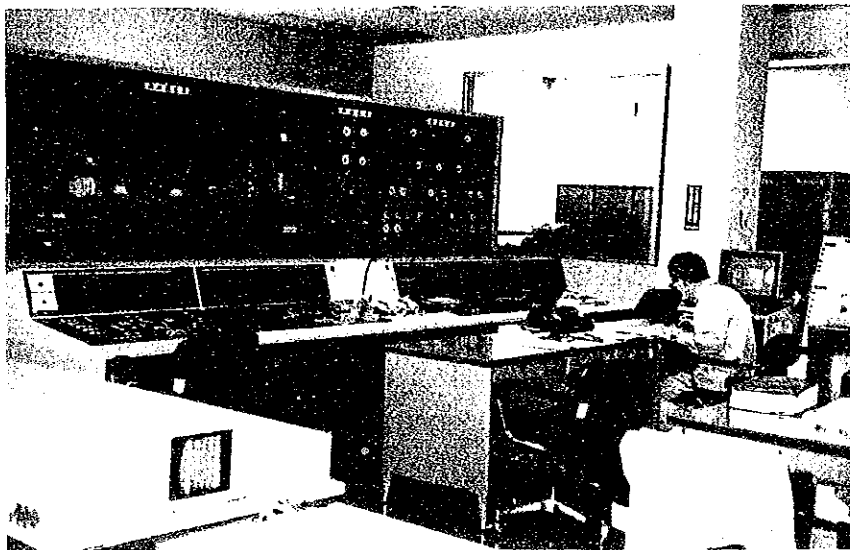


横芝揚水機場 $\phi 1,100\text{m}/\text{m} \times 1,850\text{kw} \times 5$ 台 総揚程45m $Q = 13.0\text{m}^3/\text{s}$



大網揚水機場（内部）
 $\phi 1,200\text{m}/\text{m} \times 4,000\text{kw} \times 3$ 台
 総揚程 70m
 $Q = 13.0\text{m}^3/\text{s}$

長柄ダム

アースダム 堤高52.0m

堤頂長 250m

有効貯水量 9,600千 m^3



2) 両総用水の管理

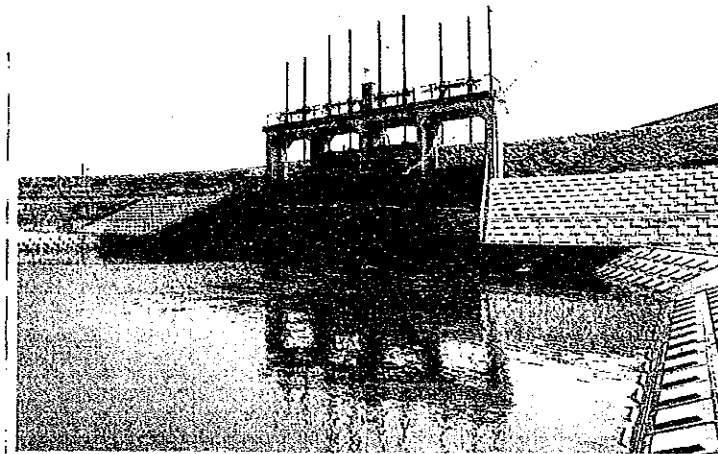
管理の概要

両総用水の管理は大別すると、①用排水管理②施設維持管理、③財産管理に分れており、それぞれの内容は次のとおりとなっている。

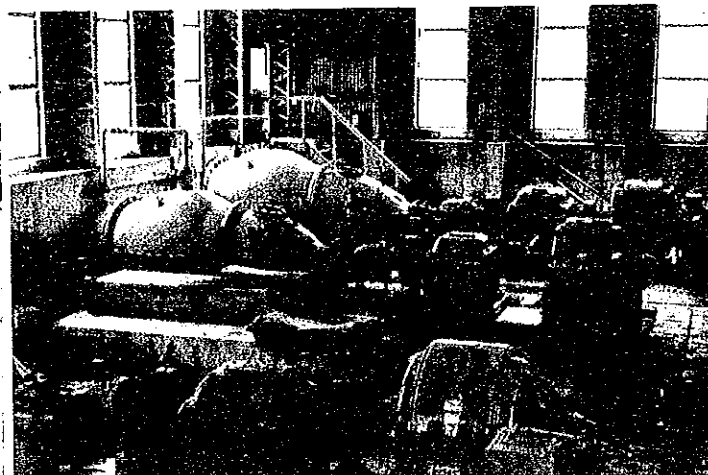
①用排水管理

用水管理については、農業用水と上水及び工業用水を利根川の佐原先より取水し、農業用水については、茂原市まで、配水し、上水及び工業用水については栗山川横芝町地先まで送水している。（上、工水について横芝町地先以降は水資源開発公団が管理している。）

一方、排水管理については洪水時等に利根川の水位が高くなり自然排水が出来なくなった利根川沿岸の耕地の湛水防止のため排水機場によって利根川へ排水している。

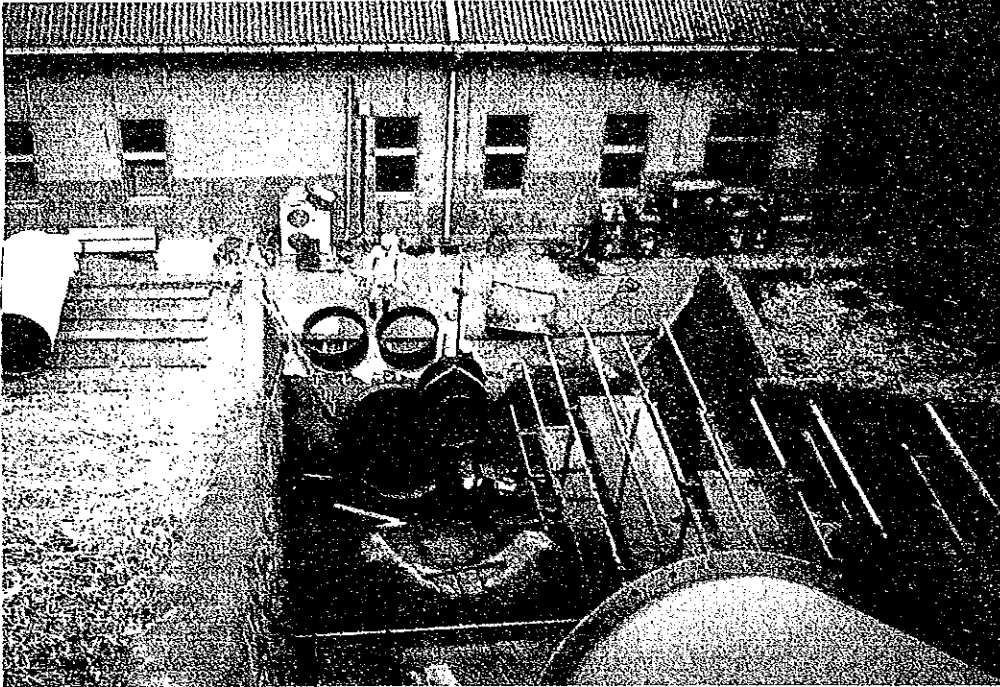


利根樋門 — 両総用水取水工 — (佐原市)



両総第1排水機場内部 (佐原市)

②施設維持管理



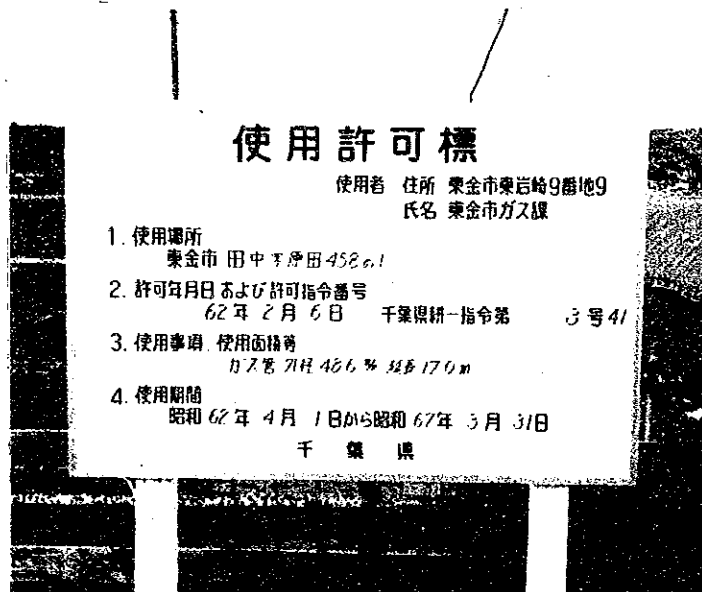
両総第2揚水機場吐出管交換工事（横芝町）

両総施設である機場、水路等について補修及び改良工事を行い施設の機能維持を行うものである。

近年施設の老朽化が進み年々工事費が増加している。

③財産管理

両総施設（土地を含む）について他目的使用許可及び不法占拠行為等の排除を行い、財産の保全に努めている。

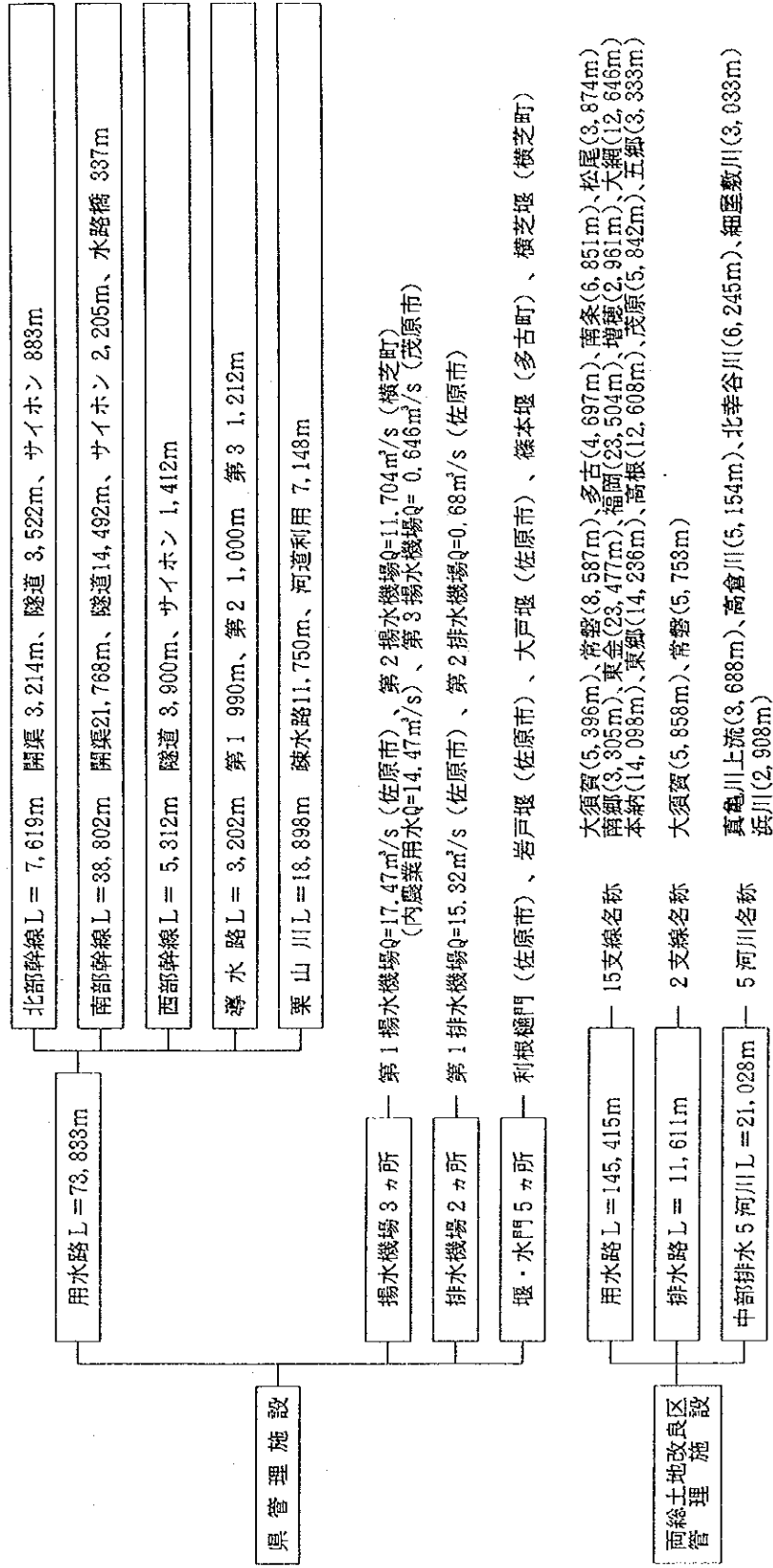


許可標の設置状況

管理の対象施設

両総施設は県が管理する施設と両総土地改良区が管理する施設に分かれている。

県が管理する施設は国営両総用水農業水利事業により造成され、農林省（当時）から管理委託を受けた施設、水資源開発公団房総導水路建設事業で造成した共用施設及び籓本堰であり、両総土地改良区が管理する施設は国営附帯県営かんがい排水事業房総支線地区で造成し、県から改良区に管理委託した施設となっている。



① 県は両総施設管理については両総土地改良施設管理条例（昭和40年11月1日施行）及び共用施設については国営両総地区土地改良財産の暫定管理に関する協定書（昭和51年12月11日）に基づき行っている。
 ② 中部排水5河川は工事を担当した東金土地改良事務所から両総土地改良区へ管理委託を行っている。

管理の実態

用排水管理

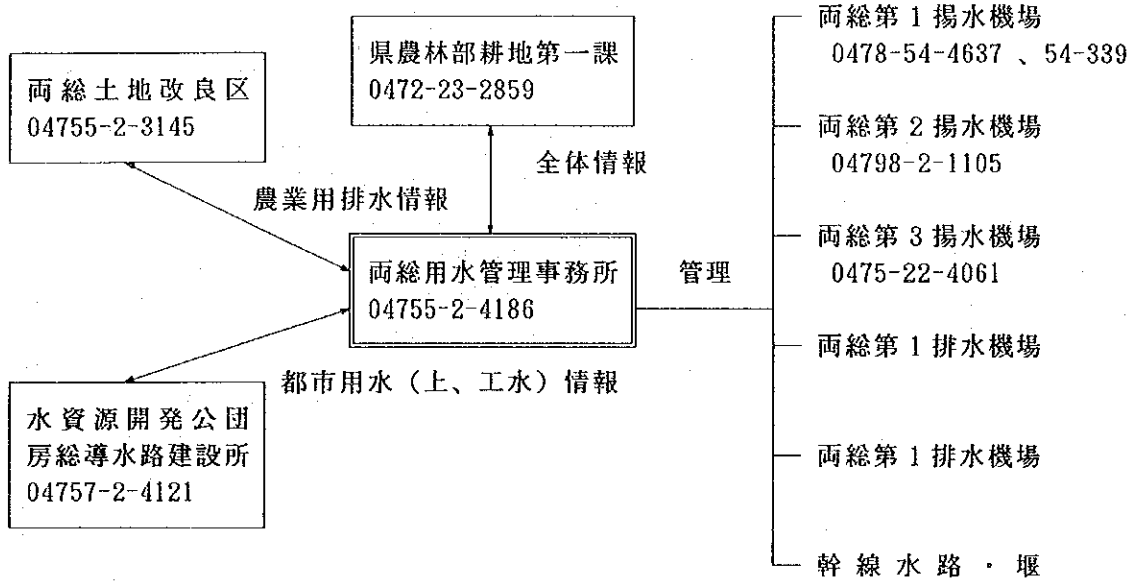
両総揚水施設は昭和40年に完成した時は大規模な農業用水（専用）施設として位置づけられていたが、昭和45年度に着工した水資源開発公団房総導水路事業と施設の一部（利根樋門～横芝堰）を共有することとなり、施設能力も当初の最大 14.47m³/sから最大 17.47m³/sに増量された。

昭和52年度からは農業用水に加えて上水も取水が開始され、昭和61年度からはさらに工業用水についても取水しており、現在は通年24時間体制で用水管理に万全を期している。

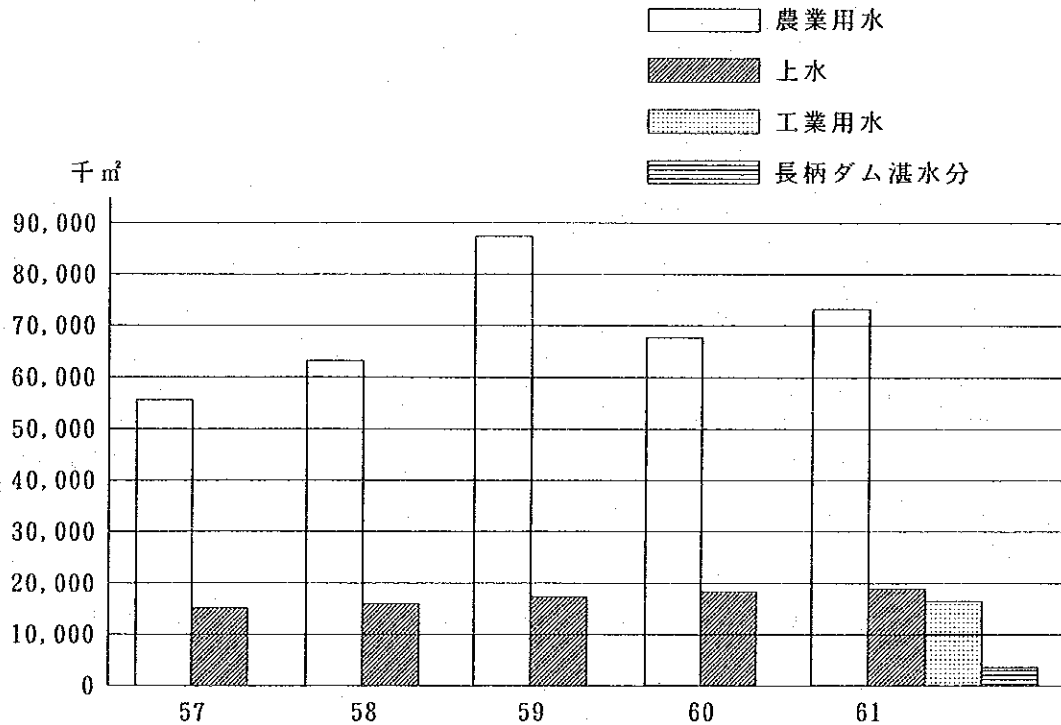
一方、両総用水事業計画の中で利根川沿岸の洪水の防止として位置づけられている排水については佐原市に設置されている第1、第2の2ヵ所の排水機場により地区内の強制排水を行い耕地の保全を図っているところである。用排水管理はその関係者の数も膨大であり（農業用水関係戸数約22,000戸）、通常時、緊急時とも連絡管理体制は迅速かつ正確な対応が要求されている。

①管理体制

農業用水、上水、工業用水と性格の異なる用水管理のため調整には万全を期している。



②最近5ヵ年の取水実績



施設維持管理

①老朽化の進む施設

両総用水事業は昭和18年から昭和40年まで20余年の歳月をかけて造成された大規模な農業用施設であるが、その大半が完成後30年以後経っており全体的に老朽化が進み、近年は特にその傾向が著しくなっている。

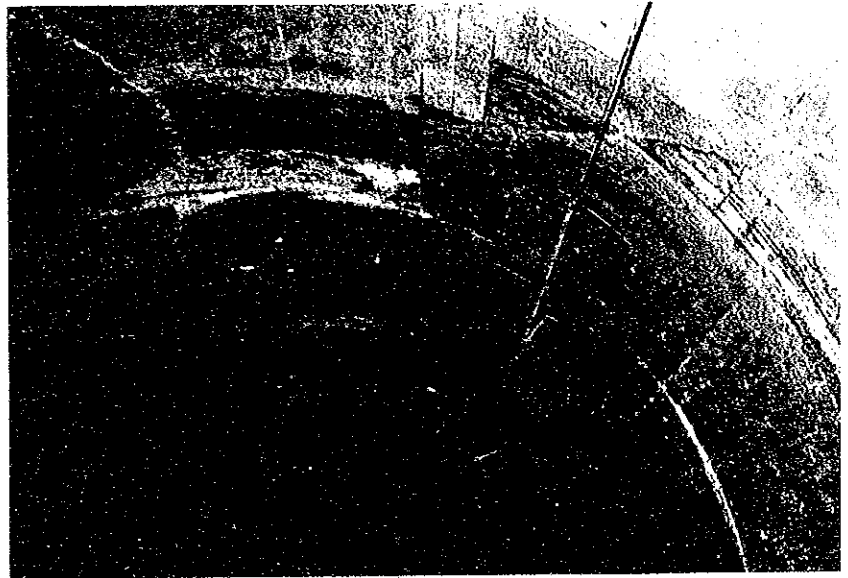


コンクリートライニング開渠の状況（佐原市地先）



サイホン基礎部
沈下によるクラック発生
(佐原市地先)

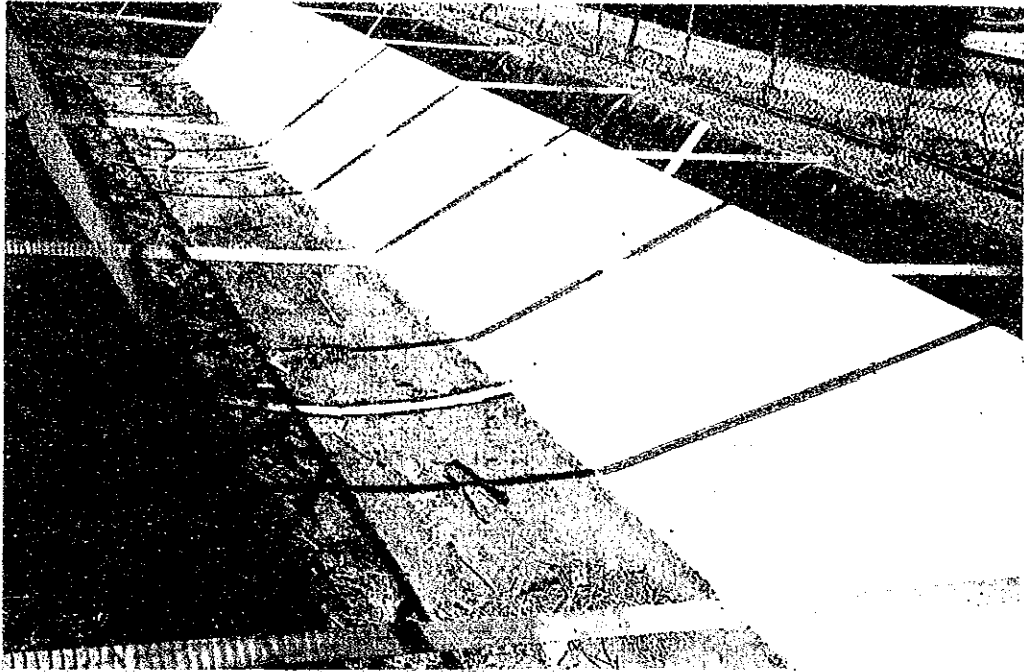
隧道内部
(東金市地先)



制水門
(大網白里町地先)

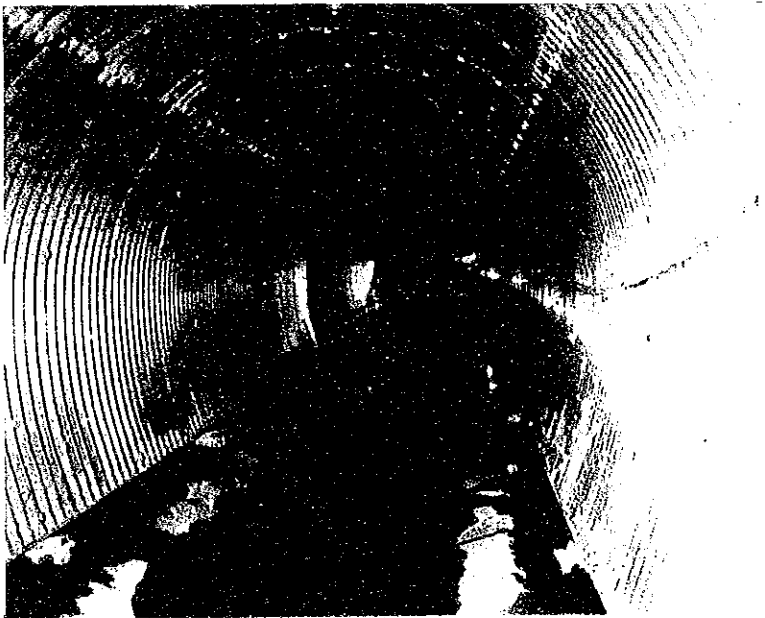
②多岐にわたる補修工事

(7) 土木・建築



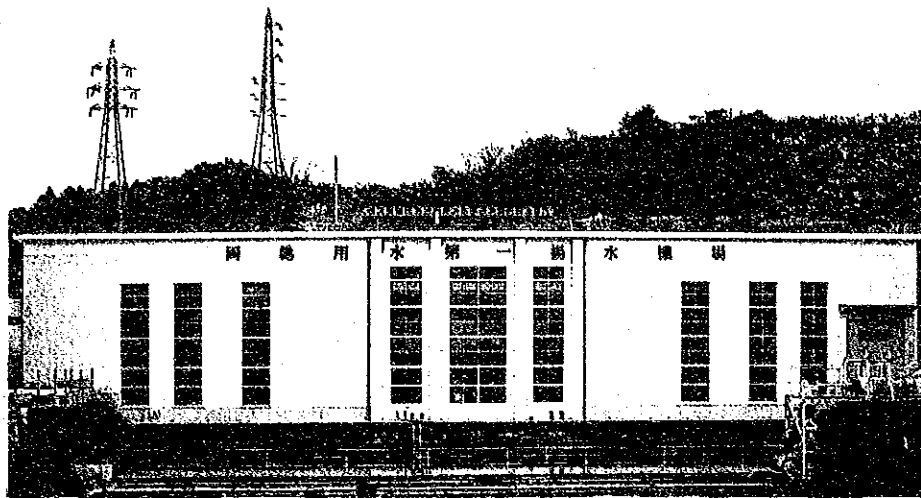
目地補修

補修を必要とするヵ所数は極めて多く現場条件も各々異なるため、最適工法決定に時間を要している。



隧道内部補強工事

全体に亀裂が発生した為、部分補強工法が行えず、アーチ部全体のコルゲート補強を行った。



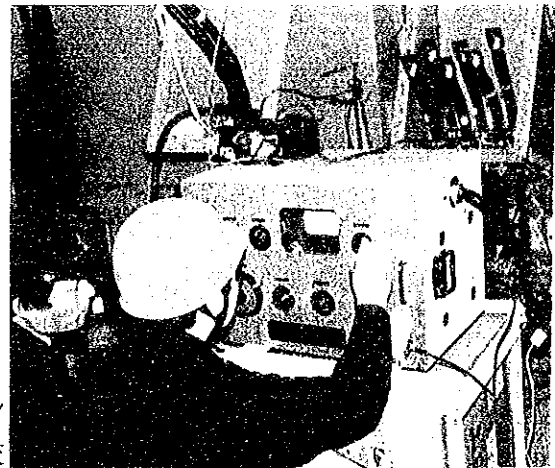
揚水機場外壁補修
年間 5,000人以上の見学者が訪れる揚水機場の外壁も傷みのはげしくタイル落下による危険性も出てきたため、防水を含めた全面化粧直しを行った。

(1) 施設機械・電気

ポンプは両総用水の心臓部で日夜連続運転を行っているが突発的な故障による運転停止はその影響が極めて大きいことから日頃の定期点検、オーバーホール等による事故防止を図ることは極めて重要であり又、一旦不測の事態が発生した時には迅速な対応が要求されている。



第1揚水機場のポンプシャフトに亀裂が発生していることが、点検調査により発見され早急な交換工事を行った。

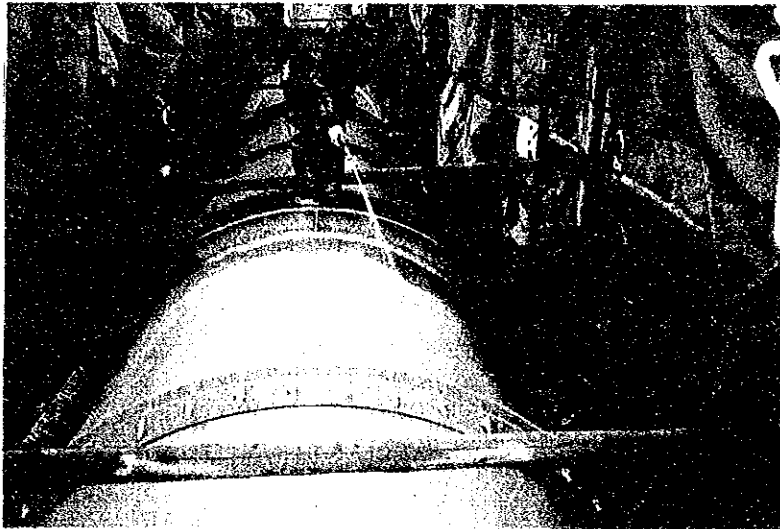


第2揚水機場電気関係定期点検状況

(ウ) 塗 装

両総用水施設には鋼構造物施設が多く、中でもサイホンは1号～8号まで $\phi 2,400\text{m/m}$ の2連鋼管で総延長 2,544mにもおよび、内面塗装は7～10年、外面塗装は10～13年周期で施行している。

年間1億円内外と多額な費用を要している。

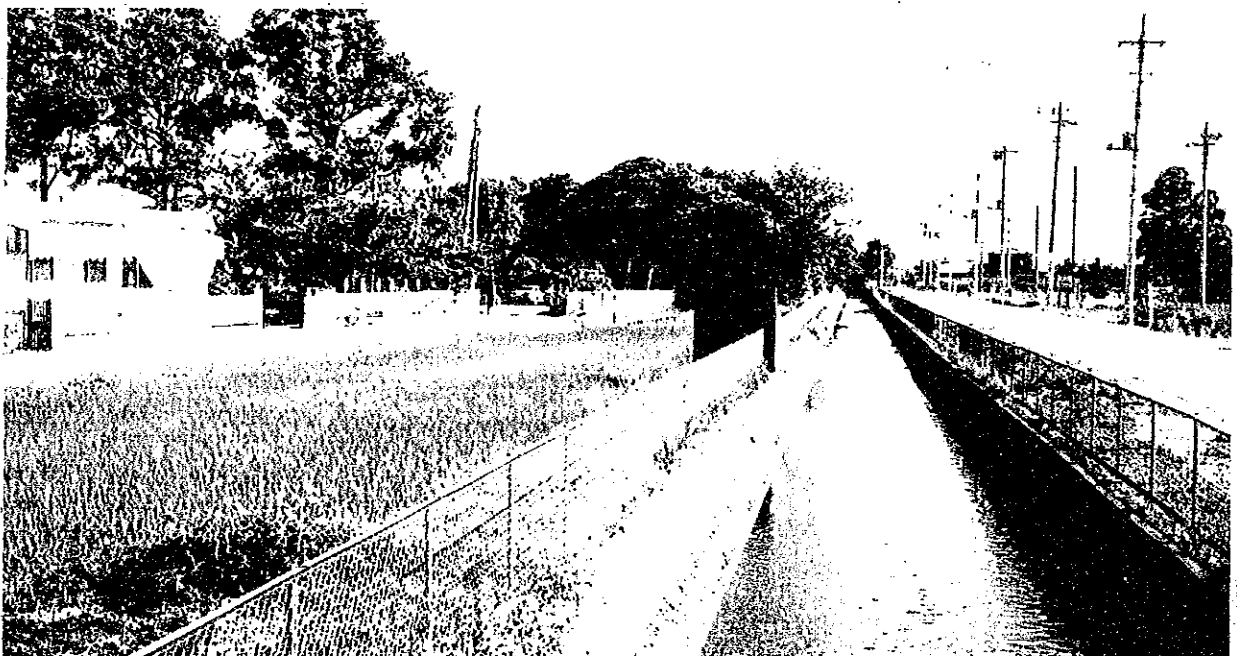


外面塗装
下塗り施工中

(イ) 安全施設（防護柵）

近年両総用水路周辺の急速な宅地化により水路への転落の危険性が増加してきたため、防護柵を設置し事故の未然防止を図っている。

昭和61年度までの施工延長は27kmと膨大な延長になっている。



財産管理

両総施設について幹線の多目的使用許可及び県営支線の他目的使用承認に伴う調査及び審査を行ってきているが、近年両総用水施設周辺における宅地造成等の急速な増加に伴い境界査定業務、不法占拠の排除義務等の件数が急増している。しかし、これ等に対しても迅速な事務処理を行い、財産管理に万全を期している。

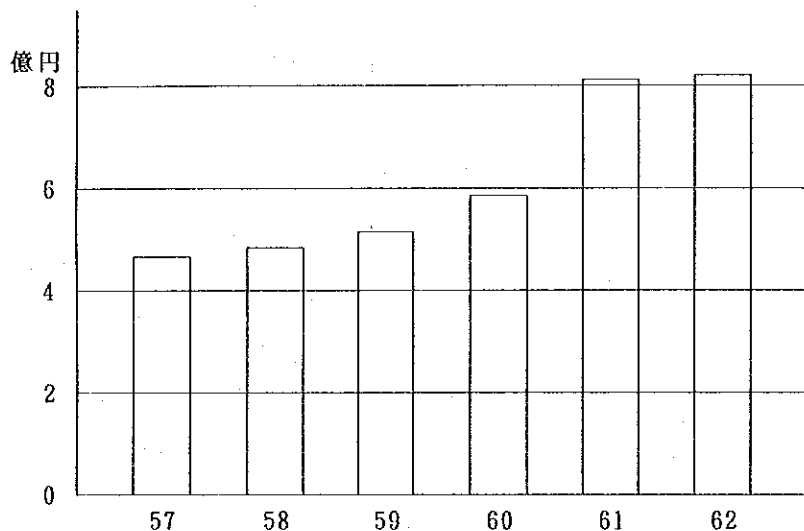


境界査定業務

ノ七	幹線関係他目的使用許可件数	123件（62.4.1現在）
	県営支線関係他目的使用承認件数	211件（ ” ）

増加する維持管理事業費

現在、両総用水の管理は「両総土地改良施設維持管理事業」という県営事業により行っているが、施設の老朽化に比例して、年々維持管理費は増大している。



維持管理事業費には、工事費、人件費、電力料等が含まれてる。

維持管理事業費負担区分

1. 専用施設

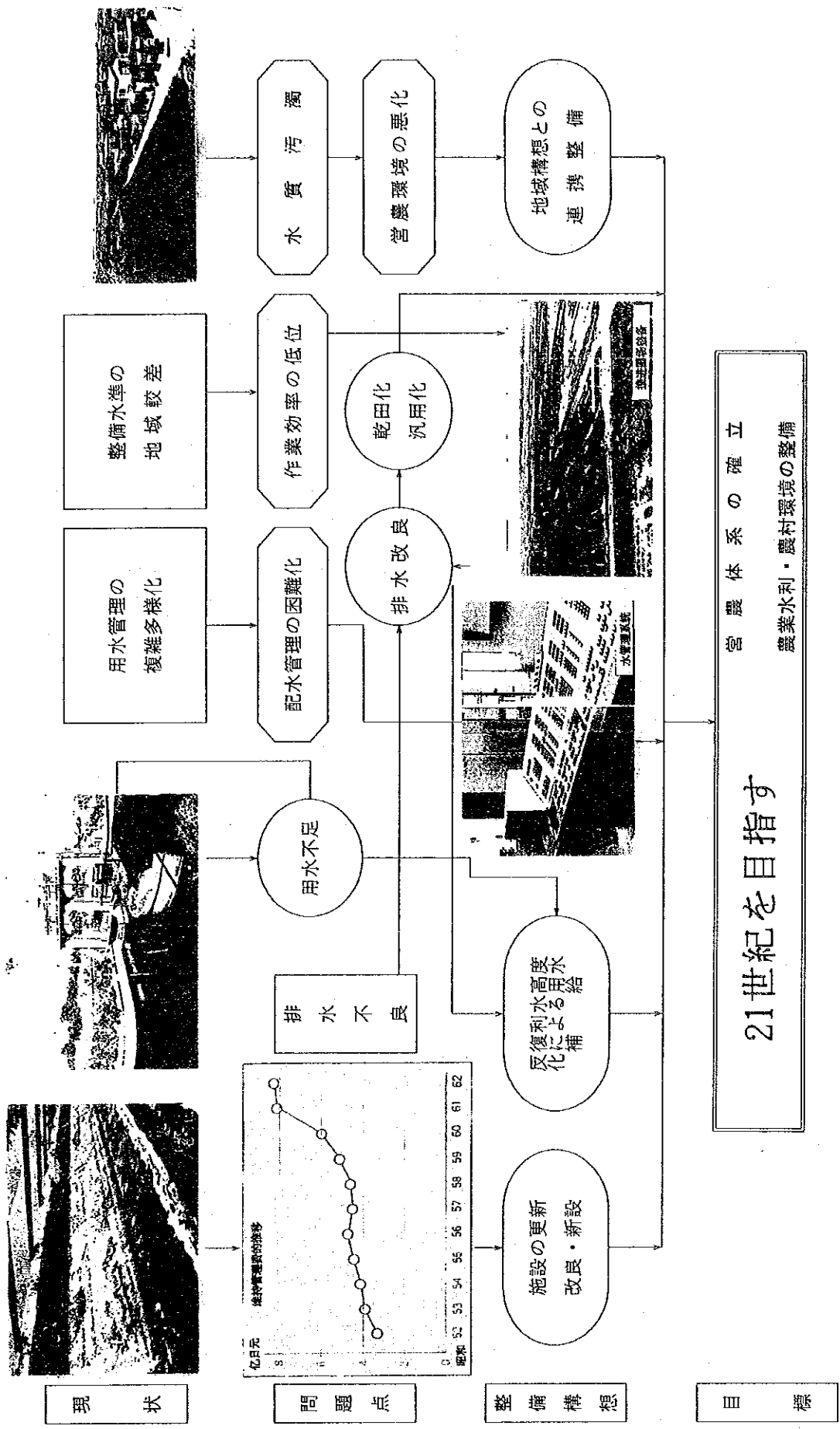
- (1) 農業用水 県50%、両総土地改良区50%
(但し、使用電力料は改良区 100%)
- (2) 都市用水 水資源開発公団 100%

2. 共用施設に関する維持管理費

{	農林負担55.7%	{	県	1/2
			改良区	1/2
{	水資源開発公団負担44.3%			

3) 両総地域農業基盤整備事業構想の概要

両総地域の整備構想は現状の問題点に立脚し、両総用水施設の更新、水の高度利用、水管理の合理化、ほ場の整備、地域環境整備との連携等総合的な整備を目標として将来の農業振興に向けた基礎づくりを進めようとするものである。



日本的农业及农村整備事业

鹤丸 雄二郎

目 录

1. 日本的风土和国土	1
2. 农业及农村整备事业概要	4
(1) 农业及农村整备事业的内容	4
(2) 农业及农村整备事业的实施手续	7
(3) 设施管理	8
3. 实施地区事例	9
(1) 霞浦用水事业	9
(2) 两总用水农业水利事业	16

1. 日本的风土和国土

(1) 风 土

日本群岛的大部分地区属于季风、亚洲地区。因此，年平均日照多，夏季持续高温，几乎与热带相同。而且，还受季风性降雨的影响。在这样的自然条件下，以热带原产稻子为主要作物，农地的大部分为水田，日本民族展开了维持生活的种稻文化。

在我国，没有大陆级的大河川，地形婉曲复杂，适合中小规模河川，也正是由于规模较小，土地的改良驯化工程相对比较容易，较顺利地取得了一定的成果。而且，形成了集中性生产率高的土地结构。为了滋润土地，呈树枝形状分布的水利系统把人们联系在一起，成为共同的纽带。

这样，人们在不断地蓄积劳动，提高生产能力的过程中，组成了共同运营组织。这一努力的不断反复便形成了种稻文化的风土。

(2) 国土形成的历史

据传说，我国种稻已有二千数百年的历史。其人口及农地面积的推移状况，如图中的两条成长曲线所示。

种稻从九州北部向全国展开，作为日本群岛的主要产业定型下来，引起了巨大的社会性转换。种稻使人们脱离了受到环境左右的狩猎采集社会，人类通过改造环境，生产生存所需的食粮。

种稻需要众多的人口支持力量，因此，人口开始急速增加。从人口增加曲线与农地面积增加曲线呈平行状态便可以看出，除经济社会制度整备之外，为了提高农业生产性，适应土地开发及农业技术，人口不断地增长起来。

我国为业发达的特征与以农具进步为中心的西欧农业技术进步不同，主要在于改良作物和多投肥料等技术进步。这种进步的前提条件是以引水为中心，改良土地条件。

日本关于土地的综合性的技术，包括农地建造整备、灌溉、排水等广泛意义，均具有其独自の体系，自农耕开始以来直至近代，一如既往。

在这样的技术体系当中，经过长年的尝试和经验，顺应自然并巧用自然，不人为地使自然人工化，终于取得了全面的进展。包括成为国土基轴的农地以及付带构造，都顺从了大自然的多样化，形成了面性开发。与当今的高楼大厦、高速公路等点或线的开发大不相同。在使洪水迅速地流入大海等近代以后的方式确立之前，我国的河川治理主要是根据农地开发中的地区状况来利用河川。

随着技术的进步，农地开发从自然发生性的飞石形逐渐成为在一定领域内扩大的计划性形态。在技术水平较低的阶段，对自然的影响十分单一，力量所极范围有限。当技术进步到一定阶段之后，在一定程度广大范围内，通过技术组合，可以实现根本性的改变。

可称之为地区性开发的最早的开发形态是实行条里制。之后，有中世纪的庄园开发和近世的新田开发等。当然，小规模自然发生性开发从未间断过。这一切纵横交错，形成了当今多样性，有机地相联系的国土状况。

2. 农业及农村整备概要

(1) 农业及农村整备事业内容

农业及农村整备事业包括农业用灌溉排水设施的整备、圃场整备和农地开发等农业生产基础方面的土地和水资源整备,还有农道、农业集落排水设施、居住环境和水环境等农村生活环境的整备。此外,还进行农地防灾、保全和土地改良设施的维持和管理等。

也就是说,整备工作从农业生产到农村生活,以及地区防灾保全等遍及各个领域。为提高农业者乃至全体农村居民的生活水平,发展农业及农村建设,为实现真正地治理国家,肩负着重要的责任。

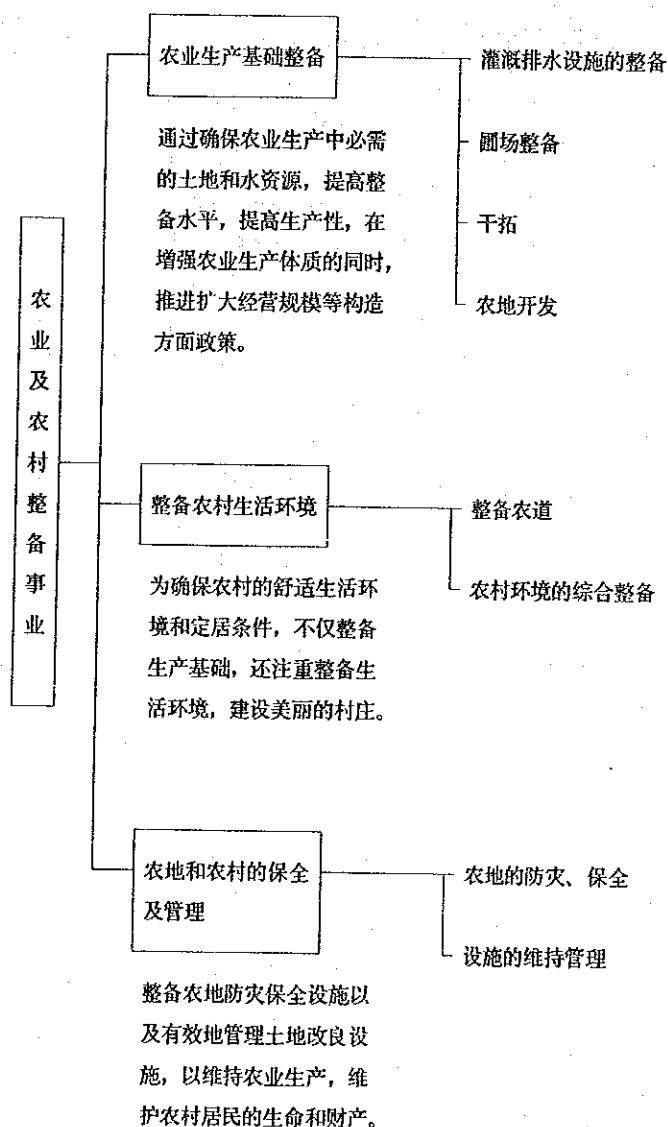
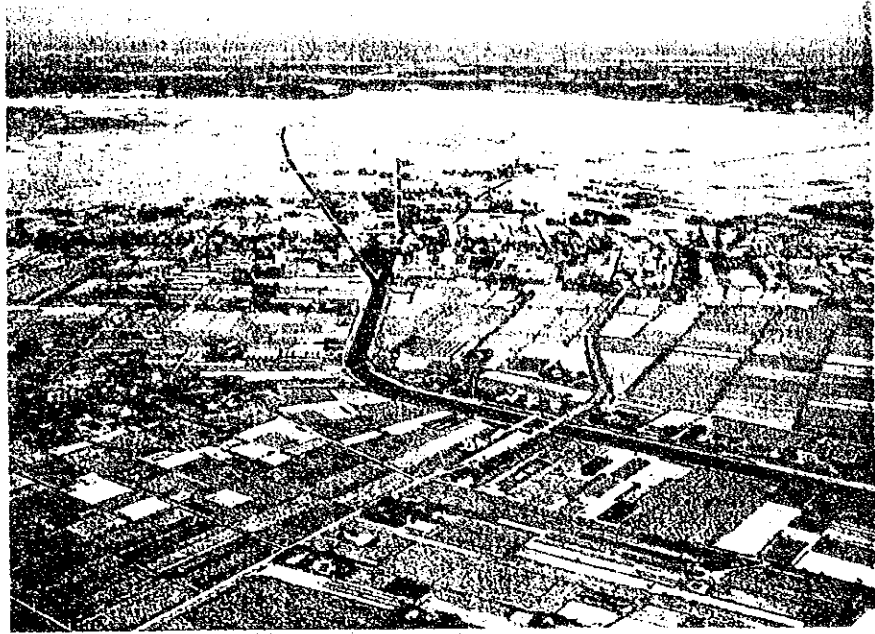


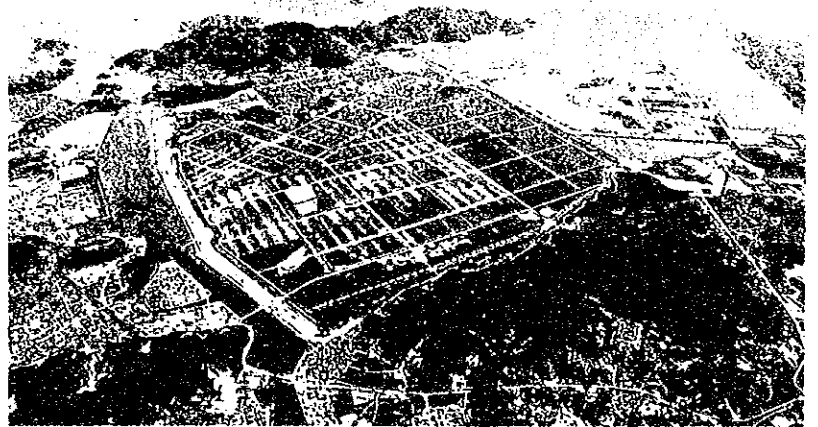
图-3 农业及农村整备事业的构成



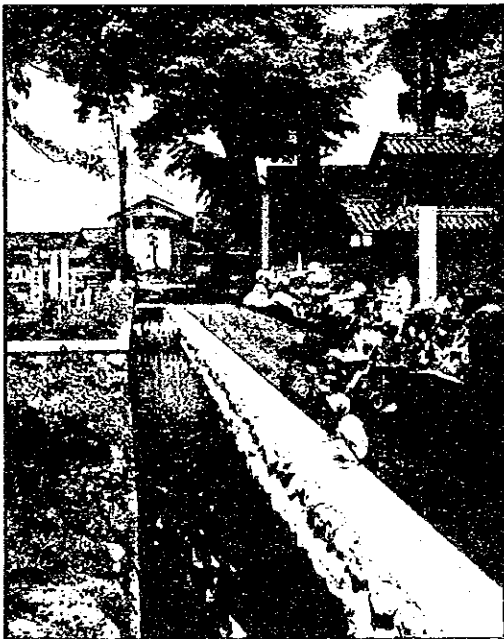
用排水设施及圃场的整備



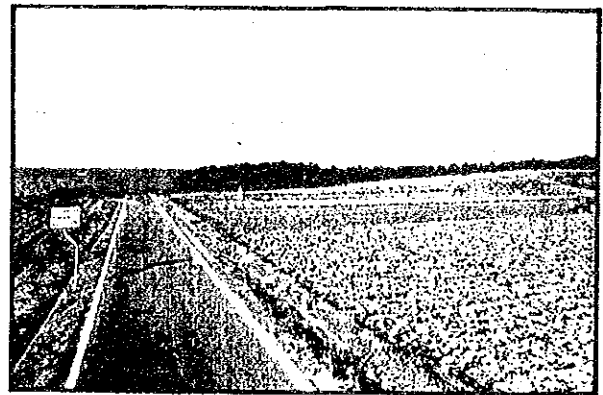
农田开发



干拓

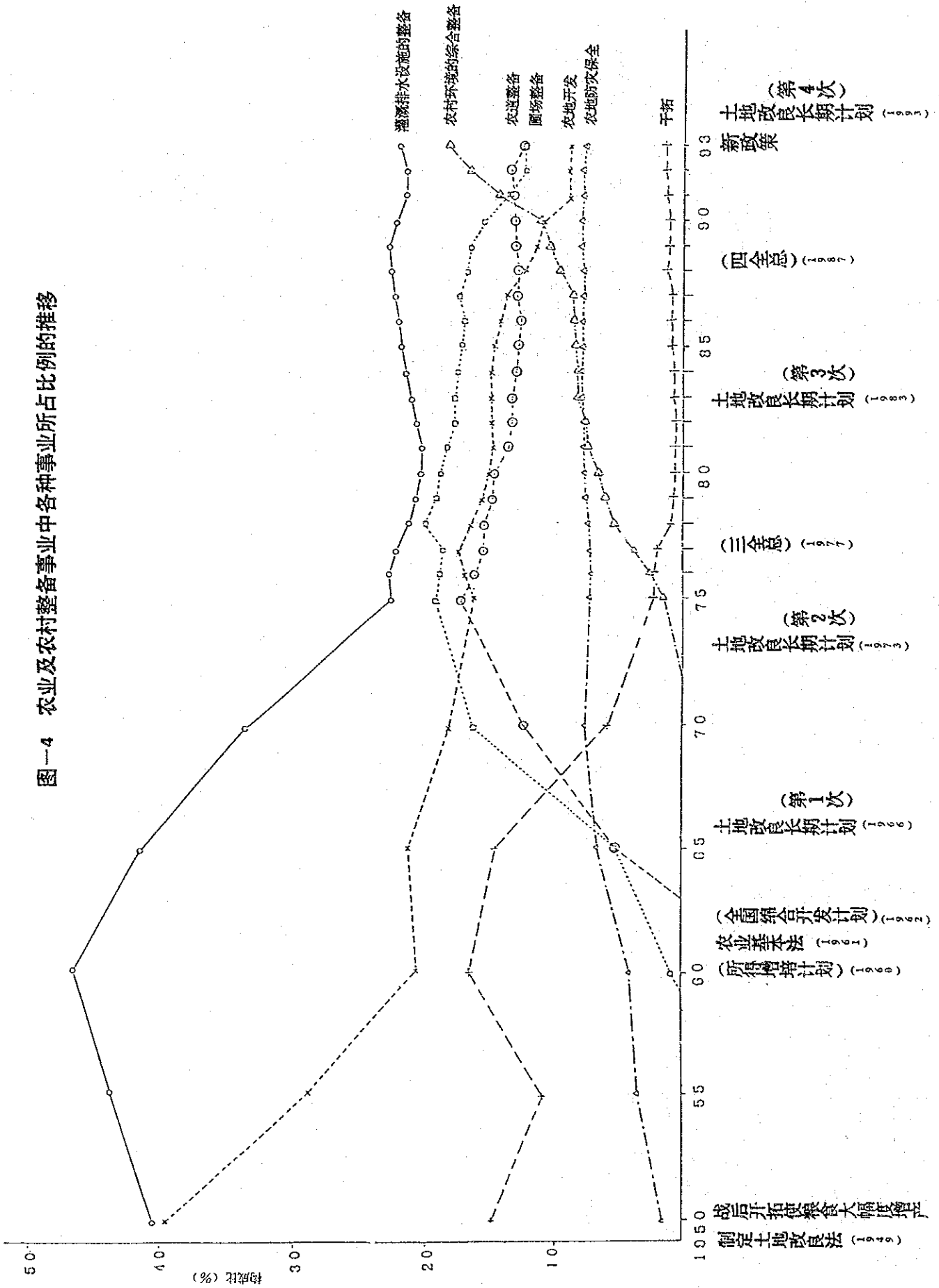


农村环境的整備



农道的整備

图一4 农业及农村整备事业中各种事业所占比例的推移



(2) 农业及农村整备事业的实施手续

一般来说，灌溉及圃场整备等土地改良事业，均按照土地改良法实施。其目的是通过整备和开发农业生产基盘，提高农业生产性，改善农业构造并增大农业总产值。为此，该法中规定了适当而圆滑地实施土地改良事业中所必要的事项。其中，下列两点可以称之为土地改良法制度的基本原则。

1) 事业参加资格者的发意、同意主义

土地改良事业，既是公共事业，是社会资本整备，同时，也直接影响着农家的利益。而且，由于参加者承担着事业费用的一部分，因此，在事业实施过程当中，以事业参加资格者的发意（申请）及同意为原则。

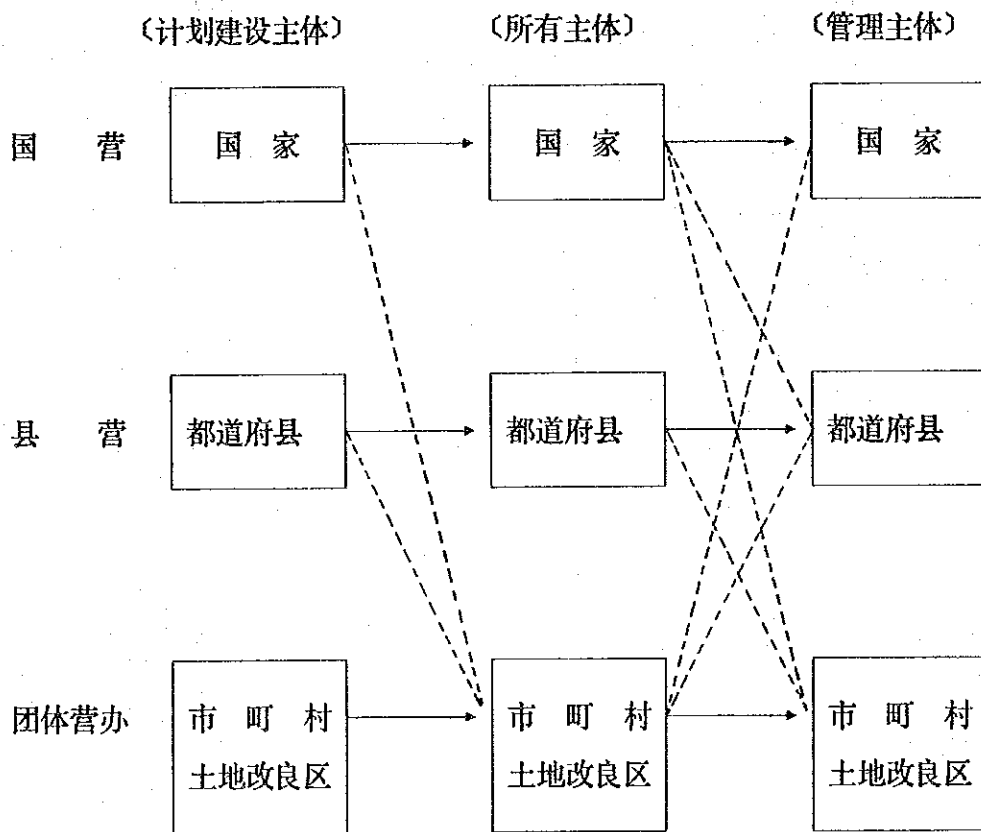
2) 少数服从多数三分之二同意下的强制实施

土地改良事业如果仅以一部分限定农地为对象则很难达成法律上所规定的目的。为了使一定区域内的农地成为受益地，除了通过国库补助等由公家承担一部分事业费用之外，只要该当地区内具有事业参加资格者三分之二以上同意，便可实施该事业，而且，可以向全体事业参加者要求承担事业费用的一部分（农用地造成事业等例外）。

(3) 设施管理

因土地改良事业建成的土地改良设施，必须维持其良好状态，保存完整，按照设置目的充分运用。即，土地改良设施的维护管理内容如何，关系到建设事业是可以发挥出预计效果。

土地改良事业中，各设施的所有主体及管理主体之间的关系，如下图所示。



图—5 土地改良设施的所有主体和管理主体

3. 实施地区事例

(1) 霞浦用水事业

1) 事业概要

霞浦用水事业由下列各部分组成。针对茨城县西南地区22个市町村所经营耕地大约75,000ha之中大约30%的19,650ha左右的耕地, 补给 $17.76\text{m}^3/\text{s}$ 作为旱地灌溉或水田补水。同时, 对15个市町村供给最大约 $0.58\text{m}^3/\text{s}$ 的水道用水, 对17个市町村供给最大约 $1.06\text{m}^3/\text{s}$ 的工业用水。

为达成上述计划, 公团在霞浦湖岸建设了扬水机场, 作为基干线水路从霞浦至鬼怒川, 作为霞浦用水事业的一环, 修建了送水路21.2km, 隧道14.1km, 管水路18.6km等约53.9km。

农业关联地区

区分	受益面积		
	水田(ha)	旱地(ha)	计(ha)
市町村			
下妻市	384	283	667
土浦市	78	33	111
结城市	93	699	792
笠间市	69	9	78
水海道市	298	268	566
筑波市	2,043	1,063	3,106
岩井市	819	184	1,003
友部市	448	120	568
岩濑市	1,170	197	1,367
三和町	571	877	1,448
八乡町	677	357	1,034
新治村	280	321	601

(22市町村)

区分	受益面积		
	水田(ha)	旱地(ha)	计(ha)
市町村			
关城町	115	412	527
明野町	678	651	1,329
猿岛町	460	578	1,038
真壁町	743	496	1,239
大和村	478	221	699
协和町	557	301	858
八千代町	376	888	1,264
千代川村	77	166	243
石下町	367	118	485
境町	147	480	627
计	10,928	8,722	19,650

城市用水关联地区
水道用水供给计划

(15个市町村)

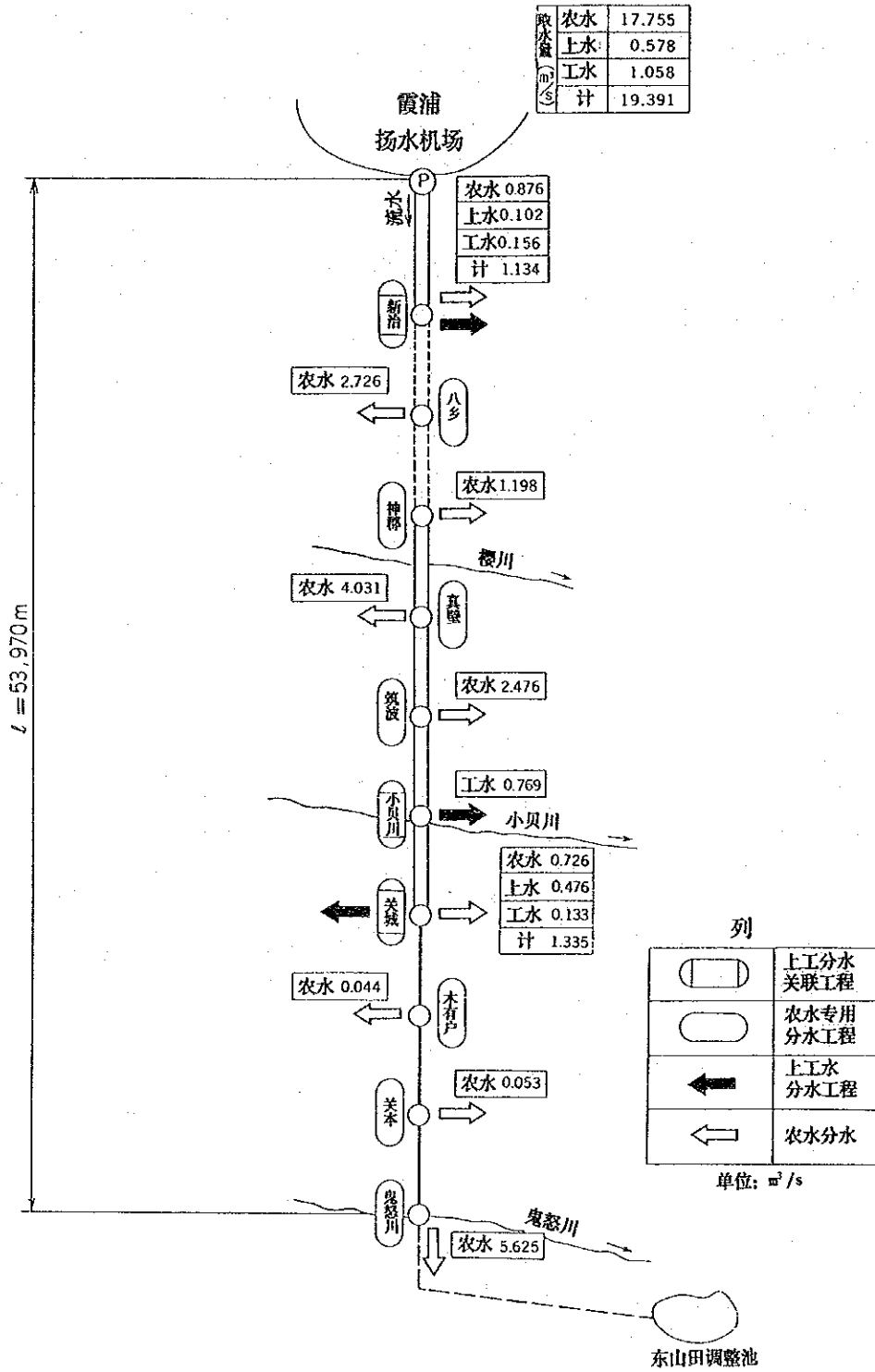
供水区	市町村名	计划供水人口(人)	最大取水量(m^3/s)
新治供水区(1町2村)	八乡町、千代田町、新治村	54,500	0.102
关城供水区(3市7町2村)	下馆市、结城市、下妻市、岩濑町、关城町、明野町、真壁町、大和村、协和町、八千代町、千代川村、石下町	237,700	0.476
合计		292,200	0.578

工业用水供给计划

(17市町村)

供水区	市町村名	最大取水量(m^3/s)
新治供水区(2市2村)	土浦市、筑波市、出岛村、千代田町	0.156
关城供水区(3市2町)	下馆市、结城市、下妻市、明野町、真壁町	0.133
水海道供水区(3市4町1村)	水海道市、筑波市、谷和原村、岩井市、总和町、三和町、境町、守谷町	0.520
取手供水区(1市)	取手市	0.249
合计		1.058

计划用水系统模式图



2) 用水计划

农业用水

计划基准年 39年

灌溉方式

水田 潜水灌溉方式

灌溉期间 (早期) 4月21日~8月25日

(早种) 4月26日~8月31日

旱地 散水灌溉方式

灌溉期间 (普通旱地、设施园艺) 整年灌溉

(果树) 2月21日~10月31日

轮换地 畦间灌溉方式

灌溉期间 5月1日~8月31日

计划用水量

最大用水量 $17.755\text{m}^3/\text{s}$

平均用水量 夏季 $8.700\text{m}^3/\text{s}$ 冬季 $1.190\text{m}^3/\text{s}$

城市用水

种类	分水地点	计划分水量 (m^3/s)
水道用水	新治分水	0.102
	关城分水	0.476
计		0.578
工业用水	新治分水	0.156
	小贝川分水	0.769
	关城分水	0.133
计		1.058
合计		1.636

3) 工期

动工 1979年度 完工 1993年度

4) 事业费

约 899亿日元

5) 主要工事计划

5)-1 取水设施

• 取水工程

取水量最大 19.391m³/s

构造 导流堤及堤防导水管

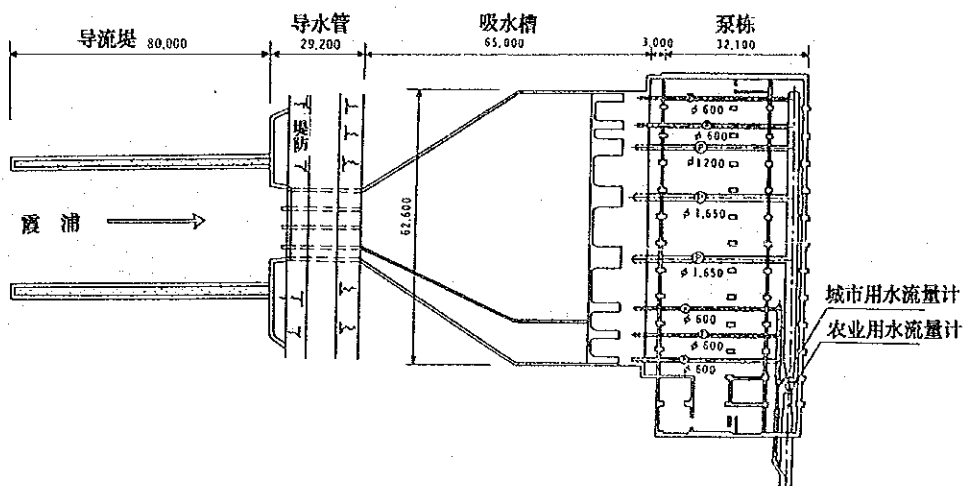
• 扬水机场

位置	型式	口径 (mm)	台数	扬水量(m ³ /s)	备考
出岛村地头	横轴双吸涡卷泵	1,650×1,000	2	6.400	农水
		1,200×700	1	3.255	农水
		600×350	2	0.850	农水
		600×350	3 (预备1)	0.818	城市用水

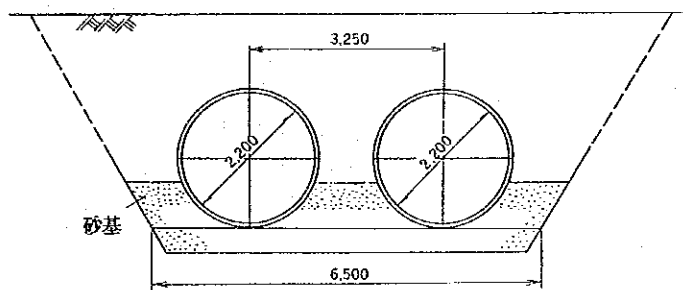
5)-2 基于线水路

区分	工区名	延长(m)	最大通水量 (m ³ /s)	口径 (mm)
送水路		21,252		
	出岛工区	7,444	19.391	φ2,200×2
	土浦工区	8,937	19.391	φ2,200×2
	新治工区	4,871	19.391	φ2,200×2
隧道		14,115		
	1号隧道工区	8,497	18.257	D3,800
	2号隧道工区	5,618	15.531	D3,800
管水路		18,603		
	真壁工区	1,290	14.333	(φ2,400~φ2,300)×2
	明野工区	6,755	14.333	(φ2,300~φ2,000)×2
	关城工区	10,558	7.057	(φ2,000~φ1,800)×2 (φ2,400~φ1,200)×1
计		53,970		

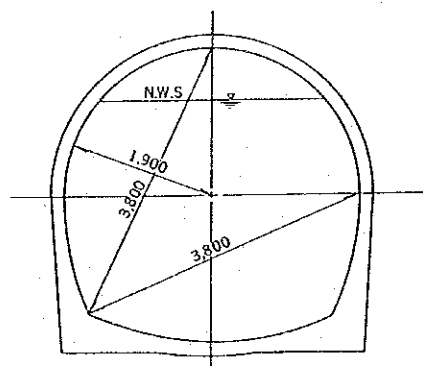
取水设施概要图



送水路标准断面图

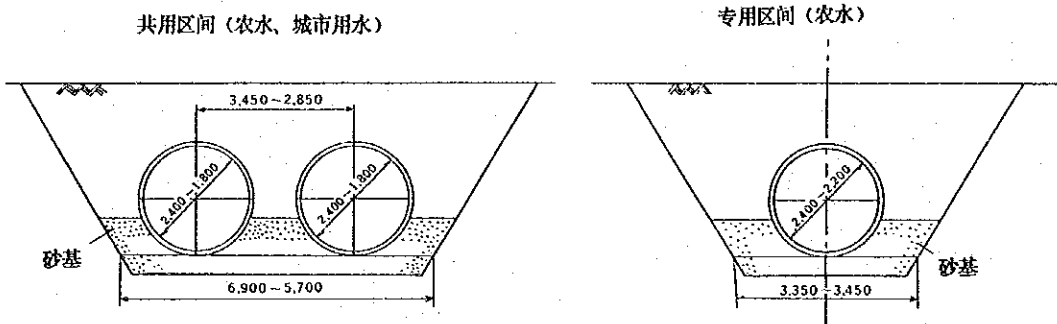


隧洞标准断面图



区分	Qmax (m ³ /s)
1号隧洞	18.257
2号隧洞	15.531

管水路标准断面图



8. 关连事业

(1) 霞浦开发事业

事业主体：水资源开发公团 事业费： 2,740亿日元

预定工期：1968年度~1994年度

(2) 国营灌溉排水事业霞浦用水地区

受益面积：19,650ha 事业费：大约 810亿日元 预定工期：1980年度~2004年度

※国营以后，计划有县营及团体营办灌溉排水事业（受益面积21,600ha）、县营圃场整備事业（受益面积10,900ha）、县营旱地综合整備事业（受益面积 8,700ha）、等。

(3) 县营县西广域水道用水供给事业

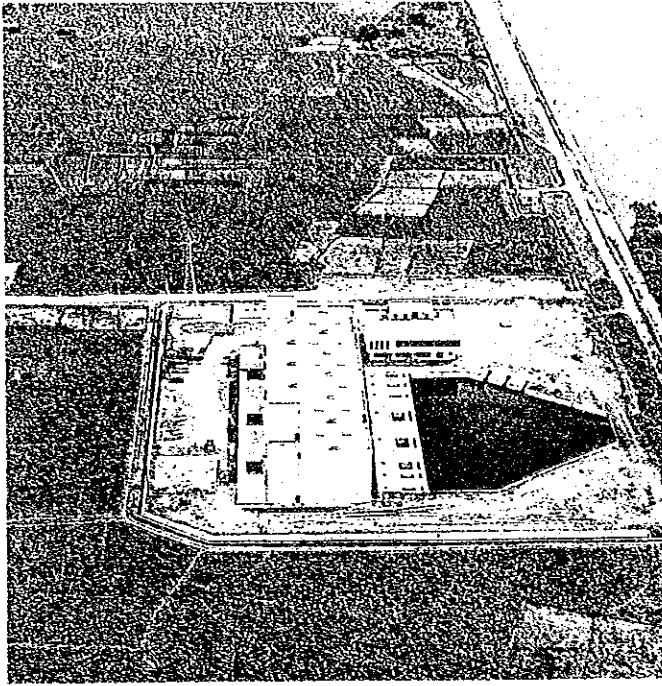
对象地区：下馆市外4市12町6村 事业费：大约 417亿日元

预定工期：1980年度~1994年度

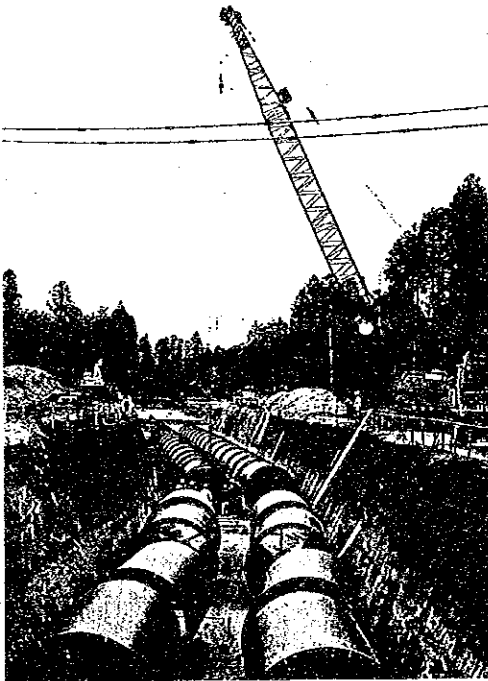
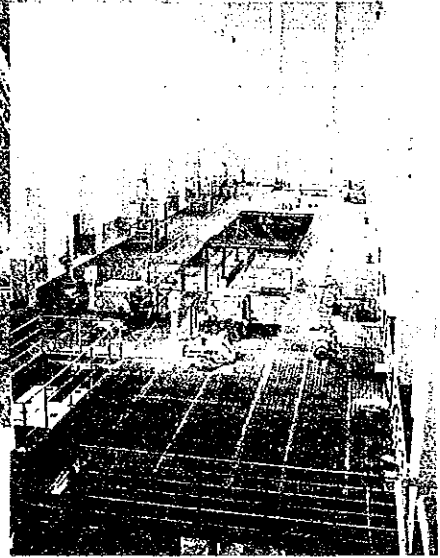
(4) 县营县西广域工业用水道事业

对象地区：土浦市外7市6町3村 事业费：大约 206亿日元

预定工期：1980年度~1994年度



霞浦扬水机场



铺设送水管



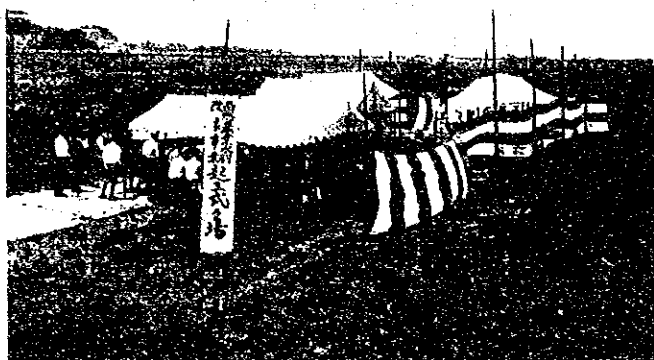
挖掘筑波隧道

(2) 两总用水地区

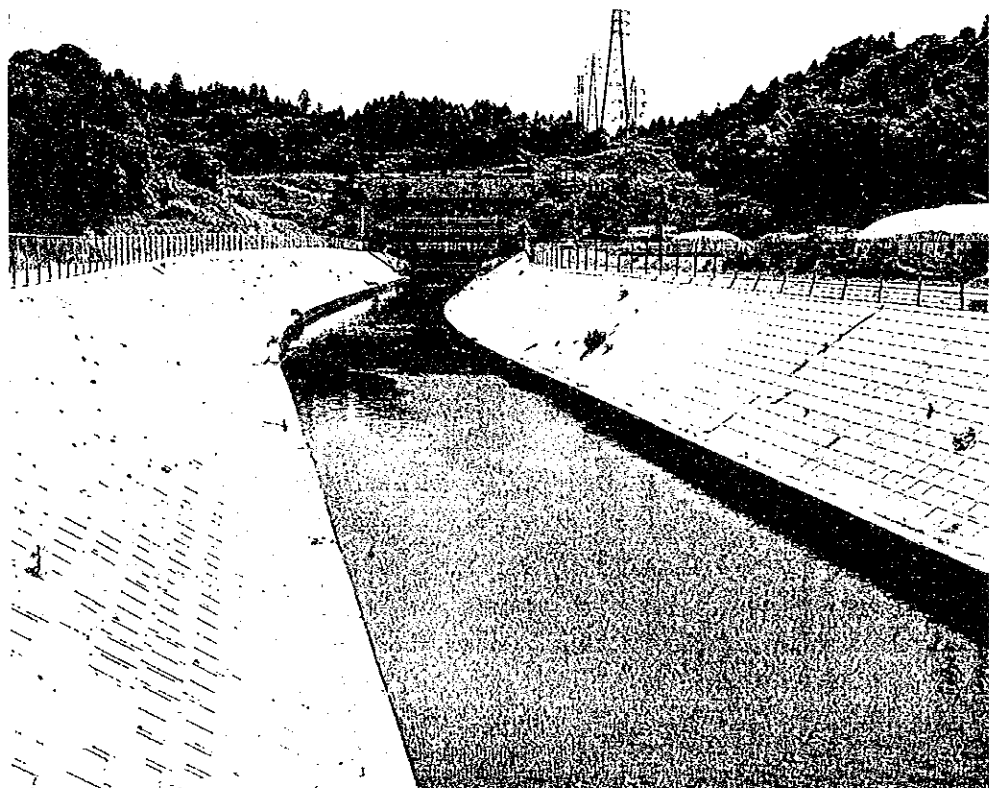
1) 地区概要

国营两总用水农业水利事业

本事业以佐原市外 3市14町村的19,885ha受益面积为中心, 实行19,110ha的用水补给和佐原市周围1,785ha的排水改良(其中1010ha为用排水改良)工程。于1933年由农地开发营团着手动工, 战后曾一时中断, 于1948年作为农林省的直辖事业再开, 投入了当时最尖端的农业土木技术, 于1965年完成了总长达74km的基干设施整备, 总耗资额达60亿4900万日元。



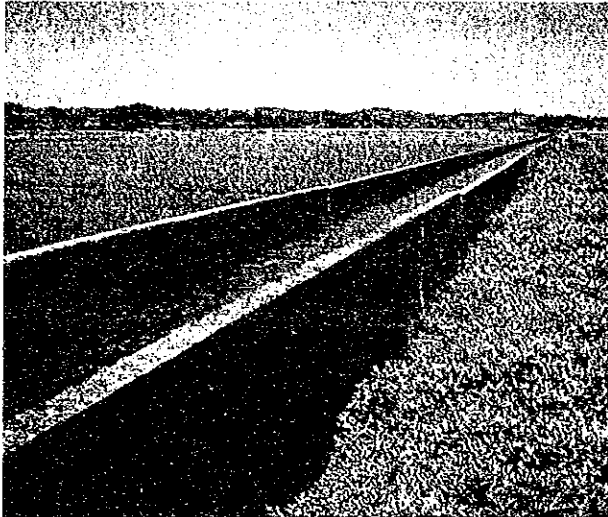
两总用水事业动工式(1933年佐原市)



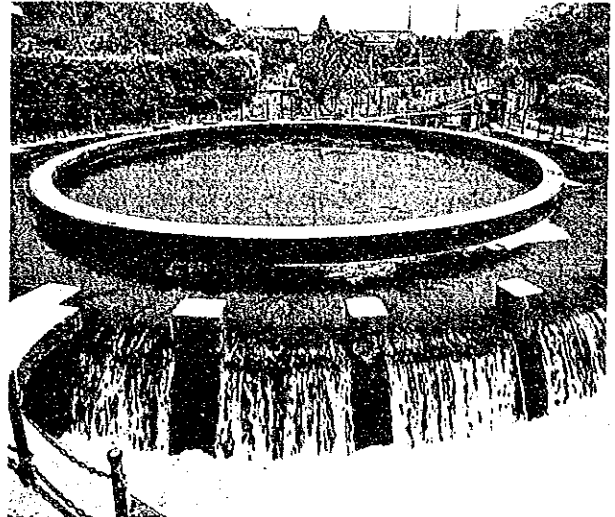
第二扬水机场(横芝町)

国营附带县营灌溉排水事业 两总支线地区

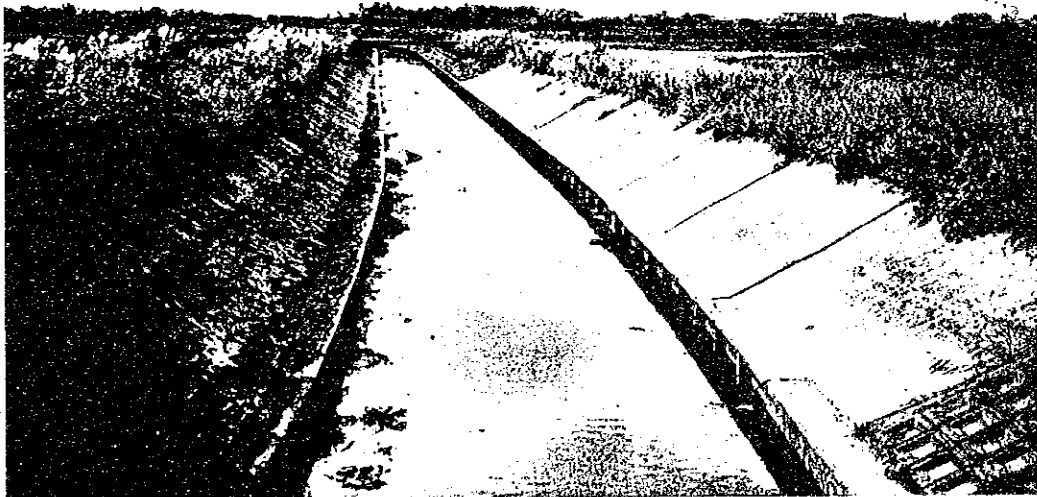
县营事业于1952年选定，1953年动工，当初计划的用水15条线 $L=145,415\text{m}$ ，排水2条线 $L=11,611\text{m}$ ，于1967年度顺次完工，包括计划变更后进行合并施工的中部排水5条河川 $L=21,028\text{m}$ 在内，于1973年3月全部完成。县营事业费用总额达39亿7300万日元。



福冈支线



东金支线圆筒分水

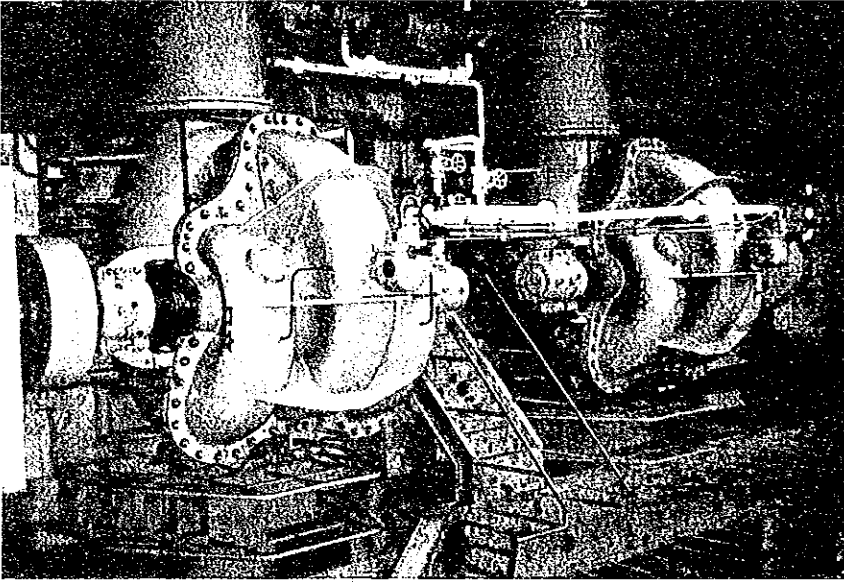


中部排水 真龟川上流

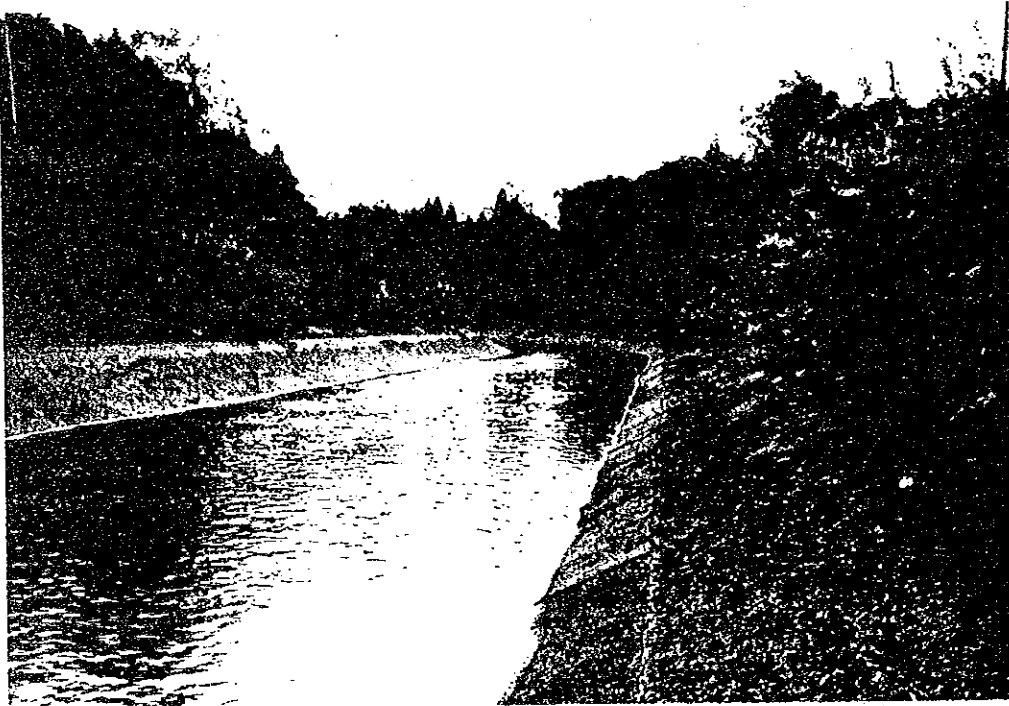
房总导水路事业

本事业的目的是供给九十九里地区的水道用水和临海工业地带的工业用水，自1970年度由水资源开发公团施工。

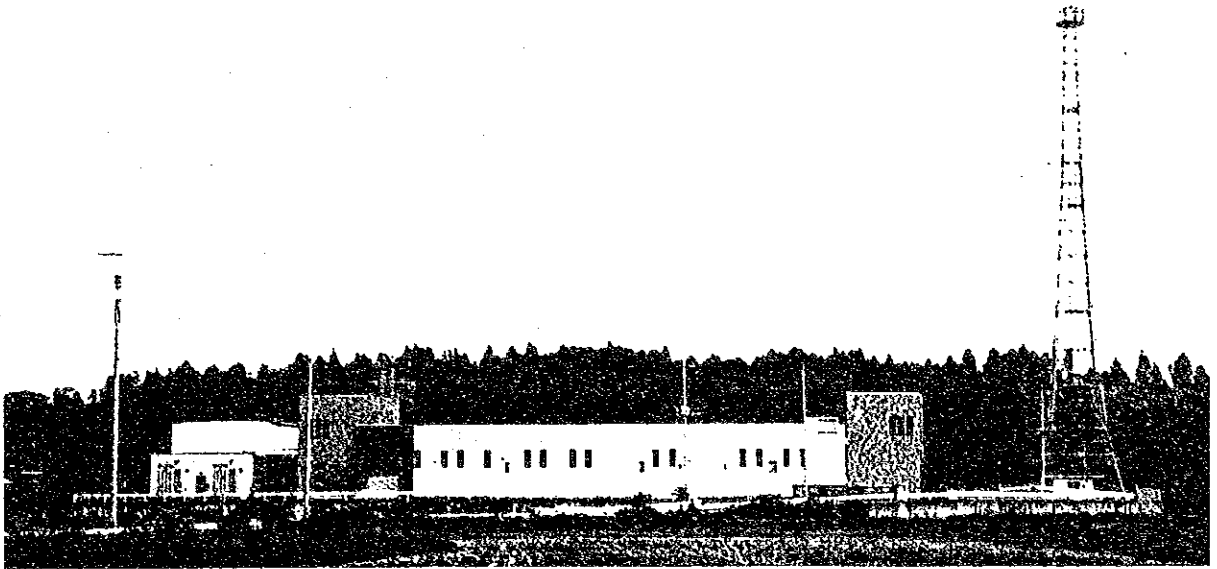
事业内容为共同两总用水设施的一部分（利根导水门～第1扬水机场～北部干线～栗山川）共32km，从栗山川到长柄水库共35km，作为公团专用水路送水，向九十九里地区供给水道用水 $1.34\text{m}^3/\text{s}$ ，供给千叶市水道用水 $0.06\text{m}^3/\text{s}$ ，还供给从千叶至若津市的千叶临海工业地带及其周边地区的工业用水 $7.0\text{m}^3/\text{s}$ ， 共计 $8.4\text{m}^3/\text{s}$ 。



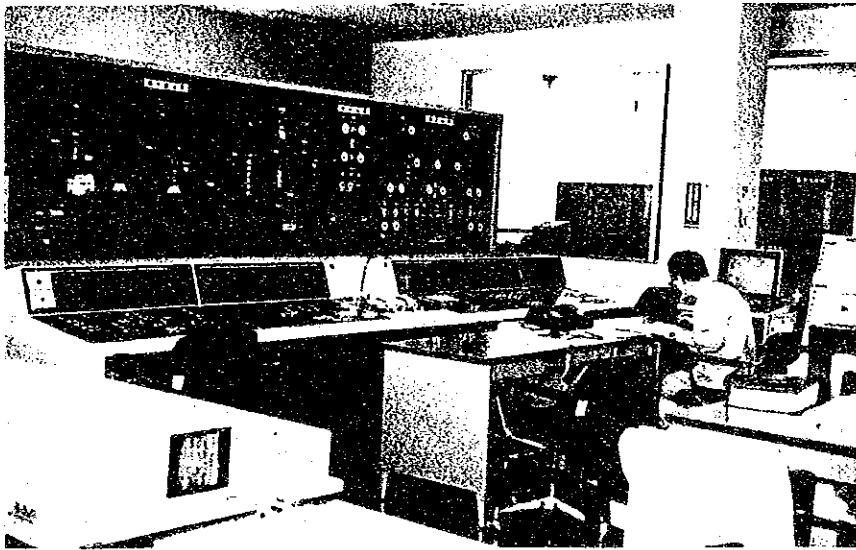
第1扬水机场增设泵 1,100mm×900kW 2台



北部干线（共用水路）



横芝扬水机场 $\phi 1,100\text{m}/\text{m} \times 1,850\text{KW} \times 5$ 台 总扬程45m $Q=13.0\text{m}^3/\text{s}$



大纳扬水机场 (内部)

$\phi 1,200\text{m}/\text{m} \times 4,000\text{KW} \times 3$ 台

总扬程70m

$Q=13.0\text{m}^3/\text{s}$

长柄水库

地势水库 提高52.0m

堤顶长 250m

有效贮水量 9,600千 m^3



2) 两总用水的管理

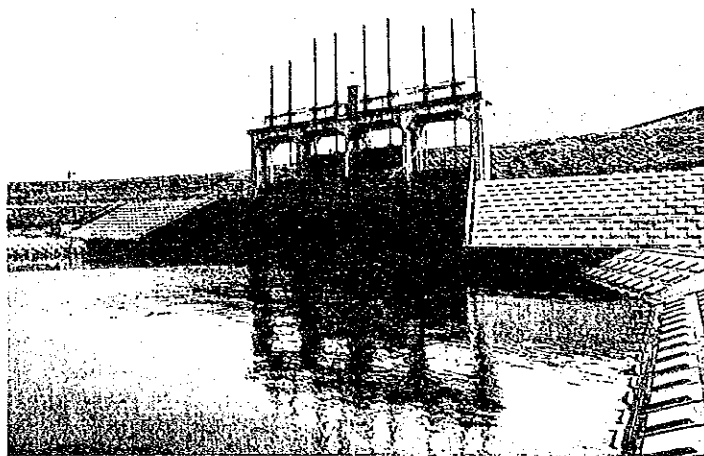
管理概要

两总用水的管理大致有以下区容①用排水管理，②设施维持管理，③财产管理。

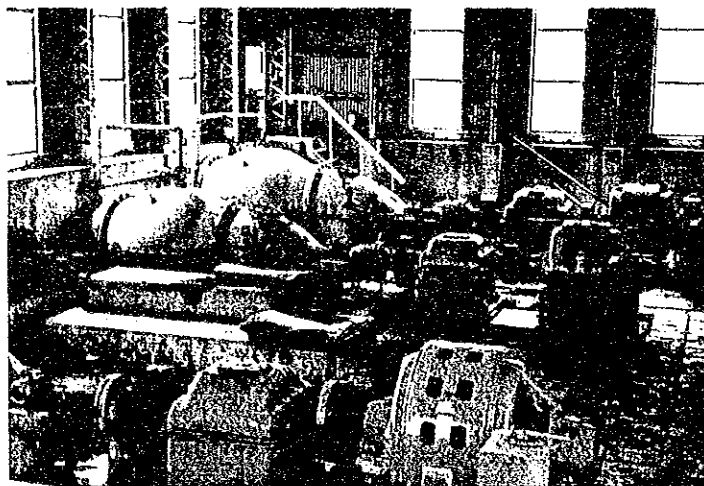
① 用排水管理

从利根川的佐原地头取水，作为农业用水送水至茂原，对配水、上水及工业用水送水至栗山川横芝町地头。（上、工水在横芝町地头以后由水资源开发公团管理。）

在排水管理方面，为了防止洪水时根利川的水位增高，自然排水跟不上导致利根川沿岸耕地湛水，采用由排水机场向利根川排水。

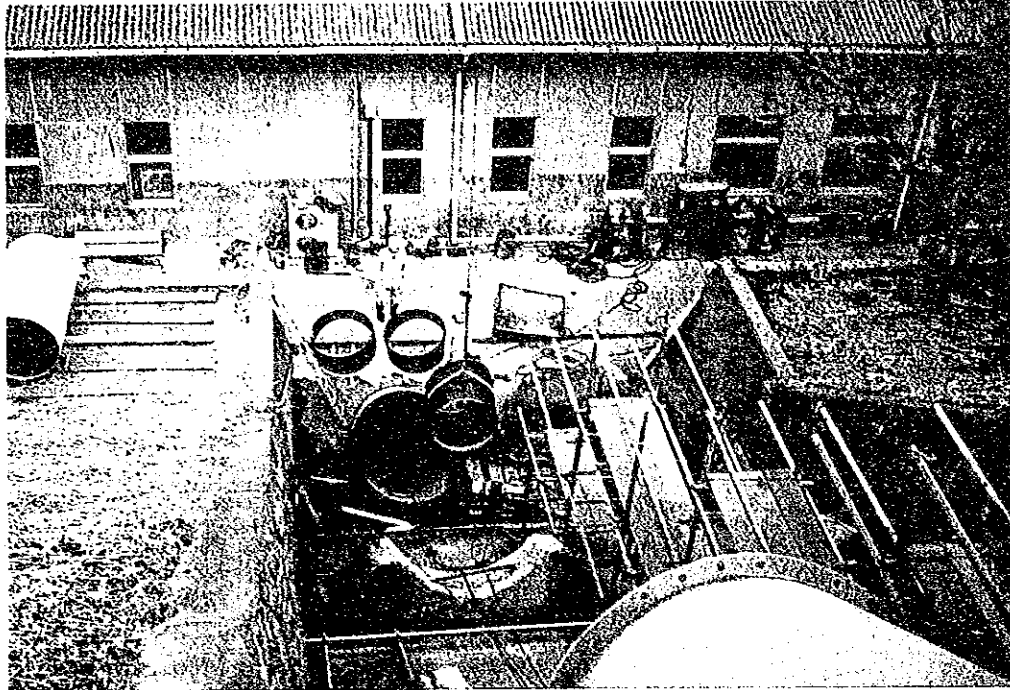


利根导水门—两总用水取水工—（佐原市）



两总第1排水机场内部（佐原市）

② 设施维持管理



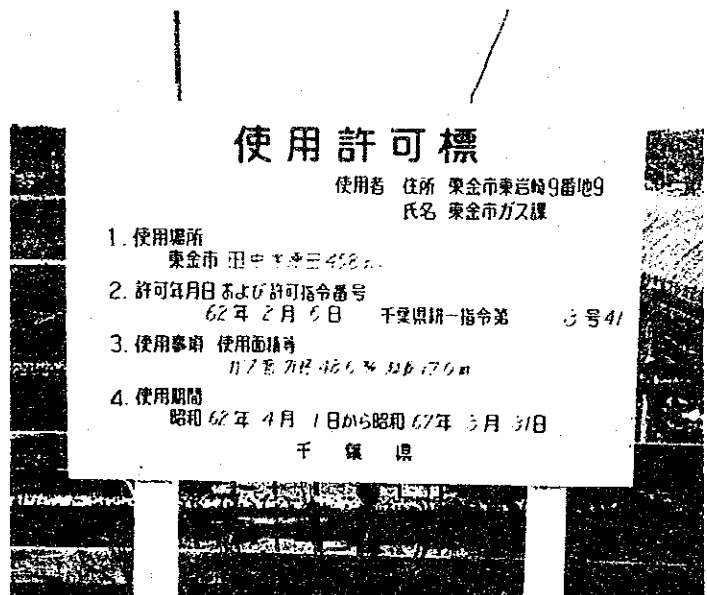
两总第2扬水机场吐出管交换工事（横芝町）

针对两总设施的机房、水路等实行补修及改良工事，维持设施机能。

近年来，由于设施老化，工事费用逐年增加。

③ 财产管理

避免两总设施（包括土地）作为其他目的使用，排除不法占据行为等，努力进行财产的保全。

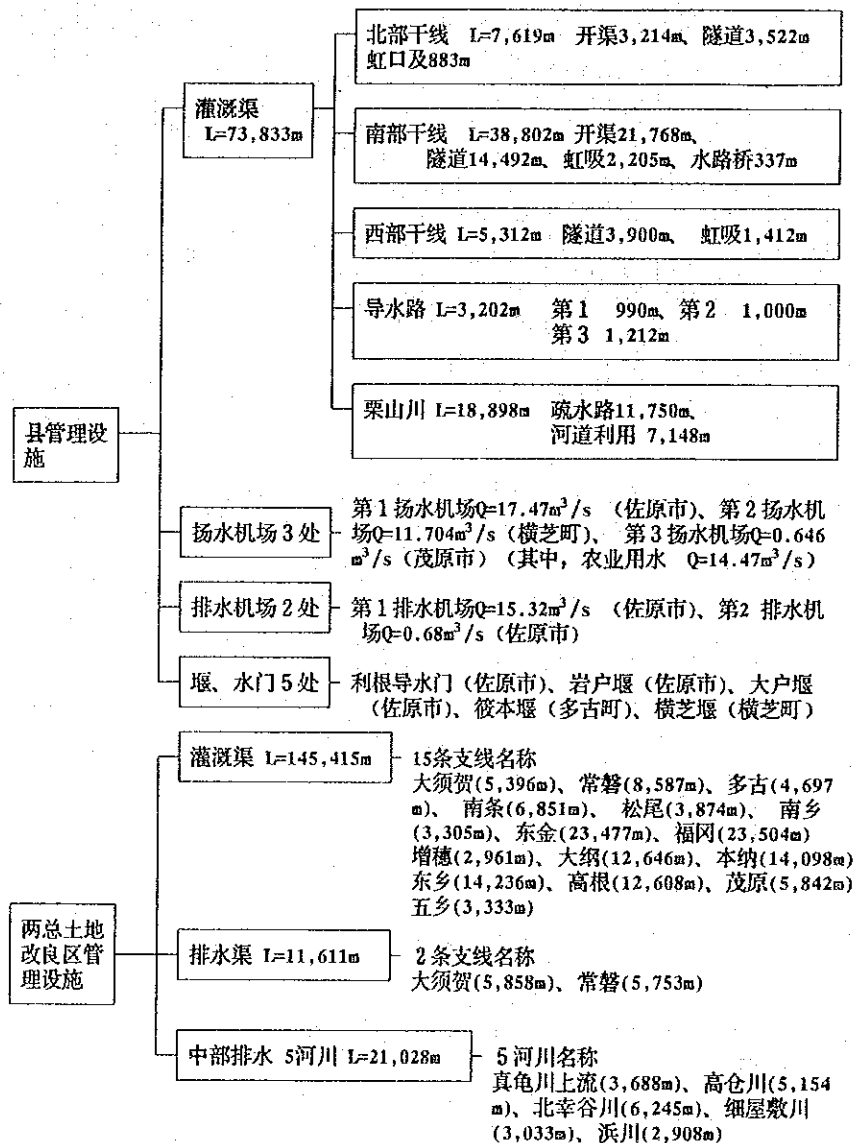


许可标志设置状况

管理对象设施

两总设施分为县管理设施和两总土地改良区管理设施。

县管理设施为由国营两总用水农业水利事业建成，农林省（当时）委托管理设施为水资源开发公团房总导水路建设事业建成的共用设施及筱本堰等。两总土地改良区管理的设施为国营附带县营灌溉排水事业两总支线地区建成，从县委托给改良区的设施。



备注 ①县对于两总设施管理按照两总土地改良设施管理条例（1965年11月1日施行），对于共用设施按照国营两总地区土地改良财产的暂定管理协定书（1976年12月11日）办理。
②中部排水 5 河川的管理从承担工程的东金土地改良事务所委托给给了两总土地改良区。

管理实态

用排水管理

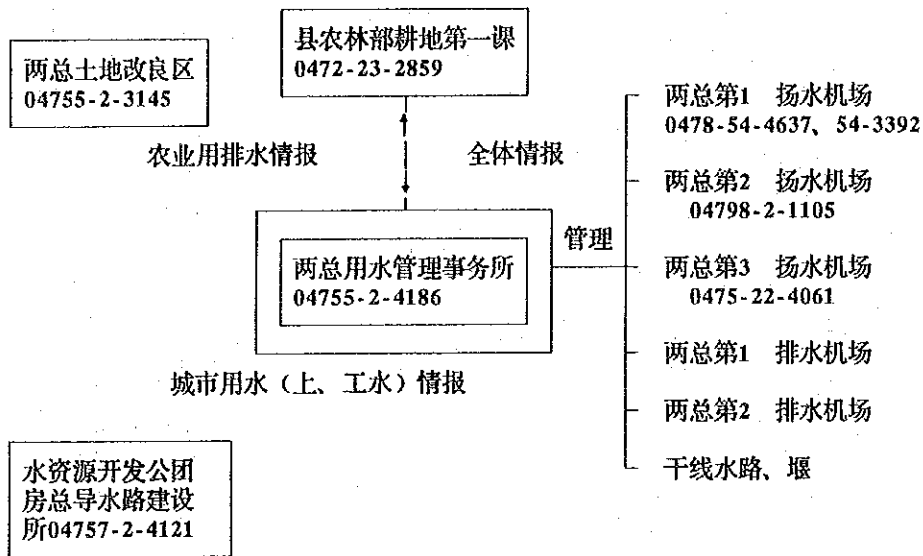
两总用水设施于1965年完工，是大规模的农业用水（专用）设施，与1970年度动工的水资源开发公团房总导水路事业设施的一部分（利根导水门～横芝堰）共有。设施能力从当初的最大 $14.47\text{m}^3/\text{s}$ 增量至 $17.47\text{m}^3/\text{s}$ 。

自1977年度，除农业用水外还开始了上水取水。1986年又开始了工业用水取水。目前，整年24小时制展开着严密的用水管理。

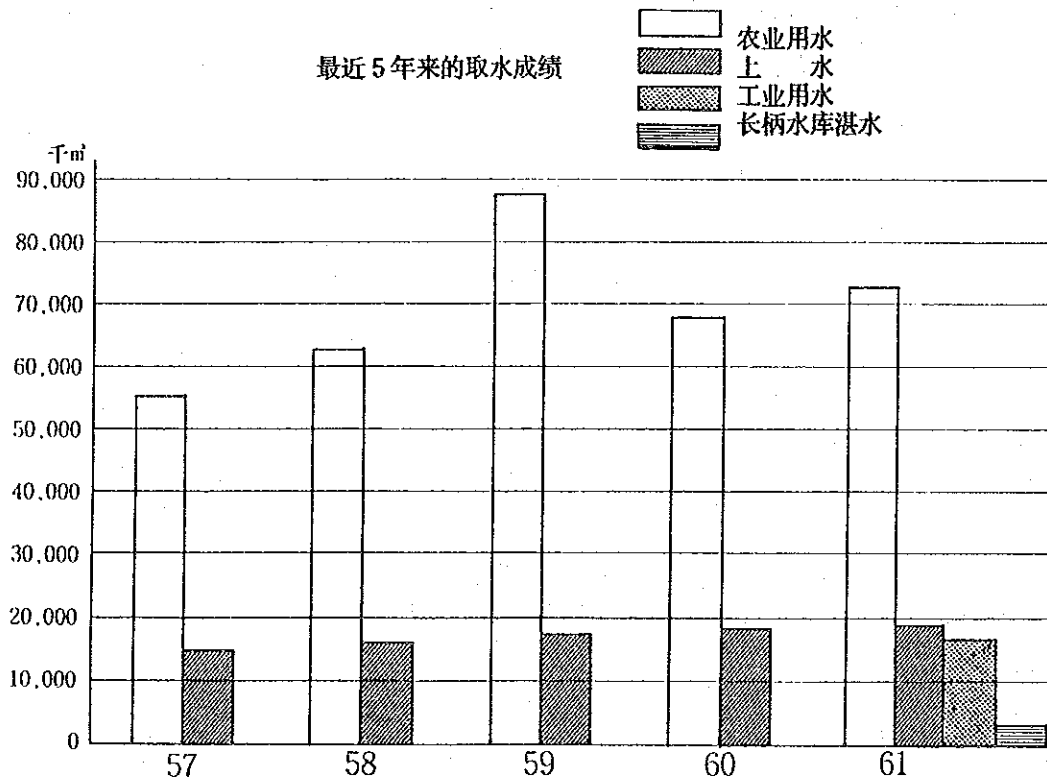
此外，两总用水事业计划中，为防止利根川沿岸的洪水，在佐原市设置了第1、第2两处排水机场，进行地区内强制排水，以保全耕地。用排水管理需要众多的人力（农业用水关联户数约22,000户），不论是通常还是紧急的时候都要求联络管理体制进行迅速且正确的对应。

① 管理体制

为了良好地管理农业用水、上水和工业用水等不同性格的用水，需要周密地调整。



最近5年来的取水成绩



设施维持管理

① 设施不断老化

两总用水事业是从1943年至1965年经过20多年岁月建成的大规模农业用设施。大部分已建成使用了30多年，整体性老化不断深入，特别是近年来，其倾向比较显著。

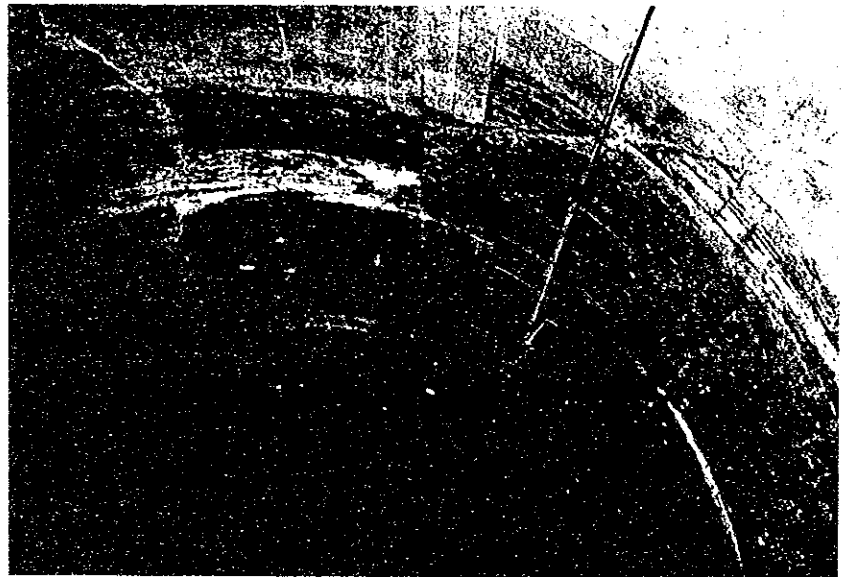


混凝土铺设开渠状况（佐原市地先）



虹吸基础部
下沉造成裂缝
(佐原市地先)

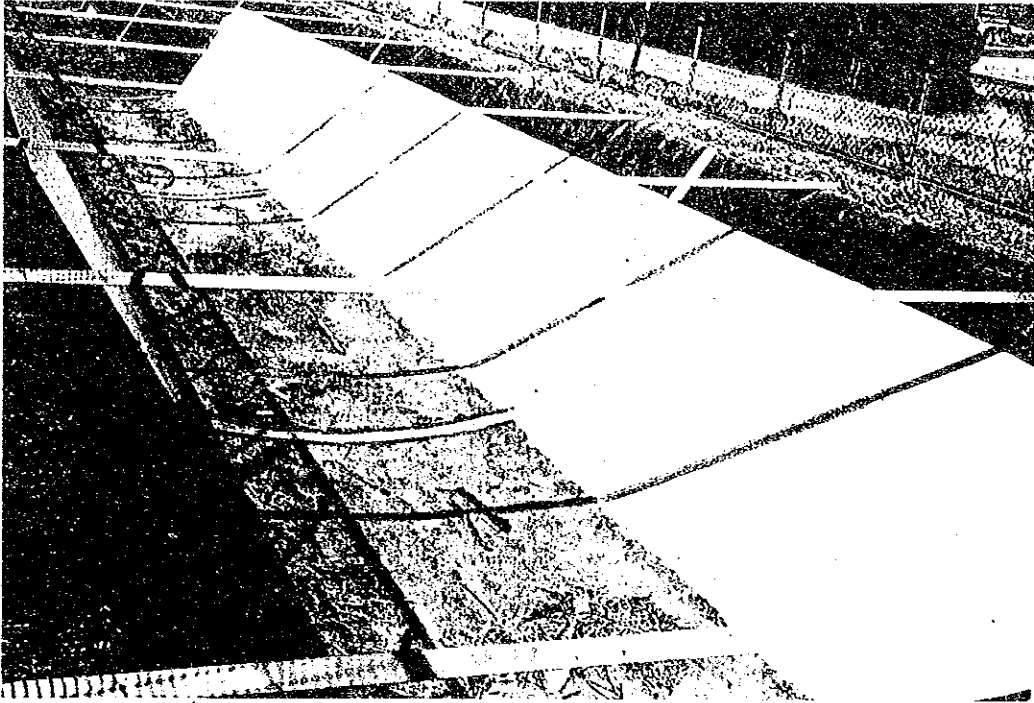
隧道内部
(东金市地先)



制水门
(大纲白里町地先)

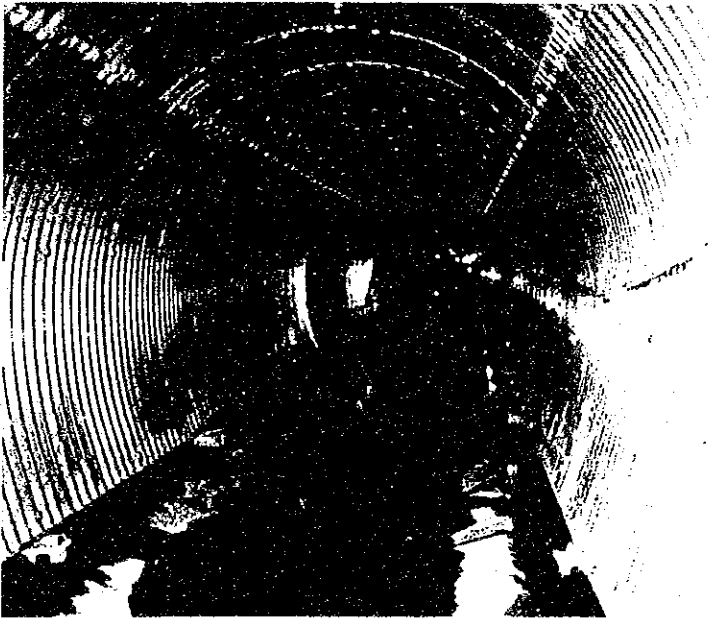
② 多种补修工事

(A) 土木、建筑



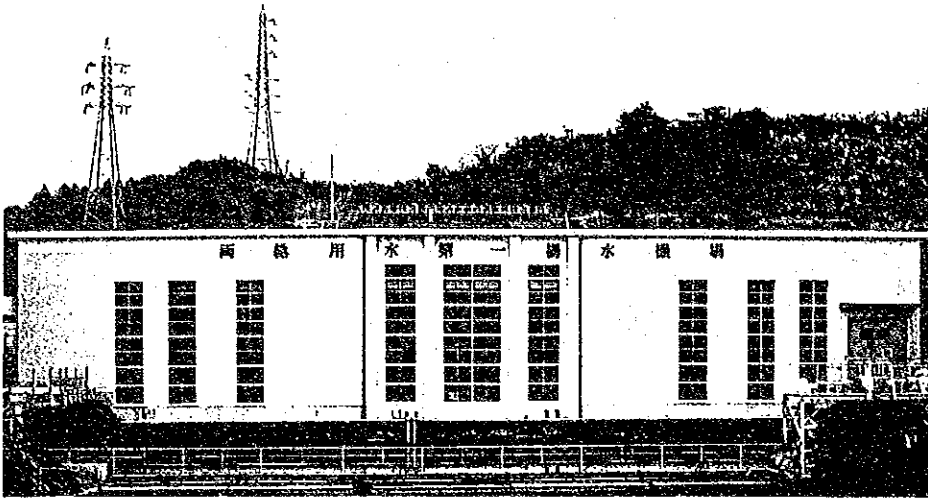
目的补修

既使是多处需要补修的部分也因现场条件不同而各自有异，在决定什么是最适宜的工法时需要一定的时间。



隧道内部补强工程

当整体制龟裂发生时，不采取部分补强工法，而进行弓环部分整体波纹补强。

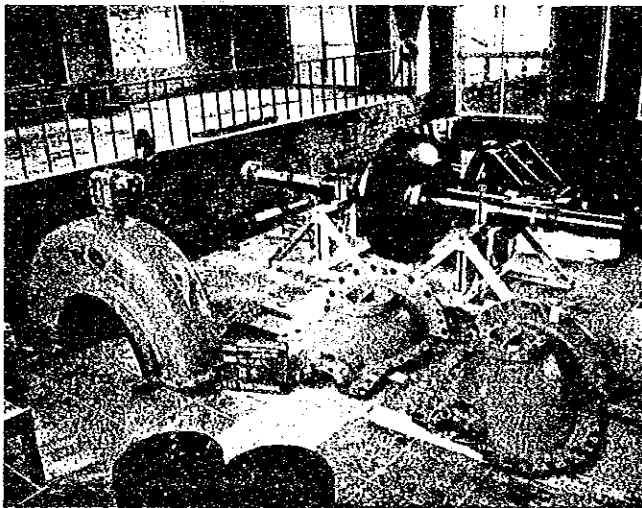


扬水机场外壁补修

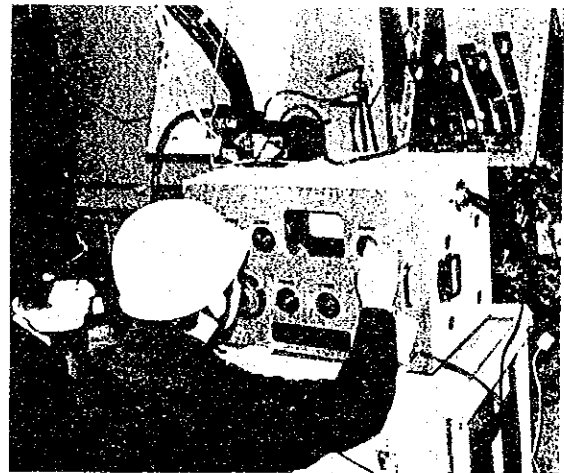
年间5,000多人前来参观访问的扬水机场外墙壁老化严重,如果砖头落下则非常危险,于是进行了包括防水在内的全面整修。

(B) 机械设施、电气

泵是两总用水的心脏部,日夜不停地连续运转,如果万一发生故障停止运转,则将造成极大损失。因此,日常定期检点、修理等事故防止措施极其重要。而且,一旦发生故障则要求迅速对应。



第1 扬水机场泵的曲杆发生龟裂,在检点调查中发现后立即进行了更换。

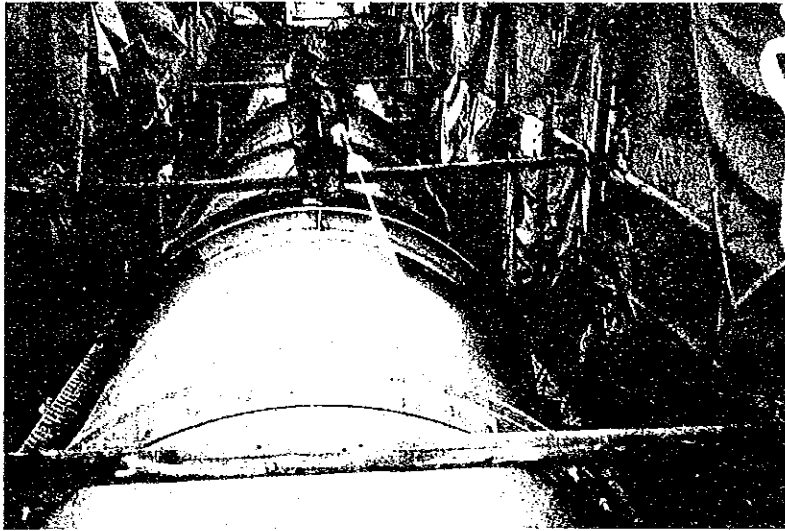


第2 扬水机场电气系统定期检查状况

(C) 喷 涂

两总用水设施中钢铁构造设施转多，其中虹吸从1号至8号均为 $\phi 2400\text{m/m}$ 的2连钢管，总长达2544m，其内面喷涂为7~10年，外表喷涂为10~13年一个周期。

每年要近1亿日元左右的费用。

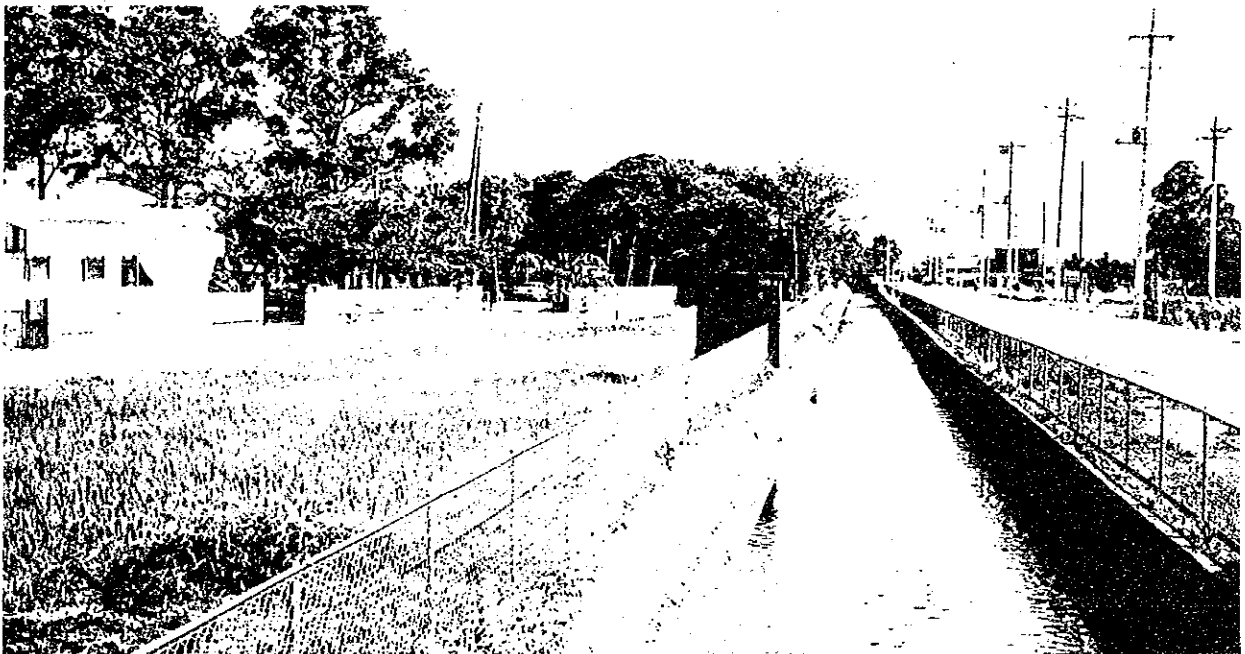


外部喷涂 底层涂添施工中

(D) 安全设施（防护栅）

近年来，两总水渠周围的住宅化发展很快，滑落入渠内的危险增大，于是，计划设置防护栅栏，防止事故于未然。

1986年度为止，施工总长达27km。



财产管理

针对两总设施进行了批准其干线以及县营支线做为其他目的使用的调查及审查工作，近年来两总水渠设施周围的住宅建设急增，其境界查定业务、违法占据排除业务等案件数目聚增。对这些情况均需要迅速地进行处理，严格地实行财产管理。



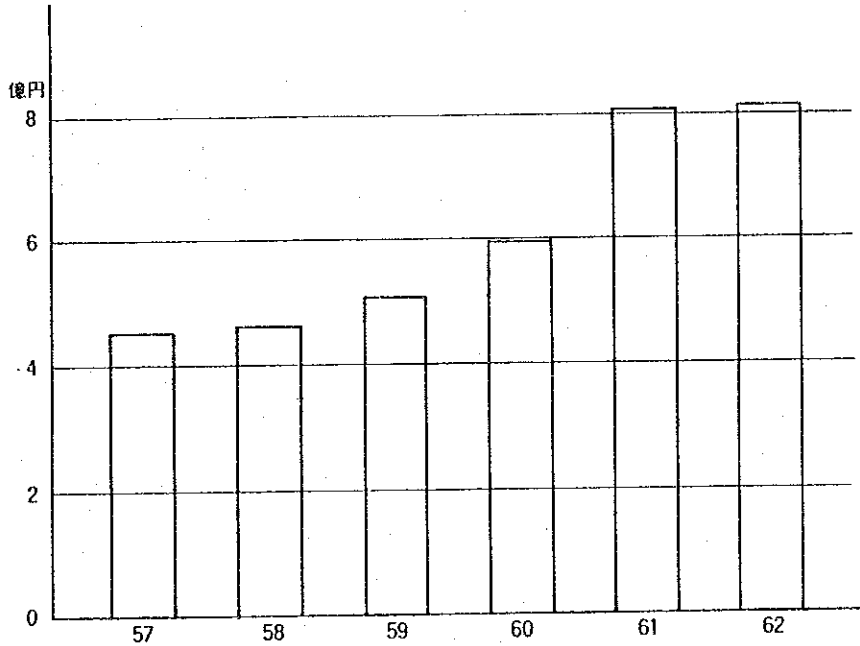
境界查定业务

备注：干线上他目的使用许可件数 123件（1987年4月1日截止）

县营支线上他目的使用认可件数 211件（1987年4月1日截止）

增加维护管理事业费用

目前，两总水渠管理作为「两总土地改良设施维持管理事业」由县营管。随着设施的老化，维持管理费年年增大。



维持管理事业费包括工程费、劳务费和电费。

维持管理事业费用承担分配

1. 专用设施

(1) 农业用水 县50%，两总土地改良区50%

(使用电费改良区100%)

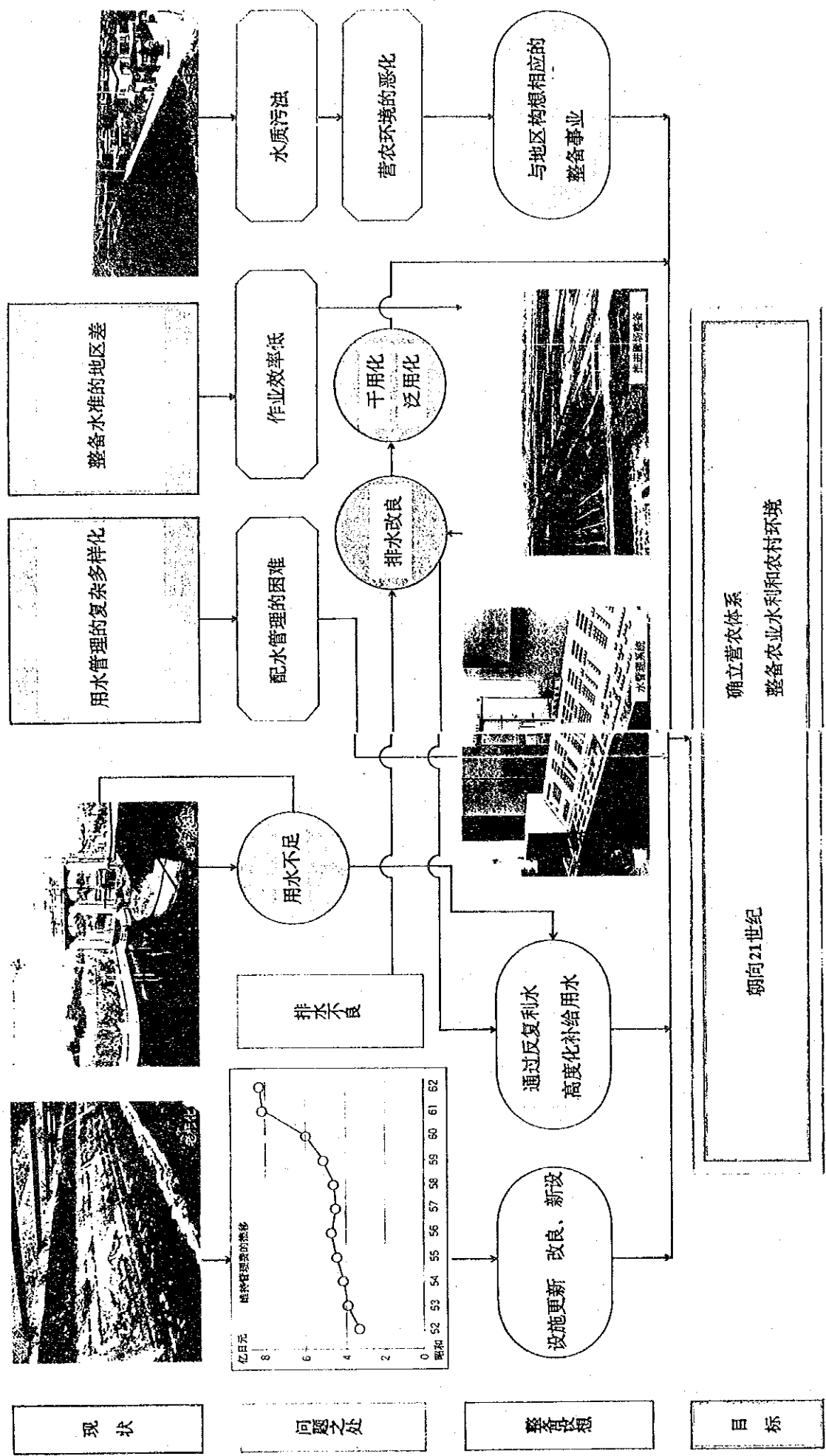
(2) 城市用水 水资源开发公团100%

2. 共用设施维持管理费

农林负担55.7%	水资源开发公团负担44.3%	县1/2
		改良区1/2

3. 两总地区农业基础整备事业构想

两总地区的整备构想立足于当今的问题点，更新两总用水设施，有效地进行水利用，实现水管理合理化，整备圃场及地区环境等，为振兴农业打下基础。



前郭灌区第二灌区

1. 潜水均衡初步研究
2. 灌溉水质标准与评价方法探讨

萧 长 来

目 录

前郭灌区第二灌区潜水均衡初步研究.....	1
1. 引言.....	2
2. 灌区地质与水文地质条件.....	2
3. 水量均衡方程.....	3
4. 应用实例.....	9
5. 结语.....	14
参考文献.....	15
前郭灌区第二灌区灌溉水质标准与评价方法探讨.....	16
1. 引言.....	17
2. 灌溉水质标准.....	17
3. 评价方法.....	23
4. 应用实例.....	25
5. 结论.....	30
参考文献.....	31

前郭灌区第二灌区潜水均衡初步研究

萧长来

吉林省水利厅前郭灌区开发办公室

吉林省水利水电勘测设计院

(中国·长春·130021)

提 要 本文根据质量守恒定律,建立了灌区潜水时段水量均衡方程,并给出了均衡项和参数的确定方法,为灌区地下水资源评价与利用、地下水排水与动态预报、土壤改良、生态环境改善提供了科学依据。

关键词 前郭灌区第二灌区 潜水 时段水量均衡方程 均衡项 均衡参数 生态环境

Abstract The length-of-time unconfined water balance equation for irrigation district is given according to the law of conversation of matter, and the methods for determining the balance terms and parameters are also given in this paper, and then the scietific basises are provided for the evaluation and use of ground water resources, ground water draining and dynamic forecasting, soil amelioration, ecological environment amendment in irrigation district.

Key Words The Second Qian' guo Irrigation District Unconfined water Length-of-time water balance equation Balance term Balance parameter Ecological environment

1、引 言

前郭灌区位于吉林省松原市前郭县第二松花江左岸和嫩江右岸汇合处，是中国大型灌区之一。以引松五程（又称总泄干）和七门吐泄干为界，该灌区分为三个灌区；其中第二灌区位于引松五程以北、七门吐泄干以东，东北以第二松花江为界。区内地形平坦开阔，土、水资源丰富。迄今为止，第二灌区已开发水田面积为6,180hm²（注1hm²=1×10⁴m²），占全灌区水田面积的40%左右，计划水田累计开发达18,765hm²。

由于前郭第二灌区西北部现有水利五程不配套，排水措施不当，加上地形平坦，土壤透水性差，地下水位高，导致达里巴乡一带出现了大面积的次生盐渍化现象，生态环境趋于恶化。由于区内孔隙潜水是成壤作用的主要影响因素，是灌区生态环境中最活跃的因子之一，因而，查明区内地下水动态变化规律及其主要影响因素，研究潜水均衡，对于灌区地下水研究和改善生态环境具有十分重要的意义。

2、灌区地质与水文地质条件^[1]

2.1 灌区地质条件

前郭灌区第二灌区位于河谷冲积平原，次级地貌为一级阶地、湖沼洼地和河漫滩。纵观全区，地表岩性主要为全新统(Q₄)冲积和湖沼堆积的壤土、粘土，一般厚1~3m，地势高处多小于1m，而地势低洼处局部可达3~6m；其下为全新统(Q₄)冲积砂层，以中砂、粗砂含砾为主，上细下粗，厚10~25m，构成孔隙潜水含水层；向下为中更新统(Q₂)湖积淤泥质壤土夹淤泥质砂壤土或细砂层，厚20~34m，构成相对隔水层（透水性很弱）；再下为下更新统(Q₁)冰水堆积的灰白色砂及砂砾石，一般厚5~15m，北部大于15m，构成区域性的孔隙承压含水层；其下伏为基岩，主要为白垩系下统(K₁)巨厚层泥岩、粉砂质泥岩，北部为上第三系(N)厚层泥岩，构成区

域隔水底板。本区孔隙潜水含水层与孔隙承压含水层间有一定的水力联系，构成较弱的越流地下水系统。

2.2 灌区水文地质条件

区内地下水类型主要为松散岩类孔隙水，可分为孔隙潜水和孔隙承压水，按地下水类型将区内水文地质条件概述如下。

孔隙潜水赋存于全新统(Q_4)冲积砂层中，含水层厚10~23m。在水平方向上，沿河流方向及远离河床，含水层颗粒由粗变细，厚度由大变小；在垂直方向上，颗粒上细下粗，具有明显的韵律性。单位降深($s=1m$)时单井涌水量一般为100~300m³/d；水位埋深一般1~3m，局部地势高处可大于3m，年水位变幅0.5~2.0m。水化学类型主要为HCO₃-NaCa、CaNa、MgCa、Na型和HCO₃Cl-CaNa、NaCa、CaMg、Na型，矿化度一般为0.3~1.0g/l，局部大于1.0g/l，PH为7.18~8.22。

孔隙承压水赋存于下更新统(Q_1)砂及砂砾石层中，含水层一般厚5~15m，北部可大于15m；含水层埋深40~60m。由南东向北西，含水层厚度由小变大，富水性由弱增强，单井单位涌水量由南东部的100~300m³/d，向北西增大至300~700m³/d。承压水头一般比潜水位低0.2~1.5m，年水头变幅一般为0.5~1.5m，受开采影响时达1.5~2.5m。沿径流方向，水化学类型由HCO₃-CaNa型过渡为HCO₃-NaCa型，矿化度多在0.5~0.8g/l，PH值7.0~7.4。

3、水量均衡方程

3.1 水量均衡方程的建立

根据质量守恒定律，灌区地下水系统（本文指潜水系统）在时段 Δt 内的时段水量均衡方程为

$$\Delta G = G_1 - G_0 \quad (1)$$

即均衡时段 Δt 内地下水(潜水)系统的水量变化量 ΔG 等于该时段内地下水的补给量(输入量) G_i 与排泄量(输出量) G_o 之差。当 $\Delta G > 0$ 时为正均衡,表现为潜水位上升;当 $\Delta G < 0$ 时为负均衡,表现为潜水位下降;当 $\Delta G = 0$ 时,表示 $G_i = G_o$,即补给量等于排泄量,时段始、末水位相同。

潜水补给量(G_i)包括降水入渗补给量(Q_{pr})、渠系水渗漏补给量(Q_c)、田间灌溉入渗补给量(Q_f)、井灌回归补给量(Q_w)、侧向流入补给量(Q_{lr}),即

$$G_i = Q_{pr} + Q_c + Q_f + Q_w + Q_{lr} \quad (2)$$

$$Q_i = Q_c + Q_f \quad (3)$$

式中 Q_i 为灌溉入渗补给量。

潜水排泄量(G_o)包括潜水蒸发量(Q_e)、人工开采量(Q_p)、侧向流出量(Q_{ld})、向下越流量(Q_1)、排水渠系排泄地下水量(Q_{ca}),即

$$G_o = Q_e + Q_p + Q_{ld} + Q_1 + Q_{ca} \quad (4)$$

因此,灌区潜水系统的时段水量均衡方程可表示为

$$\Delta G = Q_{pr} + Q_c + Q_f + Q_w + Q_{lr} - (Q_e + Q_p + Q_{ld} + Q_1 + Q_{ca}) \quad (5)$$

3.2 均衡项的确定

(1) 潜水水量变化量可由下式确定,即

$$\Delta G = \mu F \Delta H \quad (6)$$

式中 μ —潜水水位变动带给水度或饱和差;

ΔH —时段(Δt)内潜水水位变幅;

F —均衡区面积。

(2) 降水入渗补给量 Q_{pr} ,可由水量均衡方程推求或用下述的系数法确定,即

$$Q_{pr} = \alpha \cdot P \cdot F \quad (7)$$

式中 α —降水入渗补给系数;

P —时段降水量,余同前。

(3) 渠系水渗漏补给量(Q_c)可由引水渠系水量平衡方程或有关水力学

法、经验公式法确定。

(4) 田间灌溉入渗补给量 (Q_f) 可由潜水水量均衡方程或系数法确定，后者即

$$Q_f = \beta \cdot W_i \cdot F \quad (8)$$

式中 β —田间灌溉渗漏补给系数，

W_i —时段内灌溉水量（水层厚度）。

(5) 井灌回归补给量 (Q_w) 可由系数法确定，亦可据水量均衡方程推求。

(6) 地下水侧向流入补给量 (Q_{i1}) 可用达西公式计算，即

$$Q_{i1} = W_{i1} \cdot F = K \cdot I \cdot H \cdot L \cdot \Delta t \cdot \sin \theta \quad (9)$$

式中 W_{i1} —侧向流入补给均衡区的平均水层厚度；

K —潜水含水层渗透系数；

I —潜水水力坡度；

H —含水层厚度；

L —均衡区上游过水断面宽度；

θ —潜水流向与过水断面间夹角。

(7) 潜水蒸发量 (Q_o) 可采用系数法或潜水蒸发经验公式法确定，即

$$Q_o = \varepsilon \cdot F = C \cdot E_{s01} \cdot F \quad (10)$$

或
$$\varepsilon = \varepsilon_o (1 - h/H_{max})^n \quad (11)$$

$$E_{s01} = CeE_{20} \quad (12)$$

式中 ε —潜水蒸发水层厚度；

C —潜水蒸发系数；

E_{s01} 、 E_{20} —分别为 Φ_{s01} 、 Φ_{20} 蒸发皿之蒸发量；

n —指数，其变化范围为 $1 \leq n \leq 3$ ，本文取 $n=1$ ；

h —潜水水位埋深；

H_{max} —潜水蒸发极限埋深，通常 $1 \leq H_{max} \leq 4$ ；

ε_o —水面蒸发量（水层厚度），通常取 $\varepsilon_o = E_{s01}$ ；

Ce —由 E_{20} 推求 E_{s01} 的换算系数。

(8) 人工开采量 (Q_p) 又称地下水实际开采量，可据实际调查、统计确定。因区内潜水主要用于居民生活用水，开采量不大，故可根据典型农户用水

量调查按人均用水定额(q)确定,即

$$Q_p = W_p \cdot F = n \cdot q \cdot \Delta t \cdot F \quad (13)$$

式中 W_p —时段内潜水开采水层厚度;

n —单位面积内人口数目;

q —人均用水定额;

Δt —均衡时段内的天数。

(9) 潜水向下越流量 (Q_1)

$$Q_1 = W_1 \cdot F = (K' / b') \Delta H_1 \cdot \Delta t \cdot F \quad (14)$$

式中 W_1 —时段(Δt)内潜水向下越流的水层厚度;

K' / b' —越流参数,其中 K' 为弱透水层的渗透系数, b' 为弱透水层的厚度;

ΔH_1 —均衡时段内潜水水位与下伏承压水水头之差,余同前。

(10) 潜水侧向流出量(Q_{1a})可按达西公式确定,其平均水层厚度 $W_{1a} = Q_{1a} / F$ 。

(11) 排水渠系排泄地下水量(Q_{ca})可按水力学法或实测法分析确定,其平均水层厚度 $W_{ca} = Q_{ca} / F$ 。

由上述可知,在面积为 F 的均衡区内,用水层厚度(单位mm)表示时,潜水时段水量均衡方程为:

$$\mu \Delta H = \alpha P + W_c + \beta W_1 + W_w + W_{11} - (\varepsilon + W_p + W_1 + W_{1a} + W_{ca}) \quad (15)$$

3.3 均衡参数的确定

3.3.1 给水度

给水度(μ)是三水转化关系研究和地下水研究中的一个关键性参数,它直接或间接地影响着其它有关计算参数与地下水均衡研究的可靠性与精度。到目前为止,国内外关于给水度的概念不尽一致。五十年代人们沿用苏联学者提出的定义,即“给水度是指被水饱和的土体以流出的方式排出自由重力水的最大体积与该土体总体积之比”^[2],又称为传统给水度或重力给水度。近年来人们定义“给水度是指地下水位降低一个单位时从地

下水位延伸到地表面的单位面积的土柱中所排出的水量，或者指地下水位单位水头下降时整个非饱和带所能完全释放出来的水层厚度” [3]。

给水度的影响因素主要有地层岩性、地层结构与构造、岩土水理性质和水位埋深等。其确定方法较多，具体可大致分为(1)室内试验法(包括器皿法、加压法、饱和差法、筒测法)，(2)抽水试验法(包括漏斗疏干法、实际开采法、非稳定流抽水试验的博尔顿法、纽曼法和公式法)，(3)动态资料推求法(包括潜水蒸发经验公式法、蓄水容积法、退水曲线法、卡门斯基有限差分法)，(4)水量均衡法(包括单次降雨法、筒测法、坑测法、土壤水分特征曲线法、包气带瞬时含水量剖面法)，(5)其它方法(包括指示剂法、空隙率法、泉水流量汇总法、自由孔隙率法、经验公式法、比拟法等)。

对于地下水无出流(或出流很小)且以垂直运动为主的地区，可采用潜水蒸发经验公式(11)推求给水度。具体计算时可采用(1)图解法，即建立 $\Delta H/\varepsilon_0 \sim h$ 相关关系，数据曲线与横轴(h)交点为 H_{max} ，与纵轴 $\Delta H/\varepsilon_0$ 的交点为 $1/\mu$ ；(2)解析法，即建立联立方程组求解 μ 和 H_{max} ；(3)相关分析法，建立 h 与 $\lg(\Delta H/\varepsilon_0)$ 的相关关系推求 μ ；(4)试算法。

有关研究表明，当潜水水位埋深(h)小于毛管水最大上升高度 H_c 时，土层的给水度将随水位埋深而变化，且随水位埋深增大而增大。苏联学者曾提出如下公式 [4] 确定此时的给水度 $\mu(h)$ ，即

$$\mu(h) = \theta_0 \left\{ 1 - \sqrt{1 - \frac{h_a}{H_c} \left[1 - \left(\frac{\theta_m}{\theta_0} \right)^2 \right]} \right\} \quad (16)$$

$$\theta_0 = n - P_0 \quad (17)$$

式中 θ_0 —饱和含水率(体积含水率，下同)；

h_a —水位埋深由 h_1 变为 h_2 时的平均值；

H_c —毛管水最大上升高度；

θ_m —最大持水率；

n —孔隙率；

P_0 —土体饱和时充气孔隙率，对于砂及砂砾石， $P_0=0$ ；对粘性土， $P=0 \sim 5\%$ 。

苏联学者И·А·别津斯基曾提出用渗透系数(K)推求给水度的经验公式^[4],即

$$\mu = 0.117\sqrt{K} \quad (18)$$

总之,在均衡参数中,给水度的确定最为重要,必须采用合理的方法准确地确定 μ 值。

3.3.2 降水入渗补给系数^[5]

降水入渗补给系数(α)又称降雨入渗或渗入补给系数,是指降水入渗补给地下水的那部分水量(P_g)与相应降水量(P)的比值,即 $\alpha = P_g/P$,为一无量纲参数。它反映了降水向地下水的转化率,是三水(降水、地表水、地下水乃至土壤水)转化关系研究和地下水研究的一个重要参数,一般可分为次降水入渗补给系数和时段(如旬、月、季、年等)降水入渗补给系数,还可分为点参数、面参数。其影响因素有地形地貌、植被、降水(降水量、降水强度、降水历时)、包气带特征、地下水位埋深、潜水蒸散发以及人类活动;其中包气带岩性(主要反映在给水度和渗透系数上)、地下水位埋深和降水量为主要影响因素,且前者可视为非时变因素,后二者为时变因素,因而对任一特定的研究区而言,虽然 α 并非常数,且是复杂多变的,但却有一定的变化规律可循。

降水入渗补给系数(α)的计算方法较多,主要有:(1)动态资料推求法($\alpha = \mu \Delta H/P$);(2)短期动态资料推求法[$\alpha = \mu (h - h_{min} + V_h \cdot \Delta t)/P$];(3)降雨量累积影响值法[$\alpha = \mu \Delta H/(P_i + P_w)$];(4)筒测法;(5)水位动态有限差分法;(6)单次降雨量分析法;(7)多因素分析法;(8)基流分割法;(9)同位素法;(10)地中蒸渗仪法;(11)水量均衡法;(12)泉流量汇总法;(13)比拟法。

3.3.3 灌溉渗漏补给系数

包括引水渠系渗漏补给系数(β_c)、田间灌溉渗漏补给系数(β_r)和井灌回归渗漏补给系数(β_w),对同一研究区,一般可认为 $\beta_w = \beta_r$,并可采用水量均衡法确定;而 β_c 则可采用引水渠系水量均衡法及有关水力学法

确定。

3.3.4 其它参数

(1) 潜水蒸发系数(C)是指潜水蒸发量(ϵ)与水面蒸发量之比, 为一无量纲参数, 因岩性和水位埋深的不同而异。可采用动态资料分析法(如利用潜水蒸发经验公式)、水量均衡法确定, 有条件时可利用地中蒸渗仪实测资料确定。

(2) 越流参数($B=K'/b'$)可采用抽水试验法或有关方法确定, 也可根据钻孔取样测定弱透水层的 K' 值, 再根据钻孔揭露的粘性土层厚度 b' 来确定之。

(3) 渗透系数(K)可通过不同的野外抽水试验方法确定, 也可在野外采取岩土样由室内试验测定。

(4) 水力坡度(I)可由地下水(潜水)等水位线图上查取。

(5) 毛管水最大上升高度(H_c)可通过野外实测或采取土样室内试验测定。

(6) 潜水蒸发极限深度(H_{max})可利用潜水蒸发经验公式(11)推求, 也可用水均衡试验场实测资料确定。

(7) 其余的参数一般可根据有关资料加以分析、确定。

4、应用实例

本文选取达里巴乡一带为研究区(面积为F), 区内地形平坦, 既有大面积的水田, 又有大面积的草地和盐渍化土地。据调查访问, 局部(如达里巴屯北)次生盐渍化明显, 生态环境趋于恶化。

4.1 研究区水文地质特征

据地质测绘、民井调查、钻孔和打井等有关资料, 区内地表岩性以壤土、粘土为主, 厚2.5~5.7m, 其下为中砂层, 厚13~16m左右, 构成潜水

含水层；再下为淤泥质壤土，厚约26m，构成弱透水层。根据达里巴屯附近浅井抽水试验资料，降深 $s=2.6\text{m}$ 时，单井涌水量 $q=23.8\text{m}^3/\text{h}=571.2\text{m}^3/\text{d}$ ，潜水富水性较好。据达里巴屯中137号长观井（井深15m）资料，潜水位埋深为0.77~2.99m，年均水位埋深在1.82~2.12m之间，低水位出现于3~4月，高水位出现于7月下旬至9月上旬，年水位变幅为1.07~2.05m，潜水动态类型为降水入渗—灌溉入渗—蒸发型。据1985年4月和1986年5月对137号井进行的水质化验资料，水中主要离子为 HCO_3^- 、 Na^+ 、 Ca^{2+} ，水化学类型为 HCO_3-CaNa 型，矿化度为0.45g/l左右，PH值7.2~8.0。据1992年7月及1993年4月对附近民井的水样分析资料，水化学类型为 HCO_3-CaNa 、 NaCa 型，矿化度0.46~0.58g/l，PH值7.12~7.78。据水质资料分析表明，潜水中 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 F^- 的含量在逐年增高，矿化度有所增大，水质也渐趋恶化。

4.2 时段水量均衡方程的简化

在达里巴乡达里巴屯一带，潜水受渠系引水、排水的影响很小，可忽略不计，且没有井灌，因而用深度（单位可用mm）表示时，时段水量均衡方程为：

$$\mu \Delta H = \alpha P + \beta W_{1i} + W_{1i} - (\varepsilon + W_p + W_1 + W_{1a}) \quad (19)$$

(1) 在冻土层存在期间（11月中下旬至翌年5月中旬左右），无 αP 、 βW_{1i} 和 ε ，则(19)式变为

$$\mu \Delta H = W_{1i} - (W_p + W_1 + W_{1a}) \quad (20)$$

若此间水位上升时，可认为 $W_{1a}=0$ ，则有

$$\mu \Delta H = W_{1i} - (W_p + W_1) \quad (20a)$$

若此间水位下降时，可认为 $W_{1i}=0$ ，则有

$$\mu \Delta H = - (W_p + W_1 + W_{1a}) \quad (20b)$$

(2) 在无冻土层期间的非灌溉期，(19)式变为

$$\mu \Delta H = \alpha P + W_{1i} - (\varepsilon + W_p + W_1 + W_{1a}) \quad (21)$$

此间无降水且水位上升时，可认为 $\alpha P = W_{1a} = 0$ ，则上式变为

$$\mu \Delta H = W_{1i} - (\varepsilon + W_p + W_i) \quad (21a)$$

此间无降水且水位下降较快时，可认为 $W_{1i} = \alpha P = 0$ ，则 (21) 式变为

$$\mu \Delta H = -(\varepsilon + W_p + W_i) \quad (21b)$$

(3) 在无冻土层的灌溉期间 (5月中旬至9月上旬)，考虑灌溉面积大，地下水位垂直上升很快，地下水 (潜水) 以垂直运动占优势，可认为 $W_{1a} = 0$ ，仅部分时段有 W_{1i} ，则 (19) 式变为

$$\mu \Delta H = \alpha P + \beta W_i + W_{1i} - (\varepsilon + W_p + W_i) \quad (22)$$

若此间无降水且无 W_{1a} 时，则有

$$\mu \Delta H = \beta W_i - (\varepsilon + W_p + W_i) \quad (22a)$$

由上述可见，只要合理地选择均衡时段，便可由时段水量均衡方程推求出一些通常不易确定的均衡项，进而可推求出一些相应的均衡参数。

4.3 均衡参数与均衡项的计算

由于公式 (19) ~ (22a) 中均含有 $\mu \Delta H$ 、 W_p 和 W_i 项，因而必须首先确定这三项，以便进一步推求其它均衡项和有关参数。很明显，给水度 (μ) 的确定最为重要。

据达里巴屯南9311孔资料，初见水位3.00m，稳定水位2.40m。在1.90~2.20m深处所取原状土样经试验测试知：岩性为重粉质壤土，砂粒 (粒径0.05~2.0mm) 占12.3%，粉粒 (0.005~0.05mm) 占61.1%，粘粒 (<0.05mm) 占26.6%；孔隙率 $n = 43.8\%$ ，天然含水率 $\theta = 39.0\%$ ，干容重 $P_d = 1.53$ ，垂直渗透系数 $K_v = 0.0174\text{m/d}$ ，毛管水上升高度 $H_c = 1.18\text{m}$ 。据已知 K_v 按 (18) 式求得 $\mu = 0.066$ ；所取土样一般按下部测试，深度在2.15m左右，可求知 $h_a = 1.18 - (2.40 - 2.15) = 0.93$ ，又 $H_c = 1.18\text{m}$ ， $\mu(h) = 0.048$ ， $\theta_s = n = 0.438$ ，则由 (16) 可求得 $\theta_m = 0.376$ ，故 $\mu = \theta_s - \theta_m = 0.062$ 。又据灌区内15处原状土样测试结果 (粘土4处，粉质粘土4处、重粉质壤土7处)，平均自由孔隙率 $\mu_f = 0.063$ 。据137号井部分时段潜水蒸发资料，采用图解法求得 $\mu = 0.063$ ， $H_{max} = 3.18\text{m}$ 。调查表明，137号井与9311孔的地层岩性基本一致，只是地表壤土层厚度略小些 (约3.0m)，因此对137