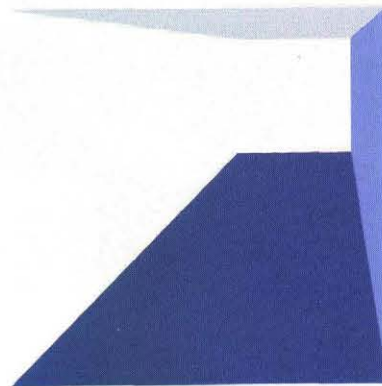
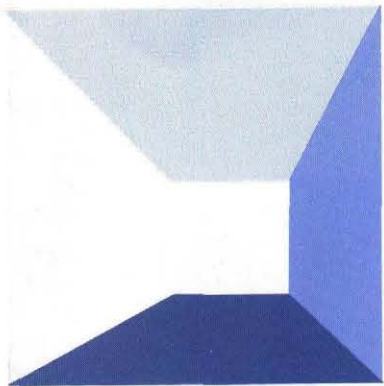
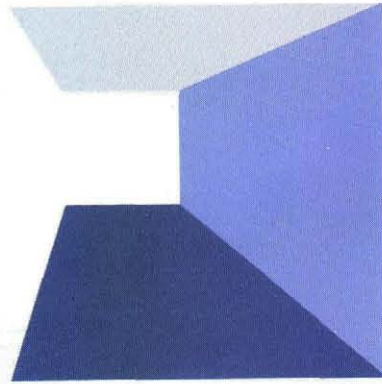
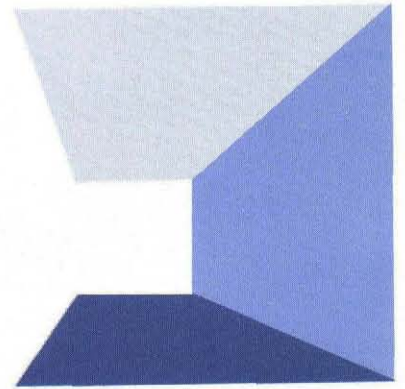


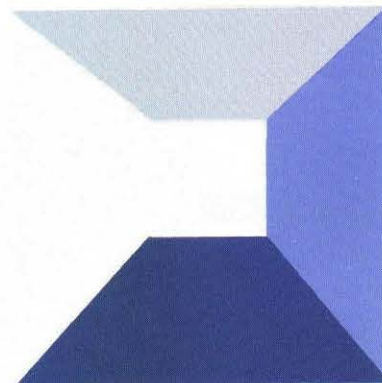
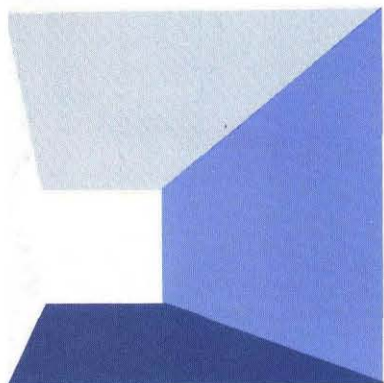
# 水 と 土

第 49 号

昭和57年 9 月号  
農業土木技術研究会



Japanese Association for  
the Study of Irrigation,  
Drainage and Reclamation  
Engineering



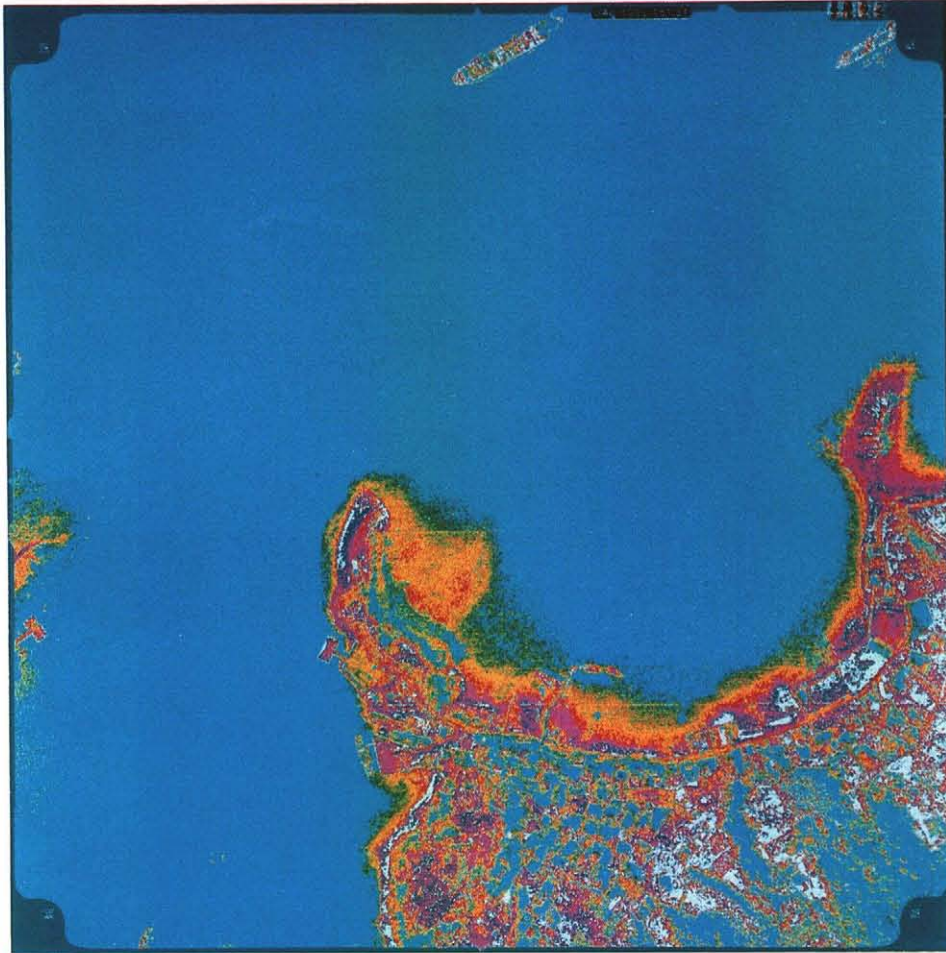
## 角来地区のほ場整備について



写真一

(本文20ページ参照)

# 農業土木技術者のための リモートセンシング入門



対象物	コンクリート 海、影、 樹木		海藻		海面下の砂地	湿った砂地		海面より露出した砂地	No.10より反射率の低い砂地	草地	No.11より反射率の低い砂地	反射率の高い裸地
-----	----------------------	--	----	--	--------	-------	--	------------	-----------------	----	-----------------	----------

図-57 分類図

(本文82ページ参照)

— 目 次 —

グラビア

角来地区のは場整備について  
農業土木技術者のためのリモートセンシング

巻頭文

農業土木在官技術者とコンサルタント技術者

山田光敏……(1)

報 文

報文内容紹介 ……(i)

都田川ダム監査廊工の設計と施工について

林後斎 藤藤 鉄武康 男久二……(2)

岡本頭首工の設計について

平小鈴蘭 野林木 勇一 二成武宜 嘉 ……(9)

角来地区のは場整備について

小小 林原 雅典 ……(20)

峰浜地区の計画と水沢ダムの基礎処理について

中野晋一……(32)

排水ポンプ選定の一事例

——押込みタイプ横軸軸流ポンプの選定について——

橋中山 省三晃……(45)

圧気推進工法による送水管布設について

——国鉄東海道本線横断部分の施工例——

中川吉弘 戸上訓正 久保田正一……(54)

大柿ダムの濁水処理について

道亀金 久田蔵 義昌法 美彦義……(66)

水田パイプラインの水管理方式についての設計上の留意点

——S地区を例として——

加藤稔……(72)

講 座

農業土木技術者のためのリモートセンシング(第3回)

増本正新……(82)

会告・編集後記

……(95)

# 水と土 第49号 報文内容紹介

## 都田川ダム監査廊工の設計と施工について

林 鉄男 後藤武久 斎藤康二

都田川ダムの基礎地盤は黒色片岩であり、監査廊の設置に当たっては、その構造解析に充分注意する必要がある。本報文ではその設計方針と施工方法並びに監査廊に設置した鉄筋計と継目計の観測の挙動結果を報告するものである。

(水と土 第49号 1982 P. 2)

## 排水ポンプ選定の一事例

(押込タイプ横軸軸流ポンプの選定について)

橋口省三 中山 晃

排水ポンプには色々な機種・型式があり、これの選定が地域の排水効果を左右する大きなポイントとなる。従って従来までのポンプ選定の問題点を踏まえ、地域のニーズに視点を合わせ、新しい観点からポンプ仕様を選定した一例として、試案と問題点を紹介する。

(水と土 第49号 1982 P. 45)

## 岡本頭首工の設計について

平野勇二 小林一成 鈴木 武 蘭 嘉宜

岡本頭首工は、鬼怒川の中流部における8か所の井北の統合、新規畑地かんがい用水及び都市用水の取水をあわせ行い目的をもって、国営事業によって建設している。本報告は、この頭首工の設計の概要と設計に当たっての留意点、特に、頭首工位置の決定、洪水吐ゲートの設計及び仮設工として、施工に伴う排水処理の設計を中心に、その内容を紹介するものである。

(水と土 第49号 1982 P. 9)

## 圧気推進工法による送水管布設について

—国鉄東海道本線横断部分の施工例—

中川吉弘 戸上訓正 久保田正一

日野川農業水利事業は、昭和49年度に着手以来、第1号送水管路を主体に工事を進めてきている。昭和56年度の国鉄東海道本線横断部分20mの施工に際しては、列車運行の確保、土質条件、送水管路の口径(φ1,650mm及びφ1,100mmの2条)等を勘案し、補助工法としてパイプルーフ工法を採用した圧気推進工法により工事を実施した。本報文においては、工法の検討内容、施工実績等について紹介するものである。

(水と土 第49号 1982 P. 54)

## 角来地区<sup>カクライ</sup>のほ場整備について

小林雅典 小原 清

印旛沼周辺の低湿地に、沼の推積土を浚渫盛土し自然排水を可能にすると共に、大型ほ場の造成、排水路の地下埋設管方式の採用、用水のパイプライン化と自動給水バルブによる用水の自動管理、暗渠排水を全面的に施工し農地の汎用化を図るなど、漸新な土地改良事業を実施している。営農面でも、農地管理組合を組織し全面的に委託耕作より集団転作を実施している画期的な角来地のほ場整備事業を紹介するものである。

(水と土 第49号 1982 P. 20)

## 大柿ダムの濁水処理について

道久義美 亀田昌彦 金蔵法義

最近、工事現場から発生する水質の汚濁が問題となってきた。本報文では、ダムにおける濁水処理の計画及び設計に当たっての基本的な事項を述べるとともに、大柿ダムにおいて実施中の濁水処理の設計について紹介するものである。

(水と土 第49号 1982 P. 66)

## 峰浜地区の計画と水沢ダムの基礎処理について

中野 晋一

秋田県峰浜地区は、水沢川の水を制御し農業の近代化と地域開発を旨とする目的で、県営防災ダム事業、及び県営かんがい排水事業を計画。昭和52年度より水沢ダム(防災、かんがい共同)に着手。堤体の基礎工事を施工中であるが、基盤である泥岩が予想外に悪く基礎処理に時間を要している。

今回は峰浜地区の計画概要と、基礎処理(グラウト)工法の実施例を紹介するものである。

(水と土 第49号 1982 P. 32)

## 農業土木在官技術者とコンサルタント技術者

山田 光 敏\*

私達が本省、農政局主脳部の方々より最近度々耳にすることの一つに、コンサルタント技術者の施工技術不足に対するクレームとともに、若い官技術者の技術力低下に対する憂慮の声と、それに対する対応に迫られていることについてきくことがあります。

しかしながら、果して、彼等若い技術者の技術力が本当に低下したのであるか。在官技術者の技術とは何か。

又彼等のあるべき姿とは何かということが問題になると思います。

これらのことを考える場合忘れてならないことは、私達の時代の古いものさしによるのではなく、時代の変遷、その時、その時の時代の要求による対応をしなければならないことは勿論でありましょう。

官民を含めた農業土木技術者のあり方については、戦後から昭和40年代と、それ以降とでは随分と変わってきたし、又今後も変わってゆくでありましょう。すなわち、(1)技術の高度化、細分化を含む技術革新に対する対応、(2)コンサルタント業界の技術的發展に対する対応、(3)海外技術援助の今後の増大に対する対応等でありましょう。これらのことに対応し、社会の要求にこたえるべき農業土木技術者は、大学、研究所を別にすれば、その主力は官庁技術者とコンサルタント技術者であって、この両者間の使命、役割りをよくわきまえつつ、両者の特色を生かしつつ、又お互の技術的弱点を補いつつ、両者の健全な発展をはからなければならないと考えます。

このように考えますと、上記のことがらに対応すべき農業土木技術陣の今後のあり方としては、現在おかれているお互の現状より考えて、国内業務に対しては、コンサル技術者は設計技術のスペシャリストとして、又在官技術者はゼネラリストとしての農業開発プランナーとしての社会的役割りを分担すべきでありましょう。将来に於てコンサルタントが、こうしたことに対する技術力を蓄積するまでは止むを得ないことであると考えます。

御承知の如く、農業土木技術の中での特色は、設計技

術よりむしろ開発計画にあるといわれております。しかもこの農業は、最も頭を使う最も難しい産業であるといわれていまして、工業、製造業は勿論、一般土木においても、物理と化学の法則の上に成り立つ産業であります。農業はこの上に更に農学、経済、土壌、肥料等の農学的科学はいうに及ばず、気象、社会科学、保険衛生等の上に成り立つ産業であります。更に又一般土木は、ダムとか道路とかを造ればそれで半ばその目的を達成するのと違って、農業土木の場合は問題はそれからあります。従って農業開発計画の中心的役割りを果たすべき在官技術者は、単に農業土木技術のみでなく、見識を高め視野を広め、10年、20年先を予見し物事をクリエートし得るゼネラリスト的技術者たるべきであると思います。特に今後海外農業開発技術援助の量的質的拡大の必要性が叫ばれているとき、こうしたプランナーの育成がますます必要になって参りました。

昨今、在官の若い技術者が他省庁に沢山勤務され、又在外公館員として又、長期の専門家として、将来の国際的技術者としての経験をつまれ、その成果をあげておられるのは、時代の相違とはいえ、羨ましくもあり、頼もしくもあります。

こうしたことから、若い官技術者の技術力低下云々について、その技術力が設計技術を意味しているとするなれば、それは杞憂にすぎないと思います。

これからの在官技術者は工事現場の現場経験も大切ですが、むしろこれと同等以上に、長期にわたる調査、計画の実務経験も大切で、特に昨今の如き低成長時には、計画業務への人員、予算の拡大を行い、来るべき時代に備えて計画技術者の養成を計るべきチャンスと考えます。

コンサルタント技術者についても、国内業務に対しては、自分の専門分野についてスペシャリストとしての経験を深めるとともに、将来の海外業務への進出をめざして幅広い農業開発技術者に成長されんことを望みます。

\* 三祐コンサルタンツ

# 都田川ダム監査廊工の設計と施工について

林 鉄 男\* 後 藤 武 久\*\*  
 齋 藤 康 二\*\*\*

## 目 次

- |                     |                         |
|---------------------|-------------------------|
| 1. ダムの概要.....(2)    | 4. 監査廊工の施工.....(5)      |
| 2. ダムサイトの地質.....(3) | 5. 監査廊に設置した埋設計器.....(6) |
| 3. 監査廊工の設計.....(4)  | 6. あとがき.....(7)         |

### 1. ダムの概要

都田川はその源を鷲ノ巣山に発し、浜名湖を通して遠州灘に注ぐ全長49.9km、流域面積118km<sup>2</sup>の2級河川である。このダムは、洪水調節を主目的とし農業用水（国営

浜名湖北部農業水利事業）水道用水（静岡県遠州広域水道用水供給事業）も併せて確保する多目的ダムである。

昭和45～48年度に付替県道，昭和49～51年度に仮排水路を施工した後，ダム本体工事は昭和52年8月に着工し，昭和57年3月完成したものである。今後，管理事務

表一 1 ダ ム 諸 元

ダム名		都田川ダム							基準雨量		336mm/d. 150mm/3h. 75mm/h		
設置者		静岡県知事 関東農政局長 静岡県公営企業管理者		目的	農地防災 畑地かんがい 上水道	672ha 2,400ha (みかん園) 65万人 (1市3町)	洪水		計画洪水量	563m <sup>3</sup> /s (1/50)	調節後 設計洪水量	331m <sup>3</sup> /s 1,420m <sup>3</sup> /s (1/200)	
ダム位置		左岸 引佐郡引佐町東久留女木 右岸 " " 川名		河川名	2級河川・都田川		水		洪水調節方式	孔あき方式			
堤体		型式 中心コア型ロックフィルダム 堤高 55m 堤頂長 170m "幅 10m 堤敷幅 322m 堤体積 708,000m <sup>3</sup> 法勾配 上流 1:4.0～2.3 下流 1:2.3 基礎地質 黑色片岩 "標高 E L 61.00m 堤頂 " " 116.00m 貯水効率 17		貯水池	湛水面積 74ha 総貯水量 12,020,000m <sup>3</sup> 有効 " 10,340,000m <sup>3</sup> 防災容量 5,460,000m <sup>3</sup> 農水 " 3,460,000m <sup>3</sup> 上水 " 1,420,000m <sup>3</sup> 推砂容量 1,680,000m <sup>3</sup> 最低水位 E L 87.00m 常時満水位 " 101.20m 洪水時 " 110.50m 設計洪水位 " 113.50m	水		放流管	型式断面 呑口標高 洪水量	オリフィス2条 3.80m×2.50m E L 101.20m 275m <sup>3</sup> /s			
取水施設		型式 斜樋 6門 取水量 農水1,481m <sup>3</sup> /s 上水0.480m <sup>3</sup> /s		仮排水路 (2本)		型式 標準馬蹄型 2R=5.7m 540m <sup>3</sup> /s (1/20)		吐		常用洪水吐	型式越流頂 "幅 洪水量		横越流堰 E L 108.00m 13.50m 325m <sup>3</sup> /s
								非常用洪水吐		型式越流頂 "幅 洪水量		横越流堰 E L 110.50m <sup>3</sup> /s 72.347m 820m <sup>3</sup> /s	

\* 静岡県農地防災ダム建設事務所

\*\* "  
 \*\*\* "

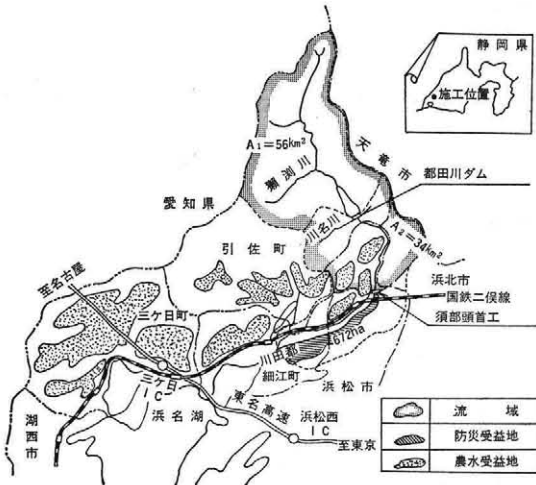
所等附帯工事を施工し、昭和59年度後半より湛水試験を開始する予定である。

ダム諸元及び計画概要を表一1、図1～3に示す。

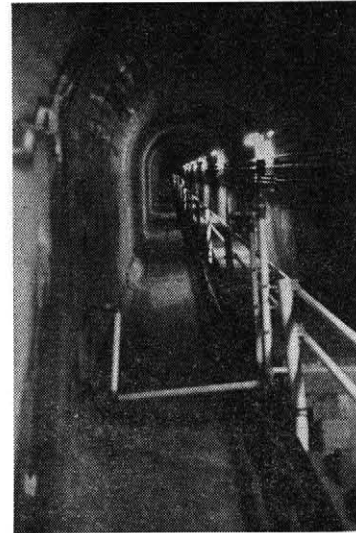
## 2. ダムサイトの地質

ダムサイトは、都田川の中流部で、支流川名川合流点の上流300m地点である。

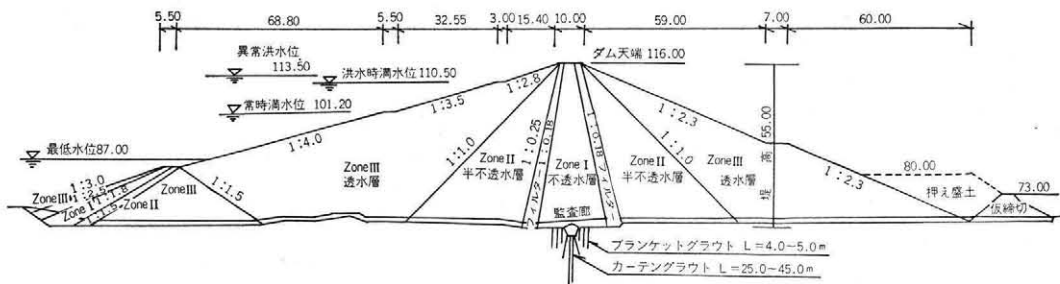
ダムサイトの地質は、三波川変成岩類を基盤岩とし、黒色片岩が主体で、これに砂質片岩、石英片岩等が一部介在する。これらは片岩特有の片理構造を有し、片理面の走行は河川とほぼ直交し傾斜は上流落ちである。小規模の断層破砕帯や擾乱帯が幾つかあり、ほぼ河川と直交する形で横断している。



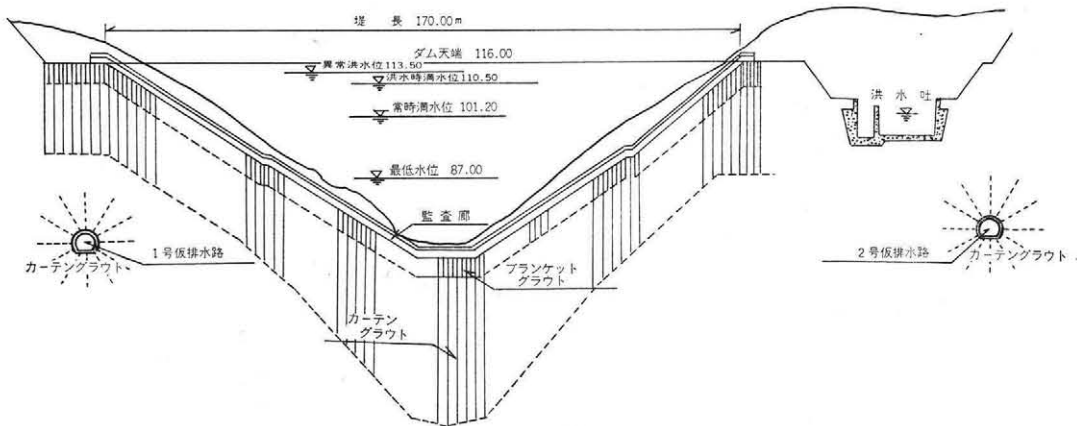
図一1 計画地区概要図



写真一1 監査廊内部



図一2 標準断面図



図一3 縦断面図



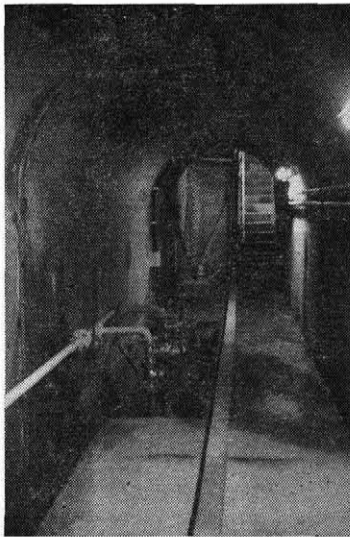


写真-2 最下部

現場せん断試験結果では $\tau_0 = 5 \sim 10 \text{ kg/cm}^2$ であり、岩盤区分は $C_2^*$ に相当し、透水係数は表層部で $10^{-4} \text{ cm/s}$ 、深部で $10^{-5} \text{ cm/s}$ オーダーである。

### 3. 監査廊工の設計

近年、フィルダムにおいて（多目的ダムの場合）、堤体の維持管理を考慮し、監査廊工を設置するケースが多くなっている。しかし、まだ設計の基準は確立されておらず、岩盤状況等も異なるため、既施工ダムの設計事例も種々である。このダムでは、基礎岩盤等を考慮し設計解析を行ったので、その概要を以下に述べる。

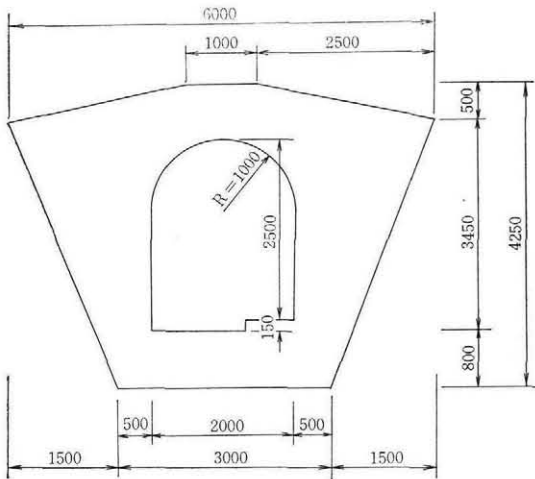


図-4 監査廊断面図

\*  $C_2^*$ …割合風化が進み、ハンマーで割れる程度で割れ目間隔は15cm以下を主体とし、割れ目沿いにかなり風化変質が進んでいるが、岩塊自体は硬い場合もある。

### (1) 設計条件

- a 監査廊断面図
- b 物性値

表-2 物性値

諸元 材料	弾性率 ( $\text{kg/cm}^2$ )	ポアソン比	単位重量 ( $\text{t/m}^3$ )
ギャラリー(本体)	$2 \times 10^5$	0.20	2.40
コンタクト部	$1 \times 10^2$	0.25	2.75
岩盤	$3 \times 10^4$	0.25	2.75

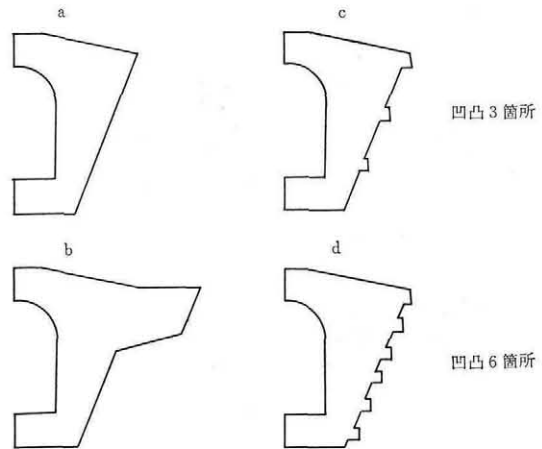
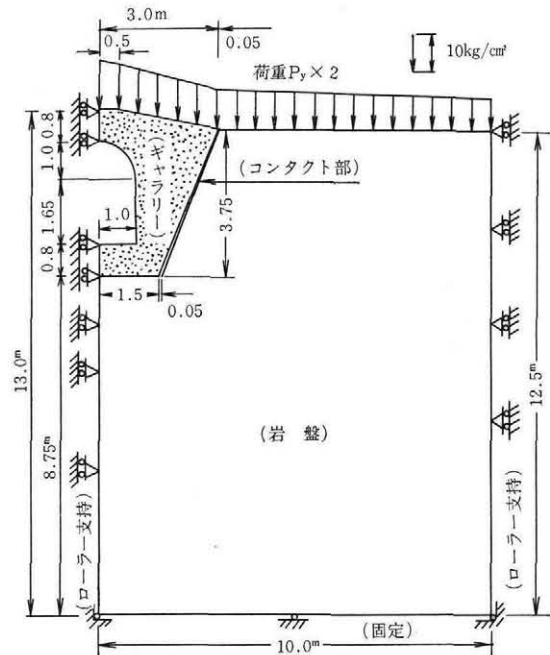


図-5



要素数 313  
節点数 128

図-6 解析モデル

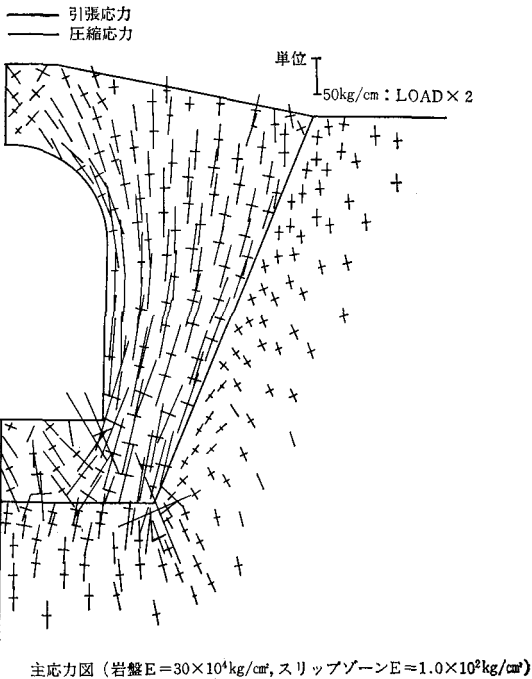


図-7

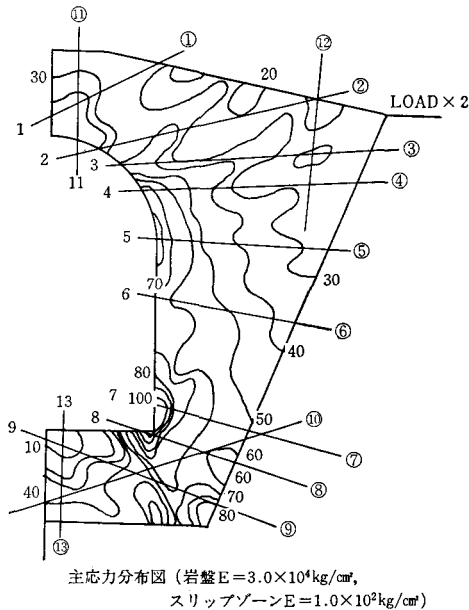


図-8

表-3 許容応力度

	コンクリート ( $\sigma_{25}=210 \text{ kg/cm}^2$ )	鉄筋 (SD30)
許容圧縮応力度 ( $\text{kg/cm}^2$ )	60	1,000
引張 ( $\text{kg/cm}^2$ )	0	700

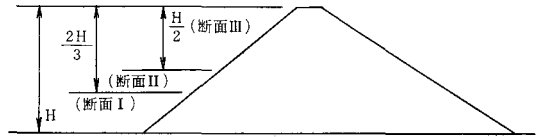


図-9 計算断面

c 荷重条件

監査廊上部に作用する荷重強度は、堤体の横断面を非線形解析して求めた荷重強度の2倍を採用した。

物性値決定に当たっては、載荷試験値を基に「都田川ダム検討委員会」により実際値あるいは改良し得る値として表-2のように決定した。

d 解析モデル及び境界条件

解析モデルの決定に当たっては、コンクリートと岩盤との接触面を4つの形状(図-5)について行い、最終的に(図-6)の解析モデルを決定した。これは、岩盤掘削面の凹凸部を監査廊コンクリートで充てんした場合、凹凸部に応力集中が生じ、岩盤部のゆるみや破壊の誘因となり、貯水時のバイビングやハイドロリックフラクチャリング現象となることも予想される。コンクリートと岩盤のように変形特性が異なる場合には、堤体荷重によって監査廊と岩盤は別々に変形し挙動することが考えられるため、監査廊を縁切りした解析を行った。

(2) 解析結果

監査廊及び岩盤に作用する主応力は、図-7、図-8のとおりである。引張応力は天端部と底版部にわずかに作用するのみで全体的には圧縮応力が作用し、最大は  $106 \text{ kg/cm}^2$  である。

(3) 鉄筋量の算定

- a 許容応力度 (表-3 参照)
- b 計算断面 (図-9 参照)
- c 鉄筋量の算定

鉄筋量の算定に当たっては許容応力度は、軸方向圧縮力を受ける部材であるので、コンクリート及び鉄筋の応力度は短柱としての考え方で算定し、監査廊を図-8のとおり、13断面に分割し、各断面に作用する主応力に対してコンクリート許容圧縮応力度オーバー部を鉄筋で負担することとした。鉄筋数、配筋図を表-4、図-10にそれぞれ示す。

4. 監査廊工の施工

監査廊側面と岩盤の接触面は設計上縁切構造としたことから、図-11に示すように岩盤掘削面の凹凸にコンクリート吹付、又はコンクリートで置換施工し、その上にアスファルトウレタンゴム(厚3mm)を吹付を行った。コンクリートと岩盤との弾性係数の違いのため監査廊と岩盤との接触面にズレを生じるため、接触面にアスファルトウレタンゴムの吹付を行い、ズレを吸収する方法で

表-4 鉄筋数

断面	項目	断面 I		断面 II		断面 III	
		計算値	設計値	計算値	設計値	計算値	設計値
1 - ①		0%	2%	0%	2%	0%	2%
2 - ②		0	3	0	2	0	2
3 - ③		0	3	0	2	0	2
4 - ④		1	3	0	2	0	2
5 - ⑤		3	3	0	2	0	2
6 - ⑥		0	3	0	2	0	2
7 - ⑦		4	5 (3+2)	2	4 (2+2)	1	4 (2+2)
8 - ⑧		2	5 (3+2)	0	4 (2+2)	0	4 (2+2)
9 - ⑨		1	5 (3+2)	0	4 (2+2)	0	4 (2+2)
10 - ⑩		1	5 (3+2)	0	4 (2+2)	0	4 (2+2)
11 - ⑪		1	2	1	2	1	2
12 - ⑫		1	2	1	2	1	2
13 - ⑬		1	3	1	3	1	3
		φ32 ctc 250		φ32 ctc 250		φ25 ctc 250	

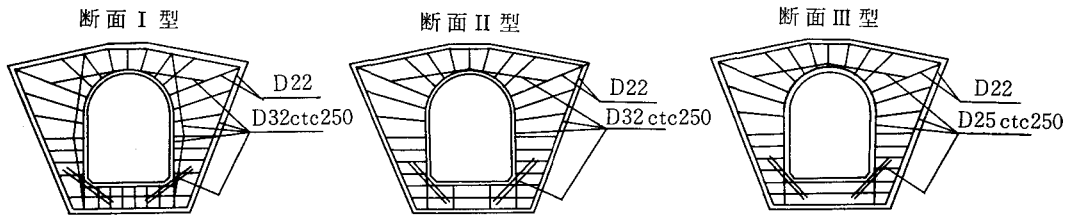


図-10 配筋図

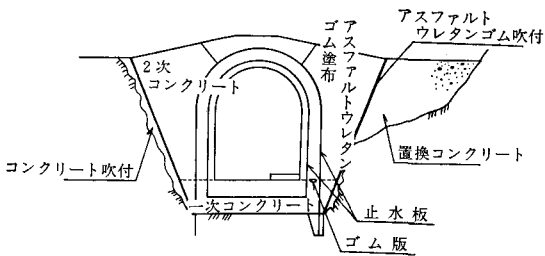


図-11

あり、施工は水圧  $2 \text{ kg/cm}^2$  以上の部分とし、防水効果も考慮している。

監査廊敷には破砕帯や擾乱帯が数条あったが、50~70 cm掘削してコンクリートで置換え、監査廊とは縁切をした。

縦断長については、コンクリートの温度応力及び不等沈下によるクラック発生を考慮し、1ブロック 6 m (コンクリート量  $100 \text{ m}^3$ ) とした。ブロックの継目は図-11に示すように止水板 (幅20cm) を2重に配置し、断面全体にアスファルトウレタンゴムを塗布し、底版部とアー

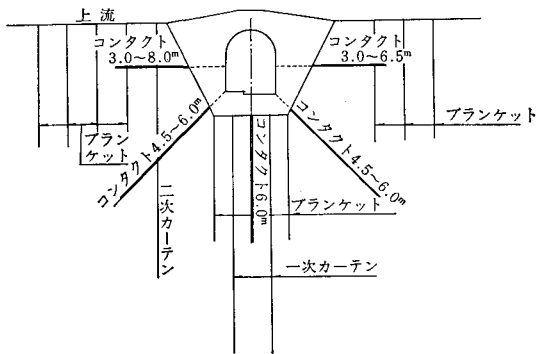


図-12 グラウト配置図

チ部のコンクリート打設継目にはゴム版 (幅60mm) を入れるなど、継目部分の漏水防止に努めた。コンクリート配合は普通ポルトランドセメントで、強度  $210 \text{ kg/cm}^2$ 、スランプ 8 cm、粗骨材の最大寸法は25mmであり、打設はコンクリートポンプ車打設である。

監査廊のコンタクトグラウトグラウティングは、このダムの場合、監査廊打設前にカーテングラウティングを施工したので、岩盤面は掘削時及びコンクリート打設時、ま

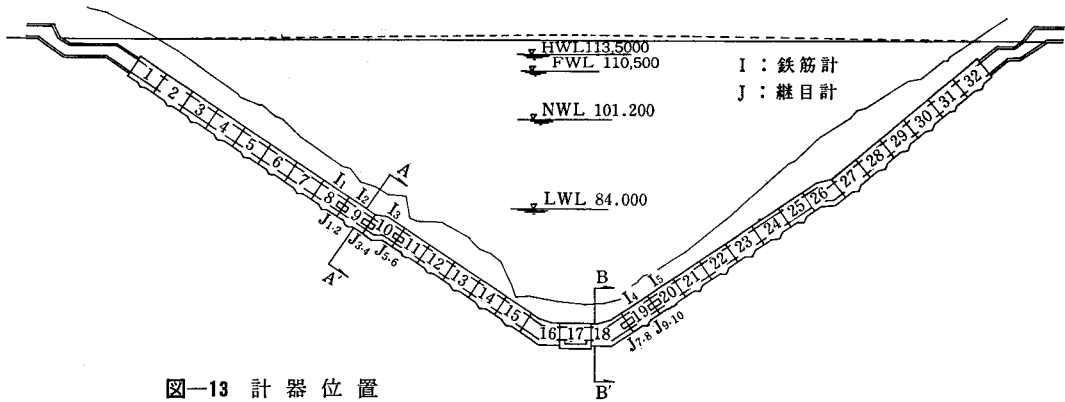


図-13 計器位置

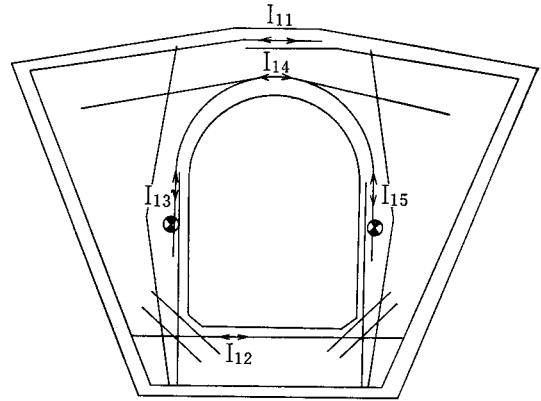
た、盛立後の変位により亀裂の発生が考えられるため、単なるコンタクトより孔長を長くし、監査廊周辺岩盤の改良と、更にはブランケットグラウチングのチェックも考慮し施工した。

コンタクトグラウチングの配置は図-12のとおりであり、盛立完了まじかの盛立高54.2mより開始し、注入圧・注入量の調整、監査廊の変位、埋設計器への影響等に十分留意しながら施工した。

注入圧は、水平孔1~2 kg/cm<sup>2</sup>、斜鉛直孔2~3 kg/cm<sup>2</sup>改良目標は5ルジオンとした。(カーテンは2ルジオン) 監査廊の内空断面は、ボーリング、グラウト作業を行うのに必要最小スペースとした。

### 5. 監査廊に設置した埋設計器

監査廊は前述の通り特殊な構造物であるため、図-13、



- ← 鉄筋計
- 継目計

図-14 設置位置 (B-B断面)

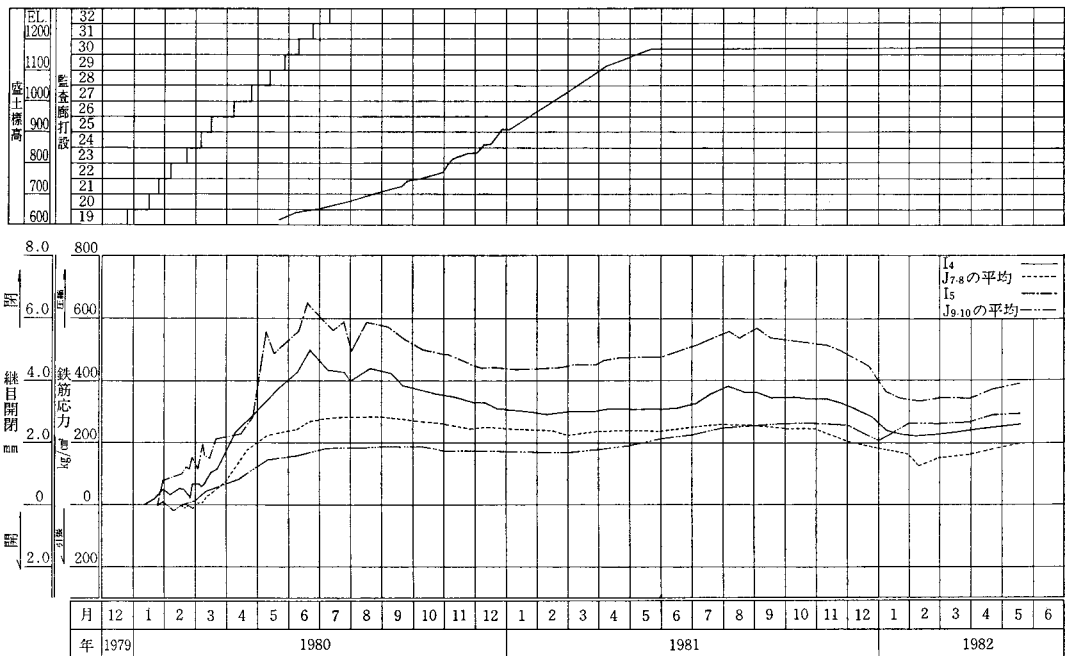


図-15 測定結果 (I<sub>4</sub> 縦断方向の鉄筋計, J<sub>7-10</sub> 継目計)

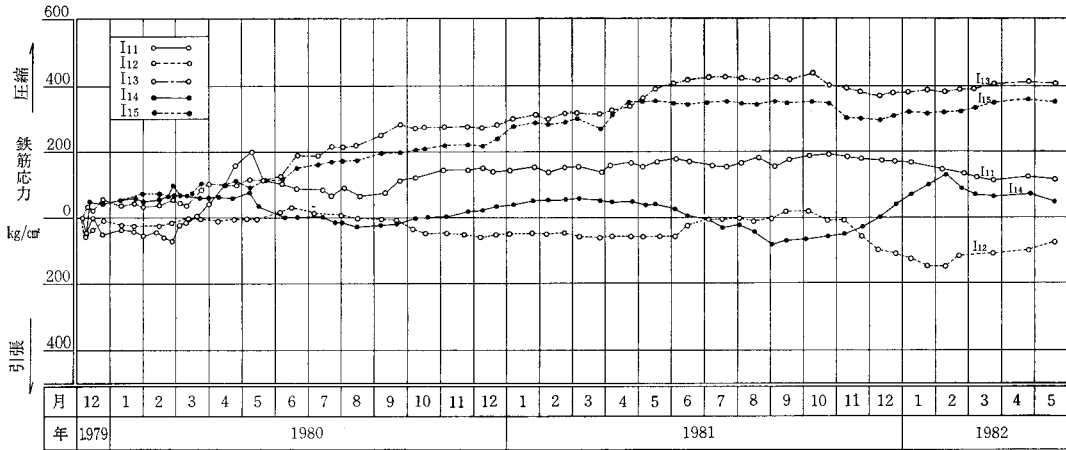


図-16 測定結果 (I:断面の鉄筋計)

図-14に示す計器を埋設し挙動の観測を行うこととし設置後観測を続けている。

計器の設置は、応力状態を把握するため最下部(計算断面I)と中間部(計算断面II)の2ヶ所を選定した。

図-15, 16は測定結果の1部であり、上欄は盛立標高と監査廊の打設したブロックを示したものである。図-15のとおり、縦断方向の鉄筋計は圧縮を受けており、監査廊が打設されるにしたがって、圧縮応力が増大し盛立の土圧力により順次減少していく傾向がある。これは継目計の開閉とも関連している。また気温の影響も受けていることがわかる。そして、断面に設置した鉄筋計(図-16)の中でI12は引張側に働き、I11~15は圧縮側に働いており、その傾向は設計計算の結果と合致してきて

いる。

## 6. あとがき

以上都田川ダムの監査廊工の設計と施工の概要について記述したが、監査廊の挙動については、今後の技術検討資料とするための観測データを積み重ねることとしている。

この設計と施工及び観測については、「都田川ダム技術検討委員会」の京大沢田敏男先生、農工大白滝山二先生、愛工大大根義男先生、京大長谷川高士先生に御指導を頂くとともに、農林水産省の好光元天竜川下流農業水利事業所長及び初倉元関東農政局地質官の諸氏に御世話になりましたことをここに深く感謝いたします。

## 岡本頭首工の設計について

平野 勇二\* 小林 一成\*\*  
鈴木 武\* 蘭 嘉宜\*

### 目 次

I. はじめに……………(9)	3. 土砂吐ゲート……………(11)
II. 岡本頭首工の概要……………(9)	4. 洪水吐ゲート……………(12)
III. 設計の概要及び留意点……………(10)	5. 魚道……………(16)
1. 位置の決定……………(10)	6. 仮設工……………(16)
2. 取水口の位置及び取水位……………(11)	IV. おわりに……………(19)

### I. はじめに

鬼怒中央農業水利事業は、鬼怒川の中流部に広がる沖積低平地の水田2,594ha及び左岸洪積台地の畑730haあわせて3,324haを受益地とする国営かんがい排水事業である。水田地帯の水源は鬼怒川に依存する八ヶ所の井堰であるが、老朽化が著しくその機能維持のために多大の経費と労力が投入されている。また、畑地帯は恵まれた立地条件を有しながら、用水の欠如による低位生産性を余儀なくされている。

本事業は、鬼怒川の中流部、下岡本地点に頭首工を新設して、旧井堰の合口による合理的な取水を図るとともに、上流の川治ダムによって開発される水資源の利用により、用水の安定取水を図り用水施設の整備を行って、地域農業の確立と振興に寄与することを目的とするものである。

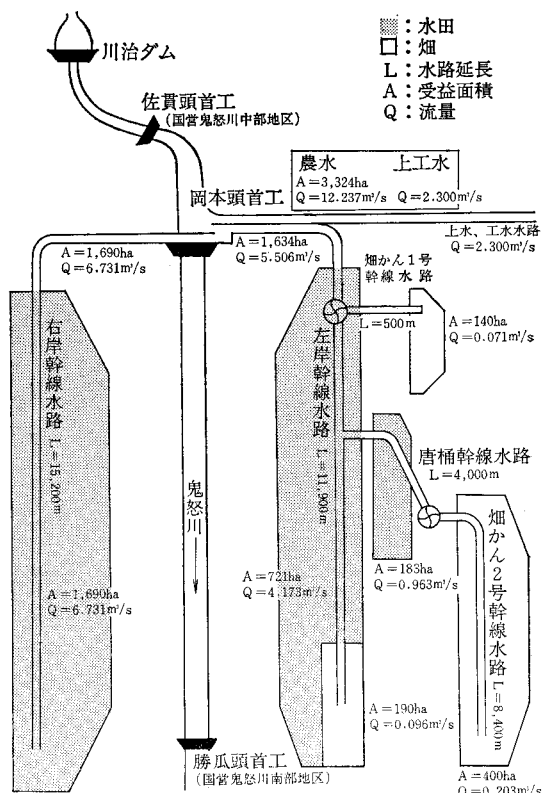
岡本頭首工は、本事業の中核を成すものであり、旧井堰の既得用水と新規用水あわせて最大12,236m<sup>3</sup>/sを取水するものである。また、この頭首工は栃木県営の鬼怒左岸台地地区水道事業及び同工業用水道事業との共用施設（上工水最大取水量2,300m<sup>3</sup>/s）であり、地域産業の振興に大きく貢献するものと期待されている。

### II. 岡本頭首工の概要

岡本頭首工は、栃木県宇都宮市板戸町及び河内郡河内町地先の鬼怒川に建設し、農業用水として最大12,236m<sup>3</sup>/s及び上工水として最大2,300m<sup>3</sup>/sの計14,536m<sup>3</sup>/sを取水する。

堰体は、堰長367mの全可動型で、20mの土砂吐1門

と40mの洪水吐8門で構成されている。堰体の基礎は、建設地点の地質が3～5mの砂レキ層とその下の第三紀層泥岩であることから、堰柱を岩着させ、中間床版は河床砂レキ層を直接基礎とした。中間床版の前後には16.5mの上流エプロンと16.0mの下流エプロンを設けた上で、エプロンのカットオフを岩着させることにより止水



図一 計画用水系統図

\* 関東農政局鬼怒中央農業水利事業所  
\*\* // 赤城西麓農業水利事業所

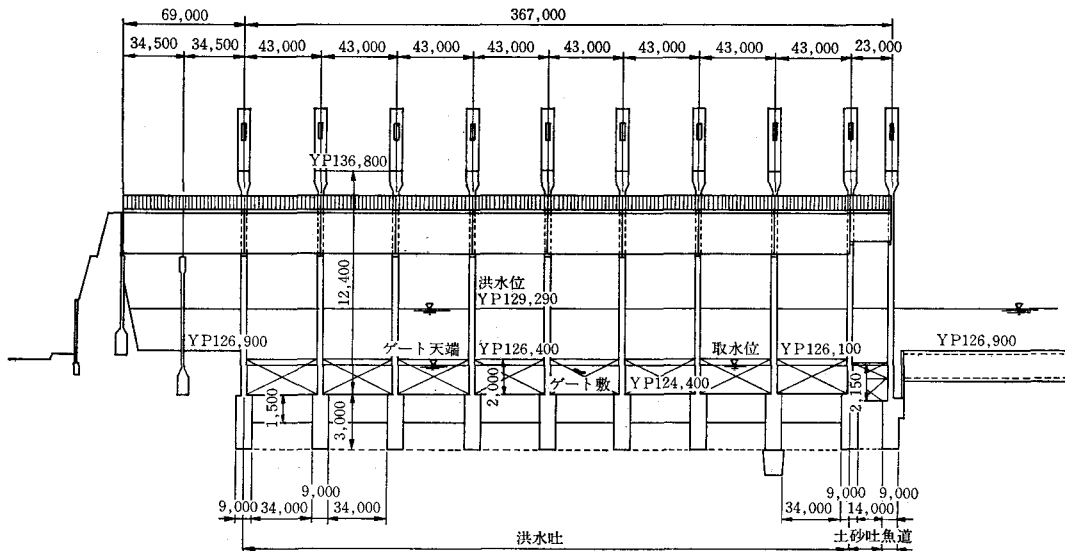


図-2 縦断面図

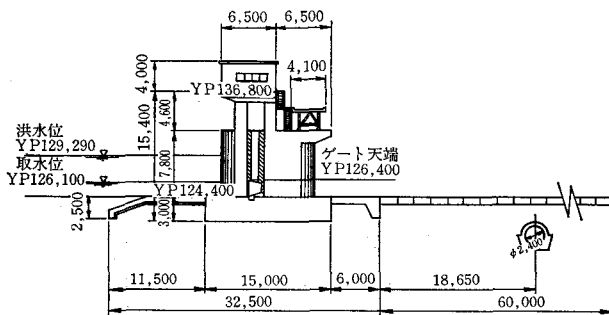


図-3 横断面図

を図ることとした。護床工は、長さ60mで3.2t級の十字ブロックを使用し、その下流6.35mを根固工として5.4t級の異型ブロックを配置した。

取水方式は、YP126.100mの取水水位一定方式として、取水の安定を図ることとした。また、土砂吐ゲートは上段を扉高0.8mのフラップゲート、下段を扉高1.25mのシェルタイプローラーゲートの2段ゲートとして、取水水位の変動誤差を抑えることとした。取水口は、左岸側に農業用水6門（左岸分3門、右岸分3門）と上工水1門の計7門である。左岸分農水及び上工水は取水後、高水敷下を暗キヨにより導水するが、その導水暗キヨは農水と上工水を分割する二連のボックスカルバートである。右岸分農水は取水後、延長30mの粗粒沈砂池で0.7mm以上の粒子を沈澱除去した上で、護床工下に埋設した内径2,400mmの円形サイホンによって右岸へ導入する。洪水吐ゲートは、扉高2.0mのシェルタイプローラーゲートとしたが、土砂吐側の1門は土砂吐フラップとともに自動制御として常時における省力化を図ることとした。ま

た、鬼怒川の溯河性魚の保護のため、取水口側に階段越流式魚道を設けることとした。

以上が本頭首工の概要であるが、諸元等詳細は別表（表-1, 2, 3）のとおりである。

### Ⅲ. 設計の概要及び留意点

#### 1. 位置の決定

頭首工の位置決定に際しては、ミオ筋の位置及び安定度、取水口への土砂流入の可能性、堰上げに伴う上下流への影響等を考慮しなければならない。本地区においては、これらの諸条件をもとに調査検討したところ最適と考えられる頭首工の位置は、現在施工している地点より約200m上流である。その位置は、川幅が比較的狭く、ミオ筋が左岸に寄りに安定しているが国道4号線、国鉄東北本線等が直上流を横断しており、その橋梁の構造物保護のために、下流約300mが保安区域となっていることから、施工することができない。

- また、国道4号線等の橋梁より上流部については
- ① 橋梁の直上流において既に高水敷を利用した広大な運動公園が実施されている。
  - ② 運動公園より更に上流に設置した場合には、受益地に至るまでの導水幹線が長くなる上、渡河サイフォンも必要となって工事費、用地費が嵩むほか、西鬼怒川、草川等の還元水をキャッチ出来なくなり、渇水時における取水量の確保に不安がある。（約20km上流にある佐貫頭首工は、最大42m<sup>3</sup>/sの取水を行うため全量取水の日が多い。よって、岡本頭首工の取水量は、佐貫頭首工より下流における小河川からの流入量及び河川還元水による量が多い。）

表-1 本 体

項 目	内 容	項 目	内 容
位 置	左岸：栃木県宇都宮市板戸 3937 右岸：栃木県河内郡河内町下岡本		敷高 Y P125.60 右岸農水 幅 4.0m 3連 敷高 Y P125.40 上工水 幅 4.8m 敷高 Y P125.50
計画高水流量	6,300m <sup>3</sup> /s	粗粒沈砂池	幅 4.0m 3連 暗キヨ 沈砂溝部 30m 平均流速 0.2~0.4m/s (実験値) 最小沈降粒径 0.72mm 排砂管 35m
計画高水位	Y P 129.29m	左岸導水路	2連暗キヨ 616m 農水 2.30×2.00m 上工水 1.25×2.00m
型式	鉄筋コンクリート重力式・全可動堰	右岸渡河サイホン	鉄筋コンクリート円形 内径 2400mm 延長 598m
設計取水位	Y P 126.10m	魚 道	階段越流式 隔壁間隔 1.8m 段差 0.11m 幅 員 5.0m
取水量	左岸農水 5,505m <sup>3</sup> /s 右岸農水 6,731m <sup>3</sup> /s 上工水 2,300m <sup>3</sup> /s	高水敷保護工	平板ブロック張 24,328m <sup>2</sup> 布 団 籠 工 3,477m 幅 2.4m 右岸止水矢板 鋼矢板立型 4.25m 施工長 31m
基礎の地質	表層 3~5m 河床砂レキ層 基層 第三紀泥岩層	護 岸 工	護岸擁壁 鉄筋コンクリートL型 234m 間知ブロック 5,526m <sup>2</sup> 根固工 異形ブロック 5.4t級 3列
堰 体	堰長 367m 全可動部 土砂吐 1門 支間 23m 敷高 Y P124.05 洪水吐 8門 支間 43m 敷高 Y P124.40 堰柱 高さ 15.40m 岩盤直接基礎 エプロン 厚さ 0.70m, 1.00m 長さ 土砂吐 59.10m (上流) 35.00m (下流) 洪水吐 16.50m (上流) 16.00m (下流) 中間床版 厚さ 1.50m 護床工 十字ブロック 3.2t級60.0m 鉄筋コンクリート帯工 異形ブロック 2.3t級・ 3.1t級	堤防嵩上工	擁 壁 113m 間知ブロック 2,301m <sup>2</sup>
取 水 工	取水位一定方式 Y P126.10m 左岸農水 幅 4.6m 3連	附帯構造物	安全施設, 照明施設, 水田法止ブロック 積, 板戸用水保護矢板工, 宝積寺測水所 改築工, 管理用道路, 電線管布設, その他

以上のことから、頭首工の位置については国道4号線等の橋梁より下流部であって、保安区域外で最適な現施工位置に決定したものである。

## 2. 取水口の位置及び取水口

本地区の受益地は、左右岸にはほぼ同面積があるので、両岸取水が望ましいが、頭首工地点の低水敷幅が約350mと広い幅で、ミオ筋は100m~200mの幅で左岸側に安定していることから、左岸取水とした。

取水位は、①取水後高水敷下を導水するため、導水暗キヨのスラブ厚が必要であること、②導水暗キヨ内に負圧を発生させないための余裕高として波浪高(SMB法により算定)が必要であること、③受益地の田面標高からの必要水位を満足すること等の検討結果からY P126.10mとした。

また、取水方式は、①河川流量が変動しても安定取水

が可能、②取水量の調整操作が容易、③魚道への流入量をコンスタントにすること、④河川管理上から上工水の常時取水位を制限されていること等の点を検討し、取水位一定方式とした。

## 3. 土砂吐ゲート

土砂吐ゲートは取水位を一定に保ち、かつ、下流放流を安全確実にける構造でなければならない。本堰の場合には河川流量が少ない場合でも、微少放流によって、取水位を一定に保つことができるよう土砂吐ゲートにフラップを付けた。フラップゲートには平水河川流量(22m<sup>3</sup>/s)を流下させる能力をもたせ、かつ、自動制御として省力化を図ることとした。なお、下流放流については、溯河性魚類保護のために魚道を最優先に考え、魚道にもフラップゲートを設け魚道流量の調整を行うこととした。



表-2 ゲート

諸元	ゲート石 洪水吐	土砂吐		取水工			予備水門
		下段扉	上段扉	左岸農水用	上工水用	右岸農水用	
型式	越流式シエル構造ローラーゲート	シエル構造ローラーゲート	魚腹型ゲート	スライドゲート	同左	同左	同左
門数	8門	1門		3門	1門	3門	洪水吐と土砂吐を兼用使用する
純径間	M 40.700	M 20.000		M 4.600	M 4.800	M 4.000	洪水吐6分割 土砂吐3 "
扉高 (デップス)	M 2.000 2.200	M 1.250 1.400	M 2.050 0.800	(呑口高) M 0.900	(呑口高) M 1.000	(呑口高) M 1.100	洪水吐 土砂吐 M M 1.800 2.050
総経間	M 43.000	M 23.000		—	—	—	—
設計水深	M 2.100	M 2.450		M 3.690	M 3.790	M 3.890	洪水吐 土砂吐 M M 1.800 2.050
堆砂高	M 1.200	M 0.600	—	—	—	—	—
計画洪水位	Y P. 129.290	同左	同左	同左	同左	同左	同左
水密方式	前面3方ゴム水密	前面3方ゴム水密及び上・下段扉間		後面4方ゴム水密	同左	同左	前面3方ゴム水密
巻上方式	電動, ワイヤロープ巻上式 2モーター, 2ドラム	電動, ワイヤロープ巻上式 4モーター, 4ドラム		電動, スピンドル	同左	同左	管理橋より, クレーン車により取付取外しを行う
巻上速度	0.3m/min	同左		同左	同左	同左	—
操作方式	No.1 機側, 遠方自動 No.2~8 機側遠方, 手動	機側, 遠方手動	機側, 遠方, 自動手動	機側, 遠方, 自動手動	同左	同左	—
モーター容量	3.7kW 定格連続 6P3相 400V 50Hz	3.7kW 定格連続 6P 6相 400V 50Hz	1.5kW 定格連続 6P 3相 400V 50Hz	5.5kW 4P 3相 400V 50Hz 定格15分	同左	同左	—
撓み	1/800	同左		同左	同左	同左	1/600
ワイヤロープ吊本数	ワイヤロープ 31.5φG種 (JIS-6号) (6×37) 扉体片側6本吊掛 (計12本掛)	ワイヤロープ 28.0φG種 (JIS-6号) (6×37) 扉体片側6本吊掛 (計12本掛)	ワイヤロープ 30.0φG種 (JIS-6号) (6×36) 扉体片側2本吊掛 (計4本掛)	スピンドル 2本吊 80φ SUS-304	同左	同左	—
ドラム及びシープ径	M ドラム径 1,000 シープ径 .540	ドラム径.800 シープ径.520	ドラム径.700 シープ径.600	—	—	—	—
扉体ローラー一個数	主ローラー1個 (890φ) 補助ローラー2個 (350φ) 計 3個	主ローラー 1個 (740φ) 補助ローラー 2個 (330φ) 計 3個		—	—	—	—

4. 洪水吐ゲート

(1) 扉高の検討

頭首工の径間長は, 河川管理施設等構造令第38条「可

動堰の可動部の径間長」の規定を満足しなければならない。同令によれば, 径間長は計画高水流量により一義的に定められており, 本頭首工の場合, 計画高水流量6.300

表-3 管理橋

橋梁		管 理 橋
諸元		支間長 22.250M (左岸より)
型橋	式格	単純活荷重合成桁 2等橋 (TL-14)
橋	梁	1橋 (11スパン) 436.000M
ス	パ	数 1
全	幅	員 4.100M
有	効	員 3.500M
桁	高	1.850M
床	版	RCコンクリート $\sigma_{28}=270\text{kg}/\text{m}^2$
舗	装	コンクリート $\sigma_{28}=210\text{kg}/\text{m}^2$
縦	断	勾配 水平
横	断	勾配 2%放物線
伸	縮	継手 鋼製重ね型
照	明	灯 (水銀灯) 北柱下流上
階段(操作室昇降用)		各ピアー操作室毎1基計10か所
電	覧	鋼製箱形全スパン 436.000M (鋼板製蓋付)
検	査	路 幅員 700 全スパン 436.000M (手摺 S. G. P. 底板エキスパン ドメタル)
高	欄	鋼製全スパン 436.000M
耐	震	連結装置
	査	ピン型全スパン10か所 タイプ線支承40t 沓材質FC25

m/s に対し、径間長の平均値が40m以上と制限される(土砂吐径間が20mであるので洪水吐径間は43mとなる)。一方、堰上げ水深はわずか1.7mであるため、扉高Hと径間長Lの比、H/Lが1/20というきびしい設計条件となっている。

このように、極めて細長いゲートにはシェルタイプが適当であるが、その断面寸法の決定に当たって、堰上げ高のみを考慮するのは適当でない場合がある。

水門鉄管技術基準によれば、扉体の部材厚、断面は許容応力及びたわみの両面から規制されている。

扉体を単純梁と考え、鉛直方向のみを考えると

ア. 応力の制限

引張縁の働く応力度を $\sigma$ とすると

$$\sigma = \frac{M}{Z} = \frac{wLH}{16I} \dots\dots\dots ①$$

w: 鉛直方向等分布荷重

L: スパン長

H: 扉高

I: 断面二次モーメント

応力の制限は $\sigma_a$ を許容応力度とすれば

$$\sigma \leq \sigma_a \dots\dots\dots ①'$$

イ. たわみの制限

たわみを $\delta$ とすると

$$\frac{\delta}{L} = \frac{5}{384} \frac{wL^2}{EI} = \frac{1}{1.6 \times 10^5} \cdot \frac{wLH}{I} \cdot \frac{L}{H} \dots\dots\dots ②$$

E: 弾性係数 (鋼では $2.1 \times 10^3 \text{ t}/\text{cm}^2$ )

たわみの制限は

$$\frac{\sigma}{L} \leq \frac{1}{800} \dots\dots\dots ②'$$

①式と②式より w, H を消去すると

$$\frac{\delta}{L} = \frac{1}{1.6 \times 10^5} \cdot 16\sigma \frac{L}{H} = \sigma \frac{L}{H} \times 10^{-4} \dots\dots ③$$

③式で①', ②'の制限を考慮すると、鋼材 SS 41 では許容応力度 $\sigma_a=1.1 \text{ t}/\text{cm}^2$ であるから

$$\frac{1}{800} = 1.1 \times \frac{L}{H} \times 10^{-4}$$

$$\therefore \frac{L}{H} = 11.4$$

したがって、扉体断面を決定する制限は、 $H/L > 1/11.4$  の場合は応力であり  $H/L < 1/11.4$  の場合はたわみとなる。実際の計算では、応力度のチェックは水平荷重を考えた合成応力によるので、上記は目安程度にすぎない。しかし、本頭首工のように H/L が1/20以下のゲートにおいては、たわみの制限が断面の決定要素となる。

そこで、本洪水吐ゲートにおいて、扉高1.8mと2.0mについて構造計算を行ったところ次のような結果が得られた。

- ① スキンプレート厚は、扉高1.8mの場合30mm以上であるが2.0mの場合25mm以下となる。
- ② 扉体幅との関係から、扉高2.0mの方がシェル断面形状のバランスが良い。
- ③ 扉高1.8m (扉体幅2.0m) の場合より、扉高2.0m (扉体幅2.2m) の方が扉体のみでも約5t軽量化できる。

ゲートの製造価格は鋼材重量に比例すると考えられるので扉高2.0mの方が経済的である。また、溶接の面からもスキンプレート厚25mmの方が好ましい。

このような理由から洪水吐ゲートの扉高は2.0mに決定した。

(2) 設計水深の検討

設計水深は、堰上げ水深の最大値を想定して決定しなければならぬ。本頭首工洪水吐ゲートの設計に当たっては、操作時間の遅れと故障による水位上昇を想定して設計水深を決定した。

ア. 操作時間による水位上昇

波浪高をSMB法により算定すると0.3mとなるので、常時堰上げ水深に全波高を加えると扉高に等しくなる。

したがって、一般的には、非越流型ゲート (例えばトラス型式) でよいと考えられる。しかしながら、本頭首

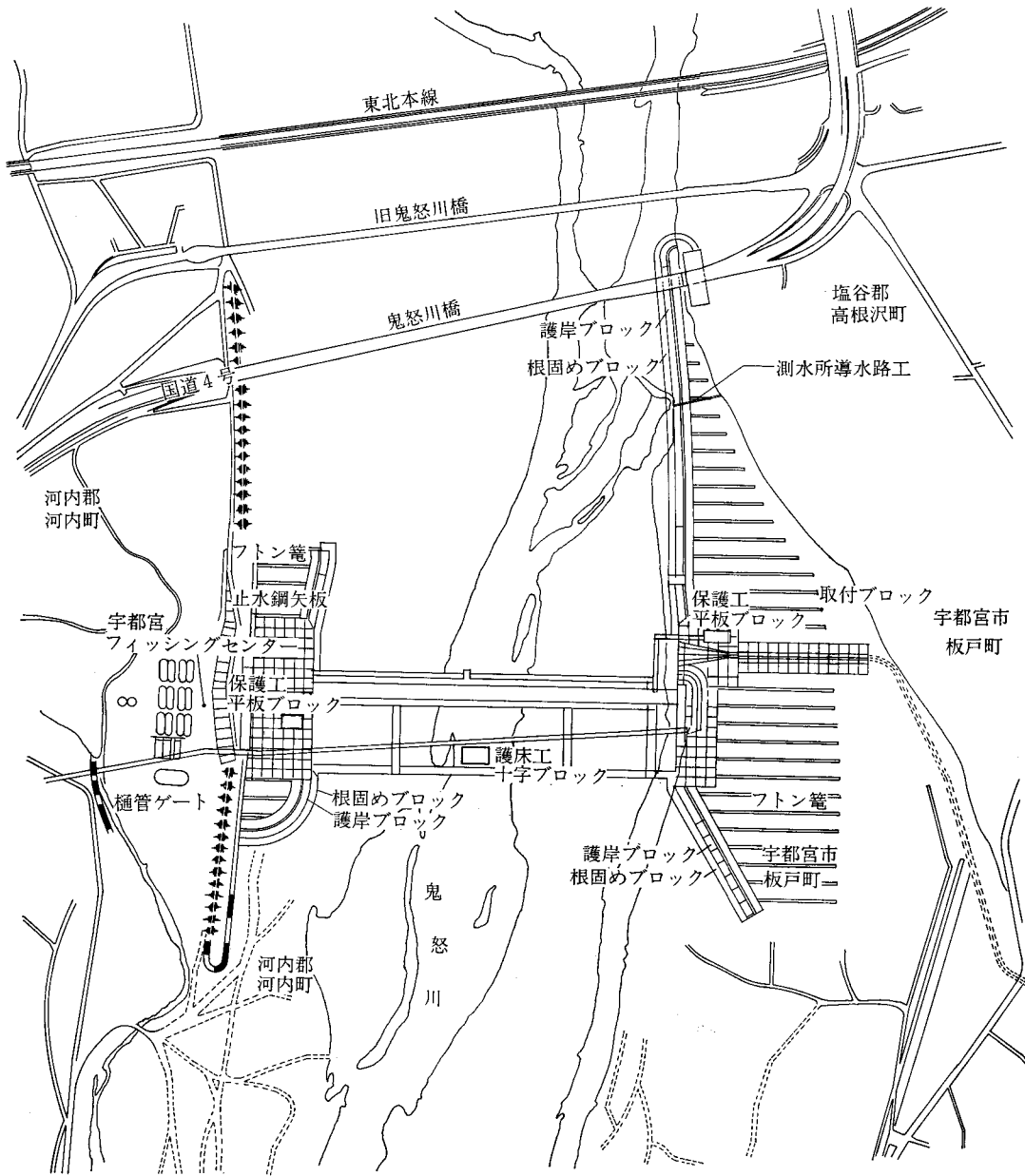


図-4 岡本頭首工平面図

工は上工水もあわせて取水するため、相当の洪水量まで堰上げ取水（河川改修前において約  $800\text{m}^3/\text{s}$ ）を行うこととなる。放流量  $180\text{m}^3/\text{s}$  までは、土砂吐と洪水吐1門による自動制御を行うが、それ以上は手動操作による開度調節となる。手動操作では、洪水吐ゲート数が8門と多だけに相当難しい操作が要求される上操作時間もかかる。このようなケースでは多少オーバーフローするゲートが生ずることが予想されることから、越流型ゲートを採用した。

そこで、越流型ゲートの設計水深  $2.1\text{m}$  に検討を加え

る。操作時間の推定は難しいが、オペレーターの配置、操作手順の確認、計器類の確認、操作遅れにより最小限14分は必要と考えられる。一方、洪水の増加速度は、鬼怒川の流量を支配する上流の日光・土呂部観測所のおおむね100年確率降雨について調べたところ、洪水初期において毎時  $220\text{m}^3/\text{s}$  程度である。洪水増加速度を毎時  $220\text{m}^3/\text{s}$  として、堰上げ水深が  $2.1\text{m}$  に至るまでの時間を求めると次のようになる。

自動操作時の流量は  $180\text{m}^3/\text{s}$  であるから

$t$  秒間の流入量  $Q_{in}$  は

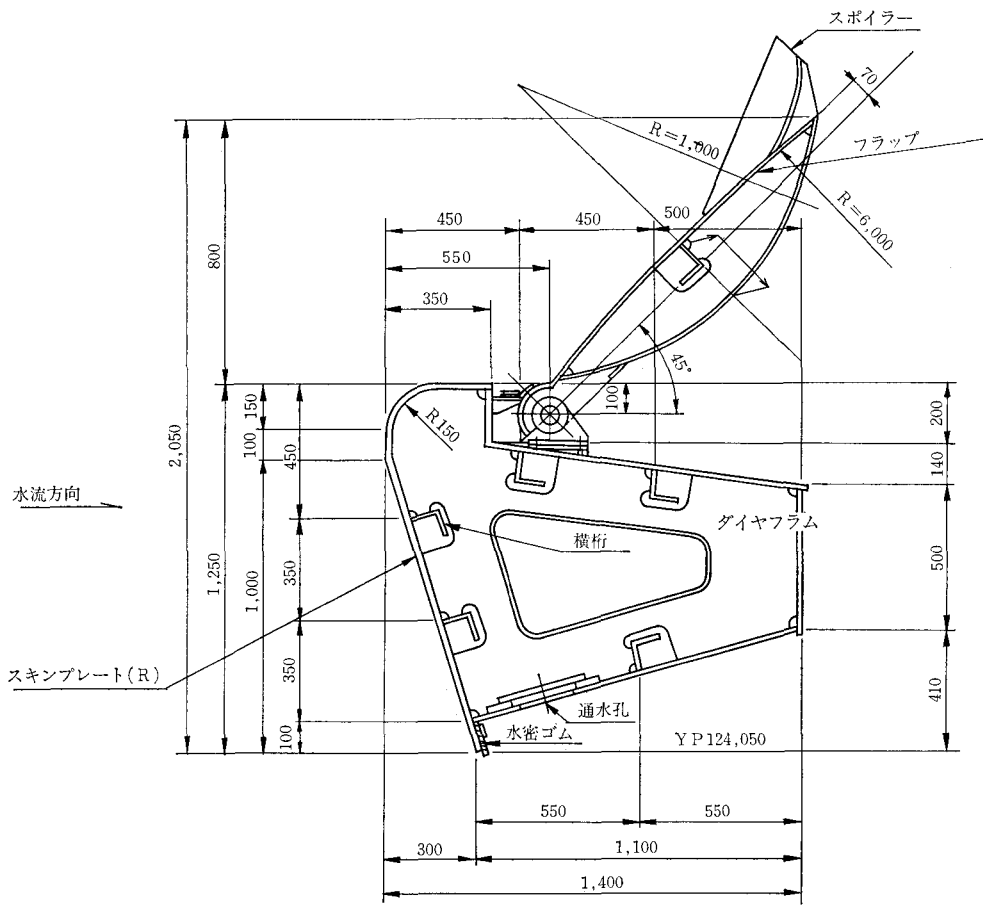


図-5 土砂吐門扉断面図

$$Q_{in} = \int \left( \frac{220}{3,600} t + 180 \right) dt$$

水深が  $h$  から  $\Delta h$  増加する間の平均放流量  $q_{ou}$  は土砂吐フラップより

$$q_{ou1} = \frac{1}{\Delta h} \int_h^{h+\Delta h} KB_1 h^{3/2} dh$$

洪水吐アンダーフロー

$$q_{ou2} = \frac{1}{\Delta h} \int_h^{h+\Delta h} CB_2 h^{3/2} dh$$

洪水吐オーバーフロー

$$q_{ou3} = \frac{1}{\Delta h} \int_h^{h+\Delta h} KB_2 h^{3/2} dh$$

$K$  : 越流係数  $C$  : 流量係数  $h$  : 堰上げ水深

$B$  : 放流幅  $h_1$  : 越流水深

$$q_{ou} = q_{ou1} + q_{ou2} + 7q_{ou3}$$

水深  $\Delta h$  分の貯留量を  $V$  とすると

$$t = \frac{Q_{in} - V}{q_{ou}}$$

実際に数値を代入してみると、水深 2.1m になるには 32分を要し、操作時間は14分であるので、操作遅れによる上昇水位は2.1m以上にはならない。

#### イ. 故障時の水位上昇

本頭首工は、フラップゲートと洪水吐1門を自動制御して常時は水位コントロールを行う計画である。すなわち、水位計とゲート操作機構にシーケンスを入れ、水位検知を定期的に行ってゲート開放(放流量)を自動的に設定する。最近、制御技術の発達はめざましく、制御機構にトラブルが発生することはまれであるが、直接水流に接触する水位計センサー部、フラップ撹動部等はゴミなどによるトラブルが発生することが予想される。このような環境ストレスによる間欠故障、破局故障に対し信頼性工学の分野でいう故障分布とか、平均故障間隔(MTBF)が解れば、相当の精度で荷重条件が求められるが、ゲートの分野では信用しうるデータの集積がなされていない現状である。

本頭首工は、有人管理で定期的に順視されることから、万一、全ゲートが全閉の状態でもストップしても、平水量(22m<sup>3</sup>/s)程度を越流し得るならば手動切替によって対応出来る。仮に、全閉時に故障が起きたとして、堰上げ水深=設計水深2.1mの時の放流量を求めると、洪水吐より 15.8m<sup>3</sup>/s, 土砂吐フラップより 7.7m<sup>3</sup>/s, 合計



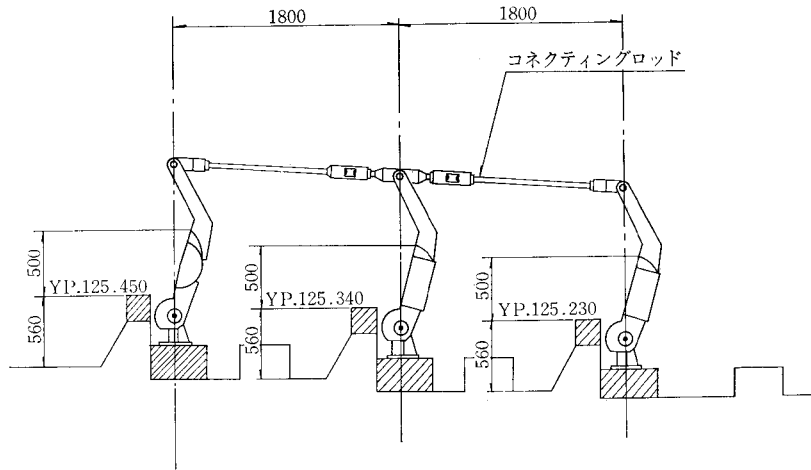


図-7(a) 魚道ゲート構造図

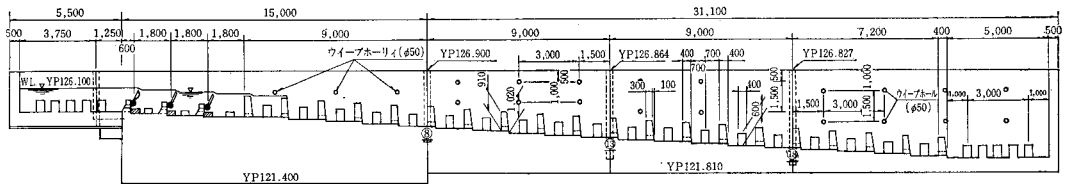


図-7(b) 魚道縦断図

河床材料は水に洗われているので粒子が比較的大きいこと、岩質が泥岩であるので破砕されても微粉は少ないことから、排水のSS濃度は500~2,000PPMと推定されたので、設計では1,000PPMとした。また、セメント成分からの塩基水の流水は仮締切内へ入る浸透水に比べ量的には少ないと思われるので、設計ではpH 10とした。一方、排水の規制値は栃木県が定めた鬼怒川における水質規制により、SS濃度は日平均40PPM、最大50PPM、pHについては5.8~8.6と定められているので、設計値としてはSS濃度50PPM、pH 7とした。なお、排水量は仮締切内への常時透水量であり、Ⅰ期工事8.34m<sup>3</sup>/min、Ⅱ期工事1.20m<sup>3</sup>/min、Ⅲ期工事1.35m<sup>3</sup>/min、Ⅳ期工事0.48m<sup>3</sup>/minである。

### (2) 浮遊粒子の処理

浮遊粒子の処理施設は仮設構造物であり、各期の工事ごとに撤去できるものでなくてはならない。本工事では、構造が簡単で安価な河床材料による沈澱池を造り粒子の自然沈降によりSS濃度を下げることとした。SS濃度1000PPMを50PPMにするためには、排水原水の中の含有土粒子の重量百分率5%径以上のものを除去しなければならない。岡本頭首工附近の河床材料の粒土分析試験の結果によれば、0.060mmで6.3%、0.042mmで5.5%程度であって、0.042~0.0077mmの粒子は含まれていない。

したがって、対象粒径は0.05mmとして沈澱池の規模を決定した。

「下水道施設設計指針と解説」によれば、対象粒径が0.05mmならば粒子の沈降速度  $V_g=0.26\text{mm/s}$ 、沈澱時間  $T=3.0$  となる。したがって、沈澱池の容量は、 $V=Q_0 \times T$  で求められる ( $Q_0$ :排水流量) 沈澱槽は沈泥を促進させるために3つのブロックに区分し、越流はもぐり堰として流速を遅くし、表流水を流下させる構造とした。

### (3) pH処理

コンクリート打設時には、セメント中の酸化カルシウム(CaO)は水と反応してカルシウムイオン(Ca<sup>2+</sup>)と水酸イオン(OH<sup>-</sup>)に電離して塩基性を呈する。中和剤には希硫酸、希塩酸、二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)等があるが、①取扱いが容易、②pH 6以下にならず二次公害の危険が小さい、③設置面積が少なく設備の移動が可能な理由により二酸化炭素による中和方法を採用した。

中和処理の過程は、①排水原水の一部をポンプでとる、②ミキサー内で原水に二酸化炭素を溶解させpHを6程度にする、③処理水を沈澱槽に戻して排水原水と攪拌しpH 7で河川へ排水する。

この中和装置は、消費する二酸化炭素と原水からとる水の量が大きい程、高pH、大量の原水の処理が可能であるしたがって、設計に際しては消費二酸化炭素量と原

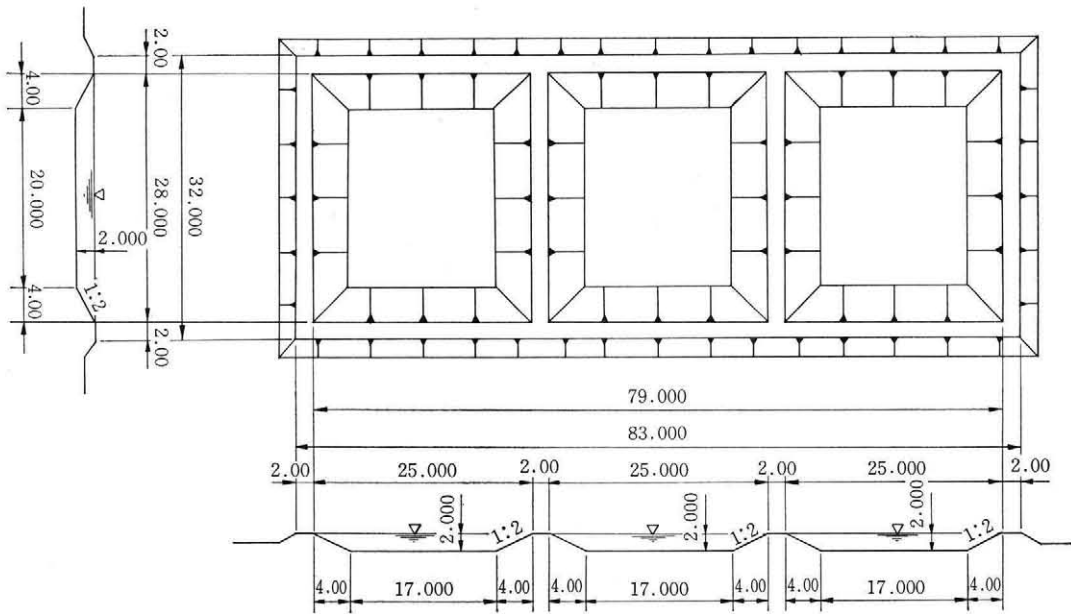


図-8 第I期沈殿池構造図

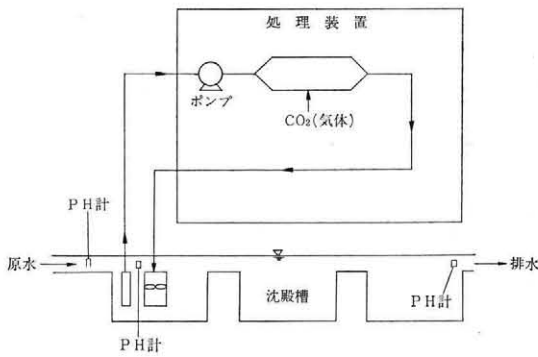
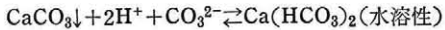
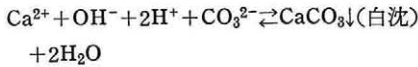
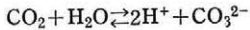


図-9 中和処理模式図

水からの取水量を求めなければならない。

中和の化学式は次のようになる。



水酸イオン ( $\text{OH}^-$ ) 1 mol を中和するためには 2 mol の  $\text{CO}_2$  が必要である。pH 10 の原水  $1 \text{ m}^3$  中の  $\text{OH}^-$  濃度は

$$[\text{OH}^-] = 1 \times 10^8 \times 10^{-14} / 10^{-10} = 0.1 \text{ g}$$

であるから  $\text{CO}_2$  (1 mol=44g) の量は

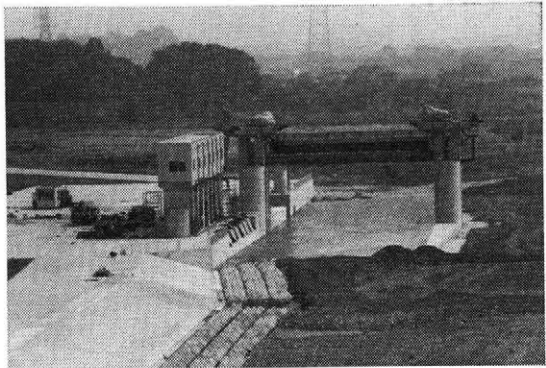
$$0.1 \text{ g} \times 44 \times 1/2 = 2.2 \text{ g}$$

である。ところで  $\text{CO}_2$  の溶解度は 1 気圧、 $20^\circ\text{C}$  の時、水  $1 \text{ m}^3$  に対して  $1.6 \times 10^3 \text{ g}$  であるから必要水量は

$$2.2 \text{ g} / (1.6 \times 10^3 \text{ g}) \times 1 \text{ m}^3 = 1.4 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

となる。しかし、これは理論上の数字であって、実際に

は① $\text{CO}_2$  を飽和させるには時間を要するので 85% 程度の溶解にとどめた方が原水からとる水が少なくてすむ、②飽和炭酸水では沈殿槽へ戻した後に 7 割位の  $\text{CO}_2$  が空気中へ拡散するということがある。そこで、理論値の  $(0.85 \times 0.30)^{-1} = 4$  倍の取水、すなわち、原水  $1 \text{ m}^3$  に



対して  $5.6 \times 10^{-3} \text{mg}$  をとることとする。

以上のような計算に各期の排水量を乗じて施設容量を決定した。

なお、I期工事施工中に、排水原水の pH が上らないのに処理水の pH が異常に上昇する現象が見られた。現在もこの原因を検討中であるが、おそらく沈澱池内に発生した藻類が光合成を行うために処理水中の  $\text{CO}_2$  を吸収したためではないかと考えられる。

#### IV. おわりに

岡本頭首工の建設工事は、56年度から5か年の国庫債

務負担行為によって実施されており、全体を4期に分けて施工するのが、現在I期工事が完了し、左岸側の土砂吐・取水工・左岸導水路・沈砂池・左岸高水敷保護工が完成した段階である。

この報文は、岡本頭首工の設計の概略にふれた上で、本頭首工の特色である、長径間ゲートの設計及び濁水処理を中心に説明しました。この報文が今後の農業水利構造物の設計に少しでも参考になれば幸いです。



## 農業土木事業調査設計

※ 農業開発事業に関する調査・計画・設計並びに施工管理  
海外開発事業に対する農業土木技術のコンサルティング  
業務、一般土木事業の調査・計画・設計業務

## 株式会社 日本農業土木コンサルタンツ

代表取締役社長 岡 本 勇  
常務取締役 西 岡 公

本 社 東京都港区新橋5丁目34番4号 農業土木会館4階  
TEL 03 (434) 3831~3  
仙台事務所 仙台市本町2丁目13番10号 菊田屋ビル3階  
TEL 0222 (63) 7595~6  
札幌連絡所 札幌市西区手稲金山33-100  
TEL 011 (684) 0581



## 角来地区のほ場整備について

小林 雅典\* 小原 清\*\*

### 目 次

1. 印旛沼について……………(20)	(3) 区画整理計画……………(26)
2. 角来地区の概要……………(21)	(4) 用水計画……………(26)
(1) 位置……………(21)	(5) 排水計画……………(27)
(2) 地区の現況……………(21)	(6) 道路計画……………(29)
3. 角来地区事業計画の基本的な考え方……………(21)	(7) 暗渠排水計画……………(29)
4. 基盤造成計画の要旨……………(21)	(8) 換地計画……………(29)
(1) 基盤の造成……………(21)	(9) 工期……………(29)
(2) 浚渫及び盛土の施工……………(22)	(10) 事業費……………(29)
5. 土地改良事業計画……………(25)	6. 角来地区の営農計画……………(29)
(1) 目的……………(25)	7. 事業実施後の現状と課題……………(30)
(2) 地区の設定……………(25)	8. おわりに……………(31)

### 1. 印旛沼について

利根川は昔東京湾に直接流入していたが、今から320年ほど前の1654年(承応3年)に徳川幕府は、江戸を水害から守るために栗橋附近で東に流れを変え付替え工事を行い、利根川ははじめて銚子に流れることとなった。この付替えによって印旛沼は利根川の遊水池となり沼周辺の農地は度々重なる洪水に見舞われ田畑はもとより人命にも惨たんたる被害を与えることになった。これより印旛沼周辺は約300年間洪水に苦しめられることとなった。

沼周辺地域の治水と農民の水害による飢餓を防ぐため印旛沼の水を東京湾に流そうと幕府及び民間で幾度となく疎水路の開き事業が計画されたが、多額の工事費や莫大な工事量ときわめて困難な工事等からいずれも失敗に終り地元民の悲願は達成できなかった。印旛沼開発史上に残されているものでも1724年(享保9年)染谷源右衛門(平戸村の人、現在八千代市)らが開墾と水運の目的で開疎事業を計画し幕府資金を借り受け自己資金と合せて10,000両で着工したが、資金不足により途中で挫折した。また1783年(天明3年)時の老中田沼意次主殿頭は開墾と水運を目的として長門川口に水門を設置すべく約3分の2の工程に達したが、天明6年(1787年)の利根川大洪水により水門はことごとく破壊され工事を中止した。さらに1840年(天保11年)老中水野越前守忠邦の印

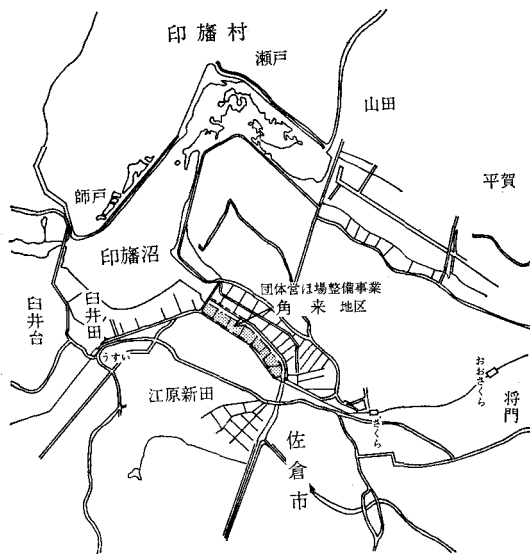
旛沼害落工事(印旛沼疎水路開削)は有名であるが、これまた政変により工事半ばで中止された。

明治に入ってからでも、東京湾への放流に対する地元民の熱意は強く、開き運動は絶えず続けられてきた。大正11年安食地先に利根川からの逆流を防止する水門が完成したことにより、徳川幕府によって利根川が付替られて以来、利根川の洪水が逆流して毎年のように起こる水害からのがれることができたこととなった。しかし度々重なる大洪水による災害は逃れるすべもなく昭和16年の利根川大洪水により印旛沼の水位はY. P 5.45mに達し、被害面積も約5,000haに及んだ。これを契機に地元農民は立上り、県及び政府機関を始め軍部に疎水路の開削を早急に実施するよう嘆願したが、時悪く第2次世界大戦に国をあげて力を注いでいた時であり農民の悲願は達成されなかった。

終戦後深刻な食糧不足という社会情勢に対応するため政府は緊急開拓事業の実施を昭和20年に閣議決定し、その一環として花見川、新川筋の疎水路開き工事を含まれた国営印旛沼干拓事業が昭和21年に着手され、ここに沼周辺農民の300年来の夢が実現されることとなった。この大事業は約180億円の巨費を投じ広さ約2,900haの印旛沼を2分して北印旛沼、西印旛沼の2つの調整池を残し、中央部と沼周辺を干拓して934haの農地を造成し、また排水対策として北印旛沼と利根川を長門川で、北、西印旛沼間を印旛疎水路で結び西印旛沼と東京湾を新川、花見川の両疎水路を開き結ぶ計画であった。これにより300年来農民の悲願であった東京湾への放流が実現さ

\* 印旛沼土地改良区

\*\* 千葉県農林部耕地第一課



図一 位置図

れ、さらに印旛、大和田の両排水機場を設けて印旛沼の水位を調節し沼周辺を洪水から守る壮大な事業として、着工以来幾多の変遷を経て昭和43年に事業完成を見ることとなった。

印旛沼土地改良区は昭和28年に印旛沼周辺の既存土地改良区を母体に設立され昭和31年から沼周辺の県営及び団体営など数多くの土地改良事業を推進実施してきた。

印旛沼は現在農業用水 ( $Q=19.12\text{m}^3/\text{s}$ ) はもとより京業工業地帯に送水する工業用水 ( $Q=8.36\text{m}^3/\text{s}$ ) 及び県営上水道 ( $Q=3.12\text{m}^3/\text{s}$ ) を供給しておりさらに漁業、観光と多目的に活用されている。さらに沼周辺の住宅開発による都市化など時代の移り変わりと共にその役割も大きく変わってきている、角来地区のほ場整備はその背景の中にあって更に新しい土地改良を目差すものとしてここに紹介するものである。(写真一1 グラビア参照)

## 2. 角来地区の概要

### (1) 位置

角来地区は印旛沼の西部調整池のほとりにあり沼に流

入する1級河川鹿島川の河口に展開する22.1haの耕地で背後に京成電鉄成田線が走り、さらにその南側に住宅団地が広がっている都市近郊地区である。

### (2) 地区の現況

昭和23年に10a区画、耕作道幅2.7m排水路幅1.8mで区画整理を実施しており、北に鹿島川、南に京成電鉄成田線に挟まれた幅180m長さ1,800mの細長い地域である。地形は南から北側の鹿島川に向い1/200~1/500の勾配で傾斜しており、階段状の耕地である。用水は国営白井第2機場(用排水兼用機場、用水機 $\phi 300\text{mm}$ , 45KW, 排水機 $\phi 1,300\text{mm}$ , 220KW)の受益地であり幹線のパイプラインが地区南側の市道に配管され耕作道脇の小水路(土水路)に分水かんがいされている。排水は平水時飯能橋脇にある排水樋管( $\phi 1,000\text{mm}$ )により自然排水しているが印旛沼の高水時は白井第2機場により印旛沼に強制排水している。

土地利用現況は、強湿田であること、約70%が印旛沼洪水位(Y.P.4.25m)以下であることから水田単作である。受益農家数69戸、1戸当り平均耕作面積は0.33ha、1戸当り平均団地数3団地、1団地平均0.11haである。

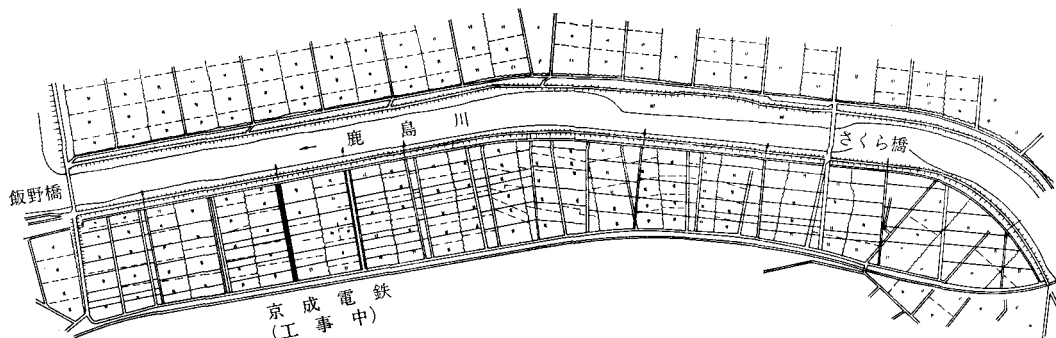
## 3. 角来地区事業計画の基本的な考え方

- (1) 地区の70%を占める印旛沼及び鹿島川の洪水位(Y.P.4.25m)以下の耕地の自然排水を可能にし維持管理費の節減を図ること。
- (2) 耕地の集団化を図り大区画のほ場を造成するとともに大型機械を導入し営農の合理化を図る。
- (3) 農業用水の節減と維持管理の合理化を図る。
- (4) 限られた区域内の土地利用を有効に行うためできる限り耕地面積を多くとることである。

## 4. 基盤造成計画の要旨(浚渫及び盛土)

### (1) 基盤の造成

現況の地形勾配で30a区画を造成すると急勾配の地形である本地区では田差が大きくなり(田差0.6~1.2m)畦畔の築立、田本地面積の減少及び農道が急勾配となる



図二 昭和54年度団体営ほ場整備事業角来地区現況計画図

など不利な面が多い。また主要な目的でもある自然排水がほとんど不可能となること、あるいは集団化によってより大区画は場を造成すると共に大型機械の導入を可能にするなどを考慮して区域内の低位部を盛土することとした。

この場合の考えられる問題点として

- (イ) 盛土の方法と土量の確保
  - (ロ) 鹿島川堤防の安全性
  - (ハ) 印旛沼の浚渫土を盛土した場合耕作土として適当か否か。
  - (ニ) 浚渫土で水田の床土（心土）が造成できるか否か
  - (ホ) 浚渫に伴う河川法（第20条、第27条）の承認及び許可申請。
  - (ヘ) 浚渫する区域に係わる漁業権者の同意
  - (ト) 浚渫する区域に隣接して取水している県営水道及び工業用水、川崎製鉄の同意
  - (チ) 地区内の道水路が浚渫土の盛土により形質が変更されるための公共財産土木工事施行の許可申請、
  - (リ) 京成電鉄成田線軌道に沿って盛土するためその安全性等について京成電鉄との協議及び同意
  - (ス) 地区内にある高圧送電線鉄塔の基礎を補強する必要となり東京電力との協議及び同意
  - (ル) 浚渫及び盛土事業を印旛沼土地改良区が事業主体で施行が可能か
- 以上11点が考えられたが盛土量が多く山砂等の確保が

難しいこと、また山砂等を利用した場合工事費が莫大となること、鹿島川及び印旛沼の堆積土が充分確保でき比較的安価（1 m<sup>3</sup>当り540円）に施工できることなどを総合的に判断して隣接する鹿島川及び印旛沼の堆積土を浚渫して盛土することとした。

## (2) 浚渫及び盛土の施工

### (2)一1. 盛土量の確保、堤防の安全性、土壌及び床土としての検討

鹿島川から流出される土砂は鹿島川河口及び印旛沼に多量に堆積されており基本的に国営印旛沼開発事業により計画された河床（鹿島川 Y. P 0 m, 印旛沼 Y. P -1.0 m）までを浚渫する計画で調査した結果、は場整備の盛土に必要な土量は充分確保されることが確認された。また、この浚渫により鹿島川は国営事業施工時の原形に復することとなる、従って、鹿島川堤防の安定性については安定計算において堤塘の背面盛土のみ検討すれば良いこととなり実際計画盛土を Y. P 5.5 m として算定した場合円形すべり破壊に対する最少安全率は1.40となり国営計画の1.28より大きく安定性は確認された。

土壌について耕作土として適しているか否かについては印旛農業改良普及所に依頼して検討した結果、可酸化イオンが通常耕土の平均値（土壌100 g 当り50～60mg）より5～6倍高い240～300mg/100gが検出され酸性障害の危険性が指摘されたが、事業施行後継続して調査し実態に即して対処することとした。また重金属等の障害は認

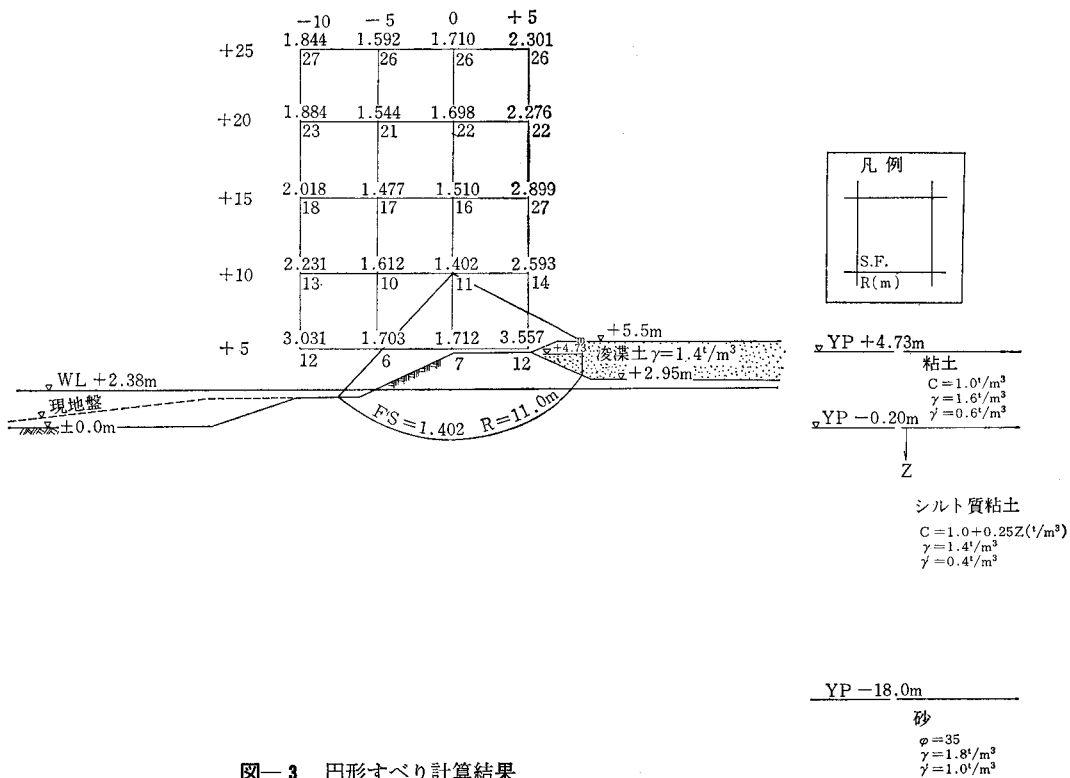
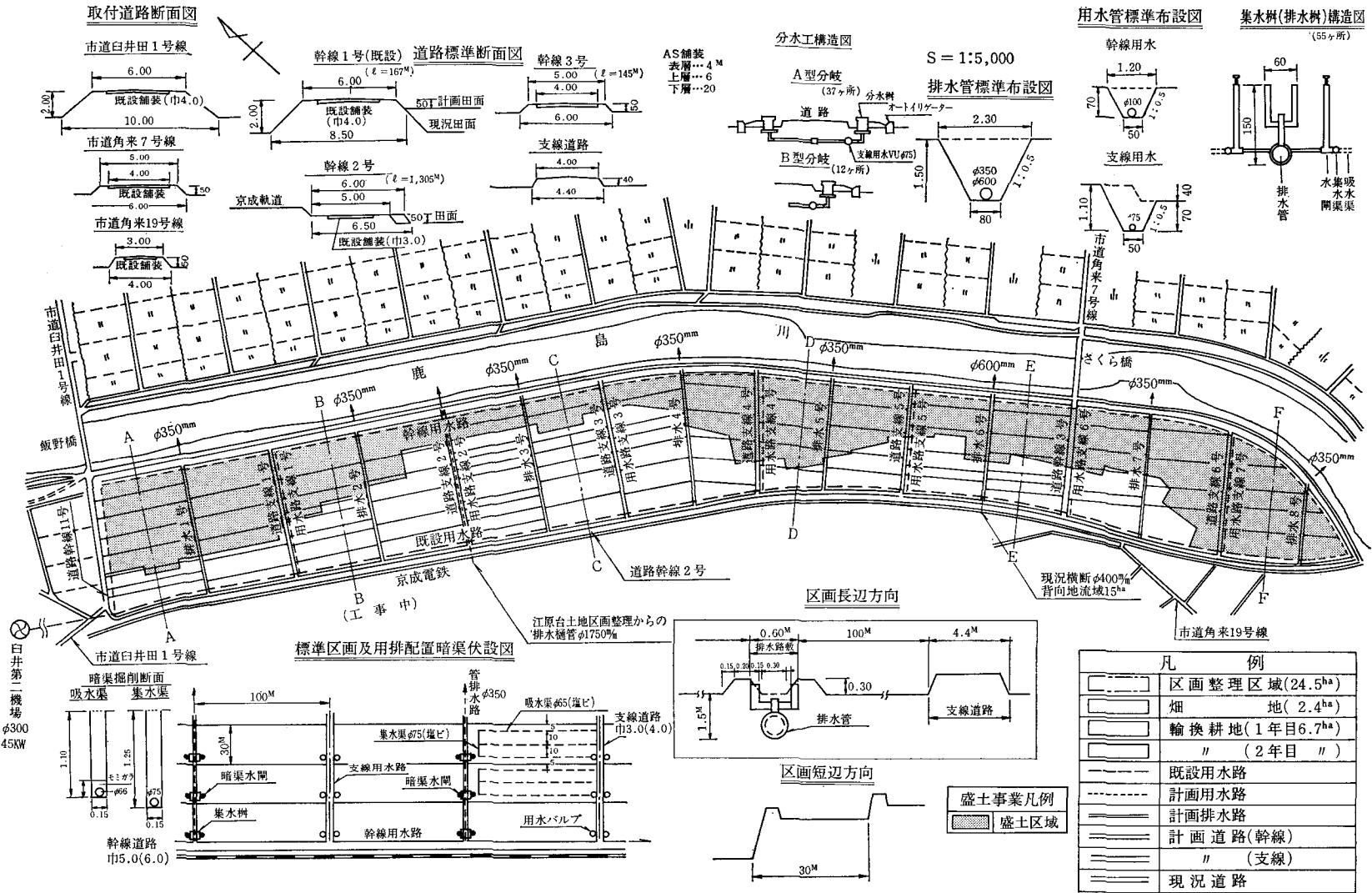


図-3 円形すべり計算結果



図一 昭和54年度団体営ほ場整備事業角来地区計画概要図

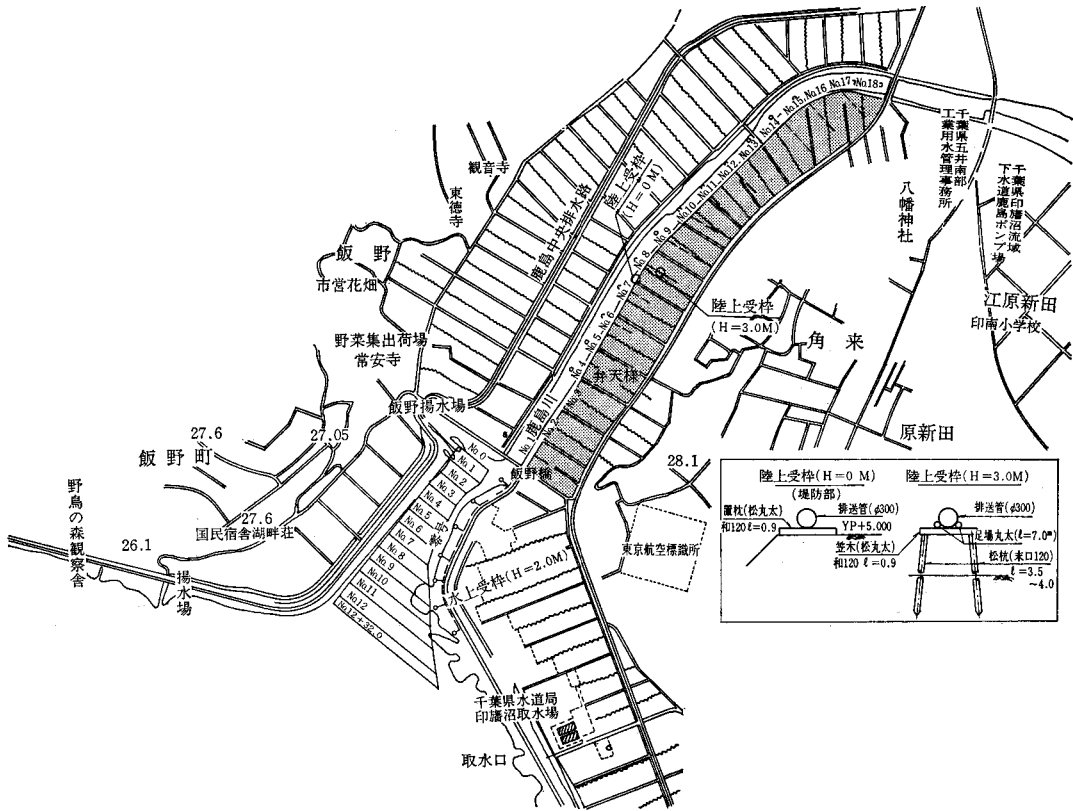


図-5 角来地区盛土事業浚渫位置配管図

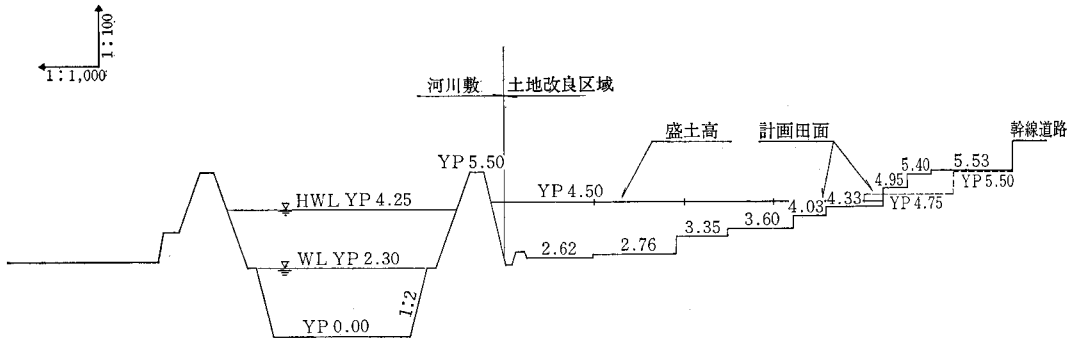


図-6 A 断面

められなかった。尚施工区域及び浚渫区域は図-4のとおりである。

(2)-2. 関係省庁等の協議及び諸手続

河川法，土木工事施行認可申請，漁業権者，県営水道，工業用水，川崎製鉄，東京電力，京成電鉄の協議及び同意，許認可申請等の手続は浚渫開始予定の1年前から開始したが関係各位の御理解により多少の曲折はあったものの着工前に完了することができた。しかし県営水道，工業用水，川崎製鉄の取水3者からその性格上浚渫

による濁度（許容濁度50ppm）が問題視され濁度対策として吐出口にシルトプロテクターを設置するほか長方形の地形を利用して区域を4ブロックに分け各々の仕切りに溢流堤を設置し汚濁を極力防ぐこととした。京成電鉄からは軌道敷の沈下が10mの間に7mmになれば工事中止を条件付けられさらに漁業権者側から沼の浚渫深をY.P. 0mとするよう要望が出され浚渫深を当初計画のY.P. -1.0mからY.P. 0mに変更した。尚濁度及び軌道敷沈下対策については施工中に関係者で監視人を置き常

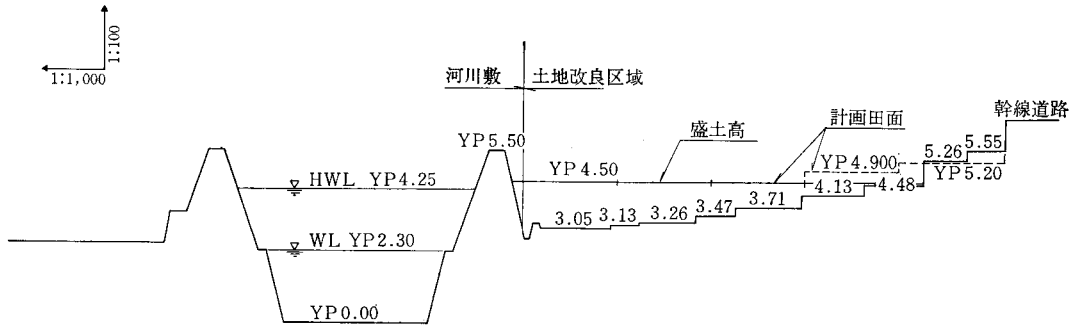


図-7 D断面

に連絡をとりあい異常時は一時浚渫を中止することで対応した。実際施工中濁度オーバーによる浚渫作業中止は施工期間中6日間あった。

(2)-3. 盛土事業の事業主体

印旛沼土地改良区の定款に事業目的として盛土事業を追加し、かんがい排水施設の浚渫工事に附帯して行方農地改良ということで非補助事業として印旛沼土地改良区が事業主体となり施行することとした。

(2)-4. 工事の概要

盛土面積  $A=15.1\text{ha}$

盛土量  $V=175,500\text{m}^3$

浚渫及び盛土の方法、浚渫船により浚渫し排送管により盛土区域に送泥し盛土した。

使用機種 浚渫船 E-350PS 陸搬式 1

揚錨船 D-30PS 1 t 吊 1

交通船 D-20PS 1

排砂管  $\phi 355\text{m/m}$ , 6.0m管, 466本

フローター管 50組

事業費 95,000,000円

5. 土地改良事業計画(団体営ほ場整備事業)

(1) 目的

本地区は田面差が大きくその大部分がポンプによる強制排水(Y.P. 2.3~Y.P. 2.5m以上の水位時)に依存する低地であり併せて鹿島川及び京成電鉄成田線軌道に挟まれた細長い耕地で営農条件は非常に悪く水稻栽培以外には活用できない状態である。

この限られた耕地を有効に活用するための汎用化水田の造成、大型機械の導入、農地の集団化、などを図り都市近郊に即した合理的な営農を推進する。これらの目的を達成するため、土地改良事業の実施に先立ち、非補助事業により印旛沼及び鹿島川を浚渫し地区内の低位部約15.1haを盛土し、自然排水及び大区画のほ場整備を可能とした。

(2) 地区の設定

地区の南側は、京成電鉄成田線に沿って市道が走り、全長  $l=1,500\text{m}$  の内に数ヶ所で不整形に京成電鉄用地が入っている、この箇所は、現市道を農道として拡幅し、地区の幹線道路として利用することで、京成電鉄と協議し同意を得て地区編入することとした。

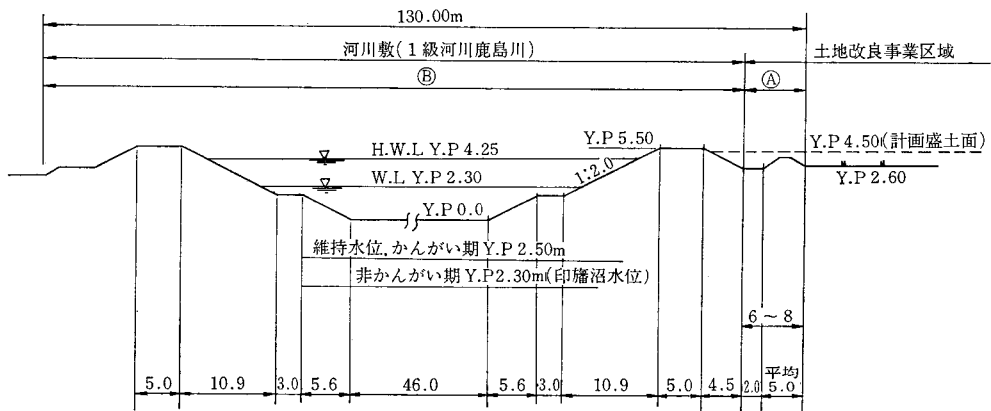
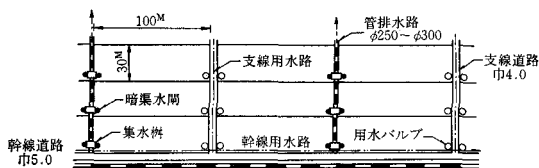


図-8

表一 地 積

現 況		計 画		農 用 地				非 農 用 地		合 計	う ち 本 地 面 積	備 考
		田	普通 畑	樹園 地	牧草 地	計	農 道 用 水 路	農 排 水 路	そ の 他			
地 目 の 移 動 (ha)	農 用 地	田	畑					22.1			22.1	22.1haの内 訳 台帳 21.4 ナワ結び0.7
	普 通 樹 牧											
	畑 地 草 地 計	22.1				21.1				22.1		
非 農 用 地	山 林 原 野 ク リ ー ク 湖 沼 農 道 用 排 水 路 そ の 他							2.1	(道)1-6(水)0.1 1.7			
合 計		22.1	2.1			24.2		1.7		25.9		
う ち 本 地 面 積		21.6										



北側は、図一八のとおり鹿島川に接しているが、鹿島川本川⑧及び副排水路④は、国営印旛沼開発事業により、農林省が用地買収し造成したもので、その後昭和32年千葉県に引継がれ1級河川となった経緯があり、本事業計画により左岸堤防内を、Y. P. 4.5mまで盛土した場合、副排水路幅6～8mは不用なので地区編入することとした。幸い関係各機関の御理解により、副排水路敷に相当する部分を分筆し、一般の排水路として扱うことになり、国有地編入承認の手続を経て地区に取り込むことができた。(表一参照)

(3) 区画整理計画

区画は田、畑とも、長辺100×短辺30mの30a区画とした。

(4) 用水計画

(4)一. 計画概要

用水源は、既設の臼井第2機場(φ300mm, 45KW)であり、用水路は地区の高位部にある市道沿いにパイプライン(φ250～φ150mm)を埋設されており幹線用水路として使用している。本計画では新たに鹿島川堤防沿いに幹線用水路(φ100mm)を設置し、既設の幹線用水路と各耕作道に埋設する支線用水路(φ75mm)で結ぶ管網のパイプラインとする。給水栓は、各ほ場毎に自動給水バルブを設置し、水管理の合理化を図る。この方式の採用により、管水路の一部に故障が発生しても流路切替え、補修が容易であること、地区内の水圧をほぼ一定に保持できること、末端まで容易に配水できること、さら

に自動給水バルブの採用により用水の節減、水管理労力の大幅な節減が期待できるなど有利な面が多い。

自動給水バルブは、図一九のとおりであるが、パイプラインの水圧を利用したもので、バルブ本体と水田の水位を測定する検知部とに分れており細い管で連絡している。作動原理は、フロート部において水田の水位を検知し、吐水部と連絡している通水管を開閉することによって、吐水部を制御する機構で、自動的に間断かんがいでできる。バルブの作用圧力は、0.05kg/cm<sup>2</sup>～3.0kg/cm<sup>2</sup>の範囲で、検知部のフロートを田面の計画水位に設定し、(田面水位設定範囲、上、下限水位幅の最少は20mm～同幅の最大は180mm)水田の水位が低下すれば、下限でバルブが開き給水し水位が上限に達すれば自動的にバルブは閉じる。これにより余分な水をたれ流すことなく、労力は水位の設定程度であり、水管理労力及び用水量を大幅に節減できることとなる。

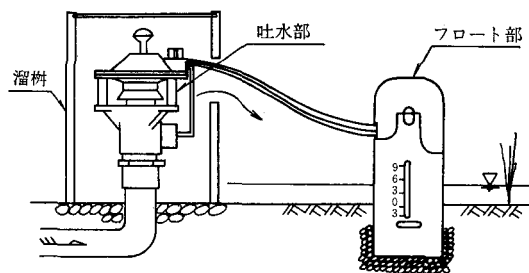
(4)一2. 用水計画

かんがいの面積 A=24.2ha

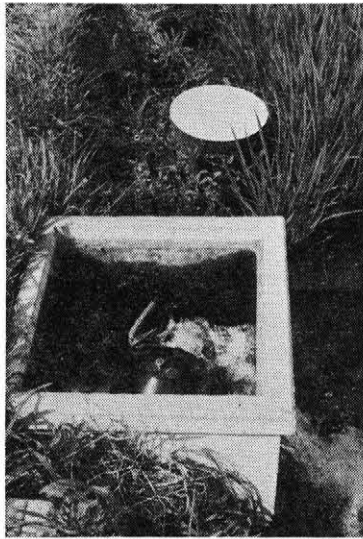
水田 15.4ha

畑 8.8ha

単位用水量 水田 Q=0.00401m<sup>3</sup>/s



図一 給水栓



写真一 自動給水栓 (オートイリゲーター)

(代かき日数 7 日, 減水深 120mm, 養水 6 mm 損失, 15%, ポンプ運転時間 18 hr/day)

$$\text{畑. } Q = 0.00071 \text{ m}^3/\text{s}$$

(日消費水量 3 mm, 損失 35%, ポンプ運転時間 18 hr/day)

全用水量  $Q = 0.0068 \text{ m}^3/\text{s}$

用水路 幹線用水路  $l = 1,960 \text{ m}$

$$\phi 100 \text{ mm, VP}$$

支線用水路  $l = 1,130 \text{ m}$

$$\phi 75 \text{ mm, VP}$$

給水栓, 59ヶ所 (自動給水バルブ)

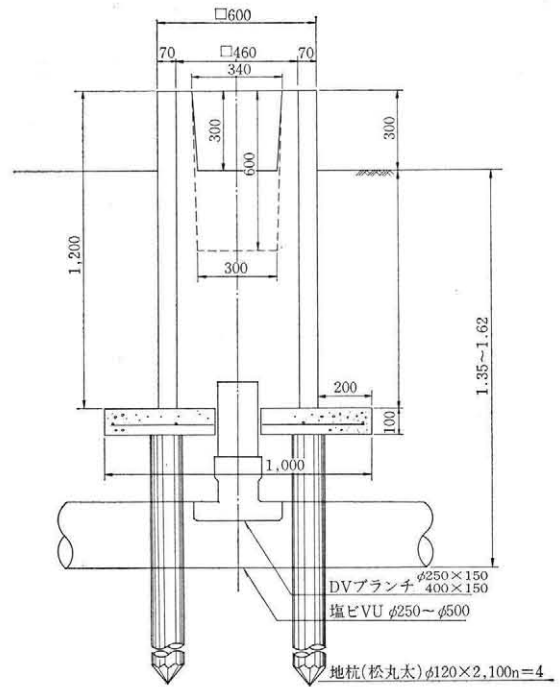
### (5) 排水計画

#### (5)-1. 計画の概要

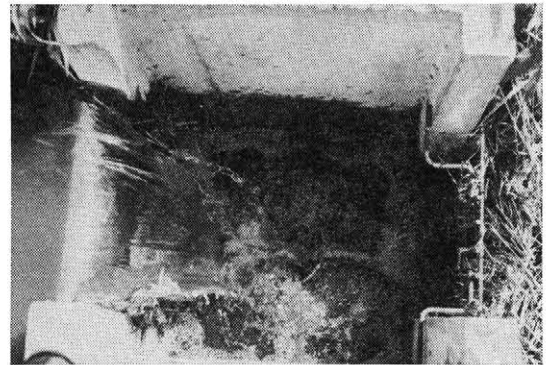
本地区の排水は, 南の京成電鉄成田線側から, 北の鹿島川方向に流下しており, 背後地の流域は比較的少なくなくほぼ 62ha である。京成電鉄成田線より南側台地は, 土地区画整理組合により住宅団地が造成されて都市化している。団地の 47ha の排水は, 都市下水とともに, 占用の排水路 (管路  $\phi 1,750 \text{ mm}$ ) で本地区内を横断し鹿島川に排水されている。

従って, 本地区の排水計は, 背後地の残る 15ha と地区内の流域を考慮すれば良く比較的流出量は少なくなるので, 地区内に, 7 路線の排水路を設置し, すべて管水路とする。

各ほ場の排水は, 各ほ場毎に排水樹を設置し, 図一 10 に示す如く,  $\phi 150 \text{ mm}$  のパイプで排水本管と接続する。また, この排水管には, 暗渠排水の排水口を直接取り付け, 集水渠を兼ねることとした。排水路の末端は, 河川法 (第 24, 第 26 条) の許可を受け, 各路線毎に 205m 間かくに, 鹿島川堤防を横断し, 自然流下による直接排水を可能にした。これは堤防の背後地を洪水位より高く盛



図一 10 排水樹取付詳細図



写真一 3 排水樹 (上から見たもの)

土し, 堤防を河川管理道路としたために可能となった。

#### (5)-2. 排水計画

基準雨量, 1/10 確率, 4 時間雨量 82mm, 4 時間排除 (国営印旛沼開発事業計画より採用)

流出率, 水田 80%, その他 50%

流域, 地区内  $A = 25.9 \text{ ha}$

地区外  $A = 15.0 \text{ ha}$

合計  $40.9 \text{ ha}$

1 路線最大支配面積, 3.5ha

単位排水量, 地区内  $Q = 0.0456 \text{ m}^3/\text{s}/\text{ha}$

地区外  $Q = 0.0213 \text{ m}^3/\text{s}/\text{ha}$

排水量, 排水路 1~5 号, 7~8 号  $Q = 0.16 \text{ m}^3/\text{s}$ ,

VU  $\phi 250 \text{ mm} \sim \text{VU } \phi 300 \text{ mm}$ , 排水路 6 号,  $Q = 0.32 \text{ m}^3/\text{s}$ , VU  $\phi 600 \text{ mm}$ , 地区外  $A = 15 \text{ ha}$  を含む,



排水路延長,  $L=1.331\text{m}$

排水柵, 55ヶ所, (鉄筋コンクリート製 $0.46\times 0.46\times 1.20\text{m}$ )

排水柵の設置位置は, 輪換耕地あるいは, 転作, 裏作時に上流側水田の畦畔法尻に明渠排水路を設置し乾田化を図るが, その排水路を接続するため, ほ場の上流側とした。

(5)-3. 排水路の管路採用について

一般のほ場整備事業では, 開水路の排水が常識であるが大型機械農業確立のため次の条件を考慮して, 管路を採用することとした。

1. 本地区の南側は, 京成電鉄成田線により, 地区外と本地区が分断されているため, 地区外流域が少なく, 地区内流域も1路線毎の支配面積が, 比較的少ないこと。

2. 背後地の主要排水は, 別系統で直接排水されていること。
3. 開水路(土水路)の場合に比較して, 管による排水路は地下埋設となることから, 維持管理費が少なくなくて済むこと。
4. 管排水路で心配される堆砂等による事故は, 本地区の地形勾配が急であり, 管路勾配が $1/300$ をとれると共に, 地区上流側に埋設されている用水パイプラインと接続することにより, 洗浄が容易であること。(現在管内に土砂の堆積は全くない)
5. 開水路では, 深さ $1.0\text{m}$ で排水路用地幅は最少 $4.30\text{m}$ 必要となるが, 管水路とした場合は管理用地として, 幅 $0.6\text{m}$ で充分であり少ない耕地の有効利用を図れると共に, 減歩率を最少限に抑えることができる。

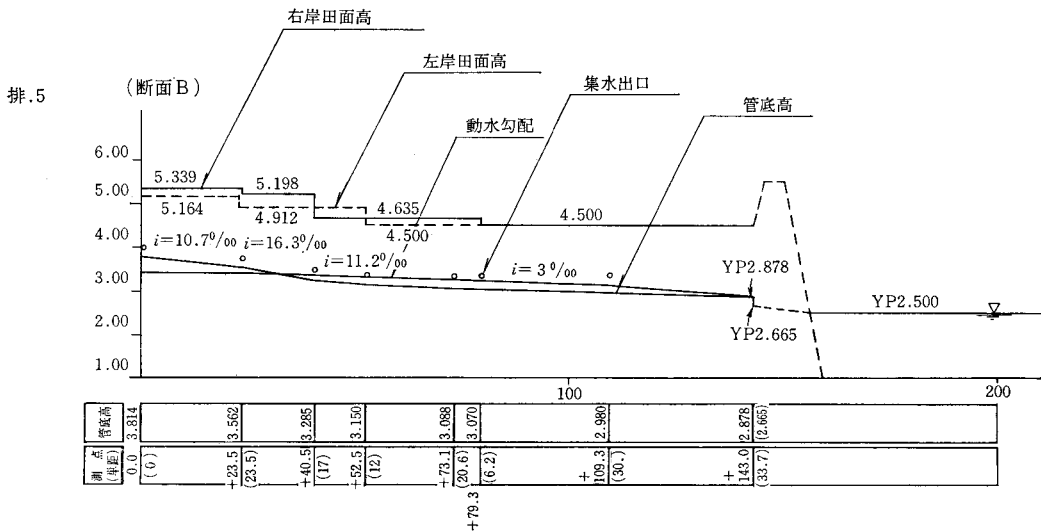
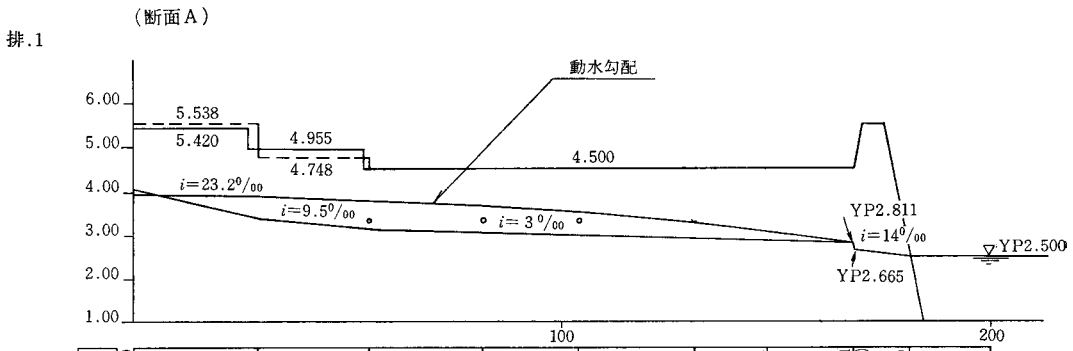


図-11 管排水路縦断図

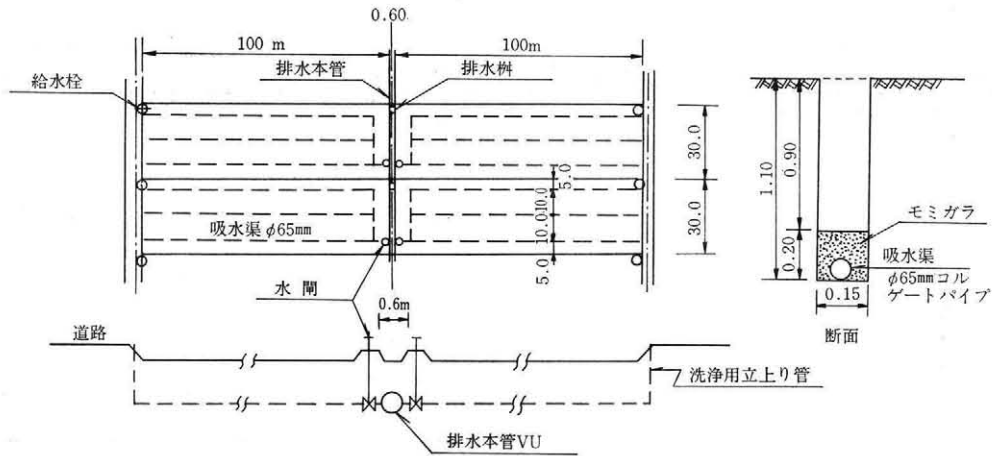


図-12 暗渠排水施工図

6. 開水路がないことにより、大型は場を可能とし、大型機械の移動が自由となり作業効率が良くなる。

#### (6) 道路計画

幹線道路、全幅=6.0m、有効幅=5.0m、延長  $l=1,450\text{m}$ 、(アスファルト舗装  $l=145\text{m}$ )、支線道路、全幅=4.0m、有効幅=3.0m、延長  $l=1,271.2\text{m}$ 、

#### (7) 暗渠排水計画

印旛沼及び、鹿島川の浚渫地3ヶ所から土砂を採取し、試験した結果、平均透水係数は、 $0.1785\text{m/日}$ であり、最低吸水渠深  $H=1.0\text{m}$ とし吸水渠間かくは $10\text{m}$ と決定した。排水口は前述したように排水路本管に直接接続し、水閘により調節することとした。吸水渠の材料は、 $\phi 65\text{mm}$ コルゲートパイプ、集水渠 $\phi 65\text{mm}$ コルゲートパイプ及び $\phi 75\text{mm}$  VU、水閘は $\phi 75\text{mm}$ の塩ビ製、被覆材はモミガラとし厚さ $0.20\text{m}$ である(実施では $0.60\text{m}$ とした)。また吸水渠等の沈泥による機能低下を防止するため、用水パイプラインの圧力を利用して洗浄できるように吸水渠末端に洗浄用の立上り管を設置した。

#### (8) 換地計画

事前換地方式を取り入れ、認可前に換地計画案を作成し、昭和54年11月に換地総会で決定された。換地の基本的な考え方は次のとおりである。

##### 1) 従前地の地積の基準

換地の配分基準とする従前地の地積は、土地改良事業に係る計画概要の公告の日の登記簿地積とする。

##### 2) 農用地の集団化

畑作地帯を別に設定し、1戸当り目標団地数は1団地とし、従前地を重点に従前の団地毎の地積×巨離÷総面積の小さい順に並べ、配分することとした。

##### 3) 非農用地の換地

地区南側の幹線道路用地として地区編入した京成

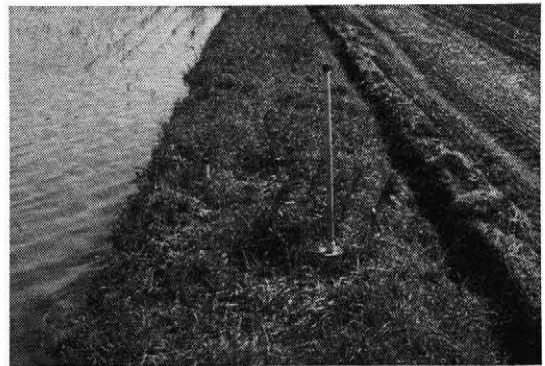


写真-4 暗渠排水の水閘この中央に排水本管が埋設されている(左側水稲右側転作)

電鉄の用地  $793\text{m}^2$  及び、地区の西側水田中にある境内地  $215\text{m}^2$  は、従前地と等積換地とした。

#### 4) 農用地の配分率

農用地の配分率については、従前地面積  $21.35\text{ha}$  に対し換地面積  $23.97\text{ha}$  であり配分率は、 $112.3\%$ となる。

#### (9) 工期

着工 昭和54年度

完成 昭和56年度

#### (10) 事業費

総事業費 87,300,000円

工事費 83,824,000円

工事雑費 3,476,000円

工事費の内訳は次表のとおりである。

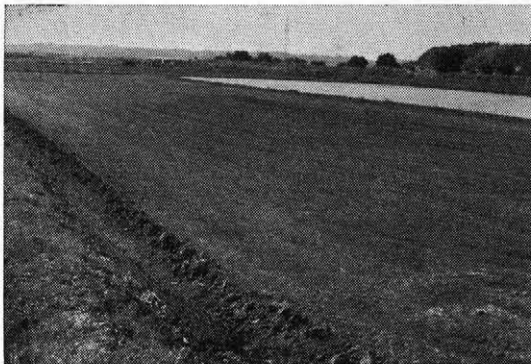
#### 6. 角来地区の営農計画

本地区では、受益農家60戸のうち58戸で角来農地管理組合(角来地区転作機械施設利用組合)を設立し、耕地面積  $21\text{ha}$  のうち  $17\text{ha}$  を2戸の専業中核農家2戸に移託耕

表—2 工種別事業費

工 種	事 業 量	事 業 費	備 考
区 画 整 理	A = 24.2ha	54,540,000	10a 当り 225,000円
整 地 工	A = 24.2ha	14,791,000	〃 61,000〃
道 路 工	ℓ = 2721.2m	6,632,000	〃 27,000〃
用 水 路 工	ℓ = 2726.6〃	12,132,000	〃 50,000〃
排 水 路 工	ℓ = 1196.9〃	20,985,000	〃 86,000〃
暗 渠 排 水	A = 24.2ha	22,160,000	〃 92,000〃
換 地 計 画	〃	5,905,000	
確 定 測 量	〃	1,219,000	
工 事 雑 費		3,476,000	
計		87,300,000	10a 当り 360,000円

作を実施している。組合の構成内訳を見ると、専業農家2戸、一種兼業18戸、二種兼業38戸である。作付状況を見ると、昭和56年度は、夏作として飼料作物17ha、冬作として麦17ha、昭和57年度は夏作として飼料作物14ha、大豆2ha、冬作は麦を17haを予定しており、転作率は地区全体で約80%に達している。しかし土壌の酸性が強く地力も回復不十分であり収益は未だ充分とは言えないが本年は20haで1,020俵（平均5俵）を収穫し58年は10a当り10俵を目標にしている。



写真—5 転作状況（飼料作物）



写真—6 麦の収穫

管理組合は、農業生産法人の農事組合法人角来工区農業組合に発展しその保有する作業機械は次のとおりである。

トラクター MF275 71P 1台  
 ロータリー LE2300 2台  
 サブソイラスガノVP 2連 1台  
 ロータリーシーダーHDMSH 8条 1  
 ブロードキャスター MGF361 360ℓ 1台  
 ダンプトレーラードリカ DK10D 20t 1台  
 マニアスプレッダー DMT1500 1.5t 1台  
 ヘイベラー RC42 1台  
 ジャイロローキ ML12 1台  
 ライムソーア 430ℓ 1台  
 スプレヤー 470ℓ 1台  
 コンバイン クボタRX3600 4条 2台

尚、乾燥施設、機械収納庫など今年整備を完了した。

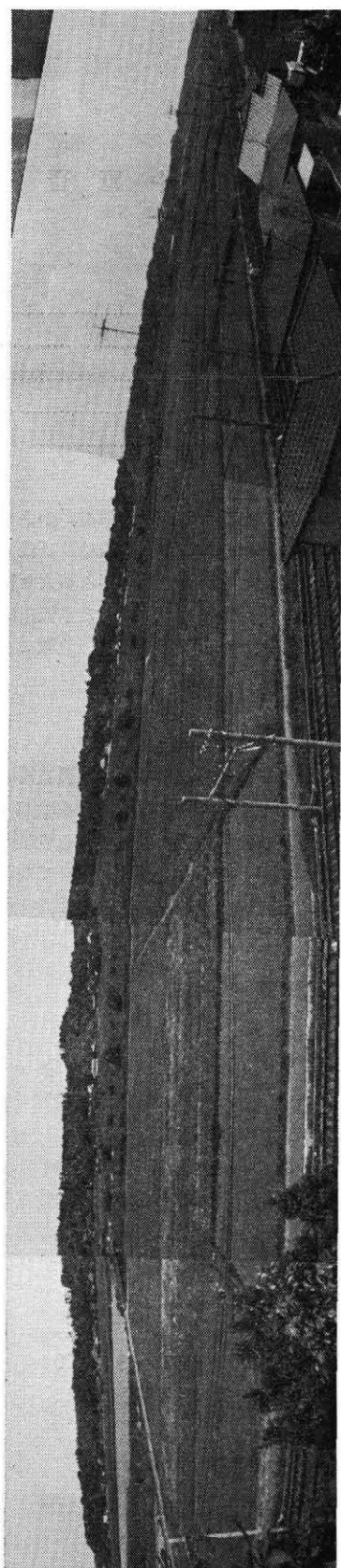
## 7. 事業実施後の現状

### (1) 印旛沼の浚渫土砂の酸性中和の問題

盛土事業実施前に佐倉農改良普及所より指摘を受けたとおり印旛沼の浚渫土砂は、酸性が強くそのままでの栽培には支障がある。10a当り、平均1.6tの炭カルを散布して中和し、本年6月更に10a当り1t全体で100tを使用した但未だpH 3.5（栽培上支障のないpH 5～6）のところが短期間で解決することは困難であり、今年秋の麦蒔前に100tを施用して完全なものとする予定である。

### (2) 排水不良の問題

排水路を管路として埋設する工法を採用したことにより維持管理、排水路用地が少くないなどの利点が多いものの一般的に行なわれている開水路（H=1.0）に比較して排水効果は悪い、暗渠排水も全面的に施工しているものの、地区南側の高台から湧水があり地山部分の耕地に暗渠の効果が充分でないところが見受けられ、その後



写真一七 57/5撮影 角来麦 (大麦) 作状況

補助暗渠などによる整備を実施した。

### (3) 自動給水バルブによる水管理について

完成して日が浅いこともあり水稻作付田で使用しているものの、不慣れ、水位検出部の設置状態により水位検出がスムーズに働かない等のため、その機能が充分作動していないヶ所もある。

### (4) 農事組合法人角来工区農業組合について

現状では、初年度で大麦1000俵をこえる収穫をあげることが出来た、耕作に参加した地主には水田利用再編対策奨励補助金によって集団転作の定着化を図っているが58年度は小作料は、2～3万円を加え10万円になる予定である。今後更に、土壌改良が進み地力が回復することによって転作奨励補助金がなくなっても土地利型農業の推進の可能性を見出し、将来1戸当り1000万円の収益を目標にしている。

## 8. おわりに

印旛沼の周辺は、年々都市化が進みさらに利根川、印旛沼の開発、整備と共に過去300年間の苦難の思いが薄らいで行く中で、沼周辺の優良農地の整備は時代に即した農業経営を推進する上で絶対条件である。印旛沼は都市化と共に年々汚れが進んでいるが、水なし県千葉にとって大切な水ガメであり、農業用水、上水、工業用水等多目的に利用され、また内水面漁場及び観光資源としてもかけがえのない財産である。県は印旛沼の水質汚濁を防止するため、昭和40年代前半の水質を目標に、印旛沼水質管理計画を策定し、印旛沼の再生浄化を総合的かつ計画的に推進して行く方針である。

この画期的な土地改良事業を推進されてこられたのは、印旛沼土地改良区の理事であると共に印旛沼及び水に関する本を集めておられる印旛沼開発文庫の主宰者兼坂祐氏である。氏は印旛沼をこよなく愛され更に、新しい土地改良事業、将来の農業問題などに積極的に取り組まれており、本地区の漸新な計画も氏の指導によるもので、土地利用型農業の推進、水田再編に対応した集団転作、経営規模拡大の一手法として農事組合法人角来工区農業組合を設立し専業農家2戸に委託耕作するなど、全国に先がけて実施されている。

印旛沼と土地改良は今後共切り離すことのできない関係にあり、角来地区の土地改良がその成果を充分発揮し、今後の土地改良及び農業経営の足がかりになるよう期待したい。

### 参考文献

- 1) 水のはなし (千葉県企画部水政課)
- 2) 印旛沼開発史(上) (印旛沼土地改良区)
- 3) 印旛沼 (株公共事業通信社)
- 4) 印旛沼第2次開発 (兼坂祐)



表一 1 2) 一般気象 (最近10ヶ年平均)

	かんがい期 (5~8月)	非かんがい期 (9~4月)	計	備 考
平均気温	20.2°C	6.3°C	10.7°C	
降水量	474mm	1,181mm	1,655mm	
降水日数	26	72	98	
最多風向	E	W		

表一 2 3) 特殊気象

順位 項目	第 1 位			第 2 位			第 3 位		
	数量	生起年月日	確率	数量	生起年月日	確率	数量	生起年月日	確率
最大日雨量	170mm	S 2.7. 9	1/100	166mm	S 48.7.31	1/80	157mm	S 12.8.11	1/52
最大時間雨量	55〃	S 26.7.21	1/50	43〃	S 38.8.23	1/13	37〃	S 48.7.31	1/8
最大連続雨量	238〃	S 7.8. <sup>3</sup> / <sub>5</sub>	1/300	197〃	S 48.7. <sup>30</sup> / <sub>31</sub>	1/45	187〃	T 11.7. <sup>27</sup> / <sub>31</sub>	1/35
最大連続干日数	53日	S 23	1/200	44日	S 3	1/50	40日	S 18	1/30

表一 3 水利用計画

現 況					
施設名	支配面積	所要水量	利用可能水量	不足水量	備 考
頭首工	370.8ha	10,093,120m <sup>3</sup>	9,142,115m <sup>3</sup>	951,005m <sup>3</sup>	
揚水機	17.6	490,793	490,793	—	
その他	58.6	485,395	—	485,395	
合計	447.0	11,069,308	9,632,908	1,436,400	
計 画					
施設名	支配面積	所要水量	利用可能水量	補給水源	備 考
頭首工	187.4ha	4,473,291m <sup>3</sup>	4,180,283m <sup>3</sup>	293,008m <sup>3</sup>	
揚水機	281.0	5,300,716	4,473,667	827,049	
その他	19.6	564,110	528,871	35,239	
ダム	(488)	(1,155,296)	(1,155,296)	(1,155,296)	
合計	488	10,338,117	9,182,821	1,155,296	

表一 4 ダム依存状況

施設名	かんがい面積	有効貯水量	ダム依存量	利用回数	計画基準年降雨量	
					かんがい期	非かんがい期
水沢ダム	488ha	870千m <sup>3</sup>	1,155千m <sup>3</sup>	1.33	433mm	738mm

地区内において土壌タイプごとに16ヶ所で実測した数値を採用する。但し、計画では湿田、半湿田は圃場整備による乾田化を考え計画する。水田の現況減水深は、代掻期 80~140mm、普通期 9~33mm、を計画では、代掻期 120~140mm、普通期 15~33mm とし、畑かん (計画) では 3.5~5.2mm とした。

(2) 計画基準年

連続干日数及び有効雨量は、能代観測所の資料にもとづき、岩井法により確率計算を行い1/10 確率年次とし、昭和45年を基準とする。

1/10確率 連続干日数 31日  
有効雨量 166mm

(3) 水利用計画

水沢川からの取水施設は現在、頭首工9ヶ所、揚水ポ

ンブ2ヶ所であるが、計画では頭首工（存続）2ヶ所、新設揚水機1ヶ所、存続揚水機2ヶ所で、水田431ha、畑地57ha、合計488haの農地に合理的な用水の配分が出来る様に計画した。

(4) 用水対策

かんがい容量の決定は防災事業との共同事業であり、防災期間と非防災期間を基準年の水収支よりそれぞれ算定してダムの規模を定める。

IV. 防災計画

1. 計画基準雨量

(1) 基準雨量の決定方法

水沢川流域は、山間部の中小河川であり流出の到達時間が早いので、被害は日雨量に最も影響される。したがって被害量と日雨量は相関関係を示している。本計画では能代観測所の資料から岩井法により1/50年確率雨量を算定し、更にダム地点附近の大岱観測所との相関を検討、計画地区の降雨量回帰式を求め、これより計画基準日雨量を定める。

(2) 計画採用降雨

能代観測所、1/50確率日雨量153mm

相関係数0.85、降雨量回帰式 $Y=1.005 \times +46.9$

計画基準日雨量201mm

(3) 基準雨量の時間分布

災害時の降雨記録より、危険な雨相を抽出検討の結果、昭和26年7月21日（日雨量146mm、降雨時間14時間）の豪雨型を採用

2. 計画洪水量

(1) 流出率

総雨量一流出率の相関が得られなかったため、中安式を想定し、実測によりこれを修正する。（S48~50実測）

(2) 単位図の作成

水沢川における観測資料をもとに、立神法により、ユニットハイドログラフを作成し、ダム地点、計画地点の洪水量を求める。

(3) 計画地点

水沢川は河川管理者との協議の結果、河川改修の計画がなかった。このため計画地点は河積が小さく、又過去の洪水被害の大きな地点を選定し、この地点での安全水量を流下させる様にダムで水量を調節する。

(4) 安全洪水量の決定

水沢川の縦横断測量より河積を求め、不等流水面追跡により算定する。

$$n=0.035 \quad \text{フリーボード}=0.5m$$

3. 洪水調節計画

(1) 洪水調節期間

洪水期 7月1日～9月30日まで

非洪水期 10月1日～翌6月30日まで

(2) 調節方法

自然放流方式（5月1日より6月30日までのかんがい期は、ゲート操作を行うが、洪水期はゲートを全開として操作は行わない。）

(3) 地点調節量の算定

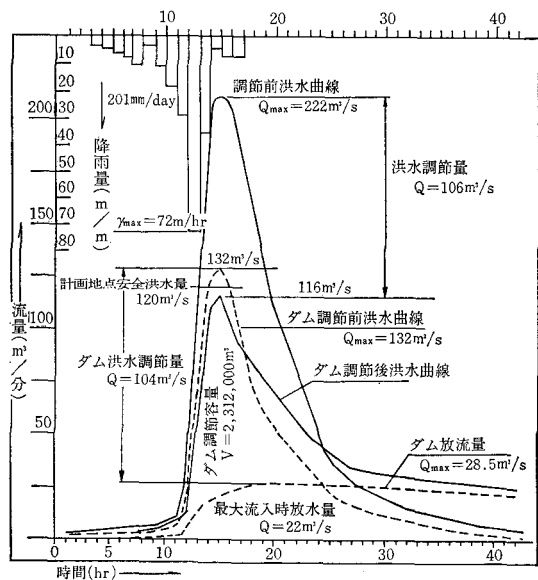


図-2 洪水調節計画図

表-5

総降雨量	10mm	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260
流出率	1%	3	9	17	26	36	47	54	60	64	68	71	73	75

表-6 計画地点の計画洪水量

計画地点	流路長	流域面積	計画地点標高	洪水到達時間	計画洪水量	調節後流量	安全洪水量
ダム地点	7.7km	27.0km <sup>2</sup>	145.5m	1.63 h	132 m <sup>3</sup> /s	22 m <sup>3</sup> /s	— m <sup>3</sup> /s
計画 A 地点	13.8	44.5	39.6	2.90	211	105	110
計画 B 地点	15.6	46.7	20.3	2.90	222	116	120

計画地点の中で単位調節量は、計画B地点で最大を示しており、本計画ではB地点洪水量 222m<sup>3</sup>/s を安全洪水量 120m<sup>3</sup>/s まで低減させるものとする。

## V. ダム容量の決定

### 1. 有効貯水量の算定

自然放流方式とし計画洪水曲線については、微分方程式の解法により算定

洪水ダム容量 2,312千m<sup>3</sup>

かんがい用水 283千m<sup>3</sup> (7月1日以降)

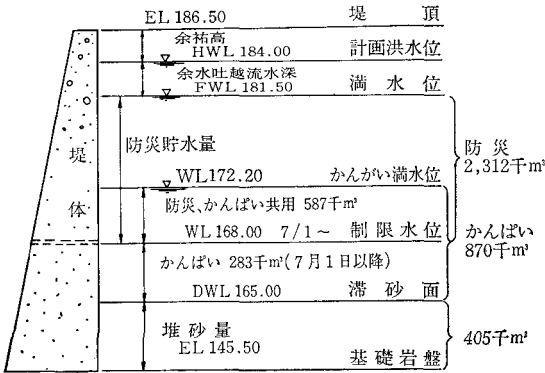


図-3 ダム容量配分図

### 2. 滞砂量の決定

地形：地質状況と同河川の砂防ダムの実績を勘案して決定

地形：早壮年期，流域面積：27 km<sup>2</sup>

地質：C地帯，単位年当り滞砂量，250m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup> /年

計画滞砂量 405,000m<sup>3</sup> (250×27×60ヶ年)

## VI. 主要工事計画

### 1. ダム計画

ダム諸元 (表-7 参照)

### 2. かんがい計画

揚水機 1基 (φ450mm×400mm-230KW 2台)

表-7 ダム諸元

種 目		数	量
堤 体	型 式	中心コア型ロックフィルダム	
	高	46.5m	
	長	235.0m	
堤 体	積	570,000m <sup>3</sup>	
	体 積		
余 水 吐	型 式	シュート式余水吐	
	計画洪水量	660m <sup>3</sup> /s	
	越流堰長	80m (H=2.5m)	
調 節 工	型 式	自然放流方式 (1.3×1.3m)	
	最大放流量	28.5m <sup>3</sup> /s	
取 水 工	型 式	複式斜樋 (φ700mm 2門)	
	最大取水量	1.5m <sup>3</sup> /s	
仮 水 排 路	型 式	2γ型 γ=2.4m	
	計画洪水量	211m <sup>3</sup> /s	
其 他	代替道路工	3.2km 幅 4.0~7.0m	
貯 水 容 量	かんがい容量	7月1日以降	283,000m <sup>3</sup>
	洪水調節容量		2,312,000 "
	滞砂量		405,000 "
	総貯水量		3,000,000 "

幹線用水路 l=5.5km (管水路 l=1.0km, 開水路 l=4.5km)

## VII. 共同費用振分けの概要

水沢ダムは洪水調節とかんがいを目的とした共同施設であり、地元負担者、及び負担割合がそれぞれの事業で異なるので、各利用目的ごとの負担割合を決定する必要がある。

本地区では多目的ダムにおいて一般的に行われている分離費用残余身替り妥当支出法によった。

### 1. 共同事業の参加者

① 防災事業……………事業主体 秋田県

② かんがい排水事業…………… " "

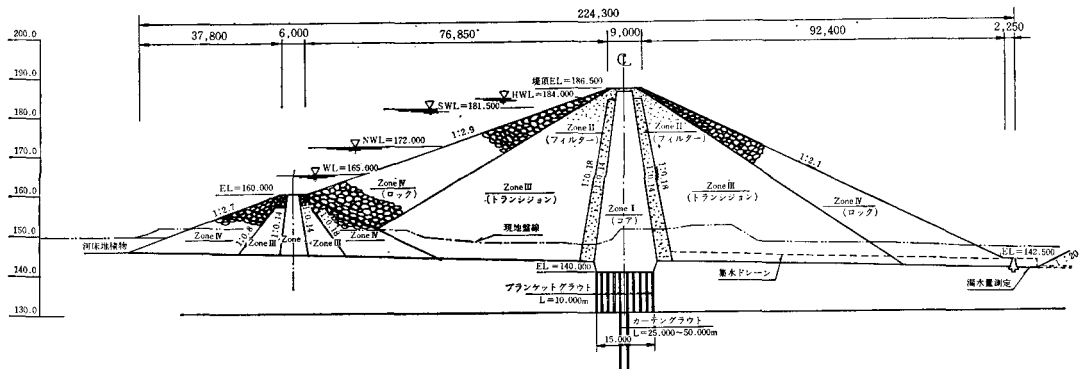


図-4 水沢ダム堤体標準断面図



## 2. 共同施設の諸元

名称	水沢ダム	堤体積	380,000 <sup>m</sup> <sub>3</sub>
型式	中心コア型ロックフィルダム	総貯水量	3,000,000 <sup>〃</sup>
堤高	46.5m	有効貯水量	2,595,000 <sup>〃</sup>
堤長	173.0 <sup>〃</sup>	総事業費	2,513,000千円

## 3. 費用振分け

### (1) 共同施設に替る施設の建設費

事業別	諸元				建設費
防災事業	型式	中心コア型 ロックフィルダム	堤体積	318,000 <sup>m</sup> <sub>3</sub>	2,245,000千円
	堤高	44m	総貯水量	2,717,000 <sup>〃</sup>	
	堤長	170 <sup>〃</sup>	有効貯水量	2,312,000 <sup>〃</sup>	
			滞砂量	405,000 <sup>〃</sup>	
かんがい排水事業	型式	中心コア型 ロックフィルダム	堤体積	208,000 <sup>m</sup> <sub>3</sub>	1,590,000千円
	堤高	35m	総貯水量	1,275,000 <sup>〃</sup>	
	堤長	150 <sup>〃</sup>	有効貯水量	870,000 <sup>〃</sup>	
			滞砂量	405,000 <sup>〃</sup>	

### (2) 専用施設に替る施設の建設費

事業別	施設名等		建設費
防災事業	洪水調節工		69,000千円
かんがい排水事業	ダム取水施設	23,000千円	454,000千円
	幹線用水路	335,000 <sup>〃</sup>	

### (3) 妥当投資額

事業別	年純収益額		総合耐用年数	利子率	妥当投資率
	便益要素別	金額			
防災事業	年平均被害軽減額	117,984千円	60年		$\frac{112,074}{0.0592}$ =1,893,142千円
	維持管理費	△5,910			
	計	112,074			
かんばい事業	作物増加純益額	43,324	47		$\frac{63,665}{0.0617} - 7,896$ =1,023,790千円
	営農労力節減額	19,114			
	維持管理費	△325			
	更新効果	1,542			
	計	63,655			
	デットコスト	7,896			

### (4) 分離費用

防災ダム	2,421,000千円 - 1,590,000千円 = 831,000千円
かんばいダム	2,421,000千円 - 2,245,000千円 = 176,000千円

(5) 振分け計算

振分け方式		分離費用残余身替妥当支出法			
項目	部門別	防 災 事 業	か ん ば い 事 業	計	備 考
		千円	千円		
a	身 替 建 設 費	2,314,000	2,044,000		
b	妥 当 投 資 額	1,893,142	1,023,790		
c	a, b いづれか小なる方	1,893,142	1,023,790		
d	専 用 施 設 費	69,000	454,000		
e	c - d	1,824,142	569,790		
f	分 離 費 用	831,000	176,000	1,007,000	
g	残 余 便 益 (e - f)	993,142	393,790	1,386,932	
h	同 上 %	71.61	28.39	100	
i	残 余 共 同 費 配 分	1,013,000	401,000	1,414,000	(2,421,000 - 1,007,000)
j	負 担 額	1,844,000	577,000	2,421,000	
k	同 上 %	※76.17	※23.83	100	
l	ダ ム 専 用 施 設 費	69,000	23,000	92,000	
m	負 担 総 額	1,913,000	600,000	2,513,000	

※ 共同ダムの負担比率

Ⅷ. 水沢ダムの設計

1. 堤体の設計

(1) 地形、地質

ダムサイトは、水沢川水系の中流部で急峻な峡谷を形成した壮年期の地形である。特に右岸側は70m以上に及び急崖を形成し平均斜度40°~50°である。これに対し左岸部は河床より15mまでが平均30°、それ以上が20°と緩傾斜である。E L 190m附近の谷の形状系数(L/H=5)は、ダム地点としては良好である。

地質構造は新第三紀中新世真瀬川層の堆積岩類(主として黒色泥岩)を基礎とし、右岸アバット側では、この中に緑色火山岩類(安山岩)が10~20mの厚さで平板的に貫入している。左岸アバットは、基盤の泥岩が右岸から左岸に連続しているが、この泥岩層の上に母岩の風化岩や崖すい性堆積物が堆積している。弾性波探査の結果、新鮮泥岩  $Vp=2.4\sim 2.8\text{km/sec}$ 、風化泥岩  $Vp=1.2\sim 1.8\text{km/sec}$ 、安山岩  $Vp=2.0\text{km/sec}$  で区分は新鮮泥岩でCMクラスである。基盤の透水性は  $3\times 10^{-4}\sim 6.5\times$

$10^{-4}$  (20~50Lu) 河床部は  $1.0\sim 10^{-4}\sim 2.0\times 10^{-4}$  (8~15Lu) である。

(2) ダムタイプの決定

ダム形式はダム建設地点の地形、地質構造、築堤材料の量、工学的性質、気象条件及び利用目的、社会環境などによって決められた。

(3) 中心コア型ロックフィルタイプの選定理由

- a. 基礎処理が容易で処理経費が最低
- b. 築堤材料の配分が現地発生材の転用に有利
- c. 最小限のロック使用により堤体積の縮小が出来る。
- d. コアの沈下が堤体全体に及ぼす影響が少ない。
- e. 耐震安定性が高い。
- f. 右岸急峻なアバットとのセン断変形が少ない
- g. 洪水時急激な水位低下に対し安定性が大きい。

2. 堤体の安定計算

(1) 設計の条件

計画最高水位HWL184.00M, 計画満水位FWL181.50M, 計画低水位LWL165.00M

表一 築堤材料設計数値一覧表

材 料	比 重	含水比 (%)	密 度 (t/m <sup>3</sup> )			せん断強さ				透 水 係 数 (cm/sec)
			乾 燥	湿 潤	飽 和	U-U		C-U		
						粘着力 (t/m <sup>2</sup> )	摩擦角 (°)	粘着力 (t/m <sup>2</sup> )	摩擦角 (°)	
コ ア	2,591	37.87	1,133	1,596	1,696	3.5	10°30'			$1.0\times 10^{-6}$
トランシジョン	2,700	22.4	1,496	1,831	1,944	2.5	27°00'	2.8	30°00'	$1.0\times 10^{-2}$
ロ ッ ク	2,715	2.0	1,870	1,900	2,180	0	40°00'			

表-9 安定計算一覧表

ケース	堤体条件	適用法面	貯水位	計算結果	
				記号	最小安全率
1	常時満水位	上流側 下流側	WL=173,439 "	1-U	1,209
				1-P	1,206
2	サーチャージ水位	上流側	WL=182,294	2-U	1,680
3	設計洪水水位	"	WL=184,584	3-U	2,484
4	中間水位	" 下流側	WL=169,200 "	4-U	1,210
				4-P	1,206
5	水位急降下時	上流側	WL=173,439-165,000	5-U	1,497
6	完成直後	下流側	—	6-P	1,297

- 仮締切堤はダム本体の一部とする。
- 常時急激な貯水位変動は生じない。
- 地震係数, 水平地震係数  $K=0.15$
- 最小安定率  $SF>1.2$
- 堤体及び基礎を通る浸透水の許容量は, 貯水量の  $0.05\%/日$ 以下とする。
- 安全性の検討は, 円形すべり面についてスライス方式による。
- 設計荷重: 自重, 静水圧, 間ゲキ圧及び地震力

### 3. 基礎処理

#### (1) 基礎の掘削

中心コアの床掘深さは, 泥岩の風化程度と透水性を考慮し, 弾性波速度  $Vp<1.2\text{km/sec}$  は削除する。透水性については深部の局所を除いてはルジオン値  $Lu>40$ , 透水係数  $K>5 \times 10^{-4}\text{cm/sec}$  を標準として削除する。

コアの床掘以外のダム数は  $Vp<0.8\text{km/sec}$  の崖錐, 強風化岩は全面削除する。

#### (2) グラウト

##### (a) グラウト孔の配列

コア床掘直下の岩は風化しキレツが多く,  $S=80\sim 100\text{kg/cm}^2$ ,  $Lu=20\sim 50$ と透水性である。このためコア全幅にブランケットグラウトを実施して, 遮水と岩盤の固結化を図り, かつ, カーテングラウトの効果を高める必要がある。又ブランケットグラウトより下位の岩盤もキレツが多く,  $Lu=8\sim 15$ とフィルムダムの基礎処理の一般として採用されている  $Lu=2\sim 5$ をはるかに上まわっている。このため, グラウトテストの結果等より, 図-5, 6の様にブランケット及びカーテングラウトを配置する。

##### (b) グラウト孔の深度

ブランケットグラウトの深度は風化がかなり進んでいる河床部では, 掘削線より10mの範囲を, その他は5mの範囲で改良するものとする。

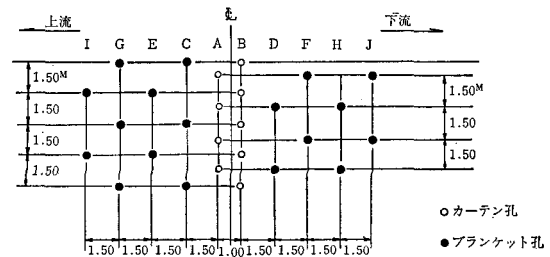


図-5 グラウト孔配置図

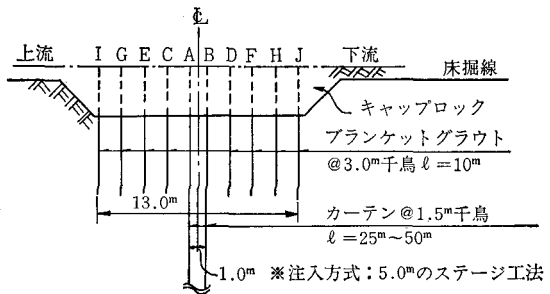


図-6 グラウト詳細図

カーテングラウトについては次の様な経験式から

$$d=1/3 H+C \quad C: \text{定数: } 8\sim 25$$

$$d= XH \quad X: \text{定数: } 0.5\sim 1.0$$

水沢ダムの場合は基礎岩盤が泥岩でキレツが非常に多く, 注入前ルジオン値も高いので, それぞれの最高値の75% (岩質はC級Dタイプに属するので3/4とする)を採用, 掘削線より20~35mとし, さらにパイピングに対する安全性の検討を水頭クリップ比によって行ない決定した。

##### (c) 改良目標

ブランケットグラウトによる基礎の改良目標は, コア直下の基礎の透水度を, コアの透水度  $10^{-6}\text{cm/sec}$  台に

出来るだけ近づけることにある。しかし基盤中にキレツが多いことや、地表近くの施工で注入圧力を高くすることが難しく、経費等総合的に判断し基盤の透水度を $10^{-5}$  cm/sec 台、即ち10ルジオン以下に改良することにした。

カーテングラウトは設計基準に従って5ルジオン以下に改良する。

## IX. 基礎処理工事について

### 1. 基礎地盤の掘削

地質調査は、左岸部について全体実施設計以降も引続き実施し、基礎岩盤となる泥岩内に軟弱部を確認、粘土化した深層風化帯と推定した。このためボーリングコアの状況、現場透水試験等より、堤体基礎として不適と判断し床掘線を変更（風化帯の厚層12m、延長50m、堤頂長さ23m増）した。

堤体掘削は、コアトレンチ部で風化の程度を勘案して2.0~2.5mをグラウトのキャップロックとし、他は0.5m残して実施した。

### 2. 左岸地山の地すべり状況

堤体掘削は、右岸部、左岸部及び河床部と3ヶ所より同時に施工、55年8月12日まで左岸部はEL=160mまで掘削する。この結果

- ① 性質の異なる泥岩が層状を呈し、その中に粘土層がEL 188m, EL 178m, EL 160mにそれぞれ厚さ10cm 5cm及び50cmと走向が川側へ傾斜しているのが認められた。
- ② カット面に滑落崖が発生し小崩落のぎざしが認められた。
- ③ 掘削中地下水等の流出はなかった。

8月17日ダムセンター左側部が、長さ40m、幅50m推定土量30,000 $m^3$ にわたり崩壊した。

### 3. 地すべりの原因及び処理

#### (1) 原因

○泥岩又は、頁岩に介在する粘土層が幾層にもなる層状を呈し川側へ傾斜した地層であった。

○法面を地山の自然勾配（1：2.3）より急な1：1で掘削したために応力の解放が生じ、地山のバランスが崩れ、粘土層を境として沁りが生じた。

#### (2) 調査及び対策

二次沁りが考えられるので、地沁り土砂は早急に全面取除くこととし、又掘削勾配は出来るかぎり（地形上）現況地山勾配に近い1：1.9として掘削した。

#### (a) 調査

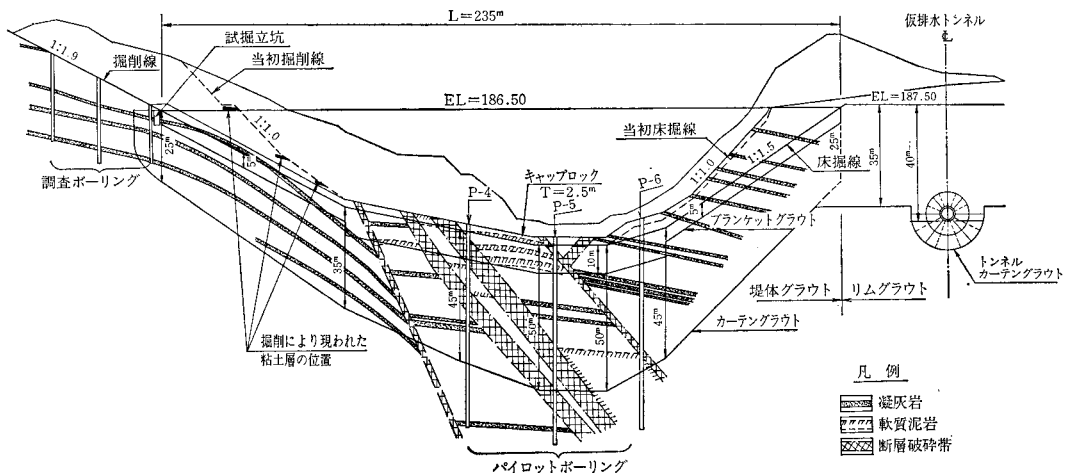
- ① 試掘立坑 1ヶ所  $H=5$  m, ダムセンター EL 186.50m
- ② 調査ボーリング 3ヶ所  $l=30$  m
- ③ 地沁り計（自記）2ヶ所  
地沁りを起した山側の山の地沁りも観測する。

#### (b) 調査結果

- ① 地層は整合性があり地沁り跡地ではない。
- ② 地沁り観測の結果から現在移動していない。
- ③ 法面勾配が地山の安定勾配に近い。

#### (c) 将来対策

- ① 岩盤の風化防止対策
  - ② コアトレンチ掘削にともなう上部法面の崩壊防止
  - ③ ダム貯水時の地下水位上昇に伴う粘土化促進と地沁りの防止
- (3) 法面保護（地沁り面）計画
- ① 法面保護工は、堤体上部の堅岩部と風化部に分ける。堅岩部はコンクリート枠工、風化部はブロックフレーム工法とし、枠組内は土のう詰め植生工を採用する。
  - ② 崩壊防止等施工中の安全確保のためコンクリート



図一7 ダム軸地質断面図

枠は、岩盤と一体となる様にロックアンカー ( $l=5.0\text{m}$ ) を使用する。

- ③ 地下水を排除するため、ダム頂部に二段の排水ボーリングを計画する。(φ40mm ストレーナー  $l=30\text{m}$ )

#### 4. グラウト

##### (1) 計画の再検討

床掘りの結果一部に断層等が認められたので、地質の確認と計画深度の検討が必要となった。既存の地質資料では河床部において最大深度35mで尚岩盤が不良なこと、更に深層の地質が不明なことからパイロットボーリングのうち、河床部の3本を深度70mまで掘削調査を実施した。

##### ◎パイロットボーリングの結果

- ① 深くなってもルジオン値が  $10Lu$  より小さくなる傾向が認められない。
- ② 成層地盤であるが強固な不透水層が認められない。

③ 河床部に数本の断層が認められる。

- ④ パイロット No.6 孔 (1号ボーリング) において深度22.5~57.5mの35m間より被圧地下水 ( $H=4\sim 12\text{m}$ ) が認められた。

以上の理由によりグラウトの深度はスモンズの式を用いC値は最大値である。

$$l=1/3H+C \quad H: \text{貯水深} \quad C: 5\sim 25\text{m}$$

25mを採用した。更に No.15+5~No.18 ( $l=25\text{m}$ ) 間は河床部で断層幅が大きいので、断層処理として安全側に1ステージ ( $l=5\text{m}$ ) を追加し50mと決定した。

##### (2) 施工

##### (a) ブランケットグラウト工

河床部の地質状態を考慮の上、堅岩部と破碎部の2ヶ所に計画案に従ってテストを行った。注入孔の配列はダム軸の上流4列 [D. F. H. J.] 下流4列 [C. E. G. I.] の8列で、列間隔1.5m 孔間隔3mの千鳥であり、注入は堅岩部で各列共孔番号41~45の計40孔、破碎部は32~36の計40孔である。

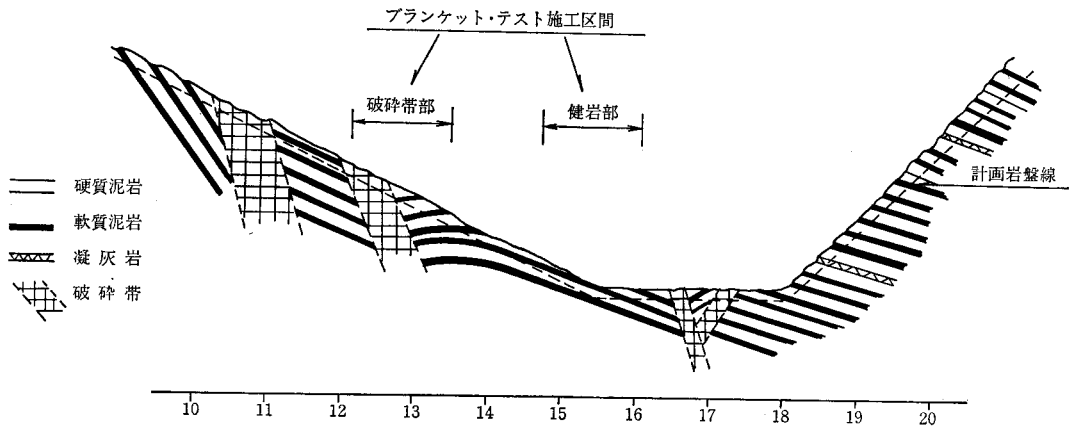


図-8 河床部模式地質断面図

表-10 注入実績表 [時間: ステージ, 注入量: m当り]

部	列	1 ステージ上流		" 下流		2 ステージ上流		" 下流	
		注入時間	セメント量	注入時間	セメント量	注入時間	セメント量	注入時間	セメント量
堅岩部	I J	4:00	130	5:55	302	4:15	98	4:55	134
	G H	3:40	180	4:50	230	4:05	36	4:35	106
	E F	4:10	137	4:25	314	4:00	28	4:10	37
	C D	4:50	157	3:30	92	3:45	25	4:15	43
	平均	4:10	151	4:40	234	4:00	47	4:30	80
破碎帯	I J	3:55	79	2:35	117	4:10	218	3:55	166
	G H	3:20	130	4:10	115	4:10	92	4:10	131
	E F	4:20	164	4:35	217	4:25	82	4:35	115
	C D	3:50	162	4:55	163	4:05	134	4:10	120
	平均	3:50	134	4:00	153	4:10	132	4:10	133

注入は下流側を先行しながら上下流共、外側の列から始め、順次ダム軸に近づけた。(上流側 I→G→E→C, 下流側 J→H→F→D) 又、各列においては中間挿法を用いて隣合った孔に連続して注入しないようにした。注入実績は表-10の通りである。

1ステージ注入中セメントミルクが地表へ漏出する現象(リーク)は、堅岩部で40孔中9孔に見られ、うち6孔はセメントミルクの濃度を濃くしてもリークが止まらなかったので一時中断し再注入を行った。

リークを生じた注入孔の大部分は上下流の最外側列で、その現象は注入孔周囲よりも数m離れた地点に多く現われた。その理由は図-9 注入模式図の様に地層の分布状態によると考える。セメントミルクは互層の中で、割目が比較的多い軟質泥岩中に注入されるものと考えられる。リークが注入孔より数mはなれた地点に多く見られるのは「リークⅠ」の状態で地層の層理面に沿うものであり、注入孔の近くに見られるのは「リークⅡ」の様に地層中の縦方向の割目に沿うものと思われる。

破碎帯部のリークは40孔中20孔に見られ、再注入を行ったものは7孔である。リークの現象も1部は堅岩部と同じ傾向を示すが、多くは不規則な形態を示した。なお第2ステージ注入時のリークは堅岩部、破碎帯部とも皆無であった。

### (3) チェック孔の検討

チェック孔におけるルジオン値は表-11の通り第2ステージは堅岩部、破碎帯にかかわらず、目標値である10ルジオン以下と問題はなかった。

第1ステージのテスト結果は16~65ルジオンで目標値を大きく上廻ったので、パッカー位置を1mずつ下げて

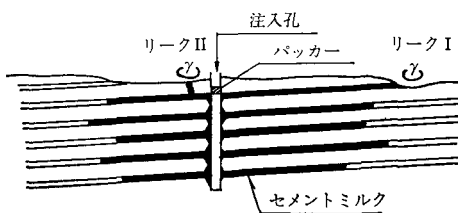


図-9 注入模式図

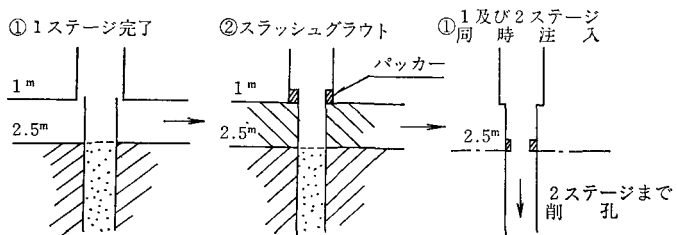
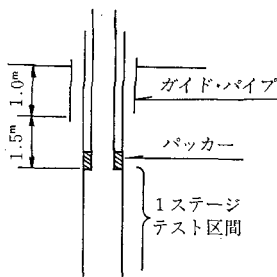


図-10 注入詳細図

表-11 チェック孔のルジオンテスト

孔	区 間	上 流 側		下 流 側	
		圧力	ルジオン値	圧力	ルジオン値
7 (破碎)	2.5~7.5	2.5	42.3	2.5	64.5
	3.5~7.5	〃	25.1	〃	40.2
	4.5~7.5	〃	20.5	〃	22.6
	5.5~7.5	〃	21.3	〃	11.0
	6.5~7.5	〃	18.7	〃	3.1
	7.5~12.5	4.0	4.3	4.0	6.5
9 (堅岩)	2.5~7.5	2.5	20.5	2.5	15.9
	3.5~7.5	〃	15.1	〃	9.2
	4.5~7.5	〃	6.7	—	—
	5.5~7.5	〃	11.0	—	—
	6.5~7.5	〃	9.5	—	—
	7.5~12.5	4.0	7.2	4.0	1.8

テストした。堅岩部のチェック孔9では3~4m以深にグラウト効果が現われている。又、破碎帯のチェック孔7は注入効果が少なかった。

堅岩部で第一ステージのルジオン値が大きくなった原因は、図-10の様にキャップロックの下端にパッカーをセットして、テストを行なったので、圧入された水はグラウトされた区間よりも、グラウトの行われなかった2.5m間のヘアクラックを通して流出し、ルジオン値が大きくなったものと思われる。従ってパッカーを3~4mと下げることによりルジオン値が小さくなっている。なお、ルジオンテスト終了後のグラウトではセメント注入量はいずれも10kg/mと少なかった。

### (4) 注入方法について

キャップロックの1~2.5m間にグラウトが行われていないことが、透水度の改良を低下させる原因の一つと考えられるので、この区間にグラウト(スラッシュ)を行う。その方法は、第1ステージの注入の終わっている所は、図-10の①→③の順に施行する。又、新規グラウト孔についてはガイドパイプにパッカーをセットし、第1ステージを注入、第2ステージは2.5mにパッカーをセットして1及び2ステージを同時に注入した。

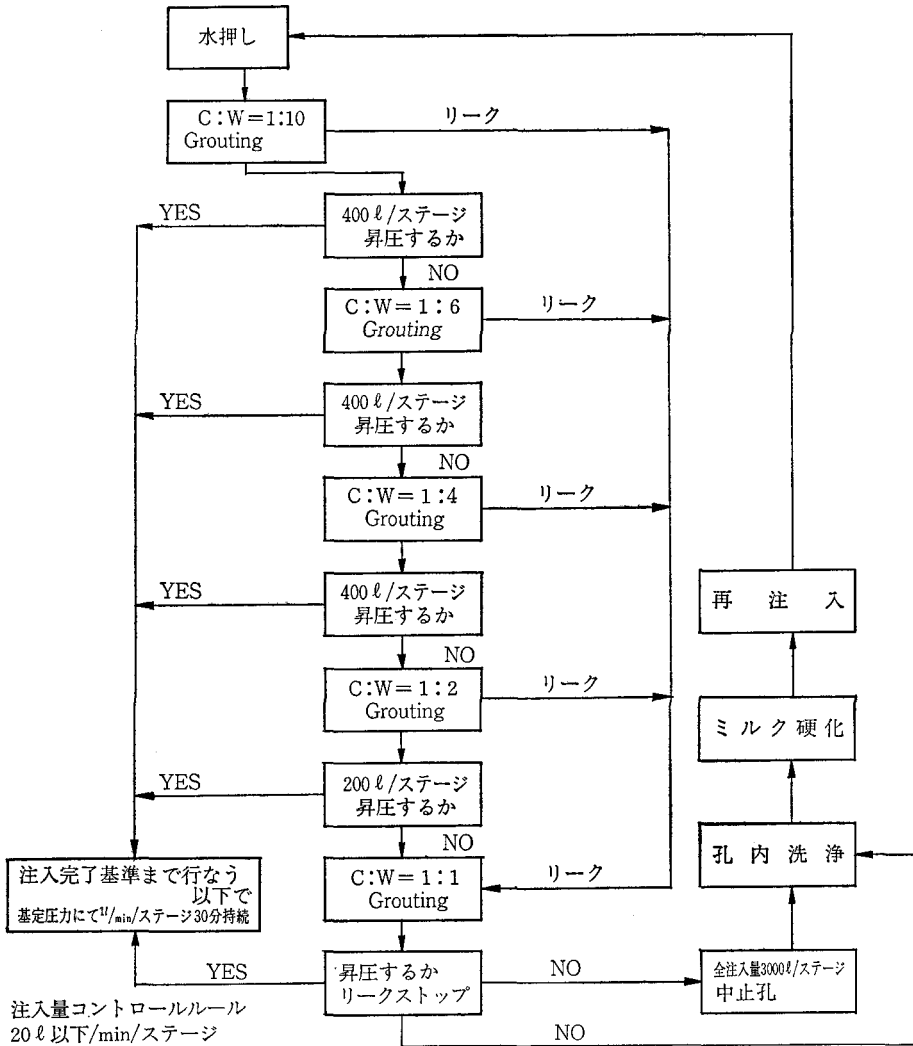


図-11 注入配合切換基準フローチャート

表-12 クラウチング規定圧力表 単位 kg/cm<sup>2</sup>

工種	ステージ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ブランケット		3	5								
カーテン		3	5	5	7	7	10	12	14	14	14
パイロット		3	5	5	7	7	10	12	14	14	14

(5) 配合切換基準

配合の切換はキレツの発達した岩盤であるため、C:Wが1:10~1:6で200ℓ/ステージ、1:4で150ℓ/ステージ、1:2で100ℓ/ステージで実施したが、完了したブランケットグラウトの状況やチェック孔のルジオンテスト後の注入状況から判断し、濃度の配合を若干薄くして、時間を掛けた方がより効果が得られるものと思われるので、図-11の様に切換基準を変更した。

(6) カーテングラウト工

カーテングラウトは計画案のパターンで3ヶ所にテストを実施した。工法は1テスト区間4孔としてステージ工法1ヶ所、パッカー工法2ヶ所とした。なおパッカー工法は時間の短縮を図るため採用した。

テスト結果はいずれも目標値の5ルジオン以下の3~4ルジオンに改良された。以上によりカーテングラウトは計画通り実施し、チェック孔で目標値に達しない場合は、チェック孔を増やすと共に列の中間に追加孔を挿入する方針とした。

(7) グラウトのチェック

ブランケット及びカーテングラウトは、56年度工事で、河床部及び左岸部を完了し、結果は表13~15の通りでブランケットは破碎帯をのぞいて10ルジオン以下となり、また、カーテンはすべて5ルジオン以下とそれぞれの目標値以内であった。

① ブランケットの断層破碎帯部は1ステージで20~

42ルジオンと浅い所ほど改良出来ず、断層処理工が必要である。

表-13 ブランケットグラウト注入量一覧表

1. ステージ

	列名	注入長	注入セメント量	m当注入量
			kg	kg/m
上流側	C	301	51,513.7	171.1
	E	296	41,078.4	138.8
	G	301	42,062.9	139.7
	I	296	46,004.1	155.4
	計	1,194	180,659.1	151.3
下流側	D	296.5	42,290.1	142.6
	F	301	46,825.2	155.6
	H	296.5	44,935.1	151.6
	J	301	52,975.1	176.0
	計	1,195	187,025.4	156.5
1ステージ計		2,389	367,684.5	153.9

2. ステージ

	列名	注入長	注入セメント量	m当注入量
			kg	kg/m
上流側	C	192	17,577.4	91.5
	E	187	15,531.9	83.1
	G	192	16,513.4	86.0
	I	187	23,213.5	124.1
	計	758	72,836.2	96.1
下流側	D	185	17,240.3	96.3
	F	192	15,030.1	78.3
	H	185	25,869.6	139.8
	J	192	21,242.1	110.6
	計	754	79,382.1	105.3
2ステージ計		1,512	152,218.3	100.7

- ② カーテンは深度には関係なく断層破砕帯部が4ルジオン台と高い値を示した。
- ③ 被圧地下水が最も大きく現われたP-6孔の1ステージにおける、最大注入時間は17時間、同量21トンで完全に被圧地下水をおさえ込むことが出来た。
- ④ カーテンでのリークは1孔も認められず、すべて規定圧力で完了している。

表-15 チェック孔に於けるルジオン値

カーテン					
孔番	ステッ プ数	ルジオン値	孔番	ステッ プ数	ルジオン値
T-1	5	3.9~4.7	6	7	3.1~4.1
T-2	6	2.8~4.4	7	8	3.1~4.1
3	6	2.1~3.8	8	9	3.5~4.8
4	7	2.8~4.8	9	10	1.6~4.8
5	7	3.0~4.5	10	10	3.6~5.0

ブランケット

孔番	1ステージ ルジオン値		2ステージ ルジオン値	
	上流側	下流側	上流側	下流側
	1	8.9	8.4	—
2	8.1	8.2	—	—
3	8.6	9.2	—	—
4	9.3	9.0	—	—
5	9.4	9.5	6.7	6.9
6	7.2	8.0	6.4	8.2
7	20~42	4.0	4.3	6.5
8	6.8	6.5	6.5	6.2
9	6.7~20	4.0	7.2	1.8
10	4.1	22~40	4.0	4.0
11	3.2	4.5	3.6	3.3

表-14 カーテングラウト注入量一覧表

ステージ No.	列 No.	注入長	注入セメント量	平均注入量	列 No.	注入長	注入セメント量	平均注入量	総平均 注入量
1	A	447	75,630.1	169.2	B	429	74,391.8	173.4	171.3
2	〃	510	62,353.1	122.3	〃	490	75,281.9	153.6	137.6
3	〃	510	62,856.8	123.2	〃	490	75,198.4	153.5	138.1
4	〃	510	55,070.0	108.0	〃	490	66,404.2	135.5	121.5
5	〃	514.5	60,391.4	117.4	〃	496.8	61,406.0	123.6	120.4
6	〃	500.9	58,983.1	117.8	〃	477.4	60,662.3	127.1	122.3
7	〃	396.2	46,289.7	116.9	〃	379.9	41,899.9	110.3	113.6
8	〃	291.9	38,177.4	130.8	〃	280.2	32,305.5	115.3	123.2
9	〃	223.5	25,599.1	114.5	〃	214.1	22,995.0	107.4	111.0
10	〃	182.9	16,097.7	88.0	〃	180.9	15,048.9	83.2	85.6
計		4,086.9	501,448.4	122.7		3,928.3	525,593.9	133.8	128.1



## X. あとがき

水沢ダムは泥岩上に築造するロックフィルダムで、その基礎岩盤は左岸、右岸及び河床部において、それぞれ異なる様相を呈し、基礎処理方針も複雑である。グラウトは右岸側斜面を残しているが、右岸側は硬質泥岩、軟質泥岩及び凝灰岩が、カット面にはほぼ水平に現われ、山側に緩く傾斜する受け盤構造で、リーク対策が問題とな

り、現在キャップコンクリートを打設中である。又河床部の断層破碎帯の処理は今年度中に方針を決定し、58年度より待望の築堤工事に着手する予定である。

今回は峰浜地区の計画内容と、基礎処理の現在までの施工実例を紹介しましたが、資料の整理が十分出来なかったことをお詫びすると共に、ダム工事に関する問題事項について現場技術者各位の御意見等をいただければ幸いです。

建設コンサルタント (登録番号 54-1622号)

測量・調査・試験・計画・設計・監理



日本技研株式会社

取締役会長	清野保
代表取締役社長	岡田茂
専務取締役	加藤哲夫
取締役	石山茂楨

本社	☎467	名古屋市瑞穂区汐路町三丁目41番地の2	☎(052) 851-5571 (代)
東北支店	☎980	仙台市北目町七番17号(仙台ファーストマンション1103号)	☎(0222) 67-3642
技術研究所	☎470-02	愛知県西加茂郡三好町大字三好字西之木戸41	☎(05613) 2-2271 (代)

# 排水ポンプ選定の一事例

(押し込みタイプ横軸軸流ポンプの選定について)

橋 口 省 三\* 中 山 晃\*

## 目 次

1. まえがき……………(45)	2-3 ポンプの機種・型式の経済性と 問題点……………(47)
2. 従来までの排水ポンプの選定手順と問題点(45)	3. 問題点に対応する各種のポンプ据付案…………(47)
2-1 従来までの一般的な選定手順…………(45)	4. 押し込みタイプ横軸軸流ポンプの選定結果…(48)
2-2 ポンプの吸込性能と据付高さの 問題点……………(46)	5. あとがき……………(51)

## 1. まえがき

土地改良事業計画のなかで、排水計画は、まず関係する農家の需要（要求）、あるいは社会的にみた排水の必要性、対象とする範囲、難しい自然現象の予測など、用水計画に較べると制約条件が極めて複雑多岐にわたることが多い。

とくに最近では、流域の開発、宅地化、治水を目的とする河川改修、地盤沈下などに伴う外水位の上昇、流出量の増大など、他動的な要因による排水障害を除去する排水対策（湛水防除事業）や、水田利用再編対策に伴う汎用耕地化のための排水対策（排水対策特別事業）など、農家経営の改善・発展を図る排水対策が各地で積極的に進められ、排水計画樹立のための技術上の要請は年々高まってきている。

この排水計画は、系統的に組み立てられた排水組織において、なるべく自然に排水されるよう計画することが原則であるが、排水河川の外水位や感潮地域によっては強制的に機械排水を行わなければならない所が存在するところが排水ポンプには、いろいろな機種・型式があって、これの選定が地域の排水効果を左右する大きなポイントとなる。

この小論は、鹿児島県において排水ポンプの選定について新しい視点から検討した一事例として、その考え方と問題点について述べるものである。

## 2. 従来までの排水ポンプの選定手順と問題点

### 2-1 従来までの一般的な選定手順

排水ポンプの機種・型式と口径・台数、すなわちポンプの仕様は、ポンプの据付高さを現況最高湛水標高以上

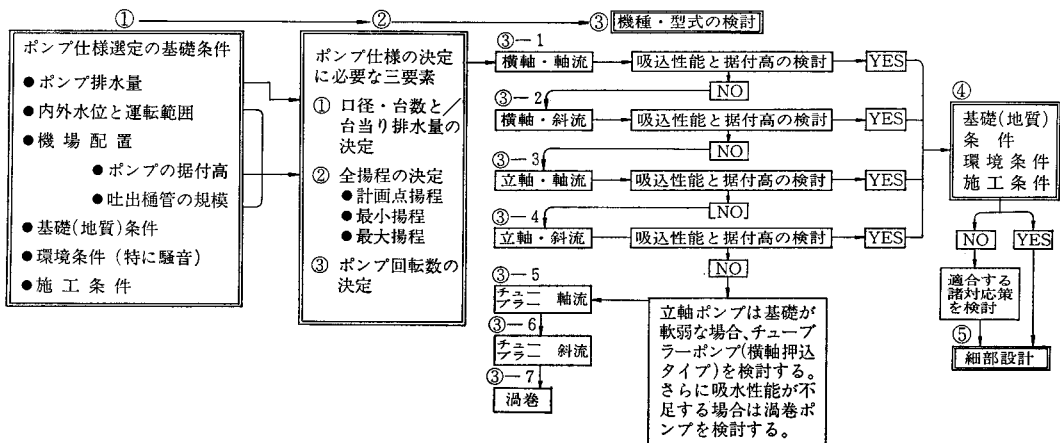


図-1 ポンプ仕様の選定フロー図

\* 鹿児島県農政部農地防災課

とし、ポンプの吸込性能を基準に選定を進めてきた。これは図一1のとおりである。まず横軸軸流ポンプが小型軽量であるから経済的に有利であるとして第一検討機種とするが、据付高さによっては吸込性能が不足する。このため比速度の低くなる横軸斜流ポンプを第二検討機種とする。しかし揚水量が大容量となると口径が大きくなり、横軸ポンプでは吸込性能が不足するため、立軸軸流ポンプを選定する、つぎに立軸斜流ポンプを検討する。しかし立軸の場合は、ポンプ自体の重量も上屋の単位面積当たり重量も大きくなり、基礎にかかる荷重が集中するので、軟弱地盤などでは問題があるとして、最終的には土木構造を含めた全体的な経済性から決定する。排水ポンプの場合、一般的にはポンプ系における損失（全揚程と実揚程の差）や軟弱地盤における基礎荷重の面から考えるとチューブラポンプが理想的であるが、電動機駆動であることや、ポンプ費用が割高となるため比較的口径の大きい場合に選定される例が多い。なお、揚程が中揚程となると、さらに比速度の低い渦巻ポンプを選定するが、ポンプが大型になり不経済となるなどの理由から機場を分散して揚程を低くする等の検討も行わねばならない。

## 2-2 ポンプの吸込性能と据付高さの問題点

排水用の低揚程ポンプは、設計点揚程に対して、最大・最小揚程の変動が吐出量に敏感に影響するため、設計点以外の運転点においてもキャビテーションが発生しないようポンプの吸込性能と据付高さを十分検討しなければならない。その方法を簡単に説明するとつぎのとおりである。

ポンプのキャビテーションを検討するときに用いる

NPSH (Net Positive Suction Head, 有効吸込ヘッド) には、必要 NPSH (required NPSH: ポンプがキャビテーションを起さないためにポンプとして必要な有効吸込ヘッドで、これはポンプの羽根車が揚力や遠心力によって水に圧力および速度エネルギーを与えるために機械的に必要とされるポンプ固有のもので、吸込比速度、トーマのキャビテーション係数又は実験から求める。) と利用 NPSH (available NPSH: ポンプの設置条件から決まるもので大気圧からポンプ吸込実揚程、吸込配管損失及び揚水の温度に相当する飽和蒸気圧を差引いた利用できる有効吸込水頭である。) に分けられる。

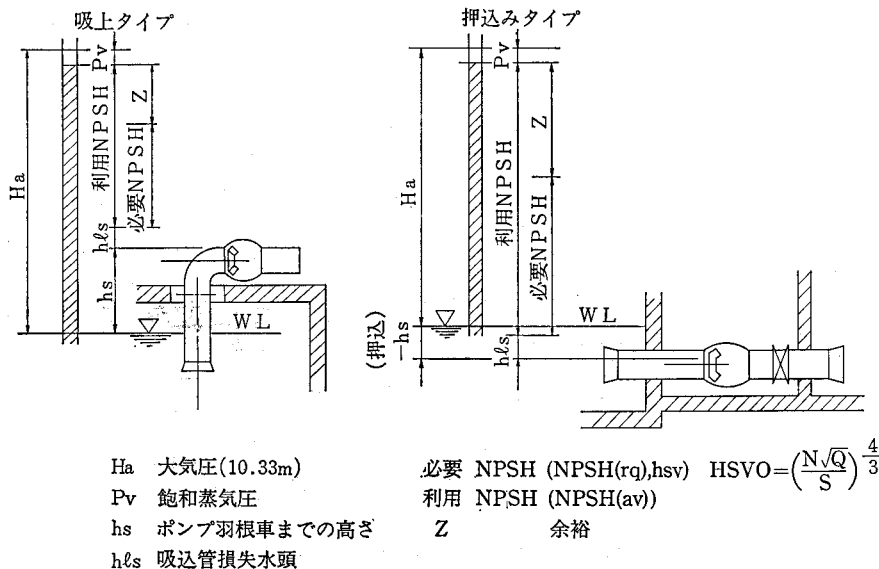
この関係を図示すると図一2のようになるが、キャビテーションを発生させないためには

利用 NPSH > 必要 NPSH であればよい。

このようにキャビテーションを防止するためには、必要 NPSH をできるだけ小さくするか又は利用 NPSH を大きくすることである。必要 NPSH は羽根車流入部の速度水頭及び高速で回転する羽根車と水が衝突するときの衝突損失による圧力降下である。従ってポンプの回転数を下げてやれば必要 NPSH を小さくできるが、比速度が小となりポンプは大きくなる。

一方、利用 NPSH を大きくするためには、飽和蒸気圧、吸込配管損失、吸込実揚程を小さくすることである。排水ポンプの場合、水温はほぼ一定であり、又吸込配管損失も比較的少ないことを考えると、ポンプの据付床面を下げて吸込実揚程を少なくすることが最も効果的である。これがどのような意味を持つかというとき大きく次の4点にしばられるであろう。

① ポンプの据付高さが高くなるとポンプの利用



図一2 ポンプの吸込性能判定模式図

NPSH が小さくなり必要 NPSH を小さくするため、比速度の低いポンプを選定しなければならない。(ポンプが大型となり重量が増える。)

- ② 逆に据付高さを水面下よりも下げ、吸込管の損失水頭までポンプの羽根車を没水させると、ポンプの吸込口の有効吸込水頭が全部ポンプの利用 NPSH として使えるため、比速度の高いポンプが選定できることになる。(ポンプは小型で軽量となる。)
- ③ 据付高さが吸水面より高いと吸上タイプとなるが、このタイプは真空ポンプ・封水ポンプなどの補機類の設置を要し、その分だけ運転シーケンスが多くなり運転操作は複雑となる。
- ④ 羽根車が吸水面下に没水すると押込タイプとなるが、このタイプは所定の水位になるとポンプ内は満水になり、直ちに運転できる。したがって複雑な補機類の設置を要さず運転操作は ON-OFF の簡単なものとなる。

したがってここで問題となるのは、ポンプの据付高さである。これの決定はポンプの必要 NPSH すなわちポンプの吸込性能を支配し、補機類の必要性や運転操作など、将来の維持管理面まで決定する重要な因子であり、十分検討のうえ決定する必要がある。

### 2-3 ポンプの機種・型式の経済性と問題点

ポンプの機種・型式の経済性を口径別に比較してみると、つぎのことが言える。

- ① ポンプの仕上り重量は、軸流と斜流、いわゆる機種による重量差は、軸流が軽く、また、横軸と立軸(一床式)、いわゆる軸型式による重量差は、横軸軸

流と立軸軸流の場合及び横軸斜流と立軸斜流の場合とでは、いずれも横軸が軽い。

- ② ポンプの製作・据付価格は、横軸軸流と横軸斜流とでは、横軸斜流が、立軸軸流と立軸斜流とでは、立軸斜流が、横軸斜流と立軸斜流とでは立軸斜流が、それぞれ高い傾向にある。

- ③ さらに軸流と斜流では図-3のとおり、揚程 2~4 m の斜線部の範囲では、斜流は軸流より一ランク上位の口径を選定しなければならない。

以上の比較からみると、軸流から斜流へ、また横軸から立軸へと吸込性能がよくなる反面、ポンプの製作据付価格は増加することが判る。

したがって、この項でも問題となるのは、ポンプの据付高さであり、これが吸込性能と関連して、ポンプの製作据付価格を左右する因子である。

このため、据付高さを決定するには、その条件を明確にし、据付高さ(据付床面)の変化を含めて十分な比較検討を必要とする。

### 3. 問題点に対応する各種のポンプ据付案

以上述べたとおり、ポンプの仕様を選定する場合の重要な因子としてポンプの据付高さの検討がある。据付高さ決定の一例として湛水防除事業計画指針<sup>2)</sup>を引用するとつぎのように示されている。

- ① 機場敷高は一般的に低いほど経済的には有利であるが、ポンプ場に洪水が浸水し、排水不能に陥ることは許されない。したがって予想外の降雨があり湛水位が上昇したとしても浸水しないよう現況最高湛水位を勘案し

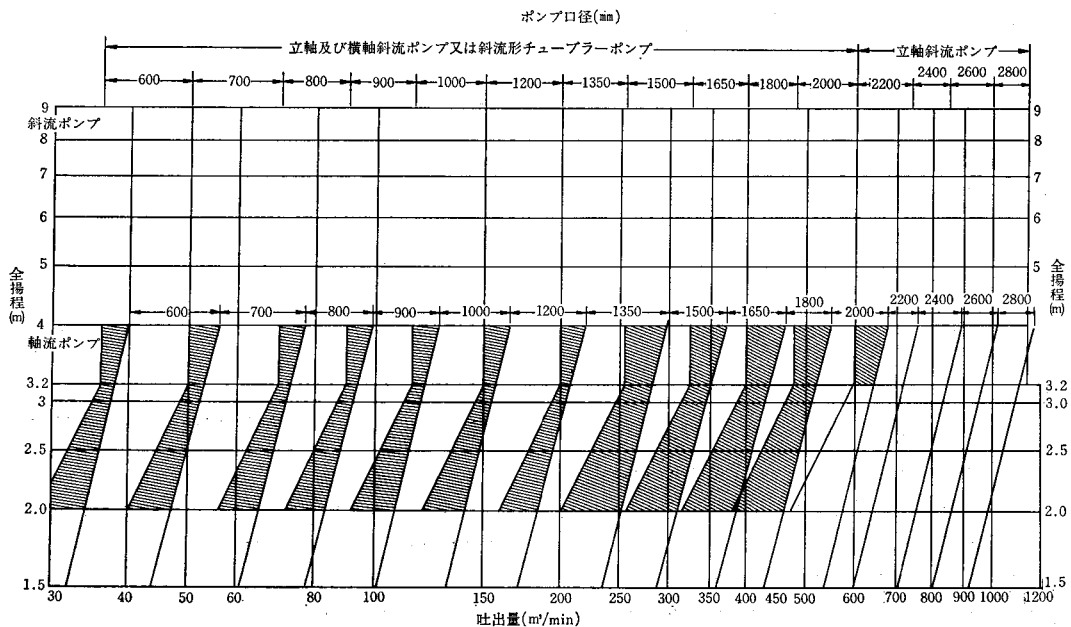


図-3 斜流と軸流ポンプの重複適用線図

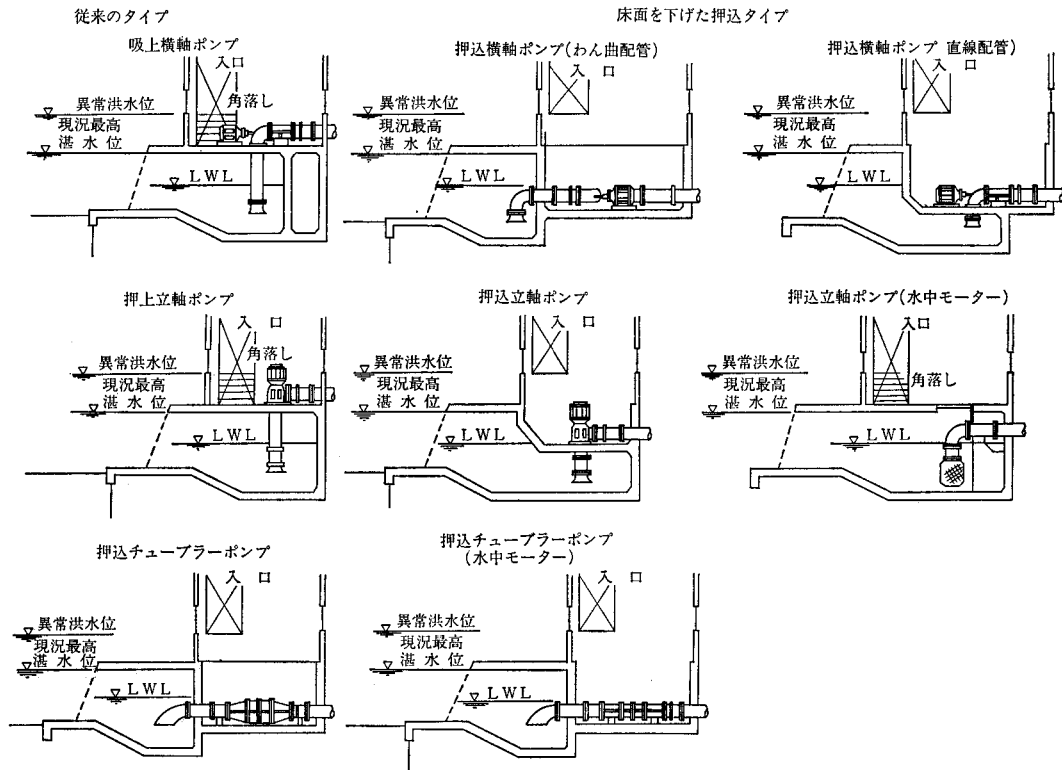


図4 ポンプの据付床面を変化させた各種のポンプ据付案

て敷高を決定する。

ただし、ポンプ型式により若干の差があるため、一応の目安としてつぎの値を用いるものとする。

横軸型式……床スラブ底面標高=現況最高湛水位 (m)

立軸型式……一床式：底面標高= 同上  
二床式：下面標高= 同上

チューブラー型式……スラブ上面標高=現況最高湛水位+1.00 (m)

② 湛水防除事業で設置するポンプ場の排水河川(海)の堤防は、必ずしも十分に整備されているとはいえない。そのため異常な洪水等にみまわれると堤防を溢水または決壊し、計画地域内に洪水が浸入することも考えられる。この異常洪水に対してもポンプ場内に洪水が侵入しないよう何らかの対策を講ずる必要がある。

この対応策とは、異常洪水時には機場入口を角落して浸水を防ぐとか、チューブラーポンプの場合は機場内排水機に予備電源を接続しておくことなどであろう。

以上の指針の内容は、一言でいうと「洪水の浸入によってポンプが排水不能になってはならない」ことを示しているものであり、洪水の浸入を許さない方法でポンプの据付床面を下げて別問題はないと考えられる。したがって、このポンプの据付床面の高さを変化させて、いろいろなポンプの据付案を検討してみると図4のとおりとなる。

りとなる。

すなわち横軸ポンプは、吸込管を水平にして平面で45°の湾曲配管とすれば原動機と連結できるため、チューブラーポンプと機能的に全く同じ押し込み横軸ポンプとなる。なお原動機(バルブを含む)に水中モーターを使用すると洪水時の浸水に対しても万全である。また、吸込管を最小限に縮め、土木的に変形吸水槽で対応しても横軸押し込ポンプとなる。

立軸ポンプはコラムを最小限に縮め、変形吸水槽で対応すると押し込立軸ポンプとなり、コラムが短くなった分だけ重量が軽くなり安価となってくる。また、立軸の場合は口径によっては水中モーターポンプが利用できる。

チューブラーポンプも、ファイナセラムなどのメカニカルシールや、減速機の技術進歩に伴い水中モーターが可能であるから、これを利用すると極めて理想的な排水ポンプとなる。

#### 4. 押し込タイプ横軸軸流ポンプの選定結果

以上の一般論に対して、昭和56年度に実施した県営湛水防除事業下小原地区(鹿児島県肝属郡串良町)の選定結果を述べてみる。この地区の計画諸元はつぎのとおりである。

排水量……6.50 m<sup>3</sup>/s (1台当り3.25 m<sup>3</sup>/s)  
全揚程……計画点1.80m (実揚程1.37m)

最高 2.28m  
最低 1.60m

4-1 計画地区の諸条件

① 排水条件

河川堤の改修が完成しており、建設省の排水樋管をポンプの吐出樋管として利用しなければならないこと。

受益面積89ha, 計画最大湛水面積39haで、これに対する計画運転水位は4.50mから5.04mであり、運転範囲が0.54mであること。

これらのことから、本地区の運転操作方法は内水位より河川水位が上昇したとき樋門を閉じてポンプを運転し、内水位より河川水位が下がったときポンプを停止して樋門を開ける。この操作を0.54mの範囲で繰返すこととなる。このため、水位検知によるON~OFFの自動運転が望まれる。

② 基礎条件

深さ23mの杭基礎となること。

冷却水は地下水利用以外に方法はないが、近傍の養魚場との地下水干渉の問題や、基礎杭と滞水層が

同じであるため、杭にネガティブフリクションの作用が考えられること。

これらの予測の難しい問題点があるため、冷却水や軸封水を必要としない機種・型式の選定が望まれる。

③ 環境・施工条件

特に制約条件はない。

4-2 ポンプ仕様の比較決定

以上のような諸条件をふまえると水理的には、すみやかな断続運転が可能であり、自動運転が容易にできること。機構的には、冷却水や軸封水を必要としないことの2点にしばられる。したがってまず一般的に6機種(表一に示す5機種と水中モーターポンプ)を比較し、最終的には土木構造まで含めてつぎの5案を比較検討した。

最終比較案

- ① 吸上タイプ横軸軸流 (ディーゼル機関駆動)
- ①' 同上 (電動機駆動)
- ② 押込タイプ横軸軸流 (ディーゼル機関駆動)
- ②' 同上 (電動機駆動)

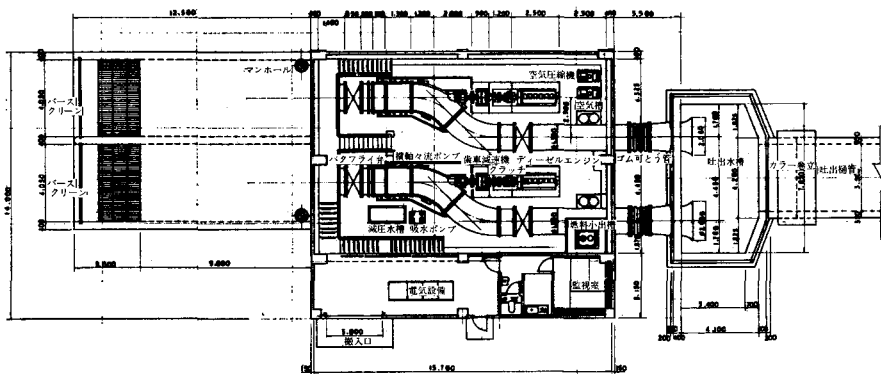
表一 ポンプ仕様選定の最終比較表

項 目	吸上方式横軸軸流ポンプ				押込方式横軸軸流ポンプ				チューブロー軸流ポンプ		
	①ディーゼル機関駆動	①電動機駆動	②ディーゼル機関駆動	②電動機駆動	③電動機駆動						
排 水 工 事	吸 水 槽	193m <sup>2</sup> 345m <sup>2</sup>	13,121	170m <sup>2</sup> 312m <sup>2</sup>	11,862	116m <sup>2</sup> 357m <sup>2</sup>	13,549	116m <sup>2</sup> 332m <sup>2</sup>	12,622	112m <sup>2</sup> 293m <sup>2</sup>	11,124
	上 屋	206m <sup>2</sup> 188m <sup>2</sup>	12,467	180m <sup>2</sup> 174m <sup>2</sup>	11,636	224m <sup>2</sup> 133m <sup>2</sup>	8,808	235m <sup>2</sup> 121m <sup>2</sup>	8,496	183m <sup>2</sup> 64m <sup>2</sup>	3,444
	吐 出 水 槽	os=210kg/m <sup>2</sup> 177m <sup>2</sup> os=160kg/m <sup>2</sup> 36m <sup>2</sup>	6,471	os=210kg/m <sup>2</sup> 177m <sup>2</sup> os=160kg/m <sup>2</sup> 36m <sup>2</sup>	6,471	os=210kg/m <sup>2</sup> 118m <sup>2</sup>	4,023	os=210kg/m <sup>2</sup> 118m <sup>2</sup>	4,023	os=210kg/m <sup>2</sup> 118m <sup>2</sup>	4,023
	基礎杭(吸水槽)	L=24m 37本	5,023	L=24m 33本	4,488	L=24m 31本	4,216	L=24m 29本	3,944	L=24m 23本	3,128
	基礎杭(吐出水槽)	L=22m 16本	2,064	L=22m 16本	2,064	L=24m 11本	1,496	L=24m 11本	1,496	L=24m 11本	1,496
	計	コンクリート710m <sup>2</sup> 杭 53本	39,146	コンクリート663m <sup>2</sup> 杭 49本	36,521	コンクリート698m <sup>2</sup> 杭 42本	32,092	コンクリート572m <sup>2</sup> 杭 40本	30,581	コンクリート475m <sup>2</sup> 杭 44本	23,215
機 器 設 備	ポンプ本体	φ1350×2台	46,000	φ1350×2台	46,000	φ1350×2台	46,000	φ1350×2台	46,000	φ1350×2台	138,000
	配管設備	吸吐出鋼鉄管 ゴム可とう管×2 手動バタフライ弁×2 逆流防止弁×2	45,100	吸吐出鋼鉄管 ゴム可とう管 手動バタフライ弁 逆流防止弁	45,100	吸吐出鋼鉄管 電動バタフライ弁 ゴム可とう管	48,700	吸吐出鋼鉄管 電動バタフライ弁 ゴム可とう管	47,700	吸吐出鋼鉄管 電動バタフライ弁 ゴム可とう管	43,800
	原 動 機	150PS/900rpm 減速機 クラッチ	35,200	90kw/8P/900rpm 減速機	12,400	150PS/900rpm 減速機(遊星歯車) クラッチ	35,200	90kw/8P/900rpm 減速機(遊星歯車)	12,400	—	—
	電 気 設 備	ポンプ盤 補機盤	13,000	引込盤 受電盤 変圧器盤 主ポンプ盤 補機盤	27,100	主ポンプ盤 補機盤	12,300	引込盤 受電盤 変圧器盤 主ポンプ盤 補機盤	25,580	引込盤 受電盤 変圧器盤 主ポンプ盤 補機盤	25,580
	補 気 設 備	換気扇 水位計 燃料移送ポンプ 燃料小出槽 地下燃料タンク 空気槽 空気圧縮機 真空ポンプ 補水槽 給水ポンプ	8,518	換気扇 水位計 真空ポンプ 補水槽 給水ポンプ	3,612	換気扇 水位計 燃料移送ポンプ 燃料小出槽 地下燃料タンク 空気槽 空気圧縮機 真空ポンプ 補水槽 給水ポンプ	7,618	換気扇 室内排水ポンプ 水位計	1,612	換気扇 室内排水ポンプ 水位計	1,612
	据付配管その他		66,200		61,300		66,200		58,450		51,400
費 用	計	214,018	100	195,512	91	216,018	101	191,742	90	260,392	122
	合 計	253,164	100	232,033	92	248,110	98	222,323	88	283,607	112
運 転 経 費	主 燃 料 費	1,050	—	—	—	1,050	—	—	—	—	—
	油 脂 其 他	105	—	—	—	105	—	—	—	—	—
	電 力 料 金	210	—	869	—	210	—	857	—	857	—
	運 転 ・ 労 務 費	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	計	1,365	—	869	—	1,365	—	857	—	857	—
		100	64	100	63	100	63	100	63	63	

(注) 昭和56年度単価、積上げである。



平面図



断面図

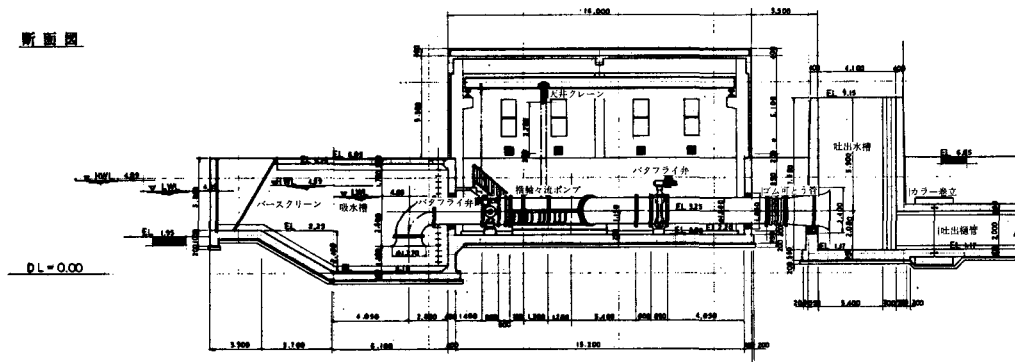


図-5(3) 押込タイプ横軸流ポンプ (ディーゼル駆動)

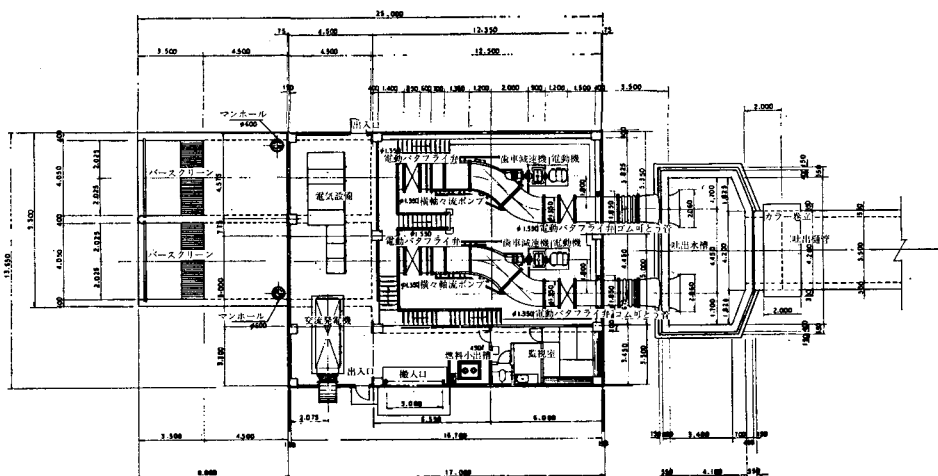


図-5(4)-イ 押込タイプ横軸流ポンプ (電動機駆動)

③ 押込タイプチューブラ  
この結果機場スペースの小さくなる 電動機駆動の②'  
案を最妥当案として決定した。

最終決定ポンプ仕様

機種・型式……押入タイプ横軸流ポンプ

口径・台数……1,350mm×2台

原動機の種類…電動機, 90KW×2台

なお, 比較結果はつぎに示す表-1, 図-5(1)~図-5(5)を参照されたい。

### 5. あとがき

鹿児島県における排水ポンプを必要とする地域の特徴



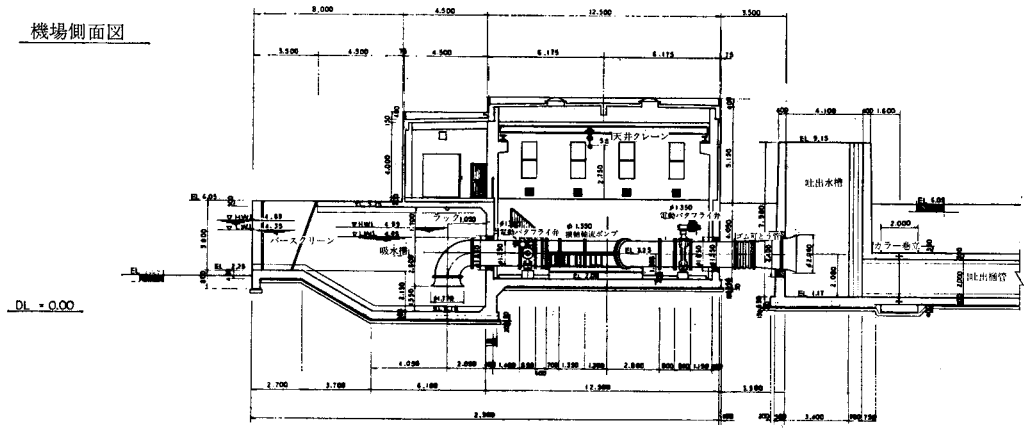


図-5(4) 一口 押込タイプ横軸軸流ポンプ (電動機駆動)

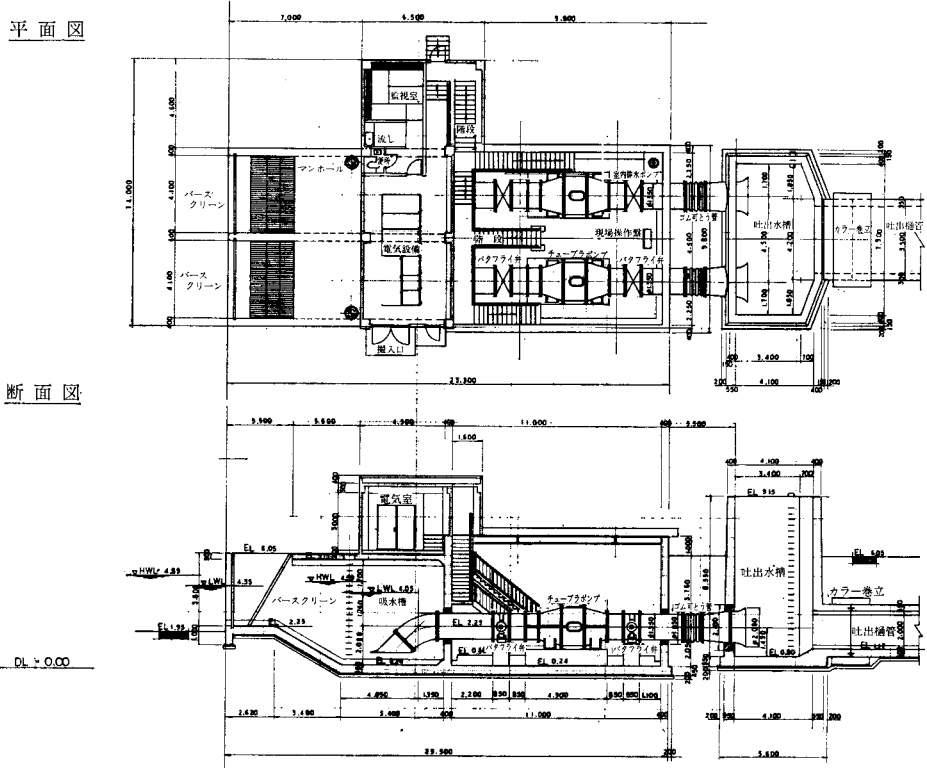


図-5(5) チューブラポンプ

は、およそつぎのとおりである。

① 小規模な地域が分散し独立している。この規模は受益面積にして40ha~300ha程度で、100ha未満が大部分である。

② 湛水被害は、梅雨期と台風時における排水河川の洪水位と、その高水継続によって発生する地域が多い。この河川も川内川（ダムによる洪水調節河川）を除いては洪水流出は早く、湛水時間もおおむね40時間程度でそ

う長くはない。

③ 地域が小規模なため、湛水地域は各地に分散し、排水機場はさらにその低位部にあり、市街地や集落からかなり離れた位置にある。このため冷却水や軸封水は地下水に頼らざるを得ないが、これも滞水層が浅く、塩水の浸入などもあって採水困難な所が多い。

④ このように小規模・分散型であるから管理体制も非効率的なものとなり、専従者の確保も困難である。

したがって、ポンプ仕様の選定も以上のような条件が各地区の問題点となるため、標準的なタイプがその地域に最も適合するかどうかは疑問がある。そこで鹿児島県としては

① ポンプの機能（構造・性能・耐用年数）が求められる一定の水準以上であれば、経済的に有利な機種・型式を採用する。

② ポンプの機能および経済性が同等であれば、操作および維持管理上有利なものを採用する。

以上の2点をポンプ選定の基本原則として、地域の立地条件に最も適合するように比較検討し選定することを進めている。

すでに、この押込タイプ横軸軸流ポンプは、ここで紹介した下小原地区をはじめとして4地区、また小規模な地区では立軸軸流水中モーターポンプも採用している。さらに排水対策特別事業など整備水準を無湛水とする地区では、口径の大きな押込タイプ横軸軸流ポンプと口径の小さい立軸水中モーターポンプを組合せ配置して、降雨流出のハイドログラフに近似するような運転計画を樹立している地区もある。

ここで問題となるのは、原動機を電動機使用としてい

るための停電時の対策である。現在排水対策特別事業では水田利用再編対策の一環という事業の性格から、畑作物の湛水被害防止のため、電源故障に備え、電動機と必要最少限の予備発電機との併用が認められ事業実施しているが、湛水防除事業においては認められていない。

特に、鹿児島県においては、台風の通過頻度が高く、電源故障発生の実績が多い。このため地区の高位部に畑利用を計画しても停電中の水位上昇により湛水区域が増大し畑作物被害は免れない。このように電動機使用とした場合、停電時対策が今後の大きな検討課題である。

このように、排水ポンプはメカニカルな技術進歩は著しいものの、これを排水システムとして、ひとつの排水系の中で有効に利用する手法は今後の課題であると思う。本稿は排水対策を必要とする地域のニーズに視点を合せ、これに対するポンプ仕様を選定した一例として試案を述べ、皆様のご批判を仰ぐものである。

#### 参考文献

- 1) エバラポンプ便覧（荏原製作所編）
- 2) 湛水防除事業計画指針および湛水防除事業関係資料（農林水産省構造改善局編）

# 総 合 建 設 業



## 株式会社 阿 川 建 設

代表取締役 及 川 健 太 郎

本 社 宮城県登米郡東和町米川字町裏58 TEL(5)2311(代)  
佐沼営業所 宮城県登米郡迫町佐沼字末広82 TEL(2)2428(代)

# 圧気推進工法による送水管布設について

——国鉄東海道本線横断部分の施工例——

中川 吉弘\* 戸上 訓正\* 久保田正一\*

## 目 次

1. まえがき……………(54)	5. 工法の検討……………(58)
2. 日野川農業水利事業の概要……………(54)	6. 補助工法の検討……………(58)
3. 工事概要……………(55)	7. 施工……………(59)
4. 地質条件及び施工制約条件……………(58)	8. あとがき……………(65)

### 1. まえがき

第1号送水管路は、日野川農業水利事業の主要工事の一つで、4,610haの農地に琵琶湖から農業用水を送水するための施設であり、昭和49年度に事業に着手して以来、琵琶湖沿岸に設置される第1段揚水機場側から日野川上流部に向って工事を順次実施している。第1段揚水機場から8.1kmの地点にあり、第1号送水管路(全長16.3km)のほぼ中間点にあたる国鉄東海道本線横断部分20mについては、列車運行の確保、土質条件、送水管の規模(口径 $\phi$ 1,650mm及び $\phi$ 1,100mmの2条)等を勘案し、補助工法としてパイプーフ工法を採用した圧気推進工法により工事を実施したもので、以下にその概要を報告するものである。

### 2. 日野川農業水利事業の概要

本事業の受益地は、滋賀県湖東平野の南部に位置し、関係市町村は、東から蒲生郡日野町、蒲生町、竜王町、近江八幡市の1市3町である。

本事業は、受益地内の水田5,300haに対し既存水利施設の整理統合を行うほか、新規水源を確保することによって用水不足を解消すると共に、関連事業によりは場の

凡	例
	水田受益
	畑かん
	ダム
	頭首工
	揚水機
	水路

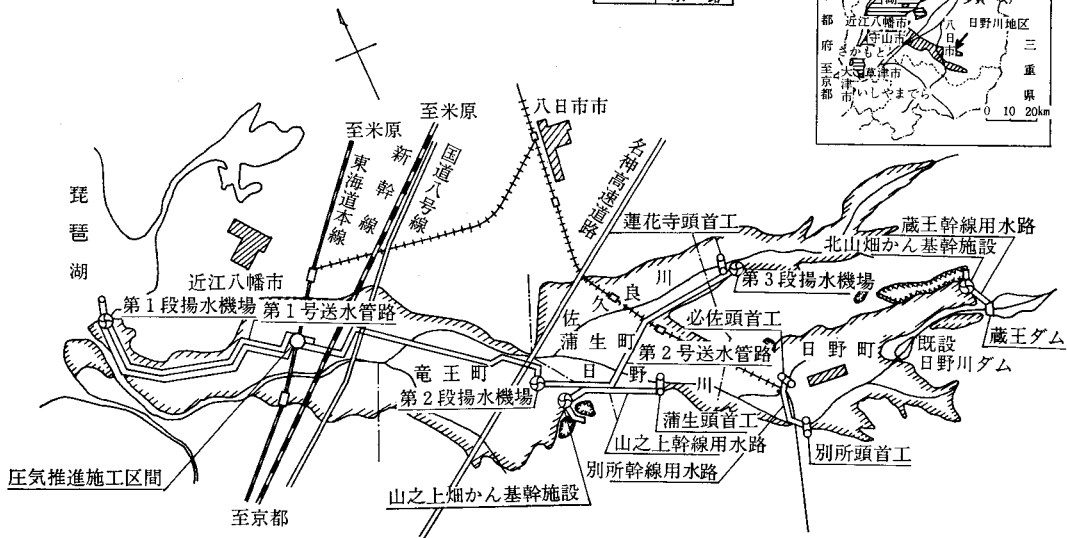
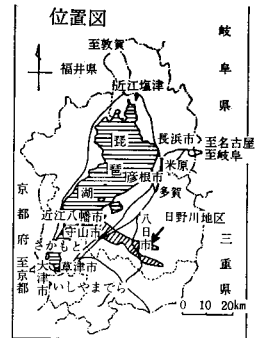


図-1 国営日野川農業水利事業概要

\* 近畿農政局日野川農業水利事業所

整備を行い、収益性の高い近代農業経営を可能にしようとするものである。また、既成畑 248ha については、散水かんがいを行うことにより、畑作経営の安定を図るものである。

このため水源施設としては、旧井堰を 9 か所（国営 4 か所、県営 5 か所）に整理統合し、1 万  $m^3$  以上の既存ため池を存続して水資源を有効利用するほか、新たに日野川本川に蔵王ダム（有効貯水量 460 万  $m^3$ ）を建設し、また、蔵王ダム掛以外の用水不足地域については、琵琶湖からポンプにより送水する計画としている。

琵琶湖用水掛は、全用水を琵琶湖に求める近江八幡市内の全受益地（管網系地域）と、河川水だけでは用水がまかなえず不足水を琵琶湖に依存する受益地（多段系地域）とに分けられる。すなわち、管網系地域へは、第 1 段揚水機場に掘付けた 3 台のポンプにより、最大 3,492  $m^3/s$  を供給する。また、多段系地域へは、同機場に掘付ける 3 台のポンプにより最大 3,813  $m^3/s$  を補給するもの

である。

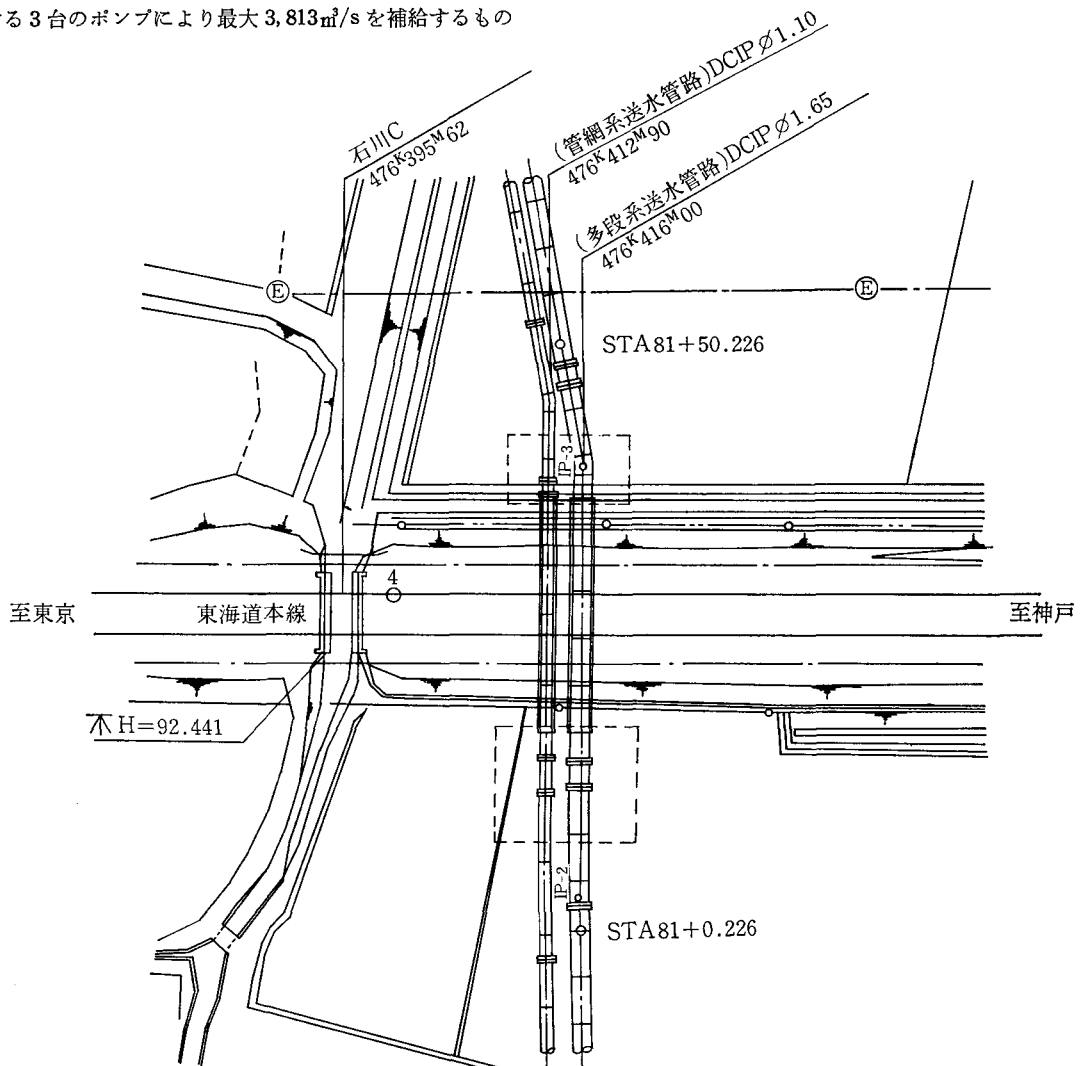
本工事を施行した第 1 号送水管路は、第 1 段揚水機場から第 2 段揚水機場までの多段系送水管路と管網系送水管路の 2 条から成っている。

### 3. 工事概要

工事の概要は次のとおりである。

- 1) 工事名 日野川農業水利事業第 1 号送水管路桐原 4 工区工事
- 2) 工事場所 滋賀県近江八幡市中小森町地内
- 3) 施工期間 昭和 56 年 7 月～昭和 57 年 3 月
- 4) 施工延長
  - ① 多段系； $\phi 1,650mm$ ， $L=459.7m$ 。

内訳は、ダクタイル 鋳鉄管， $L=136.6m$ ，（うち推進区間， $L=20.0m$ ），鋼管（ $t=13mm$ ） $L=323.1m$  であり、



図一 2-1 施工位置平面図

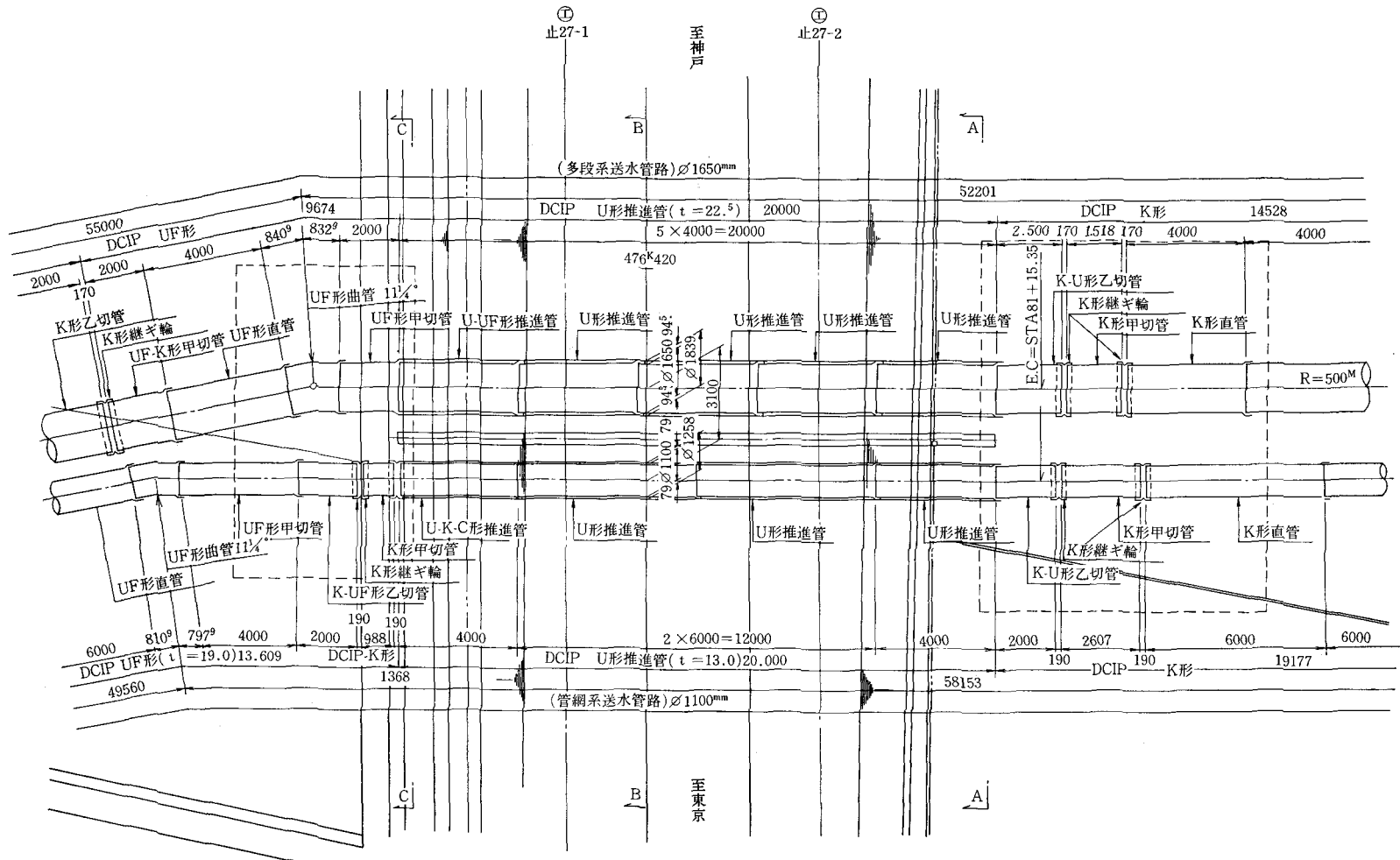
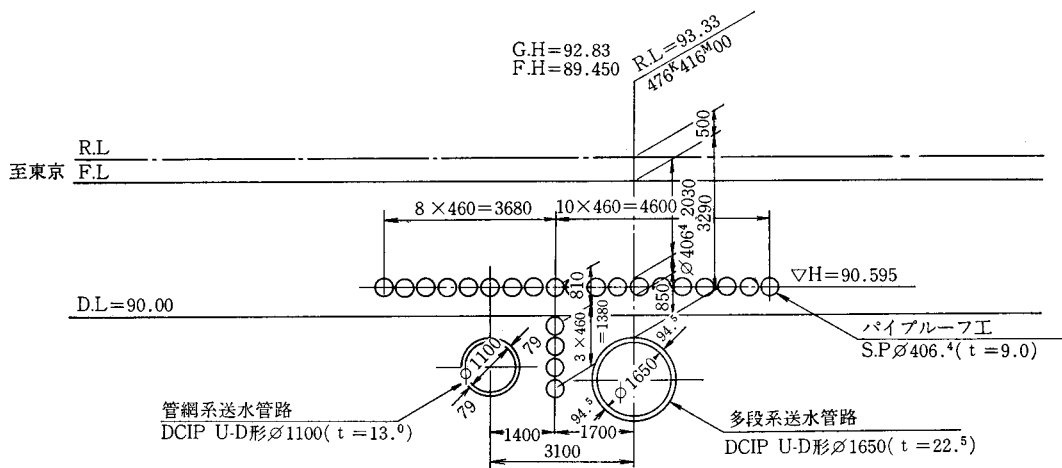


図-2-2 推進区間平面図





図—2—4 推進区間 B—B 断面

最大通水量は、 $3,813 \text{ m}^3/\text{s}$  である。

②管網系； $\phi 1,100 \text{ mm}$ ， $L=463.8 \text{ m}$

内訳は、ダクタイル鋳鉄管， $L=132.6 \text{ m}$ ，（うち推進区間， $L=20.0 \text{ m}$ ）鋼管（ $t=9 \text{ mm}$ ） $L=331.2 \text{ m}$ であり、最大通水量は、 $1,520 \text{ m}^3/\text{s}$  である。

5)補助工法 パイプルーフ， $\phi 400 \text{ mm}$ ， $t=9 \text{ mm}$ 鋼管  $l=20 \text{ m}$ ，23本，総延長  $L=460 \text{ m}$

#### 4. 地質条件及び施工制約条件

地質条件及び施工制約条件は次のとおりで、6)～9)は国鉄との施工協議により付された条件である。

- 1) 地質は、概ね古生層及び琵琶湖層群の沖積層から構成され、粘性土、砂質シルト、砂及び砂礫層から成る（図2—3参照）。
- 2) N値は、5以下である。
- 3) 地下水位は、田面から0.2～0.6m程度である。
- 4) 透水係数は、 $k=1 \times 10^{-4} \sim 1 \times 10^{-5}$ である。
- 5) 1日の列車通過本数は、約300本であり、間隔は平均5分である。
- 6) 補助工法のパイプルーフ施行は昼間作業とする。
- 7) 圧気推進作業に際しては、昼間作業のみでは圧気室を到達孔まで推進しない段階で作業が中断され、路床部分に不等沈下が生じ列車運行に支障を来す恐れがあるため、昼夜作業とする。
- 8) 矢板打込、引抜き時の列車防護及び事故防止のため、矢板は2枚継ぎ打ち工法とする。
- 9) 外気温度が $25^\circ\text{C}$ 以上の場合、レール温度が $40^\circ\text{C}$ 以上となっており、圧気推進に伴うレールの変形を防ぐため、作業は外気温度が $25^\circ\text{C}$ 以下の場合に行う。このため、施工は10月から行った。

#### 5. 工法の検討

軌道下への管路の埋設施工方法としては、工事桁を使

用しての開削工法や管推進工法等が考えられるが、前述のように1日約300本の列車が通過する東海道本線における施工という事情を考慮すれば、線路閉鎖工事及び徐行運転を伴う開削工法は困難なため、列車運行に影響の少ない管推進工法を採用した。

管推進工法としては、次の工法が一般的であり、比較検討を行った結果、推進機製作上の制約及び経済性から刃口元押推進工法を選定した。

##### 1) セミシールド工法

シールド機により掘進するため、管自体の推進抵抗が少く、操向性に富み、周囲に対する影響が少ない。しかし、シールド機を製作しなければならず、施工規模に比して割高になる。また、シールド機の型式は、閉そく型とし、掘削方法としては、手掘式と機械式があるが圧気することを考慮すれば作業効率、安全性で機械式が優れているものの、本工事の管網系送水管（ $\phi 1,100 \text{ mm}$ ）のような小口径管では施工が難しい。

##### 2) シールド工法

組立セグメントを使用するため、本工事のような小口径管には適さない。

##### 3) 刃口元押推進工法

最も一般的な工法であり、本工事の施工規模に適しているが、軟弱地盤で地下水位が高く、しかも軌道下という施工条件を考慮すると、刃口の形状をたな板式にして、圧気しなければならず作業能率が多少低下する。しかし施工性から特に管網系は $\phi 1,100 \text{ mm}$ と小口径なため本工法を採用した。

#### 6. 補助工法の検討

補助工法については、次の3工法の比較検討を行った。

##### 1) 地下水位低下工法

本工事区間は、東海道本線の盛土部（幅15m、盛土高

表一 パイプルーフ工法と薬液注入工法の比較

項目	各案	A1	A2	A3	B1	B2	B3
推進管延長	多段系(φ1650)	19.0 <sup>m</sup>	左記と同じ	左記と同じ	左記と同じ	左記と同じ	左記と同じ
管網系	管網系(φ1100)	19.0 <sup>m</sup>	左記と同じ	左記と同じ	左記と同じ	左記と同じ	左記と同じ
管延長	多段系(φ1650)	20.0 <sup>m</sup>	左記と同じ	24.0 <sup>m</sup>	20.0 <sup>m</sup>	左記と同じ	24.0 <sup>m</sup>
管網系	管網系(φ1100)	22.0 <sup>m</sup>	左記と同じ	24.0 <sup>m</sup>	22.0 <sup>m</sup>	左記と同じ	24.0 <sup>m</sup>
縦断面		左記と同じ			左記と同じ		
横断面		左記と同じ			左記と同じ		
管種	本管	U形ダクタイル推進管 φ1650 t=22.5 U形ダクタイル推進管 φ1100 t=13.0	重層推進鋼管 φ1650 t=14.0 重層推進鋼管 φ1100 t=11.1	鋼管 φ1650 t=13.0 鋼管 φ1100 t=9.0	U形ダクタイル推進管 φ1650 t=22.5 U形ダクタイル推進管 φ1100 t=13.0	重層推進鋼管 φ1650 t=14.0 重層推進鋼管 φ1100 t=11.1	鋼管 φ1650 t=13.0 鋼管 φ1100 t=9.0
	サヤ管	多段系 管網系		推進用鉄筋コンクリート管 φ2000(大鉄II形) 推進用鉄筋コンクリート管 φ1500(大鉄I形)			推進用鉄筋コンクリート管 φ2000(大鉄II形) 推進用鉄筋コンクリート管 φ1500(大鉄I形)
推進工法	刃口元押推進工法 (圧気工法)	左記と同じ	左記と同じ	左記と同じ	左記と同じ	左記と同じ	左記と同じ
補助工法	パイプルーフ工 (SPφ400×23本)	左記と同じ	左記と同じ	薬液注入工法 (二重管ダブルバッカー工法)	左記と同じ	左記と同じ	左記と同じ
立坑	発進立坑(矢板掘り)	W12.4×L9.6×H4.5	左記と同じ	W13.2×L9.6×H5.0	W8.4×L9.6×H6.2	左記と同じ	W10.0×L9.6×H7.8
	到達立坑(一ヶ)	W10.4×L6.0×H4.3	左記と同じ	W11.2×L6.0×H4.6	W8.4×L6.0×H6.0	左記と同じ	W10.0×L6.0×H7.4
付帯工	電食防止設備(小)	電食防止設備(大)	電食防止設備(大)	電食防止設備(大)	電食防止設備(小)	電食防止設備(大)	電食防止設備(大)
工期	9ヶ月	9.5ヶ月	11ヶ月	10ヶ月	10.5ヶ月	13ヶ月	
工事費	100. <sup>0</sup>	101. <sup>5</sup>	117. <sup>2</sup>	110. <sup>3</sup>	117. <sup>6</sup>	174. <sup>1</sup>	
比較	経済性	A	B	D	C	E	F
	施工性	A	C	B	D	F	E
	耐用性	B	C	A	E	F	D
	総合性	A	C	B	D	F	E

1.5m)であり、周辺の土質は軟弱な粘性土が主体である。このため、地下水位を低下させると圧密沈下を起こす恐れがあり、本工事には適さない。また、国鉄との施工協議に際しても、軌道から100m以内の送水管埋設に当たっては地下水位低下工法によらず、矢板工法により掘削を行うよう条件が付けられている。

## 2) 薬液注入工法

土被りを深くすればこの工法は地盤改良に良いと思われるが、粘性土で透水係数が $1 \times 10^{-4} \sim 1 \times 10^{-5}$ という条件のため、薬液注入の効果はあまり期待できない。また、圧力をあげれば線路等が浮きあがる恐れもある。

## 3) パイプルーフ工法

本工法は、小口径の鋼管(φ300mm~φ600mm)を多数水平に圧入し、これによって一種の地中壁を構築して上部構造物への工事の影響を防止するものである。また、圧入方法は、水平オーガー掘削圧入機によりオーガーで掘削しながら鋼管を圧入するので、地山に与える影響が小さいため、重要構造物の防護工として適している。

上記の3工法についての検討に基づき、さらにパイプルーフ工法と薬液注入工法との比較(表一参照)を行った結果、パイプルーフ工法のA<sub>1</sub>の案を採用した。なお、パイプルーフ工法のパイプジョイントには特許があり積算に留意する必要がある。

## 7. 施工

### 1) 立坑

#### ① 発進立坑

発進立坑の規模は、推進機械の長さ、推進管の長さ及び推進機械のストローク長により決まる。本工事では、パイプルーフ(鋼管、φ406.4mm、4mもの2本及び6mもの2本を交互に溶接して $l=20m$ とする。)の長さ及びパイプルーフ推進用プレスボーリング機(推力120t)により規模を決定し、幅12.4m×長さ9.6mとした。(図3-1及び3-2参照)

鋼矢板はⅢ型  $L=9.0m$  ( $l_1=5.0m$ と $l_2=4.0m$ の2枚継)を使用し、バックホウ(0.7<sup>m</sup>級)により立坑の掘削を行った。

#### ② 到達立坑

到達立坑の規模は刃口の取出し等から、12.4m×6.0mの大きさに決定した。(図4-1、2参照)

### 2) パイプルーフ工法

パイプルーフは、鋼管(STK-41、φ406.4mm、 $t=9mm$ )を図2-4の様な配置で施工した。なお、土被りは表一1の比較により決定した。横断面には国鉄通信ケーブルが埋設されており、パイプルーフとの間隔が0.6~0.7mしかなく、パイプルーフによる切断損傷の恐れがあるので人力掘削によりケーブルを掘り出し0.5m程上へ引きあげ、パイプルーフ施工後元に戻した。

パイプルーフの推進にはKA-MO機を使用し、4.0m、6.0m、4.0m、6.0mの順に溶接して1本目を施行し、次のパイプルーフは6.0m、4.0m、6.0m、4.0mと交互に溶接ジョイントが行くよう施工した。パイプルーフ工の最下段部の施工のため、矢板切断を行ったのであるが、土質条件が調査ボーリング結果と多少異っており、地下水



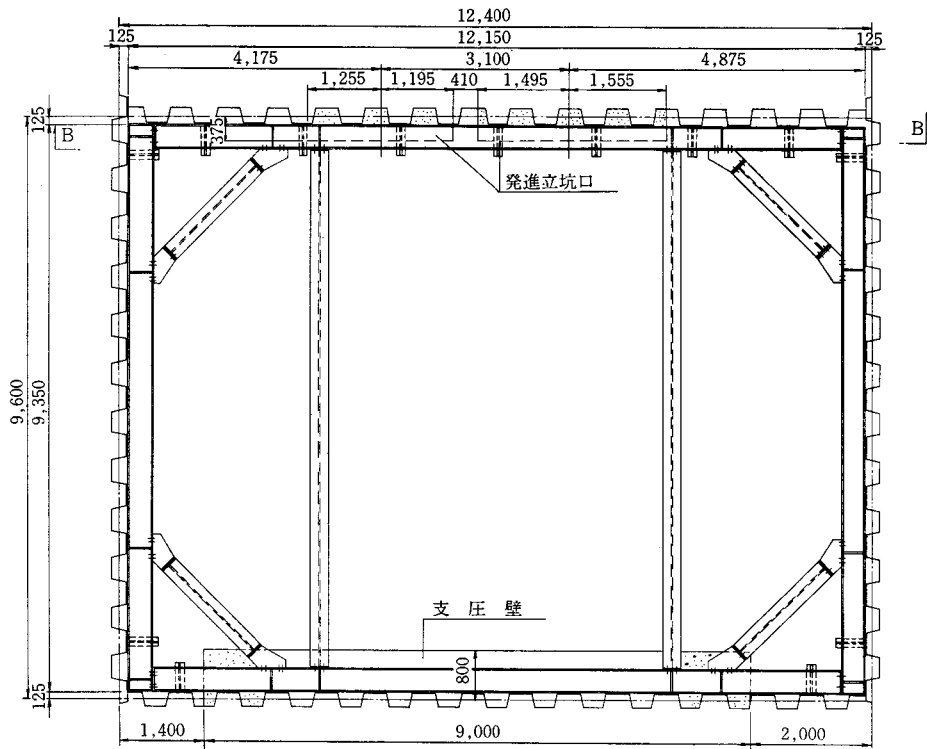


図-3-1 発進立坑平面図

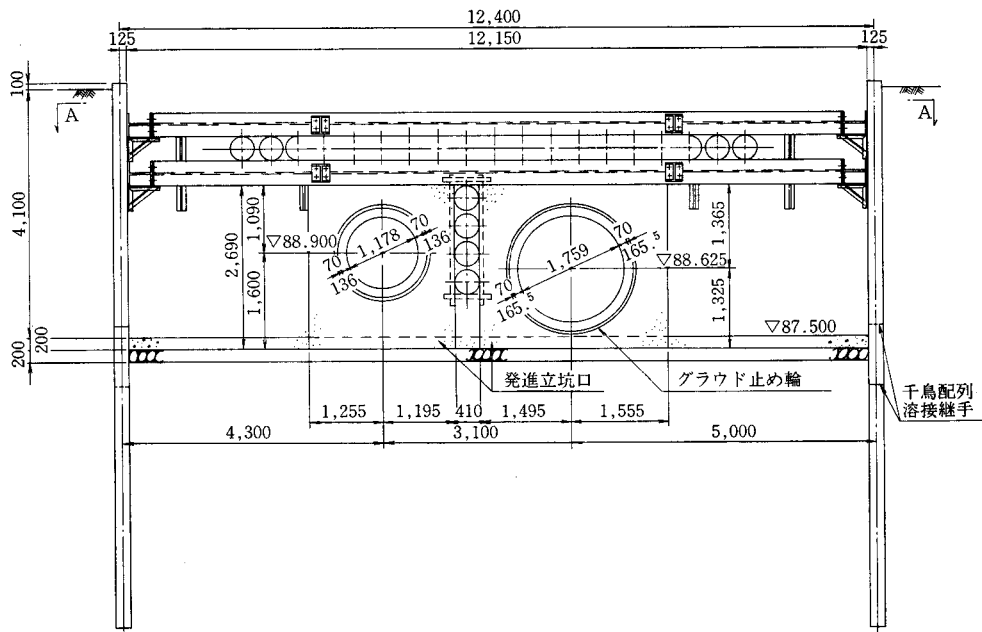
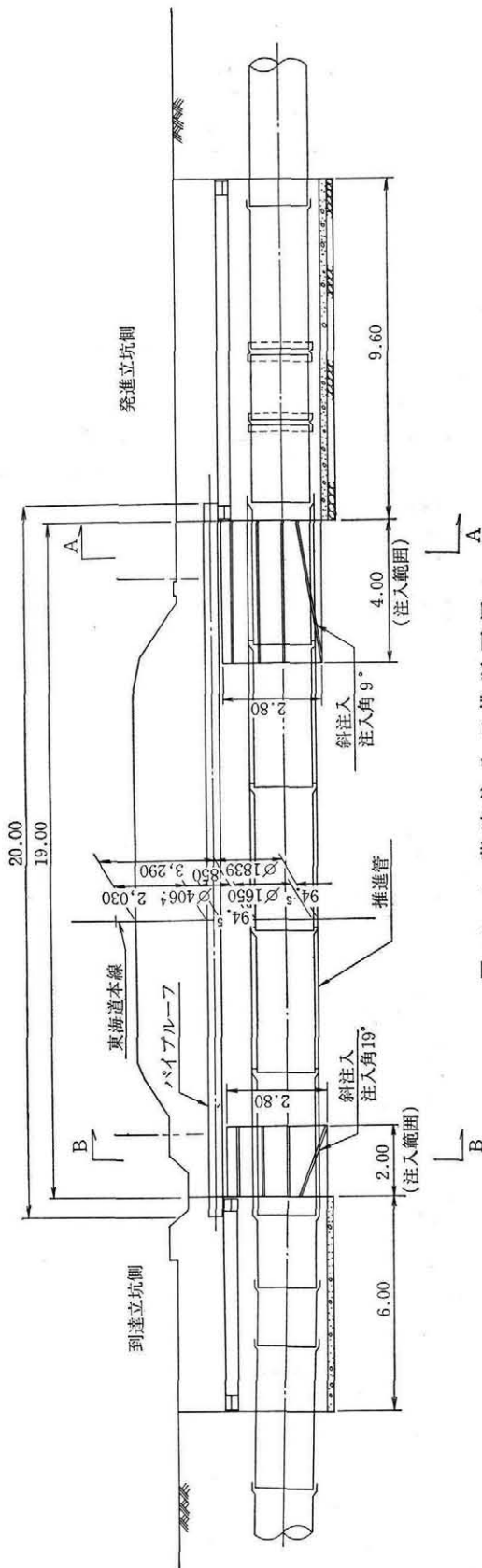
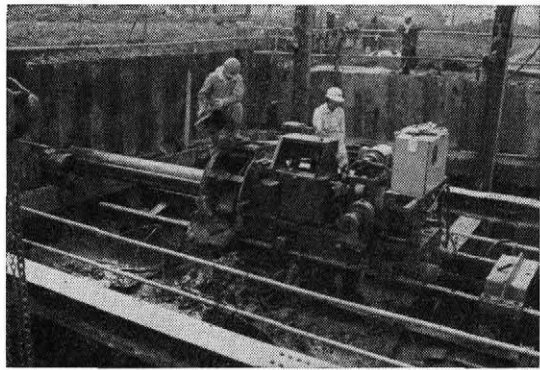


図-3-2 発進立坑断面図





図一5-1 薬液注入工断面図



写真一1 パイプルーフ（2本目、表一2のパイプ番号9）推進作業

と共に砂質シルト系の土砂が流出し、施工が困難なものとなった。（写真一1参照）このため、本管の圧気推進でも矢板切断時に多量の土砂の流出が予想され、このような土質では圧気のブローが考えられるので、発進部4m、到達部2mについて薬液注入を追加施工することとした。（図5-1～5-3参照）

また、推進完了後はパイプの中へモルタル注入を行い、パイプルーフ1本につき、セメント948kg、発泡剤7.8kg、計セメント21.8トン、発泡剤0.18トンを使用した。施行誤差については、次のとおりである。

- ① 高さの施工誤差（水平部パイプルーフ）  
高さの施工誤差は発進立坑側では0～+30mm、到達立坑側においては、-50mm～0の誤差を生じた。（表2-1及び2-2参照）
- ② センターの誤差（水平部パイプルーフ）  
センターの誤差は神戸側に20mm程度誤差を生じた。
- ③ 垂直部パイプルーフの誤差  
高さは20mm下り、センターにおいては水平部と同じく20mm程度神戸側に誤差を生じた。

### 3) 圧気推進工法

推進区間の延長は20mで、口径は、1,650mmと1,100mmの二条である。推進管は、φ1,650mm管については、U形ダクタイル、 $t=22.5\text{mm}$ 、2種管、 $L=4.0\text{m}$ のものを5本、φ1,100mm管についてはU形ダクタイル、 $t=13.0\text{mm}$ 、4種管、 $L=4.0\text{m}$ 、 $n=2$ 本、 $L=6.0\text{m}$ 、 $n=2$ 本のものを使用した。

刃口元押推進に使用したジャッキは、φ1,650mm管では推力100t×4本、φ1,100mm管では推力50t×4本である。

圧気設備としては、地下水位を考慮して最大圧力を0.3kg/cm<sup>2</sup>とした。

施工は、まずφ1,100mm管の推進を行い、次にφ1,650mm管の推進を行った（写真一2参照）。

薬液注入区間の切羽においては、注入効果が表れてお



表-2-2 水平部パイプルーフ施立誤差 (到達立坑側)

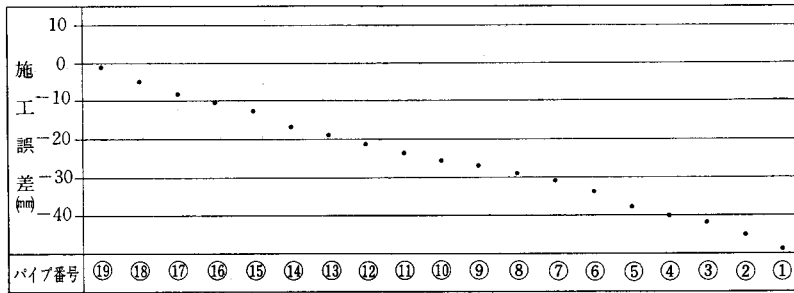


表-3-1 推進工施工管理図 (φ1650mm)

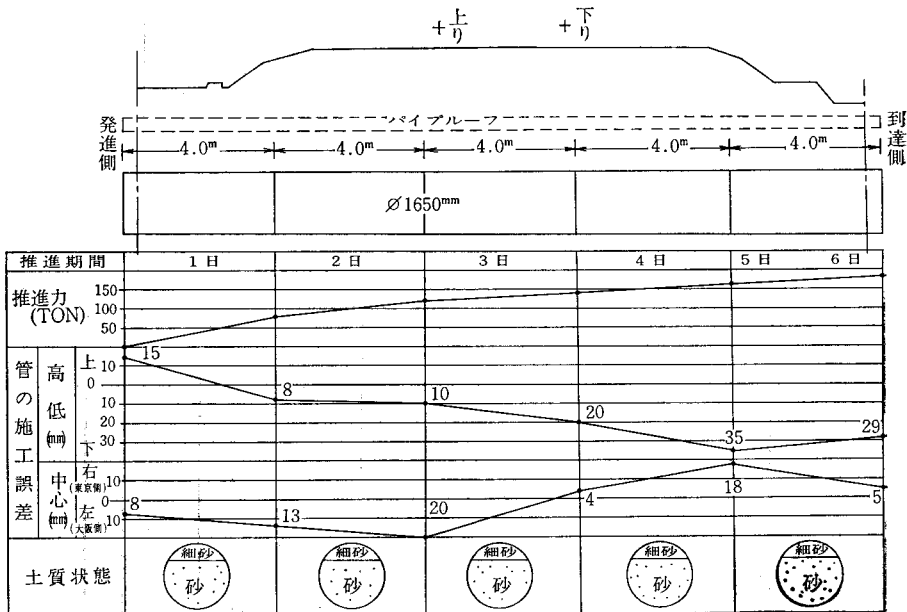
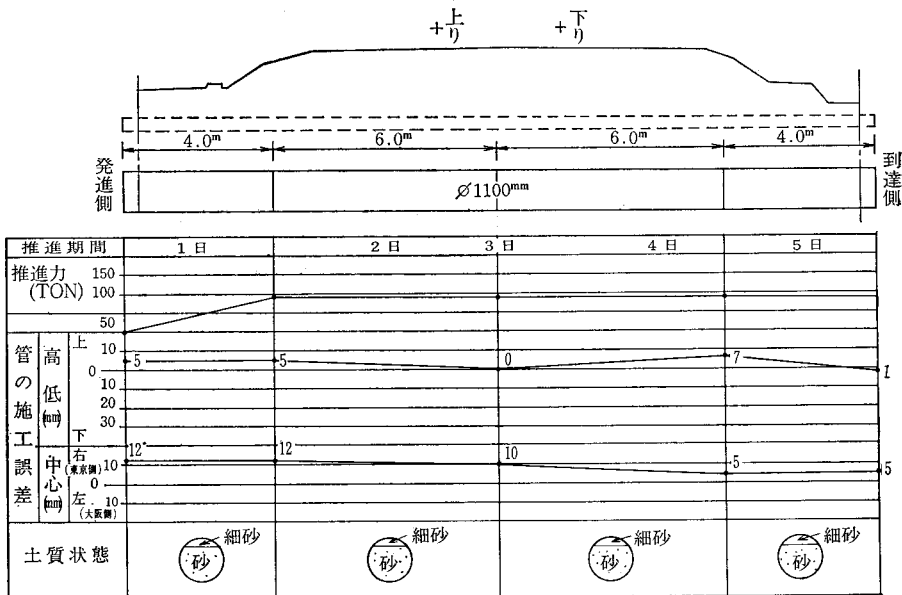
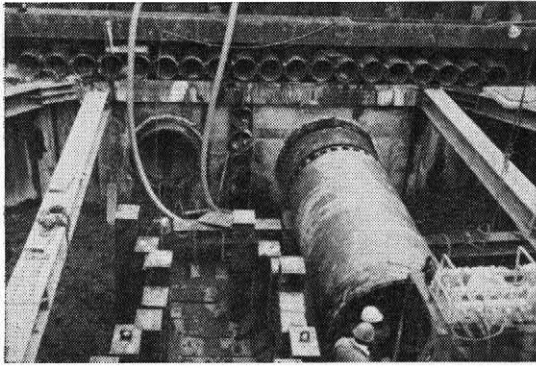


表-3-2 推進工施工管理図 (φ1100mm)





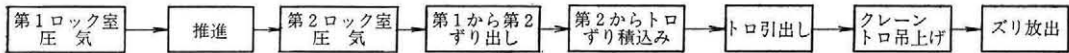
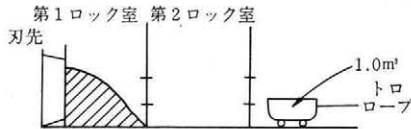
写真一 2 多段系送水管路(φ1650mm)圧気推進作業  
左側は管網系(φ1100mm)

り地下水が止まっていたが、注入していない区間については地下水浸透を防ぐため、圧力を $0.18\text{kg}/\text{cm}^2 \sim 0.2\text{kg}/\text{cm}^2$ とし、部分的には $0.3\text{kg}/\text{cm}^2$ とした。

推進力及び管の施工誤差は、表3-1、表3-2のとおりである。

#### ズリ出し方法

油圧ジャッキの1ストローク長さは50cmであるがロック室内での作業を考慮して2回に分けて、掘削、ズリ出



しを行った。

#### ジャッキ推力算定

ジャッキ推力の算定を行った結果 φ1,650mm は230 t, φ1,100mm は150 t となったが φ1,650mm 100 t ジャッキ 4 台, φ1,100mm 50 t ジャッキ 4 台と作業効率を考慮し決定した。

#### 8. あとがき

本工事を施工するに際しては、設計段階等で細心の注意を払っていたものの列車運行に影響が出ないかどうかの心配もあった。

しかし、レールの沈下は最大時でも 6.0mm と、国鉄の保線作業の範囲内で軌道修正を行うことができ、列車の運行には何ら支障なく無事工事を完了することができた。

施工前の協議に基づき、本区間の工事の際には施工監督に立会していただいた日本国有鉄道大阪鉄道管理局、草津保線区の方々を始めとして、本工事の設計、施工について御協力をいただいた関係者の皆様に深く感謝の意を表するものである。

# 大柿ダムの濁水処理について

道 久 義 美\* 亀 田 昌 彦\*  
金 蔵 法 義\*

## 目 次

1. はじめに.....(66)	5. 施設の運転管理.....(70)
2. 請戸川地区及び大柿ダムの概要.....(66)	6. 濁水処理の実績.....(71)
3. 濁水処理計画.....(67)	7. おわりに.....(71)
4. 施設の設計.....(68)	

### 1. はじめに

最近ではダム工事に限らず、トンネル工事等においても公害の対策が必要となってきた。特にダム工事の場合は、ダムサイトや採石場から発生する濁水を如何に処理して河川等に放流するかが重要な問題である。

この問題に対する法律上の体系は、昭和42年に施行された公害対策基本法の中で「国民は健康で文化的な生活を確保する上において、公害の防止が極めて重要である。」として大気汚染、水質汚濁、土壌汚濁、騒音等について規制を設けている。このうちの水質汚濁に係る環境基準には、人の健康の保護に関するものと、生活環境の保全に関するものとに大別され、更に後者は河川と海域に区分される。昭和45年には水質汚濁防止法が制定され、特定施設を設置する工場及び事業場から公共用水域に排水される水に対して排水基準が定められた。この排水基準は大別して総理府令による全国一律基準と、各都道府県による条例で、地域の自然的、社会的条件から判断して一律基準では充分でない認められる区域に定める上乗せ基準とがある。水質汚濁防止法施行令には、特定施設の中に建設業者の施設は含まれていないが、一般的には、規模の大きい建設業の工事施設についても、この法令に従って排水処理している。

ダム建設工事により発生する濁水の水質及び水量は、物理的条件等に支配されて一定ではないが、通常は、カドミウム、シアン等の有害物質による汚染は考えられない。一般には、水素イオン濃度 (pH)、生物化学的酸素要求量 (BOD<sub>5</sub>)、浮遊物質 (SS)、溶存酸素量 (DO) 等が問題となり、特殊工事を除き、ほとんどが pH、SSのみが対象となることが多い。

ダム工事の排水規制で問題になるのは、汚濁水の発生

源が工事場所の状況によっては、広い範囲にわたって分布しがちなことと、降雨による汚濁水を総て処理せざるを得ない場合に、非常に不経済となることである。このため、濁水処理の計画及び設計に当たっては、最も効果的に経済的な処理方法を選定することが必要であるが、ダム毎に現場条件が違われ、同一現場といえども、現場作業や気象等が時々刻々変化するなどのため、現時点では統一基準がない。従ってダムの濁水処理計画は先行したダムの実施例等を参考に計画設計をせざるを得ない現状である。

本文は今後の濁水処理を計画するための参考にと、東北農政局請戸川農業水利事業で施工中の大柿ダムにおける濁水処理の概要を紹介するものである。

### 2. 請戸川地区及び大柿ダムの概要

請戸川農業水利事業は、福島県浜通りに位置する相馬郡小高町、双葉郡浪江町及び双葉町の3町にまたがる水田約3500haの用水改良及び水利施設の合現化を目的として、昭和49年度から国営事業として発足したものである。

この事業の主要施設は、水源施設としての請戸川の大柿ダムと高瀬川の焼築頭首工並びに、28kmの幹線導水路である。

大柿ダムは、堤高84.5m、堤長262.0m、堤体積1,729千 $m^3$ 、有効貯水量17,300千 $m^3$ の中心コア型ロックフィルダムである。工事は昭和50～52年度に、仮排水トンネル及び国道114号線のバイパストンネル(将来は取水トンネルとして利用)を施工し、昭和53年度に大柿ダム工事を発注し現在に至っている。大柿ダムの本堤盛立は、昭和55年度から本格的に行われ、昭和57年6月現在堤高65mまで進んでおり、本年度中には完了する予定である。今後の工事としては、洪水吐のコンクリート工事、取水

\* 東北農政局請戸川農業水利事業所

施設、管理用道路工事及び施設機械関係が主体である。

### 3. 濁水処理計画

ダム工事において濁水処理を計画するには、まず工事により発生する濁水源を把握し、この濁水が水質基準に較べてどうか、処理の必要がある場合には、その処理方法をどうするか順に調査検討を進めているのが一般的である。

#### (1) ダム工事における濁水発生源

ダム工事における濁水の発生源は、各々のダムで異なるが、大別すると次のようなものがある。

- a. コンクリートプラント排水, b. 砕石生産における洗浄水, c. ボーリング, グラウチング使用水, d.

- 岩盤清掃水, e. コンクリート養生水, f. 一般清掃水, g. 雨水, h. モータープール清掃水, i. その他

#### (2) 調査

濁水処理設備の必要性、規模等を決めるためには次のような調査を行う必要がある。

- a. 濁水の放流水域調査, b. 排水基準に関する法規制等の調査, c. 濁水の性質の調査, d. 濁水処理施設設置位置の地形調査, e. その他調査

#### (3) 請戸川的环境基準

公害対策基本法に基づき、福島県では昭和48年3月の県公告により請戸川における基準は表-1のように指定されている。

#### (4) 濁水原水量の推定

大柿ダムの堤敷内からの濁水は、ボーリング、グラウチング使用水、岩盤清掃水、コンクリート養生水、雨水等があり、堤敷外からのものは、モータープール清掃水等があるが、一番問題になるのは、降雨量をどこまで処理するかである。一般に降雨時には、河川は濁り、河川水量は増大する。一方、工事現場は作業を中止するため、現場からの排水に濁りはあるが、セメントなどの影響は少なくなるため、濁水処理をすることは不経済となるばかりでなく、余り意義をもたなくなってくる。どの程度の降雨まで処理するかは、降雨のパターン、流域の

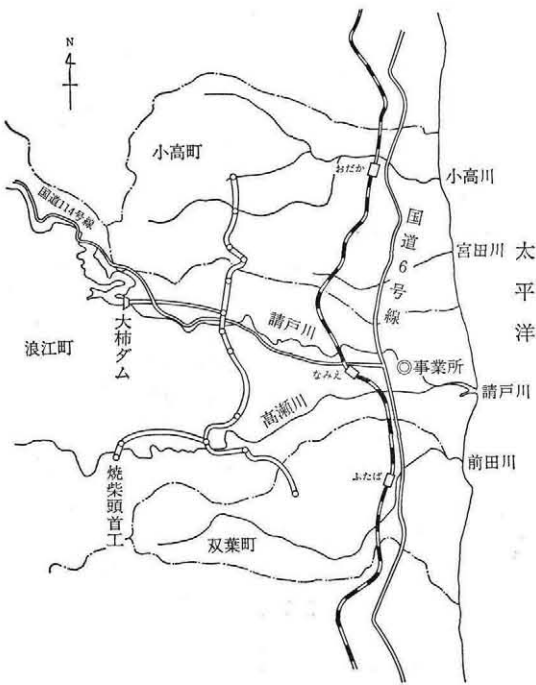


図-1 事業計画平面図

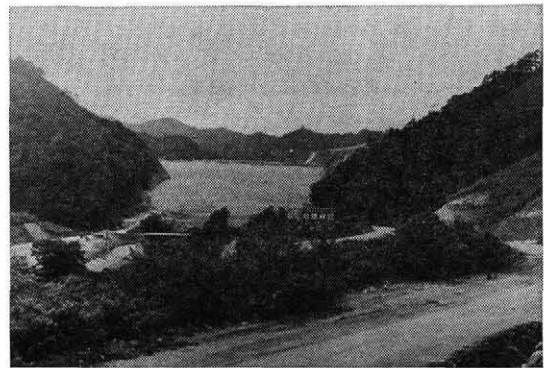


写真-1 大柿ダム

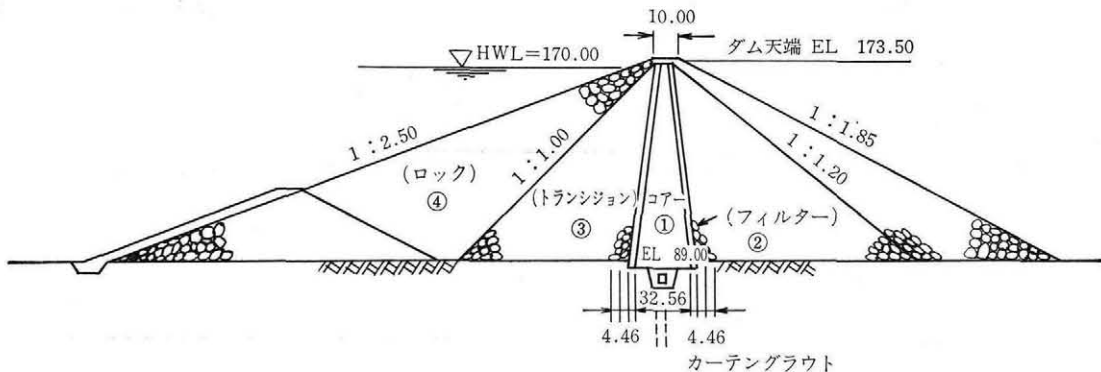


図-2 大柿ダム堤体標準断面図



表一 1 請戸川の環境基準

水域区分	類型	利用目的の適応性	基準値				備考	
			水素イオン濃度	生物化学的酸素要求量	浮遊物質	溶存酸素量		
			PH	BOD	SS	DO		
河川	A	水道2級 水産1級 水浴	6.5 ↓ 8.5	2ppm 以下	25ppm 以下	7.5ppm 以上	1,000以下	沈澱口過等による通常の浄水操作を行うもの。ヤマメ、イワナ等貧腐水性水域の水産生物用並に水産2.3級の水産生物用。

状態等、多種多様の現象があり、決め方が困難である。このため、大柿ダムでは、過去の同程度のダム実施例を参考に日雨量10mmまでを処理することで設備の設計を行った。日雨量10mmの流出量は、ダムサイト近傍の小流域でありその推定がむずかしい。そこで、ダムサイト上流の下津島観測所での過去の雨量データから、日雨量10mmの場合の時間降雨強度を求めた。本地区の場合は、時間降雨強度が概ね4mm以下となっているので、この値を採用した。また流出率については、小流域での小降雨を考慮し、近傍ダムでの施工実績(0.1~0.2)から0.2を採

用した。

故に、降雨による流量は、図一3の降雨の集水域(0.143km<sup>2</sup>)から次のように求められる。

$$Q = \frac{1}{3.6} \times 0.2 \times 4 \times 0.143 = 0.032 \text{ m}^3/\text{s} \approx 115 \text{ m}^3/\text{hr}$$

場内流出量は、各場内における掘削機械等で使用する水量を工事工程に合せた場内使用水工程表を作成し、これに使用水の重複率を掛けて算出した。計算の結果場内流出量は45m<sup>3</sup>/hrとなった。

(5) 原水濃度

原水濃度は、実測によるのが望ましいが、事前に当該ダムの原水濃度を測定するのは困難であるので、過去の近傍類似ダムの施工実績から推定することとした。大柿ダムの設計値は、通常日(降雨のない日)SS=8,000PPM, PH=11.0, 降雨日(降雨量0~10mm/day)SS=5,000 PPM PH=10.5とした。なお設計処理値は、(3)の請戸川の環境基準から決定した。

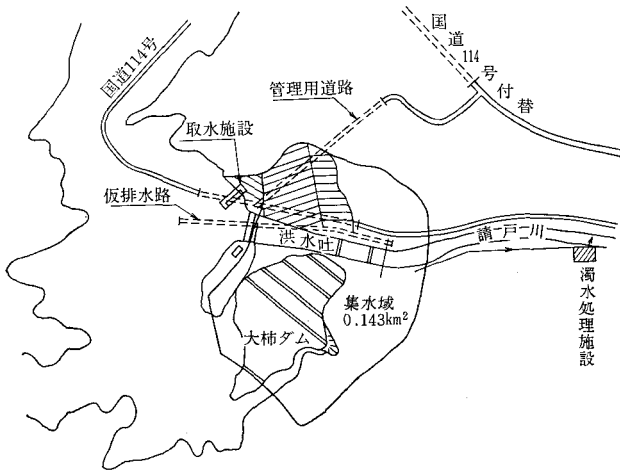
(6) 濁水処理計画

以上、検討した大柿ダムの濁水処理計画をまとめると表一2のとおりである。

4. 施設の設計

(1) 処理方法

濁水処理方法は、簡単なものから高度なものまで、種々の方法が考えられるが、その選定に



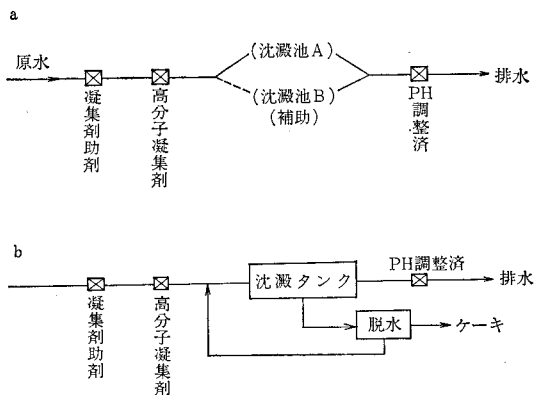
図一3 大柿ダム降雨の集水域

表一2 濁水処理計画

項目	摘要	区分		備考
		常時	降雨時	
原水	降雨 場内使用水 計	0m <sup>3</sup> /hr	115m <sup>3</sup> /hr	監査都内グラウチング使用水は降雨時にも加算 Q=0.28m <sup>3</sup> /min×0.5×60min=10m <sup>3</sup> /hr
		45	10	
		45	125	
原水濁度	SS PH	8,000ppm 11.0	5,000ppm 10.5	実測及び近傍類似ダムの実績値より決定。
		25ppm	放流河川の値と同程度	
処理基準	SS PH	6.5~8.5	6.5~8.5	福島県請戸川水系環境基準による。

表一 3 原水濁度と凝集剤注入基準

原 水		凝集剤注入量		備 考
PH	SS	無機凝集剤	有機凝集剤	
		低 ( $\text{pH} < 9.0$ 以下)	ppm 0~1,000	40
1,000~3,000	60		1.0	
3,000~5,000	80		1.1	
5,000~	100		1.2	
高 ( $\text{pH} > 9.0$ 以上)	0~1,000	50	1.5	
	1,000~3,000	70	1.6	
	3,000~5,000	90	1.7	
	5,000~	110	1.8	



注、SSが数千PPMの濁水进行处理が必要が想定される場合、簡易な自然沈澱池のみでは十分に処理できない。また十分な大きさの自然沈澱池がとれない場合、機械施設による処理が必要となる。

図一 4 濁水処理方法

当たっては、当該河川的环境基準、原水量、濁度、処理設備の用地、スラッジ（凝集泥土）の処理等を総合勘案しなければならない。一般的に用いられているものは、図一 4 に示すような方法である。

図一 4 の a, b の処理方法は、原水から排水までの水質改良は薬剤によるので、管理上万全を期すれば問題がないが、a と b ではスラッジの処理方法が異なるので、このための設備構造が変わる。a の場合は、沈澱池を設けて一旦沈澱させ、これをバキュームポンプ及びバキュームカーで運搬して処理することとなる。b の場合は、沈澱装置と脱水機を設備してスラッジの水分を30~40%まで改良し運搬処理する。

大柿ダムの場合は、敷地の関係で沈澱池として十分な大きさが取れないことから、b の方式を採用せざるを得ない。また、スラッジ処理は、ダム上流土捨場を使用する外は水没地内でもあり、二次公害防止の観点からも b の方式を採用することとした。

(2) SS 調整

ダム工事現場から発生する濁水のうち SS 処理は、前

述の図一 4 のとおり処理方法が 2 種類に大別される。SS 処理は、原水量、処理方法、沈澱池の規模等により異なるが、凝集剤を注入し原水中の浮遊物質を沈降させ、短時間に河川等に放流するものが一般的である。

大柿ダムにおける SS 処理は、図一 6 のとおり PH 処理槽において凝集補助剤を注入し、更に混合凝集槽において高分子凝集剤を注入することとしている。この場合、問題になるのは、凝集剤の最適薬注率であるが、当初は原水及び処理後の SS 値から薬注率を推定した。実際の SS 調整に当たっては、ダムの本格工事前の昭和54年3月に現場から採取した原水でジャーテストを行い、凝集剤の最適注入量と処理水トン当たりの薬量等を求めた。この結果は表一 3 のとおりである。なお SS の管理は、毎日 8 時と 14 時の 2 回定期観測を行い管理に万全を期している。

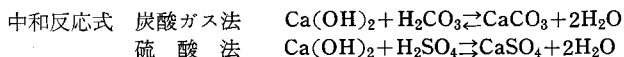
(3) pH 調整

ダム工事濁水のうち洗浄水等は、通常中性であり、SS 処理が主な問題であるが、ボーリング、グラウチング使用水等は、pH 10~13の強アルカリ廃水となり、処理が必要となる。

pH の調整方法には、アルカリ性廃水では酸性液法（塩酸、硫酸、硝酸を用いる方法）と炭酸ガス法等があ

表一 4 炭酸ガス法と硫酸法との比較

項 目	炭 酸 ガ ス 法	硫 酸 法
反 応 速 度	速い	遅い
中 和 剤 の 危 険 性	なし	危険
PH 制 御	通常必要なし	常に監視の要あり
注 入 量 と PH 値	PH値は 6.3 以下にならない	過不足注入により PH 値は変動
中 和 剤 の 腐 蝕 性	なし	あり
設 備 費	小容量の場合安価	小容量の場合高価、大容量の場合比較的安価
中 和 剤	PHが高い時比較的安価	PHが低い時比較的安価



る。また、酸性廃水では消石灰、苛性ソーダ等を添加して中和するものがある。大柿ダムでは、前者のアルカリ性廃水のみが該当する。

酸性液法（硫酸法）と炭酸ガス法ともに一長一短があるが、それぞれを比較すると表-4のとおりである。

この2法について、中和剤費では酸性液法が若干安くなり、従来はこの方法が多く用いられていた。しかし、中和性において、硫酸等は強酸性なので、何らかのトラブルで過剰注入すれば強酸性となり、2次公害の恐れがある。炭酸ガス法は、逆に弱酸であり、水酸イオンがなくなれば一定量以上は溶解、電離しなく pH は下らなくなる。（図-5参照）このため、最近では維持管理の

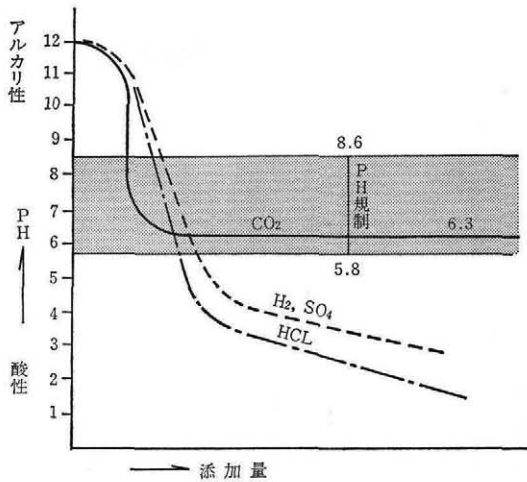


図-5

容易さ、安全性などから炭酸ガス法が多く採用されており、大柿ダムにおいても、この方法を採用し、自動注入制御とした。

#### (4) 処理設備システム

以上、設備設計の概要について述べてきたが、各ユニットを連続させて処理システムとすると図-6のようになる。

個々の設備規模、能力の詳細については省略するが、図-6に記載の数値で概要を理解していただきたい。

#### 5. 施設の運転管理

大柿ダムにおいては、濁水処理運転管理要領を設けて日常管理に努めている。設備の規模、能力、対象となる原水量、濁度、処理規準、処理薬品と投入基準等については、既に述べてきたところであるが、測定管理項目としては、次のものを定めている。

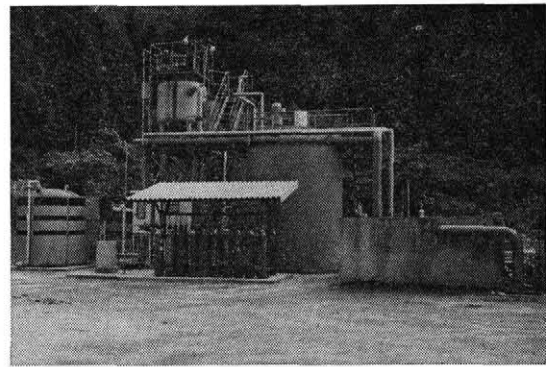


写真-2 濁水処理施設

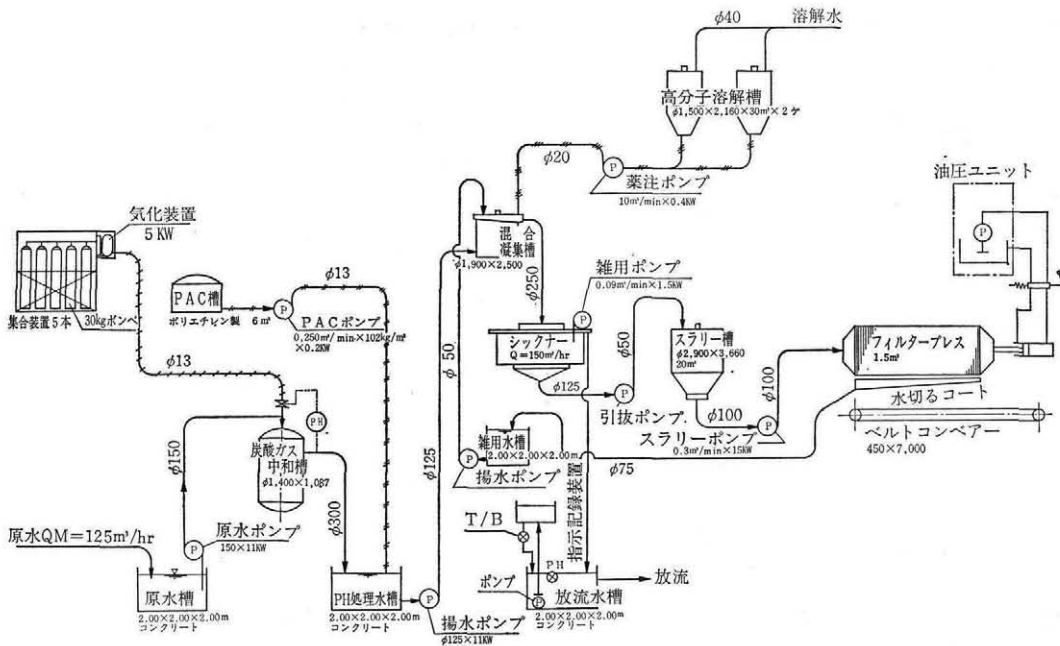


図-6 処理設備システム

処理水量、運転時間、使用薬品量、[原水の pH、SS 値、処理水の pH、SS 値等である。

pH 管理は、凝集槽の pH 計により自動注入制御を行っているので、管理操作の問題はない。一方 S S 管理については、原水量の変化に合わせて凝集剤の注入量を調節する必要があり、表一3の注入基準のとおり行っている。

凝集剤注入量は手動調整し、注入ポンプは原水ポンプに連動運転させ定量注入している。問題となるのは、降雨時の運転である。降雨量が 10mm/day 未満の場合の運転は 3 の(6)の濁水処理計画に合致するように実施しているが、降雨量が 10mm/day 以上の場合には、処理水の放流河川（請戸川）が増水し、S S 値が大きな値となるとともに、原水の pH 値もダム現場集水域の降雨により希釈されているので、原則として運転を休止することとしている。

しかし、降雨量が 10mm/day 以上でも降雨の前後において処理水の放流地点の河川水の濁りと対比して、原水の濁りが大きい場合には、濁水処理運転を行うこととしている。

## 6. 濁水処理の実績

大柿ダムの濁水処理は、昭和54年4月から運転を開始し、現在までの累積運転時間は20,247時間にのぼっている。この間の処理実績について概要を述べてみたい。

まず、濁水発生量であるが日変動が大きく最小12~15 m<sup>3</sup>/hr 程度から最大 140~150 m<sup>3</sup>/hr まで変化している。本施設の処理能力が最大 150 m<sup>3</sup>/hr 程度であり、妥当な設計であったと言える。なお、平均原水量は 49.8 m<sup>3</sup>/hr（当初からの平均）であり、晴天時想定濁水発生量 45 m<sup>3</sup>/hr に比べ 5 m<sup>3</sup>/hr 程度多目になっているが、降雨時処理量を加味するとこの程度であろう。この点についてもほぼ設計どおりであったと言える。

一方、原水の pH 値であるが、ポーリング、グラウト工事と連動して、値が上下しているようである。最盛期では原水 pH 10~12、処理値で pH 7~8 を示している。平常の pH 値は 8~10.5 程度であり弱アルカリ性を示し、処理値は、pH 7~7.5 程度に治まっている。この pH 処理に関連する炭酸ガス投入量についてみると、最盛期では 0.1~0.4 kg/m<sup>3</sup>、平常では、0.015~0.07 kg/m<sup>3</sup> 程度であり、当初からの平均は 0.065 kg/m<sup>3</sup> である。

また、S S 値については、降雨、岩盤洗浄水、グラウト廃棄水の発生時に 500~8,000 P P M と大きな値を示し、通常は 100~2000 P P M 程度に治まっている。なお、処理水の S S 値は 5~20 P P M 程度に改良されており、管理基準に対して適正に管理がなされてきている。この S S 処理の投入薬品（P A C、ポリマー）量について調べてみると、濁度の高い時期では、P A C 投入量は 0.06

表一5 投入薬品量の設計と実績

薬品名	設計	実績	実績/設計
炭酸ガス	g/m <sup>3</sup> 44	g/m <sup>3</sup> 65	1.48
P A c	50	65	1.30
ポリマー	3	1.3	0.43

~0.1 kg/m<sup>3</sup>、平常時 0.02~0.05 kg/m<sup>3</sup> 程度である。P A C、ポリマーの当初からの投入実績を平均値で表わすと、P A C 0.065 kg/m<sup>3</sup>、ポリマー 0.0013 kg/m<sup>3</sup> となっている。

設計投入量と実績とを対比してみると、表一5のようになった。比較してみると、炭酸ガス量が 1.5 倍余りと実績が大幅に上回っているが、設計では pH 10.5 から pH 7 に改良することを想定していたが、実績では pH 10 を上回る回数が相当数あったことで、全体としては、高アルカリ水を処理する機会が多かったことであろう。また、S S 改良については、高価なポリマー使用量を絞り、P A C でバランスを保った結果であると言えよう。

## 7. おわりに

大柿ダムにおける濁水処理の概要について述べたが、設計の詳細については、専門書が市販されているので省略した。我々が調査したダム現場の濁水処理の状況は、原水の汚濁状況、処理基準等区々であったが、処理の方法において大きな差はなかった。問題となるのは、ダムサイトが広い場合の処理範囲の取り方であろう。濁水を処理設備まで運ぶ排水系統の計画と処理領域の取り方である。処理設備は高価なものであり、数箇所に設置する訳にはいかない。作業場が数 km にわたって分散している場合の処理方法をどうするかであろう。敷地に十分な余裕がある場合は、簡易な自然沈降法を採用しても十分な処理効果が上がるし、分散して設備を設けても経済的な場合もある。

大柿ダムも、ダムサイト近傍から発生する濁水は、処理装置に導き改良後に放流しているが、ダム建設に伴う国道 114 号線付替のトンネル工事等の作業場からの濁水処理は、個別に自然沈降法を改良したものを設置し処理してきた。

もう一つ問題になるのは、降雨等による濁水発生量を極力少なくすることである。設備を経済的に運転管理できるかどうかは、降雨時の発生濁水量の如何にかかっているといってもよい。

こうした点に関して、今後とも研究していく必要があるのではないかと考えている。

濁水処理を行っている現場も多くなっていると思われるが、他の現場における御意見を寄せられることを希望する次第である。

# 水田パイプラインの水管理方式についての設計上の留意点

— S地区を例として —

加藤 稔\*

## 目 次

1. はじめに……………(72)	設計概要……………(73)
2. 水田パイプライン化の導入要因とパイプ ラインシステムからみた水田用水の特徴……(72)	4. S地区の管網水田パイプライン システムの数理モデルによる水理解析……(76)
3. S地区の管網水田パイプラインの	5. おわりに……………(81)

### 1. はじめに

近年における水田パイプラインの普及は、基盤整備事業の充実とともに増加し、今後も多く地区で採用される可能性が高い。筆者の所属する新潟県土地改良連合会においても、圃場整備の進展とともに、水田パイプライン化にあたっての技術問題が多くなってきている。このような時に、農林水産省構造改善局設計課ならびに農業土木試験場水利部・水工部の好意により、「システム化上級研修」の受講と、ひきつづいて、約10カ月の間農業土木試験場において、研修を受ける機会に恵まれた。この機会に水田パイプラインの水理設計について、勉強することとし、担当していたS地区を事例とし、研修に参加した。この報告は、既に農業土木試験場で研究されたこれまでの蓄積を学びつつ、S地区を材料として検討を行った結果をとりまとめたものである。研修はまずこれまでの水田パイプライン化の導入にあたっての動機について調べ、また、実際に施工されたS地区について、その設計段階から問題点を把握し、これに対する水理解析を行うことにより、水田パイプラインの水管理方式における設計上の留意点を明らかにすることを目的とした。

水田パイプラインは水田かんがいシステムの末端圃場と密着したものであり、これ自体で一つの給水システムとしてとらえることができる。受益者各人の要求により、きめ細かく設計されるものであり、その要求もさらにいろいろで、その設計も種々のケースが考えられることからこの研修報告で述べる留意点が全てにあてはまるものとは考えられないが、水管理上の1つの基本的留意事項としてとらえることができると思われる。

### 2. 水田パイプライン化の導入要因とパイプラインシステムからみた水田用水の特徴

一般に水田用水のパイプライン化に踏みきる場合に考慮される点は次のような場合があげられている<sup>1)</sup>。

- ①地区内の地形条件が起伏が多いか、あるいは平坦地で開水路配水系の設置には、多くの費用と盛土水路などの技術的問題点が残る場合
- ②水源が湖沼、河川などで、地区での最低位部に水源を求めざるを得ない場合
- ③水源水量が不足のため地区内低位部に機場を設け、循環方式をとる場合
- ④パイプ化することによるつぶれ地の減少により、共同減歩による他用地を生み出す必要のある場合
- ⑤営農形態の変化で果樹等他の作物を導入し、こちらに労力がかかったり、兼業などのため水田水管理労力を減ずる必要が強い場合

計画地区においては、それぞれこれらいくつかの項目が決定要素になるが、パイプライン化したことによる最大の利点として要求されることは、地区内では均一な水配分が行えるということであろう。均一な水配分が完全でない場合、その理由として次の事が考えられる。

- ①水源水中に含まれる藻類、魚類、落葉、あるいは生活廃棄物など、いわゆるゴミ処理の不手際が原因となる場合。
- ②管内空気の除去対策の不完全が原因となる場合。
- ③水配分時の圧力管理に問題がある場合。
- ④水理設計の段階で問題がある場合

また、パイプラインシステムから見た水田用水の特徴は、その必要水量の変動範囲が大きく、上水道などに比べれば施設全体の稼働率（ここでは全給水栓に対して給水を行っている給水栓の割合をいう）が高いことと、稼

\* 新潟県土地改良連合会

動時間が長いことである。

水田パイプラインは大きな変動幅をもち、かつ長時間の送水を要求されるので、必要流量に応じたある圧力状況維持しなければならないが、これの管理についてはこれまであまり配慮がなされていないのが実情であろう。

### 3. S地区の管網水田パイプラインの設計概要

#### 3-1 水用パイプラインシステムの規模と配管形状

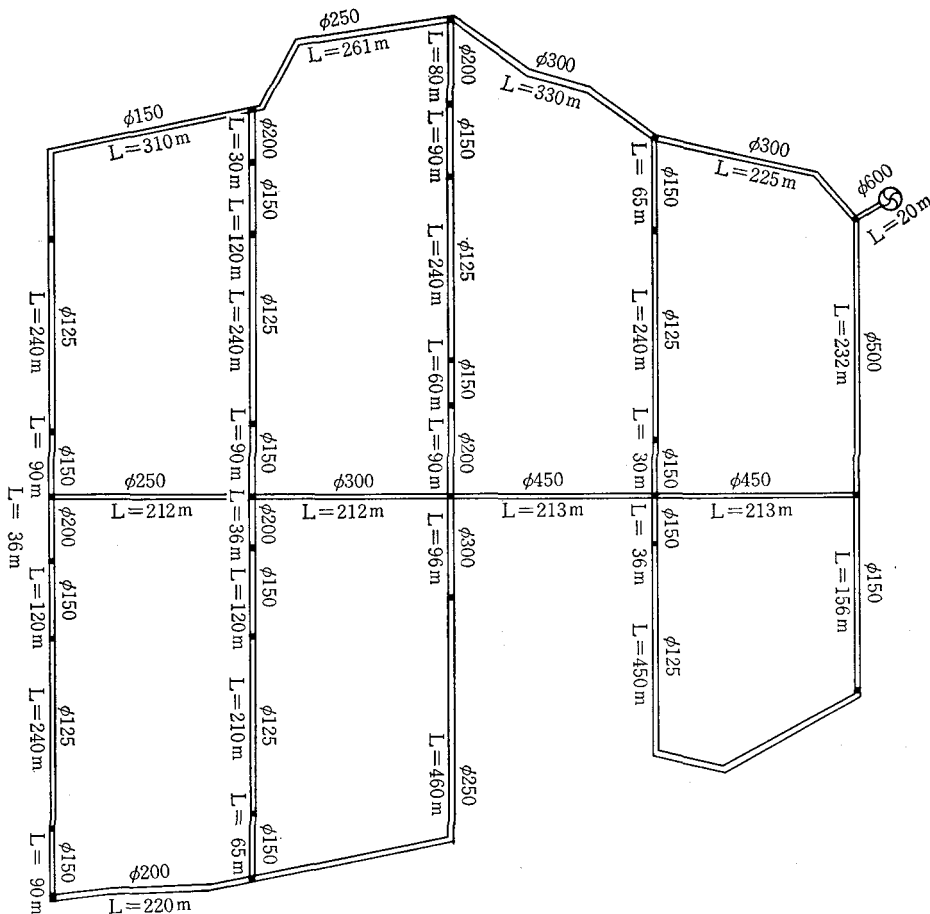
S地区は県営圃場整備事業T川沿岸地区の内、T川右岸のほぼ中央部に位置する約71.4haの耕地であり、標高的にはEL. 25.6m~30.9mの間にある。パイプラインの基本型は図-1に示す様な管網であり、概ね地区外周を結び、内側は各農道にパイプを配する形となっている。ポンプ直送による送水方式でポンプの位置は地区の高位部にあり、延長約6300mのクローズドタイプパイプ

インシステムである。末端給水栓としては、アルファルファバルの口径φ75mmを全分水地点で採用しており、分水量合計は普通期で0.244m<sup>3</sup>/s、代かき期で0.356m<sup>3</sup>/sである。また、当地区圃場は30a区画であり、分水工間隔は概ね30mである。

#### 3-2 集中代かき用水と一様代かき用水

従来の開水路システム設計では水計算書にある代かき日数n日を想定し、末端圃場A=(30a)においてもA/naだけ代かきが行われ、残りのA $\left(\frac{n-1}{n}\right)$ が養い水であるとして積み上げた水量を必要量とした。この地区内の水田1枚1枚に代かきが行われると仮定した水配分をここでは一様代かき用水配分という。

これに対し実際の営農作業から考えると、1枚の水田の代かきはむろん1日で行われるし、現在農村に導入が盛んである30馬力級のトラクターによれば、4.5~5.0ha程度の代かきが可能である。



受益面積 71.4ha  
 総延長 6300m  
 標高 EL. 25.6m~EL.30.9m  
 管径 φ125~φ600

図-1

さらに地区によってはブルドーザ代かきが導入されてもいる。このように営農的には面的に集中することになる。すなわち、1支線内にトラクターが1台あるとし、1日に4.5haの代かきが行われるとすると、この支線に供給されるべき代かき水量は60 l/sec (30 a 水田1枚当り代かき水量は4 l/secである)である。この集中代かき水量は1日当りの代かき面積はあくまでもA/nであるので、水源である機場の最大流量は一樣代かき用水と同じ値であるが、地区内への特定地点への集中給水であるので、集中給水が行われる支線に対する必要圧力水頭は一樣代かきの場合より大きな値が必要である。なお、S地区では代かき日数を7日とし、集中代かきの位置は主に地区中央部とした。

### 3-3 管径および機場揚程を決定するための設計対称流量

S地区の用水配分形態として、管理期における養い水と考えた普通期流量と、前述の一樣代かき流量と集中代かき流量の3タイプを仮定して、管径および機場揚程を決定した。

まず、管径を決定する際に一樣代かき流量を配分した場合の水理計算を行い、設計流速の標準値(土地改良事業計画設計基準水路工その2を参考)の範囲に管内流速がおさまるように各管径を修正しながら、全管路管径を定めた。そして普通期流量を配分した場合の水理計算を行って、水理的最近点を定めた。水理的最近点に集中して代かきが行われた場合の集中代かき流量配分を仮定して水理計算を行い、ポンプ揚程の目安とした。普通期流量時、代かき期流量時の水理計算で各管路の流速にも注目し、極端に流速が小さい場合、または大きい場合には管径の再調整を行った。

一般的に管径を小さくすれば機場揚程が大きくなり、管径を大きくすれば機場揚程が小さくなるが、管内にゴミなどがたまりやすくなり通水障害を起こしやすくなる。コスト面と水理設計面の両方を考慮しながら、管径及び機場揚程を決定する方がよいと思われるが、ここでは、研修の時間的制約もありその具体的方法を考慮して設計を行っていない。

### 3-4 水理的最近点の末端有効水頭および流速係数Cについて

水理的最近点地点の末端有効水頭Hは、管網計算の対象範囲、すなわち、(1)給水栓地点まで含む場合、(2)支線管路における給水管路への分岐点、などによって考え方が異なる。ここでは支線管路地点でどのくらいの余裕水頭が必要であるかを述べる。

(1)の場合、例えばφ75m/m 給水栓より $Q=5l/s(=0.005m^3/s)$ の用水を配水させるとすれば必要水頭は

$$Q=C \cdot A \cdot \sqrt{2gH} \text{ より}$$

$$H = \frac{Q^2}{12gC^2 \cdot A^2} \\ \doteq 0.26m$$

( $Q=0.005m^3/s, C=0.5$  バルブの構造により異なる、

$$A = \frac{3.14 \times 0.075^2}{4} = 0.00442m^2$$

である。ゴミの問題あるいはバルブの構造等の不確定の要素に起因されやすいし、また流量Qは代かき時に特に変動が激しいので安全をみて、 $H=2.0m$ の余裕水頭を考える。

(2)の場合、支線から給水管に至るまでの損失水頭、すなわち(マサツによる損失水頭、曲り、屈折による損失水頭、呑口損失水頭)などの損失水頭に(1)の場合の余裕水頭を加える。すなわち、図2より、次のように求められる。

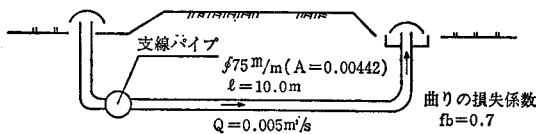


図-2

$$V = Q/A = 0.005/0.00442 \doteq 1.03m/s$$

$$\Delta H = \left( f_0 + \sum f_i + f \frac{l}{D} \right) \frac{V^2}{2g}$$

$$f = \frac{124.5m^2}{D^{1.3}} = \frac{124.5 \times 0.015^2}{0.075^{1.3}} = \frac{0.028}{0.4217} \\ = 0.0664$$

$$\therefore \Delta H = \left( 0.5 + 0.7 + 0.0664 \cdot \frac{10.00}{0.075} \right) \cdot \frac{1.03^2}{19.6} = 0.54m$$

従って、支線管路地点では、 $H=2.00+0.54 \doteq 2.60m$  くらいの余裕水頭が必要であろう。

そこで、S地区では水理的最近点地点で末端有効水頭 $H=2.6m$ を確保することにした。

次に流速係数Cは管種を硬質塩ビ管として、 $C=140$ を与えた。これは水理計算(後述)では損失水頭は摩擦のみを考えており、管路途中の湾曲、屈折、分流、合液、断面変化などによる損失を $C=140$ に含んで考えているためである。

### 3-5 定常水理計算法の概要

パイプラインの定常流況解析手法は、ハーディクロス法を中心として種々の計算法が発表されている。また、機場揚程、管径をも含んだパイプシステムの最適設計ということで、最も安い建設費になるよう線型計画法を取り入れた解析法も出ている。ここでは管径が決定されたあとの揚程の計算法を節点エネルギー位法を用いて解析する場合について、その計算法の概要を述べる。

平均流速公式として、Hazen Williams 公式を採用すれば管路を流れる流量Qと損失水頭の関係は次のようである。

$$Q = 278.53 \cdot C \cdot D^{2.63} \cdot H^{0.54} \cdot L^{-0.54} \quad \dots\dots(7)$$

ここに、 $Q$ ：流量(l/sec)  $C$ ：流速係数  $D$ ：管径(m)

$H$ ：摩擦損失水頭 (m)  $L$ ：管延長 (m)

節点  $i$  と  $j$  を結ぶ管路に対して ( $i, j$ ) を付加すると

$$Q_{ij} = 278.53 C_{ij} \cdot D_{ij}^{2.63} \cdot H_{ij}^{0.54} \cdot L_{ij}^{-0.54} \\ = K_{ij} H_{ij}^{0.54} = K_{ij} (E_i - E_j)^{0.54} \quad \dots\dots(8)$$

ただし

$$\left. \begin{aligned} K_{ij} &= 278.53 C_{ij} \cdot D_{ij}^{2.63} \cdot L_{ij}^{-0.54} \\ H_{ij} &= E_i - E_j \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots(9)$$

$E_{ij}$ ,  $E_j$  はそれぞれ節点  $i, j$  におけるエネルギー位(m) 式(8)における ( $E_i - E_j$ ) と  $Q_{ij}$  の符号が一致するようにすると

$$Q_{ij} = K_{ij} |H_{ij}|^{-0.46} H_{ij} \\ = K_{ij} |E_i - E_j|^{-0.46} (E_i - E_j) \quad \dots\dots(10)$$

式(10)は、 $H$  または  $E$  に関する非線形式であるから接線にて近似する。 $Q_{ij}$ ,  $H_{ij}$ ,  $E_i$  に対する仮定値もしくは、近似値を  $q_{ij}$ ,  $h_{ij}$ ,  $e_i$  とし、その補正値を  $\Delta Q_{ij}$ ,  $\Delta H_{ij}$ ,  $\Delta E_i$  で表わすと

$$Q_{ij} = q_{ij} + \Delta Q_{ij} \quad \dots\dots(11)$$

$$H_{ij} = h_{ij} + \Delta H_{ij} \quad \dots\dots(12)$$

$$E_i = e_i + \Delta E_i \quad \dots\dots(13)$$

式(9), (12), (13)から

$$\Delta H_{ij} = H_{ij} - h_{ij} = E_i - E_j - (e_i - e_j) \\ = (E_i - e_i) - (E_j - e_j) = \Delta E_i - \Delta E_j \quad \dots\dots(14)$$

$Q_{ij}$  を  $H_{ij}$  または  $E_i$ ,  $E_j$  について微分すると

$$\frac{dQ_{ij}}{dH_{ij}} = 0.54 K_{ij} |H_{ij}|^{-0.46} \quad \dots\dots(15)$$

$$dQ_{ij} = \frac{\partial Q_{ij}}{\partial E_i} dE_i + \frac{\partial Q_{ij}}{\partial E_j} dE_j \\ = 0.54 K_{ij} |E_i - E_j|^{-0.46} (dE_i - dE_j) \quad \dots\dots(16)$$

となり  $h_{ij} = e_i - e_j$  なる近似値に対して  $\Delta H_{ij} = \Delta E_i - \Delta E_j$  なる補正を行ったとき流量  $Q_{ij}$  の増分は次のように

$$\Delta Q_{ij} = 0.54 K_{ij} |h_{ij}|^{-0.46} \Delta H_{ij} \\ = 0.54 K_{ij} |e_i - e_j|^{-0.46} (\Delta E_i - \Delta E_j) \quad \dots\dots(17)$$

(17)式を(11)式に代入すると

$$\left. \begin{aligned} Q_{ij} &= q_{ij} + 0.54 K_{ij} |e_i - e_j|^{-0.46} (\Delta E_i - \Delta E_j) \\ \text{or} \\ Q_{ij} &= q_{ij} + 0.54 K_{ij} |e_i - e_j|^{-0.46} \\ &\quad \{(\Delta E_i - \Delta E_j) - (e_i - e_j)\} \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots(18)$$

管網流量計算において満足されるべき水理学的条件は、(1)各節点における流量の連続条件と(2)各閉管路における損失水頭の閉合条件である。節点エネルギー位の仮定値が与えられるか、または修正値が得られたとすると、ただちに(2)の条件が満足されることから、(1)の条件のみが満足されるまで修正計算をくり返す。エネルギー位を未知数としたときには閉管路条件が満足されていることから、連立一次方程式の次元数は節点条件の数に等しくなる。

式を簡略化するため次のような表示を用いる。

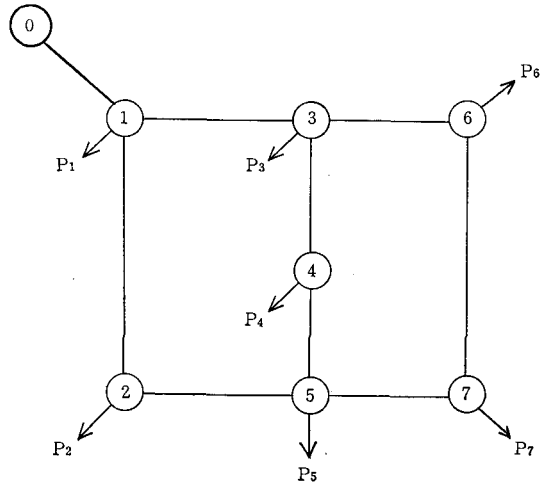
$$K_{ij} |e_i - e_j|^{-0.46} = S_{ij}$$

$$(S_{ij} + S_{ik} + \dots + S_{in}) E_i - S_{ij} E_j - S_{ik} E_k \dots \\ - S_{in} E_n = SE(i, ij, k, \dots, n)$$

$$(S_{ij} + S_{ik} + \dots + S_{in}) \Delta E_i - S_{ij} \Delta E_j - S_{ik} \Delta E_k \dots \\ - S_{in} \Delta E_n = S \Delta E(i, ij, k, \dots, n)$$

$$(S_{ij} + S_{ik} + \dots + S_{in}) e_i - S_{ij} e_j - S_{ik} e_k \dots \\ - S_{in} e_n = Se(i, ij, k, \dots, n)$$

図3に示す例について説明する。



図—3 管網事例

節点数は7個であるが節点取り出し水量の総和は、管網への流入量  $Q_{01}$  に等しい

$$Q_{01} = P_1 + P_2 + \dots + P_7 \quad \dots\dots(19)$$

が成立するので、自由度が1だけ減少して(節点数1) = 6個の節点における流量の連続条件が成立すればよい。

$$\left. \begin{aligned} Q_{12} &= Q_{25} + P_2 \\ Q_{13} &= Q_{34} + Q_{35} + P_3 \\ Q_{34} &= Q_{45} + P_4 \\ Q_{25} + Q_{45} &= Q_{57} + P_5 \\ Q_{36} &= Q_{67} + P_6 \\ Q_{57} + Q_{67} &= P_7 \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots(20)$$

式(20)に式(18)なる接線近似式を代入して整理すると、

$$\left. \begin{aligned} SE(2; 1, 5) &= -0.85 Se(2; 1, 5) - 1.85 P_2 \\ SE(3; 1, 4, 6) &= -0.85 Se(3; 1, 4, 6) - 1.85 P_3 \\ SE(4; 3, 5) &= -0.85 Se(4; 3, 5) - 1.85 P_4 \\ SE(5; 2, 4, 7) &= -0.85 Se(5; 2, 4, 7) - 1.85 P_5 \\ SE(6; 3, 7) &= -0.85 Se(6; 3, 7) - 1.85 P_6 \\ SE(7; 5, 6) &= -0.85 Se(7; 5, 6) - 1.85 P_7 \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots(21)$$

となる。図3の0地点水位が既知であることと、式(19)の



関係から  $E_1$  の値が決まるので、 $E_1=e_1$  で(2)式は  $E_2, E_3, \dots, E_7$  なる 6 個の未知数に対して、方程式が 6 本あるから解ける。この連立方程式を反復近似法で解くようにした。

この様に節点エネルギー位法では、各節点で分水量  $P_i$  が定量分水された場合に、各節点エネルギー位を解析する計算法である。つまり、各分水工での分水量が保証されていることを前提としての水理計算であり、そのためには各分水工での管内圧力水頭と末端給水栓のバルブ開度の関係が、分水量に応じて適切な状態になっていなければならない。S地区の水理設計では、この点については具体的な配慮はなされていない。

尚、節点エネルギー位法による S地区の集中代かき流量時の流況を、図 7、図 8 に示す。

#### 4. S地区の管網水田パイプラインシステムの数理解析による水理解析

##### 4-1 水理解析の目的選定とその手法の選定

3-5 定常水理計算法の概要で述べた様に、S地区の管網水田パイプラインシステムは、各分水工地点で分水量が保証されていることを前提とした水理解析により設計されたものである。そして、その保証を裏づけるものは、各分水工の圧力水頭と分水量に応じた末端給水栓の適切なバルブ開度である。

水田パイプラインシステムの利点である『地区内で均一な水配分が行える』ことを保証するには、必要流量に応じたある圧力状況を維持しなければならない。ところが、その圧力制御は、実際には個々の末端給水栓のバル

ブ開度調節による流量制御により行なわれているのである。

そこで、前述の様に設計された S地区の管網水田パイプラインシステムを、圧力境界、流量境界の設定の自由度の多い管路の不定流数理モデルにより、①計画流量(集中代かき流量)配分時の各給水栓のバルブ開度について、②各給水栓バルブが勝手に操作された場合→全給水栓バルブを全開にした場合の流況について水理解析を行なう。この不定流解析手法については、紙数の関係から、ここでは省略するが、参考文献2)を参照されたい。

#### 4-2 S地区の管網水用パイプラインのモデル化

##### ① 末端給水栓のモデル化

幹線の分水工地点より、導水管を通り末端の給水栓までを図 4 の様にモデル化した。

$H$ : 分水工地点管内圧力水頭標高 (m)

$H_0$ : 給水栓必要圧力水頭標高 (m)

$\Sigma f_i$ : 導水管および給水栓の損失係数の和

$A$ : 給水栓断面積 ( $\text{m}^2$ )

$$\text{流速: } v = \sqrt{\frac{2g(H-H_0)}{\Sigma f_i}}$$

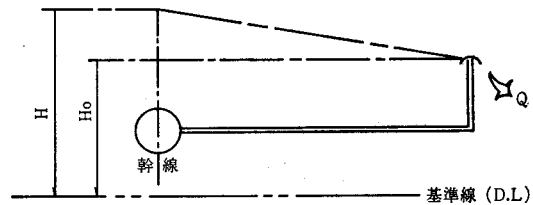


図-4 給水栓モデル

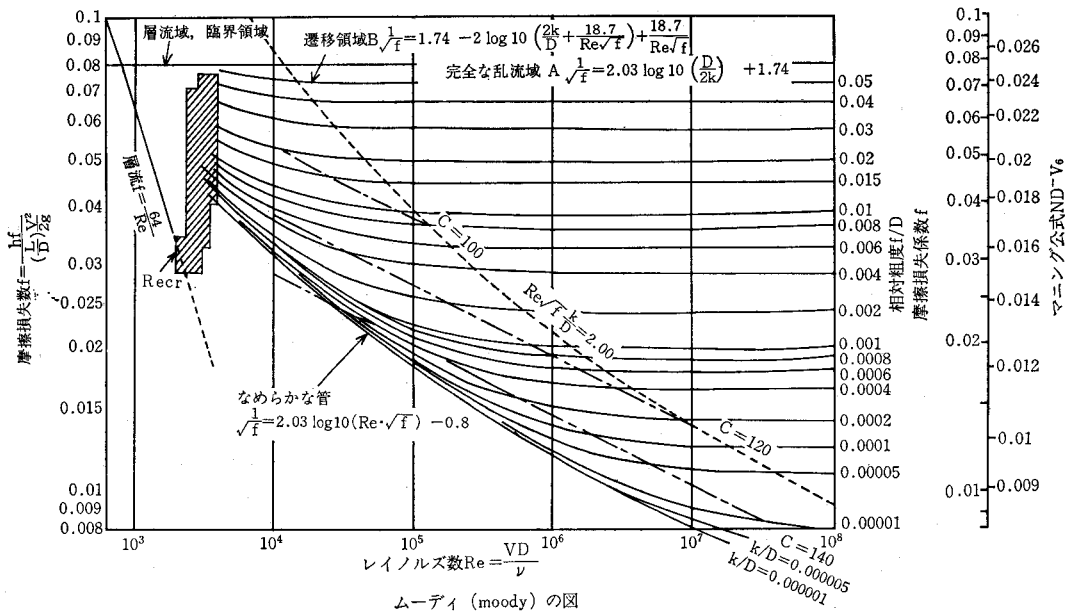


図-5

流量： $Q=A \times v$

ただし、 $H \leq H_0$  の場合は、 $Q=0$  とおく。

(このことは、水田から管路への逆流を許さないことを意味する。)

給水栓必要圧力水頭標高は、田面高を入力している。また、 $\Sigma f_i$  については、

i) 流入損失 (急縮) .....  $f_i \div 0.5$

ii) 摩さつ損失 .....  $f \frac{L}{D}$

iii (給水栓バルブ損失 .....  $f_v = 1/C^2 (C=0.7)$

の三種類の和とした。

② 等価粗度係数の組み込み

自然粗度をもつ実用管の流れは、粗滑中間領域に属

し、この領域に対しては、半理論、半経験的に導かれたコールブルック・ホワイトの式が適合されるとしている。図-5は、 Manning 式の  $f=124.5(nm \cdot D^{-1/6})^2$  と、ヘーゼンウィリアムス式の  $f=133.65 \times CH^{-1.85} \times Re^{-0.187} \times V^{0.0185} \times v^{-0.167}$  ( $15^\circ C$  の動粘性係数  $v=1.146 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{sec}$ ) を、コールブルック・ホワイト式と比較した図である。図中、実線がコールブルック・ホワイト式で、一点鎖線がヘーゼンウィリアムス式、右側の  $nD^{-1/6}$  のスケールが Manning 式で、Manning 式は横軸レイノルズ数に対し平行な線となる。 $CH=140$  の場合は、ヘーゼンウィリアムス式はよく適合し、Manning 式は  $f$  の変化パターンに追従できない。しかし、 $CH=100$  未満の場合は、その逆に、Manning 式がよく適合する。これらのこ

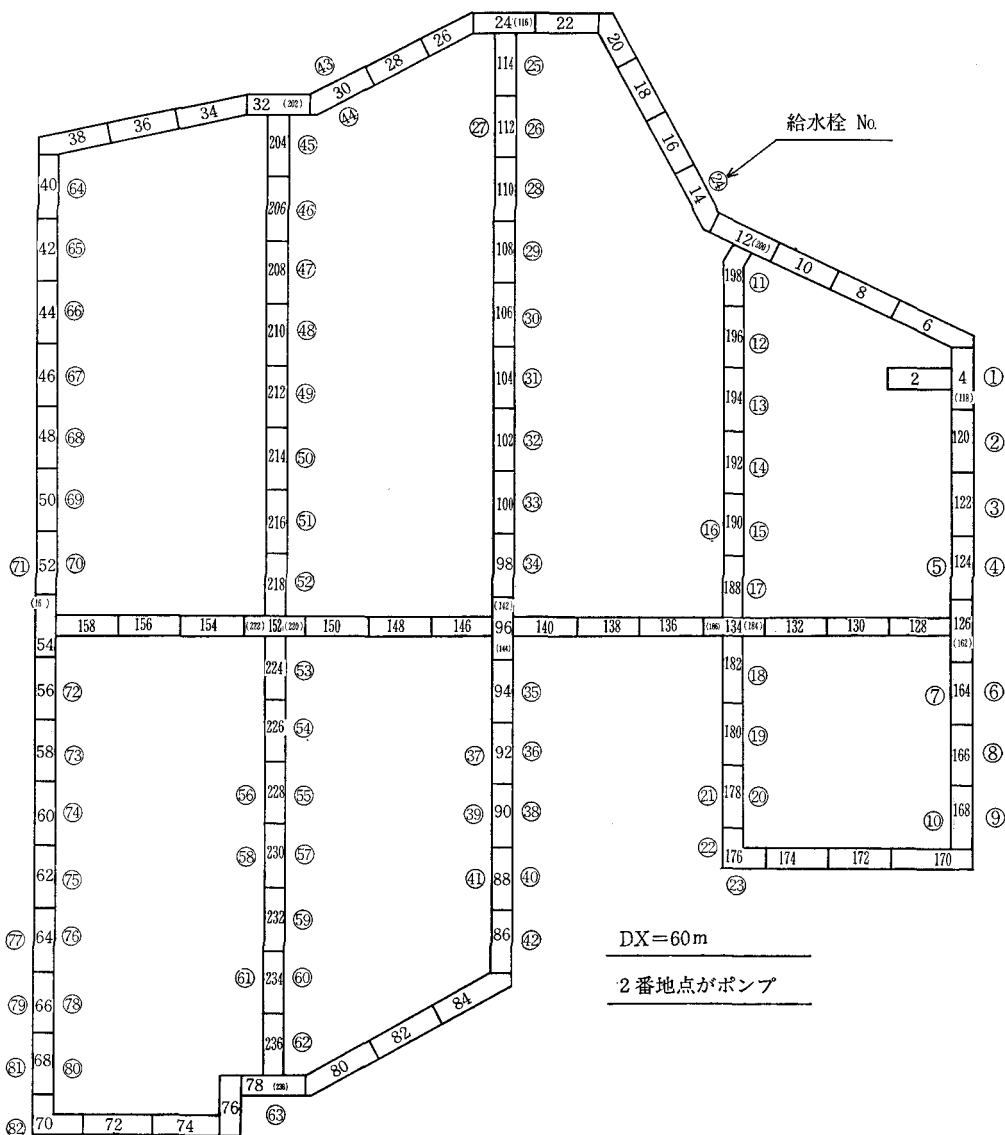


図-6 S地区モデル系統図

とから、水田パイプラインの管種は多くの場合、硬質塩化ビニール管 ( $CH=145\sim 150$ ) であり、ヘーゼンウィリアムス式の  $f$  を使用してよいと考えられる。

そこで、マンシング式の粗度係数  $N$  の値を、ヘーゼンウィリアムス式の  $CH$  と等価の粗度の値に入れかえることにより、マンシング式からヘーゼンウィリアムス式の  $f$  のパターンを表現できると考えた。

以下に、等価の粗度を求める式を説明する。

ヘーゼンウィリアムス式

$$f_H = \frac{133.7}{C^{1.852} \cdot D^{0.167} \cdot V^{0.148}}$$

マンシング式

$$f_M = \frac{124.5 \cdot n^2}{D^{1/3}}$$

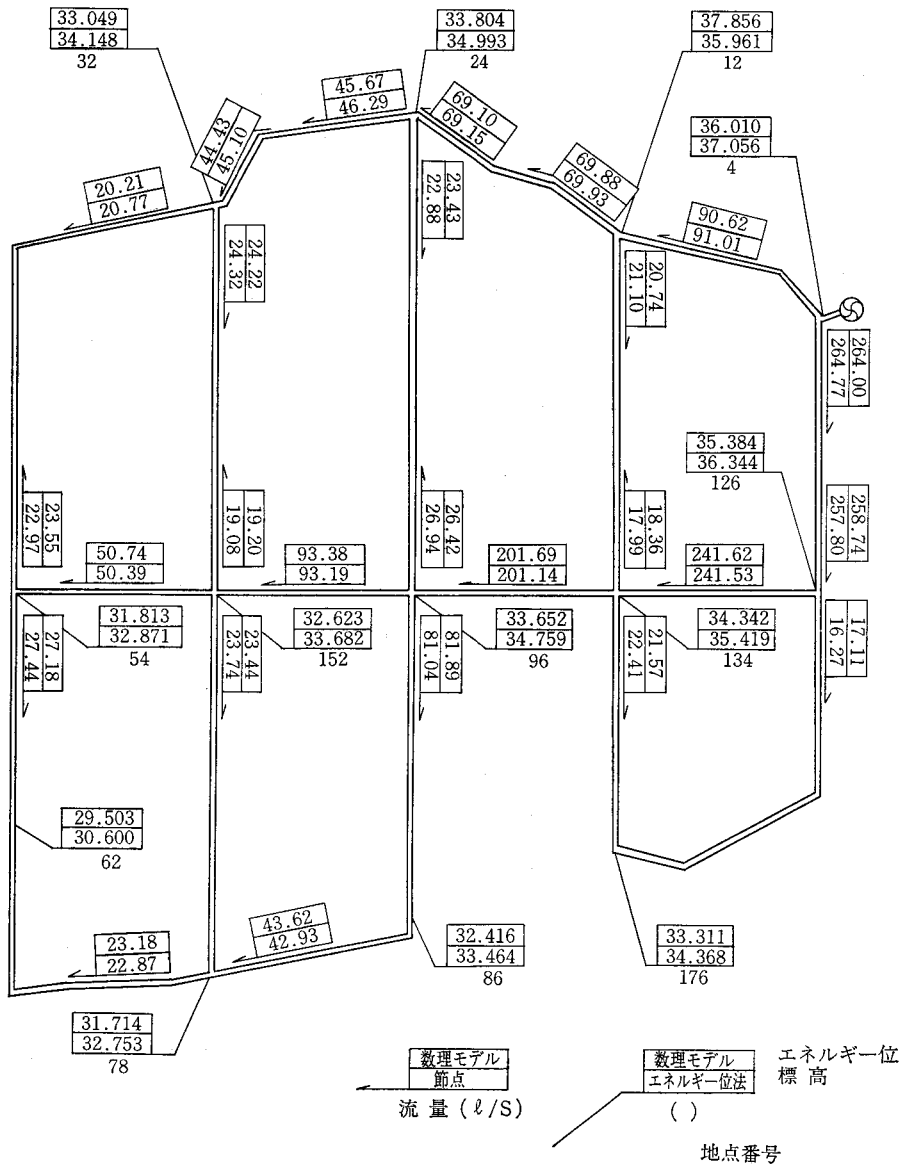
$f_H = f_M$  とおき  $n$  について解くと、

$$n = \sqrt{1.0739 \times D^{0.1668} \times C^{-1.852} \times V^{-0.148}} \quad \dots\dots(1)$$

ただし、 $V^{-0.148} = (1/V)^{-0.148}$  であり、 $V=0$  の時に  $n$  は無限大になってしまうので、 $V < 1.0E-10$  では、マンシングの粗度係数を使用し、 $V \geq 1.0E-10$  で、等価の粗度を求め計算することにした。尚、(1)式を距離の添字  $i$ 、時間の添字  $j$  として、 $(i, j)$  点のパイプに適用すれば次式となる。

$$n_{i,j} = \sqrt{1.0739 \times D_i \cdot j^{0.1668} \times C^{-1.852} \times V_i^{-0.148} \cdot j^{-2}}$$

③ 地区のモデル化



図一七 計画流量 (集中代かき流量) 時の流況

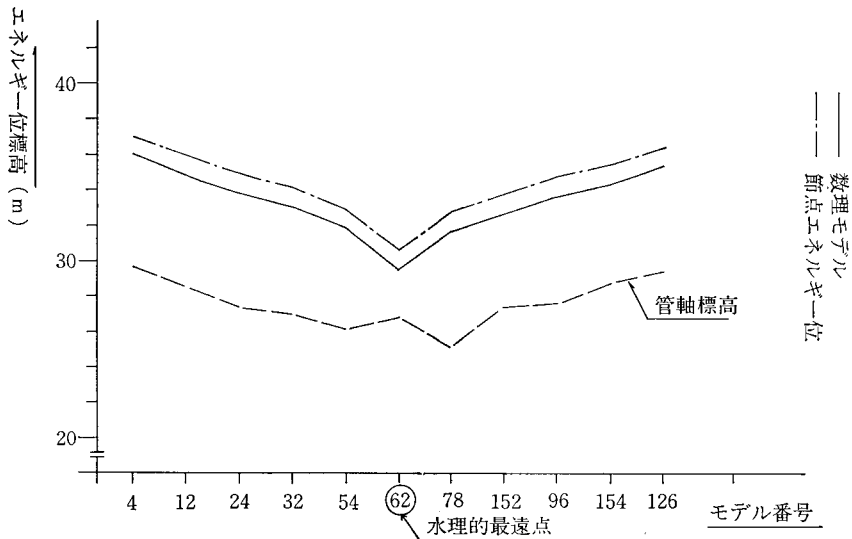


図-8 計画流量（集中代かき流量）時の流況

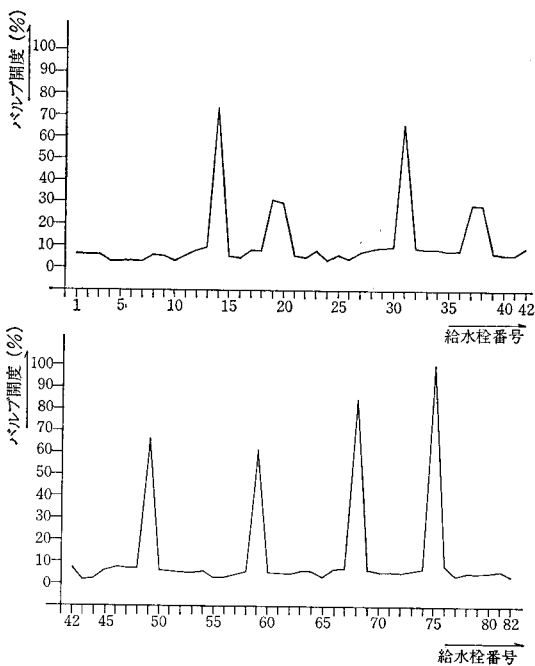


図-9 各給水栓バルブ開度

当地区の圃場は、30a区画になっており、また分水工間隔はおおむね30mである。そこで、演算時間、データ等の精度を考え、 $Dx=60m$ のモデルにした。モデル系統図は図-6に示してある。給水栓モデルについては、例えば、1つの分水工から2本の給水栓が設置されている箇所は、給水栓を1つにまとめ、各分水工では、給水栓が1つだけ配置されているものとした。それによって給水栓モデルの数を減らし、計算時間の短縮を計った。また、給水栓必要圧力水頭標高は、地盤高（田面高）と

し、前述の給水栓を総合した所は、高い方の田面高を採用した。管軸標高は、田面高より一律1.2m差し引いてその値とした。

#### 4-3 計画流量配分時の各給水栓バルブ開度

集中代掻流量 $0.356m^3/sec$ を計画流量とし、流速係数は $C=140$ で、実内径による計算を行った。

図-6の水理的最遠点分水地点62番（給水栓NO75）をバルブ全開で既定給水できる管内圧力水頭標高に設定し、ポンプ流入点3番地点および他給水栓を流量境界とする。 $DT=0.03(sec)$ 、初期条件 $Q=0, H=0$ とし、1分間で、それぞれの境界条件をゼロから立ち上げて、4分後の流況から、各給水栓バルブ開度を計算した。その流況を図-7、図-8に、各給水栓バルブ開度を図-9に示す。

#### 4-4 各給水栓のバルブを全開にした場合の流況

集中代掻流量 $0.356m^3/sec$ を計画流量とし、流速係数は $C=140$ で、実内径による計算を行った。

ポンプ流入点3番地点を流量境界とし、給水栓は、バルブ全開で管内圧力を境界とする。 $DT=0.001(sec)$ 、初期条件は4-3の計画流量配分時の流況を入力し、1分20秒後の流況から、給水不能地点を検討した。その流況を図-10に、給水不能点を図-11に示す。

#### 4-5 S地区を例とした水田パイプラインの水管理方式についての設計上の留意点

図-9の各給水栓バルブ開度は、水理的最遠点地点の75番の給水栓バルブ開度を100%（全開）とした時に、各分水工で規定分水を行うために必要な各給水栓のバルブ開度を表わしている。

つまり、計画流量『地区内で均一に配分する』ためには、各給水栓で図-9の様なバルブ開度を保証しなければ

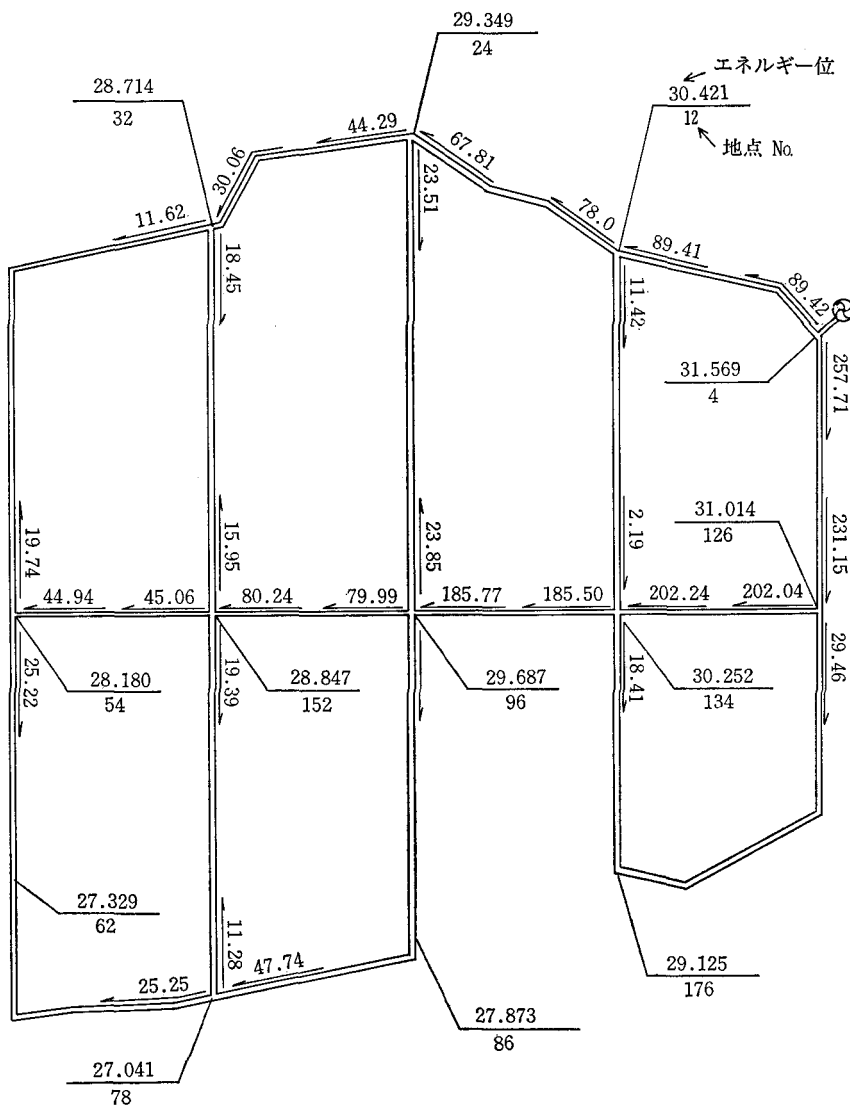


図-10 各給水栓バルブを全開にした場合の流況

ばならないことを示している。なお、ここで言うバルブ開度は、分水工地点の管内圧力水頭のもとで、規定の分水水量を取水するための給水栓の必要断面積を  $A$ 、給水栓の全開時の断面積を  $A_0$  とすると、 $A/A_0 \times 100(\%)$  で表わされる。

バルブ開度の高い地点は、集中代掻を行う場所である。しかし、他のほとんどが10%未満のバルブ開度であり、各給水操作によりシステム全体の圧力制御を行うのは、非常に困難と思われる。

また、給水栓の多くは管径φ125の支線管路に設置されているが、給水栓φ75に比較し、支線管径φ125は、かならずしも大きな管径といえない。

それ故、給水栓開度調節の影響が支線管路にただちに現われると思われる。その最悪のケースが、図-11の各

給水栓バルブを全開にした場合である。図中の給水栓必要圧力水頭標高は田面高であり、管内圧力水頭標高が分水工地点の管内圧力水頭を示している。田面高が管内圧力水頭標高を上まわっている所が給水不能地点である。

給水不能地点は、図-9において、もっとも水配分の不利な地点と思われる。

ここにS地区においての水管理方式についての設計上の留意点をまとめると次の様になる。

①地区内で均一な水配分を行うには、各給水栓のバルブ開度を調節し、パイプラインシステム全体をある圧力状況(管網では圧力平面となる)に、維持しなければならない。しかし、図-9より各給水栓操作により、システム全体の圧力制御を行うには非常に困難と思われる。従って、圧力制御の容易な配管形状を考える必要があ

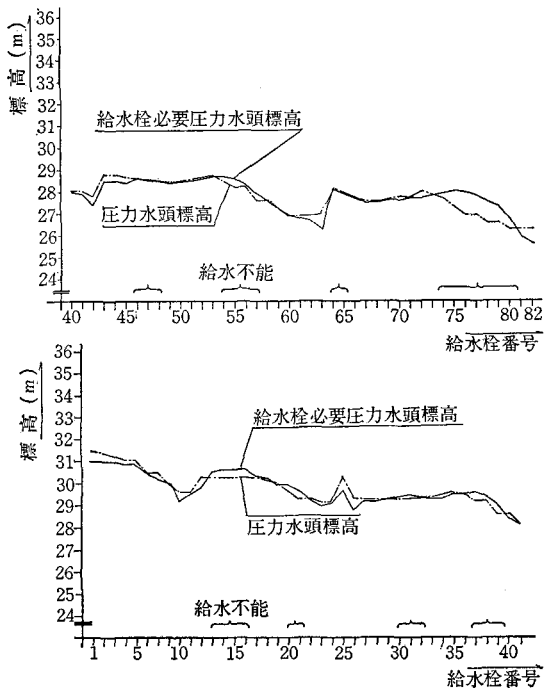


図-11 各給水栓バルブを全開した場合の給水不能地点

る。たとえば、管網よりも樹枝状配管ならば、圧力制御を線的に考えることができると思われる。

②給水栓口径φ75に対して支線管路φ125はかならずしも大きな管径とはいえ、給水栓操作の影響が支線管路へただちに伝わると思われる。その最悪のケースが図-11の各給水栓バルブが全開である。給水栓操作がただちに支線管路へ伝わり幹線管路へ更に伝わっていくため水理的遠点付近は、給水不能となる。従って、幹線から支線への分岐点で流量制御を行って、幹線が末端給水栓の影響を受けにくくする必要がある。またそれには配管形状を幹線・支線の支線の区別が出来る樹枝状配管が良いと思われる。

## 5. おわりに

S地区の水理解析により、主に配管形状、および圧力制御の基本的留意事項について述べたが、パイプラインの管径、および機揚程を決定する際の設計対象流量のとらえ方もシステム全体を決定する大事な要因と考えられる。また、パイプラインシステムの規模決定においても、大規模なものにすればそれだけ機揚程が増すことになり経済的な面からも、また利用者側のコミュニケーションの点からも、各関係者の意見を参考にして、できるだけ綿密な、調査、計画が必要と思われる。

この報告で述べることは、すなわち、水田パイプラインの最も重要な点はある水配分をするための圧力管理である。そして水田の水配分は様々なパターンを示すことである。現在の設計は、わずか3つのパターンに対して流量境界で水理計算を行い、施設完成後は計算にある圧力分布が生じると考えている盲点がある。このため圧力管理の配慮は欠け、システム全体の圧力分布は、個々の勝手な給水栓操作により把握のできない状態となっている。また、個々の給水栓操作によりシステム全体の圧力を制御することは不可能と思われる。それ故、幹線、支線の区別のできる配管形状とし、幹線から支線への分水工地点で流量制御を行い、システム全体の圧力分布を把握できる様な設計を考えていくべきであると思われる。

最後に今回のシステム上級研修報告書をまとめるに際して御世話になった、農業土木試験場水工部第2研究室岩崎和己室長、丹治肇研究員、ならびに水利部第3研究室白石英彦室長（現企画連絡室室長）、大西亮一氏（現水利第3研究室室長）、および研修課の皆さんに心より御礼申し上げます。

## 参考文献

- 1) 水田パイプラインシステムの設計理念  
農業土木試験場技報, 白石英彦, 岩崎和己, 伊藤喜一
- 2) 教理モデルによる管水路系の非定常現象の解析,  
農業土木試験場技報, 白石英彦, 岩崎和己

# 農業土木技術者のためのリモートセンシング (第3回)

増 本 新\* 淵 本 正 隆\*\*

## 目 次

8. リモートセンシング調査の実例……………(82)	8-1-2 マルチバンド……………(85)
8-1 エアポーンタイプ (航空機からの リモートセンシング) ……………(82)	8-1-3 赤外カラー写真とMSS……………(88)
8-1-1 通常ネガカラーの例……………(82)	8-1-4 MSS……………(94)

### 8. リモートセンシング調査の実例

百聞は一見に如かずという言葉の通り、リモートセンシングは見えない情報を見えるようし、さらに読みやすくするために色彩をつけたり濃淡をつけたりして解析するところに味噌がある。故に今回リモートセンシングによる調査の例を示すには、百万の言辞を弄するよりも多くのカラー写真を提示するべきである。しかし残念な事には諸般の事情から、掲載しうるカラー写真の枚数は掲載したい枚数の数分の1でしかない。したがって著者読者の双方とも隔靴搔痒の感を抱く事は避けられないとの前提のもとに、できるだけ努力をするので、御了承願いたい。

#### 8-1 エアポーンタイプ (航空機からのリモートセンシング)

##### 8-1-1 通常ネガカラーの例

###### 松永港区藻場実態調査

この調査の目的は広島県松永湾 (かつて代行干拓が行なわれたことがある。) 木材港水域施設整備 にかかる周辺海域における海藻群落について、現在調査とカラー写真技術とを駆使することにより水面上植生の分類、当該海域内の総量、分布、それらの季別及び経年変化を調査できるか否かにハードウェア、ソフトウェア両面から挑んだものである。

#### (1) 調査対象海域

調査対象海域は第47図に示す区域である<sup>(\*)</sup>。

#### (2) 使用機材

・フィルムとフィルター

通常エアポーンタイプのリモートセンシングでは赤外カラーフィルム、赤外白黒フィルムを使用する例が多

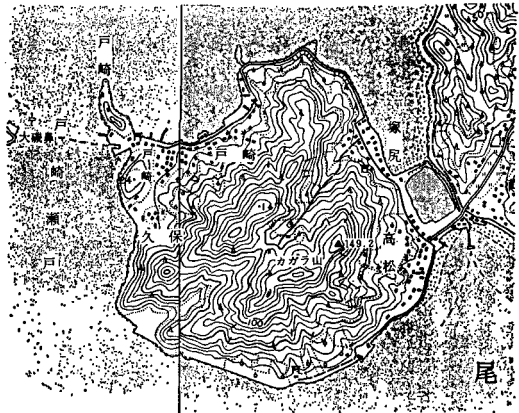


図-47 調査地域

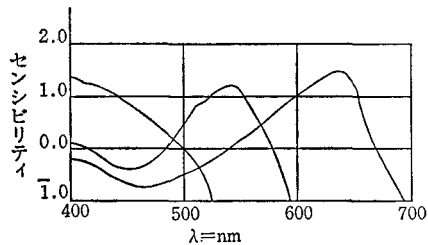


図-48

コダック エアロカラーネガタイプ  
フィルム 2445のセンシビリティ

く、ナチュラルカラーフィルムは感光領域が可視光線とほとんど変わらないのであまり使用されないが、本調査では長波長の光 (赤外線) が水中で吸収されやすい特性を避けるため特にナチュラルカラーフィルムを使用し、これを基本として色調変換、強調することにより測定することとした。使用フィルムは、Kodak Aerocolor Ne-

\* アジア航測(株)

\*\* //

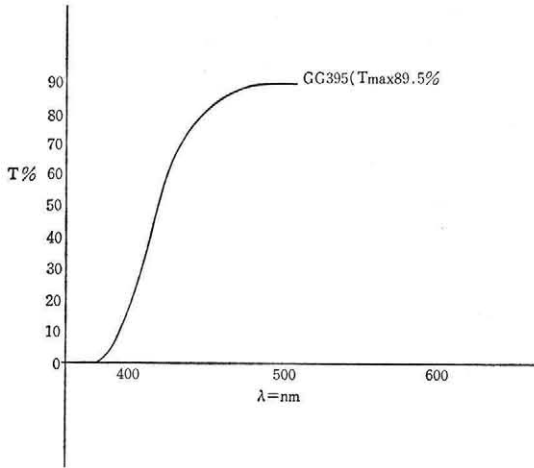


図-49 フィルターの分光透過率特性

gative Film 2445で、その感光特性を第48図に示す。

使用したフィルターの分光透過率は第49図に示すとおりで、可能なかぎりエアロゾルによる散乱光を除去し適正なカラーバランスが得られるように努力した。

・カメラ、レンズ、航空機

カメラは Wild 社 RC 10, レンズは焦点距離153ミリの Wild 社ユニバサルアヴィオゴン UAg を使用した。航空機はセスナ T U-206Gである。

(3) 調査の流れ

調査の目的にかんがみ、できるかぎり情報による差が明確となるよう使用機材、周辺条件、調査の流れ等には繊細な注意を払った。第50図に調査のフローを示す。

・撮影高度

本調査に使用する写真は、海域の全貌を概括的に知りうる縮尺のものと、判読解析に使用するに十分な縮尺の

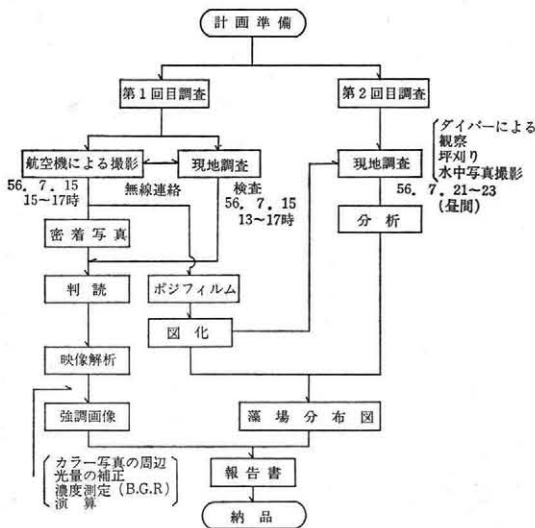


図-50 調査フロー

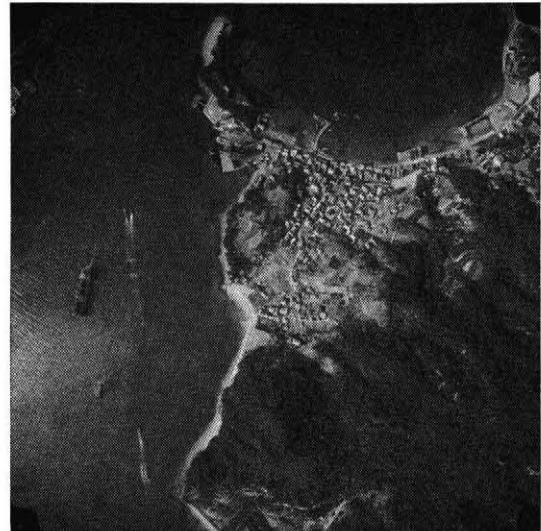


図-51 調査海域全景

ものとの二種類が必要である。本調査では概括調査用には撮影縮尺1/10,000のものを、強調画像を作成し判読解析を行なう区域については撮影縮尺1/5,000のものを使用した。いうまでもないことであるが、判読解析用の写真に引伸写真を利用することは、情報の量と質の低下に直接つながるので、避けた方がよい。

(4) シートルース

リモートセンシングには、地上ならばグランドルース、海上ならシートルースと呼ばれる現地調査が必要不可欠であることはすでにのべた。本調査でもシートルースは航空写真撮影と同時併行的に行ない、調査船上から透明度、諸海象情報、前年冬期調査結果に基く海藻分布位置の濁度、冬期夏期の繁茂度を比較するための水中カメラ撮影、海藻の採取（種類、湿重量及び乾燥重量を求める。）を行なった。第51図は調査海域の全景である。

(5) 藻場分布図作成と総量推定

・分布図作成

航空写真およびシートルースの結果をまず1/10,000地形図に仮記入した。次いで航空写真ネガフィルムからポジフィルムを起し、偏位修正機に掛けて垂直写真を作成した。これで基本作業準備を終えたわけである。

被度階級	被度 (%)
5	76~100
4	51~ 75
3	26~ 50
2	6~ 25
1	1~ 5
+	<1

図-52 被度階級の分類



藻場分布図はこの完全垂直写真上にデータの投影を行ない、さらに分布面積をデジタイザーにより計測、作成した。

・推定総量の計算

藻場の推定総量はシートルースにより得た海藻の乾燥重量から平均乾燥重量 ( $g_n$ ) を求め、これに面積 ( $S_n$ ) を乗じたものの和である。

被度の階級は、第52図によった。

また、総量の推定は下式によった。

$$\sum G_n = \sum (g_n \times S_n) \dots \dots 5$$

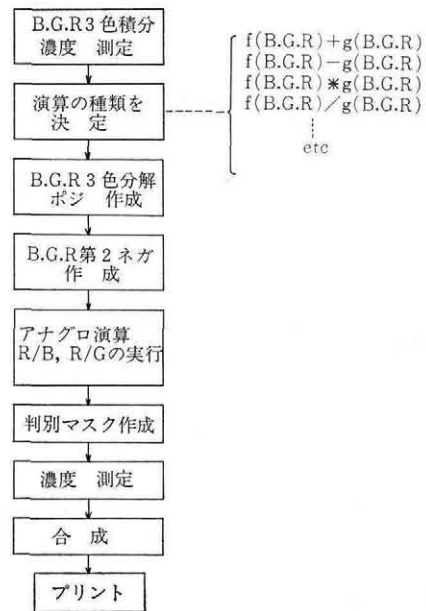
(6) 画像解析と強調画像

以上の記述は理論的にはやろうと思えば原始の海戦術をもってしても実行不可能ではない。これから述べているところの画像の問題は、調査目的にもよるが極く普通のナチュラルカラー写真であっても変換・強調を行なうことによって一種のリモートセンシングとしての効用を発揮させることができるということ、4枚の写真で見ていただく事を目的とする。

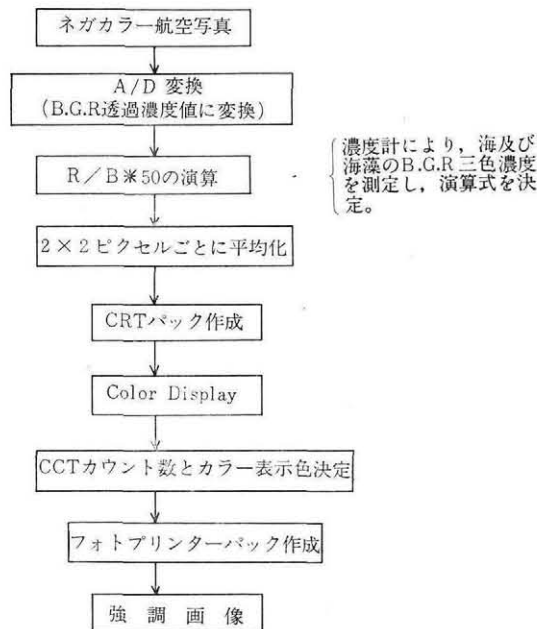
地形地物の場合とはかく、本調査のような場合では水粒子の光の散乱（これをミー散乱という。）により水深が増すにつれ藻場の境界判別が人間の眼の判読能力を超える場合もあるので、画像の強調を行ない、人間の眼の能力を補完するよう情報の処理を行なう。画像の強調は前回までに述べたようにリモートセンシングの技法としては確立されており、手法として特別に変ったことはない。ただし水中の藻を調査する強調の方法についてはこれまで定石といえるほど定着したものがなかったが、本調査はそこに新定石ともいべきものを樹立した点

に重要な意味がある。

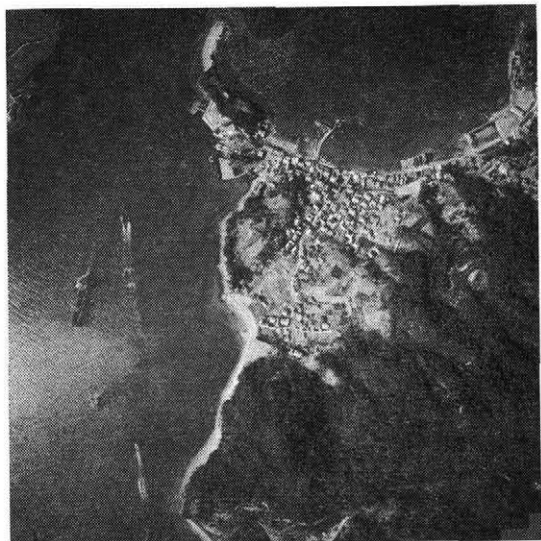
第52図は前掲の松永湾調査海域全景で原画像はナチュラルカラーであるが、カラーページの制限上、白黒写真で示してある。詳細調査を行なった海域は同図の上部中央の突出から右側へかけての部分である。水深がさほど深くない場合、海面下に藻があるところはないところに比して多少なりとも暗く映りそうだとはいしも考えてみるところである。そこで第53, 54図のフローにしたがって、海面において周囲よりも暗く映っている部分を全て（原画像では赤紫）抽出強調したところ、第55図を得



図—54 アナログ演算による強調画像作成フロー



図—53 デジタル処理による強調画像作成フロー



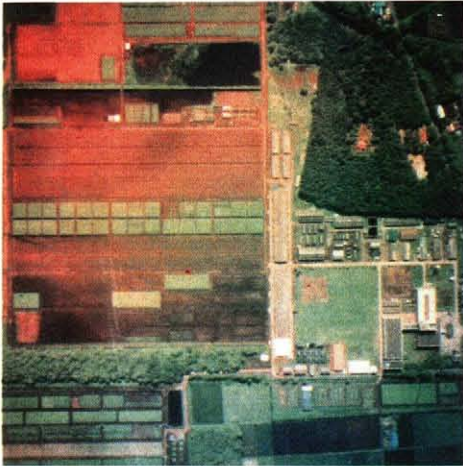
図—55 濃度強調写真



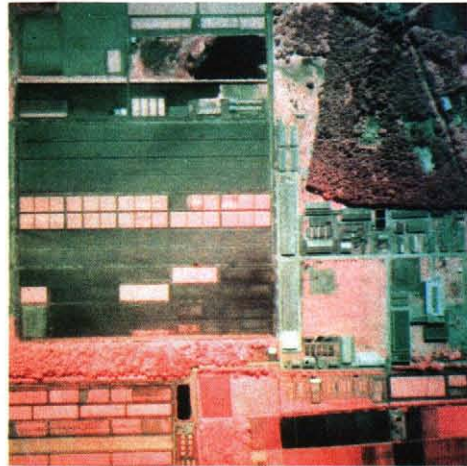
図-56 藻場の抽出写真



図-66 試験圃場の航空写真

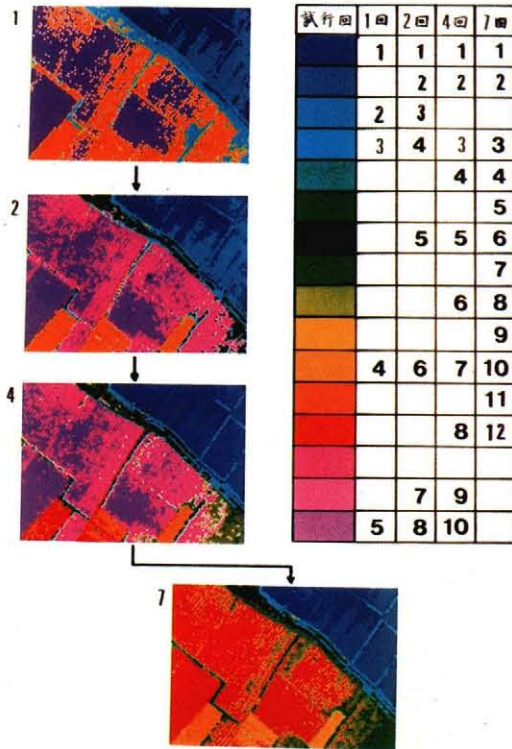


合成フォールスカラー画像 (赤外カラー)



合成リアルカラー画像

↑ 図-62 合成写真 2 例



⇐ 図-65 クラスタ分析図



図-81 MSSのカラー合成写真

た。本図とシートルース等の調査結果などを照合して、藻場はあきらかに強調されることがわかった。しかし本図では同時に船の作る陰影も海面下のコンクリートもすべて強調されていて、藻場とその他の物との区別がつかない。そこでそれら陰影のうち藻場と思われるものを（藻の種類別に原画像ではブルー及び赤紫）抽出強調したところ、第56図を得た。シートルース等諸調査の結果と第56図とは一致するので、ここに第5式において  $g_n$  はシートルースによる藻の乾燥重量を用い、 $S_n$  は第56図でデジタルに得られる分類別面積を夫々代入すれば、総量の推定は十分実用の範囲にありうることがわかった。（グラビア参照）

かくして水深がさほど深くない海域ならばナチュラルカラーフィルム使用でさえもリモートセンシング技法の応用により藻の種類、種類別面積と重量、全域の種類別分布と総量調査が行なえるようになったのである。第57図は第56図にグランドトルースの結果も入れて陸上部分も含め土地利用を分類したものである。本調査では第57図を作ることは目的としていないのでグランドトルースの精度をあまりあげていないので、樹種の分類、海と陰影との区分などが分離強調されていないが、詳細にグランドトルースをやれば、もっと詳細に分類強調されたカラー画像を得られることは当然である。

#### (6) 応用の可能性

この経験できちやかにされたことは、使用目的のいかんによってはキャッチするエネルギーの幅がほぼ可視光線の幅でしかなくても、現地調査のいかん、色調変換・強調のしかた、A/D変換によるコンピューター解析、その結果の再画像化などが適当であればリモートセンシングの範疇として定性、定量解析に使用できる。すなわち農業土木分野では海岸保全、常習冠水地域の排水計画の樹立洪水、被害調査、用排水路の障害調査、水中土取場の選定調査などに応用できるし、水産土木分野でも養殖場の選定、場所に適合した魚礁の設置や、あってはならないが油などによる海藻、岩礁の貝類などの被害の範囲や程度の調査にも当面応用できるであろうし、将来の応用の分野も研究が進むにつれて広がるであろう。

このタイプはベースがナチュラルカラーであるから陽画にした場合（必要な情報を色調変換、強調したのちでも）に全貌を目で見るがごとく見る事ができる利点があるが、一方何といってもキャッチする電磁波の幅が可視光線同様の幅でしかないから、その枠内で強調・解析することはできてもリモートセンシングのゆえんであるところの「不可視のものを可視化し幅広く電磁波を蒐集して解析し再画像化・定量化する」点からいえば他の方法に劣ることはまぬがれないが、画像処理・解析の手間自体も殆んど他の方法同様にかかっている。

#### 8-1-2 マルチバンド

#### 葉タバコの質と量の調査

マルチバンド写真とは、1-4-6に述べたように1枚のフィルム上に夫々異なるフィルターを装着した4本のレンズによって、青（B）、緑（G）、赤（R）及び近赤外（IR）の光を白黒写真に撮り、それをいろいろに組合わせて不可視を可視化し、A/D変換などの手段を借りて定性化・定量化を行なおうとするものである。

この調査は財団法人日本測量調査技術協会第7技術部会（応用調査）の、「写真等による判別技術のワーキンググループ」によって昭和54年度に行なわれたもので、日本専売公社企画開発本部の支援のもとに、淵本をリーダーとし、

アジア航測㈱(主)山本 博 狩野弘昭  
東日本航空㈱ 平田更一  
玉野測量 ㈱ 野村哲朗  
東洋航空 ㈱ 大我晴敏

の諸氏をメンバーとして行なったものである。

農産物生産の質的量的予測、病虫害発生の予測や発見は、重大問題であるが、農用地という面的広がり大きさのために今日なお人力による調査が幅をきかせている。しかし人海戦術的調査がサンプリングを基礎として全体を類推するのであれば、若し仮に電磁波の分光特性により病虫害発生の原因となる環境条件や製品の質的予測たとえば熟度、糖度などがわかり、同じく入射電磁波の量によって第5式  $g_n$ 、 $S_n$  がわかればリモートセンシング調査は人海戦術調査にとってかわることができる。

この考え方は理論的には称えられたからすでに久しい。問題は、精度と手間が調査費用に見合うかどうかだけにあった。タバコは嗜好品であるが故に収穫量のみならずその品質が重要視されるが、一方高品質種ほど病虫害に犯されやすいという弱点も持っている。このような特性から蓄積されているデータとマルチバンド写真の解析とを組合せて、従来既乾燥材料でない品質確定不可能といわれてきた壁を打破り、何とか圃場状態である程度の品質予測可能な新技術の開発を考えたものである。

#### (1) 調査の概要

・タバコは空中写真に直接写る葉そのものが製品であり、かつ良質の葉は黄緑色を呈し糖、ニコチン等が蓄積され、全体として分光特性に反映しやすいから、従ってマルチスペクトル方式による空中写真の解析には敏感に反応する筈だと考えた。すくなくとも従来の熟練技術者によるサンプリング調査より高い適中率を示す基礎条件はあるものと考えた。

#### ・調査の考え方

調査対象地域は茨城県真壁郡真壁町、明野町ほか11ヶ所を選び、過去の実績により定められている標準窒素肥料量を基肥として与えた区、同量の1/2を与えた区及び

窒素肥料を基肥として全く与えなかった区の3区域を設定し、その差異をキャッチすることを考えた。調査対象地区、調査方法その他の詳細は、参考文献を参照していただきたい(※2)。

(2) 使用機材

マルチバンド写真の撮影、処理のプロセスは下の通りである。

使用カメラ：マルチバンドカメラSDC

A-12型

フィルム：Kodak Infrared Aerographic

Film 2424

フィルター：バンド1 (青)

SDC 350+IR BLK

バンド2 (緑)

SDC 351+IR BLK

バンド3 (赤)

SDC 352+IR BLK

バンド4 (赤外線)

SDC 225

航空機：セスナTU-206G

である。第58図にフィルムの分光感度曲線を、第59図にフィルターの分光透過曲線を夫々示す。

(3) 撮影条件

日時：昭和54年7月4日10:08~10:28

気象条件：快晴、煙霧なし、風速7m/sec

撮影高度：1550m

撮影縮尺：1/5,000 (地区番号2~11)

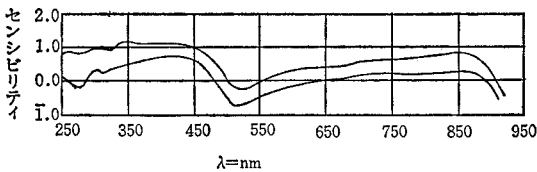


図-58 フィルムの分光感度曲線図

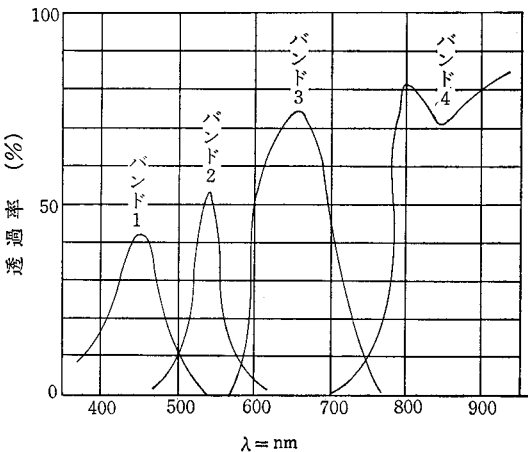


図-59 フィルターの分光透過率曲線

1/7,500 (地区番号1)

また、解析にあたって写真濃度の絶対値評価を行なうため、撮影地域内にグレースケールを設置した。第60図は、調査対象地区のマルチバンド写真の1例で、左上がバンド1 (青)、左下がバンド2 (緑)、右上がバンド4 (赤外線)、右下がバンド3 (赤) である。

(4) グランドトルース

前述のように試験畑の基肥施量は既知であり、試験畑の土壌、用排水状況等栽培にかかる諸条件にも永年の資料の蓄積があるので、基本データの測定も含めてグランドトルースは主として宇都宮葉たばこ試験場に依存し、資料の種類、測定に関するアイデア及び諸種の理由から専門技術者が実施した方がよいと思われるものについて直接ワーキンググループによりグランドトルースを行なった。従って、吸収窒素量、葉面積指数 (LAI) は6月14日、乾物重量 ( $d_w$ ) は7月20日~8月10日、撮影日は7月5日と夫々若干のズレがあるが、全体として成果に影響するような差異は成起しないと見ている。

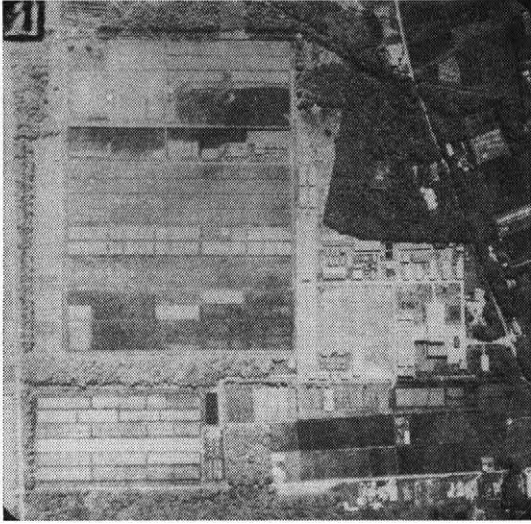
(5) 色合成と写真判読

色合成のシステムは基本的には1-4-6図5に示したものと変りはない。すなわち撮影された4バンドのポジフィルムから任意の複数のバンド写真を組合せ加色混合 (数学的には28通り) すると、夫々の色相を有するカラー画像ができ、それによってバンド別に対応した被写体 (この場合葉タバコ) の反射特性の差を色彩差として表現する。従って目的、用途に応じてバンドの組合せや光源を変えることにより判読に最適なカラー画像を選定することができる。第61図は葉たばこ試験圃場の景観である。

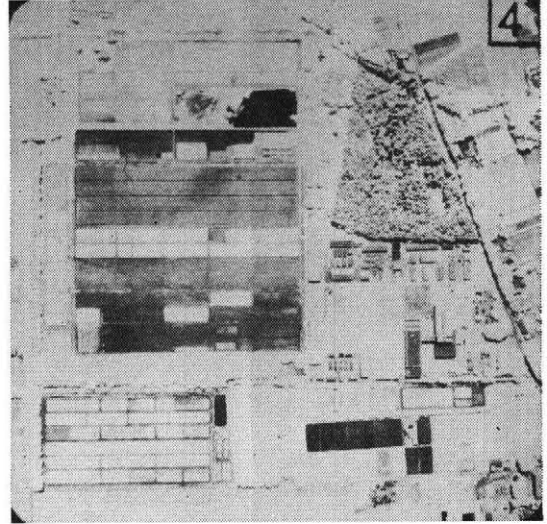
余談にわたるが一般的には1, 2, 3のポジフィルムに夫々青, 緑, 赤の光源を用いて加色合成するとナチュラルカラー画像になり, 2, 3, 4のポジフィルムに夫々青, 緑, 赤の光源を使用するとコダック社の赤外カラーフィルムによるフォルスカラーができる。第62図は左にナチュラルカラー合成, 右にフォルスカラー合成をしたものである。(グラビア参照)

閑話休題。上述のようにして合成したカラー画像を見ると、基肥施肥区の差によりナチュラルカラー、フォルスカラー両方ともあきらかな色彩・色調差を示している。色彩・色調差を生ぜしめる原因は既知であるから、ここにタバコ畑の写真判読のキーができた事になる。すなわち草冠の色調と草冠の大きさがキーである。ナチュラルカラーでは葉緑素量が多いと緑色、分解が進みカロチノイド等に色素が置換ると黄色を呈する。フォルスカラーでは、例えば稲では反射率は単葉の葉緑素量よりも葉の重なり由来することが知られているが、タバコでも同じ事が言え、葉緑素勢力の強い所は赤く、弱い所では桃色から白になる。第63図は健康な葉と病虫害の発生

バンド 1 (B)



バンド 4 (1R)



バンド 2 (G)



バンド 3 (R)

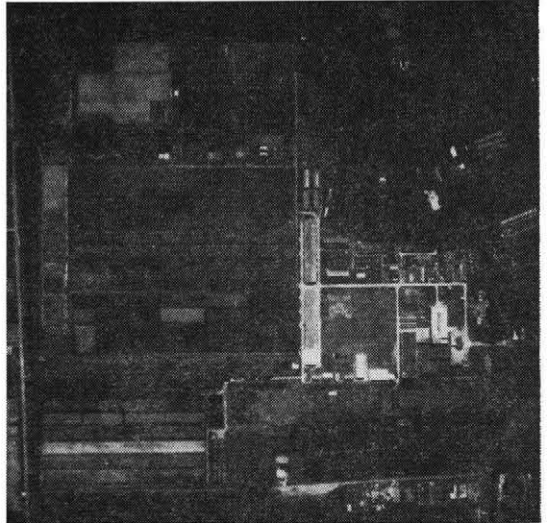


図-60 マルチバンド写真

した葉とを比較したものであるが、差の累積が大きければ色調差となって現われる。第64図は今回調査によって得た判読キーである。

(6) クラスタリング

前述のキーを用い、合成写真を使用して判読を行なう事ができるが、ここではあえて実例としての写真を掲示しない。何となればこの程度の処理ではまだ一般的にいう写真判読の域を超えず、質的的にリモートセンシングと言えだけの確実度も精度ももっていないので、数值的に取扱うことができないからである。数值的に、かつ定性的定量的にリモートセンシングとして情報を取扱い得るためには、



図-61 試験圃場の景観

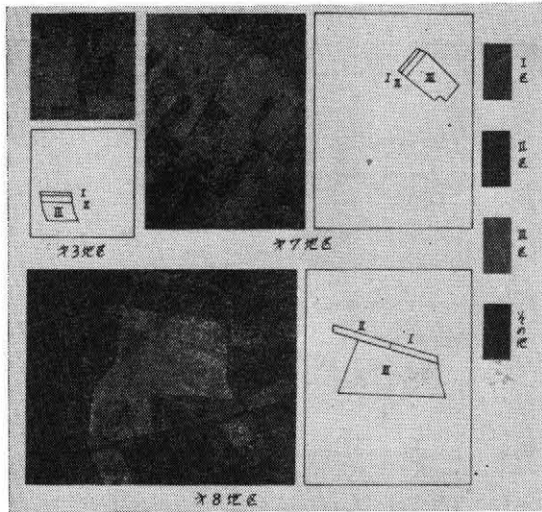


図-63 健全な葉と病葉の比較写真

区分	色の指標		タバコの特長推定 (葉緑素分解の程度)	草冠大
	フォールスカラー	ナチュラルカラー		
1	赤	緑	未分解	大
2	白	稍黄緑	稍分解	大
3	白・赤	黄緑	〃	中
4	白・赤	黄	分解	中
5	赤・緑	緑	〃	小
6	赤・緑	黄	〃	小

図-64 写真判読のキー

- ・ テキスチャ情報の処理
- ・ パワースペクトル
- ・ 分光放射情報の処理
- ・ 線型関数変換
- ・ 4次元データによる最尤法

などの処理経過を踏まえた上でクラスタ分析という処理を行なう必要がある。クラスタ分析とは本調査の場合のように分類すべきグループ分け、クラス分けが与件として示されていない時、多類の変数や観測単位に関する定義による類似度、頻度、濃淡度に基づき、集落（これをクラスタという）を新設する方法である。第65図に本調査の最終結果としてのクラスタ分析図をカラーで示す。ここでは青色は水田、他はタバコ畑を示すが、本調査の項冒頭でのべた窒素量による3グループのうち赤色で標準量施肥、緑色で1/2施肥区が明示されているけれども、無施肥区は点類、面積ともに大きくなかったために埋没してしまっている。（グラビア参照）

#### (7) 応用の可能性

マルチスペクトルカメラ法は、しばしばのべたように加色法の周辺で処理しようとする限りリモートセンシングの仲間に入れる事はやや難がある。しかしナチュラル

カラー法でもそうであったように、ハードウェア、ソフトウェア両面から更に一步数学的、物理的に突込んだ処理を行ない数値的に情報を取扱う事によりリモートセンシングの仲間に入れることができる。またマルチスペクトルカメラ法はMSS法と異り処理の途中経過が非専門技術者にとって視覚的にわかりやすく面白い面もある。この方法の現存技術での応用範囲及び将来の発展による応用の範囲の拡大は私見ではあるが、ナチュラルカラー法よりも稍範囲は広がろうけれども、果して高々精度を望みうるかについては、MSS法には及ばないのではないかという気がする。もって写真判読とリモートセンシングの境界にある技術といたくなる所以である。

#### 8-1-3 赤外カラー写真とMSS

耕地におけるバイオマス資源の遠隔計測手法の開発  
赤外カラー写真法とMSS法とは言うまでもなく全く別個のものであり、本章を草するにあたり独立の例を述べるべきであったかもしれない。しかしすでに赤外カラー法、MSS法の理論概要は述べたところでもあるし、他方昭和56年度に農林水産省農業技術研究所調査科作況調査研究室から、同一地区におけるバイオマス（ここでは植物）について、赤外カラー写真法とMSS法とでどんな差がでるかという非常に興味ある委託をうけ、一応の成果を得ているので、これを基本として両例を比較しつつ説明してまいりたい。

純学術的にいえば本研究の結論は今回限りで出るものではなく、継続的補完的多面的に進めていかねばならないものである。8-1-2でものべたように、植物とくに農作物の収穫量と品質を人海戦術でなく把握するとともに、今日の農業問題の基本となる適地適作適環境を遠隔的に予測計測する手法を確立することは不可避的な時代の要請であり、農林水産省においても各内局、外局、農林水産技術会議所属各試験場で熱心にとりくんでいるところであって、土地改良事業の推進を考えると今後はさらにすくない人数でさらに多様化する生産者消費者のニーズに応えていかねばならない事が現実視される今日、やはり不可避問題であると言わねばならない。

#### (1) 研究対象地域と目的

研究対象地域は農林水産省農業技術研究所附属農場、同農業試験場附属農場ならびにその周辺の茨城県谷田部町羽成・中山両地区約10km<sup>2</sup>の面積で、主として畑地である。研究の目的は簡単にいえば第66図中央に矩形が整然と並んで見える試験圃場に種類、品種、栽培条件、環境条件など与件を厳重明確に規定した試験区画を造り、これをキーとして周辺の試験圃場、一般圃場におけるバイオマスの解析計測を行ない、加えて手法の差、すなわち赤外カラー写真法とMSS法、アナログ法とデジタル法との差がどのように出るかを比較検討し、計測指標作成の可能性追求の足がかりとしようとするものである。た

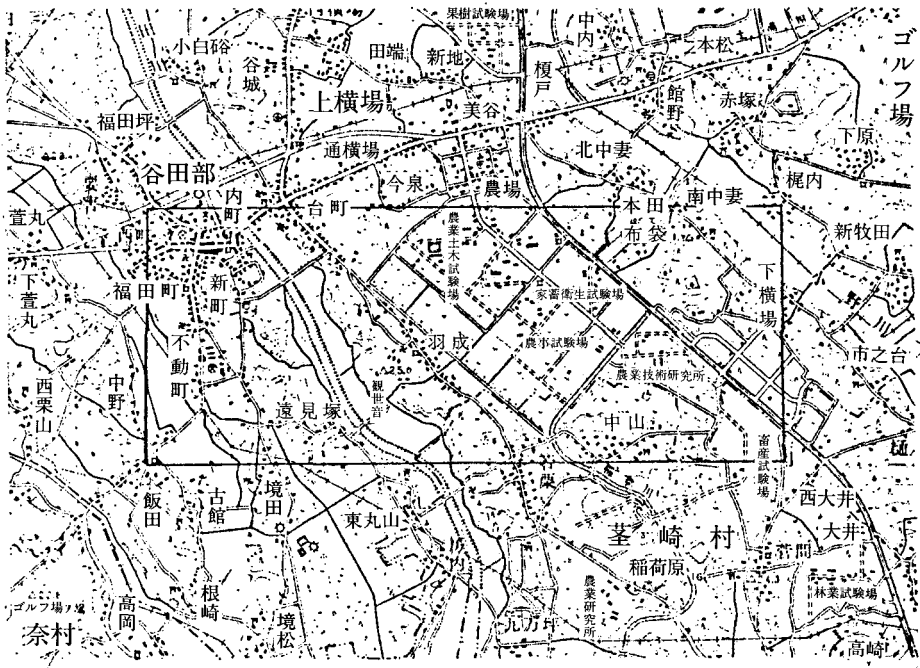


図-67 調査対象地

だし本研究実施時の試験圃場の与件は厳重明確ではあったが作物の種類等は各研究室独自の順番設定によっており、必ずしも研究対象地域全体として統制のとれた状態ではなかった。第67図に研究対象地域の5万分の1地形図を掲げる。

(2) 研究の与件

農業技術研究所附属農場には主として水稻が、農業試験場附属農場では主として大豆とトウモロコシが栽培されていた。トウモロコシは刈取中であった。

周辺畑地帯は陸稲、落花生が主で、葱、甘藷、里芋が散見された。西瓜畑の殆どは収穫後放置されたままの状態であった。

第68図は本研究の作業工程図である。見られる通り主目的を赤外カラー写真法とMSS法との比較に置くならば両者を同時に撮影すべきところであるが、航空機に両機械を同時に操作するだけのスペースがなかったこと、気象条件等の理由により、MSSの撮像は8月20日に、航空写真撮影は8月30日となった。また本件は比較研究が主眼でありいわゆる具体的な地区調査といささか趣を異にするので工程もある程度ゆっくり取っており、僅か10km<sup>2</sup>の調査に最短7カ月を要するものではない。

(3) 研究の作業手順

第69図に作業手順を示すが、基本的には第51図等に表示手順と変りはなく、ただMSSと航空写真とが初期に併行しているにすぎない。

(4) 航空写真による解析準備と撮影

第70図は航空写真の撮影諸元、第71図は Kodak Ae-

作業種	56/8月	9月	10月	11月	12月	57/1月	2月	3月	備考
計画準備	—								
航空写真撮影	—								8/30撮影
MSS撮像	—								8/20撮影
現地調査	—	—							
現調資料整理		—	—						
濃度測定			—	—	—		—		
A/D変換				—					
アーク作成				—	—				
写真判読			—						
解析・評価						—	—	—	

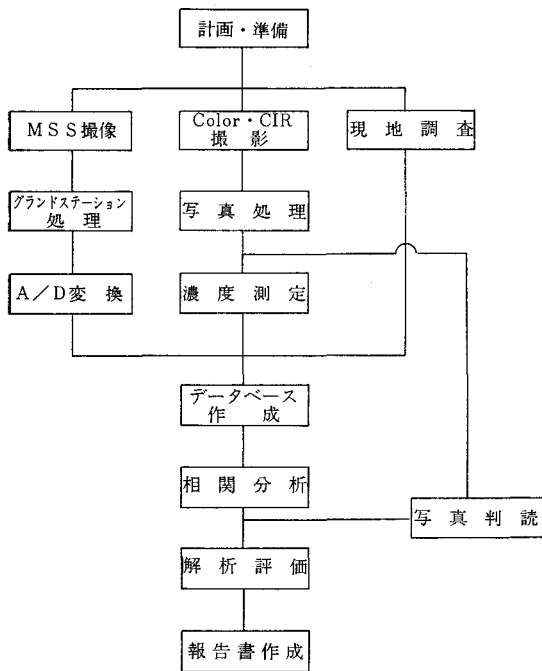
図-68 作業工程表

rocrom Infrared Film 2443の感光特性である。ネガカラーフィルムの感光特性は第48図を参照されたい。赤外カラーフィルムは Wild Filter No.2を装着し、青色光(525nm)以下をカットしてある。その結果現実の光はナチュラルカラーフィルム上と赤外カラーフィルム上では第72図に示すように異なると考え方がされる。

・濃度測定

航空写真法ではフィルム画像上に発色された色彩、濃度を三色に分解し、測定する手順を踏む。本研究でも三色分解にはコダックフィルター No.25 (赤), No.57 A (緑), No.47B (青)を用い、濃度はフォトパターンアナライザー 250Aを使用し、測定口径 100 μm (地上で 0.5m) である。しかるのち測定濃度を相対露光量に変換し、解析の基本データとした。第73図にその流れを掲げた。





CIR: 赤外カラー写真

図-69 研究の作業フロー

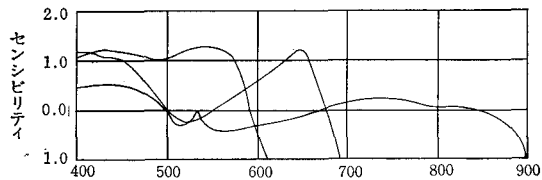


図-71 Kodak Aerocrom Infrared 2443 の感光特性

(5) MSSによる解析準備

・撮像

本研究にはスキャナーとしてデータラス社製DS-1250をパイパーPA-23-250に搭載使用した。このスキャナーは380~1,100nmの電磁波を10チャンネルに別け、別に $8 \times 10^8 \sim 14 \times 10^8 \text{nm}$ の電磁波を1チャンネル合計11チャンネルにとらえる。

・A/D変換

撮像されたデータを定量的、数値的に解析するため、

項目	自然光	ナチュラルカラーフィルム	赤外カラーフィルム
色	赤 黄 緑 青 近赤外	赤 黄 緑 青 —	黄 青 — 赤
状態	—	ネガタイプ	ポジタイプ

図-72 ナチュラルカラーフィルムと赤外カラーフィルムの差

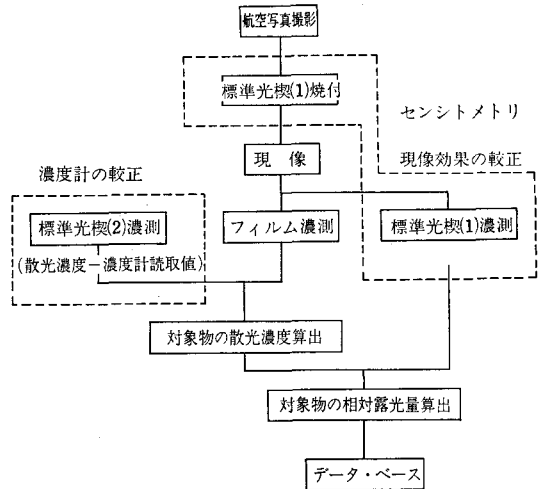


図-73 相対露光量算出の流れ

7-3にのべたAIPSを用いてA/D変換を行ない、解析の基本データとした。

(6) 解析の結果

研究の手順を詳述する事は本章の趣旨ではないので概観を述べるにとどめ、結論に踏みこむこととする。なお、研究のプロセスに興味を持たれる向きは、参考文献を参照されたい(\*3)。

第74図赤外カラー写真は、第66図写真の僅か西部を撮影したものである。第66図写真では解析キーとする圍場がその南側隅に映っているが、第74図赤外カラー写真では試験圍場を右隅に、解析対象圍場を中央から下部に示している。なお原画像は概ね1/2500で撮影されている。

	Color	CIR
撮影年月日	昭和56年8月30日(11:20)	同左(10:50)
使用カメラ	RC-10(ウィルド社製)	同左
焦点距離	213.67mm(AVフィルター装着)	同左
撮影縮尺	1:5,000	同左
使用フィルム	コダックエアロカラーネガティブフィルム2445	コダックエアロクロームインフラレッドフィルム2443

図-70 撮影諸元

撮影撮像時点（8月下旬）では、研究対象地域では試験圃場、解析対象圃場ともに水稲はほとんど出穂前で生育段階はおおむね均一、陸稲は既出穂未出穂混合で各筆



図-74 対象地区の赤外カラー写真

毎に生育段階に差があり、落花生の生育段階は全体的におおむね均一であった。

このような与件のもとに、赤外カラー写真法、MSS法ともに区域を同じくする作物ごとサンプルを水稲24サンプル、陸稲7サンプル、落花生6サンプルを任意に抽出し、相関の有無を検討した。第75図は赤外カラー写真法における相対露光量で、Rは赤、Gは緑、Bは青、IRは赤外線を示している。

MSS法において相当露光量に当るものはCCT量といい、反射エネルギー量に対応する。相対露光量とCCT量とは性質を異にするが、両者とも被写体の反射電磁波エネルギーに対応する量を示す。そこで第75図と同一のサンプルについて、MSSのCCT量を波長別に調べた。その結果の標準偏差値等を第76図に示す。ついでと云っては妙であるが、備考欄に赤外カラー写真法との相関係数を示す。

第75図、第76図を比較すると、以下のようなことが言える。すなわち、

- ・変動係数は両者とも略々同じような傾向を示すが、落花生の赤外線領域では値がやや異なる。

作	種	波長帯	平均値	標準偏差	変動係数 (%)	最大値	最小値	備考
水	稲	G	.243	.066	27.2	.469	.115	24サンプル
	〃	R	.358	.060	16.8	.404	.243	〃
	〃	IR	1.599	.352	22.0	2.129	1.107	〃
陸	稲	G	.281	.079	28.1	.388	.150	7サンプル
	〃	R	.464	.096	20.7	.556	.278	〃
	〃	IR	1.888	.651	34.5	3.215	1.139	〃
落	花	G	.163	.019	11.7	.201	.148	6サンプル
	〃	R	.281	.014	5.0	.308	.272	〃
	〃	IR	1.762	.125	7.1	1.870	1.545	〃

図-75 作種別相対露光量（赤外カラー写真法）

作	種	波長帯	平均値	標準偏差	変動係数 (%)	最大値	最小値	備考
水	稲	B	54.5	3.1	5.7	62	49	24サンプル
	〃	G	42.8	2.3	5.4	49	39	〃 .052
	〃	R	42.1	2.4	5.7	49	39	〃 .189
	〃	IR	76.8	13.0	16.9	91	46	〃 .543
陸	稲	B	55.3	1.7	3.1	58	53	7サンプル
	〃	G	44.4	2.8	6.3	49	41	〃 .836
	〃	R	43.9	2.0	4.6	47	41	〃 .807
	〃	IR	89.9	13.7	15.2	114	73	〃 .930
落	花	B	55.8	2.1	3.8	58	52	6サンプル
	〃	G	41.7	0.8	1.9	43	41	〃 .638
	〃	R	42.5	1.8	4.2	44	39	〃 .351
	〃	IR	116.0	11.4	9.8	137	105	〃 .569

(注) 備考欄数字はCIRとMSSとの相関係数

図-76 作物別 MSSCCT 量

・陸稲を除いて両者の相関係数は高くない。研究目的の密かに期待するところでは両者が高い相関を示す筈であった。この点については、

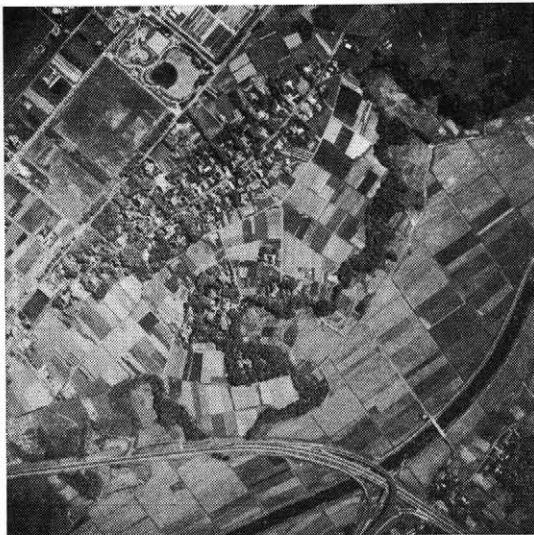
- ④MSSの画素が2.5m×2.5mであり、農業技術研究所試験圃場の水稲区画と略々同じ大きさであるため、MSSのスキャンの方向の喰違いにより画素と区画の間にも喰違いが生じた。
- ⑤MSSと赤外カラー写真の撮影時期が10日ずれたため、照射光反射光の特性に差が生じた。
- ⑥赤外カラー写真の赤・赤外バンドは夫々青、青と緑の領域を含んでいるので、MSSのそれと波長域が似ていること。

などに起因するものと考えられる。④、⑤に起因するものはいまとなっては除去できないが、⑥に起因するものについては修正が可能である。そこで所要の演算を行なうと、第77図のようになり、修正前よりも遥かに高い相関を示す。

リモートセンシングによりバイオマスがある程度の信頼度をもって計測でき、実用に供しうるためには、まずその初歩として作物別の判読ができるか否かから始めなければならない。我々が別の実験で赤外カラー写真法により玉葱について適中度を調査したところ、80%を若干上廻る数字がでた。しかしこのような数字には個人差と

水 稲			陸 稲			落 花 生		
G	R	IR	G	R	IR	G	R	IR
.117	.386	.580	.735	.866	.835	.788	.873	.560
28サンプル			7サンプル			5サンプル		

図一77 C I RとMSSとの相関係数



図一78 判読をした実験地の赤外カラー写真

身量とが必ずつきまとうものであるから、別途方法を講じて当該地の農作物の分布状況を全く知らない5人に、羽成、中山地区(第78図にその一部を赤外カラー写真の白黒焼で示す)の38筆の畑を対象に判読せしめたところ、第79図の結果を得た。判読者にはあらかじめ陸稲、落花生、葱、甘藷、里芋、西瓜、三葉の7種類の作物につき、ナチュラルカラー、赤外カラー両者の判読キーを5分間与えた。その結果は見てのとおり一応満足すべき程度と思われ、習熟度が向上するにつれもうすこし上ると考えられるので、適中率90%は十分期待できると思う。

またMSS法による解析では、今回の場合画素の大きさのためにパターン認識ができにくく、ほとんど濃度解析によらざるを得なかったため、適中率について期待ほどの満足度は得られなかった。

#### (7) 考察と応用の可能性

研究は今後も継続されるが、今までの結果によって途中考察を加えると、次のようなことがいえる。すなわち

- ・近赤外領域をとらえて Biomass を推定することは可能と考える。
- ・しかし生育段階を越えると、または生育段階内でも生育段階のバラツキが大きいと近赤外波長領域だけによって Biomass を推定することはむづかしい。
- ・また垂直方向に増加する Biomass は、その増分が必ずしも電磁波の反射量の増加に比例しない。
- ・適中率、計測の確度は縮尺のいかんにも大きく影響するので、収量予測、病虫害発生予測などの場合と農用地開発適地選定などの場合とは縮尺を変えねばならないのはもちろんのこと、目的を混同して適中率を議論する事は意味がない。
- ・MSSは電磁波を11バンドに別けてキャッチしているので分光特性表現の能力には優れている。一方、分解能では赤外カラー写真法の方がはるかに高い。
- ・細かい技術的な事であるが、両方法ともに A/D, D/A 変換の際のノイズ(雑音)除去に研究の余地がある。
- ・したがって、今後の応用の可能性についても上述の諸点に留意することによって出来不出来に差が生じることは当面避けられないであろう。しかし海外での農業開発適地選定、国内でも比較的単一な大面積の広がり——例えば海面、湖面など——の環境調査などでは、ランドサット衛生データの利用も含め積極的に研究をすすめることにより、使用限界をおしあげる事は可能であろう。

#### 8-1-4 MSS

赤潮の検知と予測の事例

8項の結びの事例として、8・1・3項のMSSと同じものであるが、図一80に赤潮をとらえたMSS11チャ

筆番号	該当作物	A		B		C		D		E		
①	オカボ	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	100%
2	オカボ	ラ	ラ	ラ	?	ス	サツ	ラ	ラ	⊙	⊙	20
3	オカボ	ラ	ラ	ラ	⊙	⊙	サツ	ラ	ラ	⊙	⊙	40
④	スイカ	⊗	⊗	⊗	⊗	オ	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	90
⑤	オカボ	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	100
⑥	ラッカセイ	ラ	ラ	ラ	ラ	ラ	ラ	ラ	ラ	ラ	ラ	100
⑦	サトイモ	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	100
⑧	ラッカセイ	ラ	ラ	ラ	ラ	ラ	ラ	ラ	ラ	ラ	ラ	100
9	オカボ	⊙	⊙	ミツ	⊙	⊙	⊙	⊙	ミツ	⊙	⊙	80
10	ネギ	⊗	⊗	⊗	⊗	?	⊗	⊗	⊗	⊙	⊗	90
⑪	ネギ	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	100
12	ラッカセイ	ラ	ラ	サツ	ラ	ラ	ラ	ラ	ラ	ラ	ラ	90
⑬	オカボ	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	100
⑭	スイカ	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	100
⑮	シバ	シ	シ	シ	シ	シ	シ	シ	シ	シ	シ	100
⑯	ラッカセイ	ラ	ラ	ラ	ラ	ラ	ラ	ラ	ラ	ラ	ラ	100
⑰	ネギ	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	100
⑱	ラッカセイ	ラ	ラ	ラ	ラ	ラ	ラ	ラ	ラ	ラ	ラ	100
⑲	スイカ	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	100
⑳	オカボ	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	100
21	ラッカセイ	ラ	サツ	ラ	ラ	ラ	ラ	ラ	ラ	ラ	ラ	90
㉒	オカボ	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	100
㉓	オカボ	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	100
㉔	ラッカセイ	ラ	ラ	ラ	ラ	ラ	ラ	ラ	ラ	ラ	ラ	100
25	オカボ	⊙	⊙	ネ	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	90
26	ラッカセイ	ラ	ラ	ミツ	ラ	ラ	ラ	ラ	ラ	ラ	ラ	90
27	オカボ	⊙	⊙	ネ	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	90
28	サツマイモ	オ	シ	ミツ	⊕	?	シ	ミツ	⊕	オ	オ	20
㉘	ラッカセイ	ラ	ラ	ラ	ラ	ラ	ラ	ラ	ラ	ラ	ラ	100
30	サツマイモ	オ	シ	ミツ	⊕	?	シ	ミツ	⊕	オ	オ	20
31	ネギ	⊗	⊗	ス	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	90
32	ラッカセイ	ラ	ラ	オ	オ	ラ	ラ	ラ	ラ	ラ	ラ	80
33	オカボ	⊙	⊙	ネ	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	90
34	サトイモ	⊕	ネ	⊕	⊕	⊕	⊕	ネ	⊕	ネ	ネ	60
35	サツマイモ	オ	オ	⊕	ミツ	⊕	オ	⊕	ミツ	オ	オ	30
㉚	ラッカセイ	ラ	ラ	ラ	ラ	ラ	ラ	ラ	ラ	ラ	ラ	100
37	サトイモ	⊕	ネ	⊕	⊕	⊕	⊕	ネ	⊕	ネ	ネ	60
㉛	ラッカセイ	ラ	ラ	ラ	ラ	ラ	ラ	ラ	ラ	ラ	ラ	100
		33/38 86.8%	30/38 78.9	26/38 68.4	35/38 92.1	33/38 86.8	33/38 86.8	32/38 84.2	34/38 89.5	33/38 86.8	33/38 86.8	322/380 84.7

(注) 筆番号○印は全正解, 作物種○印は正解

左側がCIR, 右側がCOLOR写真

図-79 判読結果表

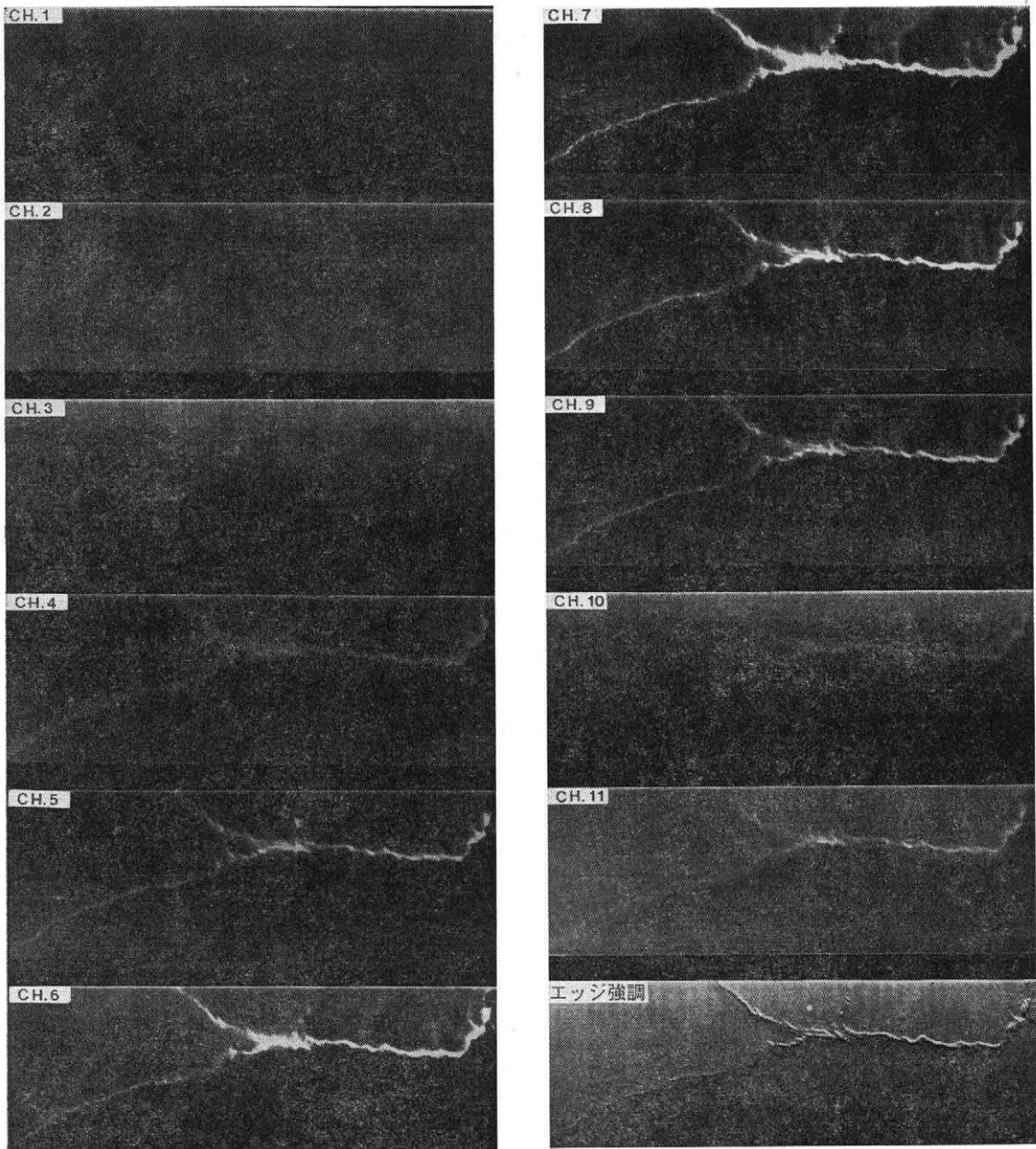


図-80 MSSの11チャンネルの画像

ンネルの画像とそのカラー合成画像（図81）を紹介する。海域の例なので、その画像の紹介にとどめたい。

11チャンネルの白黒画像をチャンネルごとと比較するとその分光特性を推しはかることができる。現在では、この種のデータをもとにした予測モデルも提案され実用化に供されはじめている。

#### 参考文献

\*1) 「松永港区藻場実態調査報告書」  
昭和56年7月

運輸省第三港湾建設局広島港工事事務所  
アジア航測株式会社  
\*2) 「マルチバンド空中写真による葉タバコの質と量の  
評価手法の開発研究」  
昭和55年3月  
財団法人日本測量調査技術協会第7技術部門（応用調  
査）写真等による判別技術のワーキンググループ  
\*3) 「耕地における Biomass 資源の遠隔計測手法の開  
発報告書」  
昭和56年度  
アジア航測株式会社

会

告

農業土木技術研究会第13回理事会

1. 日時 昭和57年6月3日 12:00~13:30
2. 場所 東京都港区新橋5丁目34-4  
農業土木会館6階中会議室
3. 会議の概要

会長の議事運営で下記議案の審議が行われた。

- (1) 第1号議案 昭和56年度事業報告並びに収支決算承認の件
  - (2) 第2号議案 昭和57年度事業計画(案)並びに収支予算(案)承認の件
  - (3) 役員改選に関する件
  - (4) その他
- 以上の議案について全員異議なく、原案どおり可決承認された。

昭和56年度収支決算書

収入の部

57. 3. 31 現在

科 目	決 算 額	予 算 額	予算額に比し 増 減 (△)	備 考
会 費	14,759,250円	16,170,000円	△1,410,750円	
通常会費	13,149,250	13,800,000	△ 650,750	会費 2,300円
賛助会費	1,610,000	2,370,000	△ 760,000	10,000円×161口
研修会等収入	1,460,000	1,500,000	△ 40,000	1回
広告料	1,685,000	1,800,000	△ 115,000	45号・46号及びテキスト広告料
雑収入	854,505	100,000	754,505	テキスト頒布代を含む
過年度収入	965,900	800,000	165,900	
通常会費	305,900	300,000	5,900	
賛助会費	30,000	50,000	△ 20,000	
広告料	630,000	450,000	180,000	44号
前年度繰越金	4,871,592	4,871,592	0	
合 計	24,596,247	25,241,592	△ 645,345	

支出の部

科 目	決 算 額	予 算 額	予算額に比し 増 減 (△)	備 考
会誌発行費	7,040,824円	12,390,000円	△5,349,176円	
印刷費	5,769,539	9,500,000	△3,730,461	45号~47号
原稿料	428,000	900,000	△ 472,000	45・46号
編集費	70,830	240,000	△ 169,170	〃
運賃送料	772,455	1,750,000	△ 977,545	〃
事業費	1,428,570	1,270,000	158,570	
研究会費	0	150,000	△ 150,000	
研修会費等	1,428,570	1,070,000	358,570	
資料	0	50,000	△ 50,000	
会議費	260,000	500,000	△ 240,000	理事会、編集会議
事務費	2,308,345	2,590,000	△ 281,655	
備品費	0	0	0	
通信費	453,320	600,000	△ 146,680	切手、電話料
旅費交通費	19,540	200,000	△ 180,460	
広告手数料	340,000	540,000	△ 200,000	45号・46号
事務還元費	385,015	500,000	△ 114,985	20名以上会費の5%
振替手数料	65,820	100,000	△ 34,180	
事務室費	100,000	100,000	0	
消耗品費	327,698	350,000	△ 22,302	

雑費	616,952	200,000	416,952	テキスト増刷代等を含む
給料	2,273,500	2,740,000	△ 466,500	アルバイト賃金を含む
諸手当	939,922	1,320,000	△ 380,078	
退職積立金	600,560	380,000	220,560	
保険料	168,337	150,000	18,337	事業主負担分
過年度支出	3,178,611	2,770,000	408,611	
印刷費	2,336,400	2,000,000	336,400	44号
原稿料	234,750	200,000	34,750	〃
編集費	35,500	40,000	△ 4,500	〃
運賃送料	391,961	400,000	△ 8,039	〃
広告手数料	180,000	130,000	50,000	〃
予備費	0	1,131,592	△1,131,592	
次年度繰越金	6,397,578	0	6,397,578	
合計	24,596,247	25,241,592	△ 645,345	

### 昭和57年度収支予算

#### 収入の部

科目	予算額	56年度予算額	前年度に比し 増減(△)	備考
会費	14,500,000円	16,170,000円	△1,670,000円	
通常会費	12,900,000	13,800,000	△ 900,000	2,300円×5,900人×0.95
賛助会費	1,600,000	2,370,000	△ 770,000	10,000円×170×0.95
研修会等収入	1,400,000	1,500,000	△ 100,000	280人
広告料	2,200,000	1,800,000	400,000	49号～52号
雑収入	1,502,422	100,000	1,402,422	テキスト頒布収入, 銀行利子他
過年度収入	1,520,000	800,000	720,000	
通常会費	350,000	300,000	50,000	
賛助会費	70,000	50,000	20,000	
広告料	1,100,000	450,000	650,000	47号・48号
前年度繰越金	6,397,578	4,871,592	1,525,986	
合計	27,520,000	25,241,592	2,278,408	

#### 支出の部

科目	予算額	56年度予算額	前年度に比し 増減(△)	備考
会誌発行費	12,600,000円	12,390,000	210,000	
印刷費	9,600,000	9,500,000	100,000	49号～52号
原稿料	950,000	900,000	50,000	〃
編集費	250,000	240,000	10,000	〃
運賃送料	1,800,000	1,750,000	50,000	〃
事業費	1,750,000	1,270,000	480,000	
研究会賞	300,000	150,000	150,000	2回分
研修会費等	1,400,000	1,070,000	330,000	
資料	50,000	50,000	0	
会議費	500,000	500,000	0	
事務費	3,000,000	2,590,000	410,000	
備品費	0	0	0	
通信費	600,000	600,000	0	切手, 電話代
旅費交通費	200,000	200,000	0	

広告手数料	650,000	540,000	110,000	広告契約金の30%の手数料
事務遷元費	500,000	500,000	0	会費徴収手数料
振替手数料	100,000	100,000	0	
事務室費	100,000	100,000	0	
消耗品費	350,000	350,000	0	
雑費	500,000	200,000	300,000	テキスト増刷代等その他
給料	2,250,000	2,740,000	△ 490,000	アルバイト1名を含む
諸手当	600,000	1,320,000	△ 720,000	
退職積立金	0	380,000	△ 380,000	
保険料	0	150,000	△ 150,000	
過年度支出	4,130,000	2,770,000	1,360,000	
印刷費	2,400,000	2,000,000	400,000	48号
原稿料	450,000	200,000	250,000	47号・48号
編集費	60,000	40,000	20,000	〃
運賃送料	900,000	400,000	500,000	〃
広告手数料	320,000	130,000	190,000	〃
予備費	2,690,000	1,131,592	1,558,408	
合計	27,520,000	25,241,592	2,278,408	

農業土木技術研究会役員名簿(昭和57年度)

会長	須藤良太郎	構造改善局建設部長	顧問	高月 豊一	京都大学名誉教授
副会長	白井 清恒	東京大学教授		〃 緒形 博之	新潟大学教授
理事	内藤 克美	構造改善局設計課長	参与	〃 永田 正董	土地改良政治連盟耕隆会々長
〃	長野 孝夫	〃 水利課長		〃 森本 茂俊	東北農政局設計課長
〃	谷山 重孝	〃 首席農業土木専門官		〃 須田 康夫	関東農政局設計課長
〃	村山 稔	関東農政局建設部長		〃 坂本 貞	北陸農政局設計課長
〃	中原 通夫	農業土木試験場水工部長		〃 川又 政圀	東海農政局設計課長
〃	八木 直樹	新潟県農地部長		〃 黒沢 正敬	近畿農政局設計課長
〃	嘉藤章太郎	水資源開発公団第二工務部長		〃 宮崎 武美	中四国農政局設計課長
〃	松井 芳明	(社)農業土木事業協会専務理事		〃 古屋 修	九州農政局設計課長
〃	牧野 俊衛	(社)土地改良建設協会専務理事		〃 近藤 純男	沖縄総合事務局土地改良課長
〃	渡辺 滋勝	㈲三祐コンサルタンツ専務取締役		〃 秋山 光	北海道開発局農業設計課長
〃	久徳 茂雄	西松建設㈱専務取締役		〃 黄木 勝	北海道農業水利課長
〃	内藤 正	大豊建設㈱副社長		〃 大橋 欣治	青森県土地改良第一課長
〃	藤井 敏	(財)日本農業土木総合研究所常務理事		〃 佐藤 政基	岩手県農地整備課長
監事	須田 康夫	関東農政局建設部設計課長		〃 萩原 宗作	宮城県耕地課長
〃	岡本 勇	㈲日本農業土木コンサルタンツ代表取締役社長		〃 中道 宏	秋田県農業水利課長
常任顧問	中川 稔	構造改善局次長		〃 丹野 義助	山形県耕地第一課長
〃	福沢 達一	全国農業土木技術連盟委員長		〃 鈴木 和五	福島県農地建設課長
顧問	中川 一郎	衆議院議員		〃 岡野 健次	茨城県農地建設課長
〃	山崎平八郎	〃		〃 薄井 弘行	栃木県土地改良課長
〃	梶木 又三	参議院議員		〃 中沢 功	群馬県耕地建設課長
〃	岡部 三郎	〃		〃 樋口 義男	埼玉県耕地計画課長
〃	小林 国司	〃		〃 岡崎 義雄	千葉県耕地第一課長
〃	福田 仁志	東京大学名誉教授		〃 繁沢 健夫	東京都農地課長
〃	佐々木四郎	(社)海外農業開発コンサルタンツ協会々長		〃 山井 良淳	神奈川県農地整備課長
				〃 五味 章	山梨県耕地課長
				〃 向山 辻雄	長野県耕地第一課長
				〃 山口 厚	静岡県農地企画課長



参 与 那須 丈士 新潟県農地建設課長  
 " 森田 清三 富山県耕地課長  
 " 中島 均 石川県耕地建設課長  
 " 黒川 義孝 福井県耕地課長  
 " 西尾 仁志 岐阜県農地計画課長  
 " 土屋 昭司 愛知県耕地課長  
 " 伊藤 善夫 三重県耕地第一課長  
 " 岩本 荘太 滋賀県耕地指導課長  
 " 総山 信雄 京都府耕地課長  
 " 藤田 敏雄 大阪府耕地課長  
 " 石川洋太郎 兵庫県農地整備課長  
 " 藤田 達美 奈良県耕地課長  
 " 大山 章 和歌山県耕地課長  
 " 河本 義永 鳥取県耕地課長  
 " 大畑 温憲 島根県耕地第一課長  
 " 高杉 杜雄 岡山県耕地第一課長  
 " 久保 泰三 広島県耕地課長  
 " 佐々木満郎 山口県耕地課長  
 " 田内 堯 徳島県耕地課長  
 " 佐戸 政直 香川県土地改良課長  
 " 大野 芳夫 愛媛県耕地課長  
 " 尾崎 昭 高知県耕地課長  
 " 小金丸重生 福岡県農地計画課長  
 " 野方 良輔 佐賀県土地改良課長  
 " 本村不二男 長崎県耕地課長  
 " 東 誠一 熊本県耕地第一課長  
 " 河越 利勝 大分県耕地課長  
 " 渡部 幸一 宮崎県耕地課長  
 " 小牧 剛 鹿児島県農地整備課長  
 " 比嘉 勲 沖縄県耕地課長  
 支 部 長 秋山 光 北海道開発局土地改良課長  
 " 森本 茂俊 東北農政局設計課長  
 " 須田 康夫 関東農政局設計課長  
 " 坂本 貞 北陸農政局設計課長  
 " 川又 政圀 東海農政局設計課長  
 " 黒沢 正敬 近畿農政局設計課長  
 " 宮崎 武美 中四国農政局設計課長  
 " 古屋 修 九州農政局設計課長  
 " 近藤 純男 沖縄総合事務局土地改良課長  
 常任幹事 谷山 重孝 構造改善局首席農業土木専門官  
 編集委員長  
 常任幹事 梅崎 哲哉 構造改善局事業計画課課長補佐  
 編集委員 " 風間 彰 " 設計課課長補佐  
 " 脇阪 銃三 " 整備課課長補佐  
 " 嶋田 誠 " 設計課農業土木専門官  
 常任幹事 野村 利秋 全国農業土木技術連盟事務局長  
 幹事 柴田 知広 構造改善局地域計画課係長  
 編集委員 " 伊藤 一幸 " 資源課係長

幹 事 石坂 邦美 構造改善局事業計画課係長  
 編集委員 " 荒金 章次 " 施工企画調整室係長  
 " 高橋 昭昌 " 水利課係長  
 " 上野 敏光 " 水利課係長  
 " 斉藤 晴美 " 整備課係長  
 " 丸山 和彦 " 開発課係長  
 " 酒井 憲明 " "  
 " 半田 仁 " 防災課係長  
 " 滝沢 弘文 関東農政局設計課農業土木専門官  
 " 岩崎 和巳 農業土木試験場施設水理第二研究室長  
 " 原田 幸治 国土庁計画調整局調整課専門調査官  
 " 金井大二郎 水資源開発公団第二工務部副参事  
 " 大山 弘 農用地開発公団工務課課長補佐  
 " 小松 康人 (財)日本農業土木総合研究所主任研究員

賛 助 会 員

㈱ 荏原製作所 3口  
 ㈱ 大林組 "  
 ㈱ 熊谷組 "  
 佐藤工業㈱ "  
 ㈱三祐コンサルタンツ "  
 大成建設㈱ "  
 玉野総合コンサルタント㈱ "  
 ㈱電業社機械製作所 "  
 ㈱西島製作所 "  
 ㈱西松建設 "  
 日本技研㈱ "  
 ㈱日本水工コンサルタント "  
 ㈱日本農業土木コンサルタンツ "  
 (財)日本農業土木総合研究所 "  
 ㈱ 間 組 "  
 ㈱ 日立製作所 "  
 (16社)  
 ㈱ 青木建設 2口  
 安藤工業㈱ "  
 ㈱ 奥村組 "  
 勝村建設㈱ "  
 株木建設㈱ "  
 ㈱ 栗本鉄工所 "  
 三幸建設工業㈱ "  
 住友建設㈱ "  
 大豊建設㈱ "  
 ㈱ 竹中土木 "  
 田中建設㈱ "  
 前田建設工業㈱ "  
 "

三井建設(株)	2口	中央開発(株)	1口
	(13社)	東急建設(株)	〃
I N A新土木研究所	1口	東邦技術(株)	〃
アイサワ工業(株)	〃	東洋測量設計(株)	〃
青葉工業(株)	〃	(株)土木測器センター	〃
旭コンクリート工業(株)	〃	中川ヒューム管工業(株)	〃
旭測量設計(株)	〃	日兼特殊工業(株)	〃
伊藤工業(株)	〃	日本エタニットパイプ(株)	〃
茨城県調査測量設計研究所	〃	日本技術開発(株)	〃
上田建設(株)	〃	日本国土開発(株)	〃
梅林建設(株)	〃	日本大学生産工学部図書館	〃
エスケー札興産業(株)	〃	日本プレスコンクリート工業(株)	〃
(株)大本組	〃	日本舗道(株)	〃
神奈川県農業土木建設協会	〃	農業土木試験場佐賀支場	〃
金光建設(株)	〃	農林建設(株)	〃
技研興業(株)	〃	八田工業(株)	〃
(株)木下組	〃	菱和建设(株)	〃
岐阜県土木用ブロック工業組合	〃	菱和建设(株)山形営業所	〃
久保田建設(株)	〃	福井県土地改良事業団体連合会	〃
久保田鉄工(株)(大阪)	〃	福岡県農林建設企業体 岩崎建設(株)	〃
久保田鉄工(株)(東京)	〃	福本鉄工(株)	〃
京葉重機開発(株)	〃	藤増総合化学研究所	〃
(株)古賀組	〃	(株)婦中興業	〃
(株)古郡工務所	〃	(株)豊蔵組	〃
(株)後藤組	〃	ポゾリス物産(株)	〃
小林建設工業(株)	〃	北海道土地改良事業団体連合会	〃
五洋建設(株)	〃	(財)北海道農業近代化コンサルタンツ	〃
佐藤企業(株)	〃	堀内建設(株)	〃
(株)佐藤組	〃	前田製管(株)	〃
佐藤興業(株)	〃	前沢工業(株)	〃
(株)塩谷組	〃	真柄建設(株)	〃
(社)静岡県畑地かんがい事業協会	〃	(株)舛ノ内組	〃
昭栄建設(株)	〃	(株)マルイ	〃
新光コンサルタンツ(株)	〃	丸伊工業(株)	〃
新日本コンクリート(株)	〃	丸か建設(株)	〃
(株)新システム企画研究所	〃	(株)丸島水門製作所	〃
須崎工業(株)	〃	丸誠重工業(株)東京営業所	〃
世紀東急工業(株)	〃	水資源開発公団	〃
第一測工(株)	〃	水資源開発公団奈良俣ダム建設所	〃
大成建設(株)高松支店	〃	宮本建設(株)	〃
大和設備工事(株)	〃	山崎ヒューム管(株)	〃
高橋建設(株)	〃	(社)山梨県土地改良建設協会峡中支部	〃
高弥建設(株)	〃	若鈴コンサルタンツ(株)	〃
高山総合工業(株)	〃		(89社)
(株)田原製作所	〃		(アイウエオ順)
中国四国農政土地改良技術事務所	〃	計 117社	162口
(株)チェリーコンサルタンツ	〃		

地方名	通 常 会 員							地方名	通 常 会 員							
	県	農水省	公団等	学校	団 体 会 社 等	外国	合計		県	農水省	公団等	学校	団 体 会 社 等	外国	合計	
北海道	192	225	11	7				近畿	滋賀	39	11	4	1			
東	森手 岩城 宮田 秋形 山福	79	57	0	2				京都	52	60	1	7			
		96	19	8	6				大阪	38	0	3	4			
		62	85	0	6				兵庫	48	24	0	4			
		147	30	0	1				奈良	62	21	0	0			
		99	30	0	3				和歌山	52	13	0	0			
		101	50	11	0				小計	291	129	8	16			
北	小計	584	271	19	18				中・四国	鳥取	28	10	0	3		
関	茨城 群馬 埼玉 千葉 東京 神奈 山梨 長野	116	48	17	4					根島	25	26	0	7		
		82	32	3	6					山島	57	57	0	4		
		48	10	4	1			口島		53	8	0	0			
		58	24	19	2			徳島		38	2	0	1			
		76	14	12	1			香川		34	14	1	0			
		5	189	38	8			愛媛		28	0	4	5			
33	0	0	2			高知	35	16		0	4					
8	12	0	0			小計	323	133		5	26					
東	小計	588	362	94	28			九州		福岡	28	21	42	8		
北	新潟 富山 石川 福井	154	55	0	2				佐賀	47	10	0	2			
		83	12	0	1				熊本	21	3	0	1			
		48	74	1	3				大分	76	44	2	0			
		67	9	0	0				宮崎	55	3	2	0			
									鹿児	49	22	0	2			
									鹿	65	7	0	0			
陸	小計	352	150	1	6				沖繩	1	20	0	2			
東	岐阜 愛知 三重	32	11	4	4				総計	2,788	1,517	232	123	861	32	5,762
		46	80	36	1				賛助会員総計		117社		口数 162口			
		38	26	8	2											
海	小計	116	117	48	7											

編 集 後 記

毎日暑い日が続いております。暑い時には、ビタミン、ミネラルの体内消費量が増えるようですが、現在のような化学肥料を多投してごまかして作っている野菜や果物ではビタミン、ミネラル不足の解消にはならないということで食品以外から補給する必要性が叫ばれておりま

す。アメリカなどで散見されるビタミンショップ等も日本にも早晩出現するようになるのでしょうか。まあ、紅茶キノコのようにブームだけで終わってしまうかもしれません……。

体力の消耗の著しい時期ですので会員の皆様の御健康をお祈り致します。 (国土庁 原田)

水 と 土 第 49 号

昭和57年9月30日発行

発行所 〒105 東京都港区新橋5-34-4  
農業土木会館内

農業土木技術研究会  
TEL (436) 1960 振替口座 東京 8-2891

印刷所 〒161 東京都新宿区下落合2-6-22

一世印刷株式会社  
TEL (952) 5651 (代表)

# 投 稿 規 定

1 原稿には次の事項を記した「投稿票」を添えて下記に送付すること

東京都港区新橋5-34-3 農業土木会館内, 農業土木技術研究会

2 「投稿票」

- ① 表 題
- ② 本文枚数, 図枚数, 表枚数, 写真枚数
- ③ 氏名, 勤務先, 職名
- ④ 連絡先 (TEL)
- ⑤ 別刷希望数

3 1回原稿の長さは原則として図, 写真, 表を含め研究会原稿用紙 (300字) 65枚までとする。

4 原稿はなるべく当会規定の原稿規定用紙を用い(請求次第送付), 漢字は当用漢字, 仮名づかいは現代仮名づかいを使用, 術語は学会編, 農業土木標準用語事典に準じられたい。数字はアラビア数字 (3単位ごとに, を入れる) を使用のこと

5 写真, 図表はヨコ7cm×タテ5cm大を300字分として計算し, それぞれ本文中のそう入個所を欄外に指定し, 写真, 図, 表は別に添付する。(原稿中に入れない)

6 原図の大きさは特に制限はないが, B4判ぐらいまでが好ましい。原図はトレーサーが判断に迷わないよう, はっきりしていて, まぎらわしいところは注記をされたい。  
写真は白黒を原則とする。

7 文字は明確に書き, とくに数式や記号などのうち, 大文字と小文字, ローマ字とギリシャ文字, 下ツキ, 上ツキ, などで区別のみぎらわしいものは鉛筆で注記しておくこと,  
たとえば

C, K, O, P, S, U, V, W, X, Z の大文字と小文字

O(オー)と0(ゼロ)

a(エー)と $\alpha$ (アルファ)

r(アール)と $r$ (ガンマー)

k(ケイ)と $\kappa$ (カッパ)

w(ダブルユー)と $\omega$ (オメガ)

x(エックス)と $\chi$ (カイ)

1(イチ)とl(エル)

g(ジー)とq(キュー)

E(イー)と $\varepsilon$ (イプシロン)

v(バイ)と $\nu$ (ウプシロン)

など

8 分数式は2行ないし3行にとり余裕をもたせて書くこと  
数字は一マスに二つまでとすること

9 数表とそれをグラフにしたものとの併載はさげ, どちらかにすること

10 本文中に引用した文献は番号を付し, 末尾に文献名, 引用ページなどを記載すること

11 投稿の採否, 掲載順は編集委員会に一任すること

12 掲載の分は稿料を呈す。

13 別刷は, 実費を著者が負担する。