No.

中華人民共和国
節水灌漑技術研修会
（技術移転セミナー）
実施報告書

平成３年３月

国際協力事業団

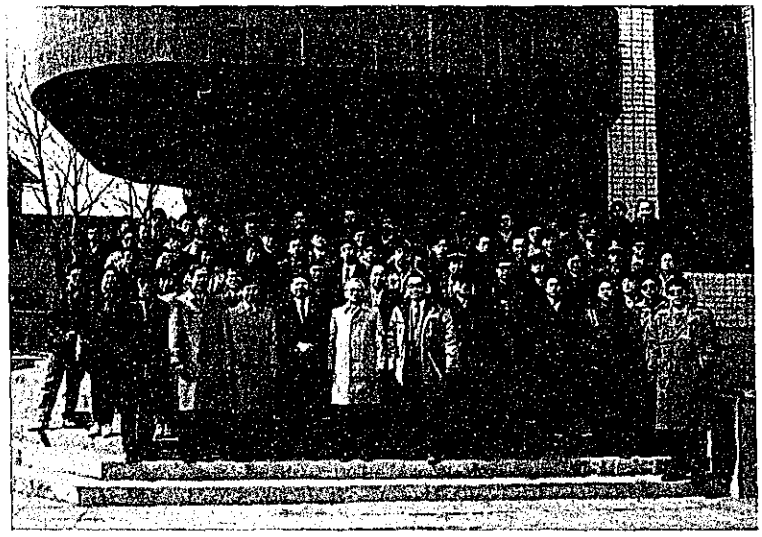
JICA LIBRARY
1096532(5)
23819

中華人民共和国
節水灌漑技術研修会
（技術移転セミナー）
実施報告書

平成３年３月

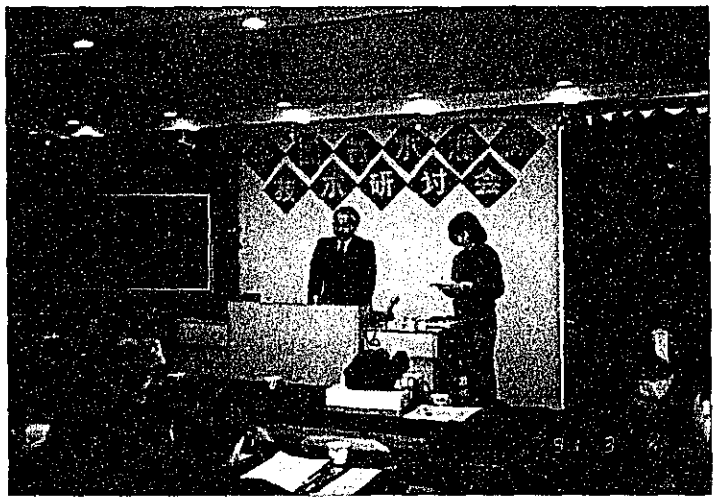
国際協力事業団

国際協力事業団
23419



参加者一同

前列左から、陳、岡本（司会者）、市野、安養寺、米原、各講師

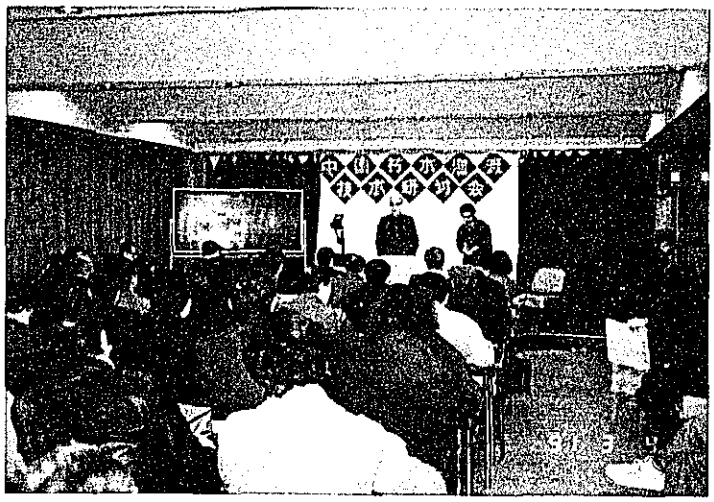


開会の挨拶

米原海子ダム調査団長（ＪＩＣＡ 三浦中国事務所長の代理）

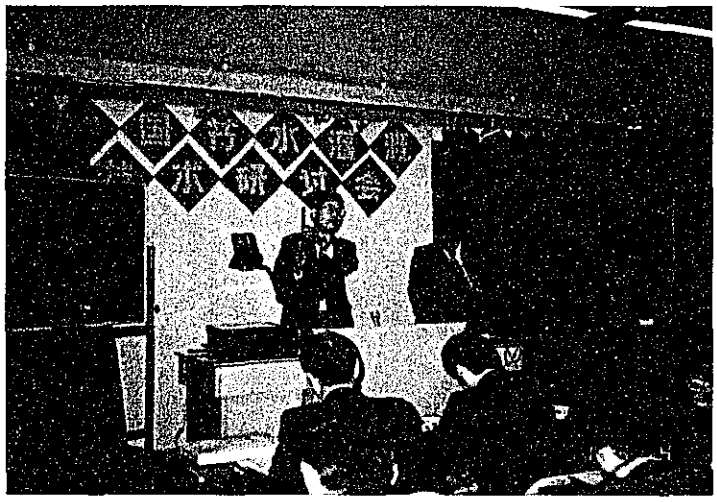
開会の挨拶

李科技合作所長（中国水利部何副外事司の代理）



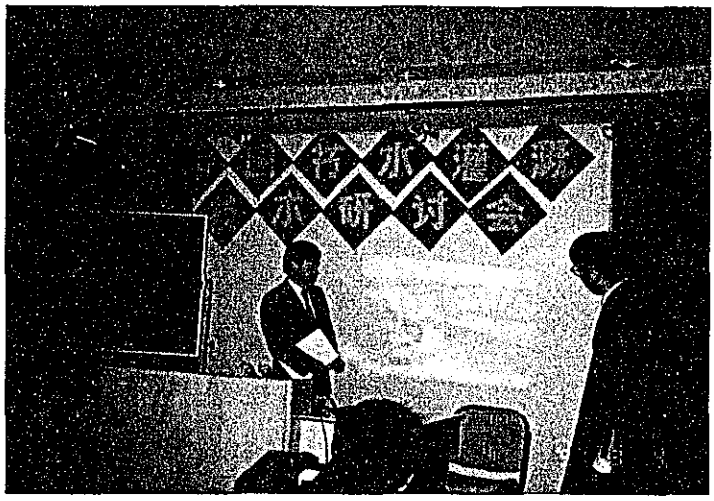
講演者

中国水利部科技教育司　陳　教授級高級工程師



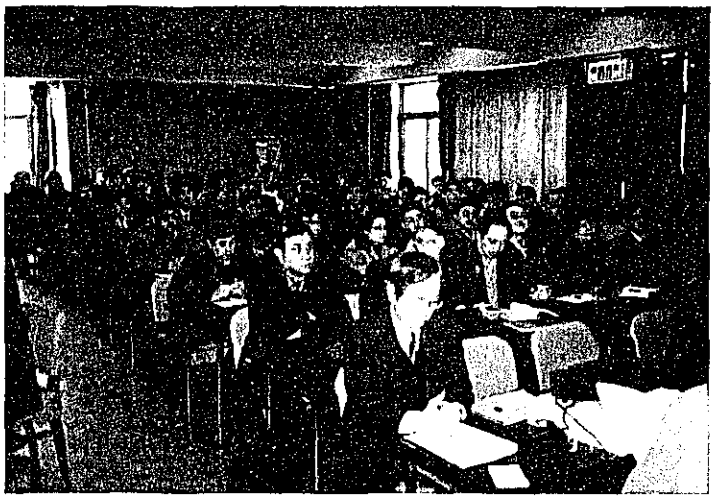
講演者

農林水産省農業工学研究所　安養寺室長



講演者

農林水産省構造改善局　市野　農業土木専門官



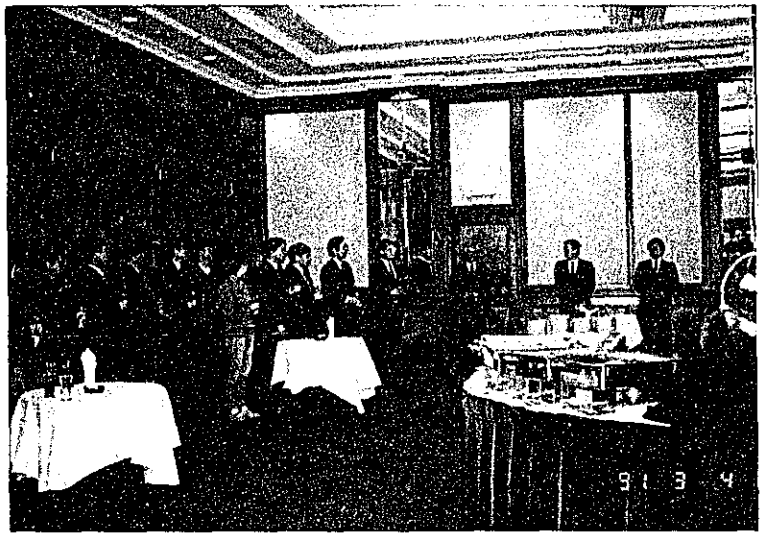
講 演 会 場

講演及び閉会の挨拶

米原　海子ダム調査団長

閉会の挨拶

水利水電科学研究院　張　副院長



懇親会

開会の挨拶　在中国大使館　藤本一等書記官

懇親会

閉会の挨拶　講師代表　安養寺　室長

中華人民共和国
節水灌漑技術研修会

目　次

写真　セミナー会場

1.　セミナー実施の背景 …… 1

2.　セミナーの目的と概要 …… 2

3.　講演要旨 …… 3
　3.1　中国の節水灌漑の現状及び今後の展望 …… 3
　3.2　日本における畑地灌漑と畑地灌漑における節水方法 …… 4
　3.3　日本の水管理システム …… 5
　3.4　北京市海子ダム農業水利開発計画の概要 …… 6

4.　実施体制 …… 8

5.　付属資料 …… 9
　5.1　講演資料 …… 12
　5.2　講演テキスト …… 19
　5.3　質疑応答 …… 277
　5.4　参加者名簿 …… 280

1. セミナー実施の背景

中華人民共和国（以下「中国」と略称する。）は建国以来「農業は国の基礎、食糧は基礎の基礎」といわれ、農業水利事業を重点施策の一つとして、強力に促進してきた。

1980年9月農村における体制改革が始まり、人民公社制から個別農家の生産責任制を導入することも可能となり、近年の中国穀物生産の増収原因とされている。

しかし、原則的には食糧自給を達成しているが、気象条件により、大きく変動し、干ばつ、洪水による被害は1億ムー（7百万ha）から5～6億ムー（35～42百万ha）にも及び、食糧自給体制は必ずしも安泰といえない。

このような背景から、中国は伝統的農業から近代的農業に転換することが急務とされ、灌漑農地の近代化、農業の機械化、農業基盤の整備が重要課題となっている。この課題を解決するには、合理的、近代的水管理システムの確立と節水灌漑技術の導入が不可欠な条件であると提唱し、その積極的な促進が要求されている。

このようなことから近代的水管理システム及び節水灌漑のモデル地区を設置し、これら技術の啓蒙普及を図るため、緊急に改善の必要性があり、かつ展示効果の高い地区として、北京市東部に位置する海子ダム及び同灌漑区を選定し、そのフィージビリティ調査を日本政府に要請した。日本政府はこの要請に応え、1988年11月国際協力事業団を通じて事前調査を、1990年2月から10月までの間本格調査団を夫々派遣した。現地調査では中国政府水利部はじめ関係機関の全面的協力を受け、予定の作業を終了することが出来た。中国側より調査期間中、本事業の重要性に鑑み技術移転の一環として、技術セミナーの要請を受け、開催したものである。

2. セミナーの目的と概要

セミナーは、ＪＩＣＡと中国側の共催で行い、本事業計画に関係する、日本の畑地灌漑とその節水方法、及び水管理システムについての紹介を行い、それが、最終報告書にどのように反映されているかを説明し、中国側の将来構想をきき取り、広く意見を結集して、最終報告書に反映する。又、本事業の緊急性、重要性を啓蒙し、節水灌漑の技術向上に寄与することを目的とする。

セミナー開催にかかる諸準備、運営業務は中国側関係機関と、日本側調査団により実施し、ＪＩＣＡはセミナー開催に要する直接経費及び日本側講師派遣経費を負担した。

セミナーの概要は次のとおりである。

(1) 開 催 日　1991年３月４～５日

(2) 開催場所　北京市東公庄西路10号
水利水電科学研究院

(3) 講　　師　日本側　３名（農林水産省２名、　調査団１名）
中国側　１名

(4) 参 加 者
1) 水利部及びその関連研究院
2) 河南省、河北省、山東省、陝西省、山西省、遼寧省、等の水利庁及び水科所
3) 北京市内、大学、学院及び武汉水電学院
4) 北京市水利局及び水利所、設計院
5) 中国灌排技術開発公司
以上の80名

(5) 講演題目
1) 中国の節水灌漑の現状及び今後の展望（中国側）
2) 日本における畑地灌漑と畑地灌漑における節水方法（日本側）
3) 日本の水管理システム（日本側）
4) 北京市海子ダム農業水利開発計画の概要（日本側）

3. 講演要旨

3.1 中国の節水灌漑の現状及び今後の展望

中国水利部　科学技術教育司
教授級高級工程師　　陳　　炯　新

1. 中国農業の現状

中国の気象状況と水資源について説明し、農業水利の実態の紹介があり、その重要性と節水型農業の導入に努力している。

2. 中国節水灌漑の技術

問題として、①用水量が過大、②灌漑区の維持管理に問題、③農業における節水が重要課題、④先進技術の導入を図る。⑤水源として、水路（河川、ダム）と井戸の併用、⑥塩類対策、がある。

3. 灌漑技術

次の事項を検討、研究している。

(1) 水路のライニング

畦間灌漑（ボーダー）が殆んどで、水路も土水路のため改修の必要がある。

① 工事の技術向上、材料の節約等経済性

② 漏水対策

③ 井戸灌漑と水路灌漑を組合せにより、節水と有効利用を図る。井戸灌漑でも水路利用のため漏水対策が必要。

(2) スプリンクラー灌漑

① 1000万ムー（67万ha）以上実施しており、方法は大型、中型、小型。

② 中型と小型が安価で、普及している。

③ 移動式が一般的で、マイクロ灌漑、点滴灌漑ではゴミが多く、濾過機の問題。

(3) パイプライン化

低圧材料により実施する。管理が容易で埋設のため水路用地が不要となる。普及が早く、井戸水灌漑が進んでいる。

(4) 節水灌漑

① 作物別消費水量の解明に努力している。

② 小麦と水稲は栽培面積、用水量が多いので、特に重視している。

③ 研究により従来の灌漑方式が変化し、散水、点滴灌漑を導入。

④ 小麦は10カ所の機関で研究し、年間5～6回位の灌水を3～4回に減少、理由は降雨の有

効利用、耐干性品種の育成、圃場管理（農地整備）等。

⑤ 水管理制度

水管理のルールを作ることが必要で、政府による水防規則の制定を検討中。節水用水計画に灌漑と工業間の問題がある。

水利費の徴収を検討している。

4. 節水灌漑の展望

① 水資源の開発、各地方毎に計画

② 節水と合理的な水利用の両立

③ 降雨、地下水、表流水（ダム）及び土壌水の一連の有効利用

④ 管理と工事の高度化（パイプ灌漑）

⑤ 全国的な節水計画を作成中である。

3.2 日本における畑地灌漑と畑地灌漑における節水方法

農林水産省農業工学研究所　農地整備部　畑地かんがい研究室長
農学博士　　安養寺　久　男

1. 日本における畑地灌漑

日本における畑地灌漑は、降雨と合わせて根群域の土壌水分を作物の生育に適した状態に制御するものであり、補給灌漑と呼ばれる。

1983年の土地利用基盤整備基本調査によれば、畑地灌漑施設の整備面積は、全畑地面積の約11％である。また、スプリンクラー灌漑の適用事例が最も多い。

2. 日本における畑地灌漑に関する試験研究の経過

深刻な食糧不足を解消するために、1945年緊急開拓事業が閣議決定され、未耕地への開拓入植が推進された。その土地改良事業の中に畑地灌漑が取り入れられたことが、日本における畑地灌漑研究の取り組みの端緒となった。

農林水産省の試験研究機関においては、1962年から1972年までは、農事試験場、園芸試験場、農業土木試験場、東海近畿農業試験場が中心となり、1974年から1980年までは、農事試験場、果樹試験場、野菜試験場、農業土木試験場が中心となって、隔年ごとに「畑地灌漑研究会」を開催して研究交流を推進した。しかし、1980年の第10回をもって「畑地灌漑研究会」は終了した。また、1963年農業土木学会に畑地灌漑部会が設立され、その後、今日まで毎年研究集会がもたれている。

畑地灌漑に関する今日的研究課題には、湿潤地帯における用水計画手法の高度化、多目的利用技術の体系化、各種灌漑方式の適用性の解明と高適用効率化、畑地灌漑の低コスト化などがある。

3. 畑地灌漑における節水方法

畑地灌漑において節水を図るためには、まず作物の正確な消費水量の把握が必要である。この必要な消費水量だけを正確に灌漑するための一つの方法として、部分灌漑がある。部分灌漑とは、作物の根元などのある限定された部分だけに灌漑するものである。その結果、圃場全面積から見ると、湿潤域と非湿潤域ができる。非湿潤域からの土壌面蒸発が抑制されること、非湿潤域での降雨の有効化率が高まることなどから、節水が可能となる。点滴灌漑やマイクロスプリンクラー灌漑がその代表的な方式である。

畑地灌漑において節水にとって、適用効率が高い灌漑方式の採用あるいは適用効率が高くなるような工夫が必要である。仮に、適用効率が100％であれば、作物の必要水量（純用水量）だけを圃場まで持ってくればよい。しかし、適用効率が50％であれば、圃場には純用水量の２倍の水量を持ってこなければならない。地表灌漑の適用効率は60％程度であるが、前述の点滴灌漑の適用効率は非常に高い。点滴灌漑は、この点からも節水に寄与する。

湿潤地帯における畑地灌漑は、補給灌漑である。できるだけ降雨を有効に利用し、補給水量が減少するような土壌水分管理を行うべきである。その他、灌漑作物と耐干性作物との合理的な組み合わせ、作物の必要水量を100％は灌漑しない不足灌漑などにより、節水を図ることができる。

畑地灌漑における節水には、圃場段階での節水と灌漑システムの高度な制御（水系での節水）との組み合わせが必要である。

3.3　日本の水管理システム

農林水産省　構造改善局建設部　設計課
農業土木専門官　　市　野　吉　造

1.　水管理システム

水管理システムの定義及び目的の主要項目について述べる。

2.　水管理制御施設の計画

水管理制御施設の具備すべき条件、計画化に当っての各種検討をその内容とどの段階で進めていくかという手順例及び水管理制御施設の構成区分について述べる。

3.　水管理制御施設の設計

設計上の主要検討事項、制御・計測・表示・記録・伝送方式について日本で主に用いられている方式を説明。更に、制御施設の各装置間のインターフェースの重要性及び装置・機器の設置条件についても説明する。

4.　管理レベル

これまで、導入された（日本でかんがい排水用として）水管理制御施設は、各々の地域の条件により異なっているが、それらを整理区分した標準的目安の管理レベルを設定しており、この管理レベルを参考に、どのレベルを選定するか、選定の際に考慮すべき事項等について説明する。

5.　水管理制御の各装置

計測・入出力中継・テレメータ・テレコントロール・情報処理・表示・記録装置及び関連装置について、概要を説明する。

6.　実施例

日本で導入された水管理制御施設の実施例を3地区、システム構成を主として紹介する。

7.　スライド

上記6の実施例地区ではないが、他の地区の中央管理所、子局、分水施設、流量計（管路用）等のスライドで装置・機器を説明する。

3.4　北京市海子ダム農業水利開発計画の概要

海子ダム農業水利開発計画調査団
団長　米原　宏

海子ダム農業水利開発計画について、次のような概要説明を行う。

1.　調査の経緯と背景

経緯と背景を述べ、本事業の緊急性と重要性を説明し、中国側の今後の対応を述べる。

2.　調査の目的、実施体制、日程等

調査を進めるにあたり、その目的、調査内容を決め、それに必要な実施体制、日程等がどのように構成されたかを説明する。

3.　現地調査

現地調査の内容と特に重点的に実施した調査事項について説明。

4.　開発計画

現地調査の結果をもとに、開発計画の制限要因を究明し、開発計画の基本構想を策定し、作物生産計画、農業基盤整備計画、水管理システム、農業支援計画等を樹立し、その実施計画と維持管理計画に至る計画を説明。

計画灌漑面積125万ムー（約8.300ha）が現在では、旱魃とダムの貯水管理ルールの不備、更に用水路の漏水や分水ロス等のため、約47％のみが灌漑されているが、これを全面積に対し、灌漑を可能とする計画を策定した。

節水灌漑の施設計画として、近代的水管理システムを導入し、合理的水配分を行い末端灌漑にスプリンクラー、点滴法を採用し、支線水路は圧力管水路形式、幹線水路はコンクリート舗装に改良し、制水門、放水工、分水工等も全面改修して、灌漑効率を高めた、又、農業面は、土壌改良、栽培と営農形態の改善、農道整備による労働時間の短縮、移送力の増強等を計画し、農業支援では技術者の養成を提案する。

5.　事業評価

経済評価の結果は、極めて高い妥当性を有し、技術的及び経済的に実施可能な事業であり、更に多くの計量しがたい間接的効果が期待される。

6. 結　論

以上から中国の農業の近代化と経済の発展に寄与することが立証された。したがって、中国政府の本事業を推進するための必要措置について提案した。

4.　実施体制

セミナー準備委員会を水利水電科学研究院内に設置し、研究院内の水利研究所を窓口として、1990年10月から準備作業を開始した。準備委員会は、主として、セミナーの設営準備並びに運営に従事した。その構成は、水利部、水利水電科学研究院（水利研究所）、北京市水利局（水利科学研究所、水利規則設計研究院）とした。

ＪＩＣＡは、セミナー開催にかかる財政面と、日本側講師（農林水産省　農業工学研究所　安養寺室長、農林水産省　構造改造局　市野農業土木専門官）派遣を分担し、海子ダム調査団（4名）に支援させ、準備委員会と協議しながら運営に従事した。

5. 付　属　資　料

中国節水かんがい技術研修会

講　演　資　料

国際協力事業団

1991年3月

中国　節水灌漑技術研修会
プログラム

開催日　１９９１年３月４、５日
開催場所　水利水電科学研究院

			３月４日
１　開会			9:00～9:15
（１）	日本側挨拶	ＪＩＣＡ事務所 三浦　敏一	
（２）	中国側挨拶	中国水利部外事司 何　文垣	
２．講演			
（１）	中国における節水灌漑の現状と将来計画	中国水利部 科学技術教育司 陳　炯新	9:15～10:15
（２）	日本における畑地灌漑と畑地灌漑における節水方法	農林水産省 農業工学研究所 安養寺　久男	10:30～12:00
	〈　昼食　〉		12:00～14:00
（３）	日本の水管理システム	農林水産省 構造改善局 市野　吉造	14:00～15:30
（４）	意見交換、質疑応答（１）		15:45～17:00
	〈　懇親会　〉		18:00～19:00
			３月５日
（５）	海子ダム農業水利開発計画の概要	海子ダム調査団 米原　宏	9:00～10:30
（６）	意見交換、質疑応答（２）		10:45～11:45
３、閉会挨拶		海子ダム調査団 米原　宏 水利水電科学研究院 張　啓舜	11:45～12:00

日 本 側 講 演 目 次

I　日本における畑地かんがいと畑地かんがいにおける節水方法　　農学　博士
　　農林水産省農業工学研究所農地整備部畑地かんがい研究室長　　安養寺　久男

1．湿潤地帯における畑地かんがい
2．日本における畑地かんがいに関する試験研究の経過
3．用水計画の手順
4．かんがい方式の概要
5．畑地かんがいにおける節水方法

II　日本の水管理システム
　　農林水産省構造改善局建設部設計課農業土木専門官　　市野　吉造

1．水管理システム
2．水管理制御施設の計画
3．水管理制御施設の設計
4．管理レベル
5．水管理制御の各装置
6．実施例

III　北京市海子ダム農業水利開発計画の概要
　　中国北京市海子ダム農業水利開発計画実施調査団団長　　米原　宏

1．調査の経緯と背景
2．調査の目的
3．調査実施体制
4．調査実施日程
5．現地調査
6．開発計画
7．農業基盤整備計画
8．水管理システム計画
9．モデルかんがい区計画
10．農業支援計画
11．事業実施計画
12．維持管理計画
13．事業費
14．維持管理費
15．事業評価
16．結論
17．勧告

中 国 側 講 演 要 旨

中国の節水灌漑の現状及び今後の展望

水利部科学技術教育司　　陳　炯新

1．灌漑農業及び節水農業の現状

2．節水灌漑の進歩発展に対する展望

3．今後、中国政府の取るべき措置

中国节水灌溉技术研讨会

讲演资料

日本国 国际协力事业团

1991年3月

中国节水灌溉技术研讨会日程

开会时间　　1991年3月4-5日
开会地点　　水利水电科学研究院

		3月4日
1．开会		9:00-9:15
1) 日方致词	JICA 事务所 三浦　敏一	
2) 中方致词	中国水利部外事司 何　文　垣	
2．讲演		
1) 中国节水灌溉发展现状与今后的展望	中国水利部科学技术教育司 陈　炯　新	9:15-10:15
2) 日本的旱田灌溉及旱田灌溉的节水方法	农林水产省农业工学研究所 安养寺　久男	10:30-12:00
〈午餐〉		12:00-14:00
3) 日本的水管理系统	农林水产省构造改善局 市野　吉造	14:00-15:30
4) 交换意见，质疑答疑 (1)		15:45-17:00
〈招待会〉		18:00-19:00
		3月5日
5) 海子水库农业水利开发计划的概要	实施调查团团长 米原　宏	9:00-10:30
6) 交换意见，质疑答疑 (2)		10:45-11:45
3.　致毕幕词	中国北京市海子水库农业水利开发计划 实施调查团团长 米原　宏	11:45-12:00

日方讲演资料目录

I 日本的旱田灌溉及旱田灌溉的节水方法

日本农林水产省农业工学研究所　　农学博士

农地整备部旱田灌溉研究室室长　　安养寺　久男

1. 湿润地带的旱田灌溉
2. 日本有关旱田灌溉的试验研究过程
3. 用水计划的程序
4. 灌溉方式的概要
5. 旱田灌溉的节水方法

II 日本的水管理系统

日本农林水产省构造改善局建设部设计课农业土木专门官　　市野　吉造

1. 水管理系统
2. 水管理控制设施的计划
3. 水管理控制设施的设计
4. 管理水平
5. 水管理控制的各种装置
6. 实施例

III 北京市海子水库农业水利开发计划的概要

中国北京市海子水库农业水利开发计划实施调查团团长　米原　宏

1. 调查的经过
2. 调查的目的
3. 调查实施体制
4. 调查实施的日程
5. 现场调查
6. 开发计划
7. 农业基础的整顿计划
8. 水管理系统计划
9. 示范灌区计划

10. 农业支援计划
11. 事业实施计划
12. 维修管理计划
13. 事业费
14. 维修管理费
15. 事业评价
16. 结论
17. 建议

中 方 讲 演 要 点

中国节水灌溉现状与今后发展的展望

水利部科学技术教育司
陈 炯 新

1. 灌溉农业及节水农业现状
2. 进一步发展节水灌溉的展望
3. 中国政府采取的措施

5.2　講演テキスト

中国節水灌漑技術研修会テキスト

中国における節水灌漑の現状と将来計画

１９９１年３月４日

中国水利部科学技術教育司

教授級高級工程師　陳　　炯　新

一、　水資源の開発利用と灌漑農業の現状及び発展

（一）　中国の大部分の地区は季節風の影響を受けており、年間降雨量の地域的、季節的な差は非常に大きい。　その基本的な特徴は、東南多雨、西北乾燥であり、夏秋多雨、冬春乾燥である。　東南沿海の年間降雨量は1600 mmを超えるが、西北の荒涼とした砂漠地区の降水量は200 mmに満たない。　降雨の季節差は次のように現れている。　即ち長江以南の4～7月の4カ月の降雨量は年間降雨量の約50～60%を占め、華北、東北地区の場合、降雨量は6～9月に集中し、この4カ月の降雨量が年間降雨量の70～80 %を占める。　また、年ごとの変化も非常に大きく、多雨年の降水量は寡雨年の2～3倍に達することがあり、時には5倍に達することもある。そのため、洪水、干ばつがしばしば発生する。　不利な気候条件が農業に与える影響は非常に大きい。　したがって、中国において水利施設を建設し、灌漑排水事業を発展させることは、社会経済発展、とりわけ農業発展の決定的要素である。中国人民は、長期にわたる実践を通じて、ある共通の認識、つまり「水利は農業の命脈である」ことを知り得た。

（二）　建国40年で、中国の水利事業はかなり大きな発展を遂げた。　全国（台湾省を除く）に各種水利施設が数多く建設修復された。　施設で提供する水資源の量は毎年4400億㎥であり、そのうちの82 %が農業に用いられている。　全国の灌漑面積は、1949年の2.4億ムー（1,600万ha）から7億ムー（4,700万ha）余りに拡大し、耕地面積の48 %を占め、その水害防止排水措置によって干ばつと水害防止能力が大幅に強められた。　全国の総耕地面積の半分に満たない灌漑地で生産される穀物食糧が、全国総食糧生産量の2/3を占めている。大部分の綿花及びその他の経済作物の生産量も灌漑地で上がっている。

（三）　中国は耕地が少なく人口の多い国である。　農業を発展させ、穀物食糧生産を増加させることは、わが国の経済と社会発展における第一に重要なことである。農業生産量を高める重点は単位面積当たりの生産量を高めることであるから、必ず生産条件を更に改善する必要がある。　中でも水利施設を建設修善し、灌漑を発展することが生産条件の基本的且つ重要な条件である。　この条件がなければ、農業の安定的高生産を実現させることはできない。　しかし、灌漑の発展はまた水資源不足の挑戦をうけている。　中国全国の水資源の多年平均総量は28000億㎥であり、１人当たりの平均は世界の1人当たりの1/4に相当する。　また水と土地資源の組み合わせが非常にアンバランスである。　例えば長江以南の河川の流水量は全国の水資源総量の82 %を占めるが、耕地面積は全国の総耕地の36 %を占め

るにすぎない。 黄河、淮河、海河の3大流域の河川の流水量は全国の5.5 %を占めるに過ぎないが、耕地は逆に全国の耕地面積の50 %を占める。 このことが水資源を開発し、水資源量を増加させる上で客観的に困難をもたらしている。したがって、中国は水資源不足という厳しい挑戦に対峙する中で、経済条件に基づき重点的に一連の水資源施設（例えば流域変更の水調整）を建設して地域的な深刻な水資源不足を調節すると共に、用水の節約、節水型工業、節水型農業、節水型社会の確立を国民経済発展の重要日程に組み入れ、これを水資源の供給と需要の矛盾を緩和させるための長期的戦略を任務とし、また、立法、行政、経済政策から科学技術研究と応用などの方面に至るまで、この作業の進行を保証しなければならない。 つまり、政策、資金投入、技術進歩に依拠して、この任務の実施を強化促進させるのである。

二. 節水灌漑の技術と措置

灌漑用水は、水の大ユーザであり（前に述べた如く全国の開発済み水資源量の80 %余りを占める）、既に建設されている灌漑施設のかなりの部分のものが、工事施設が不完全で管理がずさんであるため、灌漑水の利用率が低く、多くの大規模灌漑区の灌漑水の有効利用率が40～50 %に過ぎない。 したがって、節水の潜在力はまだ非常に大きい。 わが国の生産の実践と科学研究を通じて、また国外の技術経験の一部を参考にしてわが国が節水灌漑においておこなった主な措置は、以下のいくつかの方法にまとめることができる。

(一) 貯水、引水、揚水を結合させ、互いにつながりをもった灌漑システムを確立し、それによって各種水源施設を連結し、相互補完、相互調整できるようにし、水資源の利用率を高めた。 このような形態は、南方山地丘陵地区で多く用いている。例えば安徽省淠史杭灌漑区には、大、中、小型ダムが150 箇所あり、溜池が20万あり、揚水所が30箇所余りある。 水路及びダム、溜池、揚水所などの施設を相互につなぐことによって、水資源の貯水の調整、貯水回復能力を高め、施設の水係り面積は1000万ムー（67万ha）余りに達している。 わが国の人民は、このような施設形式を、その様子から「長いつるに実を結ぶ瓜型灌漑システム」と呼んでいる。

(二) 井戸と水路を結合させ、地表水と地下水を共同運用した。 これはわが国の北方平原地区で既に広範囲に応用されている。 このような施設システムを通じて、水資源の利用量を増加させた。 同時にまた土壌間の空間を通じて雨水を貯め、

雨水と灌漑反覆水を貯め、また合理的に地下水位を管理し、土壌のアルカリ化を防止した。

(三)　水路をライニングし、水の浸透を防止した。　現在のわが国の灌漑水路の大部分は、土水路であり、送水の際の浸透と漏れ損失は非常に大きい。　一般に水路の搬送係数は60％に満たない。　水路をライニングして浸透を防ぐことは、灌漑施設における技術的改造の重要な方法である。　わが国が水路ライニングを行う場合、次の諸原則を遵守する。

①　その土地の状況に合わせて様々な材料を用い、経済性を追求して適用し、コストを下げる。

②　浸透防止と決潰防止、泥砂堆積防止、凍結（季節により凍結する地区）をできるだけ結びつけ、総合的効果を発揮させる。

③　井戸と水路の結合地区の地表水と地下水の相互補完を正しく処理する。おおよそ水路を通じて地下水を調整補完する必要がある場合は、一般にライニングしないか、或いはライニングを少なくする。

(四)　スプリンクラー灌漑。　わが国のスプリンクラー灌漑技術は70年代以降に発展してきたものである。　現在全国のスプリンクラー灌漑面積は1000万ムー近くある。　この種の新型の節水灌漑技術は、節水灌漑を拡充するための重要な措置の1つである。　現在わが国が用いているスプリンクラー灌漑形式は様々である。大型スプリンクラー（多くは国営農場で用いられる）、移動式小型スプリンクラー及び固定式や半固定式のスプリンクラー・システムがある。　現在比較的多く使用されているのは、軽小型スプリンクラー灌漑装置である。　その発展傾向としては、重点は半固定式スプリンクラー灌漑システムである。

(五)　マイクロ灌漑（マイクロスプリンクラーと点滴灌漑を含む）。　全国にマイクロ灌漑面積が既に20万ムー（13,000ha）余りある。　現在は主に森林、草原及び施設農業に用いられている。　一部地区では大規模の農地でも試用を開始している。

(六)　低圧パイプ送水施設。　これは比較的低い圧力でパイプを通じて圃場に灌漑水を送水する施設形態である。　この種の形式は、スプリンクラー、点滴灌漑に比べ一回の資金投入が少なく、設備技術が簡易で、大衆に広く歓迎されている。

現在全国の低圧パイプ送水灌漑面積は4000万ムー（270万ha）で、主に井戸水灌漑区にあり、またその他のタイプの灌漑区への拡大を逐次おこなっている。

（七）　作物灌漑方法を改良、最適化した。　小麦と水稲はわが国の灌漑作物中において占める面積の比重は大きく、要水量の多い作物である。　作物の水使用効果を高め、水を節約するため、わが国の多くの科学技術者は重点的に水稲及び小麦の節水高生産の灌漑方法の研究をすすめた。　試験研究を通じて、湛水灌漑水層や一時的浅水層を設けない「浅」（水層が浅い）、「湿」（湿潤）、「乾」（土壌に必要な水分を維持する）の水稲灌漑方法を提起した。　それによって伝統的な湛水灌漑方式が改められ、水を節約したばかりでなく、水肥、気熱など環境条件が改善されたために、生産量が増加した。　一部地方では、水稲の畑作付をおこない、よい節水効果を挙げている。　小麦の灌漑問題については、主に小麦の要水法則と小麦の成長に対する灌漑の時間的効果に基づいて、生長の節目の時期における灌漑を重ねて保証することを提起した。　節目でない時期においては、灌漑回数（地表灌漑方式において）と灌漑水量を減らす。　このような節目において灌漑する方法は、華北地区では小麦の灌漑回数を1～2回減らし、20～30 %の水を節水することができ、一部の試験区では、保証灌漑、補充灌漑、干ばつ予防灌漑区に分けて試行して、やはり節水効果を挙げている。

（八）　地表灌漑技術を改良した。　現在及び今後のかなり長期にわたり、地表灌漑は依然として大きな比重を占める。　したがって、中国では、スプリンクラー、点滴灌漑などの先進的な灌漑技術を普及させると共に、さらに土地を整地し、圃場施設と灌漑器具等を完備する面から、畑作物に対し小さなうね、短いうね間灌漑をおこない、深層での浸透流失を抑え、大量の水による湛水灌漑をなくした。

（九）　圃場に被覆するプラスチックフィルムを利用して送水し、フィルム上の苗穴を用いて作物に水を供給した。　このような灌漑方法をわれわれは「膜上灌漑」と呼んでおり、圃場の送水ロスを減少させると共に、局部灌漑の作用を実現させ、水の利用率と効果を深めた。

（十）　管理を強化し、計画的な水使用を実行した。　管理強化には、主に管理体制の完備、管理組織の充実、管理制度の強化、管理者の質的向上、管理設備の改良が含まれる。　同時に計画的水使用を中核とし、節水増産を目標とする水供給、水配分、灌漑、科学的水量調整制度を実行し、非計画的、盲目的水使用を断ち切った。　節水を促進するため、わが国では更に若干の重要な政策的措置を講じた。その主なものは次の通りである。

1．　立法。　わが国の『水法』では以下のように規定した。、国は計画的な水使用を実行し、節水を励行する。　各級人民政府は、節水に対する管理を強化しなければならない。　各単位は、節水の先進的技術を採用して水の消費量を低下させ、水の重複利用率を高めなければならない。　このように、節水問題を法制下の中に組み入れ、同時に多くの部門は、又節水を管理の目標として、これに基づいて、業績を審査する。

2．水使用量に基づいて水料金を計算し徴収する制度を実行する。　水を超過使用した場合は高料金と積算料金を徴収する方法を採用し、経済的手段で節水を促進させる。

3．節水技術の研究と開発を国及び主要管括機関の科学技術発展計画の中に組み入れ、組織的に重要な研究に取り組み、重点的にそれを支持する。

4．節水の科学技術研究成果は、国家科学技術指導部門が専門家を組織して評価をおこない、評価を通ったものは国家科学技術重点普及項目に組み入れることができ、国がこれを支持して普及と応用を促進させる。

三．　探求と展望

(一)．節水は、水資源の不足を緩和させる１つの方法であり、常に気を許さずしっかりおこなわなければならない。　しかし、わが国では、水資源の地区的分布が非常にアンバランスであり、一部の地区の水資源の開発利用率は比較的高く、一部の灌漑区の水源保証率は比較的低い。　したがって、節水を通じてその地域の水不足を緩和させることは、一定の効果を持つものである。　しかしこれをもって、元素水資源が不足している一部重点地区の農工業用水を増すためには、まだ大きな限界がある。　そこでわが国は、節水をしっかりおこなうと共に、さらに又重点的に水資源施設を建設する必要がある。　流域変更による水量調節設備の計画研究を進め、新しい水源の開発と増加をはかっている。

(二)　十分合理的に様々な水源を利用し、地表水、雨水、地下水、土壌水を統一体とし、総合開発利用をおこなう。　それによって水がその役割を十分発揮し、その利点を十分に生かせるようにする。　今後は、上記４種類の水の転用法則と総合開発措置について、重点的に研究をおこなっていく。

（三）　節水は１つのシステム的な作業である。　今後は節水型工業と節水型農業を確立するというハイレベルから出発し、エンジニアリング技術、生物系統、生産技術、管理等の面を結びつけて研究し、次第に系統的節水技術体系を形成し、最終的に節水型社会を実現させる。

（四）　農業は水の大口ユーザであり、節水灌漑の潜在力は非常に大きい。　節水灌漑の根本的目標は水の効果を高め、単位あたりの水の生産量と生産額を高めることである。引水、配水、送水、圃場灌漑の各段階で節水措置を適用し、水の利用率を高め、水の最良の効果を実現させる。

（五）　中国の実際の状況から出発し、灌漑水の利用率を高める重点的な作業は、既存の灌漑施設に対する技術改良のことであり、また逐次電子通信などハイテクノロジーを灌漑用水の管理面に取り入れ、灌漑管理の現代化を実現させる。

（六）　パイプ灌漑は、節水灌漑施設の主要形態であり、中国の今後の灌漑の一つの発展方向でもある。パイプ灌漑面では、積極的にスプリンクラー灌漑、マイクロ灌漑などの先進的灌漑技術を発展させる必要があるし、低圧送水灌漑技術をいっそう強力に発展させなければならない。

（七）　全国的な節水計画を制定し、節水の励行を経済、社会の発展の促進及び環境の改善と緊密に結合させる。　節水、水源の開発、水汚染の防止を統一的に水管理の範疇に組み入れ、水資源危機の挑戦に打ち勝つようにする。

水資源不足は、世界の多くの国々が直面している共通の問題である。それは今や経済発展と社会発展を制約する重大な要素となっている。水資源の危機という挑戦に直面して、私は、多くの国の科学者が肩を並べて戦う必要があり、また各国がそれぞれの特徴に合わせてマクロな面からミクロな面に至るまで、技術的措置から技術政策に至るまでの各方面で協力して難関突破をはかり、科学的かつ実行可能な提案と方法を研究提起し、人類の共同進歩のために自己の貢献をしなければならないと考える。

中国節水灌漑技術研修会テキスト

日本における畑地灌漑と畑地灌漑における節水方法

1 9 9 1 年 3 月 4 日

農林水産省農業工学研究所

農地整備部畑地灌漑研究室長

農学博士　安養寺　久男

目次

I　湿潤地帯における畑地灌漑
　1　補給型の畑地灌漑
　2　日本における畑地灌漑方式の適用実態

II　日本における畑地灌漑に関する試験研究の経過
　1　畑地灌漑事業に関する主な事項
　2　試験研究の経過
　3　畑地灌漑研究会での検討議題
　4　農業土木学会畑地灌漑部会での検討議題

III　用水計画の手順
　1　用水計画の概要
　2　水分補給用水量
　3　多目的用水量
　4　用水量と灌漑施設の容量
　5　水源計画のための期別の必要水量

IV　灌漑方式の概要
　1　灌漑方式
　2　灌漑方式選定に関与する条件

V　スプリンクラー灌漑
　1　スプリンクラー灌漑の特徴
　2　スプリンクラー
　3　スプリンクラーの配置間隔
　4　自走式スプリンクラー

VI　畑地灌漑における節水方法
　1　部分灌漑
　2　適用効率の向上
　3　降雨の有効利用による補給水量の減少

I　湿潤地帯における畑地灌漑

1　補給型の畑地灌漑

乾燥地帯では，灌漑なしには作物の生育は考えられない．灌漑は作物の必要水量総てを賄うとともに，根群域に集積した塩類を洗い流すものである．これに対して，湿潤地帯の畑地灌漑は，降雨と合わせて，根群域の土壌水分を作物の生育に適した状態に制御するものであり，補給灌漑と呼ばれる．

さらに，湿潤地帯の畑地灌漑は，作物の生育を保証するだけでなく，増収と品質向上に積極的に役立てるべきである．また，灌漑施設を利用して，栽培管理の合理化，気象災害の防止，管理作業の省力化を図るべきである．

Israelsen は1952年にすでに補給灌漑の必要性について，次のように述べている．①湿潤地帯における多くの土壌は，土層が薄く，保持できる水分量が少ないため，次の降雨まで作物の必要水量を賄うことができない．②降雨の合計量からみれば，一般的な作物の必要水量を充分に賄うことができる．しかし，年変動，季節変動，地域的な変動が激しく，湿潤地帯といえども，生育期間内に１～数週間程度の無降雨期間が頻繁に発生し，作物の生育が抑制される．これが回避できれば，灌漑施設への投資も充分に引き合う．③灌漑により増収が期待でき，より高度な営農も可能になる．さらに，保険的な意味もある．④長所と可能性が理解されれば，湿潤地帯における畑地灌漑の面積が拡大する．その場合，土壌及び栽培作物がとくに地表灌漑に適している地帯を除いて，スプリンクラー灌漑が有望である．

Jensen によれば，1974年及び1977年の干ばつにより，アメリカの湿潤地帯及び半湿潤地帯における畑地灌漑の面積が大幅に拡大している．これには，スプリンクラー灌漑の省力化のための技術開発も寄与している．乏しい土壌の保水性，灌漑に対する作物の反応の正確な理解，不規則な降雨と降雨分布の偏り，より高度な営農，灌漑施設の利用による営農の省力化などによって，かつてない程畑地灌漑に対する期待が高まっている．

2　日本における畑地灌漑方式の適用実態

1983年の土地利用基盤整備基本調査によれば，日本の畑地面積は

243万haであり，その内訳は普通畑125万ha，牧草地60万ha，樹園地58万haとなる．畑地灌漑施設の整備面積は，普通畑16万ha，牧草地1万ha，樹園地9万haの合計26万haであり，全畑地面積の約11％となる．

日本ではスプリンクラー灌漑の適用事例が最も多い．果樹園及び普通畑では主に中間圧型スプリンクラーが使用されており，防除，施肥などの多目的利用も進んでいる．大区画圃場や牧草畑では大型スプリンクラーが使用されているが，多目的利用の例は少ない．施設園芸用ハウス内では埋設または地表定置式の点滴灌漑が多いが，小ノズルによる散水灌漑もある．多目的利用としては施肥のみが行われている．なお，露地栽培の作物及び果樹に対する点滴灌漑の適用事例がふえている．地表灌漑は施設費が比較的安いため，1955年代には適用が検討されたが，適用事例は極めて少ない．暗渠排水施設がある水田を転換畑として使用する場合には地下灌漑が採用されることがある．

灌漑方式の適用実態の一例を表－1に示す．スプリンクラー灌漑と定置パイプ灌漑が主体であるが，対象作物により設置形態が異なる．これらの中には，野菜栽培のためにトンネルやマルチが導入されたため，スプリンクラー灌漑から多孔管灌漑または点滴灌漑に変更された地区もある．その他，埋設定置式のライザーが機械化作業に支障をきたすため，人力移動式大型スプリンクラーの導入を検討している地区もある．なお，表－2はスプリンクラー灌漑の計画事例を示したものであり，施設計画の考え方が土地利用形態によりおおよそ規定されている．

（表－1，表－2）

II　日本における畑地灌漑に関する試験研究の経過

1　畑地灌漑事業に関係する主な事項

第10回畑地灌漑研究会資料から，畑地灌漑事業に関する主な事項を引用する．

(1) 1945年：食糧不足を解消するために，緊急開拓事業計画が閣議決定された．土地改良事業として，客土，排水，耕地整理，畑地灌漑等が取り上げられた．

(2) 1946年：農地開発営団による津田沼畑地灌漑試験地が設置さ

れた.

(3) 1947年：石岡畑地灌漑試験地（茨城県農試）と桔梗原畑地灌漑試験地（長野県農試）が設置された.

(4) 1948年：相模原地区畑地灌漑事業（神奈川県）と豊川地区畑地灌漑事業（愛知県）が着工された. 関東東山農業試験場で畑地灌漑試験が開始された.

(5) 1949年：石川県農業試験場宇ノ気試験地で畑地灌漑試験が開始された.

(6) 1952年：この頃から畑地灌漑が一層積極的に取り上げられるようになり，都道府県営畑地灌漑事業（100 ha以上）に40％以内の国庫補助が交付されるようになった. 試験研究面では，応用研究費によって，三重大学，宇都宮大学のほか，神奈川，長野，石川，愛知，岡山，鹿児島の各県の農業試験場で畑地灌漑に関する試験研究が始められた. また，この頃より，畦間灌漑から散水灌漑へ移行するきざしがみえた.

(7) 1953年：畑地農業改良促進法及び海岸砂地帯農業振興臨時措置法などの成立によって，20ha以上の畑地灌漑事業が，40％以内の国庫補助対象となった. また，農林漁業金融公庫の設立によって，非補助融資の畑地灌漑事業も始められるようになった.

(8) 1954年：愛知県向山地区の畑地灌漑事業（団体営）で，スプリンクラー灌漑が採用された.

(9) 1955年：小団地開発整備事業の発足によって，団体営よりもさらに小規模の畑地灌漑事業の実施が可能となった. また，愛知用水公団法と農地開発機械公団法の制定によって，愛知用水事業（事業費423億円，受益面積30,675ha，このうち畑地灌漑11,539 ha）の工事が始められた. その他，濃尾用水，宮川用水，道前道後用水，笠野原用水等の大規模な事業があいついで計画・実施された.

(10)1956年：この年に新農山漁村振興特別助成事業が始められた. 農業技術研究所及び福島県と長野県の農業試験場で，スプリンクラーによる凍霜害防止試験が行われた. また，愛知用水公団は，大府畑地灌漑実験場を設置した.

(11)1957年：東海近畿農業試験場に，東郷畑地灌漑試験地（愛知県東郷村）が設けられた. この他，北海道，関東東山，九州等の各農業試験場に畑作部が設置された. 愛知用水公団で，傾斜地畑地灌漑試験が行われた.

(12)1958年：畑作振興により，土地と水利条件の整備，土壌改良，耕種改善の施策が進められた．畑地灌漑は，その中心的事業とされた．

(13)1959年：団体営畑地灌漑事業で「末端5 ha以上」が削除され，小規模畑地灌漑事業の推進が一層容易となった．また，この年，豊川用水地区に畑地灌漑パイロット事業が行われた．

(14)1960年：団体営樹園地畑地灌漑事業が補助対象となった．また，畑地灌漑営農指導施設（国庫補助1／3）が始められ，初年度は4地区，10個所が設けられた．この頃から，畑地灌漑は，干ばつ防止のためだけよりも，土地の生産力を高めるという方向に向かうようになった．

(15)1960年：農業基本法が制定された．これに基づく農業構造改善事業が実施され，畑地灌漑事業も促進された．スプリンクラーが補助対象となった．

(16)1961年：第１回畑地灌漑研究会が開催された．正式名称は「全国畑地灌漑研究現地検討会」で 8月21～23日の間，愛知県知多郡武豊中学校を会場として行われた．出席人員は114名（作物55，土壌肥料32，農業土木20，経営7）であった．この時点における畑地灌漑事業の実施状況は，国公営30，県営91，団体営298個所であり，その受益面積は，国公営64,860ha，県営42,100ha，団体営21,000haであった．

2　試験研究の経過

畑地灌漑に関する試験研究の経過は次のとおりである．

(1) 第１期（1945～1960年）

深刻な食糧不足を解消するために，1945年緊急開拓事業が閣議決定され，未耕地への開拓入植が推進された．その土地改良事業の中に畑地灌漑が取り入れられたことが，日本における畑地灌漑研究の取り組みの端緒となった．灌漑方法は，まず畦間灌漑が取り上げられた．そして，1955年頃にはスプリンクラーが導入され，その検討が始まった．1960年連絡試験が終了した時点には，畑地灌漑栽培における作物別標準栽培法が提示された．

(2) 第２期（1961～1972年）

この時期は，大規模畑地灌漑地区への通水が始まり，さらに，中・小規模の灌漑が普及した．多くの試験研究場所で，基礎的研究か

ら実用化試験まで，活発な試験研究が実施された．畑地における水利用を，単なる不足水分の補給に留めることなく，多面的に考える試みは，すでに研究の初期にみられたが，具体的な研究の展開はみられなかった．畑地灌漑施設の固定化に伴い，この時期，この施設を多面的に利用しようとする考えから，施肥・除草等への活用についての研究が始まった．

(3) 第３期（1973年以降）

普通作物や露地野菜の灌漑栽培法に関する研究は，第２期に比べて著しく減少し，施設園芸や永年作物へ傾斜した．多目的利用に関する試験研究が増加しており，施肥，病害虫防除，凍霜害防止，潮風害防止，高温障害防止，家畜ふん尿，デンプン廃液の搬送散布等幅広い試験が行われている．また，耕地利用の汎用化のための用排水問題，暗渠を利用した地中灌漑等の研究も手がけられるようになった．

3　畑地灌漑研究会での検討議題

農林水産省の試験研究機関において，畑地灌漑に関する研究が活発に実施された．

「畑地灌漑研究収録（1952～1970年）」は，それらの研究成果の蓄積と研究の進展に大きく貢献した．1957年東海近畿農業試験場に栽培第二部が設置され，畑地灌漑の研究を重点的に実施することになった．そして，1962～1972年までは，農事試験場，園芸試験場，農業土木試験場，東海近畿農業試験場が中心となり．ついで1974～1980年までは，農事試験場，果樹試験場，野菜試験場，農業土木試験場が中心となって隔年ごとに「畑地灌漑研究会」が開催され，研究交流を実施し技術の体系化に貢献した．

なお，1980年の第10回をもって「畑地灌漑研究会」は終了した．その際，それまでの研究蓄積は，「畑地と水」に収録された．

畑地灌漑研究会での検討議題は，次のとおりである．

(1) 第２回　1964年　愛知県武豊町

①作物部会：作物の水分消費特性，水分不足度，普通作物と飼料作物の灌漑試験，果菜類と果樹の畑地灌漑試験，施設園芸での灌漑の問題点．②土壌肥料部会：作物の生育に好適な土壌水分，水分測定法，肥培灌漑，深耕効果，施肥法，用水量と灌漑方法，機械導入．③農業土木部会：灌漑用水量，灌漑方法，施設園芸における灌漑方

法，大型散水器の導入に伴う技術的諸問題，傾斜地灌漑の方法と施設．

(2) 第３回　1966年　愛知県武豊町

①土壌水分部会：土壌中の水の行動，土壌水分調査，土壌水分測定法，土壌水分と作物の生育，土壌水分と易耕性，灌漑畑の排水．

②作物水分部会：蒸発散量，水分含量，水分不足度の測定法，作物の消費水量，一時しおれと養分吸収．③灌漑器具施設部会：新器材，新器材による灌漑組織．④灌漑栽培効果部会：灌漑効果，灌漑栽培，灌漑施肥，土壌改良．⑤灌漑計画営農部会：圃場整備，畑地用水事業，組織計画，畑灌目標と調査方針，用水量の調査，灌漑方法調査，灌漑計画適否調査，営農計画．

(3) 第４回　1968年　東京都

「第１分科会」

①そさい：蒸発散，灌漑効果，灌漑水量及び間断，灌漑に伴う栽培技術の改善，灌漑方法．②土壌肥料・水分生理：土壌水分と作物の生育，施肥法及び施肥養分の移動，作物の養分吸収と水分吸収，土壌改良，各種作物の蒸発散量，乾燥と品質，生育阻害水分域，チャンバー法の特性，作物の体内水分，灌漑警報器．③普通作物と飼料作物：畑作水稲，豆類，飼料作物，サトウキビ．④果樹・茶・その他：ミカンの蒸発散量と水分消費，土壌水分とミカン幼木の生育の関係，乾燥，灌水とミカンの品質，落葉果樹，茶，桑，その他．

「第２分科会」

①土壌水分：土壌水の吸収利用と消費，土壌水の移動と損失，用水地域の土壌水分に関する調査，その他．②樹園地の灌漑：水分消費型ならびに灌漑用水量，灌漑器具，効率ならびに灌漑労力．③灌漑用水量．④灌漑計画と営農．⑤灌漑施設：灌漑組織の多目的利用，灌漑器具及び施設．

(4) 第５回　1970年　名古屋市

畑地灌漑研究の10年のあゆみ，現地事例の紹介と問題点の提起，畑地灌漑問題別検討会，1968，1969年度の畑地灌漑研究成績のとりまとめ．

(5) 第６回　1972年　東京都

湿潤地帯における灌漑効果，水の多目的利用．

(6) 第７回　1974年　東京都

畑地灌漑技術研究の現状と問題点，多目的水利用技術研究の現状

と問題点.

(7) 第8回　1976年　東京都

多目的水利用技術研究の動向，畑地灌漑事業現場からの提言，多目的水利用と今後の畑地灌漑研究の方向.

(8) 第9回　1978年　名古屋市

施設園芸の水管理と諸問題，畑地灌漑事業による営農の展開と諸問題，日本における農業用水需要の現況と将来.

(9) 第10回　1980年　谷田部町

日本における畑地灌漑の発展過程と今後，土壌水に関する最近の研究の進歩について，各種作物の水分消費特性と水分生理に関する最近の研究の進歩について，畑地灌漑用水の水質について，畑地灌漑事業計画と畑地水管理の今後の方向について.

4　農業土木学会畑地灌漑部会での検討議題

1963年農業土木学会に畑地灌漑部会が設立され，その後，毎年研究集会がもたれている．この研究集会での検討議題は，次のとおりである.

(1) 1963年　赤城北麓，設立総会.

(2) 1964年　秋田市，傾斜地の灌漑方法について.

(3) 1965年　和歌山市，畑地灌漑用水量の決定方法.

(4) 1966年　静岡市，灌漑組織について.

(5) 1967年　新潟市，用水計画をめぐって.

(6) 1970年　津市，畑地灌漑とその経済性.

(7) 1971年　熊本市，最近における畑地灌漑の組織とその利用について.

(8) 1972年　長野県戸倉町，畑地における用水の高度利用と制御.

(9) 1973年　広島市，スプリンクラー営農の展開と末端灌漑施設の問題点.

(10)1975年　帯広市，大規模畑地灌漑の計画及び実施上の問題.

(11)1976年　群馬県伊香保町，畑地灌漑施設の多目的利用の計画について.

(12)1977年　東京都，農用地における汚水還元利用.

(13)1978年　鹿児島市，農用地における汚水還元利用.

(14)1979年　水戸市，普通畑における畑地灌漑のありかた.

(15)1980年　千葉市，普通畑における畑地灌漑技術.

(16)1981年　郡山市，農用地の開発・整備と畑地灌漑.
(17)1982年　宇都宮市，農用地の造成・整備と畑地灌漑.
(18)1983年　佐賀市，畑地灌漑と気象災害防止.
(19)1984年　青森市，畑地灌漑と気象災害防止.
(20)1985年　長野市，蒸発散に関する最近の進歩，経済的畑地灌漑計画（Ⅰ）.
(21)1986年　神戸市，経済的畑地灌漑計画（Ⅱ）.
(22)1987年　網走市，大規模圃場における畑地灌漑.
(23)1988年　富良野市，大規模経営における畑地灌漑.
(24)1989年　岡山市，樹園地の灌漑技術と問題点.
(25)1990年　高知市，施設園芸における栽培と水利用技術.

Ⅲ　用水計画の手順

1　用水計画の概要

用水計画は水源計画と灌漑施設の容量を決めるための基本的なものである．原則として，用水量は作物の消費水量に基づいて決められる．しかし，灌漑施設の多目的利用により水利用の高度化を図るためには，それを考慮して用水量を決めなければならない．用水量の決定に際しては，圃場での需要を充分に賄い不足を生じさせないことが必要である．一方では，用水量の多寡は灌漑施設と水源施設のコストにはねかえるため，過大な値とならないように配慮しなければならない．

灌漑施設の容量を決めるためには，時期別の用水量のうちの最大値が用いられる．ところで，用水計画では，降雨の有効利用を図らなければならない．水源計画にあたっては，計画基準年の気象記録と期別の用水量を用いて，日単位の水の収支計算により期別の必要水量が決められる．

2　水分補給用水量

水分補給のための用水量は，基本的には計画日消費水量である．現在の灌漑理論は，土壌の保水機能を充分に活用することを前提としている．すなわち，土壌の保水機能などに基づいて決められる1回の計画灌漑水量が日消費水量の数日分にあたるとすれば，その日数ごとに，1回の計画灌漑水量を1度に灌漑する間断灌漑となる．

間断灌漑のための基礎諸元の決定手順を図－１に示す.

（図－１）

(1)　蒸発散量

作物が圃場において消費する水量は，植物体が生長するために体内で消費する水量，葉面から蒸発する水量，植物体が存在する土壌面から蒸発する水量である．これらの水量の合計が蒸発散量（ET）である．作物群落のようなある程度の広がりを有する蒸発面を対象とした蒸発散量の測定には，①水収支法（土壌水分減少法，ライシメータ法），②微気象法（熱収支法，空気力学的方法，組み合わせ法，渦相関法）がよく用いられる．

(2)　消費水量と計画日消費水量

蒸発散によって有効土層中の水分が消費される．しかし，下方の土層から有効土層内へ毛管移動により水分が補給される場合には，有効土層中の消費水量（CU）は蒸発散量とは一致しない．畑地灌漑とは，作物が正常な生育を行うように，それまでに作物が消費した有効土層内の土壌水分を補給することである．そのため，畑地灌漑計画においては，蒸発散量ではなく，有効土層における消費水量を用いる．消費水量は現地において，土壌水分減少法によって求めることが望ましい．土壌水分の測定は，採土法，テンシオメータ法などが一般的である．

消費水量は，作物の生育段階，気象，土壌，栽培管理などによって変化する．また，生育段階がほぼ同一であっても，日々の気象要因によって変化する．そのため，短期間の実測値だけで計画日消費水量を決定するのではなく，次のような調整と検討が必要である．①生育段階がほぼ同一な期間の日消費水量の平均値を用いる．②実測された期間と計画基準年の気象要因とを比較して，平均日消費水量をさらに修正する．このようにして，計画日消費水量が決められ，期別の計画日消費水量のうち最も大きな値が，計画日最大消費水量となる．現在までに畑地灌漑計画で用いられた計画日消費水量の一例を表－３に示す．

（表－３）

(3)　土壌の水分定数

①24時間容水量

圃場容水量は過剰な重力水が排除され，水の下向移動が著しく減じたときの土壌水分量である．圃場容水量は有効水分量の算定に必

要な実用的な概念であり，時間で規制されている．すなわち，停滞水が生じない排水良好な耕地において，大量の灌漑か降雨後ほぼ24時間経過した時点の土壌水分量（24時間容水量，FC24）であり，PF 1.5～2.0の土壌水分量が対応することが多い．この圃場容水量が有効水分の上限値となる．

②生長阻害水分点

土壌水分が減少すれば，作物根の吸水速度が低下し，蒸散による水の消失が補給できなくなりしおれ始める．これが一時しおれ点である．さらに，土壌水分が減少すれば，根の吸水は全く不可能となりしおれてしまう．これが永久しおれ点である．一時しおれ点はPF 3.8，永久しおれ点はPF4.2とされている．なお，各種畑作物のしおれと根圏土層のPF値を表－４に示す．

作物の増収と品質向上のためには，作物を極限の土壌水分状態におくべきではない．一時しおれ点より低い土壌水分張力の時の水分量が，生長阻害水分点とされてきた．また，土壌が乾燥してある限界を越えると，蒸発散量が急速に低下する．その限界時には根群域の約半分の土層で PF3.0付近の土壌水分に達していたことが明らにされた．このようにして，生長阻害水分点として， PF3.0付近の水分量が定着してきた．なお，24時間容水量と生長阻害水分点の差が生長有効水分量であり，１回の最大灌漑水量を求める場合に用いられる．

（表－４）

③有効土層と制限土層

有効土層とは，土壌水分が24時間容水量に到達したあと，蒸発散あるいは毛管補給などにより水分消費が行われる土層深さである．

制限土層とは，有効土層内において，水分消費に最も支配的な役割を果し，その層の水分状態が作物の生育や収量に直接影響する土層である．制限土層は，土壌断面調査や根群の分布などによってある程度推察できる．計算上は，有効水分量と土壌水分消費型とから計算される各層別の総迅速有効水分量が最小となる土層として決められる．

④土壌水分消費型

有効土層内の土壌水分の減少は，一様ではない．土壌水分消費型（SMEP）とは，有効土層をいくつかの土層に分割し，各層の水分減少量を有効土層全体の水分減少量に対する割合で示したものである．

有効土層が単一土壌であれば，土壌水分消費型はほぼ一定であり，四等分した有効土層の上部から40，30，20，10％とされてきた．しかし，多くの測定により，作物，土壌，生育時期などが異なれば，土壌水分消費型は当然異なることが明らかにされた．表層消費型，全層消費型，下層消費型などがあり，現地における実測が必要である．

⑤総迅速有効水分量

制限土層の有効水分が消費され生長阻害水分点に達しても，他の土層には有効水分が残っている．しかし，その時点で灌漑すれば，有効土層全体の土壌水分を，常に生長阻害水分点より多い状態に保つことができる．制限土層の有効水分が消費された時点に，有効土層全体で消費された水分量を総迅速有効水分量（TRAM，mm）として，全有効水分量と区別する．このように，総迅速有効水分量は，土壌の水分保水機能と作物の土壌水分消費型から決められ，理論上の1回の計画灌漑水量の最大値となる．

$$TRAM = (FC - ML) \times D \times (1/CP) \qquad (1)$$

ここに，FC：24時間容水量（容積％），ML：生長阻害水分点（容積％），D：制限土層の厚さ（mm），CP：制限土層の土壌水分消費型の値（％）

⑥計画間断日数

計画間断日数は，総迅速有効水分量（TRAM）を計画日消費水量（CU）で除し，小数点以下を切り捨てて求める．この場合の計画間断日数は，ピーク時の計画日消費水量から求める．ピーク時以外の期間でも間断日数は変更しないで，1回の灌漑水量を調節して対応する．

3　多目的用水量

多くの場合多目的利用は単発的であるため，なるべく水分補給用水量とそれに基づいた計画で対処すべきである．多目的利用のための用水量を表－5に示す．なお，特徴的なものは次のとおりである．

(1)　播種，定植，耕起，風食防止

数日間で全域に散水しなければならない．許容される日数は計画間断日数よりも短いが，1回の散水量も計画灌漑水量より少ないため，水分補給用水量で対処することができる．

(2)　凍霜害防止

一定の散水強度で，安全となる時刻まで散水しなければならない．必要な水量は水分補給用水量の数倍にもなる．したがって，全域で凍霜害防止を実施すれば，用水量と灌漑施設が膨大なものになる．

(3) 潮風害防止

事態が発生してから，数時間以内に危険地域の対象作物を洗い流すように散水しなければならない．なお，作物の付着水量は1mm程度であるから，洗い流すためにはそれ以上の散水が必要になる．ただし，必要な水量は水分補給用水量で対処できる．これに対して，病害虫防止では，作物に付着させるため1mm以下の散水となる．

(4) ハウス栽培

該当地域が毎日一斉に，比較的短時間に散水することになる．そのために必要な水量は，水分補給用水量以上となる．

(表－5)

4 用水量と灌漑施設の容量

灌漑施設の容量は，各々の圃場で必要な用水量が，あらかじめ定められた時間内に流れてくるように決めなければならない．純灌漑水量に表－6の効率を考慮して，配水組織と末端灌漑組織の容量が決められる．

純灌漑水量＝1回の計画灌漑水量

圃場灌漑水量＝純灌漑水量÷適用効率

粗灌漑水量＝純灌漑水量÷灌漑効率

なお，多目的利用を含める場合，その利用目的に対する1回の散水量が，1回の計画灌漑水量より多ければ，その値が純灌漑水量となる．圃場灌漑水量は，純灌漑水量に，飛散，流去，深層浸透などの損失を見込んだものである．また，粗灌漑水量は，圃場灌漑水量に搬送中の損失を見込んだものである．

(表－6)

5 水源計画のための期別の必要水量

水源計画では，計画基準年を決めて，その年の気象と水文記録，期別の計画日消費水量に基づいて，日単位の水の収支計算から，必要水量を期別に求めなければならない．

水源計画のための基準となる年が計画基準年である．その決定は確率論に基づいており，日本では長期間の気象と水文記録から，10

年に１回程度起こる渇水年が選びだされる．

日単位の水の収支計算において，降雨の有効と無効の判定が必要になる．有効雨量の上限値は，そのときの土壌の保水機能に見合う量である．下限値には多くの議論があるが，日本では現在5mm 未満の降雨量は水源計画上無効としている．

Ⅳ　灌漑方式の概要

1　灌漑方式

(1)　灌漑方式選定についての考え方

多くの灌漑方式があり，それらの中から対象地区の条件にできるだけ合致した方式を選定することが原則である．しかし，将来の変化に備えて，単一の灌漑方式に固定して考えることは避けるべきである．また，現在の条件下においても，多目的利用の比重が高ければ，主方式のほか他方式の併用あるいは変更の可能性をもたせた計画とすることについても検討すべきである．

灌漑方式選定のために考慮すべき基本的な事項は，水利用の目的，地形・土壌などの自然条件，圃場の団地化の程度，作目・経営類型などの営農条件などがある．できるだけ多くの条件への適合性とともに，経済性，耐久性，操作性などについても考慮する必要がある．それらに加えて，最近では操作管理の簡便さや電力料などのランニングコストの低廉さについても配慮されるようになった．

(2)　灌漑方式の分類

多くの灌漑方式の中からよく知られたものについて，その概要を述べる．これらの灌漑方式は水利用目的との係り合いが強く，また，施設費と維持管理費に大きな幅がある．日本の土地改良事業では，スプリンクラー灌漑が広く用いられているが，適用条件が合えば他の灌漑方式の選定についても考慮すべきである．

①スプリンクラー灌漑

圧力水をノズルから噴射させ，雨滴状あるいは噴霧状に散水する方式であり，円形の散水域を重ね合わせれば散水分布の均等性を確保することができる．スプリンクラーの型式，適用水圧，ライザー高を変えれば，水利用目的や作目の種類などに対応させることが可能である．また，地形や土壌による制約が少ない．

②多孔管灌漑

アルミ製あるいはプラスチック製の穴あきパイプを用いて，圧力水をパイプに沿って帯状に散水する方式である．適用水圧はスプリンクラー灌漑より低く，散水距離も短い．なお，穴あきホースが用いられることもある．

③点滴灌漑

一般には圃場面に配置した滴下管に一定間隔で取り付けられたエ

ミッターまたは滴下管に穿孔された特殊な構造をもつ滴下孔から，作物の根元などある限定された位置に水滴をゆるやかに供給する方式である．適用水圧はスプリンクラー灌漑よりかなり低い．

④畦間灌漑

畦の上流端から水を流入させ，畦内部を流下させ浸透させる方式である．畦の下流端までの水の到達に時間を要するため，畦に沿った浸入水深のムラを避けることができない．地形や土壌による制約がある．

⑤ボーダー灌漑

平坦な圃場を帯状に区切り区画の上流端から水を流入させ，薄層流で全面積を流下させ浸透させる方式である．散播する密生作物に適しているが，圃場の整地が必要になる．

⑥コンターデッチ灌漑

勾配が1/100～1/200のような急傾斜圃場では等高線沿いの支線水路を堰止めて水を越流させ，傾斜下方へ流下させ浸透させる方式である．また，緩傾斜圃場では等高線に直角方向の支線水路を堰止めて水を越流させる．越流水の拡がりは不定形であり，適用効率は低い．

⑦水盤灌漑

畦畔で囲んだ区画内に湛水し浸透させる方式である．圃場全体を畦畔で囲む方法や，例えば果樹の周囲のみを部分的に囲む方法がある．

⑧地下灌漑

圃場内や周囲に設けた素掘りの水路あるいは圃場内の暗渠を用いて，地下水位を上昇させ毛管作用によって根群域に水分を供給する方式である．下方への深層浸透損失を抑制するために，中層以下に難透水性の土層が形成されていることが望ましい．

(3)　灌漑方式の適用条件の範囲

各種の灌漑方式の適用条件と適用範囲は，おおよそ表－7に示すとおりである．この適用範囲以外では，水の損失が多くなり適用効率が低下する．また，土壌流亡を引き起こす危険性もます．

（表－7）

2　灌漑方式選定に関与する条件

(1)　灌漑方式選定のための検討事項

灌漑方式の選定にあたっては，それぞれの方式の特徴を十分に認識したうえで，対象地区の次のような条件を考慮しなければならない．①地形条件：傾斜度，区画の形状など，②土壌条件：浸入性，保水性など，③営農条件：主に灌漑対象作物，④経済条件：整地費，施設費などである．①と②は自然条件として固定しており，数値データの把握方法とそれに基づいた灌漑方式の決定手法がほぼ確立されている．しかし，③と④は農家別あるいは時代によって大きく変動するため，これらの条件を加味した灌漑方式の決定手法の確立は必ずしも十分ではない．以下，主に①と②について灌漑方式との係わりを述べる．

(2) 地形条件と灌漑方式

地形・勾配により地表灌漑の適用が制限される．一般に平坦に近い圃場でなければ，地表灌漑の効率は低下し，また，土壌侵食を引き起こす危険性がます．やむをえず傾斜圃場に地表灌漑を適用する場合には，等高線畦間灌漑が考えられるが，そのためには，区画の形状を変更して畦方向を調整しなければならない．

これまで，傾斜圃場に対しては，スプリンクラー灌漑が適用されてきた．しかし，ノズルの選定と配置間隔の設計が不適切であれば，局所的に強い散水強度を受ける個所ができ，地表流出と土壌流亡が発生することがある．点滴灌漑も傾斜圃場への適用性が高い．もともと低流量であるが，流出流量を調整することにより，土壌流亡の発生を防止することができる．

(3) 土壌条件と灌漑方式

スプリンクラー灌漑は，適切なノズルの選定と配置間隔の設計により，対象土壌の浸入性に適応させることができる．点滴灌漑も同様で，低流量で局所的に灌漑するため，浸入性の低い土壌に対しても地表流出を引き起こすことなく水を供給することができる．

浸入性の高い土壌に水を流せば，圃場の上流端から下流端までの水の到達時間が長くなり，その結果として上流端と下流端における浸入水深の差が大きくなり適用効率が低下する．その対策として，下流端への水の到達時間を短縮するために大流量を流せば，土壌流亡を引き起こす．このように，土壌の浸入性によって，地表灌漑の適用が制限される．なお，土壌の浸入性は，ベイシック・インテーク・レートとして数値的に表示することができる．

(4) 土地利用形態と灌漑方式

灌漑方式の選定には，圃場の規模と分散度などの圃場条件，機械化と労力などの作業条件，作目条件などが関与する．作目別に適用可能な灌漑方式を表－８に示す．なお，ここでは灌漑方式選定について，一般的な考え方を土地利用形態別に述べる．

（表－８）

①普通畑など

草地，飼料作畑，普通畑などの土地利用型畑作地帯では，一般に圃場区画が大きく，また，比較的限られた数種類の作物がローテーションにしたがって作付けされており，経営面積も大きい．したがって，省力的な灌漑方式が重視されるが，大型機械による農作業が主体であるため圃場内に配管することができない．このような条件に適した灌漑方式は，人力移動式の大型スプリンクラーあるいは自走式スプリンクラーである．浸入性が比較的低い傾斜草地では，コンターディッチ灌漑の適用も考えられる．

②樹園地

樹園地は一般に傾斜地に多く分布し，しかも有効土層が浅いところが多い．そのため，少量散布のできる灌漑方式が必要である．また，多目的利用や灌漑作業の省力化などが重視されるため，スプリンクラー灌漑が主体となる．しかし，階段状の樹園地や列状仕立ての果樹に対しては，多孔ホース灌漑や点滴灌漑が選定されることもある．スプリンクラーの設置は樹上か樹下となる．多目的利用では樹上灌漑となるが，補給灌漑では樹下灌漑とすることもある．

スプリンクラーによる薬剤散布では，作物の群落内部に液滴を飛び込ませ，薬剤を葉裏へ付着させなければならない．このような目的に適した器種の選択とその配置間隔の設計が重要である．また，スプリンクラーによる凍霜害防止のために，適切な器種の選択と使用方法も実用化の段階にある．

③施設園芸

施設園芸用ハウス内の灌漑方式には，次のようなものがある．①ミスト法：灌漑とともに室内湿度を高める方式であり，さし木の育成に適している．②小ノズル法：微細水滴を水平方向に噴射させる方式である．作物の頭上（観用植物，野菜育苗）と根元（切花など）に噴射する方式に分かれる．③点滴法：作物の根元などのある限られた部分にゆるやかに水滴を供給する方式である．室内湿度を高めることがなく，マルチ下及び地中灌漑にも適している．④地中法：

深さ10cm程度以内の浅い土層に多孔管を敷設して，根群域に直接水を浸出させる方式である．室内湿度を高めることがなく，マルチ栽培でも支障なく灌漑することができる．

施設園芸用ハウスで用いられる灌漑器具の特徴及び適用性を表－9に示す．何れも口径が非常に小さく目詰まりを起こしやすいため，除塵器の設置が不可欠である．

（表－9）

④転換畑

転換畑は将来再び水田に復元される可能性があるため，埋設定置式スプリンクラーのような恒久的施設や用水系統の大幅な改造は避けるべきである．畦間灌漑などの地表灌漑のほか，地表定置式スプリンクラー，人力移動式スプリンクラー，人力移動式大型スプリンクラー，自走式スプリンクラーなどの適用が考えられる．

暗渠排水施設のある水田を転換畑として使用する場合には，地下灌漑の選定も考慮に値する．排水路の水位を堰上げて，水甲から暗渠内に水を逆流させる方式と，灌漑水路と吸水渠の上流端を接続して，水を暗渠内に流入させる方式がある．なお，水を根群域へ毛管上昇させるためにはかなり長い時間を必要とする．

(5)　経済条件と灌漑方式

経済条件とは，灌漑方式導入のための整地費，水利費，施設の維持管理費などである．また，末端施設器材が補助金で取得できない場合には，その費用も加わる．それぞれの灌漑方式別に費用と収益を比較検討し，経済効果の高いものを選定することが原則である．経済効果には，金銭的なもののほか直接金銭で測ることができないものもあり，かなり複雑である．

V　スプリンクラー灌漑

1　スプリンクラー灌漑の特徴

日本におけるスプリンクラー灌漑の普及は，1955年頃から始まった．それ以来，ノズル，パイプ器材，弁類，システムなどの開発・改良が急速に進み，優れた水管理方式の一つとして，各種の畑地灌漑方式の中で主流を占めるに至った．その主な特徴は次のとおりである．①複雑な地形あるいは傾斜地であっても，適切な設計と正しい操作法にしたがえば，高い灌漑効率（適用効率や分布効率）を得

ることができる．②ほとんどの土壌で用いることができる．とくにベイシック・インテーク・レートが50mm／hr以上となるような浸入性の大きい土壌では，地表灌漑と比較して，良好な水分布が期待できる．③病虫害防除，施肥，防霜などにスプリンクラー施設を使用することができる．また，それらの多目的利用のための運転の自動化が容易である．しかし，④風の影響を受けやすいことが欠点であり，わずかな風でも水滴の蒸発・飛散損失と散水分布の乱れが生じる．

スプリンクラー施設は，移動式セットから埋設定置式の自動化システムまであり，経費と操作法に大きな幅がある．システムの選択に当たっては，圃場の団地規模，区画形状，対象作物，水利用目的などをよく考慮する必要がある．また，スプリンクラー施設器材は多くの品目に分かれており，それぞれについて多種類の製品が販売されている．使いやすく堅ろうな器材を選定するとともに，操作が容易となるようにシステムを設計しなければならない．

2　スプリンクラー

(1)　回転方式

スプリンクラーには回転式と非回転式がある．非回転式スプリンクラーは小型で，回転式と比較して散水強度は大きいが，散水距離は短く，また散水分布の均等性も劣る．主として施設園芸用ハウス，幼木樹園地などで使用されている．回転式スプリンクラーは一般に散水距離が長く，散水分布の均等性も優れており，畑で広く用いられている．回転機構は次のように分類することができる．

①反動桿方式：ノズルからの噴射水により反動桿を動かし，スプリングまたはカウンターウエイトによる反動の衝撃力でノズルをたたきスプリンクラーを回転させる方式である．反動桿はスプリンクラーを回転させるだけでなく，噴射水を破砕してスプリンクラー周辺に落下させる機能ももつ．中型（水圧3Kg／cm²前後，主ノズル直径4～7mm）以下のスプリンクラーの代表的な回転方式である．遠距離用の主ノズルと中・近距離用の副ノズルを備えてものが多いが，低圧・近距離散水タイプでは主ノズルだけのものもある．この回転方式の大型（水圧4Kg／cm²）スプリンクラーもある．

②羽根車方式：ノズルからの噴射水によりノズル前方に取り付けられている羽根車を回転させ，その回転をスプリンクラー取り付け

台の歯車に伝え回転させる方式である．大直径ノズル1個のものが多く，中・近距離には羽根車で破砕された水滴が落下する．反動桿方式と比較してやや複雑であるが，回転が確実であり，大型スプリンクラーの代表的な回転方式である．

③ジェット反射方式：スプリンクラーの回転の接線方向にノズルが向けてあり，ノズルからの噴射水の反動により回転させる方式である．簡単な機構であるが，散水距離が短く，主として園芸用の小型スプリンクラーとして用いられている．

(2) 規格及び性能

スプリンクラーの水理的な性能を支配する要因は，ノズル直径と適用水圧であり，流量，散水距離，散水分布，散水強度などはこれらによって決まる．ノズル直径と適用水圧の組み合わせにより，S（小型，低圧型），M（中型，中間圧型），L（大型，高圧型）型スプリンクラーと分類することができる．それらを表－10に示す．

（表－10）

(3) ノズル仰角

ノズル仰角が普通角度（25～35°）であれば遠距離まで散水できるため，大部分のスプリンクラーの主ノズルはこの仰角となっている．しかし，樹下で使用する場合には散水高さが制限されるため，ノズル仰角は低角度（10°以下）とせざるをえない．多目的利用では，利用目的により要求される仰角が異なる．例えば，病虫害防除では水滴を作物葉にできるだけ多くあてるためノズル仰角は20°以下がよく，風食防止，潮風害防止，ふん尿及びでんぷん廃液などの散布では，風の影響を抑えるためノズル仰角は中間角度（15～20°）となる．なお，仰角だけでなく，ライザーの高さやライザーの立て角度を調節して，それぞれの利用目的に対応させることもある．

(4) 回転時間

水分補給のように散水時間が長ければ，回転時間の差による散水分布のムラはほとんど問題とならない．そのため，回転速度はおおむね1分間あたり0.2～1.0回程度である．病虫害防除では散水時間が極めて短く，また，凍霜害防止では水滴を受ける時間間隔を短くしなければならない．そのため，1分間あたり1～3回程度の高速回転が要求される．

(5) ライザー

ライザーは地形及び作物条件に応じて，スプリンクラーを必要な

高さに固定させる装置である．なお，ライザーを高くしても，散水距離の延びは少ない．例えば，1mのライザーを2mにしても，散水距離の延びは半径で1.5m程度である．それ以上に，ライザーを高くすれば，風の影響を受けやすくなり，散水分布の均等性が低下する．ライザーの高さは，作物の草丈あるいは果樹の樹高を基準として考え，噴射水が作物や果樹にさえぎられない程度とする．その高さは，普通作物では1m前後，果樹では 2.5～3.0mとなる．なお，10° 以上の傾斜地では，ライザーの立て角度を傾斜度の1/2 を目安として鉛直から谷側に傾ければ，散水分布の均等性の低下が抑制でき，山側における水滴の衝撃力も緩和できる．

大型スプリンクラーを移動して使用するためには，ライザーを兼ねた特殊な台車が開発されている．

3　スプリンクラーの配置間隔

(1)　複数のスプリンクラーで囲まれた内部の散水深

補給灌漑あるいは多目的利用などのそれぞれの目的によって，必要となる散水分布の均等性と散水強度が異なる．使用目的に合うようなスプリンクラーを選定し，選定したスプリンクラー複数個で囲まれた内部の合成された散水分布の均等性と散水強度が，基準値を満足するようにスプリンクラーの配置間隔を決めなければならない．なお，スプリンクラーの配置方式は，矩形型が一般的であるが三角形型が採用されることもある．

配置間隔を決めるためには，まず４個のスプリンクラーで囲まれた内部の合成された散水深を求めなければならない．その方法は，①４個のスプリンクラーを所定の間隔で配置して，同時に作動させ直接合成された散水深を測定する．②１個のスプリンクラーを格子状に配置した捕水缶の中心に設置して作動させ，散水深を測定する．その結果を用いて，机上で任意の間隔で配置された４個のスプリンクラーで合成される散水深を求める．③１個のスプリンクラーの数方向の散水深を測定し，スプリンクラーからの距離と散水深の関係を求める．その結果を用いて，机上で任意の間隔で配置された４個のスプリンクラーで合成される散水深を求める．それらの方法を模式的に図－２に示す．

（図－２）

(2)　散水分布の均等性

合成された散水深の分布の均等性は，散布効率及び均等係数により評価することができる．散布効率（EP）及び均等係数（CU）はそれぞれ次式で表すことができる．

$$EP = 100\ hm / ha \qquad (2)$$

$$CU = 100\ \{1 - (\Sigma |\ ha - hd\ | / n \times ha)\} \qquad (3)$$

ここに，ha：散水深の平均値，hm：第１四分位数以下の散水深の平均値（測定数の25％に相当する散水深を小さい方からとりその平均値），hd：それぞれの散水深，n：データ数．

設計上の基準値は，散布効率60％以上あるいは均等係数70％以上である．散水支管に沿ったスプリンクラーの取り付け間隔（L1）と散水支管の配置間隔（L2）の組み合わせと均等係数（CU）の関係を図－３に示す．この例では，均等係数70％以上を確保するためには，L1及びL2はおよそ散水直径の0.7倍（0.7D）以内にしなけらばならない．なお，スプリンクラーの配置間隔は，補給灌漑では0.55～0.60D，防除などでは0.50Dがおおよその目安となる．

（図－３）

(3)　散水強度

スプリンクラーの配置間隔を狭めると，一般に散水分布の均等性は向上するが，散水強度が増大し表面流出あるいは土壌侵食の危険性が増大する．なお，散水強度は次式で求めることができる．

$$P = 60\ q / L1 \times L2 \qquad (4)$$

ここに，P：散水強度（mm／hr），q：ノズル流量（l／min），L1：散水支管に沿ったスプリンクラーの取り付け間隔（m），L2：散水支管の配置間隔（m）．

土壌及び地形ごとに許容される散水強度が異なる．現地において，スプリンクラーあるいは人口降雨装置を用いてそれらの値を測定することが望ましいが，より簡便なシリンダー・インテーク測定により求めたベイシック・インテーク・レートの1/5～1/3の値として推定することもできる．また，表－11におおよその目安が示されている．(3)式で求めた散水強度が土壌の許容散水強度を上回れば，散水分布の均等性が基準値を維持できる範囲で，配置間隔を広くするか器種を変更しなければならない．なお，防除及び凍霜害防止では散水強度は小さい方がよいが，潮風害防止及び風食防止では大きめの方がよい．

（表－11）

(4) 適正水圧

適正水圧で作動すれば，単体スプリンクラーの散水分布は，スプリンクラー近傍が多水量で遠ざかるにしたがって少水量となり，すそ野の広い山一型となる．水圧が低ければ，大水滴が多く発生し，それらの到達距離が延びるため山三型となる．逆に，水圧が高ければ，微細水滴が多く発生し，到達距離が延びないためスプリンクラー近傍が著しく多水量となり，すそ野の狭い山一型となる．それらの関係を図－4に示す．

スプリンクラーが適正水圧で操作されることを前提として，その散水分布に基づいて配置間隔が決められる．したがって，水圧が適正値より高くても低くても，配置間隔の決定のために評価した散水分布の均等性が得られないことになる．

（図－4）

(5) 風に対する対策

スプリンクラー灌漑の欠点は，風の影響を受けやすいことである．わずかの風でも散水分布が乱され均等性が低下する．また，蒸発・飛散による損失水量が増大する．スプリンクラーの散水図形は，風によって円形から楕円形となり，散水面積は縮小する．したがって，風の強い地域あるいは風の中での散水が予測される場合には，風に対する対策を考慮して配置間隔を決めておく必要がある．しかし，風による蒸発・飛散損失は抑えることができないが，散水分布の均等性の低下を抑制するためには，表－12に示したように配置間隔を狭めることと，散水支管を風向と直角方向に配置することが効果的である．

（表－12）

(6) 設置方式

水利用の目的，地形，対象作物，維持管理の難易などに基づいて，圃場内における管路の設置方式が決められる．この場合，予想される利用頻度により，施設の耐久性と経済性についても考慮しなければならない．管路の設置方式を表－13に示す．

①移動式（可搬式）：パイプ，ホース，ライザー，スプリンクラーなどを，灌漑の度ごとに圃場に搬入し設置する方式である．灌漑が終了すれば次の灌漑ラインに移動するものであり，1回で灌漑できる面積がセットの規格（10aセット，30aセットなど）となる．簡便であり施設費が最も安いが，セットの移動と設置に多くの労力

を要する．また，土壌が泥ねい化するため，灌漑直後の移動は困難となることが多い．

②地表定置式（期間定置式）：灌漑期間中，圃場全体にスプリンクラーセットを配置して使用する．しかし，灌漑期間が終了すれば，撤去し収納する方式である．

③埋設定置式（固定式）：散水支管までを圃場下に埋設固定し，地上にはライザー及び弁類だけがでている方式である．傾斜樹園地で普及しているが，利用頻度が高い平坦砂質圃場にも多く取り入れられている．営農作業上の障害が少なく省力的であるが，施設費は最も高い．

（表－13）

4　自走式スプリンクラー

(1)　特徴

地表定置式スプリンクラーと比較して，散水分布の均等性がかなりよい．また，圃場内に施設を設置する必要がないため，平坦か緩傾斜の大区画圃場に適した灌漑方式である．

(2)　構造

①本体：ホース巻き取り用の大型リールが走行用二輪車の台座に取り付けられており，ホースを全部巻き取りスプリンクラーを台車ごとつり上げれば，この二輪車はトラクタで牽引・移動することができる．ホース巻き取りの動力源は，流水エネルギの一部が用いられるが，補助エンジンが取り付けられたものもある．②スプリンクラー：台車に取り付けられた大型スプリンクラーがホースに接続されている．③ホース：口径25～110mmで長さ100～300mのフレキシブルホースが用いられる．

(3)　操作

本体を圃場の一端に設置し，トラクタでスプリンクラー台車を圃場の他端まで牽引して設置する．そして，給水栓と本体を接続し，灌漑を開始する．引き出したホースが全部巻き取られスプリンクラー台車が本体に接触すれば，灌漑は自動的に停止する．これらの操作は非常に簡単で，しかも極めて省力的である．

Ⅵ　畑地灌漑における節水方法

1　部分灌漑

効率的な灌漑とは，作物の必要水量を，必要な時期に，必要な根群域に過不足なく供給することである．部分灌漑の典型的な方法である点滴灌漑によれば，これらの要求をかなりの程度まで満足させることができる．その方法は，圃場のある限られた位置に，大気圧に近い状態で，少量づつ水を供給するものである．その供給速度は，1時間あたり数リットルあるいは1秒あたり数cc程度であり，この程度の供給速度では表面流去を起こすことなく，水は土壌中の限られた範囲を垂直方向と水平方向に移動する．水のゆるやかな供給は，エミッターと呼ばれる特殊な機器によって可能となる．エミッターは大気圧程度の水圧で，少量づつ水が流出するように設計されており，通常，圃場面積の10～50％が湿潤域となる．

節水に関する点滴灌漑の長所として，次のようなものが認められている．①小流量で水を供給するため，土壌の透水性を改良する．それ以上に，透水性が低い土壌でも使用できる．②部分的な灌漑であるため，用水の節約となる．その理由は，湿潤面積が限られているため，土壌面蒸発の抑制，非湿潤域における降雨の有効化，深層浸透損失の抑制などによる．とくに，果樹では幼木の場合にこの効果が顕著になる．③灌漑水の空中飛散と飛散中の蒸発による損失がない．④適用効率が高い．

このように，点滴灌漑は部分灌漑であるため，湿潤域以外からの土壌面蒸発の抑制による節水効果があげられる．このことは，点滴灌漑の消費水量が，他の灌漑方法による値より少なくなることを示唆している．現に，KellerとKarmeli は，太陽が果樹の直上にある時にできる樹冠の投影面積と圃場面積の割合を用いて，従来の灌漑方法での果樹の消費水量を点滴灌漑の消費水量に変換するために，次式を示している．

$$ET_d = ET_c \times (\text{最小} = P \sim \text{最大} = 1.0) \qquad (5)$$

ここに，ET_d：点滴灌漑のための消費水量（mm／日），ET_c：従来の灌漑方法での消費水量（mm／日），P：圃場面積に対する樹冠の投影面積の割合（％）．

これに対して，Hillelは，既往の研究成果を集約して，単位面積あたり最大の収量をあげることが灌漑の主目的である場合には，点

滴灌漑の消費水量は他の灌漑方法による消費水量と大差ないと結論づけている.

2　適用効率の向上

圃場に灌漑された水量の中のある部分は，根群域に留まり作物に有効に利用されるが，他の部分は，深層に浸透したり圃場面から流去して無効となる．したがって，圃場に届けなければならない水量は，有効となる部分と無効となる部分を合わせて量であり，これが粗灌漑水量あるいは圃場灌漑水量となる.

適用効率は，灌漑された水量の中で，根群域に留まり，作物に有効に利用される水量の割合を示す概念である．従来の灌漑計画では，灌漑に先立って根群域に必要とされる水量を不足することなく供給することとしている．したがって，圃場への浸入水深の中の最小値が必要灌漑水深となるように，用水計画を立てなければならない．その結果，最小浸入水深以外では，すべて必要灌漑水深を超過し，超過した浸入水深は無効となる．圃場への灌漑水深あるいは浸入水深の均等性は，適用効率と密接に関係する.

次式のように，純灌漑水深（必要灌漑水深）を適用効率で除せば，粗灌漑水深となる.

$$d' = d / Ea \qquad (6)$$

ここに，d'：粗灌漑水深（mm），d：純灌漑水深（mm），Ea：適用効率（%）．表－14に示すように，粗灌漑水深は適用効率によって大きく左右される．適用効率の高い灌漑方式を採用することが，節水へ前提条件である.

点滴灌漑と散水灌漑における適用効率の実測値を表－15に示す．点滴灌漑の特徴のひとつは，他の灌漑方法と比較して，簡単に，かなり高い適用効率が得られることである．そして，点滴灌漑の節水に関する長所の多くは，この高い適用効率に由来する．なお，土地改良事業計画設計基準は，スプリンクラー灌漑の適用効率は80～90%，地表灌漑の適用効率は70%を基準としている.

（表－14，表－15）

3　降雨の有効利用による補給水量の減少

(1)　間断灌漑の効果と問題点

受益地へ日々供給される水量を超過することなく，それぞれの圃

場の灌漑回数を減らす合理的な方法が間断灌漑である．間断灌漑は，土壌の水分保持能力を最大限利用する方法であり，総迅速有効水分量（TRAM）を作物の日消費水量で除した値が計画間断日数となる．

受益地内のそれぞれの圃場では，予め圃場毎に定められた灌漑日には，他の圃場の灌漑の権利を譲り受け，計画間断日数の間賄える水量（TRAMに見合う水量）を灌漑する．そして，次の灌漑日までは，その圃場の灌漑の権利を他の圃場に譲り渡す．仮に，作物の日消費水量が一定であるとすれば，TRAMが大きい程，計画間断日数を長くすることができるため，それぞれの圃場の灌漑回数は，大幅に減少する．

間断灌漑によって期待することができる灌漑作業の軽減と無効灌漑の抑制効果は，計画間断日数が長い程，大きくなる．しかし，それらの効果を保証するためには，受益地の上流端から個々の末端圃場まで，大きな容量の灌漑組織が必要になる．

ところで，間断灌漑の考え方は，乾燥地域において確立されたものである．そして，その最大の目的は，既に述べたように，灌漑回数の減少による灌漑作業の軽減と無効灌漑の抑制にある．しかし，この考え方の中には，降雨を最大限有効に利用しようとする視点が欠けている．湿潤地域に位置する日本の畑地灌漑では，降雨を最大限有効に利用すべきであり，そのような灌漑計画を立てるべきである．

(2) 水分管理の変更による降雨の有効化の可能性

現行の間断灌漑による土壌水分の管理は，制限土層の有効水分が消費され，水分張力がPF 3.0に達したとき，それまでに根群域内で消費された水量（TRAMに相当する水量）を１度に灌漑して，根群域内の土壌水分を圃場容水量に戻すという考え方に立っている．模式的に示せば図－５の上段のようになる．

間断日数を計画間断日数より短縮する方法として，図－５の中段及び下段に示した低水分張力水分管理と高水分張力水分管理が考えられる．低水分張力水分管理は，灌漑の判定を計画基準に定められたPF 3.0よりも低水分張力で行うものであり，ハウス栽培で好水分作物の栽培に用いられている．高水分張力水分管理は，水分張力がPF 3.0に達したとき灌漑する．しかし，灌漑により回復させる水分状態は，圃場容水量よりも乾燥状態に留めておく．

図－５に示したとおり，水分管理の方法により，土壌の空TRAMの

状態が異なる．高水分張力水分管理では，他の２つの方法と比較して，常に土壌の空TRAMが大きい．そして，間断日数を短くし，灌漑による水分張力の回復点をPF 3.0に近づければ，土壌の空TRAMは更に大きくなる．これに対して，低水分張力水分管理は，他の２つの方法と比較して，常に土壌の空TRAMが小さい．そして，間断日数を短くし，灌漑点の水分張力をFC24に近づければ，土壌の空TRAMはさらに小さくなる．

このように，水分管理の方法により，土壌の空TRAMが異なる．降雨を最大限有効に利用するためには，常に土壌の空TRAMを大きくしておくべきである．椎名の「表層灌漑の設計理論」や竹中と駒村の「節水を考慮した１回の灌漑水量」も，降雨の有効利用のために，土壌の空TRAMも大きくしておくとの考え方に立っている．

（図－５）

(3) 間断日数と有効雨量・灌漑水量

間断日数の長短と有効雨量・灌漑水量の関係を図－６に示す．ここでは，間断日数１日（毎日灌漑）における有効雨量と灌漑水量を基準として，間断日数と有効雨量・灌漑水量の関係を示している．

既に述べたように，高水分張力水分管理では，間断日数を短くし，灌漑による水分張力の回復点をPF 3.0に近づける程，常に空TRAMを大きくしておくことができる．即ち，毎日灌漑（間断日数１日）の判定を行うこととして，その時の有効水分の残存量で，その日１日の作物の消費水量が賄えない場合だけ，作物の１日の消費水量を灌漑するとすれば，有効雨量を多くし，灌漑水量を少なくすることができる．

この計算事例では，間断日数を長くし，灌漑による水分張力の回復点をFC24に近づけるにしたがって，有効雨量が減少している．その最小値は，毎日灌漑の0.7 倍程度となる．灌漑水量は有効雨量と逆の関係にあるため，間断日数を長くするにしたがって，灌漑水量が増加しており，その最大値は，毎日灌漑の1.6 倍程度となる．

このように，降雨の有効利用と灌漑水量の節約の観点からすれば，用水計画や灌漑の判定に，TRAMを作物の日消費水量で除した計画間断日数を用いることは不利であることが明らかである．

（図－６）

参考文献

1) 安藤隆夫（1984）：畑地灌漑研究の経過．畑地と水，pp.5～12．畑地農業振興会，東京
2) 安養寺久男（1982）：単体スプリンクラーの散水パターンと合成された散水深の均等性．農業土木学会誌，50(8)，pp.17～21
3) 安養寺久男・河野広・小菅孝利（1983）：自走式スプリンクラーの散水深の均等性．農業土木学会誌，51(12)，pp.23～28
4) 安養寺久男（1987）：畑地灌漑計画の間断日数に関する一考察．農業土木学会誌，55(4)，pp.39～44
5) 安養寺久男（1987）：畑地灌漑計画における有効雨量の問題点．農業土木学会誌，52(2)，pp.27～34
6) 安養寺久男・長智男・黒田正治（1987）：点滴灌漑の末端組織計画の手順．農業土木学会誌，55(12)，pp.29～33
7) 安養寺久男・長智男・黒田正治（1987）：点滴灌漑のエミッターの流量分布と用水の利用効率の相互関係．農業土木学論文集，127，pp.11～16
8) 安養寺久男（1990）：畦間灌漑の最適設計方法．農業土木学会誌，58(10)，pp.49～52
9) Finkel,H.J.（1982）：CRC Handbook of irrigation Technology(vol.1)，pp.247～298．CRC Press Inc.，Florida
10) 畑地と水編集委員会編（1984）：畑地と水．畑地農業振興会，東京
11) 畑地かんがい検討会編（1985）：畑地かんがいの手引き．畑地農業振興会，東京
12) Hillel,D.(ed.)（1982）：Advances in irrigation(vol.1)，pp.219～299．Academic Press，New York
13) Israelsen,O.W.（1952）：Irrigation principles and practices (2nd ed.)．John Wiley & Sons Inc.，New York
14) Jensen，M.e.（ed.）（1981）：Design and Operation of farm irrigation systems．American Society of Agricultural Engineers，Michigan
15) Keller,J. and D.Karmeli（1975）：Trickle irrigation design(1st ed.)，pp.133．Rain Bird Sprinkler Manufacturing Corporation，California

16) 農林水産省構造改善局（1982）：土地改良事業計画設計基準（計画・畑地灌漑）．農業土木学会，東京
17) 椎名乾治（1964）：表層カンガイの設計理論とその応用例．農業土木研究，32(6)，pp.7～13
18) 竹中肇・駒村正治（1984）：節水を考慮した１回の灌漑水量について．農業土木学会論文集，111，pp.25～33
19) 龍野得三（1980）：わが国における畑地灌漑の発展過程と今後．第10回畑地灌漑研究会資料，pp.1～4
20) 山本太平（1977）：砂丘地におけるトリクル灌漑の実用化に関する基礎的研究．鳥取大学農学部砂丘利用研究施設（水文・灌漑部門）

表－1　それぞれの畑地灌漑方式の適用事例

地区名 県　名	スプリンクラー灌漑			定置パイプ灌漑		その他散水灌漑	畦間灌漑
	移動式	地表定置式	埋設定置式	多孔管	点滴		
八竜 秋田	ﾀﾞｲｺﾝ		ﾌﾞﾄﾞｳ		ﾌﾟﾘﾝｽﾒﾛﾝ (露地)		
野田 福島			ﾅｼ,ﾓﾓ, ﾘﾝｺﾞ				
大正用水 東部 群馬		ｻﾄｲﾓ,ﾅｽ ﾀﾞｲｺﾝ, ｺﾞﾎﾞｳ		ﾅｽ,ｷｭｳﾘ (施設)			
中野 長野			ﾘﾝｺﾞ,ﾓﾓ, ﾌﾞﾄﾞｳ				
三方原 静岡	ﾀﾞｲｺﾝ, ﾊﾞﾚｲｼｮ	茶	ﾐｶﾝ	ﾄﾏﾄ,ｷｸ,ﾒﾛﾝ, ｾﾛﾘｰ(施設)			
関原 新潟		ﾀﾊﾞｺ,ﾀﾞｲｺﾝ, ｷｬﾍﾞﾂ					ｽｲｶ (ﾄﾝﾈﾙ)
三里浜 福井			ﾗﾂｷｮ,ｽｲｶ, ﾀﾞｲｺﾝ		ｽｲｶ (ﾄﾝﾈﾙ)		
三好南部 愛知	ﾀﾞｲｺﾝ, ﾊｸｻｲ			ﾏｸﾜｳﾘ, ｽｲｶ,ﾒﾛﾝ			ﾏｸﾜｳﾘ, ｽｲｶ,ﾒﾛﾝ

畑地灌漑検討会編（1985）：畑地灌漑の手引き，p.92．畑地農業振興会，東京

表－1　それぞれの畑地灌漑方式の適用事例（つづき）

地区名 県　名	スプリンクラー灌漑			定置パイプ灌漑		その他散水灌漑	畦間灌漑
	移動式	地表定置式	埋設定置式	多孔管	点滴		
碧南 愛知		カンショ, スイトコーン, ニンジン		マクワウリ, トマト,ナス			スイトコーン (生育後期)
苅屋 兵庫	ダイコン, ニンジン			キャベツ			カンショ, ホウレンソウ
有田川 和歌山		カンキツ					
久米ケ原 鳥取			スイカ,キャベツ プリンスメロン, ダイコン,ナシ, ブドウ,芝, 苗木			牧草 (センターピボット)	
二ノ宮 香川			茶,ミカン, ブドウ				
北今泉 宮崎	サトイモ, ラッカセイ		温州ミカン	スイカ,キュウリ (トンネル)			
指宿 鹿児島	オクラ,カンショ, サトイモ,オカボ, ソルゴー			オクラ,エンドウ, ソラマメ,トマト (施設)			

畑地灌漑検討会編（1985）：畑地灌漑の手引き，p.92．畑地農業振興会，東京

表－2　スプリンクラー灌漑の計画事例

項　目	畑地	牧草畑	畑・樹園地	樹園地	合計
地区数	20	2	13	49	84
自　動	2	1	2	28	33
人　力	18	1	11	21	51
固　定	3		7	48	58
半固定	17		6	1	24
多目的		2	1	29	32
単目的	20		12	20	52

畑地灌漑検討会編（1985）：畑地灌漑の手引き，p.93.
畑地農業振興会，東京

表－3　畑地灌漑の計画消費水量（平均値，mm／日）

作物＼月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ミカン	2	2	2	3	3	4	5	5	4	3	2	2
ブドウ	1	2	2	4	4	4	4	5	4	3	2	2
カキ								5				
ウメ					3	4	4	3				
リンゴ				3	4	5	6	6	5	3		
モモ					3	3	4	4	3	3		
ナシ					5	5	5	5				
クワ	2	2	3	3	3	4	5	5	4	3	2	2
チャ	2	2	2	3	3	4	4	4	3	3	2	2
タバコ			2	2	3	3	5	5				
そさい	2	2	2	3	3	4	5	5	4	3	2	2
ﾄﾏﾄ,ｷｭｳﾘ	3	3	4	4	4	5	5	5	4	4	5	4
稲飼料				5	5	6	8	8	6			
牧草飼料	2	2	3	3	4	5	6	6	5	3	3	2

伊藤光（1973）：畑地かんがいの計画日消費水量について．
水と土 12，pp.30～36

表－4　各種畑作物のしおれと根圏土層下部のPF値

作物名		健全	一時しおれ	永久しおれ
イネ科	陸稲		3.7～4.0	3.8～4.5
	水稲		3.9～4.3	4.2～4.6
	アワ	4.2～4.6		
	ヒエ	3.9～4.1		
	トウモロコシ			4.1～4.5
	ホウキキビ		4.2～4.5	
	ソルガム	3.5～4.3		
	トールフェスク ハ゛ヒアグ゛ラス タ゛リスグ゛ラス	4.1～4.5		
マメ科	ラッカセイ		4.2～4.7	
	アルファルファ	3.5～4.1		
ヒルガオ科	カンショ		4.0～4.9	4.3～5.0
タデ科	ソバ	3.0～3.8		
アブラナ科	キャベ゛ツ，ハクサイ，タ゛イコン		3.4～4.0	
サトイモ科	サトイモ			3.7～4.2
クワ科	クワ		4.0～4.2	

九州農業試験場環境第２部土壌肥料第３研究室資料（1967）

表－5　多目的利用のための用水量

用　途	利用項目	1回の散水量(mm)	全地区を散水するための許容日数(日)	用水量(mm／日)	1日の作業時間(hr)	備　考
栽培管理用水	播種・定植期，耕起時	10～15 20	3 4～7	3～5 3～4	12 12	
気象災害防止用水	風食防止 凍霜害防止 潮風害防止	10 12～32 4	1～2	5～10 12～32 4	24 4～8 4～6	散水強度3～4mm/hrを維持4～6時間以内に散水
管理作業の省力化用水	液肥 病害虫防除 フン尿還元	20 1 10	5 1 5～10	4 1 1～2	12 12 12	
その他の用水	微気象調節 盛夏期 冬期 フェーン現象時 地温調節 ハウス栽培	 2～3 0.2～0.3 10 日蒸発量以下 10 200～300	1日2回 3～5 1	4～6 1 10 日蒸発量以下 10	午前と午後 午前と午後	広い面積にわたって一時に散水比較的短時間に集中湛水防除

表－6　灌漑効率など

区　　分	適用効率	搬送損失率	灌漑効率
スプリンクラー灌漑	80～90%	5～10%	70～85%
地　表　灌　漑	70%	5～10%	60～65%

農林水産省構造改善局（1982）：土地改良事業計画設計基準（計画・畑地灌漑），p.42．農業土木学会，東京

表－7　各種灌漑方式の適用範囲

灌漑方式	圃場の傾斜	土壌及びベーシック・インテーク・レート	作物への適性，その他
スプリンクラー灌漑	ほとんど制約がない	ほぼあらゆる土壌 Ib＞ 5mm／hr	あらゆる作物，果樹に適する．ただし，一部の葉菜類，果菜類には病気が多発することがある．ベイシック・インテーク・レート 5mm/hr以下では泥ねい化し，移動式の適用は困難となることがある．
多孔管灌漑	ほとんど制約がない	極端な粘質土を除くあらゆる土壌 Ib＞15mm／hr	適用作物はスプリンクラー法に同じ． 散水強度が大きく，かつ散水分布が長方形となるので，散水域を重複させる必要性は少ない．
点滴灌漑	ほとんど制約がない	あらゆる土壌	あらゆる作物に適用可能である．ノズル孔が細かいため，ゴミによる目ずまりを起す危険性が大きく，除塵対策が必要である．
畦間灌漑	5%以下 等高線畦間間法では27%以下	粘質土，透水性の小さい壌質土 Ib＜75mm／hr	畦立て作物及び果樹に適用可能．しかし透水性の大きい土壌では適用効率が低くなり，実用的ではない．
ボーダー灌漑	5%以下	粘質土，透水性の小さい壌質土 Ib＜75mm／hr	牧草のような散播密生作物に適する．均一の地形勾配と，流向に直角方向の均平及び大流量が必要である．
コンター・デイッチ灌漑	14～50%	制約がない	牧草のような密生作物に適用可．ただし，適用効率は著しく低い．灌漑効率を考慮しなければ，複雑な地形でも実施可能である．
水盤灌漑	0.2%	粘質土 Ib＜75mm／hr	果樹又は水田跡地牧草などに可．平坦地，低透水性土壌に適する．

表－8　作物別の灌漑方式

土壌の浸入性	果　樹	野　菜	普通作物	飼料作物	施設園芸
大 (Ib ＞ 150)	S.D	S.D	S	S	D.G
中 (Ib=70～100)	S.D	S.D.F	S.F	S.B.C	D.G.F
小 (Ib ＜ 75)	S.D	S.D.F	S.F	S.B.C	D.F

Ib：ベイシック・インテーク・レート（mm／hr），S：スプリンクラー，
D：点滴，F：畦間，B：ボーター，C：コンターディッチ，G：地下．

表－9　施設園芸に用いられる灌漑器具の特徴と適用性

灌漑器具	対象作物	適用水圧 (m)	散水直径 (m)	特徴など
散水法				
小ノズル	観葉植物・苗床	5～30	0.6～3.0	頭上灌漑室内
ミスト	挿木育苗	20～50	1～4	湿度調節
有孔管	条植え野菜	1～15	0.6～1.0	灌漑が不均一
点滴法				
有孔二重管	同上	3～15	0.3～0.4	地中灌漑も可
エミッター	同上	5～20	－	根元に灌漑
極細チューブ	鉢物	2～10	－	根元に灌漑

畑地灌漑検討会編（1985）：畑地灌漑の手引き，p.96．畑地農業振興会，東京

表－10　スプリンクラーの区分

区分		主ノズル直径 (mm)	水　圧 (Kg/cm²)	ノズル流量 (l/min)	散水直径 (m)	主な使用目的の例
S		～ 2.9 3.0～ 3.9	1.0～ 2.0 1.0～ 2.5	1.5～ 7.0 6.5～18.0	～26 26～32	防霜専用又は軟弱な作物に対する補給灌漑.
M	MⅠ	4.0～ 4.9 5.0～ 5.9	2.0～ 2.8 3.0～ 3.5	18～ 35 40～ 63	32～34 34～35	補給灌漑と多目的利用一般.
	MⅡ	6.0～ 7.4 7.5～ 9.9	3.0～ 4.0 3.9～ 5.0	70～ 100 90～ 190	35～38	同上，特に地形，気象，団地化が好条件のとき.
L		10.0～19.9 20.0～	4.0～ 6.0 5.0～10.0	120～ 650 780～2500	40～	粗放作物の補給灌漑やふん尿灌漑など.

農林水産省構造改善局（1982）：土地改良事業計画設計基準（計画・畑地灌漑），p.22. 農業土木学会，東京

表－11　許容散水強度の目安

土　壌	許容散水強度(mm/hr)	
	平坦地	傾斜地
砂質土	30	20
壌　土	15	10
粘質土	10	7

表－12　風速と散水支管の配置間隔の関係

風　速 (m/sec)	M　型		L　型	
	Dに対する割合	距離（m）	Dに対する割合	距離（m）
2以下	0.6	18	0.6	30
2～4	0.5	15	0.5	25
4以上	0.3	9	0.4	20

Dは散水直径.

表－13　設置方式

設置方式	主ノズルの適用水圧		
	低　圧	中間圧	高　圧
移動式	一部の野菜類，多孔管での液肥に使用.	普通畑，野菜畑，樹園地，最低10～20ａ程度の作物団地の形成が必要.	普通畑，牧草地，樹園地，最低50ａ以上の作物団地の形成が必要．ふん尿灌漑用.
埋設定置式	高級野菜などの集約圃場.	樹園地，防除，施肥.	
地表定置式	輪作体系をとる高級野菜など.	輪作体系中に灌漑頻度の高い作物が10～20ａ程度の作物団地を形成している場合，大型機械が導入される圃場，防除，施肥などに利用する場合.	1ha 以上の団地に灌漑頻度の高い作物が栽培されている場合.
自走式		比較的平坦地で圃場整備が行われている場合，牧草地.	牧草地，高度の集団栽培圃場整備が行われている場合.

農林水産省構造改善局（1982）：土地改良事業計画設計基準（計画・畑地灌漑），p.57. 農業土木学会，東京

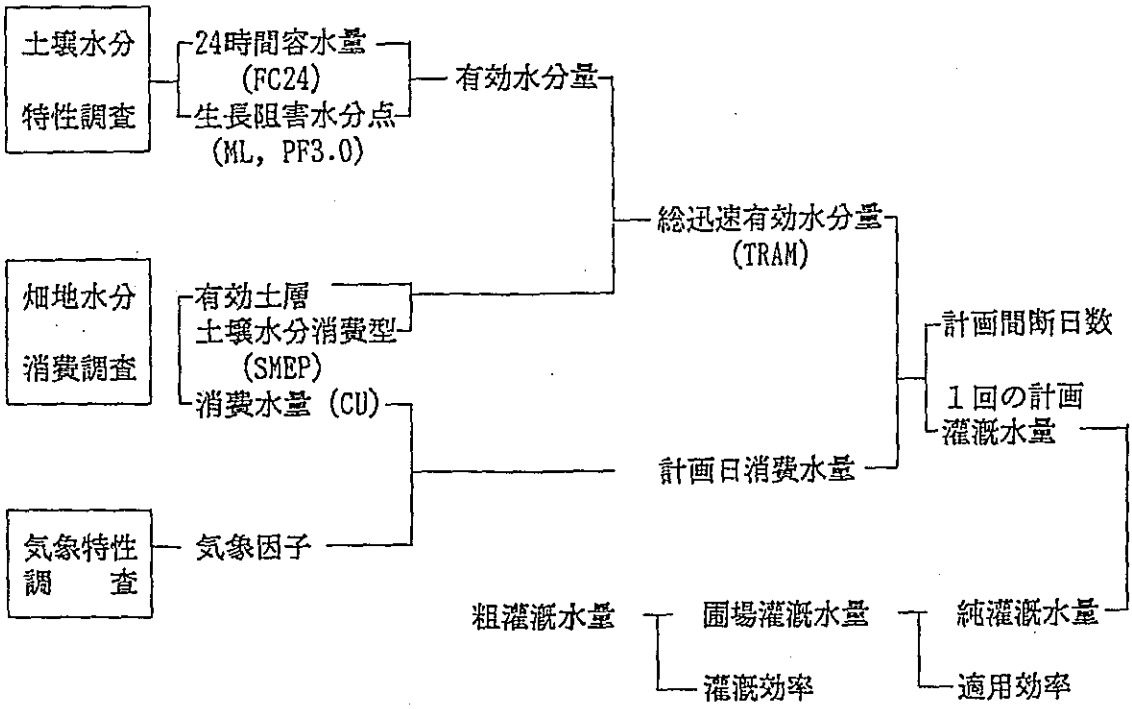
表－14　適用効率と粗灌漑水深

適用効率	純灌漑水深	粗灌漑水深
0.95	1.0	1.05
0.90	1.0	1.11
0.85	1.0	1.18
0.80	1.0	1.25
0.75	1.0	1.33
0.70	1.0	1.43
0.65	1.0	1.54
0.60	1.0	1.67
0.55	1.0	1.82
0.50	1.0	2.00

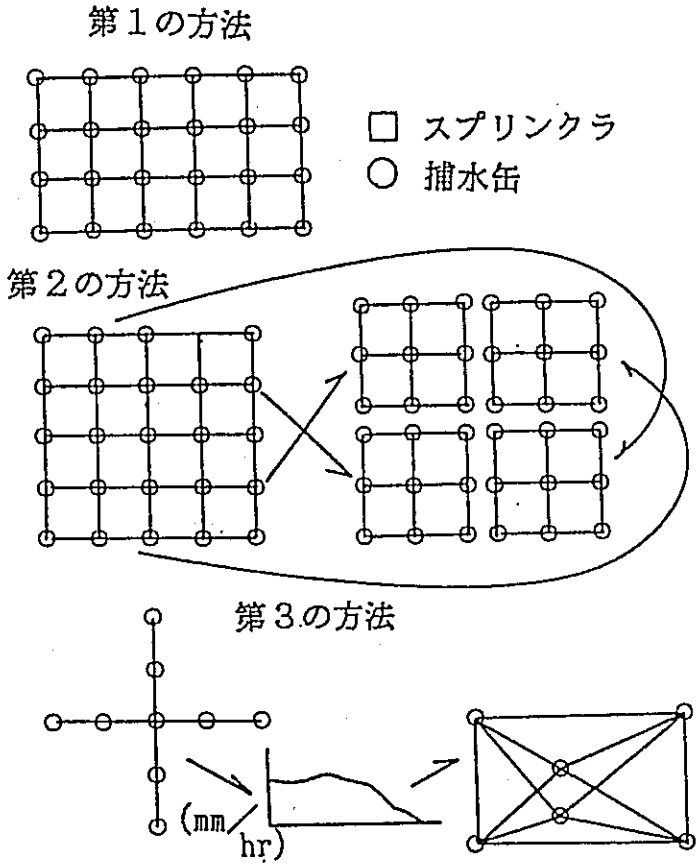
表－15　点滴灌漑と散水灌漑における適用効率

作物 定植日	灌漑期間	試験区	間断日数 水量	浸透 排水量	蒸発散量	適用効率	収量 (果実重)
				mm/day	mm/day	%	
キュウリ 1972.7.12	7.17～9.10 56日間	散水区	3日30mm	1.4	8.6	86	1617 (100)
		点滴区	毎日10mm	0.5	9.5	95	2353 (146)
トマト 1973.5.1	5.17～7.21 66日間	散水区	3日21mm	1.1	5.9	85	2927 (100)
		点滴区	毎日 7mm	0	7.0	99	3827 (131)
		散水区	3日12mm	0.1	3.9	97	1735 (59)
		点滴区	毎日 4mm	0	4.0	100	1787 (61)
ハウスメロン 1974.4.15	4.22～6.20 81日間	散水区	3日30mm	8.8	6.2	65	1065 (100)
		点滴区	毎日10mm	8.2	6.8	68	1245 (117)
		散水区	3日45mm	8.6	6.4	42	1145 (108)
		点滴区	毎日15mm	7.0	7.2	48	1228 (115)
		点滴区	毎日6.3mm	0.6	5.7	90	1205 (113)

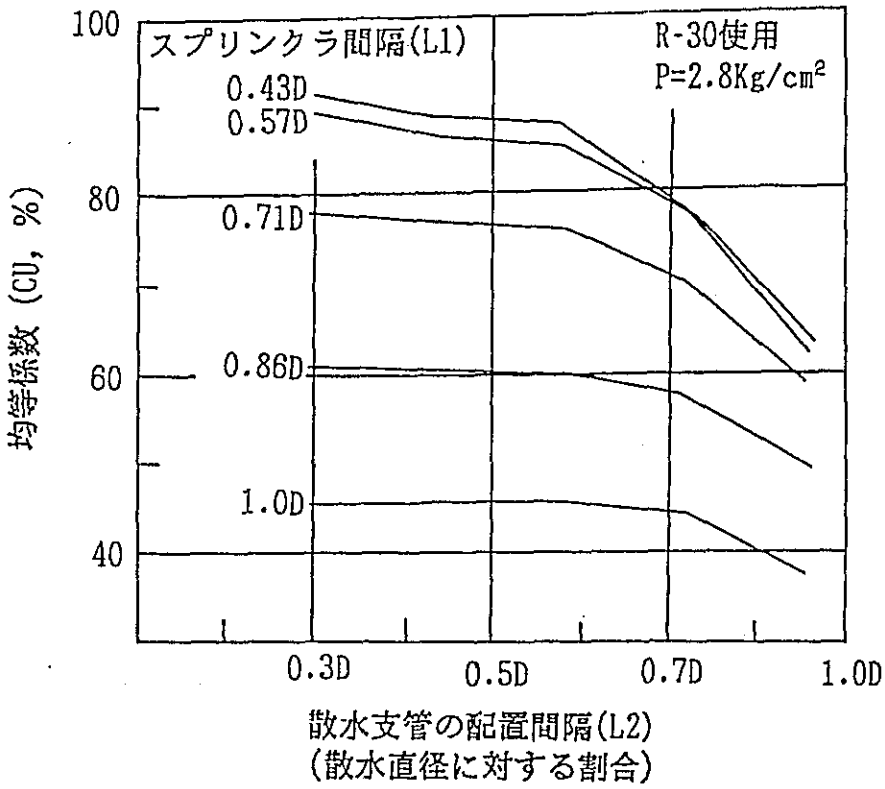
山本太平（1977）：砂丘地におけるトリクル灌漑の実用化に関する基礎的研究，p.50.
鳥取大学農学部砂丘利用研究施設（水文・灌漑部門）



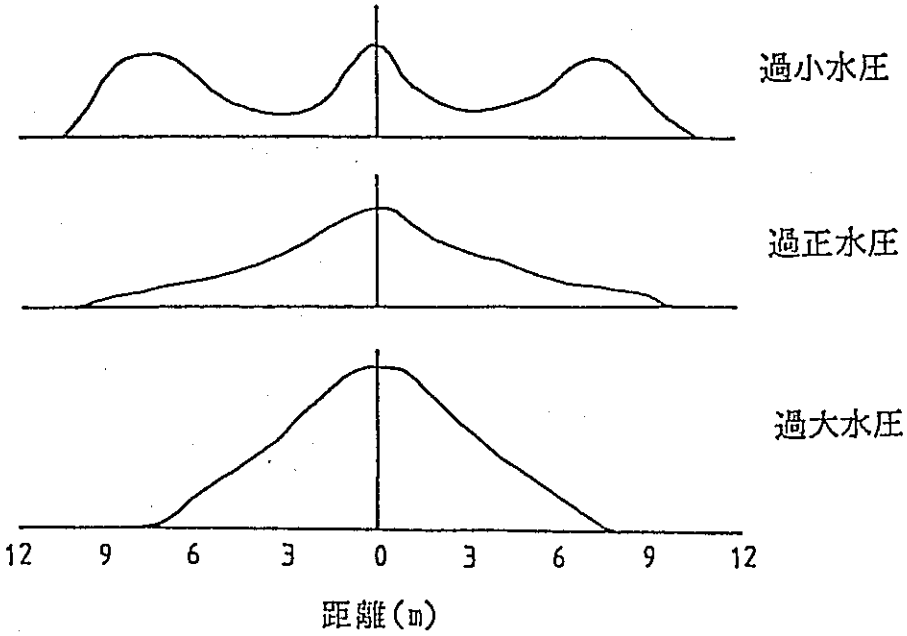
図－1　計画灌漑水量の決定手順



図－２　４個のスプリンクラーで囲まれた内部の合成された散水深の求め方



図－３　スプリンクラーの配置間隔と均等係数



図－4　水圧と散水分布

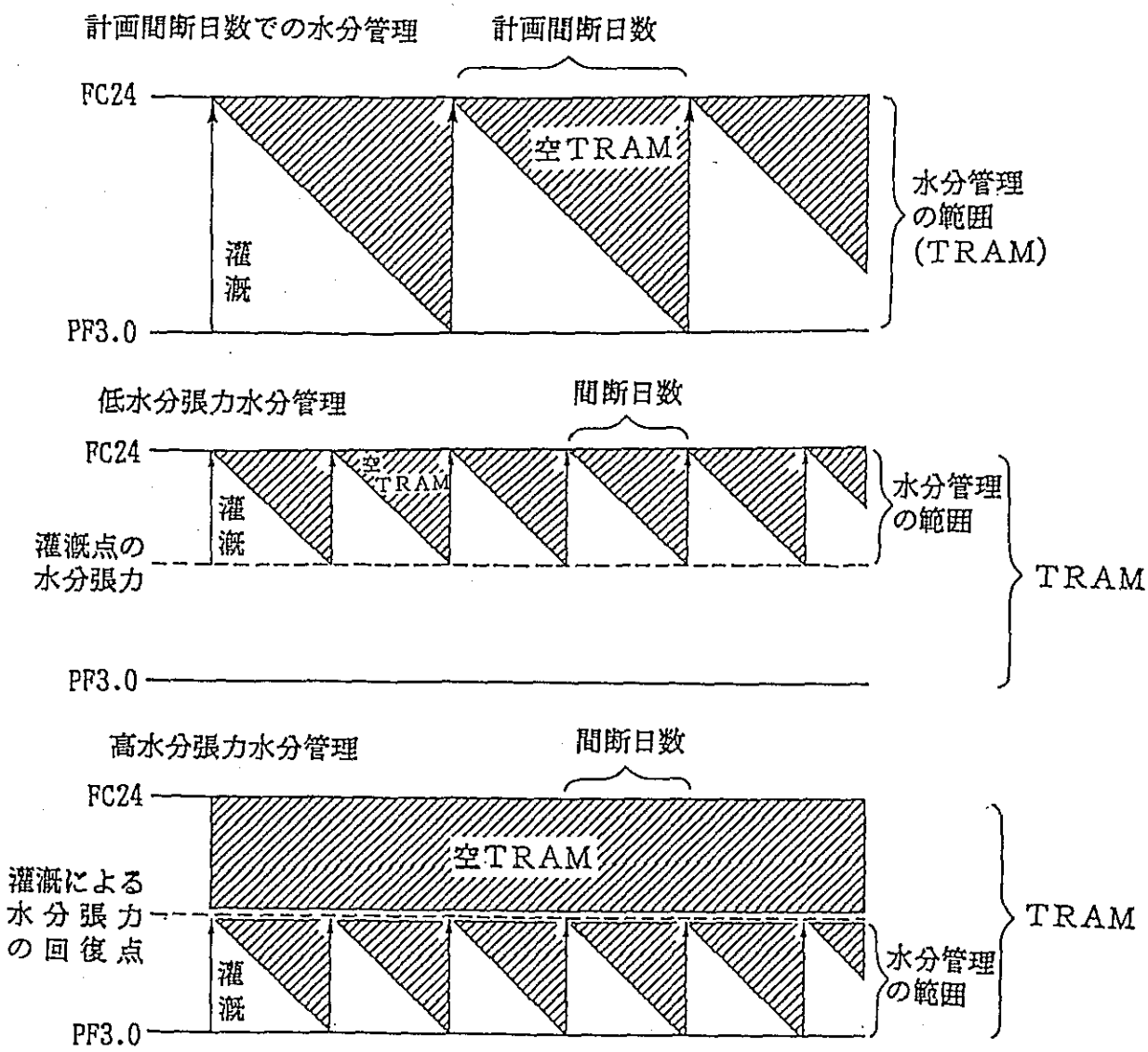
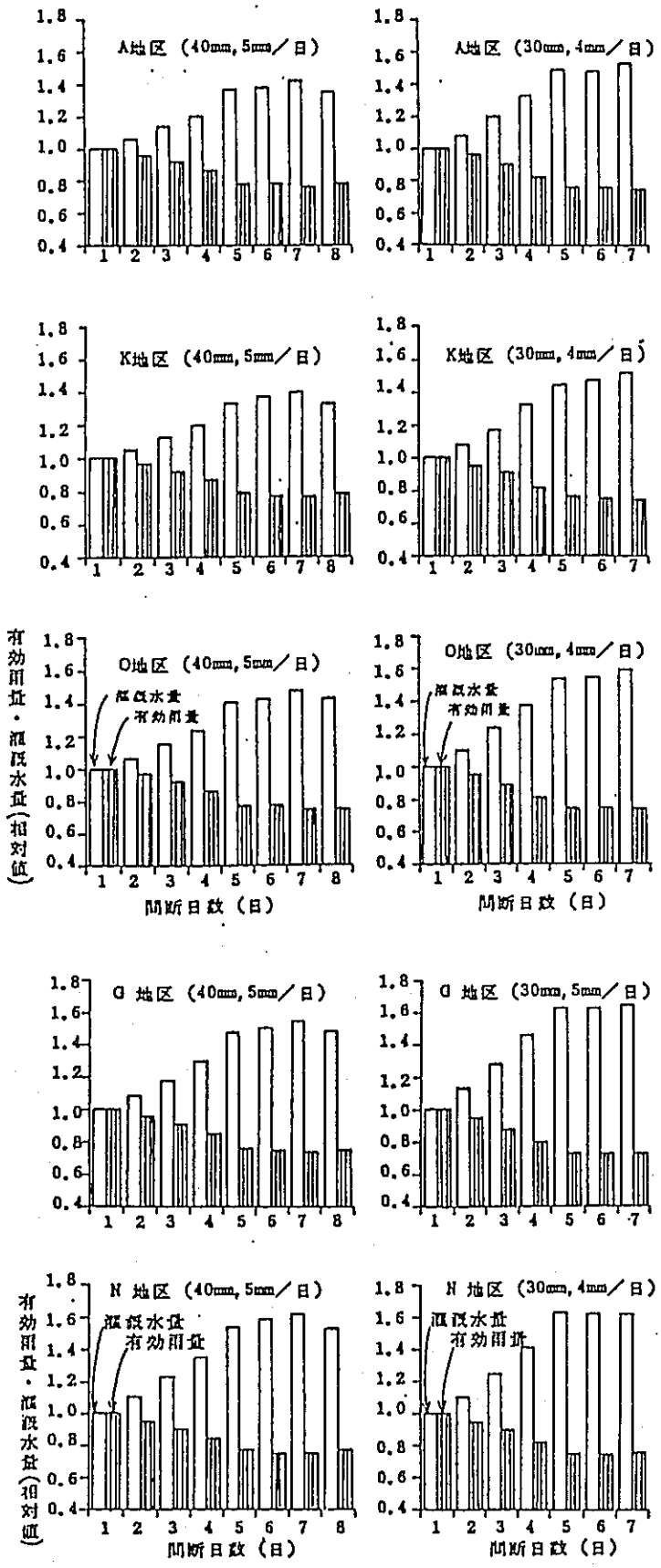


図-5 土壌水分の管理と空TRAMの状態



図－6　間断日数と長短と有効雨量
及び灌漑水量の関係

中国節水灌漑技術研修会テキスト

日本の水管理システム

1991年3月4日

農林水産省構造改善局建設部設計課

農学土木専門官　　市　野　吉　造

目　次

1.　水管理システム …… 82
1.1　水管理システム …… 82
1.2　水管理システムの目的 …… 82
2.　水管理制御施設の計画 …… 83
2.1　計　画 …… 83
2.2　計画の手順 …… 84
2.3　水管理制御施設の構成 …… 85
3.　水管理制御施設の設計 …… 87
3.1　設計の基本 …… 87
3.2　制御方式 …… 90
3.3　計測方式 …… 92
3.4　表示・記録方式 …… 92
3.5　伝送方式 …… 97
3.6　装置間インターフェース …… 99
3.7　設置条件 …… 100
4.　管理レベル …… 101
4.1　管理レベル区分 …… 101
4.2　管理レベル選定 …… 104
5.　水管理制御の各装置 …… 105
5.1　計測装置 …… 105
5.2　入出力中継装置 …… 106
5.3　テレメータ・テレコントロール装置 …… 106
5.4　情報処理装置 …… 106
5.5　表示・記録装置 …… 107
5.6　操作卓 …… 108
5.7　関連装置 …… 108
6.　実施例 …… 110
6.1　ダムから水路で導水してかんがいする地区 …… 110
6.2　ダムから水路及びポンプ場によりかんがいする地区 …… 112
6.3　ポンプ場によるかんがい地区 …… 114

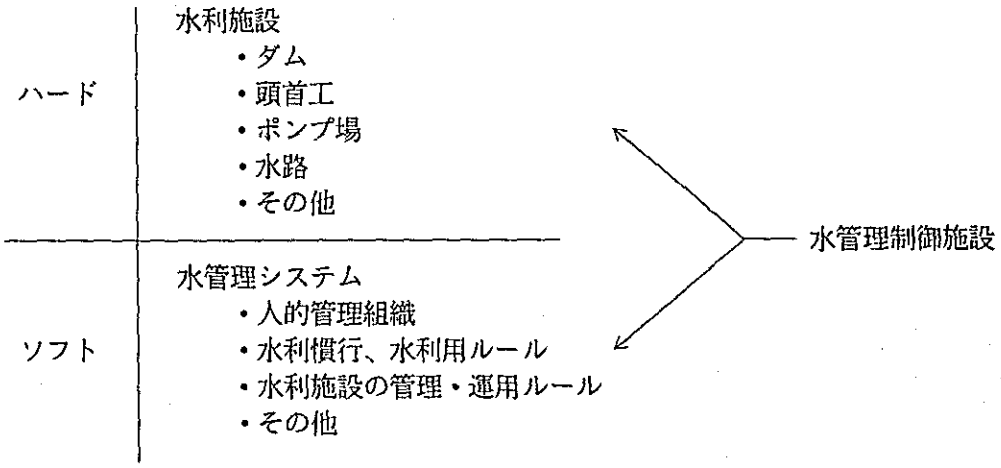
1. 水管理システム

1.1 水管理システム

農業における水管理システムは、同一の用排水系地域に設置されたダム、頭首工、ポンプ場等の個々の水利施設を、統一的な方針のもとに系統的に管理・運用することにより、効率的な水利用ができるようにするシステムである。

つまり、ダム、頭首工、ポンプ場等の水利施設をハード的なものとするならば、水管理システムは、人的管理組織が水利慣行・水利用のルールに基づき、これら水利施設を管理・運用していくためのソフト的なものといえる。

そして昨今は、水管理システムに、進んだ電気・通信技術を取り入れることにより1箇所又は特定の箇所から、各水利施設を集中管理（監視・制御）できる施設（水管理制御施設）を設定して管理・運用する方法がとられている。



1.2 水管理システムの目的

(1) 水の有効利用　必要量の確実な取水、必要な貯水量の確保、水源利用順位の規制

(2) 水の合理的配分　使用割合の維持、時期的需要量の変動への対応、地域的需要量変動への対応

(3) 施設の保全と災害の防止　施設・機器等の異常の早期発見と保護

(4) 管理費の節減　動力費の節減、管理労務費の節減

(5) その他　連絡・通報の即応制等

水管理システムは、以上の目的に応じて、人と機器類を有効に組み合わせた柔軟性のあるシステムとし、経済的で、利水者と管理者の意志が十分反映されて、その地域の特性に最も適したものであることが求められる。

2.　水管理制御施設の計画

2.1　計　画

水管理制御施設は、複数の施設を結合して１つのシステムとして働きをなすものであり、個々の制御の信頼性と共に、全体としての制御の信頼性をも要求されるものである。また、制御の信頼性の向上は土木建築、電気等の各技術の協調の上でなされるものであり、従って、これら分野と協調しながら進めなければならない。

水管理制御施設の計画は、次の条件を考慮して作成しなければならない。

(1)　構成が単純で動作の信頼性が高いものであること。

(2)　制御が簡単で誤操作のおそれがないこと。

(3)　一部の故障が全体の制御に著しく影響を与えないこと。

(4)　設置される環境に充分耐えるものであること。

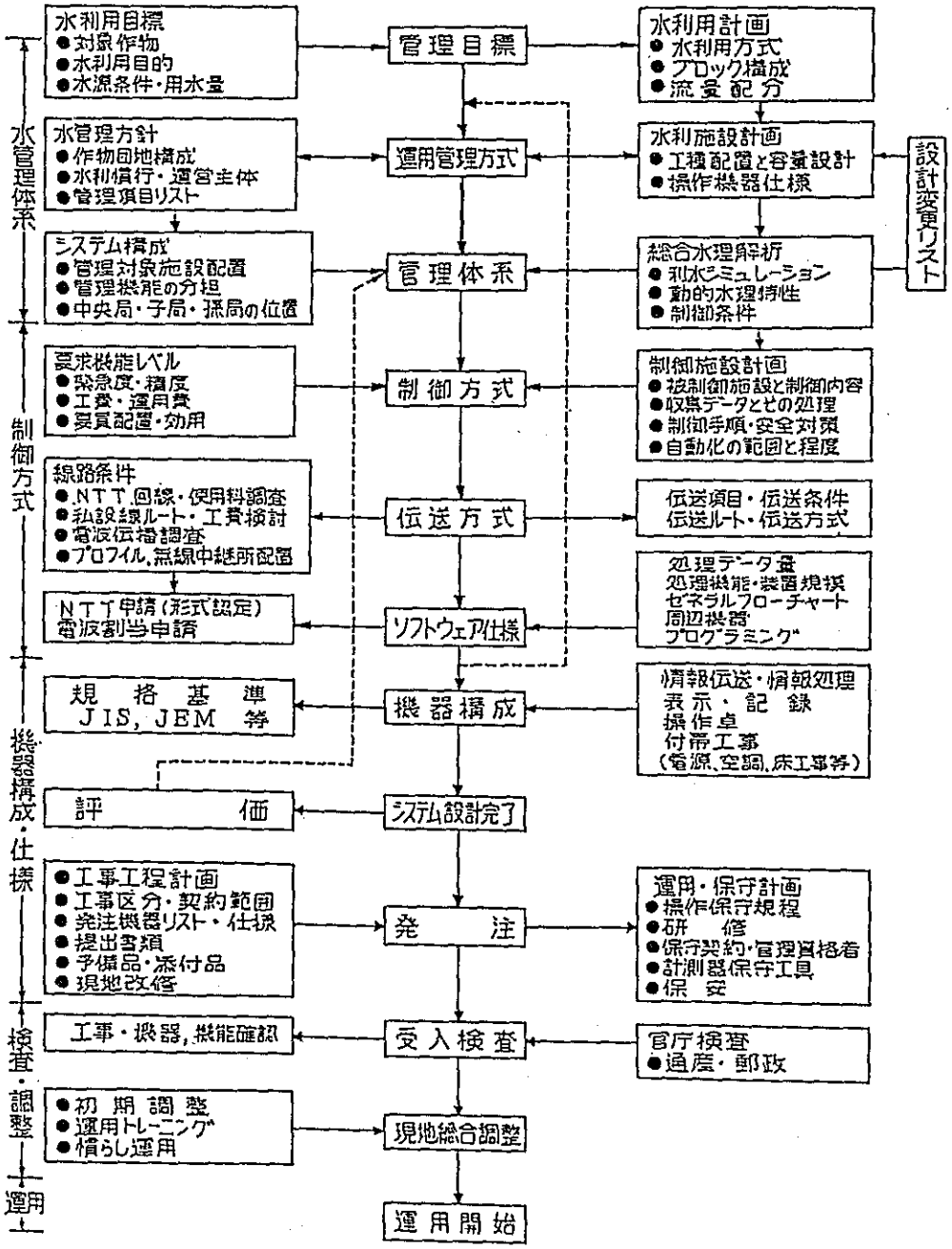
(5)　維持管理が容易で管理費が安いこと。

(6)　制御内容等の軽度の変更にも対応できる施設であること。

2.2　計画の手順

水管理制御施設の計画は、水管理システムを策定した上で、それに基づき計画する。次にその計画の手順を施設の運用開始まで含めて例を示す。

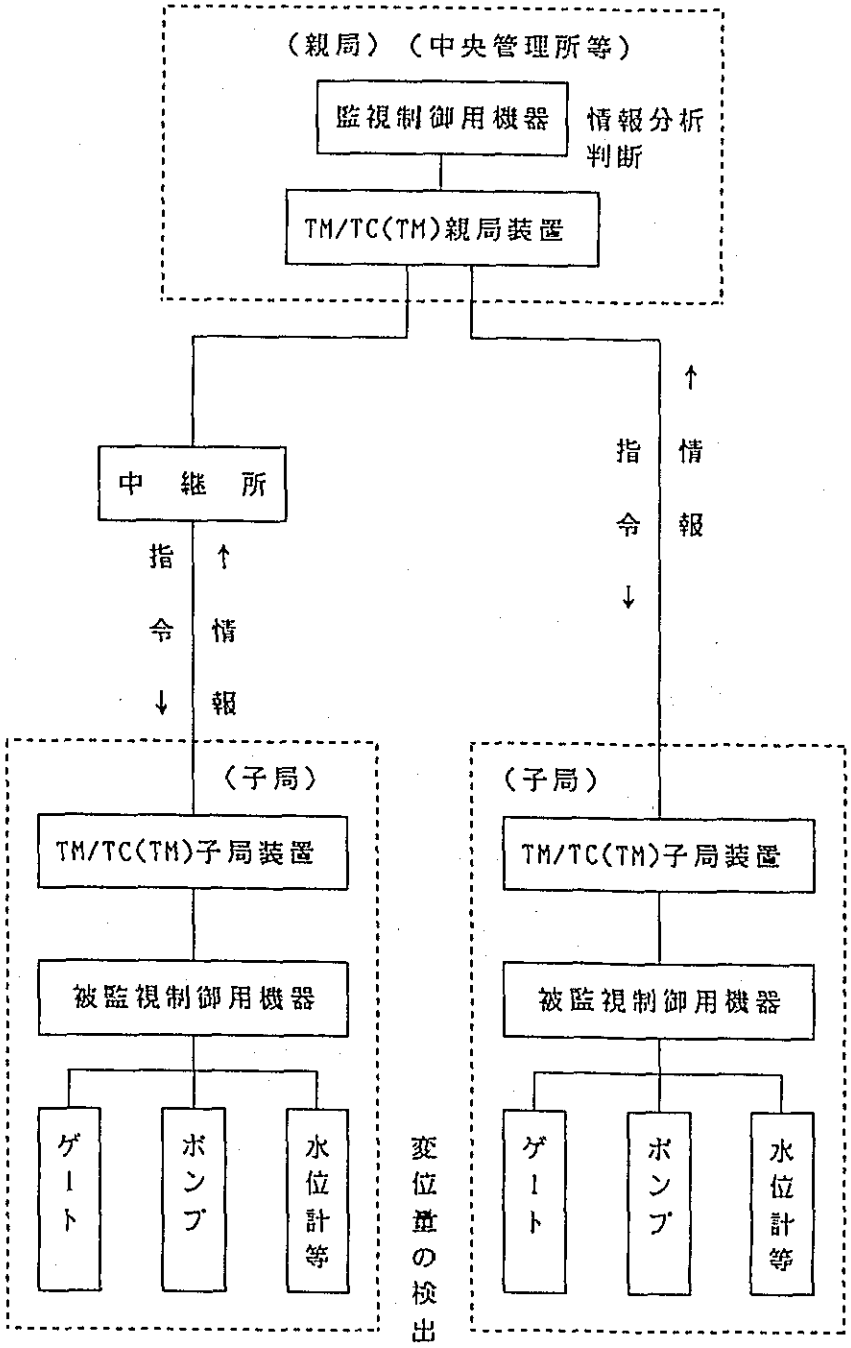
図－1　計画の手順の例

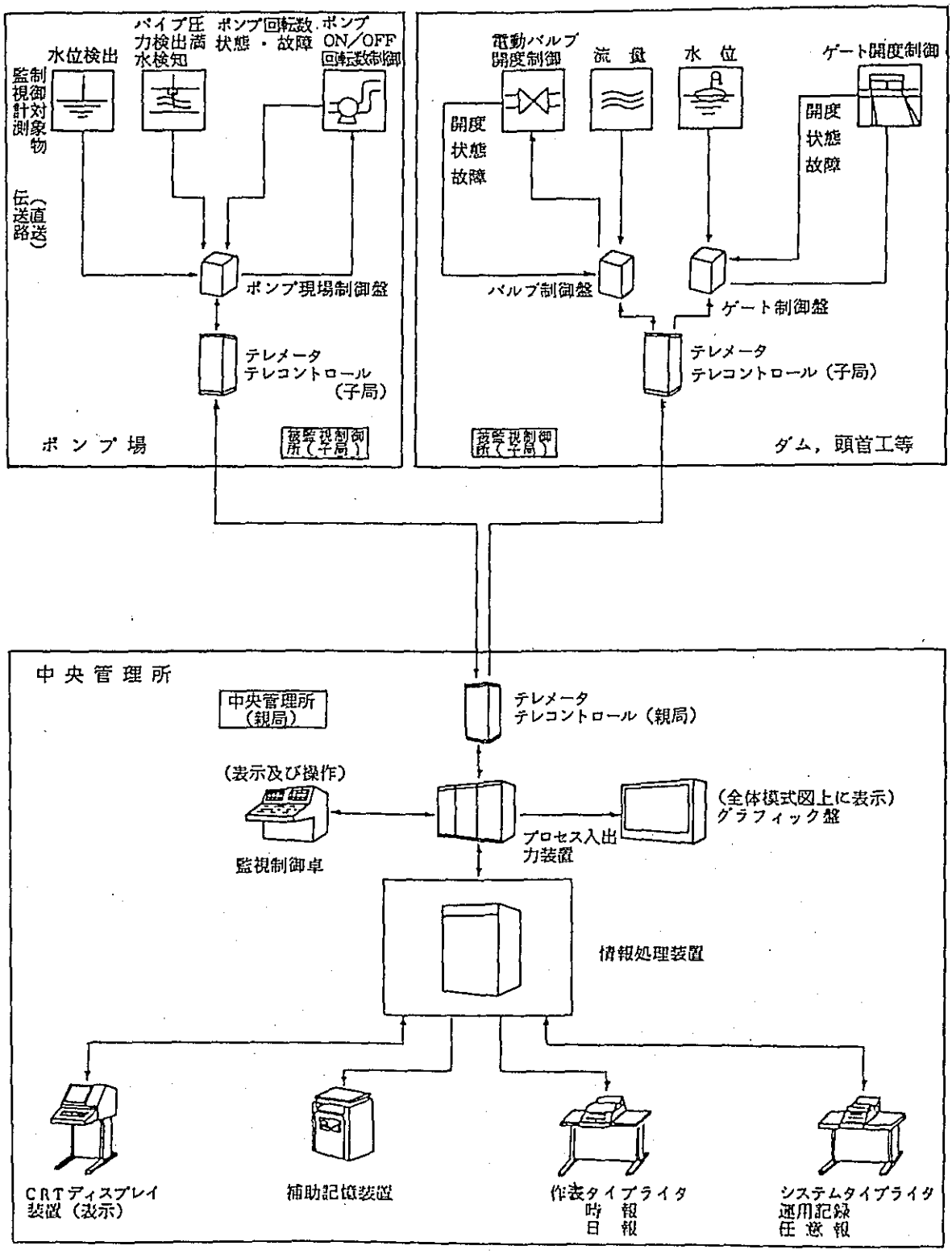


2.3　水管理制御施設の構成

水管理制御施設の構成は、監視又は監視・制御を行うための親局（中央管理所等）と、監視又は監視・制御を受ける複数の子局（現場管理所等）からなり、又、親局と子局の間に情報伝送の必要性から中継所を設けることもある。これら機器のハード的な部分の他に、監視や制御等をするために情報処理（分析、判断、命令）をするソフトの部分がある。次にその構成を示す。

図－2　水管理制御施設の構成





図―3　水管理制御施設の構成例

3. 水管理制御施設の設計

3.1 設計の基本

水管理制御施設の設計にあたっては、その地域の水利用計画、水管理計画および経済性、維持管理等について検討し、適したものを設計する。

その主な検討事項は次の通りであり、

① 水管理制御施設の必要性

② 水管理制御施設で管理する範囲

③ 水管理制御施設の管理レベル（監視・制御方式と精度）

④ 管理レベルに基づく監視・制御対象施設及び機器

さらに詳しい検討事項は次の通りである。

表－1 設計上の検討事項

①	管理の基本	管理項目 管理体制
②	監視制御方式	管理レベル 計測・制御 情報処理 表示・記録
③	伝送方式	自営線直送方式による接続範囲 親－子間伝送回線 電波（無線） 親－子間対向方式
④	装置間インターフェース	被管理所装置間インターフェース 対伝送回線インターフェース 管理所装置間インターフェース
⑤	設置条件	電源 温度・湿度等
⑥	システム構成	現場設備 中央管理所設備
⑦	装置仕様	現場系 情報伝送系 伝送回線系 監視制御系 情報処理系 電源系 関連機器 予備品・付属品

(1) 管理項目の検討

その地域の水利事情、管理体制及び水利施設の機能等を検討して、管理項目を決める。以下に水管理制御の対象施設の主な水利施設であるダム、頭首工、ポンプ場及び用水路の管理項目の例を示す。

① ダム・頭首工関連

表－2 ダム・頭首工関係管理項目リスト

施設	項目		監視	制御
ダム	上流	上流雨量	○	
		上流水位，流量	○	
	ダム地点	雨量	○	
		貯水位，貯水量	○	
		流入量	○	
		取水量	○	
		取水ゲート	○	○
		放流量（越流量）	○	
		放流ゲート，調節ゲート	○	○
		電気設備	○	○
	下流	下流水位，流量	○	
		放流警報	○	○
頭首工	上流	上流水位，流量，雨量	○	
	頭首工地点	堰水位（上流，下流）	○	
		雨量	○	
		取水量	○	
		取水ゲート	○	○
		放流量	○	
		洪水吐ゲート，土砂吐ゲート	○	○
		越流量	○	
		電気設備	○	○
	下流	下流水位、流量	○	
		放流警報	○	○

② ポンプ場関連

表－3　ポンプ場関係管理項目リスト

施　設	項　　目	監 視	制 御
用水ポンプ場	吸水槽水位	○	
	ポ ン プ	○	○
	送水バルブ	○	○
	吐出流量，圧 力	○	
	吐出水槽水位	○	
	電気設備	○	○
排水ポンプ場	吸水槽水位	○	
	ポ ン プ	○	○
	ゲ ー ト	○	○
	河川等水位	○	
	電気設備	○	○
加圧ポンプ場	ファームポンド水位	○	
	ポ ン プ	○	○
	送水バルブ	○	○
	吐出流量，圧 力	○	

③ 用水路関連

表－4　用水関連管理項目リスト

施　設		項　　目	監 視	制 御
用水路	開水路	幹線水位，流 量	○	
		分水工水位，流 量	○	
		分水ゲート	○	○
		放余水工水位	○	
		余水吐ゲート	○	○
		水位調節工水位	○	
		調節ゲート	○	○
		除じん工水位	○	
		除じん機	○	○
		調整池水位，ゲート	○	○
	管水路	幹線水圧，流 量	○	
		分水工水圧，流 量	○	
		分水バルブ	○	○
		制水バルブ	○	○
		排泥工バルブ	○	○
		ファームポンド等貯水施設水位，バルブ	○	○
		減圧水槽水位，バルブ	○	○

(2) その他検討事項

① 中央管理所位置の選定

② 現場管理所への人員配置と中央管理所との役割分担

③ 関連機関への情報伝達

① 中央管理所位置の選定

中央管理所位置は次の条件を総合的に検討し選定する。

水利上重要な施設への至近度

保守点検等のための現場への行き易さ

社会生活上の便利さ

伝送回線構成の容易性

用地取得の容易性

災害に対する安全性

② 現場管理所への人員配置と中央管理所の役割分担

被管理所は無人となる場合が多いが、ダムやポンプ場等重要施設で安全上有人管理が必要な場合には、現場管理所を設け有人とすることもある。

管理体制決定に際しては、地区の状況に応じ人員配置は管理所相互間の役割り分担を検討する。

③ 関連機関への情報伝達

3.2 制御方式

施設の制御は、洪水時、渇水時、平常時等の各状況に応じた操作形態を検討し、制御方式を決める。

(1) 操作形態

① 操作形態の分類

操作形態は、操作を行う場所及び手段により分類される。

a. 操作を行う場所による分類

- 現場操作
  - 機側操作……機側盤から行う操作
  - 遠隔操作……現場管理所から行う操作
- 遠方操作……中央管理所から行う操作

b. 操作を行う手段による分類

- 手動操作
- 自動操作

② 操作形態の種類

施設の管理・運用の仕方、施設の種類・規模、機器の操作頻度等を検討して適切な操作形態を採用する。

表－5　操作形態の種類

操作形態	内容
機側手動操作	管理者が，機側盤で操作開閉器を手動操作してゲートの開度調整等を行うもので，操作の最も基本的なものである。 本操作は他の全ての操作に優先し，かつ他の制御形態のバックアップとしても使用される。
遠隔手動操作	機側盤の操作開閉器と１：１に対応して制御ケーブルで結ばれた操作室，又は子局（以下，現場管理所と称する）の操作盤で機側と同様の操作を行うものである。
遠隔自動操作	現場管理所に設置された情報処理装置により、各種データから制御目標値に対する操作量を自動的に設定し，ゲート等を制御するものである。
遠方手動操作	管理者が,中央管理所において現場管理所からテレメータ装置で送られてくる開度，流量，水位，圧力，機器状態等を監視し，テレコントロール装置により操作開閉器を操作して，ゲートの開閉や開度調節等を行うものである。
遠隔手動設定値制御	現場管理所に設置する単機能の制御装置で，開度，流量，水位，圧力等の設定値（制御目標値）を保つよう，ゲート等の制御を行うものである。
遠方手動設定値制御	管理者が現場の設定値制御装置に手動で設定を行うものであり，テレコントロール装置を介して設定値を伝送する。
遠方自動設定値制御	中央管理所の情報処理装置が各種データを処理し，設定値を定め，設定値制御装置に自動的に設定を行うものである。 例えば用水系統全体の運用を中央管理所の情報処理装置が把握し，複数の設定値制御装置を集中管理する場合。

③ 操作の優先順位

操作の優先順位は次の原則に従うものとする。

a. 操作を行う場所は機側、遠隔、遠方の順とし機側最優先とする。

b. 操作を行う手段は手動、自動の順とし、手動優先とする。

(2) 制御方式

制御方式の主なものは次の通りである。

① 全開／全閉制御

② 設定値制御

a. 設定開度制御

b. 設定水位制御

c. 設定流量制御

d. 設定圧力制御

③ フィードバック制御

施設の種類・規模、制御頻度・精度等を検討し、適切な制御方式を採用する。

3.3 計測方式

水位、流量、開度、雨量、圧力等の計測データは水管理の基本となるデータであるため、計測の目的に応じた適切な計測装置を選定すると共に、計測装置が所定の機能を発揮出来るよう設置環境を整える必要がある。計測装置の選定に際しては、必要精度、据付条件、経済性、保守性等を考慮しなければならない。

次に主な計測装置を示す。

(1) 水位計

方式；フロート式、触針式、静電容量式、圧力式、音波式

(2) 流量計

方式；羽根車式、ベンチュリー式、電磁式、超音波式

(3) 開度計

方式；軸結合式、メッセンジャワイヤ方式

(4) 雨量計

方式；転倒桝式

(5) 圧力計

方式；静電容量式

3.4 表示・記録方式

管理所における表示記録には各種の方法が有るが、管理者が施設の運転状態、水系状況を把握し、適切な判断を行い得るよう目的に応じ機器を選定する。

(1) 表 示

表－6 表 示 方 式

表 示 目 的		表 示 用 機 器
全体状況の把握	計器，表示器によるデータの表示	表 示 盤
	水系の模式図とデータを表示	グラフィックパネル
部分的な詳細表示	表示項目が比較的少なく，固定されている場合	装作卓表示
	表示項目が多い場合、時系列表示，グラフ表示が必要な場合	ＣＲＴディスプレイ

(2) 記 録

表－7 記 録 方 式

記 録 目 的		記 録 用 機 器
データ記録	連続的にグラフ様式で記録	アナログ記録計
	一定時間間隔毎に数字データにより記録	タイプライタ（プリンタ）
	一定時間間隔毎に数字データにより記録 但し短時間で多数のデータを記録	ラインプリンタ
	ＣＲＴと併用し， ＣＲＴ画面に表示したものを記録	ハードコピー
操作事故警報記録	操作を行った場合や事故，警報等が発生した場合に時刻と事象を記録	タイプライタ（プリンタ）

次に、表示・記録・印字様式の内容例を示す。

表—8　表示，警報項目例

施設	項目	状態表示	異常表示	警報	備考
ダム・頭首工	機側	○			
	遠方手動	○			
	定水位	○			
	定量放流	○			処
	設定流量	○			処
	定開度	○			処
	開度計異常		○	○	開度計故障
	水位計異常		○	○	水位計故障
	水位上昇速度異常		○	○	処
	流入量上限オーバ		○	○	処
	流域平均雨量上限オーバ		○	○	処
	故障		○	○	ゲート毎
	休止	○			ゲート毎
	開中	○		○	ゲート毎
	閉中	○		○	ゲート毎
	上限または全開	○			ゲート毎
	下限または全閉	○			ゲート毎
	水位上限		○	○	
用水路	機側	○			
	遠方手動	○			
	検出器異常		○	○	
	上限または全開	○			ゲート毎
	下限または全閉	○			ゲート毎
	故障		○	○	ゲート毎
	除塵機運転	○			
	除塵機故障		○	○	

注）処は処理装置出力

表－9　記録項目例

施設	項目	最大桁数	単位	備考
ダム・頭首工	月日時分	8	(1分)	㊧
	貯水位	5	(1cm)	
	流入量	4	(1㎥/s)	㊧
	放流量	4	(1㎥/s)	㊧
	余水吐ゲート開度（ゲート毎）	4	(1cm)	
	余水吐ゲート放流量（〃）	4	(1㎥/s)	㊧
	余水吐ゲート総放流量	4	(1㎥/s)	㊧
	取水流量	3	(0.1㎥/s)	㊧
	河川流量	4	(1㎥/s)	㊧
	時間雨量	3	(1mm/h)	㊧
	累計雨量	3	(1mm)	㊧
	流域平均時間雨量	3	(1mm/h)	㊧
	流域平均累計雨量	3	(1mm)	㊧
用水路	幹線流量	3	(0.1㎥/s)	
	ゲート（バルブ）開度	3	(1cm)	
	幹線水位	3	(1cm)	
	取水後水位	3	(1cm)	
	取水量	3	(0.01㎥/s)	
	分水量	3	(0.01㎥/s)	

注）㊧は処理装置出力

処理単位は施設の規模，種類，管理レベル等によって定まる。

月日	時分	貯水位	調整流量	貯水量	空容量	流入量		取水量	放流量			ゲート・バルブ								制御方式	印字要因
			*	*	*	*	*			*	*										
						流入量	全流入量		ゲート放流量	バルブ放流量	ダム放流量	1		2		3		N			
		m	m³/s	×10³m³	×10³m³	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s	開度 cm	放流量 m³/s	開度 cm	放流量 m³/s	開度 cm	放流量 m³/s	開度 cm	放流量 m³/s		

注）＊はダムのみ

図―4　ダム頭首工　操作記録の印字様式例

月日	時分	貯水位	流入量		取水量	放流量		雨量				河川，水位，流量						備考
			*	*		*	*			*	*							
			流入量	全流入量	取水量	ゲート放流量	バルブ放流量	××地点		流域平均		○○川○○地点		○○川○○地点		○○川○○地点		
			m³/s	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s	時間 mm/h	累計 mm	時間 mm/h	累計 mm	水位 cm	流量 m³/s	水位 cm	流量 m³/s	水位 cm	流量 m³/s	
合計																		
平均																		
最大	最大値																	
	時刻																	
最小	最小値																	
	時刻																	

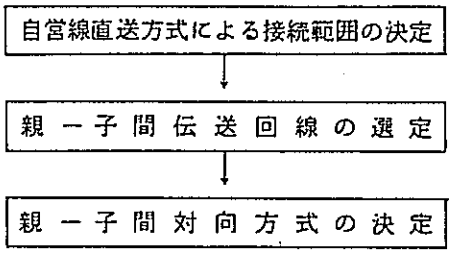
図―5　ダム頭首工　日報記録の印字様式例

月日	時分	取水工						幹線						分水工						制御方式	印字要因
		河川水位	取水後水位	1		N		1		2		N		1	2	3	4	5	N		
		m	m	開度 cm	取水量 m³/s	開度 cm	取水量 m³/s	水位 cm	流量 m³/s	水位 cm	流量 m³/s	水位 cm	流量 m³/s	流量 m³/s	流量 m³/s	流量 m³/s	流量 m³/s	流量 m³/s	流量 m³/s		

図―6　取水工，幹線，分水工操作　観測記録の印字様式例

3.5　伝送方式

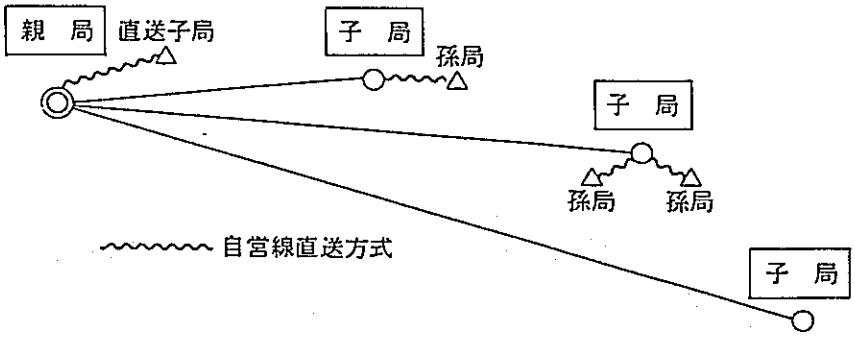
伝送方式の設計に際しては、次の事項を決定する必要がある。



(1)　自営線直送方式による接続範囲

中央管理所（親局）と各管理対象施設（子局、孫局）間の情報伝送を行うに際し、近接する施設に関する情報は自営線直送方式により複数個まとめた後、親局へ伝送する。

図－7　親－子－孫局構成



自営線直送方式によりまとめられる範囲は、次の条件から決まる。

① 直送方式による計測信号の伝送可能範囲（1～3 km程度）

② 自営線布設の施工条件（布設ルート、河川、鉄道、道路等の横断要否、水路工事との同時施工可否等）

③ 直送方式と搬送方式の経済比較

(2)　親－子間伝送回線

伝送回線には次のような種類があり、応答性、信頼性、経済性を考慮のうえ選定する。

信頼性

平常時の伝送品質は、有線方式の方が安定している。

無線方式には、災害時にも通信可能という特徴を有している。

経済性

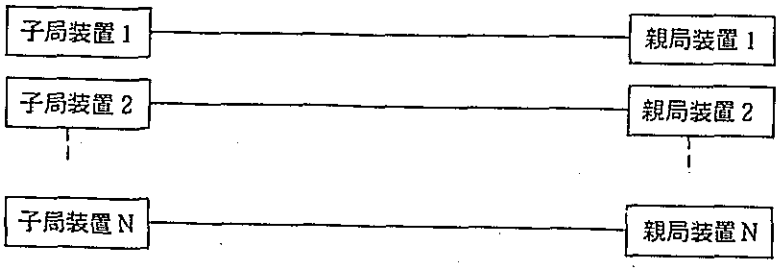
各々のイニシアルコスト、ランニングコストを比較して決定する。

(3) 親 ― 子局間対向方式

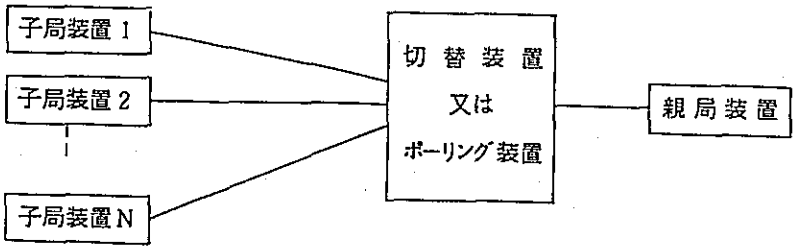
対向方式には（1：1）×N対向方式、1：N対向方式の2種類があり、伝送回線の種類、応答性、信頼性、経済性を考慮の上決定する。

また両者を組合せて制御1：N、監視1：1のハンブリッド方式が使われる場合もある。

図－8　（1：1）×N対向方式



図－9　1：N対向方式



信頼性

1：N対向方式では、親局装置が故障するとシステム全体の停止に至るので、装置の一部二重化等のバックアップ対策を行うことが必要である。

経済性

子局数（N）が大きくなればなる程、1：N対向方式が経済的には有利である。

3.6　装置間インターフェース

水管理制御施設を大別すると現場系、情報伝送系、伝送回線系、情報処理系、監視制御系に分類される。水管理制御施設の設計に際しては、これ等装置間の受け渡し条件として、必要に応じ次の装置間インターフェースを検討する。

a.　被管理所での装置間インターフェース

現　場　系～情報伝送系間インターフェース　Ⓐ

b.　伝送回線とのインターフェース

情報伝送系～伝送回線系間インターフェース　Ⓑ

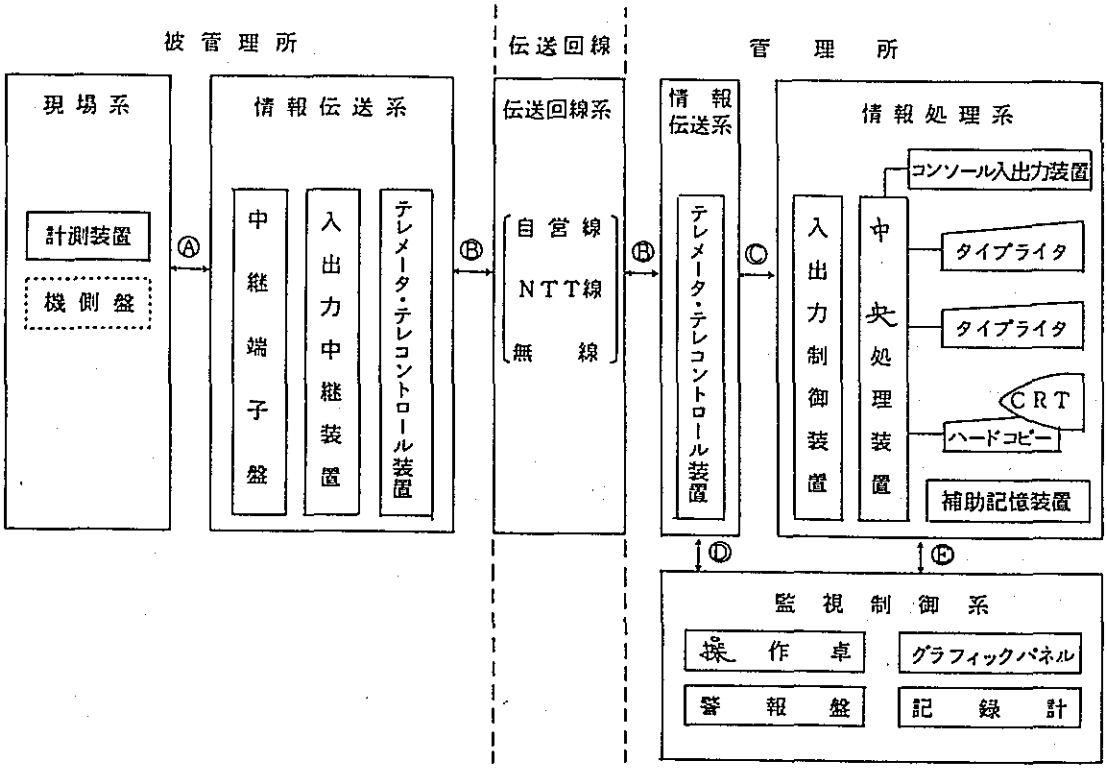
c.　管理所での装置間インターフェース

情報伝送系～情報処理系間インターフェース　Ⓒ

〃　～監視制御系間　〃　Ⓓ

情報処理系～　〃　間　〃　Ⓔ

図－10　装置間インターフェースの部位



3.7　設置条件

(1)　電　源

制御機器等への供給電源は基本的には次の通りである。

表－10　電源の条件

装　　置	種　　別	電圧変動
屋外設置装置（計測装置等）	ＤＣ12Ｖ、24Ｖ、ＡＣ100Ｖ	±10%
屋内子・孫局装置	ＡＣ100Ｖ	〃
親　局　装　置	ＡＣ100Ｖ	〃

ＤＣ；直流
ＡＣ；交流

電源供給方法は

① 電力会社からの商用電源

② 商用電源＋蓄電池

③ 商用電源＋予備発電機

④ 商用電源＋予備発電機＋ＣＶＣＦ（定電圧・定周波電源装置）

等の組み合わせがあり、監視・制御内容を検討のうえ決める。

(2)　温度・湿度

機器等は、温度・湿度等の環境条件の良好な場所への設置が望ましく、基本条件を次に示す。特に湿気には留意する必要がある。

なお、これら条件を満たすために、ヒーター、空調設備等の対策をする場合もある。

表－11　温度及び湿度の条件

装　　置	温　度　℃	湿　度　%
屋外設置装置（計測装置等）	－10～40	30 ～ 90
屋内子・孫局装置	0～40	45 ～ 85
親　局　装　置	＋ 5～35	45 ～ 80

(3)　その他

機器等の保守・点検をしやすいように、管理用道路の確保や、機器、施設等の保護柵等について、必要な場合は設ける。

4. 管理レベル

施設の機能、取水・配水に関するルール、管理運用体制に適合した管理レベルを設定する。

4.1 管理レベル区分

管理レベルは、ダム、頭首工、ポンプ場等の水利施設に設置されたゲート、バルブ、ポンプ、水位計等の計測設備の種類によって、規模、操作形態が地域毎に異なるため区分化してまとめることは困難な面もあるが、一様の目安として、現場側と中央側に分類し、標準管理レベルを区分した。

従って、必ずしも、これらの標準管理レベルに合わせる必要はないが、これらを参考として、その地域に適した管理レベルを設定することが望ましい。

表－12 管理レベル区分（現場側）

レベル＼機能		手動制御			自動制御	情報処理		監視				記録			レベル高低
		機側	現場管理室	設定値制御		データ処理	予測	機側指示	表示盤	パラネフィルック	CRT	日誌	記録計	T／W	
A	A－1	○						○				○			低
	A－2	○	○					○	○				○		↑
	A－3	○	○	○				○	○				○		
B	B－1	○	○	○		○		○		○				○	
	B－2	○	○	○	○	○		○		○				○	
	B－3	○	○	○	○	○		○		○	○			○	↓
C	C－1	○	○	○	○	○	○	○		○	○			○	高

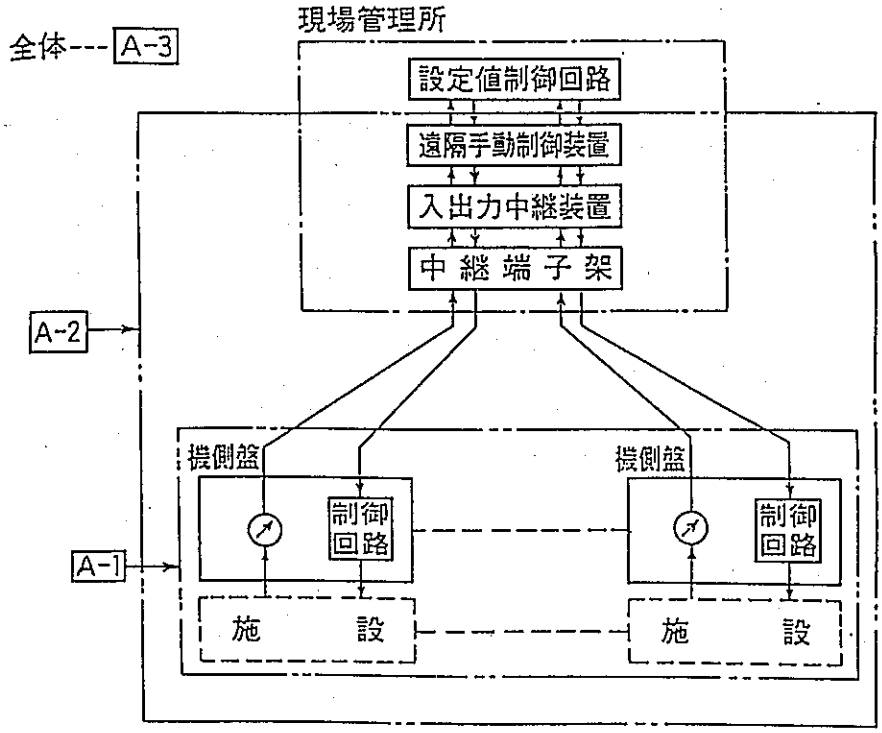
CRT；CRTディスプレイ
T／W；タイプライタ

表－13　管理レベル区分（中央側）

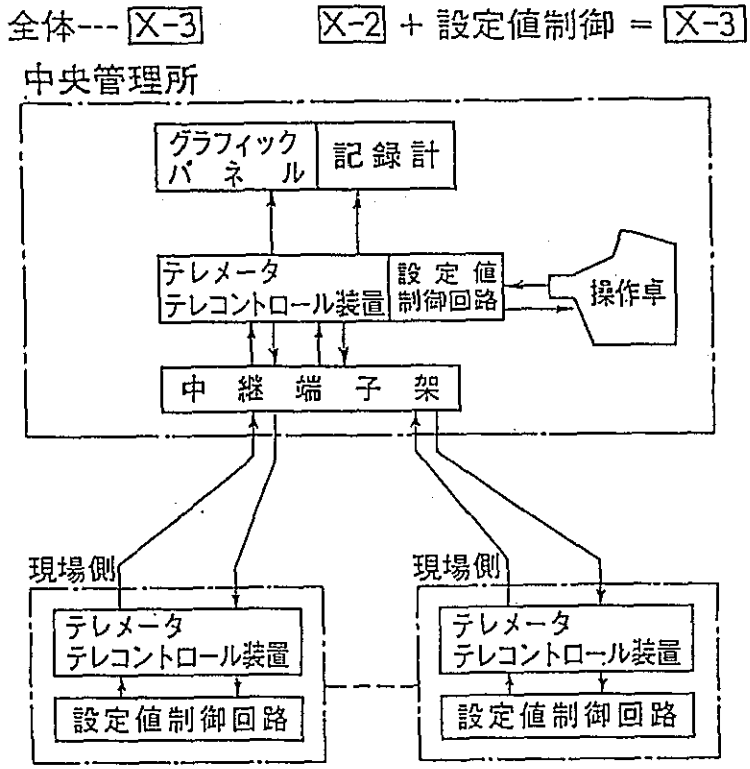
レベル ＼ 機能		テレメータ 監視	テレコン ON／OFF	テレコン 設定値	自動制御	情報処理 データ処理	情報処理 予測	監視 表示盤	監視 パラネフィルック	監視 CRT	記録 記録計	記録 T／W	レベル高低
X	X－1	○						○			○		低
	X－2	○	○						○		○		↑
	X－3	○	○	○					○		○		
Y	Y－1	○				○			○			○	
	Y－2	○	○	○	○	○			○			○	
	Y－3	○	○	○	○	○			○	○		○	↓
Z	Z－1	○	○	○	○	○	○		○	○		○	高

以下に管理レベル区分の主なもののシステム構成例を示す。

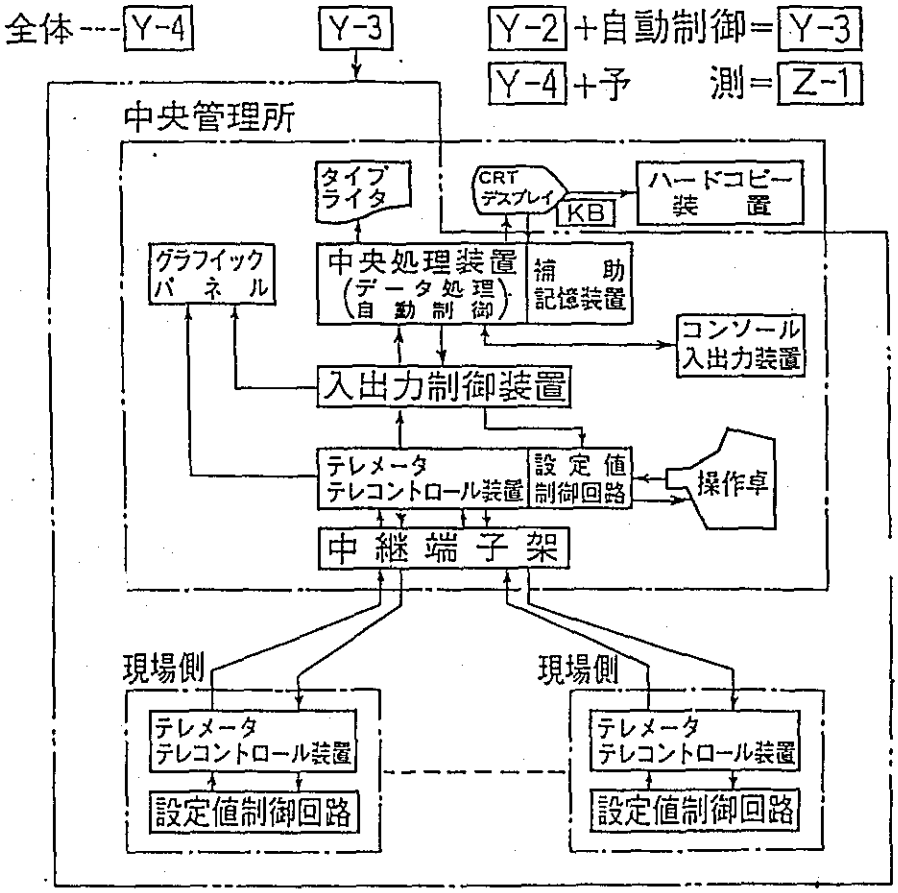
図－11　管理レベル区分(A-1、A-2、A-3)のシステム構成例



図－12　管理レベル区分(X-2、X-3)のシステム構成例



図－13　管理レベル区分(Y-2、Y-3、Y-4、Z-1) のシステム構成例



4.2　管理レベル選定

管理レベルの選定は、地域の特徴、水利施設の種類・規模、管理運用体制、経済性等によって行う。

施設は、相互に水を介して関連し合い、それ等が期待される機能を発揮して始めて設置された目的を果たしている。

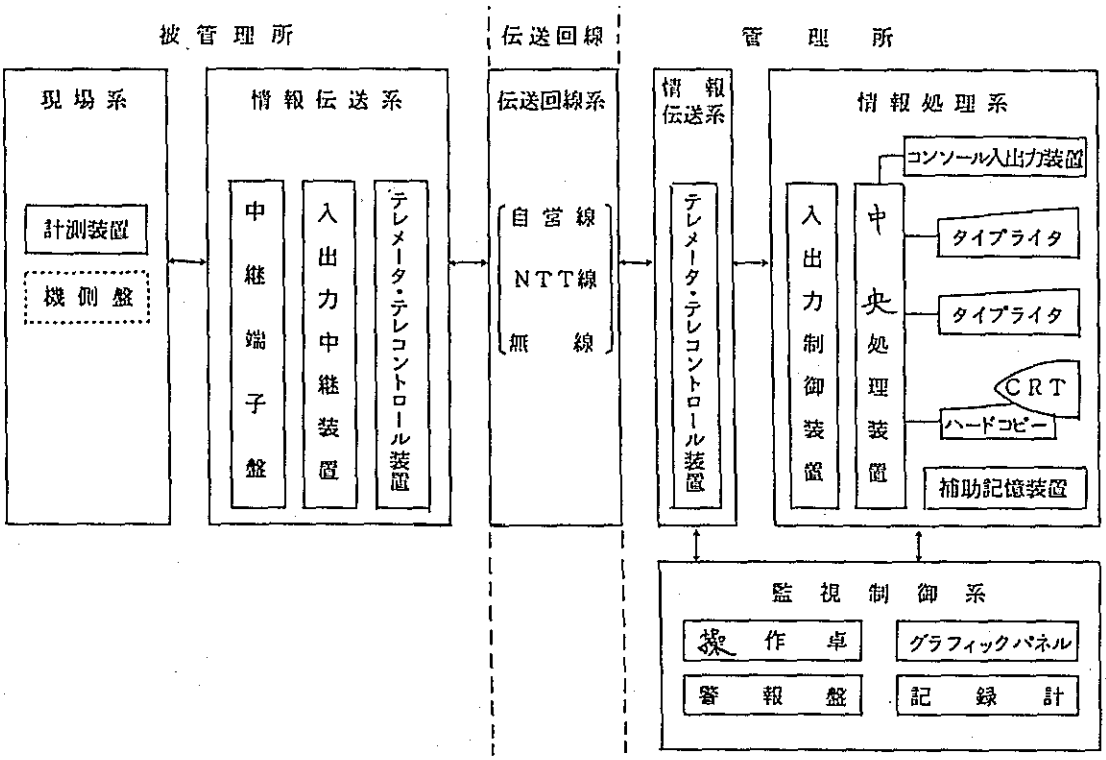
これ等施設が各々別個の意志で管理されるならば、水系全体としての機能を充分に発揮出来ず、むしろトラブルの原因とさえなる。従って、管理に関する意志決定を１ヵ所もしくは特定の個所から一定の規則に準拠して実行する必要がある。

しかし実際は、計画地域の営農計画、水利用形式、施設の構成、管理体制など地域固有の条件がそれぞれ異なるため、管理レベルを決定する共通の尺度を設けることは困難である。従って地域特有の条件を考慮しつつ、各種レベルを比較検討の上、最適なレベルを選定する。

5. 水管理制御の各装置

水管理制御の各装置は、機能、操作性、経済性等を検討し、最適なものを選定する。
次図を参考に、主な装置について記述する。

図－14 各装置の構成例



5.1 計測装置

水位、流量、開度、雨量等の計測データは、システムの基本となるもので、システムの精度に大きな影響を及ぼすので、目的に応じた適切な装置を選定する。

水位計、流量計、開度計、雨量計、圧力計等の計測装置があるが、各々その測定原理、測定方法、電気的条件等により精度が異なる。

従って、機種の選定は、システム全体を考えて、設置位置、設置箇所数も含めて、総合的に検討し適正な計測値が得られるようにする。

5.2　入出力中継装置

各種計測装置、機側盤等外部からの信号を情報処理装置、テレメータ、テレコントロール装置等へ受渡すための信号変換及び分配を行うものである。

5.3　テレメータ・テレコントロール装置

テレメータ装置は、計測値、機器状態等を遠方から監視するものである。

テレコントロール装置は、遠方地点にある被制御機器を操作するもので、一般にテレメータ装置を含んでいる。

5.4　情報処理装置

情報処理装置は、データ記憶、演算、表示、記録、警報、制御等の処理を行い、システムの中枢機能を果すものである。従って、処理データの量と内容、拡張性及び信頼性を検討して選定する。

情報処理装置は、中央処理装置と周辺装置から成るハードウエアとソフトウエアで構成される。この構成は、処理データの量及び機能に応じて決める。

(1)　中央処理装置

①　機　能

a.　データ収集と入力処理　　b.　水理、水文データの演算処理

c.　データの記憶　　d.　データの表示、記録命令

e.　制御処理　　f.　警報処理

②　構　成

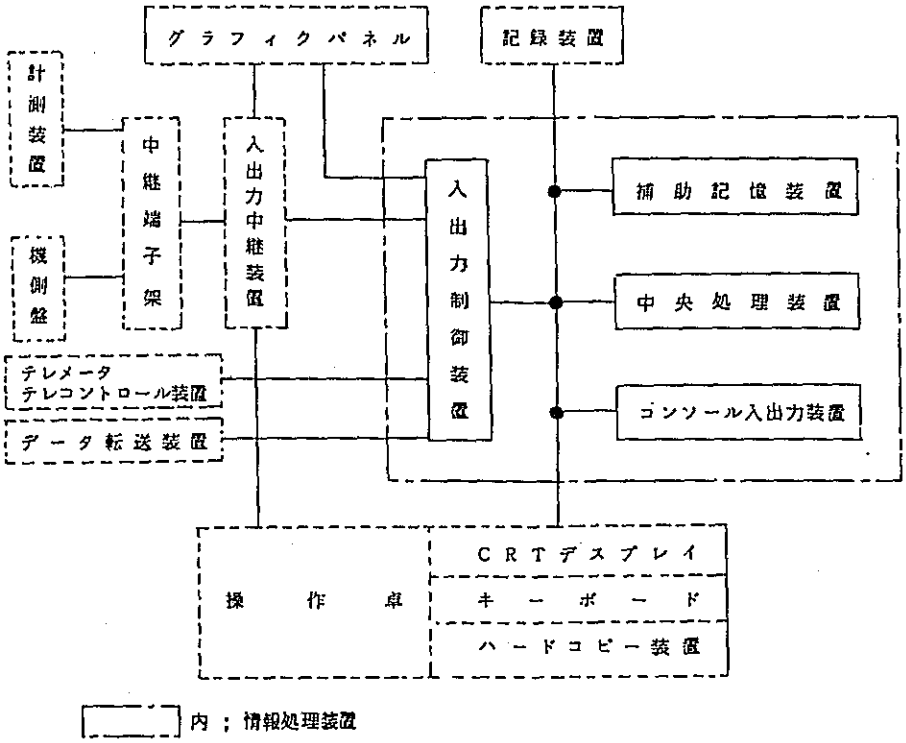
a.　主記憶装置　　b.　補助記憶装置

(2)　ソフトウエア

各種プログラム（オペレーティングシステム、演算処理プログラム、印字処理プログラム、表示処理プログラム等）

情報処理装置の一般的構成を次に示す。

図－15　情報処理装置及び周辺装置構成



5.5　表示・記憶装置

(1)　表示装置

監視盤（表示盤、グラフィックパネル）

ＣＲＴディスプレイ

水位、流量、圧力等の計測値やゲート、バルブ、ポンプ等の状態、故障を表示し、必要な項目について警報する。

(2)　記録装置

アナログ記録計

タイプライタ

ハードコピー装置

5.6　操作卓

操作のしやすさ、制御の安全性を考慮したものとする。

構成

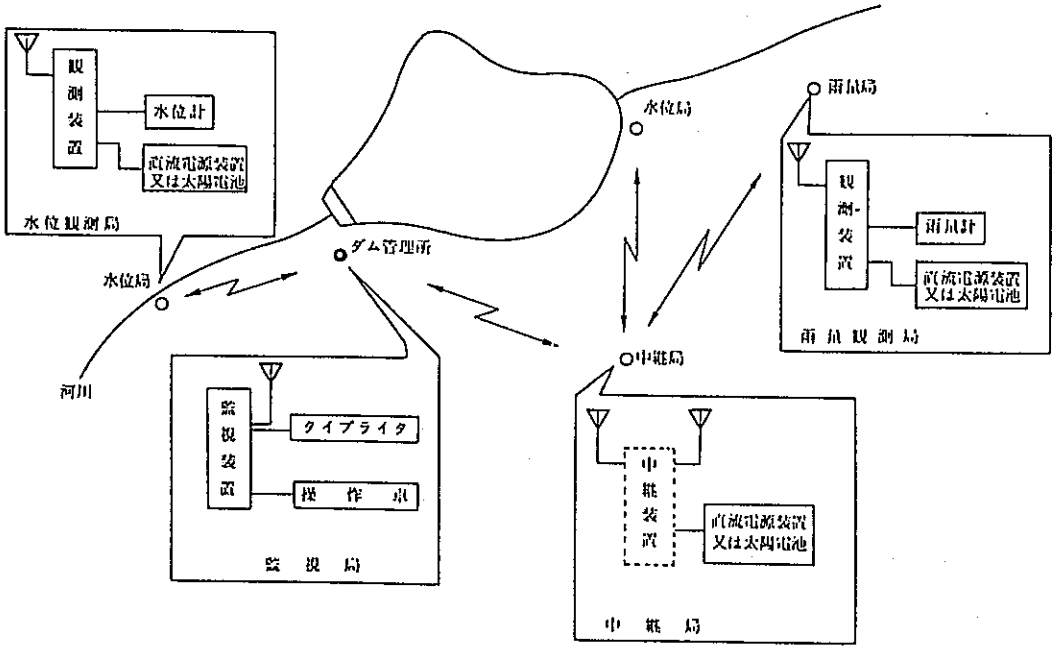
操作スイッチ、ランプ、ベル、ブザー等

5.7　関連装置

ダム、頭首工等の水利施設を安全にまた円滑に管理運用するために、雨量・水位テレメータ装置、放流警報装置、ＩＴＶ装置等の各装置を必要に応じて設置する。

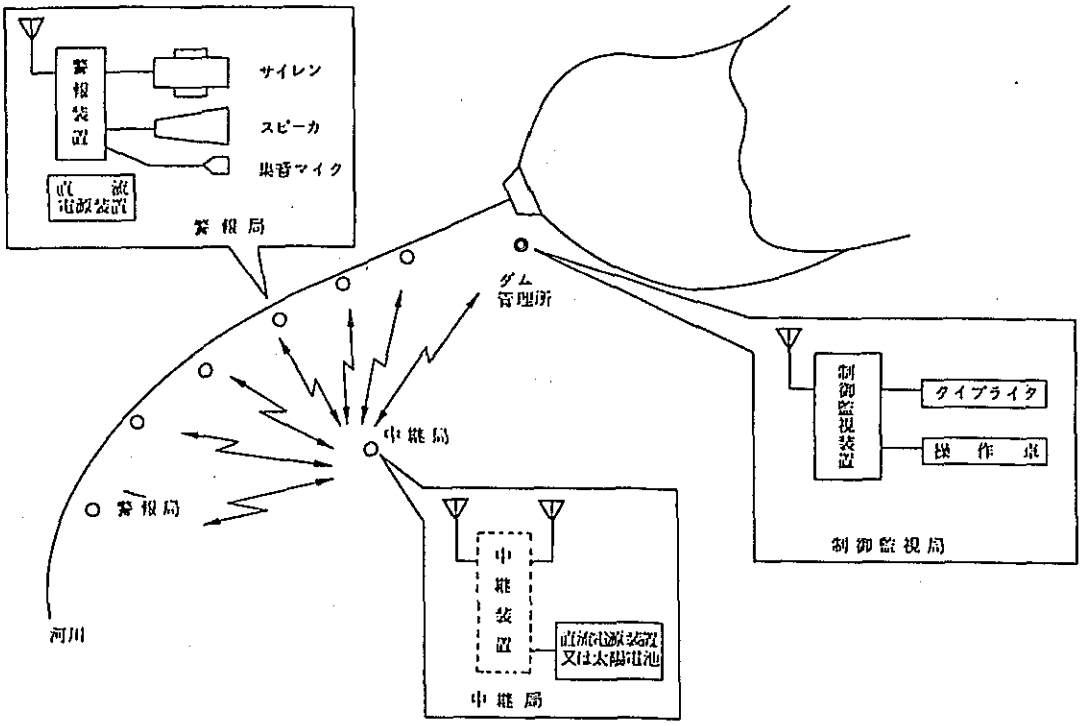
(1)　雨量・水位テレメータ装置構成例

図－16　雨量・水位テレメータ装置構成例



(2) 放流警報装置構成例

図－17　放流警報装置構成例



6.　実施例

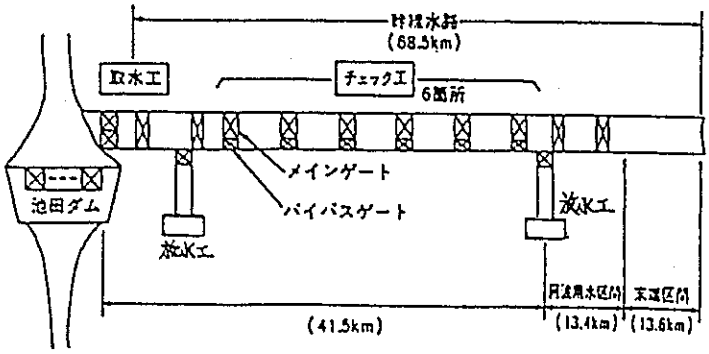
6.1　ダムから水路で導水してかんがいする地区（例、吉野川北岸地区）

(1)　地区の概要

関係市町村		徳島県三好郡池田町外11カ町
受益面積	水田用水改良	5,030.0ha
	畑地かんがい	1,780.0ha
	開拓	220.0ha
	計	7,030.0ha
関係農家戸数		13,667 戸
主要工事	（池田ダム）	別途他事業施工
	幹線水路	L＝68.5km
	小川谷頭首工	H＝3.8 m　L＝35.0m
	畑地かんがい施設	揚水機場　69カ所　　137台
	開拓	農地造成面積　220ha　　道路　L＝27km
最大取水量		14.8㎥/s

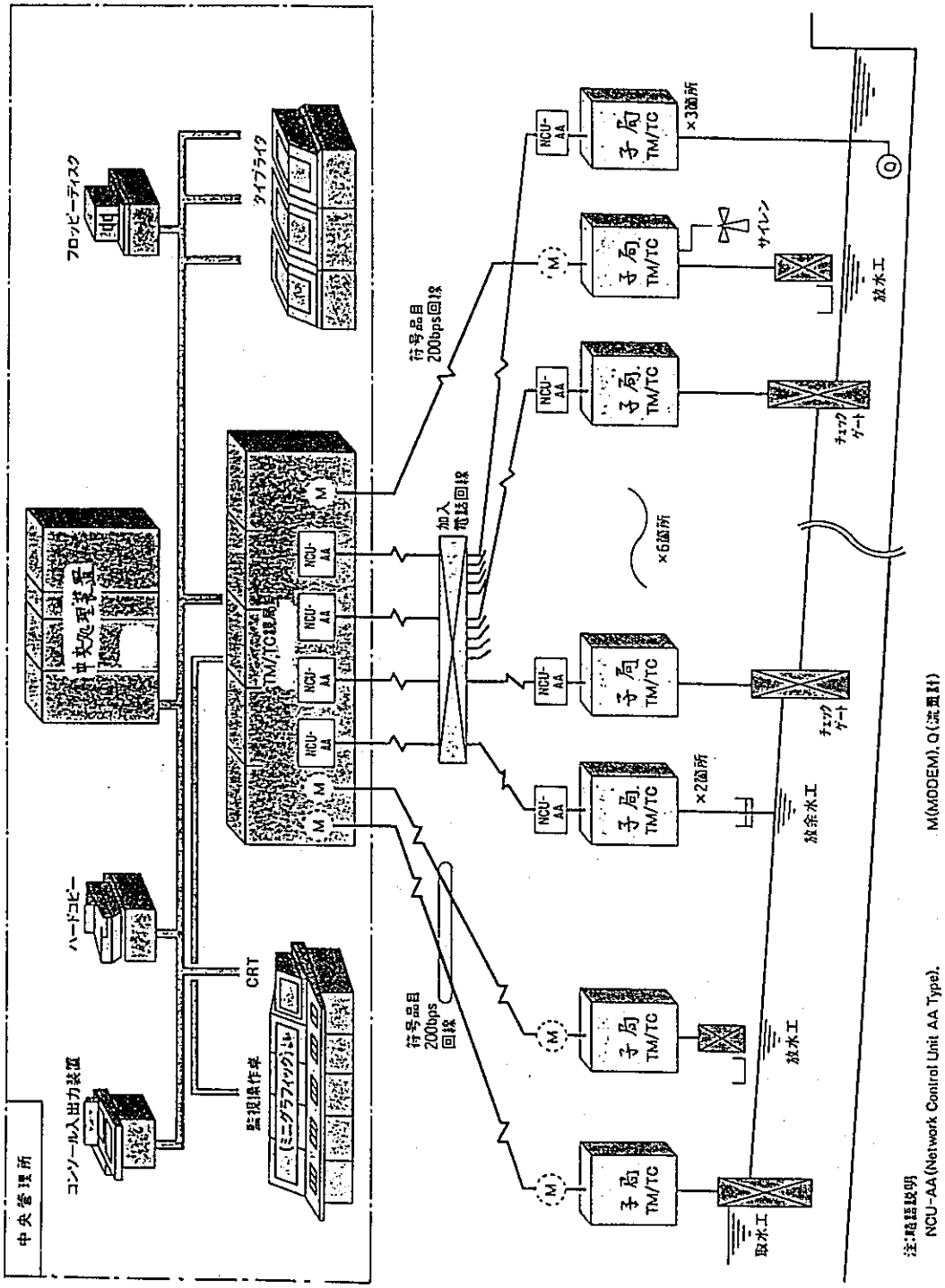
ダム名	池田ダム
位置	徳島県三好郡池田町西山（左岸）
流域面積	1,904㎢
ダム高×ダム長	2m×247m
湛水面積	144ha
ダムの体積	52千㎥
総貯水量	1,265万トン
有効貯水量	440万トン

(2)　地区の水利施設構成（図－18）



吉野川北岸水利事業の設備系統　　制御対象は、取水工１箇所、放水工２箇所及びチェック工６箇所である。バイパスゲート、阿波用水区間及び末端区間はゲート状態、水位、流量を計測監視している。

(3) 水管理制御施設システム構成（図－19）

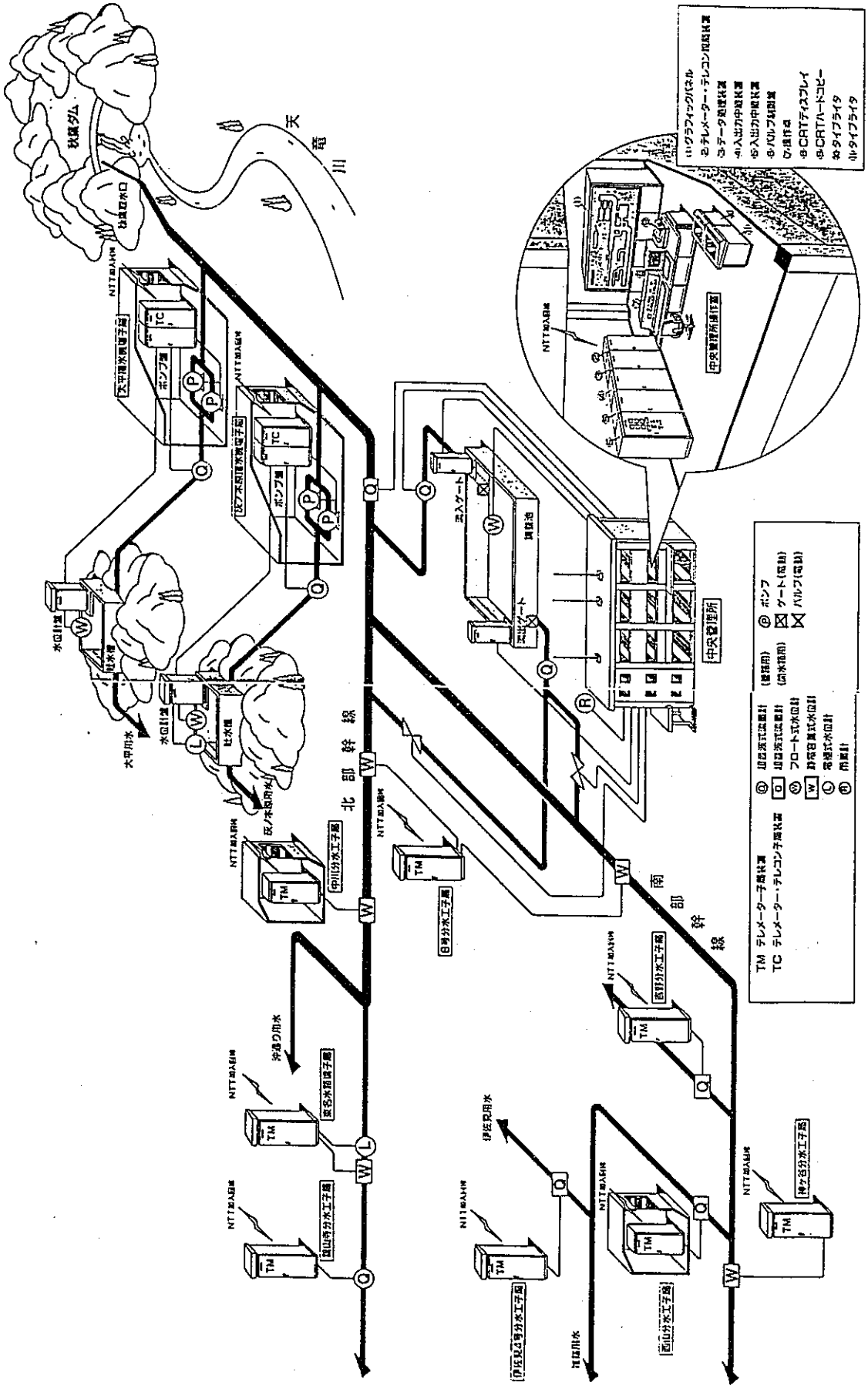


6.2　ダムから水路及びポンプ場によりかんがいする地区（例、三方原地区）

(1)　地区の概要

関係市町村		静岡県浜松市　他1市3町
受益面積	水田用水改良	1,766.2 ha
	水田排水改良	134.6 〃
	畑地かんがい	3,578.4 〃
	計	5,479.2 〃
主要工事	導水幹線水路	L＝ 44.2 km
	用　水　路	L＝106.3 〃
最大取水量		10.261 m^3/s

(2) 水管理制御施設システム構成例（図－20）

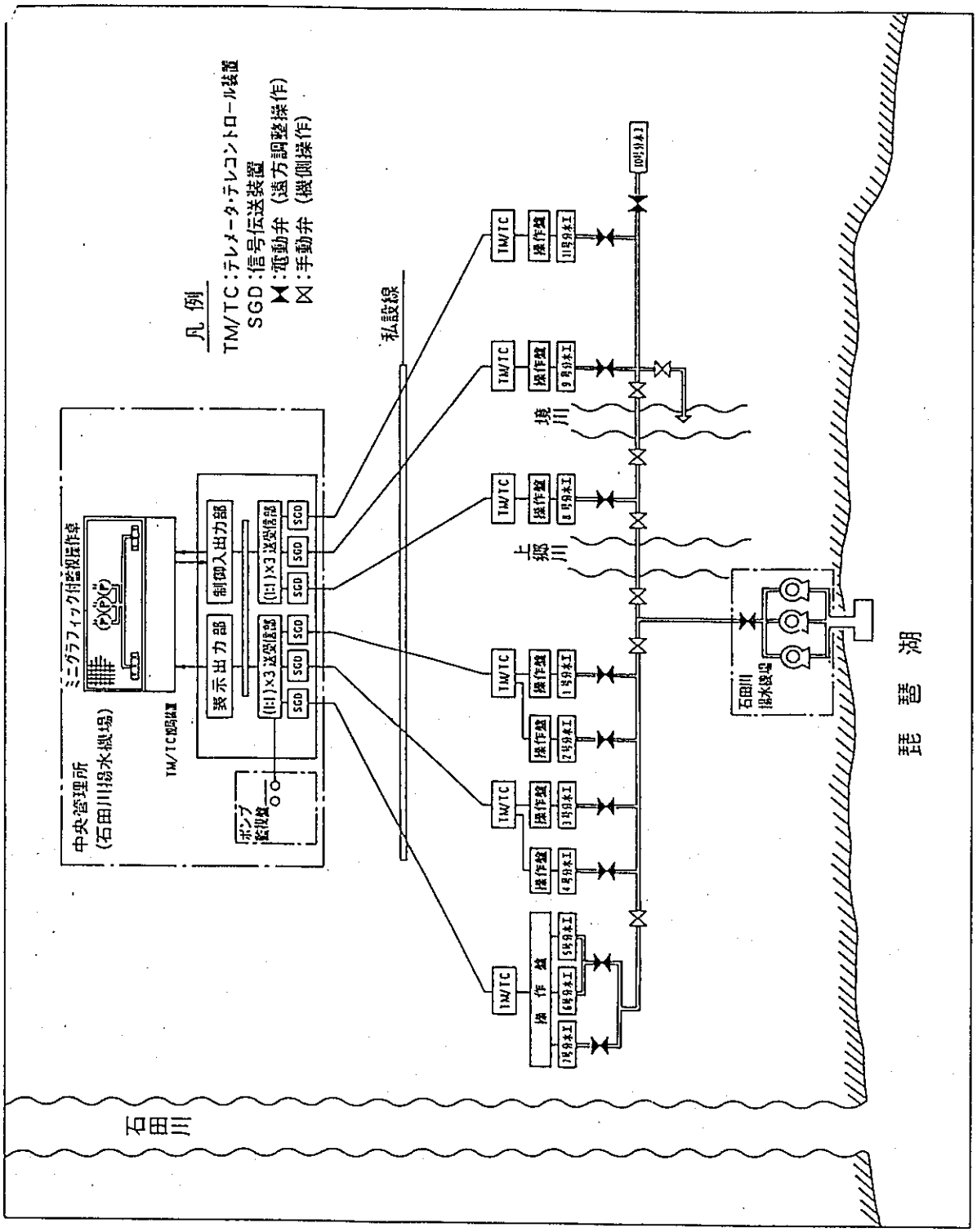


6.3　ポンプ場によるかんがい地区（例　石田川地区）

(1)　地区の概要

関係市町村		今津町		
受益面積	水田用水改良	270 ha		
	畑地等かんがい	28 〃		
	計	298 〃		
主要工事	ポンプ場	1箇所	口　径	400 mm
			全揚程	30 m
			両吸込渦巻ポンプ	3台
	管水路	L＝4.6 km		
	分水工	11箇所		
最大取水量		0.904 m³/s		

(2) 水管理制御施設システム構成例（図－21）



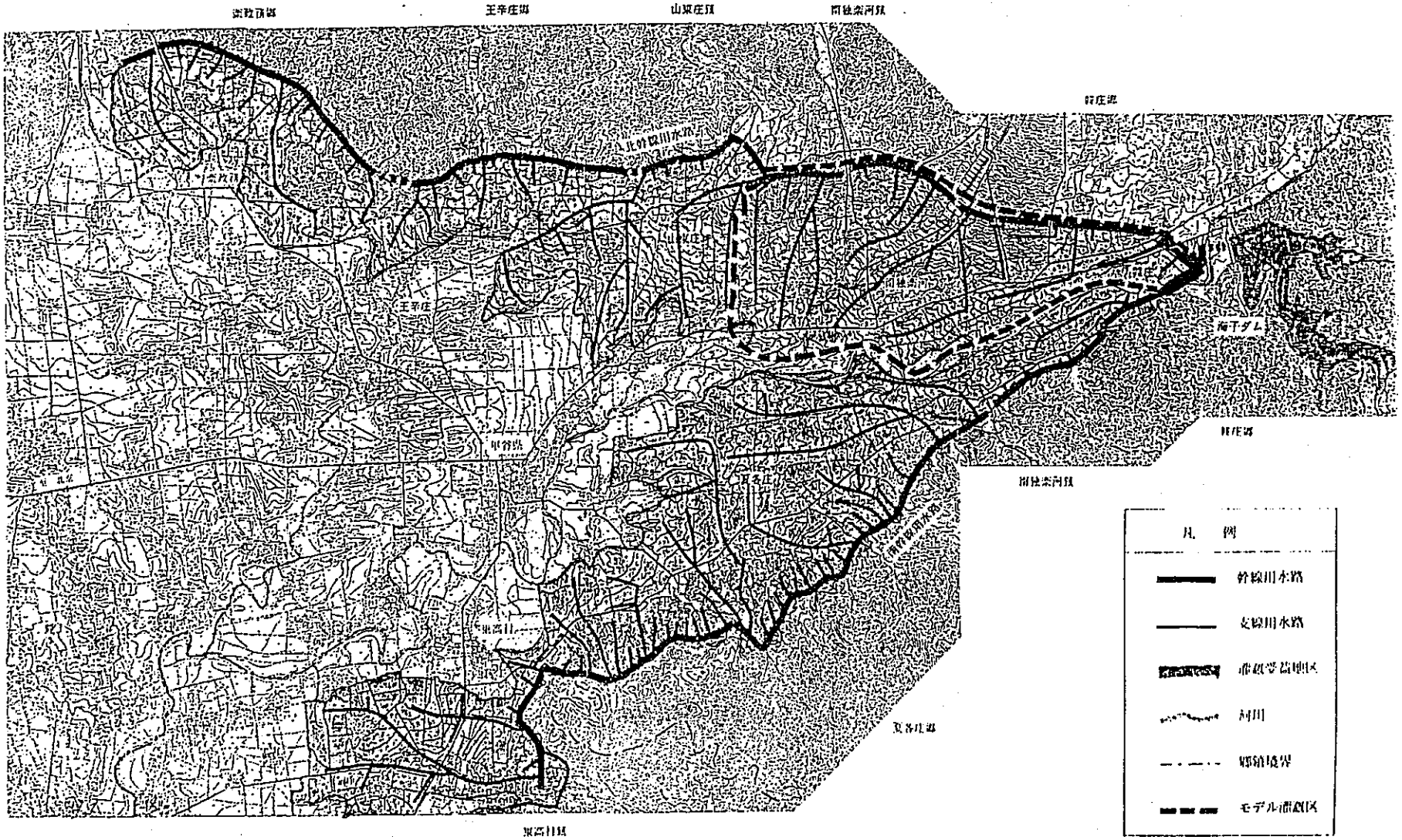
中国節水灌漑技術研修会テキスト

海子ダム農業水利開発計画の概要

1991年3月5日

北京市海子ダム農業水利開発計画実施調査団
団長　米原　宏

計画地区一般図



中国節水灌漑技術研修会　資料

海子ダム農業水利開発計画の概要

目　次

1．　調査の経緯と背景 …… 122

2．　調査の目的 …… 122

3．　調査実施体制 …… 123
　3．1　日本側実施組織 …… 123
　3．2　中国側実施組織 …… 123

4．　調査実施日程 …… 123

5．　現地調査 …… 125
　5．1　資料収集 …… 125
　5．2　現況実態調査 …… 125

6．　開発計画 …… 129
　6．1　計画の位置付け …… 129
　6．2　開発の制限要因 …… 129
　6．3　開発計画の基本構想 …… 129
　6．4　作物生産計画 …… 130

7．　農業基盤整備計画 …… 134
　7．1　灌漑用水量 …… 134
　7．2　灌漑面積の算定 …… 135
　7．3　灌漑計画 …… 138
　7．4　農道計画 …… 141

8．　水管理システム計画 …… 145
　8．1　計画方針 …… 145
　8．2　計画の概要 …… 145
　8．3　システム計画 …… 146

９．　モデル灌漑区計画 …… 148
９．１　モデル灌漑区 …… 148
９．２　土地利用計画 …… 148
９．３　灌漑計画 …… 148
９．４　農道計画 …… 150
９．５　水管理システム計画 …… 150

１０．　農業支援計画 …… 151

１１．　事業実施計画 …… 152
１１．１　実施計画の概要 …… 152
１１．２　実施機関 …… 152
１１．３　実施方法 …… 152
１１．４　実施工程 …… 152

１２．　維持管理計画 …… 154
１２．１　水管理組織 …… 154
１２．２　末端灌漑施設管理組織 …… 154
１２．３　水管理方法 …… 156

１３．　事業費 …… 157

１４．　維持管理費 …… 159

１５．　事業評価 …… 160
１５．１　事業評価の目的 …… 160
１５．２　事業評価の方法 …… 160
１５．３　事業収益性の判定と感度分析 …… 160
１５．４　農家経営分析 …… 161
１５．５　社会経済分析 …… 161

１６．　結論 …… 163

１７．　勧告 …… 164

1． 調査の経緯と背景

中華人民共和国（以下「中国」と略称する）は建国以来「農業は国の基礎、食糧は基礎の基礎」といわれ、農業水利事業を重点施策の一つとして、強力に促進してきた。しかし、「第６次５か年計画」期間中農業水利事業が停滞した時期があり、最近その見直しが叫ばれ、強力に推進しているものの、いまだ根本的に好転しておらず、農業発展に重大な影響を及ぼしている。

中国における作物生産は、原則的には食糧自給を達成しているが、気象条件に大きく左右され、旱魃、洪水による被害、或いは工業、都市開発による農地の宅地化と砂漠面積の拡大による耕作面積の減少、加えて農村労働者の都市部への流出、毎年の人口増加等により食糧自給体制は安泰とはいえない。

このような背景から中国は伝統的農業から近代的農業に転換することが急務とされ、灌漑農地の近代化、農業の機械化、農業基盤の整備が重要課題となっている。この課題を解決するには、合理的、近代的水管理システムの確立と節水灌漑技術の導入が不可欠な条件であると提唱し、その積極的な促進が要求されている。

このようなことから近代的水管理システム及び節水灌漑のモデル地区を設置し、これら技術の啓蒙普及を図るため、緊急に改善の必要性があり、かつ展示効果の高い地区として、北京市東部に位置する海子ダム及び同灌漑区を選定し、そのフィージビリティー調査をわが国に要請してきた。日本国政府はこの要請に応え、1988年11月国際協力事業団を通じて、事前調査団を中国に派遣し、本格調査のための実施細則を締結し、1990年２月から10月までの間本格調査の現地調査団が派遣された。

2． 調査の目的

中国政府の要請に基づき、北京市の東部約100kmに位置する海子ダム及び同灌漑区12.5万ムー（約 8,300ha）を対象とした近代的水管理システムの確立と節水灌漑技術の導入によるモデル灌漑区の整備のために以下の開発基本構想等を策定するための調査を実施する。

(1) 海子ダム及び灌漑区開発基本構想
(2) 全体水管理システム開発基本構想
(3) モデル灌漑区開発基本構想

３．　調査実施体制

３．１　日本側実施組織

国際協力事業団は、調査実施のため次の体制を組織した。

(1) 作業監理委員会

農林水産省より委員長他２名と、その他に外務省他数名で構成されている。

(2) 実施調査団

団長他７名の専門家と、１名の通訳により構成されている。

３．２　中国側実施組織

日本側の実施調査団の調査作業の効率と能率を促進し、調査の円滑を図るために別表の実施体制が組織され、日本側と共同作業を実施した。

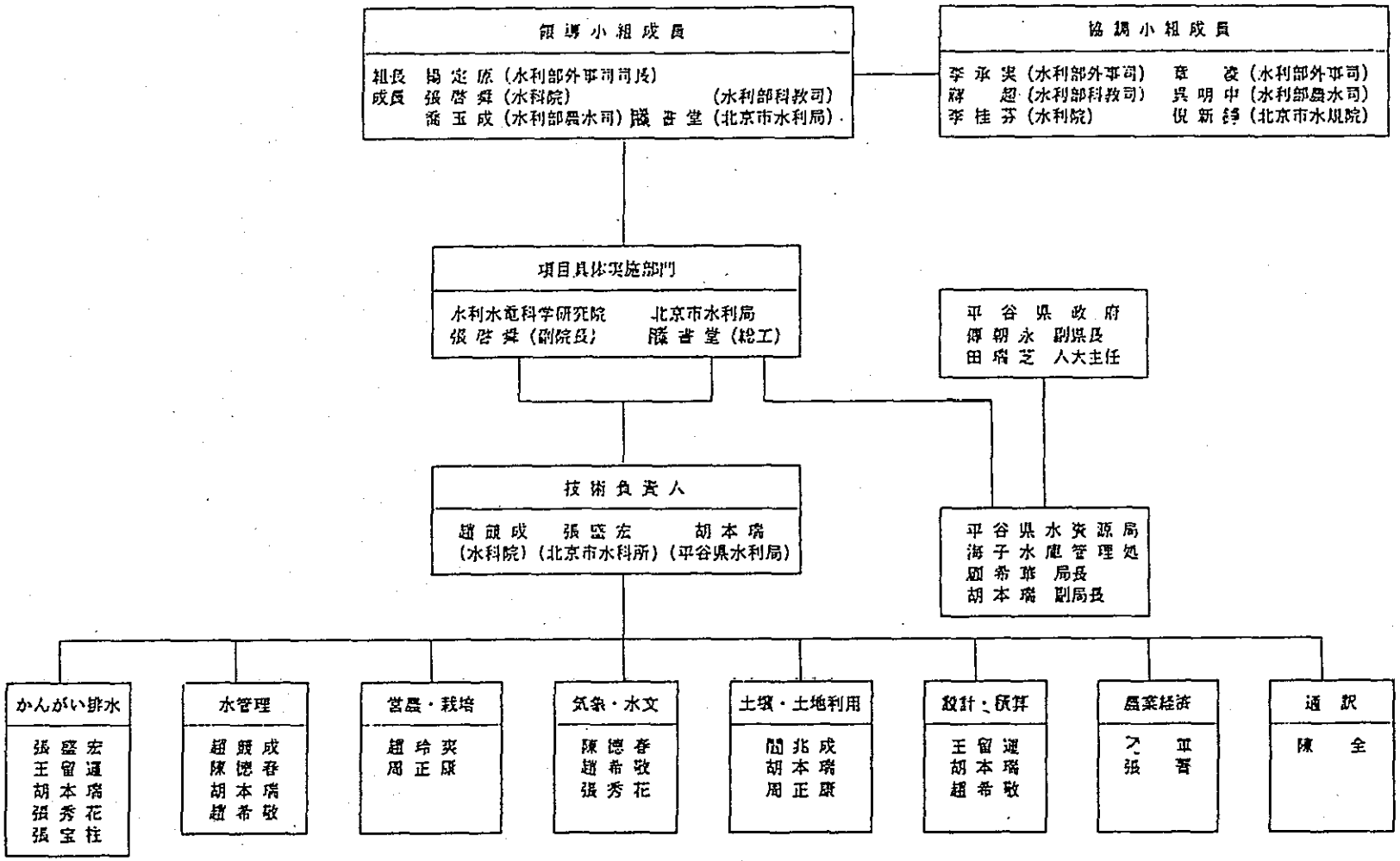
実施体制は、水利部、水利水電科学研究院、北京水利局、北京水利科学研究所、平谷県政府等で構成されている。

４．　調査実施日程

中国において、1990年２月から10月の間で第１次と第２次の２回の現地調査を実施し、日本における国内解析の結果をまとめた最終報告書（案）の説明を行う。

・第１次現地調査	1990年２月14日～５月14日（３カ月）
・第２次現地調査	1990年８月22日～10月20日（２カ月）
・最終報告書（案）説明	1991年２月26日～３月６日（９日）

中国側業務実施体制


領導小組成員
組長 楊定原（水利部外事司司長）
成員 張啓舜（水科院） （水利部科教司）
喬玉成（水利部農水司） 滕書堂（北京市水利局）
協調小組成員
李承実（水利部外事司） 章 凌（水利部外事司）
蔣 超（水利部科教司） 呉明中（水利部農水司）
李桂芬（水利院） 倪新錚（北京市水利院）
項目具体実施部門
水利水電科学研究院 北京市水利局
張啓舜（副院長） 滕書堂（総工）
平谷県政府
傅朝永 副県長
田瑞芝 人大主任
技術負責人
趙競成 張盛宏 胡本瑞
（水科院）（北京市水科所）（平谷県水利局）
平谷県水資源局
海子水庫管理処
顧希華 局長
胡本瑞 副局長
かんがい排水
張盛宏
王留運
胡本瑞
張秀花
張宝柱
水管理
趙競成
陳德春
胡本瑞
趙希敬
営農・栽培
趙玲爽
周正康
気象・水文
陳德春
趙希敬
張秀花
土壌・土地利用
閻兆成
胡本瑞
周正康
設計・積算
王留運
胡本瑞
趙希敬
農業経済
乙 軍
張 晋
通 訳
陳 全

５．　現地調査

現地調査は、本計画を立案するに必要な資料収集と、現況、及び実態の調査、並びに中国側との意見調整、技術移転等が主たる作業内容である。

以下、主要な作業内容を概説する。

５．１　資料収集

調査団は、中国側に次のような必要資料リストを提出し、収集の協力を依頼した。

(1) 地形図、(2) 気象・水文、(3) 地質・土質、(4) 灌漑排水、(5) 水管理、(6) 栽培・営農、(7) 土壌・土地利用、(8) 農業組織・経済、(9) 開発計画、(10)設計・積算

上記の内、地形図は、中日両国の事前協議実施細則（S／W）で１／5000地形図の提供を決めていたが、１／10,000しか無く、かつ、入手に時間を要した。また、気象データの内、1980年以降の日雨量について、平谷気象台の資料は入手できず、気象台以外の資料についても入手が遅れた。

５．２　現況実態調査

調査団と中国側カウンターパートは、共同で次の調査を実施した。

(1) 気象・水文、(2) 地形・地質・土質、(3) 灌漑・排水・水管理、(4) 栽培・営農、(5) 土壌・土地利用、(6) 社会・経済

この内、特記すべき内容は、次のとおりである。

a)水位計の設置：　上流泥河と総合幹線の２カ所に設置。

b)通水試験　　：　1990年９月５日に北幹線用水路の３カ所で通水試験を行い、流速（1.1 ～1.5 m/s）、粗度係数（0.013 ～0.021）、搬送効率（損失12.6～18.7%）等を観測した。

c)土壌調査　　：

・インテークレート試験（円筒法）を８地点で実施。

・土壌水分試験（テンシオメータ法、及び現地採水法）を４回実施。

・試坑調査を20地点で実施し、硬度、pH、三相分布、養分含有量等を調査。

d)栽培：

・土壌水分変動調査（テンシオメータ）を1990年４月から９月に実施した。作物品目は、冬小麦、とうもろこし、トマト、キャベツ、茄子、白菜、林檎である。

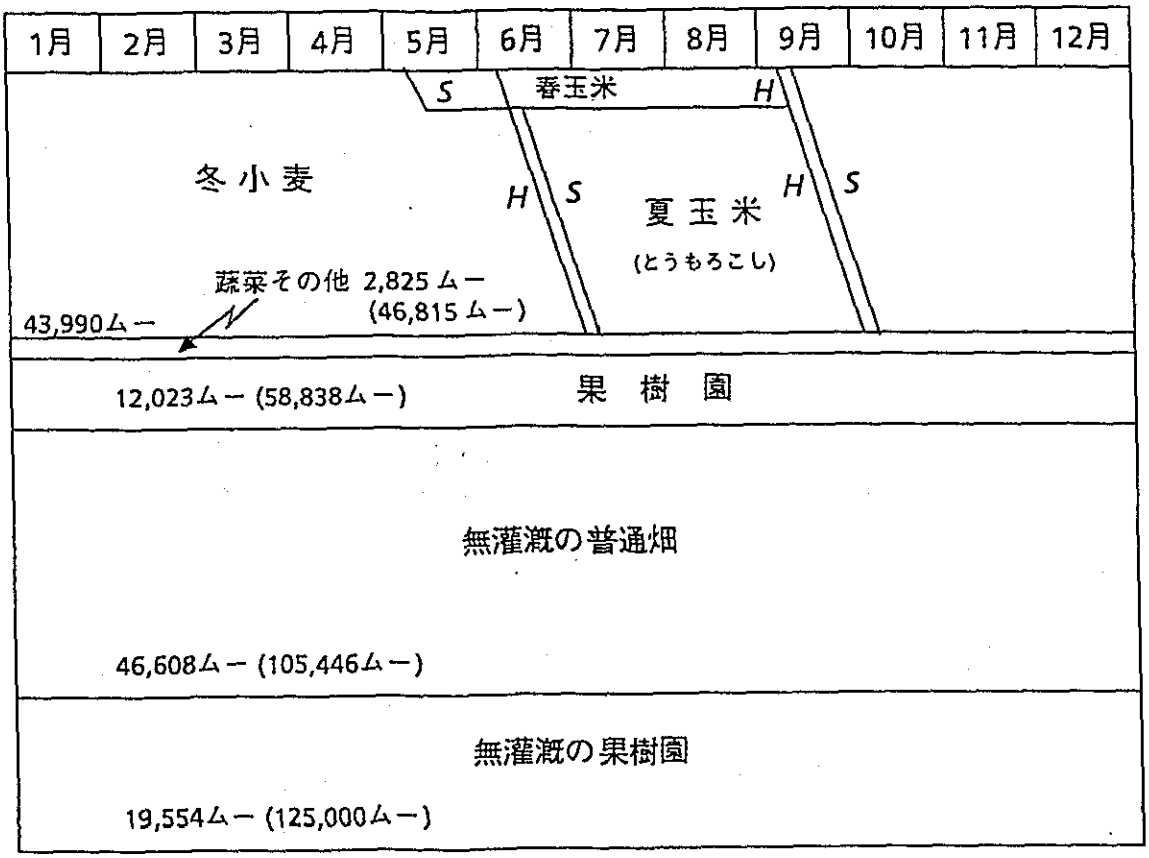
e)幹線用水路、支線用水路調査：

・用水系統、灌漑範囲、施設の構造、寸法、材質等

現況調査で重要な用水系統図、土地利用図、各分水工面積等の調査着手時に詳細図がなく、かつ、海子ダム計画書もなくて調査は難行した。

しかし、中国側のカウンターパートの精力的な協力を受けて、調査を終了することができた。

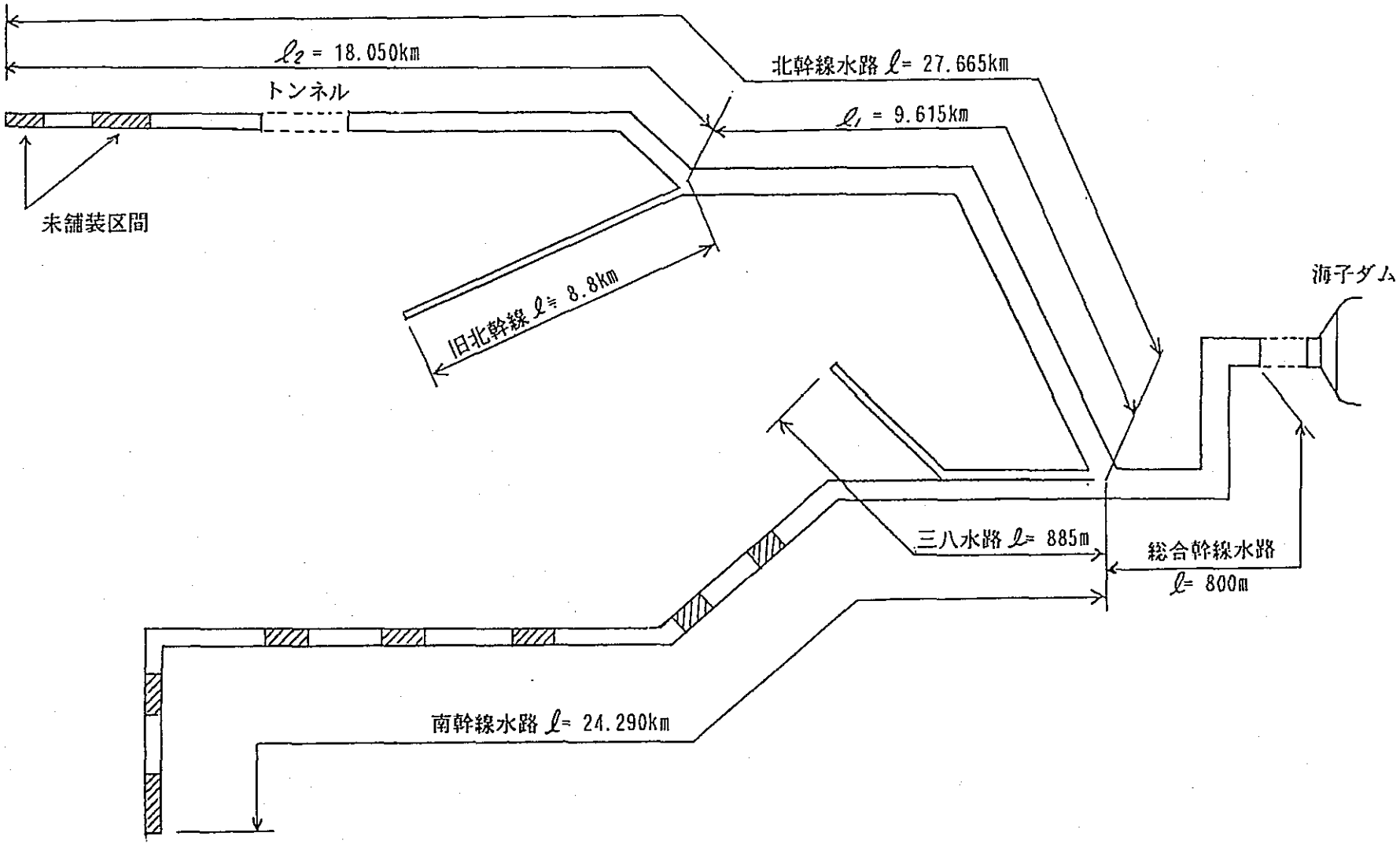
図　　現況の作付体系



出典：中国側提供資料から作成

注　S：播種期
　　H：収穫期

図　　幹線用水路網模式図


ℓ2 = 18.050km
トンネル
未舗装区間
北幹線水路 ℓ= 27.665km
ℓ1 = 9.615km
旧北幹線 ℓ≒ 8.8km
海子ダム
三八水路 ℓ= 885m
総合幹線水路
ℓ= 800m
南幹線水路 ℓ= 24.290km

6． 開発計画

6．1 計画の位置付け

1980年９月農村における体制改革が開始され、その後、土地、労働力、賃金を集中的に管理していた人民公社制から、個別農家に生産責任制を導入することにより、それからの穀物生産は増大したが1984年以来停滞状態にある。

この現状を改善するための対策のうち当面の施策として、天候に左右されず、限られた水資源を最大限活用する農業水利事業の促進、増強を推進することを挙げ、1989年10月全国に通達している。

それによれば農業水利は「農業の命脈である」ことを強調し灌漑面積を拡大し、旱魃や洪水から守られる圃場作りと限られた水資源を有効利用するための節水型農業を積極的に展開することを義務づけている。

このように最近の中国では、伝統的農業から近代的農業に転換することが急務とされ、灌漑耕地の近代化、農業の機械化、農業基盤の整備が必要であると位置づけ、この解決策として、合理的水管理システムの確立並びに節水灌漑技術の導入が不可欠の条件としている。

以上を踏まえて、北京市近郊に位置する本地域をモデル地区として計画を実施し、中国における技術の基本となし、農業の発展に資することとする。

6．2 開発の制限要因

本計画地域における開発計画に係わる制約要因を要約すれば次のとおりである。

土壌特性、栽培形態、農家の兼業化、用水路の漏水、送水施設の不備、農道網の不整備、ダム運用における情報の処理と分析の欠如、適切な配水管理体制の不整備等

6．3 開発計画の基本構想

以上に述べられた中国政府の方針及び計画地域の開発の制限要因等を判断して、開発計画のための基本構想は次のとおりである。

(1) 土壌の改良
(2) 適正な栽培形態の確立

(3) 農業の営農形態の改善
(4) 水路の搬送効率の改善
(5) 配水施設の整備
(6) 灌漑方法の改善
(7) ダム、及び灌漑区の管理施設
(8) 水管理のシステム化
(9) 農道網の整備

6．4　作物生産計画

(1) 土地利用計画

南北幹線ごとの作物別計画面積は下表のとおりである。

作物別計画面積

単位 ムー (ha)

幹線別	小　麦 (ﾄｳﾓﾛｺｼ)	蔬　菜	果　樹	計
北幹線	36,600	9,764	23,639	70,000
南幹線	36,400	10,659	7,941	55,000
計	73,000 (4,860)	20,423 (1,360)	31,577 (2,110)	125,000 (8,330)

(2) 作付計画

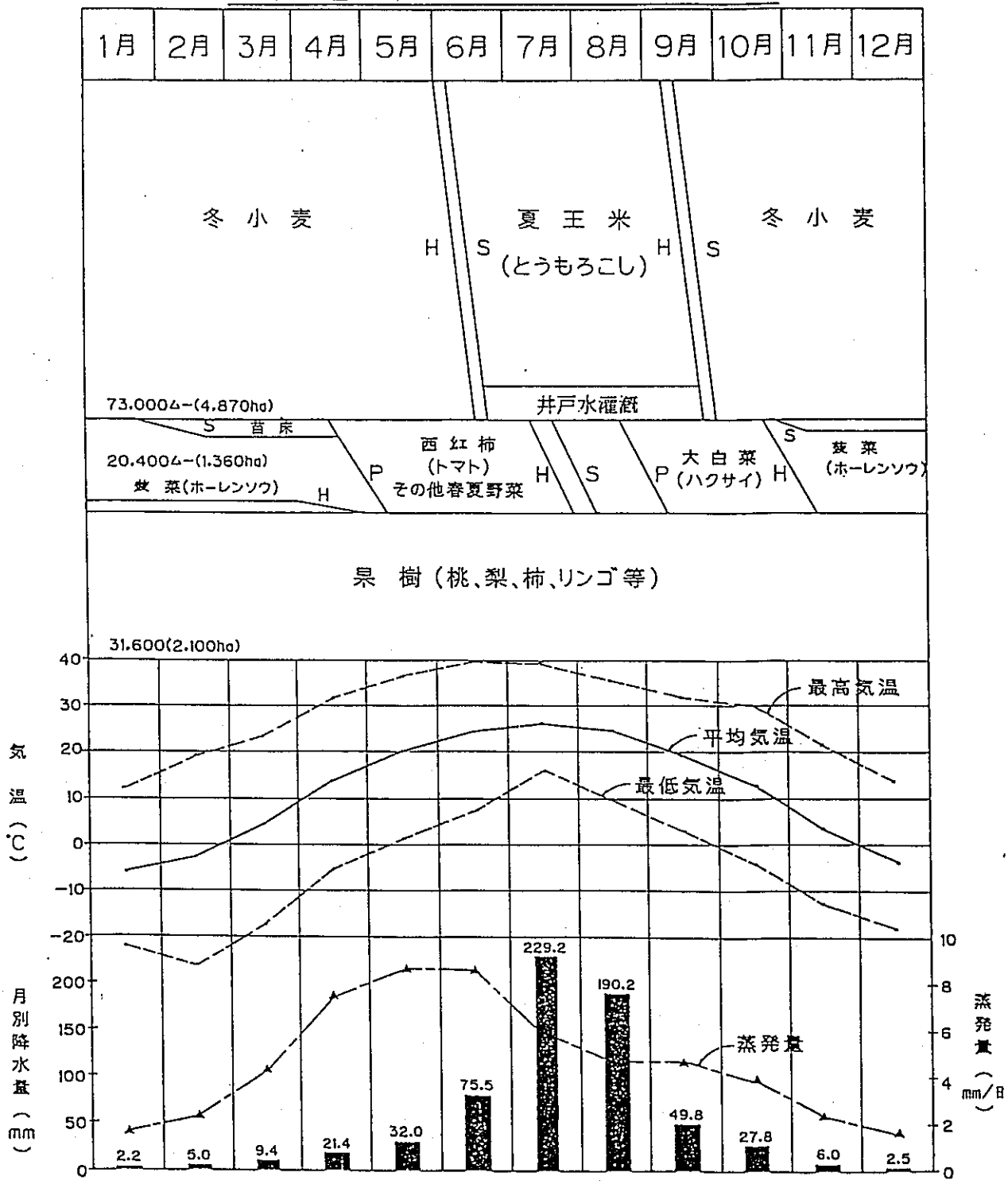
本計画地域の農家所得向上を図るためには、冬小麦やとうもろこしの生産性の向上と経済作物である果樹の生産性向上と野菜の導入が必要であると考えられる。また、地域内の食糧自給を確保するために必要な面積を考慮して、作付計画を策定した。

食糧の自給必要量は、一人当たり年間消費量の 360斤(180kg)と20年後の推定人口14.1

万人（現人口10.2万人×1.64%×20年）から冬小麦の単収を 700斤(350kg) として、作付け面積を試算すると、72,500ムー(4,830ha)となったので、普通畑の93,400ムーにおける小麦の作付け面積を73,000ムー(4,870ha)とした。野菜の作付け面積は、20,400ムー(1,360ha) と計画した。果樹の植栽面積は現況の31,600ムー(2,100ha) を維持することにした。（図4.2.2-1 参照）

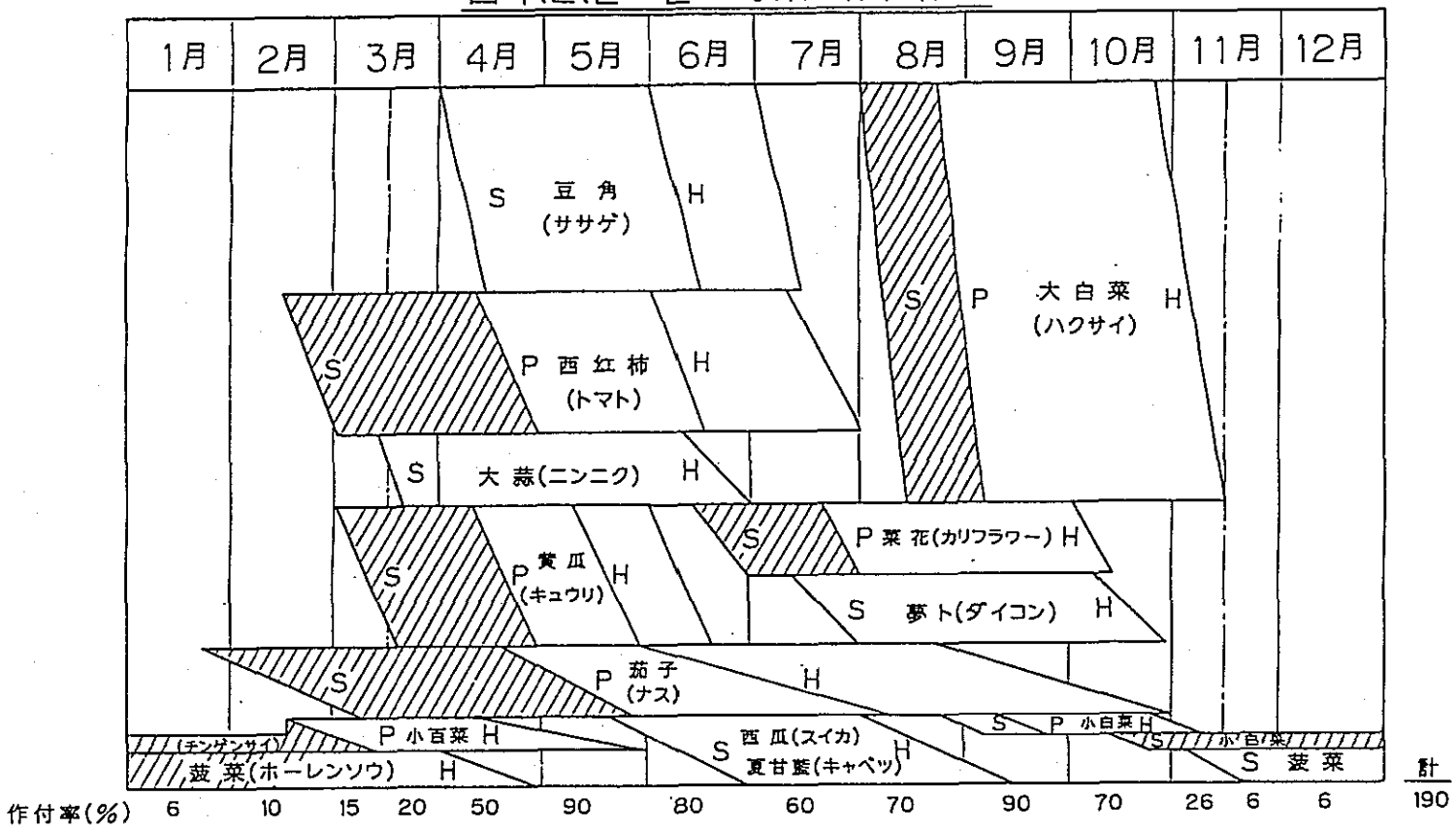
品　　種	面　積	作　付　率
穀物（冬小麦、とうもろこし）	73,000ムー (4,860ha)	189.6%
野菜（11種）	20,400ムー (1,360ha)	190.0%
果樹	31,600ムー (2,110ha)	100.0%
計	125,000ムー (8,330ha)	167.0%

図4.2.2－1　計画地域の計画作付体系



注）S：播種期　P：定植期　H：収穫期

図4.2.2−2　野菜の作付体系



注）苗床期間　S：播種期　P：定植期　H：収穫期

各作物の作付率は蔬菜公司調査の承包田の作付割合を参考にして作成した。

——— 11月中旬〜3月中旬までは凍結期間

7．　農業基盤整備計画

7．1　灌漑用水量

(1) 計画基準年

1) 灌漑設計保証年

・一般的な場合　　75％（渇水地区で、かつ畑作物であるため）
・スプリンクラー等の場合　　85％

2) 施設設計基準年

施設計画上の基準年としては、中国の実施例とわが国の計画基準年を参考にして1／10確率年を用いる。1／10確率年に対応する降雨確率年をピアソン III曲線より求めれば1975年または1988年である。種々の他のデータ等との関連からここでは1988年を施設設計上の計画基準年とする。

(2) 計画消費水量

中国側から提供された田間需水量（要水量）を新たに求めた現地の土壌の総迅速有効水分量（TRAM）で解析したところ、かなり過剰な水量が基準となっていることが明らかになった。そこで、土壌水分減少法（テンシオメーターを用いて小麦、とうもろこし、野菜、果樹の土壌水分変動を追跡調査して、吸引法と加圧板法で求めた土壌水分率（容積率）を用いて、PF－水分曲線を作成して、土壌水分減少量を算出する方法）によって求めた消費水量と作物係数から求めた消費水量を北京市の田間需水量基準と比較検討して修正した。その計画消費水量は次表のように策定した。

計画日消費水量

単位（mm／日）

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
小麦	1.0	1.0	2.0	3.0	4.0	2.5	-	-	1.0	1.0	1.0	1.0
玉米	-	-	-	-	-	3.0	4.0	5.5	4.0	-	-	-
野菜	1.2	1.7	2.8	4.7	6.4	7.0	5.4	6.2	6.0	4.9	2.9	1.2
果樹	-	-	1.0	1.1	1.7	5.1	4.6	4.1	2.5	1.6	0.2	-

７．２　灌漑面積の算定

畑地において水分補給の目的で灌漑を行う場合、多量の水を連続して必要とする。この場合に施設計画上では、ローテーション制をとることにより、流量を均一化し、施設の遊び時間をなくして、組織容量の減少を図ることが肝要である。

末端灌漑組織において、スプリンクラー法、点滴法等が採用されることから、管を通じての配水が行われる。

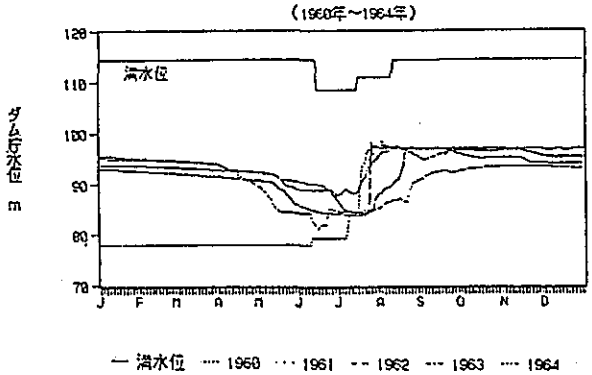
以上の灌漑方式或いは灌漑施設の改善による節水灌漑を行うことにより、灌漑面積の拡大を図ることを目的とする。ここで、これらの改善を行った場合における灌漑面積の算定を行う。

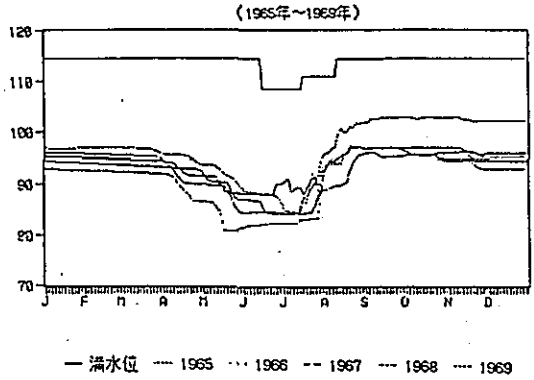
ダムの水収支検討は、節水灌漑技術が全灌漑面積の85％に導入された場合を想定し、その導入面積の割合を考慮して加重平均による設計保証率83.5％を採用し、その検討計算ケースが作付品目４種（冬小麦、とうもろこし、野菜、果樹）の内のとうもろこしの作付面積割合（100％、90％、80％、70％、60％）５種の５ケースの基で行う。

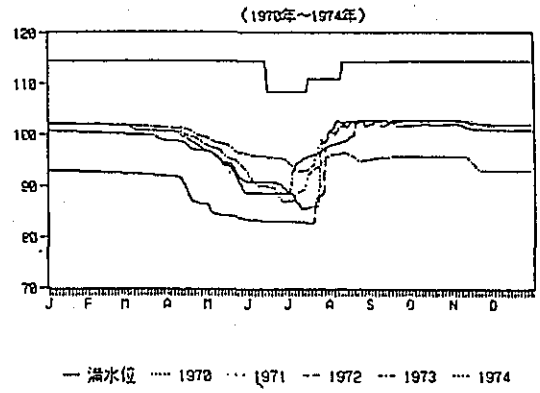
水収支計算の結果によると、目標の総灌漑面積 125,000ム－（とうもろこしの作付面積73,000ム－）を達成させることが出来ないことが明かとなった。従って、本計画における灌漑設計保証率83.5％に相当するとうもろこしの可能作付面積を以上の計算結果より内挿計算により算定すると、65,400ム－（4,360ha、目標作付面積の89.6％）となる。

図　　海子ダム貯水位変動状況図（実績、及び計画：1/2）

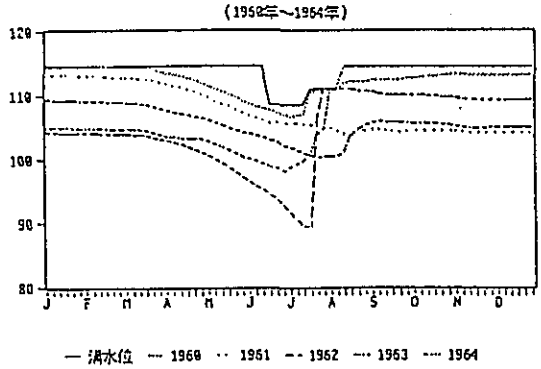
<実績日平均貯水位>

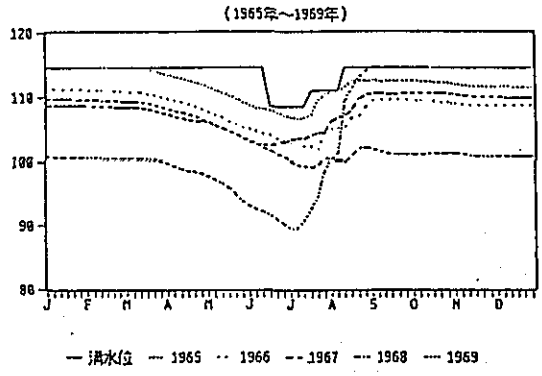






<計画半旬貯水位>





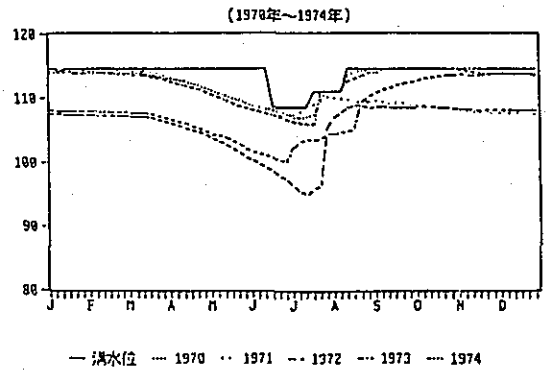
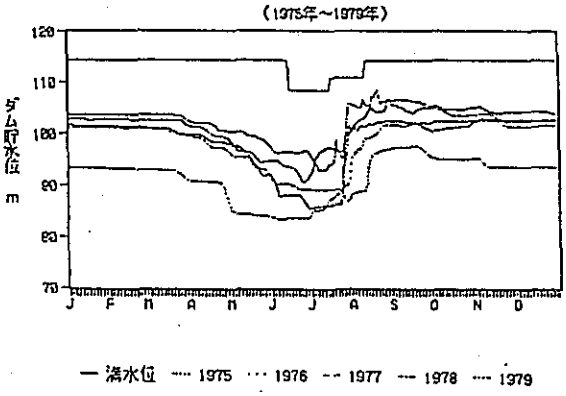
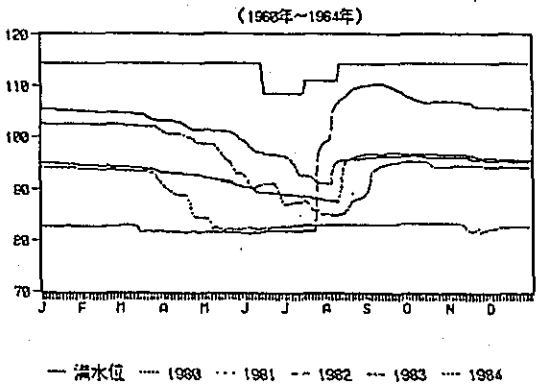
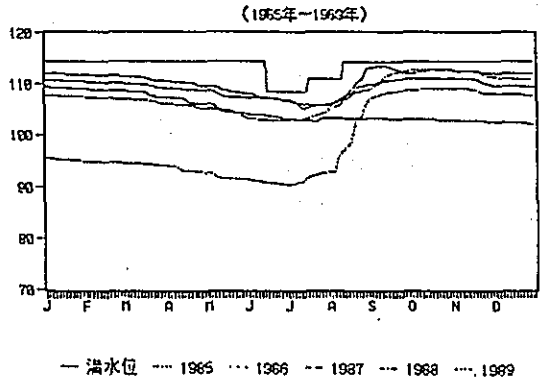


図　　海子ダム貯水位変動状況図（実績、及び計画：2/2）

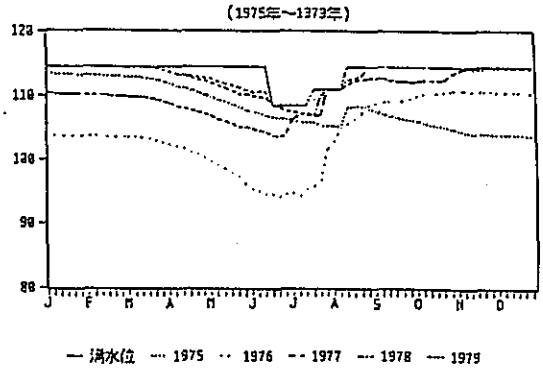
<実績日平均貯水位>

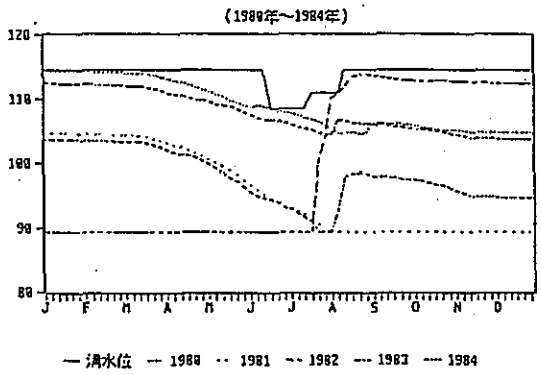


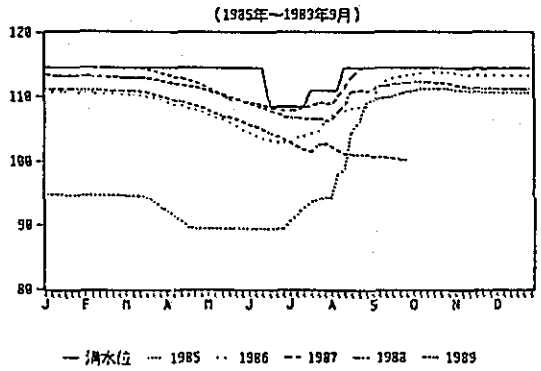




<計画半旬貯水位>







	目標灌漑面積	水収支による灌漑面積
・冬小麦	73,000ム－ (4,860 ha)	73,000ム－ (計画に対して 100.0%)
・とうもろこし	73,000ム－ (4,860 ha)	65,400ム－ (〃 89.6%)
・蔬菜	20,400ム－ (1,360 ha)	20,400ム－ (〃 100.0%)
・果樹	31,600ム－ (2,110 ha)	31,600ム－ (〃 100.0%)

水収支計算の結果より作成したダム貯水位の経年変化図を基にダム貯水位の状況を概観すると、貯水位 100.0m程度を下回る水位となるのは、５年に１回程度夏期の２～３ヵ月間に発生し、30年に２回程度の干ばつ年ではほぼ年間を通じて下回ることになるであろうことが推測される。

７．３ 灌漑計画

(1) 全体組織

畑地灌漑における圃場から水源までの全体の灌漑組織は大きく i)末端灌漑組織、ii)配水組織、iii)送水組織に区分できる。その範囲は概略次のとおりである。

i) 末端灌漑組織
複数の給水ブロックを支配する弁類（分水ゲート等）とそれより二次側の施設。

ii) 配水組織
畑地灌漑計画では施設の容量の整合を図り、管理損失水量の軽減を図るためにファームポンドを設ける例が多いが、そのファームポンドから末端灌漑組織に至る一連の施設。

iii)送水施設
水源から配水組織に至る一連の施設。

これらの各組織に対する計画の内容は次のとおりである。

(2) 末端灌漑組織

1) 灌漑方法

本計画地域における灌漑方法としては次の方式が選定される。

i) 穀物畑に対しては有効雨量を十分に加味した後の補給灌漑としての傾向が強いので、スプリンクラー方法を採用する。

ii) 果樹園に対しては、栽培区画もそれ程大きくないこと、また、果樹園は穀物栽培地以外の土壌的条件の悪い地域で栽培されていること等から定置パイプによる灌漑方式の中の点滴法によることが適当と判断される。

iii) 蔬菜等に対しては節水灌漑の面からは点滴法の導入が考えられるが、施設費が高いことから高額な換金作物を栽培するハウス栽培等に限定され、比較的栽培面積の大きい露地栽培に対しては散布水量の大きいスプリンクラー法によることが有利であると判断される。

2) 散布ブロック

散布ブロックの大きさは、地形、作物の種類及び団地化の規模、土地所有の内容等の現在の営農条件と適応させることが肝要である。計画地区の一農家当り平均耕地面積を考え合せて、本計画では散布ブロックの大きさは３ムー程度とする。

3) 末端機材と配置

スプリンクラー、点滴ヘッド等は、中国製を使用する。配置は、図＊＊＊のとおりである。

(3) 配水組織

1) 灌漑ブロック

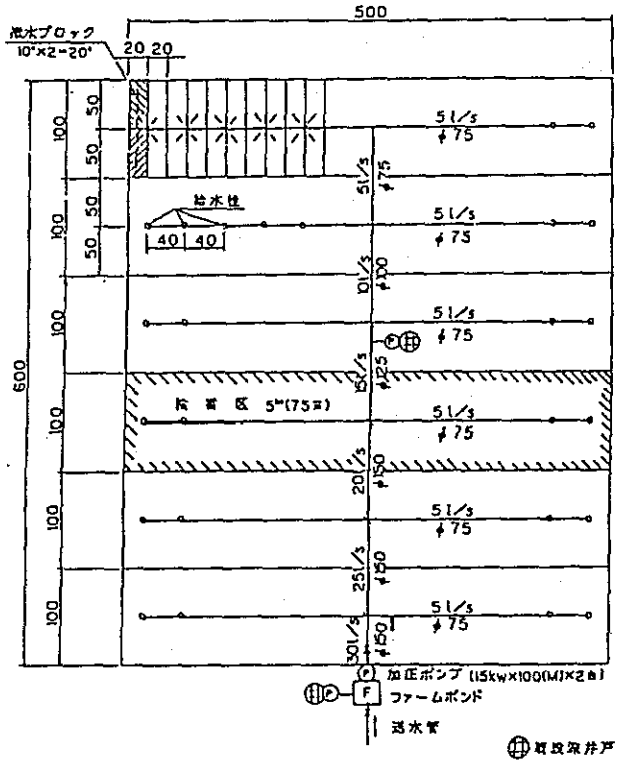
標準的な灌漑ブロックの面積は、450 ムー (30ha) とする。

2) ファームポンド

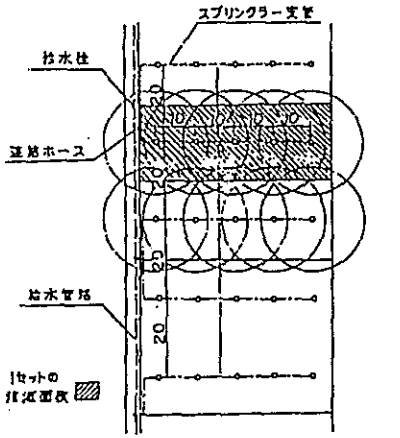
灌漑ブロックごとに１カ所設ける。容量は、400 m^3とする。

3) 配管計画

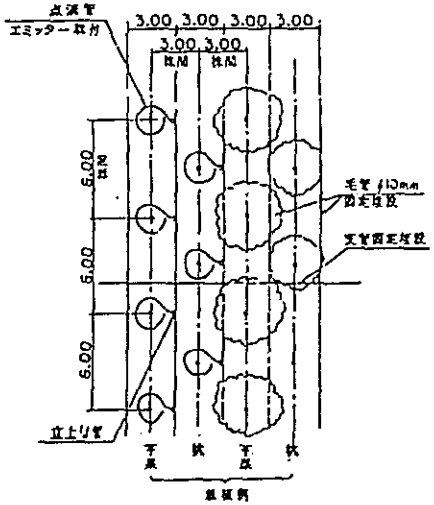
配管形式は、魚骨型を原則とし、標準支配面積450 ムー (30ha) を６輪番区にして、１



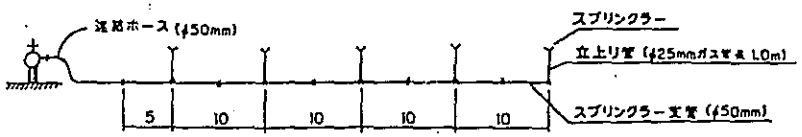
標準灌漑圏区内配水施設基本計画図
灌漑圏区面積30ha(450畝)



中間圧標準型1セット灌漑面積図



果樹点滴灌漑施設図



一般畑地灌漑用(中間圧)スプリンクラーセット標準型

注記)寸法単位:m

輪番区を75ムー（5 ha）で配置計画を立てる。
使用管種は、塩化ビニール管とする。

4）井戸用水の利用
本計画を導入してもダムの水で計画面積のすべての作物を完全に灌漑することはできず、かつ、6年に1度位は用水不足が発生する。
従って、その場合は、既存の井戸により補給する必要がある。

(4) 送水組織

1）幹線用水路
北幹線用水路は、ほぼライニング工事が完了しているので本計画からは除外し、南幹線用水路は、北幹線用水路と同じ方法によりライニングを行う計画とする。

2）幹線水路付帯施設
次の諸施設の全面改修を行う。

・分水制水門（南北幹線分水点と北幹線の新旧分水点の2カ所）
・調整制水門（北幹線：16カ所、南幹線：22カ所）
・分水工　　（北幹線：43カ所、南幹線：55カ所）
・放水工　　（北幹線： 4カ所、南幹線： 6カ所）

3）支線用水路
本計画は節水技術を導入した灌漑計画であること、末端部でのスプリンクラー法、点滴法等による散水方式が導入されること等の要素を考慮して、最適な圧力管式管水路形式を選定する。
使用管種は、中国製遠心力鉄筋コンクリート管を使用するが、内水圧（0.5 kg/cm²程度）が加わるので継手部はカラー継手で保護する必要がある。

7．4　農道計画

農道はその機能や配置により次のように分類される。

- 農道
  - 基幹的農道
  - 圃場内農道
    - 幹線農道
    - 支線農道
    - 耕作道

本計画では基幹的農道を対象とする。

一灌漑ブロックを30ha(500m× 600m) を標準として、灌漑施設の配置計画を行い、ブロックの２辺を基幹的農道として農業生産活動、農産物流通等の農業面での利用と、農村の社会生活活動の利用を考慮する。

この場合、基本形では４灌漑ブロックを基幹的農道が取り囲み、どの圃場からも500m以内に基幹的農道が配置されることとなる。この状況での道路密度は約37m／haとなる。

本計画においては、基幹的農道であることを考慮して、アスファルト舗装は行わないが、降雨等による浸食から防護するために砂利による舗装程度を考える。

図4．3．2－4（1）

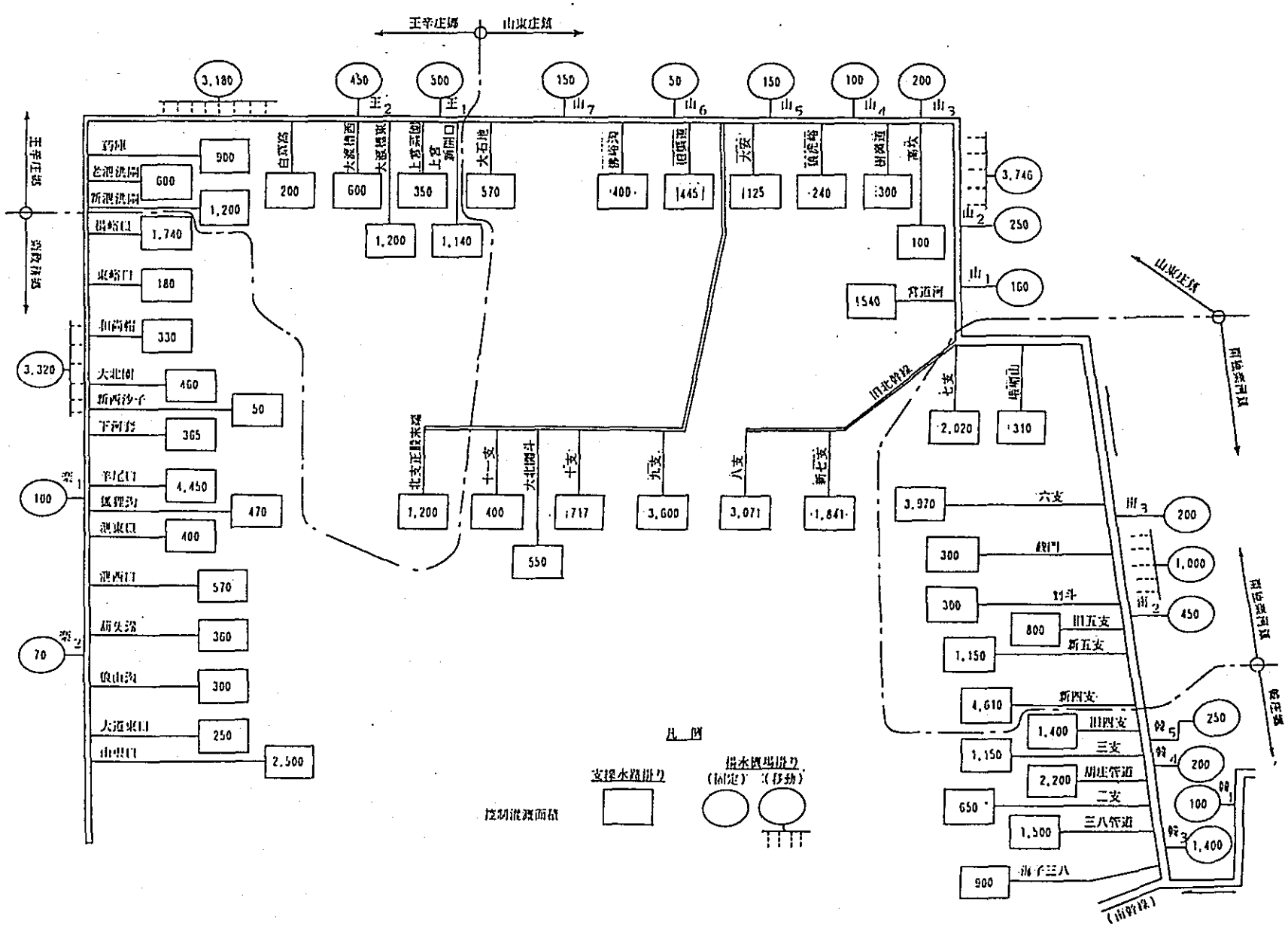
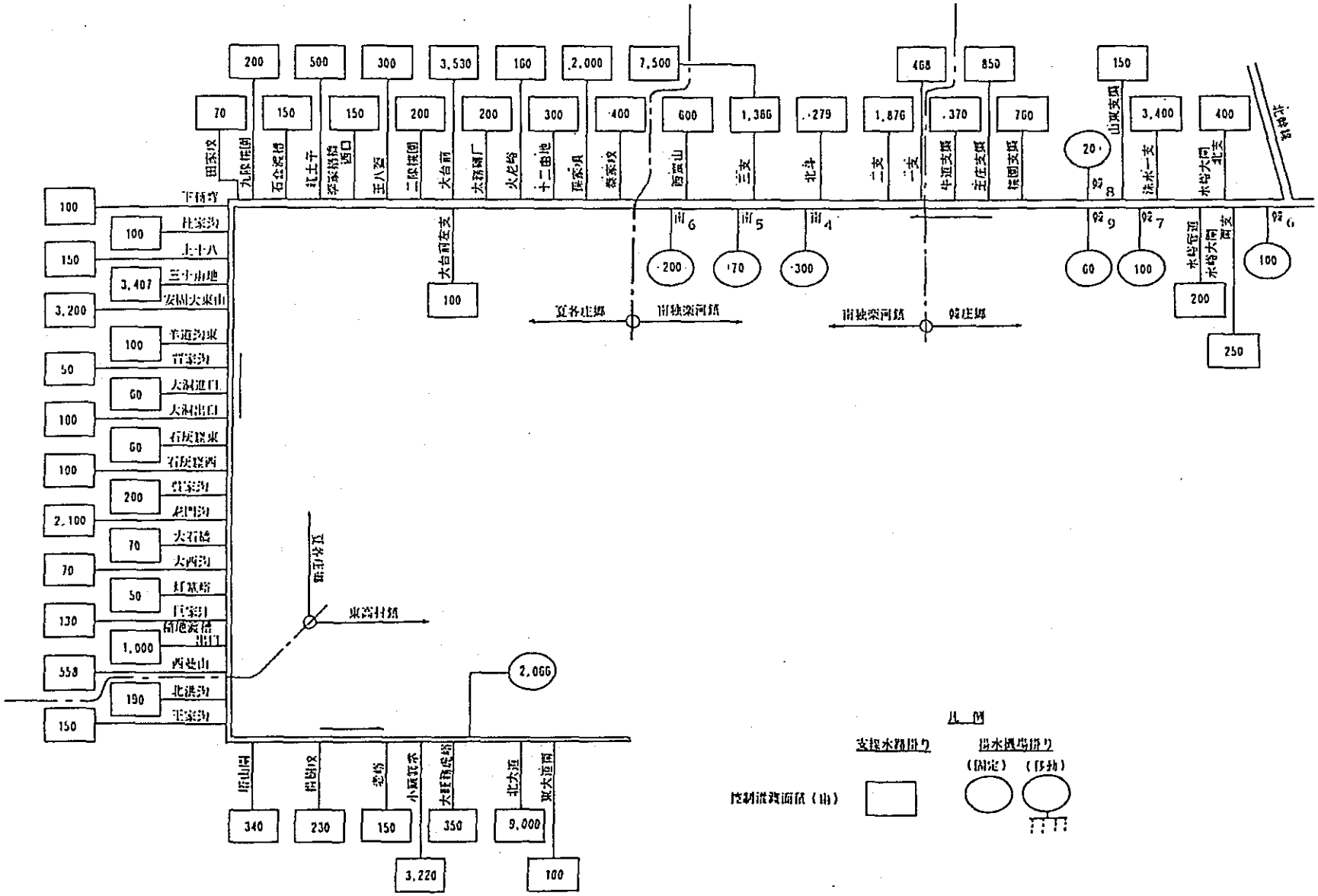


図4．3．2－4（2）


凡例
支線水路掛り
揚水機場掛り
（固定）
（移動）
東霧村鎮
2,066
9,000
3,220
100
350
150
230
340
250
200
100
250
100
60
100
20
850
150
400
3,400
150
468
700
370
1,876
279
1,366
600
400
300
2,000
160
3,530
300
500
200
7,500
70
150
150
200
200
3,407
3,200
1,000
558
190
130
70
2,100
200
50
100
150
100
50
60
100
60
100
100
150

８．　水管理システム計画

８．１　計画方針

限られた水源をいかに有効利用し合理的に配分して最大限の効果を発揮させるかは、末端、配水、送水等の節水灌漑施設を改良する以外に水管理システムの導入が是非とも不可欠な条件となっている。

水管理システムの導入に当たっては、いたずらに高度なシステムを導入することなく、当該水利施設に最適な方法を採択し、経済性や将来の管理体制を踏まえた計画とせねばならない。

しかし、本事業は中国における先進的節水灌漑のモデル地区であることを念頭において計画するものとする。

８．２　計画の概要

海子ダムの全体水管理システム計画は、次のように大別される。

(1) ダム管理計画

- ダム上流域水文管理
- 貯水池管理
- 堤体管理
- ダム下流域管理

ダム管理計画は、テレメーターによる観測データの収集とその処理を行うためのシステムを立案するものである。

(2) 灌漑用水管理計画

- 幹線用水路管理
- 灌漑雨量管理

灌漑用水管理計画は、テレメーターによる各調整制水門地点の水路の水位、流量の監視と、テレコンによる調整制水門の開度制御を行うシステムを立案するものである。

8．3　システム計画

次のシステム計画を導入する。

(1) ダム上流域

・雨量観測点	9カ所	監視
・水位観測点	4カ所	監視

(2) ダム下流域

・洪水警報	3カ所	監視

(3) ダム

・ダム貯水位	1カ所	監視
・浸透水位	9カ所	監視

(4) 幹線用水路

・分水制水門	2カ所	監視、制御
・北幹線調整水門	10カ所	監視、制御
	6カ所	監視
・南幹線調整水門	12カ所	監視、制御
	10カ所	監視

(5) 灌漑区

・雨量観測	3カ所	監視

(6) 中央管理所

中央管理所は、ダム管理センターと灌漑区管理センターの分離、統合の２方法があり、管理機能、情報の集中化と一元化、速応性、維持管理、経済性、要員の確保等からは統合

案が有利と判断されるが、それぞれの管理体制が異なることから、これの統合には困難が伴うので分離案とする。

(7) 伝送路の検討

水管理施設の水位の監視、制御は、無線を利用する計画とする。

9． モデル灌漑区計画

9．1 モデル灌漑区

モデル灌漑区は、韓庄郷と南独楽河鎮のうちで北幹線用水路と河河に挟まれた地域を選定する。この地区のほぼ中央を北京市と平谷県の中心地及び海子ダムを結ぶ整備された道路が東西に走っているので、交通の便はよく、営農上からも有利であり、また、外部よりの視察に便利である。選定した計画面積は、21,260ムー（1,420 ha）である。

9．2 土地利用計画

土地利用計画面積は、次のとおりである。

（単位：ムー）

郷・鎮名	小 麦	とうもろこし	蔬 菜	果 樹	計
韓 庄 郷	4,020	(4,020)	2,180	700	7,800
南独楽河鎮	11,270	(11,270)	1,510	680	13,460
計	15,290	(15,290)	3,690	1,380	21,260

9．3 灌漑計画

(1) 北幹線用水路

南北幹線分岐点から新旧北幹線分岐点までで、延長9,614 kmは、すべてライニング工事が完了している。

(2) 幹線用水路付帯施設

1) 分水制水門

南北幹線用水路の分岐点、及び新旧北幹線用水路の分岐点の制水門の改修を行う。

2) 調整制水門

改修する調整制水門は次の５カ所である。

・三支制水門（No.３＋010）
・新四支制水門（No.４＋937）
・旧五支制水門（No.６＋265）
・劉家河制水門（No.７＋725）
・峨嵋山制水門（No.９＋027）

3）分水工
対象とする分水工は次の14カ所である。

分水工名	測　点
海子三八	No.０＋410
韓庄管道	No.０＋841
二支	No.２＋427
胡庄管道	No.２＋658
三支	No.３＋010
旧四支	No.４＋236
新四支	No.４＋937
新五支	No.５＋760
旧五支	No.６＋255
劉斗	No.６＋975
截門	No.７＋545
六支	No.８＋475
峨嵋山	No.９＋015
旧七支	No.９＋615

(3) 支線用水路

全体計画で述べたとおり、管水路として遠心力鉄筋コンクリート管を使用する。（径600～ 300mm、延長 27,900m）

(4) 末端灌漑組織、及び配水組織

全体灌漑計画に述べたとおり、畑地はスプリンクラー、果樹園はエミッターによる点滴法による灌漑とする。

配水施設も同様にファームポンドを設け、それよりポンプで揚水、パイプにより圧送し、前記散水方法で灌漑される。

９．４　農道計画

道路整備方針に従って、既存道路の位置、地形条件或いは支線用水路や灌漑施設の位置等も考慮して、新規に道路を配置する。

この配置計画によれば、新規道路は約14kmとなり、既存の道路と合せて52kmの道路が配置されることとなる。この場合の道路密度は36.7m／haとなり、前述の整備方針とほぼ同じとなる。

９．５　水管理システム計画

全体のシステム計画を説明したが、そのうちモデル灌漑区では次の施設を実施する。

・上流域水文情報監視	雨量７カ所、河川水位３カ所
・海子ダム貯水池監視	水位１カ所
・南北幹線、北幹線分水制水門	２カ所（監・制共）
・調整制水門	監視５カ所、制御４カ所
・灌漑区雨量監視	雨量２カ所

この他に、末端ファームポンド以降の畑地灌漑システムのモデルとして一灌漑ブロックについて遠隔制御システムを導入する。

１０．　農業支援計画

事業費には計上しない農業支援について農民組織の強化と流通機構の改革、さらに本計画の目的達成に必要な農民への技術指導と営農改善を行うためのモデル圃場の設置と、技術者（指導者）の育成を提案する。

特に、本事業の目的を達成するためモデル灌漑区に実験圃場を作り、そこで現地に適合した水管理技術の研究・応用実験、及び研究が必要となっている。

また、高度な灌漑技術者の養成のために全国的なレベルで組織的に教育し、人材の開発と向上に努める訓練センターの設立が急務であり、実験圃場と灌漑排水技術開発訓練センターの設立は、本事業を進める両輪で緊急の課題である。

１１．　事業実施計画

１１．１　実施計画の概要

海子ダム灌漑区全域の海子ダムに対する位置付け、特性等を確認するために、全域を対象とした水収支解析を行い、概略の開発計画を策定した。しかし、中国側は北幹線用水路掛りを灌漑推進区（７万ムー）として事業化を計画し、当面はモデル灌漑区（約2.１万ムー）での事業を実施したい考えである。この中国側の方針に従って、事業実施計画を立てることとする。

１１．２　実施機関

本事業の実施は、水利部が担当し、水利部の直属の関連機関である水利水電科学研究院、また、北京市水利局、北京市水利科学研究所及び平谷県政府等が本事業に参画し、補佐する。

１１．３　実施方法

実施は、北幹線灌漑区から次の順序で行う。

(1) モデル灌漑区　21,260ムー
(2) 韓庄郷、南独楽河鎮のうちモデル灌漑区以外3,600ムーと山東庄鎮、王辛庄郷
(3) 楽政務郷
(4) 南幹線用水路の舗装、上流部の韓庄郷、南独楽河鎮
(5) 夏各庄郷、東高村

１１．４　実施工程

事業を５カ年で完了する計画とし、その実施工程を表4.7.4 に示す。

表4.7.4　事業実施工程表

項目＼年度	1	2	3	4	5	
1. エンジニアリングサービス						
実施設計、入札等	———	———				
施工管理		———	———	———	———	
2. 北幹線灌漑区						
(A) モデル灌漑区						
幹線付帯施設		———				
支線水路工		———				
ファームポンド		———				
給水施設		———				
撒水機器		———				
道路整備		———				
水管理システム		———				
(B) 上記以外灌漑区						
幹線付帯施設			———	———		
支線水路工			———	———		
ファームポンド			———	———		
給水施設			———	———		
撒水機器			———	———		
道路整備			———	———		
水管理システム			———			
3. 南幹線灌漑区						
幹線水路改修			———	———		
幹線付帯施設				———	———	
支線水路工				———	———	
ファームポンド				———	———	
給水施設				———	———	
撒水機器				———	———	
道路整備				———	———	
水管理システム				———		

１２．　維持管理計画

１２．１　水管理組織

平谷県海子ダムおよび灌漑区の水管理の水管理施設に対する管理組織は、現況のダム付帯施設および灌漑施設を管理している組織に入るものとする。

海子ダムは、北京市水利局へダム管理記録の報告の義務を持ち、ダム運用に関する指示を、平谷県水資源局（水利局）を通して受けている。一方、海子ダム灌漑区の水利施設は、平谷県水資源局の直接の管理下にある。

本調査計画において、中央管理所は、ダム管理センターと灌漑区管理センターに分離され設置される計画である。従って、両管理センターは管理組織の中にそのまま入る。

１２．２　末端灌漑施設管理組織

これまでは、支線用水路はほとんどが開水路であったものが、計画の実施後はほとんどが管水路となり、末端のファームポンドに直結した構造となる。従って、末端施設の管理と分水工の管理は適時に、適格に行われなければならない。そのためには、

基幹水利施設と末端灌漑施設を一体化して運営・管理及び調整を行うための委員会の設置が必要となろう。その組織を図4.8.1-3 のとおり提案する。

図4.8.1-2　水管理施設維持管理組織

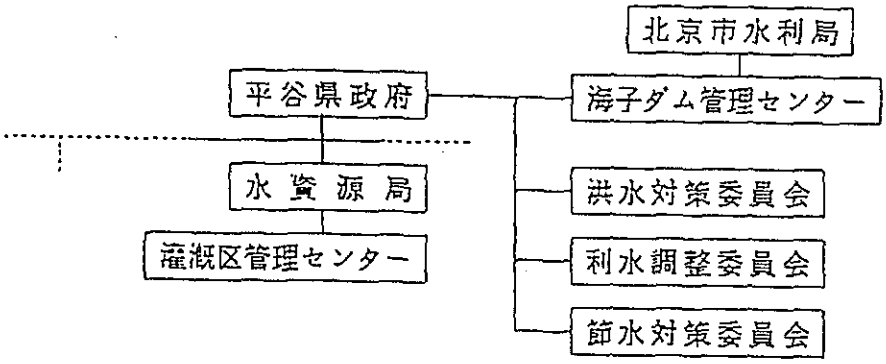
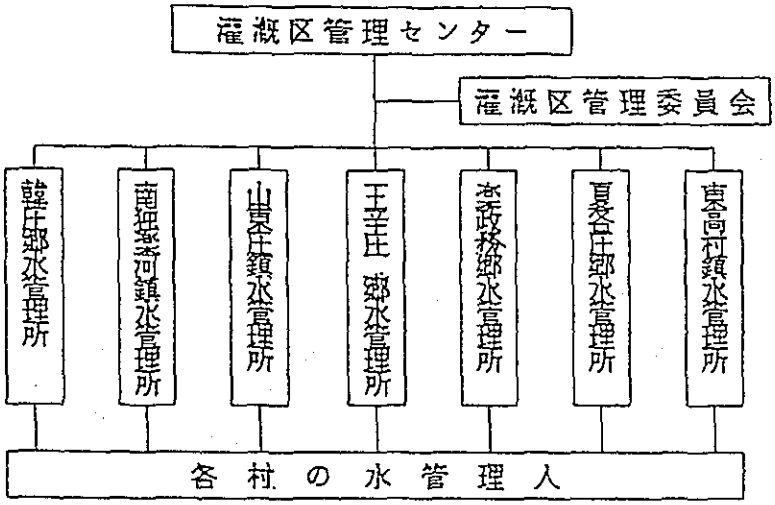


図4.8.1－3　末端灌漑施設管理組織



１２．３　水管理方法

(1) 海子ダム管理センター

現体制を維持し、水管理システムの教育・訓練する。

(2) 灌漑区管理センター

新たに総括責任者以下10名の工程師を配置する。

(3) 制水門

主要制水門の操作は、遠方監視・制御を行うが、一部は現場で人による電動の開閉となる。

(4) 分水工

無線を利用したパトロール車による監視、ゲートの操作は監理人による。

(5) 支線用水路

分水槽バルブの開閉、スクリーンのゴミ除去等監理人が見回り、監視、操作する。

(6) ファームポンド及び加圧ポンプ

フロートバルブ槽、ファームポンドの清掃、及びポンプの運転管理、点検、整備等は、一人の管理者が数カ所の持ち廻りで管理する。

１３．　事業費

事業費は工事費、エンジニアリングサービス費、物的予備費、価格予備費より構成される。

幹線用水路別事業費積算の結果は表4.9.1-1のとおりである。

表4.9.1-1　事業費

(1) 北幹線灌漑区

項目	金額(千元) 外貨	内貨	計	摘要
(1) 工事費	40,941	41,630	82,571	表4.9.1－3
(2) エンジニアリングサービス費	3,716	413	4,129	
計	44,657	42,043	86,700	
(3) 物的予備費	4,466	4,204	8,670	上記計の10%
(4) 価格予備費	2,456	2,312	4,768	計＋(3)の5%
合計	51,579	48,559	100,138	

(2) 南幹線灌漑区

項目	金額(千元) 外貨	内貨	計	摘要
(1) 工事費	16,560	46,766	63,326	表4.9.1－3
(2) エンジニアリングサービス費	2,849	317	3,166	
計	19,409	47,083	66,492	
(3) 物的予備費	1,941	4,708	6,649	上記計の10%
(4) 価格予備費	1,067	2,590	3,657	計＋(3)の5%
合計	22,417	54,381	76,798	

(3) 計画地域全体

項目	金額(千元) 外貨	内貨	計	摘要
(1) 工事費	57,501	88,396	145,897	表4.9.1－3
(2) エンジニアリングサービス費	6,565	730	7,295	
計	64,066	89,126	153,192	
(3) 物的予備費	6,407	8,912	15,319	上記計の10%
(4) 価格予備費	3,523	4,902	8,425	計＋(3)の5%
合計	73,996	102,940	176,936	

(4) モデル灌漑区

項目	金額(千元) 外貨	内貨	計	摘要
(1) 工事費	30,455	16,997	47,452	表4.9.1－3
(2) エンジニアリングサービス費	2,136	237	2,373	
計	32,591	17,234	49,825	
(3) 物的予備費	3,259	1,723	4,982	上記計の10%
(4) 価格予備費	1,792	948	2,740	計＋(3)の5%
合計	37,642	19,905	57,547	

１４．　維持管理費

(1) 水管理施設

管理センターの人件費、システム機器の点検、修理費、電力料、消耗品等。

(2) 灌漑施設

ファームポンドでのポンプの電力料、修理費、及び施設管理の人件費等。

１５．　事業評価

１５．１　事業評価の目的

事業評価は財務評価と経済評価から構成され、北幹線灌漑区７万ムーと計画全域を対象とする。財務評価の目的は、本事業の実施によって発生する事業収益性を財務的観点から、他方、経済評価では国家経済的観点から推計することにある。

１５．２　事業評価の方法

事業を実施しない場合（以下 Without Project ケースと略称）と実施する場合（以下 With Project ケースと略称）における便益と費用の算定と比較を通じて、事業の収益性を純現在価値、便益・費用比率、内部収益率の３基準によって評価する方法をとる。なお、財務評価は農家経営分析を中心に行う。

(1) 評価期間

本事業の評価期間は灌漑施設の耐用年数を考慮して、工事期間３カ年を含め50カ年とする。

(2) 事業費

事業費は工事費と維持管理費で構成される。

(3) 事業便益

本事業の実施によって発生する便益は外部経済（２次便益）を含め多様であるが、本事業での便益には計量化可能な農産物とその副産物の増産便益（作付増減効果と単収増加効果）を計上する。さらに、このほかの社会経済効果については後述する。

１５．３　事業収益性の判定と感度分析

財務評価と経済評価における事業収益性を算定基準に基づき、推計した結果を取りまとめると表5.3.5-1 になる。

したがって、本事業の実施は国家経済的観点から極めて高い妥当性を伴うものと判断され、事業の社会経済的波及効果も考慮すれば、事業の有益性は更に増大する。

社会経済的不確実性が事業の経済的収益性の判定指標に与える影響を分析するために、下記のケースを想定する。

ケース-1：　建設資材単価の高騰などにより事業費が５％増加した場合
ケース-2：　目標単収達成が不可能になり、事業便益が５％減少した場合
ケース-3：　ケース-1とケース-2が同時に発生した場合

これらのケースに基づき経済的収益性の感度分析結果を取りまとめると表5.3.6-1 のとおりになる。

１５．４　農家経営分析

農家経営分析は経営規模別農家を対象に、本事業の実施による農家の年間純増加所得の推計を目的として行う。したがって、事業の実施によって中規模農家（耕地面積４ムー、家族農業就業数3.５人）１戸当りの年間農家所得は約 1,500元から約 4,200元に増加し、家族農業就業者１人当りの年間所得は約 750元の増収となる。これには農外所得が含まれていないので、それ以上の増収効果が期待できる。

１５．５　社会経済分析

本事業の便益には農産物の増産便益、農業副産物の増産便益などの直接効果以外に、下記のような間接的波及効果がある。

・農業生産資材供給と加工、流通の関連産業の振興
・生活水準の向上
・畜産の振興
・外貨の節約
・農産物の流通時間と費用の節約
・付加価値の創出

表５．３．５－１　　事業収益指標

評　価	評　価　基　準	北幹線灌漑区	計画地区全域
財務評価	純現在価値　（割引率12%）	170,805,000	291,103,000
	便益・費用比率（割引率12%）	2.57	2.67
	内部収益率	30.49%	30.86%
経済評価	純現在価値　（割引率12%）	214,104,000	358,536,000
	便益・費用比率（割引率12%）	3.25	3.36
	内部収益率	38.27%	38.78%

表５．３．６－１　　経済的収益性の感度分析

地　域	ケース	経済的内部収益率　（%）
北幹線灌漑区	①	36.74
	②	36.66
	③	35.18
計画地区全体	①	37.22
	②	37.15
	③	35.68

１６．　結論

計画地域の自然条件は厳しい環境下にあるため、特に降雨は過去30年の記録で年間333mmから 1,058mm、平均 651mmと年により 300mm程度のバラツキがあり、毎年水不足のため旱魃の被害を受けており、計画面積12.5万ムー（約 8,300ha）が旱魃と、ダムの貯水管理ルールの不備、及び用水路の漏水や分水ロス等のために約47％のみが灌漑されているに過ぎない。

この改善のため合理的、近代的水管理システムと節水灌漑に必要な施設計画を策定した。即ち、水管理システムでは、管理センター２カ所を設け、8.3 システム計画のとおり海子ダムの上下流域水文監視と堤体監視及び南北両幹線の分水制水門、調整制水門の監視、制御と、灌漑区の雨量監視を行い、適切な水利用と配分計画を図る。灌漑施設としては、1)末端灌漑にスプリンクラー、点滴法を採用し、合理的な配水からファームポンドを設け、ポンプにより塩ビ管で圧送する。2)支線水路はすべて圧力管水路形式として管体の安全と水管理の容易性を図る。3)幹線水路はコンクリート舗装水路に改良し（北幹線はほぼ完了）、制水門、放水工、分水工等の付帯構造物等も全面改修し、漏水防止と合理的水配分により無効水量を低減させる計画とした。

経済評価の結果では、極めて高い妥当性を有するものと判断され、技術的及び経済的に実施可能な事業であり、更に多くの計量しがたい間接的効果として、1)関連事業の振興、2)生活水準の向上、3)畜産の振興、4)外貨の節約、5)農産物の流通、6)付加価値の創出等が発生し、中国の農業の近代化と経済の発展に寄与することが立証された。

したがって、中国政府は本事業を強力に推進するために必要な措置を講じ、本計画が早期に実施されることを望むものである。

１７．　勧告

本事業を計画どおり実施し、かつ、その目的を予定どおり達成するために、次のような対応と施策を勧告する。

(1) モデル灌漑区の早期着工

(2) 農業支援の強化

(3) 対応策

- 地形図の作成
- 灌漑工事に必要な資機材の改良
- 水管理システム機器の導入
- 土壌調査の実施
- 管理組織の改編
- 維持管理費の受益者負担
- 農家等の意向調査

中国节水灌溉技术研修会

中国节水灌溉现状与发展展望

1991年3月4日

中国水利部科学技术教育司
教授级高级工程师 陈　炯　新

一、水资源开发利用与灌溉农业的现状与发展

（一）中国大部分地区受季风影响，年降雨量的地区和季节性差异变化很大。基本的特点是：东南多雨，西北干旱；夏秋多雨，冬春干旱。东南沿海年降水量超过1600毫米，而西北的荒漠地区降水量不足 200毫米。降雨的季节性差如表现在：长江以南4～7月四个月的降雨量约占全年降雨量的50～60%，华北、东北地区降雨则集中在6月～9月，这四个月的降雨量占全年降雨量的70～80%。同时年际变化也很大，有时丰水年的降水量为少水年的2～3倍，甚至达到5倍。因此，洪涝、干旱时有发生。不利的气候条件对农业影响很大。所以，在中国兴修水利，发展灌溉排水事业，是社会经济发展，特别是农业发展的一个决定性因素。我国人民通过长期的实践，总结出一个共识，那就是："水利是农业的命脉"。

（二）建国四十年，中国水利事业得到了较大的发展。全国（不包括台湾省）建成了各类为数众多的水利工程。工程提供的水资源量每年在4400亿立方米，其中，82%用于农业。全国灌溉面积由1949年的 2.4亿亩发展到7亿亩，占耕地的48%，加上除涝排水措施大大增强了抗御旱涝灾害的能力。在不到全国总耕地面积一半的灌溉土地上，生产的粮食占全国总粮食产量的2/3。 大部分的棉花与其他经济作物产量也来目于灌溉面积上。

（三）中国是一个耕地少，人口多的国家。发展农业，增加粮食生产，是我国经济与社会发展中头等大事。提高农业产量，重点是提高单产，这就必须进一步改善生产条件。其中兴修水利，发展灌溉是生产条件中基础性关键条件。没有这个条件，农业的稳定高产是无法实现的。

但是发展灌溉，又面临着水资源不足的挑战。中国全国多年平均水资源总量为28,000亿立米，按人口平均相当于世界人均的1/4。 同时由于水、土资源组合极不平衡，例如：长江以南的河川径流量占全国总水资源量的82%，而耕地面积只占全国总耕地的36%；黄河、淮河、海河三大流域的河川径流量只占全国的 5.5%，而耕地却占全国耕地面积的50%。这就在客观上给开发水资源，增加水资源量带来了困难。因此，中国在对待水资源不足的严峻挑战中，除根据经济条件，重点修建一批水资源工程，（如跨流域调水）以调节地区的水资源严重不足外，更把节约用水，建立节水型工业、节水型农业、节水型社会提到了国民经济发展的重要日程，作为缓解水资源供需矛盾的长期的战略任务，并从立法、行政、经济政策到科学技术研容和应用等方面来保证这项工作的进行。也就是说，依靠政策，依靠投入，依靠技术进步，强化和促进这一任务的实施。

二、灌溉节水技术与措施

灌溉用水是用水大户（如前面所讲的占全国已开发的水资源量的80%多），在已建灌溉设施中有相当一部分，由于工程设施不完善，管理粗放，灌溉水的利用率不高，许多大的灌区灌溉水的有效利用率只有40～50%，因此节水的潜力还是很大的。通过我国的生产实践和科学研究，并借签一些国外的技术经验，我国在灌溉节水上，采取的主要措施归纳为以下几个方面。

（一）建立蓄水、引水、提水相结合，互为联系的灌溉系统，从而使多种水源工程相连通，互补互调，提高水资源的利用率。这种形式多用于南方山丘地区。如安徽省淠史杭灌区，有大、中、小水庞 150处，塘坝20万座，提水站30多处。通过渠道及库、塘、站等设施相互连通。提高对水资源的调蓄，复蓄能力，工程控制面积达1000多万亩。我国人民把这种工程形式，形象地叫做“长藤结瓜式灌溉系统”。

（二）井渠结合，地上水、地下水联合运用。这在我国北方平原地区已广泛应用。通过这种工程系统，增加了水资源利用量。同时，也可通过土壤这个空间，积存雨水、灌溉回归水，并合理控制地下水位，防止土壤盐碱化。

（三）渠道衬砌防渗。当前我国的灌溉渠道，大部分是土渠，输水渗漏损失很院。一般渠道的利用系数不到60%。对渠道衬砌防渗是灌溉工程技术改造的重要法宝。我国实施渠道衬砌技术，遵循的原则是：①因地制宜，多种材料，力求经济适用，以降低成本。②尽量把防渗与防冲、防淤、抗冻（季节冻区）结合，发挥综合效益。③处理好井渠结合地区的地上水、下水互补关系，凡是需要通过渠道，调补地下水的，一般不衬砌或少衬砌。

（四）喷灌。我国喷灌技术是在70年代以后发展起来的。现在全国喷灌面积近1000万亩。这种新型的节水灌溉技术，是节水灌溉发展的一个重要措施。当前我国采用的喷灌形式多种多样。有大型喷灌机（多用于国营农场），可移动的轻小型喷灌机以及固定式或半固定式喷灌系统。目前应用较多是轻小型喷灌机。从发展来看，重点是半固定的喷灌系统。

（五）微灌（包括微灌喷及滴灌）。全国已有微灌面积20多万亩。当前主要用于林草及设施农业。一些地区也开始在大田试用。

（六）低压管道输水工程。它是以较低压力，通过管道向田间输送灌溉水流的工程形式。这种形式由于较喷、滴灌一次性投入较少，工程技术简易，深受着众欢迎。目前全国低压管道输水灌溉的面积有4000万亩，主要在机井灌区，并逐步向其他类型的灌区发展。

（七）改进和优化作物灌溉制度。小麦、水稻是我国灌溉作物中，面积比重大，需水量多的作物。为了提高作物的用水效益，节约用水。我国许多科技工作者重点开展了水稻及小麦的省水高产的灌溉制度研究。通过试验研究，提出了不建立淹灌水层或短时浅水层的“浅”（水层浅）、“湿”（湿润）、“干”（维持土壤必要水分）的水稻灌溉制度。从而改变了传统淹灌方式，不仅节约了水，同时由于改善了水肥、气热的环境条件，增加了产量。有些地方搞水稻旱种，取得了很好的节水效果。关于小麦灌水问题，主要是根据小麦的需水规律及灌水对小麦生长的时间效应，提出了重复保证生长关键时期的灌水。对于非关键时期则减少灌水次数（在地面灌溉方式下）及灌水量。这种灌关键水的方法，在华北地内，使小麦的灌水次数减少1到2次，可节水20～30%。有些试区试行保证灌溉、补充灌溉和抗旱灌溉分区，也取得了节水效益。

（八）改进地面灌水技术。目前和今后相当长的时期里，地面灌溉仍占很大比重。因此，在中国除推广应用喷、滴灌等先进的灌水技术外，还得从平整土地，完善田间工程和灌水机具等方面，对旱作物实行小畦、短沟灌水，控制深层渗漏，消灭大水漫灌。

（九）利用田间复盖的塑料薄膜输送水流，并借膜上苗孔向作物洪水。这种灌水方法，我们叫“膜上灌”，既减少了田间输水损失，又实现了局部灌溉的作用，提高了水的利用率和效益。

（十）加强管理，实行计划用水。加强管理主要包括，完善管理体制，健全管理组织，加强管理制度，提高管理人员素质，改进管理装备。同时实行从计划用水为核心，以节水增产为目标的洪水、配水、灌水，科学的水量调配制度，杜绝非计划盲目用水。

为了促进节水，我们国家还采取了一些重要政策性的措施。主要有：

1．立法。我国《水法》规定：国家实行计划用水，厉行节约用水。各级人民政府应当加强对节约用水的管理。各单位应当采取节约用水的先进技术，降低水的消耗量，提高水的重复利用率。从而把节水问题纳入法制的轨道。同时许多部门还把节水作为目标管理的内容，据此考核政绩。

2．实行按用水量计征水费的制度。对超量用水采取高收费和累加水费的办法，用经济手段促进节水。

3．把节水技术研究与开发，纳入国家和主管部门的科技发展计划，组织攻关研究，重点支持。

4．对节水的科技研究成果，由国家科技领导部门组织专家评估，通过评估，可以列师国家的科技重点推广项目，并由国家给予支持，促进推广应用。

三、探讨与展望

（一）节约用水是缓解水资源紧张的一个方面，必须常抓不懈。但在我国，水资源地区分布很不平衡。有些地区水资源开发利用率比较高，有些灌区水源保证率就比较低。因此，通过节水对缓解当地水的紧张有一定作用。但以此解决本来水资源不足的一些重点地区工农业发展用水，有很大的局限性。所以我国在抓节约用水的同时，还要重点兴建水资源工程。开展跨流域调水工程的规划研究，增辟新水源。

（二）充分合理利用多种水源，把地面水、雨水、地下水、土壤水作为统一体，实行综合开发利用。使水尽其用，尽其利。今后将把上述四种水的转化规律及综合开发措施进行重点研究。

（三）节水是是一个系统工程。今后将从建立节水型工业，节水型农业这一高度出发，从工程技术、生物系统、生产工艺、管理等方面配套研究，逐步形成系统的节水技术体系，最终实现节水型社会。

（四）农业是用水的大户，灌溉节水潜力很大。灌溉节水根本目标是提高水的效益，提高单位水的产量与产值。要从引水、配水、输水、田间灌水各个环节，适用节水措施，提高水的利用率，实现水的最佳效益。

（五）从中国的实际情况出发，提高灌溉水的利用率的重点工作，是对已有灌溉工程设施的技术改造，并逐步地把电子信息等高等科技引用到灌溉水的管理上，实现灌溉管理现代化。

（六）管道灌溉是节水灌溉工程的主要形式，也是中国今后灌溉发展的一个方面。在管道灌溉方面，既要积极发展喷灌、微灌等先进的灌水技术，更要大力发展低压输水灌溉技术。

（七）制定全国性的节水规划，把励行节水与促进经济、社会发展和改善环境紧密结合。把节流开源，防止水污染统一纳入水管理范畴，战胜水资源危机的挑战。

水资源紧缺是全世界许多国家面临的共同问题。它已成为制约经济发展和社会发展的重要因素。面临水资源危机的挑战，我认为：需要多国科学家并肩作战，并根据各国自己的特点，从宏观到微观，从技术措施到技术政策各个方面合作改关。研究提出科学可行的建议与办法，为人类的共同进步做出自己的贡献。

中国节水灌溉技术研修会

Ⅰ　日本的旱田灌溉及旱田灌溉的节水方法

１９９１年３月４日

日本农林水产省农业工学研究所
农地整备部旱田灌溉研究室室长
农业博士　　安养寺　久男

目　录

1．湿润地带的旱田灌溉・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・174
1，1　补给型的旱田灌溉・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・174
1，2　日本旱田灌溉的方法的适用情况・・・・・・・・・・・・174
2．日本的有关旱田灌溉的试验研究的过程・・・・・・・・・・・178
2，1　试验研究的过程・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・178
3．用水计划的程序・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・179
3，1　用水计划的概要・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・179
3，2　补给水分的用水量・・・・・・・・・・・・・・・・・・・179
3，3　用水量和灌溉设施的容量・・・・・・・・・・・・・・・184
4．灌溉方式的概要・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・185
4，1　灌溉方法・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・185
4，2　有关灌溉方法选定的条件・・・・・・・・・・・・・・・188
5．旱田灌溉的节水方法・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・191
5，1　局部灌溉・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・191
5，2　提高适用效率・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・192
5，3　以降雨的有效利用来减少补给水量・・・・・・・・・・194

１，湿润地带的旱田灌溉

１，１　补给型的旱田灌溉

干燥地带没有灌溉，作物就不能生长．干燥地带的灌溉供给作物的总需水量的同时，也洗掉集聚于根域的盐类．与这相比，湿润地带的旱田灌溉是与降雨共通地把根域的土壤水分控制为适宜作物的生长，故被叫补给灌溉．

湿润地带的旱田灌溉，除了保证作物的生长以外，应该积极地应用于增收和提高质量方面，也要利用灌溉设施来考虑进行栽培管理的合理化，管理作业的省劳力化以及防止气象灾害．

Israelsen早就１９５２年对补给灌溉的必要性如下叙述；

① 湿润地带的很多土壤土层薄，能保持的水量少，因此供给不起到下次下雨之间的必要水量．

② 湿润地带从降雨的总量来说够满足普通作物的必要水量．但是，由于其气候大有年际变化和季节性变化，地域性变化也很大，因此湿润地带也在作物生长期频繁地发生１～几周的无降雨，因而作物的正常生长受抑制．免得这问题，对灌溉设施的投资也十分核算．

③ 通过灌溉能期待增收，也有可能实现更高度一些的农户经营．另外，也有保险性的价值．

④ 人们理解好其优点和可能性，湿润地带的旱田灌溉面积就要扩大．那时，土壤和栽培作物特别适合于地表灌溉的地区除外，喷灌最有发展的可能性．

根据Jensen的指出，通过１９７４年和１９７７年的干旱，美国的湿润地带和半湿润地带的旱田灌溉面积有了大幅度的扩大．对这，开发出来的喷灌省劳力技术也起着一定作用．由于有土壤的贫乏的保水能力，不规则和不均匀的降雨以及正确理解作物对灌溉的反应，追求更高度的农户经营，利用灌溉设施考虑经营的省劳力化，对旱田灌溉的日益期待是曾经未有的．

１，２　日本旱田灌溉的方法的适用情况

根据１９８３年的日本政府进行的土地利用基盘整备基本调查来说，日本的旱田面积有２４３万公顷，其内容为普通旱田１２５万公顷，牧地６０万公顷，树园地５８万公顷．

旱田灌溉设施的整备面积为普通旱田１６万公顷，牧地１万公顷，树园地９万公顷，共有２６万公顷，约占旱田总面积的１１％．

在日本，喷灌的适用事例为最多．果树园和普通旱田主要应用中间压洒水器，在防止病虫害，施肥等多目的利用也有了进展．在大区划田间或牧地适用大型洒水器，但多目的利用的例子不多．设施园艺的大棚多用埋设或地表固定式的滴灌，也有小喷嘴的洒水灌溉．做为多目的利用只搞施肥．另外，对大田蔬菜栽培及果树适用滴灌的事例有所增加．

地表灌溉因设施费较便宜，１９５５年代考虑过其适用，但适用事例极少．在把有暗渠排水设施的原来的水稻田转换为旱田使用时，有时采用地下灌溉．

旱田灌溉的方法的适用情况的一例示于表－１．它是以喷灌和固定管式灌溉为主，但是其设置形态因所对象的作物而异．表中，有的地方引进蔬菜塑料棚栽培和地膜覆盖栽培技术后，由原来的喷灌变更为多孔管灌溉或滴灌．还有，有的地方因为埋设固定式立管阻碍机械化作业，正在考虑引进人力移动式大型洒水器．

表－２是喷灌的计划事例，其设施计划的想法基本上是按土地利用形态规定的．

表－1　各種旱田灌漑方法的適用事例

地区名 県名	噴灌			固定管式灌漑		其他 酒水 灌漑	沟灌
	移動式	地表 固定式	埋設 固定式	多孔管			
八竜 秋田	萝卜		葡萄		王子瓜 (露地)		
野田 福島			梨　桃 苹果				
大正用水 東部 群馬		芋头茄子 萝卜 牛蒡		茄子黄瓜 (施設)			
中野 長野			苹果　桃 葡萄				
三方原 静岡	萝卜 馬鈴薯	茶	柑橘	西紅柿菊 香瓜芹菜 (施設)			
関原 新潟		烟草萝卜 甘藍					西瓜 (塑料棚)
三里浜 福井			薤　西瓜 萝卜		西瓜 (塑料棚)		
三好南部 愛知	萝卜 白菜			甜瓜 西瓜香瓜			甜瓜 西瓜香瓜

畑地（旱田）灌漑検討会編(1985)：畑地灌漑小冊、p.92　畑地農業振興会、東京

表－1　各種旱田灌漑方法的適用事例（続）

地区名 県名	噴灌			固定管式灌漑		其他 洒水 灌漑	沟灌
	移動式	地表 固定式	埋設 固定式	多孔管	滴灌		
碧南 愛知		甘薯 甜玉米 胡萝卜		甜瓜 西紅柿 茄子			甜玉米 （生育 后期）
苅屋 兵庫	萝卜 胡萝卜			甘藍			甘薯 菠菜
有田川 和歌山		柑橘					
久米ケ原 鳥取			西瓜甘藍 王子瓜 萝卜梨 葡萄草皮 苗木			牧草	
二ノ宮 香川			茶、蜜柑 葡萄				
北今泉 宮崎	芋头 落花生		温州蜜柑	西瓜黄瓜 （塑料棚）			
指宿 鹿児島	黄秋葵 甘薯芋头 陸稲 蜀黍			嫩豌豆蚕 豆黄秋葵 西紅柿 （施設）			

畑地（旱田）灌漑検討会編(1985)：畑地灌漑小冊、ｐ.92　畑地農業振興会、東京

表－2　　喷灌的计划例

項　目	旱田	牧地	旱田树园地	树园地	合計
地区数	20	2	13	49	84
自　動	2	1	2	28	33
人　力	18	1	11	21	51
固　定	3		7	48	58
半固定	17		6	1	24
多目的		2	1	29	32
单目的	20		12	20	52

畑地灌漑検討会編（1985）：畑地灌漑の手引き，p.93．畑地農業振興会，東京

2．日本的有关旱田灌溉的试验研究的过程

2，1　试验研究的过程

旱田灌溉的试验研究的过程是如下．

（1）第1期（１９４５～１９６０年）

为了解决深刻的粮食不足，１９４５年内阁会议决定紧急开拓事业开始推进对未耕地的开垦和定居．这时把旱田灌溉加进于其土地改良事业中，以开始日本的旱田灌溉研究．首先采用的灌溉方法是畦灌．到１９５５年左右引进喷灌开始研究．１９６０年普及性试验结束后，提出了旱田灌溉栽培的按作物的标准栽培法．

（2）第2期（１９６１～１９７２年）

这时期开始向大规模旱田灌溉区通水，同时更加普及了中小规模的灌溉．很多试验研究场所活跃地实施了自基础到应用的多方面的试验研究．旱田的水利用不限于单纯的不足水分的补充而多方面地考虑这尝试，研究的初期就有，但以前没有具体的进展．这时期，随着旱田灌溉设施的固定化，考虑多方面地利用这些设施，开始研究利用于施肥除草等．

（3）第3期（１９７３年以后）

对普通作物和大田蔬菜的灌溉栽培法的研究，与第２期相比显著地减少，而倾斜于设施园艺和多年生作物方面．增加了多目的利用的试验研究，有了施肥，防病虫害，防霜冻害，防潮风害，防高温障碍以及搬运撒布家畜粪尿，淀粉废液等广泛的研究．也开始为耕地利用通用化的灌排水技术，利用暗渠的地下灌溉等的研究．

3．用水计划的程序

3，1　用水计划的概要

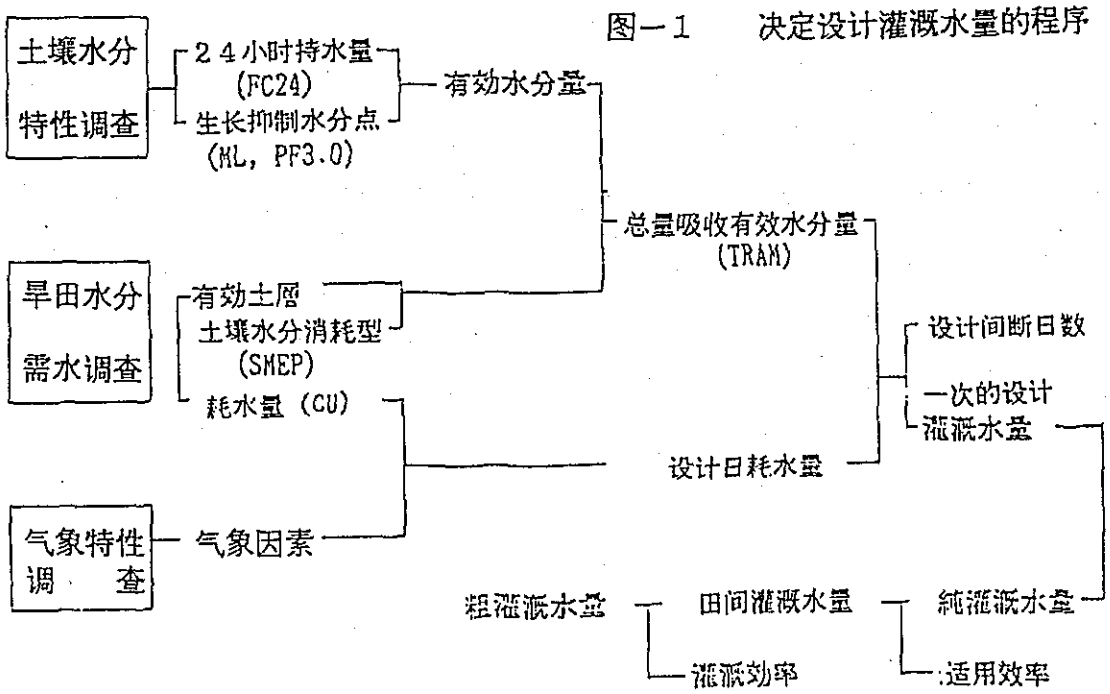
用水量计划是决定水源计划和灌溉设施容量的基础．原则上，用水量是根据作物需水量来决定．但是，为了提高水的有效利用，必须要考虑灌溉设施的多目的利用．由此，再来决定用水量．决定用水量的时候灌溉一定要满足田间的需要才行，决不该产生缺水现象．另一方面，用水量的多少直接反映到灌溉设施以及水源设施的成本上边，因此在考虑用水量之值时，不应过于偏高．

为了决定灌溉的容量，在不同时期的用水量当中，采用其最大值．可是，在制定用水计划时，需要考虑降雨的有效利用的问题．而制定水源计划时，则引用设计标准年的气象记录和不同时期的用水量，并根据以日为单位的水量平衡计算出不同时期所需要的水量．

3，2　补给水分的用水量

补给水分所需要的用水量，基本上就是设计日耗水量．现在的灌溉理论，是以充分发挥土壤保水能力为前提下树立起来的．也就是说，以土壤保水能力为依据，而决定的一次设计灌溉溉水量．如果，相当于日需水量的几日份时，则把一次设计灌溉水量按其日数间隔一下子灌溉下去，形成间断灌溉．为了进行间断灌溉，把所需要的基础参数的决定程序示于图－1．

图－1　　决定设计灌溉水量的程序



（1）蒸发蒸腾量

作物在田间所消耗的水量，其中包括，植物体在生长过程中体内所消耗的水量，从叶部蒸腾的水量及棵间蒸发的水量．这些水量的综合就是蒸发，蒸腾量（ＥＴ）．象作物群落那样具有某种程度的伸展形状的蒸发面为对象的蒸发蒸腾量的测定常使用：

①水量平衡法（土壤水分减重法，负压计法）

②微气象法（热量平衡法，空气动力学法，组合法，涡流相关法）等方法．

（2）耗水量与设计日耗水量

由于蒸发蒸腾的影响，有效土层中的水分不断减少．但是，当下层土壤中的水分通过毛管作用向有效土层补给的时候，有效土层中的耗水量（ＣＵ），并不和蒸腾量一致．所谓的旱田灌溉，就是为了保持作物的正常发育，把作物消耗掉的有效土层内的土壤水分加以补充的一种措施．因此，旱田灌溉计划当中所使用的不事蒸发蒸腾量，而是有效土层内的耗水量值．耗水量的测定最好是在现场进行，用土壤水分减重法来求得为好．而土壤水分的测定一般是采用采土烘干法，负压计法．

耗水量是随着作物的生育阶段，气象，土壤以及栽培管理上的不同而发生变化．即便是生育阶段几乎相同，而由于受每天的气象因素变化的影响也在发生变化．因此设计日耗水量时，不能只靠短期内的实测值，而是有必要进行如下的调整和研究．

① 采用生育阶段几乎相同时期的耗水量值的平均值．

② 实测的期间与设计标准年的气象因素进行比较之后，对平均耗水量值加以修正．

通过这些调整才能决定设计日耗水量，并从不同时期的设计日耗水量之中，选出最大值做为设计最大日耗水量．到目前为止，在制定旱田灌溉计划的过程中使用的设计日耗水量的一例示于表－３．

表－3　旱田灌溉的设计耗水量（平均值，mm／日）

作物＼月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
柑　桔	2	2	2	3	3	4	5	5	4	3	2	2
葡　萄	1	2	2	4	4	4	4	5	4	3	2	2
柿　子								5				
梅　子					3	4	4	3				
苹　果				3	4	5	6	6	5	3		
桃　子					3	3	4	4	3	3		
梨　子					5	5	5	5				
桑　树	2	2	3	3	3	4	5	5	4	3	2	2
茶　叶	2	2	2	3	3	4	4	4	3	3	2	2
烟　草			2	2	3	3	5	5				
蔬　菜	2	2	2	3	3	4	5	5	4	3	2	2
黄　瓜	3	3	4	4	4	5	5	5	4	4	5	4
稻饲料				5	5	6	8	8	6			
牧　草	2	2	3	3	4	5	6	6	5	3	3	2

伊藤光（1973）：畑地かんがいの計画日消费水量について．
水と土 12，pp.30～36

（3）土壤的水分常数

①２４小时持水量

田间持水量就是把过剩的重力水排出之后，水分的下移运动显著减弱时的土壤含水量．这个田间持水量在求算有效水分上是具有使用价值的，时间上也受到控制．就是说它是在不产生积滞水的排水良好的耕地上进行的大量灌溉或降雨之后，经过约２４小时的土壤含水量（２４小时持水量，ＦＣ２４），相当于ＰＦ１．５～２．０时的土壤含水量为多．这个田间持水量就成为土壤有效水分的上限值．

②生长抑制水分点

土壤水分减少时，作物根的吸水速度就要降低，这样就不能及时补给由蒸腾引起的水分消耗，作物开始凋萎．此时的土壤含水量就是暂时凋萎点．如果土壤水分在进一步减少时，根再也不能吸水，作物就完全凋萎了．此时的土壤含水量就是永久凋萎点．暂时凋萎点的ＰＦ被认为３．８，永久凋萎点ＰＦ被认为４，２．现将各种旱田作物的凋萎点及根圈土层的ＰＦ值示于表－４．

表－4　　各种旱田作物的萎蔫及根围土层下部的ＰＦ值

作物名		健全	一时萎蔫	永久萎蔫
禾本科	陆稻		3.7～4.0	3.8～4.5
	水稻		3.9～4.3	4.2～4.6
	粟子	4.2～4.6		
	稗子	3.9～4.1		
	玉米			4.1～4.5
	帚高粱		4.2～4.5	
	高粱	3.5～4.3		
	牛尾草	4.1～4.5		
豆科	落花生		4.2～4.7	
	苜蓿	3.5～4.1		
旋花科	甘薯		4.0～4.9	4.3～5.0
蓼科	荞麦	3.0～3.8		
十字花科	甘蓝白菜萝卜		3.4～4.0	
天南星科	芋头			3.7～4.2
桑科	桑树		4.0～4.2	

九州農業試驗場環境第２部土壤肥料第３研究室資料（1967）

为了作物的增产和质量的提高，不应把作物置于土壤极限含水量之中．低于暂时凋萎点的土壤水分张力时的水分含量，被定为生长抑制水分点．当土壤干燥之后，超过某一临界时，蒸发蒸腾量就急剧下降．现在已清楚地知道，在此临界时，根系层的约２分之１的土层的土壤含水量已达到了ＰＦ３．０左右．根据这一事实，把生长抑制水分点的含水量定为ＰＦ３左右．另外，２４小时持水量与生长抑制水分点之差，就是生长有效水分量，求算一次最大灌溉水量值时使用它．

③有效土层和关键土层

所谓有效土层就是土壤水分达到２４小时持水量之后，由于蒸发蒸腾或毛管补给而发生土壤水分消退所涉及的土层深度．而关键土层就是在有效土层内存在着一个层次．它对于土壤水分的消耗起到关键作用．因此这个土层的水分状况会直接影响到作物的发育与产量．这个关键土层的位置，可以从土壤剖面调查或根群的分布状况当中推测出来．另外，通过计算，可以从有效水分量与土层水分消耗型中求算出来的个层次的总量吸收有效水分量当中的最小值所在的位置，就是关键土层．

④土壤水分消耗型

有效土层内的土壤水分的消耗不是很均匀的．土壤水分消耗型（ＳＭＥＰ）就是把有效土层再分成若干个土层，然后把各层次的水分减少量用有效土层总水分减少量当中所占的比例表示出来的．如果，有效土层是由单一的土壤构成的，那么土壤水分消耗型大体上也是一定的．从有效土层的上部开始，其值为４０，３０，２０，１０％．但是，从很多测定得知，如果作物，土壤及生育期不同时，土壤水分消耗型显然也是不一样的．有表层消耗型，全层消耗型，下层消耗型等类．因此，有必要进行现场实测．

⑤总量吸收有效水分量

即使关键土层的有效水分被消耗，而达到生长抑制含水点，但在其他土层中仍残留着有效水分．在此时若进行灌溉时，可以把整个有效土层的土壤水分，经常保持在生长抑制水分点以上的状态．

当关键土层的有效水分被消耗之时，在整个有效土层内被消耗的水分量称之为总量吸收有效水分量（ＴＲＡＭ），以便与总量有效水分量加以区别．如上所述，总量吸收有效水分量是决定于土壤保水性能和土壤水分耗消型，而从理论上是成为一次设计灌溉水量的最大值．

$$TRAM=(FC-ML)\times D\times(1/CP)$$

此处

ＦＣ：２４小时持水量（容积％）　ＭＬ：生长抑制水分点（容积％）

Ｄ：关键土层的厚度（ｍｍ）　ＣＤ：关键土层的土壤水分消耗型的值（％）

⑥设计间断日数

设计间断日数是总量吸收有效水分量（TRAM）除以设计日耗水量（CU），并舍去小数点以下的数据求得的．这时候的设计间断日数，可以从峰值时的设计日耗水量求得．即使是峰值之外的期间，也不用改变间断日数，只是调节一次灌溉水量即可以适应．

3，3　用水量和灌溉设施的容量

灌溉设施的容量的大小，必须根据各个田间所需要的用水量，能否按事先规定的时间内，输送到田间来决定的．在纯灌溉水量上把表－5的效率考虑进去，就可以决定供水系统和末端灌溉系统的容量．

纯灌溉水量　＝1次设计灌溉水量

田间灌溉水量＝纯灌溉水量÷适用效率

粗灌溉水量　＝纯灌溉水量÷灌溉效率

另外，在包括多目的利用的情况下，对此目的的一次灌溉水量超过一次设计灌溉水量时，其值成为纯灌溉水量．田间灌溉水量就是在纯灌溉水量中把飞散，流失，深层渗透等的损失计算在内的灌溉水量．而粗灌溉水量就是在田间灌溉水量中把输送过程中的损失估计在内的灌水量．

表－5　灌溉效率等

区　分	适用效率	输送损失率	灌溉效率
喷　灌	80～90%	5～10%	70～85%
地表灌溉	70%	5～10%	60～65%

農林水産省構造改善局（1982）：土地改良事業計画設計基準（計画・畑地灌溉），p.42．農業土木学会，東京

4．灌溉方式的概要

4，1　灌溉方法

（1）关于选择灌溉方法的想法

有好多的灌溉方法，要从中选择出尽可能符合当地条件的方法是个原则．但是为了适应将来的变化，应当避免考虑固定于单一的灌溉方法．另外，在目前的条件下，如果多目的的利用的比重大时，除了主方法之外，还应当考虑并用其他方式或研究制定一些灵活性较强的计划．

选择灌溉方法时，必须考虑的基本事项中包括有：水利用的目的，地形，土壤等自然条件，田间的集体化程度，农作物的种类，经营类型等的经营管理条件等．对各种条件应尽量具备适应性的同时，对于经济性，耐久性，操作性等方面也有必要去考虑．另外，对于操作管理上的简便化以及电费等的运行成本的低廉化等方面也开始关注起来了．

（2）灌溉方法的分类

在很多灌溉方法当中，就大家所熟悉的方法，概要的叙述一下．这些灌溉方法与水利用目的的关系极为密切．而且在设施费和维修管理费方面有很大的伸缩余地．在日本的土地改良事业上，喷灌方法广为利用．但是，如果使用条件符合时，也应该考虑选用其他的灌溉方法．

①喷灌

高压水通过喷嘴喷射出来，呈雨滴状或喷雾状的水喷洒到植物体的方法．通过圆形的喷洒区的重叠方法，可以保证喷洒的均匀性．如果改变喷灌机的机型，使用水压，立管高度，就有可能适应于不同的水利用目的和各种作物品种的需要了．另外，喷灌方法不受地形和土壤种类的限制．

②多孔管灌溉

使用铝制或塑料制的带孔管子，让压力水顺着管子带状喷洒的方法．适用水压要比喷灌低，而且喷洒距离也短．有时也适用带孔的软管．

③滴灌

一般是在田间上布置的滴下管上边，按一定的间隔装上滴头，或者是在滴下管上边穿上具有特殊构造的滴下孔，把他们布置在作物的根部等限定的位置上，把水滴缓慢地供给作物的方法．适用水压要比喷灌所用的水压低得多．

④沟灌

从垄沟的上端把水放入，通过垄沟向下流动，在流动的过程中，以渗透方式补给作物水分的灌溉方法．从垄沟上端到达下端需要一端时间，因此沿着垄沟产生的入渗深度的不均匀性是不可避免的．此法在适用上受地形与土壤的限制．

⑤畦灌

把平坦的田间划呈带状小区，然后从区划的上游段放水，使其形成薄层流，均匀地覆盖在田面上，使其渗透的方法．此种方法适用于撒播密生的作物的灌溉．但需要平整土地．

⑥等高线沟慢灌

坡降为１／１００～１／２００的陡坡田间，可把沿等高线布置的支渠堵住，让水溢流，向倾斜下方流下，使水渗透的方法．另外，在缓坡的田间，则把与等高线垂直方向的支渠堵住，让水溢流，溢流水的扩散是不定形的，而是适用效率低．

⑦水盘灌溉

在田埂围成的小区里灌水渗透的方法．有时采用把整个田间用田埂围上的方法，也有例如只是部分地围住果树的周围等方法．

⑧地下灌溉

在田间内或其周围设置无支撑开挖的渠道或利用田间的暗渠，使地下水位上升，然后靠毛管作用把水分供给根群的方法．为了控制深层渗透损失，在中层以下最好有难渗透性土层．

（3）灌溉方法的适用条件及其范围

各种灌溉方法的适用条件及其适用范围，大体上如表－6所示．在这个适用范围之外时，水的损失增多，适用效率也低．另外，还存在着土壤流失的危险性．

表－6　各种灌溉方法的适用范围

灌溉方法	田间的倾斜	土壤和基准入渗率	对作物的适应性，其他
喷灌	差不多不受限制	差不多所有的土壤 Ib＞5mm/hr	适于所有的作物和果树．但是部分绿叶菜类瓜类茄果类有时多发生病害．在基准入渗率5mm／hr以下时出现泥浆而移动式的适用有时困难．
多孔管灌溉	差不多不受限制	极端的粘质土以外的所有的土壤 Ib＞15mm/hr	适用作物与喷灌法一样．洒水强度大而洒水分布形成长方形，为此重叠洒水域的必要性少．
滴灌	差不多不受限制	所有的土壤	对所有的作物可以适用．由于喷咀孔很细，灰尘堵塞孔的危险性大，为此需要采取除尘措施．
沟灌	5％以下 等高线沟灌法为27％以下	粘质土，透水性小的壤质土 Ib＜75mm/hr	能适用于条作作物和果树．但是，透水性大的土壤适用效益低而不实用
畦灌	5％以下	粘质土，透水性小的壤质土 Ib＜75mm/hr	适于牧草那样的撒播密生作物．必要均匀的地形倾斜度，与流向直角的均匀平面和大流量．
等高线沟慢灌	14～50％	没有限制	能适用于牧草那样的密生作物．但是，适用效率非常低．要是不考虑灌溉效率的话，在复杂的地形上也可以实施．
水盘灌溉	0．2％	粘质土 Ib＜75mm/hr	能适用于果树或利用原来的水稻田的牧草地等．适合平坦地，低透水性土壤．

4，2　有关灌溉方法选定的条件

（1）为了选定灌溉方法需要考虑的事项

在选定灌溉方法时，对各个方法的特征要有充分的认识．在此基础上，还必须考虑当地的如下几方面的条件；

①地形　　条件：倾斜度，区划的形状等

②土壤　　条件：入渗性，保水性等

③农业经济条件：主要是灌溉的对象作物

④经济　　条件：平整土地费，设备费等

①和②是自然条件，属于固定的东西，并以数据资料的掌握方法为基础的灌溉方法的决定手法大体上确定起来了．但是③和④可由于农户的条件，或者是随着时代的不同会发生很大的变化．因此考虑到这些条件的灌溉方法的决定手法，尚未完全确立起来．下边来叙述一下①和②与灌溉方法之间的关系．

（2）地形条件与灌溉方法

由于地形，坡降使地面灌溉的适用性受到限制．一般如果不是平坦的田面，地面灌溉的效率就要降低，而且会增加土壤侵蚀的危险性．不得已在倾斜田间上进行地面灌溉时，考虑的是等高线沟慢灌方法。为了适应这种方法，首先必须要改变区划的形状，并调整地埂，畦的方向．

到目前位为止，对有倾斜的田间．一直在采用喷灌方法．但是，如果选择喷嘴和设计间隔不适当时，在局部地面受到强烈的喷洒作用，有时可能产生地表径流和土壤流失．滴灌对倾斜田间的适用性高．滴灌是低流量的，只要调整好流量即可防止土壤流失的发生．

（3）土壤条件与灌溉方法

喷灌可以通过对喷嘴的适当选择及适当的配置间隔的设计，使它能适应于对象土壤的入渗性．滴灌也是一样，因为是用低流量进行局部性的灌溉，所以即使是对入渗性低的土壤，也不会引起地表径流，照样把水供应下去．

把水放入入渗性高的土壤时，水从田间的上游段到达下游段的时间就拉长．其结果是上游段和下游段的入渗水深上产生较大的差异，适用效率降低了．但是为了缩短到达下游

段的时间，若是放大流量，就会引起土壤流失．根据土壤入渗性，地面灌溉的适应性受到限制．土壤的入渗性可用基准入渗率值来表示．

（4）土地利用形式与灌溉方法

选择灌溉方法，与田间的规模和分散程度等的田间条件，机械化和劳力等的作业条件，作物种类等条件有密切关系．现将适用于不同作物的灌溉方法示于表－7，并就选定灌溉方法，按不同的土地利用形式概要叙述如下：

表－7　　按作物的灌溉方式

土壤入渗性	果　樹	蔬菜	普通作物	饲料作物	设施园艺
大（Ib ＞ 150）	S.D	S.D	S	S	D.G
中（Ib=70～100）	S.D	S.D.F	S.F	S.B.C	D.G.F
小（Ib ＜ 75）	S.D	S.D.F	S.F	S.B.C	D.F

Ｉｂ：基准入渗率（ｍｍ／ｈｒ）　Ｓ：喷灌　Ｄ：滴灌
Ｆ：沟灌　Ｂ：畦灌　Ｃ：等高线沟慢灌　Ｇ：地下灌溉

①普通旱田等

如草地，饲料地，一般旱田灌溉等属于土地利用型旱田地带的田间区划的地块大，而且只限于数种作物之间进行轮作栽培，经营面积也大，因此，省劳力的灌溉方法受到重视．但是，由于使用大型农业机械，在田间无法布置管道．在这种条件下适用的灌溉方法是使用人力移动式大型喷灌机，或是自走式喷灌机的喷灌方法．入渗性较低的倾斜草地，可以考虑适用等高线沟慢灌的灌溉方法．

②树园地

树园地一般分布于倾斜地上，而且有效土层多为浅薄，因此需要有一个喷洒量小的灌溉方法．另外，这样的地区因为对于多利用目的以及在节省灌溉作业的劳力方面很重

视，因此喷灌成为这地区的主体．但是，对于阶梯式树园地或者对于成行的果树园有时采用多孔软管灌或滴溉方法．喷灌机可安装在树上或树下．多目的利用时可以安装在树上，但补充灌溉时可采用树下灌溉的方法．

喷灌机喷洒药剂时，必须要使药液飞洒到作物群落的内部，并使药剂粘付在叶的背面．能适用于这种目的的机种的选择及其布设间隔的设计是很重要的．另外，为了利用喷灌机防霜冻而进行的机种的选择及使用方法，已达到实用化的阶段了．

③设施园艺

设施园艺用的大棚内的灌溉方法，有如下几种；(1)喷雾法：灌溉的同时，提高室内湿度的方法，适用于扦插栽培．(2)小喷嘴法：把微细的水滴向水平喷射的方法．这方法分为以下两个方法，一是向作物的上方喷射（观赏植物，蔬菜育苗），二是向作物根部方向喷射（花卉等）．(3)点滴法：在作物的根部等限定的部位上缓慢地供给水滴的方法．它不会提高室内的湿度．适于地膜下面及地下灌溉．(4)地下灌溉法：深度在１０ｃｍ以内的浅土层内埋设多孔管，把水直接浸出到根群区的方法．这种方法不会提高室内湿度，在地膜覆盖栽培中也不受任何干扰可进行灌溉．

在设施园艺用的大棚中，所使用的灌溉用具的特征及其适用性示于表－８．但这些器具的口径都很小，因此很容易引起堵塞，所以除尘器的安装是不可少的．

表－８　用于设施园艺的灌溉器具的特征和适用性

灌溉器具	对象作物	适用水压 (m)	洒水直径 (m)	特征等
洒水法				
小喷嘴	观赏植物，苗床	5～30	0.6～3.0	头上灌溉室内
喷　雾	扦插育苗	20～50	1～4	湿度调节
有孔管	条播的蔬菜	1～15	0.6～1.0	灌溉不均匀
点滴法				
有孔双层管	条播的蔬菜	3～15	0.3～0.4	地下灌溉也可以
滴　头	条播的蔬菜	5～20	－	向根部灌溉
微细软管	盆栽植物	2～10	－	向根部灌溉

畑地灌漑検討会編（1985）：畑地灌漑の手引き，p.96、畑地農業振興会，東京

④转换旱田

转换于旱田的田地存在着将来又改造为水稻田使用的可能性，因此应避免埋设象固定式喷灌设备那样的永久性设施，或者对用水系统进行大规模的修正．除了沟灌等地面灌溉以外，还可以考虑地面固定式喷灌机，人力移动式喷灌机，人力移动式大型喷灌机，自走式喷灌机等的设备在转换旱田上适用．

具有暗渠排水设施的水稻田做为转换旱田使用时，选定地下灌溉方法也值得考虑．这个方法有两种．一为抬高排水渠的水位，使水从水闸向暗渠内倒流的方法．其二是，灌溉渠与吸水暗渠的上游端相接，使水向暗渠内流入的方法．但是要把水分通过毛管上升作用输送到根群区，则是需要相当长的时间．

（5）经济条件与灌溉方法

所谓的经济条件指是为引进灌溉方法所花费的整地费，水利费，设施的维修管理费等而言．而且不能用政府的补助金来取得末端设施器材时，把这批费用也要加进去．要把不同灌溉方法的费用及收益进行比较之后，以选定经济效益高的方法为原则．经济效果当中包括金钱性问题，也包括用金钱无法估计的一些问题，总之是相当复杂的．

5．旱田灌溉的节水方法

5，1　局部灌溉

把作物需要的水量，不多不少地按需要的时间，输送到根系层内，这就是高效率的灌溉．滴灌是典型的局部灌溉的方法．它基本上能满足这个要求．这是在田间的某一个限定的位置上，以近似大气压的状态，少量不断供给水的方法．其供给速度为每小时数公升，或每秒数毫升左右．在这样的供给速度下是不会产生地表径流的．水会在土壤中的限定范围之内，向垂直和水平方向移动．水的缓慢的供给是靠称之为滴头的特殊器具控制的．滴头是在近似大气压的水压下，按照少量不断供给的要求而设计的．这种灌溉方法的湿润区一般占田间面积的１０～５０％．滴灌的节水长处有如下几个方面；

① 因为是小流量供给水，所以改良土壤的透水性．透水性再差的土壤也能使用．

② 因为是局部灌溉，所以能节水．其原因是，因为湿润面积有限，所以土壤蒸发受到抑制．另外，使非湿润区的降雨有效化，又能抑制深层渗透损失等．对果树的幼

苗，这种方法效果尤为显著.

③ 没有象灌溉水那样的空中飞溅和飞溅中的蒸发损失.

④ 适用效率高.

因为滴灌是局部灌溉，所以通过抑制湿润区以外土壤蒸发来提高节水效果. 这就是滴灌的消耗水量比起其他灌溉方法的消耗值来小的缘故. 实际，克来尔（Keller）及卡梅里（Karmeli）正在使用太阳在果树上方时形成的树冠投影面积与田间面积的比例，为把以前的灌溉方法所求得的果树消耗水量换算成为滴灌的消耗水量，提出了如下的式子.

$ET_d = ET_c \times$（最小＝P～最大＝1．0）

此式中　ET_d ：滴灌的消耗水量（mm／日）

ET_c ：以前的灌溉的消耗水量（mm／日）

P　：田间面积中树冠投影所占的比例（%）

对此，希勒（Hillel）汇总了以前研究成果，得出一个结论. 他认为，如果单位面积上获得最大产量为灌溉目的时，滴灌的消耗水量与其他灌溉方法的消耗水量之间没有多大差别.

5，2　提高适用效率

灌入田间的水量中的某一部分留在根系层内，被作物有效地利用，而其他部分则渗透到深层或从田间面上流失成了无效水. 因此，需要输送到田间的水量是有效部分和无效部分的总和量. 这就是粗灌溉水量或叫田间灌溉水量.

适用效率的概念就是表示在灌溉的水量中，存留在根系层内被作物有效利用的水量比例. 以前的灌溉计划是在灌溉之前，本着充分满足根系层的需水要求为前提制定的. 因此制定用水计划时，必须要使田间的入渗深度的最小值，又要吻合必要灌溉水深才行. 其结果是，除最小入渗水深之外的水深均超出了必要灌溉水深，所超过的入渗水深就成为无效水深了. 田间的灌溉水深或入渗水深的均匀性与适用效率有密切的关系.

如下式那样，把纯灌溉水深（必要灌溉水深）用适用效率除即得粗灌溉水深；

$d' = d / E_a$

式中　d'：粗灌溉水深（mm）　　d　：纯灌溉水深（mm）

E_a：适用效率（%）

如表－９所示．粗灌溉水深受适用效率的影响较大．采用适用效率高的灌溉方法是节水的前提条件．

滴灌和喷灌适用效率的实测值示于表－１０．滴灌的特征之一是与其它的灌溉方法相比，能很简单地取得相当高的适用效率．滴灌在节水方面的优点，是与这个方法的高适用效率有关．另外，在土地改良事业计划设计标准中规定，喷灌的适用效率为８０－９０％，而地面灌溉适用效率为７０％．

表－９　适用效率及粗灌溉水深

适用效率	纯灌溉水深	粗灌溉水深
0.95	1.0	1.05
0.90	1.0	1.11
0.85	1.0	1.18
0.80	1.0	1.25
0.75	1.0	1.33
0.70	1.0	1.43
0.65	1.0	1.54
0.60	1.0	1.67
0.55	1.0	1.82
0.50	1.0	2.00

表－１０　滴灌及喷灌的适用效率

作物 定植日	灌溉期间	試験区	灌溉日数 水　益	渗透 排水量	蒸发 蒸腾量	适用效率	产量 (果实重)
				mm/day	mm/day	%	
黄瓜 1972.7.12	7.17～9.10 56日間	洒水区	３日30mm	1.4	8.6	86	1617 (100)
		点滴区	每日10mm	0.5	9.5	95	2353 (146)
西红柿 1973.5.1	5.17～7.21 66日間	洒水区	３日21mm	1.1	5.9	85	2927 (100)
		点滴区	每日 7mm	0	7.0	99	3827 (131)
		洒水区	３日12mm	0.1	3.9	97	1735 (59)
		点滴区	每日 4mm	0	4.0	100	1787 (61)
温室栽培的白兰瓜 1974.4.15	4.22～6.20 81日間	洒水区	３日30mm	8.8	6.2	65	1065 (100)
		点滴区	每日10mm	8.2	6.8	68	1245 (117)
		洒水区	３日45mm	8.6	6.4	42	1145 (108)
		点滴区	每日15mm	7.0	7.2	48	1228 (115)
		点滴区	每日6.3mm	0.6	5.7	90	1205 (113)

山本太平（1977）：砂丘地におけるトリクル灌漑の实用化に関する基礎的研究，p.50.
鳥取大学農学部砂丘利用研究施設（水文・灌漑部門）

5，3　以降雨的有效利用来减少补给水量

（1）间断灌溉的效果及存在的问题

间断灌溉就是在不超出每天向受益地供给的水量的情况下，合理地减少田间灌溉次数的方法．间断灌溉是最大程度地利用土壤的水分保持能力的方法．总量吸收有效水分量（ＴＲＡＭ）除以日消耗水量所得的值，就是设计间断日数．

受益地的各个田块到了事先按每个田块规定的灌溉日时，把其他田块的灌溉权接收过来，灌进能维持设计间断日数期间的水量（与ＴＲＡＭ相应的水量）．然后轮到下一次灌溉日期间，把灌溉的权利转让给其他田块．假如作物的日消耗水量为一定时，ＴＲＡＭ愈大，则设计间断日数愈可拉长．因此各个田块的灌溉次数就大幅度地减少．

设计间断日数愈长则根据间断灌溉预期想得到的减轻灌溉作业和控制无效灌溉的效果就愈大，可是为保证这些效果，就需要有个从上游段直到末端的各个田间的大容量的受益地的灌溉组织系统．

可是，间断灌溉的想法是在干燥地区确立起来的，其最大的目的是如上所述那样，在于减轻灌溉作业和控制无效灌溉．但是在这个想法中，却缺乏最大限度地有效利用降雨的观点．位于湿润区域的日本的旱田灌溉应该最大限度地有效利用降雨．而且应该制定这样的灌溉制度才是．

（2）通过改变水分管理，来实现降雨有效化的可能性．

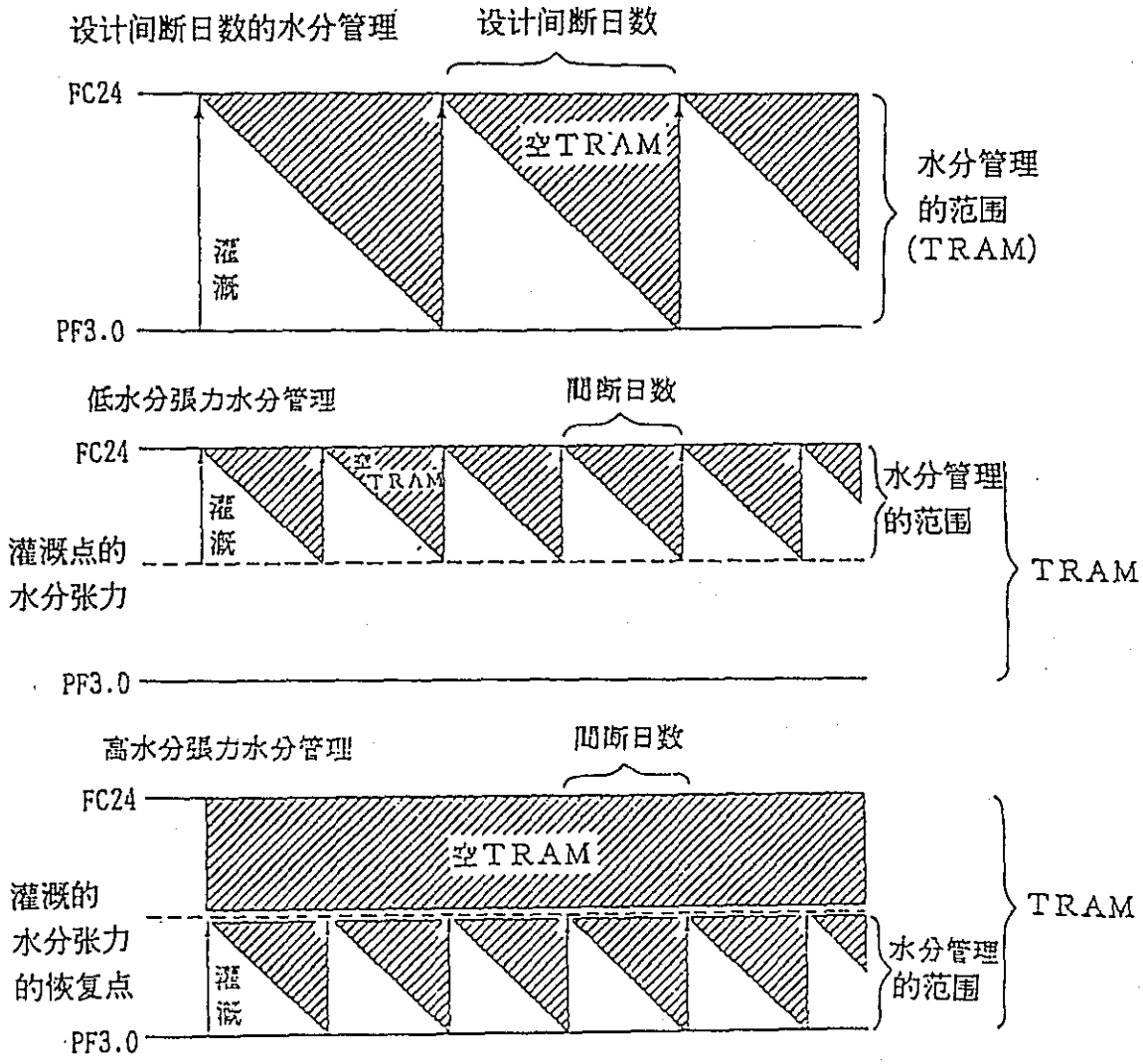
现行的以间断灌溉为主体的土壤水分管理，是建立在当关键土层中的有效水分被消耗到水分张力达ＰＦ３．０时，通过灌溉把根系层内被消耗掉的水分（相当于ＴＲＡＭ的水量）一下子恢复到田间持水量的想法之上．按模式表示如图－２的上端．

要把间断日数缩短到比设计间断日数短的方法有两种；其一为图－５的中段所示的低水分张力水分管理．其二为下段所示的高水分张力水分管理．低水分张力水分管理是比设计标准规定的ＰＦ３．０要低的水分张力下对灌溉是否作出判断，而使用于在塑料大棚里的喜水作物的栽培上．高水分张力水分管理是当ＰＦ达到３．０时进行灌溉，但是通过灌溉后恢复到的水分状态，要保留在比田间持水量干燥的状态．

如图－５所示，由于水分管理方法的不同，土壤的空ＴＲＡＭ状态是有差异的．高水分张力水分管理，比起其他两个方法来，经常是土壤的空ＴＲＡＭ值大．如果缩短间

断日数，并通过灌溉使水分张力的恢复点接近到ＰＦ３．０时，则土壤的空ＴＲＡＭ值就更大了．与此相对的低水分张力水分管理，比起其他两个方法来，经常是土壤的空ＴＲＡＭ值小．如果缩短间断日数，并通过灌溉使水分张力的恢复点接近ＰＣ２４时，则土壤的空ＴＲＡＭ值就更小了．

如上所述，随着水分管理方法的不同，土壤的空ＴＲＡＭ状态也有差异，为了把降雨最大限度地有效利用，经常要保持大的土壤空ＴＲＡＭ值才可．椎名（人名）的《表层灌溉的设计理论》或竹中和驹村（俩是人名）的《考虑节水的一次灌溉水量》当中，为降雨的有效利用，他们也都提出要把土壤的空ＴＲＡＭ值事先放大的观点．



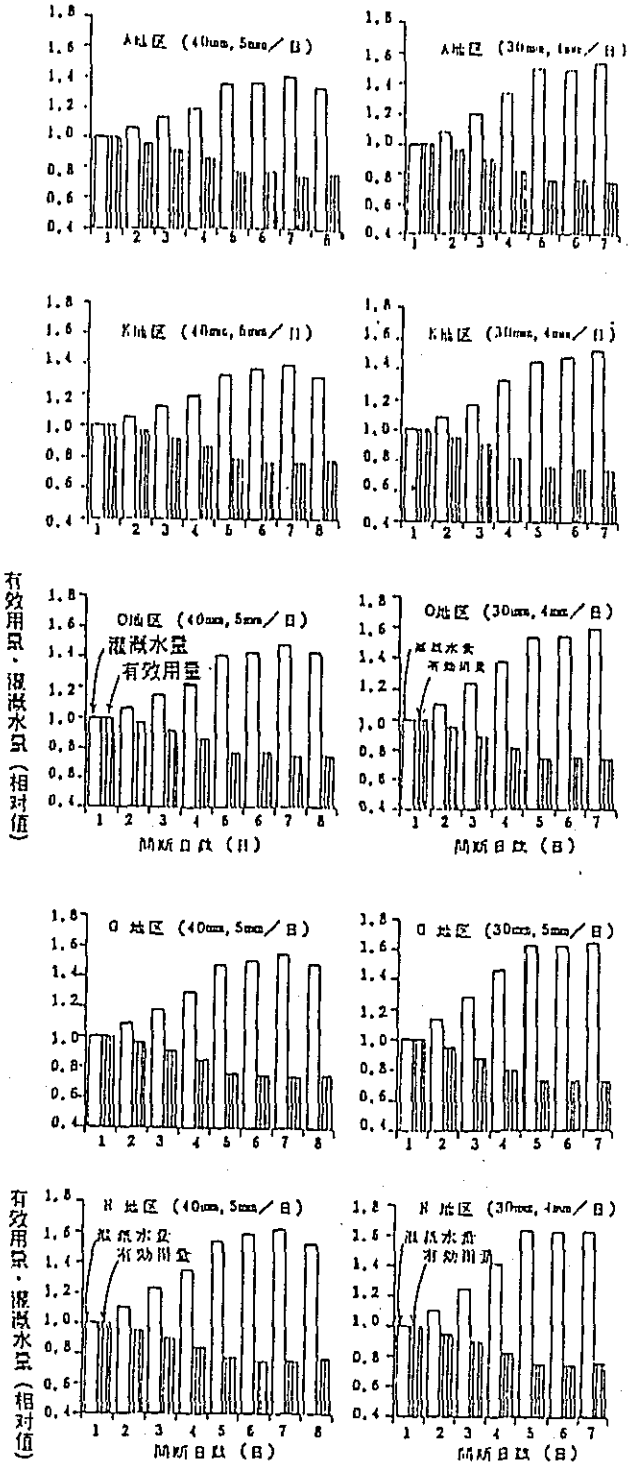
图－２　　土壤水分的管理及空ＴＲＡＭ的状态

（3）间断日数与有效雨量・灌溉水量

间断日数的长短与有效雨量・灌溉数量的关系如图－3所示．在此处是以间断日数为一日（每日灌溉）时的有效雨量和灌溉水量为标准来表示了间断日数和有效雨量・灌溉水量的关系．象已经叙述过的那样，从高水分张力水分管理上看，缩短间断日数，通过灌溉使水分张力的恢复点接近ＰＦ３．０，接近的程度愈近，则愈保持大的土壤空ＴＲＡＭ值．即对每日灌溉（间断日数一日）是否进行判断时，只是在当时的有效水分的残留量不能维持当日的作物需水量的情况下，若是灌入作物的一日的消耗水量，就能够增加有效雨量而减少灌溉水量．

根据这个计算事例，当拉长间断日数，并通过灌溉使水分张力的恢复点接近ＦＣ２４，愈是接近，则有效雨量就愈在减少，其最小值为每日灌溉的０．７倍左右．因为灌溉水量与有效水量之间是个逆的关系．所以随着间断日数的拉长，灌溉水量在增加，其最大值为每日灌溉的１．６倍左右．

这样，从降雨的有效利用和节约灌溉水的观点来看，就可明显地看出，在用水计划或灌溉是否的判断上，用ＴＲＡＭ值除以日消耗水量得出的计划间断日数是很不利的．



图—3　间断日数，长短，有效雨量及灌溉水量之间的关系

参考文献

1) 安藤隆夫（1984）：畑地灌漑研究の経過．畑地と水，pp.5～12，畑地農業振興会，東京
2) 安養寺久男（1982）：単体スプリンクラーの散水パターンと合成された散水深の均等性．農業土木学会誌，50(8)，pp.17～21
3) 安養寺久男・河野広・小菅孝利（1983）：自走式スプリンクラーの散水深の均等性．農業土木学会誌，51(12)，pp.23～28
4) 安養寺久男（1987）：畑地灌漑計画の間断日数に関する一考察．農業土木学会誌，55(4)，pp.39～44
5) 安養寺久男（1987）：畑地灌漑計画における有効雨量の問題点．農業土木学会誌，52(2)，pp.27～34
6) 安養寺久男・長智男・黒田正治（1987）：点滴灌漑の末端組織計画の手順．農業土木学会誌，55(12)，pp.29～33
7) 安養寺久男・長智男・黒田正治（1987）：点滴灌漑のエミッターの流量分布と用水の利用効率の相互関係．農業土木学論文集，127，pp.11～16
8) 安養寺久男（1990）：畦間灌漑の最適設計方法．農業土木学会誌，58(10)，pp.49～52
9) Finkel,H.J.（1982）：CRC Handbook of irrigation Technology(vol.1)，pp.247～298．CRC Press Inc.，Florida
10) 畑地と水編集委員会編（1984）：畑地と水．畑地農業振興会，東京
11) 畑地かんがい検討会編（1985）：畑地かんがいの手引き．畑地農業振興会，東京
12) Hillel,D.(ed.)（1982）：Advances in irrigation(vol.1)，pp.219～299．Academic Press，New York
13) Israelsen,O.W.（1952）：Irrigation principles and practices (2nd ed.)．John Wiley & Sons Inc.，New York
14) Jensen, M.e.(ed.)（1981）：Design and Operation of farm irrigation systems．American Society of Agricultural Engineers，Michigan
15) Keller,J. and D.Karmeli（1975）：Trickle irrigation design(1st ed.)，pp.133．Rain Bird Sprinkler Manufacturing Corporation，California

16) 農林水産省構造改善局（1982）：土地改良事業計画設計基準（計画・畑地灌漑）．農業土木学会，東京
17) 椎名乾治（1964）：表層カンガイの設計理論とその応用例．農業土木研究，32(6)，pp.7～13
18) 竹中繁・駒村正治（1984）：節水を考慮した1回の灌漑水量について．農業土木学会論文集，111，pp.25～33
19) 龍野得三（1980）：わが国における畑地灌漑の発展過程と今後．第10回畑地灌漑研究会資料，pp.1～4
20) 山本太平（1977）：砂丘地におけるトリクル灌漑の実用化に関する基礎的研究．鳥取大学農学部砂丘利用研究施設（水文・灌漑部門）

中国节水灌溉技术研修会

Ⅱ　日本的水管理系统

１９９１年３月４日

日　本　农　林　水　产　省
构造改善局建设部设计课
农业土木专门官　市野　吉造

目　　录

1．水管理系统・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 204
1，1　水管理系统・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 204
1，2　水管理系统的目的・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 205
2．水管理控制设施的计划・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 205
2，1　计划・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 205
2，2　计划的程序・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 206
2，3　水管理控制设施的构成・・・・・・・・・・・・・・・・ 207
3．水管理控制设施的设计・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 209
3，1　设计的基本・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 209
3，2　控制方式・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 212
3，3　计测方式・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 214
3，4　显示和记录方式・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 215
3，5　传送方式・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 219
3，6　装置之间的连接・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 221
3，7　设置条件・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 222
4．管理水平・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 223
4，1　管理水平的分类・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 223
4，2　管理水平的选定・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 226
5．水管理控制的各装置・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 226
5，1　计测装置・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 227
5，2　输入输出中继装置・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 227
5，3　遥测遥控装置・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 227
5，4　信息处理装置・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 227
5，5　显示・记录装置・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 228
5，6　操作台・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 228
5，7　附属装置・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 229
6．实施例・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 230
6，1　从水库用渠道来导水，灌溉的地区・・・・・・・・・ 230
6，2　从水库通过渠道和泵站灌溉的地区・・・・・・・・・ 232
6，3　泵站的灌溉区・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 234

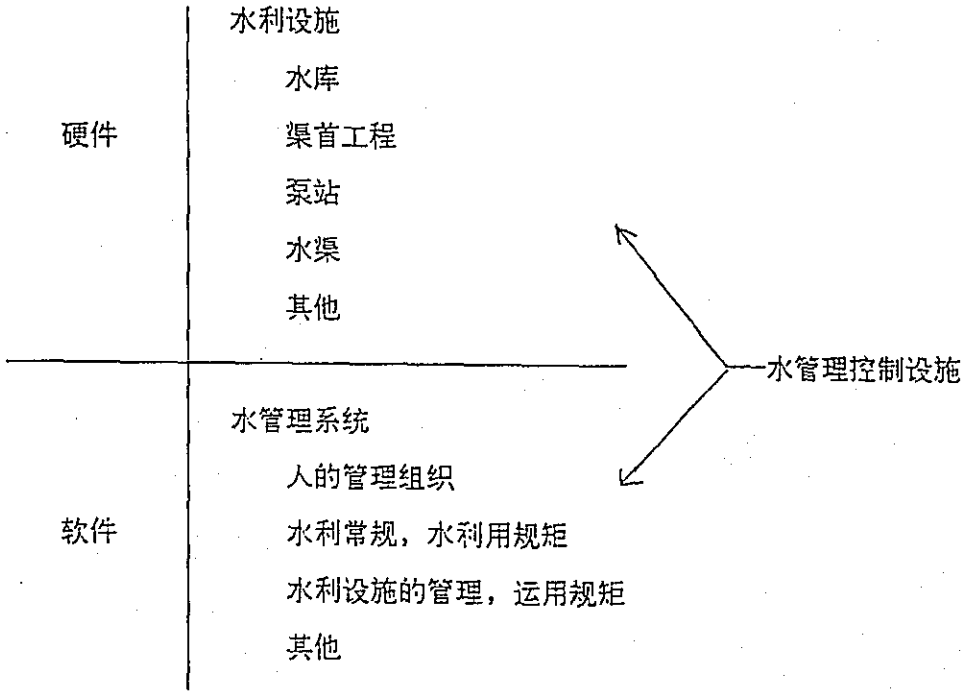
1，水管理系统

1，1　水管理系统

农业的水管理系统是按照统一的方针有系统地管理运用同一个灌排水系地区的水库，渠首工程，泵站等的各座水利设施，以实现有效的水利用.

总之，要是把水库，渠首工程，泵站等水利设施说成硬件的话，水管理系统可以说成人的管理组织基于水利常规和水利用规矩管理和运行这些水利设施的软件.

如今，水利管理系统引进先进的电气通信技术，已经开始实施设置由一个地方或特定的地方集中管理（监视·控制）各座水利设施的设施（水管理控制设施）这样办法来进行管理和运行.



1，2　水管理系统的目的

（1）水的有效利用　　取确实必要量的水，确保必要的蓄水量，规定水源利用顺序

（2）水的合理分配　　保持使用比率，应付季节性需用量变动，应付地域性需用量变动

（3）保护设施和防止灾害　　早期发现和修理设施・机器等的毛病

（4）减少管理费　　减少动力费，管理劳务费

（5）其　他　　迅速连络・通知等

水管理系统基于以上的目的，做为有效组合人和机器类的有灵活性的系统，既要经济也要反映水的利用者和管理者的意向，也要最适合于其地区的特性.

2，水管理控制设施的计划

2，1　计划

水管理控制设施是结合复数的设施做为一个系统来起作用，为此不但个别的控制要可靠，而且整个控制也要可靠．提高控制的可靠性在与土木建筑，电气等各项技术的协同才能实现，因此要与这些领域协同开发.

在制定水管理控制设施计划时要考虑以下的条件.

（1）要构造简单，动作的信赖性高.

（2）要控制简单，无误操作.

（3）要部分故障不显著地影响全体控制.

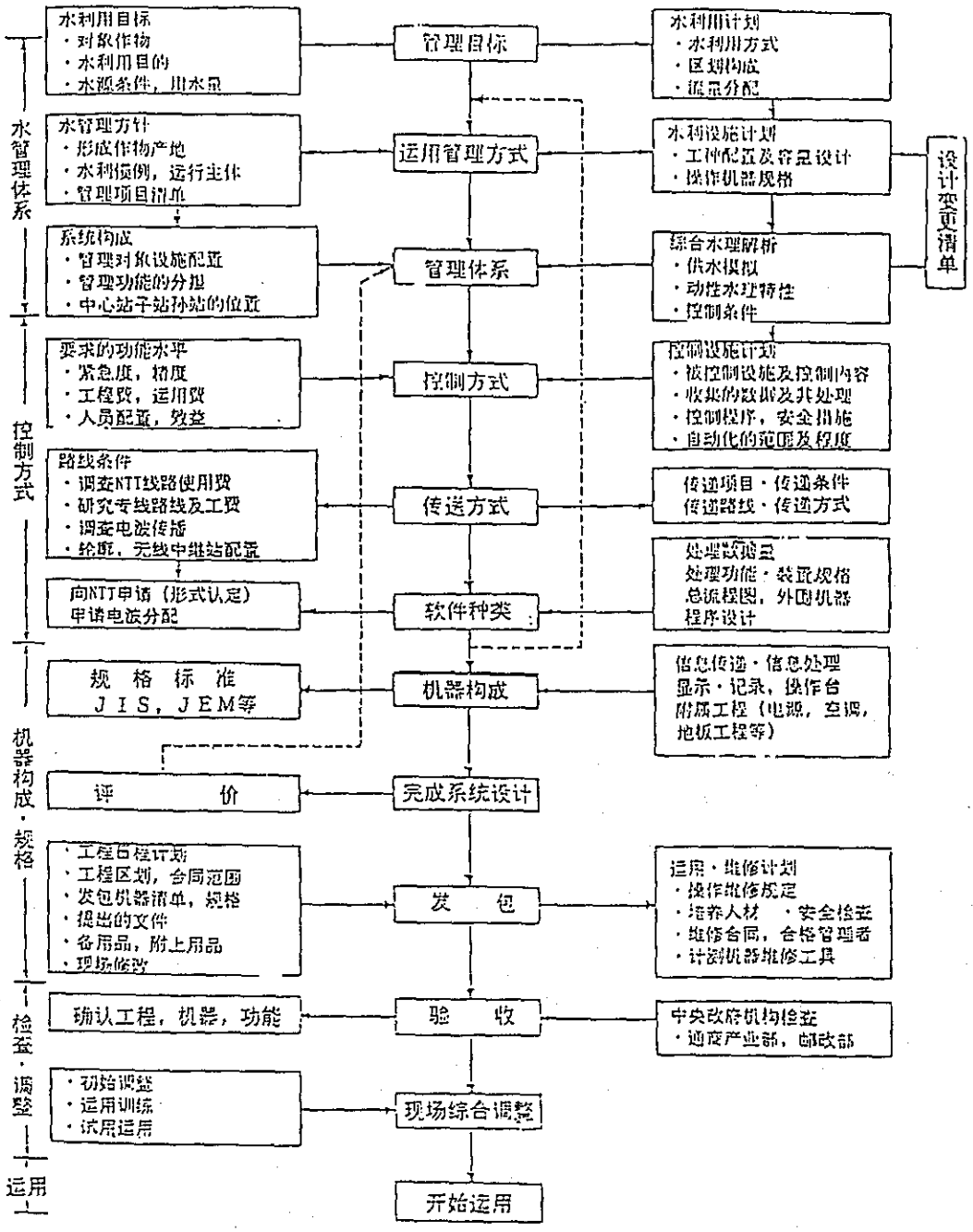
（4）要十分耐用设置环境

（5）要容易维修管理，管理费低廉.

（6）要能应付控制内容等的轻度变更的设施.

2，2　计划的程序

策定水管理系统后，根据这个，制定水管理控制设施的计划．图一1是到开始运用为止的计划程序的一例．



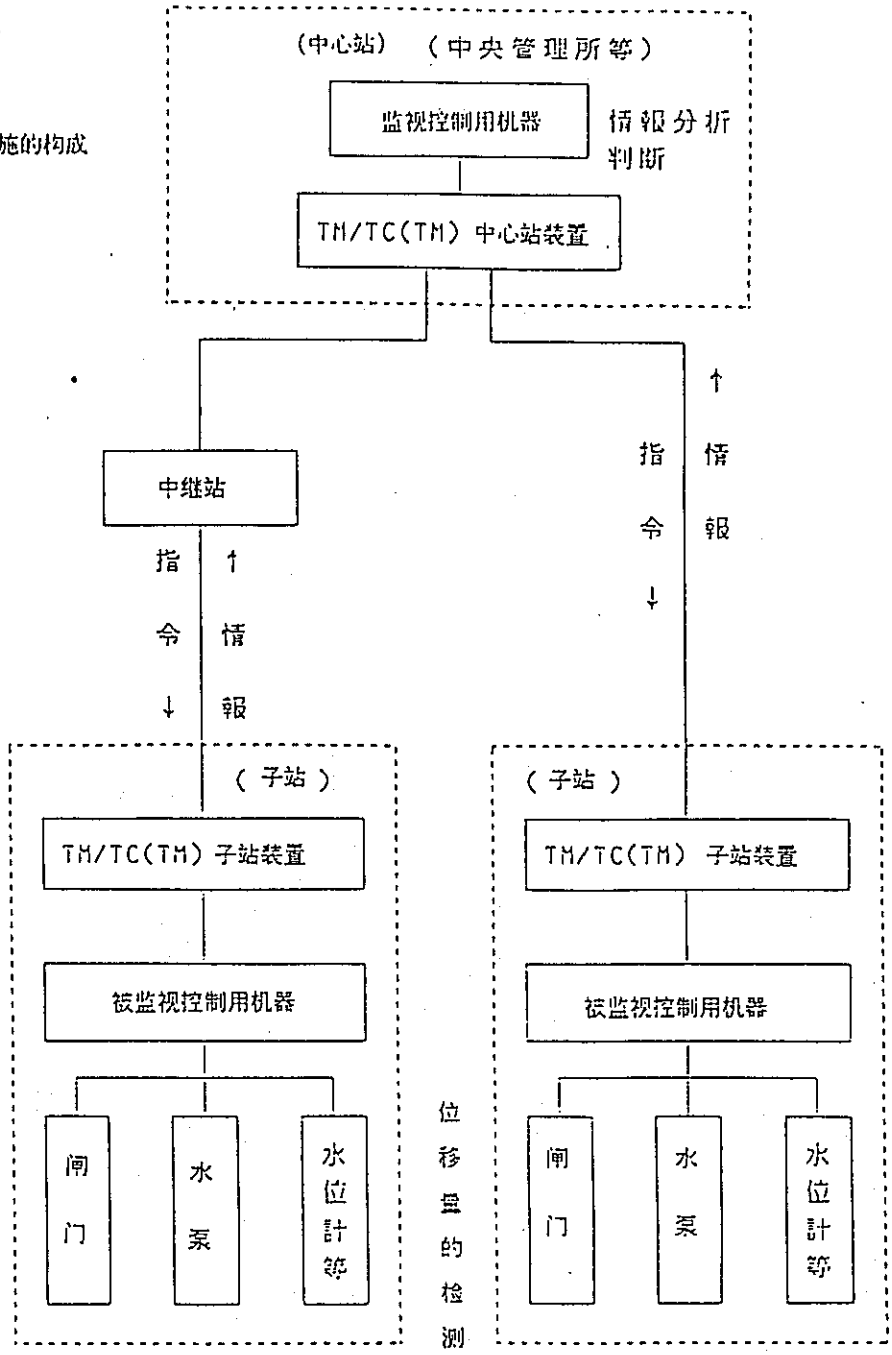
图一1　　计划程序的例子

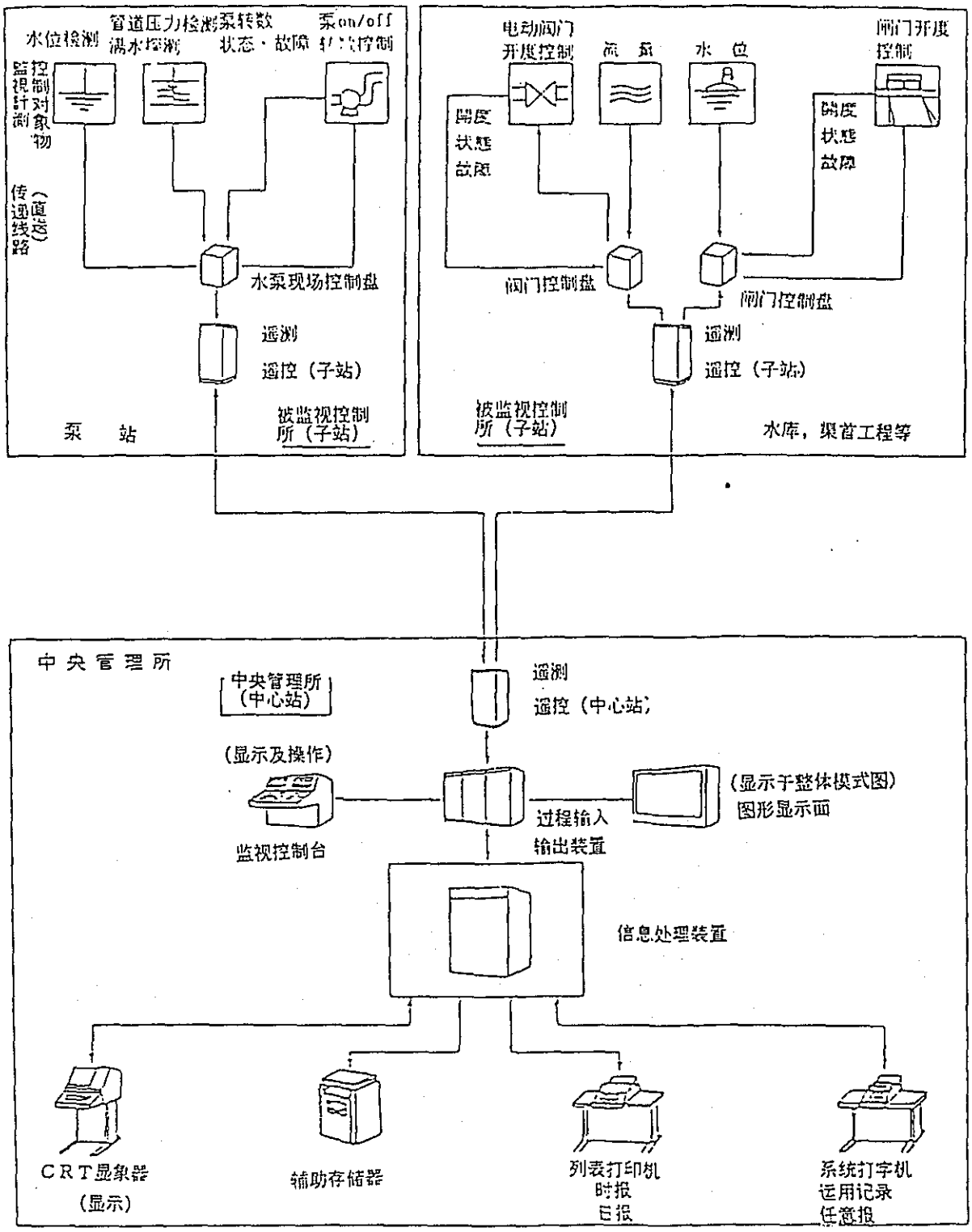
2，3　水管理控制设施的构成

水管理控制设施由监视或监视・控制的中心站（中央管理所等）和被监视或监视・控制的复数的子站（现场管理所等）构成．有时根据信息的传递的必要设置中继站．除了这些机器的硬件的部分以外，还有为监视或控制等进行信息处理（分析判断命令）的软件部分．下面示于其构成．

图－2

水管理控制设施的构成





图－3　水管理控制设施的构成

3，水管理控制设施的设计

3，1　设计的基本

在设计水管理控制设施时，要考研究地区的水利用计划，水管理计划以及经济效益，维修管理等问题，设计出合适的．要着重研究的事项如下．

①水管理控制设施的必要性　　②水管理控制设施所管理的范围

③水管理控制设施的管理水平（监视，控制方式及其精度）

④基于管理水平的监视，控制对象设施及机器

更详细的研究事项是如下．

表－1　设计时的研究事项

①	管理的基本	管理项目	管理体制		
②	监视控制方式	管理水平	计测・控制		
		信息处理	显示・记录		
③	传递方式	专线直送方式的连接范围		中心－子站传送线路	
		电波（无线）		中心－子站对向方式	
④	装置之间连接	被管理所装置之间的连接		对传递线路连接	
		管理所装置之间的连接			
⑤	设置条件	电源	温度・湿度等		
⑥	系统构成	现场设备	中央管理所设备		
⑦	装置规格	现场用	信息传递用	传递线路用	监视控制用
		信息处理用	电源用	有关机器	备件・零部件

（1）管理项目的研究

研究该地区的水利情况，管理体制及水利设施的功能等来决定管理项目.

下面示于水管理控制的对象设施中的主要水利设施的水库，渠首工程，泵站及给水渠的管理项目的一例.

① 水库，渠首工程

表一2　有关水库·渠首工程管理项目清单

施　設	項　目		監　視	控　制
水　库	上游	上游雨量	○	
		上游水位、流量	○	
	水库地点	雨量	○	
		蓄水位、蓄水量	○	
		流入量	○	
		取水量	○	
		取水水門	○	○
		泄水量（溢流量）	○	
		泄水水門·調節水門	○	○
		電気設備	○	○
	下游	下游水位·流量	○	
		泄水警報	○	○
渠首工程	上游	上游水位·流量·雨量	○	
	渠首工程地点	堰水位（上游下游）	○	
		雨量	○	
		取水量	○	
		取水水門	○	
		泄水量	○	
		溢洪闸·排沙闸门	○	○
		溢流量	○	
		電気設備	○	○
	下游	下游水位、流量	○	
		泄水警報	○	○

② 泵 站

表一3　有关泵站项目清单

设 施	项　　目	监 视	控 制
用水泵站	供水池水位	○	
	泵	○	○
	供水阀	○	○
	排出流量，压力	○	
	出水池水位	○	
	电气设备	○	○
排水泵站	供水池水位	○	
	泵	○	○
	闸门	○	○
	河流等水位	○	
	电气设备	○	○
加压泵站	田间蓄水池水位	○	
	泵	○	○
	供水阀	○	○
	排出流量，压力	○	

③ 给水渠

表一4　有关给水渠管理项目清单

设 施		项　　目	监 视	控 制
供水渠	明渠	幹線水位、流量	○	
		引水工程水位、流量	○	
		引水闸门	○	○
		泄洪工程水位	○	
		泄洪道闸门	○	○
		水位调节工程水位	○	
		节制闸	○	○
		拦污工程水位	○	
		拦污设备	○	○
		平原水库水位，闸门	○	○
	管道	幹線水位、流量	○	
		引水工程水位、流量	○	
		引水阀门	○	○
		控制阀门	○	○
		沉沙工程阀门	○	○
		田间蓄水池等蓄水设备水位，阀门	○	○
		减压水槽水位，阀门	○	○

（2）其他研究事项

有①选定中央管理所位置　②现场管理所的人员配置和与中央管理所的业务分担

③往有关单位传达信息

详细内容如下；

①选定中央管理所位置

综合考虑下面的条件后选定中央管理所的位置.

离水利上的重要设施多近	是否维修检查等时容易到现场
有无社会生活的方便性	有无传送线路构成的容易性
是否容易收购用地	有无对灾害的安全性

②现场管理所的人员配置和与中央管理所的业务分担

无人管理所为多，但水库和泵站等重要设施在安全方面的理由需要由人来管理时，有时设现场管理所配人.

决定管理体制时，根据地区的情况考虑人员配置和管理所之间的业务方面的分担.

③往有关单位传达信息

3，2　控制方式

研究适合洪水期，枯水期，平水期等的各个情况的操作形态后决定设施的控制方法.

（1）操作形态

①操作形态的分类

a．按操作场所分类.

- 现场操作
  - 机旁操作・・・用机器旁边的操纵盘来操作
  - 遥控操作・・・在现场管理所操作
- 远程操作・・・・・・・・・在中央管理所操作

b．按操作手段分类.

- 手动操作
- 自动操作

②操作形态的种类

考虑设施的管理运行的办法，设施的种类规模以及机器的操作频度等来采用切实可靠的操作形态.

表－5操作形态的种类

操作形态	
在机器旁边手动操作	管理者用机器旁边的操纵盘手动操作开关来调整闸门的开度等．这是操作的最基本办法． 该操作优先于其他一切的操作，也利用于其他控制形态的支撑．
遥控手动操作	用通过控制电缆以1：1地相应地与操纵盘的开关连接的操作室或子站（以下，称为现场管理所）的操作盘来进行与机旁一样的操作．
遥控自动操作	通过设于现场管理所的信息处理装置，用各种数据来自动设定对控制目标值的操作量而控制闸门等．
远程手动操作	管理者在中央管理所监视从现场管理所通过遥测装置传送来的开度，流量，水位，压力，机器状态等信息而用遥控装置来操作开关进行闸门的开关，开度调整等工作．
遥控手动设定值控制	用设置在现场管理所的单功能的控制装置，为保持开度，流量，水位压力等的设定值（控制目标值），对闸门等进行控制．
远程手动设定值控制	管理者用现场设定值控制装置手动地进行设定，通过遥控装置来传送设定值．
远程自动设定值控制	中央管理所的信息处理装置处理各种数据，定设定值后，对设定值控制装置进行自动设定． 举例说，中央管理所的信息处理装置把握用水系统整体的运用，集中管理复数的设定值控制装置的场合用．

③操作的优先顺序

操作的优先顺序是按照以下的原则.

a．操作场所的顺序是机器旁的操纵盘→遥控→远程，机器旁的操纵盘为最优先.

b．操作手段的顺序是手动→自动，优先手动操作.

（2）控制方式

主要的控制方式如下.

①全开／全闭控制

②设定值控制

a．设定开度控制

b．设定水位控制

c．设定流量控制

d．设定压力控制

③反馈控制

考虑设施的种类・规模，控制频度，精度等来采用切实可靠的控制方式.

3，3　计测方式

水位，流量，开度，雨量，压力等的计测数据是水管理的基本依据．为此在按目的选定合适的计测装置的同时，为使计测装置发挥应有的功能要调整好其设置环境．选定计测装置时要考虑必要的精度，安装条件，经济效益，维修的方便性等.

主要的计测仪器有如下.

（1）水位计　　方式：浮子式　接触式　静电容式　压力式　声波式

（2）流量计　　方式：叶轮式　文丘里式　电磁式　超声波式

（3）开度计　　方式：轴结合式　悬缆线式

（4）雨量计　　方式：倾斗式

（5）压力计　　方式：静电容式

3，4　显示和记录方式

管理所的显示·记录有各种办法．为实现管理者把握设施的运行状态和水系情况而得出准确的判断，基于目的进行选型．

（1）显示

表－6　显示方式

显示目的		显示用机器
把握全体情况	显示仪器，显示器的数据	显示盘
	显示水系的模式图和数据	图形显示面
部分的详细显示	显示项目较少而固定的场合	操作台显示
	显示项目较多或需要时间序列显示，图形显示的场合	ＣＲＴ显象器

（2）记录

表－7　记录方式

记录目的		记录用机器
记录数据	用图表方式来连续地记录	模拟记录计
	间隔一定时间用数字数据来记录	打印机（印刷机）
	间隔一定时间用数字数据来记录但是，在短时间内记录大量的数据	行式打印机
	与ＣＲＴ并后而记录ＣＲＴ画面显示的内容	硬拷贝
记录操作，事故警报	每次操作的场合或发生事故，警报等的场合记录时间和事件	打印机（印刷机）

下页示于显示，记录，打印方式的内容之例．

表－8　显示，警报项目例

设施	項　　目	状态显示	异常显示	警报	备考
水库·渠首工程	机器旁边	○			
	远程手动	○			
	定　水　头	○			
	定量流水	○			（处）
	設定流量	○			（处）
	定　開　度	○			（处）
	開度計異常	○	○	○	開度計故障
	水位計異常		○	○	水位計故障
	水位上昇速度異常		○	○	（处）
	超過流入量		○	○	（处）
	超過流域平均雨量上限		○	○	（处）
	故　　障		○	○	按闸门
	休　　止	○			
	開　　中	○		○	
	閉　　中	○		○	
	上限或全開	○			
	下限或全閉	○			
	水位上限		○	○	
供水渠	机器旁边	○			
	远程手动	○			
	検測器異常		○	○	
	上限或全開	○			按闸门
	下限或全閉	○			
	故　　障		○	○	
	拦污装置运转	○			
	拦污装置故障		○	○	

注：（处）是处理装置的输出功率

表－9　记录项目例

设施	项目	最大位数	单位	注
水库·渠首工程	月日时分	8	(1分鐘)	(処)
	蓄水位	5	(1cm)	
	流入量	4	($1m^3/s$)	(処)
	泄水量	4	($1m^3/s$)	(処)
	溢洪闸开度（按闸门）	4	(1cm)	
	溢洪闸泄水量（按闸门）	4	($1m^3/s$)	(処)
	溢洪闸总泄水量	4	($1m^3/s$)	(処)
	取水流量	3	($0.1m^3/s$)	(処)
	河流流量	4	($1m^3/s$)	(処)
	时间雨量	3	(1mm/h)	(処)
	累积雨量	3	(1mm)	(処)
	流域平均时间流量	3	(1mm/h)	(処)
	流域平均累积雨量	3	(1mm)	(処)
供水渠	干线流量	3	($0.1m^3/s$)	
	闸门（阀门）开度	3	(1cm)	
	干线水位	3	(1cm)	
	取水后水位	3	(1cm)	
	取水量	3	($0.01m^3/s$)	
	引水量	3	($0.01m^3/s$)	

注：（処）是处理装置的输出功率

处理单位由设施的规模，种类，管理水平等来定。

月 日	時 分	蓄水位 m	蓄放流量 m³/s *	蓄水量 ×10³m³ *	空容量 ×10³m³ *	泄水量 流入量 m³/s *	泄水量 全流入量 m³/s *	取水量 取水量 m³/s	泄水量 閘門泄水量 m³/s	泄水量 閥門泄水量 m³/s *	泄水量 水庫泄水量 m³/s *	閘門・閥門 1 開度 cm	閘門・閥門 1 放流量 m³/s	閘門・閥門 2 開度 cm	閘門・閥門 2 放流量 m³/s	閘門・閥門 3 開度 cm	閘門・閥門 3 放流量 m³/s	閘門・閥門 N 開度 cm	閘門・閥門 N 放流量 m³/s	控制方式	打印因素

注） * 是限于水庫

图－4　水庫渠首工程　操作记录的打印格式例

月 日	時 分		蓄水位	泄水量 流入量 m³/s *	泄水量 全流入量 m³/s *	取水量 取水量 m³/s	泄水量 閘門泄水量 m³/s *	泄水量 閥門泄水量 m³/s *	雨量 ××地点 時間 mm/h	雨量 ××地点 累計 mm	雨量 流域平均 時間 mm/h *	雨量 流域平均 累計 mm *	河川，水位，流量 ○○川○○地点 水位 cm	河川，水位，流量 ○○川○○地点 流量 m³/s	河川，水位，流量 ○○川○○地点 水位 cm	河川，水位，流量 ○○川○○地点 流量 m³/s	河川，水位，流量 ○○川○○地点 水位 cm	河川，水位，流量 ○○川○○地点 流量 m³/s	备考
合 計																			
平 均																			
最 大	最大値																		
	時 刻																		
最 小	最小値																		
	時 刻																		

图－5　水庫渠首工程　日报记录的打印格式例

月 日	時 分	取水工 河川水位 m	取水工 取水後水位 m	取水工 1 開度 cm	取水工 1 取水量 m³/s	取水工 N 開度 cm	取水工 N 取水量 m³/s	幹線 1 水位 cm	幹線 1 流量 m³/s	幹線 2 水位 cm	幹線 2 流量 m³/s	幹線 N 水位 cm	幹線 N 流量 m³/s	分水工 1 流量 m³/s	分水工 2 流量 m³/s	分水工 3 流量 m³/s	分水工 4 流量 m³/s	分水工 5 流量 m³/s	分水工 N 流量 m³/s	控制方式	打印因素

图－6　渠首工程，干线，引水工程操作观測记录的打印格式例

3，5　传送方式

设计传送方式时，需要决定以下的事项.

决定（自己运行的）专线直送方式的连接范围

↓

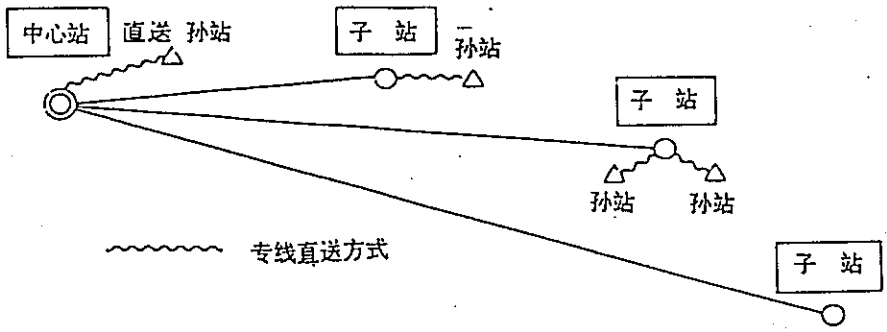
选定中心站一子站之间的传递线路

↓

决定中心站一子站之间的对向方式

（1）决定（自己运行的）专线直送方式的连接范围

在中央管理所（中心站）与各个管理对象设施（子站，孙站）之间传递信息时，有关相互靠近的设施的信息用专线直送方式来汇总复数个后向中心站传递.



（图－7）　中心站－子站－孙站构成

能用专线直送方式来汇总的范围由以下的条件来决定.

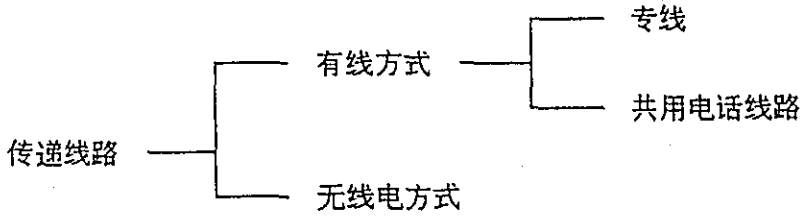
①用直送方式时的计测信号的传递可能距离（1～3ｋｍ左右）.

②架设自己运行的专线的施工条件（架设路线何在，是否要穿过河流或铁路马路等，可否与水渠工程同时施工等）.

③直送方式和搬送方式的经济效益比较.

（2）选定中心站一子站之间的传递线路

传递线路有以下几种，考虑应答性能及可靠性，经济效益后选定传递线路



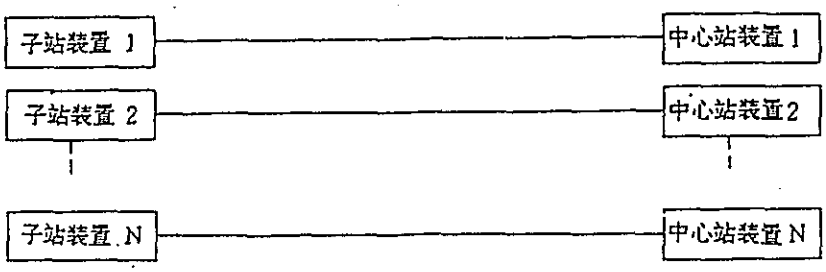
可靠性　：平时的传递质量，有线方式为稳定．无线电有发生灾害时也能通信的优点．

经济效益：比较各种基本建设费，运行费而决定．

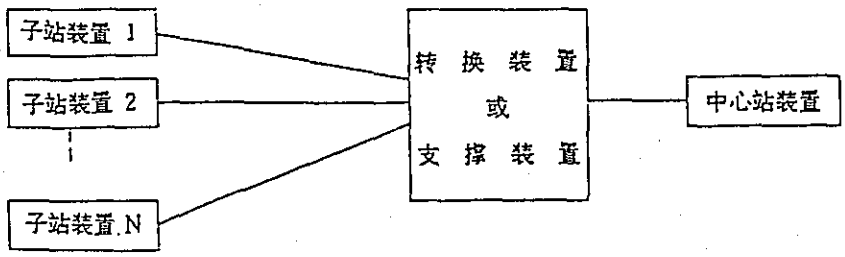
（3）决定中心站一子站之间的对向方式

对向方式有（1：1）×N对向方式方式和1：N对向方式的两种．考虑传递线路的种类，答应性能，经济效益后决定．

有时也用组合两者的控制1：N，监视1：1的混合方式



图－8　　（1：1）×N对向方式



图－9　　1：N对向方式

可靠性；用1：N对向方式时，中心站的装置一故障，整个系统就停止，为此需要采取部分装置的双台化等的支撑措施．

经济性；子站数（N）越多，1：N对向方式越富有经济效益．

3，6　装置之间的连接

水管理设施大分为现场类，信息传递类，传递线路类，信息处理类，监视控制类．在设计水管理控制设施时，做为连接这些装置的条件，根据需要，考虑以下的装置之间的连接．

a．被管理所的装置之间的连接

现场类－信息传递类之间的连接　　（A）

b．与传递线路的连接

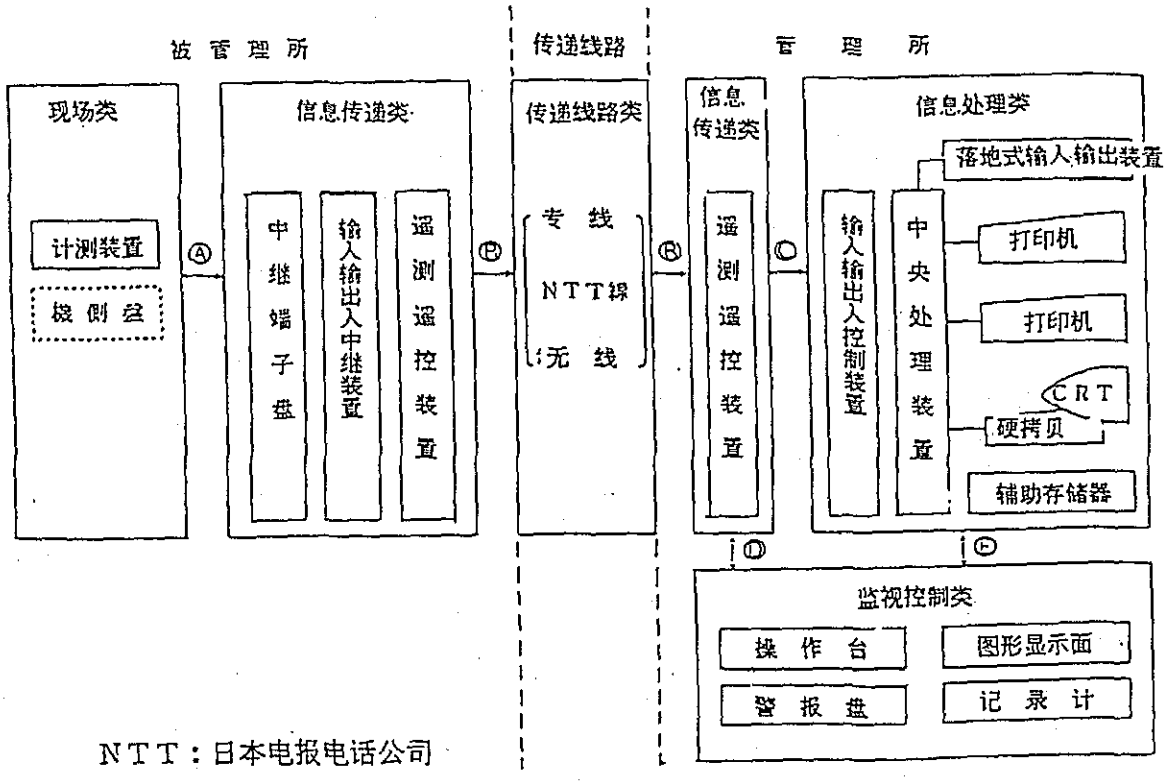
信息传递类－传递线路之间的连接　　（B）

c．管理所装置之间的连接

信息传递类－信息处理类之间的连接　　（C）

信息传递类－监视控制类之间的连接　　（D）

信息处理类－监视控制类之间的连接　　（E）



（图－10）装置之间连接的位置

3，7　设置条件

（1）电源

对控制机器等设备的供电源基本如下.

表－１０　电源的条件

装　　置	种　　类	电压变动
屋外设置装置（计测装置等）	DC12V，24V，AC100	±10%
屋内子・孙站装置	AC100V	±10%
总站装置	AV100V	±10%

DC；直流　　AC；交流

供应电源办法有：

①购买电力公司供应的商品电力

②商品电力＋蓄电池

③商品电力＋备用发电机

④商品电力＋备用发电机＋CVCF（稳压・稳频率电源装置）

有这些组合，考虑监视・控制内容来决定.

（2）温度・湿度

机器等设置在温度湿度等环境条件良好的场所为最理想，尤其是要注意湿度．基本条件是如下．为满足这些条件，有时采取安装放热器，空调等的措施.

表－１１　温度湿度条件

装　　置	温　　度 ℃	湿　　度 %
屋外设置装置（计测装置等）	－10～40	30～90
屋内子・孙站装置	0～40	45～85
总站装置	＋ 5～35	45～80

（3）其他

为了维修检查机器的方便，根据需要确保管理用道路，安装设施等的保护栅栏.

4，管理水平

设定适合设施的功能，取水·配水的规矩，管理运用体制的管理水平.

4，1　管理水平的分类

管理水平由于安装水库，渠首工程，泵站等的水利设施的阀，泵，水位计等的计测设备按地区其规模，操作形态都不一样，因此对管理水平进行分类而总括出来就有些困难.下面做为大体上的基准，分现场和中心，分类了标准管理水平.

为此，不必要硬着采用这些管理水平，但是理想的还是参考这些而设定适合该地区的管理水平.

表－12　管理水平分類（現場方面）

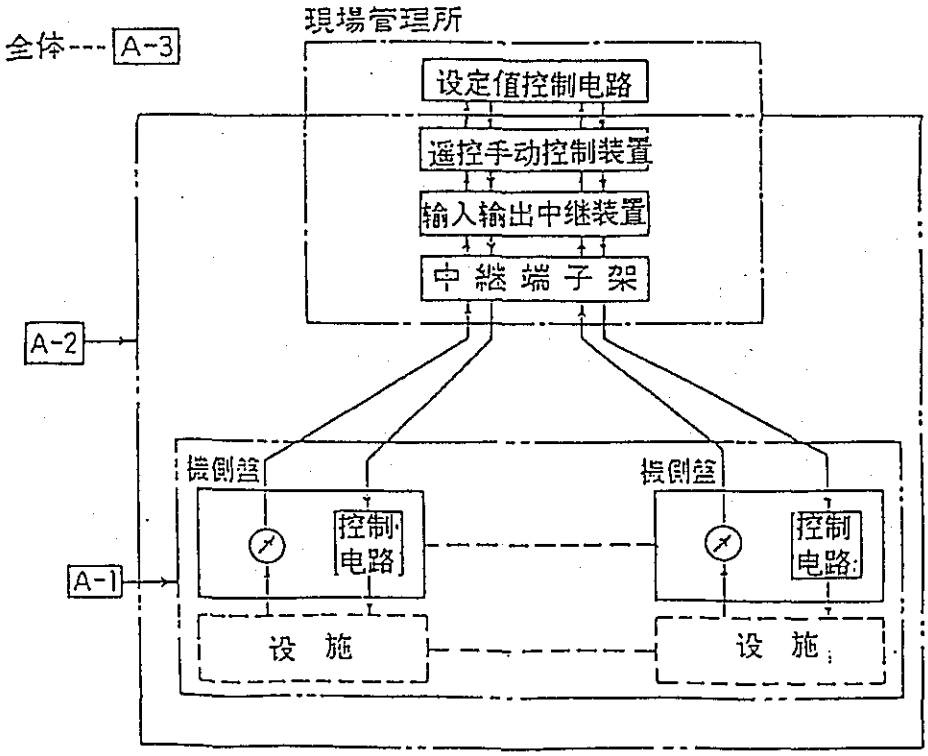
水平	功能	手动控制			自动控制	信息处理		监视				記録			水平的高低
		机器旁边	现场管理室	设定值控制		数据处理	预测	机器旁边	显示盘	图形显示面	CRT	日志	记录计	T/W	
A	A－1	O						O				O			低↑
	A－2	O	O					O	O				O		
	A－3	O	O	O				O	O				O		
B	B－1	O	O	O		O		O		O				O	
	B－2	O	O	O	O	O		O		O				O	
	B－3	O	O	O	O	O		O		O				O	↓高
C	C－1	O	O	O	O	O	O	O		O				O	

CRT；CRT显象器　　T／W；打印机

表－13　管理水平分類（中央方面）

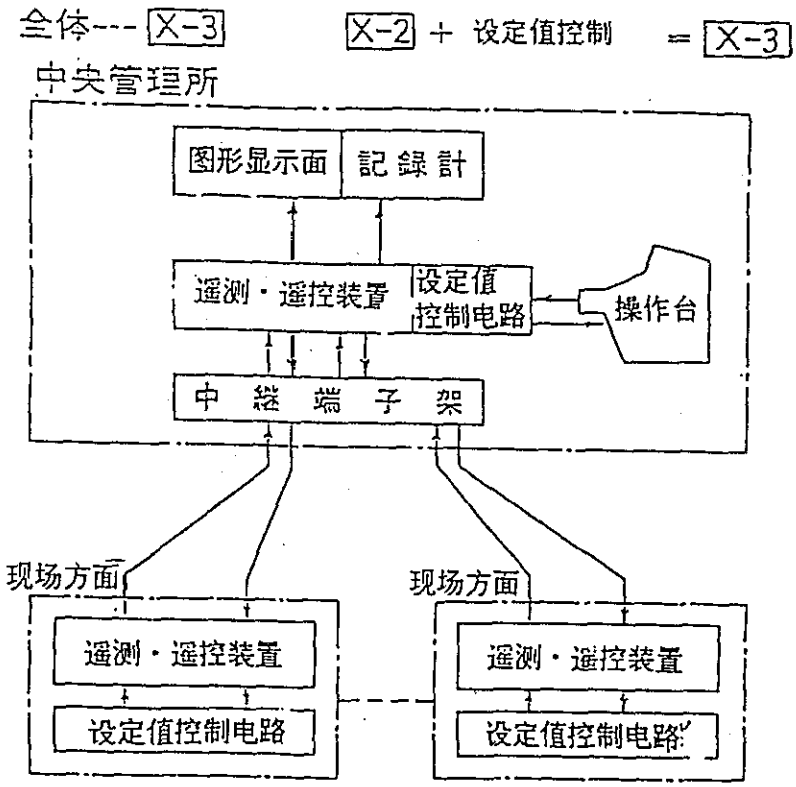
水平 \ 功能		遥测	遥控		自动控制	信息处理		监视			記録		水平的高低
		监视	on/off	设定值		数据处理	预测	显示盘	图形显示面	CRT	记录计	T/W	
X	X－1	○						○			○		低↑
	X－2	○	○	○					○		○		
	X－3	○	○						○		○		
Y	Y－1	○				○			○			○	
	Y－2	○	○	○		○			○			○	
	Y－3	○	○	○	○	○			○			○	
	Y－4	○	○	○	○	○			○	○		○	↓高
Z	Z－1	○	○	○	○	○	○		○	○		○	

下面示管理水平分类的主要系统的构成之例

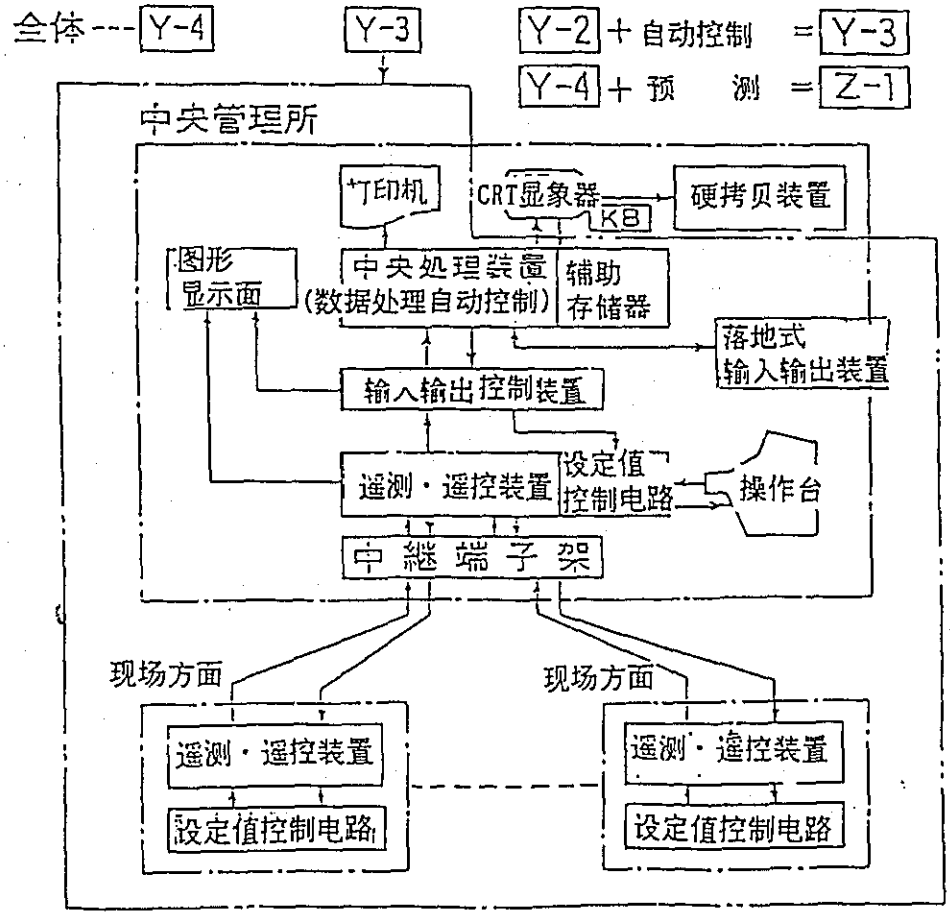


图－11　　管理水平分类（A-1,A-2,A-3）的系统构成例

图－１２
管理水平分类
(X-2,X-3)
的系统构成例



图－１３
管理水平分类
(Y-2,Y-3,
Y-4,Z-1)
的系统构成例



4，2　管理水平的选定

选定管理水平要考虑地区的特征，水利设施的种类和规模，管理运行体制经济效益等来进行.

设施介于水相互连系，发挥出其期待的功能，因而才体现了所设置的目的.

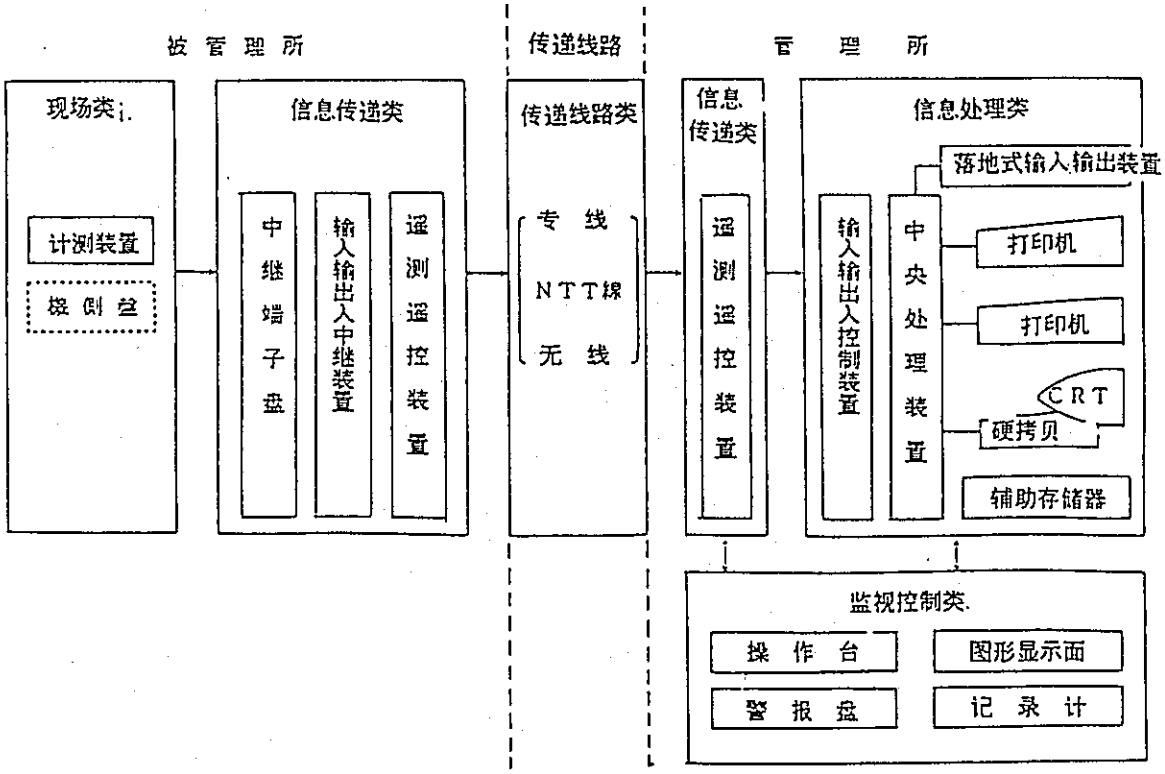
要是这些设施根据个别的各种意向来管理的话，不但不能充分地发挥整体水系的应有的功能，而且容易成纠纷的原因. 为此需要基于一定的规则由一个地方或特定的地方来决定管理的意向而实施.

但是，实际由于计划地区的农业计划，水利用形式，设施的构成，管理体制等的地区固有的条件都不均匀，作出决定管理水平的共通尺度是很困难的. 为此，把该地区特有的条件考虑进去而比较研究各种水平后，选定最合适的水平.

5，水管理控制的各装置

水管理控制的各个装置考虑功能，操作性能，经济效益后选定最合适的.

参考下面图叙述主要装置.



（图－14）装置之间连接的位置

5，1　计测装置

水位，流量，开度，雨量等的计测数据是系统的基础资料，对系统的精度很有影响．为此要按照目的选定适当的装置．计测装置有水位计，流量计，开度计，雨量计，压力计等，各个装置由于测定原理，测定方法，电气方面的条件等，其精度有高低，为此选型时要考虑整个系统，包括设置地方，设置点数量在内，总合研究而求得适合计测值．

5，2　输入输出中继装置

这种装置是为把从各种装置，机器旁操纵盘等外部传递来的信号再向信息处理装置，遥测遥控装置等送出，对信号进行交换和分配．

5，3　遥测遥控装置

遥测装置是从远方监视计测值，机器状态等的．

遥控装置是操作远方地点的被控制机器的，一般包含着遥测装置．

5，4　信息处理机

信息处理机是对数据储存，运算，显示，记录，警报，控制等进行处理，承担系统的中枢功能．为此先考虑处理数据量和内容，扩展性以及可靠性后进行选型．

信息处理机以由包括中央处理装置及外围装置的硬件和软件构成．其配置根据处理数据量和功能来决定．

（1）中央处理装置

①功能

a．数据收集及输入处理　　b．水力水文数据的运算处理

c．数据储存　　d．数据显示，储存指令

e．控制处理　　f．警报处理

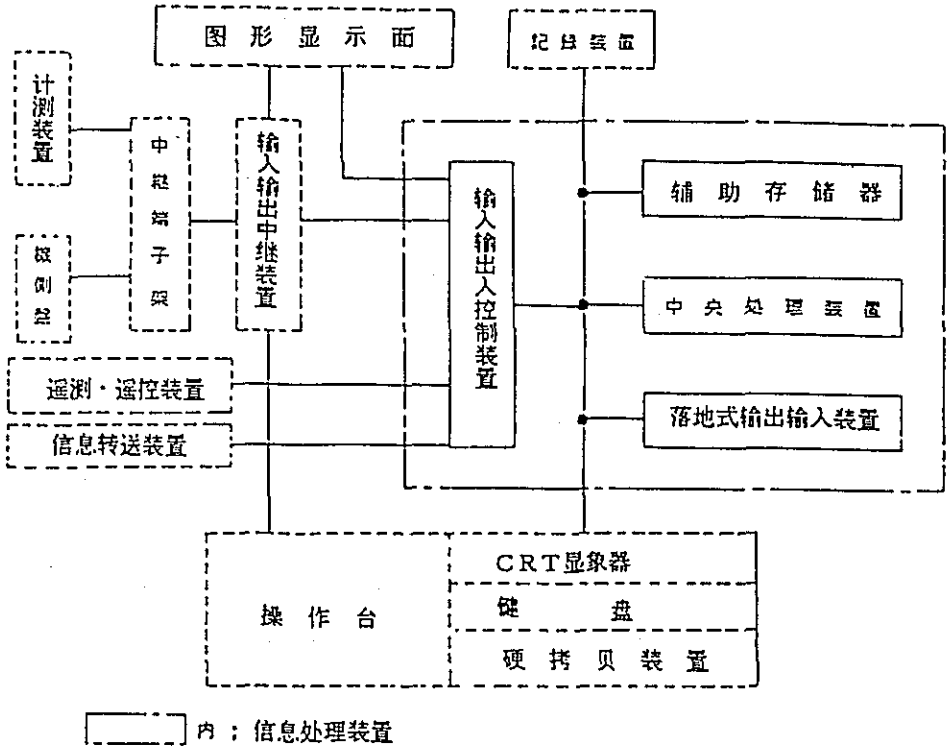
②构成

a．主储存装置　　b．辅助储存装置

（2）软件

各种程序（操作程序，运算处理程序，印刷处理程序，显示处理程序等）

下面示出信息处理装置的一般构成之例.



图－15　信息处理装置及外围设备构成

5，5　显示·记录装置

（1）显示装置

监视盘（显示盘，图形显示面）

CRT（阴极射线管）显象器

显示水位，流量，压力等的计测值及闸门，阀，泵等的状态和故障，对必要的项目发出警报.

（2）记录装置

有：　模拟记录仪

打印机

硬拷贝装置

5，6　操作台

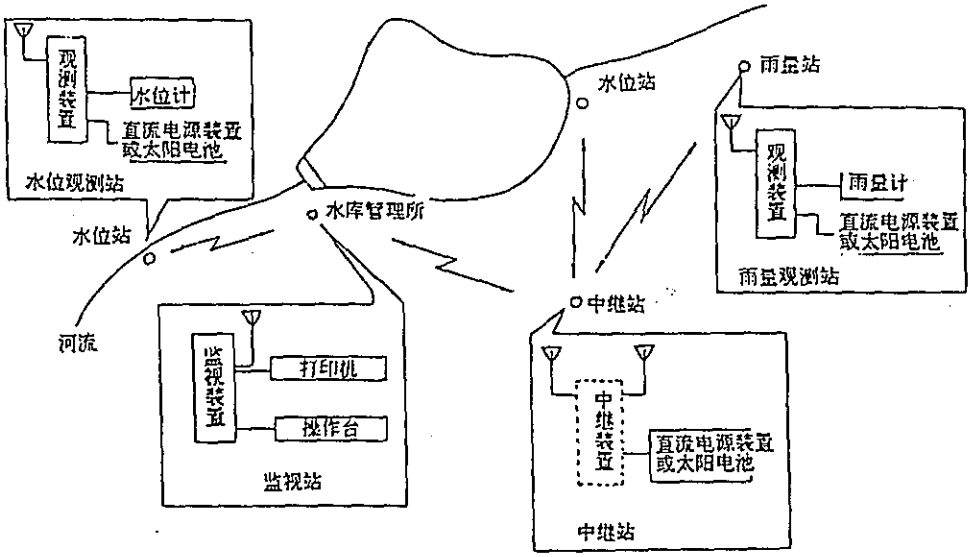
要把操作的容易性，控制的安全性考虑进去的.

构　成：操作开关，指示灯，铃，蜂鸣器等

5，7　附属装置

为对水库，渠首工程等的水利设施既安全有圆满地进行管理运行，根据需要安装雨量及水位遥测装置，泄水警报装置，ＩＴＶ装置等的各个装置．

（1）雨量・水位遥测装置构成实例

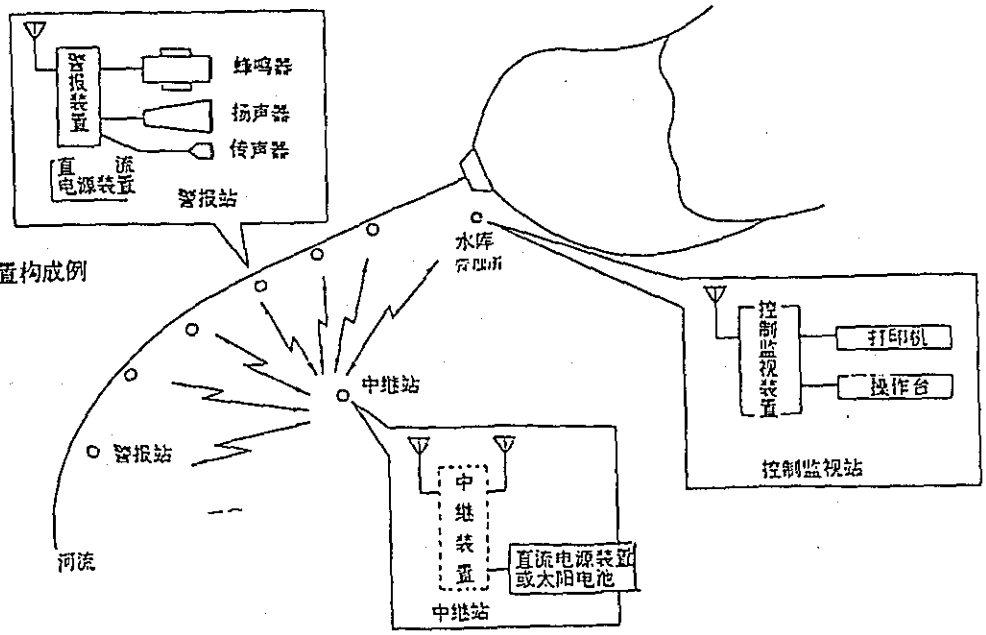


图－１６

雨量・水位

遥测装置构成例

（2）泄水警报装置构成实例



图－１７

泄水警报装置构成例

6，实施例

6，1　从水库用渠道来导水，灌溉的地区（例：吉野川北岸地区）

（1）地区的概要

有关地方政府：　　德岛县三好郡池田町它１１町

受益面积：　水稻田用水改良　　５，０３０ｈａ

旱田灌溉　　１，７８０ｈａ

开　　垦　　２２０ｈａ

合计　　７，０３０ｈａ

有关农户数　　１３，６６７户

主要工程　（池田水库）　另外施工

干线渠道　Ｌ＝６８，５ｋｍ

小川谷渠首工程　Ｈ＝３．８ｍ　Ｌ＝３５．０ｍ

旱田灌溉设施　抽水机站　６９地方　１３７台

开　　垦　开荒造田面积２２０ｈａ　道路Ｌ＝２７ｋｍ

最大取水量　１４．８ｍ³／ｓ

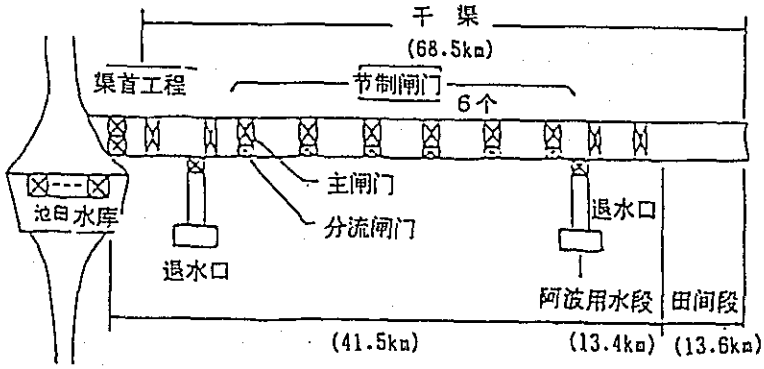
水库名称：池田水库　　位置：德岛县三好郡池田町西山（左岸）

流域面积：１，９０４ｋｍ²　　坝高坝长：２４ｍ×２４７ｍ

水库面积：１４４ｈａ　　水库体积：５２，０００ｍ³

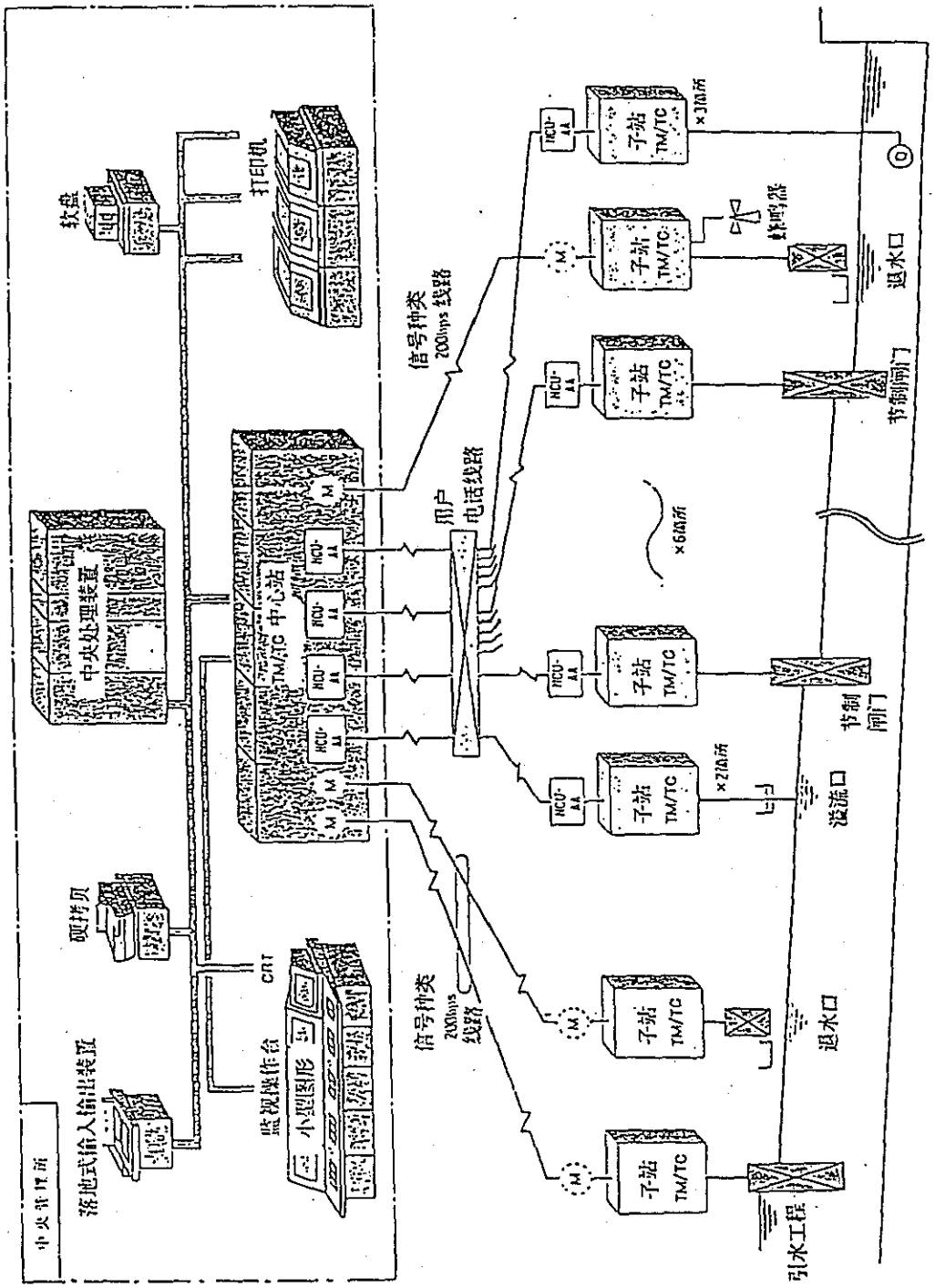
总库容　：１，２６５万吨　　有效库容：４４０万吨

（2）地区的水利设施构成（图－１８）



吉野川北岸水利事业的设备系统　　控制对象有渠首工程１个退水口２个及节制闸门６个．分流闸门，阿波用水段及田间段计测监视闸门状态，水位及流量．

（3）水管理控制设施系统构成（图－１９）

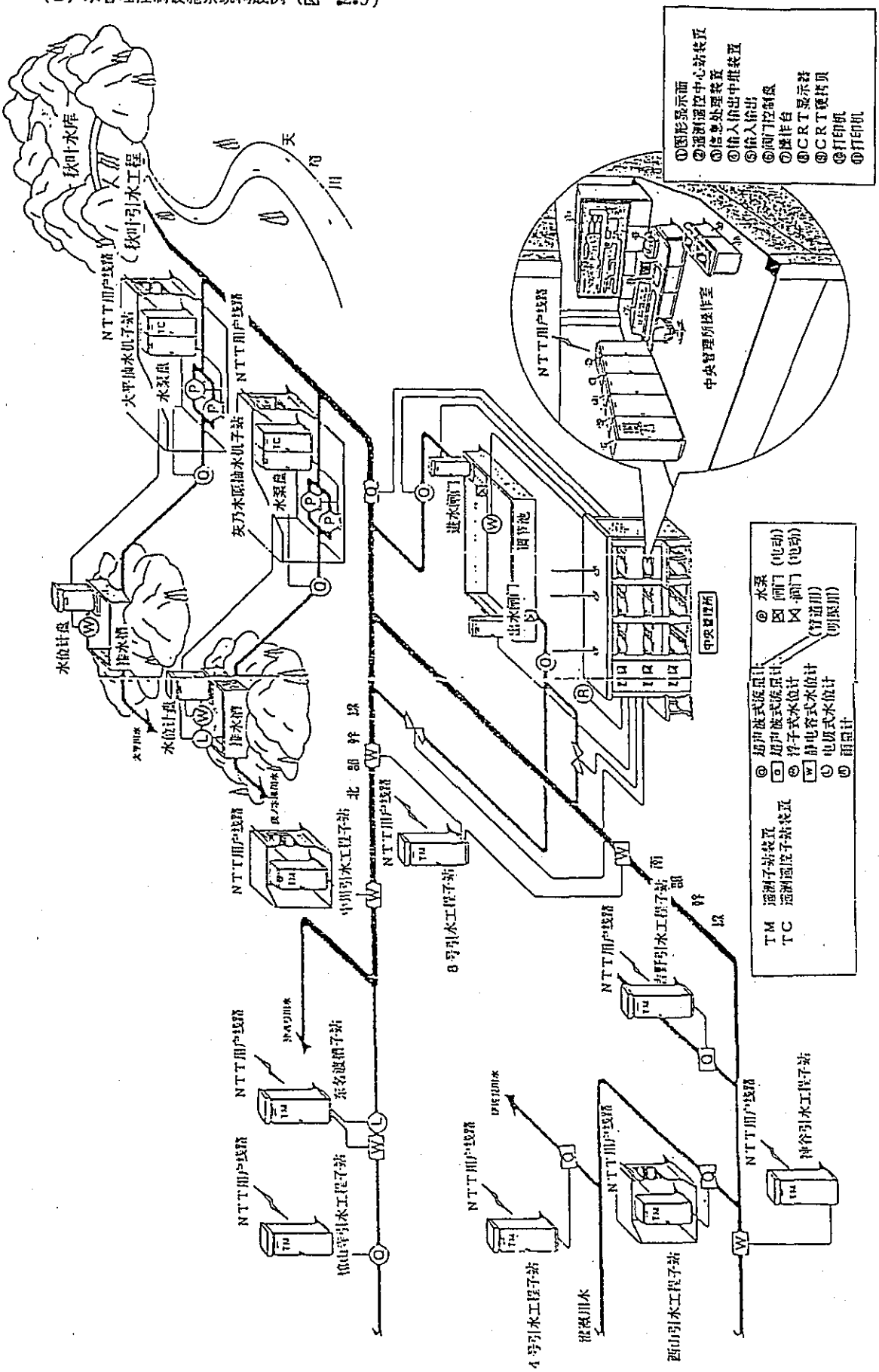


6，2　从水库通过渠道和泵站灌溉的地区（例：三方原地区）

（1）地区的概要

有关地方政府：		静冈县滨松市和1市3町
受益面积：	水稻田供水改良	1，766．2ha
	水稻田排水改良	134．6ha
	旱　田　灌　溉	3，578．4ha
	合　　计	5，479．2ha
主要工程	导水干线渠道	L＝　44．2km
	渠道	L＝106．3km
最大取水量		10．261m^3／s

（2）水管理控制设施系统构成例（图－2.0）

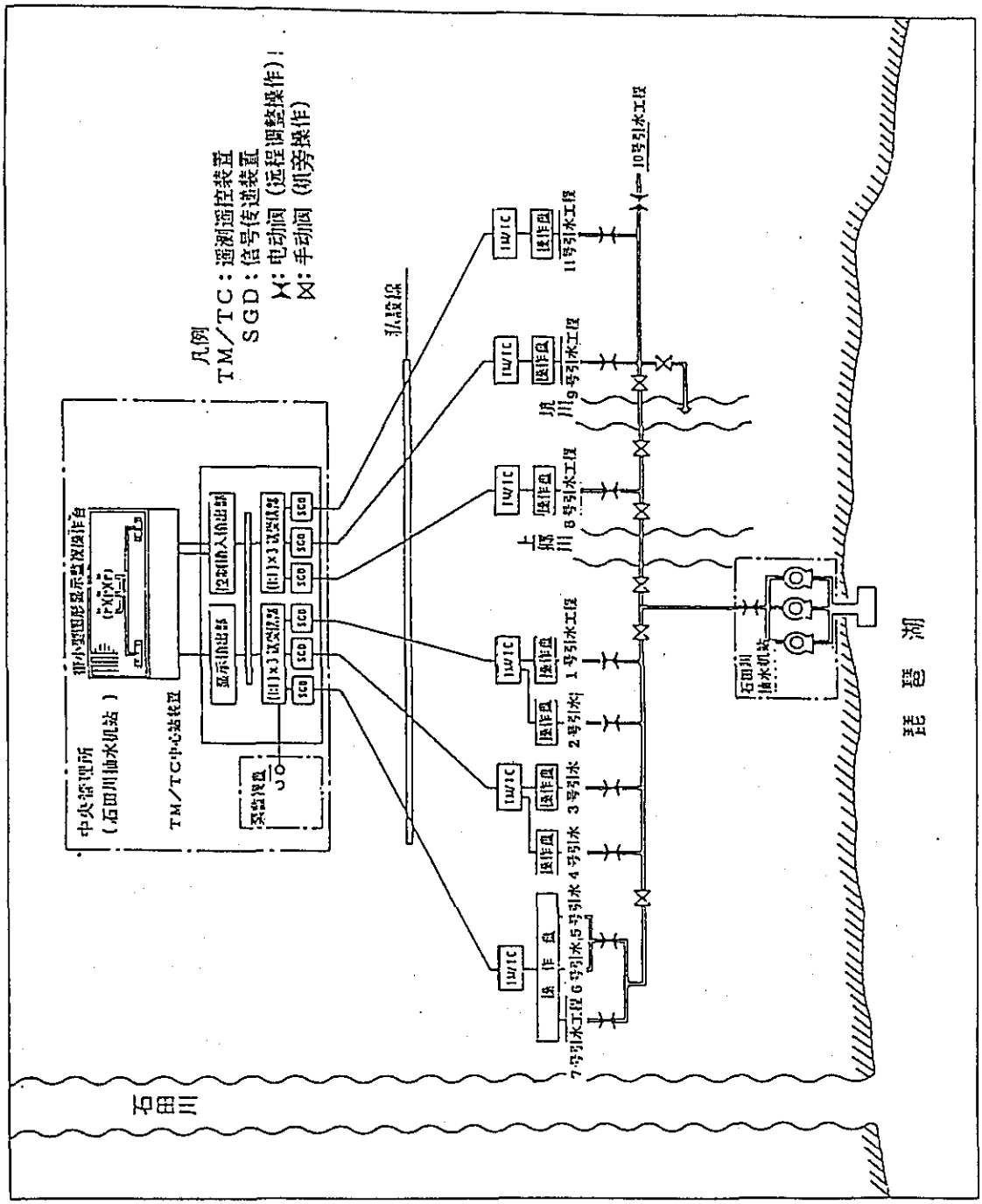


6，3　泵站的灌溉地区（例：石田川地区）

（1）地区的概要

有关地方政府：		今津町	
受益面积：	水稻田供水改良		270ha
	旱田等灌溉		28ha
	合计		298ha
主要工程	泵　站	1个地方	直　径　400mm
			总扬程　30m
			双吸式离心泵　3台
	管　路		L＝4．6km
	引水工程	11个地方	
最大取水量		0．904m³／s	

（2）水管理控制设施系统构成例（图－２１）



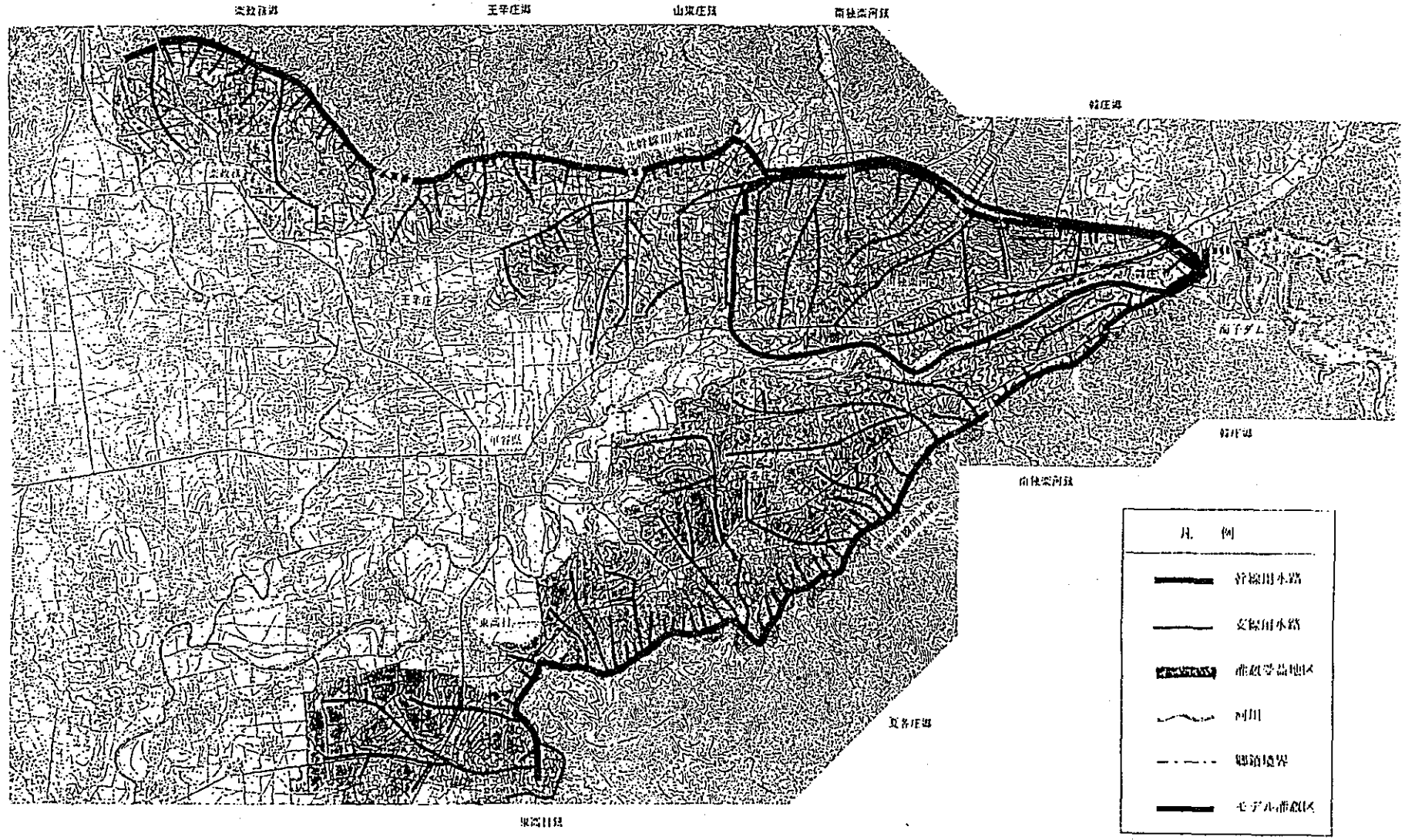
中国节水灌溉技术研修会

北京市海子水库农业水利开发计划的概要

1991年3月5日

北京市海子水库农业水利开发计划实施调查团
团长　　米原　宏

計画地区一般図


王子庄
山東庄
南秋栗河原
鶴庄
高子ダム
東富山
夏井庄
東富山
凡　例
幹線用水路
支線用水路
非灌漑地区
河川
郡市境界
モデル非灌漑区

目　录

Ⅲ　北京市海子水库农业水利开发计划的概要

1．调查的经过及北京 ---------- 241
2．调查的目的 ---------- 241
3．调查实施体制 ---------- 242
4．调查实施的日程 ---------- 242
5．现场调查 ---------- 244
6．开发计划 ---------- 248
7．农业基楚的整顿计划 ---------- 252
8．水管理系统计划 ---------- 262
9．示范灌区计划 ---------- 263
10．农业支援计划 ---------- 265
11．事业实施计划 ---------- 265
12．维修管理计划 ---------- 268
13．事业费 ---------- 270
14．维修管理费 ---------- 272
15．事业评价 ---------- 272
16．结论 ---------- 275
17．劝告 ---------- 275

海子水库农业水利开发计划概要

1．调查的经纬和背景

中华人民共和国（以下略称「中国」）建国以来，始终提唱「以农业为基础并以粮食为基础之基础」作为贯彻基本方针的一个重要环节，大力促进农业水利事业，但是在「第6个5年计划」期间，农业水利事业发展停止不前，尽管近来对这个问题重新重视，并加强了这方面的工作，但是到目前为止还没有根本好转，它给农业发展带来了严重的影响。

在中国的农作物生产方面，虽然原则已达成粮食自给，但是气候条件的变化、干旱、水灾以及工业、城市的开发所带来的农田住宅化，砂漠面积的扩大所导致耕种面积的减少，再加上农村的劳动力向城市外流，每年人口的增加等因素，现在再也不能说粮食自给体制处于安稳状态。从以上背景来看，中国传统的农业向现代化农业转换已成为当务之急。灌溉农田的现代化、农业机械化、农业基础的整顿已成为重大的课题。要解决这课题，必须建立合理而现代化的水管理系统，引进先进的节水灌溉技术，而且要积极地推广。

因此，首先要设立现代化的水管理系统和节水灌溉的示范区，并且推广这些技术。为此，作为现在必要紧急改善的，而具有很大的示范效果的一个地区，中国方面特选定位于北京东部的海子水库，以及同一灌溉区，向日本要求了其可行性研究调查。日本政府根据这一要求1988年11月通过国际协力事业团，向中国派遣了事前调查团。为正式调查制定实施细则从1990年2月到10月分期间，派遣了正式现场调查团。

2．调查的目的

根据中国政府的要求，把位于北京市东部约100ｋｍ的海子水库及12.5万亩（约8,300 ｈａ）同一灌溉区作实施示范对象，建立现代化的水管理系统，引进先进的节水灌溉技术。为了整顿该示范区，为了制定以下开发的基本设想进行调查。

(1)海子水库及灌溉区开发基本设想

(2)全体水管理系统开发基本设想

(3)示范灌溉区开发基本设想

3．调查实施体制

3．1　日本方面的实施体制

国际协力事业团为了进行调查组建了以下体制。

(1)　作业监理委员会

农林水产部的3名，1名为委员长，此外外交部等的数名。组成作业监理委员会。

(2)　实施调查团

团长1名，专家7名，翻译1名，组成实施调查团。

3．2　中国方面实施组织

为了提高和促进日本实施调查团的调查工作效率和能率，使调查工作顺利进行，中国方面组建相应的实施体制（列于另表）协同日方工作。

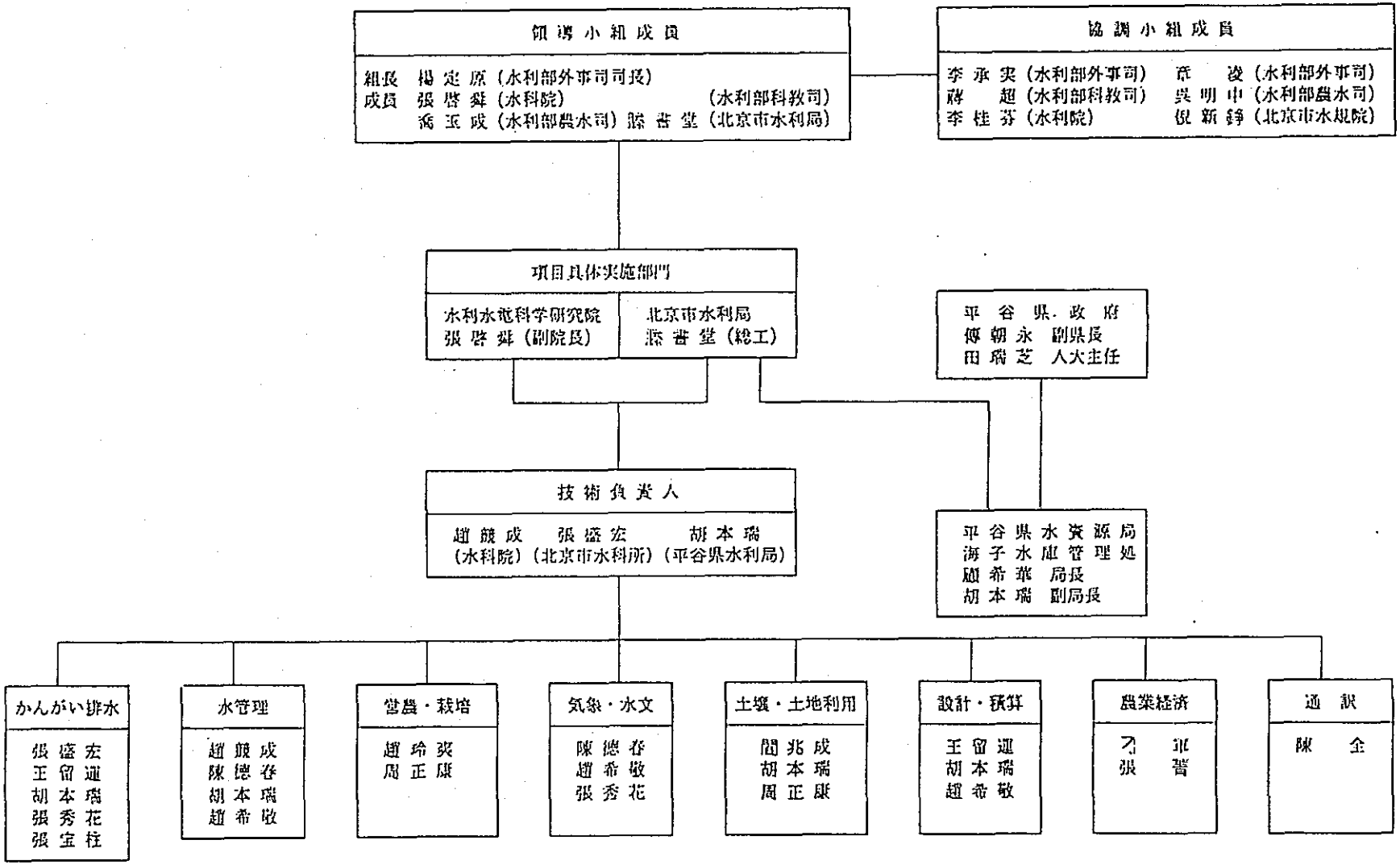
实施体制，由水利部、水利水电科学研究院、北京水利局、北京水利科学研究所、平谷县政府等组成。

4．调查实施的日程

在中国，1990年2月到10月期间进行第1次和第2次两次的现场调查，在日本总结分析结果，以最终报告书形式来汇报。

・第1次现场调查	1990年2月14日～5月14日（3个月）
・第2次现场调查	1990年8月22日～10月20日（2个月）
・最终报告书（方案）的汇报	1991年2月26日～3月6日（9日）

中国側業務実施体制


領導小組成員
組長 楊定原（水利部外事司司長）
成員 張啓舜（水科院）（水利部科教司）
喬玉成（水利部農水司）滕書堂（北京市水利局）
協調小組成員
李承実（水利部外事司）章 凌（水利部外事司）
蔣 超（水利部科教司）呉明中（水利部農水司）
李桂芬（水利院）倪新錚（北京市水規院）
項目具体実施部門
水利水電科学研究院
張啓舜（副院長）
北京市水利局
滕書堂（総工）
平谷県政府
傅朝永 副県長
田瑞芝 人大主任
技術負責人
趙鏡成（水科院）
張盛宏（北京市水科所）
胡本瑞（平谷県水利局）
平谷県水資源局
海子水庫管理処
顧希華 局長
胡本瑞 副局長
かんがい排水
張盛宏
王留運
胡本瑞
張秀花
張宝柱
水管理
趙鏡成
陳德春
胡本瑞
趙希敬
営農・栽培
趙玲爽
周正康
気象・水文
陳德春
趙希敬
張秀花
土壌・土地利用
閻兆成
胡本瑞
周正康
設計・積算
王留運
胡本瑞
趙希敬
農業経済
[illegible]
張 菁
通 訳
陳 全

5．现场调查

为了确立本计划，现场调查的主要内容有收集必要的资料，现况、实态的调查，并且与中国方面协调意见及技术转让等。主要的工作内容概括如下：

5．1　资料收集

调查团向中方提出如下必要收集的资料表，要求中国方面协助提供资料。

(1)地形图　(2)气象水文　(3)地质、土质　(4)灌溉排水　(5)水管理

(6)栽培、农业经营　(7)土壤、土地利用　(8)农业组织、经济

(9)开发计划　(10)设计和积算

上记内容中，地形图是根据中日双方的事前协议的实施细则（S／W）中决定提供1／5000 地形图。但是只有1／10000，而且为准备要了较长时间。气象数据中关于1980年以后的日降雨量没能从平谷气象台得到。气象台以外的资料也要了时间。

5．2　现况事态调查

调查团同中方合作专家共同进行如下调查工作。

(1)气象、水文　(2)地形、地质、土质　(3)灌溉、排水、水管理

(4)栽培、农业经营　(5)土壤、土地利用　(6)社会、经济

在以上之中，要特记的内容如下。

a)水位计的设置：泥河上游和总干渠的 2 处设置。

b)通水试验：1990年 9 月 5 日在北干渠的 3 处进行通水试验。测定：流速（1.1～1.5m／s），粗度系数（0.013～0.021），输水效率（损失12.6～18.7%）等。

c)土壤调查：

・在 8 个地点进行土壤浸入量试验（圆筒法：汽缸法）

・进行 4 次土壤水分试验（负压计法及现场取水法）

・在20个地点，进行试坑调查，测定硬度、pH值、三相分布、养分含量等。

d)栽培

・土壤水分变化调查（负压计）从1990年 4 月到 9 月分进行。

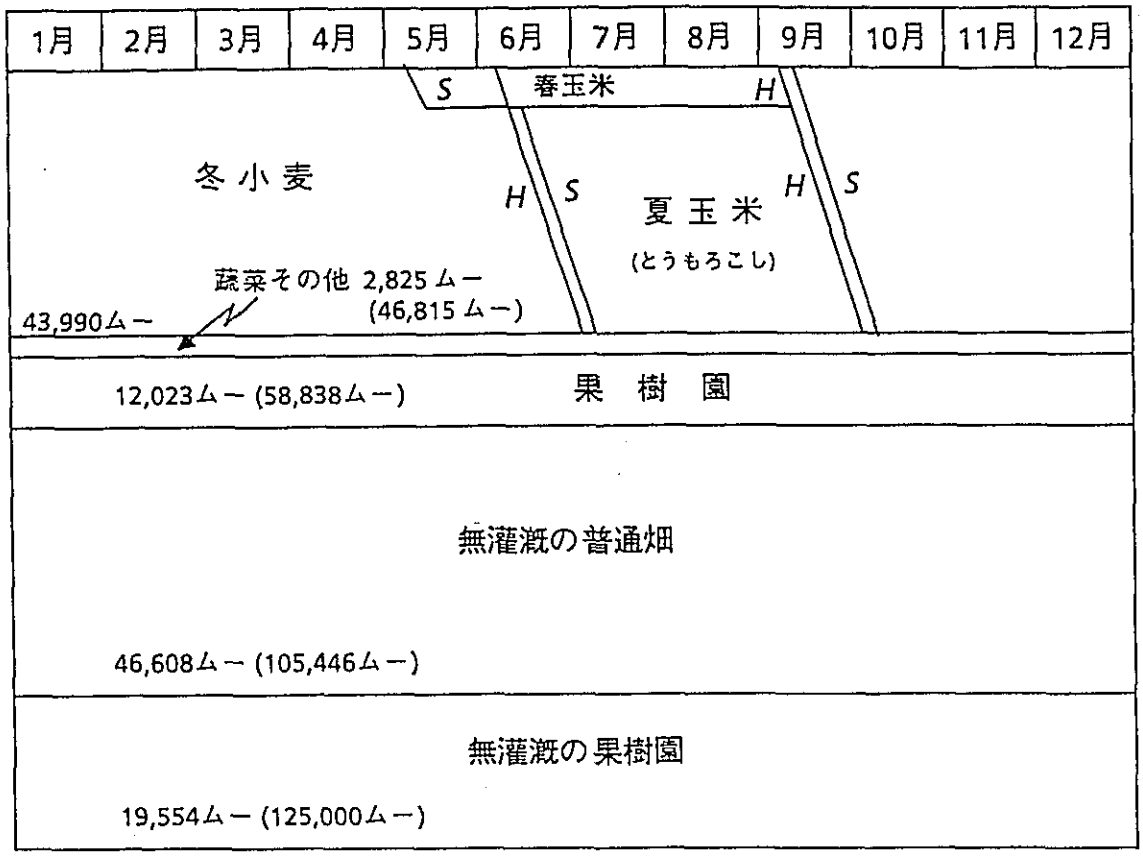
农作物品种：小麦、玉米、西红柿、甘蓝、茄子、白菜、苹果。

e)干渠、支渠调查

・用水系统、灌溉范围、设施的构造、尺寸、材质等。调查着手时，由于没有在进行现场调查中很重要的用水系统图、土地利用图和各分水口面积等的详细图纸

及海子水库计划书，调查工作面临了相当的困难。但是在中方的大力合作下，调查工作终于完成。

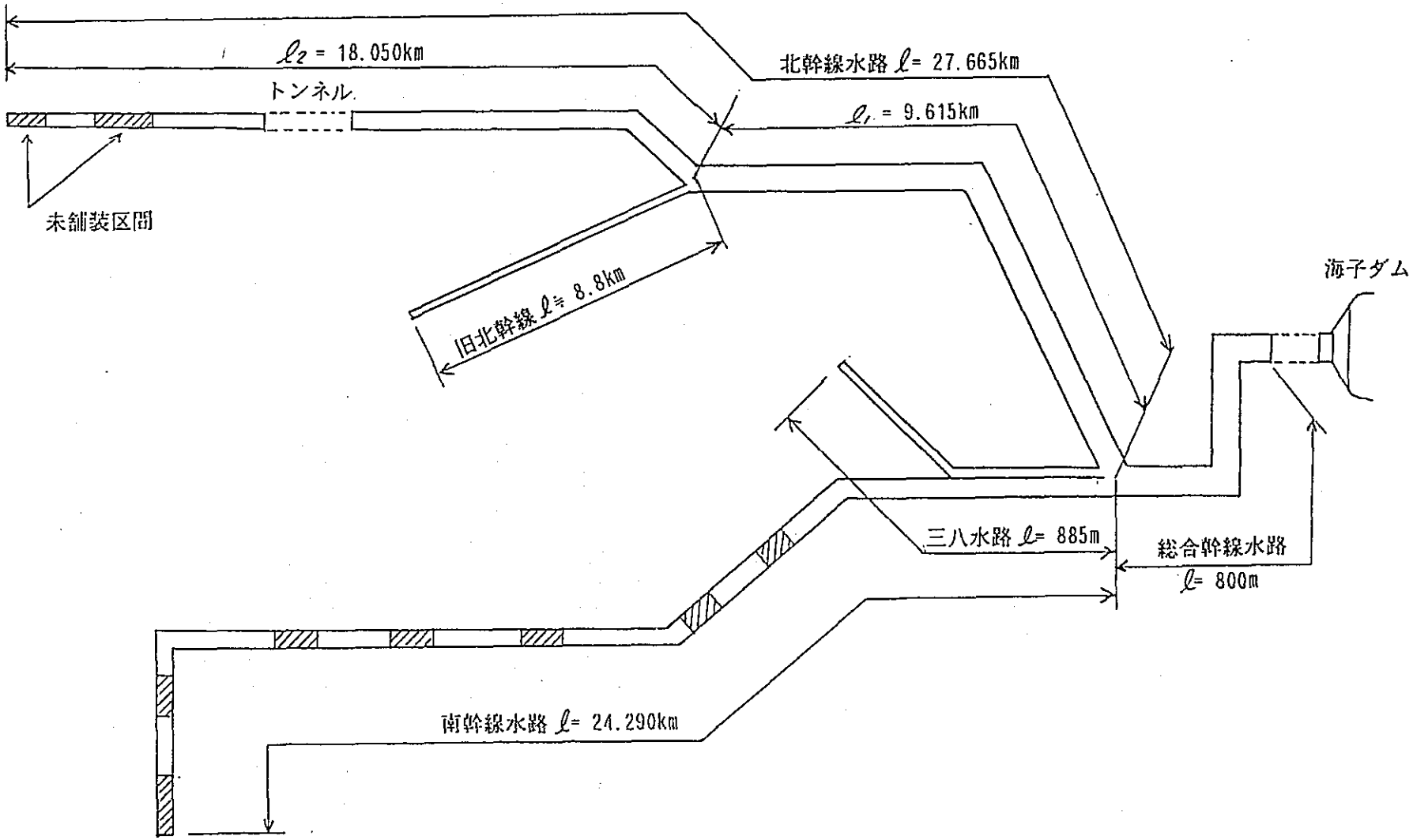
図 3.5.4-1　現況の作付体系



出典：中国側提供資料から作成

注　S：播種期
　　H：収穫期

図3．5．6－1　幹線用水路網模式図



6．开发计划

6．1　计划位置的确定

自从1980年9月在农村开始进行了体制改革。其后，土地、劳动力、资金集中管理的人民公社开始向分田到户的个体生产承包制转化，并使粮食生产有了较大幅度的增长。但是1984年后则处于停滞状态。

作为改变目前现态的策略，提唱不管天气变化的影响，最大限度地利用有限的水资源，促进、增强农业水利事业。并1989年10月把这策略传达到全国。

正如以上所述，着重强调了农业水利是「农业的命脉」。扩大农田灌溉面积，建立防旱、防洪的农田，与为了有效地利用有限的水资源，积极开发节水型农业，作为义务来进行。

如此最近在中国，传统的农业向现代化农业转变已成为当务之急，确定灌溉耕地的现代化、农业机械化、农业基础的整顿是十分必要的。作为解决问题的策略，合理的水管理系统确立及先进的节水灌溉技术引进，是不可缺少的条件。

立足于上述情况，把位于北京市近郊的本地区定为示范区实施计划，在中国建立技术基本而为农业的发展作帮助。

6．2　限制开发的主要因素

对于本开发计划相关的制约要因概括如下：

土壤特性、栽培形态、农户的兼业化、用水渠的漏水、输水设施不全、农道网络不齐、在水库运用上信息的处理和分析欠缺、适当的分水管理体制不完备等。

6．3　开发计划的基本设想

根据以上所述的中国政府的方针及计划区内的制约开发因素等来加以判断，开发计划的基本设想如下：

1．土壤的改良

2．合理的栽培形态的确立

3．农业的经营形态的改善

4．渠道输水效率的提高

5．分水设施的齐全化

6．灌溉方法的改善

7．水库及灌区的管理设施

8．水管理的系统化

9．农道网络的整顿

6．4　农作物的生产计划

(1)　土地利用计划

南北干渠的农作物的分计划面积如下表所示：

各种植计划面积　　单位亩（ha）

各干渠	小麦（玉米）	蔬菜	果树	计
北干渠	36,600	9,764	23,639	70,000
南干渠	36,400	10,659	7,941	55,000
计	73,000(4,860)	20,423(1,360)	31,577(2,110)	125,000(8,330)

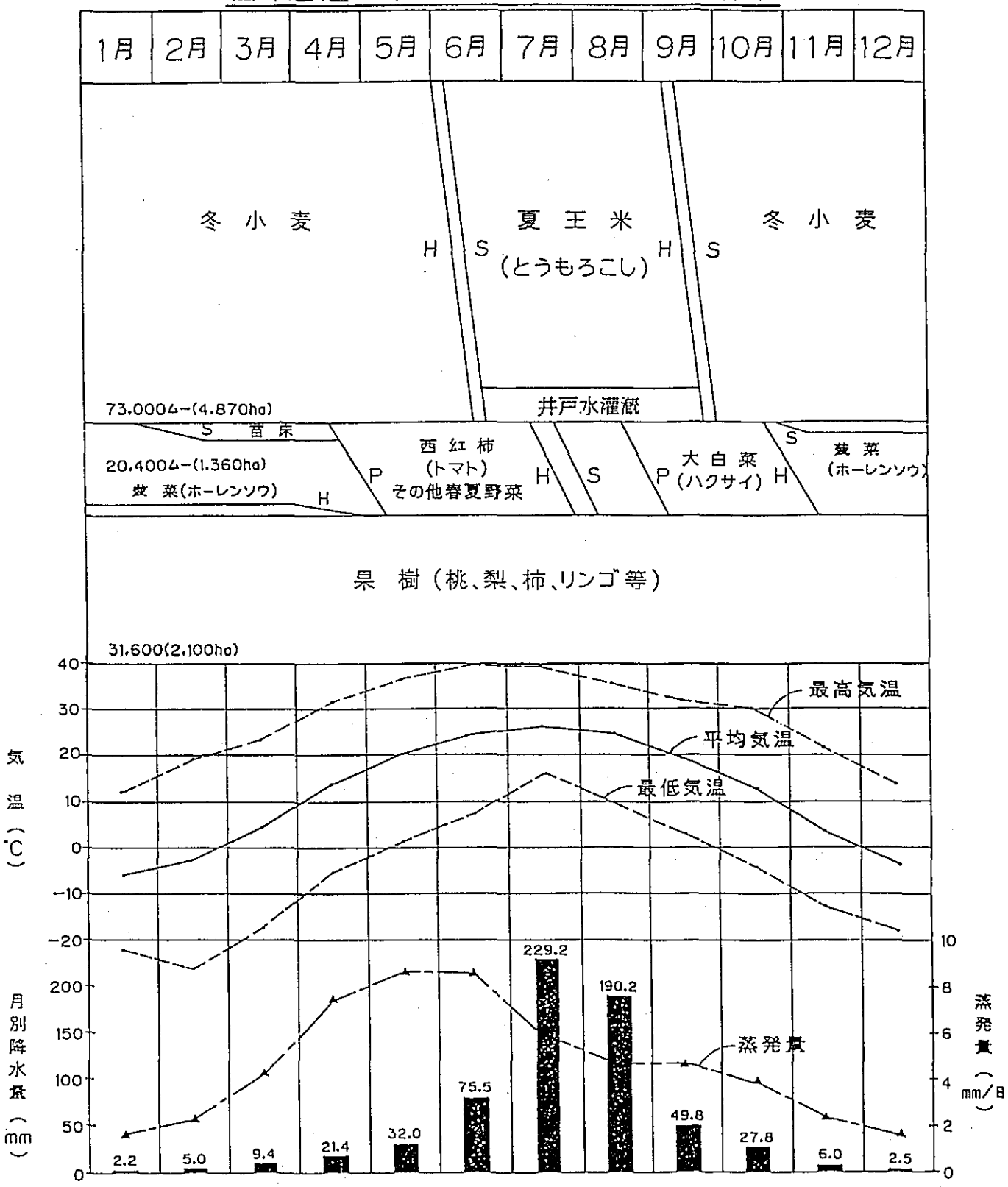
(2)　种植计划

为了谋求本计划区内的农民收益改善，必要提高小麦和玉米的生产性及经济作物（果树、蔬菜）的生产性。并且为了保证本计划区内的粮食自给，考虑必要的面积，以此策定了种植计划。

粮食自给的必要量为一个人每年所消费量360斤（180kg），20年后推算人口为14.1万（现人口10.2万×1.64%×20年）。以小麦的单产量700斤／亩（350kg）试算，则需农田72,500亩，为此决定现计划区普通农田93,400亩中，小麦种植面积73,000亩，蔬菜种植面积20,400亩，果树种植面积维持现状31,600亩。

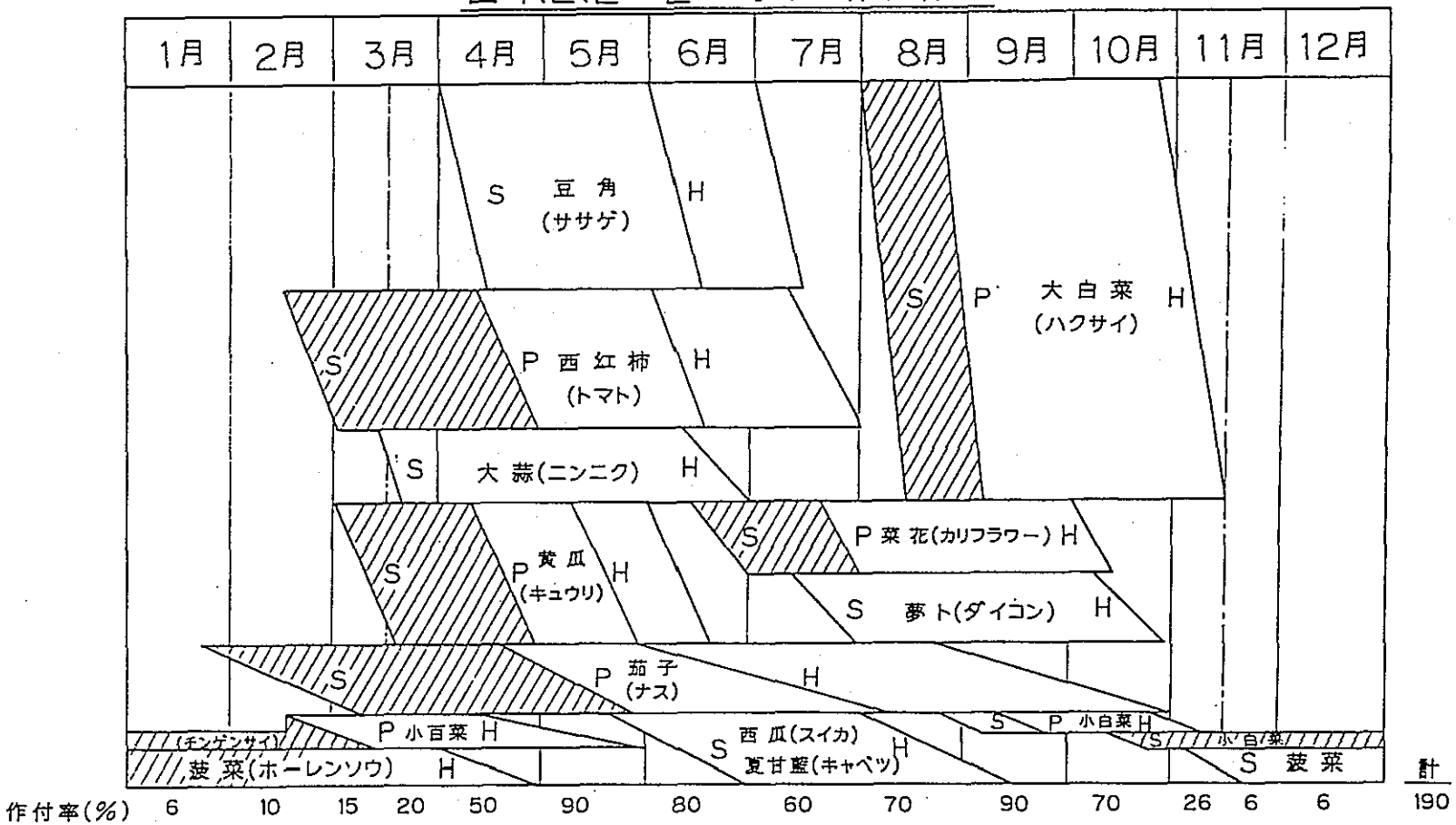
品　种	面　积	种植率
粮食（小麦、玉米）	73,000亩（4,860ha）	189.6%
蔬菜（11种）	20,400亩（1,360ha）	190.0%
果树	31,600亩（2,110ha）	100.0%
计	125,000亩（8,330ha）	167.0%

図4.2.2－1　計画地域の計画作付体系



注）S：播種期　P：定植期　H：収穫期

図4、2、2－2　野菜の作付体系



注）▨ 苗床期間　S：播種期　P：定植期　H：収穫期

各作物の作付率は蔬菜公司調査の承包田の作付割合を参考にして作成した。

—·—·— 11月中旬～3月中旬までは凍結期間

7．农业基础的整顿计划

7．1　灌溉用水量

(1)　计划基准年

1)灌溉设计保证年

・一般状况　75%（由于涸水地区，且是旱田农作物）

・喷灌等　85%

2)　设施计划基准年

作为设计计划上的基准年，以中国的实施例和我国的计划基准年作为参考，采用1／10概率年的降雨概率年。针对1／10概率年的降雨概率年，可以用皮阿松曲线来求得是1975年和1988年。再关连各种各样的其它数据，确定1988年为设施设计的计划基准年。

(2)　计划消费水量

为了分析中国方面提供的田间需水量，在现场重新进行了土壤的总迅速有效水分量（TRAM）测定。重新求得的需水量来看，清楚地表明现在基准需水量有相当的过剩水量。因此以土壤水分减少法（是采用负压计对小麦、玉米、蔬菜、果树的土壤水分变化进行跟踪调查以吸引法和加压板法求出土壤水分率(容积率)，作成PF一水分曲线，算出土壤水分的减少量）求得的消费水量和用农作物系数求得的消费水量与北京市田间需水量标准作比较分析，修正和制定出如下表的计划消费水量。

计划日消费水量　　单位（mm／日）

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
小麦	1.0	1.0	2.0	3.0	4.0	2.5	—	—	1.0	1.0	1.0	1.0
玉米	—	—	—	—	—	3.0	4.0	5.5	4.0	—	—	—
蔬菜	1.2	1.7	2.8	4.7	6.4	7.0	5.4	6.2	6.0	4.9	2.9	1.2
果树	—	—	1.0	1.1	1.7	5.1	4.6	4.1	2.5	1.6	0.2	—

7．2　灌溉面积的算定

以水分补给作目的在旱田进行灌溉时，需要大量连续不断的水。在这种场合，设施计划上采用轮灌制，能使流量均一，使设备没有闲余时间，谋求系统容量减少是关键的。

在末端灌溉系统中，因为采用喷灌法、滴灌法等，所以要通过水管进行分水。

根据以上灌溉方式或者灌溉设施的改善，进行节水灌溉，以谋求灌溉面积的扩大为目的，在此计算改善后的灌溉面积。

对水库的水收支分析，设想节水灌溉技术引进到全灌溉区面积85%。从引进的面积比例来考虑，根据加重平均，设计保证率为83.5%。水收支分析计算例，是以种植类4种（冬小麦、玉米、蔬菜、果树）中的玉米种植面积比例（100%、90%、80%、70%、60%）为基准进行5例的计算。

根据水收支计算结果，不能达到目标总灌溉面积125,000亩（玉米种植面积73,000 亩）。因此在本计划灌溉设计保证率83.5%上，可种植玉米的面积，按以上计算结果，进行内插计算得到65,400亩（4,360ｈａ，相当于原目标种植面积89.6%）。

	目标灌溉面积	根据水收支的灌溉面积
冬小麦	73,000亩(4,860ha)	73,000亩（相对计划100.0%）
玉米	73,000亩(4,860ha)	65,400亩（相对计划 89.6%）
蔬菜	20,400亩(1,360ha)	20,400亩（相对计划100.0%）
果树	31,600亩(2,110ha)	31,600亩（相对计划100.0%）

按照水收支计算结果绘制的水库蓄水位的经年变化图，并以此图为基准对蓄水位的情况进行观察，结果推测为蓄水位在 100ｍ以下的情况5年中1次发生在夏季的2～3个月，30年中2次发生干旱年，干旱年时恐怕大概通年水位在100ｍ以下。

図　　海子ダム貯水位変動状況図（実績、及び計画：1/2）

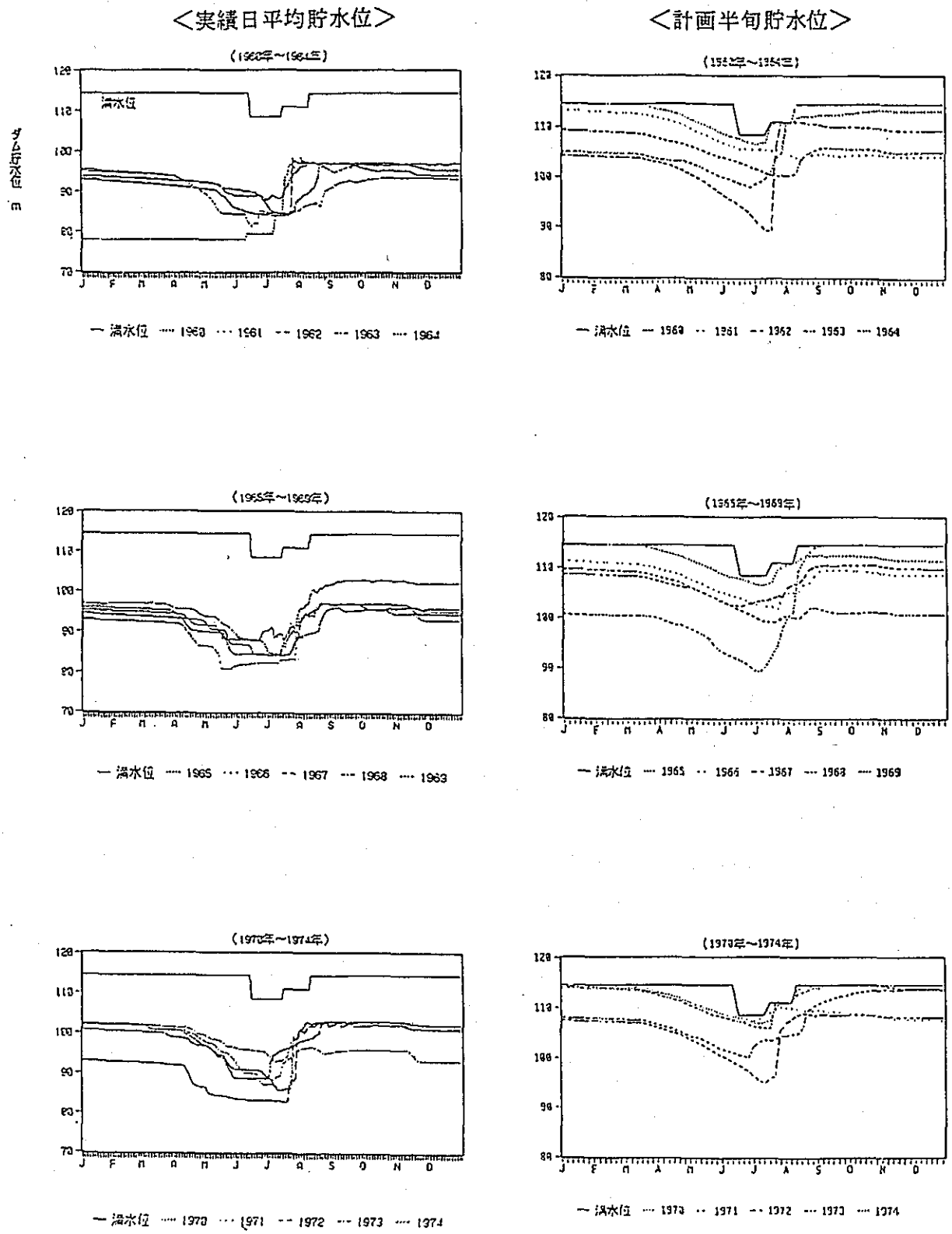
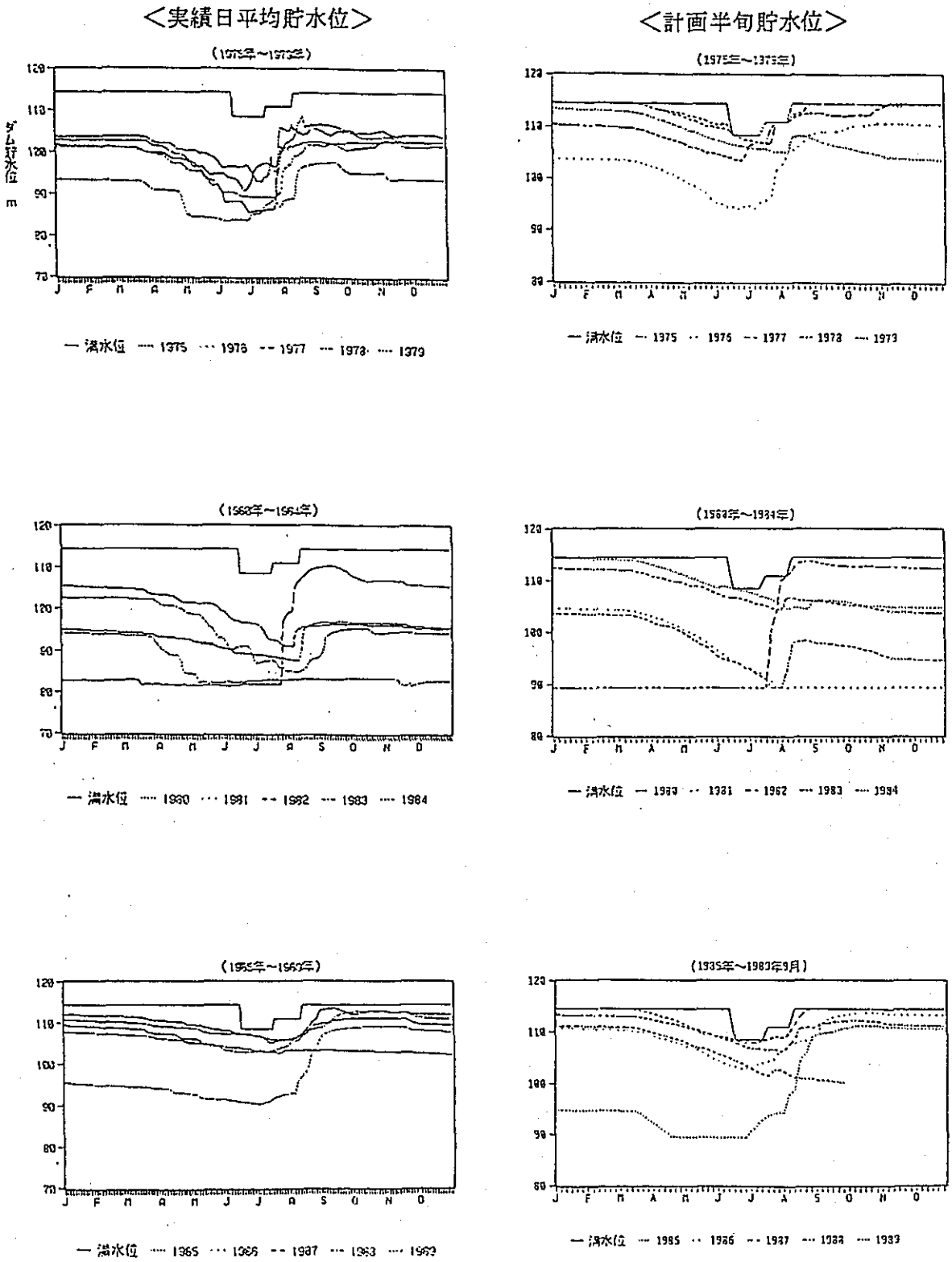


図　　海子ダム貯水位変動状況図（実績、及び計画：2/2）



7．3　灌溉计划

(1)全体组织

在旱田灌溉从田间到水源的全体灌溉组织是很大的，可分为：i)末端灌溉组织，ii)分水组织，iii)输水组织。每个组织的范围概括如下：

i)末端灌溉组织

控制复数供水区的闸类（分水闸等）及下层设施。

ii)分水组织

在旱田灌溉计划中，为使设施的容量调整，减少管理上水量损失，设立调节池的例子很多，从调节池到末端灌溉组织的一系列设施。

iii)输水设施

水源到分水组织的一系列设施

关于各组织的计划内容如下所述。

(2)末端灌溉组织

1)灌溉方法

在计划区内，灌溉方法选定如下。

i)对于粮食大田，十分考虑有效雨量后的补充灌溉的意思强，因此采用喷灌溉方法。

ii）对于果园，栽培区并不是很大，再考虑果园处在粮食种植地以外的土壤条件较差的地区等，采用固定式管道灌溉方式中的滴灌法，认为合适。

iii)对于蔬菜等，虽然从节水灌溉的角度来可以考虑采用滴灌法，但设施费昂贵。因此限于栽培高额经济农作物大棚。对于较大栽培面积的露天栽培采用洒水量大的喷灌法，认为是有利的。

2)洒水分区

洒水分区的大小是一个重要问题。它要与地形、农作物的种类、住宅化的规模、土地所具有的内容等相关的农业经营条件相应。为此再考虑本计划区内的一个农户的平均耕地面积，本计划中洒水分区为 3 亩。

3)末端设备材料和配置

喷灌机、滴头等使用中国制，配置如图所示。

(3)分水组织

1)灌溉分区

标准的灌溉分区面积为450亩（30ｈａ）。

2)调节池

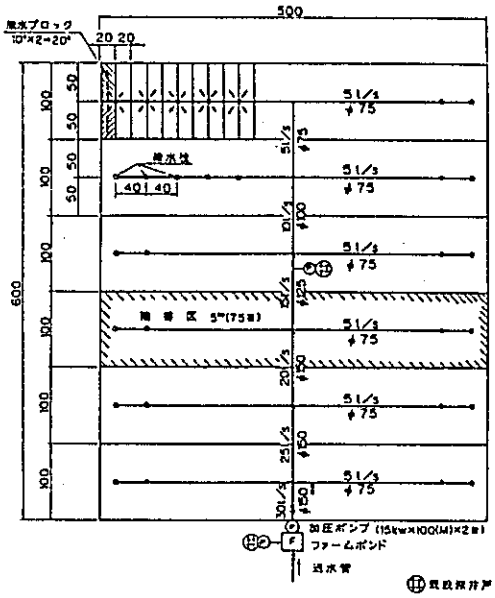
每一个灌溉分区，设置一个调节池。容量为400m³。

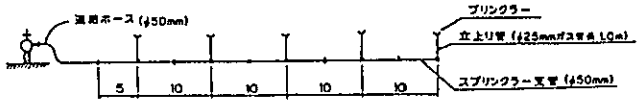
3)配管计划

配管形式原则上为鱼骨型，标准控制面积450 亩（30ｈａ）分为 6 个轮灌区，每个轮灌区为75亩（５ｈａ）。管种类为聚氯乙烯管。

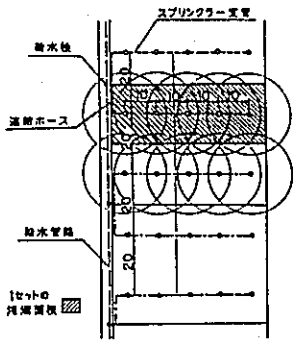
4)井用水的利用

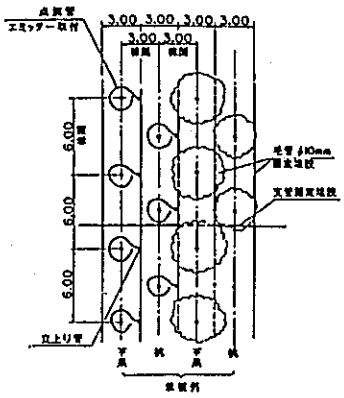
实施本计划后，只有水库水还不能完全地灌溉全农作物，而且 6 年一次要发生用水不足的情况。因此如发生水不足的情况，必要利用现有的井来补水。


500
600
20 20
40 40
51/3
φ75
φ100
φ125
φ150
ファームポンド
送水管


スプリンクラー
5
10
10
10
10

注記）寸法単位：m


スプリンクラー支管
20
10
10
10
10
20
20


3.00 3.00 3.00 3.00
3.00 3.00
6.00
6.00
6.00

(4)输水组织

1)干渠

北干渠区基本完成衬砌工程，所以不列在本计划中。南干渠要采用和北干渠一样的方法来进行衬砌。

2)干渠附属设施

以下的诸设施进行全面修改。

・分水制水闸（南北干渠分水点和北干渠的新旧分水点 2 处）

・调节制水闸（北干渠16处、南干渠22处）

・分水口　　（北干渠43处、南干渠55处）

・放水口　　（北干渠 4 处、南干渠 6 处）

3)支渠

本计划是引进节水技术的灌溉计划，在末端部分引进喷灌法、滴灌法等洒水方式等的因素来考虑，选定最适当的压力管式管渠形式。关于使用管种，采用中国制的离心法浇制钢筋混凝土管，为内水压力（为0.5kg／cm²左右），接口部分必要用重节套管加以保护。

7．4　农道计划

关于农道，根据其机能和配置分类为如下。

- 农道
  - 基干农道
  - 田间内农道
    - 干线农道
    - 支线农道
    - 耕作道

本计划是以基干农道作为对象。

一个灌溉区以30ha（500m×600m）为标准，进行灌溉设施的配置计划。以灌溉分区的 2 边作为基干农道，考虑利用于农业生产活动、农产物流通等农业方面及农村社会生活活动。基干农道的基本形成，是以 4 灌溉分区为一单元，其四周为基干农道。从任何一个分区 500m以内都配置上基干农道。这样道路密度为约37m／ha。

在本计划中，由于基干农道不铺修为柏油道，但是，为了防护雨水的浸食，考虑铺上砂石程度的铺修。

図4．3．2－4（1）

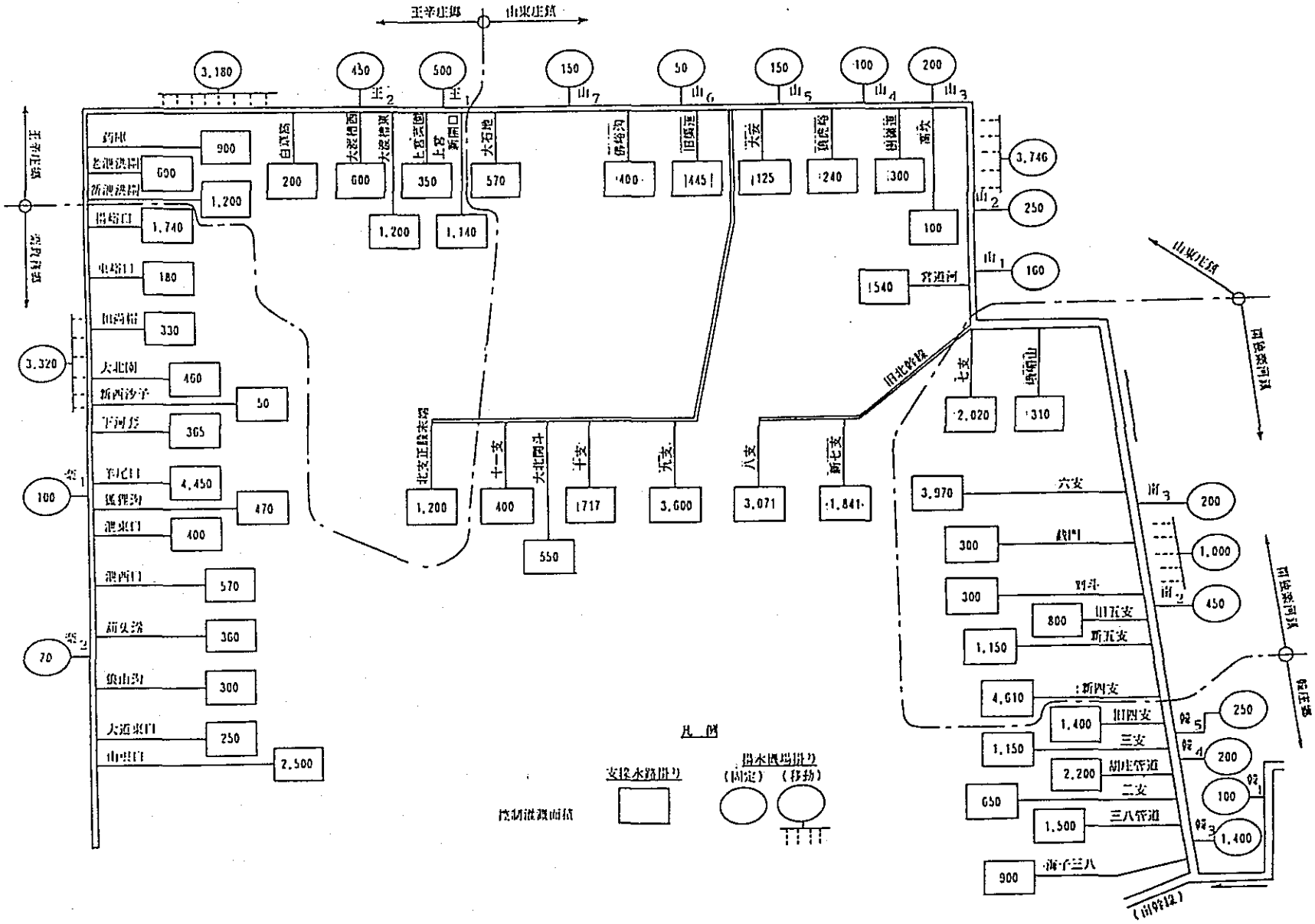
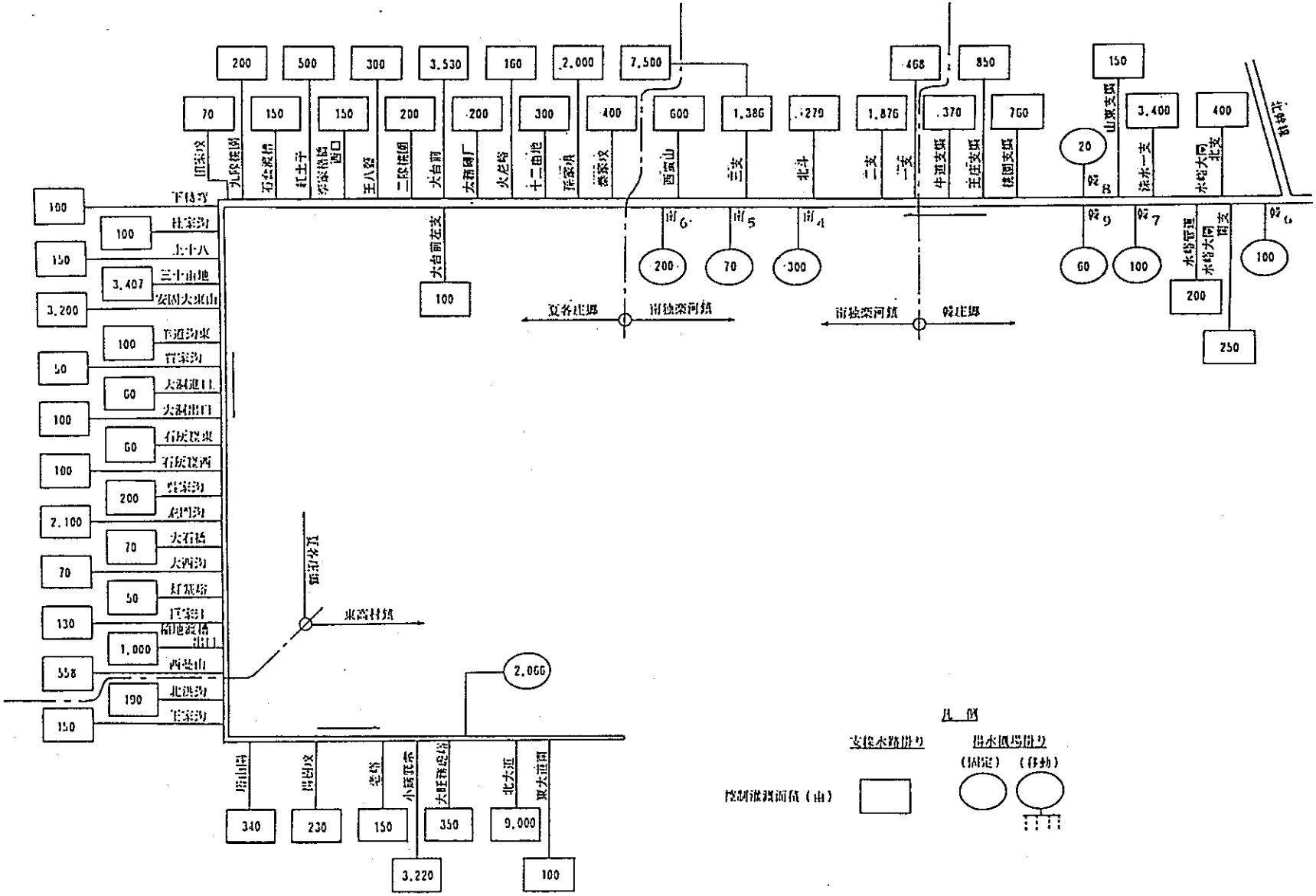


図4．3．2－4（2）


凡例
支線水路排水
排水機場排水
（固定）
（移動）
陸制流域面積（ha）
東高村鎮
夏各庄鎮
雷独柴河鎮
韓庄鎮
下侍郎
北宋沟
上十八
三十亩地
安固大東山
王道沟東
晋宋沟
大洞進口
大洞出口
石灰窑東
石灰窑西
雲宋沟
赵門沟
大石橋
大西沟
灯笼塔
王宋沟
稻地窑橋
出口
西梁山
北洪沟
王宋沟
大台前左支
大台前
大荷厂
火老塔
十二亩地
蔡家沒
西窑山
三支
北斗
二支
牛道支渠
王庄支渠
横固支渠
山東支渠
洙水一支
水塔大岡
北支
水塔管理
水塔大岡
南支
南新河
塔山岡
塔岡沒
老塔
小荷厂塔
大旺務窑塔
北大道
東大道岡

8．水管理系统计划

8．1　计划方针

如何把有限的水源更有效地、合理地分配，发挥最大效果。在此，除了末端部分分水、输水等节水灌溉设施的改良之外，引进水管理系统也是必不可少的条件。

引进水管理系统时，不用一味的追求引进高级的系统，而必须采用与该水利设施最合适的方法。同时，根据它的经济性及将来的管理体制来进行规划。然而，本事业是在中国建立先进的节水灌溉示范区的。以此为设想依据进行计划。

8．2　计划的概要

海子水库的全水管理系统计划大概分为如下。

(1)水库管理计划

- 水库上游流域水文管理
- 蓄水池管理
- 坝体的管理
- 水库下游流域管理

水库管理计划是为了使用遥控收集、观测数据和处理数据而规划其系统的。

(2)灌溉用水管理计划

- 干渠用水渠管理
- 灌溉雨量管理

灌溉用水管理计划是为了由遥测器来监视各调节制水闸处的渠道水位和流量，由遥控来控制调节闸门的开度，规划其系统的。

8．3　系统计划

引进如下的系统计划

(1)水库上游

- 雨量观测点　3所监视
- 水位观测点　4所监视

(2)水库下游

- 洪水警报　3所监视

(3)水库

- 水库蓄水位　1所监视
- 浸透水位　9所监视

(4)干渠

· 分水制水闸门　　2所监视，控制

· 北干渠调节闸门　10所监视，控制

　　6所监视，控制

· 南干渠调节闸门　12所监视，控制

　　10所监视，控制

(5)灌溉区

· 雨量观测　　3所监视

(6)中央管理站

关于中央管理站，可分为水库集中管理方法和水库灌区分开管理方法，从管理机能、信息的集中化和统一化、迅速对应性、维持管理、经济性及人员的保证等方面来看，集中管理确有其长处，但从各部门管理体制来看有其自己的特性，如统一管理会产生不少困难，故在本计划中采用分开管理。

(7)通讯网分析

水管理设施的水位的监视、控制，计划采用无线电。

9．示范灌区计划

9．1　示范灌区

示范灌区选定韩庄乡和南独乐河镇以内北干渠和沟河之间的地区。

因为这地区的中央部有一条同北京市和平谷县的中心地区及海子水库相连接的铺修道路东西走向，不仅交通方便，在农业经营上也极为有利。此外还有利于外来者的视察。所选定的计划面积是21,260亩（1,420ｈａ）。

9．2　土地利用计划

土地利用计划面积如下。

（单位：亩）

乡镇名	小麦	玉米	蔬菜	果树	计
韩庄乡	4,020	(4,020)	2,180	700	7,800
南独乐河镇	11,270	(11,270)	1,510	680	13,460
计	15,290	(15,290)	3,690	1,380	21,260

9．3　灌溉计划

(1)北干渠

从南北干渠分流点到来新旧北干渠分流点，距离为 9,614ｋｍ，衬砌工程都已竣工。

(2)干渠附属设施

1)分水制水闸门

对南北干渠的分流点及新旧北干渠分流点的制水闸做改修。

2)调节制水闸门

将进行改修的调节制水闸如下 5 处。

3)分水口

对象分水口如下14处。

分水口名	测量点
海子三八	No. 0 ＋410
韩庄管道	No. 0 ＋841
二支	No. 2 ＋427
胡庄管道	No. 2 ＋658
三支	No. 3 ＋010
旧四支	No. 4 ＋236
新四支	No. 4 ＋937
新五支	No. 5 ＋760
旧五支	No. 6 ＋255
刘斗	No. 6 ＋975
截门	No. 7 ＋545
六支	No. 8 ＋475
峨嵋山	No. 9 ＋015
旧七支	No. 9 ＋615

(3)支渠

按照全体计划所述的，作为管渠道使用离心法浇制钢筋混凝土管（管径600～300ｍｍ，长度27,900ｍ）

(4)末端灌溉组织及分水组织

按照本计划所述的，大田采用喷头及果园采用滴头进行灌溉。

关于分水设施也同样地设置调节池。用泵来扬水，使用管道加压输水，可按前全面所说的洒水方法进行灌溉。

9．4　农道计划

按照道路整顿的方针，在原有道路的位置、地形条件或者支渠和灌溉设施位置的基础上重新配置道路。按照本配置计划，新建道路长约有14ｋｍ，同原有道路合起来总共配置的道路长约有52ｋｍ。道路密度将36.7ｍ／ｈａ，其结果同前全面所述的整顿方针大体上一致。

9．5　水管理系统计划

已说明过全系统计划，其中在示范区实施如下设施。

・上游流域水文信息监视　雨量７处，河流水位３所

・海子水库蓄水池监视　　水位１处

・南北干渠分水制水闸门　２处（监、控共用）

・调节制水闸门　　监视５处、控制４处

・灌区雨量监视　　雨量２处

此外作为末端调节池下面的旱田灌溉系统的示范区，在一个灌溉分区内引进遥控控制系统。

１０．农业支援计划

关于在事业费用上不加算的农业支援，在此建议农民组织的增强，流通机构的改革，并且为了达到本计划的目的，对农民作必要的技术指导和为农业经营的改善，设置示范田间区，培养技术人材（指导人员）。特别是，为了达到本事业的目的，在示范灌区内建立实验田，在那里进行和现场适当的水管理技术的研究应用实验是十分必要的。并且，为培养高级灌溉技术人员，在全国规模有组织地进行教育和人材开发，建立培训中心是目前的紧急任务。实验田和灌溉排水技术开发训练中心的建立是进行本事业时的一个不可缺少的紧急课题。

１１．事业实施计划

１１．１　实施计划的概要

为了确认海子水库灌溉区全域中的海子水库的位置、特性，把全域作为对象进

行水收支分析，策定了开发计划的概略。但是中国方面要求以北干渠控制范围作为灌溉推广区（7万亩），进行事业化计划。作为开始阶段，先在示范区（约2.1万亩）要实施。按照中国方面的意向，制定事业实施计划。

11．2　实施机关

本事业的实施，由水利部负责，并由水利部直属的关连机关：水利水电科学研究院，另外北京市水利局、北京市水利科学研究所及平谷县政府等参加而补助本事业。

11．3　实施方法

实施时，从北干渠开始按如下程序进行。

11．4　实施工程

本事业（工程）计划用5年来完成。具体实施工程见表4.7.4。

表4.7.4　事業実施工程表

項目＼年度	1	2	3	4	5	
1. エンジニアリングサービス						
実施設計、入札等	———	———				
施工管理		———	———	———	———	
2. 北幹線灌漑区						
(A) モデル灌漑区						
幹線付帯施設		———				
支線水路工		———				
ファームポンド		———				
給水施設		———				
撒水機器		———				
道路整備		———				
水管理システム		———				
(B) 上記以外灌漑区						
幹線付帯施設			———	———		
支線水路工			———	———		
ファームポンド			———	———		
給水施設			———	———		
撒水機器			———	———		
道路整備			———	———		
水管理システム			———			
3. 南幹線灌漑区						
幹線水路改修			———	———		
幹線付帯施設				———	———	
支線水路工				———	———	
ファームポンド				———	———	
給水施設				———	———	
撒水機器				———	———	
道路整備				———	———	
水管理システム				———		

１２．维持管理计划

１２．１　水管理组织

把对于平谷县海子水库及灌溉区的水管理设施的管理组织加入到现有的水库附带设施及灌溉设施的管理组织中去。海子水库有向北京市水利局汇报水库的管理记录义务，关于水库运用的指示通过平谷县的水资源局来转达。此外，海子水库灌溉区的水利设施是直接处于平谷县水资源局的管理之下。本调查计划里的中央管理站是以水库管理中心和灌溉区管理中心分别设置的。因此，两管理中心将按原来的管理中心组织的样式加入到管理组织里。

１２．２　末端灌溉设施的管理组织

迄今为此，支渠基本上都是开式渠道。但是一旦计划实施后，基本上都将转变为管式渠道，形式同末端的调节池直接连结的构造。由此，随时对末端设施和分水口进行适当的管理。为此对主要水利设施和末端灌溉设施的一体化运行、管理及调整，相应的委员会的设置，是十分必要的。关于这一组织的建议如图。

図4.8.1-2　水管理施設維持管理組織

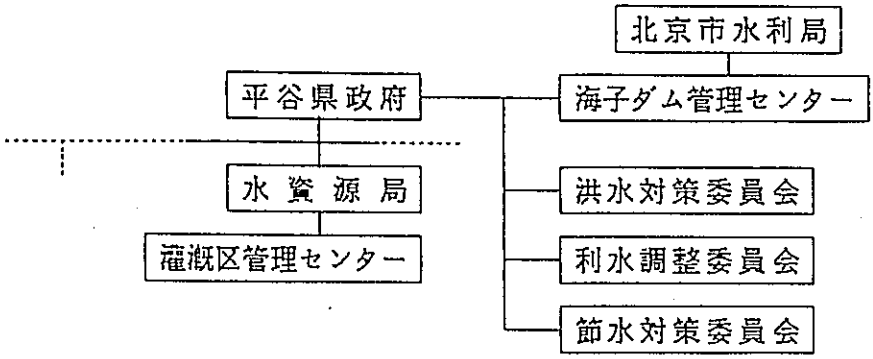
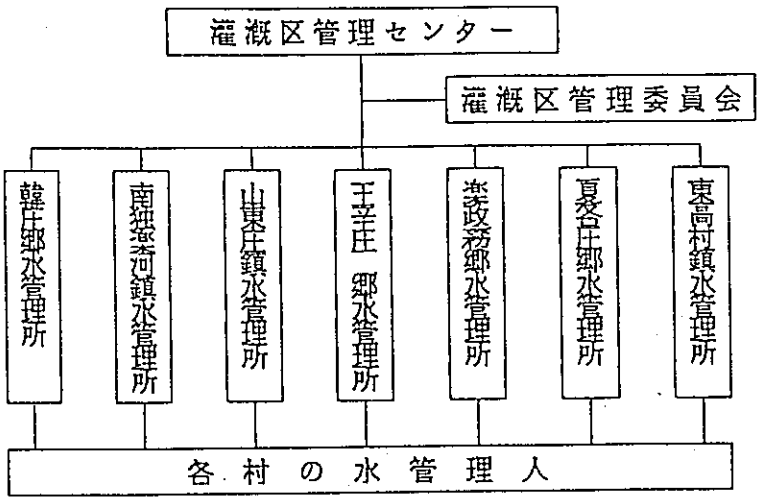


図4.8.1－3　末端灌漑施設管理組織



１２．３　水管理方法

(1)　海子水库管理中心：

维持现体制，进行水管理系统的教育和培训。

(2)灌溉区管理中心

在总负责人以下，再配备10名工程师。

(3)制水闸

对主要制水闸用遥控来进行远方监视及控制。其中一部分水闸是通过现场人员用电动式来开闭。

(4)分水口

利用无线电巡逻车进行监视，分水闸门操作有专人执行。

(5)支渠

门槽阀的开关，过泸板的杂物清除等，由监理人员巡回看护、监视和操作。

(6)调节池及加压泵

浮式阀槽、调节池的清扫，及泵的运行管理检点、整顿等由一名管理人员对定点的几处进行流动管理。

１３．事业费

事业费由工程费、人事管理费、物品予备费、价格予备费等构成。各干渠别事业费的积算结果如表4-9.1-1。

表4.9.1-1　事業費

(1) 北幹線灌漑区

項目	金額(千元) 外貨	内貨	計	摘要
(1) 工事費	40,941	41,630	82,571	表4.9.1－3
(2) エンジニアリングサービス費	3,716	413	4,129	
計	44,657	42,043	86,700	
(3) 物的予備費	4,466	4,204	8,670	上記計の10%
(4) 価格予備費	2,456	2,312	4,768	計＋(3)の5%
合計	51,579	48,559	100,138	

(2) 南幹線灌漑区

項目	金額(千元) 外貨	内貨	計	摘要
(1) 工事費	16,560	46,766	63,326	表4.9.1－3
(2) エンジニアリングサービス費	2,849	317	3,166	
計	19,409	47,083	66,492	
(3) 物的予備費	1,941	4,708	6,649	上記計の10%
(4) 価格予備費	1,067	2,590	3,657	計＋(3)の5%
合計	22,417	54,381	76,798	

(3) 計画地域全体

項目	金額(千元) 外貨	内貨	計	摘要
(1) 工事費	57,501	88,396	145,897	表4.9.1－3
(2) エンジニアリングサービス費	6,565	730	7,295	
計	64,066	89,126	153,192	
(3) 物的予備費	6,407	8,912	15,319	上記計の10%
(4) 価格予備費	3,523	4,902	8,425	計＋(3)の5%
合計	73,996	102,940	176,936	

(4) モデル灌漑区

項目	金額(千元) 外貨	内貨	計	摘要
(1) 工事費	30,455	16,997	47,452	表4.9.1－3
(2) エンジニアリングサービス費	2,136	237	2,373	
計	32,591	17,234	49,825	
(3) 物的予備費	3,259	1,723	4,982	上記計の10%
(4) 価格予備費	1,792	948	2,740	計＋(3)の5%
合計	37,642	19,905	57,547	

１４．维持管理费

(1)水管理设施

管理中心的人员费、系统机械的检查、修理、电力、消耗品等费用

(2)灌溉设施

调节池的水泵的电力、修理及设备管理人员等费用。

１５．事业评价

１５．１　事业评价的目的

事业评价由财务评价和经济评价构成，以北干渠灌溉区７万亩和计划的全区域为对象。财务评价的目的是将由本事业的实施而得到的事业收益性，从财务的观点出发作出评价。另一方面的经济评价是从国家经济的观点出发作出推算评价。

１５．２　事业评价的方法

本事业通过实施和不实施的２种场合之间的效益及费用的算定和比较，事业的收益性由现在纯粹的价值、效益、费用比率、内部收益率（收回率）这三个基准来对事业的收益性进行评价。另外财务评价将以农户经营分析为中心来进行。

(1)评价期间

本事业的评价期间是指对灌溉设施的耐用年的考虑，工程期间的三年包括在内，即50年为评价期间。

(2)事业费：事业费由工程费和维持管理费构成。

(3)事业的效益

由本事业的实施后产生的效益，它有多种多样，其中包括外部经济(２次效益)。作为本事业的效益，计上能计量化的农产物和它的副产物的增产效益（种植增减和单产量增加效果）。并且由此而带的社会经济效果。关于社会方面的以后作说明。

１５．３　事业收益性的判定和感应度分析

财务评价和经济评价的事业收益性根据算定基准推算，得到的结果汇总如表5.3.5-1 。因此，如果从国家经济性的观点来看本事业，它具有相当高的妥当性，再考虑本事业给社会经济所带来的效益，本事业的有益性定会进一步增大。

为了对由社会经济的不确性给事业的收益性的判定指示带来的影响进行分析，设想了以下三种情况：

１：建筑料单价的涨价，事业费增加５％时。

2：单产量达不到指标，事业的收益减少5%时。

3：1和2的情况同时发生时。

把以上三种情况作为基点，对经济的收益性的感应度进行分析，结果汇总如表5.3.6-1。

15．4　农户的经营分析

农户经营分析是以各不同经济规模的农户作为对象，把由于本事业的实施而使农户的年纯收入增加的计算作为目的来进行的。由此，因本事业的实施，中等规模的农户（耕地面积4亩、家族农业就业人数 3.5人）每户年收入从约 1,500元增加到4,200元，家族农业就业者每人年收增加750元左在。这不包括农业以外的收入、因此可能要超过设想的增收效果。

15．5　社会经济分析

本事业的效益除了农产物的增产、农副产品的增产等直接效果之外，还存在着间接性的感应效果，详见如下。

- 农业生产材料的供给和加工，和流通的关连产业振兴
- 生活水平的提高
- 畜产业振兴
- 外币的节约
- 农产物的流通时间和费用的节约
- 附加价值的产生

表５．３．５－１　　事業収益指標

評価	評価基準	北幹線灌漑区	計画地区全域
財務評価	純現在価値　（割引率12%）	170,805,000	291,103,000
	便益・費用比率（割引率12%）	2.57	2.67
	内部収益率	30.49%	30.86%
経済評価	純現在価値　（割引率12%）	214,104,000	358,536,000
	便益・費用比率（割引率12%）	3.25	3.36
	内部収益率	38.27%	38.78%

表５．３．６－１　　経済的収益性の感度分析

地域	ケース	経済的内部収益率　（%）
北幹線灌漑区	①	36.74
	②	36.66
	③	35.18
計画地区全体	①	37.22
	②	37.15
	③	35.68

16．结论

由于计划区的自然条件苛刻，特别是降雨量的问题，据过去的30年记录，年间的降雨量333mm到1,058m，平均每年的降雨量是651mm。不同年有300mm左右的差距。因此现在每年缺水发生旱灾。在计划面积12.5万亩，由于旱灾，水库的蓄水管理规则不齐全，渠道的漏水及分水的损失等的原因，能够灌上的只有47%左右。

为了改善这种局面，策定了现代化的水管理系统和进行节水灌溉时必要的设施计划，即水管理系统。设立2所管理中心，按照8.3系统计划，海子水库的上下流域的水文监视，坝体监视及南北两干渠的分水制水闸，调节制水闸的监视控制，对灌溉区的雨量进行监视，规则正确适当的水利用和分配计划，作为灌溉设施：1)在末端灌溉采用喷灌和滴溉方法，由合理的水分配来设立调节池，再由泵通过聚氯乙烯管来无加压送水；2)支渠完全通过压力管式渠道的形式，以谋求管体的安全性和水管理的容易性；3)干渠改良为混凝土渠道（北干渠已基本完成）。全面修改制水闸、放水口、分水口等的附带构造物，力图做到防止漏水和合理地分配水源，以此降低水量的无效流失现象。

经济评价的结论表明，本事业具有极为高度的妥当性，而由技术性和经济性来看，是一项切实可行的事业。并且具有大量的难于计量的如下间接性效益：1)关连事业的振兴；2)生活水平的提高；3)畜产的振兴；4)外币的节约；5)农产物的流通；6)附加价值的产生等，这结果都证明本事业对中国农业的近代化和经济的发展将会产生深远的效果。因此希望中国政府为了有力地推进本事业，采取一系列必要的措施，而本计划早日实施。

17．劝告

为了本事业能顺利地按照计划实施，并且达到预期的目的，劝告以下的相应对策及措施。

1.示范灌区的早期开工

2.增强农业支援

3.对应措施

- 地形图的制成
- 灌溉工程时必要的机械、材料的改良。
- 引进水管理系统的器材

· 实施土壤调查

· 改编管理组织

· 受益者负担维持管理费

· 对农户的意向调查

5.3 質疑応答

主な質疑応答は次のとおり。

(1)

質問		回答	
質問者	内容	回答者	内容
農業工学研究所	小麦の場合、今迄年間5～6回灌漑していたのが最近3～4回になった理由は、	陳　炯新	次のとおり。 ・雨量の有効利用。 ・干魃に強い品種に変えた。 ・耕起する時は、土の微細化による蒸発散の抑制。
北京市規則設計研究院	圃場システムと水管理システムを組み合せた事例はあるか。	安養寺久男	豊川用水の事例について説明
水利部新郷灌漑研究所	1. スプリンクラーによる施肥と農薬散布について 2. 家畜の糞尿の場合、濾過機や攪拌機が必要か	安養寺久男	1. 農薬撒布 ミカン畑の適用事例、樹上方式 問題点として ①葉裏の付着　②農薬量が多い　③管内残留処理 施肥撒布 樹下方式、点滴灌漑の場合には、灌漑用水に肥料を混ぜる 2. 糞尿は一回貯留槽に貯める。尿を希釈して、大型スプリンクラーを利用して、散布する。北海道で実施
北京農業工程大学	1. 風食害防止について 2. 温室内の多目的利用について	安養寺久男	1. 砂糖大根の栽培時期と、風食害の時期が一致、風食害の程度は土壌の乾湿状態による。 防止方法としては水の撒布が有効的。 風食の発生時期が問題で、予測がむつかしい。 2. 温室内の湿度を高める。 ただし、湿度を高めると病気が発生しやすくなる。

(2)

質問		回答	
質問者	内容	回答者	内容
水利水電 科学研究院	1. 水管理システムの費用は、 2. システムを導入しない場合の影響 3. 水位計の適用範囲と価格 4. 超音波式の利用度	市野吉造	1. 日本における概算費用は3～5億円 2. 講演資料の目的（2頁）を参照 労働力問題、情報伝達の遅延、各灌漑地区毎に慣行のルールがあり、公平に配布する必要 3. 水路では、フロート式、触針式、価格 100～200 万円（本体40～110 ） ﾌｱｰﾑﾎﾞﾝﾄﾞでは、フロート式、静電式、価格 40～50万円（本体30～40） 4. 中間に圧力式があり、音波式は少ない。 口径 300㎜位まで
山東省 水利庁	多孔管式灌漑の場合 管材料、穴の密度、等	安養寺久男	講演資料（6頁 表－4）参照 日本では、アルミニューム管とホースがある。
北京市 水利所	開水路と管水路の流量測定	市野吉造	精度 開水路 パーシャルフレーム 超音波式 ±3 % 管水路 羽根車式 ±4 % ベンチュリー式 ±3 % 口径 300～400 ㎜ 10～20万円 電磁式 ±1.5 % 超音波式 ±1.5 % 口径 400㎜以上 100～200 万円
水利部 陳 炯新	1. 灌漑ブロック面積 450ムーを計画しているが 2. 海子ダムの多目的運用について 3. 圃場での降雨保証率を考慮しているか	米原 宏	1. 1ブロック 450ムーは標準として、示したもので、地形に応じ 略 その程度になるようにブロック割りを行う。 2. 最終報告書（案）に記載している。洪水防止についても警報システムを計画した。 3. 過去30年間の雨量データより、有効雨量を求めて、計画日消費量を決めている。

(3)

質問		回答	
質問者	内容	回答者	内容
水利部 陳　炯新	4.　圃場整備は計画にあるか、現況用水路は、	米原　宏	支線水路（パイプライン）と農道は計画しているが、圃場整備は平坦であるので、現況の通りとする。 既存水路は排水路として必要な個所は残す。
水利部	ダムの貯水位が計画で高くなったのは何故か、	米原　宏	灌漑設計保証率83.5%を守るためには、貯水量は或る程度確保していないと、翌年に影響が出てくるので、結果として、貯水位は現況より高くなっている。 保証率を守るために、灌漑効率を高めて、全域が灌漑できるよう計画した。
懇談中	1.　日本の水利費の徴収方法と費用 2.　圃場要水量を測定機器のデーターのまま水管理システムに使用した実施例は 3.　中国は土砂を含んだ用水が多く、流量測定に苦慮している。 4.　維持管理費は誰が決め、負担の方法は、 5.　工事費の負担は		1.　面積割りが多い。 500～3,000 円/10a年程度。 2.　県の試験場の調査値を使用しているものが多い。 測定したデーターで水管理しているところもあると思う。 3.　簡単な方法は堰式で沈砂池を設けた土砂対策をする必要がある。超音波式は精度が悪くなる。 4.　農民代表の土地改良区が決定し、受益農民が負担する。 5.　国営事業は、国、県の補助（80%）、残り（約20%）は農民の負担となる。これは事業完了後、15～25年間で支払う。

5.4　参加者名簿

(1)　日本側

在中国日本大使館	藤　本　直　也	一等書記官
国際協力事業団中国事務所	曳　地　和　博	所　員
農林水産省農業工学研究所	安養寺　久　男	室長（講師）
農林水産省構造改善局建設部	市　野　吉　造	専門官（講師）
海子ダム農業水利開発計画調査団	米　原　　宏	団長（講師）
同　　上	岡　本　純　忠	副団長
同　　上	豊　岡　宣　紀	団員
同　　上	加　藤　寿美子	団員
国際協力事業団	小　田　行　雄	短期専門家

(2)　中国側

次頁の通り。

参加《中国节水灌溉技术研讨会》人员名单

姓名	单　　位	职务（职称）	地　　址	邮政编码
陈炯新	水利部科教司	总　工	北京白广路二条一号	100761
李承实	水利部外事司	处　长	北京白广路二条一号	100761
章　凌	水利部外事司	官　员	北京白广路二条一号	100761
姜开鹏	水利部农水司	副处长	北京白广路二条一号	100761
季仁保	水利部农水司	主任科员	北京白广路二条一号	100761
陈志军	水利部农水司	研究生	北京白广路二条一号	100761
周卫平	中国灌排技术开发公司	工程师	北京白广路二条一号	100761
邵　思	中国灌排技术开发公司	工程师	北京白广路二条一号	100761
陈建三	水利部情报所	工程师	北京六铺炕	100011
倪新铮	北京水利规划设计院	总　工	海淀区翠微路甲3号	100036
李永莲	北京水利规划设计院	工程师	车公庄西路老虎庙6号	100044
宁满江	北京水利规划设计院	助　工	车公庄西路老虎庙6号	100044
丰　勇	北京水利规划设计院	助　工	车公庄西路老虎庙6号	100044
赵　骏	北京水利局水文总站	副总工	海淀区晾梁厂25号	100038
张延瑞	北京水利局水文总站	工程师	海淀区晾梁厂25号	100038
胡本瑞	北京平谷水利局	副局长	平谷文化北街5号	101200
张秀华	北京平谷水利局	工程师	平谷文化北街5号	101200
付吉成	北京平谷水利局	工程师	平谷文化北街5号	101200
李文芝	山东无棣水利局	助　工	山东无棣	21489
胡建新	山东无棣水利局	助　工	山东无棣	21489
贺正中	陕西省水利厅	高工、处长	西安市尚法路 134号	710004
孙孝谦	陕西省水利厅	高　工	西安市尚法路 134号	710004
王勋文	陕西省水利厅	工程师	西安市尚法路 134号	710004
周维博	西北水科所	副室主任、工程师	陕西杨陵区	712100
杨穆堂	山西水科所	副所长、高工	山西太原	030002
孙廷容	山西水科所	工程师	山西太原	030002
张伟然	辽宁省水电厅	工程师	沈阳市	110003

姓名	单　　位	职务（职称）	地　　址	邮政编码
杨万志	辽宁省水电科研所	工程师	沈阳市	110003
宋天祥	辽宁省沈阳市水利局	工程师	沈阳市	110041
刘婴谷	北京农业工程大学	副教授	清华东路	100083
王韶华	华北水电学院北京研究生部	讲　师	北京市	100044
赵树旗	华北水电学院北京研究生部		北京市	100044
郭宗楼	武汉水电学院	水利系讲师	武汉珞珈山	430072
张宝柱	北京平谷水利局	工程师	平谷文化北街5号	101200
赵希敬	北京平谷海子水库管理所	科　长	平谷海子水库	101201
廖永诚	水利部新乡灌溉所	高　工	河南新乡市	453003
黄修桥	水利部新乡灌溉所	工程师	河南新乡市	453003
方成荣	河南省水科所	总工、高工	河南郑州纬五路	450003
陈先星	河南省水科所	高　工	河南郑州纬五路	450003
冯朝山	河南省水科所	助　工	河南郑州纬五路	450003
张金杰	河北省水利厅	主任工程师	河北石家庄	050021
张　雷	河北雄县水利局	工程师	河北雄县	071800
杨法留	河北雄县水利局	干　部	河北雄县	071800
李少成	河北大城万亩试区	工程师	河北大城县	302950
关德斌	山东水利厅	处　长	山东济南	250013
于国平	山东省水利厅	科　长	山东济南	250013
张兰享	山东省水科所	高　工	山东济南	250013
陈顺业	山东邹平水利局	工程师	山东邹平	256200
王玉森	山东邹平水利局	助　工	山东邹平	256200
陈炳新	水科院	院　长	车公庄西路10号	100044
张启舜	水科院	副院长	车公庄西路10号	100044
赵竟成	水科院　水利所	所　长	车公庄西路10号	100044
瞿兴业	水科院　水利所	教授高工	车公庄西路10号	100044
赵铃爽	水科院　水利所	工程师	车公庄西路10号	100044
王留运	水科院　水利所	工程师	车公庄西路10号	100044

姓名	单　　位	职务（职称）	地　　址	邮政编码
付云飞	水科院　多事办	工程师	车公庄西路10号	100044
张　菁	水科院　水利所	工程师	复兴路甲一号	100038
钱蕴璧	水科院黄淮海项目办	副主付、高工	车公庄西路10号	100044
候烨祥	水科院　水利所	高　工	复兴路甲一号	100038
岳　兵	水科院　水利所	高　工	复兴路甲一号	100038
陆吾华	水科院　水利所	高　工	复兴路甲一号	100038
朱嘉英	水科院　水利所	主任工程师	复兴路甲一号	100038
杨碧茹	水科院　水利所	主任工程师	车公庄西路10号	100044
许　迪	水科院　水利所	工程师	车公庄西路10号	100044
刘群昌	水科院　水利所	工程师	车公庄西路10号	100044
武文凤	水科院　水利所	工程师	车公庄西路10号	100044
余　玲	水科院　水利所	高级工程师	车公庄西路10号	100044
胜书堂	北京市水利局	总工程师	海淀区翠微路甲３号	100036
蔡季良	北京市水利局	副局长	海淀区翠微路甲３号	100036
黄　欣	北京市水利局科教处	工程师	海淀区翠微路甲３号	100036
何　浩	北京市水利局农水处	工程师	海淀区翠微路甲３号	100036
陈德春	北京市水科所	高　工	车公庄路老虎庙６号	100044
赵维萍	北京市水科所	工程师	车公庄路老虎庙６号	100044
刘虎城	北京市水科所	工程师	车公庄路老虎庙６号	100044
高　远	北京市水科所	工程师	车公庄路老虎庙６号	100044
丁跃元	北京市水科所	工程师	车公庄路老虎庙６号	100044
郭宇飞	北京市水科所	工程师	车公庄路老虎庙６号	100044
潘安君	北京市水科所	助　工	车公庄路老虎庙６号	100044
吕　露	北京市水科所	助　工	车公庄路老虎庙６号	100044
潘卫国	北京市水科所	技术员	车公庄路老虎庙６号	100044
吴同奎	北京市水科所	技术员	车公庄路老虎庙６号	100044
黄大英	北京市水科所	硕　士	车公庄路老虎庙６号	100044
潭德宝	北京市水科所	硕　士	车公庄路老虎庙６号	100044

JICA