

2. 耐冷性の素材と育種戦略

木 下 雅 文*

はじめに

北海道における稲作の過去100年を振り返ってみると、ほぼ4年に1回の割合で冷害が起きている。近年は冷害となっても収量低下は比較的小さいものの、平成5年(全道水稻作況指数⁴⁰⁾や平成15年(同73)のような厳しい冷害年には大きな減収は避けられず、未だ冷害を克服したとは言い難い。平成15年の冷害においては、最近の良食味米生産を目指す中での窒素減肥、穂ばらみ期深水などの栽培管理の励行および作付品種の耐冷性向上などによって、過去の冷害年に比べ被害が軽減されたとの評価がある。しかし、やはり大きな減収を避けられなかったため、今までより一層耐冷性を強化した品種の必要性が改めて認識された年でもあった。

1) 耐冷性検定法と育種

北海道において冷水掛け流しによる耐冷性検定が初めて行われたのは、昭和11年(1936)北海道立農業試験場上川支場である¹¹⁾。以後、検定法は改良が重ねられ、現在では極早生種の穂ばらみ期から晩生種の出穂期まで19℃前後の冷水をかけ流す、中期冷水掛け流し検定法による耐冷性の検定が行われている。この検定は現在、道立の上川、中央、道南の各農試および北海道農業研究センターで行われているため、奨励品種決定試験に供試される系統は複数場で検定が行われ、高い精度で耐冷性の評価がなされている。また、遅延型耐冷性および開花期の障害型耐冷性は上川農試で人工気象室を使った検定を行っている¹⁴⁾。耐冷性素材の選抜法は、大量の材料が扱えるため冷水掛け流し圃場に供試し不稔発生の少ない個体、系統を選抜する方法が採られている。人工気象室はスペースや精度、労力の問題のため現在は奨励品種決定試験供試系統の耐冷性評価のみで、選抜には用いられていない。

2) 耐冷性検定の試み

従来の知見から、障害型冷害の最も危険な時期は穂ばらみ期、次いで開花期であることが知られているが、この二つの耐冷性には一定の関係が認められない^{10),13)}か、相関関係があるものの密接なものではない^{15),4)}との報告がある。また、穂ばらみ期における冷温感受性の期間は

品種により長いものと短いものがあり、この長短は感受性が最高の時の不受精歩合の大小とは必ずしも一致しない^{2),6),7),8),9)}。すなわち、影響を受ける期間が長い品種(U字形)と影響を受ける期間が短い品種(V字形)がある³⁾。さらに、幼穂形成期以後穂ばらみ期前までの、「前歴」期間および穂ばらみ期以後の「後歴」期間の低温は、それ自身では不稔の発生は少ないが、穂ばらみ期又は開花期の低温と重なると不稔を助長させることが知られている¹⁾。また、圃場の一般栽培における不稔率と冷水掛け流し検定による耐冷性の評価が必ずしも一致しない場合がしばしば見受けられ、このことは、穂ばらみ期の耐冷性を評価しただけでは、その品種の生育期間全体での耐冷性を評価したことにはならないことを示している。また、開花期耐冷性検定についても同様である。

以上のことから、品種の耐冷性を考えるときには幼穂形成期から開花期までの長期にわたって耐冷性を知る必要があると考えられる。また、前歴期間、穂ばらみ期、後歴期間、開花期それぞれの冷温の組合せでどのように不稔が変化するかという点についても品種間差がある可能性がある。

平成15年上川農業試験場の人工気象室において後歴処理、開花期処理の組合せで耐冷性はどう変化するか予備的な試験を行った。この試験は処理温度17.5℃、処理期間14～15日間の中期処理で行った。

<試験の種類>

- ・試験①：品種別の後歴(穂ばらみ期以後開花期前まで)、開花期の冷温及びその二時期の冷温の組合せに対する耐冷性に関する試験
- ・試験②：「きらら397」、「はくちょうもち」の穂ばらみ期以後の耐冷性に関する試験

<材料および試験方法>

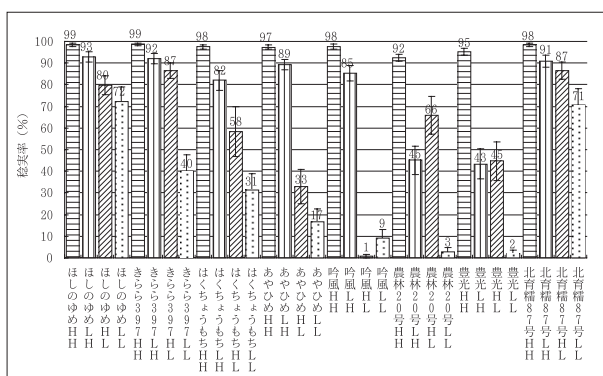
試験①は「はしのゆめ」、「きらら397」、「はくちょうもち」、「あやひめ」、「吟風」、「農林20号」、「豊光」、「北育糯87号」。試験②は「きらら397」、「はくちょうもち」。冷温処理は、人工気象室内で17.5℃、14日間(①)または15日間(②)とし、天井部には遮光率50%の遮光幕を張った。①の後歴処理は、1ポット当たり1穂以上の葉耳間長が+になった日から処理を開始した。対照区は人工気象室内で26℃(9時～17時)/20℃(17時～9時)で栽培し

*上川農業試験場 078-0387 上川郡比布町

た。材料養成は丹野ら¹⁾の方法に従い、長さ15×幅5×高さ10cmのポットを用いた。1ポットは8株栽植し、1ポット当たり窒素成分量で0.13gを施用した。播種は5月12日で処理期間外の材料は人工気象室、ガラス室で養成した。穂ごとに出穂日を札付けし、成熟期に刈り取ったあと、出穂日毎に触手による稔実調査を行った。

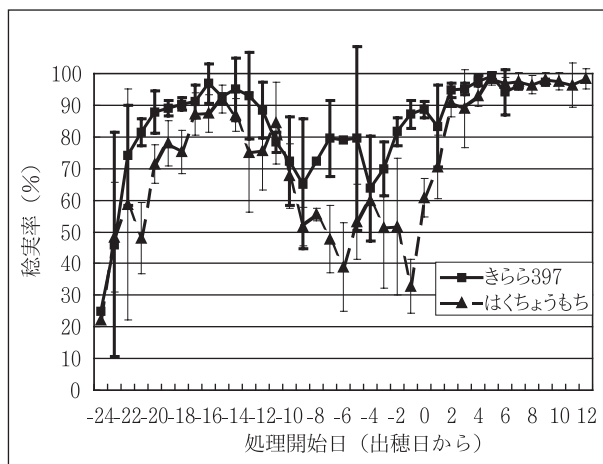
〈結果〉

・試験① 処理終了日から出穂日までが6日～1日のものを後歴期間処理区、処理開始日から出穂日まで3日～0日のものを開花期処理区とし、そのどちらの期間にも冷温処理したものを後歴+開花期処理区とした。「農林20号」、「豊光」は後歴期間のみの冷温に弱い。その他の品種・系統では後歴期間のみの冷温では不稔の発生が少ない。「吟風」は特に開花期の冷温に弱い。「あやひめ」も弱く、「豊光」、「はくちょうもち」はやや弱い。(これは、丹野ら¹⁵⁾、木下ら³⁾の結果と同じ)。「はしのゆめ」、「北育糯87号」は二時期の冷温を組み合わせたときも強い。「きらら397」は後歴+開花期の冷温で稔実率が低下し、「農林20号」、「豊光」では著しく低下した。(図Ⅱ-



図Ⅱ-2-1 各品種系統の後歴、開花期および後歴+開花期冷温処理の稔実率

注) 図中のHHは対照区, HLは開花期処理区, LHは後歴処理区, LLは後歴+開花期処理区を表す。



図Ⅱ-2-2 「きらら397」と「はくちょうもち」の穂ばらみ期以後冷温処理時の稔実率

2-1)

・試験② 図Ⅱ-2-2のように、「はくちょうもち」は穂ばらみ期の耐冷性が「強」、「きらら397」は「やや強」であるが、後歴期間以降、開花期を含めた耐冷性は「はくちょうもち」の方が弱い傾向にあった。

〈考察〉

- ・後歴のみの処理でも稔実率が大きく低下する品種がある(豊光, 農林20号)。
- ・開花期の耐冷性が極端に弱い品種(吟風)があり、穂ばらみ期の耐冷性評価と異なる。
- ・後歴+開花期の冷温処理により、個別の冷温処理よりも稔実率は低下するが、その低下程度には品種により違いがある。
- ・穂ばらみ期以後、開花期を含めた耐冷性は「きらら397」より「はくちょうもち」の方が弱い。

との結果となった。

前述したように冷害年には、一般圃場での不稔率が冷水掛け流し検定の結果と必ずしも合致しない場合があるが、上記の結果は、ある程度この疑問に答えているのではないだろうか。この試験から、品種毎に幼穂形成期～開花期の各時期における冷温に対する耐冷性や、冷温を受ける時期の組合せによる感受性の違いについて知る必要が示されたものと思う。

同様な試験を継続して行い、知見を広げた上で穂ばらみ期以外で耐冷性の強化が必要とされれば、それに対応した選抜法、検定法が必要になるだろう。ただし、選抜法、検定法については、育種現場で利用するためには大量の材料を同時に簡便に処理できることが必要であり、開花期耐冷性の奨励品種決定試験供試系統以外の検定は現段階では難しい。この点は今後検討すべき課題である。

3) 食味と耐冷性の結合

北海道では、平成14年末の政府による米政策改革大綱の策定に伴い「売れる米」作りへの転換が急務となるなかで、「コシヒカリ」並極良食味品種の早期開発が生産者および実需者から要望されている。また同時に、冷害に強く安定生産できる品種を望む声も大きい。このような要望に答えるうえで今までも増して、極良食味と耐冷性の結びつけは非常に重要な育種目標となっている。

良質、良食味と耐冷性の結合については北海道で稲作が始まってから、時にその重み付けは違えども、一貫して求められてきた目標であった。かつて良食味といわれた「早生錦」、「豊光」、「農林20号」などの品種は耐冷性が弱く、良質、良食味と耐冷性の結合は難しい課題といわれてきたが、昭和55年からの「優良米早期開発プロジェ

クト(I～IV期)」における、「ゆきひかり」(耐冷性強)、「ほしのゆめ」(耐冷性強)等の育成により、かなりの進歩を遂げた。現在求められているのは、「大地の星」(耐冷性極強)レベルの耐冷性と“コシヒカリ”級の極良食味の結合である。また、糯米においてはより厳しい気象条件の地域での作付が行われているため、耐冷性「極強」レベルの実用品種の早急な開発が必要である。

平成15年、上川農業試験場で耐冷性「極強」の品種「大地の星」が育成された。他に北海道梗米の耐冷性「極強」品種には、「初雫」「はやゆき」がある。良食味品種では「ほしのゆめ」、その後に育成された「ななつぼし」(中央農試育成)、「ふっくりんこ」(道南農試育成)はいずれも耐冷性「強」である。糯米では「風の子もち」が「極強」,「はくちょうもち」が「強」である。酒造好適米では「吟風」の穂ばらみ期耐冷性が「やや強」であり、開花期耐冷性は「極弱」と判定されている。

耐冷性の強化が最も急がれるのは、道内でも厳しい栽培条件の地域で作付けされている、糯米である。現在最も多く作付けされている早生の「はくちょうもち」の耐冷性は十分とは言えず、早生で耐冷性「極強」レベルの品種育成が緊急の目標となる。良食味品種でも次の目標は耐冷性「極強」レベルである。「大地の星」が育成されたことにより、その実現の可能性は高くなった。酒造好適米については「吟風」は穂ばらみ期、開花期ともに耐冷性に問題があるため、穂ばらみ期耐冷性とともに関花期耐冷性も強化した品種の育成が求められる。さらに、

より高いレベルの耐冷性品種を育成するためには、現在の極強品種を上回る耐冷性を備えた母本の作出も必要である。

4)耐冷性の素材

現在、北海道の奨励品種の中では、「大地の星」および「初雫」の耐冷性が最も強く、「極強」である。ただしこれらは加工用品種であり、良食味品種としては「ほしのゆめ」「ななつぼし」「あきほ」「ふっくりんこ」の「強」が最も強い。糯品種では「風の子もち」が「極強」であるが、近年の検定結果では「強～極強」と判定されることが多い。

過去に育成された系統の中では「北育糯88号」がかなり強く、「極強」の中でも高いレベルにある。上川農試で育成した系統の中にはこれと同等かそれ以上の耐冷性の素材が認められている(表Ⅱ-2-1)。ただし、これらの系統は耐冷性以外には多くの不良形質を持っており、良質、良食味性との結合には時間がかかることが予想される。

5)今後の耐冷性育種の目標と戦略

以上の目標を達成するためにはいくつかのアプローチが考えられる。優良米早期開発プロジェクト(I期)資料の中で佐々木は、耐冷性向上のための育種戦略として、3つの方向性を挙げた¹²⁾。一つは北海道耐冷性品種間の交雑であり、もう一つは早熟耐冷外国稲品種の利用、3

表Ⅱ-2-1 上川農試冷水かけ流し圃場における耐冷性極強系統(上川農試育成)の成績

試験年次		1999		2000		2001		2002		2003		平均		供試年数
品種・系統名交配組合せ		触手 稔実 歩合 (%)	判定	触手 稔実 歩合 (%)	判定	触手 稔実 歩合 (%)	判定	触手 稔実 歩合 (%)	判定	触手 稔実 歩合 (%)	判定	触手 稔実 歩合 (%)	判定	
'90DSW6	Silewah/ゆきひかり//キタアケ	73.6	RR	72.1	RR	33.3	RR			63.8	RR	60.7	RR	4
上系91409	Cl1107/2*キタアケ	37.6	RR	68.1	RR	17.8	RR			55.1	RR	44.7	RR	4
上系91411	昆明小白谷/2*キタアケ	47.2	RR	72.5	RR	13.9	RR			49.3	RR	45.7	RR	4
'92DSW1505	永系88295-L/道北50号	68.1	RR	82.2	RR	28.4	RR			45.6	RR	56.1	RR	4
'92DSW1524	永系88295-L/道北50号	53.0	RR	78.7	RR	41.3	RR			64.5	RR	59.4	RR	4
'92DSW1540	永系88295-L/道北50号	36.8	RR	81.3	RR	21.5	RR			46.8	RR	46.6	RR	4
上系95082	上系91409/道北50号	39.9	RR	73.9	RR			25.7	RR	48.9	RR	47.1	RR	4
上系99253	ふ系167号/上育418号//上育418号			74.1	RR			39.7	RR	46.2	RR	53.3	RR	3
上系99254	ふ系167号/上育418号//上育418号			65.6	RR			11.5	RR	51.5	RR	42.9	RR	3
永系88223	藤坂中母42号/道北36号	53.2	RR	73.2	RR	23.1	RR	21.1	RR	47.2	RR	43.6	RR	5
北育糯88号	北育糯79号/道北47号	46.9	RR	71.2	RR	11.0	RR	28.4	RR	56.8	RR	42.9	RR	5
初雫				71.3	RR	8.6	RR	10.2	RR	41.2	RR	32.8	RR	4
ほしのゆめ				45.4	R	1.4	R	10.4	R	44.4	RR	25.4	R	4
ゆきひかり		5.9	r	45.2	R	0.0	—	0.5	—	10.3	R	12.4	-	5

注1) 水口区の結果のみ

注2) 判定のRRは極強, Rは強, rはやや強, を表す。—は判定不能。

つ目には突然変異育種による方法である。この時から20年余りが経過したが、これら3つの育種戦略のうち実際に品種に結びつく成果を上げたのは一つ目の北海道耐冷性品種間の交雑であった。外国稲の利用に関しては母本が作出され利用されているが、品種には結びついていない。突然変異による耐冷性の向上は殆ど成果を上げなかった。これは、外国稲、突然変異を利用した育種では、目的形質以外の劣悪形質を取り除くのに大きな苦勞と年月を要することから、品種にまでは結びつきにくかったと考えられる。

今後も、品種開発に当たっては北海道耐冷性品種、系統間の交雑が最も実用的であることは変わらないであろう。「ほしのゆめ」で達成できた(あきたこまち/道北48号(耐冷性やや強~強)//きらら397(同やや強))、耐冷性選抜による作用の異なる耐冷性遺伝子の集積も期待できる。

しかし一方で、遺伝背景が近い組合せからはこれ以上の耐冷性強化が難しくなる可能性もある。そのため、遺伝背景の異なる外国稲などから耐冷性を取り入れた(表Ⅱ-2-1に示した90DSW6のような)母本の利用もより進めていく必要がある。近年、障害型耐冷性に関するDNAマーカーの開発が進められており、その利用により、従来より早期に外国稲由来の強い耐冷性を取り込むことも可能になるであろう。圃場での選抜においては、冷水掛け流しを利用した選抜が最も実用的であるが、これに人工気象室を利用した選抜も加え、幼穂形成期から開花期までいずれの期間においても強い耐冷性を持つ品種を開発できるよう選抜法や検定法の改良に努めていくことが必要である。

引用文献

- 1) Ito, N. "Male Sterility Caused by Cooling Treatment at the Young Microspore in Rice Plants. XV. Effect of moderate cooling before or after the critical stage on the sterility induced by cooling at the critical stage." Proc. Crop Sci. Soc. Japan. **45**, 558-562(1976).
- 2) 柿崎洋一, 木戸三夫. "水稻の穂の生育過程上低温による稔実障害を来し易き時期". 農業及び園芸. **13**, 59-62(1938).
- 3) 角田公正, 和田純二, 金沢俊光, 佐藤享一. "水稻冷害の実験的研究 第25報 幼穂発育期における低温障害の品種間差異". 日作紀. **36**, 525-526(1967).
- 4) 木下雅文, 丹野 久, 木内 均, 平山裕治, 菊地治己. "北海道新旧水稻品種の開花期耐冷性について". 育種・作物学会北海道談話会会報. **40**, 31-32(1999).
- 5) 木下雅文, 丹野 久, 沼尾吉則. "北海道水稻品種の開花期耐冷性評価—年次変動と基準品種の選定—". 育種・作物学会北海道談話会会報. **43**, 23-24(2002).
- 6) 近藤頼巳. "水稻の冷害現象に関する実験的研究 第5報 幼穂期の寡照低温に因る稔実障害の品種間差異". 農業及び園芸. **18**, 809-814(1943).
- 7) 近藤頼巳. "水稻品種の冷害抵抗性について". 農業及び園芸. **19**, 941-942(1944).
- 8) 近藤頼巳. "水稻品種の冷害抵抗性に関する生理学的研究". 農業技術研究所報告. D3, 113-228(1952).
- 9) 近藤頼巳. "水稻品種の冷害抵抗性の研究 [1]". 農業及び園芸. **31**, 905-908(1956).
- 10) 松永和久, 朴 春実, 佐々木武彦. "水稻主要品種の開花期耐冷性". 育種学雑誌. **35**(別1), 156-157(1985).
- 11) 三分一敬 監修. "北海道における作物育種". 北海道協同組合通信社. p 9 (1998).
- 12) 佐々木多喜雄. "水稻の耐冷性育種". 北海道立農業試験場資料. **15**, 121-130(1982).
- 13) 佐竹徹夫, 小池説夫. "イネの開花期冷温処理による不稔—開花期耐冷性の品種間差異および穂孕期耐冷性との関係—". 日作紀. **51**(別1), 115-116(1982).
- 14) 丹野 久, 木内 均, 平山裕治, 菊地治己. "人工気象室を用いた水稻開花期耐冷性の簡易検定法の開発". 日作紀. **69**(1), 43-48(2000).
- 15) 丹野 久, 木下雅文, 木内 均, 平山裕治, 菊地治己. "北海道水稻品種における開花期耐冷性の評価およびその穂ばらみ期耐冷性との関係について". 日作紀. **69**(4), 493-499(2000).