

要 約

1 目的および方法

7月12日奥尻島直撃の北海道南西沖地震の発生した平成5年は、田植から6月下旬までの低温ならびに7月後半と8月前半の著しい低温、日照不足によって、水稻の生育は約2週間遅れ、それにも増して、穂ばらみ期と開花期がこの異常気象に丁度遭遇したため、この時点において受精障害による不稔稲の多発が予想され、9月上旬に実施した大規模な不稔調査により、冷害大凶作の様相は確定的となった。

道立農業試験場の各場と農業改良普及所は、道農政部冷害調査稲作班を組織し、冷害の実態把握につとめ、農家水田調査ならびに農試と各普及所の各種試験の結果から冷害要因を解析するとともに、実態調査の中から克服事例を取りまとめ、冷害対策に関する技術的指針を得ようとした。

2 結果の要約

調査結果は次年度対策に活用するため、わずか3か月の短期間に精力的に取りまとめられた各場調査成績ならびに各普及所調査に基づく専門技術員調査成績の報告を受け、緊急に編纂したものである。

(1) 平成5年の稲作と冷害の特徴

北海道の稲作は戦後最大の冷害をこうむり次のような特徴を示した。

- ① 全道作況指数は40、単位収量203kg/10aの大凶作となり、2年あるいは3年連続の冷害となった。生産量は35万トンにとどまり、被害総額は1,320億円に達した。
- ② 最近2年間で約3万ha(約18%)が復元し、172,600haに作付された。
- ③ きらら397は47%、ゆきひかりは40%作付され、石狩、空知ではこの2品種で、90%を占めた。収量は、きらら397が202kg/10a、ゆきひかりが217kg/10aであった。
- ④ 成苗が40%、中苗が56%栽培され、直播は前年の2倍に増加し117ha作付された。
- ⑤ 6月下旬の低温に加え、7月中旬から8月中旬にかけては長期の異常気温、日照不足となった。
- ⑥ 生育遅延と同時に、穂ばらみ期と開花期を含む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、不稔稲が多発した。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。
- ⑦ くん煙は9月19日より52町村のべ72回実施され、登熟は延長された。1等米出荷率は全道平均で37%、上川、空知は40%と過去の冷害年に比較し、かなり良い結果となった。

(2) 気象経過の概要と特徴

北海道における夏期(6~8月)の気象条件のうち6月は低温・日照不足で、とくに最高気温が低く経過したが、7月の前半は一時回復し、最高気温が高く多日照となった。その後再び不良となり、7月15日から8月15日までの間は長期の異常低温・日照不足にみまわれ、平均気温で16~18℃、

平年より3～5℃低く、日照時間も平年の70～80%であった。8月後半と9月は寒暖の差があり、気温、日照時間も平年をやや下回った。

夏期（6～8月）の気温、日照時間の地域別平年差（比）は、留萌が比較的小さく、平均気温で-1℃以内、日照時間で100%を上回ったが、その他の地域はこれより低く、とくに道南、道東は気温は-1.5～-2.0℃、日照も80%台であった。

穂ばらみ期から出穂開花期の期間が丁度7月中旬から8月中旬の長期異常気象の期間に遭遇した。7月下旬の平均気温は旭川から留萌にかけては19℃以上の比較的高温域であったが、札幌以南と網走、十勝はそれより2℃前後低かった。日照時間も気温の分布とほぼ同様で、とくに札幌以南では10時間以下の日照不足であった。とりわけ渡島半島を含む太平洋沿岸では、冷風（やませ）を伴う低温、日照不足が持続した。8月上旬の気温、日照時間の分布も7月下旬に準じていたが、全般に7月下旬に比較して気温はやや低く、日照時間はやや多かった。

過去の主要な冷害年と比較すると、不稔稲の発生にもっとも影響すると思われる7月15日から8月15日の間の低温と日照不足の程度は、1993年が少なくとも戦後の冷害年次の中では最大であった。

20年前のマツマエが主に栽培されていた頃に比較して、近年の良食味品種の栽培が主体の道南地方における7月の平均気温は、道央部に比較して著しく低下しており、その低下程度は冷害年において特に大きく、異常気象の頻度が高まっている。

(3) 被害の概況と地域間差

1) 水稲被害の実態

北海道の作況指数は40で、過去の冷害年次の作況指数、6（1913年）、12（1902）、28（1884）、30（1932）、38（1931）に続くものであった。支庁別では最も高い留萌の62に続き、上川50、空知47、石狩36が比較的良好方で、後志、日高、胆振、渡島、檜山の15、13、8、3、2、および網走、十勝の8、0では大凶作となった。

道東部にもまして渡島半島を含む太平洋側の被害が極めて大きく、道央の南部と上川北部も被害は大きかった。青刈面積は渡島半島を主として約2,400haに達した。

なお、これらの低温による被害は東北地方の太平洋側各県においても見られた。

全道平均の不稔歩合は約60%、出穂期は8月14日前後で、ともに地域間差は大きかった。地帯別不稔歩合は

地帯A（留萌、北空知、上川中）：不稔30～40%

地帯B（道央の南部、上川北）：不稔50～80%

地帯C（道南、太平洋側、道東）：不稔80～99%

であった。生育遅延は幼穂形成期で4～7日、出穂期で10～15日、成熟期で13～20日の遅れとなり地域間差も大きく、屑米の多発した地域も生じた。出穂期は全道で8月5日～8月25日に分布し、

地帯A：8月9日前後

地帯B：8月17日前後

地帯C：8月23日前後であった。

2) 被害発生に關与した要因

作況指数の地域間差は大きく、その主因は不稔歩合であった。そこで水稻の前歴、穂ばらみ期の平均気温 (T_1 、 T_2) 並びに開花期の最高気温 (T_3) がそれぞれ単独に影響し、それらの単独の稔歩合 [$f_n(T_n)$; $n=1, 2, 3$] が決まり、それら3者の積によって最終的な推定稔歩合 (F) が決まるとする次式のモデルを適用し、稔歩合の地域間差をもたらした気温要因、とくに稲の生育時期別の気温と稔歩合との関係について解析した。

$$f_n(T_n) = 1 / (1 + \exp(-A_n(T_n - Th_n)))$$

(ただし $n = 1, 2, 3$ 。 A_n, Th_n はパラメータ。)

$$F = f_1(T_1) \times f_2(T_2) \times f_3(T_3)$$

ただし、このモデルは前歴の気温が不稔発生に単独に影響する点の実験的証明がないので、長期異常気象の平成5年冷害の解析に適用する一例として示した。

その結果、地帯別の、各生育時期の気温が不稔発生に及ぼす影響の程度は

地帯A：穂ばらみ期が大、開花期がやや大、前歴がやや小であった。

地帯B：穂ばらみ期が大、前歴と開花期がやや大であった。

地帯C：穂ばらみ期が極大、前歴が大。開花期は大きな影響はなかった。

このことから、平成5年冷害における不稔発生要因の低温と稲の生育時期の関係は地帯により異なっていることが明らかとなった。

3) 気温、水温の影響

穂ばらみ期の気温が不稔発生に及ぼす影響について検討した結果、とくに、その前半(出穂前20日~11日)について20℃以下の温度を積算した冷却度によって表した場合、これが大きいほど不稔歩合は増加した。平成5年の道内における穂ばらみ期前半の冷却度は10~30℃/10日であり、これが大きいほど不稔歩合が高かった。

道南の水田水温は平年を大きく下回っていた。冷風(やませ)が吹き込み日照不足の著しかった札幌以南の地域においては、日照時間と風の影響がかなり大きく、水田水温の上昇が著しく阻害されたものと推定された。

(4) 被害克服事例の特徴

① 道央地域

約11万ha(64%)の水田の46%にきらら397が、45%にゆきひかりが作付けされた。作況指数は空知の47から胆振の8まで地域間差が極めて大きく、不稔歩合は空知北部の25%から太平洋沿岸の90%台に至るまで分布していた。

偏東風の吹き抜ける空知南部、石狩地域における事例の特徴は、防風林(網)の完備、排水不良水田の改善策(心土破碎、稲わら処理)の実施、土壌改良資材の連用、早期移植(5月中旬)、深水管理であった。特に、防風林整備地帯においては不稔歩合63%で、未整備地帯に比べて20%以上の軽減効果があった。

作況指数が8、13、15であった胆振、日高、後志地域では不稔歩合が70%以上で、優良事例はほとんど見られなかったが、その中でも防風対策、深水管理によって多少ではあるが被害の軽減効果が認められた。また日高では「スリーA運動（減肥、止め水、深水）」の成果があった。

作柄が相対的に良かった道央の中、北部における技術的な特徴は土壌管理、水管理が十分に実施され、栽培の基本技術が総合的に実施されていた。特に深水は90%で実施された。

② 道北地域

相対的に被害の軽かった上川（作況指数50）、留萌（同62）の事例（44戸）の平均収量はゆきひかりで464kg/10a、きらら397で459kg/10aであり、1等米出荷率は86%であった。冷害危険期の深水は63%が水深を確認しながら、平均17.5cmで実施されたが、水温測定についてはわずか3%の実施で、幼穂形成期と葉耳間長の確認は約30%であった。溝切り、心土破砕の実施率は20~30%、土壌改良剤の施用量は一般農家の2~3倍、側条施肥の実施率は42%、移植は5月25日までに完了し、成苗移植率も67%が高かった。

③ 道南地域

作況指数が3と2の渡島、檜山では、いずれも不稔歩合がほぼ95%前後で、優良事例は冷風（やませ）をさえぎる場所以外には認められなかった。厚沢部、北檜山などでは窒素施肥量が0あるいは4kg/10aの場合に不稔歩合80~85%であった。また、厚沢部において7月12日の地震被害によって田面が沈下し、水深25~30cmとなった場所のゆきひかりの不稔歩合が30%であったのに対して、逆に隆起してヒタヒタ水となった場所では75%であった。この時の収量は345kg/10aと87kg/10aであった。これが深水の効果とすれば、激甚被害の道南地域としては注目される事例である。

④ 道東地域

作況指数が8の網走における優良事例（収量が150kg/10aと288kg/10aの2戸）は、有機物施用、早朝入水、前歴深水、穂ばらみ期深水、早期移植、成苗、窒素1割減肥、側条施肥、ケイカル施用など、時間をかけた管理を十分に行っていた。一方、野菜、花き、畑作が重点で、稲作依存度の低い農家では被害が大きく、収量は60kg/10a以下が多かった。この場合では、十分に適切な管理ができなかったものと思われる。

(5) 品種に関する解析

1) 品種試験からみた不稔障害の実態と収量性

出穂期の遅い品種ほど生育は遅れ不稔歩合も増加した。出穂期の遅い場合には不稔歩合の品種間差は広がった。8月13~15日以降の出穂期の場合の不稔歩合は、出穂期の1日の遅れによってほぼ5%の割合いで増加した。

また、耐冷性の弱い品種ほど不稔歩合は増加し、耐冷性1ランクのちがいによる不稔歩合の差はほぼ10~15%であった。ただし、道南における不稔歩合は、厚沢部、江差、大沼で5~10%の品種間差がみられたことを除いて、その他の全ての地区では各品種とも90%台で品種間差はほとんどなかった。

北見でも道南とほぼ同様の傾向であるが、はくちょうもちの不稔歩合は、70~80%台で他の品種よりもやや低かった。

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、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ほぼ同等のところもあるが、大部分は10~20%の差があり、きらら397がゆきひかりより多かった。

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。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。

2) 新配布系統の試験結果

奨励品種決定基本調査において良質・良食味で耐冷性の強い、主な配布系統の空育150号、上育418号、渡育235号、北育糯88号は、不稔発生が比較的少なく、収量の高い結果が得られた。

近年の作付け品種の耐冷性は10年前に比較し、耐冷性が強のゆきひかりの栽培が広まり1ランク向上した。しかし、ここ1、2年は耐冷性がやや強のきらら397の作付け増加によってやや後退している。

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、穂ばらみ期耐冷性のランクと開花期耐冷性のランクは一致しないので、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。

米のアミロース含量と蛋白含量はともに2年連続して例年より約1%高かった。蛋白含量については不稔歩合の影響が大きかった。

(6) 栽培法に関する解析

1) 出穂期と不稔障害の関係

不稔歩合については全道的な地域間差とともに、岩見沢市周辺6市町村の例のように限られた地域内での不稔歩合の格差も20~90%台と非常に大きかったこともこの冷害の大きな特徴である。

移植時期を変えた場合、または穂別調査の場合に出穂期が8月15日以降になると出穂期が遅れるほど不稔歩合は増加した。また、道南では出穂期が8月29日以降まで遅れると受精障害は軽減され不稔歩合は減少に転じた。

7月30日の葉耳間長と出穂期は直線的な関係にあり、葉耳間長が±0の茎の出穂期8月15日頃であった。不稔歩合との関係では葉耳間長が負になるほど不稔歩合が増加する傾向も一部にみられたが、同一葉耳間長でも不稔歩合に大きな差が認められた。このことから葉身窒素濃度などの耐冷性の関与が推察できる。

水田に栽培され出穂期が8月21日に達した試験区の稲60株を、穂ばらみ期直前の8月3日に株上げし、ポットに移植して8月26日まで温室で栽培した結果、出穂期は8月15日に早まり、不稔歩合は20%であった。この時の水田栽培の稲の不稔歩合は69%であり、温室栽培によって不稔は激減した。この結果から8月3日以降の低温が不稔発生に及ぼした影響の大きさがうかがえる。

北海道農試のファイトトロンの実験によると出穂期前20日間の弱い低温処理(昼-夜:25-12

℃)を行うと、7～54%に稔実歩合は低下し、穂ばらみ期12℃4日間処理に比べて、品種によってはより強い不稔障害の発生する場合のあることが認められている。このことから、平成5年においては長期異常低温の影響も大きかったものと推察される。

2) 直播栽培の稲体素質と不稔障害

湛水直播栽培の不稔歩合は、穂ばらみ期の低温のため窒素施肥量(0～16kg/10a)の違いにより24～68%の違いがあり、施肥量の多いほど高かった。この時不稔歩合の高い区ほど葯長は短くなり、かつ葯当たりの充実花粉数は減少した。

穂ばらみ期の葉身窒素濃度が高い区ほど不稔歩合は高くなったが、耐冷性の指標としての葉身窒素濃度は、㎡当たり播種量250粒区において約4%であり、400粒区に比べ0.5%ほど高かった。したがって耐冷性にかかわる葉身窒素濃度は栽培条件によって変動し、稲体のC/N比、あるいは繁茂度などがその重要な変動要因と思われ、このことは新技術を開発する上で注目に値する。

3) 移植栽培の収量、品質

生育が促進し出穂期が早いほど不稔歩合は低く、減収をある程度抑えた。米のアミロース含量は登熟気温によって、また蛋白含量は不稔歩合によって影響され、登熟気温が確保されたほど、また不稔歩合が低いほど食味特性値は良好であった。

4) 生育遅延と気象要因

移植後の稲の生育ステージを予測するばあい、簡易有効積算温度は有効な手法であった。この冷害における生育遅延、出穂遅延は有効積算温度の不足によって説明できた。穂揃い日数は出穂期間の低温(約19℃)によって2週間近い例が多く、また、その長期化には幼穂形成期までの分けつが少ないことも影響していた。

5) 不耕起移植栽培の耐冷性評価

不耕起移植栽培は活着が遅れ出穂期も2～3日遅れた。穂数、籾数は慣行移植よりやや少ない場合が多かった。穂ばらみ期の稲体窒素濃度は低く、不稔歩合はやや低かった。水田地温は最低はやや高いが、最高は2℃前後低かった。不耕起移植栽培は必ずしも冷害に弱い技術ではないが、生育の遅れ、漏水などの問題点があった。

6) 湛水直播栽培の苗立ち、収量

稲作部における湛水直播栽培(5月中旬播種)は苗立ち率が60%(250本/㎡)で比較的苗立ちは良かった。播種後30日間の平均水温は16.4℃とやや高かった。その後は低温で生育は遅れ、分けつ開始は7月に入った。収量はミスト機播種で約400kg/10a、乗用散粒機で300kg/10a弱であり、移植の「きらら397」並であった。農家栽培では直播に起因する著しい生育遅延、不稔障害の事例は少なかったが、苗立ち率の低い事例が多く、これは自家採取の種子(コンバイン、乾燥温度など)に原因のひとつがあると推察された。

7) 防風林の実態調査

防風林によって不稔発生が20～30%軽減され、収量は100～200kg/10a増加し、整粒歩合は約30%向上した。これらの効果は高さ6mあるいは12mの防風林からほぼ50mの距離まで認められ、防風林に近いほどその効果は大きかった。しかし、このような効果の及ぶ範囲は過去の冷害年次

と比較して狭かった。

(7) 施肥、土壌管理に関する解析

1) 窒素成分と不稔発生

低温のため養分吸収は緩慢で土壌中の $\text{NH}_4\text{-N}$ 量は極めて高く推移した。結果的に穂ばらみ期の稲体窒素濃度も高かったため、冷害抵抗性は劣っていた。このようなN診断によりN追肥不要を指導した。

窒素施肥量(0~16kg/10a)の違いによって不稔歩合はほぼ20~80%の範囲内であって、窒素多肥になるほど高かった。収量と窒素施肥量の関係ではほとんどの場合、基準窒素量、あるいはそれ以下の場合に収量はピークを示した。道南では無窒素区がピークであった。また窒素追肥についても不稔の多発で低収となった。

窒素分施については不稔発生・減収の軽減効果が認められたが、有効な分施時期は場所間で異なった。表層施肥の不稔歩合は低かったが、収量効果は肥料形態により異なった。側条施肥による不稔発生・減収の軽減効果は場所間で異なり、稲作部で増収し、上川農試で減収した。

このように窒素施肥は不稔発生・減収に最も強く影響した。今後、低温下における窒素施肥対策として、診断予測システムの構築が特に重要である。

2) 肥料3要素・その他無機成分・土壌改良資材

3要素施肥に比べ無窒素は収数不足で低収であったが、無リン酸、無カリについては不稔歩合が増加し、減収も大きかった。とくに泥炭土では無カリの不稔多発・減収が大きかった。

不稔歩合と養分吸収の関係については、窒素、リン酸、カリ、苦土の含有率との間には負の相関、石灰、ケイ酸、マンガンの間には正の相関が認められた。

ようりん、ケイカル施用の収量効果はグライ土では認められたが、土壌型により異なった。ケイ酸質肥料による不稔発生軽減効果は不稔の多発した稲作部のような条件ではほとんど認められなかったが、低温被害の比較的軽い上川農試ではケイ酸カリ施用の不稔発生軽減効果が多少認められた。事例調査ではケイカル連用の稔実被害の軽減効果があった場合と道南の様に効果の見られない場合があった。またマンガン質肥料による不稔発生軽減効果についても上川農試において多少認められた。

このように不稔発生に対する複数の無機成分吸収の何らかの影響が認められたことは、今後の冷害軽減技術を開発する上で注目に値しよう。

3) 堆肥等有機物および客土と不稔発生

堆肥施用は稲作部のグライ土、泥炭土では不稔歩合が増加して減収し、稲わら春すき込み施用も同様に減収した。一方、上川農試の褐色低地土では、堆肥、稲わら秋施用とも不稔歩合はやや増加したが、収量はやや優った。堆肥の施用効果は土壌型よりも気象条件の影響を強く受けたようである。

泥炭土への客土により不稔歩合は低下し、稲体の窒素含量低下と同ケイ酸含量上昇、米の蛋白含量の低下が認められた。

4) 食味特性に及ぼす影響

米の蛋白含量は不稔歩合の高いほど増加し、他年次より明らかに高かった。また、アミロース含量は不稔歩合との関係は判然としないが、他の高温年次より明らかに高く、食味特性値は不良であった。

5) 基盤整備及び水管理の実態とその影響

冷害助長要因は窒素過多に加え、透排水性不良、湿田・半湿田への稲わら施用であった。

用排水未分離水田は30%、排水条件不備水田は50%あり、透排水性についての整備はいまだ不十分であった。深水灌漑の実施は灌漑用水量の不足や畦畔が低い・弱いなどにより不十分な事例が30%以上みられた。畦畔の上部は透水係数が大きく、畦畔漏水の大きな要因となっていた。

6) 復元田の実態

復元田では生育が過大で不稔歩合が約55%となり、連作田より4%ほど増加し、約10%減収した。復元初年目では12%、復元2年目では9%の減収であった。6月下旬の作土の無機態窒素は5.5mg/100gと多く、生育も抑制されていたため窒素追肥は全面禁止の指導を行った。

(8) 衛星リモートセンシングによる被害実態の解析

不稔障害を受けた水稲は収穫期においても緑色の「青立ち」状態となる。しかも不稔歩合の高いほど著しい。そのため不稔の程度が大きいほどクロロフィル吸収帯の赤色波長域の反射率は小さくなる。この原理を使用して衛星データ（ランドサットのTMセンサー、MOS-1bのMESSRセンサー）から読みとった水田地帯のクロロフィル吸収帯の赤色波長域から、水稲被害を推定し分布図を作成した。その結果、空知管内を含む主要稲作地帯における44か町村の1キロメッシュごとの推定から集計した各市町村の収量は、農水省発表の実測値をほぼ適正に評価していた。推定域を50mメッシュにクローズアップする事もできた。

(9) 病害虫の発生

葉鞘褐変病の被害面積は石狩、後志、上川において約20%で著しい発生をみた。低温が長期間持続し感染期間が長期化した。薬剤処理はその散布回数と薬効の持続性に限度があるため防除効果は不十分であった。稲体窒素濃度が低く、ケイ酸含量が高いと発病は少なく、ケイカル施用は本病害の軽減にとって有効であった。褐変穂はケイカル施用でやや減少したが、十分でなかった。冷害年は生育が遅延するため、スケジュール防除ではなく、遅れた生育ステージと病害発生の遅れや発生量などに合わせた適切な防除が重要である。

なお、いもち病、紋枯病の発生は少なく、害虫もイネドロオイムシの他は少発生であった。

(10) 収穫作業機の問題と対策

著しい低温により、稲の姿は典型的な短稈、多けつ型を示し、稔実した黄化籾を少量付けていた。このように稈長が短く、遅れ穂が多く、なおかつ不稔歩合の高い、わら重の多い稲をコンバイン収穫したときの収穫ロスが発生が問題となった。このことについて緊急に調査し、検討した結果、平

均稈長が54cm程度の稲であれば、一般の機種による収穫ロスは1.2~1.7% (2~4 kg/10 a) にとどまり、平年の通常ロスに近い範囲内であった。平均稈長が46cm程度と極度に短縮した稲であれば、未脱損失が1%近く増加し、ロスの合計は2.1% (約6 kg/10 a) となり、平年の通常ロスより1%近く多くなった。なお、不稔籾を除去するために選別ファンを強めると選別口損失が1.5%となり、ロスの増加をまねくので注意を要する。

(11) 種子生産への影響

原原種生産は計画を大きく下回ったが、冷害等の災害に備えた備蓄量からみて次年度原種圃への配布量は十分確保された。水稻種子生産は道内6団地で実施され、滝川、秩父別は、約3.5トン/haの単収を上げたが、当別、栗沢、中富良野は規準単収の1/3以下、大野は収穫皆無となり、合計採種量は1,780トンであった。新年度需要量の見込みは約5,000トンであり、不足分は緊急に一般圃場から準種子として確保した。

平成5年産種子の発芽力は塩水選によって向上し、10日目の発芽率は92~97%であり、栽培上とくに支障はない。しかし、きらら397は発芽勢、発芽率ともに低く、種子の充実度の不足が懸念されるので、確実な塩水選と十分な吸水が必要である。

(12) 農家経済への影響

冷害の経済的影響を把握するため、空知管内A農協の事例を調査した。

農業収支のうち、農業収入では冷害により米収入は大幅に減少し、豆類、そ菜などの増収分を含めても全体としては前年対比で60%台に落ち込み、農業支出では農業費やほ場整備費の低減により減少したが、農業収支差引は赤字となった。経常収支は生活費等を含めると約24億1千6百万円 (1戸当たり435万円) の大幅な赤字となった。

しかし、最終的な収支は水稻共済金の大幅な増加によりA農協全体として約7億8千万円 (1戸当たり約140万円) の余剰が生じた。

以上のように、A農協全体の限られた資料で見ると、共済制度による補償のほか、適切な冷災害対策の実施、更に、屑米、蔬菜、花き、豆類などの価格の高騰の影響、農家の経営努力などにより、農家経済への影響は軽減されたものと思われる。

(13) 今後の技術対策

冷害被害の実態と開発技術の現状から、今後の主要な技術対策を整理した。

- 1) 深水灌漑の徹底：畦畔整備、用水路整備
- 2) 水温上昇対策：適正水管理、ため池活用
- 3) 品種の選定、配合：作付け基準の遵守
- 4) 適正施肥量：分施、側条施肥、表層施肥の導入
- 5) 防風対策：防風林、防風網の整備
- 6) 土壌管理：排水、透水性改善、溝切り、心土破碎

- 7) 健苗、成苗：栽培基準の遵守、成苗の面積拡大
- 8) 病虫害防除：予察体制の確立、防除の励行
- 9) 復元田対策：復元田の施肥基準の遵守
- 10) 種子粃の予措：発芽率、発芽勢の向上

(14) 今後の研究・技術開発の方向

冷害による米不足に伴う米緊急輸入。ミニマムアクセスによる条件つき外国産米の輸入開始と7年後の再協議。このような状況をふまえ、ミニマムアクセス終了後も生き残れる稲作技術の準備を含めて、今後の研究と技術開発の方向を整理した。

- 1) 育種目標の中心に各熟期についての耐冷性強化と食味向上の設定確認。交配材料の集収強化と選定。育種の強化。野生稲などの耐冷性関与遺伝子の導入。
- 2) 穂ばらみ期に加えて、開花期耐冷性と長期低温耐冷性の検定法の確立と選抜の強化。耐冷性の遺伝子解析並びに生理的メカニズムの解明。
- 3) 冷害軽減のための新技術の早期開発。水田環境（水温、地温、気温）の改善のための総合的な基盤整備方式の確立。
- 4) リモートセンシング並びに生育診断による不稔発生予測技術の確立。低温情報に対応できる緊急対策の確立。広域に伝達する情報伝達システムの一層の改善。
- 5) 長期冷害気象が水稻の生育・栄養生理に及ぼす影響並びに栄養生理的冷害耐性の解明と栄養生理的冷害軽減技術の開発強化。ケミカルコントロール、バイオテクノロジーによる低温下での開花・受精促進技術の研究開発。
- 6) 病虫害発生の予察精度の向上と葉鞘褐変病、穂褐変などの適正なワンマン防除システムの確立。
- 7) 直播栽培、不耕起移植栽培等の機械化省力栽培体系についての耐冷性評価と耐冷性強化対策の確立。新技術体系の気象変動を含む経営、経済的な総合評価法の確立。