改良では耐性をより向上させることが主要な目標である。

ここでは、永続性を低下させる主要因である越冬性と干魃害の環境ストレス耐性、永続性と栄養価値を低下させる斑点病耐病性、チモシーの欠点の一つとされ改良が強く望まれている耐倒伏性について、これまでの成果と今後の取り組みについて述べる。

### 1. 環境ストレスの耐性育種

道内で環境ストレスによる被害が最もみられるのは、冬枯れと早魃害による減収又は枯死であり、品種改良では越冬性と耐旱性の向上が最も必要である。しかし、これらの耐性を向上させた場合は、休眠性が強まり、低温短日となる秋期の再生力が低下し、収量性や競争力の低下を招くことが多くの草種でみられ、これらの負の相関関係を打破することが品種改良の大きな問題点とされている。実際的な対応としては、普及地帯で安定的な栽培に必要とされる耐性の程度を検討し、その程度の範囲で主要な農業形質である再生力又は収量性の向上を図る必要がある。しかし、道内各地における越冬性及び耐旱性の必要な程度は必ずしも解明されておらず、環境ストレス耐性の育種をより進めるためにはこれらの検討が早急に必要とされる。

#### 1) 越冬性

##### (1) これまでの成果

チモシーは越冬性に優れていることから、既存品種程度の越冬性を維持しつつ、再生力さらには収量性を向上

させる方向で品種改良を行ってきた。

越冬性は主に耐凍性と雪腐大粒菌核病耐病性に左右されているが、系統を構成する親の選抜は、冬枯れの自然発生条件下で検定しており、耐凍性と雪腐大粒菌核病耐病性を区別しないで総合的な越冬性を評価して行ってきた。既存品種程度の越冬性を有する個体及び親系統を選抜してきた。系統を育成してからは、生産力検定では、圃場での幼苗検定を雪腐大粒菌核病の防除と無防除区の処理を行い、また、系統適応性試験では、根釧農試で耐寒特性検定試験を行い、耐凍性と雪腐大粒菌核病耐病性の検定を行っている。

表1に育成品種を含む主要品種の越冬性、収量性及び再生力<sup>1)</sup>、図1に耐凍性<sup>2)3)4)</sup>、図2に雪腐大粒菌核病耐病性<sup>2)3)4)</sup>を示した。これらからわかるように、最近の育成品種は、越冬性、さらには耐凍性及び雪腐大粒菌核病耐病性を「北海道在来種」また在来種から選抜した「センボク」並に維持し、収量性と再生力を向上させてきた。しかし、極早生「クンプウ」と晩生「ホクシュウ」は、耐凍性と雪腐大粒菌核病耐病性がそれほど劣らないが、越冬性はやや劣っており、越冬性の改良が必要である。両熟期では、「北海道在来種」の中に遺伝資源がほとんどなく、欧米から導入した材料を母材としており、北海道の厳しい越冬条件に適応した材料が少ないことも一要因と考えられる。

耐凍性と雪腐大粒菌核病以外で越冬性に関与するものに、雪腐黒色小粒菌核病の被害があげられる。土壤凍結と積雪が比較的多い条件で発生するが、主要栽培の道東と道北では比較的被害が小さいこと、当場の圃場ではほとんど発生しないことなどから、本病害に対する抵抗性の選抜は行っていない。しかし、本病害による被害は局地的ではあるが若干発生していることから、今後の発生に備えて検定方法の確立が必要と考えられたため、幼苗検定法確立の試験を行った。その結果を以下に述べる。

##### ① 幼苗検定試験

秋期播種(8月上旬と9月上旬)の幼苗に菌核(8.3g/m<sup>2</sup>)を接種し、雪腐黒色小粒菌核病を防除した場合との冬損程度を比較して耐病性を検定する。

表2に冬損程度の品種間差異を示した<sup>5)</sup>。本方法で品



表1 主要品種の主な特性

品 種 名	育成年	熟 期	越冬性	収量性	再生力	斑点病耐病性
北海道在来種		早 生	8	100	2	5
ク ン プ ウ	1980	極早生	7	115	8	4
セ ン ボ ク	1969	早 生	8	111	5	6
ホ ク オ ウ	1969	早 生	8	117	6	4
ノ サ ッ プ	1977	早 生	8	120	8	7
ア ッ ケ シ	1992	中早生	8	128	7	8
ホ ク セ ン	1984	中 生	8	114	5	6
キ リ タ ッ プ	1992	中晩生	8	123	7	7
ホ ク シ ユ ウ	1977	晩 生	5	121	7	5

注) 1) 下小路, 1991<sup>3)</sup>。  
 2) 収量性は、各試験で共通な品種の年間合計乾物収量の比率から、「北海道在来種」に対する百分比で示した。  
 3) 越冬性、再生力は1 (極不良) ~ 9 (極良) である。  
 4) 斑点病耐病性は1 (極弱) ~ 9 (極強)。

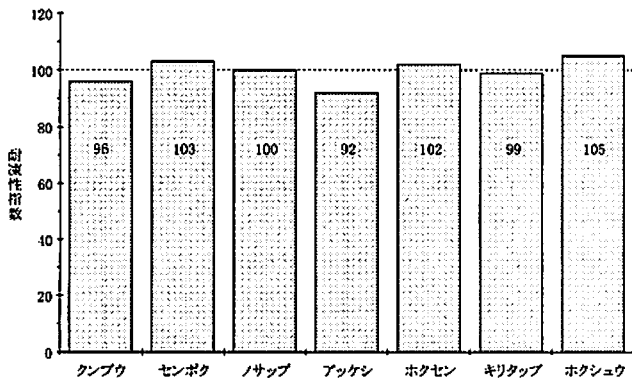


図1 耐凍性の品種間差異

注) 1) 北見農試, 1980<sup>2)</sup>。北見農試, 1992<sup>3)</sup>。  
 2) 指数は1番草乾物収量における除雪・防除区/積雪・防除区×100の値で、「ノサップ」に対する百分比で示した。

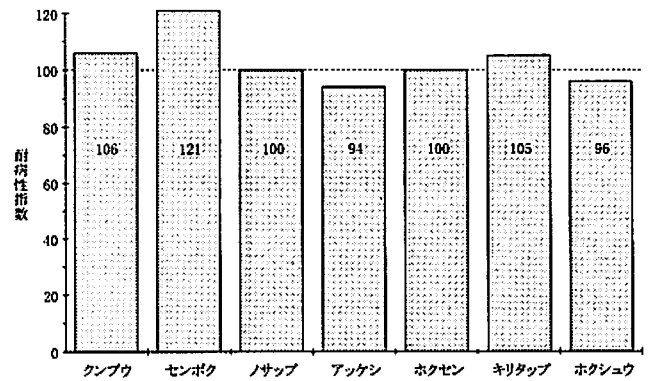


図2 雪腐大粒菌核病耐病性の品種間差異

注) 1) 北見農試, 1980<sup>2)</sup>。北見農試, 1992<sup>3)</sup>。  
 2) 指数は1番草乾物収量における積雪・無防除区/積雪・防除区×100の値で、「ノサップ」に対する百分比で示した。

種系統間の差異がみられるとともに、本病害に対してやや弱いオーチャードグラスとチモシーとの差異が明らかであったことから、本方法の検定方法が有効と考えられる。チモシーの冬損程度がやや少なく、接種菌量をもう少し増やしたほうが良いと考えられ、このことについては今後検討する必要がある。

(2) 今後の展望

チモシーは越冬性に優れていることから、強い選抜は行ってこなかった。しかし、高栄養価粗飼料の生産のために早刈りが行われるようになったが、その場合、越冬条件の厳しい根釧地方では早刈りするとチモシーの永続性が低下することが示された。この永続性の低下が、越冬性もしくは再生力の低下に起因しているかは明らかにされていないが、越冬性の向上は早刈りの場合の永続性を向上させる可能性がある。一方、低コスト生産のために、集約放牧を取り入れることを推奨しているが、放牧利用は採草利用より刈り取りのストレスがかかるためよ

り越冬性に優れた品種が必要とされる。このように越冬条件の厳しい根釧地方では、越冬性により優れた品種の育成が必要とされている。現在、根釧農試作物科の協力により、根釧農試と北見農試圃場で同じ遺伝子型を用いた栄養系評価試験を多回刈り条件で実施しており、越冬性に優れ、根釧地方に適した放牧用品種に近い将来育成されるであろう。また、これらの成果によって、早刈りにおける永続性の向上も果たせると考えている。

2) 耐 旱 性

(1) これまでの成果

天北及び網走地方の重粘土壌及び砂丘地では、干魃による減収がみられる。対策としては、土壌改良、灌水及び耐旱性に優れた草種 (アルファルファ) の導入があげられるが、コストなどの面から、それらの技術はそれほど普及されていない。また、当地帯では干魃に比較的弱いチモシーの栽培が多いこともより干魃害を大きくし

表2 雪腐黒色小粒菌核病による冬損程度の品種間差異

品種名	防除		接種		品種名	防除		接種	
	8上	9上	8上	9上		8上	9上	8上	9上
クンプウ	0.5	0.0	1.5	2.5	ホクシュウ	0.0	0.0	1.5	1.5
センボク	0.5	0.0	1.0	2.0	ホクオウ	1.0	0.0	1.0	1.5
ノサップ	0.0	0.0	1.0	1.0	ホクセン	0.5	0.0	1.0	1.5
アケシ	0.5	0.0	1.0	1.0	オカミドリ	1.0	1.0	2.0	4.0
キリタツ	0.5	0.0	1.0	2.0	キタミドリ	1.0	0.0	2.5	4.0

注) 1) 鳥越ら、1995<sup>3)</sup>。

2) 冬損程度は0(無)、1(微)～5(甚)。

ていると考えられ、耐旱性育種の必要性は大きい。しかし、当場では干魃害が小さいため圃場検定ができないことなどから、幼苗検定法の確立にとどまっている。

以下に、幼苗検定法の確立試験の結果について述べる。

### ① 幼苗検定方法

1/20,000 a のシードリングケースに、パーミキュライト 70 g、その上に乾土 34 g を置いて播種し、10 個体の幼苗を生育させる。発芽後は、最大容水量の 70～80%、18～21°C、12 時間日長で育苗する。幼苗が 4～5 葉期で水分供給を停止し、供給水分が 0% となってから 10 日間干魃条件で生育させる。その後、刈り取り、再給水してから再生した生存個体率で耐旱性を評価する。

図 3 に幼苗検定における生存個体率の品種間差異を示した<sup>6)</sup>。全体の生存率が 50% に近い値を示し、本試験の干魃の程度は適当と考えられた。また、供試した品種間の生存率に明らかな差異がみられたことから、本検定法が耐旱性の検定に有効と考えられる。ただし、本検定の干魃程度が、実際の栽培上でどの程度の干魃条件に相当するかは明らかでない。

### (2) 今後の展望

耐旱性の改良のためには、①必要とされる耐旱性の程度の解明、②幼苗検定法と圃場検定法の確立と両者の関係の解明、③選抜効果の確認、などが必要である。現在、天北農試土壤肥料科では、耐旱性の選抜のための基礎的研究を実施しており、この研究成果を待って選抜に着手しようと考えている。

## 2. 耐病性育種

### 1) 斑点病耐病性

#### (1) これまでの成果

道東と道北の主要栽培地帯で多発する斑点病は、幼苗の枯死や栄養収量の減収を招く重要病害であり、育種を始めた当初から本病害の耐病性育種を行ってきた。その結果、表 1 に示したとおり、耐病性は著しく向上した。

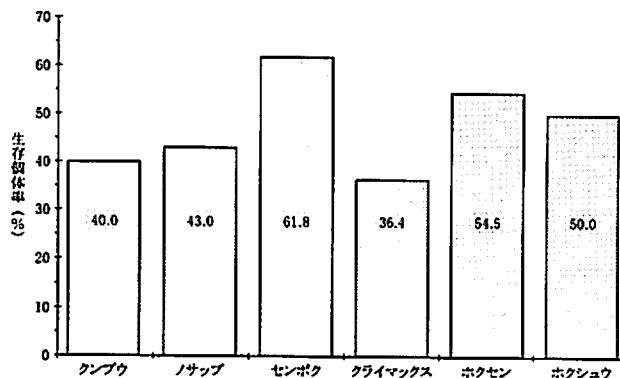


図3 耐旱性の品種間差異

注) 1) 北見農試、1989<sup>6)</sup>。

2) 各品種の供試個体数は 110 個体である。

これには、多くの材料の耐病性を早期に検定できる幼苗検定法の確立が大きく貢献した。以下に、幼苗検定法と耐病性育種の成果を述べる。

### ① 幼苗検定方法

シードリングケースに 4 cm<sup>2</sup>/個体の密度で幼苗を育てる。幼苗が 6～6.5 葉期になったら暗黒・多湿条件下で 3 日間生育させ、4 × 10<sup>5</sup> 個/ml の斑点病菌胞子懸濁液を葉面に噴霧して病原菌の接種を行う。接種後は、再び暗黒・多湿条件下で 4 日間生育させる。その後、光だけを通常の条件に変えて 10 日間育苗して発病させ、最も発病が著しい葉を基準に各個体の耐病性を判定する。

### ② 幼苗検定と圃場検定の関係

図 4 に幼苗検定と圃場検定の罹病程度を示した<sup>7)</sup>。両者間には優位な正の相関関係がみられ、幼苗検定での選抜は、ほぼ圃場での選抜と一致することから、早期の選抜方法として有効であることが明らかとなった。

### ③ 斑点病の選抜効果

図 5 に幼苗と圃場検定による 1 回の選抜効果を示した<sup>8)</sup>。選抜系統は母材より明らかに耐病性に優れていた。図 6 に幼苗と圃場検定から選抜された親栄養系とその多交配後代の罹病程度を示した<sup>9)</sup>。両者の間には比較的高い正の相関関係がみられ、親子回帰係数も 0.92 と高い値であった。これらのことから、斑点病耐病性は、

遺伝力が比較的高く、選抜効果が高いことが明らかとなった。

④ 育成系統の耐病性

図7に幼苗検定と圃場検定を2世代行って育成した「アッケシ」の抵抗性を示した<sup>10)</sup>。「アッケシ」は、抵抗性個体が明らかに高く、選抜効果が顕著にみられる。本品種の耐病性を著しく向上させることができた要因として、2世代の幼苗及び圃場検定の選抜によって耐病性遺伝子を蓄積したこと、2世代で合計21,366個体の個体を選抜に供試して多くの遺伝資源を検定したことが考えられる。これだけ多くの材料を検定することができたのは、幼苗検定法の利用によるところが大きい。

(2) 今後の展望

極早生と晩生群に耐病性品種系統又は個体が少ないことが問題点としてあげられる。これらの耐病性向上のためには、従来の手法とともに、①自殖による優良遺伝子の集積、②品種系統間交雑による耐病性の付与によるな

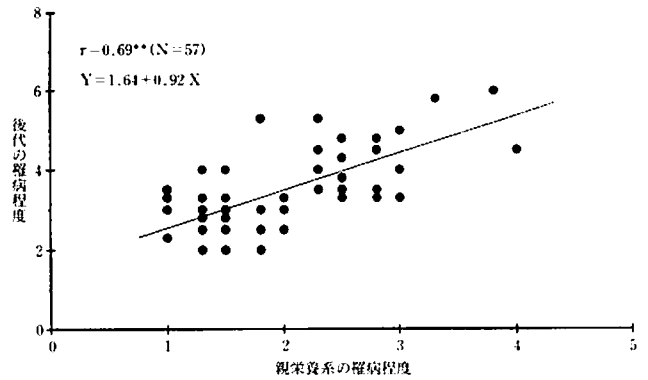


図6 斑点病罹病程度における親子関係

注) 1) 筒井ら、1991<sup>9)</sup>。  
2) 罹病程度は1(無又は微)～9(甚)。

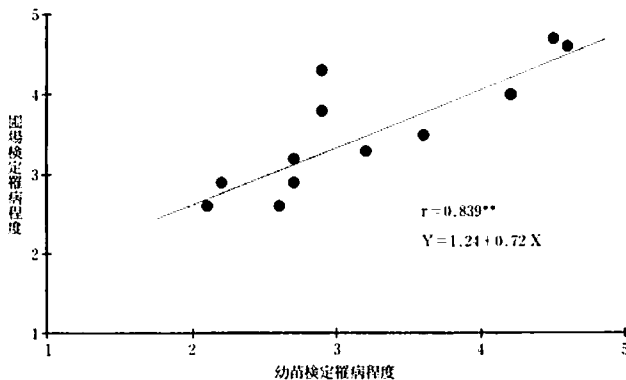


図4 斑点病罹病程度における幼苗検定と圃場検定の関係

注) 1) 筒井、1977<sup>7)</sup>。  
2) 罹病程度は1(無又は微)～5(甚)である。  
3) 圃場検定は2番草の罹病程度である。

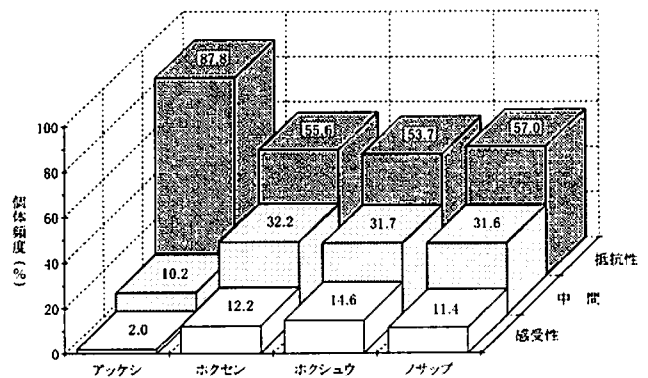


図7 育成系統の斑点病抵抗性

注) 1) 北見農試、1992<sup>10)</sup>。  
2) 抵抗性は0(無)～1(微)、中間は2(少)～3(中)、感受性は4(多)～5(甚)の個体である。

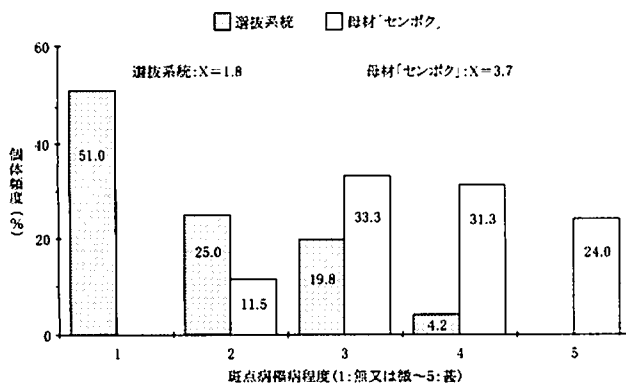


図5 斑点病耐病性の選抜効果

注) 1) 筒井ら、1990<sup>8)</sup>。

どが必要であり、現在取組中である。斑点病以外の重要病害はすじ葉枯病、黒さび病及びがまの穂病であり、これらについてはいずれも圃場での自然発生条件で検定選抜している。すじ葉枯病と黒さび病は、接種できないため現在の検定もしくは選抜方法で今後も取り組む予定である。一方、がまの穂病は、エンドファイトのため感染していても病徴がみられないこと、感染経路が明らかでないことや接種検定ができないことなどから、選抜ができない現状にある。今後の対応としては、がまの穂病に感染した個体を薬剤処理(サプロールの浸漬処理)をもちいて選抜個体と採種種子をがまの穂病フリーにすることが必要であり、現在、フリーになったかどうかを検定するためにがまの穂病菌の抗体を用いたエライザ法を検討中である。

### 3. その他の耐性育種

#### 1) 耐倒伏性

##### (1) これまでの成果

栽培利用上、倒伏による品質、永続性及び作業効率の低下が大きな問題となっている。最も問題となっている晩生において、耐倒伏性の圃場選抜効果を検討した。表3に圃場における個体選抜の主要形質を示した<sup>1)</sup>。耐倒伏性の個体は比較的多いが、これらの個体は再生力にやや劣っていた。表4には、表3の耐倒伏性の個体のなかから生育も比較的良好な49個体を選抜し、その個体の後代検定の結果を示した<sup>2)</sup>。選抜後代の耐倒伏性は比較的優れているが、再生力はやや劣っており、耐倒伏性の選抜では、選抜効果は比較的高いが、再生力を低下させないことが大きな問題であることが示された。一方、表

5には耐倒伏性の選抜効果と収量性を検討するために、選抜の初期の段階で予備的に育成した系統の試験結果を示した<sup>3)</sup>。育成系統は、耐倒伏性は比較的優れるが、再生力と収量性がやや劣っていた。しかし、3年目の育成系統の収量は「ホクシュウ」より勝っていた。これは、「ホクシュウ」は倒伏により枯死株が発生して収量が低下したが、育成系統は倒伏による枯死株の発生が少なく、収量の低下がみられなかったためであり、耐倒伏性の向上が永続性の維持に重要であることを示している。

##### (2) 今後の展望

現在、晩生群とともに、早生群の耐倒伏性選抜個体の多交配後代試験、競合力栄養系試験を実施しており、耐倒伏性と再生力、競合力及び収量性の関係解明と選抜を行っており、耐倒伏性と再生力を同時に向上できる可能性を検討している。一方、茎の強度を引き倒しなどの方法によって数値化して、耐倒伏性の選抜をより効率的に

表3 晩生における耐倒伏性個体の生育特性

個体群	個体数	倒伏程度	出穂始(月/日)	越冬性	再生力	莖数密度	伸長量 (cm)
耐倒伏性	263	3.2	7/2	7.4	4.2	2.8	46
生育良	96	8.2	7/1	7.2	7.4	3.6	36
ホクシュウ	187	7.2	7/2	6.8	6.0	4.0	35
全個体	1,568	6.4	7/2	7.0	5.2	3.8	38

注) 1) 北見農試、1991<sup>1)</sup>。

2) 倒伏は1(無又は微)～9(甚)。越冬性、再生力は1(極不良)～9(極良)。莖数密度は1(極少)～9(極多)。

3) 伸長量は節間伸長期と出穂始の草丈の差。

表4 耐倒伏性の後代検定結果

品種系統名	系統数	倒伏程度	出穂始(月/日)	越冬性	再生力	乾物収量比	
						1番草	2番草
選抜後代	49	1.5	6/27	7.1	5.8	107	93
優良系統	4	1.6	6/27	7.1	5.9	109	95
ホクシュウ		2.4	6/25	7.8	6.8	100	100

注) 1) 北見農試、1995<sup>2)</sup>。

2) 収量は対「ホクシュウ」比。

表5 耐倒伏性系統の生育及び収量性

品種系統名	倒伏程度		再生力		斑点病罹病程度	乾物収量比	
	2年目	3年目	2年目	3年目		2年目	3年目
耐倒伏性系統	6.0	2.6	5.0	6.0	2.6	97	110
ホクシュウ	9.0	6.0	7.0	7.0	4.2	100	100

注) 1) 北見農試、1992<sup>3)</sup>。

2) 合成系統は、表3の耐倒伏性個体から選抜した5個体の合成系統である。

3) 倒伏程度、斑点病は1(無又は微)～9(甚)。再生力は1(極不良)～9(極良)。

行う必要があり、簡易検定方法の確立を早急に行う必要がある。

## 引用文献

- 1) 下小路英男(1991)。寒地型牧草における育種の成果と新品種の有効利用。自給飼料。16：19-27。
- 2) 北見農試(1980)。チモシー「北見11号」に関する試験成績書。p.37-52。
- 3) 北見農試(1992)。チモシー「北見16号」に関する試験成績書。p.30-31。
- 4) 北見農試(1992)。チモシー「北見18号」に関する試験成績書。p.29-30。
- 5) 鳥越昌隆・下小路英男・吉沢晃・玉置宏之(1995)。北海道草地研究会報。29：101。
- 6) 北見農試(1989)。飼料作物の育種に関する試験成績書。p.55。
- 7) 筒井佐喜雄(1977)。耐病性育種の最近の成果と問題点。育種学最近の進歩。18：76-85。
- 8) 筒井佐喜雄・古谷政道・川村公一(1990)。チモシーの斑点病抵抗性品種育成に関する研究。4。抵抗性選抜効果の実証。北海道草地研究会報。24：145-148。
- 9) 筒井佐喜雄・古谷政道・川村公一(1991)。チモシーの斑点病抵抗性品種育成に関する研究。5。育成系統の斑点病抵抗性及び2, 3の特性。北海道草地研究会報。25：103-107。
- 10) 北見農試(1992)。チモシー「北見16号」に関する試験成績書。p.38。
- 11) 北見農試(1991)。飼料作物の育種に関する試験成績書。p.10-26。
- 12) 北見農試(1995)。飼料作物の育種に関する試験成績書。p.20-21。
- 13) 北見農試(1992)。飼料作物の育種に関する試験成績書。p.88-89。

## 既刊「北海道立農業試験場資料」一覧

- 第13号 ダイズわい化抵抗性品種の探索  
北海道立中央農業試験場（昭和57年7月）
- 第14号 北海道農業の現状と将来—試験研究からの展望  
北海道立中央農業試験場（昭和57年9月）
- 第15号 北海道における水稲、小麦の良質品種早期開発  
北海道立中央農業試験場（昭和57年12月）
- 第16号 分析成績表（第2編）  
北海道立中央農業試験場（昭和59年3月）
- 第17号 昭和55年から58年の4年連続異常気象と水稲生育の技術解説  
北海道立中央農業試験場（昭和60年3月）
- 第18号 農作物優良品種の解説（1978—1986） 後木利三執筆  
北海道立中央農業試験場（昭和62年2月）
- 第19号 優良米の早期開発試験プロジェクトチーム第Ⅰ期  
（昭和55—61年度）の試験研究成果 仲野博之編集総括  
北海道立中央農業試験場（昭和63年4月）
- 第20号 最近10年間の農業新技術と今後の課題 企画情報室編  
北海道立中央農業試験場（平成4年3月）
- 第21号 北海道土壌区一覧  
北海道立中央農業試験場 橋本均、志賀弘行編（平成5年9月）
- 第22号 平成5年北海道における農作物異常気象災害に関する緊急調査報告書 稲作編  
竹川昌和編 北海道立中央農業試験場（平成6年7月）
- 第23号 平成5年北海道における農作物異常気象災害に関する緊急調査報告書 畑作編  
土屋武彦編 北海道立中央農業試験場（平成6年7月）
- 第24号 優良米の早期開発試験プロジェクトチーム第Ⅱ期 編集委員長 佐々木多喜雄  
（昭和62—平成5年）高度良食味品種の開発試験  
北海道立中央農業試験場（平成7年5月）
- 第25号 21世紀初頭における農業の技術的課題とその展望 同書編集作業班編  
北海道立中央農業試験場（平成7年7月）
- 第26号 農作物優良品種の解説（1987—1995） 三浦豊雄編  
北海道立中央農業試験場（平成8年3月）

北海道立農業試験場資料 第27号 ISSN 0386-6211

## 北海道の育種指定試験地における 耐性育種の成果と展望

土屋武彦 編

1997(平成9)年3月31日発行

発行者 **北海道立中央農業試験場**  
〒069-13 北海道夕張長沼町東6線北15号

印刷 (株)アイワード