

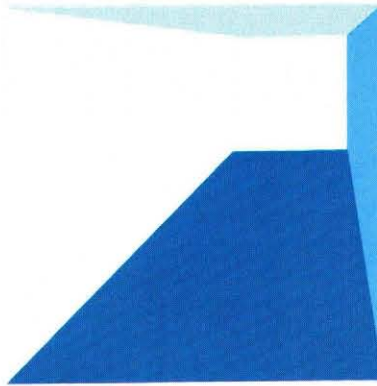
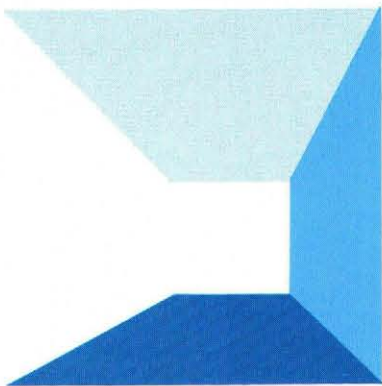
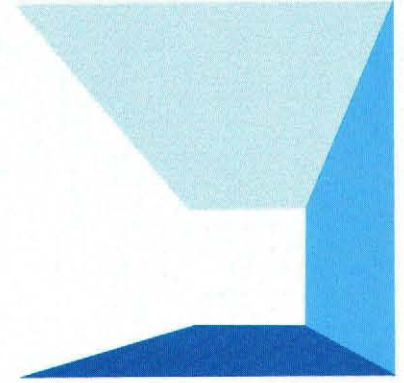
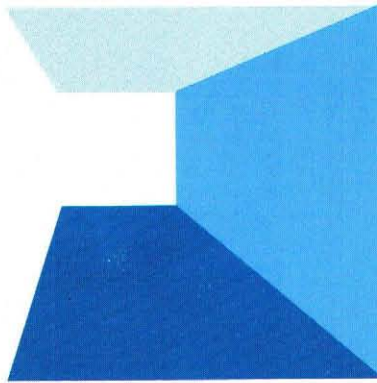
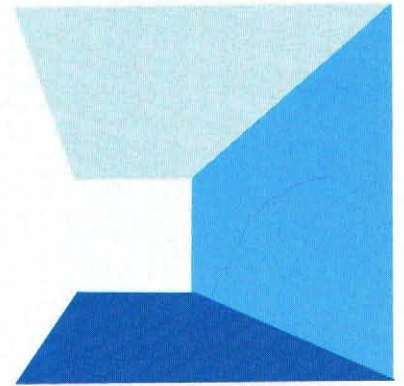
水 と 土

第 93 号

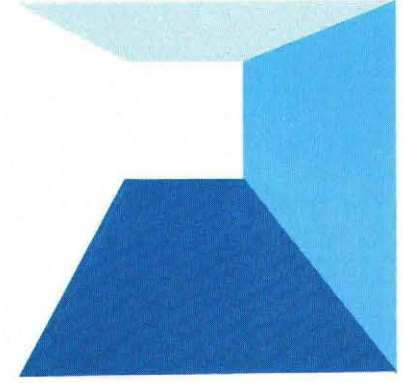
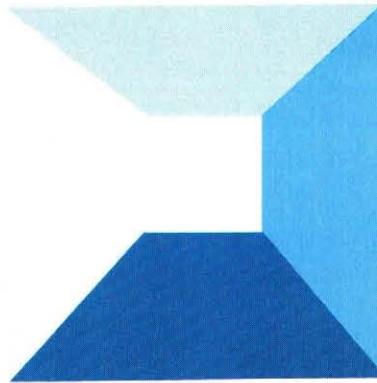
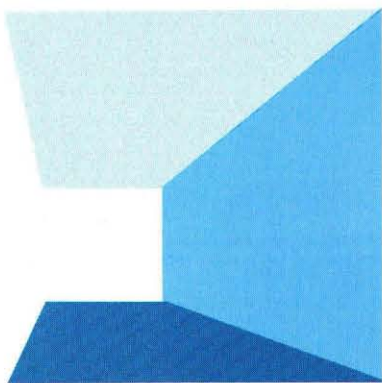
ISSN 0287-8593

平成 5 年 6 月号

農業土木技術研究会



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

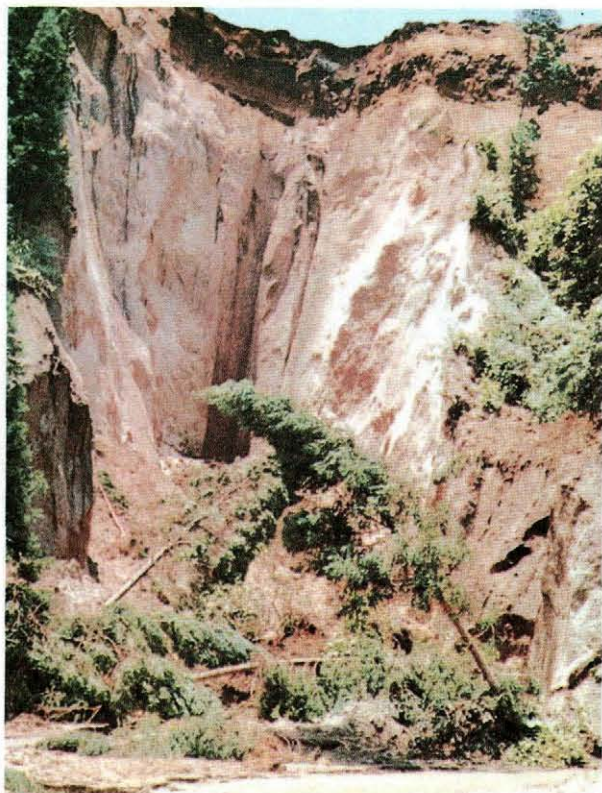




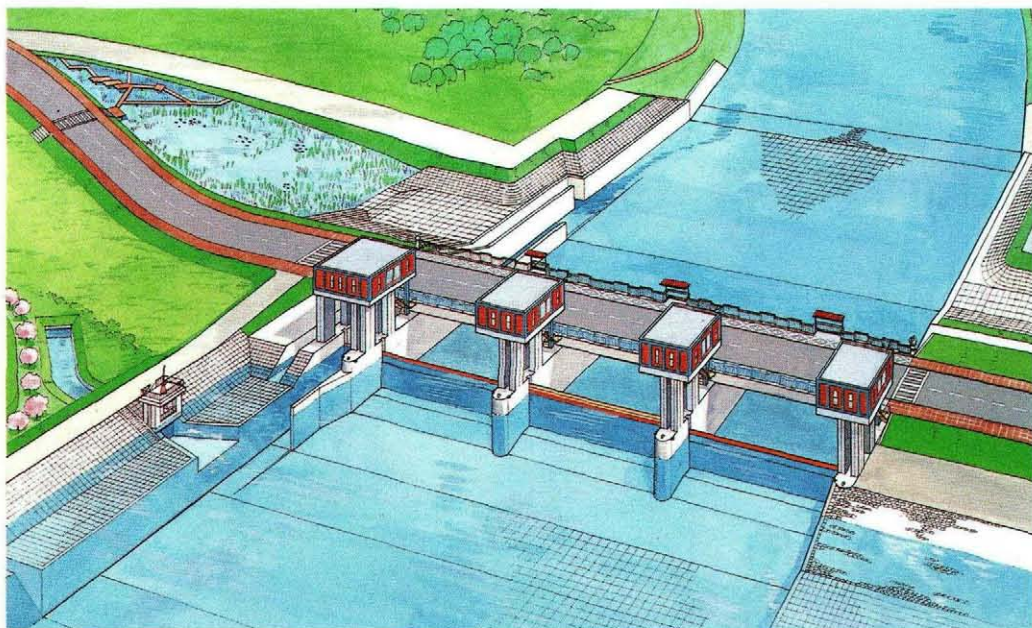
▲一の木ダム全景 (本文2頁)



▲志田谷地排水機場 $\phi 1,350$ 用管内クーラー
(本文36頁)



▲垂直落水による大崩壊 (本文29頁)



◀ 末田須賀堰の完成予想図 (本文21頁)

▶ 末田須賀堰の施工状況 (本文21頁)



▶ 霞ヶ浦用水事業に用いたシールドマシン (本文56頁)

水 と 土

グラビア 目 次

- 一の木ダムの全景
- 志田谷地排水機場φ1,350用管内クーラー
- 垂直落水による大崩落
- 末田須賀堰の完成予想図
- 末田須賀堰の施工状況
- 霞ヶ浦用水事業に用いたシールドマシン

ニュース

平成5年度農業土木技術研究会研修会のご案内(予報)

報文内容紹介

巻頭文

農村景観整備について思う 尾原安雄……(1)

報文

一の木ダム基礎岩盤と処理工について

小木曾 徳三郎・工藤 吉夫……(2)
内藤 馨・降旗 英樹

幕別ダム基礎地盤の反射法による地質調査

福島 正人・館石 和秋……(14)
渋谷 靖

末田須賀堰の周辺環境整備と修景 井上 恵博……(21)

シラス地帯における農地保全事業の効果

堀之蘭 光一・有留 一誠……(29)
恒吉 明彦

排水機場のポンプ設備について

佐藤 孝・牧野 均……(36)

ポンプ送水系パイプラインシステム設計の留意事項について

吉野 秀雄・島崎 昌彦・中村 和正……(44)
田中 秀明・小浮 正敬

併設シールドによる河川横過トンネルの施工

神林 実・王野 高久……(56)
岡田 正義・成 英昭

農業公共投資による波及効果の分析

—茨城県八郷地区広域農道を例として—

原山 昭彦……(65)

投稿規定……(74)

農業土木技術研究会入会手引き……(75)

会告・編集後記……(76)

No. 93

1993

JUNE

[ニュース]

平成5年度農業土木技術研究会研修会のご案内（予報）

農業土木技術研究会

農業土木技術研究会の平成5年度研修会を下記により開催する予定です。

具体的プログラムは94号（9月号）に掲載する予定ですが、今年度は開催時期が例年より早いため、その概要を予報致します。

1. 課 題 「現場技術者のための最新仮設設計（仮題）」
最新の多様な仮設設計について、現場技術者（国、県、民間等）の方々が講演されます。
2. 期 日 平成5年12月2日（木）
3. 場 所 東京都千代田区北ノ丸公園2-1
科学技術館サイエンスホール
4. 参加費 例年通りを予定
5. 申込み方法、期限等については94号に掲載する予定です。

* * * * *

第92号（3月号）の報文執筆者名の改正とお詫びについて

前号の報文における執筆者名が誤っておりました。ここに深くお詫び申し上げ、下記のように訂正させていただきます。

誤

県営畑総新居地区の用水浄化処理について

盛岡 秀男 山本 和彦

正

営畑総新居地区の用水浄化処理について

森岡 秀男 山本 和彦

一の木ダム基礎岩盤と処理工について

小木曾徳三郎 工藤 吉夫
内藤 馨 降旗 英樹

一の木ダムは国営五条吉野総合農地開発事業の水源施設として、現在建設中の重力式コンクリートダムである。

基礎岩盤は三波川変成岩類に属する結晶片岩で構成され片理面が発達している。また、基礎掘削時に低角度断層が確認されている。

本稿では、ダム基礎岩盤の状況と断層処理工について設計、施工の概要をとりまとめた。(水と土 第93号 1993 P. 2)

幕別ダム基礎地盤の反射法による地質調査

福島 正人 館石 和秋 渋谷 靖

幕別ダムの基礎地盤は、透水性の砂岩層と不透性の泥岩層で構成されているが、ダム設計上泥岩層の分布状態を把握することが重要である。今回、これまでのボーリング調査等によって推定した地質構造を確認するため、反射法による調査を行った。反射法は、資源調査の分野で用いられていたが、土木技術分野での利用が近年注目をされている。この結果、基礎地盤の互層構造とそれぞれの連続性が確認された。

(水と土 第93号 1993 P. 14)

末田須賀堰の周辺環境整備と修景

井上 恵博

末田須賀堰の周辺は優れた景観が豊かであり、地元岩槻市等には各種の整備構想がある中、堰改築事業推進協議会により環境整備への配慮が求められた。そこで、公団の堰改築を契機に、これら構想を総合的に実施する機運が高まり、関係機関による環境整備推進協議会が設立され、周辺環境整備計画が策定されることとなった。

本報告は、この経緯と自治体等の環境整備と調整した堰の設計についてとりまとめたものである。

(水と土 第93号 1993 P. 21)

シラス地帯における農地保全事業の効果

堀之蘭光一 有留 一誠 恒吉 明彦

昭和25年シラス対策事業として創設された農地保全事業も42年を経過し今日に至っている。水に弱いシラス土壌に覆れ、台風銀座といわれるほど災害の多い鹿児島県において、農地保全事業の果す役割がいかに大きいかを検討したものである。

(水と土 第93号 1993 P. 29)

排水機場のポンプ設備について

佐藤 孝 牧野 均

近年の厳しい農業事情と施設の維持管理技術者不足の中で排水機場は一層の合理化によるコストダウンとメンテナンスの容易な施設が望まれている。そこで宮城県における排水機場ポンプ設備の施行事例をもとに、近年県営クラスの機場で採用され始めている新技術を紹介し、今後の課題や方向性について報告する。

(水と土 第93号 1993 P. 36)

ポンプ送水系パイプラインシステム設計の留意事項について

吉野 秀雄 島崎 昌彦 中村 和正
田中 秀明 小浮 正敬

近年、ポンプと配水槽を設けた大規模なパイプラインシステム(配水槽式)が計画、施行されつつある。一般にシステムの設計段階では、流量境界条件で施設設計がなされる。しかし、現実には水は圧力境界条件に従って流れる。このため、現実の流況では当初の水力計算とは異なる流況が発生する。本報告では数値シミュレーション手法を用いて、円滑な水管理を実現するためには流量制御機構の配置が重要であることを明らかにした。

(水と土 第93号 1993 P. 44)

併設シールドによる河川横過トンネルの施工

神林 実 王野 高久
岡田 正義 成 英昭

水資源開発公団が、霞ヶ浦用水事業で施工する基幹線水路のうち、農業用水と都市用水の共用区間は、2連のパイプラインを開削工法により施工している。

河川の横断工法について、泥土圧シールド工法を採用し施工を行った。シールド工法の施工にあたり、河川管理施設である堤防への影響を検討して施工した結果について報告する。

(水と土 第93号 1993 P. 56)

農業公共投資による波及効果の分析 —茨城県八郷地区広域農道を例として—

原山 昭彦

農業公共投資は基盤整備によって農業生産の向上等を目的に実施されている。しかし、事業に伴って派生する波及効果については考慮されておらず、開発利益の還元もされていない。本研究では茨城県八郷地区で実施された広域農道事業をとりあげ、波及効果として宅地地価を選び地域計量経済モデルを作成した。そして、このモデルを用いて種々の政策シミュレーションを行ない、農業公共投資のあり方を深めた。

(水と土 第93号 1993 P. 65)

農村景観整備について思う

尾原 安雄*
(Yasuo OBARA)

近年、農業農村整備事業においても農村景観整備に焦点が当てられつつある中で、私どもの鹿児島県においても平成4年度に、国の補助制度で出来ない農村景観の整備を、県単独事業で図れるよう事業制度内容等について整備拡充してきたところです。

しかしながら、その定着化となればまだまだ初歩の段階であると言わざるをえません。

不勉強かもしれませんが、農村景観整備は「誰のために勉強するのか。」「どの程度整備すれば良いのか。」「美しい農村景観とはどのような背景か。」という基本的なところでより一層の検討を必要としているのではと思っております。

まず「誰のためにするのか」ということですが、「そこに住む人のためであると同時に、そこを訪れる一般的な市民のためでもある。」という認識が普通ではないかと思えます。

しかしそれでは、「誰がどの程度負担し、誰が維持管理をするのか」ということに関して統一された理念がないのが実情です。

幸い、本県における農村景観整備についての地元負担金は全て市町村が負担し、受益農家の負担を伴った地区がないため問題となっていないが、受益農家が負担しない分だけ自ら農村景観整備に参画するといった意識が薄れ、むしろ行政主導型に陥りやすい現状ではないかと思えます。

欧米の農村景観整備がどのような補助体系になっているか知りませんが、「日本のように自分の家の庭を主に自分のために整備するのではなく、農村を訪れる他人のために花や木などの植樹をする。」といった欧米流のボランティア的精神の構築をすることも重要ではないだろうか。

然る後であれば、農村景観施設の維持管理についてもボランティア的精神のもとに何ら問題なく可能であろうと思われます。

次に「どの程度整備すれば良いのか。」ということは、現場の技術者にとって、会計検査を受ける立場から、また増大する自らの業務量とのバランスの中で最も気を使う点であります。

と申しますのは、現場の技術者が景観整備を実施に移す場合、会計検査時に「贅沢ではないか」という指摘を受ける可能性があるぐらいなら、今までどおり「画一的、経済性優先の断面で実施した方がましだ。」と考えることです。

また、現在のように技術者一人当たりの事業量・事業費も増大し、これまで設計・積算・施工を画一化することによって、その業務量を合理化してきたものの、不画一性をもとめられる農村景観整備は、業務量のより一層の増大を意味するため事業費を消化するのに精一杯である現場の技術者にとって、極めて苛酷なことであろうという点も指摘されると思えます。

この2点の上にならば、不画一性をもとめられる農村景観整備ではあるが、ある程度の設計・積算・施工のマニュアルを確立しなければ、その実践はなかなか容易ではないというのが私の実感です。

最後に「美しい農村景観とはどのような背景か。」ということですが、これが最も難しいことではないかと思えます。

「美しい農村景観」の尺度として、近景か遠景か、人工的か自然的か、総合的か局所的か、静的美か動的な美か、など様々な相反する見地からすれば感性や価値観の違いがあり、国家的見地からすれば地域性、文化性、宗教観の違いに起因する大きな違いがあると思われます。

また、日本における「美しい農村景観」の定義を議論する場合、日本人の宗教観を抜きにして論じられないであろうし、より一層多様化する個人的価値のなかで、「美しい農村景観」という最大公約数の価値観を見出すことは極めて難しいことではないかと思われます。

しかしながら、あえて「美しい農村景観」を独断と偏見でイメージするならば、自らの少年時代を振り返って脳裏に思い浮かぶ、小川や田んぼ、菜の花やレンゲ、鮒や鯉、鳥や蝶などの童謡「春の小川」の牧歌的情景ではなからうと思っています。

現在の農村の環境を戦前に戻すことは出来ないが、やはり自然に生きとし生けるすべての生物の犠牲を払うことなく、自然の輪廻の中で農村の背景が見られたら素晴らしいことではないかと思えます。

* 鹿児島県農業土木技監

一の木ダム基礎岩盤と処理工について

小木曾 徳三郎*
(Tokusaburo OGISO)

工藤 吉夫**
(Yoshio KUDO)

内藤 馨*
(Kaoru NAITO)

降簀 英樹***
(Hideki FURIHATA)

目

- 1. はじめに 2
- 2. ダムサイトの地質概要 3
- 3. ダム基礎岩盤と断層状況 3
- 4. 断層処理方針 6

次

- 5. ダム基礎岩盤の設計せん断強度 8
- 6. F-4断層処理範囲 11
- 7. 断層処理工の設計 12
- 8. おわりに 12

1. はじめに

一の木ダムは奈良県中西部に位置する五条吉野地区国営総合農地開発事業の水源施設として紀ノ川水系左支川大和丹生川の右小支流古田川上流に建設され、高さ38.4m、堤体積64千 m^3 の重力式コンクリートダムであり、貯水池規模は総貯水量1,570千 m^3 、満水面積14.5haである。

本事業は、奈良県五條市、下市町及び西吉野村の3ヶ市町村に広がる山林等829haを開畑し、既成園を含む1,674haに対し、多目的畑地かんがいを行うことを目的としている。

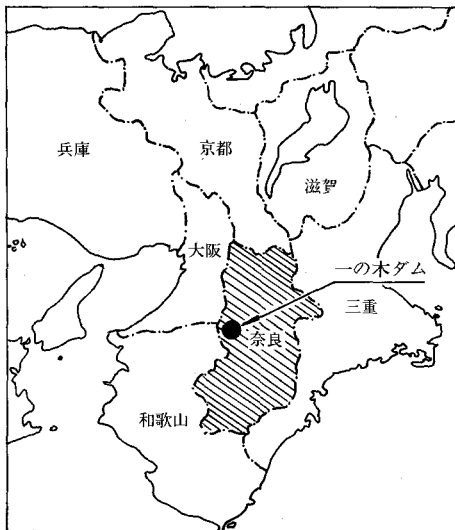


図-1 一の木ダム位置図

* 近畿農政局五条吉野開拓建設事業所
 ** 九州農政局菊池台地農業水利事業所
 *** 国土庁計画調整局調整課

ダム建設工事は、平成2年度後半から基礎掘削を開始し平成4年7月に粗掘削完了後、基礎岩盤

表-1 ダム及び貯水池諸元表

一 般	位 置	奈良県吉野郡西吉野村湯塩 (左岸) 〃 五條市野原町 (右岸)
	基 礎	黒色片岩
貯 水 池	流 域 面 積	6.85 km^2
	満 水 面 積	0.145 km^2
	総 貯 水 量	1,570,000 m^3
	有効貯水量	1,400,000 m^3
	堆 砂 量	170,000 m^3
	常時満水位	EL.178.30 m
	計画堆砂位	EL.162.90 m
利 用 水 深	15.4 m	
洪 水 吐	型 式	直線越流式
	設計洪水流量	460 m^3/S
	設計洪水位	EL.180.60 m
	サーチャージ	EL.180.40 m
	越流水深	2.3 m
	越流堰長	66.5 m
	ゲ ー ト	なし
減 勢 工	跳水式 (副ダム式)	
仮 水 路	型 式	仮排水開渠方式
	設 計 流 量	21.0 m^3/S
取 水 設 備	型 式	縦樋多孔式 (選択取水)
	最大取水量	0.86 m^3/S
	取 水 位	EL.178.30~162.90 m
	調 節 工	コーンスリーブバルブ
堤 体	型 式	直線重力式コンクリートダム
	堤 高	38.40 m
	堤 長	150.00 m
	堤 頂 幅	6.30 m
	天 端 標 高	EL.182.40 m
	堤 体 積	64,000 m^3

の検査を行い、同年10月から堤体コンクリートの打設を行っている。

本報告は、堤敷掘削をほぼ完了した時点で確認された基礎岩盤の状況（特に断層・節理）を基に断層調査の結果、及びその処理工についてとりまとめたものである。

2. ダムサイトの地質概要

ダムサイトは紀の川右岸を東西に走る中央構造線の南側7.0kmに位置し、基盤岩は古生代の三波川変成岩類に属する結晶片岩より成る。これら基盤岩を覆って高位及び低位段丘堆積物、現河床堆積物、崖錐堆積物等の未固結堆積物が分布する。

ダムの基盤岩を構成するのは、主に片理面の発達した黒色片岩である。砂質片岩は、右岸の一部に薄層状に、また緑色片岩は河底深部にレンズ状に分布するにすぎない。

地層はNW-SEないしWNW-ESEの走行で北側（紀の川側）に約30°の角度で傾斜する構造をもっており、これとほぼ平行に片理面が密に発達している。従って、左岸側では流れ盤、右岸側では

受け盤、上下流断面ではやや下流下がり（平均片理面傾斜 $\approx 8^\circ$ ）の片理構造となる。

岩級区分は中硬質なCM級、部分的に石英質、砂質、及び緑色岩質のため硬質となったCM h 級、片理面にそって風化の痕跡あるいは石墨質のため若干軟質となったCM l 級とに分類される。堤体基礎岩盤の大部分はCM級が占め、一部にCM h 級、及びダム天端付近のアバット部ではCM l 級により構成される（表-2参照）。

3. ダム基礎岩盤の断層状況

基礎掘削後、堤体敷における断層部は表-3及び図-8に示すように全14条が認められた。これらは概ね亀裂の発展した程度の小規模なもので、数 \sim 10cm幅の細片礫、中粒砂による破碎部と粘土フィルムよりなり、まれに扁平状の円礫を含有するものもある。これらは、固結化しているが掘削と浸水により岩盤表面では容易に脆弱化する。

これらの連続性は不明瞭となるものが多く、面は、主片理面、二次的片理面及び節理その他を經由するため、その構造は必ずしも直線的な平面を

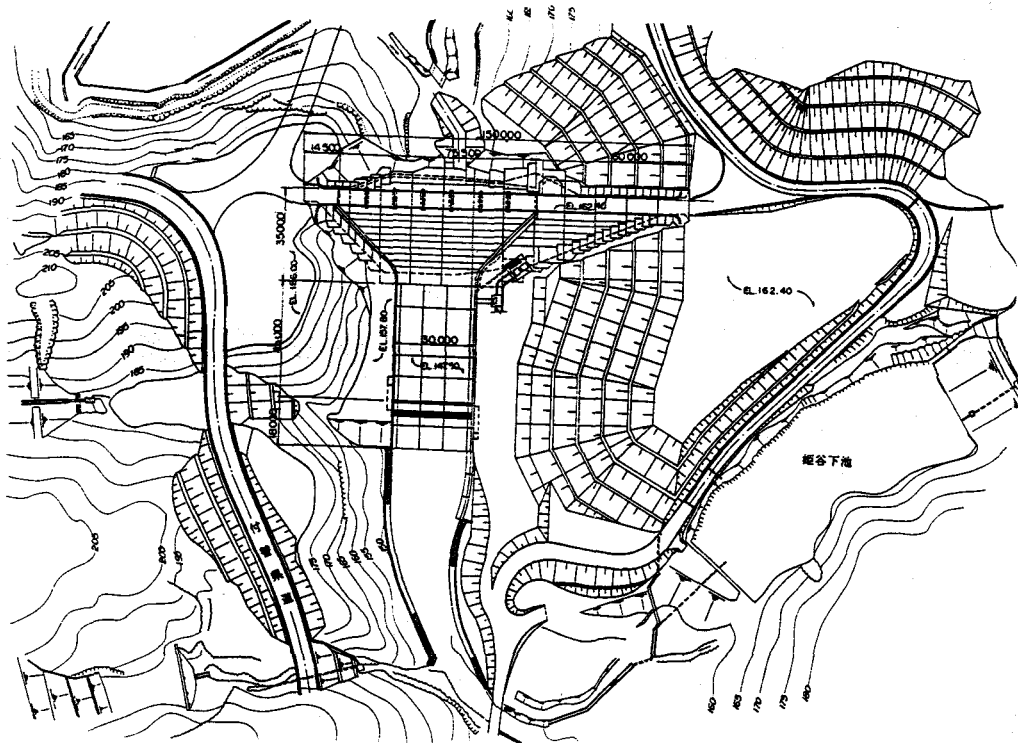


図-2 ダム計画平面図

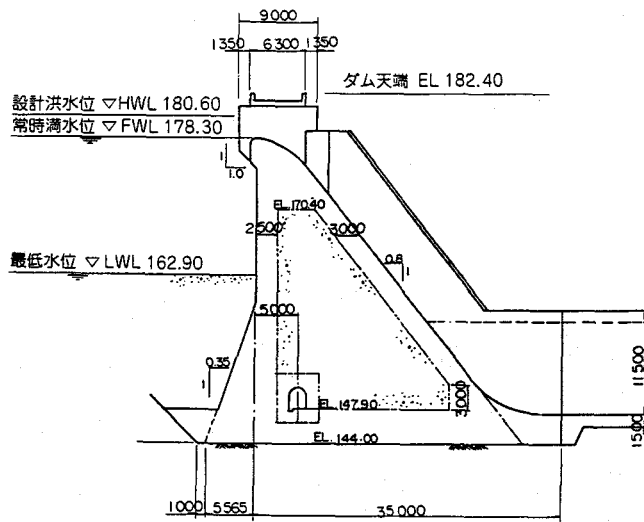


図-3 ダム標準断面図

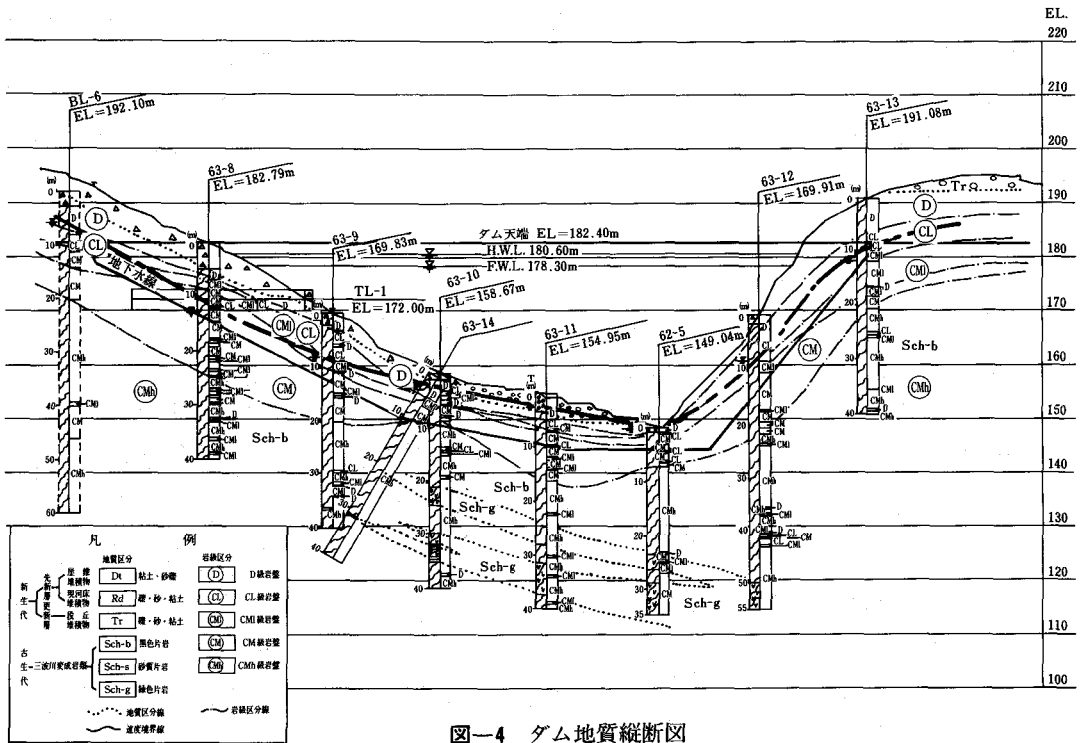


図-4 ダム地質縦断面図

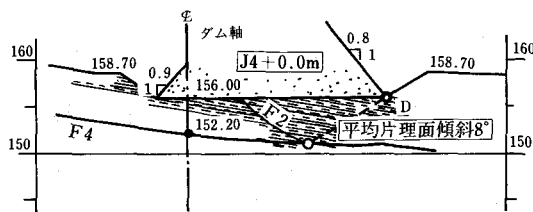


図-5 ダム横断方向地質模式図

表-2 一の木ダム岩級評価基準表

岩盤区分	岩盤の特徴	ボーリングコアの状況	岩盤物性 (黒色片岩)				総合評価 (40 m級のコンクリート ダムの基礎として)	
			剪断強度		弾性係数*5	変形係数		弾性波速度
			τ_0 (kgf/cm ²)	ϕ (°)	E (kgf/cm ²)	D (kgf/cm ²)		V _P (km)
CMh	岩盤は新鮮で、中硬質。砂質部～緑色岩部では、やや塊状を呈する。	新鮮堅硬。やや砂質部を多く介在するため、コアは多少灰白色を帯びる。長さ3～10 cmの短柱状コアが主である。緑色片岩部では10～20 cmの柱状コア。	(28)*3	(45)*3	[79000] 7点	[27000] 7点	4.20～5.10	非常に良好
CM	岩盤は新鮮・硬質である。片理面が発達しているが、良く密着している。ハンマーの打診では、やや鈍い金属音を発する。 このクラスで岩盤試験を実施した。	新鮮・堅硬であるが、片理面に沿って2～5 cm間隔に分離する。未分離の部分もハンマーの中等度の打撃で、さらに片状 (コイン状) に分離する。	左岸 (平均) 13.3	42	21,400*6 5点	9,000*6 5点	4.20～5.10	非常に良好
			右岸 (平均) 23.2	45				
CMl	通常の黒色片岩では、硬さ的にはCM級とほとんど変わらないが、片理面に沿っての風化汚染が僅かにみられ多少緩みがある。また黒色片岩部では、岩石は汚染してはいないがやや軟質である。	CM級と同程度の硬さであるが片理面に沿って風化の跡が僅かにみられる。但し、汚染は岩芯部にまでは及ばない。コアは1～3 cmのコイン状をなす。黒色片岩部では一部角礫化するところがある。	9.6	40	9,200*6 1点	4,100*6 1点	2.50～3.00	天端に近いダム上部の基礎岩盤としては十分良好。
CL	岩盤は硬質部と軟質部とが混在しており、片理面に沿って風化が進んでいる。ハンマーの中等度の打撃で容易に崩せる。横坑では支保工が必要。	コイン状～一部角礫状を呈する。岩芯部には一部未風化部を残すが、全般的には灰黄褐色を呈する。	(4)**	(35)**	[12000] 5点	[6400] 5点	1.00～1.50	不良。 掘削除去する必要がある。 掘削ズリは粘土を混入した角礫となる。
D	岩盤は著しく風化を破り、砂～粘土状を呈する。	礫～スライム状コア、あるいは粘土状コアとなる。	(0.2)**	(30)**			0.30～0.70	不良。 掘削ズリは土状を呈する。

注：() は推定値。[] は孔内載荷試験による。

- * 1は横坑でのブロック剪断試験結果による。
- * 2は横坑でのブロック剪断試験の際の初期載荷のデータによる。
- * 3は横坑でのブロック剪断試験の際のCM級岩盤の上限をとった。
- * 4は全体の傾向から経験的に推定した。
- * 5は割線弾性係数。
- * 6 平板載荷試験による。

有してはいない。これら断層は第三紀末の紀伊山地隆起運動に関連したものと考えられる。

基礎岩盤への潜入角度は、概ね高～中角度であり基礎岩盤のすべりに対する心配は少ないが、左岸アバット部(堤体BL5)におけるF-4断層だけ10°以下の傾斜角を有し基礎岩盤のすべりが懸念された(図-9参照)。

そのためF-4断層について、コアボーリング、断層上盤の試掘を行いこの性状を明確にした。

4. 断層処理方針

前述の通り、本ダム基礎岩盤に現れる断層は規模が小さく固結化している。しかし、ダム基礎である黒色片岩の性状から、“①掘削時の緩みに伴う脆弱化と堤体基礎底面の応力集中”と“②岩盤への潜入角度によるダム基礎のせん断すべり(低角度の場合、断層沿いのすべりが懸念)”との観点から断層処理を検討した。

通常の断層は、掘削の緩みによって生じる断層周辺岩盤の除去(通称Vカット処理)を図-6に示すように処理した。また、河床部のF-6、F-7断層

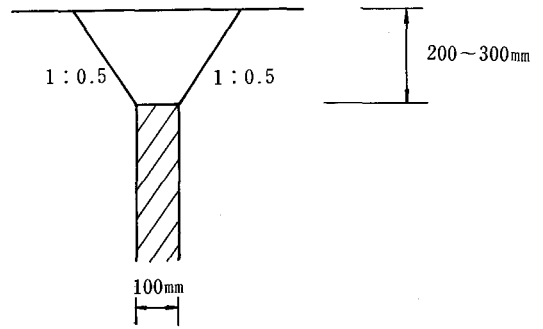


図-6 Vカット処理図

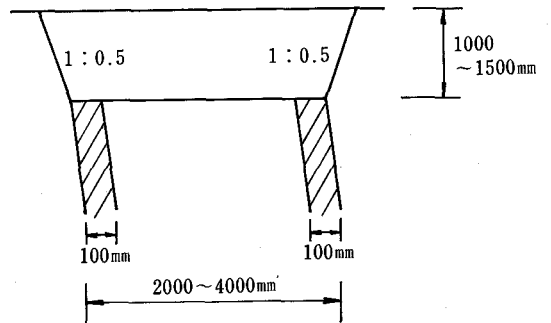


図-7 プラグ処理図

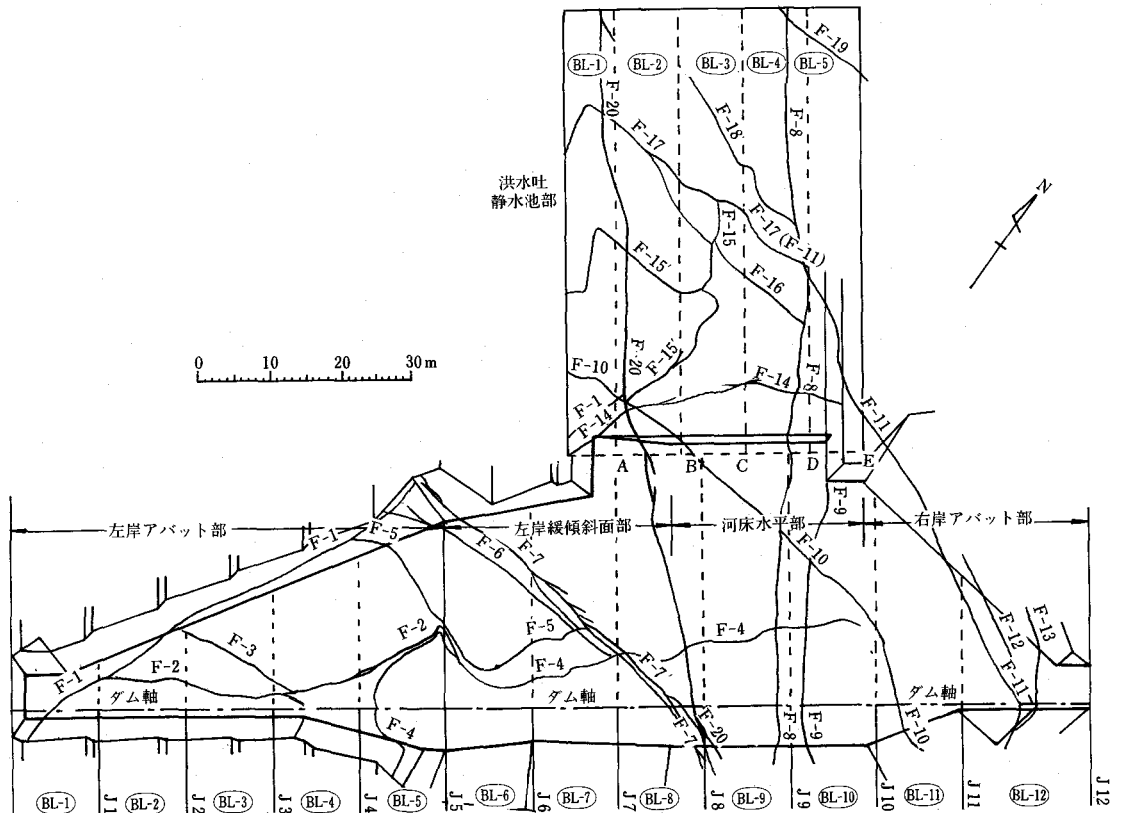


図-8 一の木ダム断層一覽図

ダム軸方向 N 56°E 断層名、構造、連続性は、
 ダム軸横断方向 N 34°W 左岸→右岸方向へ記述。

表-3 一の木ダム断層一覧表

位置		断層名	走向、傾斜	規模 破碎幅cm (粘土幅cm)	性 状	連 続 性	備 考
区分	ブロックNo.						
左岸アバット	BL 1, 2 静水池	F 1	N 20°E~52°E, 45°~57°NW	5~10(1)	破碎細片と細砂よりなる。石英脈を伴い、鏡肌を有す。比較的シャープ	洪水吐静水池F 20で切られる。	
	BL 2~5	F 2	N 70°E~80°W, 23°~48°N	1~5(なし)	破碎細片よりなり、まれに緑色固結粘土あり。	BL 6ブロックでF 4に収束。	湿潤
	BL 2~4	F 3	N 80°E~89°W, 55°~67°N	1~3(なし)	軟質破碎細片よりなる。鏡肌を有す。	F 1とF 2に切られる。	
	BL 5~10	F 4	N 25°~62°W, 14° ~23°NE(B 5) ↓ N 20°~70°E, 23° ~68°NW(B 6~10)	2~10(1~5) ……………BL 5 ↓ 1~8 (0.2~0.5)	砂状破碎物よりなり、下盤にフィルム状粘土を介在。鏡肌は若干有す。BL 6~10では、主として破碎細片物よりなり、規模は小さい。	BL 5と6ブロックの境界付近で、走向傾斜の変化F 20横断後、右岸側へ不明瞭となる。	BL 5ブロックでは低角度のため断層処理湿潤。
	BL 5~7	F 5	N 50°~84°W, 34°~73° NE ↓ N 45°~55°E, 40°~45° NW	0.7~3 (0~0.2)	細片物よりなり粘土は少ない。	BL 6ブロック内で、走行傾斜を変化させる。F 7で切断。	
左岸緩傾斜面部	BL 6~8	F 6	N 70°~90°W, 40°~67°N	1~5(0.5)	主として細片物と、フィルム状粘土。	F 6で切断。	
	BL 6~8	F 7	N 60°~82°W, 50°~75°N	1~20(1~5)	砂礫状物質と、薄い粘土脈よりなる。	派生小断層を多く伴う。特にF 6との間に密集。F 7に分派。	F 6~7間、F 7~7'間は置換断層処理。湿潤
	BL 8~9 静水池	F 20	N 35°~55°W, 27°~60°N	2~5 (0.5~1)	破碎細片は少ない。変質した砂状部と白色粘土を介在。	静水池へ続く。	湿潤
河床水平部	BL 9 静水池	F 8	N 20°~40°W, 45°~63°NE	1~10 (1~1.5)	破碎砂と砂質粘土。他の断層や亀裂と交差部では周辺が脆弱化。	静水池部へ続く。	
	BL 10 静水池	F 9	N 20°~45°W, 75°~83°NE	1~10(0~1)	破碎砂礫と砂質粘土。他の断層、亀裂との交差部周辺は、大きく破碎脆弱化している。	並行した派生部を伴う。静水池F 14で切断。	高角度断層。
	BL 9~11	F 10	N 55°~90°W, 60°~80°NE	3~20(1~5)	破碎細片と粗砂よりなり、粘土介在。	BL 11で不明瞭となる。比較的シャープ。	湿潤
右岸アバット	BL 12 静水部	F 11 (F 17)	E~W, 30°~40°N	5~15(0.1)	細い鱗片状と粗砂よりなり、砂質粘土介在。若干鏡肌を有す。	静水池部へ続く。	
	BL 12	F 12	N 59°E, 42°NW	2~5(1~3)	破碎細片と砂よりなる。局部的に粘土や石英脈を介在。円礫を含む。	F 11の上盤側を走る。比較的シャープ	
	BL 12	F 13	N 41°W, 30°NE	1~5(1)	破碎細片と砂状部よりなり、まれに粘土混り。円礫を含む。	明瞭に続く。	

部（堤体BL6～8）は幅3m程度で2条平行して河床部を斜めに横断しているため、これに挟まれた部分の掘削緩みが顕著であったため両者一括でプラグ（図-7）により処理した。

F-4断層は、上記②の観点から堤体BL5より左岸側における基盤のすべりを検討したうえで処理することとし、以下その内容を述べる。

5. ダム基礎岩盤の設計せん断強度

(1) 設計せん断強度の基本数値と補正

一般に片岩は強度異方性を示すといわれている。このため、本ダム基礎岩盤である黒色片岩について現位置ブロックせん断試験は、水平面における通常の試験と片理面方向における試験とを行い、

合わせて室内一面せん断試験の結果を整理した結果、本ダム基礎は片理面に対し強度異方性を示すことがわかった（図-10～12参照）。

せん断強度の基本数値は、水平面と片理面方向について岩級別に下表の通りとし、滑動面と片理面とのなす角度により設計強度を補正して用いた。

表-4 設計せん断強度基本数値一覧

岩級	τ_0 kgf/cm ²	f	備考
CM(水平面)	10.6	0.90	$\tau_0 = 13.3 \times 0.8$
CM(片理面)	5.9	0.83	$\tau_0 = 7.4 \times 0.8$
CM'(水平面)	7.6	0.83	$\tau_0 = 9.6 \times 0.8$
CM'(片理面)	3.6	0.83	$\tau_0 = 4.6 \times 0.8$

(注)“0.8”は試験数値のばらつき範囲に対する余裕

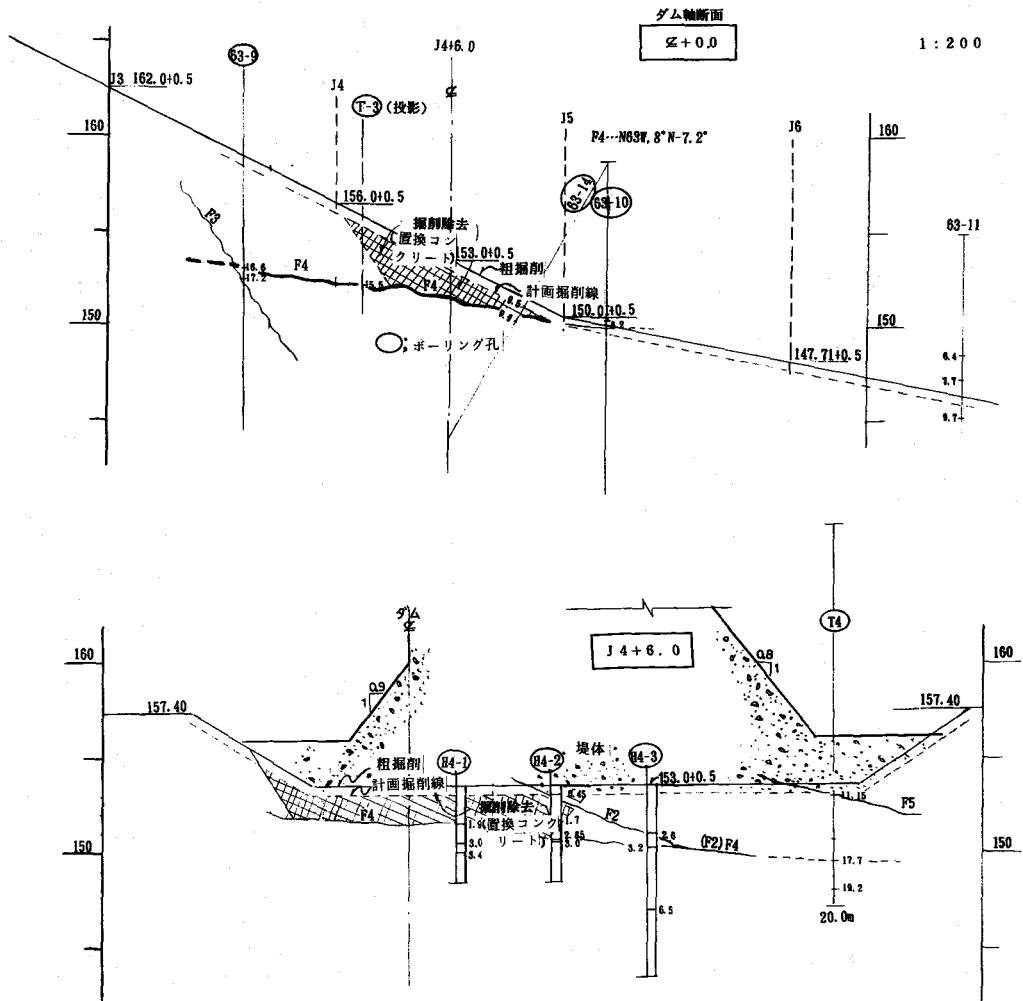


図-9 一の木ダム断層断面図

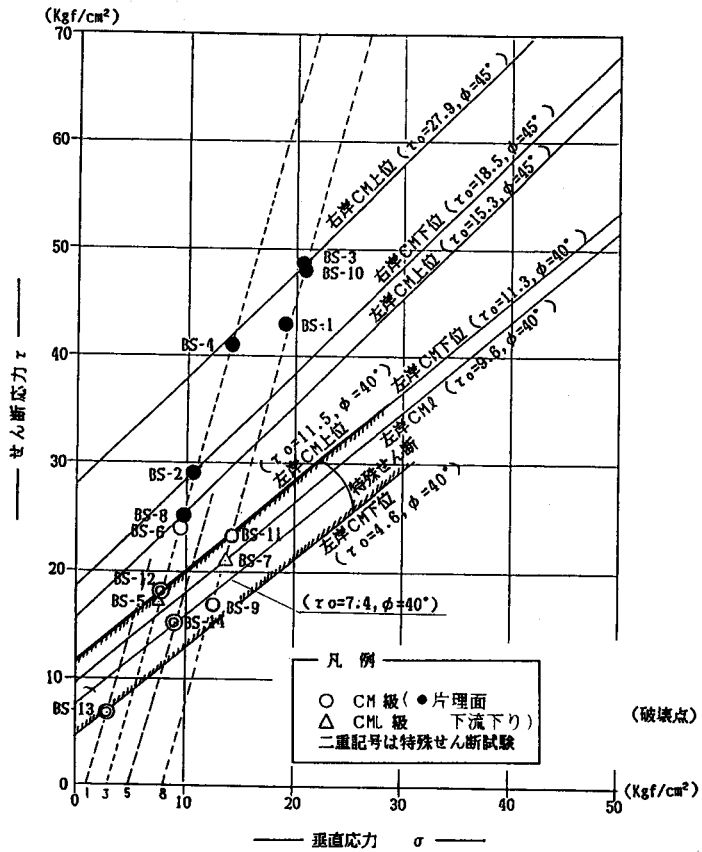


図-10 現位置せん断試験結果とせん断強度

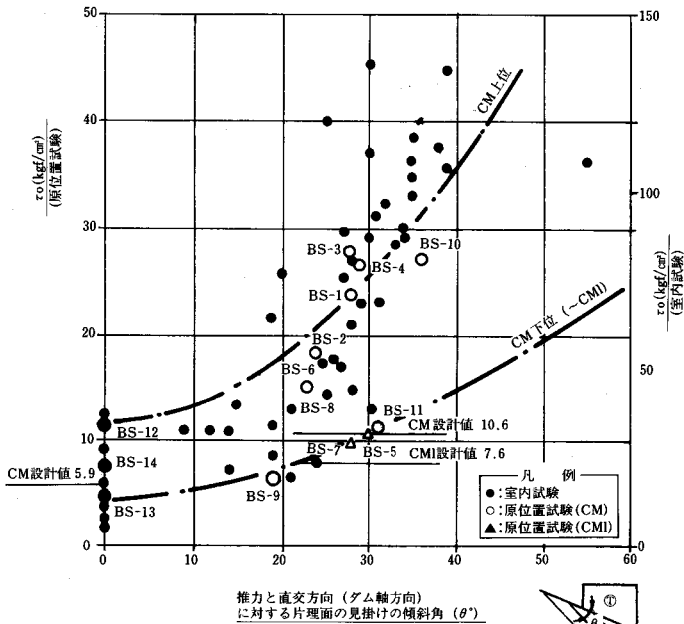


図-11 推力と直角方向におけるせん断強度

注) 室内試験に対し、原位置試験値を1/3のスケールでプロッチング。

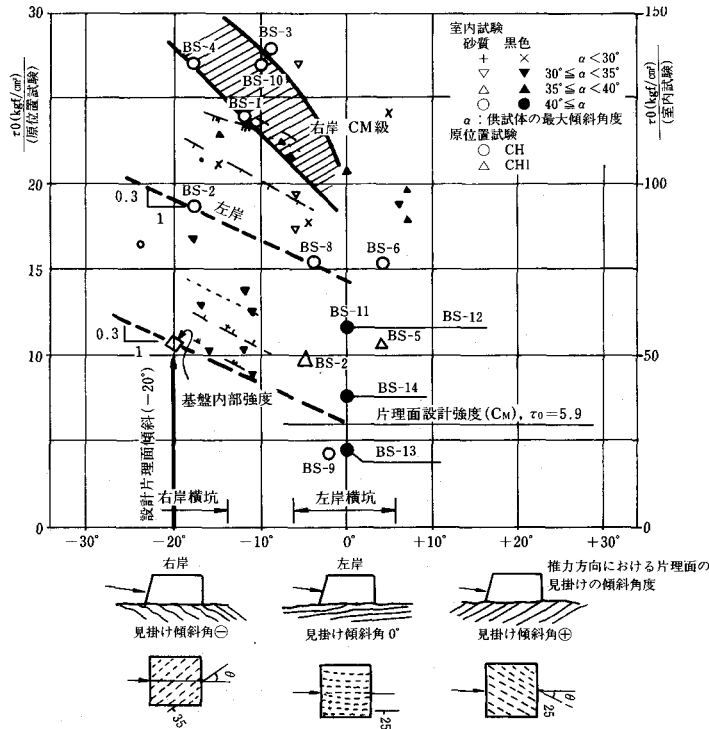
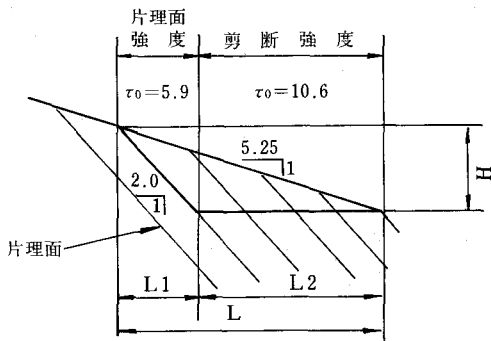


図-12 推力方向におけるせん断強度

具体的には、左岸のような流れ盤における設計せん断強度の補正は、図-13に示すように、水平面における強度と片理面強度を加重平均した。なお、横断方向の床掘面は水平であることと、床掘面とダム横断方向の片理面みかけ傾斜とのなす角度が緩いことより、推力方向と片理面みかけ傾斜とのなす角度による補正は行わなかった。



$H=L1/2.0$, $H=L/5.25$ 及び、 $L=L1+L2$ より
 $L1/L=0.381$, $L2/L=0.619$ を得る。
 よって、1:5.25勾配部の平均強度は、

$$\tau_0 = (L1 \times 5.9 + L2 \times 10.6) / L = 8.8 \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$$

同様に $\phi=41.3^\circ$ となる。

図-13 設計せん断強度の補正例

(2)F-4断層部の設計強度

厚さが極薄く、掘削により緩み易いことなどから、安全を見て $\tau_0=0.0$, $f=0.0$ とした。

(3)F-4断層置換部の設計強度

横断方向は概ね水平、縦断方向の勾配は1:5.25より、 $\tau_0=8.8$ (kgf/cm²), $f=0.869$ とした。

(4)基盤内部の想定滑り面設計強度

基盤内部のF-4断層に沿う滑りの検討に際し、堤趾部とF-4断層を結ぶ滑り面のように推力方向と片理面みかけ傾斜とのなす角度が大きい場合、以下の理由から強度の補正が見込める。

- ・ 推力方向の傾斜と強度の関係は、理論的に図-14の通りとなり、傾斜 $\pm 30^\circ$ までは緩やかな強度上昇で、それ以上は大幅な強度上昇が見られる。

- ・ 現位置試験と室内試験を整理すると推力方向の傾斜と強度の関係は、図-12のようになる。試験点数が少ないため必ずしも理論曲線と同形を取らないが、片理面傾斜が大きくなるにつれ、強度も上昇する傾向がみられる。この図と、前述“傾斜 $\pm 30^\circ$ までは緩やかな強度上昇”より、片理面傾斜により0.30 (kgf/cm²/度) 程度の強度

上昇は見込める。

・堤趾とF-4断層を結ぶ下流想定滑り面では、片理面のみかけ傾斜が水平から16~35°程度の逆目となる。床掘面では、部分的に微褶曲もみられるため、設計では片理面と推力との傾斜を20°(≒16°+8°)とする。

・設計片理面強度は $\tau_0=5.9(\text{kgf}/\text{cm}^2)$ であるから、片理面と推力との傾斜を20°とした場合、 $\tau_0=11.9(\text{kgf}/\text{cm}^2)$ となる。

よって、掘削による緩みの影響も多少加味し、この部分の設計強度は、 C_M 級の水平部設計数値を採用することにした。

$\tau_0=10.6\text{kgf}/\text{cm}^2$, $\phi=42^\circ$ ($f=0.900$)

6. F-4断層処理範囲

(1)想定滑り面

滑り面モデルは、以下の考え方により図-15の通りとした。

- ①基盤内滑りは、F-4断層沿いとなるのは明らかである(BC)。
- ②応力解析を実施すると、上流堤趾直下基盤内に水平方向の引張応力がみられる。従って、上流部の滑り面は、堤趾端から鉛直にF-4断層まで下ろした面(AB)と考える。
- ③同様に応力解析により基盤内最小点安全率は下流堤趾直下に見られるため、仮に基盤内強度が低下した場合、この部分から破壊が進行して行くと考えるのが妥当と思われる。また、F-4断層

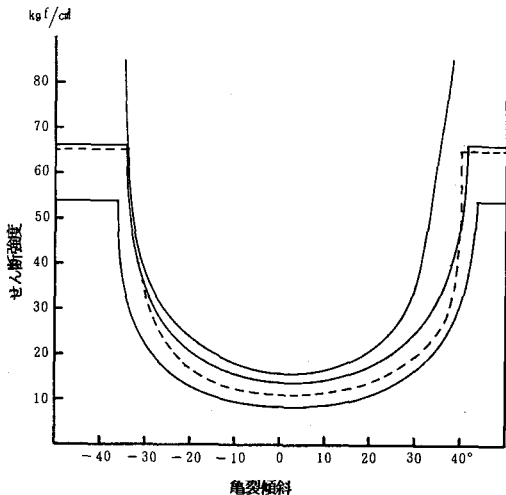


図-14 推力方向の片理面傾斜と強度の関係

は下流下がりであるため、堤体下流地山部に滑り面を考えた場合、せん断長が長くなり安全率がより大きくなる。よって、下流堤趾部とF-4断層とを結ぶ線を下流滑り面(CD)とした。なお、下流滑り面の傾きは α は、CD間のせん断摩擦安全率が最小となるようなものを試算により見いだすことにした。

(2)荷重条件

堤体設計においてクリティカル条件となる常時満水地震時とする。

(3)安定性検討方法

安定性検討方法は、複合滑り面に対する安定計算に良く用いられるウェッジ法によった。

計算は、不静定力 Z を仮定し下記①②式に、 $F_{s1}=F_{s2}$ となるような安全率 N を算定するものである。その結果、せん断摩擦安全率 N は、

$$N = \frac{1}{2} (F_{s1} + F_{s2}) \text{ より求められる。}$$

$$F_{s1} = \frac{\bar{\tau}_1 \cdot l_1 + \{R_1 \cdot \cos(\theta_1 + \beta) - U_2\} \cdot \bar{f}_1}{R_1 \cdot \sin(\theta_1 + \beta)} \quad \text{.....①}$$

$$F_{s2} = \frac{\bar{\tau}_2 \cdot l_2 + \{R_2 \cdot \cos(\theta_2 - \alpha) - U_3\} \cdot \bar{f}_2}{R_2 \cdot \sin(\theta_2 - \alpha)} \quad \text{.....②}$$

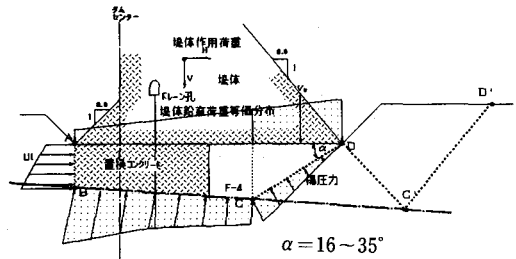


図-15 基盤内滑りモデル図

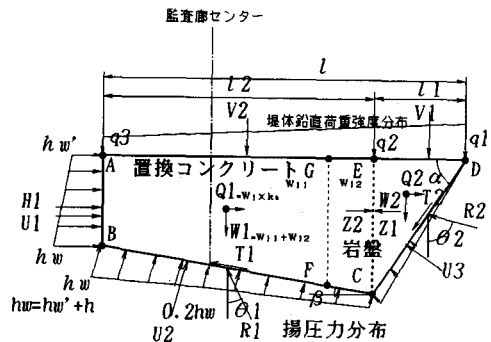


図-16 基盤内滑り検討の考え方

ただし、

H : 堤体水平力 (辺ABへ作用)

V_i : 堤体鉛直力の土塊ブロック i への作用合力

q_i : 堤体鉛直分布荷重強度

W_i : 土塊ブロック i 自重 (無視する)

Q_i : 土塊ブロック i の地震慣性力 (無視する)

R_i : 土塊ブロック i の底面に作用する抵抗力

θ_i : R_i の鉛直面からの傾き

U_1 : 辺ABへ作用する揚圧力

U_2 : 辺BCへ作用する揚圧力

U_3 : 辺CDへ作用する揚圧力

Z : 不静定力

α : 滑り面CDの水平面からの傾斜

β : 滑り面BCの水平面からの傾斜

τ_i : 土塊ブロック i 底面のせん断強度

f_i : 土塊ブロック i 底面のせん断摩擦係数

(注意) □ABCEブロックは、置換コンクリートと非置換岩盤との組み合わせとし、FC沿いのせん断強度は無視するため、それぞれ以下の通り算定する。

$$\tau = \tau_i \times \frac{BF}{BC}, \quad f = f_i \times \frac{BF}{BC}$$

計算の結果は、図-17の通りとなり堤体BL5のJ4+2.00から概ねJ5+0.00までにおいて現況安全率が不足する。このため、安全率 $N \geq 4.0$ を得るような必要範囲の置換コンクリートを実施した。

なお、処理後の置換長が必要長よりやや大きいのは、この位置が断層性状確認のための試掘部と兼ねられており、試掘部の整形、仕上げ掘削によるものである。

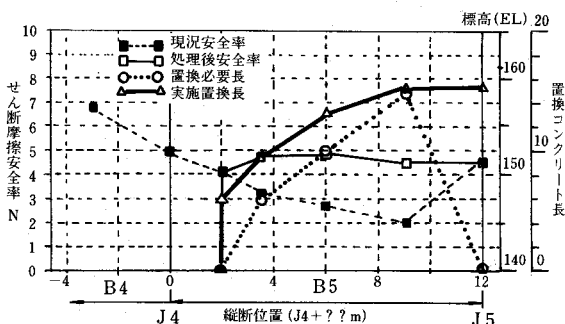


図-17 縦断位置～安全率と置換長

7. 断層処理工の設計

前述の通りF-4断層処理工は、置換コンクリート工を行うものとして、その範囲は図-9のハッチで示す部分である。横断方向にて応用解析を実施した結果、置換コンクリート内部、及び堤体底面に若干の引張応力がみられたため、安全を図り周辺に鉄筋を補強した (図-18)。

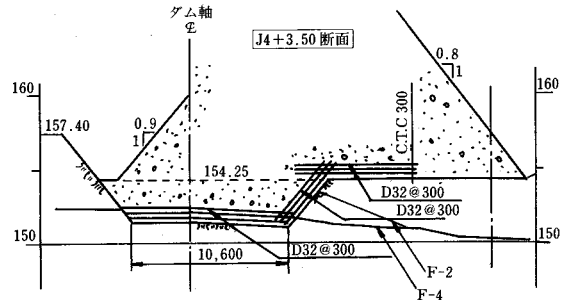


図-18 置換コンクリート標準図

また、下流堤趾部付近の岩盤に対しては、最もせん断抵抗を期待する部分であるにもかかわらず、F-4断層沿いに滲水がみられたことから、入念なコンソリデーショングラウトを行った。

基礎排水孔は、その深度をF-4断層下5m地点まで行うとともに、BL5のそのピッチを@2.5mとし、F-4断層下面に作用する揚圧力の軽減を計ることとした。

安全管理のための観測計器、滑りに対し直接的に観測できる計器として測温機能付きの岩盤変位計を設置し観測するものとし、2次的安全管理用の計器として間隙水圧計を設置する計画である。

8. おわりに

一の木ダムはフィルダムとして計画されたが、基礎地盤の詳細な調査を踏まえコンクリートダムに変更し、平成2年度には実施設計及び河川協議を行い、前述のとおり、現在順調に工事を実施し、本年10月にはコンクリート打設を完了する予定である。

この間多大なご指導、ご強力をいただいた一の木ダム技術検討委員会の諸先生方、並びに関係各位の皆様にご本誌を借りてここに厚くお礼申し上げます。

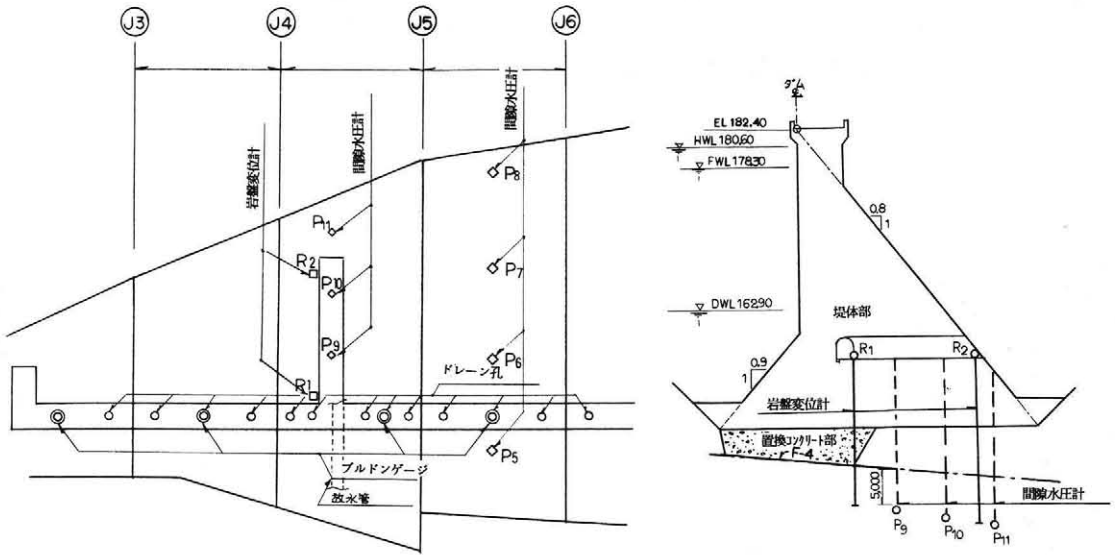


図-19 基礎排水孔及び観測計器計画図



写真-1 ダム全景

参考文献

- 1) 一の木ダム結晶片岩の工学的性質の検討, 京都大学農業施設工学研究室
- 2) 岩の工学的性質と設計・施工への応用, 土質工学会
- 3) 土地改良事業計画設計基準ダム, 農林水産省構造改善局
- 4) 多目的ダムの建設 設計I, 建設省河川局
- 5) 多目的ダムの建設 設計II, 建設省河川局
- 6) 土質工学ハンドブック, 土質工学会

幕別ダム基礎地盤の反射法による地質調査

福島 正人*
(Masato FUKUSHIMA)

館石 和秋*
(Kazuaki TATEISHI)

渋谷 靖*
(Yasushi SHIBUYA)

目 次

まえがき14

1. 幕別ダムの概要14

2. 反射法探査の調査概要15

3. 反射法探査の概要15

4. 反射法探査の測定法15

5. 測定結果18

あとがき20

まえがき

幕別ダムは、国営かんがい排水事業幕別地区の畑地かんがい用水の水源として十勝川水系稲士別川に建設予定の均一型フィルダムである。

本ダムの基礎地盤は透水性の砂岩層と不透水性の泥岩で構成されており、ダム設計上、泥岩層の分布状況を把握することが本ダムの基礎処理上重要な点である。よって今回、これまでのボーリング調査等で得た地質構造を地層の成層状態を連続的に把握できる反射法により調査した。本報文は弾性波が物性の異なる境界面で反射する性質を利用した探査法である反射法の調査方法及び調査結果を報告するものである。

1. 幕別ダムの概要

①地 形

本ダムサイトは、帯広市の南東約8 km、中川郡幕別町字日新に位置し、ダムサイト周辺の地形は、左右両岸部とも標高120m～130m程度の丘陵となっており、ダム軸における地形形状は、山腹斜面

勾配平均約20°前後でゆるく、河床巾は約150mと広い逆台形状を示す。形状係数は $L/H \approx 13.1$ である。

②地 質

本ダム基礎を構成する地質は、新第三紀鮮新世～第四紀洪積世に形成された長流枝内層の砂岩・泥岩である。長流枝内層は、砂岩の優勢な地層で、泥岩・凝灰質泥岩等を挟在する。また、ダムサイト周辺の地層の傾斜は左岸上流側から右岸下流側へ5°程度傾斜している。

ダム軸上における地質を図-1に示す。

基盤となる Ss_3 層岩級区分はCL級、岩質は新鮮であるが、固結度は比較的低い砂岩層であり、現場透水試験での限界圧力も低い値となっている。また透水係数は河床部平均 $K = 8.4 \times 10^{-4} \text{ cm/sec}$ であり透水性を示している。その下層に分布する Md_2 層(泥岩)はCM級であり、岩質は新鮮であり固結度は高く、堅固である。 $K = 1.1 \times 10^{-5}$ の不透水性層となっている。

③ダムの基礎処理計画

上記のような限界圧力の低い Ss_3 層地盤に対し

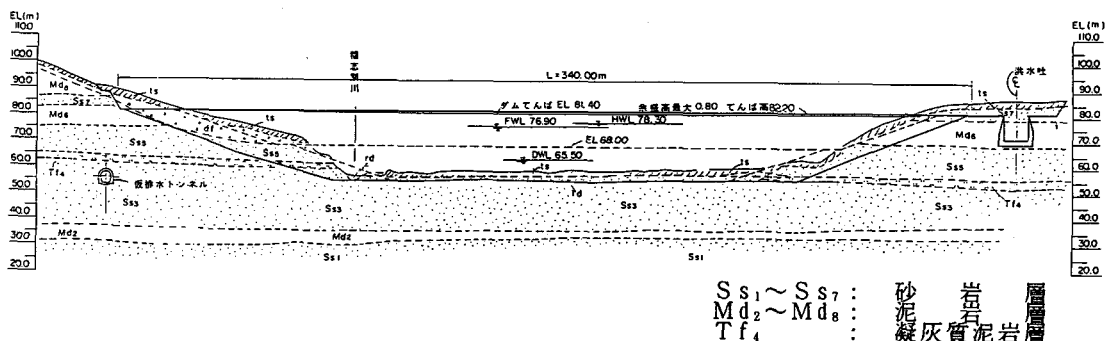


図-1 ダム軸地質断面図

*北海道開発局帯広開発建設部

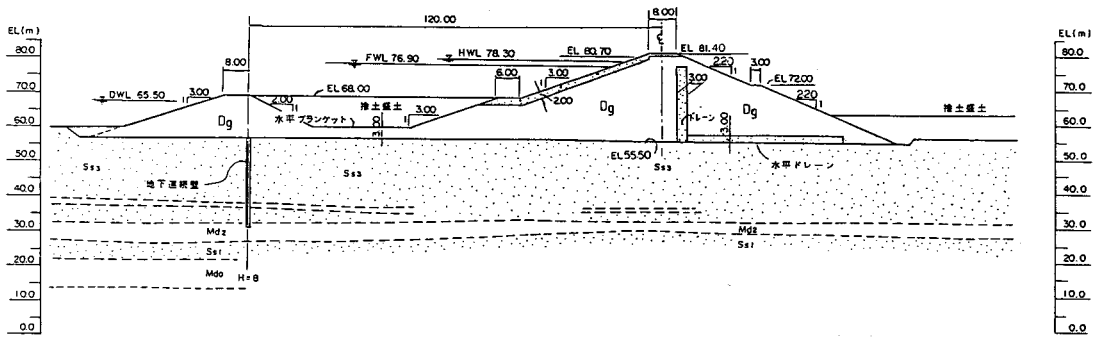


図-2 標準断面図

でのグラウト注入による地盤改良は、岩盤に悪影響を与えることが懸念されるため不適と判断し、アースブランケット工法とした。更に漏水量の抑制をはかるため砂岩 (Ss₃層) を対象として、仮締切堤下部に地下連続壁を設置する。ダム標準断面は図-2に示すとおりである。

- 止水処理
- ・アースブランケット～厚さ 3m
延長 80m
 - ・地下連続壁～不透水性の泥岩 (Md₂層) に接合 (L=190m), 透水係数 $K = 1 \times 10^{-6}$ cm/secのソイルコンクリート

不透水性であるMd₂層は本ダム設計における水理的境界であり、その連続性が重要となっている。

2. 反射法探査の調査概要

反射法探査はダム軸上流の貯水池内河床部で2路線実施した。調査数量は表-1に、調査位置は図-3に示す。(調査期間H4年1月11日～1月14日)

表-1 反射法探査数量一覧表

測線	数量	
A測線	L=200m	ダム軸直方向の地質構造の確認
B測線	L=150m	ダム軸方向の地質構造の確認
2測線	計 350m	

3. 反射法探査の概要

地表あるいは地中において人工的に発生させた地震波は、地盤中を四方八方に伝播していくが、その中で図-4のように音響インピーダンス(地震波伝播速度×密度)が異なるような境界面で屈

折、透過あるいは反射して再び地上に戻ってくるものもある。これらの反射波を利用して地下構造を調査するものが反射法探査である。

図-5のように地表近くで発生させた地震波が地下の境界面から反射して地上に戻ってくるまでの時間を測定し、その1/2の時間に地震波の地中伝播速度を乗ずることによって、境界面までの深度を求めることができる。さらに受振器を測線上に多数設置して同じような測定を繰り返していくことによって、地下境界面を連続的に把握することが可能となる。

4. 反射法探査の測定方法

①測定仕様及び振源

受振点間隔 2m 発振点間隔 2m
振源 2波発振装置(板たたき方式)
受振器 水平動・動コイル型シングル
固有振動数40Hz

1展開の成分数 48

水平重合数 24 垂直重合数 2

サンプリング間隔 1ミリ秒 記録長 1秒

振源は従来から行なわれている板たたき式振源を使用し、これによってS波を発生させた。使用した振源を図-6に示す。これは地表に敷いた板(長さ1.5m, 幅40cm, 厚さ10cm)に荷重をかけ、木口をハンマーで水平に打撃してS波を発生させるものである。ハンマー部先端の重錘の重さは23kg, 振源全体の重量は約500kgである。これらをユニック車で移動させた。

なお、現地は20cmほど積雪があったので、発振点については除雪し、地面を露出させた後に振源を設置した。

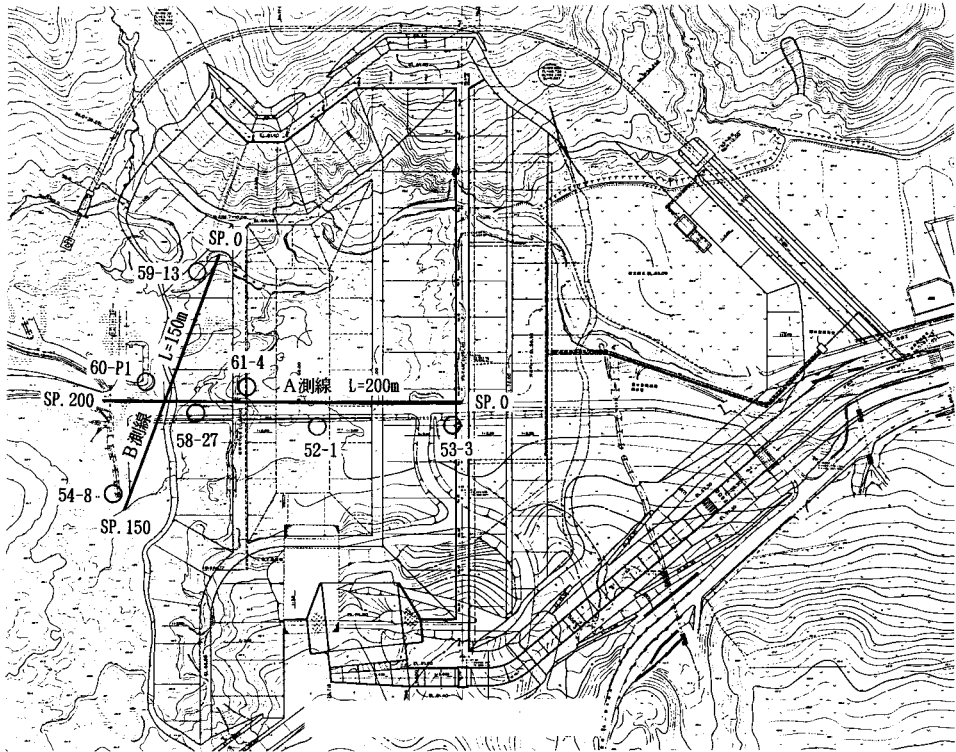


図-3 反射法探査測線位置図

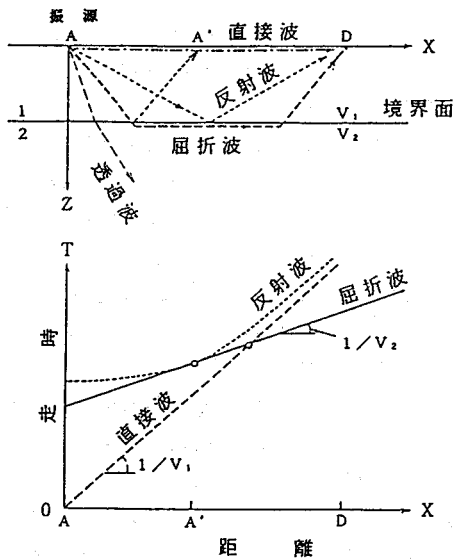


図-4 地震波の伝播形態

$$Z = \frac{1}{2} T \times V$$

T : 反射波の往復走時
V : 地盤の弾性波速度

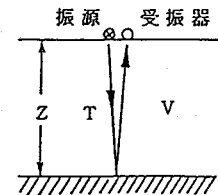


図-5 反射法探査の原理

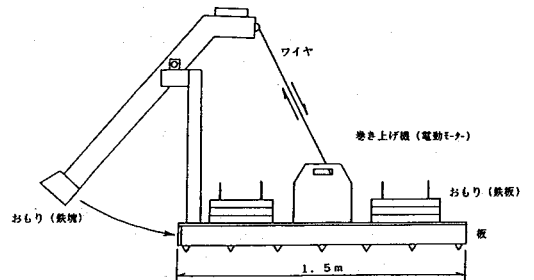


図-6 板たたき式振源

②測定方法

前述したように、反射法の原理は非常に簡単なのだが、地下から戻ってくる反射波はかなりの微弱であることに加えて、図-4に示したように他の種々の波の後に到着するので、これらの波がノイズとなり、その中に埋もれてしまうことも多い。

そこでこの微弱な反射波を抽出するために探鉱器、現場での測定方法およびデータ処理の段階で、S/N比の向上を目的とした様々な工夫がなされている。その中でもマルチチャンネル方式の測定及びCDP重合処理はその代表的なものである。CDP重合は後述のデータ処理の項で説明するところであるが、マルチチャンネル方式の測定で得られたデータがあつてこそできる処理であり、両者は密接な関係にあるので以下にその内容を合わせて説明する。

③マルチチャンネル測定法

図-7に測定パターンを示す。

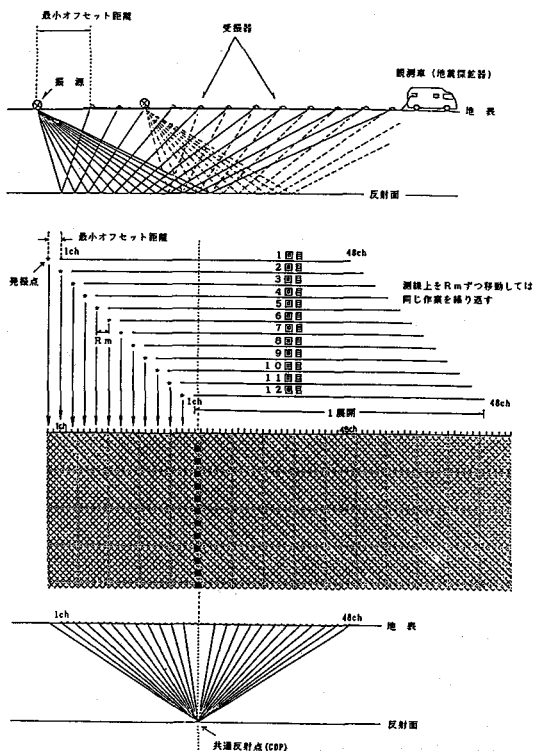


図-7 測定パターン

測定に先立ち測線上2m間隔に水平動受振器を設置した。現地は地表付近が凍結していたので、

電気ドリルによって削孔した後、受振器付属の長さ7cmのスパイクを差し込むことによって固定した。

各受振器を本線ケーブル、中継ケーブルを介して、専用観測車に搭載された地震探鉱器に接続する。これらの準備ができた後、測定を開始した。

1回の測定により同時に48地点の受振器（これを1展開という）で受振した反射波等の信号は地震探鉱器システムの磁気テープにデジタルで記録される。発振は測線上の展開の端から一定距離（今回は2m、これを最小オフセット距離という。）だけ離れた地点で行なった。

1回の測定が終了したならば、発振点・受振点とも測線上を全体に2m移動して再び同じ測定作業を行う。これを測線終点まで繰り返し、測定を完了した。

④CDP重合（今回は24重合だが、ここでは12重合の例で説明）

マルチチャンネル方式では図-7に示したように振源と受振器群の測定系を順次移動させながら測定していく。いま図-8のように反射面状の任意のCDP（Common Depth Point＝共通反射点の略で発振点と受振点の midpoint をいう）から反射してきた地震波だけをとりだせば、伝播経路が異なる12通りあることがわかる。

CDP重合とはこれらの反射波を重ねてひとつにまとめ強調する処理のことだが、その準備としてこの12通りの反射波を全てオフセット0m、すなわち発振点と受振点の同一でCDPの真上にあるときの反射波に補正しておく必要がある。

図-8においてオフセットXでの反射波の往復時間 T_x は、次式で表わされる双曲線になり、Xが大きくなるほど T_x も大きくなる。

$$T_x^2 = T_0^2 + (X/V)^2$$

ここに、 T_0 ；オフセット0mにおける反射波の往復時間

V ；反射面までの地盤平均速度

そこでいろいろな速度を与えて最も重合効果が現われる式、すなわち反射波の並びに最も適合するような双曲線の式を求めると T_0 と V を求めることになる。このデータ処理を速度解析という。このときの速度は重合速度と呼ばれ、ここから区間速度を求めることができる。図-8において各トレースから時間補正量 $\Delta T_x = T_x - T_0$ を

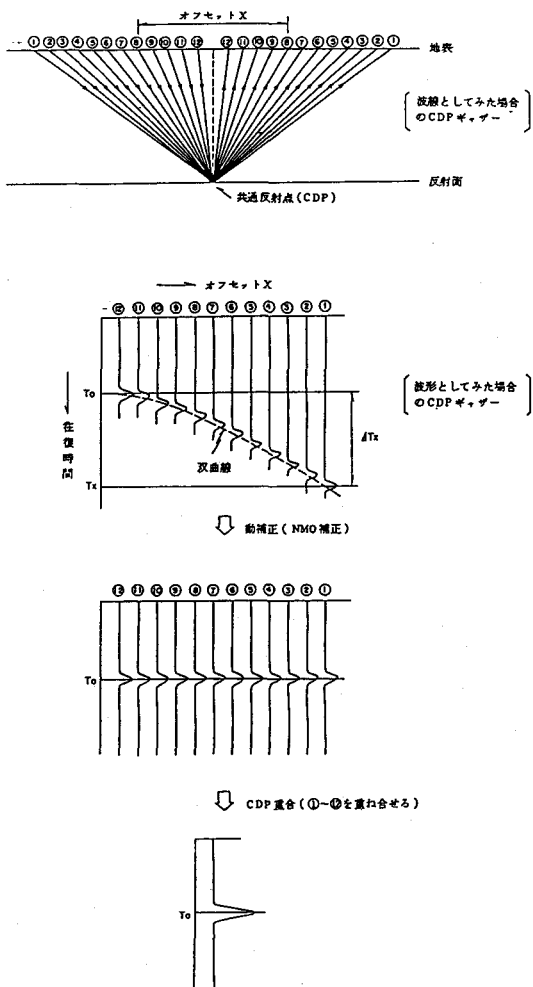


図-8 CDP重畳に至るまでの流れ

差し引けば、右下がりの反射波列は全て時間 T_0 まで持ち上がり、横一線に並ぶ。この処理を動補正 (NMO補正) という。

この後、時間のそろった反射波を加え合わせることによって反射波を強調して表現することができる。この処理をCDP重畳 (あるいは水平重畳) と言う。今回は水平24重畳ということになる。この処理は表面波や重複反射等のノイズを減ずる効果もあり、S/N比の向上に果たす役割は大きい。

5. 測定結果

①反射 (時間) 断面

A, B両測線の反射断面図を図-9, 10に示す。

反射断面は横軸が距離で表わされ、トレース間隔は受振点間隔の1/2の1mである。縦軸は時間で表され、反射波に関しては往復時間になる。時間0秒が地表に対応する。

反射断面は波形トレースに濃淡表示を重ねて表示しており、極性は次のようになっている。すなわち、地震波が音響インピーダンスの相対的に小さい地層 (軟らかい地層) から大きな地層 (硬い地層) へ入射し、その境界面で反射して地表に戻ってきた反射波は、+側 (反射断面で黒く塗りつぶした側) に振れ、逆の場合は-側 (波形トレースだけの側) に振れる。

本調査地の地盤は主に砂岩及び泥岩からなり、調査の対象となる地層は泥岩層 (Md_2Md_0) である。既往資料によると、砂岩及び泥岩のS波速度は400~500m/secなので、探査深度を30m程度とすると、地表とこの間のS波の往復時間は0.12~0.15秒程度となる。

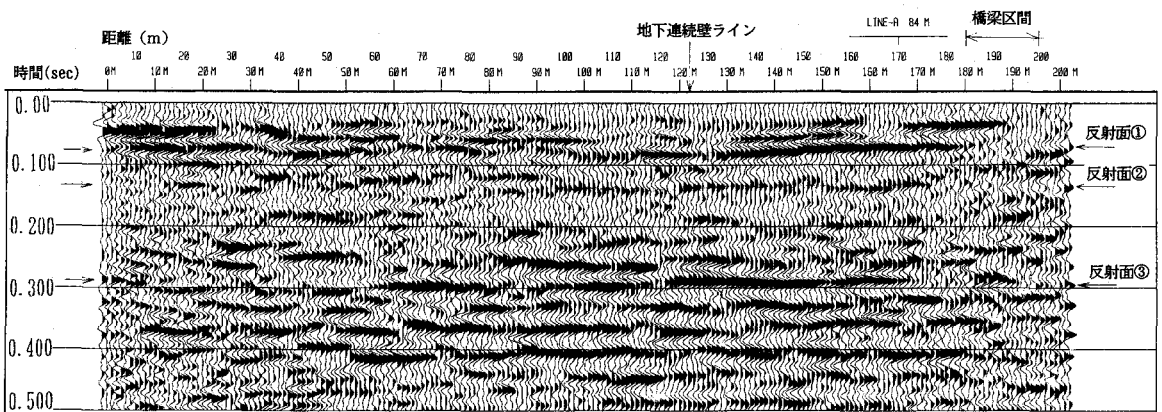


図-9 A測線反射断面図

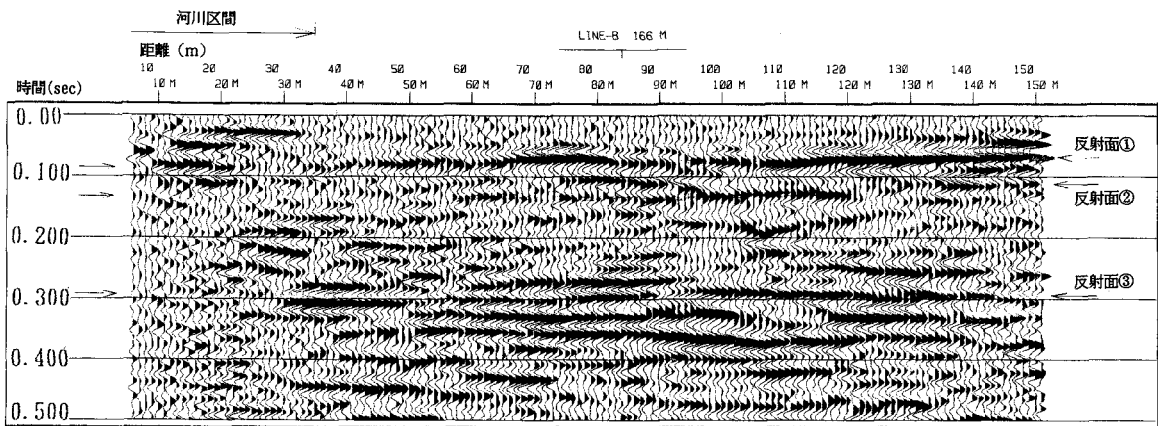


図-10 B測線反射断面図

反射断面においてこの位までの時間領域に現われている横方向に連続性の良好な波列は、A、B測線とも0.07~0.08秒と0.13~0.14秒付近に認められる。前者を反射面①後者を反射面②とする。

・反射面①は両測線とも比較的明瞭であり、A測線では35~150mの範囲で、またB路線では0~180mの範囲で連続性が良い。

・反射面②は、反射面①ほど明瞭でなく、連続性も劣り、測線全体にわたって追跡できない。

すなわち、反射断面で+側に振れている反射面

①、反射面②は砂岩層から固結度の高い泥岩層へ入射した反射波と想定される。

またこれらの他に、0.3秒付近にも明瞭な波列が認められるので、これを反射面③とする。この反射面も反射面①とほぼ同じ範囲で連続性が良い。しかし、A測線の180~195m及びB測線の0~35mでは、波の連続性が悪い。前者は、橋梁区間であったため、後者は、この付近が稲土別川及び河原であり、受振器や振源の正常な設置が困難であったことに起因すると考えられる。

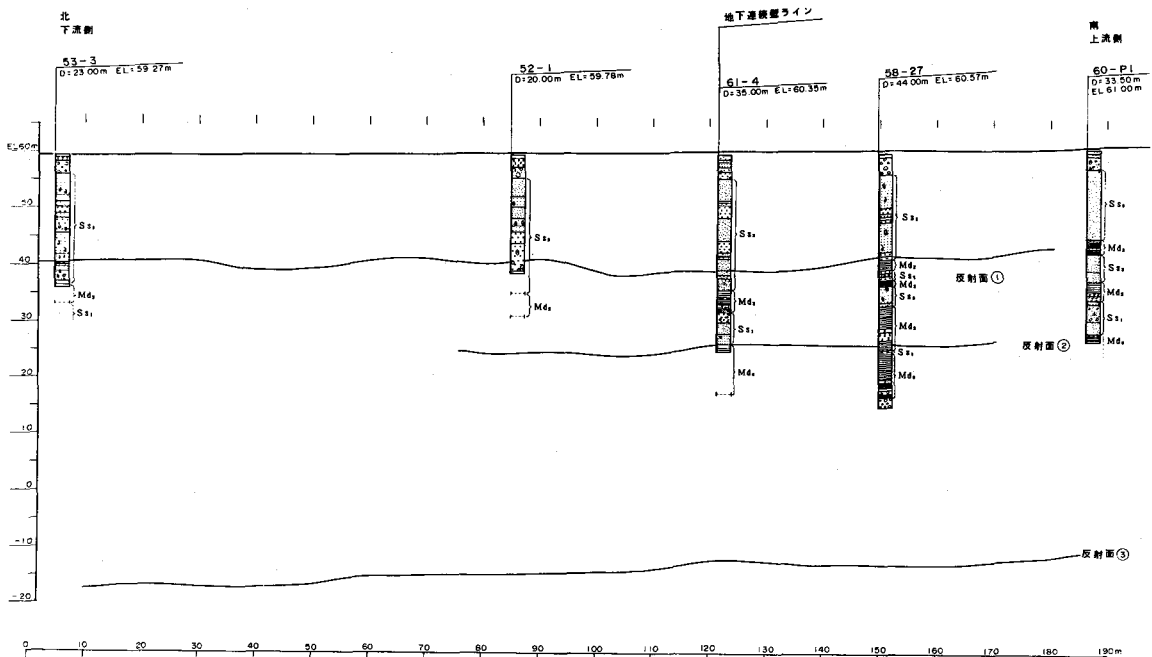


図-11 A測線解析断面図

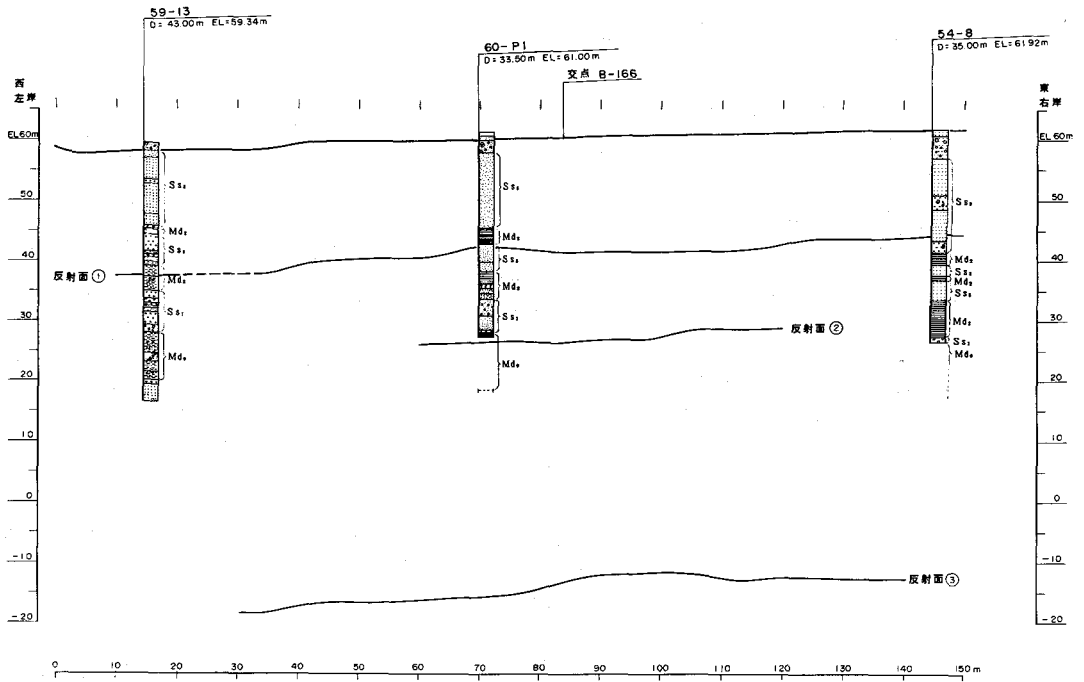


図-12 B測線解析断面図

②解析断面

図9, 10の反射面①及び反射面②を深度変換し、既往地質データと対比して、図-11, 12の解析断面図に示す。

反射面①—両測線で深度20m前後に分布し、既往データでは泥岩層 (Md₂) 上面に対応する。
 反射面②—両測線で深度35m前後に分布し、既往データでは泥岩層 (Md₀) 上面に対応する。
 反射面③—深度70~80mになるが、既往データがないため、対比できない。

これらのことから、本ダムの基礎地盤の地質状況について以下のことが明らかとなった。

- 地質構造—2m~3m程度の起伏を示すが全体として平坦である。地層は下流側に緩く傾斜する傾向を示し、断層等の構造線は存在しない。

- 泥岩 (Md₂) 層—砂岩 (Ss₃) より硬い地層であり、深度20m前後で連続性良く分布する安定した地層であることが明確となった。

なお、解析断面上で、地質データと反射面深度との差は、調査実施時期が冬期であったため、地表部が凍結し、地表付近のS波速度の分布状況を解析することがかなり困難となり、深度にして5m~10m程度の誤差となった。

あとがき

今回行った反射法による地質構造調査により、本ダム基礎地盤の地質構造、特に泥岩 (Md₂) 層の連続性が明らかとなり、断層等の構造も存在しないことが確認された。従来、反射法は資源調査の大構造調査に利用されてきた探査法であるが、今回実施した浅層地質構造調査のような土木技術分野でも十分利用可能な探査法と考えられる。

末田須賀堰の周辺環境整備と修景

井上 恵 博*
(Yoshihiro INOUE)

目 次

1. 末田須賀堰の概要	21	4. 末田須賀堰の修景	25
2. 堰周辺の環境調査	22	5. おわりに	28
3. 末田須賀堰周辺環境整備推進協議会	24		

1. 末田須賀堰の概要

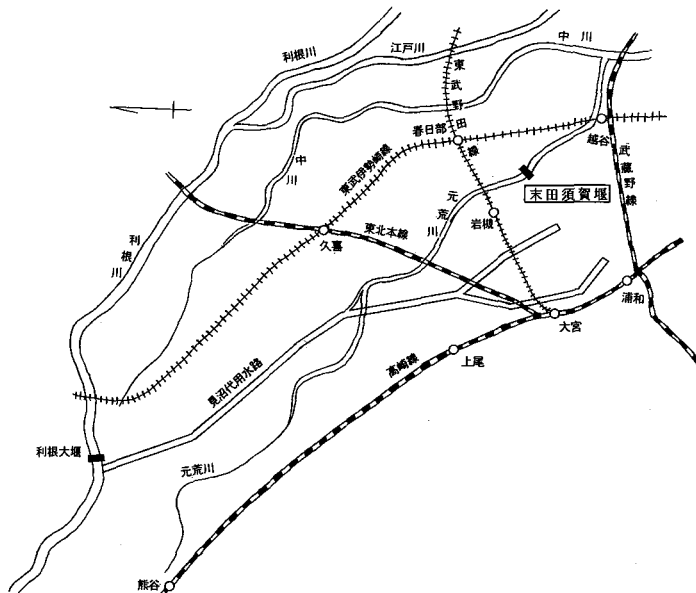
末田須賀堰の位置する中川水系元荒川は、その源を埼玉県熊谷市に発し、東南方面に流下し越谷市中島地点において中川本流に合流しており、流域面積が約200km²、延長が約60km、河川勾配が約1/4000の緩流河川である。

末田須賀堰は、中川合流点より13.6km上流の埼玉県岩槻市末田・新方須賀地先にある。右岸側にあったレンガ造りの角落堰（幅1.7m×高さ2.4m×10径間）は明治38年に、左岸側にあったコンクリート造り手動のストーンリー式可動堰（幅3.0m×高さ2.7m×7径間）は大正15年に築造されたもの

であった。この上流に9ヵ所の取入口があり、元荒川の自流と見沼代用水の補給水により堰上げた湛水位を利用し、周辺の農地約2,900haをうるおしていた。

しかし、その堰も老朽化が激しく、又ゲートが旧式であることにより取水管理に多大の労務を要し、安定的な取水に支障をきたしていた。更に洪水に対して速やかな対応ができないなど防災的な見地からも早急な改築が必要な状況にあった。

このようなことから堰改築の気運が高まり、公団の埼玉合口二期事業に取り込み改築することになった。（参照図－1）



図－1 堰の位置図

* 水資源開発公団埼玉合口二期建設所

2. 堰周辺の環境調査

地元岩槻市等は末田須賀堰を含む周辺の環境を保全、活用する地域と位置づけ、各種の整備構想を計画していた。さらに、末田須賀堰改築事業推進協議会の要請もあり、公団は堰の改築が環境に与える影響は少なくないと考え、堰改築に伴う環境アセスメント的な位置づけで、学識経験者を交えた岩槻地区水利施設検討委員会を設置し、指導・助言を頂きながら、末田須賀堰の周辺環境及び関係機関の整備計画への対応を検討した。

2-1 堰の周辺環境

末田須賀堰周辺の環境整備の進められ方を検討する準備として、改築事業に着手する前の堰周辺環境を把握する調査を行った。

① 地形

堰周辺は埼玉平野のほぼ中央に位置し、中川低地と呼ばれる標高10m前後の平坦な沖積低地で、図-2に示すような地形である。

又計画区域内の元荒川は特に川幅が広がっている。

② 動植物

堰上流右岸の州は水鳥の格好の好餌場でサギ、

カモ等、野鳥の生息地である。

③ 景観的な特徴

この周辺は、埼玉平野内の水辺景観をよく残した優れた地域とされ、平坦で緑豊かな田園風景である。堰下流左岸の集落には計画区域内で最も評価できる美しい屋敷林や元荒川沿いの桜並木など文化性を有する資源が存在している。

また、堰上流の高圧線は目障りとなっている。

④ 土地利用状況

大部分が河川区域である。

高水敷の広い部分は畑や果樹園となっており、

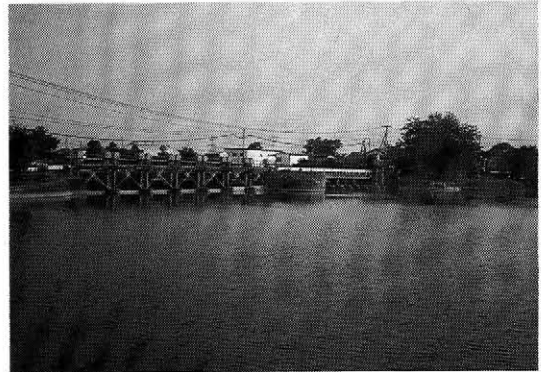


写真-1 上流から望む旧堰

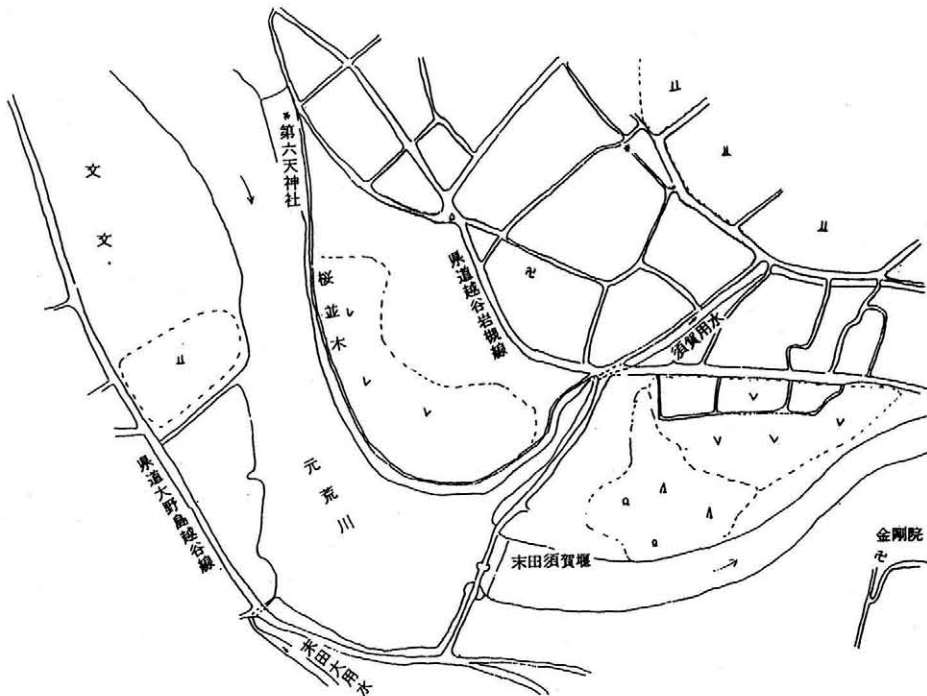


図-2 堰改築前の周辺地形概略図



写真一 川沿いに立つ第六天神社

その他は草地，荒地となっている。

⑤ 交通条件

東武野田線岩槻駅からはバスにより，東武伊勢崎線のせんげん台駅又は大袋駅からは徒歩により，周辺国道からは県道越谷・岩槻線を経由して末田須賀堰へ至る。

⑥ 周辺地区のレクリエーション施設

堰上下流は釣りが盛んに行われ，地域のレクリエーションの場となっている。

元荒川上流約 2 km には岩槻文化公園，更に 500m 上流には岩槻公園がある。また，下流約 4 km に宮内庁鴨場があり，水鳥が多く集まる。

⑦ 文化財

堰上流には歴史的環境を有する第六天神社，下流には県指定文化財の仁王門及び金剛力士像を有する金剛院がある。

2-2 関係機関の堰周辺の環境整備計画等

① 埼玉県新長期構想

元荒川を下水道の整備計画幹線とし，清流の回復・水のふれあいの場・樹林地・敷地の保全が計画されている。

② 岩槻市の第 2 次総合振興計画

元荒川沿いの緑道，サイクリング道路が「しらこぼと（県鳥）公園」へ接続するルートとして構想されている。

③ 岩槻市の緑のマスタープラン

計画区域内の屋敷林，元荒川の水面及び水辺地，第六天神社を保全すべき自然特性，景観要素として高く評価し，風致公園が計画されている。

④ 東部広域行政推進協議会（岩槻市等関係自治体組織）による「東部広域水辺のネットワーク計画」

元荒川は「元荒川，桜と歴史コリダー（带状地帯）」として桜の名所，史跡を結ぶ南北の幹線ルートに位置づけられている。

⑤ 河川改修計画

河川改修計画による河道計画では，計画区域

表一 整備計画の構想

ゾーン名	整備構想
①堰の広場	堰は地区の中心となり、堰の隣接ゾーンを広場として整備する。
②モニュメント	左岸溜井の形態（須賀用水取水口）を修復して残す。
③野鳥 ④休息園地	堰直上流右岸の川岸を水鳥とのふれあいの場合として整備する。
⑤林と草むら	堰右岸上～中流の混沌とした区域との境界を修景して明瞭な境界とし、緑の水辺を演出する。
⑥第六天神社	第六天神社を第 2 の核として整備する。
⑦桜並木の遊歩道	左岸堤防を桜並木の通路として整備する。
⑧水路遊び	水田に至る須賀川用水路沿いの小道を堰に続く利水施設とのふれあいの遊歩道として整備する。
⑨田園生活	左岸県道沿いの良好な田園風景を保全する。 堰左岸下流の畑を田園生活と触れる場として整備する。
⑩魚の水域 ⑪釣り場	堰下流を親水性の高い釣りポイントとして整備する。

内の河川幅を100m以上とし、高水敷の多目的利用を計画している。また、同計画の河道利用基本構想案では、第六天神社を中心とした優れた環境、景観が集積した堰周辺は岩槻・史跡文化ゾーンにおけるレクリエーション拠点と位置づけられている。

2-3 堰の周辺環境整備の想定

(1) 周辺環境整備の基本方針（案）

堰の周辺環境及び関係機関の環境整備計画に基づき、委員会では関係機関が調和を図りつつ堰の周辺環境を整備するものと考え、整備の基本方針（案）を以下のように想定した。

① 地区の特性を生かした整備

田園地帯の川辺の集落というイメージをこわすことなく、最大限に活用した整備が行われる。このため、自転車、歩行による散策路を中心に地区のイメージ保全が図られる。

② 新しくつくる構造物と地区イメージとの調和 新しくつくる構造物は地区のイメージとの調和を図るため必要な部分が修景される。

③ 水辺空間の演出と利用促進

景観阻害要素の修景、散策路の整備、自然環境の保全措置等が図られ、水辺の空間が演出されるとともに、利用促進のため安全性の確保、休息場所、案内板、駐輪場等便益施設が設置される。

④ 治水・利水施設又は田園生活への親しみ等施

設や県道を通過しながら、治水や利水施設の機能、位置づけ、歴史を学習し親しめ、田園の生活に触れられるよう整備される。

(2) 整備の構想

委員会では、関係機関が周辺環境整備の基本方針（案）に基づき、区域毎の特徴を生かした環境整備を行うものと考え、図-3に示す11のゾーンを設け、各ゾーン毎の整備構想を以下のように想定した。

3. 末田須賀堰周辺環境整備推進協議会

3-1 協議会の発足

公団は堰の改築を要請した末田須賀堰改築推進協議会へ、岩槻地区水利施設検討委員会で想定された環境整備はこれらを構想していた県、市、或いは地元等が事業主体となり整備するべものであると報告した。これを受け、改築推進協議会が関係機関への働きかけを行い、岩槻市が中心となり、「末田須賀堰の改築と合わせて、周辺環境整備計画の策定等を行い、快適な環境の整備推進を図り、もって住民福祉の向上に資すること」を目的とする末田須賀堰周辺環境整備推進協議会が発足した。この構成員は、県の県民部・農林部・河川部・住宅都市部、土地改良区、岩槻市及び公団である。

3-2 環境整備基本方針

関係機関の整備構想等を基に同協議会において検討された結果、末田須賀堰の周辺環境整備の基

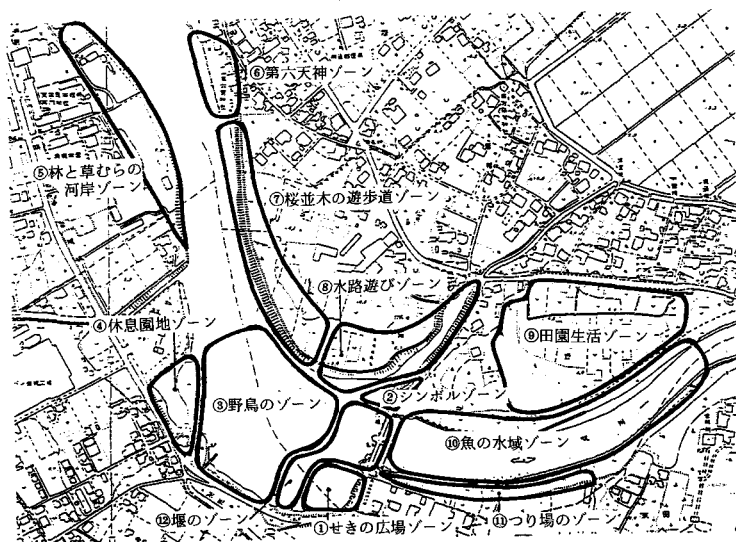


図-3 整備ゾーニング図

本方針は以下のように決定された。

「末田須賀堰周辺環境整備基本方針」

- ① 地区の特性を生かした整備を行う。
- ② 新しくつくる構造物は地区のイメージとの調和を図る。
- ③ 水辺空間を演出し、利用の促進を図る。
- ④ 治水・利水の施設に親しみ、田園生活に触れる場とする。

3-3 末田須賀堰周辺環境整備計画の策定

関係機関の整備構想、環境整備推進協議会の基本方針をふまえ、末田須賀堰環境整備推進協議会において策定した整備計画は図-4の通りであり、その詳細、事業主体は表-2の通りである。

協議会が策定した整備計画により、公団はできる範囲で堰柱、上屋、階段などを修景することになった。その他の整備は、埼玉県、岩槻市等が事業主体となり、短期（公団の堰改築工事に併せ事業化）～長期（公団の堰改築完了後に事業化）と分類し、環境整備に係る諸事業制度を活用し進めることになった。

4. 末田須賀堰の修景

公団は協議会の環境整備計画に基づき、公団が施工する末田須賀堰及び永代橋（県道併用橋）の修景について検討した。

4-1 末田須賀堰の整備方針

末田須賀堰に求められた整備方針は、堰は周辺環境を形成する一つの要素であるが、周辺の環境整備が実現すると地区のイメージを代表するシンボルとして修景するとともに、治水・利水に親しむ施設とすることである。しかし、堰自体が広い空間を占めているため、そのデザイン及び修景は周辺の環境整備計画に押しつけがましくならないよう、調和を図らなくてはならない。このことから、堰の設計及び修景は以下のように考えた。

① 堰両岸の側壁

コンクリートの打ちっばなしであるが、水面より上に出る部分については化粧型枠を用い、表面を石垣に見せた。

② 堰柱

すっきり見せることにし、堰柱の中央にカラータイルを配置した。

③ 上屋

鉄骨構造とし、壁面はカラーブロック、ガラスブロックを用いた。

④ 永代橋（県道併用橋）

高欄は平面的に2m毎の矩形の出入り形状とした。

橋の下流側歩道は来訪者の便に供するため、テラス(3m×1m)を3か所配置し、アクセントをつけるためパーゴラを設けた。

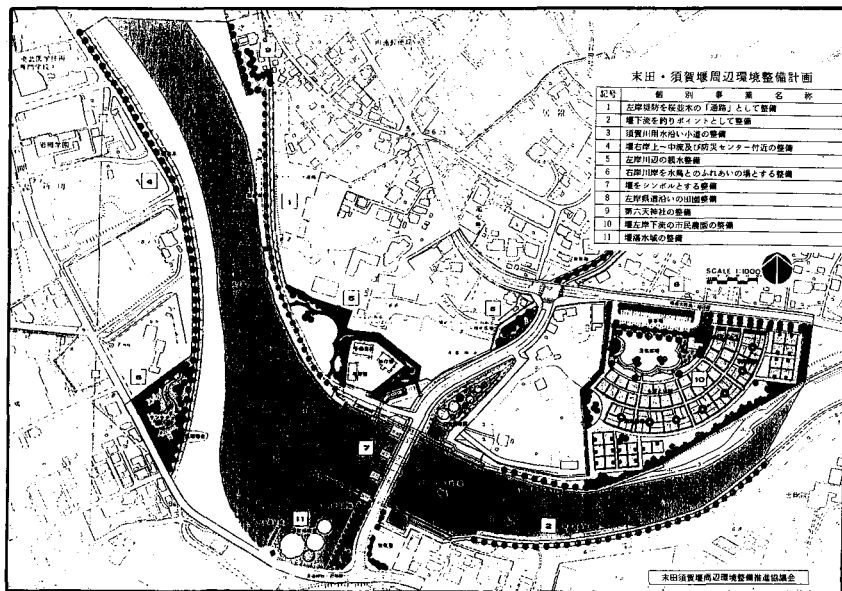


図-4 末田須賀堰周辺環境整備計画図

表-2 末田須賀堰周辺環境整備計画

番号	整備構想	事業化予定案	事業実施時期	事業主体
①	左岸堤防を桜並木の「通路」	桜並木、サイクリング道路及び園路 芝生、花壇等	長期	県、市
②	堰下流を釣りポイント	右岸護岸（魚巢ブロック、階段護岸） 園路、棚、水辺の整備	中期 ～長期	県
③	須賀川用水沿い小道	園路、棚、植栽	中期	県
④	堰右岸上～中流及び防災センター付近	並木 水際の整備	長期	県、市
⑤	左岸川辺の親水公園	公園整備	中期	県、市
⑥	右岸の川辺を水鳥とのふれあいの場	野鳥観察舎等、園路、芝生、植栽 県道沿いの並木道	長期 中期	県、市
⑦	堰のシンボル化	堰の修景（堰柱、上屋、階段） 橋梁の修景（高欄、親柱、パーゴラ、絵タイル） 堰の広場（植栽、パーゴラ、園路、駐車・駐輪場）	短期 中期	公団 県、市
⑧	左岸県道沿いの田園	ごみ箱、案内板	短期	市
⑨	第六天神社	駐輪場、東屋	長期	市
⑩	堰左岸下流の畑地	市民農園、芝生広場、駐車場、もぎとり園 竹林園路、その他植栽、整地土工	長期	県、市
⑪	堰湛水域	ボート乗場、水生植物（水生植物、緑石）	中～長期	県、市

歩道はインターロッキング張りとした。

なお、地元岩槻市が提供し、高欄の上下流に各7か所に地元ゆかりのカルタを絵タイルにして設置し、また、岩槻市が人形の町であることから、ブロンズの鋳物で製作した武者人形と女形人形を親柱に配置することとした。

4-2 カラースタディー

構造、形状が決定したのち、構造物の色彩をどのようにするかを検討するため、コンピュータグラフィックスを用い配色の検討（カラースタディー）を行った。この手法は、堰柱、上屋及び橋梁を模型とし、いくつかの方向から写真に撮り、コンピュータに読み込ませた後、各面ごとに彩色を施し、これを変化させるシュミレーションを行い配色を決定した。（参照図-5～7）

完成予想図は図-8～9である。

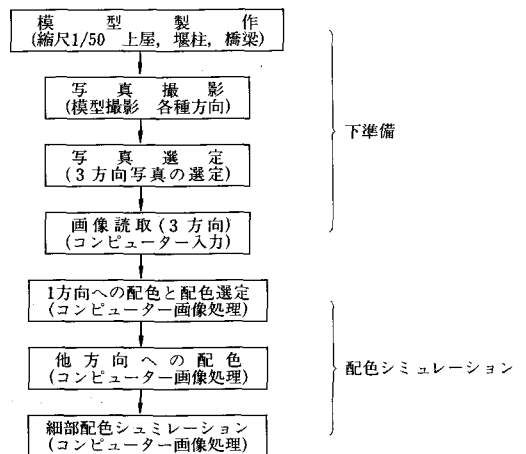


図-5 カラースタディーの手順

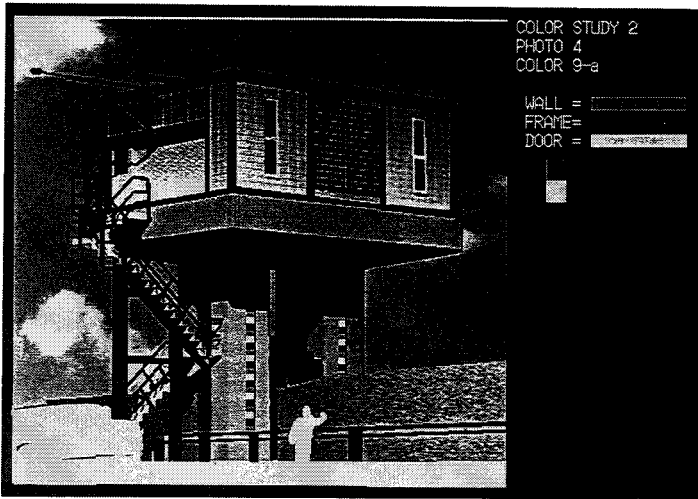


図-6 カラースタディーの出力図
(下流の斜めから)

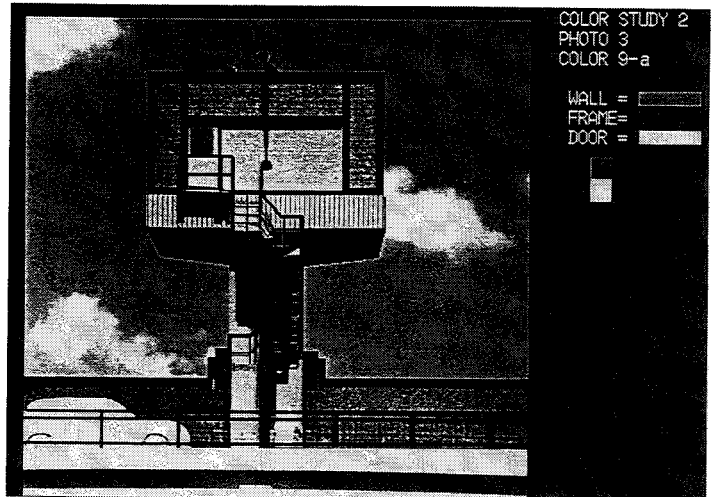


図-7 カラースタディーの出力図
(下流の正面から)

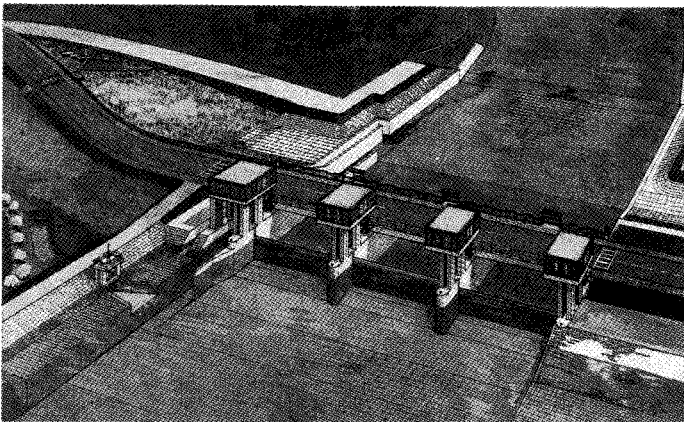


図-8 完成予想図 (上流の斜め上空から)



図一 9 完成予想図 (右岸側から)



写真一 3 工事の進む末田須賀堰

5. おわりに

従来の土木構造物に要求されていたのは、機能性や安全性が主体であり、「見た目」やできたものから受ける「印象」などはあまり重要視されていなかった。しかし、近年の社会情勢の中では土木構造物に対しても、周辺環境への配慮、周辺環境との調和、更には周辺との一体的な整備が要求されてきている。特定の費用負担者が存在する公団事業においても例外ではなく、近年周辺環境への配慮を望む声が多くなってきている。

多くの関係機関が環境整備推進協議会を重ね、一致協力してお互いの事業計画を調整しながら全体計画を立案し、更にこれに基づきそれぞれの事業を計画立案し、末田須賀堰の周辺環境整備の具体化が着々と進められている。近い将来、末田須賀堰の周辺環境が素晴らしいものになると確信している次第である。

参考文献

- ① 埼玉合口二期事業岩槻地区水利施設検討業務報告書
- ② 末田須賀堰周辺環境整備実施計画 (案)

シラス地帯における農地保全事業の効果

堀之藺 光 一*
(Koichi HORINOSONO)

有 留 一 誠*
(Kazuyoshi ARIDOME)

恒 吉 明 彦*
(Akihiko TSUNEYOSHI)

目	次
I. はじめに	29
II. シラスの特性と災害の形態	30
III. 地域の特性と状況	31
IV. 災害の状況	33
V. おわりに	35

1. はじめに

鹿児島県を始めとする南九州はシラス、コラ、ボラ等の特殊土壤に覆われ、特にシラスは南九州に広く分布し、厚さは50メートルから100メートルに達する地域もある。

シラスは一般に団粒化の程度が低い等により、水に弱い性質があり、営農面においては、有機質をほとんど含まない生産性の低い土壤とされている。

このように、水に弱いシラス地帯という条件に加えて、南九州、とりわけ鹿児島は台風銀座と言われるほど多くの台風に見舞われ、又、梅雨期の豪雨により多くの大災害を被っている。

このため、昭和24年のデラ、ジュディ台風による大災害を契機として昭和25年シラス対策事業が

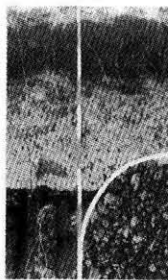
創設され、排水路等の整備が実施されるようになり、昭和27年には特殊土壤地帯の災害防止と農業振興を図るため「特殊土壤地帯災害防除および農業振興臨時措置法（いわゆる特土法）」が制定され、昭和34年には、関連する排水路、農道等の工事が追加され、シラス対策事業が拡充された。その後昭和43年には鹿児島、宮崎両県のうち、夏期に降雨量が多く、かつ、特殊土壤地帯である特定の畑作地域の農業経営者の安定を図ることを目的として「南九州畑作営農改善資金融通臨時措置法（いわゆるマル南法）」が制定され、農地侵食防止事業と併せて、ほ場整備、畑地かんがい、農地開発等の事業を総合的に実施できる、特殊農地保全整備事業が創設され、昭和57年には農地侵食防止事業と特殊農地保全整備事業が整理統合されて現在に至っている。このように国土保全と減産防止

シラス



県本土面積の3,430km²にわたって分布している火山灰砂層で、鹿児島湾の南北をカルデラとする始良・阿多火山から噴出した軽石流凝灰岩の俗称であり、一般に台地又は丘陵として分布している。

ボラ



大隈半島の北部400km²にわたって分布している軽石層で霧島・桜島の比較的新しい火山活動の際に噴出した軽石が降下堆積したもので、表土約下30cm-数十cmの層をなしている。

コラ



薩摩半島南部の約140km²にわたって、表土下約30cmに分布している。開聞岳が爆発した時噴出したものであるといわれ、火山灰、火山砂及び火山礫が凝固したもので非常に固い層をなしている。

写真—1

*鹿児島県農政課農地建設課

の観点から制度化された事業である。これに対し、当県では県営工事として、昭和25年にシラス対策事業を肝属郡串良町の中山谷地区を始めとして平成3年度までに287地区、37,130ヘクタールを実施している、又、特殊農地保全整備事業については、昭和43年鹿屋市の東花岡地区を始めとして70地区、11,218ヘクタールを実施している。

以上のように農地保全整備事業を実施している中で、災害との関係がどのように推移し、又、効果があるのか比較検討することとした。

II. シラスの特性と災害の形態

シラスは大規模な熱雲式の火山活動によって生じた、非熔結ないし、弱熔結性の軽石質火砕流堆積物であり、その主体は軽石と火山ガラスである。灘波¹⁾によると、鹿児島、宮崎両県下におけるシラスの物理的性質を要約すると次のようである。

- (1) 土粒子比重：粒径2mm以下の火山ガラスと微細軽石の混合体としての平均値は2.42
- (2) 乾燥密度：容積100cm³の円筒サンプラーを打込んで採取した試料による平均値は、1.08g/cm³
- (3) 間隙比：上記2つの値から算出した値の平均値1.27
- (4) 含水比：採取時の天候状態によって変るため8.6～49.5%となり平均値は22.1%
- (5) 粒度：レキは大部分軽石で拳大以外のものが多いが、中には20～30cmの大きさもある。含有量は重量比で5～10%が多く、時に40%に達するものもある。粒径74 μ 以下の細粒分はほとんど火山ガラスで、含有量は20～30%が多く、平均値は26.5%である。
- (6) 透水係数：自然状態で $n \times 10^{-4}$ cm/sec、ないし $n \times 10^{-3}$ cm/secである。

以上のように、シラスは一般の土に比べ比重が軽く軽石等を含んでいるため水の侵食に対しては弱い性質を有している。さらに侵食に関する性質として、Middletonの示した分散率の値とシラスの値を比較してみる。これは数値が大きければ侵食されやすい土、すなわち受食性の土ということになり、日本の土に対しては一般に表-1のように分類されている。灘波、太陽コンサルタント(株)²⁾、藤本³⁾が鹿児島、宮崎の両県で調査した値は表-2のようになり、受食性の大きい土であることが分る。また、同じくMiddletonが分散率にコロイド

表-1 Middletonの日本における侵食性の指標値

	耐食性の土	受食性の土
分散率	20以下	40以上
侵食率	30以下	80以上

表-2 シラスの分散率と侵食率

	分散率(%)	侵食率
A	64～100 (86)	
B	52～100 (77)	270～5300 (1400)
C	74～87 (82)	

() は平均値

含量や遠心含水当量の値を組合わせて示した侵食率についても、表-1、表-2に示すとおり、シラスは非常に大きな値を示し受食性の大きいことが分る。

次にシラスの災害の形態としては、シラスの表

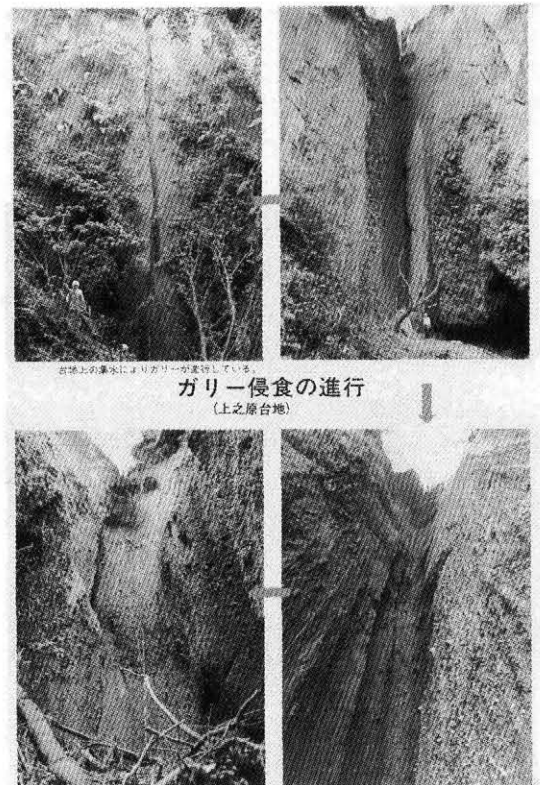


写真-2

面を覆っている黒ボク等の黒色火山灰土の地表流去水による面状侵食，細流侵食に始まり，その下までえぐられるガリ侵食にいたってはじめてシラスが関与してくる。このため梅雨前線や台風に伴なう豪雨で起ったシラス災害の主なもの，(1)表層の火山灰土層の崩落に引きずられて，シラス層の上部の風化したやや軟かい風化シラスがいっしょに崩落したもの，(2)谷あいのシラスがけの脚部が，増水した流水で洗掘され，その上の部分が崩落したもの，(3)台地上の地表水が集まって谷頭部分を流下して，ガリが拡大して崩落したもの，(4)降雨によって増大した地中浸透水が斜面途中に湧出し，火山灰土，シラスを含めてすべり落ちたものである。

こうした侵食や崩壊を起こすのは，直接的には降雨によるものであり，自然斜面では連続雨量が200～250mmを越え，その間に50～60mm以上の時間雨量が発生すれば，その数時間後に崩壊が起こる危険性があるとする調査結果が出ている。

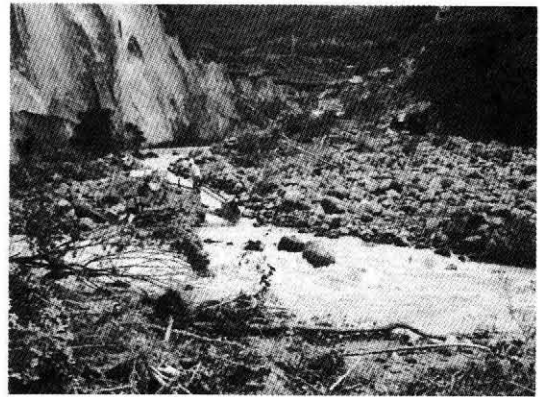
III. 地域の特性と状況

次に農地保全の効果を比較するために，東シナ海に面した薩摩半島に位置し1市7町4村を統括する川内耕地事務所，太平洋側の志布志湾に面した大隅半島に位置し，8町を統括する大隅耕地事務所の2つの事務所を取上げることとする。両事務所の関係市町村の位置を図-1に，又，概要を表-3，4に示す。これら表を比較すると，川内



昭和51年6月梅雨前線豪雨により崩壊したシラス崖

写真-4 垂直落水による大崩壊



サイドエロージョンによる大崩壊
(牧園町万善地区) (S46, 8)

写真-3

管内は一級河川川内川の流域にあたるため平野部が多く管内の耕地面積の中で水田の占める割合が65%，普通畑が22%となっているのに対し，大隅管内は大きい河川もなく，台地上に形成されていることから水田が29%，普通畑が63%と土地利用の状況は水田地帯と畑作地帯と相対している。又，鹿児島県の特異土壌の分布状況を図-2に示すが，川内管内は安山岩系統が広く分布していることか

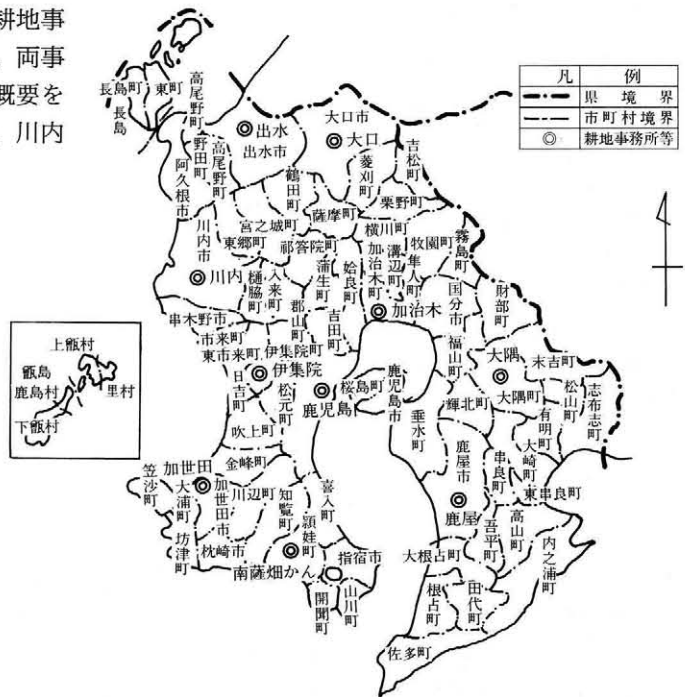


図-1 管内別区分図

表一 3 大隈耕地事務所管内概要

区分	面積(km ²)	南地域	農家数(戸)	農業人口(人)	耕地面積(ha)				
					H 3. 3月市町村別統計書				
資料出所	国土地理院		農業センサス		全体	田	普通畑	樹園地	牧草地
市町村名	H元. 10. 1		H 2. 2. 1						
大隅町	145.58	○	2,549	7,597	3,310	1,180	1,900	121	104
輝北町	88.95	○	980	3,146	1,510	496	884	61	70
財部町	115.72	○	2,031	6,339	2,110	835	1,060	212	10
末吉町	129.09	○	3,328	10,675	3,980	1,210	2,600	167	
松山町	49.81	○	994	3,416	1,500	275	1,110	102	15
志布志町	141.59	○	1,255	3,747	2,170	541	1,510	110	6
有明町	98.05	○	2,118	6,376	3,460	884	2,030	517	22
大崎町	100.82	○	2,765	8,159	4,390	1,050	3,130	205	3
計	869.61		16,020	49,455	22,430	6,471	14,224	1,495	230

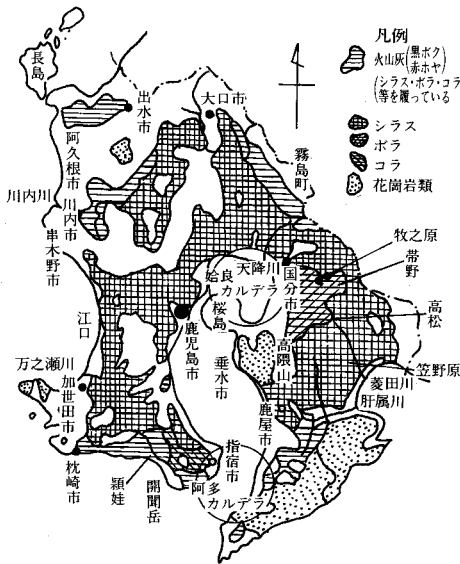
表一 4 川内耕地事務所管内概要

区分	面積(km ²)	南地域	農家数(戸)	農業人口(人)	耕地面積(ha)				
					H 3. 3月市町村別統計書				
資料出所	国土地理院		農業センサス		全体	田	普通畑	樹園地	牧草地
市町村名	H元. 10. 1		H 2. 2. 1						
川内市	265.42	★	4,529	14,466	3,540	2,470	729	242	102
樋脇町	64.18	○	1,204	4,195	1,060	660	291	106	
入来町	72.38	○	953	3,309	859	473	174	64	148
東郷町	80.15	★	930	3,094	838	457	110	271	
宮之城町	149.95	○	2,145	7,657	1,990	1,290	429	268	3
鶴田町	77.99	○	895	3,311	786	500	232	54	
薩摩町	79.77	○	1,034	3,613	1,180	809	286	82	5
祁答院町	82.28	★	1,021	3,443	875	689	165	21	
里村	17.30		141	481	97	42	30		25
上甌村	35.04		102	294	96	19	24		53
下甌村	57.54		210	555	136	69	29		38
鹿島村	8.68		5	14	25		10		15
計	990.68		13,169	44,432	11,482	7,478	2,509	1,108	389

注：★は市町村の一部が指定を受けている。

ら、シラスの分布は少ない状況であり、これに対して大隅管内は台地のほとんど全域でシラスの分布が見られる。このためマル南地域の指定についても川内管内が一部指定地域を含むのに対し、大隅管内では全地域指定となっている。以上から農

地保全事業がシラスを対象とした事業であるため、事業開始から平成3年度までの両管内における実施状況を示すと表一5となり、当県の実施済みに対するシェアは川内管内が6.6%に対して大隅管内は約5倍の31.2%となっている。



図一 2 鹿児島県特殊土壌分布概要図

IV. 災害の状況

図一 3 は昭和49年から平成3年度までに大隅・川内の両管内で発生した災害の査定額を示したものであるが、災害の発生する形態が一様でなく、時には局地的に発生したりすることから一概にこのグラフから判断することには多少無理があるかも知れない。しかしながら、ある程度の傾向は読みとれるものと思われる。

このグラフによると、昭和49年から昭和58年迄の査定額は常に大隅管内が川内管内を上回っており、大隅管内における災害の発生する割合が高いことを示している。しかしながら、昭和59年以降になると逆に川内管内での災害の発生する割合が増加の傾向にある、ただ元年、2年において、大隅管内でも比較的整備率の低い大隅町、財部町に災害が集中したため管内としての査定額が増加したものであり、これと勘案すれば災害の発生する割合は川内管内に比べ減少の傾向にあると思われる。以上のように両管内を比較した場合、農地保全事業を実施した地域においては災害の発生する割合は着実に減少し、効果が現われていることが判る。次に図一 4 は大隅管内における農地保全の整備率と10アール当りの災害額の推移を示したものである。縦軸の災害額は平成4年度単価に換算し、各年次間の災害発生の格差を平均化するため、例え

表一 5 平成3年度迄の事業実施状況

事業別 管内別	耕地面積		シラス対策事業		特殊農地地保全整備事業			計		耕地面積に 対する整備 率 B/A
	A (ha)	地区数	面積(ha)	シェア(%)	地区数	面積(ha)	シェア(%)	面積(ha)	シェア(%)	
大隅管内	22,430	77	8,732	23.5	38	6,368	56.7	15,100	31.2	67.3
川内管内	11,482	32	2,872	7.7	2	349	3.1	3,221	6.6	28.0
計	33,912	109	11,604	31.2	40	6,717	59.8	18,321	37.8	54.0

(シェアは平成3年度までに実施済のシラス37,130(ha)、特農11,218(ha)に対する割合)

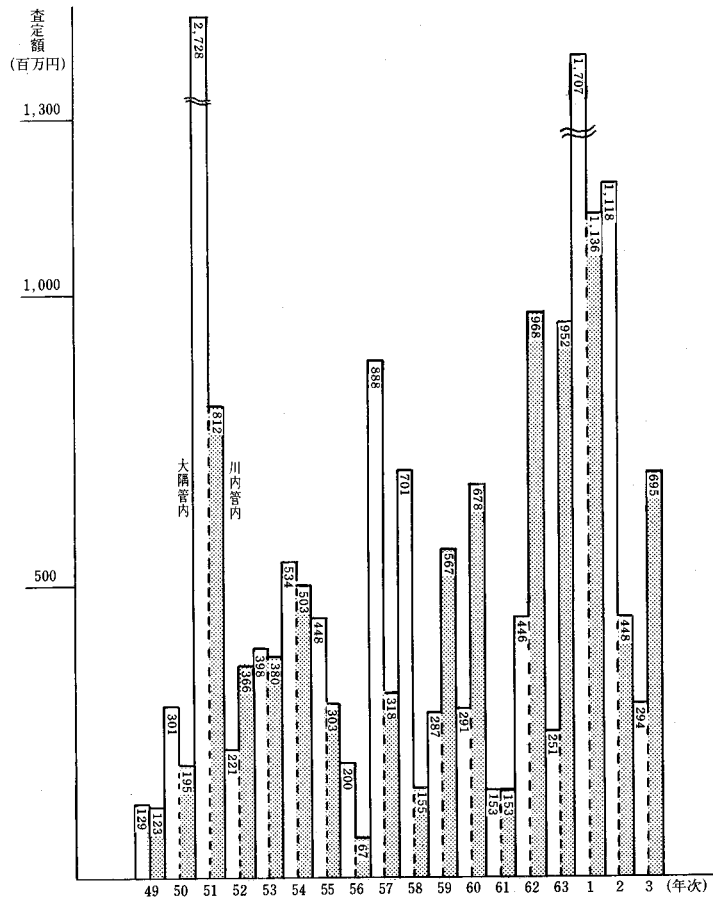


図-3 大隅・川内管内における年次別査定額

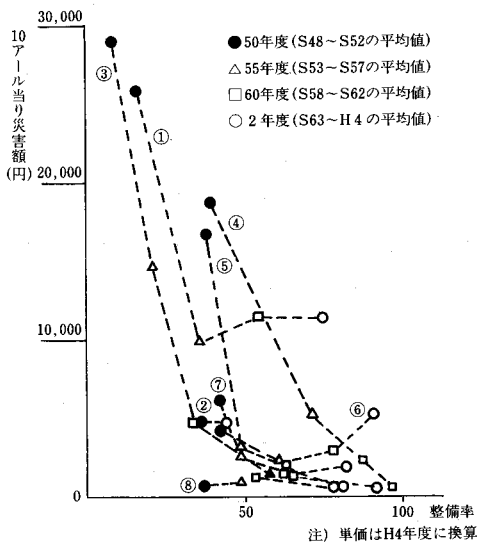


図-4 農地保全整備率と10a当り災害額

ば50年度は48年から52年までを平均したもので、以下55年度、60年度、平成2年度をプロットしたものである。横軸の整備率は各年度の目標整備量に対し完了した割合を示したものであり、数字の①～⑧は表-6に示す大隅管内の町を示したものである。このグラフから整備率が上がれば災害額は減少する傾向にあることが分る。又、表-6は同管内における事業実施済地域と未実施地域における平成4年災害の農地、農業用施設の災害額を比較したものであるが未実施地域の災害額が実施地域に比べ町毎で約4.6～56.1倍となり、管内を平均した値も約25.7倍の数値を示している。このことは農地保全の事業の効果が如何に大きいことを示したもので言えよう。以上のように特に水に弱い性質を示す特殊土地帯においては、排水路等の整備を行なう農地保全事業の効果が大きく、災害発生防止に役立っているかを結論づけることができる。

表一 6 大隅耕地事務所管内における農地保全事業実施済区域と事業未施行区域におけるH 4年災害の発生状況

町名	シラス土壌農地面積				平成4年次農地農業用施設被災額				事業実施済み地区と未実施地区の災害額比(G) 実施済地区=1
	全体 (A)ha	事業実施済面積 (B)ha	事業未実施面積 (C)ha	整備率 B/A%	全体 (D)千円	事業実施済地区 (E)千円	事業未実施地区 (F)千円	実施済地区割合 E/D%	
①大隅町	2,450	1,853	597	75.6	262,737	40,615	222,122	15.4	16.9
②輝北町	937	771	166	82.2	17,236	1,316	15,920	7.6	56.1
③財部町	2,044	898	1,146	43.9	88,776	12,799	75,977	14.4	4.6
④末吉町	3,681	3,566	115	96.8	19,403	0	19,403	0.0	
⑤松山町	1,523	1,236	287	81.1	7,813	0	7,813	0.0	
⑥志布志町	1,562	1,388	174	88.8	74,451	0	74,451	0.0	
⑦有明町	3,910	3,599	311	92.0	20,704	12,698	8,006	61.3	7.2
⑧大崎町	3,515	2,733	782	77.7	17,212	8,081	9,131	46.9	3.9
計	19,622	16,044	3,578	81.7	508,332	75,509	432,823	14.8	25.7

注) (1) $G = \frac{\text{事業未実施地区災害額}(F) / \text{事業未実施面積}(C)}{\text{事業実施済地区災害額}(E) / \text{事業実施済面積}(B)}$

(2) 事業継続地区に於いて、計画路線の未実施地区は、未整備地区とする。

V. おわりに

農地保全事業は昭和25年のシラス対策事業の創設以来すでに42年を経過している。この間農業を取り巻く情勢の変化に伴ない、地域においては土地生産性の農業から高付加価値を付けるためハウスやマルチ等の栽培による高生産性の農業へと変化している。こうした営農形態の変化に対処するため、昭和58年には流出率等の見直しを行ない、これに基づき水路等の断面の決定を行ない事業を実施しているが、これ以前の施設については断面の不足するものも見受けられるため、今後改善の必要が求められる。又、過疎、高齢化、混住化等に伴う社会環境の変化により、従来行なわれてきた地域の協同作業による施設の維持管理も困難となり年々減少の傾向にあり、施設の効用も発揮されない状況となってきた。このため、今後は築造された施設を如何に管理し、その効果を維持していくかが重要な課題でもある。

以上のような情勢の中で国においては平成4年度に新政策を発表し、この中で中山間地域の活性化

や環境に配慮した施策を進めることとしている。このため中山間地域で経営規模が小さく採択基準に達しない小団地をかかえる当県が、これらの地域を如何に事業化して活性化を図るのか、又、本来防災事業である農地保全の事業の中で施設の効果を減じることなく、それぞれの地域で環境や小動物等に配慮した計画を行ない事業化していくかが課題でもある。

最後になりましたが、薄学非才のため内容的に不十分なところもありますが、多くの方々に御指導を頂戴し当稿を執筆することができました。厚くお礼申し上げます。

＜参考文献＞

- 1) 灘波：特殊土壌と農地保全，農業土木学会九州支部第12回研修会 1981
- 2) 太陽コンサルタンツ(株)：昭和53年度大隅区域防災技術調査報告書，農用地公団，1979
- 3) 藤本：シラスの侵食とパイピング現象の問題点，土と基礎，Vol.23, No 2 1975

排水機場のポンプ設備について

佐藤 孝* 牧野 均**
 (Takashi SATO) (Hitoshi MAKINO)

目	次
1. はじめに ……………	36
2. 本県における近年の排水機場建設の背景 ……………	36
3. 近年のポンプ設備の施行事例 ……………	36
4. ポンプ設備計画の今後の方向性について ……………	37
5. 新技術に対する今後の課題 ……………	43
6. おわりに ……………	43

1. はじめに

宮城県の全耕地面積(149,000ha)に占める水田面積(119,000ha)の割合は80%程度と大きな値を示している。これらの水田地帯は、北上川、江合川、鳴瀬川、名取川、阿武隈川等の低平地に広く分布している。地形的にみると、地形勾配1/100未満の水田面積は、86%に及び、1/300未満のさらに平坦な地域の水田面積も65%に達している。このことは、集中豪雨や長雨によって、田面冠水の被害を受ける水田が多いことを示し、機械排水に頼らざるを得ない排水環境にあると言える。

このような耕地の特性を持つ本県において、排水機場の整備は必要不可欠であり、様々な事業制度を用いて、創意工夫を凝らし、現在も整備が進められている。そして近年、県営クラスのポンプ場にも、多くの新技術が、取り入れられ始めている。しかし今だ、それら新技術を採用するにあたっては、設計者及びポンプメーカーが技術的、経済的な検討に多大な時間と労力を費やしている状況にある。

今回2～3の頻度に採用されている新技術を紹介し、これらについての基準化、指針化の必要性について、論じていきたい。

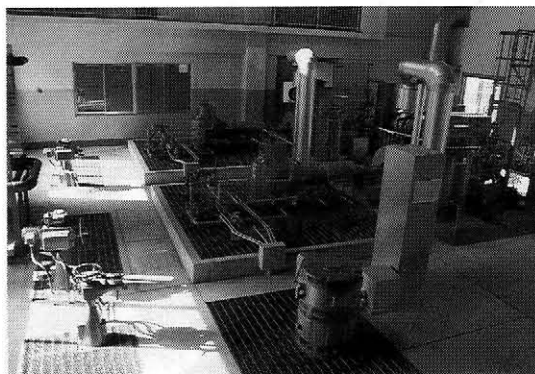
2. 本県における近年の排水機場建設の背景

近年の国内外における厳しい農業事情と施設の維持管理技術者の不足の中で、農業用排水機場は一層の合理化によるコストダウンと、運転効率の向上、更には、メンテナンスの容易な施設が望まれている。又排水ポンプ施設は、その役割から、

農地を湛水被害から守ることのみにとどまることなく、広く、間接的に、その地域の治水機能の一役を担う側面を持ち合わせている。そのような背景を考慮した場合、今後の排水機場の建設においては、設備の信頼性及び運転操作の容易性の向上、さらに排水機場の維持管理の合理化等の必要があると思慮される。

3. 近年のポンプ設備の施工事例

本県においては近年施工した排水機場の事例については表一のとおりである。近年、県営事業で排水機場を施行しているのは、湛水防除事業が多く、その他、かんがい排水事業(排特)、ほ場整備事業においても施行している。新技術のセラミック軸受は昭和63年度、無注水軸封装置は平成元年度、管内クーラーについては、平成2年度より、それぞれ採用し始めている。



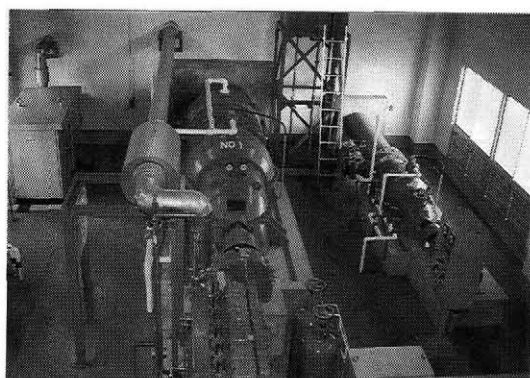
写真一 志田谷地排水機場場内
 立軸斜流ポンプφ1350×2台
 φ600×1台
 施工地：宮城県志田郡慶島町志田谷地内

*宮城県大河原土地改良事務所
 **宮城県石巻土地改良事務所

表一 近年のポンプ設備の施行事例

事業名	地区名	現場名	施行年次	ポンプ型式・台数	1.セラミック軸受	2.無注水軸封装置	2の種類	3.管内クーラー	4.空冷歯車減速機	4の型式
湛水防除	大谷野	五畝	H4	立軸斜流φ1000mm×250ps×1台 φ700mm×85kw×1台	○	○	ラビリンスシール	○	×	(水冷直結) —
"	瀬峰	後谷地	H2・3	横軸斜流φ1000mm×115ps×1台 φ500mm×21kw×1台	○	○	ラビリンスシール	○	○	自然冷却
"	女川	女川	H2・3	横軸斜流φ700mm×70ps×1台 φ500mm×30kw×1台	○	○	接触型	○	○	自然冷却
"	志田谷地	志田谷地	H3・4	立軸斜流φ1350mm×540ps×2台 φ600mm×90kw×1台	○	○	ラビリンスシール	○	×	(水冷) —
"	豊里香江	江	H1・2	横軸斜流φ1500mm×350ps×2台 φ1200mm×132kw×1台	×	×	—	×	○	ファン冷却 自然冷却
排水対策 特別	浅井	浅井	H1・2	横軸斜流φ700mm×60ps×1台 φ500mm×22kw×1台	○	○	接触型	×	○	自然冷却
"	郡辺	鹿野	H3	横軸斜流φ500mm×26ps×1台	○	○	接触型	×	○	自然冷却
ほ場整備	大和東部	西川	H3・4	横軸斜流φ1200mm×190ps×1台 φ900mm×75kw×1台	○	○	ラビリンスシール	×	○	ファン冷却
"	長沼	飯屋	H1・2	横軸斜流φ1200mm×300ps×1台 φ800mm×105kw×2台	○	×	—	×	×	(水冷) —
湛水防除	笠野	花笠第2	H2・3	横軸斜流φ900mm×150ps×2台 φ700mm×75kw×1台	○	×	—	×	○	ファン冷却
"	田子	田子	H2・3	横軸斜流φ1200mm×132kw×2台	○	×	—	×	○	自然冷却
"	日根牛	並柳	H2・3	立軸斜流φ1200mm×245ps×1台 φ600mm×95kw×1台	○	×	—	×	×	(水冷) —
"	鹿島台東部	山王江	S63・H1	立軸斜流φ1800mm×650ps×1台 φ1350mm×400kw×1台 φ500mm×45kw×1台	○	×	—	×	×	(水冷) —

○：採用 ×：不採用



写真一 後谷地排水機場場内
梗軸斜流ポンプφ1000×1台
φ500×1台
施工地：宮城県栗原郡瀬峰町俊太地内

4. ポンプの設備計画の今後の方向性について

新技術の種類は以下のように分類される。

- ・ポンプの本体——セラミック軸受・無水化
- ・補機——管内クーラ等節水方式（他空冷式歯車減速機）
- ・原動機——ガスタービン駆動方式
- ・制御管理——運転支援装置，全速全水位運転，先行待機型

次に，詳しく見ていきたい。

4-1) セラミック水中軸受

従来，ポンプの水中軸受には，ゴムや青銅系の材料が使用され，立軸ポンプにおいては，表面に硬質ゴムをライニングした，カットレスゴム軸受が多く採用されている。従来の軸受は，ドライ運

転ができないため、潤滑水（又は油）を必要とする。潤滑水に土砂などが混入している場合、軸受が摩擦により短寿命となるため、潤滑水には、清水を用いる必要があった。これにより、潤滑水関係の補機（潤滑水ポンプ、フローレリーなど）及びこの清水をゴム軸受まで導くための保護管が必要となっていた。これらの機器を省略するためには、ポンプが軸受の無潤滑状態から起動ができ、ポンプアップされた揚水で自己潤滑を行うことが不可欠となる。

そこで、これらの条件に満足する素材として、ファインセラミックが着目され、軸受にsic（シリコンカーバイト）、軸スリーブに起硬合金を用いた

セラミック軸受が開発されて採用され始めている。

セラミック軸受は、従来型の軸受に比べ次のような特徴がある。

- ①無潤滑活動が可能（始動後は、揚水による自己潤滑）
- ②耐摩擦性が優れている（土砂が混入した揚水の中でも使用することができ、軸受交換頻度の低減が図れる。）
- ③設備の簡素化が図れる。（補機、小配管、ポンプ本体）
- ④運転操作が簡略化され、高い信頼性が得られる。（始動前の準備や運転中の潤滑水量の監視などが不要となる。）

表-2 セラミックス軸受とゴム軸受の比較表

		セラミックス軸受	ゴム軸受
組 成		炭化ケイ素(SiC)	硬質ゴム
軸スリーブ		ステンレス+タングステンカーバイト溶射	ステンレス
許容PV値(清水中)		70 kgf/cm ² ・m/sec	10 kgf/cm ² ・m/sec
摩擦係数	清 水	0.03	0.03
	ドライ	0.3	焼付け
摩耗係数 (ゴム軸受を1として)		1/500~1,000	1.0
軸受長さ (Dは主軸径)		面圧にもよるが 一般的には0.5 D	一般的には2.0 D

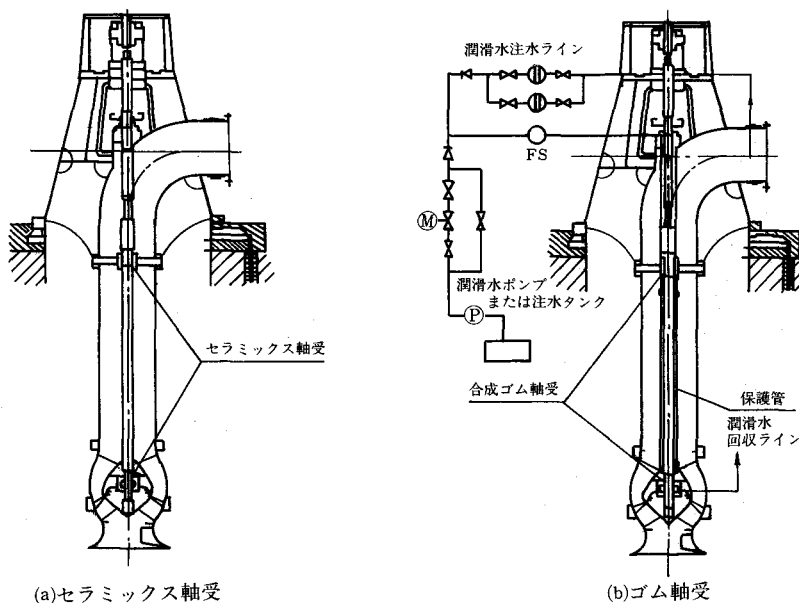


図-1 セラミック軸受と従来型軸受の構造比較

4-2) 無注水軸封装置

従来、ポンプの軸シールには、綿やカーボン繊維を編み上げたパッキンをグランド部に詰め、外部から注水し、漏れを防止するとともに摺動部に生じる摩擦熱を冷却する外部注水型方式が多く使用されてきた。最近、セラミック軸受が開発・採用され始め、潤滑水関係の補機等が簡素化されつつある。しかし、軸シール部への潤滑水や封水が必要とするならば、セラミック軸受と併せて、無注水軸封装置を採用することにより、潤滑水系統や封水系統の設備の全てが不要となる。無注水軸封装置は、外部注水型と比べ次のような特徴がある。

- ①立軸ポンプにおいては、セラミック水中軸受との併用により、潤滑水関係の補機が完全に省略でき、設備の簡素化が図れる。
- ②横軸ポンプにおいては、封水関係の補機及び小配管が省略でき、設備の簡素化が図れる。
- ③運転操作が簡略化され、高い信頼性が得られる。(始動前の準備や、運転中の潤滑水、封水の監視などが不要となる。)
- ④非接触シールの場合は、摺動摩擦が少なく、耐用年数が高い。

又、無注水軸封装置には、以下の種類がある。

①ラビリンスシール方式

非接触形シールで、狭い隙間と広い空間を交互に作った流路を流水が通る時、流水の持っている速度エネルギーを拡大部で熱に交換させ、流体抵抗を大きくして、漏れ量の低減を図り、軸封するもの。

②フローティングリングシール方式

非接触形式で、幅の狭いシールリングを多数

直列に並べて軸封するもの。シール効果を大きくしたい時に用いられる。

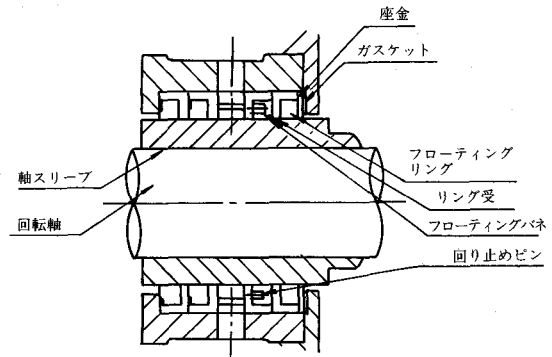


図-3 フローティングリングシール方式

③その他

接触形で無給水のシールとして、メカニカルシールやフローティングシールなどがあるが、潤滑水ポンプ、封水ポンプは必要としないのが、付属のタンクなどから清水や潤滑油の供給を必要としており、厳密には無注水とは言えず、付属機器の保守管理が発生する。

4-3) 管内クーラ (ポンプ吐出管内蔵型熱交換機)

従来、エンジンや歯車減速機の冷却方式には、放水形直接冷却方式、クーリングタワー方式、2次冷却方式等があったが、各々、様々な問題を抱えていた。放水形直接冷却、2次冷却では、多量の清水(水道水、井戸水)を必要とする上、原水利用であれば、ストレーナのメンテナンスが不可欠であり、維持管理が非常に繁雑となる。又、クーリングタワーでは、屋外で冷却水が一旦大気に開放されるため、風によるごみの混入や、水の飛散による補給及び本体から発生する騒音等が問題となる。このような問題を解消すべく、冷却システムを簡素にした管内クーラー方式が開発され、最近、徐々に採用する排水機場が増えている。この方式は2次冷却方式に属するもので、放熱する2次冷却水にろ過した源水や、地下水などを用いず直接、ポンプの吹出し水に1次冷却水に蓄積されている吸収熱を放熱するものである。構造は、管内クーラー内側に配列された伝熱管内を昇温されたエンジンの冷却水が通り、伝熱管外側の管内クーラー内を主ポンプの吐出水が流れて熱交換を

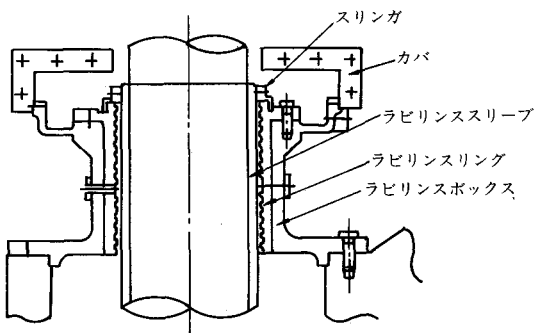


図-2 ラビリンスシール方式

行うものである。伝熱管材費は、熱伝導率及び耐腐食性の良いステンレス管又はキューロニッケル管が使用されている。

従来の冷却方式と管内クーラー式を比較すると次のような特徴がある。

- ①冷却水系統が一次側（清水）一系統ですみ、補機及び小配管が大幅に簡素化され、システムとしての信頼性が向上する。
- ②設備の簡素化に伴ない、運転操作が容易となり高い信頼性が得られる。
- ③1次冷却水（清水）がクローズ配管のため清水の補給がわずかで済み、冷却水を節約でき、水道料金等が大幅に節約できる。
- ④地下水槽が不要となり、土木費が節約できる。
- ⑤付属機器が小さくなるため、電源容量が小さくて済み、自家発電機を小さくすることができる。
- ⑥エンジン出力が大きい場合は、管内クーラーの面間が長くなるため、ポンプ室のスペースを広くとる必要が生じる。

採用に当たっては、補機、自家発電設備まで含

めた設備全体を対象とし、かつ、イニシャルコストだけに注目するのではなく、ランニングコストを含めた経済比較が必要であると思われる。

しかし、経済性を最優先させるのではなく、今後の排水機場の保守管理体制の動向など将来の排水機場をとりまく環境を予測した総合的な検討の上採用すべきである。

4-4) ガスタービンエンジン

管内クーラー方式が機場において使用される水の節水化を図る目的で開発されたのに対して、このガスタービンエンジンは、冷却水を必要としない原動機を用いることにより、無水化を図る目的で排水機場に適したガスタービンエンジンの改良、開発が進められている。近年、非常用発電機は、一軸式ガスタービンが広く使用されつつあるが、これは、ガスタービンが冷却水を必要とせず、又、負荷変動に強く良質の電力が得られるためである。しかし、定格回転数より低速では、負荷をほとんど負うことができず、ポンプのように軸回転と同時に負荷も発生するような作業機を直結したまま、一軸式ガスタービンを起動することはできな

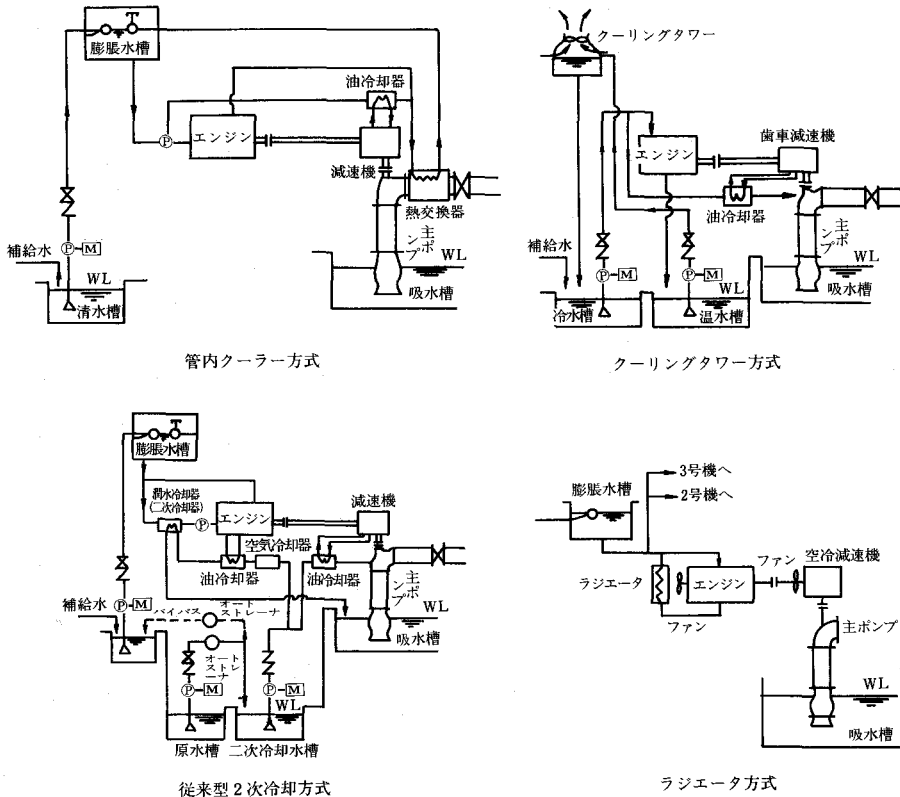
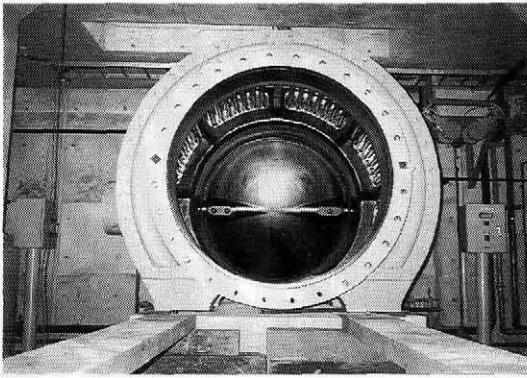


図-4 各方式の略図



写真一 3 志田谷地排水機場のφ1350用管内クーラー
 施工地：宮城県志田郡鹿島台志田谷地地内

い。この理由は、出力軸回転速度が低下すると圧縮機回転速度も同時に低下するので、圧縮空気流量も圧力も下がり、ガスタービン出力が急激に低下し、80～90%以下の回転速度では、外部に動力を取り出すことは困難となるためである。これに対して、二軸式ガスタービンは、ガス発生機と出力タービンとが各々独立して回転するため、出力タービンの回転とは無関係に発生ガスの圧力・温度・流量が変更でき、このガスから得られる発生トルクも増減する。したがって、負荷を背負ったままエンジンを起動することも容易であり、又、回転速度をトルクを必要とする作業機、ポンプやファン等の機械駆動用等にこの二軸式ガスタービンは適している。

採用のメリットは次のとおりである。

- ①ガスタービンは、自己空冷式のため冷却水が不要であり、冷却水系統（冷却水ポンプ、冷却水関係小配管、冷却水系センサー等）を一切省略することが可能である。補機、センサー類の簡素化により、これらに関わっていたトラブルが少なくなり信頼性が向上する。
- ②ガスタービンは、往復運動部分をもたない連続燃焼の回転機関であるため振動が非常に少なく、原動機からポンプへ伝わる軸振動を考慮する必要がなく、エンジンの防振据付けも不要となる。又、運転音も高周波が主体なので、防音が比較的容易である。
- ③二軸式ガスタービンにおいては、回転数制御を行うことができるので、ポンプの吐出量を任意に調整することが可能である。

④A重油、軽油、灯油などを多量の空気によって完全燃焼させるため、従来のディーゼルエンジンと比較して、排気ガス中の窒素酸化物及び一酸化炭素の含有量が少なく、低公害のエンジンである。

⑤ガスタービンは、同出力のディーゼルエンジンと比べて体積が小さくかつ軽量である。よって、設置スペースが小さくて済み、土木費及び営繕費を節減できる。

デメリットは次のとおりである。

①レシプロエンジン（ディーゼル等）においては、燃料ガスがシリンダーという密閉された所において、「仕事」すなわちピストン運動を行うが、ガスタービンエンジンは、燃料ガスによって、出入口が開放された状態でタービン（羽根車）を動かす仕事、すなわち回転運動を行う仕組みとなっている。このような構造の違いにより、燃料消費量がディーゼルエンジンの約2倍程度となる。

②燃料用及び冷却用空気が多量に必要となり、吸排気設備がディーゼルエンジンよりは大きくなる。冷却水が不要となる代わりに、換気ダクトが必要となり、又、排気管口径もディーゼルエンジンの2倍程度となるので、機場内の空間利用について、天井クレーンとの関係も含めて、十分な検討が必要である。

③排気ガスの温度がディーゼルエンジンでは、350°C程度であるが、ガスタービンでは約600°Cと高温となるため、排気ガスの排出先に建物等がある場合、熱による影響がないよう十分な配慮が必要である。

④ディーゼルエンジンは、ガスタービンエンジンに比べて広く一般に普及していることもあり、保守管理が比較的容易で、オーバーホールも現地で出来る。しかし、ガスタービンは保守管理も難しく精密機械であるため、オーバーホールは工場持込みとなるなどの制約を受ける。

4-5) 空冷式歯車減速機

ここまで、ポンプ設備の節水化、無水化を図るためのいくつかの技術を見てきたが、ポンプ本体及び原動機以外においても、水を必要とする設備が歯車減速機である。この歯車減速機の歯面や軸受部などから発生する熱は、潤滑油が大部分を吸

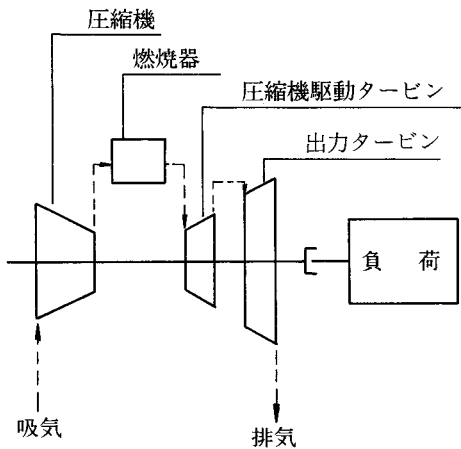


図-5 一軸式ガスタービン概念図

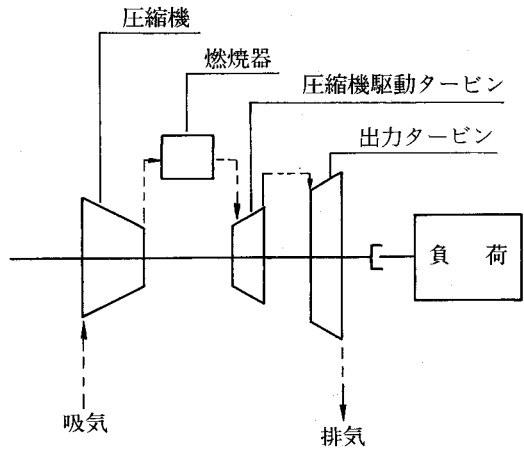


図-6 二軸式ガスタービン概念図

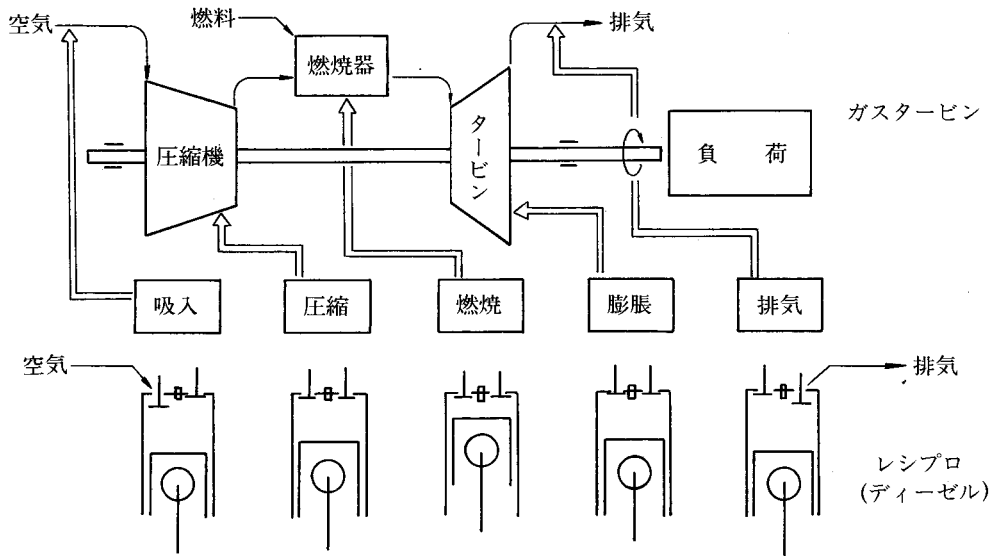


図-7 ガスタービンの作動原理

取し減速機の外周表面から放熱されるが、潤滑油に残った熱については、潤滑油を適正な粘度に保つため、潤滑油温度を一定値とするような冷却が必要となる。従来も小型減速機の場合は自然冷却方式であったが、大型の場合は強制水冷方式により油冷却器を設けて潤滑油を冷やし、間接的に冷却する方式が採用されていた。

しかし、ガスタービンエンジンなどを採用し、機場の無水化を図る場合、減速機の冷却水を省略する技術を併せて採用することが望まれる。又管内クーラーなどを採用し、機場の節水化を図る場合においても、減速機分の冷却水系統の簡素化を

図ることは油冷却器、小配管等が不要となり保守管理が容易に行え、かつ、補機の削減により信頼性の向上を図ることができる。しかし、減速機ケース表面からの発熱が室内空气中に放熱されるため、水冷式よりも換気量が多く必要となる。従来より自然冷却方式は取り入れられていたが、最近、ファン冷却方式も採用され始めている。減速機の空冷方式は3種類あり、次のとおりである。

①自然冷却方式

ケース表面からの自然放熱による冷却であり、伝達容量の小さい歯車減速機に用いられる。

②ファン冷却方式

減速機本体にファンを設置し、ファンからの風でケース表面を強制冷却するものである。

③ラジエーター冷却方式

従来の油冷却器のかわりに、ラジエーターにより潤滑油を冷却するもので、強制水冷方式と同容量まで空冷化が可能となる。

4-6) その他の技術について

ハード面に関する技術としてはこの他に、先行待機型ポンプ運転システムやプログラマブルコントローラ(PC)などがある。雨水の到達時間の短縮や急激な流入量の増加に対して、先行待機型ポンプ運転システムは、従来の設備以上に雨水を速やかに排除することが可能であり、農地を浸水の被害から守るという目的に対して、今まで以上の高い安全性と信頼性が与えられる。排水機場の水位変化に対し、始動・停止の繰返しが必要となるため、始動頻度の過多による原動機(モーター・エンジン)への影響を回避でき、さらに運転員への負担も軽減される。

ただし、このシステムの導入に際しては地域の緒事情(地形・宅地化の状態)を考慮するなどして慎重に検討する必要がある。プログラマブルコントローラは、従来の機械式接点を有するリレー回路を半導体を使用した電気回路に置き替えるもので、従来の回路で発生していた接点不良等に起因したトラブルを軽減させ、操作制御設置のコンパクト化が図れるなど数々のメリットがあるが、半導体部品の集合体であることから、温度や湿度など周辺環境にデリケートであるなど弱点もあわせ持つので、採用にあたっては十分な検討を必要とすると思われる。

最後に、ソフト面に関する技術は運転支援システムがあり、運転操作員の不足・高齢化及び排水に対する時間的余裕の減少等に対処することを目的として開発され、採用されつつある。このシステムの機能は、運転操作支援(始動・運転・停止)、故障時対応支援、運転監視機能などから構成されている。非常時においては、運転操作に習熟していても、安全・確実な運転操作を速やかに行うことは難しく、平行して機器や内外水位の監視をし、故障にも対応する必要がある、運転操作員にかかる負担はかなり大きなものである。このような状況において本システムの果たす役割は大きく、ますます操作員の負担の軽減が図れるような

システムの開発が期待される。

5. 新技術に対する今後の課題

今後積極的に採用していくことが望まれる技術について個々に見てきたが、当然のことながらどの技術も完全に完成されたものではなく、それぞれのメリット、デメリットを併せ持ち、採用にあたっては十分に検討を行うことが要求される。そして実際に検討を行う場合、農林関係の基準・指針の中にはこれらを取り扱ったものがほとんどないことに気づかされる。しかし建設関係の基準では、揚排水ポンプ設備技術基準(案)やその解説において、セラミック軸受や管内クーラー、ガスタービンエンジンなどが取り上げており、それらの計画や検討に際して技術者のよい指針として活用されている。よって、農林関係においてもこれらの技術を整理し、基準化を行うことが急務であると考えられる。

又、今後排水機場の計画をする場合、従来のように経済性を第一とした計画ではなく、地域の実情や将来の維持管理費用までを含めた比較など、総合的な判断を行うことも重要である。新技術を導入する場合も、セラミック軸受は採用し、無注水軸封装置は採用しないというような、不完全な節水化を行うのではなく、より効果的に節水化を図れるように新技術の導入が大切であると思われる。

6. おわりに

農業を取りまく様々な状況の中で、排水機場においてもより一層信頼性・安全性・保守管理の容易性の向上が求められる中、現行の排水機場設計の見直しを行い、新技術を導入し合理化や簡素化が押し進められている。本県においても従来のスタイルから、管内クーラーを中心とした節水化された排水機場のスタイルに移行しつつあり、将来はさらに強力に簡素化・縮小化を進め、ガスタービンエンジンを中心とした完全に無水化されたスタイルが理想であると思われる。

今後とも、新技術、新素材の研究・開発が一層進められることを願うものである。

引用文献

ATIC情報第16号(社)土地改良技術情報センター

ポンプ送水系パイプラインシステム設計の留意事項について

吉野 秀雄*
(Hideo YOSHINO)

島崎 昌彦*
(Masahiko SHIMAZAKI)

中村 和正*
(Kazumasa NAKAMURA)

田中 秀明*
(Hideaki TANAKA)

小浮 正敬**
(Masahiro KOUKI)

目 次

I. 緒言44
 II. 事例対象地区の概要44
 III. 解析手法の概要46
 IV. シミュレーションモデルの概要46

V. シミュレーションの初期条件47
 VI. シミュレーションケース及びその結果47
 VII. 結 言53

I. 緒 言

近年、国営土地改良事業ではポンプと配水槽を設けた大規模なパイプラインシステム(配水槽式)が計画・施行されつつある。システムの計画・設計段階においては、分水工で計画分水量が正確に分水される前提(流量境界条件)で施設設計がなされる。しかし、実際には用水は各分水工等の地点ごとにおける水位(圧力境界条件)と損失水頭から決定される動水勾配線に従って流れる。

このため、現実に当初の流量境界条件の基で行われた水理計算とは異なる流況が発生する。この計画と現実の流況の相違が原因で、パイプラインの管理が困難な事例が多い。

特に、配水槽式によるパイプラインシステムの場合、上流端配水槽への流入量は、ポンプ能力によって大きく制限を受ける。また、配水槽の容量が一般に小さい。これらの理由で、仮に、各分水工での分水量合計値が計画流量を上回った場合には比較的短時間で配水槽が空になる恐れが高い。

このため、計画設計基準¹⁾等では各水理ユニットの送水能力の不一致の緩衝機能を調整施設に考慮することが必要であると述べられている。しかし、具体的には基準値が示されていないので、現実にはシステム設計にこの容量を見込んでいない例は少ないのが現実である。

本報文では、配水槽式パイプラインシステムの計画地区を対象事例として選定した。本地区は現在施工中であるが、ここでは完了後に発生すると

予想される流況を数値解析手法によりシミュレーションし、前途の問題点を明らかにした。また、解決策としてフォームポンド流入部に設置された流量制御機構を適切に管理する必要性を明らかにした。

本地区のファームポンドは、事業実施機関の設計担当者の先見性により流量制御機構を既に導入しており、適切な操作を通じてこのような問題点を解決できる見通しを得た。しかし、このような機構を導入していない地区も多いと考えられるので、今後、ファームポンド流入部の流量制御機構を積極的に導入しなければならない。

本研究で使用した非定常流解析プログラムの開発にあたっては、平成2年度(第2回)技術管理システム化研修に参加した新潟県農地部農村整備課近藤実氏に多大な御協力を頂いた。ここに記して厚く御礼申し上げる次第である。

II. 事例対象地区の概要

本事業はNダム(有効貯水量12,700千 m^3)により用水を確保し、同ダムに取水施設を設けて最大3.992 m^3/S (上水道用水を含む)取水し、6.4kmの導水トンネルによりY分水工へ導水する。その後、南幹線水路(延長24.7km)及び北幹線水路(延長66.1km)により受益地へ送水し、約6,000haの樹園地へ用水を供給する(図-1参照)。

北幹線水路に関しては、途中F調整池及びI調整池が設けられ、I調整池まではトンネルを主体とした開水路形式であるが、I調整池より下流は管水路形式である。更に、幹線水路から支線水路が分枝し、ファームポンドへ送水される。

* 農業工学研究所

** 関東農政局霞ヶ浦用水農業水利事務所

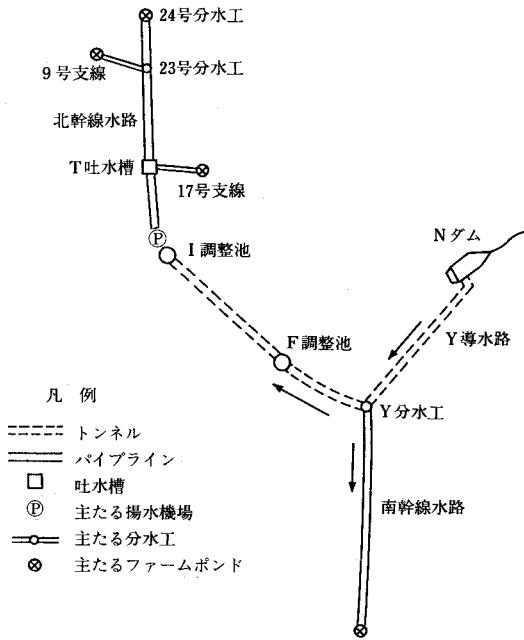


図-1 事例対象地区全体模式図

本報文では、このうち、I調整池下流のI揚水機場 T吐水槽より下流区間のパイプラインについて送水能力、流量制御機構の効果、ファームポンド容量の妥当性等について検討を行った。

研究対象区間の用水系統図は図-2のとおりである。即ち、I調整池よりI揚水機場(5台、合計揚水量 $0.737\text{m}^3/\text{S}$)で揚水され、T吐水槽(最高水位 325.0m 、最低水位 320.0m 、有効貯水量 900m^3 、水面積 180m^2)へ送水された後、セミクローズドタイプのパイプラインにより、各ファームポンドへ送水される。対象面積は約 900ha である。なお、吐水槽から直接分岐する17号支線については研究対象区間から除外した。

この区間のパイプライン総延長は 44.9km 、管径は $700\text{mm}\sim 150\text{mm}$ 、管種はダクタイル鑄鉄管及び硬質塩化ビニル管、最大計画流量は $0.612\text{m}^3/\text{S}$ である。また、この区間に分水工は15カ所(上水単独1カ所を含む)、ファームポンドは14カ所計画されている。

計画流量が $0.030\text{m}^3/\text{S}$ 以上の流入水槽、ファームポンドの構造緒元を表-1に示す。なお、ファ

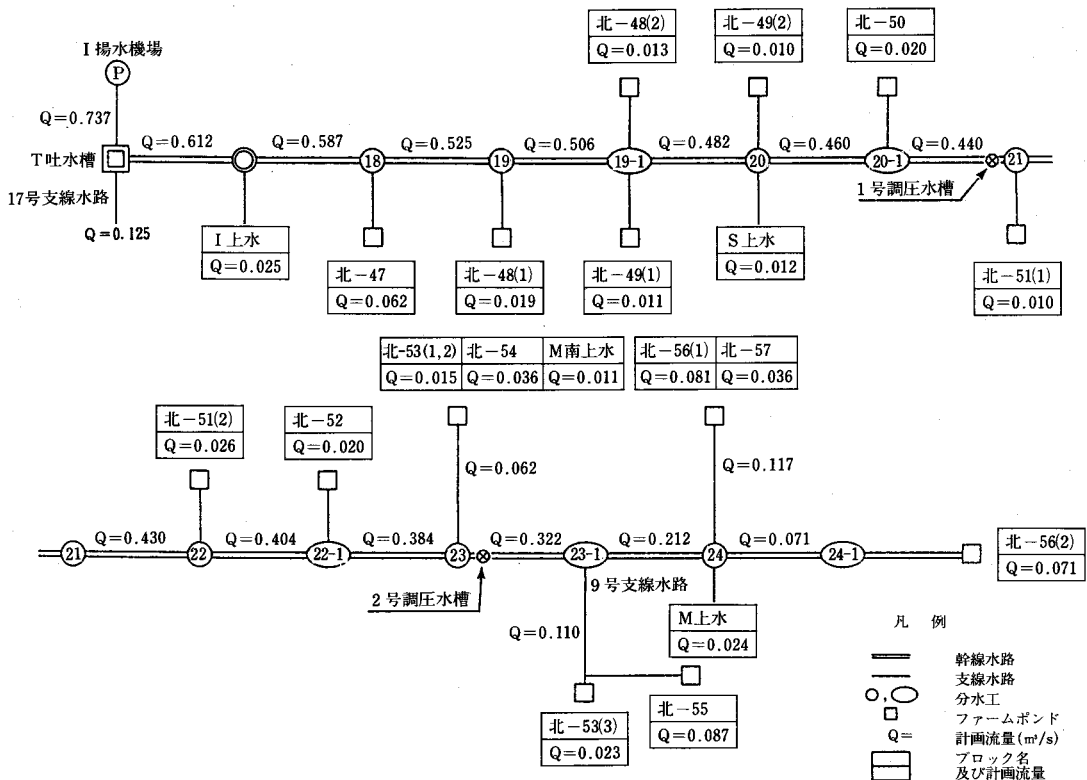


図-2 研究対象区間の用水系統図

表一 ファームポンド一覧表

ファームポンド	計画流量	幹線からの延長	*1バルブ種類	バルブ口径	流入水槽			越流堰		ファームポンド		
					水面積	HWL	LWL	計画高	幅	水面積	HWL	LWL
	m³/s	m		mm	m²	m	m	m	m	m²	m	m
北-47	0.062	20.3	S.D.	φ125	5.8	307.6	307.22	307.0	0.5	268.8	307.6	304.28
北-54	0.062	10.57	S.D.	φ315	10.0	247.3	246.14	246.10	1.0	235.06	247.3	243.50
北-55	0.087	6211.9	S.D.	φ125	6.2	223.5	223.09	222.8	0.50	323.65	223.5	219.63
北-57	0.117	49.12	S.D.	φ200	7.1	231.45	230.85	230.45	1.0	415.48	231.45	227.40
北-56(2)	0.071	0*2	S.D.*2	φ160	4.4*2	214.0	213.26	212.86*2	1.0	252.13	214.0	209.94

※1 S. D. : サブマージドディスクバルブ, F.D: フーディドディスクバルブ

※2 未定につき、農工研で概定した構造

※3 9号支線分岐点からの延長

ームポンド容量は24時間送水、20時間使用を前提として、時間差調整容量をもとにして決定した。また、一部ファームポンドでは、詳細設計が未定であり、未定部分については、諸元が決定しているファームポンドを参考に、計画流量を考慮して数値を仮定している。

また、ファームポンドの流入部構造を図-3に示す。ファームポンド流入部の超流堰には図-3に示されるように可動部が設けられており、これを上下させることによって、流入流量を制御できる構造になっている。但し、本区間では、一部区間のみしか使用可能な状態になっていないため、使用流量が計画最大流量に比較して少量であり、現在は、可動部は固定部の位置まで下げられ最大通水能力が流下できる状態となっている。

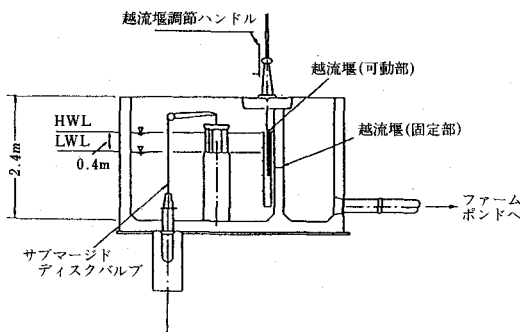


図-3 ファームポンド流入部構造例

III. 解析手法の概要

1. 管路部の解析手法概要

管路において摩擦損失にヘーゼンウィリアムの

平均流速式を適用し、かつ圧力変化による管の変形がないと仮定した場合の非定常流の運動方程式と連続方程式は(1)、(2)式で表される。

$$\frac{1}{g} \frac{\partial v}{\partial t} + \frac{1}{g} \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{v^2}{2} \right) + \frac{\partial H}{\partial x} + i + \frac{6.81v \cdot |v|}{C^{1.85} \cdot D^{1.167}} = 0 \dots\dots\dots(1)$$

$$\omega \frac{\partial H}{\partial t} + \frac{K}{A} \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \dots\dots\dots(2)$$

ここに、g：重力の加速度(m/s²)、V：流速(m/s)、X：距離(m、下流から上流に向かって正)、t：時間(S)、

H：圧力水頭(m)、i：管路管軸勾配、

C：流速係数、D：管径(m)、

W：水の単位体積重量(t/m³)、

K：水の体積弾性係数(t/m²)、

A：流積(m²)、Q：通過流量(m³/s)、

この基礎方程式を、直接差分法で数値積分する²⁾。

IV. シミュレーションモデルの概要

まず、事業所より貸与された縦断図、水槽の構造図等をもとに北幹線水路全体のシミュレーションモデルを構築した。構築したモデルは、距離差分(ΔX)は200mを基本としているが、構造物の位置等によって変更している。また、時間差分(Δt)は0.05秒とした。

流速係数は土地改良事業所計画設計基準「水路工(その1)」の基準値³⁾を基準とした。即ち、ダクタイル鋳鉄管は130、硬質塩化ビニル管は150である。その他、エネルギー損失として曲がり、分岐

等の局所損失を逐一考慮すべきであるが、繁雑となるため、既に事業所で行った水理計算を加味し、それぞれの値に0.99を乗じた $C=128.7$ と $C=148.5$ を実際の計算では使用している。

V. シミュレーションの初期条件

非定常流シミュレーションを実行するためには、初期条件（最初の流況）として距離軸の奇数点に初期流速を、また、距離軸の偶数点に初期圧力水頭を与えなければならない。

本地区では初期状態は全てのシミュレーションケースで送水停止を想定した。即ち、全てのファームポンドの水位がバルブ全閉水位（HWL）にあり、ファームポンド下流の水使用を停止している状態を想定した。従って、初期流速は全ての格子点において零とした。

また、初期圧力（位置水頭+圧力水頭）は、T吐水槽から1号調圧水槽までと、この間から分岐している19-1号分木工支線、及び20-1号分木工支線は後述するT吐水槽水位と等しい水位を与えた。

また、1号調圧水槽の圧力掛りである2号調圧水槽直上流の幹線パイプラインとこの間から分岐する21号分木工支線及び22号分木工支線には1号調圧水槽の流入バルブの全閉水位である287.2mを与えた。

更に、2号調圧水槽の圧力掛りである幹線パイプライン末端及びこの間から分岐する9号支線は2号調圧水槽の流入バルブの全閉水位である247.3mを与えた。

また、各ファームポンドの流入水槽及びファ-

ムポンド本体には、それぞれのファームポンドのHWLの値を与えた。例えば、18号分木工につながるファームポンド北-47には、307.6mが与えられている（表-1参照）。

VI. シミュレーションケース及びその結果

本地区のパイプライン特性を把握し、将来の水管理を円滑に行うことを目的として、次の4ケースについてシミュレーションを行った（表-2参照）。なお、結果の一覧表は紙面の都合で計画流量が0.030/S以上のファームポンドと特異な結果となったファームポンドについてのみ表示した。但し、合計値は全てのファームポンドの合計であり表に記載されたものの合計値ではない。

1. ケース1

T吐水槽の水位が最低水位（320.0m）である時に、各ファームポンド下流及び上水で一斉に計画流量の水使用が開始されたケースである。本ケースは定常流況解析の一種であるが、この目的は構築したモデルにおいて、計画送水能力があるか否かの確認と各ファームポンドのディスクバルブ直前の動水位を確認することである。

結果は、全てのファームポンド流入水槽に計画流量が流入するとともに、バルブ直前の動水位は、流入水槽水位より4~120m高いことが明らかになった（表-3参照）。

なお、表-3における必要越流堰高さとは、流入水槽水位と越流堰から計画流量を越流させるのに必要な越流堰の高さであり、本間の安全越流の公式¹⁾により求めた。越流堰の調整すべき量は、多

表-2 シミュレーション条件一覧表

ケース名	目的	シミュレーション条件		
		吐水槽（上流端）	ファームポンド（下流端）	越流堰高
ケース1	構築したモデルの確認	圧力境界 (320.0m一定)	計算流量 (Q_0)	計画通り
ケース2	計画水使用時の流況解析	吐水槽水位に従った 流量境界 ($Q_{max}=0.612m^3/S$)	計画水使用 ($1.2 \cdot Q_0, 20$ 時間使用)	同上
ケース3	同上	同上	同上	計画流量が流入する ような調節
ケース4	計画水使用の2/3 使用時の流況解析	同上（但し、 $Q_{max}=0.4283m^3/S$)	計画水使用流量 ($1.2 \cdot Q_0$) で13.33時間使用	計画流量の2/3が 流入するよう調節

表-3 ケース1シミュレーション結果

ファームポンド	計画流量	流入部 水槽水位	バルブ直前 動水位	バルブ開度	必要越流堰 高さ (A)	計画越流堰 高さ (B)	調節量 A-B
	m ³ /s	m	m	%	m	m	cm
北-47	0.062	307.464	319.395	35.8	307.278	307.0	27.8
北-48(1)	0.019	201.832	308.321	94.9	201.713	201.716	-0.3
北-54	0.062	247.184	250.600	10.0	247.067	246.10	96.7
北-55	0.087	223.261	232.309	58.3	223.028	222.80	22.8
北-57	0.117	231.166	235.327	47.3	230.987	230.45	53.7
北-56(2)	0.071	213.765	220.491	31.8	213.637	212.86※	77.7

※ 未定につき、農工研で概定した構造

くの分水工で10cm以上になっている。

また、この値の前提となっている管路における損失水頭はIV章で述べたように局所損失を考慮しておらず、摩擦損失水頭を一律1.9%(1.0/0.99^{1.85}-1.0)多く見込んでいる。従って、これらの値は参考値であり、実際の調節すべき越流堰高さは現地試験を行いながら決定すべきである。

2. ケース2

本ケースは、仮にポンプ能力が計画流量しかない場合にパイプラインシステムで発生する流況の確認を行う目的で行った。

上流端は流量境界条件である。吐水槽水位は時刻0で最高水位である325.0mにあり、以降流入流量と流出流量の差によって水位が変化するように設定されている。また吐水槽の流入流量は、吐水槽水位が最低水位+1.0m、即ち、321.0mまで低下した時、ポンプが始動し、計画流量が流入するように設定されている。

ファームポンド下流の農業用水の使用は、計画

流量の1.2倍が20時間使用されるものとし、上水は計画流量を24時取水するものとした(図-4参照)。また、越流堰の高さは調整されていない。

シミュレーション結果を表-4及び表-5、6に示す。

本ケースの問題点は、越流堰が管理されていないため、多くのファームポンド下流の水使用の影響はファームポンドの水位が殆ど低下しないまま、送水系パイプラインに伝わる。即ち、ファームポンドの機能が発揮されないまま、下流水使用の影響が直接送水系パイプラインに伝わる。

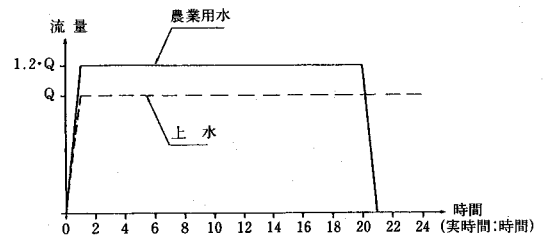


図-4 下流流量境界条件 (ケース2, 3)

表-4 ケース2 シミュレーション結果 (越流堰:未調節)

ファームポンド	計画流量(A)	有効水深(B)	最低水深(C)	C/B	20時間後の 流入流量(D)	D/A
	m ³ /s	m	m	%	m ³ /s	%
北-47	0.062	3.32	2.994	90.2	0.0729	117.6
北-54	0.062	3.80	-4.199	-110.5	0.0351	56.6
北-55	0.087	3.87	1.314	34.0	0.0931	107.0
北-57	0.117	4.05	0.250	6.2	0.1176	100.5
北-56(2)	0.071	4.06	2.087	51.4	0.0792	111.5
合計 (平均)	0.549	-	-	-	0.5649	102.9

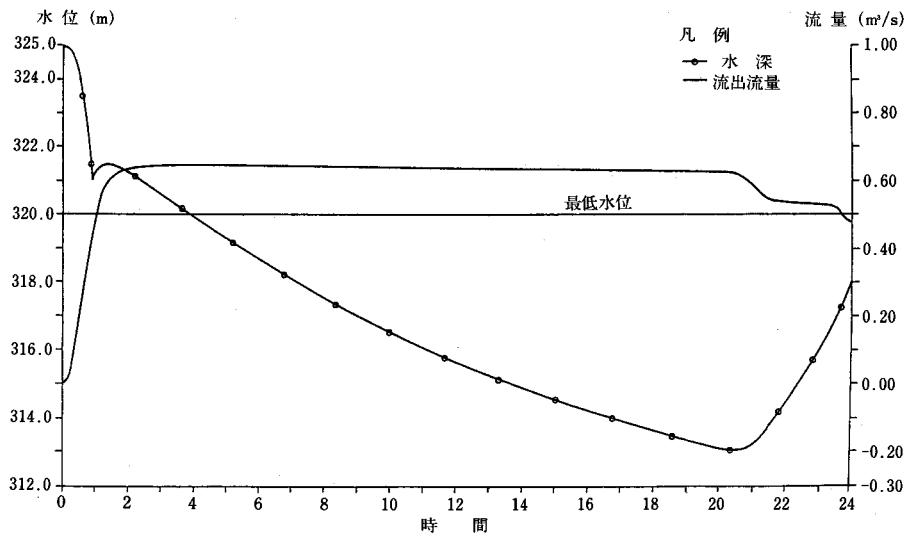


図-5 吐水槽の流況変化 (ケース 2)

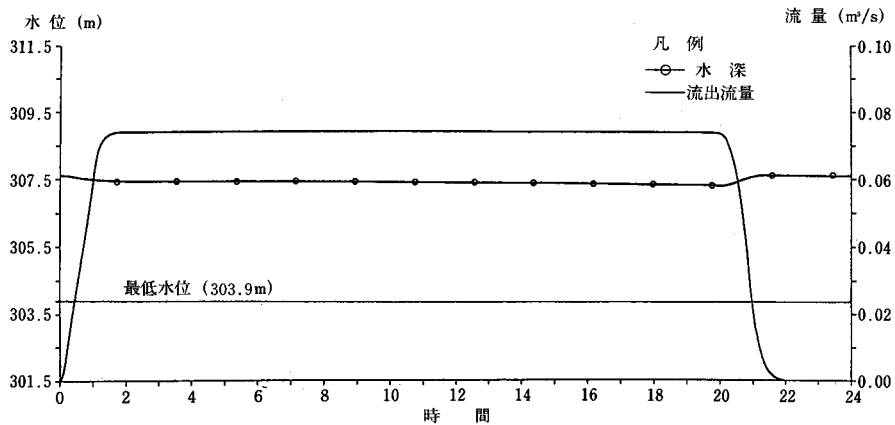


図-6 北-47 ファームポンドの流況変化 (ケース 2)

この結果、これらのファームポンド水位は殆ど低下していないのに対し、吐水槽では3.8時間後には最低水位を割り込む。更に、吐水槽の水位は下流の水使用が停止する20時まで低下し続け、最終的には312.91m(最低水位-7.09m)まで低下することになる。

また、ファームポンド北54などに14ヵ所のファームポンドのうち3ヵ所のファームポンドでは極端に水位が低下し、計画最低水位以下に低下している。

即ち、多くのファームポンドでは、流入水槽水位に比較してディスクバルブ直上流の動水位が高く、いわば送水を受ける上で水理学的に優利であ

り、僅かなバルブ開度で計画流量が流入し、それ以上のバルブ開度になれば(即ち、ファームポンド水位とこれに連動する流入水槽水位が必要以上に低下すれば)下流水使用に応じた流量が流入してしまうことになる。このため、本パイプラインシステムでは、これらのファームポンドが原因となって水管理上の問題が発生する可能性が高い。

従って、円滑な水管理を行うためにはこれらのファームポンド流入流量の適切な制御が特に重要である。

3. ケース 3

本ケースは、ケース 1 から得られた流入水槽水

水位、越流堰幅及び計画流量から必要な越流堰高さを逆算し、この値を使用してシミュレーションを行ったものである(表-3参照)。即ち、本ケースでは全てのファームポンドでの越流堰の厳密な管理を想定した。他のシミュレーション条件はケース2と同様、上流端流量境界であり、吐水槽の水位は流入流量と流出流量によって計算している。また、ファームポンド下流の水使用は計画流量の1.2倍である。

シミュレーション結果を表-5及び図-7、8に示す。計画流量に比較してファームポンド流入量は若干、増域があるものの概ね計画流量に等しい。また、ファームポンドの最低水深も若干ばらつきがあるが、北-48(1)を除いて、概ね最低水位まで低下し、ファームポンドが有効に機能している。北-48(1)が最低水位を下回った原因は、計画越流堰高さが必要な越流堰高さよりわずか3mmで

はあるが高いため、計画流量がファームポンドへ流入しないためである(表-3参照)。

更に、吐水槽の最低水位は54分後に320.999mまで低下するが、その後徐々に回復し最低水位を割り込むことはない。

これらの結果より、幹線パイプラインの安全管理には、越流堰の適切な管理が極めて重要である。

4. ケース4

本ケースは、ファームポンド下流の水使用が計画使用の3分の2の時のシミュレーションである。水使用のパターンは、計画水使用と同流量(計画流量の1.2倍)が計画使用時間の3分の2である13.33時間で行われた場合である(図-9)。また、上水については計画流量を24時間使用するものとした。

表-5 ケース3 シミュレーション結果
(越流堰：調節)

ファームポンド	計画流量(A)	有効水深(B)	最低水深(C)	C/B	20時間後の流入流量(D)	D/A
	m ³ /s	m	m	%	m ³ /S	%
北-47	0.062	3.32	0.524	15.8	0.0639	103.1
北-48(1)	0.019	1.30	-0.193	-14.8	0.0186	97.9
北-54	0.062	3.80	0.193	5.1	0.0622	100.3
北-55	0.087	3.87	-0.011	-0.3	0.0870	100.0
北-57	0.117	4.05	-0.014	-0.3	0.1170	100.0
北-56(2)	0.071	4.06	0.019	0.5	0.0710	100.0
合計(平均)	0.549	-	-	-	0.5514	100.4

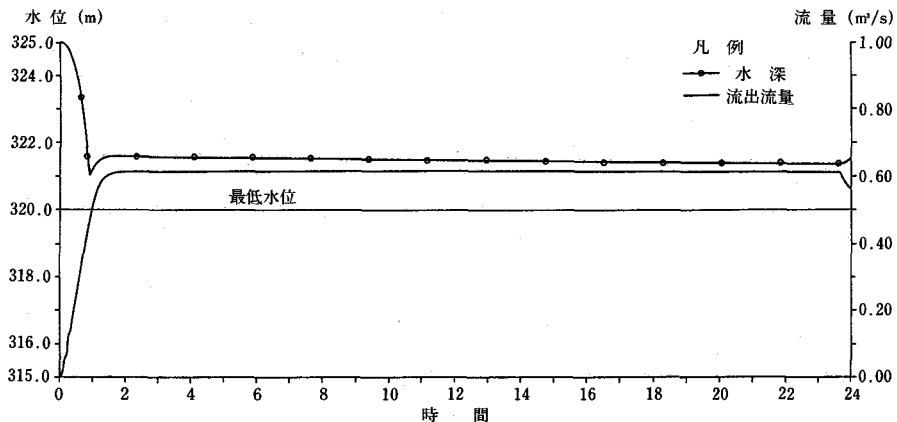


図-7 吐水槽の流況変化(ケース3)

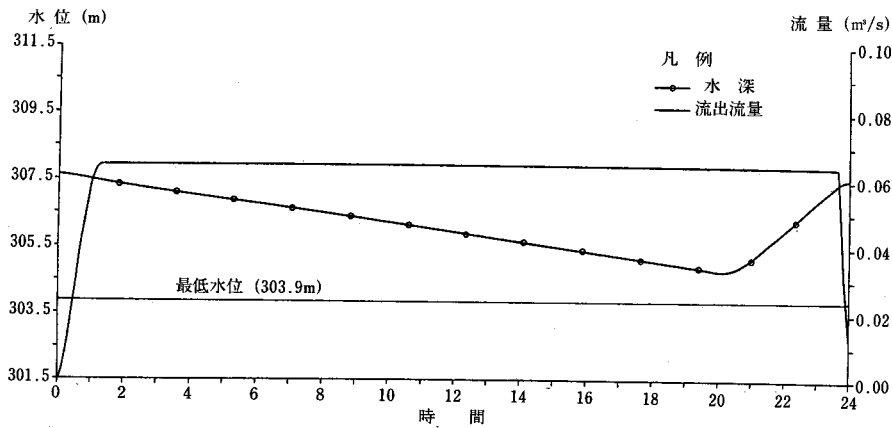


図-8 北-47 ファームポンドの流況変化 (ケース 3)

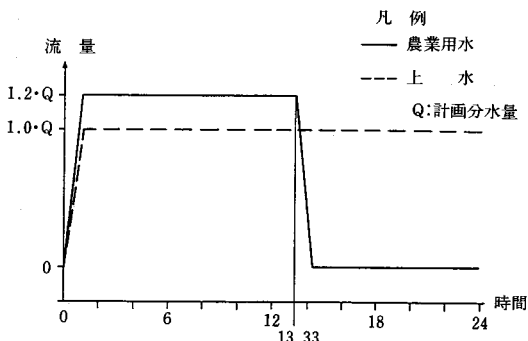


図-9 下流流量境界条件 (ケース 4)

上流端は流量境界条件であり、ポンプは図-10に示す通り、吐水槽水位により運転、停止が行われるものとした。但し、5台目は稼働しないこととした。なお、1台目及び2台目は上水用のポンプであり、3、4、5台目が農水用のポンプである。

また、越流堰の高さは計画流量の3分の2しか流入しないように算定した高さに調整されている。この高さを計画流量時の越流堰高さと比較すると5cm~20cm程度高い値となっている。

本シミュレーションの目的は、計画最大流量時以外において、ポンプが使用水量に見合った台数しか運転できない場合にどのような流況が発生するかの確認である。

なお、越流堰の高さをケース3と同じ高さに保持し、本ケースと同様な下流の水使用があった場合には、全てのポンプが稼働できない限り、短時間で吐水槽が空になることはシミュレーションを

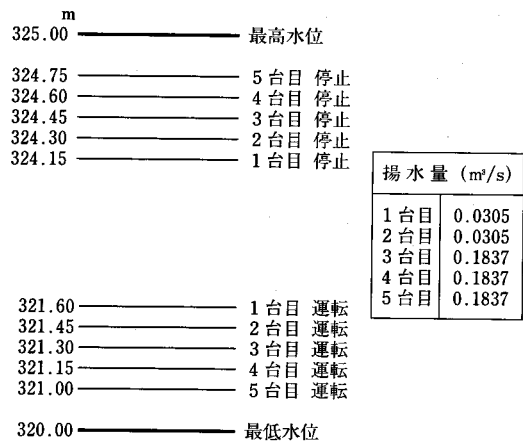


図-10 ポンプ運転条件

行うまでもなく明らかである。シミュレーション結果を表-6及び図-11, 12に示す。

本ケースでは、越流堰を調節してファームポンドには計画流量の3分の2しか流入しないようにしてあり、若干バラツキはあるがこの流況が実現している。

従って、ポンプは4台しか稼働しておらず、ポンプの揚水量は常時0.428m³/Sである。一方、吐水槽からの流出流量は0.428m³/S (14時間後)であり、流出流量とポンプ揚水量は等しく、水位は321.2~321.3mでバランスしている。即ち、ポンプが常時4台が稼働し、吐水槽水位も安定し、幹線パイプラインも安定した流況になっていると言える。

一方、ファームポンドの貯留量(最低水深)をみると、全てで70%前後が不足していることがわ

表-6 ケース4シミュレーション結果

ファームポンド	計画流量 × 2/3 (A)	有効水深(B)	最低水深(C)	C/B	20時間後の 流入流量(D)	D/A
	m ³ /s	m	m	%	m ³ /s	%
北-47	0.0413	3.32	-2.233	-67.3	0.0424	102.7
北-54	0.0413	3.80	-2.777	-73.1	0.0410	99.3
北-55	0.0580	3.87	-2.816	-72.8	0.0581	100.2
北-57	0.0780	4.05	-2.961	-73.1	0.0780	100.0
北-56(2)	0.0473	4.06	-2.920	-71.9	0.0474	100.2
合計 (平均)	0.3659	-	-	-	0.3669	100.3

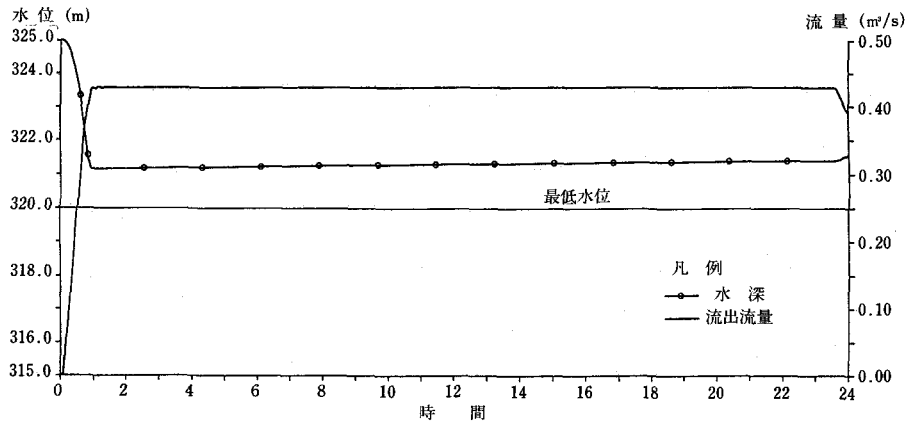


図-11 吐水槽の流況変化 (ケース4)

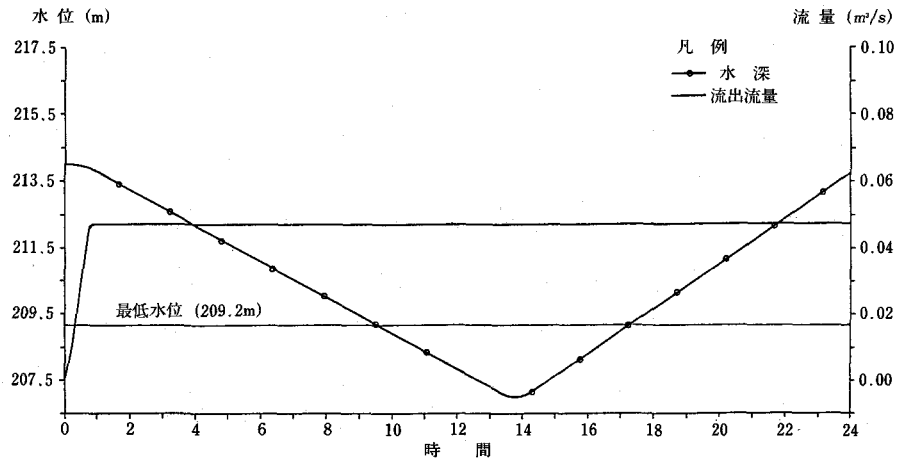


図-12 北-56(2)ファームポンドの流況変化 (ケース4)

かる。これは、計画流量を2/3に調節しているのに対して計画使用流量と同じ流量を短時間で使用したためである。

ここで、取水量が段階的に3段階、即ち、計画流量、計画流量の3分の2、同3分の1で制限さ

れた場合のファームポンドの必要容量を考えてみる。この時、ファームポンドへの流入流量もこの割合にあわせて制御しなければ、吐水槽は空になることはこれまでシミュレーションから明らかである。下流の水使用の前提条件は、常に計画流量

の1.2倍(24時間送水, 20時間使用)の使用強度で必要水量に応じて使用時間が変わるものとする。但し, 使用時間は制限された流量の1日相当水量に見合う時間を最大とする。

このような管理と下流の水使用があった場合の単位流量当たりのファームポンド必要容量は図-13のようになる。図からわかる通り, 本シミュレーションの条件はファームポンドにとって最も厳しい条件と言える。

しかし, 計画流量時以外においてこのような取水管理と水使用が想定される場合には, ファームポンドの容量設計に当たっては十分注意が必要であろう。

なお, 前述したように計画流量が流入するよう越流堰の高さを調節したまま変更しない場合には, 常時ポンプが5台稼働できる状態にしておかなければ吐水槽が容易に空となることは明らかである。

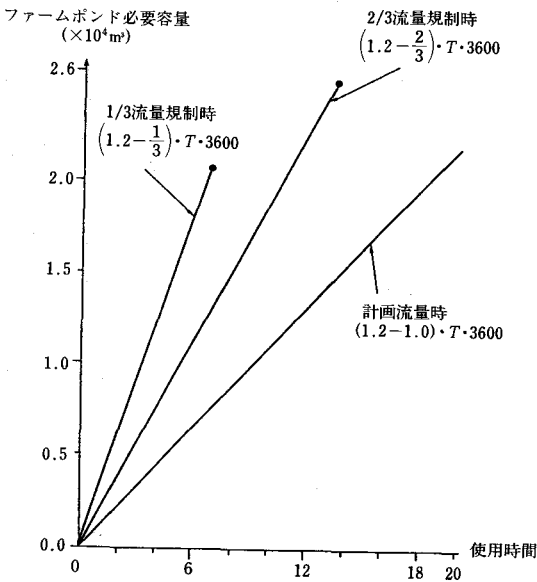


図-13 使用時間変化に伴うファームポンド必要容量

VII. 結 言

前章において, 4 ケースのシミュレーションを行ったが, 以上の結果から考察を加えると次の通りである。なお, 本報文で示した流量制御装置の構造は, 一事例であり水管理者が期別に確実・容易に流入量を管理できる構造が備えられていれば,

必ずしもこの装置に固執する必要はないと考える。

- ① 本地区のパイプラインシステムの送水能力は, 他地区と同様, 水理的な最遠点にあるファームポンドへも計画流量が送水できるよう設計されている。従って, これ以外の必要水位に対して動水位に余裕のある, いわば水理的に有利なファームポンドに対しては計画流量以上の送水能力を有している。

また, 通常, 施設設計時には流速係数として中間値が採用されることが多い。しかし, 通数開始当初にこの値より大きい流速係数となると, 更に大きい送水能力を有することになる。

他方, 水源はポンプにより吐水槽へ揚水されている。このことは上流端の吐水槽への流量補給は, 計画流量を上限として極めて制約の強いシステムであることを意味している。

更に, 本地区の吐水槽の貯留容量は900m³, 20分容量である。この容量は揚水機の最小休止時間から決定されたものであり, 他地区でも一般に採用されている時間容量である。しかし, この容量は水管理上からみると極めて小さく, 余裕のない容量と考えられる。

このことは, 各ファームポンドにおいては上流からの流入流量を制御できる機構を備え, かつこれを適切に制御して, 計画流量のみが流入するようにしないと, 下流の使用流量の影響が直接上流の幹線送水系に伝わり, 容易に吐水槽位が空になることを意味している。

あるいは, ポンプ能力を上回った流量が発生しても, 吐水槽が空とならないような緩衝機能を吐水槽に付加する必要がある。本システムの場合, 吐水槽水位を最低水位に保ち, かつファームポンド下流の水使用が計画通りになされると, 計画流量より8%多い流量が流下することになる。この越過流量分を20時間緩衝機能で待たせるとすると, 緩衝容量は1時間36分容量となる。

越過流量の割合はシステムによって異なると考えられるの個々のシステム設計に当たっては, 更に検討を要する。

但し, 仮に緩衝機能を吐水槽に付加し, 吐水槽が空になることを回避できたとしても, ファームポンド流入部で流量制御を行わない

と、ファームポンド間への不均等配水の問題を解決できず、水理学的に不利なファームポンドでは空になる。

- ② 本地区では、幸いなことに流入流量を制御する機構として、ファームポンド流入部には可動部を有する越流堰が設置されている。

しかし、パイプラインシステムの弾力的運用を図るため、越流堰の高さは水理学的に必要とされる敷高より低く設計されている。従って①で述べたように堰可動部の高さを適切に管理して流入流量を制御しないと、流入流量は計画流量を上回ることになり、本格的な水使用が始まると吐水槽が空になる恐れが高い。

- ③ 他方、ファームポンドの流況をみると、特に水理学的に有利なファームポンドでは、越流堰の高さを調節して、流入流量を制御しないと、下流の水使用と等しい流量がファームポンドへ流入する。この結果として、ファームポンドの水位は殆ど低下することはない。即ち、ファームポンドはその調節機能を殆ど発揮できない。

- ④ しかし、越流堰の高さを適切に管理することにより、吐水槽を空にすることは回避可能であるとともに、ファームポンドもその機能を発揮することが可能になる。

他地区のファームポンドでは流入流量の制御機構が付加されていない場合に多いが、流入流量制御機構が設置されていないと将来の水管理が困難になることは明らかであり、これの設置と適切な管理が重要である。

- ⑤ これまでの研究³⁾で明らかにされているように、計画を下回る水使用の場合は、これに見合うように越流堰の高さを適宜調節し流量制御を行うべきである。これを怠ると、期別規定等により何台かのポンプが運転できない場合は、吐水槽が容易と空となる。

また、時間差調節容量のみしか有とないファームポンドで、ケース4のように下流の水使用が計画使用流量で使用され、使用時間が短縮されるような場合、流入流量を直ちにこれに見合う流量に制御するとファームポンドが空になり、円滑な水管理が期待できない。

従って、このような使用パターンが想定さ

れる場合には、新たに視点からのファームポンド容量決定が必要であろう。

即ち、ファームポンド容量設計法は、現在計画最大流量における時間差調節容量をファームポンドに持たせるということが原則である。このような設計方法は常に計画最大流量が取水、送水できる場合には適用できる。

しかし、ケース4で明らかになったように、計画流量より少ない流量しか取水できず、かつファームポンド下流では短時間で計画流量が使用された場合には、ファームポンドは空になる可能性が高く、設計に当たっては将来の水管理等を考慮して容量設計を行う必要がある。

また、計画流量が取水可能で全てのポンプが運転可能な場合にはポンプのハンチングが発生することになる。

- ⑥ 本研究の対象となったパイプラインシステムは畑地灌漑のみを目的としたものである。従って、管路の送水能力に余裕があっても比較的計画に疑った使用が期待できる。しかし、高位部に位置する畑地灌漑と低位部に位置する水田用水補給の両方を目的としたパイプラインシステムが構築される場合もある。

このようなシステムでは、水田の用水補給に対する管路の送水能力は計画に対して大きな余裕があるのが一般的である。更に、水田では過剰な用水を圃場へ入れても営農上支障は少なく、送水能力があれば計画流量以上の用水が取水されやすい。このため、畑地灌漑のみを対象としたシステム以上に流量管理を正確に行える機構をシステムに配置し、これを幹線送水系の水管理者が操作しないと、①で述べた問題点が発生する可能性が極めて高いと考えられる。

- ⑦ また、水田の用水補給のみを対象とした低圧パイプラインシステムであっても、前述した水田の特徴から、水理学的に可能であれば計画流量を越えた分水がなされることが多い。このため、計画流量に制御できる機構を備えることが適切な水管理を行う上で重要である。パイプラインの流量制御は自由水面部直上流で行うことが大原則であり、末端配水系がパイプライン化された場合、給水栓で流量管理

を行うことが原則である。しかし、一般に給水栓は数多く設置されており、これを一元的に管理することは経済性の観点から現実的でない。あるいは、個々の受益者に計画流量を厳守させることも一般的には困難が多い。このため改善の策として、適切な面積のブロック単位に流量制御機構を配置し、これを管理することが考えられる。

この適切な面積は、ブロックの地形条件等に左右されると考えられるが、最大でも20ha程度⁶⁾であろう。

- ⑧ 近年は最大流量を規制しうる定流量弁が開発されている。この流量制御弁選定に当たっては、ある程度の誤差は許容し、ゴミ等が含まれる用水で使用しても障害が発生せず、また、期別に流量が容易に変更可能な装置・構造に留意する必要があると考えられる。

参考文献

- 1) 農林水産省構造改善局(1988): 土地改良事業計画設計基準 設計 水路工(その2), 農業土木学会, p31
- 2) 岩崎和己(1982年): パイプラインの水力設計(その12) - 非常水理計算一, 農土誌, 50(9), p47~56
- 3) 農林水産省構造改善局(1998): 土地改良事業計画設計基準 設計 水路工(その2), 農業土木学会, p47
- 4) 土木学会(1985): 水理公式集一昭和60年版一, P287
- 5) 内藤克美ほか(1984): ファームポンドを含むファームポンド送水系における水管理上の問題点と対策, 農土誌, 52(4), p303~p306
- 6) 板倉純ほか(1991): 円滑な末端管理を実現する管網配管方式の研究, 平成3年度農土学会講演会要旨集, p208~209

併設シールドによる河川横過トンネルの施工

神 林 実* (Minoru KANBAYASHI) 王 野 高 久* (Takahisa OUNO)
 岡 田 正 義* (Masayoshi OKADA) 成 英 昭* (Hideaki NARU)

目 次

1. はじめに	56	4. 施工管理	63
2. 工事概要	56	5. おわりに	64
3. 堤防に及ぼす影響の検討	58		

1. はじめに

霞ヶ浦用水事業は、茨城県西南地域の用水不足を解消するため、霞ヶ浦を水源として耕地約19,700haに対して畑地かんがい及び水田補給として最大約17.75m³/sを補給するとともに、県西部に水道用水最大約0.58m³/s及び工業用水最大約1.06m³/sを供給する総合用水事業である。そのうち水資源開発公団は、霞ヶ浦湖岸に揚水機場を建設し、霞ヶ浦から鬼怒川に至る基幹線水路として、送水路約22km、トンネル約14km、管水路約18km等計約54kmを施工するものである。公団事業は、昭和55年に着工して以来15年の歳月を経て平成5年度に事業が完了する予定である。(図-1)

昭和63年4月より完成した一部の施設を利用して筑波山麓の八郷町、新治村等の水田約1,800haと都市用水の一部に対して暫定通水を開始し、

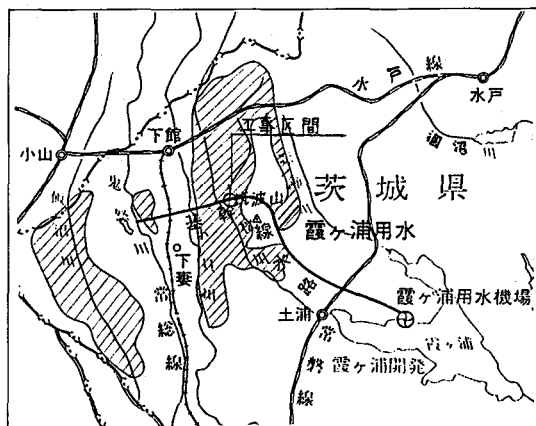


図-1 霞ヶ浦用水事業概要図

*水資源開発公団霞ヶ浦用水建設所

さらに平成4年4月からは筑波山の下を通る筑波トンネルの完成により、筑波山西麓の真壁町、明野町等に対して通水区域を拡大した。

公団が行っているパイプライン工事は、通常開削工法により行っているが、道路・河川等の横断工法については、その施工条件により工法を検討し、推進工法・セミシールド工法等の施工を行っている。

今回、桜川(1級河川利根川水系・指定区間)の横断工法については、地質、施工条件及び経済性等から泥土圧シールド工法を採用して工事を行った。本稿では、シールドトンネルが河川管理上重要な施設である堤防の下を施工する為、施工時の沈下解析及び地震時の堤防挙動解析結果を報告する。

2. 工事概要

2-1 工事内容

桜川横断工事は、図-2、図-3及び表-1に示すとおり、外径3,250mm、延長約240mの2連シールドトンネルを施工するものである。

施工順序は、桜川左岸(茨城県真壁郡真壁町酒寄)に発進立坑及びプラント設備を設け、左岸より掘削を開始する。シールド機が、河川を横断し右岸側到達立坑(茨城県真壁郡明野町有田)まで掘進すると、シールド機を搬出し発進立坑に運搬・搬入した後、再び発進立坑から掘削を開始し、到達立坑まで掘進するものである。

2-2 地形・地質の概要

当工事区域は筑波山の西面に位置し、筑波山の裾野より約1km離れた桜川低地である。この低地

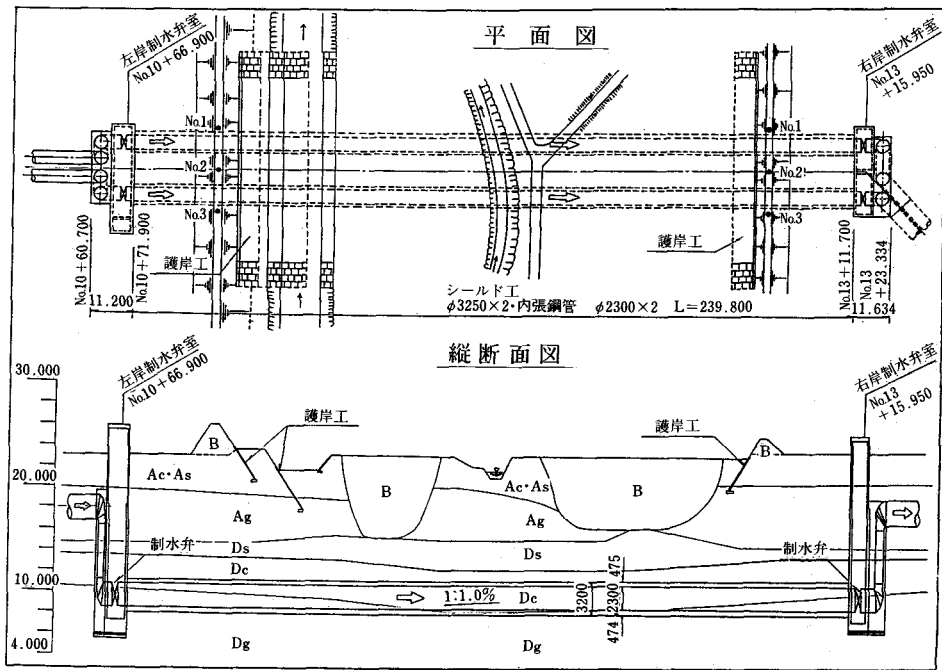


図-2 平面断面図

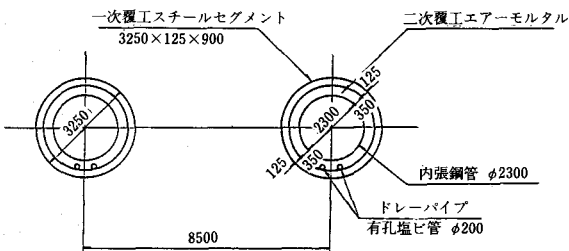


図-3 標準断面図

表-1 主要工事内容

施工方法		泥土圧シールド工法	
延長		239.8m	
一次覆工	形式	スチールセグメント	
	外径	φ3,250mm	
	厚	125mm	
二次覆工	形式	内張鋼管+エアームタル充填	
	内径	2,300mm	
	厚	鋼管	12mm
		エアームタル	350mm
土被り		9~14m	

は、稲敷台地と八溝山地に挟まれた比較的小さい低地で、協和礫層及び土浦礫層の第四紀更新世を基盤としその上部に旧鬼怒川の流入による河川堆積による礫層が主体となっている。

横断地点の地層層序は、図-2に示すように上部より沖積粘性土層 (Ac, 層厚2.3~4.4m, N値1), 沖積砂質土層 (As, 層厚1.4~2.7m, N値6~10), 沖積砂礫土層 (Ag, 層厚5.0~6.1m, N値35~45以上), 洪積砂質土層 (Ds, 層厚1.2~1.3m, N値8~10), 洪積粘性土層 (Dc, 層厚3.5~4.5m, N値10~20), 洪積砂礫土層 (Dg, 層厚7.6~8.3m, N値45~50以上) となっている。

本工事で施工する地層の大部分は洪積粘性土層 (Dc) となり、発進及び到達立坑から約70mまでの区間には、管底部に洪積砂礫土層 (Dg) がみられる。

2-3 縦断線形及び平面線形

縦断線形は、上流勾配とし、河川改修計画断面の護岸基礎下端からシールド外径の1.5Dの土破りを確保した。

平面線形は、河川に対し直角横断とし、シールドの離間距離は、シールド外径の1.5Dとした。

2-4 シールド機

シールド機の概要は、図-4及び写真-1のと

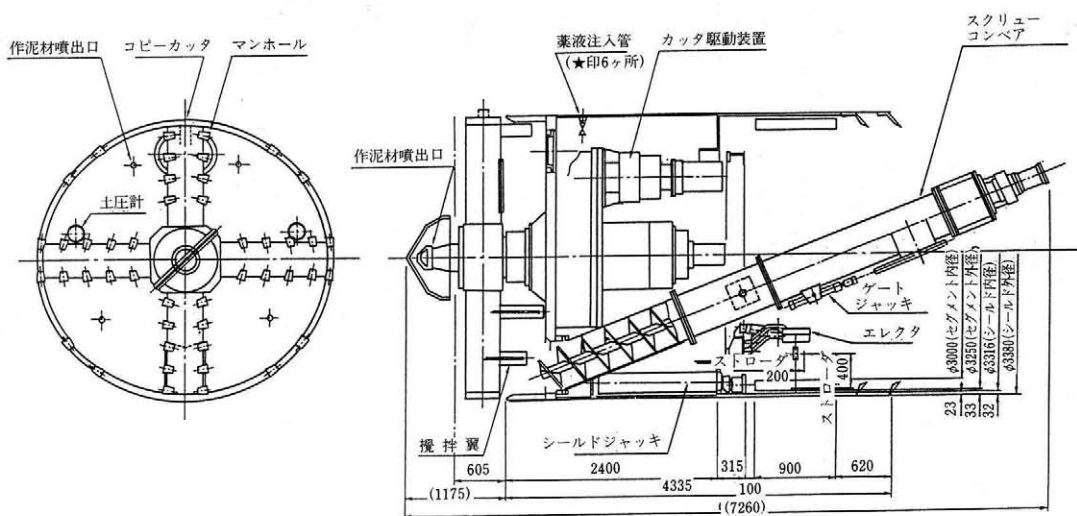


図-4 泥土圧シールド掘進機

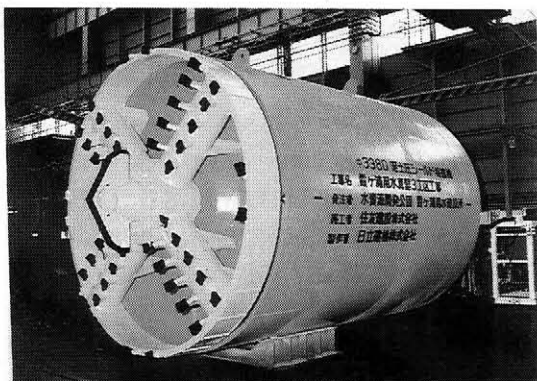


写真-1 シールドマシン

おりである。シールド外径3,380mm, 本体長さ4,335mm, 総推進力1,200tであり, 回転カッターをセンターシャフトで支持する方式である。シールドジャッキは1本当たりの推進力100tで12本設置している。

3. 堤防に及ぼす影響の検討

3-1 検討項目

河川管理上重要な堤防下をシールドトンネルが通過することから, その影響について検討する必要がある。

ここでは, シールド掘削時の堤防沈下に対する変位解析と, シールドトンネル施工後の地震時の動的解析について検討を行った。

3-2 施工時の堤防沈下解析

1) 概要

泥土圧シールド工法は, シールド機の推進力と地山の圧力の平衡状態を保持しながら掘削を進めていく工法であるが, 掘削時に地山の応力が解放されると, シールドトンネル周辺の地山に変位が生じ, その変位の大きさにより地表までが沈下する現象が生じる。堤防の下に2本のシールドトンネルを並行して施工する為, 1本のシールドトンネルの施工より沈下量が大きくなることが想定されることから, 掘削時の地山応力の開放が堤体にどのような変位を与えるかについて有限要素法による2次元弾塑性解析を行った。

2) 解析条件

解析断面は, 堤防中心線の縦断面内とし, その大きさは, シールドトンネルを中心として幅120m, 鉛直下方約10m, 鉛直上方は地表面までの範囲とした。(図-5)

境界条件は, 解析断面の両側面は水平方向固定・鉛直方向自由, 底面は水平方向自由・鉛直方向固定とした。

解析断面の地質区分は, 地質調査結果をもとに区分した。解析モデルの要素構成は, 地山を四角形と三角形の平面ひずみ要素でモデル化し, 総節点数533, 総要素数525で設定した。

解析に用いる地盤条件は, 地質調査の結果より表-2のとおり設定した。

地表面沈下の解析は, 施工順序により図-6のとおり解析モデルを変えて行った。

シールドトンネルの掘削は, トンネル掘削によ

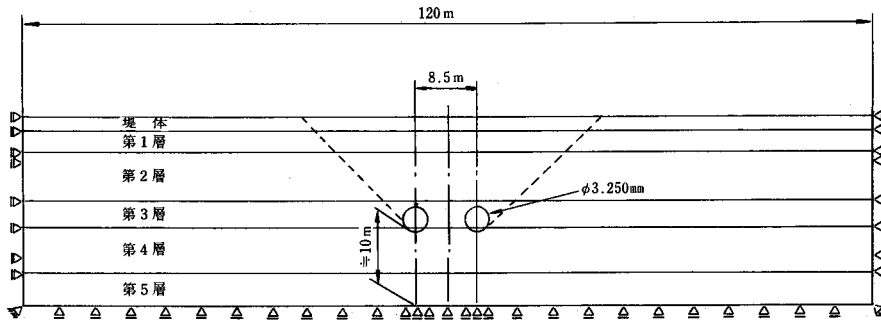
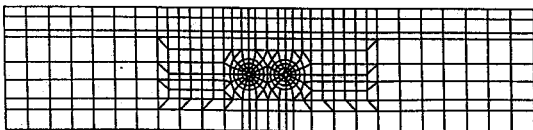


図-5 解析断面図

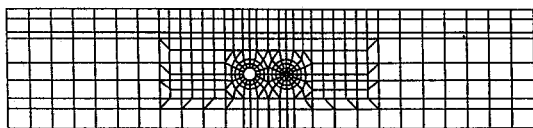
表-2 解析地盤の特性値

地盤条件 地層	層厚 (m)	土の 単位体積重量 γ_t (t/m ³)	地山の 粘着力 c (kg/cm ²)	内部摩 擦角 ϕ (°)	変形係数 D ₀ (kg/cm ²)	土の ポアソン 比 ν
堤体部	2.1	1.8	0.00	30	70	0.40
第1層(沖積粘性土)	3.1	1.7	0.05	0	10	0.45
第2層(沖積砂質土)	7.0	1.9	0.00	40	250	0.35
第3層(洪積粘性土)	3.9	1.7	1.50	0	170	0.35
第4層(洪積砂質土)	6.6	2.0	0.00	45	370	0.35
第5層(洪積砂質土)	4.6	1.9	0.00	40	250	0.35

初期応力解析



片側施工時



両側施工時

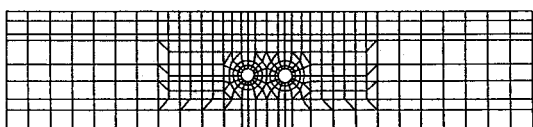


図-6 解析モデル変化図

る地山の持つ応力の解放率がシールド掘削と共に
行われる裏込注入により変動し、一般的には30%
~100%の範囲にあると言われている。本解析にお
いては安全側を見込み解放率を100%とした。

3) 解析結果

シールドトンネル周辺の主要な節点の鉛直変位
を図-7及び図-8に示す。堤頂部の変位の最大
値は、片側施工時にはシールドトンネルの直上で
11.8mmとなり、両側施工時には両断面の中央で発
生し、22.5mmとなった。(地山の解放率が100%の
場合)

各節点の変位は、トンネル中心に近付くにつれ
て大きくなる傾向にあり、トンネル頂部での変位
は両側施工時には46.8mmに達する。図-8から明
らかなように周辺地山は全体的にトンネル断面を、
押し縮める方向へと変位する結果となった。

4) 解析結果の考察

解析結果を堤防天端の沈下という点について見
れば、次のとおりである。

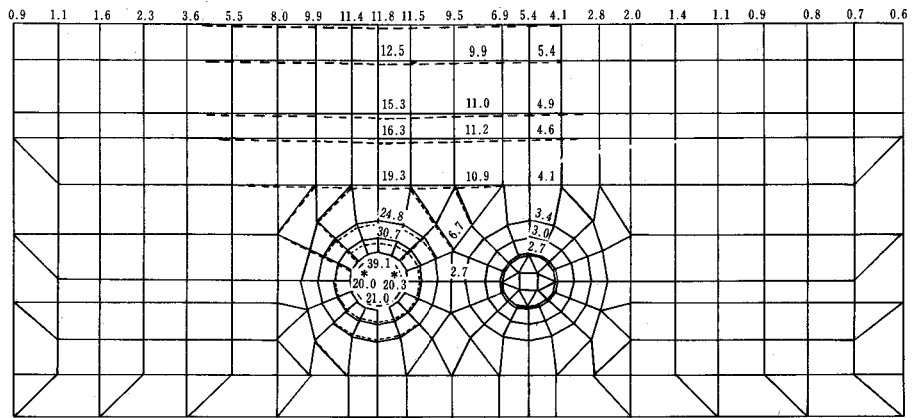


図-7 主要点における変位(片側施工時) 単位(mm) *は水平変位

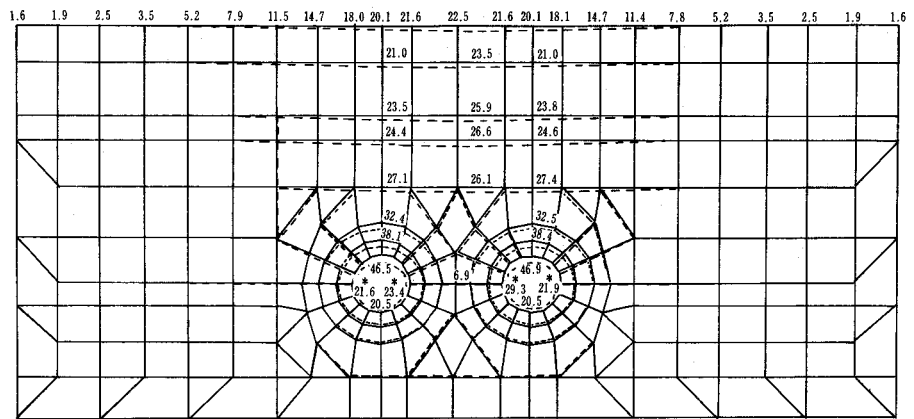


図-8 主要点における変位(両側施工時) 単位(mm) *は水平変位

沈下解析により、地山の掘削相当外力を100%解放した場合、両側施工時にトンネル頂部で46.8mm、堤頂部で22.5mmという鉛直変位が発生する結果となった。この値は、シールド機のテールボイドの存在を考えると(通常100mm程度)、実際に起こり得ない値であると考えられる。

また、今回の解析はたんに地盤に2つの空洞を順次空けた場合の解析であり、実際の工事で反映されていないという点に問題がある。

片側を施工したときに、セグメントを設置する解析方法をとれば、両側を施工した場合の沈下量はもっと小さな値になるはずである。

3-3 地震時の挙動解析

1) 概要

本検討においては、シールドトンネルを施工することが、地震時の堤防の挙動に対してどのような影響を及ぼすかについて、地盤の応答変位の増減

に着目して解析を行った。

解析方法は、地盤をバネマス系、シールドトンネルを梁と集中マスにモデル化し、自由地盤を考慮したシールドトンネルと地盤の連成応答を直接積分法により行った。

解析に使用する地震波は、波形の異なる2波形を使用し、シールドトンネル(外径 ϕ 3250mm \times 2連)の縦横断方向について、2次元格子モデルの地震応答解析プログラムを使用して解析を行うこととした。

2) 解析条件

解析に用いる地盤条件及びトンネルの断面性能は、表-3及び表-4の通りに設定した。

トンネル縦断方向振動モデルは、堤防中心を中心とし、幅100m、節点数173節点のバネマスによる格子モデルとした。(図-9)

トンネル横断方向振動モデルは、堤防中心線の

表-3 解析地盤の特性値

地盤条件 地層	平均 N値 N	土の単位 体積重量 γ_t (t/m ³)	土のポア ソン比 ν	せん断弾 性波速度 V_s (m/s)	縦波速度 V_p (m/s)	せん断弾 性係数 G (t/m ²)	弾性係数 E (t/m ²)
堤体部	10	1.8	0.40	100	245	1,837	5,144
第1層(沖積粘性土)	1	1.7	0.45	122	404	2,582	7,488
第2層(沖積砂質土)	36	1.9	0.35	132	275	3,378	9,121
第3層(洪積粘性土)	24	1.7	0.35	231	481	9,257	24,994
第4層(洪積砂質土)	53	2.0	0.35	202	420	8,327	22,483
第5層(洪積砂質土)	35	1.9	0.35	192	400	7,147	19,297

表-4 トンネル断面性能

部材	弾性係数 (t/m ²)	断面積 (m ²)	断面2次 モーメント (m ⁴)	軸剛性 (t)	曲げ剛性 (t・m ²)
スチールセグメント	2.1×10^7	0.0840	0.1071	3.2235×10^6	2.9862×10^6
内張鋼管	2.1×10^7	0.0695	0.0351		

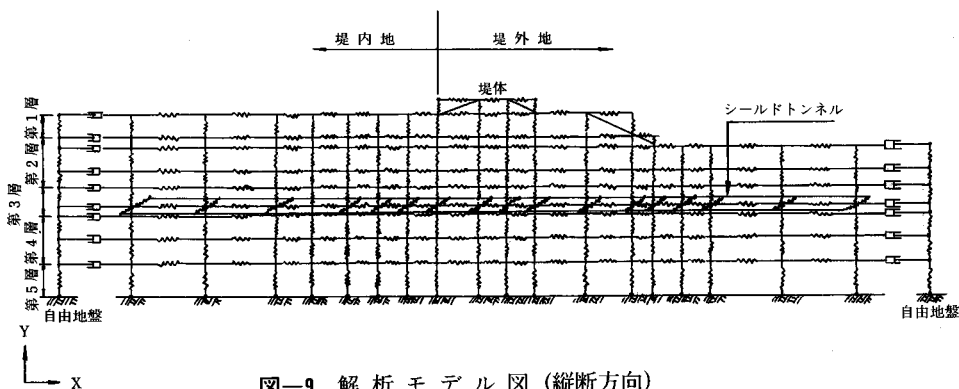


図-9 解析モデル図(縦断方向)

縦断面内の振動解析で、幅35.75m、節点数170節点のバネマスによる格子モデルとした。(図-10)

解析に用いた地震波は、過去に発生した地震の中で従来動的解析に使用されている地震の規模が大きいもののうち、地震動波形の異なる宮城県北部地震及び十勝沖地震の2ケースの地震動波形を基盤入力波形とした。

- ① 宮城県北部地震(図-11)
(1962.4.30発生, M7.4)
- ② 十勝沖地震(図-12)
(1968.5.16発生, M7.9)

基盤面での入力加速度は、過去に発生した地震を確率処理して、施設の耐用年数に相当する確率年と考えられる1/100年に当たる地表面加速度150galと設定し、上記の地震動波形を正規化して解析に使用した。

3) 解析結果の考察

堤防縦横断方向応答解析結果は、図-13、図-14のとおりとなり、トンネルの有無における堤防への影響度を堤防頂部の最大応答変位の増加率で見ると表-5の通りとなった。

以上のとおり、シールドトンネルの施工による

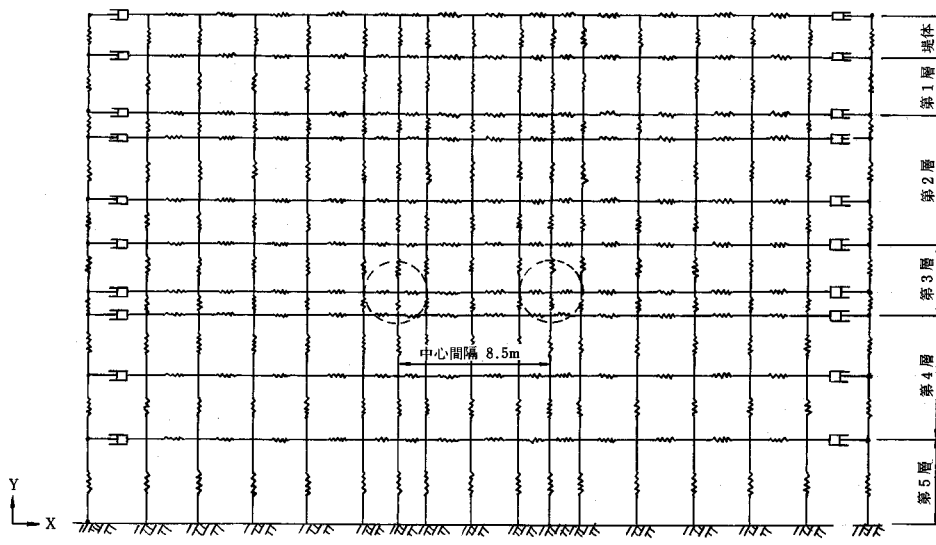


図-10 解析モデル図 (横断方向)

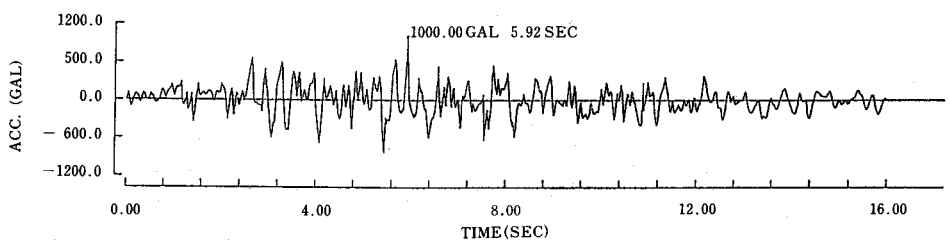


図-11 宮城県沖地震波形

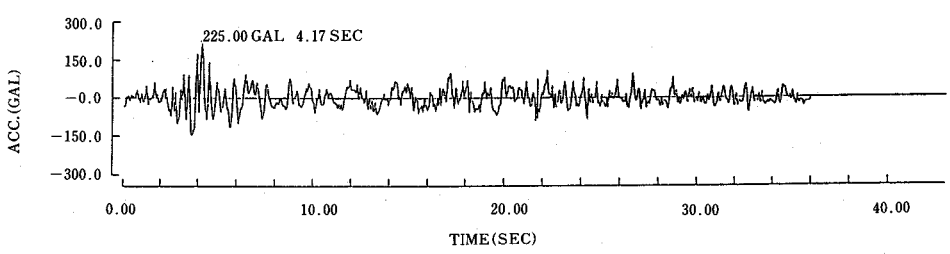


図-12 十勝沖地震波形

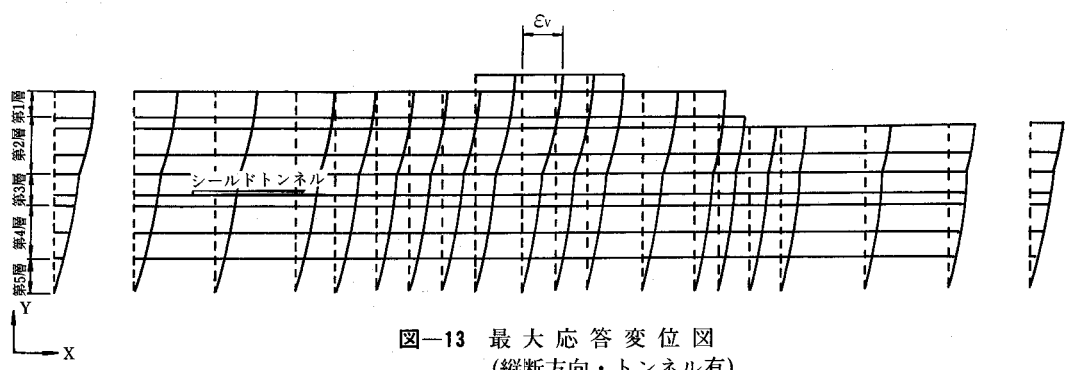


図-13 最大応答変位図
(縦断方向・トンネル有)

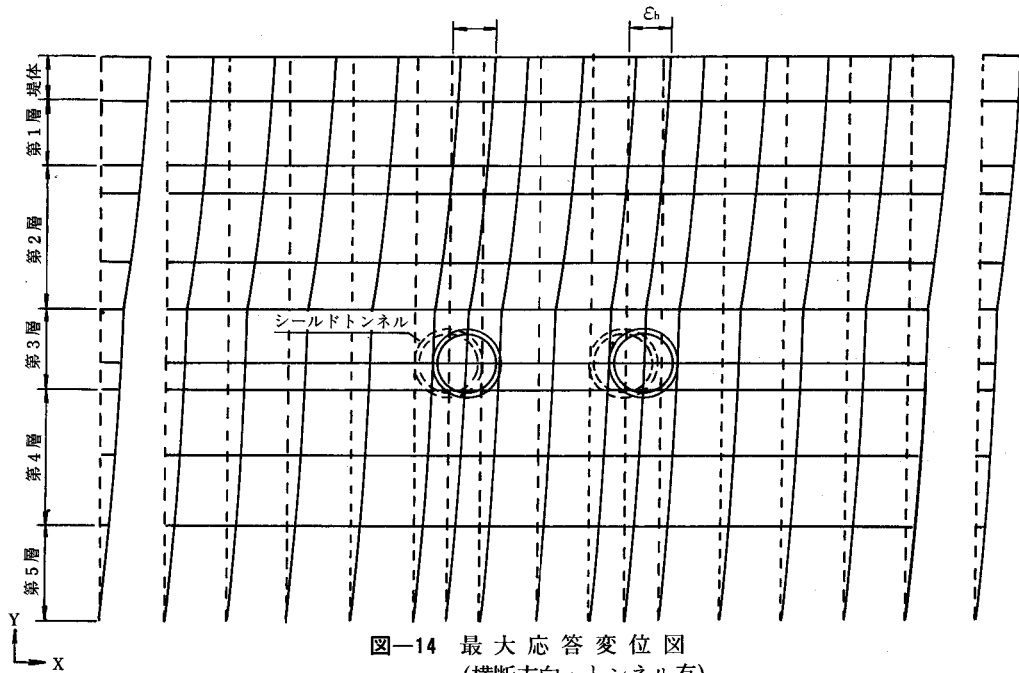


図-14 最大応答変位図
(横断方向・トンネル有)

表-5 堤防応答解析による最大応答変位及び増加率

入力波形 区 分	堤防縦断方向			堤防横断方向		
	トンネルの有無	堤頂最大変位 ϵ_v (mm)	増加率	トンネルの有無	堤頂最大変位 ϵ_h (mm)	増加率
宮城県 北部地震	無	16.99	1.010	無	19.09	1.005
	有	17.16		有	19.19	
十勝沖 地震	無	26.27	1.011	無	27.30	1.005
	有	26.57		有	27.44	

堤防への影響度は、いずれの場合もシールドトンネル施工前の0.5~1.1%程度のわずかな最大応答変位増となる。この値から判断すれば、地震時における堤防の挙動という点においては、影響は微小であると想定される。

又、今回入力加速度を基盤面で150galと想定した結果N値50以上の実際の基盤面での加速度は220gal(震度0.22)に達し、堤防基盤面で450gal、堤防頂部で520galの値が得られた。この値は、震度階に換算すると震度VII(激震)であり、関東大震災の震度VI(烈震)より大きい値を示している。

4. 施工管理

4-1 施工状況

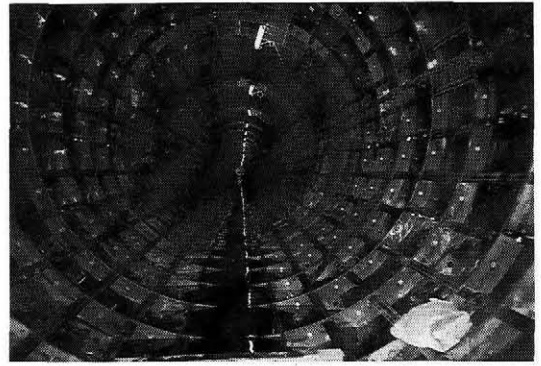
シールドトンネルの施工順序は、左岸側から右岸側に向かって左管路から掘削を開始した。左岸発進立坑から40~50m間は、洪積砂礫土層(Dg)に含まれる直径20~30cm位の礫が出現し、日当たり掘進量が1~2m/日となったが、洪積砂礫土層がなくなると日当たり掘進量は7m/日程度と順調に施工する事ができた。また、近接する2連のシールドトンネル工事ということで、右管路の掘削が先に掘り終わった左管路へ与える影響が心配されたが、影響はなかった。

4-2 沈下量の検証

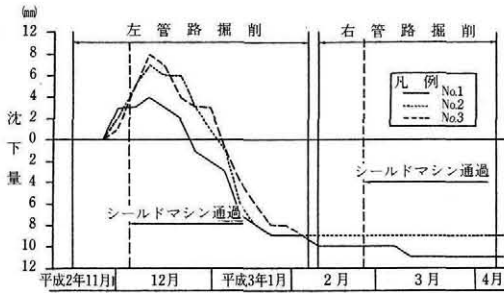
シールドトンネルの施工前・施工中・施工後の堤防天端の沈下について計測を行った結果、図-15、図-16のとおりであった。



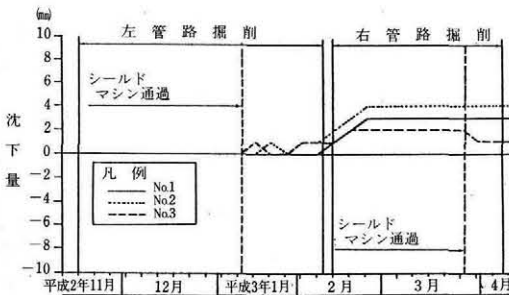
写真一2 シールド機搬入



写真一3 一次覆工



図一15 堤防沈下測量結果 (左岸)



図一16 堤防沈下測量結果 (右岸)

沈下解析による沈下量は、地山の解放率を100%とした場合、シールドトンネルのセンター部での堤頂部の変位は、片側施工時で9.5mm、両側施工時で22.5mmである。それに対して実測値は、施工による沈下量の大きい左岸堤防では、片側施工時で最大9.0mm、両側施工時には最大11.0mmであった。片側施工時の沈下量が解析値と同等の値となっ

た原因としては、直径の大きい礫の処理に時間を要したため土圧のバランスが崩れ地山の解放率が大きくなった事が考えられる。しかし、両側施工時には片側施工時より2mmしか沈下していないことから、同一の地層をもう一度掘削するという事で、地層に対する対応がスムーズに行われた事でわずかな地表面の沈下と定めることができたと考えられる。

右岸側の堤防の変位については、シールド機が到達立坑に近づくにつれ、掘削時の推進力によりシールド機と到達立坑間の地山が圧縮を受け地盤が隆起したものと想定される。

以上の結果より、2連シールドトンネルによる堤防下の施工は、片側施工時に礫の処理に時間を費やしたことにより沈下量が大きくなったものの、両側施工時にはスムーズな施工により沈下を抑えることができたことから、堤防に与えた影響を最小限に抑えることができたと言える。

5. おわりに

近年、有限要素法等の数値解析手法がシールド工事を含め土木工事の設計と施工で積極的に活用されてきている。

本稿では、その一例として2連シールドトンネル築造による施工時の沈下解析及び地震時の堤防挙動解析について報告した。

シールド工事において、合理的な設計を行いつつ安全な施工計画を立てるうえでは、地山の力学的挙動を定量的かつ精度よく推定しておくことが大切であり、特に施工条件等が劣悪な場合等はますます数値解析の重要性が増大するものと考えられる。

農業公共投資による波及効果の分析

—茨城県八郷地区広域農道を例として—

原 山 昭 彦*
(Akihiko HARAYAMA)

目 次

1. はじめに	65	3. 農業公共投資のあり方	72
2. 地域計量経済モデルによる 実証分析及びシミュレーション	65	4. おわりに	72

1. はじめに

この研究は、農業公共投資による農村地域に対する経済的波及効果を分析し、より良い投資のあり方を探ることを目的としている。農業公共投資の目的は、農業生産基盤の整備及び開発を図ることによって、農業の生産性の向上、農業総生産の増大、農業生産の選択的拡大及び農業構造の改善に資するとともに、農業集落における生活環境の条件整備を図ることである。しかし、投資の地域に及ぼす影響としては、農業の生産性向上等以外にも多くの間接的効果が派生し、その地域の社会、経済全般にわたっての変革を促す地域発展のプロモーターとしての役割を果たしている。しかし、この波及効果は投資計画には十分反映されておらず、その開発利益の還元も考慮されていないのが実状である。これは間接的効果の分析の蓄積が乏しいのも1つの理由として考えられる。そこで、地域計量経済モデルを用いた計量経済分析を行う。農業公共投資として農道整備事業をとりあげ、事業が既に実施された町村を選び、その町村について事業により派生する関係効果として宅地及び農地の地価の変化をとる地域計量経済モデルを作成し、外的条件の変化により波及効果の大きさを分析する政策シミュレーションを行う。

特に農道と宅地の地価に関する実証的分析は過去に行われた例はなく、また一農村地域を対象にした小型の地域計量経済モデルも例がない。

このような分析を通じてより良い農業公共投資のあり方を探ることは意義あるものと考えられ、

本研究のねらいはそこにある。

2. 地域計量経済モデルによる 実証分析及びシミュレーション

(1) モデルの作成にあたって

公共財の投入として農道整備事業を選び、これによる波及効果として宅地地価及び農地地価を取り上げ、公共投資がこれに与える影響を地域計量経済モデルを作成し分析する。対象地区は、茨城県新治郡八郷町、新治村、及び笠間市にまたがる八郷地区広域営農団地農道整備事業を選び八郷町を中心に分析する。この地域を選んだのは、果樹栽培等農業の盛んな地域であること、西南北の三方が山で囲まれた閉鎖地域であったこと、町内を南北に走る大型道路は少なく本広域農道の建設によって南北方向の主要な交通が可能となったこと、地元に対する影響の大きい道路と認識されていることなどからである。

(2) 分析対象地区の概要

本広域農道は施工完了後10年以上経過しているが、この間に地域農業に対する貢献は大きく、最近では表筑波スカイラインへ続く観光道路としての役割も果たしている。特に本農道の周辺には、ミカン、柿、イチゴ、梨、葡萄などの多くの果樹園が点在し、農家による果樹の直売、観光農園が盛んで別名「フルーツライン」と名付けられている。地域区分は平地農村、町の大部分が農業振興地域に指定されている。交通体系は、町の東外側に常磐線および国道6号線が南北に走り、南方は新治村にて国道125号線に、北方は笠間市にて国鉄水戸線及び国道50号線にそれぞれ接する。この地域の道路網はほとんど町内と国道6号線を東西に結

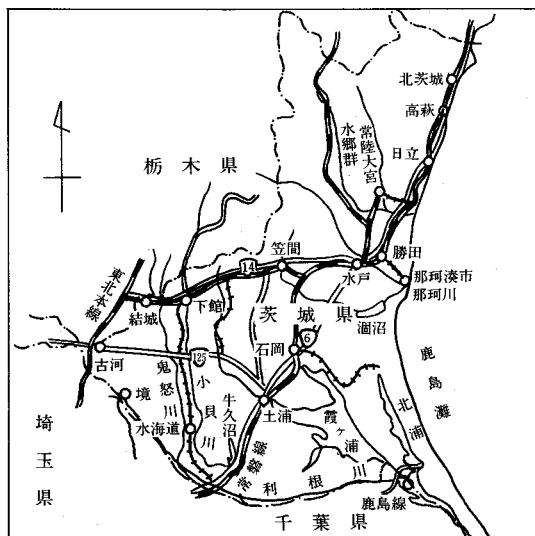
*東北農政局土地改良技術事務所

ぶ道路が主で、町内を南北に縦断する大型道路はなかった。

表一 受益面積の概要

受益面積 (ha)	水田	普通畑	樹林地	その他	計
	2,845	2,629	902	251	6,660
受益戸数 (戸)	専業	1兼	2兼		計
	2,093	2,423	1,499		6,015

本広域農道は、笠間市飯合の国道50号線から八郷町を南北に縦断し、新治村大畑の国道125号線まで距離にして全長42kmである。当初全線を農道として計画されたが事業実施に当たって県の農地部と土木部の共同施工となった（ただし、本研究においては全線を対象に分析を行っている）。工期は昭和45年度から昭和55年度まで。総事業費は当初38億2千万円。



図一 八郷地区広域農道位置図

(3) 方程式の推定

土地の需要供給関数は資産選択行動から導かれる。宅地は農地の転用によって供給されると仮定し、 t 期の始めに l_t 単位の土地（農地）が p_t^L の値段で消費者に売られるとする。土地の供給関数、需要関数は以下のように定式化される。

・土地所有者の土地売却行動

土地 l_a の供給関数は、

$$l_a = l_a [p_t^L, L_{t-1}^A, a_t, b_t]$$

ここで、 L_{t-1}^A は $t-1$ 期末の農地のストック量、 a_t は農業における生産性に関する要因、 b_t は一般的

な市場利子率を表している。

この供給関数は現在地価 p_t^L が上がると土地保有の収益率を低くするために土地の供給を促進する。農地ストック L_{t-1}^A が増えれば宅地供給は減る。 a_t が上昇すると農地からの収益率が上がり土地の供給は減少する。 b_t の上昇は金融資産を土地と比較して有利にするので土地の供給を促進する。分析では、 a_t は農業粗生産額を農家戸数で除したものを、 b_t は長期プライムレート（注1）を用いている。

・消費者による土地の購入

土地の需要関数 l_d は

$$l_d = l_d [p_t^L, y_t, b_t]$$

ここで、 y_t は t 期の所得であり、所得水準の上昇は宅地に対する需要を増加させるが、現在地価、金利水準の3変数の上昇は宅地需要を減少させると予測される。金利水準については民間住宅ローン金利（都市銀行）を用いている。

土地の価格 p_t^L は、土地の需要関数と供給関数が交わる点で決まることから $l_a = l_d$ とおくことによって求めることができる。

(4) 分析方法

本計算モデル（注2）は7本の構造方程式と3本の定義式（注3）からなる。使用したデータは表一2のとおりである。内生変数は10個、外生変数は5個（注4）で、モデルの構造図は図一2のとおりである。各構造方程式の推定に当たっては、同時方程式モデルに含まれるすべての外生変数を操作変数とする2段階最小二乗法（注5）を用いニュートン法により連立方程式を解いた。方程式の推定期間は事業を開始した昭和45年から事業完了後4年が経過した昭和59年までである。汎用統計パッケージはTSP Ver4.1B（注6）を使用した。

(5) データの解説

このモデルで使用したデータは対象地域が1町村であったために、得られるデータの種類、年数ともに大きな制約があった。本町は地価に関するデータは、固定資産税評価額地価、地価調査制度に基づく基準地地価、相続税路線価、及び全国農業会議所による田畑売買価格である。この中で、相続税路線価は過去5年分しか存在せず、基準地地価については昭和50年からしかなく地点もわずかに8ヶ所のみであり、これらは使用を断念した。

表-2 変数一覧表

No.	変数名	説明	単位	備考
1	PA	中畑自作地価格	円	10a当 GNPデフレート(S55=100)
2	PH	固定資産税評価額地価(宅地)	円	m ² 当 GNPデフレート(")
3	SAP	農業粗生産額	千円	農村物価指数デフレート(")
4	LA	農地面積	ha	
5	LHD	宅地雑種地需要面積	ha	
6	LHS	宅地雑種地供給面積	ha	
7	MBP	町給与所得	千円	GNPデフレート (")
8	EM	事務所店舗工場棟数	棟	
9	WA	農業生産性	円	
10	RS	道路資本ストック	千円	(")
11	NA	農家戸数	戸	
12	N23	第2, 3次産業人口	人	
13	RH	民間住宅ローン金利(都市銀行)	%	
14	R	一般金利(長期プライムレート)	%	
15	G	農道整備事業費	千円	支出済費用換算係数(")

(1~10: 内生変数 11~14: 外生変数)

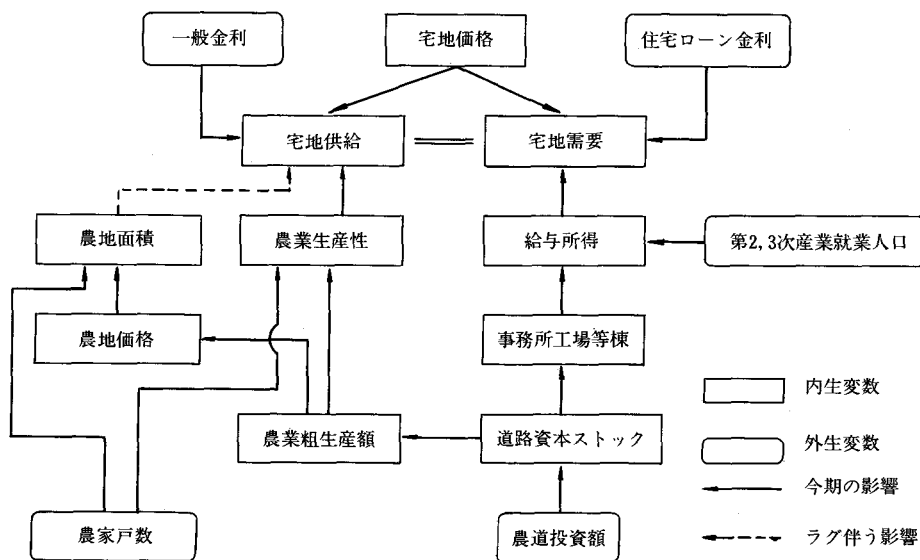


図-2

固定資産税評価額地価と田畑売買価格については昭和30年代から存在するが、前者については宅地が中心で田畑に関するものが得難いこと、実勢地価との開きも大きいことから最終的に農地については田畑売買価格に決定した。宅地については、固定資産税評価額地価を町内65カ所入手し平均をとった。推定に当たってはGNPデフレーターで実質化した。(昭和55年=100)

道路資本ストックは、県道以上の大型の道路についてその延長に昭和55年当時の道路建設費用(「道路統計年報」建設省道路局)を乗じ、これに毎年農道整備事業費を加算した。農道整備事業費は支出済費用換算係数(農林水産省構造改善局)を乗じて昭和55年の価格に換算した。

(6) 方程式の推定

各構造方程式の推定結果と定義式は以下のとお

りである。変数の重要性を考慮し、決定係数（注7）が0.9以下、系列相関（注8）の有無が識別できない、t値（注9）が有意水準（注10）が5%で棄却されない場合であってもモデルに組み入れている。

R²: 自由度調整済み決定係数（注11）

S.E.: 標準誤差（注12）

D.W.: ダービン・ワトソン比（注13）

(): パラメータのt値

① 農業粗生産額

$$\text{SAP} = -0.0000001 + 0.020612 * \text{RS} - 30,901 * \text{NA}$$

(-0.4677) (2.198) (0.7568)

R²=0.665432 S.E.=5031.18 D.W.=1.6100

② 農地価格

$$\text{PA} = 203.34 + 0.005276 * \text{SAP}$$

(0.6658) (2.347)

R²=0.266117 S.E.=67.9241 D.W.=0 * 5305

③ 農地面積

$$\text{LA} = 1998.8 + 0.17981 * \text{PA} + 0.79444 * \text{NA}$$

(7.127) (1.868) (13.76)

R²=0.932267 S.E.=25.1199 D.W.=1.4472

④ 農家一戸当生産性（定義式）

$$\text{WA} = \text{SAP} / \text{NA}$$

⑤ 宅地需要関数

$$\text{LHD} = 34.947 + 0.027873 * \text{PH} - 7.305 * \text{RH} + 0.000003 * \text{MBP}$$

(0.1907) (0.2703) (-0.5092) (0.5415)

R²=0.0732678 S.E.=27.9431 D.W.=1.5343

⑥ 宅地供給関数

$$\text{LHS} = 1502.0 + 0.07954 * \text{PH} - 5.8004 * \text{WA} - 15.354 * \text{R} - 0.22298 * \text{LA} (-1)$$

(1.221) (0.8780) (-0.9383) (-1.603) (-1.187)

R²=0.312485 S.E.=24.2208 D.W.=1.6096

⑦ 地価決定（需給均衡定義式）

$$\text{LHD} = \text{LRS}$$

⑧ 給与所得

$$\text{MBP} = 0.00000003 + 63.171 * \text{N23} + 26117 * \text{HM}$$

(2.084) (0.1841) (4.339)

R²=0.960915 S.E.=415544 D.W.=0.8218

⑨ 事務所店舗工場棟数

$$\text{HM} = 561.26 + 0.00013615 * \text{RS}$$

(-7.441) (9.476)

R²=0.863809

S.E.=28.375 D.W.=0.4926

⑩ 道路資本ストック（定義式）

$$\text{RS} = \text{RS}(-1) + \text{G}$$

(7) 各方程式の説明

① 農業粗生産額

生産要素として農家人口として道路資本ストックで説明した。

② 農地価格

農地価格は一般に農地からの収益によって決まるため農業粗生産額を用いている。但しR²は良くなく他の説明要素が必要と考えられる。

③ 農地面積

農地面積は、農家戸数と資産保有的側面を含めて農地価格で説明している。

④ 農家一戸当生産性（定義式）

a_tとして農家一戸当生産性を定義した。

⑤ 宅地需要関数

宅地地価、住宅ローン金利、及び所得で説明している。各パラメータの正負は、所得の増は正に、住宅ローンの増は負に効いている。宅地地価については負に出ると予想されたが実際には正になった。但しパラメータの値は次の宅地供給関数のパラメータの値より小さい。

⑥ 宅地供給関数

宅地地価と農家一戸当生産性、一般金利、及び一期前の農地ストックによって説明している。パラメータの正負は、宅地地価は正に、農家一戸当生産、一般金利、及び一期前の農地ストックは負である。

⑦ 地価決定（需給均衡定義式）

地価需要関数と宅地供給関数の一致する点として宅地地価が導かれる。

⑧ 給与所得

給与所得は生産による結果と考え、労働として第2、3次産業就業人口を、資本として事務所店舗工場棟数を説明変数としている。

⑨ 事務所店舗工場棟数

道路資本ストックの増加は立地条件の好転として事務所店舗工場棟数の増加につながるとして道路資本ストックで説明されている。

⑩ 道路資本ストック（定義式）

一期前の道路資本ストックに新設された農道投資額が加算するものとして定義されている。

(8) ファイナルテスト

計量モデルは連立方程式体系であるため個々の方程式のパフォーマンスだけでなくモデル全体のパフォーマンスが優れていることが必要である。このテストには、計測期間内についてモデルによる計算値が実績値をどの程度追跡しているかみる「内挿テスト」、計測期間外について外生変数を与えたモデルを動かす「外挿テスト」がある。内挿テストには、外生変数と先決内生変数に実績値を与える「トータル・テスト」と、外生変数と先決内生変数の初期値にのみ実績値を与え内生変数はモデル内で同時決定されるとする最も厳しい「ファイナル・テスト」がある。

ここではファイナルテストを全期間（昭和45～59年度）実施した。その結果として各変数のMAPE（平均絶対百分率誤差：Mean Absolute Percent Error）を求めた。

一般にMAPEがほぼ10%以内に収まっていればモデルは十分なパフォーマンスを示したといえる。ファイナルテストの結果は表-3のとおりである。

表-3 ファイナルテストの結果

変数名	MAPE (%)
SAP	2.7
PA	6.4
LA	0.3
WA	2.7
LHD(LHS)	140.9
PH	21.6
MBP	4.8
HM	11.4

この結果によると、宅地需要、供給関数以外はほぼ満足な結果が得られたが、宅地需要、供給関数はあまり良い推定値が得られてはいない。しかし、使用可能データは大きな制約があったこと、分析対象地区が一町村のため説明しきれない要素が多分にあると推測されることと、本研究の目的が小地域における農業公共投資の波及効果に関する先駆的試みであることなので、このモデルを用いて種々のシミュレーション（注14）を行った。

$$MAPE = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \left| \frac{\text{実績値}(t) - \text{推定値}(t)}{\text{推定値}(t)} \right| \times 100(\%)$$

(9) 政策シミュレーション

(6)のモデルを用いて種々のシミュレーションを行う。期間は推定と同じ昭和45年～59年で、農業公共投資の額をいろいろな割合で変化させそれぞれの場合について内生変数の推定値を求める内挿シミュレーションについて実施する。

(1) 外生変数の想定

農道事業は投資額の増加がそのまま建設される農道の延長の増減に対応し、それに応じて受益できる地域の範囲も変わり波及効果の増減につながるものと考えられる。そこで、農道計画等において施工延長を変化させたと想定し、同期間内に実際に投下された投資額に対し±50%の間で増減させた次のケース1～10についてシミュレーションを行う。±50%に限ったのは実際に農道の施工可能な箇所には限度があることなどを考慮したからである。さらに、総額は同じで工期を短縮して建設した場合についても行った。（ケース11, 12）

農業公共投資以外の外生変数は推定期間内の実測値をそのまま用いている。

表-4 標準 農業公共投資の増減無し。

ケース	1	2	3	4	5
増加	10%	20%	30%	40%	50%
ケース	6	7	8	9	10
減少	-10%	-20%	-30%	-40%	-50%
11			12		
期間 5年(S45～49)			期間 7年(S45～51)		

(10) シミュレーション結果

シミュレーション結果は表-5～表-6に示すとおりである。表-5では、各ケースごとに事業開始5年後（昭和50年）、10年後（昭和55年）及び事業終了4年後（昭和59年）における農地地価、宅地需給面積、宅地地価、及び参考に農業粗生産額を示している。表-6では、各ケースごとに標準との倍率を示している。表-7では、昭和45年（1975）と昭和59年（1984）の間の農業粗生産額、農地地価、宅地需給面積、宅地地価の倍率を示している。

(11) 実証分析の結論

(10)の結果から農道整備事業によって地域に対し影響を与えていることがわかる。宅地地価につい

表-5 シミュレーション結果集計表1

項目	農業粗生産額(SAP)			農地地価(PA)			宅地需給面積(LH)			宅地地価(PH)		
	1975	1980	1984	1975	1980	1984	1975	1980	1984	1975	1980	1984
標準	129,414	144,487	145,098	886	966	969	15.7	40.6	32.0	1,082	1,390	800
1	131,103	148,108	149,117	894	985	991	36.1	74.0	41.1	1,246	1,635	1,004
2	132,390	151,713	153,155	904	1,004	1,012	21.2	52.5	45.5	1,093	1,682	1,135
3	134,481	155,318	157,172	913	1,023	1,033	24.0	58.5	52.3	1,285	1,828	1,302
4	136,171	158,944	161,210	922	1,042	1,054	26.7	64.4	59.0	922	1,042	1,054
5	137,860	162,549	165,227	931	1,061	1,075	29.5	70.4	65.8	1,420	2,120	1,637
6	127,725	140,878	141,063	877	947	948	12.9	34.7	25.3	1,015	1,244	632
7	126,035	137,252	137,046	868	928	926	10.2	28.7	18.5	947	1,097	464
8	124,346	133,647	133,008	859	908	905	7.4	22.8	11.7	859	908	905
9	122,657	130,042	128,991	850	889	884	4.7	16.9	5.0	812	805	129
10	120,968	126,416	124,954	842	870	863	1.9	10.9	-1.7	745	659	10
11	150,632	149,138	145,615	998	990	972	49.8	48.8	33.0	1,910	1,598	824
12	144,246	149,138	145,615	964	990	972	38.5	48.8	33.0	1,622	1,595	824

(単位: 農業粗生産額 千円 農地地価 千円/10a 宅地地価 千円/㎡)

表-6 シミュレーション結果集計表2 (各ケース/標準0倍率)

項目	農業粗生産額(SAP)			農地地価(PA)			宅地需給面積(LH)			宅地地価(PH)		
	1975	1980	1984	1975	1980	1984	1975	1980	1984	1975	1980	1984
標準	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1	1.01	1.03	1.03	1.01	1.02	1.02	2.29	1.82	1.28	1.15	1.17	1.25
2	1.03	1.05	1.06	1.02	1.04	1.02	1.35	1.29	1.42	1.01	1.21	1.41
3	1.04	1.04	1.08	1.03	1.03	1.04	1.52	1.44	1.63	1.18	1.31	1.62
4	1.05	1.06	1.11	1.04	1.05	1.07	1.70	1.58	1.84	0.85	0.74	1.31
5	1.06	1.08	1.14	1.05	1.07	1.11	1.87	1.73	2.05	1.31	1.52	2.04
6	0.99	0.98	0.97	0.99	0.98	0.98	0.82	0.85	0.79	0.93	0.89	0.79
7	0.97	0.95	0.94	0.98	0.96	0.96	0.64	0.70	0.57	0.87	0.78	0.58
8	0.96	0.92	0.92	0.97	0.94	0.93	0.47	0.56	0.36	0.79	0.65	1.13
9	0.95	0.90	0.89	0.96	0.92	0.91	0.29	0.41	0.15	0.75	0.57	1.13
10	0.93	0.87	0.86	0.95	0.90	0.89	0.12	0.26	0.00	0.68	0.47	0.01
11	1.16	1.03	1.00	1.12	1.02	1.00	3.17	1.20	1.03	1.76	1.14	1.03
12	1.11	1.03	1.00	1.08	1.02	1.00	2.45	1.20	1.03	1.49	1.14	1.03

表-7 シミュレーション結果集計表 ('84/'75の倍率)

	標準	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SAP	1.21	1.13	1.15	1.17	1.19	1.20	1.10	1.09	1.07	1.05	1.03	0.96	1.00
PA	1.09	1.11	1.12	1.14	1.15	1.16	1.08	1.07	1.05	1.04	1.03	0.97	1.00
LH	2.03	1.13	2.14	2.17	2.20	2.23	1.96	1.81	1.58	1.06	0.00	0.66	0.85
PH	0.73	0.80	1.08	1.01	1.14	1.15	0.62	0.48	1.05	0.15	0.01	0.43	0.50

てはあまり良い結果が得られなかったが、投資額の増減によりほぼ比例することがわかる。そこで、実際にプラスの効果があったのかどうか調べるために宅地需給面積と地価について標準との変動を下記のように計算した。

$$(PH+dPH)(LH+dLH) \simeq PH * LH + (dPH * LH+dPH * dLH)$$

(a) $dPH * LH+dPH * dLH$

(b) $PH * LH+ (dPH * LH+dPH * dLH)$

dは標準との差を意味する。

(a)(b)の計算結果は表-8のとおりである。この表より投資額を標準より増やした場合はプラスの効果、減らした場合はマイナスの効果がほぼ表れ、その効果の大きさは投資額に比例している。

宅地需給面積について良い結果が得られなかった原因として、八郷町は昭和40年代より大規模な住宅団地やスポーツ施設の造成が継続して行われたことが考えられる。

ケース11, 12より、同じ投資額ならできる限り工期を短期して建設した方が早期に大きな効果が発生することがわかる。

(注1) 「長期プライムレート」は、長期の貸出金に適用される最優遇金利。

(注2) 「計算モデル」は、種々の要因が複雑に絡み合っ一つのシステムを作り上げている現実の経済の主要な要因を抜き出しこれら相互の因果関係を経済理論に基づいて連立方程式の形で表現したもので「同時方程式体型」とも呼ばれる。

(注3) 計量モデルを構成する方程式のうち経済の各主体の行動や生産における技術的關係を表現

した基礎的な方程式を「標準方程式」といい、変数間の定義關係を示す式を「定義式」という。

(注4) 計量モデルの中で、連立方程式を解くことにより決定される変数を「内生変数」、外部情報により計算モデルの外から与える変数を「外生変数」という。

(注5) 「2段階最小2乗法」は、線形連立方程式モデルにおいて説明変数と誤差項が相関をもつ場合構造パラメーターの最小2乗法による推定値は不偏推定量でも一致推定量でもないため最小2乗法を2段階に分けて適用し、不偏推定量ではないが一致推定量としたもの。

(注6) TSP (Time Series Processor) は、計量経済学の分野で最も広く使われている汎用統計パッケージである。

(注7) 被説明変数の全変動のうち、説明変数の変動によって説明される部分の割合を「決定係数」といい、方程式の説明力の大小を示す指標である。

(注8) 1つの系列内において何項かずらした値相互の相関を「系列相関」という。

(注9) 「t値」は、最小2乗法によって計測されたパラメーターが有為であるかどうかを判定するために用いられる統計量で、一般に2以上であれば有意とすることが多い。

(注10) 「有意水準」は、仮説検定において仮説が真であるのに棄却して対立仮説を採択する確率、

表-8 シミュレーション結果集計表4 (単位: 千円/ha)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
(a) ('75)	18	1	22	-17	37	-7	-14	-24	-29	-36	92	59
('80)	30	45	69	35	116	-22	-45	14	-89	-	3	3
('84)	27	45	69	35	116	-22	-45	14	-89	-	3	3
(b) ('75)	153	120	161	82	191	103	883	693	59	448	300	236
('80)	226	237	273	825	344	132	969	520	278	-64	217	216
('84)	163	199	245	178	338	63	17	136	-71	-	114	114

すなわち第1種の過誤をおかす確率で、一般には5%か1%をとる。

(注11) 「自由度調整済み決定係数」は、自由度で調整した決定係数でこの値が1に近いほど回帰方程式の説明力が高いことを示す。

(注12) 標本推定値の分布の標準偏差を「標準誤差」という。

(注13) 「ダービン・ワトソン比」は、最小2乗法であてはめられた回帰方程式からの残差の平方和を分母とし、残差の階差の平方和を分子にしたもので系列相関の有無、強弱を示す。この値が2前後の時は系列相関はなく、2よりかなり大きいと正の系列相関が、2よりかなり小さいときは負の系列相関がある。

(注14) 「シミュレーション」は、計量モデルにおいて外生変数の値を変えた場合内生変数がどのように変化するかを調べる実験である。

3. 農業公共投資のあり方

地域計量経済モデルを用いたシミュレーション分析により得られた結論を要約すると次のとおりである。

農業公共投資（農道整備事業）は農業生産のみに効果を与えるだけでなく、農業以外の部門（宅地地価）に対しても効果を与えている。

農業公共投資による便益は農業部門のみならず他の部門においても享受されており、これらの部門は税金という間接的な負担以外には開発利益の還元はされていない。

八郷地区広域農道における目的別交通量を見ると農業用の他は生活、観光、物に利用されており、また車種別交通量は、農耕用自動車の他は普通自動車、大型自動車等である。このように、農業振興のために建設された農道が結果的に農業目的はもちろんだが、それ以外の目的にも使用されている。このことは、当農道が農業用のほかにも、地域住民の日常生活のためになくなくてはならない存在であることを示している。

本研究を通じて2つの政策的提言をしたい。その第1は、農業公共投資の負担を農業以外にも求

めることである。農業以外でもその便益を受ける場合、あるいは完了後にその地域に移動してくる場合には相応の負担を求めるべきである。具体的には、非農家を「準事業参加者」として取り込み、受けた便益に応じた費用を負担すること、それが無理なら市町村による負担を増加するのが望ましいのではないかと思う。

第2に、計画樹立に際して、農業以外の部門に対する考慮をもっとするべきである。地域社会は農業を含め密接に関係しあっており農業だけを分解して考えることは現実的でない。費用便益法による評価に農業生産以外の直接、間接効果を加えるのが望ましい。さらに、政策シミュレーションのケース11, 12で示されたように、できる限り工期を短くする方が効果もより大きくなる。

4. おわりに

現在、日本の農業は大きな岐路に立たされている。外からは農産物の輸入自由化圧力、内においては農村の過疎化等多数の問題に直面している。農業は食料の供給という役割だけでなく、地域振興、国土の均衡ある発展など違う側面からも貢献している。農業を支える農村地域の一層の振興を図るために、農業公共投資の果たす役割は今後も重要であり、その期待は高まるものと思われる。こういう意味からも、農業公共投資が農村地域に有意義に実施されるためにそのあり方を見直す時期にきており、農村地域に対する視点を改めなければならないと思う。

本研究は近年行政において考慮され始めた農業公共投資の波及効果に関する先駆的試みであり、農業公共投資のあり方を見直すためのあくまで第1ステップである。今後、このような農業公共投資の間接的側面に関する多くの実証分析の蓄積を進める必要がある。

註：本研究は、人事院行政官国内研究員（筑波大学経営・政策科学研究科）研修にて社会学系坂下昇教授の指導のもとに作成した論文を参考に行っている。

参考文献

- 坂下昇 (1990) 「地域交通の経済学」 「運輸と経済」 第50巻第4号
- 坂下昇 (1989) 「地域経済と交通」 奥野・篠原・金

本編「交通政策の経済学」日本経済新聞社第3章
財国民経済研究協会(1987)「地価形成関数の推定」
「土地税制等の経済効果に関する調査報告書」国土
庁p. 75—92

茨城県常陸太田土地改良事務所(1988)「地域振興
における農道の果たす役割」(財常陽産業開発セン
ター

八郷町企画調整課(1986)「統計やさと昭和61年度

版」茨城県八郷町

農林水産省構造改善局開発課「農道整備事業便覧
昭和60年度」(財公共事業通信社

SAKASHITA, N. (1989) 'PRESIDENTIAL
ADDRESS: SPATIAL INTERDEPENDENCE
AND EXTERNALITIRS' PAPERS OF THE
REGIONAL ASSOCIATION, VOL. 67, pp1—11



電業社ポンプ。

茨城県農地部舞舞揚水機場
1,000ℓ PF—GM斜流ポンプ

 株式会社 電業社機械製作所

本社 東京都大田区大森北1丁目5番1号
大森東京海上ビルディング
電話 東京(3298) 5115
支店 大阪・名古屋・九州・東北・中国四国
北海道・静岡
営業所 横浜・千葉・三重・岡山・高松・沖縄

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
 - ⑥ 内容紹介 (200字以内)
- 3 1回の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(242字)60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242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。
- 7 文字は明確に書き, 特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, などで区別のま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) α (エー)と α (アルファ)
 r (アール)と γ (ガンマー) k (ケイ)と κ (カップ)
 w (ダブルユー)と ω (オメガ) x (エックス)と χ (カイ)
1(イチ)と1(エル) g (ジー)と q (キュー)
 E (イー)と ϵ (イプシロン) v (バイ)と υ (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け, どちらかにすること
- 10 本文中に引用した文献は原典をそのまま掲げる場合は引用文に『 』を付し引用文献を本文中に記載する。孫引きの場合は, 番号を付し, 末尾に原著者名: 原著論文表題, 雑誌名, 巻: 頁~頁, 年号, 又は“引用者氏名, 年・号より引用”と明示すること。
- 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。

農業土木技術研究会入会の手引

1. 入会手続

- ① 入会申込みは研究会事務局へ直接又は職場連絡員へ申し込んで下さい。申込書は任意ですが、氏名、所属を明示下さい。
- ② 入会申込みはいつでも結構ですが、年度途中の場合の会費は会誌の在庫状況により決定されます。
- ③ 入会申込みと同時に会費を納入していただきます。

2. 会費の納入方法

- ① 年会費は2,300円です。入会以後は毎年6月末までに一括して納入していただきます。

3. 農業土木技術研究会の活動内容

- ① 機関誌「水と土」の発行……年4回（季刊）
- ② 研修会の開催……年1回（通常は毎年2～3月頃）

4. 機関誌「水と土」の位置づけと歴史

- ① 「水と土」は会員相互の技術交流の場です。益々広域化複雑化していく土地改良事業の中で各々の事業所等が実施している多方面にわたっての調査、研究、施工内容は貴重な組織的財産です。これらの情報を交換し合って技術の発展を図りたいものです。

② 「水と土」の歴史

（農業土木技術研究会は以下の歴史をもっており組織の技術が継続されています。）

- ・ S28年………コンクリートダム研究会の発足

『コンクリートダム』の発刊

- ・ S31年………フイルダムを含めてダム研究会に拡大

『土とコンクリート』に変更

- ・ S36年………水路研究会の発足

『水路』の発刊

- ・ S45年………両研究会の合併

農業土木技術研究会の発足 ←

『水と土』

入 会 申 込 書

平成 年 月 日

私は農業土木技術研究会に入会します。

氏 名：

所 属：

会

告

農業土木技術研究会第24回理事会

- 1. 日 時 平成4年5月24日 12:00~13:00
- 2. 場 所 東京都港区新橋5-34-4
農業土木会館会議室

3. 議 題

- (1) 第1号議案 平成4年度事業報告並びに収支決算承認の件

- (2) 第2号議案 平成5年度事業計画(案)並びに収支予算(案)承認の件

- (3) 第3号議案 役員改選の件

- (4) その他

以上の議案について審議し出席理事全員の了承を得て原案どおり承認された。平成4年度収支決算、平成5年度収支予算、新役員は下記のとおりである。

平成4年度 収 支 決 算 書

収 入 の 部

H5. 3.31 現在

科 目	予 算 額	決 算 額	増(△)減額	摘 要
会 費	13,500,000円	13,294,920円	△ 205,080円	
通常会費	12,000,000	11,744,920	△ 255,080	2,300円×5,042名, 過年度未収金
賛助会費	1,500,000	1,550,000	50,000	10,000円×155口, 過年度未収金
研修会会費収入	2,000,000	2,574,000	574,000	5,000円×259名, 8,000円×158名, テキスト
広告収入	1,500,000	1,610,000	110,000	「水と土」87, 88, 89, 90号
雑収入	273,086	247,193	△ 25,893	預金利子, 「水と土」頒布等
小 計	17,273,086	17,726,113	453,027	
前年度繰越金	7,226,914	7,226,914	0	
合 計	24,500,000	24,953,027	453,027	

支 出 の 部

科 目	予 算 額	決 算 額	増(△)減額	摘 要
会誌発行費	14,000,000円	11,649,977円	△ 2,350,023円	「水と土」89, 90, 91, 92号
印刷費	10,000,000	8,342,286	△ 1,657,714	
原稿料	1,600,000	1,224,000	△ 376,000	
編集費	400,000	285,500	△ 114,500	
運賃送料	2,000,000	1,798,191	△ 201,809	
事業費	3,250,000	2,103,230	△ 1,146,770	
研究会賞	250,000	176,188	△ 73,812	第22回研究会賞
研修会諸費	2,900,000	1,927,042	△ 972,958	会場借料, 講師謝金, テキスト代等
資料費	100,000	0	△ 100,000	
会議費	400,000	194,820	△ 205,180	
事務費	3,780,000	3,052,621	△ 727,379	
委託費	2,000,000	1,819,000	△ 181,000	賃金等
通信費	400,000	244,927	155,073	
旅費交通費	200,000	136,900	△ 63,100	
広告手数料	450,000	469,000	19,000	「水と土」
事務室費	130,000	130,000	0	
消耗品費	300,000	115,055	△ 184,945	
雑費	300,000	137,739	△ 162,261	
小 計	21,430,000	17,000,648	△ 4,429,352	
予備費	3,070,000	7,952,379	4,882,379	
合 計	24,500,000	24,953,027	453,027	

平成5年度 収 支 予 算

収 入 の 部

科 目	平成4年度予算額	前年度予算額	増(△)減	摘 要
会 費	13,500,000円	13,500,000円	0	
通常会費	12,000,000	12,000,000	0	2,300円×5,300名×95% 過年度未収金
賛助会費	1,500,000	1,500,000	0	10,000円×158口×95%
研修会会費収入	2,000,000	2,000,000	0	会員5,000円×250名 非会員8,000円×100名
広告収入	1,500,000	1,500,000	0	「水と土」93, 94号, 前年度未収(91, 92号)
雑収入	247,621	273,086	△ 25,465	
小 計	17,247,621	17,273,086	△ 25,465	
前年度繰越金	7,952,379	7,226,914	725,465	
合 計	25,200,000	24,500,000	700,000	

支 出 の 部

科 目	平成3年度予算額	前年度予算額	増(△)減	摘 要
会誌発行費	13,200,000円	14,000,000円	△ 800,000円	
印刷費	9,200,000	10,000,000	△ 800,000	会誌89~92号, 2,300千円×4
原稿料	1,600,000	1,600,000	0	〃 400 〃 ×4
編集費	400,000	400,000	0	〃 100 〃 ×4
運賃送料	2,000,000	2,000,000	0	〃 400 〃 ×4, その他
事業費	3,250,000	3,250,000	0	
研究会賞	250,000	250,000	0	第23回研究会賞
研修会諸費	2,900,000	2,900,000	0	会場借料, 講師謝金, テキスト代等
資料費	100,000	100,000	0	
会議費	400,000	400,000	0	
事務費	3,780,000	3,780,000	0	
委託費	2,000,000	2,000,000	0	賃金@7,000×20日×6日, 手当等
通信費	400,000	400,000	0	
旅費交通費	200,000	200,000	0	
広告手数料	450,000	450,000	0	1,500千円×0.3
事務室費	130,000	130,000	0	
消耗品費	300,000	300,000	0	
雑費	300,000	300,000	0	
小 計	20,630,000	21,430,000	△ 80,000	
予備費	4,570,000	3,070,000	1,500,000	
合 計	25,200,000	24,500,000	700,000	

農業土木技術研究会役員名簿（平成5年度）

会 長	内藤 克美	水資源開発公団理事
副 会 長	黒沢 正敬	構造改善局建設部長
〃	志村 博康	日本大学農獣医学部教授
理 事	佐藤 昭郎	構造改善局設計課長
〃	岡本 芳郎	〃 水利課長
〃	橋本 正	〃 首席農業土木専門官
〃	立花 貴	関東農政局建設部長
〃	白石 英彦	農業工学研究所長
〃	山口 保身	北海道開発庁農林水産課長
〃	古賀 清司	茨城県農地局長
〃	延藤 隆也	水資源開発公団第二工務部長
〃	坂根 勇	㈱土地改良建設協会専務理事
〃	中島 哲生	㈱農業土木事業協会専務理事
〃	北村 純一	㈱三祐コンサルタンツ常務取締役
〃	伊東 久彌	西松建設㈱常務取締役
〃	塚原 真市	大豊建設㈱専務取締役
監 事	石堂 隆憲	関東農政局設計課長
〃	池田 実	㈱日本農業土木コンサルタンツ 副社長
常任顧問	中道 宏	構造改善局次長
〃	中川 稔	全国農業土木技術連盟委員長
顧 問	岡部 三郎	参議院議員
〃	須藤良太郎	〃
〃	小林 国司	㈱畑地農業振興会会長
〃	梶木 又三	全国土地改良事業団体連合会 会長
〃	福田 仁志	東京大学名誉教授
〃	福沢 達一	㈱農業土木会館代表取締役
編集委員長	橋本 正	構造改善局設計課
常任幹事	三好 英幸	〃 事業計画課
編集委員	〃	〃 設計課
〃	中野 実	〃 整理課
〃	小泉 健	〃 設計課
総務部長	久郷 徳壽	全国農業土木技術連盟総務部長
幹 事	高橋 徹	構造改善局地域計画課
編集委員	〃	〃 資源課
〃	親泊 安次	〃 事業計画課
〃	村岡 宏	〃 施工企画調整室
〃	高田 進	〃 水利課
〃	馬場 範雪	〃 〃
〃	加藤 公平	〃 総合整備推進室
〃	川村 文洋	〃 開発課
〃	馬淵 誠司	〃 〃
〃	荘田 祐次	〃 防災課
〃	吉池 一孝	関東農政局設計課

幹 事
編集委員

丹治 肇	農業工学研究所水工部
〃	稲森 幹八 国土庁調整課
〃	加藤 智雄 水資源公団第2工務部設計課
〃	尾崎 保雄 農用地整備公団業務部業務課
〃	室本 隆司 ㈱日本農業土木総合研究所

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㈱	〃
太陽コンサルタンツ㈱	〃
㈱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	〃
㈱日本農業土木総合研究所	〃
㈱ 間 組	〃
㈱ 日立製作所	〃
Fe石灰工業技術研究所	〃
	(18社)
㈱ 青 木 建 設	2 口
㈱ 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㈱	〃
住友金属工業㈱	〃
大豊建設㈱	〃
㈱ 竹 中 土 木	〃
田 中 建 設 ㈱	〃
日石合樹製品㈱	〃
前田建設工業㈱	〃
三井建設㈱	〃
	(14社)
㈱アイ・エヌ・エー	1 口
アイサワ工業㈱	〃
青葉工業㈱	〃
旭コンクリート工業㈱	〃
旭測量設計 ㈱	〃
アジアプランニング㈱	〃

茨城県農業土木研究会	〃	古郡建設(株)	〃
上田建設(株)	〃	(株) 豊 蔵 組	〃
(株)ウォーター・エンジニアリング	〃	北海道土地改良事業団体連合会	〃
梅林建設(株)	〃	(株)北海道農業近代化コンサルタント	〃
エスケー産業(株)	〃	堀内建設(株)	〃
(株)大 本 組	〃	前田製管(株)	〃
大野建設コンサルタント(株)	〃	前沢工業(株)	〃
神奈川県農業土木建設協会	〃	真柄建設(株)	〃
技研興業(株)	〃	(株)舩ノ内組	〃
岐阜県土木用ブロック工業組合	〃	丸伊工業(株)	〃
(株)クボタ建設	〃	丸か建設(株)	〃
(株)クボタ(大阪)	〃	(株)丸島アクアシステム	〃
(株)クボタ(東京)	〃	丸誠重工業(株)東京支社	〃
(株)古賀組	〃	水資源開発公団	〃
(株)後藤組	〃	水資源開発公団沼田総合管理所	〃
小林建設工業(株)	〃	宮本建設(株)	〃
五洋建設(株)	〃	ミサワ・ホーバス(株)	〃
佐藤企業(株)	〃	(株)水建設コンサルタント	〃
(株)佐藤組	〃	山崎ヒューム管(株)	〃
(株)塩谷組	〃	菱和建設(株)	〃
昭栄建設(株)	〃	若鈴コンサルタンツ(株)	〃
新光コンサルタンツ(株)	〃		(74社)
須崎工業(株)	〃	(アイウエオ順)	計 106社 156口
世紀東急工業(株)	〃		
大成建設(株)四国支店	〃		
大和設備工事(株)	〃		
高橋建設(株)	〃		
高弥建設(株)	〃		
(株)田原製作所	〃		
中国四国農政局土地改良技術事務所	〃		
(株)チェリーコンサルタンツ	〃		
中央開発(株)	〃		
東急建設(株)	〃		
東邦技術(株)	〃		
東洋測量設計(株)	〃		
(株)土木測器センター	〃		
中川ヒューム管工業(株)	〃		
日兼特殊工業(株)	1口		
日本国土開発(株)	〃		
日本大学生産工学部図書館	〃		
日本ヒューム管(株)	〃		
日本プレスコンクリート(株)	〃		
日本舗道(株)	〃		
西日本調査設計(株)	〃		
福井県土地改良事業団体連合会	〃		
福岡県農林建設企業体岩崎建設(株)	〃		
(株)婦中興業	〃		

農業土木技術研究会会員数

地方名	通 常 会 員							地方名	通 常 会 員								
	県	農水省 関係	公団 等	学校	個人	法人	外国		県	農水省 関係	公団 等	学校	個人	法人	外国		
北海道	104	338	23	8	26			近畿	滋賀	40	5	1	1	4			
東	青森	48	31		2				京都	42	57		5	3			
	岩手	42	37	15	1	4			大阪	17		1	5	5			
	宮城	53	65		5	18			兵庫	39	8		4	3			
	秋田	104	6		2	6			奈良	42	26			4			
	山形	21	5		1	1			和歌山	33	4		1				
福島	60	38		1	1		小計		213	100	2	16	19				
北	小計	328	182	15	11	30			中国 四国	鳥取	26	8		2	4		
関	茨城	92	56	11	3	9				岡山	66	7		5	1		
	栃木	78	23	1		2				広島	93	50	2	4	4		
	群馬	31	17	7				山口		52	8			2			
	埼玉	57	22	10	2	19		徳島		42	8			1			
	千葉	32	16	11	10	20		香愛		17	6			1			
東	神奈川	30	191	83	4	18		高知		42	2	2	6	3			
梨野岡	40			3	1		小計	470		108	4	23	20				
静岡	51	12			5		九州	福岡		39	18	21	8	13			
北	新潟	65	60		3	3				佐賀	34	14		4	1		
	富山	56	10		1	3			熊本	43	11		1	3			
	石川	42	62		1	9			大分	20	34	4					
	福井	40	9			1			宮崎	49	3						
	小計	203	141		5	16			鹿児島	21	10		4	1			
東	岐阜	27	18		2	7			沖繩	73	12						
	愛三	148	119	41	1	10			小計	303	120	30	12	22			
海	三重	13			1	5			合計	2,303	1,477	238	101	249	749	17	
	小計	188	137	41	4	22			総合計	5,134名							

編集後記

日本は今、世界のどの国も経験したことがない未曾有の「高齢化社会」への入り口に立っているといわれる。このことを数字でみると、1人の女性が生涯に何人の子供を産むかを示す指標では、'73年には2.14人であったのが'90年には1.54人にまで低下。それとも関連して、子供（15歳未満）の総人口に占める割合も'71年の24.0%から'93年の16.9%へと、戦後最低の記録を毎年更新している。逆に平均寿命は、男女ともに世界の最長寿国の地位にあり、総人口に占める高齢者（65歳以上）人口の割合は'90年で12.0%。これが30年後には25%の「4人に1人」まで増加するという推計がある。

大都市ではすぐにピンとこない数字ではあるが、農村では高齢化への進行が、過疎化・農業後継者の確保難とともに、より深刻な問題として表面化しているのは目新しいことではない。これまで歴史の中で英知と労力をそそぎ込んできた農村地域が、結果として跡継ぎもいないようになってしまったのは余りにも寂しすぎる。昨年発表された「新政策」において、魅力とやりがいのある農業を実現するための政策が方向付けられた。今後10年程度をにらんだ方向付けであり、これからの具体的な肉付けにより意欲ある担い手（経営体）をつくり、またつないでいくか。これが「生活大国」としての量から質への転換になるものとして努力したいものだ。
事業計画課 親泊 安次

水と土 第93号

平成5年6月20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 (3436) 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 (3952) 5651