

結語と感想

中国東北地方、特に最北端の黒竜江省の冬は厳しくて長い。しかし、4月も半ばになると確実に待ち遠しかった春の息吹が蘇り、一目散に農繁期へと突入する。でも、農作物の播き付けに適した土壌状態に在ることは、むしろ稀である。(かんばつとロウ害が相半ばする)。短い夏の間、農作物も農民も懸命に稼ぐ。北国の太陽は予想以上にまぶしく、日射エネルギーは豊富である。昼夜の温度較差も大きく、病虫害も比較的少ないので農作物の生育には適している。しかし、その夏もアツと言う間に終わり、9月下旬には霜が降りる。生育遅延型の冷害の危険がイッパイである。低温冷害生理の研究は耐冷性品種の育成と共に今後益々強化しなくてはならない分野である。

長期日本専門家の着任が、R/D締結から9か月後となったうえ、研究推進大きな戦力となる人工気象室と展示圃場の完成がプロジェクト発足3年後となり、予算上の制約とはいえ各種分析・測定機器類の供与が大幅に遅延しているなどなどの原因から、なかなか、計画通りの試験・研究の遂行が出来ず、不本意な結果にとどまっている。今後、残されたプロジェクト期間には、後任の専門家の適切な指導のもと、加速度的な研究の進展をみることを確信している。

過ぎ去った3か年は、短くもあり、長くもあった。しかし、一貫して言える事は、種々困難な条件下に在りながらも、懸命な配慮を注ぎ続けて下さった、中国側関係諸先生方のお蔭により、大した故障も無く、至って快調に過ごす事ができたことに対する心からの、感謝である。機会があれば、再び三たび訪れたい気持ちで一杯である。

最後に、本プロジェクトの益々健全なる発展が中国農業ひいては世界人民の進歩に貢献することを祈念致します。

紙数の都合で収録しなかった、次の諸資料は直接、間接に本プロジェクトと密接な関連を持っています。

資料名	刊行年月日	ページ数
★ 中国三江平原竜頭橋典型区農業開発計画		
実施調査 最終報告書 第一分冊	1984年3月	1~328
同 第二分冊	同	

(農計技・CR(5)・84-23)

★ 三江平原農業総合試験場基本計画事前調査報告書	1984年9月	1～59
〔農計技・CR(3)・84-61〕		
★ 三江平原農業総合試験場基本計画 最終報告書	1985年3月	1～185
〔農計技・CR(5)・85-12〕		
★ 研究協力計画事前調査報告書	1985年7月	1～54
★ 実施協議調査報告書	1985年10月	～75
〔討議議事録及び覚書・英・日・中文〕		25～64
★ 実施設計調査(モデル圃場)報告書	1985年12月	1～136
★ 実施設計調査(人工気象室)報告書	1986年1月	1～176
〔第6章 人工気象室実施設計図面・A3縮小版〕		84～174
★ 計画打合せ調査団報告書	1987年3月	1～62
〔付属資料 1. 暫定実施計画・英・日・中文〕		23～34
2. 詳細年次計画		37～46
3. 展示圃場造成工事に係るR/D追記・英・日・中文		47～51
4. 展示圃場用地に係る確約書		53～57
5. 調査団派遣経緯)		59～62
★ 巡回指導調査(業務出張)報告書	1987年12月	1～59
〔排水・寒冷低湿地施工〕		5～14
大豆		15～34
プロジェクトの進捗状況		35～46
追加暫定実施計画(I-1-5-(2)「大豆の安全 多収栽培法に関する研究」をR/Dに追加著名・1987年 12月17日・JICA45F南第6会議室)		47～56
付属資料 1. 1987年10月現在 中国側研究組織機構, 人員配置		57
2. 七星河黒魚泡(湖)		58～59
3. 853農場)		～59
★ 全体会議資料		
1986年度研究計画(案)	1986・8・5	1～12

	1986年度研究計画	1986・11・10	1～5
★	1987年度合同委員会資料		
	1986年度成果概要	1987・4・22	1～7
	1987年度研究計画	同上	1～9
★	1988年度合同委員会資料		
	1987年度経過	1988・4・5	1～5
	1987年度研究成果概要	同上	1～8
	1987年度計画	同上	1～10
★	1989年度合同委員会資料		
	1988年度経過	1989・3・30	1～8
	1988年度研究成果概要	同上	1～11
	1989年度研究計画	同上	1～10
★	第16回農林水産業協力プロジェクト		
	リーダー会議資料〔ジャカルタ〕	1987・2・18	1～70
	(プロジェクト活動報告書・三江平原農総試プロジェクト)		3
★	第17回農林水産業協力プロジェクト		
	リーダー会議資料〔クアラルンプール〕	1988・2・9	1～74
	(プロジェクト活動報告書・三江平原農総試プロジェクト)		3
	1988年度事業計画		
	個別協議用資料		
	1988年度受け入れ研修員計画		
	機械供与年次計画		
	本プロジェクトの概要・推移・特徴・供与機材額の推移		
	専門家派遣要望一覧		
	(任国に於けるプロジェクトの位置付け)		
★	第18回プロジェクト・リーダー会議資料〔東京〕	1989・1・30	
	(リーダー昼食会・久保リーダー発表内容要約		4～6
	特別議題1. 国内支援体制のあり方		
	2. プロジェクト評価の方法とフィードバックのあり方		16
	プロジェクト活動報告書・三江平原農総試プロジェクト)		16

★ 坪井リーダー：国家計画「三江平原総合開発」の実態

この国家計画と我々プロジェクトとの関係を中心に

1987・2・8 1～4

★ 中国・黒竜江省搾油用大豆栽培開発協力

基礎二次調査団報告書

1987年9月 1～260

[農計技・CR(2)・87-37]

Ⅱ 水之江政輝（かんがい）

派遣期間 昭和61年6月20日

～平成元年10月31日

目 次

1. はじめに	93
2. 三江平原開発の経緯と龍頭橋モデル区開発構想	94
3. 業務概要	96
4. 研究課題の策定と研究の流れ	102
4. 1 研究課題暫実施計画の作成	102
4. 2 研究計画流れ図の作成	102
4. 3 研究組織と業務分担	110
5. 研究成果の概要と問題点	112
5. 1 研究成果の概要	112
5. 2 最終とりまとめ(案)	118
5. 3 研究推進上の問題点	119
6. カウンタパートへの技術移転	121
6. 1 技術移転の対象と範囲	121
6. 2 技術移転の手法	121
6. 3 技術移転の成果	121
7. 技術支援	123
7. 1 短期専門家による支援	123
7. 2 機材供与	123
7. 3 文献・資料の供与	123
8. 宿舎関係	124
9. むすび	126
〈付 録〉	
1. 研究項目別成果概要	129
2. 講義資料	143
I. 日本的旱地灌漑	144
II. 灌漑計画中の経済用水量	163
III. 旱田多目的用水及噴水器	176

IV. 旱作用水多目標利用与自動化	193
V. 設備園芸中用水及其装备化	223
VI. 地熱在农业（特別是設施園芸）上的利用	243
— 日本地熱利用的現狀和問題 —	

1. はじめに

中国政府は、三江平原を商品食料基地と位置づけ、その建設モデルとして宝清県龍頭橋典型区での開発調査を計画した。日本政府は1981年から3か年この調査に協力し報告書を提出した。私はこの間かんがい専門家として4次（1次1981年8月17日～11月7日、2次82年3月31日～4月19日、3次同年7月1日～9月1日、4次83年8月1日～8月31日）に亘る現地調査と開発計画書の作成にあたった。

この調査で、開発の基礎として滞水の害、干害と冷害の防止を中心とする基礎的な試験研究の必要性が提起された。そのため水利部門では水利科学研究所と宝清三江水利試験站を拡充することが両国政府間で協議され、その結果、三江平原農業開発の技術的推進拠点として「三江平原農業総合試験場」を設置し、日本国はこの試験場の試験研究をプロジェクト方式で技術協力することになり、1985年9月20日日中両国政府代表の間で討議議事録（R/D）に署名が行われ、5か年の予定で正式に発足した。

私は1986年6月20日から1989年10月31日の間長期専門家としてかんがい分野の研究協力にあたった。ここに業務の概要を報告します。

2. 三江平原開発の経緯と龍頭橋モデル区開発構想

いま、中国は21世紀をめざして4つの現代化（農業、工業、科学技術、国防）を進めており、なかでも農業を基礎として軽工業、重工業など産業全般を発展させる方針をとっている。

こうしたことから11億国民の食料確保や貿易拡大のため、商品食料（米、小麦、とうもろこし）の増産に力を入れ、その生産基地として三江平原など10数か所を選んで開発を推進することになっている。

とくに三江平原については、①土地が広いこと、②土壌が肥沃なことなどから、大規模機械化営農を前提とした圃場基盤の整備を行えば、食料の飛躍的増大がはかれるとして1981～1985年の経済発展計画では優先的に開発をすすめる方針をたて、さらに87年にはこれを国の重点建設プロジェクトに組み込み、第6期5か年計画の投資総額に相当する6200万元（1元=35円）を単年度に投入した。

三江平原はその名のとおり、黒龍江、松花江、ウスリー江の三大河川に囲まれた地域であり、その面積は約10.4万km²で、北部及び東部はソ連と国境を接しており、南部は一部（1/3）に山岳部（完達山脈）があるが、大部分（2/3）は傾斜の極めてゆるい平原である。

解放前の農地は約80万haにすぎなかったが、朝鮮戦争後（1956年）王震元副総理の率いる約10万の解放軍が入植したことから開発が本格化し、現在約300万haの農地が造成されている。特に1975～79年に至る5か年間の記録的な干ばつ（寡雨）で湿原が大きく後退したこともあって開発が急ピッチで進展した。

しかし、これらの土地はただ開墾によって農地になっただけで、かんがい排水施設、農道等の土地基盤は未整備のままである。

このため、現状では“十春九旱、十秋九涝”つまり10年に9回の春干ばつと10年に9回秋にロウ害（水湿害）をうけ、極めて不安定な作柄となっている。

中国政府は、“商品食糧基地”建設の最優先地域として三江平原をとりあげ、既耕地300万haの改良整備と現況の荒地や河川敷など200万haのうち100万haの開墾を行ない、合せて400万haを優良農地として整備する計画を進めている。

導入作物には小麦、大豆、とうもろこし、高粱、水稲を予定しており、商品食糧の生産増強という観点にもとづいて、営農方式は大規模機械化農法を目標に、他地域からの

入植を考えないで、労働生産性の高い農業の確立を考えている。

龍頭橋モデル区の計画は、中国側の要請では、ウスリー江の支流撓力河中流域の湿地帯にかんがい排水を主とするモデル区（約4万ha）を設定して、三江平原地域におけるモデル的な農業開発をしようとするもので、計画の概要は次のとおりである。

① 治水、利水用貯水池の建設

貯水池容量：4.4億 m^3

かんがい：約4万ha

洪水防止：約8万ha

発電：約4,500KW/h

② モデル区域かんがい排水施設の整備

かんがい面積：約4万ha

幹線用水路：約115km

耕地内排水面積：約3.5万ha

③ 関係河川の堤防改修：約50km

④ モデル区内道路整備：約200km

⑤ モデル区内の緑化：約5,400ha

⑥ 居住地域の整備：4か所

⑦ その他

これらは中国側の要請をもとに計画したものであるが、1981年以降4次にわたる現地調査の結果にもとづいて変更を加えたものもある。

3. 業務概要

主要業務、主な成果、問題点、技術移転、並に会議その他に区分し、4半期別に整理して表-1に示した。研究業務については対象現場が遠隔地であること、圃場試験の基盤である実験展示圃場の造成工事が一年近く遅れたこと、供与機材の不足と供与時期の遅れ等で当初計画より一年程度の遅れで進行中である。

表一 1. 4 半期別主要業務, 主な成果・問題点ほか

主 要 業 務	主 な 成 果 及 問 題 点	技 術 移 転	会 議 そ の 他
<p>1986年度 第2・4半期 (7~9月)</p> <p>1. 着任 (6.20) に伴う関係機関表敬 2. 暫定実施5か年計画関係資料作成 3. 運営協議会資料作成 4. 関連試験研究機関 (施設) の見学と意見 交換 (哈尔滨工大, 工程力学研究所, 東北農 学院, 肇州及依蘭灌溉試驗站等 5. 二龍山水庫及灌溉区見学</p>	<p>1. 関連試験研究機関の見学によって試験研 究の現状と問題点が把握できた。 2. 作物用水量の測定法並に灌溉方法等基礎 実験の一部について関連機関と合作研究 することによって意見が一致した。</p>	<p>1. 水田水温の観測並にデータ解析について 助言した。 2. テンシヨメータの製作, 埋設, データ解 析等について指導</p>	<p>・運営協議会 (7/25~26) ・常務会議 (5回) ・日中全体会議 (2回) ・全員会議 (5回) ・国際ホテル→船舶学院へ引越 (7/1) ・船舶学院→西宿舎へ引越 (9/28)</p>
<p>第3・4半期 (10~12月)</p> <p>1. 暫定実施計画打合せ調査団用資料の作成, 現地調査への同行 2. 既往研究成果の整理・検討 3. 職員を対象としたかんがい技術について の講義 (1週間) 4. 大連市農業科学研におけるかんがい施設 の調査並に資料の集収 (10/9) 5. 87年度試験計画検討 6. 水利専門学校で講義 (三江平原における 水利開発) 11/21, 受講者 230名</p>	<p>1. 既往の試験成績11篇の分析によって研究 成果の概要が把握できた。 2. 広範囲の受講者を対象とした講義のため ポイントがホケた。今後は初心者と研究 者に分けて講義を進めたい。 3. 身近なところに実験室がないため問題を 生じたときに実験によって確かめることが できない。</p>	<p>1. 経済用水量試験法の具体案を示し次年度 設計の参考とした。 2. 各種かんがい方法の数値決定法について 例題をもとに指導した。 3. 水温データ解析法について助言</p>	<p>・常務会議 (5回) ・専門家会議 (3回) ・実務者会議 (1回) ・合同委員会 (暫定実施5か年計 画調印)</p>
<p>第4・4半期 (1~3月)</p> <p>1. 86年度試験成績取りまとめ 2. 87年度研究計画の作成 3. 全体会議合同委員会資料の作成 4. FAO資料 (かんがい部門) 整理 5. 健康管理旅行 (3/19~4/5) シンガ ポール他</p>	<p>1. パンマン法によってE.T.の数値計算を 宝清他3地点について行ない, 1971年か ら80年に至る推移を明らかにした。 2. 気象資料の不足 (例えば最高湿度, 風速 の夜・昼比, 雲量等) により計算の一部 に支障を生じた。</p>	<p>1. パーシャルフルーム, テンシヨメータの 製作・使用方法について指導 2. ラインメータにおける各種観測施設の設 置と観測・解析方法を解説 3. E.T.の計算方法について助言</p>	<p>・全体会議 (2日間) ・常務会議 (3回) ・専門家会議 (1回)</p>
<p>1987年度 第1・4半期 (4~6月)</p> <p>1. 日中合同委員会 (4/22) 出席 2. E.T.算定に必要な気象資料集収 3. テンシヨメータ (100本), パーシャル フルーム (3個), 三角堰 (3個) 製作</p>	<p>1. 日々計算法とFAO法による有効雨量値 は多くの年で近似した。 2. 完成品として日本から供与したテンシヨ メータ(は正常に作動したが, ボーラス</p>	<p>1. テンシヨメータの製作, 埋設, 観測方法 について指導 2. 土壌の実谷積測定法とデータ解析法の学 習</p>	<p>・合同委員会 (1日間) ・専門家会議 (6回) ・常務会議 (1回)</p>

主 要 業 務	主 な 成 果 及 問 題 点	技 術 移 転	会 議 そ の 他
<p>4. ボーダかんがい基礎実験 5. 有効雨量計算方法検討 6. 土壌-植物-大気系における水分動態の研究手法について石田短専と協議</p> <p>第2・4半期(7~9月)</p> <p>1. サージフローシステム圃場適用試験 2. 作物体内水分状態(プレッシャーチャンバ法、気孔開度測定法)の測定と結果の解析 3. ラインメータ内地中温度の測定 4. 吸引法、加圧板法、蒸気圧法による土壌水分特性値の測定 5. 不飽和土壌における水分移動の測定 6. 研究計画流れ図作成 7. 清華大学水利工程系、農田灌溉研究所(新郷)見学 8. 休暇による一時帰国(9/11~10/10)</p> <p>第3・4半期(10~12月)</p> <p>1. 不飽和透水測定器(86年度供与)の組立と測定 2. 圧膜抽出装置No.100及No.1500(87年度供与)の設置と実験開始 3. 87年度研究成果とりまとめ ① ラインメータ内土壌水分の挙動、特に地下水からの補給量の解析 ② サージフローシステムの各種効率特性 ③ 水田並に迂回水路の昇温効果の解析ほか 4. 全国散水かんがい研修会(武漢水利電力学院)に講師として参加</p> <p>第4・4半期(10~12月)</p> <p>1. 熱研提出用成履概要書作成 2. 87年度研究成果(7篇)とりまとめ</p>	<p>カップ以外を現地で調達のテンションメータは気泡の発生等のため測定に支障を生じた。 3. ボーダかんがいの基礎実験圃場勾配の整備不足で十分な成果が得られなかった。</p> <p>1. 各種土壌の物理測定における試料調整、装置の操作など実験全般にわたる手法を確立 2. テンションメータのデータ解析から水分の移動方向が明らかになり興味を与えた。 3. 石田短専のレクチャーによって土壌物理実験への研究意欲が萌芽した。 4. 展示圃場は地形、土壌からみて特殊であり、一般地を対象とした試験は他地区で行わざるを得ない。</p> <p>1. 急速乾燥法による不飽和透水係数の測定法を実用化できた。 2. マトリックポテンシャル(ψ_m)と水理ポテンシャル(ψ_h)から水理ポテンシャル勾配を求めることができ、かんがい後における土壌水分挙動の一部が明らかとなった。 3. 全国散水かんがい研修会への参加によって中国における散水かんがいの現状と問題点を把握することができた。 4. かんがいの方法別試験方法の確立</p> <p>1. 用水量の計算方法ほか6篇の研究報告書を取りまとめた。</p>	<p>3. シリンダイナミック・レート測定法の指導</p> <p>1. 土壌物理実験に必要な器具の製作、試料の調整、装置の操作、結果の解析等を石田短専の協力を得て指導 2. サージフローシステムの試験方法、結果の解析について指導 3. 土壌断面調査法の学習</p> <p>1. 中有を清 大学に派遣し圧膜抽出装置による試験方法を習得させた。 2. テンションメータのデータ解析をとおして土壌中における水分移動の理解をはかった。 3. 加圧膜法によるP.F.~水分測定法の習得をはかった。</p> <p>1. かんがい後における土壌水分の挙動についての解析方法を指導</p>	<p>・ 常務会議 (2回) ・ 専門家会議 (2回) ・ 班長会議 (2回)</p> <p>・ 常務会議 (1回) ・ 専門家会議 (2回) ・ 班長会議 (3回)</p> <p>・ 全体会議 (2日間) ・ 常務会議 (4回)</p>

主 要 業 務	主 な 成 果 及 問 題 点	技 術 移 転	会 議 そ の 他
3. 88年度研究計画作成 4. 日中全体会議資料の作成並に全体会議出席 5. 排水模数委員会を組織 6. 排水模数シンポジウム (第1回) 出席 7. 畑地農業振興会からの依頼原稿とりまとめ 8. 合同委員会資料作成	2. この中でサージフロッシステムは三江平原地域の地表かんがい法として有効に適用できることが明らかになった。 3. 粘質土を対象とした不飽和透水係数の測定には急速乾燥法が適当である。 4. かんがい必要度区分図の作成が大幅に遅れている。	2. 88年度試験設計の立案について助言 3. マトリックポテンシャルのデータ整理とかんがい計画への利用方法について助言	<ul style="list-style-type: none"> ・ 専門家会議 (5回) ・ 全体会議 (1回) ・ 排水模数シンポジウム (2日間) ・ 農業科学院招待所へ引越し
1988年度 第1・4半期 (4～6月) 1. 日中合同委員開催 (4/5) 出席 87年度成績概要、88年度研究計画を原案通り承認 2. 排水模数シンポジウム (第2回) 出席 3. 中型スプリングラ (ES-30F) 性能試験 4. 借用圃場 (サージフロッシステム) 基礎条件整備 (6.5畝) 5. かんがい技術について講義 (東北農学院 4/18～21) 受講者80名 6. 上向き補給量測定装置の試作 (6基) 7. 実験用諸器材の点検整備	1. ES-30Fの適性配置間隔並に散水強度、かんがい効率等の設計値が明らかになった。 2. 農学院の講義を通じて農田水利系学生の知識水準が概ねわかった。 3. 高地下水位のため、かんがい必要度の低い展示圃場内での経済用水量の試験には無理がある。	1. 散水装置の性能試験方法とデータ解析法を実験を通して指導した。 2. 地下水補給装置の試作について助言を与えた。 3. 現場透水試験装置並に土壌抵抗測定器の取扱い方法とデータの解析方法を指導した。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 合同委員会 (1日間) ・ 常務会議 (4回) ・ 専門家会議 (1回) ・ 排水模数シンポジウム (1日間) ・ 講義 (東北農学院 4日間)
第2・4半期 (7～9月) 1. 計測機器の点検・整備 2. エキスパートシステム (最適かんがいシステム選定のための) 検討 (電算班と共同) 3. 巡回指導調査団の調査 (宝清、佳木斯) に随行 4. 地表かんがい (ポータ、サージフロッシステム) 試験 5. 蒸散流速の測定 6. 研究計画流れ図作成 (土質、凍害、施工分野)	1. エキスパートシステムの導入で最適かんがい方法選択のメドがたつた。 2. 水～収量関係の解析によってコムギ栽培における経済用水量の目安を得た。 3. 工具類の不足によって計測器の保守・整備に支障を生じた。	1. サージフロッシステムの試験方法並にデータ解析法の習得をはかった。 2. 蒸散流速の測定法とデータ解析について習熟をはかった。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 常務会議 (1回) ・ 専門家会議 (3回) ・ 全体会議 (1回)

主 要 業 務	主 な 成 果 及 問 題 点	技 術 移 転	会 議 そ の 他
<p>第3・4半期(10~12月)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 展示圃場竣工式並に圃場運営会議 2. 88年度試験成績取りまとめ(7項目) 3. かんがい必要度区分の検討 4. 土層断面における根群分布調査 5. スプリンクラー性能試験(中国製中間圧) 6. 熱研提出用成績概要表作成(2篇) 7. 水利科学研究所30周年記念並に新庁舎竣工式 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 展示圃場造成工事の完成によって試験の基盤条件が整備できた。 2. ライシメータのデータ解析によって大豆の水分消費特性がほぼ明らかになった。 3. 停電により土壌物理についての実験が全面的に遅れた。 4. 試験現場が遠隔地(宝清)のため情報の入手に手違いを生じた。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. E T crop並に降雨不足量算定方法を指導した。 2. 試験結果とかんがい施設及び事業との関連について解説した。 3. サージフロースステムの実用化について助言した。 	<ul style="list-style-type: none"> ・常務会議(2回) ・専門家会議(2回) ・全員会議(1回) ・パスポート盗難
<p>第4・4半期(1~3月)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 88年度研究成果とりまとめ(11篇) 2. 89年度研究計画作成 3. 全体会議並に合同委員会用資料作成 4. 日中専門家による全体会議(3/1~2)に出席 5. 日中合同委員会(3/30)出席 6. 健康管理旅行のため出国(1/7~21)シンガポール、バンコク、ホンコン 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 大豆の水分消費特性ほか10篇の成績概要書をまとめた。 2. 気象特性からみたかんがい必要度区分図(一部)の作成で必要度の地域区分が明らかとなった。 3. 中国製スプリンクラーの性能特性が明らかになった。 4. 代表土壌のかんがい適用値が明確になった。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. かんがい必要度区分図作成の意義と作成方法について助言した。 2. 89年度試験設計の立案について指導した。 3. かんがい事業における計画、設計の手順と方法を解説した。 	<ul style="list-style-type: none"> ・全体会議(2日間) ・合同委員会(1日間) ・常務会議(3回) ・専門家会議(5回) ・事務所移転(3/9)
<p>1989年度 第1・4半期(4~6月)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 89年度試験設計最終協議 2. 地下水位別自動給水装置(3基)の試作と設置 3. 計測機器の点検整備 4. 試験圃場の公配等基盤条件の整備(借用地6.5畝をサージフロート試験用として) 5. 既往データ(プロジェクト発足以来)の総合取りまとめ 	<ol style="list-style-type: none"> 1. かんがい必要度マップの大半をまとめたこのマップはかんがい計画の樹立上有益である。 2. 砂質土壌では長うねによる地表かんがいは不適とされて来たがサージフローステムの適用で比較的高効率での適用が可能となった。 3. 計測機器並に各種施設の保守管理体制が適当でない。 4. 畑地かんがい用加圧ポンプの故障処理 	<ol style="list-style-type: none"> 1. ポット栽培におけるSPAC試験の設計について助言を与えた。 2. 経済用水量試験におけるかんがいの処理並に栽培管理について指示した。 3. 温水池の水温観測装置の設置と観測方法等を指導 	<ul style="list-style-type: none"> ・専門家会議(3回) ・全員会議(2回) ・班長会議(1回) ・天安門事件 ・奈良専門家帰国 ・宿舎移転(6/23)
<p>第2・4半期(7~9月)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. サージフローステム適用試験 2. 大型散水器PY-40(国産)性能試験 3. 地下水位別上向き補給量の測定 	<ol style="list-style-type: none"> 1. サージフローステムの適用性が明らかになった。 2. PY-40型散水器の最適配置間隔が明確 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 現場透水試験装置の取扱い並にデータ解析の指導 2. 土層内水収支計算について助言 	<ul style="list-style-type: none"> ・専門家会議(2回) ・吉林省農業科学院訪問 ・吉林省水利科学研究所訪問

主 要 業 務	主 な 成 果 及 問 題 点	技 術 移 転	会 議 そ の 他
<p>4. 小麦区を対象とした土壌内水収支計算 5. 現場透水係数の測定 6. 既往データの総合とりまとめ 7. 吉林省農業科学院、同水利科学研究所視察 8. 延寿県東明灌区水稻灌溉試験占、試験施設調査</p>	<p>となつた。 3. 土壌内水収支計算によって小麦作における時期用水量が明らかになつた。 4. 地表かんがい用試験圃場についてはレーザマシン等による圃場勾配の再修正が必要である。 5. 温水池への給水井戸の揚水量不足の解消をはかる。</p>	<p>3. かんがい必要度区分図の作成と事業計画への適用についての助言</p>	

4. 研究課題の策定と研究の流れ

4. 1 研究課題暫定実施計画（案）の作成

三江平原農業総合試験場基本計画実施調査最終報告書（85. 3）の内容を受けて日中相互間で慎重に協議の上、研究内容を表-2のように整理し、さらにこれをもとに1次案（86. 7. 25）として中項目10, 小項目27を策定した。この案は日中全体会議（同8. 5）によって中項目7, 小項目13に再調整され、合同委員会の承認を得て表-3のように確定した。

4. 2 研究計画流れ図の作成

- ① 研究の全容を把握し、効率的な推進をはかるため初歩的な流れ図（図-1）を作成した（86年10月）
- ② 研究項目相互の関係をより明確にし、年次別進捗等研究管理の適性化をはかるため前記流れ図（図-1）を改め最終案（図-2）を作成した。現在はこの流れ図にもとづいて研究を進めている。

研究項目別進捗状況を整理すると凡そ次のようになる。

研究項目	進捗率
畑作物の水分消費特性（時期別用水量）	85%
水稲作の時期別用水量	85%
土壌水分動態	80%
かんがい計画諸元値	90%
かんがい方法別適用技術の確立	80%
かんがい必要度区分	90%
かんがい水温	70%
広域配水組織	5%

広域配水組織を除いた進捗率は凡そ85%とみて良い。ただ、温水池の昇温効果測定のように水源ポンプの容量不足で当初計画の実験ができないもの、短専派遣の遅れで手のつけられないもの（配水組織）などがあり、これらへの対応が今後の課題として残る。

表一2 研究課題暫定実施計画(案) 1986-8-5

研究課題	研究項目	年次計画					研究内容	専門分野	実施機関	協力機関
		85	86	87	88	89				
かんがい技術開発	1. 作物用水量に関する研究						消費水量の測定(算定)手法を明らかにし水稻小麦、大豆、とうもろこし等の時期別用水量並に経済的用水量の決定をはかるほか、水稻作について保温面からみだ灌水深を明らかにする。	かんがい	<ul style="list-style-type: none"> 水利研究室 かんがい排水研究室 農業水利実験室 宝清三江水利試験所 	<ul style="list-style-type: none"> 水利科学研究所 低温冷害研究所
	2. かんがい計画諸元に関する研究						主要作物を対象に土壌タイプ別に有効根群域及び土壌水分消費型を決定し、併せて下方からの補給量と凍結層が土壌水分の動態に与える影響を究明する。			
	3. 合理的かんがい方法及び配水組織に関する研究						畑作物を対象にかんがい方法別に適用値を求め、作物と土壌、地形との関係で適用区分を行う。水田かんがいについては、温水池による水温上昇効果と保温対策としての水管理方法を検討しそれぞれに対する合理的配水システムを開発する。			

表-3 研究実施項目

研究課題	研究項目	中項目	小項目	項目	期間	実施機関	
II かんがい技術開発	1. 作物別用水量に関する研究	1) 畑作物の水分消費特性に関する研究 2) 水稻作かんがいにおける時期別用水量試験	(1) 作物別用水量の測定と計算方法の研究 (2) 土壌-植物系における水分移動に関する研究 (3) 作物別水-取量関係特性の検討	(1) 作物別用水量の測定と計算方法の研究 (2) 土壌-植物系における水分移動に関する研究 (3) 作物別水-取量関係特性の検討	86~90 87~90 87~90	三江水利研究室 宝清三江水利試験站	
			(1) 時期別かんがい用水量試験	(1) 時期別かんがい用水量試験	87~90		
	2. かんがい計画諸元に関する研究	1) 寒冷地における土壌水分動態に関する研究 2) かんがい計画諸元値の策定	(1) かんがい下における作物別土壌水分消費型の研究 (2) 地下水位及び土壌条件が水分補給量に与える影響についての調査 (3) 凍結層の春干・春 にかんがいの影響と発生頻度に関する調査研究	(1) かんがい下における作物別土壌水分消費型の研究 (2) 地下水位及び土壌条件が水分補給量に与える影響についての調査 (3) 凍結層の春干・春 にかんがいの影響と発生頻度に関する調査研究	(1) かんがい下における作物別土壌水分消費型の研究 (2) 地下水位及び土壌条件が水分補給量に与える影響についての調査 (3) 凍結層の春干・春 にかんがいの影響と発生頻度に関する調査研究	87~90 87~90 87~90	三江水利研究室 宝清三江水利試験站
			(1) かんがい計画諸元値と気候特性からみたかんがいの必要度区分の策定 (2) かんがい計画諸元値の策定	(1) かんがい計画諸元値と気候特性からみたかんがいの必要度区分の策定 (2) かんがい計画諸元値の策定	(1) かんがい計画諸元値と気候特性からみたかんがいの必要度区分の策定 (2) かんがい計画諸元値の策定	86~90 89~90	
			(1) かんがい方法別適用値の策定と適用区分 (2) 迂回水路等導水方法による昇温効果の測定と解析 (3) 配水組織の研究	(1) かんがい方法別適用値の策定と適用区分 (2) 迂回水路等導水方法による昇温効果の測定と解析 (3) 配水組織の研究	(1) かんがい方法別適用値の策定と適用区分 (2) 迂回水路等導水方法による昇温効果の測定と解析 (3) 配水組織の研究	(1) かんがい方法別適用値の策定と適用区分 (2) 迂回水路等導水方法による昇温効果の測定と解析 (3) 配水組織の研究	
	(1) かんがい方法別適用値の策定と適用区分 (2) 迂回水路等導水方法による昇温効果の測定と解析 (3) 配水組織の研究	(1) かんがい方法別適用値の策定と適用区分 (2) 迂回水路等導水方法による昇温効果の測定と解析 (3) 配水組織の研究	(1) かんがい方法別適用値の策定と適用区分 (2) 迂回水路等導水方法による昇温効果の測定と解析 (3) 配水組織の研究	(1) かんがい方法別適用値の策定と適用区分 (2) 迂回水路等導水方法による昇温効果の測定と解析 (3) 配水組織の研究	86~90 89~90 87~90 89~90		

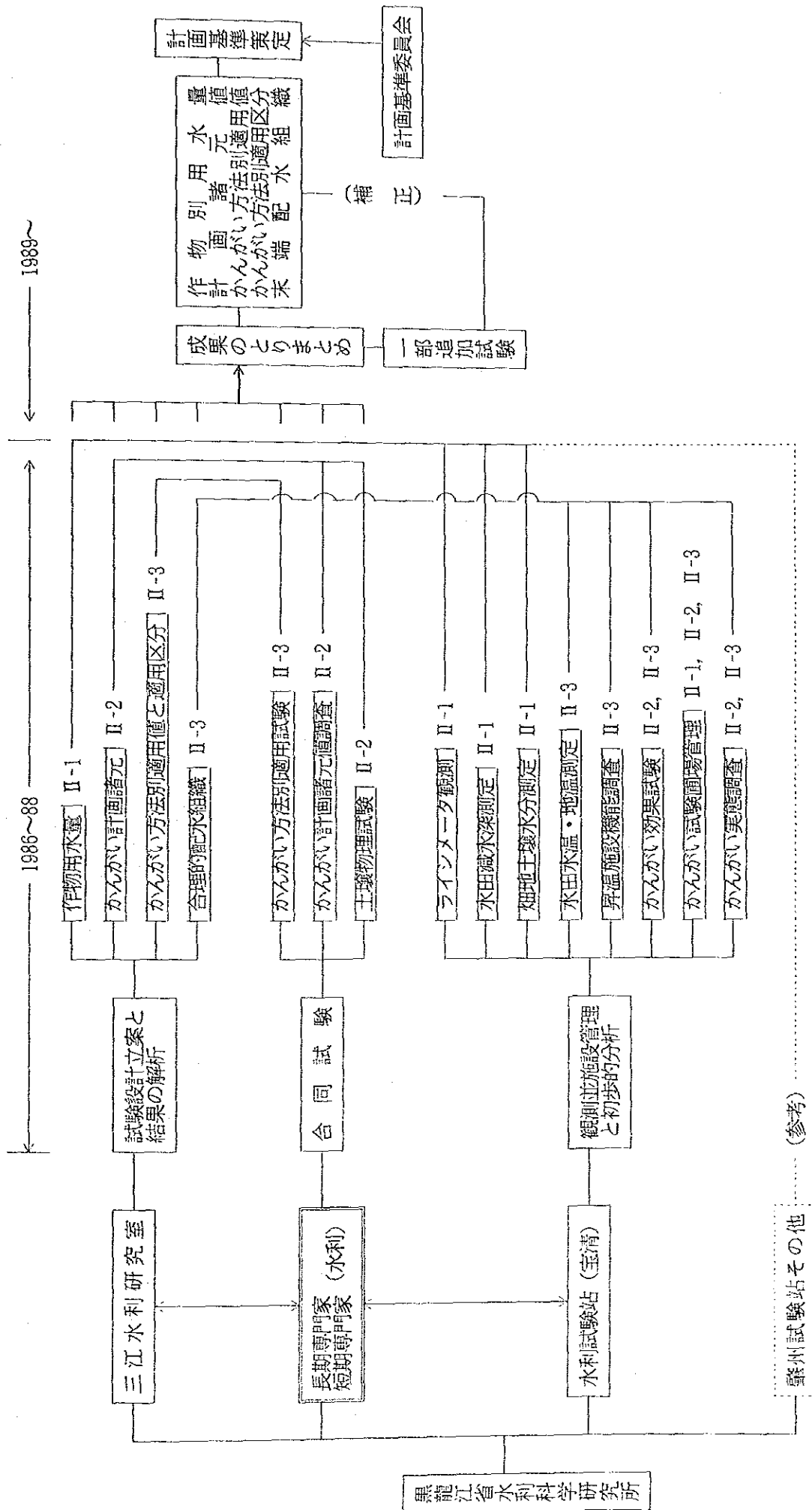
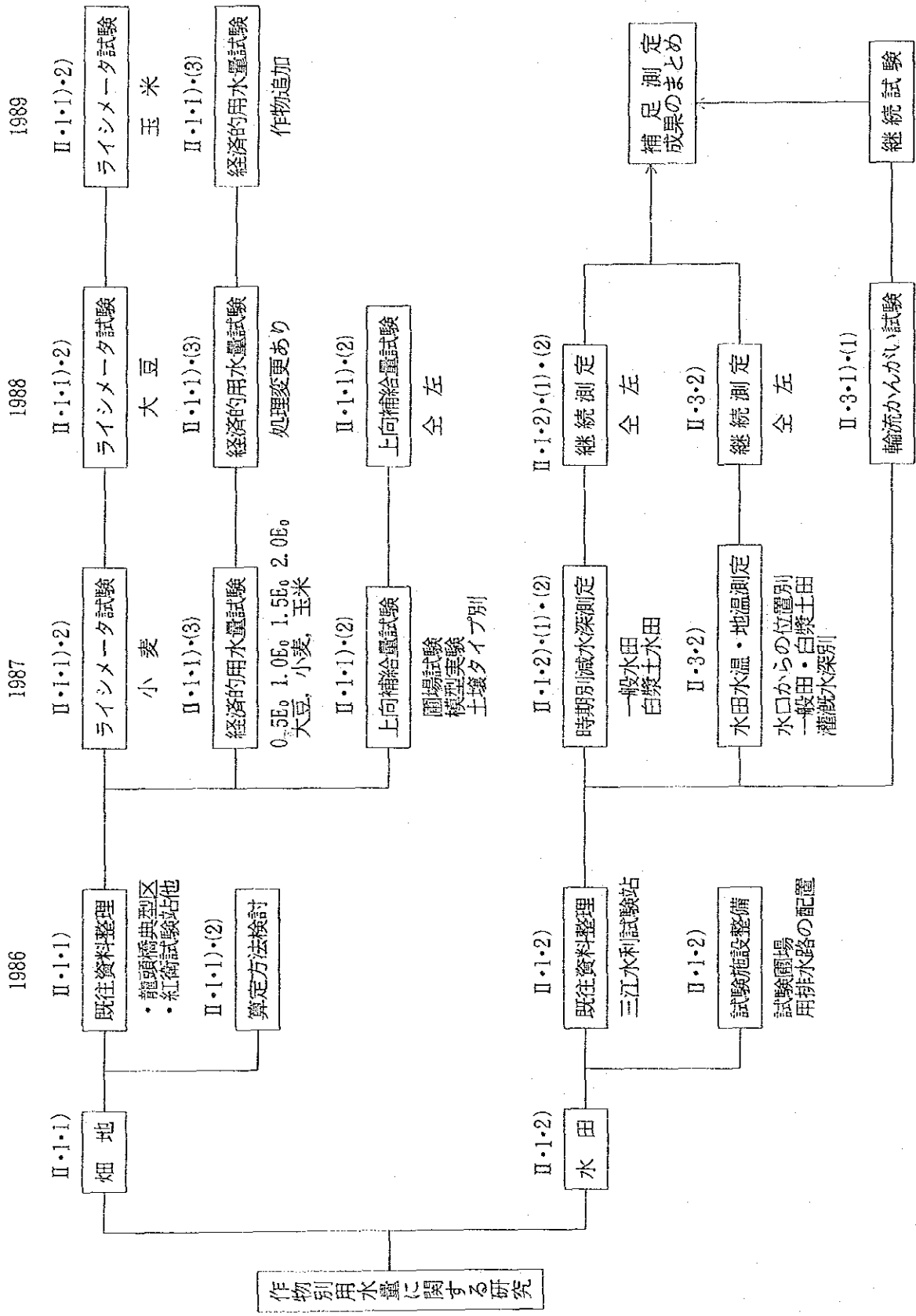
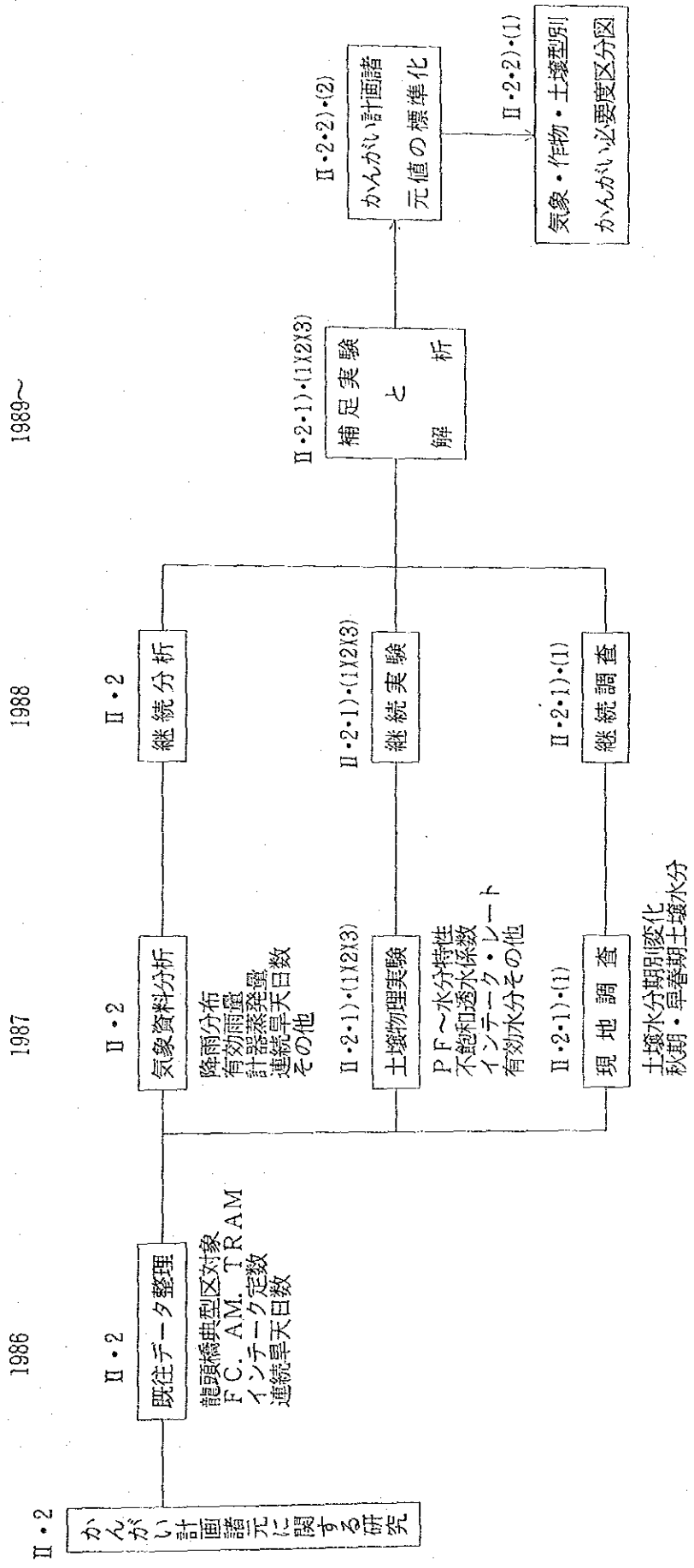


図-1 かんがい分野における研究計画の流れ





II・3 合理的かんがい方法並に配水組織に関する研究

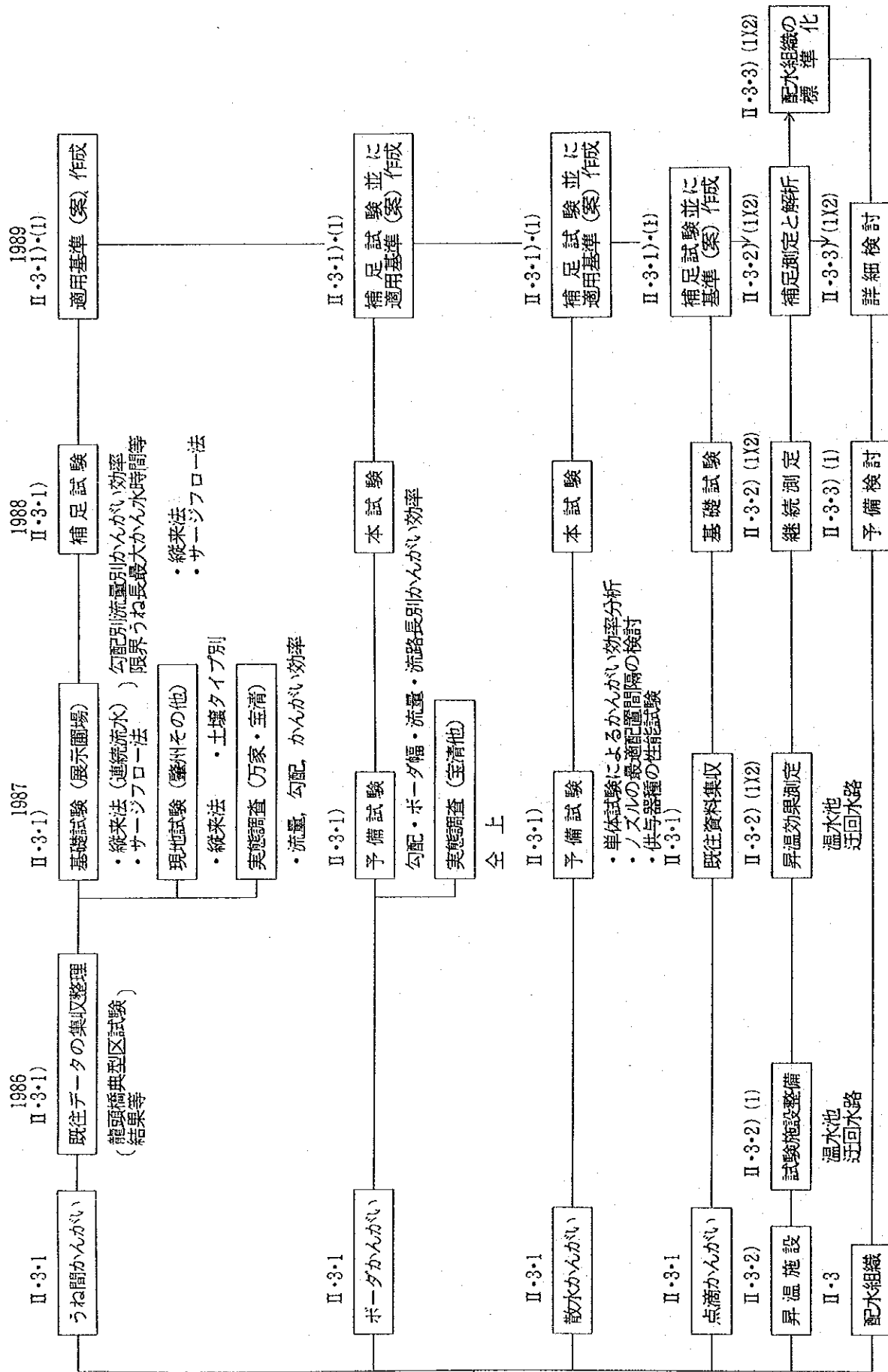
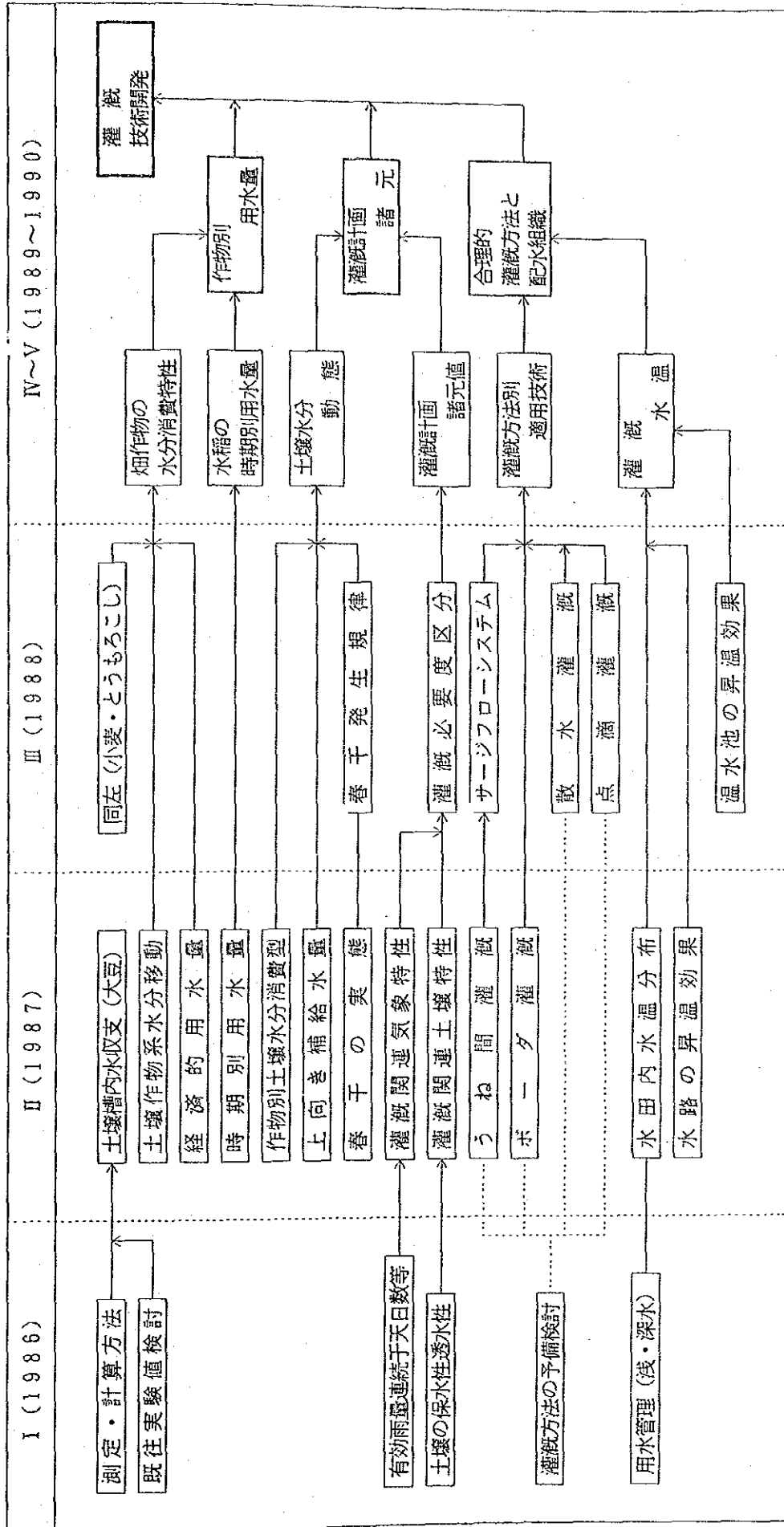
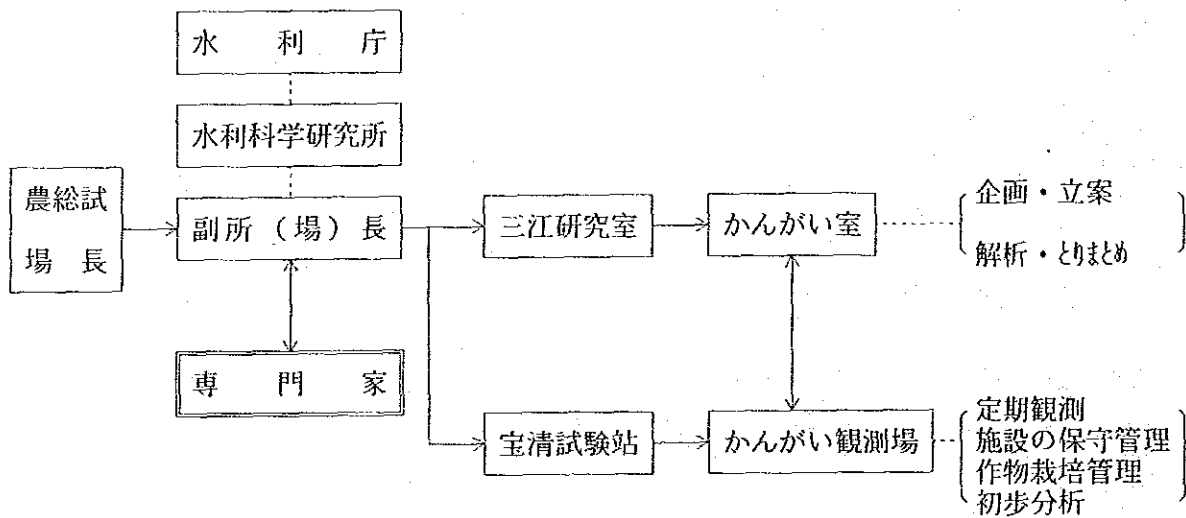


図-2 研究計画流れ図 2-1) 灌漑技術開発 (水利科学研究所, 宝清三江水利試験站)



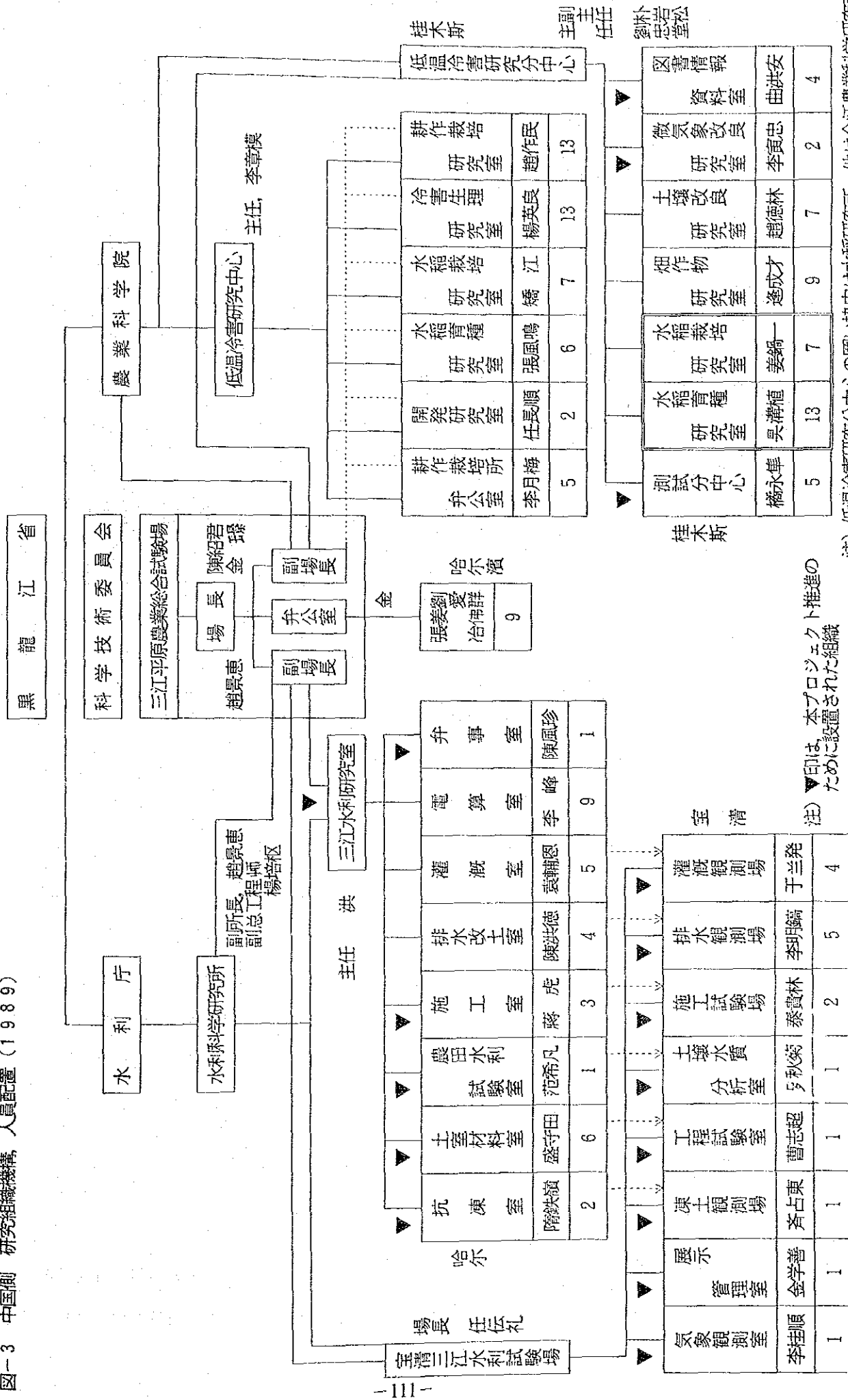
4. 3 研究組織と業務分担

哈尔滨所在の三江研究室内かんがい室は主に理論研究を含めた研究全般の企画・立案と解析とりまとめを担当し、宝清所在のかんがい観測場はかんがい室の企画・立案にもとづく定期観測をはじめ観測結果の初歩的分析と各種施設及び計測装置（機器）の保守管理並に試験圃場における作物の栽培管理を担当する。



中国側・研究組織機構，人員配置（1989）を図-3に示す。

图-3 中国側 研究組織機構、人員配置 (1989)



注) 低温冷害研究分中心の囲い枠内は水稻研究所, 他は合江農業科学研究所

注) ▼印は、本プロジェクト推進のために設置された組織

副主任 劉朴岩 劉忠堂

圖書情報						
資料室	曲洪安					
微氣象改良	李寅忠	2				
土壤改良	趙德林	7				
烟草作物	逢成才	9				
水稻栽培	姜綏一	7				
水稻育種	吳溝植	13				
測試分中心	樞永準	5				

耕作栽培	趙作民	13				
冷害生理	楊英良	13				
水稻栽培	矯江	7				
水稻育種	張風鳴	6				
開發研究室	任長順	2				
耕作栽培所	李月梅	5				

主任 李章模

副主任 趙景惠

副主任 趙景惠

副主任 趙景惠

副主任 趙景惠

副主任 趙景惠

副主任 趙景惠

副主任 趙景惠

副主任 趙景惠

副主任 趙景惠

副主任 趙景惠

副主任 趙景惠

副主任 趙景惠

副主任 趙景惠

副主任 趙景惠

副主任 趙景惠

副主任 趙景惠

副主任 趙景惠

副主任 趙景惠

副主任 趙景惠

副主任 趙景惠

副主任 趙景惠

副主任 趙景惠

副主任 趙景惠

副主任 趙景惠

副主任 趙景惠

副主任 趙景惠

副主任 趙景惠

副主任 趙景惠

副主任 趙景惠

副主任 趙景惠

副主任 趙景惠

副主任 趙景惠

主任 洪

副主任 趙景惠

副主任 趙景惠

副主任 趙景惠

副主任 趙景惠

副主任 趙景惠

副主任 趙景惠

副主任 趙景惠

副主任 趙景惠

副主任 趙景惠

副主任 趙景惠

副主任 趙景惠

副主任 趙景惠

副主任 趙景惠

副主任 趙景惠

副主任 趙景惠

副主任 趙景惠

副主任 趙景惠

副主任 趙景惠

副主任 趙景惠

副主任 趙景惠

副主任 趙景惠

副主任 趙景惠

5. 研究成果の概要と問題点

5. 1 研究成果の概要

年次別に次のように整理した。

1986年

“作物別用水量の測定と計算方法の研究”及び“気候特性からみたかんがい必要度区分”については三江水利試験場及び類似地を対象に既往資料の収集・整理を行った。

“かんがい方法別適用値の策定”については圃場条件の整備を行って次年度の試験に備えた。

更に、継続試験中の“水田水温に関する研究”については観測値をもとに解析し、かんがい水深と水温の関係について考察した。

1987年

(寒冷地における作物用水量) 1-1)-(2), 2-1)-(1)

1 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)は確立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規準の早(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であるから降雨不足量は111.9mm, 171.1mm, 179.3mmとなる。
- 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き補給量(G)は経験式 $G = E_0 \times 0.36 \sqrt{H}$ (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結果を得た。

2 大豆の水分消費特性—ライシメータによる実験—

- 結莢期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、50cmでは5日後に-380cm(PF2.58)に達した。また、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 水稲の時期別用水量

- 水田内に設けた試験枠(1×1×1m)で測定の日蒸発散量は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(株間蒸発量369mm, 葉面蒸発量157.6mm)を得た。
- 蒸発散量/計器(φ20cm)蒸発量を蒸発散比(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 $D = C \cdot t^n + k \cdot t$ (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 $C = 11$, $n = 0.146$, $k = 2.55 \times 10^{-3} \text{mm/min}$ とすると、期間中の総浸透量は440.8mmとなった。

(かんがい方法別適用技術) 3-1)-(1)

1 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。
- 連続流では浸透速度比がかんがい開始後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。

- ・サージフローによる浸透水深は連続流に比べてかなり均一な分布を得た。かんがい水深40mmにおける根域内水分保留率は連続流の52.6%に対し、サージフローでは63.6%とおよそ10%高い値を得た。一方、水足の到達時間とインテク・レートから求めた適用効率（E a）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、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。

2 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初歩的な実験を行った。
- ・かんがい水の流下面積（A）とかんがい時間（T）との関係は $A = \alpha \cdot T^{\beta}$ で得られ、本実験では $\alpha = 5.72$ 、 $\beta = 0.80$ を得た。 β は流量、勾配並びに地表面の粗度等と関係し、この値が小さくなるほど深層浸透ロスは小さくなり、かんがい水の適用効率（E a）が高くなる結果を得た。
- ・インテク・レートから求めた侵入水深の分布にかんがい停止後の侵入水深を加えると計算上の適用効率（E a）はほぼ90%となり、高いかんがい効率を得た。

（かんがい水温） 3-2)-(2)

1 迂回水路等の水温上昇効果

- ・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し、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（Tm）に落ち着く。実測の結果は理論式 $T_m = T_a + (s/h - 2 \cdot D) / (1 + 2 \cdot \phi)$ (°C) [T a : 気温 (°C), s : 純放射 (cal/m²・sec), h : 顕熱伝達係数, D : 飽差, ϕ : 飽和蒸気圧の変化率] で求めた値とほぼ一致する結果を得た。
- ・迂回水路（6 × 100m）最終点の水温はほぼ平衡水温（Tm）に達した。

（土壌の物理性） 2-2)-(1)

1 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（PF 1.3

～ 2.3), 加圧板法 (PF 2.3～ 3.1), 加圧膜法 (PF 3.3～ 4.2), 蒸気圧法 (PF 5.0～ 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PF 2.5～ 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結果を得た。
- ・3種土壌のマトリック・ポテンシャル(Ψ_m)と不飽和透水係数(K)の関係は Ψ_m が -10^3 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傾向を示した。
- ・未攪乱土の有効水分(AM)は草甸土(15.5%)と白漿土(15.0%)では類似したが砂壤土(11.0%)でかなり小さい値を示した。

1988年

◎ 作物別用水量の測定計算

1) 大豆の水分消費特性—ライシメータ実験—

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。結莢期に十分かんがいた後8日間の土壤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, これわ地下水位(前年度55cm)の違いによるものと思われた。

土壤水分消費型は第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。

2) 主要作物の経済用水量

小麦, 大豆を対象にかんがい処理(0, 0.5E_o, 0.8E_o, E_o, 1.2E_o, E_o:計器蒸発量)別に土壤水分並に, 生育調査を行い次の結果を得た。

①小麦: 水量(有効雨量+かんがい水量) 350mm以下では, かんがい水量1m³/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する結果を得た。水量(有効雨量+かん水)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。

②大豆: 水量(有効雨量+かん水) 600mm以下ではかんがい水量1m³/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。

◎ かんがい計画諸元調査

1) 凍結層が春干、春に与える影響と発生頻度

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、融解期における土壌水分の動態を調査した。凍結過程における深さ40cm以浅の土壌水分は下方から上向きに移動したが、40~60cm間で水分の変化が認められなかった。

融解過程では表層5cm以浅で土壌水分の消費が著しく、土壌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) 気象条件からみたかんがい必要度区分

22地点を選び、ペンマン法でET₀(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、土壌タイプ別(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252mm(かんがい回数15回)、TRAM30mmで222mm(9回)、TRAM40mmで221mm(7回)、TRAM50mmで180mm(5回)、TRAM60mm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(TRAM20mm)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。

◎ かんがい方法別適用技術

1) 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（ E_a ）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 E_a 値となったが、これは砂質土でうね長が長大（150m）に過ぎたことによるものと判断される。 E_a 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。

2) ボーダかんがい

勾配0.15%の草甸土圃場にボーダ間隔 3.6mm、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 α 値は大きくなり、 β 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。

3) 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。

① ES-30Fの散水特性

適正圧力の範囲は2.5～3.0kg/cm²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520～560m²、風速2.0m/sでは300m²以下である。

有風時には散水ライン（ S_1 ）を風向に直角としてスプリンクラー間隔（ S_2 ）を決める。圧力2.5kg/cm²において均等係数75%をうるためには S_1 、 S_2 の間隔は無風時で20m×25m=500m²、風速2.0m/s前後では S_1 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。

② 2 B-50の散水特性

適正使用圧力は 2.5~3.5kg/cm²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 720m²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 420m² (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 E S-30 F 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。

参考までに年次別成果概要表 (全体会議用) の一部を <付録> 1 に示す。

5. 2 最終とりまとめ (案)

研究項目別成果を次のように区分して最終とりまとめを行ない、これらを総合的に検討して三江平原におけるかんがい指針あるいは、基準 (案) としてまとめる。

項目名	関連項目	とりまとめ 進 度	備 考
畑作物の水分消費特性 - 時期別用水量 -	II. 1.1)(1)(2)	50 %	大豆, 小麦
水稲作の時期別用水量	II. 2.1)(1)	60	
経済用水量	II. 1.1)(1)	65	大豆, 小麦
地下水からの上向補給量	II. 1.1)(3)	65	
気象特性からみた作物別, TRAM 別かんがい必要度	II. 2.1)(2)	20	小麦
かんがい計画諸元値の策定 - AM, TRAM, インター ク定数水足定数 -	II. 2.2)(1)	85	大豆, 小麦, とうもろ こし
かんがい方法別適用技術 地表かんがい (ボーダー, サー ジフロー) 散水かんがい 点滴かんがい	II. 2.2)(2)	80	
水田かんがいにおける水温管理	II. 3.1)(1)	75	
迂回水路等の昇温効果			
温水池の昇温効果	II. 3.2)	70	
凍結層が春干, 春 に与える影響	II. 3.2)(2)	90	
配水組織	II. 3.2)(1)	5	90年度本観測
三江平原におけるかんがい指針 (基 準) - 案 -	II. 2.1)(3)	50	
	II. 2.1).3)	0	90年度着手
		0	全項目に関連

5. 3 研究推進上の問題点

1) 圃場条件 (地形, 勾配, 土壌等)

現在の水利試験站 (展示圃場) はもともと沼沢地における排水改良を対象とした試験地と云われている。三江平原でかんがい必要度の高い地域を土壌水分環境からみると台地または丘陵地に分布する保水性の小さい砂質土壌～壤土である。したがって地下水位の高い底平な粘質草甸土を対象とした展示圃の試験だけでは成果の適用範囲が比較的かんがい必要度の低い地域に限定される。

三江平原地域全域のかんがいを対象とした実用化技術の策定に当っては地形並に土壌条件の異なる2, 3の地点を対象とした実証試験が必要である。

2) 試験現場が遠隔地であること。

試験圃場の所在地 (宝清県) がハルビンから 610kmの遠隔地にあること。ジャムスまで飛行機で1時間, ジャムス-宝清間ジープで約4時間, 順調な行程でも往復に2日間かかる。このようなことから現地試験並に観測が計画通りに進まず支障を来した。精度の高い濃密な試験を行うためには勤務地と試験地の距離は車で1~2時間以内が限度である。

3) 研究施設, 器材の不備

専用の実験室がなく, その上天秤, ガラス器具等実験用小道具が不足しており, これらの器材は購入したくても現地では容易に入手できない。

4) カウンタパート及び観測員の素質

一部に研究に対する意欲を欠ぎ, 研究者あるいは観測者としてふさわしくないものがある。(能力や本人の意欲とは無関係に情実による人事採用が原因)

5) 実験・観測の軽視

実験・観測は下級職員 (労働者) の業務ときめつけ, 実験・観測を軽視する傾向が強く, 専らデータ解析だけで取りまとめに当たっているものがある。土と水・作物の関係は複雑である。自らの実験・観察 (観測) なしに他から与えられたデータのみで解析することは危険であり, 実験・観測を重視した研究体制に改めるべきである。

6) 研究施設・器材の取扱いと保守管理

研究施設・器材の取扱いが粗雑であり, 保守管理が良くない, 折角施設ごとに専用の部品を準備しても勝手に他に転用して破損を招いたり紛失したりして, 本来の

目的への使用に支障を来すことが多い。研究用施設・器材は特殊なものが多く、補給が困難なので保守管理については特に留意すべきである。

7) 語学研修

海外における先進技術の学習導入には語学は必須ではあるが、研究業務を放棄してまで就学する制度には賛成できない。なかでも研究室長にも相当する責任者が1年近くもこのために不在となることは研究管理上好ましくない。

語学研修を海外渡航資格取得のためにのみ利用している傾向も見られ、同じ研究単位(分野)から同時に2~3名が参加することもある。語学の学習は原則として研究に支障のない範囲(時間帯)に改めてほしい。

8) 傾斜地における農地基盤の整備

このことは本プロジェクトの研究項目ではないが、かんがい排水の研究と密接に関連するものである。三江平原の傾斜地における農地の利用は一部を除いて斜耕又は上下耕を前提とした区画となっている。土壌の侵食・流亡を防止し、降雨の有効利用をはかるためには、等高線栽培を前提とした農地基盤に改め農地内の雨はできるだけ等高線うね内に貯留し、土壌への浸透・保留を促進して、有効水として作物生産に利用すべきである。

区画の形状、大きさ等は地形(傾斜・褶曲)、土壌の透水性、保水性、受食性等をはじめ機械作業、用水管理についても十分配慮すべきである。これを効果的に行うには、①現況耕地の実態を明らかにし、②地域に対応した適正な土地利用計画の策定 ③導入作物と機械作業の関連 ④用排水管理等についての事前の検討が重要である。

これの実施によって降雨の大半は耕地内に浸透・保留の上作物生産に有効に利用され、通常の降雨程度では農地外への雨水の流出はほとんどなくなる。

6. カウンタパートへの技術移転

6. 1 技術移転の対象と範囲

技術移転の対象は、原則として水利科学研究所のかんがい担当研究者並に職員（観測員）としたが、一部他機関からの要請を受けて、武漢水利電力学院主催全国かんがい技術研修会、東北農学院農業工学科学生（3、4年生）及び省水利専門学校学生等を対象にそれぞれ4～7日かんがい技術を中心に講義を行った。（講義資料別冊）

かんがい担当研究員並に観測員を対象に行った技術移転の範囲は次のとおりである。

- 1) かんがいの基礎理論
- 2) かんがい試験の立案、実施、結果の解析とりまとめ
 - ① 圃場かんがい試験
 - ② 作物用水量試験
 - ③ 土壌物理実験
 - ④ かんがい方法別適用試験
 - ⑤ 実験用計測器の使用法（一部試作）
 - ⑥ かんがい必要度の計算と図化
 - ⑦ その他
- 3) かんがい事業を対象とした調査、計画、設計法
- 4) 用水管理及びかんがい制度

6. 2 技術移転の方法

テンションメータの製作、設置、観測、地表のかんがいにおける水先の進行、浸入速度等圃場を対象とした試験及び土壌の物理量、土層内水分移動現象等の室内実験は実務をとおして行い、海外の新技术、研究動向などの技術情報は主に文献の紹介と、スライド、ビデオ、映画等の画像と組合せた講義によって行なった。

6. 3 技術移転の成果

以上によってかんがい試験の内容全般を習得し、大半の研究者は独自で研究の

企画、立案、データ解析並に取りまとめが出来るまでに至った。

また、不十分ではあるが、試験結果を実際の事業に適用する方法についても、ある程度理解したものと判断している。

7. 技術支援

7. 1 短期専門家による支援

1987年6/20～8/31	土壌物理研究の指導	石田 朋靖
1988年8/4～8/31	かんがい排水施設の指導	桜井 喜十郎

上記内容について両専門家から指導をいただき研究内容の深化並にかんがい試験施設の改善をはかった。

7. 2 機械供与

1986年度	加圧法測定装置	(Soil Moisture 社)	1式
	不飽和透水係数測定装置	(D I K - 4151)	1式
	透水係数測定装置	(D I K - 4110)	1式
	土壌抵抗測定装置	(D I K - 5500)	1式
1987年度	蒸散流速計	(小糸/P S E - 1000)	1式
	ポストホールオーガ	(D I K 1700)	1式
1988年度	レーザマシン	(M - 102)	1式

7. 3 文献資料の供与

農林水産省構造改善局海外土地改良技術室, 農業工学研究所, 農業土木学会, 農業土木総合研究所等から随時関連資料の提供を受けた。

8. 宿舎関係

○国際飯店 (1986. 6. 25～6. 30)

入居予定の船舶工程学院招待所の点検，修理中の逗留。

○船舶工程学院招待所 (1986. 7. 1～9. 27)

鶏西市駐ハルビン弁事処招待所所管のアパートが完成すままでの逗留。完成遅延のため，予定逗留期間を約1か月半延長した。

○緑が多く，静寂，○自炊可能，○食堂は合格点，室内清掃付，で選択した。

しかし，・勤務地まで，自動車約30分とかなり離れており，・1日3回1.5時間程度の給水，と給水事情は極めて悪かった。

○鶏西市駐ハルビン弁事処招待所所管のアパート (1986. 9. 28～1988. 3. 18)

○給水事情の解決，○通勤時間の短縮，○単身者の一定居住面積の確保，が実現し，食料，日用品等の購入は便利になった。しかし，ゴミゴミした環境にある。

入居後はじめて迎えた冬の，補助電気暖房器による防寒対応は，停電と許容量の超過でしばしば不能となり，大いに悩まされた。この問題には，①配電盤の改善，と②電気機器使用時の許容電流量（アンペア）への留意で対応した。電力の需給には季節性があるので，今年の冬の予測はたてにくい。

なお，三江弁公室と宿舎と同一の建物内にあり，宿舎の監視，細かい説明を要する物品の購入等，夜間電話の取り次ぎ，配車，例えば排水管のつまりなど宿舎の小トラブルの措置，廃棄物の処理なども組織的に対応している。

○農業科学院の外国人宿舎 (1988. 3. 19～1989. 6. 22)

農業科学院に交流センターが建設され，その一部に外国人宿舎が設けられた。1988年3月18日に鶏西市のアパートから，こちらに入居した。入居時はまだ瑕疵が残っていたが，漸次改善された。

以前に比べて，平均して，○床面積は大きく，○照明と採光は良く，○暖房は良く，○給水と給湯は良く，○排水は良く，○職場への通勤は僅かに便利になり，・日用品の調達はやや不便となった。

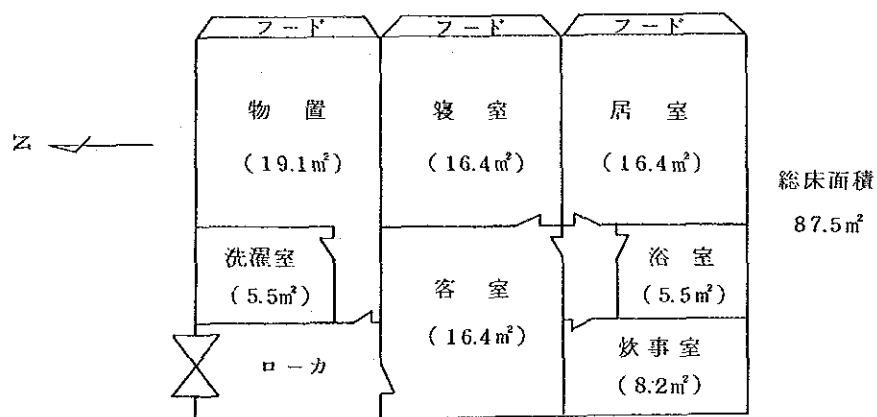
○水利科学研究内外国人宿舎 (1989. 6. 23～現在)

新築の水利科学研究所の一部に外国人宿舎が設けられ，1989年6月23日前記宿舎から引越した。前記に比べて床面積が小さく，給湯水質（赤褐色）が悪くなったほかは，

採光、通風共に良く、静かで、日用品の調達もや、便利になり、職住の一体化で通勤の無駄がなくなるなど居住環境はかなり改善された。ただ冬期の暖房・給電事情等はいまのところ予測ができない。

以上3年4か月間に転居が4回に及びその都度荷物の損傷、紛失などトラブルもあり苦勞したが、それ以上に中国側関係者には迷惑をかけた。

現宿舎の間取りを次に示した。



9. むすび

中国は学生時代を含め若い頃に通算6年(1938~44年)間過した思い出の多い国である。三江平原についても1981年~83年の龍頭橋開発調査の1年4か月(主に宝清県)と本プロジェクトの3年4か月を加えると通産11年間を中国東北部で生活したことになる。この間多くのことを学び貴重な経験を重ねた。

龍頭橋開発調査はわが国の先進技術をモデル地区のみにとどめず、三江平原全域に波及させる計画であり、本プロジェクトはこの調査を通して問題となった滞水の害、干害と冷害の防止策を究明して三江平原農業開発の基礎とするためにはじめられたものである。

この有意義な研究プロジェクトに参画できたことを喜ぶと共に、この3年4か月間JICA本部及び中国事務所、在中国日本大使館、農林水産省構改局、農業工学研究所、日本農業土木総合研究所並に中国黒龍江省科学技術委員会、同水利庁、同水利科学研究所その他関係機関の方々をはじめ当プロジェクトの専門家からよせられた多大のご援助とご厚配に対して深く感謝し、併せて本プロジェクトのご成功を心から祈念します。

〈付 録〉 1 研究項目別成果概要



小項目別成果概要表(1987) 分類 II.1.1(2) II.2.1(1)

1. 小項目名: 寒冷地における作物用水量
—大豆の水分消費特性—
2. 研究期間
④ 継完 1987~1990
4. 担当者
日本側: 水之江 政輝
中国側: 袁輔恩, 孔令君
王長居, 巩中有
3. 実施期間: 三江水利研究室
5. 目的
低平地における地下水位と上向き補給量の関係を定量的に解明して計画用水量算定の指針とする。
6. 試験・研究方法
試験施設: 移動屋根付きライシメータ (有底・無底各3基)
調査項目: かんがい水量, 土壌水分 (10, 20, 30, 50, 70 cm), 気温 (群落内)
地温 (0, 5, 10, 20, 70 cm) 地下水位 (無底区のみ) 気孔開度 (浸潤試薬法), 葉の水ポテンシャル

7. 結果の概要
1) 結莢期かん水 (14mm) 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(1.76 mm/day)は地下水 (地下水位55cm) からの上向き補給によるものと判断される。
2) 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にとどまった。
3) 黄熟期40mmのかん水後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とも-60cm (PF 1.78) 以下で推移したが、有底区の30cm以下では-100cm (PF 2.00) 以下で経過し、50cmでは5日後に-380 cm (PF 2.58) に達した。また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水分補給がないことに起因するものと思われる。
4) 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 (浸潤試薬法) はこれと対象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。これらとマトリック・ポテンシャルの関係が明らかになればかんがい開始時期を容易に気孔開度から知ることができる。
5) 本地域に広く分布する草甸土 (重粘土質) の不飽和透水係数の測定に急速乾燥法を採用して良好の結果を得た。

8. 主要成果の具体的表示 (数表, 図等)

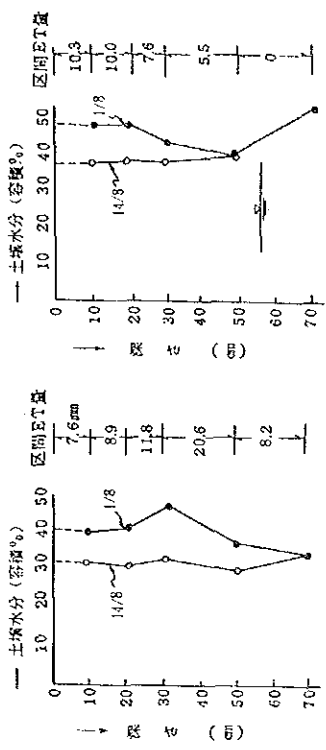


図-1 かんがい後における土壌水分減少状態

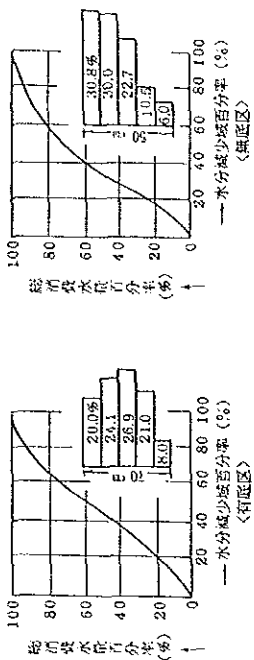


図-2 土壌水分消費型

9. 問題点

- 1) 上向き補給量と地下水位の関係の定量化
- 2) 粘土質を対象とした不飽和透水係数の測定方法

10. 次年度の具体的計画

- 1) 土層内深度別マトリックポテンシャル, 水理ポテンシャル勾配と葉の水ポテンシャル, 気孔開度との関係の究明
- 2) 地下水位調節装置の設置

(1987)

1. 課題の分類	熱帯農業	総合技術	土地改良	1-4-1
2. 研究課題名	ボーダかんがい適用値の確立			
3. 予算区分	JICA	5. 担当	三江平原農総試 水之江 政輝	
4. 研究期間	1987-1990	6. 協力・分担関係	中国・黒龍江省水利科学研究所 三江水利研究室	
7. 目的	ボーダかんがいにおける区面の形状、大きさ、勾配、土壌の保水性、水浸入率などと操作流量（単位流量）の関係明らかにして適正なかんがい適用値の確立をはかる。			
8. 試験研究方法	横方向水平、縦方向0.15%の圃場にボーダ間隔3.6m長さ40mの試験区画を設けて、これに流量 $2.8\ell/s$ を三角堰で計量しながら供給した。流下水の進行状況は各区間の到達時間の測定と併せて数分間隔でのスケッチによって求めた。			
9. 結果の概要・要約	<p>1) シリンダインテーク・レートから求めたベシック・インテーク・レート (I_B) は$4.48 (mm/h)$ とかなり小さく値を得た。</p> <p>2) かんがい水の流下面積 (A) とかんがい時間 (T) との関係は $A = \alpha T^\beta$ で得られ、本例では $\alpha = 5.72$, $\beta = 0.80$ を得た。</p> <p>β は流量、勾配、地表面の粗度等の影響を受け、この値が小さくなるほど深層浸透ロス小さくなり、かんがい水の適用効率は大きくなる。</p> <p>3) インテーク・レートから求めた浸入水深の分布は具体的データ (図-2) に示したように、かんがい停止後の浸入水深の増加を含めると概ね満足すべき結果を得た。</p>			

10. 主要成果の具体的数字

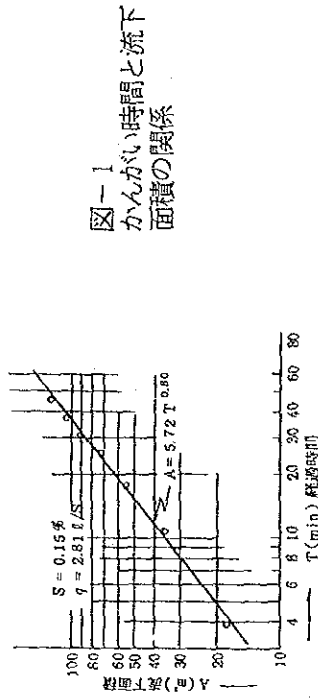


図-1
かんがい時間と流下
面積の関係

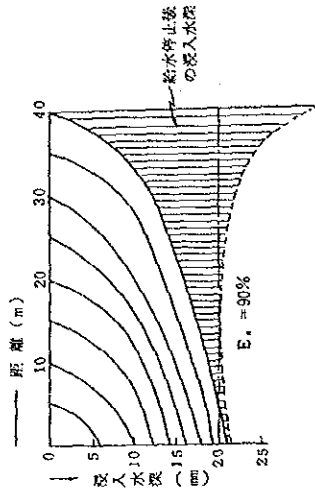


図-2 インテーク・レートから求めた浸入水深の分布

11. 問題点

- 1) 単位流量の設定
- 2) レーザーマシンによる圃場勾配の均一化
- 3) 流量計測精度の向上

12. 次年度の具体的計画

- 1) 試験前後の土壌水分の計測
- 2) 勾配別、単位流量別流下試験
- 3) 三江水利試験場外での試験

1. 課題の分類	熱帯農業	総合技術	土地改良	1-4-1
2. 研究課題名	サージフロースシステムの特性と効率について			
3. 予算区分	JICA	5. 担当	三江平原農総試 水之江 政輝	
4. 研究期間	継 昭62年 (62~65年)	6. 協力・分担関係	中国・黒龍江省水利科学研究所 三江水利研究室	
7. 目的	うね間かんがいの効率的な方法として高く評価されている、サージフロースシステムのかんがいの工学的特性を実験的に解析して適用技術の確立をはかる。			
8. 試験研究方法	連続流、サージフロースシステム (1)ON=10分, OFF=10分 (2)ON=10分, OFF=20分の3区分について、流量 2.5 l/s を設定し、10mごとの到達時間を測定した。また、うね間インテーク・レートは試験うね長さ10mを設けて流入除去法によって測定した。			
9. 結果の概要・要約	<p>1) 水足の到達時間：うね勾配の整備が充分でなかったため予想以上に時間(特にサージフロース区)がかかった。</p> <p>2) うね間インテーク・レート：連続流とサージフロースを浸透速度の比で見ると、連続流では、かんがいの開始後60分で浸透速度比が0.4に減少したのに対し、サージフロースでは間欠かんがいの回数と共に急速に低下し、30分後には0.15前後となった。(図-1)</p> <p>3) 浸入水深の分布：連続流に対し、サージフロースではかなりの均一な水分分布を得た。(図-2) 目標かんがい水深を40mmとして図から求めた根群域内保留水分率(Eaに相当)は連続流52.6%に対し、サージフロースでは63.0、63.6%と凡そ10%高い値を得た。</p> <p>一方、水足の到達時間とインテーク・レートから計算で求めたEa値は連続流61.1%、サージフロース(1)79.4%、サージフロース(2)80.6%となった。(表-1)</p> <p>4) 適正なカットバックの採用によってEa値はさらに向上し、適用うね長の延長が可能となる。</p>			

8. 主要成果の具体的数字

表-1 インテーク定数と適用効率 (Ea)

区分	うね長 (L)	到達時間 (t)	D=CT ²		Ea
			C	n	
連続流	140(m)	29.0分	7.83	0.677	61.1%
サージフロース(1)	135	35.9	13.2	0.383	79.4
サージフロース(2)	130	32.5	13.2	0.383	80.6

注) D: 目標のかんがい水深=40mm
T: Dを満たすに要する時間(分)

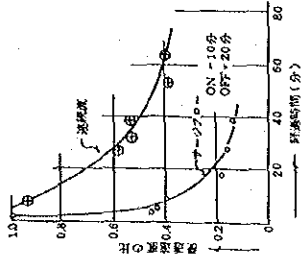


図-1 浸透速度の変化

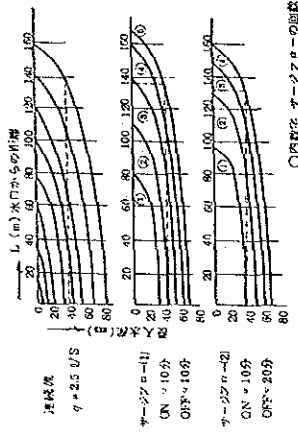


図-2 かんがい水深の分布

11. 成果の活用面と留意点

本研究は草甸土(粘質土)を対象とした一例に過ぎない。次年度は砂質土壌等を対象に実験を進め、土壌タイプ別の特性値を明らかにして、現地への適用をはかりたい。成果の詳細は黒龍江水利科学研究所報告として発表の予定。

12. 残された問題点と対応

今回は実験を手作業で行なったため、カットバック法の採用ができなかった。次年度はレーザマシンによってうね勾配を均一に造成し、併せてサージフロースシステムの導入でカットバック法を採用して実験の精度と適用効率Ea値の向上をはかりたい。

小項目別成果概要表(1987) 分類 II.1.1.(2) II.2.1.(2)

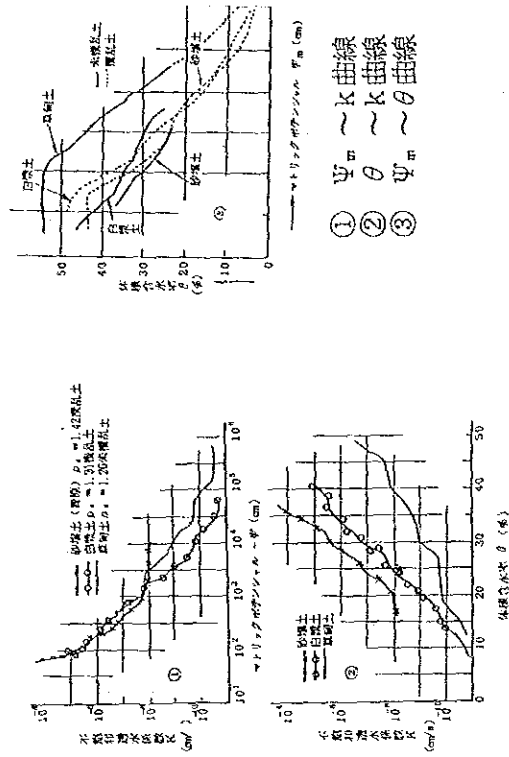
1. 小項目名：三江平原土壤の物理性測定
 一特に保水性と透水性—
 II.2.2.(1)
2. 研究期間
 新 完 1986~1990
4. 担当者 石田 朋靖
 日本側：水之江 政輝
3. 実施機関：三江水利研究室
 中国側：鞏中有, 王長君, 孔令君

5. 目的
 かんがい排水研究の基礎となる土壤の物理性—特に保水性, 透水性 (不飽和透水係数等)—を明らかにするため

6. 試験・研究方法
 対象土壤：草甸土, 白漿土, 青原砂壤土
 測定項目：土層断面の三相区分, 深さ別硬度, シリンダーインテンテーク・レート
 飽和透水係数 (変水頭法), 不飽和透水係数 (定常法, 非定常法) PF~
 水分特性 (土柱法, 吸引法, 加圧板法, 加圧膜法, 蒸気圧法) ほか

7. 結果の概要
 1) 前年までの概要
 測定装置の整備並びに測定手法の策定
 2) 本年度の概要
 ①吸引法 (PF 1.3~2.3), 加圧板法 (2.3~3.1), 加圧膜法 (3.3~4.2), 蒸気圧法 (5.0~6.2) によって草甸土, 白漿土, 青原砂壤土のPF~水分特性を明らかにした。
 ②前記3種土壤を対象に不飽和透水係数を定常法 (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) によって測定した。定常法は装置が複雑な上, 測定に長い時間を要することから本年度は主に非定常法によって実験を進めた。
 ③不攪乱草甸土 (重粘土質) の不飽和透水係数の測定には急速乾燥法の採用が簡便で実用性が高いことがわかった。
 ④白漿土, 砂壤土共にPF 2.5~2.7以下では攪乱土と未攪乱土の間で土壌水分量の差が大きくなり, 攪乱土の水分量は未攪乱土よりも大きな値を示した。
 ⑤3種土壤のマリックソン法(Ψ_m)と不飽和透水係数(K)の関係は Ψ_m が -10^3 以上では近似したが Ψ_m がこれ以下では草甸土, 白漿土, 砂壤土の順に大きくなる傾向を示した。
 ⑥未攪乱土の有効水分(AM)は草甸土 (15.5%) と白漿土 (15.0%) は類似したが砂壤土は(11.0)でかなり小さな値を示した。

8. 主要成果の具体的表示 (数表, 図等)



土壤	区分	ϕ_4	① PFL.8	② PF3.5	③①-② AM	K (cm/sec)	備考
草甸土 (粘土)	未攪乱	1.26	54.5%	39.0%	15.5%	9.0×10^{-8}	ρ_d : 仮比重 AM: 有効水分
白漿土 (砂壤土)	未攪乱	1.28	36.0	21.0	15.0	2.3×10^{-5}	K: 透水係数 (変水頭法)
	攪乱	1.35	42.5	26.5	16.0		
砂壤土 (青原)	未攪乱	1.42	33.0	22.0	11.0	1.6×10^{-5}	
	攪乱	1.42	38.0	22.0	16.0		

9. 問題点

各土壤とも未攪乱土, 攪乱土の間で保水性, 透水性に大きな差を生じた。未攪乱土での実験が望ましいが, 白漿土では未攪乱での採土が極めて困難である。このための採土器並びに採土方法の開発が急務と見られる。

10. 次年度の具体的計画

- 1) 加圧装置による不飽和係数測定手法の確立
- 2) 実験対象土壤の増加

小項目別成果概要表 (1988)

分類 II. 3. 1). (1)

1. 小項目名: かんがい方法別適用値の策定と適用区分
(2) ボーダかんがい適用値の確立

2. 研究期間

新 完 1987~1990

4. 担当者

日本側: 水之江 政輝

袁輔恩, 巩中有

中国側: 王長君, 孔令君

3. 実施機関 三江水利研究室

5. 目的

区画の形状, 大きさ, 勾配, 土壌の保水性, 水浸入性などと操作流量 (単位流量) の関係を明らかにして, 適正なボーダかんがい適用値の確立をはかる。

6. 試験・研究方法

横方向水平, 縦方向0.15%の圃場にボーダ間隔 3.6m, 長さ45mの試験区画を設定して, これに流量 5.0 l/s を三角堰で計量しながら, 給水した。流下水の進行状況は各区間 (5mごと) の到達時間の測定と併せて, 数分間隔でのスケッチによって求めた。

7. 結果の概要

1) 前年までの概要
実験方法の確立と初歩的な成果を得た。

2) 本年度の概要

- ① 経過時間 (T) と流下面積 (A) の関係は前年同様 $A = \alpha T^\beta$ (A: 面積, T: 時間, α, β : 実験定数) で得られ, α, β は同一流量でもかんがい回数によって変化した (図-1)
- ② インテーク・レートから求めた浸入水の分布は両者間でかなりの差を生じた。(図-2(1), (2))
- ③ 給水停止後における残留水の浸入流を考慮した適用効率 E は 83.3% (初回) から 90.9% (2回目) に向上した。これはかんがいの繰返しによるインテーク・レートの低下と地表面の流水抵抗が少なくなったことによるものと推察される。

8. 主要成果の具体的表示 (数表, 図等)

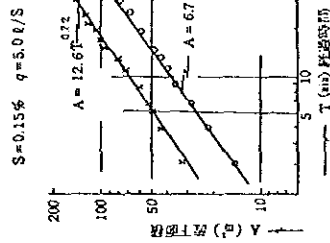


図-1
かんがい時間と流下面積の関係

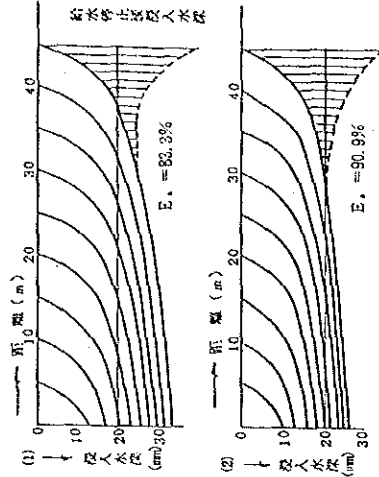


図-2
インテーク・レートから求めた浸入水深の分布

9. 問題点

- 1) 圃場勾配の均一整備
- 2) 流下面積等の計測方法

10. 次年度の具体的計画

- 1) 小麦栽培圃場での実験
- 2) 土壌タイプ別, 勾配別, 流量別流下試験

小項目別成果概要表 (1988) 分類 II.3.1.(1)

1. 小項目名: かんがいの方法別適用値の策定と適用区分
(1) サージフロースステムの適用について

2. 研究期間

新 完 1986~1990

4. 担当者

日本側: 水之江 政輝

袁輔恩, 巩中有

中国側: 孔令君, 王長君

3. 実施機関 三江水利研究室

5. 目的

うね間かんがいの効率的な方法として高く評価されているサージフローステムのかんがいの工学的特性を実験的に解析して適用技術の確立をはかる。

6. 試験・研究方法

連続流, サージフローステム(1)ON:10, OFF:10分, (2)ON:10, OFF:20分の3区分について, 数種の流量を設定し, 10mごとの到達時間を測定した。うね間インテーク・レートは試験うね長10mを設定して流入, 流去法によって測定した。対象土壌は草甸土と砂質土の2種類とした。

7. 結果の概要

1) 前年までの概要
草甸土(粘質土)を対象に初歩的な成果を得た。

2) 本年度の概要

- ① 草甸土を対象とした実験結果(今年度分)は現在解析中
- ② うね間インテーク・レート: 連続流とサージフローを浸透速度比でみると連続流でかんがいの開始後50分で浸透速度比が0.64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速に低下し, 40分後には0.25前後となった。前年度の草甸土に比べて低下の割合はかなり小さい(図-2)
- ③ 浸入水深の分布: 連続流に比べサージフローではかなり均一な分布を得た。(図-1) 水深の到達時間とインテーク・レートから求めたEa値は連続流で29.2%, サージロー(1)43.4%, (2)42.4%となった。(表-1) 効率を高めるためには適切なカットバック(流量の低下)法の採用が望まれる。
- ④ 連続流のEa値はうね長80m付近から急に低下しその分Ls値が増加する。サージローではうね長が伸びてもEa値の低下率は連続流ほど大きくない。La値も連続流に比べてや、小さい。(図-3)

8. 主要成果の具体的表示(数表, 図等)

表-1 かんがいの効率の比較

うね	到達時間 min	D=CT*		Ea %	Ls %	Lr %
		C	n			
連続流	145	7.20	0.87	29.2	69.3	1.5
サージ(1)	145	16.74	0.55	43.4	49.9	6.7
サージ(2)	148	16.74	0.55	42.4	50.2	7.4

(1) ON:10 OFF:10 Ea...適用効率 Ls...深層損失

(2) ON:10 OFF:20 Lr...流出損失

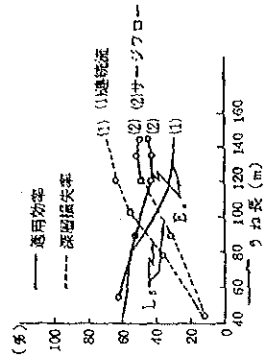


図-3

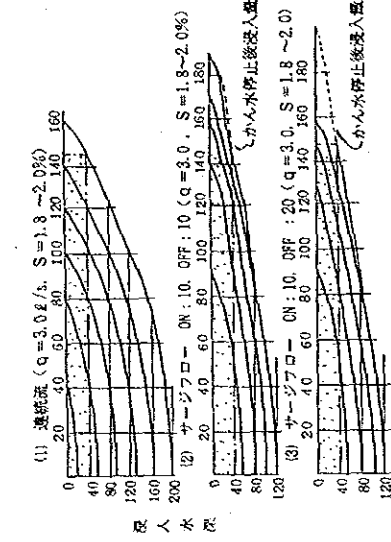


図-1 浸入水深の分布

9. 問題点

- 1) 借上げ地のため計画的な実験ができなかった。
- 2) ON, OFF操作の簡易化(自動化)

図-2 浸透速度の変化

10. 次年度の具体的計画

- 1) レーザマシンによるうね勾配の整備
- 2) うね底処理が氷足の進行とインテーク・レートに与える影響についての試験
- 3) 土壌タイプ別試験

小項目別成果概要表(1988) 分類 II.3.1.(1)

1. 小項目名: かんがい方法別適用値の策定と適用区分
(3) 各種スプリンクラーの散水特性

2. 研究期間

⑧ 継完 1986~1990

4. 担当者

日本側: 水之江 政輝

3. 実施機関

三江水利研究室

中国側: 孔令君

5. 目的

散水特性別配置間隔の適正化をはかる。

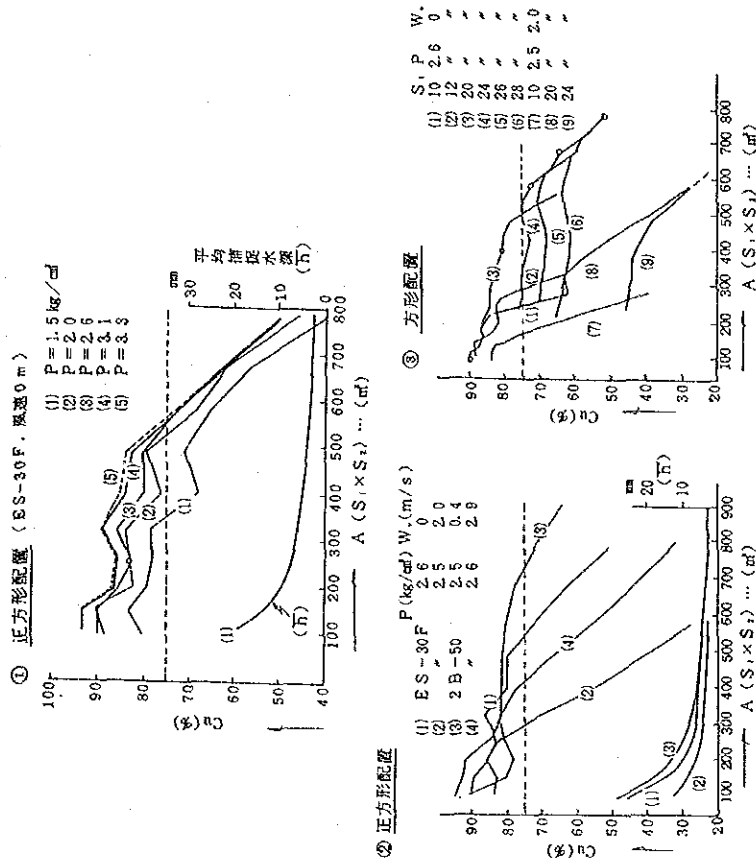
6. 試験・研究方法

供試器種: ES-30F(4.7×3.0mm) - 日本製, A-15(8.0×4.0mm) - 中国(宝清)製
ライザー高さ: 1.8m, 受水缶(φ15.5cm) 間隔: 2.0m, 散水時間: 0.5~1.0 時間
試験圧力: 1.5~3.3kg/cm²について屋内(無風), 屋外(風速 0.4~3.0m/s)に分けて試験した。散水深の合成、均等係数等の計算は電算班で開発のプログラムによった。

7. 結果の概要

- CU:75%(EP=60%)以上をうるには無風時で2.0kg/cm²以上の圧力を必要とし、最大散布面積は520~560m²で、これに対応した散水強度は4~5mm/hrである。
- A=200m²以下でCU:80%以上を得るが、散水強度が10mm/hr以上となるためインテークの小さい草甸土等では使用がむづかしい。
- 圧力2.5kg/cm²でも風速が大きく(2.0m)なるとA=260m²以上ではCU値が急に低下し、CU=75%に相当するAは約300m²で、無風時(圧力=2.6)のA=550m²の凡そ55%にとどまる(以上ES-30Fの正方形配置)
- 無風時で圧力2.6kg/cm²における散水ライズ(S₁)間隔別CU値はS₁=20mではS₂=25mで75%が得られる。
- 同じ圧力(2.5)でも風速が2mになるとS₁別、AとCUの関係はS₁=20m以上では65%以上のCU値は得られない。(以上ES-30F, 方形配置)
- P=2.5, W_s=0.4におけるCUとAの関係はA=720m²以下でCU=75%以上が得られるがW_s=2.6(P=2.5)になるとCU=75%以上をうるためにはAを420m²以下とせねばならない(A-15)
- ES-30Fは小面積野菜畑かんがい用として、A-15は中規模の野菜用として好適である。

8. 主要成果の具体的表示(数表, 図等)



9. 問題点

- 大型スプリンクラーテスト用高圧ポンプ及計測施設(量水計, 受水缶等)の整備
- 実験用地の確保

10: 次年度の具体的計画

- 大型スプリンクラーを対象とした性能試験
- 各種機種別道正配置間隔の検討

小項目別成果概要表(1988) 分類 II.2.2).(1)

1. 小項目名: 気象特性からみたかんがい必要量区分

2. 研究期間
新 完 1986~1990

4. 担当者
日本側: 水之江 政輝

3. 実施機関 三江水利研究室

中国側: 王長君, 孔令君, 巩中有

5. 目的

気象を主とした立地特性から三江平原地域内のかんがい必要量(降雨不足量)を区分し水資源利用計画並にかんがい事業計画の策定に資する。

6. 試験・研究方法

22地点を選びマンマン法でET_o(関係作物蒸発散量)を求め、(計算は電算班開発のプログラムによる)ET_{crop}(ET_o×Kc)-有効雨量をかんがい必要量とし、土壌タイプ(3種類)、確立降雨(平年時、50%、80%)別に大豆、小麦、玉米について計算し、かんがい必要量として図化する。

7. 結果の概要

- 1) 小麦を対象に降雨確立50%(1967年)時における降雨不足量をTRAM別(20~60mm)に日々計算で求めたところ、TRAM=20mm→252mm(かん水回数15回) TRAM=30mm→222mm(9), TRAM=40mm→221mm(7), TRAM=50mm→180mm(5), TRAM=60mm→178mm(4)を得た。
- 2) FAOの数値表から求めた有効雨量と日々計算で求めた有効雨量の間には大きな差が認められなかった。(宝清以外の有効雨量はFAO法による)
- 3) 代表的旱ばつ年(1970年)における小麦を対象とした降雨不足量図化の一例(砂質土TRAM=20mm)を図に示した。
降雨不足量 340mm以上は集賢、同江、寧安を中心に分布し、280mm以下は東部の国境に近い帯状に分布している。
- 4) 大豆の降雨不足量(宝清)を確率雨量50%時と80%時について求めたところ、50%時には181.3mm(ピークは7月で74mm)で、80%時には223.1mm(ピーク月6月88.6mm)を得た。両者とも9月には降雨不足はほとんど認められなかった。

8. 主要成果の具体的表示(数表、図等)

ET_o: $c(W \times R_n + (1-W) \times f(u) \times (e_a - e_d))$

ET_o: 関係作物蒸発散量 mm/day

W: 温度に関する重みつき係数

R_n: 蒸発散に関する純放射量 mm/day

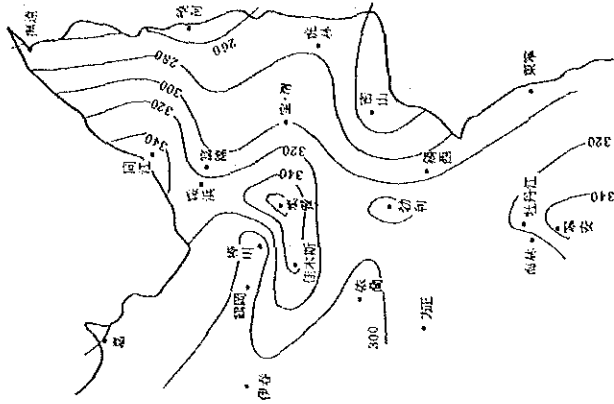
f(u): 風速に関する関数

(e_a-e_d): 平均気温の飽和蒸気圧と空気の

平均実蒸気圧の差・バール

C: 昼間と夜間の天気の影響を修正する調整係数

<小麦> 1970年(4/1~7/20)
降雨不足量(葉かんがいの水量)
TRAM=20mm



<大豆>

表-1 確率雨量別降雨不足量

	5月	6月	7月	8月	9月	計
ET _o (31年間)	153.2	154.3	148.0	117.5	91.2	664.2
Kc	0.33	0.78	1.00	0.73	0.23	
ET _{crop}	50.6	120.4	148.0	85.5	21.0	425.8
確立50%の降雨量	42.0	64.0	100.0	120.0	55.0	382.0
同有効雨量	27.1	46.8	74.0	75.0	21.0	244.5
同降雨不足	23.5	73.6	74.0	10.2	0	181.3
確率80%降雨量	26.0	43.0	74.0	76.0	29.0	248.0
同有効雨量	16.8	31.8	65.1	51.6	17.4	182.7
同降雨不足	338	38.6	82.9	34.2	3.6	223.1

9. 問題点

- 1) KC値
- 2) RHmax
- 3) 風速

10: 次年度の具体的計画

- 1) 計算結果を図化し、かんがい必要量(大豆、小麦、玉米を対象に土壌タイプ別、確率雨量別)を作成する。

小項目別成果概要表(1988) 分類 II.1.1.(3)

1. 小項目名：經濟用水量試驗—不同作物需水量與產量 保持的檢討 (大豆)

2. 研究期間 198 -19 1987 -1990

新課題 198 -19 1987 -1990
 繼續課題 198 -19 1987 -1990
 完成課題 198 -19 1987 -1990
 執行單位：三江水利研究室

4. 承擔者

日方：水之江 政輝
 袁輔恩, 孔令君
 中方：王長君, 中有

5. 目的
 在灌溉條件下, 探討經濟用水量

6. 試驗及研究方法

- 1) 作物：大豆, 小麥, 各五分區
- 2) 灌水量, 分別為0E, 0.5E, 0.8E, 1E, 1.2E, (E為蒸發量)
- 3) 利用負壓計測水勢變化, 並觀測地下水, 測定產量等

7. 結果概要

- 1) 至前年為止的概要
 稻稈用負壓計測定的水勢資料
- 2) 本年度低概要
 ① 灌水量及平 理論產量如表1.2。可見產量基本上是隨灌水量的增加而增加。床 100米²地, 平均每增加 1米³水, 增產0.27公斤。
 ② 土壤水分消耗型 是表屬消耗型, 10公分以內水勢變化 烈。20公分地水勢變化次之, 前者變化範圍 0 ~ 625cm, 后者 0 ~ 200cm,
 ③ 如男以×為 水量 (=有數降雨+灌水), 產量 (公斤/ 100平米) 別基本符合 $y = A + Bx - Cx$ 。本次試驗 $A = -50, B = 2.75, C = 0.02$ 。並調查 $y_0 = 8.856$, 故 $y = 8.856 + mx$ 中 $m = 0.585$
 經濟用水量 在55米³/a, 即 550mm

8. 主要成果的具體的表示 (數表, 圖等)

表1 大豆經濟用水量總水量表

日期	灌水量 (mm)				
	I區	II區	III區	IV區	V區
6.20	34.0	28.3	22.6	14.2	0.0
6.24	43.0	35.8	28.6	17.9	0.0
6.28	37.0	30.8	24.6	15.4	0.0
7. 2	41.0	34.1	27.3	17.1	0.0
7.13	60.0	50.0	40.0	25.0	0.0
7.19	42.0	35.0	28.0	17.5	0.0
7.23	23.0	19.2	15.4	9.6	0.0
7.28	48.0	40.0	32.0	20.0	0.0
合計	324.0	272.3	218.7	136.7	0.0
降雨	227.0	227.0	227.0	227.0	227.0
地下水	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0
總計	661.0	610.3	535.7	473.7	337.0

表2 灌水量與產量

區号	灌水量 (mm)		株數 株/平米	百粒重 (g)	理論產量 (g/平米)
	處理	(mm)			
I	1.2E	324.0	39	18.1	453.6
II	E	272.3	38	19.5	417.0
III	0.8E	218.7	40	16.8	379.4
IV	0.5E	136.7	42	13.1	379.7
V	0	0	34	13.4	441.3

根據本試驗資料分析：在100平米上多灌 1米 水可增產0.27公斤。大豆價格：1.64元/公斤 水費 (運營, 管理, 投資) 0.05 元/米 y 0 = 8.856

9. 問題 點

地下水位高, 附不灌地 產量影 很大。凍融水設計在內。

10: 下年度具體計劃
 將繼續試驗。方案不變

小項目別成果概要表 (1987) 分類 II. L. 1). (3)

1. 小項目名: 經濟用水量試驗 - 不同作物需水量与產量 係持 的檢討 (小麦)

2. 研究期間
新 綫 定 1987~1990

4. 担当者
日本側: 水之江 政輝

3. 実施期間
袁輔恩, 孔令君
中国側: 王長君, 巩中有

5. 目的
在灌溉条件下, 探討經濟用水量

6. 試驗・研究方法

- 1) 作物: 大豆, 小麦, 各五ヶ区
- 2) 灌水量分別為 0E, 0.5E, 0.8E, E, 1.2E. (E為蒸發量)
- 3) 利用負圧計測水勢變化, 並現測地下水, 測定產量等

7. 結果の概要

- 1) 前年までの概要
稲累了負圧計測定的水勢資料
- 2) 本年度の概要
① 灌水量及平方米產量如表1.2.。可見, 產量在水分適宜時, 隨水量增加而高但し述多時, 產量反而下降。國中, 可見適宜用水量为 300~350 毫米。 $y = A + Bx - Cx^2$, 本試驗 $A = 20, B = 1.2, C = 0.017$ 。經濟用水量為 300 毫米左右。
② 土壤水分消耗型是表層消耗型, -5 大豆試驗区一坪, 10 公分以內水勢變化烈。20 公分处水勢變化次之, 前者變化範圍為 -25~-750cm, 后者為 0~-440cm, 灌水量不同, 水勢變化也不同。

8. 主要成果の具体的表示 (數表, 図等)

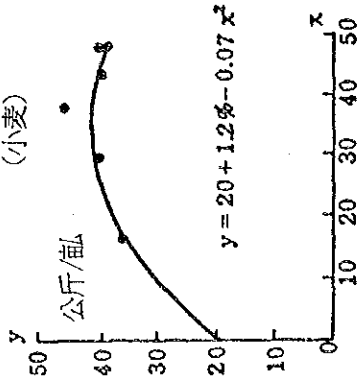
表 1 小麦經濟用水量總水量表

日期	灌水量 (mm)				
	I 区	II 区	III 区	IV 区	V 区
6. 20	34.0	28.3	22.6	14.2	0.0
6. 24	43.0	35.8	28.5	17.5	0.0
6. 28	37.0	30.8	24.5	15.4	0.0
7. 2	51.0	34.1	27.3	17.1	0.0
7. 13	70.0	50.0	30.0	25.0	0.0
7. 19	42.0	35.0	28.0	17.5	0.0
7. 23	23.0	19.2	15.4	9.6	0.0
7. 28	48.0	40.0	32.0	20.0	0.0
合計	224.0	273.3	218.7	136.7	0.0
降雨	100.5	100.5	100.5	100.5	100.5
地下水	64.2	64.2	64.2	64.2	64.2
總計	488.2	438.1	383.5	301.5	164.8

表 2 灌水量与產量關係

区号	灌水量		平均 穗長 (mm)	千粒重 (g)	千粒重 (g)	產量/公 頃 (g)
	處理	(mm)				
I	1.2E	224.0	8.1	33.6	356	
II	E	273.3	8.3	40.0	393	
III	0.8E	218.7	7.3	30.0	455	
IV	0.5E	136.7	7.1	32.0	295	
V	0	0.0	7.9	40.0	339	

總水量与產量關係 (小麦)



9. 問題点

地下水位高, 附不灌水地 產量影 很大。凍 在化凍時, 在凍解面產融凍水層, 核部分水在計 中 有 慮, 影 成果精度。

10: 次年度的具体的計画 繼續試驗。法案不變。

小項目別成果概要表

分類 II.1.2).(1)

1. 小項目名：水稻不同時期用水量試驗

2. 研究期間 1987-1990

4. 担当者
日本側：水之江 政輝

中国側：袁輔恩, 王俊華
王長君

3. 実施機関：三江水利研究室

5. 目的：

- 1) 測試水田不同時期的用水量 (分有、无暗管排水条件下)
- 2) 探討水田騰發量的騰發規律

6. 試驗、研究方法

在有暗管排水試驗地中 (長 100米, 寬 25米) 分為插秧、抛秧、撒播及对照 4 個試驗區, 前三個試驗區面積為 667米, 对照區為 500米。在无暗管排水試驗地中, 与有暗管排水區一樣分為四個試驗區, 並对照播種。試驗方法同上一年度。

7. 結果の概要

- 1) 前年までの概要
 - ①有暗管排水區, 从 6月3日至 8月31日總蒸發量為 526.4毫米。其中株間蒸發量 369毫米, 葉面蒸發為 157.6毫米。5月21日至 8月31日滲漏計算值為 440.8毫米。
 - ②其它詳見 1987年成果概要表。
- 2) 本年度の概要
 - ① 6月1日至 8月23日總蒸發量為, 有暗管排水為 561.9毫米, 无暗管排水為 533毫米。滲漏量為: 有暗管排水為 405.4毫米, 无暗管排水為 393.3毫米。詳見表 1, 用水量的差別不大。
 - ②有暗管排水區單位面積產量高于无暗管排水區。插秧与抛秧區產量水平接近, 但均高于撒播區。見表 2
 - ③ a 值 (即騰發量/計器蒸發量) 變化規律基本符号 1987年試驗結果, a 計算值与 1988年實測點擬合情况如图所示。

8. 主要成果の具体的表示 (數表, 図等)

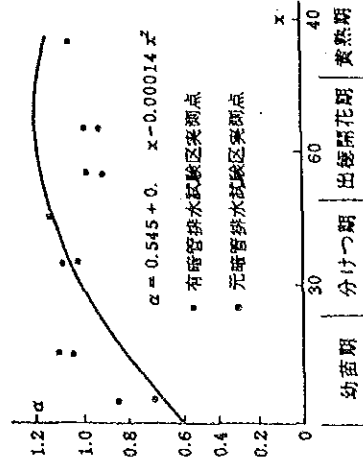
表 1 水量平衡表 (6月1日至 8月23日)

單位：毫米

区	供水		耗水			
	灌水	有効降雨	株間	葉面		
	總蒸發量		合計			
有暗管	695.3	272.0	358.9	203.0	561.9	405.4
無暗管	654.3	272.0	350.0	183.0	533.0	393.3

表 2 產量調查結果表

区	栽培方式	千粒重(g)	產量(kg/ha)
有暗管	插秧	27.1	6009.8
	抛秧	27.3	6018.0
	撒播	27.5	4551.8
無暗管	插秧	27.0	4505.3
	抛秧	25.9	4350.8
	撒播	26.0	4210.5



9. 問題点

由于用水路施工没有結束, 使供水緊張, 影響成果精度。

10: 次年度的具体的計画
对水稻生產田進行調查。

小項目別成果概要表 分類 II.2.1.(1)

1. 小項目名：作物用水量の測定と計算—大豆の水分消費特性

2. 研究期間 1988 -1989 4. 担当者 日本側：水之江 政輝

3. 実施機関： 三江水利研究室 袁輔恩、王長君 中国側：孔令君、竇中有

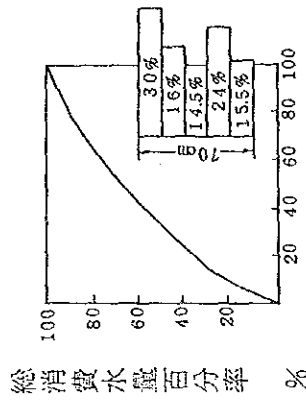
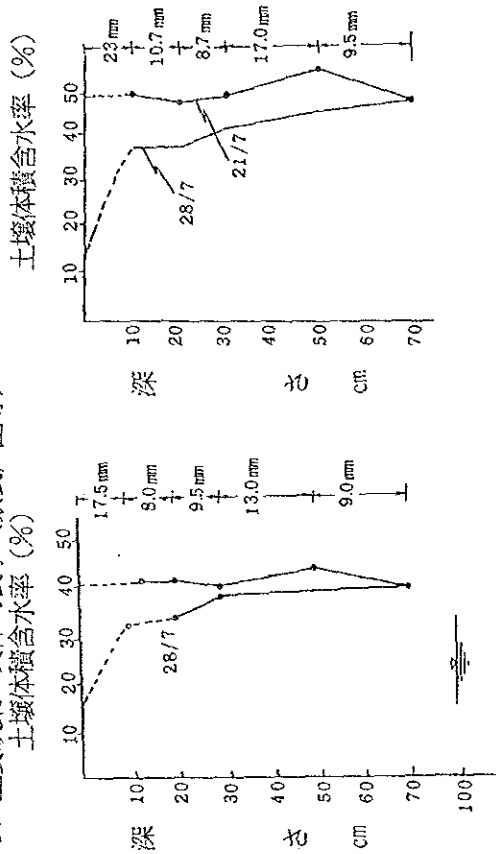
5. 目的： 低平地における地下水位と上向き補給量の関係を定量的解明して用水計画算定の指針とする。

6. 試験、研究方法
 試験施設：移動屋根付きライシメータ（有底、無底各3基）
 調査項目：かんがい水量、土壌水分（10.20.30.50.7070cm）、気温（大豆群落内）、地温（0.5.10.20.70cm）、地下水位（無底区のみ）、気孔開度（浸試薬法）、葉の水ポテンシャル

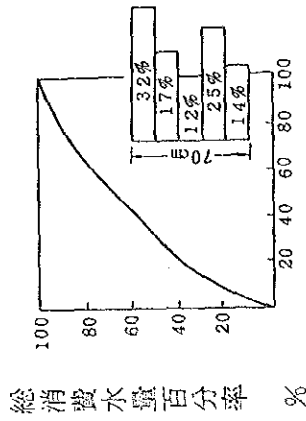
7. 結果の概要
 1) 前年までの概要
 上向き補給1.76mm/day. 土壌水分消費型は有底区中層消費型、無底区表層消費型を得た。

2) 本年度の概要
 ①結莢期かん水後8日間後の土壌水分消費量は有底区69.0mm、無底区57.0mmで、その差12mm（1.5mm/day）は地下水（地下水位110cm）からの上向き補給量と判定された。この値は前年度よりやや下廻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る。
 ②土壌水分の消費型は第1層と第4層を持つ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。

8. 主要成果の具体的表示（数表、図等）



水分減少域 (%) (無定区)



水分減少域 (%) (有定区)

9. 問題点
 土壌物理測定が停電等のため遅れたため、これに関連した解析ができなかった。

10: 次年度の具体的計画
 地下水位を一定値に設定して地下水位別上向き補給量を定算する。

小項目別成果概要表

分類 Ⅲ.3.2).(3)

1. 小項目名：迂回水路など送水方法による昇温効果の測定と解析

2. 研究期間

4. 担当者

日本側：水之江 政輝

袁輔恩、王長君

中国側：王俊華

3. 実施機関 三江水利研究室

5. 目的
最適昇温方法の選定

6. 試験、研究方法
煉瓦水路を対象に距離別水温の同時測定

7. 結果の概要

1) 前年までの概要
水田、土水路及び迂回水路の水温を測定し初歩的な成果を得た。

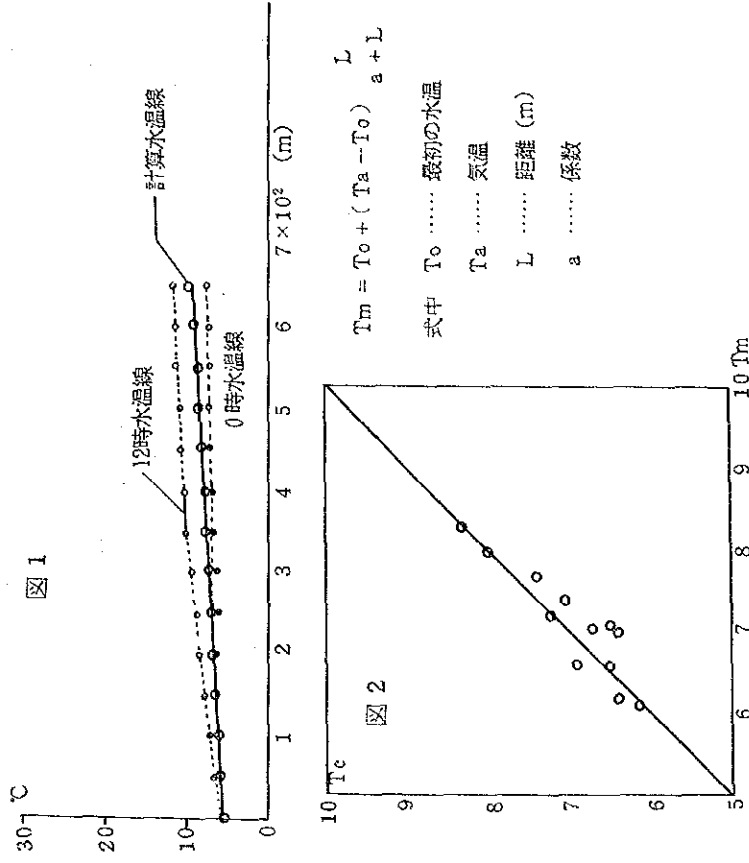
2) 本年度の概要

①煉瓦水路の水温変化は土水路の水温変化に類似し、水路の延長が長くなるにしたがって、次第に上昇した。気温と水温差の増加によって、温度の上昇度は高くなった。(図-1)

②水温の変化は $T_m = T_o + (T_a - T_o) \cdot L / (a + L)$ に一致した。係数 a の値は煉瓦水路4000、土水路2500と異なる結果を得た。計算値と実測値の対応関係を図-2に示した。昼の計算値は実測値よりも小さく、夜の計算値は実測値より大きい値を示した。(図-1)

8. 主要成果の具体的表示 (数表、図等)

煉瓦水路における水温測定結果



9. 問題点

展示圃場完成遅延のため、煉瓦水路、土水路の水温調査は同時に行なうことができないから両方の調査は続くことが必要です。

10: 次年度の具体的計画

7, 8月に煉瓦水路と土水路の水温を調査を同時に実施。

小項目別成果概要表 分類 II.2.1.(3)

1. 小項目名：凍結層が春旱、春刈に与える影響と発生頻度
 2. 研究期間 4. 担当者 日本側：水之江 政輝 袁輔恩，于蘭発
 3. 実施機関 三江水利研究室 中国側：王俊華

5. 目的 小麦作を対象にした春期用水管理指針策定のため

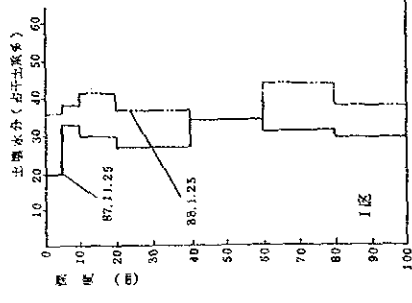
6. 試験・研究方法 試験区分：深耕区、秋期かんがい区に区分 調査項目、方法：中性子水分計並に採土法による深度別土壌水分、作物生育収量調査、気象統計資料の分析

7. 結果の概要
 1) 前年までの概要
 ①粘質草甸土における大豆の土壌水分消費型
 ②地下水から上向き補給量は $G = E_0 * 0.36 \sqrt{h}$ (mm) を得た。
 2) 本年度の概要
 ①宝清における36年間(1952~82年)における小麦の干害発生頻度は1年半に1回の割合である。
 ②凍結過程における40cm以浅の土壌水分は下方から上方に向かって移動し40~60cm間では土壌分析の変化は認められなかった。
 ③融解過程では表層5cm以浅で水分消費が著しく小麦播種期の土壌水分が甚だしく不足した。

8. 主要成果の宝清県小麦 (数表、図等)

宝清県小麦 大豆 トウモロコシ 旱ロウ災害表

年別	小 麦			大 豆			トウモロコシ			災 害
	増減率	災 害	年 成	増減率	災 害	年 成	増減率	災 害	年 成	
1957	14			-24	ロウ	欠	-10	ロウ	欠	秋刈
1958	-12	旱	欠	18		豊	16		豊	春旱
1959	22		豊	28		豊	14		豊	
1960	2	ロウ	平	-40	ロウ	欠	-55	ロウ	欠	春刈 秋刈
1961	-18	旱	欠	-14	旱	欠	-4	旱	平	春旱
1962	-21	旱	欠	18		豊	28		豊	
1963	-10	旱	欠	6		豊	2		平	春旱
1964	16		豊	-28	ロウ	欠	-20	ロウ	欠	秋刈
1965	10		豊	22		豊	11		豊	
1966	-28	旱	欠	13	旱	平	0	旱	平	春旱
1967	20		豊	-7	旱	欠	11	ロウ	豊	秋刈
1968	16		豊	23		豊	19		豊	
1969	1		平	-32	ロウ	欠	-42	ロウ	欠	秋刈
1970	7		豊	12		豊	1		平	
1971	-21	旱	欠	6		豊	41		豊	春旱
1972	-7	旱	欠	-8	ロウ	欠	-11	ロウ	欠	春旱 秋刈
1973	-13	ロウ	欠	0		平	-14	ロウ	欠	秋刈
1974	14		豊	-7	ロウ	欠	-15	ロウ	欠	秋刈
1975	-11	旱	欠	24		豊	18		豊	春旱
1976	26		豊	9		豊	28		豊	
1977	25		豊	-19	低温	欠	-8	低温	欠	
1978	-75	旱	欠	-11	旱	欠	-13	旱	欠	春旱
1979			豊	-13	旱	欠	-20	旱	欠	春旱
1980			豊			平			豊	
1981		夏刈	欠		夏刈	欠			夏刈	秋刈
1982		夏旱	欠		夏刈	欠			夏旱	秋刈



土壌水分(干土重%)

9. 問題点

10: 次年度の具体的計画 前年度に準じて実施

2. 講義資料 (中文)

- I. 日本的旱地灌溉
- II. 旱灌計 中的經濟用水量
- III. 旱田多目的用水及噴水器
- IV. 旱作用水多目標利用与自動化
- V. 設備园艺中用水及其裝备化
- VI. 地熱在 农业 (特別是設施园艺) 上的利用
— 日本地熱利用的現狀和問題 —

I. 日本的旱地灌溉

水之江 政辉

摘 要	1
1. 前言	1
2. 旱田的自然条件	2
3. 环视旱田的社会条件	4
4. 旱田灌溉的实施情况	4
5. 旱田灌溉的效果	7
6. 灌溉方法	7
7. 末端灌溉组织	10
8. 灌溉设施的多目标利用	13
9. 喷头的种类与选定	16
10. 结束语	18

摘 要

日本的耕地面积为544万公顷，其中旱田面积为241万公顷，（占耕地面积的约44%），而需要灌溉的面积为100万ha。

日本的年平均降雨量为约1800mm，夏作期间（5~8日）的雨量约为660mm，相当于年降雨量的约40%，而旱作所需要的雨量约为400mm，由此可见从日本的气候来看，足可满足旱作栽培所需要的水量。

可是，由于雨量分布不均，变动很大，1年中发生1~2次，10天以上的连续干旱天。因此很多旱田作物常常处于遭受干旱的危险之中。

日本的旱田灌溉是从引进美国干燥地带的灌溉技术开始的，然后把这些技术逐渐改造成为适合于日本国情（湿润、气候）的技术。如今把它当成是旱作生产的基础而受到重视。

在日本有组织的开展起旱田灌溉只有35年的历史，其间在灌溉对象，灌溉方法，灌溉目的方面有过好多变迁。

其中最大的变革就是扩大对水的利用的认识，引进了水的多目标的利用的技术。这是湿润气候下的日本风土国情中发展起来的技术，对此引起了国内外的关注，并对今后的发展寄以了期望。

1. 前 言

从1981年到现在日本的耕地面积约544万公顷，其中旱田面积为241万公顷（一般旱田124万公顷，果树园地33万公顷）牧草地59万公顷）相当于耕地面积的约44%，1969年以来，这些数字有增加的趋势，从这些可以知道，日本的农业处在逐渐重视旱田的倾向之中。

但是，直到今天，以稻作为中心而发展起来的日本农业，仍然把旱田当作水田经营的附属地位，尚未受到重视。其结果，好多旱田的生产

处于低水平的状态，因此如何提高这些旱田的生产力成为当前的重要课题，寄予旱田的期望是很大的。

根据土地改良长期计划(1973年)，需要灌溉设施的面积达到101万顷，其中具有灌溉设施的面积仅为7万顷，正在施工的部分算在内只不过是12万顷，大部分则有待今后事业的发展，这就是现状。

2 旱田的自然条件

地形：旱田中坡度在 $8-15^\circ$ 及 15° 以上的面积分别达23.3%、17.6%，旱田中斜坡地所占的比例较高²⁾。特别是最近的趋势来看，每年4万顷以上的优良耕地(主要是平坦地)被毁坏，因此新造地只能在条件差的斜坡地进行。

表1 按坡度区分的旱田面积

地块规模		倾斜区分			计
		8° 未滿	$8^\circ \sim 15^\circ$	15° 以上	
面	100ha以上	925	208	118	1251
	100~20ha	327	213	158	698
	20ha未滿	179	142	152	473
积	计	1431	563	428	2422
	同上比率	59.1	23.3	17.6	100

(资料：农业水产省土地利用基盘基本调查，1960年3月31日至现在)

土壤：主要旱田区分布在火山灰地带，这些由火山灰形成的旱田，占整个旱田的44%，再加上火山山脚土壤17.7%，那么受火山影响的土壤就有62%³⁾，这在国外是很少见的，而且从旱田灌溉技术来看受着各种限制。即火山灰的表土具有良好的团粒结构而且质地轻，透水性强，下层土的透水性也强，测定出来的渗漏系数也大，因此把水直接通过地表进行地面灌溉的方法是有困难的。

1950年开始的旱田灌溉事业(如相模原地区未能成功,除了经营上的因素之外,也存在灌水技术问题,因此从土壤条件、地形条件来看适于日本的旱田灌溉的方法是喷灌。

气候:日本气候一般区分为如图-1,根据形状的不同,降雨量及气温等有显著的差异,适量的降雨对作物生育很有必要,但是由于降雨期的长短,有时招致日照的不足,另外因发生灾害性的降雨量和降雨强度,而导致农作物的受害。

为此,有的地方最近把果树移到雨量少的地区,而作物所需的水则靠旱田灌溉加以补给为前提进行经营的。



图1 气候区分

现就与旱田灌溉有密切相关的降雨来看，日本历年的平均降雨量约为1600mm，与欧美的600mm相比是相当多的，这是由于梅雨，雷雨台风等原故。降雨量与旱作的种植期的关系随地区而异，春作（3～6日）以及秋冬作（9～12日）期间约为570mm，相当于降雨量的约30%，夏作（5～8月）期间约为660mm，约占一年的雨量40%。旱作所需的水量约为400mm，根据日本的气候足以满足旱田作物栽培的需水要求。

但是从最近20年的气象统计看出降雨分布极为不均匀，有的地区在7～8月的夏期连续十天以上的干旱，每年按1～2次或2～3年一次的比例出现，而且连续干旱与集中暴雨交替出现等，降雨的分布不规则加之不稳定，因此好多旱田作物常常遭到干旱的威胁。

如上所述，在日本好多地方的旱作是在恶劣的自然条件下经营的，因此其生产力一般较低而且处于不稳定的状态。

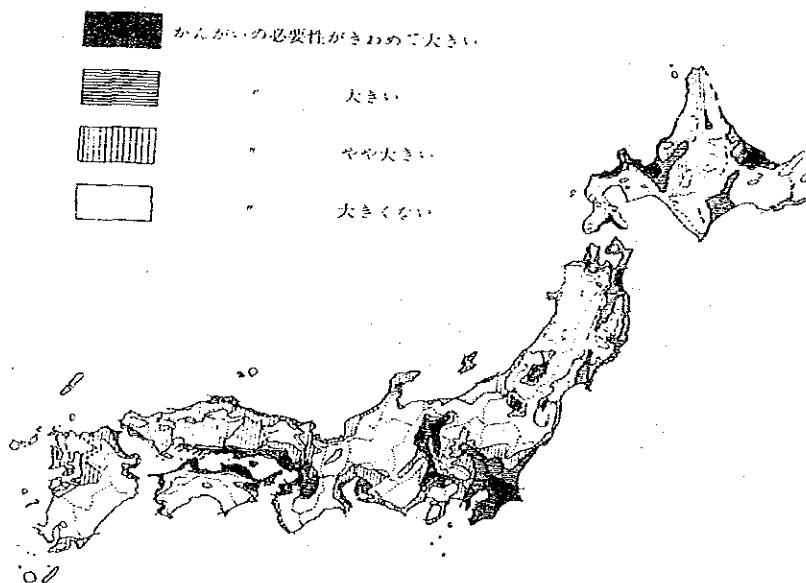


图-3 以降雨划分的灌溉必要性

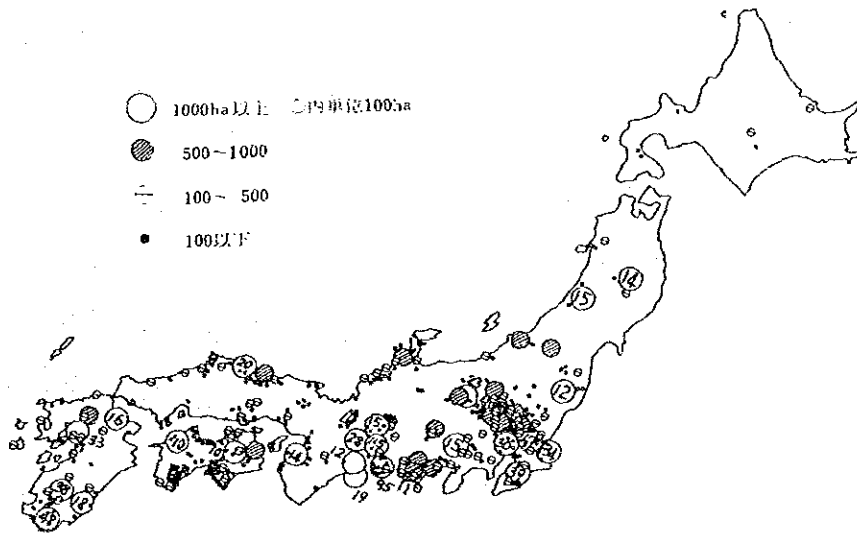


图-3 旱田灌溉地区的分布

3 环视旱田的社会条件

除自然条件的特徵之外，日本的旱田还具有独立的社会特点，即土地所属情况极为零散，具体来看，全国平均一家农户所占的旱田面积仅为0.4ha。靠农业自给的E、C 9个农业国，农业户数为915万户，耕地面积为9346万ha（每户占10.3ha）日本与这些国家相比，耕地面积比较少，而且明显的看出其零散的程度。由于日本的旱田地块小，分布零散，地块形状也不整齐，在这些块上还种植着多种作物，所以给制定旱田灌溉的计划，设计方面带来了很多不便。

1945年以后的日本旱田灌溉技术在种种严酷的条件下，走向了独自发展的道路。

4 旱田灌溉的实施情况

旱田灌溉就是用人工方法供给作物生育所需要的水分，以防干旱，是获得稳产高产的有效手段。但是以往日本农业的主体是水田，因此

土地改良事业多半是以水田为对象进行实施的，而对旱田则是1952年才正式付予实施的。

自从1955年，设立了爱知用水公团，积极引进了美国的灌溉方法以来，相继进行了笠之原用水，丰川用水等大规模的旱田灌溉事业。

从1960年左右开始，不单是为了防止干旱，而是谋求增收和质量提高，灌溉方法也从灌溉发展到较多的采用移动式喷灌机进行喷洒的方法。

到了1965年时，以经营稳定与提高为目的的计划生产，计划上市等事业也开展起来了，随之而来的是灌溉方法的近代化，果树园等开始采用固定式喷灌设施。

1970年以后，除了将旱田灌溉设施用于农药和液肥的喷洒之外，为防风蚀，防霜冻，培肥灌溉等多目标利用技术，有普及推广的趋势，与此同时，设施的自动化也正在进展。

1979的今天，具有旱田灌溉设施的面积包括一般旱田，果树园地在内为1854ha，相当于旱田总面积239万ha的77%。

表-2 旱田灌溉的实施状况 单位千ha

区分	农地面积			整个面积		
	普通旱地	树园地	计	普通旱地	树园地	计
1975年	1,733	602	2,335	57	49	106
1979年	1,790	596	2,386	120	65	185

从不同地区来看，旱田灌溉面积占旱田总面积的比例最大的是拥有象爱知用水，丰川用水那样大规模旱田灌溉区的东海地区，另外从面积来看，向东京市场供应新鲜蔬菜，水果的关东地区以及有很多果树产地九州地区的旱田面积大，其次是中部，四国地区。

日本的旱田是从引进美国的干燥地区的灌溉技术开始的，然后逐步改变为适合于日本的湿润条件下的灌溉方法，其目的是在于土地利用率的提高，目前已被看成是旱作生产的支柱而受到重视。

5. 旱田灌溉的效果

旱田灌溉的经济效果必须是灌溉设施的总投资和维修管理费与灌溉稳定增收，经营效果相平衡才行，因此用水计划，灌溉组织，设施的维修管理方法等这一切均直接影响经济效果，其中用水计划，是决定各种设施规模的重要因素，因此制定时须慎重考虑。

用水量计划值，随实施地区而异，其平均值列于表-3。

象日本这样的降雨分布不均的气象条件下保持一定的植物最佳土壤水分是困难的，而且有时交替产生着过湿状态和干燥状态，这对植物会起到不良的影响，在干燥状态下，如果对植物无明显的影响时，一般来讲我们不认为是干旱。但是，一旦超出植物的最适土壤水分范围时，我们应该认识到它将通过某种形式，阻碍着植物的正常生育。可以说日本的旱田作物，经常是在这种状态下生长的，因此，排除这种潜在干旱，就可以充分发挥作物本来的生产力，增收在望，而且为改种高产品种或经济性较高的作物提供可能性。

水与补给的经济效果列于表-4。

6. 灌溉方法

有喷洒灌溉（喷灌、多孔管灌溉）、滴灌、地表灌（壅灌）畦灌、漫灌等），地下灌溉等。

由于旱田的大部分分布在地形复杂的斜坡地上，同时由于土壤的有效水分值小，加之入渗速度大，因此灌溉效率低，另外又需要很多劳力，所以地表灌溉几乎没被利用，而大部分则靠下列方法进行灌溉。

灌溉，这种方法最近20年才迅速发展起来的，而且旱田灌溉的大部分是依靠这种方法进行的，其原因：

①主要的旱田地区多分布在火山灰土壤上，而这种土壤入渗速度大，因此用地表灌溉方法的话，其深层渗漏损失大。②适用于斜坡及复杂地

表4 灌溉的增产效果

作物	%									
	≤100	~110	~120	~130	~140	~150	~170	~200	~300	>300
豆类					
大豆					
花生							
蔬菜					
茄子					
蕃茄		
黄瓜								.	.	
西瓜		
大头菜					
白菜					.	.				
萝卜							
芋头	
甘蔗								
洋葱			
姜		
果树					.		.			
柑桔					.		.			
桃			.		.			.		
梨	.	.	.							
葡萄	.			.						
苹果			
茶							
饲料						
意大利						
作物									
割青谷类									

· 调查事例

小规模而且需要精耕细作的营农也可采用。

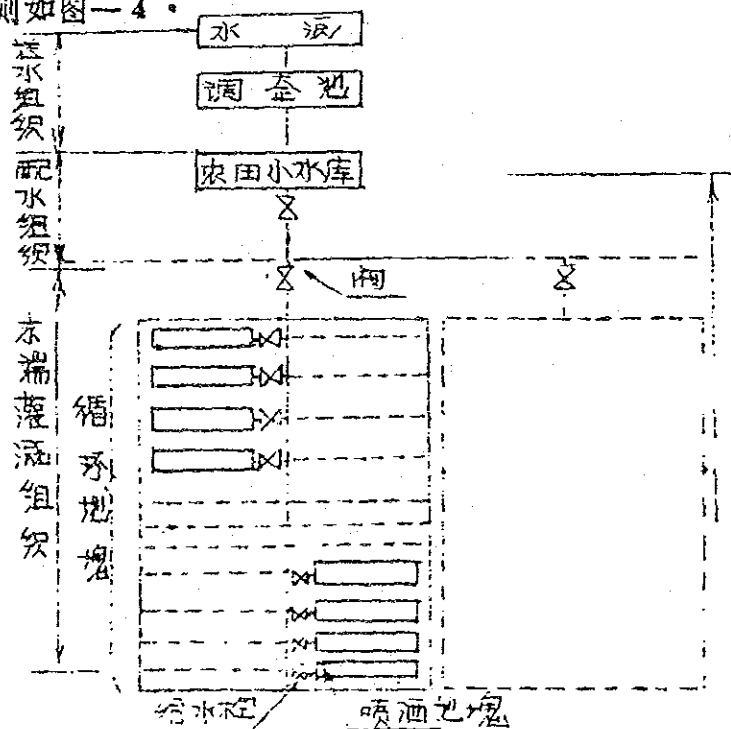
多孔管方法：对不适用于喷灌方法的小区划或需要精耕细作管理的作物上采用，但是由于喷洒距离短，喷洒强度大，而且需要频繁的搬移，因此在普及方面存在一些困难。

滴灌方法 这种方法对于水源贫乏需要节水，需要在低水分张力的土壤水分情况下栽培的作物，或土壤表层干燥时在表层引起盐分聚集，灌溉水中含有若干盐分等的情况下通用。

在日本从1970年左右开始多用于温室栽培，地膜小棚栽培，薄膜栽培以及砂土地等的灌溉。为此正在进行着性能优良的新材料的开发和最佳方法的研究。

7. 末端灌溉组织

末端灌溉组织形式：必须要充分适应营农条件，特别是多目标利用尤为如此，要适应营农方面提出的对水的多种要求。灌溉组织的构成按模式表示，则如图一4。



图一4 灌溉组织构成的一例

洒水地块的规模，这个大小可与地形，作物种类，经营区的规模，平整土地的程度以及土地所属情况等实际的营农条件而异。

象日本那样零散的小规模经营上，采用较大的喷灌区划面积时往往带来好多不便。因此制定计划时要对共同作业，协作组织的程度和耕地，作物的分散状况要做好充分的调查。

喷灌防病虫来讲，由于末端管道内的药品到达时间晚而产生的喷洒不均匀以及药液损失等原因，喷灌最适合的地块的大小，以30~70公亩程度为标准。

末端管路的布置，管路的布置是根据利用目的，充分满足要求条件来决定，设计时要对田间管路的移动性，配管形式，尽可能采用灵活且设施费及维修费最低廉的设计。

根据田间管路的移动性，所喷灌的作物及地块规模，按不同的喷灌机加以整理时得出表一5，从洒水器的移动性来看配管方式。

另外配管形式可分为梳子型、鱼骨型及叉子型。

表一5 从洒水器的移动性看配管方式

	低压散水器	中间压散水器	高压散水器	特 征
人力 移动	·部分蔬菜类 (多孔管)	·一般旱田蔬菜田。最后需要10~20a左右的作物基本地块。	·一般田、草地、果树园 ·最后需要50a以上的作物基本地块。 ·屎尿灌溉用	·每反(单位面积)的器具费便宜，但移动时须要劳力
埋设 固定	·高级蔬菜等的圃场	·果树园地 ·防治虫害 ·施肥	·施肥	·设施费昂贵，但不影响场内的作业，可以避免由于冻结引起管道破裂等事故。

续表—5

	低压散水器	中间压散水器	高压散水器	特 征
地表固定	<ul style="list-style-type: none"> · 需要轮作体系的蔬菜 · 陡坡的果树园 (多孔管) 	轮作体系中灌溉频率高的作物, 构成 $10 \sim 20a$ 左右的地块时。 <ul style="list-style-type: none"> · 引进大型机械的圃场 · 防治病虫害, 施肥方面的利用 	<ul style="list-style-type: none"> · 1 以上的地块上栽培有灌溉频率高的作物时, 施肥 	<ul style="list-style-type: none"> · 地区设施费省力的程度较大 · 容易引起冻结破坏
自走式		<ul style="list-style-type: none"> · 比较平坦, 而且经过平整土地时 · 草地 	<ul style="list-style-type: none"> · 草地 · 高度集中栽培的地块, 而且经过平整土地 	<ul style="list-style-type: none"> · 省力而且经济

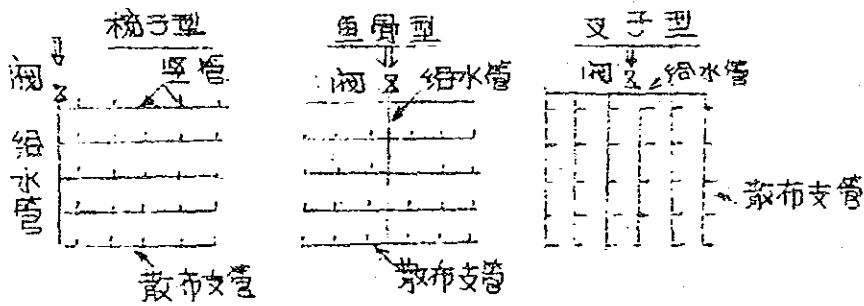


图5 配管型式

鱼骨型及叉子型, 其喷洒的末端地块大小可扩大到 $70a$, 并适合于正方形、长方形的田块使用, 但梳子型则最大不超过 $30a$, 而且只适用于近乎正方形的田块。

这些不同配管形式的工程费用顺序是

鱼骨型=叉子型<梳子型

8. 灌溉设施的多目标利用

多目标利用的研究是从1960年左右开始的，真正地把它作为土地改良的辅助对象加以实施，是在1971年以后，近几年有急速扩大的趋势。

到1976年3月的现在，综合利用设施的实施状况如表一8所示，根据此表得知，综合利用灌溉设施的旱田面积为5600ha，在1975年之前已着手于实施的地区面积已达92000ha。

表一8 不同地区、不同项目的综合利用灌溉设施的实施状况(单位: ha)

	普通旱田		树园地		合 计				备 考
	设置 济面 积	事业着 手面积	设置 济面 积	事业着 手面积	设置济面 积		事业着手面积		
					实数	比例 (%)	实 数	比例(%)	
东 北	—	—	83	298	83	1.5	298	0.3	北海道 的普通 旱田是 牧草地
关 东	67	670	852	20448	899	16.1	21118	22.8	
北 陆	—	—	—	—	—	—	—	—	
东 海	—	—	198	198	198	3.5	198	0.2	
近 畿	103	103	1243	13694	1346	2.4	16797	18.1	
中国·四国	61	391	1133	11284	1194	2.1	11675	12.5	
九 州	—	156	122	13925	122	2.1	7081	7.6	
北海道	647	35618	—	—	647	11.5	35618	38.3	
合 计	853	36733	4735	58475	688	100	92685	100	

资料：农林水产省构造改善局资源课调查(1977年)

多目标的利用中，以防止病虫害为主，它占89%，其次的顺序为施肥、防潮风、防霜冻。从灌溉对象来讲，无论是防病虫害或施肥，均以柑桔为主，除柑桔之外还有茶和蔬菜，另外防霜冻方面也是以柑桔为主其他还有茶和蔬菜，最近茶的灌溉设施有开展的趋势，多目标利用按不同项目以及利用内容。用水量加以整理得出如表7。

病虫害的防治：

它在多目标利用中占据主流，根据作物的种类，有的一个耕作期间（一年），需喷洒农药10数次之多，如果采用喷灌机喷洒时不单节省了劳力，而且保证了农民的健康，从这一点，这种方法大有希望。其初以果树、茶等多年生作物为主，后来逐渐利用于蔬菜。喷灌机防治与动力喷雾机等惯用法相比压力小，水滴大，因此被认为是不适于农药的喷

表一7 不同项目多种目的的利用内容

项 目	目 的	用 水 量	备 考
1. 栽培管理用水 1) 播种、定植用水 2) 耕翻用水	促进、发芽、返青、生育 防止土壤的板结 易于耕耘、碎土 易于收获(根菜类)	3~5mm/day (1次灌水量10~15m) 4mm/day前后 (1次该水量20mm程度)	应避免一次用水过多， 延渍干旱时，频繁用水为宜，机械运行时PF3为宜。
2. 气象灾害防止用水 1) 风食防止用水 2) 冻霜害防止用水 3) 潮风害防止用水	防止流沙种子及苗的飞散 防止耕土的飞散 冲洗含有海的强风面附着于叶面上的盐分	5~10mm/day (1次灌水量10mm程度) 12~32mm/day (强度3~4mm/hr) 4mm/4~8hr程度 (单位水量12~22mm/day)	有可能超过补给灌溉设施容量 当物体温下降到危险温度时开始喷洒 单位用水量变得相当大，因此实施时要想办法

续表一7

项 目	目 的	用 水 量	备 考
3.管理作业的 省力化用水 1) 液肥用水 2) 病虫害防除用水 3) 粪尿用水	液体肥料的散布 病虫害 生时的 液散布	4mm/day 程度 (1次灌水 量 20mm 程度) 普通旱地 400~600 e/10a 树园地 400~800 e/10a	液肥灌溉的肥料 料成分的吸收率 高。因此年内施 用是可10~30% 弱, 就可以了, 施肥次数要比惯 行的施肥次数要 多些, 喷灌机的 种, 配置条件的 选择以及营农条 件需要考 虑。
3) 粪尿用水 4) 液用水	家畜粪尿向草地还 元 淀粉 液向草地还 元	1~2mm/day (10mm/5日 间~10 日 间) 在补给灌溉中的处理	发酵槽里要充分 发酵就消除恶臭 实施时对于时期 量, 方法等要充分 研究的必要
4.基地用水 1) 节 气 象的用水 2) 为 节 温 用水 3) 栽培用水	控制作用生育的农 地环境改善(夏季 的叶温降低, 防止 现象时的异常干燥) 冬期的地温上升 夏期的地温低下	4~6 mm/day (1次 2~3 mm, 1日 2次) 1日的蒸 散量内 10mm/day 程度	利用水蒸发时的 气化热有效的防 霜冻的事前措施 根据栽培条件, 一天也不能缺水 另外使用的时间 总是要多集中于 早、晚 时间 带的倾向

洒。但从1959年左右开始试行，1965年以后，随着事业开展，现在已成为多种目的利用的主角。

对于农药液的叶面附着，洒液量及效果：稀释浓度和农药的物理性等方面有进一步研讨的必要，但是以柑桔，茶等常绿树为对象的防治技术已基本形成了体系，已在很多地区的实施中采用，另一方面对于葡萄、桃、梨、苹果、柿子等落叶树及蔬菜的防治效果稍微差些，但是随着适用技术的开发研究，可保证其技术的实用化。

霜冻防止：这历史较长，是从1963年开始的，但真正开始应用是在1989年以后的事，喷洒水的冰结法是利用喷洒水结冰时产生的潜热（1克水为80卡），作物体经常保持在 0°C 附近，因此根据降霜时的气象条件改变喷洒水量，可防止相当的低温，用这种方法对茶的效果明显，第一批茶，第二批茶均可增收20~30%，无喷洒水区的桑树其受害率为80~90%而采用冰结法的结果，不但没有受到霜冻反而每10a增收了300公斤。

除上述多目标的利用之外，液肥的施用，风蚀的防止，象畜粪尿的喷洒，除草剂，摘果剂的喷洒以及融雪，微气象的控制等，其利用范围极为广阔，对这些适用技术的开发及实用化方面正在研究之中。

9. 喷头的种类与选定

在日本的喷头大体可分为旋转式和非旋转式。旋转式喷头，一般其喷洒距离大，加之具有良好的喷洒均匀性，因此现在使用的喷头大半是属于此类。

旋转式中有撞击式、水车式、羽毛风车式、射流反射式等，现在使用的大部分是属于撞击式。

另外，在日本，按照利用目的，根据不同喷嘴的口径和仰角，将喷头加以区分。

喷头的喷嘴口径：现在市面出售的喷头的喷嘴口径根据其大小分为

S, M, L 的三种级别, 而 M 又分为 2 种, 根据使用目的分别使用。

表一 8 以使用目的区分的主喷嘴口径

区 分	喷嘴口径 (mm)	压 力 (kg/cm ²)	喷嘴流量 (l/min)	散布直径 (m)	主要使用目的
S	~2.9	1.0~2.0	1.5~7.0	~26.0	防霜专用或对 作物补给灌溉
	3.0~3.9	1.0~2.5	6.5~18.0	26.0~32.0	
MI	4.0~4.9	2.0~2.8	18.0~35.0	32.0~34.0	补给灌溉和一 般的多种目的
	5.0~5.9	3.0~3.5	40.0~63.0	34.0~35.0	
M	MH	6.0~7.4	3.0~4.0	70.0~100.0	同上, (特别 是经过平整大 地, 具有良好 的地形、气象 规整化的条件
		7.5~9.9	3.9~5.0	90.0~190.0	
L	10.0~19.9	4.0~6.0	120~650	40.0~	对粗放作物的 补给灌溉或粪 尿灌溉
	20.0~	6.0~10.0	780~2600		

(注) 洒布直径是无风状态下的平坦地概略值(水压 30kg/cm² 喷嘴仰角 30°)

喷头的喷嘴仰角: 以补给水为目的的灌溉, 一般来讲为了用一个喷嘴尽可能地扩大其喷洒面积, 最理想的喷嘴仰角为大角度(23°以上), 在树下喷洒时最好是采用小角度(10°以下), 用于多目标利用时其喷嘴仰角随目的而异, 一般采用小角度, 如以防止病虫害为目的时, 为了尽可能多的水滴能喷洒到叶面上, 一般认为 20° 以下为宜。

在日本根据使用目的按喷嘴仰角区分成表一 9。

表一9 喷嘴的仰角与水利用目的

角度的区分		适 用 例
低角度	10° 以下	树下灌溉
(I)	11~13°	茶、葡萄等的病虫害防除
中间角度	(I) 17~22°	柑桔、桃等的病虫害防除，风蚀防止、粪尿洒布
普通角度	23° 以上	树上灌溉，水分补给灌溉

(注) 仰角均以主喷嘴为例。

10. 结束语

日本的旱田灌溉的历史短，做为正式的事业，有组织的开展起来的时间只不过是约35年左右，其间由于灌溉对象、灌溉方法、灌溉目的等原因，发生了好多变迁。

其中，最大的变革是扩大了对水的利用的认识，继水分补给的灌溉之后，引进了水的多目标利用的想法，这是位于湿润地带的日本所开展的独特技术，受到国内外的关注，期望着它在今后的发展。

通常，在植物体内含有70—80%（鲜物重的）的水分，其中一部分是从外部吸取，而大部分是通过植物体内从茎叶向大气中散出（如早稻的最盛期每棵每日从根吸收500—700CC水，然后由茎叶散出）。

1. 有关用水量的因素

现在各地所采用的灌溉水量（补给水量），并不一定表示为准确的用水量。在某一地区由于取水困难，有时将准确用水量下调之后按用水量采用。在这种地区主要是为栽培某种作物、保持土壤的肥沃性。还可能通过高效率灌溉的用水来继续生产。与此相反，在水源丰富地区，一般是灌溉效率低，以超正常用水量来进行多余灌溉。

关于灌溉用水量的因素，是包括几乎灌溉农业上所有的条件，而且这些因素又是互为关连的。例如，对于某一特定土壤的用水量，主要由作物种类来定。此外对于有生产预见性的作物，主要由气象条件来定，对于具有经济价值的作物要由生产费用或产品价格和市场需求来定。

(1) 气象因素

影响用水量的气象因素有：降水、气温、湿度、日照以及风。如果相对湿度低、日照时间长，而且风速又大，则蒸发散量就多，用水量也大。其中有直接影响的是降水和气温。

在我国雨水较多的地带，在作物生育上有充分雨水的时候，但在

不同时期也有不足的情况。此外，温度是左右作物生育的，支配着水份消耗对总用水量有很大影响。

(2) 有效雨量

有效雨量的计算，在广域多目的水利计划时，如果不具备充分的用水管理设施，反映在取水量上就有过量的可能性。在现时，有效雨量，在旱田（或水田）是将降水量作为可利用的水量来表示，是考虑了降雨量，降雨强度、降雨分布、地形、土壤渗透性及其保水性、栽培作物种类等之后求得。

在水利设施规划上，当设置灌溉用的蓄水设备时，按以往的记录，需要调查该地区的有效雨量，此时，即使是干旱极为严重的年份（在计划上有10年1次的干旱发生率）也要按取得最优水量进行充分灌溉为目标，因此，对于哪种年份的有效雨量，尤为慎重。

(3) 土壤状态（尤其是肥沃程度）

一般长年耕作过的土地，比起新开垦的，可用较少水量取得高收成。在新开垦的土地与长时间耕作过的土地相比，其头2—3年的用水量一般要增大50%以上。以后随着土壤适应于所栽培的作物，用水量可减至普通的值。

图—1是在加拿大的SNELSON(1930)在各种不同肥沃程度的土壤上栽培小麦时所灌的用水量与收成的关系曲线。最高收成是在前期作物紫苜蓿、甜菜、甜菜的顺序经过3年轮作之后的土地上灌溉

510mm水量后生长的小麦，对于在前期种植牧草、马铃薯、谷类肥沃程度下降的土地上尽管灌溉了615mm水量，也仅取得一半收

• 2 •

成。图中明显表示，小麦的适用水量是随着土壤肥力的减少逐渐增大的倾向。

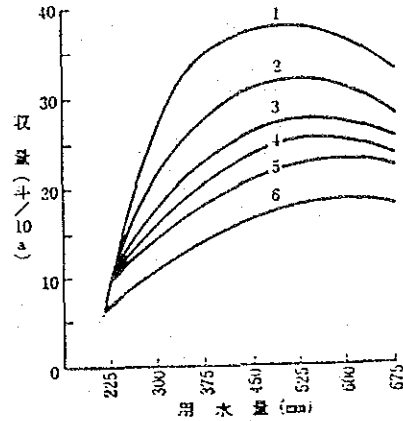
(4)作物种类及其栽培方式

对于不同作物，有的在初期需要大量水份。相反，有的在生育后期耗费大量水份，或者在整个生产期间需要大量水份等，有着各种特性，因此，通过整个生产期的总用水量加以平均，设置较经济的设备容量，以提高设备的利用率。

2、灌溉水量与收成

在合理栽培下的某一区域，作物产量是随着用水量的增加而增加。然而其增长率，一般是靠近最高收成而渐减。在我国关于灌溉时期，间隔日数对作物质量收成的影响所做的试验成果比较多，但将灌溉水量与收成、质量之间的相互关系方面，整理出来的资料还不多。

这是在作物栽培上的物质生产，是受到除了水份以外复杂的多种



图一1 不同肥力的土壤栽培小麦的用水量与收成的关系

前期作物：1、紫苜蓿、甜菜、甜菜

2、三叶草

3、三叶草、玉米、燕麦

4、豌豆

5、紫苜蓿、马铃薯、

紫苜蓿、玉米、燕麦

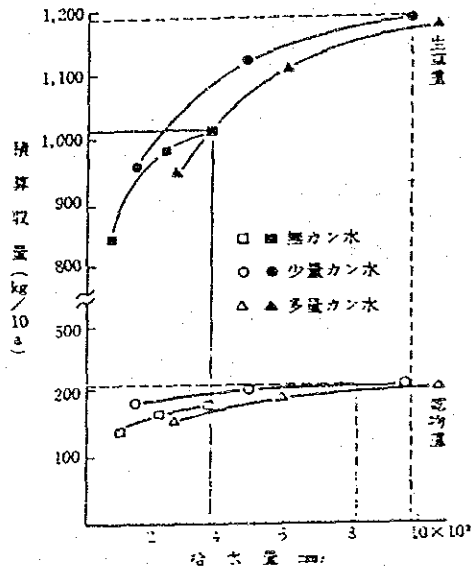
6、牧草、马铃薯、小谷
麦。

因素影响的结果，此外，即使用同样水量，对于不同作物，水的效果也并不是等价的，例如，某一时期的水分不足会带来收成显著下降，或者由于稍为超量水份影响到果实质量而降低收成等等。

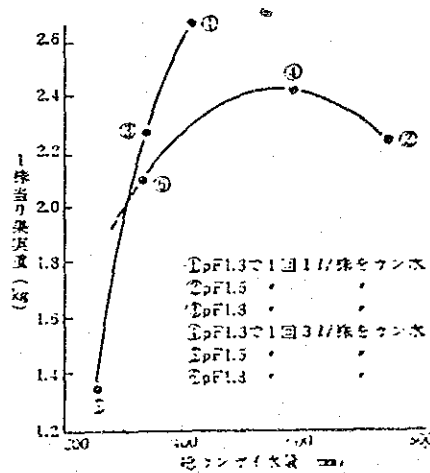
适当灌水量，必须是在增产的同时改进质量，增加效益才是。对于牧草等，增加灌水量，固能增加生草重量，但不能随之增加干草重量，因此，只增加水份含量不会带来好的结果。

图一2，达到最高生草重时的用水量为990mm，但相当于最高干草重的水量为820mm。这样在820mm前后的水量能取得最高干草量，但灌水量增至600mm以上时，干草量的增加极小，如果以用水量和饲料价格核算，最经济的用水量约在600mm，其中按有效雨量为400mm时，则实际需用水量在200mm左右。

这是用设施栽培时的情况，



图一2 混播牧草的累积产量与水量 (5-9) (东近农试旱田作物部 1964)



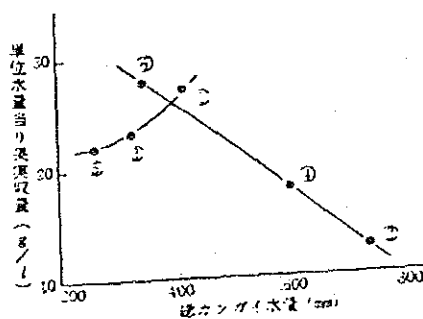
图一3 灌水区划与果实产量(黄瓜)的关系 (静冈县农试海岸砂地会场)

但静冈县农试海岸砂地合场的实验成果给用水管理时的用水量差别和了解作物产量的关系方面提供了有益的资料。该实验是用塑料大棚栽培的黄瓜，在改变灌水起点和1次灌水量时，给黄瓜生长带来多大影响的试验，图一3是整理了不同灌水区划与产量的关系。

图一3中的①③⑤是每株1次灌1公升水，②④⑥是每株灌3公升水，灌水起点各为PF1.3、1.5、1.8。每株1次灌3公升水的果实产量在PF:1.5时为最好，其次是1.3、1.8（见图一3）。对此每株灌1公升水时，PF1.3>1.5>1.8，曲线呈PF值越低越多收的倾向。

图一4是将图一3按单位用水量的果实产量整理的，每1用水量的果实生产效果是⑥>①>③>⑤>④>②的顺序。在水利费（水费）便宜又重视生产的地方，①或④作为水管理的目标，但在水费贵的地方，以⑥或①作为水管理的目标是设施栽培的上策。

川西氏的实验结果也与此相似。图一5的每日灌水区（①②③）比隔日灌水区（④⑤⑥）产量高，每日灌水区高峰产量约在600^{mm}的灌水处，但隔日灌水区的峰值在400^{mm}附近，故产量曲线呈横向发展趋势。此外，每日5^{mm}区②与隔日10^{mm}区④的总灌溉水量相同，但其产量每日



图一4 单位用水量的产量

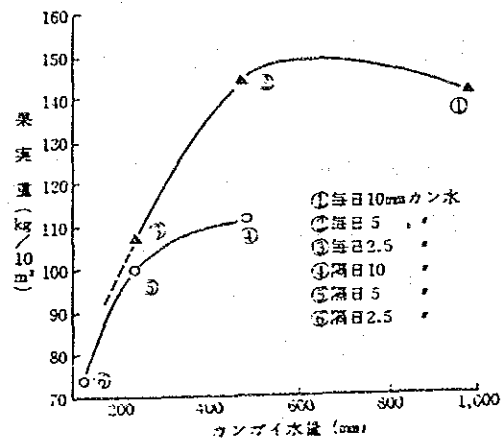
5^{mm}区增多30%。这一情况表示在设施内栽培的蔬菜是以低水平PE条件下进行用水管理取得高效(生产效中)的意思。

鸭田氏等对仪器蒸发量的比值(蒸发散比)的实验(根据自控灌水装置),将其实验结果整理为水—产量曲线(见图—6)。图中明显表明总用水量与产量之间有着密切关系。随着水量的增加,产量也在增高,但其增量为每10a500kg左右,已呈到顶的趋势,该点的总用水量(有效雨+灌水量)约在550^{mm}处。

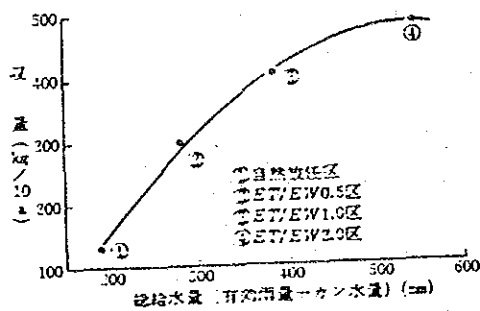
图—7、8是由东海近几农试旱作部所制的牧草用水—产量曲线;图—9是由琉球农试的甘蔗试验成果绘制的水—产量曲线。

由于琉球农试的有效雨量不明,不能从该曲线立即求出经济用水量,但可略知水对作物的产量特性。

以上是对若干作物以既往的试验资料绘制了水—产量曲线。但这些原非按照本来目的所取得



图—5 西红柿(半速成栽培)的水—产量曲线

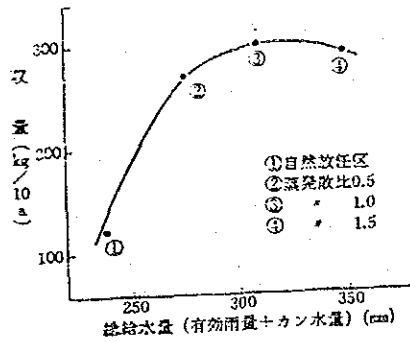


图—6 早栽稻的水—产量曲线(东近农试旱作部, 1969年)

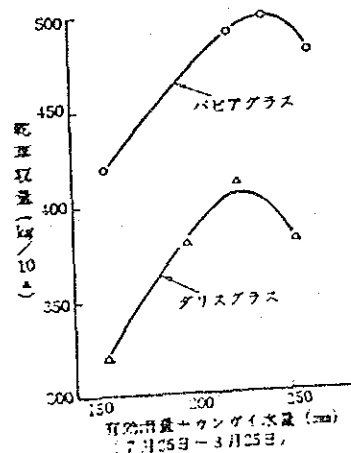
的实验结果，为此，作为适当的资料来引用是困难的。此外，水—产量曲线如前所述，受气象及其他多数条件的支配而会改变型式，由此短期试验成果来下结论是困难的，因此，这里只能提供一些倾向性而已。

3. 经济用水量

在灌溉农业上的经济用水量问题，水源越少水价越高，且受益区域规模越大越成为重要问题。此用水量，一般来说应该低于最佳用水量（为取得最高产量），此事已由上述水—产量曲线得到理解。尤其是用水量接近于最佳用水量时，对于产量（或效益）增加中缓慢的作物更为严重。对于这些作物，为取得最大效益，以超越某一限度的水量进行灌溉，所以会使水价和灌溉各项费用由于增产而上升。由此，超越水量灌溉反而是不经济的。此限值是由各地的人工费、水价、作物产品价格以及水—产量曲线的型式等来定。



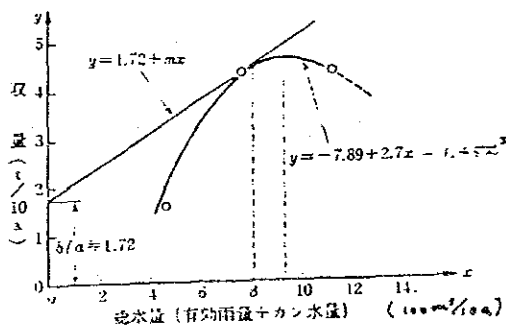
图一7 大豆的水—产量曲线
(1969, 7, 19~9, 30 东近农试旱作部)



图一8 饲料的水—产量曲线
(东近农试旱作部1967年)

CLrDE, GARDNER 及 ISRAËLSEN (1923) 关于经济用水量各因素的综合性影响不仅受水利用性或不足状况, 而且受适时降下的天然降雨量所左右, 对以下 3 种情况进行分析。

①能以一定价格买到的水, 并能充分利用; ②耕地面积很大, 供水有限; ③进行非灌溉也能取得某种程度的收成, 但一部分耕地是采用灌溉时。



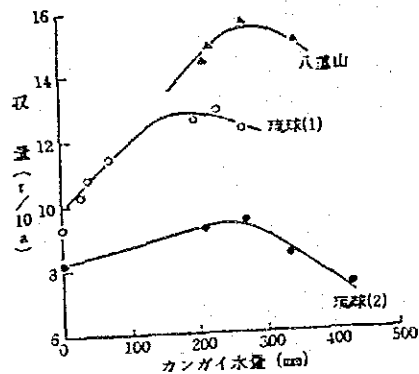
图—10 柑桔的水—产量曲线

注: a, 净收入价格每 1 t 32 千日元。

b, 按 10 年后的技术体系求得的第一次生产费 (建园费 + 偿还费)
= 5524 日元

(采用广岛县农试柑桔分场的资料绘制)

著者等, 将广岛县濑户田地区的灌溉规划 (1965 年) 按上述



图—9 甘蔗的水—产量曲线

(琉球农试 1967 年)

②条件看待，对经济用水量作了分析。柑桔的水—产量曲线是按广岛县农试柑桔分场的资料绘制的（见图—10）。

此时灌溉水量（ $X \dots 10^2 m^3/10a$ ）与产量（ $Y \dots t/10a$ ）的关系式如下：

$$Y = a + bX + cX^2$$

$$= -789 + 2.7X - 1.45X^2 \dots\dots\dots(1)$$

另一方面，对于水价以外的单位面积的经营管理费（ b ）与单位产量的作物价格（ a ）的比值 b/a ，即使 $X = 0$ 也不会改变，因此，将此按常数处理，则(1)式中的直线呈下式：

$$Y = b/a + mx \quad \text{按 } b/a = 1.72 \text{ 时}$$

$$= 1.72 + mx \dots\dots\dots(2)$$

表—1 不同计算区域中的各月消耗水量（广岛县濑户田地区）

计算区域	月 日 消 耗 水 量 (mm)												全年
	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	
① 濑户田地区 の平均値	31	21	23	48	49	124	140	147	132	113	65	37	935
日量	1.0	0.5	0.9	1.6	1.5	4.1	4.5	4.7	4.4	3.6	2.2	1.2	2.55
② 濑户田地区 の平均値 に お よ ぶ 水	27	13	24	42	42	108	122	123	115	58	37	32	813
日量	0.9	0.6	0.8	1.4	1.4	3.6	3.9	4.1	3.8	3.2	1.9	1.0	2.22
③ 濑户田地区 の平均値 に お よ ぶ 水 の 平均値	26	17	24	41	42	106	129	125	113	57	36	32	800
日量	0.8	0.5	0.8	1.4	1.4	3.5	3.9	4.1	3.8	3.1	1.9	1.0	2.19
④ プラネイ・ノ アール	30	29	39	50	63	67	101	97	79	64	39	23	714
日量	1.0	1.0	1.3	1.7	2.0	2.0	3.2	3.1	2.6	2.1	1.3	1.1	1.95

在接点上的两式之值相等，故从(2)式减去(1)式后整理为经济用水量用 $Y = 1.72 + 0.34X$ 直线求取(1)式中的接点 X 值未计算，则在 $b/a = 1.72$ 处的经济最佳用水量为 813 mm 。为取得最高产量的灌溉水量，在求得(1)式的导函数，并以此为 0 来求取 X 值，其结果为 935 mm 。

此时，经济用量是为取得最高产量时的水量的87%。表一1就是将此按月分配的，也可以与采用其他方法求取的消耗水量作对比。

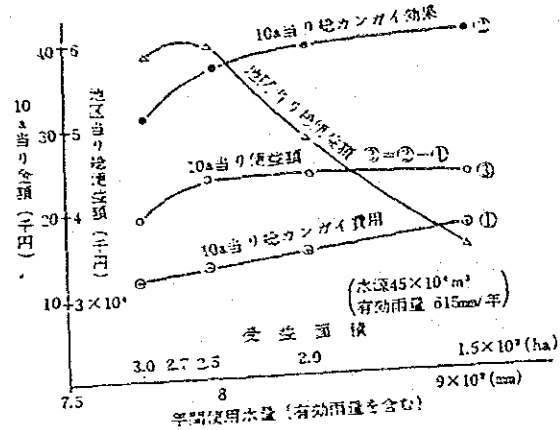
此外，采用可能取得的水量为：450000m³，改变受益面积为150—300ha时的每10a的效益额与每个地区的总效益额作了试算，其结果如表一2及图一11所示。

用于计算的数字多少有些问题，但能说明以下问题：

① 只考虑毛收入的增加时，以受益面积150ha左右就需要增加灌溉水量。历来的灌溉规划是在高于增加毛收入的位置求取水量的，并以此为基础来规划水库及渠系的。这是否对经济有利，以此分析为出发点，其结果可说明以下2点：

② 毛效益的增加会同时带来灌溉费用的增高。如果从毛效益减去费用求取更高增益时，受益面积应在250~200ha之处。与①相比，可减少灌溉水量来增大受益面积。

③ 以上是以每10a面积作的分析，但由于减少了灌溉水量，效益是减了，但同时可增大受益面积。从受益面积总体来看，所算出的增加效益（总效益）在某一范围内（表一2中的小于250ha）受益



图一11 使用水量（或灌溉面积）与灌溉费用及效益额的关系。（广岛县瀬户田地区1965年）

面积越增加，增收效益越高（见图—11）。

由以上3点，可看出经济而又有利的受益面积是在250 ha前后，略与经济用水量一致。

表—2 受益面积的增减与效益额（莲户田地区）（小泉技术试验 1965年）

区 分	单 位	交 益 面 积 (ha)				考 考
		150	200	250	300	
计划用水量	mm	300	225	180	150	
实际雨量	mm	915	840	795	765	有效雨量 615mm
苗木工事费	円/10a	117,000	105,000	100,000	95,000	苗木、种球等
管理费（耐用年数20）	円/10a	5,850	5,450	5,000	4,750	
苗木工事费	円/10a	33,400	35,000	36,000	35,000	支那水路线、用水费等
管理费（耐用年数15）	円/10a	2,200	2,300	2,400	2,300	
器具管理费(1)	円/10a	800	800	800	800	レインバード No.30
カンガイ管理费(2)	円/10a	1,500	1,250	1,000	750	①男1,000円/日
三防球管理费(3)	円/10a	6,700	5,000	4,000	3,300	肥料费、人夫费その他
总カンガイ费用	円/10a	17,050	14,800	13,200	11,900	
収 入	kg/10a	4,600	4,550	4,500	4,350	
增加收益（对无カンガイ）	kg/10a	1,100	1,050	1,000	850	无カンガイ 3,500kg
损 耗	円/10a	32	32	32	32	果农手取り送料
增 收 入	円/10a	35,200	33,600	32,000	27,200	
品质向上（对无カンガイ）	%	5.0	4.8	4.5	3.9	无カンガイに対 5%
品质向上收入	円/10a	5,500	5,300	5,000	4,300	
总カンガイ收益	円/10a	40,700	38,900	37,000	31,500	
总 计（受益）	円/10a	23,650	24,100	23,300	19,600	
地区管理费	千円	25,700	48,200	59,500	53,300	总受益面积×地区管理费

注：1）灌溉机具是使用雨枪No30（每10a设5支），隔6日灌40^{mm}，每组支距面积1.8ha，从每组费用87,000日元计算10a应偿还费（耐用年数8年）。

2）从用水量（月）减去有效雨量作为需要补给水量。从该需要补给水量和水库可利用水量来定灌溉次数（1次40^{mm}）。1次灌

溉时间为 2 小时。

3) 年维修管理费包括燃料费、人工费、小修理费及其他。

4) 增产是按广岛柑桔分场年报—36 绘成的水—产量曲线计算的。

5) 质量提高率(%)是按和歌山县有田市的成果—37—9 的半数, 增加产量上下滑动。

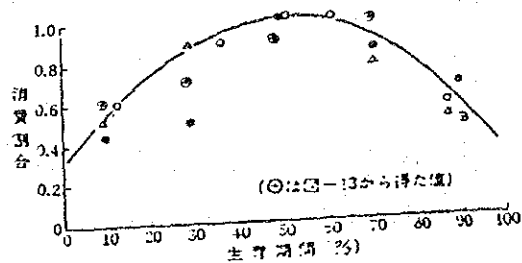
6) 单价从过去的市价估算的农户净价格。

4、Unit Consumptive Use Graph (单位消耗用曲线图)

从作物栽培园地求得各生育期耗水率, 即使有气候上的不同, 从图—12 可推断它与生育期率(该期间占整个生产期的比率)之间有着明显的倾向性。

芝田氏(日本工营)在海外数处实测到的资料加以整理成 Unit Consumptive Use Graph, 著者将台湾及北海道的资料(1967 年夏作大豆、石门、彰化、瑞端、北海道)整理结果也表示了与此相似的倾向(见图—12、13)。

如果, 这种倾向对于类似形态的作物具有共性时, 再进一步从多数资料加以证实, 那末, 在新开发事业的用水规划上, 用有限的短期现地实测资料, 就可容易推断出制定方案上所需程度的

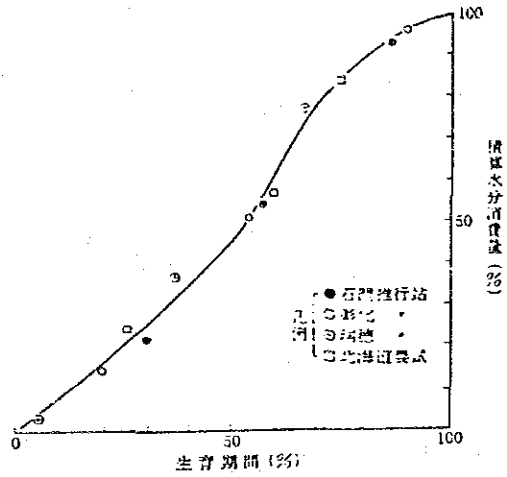


图—12 单位耗水量曲线
(在芝田原图上追加一部份)

• 12 •

各生育期用水量。

旱灌的设施利用效果，除上述水分补给以外，可将含在用水中的各种无机成份集积在土壤中作为养料来利用，不仅能直接提高生产力，还可达到防止风蚀、盐碱化的效果，对防病虫害、施肥加以利用，取得多方面的管理作业省工化效果，这些，需要在水量分析方面多加研究，今后继续在用水效率，经济利用方面进行努力。



图一13 生育期与累积耗水的关系 (夏作大豆 1967年)

引用文献

附图一14 灌溉总水量(时期与水量)与产量的关系

(甘蔗灌溉研究第1次报告(刘步达等) P91表三、表四资料
绘制成图 1970年、台湾省)

III 旱田多雨地区的用水及喷水器

水之江 政辉

1. 旱田灌溉的特性及划分

我国大部分地区的年降水量在1000mm以上，按KLAGES的分类法，是属于湿润(Humid)~多湿(Wet)地带(见表1)。因此旱田灌溉是具有补偿损失性格的一种补充灌溉，重点不在于一次性增产和品质稳定化，而具有二次性严密经营管理功能。在短期内效果虽不明显，但对长远的经营结构上有着连锁反应(小泉技官资料)。

如上所述，旱灌不仅为大田作物防止干旱，而且为便于引进新的有利作物，提高土地和劳动生产率使经营管理更加严密，是富有的手段。因此，即使在风调雨顺而未能发挥设施功能之年，也不会使灌溉设施处于无用之地。这是由于设置了永久性灌溉设施，就为确保计划生产打下基础，利用该灌溉设施可确保与此相对应的新的合理生产技术。图1是说明我国多雨地区的旱灌意义与经济而绘制的图。

我国的旱灌是按土地利用和经营方式，划分为表一2所示内容。

表一1 KLAGES的分类法

分 类	降 水 量 (mm)	占世界面积的 比率(%)
干燥地带	<250	25
半干燥地带	250~500	30
半湿润地带	500~1000	20
湿润地带	1000~1500	11
多湿地带	>1500	14

• 1 •

除了普通大田之外，都具备提高设备利用率的相对条件，但要使投资效率更高，就需要在施肥、防止病虫害等方面尽量扩大它的利用途径。

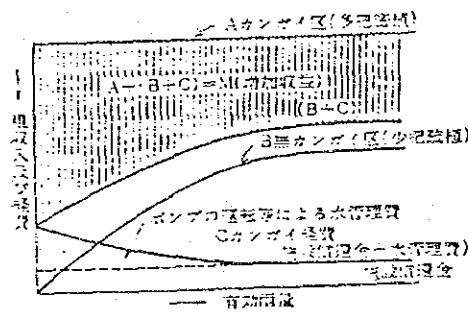
2. 多目的利用的用水计划

(1) 用水计划的构思

旱田水用是想通过水的多目的利用取得最大效果，因此与历来只以旱田灌溉为对象的事业，不仅在社会经济基础上不同，而必须在技术性方面不同于至今的计划标准。其要点列举如下：

① 对于生理性水分补给以外为目的的灌水，需要具有常年或2~3年频率的明显降雨效果为取得更大效果需要明确不用需用期的用水量，使用该水量可建立几年一次的抗旱配水计划。

② 在旱田用水事业上是否定作物耗水量的绝对计划性的。究竟用多少水和什么样的灌溉组织能提高到何种程度的效果，还是一个问題，左右这个效果的一



图一1 旱灌的意义与经济性

注：①A灌溉区是与降雨分布无关，采用多肥密植型栽培欲增加产量为目标，取得优质稳定的计划生产。如产品价格一定农户的净收入就能在风调雨顺，不使用设施条件下达到丰产。

②B灌溉区是经常预报有干旱，采用少肥稀植型栽培，不得已减产为目标。产量是受有效雨量支配，处于增减不稳定状态。

③竖线部分是由于使用灌溉设施而取得的增收。

个因素是有关些物耗水量问题。

表一2 经营方式与灌溉设施的关系

区划	特 征	备 注
严密管理的蔬菜园艺区	<ol style="list-style-type: none"> 1. 省工灌溉：地面固定式（穿孔水枪或小喷咀） 地面固定自动灌溉 2. 个别经营——多种作物种类 3. 个别用水管理：有自由度的水利设施 4. 土地严密管理使用的 5. 灌溉设施多目的利用的。 	按不同劳动生产性制定的严密经营管理的农业
设备园艺	<ol style="list-style-type: none"> 1. 省工灌溉：以自动化为前提的设备规格化 2. 按不同作物种类划分灌区 3. 栽培管理极为严密的 4. 设备多目的利用：防灾、灌水 	
大型地块	<ol style="list-style-type: none"> 1. 省工灌溉：采用大型移动式喷灌机进行灌溉 2. 统一种植的作物地块，轮作体系 3. 共用灌溉方式：轮灌 4. 多目的利用：灌水、施肥 	重视土地生产性的土地支农性农业

区 划	特 征	备 注
山地菜园 地	1. 省工灌溉：埋设喷灌 2. 有效利用自然压力：采用中间压力、高压喷水器 3. 多目的利用：灌水、施肥、防灾、防霜害等。 4. 安全措施：有调压装置的配水	

③ 灌溉组织也与常规的只以水分补给为目的的时候不同。即：在以营养管理，栽培管理等为目的的灌水，一次灌水量是不多的，但在有限的期限内需要灌溉整个面积，这里就有决定渠系末端组织的容量大小的问题。对于防止病虫害、施肥、粪尿处理等及其设施在渠系末端并用的计划方面，会带来规定轮灌地块、灌溉方法、将肥、农药、粪尿等投入配水管内，调节压力，更换配水等新的技术性问题。

④ 由于必须提高旱田的综合生产力，当然就需要省工式的用水，而且还要提高投资效果，极力降低设备费用。为此，随着田间整顿考虑相适应的作物种类建立一个适合于该地区的新型用水系统。

(2) 不同目的的需水量

(1) 播种(定植)期的灌水

为促进发芽或恢复，在播种(定植)后1~3日左右进行全面积的喷水。应灌的上层深度至少在10cm，一段，一次灌水量在10~1.5mm足够。但是，对于下层土处于切断毛管连系含水量(水量在

PF 2.7~3.0) 以下干燥时, 用这种程度的灌溉, 要注意在灌溉后 2~3 日的连续旱天时的再次灌溉。一次 10~15 mm 的灌水, 可分为全部面积在 3 日内灌完的和单位用水量为 3~5 mm/日两种方式。

2) 为提高机械作业效率的灌水

用犁等翻起之后的土经干燥而变硬难以破碎, 或因干燥固结难以翻起的土等, 此时, 采用灌水浸润土层使之膨软以提高机械作业效率。对于砂土等表土一经干燥, 拖拉机就打滑阻碍运行, 但这也可采用灌水来防止。这些用水量, 是根据机械的作业计划, 尤其是需要若干天才能完成所耕面积的大小来定。一次灌水量大体按 20 mm 来考虑, 以计划作业日数为 4~7 天计算, 即单位用水量为 3~4 mm/日。

3) 为提高肥效的灌水

能提高肥效的最佳土壤含水量是, 在较为自由地液态移动的毛管水, PF 值在 2~2.7 范围。PF 值大于 2.7 的干燥土壤, 应使之降低到 PF 值 2~2.5 左右, 这种土层正适合施加普通肥料的深度。以土层深度为 20 cm 时, 1 次灌水量为 15~40 mm。包括施肥计划在內。以 10 天左右完成全面积时, 其单位用水量为 1.5~4 mm/日。

4) 防止风蚀的灌水

1 次灌水量可控制在 10 mm 左右, 但必须对全面积在 1~2 日内灌完, 所以单位用水量应在 5~10 mm/日。此外, 因风力蒸发飞散也相当多, 故毛用水量应取大到 8~15 mm/日为宜。为取得该项目的灌溉用水, 在用水对象面积之中, 应限于有可能受害的地块。当需要延长灌溉时间或于报有风害的气象条件时, 应事先灌它几日。

如能推行这种灌溉计划，单位用水量在 $2\sim 5\text{ mm}/\text{日}$ 足以够用。

5) 夏季的水分补给

这种用水量，历来是按旱灌来考虑的，但并不需要按一次灌水使田间完全恢复的那种干燥地带设计理论来做。根据目前为止的调查试验看，除了特殊作物和土壤之外，其单位用水量的高峰值在 $5\text{ mm}/\text{日}$ 来考虑足以能满足要求。若按有水源和设备等条件考虑时， $3\text{ mm}/\text{日}$ 左右也能取得较好效果。

6) 防病虫害用水量，若按现有的农药用量，一般大田为 $200\sim 500\text{ l}/10\text{ a}$ ，果园地为 $500\sim 800\text{ l}/10\text{ a}$ ，单位用水量为 $0.2\sim 0.8\text{ mm}/\text{日}$ 。

7) 液化肥料灌溉

按使用液化肥料做的栽培试验结果看，通常，按水分补给的标准来结合灌溉，1次灌水量达不到之前，先散布必需的肥料成分。因此，单位用水量可按普通灌溉水量的 $1/5$ 以下来考虑，最大也不会超过补给水量。

8) 粪尿灌溉

乳农经营的家畜粪尿处理，是其自身的一个经营上的问题。将这种粪尿加以合理处理，通过灌溉系统作为牧草和饲料作物地块的有机肥料返回到田间去，不仅可以提高用水效果，还可提高地块生产力，此外还可减少多头饲养上的粪尿处理问题等，是一种非常优秀的技术。此外，每1次散布的粪尿处理液，按现行实例，1次按 $20\sim 30\text{ m}^2$ 对象面积全部散布完所需日数为 $5\sim 10$ 日。粪尿处理液之中的比率

特征，但其中也有特征和用法不明的，所以用户在选用器件时多数会受到迷惑。

那末将所有喷水器都注明其特性，也是不容易的，根据农业土木试验场和东海近畿农业试验场等所做的调查和各国的资料为基础加以整理后，用表一3表示其大概。

表一3 喷水器的分类与用法

区分	压力范围	符 性	用 法
A 低 压 式	kg/cm ² 0.4-1.0	<ol style="list-style-type: none"> 1. 喷水范围小。 2. 在间隔布置适当时，灌溉强度较强。 3. 因系低压，水滴较大。 4. 喷水分布稍好。 	<p>适用于靠自然压力的小面积耕地。</p> <p>限于有良好的覆盖层的土壤渗水性在13mm以上的旱田。</p>
B 普 通 压 力 式	1.0-2.0	<ol style="list-style-type: none"> 1. 散水直径不太大。 2. 在适当布置时的灌溉强度范围相当大。 3. 压力和喷嘴口径的关系适当时，水滴的破碎状况很好。 4. 在规定压力范围内，喷水分布良好。 	<p>主要用于树下灌溉。</p> <p>适用于1.0~2.0kg/cm²的小面积灌溉。</p>

续表

区分	压力范围	符 性	用 法
C 中间 压力 式	20-42	<ol style="list-style-type: none"> 1. 具有 2.1 - 3.6 m 直径的喷水能力。 2. 在适当间距时的灌溉强度范围大。 3. 压力和喷嘴口径适当时，水洞的破碎程度非常好。 	<p>适用于所有旱田作物及各种土壤。使用单孔式喷水器，且间距和压力适当进行灌溉时，可用 5 mm/小时的低灌溉强度取得满意的效果。要避免在土地覆盖状态不好时使用 2.5 kg/cm² 以下的压力。</p> <p>均匀系数随压力的增加而改善。</p>
D 高 压 式	42~7.0	<ol style="list-style-type: none"> 1. 具有 3.5~7.0 m 的喷水直径。 2. 在适当布置时灌溉强度可在 8 mm/小时以上，但一般多数使用 1.3 mm/小时。 3. 除了风速超过 2 m/小时，其余的喷水状况良好，在 2 m/小时以上风速时，应缩短布置间距。 	<p>一般性用法和间距法则与中间压力式喷水器时相同。此型用于旱草灌溉 (36×40m) 时可取得良好的效果。喷水直径大，水滴直径大时，会产生土壤固结或表土层封氧作用。应注意不使水滴直径扩大。</p>

为普通用水的 $1/5$ ，所以单位用水量为 $0.4 \sim 1.2 \text{ mm/日}$ 。

9) 防止盐碱害及异常蒸发

这种防止，应在旱态发生后立即进行灌溉，最长应在 1 日之内灌完所有受害区。1 次灌水量应布满树木菜面，所以灌水量 $3 \sim 5 \text{ mm}$ 足以够用。然而全地区以 1 天 6 小时灌溉时，在各种利用目的中达到最大量。因此，应使受害面积尽量缩小成地块来布置。

10) 防冰霜害

为此目的散水量，1 小时 $2 \sim 3 \text{ mm}$ ，将该水量均匀散布于地块全部。由此，全园需要同时灌溉 5—6 小时，单位用水量 ($1.0 \sim 1.8 \text{ mm/日}$) 和设备容量都需要加大，故对于大面积的计划就带来经济上的难度。要调查好田间整顿时的气流停滞区域，最好是集中灌溉这一部面积。

3. 喷水器的种类与特征

多目的使用的器材，可分为：①喷水器，多孔管（或蛇形管等灌水器具）；②压力管道等引水器材；③量水、分水减压等调节器具；④水泵、贮水槽（调节池）等水源设备；⑤自动化、省工化的自控装置；⑥药液、液化肥料等的混拌装置等等。合理的设施应符合地块条件来安排。

(1) 喷水器的分类与用法

灌溉用的喷水器，有以美国为中心的发达型以及西德、意大利等的欧洲型。但由于技术性的交流，其间必有影响。还可分为转动与非转动。非转动的有普通草坪喷灌机，庭园喷灌机和场地喷灌机等等。