

イネの耐冷性と品質

沼尾吉則（北海道立道南農業試験場）

The relationships between the tolerance to cool temperature in the booting stage and the grain quality of paddy rice in Hokkaido.

Yoshinori Numao

(Hokkaido Prefectural Donan Agricultural Experiment Station)

熱帯原産の水稲を寒冷地の北海道で栽培する場合、寒さが問題となり、著しい低温の場合は冷害となる。北海道の過去100年間（1894年～1993年）において、冷害は25回あり、4年に1回の割合で発生している。最近20年間においても6回冷害を受けており、発生頻度は変わっていない。しかし、100年の間に冷害年の減収率は軽減し、近年の減収量は100～150 kg/10aである。また、平年収量は年々増加し、現在は503kg/10aで全国平均（497kg/10a）並となった。

北海道の稲作の歴史は、寒さとの闘いであった。そこで、1．品種改良 2．栽培法の変遷 3．冷害による品質低下 4．平成5年の冷害、について述べることとする。

1．品種改良

北海道では、水稲は約300年前から道南の一部で作付けされていたが、道央で栽培されるようになったのは、約120年前「赤毛」ができてからである。「赤毛」は現在の「ゆきひかり」程度の出穂期で、北海道では中生であり、当時の道南地方の基幹の晩生品種と比較すると早生である。そのため、播種から出穂・成熟期までの生育期間が短くなり、道央部でも平年ならば十分登熟できる品種である。

その後、交雑育種法によって両親を超越した極早生、超早生の品種が育成されて、北限の稲作が更に北進していき、北限地帯の稲作安定化にも大きく貢献した。早生、早熟で耐冷性を高めた品種の育成によって北の稲作が少しずつ安定していった。そこで、耐冷性（穂孕期の障害型耐冷性）と品質・食味の変遷について考察する。

「赤毛」の耐冷性は現在の水準ではやや強程度と判定される。「赤毛」の玄米品質は極めて不良であったが、その後の「坊主」で少し改良された。昭和10年に府県品種との交配で生まれた「富国」は良質、強稈、多収であったが耐冷性は弱であった。昭和16年育成された「農林20号」も当時の早生としては、強稈で多収、良食味であったが耐冷性はやや弱であった。

その後に「栄光」「新雪」「しおかり」「イシカリ」「キタヒカリ」と基幹品種が変遷していったが、耐冷性はやや強程度であり、収量、品質が向上していった。「ゆきひかり」は耐冷性が強である上に、良質、良食味であり、永年達成しえなかった「耐冷性強にして良食味」の品種となった。「きらら397」は念願の道産米で本州産米並の良食味品種であるが、耐冷性はやや強である。

このように北海道の品種は昭和20年代の「富国」「農林20号」以降は耐冷性が少しずつ強くなってきた。昭和30年は粳品種で耐冷性が強い品種の作付割合は6%、やや強30%、中14%、やや弱14%、弱14%、不明22%であり、平均すると中であった。平均値で、昭和34年には中～やや強、昭和56年はやや強、昭和63年はやや強～強となり、年次の経過とともに耐冷性のより強い品種の作付割合が増えてきた。

従来、耐冷性と良食味は結びつき難い場合が多かった。「農林20号」「早生錦」「巴錦」「照錦」等の良食味品種は、耐冷性が弱～やや弱であり、最近の品種でも「しまひかり」の耐冷性はやや弱であった。しかし、現在の品種では「ゆきひかり」「はくちようもち」等、良質良食味で耐冷性が強となっている。良食味品種「しまひかり」の血を引く「きらら397」「ほのか224」「上育394号」「空育139号」等の品種では、耐冷性がやや強以上と

っており、耐冷性と良食味の結びつきは可能と思われる。

佐々木³⁾によると、耐冷性選抜のために冷水処理した集団と無処理の集団では、アミロース含有率および外見品質への負の影響はみられなかった。また、現在の奨励品種決定調査（以後奨決）材料についても、耐冷性とアミロース含有率あるいは耐冷性と外見品質とは有意な相関は認められない。現在育成中の同供試材料をみると、耐冷性が強く食味水準は「きらら397」並からそれ以上のものが多い。近い将来に「きらら397」を越える良食味で、耐冷性が強い品種ができることが期待される。

以上、品種改良においては、収量を増加させながら耐冷性と品質・食味を向上させてきた。今後も、より耐冷性の強い良質・良食味の多収品種をめざす必要がある。

2. 栽培法の変遷

北海道の水稲栽培法は寒地稲作に適合する方向に、とくに遅延型冷害を回避する方向に改良が進んできた。

北海道の栽培様式¹⁾は、はじめは府県の方法をそのまま用いた水苗代であった。大正年代には急激な造田のために移植が追いつかなくなり、明治末に発明された直播器の利用で直播栽培が盛んになった。直播栽培は、水苗代より生育期間が短く、早熟化を図ることができ、安定化につながった。畑苗栽培は、昭和11年頃から導入され、低温による初期生育の遅れが少なく多収を示した。直播よりも2週間以上播種期が早くなり、全生育期間が大幅に拡大され、遅延型冷害に対する安定度を一層高め、晩生種の作付けも可能となった。昭和40年代後半以降は、機械移植栽培が確立し、初期には稚苗が多く用いられたが、冷害年には生育遅延など安定性に欠けるところがあったため、その後は中苗および成苗が多くなり遅延型冷害に対して再び安定性が向上してきている。

栽培法は、冷害に対する安定性の向上と省力化の方向で進んできた。今後は、より省力化・低コスト生産技術が求められることとなり、直播栽培が増大することが予想される。その場合、冷害に対する安定性が低下することが懸念されることとなるので、冷害に対する一層の研究が重要となる。

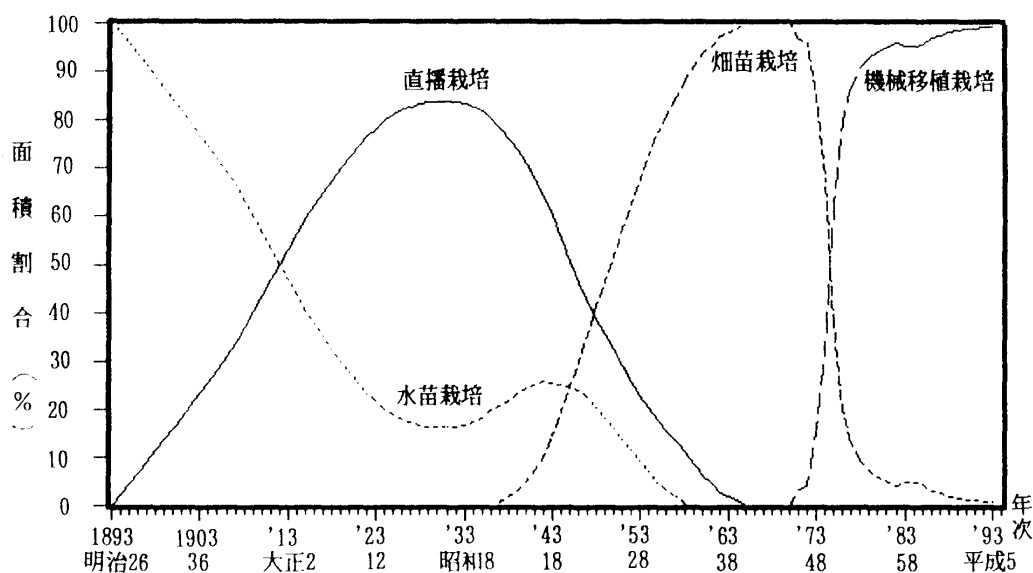


図1 北海道における水稲栽培法の変遷

3. 冷害による品質低下

(1) 最近の1等米比率について

冷害年次においては、収量の低下ばかりでなく品質・食味の低下も問題となる。そこで、最近20年間の北海道の作況と1等米出荷率について比較した。

昭和49年から平成5年までの20年間で、作況指数が90を下回った冷害年は、昭和51、55、

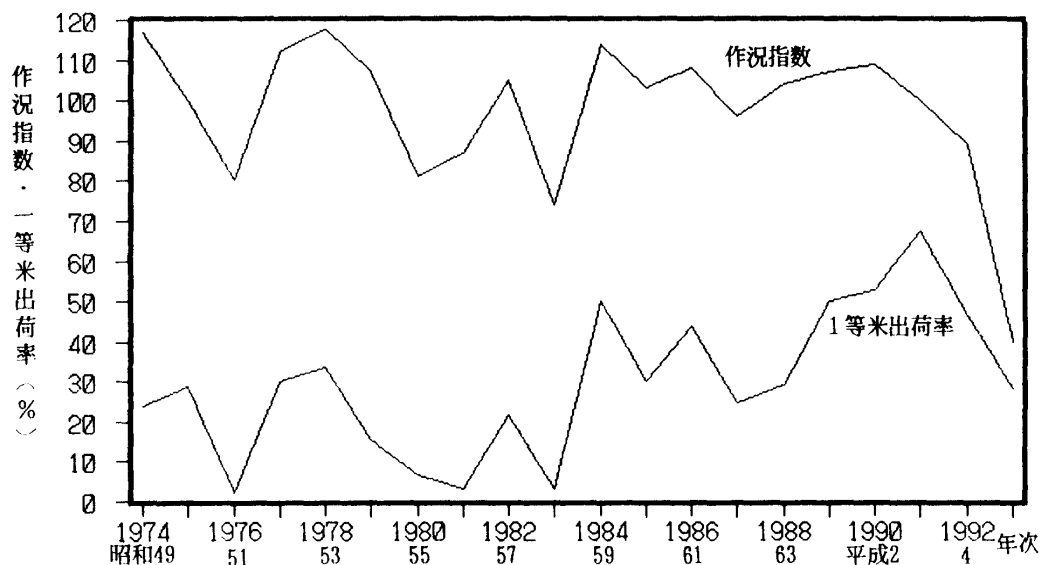


図2 最近20年間の作況指数と1等米出荷率（北海道・北海道食糧事務所）

56、58平成4、5年の6か年であり、1等米出荷率も低かった。最近20年間の1等米出荷率と作況指数の相関係数は0.394と低い値であったが、年代を二つに分けると、高い相関関係が認められた。すなわち、昭和49年～同63年の15年間の1等米出荷率と作況指数の相関係数は0.807と有意な値を示し、平成元年～同5年の5年間の1等米出荷率と作況指数の相関係数も0.820と高い値を示した。

昭和58年頃までは、「イシカリ」「ともゆたか」「ゆうなみ」等の多収品種の作付けが多く、これらの品種の1等米出荷率は「キタヒカリ」のその約4割程度であった。昭和59年～同63年は、「みちこがね」「ともひかり」等の良質品種の作付け割合が増加し、これらの品種は「キタヒカリ」の1等米出荷率と同程度であった。平成元年～同5年は「ゆきひかり」「きらら397」「空育125号」等の良質良味品種が栽培され、これらの品種は「キタヒカリ」の1等米出荷率より5～10%高くなった。

また、産米改良向上への取り組みとして、適地適品種指導、適期刈取り指導、整粒歩合80%以上確保のための段別ふるい目の拡大、出荷前の下見検査などの努力も行われてきた。このように良質良味品種の作付けが多くなったことと、産米改良の努力によって1等米出荷率が著しく向上した。そのために、平成5年は大冷害にもかかわらず、過去の冷害年と比較すると等級の低下は比較的小さな程度にとどまった。

奨励材料の玄米等級と関係の深い形質について検討を行ったところ、玄米等級と有意な相関関係にあるのは、玄米の外見品質と整粒歩合であった。新品種育成試験では、初期世代から外見品質で選抜を行っており、奨励の供試材料では外見品質が良くなってきている。また、後期世代では、外見品質とともに整粒歩合、玄米等級による選抜を行っており良質品種育成の効果が大きい。

品種の違いによる1等米出荷率の差が明かであったので、今後も1等米出荷率の高い品種を育成していく必要がある。

(2) 食味関連形質

冷害年産米は食味も劣ると言われている。米の食味については、澱粉中のアミロース含有率が高いほど、また蛋白含有率が高いほど食味が劣ることが明らかにされている。道立農試では、昭和55年から奨励供試材料について、アミロース含有率と蛋白含有率を調査しているので冷害との関係について検討した。データは早生品種から晩生品種まで供試している道立中央農試の標肥・沖積土区を用いた。なお、低アミロース品種は除いた。

1) アミロース含有率

各年次とも、アミロース含有率と不稔歩合及び耐冷性との間に有意な相関関係は認めら

れなかった。各品種のアミロース含有率は、登熟気温と有意な相関関係が認められ、「ゆきひかり」では、 $r=0.92$ と高い値であった。アミロース含有率が最も高かった年は、遅延型冷害年の昭和58年で全供試品種の平均は24.7%であり、最も低かった年は、高温で登熟した昭和59年で全供試品種の平均は19.2%であった。平成5年については、登熟気温が低かったにもかかわらず、全供試品種の平均は22.0%であった。これは、アミロース含有率の低い良食味品種の作付が多くなってきたことも影響している。

アミロース含有率を絶対値で測定し始めた昭和57年から平成5年までの、全供試品種の平均値は21.2%であった。この間、全年供試された品種のうち「ゆきひかり」は20.7%、「みちこがね」は21.2%、「しまひかり」は20.6%であった。この三品種を基準として、それぞれの品種の供試した共通年次の偏差から各品種のアミロース含有率を求めた結果、「きらら397」は20.7%、「空育125号」は19.8%、「ほのか224」は20.1%、「イシカリ」は22.4%、「マツマエ」は23.1%、「ともゆたか」は22.5%となった。

昭和50年代前半の基幹品種（「イシカリ」「ゆうなみ」「ともゆたか」「マツマエ」）は、全供試品種の平均値よりも1.9%～1.2%高く、現在の基幹品種は全供試品種の平均値よりも1.4%～0.5%アミロース含有率が低かった。このように、アミロース含有率の低い方向に選抜した結果良食味品種が育成されてきたので、良食味品種育成のためには今後もアミロース含有率の低い系統を選抜していくことが重要である。

2) 蛋白含有率

昭和55年から平成5年までの全供試品種の蛋白含有率の平均値は8.3%であった。各年次の全供試品種の平均値は昭和61年が7.2%と特に低い値であり、不稔粉の多発した平成5年は9.3%と最も高い値を示し蛋白含有率についても年次間差が認められた。しかし、その他の年次は7.9%～8.9%と1%以内であった。

平年（豊作年も同じ）においては出穂期と蛋白含有率に有意な相関関係があり、出穂期の早い品種ほど蛋白含有率が高くなった。各品種の平均値は、早生の「はやこがね」が9.3%、「空育139号」が9.0%と高く、晩生の「マツマエ」は7.5%、「巴まさり」は7.6%、「上育394号」は7.7%と低い値を示した。現在の基幹品種は「ゆきひかり」は8.2%、「きらら397」は8.2%、「空育125号」は8.6%、「ほのか224」は8.4%であった。「イシカリ」は8.2%、「ゆうなみ」は8.3%、「ともゆたか」は7.9%であり、現在の基幹品種と昭和50年代前半の基幹品種を比較すると、あまり変わっていない。

平年においては、アミロース含有率と蛋白含有率の間に負の有意な相関関係（ $r=-0.77\sim-0.55$ ）が認められ、アミロース含有率の低い品種は、蛋白含有率が高い傾向があった。現

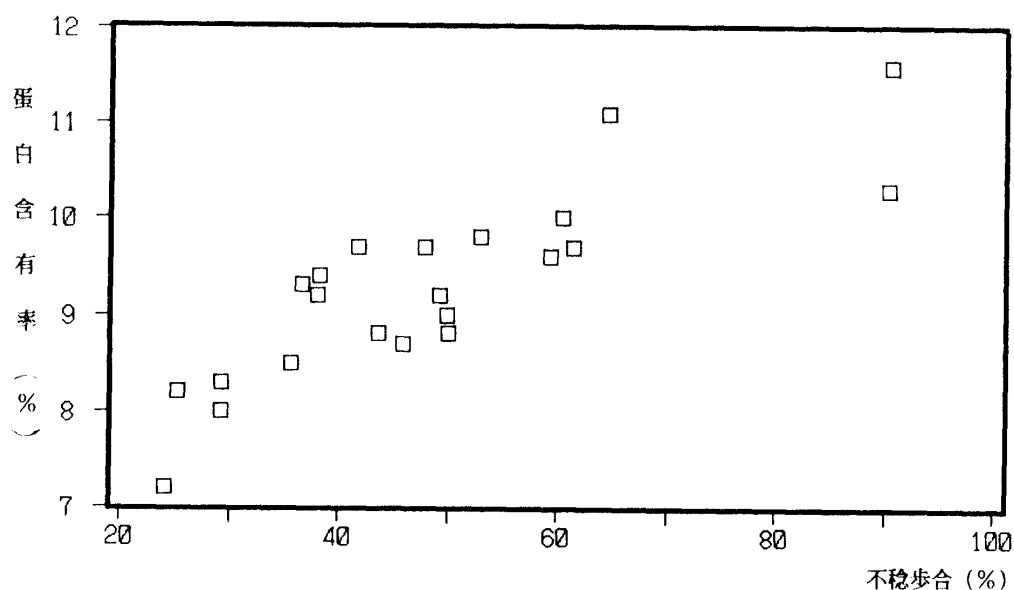


図3 不稔歩合と蛋白含有率の関係（道立中央農試，奨励試験多肥区，1993年）

在の良食味品種についてはアミロース含有率が低いにもかかわらず、蛋白含有率が変わらなかったことは、アミロース含有率と蛋白含有率を同時に選抜してきた選抜の効果と思われる。そこで今後も、蛋白含有率を下げていく方向で品種改良を行う必要がある。

また、冷害年では、蛋白含有率と不稔歩合に有意な相関関係が認められ、不稔が30%を超えるような場合に蛋白含有率が高くなった。不稔の多発により、蛋白含有率が上がるので、食味の低下防止からも耐冷性の強化が重要になる。

4. 平成5年の冷害

(1) 平成5年の稲作と冷害の特徴⁴⁾

全道作況指数は40、単位収量203kg/10aの大凶作となり、地域により2年あるいは3年連続の冷害となった。道内の水田作付面積は172,600haであった。「きらら397」は47%、「ゆきひかり」は40%作付された。収量は「きらら397」が202kg/10a、「ゆきひかり」が217kg/10aであった。育苗の種類は成苗が40%、中苗が56%栽培された。気象の特徴は、6月下旬の低温、7月中旬から8月中旬にかけては長期の異常低温、日照不足であった。7月15日から8月15日の間の低温と日照不足の程度は平成5年が戦後最も強かった。生育遅延と同時に、穂孕期と開花期を含む7月中旬からの約30日間の異常低温により大きな受精障害を受け、不稔歩合が多発した。その結果、障害不稔を主とする混合型冷害を受け、大きな地域間差と技術間差の見られた冷害凶作年となった。全道平均の不稔歩合は約43%、出穂期は8月10日前後とともに地域間差が大きかった。1等米出荷率は全道平均で28%と過去の冷害年に比較し、かなり良い結果となった。

(2) 平成5年度の冷害から見た育種面での課題

中央農試での品種試験からみた不稔障害の実態と収量調査によると、耐冷性の弱い品種ほど不稔歩合は増加し、耐冷性1ランクの差はほぼ10~15%であった。「きらら397」と「ゆきひかり」の不稔歩合の差は全道的にみて平均約5%で、不稔歩合は前者が高かった。道央部の各地における両品種の不稔歩合は上川中央部など同程度のところもあるが、大部

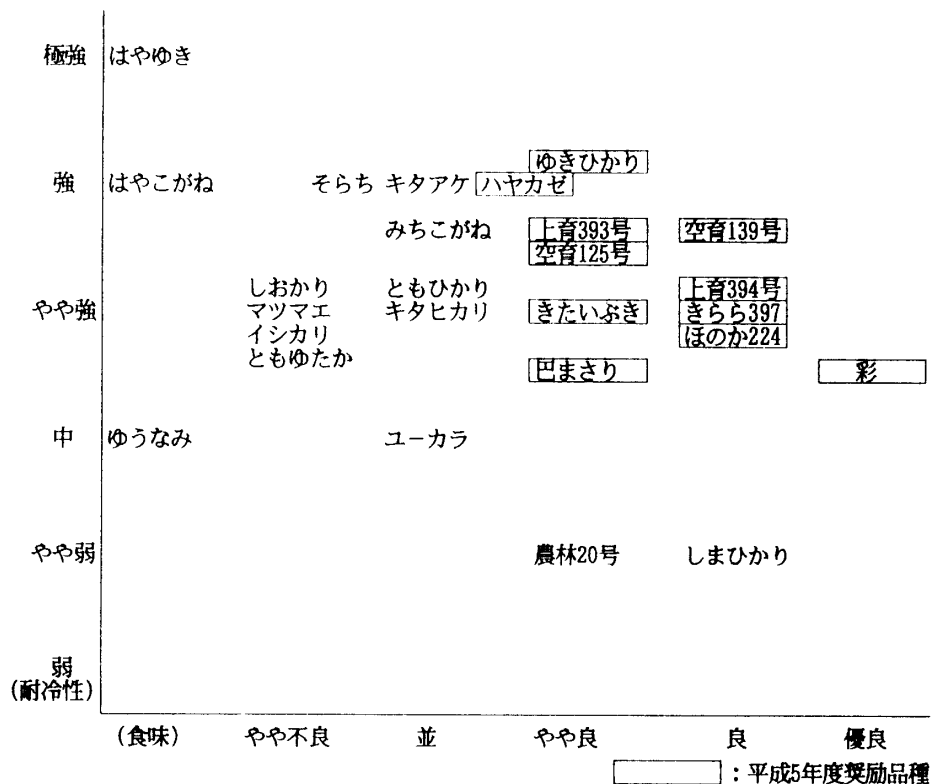


図4 品種の耐冷性と食味の関係

分は10～20%の差があり、「きらら397」の不歩合は「ゆきひかり」より高かった。「ゆきひかり」の平均収量は「きらら397」「空育125号」より約20%（約50kg/10a）高かった（中央農試管内奨励地試験データ）。このように「ゆきひかり」の耐冷性の強さが広い範囲において実証された。また、新配布系統では、耐冷性が強く不歩発生が比較的少なく収量も高い結果が得られた。

道内の育成品種の食味は近年著しく向上したが、良食味品種の耐冷性は十分とはいえない。今後一層の良食味品種の耐冷性の強化が急がれる。

加えて、穂孕期耐冷性のランクと開花期耐冷性のランクは必ずしも一致しないので、今後は開花期耐冷性の検定法確立と選抜条件の改良を推進する必要がある。

(3)平成5年度の冷害から見た栽培面での課題

優良事例から見た被害の軽減技術²⁾として最も多かったのは、①前歴期間から冷害危険期にかけての深水管理であった。水深についてみると、前歴で10cm、危険期で20cm程度の深水管理をして大きく被害を軽減した。次いで、②適正施肥が有効であった。土壌中の窒素含有率は極めて高く推移し、穂孕期の稲体窒素濃度も高かったため、稲の耐冷素質は劣っていた。収量と窒素施用量の関係では標準施用量か、それ以下の場合に高収量を示した。その他、以下の栽培法が効果があった。③水田の透水性改善で、融雪促進や表面排水のための溝切りによる乾田化。④健苗の育成と早植えによる初期生育の促進。⑤堆肥連用による土づくり。⑥側条施肥や表層施肥など初期生育促進技術の導入。⑦品種の選定、配合。⑧防風林、防風網による防風対策。

このような、優良事例はすべて基本技術であり、今後も一層基本技術を励行していくことが、冷害対策にとって必要なことである。

北海道の稲作は寒さとの闘いであり、低温による冷害が一番問題である。道央で稲作が開始されて120年になるが、この間の寒さとの闘いの歴史について、品種改良と栽培法の両面から考察した。品種改良では、「赤毛」以降、収量性、耐冷性、食味・品質等を改良して現在の品種となってきた。栽培法では、省力化をはかりつつ、冷害に対する安定性を向上させる方向で進んできた。今後も、冷害を克服するための品種改良、栽培法確立は北海道稲作の基本である。

また、現在は、激しい産地間競争により、品質、食味の改善に向けた品種改良が重要になっているので、冷害年には、品質・食味も低下することとなるため特に問題となる。すなわち、冷害年では、1等米比率が低下し、アミロース含有率と蛋白含有率が上がり食味低下の要因となる。今後も耐冷性を強化して更に良食味品種を育成していくことが重要である。

平成5年は大冷害となり、収量、品質の低下がみられた。農家における一般栽培では、基本技術の励行により、冷害を軽減できる場合もあったので、今後もより一層栽培による基本技術を遵守していく必要がある。

引用文献

- 1.北海道農試（1967）：水稻栽培．北海道農業技術研究史 135-161
- 2.中西敏雄（1994）：特集Ⅱ あの冷害をみごとに克服 農家の友 5 44-46
- 3.佐々木多喜雄（1984）：水稻冷害克服の戦略－育種の立場から－ 日本育種・作物学会 北海道談話会報 24（別冊），33-50
- 4.竹川昌和（1994）：平成5年気象災害に関する調査報告書 水稻 北海道農政部 3-28