

### 5-3 プロジェクトの活動

#### 5-3-1 低温冷害研究

##### I. 災害気象の対策技術

##### 1. 低温冷害の作物気象特性

###### (1) 三江平原冷害発生規律

###### 1) 作物別冷害発生の実態

###### ① 1986年度

三江平原地域の冷害発生頻度は20~25%で、6~8月の気温に支配されること、及び遅延型冷害が主であるが、水稲だけは混合型冷害も2/7の頻度で発生することを解明した。

###### 2) 作物別冷害発生規律、冷害類型及び冷害防止技術の確立

###### ① 1986年度

6月の気温が平年比 $-2^{\circ}\text{C}$ で水稲は7%、畑作物は $360\text{kg}/\text{ha}$ の減収となる。8月の気温が $1\sim 1.5^{\circ}\text{C}$ 低いと水稲は登熟不良となり20%減収することが明らかになった。

###### ② 1987年度

###### 水稲

1951~1987年のジャムスの気象資料、水稲単収資料を解析し以下のことが明らかとなった。

冷害発生規律と型：①ジャムス市、樺川県、綏浜県における冷害発生頻度は約4年に1度である。②冷害型は主に遅延型であるが、冷害年の約1/3は障害型である。③遅延型冷害の発生は、5・6月の栄養成長期、8・9月の出穂・開花期と登熟期がともに低温に遭遇したとき被害は最大になる。④冷害発生の指標には、 $10^{\circ}\text{C}$ 以上の積算気温が有効である。⑤積算気温の減少により、栄養成長期が6~7日、出穂・成熟期が5~6日遅れる。1000粒重は1g程度、1ムー(6.6a)当たり収量は $21\sim 50\text{kg}$ 低下し、約10%の減収となる。

防止技術：①耐冷・早熟品種の採用②計画栽培法の適用③健苗育成と早植④浅水かんがいと合理的施肥、ただし穂孕期の障害型冷害の時には深水かんがいにより保護する。

###### 水稲・畑作物

宝清県における1957~1985年の気象資料及び1949~1985年の各作物の単収資料を用いて解析した。冷害年は、作柄指数が80以下の年と定義した。作柄指数は、(当該年における収量/収量傾向線上の値) $\times 100$ から求めた。

主要結果は以下のようである。①過去36年のうち、水稲は11回、大豆は8回、トウモロコシは5回の冷害(災害)を受けている。3作物ともに被災したのは5回である。水稲は3~4年に1回、大豆は4~5年に1回、トウモロコシは7~8年に1回の冷害を受けたことになる。②作柄指数の変動係数は、水稲で34%と最も大きく、大豆、トウモロコシでは23、24%とほぼ近似していた。③水稲の作柄指数と8月の平均気温または積算気温とは密接な関係にある。平均気温 $20^{\circ}\text{C}$ 以下、積算気温 $600^{\circ}\text{C}$ 以下の年は冷害年となることが多い。④大豆、

トウモロコシの作柄指数と5・6月の平均気温、積算気温との関係は高く、平均気温が15℃以下、積算気温が930℃以下の年には作柄指数が80以下になることが多い。⑤3作物とも冷害の型は主として遅延型であるが、水稲では障害型の発生することが考えられた。⑥月平均気温の変動係数は5・6月が大きく、8、7月は小さい。

### ③ 1988年度

ジャムス、宝清、友誼農場、緩浜県などの気象・収量資料の解析と現地調査から総合的な判断を加えた。

畑作物の耐冷性の程度は、コウリヤン<トウモロコシ<粟<大豆の順で、コウリヤンが最も弱かった。大豆の冷害は遅延型であり、16~18%の減収であった。

1957年~1979年の22年間における有効積算温度(10℃)と畑作物の単収との間には $r = 0.53$ の相関がみられた。

冷害防止技術として早播きと磷酸施用の効果が認められた。

#### ・成果の要約及び進捗状況

三江平原開発地区において、水稲、大豆、トウモロコシを用いて、暦年の気象・収量資料を解析した結果、気温と収積量との関係及び冷害の型と冷害発生頻度を明らかにした。また、コウリヤン、トウモロコシ、粟、大豆の作物別の耐冷性の強弱も明らかとなった。ポット栽培及び圃場試験によって各作物の生育時期別の低温冷害発生規律及び低温冷害に対する防止技術を明らかにした。この解析は水利開発分野の電算機担当の専門家の協力も得て、はじめて得られた成果である。

引き続き、新たな開発予定地について、従来得られた手法を用いて法則性の解析を行うとともに防止技術の確認に取り組んでいる。

## 2. 安定多収の計画栽培法の策定

### (1) トウモロコシの耐冷安定多収の計画栽培法

#### 1) 生育時期別好適温度と冷害指標の設定及び調節技術

##### ① 1986年度

日平均気温で表わすと、トウモロコシの、幼苗期(2葉期)の生長⇒好適16℃以上、緩慢13℃以下、停止4℃、小孢子形成⇒好適18℃以上、花粉形成⇒悪影響10℃以下、澱粉の蓄積と雄穂の抽出⇒停止8℃以下、登熟⇒好適21℃以上、緩慢20℃以下、停止8℃、であった。

##### ② 1987年度

計画栽培法作成のために、トウモロコシの生育時期別の生長限界温度を明らかにした。

ポット栽培した、トウモロコシ龍単3号及び合玉11号について、発芽期、葉期および登熟期に人工気象箱によって温度処理した。

①発芽の限界温度は7℃。②4葉期の生育停止温度は4℃。温度が上昇すると生育は回復するが、低温期間が長いと、回復は遅れ、開花、登熟も遅れる。③登熟期の限界温度は8℃。

合玉11号は龍単3号よりも耐冷性が強い。

③ 1988年度

ポット栽培した合玉11号、龍単3号、四単11号について、低温(16℃)下の登熟速度を比較した。処理後10日で登熟速度は、対照20℃に比べ平均して約4.5%、合玉11号<四単11号<龍単3号の順に低下した。

合玉11号、龍単3号について播種日を変えた試験の結果から、登熟速度は有効積算温度と日平均気温20℃以上の出現日数の影響を受けることが判明した。

(2) 最適計画栽培法

① 1987年度

トウモロコシの単収は変動が大きい。生育関係の各要素を組み合わせた最適モデルを作り、最適栽培法の策定を試みた。

前年までに、トウモロコシの収量に関する大きい要素は、窒素肥料>密度>播種期>磷酸肥料であることと、播種期と磷酸施用量、密度と窒素施用量の間に高い交互作用のあることを明らかにした。これらの結果を基にして400~500kg/μ-の多収栽培法を策定した。モデル作成は、四元二次直交回帰の試験設計により、1986、87年データの電子計算機処理によった。

表は、結果を1μ-当たりで示したものである。

目 標	播種日	密 度	窒素施用量	磷酸施用量
400kg	5月	3420~	21.4~	6.7~
栽培法	5~6日	3500株	22.8kg	7.7kg
450kg	5月	3590~	23.1~	5.9~
栽培法	6~8日	3670株	24.8kg	7.2kg

密度を高める場合には窒素の多用が必要であり、播種日を早めるには磷酸の多用が必要である。

② 1988年度

前年までに得た、多収獲栽培法のモデルに基づいて、宝清県下の8個所で実証試験を行い、対照地の収量3.6t/haに比べて22~62%の増収をみた。

しかし、収量は4.4~5.8t/haと6t/haの目標値には到達できなかった。

春先の過湿によって播種が限界播種日5月6日よりかなり遅れたことと夏期の早魃によるものであり、試験を1年延長して実施することとした。

③ 1989年度

最適栽培法のモデルに基づいて6t/haの収量を目標に、宝清県尖山子郷で132ha(2万μ-)の大面積展示実証試験を実施した。

災害の多発した昨年と違って、本年はモデル通りに実施でき、6.3~7(平均6.6)t/ha

の収量を得た。慣行栽培より、33.6%の増収であった。

次年度は緩浜、樺南の両県で実施の予定である。

最適栽培法のモデルは、播種：5月5～6日、密度：5200/10a、間隔：66×27または70×24cmを基本にし、燐酸の基肥と尿素の2回追肥を行う方法である。

・成果の要約及び進捗状況

トウモロコシについては播種時期試験とポット試験によって、生育時期別の最適温度と冷害を受ける限界温度を示し、計画栽培の基礎資料を提供した。また、小面積における栽培試験では、4要因（播種期、播種量、チッソ、リン酸）の栽培条件を組み合わせた試験を行い、耐冷多収安定栽培法を確立した。さらに、多収穫栽培法モデルに基づいて、圃場における大規模実証試験を実施した。その結果、ほぼ所期の目的を達成した。なお、人工気象室の完成が遅れたことから、「トウモロコシの計画栽培法の作成」のうち、一部登熟期の限界温度に関する研究が遅れていたが、最終的には所期の目的を完了した。

(2) 水稲の耐冷安定多収の計画栽培法

1) 生育時期別最適温度と冷害指標

① 1986年度

水稲の発芽最低温度は9.5℃。安全出穂期は8月1～5日である。日平均気温が20℃以下で日最低気温が16℃以下になると障害型冷害の危険が高まる。早・中・晩生種には各1800℃、2000～2100℃、2200～2400℃の有効積算気温が必要であることが明らかとなった。

② 1987年度

1950～1986年の全省の水稲と温度に関連する資料とジャムス市、樺川県、緩浜県の気象データを解析して、生育の下限温度等を明らかにし、計画栽培法のための冷害指標を策定した。これらの指標と各地の気象データを利用することによって、計画栽培法が適確になる。

生育の下限温度：発芽⇒7～11.6℃、苗期の生長⇒13℃、分けつ⇒18.4℃、安全穂孕・開花⇒20℃、安全登熟⇒13.1～13.8℃。

生育期の積算気温（10℃以上）：栄養生長期間43～50日⇒760～850℃、穂孕期間29～33日⇒640～750℃、登熟期間30～44日⇒720～740℃。

地域別安全生育に必要な積算気温（10℃以上）下限値：省中北部の早生種⇒1800～2000℃、中部の早・中生種⇒2000～2200℃、中部の中・晩生種⇒2200～2400℃、中南部の中・晩生種⇒2400～2600℃。

積算気温100℃の増減により単収は23～50kg/ムー変動する。

積算温度の発生頻度

積算温度	直播（10℃以上）	移植（5℃以上）
2000～2200℃	8～15%	14～20%
2200～2400	30～31	35～47
2400～	55～61	39～45

## 2) 耐冷多収計画栽培法

### ① 1988年度

樺川県において大面積での耐冷多収計画栽培法の確立を試みた。目標収量は現行の20%増しの7.5 t/haとし、820haを供試した。計画栽培法は栽培品種ごとに生育時期別の安全限界指標によって策定した。

耐冷多収栽培法の構成技術は、①中生の耐冷性品種の選定、②早播と早植、③水管理の改善、④施肥法の改善である。

合江19・23号、龍粳1号を供試した耐冷多収栽培面積670haの収量は7.9 t/ha、対照面積150haのそれ6.5 t/haに比べて22%の増収となった。

水稲作にとって夏期の天候に恵まれた本年でさえも、現行法では安全出穂期8月5日を7日過ぎて出穂し、安全成熟期9月17日を5日過ぎて成熟した。その結果、登熟歩合が低下し、1穂稔実粒数が減少し、1000粒重が低下して、減収となった。すなわち、登熟不良によるものであり、現行法は定常的、慢性的な遅延型冷害に遭遇しているということができよう。

なお、龍粳1号に比べて合江23号は減収程度が大きかった。

### ② 1989年度

龍粳1号、竜花106-83、83-079、竜雑8028、8305、8304、B639、東農417、合江23号の品種、系統の耐冷性を検定した。検定には苗の素質と収量を用いた。

龍粳1号>竜花83-079が強く、竜雑8304、B639および東農417は安全出穂期8月5日以後に出穂した。

樺山県での大面積(886ha)耐冷多収栽培法の試験では、最高9.1、平均8.0 t/haの収量を得て、普通移植栽培より11.2%、直播栽培より43%の増収となった。

増収の主な要因は、1穂当たりの穎花数、穂数/m<sup>2</sup>、登熟歩合の増大によっている。普通栽培では安全出穂期を5日ほど遅れて出穂した。

次年度は樺川、湯原の両県で、6700haを対象に実施する予定である。

### ・成果の要約及び進捗状況

水稲については、約35年間に及ぶ気象資料と生育収量とを解析し、生育の下限温度を明らかにし、計画栽培法のための冷害指標を策定した。トウモロコシと同様、圃場試験及び既往の資料の検討によって、生育時期別の限界温度、最低発芽温度、安全出穂日、障害型冷害の限界温度、有効積算温度を明らかにした。また、一部の県では大規模圃場における耐冷性多収栽培法を確立するために品種ごとの生育時期別の安全限界作期を策定し、大規模栽培のための技術を明確にした。

すでに中国側は対応できる十分な技術を習得している。今後、さらに調査地点を拡大して、大規模実証試験を行う予定となっている。その場合には、それに伴う収穫機等が必要であろう。

### 3. 微気象改良技術の確立

#### (1) 水田の微気象特性と微気象改良による冷害防止

- 1) 水田微気象の実態
- 2) 水田微気象要素の調節と利用
- 3) 井戸水かんがい水稲の節水、昇温技術

##### ① 1987年度

綾浜県の農家の圃場を使用して試験した。総面積1200㎡の温水田を、200㎡に6区画して、水口から順次6区画を流下するようにした。水深3～5cmを深水かんがい、3cm以下を浅水かんがいと定義する。かんがい水は約7℃の井戸水によっている。温水と井戸水はそれぞれ約2haの水田にかんがいされる。測定結果は次のとおりである。

①温水用に放流後1時間で水尻水温は20.1℃、7時間で12.6℃、日平均水温で4.4℃の上昇がみられた。②水田水温は晴天時には浅水かんがいが深水かんがいより0.5～1.0℃高く、曇天下では深水かんがいが0.3～1.0℃高く推移した。また、最低水温は深水かんがいが1～2℃高く推移した。③低温条件下にあった本年は間断深水かんがいが、11.3%の増収となった。④水路をビニールで被覆しても昇温効果は認められなかった。

##### ② 1988年度

綾浜県下の農家水田での試験を行った。総面積1200㎡の温水田を6区画し、水口から順次流下した後2haの水田にかんがいされる。

温水田による昇温は、3日間の平均で、分けつ期には6.2℃、幼穂分化期には8.3℃、出穂期には6.4℃であった。

すなわち平均的には、地下水の揚水直後5.1℃⇒貯水池（温水池）出口6.7℃⇒温水田出口13.7℃⇒水田入口約14.0℃となっている。

温水田利用水田の収量は、穂数、1穂粒数、稔実歩合の増加により、対照に比べて9.2%増加した。

温水田利用の温度約14℃のかんがい水による水口の冷水被害を2000㎡の水田で調査した。被害は半径約12mの円弧状域に認められ、対象水田の全面積の約10%に及んでいた。

水田内の最高水温については、水深3cm以下の浅水と約5cmの深水とでは、分けつ期までは前者が0.5～1.1℃高く経過した。しかし、24.5℃という気温からみて、被害には直結しないものと判断された。

以上から、当地の地下水かんがいでは約5%の温水田だけでは冷水害は除去されないもので、節水かんがい法を導入し、さらに水口変更や分散かんがい法を併用することが望ましい。

(2) 畑地微気象の特性と微気象改良による冷害防止

1) マルチによる畑水稻冷害防止、熟期促進増収技術

① 1986年度

マルチ被覆により深さ5 cmの地温は2~3℃高くなり、畑水稻生育期の有効積算地温は200~250℃増加した。また、土壌水分は3~5%高くなり、出芽は10~14日早まる。

マルチ後播種(5月2日)した畑水稻は約20%増収した。マルチはかんがいよりも安く、アルカリ土壌の害も減るので、春先の湿害時などに有効である。

② 1987年度

水害を受けやすい低湿地の畑水稻に対する効果を検討した。

a区:マルチ移植、b区:播種後マルチ、c区:マルチ後播種の3区について測定して、つぎの結果を得た。

①熟期は、a区で3日、b区で2日、c区で4日、標準より早まった。②標準 281kg/ムーに比べて、a区で20.7%、b区で22.4%、c区で18.6%増収になった。③マルチによる昇温効果は生育前期に大きく、後期に小さくなる。④土壌水分はマルチにより高く保持された。とくに表層での効果が大きい。⑤土壌塩類の移動が、土壌PHに及ぼす影響は明確でなかった。

以上は、前年度の結果と同一傾向にあり、経済性についての検討が必要であると考えられた。

2) マルチによる大豆の冷害防止技術

① 1986年度

マルチ被覆により、日平均地温(5/9~6/11)は2.1℃高く、晩生大豆の開花は8日、結莢は11日早まった。

② 1987年度

遼寧・吉林省の晩生3品種と黒龍江省の中生1品種を供試して、播種期2水準、マルチの有無について試験し、つぎの結果を得た。

①地温上昇は、生育前期の4月下旬には5℃と大きく、生育後期の7月下旬には0.7℃と小さくなった。②土壌水分は、生育前期の4月下旬には0.6%、生育後期の6月中旬には1.6%高く保持された。③土壌中の窒素、リン酸の分解が促進された。④大豆の生育が促進した。合江系統82-627は10日早い収穫が可能となり、7.4~23.2%の増収となった。晩生3品種も増収とはなったが、晩生すぎて熟期促進によっても完全な登熟には至らなかった。

③ 1988年度

1987年には遼寧省、吉林省の晩生種と黒龍江省の中生種を用いて試験したが、晩生種は完熟には至らなかった。そこで本年度は中生種を対象にして、合江82-627、合江84-1315を用いて試験を実施した。

マルチによる地温の上昇、土壌水分の保持は昨年同様に認められた。

マルチにより大豆の初期生育は出苗期 8 日、分枝期 5 日、開花期約 3 日と促進されるが、結莢期、成熟期には促進効果は認められなくなる。しかし、増収効果は表のように明確である。

供試系統	増収率	莢数	粒数	100粒重
合江82-627	14%	+	+	+
合江84-1315	7	-	-	+

技術導入は、単位面積当たりで、収量×増収率×単価/資材費の値が 1 を超えないと可能とならない。現在は 1 ムー当たり kg、元単位で、 $174 \times 0.14 \times 0.9 / 55 = 0.4$  である。

- 3) 栽培条件の差異がトウモロコシ、大豆の群落内微気象の変化と生育収量に及ぼす影響とその調節技術
- 4) 栽培条件の差異が大豆の群落内微気象の変化と生育収量に及ぼす影響とその調節技術
- 5) 大豆品質の地域変異規律と気候生態因子組合せ効果の関係とその調節技術

#### ① 1987年度

牡丹江、ハルピン、宝清、林甸、同江、克山の 6 個所に、4 月 28 日、5 月 8 日、5 月 18 日の 3 回、20 品種を播種した。

①多収大豆の株型は、株高 70~80cm 無分枝、主莖節数 10~15、葉面積中位の長葉、で耐倒伏性を持っている。②収量の高い品種は、合豊 25 号、紅豊 3 号、黒河 4 号、嫩豊 12 号であり、収量は、258~289kg/10a であった。③ハルピンで栽培した 20 品種の蛋白質は 39.1~43.5% の範囲にあり、播種期による差は少ない。④脂肪は 18.3~22.1% の範囲にあり、20% 以上を示したのは黒河 4 号、嫩豊 11・12 号、黒農 8・30 号、紅豊 3 号、合豊 22 号、模河 1 号の 8 品種であった。⑤播種期が遅れるほど脂肪量は減少する傾向が認められた。

#### ② 1988年度

黒龍江省内の気象条件の異なる 6 地点、林甸、ハルピン、牡丹江、宝清、克山、同江に大豆 10~15 品種を 3 時期 (28/4、8/5、18/5) に播種し、気象条件と子実内の脂肪・蛋白質含量との関係を検討した。1987 年の結果はつぎのとおりである。

- 1) ハルピン産子実：①脂肪含量は 18.3~22.1% に分布し、播種期が遅れるほど低下した。  
②蛋白質含量は 39.1~43.5% の範囲に分布し播種期による差はなかった。
- 2) 地点間の比較：①脂肪含量では林甸産が最も高く、同江産が最も低かった。脂肪含量は黒龍江省西部の高温乾燥地帯では高く、低温湿潤地帯では低いことになる。②蛋白質含量ではハルピン産 > 同江産 > 宝清産と低くなり、林甸産は最も低かった。

#### ③ 1989年度

気象条件の異なる省内の林甸、克山、ハルピン、宝清、牡丹江の 5 地点で、10~15 品種の



大豆を3時期（4月28日、5月8、18日）に播種して、気象条件と子実内脂肪・蛋白質含量との関係を調べた。

- ① 収量と成熟期間の降雨量との間の相関係数（R）は0.90と高かった。
- ② 脂肪含量と成熟期間の降雨量と気温の日較差の間には、それぞれ0.38、0.48のRがみられた。降雨量100～120mmのとき、脂肪含量は最高であった。
- ③ 蛋白質含量と成熟期間の降雨量と気温の日較差の間には、それぞれ0.58、0.92のRがみられた。蛋白質含量は、降雨量の増加につれて増し、日較差7℃前後のとき最高となった。

#### ・成果の要約及び進捗状況

水田の微気象改良による冷害防止技術として、水稲畑マルチ栽培を行った結果、生育期の有効積算温度の増加を図ることにより、出芽促進及び増収をもたらす技術とした。低湿地においては、ロウ害により畑作物が栽培できないときなどに有効な技術となり得ることが明らかとなった。しかし、経済性についての検証は必要である。

井戸水かんがい水稲の節水昇温技術として、井戸水5℃のかんがい水利用の場合、約5パーセントの温水田のみでは冷水害防止としては不十分であることが明らかとなり、節水かんがい法や水口変更等、他の技術と併用することが望まれている。

また、大豆のマルチ栽培において地温上昇、土壌水分の保持等の効果を明らかにした。

大豆の収量と品質について調査した結果、収量と気象要因との関係、多収をもたらす株型及び品種が明らかとなった。さらに、蛋白質及び脂肪含量の品種間差、地域間差、栽培・気象要因による差も明らかとなった。

この分野においてはすでに中国側が十分対応しており、所期の目的はおおむね達成している。

## II. 施肥法改善と地力向上

### 1. 安定多収のための施肥法改善と地力向上

#### (1) 有機物施用による地力向上

- 1) 作物に対する有機物施用効果と土壌の理化学性の改善
- 2) 有機物施用大規模展示圃の造成

#### ① 1987年度

低生産地土壌の理化学性を改善して、生産力を高めることを目的として、853農場における1区84㎡の畑に、秋につぎの資材を施用し、春に大豆を作付けた。

a 無添加 b 牛糞 750 (kg/ムー、以下同) c 小麦稈250 d 小麦稈550 e トウモロコシ稈550 f 大豆莖550 (重量は風乾重) 収量比はつぎのとおりであった。

区	a	b	c	d	e	f
比	100	104	111	110	112	131

施用によって、土壌の仮比重は5～13%小さくなり、土壌水分は3～16%高く保持された。

② 1988年度

853農場の1区84㎡の畑に前年秋、つぎの有機物を施用し、春にトウモロコシを作付けた。施用量の単位は、風乾量kg/ムーである。

a 無施用 b 牛糞750 c 小麦稈750 d 小麦稈250 e 大豆茎550 f トウモロコシ稈375  
収量比は表のようであった。

区	a	b	c	d	e	f
比	100	115	120	111	115	109

有機物の施用により土壌の仮比重が小さくなり、土壌中の毛管・非毛管孔隙が増し、過湿時の排水性、早魃時の保水性が高まった。

③ 1989年度

853農場の1区84㎡につぎの有機物(kg/ha)を秋に施し、春小麦を作付けた。a:無施用、b:牛糞11250、c:小麦稈3750、d:小麦稈11250、e:大豆茎3750、f:トウモロコシ稈5625 収量比はつぎのようであった。

区	a	b	c	d	e	f
比	100	118	105	91	98	102

有機物の施用により、土壌の総孔隙量や非毛管孔隙量が増し、透水性や通気性が高まった。影響はb>e>c>f>dの順であった。

・成果の要約及び進捗状況

低生産性土壌の理化学性の改善を図るため、有機物(牛糞、小麦稈、トウモロコシ稈、大豆茎)施用の試験を3年継続して行った。その結果、有機物施用によって、土壌水分の保持と同時に透水性、通気性を有するが過湿時には排水性、干ばつ時には保水性などの土壌改良の効果が大きかった。しかし、有機物の持続効果を明らかにするために数年間無施用の試験を行う必要がある。その際、地力の消長の程度がひとつの指標となるが、そのための分析機械の導入が遅れている。本測定は精密を要し、また、本研究を発展させるための手法についても遅れていることから、一層の技術手法の向上が望まれる。

(2) 水稲施肥技術の改善

1) 水稲の側条施肥技術

① 1989年度

側条施肥による生育の促進と肥料の利用率向上を検討するため、試験の1区面積は25㎡で、つぎの区を設けた。a:無肥料、b:全層基肥、c:基肥+2回追肥(全層の分けつ期施肥

+穂肥)、d:側条施肥、e:側条施肥(肥料は-20%)、f:側条施肥(肥料は-30%)。収量比はつぎのとおりであった。

区	a	b	c	d	e	f
収量比	64	100	96	110	99	100

側条施肥により、分けつが2~3日早まり、有効分けつ数が増したが、出穂・成熟期は2日遅れた。収量増は、穂数/㎡と1000粒重によっている。側条施肥では肥料を30%減らしても、全層基肥と同等の収量が得られた。

b区に比べて、窒素の利用率はd区30%、e区36%、f区40%、リン酸のそれはd区17%、e区30%とそれぞれ向上した。

#### ・成果の要約及び進捗状況

従来の施肥法(全層施肥)に対して、側条施肥法を比較した場合、89年試験では肥料の節約と増収効果が明らかとなった。90年度は確認試験を行っている。兩年の試験は小区画面積の試験であるため、今後大規模圃場での実証試験が望まれる。

### (3) 混層耕による白漿土の理化学性の改善と地力向上

#### 1) 白漿土層と沈澱層の混耕程度の効果と土壤の理化学性、生物相、養水分の変化

##### ① 1986年度

白漿土層にその下層の沈澱層を、1:0、1:0.5、1:1の比で混合すると、土壤の容積重はそれぞれ1.54、1.42、1.22となり1:0.5の場合トウモロコシで34%の増収、1:1の場合トウモロコシで52%、大豆で20%の増収となった。

##### ② 1987年度

白漿土層と沈澱層を所定の比に混合して、作物栽培した。

作物ごとの増・減収率(%)はつぎのようであった。

混 合 比	1 : 1/4	1 : 1/2	1 : 1	1 : 2	備 考
テンサイ		33.2	18.2	-25.7	4 m <sup>2</sup>
トウモロコシ		3.1	2.3		4 m <sup>2</sup>
小 麦	5.9	12.9	6.8		ポット

前年度の結果との比較、新知見である負効果の出現等は、連年試験、2層の混合比や化学性の調査、検討の必要性を示している。

##### ③ 1988年度

白漿土層と沈澱層を所定の比に混合して作物を栽培した。増減収率(%)はつぎの表のようで、前年同様に1:1/2区の増収率は高かった。

混 合 比	1 : 1/2	1 : 1	1 : 2	1:1 肥料加用	1:1 の天地返
大豆	11	1	3	5	-9
トウモロコシ	12		-1	10	1

註) 大豆は 853農場における混合後2年目の試験 トウモロコシは灯塔村における混合後4年目の試験、肥料加用は混合時に1ムー(6.6a)当たり磷酸アンモニア20kgと麦稈500kgを加用した。

土層の混合により土壤水分-pF曲線は変化して、水分張力の増加に伴う水分含量の減少は大きくなった。また、白漿土層の飽和透水係数 $6.1 \times 10^{-5}$ は1:1/2区で $9.5 \times 10^{-4}$ 、1:1区で $3.1 \times 10^{-4}$ へと増大した。

#### ④ 1989年度

白漿土層と沈澱層を表の比で混合して作物を栽培した。対照区(1:0)の作物収量と各区の収量比は以下の表のとおり。

混 合 比	1 : 0	1 : 1/2	1 : 1	1 : 2	試験場所
テンサイ	1830kg/10a	110	115	103	853農場
トウモロコシ	540		127		創業農業
トウモロコシ	480		113		饒河農科所
小麦	230		105		創業農場

また、1:1天地返し区:103(853農場)、1:1施肥(磷酸2安60kg/10a)区:121(饒河農科所)という結果もあり、混合比1:1~1:1/2の増収効果がいちじるしかった。

土壤硬度計の測定によると、処理によって3年経過しても深さ50cmまでは5kg/cm<sup>2</sup>未満であるが、対照区では深さ10cmで10kg/cm<sup>2</sup>を超え、深さ20cmで20~25kg/cm<sup>2</sup>を超えている。

#### 2) 白漿土心土混層による展示圃造成

##### ① 1989年度

供与された改良心土耕犁による土壤改良効果と経済性を検討した。

853農場2分場の3号圃場約80ha(1200ムー)を8月16日から耕起した。

土壤水分が30%以上の時には心土攪拌や心土膨軟効果は不十分であった。22~26%の時には、地表の碎土は良好で、白漿・沈澱土層とも膨軟効果は顕著であった。

土壤の硬度は、未耕起区 0~20cm : 5kg/cm<sup>2</sup>未満

20cm~ : 20~25kg/cm<sup>2</sup>以上

耕起区 ~50cm : 5kg/cm<sup>2</sup>未満

を示し、非常に膨軟となった。

25cm以下の白漿土心土の透水性は、未耕起では $4.4 \times 10^{-5}$ 、耕起では $3.7 \times 10^{-5}$ となった。

また、草甸土のそれらはそれぞれ $1.8 \times 10^{-4}$ および $2.9 \times 10^{-4}$ となった。

## ・成果の要約及び進捗状況

三江平原に広く分布する白漿土（耕地の29パーセントを占める）の改良はひとつの重要な課題である。白漿層と沈澱層を混層した場合の数年間の試験では、数種の作物のすべてに増収効果が認められた。混層に伴い、土壤の理化学性も変化した。

しかし、いずれも試験場及び小圃場における成果であるため、一般に広く普及させるためには現地試験が重要である。89年供与のリバーシブルプラウを用いた試験は、90年が心土砕後の第1作、91年が第2作となり、これからが本格的な大面積の実証試験となり、期待も大きい。

基礎研究の中で、白漿土の改良は白漿層と沈澱層の混合による土壤物理性の改良か、心土破碎による土壤物理性の改良か意見の分かれているところである。

導入予定の万能試験機を用いたモデル実験により、混層効果と土壤の理化学性及び収量との関係を明らかにするとともに、1回の混層が収量にどの程度の持続効果を持つかを明らかにすることが作業効率上、今後の重要な課題である。

## Ⅲ. 耐冷性品種の育種方法

### 1. 水稲の耐冷、早生、耐病、多収品種の育成法

#### (1) 薬培養育種法

##### 1) 薬培養による変異の出現率向上手法の確立

##### ① 1987年度

水稲研究所では、①薬培養において禾穀類培養基に比べ $N_6$ 培養基が、また $N_6$ 固体培養基に比べ $N_6$ 液体培養基における変位誘導率が、それぞれ平均約2倍であること、②砂栽培において、保温することにより、緑苗成苗率の増加効果が顕著であることを見出した。

低温冷害研究中心では、①組織培養において培養基に添加する24D濃度を高めていくと、組織が褐変死亡すること、②KT濃度を高めていくと変位誘導率が高まること、③6℃、10日間の低温処理で、誘導率は増加するが、④後代となるに従い、誘導率は低下すること、を見出した。

##### ② 1988年度

黒龍江省農業科学院と北京植物研究所が協同して案出した硝酸塩と低濃度アンモニウム塩を結合させて作成した $N_6$ 培養基を中心に検討した。

① 薬培養において $N_6$ 培養基と $N_6 + Y_2$ （酵母抽出液）培養基の間には変異出現率に差を認めなかった。

②  $N_6$ 培養基は禾穀類培養基に比べカルス誘導率が0.24%高かった。

③  $N_6$ 液体培養基では振とう5・15・20日処理区に比べ、無振とう区の誘導率は7.59%高かった。

③ 1989年度

① 培地 $N_6 + 24D 2 \text{ mg} / \ell + Y_E 1000 \text{ mg} / \ell$ と培地 $N_6 + 24D 2 \text{ mg} / \ell$ を用いてカルス誘導率を比較したところ、両者には差異が認められなかった。

② 液体培養におけるカルスの最適移植時期を検討した。

< 1 mm、1~2、2~3 mmの大きさのカルスを培地に移植し、それぞれの緑苗分化率を比較したところ、表のように< 1 mm時のカルスの移植の分化率が最も高かった。

組み合わせ	< 1 mm	1~2	2~3
北海PL 3 × 合江20号	69%	45	9
北海PL 3 × 松前	52	18	13
合交 7523	38	17	9

カルスは1.5mm程度の大きさから沈み始め、沈んだカルスの緑苗分化率は低くなる。

(2) 突然変異体の選抜方法

1) 組織培養による変異の出現率向上手法の確立

① 1988年度

① 遼梗10号、ハヤニシキ、ふ系 138、フジヒカリ 4 品種間で誘導率はフジヒカリ13%から遼梗10号34%までの幅が認められた。

② 50ml容三角フラスコで、培養基量20~25ml、置床数 6 粒の場合が最も誘導率は高く30%を示した。

③ 4~6℃の低温下で15~20日処理した場合の分化率は高く、6.7~7.3%を示した。

④ 基本培養基 ( $N_6 \cdot M_s$  培養基) に24Dを  $1 \text{ mg} / \ell$  加え、NAAの濃度を变化させた場合に、NAAの濃度  $2 \text{ mg} / \ell$  が分化率11%となり最高であった。

② 1989年度

主な外殖体として種子胚と幼穂を用い、 $M_s$ と $N_6$ を基本とした培養基でカルスの発生状態を検討した。

① 培養基として $M_s + 24D 2 \text{ mg} / \ell$ 、 $N_6 + 24D 2 \text{ mg} / \ell$ を用いた場合、胚、種子ともに、カルスの発生率が90%以上となった。さらに上記の培養基に 0.1%の酵母膏を加えたばあいには、ともに発生率は100%となった。

② 種子胚と幼穂からできたカルスを、 $10 \sim 14 \text{ mg} / \ell$ のNAA、 $0.5 \sim 1 \text{ mg} / \ell$ のカイネチンおよび 0.1%の乳アルブミンを含有した $M_s$ あるいは $N_6$ 培養基上で培養すると、発生率は非常に高かったが、幼苗まで発育したものは少なかった。

③ 茎や芽の原基まで、すでに分化したカルスを $0.5 \sim 1 \text{ mg} / \ell$ のNAAと0.1%乳アルブミンを含有した培養基に再び移すと幼苗まで発育するものが比較的多く得られた。

④ 葉緑素含量とプロリン含量の増加を耐冷性の指標として、組織培養で得られた20材料を検定した。その結果、耐冷性の強い3個体 (647-4、160-3-1、160-4)、耐アルカ

り性の強い7個体を得た。その中でも、88-9と88-15はとくに耐アルカリ性が強かった。

#### ・成果の要約及び進捗状況

水稲研究所では薬培養、低温冷害研究中心では組織培養を担当している。

薬培養では変異誘導率を高めるための培養基の開発及び最適移植時期を解明した。組織培養でも変異誘導率を高めるための培養基の開発を行うとともに、誘導率を高めるための培養前処理での温度条件を解明した。さらに、カルスから植物体への分化効率を高めるための培地を開発した。この培養技術がストレス耐性の選抜に有効に働き、耐冷性と耐アルカリ性の個体選抜に大きな貢献をした。

薬培養及び組織培養手法はおおむね所期の目的のとおり習得されたものと考えられる。ただし、現在使用しているグリーンベンチは古く、作業効率が悪い。従来型の振とう培養器による培養はカルス生産のロスが多い。現在使用している往復振とう培養器に比べ、回転式振とう培養器によるカルスの発生率が高いことは学問的には周知の事実であり、この機種への変更が効率的な系統選抜には望ましい。さらに、温度、湿度、光が制御できる培養室によって、いっそう効果が向上するものと期待される。

## 2. 水稲、畑作物の低温冷害抵抗性の検定方法

### (1) 水稲の耐冷、耐病性の検定方法

#### 1) いもち病抵抗性の生理的検定法

#### 2) 水稲品種の耐病性の検定方法

##### ① 1986年度

レース混合菌を水稲生育株に接種し、セン、梗、橋で計10の耐病性品種を選出した。また、803の品種、691の新品種・系統の耐病性程度を明らかにした。

##### ② 1987年度

いもち病菌人工接種適期を究明する目的で、播種期を変えて作った異なる葉齢の苗を、同時期に移植・接種し、発病率を比較した。

品種によって多少異なったが、大多数の品種では4葉期と6葉期が最も発病しやすい時期であった。また、4葉期に日本の判別レースを単一接種した場合の最高の発病率53.8%よりも、混合接種した場合のそれ67.2%が高かった。しかし、品種によっては、特殊な反応を示すものもあった。

##### ③ 1989年度

新品種の耐いもち病性の選抜効果を向上させるため、全生育期間を対象に、苗期の接種検定と主要レースの抵抗性検定を併用した。

① 苗期の接種検定の適期は4～6葉期である。

② 接種する菌原には、複数のレースあるいは菌糸を含めた混合菌が効果的でこの接種により接種効果が13～43%高まった。

③ 206個 of 材料に接種して、反応型により21の耐病型に分類した。また日本の耐病分類法（7菌糸による）に基づく異なる遺伝子型にしたがって、新2号型、杜稲型、藤坂5号型などの9型に分類した。

検定の結果、黒龍江省のいもちに対し、抵抗性遺伝子を持つ品種として、四豊43号、竜花83-079など34品種を選抜することができた。

・成果の要約及び進捗状況

圃場における生育株でいもち病の検定を行い、10の耐病性品種を選抜した。また803の品種の抗性表と691の品種・系統の耐病性程度を明らかにした。さらに、いもち病菌の人工接種により、品種の耐病性を検定するためには4～6葉期がもっとも適していることを明らかにした。接種する菌原は複数のレース、あるいは菌糸を含む混合菌が効果的であった。206品種に接種し、反応型により21の耐病型に分類、さらに日本の耐病性分類法によって9型に分類した。検定の結果、黒龍江省でいもち病に対し抵抗性遺伝子を持つ品種として4品種を選抜した。これらの結果は黒龍江省のいもち病研究に大きな指針を与えた。

(2) 畑作物の耐冷性検定方法

1) 大豆種子中のたんぱく、脂肪含量と耐冷性

① 1987年度

発芽期の耐冷性（発芽勢、発芽率）を脂肪含量22%以上、22～20%、20%以下、たんぱく含量45%以上、45～40%、40%以下の3クラス（各クラス10品種・系統を供試）に分けて調べた結果、

① 脂肪含量が高いものは、低温条件下での発芽勢、発芽率が高い。②発芽勢間では、両者間に  $r = 0.499$  の正相関が見られたが、発芽率間では、 $r = 0.092$  と相関関係が認められなかった。また、③たんぱく含量との間には発芽勢、発芽率ともに相関関係は認められなかった。

② 1988年度

発芽期の耐冷性を6℃低温下における発芽勢、発芽率で見た。子実を脂肪含量22%以上、22～20%および20%以下の3クラス、たんぱく含量45%以上、45～40%および40%以下の3クラスに分け、各クラスに10品種・系統を供試して調べた結果はつぎのようで、前年度の結果と同様であった。

① 脂肪含量が高い子実は低温条件下での発芽勢、発芽率が高い。

② 発芽勢間には両者間に  $r = 0.50$  の、発芽率間には  $r = 0.28$  の相関が認められた。

③ たんぱく含量との間には発芽勢、発芽率共に相関関係は認められなかった。

以上、2年間の試験結果から大豆種子の脂肪含量が低温条件下の発芽勢に強く影響することが明らかとなったが、その遺伝的な原因についての解明は今後に残された問題である。



・成果の要約及び進捗状況

畑作物の耐冷性検定方法として、大豆では種子中の脂肪とたんぱく含量と耐冷性との関係を検討した。その結果、2年間の試験を通じて脂肪含量が高いものは低温条件下での発芽勢、発芽率が高いこと、たんぱく含量と発芽勢、発芽率の間には相関がないことを明らかにした。これらの遺伝的要因の解明は今後に残された問題である。

2) トウモロコシ種子中のでんぷん、糖含量と耐冷性との関係

① 1987年度

71の品種・系統（内54は農家品種、10は外国品種、7は交雑系統）の種子を2層のろ紙を敷いたシャーレ上で発芽させた。温度設定を25℃（対照）、8℃、6℃、4℃として冷蔵庫中で処理した。発芽は50%の種胚根が種根皮を破った時期とした。含糖量は6℃処理の発芽後35日の材料について比色法で水溶性糖含量を測定した。

その結果、①低温発芽性のある品種・系統として、供試71品種・系統のうち8℃では84.5%、6℃では63.4%、4℃では19.7%が選抜された。②6℃下で含糖量との発芽率の間に  $r = 0.67$  の相関が認められた。

③4℃下で75%以上の出芽率を示したのは次の6品種であった。

嫩江玉米	100%	北安金頂子	80%
稗稜小粒紅	96	勃利白玉米	80
皮球斯克	88	樺川白頭霜	76

② 1988年度

耐冷性簡易検定法を樹立する目的で、種子中のでんぷん・糖含量と、低温発芽性を、71品種を供試して調べた。低温条件を8、6、4℃、対照を25℃とした。発芽は50%の種子の種胚根が種皮を破った時とした。含糖量は6℃処理の発芽後40日の材料について Somogyi法で可溶性糖含量を分析した。でんぷん含量は塩化カルシウム醋酸混合液で抽出し分光光度計で測定した。

可溶性糖含量と6℃低温発芽率の間には  $r = 0.67$  の高い相関が、発芽率（36日）と発芽勢（17日）の間には  $r = 0.78$  の高い相関が認められた。しかし、でんぷん含量と低温発芽性との相関は  $r = 0.05$  と低く、両者の関係は明らかでなかった。

また、54の農家品種中に、含糖量10%以上が39あり、そのうち34が発芽率50%以上に達し、含糖率10%以上になれば低温発芽性の高いことが明らかとなった。

6℃の低温下における発芽勢の大小は間接的に品種の耐冷性を評価する指標となる。

・成果の要約及び進捗状況

トウモロコシについては種子中の糖量、でんぷん量と耐冷性との関係を検討した。6℃における発芽率と糖含量との間の相関は高く、また、発芽率と発芽勢の間にも高い相関があったが、でんぷん含量と低温発芽性との間の相関は低かった。6℃の低温下における発芽勢の

大小は間接的に品種の耐冷性を評価する指標となることを明らかにした。これらの研究課題はおおむね所期の目的を達成したといえる。

#### IV. 低温冷害生理の解明

##### 1. 生育時期別の低温冷害感受性

##### (1) 水稲の生育時期別の低温反応

##### 1) 形態、生態に及ぼす影響

##### ① 1986年度

ポット栽培の水稲を低温処理して、発芽期⇒成苗率の低下、三葉期⇒緩慢な成長、分けつ期⇒茎数の減少、小穂原基分化期⇒出穂の約3日の遅延と7%のしいな率の増加、減数分裂期⇒5.6%の不稔率の増加と0.7gの干粒重の減少、登熟期⇒緩慢な登熟速度と25%の減収、をみた。

分けつ期と登熟期が共に低温の場合⇒有効穂数の減少、成熟期の遅れ、35%の減収、となった。

##### ② 1987年度

人工気象箱で1950～1980年の冷害年の温度を設定して、対照の平常年の温度処理と比較した。供試品種は合江19号。全生育期にわたり生育経過を、処理の前後に作物体の部位別形態を、収穫後に作物体と籾の性状を調査した。結果の一部を下表に示す。登熟期の低温は不稔率を約40%高めた。

生育時期	処理温度	処理日数	結果	項目
① 出芽期	8℃	5日	3.4%	成苗率
② 出芽期	8	10	17.9	成苗率
③ 分けつ期	16	10	16.2	収量
④ 幼穂形成期	18	10	2.9	収量
⑤ 登熟期	16	14	18.8	収量
⑥ 登熟期	16	20	-22.9	収量
⑦ ③+⑤	16	10+14	32.8	収量

##### 2) 各生育段階に及ぼす影響と防御技術

##### ① 1988年度

ポット栽培の合江19号を人工気象箱で生育段階別に低温処理を行った場合の形態、生態に及ぼす影響は前2年間と同様な結果であった。

湯原県農業科学研究所の圃場で熟期の異なる品種を移植・直播栽培し、生育経過と収量構成要素を調査して、品種ごとの正常年における葉位別出葉速度や生育段階ごとの有効積算温度等を明らかにし、低温冷害年の生育診断指標を得た。

また、湯原県湯曜郷の水田3400haを対象に21地点を選び、品種、播種期、苗立密度、減数分裂期の水深を調査した。本年の当地の気候は異常ではなかった。

品種比較では、合江19号=合江23号>東農78-24>合江21号

播種期では、5月11日≒16日>25日(合江19号)

苗立密度では、500≒750>300本/m<sup>2</sup>

減数分裂期の水深では、5≒15cmを得た。

収量は、520~645g/m<sup>2</sup>であった。

## ② 1989年度

ポット栽培した合江19号を人工気象箱や人工気象室で低温処理して、つぎの結果を得た。

- ① 形態 分けつ期の影響が最大で、葉齢、草丈、分けつ数、葉面積/株、根長が指標となりうる。
- ② 成熟期 分けつ期と開花・登熟期の低温で3~5日遅れる。
- ③ 収量 開花・登熟期の低温で、不稔粒が増し、18~31%減少する。
- ④ 不稔 開花・登熟期の16~18℃の低温で、7~32%増加する。障害型冷害である。

湯原県農科所で3品種を使った移植、直播試験からは、各生育段階の生長速度指標などが明らかになり、冷害時の参考資料が完成しつつある。

### ・成果の要約及び進捗状況

人工気象室、人工気象箱を利用し、水稻について各生育時期別の冷害がどの形質にもっとも大きく作用するか明確にした。また、1950~1980年の冷害年の温度を設定して、各生育時期に異なる低温処理を行い、低温が及ぼす生育特性を明らかにした。これらの結果は精密な生育施設を利用しはじめて可能な結果である。移植・直播栽培試験から、品種ごとの正常年における葉位別出葉速度や生育段階ごとの有効積算温度及び生長速度指標を明らかにし、低温冷害年における生育診断指標に貴重な基礎データを示した。引き続き、人工気象室による試験、現地観測により、冷害診断技術を確立し、被害量推定指標を作成する必要がある。

## (2) トモロコシの生育時期別の低温反応

### 1) 形態、生態に及ぼす影響

#### ① 1986年度

ポット栽培したトウモロコシを低温処理して、発芽期⇒発芽勢の弱化(15℃→10℃で9.4%の低下)、苗期(4葉展開)⇒14℃で生育の抑制、小孢子形成期⇒21℃で影響なし、登熟期⇒19℃で子実乾物の蓄積にほとんど影響なし、をみた。

#### ② 1987年度

人工気象箱で1949~1986年の冷害年の温度を設定して、対照の平常年の温度処理と比較した。

- ① 出芽期 8℃処理5日後においては、対照(12℃)に比べて、草丈は38%、乾物重は40%

に低下、1～17葉の出葉日数は4～7日遅延、2～4節間長は22～5%短縮、1～7葉の葉面積は25～6%減少、出芽期は5日、抽雄期は3日遅れた。

- ② 苗期16℃処理5日後においては、対照(20℃)に比べて、草丈は79%、乾物重も79%に低下、4～14葉の出葉日数は1～3日遅延、4～13葉の葉面積は20～5%減少、雌穂抽出期は3日遅れた。
- ③ 苗期+登熟期16℃処理の処理後10日間における粒の乾重増加量は8%低下、成熟期は3日遅延、収穫期の穀粒含水量は6%増加した。
- ④ 登熟期16℃10日間処理により対照(20℃)に比べて、処理後10日間における粒の乾重増加量は28%低下、成熟期は2日遅延、収穫期の穀粒含水量は7%増加した。

## 2) 各生育段階に及ぼす影響と防御技術

### ① 1988年度

a/2000ポットに栽培した龍単3号を、出芽期、4葉展開期、登熟前・中・後期にそれぞれ(前2期は人工気象箱で、登熟3期は人工気象室で)対照よりも4℃低い温度で10日間処理して、つぎの結果を得た。

- ① 出芽期：節間伸長期、抽雄期がともに1日、絹糸抽出期が2日遅延し、草丈の対照比は40%となった。
- ② 4葉展開期：節間伸長期が1日、抽雄期が2日、絹糸抽出期が3日遅延し草丈の対照比は34%となった。
- ③ 登熟期：穀粒乾物重の増加速度が低下し、成熟期が遅延し、穀粒含水量が増加した。100粒乾物重増加量は、前期(受粉後20～30日)では3.2g(対照6.2g)、中期(受粉後30～40日)では1.4g(2.6g)へと、ともに約半減したが、後期(受粉後40～50日)では0.044g(0.99g)と影響は軽微であった。

基肥に燐酸を増施した場合には、対照に比べて、①出芽期：節間伸長・抽雄期の遅れが1～2日少なくなる。②4葉展開期：絹糸抽出期の遅れが1日少なくなる。③登熟前期：10日間の100粒乾物重増加量が2.1g/3.0gに止まった。

### ② 1989年度

ポット栽培した合玉11号を出芽期と4葉展開期に、人工気象室で暦年平均気温より4℃低い温度で処理して、その影響を明確にするとともに燐酸の冷害軽減効果を検定した。また、友誼農場などで燐酸の効果を実証した。

- ① 生育 低温の継続時間に対応して、緩慢となり、遅延型の冷害になる。
- ② 形態

出芽期と4葉展開期：草丈、葉身長、節間伸長、雄穂の抽出日が指標となりうる。

登熟期：子実の肥大速度、成熟期の子実の含水量が指標となりうる。

燐酸の施用は、各生育段階の耐冷性を高め、草丈、葉身長などの栄養器官の成長速度を早

め、生育を促進させた。そのため、成熟期が早まり100粒重が増大した。

この結果は圃場試験でも認められた。

• 成果の要約及び進捗状況

トウモロコシについても水稲と同様、生育時期別の低温処理が形態及び生態特性に及ぼす影響を検討した結果、冷害を受けない限界温度が明らかとなった。同様に萌芽期、4葉展開期、登熟前・中・後期の低温処理を行った。各生育時期の冷害処理によって影響を受ける形態的特性、収量形質及び影響の程度が明らかとなった。これらの結果は水稲の場合と同様、精密な施設で短期間に得られた結果であり、しかも再現性が高く、冷害診断技術を確立する上で貴重なデータを提供した。さらに基肥にりん酸を増肥した場合の各生育時期別の低温の影響に対する軽減効果も明確となった。人工気象室の結果に基づいたりん酸施用の効果は圃場段階でも立証された。トウモロコシについてはおおむね所期の目的を終了したと思われる。

2. 低温冷害の生理的発生機作

(1) 水稲の障害型冷害の発生機作

1) 低温による花粉不稔の原因

① 1986年度

ポット栽培した水稲合江19号を低温（平均気温20℃、最高25℃、最低16℃を5日間）処理して、小孢子形成期⇒5.6%の不稔率の増加をみた。小孢子的形成阻害による、障害型冷害の限界温度と認められた。

② 1987年度

人工気象箱で合江19号を供試し、減数分裂期に平均15℃の変温7日間の処理を行った。

対照（22.5℃）に比べて、不稔率が主茎穂では50%、分けつ茎穂では80%増加した。なお、前年度は、平均20℃の変温5日間の処理により不稔率の6%の増加をみており、最低温度と処理期間によって不稔率がいちじるしく高まった。

低温処理区の花粉は奇形を呈し、でんぷん粒の蓄積が少なかった。栄養器官（上位3葉）と生殖器官（穂）における糖/窒素比に差異を生じたことが花粉の発育不良の原因の一つと考察された。

• 成果の要約及び進捗状況

水稲について、人工気象箱を用い小孢子形成期に日平均気温20℃5日間処理すると、不稔率は約6%増加した。低温が小孢子的形成に影響し、障害型冷害が発生することを明らかにした。また、減数分裂期に15℃の変温7日間の処理を行うと不稔率が主茎穂で50%増加した。この時期の低温処理では花粉の奇形が発生し、でんぷん粒の蓄積が減少することを明らかにした。水稲の障害型冷害の研究についてはおおむね順調に終了した。

(2) トウモロコシ、大豆の遅延型冷害の発生機作

1) 低温によるトウモロコシの光合成・呼吸作用の低下と冷害との関係

① 1989年度

ポット栽培した龍単3号、合玉11号を人工気象室で低温処理した。対照を2葉期18℃、4葉期19℃、登熟期20℃と設定して、強冷区は-8℃（登熟期のみ-6℃）、弱冷区は-4℃として10日間の処理をした。展開中の中位の葉を、赤外線分析計で測定した光合成・呼吸速度の低下はつぎのとおりで品種間差は明確でなかった。

	光 合 成		呼 吸	
	弱 冷	強 冷	弱 冷	強 冷
2 葉 期	-27%	-40	-19	-30
4 葉 期	-19	-21	-21	-7
登 熟 期	-9	-25	-30	-6

低温期間が長引くほど、両速度とも低下し、葉緑素・窒素含量の減少と気孔抵抗の増大が認められた。

2) 低温による大豆の光合成・呼吸作用の低下と冷害との関係

① 1989年度

ポット栽培した黒河4号・東農34号を人工気象室で低温処理した。対照を3葉期22.5℃、開花・結莢始期20℃と設定して、強冷区-12℃、中冷区-6℃（3葉期のみ-8℃）、弱冷区-4℃として10日間の処理をした。赤外線分析計で測定した光合成・呼吸速度の低下はつぎのとおりで、品種間差は明確でなかった。

	光 合 成			呼 吸		
	弱 冷	中 冷	強 冷	弱 冷	中 冷	強 冷
3 葉 期	-1%	-13	-22	-6	-29	-48
開花始期		-9	-15		-16	-20
結莢始期		-9	-13		-18	-27

低温期間が長引くほど、両速度とも低下し、気孔抵抗が増大して蒸散速度が減少した。低温により、葉身の窒素/炭素比は増して葉柄のそれは減り、花粉は不充実となり、種子中の蛋白質・糖含量は増して脂肪・鉄含量は減少した。

・成果の要約及び進捗状況

低温が光合成及び呼吸作用に及ぼす影響をトウモロコシと大豆を用いて検討した。トウモロコシでは生育時期によって、低温が光合成及び呼吸作用に及ぼす影響は強冷区及び弱冷区で大きく異なった。また、低温期間が長引くほど両速度は低下し、葉緑素、窒素含量の減少と気孔抵抗が増大した。

大豆では低温期間が長引くほど光合成及び呼吸作用が低下し、気孔抵抗が増大し、蒸散速

度が減少した。低温による花粉への影響及び体内成分への影響も明らかとなった。低温によるトウモロコシ、大豆の光合成及び呼吸作用と冷害との関係については明らかでなく、引き続き研究を行う必要がある。

## V. 安全多収栽培法の確立

### 1. 水稲の安全多収技術

#### (1) 水稲の異なる栽培方法による安全多収技術

##### 1) 移植栽培における大面積総合安全多収技術の開発

##### ① 1988年度

安全多収の構成技術を、健苗の育成、早植えと粗植、合理的施肥管理、合理的水管理と設定して、本年は水稲試験場内で試験を行った。この結果を受けて次年度から現地試験を行う計画である。

##### ① 健苗の育成：・調酸増肥剤500 g/m<sup>2</sup>の施用

- ・種子150 g/m<sup>2</sup>の播種
- ・播種前と一葉一心期に殺菌剤の散布
- ・徒長苗、過熟苗にしない 本年度の試験によると、3本植では徒長苗8%、過熟苗2%の減収、5本植では徒長苗9%、過熟苗14%の減収となった。

##### ② 早植えと粗植：現行の平均移植日5月20日～25日を5日早める

- ・現行の30～35株/m<sup>2</sup>を25株/m<sup>2</sup>とする

##### ③ 合理的施肥管理：窒素の施用量kg/haを5段階に変えて試験した結果は表に示されており、中～極多区間に有意差はなく、肥料利用率からみて、中区が経済的に適当と判断できた。なお、収量比の対照とした極少区の収量は6.1トン/haであった。

区	極少	少	中	多	極多
施用量	46	59	73	101	130
収量比	100	103	110	105	114
肥料利用率	77	65	63	41	39

##### ④ 合理的水管理：普通かんがい法の採用 普通かんがい、間断かんがい、湿潤かんがいを比較すると、水量比は100、83、57であった。しかし、収量比では、100、97、92と、収量7.2トン/haの普通かんがいが優った。

施肥量と密度の交互関係では、少肥・中密度、多肥・低密度が合理的と判断された。

##### ② 1989年度

既往の成果を踏まえ7.5～9トン/haの栽培技術を目指とする。主要な技術構成は、①中生耐冷品種の採用、②畑苗の健苗育成、③早植と粗植、④合理的施肥法、⑤水管理である。具体的な仕様はつぎのようである。

品種：竜雑B639、畑苗播種：4月20日、移植：5月22日3.7葉、密度：25株/m<sup>2</sup>、基肥：代播き前に尿素130kgと重過磷酸石灰85kg/ha、追肥：7月15日前後に33kg/ha、水管理：分けつ期浅水・穂ばらみ期深水・出穂後間断かんがい。

本年の6、9月の気温は前年に比べて、それぞれ1.4、3.3℃低く経過したために、生育は遅延し登熟歩合と1000粒重が低下した。しかし籾収量は8.69トン/haをあげ、前年より4.3%の増収となった。

#### ・成果の要約及び進捗状況

移植栽培による大面積総合安全多収技術の開発・普及を目的として、数種の栽培技術を組み合わせて実証試験を行った。それらのうち、健苗の育成、早植えと粗植、合理的施肥管理、合理的水管理について好適条件が明らかとなった。また、これらの組み合わせの結果、施肥量と植栽密度との交互関係では少肥・中密度、多肥・低密度が合理的な技術と判断された。さらに、既往の成果から、7.5～9トン/haの収量を目標とした栽培技術を検討した。中生耐冷性品種の採用、畑苗の健苗育成、早植と粗植、合理的施肥法、水管理によって実証試験を行った。気象条件は必ずしも十分といえなかったが、8.7トン/haの籾収量を得た。今後はさらに対象地域を拡大し、数年間継続して試験を行い、安全多収技術の確立をめざす。すでに中国側が対応できる十分な技術を習得しているが、田植機や収穫機などの機材が必要であろう。

#### 2) 直播栽培における適応品種と最適密度並びに合理的管理法

##### ① 1988年度

地下水かんがい条件下での試験を行った。

品種によって増減はあるが、平均してm<sup>2</sup>当たり303、418、494株の、低・中・高密度について試験した。

供試各品種とも密度の増加に伴って、分けつ率と有効穂数率は減少した。低・中密度では合江19号、合江21号が良好であった。高密度では龍花63-046、龍花81-095が良好であったが、合江21号は最も低い有効穂数率を示した。

収量調査では、合江14号に比べ、龍花81-095は高密度で33.0%、中密度で14.2%、低密度で21.6%の増収となり、密度適応性はこの系統が最も大きく、ついで合江21号であった。龍花83-046は中密度での収量増は11.9%と高かった。古い品種である合江19号は密度適応性はあまり大きくないが、中密度では15.3%の増収となった。

好適なm<sup>2</sup>当たりの苗数に品種間差がかなりあることが認められた。

##### ② 1989年度

樺川県創業郷で実施した。

① 直播に適した品種：合江19号、合交7811、龍花83-046、龍雑8305であった。

② 100～500kg/haの播種試験では、発芽率90%以上のであれば200kg/haで十分であった。



穂重型品種では150、穂数型品種では250kg/haが適当である。排水不良田では苗立率が低下するので600kg/haが適当と思われた。

### 3) 投げ植栽培における総合安全多収技術の開発

#### ① 1988年度

水稲直播地帯の単収を高めるために、宝清県万金郷における7農家の水田計106haを展示圃として投げ植栽培を実施した。

供試7品種のうち、東農415、ふ系138、フジヒカリは分けつが多く、耐病性で登熟速度が速く、多収を示した。

投げ植栽培の平均収量は7.76トン/haに達し、直播栽培に比べて56%の増収となった。

この投げ植栽培技術は、農機具とくに移植機の導入の遅れている水田地帯では普及に値する。

#### ② 1989年度

宝清県万金山郷で約330haの展示栽培するとともに、耕作栽培研究所内でも比較した。収量と収量比は、

直播栽培(3品種) 4.2~4.7トン/ha 平均4.4 指数100

投げ植栽培(5品種) 5.2~8.5 7.4 168

であった。投げ植栽培の増収は、①下に示されるような苗質、②7~8日の熟期の早まり、

草丈	根長	地上生体重	乾物重	地下生体重	地下乾物重
160%	130%	2.3倍	2.7倍	2.5倍	3.6倍

③25%の有効分けつ数の増加と79%の1穂粒数の増加によっている。

#### ・成果の要約及び進捗状況

直播栽培条件下の好適品種と播種密度及び合理的管理法について検討し、さらに直播地帯の単収を高める技術として、あるいは冷害を防止する技術として、投げ植え栽培による安定多収総合技術の開発・普及の検討を行った。2年間の試験により直播に比べ56~68%増収となった。

直播及び投げ植え技術に対しては中国側が十分対応できる技術を習得している。しかし、大規模な実証試験を伴うことから、収穫機作業も必要となるであろう。

## 2. 大豆の大面積での安全多収総合技術の開発

### (1) 耐病、耐冷、良質、多収品種の選抜育種

#### 1) 耐病、耐冷、良質、多収品種の選抜育種とその方法

### (2) 大豆の大面積での安全多収総合技術の開発

#### 1) 大豆の大面積でのムー当り収量175kgの栽培技術の開発

#### 2) ムー当り収量300kgの栽培技術及び生態適応性

#### ① 1988年度

宝清県下の1.3万haで、従来の試験研究結果から得られた技術を適用して実施した。

成果は2.48トン/haで、第一段階の設定目標2.6トン/ha(175kg/ムー)には僅かに達しなかった。湿潤による播種の約半月の遅れと夏期の早魃が影響していると思われる。

実施した技術は下記のようなものである。

- ① 連作、隔年作をしないで、4月15日までに作畦する。
  - ② 有機質 1.5トン/haを秋耕時に、燐酸二安10~20kg/10aを播種時に種子下3~4cmに施用する。
  - ③ 根粒菌375g/10aを日陰で種子にまぶし24時間以内に播種する。
  - ④ 平原地区で5月上旬、山麓地区で5月中旬を播種時とする。
  - ⑤ 合豊25号を3~3.3万株/10aの密度で育成する。
  - ⑥ 畦上2条点播とし、条間は12~15cm、株間は9~11cm、深さは4~5cmとする。
  - ⑦ 間引きは出芽揃後なるべく早く、中耕培土は3回行う。
  - ⑧ 尿素7.5kg/10aを第2回中耕培土時に追肥する。
  - ⑨ 指定の除草剤の3種混合液を播種後に散布し、大型雑草を成熟前に手抜きする。
  - ⑩ 指定の殺虫剤を7月末~8月中旬に散布して灰斑病、ダイズシンクイムシとアブラムシを防除する。
- ② 1989年度

前年に引き続き、宝清県の16個所の1.3万ha(20万ムー)の農地に従来の試験研究から得た技術を適用した。

16個所の収量は、haあたり最高3.2トン、最低2.7トン、平均2.8トンであり、最低でも目標収量を約5%、平均では8.8%増収し、慣行栽培の収量2トンに比べると44.5%の増収となった。

#### ・成果の要約及び進捗状況

大豆の大面積での安定多収技術の開発に関する研究は追加暫定実施計画によって1988年度から始まった新しい課題である。

耐病、耐冷、良質、多収品種を選抜するためには、それに関連する物質的基礎の解析が必要である。耐病性はたんぱく質、耐冷性はでんぷんと脂肪、高品質は脂肪とたんぱく質が関連する。今後F<sub>1</sub>(雑種1代)~F<sub>3</sub>(雑種3代)の育種目標に沿った早期選抜の実施が必要である。中国側が対応するが、分析機器については操作の習熟が重要となる。

目標収量4.5トン/ha(300kg/ムー)の栽培技術と生態適応性の研究では栽培条件と生理生態的条件の解析はほぼ終了し、実証試験を開始した。88年には湿潤による播種遅延と夏期の干ばつの影響を受け、収量は2.5トン/haであった。89年は16カ所の調査地点のうち、最高収量は3.2トン(慣行栽培の収量の45%増)であった。90年はかんがい利用による増収効果を図り、次年度以降は生理機能を測定する機材の導入によって生理機能の高い品種を選抜し、

目標収量4.5トン/haに近づける技術を開発することが期待される。

上記で述べた低温冷害分野の研究に対する成果をとりまとめると以下のとおりとなる。

(1) 研究活動における主な成果

- ① トウモロコシ、大豆、水稲の冷害発生頻度、冷害の型、冷害発生の規則性の解明
- ② トウモロコシ、水稲の生育時期別の好適温度の確定と冷害指標の策定
- ③ 品種、播種期、施肥など耕種法の改善とよりの確な計画栽培法の実施によるトウモロコシ、大豆、水稲の単収の増加
- ④ 蒔、組織培養における培地、培養法の開発と耐冷、耐塩系統の作出
- ⑤ 白漿土と沈澱土層の混合による土壌の改良と作物増収効果の確定
- ⑥ 水稲のいもち病の抵抗性の検定法の確立と耐病性品種の分類
- ⑦ 大面積栽培における大豆の2.6トン/ha（目標）収穫技術の確立

(2) 研究成果の発表

総説、研究論文、短報等による研究成果の発表総数は39編に達している。

総説

- 1 劉忠堂：耐灰斑病大豆育種の技術的探索 大豆科学5(2). 1986. 5.

研究論文等

- 1 連成才・李寅宗・史占忠・趙洪凱：ジャムス地区の温度条件とトウモロコシの生育・収量の関係 黒龍江農業科学(47). 1986. 9.
- 2 鄭鎬燮・李樺：水稲品種の主要いもち病レースに対する抵抗性譜の検定 黒龍江農業科学(51). 1987. 5.
- 3 劉峰・趙徳林ら編訳：心土破碎機と土壌改良・排水効果 土壤学進展15(4). 1987. 8.
- 4 馬淑梅：大豆灰斑病の越冬 大豆科学6(4). 1987. 11.
- 5 鄭鎬燮・李樺：水稲品種資源の主要いもち病レースに対する抵抗性譜の鑑定 作物品種資源(23). 1988. 1.
- 6 劉峰：大面積超深度土壌改良の展示・経済効果の研究 黒龍江農業科学(55). 1988. 1.
- 7 矯江ら：当省における投げまき栽培の発展 農村展望(29). 1988. 3.
- 8 鐘致東：プラスチックハウスの夜間保温技術 北方園芸 1988. 3.
- 9 王連敏・王春艶：春小麦止葉の構造と光合成との関係 黒龍江農業科学(57). 1988. 5.
- 10 鐘致東・陳力・孫景波ら：寒地畑作水稲5 t/haの栽培モデル 黒龍江農業科学(57). 1988. 5.
- 11 陳力・孫景波・那海智・張風明：Studies on the exploitation of rice production

mulching plastic film on low-lying lands in cold region

Proc. Intern. Symp. Cold Region Develop. 1988. 9.

- 12 連成才・史占忠・張静関・鄂文順：トウモロコシ合玉11号多収栽培技術の数学的モデル  
黒龍江農業科学(59). 1988. 9.
- 13 史占忠・李寅宗・連成才・張静関：マルチによる大豆の冷害防止技術  
大豆科学7(4). 1988. 11.
- 14 馬淑梅ら：黒龍江省大豆灰斑病生理系統  
大豆科学7(4). 1988. 11.
- 15 王連敏ら：水稻障害型冷害機構の研究 I 花粉發育不良の原因の初歩的探索  
黒龍江農業科学(61). 1989. 1.
- 16 劉峰・趙徳林・洪福玉・賈会杉：犁底によるトンネル排水効果  
土壤1989(1). 1989. 2.
- 17 孫維忠・肖免：水稻疎植畑苗代の基穗窒素施肥技術の探索  
黒龍江農業科学(62). 1989. 3.
- 18 王秀峰ら：陸稲田における熱収支の観測  
中国農業気象10(2). 1989. 5.
- 19 矯江：プラスチックハウスの凍害発生と防御  
黒龍江農業科学(63). 1989. 5.
- 20 趙備洛：黒龍江省の地域主要水稻品種の障害型冷害の抵抗性の検定  
黒龍江農業科学(63). 1989. 5.
- 21 李樺・鄭鎬燮：黒龍江省におけるイネいもちレースの消長と動態の研究  
植物保護15(5). 1989. 5.
- 22 鄭鎬燮：水稻病害抵抗性遺伝子利用の初歩的研究  
黒龍江農業科学(65). 1989. 9.
- 23 王春艶・陳力：低温処理が水稻幼穂の癒合組織の再生に及ぼす影響  
植物生理学通報(135). 1989. 10.
- 24 張徳林、劉峰ら：白漿土の土層改良  
中国農業科学22(5). 1989. 10.
- 25 鐘致東ら：黒龍江省大豆の新品種育成に対する「十勝長葉」の役割  
大豆月報. 1989. 10. 11.

#### 短報等

- 1 矯江ら：札幌の地温の動態解析  
農気北支部講演要旨. 1986. 12.
- 2 馬淑梅：大豆灰斑病の越冬  
大豆科学6(4). 1987. 11.
- 3 谷口利策：栽植密度の差異が大豆群落内微気象に及ぼす影響と調節技術  
熱帯農業概要集. 1988. 3.
- 4 谷口利策：白漿土層と沈澱土層の混耕等による土層改良と作物収量の向上  
熱帯農業概要集. 1988. 3.
- 5 奈良正雄：生育時期別の低温冷害感受性 —水稻とトウモロコシ—  
熱帯農業概要集. 1988. 3.

- 6 谷口利策：白漿土層の混耕等による土壌改良と作物収量の向上  
熱帯農業概要集. 1989. 3.
- 7 谷口利策：土壌生産力の実態把握とその類型化  
熱帯農業概要集. 1989. 3.
- 8 奈良正雄：水稲品種のいもち病検定方法の確立  
熱帯農業概要集. 1989. 3.
- 9 奈良正雄：薬培養による変異の出現率向上手法の確立  
熱帯農業概要集. 1989. 3.
- 10 鄭鎬燮：ジャムス地区におけるイネいもち病の流行と気象要素との関係  
現代化農業(119). 1989. 6.
- 11 堀口郁夫・王秀峰ら：プラスチックフィルムの種類と被覆内部の  
モヤ発生および湿度環境について  
農業施設学会予講集. 1989. 7.
- 12 鄭鎬燮：水稲品種の主要いもち病抵抗性の初歩的分類  
現代化農業(112). 1989. 9.
- 13 堀口郁夫・王秀峰：衛星データによるサロベツ原野の解析  
写真測量学会北支予講集. 1990. 2.

(3) 研究成果の受賞

本分野の科学技術進歩賞の受賞は8件にのぼっている。

課題番号	受賞課題	賞位	年度
(低温冷害)			
I-2-(2)-1	樺川県白漿土水稲多収技術	地級2等賞(ジャムス市)	1988
III-2-(1)-2	水稲いもち抵抗性譜の鑑定	地級(農業科学院)	1988
I-2-(1)-2	トウモロコシの最適栽培法	地級3等賞(農業庁)	1989
I-3-(1)-3	綏浜県白漿土井水水稲多収	地級1等賞(鶴岡市)	1989
I-2-(2)-1	樺川広域白漿土水稲7.5ト/ha	地級2等賞(ジャムス市)	1989
		省級4等賞(省政府)	1989
V-2-(1)-1	大豆品種 合豊29号	地級2等賞(農業庁)	1989
V-2-(1)-1	大豆品種 合豊30号	地級2等賞(農科院)	1989
V-2-(2)-1	大豆広域 2.6ト/ha栽培技術	地級1等賞(ジャムス市)	1989

(4) 研究の広報

「三江平原農業総合試験場計画」(1989.3)、「農業環境と耕種の概要」(1990.4)の2編を刊行した。その他、新聞記事、他集会への参加を通じて研究の広報に努めている。

紹介記事等

(日本専門家)

廣比 雄一：日本専家の近況紹介  
耕友. 1987. 3.

廣比 雄一：中国三江平原農業総合試験場計画の概要

- 中国派遣職員からの報告—
- 水之江政輝：中国・三江平原農業開発への協力  
 谷口利策：三江平原の概況と大豆・水稲作の動き  
 EXPERT編集：三江平原農業総合試験場計画  
 坪井八十二：三江平原開発の理念と手法
- 良性の生態循環システムを目指して—
- 久保祐雄：中国三江平原農業総合試験場計画  
 木田 洋：ハルピン生活雑感  
 久保祐雄：中国三江平原農業総合試験場計画  
 久保祐雄：日本の農林水産技術協力⑥三江平原農業総合試験場計画
- (カウンタパート)
- \*矯 江：中国の三江平原  
 \*矯 江：日本の防風網  
 許世寰：日本北海道における水稲育種視察報告  
 許世寰：中国北方における薬培養の育種の現状  
 許世寰：日本北海道における水稲育種  
 許世寰：日本における水稲育種特徴
- \*矯江・王秀峰・谷口利策：黒龍江省における農業の特徴と冷害
- \*趙備洛：日本における水稲育種の一瞥  
 \*矯江・庄愛科：日本の果樹の施設栽培  
 鄭鎬燮：黒龍江省いもち病抵抗性品種の選抜と利用  
 許世寰：日本における水稲耐冷性の育種  
 潘国君ら：日本における水稲ポットの成苗技術  
 許世寰：日本北海道における水稲の品質育種
- \*陳洪徳：日本研修記  
 \*陳洪徳：つくば研究学園紹介  
 \*司振江：日本北海道における農業水利の発展  
 \*司振江：日本の技術情報管理とシステム開発
- 新聞記事等
- 黒龍江日報：1986年11月11日  
 中日両国三江平原の水・冷害共同研究 日本援助の試験場実施計画昨日調印  
 日本農業新聞：1987年3月24日
- けやき(178). 1987. 7.  
 たより(44). 1988. 1.  
 Expert(76). 1988. 2.  
 農業経済. 1988. 3. 10.  
 専門家通信9(6). 1988. 9.  
 国際協力サービスセンターニュース. 1988. 8.  
 昭和63 P L 会議報告. 1989. 3.  
 A F F. 1989. 10.  
 (\*印は研修員)  
 北海道農業気象(36). 1986. 12.  
 世界農業(100). 1987. 8.  
 黒龍江農業科学(55). 1988. 1.  
 農及園63(3). 1988. 3.  
 世界農業(107). 1988. 3.  
 世界農業(114). 1988. 10.  
 A H T(4). 1989. 1.  
 世界農業(118). 1988. 2.  
 北方園芸 1989. 6.  
 種子世界(79). 1989. 7.  
 世界農業(127). 1989. 11.  
 世界農業(127). 1989. 11.  
 世界農業(128). 1989. 12.  
 水利天地(17). 1987. 4.  
 省水利科技短報(48). 1987. 4.  
 水利天地(29). 1989. 4.  
 省水利科技短報(58). 1989. 4.

中国三江平原総合開発 生物循環図り資源利用へ 従来の方針を大きく転換  
福島民友：1987年11月17日ほか

中国 李鋒さん来県 ダムやほ場を視察 水利電算システム研修  
CHINA DAILY：1988年7月3日

Japan joins China to investigate grain production  
黒龍江農村新聞：1988年9月11日 農作物の低温冷害研究の展開の条件づくり  
省農業科学院は低温冷害研究室を建設

黒龍江日報：1988年9月16日（ほか黒龍江科学技術報）

中日共同建設による人工気象室落成  
黒龍江科学技術報：1988年10月7日 人工気象室ハルピンで完成  
人民日報海外版：1988年10月18日

三江平原に水利試験場完成 -中日共同投資・面積43ha-  
黒龍江日報：1988年10月19日

中日協同作業による宝清試験場稼働開始 -現代の先端的レベル、全国一流-  
技術市場新聞：1988年12月28日 <人工気象室> 開放される  
黒龍江日報：1989年1月12日

三江平原農業科学技術開発の成績顕著 -総合的開発・科学技術が先行-  
ハルピン日報：1989年1月13日 三江平原農業科学技術開発の成績顕著  
朝日新聞：1989年2月9日

援助大国の“ODA人”活躍  
科技日報：1989年7月15日 科学技術の先行による三江開発  
人民日報：1989年8月1日 宋健国家科学技術委員会主任、三江平原を視察  
大科学技術で大農業を支援と提言

黒龍江科技報：1989年9月23日 科学する心に国境はない  
国際協力：1989年12月号 中国三江平原農業総合試験場計画プロジェクト

#### (5) 研究成果の普及

① 低温冷害関係では、講義、講演、セミナー等は以下のとおり延べ48回開催された。

講師名	年月日	場 所	課 題	参加数
坪井八十二	86. 8. 26	農業科学院	エネルギー潜熱の利用	200
内嶋善兵衛	86. 11. 1	耕作栽培研	水温と稲-水田の熱収支	54
倉田 啓而	86. 11. 1. 3	耕作栽培研	植物組織培養(1)・(2)	54
石田 博	86. 11. 1. 3	耕作栽培研	有機物施用と耐冷、混層土壌改良	45
内嶋善兵衛	86. 11. 3	耕作栽培研	耕地の微気象-意義と観測法	35
内嶋善兵衛	86. 11. 6	合江農科研	耕地の微気象-意義と観測法	30

講師名	年月日	場 所	課 題	参加数
倉田 啓而	86. 11. 6. 7	合江農科研	植物組織培養	30
内嶋善兵衛	86. 11. 7	合江農科研	微気象の観測と測器の取扱い	25
石田 博	86. 11. 8	合江農科研	有機物施用と耐冷、混層土壌改良	10
内嶋善兵衛	86. 11. 8	水稲研究所	水温と稲-水田の熱収支	25
石田 博	86. 11. 10	合江農科研	日本における土壌研究の現状	20
内嶋善兵衛	86. 11. 10	水稲研究所	水田熱収支の計算法	15
倉田 啓而	86. 11. 10	水稲研究所	植物組織培養	15
石田 博	86. 11. 11	水稲研究所	米の食味と肥料、日本の土壌研究	20
内嶋善兵衛	86. 11. 11	水稲研究所	水温と温水池面積の計算法	15
石田 博	86. 11. 13	耕作栽培研	混層耕による土壌改良	10
内嶋善兵衛	86. 11. 13	耕作栽培研	日射量と熱収支項の計算法	25
石田 博	86. 11. 14	耕作栽培研	日本の土壌研究、土壌調査法	15
内嶋善兵衛	86. 11. 14	耕作栽培研	群落のCO <sub>2</sub> 環境と群落構造	25
倉田 啓而	86. 11. 14	耕作栽培研	植物組織培養	10
奈良 正雄	86. 12. 8	農業科学院	北日本における大豆の冷害と対策	40
谷口 利策	86. 12. 22	耕作栽培研	水稲の冷害-北日本を中心-(1)	35
奈良 正雄	86. 12. 22	耕作栽培研	日本のフィルムマルチ栽培の現状と展望	35
谷口 利策	87. 1. 5	耕作栽培研	水稲の冷害-北日本を中心-(2)	35
坪井八十二	87. 6. 3	耕作栽培研	私の農業気象論	85
栗崎 弘利	87. 8. 27	耕作栽培研	寒地における水稲の安定多収法	50
斎藤 滋	87. 8. 28	耕作栽培研	日本における水稲育種	53
栗崎 弘利	87. 9. 3	水稲研究所	寒地における水稲の安定多収法	25
斎藤 滋	87. 9. 7	水稲研究所	日本における水稲育種	25
村井 信仁	88. 6. 27	合江農科研	白漿土改良法	10
尾崎 薫	88. 8. 5	合江農科研	大豆の生育、栄養、施肥と根粒菌	20
谷 信輝	88. 8. 26	合江農科研	農業気象論	15
谷 信輝	88. 8. 30	水稲研究所	農業気象論	10
谷 信輝	88. 9. 12	耕作栽培研	熱収支測定装置の解説	6
塩崎 尚郎	88. 10. 4	合江農科研	混層耕による土壌改良	10



講師名	年月日	場 所	課 題	参加数
塩崎 尚郎	88. 10. 15	合江農科研	大豆の施肥、 畑作物の冷湿時の肥培管理	10
尾崎 薫	88. 10. 25	合江農科研	輪作の意義と効果	20
谷 信輝	88. 11. 11	耕作栽培研	農業気象災害概論	22
谷 信輝	88. 11. 15	耕作栽培研	熱収支測定装置の取扱い	6
谷 信輝	88. 12. 20	中国農科院	気候異常と農業生産	
谷口 利策	89. 1. 17	耕作栽培研	農業気象学の任務と研究範囲、 農業気象要素と農作物の品質の関係とその対策	25
奈良 正雄	89. 2. 22	耕作栽培研	環境調節生物学部農業生産	20
村井 信仁	89. 9. 25	8 5 3 農場	土層・土壌改良	25
木村 重利	89. 9. 25	8 5 3 農場	心土耕プラウの取扱い	5
村井 信仁	89. 9. 28	合江農科研	土層・土壌改良	10
その他数件				

② 公刊物は下記のとおり延べ4編発行された。

久保祐雄抄・陳洪徳訳：「農作物減収推定尺度（中文）」pp20. 1988年3月

合江農業科学研究所ほか：「三江平原大豆大面積多収高収益総合技術試験」

pp160. 1989年11月

水稲研究所：「水稲科学研究報告と論文選集」pp71. 1989年12月

合江農業科学研究所・日本国際協力事業団：「トウモロコシ耐冷安定多収計画栽培法の研究—トウモロコシの最適栽培法の研究—」pp71. 1990年1月

③ また、研究成果の一部はすでに単収増加技術等として農家へも普及しはじめている。

(6) 日本への研修員の派遣（12名）

5-2プロジェクトの投入の項で述べたように研修員総数24名のちょうど半分にあたる12名が、本分野について日本で研修を受けている。

(7) 主な技術移転事項

I 災害気象の対策技術

- ・電子式記録温度計の取り扱い法と测温
- ・熱収支測定装置の取り扱い法と計測理論
- ・テンシオメータの作製と測定
- ・圃場での微気象観測法
- ・純放射計の使用法
- ・日射の測定と積算日射量の計算法
- ・水温の上昇理論と効率的昇温方式（温水池、温水路）

- ・熱電対の作成法

- ・凍害防止実験法

## II 施肥法改善と地力向上

- ・検土杖、検土器、硬度計、標準土色帖等の使用法

- ・土壌改良の方法と現地指導

- ・改良心土耕プラウの組立、調整、操作技術

- ・心土犁の改良

- ・側条施肥法

## III 耐冷性品種育成方法

- ・オートクレーブ、遠心機の取り扱い法

## IV 低温冷害生理の解明

- ・赤外線CO<sub>2</sub>ガス分析測定法

- ・水稲の受精鑑定法

- ・稔実調査法

- ・生育調節剤の利用法

- ・人工気象室の空気調節施設の保守・管理技術

## V 安全多収栽培法の確立

### 5-3-2 水利開発研究

#### I 電子計算機利用技術開発

##### 1. 水収支解析手法

###### (1) かんがいシステム開発

###### 1) かんがい必要度の数値モデル

###### ① 1986年度

『スプリンクラーの最適配置間隔を求める諸係数算定』プログラムを開発し、その『利用の手引き』を作成した。

利用頻度の高い、数値解析手法および統計解析手法についてプログラムを開発し、『数値解析システム-'86』とした。その『利用の手引き』も作成した。

###### ② 1987年度

三江平原全域における作物別、土壌区分別毎にかんがい必要度マップを作成するため、気象データ等を入力し、ET<sub>0</sub>（関係作物蒸発散量）、ET<sub>crop</sub>（作物別蒸発散量）及び純用水量を求めるシステムを開発した。

開発には、「FAOかんがい排水技術書」に準拠し、ET<sub>0</sub>算定はペンマン法によった。言語はdBASE III、電算機はIBM5550/5560を使用した。

システムはE T 0 算定、E T crop算定、純用水量算定の3つから構成されている。また、d B A S E IIIという簡易データベース・ソフトを利用していることからデータの追加、更新、削除等が容易にできるのが特長である。成果品として「基本構想書」、「利用マニュアル」、「詳細設計書」を作成した。

### ③ 1988年度

最適かんがい方法を定めるためのエキスパートシステムの開発を目的として、そのために用いるプログラム言語の比較検討を行った。

B A S I Cでハルピン工業大学が開発した「大豆病害診断システム」を援用し応用を試みたが、他の課題の拡張性、適応性が低かった。

Prolog, L I S Pは共に自然言語や問題解決のための言語であるがPrologは特にイメージ情報やパターン情報などの利用がし易く、最適配水システムや多様な課題に適用できることがわかった。

## (2) 排水システム開発

### 1) 展示圃の流出解析システム

### 2) 小農地の流出解析システム

#### ① 1988年度

小地域の閉鎖的農耕地を想定し、域内の最も合理的な水利用システムを策定するための水収支シミュレーションモデルを開発することを目的とした。

システムでの入力には降水と外部からの用水があり、内部に保留されるものには土壌水、湛水（水田）があって、出力としては蒸発散と貯水（貯水池）がある。モデルでの農耕地利用は水田と畑地を考え、合理的な水利用のための貯水池をおく。逐日の入出力と対象作物種類、規模などの諸組合せ条件下で水収支のシミュレーションを行う、そのためのプログラムの基本設計を行った。

#### ② 1989年度

前年のシステム設計とプログラミングに続き、今年はデバックを行い、プログラムを完成した。さらに宝清展示圃場を対象にしてモデルを作成し、1964年の気象データを利用してモデルの検証を行った結果、実態によく適合することが確かめられた。また、システムの報告書も作成した。

### 3) 大農地の流出解析システム

#### ① 1988年度

不安定流を扱う微分方程式の差分法を用いて流出解析のシミュレーションを行うことを目的とした。

既存のプログラムでは誤差が大きかったので、新たにプログラムを開発し、撓力河を対象にしてシミュレーションを行った。作成モデルでは流出実態によく近似した結果が得られる

ことが確かめられた。

計算のアルゴリズムでは三江平原の立地条件、流域環境、河川の形状、断面などの特徴を考慮し計算精度、速度、モデルの汎用性の向上を図った。実用化が可能なプログラムの作成ができたと判断した。他の河川データでさらに検証を行う必要があると判断された。

## ② 1989年度

不定流微分方程式の差分法による解析法で排水流出をシミュレーションした。

既存のシステムは、三江平原の様な低平地での適応性がよくないので、この様な立地条件に適応性がよく、計算の収束、精度がよく、速度が速く、汎用性の高いシステムにした。本年は撓力河の約 800地点を対象にして大型実際モデルを造り、1981年の観測データを用いてシミュレーションした。流出モデルが実態によくフィットする結果を得られた。また、広域流出解析の報告書も作成した。

## (3) 水文システム開発

### 1) 水文データベースシステム

#### ① 1987年度

三江平原における低平地区域の流域機構を解明するため、電算機を利用した流出解析システムの開発のため、かんがい、排水研究等に共通して利用できる「雨量データシステム」を開発し、宝清地区の日雨量データ30年間分を入力した。

このシステムは日雨量を地域別に必要とする年数だけ入力でき、かつ、データの追加、修正、削除が容易にできる。

言語はd B A S E III、電算機はI B M5550/5560を使用した。成果品として「基本構想書」、「利用マニュアル」、「詳細設計書」を作成した。

#### ② 1988年度

広域農用地における水管理、水利用地域計画などを進めるために必要な環境データ（気象、土壌）、水文情報、農業統計をデータベース化することを目的とした。

はじめに、ある地域を選定してリレーショナルで多目的な利用が可能な統合型データベースを作成し、これを作成するDBMSは既成のアプリケーションプログラムを利用し、応用のためのプログラムの開発を行う必要があった。本年はプログラム基本設計の作成と対象地域のデータ、資料の収集を行った。

#### ③ 1989年度

前年度に引き続き、地域の用排水計画や水利解析の基礎となり得るデータベースの構成について検討を行い、DBMSとして導入したSQL/DSの機能のテストを行った。リレーショナルで多目的な利用ができるデータベースの設計を行った。また、宝清周辺地域の雨量データを収集整理して中型機にデータファイルを作成した。

## 2) 数値解析システム

### ① 1987年度

各種研究利用の便宜を図るため、研究過程の中で利用される多変量解析法を「パソコン統計解析ハンドブック」共立出版社を参考としてプログラムの導入を図った。

言語はBASIC、電算機はIBM5550/5560を使用した。導入に当っては中国人研究者の利用に供する目的から表示を中国語に変換した。また、多変量解析を総合的に網羅するため、重回帰分析、判別分析、数量化理論など18手法を取り入れた。

成果品として「利用マニュアル」を作成した。

## 3) 基礎的水文解析システム

### ① 1987年度

三江平原における山地流域、低平地流域の流出解析のための事前研究として各種の基本的な水文解析手法や流出解析手法の開発を行った。

言語はBASIC、電算機はIBM5550/5560を使用した。開発システムとしては、雨量、流量が近傍地点の雨量、流量と相関関係が有るか無しかを求める『相関分析プログラム』を1手法で、雨量、流量の超過確率年及び非超過確率年を求める『確率計算プログラム』を対数正規法並びに適線法(中国式)の2手法で、『流出解析プログラム』を洪水解析に多く利用されている立神単位図法及び貯留関数法の2手法と、並びに低水解析に多く利用されているタンクモデル法との合計3手法で開発した。

特に日本の多くの河川は一般的に貯留関数法により流出解析をする場合、1流域、1貯留関数法として行うことで十分であるが、中国の河川は流域面積が日本に比較して、広大であることから、その方法にやや無理があるため、1流域をN分割し各分割流域毎に貯留関数法を適用し、計算する総合流出解析システムを貯留関数法の一部として開発した。

成果品として「基本構想書」、「利用マニュアル」、「詳細設計書」を作成した。

## 4) 水理解析システム

### ① 1987年度

システム開発のための中型電子計算機の必要性和計画について検討した。

検討は①電算機利用の現状と問題点の把握、②将来の電算機利用計画の把握、③必要性の確認、④必要とするハードウェア、ソフトウェアの構成の決定、⑤各機種 of 総合評価、⑥機種決定、の手順に従い、さらに、設備費、教育費を含めて費用見積を行った。また、電算機利用の効率を高めるため、組織体制のあり方を検討した。

以上をとりまとめ、「中型電子計算機導入計画書」を策定した。

### • 成果の要約及び進捗状況

電子計算機の端末機を利用した技術導入として、1986年のプロジェクト開始当初から、簡単なプログラミング及び端末機利用の手引を作成した。また、「電子計算機を利用した作物

要水量の推定プログラム開発手法」、「低湿地河川の流出モデルの開発手法」などのプログラム開発を行った。

また、電子計算機関係の機材については、諸情勢によりやや遅れたものの、黒龍江省水利科学研究所内の中国側で用意された電子計算機室（空調付き）で厳重に管理され、技術を習得した研修員を中心に、適正かつ効率的に利用されている。なお、端末機は宝清三江水利実験場等でも活用されている。

しかしながら、排水システム開発については、流出解析システムの検証が十分でないため、小農地については、宝清展示圃場の観測データを収集する一方、大農地については撈力河を対象とした実測データを収集し、それぞれモデルの検証を経て解析理論を確立することが必要である。

一方、水文システム開発については、広域的データの収集方法、データベースの構築体制及びデータの効率的利用体制（ネットワークシステム）を確立するためのデータベースの構築と合わせて、研修等を通じた技術移転と技術者の育成に引続き努力するとともに、これらデータベースの解析システムとしてのメッシュデータ化、作図化等も検討していくことが望ましい。

## II. かんがい技術開発

### 1. 作物別用水量

#### (1) 畑作物の水分消費特性

- 1) 作物別用水量の計測と計算
- 2) 土壌-植物系の水分移動

##### ① 1986年度

三江水利試験場と周辺類似地点の24年間の資料から、大豆、小麦、トウモロコシの平均の年蒸発散量は各 373、406、422mmという値を計算から求めた。ペンマン法はブラネイ・クリドル法やゾーンズウェイト法に優った。

##### ② 1987年度

#### a. 用水量の測定並びに計算方法

宝清における1957～87年（31年間）の作付期間内（5～9月）乾燥指数（計器蒸発量／雨量）は確率1/4年で 3.0、1/5年 3.4、1/10年 3.5で、中国科学院の早口ウ分級基準の早（2.0～3.99）に相当している。各確率年に対応した期間内大豆の蒸発散量は454.8mm（58年）、438.5mm（66年）、494.8mm（79年）であり、それぞれに対応した期間内雨量は342.9mm、261.4mm、315.0mmであるから水不足量は 111.9mm、171.1mm、179.3mmとなることが明らかとなった。

地下水位を0.85mに設定すると、当該年における地下水からの上向補給量（G）は経験

式  $G = E_0 \times 0.36$  ( $E_0$ :  $\phi 20\text{cm}$ の蒸発計からの蒸発量 (mm)、 $H$ : 地下水位 (m)) から7月51.2mm、8月51.2mm、9月36.3mmとなり、乾燥指数確率 1/4年では6月(春旱)、1/5年では5、6、9月(春・秋旱)、1/10年では5月、7月、8月(春・夏旱)に降雨が不足し、かんがいが必要となることがわかった。

#### b. 大豆の消費水分特性

結実期14mmかん水後13日間の水分消費量は有底区57.1mm、無底区34.2mmでその差22.9mm (1.76mm/day) は地下水(地下水位55cm)からの上向補給量と判断される。土壌水分消費型は有底区では中層消費型を示したが無底区は典型的な表層消費型を示した。また、有底区の水分減少域70cmに対し無底区では50cmにとどまる結果を得た。

黄熟期40mmかん水後1週間のマトリック・ポテンシャルは地下水位50-60cmの無底区では各深さ(10、20、30、50cm)とも-60cm (PF1.78)以下で推移したが、有底区の30cm以浅では-100cm (PF2.0)以上で経過し、深さ50cmでは5日後に-380cm (PF2.58)に達した。また、深さ70cmにおいてもこれに近い傾向を示した。これは下層域からの補給量がないことに起因するものと思われる。

無底区の葉の水ポテンシャルは-2.5~-12.9 (平均-7.0) バールで経過したが、有底区では-3.0~-18.0 (平均-10.5) バールとやや高い値で経過した。一方、気孔開度(湿潤試薬法)はこれと対照的に葉の水ポテンシャルが高くなるほど小さくなる傾向を示した。これらから気孔開度をかんがい開始期の指標とすることも考えられる。

#### ③ 1988年度

前年度に続いて有底、無底各3基のライシメータを用いて大豆の水分消費特性を求めた。結実期に十分かんがいた後8日間の土壌水分消費量は有底区69.0mm、無底区57.0mmで、その差12mm (1.50mm/day) は地下水(地下水位110cm)からの上向き補給量と判断される。この値は前年度 (1.76mm/day)よりやや下回ったが、これは地下水位(前年度55cm)の違いによるものと思われた。

土壌水分消費型は第1層と第4層にピークをもつ2層型で、前年度の有底区中層消費型、無底区表層消費型と異なる結果を得た。

#### ④ 1989年度

小麦の水分消費量を有底、無底各3基のライシメータを用いて求めた。測定の結果、有底区の地下水位1.5mで消費水量317.9mm、1.0mで351.0mm、0.8mで364.2mmを得た。

無底区では自然地下水位の影響を受けて地下水位が0.67~1.3mの範囲で変化した。消費水量は394.1mm、317.3mm、289.8mmで平均値333.8mmを得た。小麦の水分消費水量は生育中期後に急増し、黄熟期後に至って漸減した。

また、小麦の収量はかんがい水量に対応して増減し、試験の結果、経済用水量 300mm (地下水から上向き補給量無視の場合)を得た。収量は 5,850kg/haで、対照区の用水量92mmに

対する収量4,530kg/haに対しおよそ30%増加した。

### 3) 作物別水-収量関係特性

#### ① 1988年度

小麦、大豆を対象にかんがい処理(0、0.5E<sub>0</sub>、0.8E<sub>0</sub>、1E<sub>0</sub>、1.2E<sub>0</sub>、E<sub>0</sub>、:計器蒸発量)別に土壌水分並に、生育調査を行い次の結果を得た。

・小麦:水量(有効雨量+かん水量)350mm以下では、かんがい水量1m<sup>3</sup>/a(10mm)の増加で0.26~0.73kg/aの増収を得たが、それ以上の水量では逆に減収の結果を得た。水量(有効雨量+かん水量)と収量の関係は2次式で得られ、適正用水量の範囲は300~350mmと判断された。

・大豆:水量(有効雨量+かん水量)600mm以下ではかんがい水量1m<sup>3</sup>/a(10mm)の増加で0.27~0.35kg/aの増収を得た。

水~収量の関係は小麦区と同様に2次式で得られ、水価を考慮した経済用水量は550mmとなった。

#### (2) 水稲作かんがいにおける時期別用水量

##### 1) 時期別かんがい用水量

#### ① 1987年度

水田内に設けた試験枠(1×1×1m)で測定した日蒸発散量は4.6~7.0mmで、6月3日から8月31日までの総蒸発散量526.6mmを得た。

蒸発散量/計器(φ20cm)蒸発量と蒸発散比(α)とすると、この値は定植後の経過日数(x)との関係で $\alpha = 0.545 + 0.019x - 0.00014x^2$ で得られ、実測値と概ね一致した。

・浸透量は $D = C \cdot t + K \cdot t$ (t:時間分、K:安定した浸透能、C、n:インテーク定数)で得られる。実測の結果からC=11、n=0.146、K=2.55×10mm/minとすると、期間中の総浸透量は440.8mmとなった。

#### ② 1989年度

水稲の消費水量を田植(6月1日)から登熟期まで測定した。その結果、暗渠区の浸透量280mm、水面蒸発量304mm、葉面蒸散量344mm、総消費水量928mmを得た。これに対し、無暗渠区では浸透量107mm、水面蒸発量304mm、葉面蒸散量344mm、総消費水量755mmを得た。

消費水量のピークは7月中旬から8月中旬までであり、水面蒸発量のピークは6月で、葉面蒸散量のピークは8月中旬であった。

### 2. かんがい計画諸元

#### (1) 寒冷地における土壌水分動態

##### 1) 作物別土壌水分消費型

#### ① 1989年度

小麦の有効根域は浅く、表層に集中するため土壌水分消費型は表層消費型ないし中層消費



型を示し、表層30cm間の消費水量は有効土層中総消費水量の50~80%を占めた。土壤水分減少量（見かけの消費水量）は地下水位が高くなるほど減少し、地下水位からの上向き補給量は増加した。6月8日から16日までの一例を、日平均土壤水分減少量で整理すると、地下水位1.5mで3.85mm、地下水位1.0mで3.17mm、地下水位0.8mで2.31mmとなった。

## 2) 地下水位並びに土壤条件が地下水補給量に及ぼす影響

### ① 1989年度

ライシメーターによる観測の結果6月から7月における地下水補給量は地下水位1.5m（Ⅰ区）の93.0mmに対し、地下水位1.0m（Ⅲ区）、0.8m（Ⅴ区）では、それぞれ157.4mm、181.0mmの結果を得た。

地下水位と日平均補給量の回帰式は $G = 5.4 \times 0.6^h$ （ $G$ ：地下水からの上向き補給量mm、 $h$ ：地下水位m）で得られ、計器（ $\phi 20\text{cm}$ ）蒸発量 $E_w$ との関係は $G = 0.91E_w \times 0.6^h$ で得られた。

## 3) 凍結層が春旱、春ロウに与える影響と発生頻度

### ① 1988年度

小麦作を対象に春期用水管理の資料を得る目的で、深耕区、秋期かんがい区を設けて凍結、融解期における土壤水分の動態を調査した。凍結過程における深さ40mm以浅の土壤水分は下方から上向きに移動したが、40~60cm間では水分の変化が認められなかった。

融解過程では表層5cm以浅で土壤水分の消費が著しく、土壤水分の不足が発芽を不揃いにし、初期生育に支障を与えた。

一方、宝清の気象資料（1952~82年、36年間）から小麦作に於ける春旱害の発生頻度を調べた結果1.5年に1回程度であることが明らかになった。

## (2) かんがい計画諸元

### 1) 気候特性から見たかんがい必要度区分

#### ① 1988年度

22地点を選び、ペンマン法で $ET_0$ （関係作物蒸発散量）を求め、作物蒸発散量－有効雨量＝降雨不足量（かんがい必要量）として、土壤タイプ別（3種類）、降雨確率（平年時、1/2年、1/5年）別に、大豆、小麦、トウモロコシについて計算し、降雨不足量（かんがい必要量）図を作成した。

降雨確率 1/2年における小麦の降雨不足量は $TRAM$ （全迅速利用有効水分量）20mmで25mm（かんがい回数15回）、 $TRAM 30\text{mm}$ で222mm（9回）、 $TRAM 40\text{mm}$ で221mm（7回）、 $TRAM 50\text{mm}$ で180mm（5回）、 $TRAM 60\text{mm}$ で180mm（4回）を得た。 $TRAM$ は深耕や土層改良によって増大し、有効雨量率を高める。一方水管理の面でも有利と成る。

代表的干ばつ年である1970年を対象にまとめた小麦の降雨不足量図（ $TRAM 20\text{mm}$ ）によると、降雨不足量340mm以上は集賢、同江、寧安を中心に分布し、280mm以下は東部国境ぞい

に帯状に分布した。

## ② 1989年度

22地点を選び、ペンマン法でET0（関係作物蒸発散量）を求め、大豆、小麦、トウモロコシ3種類の作物に対し、降雨確率1/2、1/4、平常時及び干ばつ年（1970年）を対象にTRAM（全迅速有効利用水分量）別に降雨不足量を求め、かんがい必要量として等値線図を作成した。

大豆を対象にした降雨平均年におけるかんがい必要度の高い地域は集賢、綏濱、同江、寧安以南に分布しており、いずれも280mm以上でかなりかんがい必要度が高い結果を得た。

## 3. 合理的かんがい方法及び配水組織

### (1) かんがい方法別適用技術

#### 1) 適用値の策定と適用区分

##### ① 1986年度

うね間かんがいのかんがい効率からみた限界長さは、砂土で40~50m、壤質砂土で90~120m、植質土で150~200mであった。サージフローシステムの適用により、さらに延長できると考えられた。

##### ② 1987年度

#### a. うね間かんがい —サージフローシステム—

草甸土を対象にうね勾配0.2%、うね長200mの試験うねを設定して実験を行った。

浸透速度比は、連続流ではかんがい開始後60分で0.4に減少したのに対し、サージフローでは間欠かんがいの回数と共に急激に低下し、かんがい開始後30分で0.15となる結果を得た。

また、サージフローによる浸入水深は、連続流に比べてかなり均一な分布を示した。かんがい水深40mmにおける根域内水分保留率については連続流の52.6%に対し、サージフローでは63.6%とおおよそ10%高い値を得た。

一方、水足の到達時間とインテグ・レートから求めた適用効率は連続流の61.1%に対し、サージフローでは79.4%と高い効率を示した。

以上により、サージフローは実用性の高い有望なかんがい方法の一つであることを認めた。

#### b. ボーダーかんがい

勾配0.15%の草甸土圃場にボーダー間隔3.6m、長さ40mの試験区を設定して実験を行った。

かんがい水の流下面積（A）とかんがい時間（T）との関係は $A = \alpha \cdot T$ で示され、本実験では $\alpha = 5.72$ 、 $\beta = 0.80$ を得た。 $\beta$ は流量、勾配並びに地表面の粗度等と関連し、この値が小さくなるほど深層浸透ロスが小さくなり、かんがい水の適用効率が高くなる。

インテーク・レートから求めた浸入水深の分布にかんがい停止後の浸入水深を加えると計算上の適用効率はほぼ90%となり、高いかんがい効率を得た。

c. 地区内土壌の保水性と透水性

三江地区内に広く分布する草甸土、白漿土、砂壤土を対象に吸引法（PF1.3~2.3）、加圧板法（PF2.3~3.1）、加圧膜法（PF3.3~4.2）、蒸気圧法（PF5.0~6.2）、によってPF-水分特性を明らかにした。

前記3土壌について定常法（吸引法、加圧法）、非定常法（水分分布法、水平浸潤法、急速乾燥法）によって、不飽和透水係数を測定した。

・白漿土、砂壤土共にPF2.5~2.7以下では攪乱土と未攪乱土の間で保水量の差が大きく、攪乱土の水分量は未攪乱土より大きな値となる。

・3種土壌のマトリック・ポテンシャル（ $\Psi_m$ ）と不飽和透水係数（K）の関係は $\Psi_m$ が-10以上では攪乱土と未攪乱土はほぼ近似したがこれ以下では草甸土、白漿土、砂壤土の順に差が大きくなる。

・未攪乱土の有効水分は草甸土（15.5%）と白漿土（15.0%）では類似したが、砂壤土は（11.0%）でかなり小さい値を示す、という結果を得た。

③ 1988年度

a. うね間かんがい—サージフローシステム—

砂質土を対象にうね勾配1.8~2.0%の試験うねを設け前年度に準じて実験を行った。

浸透速度比は連続流ではかんがい開始50分で0.64に減小したが、サージフローでは間欠かんがいの回数と共に急激に低下し、かんがい開始40分で0.25となった。低下の割合は前年度の草甸土に比べて小さな結果を得た。

サージフローによる浸入水の分布は連続流に比べてかなり均一な分布を示した。水足の到達時間とインテーク・レートから求めた適用効率（Ea）は連続流で29.2%、サージフローで43.4%を得た。いずれも低いEa値となったが、これは砂質土でうね長が長大（150mm）に過ぎたことによるものと判断される。Eaを高めるためには、うね長を短縮するか、適切なカットバック（流量切下げ）法の採用が必要である。

b. ボーダーかんがい

勾配0.15%の草甸土圃場にボーダー間隔3.6m、長さ45mの試験区を設けて、前年に準じて実験を行った。

かんがい開始後の経過時間（T）と流下面積（A）は $A = \alpha T^{\beta}$ の関係にある。同一流量でもかんがいの反復によって $\alpha$ 値は大きくなり、 $\beta$ 値はやや小さくなる結果を得た。

インテーク・レートと流下試験から得た浸入水の分布は初回かんがいと2回目かんがいではかなりの差を生じた。

かんがい停止後の残留水を考慮した適用効率はかんがいの反復によって約10%向上した。

これはかんがいの反復によるインテーク・レートの低下と地表面の流水抵抗が軽減したことによるものと判断される。

c. スプリンクラーかんがい—散水特性—

散水かんがいにおけるスプリンクラーの適正配置を決めるため日本製ES-30F、中国宝清製2B-50の2機種について性能試験を行った。

・ES-30Fの散水特性

適正圧力の範囲は2.5~3.0kg/cm<sup>2</sup>で、適正圧力下で適正な均等係数75%以上を得るための1器当り散水面積は無風時で520~560m<sup>2</sup>、風速2.0m/sでは300m<sup>2</sup>以下である。

有風時には散水ライン(S<sub>1</sub>)を風向に直角としてスプリンクラー間隔(S<sub>2</sub>)を決める。圧力2.5kg/cm<sup>2</sup>において均等係数75%を得るためにはS<sub>1</sub>、S<sub>2</sub>の間隔は無風時で20m×25m=500m<sup>2</sup>、風速2.0m/s前後ではS<sub>1</sub>を20m以下に縮小せねば適正な均等係数は得られない。

以上から本器は一般に小面積の野菜畑かんがい用として好適と判断された。

・2B-50の散水特性

適正使用圧力は2.5kg~3.5kg/cm<sup>2</sup>で、この範囲で75%以上の均等係数をうるための散水面積は無風時で720m<sup>2</sup>前後である。

同じ使用圧力でも風速が2.5m/s以上になると散水面積を420m<sup>2</sup>(無風時の60%弱)以下に縮小しないと適正な均等係数は得られない。

本器はES-30Fに比べてやや規模の大きい野菜畑のかんがいに有効に適用できる。

④ 1989年度

サージフローシステムを対象に試験した。試験方法はカットバック法を採用したほかは前年度に準じた。

連続流の浸透速度比がかんがい開始後50分で0.5に低下してのに対しサージフロー法では0.36となった。また、侵入水深の分布はカットバック法の採用でかなり均一となり、Ea、Ed(Ea:適用効率、Ed:分布効率)共に向上し、現地への適用性が認められた。

(2) かんがい水温

1) 温水池の昇温機構

① 1986年度

宝清の試験水田の8月晴天日における停滞水温の最高値と起時は、水深1~2cmの浅水区で22℃、12時、10~12cmの深水区で18℃20時であり、4℃の温度差が生じた。7~20時の間は浅水区が、20~7時の間は深水区が高温に経過した。

② 1989年度

多点温度計を用いて温水池の層別別(3~120cm)水温を測定した。温水池の水温は気温の変化とほぼ相似の日変化を示した。浅層の水温変化は気温に近い振幅を示したが水深が増す

にしたがって変化の幅は小さくなった。6時から18時までの水温は表層部ほど高く、下層部ほど低い値を示した。しかし、0時から6時までには3～30cm層の水温より低い値となり、温度の逆転がみられた。

温水池に給水しながら放水口から放水すると温水池内水温の変化は中央部で上昇現象を発生した。また、同一深度の水温も中央部ほど高い現象を示した。

## 2) 迂回水路等導水方法による昇温効果の測定と解析

### ① 1987年度

迂回水路では4時から10時の間は気温、水温ともに同じ傾向で上昇するが10時以降は水温が気温を上回りこの傾向は翌朝の4時頃まで続いた。

流水下における開水路（U型土水路）の水温上昇は水路の長さに対応して上昇するが、上昇速度は水源に近いほどは早い。ただし、水温と気温の差が小さくなると昇温率は低下し、最終的には平衡水温（ $T_m$ ）に落ち着く。実測の結果は理論式

$$T_m = T_a + (s/h - 2 \cdot D) / (1 + 2 \cdot \phi) \quad (^\circ\text{C}) \quad [T_a : \text{気温} (^\circ\text{C}), s : \text{純放射} (\text{cal}/\text{cm} \cdot \text{sec}), h : \text{顕熱伝達係数} (\text{cal}/\text{cm} \cdot \text{sec}), D : \text{飽差} (\text{mmHg}), \phi : \text{飽和蒸気圧の変化率} (\text{mmHg}/^\circ\text{C})]$$

で求めた値とほぼ一致する結果を得た。

迂回水路（6×100m）終点でほぼ平衡水温に達した。

### ・成果の要約及び進捗状況

作目別用水量に関する研究については、ライシメータによる計測と計算及び水量（有効雨量+かん水量）と収量の関係を大豆、小麦について行いおおむね完了させた。

一方、水稻の時期別用水量については、3カ年の調査研究により完了した。

また、かんがい計画諸元に関する研究については、ライシメータによる実験から小麦と大豆の土壤水分消費特性を求めるとともに、地下水位、土壤条件が水分補給量に及ぼす影響についても結果を得た。一方、かんがい必要度区分については、小麦、大豆、トウモロコシ全て完了した。凍結層が春早春口ウに与える影響と発生頻度については、現地観測を行った。

合理的かんがい方法及び配水組織に関する研究については、温水池及び迂回水路等導水方法による昇温効果の測定と解析が完了した。また、かんがい方法としてはうね間かんがい（サージフローシステム）、ボーダーかんがい及びスプリンクラーかんがいについて適用性を実験した。

しかしながら、トウモロコシについての用水量の計測と計算、水と収量関係、土壤水分消費特性及び地下水位、土壤条件が水分補給量に及ぼす影響について、データの収集と解析が遅れている。

また、凍結層が春早春口ウに与える影響と発生頻度については、人工気象室等でのモデル実験により凍結、融解に伴う水の動態について研究を続けることが望ましい。

最適かんがい方法についても、これまでの結果をとりまとめ、現地にあった最適方法を策定する必要がある。

配水組織については、対象地域の実情に十分配慮し、管理も含めたシステムの設計により水の有効かつ効率的配分計画を検討することが望ましい。

これらの成果は低平地を対象とした展示圃場での試験を主としたものであり、かんがい必要度の高い丘陵地や傾斜地の既耕地への適用についても今後は配慮すべきであろう。

### Ⅲ. 排水技術開発

#### 1. 流出・水収支の諸計画と処理

##### (1) 実験展示圃場区域における流出機構

###### 1) 流出機構

###### ① 1988年度

41.0mmの降雨後の圃場全体の流出は、降雨後24時間で10.1mm、降雨量に対する流出率24.5%であり、48時間までの流出量は12.3mm(30.0%)であったので降雨流出が迅速であったと評価できる。

反面、十分に整備され、かつ合理的に水管理される圃場での流出量は無降雨時では土壤環境保全に必要な最小量であり、降雨時には圃場での必要補給量と許容貯溜量を減じた残量であることが期待される。畑での必要補給量と許容貯溜量を30~60mm、水田の許容貯溜量を50~100(120)mmとすれば、この調査における流出量は大であったといえる。即ち、降雨の有効化を図るための施設条件と水管理条件の検討が必要である。

###### 2) 水収支の計測と解析

###### 3) 水田、旱田における排水模数の分析

###### ① 1989年度

###### a. 宝清地区17降雨観測場の日最大降雨頻度分析計算

宝清地区にある17の降雨観測場の日最大降雨頻度を分析したところ、以下のことが明らかとなった。

- ・宝清地区の1/5確率の日最大降雨量は55~77.4mmの間に、1/10確率の日最大降雨量は61.2~96.6mmの間にある。

- ・完達山区及び丘陵地区は降雨の高い地区に属し、1/5日確率の最大降雨量は70mm以上である。

- ・外七星河流域区は降雨の低い地区に属し、55~60mmの間である。

- ・宝清の付近は中間地帯にあって、55~60mmの間である。

###### b. 宝清地区降雨型の分析

降雨型は降雨流出解明に係わる要素の一つである。宝清県1957~1988年の32年間の資料

によれば、日降雨20mm以上の連続降雨が63回あった。これについて、数理統計的な分析を行った。

降雨型は一般に三種類に分けられる。即ち中山型、前山型及び後山型である。次の結論は宝清地区降雨から得た成果である。

・宝清地区の20時間以上連続降雨のピーク値の発現平均値は14時間、中山型の発生確率が70.6%、後山型の発生確率が23.5%である。10~20時間連続降雨では中山型と後山型発生確率は各々44.4%と33.3%である。これらから宝清地区の主要降雨型は中山型といえる。

・10時間以内の連続降雨では前山型が主となり(52.6%)中山型がそれに次ぐ(32.6%)。なお、この継続時間の雨に豪雨が多い。

・20時間以上降雨配分図から見れば、大部分の雨量はピーク値(59.5mm)の発生前後5時間あたりに集中し、それが総降雨量(80.3mm)の74.1%を占める。

#### 4) 人工降雨による流出測定

##### ① 1989年度

1986年以来宝清展示圃場及び付近農地で降雨流出調査を実施してきた。1989年度は展示圃場における人工降雨による流出測定による地表流出の直接測定を加えた。

人工降雨による流出測定は小麦収穫跡地に15m×40mの集水区を設け、スプリンクラーで散水した。散水量(降雨量)はスプリンクラー送水量および複数個の雨量筒受量により算定した。また流出量は集水区末端に設けた溝で集水し、転倒マス量水計で測定した。

・展示圃場29.4haの排水模数は $0.087 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ であり、周辺農地99.36haのそれは $0.0136 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ であった。その比は4倍に及ぶ。

・人工降雨-流出測定の排水模数は上記にくらべ、その比は1.6~10倍に及ぶ。試験地が小麦跡地でち密湿潤であったことによる。

#### (2) 小農地区域における流出と水利用の実態

##### 1) 流出機構の調査

##### 2) 用水反復利用農地の水収支

##### 3) 利用可能水量の調査

##### 4) 旱田、水田、温水池における利用可能水量及び水収支

##### ① 1988年度

畑、水田、温水・養魚地及び多管井揚水ポンプを含む農地区域における水利用と流出を調査した。

水田面積は全区域面積の1/5、畑の流出水と多管井揚水を水源とする。

温水・養魚地は短辺25m、長辺400m、池の一角から多管井の揚水を導入し対角から水田用水を取水する。水深は0.3~0.6m。8月幼穂形成期において多管井揚水温4~6℃であったが、水田用水取水口部では23~29℃であった。畑、田平均収穫量は $26 \text{ kg}/\text{a}$ 。養魚は体長

2～6倍程に成長したが、全収穫量の調査は欠いた。

多管井は管径50mm、深さ10～18m、管井6本で27リットル/sec(96m<sup>3</sup>/h)の安定した揚水ができた。

64.6mmの降雨時の流出率は64.2%と大きかったが、これは、畑の流出水を温水地に貯溜しなかったことと、水田が掛け流し方式であったことに因る。これらの水管理方式を改めれば、降雨の利用効率を高めること、およびピーク流出を低下できることが明らかになった。

## ② 1989年度

既設の水利資源と土地資源を十分利用することを目標として、畑、水田、温水池及び井戸ポンプを含む水収支開発区を建設して試験を行った。

### a. 経済技術指標と効率(1989年実例)

・水稲80ムー、ムー当たり収量740斤

小麦200ムー、ムー当たり収量370斤

蓄水池180ムー

・年降雨量 403mm、降雨流出は7回あった。積算降雨流出9972m<sup>3</sup>、蓄水池に入らせ、かんがい水源として使用した。畑降雨流出平均74mm(50m<sup>3</sup>/ムー)であり、水田補給は平均186.8mm(124.6m<sup>3</sup>/ムー)であり、水稲年補給量の約1/5を占める。

・年間井戸水は水稲需水867mmであり、578m<sup>3</sup>/ムーに相当する。年間総燃料消費1059.5kg、ムー当たり平均消費2.65kg(1.65元/kg)であった。

全区域水田、畑の総合平均ムー当たり収量444斤/ムー(即ち740×0.2+370×0.8=444)純畑の倍の増収となる結果を得た。

全区域の400ムー耕地の総収入は35,600円で、ムー当たり増収は90元であった。

## (3) 大農地区域における排水路密度別流出機構の調査

### 1) 排水路の密度別流出機構

### 2) 排水路の密度別排水効果の計測と解析

#### ① 1988年度

本地域の排水路の維持管理状況が十分でないことから、排水路密度別の流出機構及び排水効果の計測と解析は断念した。本解析に替え、自流域降雨のみの領域の排水負荷量を試算した。資料は宝清県気象台の月別平均降水量と、月別平均蒸発量から想定蒸発散量を決定して、月単位の排水量を解析した。

平年度(30年平均)では、蒸発散量が卓越し、全年および4～9月の各月の残差(=降水量-蒸発散量)は、8月の12.9mmを除いていずれも負、即ち月単位の排水量は0であった。

1/3確率年については、8月の残差が27.0mmだが、9月までの累計は、わずかではあるが減少する。

1/5以上の確率年については、累加残差の増加傾向が顕著である。ただし、各月の発生確率



が連続する確率はさらに小さくなるので、累計を1/5とすることは正しくない。

この試算によれば、月降水量を月内に消費するために領域内貯溜を図れば、流出量は僅かであり、ピーク流量は極めて小さいものとなることが明らかになった。

## 2. 農地排水計画諸元

### (1) 暗渠排水方式決定

- 1) 使用資材別暗渠の効果と持続性
- 2) 無材暗渠の効果と持続性
- 3) 草甸土区域における暗渠間隔別の暗渠排水効果
- 4) 吐出口水没状態における暗渠排水量

#### ① 1987年度

暗渠排水方式の基準化を図る一環として資材別暗渠の効果とその持続性を知るため、草甸土地帯0.3ha毎に、砂、モミガラ、野草束（ノガリヤス 中国名 小葉樺）を間隔10m 3条、深さ60~80cm、資材部断面20×20cm、長さ100mに埋没し、地下水位と排出量を観測した結果、次のことが判明した。

- ・暗渠施工後においても暗渠間隔10mの中央では、一雨と目される積算雨量が約20mmに達すると一時的に地表面に湛水する。
- ・降雨終了後地下水位が50~60cmまで低下するのに約7日間を要し、排出量は約5日間ではほとんど排出される。
- ・3資材中、現在のところ野草束の排水効果が最も大きい。

#### ② 1988年度

##### a. 使用材料別暗渠排水の効果と持続性試験

施工地域で得やすい材料、砂、野草類およびモミガラを用いて施工した畑の暗渠排水について調査した。

効果の評価は、降雨後の暗渠排水量および暗渠から定距離点の地下水位降下速度によった。

施工後2年の調査結果では、モミガラが最も優れており、野草類がこれに次ぎ、砂が最も劣った。暗渠の掘削観察によれば、土層-砂の境界部には施工時に分散遊離した土粒子の、暗渠へ収束する縮流による集積が認められた。モミガラ暗渠は土層-モミガラの境界が不整で境界面が広い上に、モミガラの表面に土粒子が吸着されて、明確な不透水膜の形成が見られなかった。このため土層-材料界面における水頭損失が、砂暗渠より小さいものと思われる。

但し、効果の持続性については、さらに経年の調査に待たなければならない。

##### b. 暗渠排水の間隔および複合暗渠についての試験

渠線間隔3m、6mのモミガラ暗渠および、間隔12mのモミガラ暗渠に間隔2.5mのも

ぐら暗渠を交叉施工した区を設定して調査した。排水効果の評価は、間隔3mのモミガラ暗渠区がもっとも優れ、モミガラ暗渠ともぐら暗渠の複合区がこれに次いだ。

もぐら暗渠は、渠道の連続性に不安があるが、モミガラ暗渠との交叉間隔12m、即ち平均通水距離6mでは、連続性が十分に高いことが認められた。モミガラ、野草類は入手容易で価格も低い。これにもぐら暗渠を加えればさらに安い地下排水組織を造成することができる。これらの暗渠排水は更新施工が容易であるばかりでなく、土層深部への有機物供給と土土破碎を行うことで、土壌の理化性改良の効果を併せもつものである。

## (2) 水路及び水利諸元値

- 1) 排水路の地下排水効果
- 2) 水路の水理特性、粗度係数
- 3) ライシメータによる低湿地の土壌蒸発の模擬
- 4) 沼沢土と白漿土の土壌水分物理特性

### ① 1989年度

#### a. 重量計量式土壌ライシメータの制作

低湿地蒸発散量及び浅層土中水分の運動動態を解明して、排水技術開発の基礎とすることを目的として重量計量式土壌ライシメータを制作した。

装置の主要部分は土槽と平衡錘を懸掛する天秤からなる。土槽と平衡錘は天秤杆支点との距離比が1:4である。平衡錘の頂端を電子秤につなげ(12kg/g)不平衡重量を直読する。

土槽は0.2cm網板で制作し、直径50cm、高さ65cm、面積1963平方cmである。

設計要求の加工計量は300kgの時で精度は1/5000、すなわち計量200kg荷重の場合、精度40gである。製作機の実際精度は1/5000を超え、土槽の水位変化0.05mm水柱の重量の測定ができる。

土槽はナイフエッチで天秤に懸掛される。土槽を傾けるモーメント及び振動周期から慣性モーメントを求めることが可能である。これから土槽層位別の重量を算定することができる。これらの計算にはコンピューターを使用する必要がある。本装置は土槽地表流出量、土槽地下水給水量、排水量、土槽表層土壌水分量(採土法)、層位別の水分変化、層位別土壌水分張力が測定でき、これらから土壌水分分布及び土壌水分移動速度を計算することができる。

#### b. 低湿地土壌面蒸発試験のシミュレーション

重量計量式ライシメータで三江平原地区低湿地土壌水変化動態と蒸発過程のシミュレーションを行って低湿地の総合開発のためデータを与えた。

・土壌面蒸発は地下水深の増大にしたがって減少する。蒸発係数 $a = E / E_0$ となる( $E$ 、土壌面蒸発量、 $E_0$ 水面蒸発量である。)水位が18cmの時 $a$ は昼0.62、夜0.75となるが35

cm時は昼0.5、夜0.58になる。

・地下水位20cmの場合、試験土壌が粘土であり、9月24日降雨21.4mm、地表流出量5mm、土壌表層水分は23.2%から32.5%に増加し（重量含水率%）、地下水位が10cm上がった。

・得られたデータで土壌面蒸発、水面蒸発の回帰分析と相関分析を行った。9月4日～10月14日の観測データを使用し、相関係数は夜0.934、昼0.844であった。

・土壌面蒸発に影響する要因は温度、湿度、風速などがある。気象台の土壌蒸発、気温、風速、日射の諸データを利用して重回帰の分析を行い、砂土地下水位（18cm、37cm）、粘土地下水位（20cm）の方程式を建立した。

$$Y = 0.645 + 0.963X_1 + 0.215X_2 + 0.106X_3$$

$$Y = 0.233 + 0.186X_1 - 0.311X_2 + 0.096X_3$$

$$Y = -0.443 + 0.107X_1 + 0.159X_2 + 0.094X_3$$

ここにX<sub>1</sub>：温度、X<sub>2</sub>：風速、X<sub>3</sub>：日射

その複相関係数Rは0.7～0.8の間で、相関性がよい。

### (3) 農地湛水機構の解明と対策

- 1) 内口ウ発生機構
- 2) 啞叭口ウ発生機構
- 3) ロウ害発生の調査

#### ① 1986年度

湿害発生地において表層（10、20cm）、中層（40、60cm）、下層（80、100cm）の含水比（水/乾土）を、約35mmの降雨前と1日後に測定した。その結果、①降雨後には、下層の値は表・中層に比べて低い、②中層の値は降雨の前、1日後を通じて、各層中で最も大きい、という結果が得られ、中層に難透水層が存在し、それが水湿害発生の1要因であることが推測された。

#### ② 1987年度

ロウ害発生の原因を調査しその防止対策工法を立てるため、無暗渠のロウ害地2点と新たに暗渠施工した展示圃場内1点を加え、表層（5、10、20cm）、中層（40、60cm）、下層（80、100cm）の含水比を約28mmの降雨前と1日後に測定した。また、土壌の三相調査を加え、ロウ害地2点、展示圃場内3点（暗渠施工地2点、無暗渠地1点）において表層（10cm）、中層（45cm）で測定した結果、次のことが判明した。

- ① 無暗渠地の含水比は、86年の測定値とほぼ同じく降雨前後を通じ中層が、各層中で最も大きく、中層に難透水層の存在することが判明した。また、暗渠施工地の含水比は、無暗渠地に比べて降雨前後を通じ、表・中層とも約10%低く、降雨後でも含水比の増加が少ないことから、ロウ害対策工法に暗渠が有効であることが確認された。

② 降雨後10日経過した時の測定地点の固相率と空気率は次の通りであった。

項目	固相率 (%)		空気率 (%)	
	表層	中層	表層	中層
暗渠施工地	46.0	46.5	12.4	12.1
無暗渠地	48.9	49.6	1.2	4.9

暗渠施工により固相率は約3%減少した。作物に影響の大きい空気率は、表層、中層とも著しく増加しており、暗渠施工の効果が大きいことを示した。

③ 1988年度

宝清展示圃場周辺のロウ害発生4地点について調査した。調査地点はいずれも草甸土である。調査は地形条件、土壌条件および排水施設整備・耕作管理等の人為的条件に大別して検討した。

a. 地形条件

- ・局所的窪地で降水の地表流出不能。さらに周囲からの流入を受ける所。
- ・被圧地下水の湧出する所。

調査地点は広い平坦地にあり、土壌透水性も低いことから地表下0.5m深度の上向流は認められなかった。

b. 人為的条件

畑地帯では排水路網の整備が不十分で、排水路に接しない局所的窪地が残りと、ときには排水路が消失して窪地に排水を集積する結果になる水路もあった。

畦立て栽培は地表排水路を形成するとともに、土壌不飽和領域を形成しロウ害を軽減する。大豆、トウモロコシは、中耕土寄せによって畦を形成し、根群域を広げるとともに不飽和領域の確保に有効であることが判明した。

c. 土壌条件

草甸土は細粒周密で透水性が低い。表層土壌は降雨により膨潤化し、より多量の水分を保留する。この水は植物に吸収されても土壌収縮によって補填され、土壌中の気相容積の増加につながらない。根は吸水しても依然土壌飽和の環境にあり、呼吸障害—ロウ害を受ける。

草甸土では不飽和領域の作出、土壌水に水頭勾配をもたせて過飽和状態の発生を防止することが重要であることが判明した。

(4) 農作物の湛水許容時間

1) 作物別、生育時期別、湛水深別、湛水時間別被害

① 1989年度

農地の排水速度および排水管理における作物別排水順位の設定などに資することを目的として比高差50cmの傾斜圃場を設け、大豆、トウモロコシの生育期別耐水性を調査した。湛水期間は各区とも7日間、湛水深は20~0cmおよび地下水面上0~30cmに連続分布する。

- a. 湛水深と生育、収量の関係は各区と湛水深20cmから地下水面20cmの間一様な向上を示した。しかし、これは圃場造成に伴う影響の加重が推測される。
- b. トウモロコシは拔茎期の湛水影響が大きく後期になるにしたがって小さくなる。拔茎期におけるムー当たり収量は55kgであるが出穂期におけるムー当たり収量は69kgであった。
- c. 大豆は分枝期の影響が最も小さく、後期の影響が大きい。分枝期におけるムー当たり収量は30.5kgであるが結莢期におけるムー当たり収量は11.6kgであった。
- d. 各期とも水深20cm 1週間以上の湛水では減収率45%を超えた。
- e. 各期とも葉面蒸散抵抗力の測定結果では湛水第3日以降の変化が顕著であった。

#### ・成果の要約及び進捗状況

流出、水収支の諸観測に関する研究については、展示圃場、小農地域及び大農地域での流出機構と排水模数（比流量）を検討したが、大農地については洪水時には計測不能のため中止した。排水諸施設の規模決定の重要諸元である排水模数を求めるため、展示圃場及び小農地のデータを実測した。

特に、小農地域の用水反復利用について、宝清展示圃場に隣接した試験地において畑、水田、温水池及び井戸ポンプを排水路で囲んだ農業用水反復利用方式で利用可能量及び水収支を検討し、降雨及び排水の有効利用と収量増大を研究するとともに、実際に同方式を2県で実証試験を行い、近隣農家へ啓蒙を行った。

農地排水計画諸元に関する研究については暗渠排水方式として、弾丸暗渠と被覆暗渠、被覆材として砂、モミガラ、草束を使用し、地下水位及び暗渠排水量を比較検討した結果、モミガラ暗渠が適当であるとの結論を得た。

また、ロウ害の発生機構について研究し、宝清展示圃場において砂客土及び田菁による土層改良を実験する一方、農作物の湛水許容時間について、作物、生育時期等諸条件を変化させて検討を行った。

今後は、宝清展示圃場のスプリンクラーを利用した人工降雨による流出測定から、排水模数検討のための具体的データを収集することが有効と考えられる。

また、畑、水田、温水池及び井戸ポンプを排水路と堤防で囲った農業用水反復利用方式による水収支モデルは、三江平原開発のため相当有力な手法と考えられるが、地形条件、土地の取得、機材等の関係から、広域にわたる場合は、別途対応することが望ましい。

暗渠の効果と持続性について継続測定し、素材の耐久性、排水能力の持続性を観察するとともに、モミガラ暗渠の埋設方法の研究も進めていくことが望ましい。また、ラインメータによる低湿地の土壤蒸発散については、追跡調査する一方、耕起を加えるなど条件を変え、測定値の電算化を図ることも検討していくことが望ましい。農作物の湛水許容時間についてもデータが少ないことから作物別に被害との関係にも考慮し、中国側で対応していくことが望ましい。

#### IV. 土質材料試験技術開発

##### 1. 凍害対策のための土質解明と土壌、水質保全

##### (1) 三江平原典型土の工学的特性

##### 1) 白漿土、草甸土、黒鈺土の工学的特性と凍上性、分散性

##### ① 1986年度

ベラホン河典型区土壌の28サンプルの分散性を測定し、その結果85.4%が強分散性土壌であり、耐食性の極めて低いことが分かった。

##### ② 1987年度

水路や堰堤法面の崩壊要因である用土の分散性、凍上性など工学特性を明らかにするためベラホン河の紅旗橋-紅衛橋区間を対象に用土を取得し、現地調査と室内実験を行い次の結果を得た。

- ・分散性の高い用土ほど法面の崩壊が起き易い。
- ・分散性用土に石灰を1~3%混入することで分散性が著しく低下する。
- ・土工シート及びフィルターの使用は法面保護に有効である。

##### ③ 1988年度

土の力学的特性試験と土の質的試験を同一試料で行い、力学的特性決定に関わる要因と、その機作の解明を図ることを目的として、法面崩壊部位および侵食部位試料の分析を行った。表-11はその分析結果である。

表-11 分散土の化学成分、鉱物成分および分析成果 (典型区)

項目 試料	比表面積 m <sup>2</sup> /g	有機物 %	灼熱損失 %	炭酸石灰 %	* 鉱物組成 (%)			
					イライト	スメクタイト	カオリナイト	石英長石他
法面部 崩壊	198	0.04	0.81	0.16	15	13	6	66
					25	40	10	25
侵食部 位	219	0.06	1.59	0.33	16	10	6	68
					15	41	9	35

\* 上欄は全試料、下欄は2 μ以下の試料

##### ④ 1989年度

本年度はいくつかの案のシミュレーション試験及び比較を行った。土木用不織布は一種勾配防護に対して良好な結果を得た。

(2) 土壌、水質分析技術の確立

1) 無機塩類、有機元素、微生物等の分析技術

① 1988年度

かんがい水質について現環境における水質分析データの蓄積を前年に続いて実施した。また土壌の無機塩・養分の分析については、宝清県内の下記地点から試料を採取して分析した。

黒土（採取地 展示圃場大豆畑 試料深度 60cm）

草甸土（採取地 展示圃場水田 試料深度 30cm）

白漿土（採取地 展示圃場外荒地 試料深度 50cm）

各土壌の特徴および相対的評価は次の通りである。

- ・草甸土は、中性ないし弱アルカリ性を呈し、黒土と白漿土は酸性を呈する。
- ・有機質含量は、黒土が4%で最も多く、白漿土が2%で最も低い。

全窒素、全磷はほぼ同じであるが、有効態では黒土が最も多かった。（表-12）

表-12 土壌分析成果（宝清展示圃場）1988.7

成分 試料	PH	含塩量 %	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> %	Cl <sup>-</sup> %	Ca %	Mg %
黒土	6.3-6.9	0.38	0.123	0.014	0.049	0.012
草甸土	7.0-7.3	0.45	0.117	0.012	0.045	0.007
白漿土	5.9-6.5	0.33	0.087	0.014	0.023	0.012

成分 試料	有機質 %	N %	P %	有効性N mg/100g	有効性P mg/100g	置換量 mg/100g
黒土	40	1.9	1.3	3.4	0.8	39
草甸土	37	1.9	1.3	3.2	0.6	40
白漿土	21	1.9	1.3	4.0	0.6	33

② 1989年度

本年度は三江試験場のハフイオンについて通常の実験を行った。残溜Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>濃度から分析した場合、安全性は河川水>井戸水>貯水の順であった。またNa吸付比から分析した場合、安全性は貯水>河川水>井戸水の順となった。

これらの結果として河川水と貯水は農地かんがいに適応でき、井戸水はこれらにくらべて適さないと判断された。

## 2. コンクリート材料の品質向上

### (1) コンクリート混和剤

#### 1) 減水、凍結防止、浸透防止用剤の利用

##### ① 1987年度

前年度に続いて減水剤SMの合成並びに生産技術を開発し性能試験の一部を行い次の結果を得た。

- ・ SM剤は空気を混入しない初期強度型の樹脂系減水剤である。
- ・ SM剤を0.5～2%混入することで20～27%減水できる。
- ・ 標準養生による材令一日の初期強度が2倍以上に向上する。
- ・ 強度を一定にしたときSM剤を混入したものは、セメント量を25%節約可能である。

##### ② 1988年度

コンクリート構造物とコンクリート成型品の強度、品質向上を目的として、SMの開発と、その使用効果を試験し、次のことを確認した。

#### a. 減水効果

水量を12～27%減じて混練でき、高密度のコンクリートが得られた。

#### b. 施工性の向上

低水分の流動性が高く、複雑な形状の型枠、配筋量の多い部位での充填が容易、かつ完全になり、美しい地肌のコンクリート打設ができた。発熱量が少なく養生管理が容易である。

#### c. コンクリート・モルタルの強度向上

##### ・ 初期強度が高い

材令1日の強度が20～160%高まり、材令7日で28日材令の強度に達した。このことによってコンクリート打設、コンクリート成型品の工程を促進することが可能となった。

##### ・ 後期強度の強度向上

#### d. コンクリート密度の向上効果と併せて後期強度も向上し、700kg/cm以上の高強度コンクリートを安定かつ容易に打設することができる。

#### e. 経費の低減化

SM混入効果を低下させないで、より経済的に使用できるSM剤及びその使用について初歩的な成果を収めた。今後は、このことについての研究を進める。

#### ・ 成果の要約及び進捗状況

凍結による水路、堰堤法面の崩壊の要因となる土質として、三江平原の典型土である白漿土、草甸土、黒土について用土を取得し、現地調査と室内実験を行い力学的及び質的特性を把握した。法面保護としては土木用シート及びフィルターの使用が有効であることが判明した。また、かんがい水の水質及び土壌の養分等の分析については、かんがい水は河川、貯水、



井戸水について水質調査を行い、土壌についても性状を分析した。

一方、コンクリート材料の品質向上のため減水剤（SM）の研究を行い、減水効果、初期強度の向上、経費の低減といった成果を収めた。

水質分析機、万能試験機等が諸事情により到着が遅れているが、納入次第追加試験を行うことが必要である。

今後は供与分析機の操作技術の移転を完了し、中国側で土壌、かんがい水の分析とその解析研究を進めることが望ましい。

## V. 寒冷低湿地施工方法の開発

### 1. 低湿地掘削機の開発

#### (1) 低湿地、軽度沼沢地用施工機械の性能と施工技術

1) 湿地用ブルドーザ及びトレンチャの性能と作業効率

2) 条件別施工方法・施工プロセス並びに施工効率

#### ① 1988年度

河道掘削工事において立地条件に適した効率的な機械作業方法を確立した。

##### a. 試験地

七星河整備工事区

##### b. 立地条件

表層土質は草甸土、沼沢土など粘質土。その下に不等深度の黄色粘土層があり、以下砂層となる。地下水位は高く、所により地表湛水がある。

##### c. 試験工事の内容

底幅10m、平均掘削深 2.0mの河道掘削。堤防中心位置まで平均50mの運土およびその間30mの高水敷整地作業。

得られた成果は次のようである。

a) 粘質土の掘削・運土は、ブルドーザで1工程で行い、土のこねかえしを避けることが効率的である。

b) 砂層の掘削は急勾配の押土を避け、河道方向に押土して粘土地盤上に堆積し、これを高水敷方向に押土する2工程方式が効率的である。

c) 砂層が厚い場合は、バックホーで下方掘削して高位部に堆積し、これをブルドーザで所定位置に運ぶのが効率的である。

##### d) 水の処理方法

・滞水地を仮堤で小区画に分区し、区内の水をブルドーザのブレードで区外に押し出してから掘削を行う。これを逐次繰り返す。大量の湧水のない場合は、この方法で無水状態の作業を行うことができる。ブルドーザによる強制排水である。

・流水のある場合は、仮排水路を掘削して、これに導水し、無水状態にして作業する。地形条件から無水にならない場合は、前記の方法を併用して無水状態を作出し作業する。以上の作業方法を適用して、水深0.5-1.0mの所の作業効率を高めたとともに、整形、土層転圧効果など施工品質を高めることができた。

また、土工機械の組作業（作業システム）に関する試験を行った。

多種機械の分業と協力、同時進行により、効果的かつ効率的な作業成果を収めた。

a. 試験地

外七星河整備工事区（河道掘削、運土工程終了地）

b. 試験工事の内容

高水敷整地（幅30m）及び堤防整形・転圧（堤高2.2m、堤頂幅4.0m）

c. 使用機械の作業特性と作業分担

a) D50ブルドーザ

低湿軟弱地盤の作業に適し、土の均平・移送能力が高い。（高水敷整地および堤防河川側法面（1：3）の整形）

b) UHO-83バックホー

全方位および高・低位の作業が可能で、狭溢地の作業に適する。（堤内側法面（1：2.5）の整形）

c) 東方紅60型ブルドーザ

接地圧が大きく転圧に好適。（堤体転圧および堤頂部の整形転圧）

以上の機械の組作業による十時間稼働で300m/dayの工事を完了した。

組作業の利点

- ・各工事の同時進行により、土量の融通調整が容易かつ完全に行える。
- ・多種の機械が併存するので、特異点の処理が容易である。
- ・一気完工となるので、工事途中の降雨等による手もどり工事が発生しない。
- ・集中作業なので、機械の管理、作業支援業務が、容易かつ完全に行える。

同様の作業方法を宝清県前進郷の大型養魚池造成工事に適用したが、良好な成果を挙げることができた。

② 1989年度

本年度は主として宝清県東昇郷小撈力河の堤防工事にて調査を行った。現場調査を通じて、水路と堤防及び運送距離が長い場合には、三種類の機械の組作業を採用すれば効果があがる。特にバックホーショベル（日産バックホーショベル）と東方紅60型ブルドーザの協力はブルドーザの効率がよく向上できることが分かった。

2. 圃場整備の機械施工

(1) 施工機械の合理的組合せ

- 1) 掘削、運搬、舗装作業と機械の組合せ
  - 2) 各種条件下における所要労力と消費燃料
- (2) 機械施工の総合評価

1) 機械施工の総合評価

① 1987年度

各種施工機械の適正な組合せとその経済性を明らかにするため、ベラホン河上流の施工現場で調査を行い次の結果を得た。

- a. 掘削深度別に最適な機種の使用が必要である。
- b. 0～2 mを中型ブルドーザ、2～4 mを大型ブルドーザ、4～6 mをスクレップドーザの配置とし、各層毎の掘削土量が同一となるように台数を適正配置することにより効率的な施工ができる。
- c. 機種組合せによる作業コストは0.78元/m<sup>3</sup>となり、単一機種による作業コスト1.09元/m<sup>3</sup>に比べ、約28%低くなる。

また、施工機械の作業効率並びに燃料消費効率を明らかにするため、外七星河の湿地施工現場で調査を行い次の結果を得た。

- a. D50ブルドーザの単位時間当り燃料消費量は14.6リットルであり、単位土量 (m<sup>3</sup>) 当りでは0.28リットルであったが、バックホーとの組合せ作業ではm<sup>3</sup>当り燃料消費量は0.15リットルと半減した。
- b. 国産東方紅60ブルドーザでは作業深度によって作業効率が異なるが平均して 159m<sup>3</sup>/台/8時間を得た。

② 1988年度

従来より土工機械の稼働時間、作業量、燃料消費量、部品交換、故障修理及び作業環境条件等を詳細に記録してきた。

表-13及び表-14はこの記録より集計算出した稼働状況および作業性等に関する機械特性の一部である。長時間の実稼働に基づく値であり、機械の特性評価、並びに施工設計の積算基礎として有効なものと考えられる。

表-13 1988年 外七星河整備工事における稼働状況

項目 機種	'88年 (外七星河工事)				'86～'88年累計		
	稼働時間	作業量	燃料	出勤率	稼働時間	作業量	燃料
D50湿地ブルドーザ	h 1220	千m <sup>3</sup> 78	t 21	% 93	h 3980	千m <sup>3</sup> 195	t 40.5
東方紅60型ブルドーザ	1060	19	7.6	90	—	—	—
UHO-83バックホー	300	24	4.3	97	2230	100	15.9

注：①立地：有機質を含む粘質土 0 - 0.3m、黄色粘土 0.3 - 1.7m、以下は黄色粘土又は細砂層。地下水位は高く、所により0.5 - 1.0mの湛水がある。

②工事仕様：河道掘削、底幅10m、平均掘削深2.0m。

高水敷整地、30m。築堤、堤高2.2m、断面積21m<sup>2</sup>、平均運土距離50m。

表-14 作業量1万m<sup>3</sup>当りの諸所要量

機 種 \ 項 目	作業内容	時間 ① h	燃料油 t	労力 ② 人
D50湿地ブルドーザ	河道掘削	160	2.9	88
東方紅60型ブルドーザ	及び運土	550	4.0	280
UHO-83バックホー	河道掘削	125	1.9	72

注：①実作業時間。 ②補助作業労力も含む。

・成果の要約及び進捗状況

低湿地掘削機の開発については、日本側からの供与機材である湿地ブルドーザ及びバックホーと中国産ブルドーザを使用し、実際の河道掘削工事において立地条件に適した効率的な機械作業を行い、各機種の性能と作業能率を評価した。また、具体的な施工方法、施工プロセス並びに施工効率について、土質、水の有無など条件別に検討した。

また、圃場整備の機械施工については、合理的組合せを掘削、運搬、舗装の各作業について実施し、各種条件下における所要労力と消費燃料について調査結果を得た。

具体的には展示圃場造成工事、外七星河工事及び大型養魚池造成工事等での実測から各データを得ている。今回、日本側からの供与機材は、寒冷低湿地の施工に十分対応できることも判明した。また、これらの工事を通じてオペレーターの操作技術の向上も図られた。

今後は、複合機種、多数台数による施工について、施工プロセス編成手法（ネットワーク）の作成手法を確立していくことが望ましい。

VI 凍害対策開発

1. 水路の凍害対策開発

(1) 用水路の凍害対策開発

- 1) 崩壊原因の現地調査及び法面安定勾配の策定
- 2) 水及び土質条件が凍上・凍結に与える影響
- 3) 水路の凍害対策開発

① 1986年度

宝清試験場における敷砂20、80cm施工の長さ50mの矩形構造レンガ積水路では2～3cm凍上し、水路底に長さ20mにわたって1～2mmの亀裂が縦方向に生じ、4月8日時点で側壁の

一部が倒壊した。厳寒地における矩形構造のレンガ積水路は強度的に無理があることが分かった。

また、宝清試験場において、管径40、150mmの塩化ビニルパイプを深さ60、100、150cmに埋設した。最深凍結深は195cmを示し、凍上量は2～5cmを示したが、管径や埋設深度による差は認められなかった。凍結層内へのパイプの埋設は、水抜き等維持管理上も問題がある。

## ② 1988年度

水路法面の崩壊原因を巴蘭河かんがい区及び万家かんがい区を対象に調査し次の結果を得た。

- a. 凍結過程の法面では水分移動で凍結層に凍脹が起こる。早春、法面の表面では融解が始まるが下層（50cm以下）に凍結層が残るため、過飽和状態にある表層融解土の剪断力が50%以上低下し、重力の作用を受けて崩落する。これが法面崩壊の主な型態である。
- b. 水路法面（内法、外法）崩壊の程度は凍上性の強いシルト質土壤で、地表下1m以内と地下水位が高く、温度が低く変化が大きいほど大きくなる。
- c. 水路底、法面、堤頂に於ける不均一な凍脹は水路断面を縮小させる。ブロック張り等、舗装水路における崩壊の原因は、裏込め用土の凍上力によるものと判断される。
- d. 法面を不安定にする主な要因は水分過多であることを安定計算法による分析によって明らかにした。

## ③ 1989年度

宝清試験場排水路勾配で密封隔水式と空気保温式の二種の凍害防止対策試験を行った。同時に自然状態とコンクリートブロック舗装との対比試験を行った。1989年10月末から凍深、凍上量、地下水位、地温、気温の観測を開始し、現在観測継続中である。

## 2. 道路の凍害対策開発

### (1) 凍害による噴泥の発生原因と防止対策

#### 1) 噴泥発生原因の解明

##### ① 1988年度

現地調査並びに資料分析によって道路における噴泥発生原因の一部を明らかにした。

- a. 冬期には道路の基礎部まで凍結し、早春（3月中・下旬）には道路表層部（20～30cm）の融解で土壤が過飽和状態（含水比80～85%）になるが、下層部（50cm以下）ではなお凍結状態にあるため排水が困難である。また、一方、路面は車両による転圧で亀裂や凹凸を生じ、いわゆる噴泥現象を発生する。
- b. 早春、融溶解時における地盤支持力は土質（粘土質土壤、シルト質土壤、砂質土壤）によって異なる。資料分析の結果、路面下の地水位1mを基準とした地盤支持力の減少率は粘土質土壤で15%、シルト質土壤で45%、砂質土壤で10%程度であり、これに対し地下水位が1m以内に上昇したときは各土壤とも10%程度減少率を大きく見込まねばならないこ

とを認めた。

- c. 水文、土壌条件の悪い凍土地域では噴泥が起り易いので道路基盤の設計に当たっては噴泥防止策についての十分な配慮が必要である。

• 成果の要約及び進捗状況

水路法面の崩壊原因は、凍結層の融解に伴う上層と下層（50cm以下）との間のせん断力が低下し重力の作用で崩落するもので、シルト質土壌などの地下水位が高く、水分過多の場合多く発生すること解明された。その対策としては空気保温式のコンクリートブロックなどによる法面保護工が有力であることが判明した。

道路の噴泥発生原因については、冬期に道路の基礎部まで凍結し、早春に表層部（20～30cm）の融解で土壌が過飽和状態（含水比80～85%）になるが、下層部（50cm以下）では、なお凍結状態にあるため排水不良となる。一方、路面は車両による転圧で亀裂や凹凸を生じ、この時いわゆる噴泥現象が発生することが解明された。その対策としては、道路基盤の設計に当たって、排水施設を設け、路盤の圧密を十分にを行い、ひどい場合は、コストの問題も考慮しつつもプラスチックシートにより地下水を遮断する方法も有力であろう。

おおむね凍害対策開発については完了していると判断される。

## Ⅶ 展示圃場における実証試験

### 1. 実験展示圃場造成施工試験

#### (1) 各種機械施工効率

##### 1) 機種別運転実績

##### 2) 工種別歩掛り

#### ① 1986年度

供与施工機械の施工能力はつぎのようであった。

ブルドーザ⇒運土量 120m<sup>3</sup>/h（運土距離40m）、

燃料消費量 17.0ℓ/h

バックホー⇒排水路掘削延長 22.9m/h（掘削深1.2m）、

燃料消費量 12.1ℓ/h

（運搬距離400mで、トラック6台が適正）

三江平原の現地では、粘質土壌等のために、性能は仕様よりもかなり低下している。

排水路の掘削、整形作業においては、3.36m<sup>3</sup>/mの土量のうち、人力で1.36m<sup>3</sup>/mを処理することとなった。法面の整形可能距離は10m/人日（8時間）であった。

### 2. かんがい実証試験及び展示

#### (1) 水田かんがい実証

##### 1) 時期別かんがい水深と水温

### 3. 排水実証試験及び展示

#### (1) 地表流出機構の実態

##### 1) 圃場整備後の排水効果

### 4. 土壌改良実証試験及び展示

#### (1) 土壌改良工法

##### 1) 砂客土による土層改良

##### 2) 田菁による土層改良

#### (2) 作物多収試験

##### 1) 小麦、水稲多収試験

#### ① 1989年度

a. 水稲生育期別におけるかん水量と水温の調査によれば、全生育期の水温変化は気温変化にはほぼ連動した。全生育期の消費水量は 955mm で、茎間伸長期および開花期の消費水量が最も多かった。

#### b. 展示圃場の水管理と水収支

展示圃場の用排水施設工事完了に伴い、圃場全体の水収支観測を新たに行った。

a) 春期は乾燥していたので、排水機場は運転せず、排水路の水位を上昇させ、畑区の地下水水位上昇をはかった。排水機場運転は 7 月 20 日以降である。

b) 6 月 1 日から 9 月 19 日までの水田取水量は 23 万 t、同期降水量 291mm、水田消費水量は 1583mm となる。7 月 20 日から 9 月 19 日までの排水機場排水量は 12 万 t であり、水田排水量は 565mm と算定され、日平均排水量 8.5mm となる。

c. この排水量が暗渠排水等水田降下浸透水に基づくものであれば適正な降下浸透である。だが、水田降下浸透量測定、暗渠排水量測定結果からは降下浸透量ははるかに小さい。

d. この排水量は用水路末端からの放流水畦畔損壊部の漏水等、施設と水管理の不備に基づくものであり、改善が望まれる。

e. 排水下流域の溢水防止と、用水反復利用のため、排水を貯水池へ曝気還流する水路の増設が望ましい。

#### • 成果の要約及び進捗状況

本課題については、実験圃場造成施工試験、かんがい実証試験及び展示、排水実証試験及び展示、土壌改良実証試験及び展示を行った。

実証展示圃場造成施工においては、ブルドーザ、バックホー等の各種機械施工における機種別運転実績、工種別歩掛の調査を行い、V. の低湿地、軽度沼沢地用の施工機械の性能と施工技術の一環としてのデータを提供している。

かんがい実証試験については、水田における時期別かんがい水量と水温を調査し、節間伸長期及び開花期の消費水量が最も多いことが解明した。

排水実証試験については、圃場整備後の地表排水機構について調査した。土壌改良実証試験については、土壌改良工法として、砂客土及び田菁のすき込みによる土層改良工法について試験を行った。また、小麦、水稲の多収試験も行う予定である。

展示圃場は、この項目以外の他の研究の実証の場として利用されており、既存施設を拡張し、総面積43.7ha（内訳、水田17.8ha、畑15.8ha、その他施設用地10.1ha）で1988年10月に完工している。ここには、主要供与建設機械（ブルドーザ、バックホー、トラクターショベル、暗渠埋設機）の格納庫もあり、展示圃場の実験観測機材、スプリンクラーなどが施設され、厳重な管理をされている。施設機械も展示圃場造成後は、操作技術習得のため、河道掘削工事、大型養魚池工事等有効に活用されている。

カウンターパートも、日本からの長期及び短期の専門家の指導のもと、かんがい、排水等の基礎的な試験方法の技術習得に努めている。

今後は、白漿土の改良と作物増収に結びついた田菁のすき込みによる土層改良の経年変化と小麦、水稲の多収試験について低温冷害研究分野と一体となって、引続き調査していくことが望ましい。

上記で述べた水利開発分野の研究に対する成果をとりまとめると以下のとおりとなる。

(1) 研究活動における主な成果

- ① 電算機利用による、かんがい及び排水システムの開発
- ② かんがい計画諸元値、かんがい必要度区分及び水稲の用水量の決定
- ③ 温水池、迂回水路等による昇温機構の解明
- ④ モミガラによる畑の暗渠排水方式の決定
- ⑤ コンクリート減水剤の開発研究
- ⑥ 水路、道路の凍害の発生原因の解明
- ⑦ 低湿地用施工機械の性能把握と施工技術の向上

(2) 研究成果の発表

総説、研究論文、短報等による研究成果の発表総数は15編に達している。

総 説

- 1 趙景恵：三江平原の水資源の利用と水管理 Proc. 7th ICID AA Conf. 1989.9.
- 2 楊培枢ら：中国三江平原宝清県農業開発の水利計画  
Proc. 7th ICID AA Conf. 1989.9.

研究論文等

- 1 王安江ら：Collapse of dispersive soil and its prevention using geotextile  
Proc. Intern. Geo. Symp. Theo. & Prac. Earth Reinforcement. 1988.10.
- 2 趙景恵：多管井によるかんがい 専門家通信10(3), 1989.9.



- 3 趙景恵・李守玉：三江平原の「排水、貯水、用水」結合モデル  
第4回省水利学会優秀論文 1989.9.
- 4 李鋒：低湿地河川流出モデルの改良  
第4回省水利学会優秀論文 1989.9.
- 5 楊培枢ら：中国三江平原宝清の早ばつ、冠水の時間、空間の変化の分析  
Proc. 7th ICID AA Conf. 1989.9.
- 6 楊培枢・司振江・盧玉邦：三江平原農地排水の数理モデル  
第5回水利学会優秀論文 1989.12.
- 7 石田朋靖・水之江政輝・鞏中有・袁輔恩ら：土壤水分拡散係数測定法の検討  
山形大学紀要11(1), 1990.1.

#### 短報等

- 1 松本勝：資材別暗渠効果とその持続性  
熱帯農業概要集. 1988.3.
- 2 松本勝：暗渠材料別の排水効果と耐用性  
熱帯農業概要集. 1989.3.
- 3 水之江政輝：寒冷地における作物用水量 —大豆の水分消費特性—  
熱帯農業概要集. 1988.3.
- 4 松本勝：暗渠排水間隔・もぐら暗渠効果  
熱帯農業概要集. 1989.3.
- 5 水之江政輝：ボーダかんがい適用値の確立  
熱帯農業概要集. 1988.3.
- 6 水之江政輝：サージフローシステムの特性と効率  
熱帯農業概要集. 1988.3.

#### (3) 研究の広報

「農田排水模数」(1989.4)及び「流出解析計算例集」(1990.4)の2編を刊行した。  
その他新聞等記事、他集会への参加を通じて研究の広報に努めている。

#### (4) 研究成果の普及

① 水利開発関係では講義、講演、セミナー等は以下のとおり、延べ51回開催されている。

講師名	年月日	場 所	課 題	参加数
水之江政輝	86.12.1	水利科学研	農地かんがいの意義と必要性	45
水之江政輝	86.12.3	水利科学研	龍頭橋典型区調査結果の概要	45
水之江政輝	86.12.5	水利科学研	龍頭橋典型区におけるかんがい 計画の問題点	45
水之江政輝	86.12.10	水利科学研	水と大地、砂漠を緑に、 ゴムシート利用	45
水之江政輝	86.12.13	水利科学研	日本の畑地かんがいの現状と問題点	40
水之江政輝	86.12.16	水利科学研	かんがい法別数値決定法(1)	40
水之江政輝	86.12.17	水利科学研	かんがい法別数値決定法(2)	40
廣比 雄一	86.12.4	水利科学研	高度情報化社会	40
廣比 雄一	86.12.6	水利科学研	コンピュータの基礎(1)	40

講師名	年月日	場 所	課 題	参加数
廣比 雄一	86. 12. 8	水利科学研	コンピュータの基礎(2)	40
廣比 雄一	86. 12. 9	水利科学研	コンピュータ利用の実技	40
松本 勝	86. 12. 11	水利科学研	日本農業の現状	40
松本 勝	86. 12. 13	水利科学研	土地改良事業の仕組み	40
松本 勝	86. 12. 14	水利科学研	土地改良事業の計画樹立とその方法	40
松本 勝	86. 12. 18	水利科学研	北海道農業開発の歴史と実例	40
松本 勝	86. 12. 19	水利科学研	流出量の算出法	40
松本 勝	86. 12. 22	水利科学研	排水施設と排水効果	40
松本 勝	86. 12. 23	水利科学研	暗渠排水工法と施工	40
石田 朋靖	87. 8. 19	水利科学研	土壌水のポテンシャルと水移動	15
石田 朋靖	87. 8. 20	水利科学研	S P A Cと植物の水分環境	15
河崎 健吾	87. 10. 22~24	水利科学研	ポケコンによる降雨データ処理	20
河崎 健吾	87. 10. 28, 29	水利科学研	流出データ整理法	20
河崎 健吾	87. 11. 2~4	水利科学研	単位図の概念	20
河崎 健吾	87. 11. 9~14	水利科学研	水文解析と単位図作成事例	20
大西 亮一	88. 4. 18~21	水利科学研	電子計算機を用いた降雨流出及び 排水解析法	40
神山 啓治	89. 6. 12, 13	水利科学研	農学研究における電子計算機の利用	23
李 鋒	89. 6. 14~18	水利科学研	B A S I Cプログラミング(1)	23
程 峰	89. 6. 19	水利科学研	B A S I Cプログラミング(1)	23
程 峰	89. 12. 4	水利科学研	O S、V M/S Pの利用	20
蘇 曉 東	89. 12. 5	水利科学研	V M/C M Sの利用	20
姜 華 英	89. 12. 6	水利科学研	X E D I Tの利用	20
程 峰	89. 12. 7~9	水利科学研	F O R T R A Nプログラミング(1)	20
李 鋒	89. 12. 11, 12	水利科学研	F O R T R A Nプログラミング(2)	20
神山 啓治	89. 12. 13	水利科学研	農学研究における統計解析(1)	7
神山 啓治	89. 12. 14	水利科学研	農学研究における統計解析(2)	7
程 峰	90. 2. 19, 20	水利科学研	パーソナルコンピュータのO S	7
蘇 曉 東	90. 2. 21, 22	水利科学研	パーソナルコンピュータの利用(1)	7
李 鋒	90. 2. 23, 24	水利科学研	パーソナルコンピュータの利用(2)	7
鞏 中 有	90. 10. 30	北海道黒龍江省科学技術協会	中国三江平原の農業開発と畑地かんがい	22

その他数件

② 排水模数についてのシンポジウムを2回開催し、計65名が参集した。

・第1回 排水模数シンポジウム 1987年3月15日、16日

話題提供 郭大本(省農墾観測設計院長)  
丁本昌(省水利観測設計院副総工程師)  
楊然明(省水利観測設計院総工程師兼公室長)

コメンター 松本勝、水之江政輝、久保祐雄

参集者 大学、省水利庁の関係者も含めて、約35名

・第2回 排水模数シンポジウム 1988年4月22日

話題提供 松本勝 : 宝清展示園場  
広比雄一 : 水利科学研究所の電子計算機  
陳洪徳 : 青山ロウ区の広域排水計画  
李明鎬 : 広域排水の不定流解析  
大西亮一 : 撓力河宝清地点の降雨流出解析  
: 三江平原視察の所感

参集者 大学、省外の関係者も含めて、約30名

③ 公刊物を下記のとおり延べ8編発行した。

松本勝 : 「日本の農業基本建設事業の概況(排水)(中文)」 pp51.	1986年12月
水之江政輝 : 「日本の畑地かんがい(中文)」 pp18.	1986年12月
水之江政輝 : 「畑地かんがいにおける経済的用水量(中文)」 pp13.	1986年12月
水之江政輝 : 「畑地における用水の多目的利用とスプリンクラ(中文)」 pp17.	1986年12月
水之江政輝 : 「畑地用水の多目的利用と自動化(中文)」 pp32.	1986年12月
水之江政輝 : 「施設園芸における用水と自動化(中文)」 pp20.	1986年12月
水之江政輝 : 「農業における地熱利用(中文)」 pp20.	1986年12月
省水利科学研究所 : 「コンクリート高能率減水剤SM(中文)」 pp15.	1988年12月

④ また、研究成果の一部については、農業用水の反復利用など、農家段階へもすでに普及しはじめているものもある。

(5) 日本への研修員の派遣(12名)

研修員総数24名の半分にあたる12名が本分野について日本で研修を受けている。研修員は、日本で学んだ基本技術をベースに、帰国後も各分野で修得した技術を活用している。

## (6) 主な技術移転事項

### I 電子計算機利用技術開発

- ・ BASIC言語による作物要水量の推定プログラム開発手法
- ・ シミュレーションによる低湿地河川の流出モデルの開発手法
- ・ IBM9370の基本ソフトによる水文統計のデータベースの構築
- ・ XYプロットによるメッシュデータの作図方法
- ・ 各種ライブラリープログラム、ファイルなどの利用法

### II かんがい技術開発

- ・ 土壌物理性測定法
- ・ 作物用水量の試験法
- ・ 蒸発散量の計算法
- ・ 定水位、定量パルス計数型ライシメータ地下給水装置による測定
- ・ サージフローかんがい法

### III 排水技術開発

- ・ 自記水位計の設置法、使用法、管理法
- ・ 降雨頻度分析
- ・ 土壌透水係数測定装置の改善
- ・ 力学量による土壌水分推定法
- ・ 水道メータパルス発信装置の作成、操作
- ・ 平衡型ライシメータの試作
- ・ 水没した排水管の流量測定法

### IV 土質材料試験技術開発

### V 寒冷低湿地施工方法の開発

### VI 凍害対策開発

### VI 展示圃場における実証試験

- ・ 暗渠排水施工法
- ・ もぐら暗渠施工法
- ・ 大型ポンプの保守・管理技術

## 5-4 プロジェクト実施の効果

本プロジェクトは三江平原地域の農業発展に資することを目的として開始されたが、基礎的研究を重視したプロジェクトであるため、研究成果が三江平原の食糧増産となって実現するには開発と普及という過程が必要となる。そのため、このプロジェクトは短期間で効果をあげるというより、長期的視点に立った効果発現をねらいとしていた。一方、プロジェクトの進捗においても、

種々の要因により、計画的な研究の進捗が難しい状況下にあった。

このように、本プロジェクトはその性格上、また、とりまく情勢から短期間で波及効果を発現するのは難しい状況にあったにもかかわらず、日中関係者双方の努力により相当の成果がみられている。たとえば、以下のようないくつかの高いレベルの効果がすでに発現している。

(1) 作物の単収増加の実証と増収技術の農家への普及

大豆、トウモロコシ、稲作において、品種、播種時期、施肥等の研究が進み、大幅な単収の増加（大豆：2.0トン/ha→2.8トン/ha、トウモロコシ：4.9トン/ha→6.6トン/ha、水稲：7.1トン/ha→7.9トン/ha）がすでに実証されている。また、関係機関の指導により、これら増収技術が農家に普及し始めている。

(2) 開発事業における技術的課題解決への貢献

本プロジェクトで研究されたかんがい技術、排水技術、施工技術、さらには農業用水の反復利用方式等が現在三江平原地域で実施中の開発事業の技術的な課題の解決に資している。

(3) 中国側研究者に対する研究のあり方、進め方等についての影響

中国側研究者に対して、①基礎的研究の重要性の認識及びそれと実用研究との関連付けの発想方法、②他分野あるいは従来の研究成果と今後の展望をふまえた研究課題の適切な位置付け方、③問題発見、その処理方法及び成果のとりまとめ方と活用方策、さらには、④研究への態度、等の点でよい影響を与えたと見られている。

(4) 研究論文の発表、栄誉の受賞等

この5カ年という短期間に若い研究者が育成され、また、すでに32編（低温冷害25編、水利開発7編）にのぼる研究論文が発表され、科学技術水準の向上に貢献している。さらに、科学技術振興のための成果奨励賞制度において、8編の研究課題が科学技術進歩賞を受賞している。

(5) 成果の波及等

また、上記の成果等については、研究誌への発表、講演会の開催等が十分に行われている。そうした経緯もあり、上記研究成果の中には、すでに普及段階に達し、直接農業生産力の向上に資しているものも少なくない。

以上のように本プロジェクトの実施により種々の効果が発現し始めており、今後、さらに実用技術の研究開発及び普及が進展すれば、三江平原地域の農業発展において相当の効果が期待できる。

## 5-5 プロジェクトの管理運営体制

(1) 本プロジェクトの中国側担当部局は、国家レベルで国家科学技術委員会、農業部、水利部、省レベルで省科学技術委員会、省水利庁、省農業科学院、さらには実施レベルで多くの試験研究機関にまたがっており、多数の関係部局からなり立っている。プロジェクトの実施に対して、これら多数の関係機関の意見調整が行なわれ、意志疎通が図られるなど、総合的な試験研究協

力体制がとられてきており、このようなことがプロジェクトの円滑かつ順調な進展に果たしてきた役割は高く評価される。プロジェクトの実施を契機として、各部局間の連携が一層密になってきたことは、プロジェクトの波及効果のひとつとして評価することができる。

関連して、日本側の協力によって整備された人工気象室、展示圃場、電子計算機等が低温冷害、水利開発の試験研究機関に共同利用されていることは、施設の有効利用が図られるとともに、両機関の研究協力等により、研究の相乗効果が期待できる。

- (2) 本プロジェクトの実施に関する中国側の運営経費については、施設の用地取得、建設、研究費等に対し適切な財政措置がとられており、また、人工気象室等の運営経費についても相当な配慮がなされている。このようなことから、中国側のプロジェクト運営に関する財政措置については十分な配慮が払われていると判断される。

農業関係部門の予算については、現在農業が重視されていることから、今後も前向きな予算措置がとられることが期待され、供与機材の維持管理費についても適切な予算措置がとられると考えられる。また、人工気象室の運営経費について、省レベルで計画的予算措置が検討されており、一方で一層の有効利用を図るための施設の拡充計画も検討されている。

- (3) 本プロジェクトは、①プロジェクトサイトが600キロメートルの広範囲に5カ所に分散していること、②カウンターパートが130名と多数に及ぶこと、③長期専門家が2カ所に分散して勤務していること、④中国側関係機関が多数に及ぶ等、一般的に考えれば、運営が極めて難しいプロジェクトになっている。しかし、このような状況に配慮して、以下のように通常の合同委員会だけではなく、各種の会議が開催され、複雑な運営が機能的に調整され、本プロジェクトは効果的・効率的に推進されている。

- 1) 合同委員会（メンバー：日本、中国）

R/Dに規定された内容で5回開催

- 2) 日中運営協議会（メンバー：日本、中国）

プロジェクトの運営や試験研究の成果と計画等について検討する会議で、48回開催

- 3) 専門家会議（メンバー：日本）

プロジェクトないしは長期専門家にかかる運営上の問題の連絡、検討、調整の会議で52回開催

このように本プロジェクトの運営体制が確立されてきたことは、日・中関係者双方のプロジェクトの計画的な運営に対する真剣な対処の現れであり、極めて高く評価される。

## 6. 結論及び今後の対応

### 6-1 評価の総括

- (1) 本プロジェクトは1985年9月20日のR/D署名により、三江平原地域の農業発展に資するという壮大な目標を持って協力が行われてきた。プロジェクトの立ち上がりには若干の時間を要したものの、その後、日・中関係者双方の熱意と努力と強い相互信頼関係により、これまでに多くの成果をあげ、プロジェクトは成功裡に進行している。
  - (2) 協力期間中に日本側によって人工気象室の設備類、展示圃場、中型電子計算機一式をはじめ、試験研究用機材等が整備され、また、中国側においても人工気象室、各試験場の建物等の整備が行われ、三江平原農業総合試験場としての試験研究環境がかなり整いつつある。一方、日本人専門家による中国側研究者への技術指導だけでなく、研究に対する取り組み方等の面での技術移転も進み、また、カウンターパートの日本での研修の効果も高く、熱心でかつ優秀な研究者が育成された。
  - (3) 研究活動では多くの成果が得られたが、その中で特に大きな成果としては以下のものがあげられる。
    - 1) 低温冷害研究
      - ① トウモロコシ、大豆、水稲の冷害発生頻度、冷害の型、冷害発生の規則性の解明
      - ② トウモロコシ、水稲の生育時期別の好適温度の確定と冷害指標の策定
      - ③ 品種、播種期、施肥など耕種法の改善とよりの確な計画栽培法の実施によるトウモロコシ、大豆、水稲の単収の増加
      - ④ 薬、組織培養における培地、培養法の開発と耐冷、耐塩系統の作出
      - ⑤ 白漿土と沈澱土層の混合による土壌の改良と作物増収効果の確定
      - ⑥ 水稲のいもち病の抵抗性の検定法の確立と耐病性品種の分類
      - ⑦ 大面積栽培における大豆の2.6トン/ha(目標)収穫技術の確立
    - 2) 水利開発研究
      - ① 電算機利用による、かんがい及び排水システムの開発
      - ② かんがい計画諸元値、かんがい必要度区分及び水稲の用水量の決定
      - ③ 温水池、迂回水路等による昇温機構の解明
      - ④ モミガラによる畑の暗渠排水方式の決定
      - ⑤ コンクリート減水剤の開発研究
      - ⑥ 水路、道路の凍害の発生原因の解明
      - ⑦ 低湿地用施工機械の性能把握と施工技術の向上
- 加えて、上記1)及び2)の研究成果の一部はすでに普及段階に達しており、三江平原地域の農

業発展に資するという当初の目標に向けて、すでにプロジェクトの効果が発現し始めているとみられる。

- (4) 本プロジェクトを構成している各関係部局が、プロジェクト活動を通して、三江平原地域の農業発展に資するという共通の目標をもって相互に協力し合ったことは高く評価される。
- (5) 本プロジェクトの実施を通して、相互の人的交流により日本と中国の友好を大いに高めることができたことは非常に喜ばしいことである。
- (6) このように、三江平原農業総合試験場計画は、プロジェクトを全体としてみると、満足すべき成果を収めているが、個別の課題を詳細に検討した結果、なお、主として次の諸点で残された課題がみられる。

#### 1) 低温冷害研究

- ① 白漿土と沈澱層の混層と心土破碎の効果の検証と現地大圃場への対応
- ② 低生産地土壌の理化学性改善のための有機物施用効果
- ③ 側条施肥の現地大圃場への栽培の技術化
- ④ 低温によるトウモロコシ、大豆の光合成、呼吸能力と冷害の研究
- ⑤ 移植、直播、投げ植えの現地大圃場における安全多収技術の確立
- ⑥ 目標収量4.5トン/haの大豆の収穫技術の確立

#### 2) 水利開発分野の研究活動

- ① 水文データベースシステムの構築及び解析システムの開発
- ② 最適かんがい方法の策定及び配水組織の研究
- ③ 排水模数決定の基礎研究としての人工降雨測定
- ④ 畑、水田、温水池及び井戸ポンプによる農業用水反復利用による水収支
- ⑤ 各種土壌条件下における低湿地の土壌蒸発散量の測定
- ⑥ 低湿地用機械の施工プロセス編成手法の確立

## 6-2 今後の対応

上記の調査結果を踏まえ、日・中合同評価調査団は本プロジェクトの終了後の方針について討議した結果、次の諸事項について、日・中両国政府、関係機関に提言することとした。

- (1) 三江平原農業総合試験場が三江平原地域の農業発展のための試験研究の拠点として、今後ともその機能を充実強化し、発展していくことが望まれる。そのためには農業部門と水利部門の一層の協力が不可欠である。
- (2) これまでの協力によって基礎研究の成果が蓄積されつつあり、今後は基礎研究を継続する一方で、三江平原地域の農業発展に資すべく実用研究を推し進め、具体的な波及効果の発現をも図って行くべきである。
- (3) プロジェクト活動において、研究成果がなお十分に得られていないと判断されたもののうち、



主として6-1-(6)に示された課題については、他分野同様、中国側の努力に基本的にまつべきものであるが、日本側としても可能な範囲で、専門家による指導助言、試験研究用機材の供与、またはカウンターパートの研修等、何らかの方策によって補強することが必要と考える。

- (4) 本プロジェクトの協力期間は1990年9月19日をもって終了するが、上記で述べた諸事項について補強するため、協力期間終了後引き続き1993年3月19日まで2年6カ月間のフォローアップを実施する必要があると判断する。

## 7. 教訓及び提言等

### 7-1 計画策定に関するもの

本プロジェクトは、種々の経緯があり、結果論とならざるを得ないが、暫定実施計画（TSI）及び同時に策定された詳細年次計画で定められた研究項目が広範にわたっており、プロジェクトの協力期間内で終了できる量であったのかどうかや疑問がもたれる面がある。このことは、各研究項目について、どこまで研究を実施し、どんなことが解明できればその項目は達成されたと判断するのか十分には明確にされていないこととも関係する。したがって、計画の策定にあたっては、たとえば、研究手法を中国側に技術移転し、その後の研究そのものは中国側独自で行うようにするという部分を明確にしておくのも一案であったと思われる。しかし、詳細年次計画で当初定められた研究の中・小項目は、実際にはプロジェクト側の判断で変更が加えられており、毎年開催された合同委員会の場において関係者が討議のうえ、翌年度実施する研究項目が決定されていた。また、日本人専門家及び中国側関係者の不断の努力があり、しかも計画自体にこのような弾力性があったため、プロジェクトとしては数多くの成果をあげ、成功裡に進行したといえる。

ただ、一般論として、今後、新規プロジェクトの計画を作成する場合には、プロジェクトの評価をも想定しつつ、より具体的な到達目標や、目標達成基準を定めておくことがいよいよ求められているということができよう。計画が硬直化することを避けるため、中間評価活動やそのフィードバックとしての計画変更の重要性も同時に増すとは言え、これまで以上に計画段階での綿密な検討が望まれる。

また、本プロジェクトにおいては、各種の事情もあり、暫定実施計画と詳細年次計画がプロジェクト開始後1年以上を経た1986年11月に作成されているが、5年間という限られた協力期間を有効に使うためにもより早い段階での具体的な計画策定が必要と思われる。

### 7-2 実施及び実施管理に関するもの

これまで第5章、第6章で述べてきたように、本プロジェクトは1985年9月20日に開始したが、長期専門家が派遣されたのは9カ月後の1986年6月20日であった。長期専門家派遣の遅れの理由は、専門家の人選の問題、冬季の厳しい気候への配慮などがあったと思われる。ただ、協力期間を5年間とし、5年間で終了することを前提として計画を作成するならば、このような空白期間はできるだけ避けるのが望ましい。その後も長期専門家に欠員が生じた時期があり、一般的に、プロジェクトの実施に際して専門家の人選は大きなネックとなっている。海外で十分に活躍できる専門家を必要なだけどのように確保するかということは、本プロジェクトに限らない問題であるだけに、新しい方策の検討など、何らかの対応策の強化が望まれる。

また、機材供与について言えば、プロジェクトの開始当初に人工気象室用機材、展示圃場造成用建設機械類を優先せざるを得なかったため、試験研究用機材の供与が遅れ気味であった。すべての場合に言えることであろうが、特に試験研究用機材の場合、その機材を使った試験研究や、使用法を含めた技術移転を行う期間が必要であり、プロジェクトの前半の段階で極力これらの機材が供与されるのが望ましい。

予算上の制約で、施設、建設用機材の購入を優先した以上、試験研究用機材を後回しにせざるを得なかった訳であるが、機材供与予算を5年間に均等に配布するのではなく、これまで以上にプロジェクトの立ち上がり時に重点的に機材を供与するなどの方策を取ることも検討されて良いと思われる。

### 7-3 評価活動に関するもの

#### (1) 評価の方式

かねてより議論があったことであるが、評価調査の結果をどのようなかたちで表現すべきか、今回の調査でも問題となった。これまで何度も述べてきたように、理想的には、プロジェクト開始時において、明確な目標、期間内に実施すべき事業内容、範囲、程度、そのスケジュールなどが定められているべきで、その上で、評価調査の「尺度」となる目標達成基準があり、はじめて客観的評価が可能となる。また、達成度を定量的に表すために、調査結果を極力数量化することが求められてきている。

しかし、現実には、そうした意味での客観的な評価方法の確立はなお非常に困難な面もあり、プロジェクトの性質によってその方法も異なってくる。今回の評価調査では、研究を活動項目としたプロジェクトであり、また、プロジェクト開始時の状況からして、何をもって研究が達成されたかを判断するのが難しいことから、調査結果の数量的表現は断念し、可能な限り広範な日・中双方の関係者間の討議等を通し、定性的に「～ができた」という表現で評価を行った。

#### (2) 合同評価

合同評価の評価実施方針はあらかじめプロジェクトに送付され、調査団の現地到着後、最初の合同評価会議の場において、双方で方針を再確認した。合同評価報告書の原案は双方が用意することになっており、中国側も草案は作成していたように見受けられたが、我々には提示されなかった。そのため、日本側の作成した原案をもとにして、修正を加えながら最終的な合同評価報告書が作成された。

このように、日中合同評価といいながら、どちらかといえば日本側主導の評価となっている。しかし、中国側と合同で評価をすることによって、プロジェクトの実績、成果等の整理が中国側独自でも行われたため、プロジェクト当事者はもちろんのこと、黒龍江省科学技術委員会、水利庁、農業科学院などの上部機関にとっても、自分たちのプロジェクトを見直す大変良い機会であったとの意見があり、「合同評価」に対して中国側は極めて肯定的な姿勢を示していた。

さらに、日中合同によって評価することは、これまで専門家、カウンターパート等双方のプロジェクト当事者が育んできた相互の信頼関係をさらに高める上で効果があったものと見られている。

#### 参考報告書一覧

中国三江平原龍頭橋地区農業開発計画事前調査報告書

昭和55年12月

中国農林水産業技術協力プロジェクトファイナディング調査報告書

昭和59年2月

中国三江平原農業総合試験場基本計画事前調査報告書

昭和59年9月

中国三江平原農業総合試験場基本計画実施調査最終報告書

昭和60年3月

中国三江平原農業総合試験場研究協力計画事前調査報告書

昭和60年7月

中国三江平原農業総合試験場計画実施協議調査報告書

昭和60年10月

中国三江平原農業総合試験場計画計画打合せ調査団報告書

昭和62年3月

中国三江平原農業総合試験場計画巡回指導調査（業務出張）報告書

昭和62年12月

中国三江平原農業総合試験場計画巡回指導調査報告書

平成2年4月