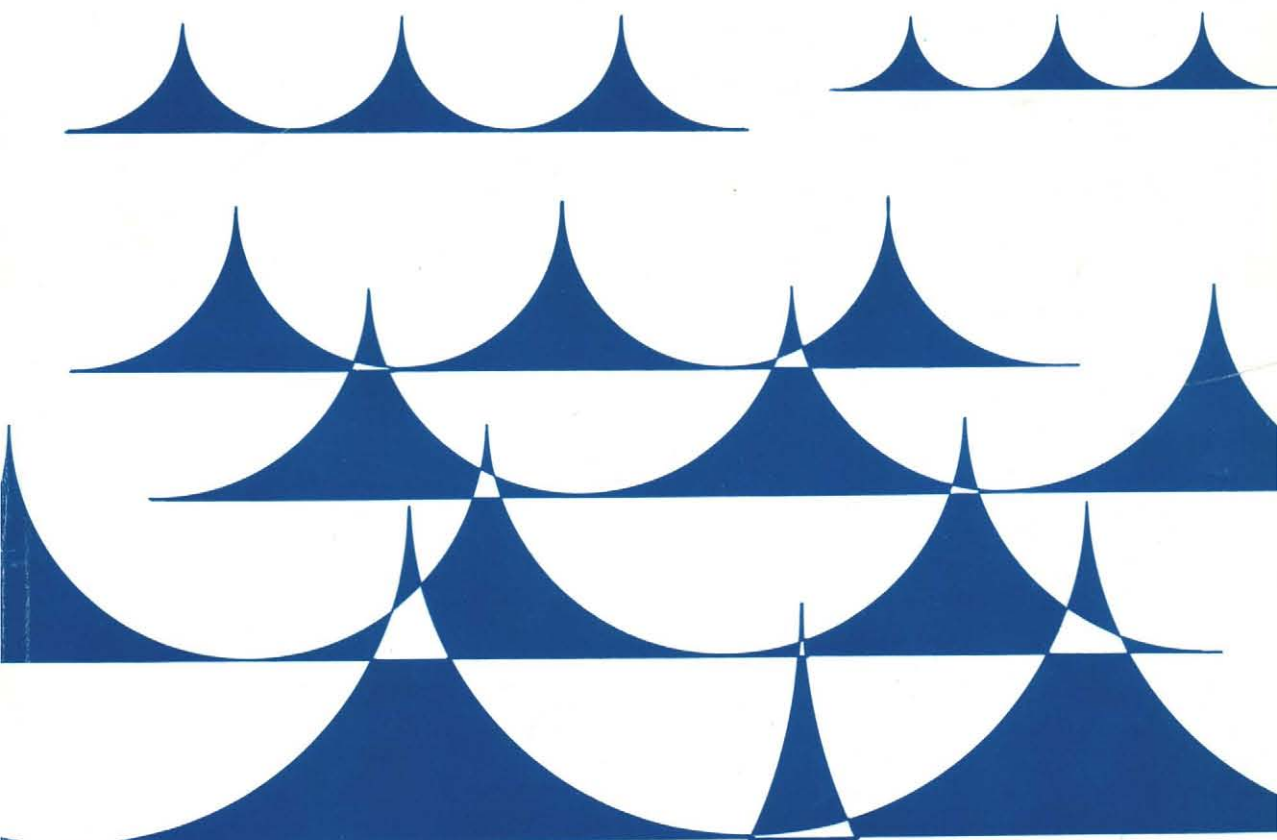


水と土

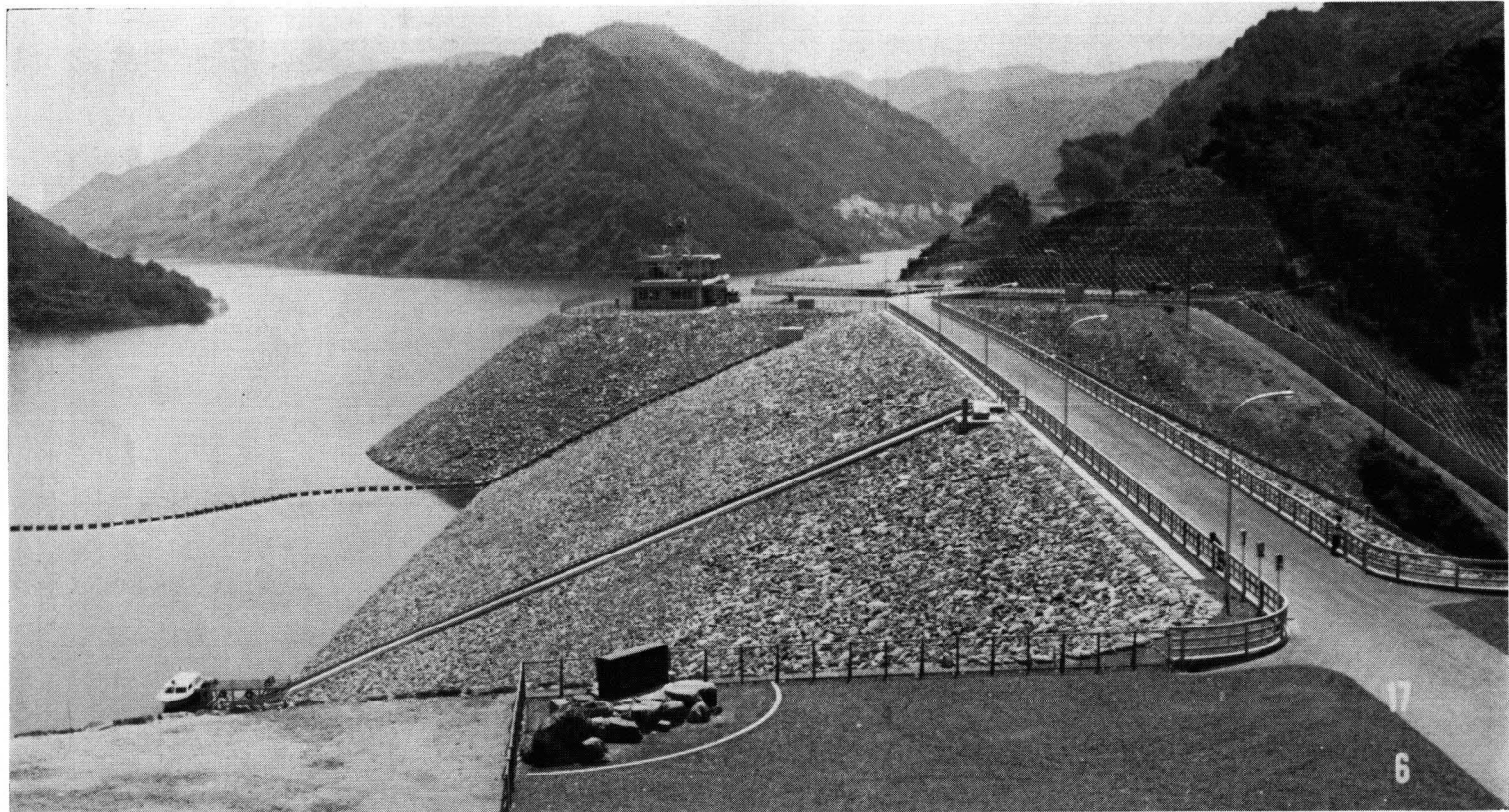
第 25 号



昭和51年6月号

農業土木技術研究会

水 窪 ダ ム



施行主体 東北農政局米沢平野農業水利事業所（本文31頁参照）

中心コア式ロックフィル 堤高 62.0m 堤長 205.0m 堤体積 1,000千 m^3

総貯水量 31,000千 m^3 有効貯水量 29,000千 m^3 満水面積 1.55 km^2

利用水深 40.0m 取水量 19.481 m^3/sec



枝下幹線水路の決壊（豊田市栄町）（本文43頁参照）



豊田市中心街の浸水被害（本文43頁参照）

水 と 土

— 目 次 —

グラビア

水窪ダム

報 文

長崎南部地域総合開発事業の環境問題について

高須賀 俊 一……(1)
西 井 武 夫

〔新研究分野の紹介〕

農村整備——その研究体制と研究方向——

笹 野 伸 治……(5)

でん粉廃液の肥培かんがいについて

阪 本 一 之……(9)

鹿追地区肥培かんがい(ふん尿)施設について

黒 岩 茂 治……(17)

頭首工エプロン保護の試験施工について

落 合 信 義……(24)

水窪ダム施工管理について

増 田 明 徳……(31)

枝下用水県営災害復旧事業

猿 渡 良 一……(43)

農道舗装に関する二、三の問題点

——(山形県内の実施事例から)——

横 山 輝 夫……(56)

資 料

利根川水系及び荒川水系における水資源開発基本計画について

細 谷 信 行……(62)

飽和砂質地盤の液状化について

川 口 徳 忠……(72)

講 座

知っておくべき測量技術のポイント(その1)

山 下 源 彦……(80)
高 橋 久 雄

会 告・編集後記

……(91)

No. 25

1976

June

長崎南部地域総合開発事業の環境問題について

高須賀 俊一* 西井 武夫**

目 次

1. まえがき	1	4. 大規模地域総合開発計画における	
2. 計画の概要	1	環境アセスメントの手法について	2
3. 環境問題について	1	(1) 手法の検討の必要性	2
(1) 提起されている問題点	1	(2) 提案する環境アセスメントの手法	2
(2) 環境問題に関する調査の経緯	1	5. むすび	3
(3) 環境問題に関する今後の対応について	2		

1. まえがき

これからの農業土木事業にとって、環境問題は避けて通ることのできない社会情勢になってきている。従って、この環境問題に対して積極的に取組み、計画、実施面に生かしていく必要がある。

そこで、当地区における環境問題の対応について述べる。

2. 計画の概要

長崎県は、平坦地に乏しく全面積の85%が丘陵と山地であるため、産業振興の基盤である水と土地に恵まれていない。本計画は、諫早湾10,000haを締切って、水と土地を新たに造成するものである。

水については、淡水湖（有効貯水量44,400千 m^3 ）を造成して、この水を農業用水と都市用水に利用する。

農業用水は、多良山麓、島原半島の常習的干ばつの解消を図り、土地造成と共に地域農業構造の改善、ひいては食料自給率の向上、国民食生活の維持向上に資する。

都市用水については、恒久的水不足に悩む長崎市等都市地域に給水し生活水準の維持向上を図る。

土地については、新たに6,000haの農用地を造成し、飼料作物及び野菜を栽培し、酪農、肉牛及び野菜団地を形成する。

本計画は、水田造成を主眼としていた長崎干拓事業の後を引き継いだものであり、昭和45年度より水資源開発と土地造成を中核とした地域総合開発調査が開始され、47年度に調査完了、48年度より全体実施設計に着手し、現在に及んでいる。

3. 環境問題について

(1) 提起されている問題点

当事業計画について環境関連の問題として提起されている主な事項は次のとおりである。

- ① 魚類の産卵地、稚魚の育成地の消滅
- ② 締切による海象（潮位、潮流等）変化の影響度合
- ③ 工事中の汚濁拡散の影響範囲
- ④ 排水門、除塩暗渠等の排水の与える影響度合
- ⑤ 湾の干陸化による微気象の変化
- ⑥ 野鳥、渡り鳥等の棲息地、休憩地の消滅
- ⑦ 干潟の浄化分解機能の低減が、生態系に与える影響及び湾の消滅による稀貝、稀魚類に与える影響
- ⑧ 埋蔵文化財等の破壊のおそれ
- ⑨ 淡水湖の水質に対する危惧

(2) 環境問題に関する調査の経緯

本地区における環境問題に関する調査は、昭和48年…問題点の把握及び既存資料の収集整理、昭和49年…方法論を中心とした環境アセスメントの概略検討、昭和50年…個々の問題について具体的検討の実施という考え方で対処してきた。

現在までに実施した主な環境調査の概略を述べる。

- ① 淡水湖造成に伴う有明海漁業に与える影響調査…日本水産資源保護協会委託
- ② 電算シミュレーションによる諫早湾締切後の環境変化に関する検討…堤外海況変化、汚濁拡散範囲の検討、農業土木試験場
- ③ 工事施工に伴う汚濁拡散範囲の検討…検討委員会において検討 農業土木学会委託
- ④ 気温影響調査…湾の干陸化が気温に与える影響についての調査 大学委託
- ⑤ 干潟浄化作用の検討…諫早湾干潟消滅の水質に

* 高須賀俊一 長崎南部地域総合開発調査事務所
** 西井 武夫 九州農政局設計課

与える影響の検討，コンサルタント請負

- ⑥ 埋蔵文化財分布調査……畑かん受益地内の埋蔵文化財調査，長崎県教育庁委託
 - ⑦ 淡水湖水質に関する検討……塩分濃度，富栄養化についての検討，大学委託，委員会による検討
 - ⑧ 総合開発計画に関する環境関連調査……問題点の把握及び既存資料の収集，コンサルタント請負
 - ⑨ 諫早湾堆積物の生成に関する検討調査……堆積物の組成分析，堆積機構の検討，コンサルタント請負
 - ⑩ 環境アセスメントの検討……方法論を中心とした環境アセスメントの概略検討，コンサルタント請負
- (3) 環境問題に関する今後の対応について

現在までの調査結果を基に，環境影響事前評価（環境アセスメント）を行い，本事業の環境に与える影響を把握し，土木的対策にて影響を少なくできるものはその代替案を検討し，補償の必要なものは補償を実施するという方向で対応しようと考えている。

本地区における環境アセスメントの必要性は，

- ① 公有水面埋立法に基づく環境部局と協議
- ② 地元等のコンセンサスを得ること

であり，昭和51年度に環境アセスメントをとりまとめる予定である。

次に本地区で実施した環境アセスメントの概略検討の手法について述べる。

4. 大規模地域総合開発計画における環境アセスメントの手法について

(1) 手法の検討の必要性

わが国における環境アセスメントの手法としては，“環境影響評価の運用上の指針”（S49.6中央公害対策審議会防止計画部会環境影響評価小委員会）が発表されている。これは環境影響評価の運用上の問題点を整理し，当面の方針となる事項をまとめたものであり，体系的な評価手法を示したものではない。ことに環境評価の内容面については，新規の大規模工業開発を想定して検討しており，高速自動車道，新幹線鉄道，飛行場などの工業開発と直接つながらない公共事業は除外されている。もちろん農業開発は検討の対象となっていない。

従って，環境影響として取上げられているのは，主として大気汚染，水質汚濁，地盤沈下，騒音，振動，悪臭，廃棄物など，いわゆる公害といわれるものである。

当地区のように大規模な地域総合開発計画に適合する環境アセスメントの手法については，未だ確立されていない。それで，当地区に適合した環境アセスメントの手法について，方法論を中心に検討を実施した。その要約を以下にのべる。

(2) 提案する環境アセスメントの手法

面的な農業土木事業，ことに当地区のような大規模な

ものは，環境に与える影響が複雑多岐にわたるから，その環境アセスメントは体系的に行う必要がある。体系的なアセスメントの手法である，① Leopold の手法，② Fischer, Davies の手法，③ 水資源開発計画に関する環境評価システムの3者を比較検討した結果，以下の環境アセスメントの手法が当地区にもっとも適合するのではないかとと思われる。

ここで提案する方法は，

第1にアセスメントの過程で環境に対するインパクトをできるだけ小さくするように計画を修正し，あるいは代替案を考えることを重視する。

第2にインパクト評価をできるだけ客観的なものにするため，主観の入らない適切な評価基準を設定する。

第3に環境アセスメントの結果は，開発計画の技術検討及び経済検討と並んで，計画決定の重要な情報であるから，予測，評価の仮定条件や判断基準を明確にし，かつ理解しやすい形で示すことを目標とする。

以上の前提条件を基に，アセスメントの方法の手順を次のとおりとする。

- ① 環境要因，行動要因の抽出，マトリックス作成
- ② マトリックスの各ます目についてインパクト有無の判定
- ③ 第1次評価
- ④ 第2次評価
- ⑤ 最終検討，とりまとめ

これらの作業は，環境アセスメント委員会が行うようにした方がよい。この委員会は，関係諸分野（気象，地質，土壌，水文，植物，動物，作物，畜産，水産，林業，農業工学，土地利用，経済，社会など）の専門家がかつ視野の広い人で構成する。

1) 環境要因・行動要因の抽出，マトリックス作成

① 環境要因の抽出

環境要因については，物理・化学的要因，生物的要因，文化的・社会的要因に区分する。

② 行動要因の抽出

農業土木事業において考えられる行動要因を抽出する。行動要因の配列は，「工事中」と「工事完了後」に大別し，工事の進む順序に並べる。

③ マトリックスの作成

抽出した環境要因を縦欄に，行動要因を横欄にとってマトリックスを作る。抽出の過程で不要な要因は捨て去られるから，このマトリックスはそれほど膨大にはならない。

2) インパクトの第1次評価

環境評価マトリックスができたなら，このすべてのます目についてインパクトの有無を検討し，インパクトが存在すると判断されるものは，そのます目に斜線を引き，そのインパクトの大きさを評価する。インパクトが短期

間で消えるものは斜線を2重に引く。第1次評価は比較的簡単に行い、その結果インパクトが大と判定されたものについては詳細な第2次評価を行い、その際インパクトを軽減する対策などを検討する。

① インパクトの評価の考え方

インパクトの大きさは、行動要因の作用をうけて変化する環境要因の重要性和、生じる変化の程度(量、範囲、強さ)との両面から測らなければならない。

インパクトの評価は、まず環境要因の重要性を評価し、次に生じるであろう変化の程度を予測し、両者を組合わせてインパクトの大きさを決定する。

② 環境要因の重要性の評価

環境要因の重要性の評価は、人によって大きく食い違う可能性がある。立場の相違によって評価が相反することは珍しくない。しかし大まかでもよいから評価の寄り所となる基準が設定されていれば、それにしばられて個人の主観の働く範囲が限定され、評価の結果のバラツキは小さくなる。ここでは、表-1のように評価基準を設定し、4段階に区分する。

表-1 環境要因の重要性の区分

重要性評価基準の一般的表現	
きわめて重要なもの	4
重要なもの	3
やや重要なもの	2
重要でないもの	1
具体例……水産生物の重要性	
諫早湾のみに存在するもの	4
有明海とその周辺のみに存在するもの	3
日本周辺のみに存在するもの	2
どこにでもいるごく普通のもの	1

③ 環境要因に生じる変化の程度の評価

行動要因の作用によって生じる環境要因の変化の「程度」(大きさ、規模、範囲又は頻度)は、きわめて大き

表-2 環境要因におこる変化の程度又は頻度 一般的表現

きわめて大きい	4
大きい	3
かなり	2
わずか	1
具体例……生物の変化度	
保護しても維持できない(絶滅)	4
保護すれば維持できる	3
多少の保護で維持できる	2
保護なしでも維持できる	1

なものを4点、わずかなものを1点とし、表-2のように4段階に区分する。

④ インパクトの大きさの評価

環境要因の重要性和環境要因に起こる変化の程度をそれぞれ評価し、それを合計した点数でインパクトの大きさを表す。6点以上のものは、第2次評価に回す。インパクトの大きさを表-3に示す。

表-3 環境インパクトの大きさ

		環境要因の変化の程度			
		4	3	2	1
環境要因の重要性	4	8	7	6	5
	3	7	6	5	4
	2	6	5	4	3
	1	5	4	3	2

マトリックスのます目には、右上から左下へ引いた斜線の上側に環境要因の重要性を、下側に変化の程度を記入する。

第1次評価の結果を、表-4に示す。

3) 第2次評価

第1次評価でマトリックスのます目の斜線の上側と下側に点数が記入される。その合計点が6点以上になるものは相当なインパクトを起こす可能性があるもので、これに対して第2次評価を行う。第2次評価は各委員が自分の専門分野に応じて分担し、関係資料を検討して慎重に採点する。

第1次評価では、重要性和変化度の評価にあいまいさがある場合、安全をみて高い評点を与え第2次評価に回してきているから、第2次評価では第1次評価より点数が低くなる可能性がかなりある。それでも第2次評価の結果、インパクトが大きい場合には原計画に修正を加えるなど、インパクトの大きさを減らす方法を検討する。

4) 最終検討ととりまとめ

第2次評価を終った項目について、更に行単位、列単位の検討を加え、原計画によって生じる重要なインパクト、それを軽減するための修正案ないし対策、注意事項などをわかりやすくまとめ、最終的な報告を作成する。

4. むすび

環境アセスメントについては、最近法制化の動きが活発となり、中央公害対策審議会の環境影響評価部会において検討が行われている。

これからの農業土木事業にとっても、この問題に関して積極的に取組み、自然との調和の上に事業計画を樹立することがより一層必要となってくるであろう。しかし、農業土木事業は、公害を引き起したり、単に自然破壊を

表一4 第1次評価の例(諫早湾外有早海への影響)

行動要因		工 事 中						工 事 完 了 後							
		基 地 建 設	ポン プ 船 に よ る 採 砂	ポン プ 吹 上 げ 築 堤	潮 止 口 建 設	樋 門 ・ 除 塩 暗 渠 建 設	内 部 堤 防 築 造	締 切	干 陸 、 農 地 化 、 工 場 化	淡 水 湖	樋 門 排 水	除 塩 暗 渠 排 水	地 区 内 排 水 放 流		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
物理・化学的要因	地 圏	干潟, 底質	1	3/3	3/3			3/1	3/3			3/2	3/2	3/1	
		底土カドミウム	2						3/3			3/2			
	水 圏	潮汐・潮流	3						3/3						
		海 流	4						2/1						
		波 浪	5	3/3					3/3						
		水 質	6		3/3	3/3	3/2	3/2	3/1	3/3		3/3	3/3	3/3	
		水 温	7							3/1			3/1	3/1	3/1
		気 温	8							3/1	3/1				
	気 圏	風	9							3/1	3/1				
		大気成分(悪臭含む)	10								3/2				
生物的要因	植物群	植物プランクトン	11	1/2	1/2			1/1			1/2	1/2	1/2		
		海産顕花植物, 海藻	12	1/2	1/2			1/1			1/2	1/2	1/2		
		動物プランクトン	13	1/2	1/2			1/1			1/2	1/2	1/2		
	動物群	貝類, 甲殻類	14	3/3	3/3			3/1			3/2	3/2	3/2		
		底棲魚類	15	3/3	3/3			3/2			3/2	3/2	3/2		
		移動性魚類	16	2/1	2/1			2/1			2/1	2/1	2/1		
		鳥 類	17						3/3						
	生態学的関係	藻 場	18	2/3	2/3			2/2	2/2		2/2	2/2	2/2		
		赤 潮	19								4/2	4/2	4/2		
文化的・社会的要因	土地利用	のり養殖	20	3/3	3/3			3/2	3/3		3/3	3/3	3/3		
		魚介採取	21	3/3	3/3			3/2	3/3		3/3	3/3	3/3		
	レクリエーション	魚 づ り	22	1/3	1/3			1/2	1/2		1/1	1/2	1/2	1/2	
		ボ ー ト 泳	23	1/3	1/3			1/2	1/2		1/1	1/2	1/2	1/2	
	交 通	海上交通	24						3/3						

行うものでなく, “新しい緑の創設” であるとの認識のもとに, この問題に対応する必要があると思われる。

なお, 環境アセスメントの手法については, 「長崎南

部地域総合開発計画に関する環境アセスメント検討業務報告書」(S50.2太陽コンサルタツツK, K)を要約したものである。

農村整備 ——その研究体制と研究方向——

笹野伸治*

目 次

1. まえがき..... 5	4. 地域計画研究室の研究方向..... 6
2. 研究室の発足をめぐる経緯..... 5	5. 環境整備研究室の研究方向..... 7
3. 研究の背景..... 6	6. あとがき..... 8

1. ま え が き

農村整備とは何か、について最初に説明しておく必要があろう。農村整備に関与する人々は多くの専門分野、多くの立場（技術者、行政官、研究者など）にわたっており、どの専門分野のどのような立場の人であるかにより、農村整備についていくらかづつ異ったイメージを抱いている。個人による考え方の差もまた無視できない。ここでは、混乱を避けるために何人かの人々の合同討議から生まれた見解を紹介しておこう。

農業土木学会誌 Vol. 44, No. 1 の農村整備講座(1)では、農村整備計画の性格について以下のように解説している。

- 『① 農村整備計画は農村地域における広義の面的整備計画である。
- ② 農村整備計画は農村地域の総合的土地利用計画を軸にして実施される農村改良計画である。
- ③ 農村整備計画は農村地域の各種整備計画の総合調整計画である。
- ④ 農村整備計画は農村基盤全体の整備を通じて農業基盤を充実するための計画である。』

この農村整備の具体的内容は、農村における生産基盤の整備と自然環境を含めた住民の生活環境の整備の両面にわたるものである。

一方、「農村計画」という用語は、上記の農村整備がフィジカルな側面に重点をおいているのに対し、農村社会、農村生活、農村の経済などのメタフィジカルな側面にもわたった総合的な将来計画という意味で用いられる。「農村計画の手引き」は、農村計画を次のように定義している¹⁾。

『地方自治体が地域住民と一体となって〔計画主体〕、

農林業的土地利用を主体とする地域の中での計画立案の対象とする当該地域について〔計画地域〕、その地域に居住する人間の諸々の営み（生活・生産・保養・教育・公共活動などの行動の一般を指す）を〔計画の対象〕、可能な限り望ましいものに近づけるべく（何をもちて望ましいとするかについては、地域毎の判断によらねばならない。）〔計画の目的〕、その目的を合理的に達成するための各種の方策を〔計画の手段〕、構想化することである。』

さて、本稿は「農村整備」という表題のもとに執筆するものであるが、内容は上記の意味での「農村計画」の側面にも及ぶことになる。

また、本稿は農業土木試験場の地域計画研究室長である筆者が環境整備研究室長（久保七郎氏）の意見を求めながら、両研究室にわたる内容について述べたもので、文責は筆者にある。

2. 研究室の発足をめぐる経緯

農村整備という課題は新しいもののように聞えがちであるが、農業土木部門における取組みの開始が最近行われたというだけのことで、課題そのものは極論すれば人類が農業を始めた時代以来存続している。そして、それぞれの時代に、その時代の生産技術水準や生活様式、社会構造に合致した農村となるよう、かつそれぞれの地域の風土に適合した農村となるように配慮しつつ、農村整備が行われる必要がある。生産基盤と生活基盤の両面にわたる調和のとれた整備が行われるべきことは本来自明の理である。にもかかわらず、改まってそのことが強調されねばならないということは調和のとれた整備が十分に行われなかったがための歪みが生じたことを物語っている。

さて、当農業土木試験場においては、昭和45年4月に環境整備研究室が新設され、先述の「農村整備」と「農村計画」の両面にわたる研究を開始したのが取組みの始

* 農業土木試験場農地整備部地域計画研究室長

1) 農村計画の手引き、編集委員会、「農村計画の手引き」1975。農業土木学会。P 386。

まりである。その後、研究の対象となるべき領域があまりに広範で2～3名の研究者では対応し切れない悩みを解消すべく、昭和49年4月にこれを2つに分け、「農村整備における個別の整備技術」を環境整備研究室が、「農業地域における総合的な地域計画手法」を地域計画研究室が分担する体制をとり、今日に到っている。

農業土木部門全体について眺めると、一部の大学において農村整備に関係する講座が設置され、また、この問題に関心のある何人かの研究者や行政機関の技術者が具体的な取組みを開始したのは、昭和40年代の前半からである。そしてこれらの人々を核にして農業土木学会に農村計画研究会が発足したのが昭和46年度である。（現在の会員数は300余名）

農業土木以外の他の専門分野の人々も、勿論農村問題には関心を抱いており、明治以降多くの専門分野において研究が展開されて来た。戦後の動きを見ても、たとえば日本建築学会の農村建築研究会は、昭和20年代の後半に活動を開始しているし、農村生活研究会も同じ年代に発足している。農業経営・経済や農村社会などの分野においてもやはり昭和20年代から何人かの研究者が研究活動を開始している。農業土木部門における農村整備や農村計画への取組み開始はむしろ非常に遅かったといわざるを得ない。

一方、農業土木部門における行政上の対応であるが、農村基盤総合整備調査の開始は昭和45年度であり、また農村基盤総合整備パイロット事業制度が発足したのが昭和47年度である。更に農村基盤総合整備事業が昭和51年度より制度化されている。

以上を総合していえることは、我が国における農村整備への取組みが農業土木部門の事業制度、研究体制の整備を伴って開始されたのは昭和40年代の後半からであり、約5年間の試行錯誤の時代を経て昭和50年代から更に本格的な取組みの時代に入って行くであろう、ということである。

3. 研究の背景

(1) 社会の混迷と農村の行きづまり

明治以降の日本の近代化の歴史を眺めると、農村計画や農村整備の必要性が特に強く唱えられて何らかの施策が講じられた時代が何回かある。それらは何れも社会や農村が混迷期を迎えて今後あるべき方向を模索した時代に当たっているように思われる。主なものをあげてみると、第1は明治30年代に展開された「町村是（町村の総合的将来計画）調査」であり、第2は昭和初期の大恐慌で疲弊した農村の救済を意図した「経済更生計画」、第3は昭和30年代前半の「新農山漁村建設総合対策」である。このように数えた場合、近年の農村整備や農村計画への一連の対応は、明治以降4回目の高まりに相当す

る。そしてこれらの経緯を見る限りでは、将来方向の暗中模索の段階を経て社会や農村が安定した軌道を始めると、いつしかこの問題への関心がうすれて行ったようである。

さて、我々の世代が直面している問題は深刻である。高度成長路線が挫折したあとの“ツケ”として、環境汚染、資源涸渇、食糧危機、経済不況などの諸問題が横たわっており、農村においては、一方では過疎、出稼などに悩み、他方では都市近郊におけるスプロールや農業生産環境の汚染に悩んでいる。また、農業そのものの長期的な将来方向についても暗中模索が続いている。そしてどの問題も複雑な相互関係で結ばれており、狭い視野、短期的視野に立った対策は有効な解決をもたらさない怖れがある。そして多くの場合、目的とする効果のプラス作用の外に、予期しなかった副作用によるマイナス作用にも大きな関心を払う必要が生じている。このような状況下にあっては、従来のように一定の方向をきめて委細かまわずまっしぐらに突走る、といった行動を起すことは一般に危険である。たとえていうと、“海図を持たないでまっしぐらに太平洋を走った時代”から、“詳細な海図を作り安全な航路を読み取り、細心の注意を払って暗礁の多い海域を航海する時代”に入っているように思われる。そして、この“暗礁の多い海域の時代”は、今後非常に長く（ことによると人類の終りの日まで、続くのではなからうか。

(2) 早急に確立すべき数々の新しい整備技術

何らかの有効な緊急措置を講ずべき事態が、我が国の農村において各所で起っている。中でも環境破壊の問題は特に緊急な対処を必要としている。そして、これらの問題の多くは、従来にはなかった新しい技術により対処しなければならぬものである。また、一方では、農村社会の構造や生活様式が変化し、農村の生活環境整備の立ち遅れへの不満も高まりつつある。この事態への対処も急ぐ必要があり、具体的な事業制度を伴った行政的な対応も農村総合整備モデル事業、農村基盤総合整備パイロット事業などにより既に開始されている。しかし、それらの各種の農村環境整備は、特に農業生産基盤整備との調和、将来の農村の社会構造や生活様式との調和に注意を払った新しい整備技術により進められねばならない。以上の2つの事情から、農村整備を構成する各部門において、各種の新しい整備技術が早急に確立され、それらを駆使した具体的な整備施策が実施にうつされる必要があるものと思われる。

4. 地域計画研究室の研究方向

この研究室は、フィジカル部門の他の多くの専門分野との学際的な協力のもとに、先に述べた「農村整備計画」に計画策定技術としての側面から取り組むべき立場に

ある。また、メタフィジカル（社会・経済など）部門を含めた更に多くの専門分野との広範な学際的協力のもとに、先に述べた「農村計画」の計画策定手法確立に取組むべき立場にある。

具体的な主要研究課題は次のとおりである。

(1) 農村における総合的な地域計画手法の確立

上にも述べたとおり、この問題に関与する数多くの専門分野の協力により、各々の専門分野の角度からその専門分野に関する詳細な計画手法と、総合的な計画手法の骨組みについての提案が行われ、それらが組立てられ調整されて各専門分野にわたる総合計画手法が確立されねばならない。このような「総合計画手法」は、たとえば農村総合整備モデル事業の前提としての市町村単位の農村総合整備計画においても、より広域的な農業地域開発計画においても要求される。

さて、このような総合的問題に接近するためには、従来にはなかった型の研究者が必要である。これらの研究者は自分の専門分野及びその周辺の分野の計画手法についての高い研究能力に加えて、その他の多くの専門分野についても幅広く部厚い素養を持ち、また発想法や基礎素養を異にする他の専門分野の研究者とチームを組み、衆智を集めて有用な結論を導き出せる協調性と総合力を備えていることが要求される。このような型の研究者は農村整備に関係する各々の専門分野において育てられる必要がある。

さて問題は、どうやってこのような型の研究者を育てるか、である。また、各専門分野からこのような能力を持った研究者が出て来て協力し合えるか否かも大きな問題である。先に述べた農業土木学会農村計画研究会や、日本建築学会農村建築研究会、農村生活研究会などの研究者グループにおける多くの専門分野の研究者との交流、農林水産技術会議の別枠研究における他の専門分野の研究者との共同研究、現実の計画策定における計画者チームを編成しての計画策定作業、多分野の専門家によるハンドブック的な参考書の編さんなどは、このような型の研究者を育てると共に実際に総合的な計画手法を組立てるための一連の方策として実施しているものである。

(2) 部門別の具体的な計画手法の確立

農業土木部門の技術者として担当すべき分野の詳細な計画手法を確立することは、当然の任務である。具体的には、土地利用、水利用、環境保全、生活環境及び集落整備、農業生産基盤整備などの各部門について、農業工学的視野に立った部門別の計画手法の確立を意図し各々の研究者が自分の重点とする部門についての研究を深めつつある。この研究室が特に重視している部門は、土地利用及び環境保全計画である。

(3) 各部門の計画に必要な原単位の確立

この課題については、計画手法と同様に、①他の専門分野と協力して多くの分野にわたる総合計画策定に必要な原単位を収集し、百科辞典的に編纂して行く研究、と、②自分の専門分野における研究を深め、必要な原単位を新たに確立して行く研究、の両面が必要である。

この研究室は、上記の三つの課題に関する研究を長期にわたって、できるだけ同時平行的に進めつつある。その過程では、現実の農村問題への理解を常に深め、また農村総合整備事業への協力を強化する意味から、農林省等よりの各種の調査研究依頼に一定のペースで応ずる外、他の多くの専門分野との協力関係を強化する意味から、別枠研究などの総合研究にも参画しつつある。

5. 環境整備研究室の研究方向

この研究室は、農村整備問題に、整備技術の側面から取組むべき立場にある。それだけに対応すべき問題が多く、研究課題への取り組みには広範囲の基礎学が要求される。限られた研究人員でこれらのすべてに応じようとすれば底の浅い研究におちいりやすく、また、こうした中から次代を担う研究者を育てて行くことは難しい。このため、研究室の重点目標を、これまでの研究室体制の中で取り残されて来た農村の環境保全技術の研究におくこととし、当面、水を媒体とする物質循環を追及する中で、環境破壊の機構を明らかにするとともに、保全管理の工学的方策を求める計画である。

農村総合整備事業等の計画・設計にかかわる技術的諸問題には、当試験場の各部の既設の研究室が、生産基盤の整備保全の立場から培って来た長年の蓄積を生かせるものが多く、関係研究室の協力を得て、これらの成果を農村環境整備の視点から体系化することも、この研究室に課せられた役割の一つである。

主な研究課題は次のとおりである。

(1) 農村環境整備に必要な原単位に関する研究

水質保全計画に資するため、農村生活排水の量・質とその変動特性に関する資料を重点的に集めているが、将来は生活排水のほか、農業生産活動を汚濁源とする排水について各種のデータの蓄積に努め、水質保全施設等の計画・設計根拠を明確にする。

(2) 農村環境施設整備技術に関する研究

交通通信網の整備あるいは総合的用排水計画など、生産と生活の両面にかかわる施設整備技術が対象となるが、当面は社会的要請の強い集落排水処理方式に関する研究に重点をおき、農村に適した処理方式の選別と、その具体的設計基準の確立を目標に、モデルプラントによる実験や現存する施設における測定などによる研究をすすめている。

(3) 農村環境整備技術の体系化に関する研究

農村における生活環境と生産基盤の一体的整備の技術

を確立するため、事業実施地区をモデルとして追跡調査を行い、問題点を抽出する。特に対応の遅れている環境保全の問題の研究に重点をおき、従来とかく生産強化に力点がおかれて来た技術体系との調和をはかるものとする。

農業は、本来自然環境との調和の中で生産活動を営んで来たものであり、今後の研究や整備事業の実施にあたってはその技術目標を明確にしておかないと、かえって農業と自然環境とのバランスを乱す結果ともなりかねない。例えば、農村における生活感情としての水洗化の要求を否定することはできないが、最終的には農地への還元を含む自然界の浄化作用との結びつきを考えない限り問題の根本的解決はあり得ないであろうし、研究上では都市における下水処理技術の二番煎じになるおそれがある。

このように、農村環境整備の研究は、新しい社会的要請に応えるべき新しい研究分野であり、それなりの確固たる新理念が必要であるが、この研究室独自の地道な研究を通じて方向を打出して行くべく努力を続けている。

6. あとがき

当場における農村整備の研究も、早いもので既に6年の歴史を重ねた。一方、行政面における農村総合整備事業制度の方も同様に6年の歴史を重ね、先駆的な事業制度としての農村基盤総合整備パイロット事業や農村総合整備モデル事業の時代から本格的な農村基盤総合整備事業制度の確立や農村整備計画に関する法律の制定が検討される時代に移ろうとしているのである。

思えばこの間に、ずいぶん色々な変化が起った。日本の国土、農村、農業、農民、その何れもが今、我々の目の前で大河的な方向転換をとげつつある。

ここ何年かの間、我々農業土木技術者は持場を守って誠実に努力を続け、生産性の向上の面では大きな貢献を歴史に残した。しかしその反面、農村の土壌は荒廃し、農民の心はすさみ、農政不信の念はつものたつたのである。

善悪にもとづいた不眠不休の努力が、時にこのような悲しい結果を伴って終るのは、残念なことである。できるだけくり返したくはない。今後必要なことは、“俺は間違ってたかった、あいつが悪かったのだ”と云い合うことではなく、農業や農村に関与する者一同が、その共同の責任において果たすべき責務のために謙虚に力を合わせることであろう。タテ割りの行政機構、タテ割りの専門分化機構のもつごうを克服して行くことが、我々の世代全体に課せられた責務ではあるまいか。

当場における農村整備の研究者に、2研究室あわせて僅か5名ではあるが、農村整備に関心を抱き、またその仕事を担当する仲間は多い。そして各々の専門分野、各々の段階の仕事が、皆それなりの重要性を持っている。ハードの技術とソフトの技術、ミクロの技術とマクロの技術、理想の追及と現実への対応、それらの何れもが大切であり、これらの多くの努力が組織的かつ同時平行的に進められねばならぬ。実務時代の農村整備を支えるべき広範な協力体制の中の、研究部門の一翼を担う者として、この2つの研究室は今後共最善をつくして行く所存である。読者各位のたえざる御鞭撻をお願いして筆をおくことにする。

でん粉廃液の肥培かんがいについて

阪 本 一 之*

目 次

1. まえがき	9	(A) 国営事業西土幌地区	12
2. 北海道の馬鈴しょとでん粉製造	9	(B) 団体営事業平和地区	15
3. でん粉廃液の性質と肥効	10	5. あとがき	15
4. でん粉廃液かんがい事業事例	12		

1. まえがき

北海道の農業は、わが国における主要な食料供給地として、高生産性農業の展開が期待されていると同時に、北海道の畑作農家の経営安定が強く望まれている。

北海道の畑作の生産性の向上には、農地の造成によって経営面積の拡大を計るとともに、農地の単位面積当りの生産性の向上をもたらすことが必要である。

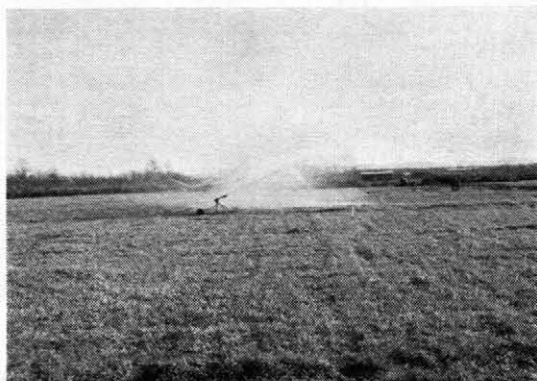
とくに、最近では労働力の減少によって機械化が進み、有機物の不足による地力の低下が大きな問題となっている。これらの地力増進のための有効資源として、家畜の排泄物、でん粉工場の廃液などが検討されてきた。

北海道の馬鈴しょは、冷害に強い寒冷適作物として、開拓当初より作付され、現在作付面積は75,000ha(48年農林統計)で全国の53%におよび、北海道畑作物の基幹となっている。この馬鈴しょは食料とでん粉原料に供され、その68%程度はでん粉に加工される。このでん粉加工の過程において廃液が多量に排出される。この廃液中には、チッ素、カリ、リン酸などの肥料成分を多く含み、これをかんがいすることによって作物に肥効が高いことが試験され、生産性の向上に役立つとともに、廃液は従来河川に放出していたが有機物が多く、水産資源保護のため水質基準がきびしくなり、河川放流が困難になってきている。

したがって地力の維持、増進が叫ばれている現在、農業内で生産したものは、農業で有効利用を計るという観点より、でん粉廃液を肥培かんがいする事業が実施され様としている。

ここで、でん粉廃液の性質肥効を説明するとともに、筆者が担当する十勝管内で、でん粉廃液の利用による肥培かんがい事業を実施しており、全国的にも実施事例が

少ないと思われるのでその事業概要を報告し参考に供したいと思います。



写真—1 肥培かんがいを開始した国営事業西土幌地区

2. 北海道の馬鈴しょとでん粉製造

北海道の馬鈴しょは、馬鈴しょが冷涼の気候を好むことや比較的耐酸性が強く、かつ種々の土壌に適応性があることなどによって、しばしば訪れる冷害克服に有利な作物として、作付面積が増加して来た。すなわち、昭和48年度の全国作付面積の140,500haのうち53%、収穫量では全国の3,302,000tのうち66%の大きなウエイトを占め、全国的に作付面積、収穫量とも下降線をたどるなかで北海道が主産地化している。また北海道の畑作物のなかで主要な位置を占めている。道内では網走、十勝、後志、上川地帯が作付面積が多く、年々の変動がみられるが、全道の85%程度がこの地帯で作付されている。

馬鈴しょの栽培品種としては、でん粉原料、食用兼用種である農林1号と、でん粉原料専用の紅丸がその7割を占め、男爵(食用)、マークイン(食用)、エニワ(でん粉原料)が続いている。

馬鈴しょでん粉は、甘しょ、とうもろこし、小麦でん

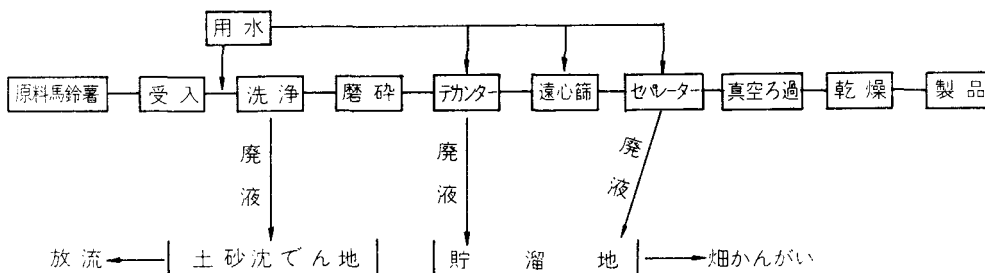
* 北海道開発局帯広開発建設部農用地開発課長

表一 昭和46年度馬鈴しょの用途別消費実績表

単位：t

項目	農家保有	販 売 用					道外搬出	減 耗	合 計
		市場用	でん粉用	加工用	種子用	その他			
消費量	148,740	41,900	1,269,500	40,859	43,020	2,036	308,930	13,015	1,854,985
比率%	8.0	2.2	68.0	2.2	2.3	0.1	16.5	0.7	100

(北海道特産課調)



〔注〕

デカンター……馬鈴薯の磨砕物を固形(でん粉と粕)と液体に分離する。

遠心篩……固形分より粕を除く。

セパレーター……でん粉乳から蛋白や不純物を除く。

図一 でん粉製造工程概略

粉などの各種でん粉中で、白度や粘着力が高いなど品質的にすぐれているため、衣料品の加工、医薬品、食用、水産加工用など多方面の需要が多い。

北海道のでん粉製造は、明治15年に始まったといわれ、当時は水車、または人力で行なわれたもので、次第に改良されてきたが、規模が非常に小さく、昭和30年頃までは、全道各地に約2,000工場が乱立し、品質などで問題が多かった。しかし、昭和30年頃より馬鈴しょでん粉の品質の向上、でん粉収得率の向上を目的として、でん粉製造工程を連続化した大規模工場が各地につくられ、馬鈴しょの作付が増大するとともに、でん粉生産のウェイトが増大している。道産馬鈴しょの用途別消費状況は、表一のごとく、でん粉原料用が60%以上を占めている。

でん粉の製造工程は、図一のごとく大きく分けると次のごとくである。

- ① 馬鈴しょの洗浄
- ② 馬鈴しょの磨砕
- ③ 磨砕物よりでん粉の精製
- ④ 分離されたでん粉の精製
- ⑤ 精製したでん粉の脱水乾燥および篩分け

3. でん粉廃液の性質と肥効

(1) 廃液の種類と性質

でん粉製造過程による廃液は、馬鈴しょに付着している土砂を洗浄する洗浄排水と、でん粉精製過程に排水さ

れる廃液とに分けることが出来る。この精製過程の廃液とは、磨砕された馬鈴しょを、デカンターを通し固形分と汁液に分離させ、固形分は再磨砕、二次デカンターを経て、さらに、セパレーターにより脱水乾燥後製品が出来あがり、このデカンター、セパレーターの過程で排出されるものである。

ここで、洗浄廃液は馬鈴しょに付着した土砂によるものであるため、数時間滞留できる沈でん池で土砂分を沈でんした後、河川に放流したり、一部は再利用されている。デカンター、セパレーターから排出される廃液は、原料の6～7倍程度で量が多く、チッ素、カリ、リン酸などの肥料成分を多く含む有機物濃度が高い。

この廃液の分析結果は表一のごとくである。

表一 馬鈴しょ成分の動き

磨 砕 前		磨 砕 後	
でん粉	16.0	14.9	でん粉
不溶性固形分	1.2	8.1	でん粉かす
可溶性固形分	4.3	77.0	廃水
水分	78.5		
合 計	100.0	合 計	100.0

(北海道立工業試験所吉町)

次に、でん粉廃液の処理方法としては、従来①河川放流 ②ばつ気処理 ③地下浸透法がとられて来たが、量が多く、とくに河川放流は、最近河川水質規制がきびしくなり、放流が困難となっている。

ここで考えられる方法として、廃液は肥料成分を多く含んでいることから、かなり以前から草地へ還元すると

表-3 廃液分析結果

(ppm)

工場名 (略称)	廃液の種類	採取場所	PH	全窒素 (T-N)	リン酸 (P ₂ O ₅)	カリ (K ₂ O)	マグネシウム (Mg)	有機物	
斜網工場	セパレーター	沈澱池	6.6	244	78.8	248	—	1,150	
		〃	6.7	285	128	431	38.3	1,010	
東部十勝工場	デカンター	本体	5.1	1,785	753	3,470	223	20,260	
		1次セパレーター	〃	6.5	91.2	70.5	170	9.4	1,370
		2次 〃	〃	6.3	20.2	15.5	45.4	2.1	488
		貯溜池	7.1	481	204	848	64.4	2,040	
士幌工場	蛋白回収廃液	本体	5.5	655	341	1,300	98.0	8,380	
		貯溜池	6.5	508	232	1,248	81.0	2,740	
小清水スターチ工場	蛋白回収廃液	貯溜池	7.1	148	69.0	256	43.3	1,010	
		本体	6.0	193	75.6	572	18.8	1,510	
		貯溜池	6.5	156	69.6	506	22.7	762	

(北海道農試)

その肥料効果の大きいことが確認されてきた。

畑地に還元する方法として、①タンクローリー～スプレッダー(散布機)方式 ②タンクローリー～インジェクター(地中注入機)方式、③パイプライン～散水器方式が考えられるが、①②では工場からの廃液が多いのに、1台当りの運搬量が小さいため運搬回数が多くなり、一定期間内の処理が困難である。したがって、パイプライン～散水器方式が搬送効率が高いので、各地で計画されている。

(2) 廃液の肥効

1) 牧草

廃液をかんがいすることによって、効果の一番

大きいのが牧草である。各地の試験結果によると緑度を増し、生育も良好で、収量は増大する。また、起生期が早まり、生育終末期も延期される。

(表-4 参照)

2) 馬鈴しょ

馬鈴しょのかんがい効果もかなり見込まれる。試験の一事例は表-5のごとくである。この試験では生育初期は全く変化がなかったが、7月中旬より急激に茎葉の生育が目立ち、9月7日の調査では、無かん水区に比較して茎葉で約50%の伸びがあり、葉色も青くなり、収量では20mm区、40mm区とも約25%の増があった。

表-4 牧草の収量調査

試験区分	利用区分		残効試験				連用試験			
	年度		41	42	43	平均	41	42	43	平均
標準肥料系列	mm		100%	100	100	100	100	100	100	100
	廃液 0		(281.1)	(784.5)	(571.2)	(545.6)	(281.1)	(805.5)	(571.2)	(552.6)
	〃 50		249	110	127	162	249	109	179	179
	〃 100		258	118	141	172	258	121	135	171

- [注] 1. ()はkg/a 収量
 2. 肥料 N4.0kg/10a P₂O₅ 10kg/10a K₂O 6.0kg/10a MgSO₄ 10kg/10a
 3. 北農試・南氏調査 美幌試験地

表-5 馬鈴しょ収量調査

項目	播種	生育調査			10a当収量	収量比	備考
		6/30	8/2	9/1			
廃液 0mm	5月6日	63cm	90	101	4,938kg	100%	
〃 20mm	〃	64	121	144	6,238	126	
〃 40mm	〃	61	121	140	6,132	124	

- [注] 1. 肥料 N10kg/10a P₂O₅ 20kg/10a K₂O 14kg/10a
 2. 北農試調査・網走市北浜試験地

4. でん粉廃液かんがい事業事例

(A) 国営事業西土幌地区（総合農地開発事業）

(1) 事業概要

本地区は、大雪山系を源とする十勝川水系音更川右岸の十勝管内土幌町の高台地帯に位置し、なだらかな丘陵地にほぼ矩形の一団地を形成している。（図—2 参照）地区面積は1,841 haで、畑地かんがい（791ha）、農地造成（1,738ha）、明渠排水（48km）、道路（41km）、農用地整備（暗渠排水1,494ha、雑用水～配水管路 58 km）を事業内容とし、総事業費60億円を予定して昭和44年度から実施している。

畑地かんがいはこの総合農地開発事業の一環として実施するもので、土幌町に全道一の生産量を有する土幌農業協同組合のでん粉工場の廃液肥培効果に着目し、これを有効利用することによって、干害防止と牧草の増収を計り、乳牛の多頭飼育を進め、農業生産性を高めて農家経営の安定を計ろうとするものである。

畑地かんがい事業は、昭和50年度より着手、工事費約15億円を予定し、50年度は揚水機場、送水管路、配水管の一部を施工し、50年末に一部散布開始までこぎつけ、本年度も本格的工事を継続し、出来るだけ早期完成をめざしている。施設の概要は、でん粉工場の近傍の貯溜池に入れられた廃液をポンプアップ方式で調整池に揚水し、ここからパイプラインによる自然流下方式で地区内に排水し、大型散水器によってホ場に散水を行なうものである。又真水のかんがいも同施設で同系統で行なう。



図—2

(2) 用水計画

1) 廃液散布量の決定

経営計画、各種試験結果によって、牧草の計画収量を7,6t/10aと決めた。

したがって、生草中の含有成分量を分析し、計画収量を得るための必要成分量を算定し、さらに、土壌の天然養分供給量と肥料利用率を考慮して廃液散布量を決定し

た。

a) 廃液の肥効分

当でん粉工場廃液中に含まれる肥効成分は、昭和47年11月現存貯溜池よりサンプリングした廃液を、国立北海道農業試験場で分析した結果、その平均値は表—6のごとくだったのでその値を採用した。

表—6 西土幌地区利用廃液含有肥効成分表

項目	チツ素量		リン酸	カリ
	(N)	PPM	(P ₂ O ₅)PPM	(K ₂ O) PPM
成分	508		232	1,248

b) 牧草に含まれる成分量

混播牧草 1 t 中に含まれるチツ素、リン酸、カリの成分量は、北農試および畜産試験場の実験データより表—7の値を採用した。

表—7 表混播牧草 1 t 中に含まれる成分表

項目	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
含有量	5.0kg	1.0kg	6.0kg

c) 天然養分供給量

北海道農業試験場草地開発部データより表—8の値を採用した。

表—8 混播牧草地10 a 当りの天然養分供給量

項目	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
供給量	19kg	3kg	25kg

〔注〕 根粒菌によるN分も含まれる。

d) 養分吸収率

施肥肥料の利用率は、一般作物では、普通チツ素50～60%、リン酸20%、カリ50%程度といわれるが、牧草の場合吸肥力が強く、一般作物より利用率が高い。北海道農試のオーチャードグラスを用いたデータより表—9の値を採用した。

表—9 養分吸収率

項目	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
吸収率	80%	30%	80%

e) 廃液散布量の決定

前述の諸元にもとづき、散布量を算出すると、表のごとくである。

チツ素成分を基準にした10 a 当り59 t 散布を採用すると、リン酸は不足、カリは過剰となるが、カリについては多用の害は少なく、リン酸については、化学肥料で補

表—10 生草成分量に基づく散布量

項 目	単 位	チツ素 基準の場合	リン酸 基準の場合	カリ 基準の場合	備 考
1. 生草計画取量	t/10a	7.6	7.6	7.6	
2. 生草1t中の含有成分量	kg/t	5.0	1.0	6.0	表—8
3. 必要成分量	kg/10a	38	76	46	
4. 天然養分供給量	〃	19	3	25	表—9
5. 天然草—天然養分供給量	〃	19	46	21	
6. 肥料利用率	%	80	30	80	表—10
7. 必要供給量	kg/10a	24	15.3	26	
8. 廃液中の養分含量	kg/t	0.508	0.232	1.248	表—7
9. 廃液必要量	kg/10a	47.2	66.0	21.0	
10. 損 失	%	20	20	20	
11. 廃液散布量	t/10a	59.0	82.0	26.0	

〔注〕 損失について { かんがい効率85%～ロス15%
水蒸発損失 5% 計 20%とした。

充すればよい。したがって、10a当り59tと決定する。

2) 散布面積の決定

当でん粉工場では、8月下旬より12月上旬までの期間操業し、年間操業日数は100日であり、廃液量は年間467,000m³である。

したがって10a当り59tの散布量で、計画収量を保てるかんがい面積は

$$\frac{467,000\text{m}^3}{59\text{m}^3} \div 791\text{ha} \text{ である。}$$

3) かんがい期間と時間

冬期間は土壌が凍結し、地下浸透せず地表流出が予想されるので、冬期間のかんがいはしないものとする。

散布時期は、春先の融雪後1回と牧草の成長にあわせて刈取後の生育の盛んな時期に3回、計4回を散布する。

1回目～春の牧草生育前（4月10日～30日）

散布割合20%

2回目～1番草刈取後（6月10日～25日）

散布割合20%

3回目～2番草刈取後（8月1日～25日）

〃 30%

4回目～3 〃 （9月20日～10月15日）

〃 30%

(3) 工事計画

1) 水源

廃液散布は、でん粉工場より生産される廃液を水源とし、真水かんがい時の水源は、でん粉工場の余水を用いる。

でん粉工場廃液生産量

$$4,670\text{m}^3/\text{日} \times 100\text{日} = 467,000\text{m}^3$$

真水 40,530m³/日

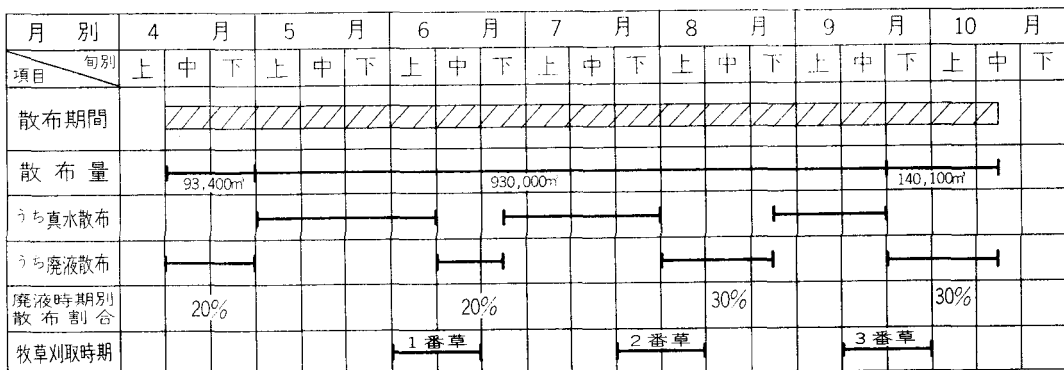
2) 貯溜池

既存 4貯溜池 481,000m³（1貯溜池改修）

新設 1貯溜池 167,000m³

計 648,000m³

3) 揚水施設



$$\text{真水} \quad \text{廃液}$$

$$\text{散布量} = 696,500 + 467,000\text{m}^3 = 1,163,500\text{m}^3$$

図—3 かんがいダイヤグラム

ポンプ型式 高揚程多段ポンプ
 揚水量 $2.85\text{m}^3/\text{min} \times 2\text{台} = 5.70\text{m}^3/\text{min}$
 吐出口径 $\phi 150\text{mm}$
 全揚程 151m (実揚程 113.40m)
 所要馬力 132 kW 電動機 2台
 運転時間 24時間

4) 送水管路

揚水機場より調整池まで圧送管路

$\ell = 7.90\text{km}$ $Q = 94\ell/\text{sec}$ 口径 350mm

平均流速 = $0.98\text{m}/\text{sec}$

管路は圧力が高く、ウォーターハンマーなどを考慮して、全線ダクタイルセメントライニング铸铁管を使用した。また、管路途中には、ウォーターハンマー防止のためサージタンクを設置する。

また、機場を出た地点に、一級河川音更川を横断するので、河川管理者と協議した結果、保守、点検、万一の漏水などを考えて、サヤ管(ダブル管)を用いたサイフォン工を施工した。

5) 調整池(ファーム Pond) …… 1カ所

レインガン必要圧力 $3.5\text{kg}/\text{cm}^2$ を自然圧力で確保出来る標高地で、用地取得などを考慮して決定した。

貯水容量 $3,500\text{m}^3$

規模 $21.0\text{m} \times 35.0\text{m} \times 4.5\text{m}$

6) 配水管

幹線 $\ell = 14.9\text{km}$ $\phi 600 \sim 200\text{mm}$

支線 $\ell = 15.2\text{km}$ $\phi 150\text{mm}$

ホ場内配管 $\ell = 40.9\text{km}$ $\phi 150\text{mm}$

7) 末端施設

ホ場区画が大きく、作付作物は牧草であり、省力かんがいを目的に、レインガン No.50 タイプの大型散水器を使用し、効率的な散水を計る。また、大型機械化が進み、



写真—2 ホース巻取器の試作品
(トラクターけん引式)

給水栓間隔が小さいと機械運行の支障となるので、給水栓間隔を出来るだけ大きくとり、機械運行を便にした。

すなわち、給水栓間隔は 135m を原則とした。

(約 2ha に 1 栓)

したがって、ホース長を最大約 90m とり、ホ場区画も大きく、ホースの布設、巻取りに相当の労力がかかるので、水管理をする土農協ではトラクターのエンジンによる巻取器やその他の巻取器を試作中である。

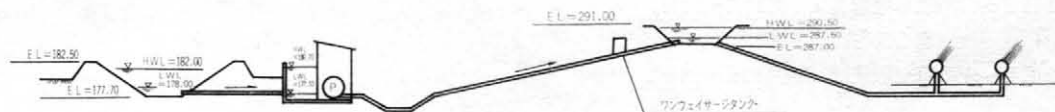
次に、散水器具の選定に当たり、50年の試験散布時に各種タイプの散水器を取りつけその性能をテストした。

その結果によると本体よりも台車に不安定な器種も多く、今後改良を検討中である。

(4) 管理体制

1) 管理施設

ポンプ場と調整池間が約 8km と遠いため、管理の省力化と、真水と異なり操作ミスや故障などによって、廃液が調整池をいつ流し問題をおこさないように、調整池の



貯溜池	導水管 揚水機場	送水管	調整池	配水管	ホ場配管
貯溜量 No.1 51,000 m^3 No.2 100,000 No.3 170,000 No.4 160,000 No.5 167,000 計 648,000 廃液の性質 1.比重=1.02 2.PH値=6.5-7.1 3.粘度=max=12,330 $\times 10^{-3}$ min=11,546 $\times 10^{-3}$	ビューム管 $\phi 600$ 延長630.0m 形式多段タービン 吐水量285 m^3/min 台数 2台	音更川サイフォン パイプ(さや管) $\phi 1,500$ 延長 420m ダクタイルセメントライニング铸铁管(3種) 延長 7,900m 実揚程 113.40m 全揚程 151.00m	貯溜量 3,500 m^3	石綿セメント管 $\phi 600 \sim \phi 200\text{mm}$ 硬質塩ビ管 $\phi 150$ 第1幹線系統延長 8,616m 第2 * * 8,823m 第3 * * 12,676m	硬質塩ビ管 $\phi 150\text{mm}$ レインガン No.50 ノズル径 18 mm 圧力 3.5 kg/cm^2 吐水量 360 ℓ/min

図—4 畑地かんがいの施設系統模式図

水位、流量の計測、電磁弁の開閉表示を信号伝達できる施設を設け、送水のコントロールが出来る様にした。

また、保守管理、業務連絡用の相互呼出し通話方式の電話設備を設けた。

2) 管理体制

水管理は、通常、水源、導水施設までを土地改良区などが行ない、ブロック内は、農家によって行なう方法がとられている。

当地区は経営面積が大きく、多頭飼育が進むと、これ以上施設管理や散水に労力を附加することは困難であり、また、でん粉廃液かんがいのため真水かんがいより、散水にきめこまかい技術が望まれるため、揚水機場、導水施設、配水管などの施設管理と散水をすべて土幌農業協同組合が直接実施することになっている。

したがって、施工中に末端パイプ施工技術の修得や本年度の試験散布期間に散水器具の操作と散水技術の修得を行っており、本格的な散布のための準備を進めている。

また、でん粉廃液かんがいを実施するに当り、土壌、作物、水質、営農状況などをかんがい前に十分調査し、

かんがい後の指導体制を強化するために、北大農学部、帯広畜産大学、農業試験場、地元町村、農協が一体となって試験調査を開始しており、所期の目的を得る様に万全の体制をとっている。

(B) 団体営事業平和地区(畑地総合土地改良事業)

(1) 事業計画

本地区は十勝管内浦幌町平和にあり、その面積は185haである。

17戸の関係農家に限定された経営面積で、乳牛の多頭飼育を計るために、でん粉工場廃液を利用する肥培かんがいにより牧草の増収と農道の整備を計り、酪農の推進を計ろうとして、昭和45年事業着手し、昭和47年完了した。工事は地区に隣接する東部十勝でん粉工場構内に揚水機場を設け、下頃辺川より取水した真水とともに、廃液を散布するため幹線配水路5.3km、支線配水路5.3kmを事業費185,000千円で完成させた。

(2) 事業効果

廃液かんがい効果を把握するために、標準的な農家の牧草地を選び、北海道農試が坪刈り調査を行なった結果は、表一11のごとくで増収の効果をあげている。

表一11 平和地区・牧草の年次変化

採取年月日	45. 6. 8	46. 6. 11	47. 6. 12	48. 6. 14	47. 6. 12
項目					
かんがい区分	地区内 無かんがい区	地区内 かんがい区	地区内 かんがい区	地区内 かんがい区	地区外 無かんがい区
生草量 kg/10a	2,730	3,290	3,950	3,264	2,880
比率 %	100	121	145	133	

- [注] (1) 北農試調査
(2) 農家8戸の平均値
(3) 6月10日頃は一番草の収穫期

表一12 経営診断比較表

項目	実績			
	かんがい地区		無かんがい地区	
年度別	昭和48年度	昭和49年度	昭和48年度	昭和49年度
成牛換算頭数	31.0頭	39.2頭	26.0頭	28.8頭
脂肪率	3.61%	3.68%	3.38%	3.35%
成牛1頭当り購入肥料費	41,152円	59,031円	65,021円	73,740円
草地10a当り購入肥料費	736円	1,339円	1,543円	3,666円
乳飼比	17.4%	25.3%	29.7%	32.7%
牛乳1kg当り購入肥料費	8.98円	18.02円	14.53円	22.11円
放牧日数	166日	181日	151日	141日

- [注] { 東部十勝農業改良普及所調査
かんがい地区 3戸の平均
無かんがい地区 2戸の平均

また、かんがいによる生産費の低下については、東部十勝農業改良普及所の調査によると、表一12のごとくである。すなわち、牛乳1kg生産するために要する購入飼料費は、散布地区の場合は、平均18円であり、無かんがい地区の22円に比べて有利な牛乳生産が行なわれている。

草地10a当り購入肥料費は、かんがい地区1,339円にたいして、無かんがい地区は、3,666円を要し、かんがい地区は、約63%の肥料費削減がみられた。

また、放牛日数も著しく期間延長がみられる。

5. あとがき

このように北海道の主要作物である馬鈴しょのでん粉製造過程で排出される廃液が、地力維持、増進のために肥培かんがいに利用され、一方では河川水質汚濁防止に役立つことは、地域農業振興上非常に有意義なことである。

しかし、廃液かんがいは新しいかんがい技術部門であり、今後研究すべき課題も多い。

たとえば、真水かんがいと同様、過度の散水は、収量の減収にも結びつくことも考えられ、その土壌条件、その年の気象などを考慮した散布適量など、十分調査、検討がされるべきであるし、また、廃液の成分、性質を十分考慮した施設、散水器具の改良、管理体制なども今後検討が必要と思いますので、よろしく御指導をお願いしたい。最後に種々御指導いただいた方々と、各種資料や文献を引用させていただいたことに深く謝意を表した

い。

参 考 文 献

- 1) でん粉精製、廃液による地力増進と風食防止
.....北海道農地開発部耕地計画課
- 2) 畑地帯における地力培養
.....北海道でん粉工業会
北海道農業開発公社
- 3) 草地における廃液かんがいと其の影響
.....浦幌町でん粉廃液散布営農対策協議会

下記図書は増版の見込みがありませんので未だ購入されていないむきには至急お申込み下さい。

農林省農地局制定

『鉄筋コンクリートフレーム標準設計』

A 3判 オフセット印刷 86頁 表紙ビニール
バインダー綴 頒価 3,000円 (送料共)

目 次	<ol style="list-style-type: none">1. 概 要2. 適用上の留意事項3. 適用除外4. 設計条件5. 適用方法6. 適用例7. 水理計算図表	附図表 標準設計諸元一覧表 ($\delta_{ca}=70 \text{ kg/cm}^2$) 標準設計諸元一覧表 ($\delta_{ca}=60 \text{ kg/cm}^2$) 標準設計記載例図面 水理計算図表 標準設計図面
概 要	<ol style="list-style-type: none">1. 対象水路：現場施工の長方形鉄筋コンクリート水路2. 対象範囲：水路壁高 50 cm~120 cm (5 cm 間隔) 水路内幅、水路壁高の2倍3. 図化枚数：66枚4. 設計条件 鉄筋の許容引張応力度 (S. D30) $\delta_{sa}=1800 \text{ kg/cm}^2$ コンクリートの許容曲げ圧縮応力度 $\delta_{ca}=70 \text{ kg/cm}^2$ (60 kg/cm^2 の場合も適用可能) 土砂 (地下水位より上) の単位重量 1.8 t/m^3 (1.6 t/m^3 の場合も適用可能)	

鹿追地区肥培かんがい（ふん尿）施設について

黒 岩 茂 治*

目 次

まえがき	17	3. かんがい施設計画	19
1. 事業計画の概要	17	4. 施設機能試験	22
2. 肥培かんがい方式	18	5. ふん尿処理方式と施設の対応	23

まえがき

地域の酪農経営は、飼養頭数の増加とともに、めざましい発展をつづけている。すでに、昭和44年から、肥培かんがいを目的として基幹工事が着手されたが、実施例が少ない事業だけに充分明らかにされない点が多く、現地の調査試験を重ねながら、末端施設の着工をみるに至っている。

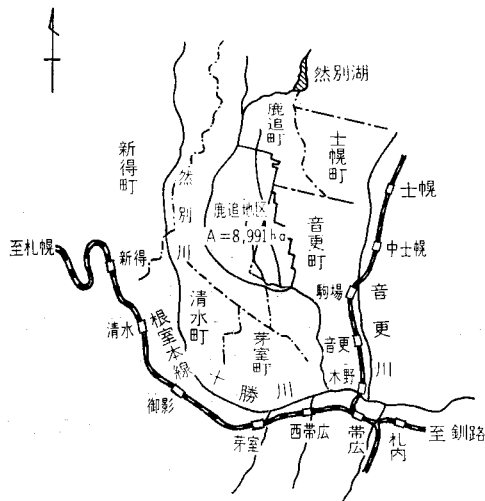
家畜のふん尿処理と牧草の肥効とを結びつけた、イリゲーションシステムによる大規模な肥培かんがい事業は、地域酪農経営の安定と合理化へ大きな意味をもつものである。ここに事業の概要および経緯、並びに実施しようとしている施設について紹介するものである。

る、受益面積 9,000ha、受益農家 535 戸を対象とした畑地帯総合土地改良パイロット事業地区である。国立公園大雪山連峰の東南麓、十勝平野の最北端に位置する標高 400m~110mの然別火山群の南麓扇状地にあり、気象は農耕期平均気温15.4℃、同期降水量608mm、農耕期間は131日である。土壌は火山灰性土で肥沃でなく春先の融雪および季節風による土壌侵蝕、また積雪が少ないための土壌凍結はなほだしく地域農業の大きな阻害要因となっている。このような立地条件下で明治末期開拓以来の豆作偏重の不安定農業から一躍多頭化近代酪農への移行を目指し排水組織の整備改良、道路網の整備、営農規模拡大のため未墾地の農地化・単位面積の生産性の向上など一連の総合的な開発計画が40年に樹立され各単独事業として着工、現在総事業費17,520,000千円で直轄明渠排水、畑地かんがい、農用地開発、区画整理の各事業を実施中である。

(1) 肥培かんがいの必要性

地区の農業経営は安定した酪農中心の経営へと移行し、牧草、根菜類の作付面積が増大し、戸当たり面積は14.6haから15.5haに、乳牛は4頭から17頭に、それぞれ増加する。このような動向からも将来本格的な酪農（多頭飼育）が一般化するとみられる。こうした多頭飼育の酪農化へ転換していくうえで、いくつかの問題点がある。その第一として、用水不足がある。一般にこの地域は一部の過湿地帯を除けば地下水位は低くかつ水利施設もほとんどないため夏期には生活用水にもこと欠く事態も生じる。このような状態においては本格的な酪農を進展させていくことは、困難である。

第2は牧草の生産力がいちじるしく低く、その原因は、輪作体系とも関連するが一般には地域の作物の収益性が低く、したがって、大面積を必要とすることから経営上労力不足が牧草にしろよせとなっていることである。地区のこれまでの酪農化への動向をさらに進展させていくためには用水の確保、機械化による労力節減、酪



国営畑総鹿追地区位置図

1. 事業計画の概要

鹿追地区は、十勝管内鹿追町、音更町の2町にまたが

* 北海道開発局土地改良課

農と完全に結びつけられた地力の維持強化が、重要な課題であり、戸当り平均17頭の酪農経営の実現のためには肥培かんがいによって、ふん尿処理労力の節約と牧草の収量増加をはかり、畜舎の環境整備を充実し多頭飼育を可能にすることが最も合理的な方法であると云える。

(2) 肥培かんがい事業概要

着工年度	昭和43年
かんがい用途	肥培かんがい、(ふん尿かんがい)
受益面積	6,654ha (戸当15.5ha)
かんがい面積	2,968ha (戸当6.9ha)
受益農家	429戸
事業費	3,380,000千円
工事概要	頭首工, 沈澱池, 1ヶ所, 配水池 6ヶ所, ファームポンド22ヶ所 配水管(5系統) 290km ほ場配管6,654ha

2. 肥培かんがい方式

肥培かんがいの基本的発想は家畜から排出された、ふん尿をほ場に還元することにあるが、実施に当っては牧草の成長労力体系、散布方法が考慮されなければならず、そのためには牛舎構造、飼養管理、ほ場管理の体系が整備されなければならない。

(1) 肥培かんがい方式の検討

散布方法として可搬式と圧送式の2通りがあり一般的には次のような得失がある。

(1) イリゲーションシステム

- 利点 (イ) 労力が少なくして処理能力が大である。
 (ロ) 一般畑地かんがいと兼用出来、火山灰地は特に草生の維持に効果が大。
 (ハ) 肥料としての還元率が高い。
 (ニ) 冬季も処理散布出来る。
 (ホ) 融雪促進に効果があり、それだけ草地の年間利用度が高まる。

- 欠点 (イ) 施設費が比較的嵩む。
 (ロ) 風があると散布にむらを生ずる。
 (ハ) パイプの「詰り」を防ぐため糞尿の状態を管理する必要がある。

(2) タンカーシステム

- 利点 (イ) 比較的安価である。
 (ロ) 共同利用が出来る。
- 欠点 (イ) 土地条件(傾斜地, 湿地)により搬送・散布できない。
 (ロ) 天候(雨天・冬季)により搬送できない。
 (ハ) 散布時期に限られる(主に牧草刈取直後散布)。
 (ニ) ほ場を痛める(トラクターと、重量のあるタンク車が何回も走行し踏みかためてしま

う)。

(ホ) タンク運搬にトラクターを必要とする。

(ハ) 労力並に時間を多く要する。

本地区においては、どのような方法で散布するのがもっとも効果的かつ経済的であるか下記の設定条件で試算してみる。

- (イ) 可搬式はリクイッド・スプレッダー(2,000ℓ入り)による散布。圧送式は埋設管を通じてスプリンクラー・レイガンで散布。
 (ロ) 戸当り供給労働量, 2.0人
 (ハ) 労働供給量を制限因子とし、収益最大となる経営規模および作目構成をみる。
 (ニ) 畑作物の輪作体系を確立するために牧草の更新年限を5年とする。
 (ホ) スプリンクラー・レイガンによる散布期間, 3月11日～12月20日の285日間, リクイッド・スプレッダーによる散布はトラクターのは場内稼働可能期間とし, 4月11日～11月20日の225日間とする。
 (ハ) 稀積濃度は, スプリンクラー・レイガンで7倍, リクイッド・スプレッダーは4倍とする。
 (ロ) 作業体系は, 極力大型機械による一貫作業体系とする。

試算の結果、経営面積11.7ha以下では畑作専業が有利となり、耕作面積18.8ha, 15.8ha, 17.5haに対し利益総額(昭和42年度)はリクイッド・スプレッダー方式の場合、2,160千円, 2,440千円, 2,530千円となってカーブを描きながら利益は伸悩む、一方スプリンクラー・レイガン方式の場合2,210千円, 2,500千円, 2,700千円、と直線的に上昇する。したがって上記条件のもとではスプリンクラー・レイガン方式が有利であり、また今後予想される経営規模拡大を考えあわせるとスプリンクラー・レイガンによる方式が勝ると判断される。

(2) ほ場の区画

地区計画で、採用した戸当り経営面積15.5haの作付体系は牧草を中心とした一般作物との関係から牧草の更新を5年として、11年の長期輪作となる。したがって、ほ場単位は、号線区画等も考えあわせ11ほ場1.4haとし、その分布は作業体系上相互隣接させる。

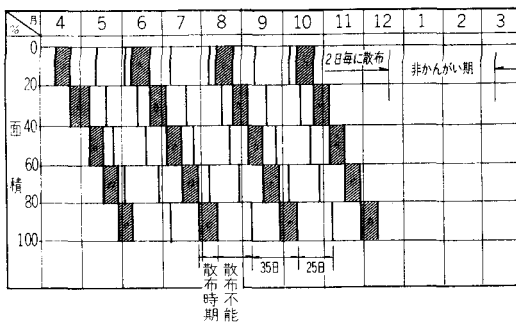
(3) 散布時期の牧草成長期との関係

スラリー(糞尿混合+稀積水)散布は、牧草の成長期とは、直接に関係がないといわれているが、本地区の場合、乳牛の嗜好性を阻害する点を考慮し、刈取前15日間は、散布せず、また、刈取後5日間は、ほ場の乾燥のため散布しない。したがって、牧草の一生長期(60日)につき40日となるが、刈取の変動、作業体系などにより、余裕を見込み35日間とする。

(4) 散布頻度

散布の間隔、頻度は牧草の成長、刈取の時期に大きく

左右される。本地区における牧草の生育期間は、2ヶ月が単位となっており、現況では年に、2～3回の刈取が行なわれている。刈取の時期は牧草の成長の関係があるが、その他天候、稼働力にも支配され、現況ではほ場により約30日の幅がある。したがって、先に述べた、成長期間中の散布可能日数約35日と、このほ場による刈取のずれを組み合わせると、常時散布が可能となる。ほ場を夏期5分割して散布計画を樹てると、図一1のごとくなる。これは牧草の1生長期に原則として散布することにしており、1は場単位12日間の可能期間があり、この間2日毎に散布することとする。また、冬期間の散布は、ガンが凍結して回転不能となったり移動ホースの継手凍結や雪の中での移動が非常な労力を要し作業が困難なため正常な散布ができず立上り栓からたれ流す無理な処理はほ場をいためるばかりでなく、ふん尿が流亡して肥料源としても無駄になり、また公害の恐れもあるので12月20日～3月10日までの80日間については散布せずふん尿槽に貯溜する。



図一1 散布の模式図

(5) スラリー濃度と散布法

方式検討の中でも基本的な点として、ふれたところであるが、スラリー濃度は牧草の成長時期によって、害になることもあり、成長の初期には、比較的濃いものでも支障ないが成長するにしたがって、薄めなければならない。他の事例によると、2倍から15倍程度まで広範囲にわたっているが、通常5倍程度で障害を起すことはない。本地区の場合、刈取直後で4倍、直前で10倍程度が理想と思われるが、牛舎の管理態勢、用水供給などを考えあわせ平均値の7倍をとる。

散布方法については、前述のごとく圧送式の有利性が明らかであり、本地区の場合稀釈により散布量が、多くなりしかも、定期的な散布を要することから、管路による散布方法を採用する。

3. かんがい施設計画

1. 用水計画

用水計画諸元

- (イ) ha当り飼養頭数 2.4頭
- (ロ) 牛の排泄量(ふん尿) 37.5kg/頭/日,
12.0m³/頭/年
- (ハ) 畜舎洗滌水 50ℓ/頭/日
- (ニ) スラリー濃度 7倍
- (ホ) かんがい期間 3月10日～12月20日(285日間)

(1) 用水量

ha当りかんがい期稀釈用水量

$$(12\text{m}^3/\text{頭}/\text{年} \times 2.4\text{頭} \times 6\text{倍} - 0.05\text{m}^3/\text{頭}/\text{日} \times 2.4\text{頭} \times 80\text{日}) \div 285\text{日} = 0.573\text{m}^3$$

ha当り粗用水 0.573 ÷ 0.9 = 0.637m³

ha当り散布器具清掃用水 0.573 × 30% = 0.172m³

ha当り日用水量 0.637 + 0.172 = 0.809m³

$$809\text{ℓ} \div 86,400\text{sec} = 0.0093\text{ℓ}/\text{s}/\text{ha}$$

$$\text{戸当り平均用水量 } 0.0093\text{ℓ}/\text{s} \times 2,968\text{ha} / 429\text{戸} = 0.064\text{ℓ}/\text{s}/\text{戸}$$

$$\text{全用水量 } 0.064\text{ℓ}/\text{s} \times 429\text{戸} = 27.5\text{ℓ}/\text{s}$$

(2) 配水計画

① 基本計画

平均1栓1日当り0.064ℓ/s × 24hであるが、経営面積の大小および各農家ピーク時の使用量は畜舎を洗浄する場合と想定され、この場合の使用水量は50ℓ/頭/日、畜舎の洗浄時間45分程度であるので50ℓ/頭/日 × 16.58頭 ÷ (45 × 60) = 0.31ℓ/sとなり、仮に各農家が一齐に使用するとすると取水量および、配水池、配水管径が大きくなり、また、各農家の洗浄時間をローテーションを組んで使用することとしても、1系統の支配農家数が30戸～150戸、総数で429戸なので、水管理も含めてコントロールが出来ないおそれがある。

したがって、水管理の容易さ、或は共同利用の可能性からおおむね10戸を1単位として基幹線より分水し、分岐幹線の起点に原則としてファームポンドを設置し、水使用のコントロールは分岐幹線単位とし全体の水使用の安定化を計る。

② ファームポンドの容量

基幹線よりファームポンド迄の流量は0.064ℓ/s/1栓とし、容量は支配戸数 × 50ℓ/頭 × 16.58頭とするが、余裕をとり2割増とする。

③ 配水管の施設流量

各支線ブロックは畜舎洗滌(洗滌時間45分時流量0.31ℓ/s)を考慮し、一栓0.33ℓ/s開発局制定雑用水基準の同時開栓時流量とする。

2. ほ場施設の設計

(1) モデルは場設計

ほ場施設計画は地区内農家の土地所有状況から土地所有別(8ha～40ha)にあらゆる階層のほ場

条件を考慮し、44戸のモデルを設定しては場配管、立上り点の設計を行った。

(2) ほ場配管水理計算およびポンプ施設の計画

Pipe Lineの水理公式は中口径の適用公式としてHazen Williamsの式を使用する。

$$H = 10,666 \times C^{-1.85} \times R^{0.63} \times I^{0.54}$$

ここに H : 摩擦損失水頭 (m)

C : 粗度係数 (100)

R : 径深 (m)

I : 動水勾配

C は使用管種を $\phi 100\%$ ~ $\phi 75\%$ に対し塩化ビニール一般管(V.P.)を使用するため、一般的には130でよいが、ふん尿の送水による濁度を考慮し、摩擦抵抗の増を見込み100として計算する。

水理計算はスプリンクラーレインガンの流量が $5.3 \ell / \text{sec}$ で各戸について同時に2ヶ以上の散水は行わないので、各管路の径は末端(1ノズル)で $4 \text{ kg} / \text{cm}^2$ の有効水圧がとれるよう $\phi 75\%$ ~ $\phi 100\%$ で調整を行い、また、ポンプ地点は各ほ場との標高差は無視しうるものと考え、揚程に導入しないものとする。

ポンプ能力、諸元決定のための水理計算は、家屋から最遠距離となる地点について計算を行う。ノズル口径を16%とし、末端有効水圧を $4 \text{ kg} / \text{cm}^2$ とし、この時の噴出ジェット長は34mであるが、有効長を80%とし27.2mとする。

全揚程

$$H = (9.8\% \times L1 + 39.6\% \times L2 + 3.96 + 2.0) \times 1.1 + 40.0$$

但し、9.8%~ $\phi 100\%$ の動水勾配

39.6%~ $\phi 75\%$ の動水勾配

39.6%~移動ホースのロス($\phi 7.5\%$ で100m)

2.0m~吸水管、ポンプまわりロス

1.1~余裕率

エンジン出力

$$P = \frac{0.222 \cdot r \cdot Q \cdot H}{\eta P \cdot \eta t} (1 + \alpha) = 0.1619H$$

但し、 r : 1.1 (比重)

ηP : 0.60 (ポンプ効率)

ηt : 0.95 (伝達効率)

α : 0.2 (余裕)

Q : 流量 (m^3 / min)

P : エンジン出力 (馬力)

モデル農家44戸のエンジン出力計算から9.3~9.9 P sとなる。

3. 散布施設の規模

(1) 調整槽

ふん尿の混合攪拌は非常に難しくスラリー試験に

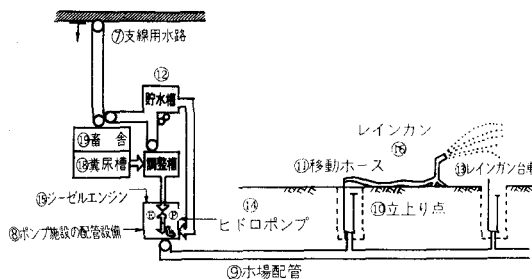


図-2 肥培かんがい模式図

においても充分な解明が出来ていない。ふん尿が長期貯溜されると槽の下部にふんの層が出来、逐次堆積し、また、貯溜上部には乳遊物の集積層ができる。それを均一なスラリーにするためには、ふん塊の事前処理と強力な攪拌作用に効果がみられ、本計画は水洗式であるから、ふん尿槽に流し込む前に一度、ふん塊を破碎しておくことと調整槽を設けて攪拌を行うこととした。調整槽容量及び冬期間貯溜に必要とするふん尿槽容量は次のごとくなる。

① 調整槽容量

年間スラリー量

$$12 \text{ m}^3 \times 16.58 \text{ 頭} \times 7 \text{ 倍} = 1.393 \text{ m}^3$$

散布回数

$$285 \text{ 日} \div 2 \text{ 日} = 144 \text{ 回 (散布可能日数 } 365 - 80 = 285 \text{ 日)}$$

調整槽容量

$$1.393 \text{ m}^3 \div 144 \text{ 回} = 9.7 \text{ m}^3$$

② ふん尿槽容量

散布不能期間、ふん尿量

$$12 \text{ m}^3 / \text{頭} / \text{年} \times 16.58 \text{ 頭} / \text{戸} \times \frac{80 \text{ 日}}{365 \text{ 日}} = 43.6 \text{ m}^3$$

畜舎清掃用水

$$50 \ell / \text{頭} \times 16.58 \text{ 頭} / \text{戸} = 0.83 \text{ m}^3 / \text{day} \quad \text{ふん尿槽容量 (舎飼期間につきふん尿量は、2割増とする)}$$

$$43.6 \text{ m}^3 \times 1.2 + 0.83 \text{ m}^3 \times 80 \text{ 日} = 52.3 + 66.4 = 118.7 \text{ m}^3 = 120 \text{ m}^3$$

注：ふん尿槽は非補助

(2) 貯水槽

畜舎の清掃および、ほ場散布後の管路を洗滌するための管理用水確保に貯水槽を設ける。容量は集中的に多量の水を使用する散布後の管路洗滌水量とし試験のデータから1回路20min程度 $315 \ell / \text{min} \times 20 \text{ min} \times 2 = 12.6 \text{ m}^3$ であった。この水量は管路容積のほぼ2倍の $2 \times n / 4 \times (0.10^2 \times 600 \text{ m} + 0.075^2 \times 300 \text{ m}) = 12 \text{ m}^3$ に相当し余裕をみて $12.6 \times 1.2 = 15 \text{ m}^3$ とする。

(3) ポンプ施設

ポンプ室は、半地下式とし、ふん尿を散布するポンプとしては試験の結果国産品のヒドロポンプを採

用する。水理計算はレインガンの流量が $315 \ell / \text{min}$ ($5.3 \ell / \text{sec}$) で、各戸について同時に2ヶ所以上の散布は行なわないので、ポンプ能力、諸元決定のための水理計算はポンプ室から最遠距離となる地点について計算をおこない、末端有効圧力を $4 \text{ kg} / \text{cm}^2$ とする。ヒドロポンプで散布量 $315 \ell / \text{min}$ (有効圧力 $4 \text{ kg} / \text{cm}^2$) を散布するための全揚程は、エンジン馬力を 10 P s に想定して約 60 m であり、即ち末端有効圧力 $4 \text{ kg} / \text{cm}^2$ を保つのに損失水頭は 20 m 以下になる。今移動管損失 4 m ($\phi 75 \times 100 \text{ m}$) 吸水管および、ポンプ廻り損失を 2 m とすれば、地下配管損失は口径 $\phi 100 \text{ mm}$ で 9.8% 、 $\phi 75 \text{ mm}$ で 39.6% であり、最多距り管路延長 800 m の場合は $100 \text{ mm} \sim 600 \text{ m} \times 9.8\% = 6 \text{ m}$ 、 $75 \text{ mm} \sim 200 \text{ m} \times 39.6\% = 8 \text{ m}$ となり使用管径は、 100 mm と 75 mm を使い分ける。以上のことより使用ポンプ諸元は、スラリー型、口径 $75 \text{ mm} \times 65 \text{ mm}$ 、最大揚程 70 m 、最大揚水量 $1,000 \ell / \text{min}$ 廻転数 $2,800 \text{ rpm}$ 以上の仕様のヒドロポンプ 1050 型ディーゼルエンジン、セルモータ付 10 P s を設置する。

(4) ほ場配管

① 埋設管理と配管計画

ほ場の配管々理は、埋設部と移動部に分けられる。埋設部の延長を長くし、立上り点を多くすると散布が容易にでき労力が節減されるが、反面施設費が大きくなる。本地区の牧草栽培は、輪作の中に入るものであるから、特に埋設部を多くしても、 56% が常に使用しない状態におかれる。ま

た、移動部は管操作移動に制約を受け、管径 $\phi 75 \text{ mm}$ 延長 100 m が労力の限界であり、この点も考慮すると立上りまでの埋設部は、 $540 \text{ m} \times 285 \text{ m} = 15.5 \text{ ha}$ のほ場区画に6点の割合が適当となる。埋設管は合成樹脂管を使用、管径 $\phi 100 \text{ mm} \sim \phi 75 \text{ mm}$ とし、地上移動管は、エコホース(合成樹脂管) $\phi 75 \text{ mm}$ で、移動と交互散布作業が迅速に行なえるよう ($25 \text{ m} / \text{本} \times 4 \text{ 本}$) ~ 2 組使用する。

埋設管の管径別戸当り布設延長は、 44 戸のモデルほ場設計より $\phi 75 \text{ mm}$ は、 $4,302 \text{ m} / 44 \text{ 戸} = 320 \text{ m}$ 、 $\phi 100 \text{ mm}$ は、 $27,802 \text{ m} / 44 \text{ 戸} = 630 \text{ m}$ 程度となる。

② ほ場給水栓 (立上り)

レインガンの間隔は、ジェット長の 80% を有効長さとして、その倍の値をとる。スプリンクラーレインガン $R G 50$ 型を例にとり、ノズル口径 16 mm 、圧力 $4 \text{ kg} / \text{cm}^2$ 、ジェット長 34 m 、有効長 27.2 m 、散水量 $315 \ell / \text{min}$ ($5.3 \ell / \text{sec}$) のスプリンクラーレインガンを使用すると間隔は、 $27.2 \text{ m} \times 2 / \sqrt{2} = 39 \text{ m}$ 間隔とする。また、地上移動管長は 100 m あるので、立上り点は、図-3 のごとくなる。

③ 散布計画 (散布器具の位置)

1 は区の平均面積 1.4 ha 当りに対する散布器具 (スプリンクラーレインガン) のセット位置は、次の通りとなる。まず、1 セット位置当りの有効かんがい面積は、スプリンクラーレインガンのジ

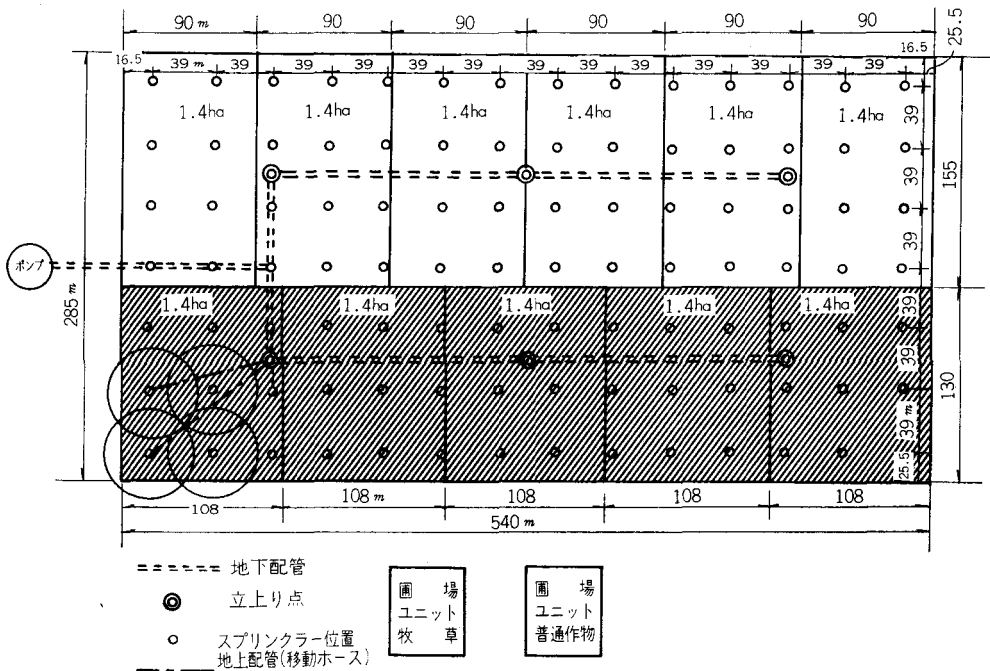


図-3 ほ場散布施設計画

エット長さは34mであるから、有効かんがい面積
 $= (34 \div \sqrt{2} \times 2)^2 = 0.23 \text{ ha}$ となる。1ほ場に対
 する設置数は、 $1.4 \text{ ha} \div 0.23 \text{ ha} = 6$ 点となるが、
 重複部分を50%考慮すれば、 $6 \times 1.5 = 9$ 点であ
 る。なお、年間の散布面積は戸当り平均 $1.4 \text{ ha} \times$
 $5 \text{ ほ区} = 7.0 \text{ ha}$ 、1ローテーション、12日間は 1.4
 ha である。したがって、地区全体の1ローティ
 ョン内の散布面積は、 $1.4 \text{ ha} \times 429 \text{ 戸} = 600 \text{ ha}$ 程度
 となる。

4. 施設機能試験

肥培かんがいについては、当時道内での事例はなく、
 開発局としても技術的検討と、受益農家への啓蒙の必要
 があった。折りよく酪農專業化を意図し、畜舎、ふん尿
 槽も肥培かんがい方式により完成された、農家の協力を
 得、昭和44年～47年にわたって施設設計改良、機能、ス
 ラリー、収量、その他の試験試行を経て、前項の肥培か
 んがい計画が樹立された。諸試験の成果は地区肥培か
 んがいの方向付けを見出し、計画および、これからの事
 業実施へ一つの指針となった。特に、この試験で多くの
 時間を要したのは、スラリー試験であった。その経過概
 要にふれるとともに収量試験について簡単に述べる。

1. 試験施設概要

表一 試験施設概要

施設名	施設内容
畜舎	平屋建(338㎡)、36頭、ストールバーン対頭式、牛床カウマット、カウトレーナー水洗方式、ふん尿溝幅0.5m、深さ0.90m、勾配1/80(ゲート付)、(ふん尿と洗滌水を3日間貯溜可能)
ふん尿槽	地下式コンクリート槽、6.0m×6.0m×1.8m=65㎡ 2基 130㎡
貯水槽	コルゲートパイプ造、径3.0m×長4.3m=30㎡
ポンプ室	ヒドロポンプ1010型φ65mm、ディーゼルエンジン(セルモーター付)13P s
配管	地下配管100mm～75mm、地下1.2m埋設、地上配管65mmエコンハウスℓ=25m/本
スプリンクラー	スタンド鉄製一輪車(移動式)、フアローレインガン16mm

2. スラリー試験

その目的は均一液肥によるほ場の散布効果を高めるとともに一定濃度のスラリーで管内閉塞、及上不能など、機能障害を起させないことである。試験はまず、ブローバック式(還流攪拌)で始まったが、長期貯溜されたふ

んは、一部浮遊物として、表面乾燥と塊状の固形化があり、分解が進まず沈澱堆積して全面攪拌効果に程遠いもので、一定濃度のスラリーができないばかりでなく及上不能であえなく失敗に終わった。スラリー造りのむずかしさを再認識するとともに、新たに方法と機具開発の検討を一から考え直さねばならなかった。種々試験を重ね、次のような方法を導いた。

① 未だ、ふん尿の物理的性質の解明に至ってないが、稀釈調節を充実させ、早めに注水稀釈し、ふん尿の液化促進を図る。

② 攪拌混合の障害であった、三層分離の解消法として、ふん尿槽に流す前にスクリーンの網目を通して、粉碎し濾してから流し込む、この効果は顕著であった。三層分離現象を大幅に減少させたばかりでなく、畜舎ふん尿溝の中で混入した相当量の繊維質雑糞物も同時に除法(混入量の70%～80%)し、スラリーの母体である稀釈水との融解促進が容易となった。このふん塊の事前処理は良好なスラリー造りの上で欠かすことのできないものである。

③ そこで槽の中に機械的に大きな対流を起させ、時間をかけながら解きほぐすような攪拌法として廻転翼を製作した。即ち攪拌機の試作品である。

試験経過は、ふん尿は良く混合して均一良好な、スラリーとなり攪拌処理に要する時間及び労力も省力化された。雑糞物の排除は吸込口ストレーナーの海苔状附着による散布障害を解消し、散布機能上極めて良い結果を得ることができた。

3. 計画増加生産量と収量試験

肥培かんがいによる効果発生面積は2,968 haである。収量は現況で4,839kg/10 a、計画は5,644kg/10 a、増収805/10 aで増加生産量は23,892 tとなる。

収量試験は計画収量6.0 t/10 aを目標に行ない、試験データは満足するものであった。しかし単年度試験に止まったため結論を出すに至ってない。したがってほ場条件と試験結果を要約し述べることにする。

試験ほ場 I ふん・化混合区、(試験区数10区)

牧草の目標収量を6.0 t/10 a生産するものとして3～4倍稀釈で10 a当り0～4 t投入し、不足分は化学肥料で補充。

II ふん・化混合標準区(試験区数3区)

5倍～7倍稀釈を10 a当り3 t投入し、不足分を化学肥料で補充。

III 無肥料区(試験区数1区)

供試草種(2年生) オーチャードグラス、メドウフェスク、チモン、レッドクローバー、ラジノクローバー、

刈取回数と時期(3回～4回) 第1回目6月初旬～中旬、第2回目7月下旬～8月上旬、第3回目9月上旬、

第4回目10月下旬

- (イ) 全体として目標収量6.0t/10a以上の収量をあげ最低で7.6t/10a、最高で9.5t/10aの収量を示した。
- (ロ) 稀釈倍数では、3倍～4倍が最高の収量となり(3倍稀釈がやや良い)稀釈倍数が多くなるにつれて僅かであるが減少している。
- (ハ) いずれの処理区においても全体ではマメ科が優勢であるが、刈取時期別にみると二番刈ではイネ科の方が優勢である。
- (ニ) 収草収量は3～4年目が最高といわれるので肥培管理如何によって10t/10a以上の収量も可能と思われる。
- (ホ) 無肥料区において6.8t/10aの収量があった。これは試験地が造成2年目ということによるのか、それ以外の要因も原因している(播種のときの施肥が2年目で現れた。)と思われるが今後の調査をみなければならぬ。

以上のような結果を得たが当試験地の単年結果だけで、6.0t/10a以上の収量を得ることができると結論をだすことは早計かと思われる。今後施設完成とともに肥培管理と収量について追跡調査を行う計画である。

5. ふん尿処理方式と施設の対応

近年地域酪農家の牛舎新築も目立ちはじめ最近の公社牧場牛舎設置事業に次いで、昭和50年より始められた

農協が融資、その他一切を代行して施行する農協建売牛舎設置事業によって、ここ数年のうちに地域酪農家の大半が近代牛舎に変わろうとしている。牛舎構造は平屋建のストールバーン方式であるが、ふん尿処理方式は既設牛舎の多くが従来の人力処理を動力化したパークリーナー式であり、また、フローティング式(自然流下)、水洗式と処理方式も多様化している。現在、受益者の肥培かんがい認識と施設への期待は高まり水洗式ばかりでなく、パークリーナー式、フローティング式からも施設の希望がある。今後建設される牛舎のふん尿処理は水洗式に一元化される方向にあるが、既設の水洗式牛舎以下の処理方式に対する施設検討が必要となる。

① パークリーナー式

現在は尿散布に限られるが、パークリーナーの消却(耐用年度8年)後ふん尿溝の改造と尿溜をふん尿槽として拡大し処理方式を水洗式に変更する計画である。したがって水洗式と同一となる。

② フローティング式(自然流下式)

ふん尿貯溜に地下式と地上式(スラリーストアー)の2タイプがある。全く水が使われない、原液のままであるから稀釈攪拌、雑狭物除去の方法、などについての検討を要する。水洗式と比較して散布までの作業手順を多く要することから散布効率が減退するため、今後充分に検討し機能的に効果ある方法を見出さなければならぬ。

頭首工エプロン保護の試験施工について

落 合 信 義*

目	次
1. まえがき……………	24
2. 新木の俣頭首工の概要……………	24
3. エプロン保護工法の検討……………	24
4. 弾性板の概要……………	27
5. 工事の実施……………	28
6. 施工後の経過……………	30
7. あとがき……………	30

1. まえがき

我国における河川は一般にその勾配が急であるため、河川工作物は、河川の水流、とりわけ洪水時における土石流によって摩耗、破損されることが多い。このため、従来から、石張り、鋼板張り、等他の物質によってコンクリート面を保護する工法、又は、何等かの方法によってコンクリート強度を増加させる工法等種々検討され、施工されてきている。しかしこれらの工法についても、強度的、経済的に十分な工法とはいえないのが実状である。

そもそも、河川工作物が洪水によって摩耗される最大の原因は、土石流によるスリベリと、転石の流下にとまらぬ衝撃であり、コンクリート構造物を保護するためには、この両作用に対抗出来る強度を持たせるか、或はこの作用を吸収出来る物質で被覆することが必要である。このため、「柔よく剛を制す」の諺どおり、コンクリート表面にウレタン系合成ゴムの弾性板をはりつける工法について検討し、国営那須野原開拓建設事業の一環として改修した新木の俣頭首工に試験的に施工したのでこの施工法についての概要を述べ、併せて、施行後1年を経過した結果について報告する。

2. 新木の俣頭首工の概要

栃木県の北部に位置し、那珂川本流とその支流箒川に狭まれた地帯は、いわゆる那須野原といわれ、那須火山群の噴出物の上に河川流下物が堆積した扇状地で、古来水利の便が悪く開拓されないまま、原野として放置されていた。明治に入って日本三大疏水の一つ那須疏水が開削されるに及び一帯の開発が進められたが、絶対的な水量不足は粗放的土地利用を強いてきたので、農林省で

は、用水の確保及び未墾地の開発によって地域農業の発展を図るべく総合農地開発事業を昭和42年12月に着工させた。

新木の俣用水路は、大正8年に新設され、約80ヘクタールをかんがいしている施設であるが、ほとんどが山間地を通る素堀水路であるため、維持管理に多大の労力を要し、昭和41年7月には、トンネル内の崩落土砂取除き作業中の農民25名が一酸化炭素中毒死するといういたましい事故さえ発生している。那須野原における水利系統の再編成と、老朽施設の近代化を目的として、那須野原開拓建設事業の一環に組入れられ、昭和42年以来改修が進められて来た。

この用水の取入れ施設である新木の俣頭首工は、昭和46年度に改修を行った。その概要は次のとおりである。

堰高	1.0m (堰頂標高E. L. 600.20m)
堰長	16.20m (越流部 12.0m, 土砂吐部 3.0m)
エプロン長	5.0m
護床工長	13.0m
堰タイプ	フローティングタイプ固定堰
水系及び河川名	那珂川水系木の俣川(一級河川)
流域面積	20km ²
計画洪水量	240m ³ /s
付近の河川勾配	1/240

頭首工竣功後、昭和47年9月、計画洪水量を上回る異常出水が記録され、エプロン部コンクリートの摩耗、下流護床工の流出及びエプロン下流部の洗堀が見られた。下流部の洗堀はその後の小洪水によって進行することはなかったが、エプロンコンクリート面の摩耗は次第に進行して、昭和49年11月には最大24cmに達した。

3. エプロン保護工法の検討

既設エプロンのコンクリートを全面的に取こわして改修するのではなく、出来るだけ利用して行う保護工法が

* 那須野原開拓建設事務所

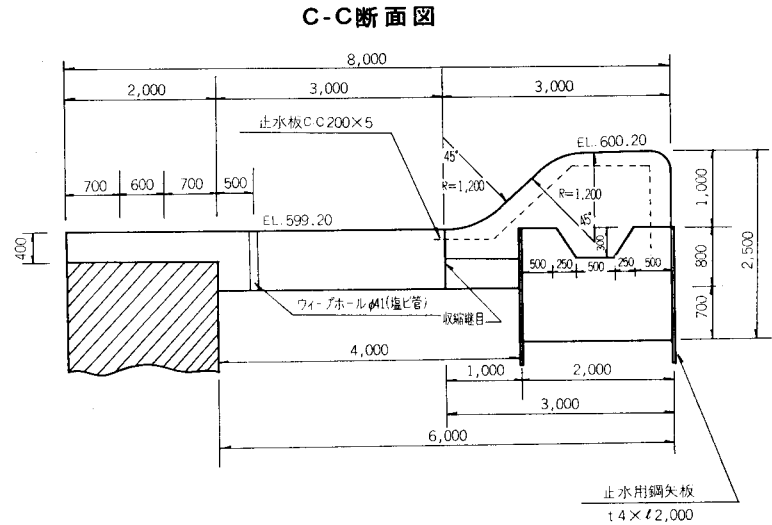
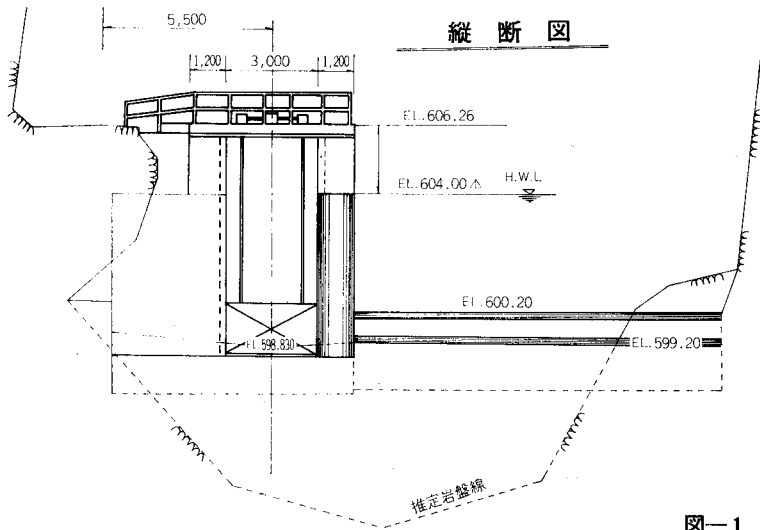
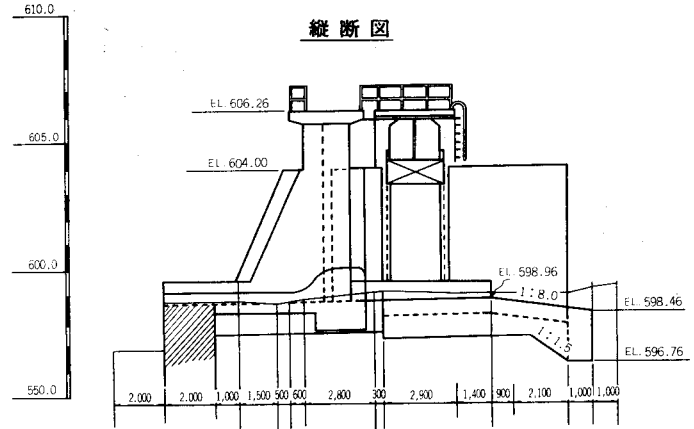
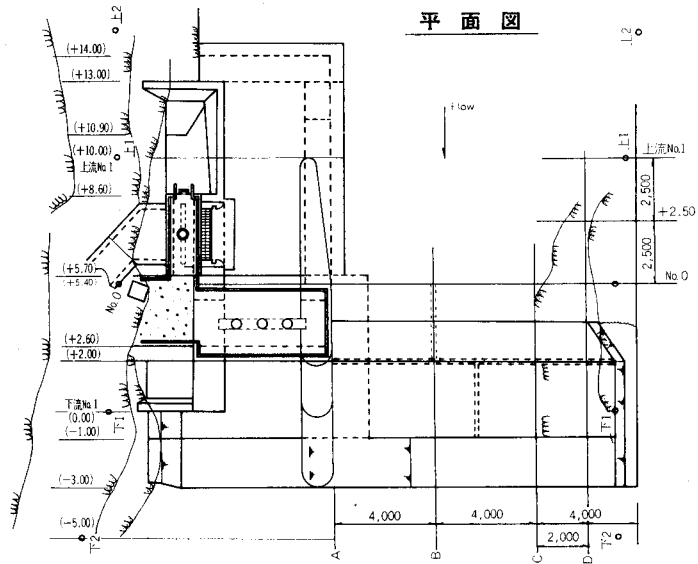


図-1 新木の俣頭首工概要

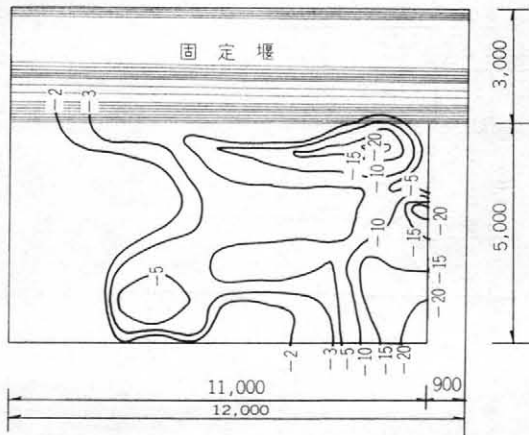


図-2 コンクリート摩耗状況
(施工面からの摩耗量 単位cm)

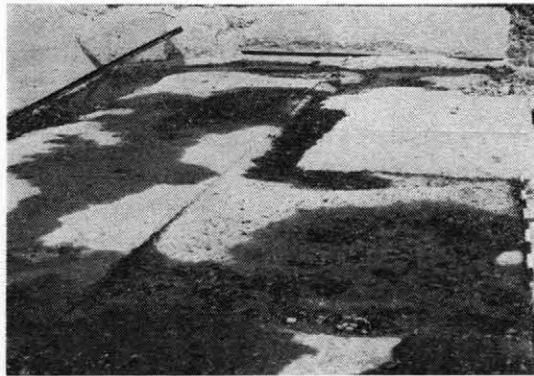


写真-1

ないかについて検討を加えた。コンクリートの耐摩耗保護工法としては次のような工法がある。

- ① 他種材料張りつけによる保護工
 - ア 石張工
 - イ 鋼板張工
 - ウ 弾性板張工
 - エ 特殊材料塗布工
 - アンビルトップ
 - マスタープレート
- ② 特殊コンクリートの施工による保護工
 - ア 真空コンクリート
 - イ 鉄粉入りコンクリート
 - ウ グラノミックコンクリート

各工法の得失、本頭首工への適用性について検討した結果は次のとおりであるが、いずれの工法も問題点を含んでいる。本工事では、実施例がないが施工性が良い弾性板張工法を試験施工として実施することとした。

(1) 石張工法

従来から用いられている工法で、間知石を表面に張り

つめるものであるが、近年石工の質低下を来たしているので、施工に不安が残ること、石張工の破損は石のスリ・ヘリによるのではなく、抜け石によって破損が加速度的に拡大するものであるため、間知石の控長を大きくする必要から、新設の場合は良いが、部分改修では、コンクリート取こわしが大きくなり適当でない。

(2) 鋼板張工法

鋼材を下部コンクリートに埋込んだアンカーに溶接する方法で、早月川養輪頭首工、本地区の西岩崎頭首工で実施されている。この工法は特に鋼板とコンクリートのすき間の処理、アンカー埋込方法に問題があり、特に改修の場合、アンカー埋込の確実性に疑問が残る、確実にするためには既設コンクリート取こわしが多くなる。

(3) 弾性板張工法

ゴム板等の弾性板を張る工法は従来より検討されているが、コンクリートに取付ける方法としては接着材による方法、ボルトによる方法である。接着材による方法は、現地の条件によって確実に接着出来るかどうか、また、ボルト等金具を用いる方法は、弾性板と金具の弾力性の違いのため金具のみ摩耗されることが考えられる。その点モルタルによって接着出来る工法は施工性に関しては非常に確実であると想定される。しかし実施例が全くないので、効果については室内実験の結果によって判断せざるを得ない。

(4) 特殊材料塗布工法

材料によって、アンビルトップ、マスタープレート等の名があるが、いずれも鉄粉入りモルタルを硬化していないコンクリート面に撒布塗布して、あたかもコンクリート面に鋼板を張った状況にするものである。砂防ダム等で施工された例があるが、現地施工の結果について不明である。

(5) 真空コンクリート工法

コンクリート打設後真空処理を行ってコンクリート中の水分を取除き、水セメント比を高めることによってコンクリートの強度及び耐摩耗性を向上させようとするもので、各地において施工されている。耐摩耗性についての効果は認められているが、衝撃に対しては効果が少ないといわれている。

(6) 鉄粉入りコンクリート工法 (エンベココンクリート)

普通コンクリートの細骨材の一部に鉄粉を使用するので、建設省において砂防ダムの保護コンクリートとして施工された例があるが、真空コンクリート同様耐衝撃性が劣るとされている。

(7) グラノミックコンクリート

水セメント比が極端に小さく、細骨材を用いない砕石コンクリートを搗固めて施工するもので、搗固めの施工管理が問題である。

4. 弾性板の概要

表面被覆に使用した弾性板の概要についてメーカー側より得た資料によって述べると次のとおりである。

(1) 材質、形状

弾性板はポリウレタン系エラストマーを主成分とし、合成ゴム粉末、無機質フィラー、等を配合した3種類の混合液を表面層、内部層、接着層の順に型に入れ、5mm程度の砂利を植付けてエポキシプライマーを塗布したもので、成型品は図-3の構造となっている。また、弾性板の大きさは、施工性を考慮して495mm×495mmで施工面積1㎡当たり4枚使用することを標準としている。更に、施工始終端部における洗掘剝離に対処するためにはコーナータイプが、また施工場所の状況に応じて使用出来るように厚さについては3種類のものがある。

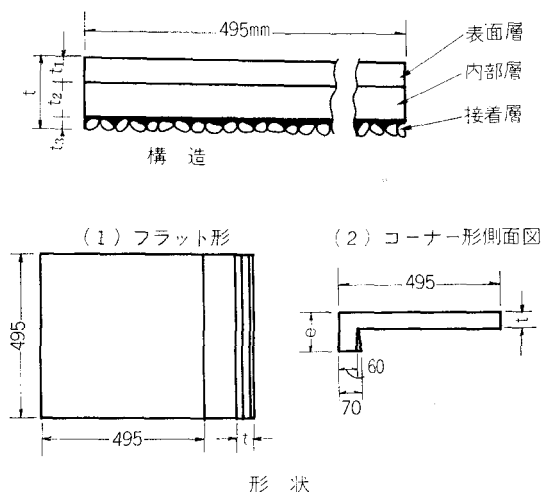


図-3 弾性板の構造及形状

表-1 弾性板の寸法 (単位mm)

使用区分	t	t ₁	t ₂	t ₃	e
高衝撃	35	10	20	5	100
中 "	25	5	15	5	90
" "	15	3	7	5	80

表-3 ウェザーメーターによる耐候性試験結果

曝露時間 (hr)	0	500	1,000	1,500	2,000	2,500	3,000	備考
引張強度(kg/cm ²)	29.3	30.7	34.5	36.9	39.5	39.4	40.4	試験片 長さ 245mm 幅 70mm 厚さ 表層10mm 内部 2mm 条件 気温20℃における測定値
伸び (%)	214	208	210	209	214	208	218	
硬度 (°)	—	+5.5	+9.6	+11.0	+13.7	+15.1	+17.8	
重量変化率 (%)	—	-5.6	-7.1	-8.2	-9.9	-10.3	-11.8	

(2) 弾性板の物性

弾性板の表面層、内部層それぞれの物性値は表-2の通りであるが、この種の材料に要求される耐摩耗性についてテーバー摩耗試験機で試験を行った結果について他種材料と比較したものが図-4である。

また、表面層の耐候性についてウェザーメーターによる促進試験を行い、物性変化を測定した結果は表-3及び図-5である。(引張伸びはJIS K6301によって1号ダンベルを使用し、硬度はJIS K6301によってスプリング式硬度計を使用した。)なお、ウェザーメーター200時間が我国日照条件1年に相当する。

表-2 弾性板の物性

試験項目	単位	表面層	内部層
比重	—	1.1	2.1
硬度	○	68	80
引張強度	kg/cm ²	26	18
伸び	%	90	25
曲げ強度	kg/cm ²	—	80
圧縮強度	kg/cm ²	—	87
吸水率	%	1.5	1.5

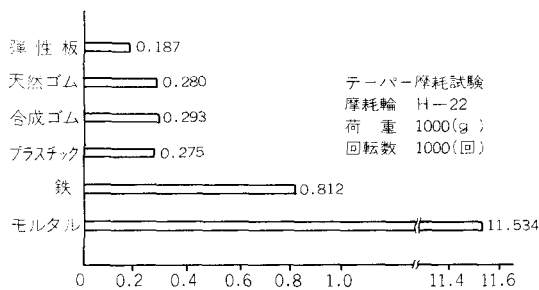


図-4 各種材料の耐摩耗性比較

(3) モルタル接着強度と衝撃試験

弾性板は接着層及び躯体コンクリート双方にモルタルを塗り、タイル貼の要領で接合すれば良いので、モルタルの硬化によって躯体コンクリートに接合される。従って、弾性板が躯体コンクリートと如何に強く接合される

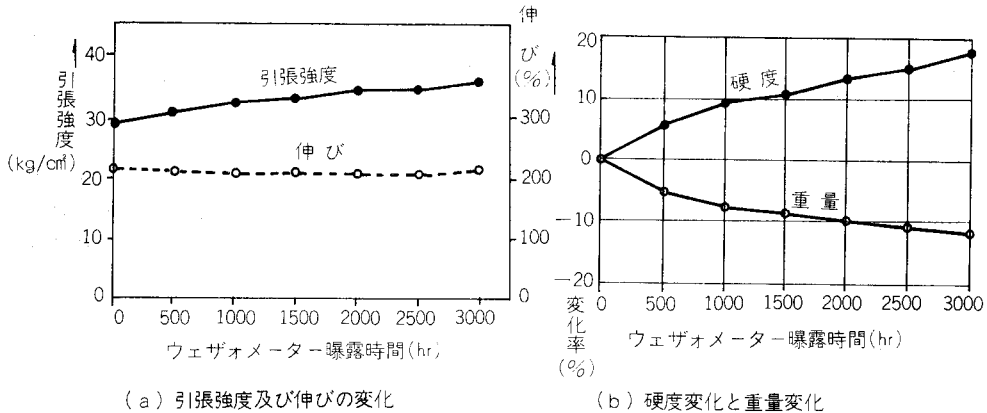


図-5 弾性板のウェザオメーターによる耐候性試験結果

かを目安として、1:3配合モルタルによって接合した場合の剝離接着力及び、剪断接着力について測定した結果は $4.5 \sim 7.5 \text{ kg/cm}^2$ 及び $10.5 \sim 12.5 \text{ kg/cm}^2$ で、通常のコンクリート強度と大差がないことが判明した。

また、小型土圧計を埋設したコンクリートブロックに弾性板を貼り合せた試料に鋼球を落下させてコンクリート表面に発生する応力を測定する試験を実施した結果は図-6の通りで、弾性板の厚さが増すに従って、応力は著るしく減少し、耐衝撃性の向上が認められた。

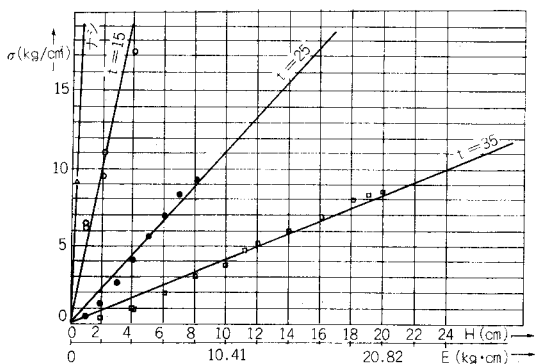


図-6 落球衝撃試験結果

5. 工事の実施

(1) 施工計画

頭首工のエプロン摩耗状況については図-2のとおりであるが、洪水時の流心が左岸側に寄るため、左岸側で大きく摩耗されている。従って、本試験施工においては、左岸側程厚い弾性板を使用することとし、図-7のように配置するように計画した。各厚さの弾性板の間には、基盤コンクリートと同じ配合 (A種生コンクリート $\sigma_{28} = 300 \text{ kg/cm}^2$, $G_{max} = 40 \text{ mm}$ スランプ 5 cm) のコンクリートを打設し、弾性板との摩耗の比較を行えるようにした。また図-7中斜線部3板の弾性板については、摩耗

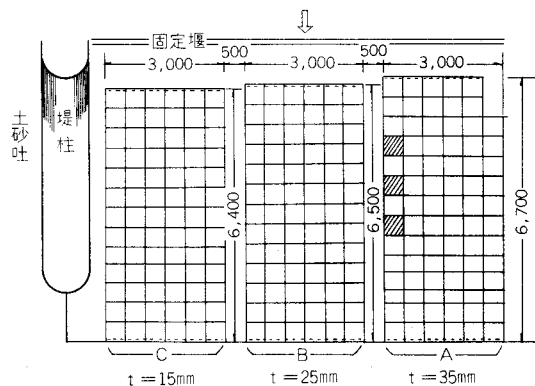


図-7 施工平面図

量を測定するため、着脱可能なボルト締とすることとした。

工事の施行順序は次により行うよう計画をたてた。

ア、既設エプロンコンクリートを20cm程度はつる。

イ、コンクリートハツリ面に、打継目処理としてモルタルを敷均した後コンクリートを打設する。

ウ 一昼夜経過後に弾性板をはりつける。

(7) 弾性板接着層にモルタルを塗り、振動を与えて接着層砂利の間にモルタルを十分填充する。

(4) 前日打設したコンクリート面に薄くモルタルを敷均す。

(ウ) 弾性板を反転し、タイル貼りの要領で弾性板をはりつける。

なお、コンクリート打設は寒中であるため、コンクリート打設後3日間はレンタンによって加熱養生を行うこととした。

(2) 工事の実施

以上の計画に基づいて、昭和49年11月20日よりコンクリート打設を開始し、23日に弾性板取付けを完了した。この間の作業内容及び労務出役状況は、表-4のとおり



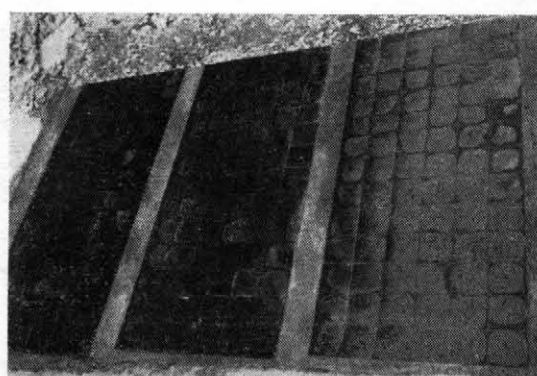
写真—2



写真—4



写真—3



写真—5

表—4 工事の実施

月 日	労 務		午前 の別 午後	作 業 量		備 考
	左官工	作業員		コンクリート打設	弾 性 板 貼	
11. 20	—	5	前 後	— 4.0m ³	— —	
11. 21	1	6	前 後	8.6m ³ —	— 18.85m ²	
11. 22	1	5	前 後	— —	} 38.4m ²	
11. 23	—	5	前 後	3.3m ³ —	— —	ボルト部弾性板取付

である。このことより、弾性板貼りの労務構成及び歩掛を求めると次のようになる。但しこの値は本試験工事における値であり、作業手順等も不慣れのため手戻りもあったので、実際には更に多くの作業が可能であろう。

作業班

左官工 1名 弾性板のはりつけ
 同手元 4名 モルタル練り
 (普通作業員) 弾性板へのモルタル塗り及び振動

モルタルの小運搬、
 モルタル付弾性板の小運搬
 小運搬 1名 弾性板を施工場所まで運搬
 (普通作業員) (現場条件により異なる)

1班1日当たり作業量 40m²

施工結果から考えれば、大面積を施工する場合は、弾性板の振動を機械化し、生モルタルを使用することとして労務構成を検討する必要がある。

6. 施工後の経過

工事完了後1年を経た現在、目で確認出来る程の変化は生じていない。これは下記に示すようにこの一年間に大きな洪水がなかったことにもよるものと思われる。

順位	最大流量	発生年月日
①	26.7 m ³ /s	50—8—23
②	21.3	50—11—7
③	11.8	50—11—15
④	7.6	50—6—12
⑤	3.5	50—4—30

この間、弾性板の硬度については2回、重量・厚さについては1回測定を行った。

(1) 硬度

硬度の測定は、昭和50年5月25日（施工後6カ月）、昭和51年2月6日（施工後14.5カ月）に行った。その時の状況測定結果は表-5のとおりであるが、硬度はその温度によって異なり、老化していない弾性板による試験結果によると図-8のとおりであるので、老化の進行している場合におけるデータはないが、温度変化による傾向は同じであるとの仮定に立って常態（20℃）における硬度を推定し、老化に伴う変化率を表-5に示した。

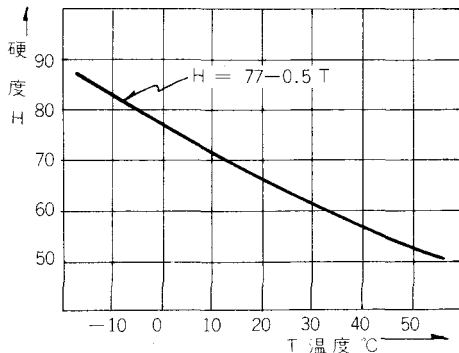


図-8 温度～硬度の関係（老化していない弾性板による試験）

(2) 重量

着脱可能な弾性板は3枚設置したが、測定を行った昭和51年2月6日には凍結のため1枚しか取はずしが出来なかったため、この1枚について測定した。その結果、当初、重量9.52kgに対して9.54kgと0.02kg増加した。

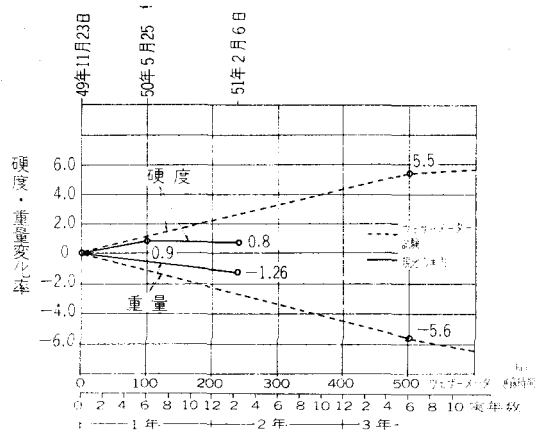


図-9 硬度、重量変化率のウエザーメーターと実測の比較

これは吸水によるものと思われるので、一般物性に示したように吸水率を1.5%として、重量変化を算定すると、

$$\frac{9.52(1+0.015) - 9.54}{9.52} \times 100 = 1.26 (\%)$$

となり、重量は1.26%減少していることが判明した。

硬度及び、重量の変化率について、ウエザーメーターの値及び現地測定の結果を比較図示すると、図-9のとおりである。図より、ウエザーメーターによる値と、現地における値を比較すれば、重量変化及び、硬度変化共にウエザーメーターによる値が、現地における値を上回っている。このことより、測定が1年程度で、更に測定を継続検討する必要があるが、今までの測定から見れば、ウエザーメーターによる観測は、現地における変化よりむしろ危険側にあり、ウエザーメーターの結果によって老化の状況を判定しても十分安全であると思われる。

7. あとがき

頭首工エプロンコンクリートを保護するには、ゴムのような弾性体をコンクリートに張ることが出来れば、土石流の衝撃を吸収出来るのではないかと考えていたが、取りつける適当な方法がなかった。今回、砂利を植付けた弾性板をモルタルで接着する方法があることを知りメーカー側の協力を得て試験施工したものである。施工後わずか一年でその成果について論ずることは出来ないが、今後、施工される場合の参考になればと思ひ報告する次第である。

表-5 硬度測定結果

測定日	弾性板の状況	測定温度 t	測定硬度 (平均) H	常態への換算式	常態における硬度	硬度変化率 %
施工前	乾 燥	19℃	68.0	H - 0.5(20 - t)	67.5	—
50. 5. 25	冠 水	13	71.6	〃	68.1	+0.9
51. 2. 6	積 雪	0	78.0	〃	68.0	+0.8

みずくぼ 水窪ダム施工管理について

増 田 明 徳*

目 次

1. まえがき.....31	4. 施工管理試験結果.....34
2. 水窪ダム盛立材料施工管理実施要領.....31	5. 土量換算係数.....37
3. コアー用土のストックパイルの必要性.....32	6. あとがき.....42

1. まえがき

水窪ダムにおける盛立材料の管理方法の概略と、土量換算係数について、検討を加えたので、今後のダム設計資料の参考までに、報告させて頂くものである。

2. 水窪ダム盛立材料施工管理実施要領

実施要領は、ダム特別仕様書を受けて、管理の実際的な事項について定めたものである。

各材料ごとの転圧仕様は表-1に示すとおりである。

コアーの密度管理は乾砂置換法による急速管理試験

を、毎朝9時に測定し、 $x-R_s-R_M$ 管理し、これを定期管理と呼んだ。そのほか、一層転圧することにより、密度測定し、これを適宜管理と称した。

コアー粒度については、透水係数を考慮し、粒径0.074%以下の含有量を20%以上と規定した。

密度の規制は、C値 $\geq 98\%$ と規定し、C値による転圧の評定とその対策は表-2、含水比の管理は表-3により実施した。

D値は盛土の締め固まり程度を結果的かつ総合的に判定する資料とした。この点は他のダムの施工管理と異なっていると思われるが、実際的には、C値 $\geq 98\%$ であ

表-1 転圧機種とまき出し転圧仕様

項 目		コ ア ー	フ イ ル タ ー	ト ラ ン ジ ョ ン	ロ ッ ク
設	転 圧 機 械	10 t タンピング ロ ー ラ 18 t ブルドーザ で けん 引	20 t タ イ ヤ ロ ー ラ 18 t ブルドーザ で けん 引	20 t タ イ ヤ ロ ー ラ 18 t ブルドーザ で けん 引	27 t ブルドーザ
	計	転 圧 回 数 撤 出 厚 γ_d 透 水 係 数	10 回 30cm以下 1.6t/m ³ 5×10^{-5}	10 回 50cm以下 50cm以下 1.9t/m ³	10 回 50cm以下 1.8t/m ³
実		15 t タンピング 21 t ブルドーザ け ん 引	25 t タイヤローラ 21 t ブルドーザ	25 t 及び 50 t タイヤローラ 21 t ブルドーザ	27 t, 42 t ブルドーザ

表-2 C一値による評定

等級	0 曲 線 の 型	転 圧 の 評 定	考 察 及 び 対 策
1	3 個共 $0 \geq 98\%$	良 好	転圧は良好
2	2 個 $0 \geq 98$, 1 個 $95 \leq 0 < 98$	やや不良	用土の搬入を続けながら不足部分の転圧作業を強化促進する
3	1 個 $0 \geq 98$, 2 個 $95 \leq 0 < 98$	不 足	用土の搬入を制限しながら転圧作業を強化する
4	3 個共 $0 \leq 95$	極めて不足	用土の搬入を制限し、 W_o-W_f の値を参考に全面を一斉に再転圧する・転圧後再び密度を測定し評定する

* 東北農政局浪岡川農業水利事業所工事課長, 前米沢平野農業水利事業所関係支所長

表-3 含水比管理 |Wo-Wf| の値による評定

等級	Wo-Wf の値	評定	考察及び評定
1	Wo-Wf < Wo-Wf ₁	良好	含水比は良好と認める
2	Wo-Wf ₁ < Wo-Wf < Wo-Wf ₂	やや過多	まき出し厚を多少うすくし、乾燥作業を強化
3	Wo-Wf ₂ < Wo-Wf < Wo-Wf ₃	過多	ストックパイル及び提体面の乾燥作業を強化
4	Wo-Wf ₃ < Wo-Wf	非常に過多	盛土作業を中止し、乾燥作業を強化

Wo=最適含水比 Wf=盛立含水比 Wf₁=D値95%含水比 Wf₂=D値92.5%含水比 Wf₃=D値90%含水比

表-4 ロック及びトランジションの粒度

材 料	最大粒径	細粒含有量の規制
ロ ッ ク	1.20m	25.4mm以下が約30%以内
トランジション	0.40m	25.4mm以下が約70%以内

は、D値 $\geq 98\%$ となり、C値を主体にした施工管理で、密度管理の目的を充分はたした。これは一つには、施工含水比が殆んど一定していたためで、もし、施工含水比が、大幅に変動する場合にはやはりD値管理を主体的に行なうのが妥当であろう。

トランジション、ロック材の粒度は、表-4で規制した。

トランジション材については、乾燥密度、透水係数、粒度分布およびせん断強度を盛立一定量ごとに定期管理として実施し、ロック材についてはせん断強度は定期管理として実施したが、密度については適宜管理のみとした。

3. コア-用土のストックパイルの必要性

コア-用土の所要透水係数は一般に、 $\alpha \times 10^{-6}$ 以下に

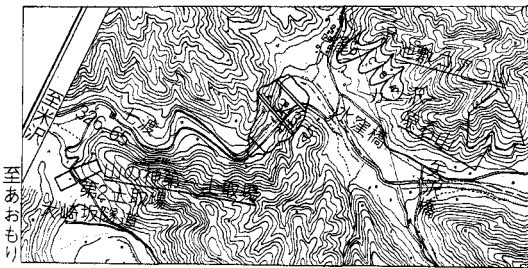


図-1 土取場位置図

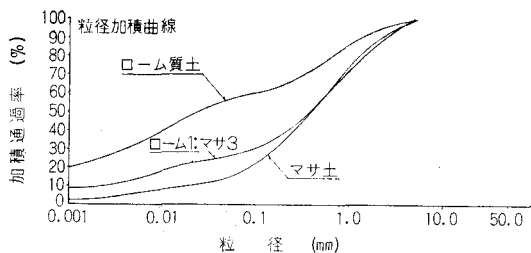


図-2 コア-材粒度分布

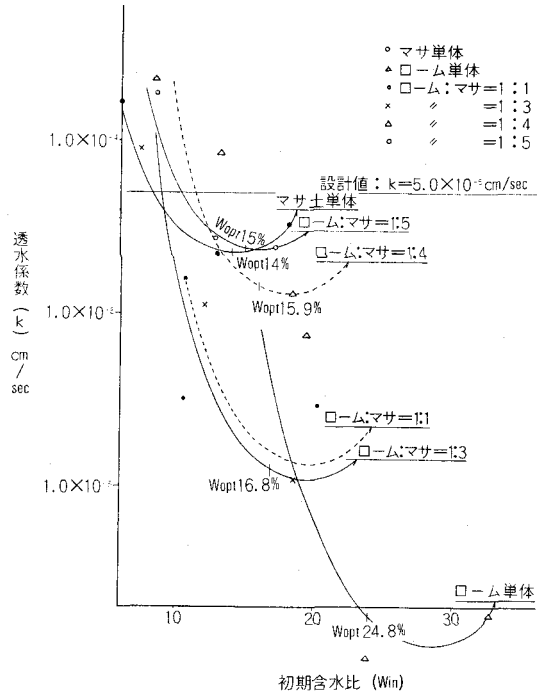


図-3 各配合比に於ける初期含水比と透水係数の関係

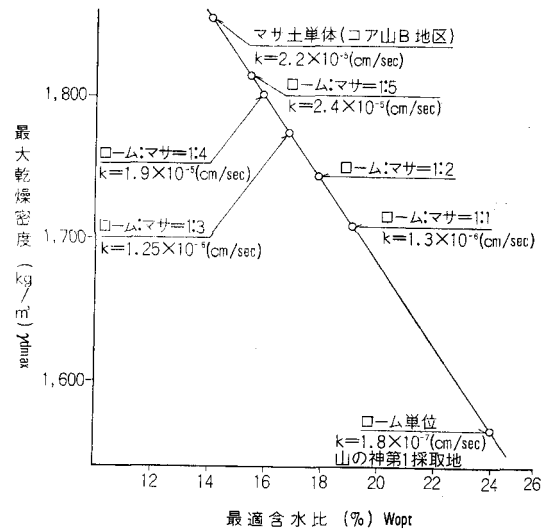
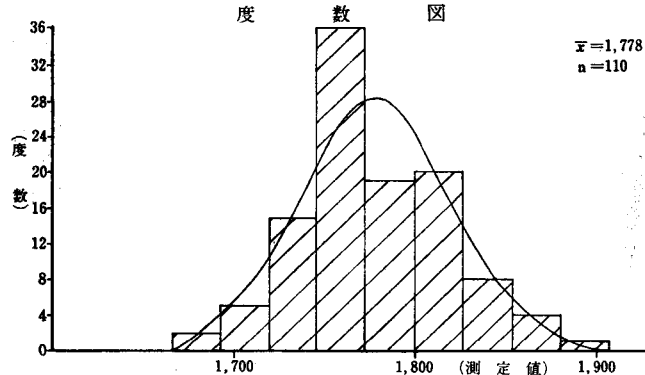


図-4 各配合比に於ける $\gamma d \max$ Wopt~kの関係

図-5 コア乾燥密度度数表

工事名	水窪ダム工事	設計基準値	1,600	出張所名	
名称	Core (混合土)	日標準作業量		期間	自 昭和47年4月11日
品質特性	乾燥密度	規格限界		至	昭和48年9月18日
測定単位	kg/cm ³	下限度	1,600	請負者	
測定方法	乾砂置換法	大きさ	1回3試料	現場代理人	
作業機械名		試料		測定者名	
		間隔	24時間		



[注] 度数図及び組み分け別度数は、各試験値 (x-R₀管理ではx, x-R管理ではx₁, x₂……等) を対象として記入するものとする。

「ゆとり」の検討表

管理限界の 対象番号	規 格		α			ゆとり の 適合 率	規格に 適合 する 割合	変動 係 数
	下限度 SL	上限度 Su	規格を割る 確率 P	h	α			
	1,600				44	適	合	24

○ゆとり (α) の計算

(1) 両側規格の場合 $\frac{|\bar{x}-S_u|}{\sqrt{V}} = \alpha_1 \geq 3$ $\frac{|\bar{x}-S_L|}{\sqrt{V}} = \alpha_2 \geq 3$

上記の両式が成立すればゆとりがある(できればα≧4が望ましい。)

(2) 片側規格の場合 $\frac{|\bar{x}-S|}{\sqrt{V}} = \alpha \geq 3$ (できれば4が望ましい)

Sは上限値の場合はSu, 下限値の場合はSLを使用する。

(3) 規格を割る確率 (P%) が示されている場合

(a) 両側規格のとき $\frac{|\bar{x}-S_u|}{\sqrt{V}} = \alpha_1 \geq h$ $\frac{|\bar{x}-S_L|}{\sqrt{V}} = \alpha_2 \geq h$

(b) 片側規格のとき $\frac{|\bar{x}-S|}{\sqrt{V}} = \alpha \geq h$ Sは上限値の場合はSu, 下限値の場合はSL

組み分け別度数表

a=1,787 (x̄または適当な数)

組み分け	x	マ ー ク	度数f	(x-a)	(x-a)f	(x-a) ²	(x-a) ² f
1665.5~1692.5	1679	//	2	-108	-216	11664	23328
1692.5~1719.5	1706	###	5	-81	-405	6561	32805
1719.5~1746.5	1733	####	15	-54	-810	2916	43740
1746.5~1773.5	1760	#####	36	-27	-972	729	26244
1773.5~1800.5	1787	#####	19	0	0	0	0
1800.5~1827.5	1814	#####	20	27	540	729	14580
1827.5~1854.5	1841	#####	8	54	432	2916	23328
1854.5~1881.5	1868	#####	4	81	324	6561	26244
1881.5~1908.5	1895	#####	1	108	108	11664	11664
Σ			110		-999	43740	201933

$S = \sum(x-a)^2 f - \{ \sum(x-a)f \}^2 / \sum f = 192860$ $\sqrt{V} = \sqrt{\frac{S}{\sum f - 1}} = 42.1$

○組み分けの幅 $h = \frac{R'}{N}$ R': レンジ……試験値(x-R₀管理ではx, x-R管理ではx₁, x₂……x_nをいう。)の最大値と最小値の差
N: 組みわけ数……R'の%~%とする。

○平均値 \bar{x} ……x-R₀管理においては、管理限界線の計算をしたときのx̄とする。
x-R管理 xとする。

○下偏分散の平方根 $\sqrt{V} = \sqrt{\frac{S}{\sum f - 1}}$

○残差平方和 $S = \sum(x-a)^2 f - \{ \sum(x-a)f \}^2 / \sum f$
許容限界係数 h (片側危険率5%)

○P-h値	P	h	3	5	10	15	20	25	30	40	50	60	100	∞
1/4	4.42	2.00	1.43	1.25	1.15	1.09	1.05	0.99	0.95	0.93	0.85	0.87		
1/5	5.25	2.43	1.67	1.46	1.36	1.29	1.24	1.18	1.14	1.11	1.03	0.84		
1/10	7.53	3.37	2.32	2.04	1.91	1.82	1.77	1.69	1.64	1.60	1.50	1.28		
1/20	9.46	4.17	2.87	2.54	2.38	2.28	2.21	2.12	2.06	2.02	1.90	1.64		
1/30	10.60	4.62	3.16	2.80	2.62	2.51	2.44	2.34	2.27	2.23	2.14	1.83		
1/50	11.67	5.10	3.50	3.11	2.91	2.79	2.71	2.60	2.53	2.48	2.34	2.05		
1/100	13.16	5.73	3.93	3.49	3.27	3.14	3.05	2.93	2.85	2.80	2.65	2.33		

○変動係数 $C, V = \frac{\sqrt{V}}{\bar{x}} \times 100 = 2.4\%$

$\bar{x} = 1,778$

[注] 管理限界線の引き直しごとに管理限界の計算に使用した試験値を用い度数表を作成し、「ゆとり」の検討を行なうものとする。

要求されているが、本ダムサイト近辺には、コアー用土として使用出来そうなのは、花崗岩の風化した真砂土のみである。

ところがマサ土単体では、室内透水試験の結果は、 $k = \alpha \times 10^{-4} \sim \alpha \times 10^{-5}$ のオーダーであり、盛立現場において、締固めエネルギーを大きくしても、コンスタントに透水係数を、 5×10^{-5} 以下に確保することが、困難であることが判明した。

このため、盛立施工に先立って、コアー用土について現場踏査および室内試験を行なった結果、池敷内のコアー山（マサ土）のうち、表層部は比較的風化が進んでいるロームは透水係数 $k = \alpha \times 10^{-6} \sim \alpha \times 10^{-7}$ のオーダーであり、またダムサイト下流約1kmの山の神土取場には上層部にはマサの風化したローム、下層部には段丘堆積層の円礫を多量に含んだロームがあり、いずれも充分不透水性でコアー材に適していることが判明した。

しかしながら、このロームだけをコアー用土とすることは、賦存量が非常に少なく不可能なので、無尽蔵にあるマサ土と混合して使用することを検討した。

室内試験の結果、ローム対マサ土の混合比率 1 : 4 ~ 1 : 5 でも透水係数は充分満足するが、ストックヤードでの混合土の造成施工技術および盛立現場での混り具合

を考慮し、ローム対マサを1対3で混合することに決定した。

ストックパイルの造成法は、ローム25cm、マサ75cmの互層に播出し、トラクターショベルでの積込能力が最大限に利用でき、かつ、積込む場合に最下層から上層部まで、一度で切崩し積込が出来、ダンプトラック積込時によく混合するよう、ストックパイルの全厚を4mで施工した。

4. 施工管理試験結果

4-1 コアー

管理結果は図-5~8および表-5のとおりで、各設計値を充分満足している。

また、マサ土の地山含水比は平均13.6%で、最適含水比よりドライ側であったが、ロームは地山含水比20~34%で、ストックすることにより、含水比が結果的に調整されて、施工含水比が、最適含水比 W_{opt} よりいく分ウェット側になり、透水係数確保のうえで思わぬ効果があった。

一般のアースダムでは含水比が高く、材料の乾燥促進に気を配るのが通例であるが、本ダムにおいては、図-9の如く W_{opt} 附近では、含水比が2~3%少なくなる

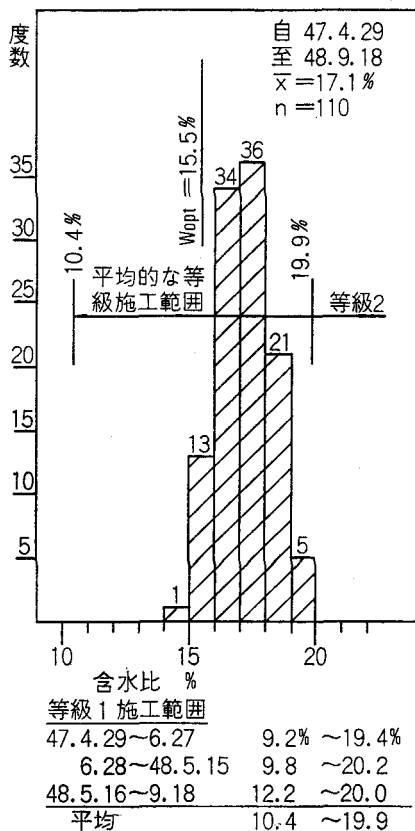


図-6 コアー施工含水比頻度図

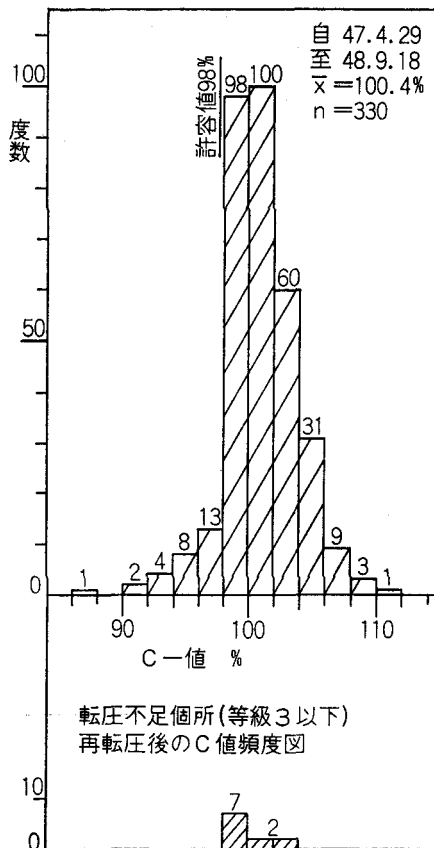


図-7 コアーC値頻度図

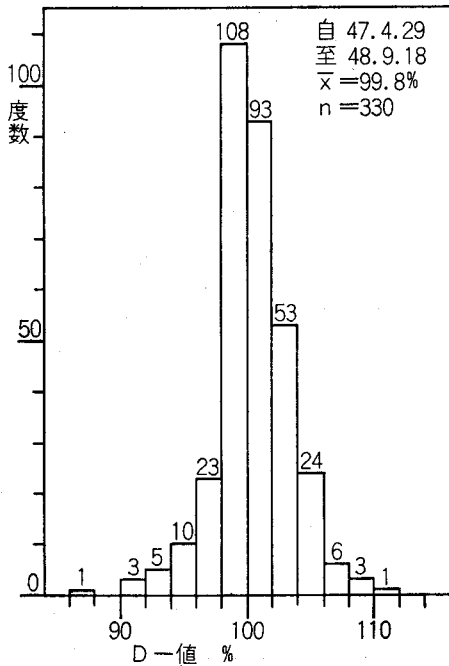


図-8 コア-D値頻度図

ことにより透水係数が 10^{-1} のオーダーで大きくなるので、材料の乾燥のはげしい夏期施工時にはストックヤードおよび盛立現場で散水して W_{opt} よりいく分ウェットになる様努めた。

4-2 トランジション

管理結果は図-10~11, 表-6~7を得, これは各設計値を充分満足している。密度管理は $0.7 \sim 0.8 \text{ m}^3$ 位の穴を人力で孔壁の凹凸が出来ただけに掘削し, 水置換法で求めたものである。

4-3 ロック

密度の定期管理はおこなわなかったが, 27tブルドーザで6回転圧で設計値 $\gamma_d = 1.80 \text{ t/m}^3$ が確保出来るか判定するために, 試験転圧をしたので, 適宜管理と合せて, 表-8に表す。

ロック材の試験転圧の方法

試験用コンクリートボックスを図-13の様に幅 3.0m 長さ 3.6m, 高さ 1.3m の大きさで作り, ボックスの中へロック材をダンプし, コンクリート天端より上部の表

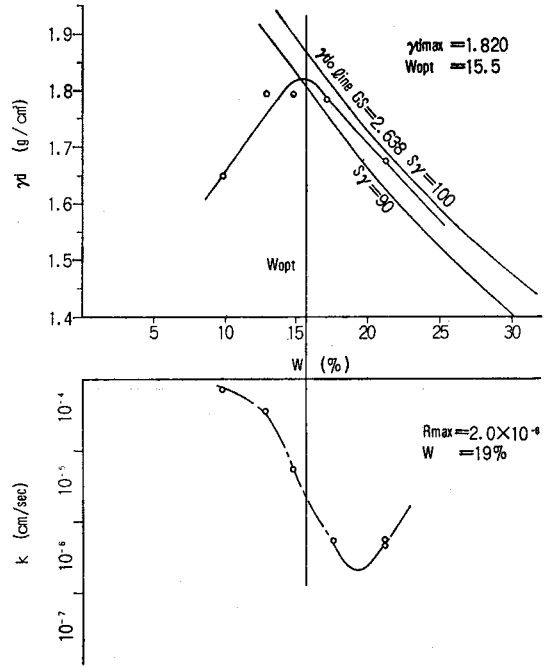


図-9 γ_d - W - k 関係図

礫まじりローム 1
混合土 D_{1-2} 地区マサ 3

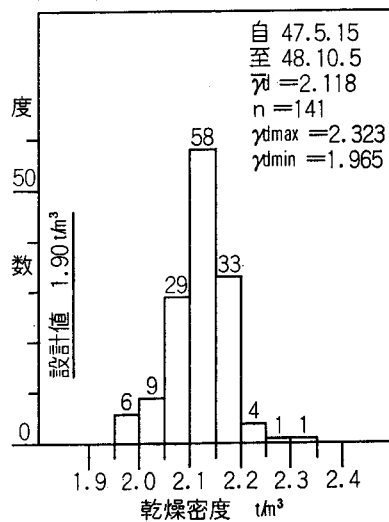


図-10 トランジション材盛立密度

表-5 コア-粒度分布と透水係数

年度	資料数	粒 度 分 布				透 水 係 数	
		レキ 2.0%以上	砂 2.00~0.074	シルト 0.074~0.005	粘土 0.005以下	現場透水	室内透水
47	51	21.4%	55.5	16.3	6.8	6.2×10^{-6}	4.5×10^{-6}
48	33	22.3	52.7	19.8	5.2	9.3×10^{-6}	4.5×10^{-6}
計	84	21.8	54.4	17.6	6.2	7.4×10^{-6}	4.5×10^{-6}

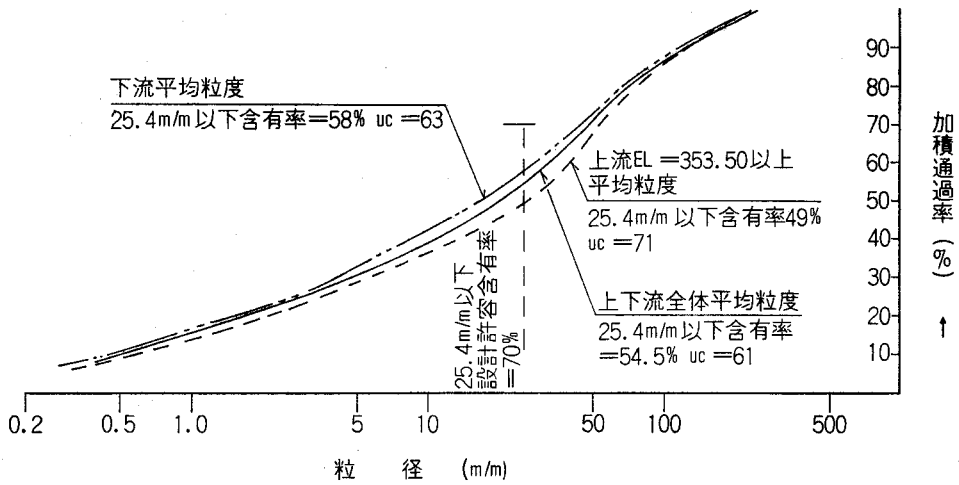


図-11 トランジション材粒度分布

表-6 トランジション粒度分布および透水係数

年度	資料数	均等係数	最大粒径	各加積通過率の粒度					現場透水係数
				80%	60%	50%	30%	10%	
47	93	49	296	67% _m	29.8	18.7	4.8	0.61% _m	1.8×10^{-3}
48	45	99	197	74	38.8	23.7	4.7	0.39	1.5×10^{-3}
計	138	91	250	69	32.7	20.3	4.8	0.54	1.73×10^{-3}

表-7 トランジションのセン断強度(直接セン断)

資料数	Gs	$\bar{\gamma}d$	\bar{e}	粘着力c	マサツ角φ
7	2.686	$\frac{t}{m^3}$ 1.978	0.36	1.8t/m ²	39° 49'

注、前回報告のロック、トラン材の粒度分とセン断強度の関係レポートより資料数2ヶ追加。調査時のテスト含まず

層には、レベリングの精度をますために、比較的粒程の小さい材料をまきだした。

ボックスの周辺も内部のロック材と同程度の高さに埋戻して一緒に転圧した。転圧後は鋼制ゲート周辺のロックを取除き、ボックス内の材料がこぼれないように細心の注意をはらい、ゲートを開けて、人力およびトラクターショベルで掘削し、ダンプトラックに積み込み、トラッ

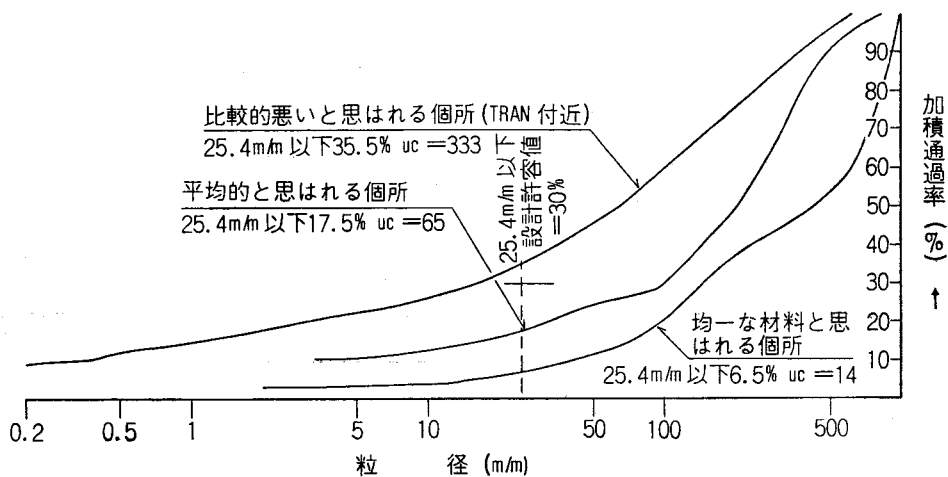


図-12 ロック材粒度分布

表—8 ロック材の締め密度(27t級ブルドーザ 6回転圧後)

設計まき出し厚: 1.50m

	トラックスケール W(kg)	転圧前 t ₁ (m)	転圧後 t ₂ (m)	沈下量 t ₁ -t ₂	容積 V(m ³)	湿潤密度 γ _t (t/m ³)	含水比 w(%)	乾燥密度 γ _d (t/m ³)	摘 要
1	26,370	—	1,379	—	14,546	1,813	0	1,813	均一な材料
2	28,170	1,523	1,439	0.084	15,179	1,856	〃	1,856	〃
3	27,640	5,451	1,393	0.058	14,693	1,881	〃	7,881	〃
4	27,890	1,464	1,396	0.068	14,726	1,893	〃	1,893	〃
5	26,100	1,451	1,386	0.065	14,620	1,785	〃	1,785	〃
6	30,420	1,507	1,441	0.066	15,200	2,001	4.6	1,913	粒度分布の良い材料
7	31,750	1,536	1,506	0.030	15,885	1,999	〃	1,911	〃
8	29,890	1,482	1,335	0.147	14,082	2,123	5.5	2,012	〃
9	31,330	1,536	1,462	0.074	15,421	2,032	〃	1,926	〃
10	5,874	—	—	—	2,820	2,083	1.0	2,062	堤体において水置換にて求めた密度
11	5,021	—	—	—	2,580	1,946	〃	1,927	〃
12	5,539	—	—	—	2,640	2,098	〃	2,077	〃
13	4,000	—	—	—	2,030	1,970	1.5	1,941	〃
14	6,290	—	—	—	3,040	2,069	〃	2,038	〃
15	5,880	—	—	—	2,840	2,070	〃	2,039	〃
MEAN								1,938	

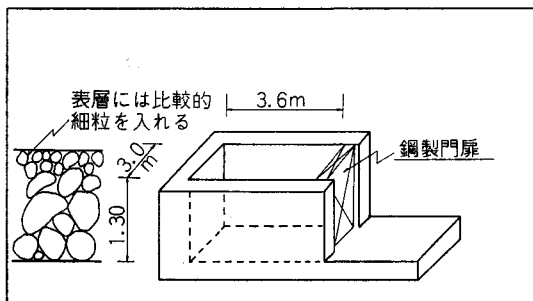
1~9 コンクリートボックスでの転圧テスト

11~15 47年度堤体密度管理

表—9 ロックのせん断強度(直接せん断)

資料数	G _s	$\bar{\gamma}_d$ t/m ³	\bar{e}	粘着力c	マサツ角 φ
11	2.686	1.847	0.46	2.3t/m ²	47° 41'

注 前回資料より4ヶ追加
調査時のテスト含まず



図—13 ロック試験転圧用コンクリートボックス

クスケールで重量測定した。

コンクリートボックスでの転圧試験は、まきだしブルドーザおよびダンプトラック運行のエネルギーが加わらないため、本堤の盛立現場での水置換法により求めたγ_dよりいく分小さな値になっている。

5. 土量換算係数

土工事における土量換算係数の重要性は以前から指摘されているにもかかわらず、複雑な要素が多いためか、

厳密な調査はあまりなされていないように見受けられる。

そこで、ダム施工にともない施工管理として締った状態の密度を多く扱うので、これを利用して換算係数をチェックすることにした。

5-1 調査方法

弛んだ状態

コアー、トランジション、ロック材とも、1.5m³級トラックターショベルを使用し、あらかじめ水置換により、バケット容積を求め、あとの作業の目印しに、鉄筋をバケット内に溶接した。

これに弛んだ状態の材料をすくい上げ、エッチ、スコップ等で均し、平面に仕上げたあと、ダンプトラックに積込み、トラックスケールにより重量を計量する。

なお、一回の測定値はショベル3回分(3.45m³)とした。

締められた状態

コアー材

ダムの定期管理におけるC値の平均値が、約100%であるので、マサ土およびロームの単体土については、地山密度を乾砂置換法により測定した試料を用いて、突固め試験(一点法)を行ない、この値を採用した。

混合土についても、ストックパイルにおいて弛んだ状態の密度を測定した試料を用いて、単体同様の突固め試験を行なったが、最終的にはダム盛土工事の定期管理の平均密度を採用した。(N=330)

トランジション材

幅3.0m, 長さ3.6m, 高さ0.3mのコンクリートボックスを作り, 所定のまき出し厚(50cm)にまき出して, 25t級タイヤローラで所定の転圧回数(10回)で転圧し, 転圧後の高さを m^2 当り2点レベルにより確認し, 容積測定したのち, ダンプトラックに積込んでトラックスケールで重量測定し, 密度を求めたが, 最終的には定期管理の平均密度を採用した。(N=141)

ロック材

密度管理結果表-8採用。(N=15)

地山(自然)状態

コア材

単体土(マサ土, ローム)の地山密度は乾砂置換法に

より求めた。混合土は, マサ土, ロームの混合比率により, 地山状態を推定することもあり得るが, ここでは, 弛んだ状態と締った状態における設計値と実測値の比率を求め, この比率で, 設計地山状態よりスライドした。

トランジション, ロック材

原石山の弱風化岩を用いて, 仮比重を求め, ダムグラウト注入量, その他文献を参考に岩の亀裂による空隙率を2%と仮定して, 地山の単位体積重量を求めた。

$$G_s = 2.686$$

仮比重 (JIS A 1110)

$$G = 2.581$$

$$\gamma_d = 2.581 \times 0.98 = 2.529 \text{ t/m}^3$$

5-2 調査結果および換算係数

各調査資料は表-10~25, 換算係数は表-26~28の結

表-10 混合土弛んだ状態(トラクターショベル容積測定→トラックスケール)

トラックスケール W(t)	容積 V(m ³)	湿潤密度 $\gamma_t(\text{t/m}^3)$	含水比 w(%)	乾燥密度 $\gamma_d(\text{t/m}^3)$	摘要
4,360	3.45	1,264	12.8	1,120	レキ交リローム0.5+第1土取場ローム0.5+B地区マサ土3
4,440	3.45	1,287	12.8	1,141	
4,480	3.45	1,299	12.8	1,151	
4,550	3.45	1,319	16.6	1,131	レキ交リローム1+D地区マサ土3
4,590	3.45	1,330	17.2	1,135	
4,540	3.45	1,316	16.5	1,130	
4,300	3.45	1,246	17.1	1,064	レキ交リローム0.5+第2土取場ローム0.5+D地区マサ3
4,350	3.45	1,261	16.7	1,081	
4,350	3.45	1,261	18.4	1,065	
平均				1,113	

表-11 マサ土(B地区)地山密度(乾砂置換法JIS1214)

	湿潤密度 $\gamma_t(\text{t/m}^3)$	含水比 W(%)	乾燥密度 $\gamma_d(\text{t/m}^3)$	摘要
1	2,070	8.3	1,911	低含水比の為削除
2	2,193	7.7	2,036	
3	2,139	7.1	1,997	
4	2,045	6.2	1,926	
5	2,299	3.9	2,213	
MEAN			1,968	kg/m ³

表-13 マサ土(B地区)締固めた状態(JISA1210 1-1)

	湿潤密度 $\gamma_t(\text{t/m}^3)$	含水比 w(%)	乾燥密度 $\gamma_d(\text{t/m}^3)$	摘要
1	1,918	8.3	1,771	低含水比の為除外
2	1,852	7.7	1,720	
3	1,856	7.1	1,733	
4	1,834	6.2	1,727	
5	1,875	3.9	1,805	
MEAN			1,738	

表-12 マサ土(B地区)弛んだ状態(トラクターショベル容積測定→トラックスケール)

	トラックスケール W(t/m ²)	容積 V(m ²)	湿潤密度 $\gamma_t(\text{t/m}^3)$	含水比 w(%)	乾燥密度 $\gamma_d(\text{t/m}^3)$
1	4,890	3.45	1,417	7.5	1,318
2	4,500	3.45	1,304	7.5	1,213
3	4,530	3.45	1,313	7.5	1,221
MEAN					1,251

表-14 山の神第1ローム地山密度(JIS1214)

	湿潤密度 $\gamma_t(\text{t/m}^3)$	含水比 w(%)	乾燥密度 $\gamma_d(\text{t/m}^3)$
1	1,837	26.5	1,452
2	1,861	26.6	1,470
3	1,924	25.1	1,538
4	1,699	34.9	1,259
5	1,732	35.7	1,276
MEAN			1,399

表一15 山の神第1ローム弛んだ状態

	トラック スケール W(t)	容 積 V(m³)	湿潤密度 $\gamma_t(t/m³)$	含水比 w(%)	乾燥密度 $\gamma_d(t/m³)$
1	3,980	3.45	1,154	24.8	0.925
2	3,940	〃	1,142	〃	0.951
3	4,000	〃	1,159	〃	0.929
MEAN					0.923

表一16 山の神第1ローム締固めた状態
(JISA1210 1・1)

	湿潤密度 $\gamma_t(t/m³)$	含 水 比 w(%)	乾燥密度 $\gamma_d(t/m³)$
1	1.950	24.6	1.565
2	1.894	24.7	1.519
3	1.904	25.3	1.520
4	1.951	25.0	1.561
5	1.926	24.6	1.546
MEAN			1.542

表一17 山の神第1レキ交リローム地山密度
(JIS1214)

	湿潤密度 $\gamma_t(t/m³)$	含 水 比 w(%)	乾燥密度 $\gamma_d(t/m³)$
1	2.064	19.2	1.732
2	1.950	20.6	1.617
3	1.820	24.6	1.461
4	1.753	26.6	1.385
5	1.964	23.5	1.590
MEAN			1.557

表一18 山の神第1レキ交リローム弛んだ状態

	トラック スケール W(t)	容 積 V(m³)	湿潤密度 $\gamma_t(t/m³)$	含水比 w(%)	乾燥密度 $\gamma_d(t/m³)$
1	4,930	3.45	1,429	24.9	1.144
2	4,860	〃	1,409	〃	1.128
3	4,940	〃	1,432	〃	1.147
MEAN					1.140

果を得た。

5-3 弛んだ状態の把握方法について

弛んだ状態と云っても、種々のケースが想定出来るが、一般に作業工程より大別すると、ショベル系積込機械のバケツに載った状態、ブルドーザ掘削、押土または敷ならしの状態（掘削して弛んだ土が排土板の前面にそっくりあると考える）および運搬機械（ダンプトラック）に積載された状態の三つの単位体積重量が考えられ

表一19 山の神第1レキ交リローム締固めた状態
(JISA1210)

	湿潤密度 $\gamma_t(t/m³)$	含 水 比 w(%)	乾燥密度 $\gamma_d(t/m³)$
1	1.994	17.8	1.693
2	1.992	19.6	1.666
3	2.034	22.2	1.664
4	1.984	25.0	1.587
5	2.034	22.0	1.667
MEAN			1.655

表一20 山の神第2ローム地山密度(JIS1214)

	湿潤密度 $\gamma_t(t/m³)$	含 水 比 w(%)	乾燥密度 $\gamma_d(t/m³)$
1	1.780	38.5	1.285
2	1.752	38.9	1.261
3	1.772	36.6	1.297
4	1.698	37.2	1.238
5	1.770	37.9	1.284
MEAN			1.273

表一21 山の神第2ローム弛んだ状態

	トラック スケール W(t)	容 積 V(m³)	湿潤密度 $\gamma_t(t/m³)$	含水比 w(%)	乾燥密度 $\gamma_d(t/m³)$
1	4,250	3.45	1,232	43.5	0.859
2	4,200	〃	1,217	〃	0.848
3	4,230	〃	1,226	〃	0.854
MEAN					0.853

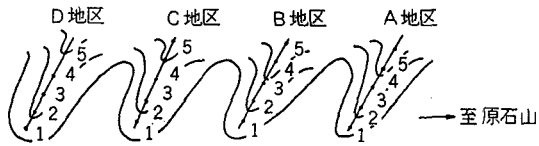
表一22 山の神第2ローム締固めた状態
(JISA1210 1・1)

	湿潤密度 $\gamma_t(t/m³)$	含 水 比 w(%)	乾燥密度 $\gamma_d(t/m³)$
1	1.753	38.5	1.266
2	1.757	38.9	1.265
3	1.770	36.6	1.296
4	1.778	37.2	1.296
5	1.772	37.9	1.285
MEAN			1.282

る。

ショベル系とドーザ系のゆるんだ状態を同一と考えるのは妥当と考えるが、ショベル系とダンプ系を同一と考えるのは、疑問をいだかれる方もあらうと思われるし、また、土量換算係数の報告の中には、異なって解釈している事例が散見されるので、弛んだ状態について検討し

表-23 コア山マサ土地山密度(マサ山全体)



	湿潤密度 $\gamma_t(t/m^3)$	含水比 $w(\%)$	乾燥密度 $\gamma_d(t/m^3)$
A-1	1.812	21.6	1.490
-2	1.837	13.2	1.620
-3	1.923	11.1	1.732
-4	2.116	11.5	1.898
-5	1.961	11.4	1.760
B-1	2.166	9.9	1.971
-2	2.225	13.0	1.969
-3	2.174	10.9	1.960
-4	2.197	12.0	1.962
-5	2.254	15.1	1.958
C-1	1.964	16.2	1.690
-2	2.014	12.5	1.790
-3	1.991	17.1	1.700
-4	2.221	12.0	1.983
-5	2.367	11.8	2.117
D-1	1.920	11.0	1.730
-2	2.143	14.0	1.880
-3	2.197	17.5	1.870
-4	2.154	15.1	1.871
-5	2.211	15.2	1.919
MEAN		13.6	1.844

てみたい。

積込機械、運搬機械等の作業歩掛り調査を、計画立案された方や、実際に換算係数を測定、または作業歩掛り

表-24 トランジション材弛んだ状態

	トラック スケール $W(t)$	容積 $V(m^3)$	湿潤密度 $\gamma_t(t/m^3)$	含水比 $w(\%)$	乾燥密度 $\gamma_d(t/m^3)$
1	5.420	3.45	1.571	3.4	1.519
2	5.250	〃	1.522	〃	1.472
3	5.460	〃	1.583	〃	1.531
4	5.360	〃	1.554	〃	1.503
5	5.210	〃	1.510	〃	1.460
MEAN					1.497

に関心を寄せられている方々には、自明のことであるが、実際、ショベルのバケットの中での単位体積重量 γ_s と、ダンプに積載したときの単位体積重量 γ_D を測定すれば $\gamma_s < \gamma_D$ となる。

この場合、運搬機械に用いるべき弛んだ状態は、 γ_s 、 γ_D のいずれを採用すればよいか判断に苦しまれた方もあろうかと思われるが、

ショベルのバケット中の単位体積重量と、締固まった状態の単位体積重量の比、即ち積込機械の土量換算係数 f_s が一定であれば、ダンプ運搬能力を重量制で表現する場合には、 γ_s と γ_D が一致しなくても、または、運搬中の密度がいか様に変動しようとも、積込機械の γ_s 即ち f_s でダンプ積載量を算出すれば、ダンプ能力は常に一定である。

(実際の積算では常に積込、運搬、掘削とも f は一定として採用している)

証明

積込機械での単位体積重量 $\gamma_s = 1.38t/m^3$ } $f =$
 締固めた状態の単位体積重量 $\gamma = 1.955t/m^3$ } 0.706
 ダンプ積載時の単位体積重量 $\gamma_D = 1.53 \sim 1.68t/m^3$

この土量換算係数により、13.5tダンプトラックで、盛立100 m^3 当り所要運搬台数を算出すれば、表-29に示す如く、 f_D が変化しても所要台数は常に一定で、従っ

表-25 ロック材弛んだ状態

	トラック スケール $W(t)$	容積 $V(m^3)$	湿潤密度 $\gamma_t(t/m^3)$	含水比 $w(\%)$	乾燥密度 $\gamma_d(t/m^3)$	摘 要
1	4.800	3.45	1.391	0	1.391	均一な材料
2	4.840	〃	1.403	〃	1.403	〃
3	4.820	〃	1.397	〃	1.397	〃
4	4.610	〃	1.336	〃	1.336	〃
5	4.730	〃	1.371	〃	1.371	〃
6	6.340	〃	1.838	5.5	1.742	粒度分布の良い材料
7	6.140	〃	1.780	〃	1.687	〃
8	6.210	〃	1.800	〃	1.706	〃
MEAN					1.504	

※ 均一な材料、粒度分布の良い材料は別紙粒経加積曲線を参照

表-26 築堤使用材料土量換算係数

上段：設計値！下段：実測値

	元の土の 状態	換算すべき状態			乾燥密度 t/m ³
		地山状態	弛んだ 状態	締固めた 状態	
混 合 土	地山状態	1.00 1.00	1.43 (1.43)	0.90 (0.90)	1.602
	弛んだ状態	0.70 (0.70)	1.00 1.00	0.63 0.63	1.113
	締固めた状態	1.11 (1.11)	1.59 1.60	1.00 1.00	1.778
ト ラン ジ ョン	地山状態	1.00 1.00	1.41 1.69	1.15 1.19	2.529
	弛んだ状態	0.73 0.59	1.00 1.00	0.82 0.71	1.497
	締固めた状態	0.87 0.84	1.22 1.41	1.00 1.00	2.118
ロ ッ ク	地山状態	1.00 1.00	1.67 1.68	1.26 1.30	2.529
	弛んだ状態	0.60 0.59	1.00 1.00	0.75 0.78	1.504
	締固めた状態	0.79 0.77	1.32 1.29	1.00 1.00	1.938

()内は推定値

表-27 土量換算係数(コア材単体)

上段：rd 下段：f

	土 の 変 化 率		
マサ土B地区	1.968 1.00	1.251 1.65	1.738 1.22
山の神第1ローム	1.399 1.00	0.923 1.52	1.542 0.91
山の神第1礫交り ローム	1.557 1.00	1.140 1.37	1.655 0.94
山の神第2ローム	1.273 1.00	0.853 1.49	1.282 0.99
ローム平均	1.409 1.00	0.972 1.45	1.493 0.94
マサ土全体	1.844 1.00	1.251 1.47	※1.755 1.05

※ 1.755：水窪ダム設計資料No.1, 3ページより。

混合重量比率による各単体体積重量

地山 $\frac{1.844 \times 3 + 1.409}{4} = 1.735$

弛んだ $\frac{1.251 \times 3 + 0.972}{4} = 1.181$

締固め $\frac{1.755 \times 3 + 1.493}{4} = 1.690$

表-28 混合比率による換算係数 f'

混 合 土	1.735	1.181	1.690
	1.00	1.47	1.03

表-29 盛立100m³当り所要運搬台数(13.5t D.T)

	A	B	C	備 考
① 締固めた状態 t/m ³	1.955	1.955	1.955	γt
② 運搬中の状態 t/m ³	1.380	1.530	1.680	γt
③ 運 搬 中 の f	0.706	0.783	0.859	②/①
④ ダンプ積載量 Q _D m ³	9.783	8.824	8.036	13.5/②
⑤ 盛 立 量 m ³	100	100	100	
⑥ fを考慮した 運 搬 量 m ³	141.6	127.7	116.4	⑤/③
⑦ 盛立100m ³ 当り 所要運搬台数	14.5	14.5	14.5	⑥/④

てダンプトラックの換算係数も積込機械の f_s に統一して採用すべきである。

即ち換算係数を調査するときは、バケツで容積測定し、ダンプで重量測定して、f_s=f_D とすべきである。

若し、ダンプで容積、重量測定する場合には、逆に、積込機械の f_s は f_D に一致させて能力を算出する必要がある。

5-4 混合土の換算係数

混合土の f と、各コア材単体での f から配合比率により計算した f' を比較すると大きな違いが認められるがこれは、混合土の75%を占めているマサ土を三角座表により土質分類すると砂であるのに対して、混合後は、砂質ロームとなり、その性質が異なってくることに、原因していると思われる。

5-5 盛立量と土取場採取量(跡坪測量)

コア材のうち、コファアダム使用13,470m³はマサ山よりマサを直送運搬盛土し、また、ロームのうち盛立量で約3,500m³はコアートレンチ岩着粘土に直送運搬盛土した。したがって、ストックパイル造成量は、

$(50,360 - 1.11 \times 3,500) \times 4 = 185,900 \text{ m}^3$ であり、

ストックパイル造成必要量は

$(150,710 - 13,470 - 3,500) \times 1.11 = 148,150 \text{ m}^3$

となり、ロス率は $185,900 \div 148,150 = 1.25$ 、即ち25%であった。

しかし、全体でロス率を計算すると、

$268,470 \div 167,290 = 1.60$ 、60%となり非常に大きな数値になり、普通考えられるロス率とは差があるように思われるが、この原因は、池敷土取場が、地形複雑で、測量精度が比較的悪かったこと、また、マサ山におけるブ

表-30 コアー採取量(地山土量)および盛立量

種類	全体	マサ	レキ交り ローム	ローム
土取場				
池敷土取場	229.660 ^{m³}	218.110 ^{m³}	— ^{m³}	11.550 ^{m³}
山の神第1	28.650	—	4.950	23.700
山の神第2	10.160	—	—	10.160
計	268.470	218.110	4.950	45.410
盛立量	150.710	コファ ーダム	13.470 ^{m³} を含む	
土取場依存量	150.710 × 1.11 = 167.290			

ルドーザ堀削対象土量が、そっくり、ストックヤードへの運搬対象土量とはならず、地形的条件で、尾根筋から沢への流亡、積込場所での積残し等のためと考えられる。

ロック, トランジション

原石山依存量 756,500^{m³} に対し廃棄岩を差引いた, 原石山堀削量は, 713,050^{m³} で, 両者は一致しない。

しかし, 換算係数算出のとき, 岩の空隙を2%にして, f を求めたが, 若し, これを0%とすると, ロックおよびトランジションの f はそれぞれ0.75および0.82になり原石山依存量は, 737,620^{m³} となる。

この数値であると, 廃棄岩と盛立利用岩の出入り, 原石山, 本体の測量誤差等を考えあわせれば, ほぼ妥当なものと考えられる。

6. あとがき

堤体の盛度管理で最も重要なことは, 転圧機械の作業を所定の転圧回数で実施しているかどうかを目視により確かめることである。

幸い, コアーはダンピングローラで施工したので, 所定転圧回数に近づくとも, よくウォークアウトして, つめがほとんど土中に入らなくなるので, 目視による管理は簡単であった。トランジションについては, タイヤの紋

表-31 ロック, トランジション材盛立量および原石山依存量

材料	ロック	トランジション
本堤その他盛立量	541.600 ^{m³}	422.500 ^{m³}
内流用材使用	13.870	5.650
原石山依存量	527.730	416.850
換算係数(実測)	0.77	0.84
原石山依存量(地山)	406.350	350.150
原石山堀削量 (跡坪測量)	全量 783.910	廃棄岩 70.860

様の跡のつき方で, 判断出来た。

ロック材についてはブル転圧なので, 転圧表面の破碎の状況と丸味のつき方により判断出来た。

請負業者の実施したコアーの乾砂置換は, 公団法による突砂法で実施し, それをチェックする支所担当者による管理は法によったが, その差は見い出されず, 1対1でよく対応している。

一連の品質管理にあたっては, 鹿島建設鈴木所長の配慮により, 鹿島技術研究所出身の小園敏幸技師を盛立当初から完了まで, 試験管理専門技術者としての配置および手元労務者の確保, 本堤盛立担当の山村辰夫技師の昼夜を分たぬ尽力により, 取付部を含めて, 約110万^{m³}の盛立が無事完了した。

また, 支所試験係長 *樋渡明信技官, 菅野敏仁技官には業者の担当者としてよく打合せ協議し, 適切な管理をしてもらった。

紙上を借りて, 本ダム実施にあたられた関係者に感謝する。

以上3回に渉り主として, 施工上の諸問題について, 検討したが, 少しでも参考になれば幸いです。

* 大利用水農業水利事業所工事係長

シ ダレ 枝下用水県営災害復旧事業

猿 渡 良 一*

目 次

はじめに	43	1. 復旧にあたっての事業主体	46
1. 47年7月災害の概要	43	2. 復旧方針	46
2. 枝下用水県営災害復旧事業の概要	45	3. 査 定	47
2.1 枝下用水の位置と役割	45	4. 補助率	47
2.2 枝下用水幹線水路の被災の背景	46	3. 事業の実施	47
1. 自然的背景	46	3.1 応急復旧工事	47
(1) 日雨量 300 mm を越す 降雨量であったこと	46	3.2 本復旧工事	47
(2) 用排水兼用水路であったこと	46	1. 本堤の復旧工事	47
(3) 地質がサバ土で水を含む とくずれやすいこと	46	2. 放水路の復旧工事	49
2. 社会的背景	46	3. 山留工	50
2.3 復旧計画	46	3.3 復旧事業の総括	54
		4. おわりに	54

はじめに

約2,400 haの水田かんがい面積をもつ枝下用水は、現在県営かんばい事業で改良工事が進んでおり、47年7月豪雨で被災した幹線区間は、46年度までに鉄筋コンクリート三面張り工事が完了したばかりであった。

47年7月12日夜半襲った集中豪雨は、名古屋気象台始まって以来の記録的雨量となり、幹線全区間で決壊2カ所を含む堤塘法面崩壊及び土砂崩れによる水路内埋没など合わせて20数カ所で被災した。決壊カ所から流れ出た濁流は豊田市中心街に流れ込み大きな浸水被害を与えた。鉄筋コンクリート造で改修されていたので決壊は少なかったけれども、被害が豊田市中心街におよぶという特殊事情もあって、再度災害防止を考え思い切って改良を取入れた復旧事業を総額約28億円を投じ立派に完成した。これは再度災害防止という事業効果の他に将来の豊田市の都市開発にも大きく寄与するもので、ここに画期的改良復旧をお認めいただいた農林・大蔵両省の関係者の方々に深甚の謝意を表するとともに、その内容を紹介するものである。

1. 47年7月災害の概況

47年7月12日夜半から13日にかけて愛知県の北部に位

置する小原村、藤岡村を中心に旭町、足助町及び豊田市にわたる西三河山間部を襲った集中豪雨は、67人もの尊い人命を奪い300億円に及ぶ被害を与えるという伊勢湾台風以来の大惨事となった。ここで報告する枝下用水も例外ではなく、幹線水路が随所で土砂崩れによる埋没とそれに続く決壊で大きな被害をうけ、流れた濁流は豊田市中心街に浸水被害をもたらしたのである。

この西三河山間部は通常サバ土といわれる花崗岩の風化土地帯で、河川沿いや小さな谷合いに細々と開けた不整形の段々水田が点在するところに、山の斜面を削って



図一 被災激基地の位置図

* 愛知県農地部耕地課



図-2 47.7 豪雨のつめあと
(藤岡村上空より小原村を望む)

人家が建っている。この平和な山村を突如として襲った集中豪雨は、日雨量にして猿投(豊田市)で309mmという名古屋気象台始まって以来の県下最大値を記録したのを始め、小原(小原村)で284mmを記録し、時間雨量では猿投で80mm、小原で70mmに達した。その上8日からすでに梅雨前線の影響で断続的に降った雨で、土地は飽和状態になっていたという悪条件が重なって、図-2でもわかるように山崩れ、がけ崩れが発生し、あれるった濁流は鉄砲水となって河川は氾濫し、人家といわず、道路といわず谷合いのもの総べてを押し潰し、押し流した様は想像を絶するもので、前にも述べたように67人の人命、48人の重軽傷者をだしたのである。全壊家屋263戸、半壊及び一部破損家屋2,463戸、床上・床下浸水5,635戸、被住家屋の全半壊合わせて2,278戸となった。また、公共道路、河川、橋梁などの土木施設関係の被災カ所1706カ所、被害額120億円、農地・農業用施設関係では被災カ所3,411カ所、被害額61億余円(県下全体の96%)、農作物被害7億円、山林被害48億円、その他文教及び商工施設関係22億円、それに住宅その他を加え被害総額300億円にのぼったのである。

このため県では13日陸上自衛隊へ、最も被害の大きかった小原村に対する、災害派遣を要請する一方同村へ災害救助法を発動、更に被災状況の判明につれて同日藤岡村及び足助町にそれぞれ災害救助法を発動し、旭町にもこれに準じた活動を行うことになった。

14日には県は民生部長を本部長とする現地災害対策本部を小原村役場に開設し、人命救助、民生安定の災害対策を、陸上・航空自衛隊、警察機動隊、日赤及び消防団等の一元化した組織により次々と実施していったのである。

一方われわれの関係する農地・農業用施設災については、13日午後3時頃から被害の報告が入り始めたが、それはごく大ざっぱなもので、どのような被害額となるかまったくわからない。特に多くの人命を失ったこと、行方不明者の捜索(図-3参照)が夜を徹して続いていることなどで、特に小原村、藤岡村など被害激甚の村では役場の職員すべて動員され人命救助、民生安定のための

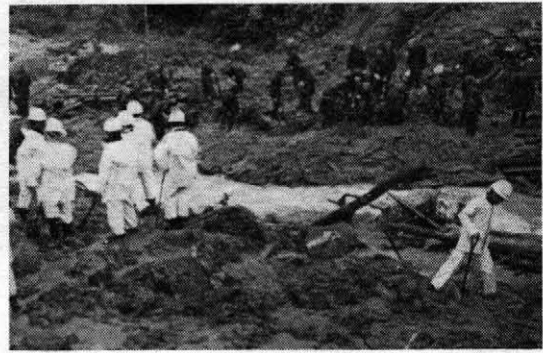


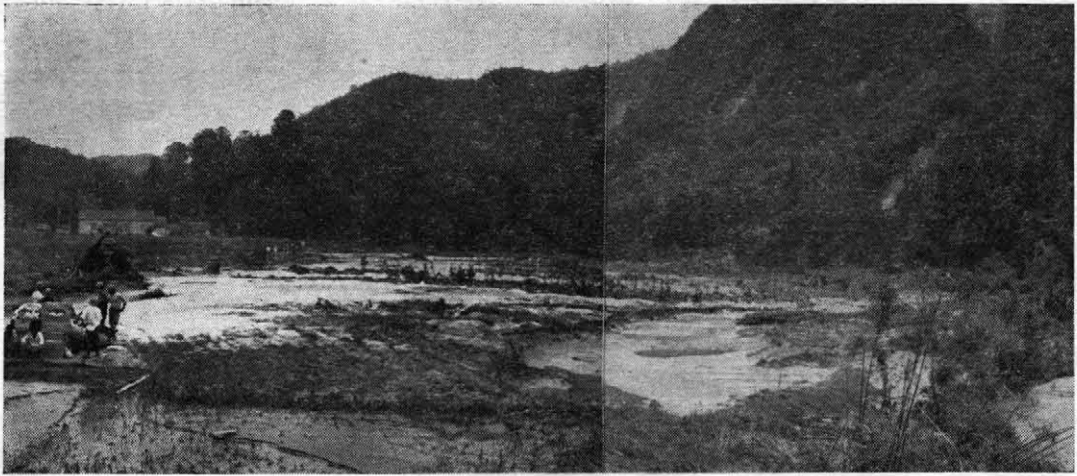
図-3 遺体捜索(自衛隊、警察機動隊)

諸作業に従事し村全体が騒然としており、これらの作業に没頭している状態で、13日やっとの思いで現地にたどり着いた豊田農地開発事務所の調査班も、その後は農地災害指導班の腕章をはずし、災害対策本部の腕章をつけ災害対策のお手伝いをしながら足と目で、農地の被害調査を行うという状況で、小原村、藤岡村などの被害調査の終わったのは18日午後であった。その被害額は1市4カ町村だけで61億余円にも達し、今回の豪雨災の県下全体被害額の96%を占めたのである。

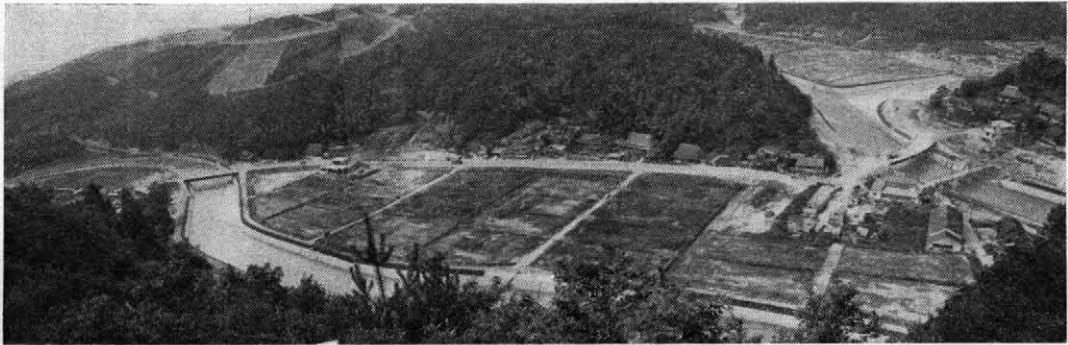
私も7月18日取水施設や用水路の被害により用水の確保できなくなった水田のかんがい水の応急措置をするための調査にでかけたが、小原村や藤岡村の被災村では、家が押し流されたり押潰されたりしている風景が各地で見られたし、家のなかに流れ込んだ土砂や木を排除しているところ、唯一の通勤の足である自動車がこれも大破した車庫の上に無惨な姿で乗っている、こわれた家具電気製品が泥にまみれあちこちに散乱している。行方不明者を捜すため数拾人の人々が細い棒やスコップなどで川筋とおもわれるところに沿って無言で止まっては突きさし止まっては突きさして歩いている様は、あたかも地獄絵巻を見ているようであった。何だか自分が悪いことをしたような何とも言いあらわせない複雑な胸を締めつけるような重苦しい感情におそわれ、その時小さい私も何とかしてあげねばと固い決意のようなものが湧いてくる思いをどうすることもできなかった。

あれから3年有余が過ぎ、激甚災害の指定をうけ高率の補助を得て被災以来急ピッチで進められた復旧事業も完了した。

住宅も立派に再建築された。道路も河川も、そして農地も用水路もすべてがかつての被災地の姿はそこにはなく、まったく新しい土地へと生まれ変わった。われわれの担当する農地災関係にしてもその復旧は、農林省や大蔵省の関係者の方々の深いご理解と協力により、未被災農地を30%も抱き込んだ区画整理方式をとり入れて行われ、被災前の不整形で細切れの水田は大きなまとまった区画で、しかも道排水路も完備した立派なほ場に改良復



図一四 犬伏川の氾濫で河川や農地は砂礫の原と化した(藤岡村御作地区)



図一五 河川は一定災, 農地は区画整理方式で復旧(藤岡村御作地区)(図3の写真地区と同一地区)

旧された。

多くの河川沿いの農地は、河川の一定計画に基く復旧によって線形が変わったこととの相乗効果により、本当に見違えるほど立派に整形された土地に変わってしまったのである(図一四及び図一五参照)。

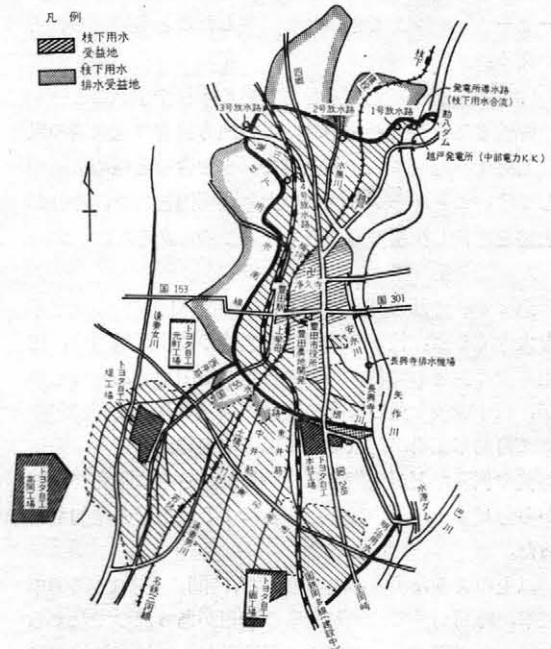
ここでは、このように従来の災害復旧の常識から大きく前進した多くの復旧事業のなかから国・県・地元の緊密な協力のもとに、抜本的な防災措置を取込み、総事業費28億円をかけて行った枝下用水路の災害復旧をとりあげ、その概要を報告する。

2. 枝下用水渠営災害復旧事業の概要

2.1 枝下用水の位置と役割

枝下用水は、愛知県のほぼ中央西三河平野の北部に位置し、わが国自動車のトップメーカーであるトヨタ自動車の工場群のある豊田市内にあり、矢作川中流右岸沿いに開けた、主として洪積台地を明治の中期に開発した約2,400 haの水田かんがい受益地をもつ県内有数の農業用水である。(図一六参照)

また、幹線水路は豊田盆地を囲むように丘陵斜面をぬ



図一六 枝下用水概要図

って走っており、丘陵台地 693.4ha からの排水を受ける盆地内の豊田市中心街にとって、重要な排水路ともなっているのである。

2.2 枝下用水幹線水路の被災の背景

1. 自然的背景

(1) 日雨量300mmを越す降雨量であったこと

7月9日夕刻より本州南岸によこたわった梅雨前線の影響で断続的に降り続いた雨は、12日午後になって東海地方では再び前線が北上し、九州中部から本州中部をよこぎり東北地方南部によこたわったため、東海地方でもこの前線活動に伴う降雨が強まり、特に12日夜半には知多半島東岸の半田市付近から矢作川上流付近にわたる南西から北東へのび細長い領域で驚異的な集中豪雨となり12日9時から13日9時までの日雨量では309mmを越す気象観測始まって以来の記録的な雨量となった。この間の時間最大は枝下用水上流の猿投で80mm/hrを記録し、現在実施中の県営かんばい事業計画の排水量54.7mm/hrを大きく上回ったこと。その上9日からすでに断続的に降った雨で、右岸側斜面の土が飽水状態であったことから、がけ崩れにより水路を埋没し通水を阻害したことなどで、一層被害を大きくしたのである。

(2) 用排水兼用水路であったこと

幹線区間は前述したように豊田市中心街（豊田盆地）を囲むように丘陵斜面の中腹部を蛇行して開さくされており、幹線沿いの丘陵地693.4haの排水幹線ともなっている。この右岸側丘陵地からの排水は櫛の歯のような排水路を経て幹線に流入するが、これら急勾配の排水路から高流速で幹線に直角に放水されるため、幹線内にウォーターカーテンができ流れを阻害したことも原因したといえる。

(3) 地質がサバ土で水を含むとくずれやすいこと

幹線水路位置付近一帯は、この地方特有の花崗岩の風化したサバ地帯に属する土質で、水を含むと極めて崩壊しやすいことからがけ崩れの大きな原因となり、それが水路を埋没し決壊の原因ともなったのである。

2. 社会的背景

急ビッチの都市開発は枝下幹線の集水区域内の流出率を大きくした。枝下水路開さく当時の集水区域内は、住宅も少く主として雑木か松の自生する山地であったものが、戦中戦後を通じてその50%が開発され、昭和13年トヨタ自動車工場が誘致されて以来住宅建設も進み、道路舗装や側溝などが完備されていった。さらに昭和25年頃から急ビッチに都市化したことによる流出率の増加もあった。

以上のような実情のところへ3、時間雨量にして500年確率、時間雨量では30年確率の豪雨があったのでたまらない。集水区域からの雨水は濁流となって枝下幹線水路全線にわたって一斉に流れ込み（排水管φ100～φ1000mm

を経て流入する）。あるいは山手側（右岸）に山崩れが発生し、その崩壊土が水路を埋没したため幹線全線に亘って堤塘を越えたのである。堤塘を越え流れてた水によって堤塘背面から崩れだし、2カ所は鉄筋コンクリート三面張り水路まで決壊したため、枝下幹線は完全にその機能を失い、決壊カ所からの濁流は豊田市中心街を襲い3,602戸の床上・床下浸水被害を与え、住民を恐怖のどん底に落し入れたのである。

2.3 復旧計画

1. 復旧にあたっての事業主体

枝下水路は県営かんばい事業で、昭和39年より実施中で46年にやっと幹線区間を完了したばかりであり、県では県営災害地区としての採択基準の1つである「県営事業実施中（完了公告前）の地区の完了部分にかかる農地・農業用施設」に当はまるので県営災害として実施することとし、豊田農地開発事務所に災害復旧課を新設し（総勢27人）これにあたったが、国の方針に基づき3年間という短期間にしかも豊田市中心街に放水路を新設するなど、用地買収も行う本事業は並大抵な仕事ではなかった。特に用地買収については、豊田市から10名の応援を得て実施したのである。

ただし、東、西及び中井筋については、団体営災害として枝下用水土地改良区で実施したのである。

2. 復旧方針

枝下幹線及び根川の復旧計画は、豊田農地開発事務所や県庁本庁及び枝下用水土地改良区をまじえて協議原案を作成したのであるが、本災害復旧事業で実施した幾つかの放水路の他に査定設計では、西井筋分岐点の少し上流に第7号放水路を計画、西、中及び東井筋へかんばい事業では流入することになっている排水量も全量矢作川に放水する計画であった。すなわち、次のような基本方針で査定設計書を作成したのである。

(1) 幹線決壊2カ所及び水路埋没21カ所は原形復旧する。

(2) 既設第3号放水工から下流西井筋分岐点までの右岸側山崩れカ所は山留工で復旧する。さらにぜい弱のため今後豪雨時に崩壊のおそれあるカ所は災害関連事業で山留工を設ける。

(3) 排水計画

イ. 豪雨時は用水は断水するものとし、右岸側丘陵地693.4haの排水専用水路とする。

ロ. 時間雨量は土木の河川の一定災に採用することにして30年確率雨量80mm/hrを用いる。

ハ. 西、中及び東井筋は、現在実施中の県営かんばい事業では、排水兼用で計画されているが、これら支線への排水量も全量新設の第7号放水路で矢作川へ放流する。

ニ. 流出率は、開発状況を考慮し、かんばい計画の

30～45%を45～90%（平均80%）に大幅に変更する。

ホ. 排水時間は、集水区域を2つのタイプに区分し、到達距離の長い区域は、1.5時間雨量1.5時間排除とし、到達時間の短い区域は、1.0時間雨量1.0時間排除とする。

ヘ. 樋の齒のように幹線に流入する集水区域からの排水路のうち大きいもの（管径100～1000mmの鉄筋コンクリート管が使われており、総数75カ所から流入している）については、幹線への放水点位置に鉄筋コンクリートボックス形の減勢工を設け、一たん排水路の流勢を減殺した後幹線へ流し込む構造に改良する。

以上の排水計画に基づき設計した結果は、放水路では既設の第1～第4号のうち、第2,3号は不足分を増設、第5,6号及び第7号を新設し、籠川とか矢作川に直接放流する。

根川放水路は、全線幅員鉄筋コンクリート三面張り改修する。

新設放水路は、第2号放水路の三面張り水路を除き、他は総べてパイプラインとし、管材は実施にあたり検討するとし、計画ではダクタイル鋳鉄管を用いる。

以上の結果、総額35億4,300万円の査定設計書ができあがったのである。この復旧計画は、水路の決壊、埋没、山側の土砂崩壊等直接の被災箇所の復旧の他に、ぜい弱な山腹に対する土止工の設置等を含み、また、抜本的な排水計画の見直しによる放水工の新設及び改善を行うとするものであった。

したがって、災害復旧としてその事業規模が極めて大きいというだけでなく、どこまでを、災害復旧事業の範囲として、またこれに、付け加えて改良を行う災害関連事業として認められるかが、大きな問題であった。

3. 査定

この復旧計画について現地の仮査定が、10月5日～14日の間に行われ、引続いて、農林本省と大蔵本省の間で協議が行われた。この間、集水区域の都市化が、出水にどのようにかかわっているか、放水工の配置、工法等は適切であるか等の問題点が検討され、また、災害復旧事業としての採択範囲が検討された。現行の制度では、災害復旧事業は、被災した施設が従前もっていた効用（機能及び安定度）を回復するまでとするのを原則とし、それが著しく不適当な場合として、被害が広範囲かつ激甚である場合の排水路の一定計画による復旧等改良部分を含む、工事が例外的に認められている。また、災害復旧事業に併せて行う改良工事として災害関連事業があり、その事業費は災害復旧事業費と同額までとするのが原則とされている。これらの制度の制約の中で、申請された復旧計画の主旨を生かし、最大限の効果をあげるものと

して、次のように事業計画が査定されたのである。

(1) 申請では、30年確率雨量で設計した排水計画に対して必要な復旧事業を災害復旧事業とし、右岸法面ぜい弱カ所の土留工と7号放水路を災害関連事業としたのに対し、査定では今回雨量を考慮した10年確率雨量に対して必要な復旧事業分を災害復旧事業とし（県営かんばい事業計画が10年確率であることから）、30年確率と10年確率との差額は災害関連事業とされた。

(2) 7号放水路工を削除し、これに見合う水量は5号放水路で処理する。

(3) 測量試験費は、ボーリング工のみとする。

(4) 機械器具費ならびに営繕費を削除する。

(5) 用地費および補償費のうち用地買収単価ならびに山留工、仮設経費を減ずるから、実施にあたり検討する。

(6) 放水工の管種、工法および呑口並びに吐口の取付けについては、土質条件等考慮の上実施する。

以上の結果は、表一に示すように、本災1,214,648,000円、災害関連1,234,700,000円、計2,449,348,000円と決定したのである。

このように決定したときの喜びは一生忘れ得ぬこととなった。

4. 補助率

47.7豪雨は政令316号（8月17日）で激甚災害に指定され、この恩恵をうけ枝下用水災害復旧事業の補助率は、施設97%、災害関連90%となった。

3. 事業の実施

3.1 応急復旧工事

災害発生の翌日から被害状況調査を開始し、14日には東海農政局の査定官を現地に招いて幹線の応急復旧工法を決定し、7月15日から応急工事に着手した。

工事の段取りは決壊口の開塞と水路内に埋まった土砂を排除し、決壊口から市街地への流水の防止と枝下用水受益地2,420.3haの水田かんがい水の暫定通水を図ることであった。

決壊した3カ所（内1カ所は根川放水路）の仮復旧は図一7のように土のう積みとプラスチックシートを使ったの漏水止めをし、15カ所の堤塘法面の崩壊カ所には、図一8のように土のうとか盛土するという応急復旧工事で、水路内埋土の排除については応急本工事として施工し（図一9参照）、5日後の20日にはこれらの工事を完了したのである。その後中部電力発電所の導水路（枝下用水合流）の被災カ所の復旧を待って実際の暫定通水に入ったのは7月28日からであったが、豪雨後の水田内湛水もあって稲作生育にはほとんど支障はなかった。

3.2 本復旧工事

1. 本堤の復旧工事

幹線水路本堤の復旧工事は、県営かんばい事業で昭和

表一 枝下用水災害復旧事業（愛知県）

(a) (決定 1026)

47.10.26 農地局防災課 (単位 千円)

区 分	仮 査 定			決 定			備 考
	本 災	関 連	計	本 災	関 連	計	
幹線水路	104,040	—	104,040	104,096	—	104,096	
放水工第2号	69,391	30,333	99,724	70,628	30,691	101,319	
“ 3	57,846	12,384	70,230	59,296	13,496	72,792	
“ 5	417,894	—	417,894	421,544	30,741	458,285	
“ 6	56	584,517	584,673	0	585,842	585,842	
“ 7	—	223,887	223,887	—	—	—	
根川水路	174,108	221,630	395,783	741,108	31,737	205,845	
山留工	—	457,060	457,060	—	274,780	274,708	
諸経費	194,364	380,140	574,504	159,871	186,249	346,120	現場管理費等
本工事費	1,017,699	1,910,051	2,927,750	989,543	1,159,536	2,149,079	
測量及試験費	3,760	4,100	7,860	600	600	1,200	ボーリングのみ
用地費及補償費	194,473	232,251	426,724	175,494	40,765	216,269	
機械器具費	3,500	—	3,500	0	—	0	
営繕費	20,000	—	20,000	0	—	0	
計	221,733	236,351	458,084	176,094	41,365	217,459	
工事雑費	18,630	32,412	51,042	15,086	17,150	32,236	
応急工事費	18,338	—	18,338	18,338	—	18,338	
事務雑費	18,897	32,877	51,774	15,587	16,448	32,236	
計	55,865	65,289	121,154	49,011	33,799	82,810	
合計	1,295,297	2,211,691	3,506,988	1,214,647	1,234,700	2,449,348	
(比率)	(1)	(1.7)		(1)	(1.02)		

図一 7 枝下幹線水路決壊カ所の
応急仮工事図一 8 枝下幹線水路堤塘法面崩壊カ所
の応急仮工事



図-9 枝下幹線水路内埋土の排除作業

39年から46年にかけて施行した幹水取水口から根川放水路分岐点までの14,272mの鉄筋コンクリート三面張り水路区間で、10月26日農林、大蔵両省の本査定をうけて直ちに実施設計し工事に着手していったが、決壊カ所及び水路背面の堤塘部の崩壊カ所合わせて19カ所延長1323.5mについては、原形復旧を原則とし崩壊した右岸側法面だけは山留ブロック張りを施行したのである。しかし、両側が急なげけとなった豊田市樹木町及び細谷町地内の2カ所(176mと26m区間)については、法面を保護する山留工では施行法長が長くなるため比較検討の結果工費が割高となるので、既設水路に鉄筋コンクリートの蓋をする工法をとったのである。(図-10参照)

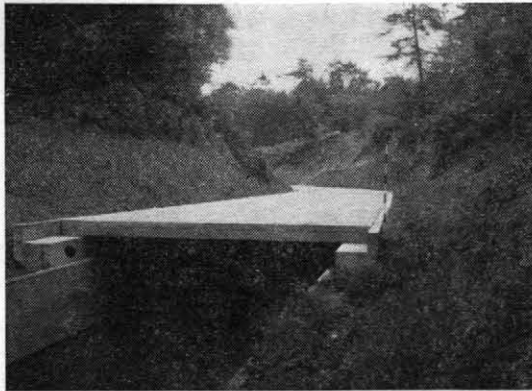


図-10 樹木町地内の幹線水路復旧状況

これらの復旧工事は47年12月28日に着手し、48年3月26日に全工事完了し、48年4月中旬からの通水に間に合わせる事ができたのである。

2. 放水路の復旧と新設

申請時の排水計画の基本は、今回雨量を考慮した30年確率雨量を基準にとり、既設の幹線水路と放水施設(第1~4号放水施設と根川放水路)では不足する分を、既設水路断面を拡幅する案(嵩上げを含む)と既設水路の通水能力を最大活用し、オーバー分を新設放水路で籠川及び矢作川へ直接放流する案について比較検討した結

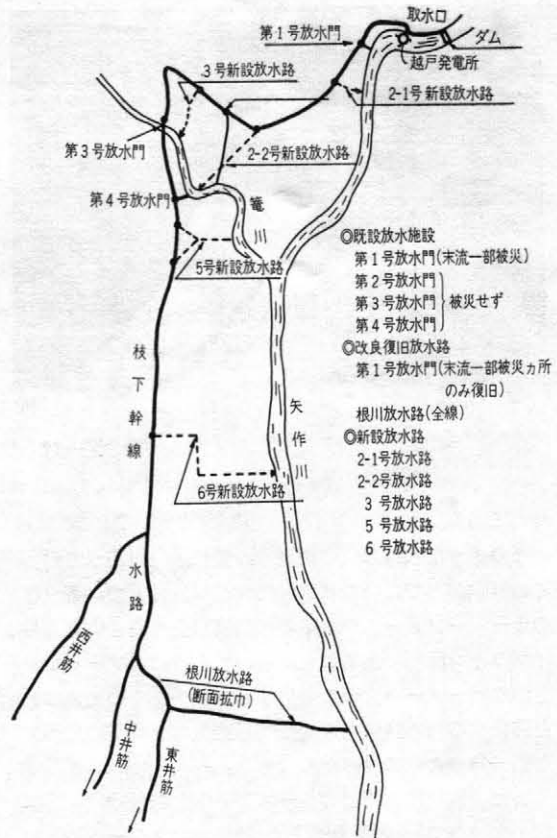


図-11 枝下幹線水路に新設する放水路設置位置図
(本事業で改良復旧する第1号放水路、
根川放水路並びに既設放水路位置も含む)

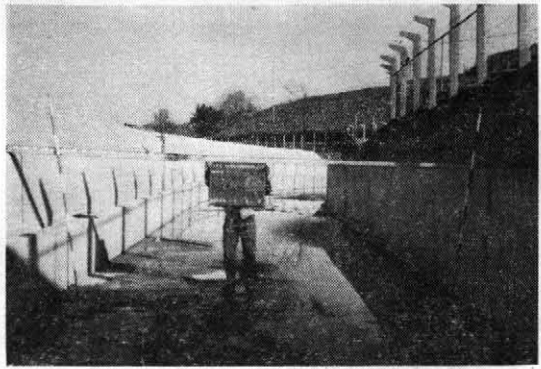
果、放水路新設案を採用し、既設水路内水位が危険水位(設定水位上限)に達したら自動的に放水ゲートが開き放水する構造とした。なお、根川放水路は断面拡幅を含め全線鉄筋コンクリートフルーム構造に改良復旧した。(図-12参照)

また、既設第1号放水路は一部下流端で被災していたが、放水能力は十分あるので原形復旧(素掘りであったのでコンクリート張りに改良復旧した)したのである。

新設する5本の放水路は豊田市の中心街やその周辺を通過して籠川とか矢作川と結ばねばならないので、路線選定はむづかしい、特に第5号と第6号放水路の路線は中心街の商店、工場、住宅などの密集地を通過するので、一般市道とか計画道路予定敷地内を通さざるを得なかった。5本の新設放水路の形式、構造は枝下幹線水路の水位と放水する河川(籠川、矢作川)の洪水位との落差が約10m前後と大きく、そのまま放水すれば、河川をいためたり、河川の流れを阻害することにもなるので、河川への放流水の減勢が必要なこと及び市街地とか道路下を通すことなどから、図-15に示すようなオーバーフロースタンド形のオープンタイプパイプライン形式とし



(a) 復旧前



(b) 復旧後

図-12 根川放水路

たのである。

このような水路形式の決定は、愛知・豊川用水での多くの経験からで、特に放水樋門（呑口）付近で、下流部のオーバーフロースタンドの中壁高以上の高さにあるパイプライン区間のあることから、放水時にエアハンマとかウォーターハンマの発生する危険があるので、これを防止するため空気抜き（圧縮形空気スタンドの変形）を図-13のように設けたのである。

また、構造は樋門はスルースゲートを取付け、前面に鋼製のスクリーンを配置した鉄筋コンクリート造とした。減勢工（オーバーフロースタンド形の）は中壁高を放流河川の洪水位より0.5m程度高くした鉄筋コンクリートボックス構造（図-14(c)参照）とした。放流工は河川管理者と協議結果鉄筋コンクリートボックス構造で河川堤を横断し、吐口部にスルースゲートを取付けた。このゲートの開閉操作は、放水樋門（呑口）のゲートと連動するようにしており、吐口部の放流工に設置したゲートが開いた後樋門のゲートが開くよう装置したのである。また、放水を事前に知らせるためのサイレン及び放送もできる管理的施設も設けたのである。次にパイプラインの管材については、PCパイプとの意見もあったが、敷設位置が重要な市街地内であること、大部分交通

量の多い道路下に敷設すること、軟弱地質の箇所がボーリング結果かなりあることから、沈下による離脱の危険があることなどから、3号放水路を除き溶接継手を用いた鋼管を採用したのである。施行した改良復旧及び新設放水路の概要は表-2のとおりである。

なお、3号放水路は、再調査結果籠川の洪水位から既設第3号放水路位置では十分放流できないことが判明したため申請時の幹線断面幅幅案をとりやめ、放水路を新設し、十分放流できる位置まで下って籠川に放流する方法に変更した。この放水路では幹線水位と籠川洪水位との水位差が2mほどで、かつ、水田地帯を通すことから管材はPCパイプを用いた。

また、2号放水路については、3号放水路と同様既設2号放水、施設を断面幅幅する計画であったが、精査結果放流河川である水無川（籠川支流）の断面不足がわかったので、2-1号放水路として新設し、パイプラインで直接籠川へ放流するよう変更した。

3. 山留工

枝下幹線及び根川放水路区間の右岸側法面のうち、今回豪雨では崩壊しなかったが、ぜい弱で今後がけ崩れのおそれある箇所2,970.8mについて山留工を施工した。その工法は査定では蛇籠とか重力式コンクリート擁壁と

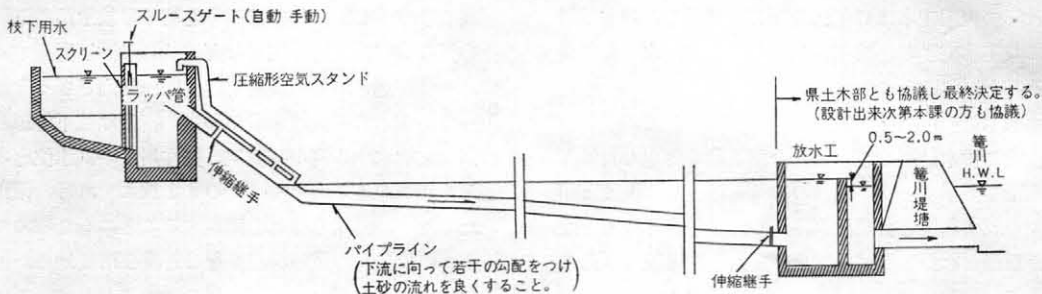
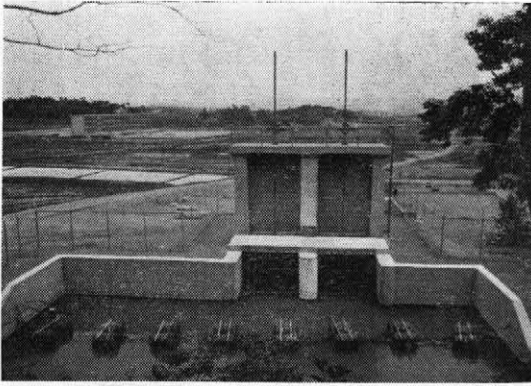
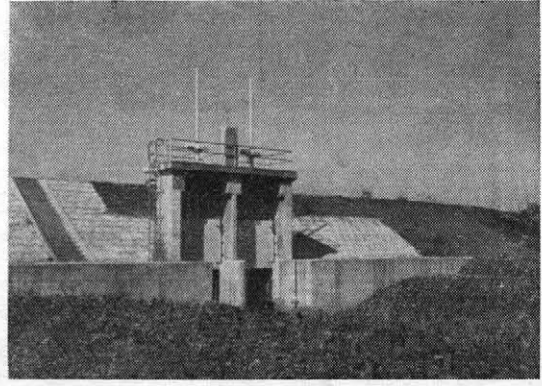


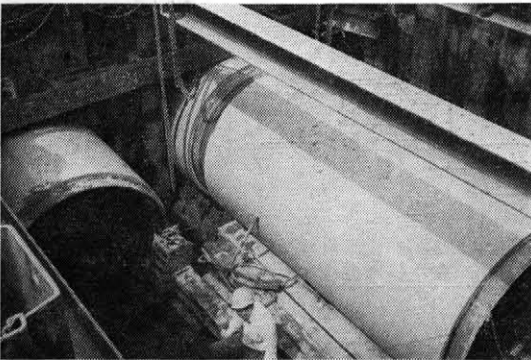
図-13 開放式パイプライン形式とした放水路の標準形



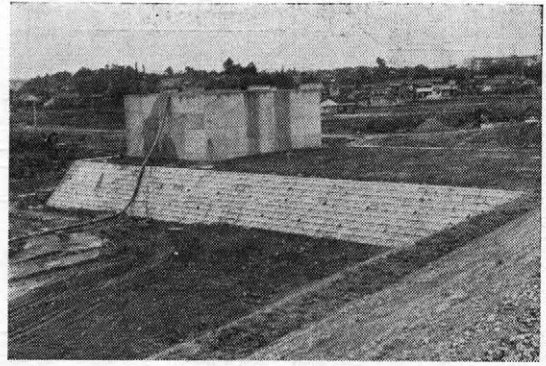
(a) 放水樋門



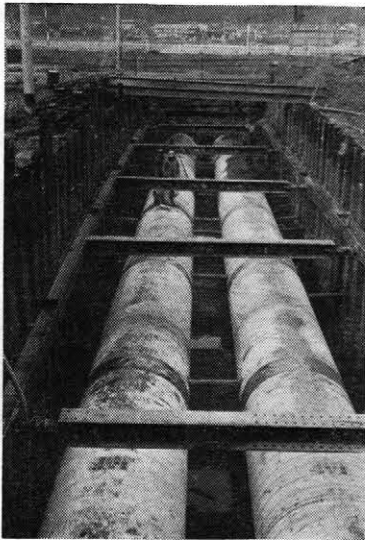
(b) 放流工 (籠川へ)



(c) 減勢工(オーバーフロースタンド)



(d) 国道横断カ所の直推進工 (鋼管 $\phi 1,800\text{mm}$)



(e) パイプライン (鋼管 $\phi 1,800\text{mm}$ 二連)

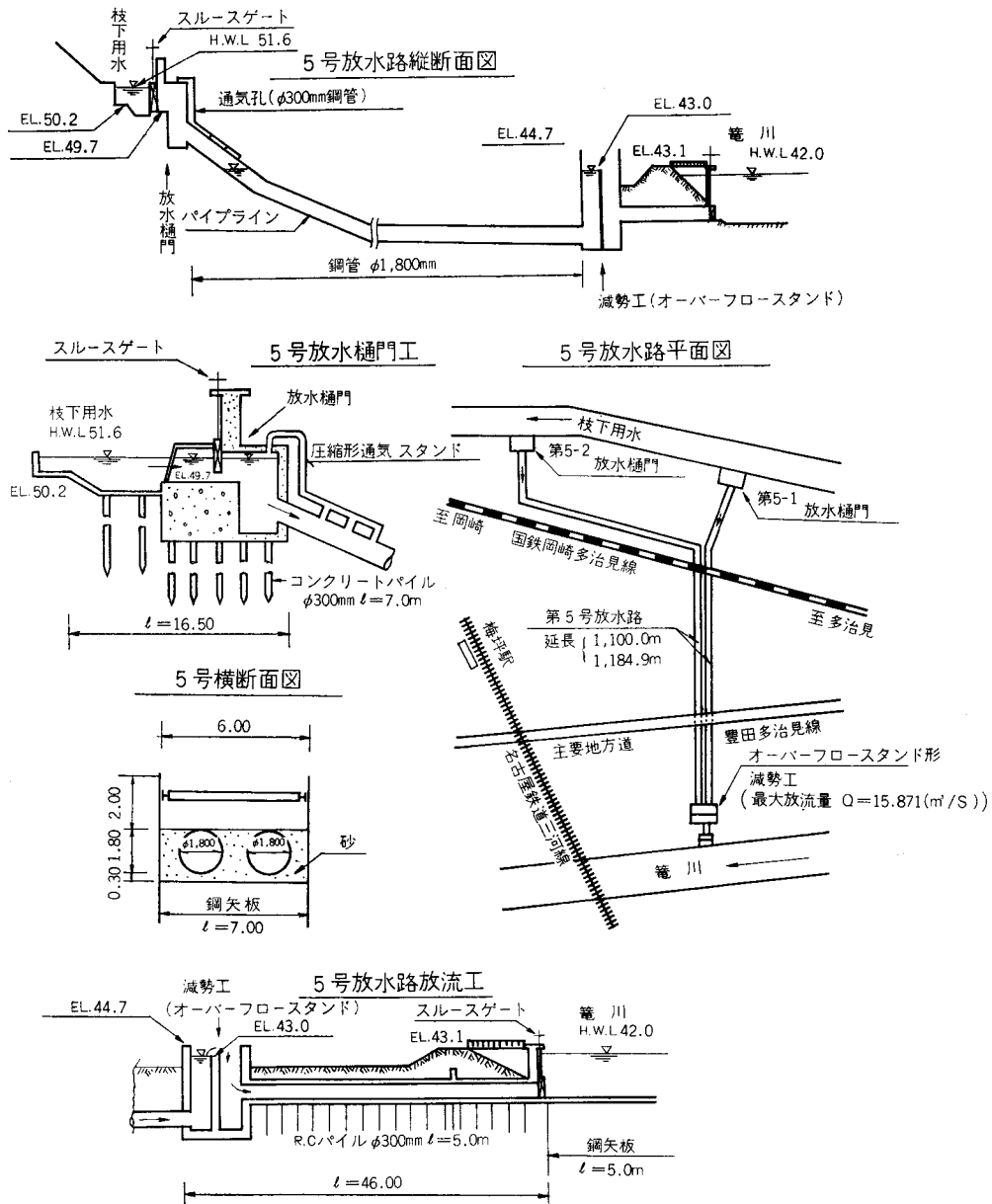


(f) 鋼管の溶接

図-14 第5号放水路

表—2 放水路工工事一覧表

名称	改良復旧・新設の別	工事内容	最大放流量 (m ³ /s)	本災の別	工期
第1号放水路	改良復旧	既設鉄筋コンクリートフルーム放水路の末端素掘区間30.04mが被災しており、これをコンクリートブロック張りで改良復旧	9.589	本災	48年9月～ 49年3月
第2—1号放水路	新設	総延長551.8m, オーバーフロースタンドを用いた開放式パイプライン形式の放水路とし、管径1,500mm鋼管を使用、樋1門1ヶ所、減勢工1ヶ所、放流工1ヶ所	7.93	本災	47年～ 50年3月
第2—2号 "	"	総延長633.52m, オーバーフロースタンドを用いた開放式パイプライン形式の放水路とし、管径1,350mm鋼管を使用、樋門1ヶ所、減勢工1ヶ所、放流工1ヶ所	4.389	本災	48年～ 50年3月



図—15 5号放水路工

名 称	改良復旧・新設の別	工 事 内 容	最大放流量	本災の別 関連	工 期
第3号 放水路	新 設	総延長591.45m, オーバーフロースタンドを用いた開放式パイプライン形式の放水路とし, 管径2,400mm P Cパイプ使用, 樋門1ヶ所, 減勢工1ヶ所, 放流工1ヶ所	12.687	本 災 関 連	48年～ 50年3月
第5号 "	"	総延長2347.41m, オーバーフロースタンドを用いた開放式パイプライン形式の放水路とし, 管径1,800mm 鋼管(延長1.100mと1184.9mの2連), 樋門1ヶ所, 減勢工1ヶ所, 放流工1ヶ所	15.871	本 災 関 連	47年12月～ 50年6月
第6号 "	"	総延長2307.3m, オーバーフロースタンドを用いた開放式パイプライン形式の放水路とし, 管径2,000mm 鋼管を使用, 樋門1ヶ所, 減勢工1ヶ所, 放流工1ヶ所	7.783	関 連	48年2月～ 49年12月
根川放水路	改良復旧	総延長3.140m, 勾配1/960～1/11, 既設水路の断面の大幅拡幅し, 鉄筋コンクリートフルーム構造に一定災(河川災害の)形式で復旧	4.136～ 10.359	本 災 関 連	応急復旧 47年7月15日 ～20日 本工事 48年1月～ 50年3月
計 7	(改良復旧2 新 設5)				

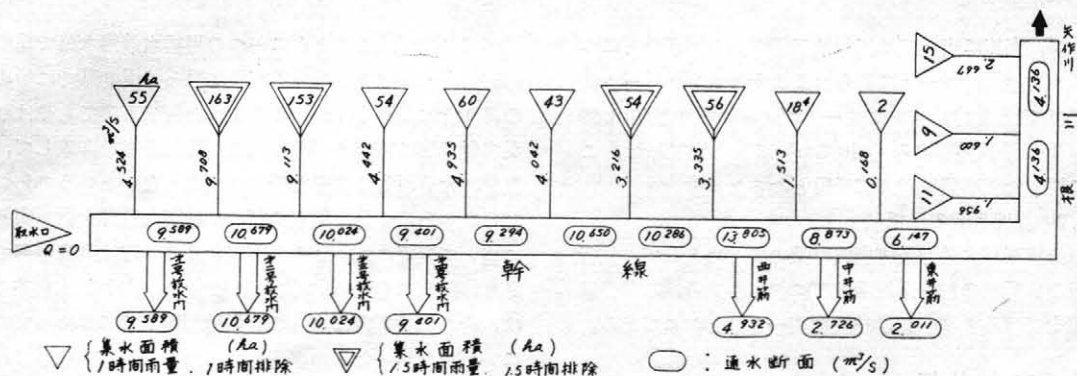


(a) コンクリート法棒工による山留工



(b) コンクリートブロック張りとした山留工

図-16 山留工



(注) かんばい計画に基づく10年確率雨量で計画実施されているもの

図-17 枝下用水現況排水系統図(施行前)

表一 3 枝下用水県営災害復旧（関連を含む）事業の事業量事業費総括表

区 分	査 定				改 訂 総 額			
	事業量	事業費			事業量	事業費		
		本 災	関 連	計		本 災	関 連	計
	m	千円	千円	千円	m	千円	千円	千円
幹線水路	1,336.6	104,096	—	104,096	1,394.0	69,163	—	69,163
第2号放水路	2,510.2	70,628	30,691	101,319	1,124.54	139,868	156,942	296,810
第3号 "	840.0	50,296	13,496	72,792	591.45	209,998	52,852	262,850
第5号 "	3,040.0	421,544	36,741	458,285	2,413.1	403,428	38,423	441,851
第6号 "	2,046.0	—	585,842	585,842	2,272.9	—	340 734,333	340 734,333
根川水路	3,145.0	174,108	31,737	205,845	3,140.02	124,652	52,186	199,650
山留工	3,577.2	—	274,780	274,780	2,970.84	—	72,795	72,795
諸経費	1式	159,871	186,249	346,120	1式	158,599	172,501	331,100
本工事費計	16,495.0 ^m	989,543	1,159,536	2,149,079	18,252.44	1,129,293 ^m	340 1,279,259	340 2,408,552
測量及試験費	1式	600	600	1,200	—	561	562	1,123
用地費及補償費	11,588.3 [㎡]	175,494	40,765	216,259	116,326	116,326	81,404	197,730
計	11,588.3 [㎡]	176,094	41,365	217,459	—	116,887	81,966	198,853
工事雑費	1式	15,086	17,150	32,236	1式	12,732	16,784	29,516
応急工事費	1式	18,338	—	18,338	1式	18,338	—	18,338
事務雑費	1式	15,587	16,646	32,236	1式	707 12,164	15,229	707 27,393
計		49,011	33,799	82,810		707 43,234	32,013	707 75,247
合計	16,495 ^m	1,214,648	1,234,700	2,449,348	13,906.85	707 1,289,414	340 1,393,238	047 2,682,653
事務費						928 63,512	69,666	928 133,178
総計						635 1,352,927	340 1,462,904	975 2,815,831

したが、実施に当っては工費及び美観上の問題などについて検討結果、図一16にみられるようなコンクリート法枠工(1,511.3m)、コンクリートブロック張り工(648.99m)及び法面整形のみ(810.5m)に改め施工した。これに要した工事費は72,995千円となった。

3.3 復旧事業の総括

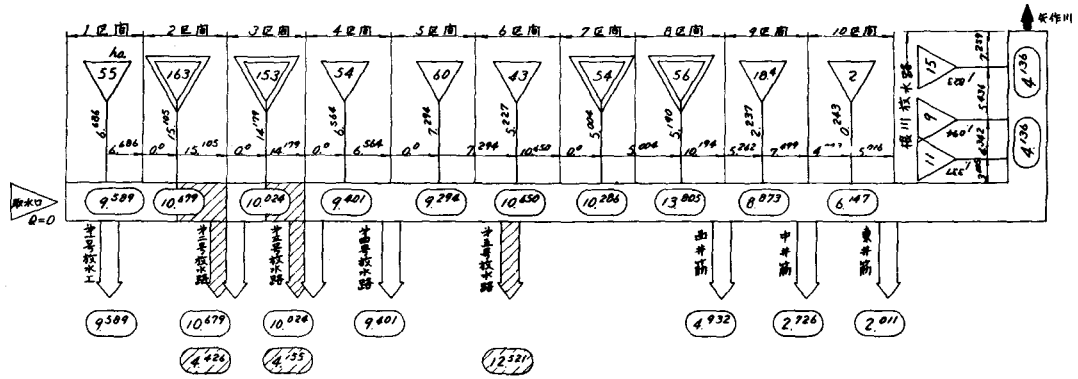
以上枝下用水県営災害復旧事業のまとめとして、施行前及び施行後の排水系統図並びに復旧事業量、事業費総括表をあげると図一17、18及び表一3のとおりである。

4. おわりに

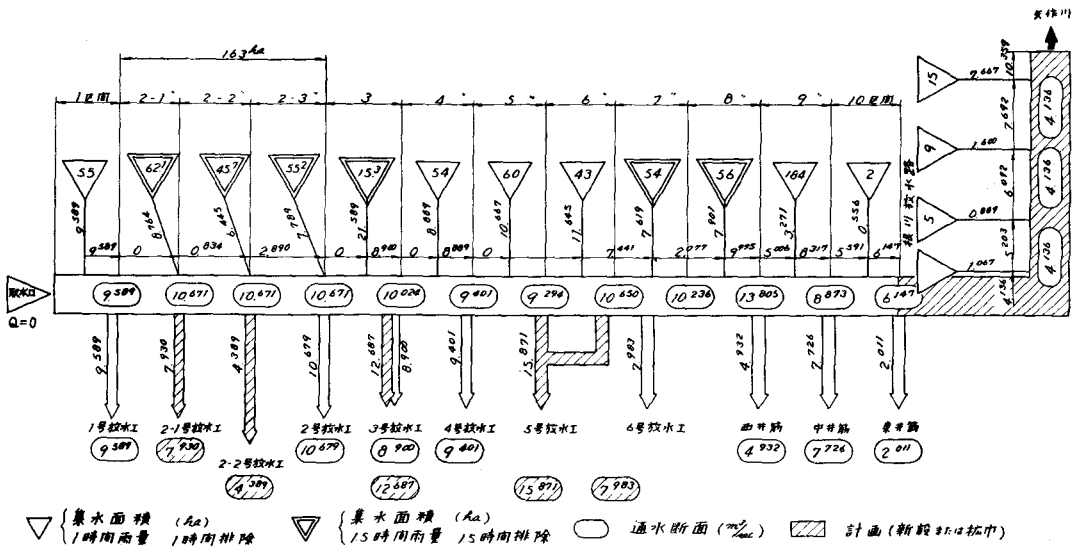
以上枝下用水災害復旧事業および同関連事業について

述べてきたが、このように一つの用排水兼用水路で総額約28億円もかけて復旧する事業は恐らく愛知県では始めの終りではなからうか、このような復旧事業でもやはり災害暫定法に基づき60日以内に査定設計書を作成して、農林、大蔵両省の査定を受けねばならないというあわただしさから、十分な調査に基づく精密な設計を行い実施に当って変更のないような査定設計の作成は到底無理であり、それに新たに放水路を幾つも設ける本事業では、その位置選定に当っても用地問題までにつめるまでにいたらなかった等の事情もあったので、実施段階で種々変更を余儀なくされたのである。

しかし、このような大事業を僅か3カ年でほぼ完了さ



(a) 本災分系統図 (10年確率雨量で計算)



(b) 本災および災害関連を含む最終出来形排水系統図 (30年確率雨量で計算)……(施設断面)

図-18 枝下水災害復旧事業完了後の排水系統図

せることのできたのは、豊田市や枝下水土地改良区の絶大な協力があつたからと感謝している。

豊田市では、枝下水路の排水受益地内での計画的な住宅建設はなかつたけれども、戦後トヨタ自工の発展につれて人口も増えていったため、排水区域内にもかなり

の住宅が建ち、洪水、流出の態様が変化して、ピーク洪水量が増大したと考えられる。

したがって、今後の問題として、枝下幹線水路の用排水分離について、都市開発との関連において検討する必要がある。

農道舗装に関する二、三の問題点

—(山形県内の実施事例から)—

横 山 輝 夫*

目 次

まえがき.....	56	3. アスファルト安定処理.....	60
1. 岩盤部における舗装厚の決定.....	57	4. 密度	60
2. 滑止工法と耐摩耗対策.....	58	5. 品質管理.....	61

まえがき

山形県における農道舗装の歴史は、昭和45年度に農道係が発足して以来わずか5年にすぎず、まだまだ第一歩を踏みだしたにすぎない。

農道事業と公共道事業の基本的な相異点について見ると、制度上は公共道は道路法に基づいて建設省の所管であり、農道事業は土地改良法に基づいて農林省所管の事業である。一方内容から見ると、公共道は不特定多数者を対象とし、一般交通の用に供する目的で合理的な道路網を整備することが目標となっている。

これに対し、農道事業は特定な農道地域を対象とし、地域農業の近代化と農村環境の整備を図って合理的な農道網を整備するものであるが、今日農村地域で要求している農道は、従来の生産性向上活動だけでなく生産販売の組織化、集中管理を総合的な通作から集出荷に至るまでの諸作業をあたかも工場内生産過程のように一貫した流れ作業方式が出来る様な農業利用上理想的考えが必要であるが、当然農道舗装についても農作物の防塵による被害防止及び荷傷防止等の制限が生じて来る。

本県の農道舗装実施状況は別表の通りである。

本県の農道事業についても、技術的に難問題が山積されており、今後解決すべき多くの問題を抱えているのであるが、このうち当面している重要な事項について本県の置賜東部地区大規模農道にスポットライトをあてて考えてみた。当地区の気象は、奥羽山脈と越後山脈にはさまれた内陸地方で、置賜、村山、最上の3地区に分かれ一般的に盆地的気象で日変化が大きく、地形的影響をうけているので、多雪地帯となっており通常1.5m、大雪となると3mの積雪をもたらしている。

農道が除雪され冬期交通が可能になるに従い、次に出て来る問題は摩耗による路面破損と、自動車のスリップ

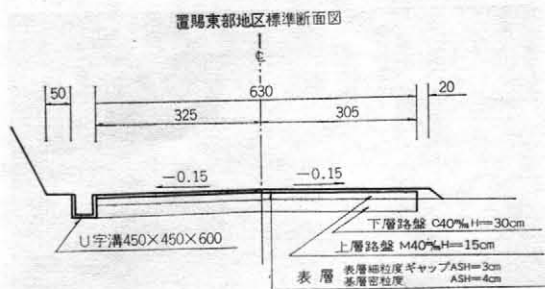
現象も多くなるのですべり止め対策を重点的に実施している。そこで、問題を検討するに当り次の項目について順次考えて見たい。

- ① 岩が路床部にあった場合の設計方法。
- ② 積雪寒冷地帯の当地方におけるチェーン摩耗対策と相反する滑止対策との競合点。
- ③ 瀝青安定処理の配合時の問題点。
- ④ 車道部と路肩部の密度差の設定について。
- ⑤ 品質管理。

表一 農道舗装実施状況

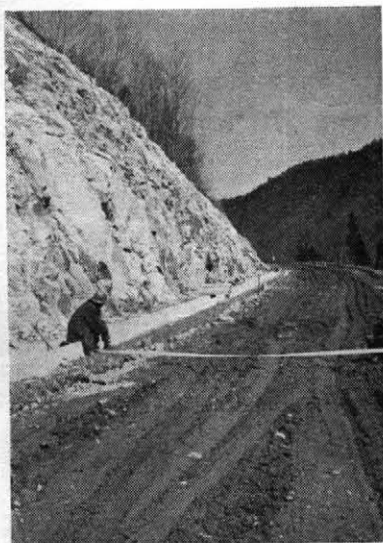
事業名	面積 重量	48年まで	49年	50年	合計
広域農道	m ²	98,416	23,543	67,041	188,991
	t	15,155	3,625	10,322	29,102
広域関連	m ²	—	10,140	8,340	18,480
	t	—	1,562	1,284	2,846
過疎農道	m ²	7,440	—	3,954	11,394
	t	1,146	—	609	1,755
基幹農舗	m ²	35,760	27,528	53,616	116,904
	t	5,506	4,239	864	10,609
樹園地農道	m ²	—	—	—	—
	t	—	—	—	—
農免農道	m ²	36,180	10,830	—	47,010
	t	5,570	1,667	—	7,237
普通農道	m ²	5,020	5,020	32,516	42,556
	t	552	552	3,577	4,621
樹園地農道 (団体営)	m ²	22,896	5,024	6,112	34,032
	t	2,519	552	673	3,744
農道舗装	m ²	488,015	92,545	55,790	636,350
	t	53,680	10,179	6,138	69,997

* 山形県西置賜地方事務所



1. 岩盤部における舗装厚の決定

この路線における高島工区に於て岩が露出した。元々この路線は、新第3紀生の堆積岩凝灰岩であるため、切取面における凝灰岩の出現にあった。



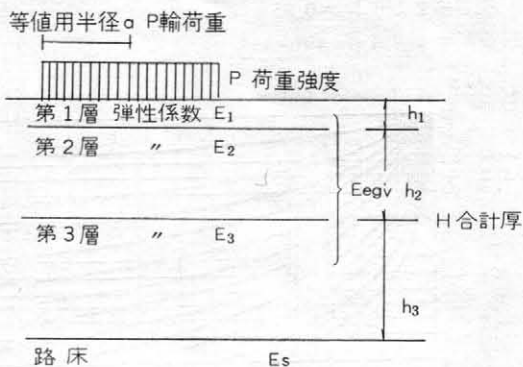
写真—1

現在岩盤における適切な、舗装構成といったものがないため、まず長所、短所を考えて見た。まず、利点としては耐久性の増加、下部路床からの毛細現象における水の浸入の防止による軟弱土の混入防止、各材料の転圧効果の増大と共に各材料の機能効果の効率良さ。

又、短所として岩盤の路床面の不陸の不均一。岩掘削における発破によるクラックの発生。岩の粉碎における細粒の風化による粘性化。剛構造の路床のためのAs舗装の特長であるたわみ性の減少。

以上であるが、安全率を考えクラックにより生ずるリフレクション、クラックの防止のための緩衝材の必要も考え、別記の検討した。

そこで、この問題をたわみ性の面から検討して見た。路床は、堆積岩からなる凝灰岩であるために、掘削等により露出面が表面に出ると降雨等により風化現象が起き、土作業中における輪荷重、ブル等による風化物の



図—1

こね廻しがくり返し起り岩の細粒化が起きた。

又、前記のようにクラックが生じているためと、将来浸透水等による風化物の収縮膨張も考えられるため、路床の弾性係数を $E_s = 100 \text{ kg/cm}^2$ と仮定した。

路床の弾性係数の決定には、 100 CBR kg/cm^2 をとる方法もあり又日本道路公団における 40 CBR kg/cm^2 方法もある。

① 路床以上の等値弾性係数 E_{egv} を求める。

$$E_{egv} = \left(\frac{n_1 E_1^{1/3} + n_2 E_2^{1/3} + n_3 E_3^{1/3}}{H} \right)^3 \dots\dots ①$$

ここに n_1, n_2 , 各層の厚さ, $n_1 + n_2, n_m = H E_1, E_2$, 各層の弾性係数 (kg/cm^2)

② 表面の沈下量 d_0 を求める。

$$d_0 = \frac{1.5 P a}{E_s} F_w \dots\dots ②$$

ここに P 荷重強度 (kg/cm^2)

設計輪荷重を P とすれば $P/\pi a^2 \dots\dots ③$

a : 輪荷重の等値円の半径 () $a = P + 12 \dots\dots ④$

E_s : 路床土の弾性係数。

舗装構成を表—2の様に仮定する。

表—2

40	5	アスファルトコンクリート $E_1 = 200 \text{ D kg/cm}^2$
	15	粒度調整 $E_2 = 1,000 \text{ kg/cm}^2$
	20	クラッシャーラン $E_3 = 500 \text{ kg/cm}^2$

以上を式—①に代入すると

$$E_{egv} = \left(\frac{5 \times 2,000^{1/3} + 15 \times 1,000^{1/3} + 20 \times 500^{1/3}}{40} \right)^3$$

$$= \left(\frac{46574}{40} \right)^3 = 1578^{52} \text{ kg/cm}^2$$

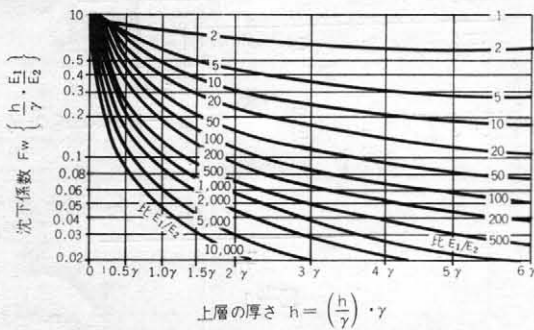
$$a = 12 + 3 = 15$$

$$P = \frac{3,000}{3.14 \times 15^2} = 4^{246} \text{ (kg/cm}^2)$$

$$H/a = \frac{40}{15}, \quad E_{egv}/E_s = \frac{1,578}{100} = 15^{78}$$

図表—2より $F_w = 0.25$

$$J_0 = \frac{1.5 \times 4^{246} \times 15}{100} \times 0.25 = 0.238 \text{ cm}$$



図—2 沈下係数 F_w を求める (パーミスター)

以上より安全率を考えたきらいがないでもないが、岩盤におけるトンネル舗装において従来路盤工は10cmで良いとされておったが、最近緩衝材の意味も含めて30cmの路盤工が多い様であるので表—2の舗装構成した。

2. 滑止工法と耐摩耗対策

積雪寒冷地帯である当地方にとって、タイヤチェーンに対する耐摩耗性と滑りに対するスベリ抵抗は、全く正反対な性質を要求するものであり、その対策は大きな課題である。現在、摩耗対策としては $F_1/As = 1.0, 1.35, 1.50$ の各3種について、 As 量を変化させてラベリング試験のスリヘリ抵抗量によって決定。又施工面に於てのアスファルトのブリージング、及びフィニッシュビリティ等の問題も加味して最適配合の決定をしている。

ここで問題なのは、普通室内試験のみ重視して施工面の良否がともすれば2の次となりがちなので注意を要した。滑り抵抗に対しては、あく迄も粗面な表面であれば良好ではあるが最も重要なものは、その構成体の付着性の問題である。付着性の問題で大きくクローズアップされるのがゴム混入アスファルトの使用である。

現在に於て、ゴムの使用量による付着性の増大その他について明解な数値関係図が確立してないのが現状であ



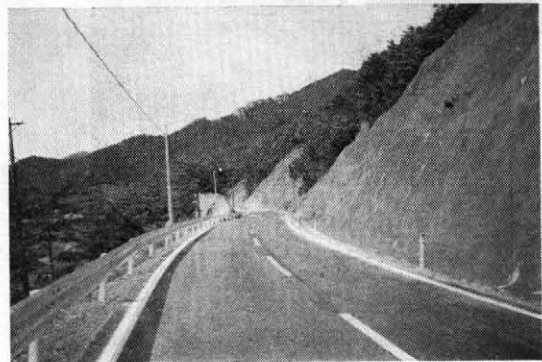
写真—2



写真—3



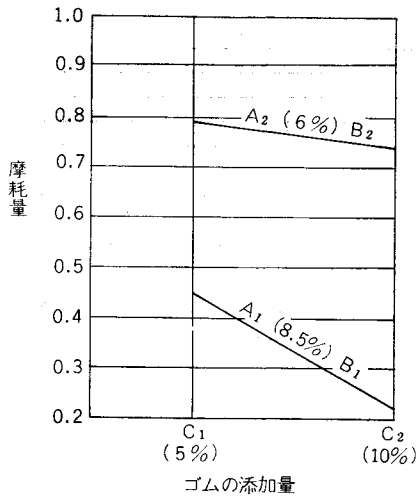
写真—4



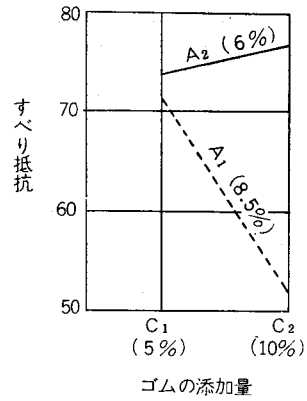
写真—5

るが、次に特質についてのべると①付着性の増大②耐老化性の増大③摩耗係数の増大④針入度の低下と軟化点を高める。即ち①によって少量の As 量においても付着性によって、骨材相互の強化を高めると同時にアスファルトのブリージングを防止することが出来る。

粗面であるために、どうしてもチェーン摩耗対策用としてのモルタル、耐摩耗トベカに比して空隙があり老化現象を早めるのであるが、ゴム混入によって多少は耐老化性の防止が可能である。又、注意すべきは粘度温度が高いために、冬期間の舗設並に転圧時におけるローラにはセツサク油等を使用し水を使用してはならない。



図一三 ゴムの添加量の要因効果



図一四 ゴムの添加量とアスファルト量の交互作用

すべり止舗装（開粒1型）標準配合計算表——比重2.1 厚3cm 合材総重量6.30t/100m²——

名称	配合比	方法規格	見掛重量	ロス	仕上重量	設計量	摘要
	%	$\frac{m}{m}$ $\frac{m}{m}$ %	kg/m ³	%	t	m ³	
砕石	76	201~13 3.0	1,430	4	6.688	4.87	10.0×0.76×0.03=0.228 0.228÷1.43=0.16 0.16×1.04=0.17
		13~5 88.0					10.0×0.76×0.88=6.688 6.688÷1.43=4.68 4.68×1.04=4.87
		5~2.5 9.0					10.0×0.75×0.09=0.684 0.684÷1.43=0.48 0.48×1.04=0.50
砂	13	2.5	1,350	10	1.300	1.06	10.0×0.13=1.300 1.300÷1.35=0.96 0.96×1.10=1.06
石粉	6		1,000	2	0.600	0.612	10.0×0.06=0.600 0.600×1.02=0.612
ゴム入アスファルト	6		1,000	2	0.500	0.510	10.0×0.05=0.500 0.500×1.02=0.510

すべり止舗装（開粒2型）標準配合計算表——比重2.1 厚3cm 合材総重量6.3t/100m²——

名称	配合比	寸法規格	見掛重量	ロス	仕上重量	設計量	摘要
	%	$\frac{m}{m}$ $\frac{m}{m}$ %	kg/m ³	%	t	m ³	
砕石		13~5 81.5	1,430	4	5.379	3.91	10.0×0.66×0.815=5.379 5.379÷1.43=3.762 3.762×1.04=3.912
		5~2.5 18.5					10.0×0.66×0.185=1.221 1.221÷1.43=0.854 0.854×1.04=0.888
砂	19.5	2.5~0.6 47.5	1,350	10	0.9025	0.74	10.0×0.19×0.475=0.903 0.903÷1.35=0.669 0.669×1.10=0.736
		0.6~52.5					10.0×0.19×0.525=0.998 0.998÷1.35=0.709 0.709×1.10=0.813
石粉	9		1,000	2	0.900	0.92	10.0×0.09=0.900 0.90×1.02=0.918
ゴム入アスファルト	5.5		1,000	2	0.600	0.612	10.0×0.06=0.600 0.60×1.02=0.612

図 開粒Ⅰ型 (ガムS)

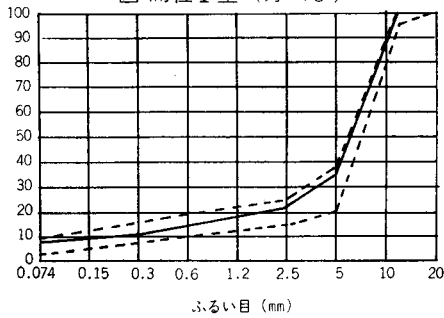
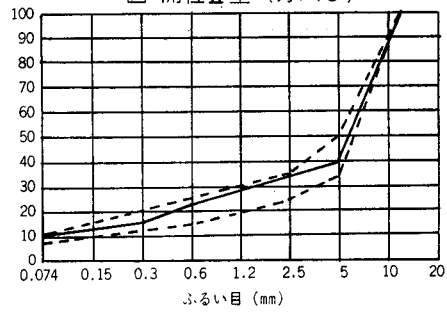


図 開粒Ⅱ型 (ガムS)



ゴム入アスファルトについては、アスファルトを一定にしてゴム量を変えると耐摩耗はそれに比例して良くなると云う実験結果が出ている。図3、図4において、ゴム添加量と耐摩耗、すべり抵抗の関係図である。

これを見るとアスファルト量が多い程、摩耗量が少なくそれもゴム添加量が多い程耐摩耗性は有効である。

即ちスベリと摩耗両面を考えた場合、粗面によってスベリ抵抗を与えゴム添加によって骨材との把握力を増し、摩耗を防止するのが最良の様である。

3. アスファルト安定処理

近年、路盤工としてのたわみ性と耐久性に富んで居るアスファルト安定処理の活用が非常に数多く見られる。

ここでその問題点を取上げて見たい。

アスファルト舗装要綱に瀝青安定処理材料の望ましい粒度範囲として表一3の通りである。

表一3

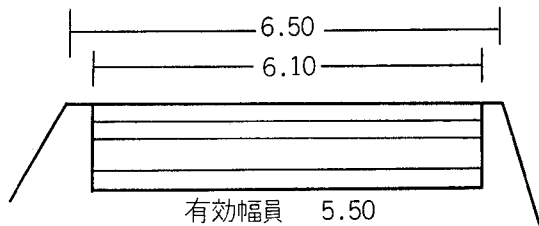
フルイ (mm)	フルイ通過重量百分率 (%)
40	95~100
20	50~100
25	20~60
0.074	0~10

ここで表に示されていない13mm, 5, 0.6, 0.3, 0.15の各フルイ通過率をどの様に規制するかと云う事である。一般には、締めやすい粒度として又強度特性上から規定してある粒径をプロットして、その間を直線で結び中間点を読取る方法でしなさいとなって居り、指導機関によっては、その直線よりはずれの部分についての粒度修正を求めるところもある。しかしながら現地材料使用となると、その使用可否は大きな問題である。

又、ある配合設定者によると設計上はクラッシャーラン+砂+石粉の合成によって粒度曲線の決定をなす訳けだが実際上プラントの構造上ホットヒンのフルイ分けのファイダーを安定処理の配合時のみ取はずすことは、大規模工事ではAs安定処理の大量生産出来る場合は別だが通

常バッチ式プラントに於ては事実上出来得ない。となると混合方法及び使用材料は粗粒度アスコン等と全く変りはなく又、管理基準そのものも路盤工としてよりも舗装としての基準に重点を置くためAs安定処理は施行者にとって割高になってるのが現状である。

4. 密度



図一5

現在、山形県土木部に於ても農林部でも舗装体の密度を車道部及び路肩部に分離して、密度の設定してあるので、これらを中心に密度について検討を進めて行きたい。

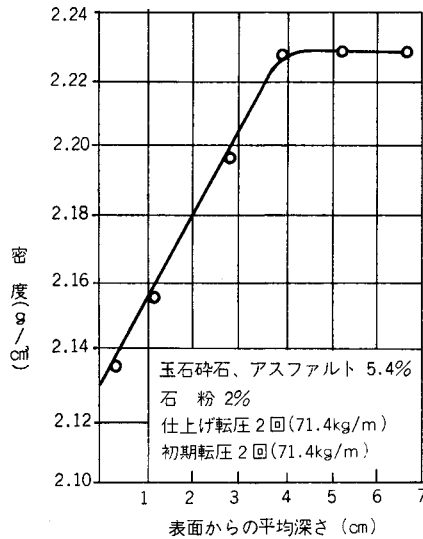
密度についての重要な要素となるものは、①配合、②温度、③転圧の三要素となる。①については、特に骨材の粒度曲線及びアスファルト量、石粉量も加味した配合率を考えなければならない。その中で特に、骨材中の細骨材の粒度に注意を要する。

当地方に於て、最上川上流と云った関係から粗砂が大部分であり、それに海砂を加える。海砂は単粒度であるので、表層耐摩耗トベカ等の場合には合格しないのでこれに細砂を加える。

実質プラントに於て、2.5mm以下の粒度は各サイズ毎の計量は不可能で石粉において200番フルイ、100番フルイの調整出来る程度であり8番~100番迄は粗砂、海砂、細砂の3種類の混合でありレシプロケーティングファイダーしか調整出来ぬ現状である。

次に温度であるが、アスファルトのセイボルトフロー粘度によって加熱温度、転圧温度の調整をはかるのは御承知の通りである。

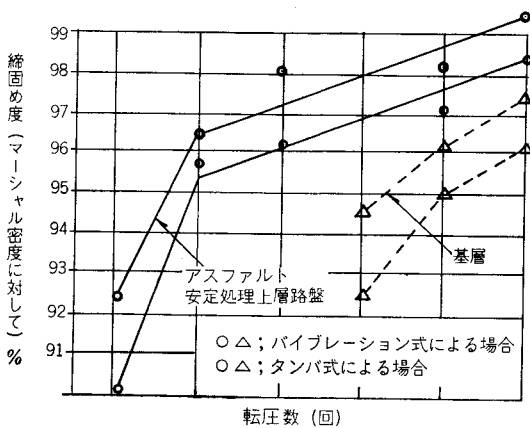
転圧については、初期転圧マカダム2次転圧タイヤロ



図一六

一ラ第3次転圧マカダムとある。これはマカダムの転圧は表面と下部の密度差が生じるためで(図一六参照)これを、タイヤのニーディング作用によって密度差を小さくするので転圧作業は、マカダムとタイヤの併行使用は是非させなければならない。

その前の段階で、フィニッシャーの敷均しであるが、混合物、合材、温度、気温、フィニッシャー速度等もあり一概には云えないが、締固め度はマーシャル密度の90～91%の値が得られる様である。(図一七参照)



図一七

表一七で舗装幅員6.10であるが、車道部5.50、路肩舗装0.60となりアスコンの場合、車道部密度2.30kg/cm³、路肩部2.15kg/cm³と設計基準がある。これは、路肩部の転圧は肩のくずれ等により大きなマカダム、タイヤローラ等の転圧は無理でバイブロンマー転圧となって居るためである。

敷均しは車道、路肩共にフィニッシャー一機敷均して

あり、路肩部だけ密度の差だけ薄くすることは不可能である。もし、設計密度、基準密度、現場密度が同一と考え設計密度限度一杯に施工したと考えたと舗装厚10cmと仮定すると車道部のフィニッシャー敷均しは $\frac{10}{0.9} = 1.11$ となり、路肩部は $10 \times \frac{1}{0.9} \times \frac{2.15}{2.30} = 10^{88}$ cmとなり、 $11^{11} - 10^{88} = 0.73$ cmとの舗設差をつけなければならないので、今後の路肩密度規定は課題を残す事になる。

5. 品質管理

管理図表におけるバラツキの可否と現実の施工時期、及び会計年度による工期の設定の間に非常に困難を生じて居る。例えば、路床の締固めに於て最大乾燥密度、20kg/cm³と仮定した場合、 $\gamma_d \max 90\%$ 以上に締固めなさいと規定された時、それに対応する締固めに於ける適性含水比が20～40%の範囲と仮定する。

だが実際には、当地方においては多雨豪雪地帯でありその管理基準に基づいて行えば実質的な土工作业可能日数はかなりの制約を受ける。実質4月上旬より10月中旬迄がどうか作業可能で後は、トラフィカビリティーの問題で全く不能である。

主として、AASHO法による路床材料の分類によるA-6、A-7に属し、冬期間の含水比は100%を超えることがざらであり、規定内の締固めは困難であり又、施工可能な時期への延期も予算上の問題、国家予算の会計年度3月という大きな壁もあるために、気象条件によって著しく変わる施工についての管理基準の導入にあたっては、現場の現実の問題と遊離しないものとしなければならないので本県では、下記の事項について注意している。

1. すべり抵抗性……山岳農道特有の急勾配、急カーブの箇所についてスリップ事故を防止するため、すべりにくい表層を考えている。
2. 気象条件……寒暖、凍結融解、降雨、融雪等の気象作用に対して安定性、耐久性、不透水性を検討する。
3. タイヤチェーン、スパイクタイヤの作用に対し耐摩耗的である。
4. 一般的施工技術で施工可能な工法。
5. 表層工を比較検討して、できるだけ廉価であること
6. 維持修繕が容易であること。
7. 温度管理を徹底すること……チップング前の敷均し温度が低いと圧入不十分になるし、逆に高温度であると埋る状態になる。
8. 連続的な施工とすること……混合物の搬入、持ち時間が長くなるとフィニッシャー周辺の混合物の温度が低くレッチング不十分となる。
9. チッピング散布の均一性に留意すること。

以上、山形県で実施した舗装の概要について紹介したが諸兄の今後の参考となれば幸いである。

利根川水系及び荒川水系における 水資源開発基本計画について

細 谷 信 行*

目 次

1. はじめに……………62	における需要想定……………64
2. 利根川水系にかかわる水需給の現況……………62	4. 第3次フルプランにおける供給施設計画……………65
3. 第3次利根川・荒川フルプラン	5. 水資源開発の今後の課題……………70

1. はじめに

利根川水系及び荒川水系における水資源開発基本計画（第3次利根川・荒川フルプラン）は、昭和51年4月16日の閣議において決定され、同月21日官報に告示された。

水資源開発基本計画は、昭和36年に制定された水資源開発促進法にもとづき、産業の開発又は発展及び都市人口の増加に伴い、用水を必要とする地域に対する水の供給を確保するため、水系における水資源の総合的な開発及び利用の促進を図るため、策定されるものである。

（水資源開発促進法第1条）、水資源開発促進法によれば上記に該当する地域について、広域的な用水対策を緊急に実施する必要があると認めるときは、所定の手続きを経て、水資源の総合的な開発および利用の合理化を促進する必要がある河川の水系を水資源開発水系として指定（同法第3条）し、この指定水系について、水資源開発基本計画を策定することとなっている。（同法第4条）水資源開発基本計画では、広域的な水の用途別の需要の見通し及び供給の目標を明らかにし、この目標を達成するための必要な施設の建設に関する基本的な事項、その他水資源の総合的な開発及び合理化に関する事項を記載することになっている。（同法第5条）開発水系の指定及び基本計画の決定は、内閣総理大臣が行なうこととなっているが、指定及び決定に際しては、内閣総理大臣は、関係行政機関（大蔵省、厚生省、農林省、通商産業省、建設省、自治省、科学技術庁、環境庁）の長と協議し、関係都道府県の知事及び水資源開発審議会の意見を聞いて、閣議の決定を経なければならないこととなっている。（同法第3条、第4条）。この他、同法では、水資源開発基本計画の決定にあたっては、治山治水、電源開発及びその水系にかかわる後進地域の開発について、十分考

慮を払うよう規定されており（同法第4条）、又、国土総合開発計画、各地域（三圏）整備計画、電源開発基本計画と十分調整を図って策定されることとなっている。（同法第11条）。

現在までに水資源開発水系として指定された水系は、利根川、淀川、筑後川、木曾川、吉野川及び荒川の6水系で、このうち昭和49年12月に指定された荒川水系を除いた5水系については、すでに水資源開発基本計画が策定されており、水資源の開発と利用の施設の建設が鋭意進められているところであるが、荒川水系については、今回の利根川の計画の全部改定にあたって、その需要地域が相互に関連しているところから、利根川と一本の基本計画として策定することにしたものである。

2. 利根川水系にかかわる水需給の現況

利根川は、流域面積 16,840 km²、年間総流出量約 130 億トン、流路総延長約 4,400 kmの我が国最大の河川であり、これの利水開発は徳川時代に始まり、以降現在に至るまで、一貫してわが国の経済と社会の中心地としての生活と産業の基盤となってきた。

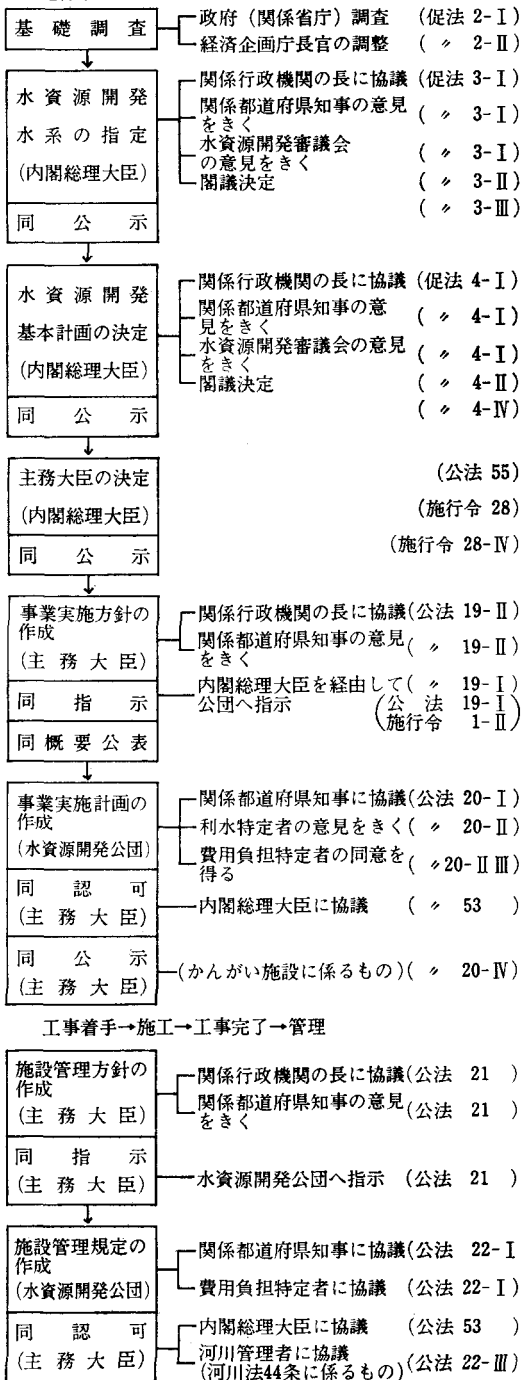
さらに、近年になって我が国の社会経済は急速な発展を遂げ、それに伴って特に首都圏においては人口や産業が著しく集積することとなった。例えば、人口についてみると、関東の1都6県については、全国土面積の約8.6%の地域の中に全国人口の約29%が居住しており、昭和40年から50年までの年間平均増加率も約2.3%と全国平均の1.3%をはるかに上回っており、最近の2～3年間この伸びは鈍化したといっても、この傾向は当分変らないものと予想されている。

工業出荷額についても、昭和40年においては対全国比約33%のシェアを示し、昭和40年の10.0兆円に対し、47年27.4兆円と7年間で2.7倍の伸びを示している。

農地面積については、宅地や工場用地の造成等により

* 国土庁水資源局水資源計画課課長補佐

水資源開発促進法 (36. 11. 13 法律第217号)
 水資源開発公団法 (36. 11. 13 法律第 218号)
 水資源開発公団法
 施行令 (37. 4. 30 政令第 177号)



図一 水資源開発二法による
 水資源開発事業実施の流れ

潰廃していく農地がかなりあり、農地面積の減少が目立っている一方、大消費地である東京都を中心とした首都圏への生鮮野菜等を大量に供給するための食料基地とし

て重要な位置を占め、畑地かんがいを中心とした農業基盤整備等農業近代化施策が推進されている。

以上のような急速な経済社会の発展に伴い首都圏における水の需要量も第2表に示す如く急速に増加してきている。

これらの水需要に対処するため、利根川水系にはこれまで数多くの水資源開発施設が実施されて来た。すなわち、昭和10年に江戸川を水利統制して河水の配分を行ったのに始まり、昭和30年代には特定開発地域に指定され国土保全、食糧増産および電源開発を主たる開発の目標として河川総合開発事業やかんがい排水事業が実施され五十里ダム (昭和31年完成)、藤原ダム (昭和32年完成) 相俣ダム (昭和34年完成)、菌原ダム (昭和39年完成)、川俣ダム (昭和40年完成) が完成している。

昭和36年11月に水資源開発促進法並びに水資源公団法のいわゆる水資源二法が制定されるとこの法律にもとづき、利根川水系は、筑後川水系とともに昭和37年最初の水資源開発水系として指定され、同年に水資源開発基本計画が決定され、建設省で施行中の矢木沢ダム (昭和42年完成)、下久保ダム (昭和43年完成) が水資源開発公団事業として承継されて建設された、その後、基本計画に群馬用水、印旛沼開発事業、利根導水路が追加され、昭和39年2月になって、水需給計画を含む基本計画として本来の水資源開発基本計画 (第1次利根川フルプラン) が決定された。

この第1次フルプランにおいては、その用途別水量として、昭和45年までに水道用水毎秒約46m³、工業用水毎秒約23m³、農業用水毎秒約42m³の合計約120m³の需要が発生すると想定し、これらの新規需要量を満足させるために矢木沢、下久保、草木のダム群、利根川河口堰、印旛沼の水位調節施設等の水資源開発を行ない、さらに合口堰等の既存水利の合理的な使用を図る施設、多目的用水路、専用水路の施設を建設しようとするものである。このうち、昭和45年3月までに開発された水量は、矢木沢、下久保、印旛沼の各施設による毎秒約40.6m³と江戸川・中川の緊急暫定としての毎秒約6.8m³を合わせて合計毎秒約47.4m³である。

この第1次フルプランの目標年次である昭和45年に至ったので、新たに昭和45年から昭和50年に至る間を計画期間とする基本計画の全面的な変更作業に着手、昭和45年7月閣議で決定され告示された。これが、利根川第2次フルプランといわれるもので、その用途別水量としては、水道用水毎秒約50m³、工業用水毎秒約40m³、農業用水毎秒約40m³の合計約130m³の需要が新規に発生するものと想定し、これらの水需要を充足するために、利根川河口堰、草木ダム、霞ヶ浦開発、房総導水路、恩川開発、奈良俣ダムの各供給施設で毎秒約100m³の開発を行うとともに、建設省直轄事業の多目的ダムで毎秒約30m³を生

表一 首都圏（1都6県）における人口、産業の動向

地域別	人口(万人)			工業出荷額(兆円)			農用地面積(万ha)		
	S. 40	S. 45	S. 50	S. 40	S. 45	S. 47	S. 40	S. 45	S. 47
北関東	518	538	580	1.1	3.5	4.5	(26.0) 50.5	(22.6) 49.7	(21.9) 48.7
南関東	2,102	2,412	2,704	8.9	20.5	22.9	(21.0) 42.2	(17.4) 37.3	(16.3) 35.5
計	2,620	2,950	3,284	10.0	24.0	27.4	(47.0) 92.7	(40.0) 87.0	(38.2) 84.2

(注) 1. 1都6県の国土面積は、32,000km²（全国国土面積の約8.6%）
2. 農用地面積の()は、畑地面積で内数である。

表二 首都圏における水利用（都市用水）の動向

① 地域別・用途別取水量

地域別	水道用水(億m ³ /年)					工業用水(億m ³ /年)				
	S. 40	S. 45	S. 47	伸び率		S. 40	S. 45	S. 47	伸び率	
	Ⓐ	Ⓑ	Ⓒ	Ⓑ/Ⓐ	Ⓒ/Ⓐ	Ⓐ	Ⓑ	Ⓒ	Ⓑ/Ⓐ	Ⓒ/Ⓐ
北関東	1.8	3.2	4.1	1.78	2.28	3.5	7.9	8.1	2.26	2.31
南関東	22.1	32.5	36.8	1.47	1.67	13.6	20.1	18.9	1.48	1.45
計	23.9	35.7	40.9	1.49	1.71	17.1	27.9	27.0	1.69	1.58

(注) 1. 第2次全国水需要量調査（昭和49年度）に基づく。
2. 工業用水については上水道依存分を除く。

み出すこととした。

しかしながら、最近の社会情勢上の制約もあって、施設の建設は必ずしも予定通りには進まず、第2次フルプランに掲げられた施設のうち昭和50年までに完成したのは利根川河口堰のみという現状であり、需給関係はますます逼迫しており、需要側としては、発生した要求に対応するために、暫定的な取水をする等、不安定水源によって当面の手当をしなければならず、このため渇水時には一時給水制限をする等の事態も生じている。

3. 第3次利根川・荒川

フルプランにおける需要想定

昭和49年、国土庁が発足すると略々同時に、第2次利根川フルプランの需給関係の見直しを含む全部改定の作業に着手した。この改定にあたっては、同年12月に水資源開発水系として指定された荒川と利根川は、その需要地域が相互に密接に関連しているところから、別個の基本計画とせず、利根川・荒川を一本として計画を策定することとなった。

以下に第3次利根川・荒川フルプラン策定にあたっての基本的な考え方を記述する。

(1) 目標年次としては、本来可及的に長期であることが望ましく、又、現在改定作業中の新全国総合開発計画

等の長期計画が昭和60年度を目標としているところから、それらとの斉合性を保つ意味もあって昭和60年度とする。

需給想定を行うための計画期間としては、第2次フルプランにおける供給施設が利根川河口堰を除いてすべてその完成が50年度以降に繰り越すことになったこと及び、最近の経済社会情勢の変化に伴って、第2次フルプランにおける需要想定の見直しが必要になっていること等から、計画に連続性を持たせる意味で昭和45年から昭和60年迄の15カ年としている。

(2) 需要の想定にあたっては、この両水系における水資源の開発がすでにかなり高度な状態に達しつつあって、今後新たな開発が多くは期待出来ない観点から、単に需要量に見合う供給計画を樹てるのではなく、目標年次までの供給量をふまえて、需要側においても、この供給量に見合って、節水、水利用の高度化等の努力を行うことを前提として、各種用水の需要量を算定している。

算定にあたっては、関係地域における人口の増加、生活水準の向上、工業立地、農業基盤の整備、その他の計画的土地利用の動向に配慮するとともに、近年における地下水の過剰汲み上げによって起きている地盤沈下を防止する観点から、工業用水法等の関係法令及び条例によって規制を受けているものについて表流水へ転換するた

めの代替水を考慮している。

(3) 基本計画第2項には、計画の目標を達成するため必要な施設の建設に関する基本的な事項を記載することになっているが、従来この項には、水資源開発公団の実施する事業のみを掲げていたものであるが、水資源開発施設は、この他、各省が個別事業法にもとずき国が直轄事業として実施しているもの及び各県が県営事業として行っているものも多数あり、これらを含めこの需給計画が樹てられていることから、公団事業のみを明示することは、基本計画としては明確さを欠くことになるので、今回より、実施計画調査以上の段階にある施設計画はすべて、基本計画本文上に明定することとした。

(4) この両水系における水資源の開発は、いわば、限界に近い状態に達しつつあるため、今後の首都圏の水需要を充足するためには、流況調整による余剰水の活用等広域的かつ高度な開発を進めるほか、農業用水の合理化、下水処理水の再利用等の節水、水利用の合理化に関する施策を推進する必要があるところから、この方針を需給想定に織りこむと同時に、基本計画本文にも明示する。

(5) 昭和45年から昭和60年までの関東1都6県において新規に発生する需要のうち利根川・荒川に依存する需要量は、水道用水毎秒約95 m^3 、工業用水毎秒約50 m^3 、農業用水約50 m^3 の合計毎秒約195 m^3 と想定され、これに対応する供給量のうち、とりあえず施設計画で明示する供給量は利根川水系で毎秒約150 m^3 、荒川水系で毎秒約10 m^3 の合計毎秒約160 m^3 とし、残りの毎秒35 m^3 については、上流ダム群、霞ヶ浦導水、農業用水合理化、及び下水処理水の再生利用によって対応することとしている。

(6) 上水道用水については、昭和60年における関東の人口を約3,820万人、水道普及率を平均約97%、1人1日平均使用水量(原単位)を都市活動用水も含み、465 ℓ と想定した。この結果、昭和60年度における関東(神奈川県を除く)における水道用水の総需要量は毎秒

約163 m^3 となり、このうちの約78%にあたる毎秒約128 m^3 が利根川・荒川両水系に依存する量であるが、これから昭和45年までの手当済量毎秒約33 m^3 を控除して、計画期間中の新規水需要量毎秒約95 m^3 としたものである。

なお、この水量の中には、埼玉県、千葉県、東京都の南関東地域における地下水転換量として毎秒約15 m^3 が含まれている。

(7) 工業用水の需要量の算出は、各都県より提出された需要フレーム及び個別の工業立地計画にもとづく工業用水道事業計画の進捗度、地域開発の動向等を勘案して行ない、北関東地域については南関東地域よりの過密分散の受け入れを考慮し、現在工業用地の造成に着手しているものまでを見込んでいるが、南関東地域については、今後の新規立地は見込まず、既着工の工業用水道の範囲内とし、現在の地下水の採取規制に対応する転換用水を重点的に確保することとし、北関東地域で毎秒27.15 m^3 、南関東地域で毎秒22.71 m^3 の合計毎秒約50 m^3 を新規需要量とした。なお、この水量には地下水転換分として、毎秒約16 m^3 が含まれている。

(8) 農業用水については、関東地域における農地が首都圏に対する野菜、果実、飲用乳などの生鮮食料品の供給基地として今後も極めて重要な位置を占めていくものと思われ、このため、すでに着工中の事業に加え、農業振興地域内の畑地を中心とした農用地に対し計画されている基盤事業についてその計画の熟度及び水源施設との関連等を考慮してその需要量を推計した。新規に水需要が発生するものとしては、約33千ヘクタールの水田に対する補給水量と、約51千ヘクタールの畑地に対する畑地かんがい用水量でその水量として毎秒約50 m^3 を見込んでいる。

4. 第3次フルプランにおける供給施設計画

3.に記述した需要量毎秒約195 m^3 に対応するために、とりあえず両水系で毎秒約160 m^3 の供給施設を明定して

表一3 水道用水の需要想定

都県名	想 定 総人口 (万人)	給水人口 (万人)	1人1日 平均給水量 (ℓ /日・人)	1日平均 給水量 (+ m^3 /日)	(平均毎秒)	(平均毎秒)	(平均毎秒)	備 考
					取水量ベース 総需要量 (m^3 /秒)	利根川・ 荒川}依存量 (m^3 /秒)	昭45年~昭60年 利根川}新規依 荒川}存量 (m^3 /秒)	
茨城県	300	272	360	980	12.36	7.33	7.3	
栃木県	210	200	425	850	10.31	5.46	5.0	
群馬県	210	200	415	830	10.07	5.99	5.0	
埼玉県	620	605	370	2,230	26.80	22.89	20.6	
千葉県	580	544	380	2,060	24.79	19.36	16.8	
東京都	1,170	1,169	545	6,360	78.70	66.93	40.0	
神奈川県	730	—	—	—	—	—	—	
計	3,820	2,990	—	13,310	163.03	127.96	94.7	

表—4 工業用水の需要想定

都県名	計画給水量 (m^3/d)	計画取水量 (m^3/s)	他水系等への 依存分 (m^3/s)	44年度までの 取得済分 (m^3/s)	45~60年度の 新規必要量 (m^3/s)	予定事業名	給水対象地域
茨城県	1,421,300	17.75	0.12		17.63	鹿島(1~3期) 霞ヶ浦 県南 石岡	鹿島町, 神栖町, 波崎町 土浦市, 下館市, 水海道市, 総 和町等の17市町村 竜ヶ崎市, 阿見町, 牛久町 石岡市
栃木県	407,050	5.03			5.03	宇都宮 真岡 鹿沼 県南 小山	宇都宮市, 真岡市, 芳賀町, 高 根沢町 真岡市, 上三川町, 二宮町, 南 河内町, 国分寺町 鹿沼市 足利市, 佐野市, 大平町, 岩舟 町, 藤岡町 小山市
群馬県	361,700	4.49			4.49	前橋・高崎 前橋・伊勢崎 東毛 館林東部	前橋市(利根川右岸), 高崎市 前橋市(利根川左岸), 伊勢崎市, 東村, 赤堀村 太田市, 大泉町, 境町, 新田町, 千代田村, 邑楽町 館林市, 板倉町
埼玉県	813,000	10.14		3.71	6.43	埼玉南部 (1~2期) 埼玉西部 埼玉北部	川口市, 蕨市, 戸田市, 草加市, 八潮市, 浦和市, 大宮市等14市 和光市, 朝霞市, 新座市, 所沢 市, 川越市, 三芳町等15市町 行田市, 熊谷市, 深谷市
千葉県	1,085,000	13.55	2.24		11.31	葛南 東葛 千葉地区 房総臨海	市川市, 船橋市 市川市, 船橋市, 松戸市, 習志 野市 千葉市, 市原市, 袖ヶ浦町 千葉市, 市原市, 木更津市, 君 津町, 袖ヶ浦町
東京都	400,000	4.98			4.98	城北地区	板橋区, 北区, 葛飾区, 足利市
計	4,488,050	55.94	2.36	3.71	49.87		

表—5 農業用水の需要想定

県名	受益面積			新規必要水量		新規利水目的	備考
	水田(ha)	畑(ha)	計(ha)	夏期 (m^3/s)	冬期 (m^3/s)		
茨城県	21,791	23,765	45,556	27.2	3.6	畑かん, 水田補水等	鹿島南部, 石岡台地, 霞ヶ浦用水 他19地区
栃木県	5,101	9,856	14,957	8.6	1.6	畑かん, 水田補水等	鬼怒中央, 中央畑地 他10地区
群馬県	767	7,416	8,183	4.9	1.2	畑かん, 水田補水等	渡良瀬川沿岸, 赤城西麓 他8地区
千葉県	5,036	10,019	15,055	8.4	1.3	畑かん, 水田補水等	北総東部, 東総用水 他3地区
計	32,695	51,056	83,751	49.1	7.7		

(注) 新規必要水量は夏期, 冬期の平均取水量を表わす。

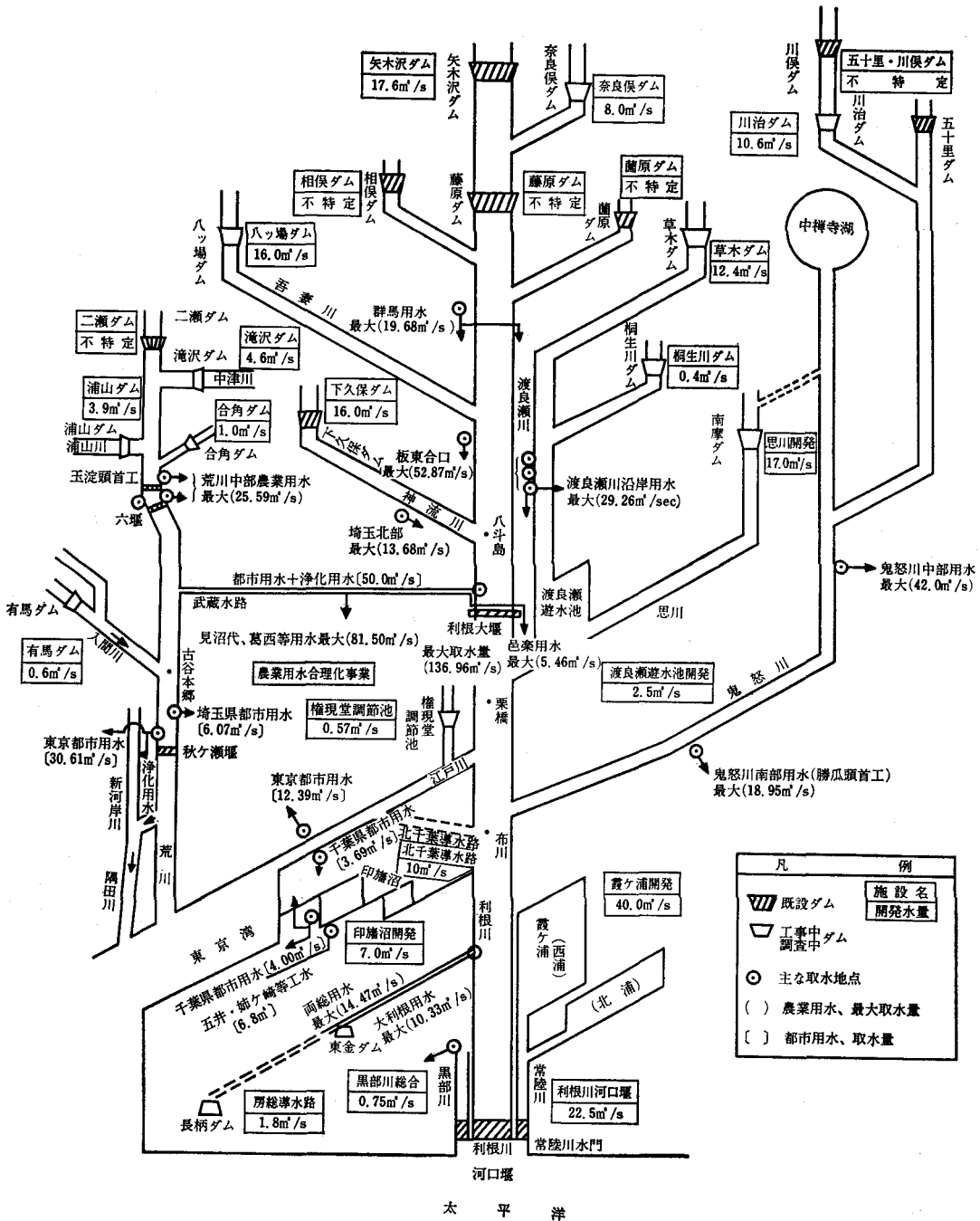
表—6 供給施設の概要

利根川水系

事業名	事業主体	施行区域及び河川名	事業目的	工事概要	総事業費	予定工期
利根川河口堰建設事業	水資源開発公社	千葉県香取郡東庄町(右岸) 茨城県鹿島郡波崎町(左岸) 利根川	1. 新規利水……………22.5m ³ /s 都市用水……………20.0m ³ /s 東京都, 千葉県, 埼玉県 農業用水, 北総東部用水の一部 2.5m ³ /s 2. その他 塩害防除等	堰型式 可動堰 堰長 843m 堰天端 Y.P.+2.00m	約130億円	昭和39年度 昭和46年度 (完了昭和46年5月)
草木ダム建設事業	水資源開発公社	群馬県勢多郡東村渡良瀬川	1. 洪水調節……計画高水流量 1.880m ³ /s 調節量 1.240m ³ /s 2. 流水の正常な機能の維持 3. 新規利水 12.4m ³ /s 農業用水……群馬県, 栃木県 3.5m ³ /s 都市用水……埼玉県, 栃木県, 群馬県, 東京都 8.9m ³ /s 4. その他………発電約20,000kW	集水面積 254.0km ² 総貯水容量 60.5×10 ⁶ m ³ 有効貯水容量 50.5×10 ⁶ m ³ ダム型式 重力式コンクリートダム 堤高 140.0m 堤頂長 405.0m	約510億円	昭和40年度 昭和51年度
北総東部用水事業	水資源開発公社	千葉県佐原市外6町	農業用水………夏期 3.7m ³ /s 冬期 0.4m ³ /s 受益面積 5,800ha	主揚水機場 3ヶ所 幹線水路 約42km	約200億円	昭和45年度 昭和55年度
房総導水路建設事業	水資源開発公社	千葉県利根川	都市用水 8.4m ³ /s 水道用水 市原, 木更津 九十九里沿岸 1.4m ³ /s 工業用水 市原, 木更津, 五井 7.0m ³ /s	1. 取水施設 両総用水施設併用 2. 導水路 約37km 3. 長柄ダム アースダム 有効貯水容量 9.600×10 ³ m ³ 堤高 52m	約660億円	昭和45年度 昭和54年度
思川開発事業	水資源開発公社	栃木県今市市, 鹿沼市 大谷川等	1. 洪水調節……計画高水流量 220m ³ /s 調節量 200m ³ /s 2. 流水の正常な機能の維持 3. 新規利水 17.0m ³ /s 農業用水 中央畑地等 都市用水 栃木県, 東京都等	1. 南摩ダム 集水面積 (直接 12km ² 間接 352km ²) 総貯水容量 142.3×10 ⁶ m ³ 有効貯水容量 140.0×10 ⁶ m ³ ダム型式 ロックフィルダム 堤高 115m 堤長 425m 2. 導水路 約20km	約520億円	昭和45年度 昭和58年度

事業名	事業主体	施行区域及び河川名	事業目的	工事概要	総事業費	予定工期
霞ヶ浦開発事業	水資源開発公社	茨城県霞ヶ浦	1. 治水……………湖周辺の洪水防除 2. 新規利水 40.0m ³ /s 農業用水 石岡台地等 16.64m ³ /s 都市用水 茨城県, 千葉県, 東京都 23.36m ³ /s	1. 湖岸堤の新設と補強 2. 流入河川の河口処理 3. その他 4. 貯水池 集水面積 2.083km ² 湖面積 206km ² 治水容量 319.0×10 ⁶ m ³ 利水容量 261.0×10 ⁶ m ³	約1,300億円	昭和43年度 昭和58年度
成田用水事業	水資源開発公社	千葉県成田市外3町	1. 農業用水 夏期 1.4m ³ /s 冬期 0.2m ³ /s 受益面積 2,500ha	1. 揚水機場 2ヶ所 (新川, 小泉) 2. 幹線水路 約25km	約140億円	昭和46年度 昭和53年度
東総用水事業	水資源開発公社	千葉県佐原市外	1. 農業用水 取水量 夏期 約 1.1m ³ /s 冬期 約 0.3m ³ /s 受益面積 約 2,800ha 2. 水道用水 取水量 約 1.1m ³ /s	1. 揚水機場 3ヶ所 2. 導水路及び幹線水路 約30km	約100億円	昭和49年度 昭和55年度
奈良俣ダム建設事業	水資源開発公社	群馬県利根郡水上町大字藤原 栖俣川	1. 洪水調節 2. 流水の正常な機能の維持 3. 新規利水 都市用水等……群馬県及び下流地域 約 8 m ³ /s	集水面積 95.4km ² 総貯水容量 90.0×10 ⁶ m ³ 有効貯水容量 85.0×10 ⁶ m ³ ダム型式 ロックフィルダム 堤高 154m	約550億円	昭和48年度 昭和58年度
川治ダム建設事業	建設省	栃木県塩谷郡藤原町大字川治 鬼怒川	1. 洪水調節……計画高水流量 (川俣ダムとともに) 3.600m ³ /s 調節量 3.200m ³ /s 2. 流水の正常な機能の維持 3. 新規利水 10.6m ³ /s 農業用水……栃木県, 千葉県 3.5m ³ /s 都市用水……栃木県, 千葉県 7.1m ³ /s	集水面積 323.6km ² 総貯水容量 83×10 ⁶ m ³ 有効貯水容量 76×10 ⁶ m ³ ダム型式 アーチ式コンクリートダム 堤高 140m 堤頂長 360m	約450億円	昭和43年度 昭和55年度

事業名	事業主体	施行区域及び河川名	事業目的	工事概要	総事業費	予定工期
八ツ場ダム 建設事業	建設省	群馬県吾妻郡長野原 町大字川原 吾妻川	1. 洪水調節……計画高水流量 3.900m ³ /s 調節量 2.400m ³ /s 2. 新規利水 都市用水等……群馬県及び下流域地域 約16m ³ /s	集水面積 707.9km ² 総貯水容量 107.5×10 ⁶ m ³ 有効貯水容量 90×10 ⁶ m ³ ダム型式 重力式コンクリートダム 堤高 131m 堤頂長 336m	約1,000億円	
北千葉導水 事業	建設省	(利根川右岸) 千葉県印旛郡印西町 木下地先 (江戸川左岸) 千葉県松戸市外河原 地先 利根川及び江戸川	1. 内水排除 2. 手賀沼水質浄化 3. 新規利水(流況調整) 都市用水等……千葉県、埼玉県及び東京都 約10m ³ /s	導水路延長 約28.4km ポンプ場 3ヶ所 最大導水量 約40m ³ /s	約1,000億円	昭和47年度 ～ 昭和58年度
渡良瀬遊水 池建設事業	建設省	栃木県下都賀郡藤岡 町、小山市 群馬県邑楽郡板倉町 埼玉県北埼玉郡北川 辺町 茨城県古河市 渡良瀬川	1. 洪水調節 2. 流水の正常な機能の維持 3. 新規利水 都市用水等 2.5m ³ /s	湛水面積 4.5km ² 総貯水容量 26.4×10 ⁶ m ³ 有効貯水容量 26.4×10 ⁶ m ³ 堰構造 幅10m×高5.5m 転倒ゲート4門切替 機場 20m ³ /sポンプ	約480億円	昭和48年度 ～ 昭和58年度
荒川水系						
滝沢ダム	建設省	埼玉県秩父郡大滝村 大字大滝 中津川	1. 洪水調節……計画高水流量 1.850m ³ /s 調節量 1.500m ³ /s 2. 流水の正常な機能の維持 3. 新規利水 都市用水……埼玉県、東京都 4.6m ³ /s	集水面積 108.6km ² 総貯水容量 63×10 ⁶ m ³ 有効貯水容量 58×10 ⁶ m ³ ダム型式 重力式コンクリートダム 堤高 140m 堤頂長 457m	約430億円	昭和44年度 ～ 昭和57年度
浦山ダム	建設省	埼玉県秩父郡荒川村 久那地先 浦山川	1. 洪水調節……計画高水流量 1.000m ³ /s 調節量 850m ³ /s 2. 流水の正常な機能の維持 3. 新規利水 都市用水……埼玉県、東京都 3.9m ³ /s	集水面積 51.6km ² 総貯水容量 50×10 ⁶ m ³ 有効貯水容量 48×10 ⁶ m ³ ダム型式 ロックフィルダム 堤高 165m 堤頂長 430m	約460億円	昭和47年度 ～ 昭和59年度



図一 利根川・荒川水系における主要水源施設・利水施設の現況

いるが、前述の様に今回より、国の直轄事業、県営事業を基本計画本文上に掲げる事となったため、利根川水系においては、利根川河口堰他18事業、荒川水系では滝沢ダム他3事業の合計23事業が記載されている。水資源開発公団及び国の直轄事業にかかわる供給施設の概要を第6表に、主要水源施設、利水施設の現況を第2図に示す。

5. 水資源開発の今後の課題

(1) 水資源の有限性

高度経済成長に伴い、近年、水需要が激増したが、さらに今後も、生活水準の向上等により水需要が増大し、水供給の逼迫が続くものと予想される。一方水資源開発は開発適地の減少や水源地域問題等により一層難かしく

なっており、また、開発コストも上昇している。このような状況は、とくに大都市を中心とした地域において深刻かつ明確に現われており、現在、関東地域、近畿地域における都市用水（生活用水および工業用水）の需給関係は需要に対して約20%が供給不足の状態にある。このような現在における供給不足量と今後の水需要の増大に対処するため、水資源開発を促進しなければならないが、昭和60年頃には、利根川、淀川の水利用等は高くなり、それ以降の開発は多くを期待出来ないなど、水資源開発が順調に進んだとしても依然として供給不足の状態が続くものと予想されている。

このように、水はもはや社会経済の発展の制約要因とならざるを得なくなってきたり、このため、水資源開発の促進に最大限の努力をすするとともに、有限な水資源量を踏まえた水利用すなわち節水型社会の形成と既存水利の合理化を積極的に図っていく必要がある。

(2) 水源地域に対する総合的施策

ダム等の建設は、水没関係者の将来の生活に対する切実な不安感がある上に、代替農地及び宅地の取得の困難化、水没関係者の相対的高令化等に伴い、水没関係者の同意を得ることが一層困難となってきたり、今後は、生活再建対策をより充実させていく必要がある。

従来、水資源の開発によって受益するのは主として下流部であり、下流部ではその恩恵をフルに享受してますます発展するのに対して、上流部では過疎が進み社会経済的發展から取り残されるという傾向があった。今後、水資源開発を円滑に促進するためには費用負担等について下流受益者の積極的な協力を得て、生活再建対策、水没関係地域の整備、ダム上流地域の森林の整備等強力に推進していく体制を作る必要がある。

(3) 水単価の衡平化

現在、水資源の配分は、ダムの建設時点で決まり、その時に水を必要とするものが、利水負担をしなければ配分を受けることが出来ない。このため、ダムの建設量が次第に高騰している現在、水源地域等に多い後発側の将来必要な水の原水単価が高くなり、安い水を利用している都市の原水単価との差がますます大きくなるという問題がある。このような問題解決のため、将来の返還を前提として、現在必要度の高い地域に水に関する権利を融通する制度、あるいは原水単価の地域内プール制度等について早急に具体化する必要がある。

(4) 水資源の広域の利用

我が国では、従来より、水についてはその水系内あるいは河川内の地域の財産であるという考え方が強く、複数の水系間で水を融通し合うという考え方はあまりな

かった。

今日、首都圏、近畿圏、北九州等の人口集中地域における大きな水需要の増大に対しては、人口流入抑制、産業の分散等集中抑制の施策をとるとしても、なお、自然的な人口の増加、生活水準の向上等による需要の増大に対しては、何らかの対応をせざるを得ない。このため、河川の水系をこえたいわゆる「他流域導水」を考慮した計画をたてる必要があるが、これは既得の権利と一部の将来の期待権益に影響を及ぼすことになり、極めて複雑で解決困難な多くの問題が発生することが予想される。これを解決するためには、少なくとも10年という時間の単位が必要とは考えられるが、水利用の広域化を進め、余剰水の高度利用をはかる見地から、是非検討を進めなければならない課題であろう。

(5) 水利用の合理化、循環利用の促進

水不足の対策として、水資源開発の促進による供給増大をはかることは当然であるとしても、これに限界がみえ始めた今日、水の使用についても従来の浪費型水消費は厳につつしみ、節水をはかり、回収率の向上、下水処理水の再生利用など水利用の合理化、循環利用の方策について、さらに検討し、推進をはかる必要がある。

(6) 水質の保全等の環境問題

水の問題には、量的なもののほか、とくに提起されなければならない重要な問題として水質の汚濁がある。都市部における河川を中心として、年々河川の水質の悪化は著しく、需要側としても水の浄化の費用がとみに増大している。水質の悪化は「夏の水資源開発」ともいべきであり、水質の悪化の防止と改善は、水資源開発と同等の効果を有するものであり、このため、下水道の整備、各種排水の水質規制の強化等を早期に促進するとともに、汚水の高度処理の技術開発に関する研究を推進する必要がある。

(7) 各種開発計画との調整

今日のように水需給の逼迫が生じた原因の一つは、種々の開発計画において水に関する配慮があまり払われておらず、このため、水需要が発生してから水資源開発を行うといういわば後追的水資源開発にならざるを得なかったことにあると思われる。

ダムの建設等水資源の開発は多くの年月を要し、一つのダムを造るのにも順調に進んで10年にかかる。したがって、各種の開発計画の策定に当たっては、長期的観点に立って水資源の明確な位置づけを行うとともに、開発計画の実施によって発生する水需要を的確に把握し、常に水供給の限界ならびに年次の供給必要量とその実現性について十分な点検が必要である。

飽和砂質地盤の液状化について

川 口 徳 忠*

目 次

1. 序 論.....72	3) 液状化に関する因子.....73
2. 地震時における液状化.....72	3. 液状化の判定方法.....75
1) 液状化現象による被害事例.....72	4. 液状化対策.....78
2) 動的試験における液状化.....73	5. あとがき.....79

1. 序 論

一般的に「土の液状化とは、土がそのせん断強さを失う結果、あたかも液体のような挙動を示す現象」である。この現象は、種々の原因により発生し、特に飽和あるいは乾燥した砂質土において顕著である。これを応力面で考えると次のとおりである。砂質土のように土粒子相互の付着力がない土のせん断強さ s は

$$s = \sigma' \tan \phi' = (\sigma - u_w) \tan \phi' \quad \dots\dots\dots(1)$$

ここに、 σ' 、 σ ：せん断破壊面に垂直な有効・全応力
 ϕ' ：内部摩擦角
 u_w ：間ゲキ水圧

で表わされる。したがって、液状化した状態 ($S = 0$) は、有効応力が0となった場合 ($\sigma' = 0$) または間ゲキ水圧が全応力と等しくなった場合 ($u_w = \sigma$) である。例えば、上向き浸透流がある場合の応力状態は

$$\sigma - u_w = \frac{G_s - 1}{1 + e} \gamma_w z - i \gamma_w z$$

ここに、 G_s ：土粒子の比重
 e ：間ゲキ比
 γ_w ：水の単位体積重量
 z ：地表面からの深さ

で、動水勾配 i が限界 ($\sigma = u_w$) に達したときに液状化することはクイックサンド現象として知られている。また乾燥した砂を振動するとせん断強さが大幅に低下して土粒子が移動する現象も液状化の一種で、これは ($\sigma \rightarrow 0$) なる応力状態であり、この場合の現象は振動締め固め工法に利用されている。

さらに、飽和した砂質土に地震、交通、衝撃などによる動的せん断応力が作用すると、間ゲキ水圧が上昇 ($u_w \rightarrow \sigma$) し、強さが著しく低下して液状化する場合がある。新潟あるいは十勝沖地震における被害の大部分は、

この種液状化が地盤に発生したことに起因している。本報では、地震時における飽和砂質地盤の液状化現象とその判定法に重点を置いて述べる。

2. 地震時における液状化

1) 液状化現象による被害事例

砂質地盤が地震時に液状化した実例としては、近年では昭和39年の新潟地震および同43年の十勝沖地震の場合が顕著である。さらに、古くは濃尾(明治24年)、関東(大正12年)、東南海(昭和19年)、南海道(昭和21年)、などの大地震においても液状化現象が生じたことが明らかにされている。これらの地震記録あるいは現地調査によると、①液状化現象の発生地点は大地震の都度、くり返して同様な現象を起こした記録がある。②発生地点の大部分が海浜、河川の近くである。③地盤の生成時代に関連し、新しい地盤程震害の程度が高い、④噴砂または噴泥現象には、地盤の直接液状化の場合と地割れなどから生ずる二次的な液状化の場合とがある。

なお、参考のために②、③の例を新潟地震についてみると、被災地域は現河岸地域、人工造成地、現河川堤外地、自然砂洲、古信濃川、古阿賀野川、新規段丘、砂丘内低地であり、無被害地域は砂丘性微高地、古期砂丘、古沖積原などである。

液状化による被害の形態は、大別すると次のとおりである。

(1) 地盤の液状化による支持力低下、流砂、噴砂現象に伴って、地盤の変形、破壊、不同沈下などが生じて農地や上部構造物が破壊あるいは破損する。

(2) 斜面・盛土の下部にある砂質土層、シーム状あるいはレンズ状の砂質土が液状化して上部の斜面・盛土が崩壊・流動する。

(3) 斜面・盛土自体の液状化により流動する。

(4) 液状化に伴う過剰間ゲキ水圧により地中構造物が浮き上る。

* 農業土木試験場

新潟地震では、特に液状化現象の発生が著しく、被害構造物の種類は多種多様にわたっている。農業土木の分野では、農地、ポンプ場、用排水路、道路などでは形態(1)による被害が顕著であった。

形態(2)の大規模な例は、アラスカ地震(1964年)におけるアンカレッジ市で起こった斜面崩壊である。このうち最大のもはターナガン地区で、奥行き180~360m、間に2500mにわたる約50haの区域がズタズタに切り刻まれたようになってすべり出し、海岸線が600mも海中に進出した。

十勝沖地震では、建築物関係では(1)による被害もあったが、鉄道盛土、アースダムでは形態(3)による被害が目される。

形態(3)の大規模な例は、アラスカ地震(1964年)のときに、バルデズという港町の沿岸一帯が幅159mにわたってすべり出し、その流出土量は約8千万 m^3 に達した。またアメリカのSheffieldダム(高さ7.6m)の崩壊やVan Norman Lowerダム(高さ40m)の被害は、いづれも形態(3)により発生しており、これらのダムは水締め工法により盛土されたことが注目される。

2) 動的試験における液状化

飽和砂質土に対して、非排水条件のもとで静的にセン断すると、相対密度が低いときほど間ゲキ水圧が上昇し、液状化する。

上の場合は1回のセン断による液状化であるが、地震動のようにセン断力がくり返し作用する場合は液状化が一層発生し易くなる。これは1回のセン断により発生した間ゲキ水圧が、次のセン断が始まるまでに消散せず、逐次蓄積されるからである。この現象を単純セン断試験によってみると図-1のようになる。図-1は、ゆる詰め状態の飽和砂について、一定鉛直圧のもとで大きさ一定のセン断応力をくり返し作用させた場合であり、これより次のことが理解される。間ゲキ水圧はくり返しの初期では漸次上昇するがヒズミはごく微小である。さらにセン断をくり返して間ゲキ水圧が初期有効拘束圧近くまで上昇するとヒズミが急激に大きくなり始め(この時点初期(または部分)液状化状態と呼ぶ)とその後はわずかに2サイクル位の間ゲキ水圧が初期有効拘束に達し(この時点完全液状化と呼ぶ)て破壊する。他方、密に詰った砂の液状化は、基本的にはゆる詰めの場合と同じであるが、次の特徴がある。初期液状化前では間ゲキ水圧の上昇が緩やかで、かつ初期液状化後のヒズミの増大も緩やかである。したがって、液状化に要するくり返し載荷回数は多くなるからゆる詰めの場合より液状化し難いといえる。

なお、現在行なわれている液状化試験の方法は、研究の場合を除くと、非排水条件における一定荷重のくり返し載荷試験である。これを、本章3)節および3

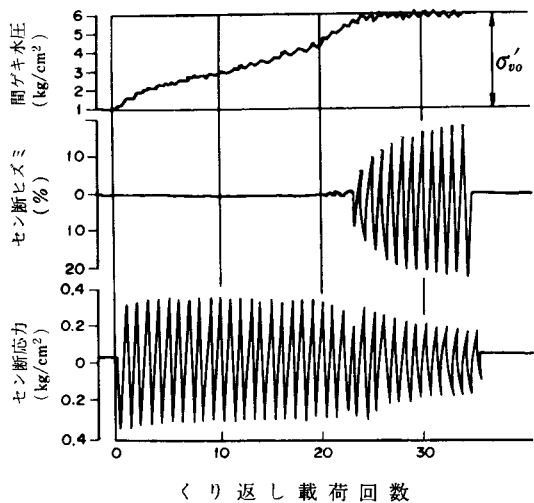


図-1 くり返し単純セン断試験における間ゲキ水圧およびヒズミの変化

章で述べるような仮想地震をシミュレートさせる方法であり、震央距離が遠くて横波が卓越するような地震を対象としている。実験装置としては、振動(「くり返し」とも呼ぶ)三軸圧縮試験機が多く用いられているが、このほか(中空円筒、リング)ねじりセン断試験機、振動単純セン断試験機、振動直接セン断試験機、振動箱などがある。

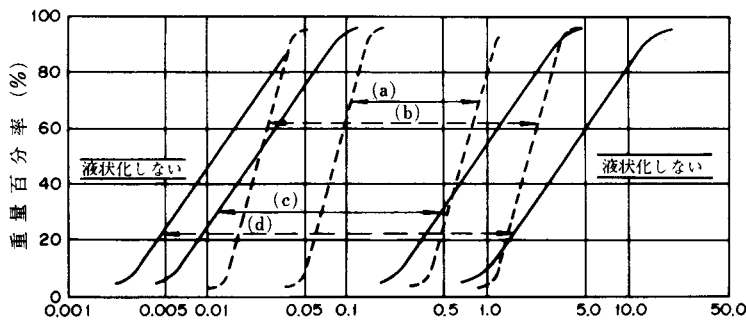
3) 液状化に関する因子

現地調査および室内実験等より液状化は、土の特性、土に作用している初期応力および振動特性によることがかなり明らかにされている。その主な因子は下のとおりである。

- (i) 土質：砂質土、相対密度、粒度
- (ii) 初期応力：拘束応力の大きさ、等方か異方拘束か
- (iii) 動的応力特性：応力振幅、くり返し回数、応力方向

1章で述べたように液状化はセン断抵抗力のうち摩擦成分の減少により生じる。したがって、粘性土のようにセン断強さが主として粘着力である土は液状化し難い。また砂レキも液状化し難い。これは土粒子の寸法が大きい土では、セン断による間ゲキ水圧の上昇が殆んどない、あるいはあっても短時間で消散するためであると考えられる。前述のことより粘着力を有しない砂質土が液状化し易い土であることが理解される。

液状化は粒度によっても支配され、粒径が均一な土ほど液状化し易く、さらに均一なものうちでは微砂や細砂は粗砂、レキ質土、シルト質砂よりも液状化し易い。したがって、粒度をみれば液状化の可能性のある土か否かを判断できる。図-2は実際の地震をうけた地盤およ



(a) 均等係数の小さい砂，特に液状化しやすい。 (b) 均等係数の小さい砂，液状化の可能性はある。
 (c) 均等係数の大きい砂，特に液状化しやすい。 (d) 均等係数の大きい砂，液状化の可能性はある。

図-2 液状化の可能性のある土の粒度分布

び液状化試験結果より求められたものである。

密度や拘束応力は、静的セン断強さの場合と同様に、液状化の場合にも重要な働きをする。図-3は相対密度 D_r および初期（動的载荷前の）有効拘束応力 σ'_{c0} (あるいは σ'_{v0}) を種々変化させた液状化試験の一部であり、図-4* は相対密度と液状化するときの動的セン断応力の関係を示したものである。これら一連の研究より液状化に対する抵抗力は相対密度および初期有効拘束応力に比例し、

$$\tau_{ln} \propto \sigma'_{c0} D_r \quad \dots\dots\dots(2)$$

ここに、 τ_{ln} : n 回のくり返し载荷回数で液状化するときの動的セン断応力

で表わすことができる。なお、(2)式を変形した

$$\left(\frac{\tau_{ln}}{\sigma'_{c0}}\right) \propto D_r \sigma \quad \dots\dots\dots(3)$$

の左辺を応力比と称し、液状化に関する指標に用いられている。

他方、地震時にどのような荷重が地盤に作用するかが重要な問題となる。例えば、図-3の $\sigma'_{v0} = 2 \text{ kg/cm}^2$ の場合、地震時に生ずるセン断応力 τ_d のくり返し回数を 10 と仮定すれば、 τ_d が 0.17 kg/cm^2 より大きいときは液状化するし、小さいときは液状化しない。逆に τ_d を 0.17 とすれば、10未満のくり返し回数では液状化せず、10以上では液状化することになる。シードらは、このような動的セン断応力は地盤に作用する加速度の大きさと液状化を考える位置により、くり返し回数は地震の継続時間によって定まると考えた。すなわち、実際の地震は図-5に示すようにランダムな震動であるが、次のように地震荷重を単純化して取り扱うことを提案した。地震に関する因子のうち液状化に関与する主な因子は、地震動のうちSH波により生ずるセン断応力の大きさとその方向お

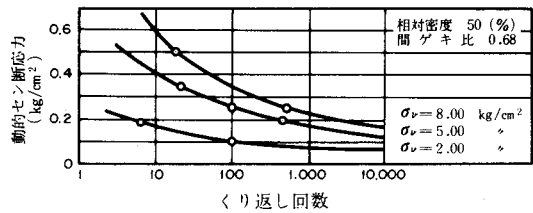
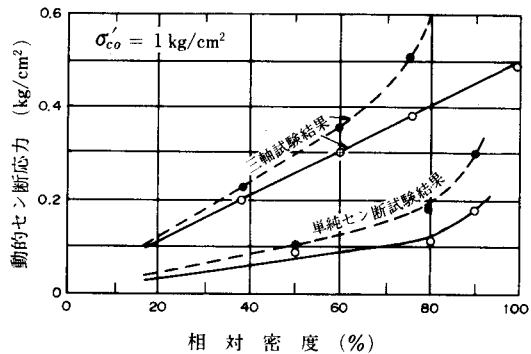


図-3 初期液状化に要するくり返し回数と動的セン断応力の関係 (単純セン断試験の場合)



(実線：10サイクルで初期液状化した場合
 点線：100サイクルで15%ヒズミに到達した場合)

図-4 動的セン断応力と相対密度の関係

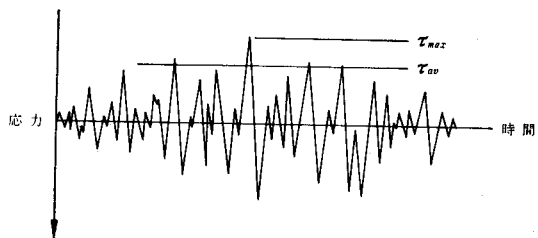


図-5 地震時のセン断応力履歴

* 試験の種類により結果が異なっているが、これは σ'_{c0} のとり方が異なるためである。すなわち、単純セン断試験では $\sigma'_{c0} = \sigma'_v$ 、三軸試験では σ'_{c0} 等方拘束圧としている。

よびくり返し回数であることを明らかにした。つぎに、地震時に生ずるせん断応力レベルに 適当な重みをつけて、応力履歴を等価せん断応力 τ_{av} のくり返し、すなわち地震動を応力の定常振動に置き換える。この等価せん断応力は地盤面における最大加速度および深さの関数で表わされ、この応力のくり返し回数（主要応力サイクルと呼ぶ）は地震規模（マグニチュード）によって定まるものとした。この考え方は、一般に地震動の強さはマグニチュードと震央距離に関係しているといわれているが、前者の影響をくり返し回数で、後者の影響を最大加速度の選定により考慮しようとするものである*。なお、初期有効拘束応力の異方性および動的せん断応力の方向は半無限地盤内にあっては後述するように固定因子と考えられる。

前述した因子は、現段階で一応定量的に評価し得るものであるが、定性的に評価し得る因子として次のものがある。平均粒径 D_{50} についてみると 0.01~1mm の範囲が最も液状化し易く、0.01mm より小さくなると急激に抵抗力が大きくなり、1mm より上では除々に強くなる傾向である。相対密度に代る因子として余裕間ゲキ比を用いると便利な場合がある。これは、細粒分が約15%以上になると最大間ゲキ比の測定精度が低下するために考えられたもので、 $e - e_{min}$ で定義される。これによると図-6に示したように余裕間ゲキ比が約0.25以上の場合最も液状化し易く、それより小さくなるとほぼ直線的に抵抗力が増力する。

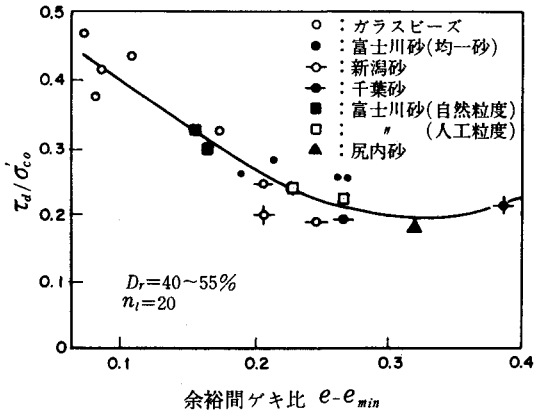


図-6 余裕間ゲキ比と応力比の関係

細粒分を20%以上含むような砂質土については、特に粘性や土粒子相互のコウ結力の影響を受ける。 D_{50} が 0.01~0.28mm の試料による実験では、正規圧密の場合は細粒分の違いによる液状化に対する抵抗力の開きはさほど大きくはない。しかし、過圧密比が大きくなると抵抗

力がかなり増加することが確認されている。塑性指数からみると、指数が高い程液状化し難いのは明白である。しかし、コンシステンシー試験に用いる試料の粒径が限定されるので、この指数のみでは定量に論じられない。ただし、粒径分布がほぼ同じ土の比較検討には役立つ因子である。また、砂質土のサンプリングは技術的に難しいので、室内試験では乱した試料を用いることが多い。この場合はコウ結効果を無視したことになり、液状化に対する抵抗力を過小評価することになる。

3. 液状化の判定方法（簡易法）

前述のように液状化現象はかなり明確に把握されるようになったが、地震時の破壊機構や液状化予測についてはなお今後に残された問題が少なくない。現状では、個々の地盤について応答解析をして液状化を予測する方法は信頼性の面で時期尚早と考えられる。したがって、ここではシードが提案した実用的な判定方法**を主として述べる。この方法を図示すると図-7のようになる。以下図中の番号に従って説明する。

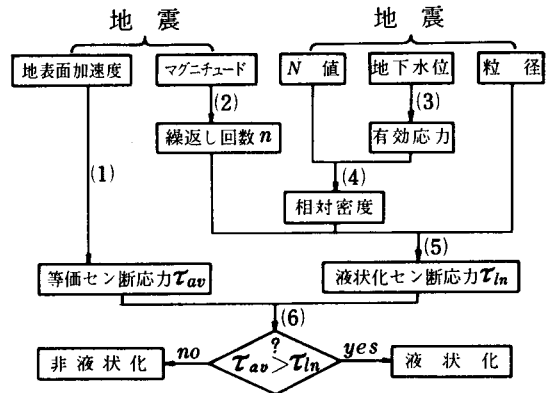


図-7 液状化判定法

(1) 等価せん断応力の推定：まず対象とする地盤面に加わる設計最大加速度 α_{max} を定める。これは過去の地震記録（マグニチュード、震央距離）、設計構造物の重要性などを考慮して決定する。つぎに、考える点の応力修正係数 r_d （地震による最大せん断応力 τ_{max} と、地盤を剛体と仮定した場合の水平面上のせん断応力 $\gamma z \alpha_{max}/g$ との比）を図-8より求めて（図5参照）、 τ_{max} を推定し、この65%値を等価せん断応力とする。

$$\tau_{av} = 0.65 \tau_{max} = 0.65 r_d \gamma z \alpha_{max} / g \quad \dots\dots\dots(4)$$

とする。なお、図-8は種々の地盤について、種々の地震動に対する地中のせん断応力を応答解析によって算定し、それぞれの深さの水平面における最大せん断応力と地表面最大加速度との関係より求めたもので、 r_d が土質

* 地震に関する因子としては、上記のほか表面波、震動の不規則性なども考慮した方がよいがこれらは未だ研究段階にある。

** 現地調査、室内試験、応答解析などによる研究の結果、全体的な精度のバランスからみて適当に簡略した方法である。

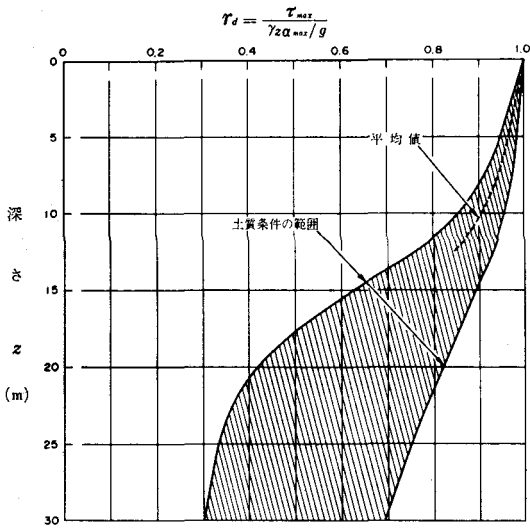


図-8 地盤面からの深さと応力修正係数

条件の違いにより斜線の範囲でバラツキことを示している。深さ約12mまでは結果のバラツキは小さく、点線の平均値を用いれば、誤差は約5%以下である。また実際に液状化が発生する場合、その最大深さは概略12mまでであるといわれている。

(2) 主要応力サイクル数 N_c の仮定：代表的な地震の N_c は下表のように仮定する。

表1 M と N_c との関係

マグニチュード	N_c
7	10
7.5	20
8	30

(3) 有効上載圧 σ'_v の推定：液状化を考慮する点(深さ z)における σ'_v を地下水位と土の単位体積重量とから求める。

$$\sigma'_v = \gamma_t z_w + (\gamma_s - \gamma_w)(z - z_w) \dots\dots\dots(5)$$

ここに、 γ_t , γ_s ：不飽和土、飽和土の単位体積重量
 z_w ：地下水面の深さ
 γ_w ：水の単位体積重量

(4) 相対密度の推定：有効上載圧と N 値とから図-9 によって相対密度を推定する。

(5) 液状化を起こす動的せん断応力 τ_{ln} の推定： n 回のくり返しによって液状化を起こす応力比とくり返し三軸圧縮試験による応力比は

$$\left(\frac{\tau}{\sigma'_0}\right)_{ln} = \left(\frac{\sigma_{dc}}{2\sigma_a}\right)_{ln} \cdot C_r \dots\dots\dots(6)$$

ここに、 $\left(\frac{\sigma_{dc}}{2\sigma_a}\right)_{ln}$ ：三軸試験による応力比

C_r ：上記の補正係数

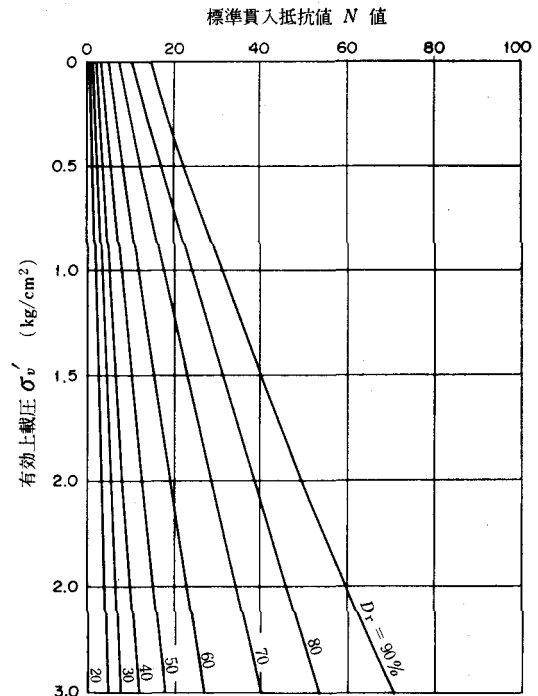


図-9 有効上載圧, N 値～相対密度の関係

の関係があり、任意の相対密度における応力比は

$$\left(\frac{\tau}{\sigma'_0}\right)_{ln} = \left(\frac{\sigma_{dc}}{2\sigma_a}\right)_{150} \cdot C_r \cdot \frac{D_r}{50} \dots\dots\dots(7)$$

ここに、添字50は相対密度を示す。

したがって、動的せん断応力は

$$\tau_{ln} = \left(\frac{\sigma_{dc}}{2\sigma_a}\right)_{150} \cdot C_r \cdot \frac{D_r}{50} \cdot \sigma'_0 \dots\dots\dots(8)$$

ここに、 $\sigma'_0 = \sigma'_v$

で与えられる。例えば、 $n=10$ または、30サイクルの場合、相対密度50%における三軸試験による応力比は図-10 または11より、 C_r は図-12より求められる。図-10、

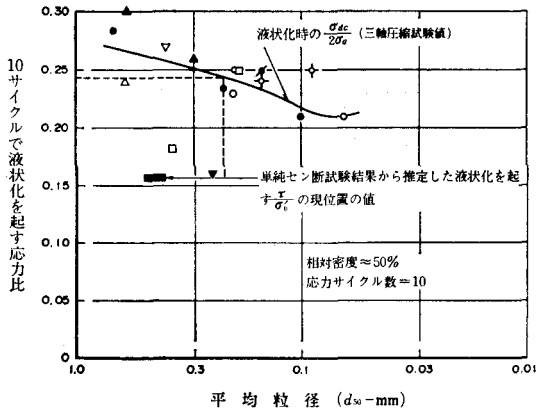


図-10 10サイクルで液状化が起こる応力比と D_{50} の関係(砂の場合)

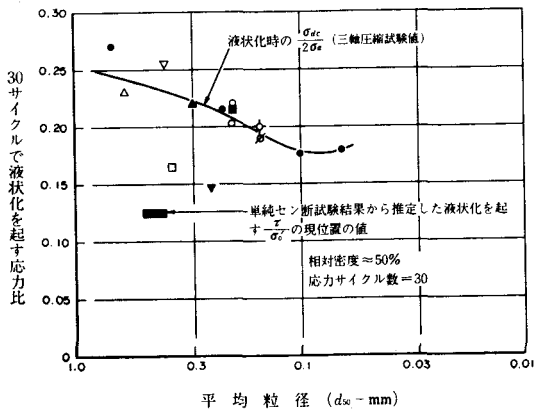


図-11 30サイクルで液状化が起こる応力比と D_{50} の関係 (砂の場合)

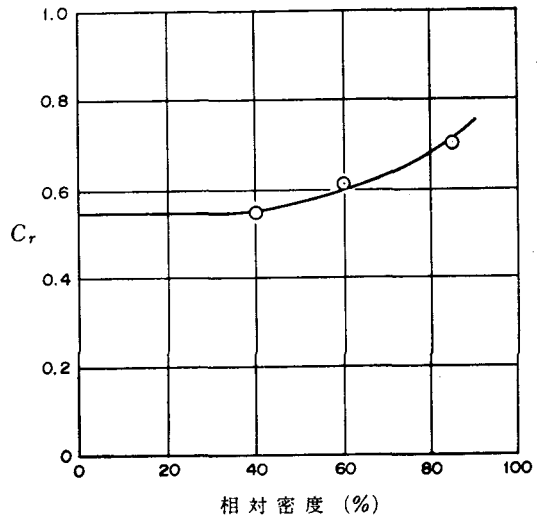


図-12 補正係数と相対密度の関係

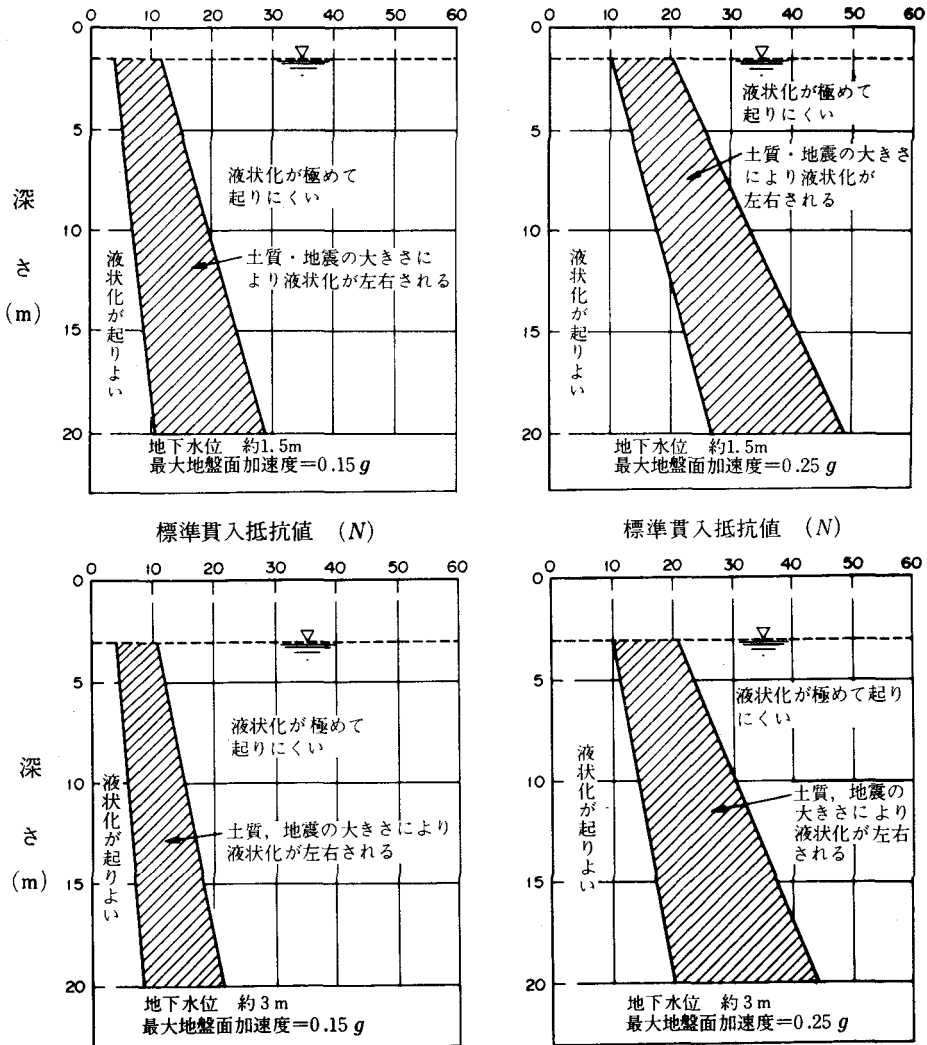


図-13 砂の液状化の推定図表

11における応力比(τ/σ'_0)は三軸試験の応力比より小さい。 C_r はこれらの応力比の違いを考慮するものである。

(6) 液状化の予測：それぞれの深さにおいて τ_{av} と τ_{in} を比較し、液状化の判定を行う。

$\tau_{av} < \tau_{in}$ の場合、液状化しない

$\tau_{av} \geq \tau_{in}$ の場合、液状化する

以上述べた簡易法を適用して、予備的な検討のために、相対密度、 N 値、最大地盤面加速度による液状化の推定図表を用意しておくことと便利である。例えば、表2は相対密度と加速度により、図-13は地下水位、加速度、 N 値、深さを因子として液状化を予測する図表である。

表-2 相対密度と液状化の可能性

最大地盤面加速度 (1)	液状化が最も起こし最易い (2)	液状化が土質と地震力に左右される (3)	液状化が最も起こし難しい (4)
0.10 g	$D_r < 33$	$33 < D_r < 54$	$D_r > 54$
0.15 "	" < 48	$48 < " < 73$	" > 73
0.20 "	" < 60	$60 < " < 85$	" > 85
0.25 "	" < 70	$70 < " < 92$	" > 92

なお、この方法に基づいた液状化しない限界条件と岸田、大崎が提案した限界条件とを比較すると図-14のとおりである。

問題点：この方法には誤差を含んでいることはいうまでもないが、特に等価せん断応力、相対密度の推定値には大きな誤差があり得る。したがって、限界条件はある

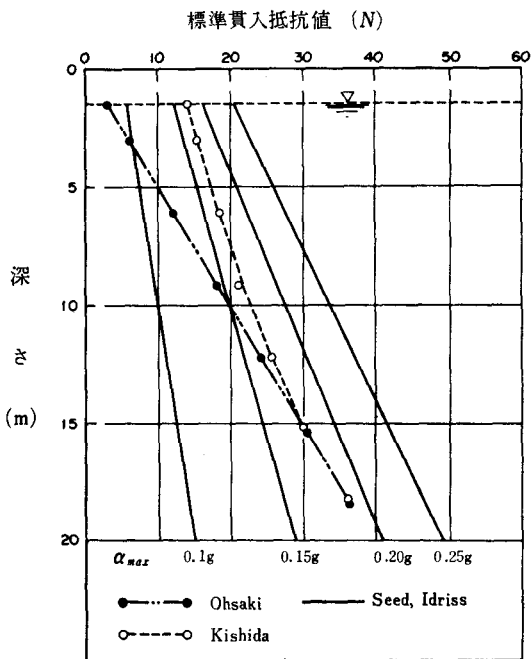


図-14 液状化しない限界 N 値

幅を持ったものとして理解する必要がある。さらに高い精度が要求される場合、特殊な場合には、2章(2)で述べた因子、室内試験あるいは地震応答解析を行って、簡易法を補足することが望ましい。

4. 液状化対策

液状化が予測される場合には、液状化による被害の防止対策を行う必要がある。まず対策工法を考える前に、築造される構造物が震害を受けることによる対社会的影響、経済的損失、復旧工費・時間などの基本的問題を検討する必要がある。対策工法として基本的には

(1) 液状化しないように地盤改良を行う

(2) 液状化が生じて十分な安全な基礎とする

方法が考えられる。

(1)では液状化に関与する因子を液状化の起こり難い方向に変えてやればよいことになる。したがって、土質の置換、締め固めによる密度の増加、地下水位の低下による有効拘束応力の増加と不飽和領域の拡大、盛土による上載圧の増加などがある。上記のうち締め固め工法のいくつかについて特徴を述べる。

パイプロ・コンポーザー工法：振動する中空管を用いて地盤中に径の大きい高密度の砂杭を作る工法であり、砂の振動圧入による地盤の締め固め効果があるほか、土質を部分置換も行う。この工法によると、地盤面近くでは上載圧が小さく、改良効果が少ないが、それで深では設計地震の大きさによっては効果が期待できる場合もある。しかし、密度の増大には限度があるようなので、さらに今後の研究に待たなければならない。

パイプロ・ロッド工法：地盤中に砂を振動圧入して、ゆるい砂質地盤を締め固める方法であり、パイプロ・コンポーザーよりは浅い部分の締め固めに効果がある。この効果はパイプロ・コンポーザーの効果とさほど違いはないようである。

パイプロ・フローテーション工法：棒状の振動機を地盤内に貫入し、振動部に水を送って地盤を締め固める工法で、振動による締め固めと水締め効果および部分置換の効果を兼ねている。この工法による施工例では、締め固め効果が期待できる、あるいは逆にあまり期待できないとの報告があり、未だ一般的に効果の有無を論ずるのは時期尚早である。なお、前記三工法により改良効果の1例を図-15に示す。

パイプロ・マンモスタンパー工法：前記の工法とは異なり、地表面に振動を与えて、表層近くの地盤を改良する工法である。他の表層改良工法よりも強力で、改良深度が3m強、10以下の N 値が30前後まで上った施工例がある。振動ローラによる締め固めと同様に改良深度が浅いのが欠点である。

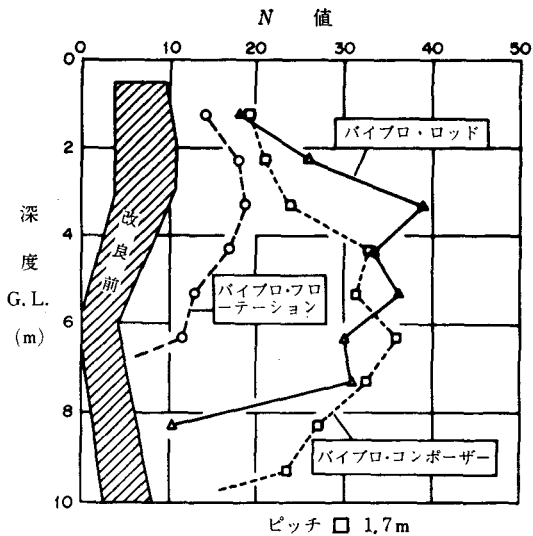


図-15 工法による改良効果の比較

5. あとがき

本報告では、セン断波のみを対象とし、かつ実際の地震動を単純化した場合の半無限水平地盤の液状化について述べた。したがって、簡易推定法の適用にはおのずと限界がある。すなわち、①表面波がセン断波と同程度または卓越する場合、②傾斜地盤あるいは盛土内部のように主応力面が水平面と一致しない場合には適用できない。液状化の可能性のある土層は表面近くであること、および地中にもセン断波と同程度の表面波が観測された例もあることから、①の場合を重視すべきであるとの意見がある。しかし、これに関しては表面波の性状自体が明確に分っていないので、今後の地震観測や研究に待たねばならない。②の場合には、地震時に主応力面が回転することになるので、原則的には現在の液状化試験装置では完全にシミュレートできない。

他方、簡易判定法では、単に地盤が液状化するか否かの結論を得るのが目的となっている。しかるに液状化しないと判断された場合でも、地震時には間ゲキ水圧が変動し、支持力の低下が予想され、構造物の安全性が問題となる。したがって、液状化の問題は、間ゲキ水圧の変動予測の問題として取り扱った方がより合理的かつ一般的である。さらにマクロ的にみれば、地震時の地盤と構造物の挙動および安全性の問題に帰着する。この種動的問題は極めて複雑で大きい、研究・技術開発の歴史は浅く、重要構造物の動的設計手法の開発は今後の調査・研究如何にかかっている。

参考文献

1) H. B. Seed, I. M. Idriss : Simplified Procedure for Evaluating Soil Liquefaction Potential, Proc.

of A. S. C. E., SM 9, 1971.

- 2) H. Peacock, H. B. Seed : Sand Liquefaction Under Cyclic Loading, Proc. of A. S. C. E., SM5, 1968.
- 3) H. B. Seed, K. L. Lee : Liquefaction of Saturated Sands During Cyclic Loading, Proc. of A. S. C. E., SM11, 1966.
- 4) 吉見吉昭 : 液状化、土と構造物の動的相互作用、土質基礎工学ライブラリー 9, 1973.
- 5) 谷本喜一 : 砂質土の液状化による地盤の破壊機構、土と基礎, Vol. 23, No. 6, 1975.
- 6) 土田肇 : 液状化に対する地盤の耐震設計法と現状と問題点, 土と基礎, Vol. 23, No. 6, 1975.
- 7) 石原・安田 : 液状化に及ぼす地震波の不規則性と初期拘束圧の影響, 土と基礎, Vol. 23, No. 6, 1975.
- 8) 渡辺・袖川・田中・日置 : 土の液状化に及ぼす粒度および細粒分含有率の影響, 土と基礎, Vol. 23, No. 6, 1975.
- 9) K. Ishihara, N. Kawaguchi : Triaxial Torsion Shear Tests on Saturated Sands under Simulated Earthquake Loading Condition, Proc. of the third Japan Earthquake Engineering Symposium, 1970.
- 10) 川口徳忠 : 三軸ネジリ装置を用いた飽和砂のセン断特性, 農土試報告, No. 9, 1971.
- 11) 日本鋼管株式会社 : 扇島地区埋立て地盤の液状化予測と対策, 1975.
- 12) 柴田徹 : 飽和砂の液状化現象一繰返し三軸試験結果の評価, 第16回土質工学シンポジウム論文集, 1971
- 13) 土田肇 : 飽和砂質土の振動実験結果にもとづいた液状化の予測, 同上
- 14) 斉藤迪孝 : 飽和砂地盤の液状化による被害と対策, 同上
- 15) 岸田英明 : 飽和砂質地盤の液状化による被害例と対策, 同上
- 16) H. B. Seed, I. M. Idriss : Analysis of Soil Liquefaction-Niigata Earthquake, Proc. of A. S. C. E., SM3, 1967.
- 17) K. L. Lee, H. B. Seed : Cyclic Stress Conditions Causing Liquefaction of Sand Proc. of A. S. C. E., SM1, 1967.
- 18) 金子良ほか : 新潟地震調査報告, 農土試技報第1号, 1965.
- 19) 土質工学会地盤震害委員会第1分科会 : 震害の分布, 同左委員会資料, 1965.
- 20) 守谷・高岡・山下 : アースダムの被害(1968年十勝沖地震), 農土試技報F第3号, 1969.
- 21) H. B. Seed, K. L. Lee : Analysis of Sheffield Dam Failure, Proc. of A. S. C. E., SM6, 1969.

知っておくべき測量技術のポイント (その1)

山下源彦* 高橋久雄**

土木工事をその手段とする土地改良事業には測量は欠かせない作業であるが、事業量の増大に伴い外注に依存し、自ら測量機器を扱うのは極部的な平板測量やレベルング程度とその機会が少なくなってきた。

特に最近新しい機器等技術開発も進んでおり、自ら作業を行う場合はもとより、測量作業を企画する場合、その目的に合った適切な仕様、監督、検収のポイントを十分心得ておく必要がある。

そこで、新しい測量技術や各種測量のポイントをできるだけ平易に修得できるように本講座を企画した。

編集部

目 的

I. リモートセンシングの予備知識……………80

II. 電磁波測距儀の概説……………82

I. リモート・センシングの予備知識

☆リモート・センシングとは何か

リモート・センシングについての明らかな定義は見あたらない。

しかし、リモート・センシングという言葉は、昭和35年頃より使われだしたらしいが、はっきりリモート・センシングの部門という決め手はないようである。

要するに、現実には手を触れてみたりすることのできないものに対して、遠くから機械器具の性能を介して、そのものの性質とか量を計ろうとすることである。従って広い意味でいうなら、地底や海底の状況を色々な方法(直接法でなく)で推定したりすることも含まれるし、医学的にレントゲンや打診によって体内の状況を探ったりすることも、リモートセンシングといえることができるかも知れない。

☆では、狭い意味でいうリモート・センシングとは。

狭いといっても、かなり色々な方法が考えられていて、余り狭いとはいえないが、今やリモート・センシングは一種のブームになりつつある。

測量部門でいわれるリモートセンシングとは空中からの探査という事であろうか。

これは、超高空の宇宙空間からの測定や、地上スレスレの超低空飛行による測定まであらゆる航空探査を含むと考えてよい。

ある測量界の先輩の表現によれば、(定量写真測量と定性写真測量の二つが、リモート・センシングである)といわれているが、当を得た言葉であると思う。

☆航空写真測量との違いはなにか

空から写真を撮り、地図にしたり(定量)、軍事上の偵察を行ったり(定量と定質)したのはかなり古い歴史をもっている。極端な場合、鳩の胸に超小型カメラをつけて撮影させた記録もあるが、これらの多くは白黒写真をもって、主として定量を目的としている。

その後のカラー写真の研究とか、赤外線写真の利用が進められた結果、従来読むことのできなかった質、量の探査が可能になったのである。

☆リモート・センシングとして使われるのは写真だけか

写真だけではない。電波、磁波、光波の発信、受信により、特殊な目的を達しようとする方法が開発され、事実この方面に多く使用されている。電波などはレーダーとかテレビから始まって、衛星や月から写真を電送したり、測量したり、物質の解明を可能にしている。(電送写真ということだけならば、かなり古い歴史をもっているが、電波によって信号を送り、これを受信、合成して、色彩写真を作ることも可能になったのである)

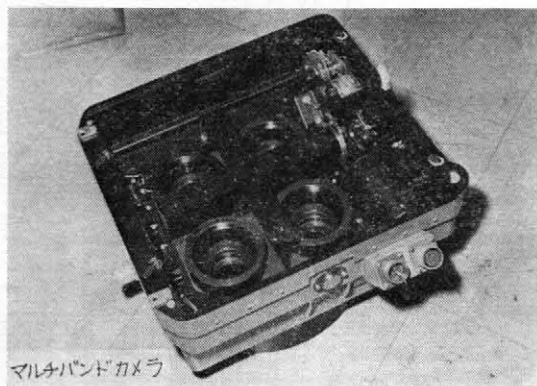
☆マルチ・バンドカメラとはどんなものか

現在、実用されているリモート・センシング方式は、大きく分けるとカメラ方式とレーダー映像方式であるが、ここではカメラ方式について説明してみる。

カメラ方式と呼ばれるものも、また何種類かの方法がある。

* 元農林省

** 元建設省国土地理院、共に現玉野測量設計KK



マルチバンドカメラ

写真—1

- a. 単一レンズによるもの
- b. 多眼レンズによるもの
- c. ストリップ（スリット）カメラ（継目なしの写真撮影）
- d. パノラマカメラ（超広角方式カメラ）
- e. 最焦点カメラ

等である。

この各種のカメラ方式にも、これは絶対といわれるものではなく、一長一短があるようだ。

すなわち、単一のレンズによる航空写真機を使用するときは、一コマに写し込まれる面積は他のものに比べて画面サイズが大きいために、非常に広汎な範囲の撮影ができるので、全般の把握にはこれに優るものはない。しかし、欠点としては毎回常に一種類のフィルムしか使用できない。マガジンを2個以上用意したところで、同期性は期待できない。従って、大面積の把握には有利であるが、調査できる項目は非常に限定されるという欠点がある。

もし仮に、航空写真機4台を同時に使用しようとする、電源その他を加えて、機械だけで800斤以上の重さになる。又これだけのカメラを同時に積みこめる床面積をもつ飛行機は、現在の民間会社では経済的にも今のところ同意できないだろう。

多眼式は、小型カメラを4個並列して同時シャッターで撮影するものと、航空用フィルム一コマ分をつに仕切って、4つのレンズで同時に撮影しようとするものがある。後者をマルチバンドカメラと言う。その形状は上掲の写真の示す通りである。c, d, eなどのカメラは、今のところ普及されていないので記述を省略する。

☆なぜ、4つのレンズがいるのか

マルチバンドとは“数多くの光波”ということである。太陽光をプリズムを通して撮影すると、大体七色（ではないが）に分けられることは、小学生でも知っており、肉眼で見られる紫色から赤までのスペクトルが可視光線といわれているのもご承知の通りである。

紫より短かく、目には見えないが、紫に最も近い光波は紫外線で、赤よりも長く、同様に赤に最も近いのが赤外線である。

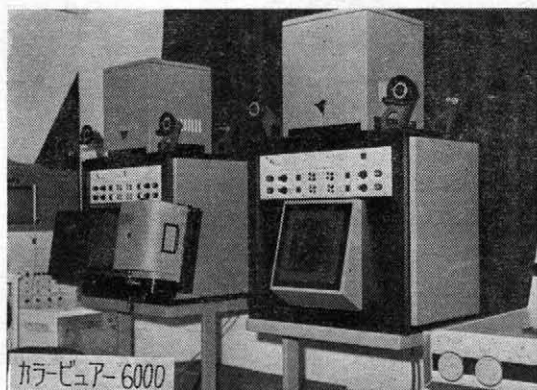
紫外線の波長が1万分の4mm、赤外線が1万分の7mmであり、可視光線の波長はその中間の長さである。このたくさんある波長のいくつかを、写真機のフィルターで抜き出して、それぞれの波長の特長を生かして別々の写真（被写体は全く同じでも）を作ろうというのがマルチバンドである。

その七色の中でも赤と青と緑を光の三原色というが、この三原色を以って三層の膜にそれぞれ撮影したのが普通のカラー写真である。

カラー写真の膜面が縦に重なって天然に近い色を作り上げるのに対して、マルチバンドカメラは、それぞれの色ごとに同一のフィルムの上に、横に並べたものと考えて頂ければよい。

そこで、4つのレンズにそれぞれ赤、緑、青と赤外用フィルターをつけて撮影すれば、カラー写真の膜面を一枚ずつはがして、ずらしたような写真ができるわけである。従ってその写された4コマの写真に使用したフィルターと同じ色をつけて、重ね合わせて眺めると、普通のカラー写真と同様の色が復元できるわけである。

☆なぜ、そんな面倒なことをする必要があるのか



写真—2

カラーで写したものと、マルチバンドで写した合成色を比べてみると、カラー写真のほうが良いことは事実である。だが、マルチバンドカメラの目的は、カラー写真の膜面を一つ一つはがして並べるといことがこのカメラの大事な目的である。同じ場所を、同時に違ったフィルターを通して撮影したら、フィルムにどのように変化した像が写されるのか。また、その違いを追求して測定するのが最終の目的ということである。そして、カラー写真ではできない、色々な組み合わせ、例えば、赤と緑とか、赤外と青とかを組み合わせ、合成してみることができ、それ等から何等かの真実を発見しようとするものである。

これらの合成研究を行なうのを便利にしたものが、カラービューワーという機械である。

☆そこでどんなものが判るのであろうか

これについては、世界中の関係者が懸命に定型的測定法を編みだそうと努力しているが、その方法、使用機材等に、先にも書いたように一長一短があり、何の調査にはどれを使い、どのように結論づけるということの定型化がまだ十分進んでいないのが現状であるが、近い将来可能となると信じ期待している。

まず、今直面しているのは、植生調査の中で、植物の種類、分布、生育状況、環境調査における都市排水汚水、汚染調査、緑地後退、煙害、塩害、都市の緑地面積、病虫害、等がある。又、干拓地等に於ける残塩調査、海水温度の変化なども、対象として急がれているというのが現状である。

☆撮影はどのようにするのか

マルチバンドカメラは、一見すると、普通の航空写真機に良く似ている。というも、ボディをそのまま流用してまとめたのだから当然であろう。

撮影の方法は、普通の航空写真機と全く同じである。

ただ航空写真の一コマ分に4つの画像が並んで撮影されるので、その分だけ撮影面積が狭くなる。ここで問題になるのは、同一フィルムに、同じシャッターで異なった画像を撮影するのであるから、光の強さの違いは、一つ一つのレンズに付いている絞りにより調節しなければならないことである。

☆現像などでの注意

現像については、赤外の白黒フィルムであるので、別段変わったことはない。ただ、4コマが異なったデータで写されているのを揃えることと、でき上がったフィルムの濃さが、その後の調査に都合よく仕上げなくてはならない。これについては、撮影の目的(調査目的)によって、あるいは時期・天候によって違うのである。現在のところ探査に一番よい濃度というのは、まだ100%解明できたとはいえない。したがって、最終的に分析に当る人、撮影する人との間にはさまれて、処理の人も一段の工夫と努力を重ねなければならない。

☆カラーデータシステムとは

出来上がったフィルムから分析するのに、カラービューワーという機械とともに、カラーデータシステムというものがある。

カラーデータシステムは、一種のテレビカメラと受像機からできていて、一コマの白黒フィルム写真の色の濃さを、色で表示しようとするものである。これは、目で見別けることのできないフィルムの粒子の濃度差を肉眼の何十倍かに拡大して、明らかに色の差としてはずきり指示しようとするものであるから、一見、緑色らしく見える草地でも、撮影されたフィルムを、この装置を使



写真一3

って調べると、湿地であるとか、乾燥地であるとか、農作物でもどんな種類のものが、どの程度に生育しているのか、針葉樹であるのか、闊葉樹であるのか、常葉、落葉樹のどちらか、という判別も容易にできるのである。

ただ、写真処理の段階で、先にもいったように、処理と露光とかの状態が不満足であると測定した結果もまた、極めて不満足なものしか得られないことになる。

だから、これらの機械を十分且つ確実に使用するには、撮影のはじめに測定の基準点と同じように、基準色基準植生などを同時に写し込めるようにすべきであり、これらの設定が大きな成果を生むことができよう。

また、フィルムの仕上げの後においても、サンプリングを適当に行ない、現地視察等を念入りに行なえば、かなり高度の計測を期待することができる。

以上、はなはだ簡単な概説であるが、リモートセンシングの内容と現状について、いささかの紹介をしたつもりで、この稿を終ります。この稿を書くに当たり協力して下さった石田威氏に感謝いたします。

II. 電磁波測距儀の概説

☆まえがき

第二次大戦後、いちじるしく発達した科学技術は、例外なくこの測量界にも、その影響がもたらされた。

大空に向って測地衛星を飛ばし、レーザー光を使い、各地点の位置を1~2種の誤差で測り、また、地上では電磁波測距儀による辺長測量、リング・レーザーによる測角の研究、レーザーレベリング等々と、めまぐるしい程早い測量技術の進歩の時代でもある。

これら各種の測量機器の大変革は、例えば自動レベルの開発をもたらして、水準測量を容易にし、作業能率を向上させた等があるが、これらのうち、電磁波測距儀の出現と開発は、航空写真技術の飛躍的向上と共に、その最たるものといっても過言ではないだろう。

従来、長さ(距離)の測定が、野外に於ける測量の中で重要な部分であり、仕事や計算は単純ではあるが、測

角に比べて、精密さの上でかなり問題があるし、労力の度合も高いものである。そこで三角測量では、角の測定が主体とならざるを得なかった。

ところが電磁波測距儀の出現によって、道路、河川、都市開発、農地開発等々の計画事業実施に伴う測量から、地震予知の為の地殻ヒズミ測量などの精密測量に至るまでの、広範囲に亘る測量について、高精度の距離測定と作業の合理化が可能となり、また、従来の角測定主体から、辺測定へと作業方法も多様化し、精度も飛躍的に向上した。

☆どのような機械があるか

電磁波測距儀は大別して二種類に分けることができる。それは測定手段として、光を使う光波測距儀と、電波を用いる電波測距儀で、前者はジオジメーター、後者はテルロメーターで代表され、これは1950年なかばに出されたものである。現在わが国で市販され使用されている機種は表の通りであるが、各メーカーともこぞって研究製作し、数も質も多様であり見本市のようである。

しかし一方、測量を発注する側からみると、その多様性がかえって、その機種選定という点でとまどってしまうにちがいない。

しかし、機種は色々あるが、原理的には同じようなものであり、光学的、電子的、機械的に各々が特自の工夫をこらしてはいるが、その利用の仕方について、ほぼ全種同様と考えてよい。

次頁の表にみられるように、いろいろな会社から多くの機種が発売されており、その外見も様々であるが、およその概念を持って戴くため写真には一例を示した。

☆光波測距儀の分類と特徴はどうか

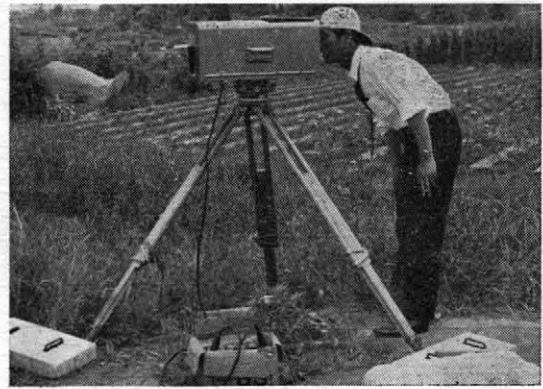
光波測距儀は、使われている光源の種類によって分けることができる。

- ① タングステンランプ、又は、水銀ランプ
- ② ヘリウムネオン (HeNe) レーザー
- ③ 発光ダイオード

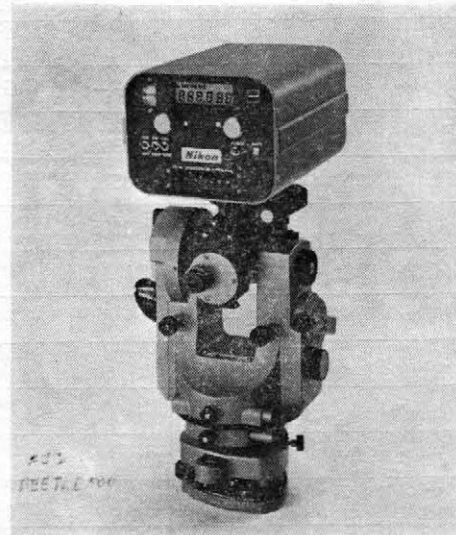
発光ダイオードを用いているものは、光源自体を直接変調できるので効率が良い。しかし、光源自体が弱いので測定距離は2料強程度である。消費電力が少ないので小型化が出来る。トランシットと組合わせて同時に測角のできるものも市販されている。また大部分の機種が測定値を直接距離値で表示されるようになっており、機動性もあることから応用範囲も広く、一般土木測量には最適といえる。

次に特徴をあげてみると、

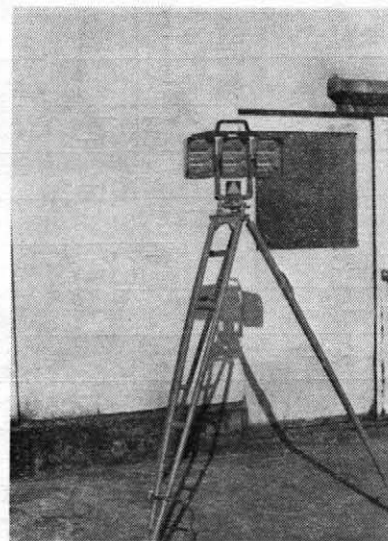
- ① 光を測定手段として、光学部分と電子部分とからなっている。
- ② 分解能は距離によらず一定であるので、読定精度は一定である。
- ③ 測定距離が増えても測定誤差があまりふえない。



(測距中)



(機械の後面)



(反射鏡)

写真一4 電磁波測距儀

製造会社	機種	光源	最長測定可能距離	精度	表示方式
アガ社	ジオジメーター 8	HeNe レーザー	60km	±5mm	デジタル
〃	〃 6BL	〃	25km	〃	〃
〃	〃 6A	タンダステン 水銀	(夜間)20km	〃	〃
〃	〃 700	HeNe レーザー	5km	〃	〃 直読
〃	〃 76	〃	3km	〃	〃 〃
〃	〃 12	GaAs	1.7km	〃	〃 〃
K&E 社	レンジマスター	HeNe レーザー	60km	〃	〃 〃
〃	レーザー レンジャー III	〃	12km	〃	〃 〃
〃	〃 I	〃	6km	〃	〃 〃
〃	〃 IV	〃	12km	〃	〃 〃
〃	マイクロレンジャー	GaAs	3km	±5mm	〃 〃
YHP 社	ヒューレット パッカード 3800	〃	〃	〃	〃 〃
〃	〃 3810	〃	1.6km	〃	〃 〃
〃	〃 3805	〃	〃	±10mm	〃 〃
ウィルド社	DI-10	〃	2km	〃	〃 〃
〃	DI-3	〃	0.9km	±5mm	〃 〃
カール・ツァイス社	SM11	〃	2km	±10mm	〃 〃
〃	Reg Elta	〃	〃	〃	〃 〃
〃	ELDI 2	〃	2~5km	±5mm~20mm	〃 〃
カール・ツァイス・ イェナ社	EOK 2000	〃	2.5km	±10mm	〃 〃
ケルン	DM 1000	〃	2km	〃	〃 〃
テルロメーター	CD-6	〃	〃	±5mm	〃 〃
測機舎	SDM-3	〃	1km	±10mm	〃 〃
〃	SDM-1	〃	0.6km	〃	〃 〃
日本光学	レンジメーター MND-2	〃	1km	〃	〃 〃
〃	〃 MND-3	〃	2.5km	〃	〃 〃
〃	BEETLE 50	〃	500mm	〃	〃 〃
CUBIC	キュービテープ DM-60	〃	2km	±5mm	〃 〃
テルロメーター	MRA 4	電波 3万MHz	50km	±20mm~10mm	〃 〃
テルロメーター	CA 1000	電波 1万MHz	10km~30km	±15mm	〃 〃
安立電波	ADM	電波 3千MHz	50km	±20mm~10mm	〃 〃

④ 測定点両端に機械と反射鏡をセットすれば測定できる。

⑤ 短距離の場合、一人で測距ができる。

☆では電波測距儀はどうか

電波測距儀は電波と光という性質の違いから、光波測距儀と多少構造が異なるけれども、原理は同じである。

光源に相当する電波が変調されて送り出され、その往復の位相差が比較される。電波は光のように平行ビーム

に出来ないから、測定したい目標以外の障害物からも反射されてくることがある。この為電波測距儀は、主局と従局の二局で構成し、障害物からの反射受信を防ぐようにしている。その為、光波測距儀でいう反射鏡に当る従局にも、電源と操作の為に人員が必要となる。

電波は湿度の影響が大きい為、光波測距儀に比して精度は若干落ちる。しかし、電波は光に比べて、空気中に於ける減衰が少ないので、長距離測定が可能という利点と、天候障害を受けにくい長所もある。

テロメーター社の報告によると、雨量1時間当たり4mm程度の雨中でも、最大測定距離50kmの64%までの測量が可能であり、霧および雲中の例では、視界30mという極めて悪条件でも、最大測定距離の68%までの測量が可能であったと伝えている。

☆50m以下の距離でも測距儀で測定してもよいか

よくたずねられる質問であります。先に述べた測距儀の特徴を考えあわせれば、自ずから答えられるでしょう。何故かと申すと、光波測距儀の分解能は一般に5mm~10mm程度だから、1mm程度の精度を必要とする場合、スチールテープを使った方が正確に測定できる。要は、測定条件、周囲の状況、誤差の許容の範囲、等に応じてどうすべきか決めるべきだろう。

☆では電磁波測距儀に用いられている原理とは、どのようなものか

前にも述べたように、この機械の歴史が浅いために、理論や使用法などの点で理解しにくい面が多く、また、ある機械についていえば、取扱法の繁雑さから、高精度を認めながら敬遠されてしまう。詳細な理論原理については、専門書(あとがき参照)で勉強して戴くことにして、ここでは簡単な原理について述べることにする。

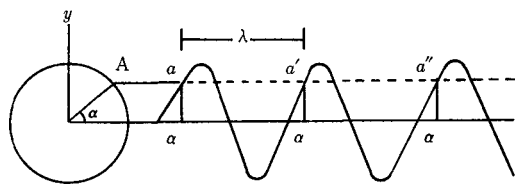
光波測距儀も電波測距儀も、電磁波が大気中での速度が一定であることを利用して、位相比較法という方法を用いて測定する。

では位相比較法とはどのような原理かという、いま図のように、円周上等速度で運動している点の座標 y は、1回転の時間を T とすると、 $1/T=f$ として、

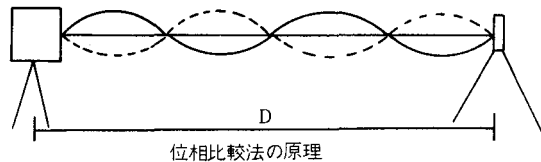
$$y = a \sin 2\pi f t \quad \dots\dots\dots(1)$$

で表わされ、そのグラフは図のように波の形となります。波の線上の各点は円周上の各点に対応いたします。すなわち、波の上の点 a, a', a'' はともに、円周上の点 A に対応する。

波の位相とは対応する円周上の点の角である。たとえば、 a, a' の位相はともに A のなす α 角であり、波長(λ)とは同じ位相をもつ点間の距離であります。波は同一の状態が反復されて進みますから、(λ)の整数倍、すなわち、 $n\lambda$ の距離にある点の位相はすべて等しいわけです。いま図のように、距離 D の間を往復した波が、同位相であれば、 $2D = n\lambda$ であり、同位相から β だけ位相



波と位相



位相比較法の原理

図-1

がずれている場合は、 λ に対応する位相は 2π であるから、ずれに相当する距離は $\beta/2\pi \lambda$ となり、

$$2D = n\lambda + \beta/2\pi \lambda \quad \dots\dots\dots(2)$$

したがって

$$D = n \cdot \lambda/2 + \beta/2\pi \cdot \lambda/2 \quad \dots\dots\dots(3)$$

いま速度を v とすると、波が x の距離を進むには x/v だけ時間がかかるから、(1)式より

$$y = a \sin 2\pi f (t - x/v) \quad \dots\dots\dots(4)$$

上式で、 $2\pi f (t - x/v)$ が波の位相を表わす。

いま、この波が D だけ進んだときの位相の変化は、 $x = 2D$ として、 $2\pi f 2D/v$ である。

この位相変化を $2n\pi + \beta$ とおくと、

$$2n\pi + \beta = 2\pi f 2D/v \quad \dots\dots\dots(5)$$

$f\lambda = v$ の関係を用いて、 D を求めると、(3)式が得られる。

このように、波の位相と距離の関係を用いて距離を測ることが、位相比較法の原理である。つまり、 λ と n と β が判かれれば距離を求めることができる。現在の電磁波測距儀は機種の違いはあるが、この原理を用いており $\lambda/2$ の長さの尺を用いて $2D$ を測ると基本的には同じである。

☆充波測距儀の場合は

光の波長は短かく、 0.5μ 程度であるので、一般の測量ではこの波長をそのまま利用することができない。そこで、測量に都合のよい波長の波を光で作る必要がでてくる。これを変調と言う。この光の変調法として偏光変調という方法があり、光波測距儀に使われている。これは、2枚の偏光結晶板といわれる特定の方向に振動する光波だけを通す結晶を互に直角におき、その間にKDP(リン酸カリウム)結晶、またはニトロベンゼン溶液を入れ、これに交流電圧をかけると、通過する光量が電圧に応じて変化するという現象を利用したものである。

光が空気中を伝わる速度は、一秒間に地球を7廻り半

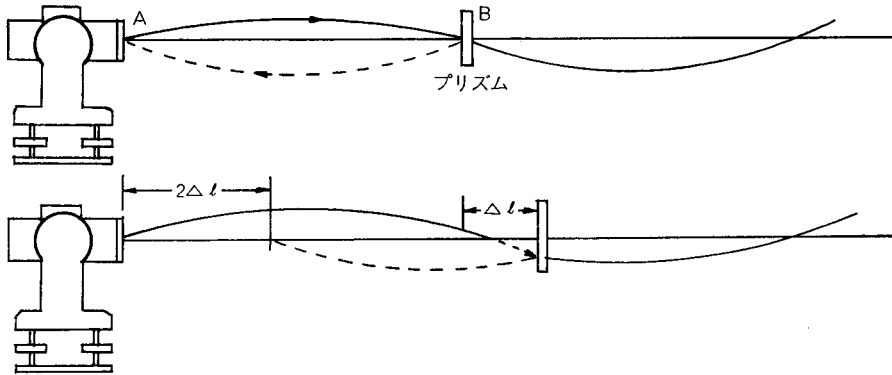


図-2

(30万軒) するとされている。(3 × 10⁸m)

だからこの光変調器にかかる周波数を 3 × 10⁷s/c にすれば、λ (波長) = $\frac{u}{f}$ (電磁波の速度) より、λ = 10m の強い波ができる。

いま、A 点から発射した光が丁度 1km 離れたプリズムで反射し、元の位置に戻ると、光は発射時と同じ強さで反対の位相となる。

そこで、プリズムをある長さ Δl だけ移動させると、反射波の同位相の位置は、プリズムの移動量の 2 倍の長さ 2Δl だけずれる。

つまり、プリズムの置く位置に応じて発射波と反射波の位相が変化し、その変化量は完全に距離に比例する。プリズムが半波長に相当する距離 (1km) 移動すると、反射波の位相は 1 波長 (λ) ずれるので、1 波長に対応する位相差をデジタル位相計により $\frac{1}{1000}$ の単位で測定すると、1 m 単位で距離を測定することができる。次に 1 秒間に 1500 万回の割合で光を変調すると、波長は 20m となり、上記の方法により、1 m 間隔の距離を 1 cm の精度で測距できるわけである。

$$\text{波長}(\lambda) = \frac{\text{電磁波速度}(u)}{\text{周波数}(f)} = \frac{30 \text{万km}}{1,500 \text{万回}(15 \text{MHz})} = 20 \text{m}$$

半波長 λ/2 = 10m

したがって、2つの周波数をもつ機械においては、毎秒 15 万回 (150 KHz) と毎秒 1500 万回 (15 MHz) の周波数で夫々距離を求めると、前者により 1 km の間を 1 m の精度で、後者により 10m の間の距離を 1 cm の単位で距離が求まるから、これを計算回路で組み立て、デジタル表示すれば、1 km の範囲のいかなる距離も 1 cm の単位で測定することができる。

☆では機械のメカはどうなっているか

測距儀は、光学系を受光望遠鏡の中の同軸上に送光望遠鏡を配置して、集筒の送受光望遠鏡にまとめて設計されたものと、送受光を分離したものがある。

ある測距儀を例にして話を進めると、送光望遠鏡の焦点面に発光ダイオードがあって、これに 150 MHz と 150 KHz の周波数の電圧を加えて、夫々 15 MHz 及び 150 KHz に変調した赤外線 (0.9 μ) の光を送受光レンズを経て、充分多量に平行光線として送り出す。光を変調する周波数は 15 MHz で 1 個の水晶発振器から発振され、150 KHz は原発振の周波数を落して作り出される。

プリズムで反射する光は、入射角が ±20° の範囲であれば、正しく入射光の方向に反射するので、プリズムを据える方向が多少狂っていても、反射光は受光望遠鏡に戻ってくる。受光望遠鏡に入射した光は集光され、その

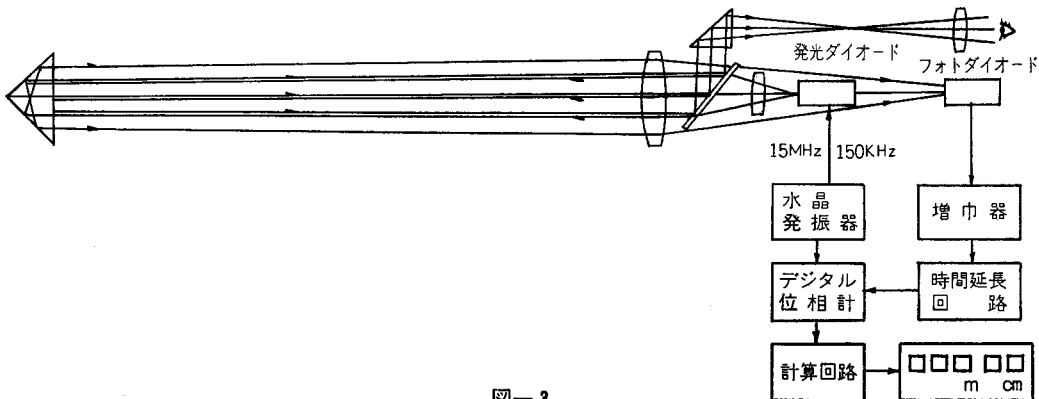


図-3

焦点面に置かれたフォトダイオードに入射し電気信号に変換される。光が空气中を往復する間に反射波の力は距離の二乗で減衰することから、受信信号は微弱となるので、増幅器により増幅され、また、日中の太陽光や他の光の影響を受けず、かつ増幅回路の雑音を除去するためにフィルター回路により信号波のみを取り出す。ここで信号は時間延長回路により1000倍の波長にされ、波形整形して、位相量を測定するデジタル位相計に送られる。デジタル位相計では発信波と受信波の位相差をデジタルで $\frac{1}{1000}$ の単位で測定し、その測定を繰返して、平均値を記憶回路に記憶させる。

15 MHz で上記の測定が行なわれると、次に同様な方法によって150 KHz で測定が行なわれ、二つの測定値が計算回路でつながれ、補正等が行なわれて数字となり、再び記憶回路に記憶される。次は、他の指令により、光はレンズから発射されず望遠鏡の中だけを回って受光ダイオードに入り、機械定数を測定し、前記測距の値から引算をして器差を除いたうえ、数字表示管に実距離を表示するのである。

以上一連の動作は、3～4秒程度であろう。

☆では電波式測距儀はどんな測定原理になっているか

電波式測距儀は、測定点が主局と従局とに分かれ、主局から 10,040 MC ~ 10,450 MC までの周波数の搬送波に測定用パターン周波数を変調して乗せ、従局へ発射させる。従局は、主局からの電波を受信し、クリスタルミキサによって測定周波数を取り出し、更に主局へ送り返す。主局では、従局から送り返された測定周波数を位相検出器に入れ、主局自身の測定周波数と位相のおくれを検出し、ダイヤル表示器で読みとった数字が測定距離となる。

一般に電波が大気中を伝播するとき、その位相は距離に比例しておくれる。その量は、電波が一波長進むと、位相は 2π ラジアン(360度)おくれる。

いま電波が d の距離を進む時の位相のおくれを $\Delta\theta$ 、波長 λ とすれば、

$$d = \frac{\Delta\theta}{2\pi} \cdot \lambda \dots\dots\dots(1)$$

したがって、電波が D の距離を往復する場合

$$2D = n\lambda + \alpha \dots\dots\dots(2)$$

ただし、 α は屈折率とする。

(1)と(2)から $2D = n\lambda + \frac{\Delta\theta}{2\pi} \cdot \lambda$

$$D = \frac{1}{2} \left(n\lambda + \frac{\Delta\theta}{2\pi} \cdot \lambda \right) \dots\dots\dots(3)$$

電波の周波数 f 、波長 λ 、速度 V との関係は、

$$V = f \cdot \lambda \quad V \approx 3 \times 10^8 \text{ m/sec の場合}$$

$$\lambda = 3 \times 10^8 / f \text{ (m)} \quad f = 3 \times 10^8 / \lambda \text{ (c/sec)}$$

となる。いま 15 Mc の電波を用いると、 $\lambda=20\text{m}$

となる。

(3)式より、 D が10m変化するごとに、位相は 2π ラジアン、すなわち、360度変化する。

この位相のおくれを 1/1000、すなわち、 0.36° まで正確に測定できるようになっている。

これらの関係を(3)式から

$$D = \frac{1}{2} \left(n \times 20 + \frac{0.36}{360} \times 20 \right)$$

$$D = n \times 10 + 0.01 \text{ (m)}$$

つまり、 $f=15\text{ Mc}$ ($\lambda=20\text{m}$) の電波で測距した場合、 0.01 m (1 cm) の精度で測定できる。

また、 $f=1.5\text{ Mc}$ ($\lambda=200\text{m}$) の電波を用いると、 $D = n \times 100 + 0.1 \text{ (m)}$ と10cmの精度で測定でき、従って別表のような5つの波長の異なった電波(測定周波数)を用いて測定するのである。

測定周波数と距離の表

演算後の周波数	$\lambda/2$	分解能
1,498kc/s	100,000m	100.00cm
14,985	10,000	10.00
149,848	1,000	1.00
1,498,475	100	10
14,984,754	10	1

☆測距儀は、どんな目的に利用されるか

むしろ測距であるが、前にも述べた様に測距には精密測量に用いる場合と、一般測量に使う場合とがある。すなわち使用目的別に分類される。ここでいう精密測量とは、一、二等三角測量とか、ダム変動測量等とかがあり、一般測量とは、通常われわれが実施する土木測量等であり四等三角点設置のための測量より精度の低いいわゆる応用測量である。であるのでいまは後者の一般測量についてのみ書くこととする。

従来四等三角点などの水平位置決定は、セオドライド等による角測定により行なわれていて、この方法では既知点(与点)数点を使って、はじめて新点を求めることができるといった具合であったが、現在のような社会状況では視通障害樹の伐木、都市に於ける高層ビル等、視通そのものが困難な場合が多い。

そうした作業状況では従来は長距離測定可能で、しかも精度の高い測定器がなかったのも、三角測量方式を使わねばならなかった最大の理由でもある。光波測距儀が出現した現在これを用いる多角測量方式に切替ったのは当然のことである。精度向上はともかく、視通障害の減少、省力化それに測量作業に要する日数が節約される事である。

ちなみに別表にのせた測量業会による積算例を比較しても、その有利さが判らう。

三角測量（三角方式による）作業歩掛

平坦地

10点当り

作業種別	数量	班員数 及び 日数	人 員 数					人数計	摘 要
			主任技師	技 師	技師補	助 手	人 夫		
踏 選	10点	1.00		1.00	1.00	1.00		3.00	
伐 採	"	7.52		7.52	7.52	7.50		22.56	
造 標	"	2.50			2.50		5.00	7.50	
観 測	"	10.00		10.00	10.00	10.00	20.00	50.00	
外 業 の 計 算	"	31.02		28.52	31.02	28.52	35.00	123.06	
整 理	"	5.00		5.00	5.00	5.00		15.00	
点 検	"	3.33		3.33	3.33	3.33		9.99	
内 業 の 計 算	"	2.50	2.50	2.50				5.00	
作 業 の 管 理	"	10.83	2.50	10.83	8.33	8.33		29.99	作業延人員 153.05人 × 2 ÷ 450 = 0.68
計 画 準 備	"		2.89					2.89	
	"		7.44	7.44	2.00	2.00		18.88	
計	"		10.33	7.44	2.00	2.00		21.77	
総 計	"		12.83	46.79	41.35	38.85	35.00	174.82	

三角測量（三角方式による）単価積算例

平坦地

10点当り 単位 円

費 目	種 別	形 状	数 量	単 位	単 価	金 額	摘 要
労 務 費	直接人件費	主任技師	12.83	人	17,400	223,244	-
		技 師	46.79	人	14,700	687,813	-
		技師補	41.35	人	10,200	421,770	-
		助 手	38.85	人	7,800	303,030	-
	小 計		139.82			1,635,855	-
	人 夫 賃	人 夫	35.00	人	5,400	189,000	-
計			174.82	人		1,824,855	-
材料消耗品費						87,175	-
直接経費	旅費交通費	主任技師 技 師 技師補助手					
	現場交通費					79,853	-
	現場日当		28.52	人	550	15,686	-
	"		59.54	人	450	26,793	-
	通信運搬費						52,090
機械経費					59,400	-	
補償費							
基地関係費							
計						233,822	-
技術算理費							
合 計						2,145,852	-
直接費の1点当り単価						214,590	-
諸 経 費							
総 計							
1 点 当 り 単 価							

三角測量（多角方式による）作業歩掛

平坦地

10点当り

作業種別	数量	班員数 及び 日数	人 員 数					人数計	摘 要
			主任技師	技 師	技師補	助 手	人 夫		
踏査	10点	1.00		1.00	1.00	1.00		3.00	
選点	"	6.67		6.67	6.67	6.77		20.01	
伐採	"	2.50			2.50		5.00	7.50	
造標	"	6.00		6.00	6.00	6.00	12.00	30.00	
観測	"	8.00		8.00	8.00	16.00	8.00	40.00	
外業の計算	"	24.17		21.67	24.17	29.67	25.00	100.51	
内業の計算	"	5.00		5.00	5.00	5.00		15.00	
整理	"	2.00		2.00	2.00	2.00		6.00	
点検	"	2.50	2.50	2.50				5.00	
内業の計算	"	9.50	2.50	9.50	7.00	7.00		26.00	作業延人員 126.51人=0.56
作業算理	"		2.34					2.34	
計画準備	"		6.55	6.55	2.00	4.00		19.10	
計	"		8.89	6.55	2.00	4.00		21.44	
総計	"		11.39	37.72	33.17	40.67	25.00	147.95	

三角測量（多角測量による）単価積算例

平坦地

10点当り 単位 円

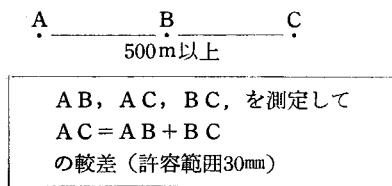
費 目	種 別	形 状	数 量	単 位	単 価	金 額	摘 要
労 務 費	直接人件費	主任技師	11.39	人	17,400	198,186	作業歩掛表参照
		技 師	37.72	人	14,700	554,484	
		技師補	33.17	人	10,200	338,334	
		助 手	40.67	人	7,800	317,226	
	小 計		122.95			1,408,230	
	人 夫 賃	人 夫	25.00	人	5,400	135,000	
計			147.95	人		1,543,230	
材料消耗品費						17,525	
直接経費	旅費交通費	主任技師 技 師 技師補助手					作業歩掛表より算出、備考(1) " " 算出基準による、備考(2)
	現場交通費				61,632		
	現場日当		21.67	人	550	11,919	
	"		53.84	人	450	24,228	
	通信運搬費					42,843	
機械経費					155,840		
補償費							
基地関係費							
計					296,462		
技術管理費							
合 計					1,857,217		
直接費の1点当り単価					185,720		
諸 経 費							
総 計							
1 点 当 り 単 価							

また、市街地に於ける測量、路上での多角測量や中心線測量では、この交通戦争の時代、増々危険度が増すばかりである。こういった状況の下ではスチールテープを使った測量は不可能に近くなったし、使えば作業進捗が、害されるのは当然である。そういった場合測距儀に於いては測定両端に機器を設けるのみで測定可能であるので、安易に作業が進められるし、交通事故災害を考えた場合、有利さはなお増すといえよう。

そのほか応用測量においては、あらかじめ図上に設計してある予定点を地上、あるいは海上等に測設する作業が多い。こういった位置の再現性といった問題に、測距が容易ということから能率向上、精度向上に威力を発揮する。

☆測距儀を扱う（測距）場合どんな注意がいるか

どうもわれわれは機械的に数値が出てしまうとそれを過信し易い。しかし作業着手前と作業間に適宜、測距儀の機能点検が望ましい。それは、各地にある比較検定場（許容範囲 20mm）か、現場などで行なえる三点法がある。



なお、50m比較基線場で検定する際にはフィルターを用いるなど減光して測定する事が必要である。

次に当然なことであるが、測定の場合には機械と測点の致心を確実にこなうことである。

一般には垂球または光学的求心器（整準盤）を使用し

ているが、意外と光学求心装置が正常に働いていない場合が多い。作業着手前には使用する整準盤すべてについて点検改正を確実にこなうべきである。

距離測定も 1 km 程度ならば気象条件の変化が光速度に及ぼす影響が小さいから問題にしないでよいが、1 km 以上の距離になると、気温、気圧の測定に留意して、正しい結果を得る必要がある。前にも述べた様に測距が、1 km ~ 2 km で測定精度が 1 万分の 1 以下の場合には気象測定の必要はないが、一般の測量で最も多い測定精度 1 万分の 1 以上といった場合には、簡易型 アネロイド 気圧計、アルコールまたは水銀温度計を用いばよい。

測距には常に機械と反射鏡が有効に働いてはじめて可能となるのであるが、反射鏡は常に「従」の立場におかれ、忘れられがちである。反射鏡あつての測距でもあるので、保守には充分気を付けたいものである。それは、常に清潔にする事である。プリズム前面の水滴は雑光をひろう結果にもなるのでよくふきとること、湿気をもたぬ様シリカゲル等を入れるなどして格納にも注意すべきである。

☆操作はどうすれば良いか

操作法は各機種ともまちまちで、一部の上級の機械を除いては、ワンタッチ方式かシンボルマークを合わせながらといった具合で、さしてむずかしい操作ではない。

各機には各々マニュアルが付いているので、ここでは省略する。

（おわりに）

この稿を書くに当り、地理院の須田教明著「電磁波測距儀」（森北出版）と、同じく、佐藤裕氏の論文を活用させて戴くと共に、社内測量部の諸兄に協力戴いた。共に感謝します。

会 告

農業土木技術研究会第七回理事会

日 時：昭和51年 5月17日
 場 所：於東京農林年金会館
 出席者：岡部三郎会長，須恵 務，伊東久弥，宮本国雄
 高須俊行，藤塚太郎，永田正董，久徳茂雄，
 内藤 正，宮城好弘各理事
 小林俊昭監事，福沢達一常任顧問
 農林省側：山下義行，中西一継，池田実各常任幹事
 秋山事務局長

議 題

1. 50年度 事業報告に関する件
2. 50年度 決算報告に関する件
3. 51年度 事業計画に関する件
4. 51年度 予算承認に関する件
5. 役員改選に関する件
6. その他

理事会により承認された決算及び予算（案）は次の通りである。

農業土木技術研究会昭和50年度会計について監査
 を行ったところ下記のとおり内容が適正であることを
 を認めます。 監事 小林俊昭，岡本 勇

50 年 度 収 支 決 算 書

収 入 の 部

科 目	50年度決算額	50年度予算額	増 減 (△)	摘 要
会 費	12,810,610	13,340,000	△529,390	
通 常 助 会 費	11,311,210	11,680,000	△368,790	50年度分
廣 告 収 入	1,499,400	1,660,000	△160,600	150口分
通 常 助 会 費	1,105,000	1,350,000	△245,000	21号, 22号, 23号
廣 告 収 入	173,768	30,000	143,768	
通 常 助 会 費	725,780	775,000	△ 49,220	
廣 告 収 入	129,280	175,000	△ 45,720	49年度未収分
通 常 助 会 費	20,000	20,000	0	49年度未収分 2口
廣 告 収 入	576,500	580,000	△ 3,500	20号分
前 年 度 繰 越 金	2,785,269	2,785,269		
合 計	17,600,427	18,280,269	△679,842	

支 出 の 部

科 目	50年度決算額	50年度予算額	増 減 (△)	摘 要
会 誌 発 行 費	9,233,832	9,956,000	△ 722,168	
印 原 稿 集 刷 費	7,176,083	7,920,000	△ 743,917	50年度 4冊分
編 集 送 料	695,950	704,000	△ 8,050	同 上
運 送 賃 料	94,600	132,000	△ 37,400	同 上
事 業 研 究 會 費	1,267,199	1,200,000	67,199	同 上
研 究 會 講 演 費	276,690	350,000	△ 73,310	
資 料 費	46,330	100,000	△ 53,670	副賞 3 篇他賞状印刷代
座 談 會 費	230,360	200,000	30,360	座談会 1 回
事 業 費	0	50,000	△ 50,000	
議 務 費	212,495	400,000	△ 187,505	理事会, 幹事会, 編集会議
備 用 品 費	2,024,838	2,385,000	△ 360,162	
通 信 費	16,280	50,000	△ 33,720	書 棚
旅 行 費	383,947	500,000	△ 116,053	切手代, 電話料
交 通 費	239,860	300,000	△ 60,140	出張旅費, 交通費
手 続 費	288,000	405,000	△ 117,000	契約広告料 3割
賃 料	339,880	360,000	△ 20,120	会費より 5%引(手数料) 但20名以上
手 続 費	68,200	70,000	△ 1,800	貯金局支払
室 品 費	486,400	500,000	△ 13,600	部屋代及び光熱費
消 耗 品 費	172,901	150,000	22,901	事務用品
給 諸 保 費	29,370	50,000	△ 20,630	
職 員 給 料	2,392,000	2,280,000	112,000	職員 2 名分給料
立 支 出 費	1,324,722	988,000	336,722	" 賞与, 通勤手当, 残業手当
手 續 費	291,390	308,144	△ 16,754	
年 度 繰 越 金	206,643	150,000	56,643	事業主負担分
印 原 稿 集 刷 費	134,500	142,500	△ 8,000	
編 集 送 料	—	—	—	
運 送 賃 料	—	—	—	
事 業 研 究 會 費	134,500	142,500	△ 8,000	20号分
資 料 費	0	1,320,625	△1,320,625	
座 談 會 費	1,503,317	0	1,503,317	
合 計	17,600,427	18,280,269	△ 679,842	

51年度収支予算書(案)

収入の部

科 目	51年度予算額	50年度予算額	増 減 (△)	摘 要
会 費	18,390,000	13,340,000	5,050,000	
通常会費	16,790,000	11,680,000	5,110,000	7,300人×2,300円(700円引上げ)
賛助会費	1,600,000	1,660,000	△ 60,000	160口
広告料	1,350,000	1,350,000	0	3冊分
雑収入	30,000	30,000	0	銀行利息, 雑誌売却
過年度収入	793,000	775,000	18,000	
通常会費	200,000	175,000	25,000	50年度未収金
賛助会費	110,000	20,000	90,000	50年度未収金 11口分
広告料	483,000	580,000	△ 97,000	23号未収金 24号分
前年度繰越金	1,503,317	2,785,269	△ 1,281,952	
合 計	22,066,317	18,280,269	3,786,048	

支出の部

科 目	51年度予算額	50年度予算額	増 減 (△)	摘 要
会 誌 発 行 費	10,490,000	9,956,000	534,000	
印刷費	8,000,000	7,920,000	80,000	実績7,200,000の10%増
原稿料	850,000	704,000	146,000	
編集費	140,000	132,000	8,000	
運賃送料	1,500,000	1,200,000	300,000	25%増
事業費	450,000	350,000	100,000	
研究会費	100,000	100,000	0	
座談会講演会	300,000	200,000	100,000	
資料費	50,000	50,000	0	図書購入
会議費	400,000	400,000	0	理事会, 編集会議, 幹事会
事務費	3,283,000	2,385,000	898,000	
備品費	50,000	50,000	0	
通信費	1,000,000	500,000	500,000	実績400,000×2.5
旅費交通費	300,000	300,000	0	
広告手数料	405,000	405,000	0	
事務還元費	500,000	360,000	140,000	20名以上5%
振替手数料	80,000	70,000	10,000	
事務室費	648,000	500,000	148,000	室料及び光熱費
消耗品費	250,000	150,000	100,000	
雑費	50,000	50,000	0	
給諸手当	2,748,000	2,280,000	468,000	職員2名給料
退職積立金	1,600,000	988,000	612,000	賞与, 通勤手当, 時間外手当
保険料	420,000	308,144	111,856	
保年度支出	250,000	150,000	100,000	事業主負担分
過年度支出	144,900	142,500	2,400	
印刷費	—	—	—	
原稿料	—	—	—	
編集費	—	—	—	
運賃送料	—	—	—	
広告手数料	144,900	142,500	2,400	23号未収金, 24号分
予備費	2,280,417	1,320,625	959,792	
合 計	22,066,317	18,280,269	3,786,048	

農業土木技術研究会役員等名簿

会 長 岡部 三郎 構造改善局建設部長
 副 会 長 緒形 博之 東京大学教授
 理 事 浅原 辰夫 構造改善局設計課長
 " 須恵 務 " 水利課長
 " 伊藤 久弥 " 農業土木専門官
 " 宮本 国雄 関東農政局建設部長
 " 高須 俊行 農業土木試験場水利部長
 " 善木 正敏 新潟県農地部長
 " 難波 康夫 水資源公団第二工務部長
 " 藤塚 太郎 農業土木事業協会専務理事
 " 永田 正薫 土地改良建設協会専務理事
 " 高嶺 進 三祐コンサルタント取締役
 " 久徳 茂雄 西松建設株式会社取締役
 " 内藤 正 大豊建設株式会社副社長
 " 宮城 好弘 三井建設株式会社理事
 監 事 小林 俊昭 関東農政局設計課長
 " 岡本 勇 (財)日本農業土木コンサルタン
 ツ理事
 常任顧問 福沢 達一 構造改善局次長
 " 井元 光一 全国農業土木技術連盟委員長
 顧 問 小川 泰恵 八郎瀧新農村建設事業団理事
 " 梶木 又三 参議院議員
 " 金子 良 日本大学教授
 " 小林 国司 参議院議員
 " 佐々木四郎 日本農業土木コンサルタンツ理
 事長
 " 重政 庸徳
 " 清野 保 愛知工業大学顧問
 " 高月 豊一 京都大学名誉教授
 " 田村徳一郎 明治大学講師
 " 中川 一郎 衆議院議員
 " 野知 浩之
 " 福田 仁志 東京大学名誉教授
 " 山崎平八郎 衆議院議員
 参 与 伊勢村正治 東北農政局設計課長
 " 小林 俊昭 関東農政局設計課長
 " 内山 則夫 北陸農政局設計課長
 " 村山 昶 東海農政局設計課長
 " 平井 公雄 近畿農政局設計課長
 " 八木 直樹 中四国農政局設計課長
 " 柴田巳千夫 九州農政局設計課長
 " 塚本 健二 北海道開発局土地改良課長
 " 藤野 欣一 沖縄総合事務局土地改良課長
 " 皆川美智也 北海道農業水利課長
 " 須田 康夫 青森県土地改良第一課長

" 大峯 志朗 岩手県農地整備課長
 " 湯浅 満之 秋田県農業水利課長
 " 熊野 茂夫 宮城県耕地課長
 参 与 山本 敏 山形県耕地第一課長
 " 佐藤 英明 福島県農地建設課長
 " 綿引 定幸 茨城県農地建設課長
 " 石川 近 栃木県土地改良第一課長
 " 佐藤 茂 群馬県耕地開発課長
 " 大木 知幸 埼玉県耕地計画課長
 " 斎藤 博雅 千葉県耕地第一課長
 " 仲田 真己 東京都農地課長
 " 飯塚 晴信 神奈川県農地整備課長
 " 薬袋 茂雄 山梨県耕地課長
 " 上條 堅一 長野県耕地第一課長
 " 鈴木 和可 静岡県農地企画課長
 " 内藤 克美 新潟県農地建設課長
 " 杉野 義明 富山県耕地課長
 " 服部 弘昌 石川県耕地建設課長
 " 森本 茂俊 福井県耕地課長
 " 杉山 勉 岐阜県農地計画課長
 " 天地 正 愛知県耕地課長
 " 鈴木 領 三重県耕地課長
 " 行村 敏男 滋賀県耕地指導課長
 " 片山 啓二 京都府耕地課長
 " 吉岡 孝信 大阪府耕地課長
 " 谷岡 恒男 兵庫県耕地課長
 " 宮内 義之 奈良県耕地課長
 " 市川 龍雄 和歌山県耕地課長
 " 中野 保男 鳥取県耕地課長
 " 高野 洋二 島根県耕地課長
 " 高杉 杜雄 岡山県耕地第一課長
 " 市原 正義 広島県耕地課長
 " 吉次 英雄 山口県耕地課長
 " 小泉 恵二 徳島県耕地課長
 " 大島 要 香川県土地改良課長
 " 檜垣潤一郎 愛媛県耕地課長
 " 山崎 正仁 高知県耕地課長
 " 田中 善市 福岡県農地計画課長
 " 小川 和広 佐賀県土地改良課長
 " 本村不二男 長崎県耕地課長
 " 近藤 阪衛 熊本県耕地第一課長
 " 瀬尾 悟 宮崎県耕地課長
 " 八坂 一誠 大分県耕地課長
 " 百元 和夫 鹿児島県農地整備課長
 " 幸地長二郎 沖縄県耕地課長
 幹 事 浅井喜代治 農工大学助教授
 " 有川 通正 構造改善局水利課係長
 " 青木 登 関東農政局建設部設計官

〃	伊藤 喜久	構造改善局技術課長補佐	東 京	旭コンクリート工業㈱	〃
〃	一川 保夫	国土庁計画調整局調整課専門調査官	大 分	梅林建設㈱	〃
幹 事	植松字之助	構造改善局防災課係長	東 京	技研興業㈱	〃
〃	小木首徳三郎	〃 開発課係長	東 京	久保田建設㈱	1 口
〃	小竿 真夫	水資源開発公団第二工務部副参事	〃	五洋建設㈱	〃
〃	亀田 昌彦	構造改善局開発課係長	大 分	㈱ 後 藤 組	〃
〃	川又 政圀	企画調整室課長補佐	〃	㈱ 佐 藤 組	〃
〃	片岡 泰三	構造改善局水利課係長	愛 知	塩 谷 組	〃
〃	高村 紀夫	〃 技術課係長	東 京	世紀建設㈱	〃
〃	戸上 訓正	〃 整備課係長	東 京	㈱ 武井工業所	〃
〃	中島 均	〃 防災課災害査定官	東 京	㈱ 田原製作所	〃
常任幹事	秋山 貞義	全国農業土木技術連盟事務局長	香 川	大成建設㈱高松支店	〃
〃	池田 実	構造改善局整備課課長補佐	大 分	高山総合工業㈱	〃
〃	中西 一継	〃 設計課農業土木専門官	東 京	中央開発㈱	〃
〃	山下 義行	〃 設計課課長補佐	岡 山	アイサワ工業㈱	〃
編 集 委 員	伊東 久弥	〃 設計課農業土木専門官	香 川	㈱チェリーコンサルタンツ	〃
編 集 委 員	幹事及常任幹事		東 京	東急建設㈱	〃

(五十音順)

賛 助 会 員

東 京	㈱ 荏原製作所	3 口	〃	日本国土開発㈱	〃
〃	㈱ 大 林 組	〃	〃	日本プレスコンクリート工業㈱	〃
〃	㈱ 熊 谷 組	〃	〃	日本エタニットパイプ㈱	〃
〃	久保田鉄工㈱	〃	〃	日曹マスタービルダーズ㈱	〃
〃	佐藤工業㈱	〃	〃	日兼特殊工業㈱	〃
愛 知	㈱三祐コンサルタンツ	〃	〃	パシフィックコンサルタンツ㈱	〃
東 京	大成建設㈱	〃	福 岡	藤増総合化学研究所	〃
〃	㈱電業社機械製作所	〃	東 京	㈱ マルイ	〃
大 阪	㈱西島製作所	〃	〃	㈱ 丸島水門製作所	〃
東 京	西松建設㈱	〃	石 川	真柄建設㈱	〃
〃	(財)日本農業土木コンサルタンツ	〃	東 京	水資源開発公団	〃
〃	㈱ 間 組	〃	京 都	山品建設㈱	〃
〃	㈱ 日立製作所	〃	愛 知	若鈴コンサルタンツ㈱	〃
〃	㈱ 青木建設	2 口	東 京	I N A 新土木研究所	〃
〃	株木建設㈱	〃	福 岡	新日本コンクリート㈱	〃
大 阪	㈱ 奥 村 組	〃	茨 城	日本電信電話公社茨城県電気通信研究所	〃
東 京	勝村建設㈱	〃	東 京	日本技術開発㈱	〃
大 阪	㈱栗本鉄工所	〃	北 海 道	(財)農業近代化コンサルタンツ	〃
東 京	三幸建設㈱	〃	岩 手	菱和建設㈱	〃
〃	住友建設㈱	〃	〃	丸伊工業㈱	〃
〃	大豊建設㈱	〃	〃	高弥建設㈱	〃
〃	前田建設工業㈱	〃	〃	東北ブルドーザー工業㈱	〃
青 森	田中建設㈱	〃	宮 城	丸か建設㈱	〃
愛 媛	安藤工業㈱	〃	〃	上田建設㈱	〃
山 形	前田製管㈱	1 口	〃	北越ヒューム管㈱	〃

山形	東洋開発㈱山形支店	〃	〃	八田工業㈱	〃
〃	佐藤興業	〃	〃	石川㈱豊蔵組	1口
山形	菱和建设山形営業所	1口	〃	福井九頭竜川鳴鹿堰堤土地改良区	〃
茨城	社団法人茨城県建設業協会	〃	〃	福井県土地改良事業団体連合会	〃
〃	茨城県調査測量設計研究会	〃	〃	岐阜県ベンチフリューム協議会	〃
栃木	第一測工㈱	〃	〃	兵庫姫路設計㈱	〃
〃	(有)八汐コンサルタンツ	〃	〃	岡山㈱大本組	〃
群馬	大和設備工事㈱	〃	〃	広島金光建設㈱	〃
〃	高橋建設㈱	〃	〃	〃農林建設㈱	〃
埼玉	㈱古都工務所	〃	〃	徳島佐々木建設㈱	〃
千葉	堀内建設㈱	〃	〃	〃安原建設	〃
〃	京葉重機開発㈱	〃	〃	香川青葉工業㈱	〃
東京	旭化成工業㈱	〃	〃	〃宮本建設	〃
〃	前沢工業㈱	〃	〃	高知須崎工業㈱	〃
〃	日本大学生産工学部図書館	〃	〃	〃(有)西沢組	〃
神奈川	神奈川農業土木建設協会	〃	〃	福岡福岡県農林建設企業体岩崎建設	〃
山梨	峡中土地改良建設協会	〃	〃	〃古賀組	〃
長野	小林建設工業㈱	〃	〃	佐賀佐賀農業土木試験場佐賀支場	〃
〃	㈱木下組	〃	〃	熊本佐藤企業㈱	〃
静岡	社団法人静岡県畑地かんがい事業協会	〃	〃	〃旭測量設計	〃
〃	静岡コンクリート製品協会	〃	〃	鹿児島九建コンクリート	〃
新潟	山崎ヒューム管	〃	〃	〃土佐屋	〃
〃	藤村ヒューム管	〃	〃	岩手新興技術	〃
新潟	新潟ヒューム管	〃	〃		(順序不同)
富山	㈱婦中興業	〃	〃		121社 158口

農業土木技術研究会会員数

地方名	通常会員							賛助会員		地方名	通常会員							賛助会員																																								
	県	農林省	学校	法人	団体	個人	合計	会社数	口数		県	農林省	学校	法人	団体	個人	合計	会社数	口数																																							
北海道	273	286	4	94	3	16	876	1	1	北	新	潟	301	104	3	5	-	7	420	3	3																																					
東	青森	森手	165	47	2	1	-	215	1	1	北	新	潟	山	130	9	1	2	-	-	142	2	2																																			
		岩	105	19	3	3	-	130	5	5				陸	石	川	井	90	92	4	3	-	1	190	2	2																																
		宮	103	87	7	24	-	8	229	3							3	東	岐	阜	知	重	109	7	-	-	-	-	116	2	2																											
		秋	192	36	-	19	30	2	279	1							1					小	計	630	212	8	10	-	8	868	9	9																										
		山	164	34	5	4	-	-	207	4							4																東	岐	愛	三	知	55	12	5	3	17	1	93	1	1												
福	150	42	-	-	1	1	194	-	-	海	小	計	178				125																				7	90	101	11	510	4	8															
北	小計	879	265	17	51	31	11	1,254	14					14	近	滋																												京	大	兵	奈	和	歌	山	重	75	85	1	86	60	9	316
小計	879	265	17	51	31	11	1,254	14	14					畿				小	計	402	163																														18	70	26	14	693	5	9	
東	茨	118	25	0	4	7	2	156	4													4	東	小	計	402	163	18	70	26	14	693																										5
北	城	79	22	5	3	2	2	113	3													3											東	小	計	402																						
東	群	57	20	-	-	6	-	83	2	2	東	小	計				402					163															18	70	26	14	693	5	9															
北	玉	74	16	-	8	5	7	110	1	1					東	小																												計	402	163	18	70	26	14								
東	葉	120	27	2	-	68	10	227	2	2				東				小	計	402	163																														18	70	26	14	693	5	9	
東	京	1	187	13	276	42	30	549	43	75													東	小	計	402	163	18	70	26	14	693																										5
東	神	47	29	-	5	-	17	98	2	1																							東	小	計	402																						
東	奈	2	11	-	1	-	1	15	1	1	東	小	計				402					163															18	70	26	14	693	5	9															
東	山	110	11	4	-	5	3	133	2	2					東	小																												計	402	163	18	70	26	14								
東	野	149	33	-	1	-	1	184	2	2				東				小	計	402	163																														18	70	26	14	693	5	9	
東	小計	757	381	24	298	135	73	73	65	93													東	小	計	402	163	18	70	26	14	693																										5

中 ・ 四 国	鳥取	55	3	4	-	-	-	62	-	-	九 州	福	54	22	10	29	21	8	144	4	4
	島根	39	18	6	-	-	-	65	-	-		岡	63	20	2	2	-	3	90	1	1
	岡山	80	98	5	2	-	1	186	3	3		佐	12	2	1	-	-	1	16	-	-
	広島	38	-	-	1	-	1	40	2	2		熊	122	86	-	4	-	4	216	2	2
	山口	51	-	-	-	-	-	51	-	-		大	117	24	-	-	-	-	141	4	4
	徳島	36	19	-	-	6	-	61	2	2		宮	78	19	3	-	-	-	100	-	-
	香川	56	15	4	3	15	3	96	4	4		児	98	18	1	-	-	-	117	2	-
	愛媛	33	10	5	4	1	2	55	1	2		島	-	14	2	1	-	-	17	-	-
	高知	25	-	1	-	-	2	28	2	2		縄	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	小計	413	163	25	10	22	9	644	14	15		小計	544	205	19	36	21	16	841	13	11
												内地計	4,074	1,800	122	659	339	158	7,152	-	-
												外 国	21	-	-	-	-	-	-	-	-
												合 計	4,095	1,800	122	659	339	158	7,173	125	164

編 集 後 記

異常低温の日が数日続いたかと思うと、今度は急変しむし暑い日が続き、梅雨らしい天気に戻りました。

さて、今年度から通常会費が2,300円に値上げされる事になりました。諸物価高騰の折、皆様の御苦勞が目に見える様ですが、私共編集委員一同、出来る限り値上げを避けようと努力してまいりましたのに、研究会維持のためやむを得ずこの様な結果になりました。今後、私共としても、より多くの会員の確保とより一層の会誌の内容の充実を図る努力をする所存ですので、皆様の御理解

と御協力をお願い致します。

今号より講座が変わりました。「知っておくべき測量技術」を二回に分けて掲載する予定です。最近現場で御活躍の皆様も、ほとんど測量業務を行う機会がなく、測量学に対する知識が相当古くあるいは浅くなっているのではないのでしょうか。土木工事には測量は不可欠です。土木工事をより美しく、より正確に仕上げるには正に測量技術にかかっていると言っても過言ではないと思います。この講座が測量学に対する知識を新たにし、農業土木技術の発展のため、日常の業務に役立てば幸甚に存じます。
(高村記)

通常会費改訂のお知らせ

会員各位殿

農業土木技術研究会

本研究会の業務運営につきましては、会員の皆様に格別のお世話になっております。

さて去る5月17日開催の昭和51年度理事会において下記のとおり、通常会費を改訂することに決定いたしましたのでお知らせいたします。

なお、今回の会費の引上げにつきましては、極力引上げ額を少なくするように検討いたしました。先般の郵便料金の引上げ並びに今後の公共料金の引上げも考えられ、予算収支の関係から49年度における改訂額を上廻る結果となりましたが、何卒事情ご賢察下さるようお願い申し上げます。

通常会費 51年度会費 2,300円

実施時期 51年4月1日

水 と 土 第 25 号

昭和51年6月30日発行

発行所 東京都港区新橋5-34-4
農業土木会館内

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

印刷所 東京都新宿区下落合2-4-12

一世印刷株式会社
TEL (953) 4461 (代表)