

水と土

No.107
1997

特集「新技術の積極的導入」

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



3次元画像による景観シミュレーション

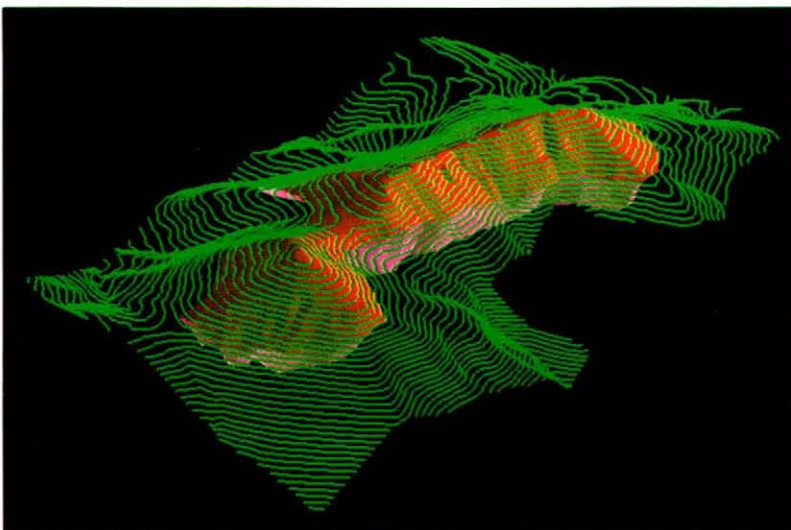
(ニツ石ダムの原石山採取における事例) (本文13頁)



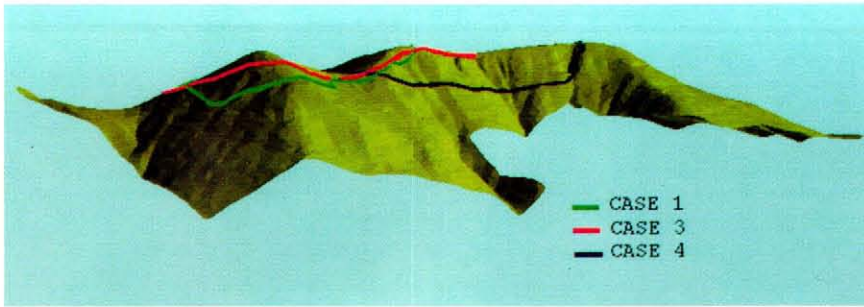
箕輪山現況写真「東面を望む」



3次元グラフィックによる箕輪山
「東面を望む」

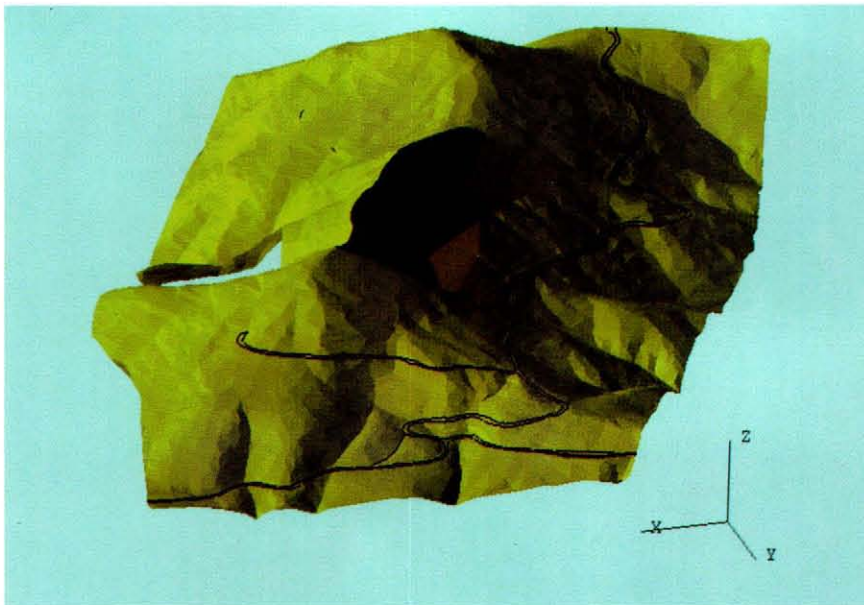


山体の流紋岩の分布状況
(赤色部分)「東南面を望む」



各ケース毎の掘削線
「東面を望む」

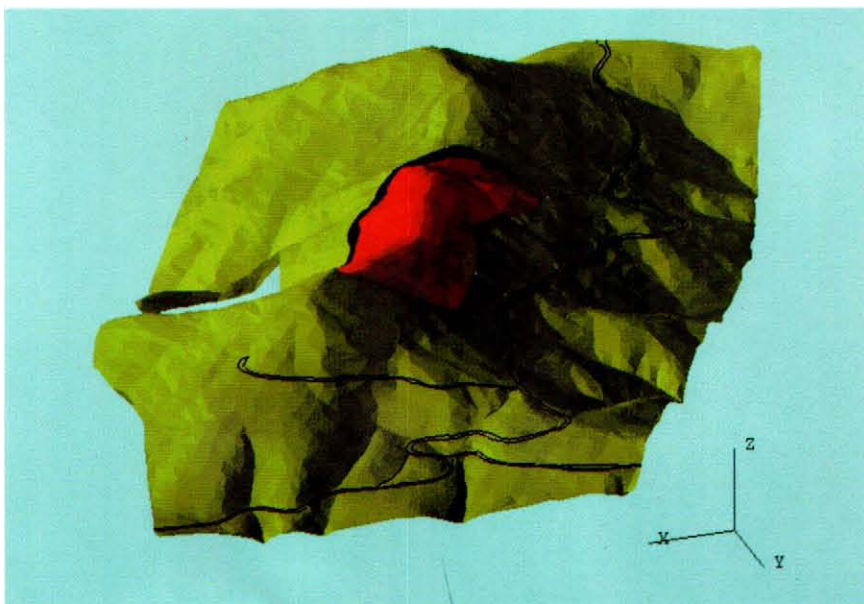
ケース1.左側山頂中心に掘削
ケース3.スカイラインを全体に下げる
ケース4.中央山頂を中心に掘削



上空から見た原石山掘削
形状「南面を望む」

〈掘削後〉

x, y : 東西南北
z : 高
黒線 : 道路



「南面を望む」

〈流紋岩の分布状況：赤色部分〉

水 と 土

— 目 次 —

報文内容紹介

巻頭文

新技術の積極的導入 飛田 義裕……(1)

特別寄稿

溜め池の水質改善から農村の広域的な水質源の確保・再利用へ
岡本 芳郎……(3)

報 文

ため池データベースの開発と画像解析処理
谷 茂……(5)

3次元画像による景観シミュレーション
—二ツ石ダムの原石山採取における事例—
佐々木 博 高野 仁 谷 藤 隆 三……(13)
農村における高度情報通信基盤の整備に向けて
渡辺 昭 弘……(19)

大区画圃場における「水位調整柵」設置による新しい水管理
笹山 洋文 高木 輝夫 栗木 保雄……(26)
ロックウール緑化工法 山田 守……(34)

馬蹄形トンネル鋼板内巻改修工法
小澤 正敏 荒川 崇……(41)

水流噴射方式による排水機場ゲートの結氷融解対策
—美咲排水機場での検討事例—
駒井 明 吉岡 秀男
横川 宏志 吉澤 淳……(49)

北海道における農地への家畜糞尿還元のための処理技術(II)
山崎 毅 匡……(55)

高付加価値貯冷庫としての「雪室」の応用
長南 達夫……(65)

再生紙使用によるマルチ水稻栽培について
伊藤 邦夫……(71)

プレキャストRC構造ファームポンドの応用方式の検討
宮田 哲郎 藤本 正武……(77)

地震関連計測機器の実態把握と問題点
柳谷 秀雄 山下 博行
石松 秀一 俵 真二郎
富永 勇人 館山 英樹……(90)

投稿規定……(107)

農業土木技術研究会入会手引……(108)

会告・編集後記……(109)

No. 107

1997

表紙写真

つららとうもろこし

ため池データベースの開発と画像解析処理

谷 茂

日本は台風や地震などの自然災害によって、ため池（農業用の小規模アースダム）に多くの被害が生じている。特に1995年の阪神・淡路大震災では多くの人命、公共施設が被害を受けた。ため池においても、1,300以上の被害が生じた。このため、全国に10万箇所あるため池に関する情報をデータベース化することが防災計画に重要であり農業工学研究所、農林水産省、(財)日本農業総合土木研究所により「ため池データベース」システムの構築を行った。本報告はこのデータベースの内容と防災への応用について述べたものである。
(水と土 第107号 1997 P. 5 設・施)

3次元画像による景観シミュレーション —二ツ石ダムの原石山採取における事例—

佐々木 博・高野 仁・谷藤 隆三

近年、環境保全機能の維持増進が指摘されているが、このうち自然環境の保全は最も重要な課題のひとつとなっている。本報では二ツ石ダムの原石山採取計画の立案にあたり、採取形状と景観を三次元にシミュレーションし、採取量を把握するとともに、景観が視覚的に理解されやすい資料を作成した事例を紹介するものである。

(水と土 第107号 1997 P.13 設・施)

農村における高度情報通信基盤の整備に向けて

渡辺 昭弘

インターネット、携帯電話、衛星デジタル放送などの急速な普及にみられるように、目前に迫った高度情報化社会の到来と農村地域の課題を踏まえ、高度情報化の概念と農業・農村の将来像を紹介するとともに、農村における高度情報通信基盤の整備例と課題を提示する。

(水と土 第107号 1997 P.19 企・計)

大区画圃場における「水位調整柵」設置による新しい水管理

笹山洋文・高木輝夫・栗木保雄

管排水路・水位調整柵および自動給水栓を組み合わせたことにより、大区画水田についている多くの水口や水尻の個々の操作が省け、用水を無駄なく利用できる水管理法「一括かんがい・一括排水方式」を確立した。さらに新しい試みとして、稲の生育情報から最適水管理法を判断（コンピュータ）して自動作動する機能や循環かんがい技術をこれに付加し、大区画ほ場の水管理を遠隔自動化するシステム構築に取り組んでいる。

(水と土 第107号 1997 P.26 企・計)

ロックウール緑化工法

山田 守

のり面緑化工では、生態系の早期回復や景観の向上に優れた木本植物導入の要望が高まっている。

そこで、のり面の樹林化を目的とした、木本植物の発芽、初期生育といった基本性状を明らかにする基礎実験の成果および樹林化専用工法として開発したロックウール緑化工法の施工事例について報告する。

(水と土 第107号 1997 P.34 設・施)

馬蹄形トンネル鋼板内巻改修工法

小澤 正敏・荒川 崇

わが国の導水路トンネルは、1900年代初頭から中旬にかけて建設されたものが多く、供用から半世紀以上を経過し、改修が必要となってきたものが多く見られる。このような導水路トンネルの改修工法として開発した馬蹄形トンネル鋼板内巻き改修工法の特徴、設計方法並びに施工方法について紹介するものである。

(水と土 107号 1997 P.41 設・施)

水流噴射方式による排水機場ゲートの結氷融解対策 —美咲排水機場での検討事例—

駒井 明・吉岡秀男・横川宏志・吉澤 淳

積雪寒冷地において融雪出水初期から機械排水を行う場合、排水機場の取水口ゲートへの雪氷付着や凍結が、ゲート操作およびポンプ運転の支障となる。

この対策として、有効性、施設建設費、維持管理費および維持管理作業の容易性を比較し、遊水池の水をゲート前面の結氷面に噴射して融解する方法についての試験を実施し、その効果を確認した。

(水と土 第107号 1997 P.49 設・施)

北海道における農地への家畜糞尿還元 のための処理技術 (II)

山崎毅臣

北海道にとって乳牛から排泄される糞尿処理の問題は、緊急に解決しなければならない最重要課題である。本誌102号で報告した「北海道における農地への家畜糞尿還元のための処理技術」の続報として、家畜糞尿処理基礎調査のその後の成果報告と釧路管内における先進的施設の成果を受けながら行った別海町での家畜糞尿処理現地モデル実証施設で行っている調査の報告を行なうものである。

(水と土 第107号 1997 P.55 設・施)

高付加価値貯冷庫としての「雪室」の応用

長南達夫

雪室の設置村の概要，設置状況，利用の状況
(水と土 第107号 1997 P.65企・計)

再生紙使用によるマルチ水稲栽培について

伊藤邦夫

環境にやさしい農業を実践する上で，隘路となっていた除草剤に頼らない雑草防除法として，再生紙マルチ水稲栽培法を確立した。本技術は，資源循環による再生紙で田面を被覆することにより，一年生水田雑草を除草剤並に抑制し，さらに，イネ紋枯病を $1/3$ 程度に抑制する物理的防除効果を併せ持つため，大幅な減農薬を達成した栽培法である。
(水と土 第107号 1997 P.71企・計)

プレキャストRC構造ファームボンドの応用方式の検討

宮田哲郎・藤本正武

これまで，現場打ちコンクリート製の多かったファームボンドについて，プレキャストコンクリート製のものを開発し，その概要を報告する。円型のは PFK I 型として既に報告済みであるが，今回，逆 T 壁のブロックを利用した角型形状の PFK II・III 型について詳しく述べた。床版構造について「EPDM ゴムシート」や「コンクリート+ベントナイトマット」構造の新しいタイプも報告している。
(水と土 第106号 1996 P.77設・施)

地震関連計測機器の実態把握と問題点

柳谷秀雄・山下博行・石松秀一
俵真二郎・冨永勇人・館山英樹

平成7年1月17日の阪神・淡路大地震においてダムの機能を損なうような壊滅的な被害を受けていない。しかしながら阪神・淡路大震災では他の土木構造物が大きな被害を受けたことから改めて地震に対する安全性及び管理体系の再整備が必要となってきた。このような状況の中でダム管理における地震計及び観測の現状を把握し，今後の対応策を検討する。
(水と土 第107号 1997 P.90設・施)

新技術の積極的導入

飛田 義裕*
(Yoshihiro Tobita)

新技術の開発については、政府がとりまとめた新経済5カ年計画等において重要な位置付けがなされ、各分野においてもその積極的な推進が図られているところであります。農業の分野においても、「経営体の育成、生産性向上及び環境保全型農業の確立等生産現場に直結する技術の開発を官民一体で行う。」ことが農政審議会で報告される（平成6年8月）等、一層の新技術の開発が求められています。

農業農村整備事業においても、従来から行ってきた新工法や新材料の採用、現場条件に応じた設計施工の創意工夫などの各種取り組みを、それぞれの現場が有する諸条件を的確に反映しながら更に強化して進めているところであります。

最近の農業農村整備事業を巡る情勢をみると、ウルグアイ・ラウンド関連農業農村整備緊急特別対策の着実な推進等、事業の効率的執行が求められるなか、一方で公共工事の入札契約制度の改革を始めとする公共工事を取りまく様々な環境の変化に対応して公共工事の品質の確保・向上（「より安く、よりよいもの」）への社会的要請が強まっています。

また、平成8年度には、公共事業の効率的な執行を図るため、農林水産省において「農林水産公共事業に関する検討委員会」（委員：官房長、構造改善局長、林野庁長官、水産庁長官）を発足させ、「農林水産公共事業は、財政構造改革が国の喫緊の課題となる中で、これまで以上に社会経済情勢の変化に応じた投資の重点化やコストの低減等の課題に応じていく必要がある。」として検討を行い、この8月にその中間報告をとりまとめています。

この中の4本の大きな柱の一つに「新技術の開発・導入を通じたコスト低減対策の推進」が掲げられており、「限られた資金を効率的に使用し、質の高い社会資本整備を推進していくためには、コスト削減のための取り組みが不可欠」とし、このため「国際化等の進展を加え、受益者負担制度を有する農林水産公共事業の特質も踏まえ、コスト低減に資する新技術の開発・普及を推進」とされています。

新技術の積極的導入は、これらの要請に対応する重要な手段の一つであり、今後新技術の導入・普及を推進し、生産性の向上、事業コストの低減等事業の効率化を一層進めていく必要があります。

しかし、新技術は、実施現場での十分な実証が得られておらず、受益者負担を伴う農業農村整備事業にあっては、その導入にあたり慎重にならざるを得ない面もあり、また、設計、施工にあたっては調査、検討すべき点も格段に多くなるなど、その円滑な導入・普及が困難な状況にあり、必ずしも円滑に導入できる環境にない場合もあります。

このため、農林水産省としては、平成8年度に、農業農村整備事業において新技術を活用した工事に積極的に取り組み、新技術などの実証、普及を図ることにより、農業農村整備事業の効率的な推進とともに農業農村整備事業に係る技術の振興を目的とする「新技術導入推進農業農村整備事業」及び「新技術導入推進調査」を創設したところであります。

更に、平成8年度中に農業農村整備事業における新技術開発の目標を明確にする「技術開発5カ年計画」を策定することとしております。そしてその開発計画を着実に実現していくため、民間企業と農業工学研

研究所が共同研究開発に取り組む場合の補助事業として「官民連携新技術研究開発事業」を平成9年度予算要求において制度要求を行っているところであります。

新技術の開発・導入は、これからの農業農村整備事業の推進に欠かすことの出来ない課題であり、その体制についても整備されつつあります。農業農村整備事業に携わる皆さまの積極的な取り組みにより、事業の一層の効率化が進むことを期待するところであります。

*構造改善局建設部設計課施工企画調整室長

溜め池の水質改善から 農村の広域的な水資源の確保・再利用へ

岡本 芳郎*

土地改良事業に携わって以来、30年が過ぎようとしている。この間、数々の事業制度に関係してきたが、中でも溜め池については感慨深いものがある。それは、平成2年の台風19号に起因している。この台風19号は四国、中国、近畿地方を襲い多大な被害を生じさせたが、特に、これらの地域が溜め池の最も多い地域であったことから、約2,100個の溜め池が被害を受けた。当時、構造改善局建設部防災課長に就任したばかりの私は早速被害の現場視察を行った。そこで、溜め池の保全・管理に多くの問題があることに気づくとともに、土地改良財産として、また水不足地域の貴重な水源施設や農村の水辺環境施設として、その重要性を認識した。当時の溜め池予算は国費約210億円しかなく、この予算で全国約21万個の溜め池を保全してゆくことは到底無理があること、また大規模な溜め池は補助対象になるが、小さな溜め池は補助対象にならず関係農家の自主的管理に委ねられていること等から、危険な老朽溜め池が多く放置されている状況にあった。

また、農村の都市化、混住化等の影響を受け、生活排水の流入等により一般的に溜め池の水質が極めて悪い印象をうけるとともに、一部の溜め池では、ゴミ捨て場や污水处理場的な状況にあり、周囲に悪臭を放っているものもあり、驚くばかりであった。

そこで、まず老朽溜め池の改修を急ぐ必要から予算の拡大と集中的投資を図るため、国営総合農地防災事業に「溜め池群整備型」を創設し、また小規模（受益面積が無くてもよい）ではあるが、危険な溜め池を対象とする「危険溜め池緊急整備事業」を台風19号にからめて追加要求し、成立させるなど制度面からの充実を図った。

しかし、水質の改善という面からは、農業被害を受けている場合に主として農業用水と排水を分離する水質障害対策事業と生活雑排水を処理する農業集落排水事業しかなく、溜め池の水質改善を目的とした事業制度はなかった。また水質改善手法においても、水生植物利用、機械式ばっ気、底泥浚渫などいろいろ言われていたが、その効果などに確固たる実績が無く、事業制度として確立するにはまだまだ時期尚早であった。

また、当時大阪府で「溜め池」を活用した「オアシス構想」を打ち出し府民から大変な好評をうけ、溜め池が地域の親水空間として期待されたが、やはり水質改善が望まれた。このような状況のもと、溜め池の水質浄化に取り組む必要性を痛感した。

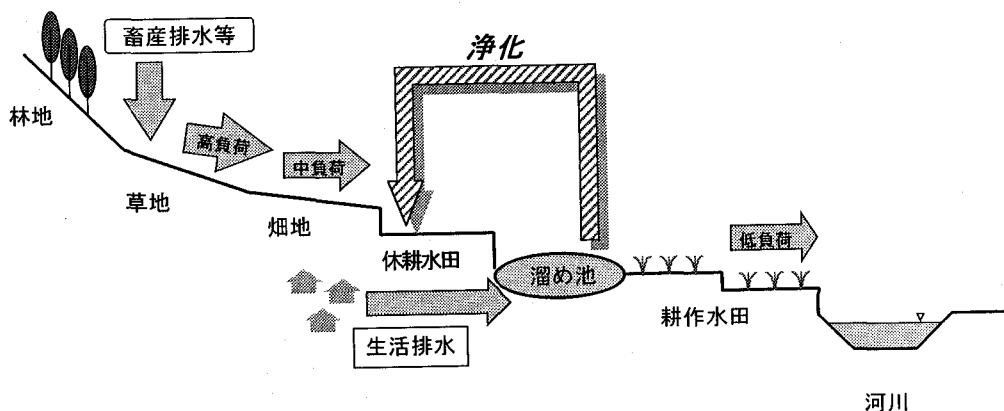
また、その頃、休耕水田の水質浄化機能に関するいくつかの研究が始められており、更に農村の水質改善には、農村にある地域資源、農村の持つ自然の浄化機能を活用すべきであるという私の思いもあり、溜め池の水質改善に休耕水田をその浄

*構造改善局次長

化装置として活用することを考えた。これは、汚濁した溜め池の水を休耕水田に掛け流して浄化を図り、低負荷となった用水を耕作水田に利用するという考えである。この休耕水田と溜め池を組み合わせた水質浄化システムは、直接的には、溜め池掛かりの農業用水の浄化及び溜め池自体の環境を改善するものであるが、低負荷となった排水は

下流域の農業用水や河川等の水質の改善にも寄与するとともに、水需要が逼迫する中での水の有効再利用にもつながるものである。

現在、このシステムについての実証的な研究を進めているところである。今後、この研究効果が行政分野にも活かされ、農村の水質改善に貢献できることを願ってやまない。



休耕水田・溜め池を組み入れた農村地域の水質浄化システム

ため池データベースの開発と画像解析処理

谷 茂*
(Shigeru TANI)

目 次

1. はじめに	5	3. 宮城県北部地震における事例	10
2. ため池防災データベースの概要	6	4. おわりに	11

1. はじめに

日本には10万箇所以上のため池があり、その大部分は経験的な技術に基づいて築造されているため、今日の技術水準からすると安全性が懸念されているものもある。台風や地震などの自然災害によって、ため池も被害を受けてきている。

表一は過去の地震によって受けたため池の被害をまとめたものであるが、特に兵庫県南部地震では、1,362のため池が被害を受けている。決壊のような大きな被害は8箇所にすぎなかったが、決壊による2次災害も懸念された。

兵庫県南部地震を契機にため池データベースの構築の必要性が再認識され、これまで開発されているシステムに活断層情報などをとりこみ、画像情報への対応も行うことで、ため池データベースを構築した。ため池の防災を目的としたデータベースとしてはプロトタイプ的なシステムを構築し、サンプル的データを入力し、その問題点を検討してきた(谷・芳野, 1991)¹⁾。さらに、北海道にある堤高15m以上のため池についてデータベース化を行い、その実用上の問題点についても検討を行ってきた(谷, 1993)²⁾。

本報文では開発したデータベースの内容とその防災面への応用について述べる。なお、本データベースは谷茂(農林水産省農業工学研究所)、播磨宗治(農林水産省中国四国農政局防災課(元農林水産省防災課))、山田和広(農林水産省東北農政局八戸平原開拓建設事業所(元農林水産省防災課))、牛窪健一(株間組(元日本農業土木総合研究

所)が担当して構築を行ったことをおことわりしておく。

表一 地震によるため池の被害一覧

	地震名	発生年月日	地震規模 (マグニチュード)	ため池被害数
①	北丹後	1927.3.7	7.5	90
②	男鹿	1939.5.1	7.0	74
③	新潟	1964. 6.16	7.5	146
④	松代群発	1965.8~ 1970.12	最大 5.4	57
⑤	十勝沖	1968. 5.16	7.9	202
⑥	宮城県沖	1978. 6.12	7.4	83
⑦	1983年日本海中部	1983. 5.26	7.7	238
⑧	千葉県東方沖	1987. 12.17	6.7	9
⑨	釧路沖	1993. 1.15	7.2	1
⑩	能登半島沖	1993.2.7	6.6	21
⑪	北海道南西沖	1993. 7.12	7.8	18
⑫	三陸はるか沖	1994. 12.28	7.5	7
⑬	兵庫県南部沖	1995. 1.17	7.2	1,362
⑭	空知地方	1995. 9.23	5.6	1
⑮	宮城県北部	1996. 9.11	5.9	5

*農業工学研究所構造部土質研究室

2. ため池防災データベースの概要

近年、防災を目的とした防災関連データベースが数多く構築されてきている。代表的なデータベースを以下にあげる。

防災関連データベースで、多賀らは名古屋地盤図のデータベースと土地条件図を活用した予測手法を組合せて総合的に地盤の液状化予測を行っている³⁾。これらの情報と建物などの情報が結合すれば災害予測が行えることになる。中村らは鉄道の地震計測をもとに、地震警報、地震危険度の判定により未然に事故を防ぐ総合防災システムを構築している⁴⁾。田尾らは地盤情報から地すべりの原因・特徴を解析し、現地の状況との対比を行なっている⁵⁾。このデータベースから、斜面災害の予測も可能と考えられ、防災対策に有用なものとなる。また、最近では兵庫県南部地震を契機として地方自治体を中心に地域防災のためのデータベースの構築がさかんにってきている。

本ため池データベースはため池の防災を目的と

して構築したものであり、ため池のデータ、国土数値情報及び画像データなどの情報を持ち、その内容は図-1に示すものである。本システムは大別して、①防災データベース、②災害データベースから成る。

2.1 データベースの機器構成

データベースは図-2に示す稼働環境のもとで構築した。

2.2 ため池データベース

2.2.1 防災データベース

データベースの目的は①日常のため池の改修、維持、管理に関する資料の提供、②地震時に緊急点検を要するため池の抽出、およびそのため池に関する情報の提供、③個々のため池の災害危険度を判定し、改修を要するため池の選定情報の提供である

ため池データベースは文字情報、数値情報及び画像情報からなる。この他に地震強度区分、総理府告示の指定地域（山間振興、地震関連、台風常襲地帯）等が座標値をもとに自動入力される。デ

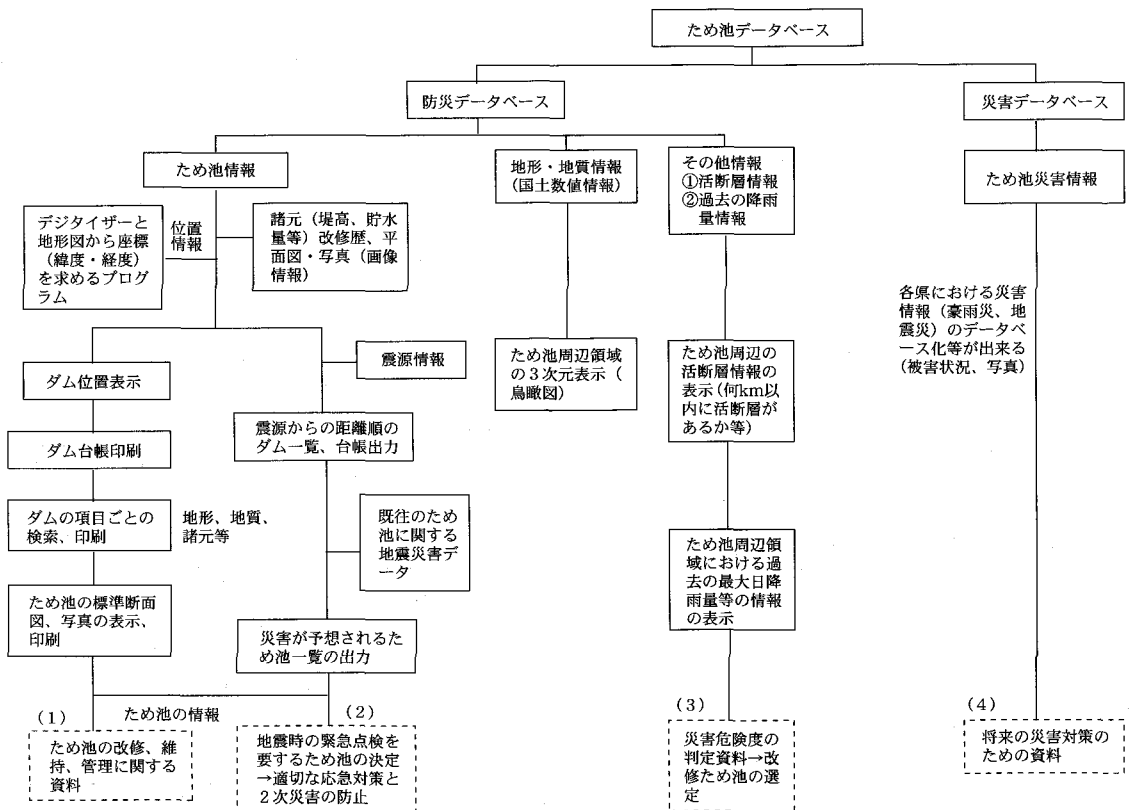


図-1 ため池データベース概念図

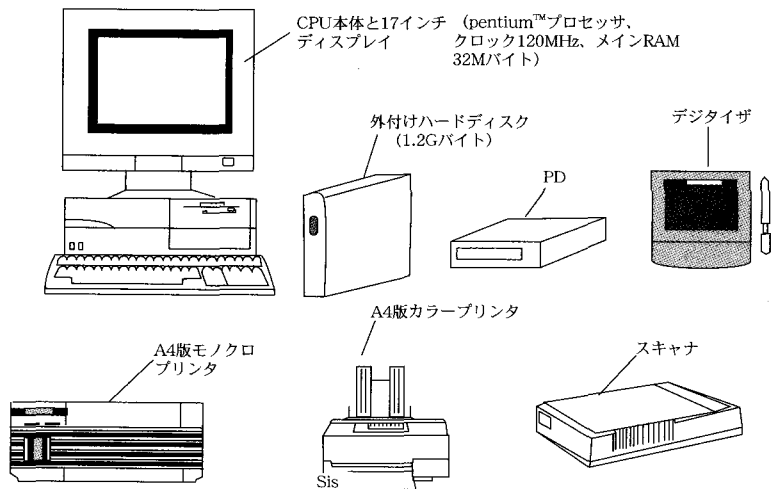


図-2 ため池データベースの標準機器構成

ータは約180項目からなり、各ため池の情報は施設コードで管理されている施設コードは2桁の都道府県コード、3桁の市町村コード、4桁の整理番号（各市町村での番号）の9桁から構成される。入力データは次の通りである。

①文字、数値情報

ため池台帳(1)：名称，施設コード，座標，管理者，築造年，目的，指定地域の有無等のデータ

ため池台帳(2)：堤体の諸元，貯水量，表層地盤・地形（国土数値情報），堤体材料，被害想定等のデータ

ため池台帳(3)：取水施設，管理状況等のデータ

ため池台帳(4)：堤体，付帯施設の老朽度，堆砂状況のデータ

ため池台帳(5)：改修歴に関するデータ

ため池台帳(6)：被災歴のデータ（詳細な被災データは災害情報に入力される）

図-3はデータベースからの出力例である。

②画像情報

画像情報は堤体の断面図，周辺の地形図，写真等である。ボーリングデータについては，入力の簡便さからイメージスキャナを用いた画像入力的方式としている。

③地震関連情報

地震の震源とマグニチュードのデータを入力することにより，過去のため池に関する地震被害の

データから災害が予想されるため池の一覧，および市町村別のため池の予想被害率が出力されるようにした。

図-4は地震のマグニチュード（M）とその地震によって被害が生じた最も遠いため池の震央距離（以下限界震央距離と呼ぶ）の関係を示したものである。過去の地震のデータから，以下のよう
にマグニチュードMと限界震央距離 Δ_d （km）が得られた。

$$\log \Delta_d = 0.858M - 4.28$$

実線は被害の発生する限界をおよそ示したもので，上の領域が無被害域，下が被害の可能性のある領域である。また，同じマグニチュードでも被害域の下方ほど被害の発生する確率は高くなる。

図-5は兵庫県南部地震における震央からの平均震央距離*と、各市町村別のため池被害率の関係を示したものである。図中に示した実線は地盤条件等を考慮せずに、市町村の平均震央距離とマグニチュードによって、各市町村に発生したため池の被害率の上限値（以下予想最大被害率**と称する）を示したものである。表-1に示した十勝沖，新潟，日本海，兵庫県南部地震についてのデータから，被害率の上限値と平均震央距離のデータから推定した予想最大被害率**と平均震央距離の関係をマグニチュードごとに示したものが図-6である。被災の程度、地盤条件等を考慮していないため、被害を大きめに見積もる判定となっている。

施設コード：124270043

ため池台帳（概要）

名称	小沢ダム	所在地	長生郡長南町大字	データベース更新年度	
	個表無し	行政コード	都道府県：12市町村：427整理番号：0043	旧台帳の地区番号	
水系	一宮川	河川区分	03：二級	JISコード	1次：5340 2次：02 3次：20
型式	09：その他	地形	10：丘陵	座標	北緯：35度21分21.0秒 東経：140度15分02.0秒
農政局	03：関東	管区		表層地質	33：半固結—固結堆積物
事業者	07：その他（不明）	事業費	0（千円）	着工年度	
				竣工年度	
目的	01：主として、農業用水として利用している。			築造年代	07：不明
施設所有者	02：県	底地所有者	07：その他（不明）		
他目的利用	01：洪水調整	将来の利用予定	08：その他		
管理者	07：その他（不明）	管理者名			
管理者住所	長南町	管理者電話番号	0475-		
市町村担当課	長南町役場	市町村電話番号	0475-46-2111		
都道府県担当部署	千葉県農林部農村整備課	都道府県電話番号	043-223-2782	地震強度区分	A
指 定 地 域 等					
地震の危険域であるか	1：はい	半島振興地域であるか	0：いいえ		
台風常襲地域であるか	0：いいえ	山村振興地域であるか	0：いいえ		
豪雪地帯であるか	0：いいえ	中山間立法地域であるか	0：いいえ		
特別豪雪地帯であるか	0：いいえ	地域防災計画に計上されているか	0：いいえ		
離島地域であるか	0：いいえ	地域防災計画に計上された年			
過疎地域であるか	0：いいえ	地域区分	0：農振		
画 像 情 報 の 有 無					
位置図	0：無し	断面図	0：無し		
写真	0：無し	平面図	0：無し		
その他の図面	0：無し	緊急時の対応を表す図表の有無	0：無し		

図-3 ため池台帳の出例

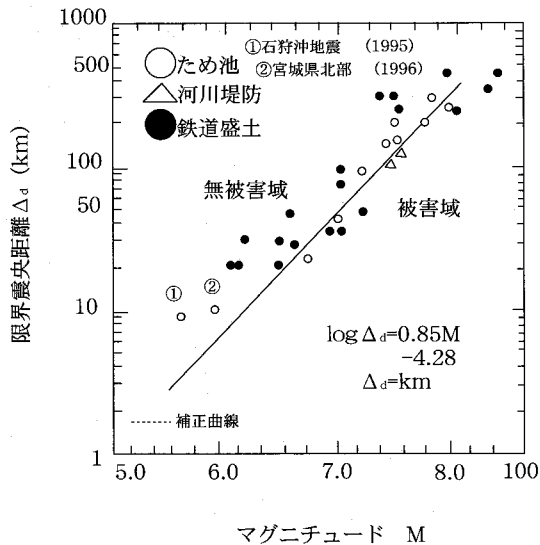


図-4 マグニチュードと限界震央距離の関係

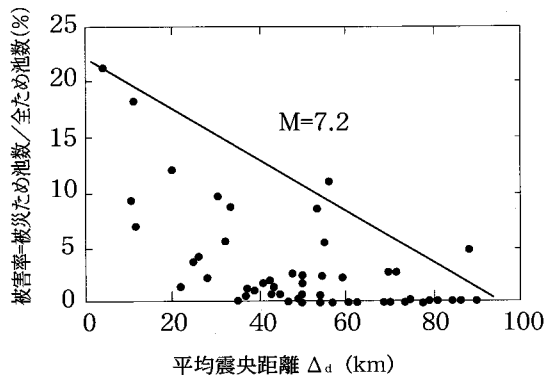
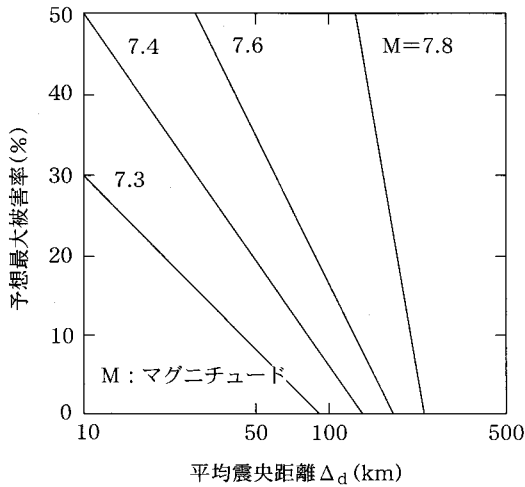


図-5 平均震央距離とため池被害率の関係
(兵庫県南部地震)



図一六 平均震央距離とマグニチュードに応じた地区別予想最大被害率の関係

いる。今後ため池の地盤条件と被害の関係を検討していくことで、地盤条件等に応じたより適切な被害率の予測値としていきたい。

- * 平均震央距離：震央から各市町村の地理的な中心までの距離をいう。
- ** 予想最大被害率：地震によって各市町村に発生する被害率の予想最大値を示す。

④既存情報

本データベースでは既存情報として国土地理院作成の数値情報の一部、活断層情報及びアメダス情報が入力されている。数値情報の中では、FDマップ、250mメッシュ標高データ、公共施設位置、ダム位置、地形、表層地質が入力されている。活断層の情報については確実度・活動度別に日本全国のデータが入力されている。降雨情報としては過去のアメダス情報の内、時別、日別、月別の最大降雨量として1次処理したデータが全国1,316箇所について入力されている。

2.2.2 災害データベース

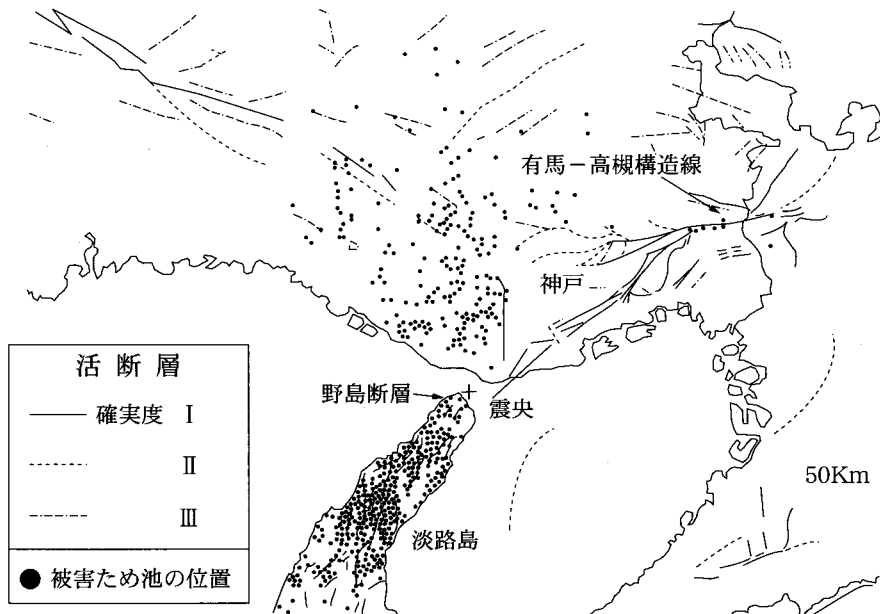
本データベースでは、防災データベースのため池台帳(6)に記述してある被災歴の他に、災害に関する詳細な情報を災害情報としてもっている。災害情報は個々のため池について複数の被災歴を記録化することが出来る。その内容は次の通りである。

災害ため池台帳(1)：名称、位置、堤体諸元等

災害ため池台帳(2)：被災原因、被災状況、被災写真などの画像情報

災害ため池台帳(3)：復旧方法の概要等

現在この災害情報には兵庫県南部地震で被災を受けた約1,300箇所のため池の被災データ、被災写真が納められている。図一七は兵庫県南部地震



図一七 災害データベースの表示例（兵庫県南部地震の例）



写真一 兵庫県南部地震で被災した二六池の画像の出力例



写真二 兵庫県南部地震で被災した泉中池の画像の出力例

での被災ため池の位置及び活断層の位置を示したものである。写真一、二は兵庫県南部地震の被災写真をデータベースから出力した例である。

データベースの基本機能として①データの登録・修正、②表示、③検索機能がある。表示機能では、数値地図情報に基づく地図の任意の拡大・縮小機能、活断層情報の表示、およびアメダス情報に基づく時間別、日別等の最大降水量の表示が行える。

検索として①項目検索、②地震関連検索、③活断層検索がある。地震関連の検索は、検索距離震央とマグニチュードを入力することにより、震央からの距離が小さい順にため池および堤高・位置等の情報が表示・出力される。これにより地震時に点検を要するため池が抽出できる。さらに市町村別の予想最大被害率の表示が行える。活断層の検索では、活断層の確実度・活動度の条件及び活断層からの距離を与えることにより、この条件に妥当するため池を抽出できる。ため池の事例では活断層から1km以内では被災率が高い傾向があるので、ため池を改修・強化するときなどにその対象となるため池を選択することなどに活用できる。

3. 宮城県北部地震における事例

3.1 被害の概要

平成8年8月11日に発生した「宮城県北部地震」は、マグニチュードが5以上のものが3回発生している。震央の位置を表一2に示した。

県のまとめでは被害は鳴子町を中心として、8月16日現在の調べでは、約17億5,000万円に達す

表一2 宮城県北部地震の震央

地震 No.	年月日 時間	マグニチュード	震央 (緯度・経度)
1	96. 8. 11 3時12分22秒	5.9	38° 54' 28" 140° 38' 14"
2	96. 8. 11 3時54分16秒	5.4	38° 53' 56" 140° 39' 31"
3	96. 8. 11 8時10分50秒	5.7	38° 51' 32" 140° 40' 37"
4	96. 8. 11 15時01分37秒	4.7	38° 51' 11" 140° 41' 2"
5	96. 8. 13 11時13分 秒	5.0	° ' " ° ' "

※震央は気象庁発表のデータ

る。県道、江合川の護岸の被害など、土木関係だけで約13億4,000万円の被害、農地・農業施設ではため池、農道等で約2億400万円、水産林業では約1億8,600万円の被害が発生した。農地・農業施設の被害は鳴子町を中心として大部分は比較的狭い範囲に限られている。

3.2 ため池の被害とため池データベースの適用について

ため池は前述したように宮城県内で4箇所、山形県内の1箇所で被災した、No.1の地震の震央と宮城県内で近傍にあった、ため池の震央距離を示したものが表一3である。表一4は被災ため池の一覧を示したものである。なお、山形県内のため池のデータは十分に得られていないため、ここでは省略した。

No.1の地震(平成8年8月11日3時に発生)で

表一 3 ため池の位置と震源からの距離

No. 1の地震発生日時：平成 8 年 8 月 11 日 3 時 12 分 22 秒

震央位置 [北緯] 38度54分28秒 [東経] 140度38分14秒 距離：20km マグニチュード：5.9 限界震央距離：6 km						
番号	名称	所在地	被災の有無	北緯	東経	震央距離
①	大森平溜池	宮城県玉造郡鳴子町	有	38° 51' 00"	140° 38' 30"	6.4
②	田野溜池	宮城県玉造郡鳴子町	有	38° 49' 10"	140° 37' 10"	9.9
③	田野沢溜池	宮城県玉造郡鳴子町	無	38° 48' 40"	140° 37' 10"	10.8
④	田野 1 号溜池	宮城県玉造郡鳴子町	有	38° 48' 18"	140° 38' 27"	11.0
⑤	田野 2 号溜池	宮城県玉造郡鳴子町	有	38° 48' 30"	140° 38' 30"	11.2
⑥	鍛冶谷沢溜池	宮城県玉造郡鳴子町大口	無	38° 45' 00"	140° 45' 40"	13.3
⑦	立小路溜池	山形県最上町	無	—	—	17.0

表一 4 宮城県北部地震によるため池の被害

県名	市町村名	ため池	諸元				被災内容
			堤高 (m)	堤頂長 (m)	総貯水量 (m³)	タイプ	
宮城県	鳴子町 鬼首	田野	2.8	28.0	3,600	表面遮水 (コンクリート)	堤体下流側法面崩壊(L=10m)
	鳴子町 鬼首	大森平	2.7	177.0	14,740	均一	ため池表面被覆(モルタル)に亀裂が入り、はらみが生じた漏水あり
	鳴子町 鬼首	田野 1号	—	343.0	—	表面遮水 (ゴムシート) 水田を堀 込み築造	1号ため池脇農道に亀裂が入り、ため池の法面にはらみが生じた底樋上部道路沈下に伴う、底樋の沈下(20cm)
	鳴子町 鬼首	田野 2号	4.7	326.0	24,000	表面遮水 (ゴムシート)	2号ため池堤体が20cm沈下、ため池法面にはらみが生じた
山形県	最上町	立子路	8.5	—	—	均一	樋管から漏水あり
計		5ヶ所					

の震央距離順のため池リストを見ると、5つのため池の内、4つのため池受けが被災している。すでに提案している、図一 4 の関係からNo. 1の地震では被害の発生し得る限界震央距離は約 6 km と計算される。しかし、山形県内のため池で実際の被害の発生した震央距離は11km程度になっている。

これについては、マグニチュードの小さい内陸型地震では図中の石狩沖地震でのデータが示すように、マグニチュードの大きいものと比べて、限界震央距離が大きくなる傾向があると考えられる。この関係を考慮すると、図一 4 の直線でマグニチュードの小さい範囲については今後のデータの蓄積によって修正する必要があるが、本データベースでの災害予測が可能であることが検証出来た。

4. おわりに

1995年の兵庫県南部地震では多くの農業構造物、特にため池に大きな被害が発生した。ため池の数は10万箇所以上にもおよぶので、災害時に被害の可能性のあるため池の抽出と点検を行い、新たな2次災害を防ぐことが重要である。このために、ため池データベースの構築を行った。データの入力については約 9 万箇所のため池を対象として、各自治体で行なわれた。今後は地図の高精度化、入力項目の追加検索機能向上などの検討を行い、防災に役立つため池データベースの確立に努めていくとともに過去の災害データの入力、他の農業施設のデータベース化にも取り組んでいきたい。

参考文献

- 1) 谷茂, 芳野裕: 農業施設構造物の地盤・土質情報のデータベース化の試み, 地盤情報のデータベースに関するシンポジウム論文集, 163-166, 1991.
- 2) 谷茂: 北海道の農業用ダムデータベースとその活用例, 農業土木学会大会講演要旨集, 71-72, 1993.
- 3) 多賀直恒・今岡克也・名倉繁樹・西澤崇雄: 地盤データベースをもとにした名古屋地域の液状化予測, 第26回土質工学研究発表開講演旨集, pp.983-986, 1990.
- 4) 中村豊・豊田健司: “ユダレス”と“ヘラス”総合地震防災システムの構築, 土木学会誌, pp.10-13, 1993.
- 5) 田尻要・中山洋・今泉繁良: 地盤数値情報データベースをもちいた熊本県中部地域斜面災害の解析, 土質工学会論文集, pp.159-168, 1992.



電業社ポンプ。

茨城県農地部舞鶴水機場
1,000馬力PF-GM斜流ポンプ



株式会社 電業社機械製作所

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

3次元画像による景観シミュレーション —ニツ石ダムの原石山採取における事例—

佐々木 博* (Hiroshi SASAKI) 高野 仁** (Hitoshi TAKANO) 谷藤隆三** (Ryuzo TANIFUJI)

目 次

1. はじめに	13	4. ニツ石ダム原石山採取計画の検討	16
2. ニツ石ダム諸元及び原石山予定地の概要	13	5. おわりに	17
3. 景観保全を配慮した原石山の採取計画に用いた 3次元地山情報システム	15		

1. はじめに

鳴瀬川農業水利事業の基幹施設であるニツ石ダムは平成4年度から工事用道路に着手し、平成9年度のダム本体工事の発注に向けて鋭意作業を進めている。

同事業のうちニツ石ダムの堤体のロック材を採取する原石山については、ダムサイトから半径約20kmを対象に20ヶ所を1次選定し、最終的に岩質・賦存量を満足する箕ノ輪山地区を原石山予定地として計画している。しかし、原石山採取計画段階において『流紋岩は漏斗型のドーム状岩体を形成しているため、掘削範囲が限定されるという地質条件に加え、箕ノ輪山の山体自体が地元住民のシンボルとなっていることから、地域住民に対して景観を配慮した原石山採取計画を提示する必

要性』が検討要素の1つとして挙げられた。一方近年、環境保全機能の維持増進が指摘されているが、このうち景観の保全は最も重要な課題の一つとなっている。そこで本報告では、原石山採取計画において採取形状と景観とを三次元的に地山情報処理(シミュレーション)をした事例を紹介する。

2. ニツ石ダム諸元及び原石山予定地の概要

(1) ニツ石ダムの諸元

ニツ石ダムは、宮城県加美郡宮崎町に計画している中心遮水ゾーン型ロックフィルダムである。

ニツ石ダム諸元、ニツ石ダム計画位置および標準断面図を表-1、図-1、2に示す。

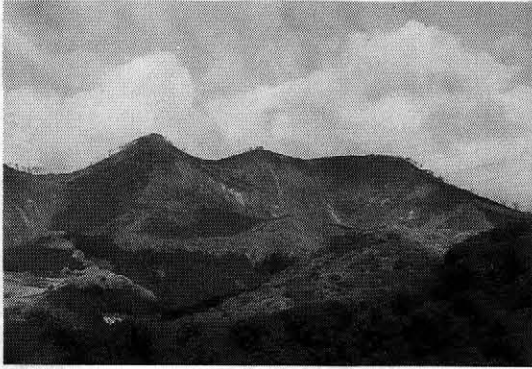
(2) 原石山予定地の概要

原石山予定地は、ダムサイトより北西約4km付近に位置する。同付近は、宮城県と山形県との県

表-1 ニツ石ダム諸元表

一	ダ ム 名	ニツ石ダム		
	ダ ム 所 在 地	宮城県加美郡宮崎町宮崎字北		
般	基礎地盤地質	新第三紀中新世の 魚取沼層(凝灰岩)	ダム目的	かんがい
	貯水池			
貯水池	流域面積	直接：19.1km ² 間接：0	合計：19.1km ²	
	貯水量	総貯水量：10,600千m ³ 、有効貯水量：9,700千m ³		
	設計堆砂量	900千m ³ (470m ³ /km ² /年)		
洪水吐	形 式	越流式側水路型	設計洪水量	540m ³ /s (根拠 A項)
	ゲ ー ト	なし	減勢工形式	副ダム式
堤 体	形 式	中心遮水ゾーン型ロックフィルダム		
	堤 体 規 模	堤高：70.5m、堤項長：439m、堤体積：2,056千m ³		

*東北農政局大崎農業水利事務所企画設計課
**株式会社ダイヤコンサルタンツ



写真一 1 箕輪山現況写真

境，奥羽山脈内の箕ノ輪山とそれに連続する山塊地域である。また，同付近は宮崎町内から三つの頂として眺望できる。

原石山予定地の地質は新生代新第三紀中新世の魚取沼層で，泥岩・凝灰岩の互層，凝灰岩および流紋岩から構成され，ロック材としての採取対象地質はこの山塊中央部に分布する流紋岩である。

同流紋岩体は，周辺堆積岩類を貫き，漏斗型のドーム岩体を形成している。

3. 景観保全を配慮した原石山の採取計画に用いた3次元地山情報システム

景観保全を配慮して原石山の採取計画検討に用いたシステムは，三次元地質情報処理システム[VULCAN (バルカン)]である。システム概念図を図-3，データ処理の流れを図-4に示す。

VULCANの仕様及び特徴は次のとおりである。

- ・VULCANは当初鉱山開発を目的として考案されたソフトウェアである。
- ・地下空間における様々な種類の情報を入力し，これを三次元に表示することができる。
- ・主な機能は，ボーリングデータの登録と管理，地形面や地質境界面，断層面などのモデリングとそのカラー表示が可能である。
- ・また，モデリングの際には，回転・俯瞰・拡大・縮小あるいは断面の表示など機能的な表示シ

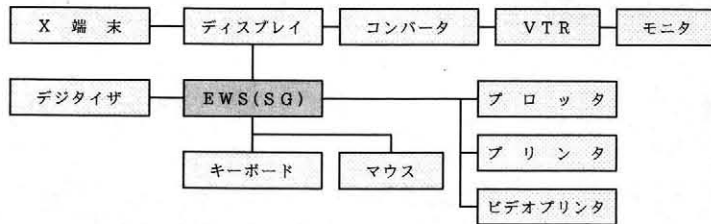


図-3 3次元地山情報システム(VULCAN)のシステム概要

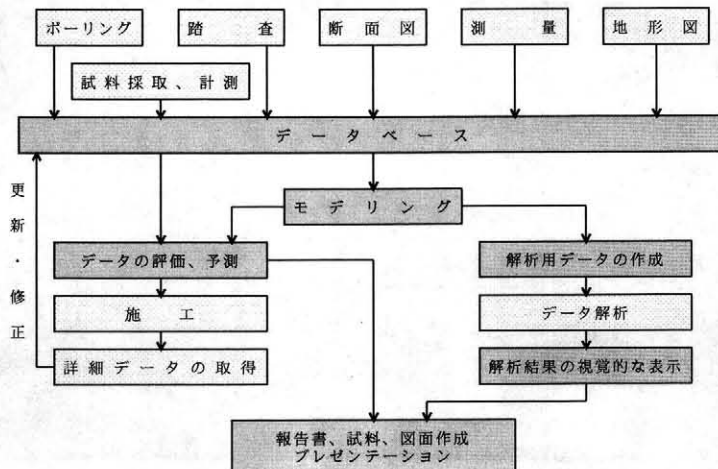


図-4 VULCANを用いたデータ処理の流れ

テムを有し、調査結果の検討がリアルタイムにできる。

- 具体的には、トンネルや、貫入岩体の形状など不規則な面もモデリングにより、より詳細な検討が可能になる。
- そのほか盛土量・掘削土量の計算、統計処理のような計算機能がある。

4. ニツ石ダム原石山採取計画の検討

4-1 検討の流れおよび検討項目

景観を配慮した原石山採取計画の検討は、図一5に示す流れに沿って検討した。

検討項目は以下に示す5項目である。

- (1) 地形の3次元モデリング
- (2) 地質分布の3次元モデリング
- (3) 掘削形状の3次元モデリング
- (4) 賦存量計算

(5) 景観シミュレーション

以下検討した項目の内容を整理すると次のとおりである。

(1) 地形の3次元モデリング

「ニツ石ダム原石山地形図(1/1,000)」をもとに、3次元地形モデリングシステムを用いて3次元地形形状のモデルを作成した。

(2) 地質分布の3次元モデリング

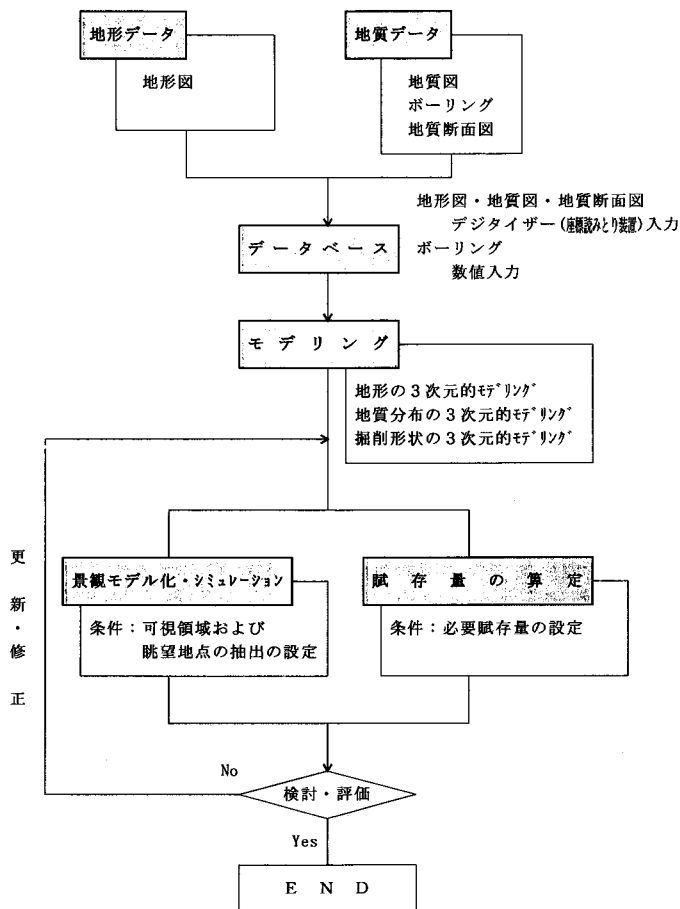
既往地質断面図をもとに、3次元地形地質モデリングシステムを用いて3次元の地質モデルを作成した。

(3) 掘削形状の3次元モデリング

掘削形状断面図をもとに3次元地形地質モデリングシステムを用いて掘削形状の3次元モデルを作成した。

(4) 賦存量計算

掘削形状4ケースについて、各地層の賦存量を



図一5 景観を配慮した原石山採取計画検討の流れ

算出した。

(5) 景観シミュレーション

指定した方向から眺望したとき想定される景観を3次元グラフィックより表現し、掘削線および景観の検討を行った。

また、景観への影響を把握するため主要な眺望地点の抽出および可視領域を設定した。具体的には、

- ①スキー場、公園等の不特定多数の人が多く集まる場所
- ②その地域を代表する景観を展望できる場所
- ③地元住民の日常生活の上でよく利用される地点

を考慮し、宮崎町内からの眺望を重要地点とした。(前述図-1参照)

4-2 検討結果

各ケースの検討結果を整理して表-2に示す。

表-2 掘削計画検討結果

	計画の概要	賦存量計算結果
ケース①	左側山頂中心に掘削	流紋岩:169万㎡
ケース②	尾根の裏側のみを掘削	流紋岩: 32万㎡
ケース③	スカイラインを全体に下げる	流紋岩:194万㎡
ケース④	中央山頂を中心に掘削	流紋岩:167万㎡

*上記表に示した方向は、宮崎町から眺望した位置関係を示す。

各検討結果について整理すると次のとおりである。

- ケース① 左側の山頂が他の山頂より著しく下がり、スカイライン(山と空を区切る輪郭線)が最も損なわれる。
- ケース② スカイラインは変化しないが、採取量が不足する。
- ケース③ 最もスカイラインの変化が少ない。しかし右側山頂には三角点と気象口ポットがあり移設が必要になる。
- ケース④ 掘削後に現れる裏側のり面に植生工を施すことにより、見掛け上現況のスカイラインに類似した景観を確保することが可能である。

本検討においては、賦存量計算と掘削ケースおよび掘削前後の景観を考慮して進めた。検討に用いたモデリングの代表例を写真-2~5に示す。

その結果、賦存量を満足し、また景観を大きく損なわないケース4に決定した。

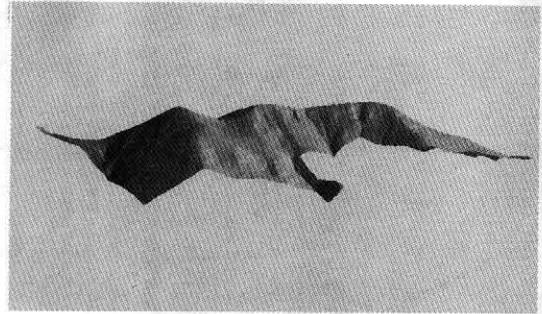


写真-2 3次元グラフィックによる箕輪山

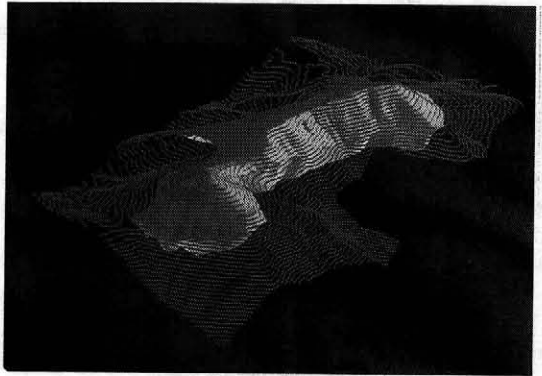


写真-3 山体の流紋岩の分布状況(赤色部分)

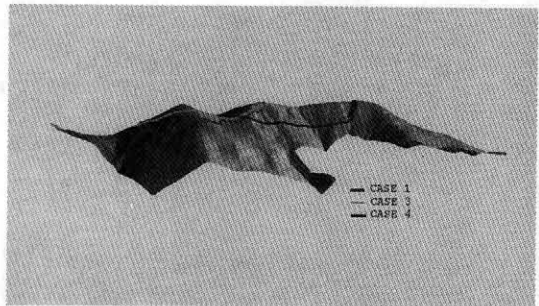
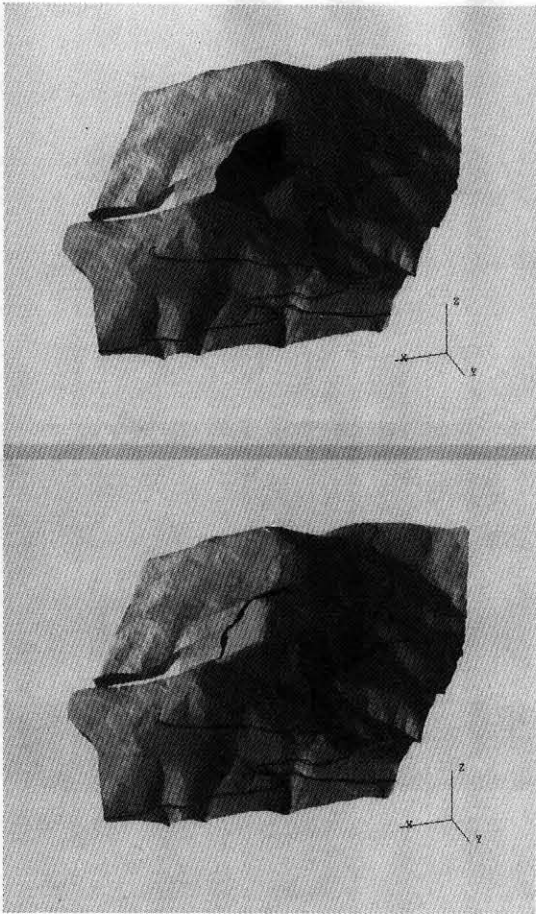


写真-4 各ケースごとの掘削線

5. おわりに

原石山の採取計画は、通常地形図、地質図、縦断図及び横断図等をもとに算出検討を行い、最終的に経済的な観点から掘削形状を決定することが多い。しかし、本事例のように原石山採取計画地点を眺望できる位置からの景観と採取量を整合させながら、掘削形状を検討するには多大な時間と労力を必要とする。また、第三者に対する客観的



写真—5 上空から見た原石山掘削形状

な説明資料を作成することもなかなか困難である。

今回は、以上の点について「VULCAN」という三次元地山情報システムを適用した事例を紹介した。検討結果は、賦存量を算定しながら掘削形状が三次元的に表現されるため、視覚的に第三者に理解されやすい資料として提出できたものと判断される。また、検討に用いたデータをデータベースに管理しているため、採取計画の変更に対しても容易に対応出来るというメリットがある。

本報告は、原石山採取計画での適用事例を紹介したが、当3次元地山情報システムには、他に次のような応用が考えられる。

ダムにおける湛水時の景観検討や貯水量の算出、さらに地質構造モデルを作成することにより堤体の設計等に利用可能である。

また、道路計画、トンネル計画等、初期段階の計画から、施工計画においても適用可能と考えている。

農村における高度情報通信基盤の整備に向けて

渡 辺 昭 弘*
(Akhiro WATANABE)

目 次

1. 高度情報化社会の到来 ……………19	4. 高度情報化による農業・農村の将来像 ……………21
2. 高度情報通信基盤普及状況 ……………19	5. 農村における高度情報通信基盤の整備 ……………24
3. 農村地域の課題 ……………20	

1. 高度情報化社会の到来

インターネット、携帯電話、衛星デジタル放送などの急速な普及にみられるように、高度情報化社会の到来は目前に迫っています。本格的な高度情報化社会では、映像、音声、データ等の情報がデジタル化技術によって一元化し、光ファイバ網等の有線系や人工衛星等の無線系の高度情報通信基盤により、高速、大容量及び双方向の通信が可能となり、私たちの生活や経済活動が、次のように変わると予想されています。

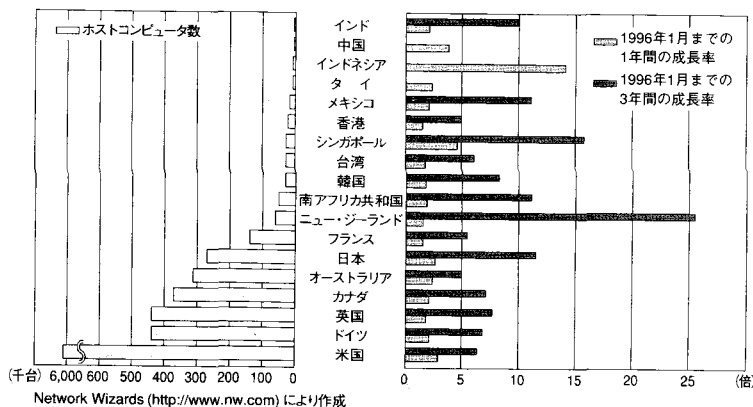
① 高度情報化の進展により、情報産業を始め新たなビジネスが数多く出現することにより産業構造が変わるとともに、テレワーク（在宅勤

務）などの普及により就業形態も大きく変化することになります。

② 遠隔医療、遠隔教育、電子行政サービス、電子マネー、VOD（ビデオ・オン・デマンド）等の情報サービスが日常生活に普及し、地理的なハンディを持つ地域でも都市と同様の利便性を享受できるようになります。こうした変化は、これまでの社会における距離や時間による制約が克服されることを意味しています。

2. 高度情報通信基盤の普及状況

(1) 各国のインターネット接続ホストコンピュータ数の状況
米国の Network Wizards 社の公表によると、



図一 1 国別のインターネット接続ホストコンピュータ数と成長率

*構造改善局整備課 課長補佐

主な国別では、米国が約600万台と圧倒的に多く、2位以下を大きく引き離しています。一方、我が国は約27万台と世界第6位ですが、これは米国の20分の1以下であり、ドイツ、英国の約6割にすぎません。

また、1996年1月までの1年間の成長率を見ると、日米欧の各国ともおおむね倍増していますが、インドネシア（13.3倍）、シンガポール（4.3倍）中国（3.8倍）のように、主要先進国よりさらに大きく増加している国もあります。さらに過去3年間の成長をみると、ニュージーランド（26.1倍）、シンガポール（16.7倍）、日本（11.6倍）、南アフリカ共和国（11.1倍）、インド（9.97倍）において、目ざましい発展を上げています。

(2) 移動通信市場の拡大状況

我が国における携帯電話、PHS等の移動通信市場では、新事業者の参入や端末機の売り切り制導入以降の競争促進による利用料金の低廉化、端末機の低価格化等を背景に、移動通信の契約者数は、大きく増加を続けています。昭和60年度には1,044億円であった移動通信市場は平成6年度には1兆3,867億円までに拡大しましたが、なお加速度的に成長を続けており、7年度は2兆円を越える見込みとなっています。

(出典：H8年版「通信白書」郵政省編)

3. 農村地域の課題

(1) 農村と都市の情報格差の拡大

図3は、平成6年5月に郵政省の電気通信審議会答申の中に掲げられた光ファイバ網の整備目標です。エリア別の整備時期をみると、都道府県庁所在都市から整備が始まり、次に10万人以上の都市に移り、その後10万人以下の市町村となる訳ですが、この整備目標でいくと人口の少ない農村地域は最後に回されることとなります。また、これらの整備は、NTT等民間事業者が進めることとしていますが、都市に比べて需要密度が低くて採算が取りにくい農村部、特に中山間地域で目標どおり整備されるのか、はなはだ疑問です。

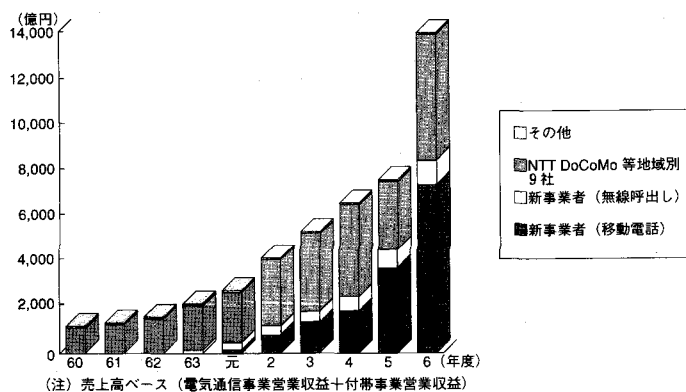
農村は、今でも都市に比べて情報の量、質、基盤の整備状況等で大きく遅れていますが、電気通信審議会答申の通り、都市から光ファイバ網の整備が進むとすれば、情報格差は一層拡大することになります。

さらに、ハード整備の遅れは、飛躍的に進歩している高度情報通信技術の利活用の中でも遅れを拡大することになります。

(2) 国土の均衡ある発展のための高度情報化の推進

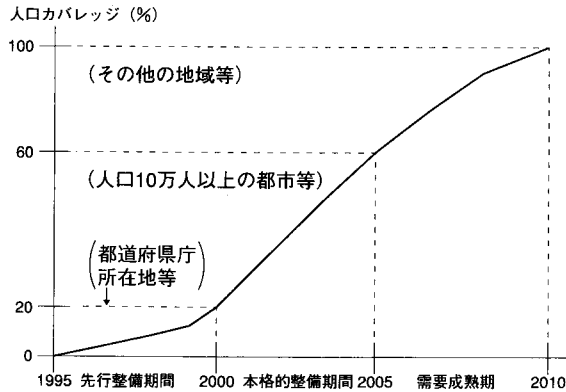
現在、社会問題となっている農村の過疎化や都市の過密化の原因のひとつに情報格差がありますが、高度情報化によって新たに就業機会を創出し、国土の均衡ある発展を図るためには、むしろ、農村地域において積極的に高度情報化を推進することが重要です。

(3) 先進的な農業者の育成と多様な流通形態の実



図一 2 移動通信市場の拡大

【平成6年5月郵政省電気通信審議会答申より】



エリア別の整備時期	
2000年	都道府県庁所在都市内の主要地域及びテレトピア指定都市の一部
2005年	人口10万人以上の都市内及びテレトピア指定都市の一部
2010年	全国整備の完了
公共機関の整備時期	
2000年	公共的アプリケーションの開発・導入に併せて、全国の学校、図書館、病院、公民館、福祉施設等の公共機関への光ファイバ網整備の完了

図一 3 光ファイバ網の整備目標

現

国際化の進展に伴い、農業者が自ら情報を受発信し、創意工夫を生かした農業経営を行うとともに、営農技術の高度化による生産性の向上を図る必要があります。また、消費者の多様なニーズにきめ細かく対応した多様な流通形態を実現するとともに、農村と都市の交流を促進する必要があります。これらを実現する方策として、農業・農村における高度情報化の推進は有効な手段であると考えられます。

4. 高度情報化による農業・農村の将来像

(1) 高度情報化の概念

高度情報化の概念について、東京大学工学部の月尾教授の講演内容から紹介します。

① ネットワーク網は世界に通じる。

ア. シームレスなネットワークの実現 (シームレス：つなぎ目のない)

インターネットのようにネットワーク同士がつながり、世界中どこでも情報交換が

できるようになる。

イ. インタラクティブ・コミュニケーションができる。

(インタラクティブ：相互)

これまでは情報を一方的に受信するのしかできなかったが、自分の方からも国内はもとより世界に情報発信ができる。

ウ. ハイパーテキスト

情報の形態と情報基盤が1対1で対応しないこと。つまり、これまでは電話なら電話専用、FAXならFAX専用、TVならTV専用のネットワークを通じて情報伝達していた。これからは、1つの端末を使って、画像、文字、音を同時にひとつのネットワークによって伝えることができる。

② 遠近格差の消滅

電話回線等は距離とともに利用料金が高くなっていくのが常識であったが、回線使用料の均一料金化が始まっている。これから始まる通信料金制は距離が関係しなくなる。

〈例〉オープン・コンピューター・ネットワークという新しいインターネット用の情報サービスがNTTから提供されるが、日本中すべて均一料金となるといわれている。

また、料金は通信時間にも依存しなくなる。現在は、電話等は一般に使えば使うほど料金がかかる。これからは、時間に関係なく定額

料金のサービスが始まってくる。

〈例〉アメリカでは、市内一定料金が50州のうち47州位ある。日本でもISDN（デジタル回線）についても、平成8年4月から2,400円払うと夜11時から朝8時までの間64キロビットの回線が使い放題のサービスが始まっている。

表一 高度情報化による農業・農村の将来像

農業・農村における課題	農業・農村の将来像
<p>①職業としての農業の悩み</p> <ul style="list-style-type: none"> ・市況、出荷情報の不足により経営戦略が立てられない。 ・農産物販売価格の低迷 ・消費者ニーズの情報把握が不十分（低農薬・有機農産物等の販路の確保） ・農業技術、経営に関する情報が少ない。 ・産地規模が小規模で、農業経営体が点在しているため産地の形成が困難 ・経営体同士の情報交換の場が少ない。 ・他産業従事者との経営・技術の交流の場が少ない。 <p>②雇用、生活環境等の地域間格差の拡大</p> <ul style="list-style-type: none"> ・就業の場が少ない。 ・都市農村交流が定着しない。 ・過疎化に伴い地域防災対策が必要 ・学校、公共施設、商店等生活に関連した施設が遠い。 ・病院が遠く、高度な医療が受けられない。 ・高齢化の進行に伴う福祉対策が必要 ・財政の縮小に伴う公共サービスの低下 ・生涯教育の場が少ない。 ・都市との情報格差が拡大している。 ・情報の一方通行による大都市の優位性 ・図書館の蔵書が少ない。美術館、博物館がない。 ・娯楽施設が少ない。（カラオケ、ビデオレンタル等） <p>③地域資源管理の粗放化</p> <ul style="list-style-type: none"> ・過疎化および農業者人口の減少に伴い営農環境、土地改良施設等の維持管理が不十分 ・水質、森林、生態系等地域環境資源の悪化 	<p>①販路の飛躍的拡大による農家所得の増大</p> <ul style="list-style-type: none"> ・多品目少量の農産物の多様な流通の確立 中間マージンの取り込みをねらったネットワーク・マーケット販売 ・消費者ニーズに即応した販売の促進 有機・無農薬農産物の安定的な販売、安全性をアピールした生産過程のPR ・地域特産物の販売拡大 製造工程、食べ方等をビジュアルに表現することによる販路拡大 <p>②知恵で勝負する農業経営体の育成</p> <ul style="list-style-type: none"> ・農業経営情報をいつでも、どこでも、即時に入手 ・独自の農業経営戦略の組み立て ・異業種との連携プロジェクト開発 ・研究機関、農業者間の情報交流 ・ハウス等営農施設の遠隔操作による農業労働力の軽減と農作物の品質向上 <p>③若者が住みたくなくなる雇用確保、生活充実の実現</p> <ul style="list-style-type: none"> ・多様な都市農村交流による農村ビジネスの実現 電子広告、バーチャル体験、ネットワークコミュニケーション、イベント・民宿案内と予約 ・雇用の創出 情報産業の誘致、テレワーク、サテライトオフィス、バーチャルファクトリー ・安心して暮らせる遠隔医療、高齢者・介護支援システムの構築 ・地域防災網の構築 ・人材を育成する遠隔教育の充実 ・電子行政窓口（各種申請・届出、相談等） ・オンラインショッピング、ホームバンキング、ニュース・オン・ダイヤモンド等 <p>④地域資源の適正な維持管理</p> <ul style="list-style-type: none"> 土地改良施設、地域環境資源等の一元的かつ広域的な監視、制御、保全等による効果的な維持管理および省力化

以上のことから、送受信する位置というものは関係なくなる。これが中山間地域に重要な意味を持つ。どこで生活するか、どこで仕事するかは通信においては影響が無くなる。

③ 場所というものに影響されない生活やビジネスができる

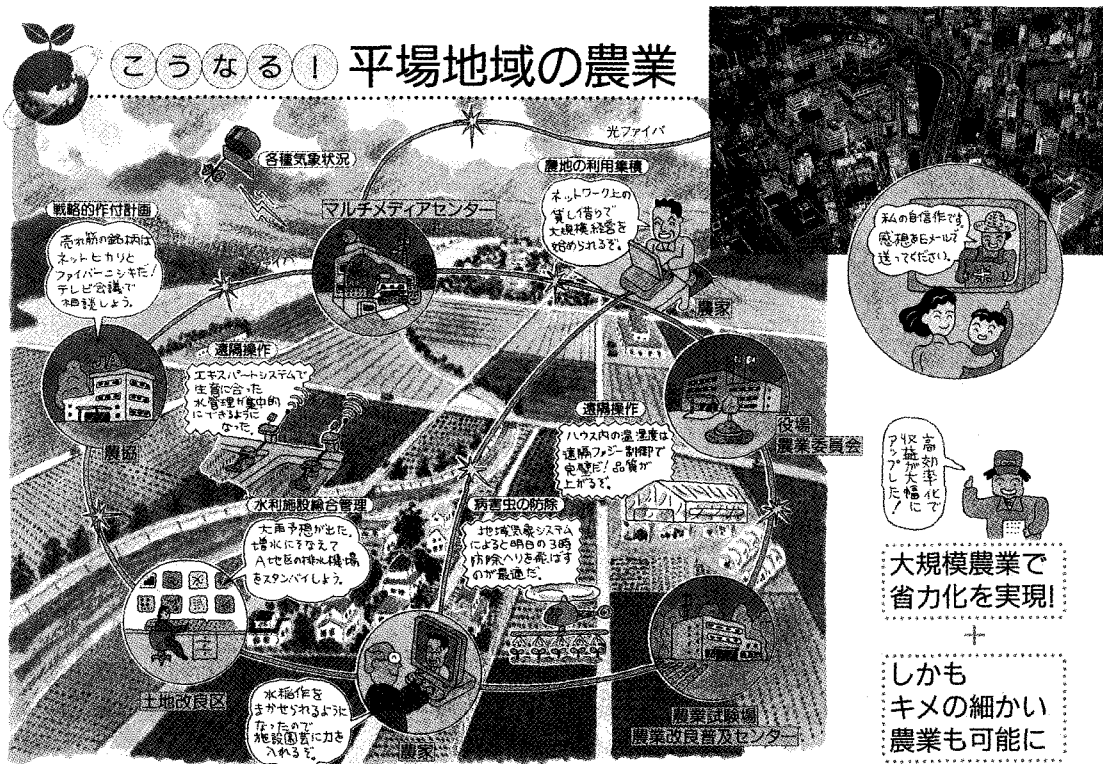
朝日新聞の電子情報が平成7年8月から実験で始められた。インターネットを通じて接続すると、どこでも無料で最新のニュースを読むことが出来る。しかもニュース速報は2時間毎に最新のニュースが追加されるので、山奥に住んでいても最新のニュースをいち早く知ることが可能となってきている。現在、世界で有料無料併せて130程度の電子新聞が提供されている。書籍のネットワーク販売も始まっている。

情報化社会がもたらすメリットは、生活やビジネスをするうえで、場所という制約から解放されるということである。

④ 農村でのビジネスが世界を相手にできる。

香川県のあるうどん屋がインターネットの中に広告を出している。各種のうどんセットの写真、値段、説明があり、下に注文欄を設けている。この店は、香川県や四国を対象にした中小の製造業であり、日本中、世界中を対象とするような会社ではなかったが、今では、日本中から注文がきており、外国からも注文がきているという。広告用のメモリーを借りる料金が月2万円だけだから、その程度の投資でマーケットは世界へ広げられることになる。

大分県が平成7年の4月から1村1品パチャル・ショップという、ネットワークのなかに広告を出すというサービスを始めた。システムとしてはシームレスなネットワークを使っているので世界中どこからでも見たい人は見れる仕組みになっている。例えば、農協でカボスを世界に向けて発送する広告を出せ



図一4 こうなる！ 平場地域の農業

ば、簡単に世界を相手に商売が出来るという時代が現実のものになっている。

(2) 農業・農村の将来像

農業・農村の抱える問題が、先に紹介した高度情報化の概念を実現することにより、新しい農業・農村の将来像を描くことができます。

高度情報化を説明しているのに文字情報だけでは十分といえませんので、画像（イラスト）で将来像を紹介します。

5. 農村における高度情報通信基盤の整備

(1) CATV 施設の高度化によるネットワークの構築

最近の情報通信技術の進歩によって、マルチメディア化、つまり、1つのケーブルの中を異なる情報が伝送できるようになり、光ファイバ機材の開発によって、信頼性が高く、大容量、高速での情報通信ができるようになってきました。こうした新しい技術を従来のCATV施設に生かし、図6のように高度化することにより、双方向通信と

TV放送の機能を持ったネットワークが構築できます。

さらに、電話局やインターネットのプロバイダー（接続サービス会社）に連結することで、国内はもとより世界との情報の受発信が可能となり、地域における総合的な情報通信基盤として活用できることとなります。

(2) 今後の課題

農村においては、都市と異なった次のような課題を有しているため、光ファイバ機材の農村型CATVへの導入に際して、これらを解決していく必要があります。

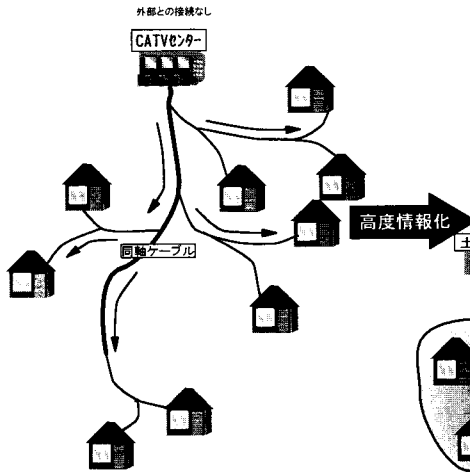
① 技術的特殊性

- ・集落が点在し、1戸建てが多いなど、居住密度が疎であること
- ・傾斜地が多く地形が多様であるなど、地形的な制約を受けること
- ・光ファイバと同軸ケーブルの経済的な分岐方式の開発
- ・多様な操作性（各農業形態での利用、農産

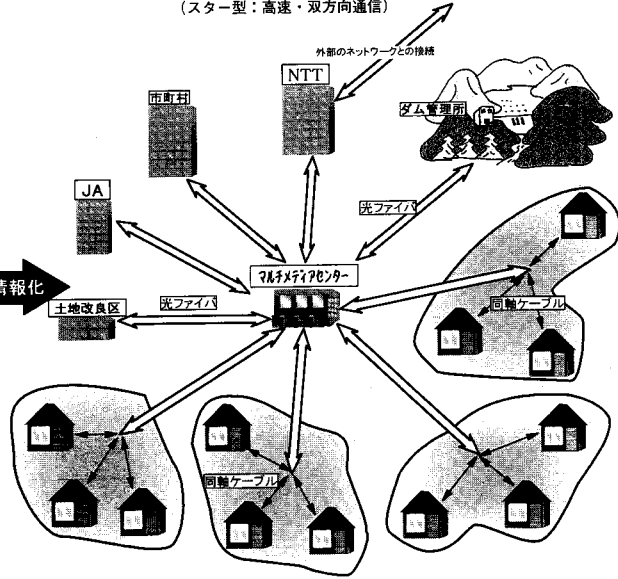


図-5 こうなる！ 農村と都市の交流

【従来のCATV施設】
(ツリー型：一方方向通信)



【CATV施設を利用した高度情報通信基盤】
(スター型：高速・双方向通信)



図一六 農村地域の高度情報通信基盤の概念図

物の高付加価値販売における利用，都市農村交流への利用，高齢者の利用等)

② 情報（コンテンツ）の特殊性

- ・農業に特化したソフトの整備（農業気象，

農業技術・経営，病虫害，流通・販売等）

- ・頭首工，揚排水機場，ため池，集落排水，営農飲雑用水等の施設の遠隔監視・制御機能等の整備水準と管理手法

大区画圃場における「水位調整柵」設置による新しい水管理

笹山 洋文*
(Hirofumi SASAYAMA)

高木 輝夫*
(Teruo TAKAGI)

栗木 保雄*
(Yasuo KURIKI)

目 次

1. はじめに	26	4. 一括かんがい・一括排水方式を取り入れて	28
2. 大区画化した試験区の概要	26	5. 水管理をさらに高度化するために	30
3. 大区画水田の水管理——一括かんがい・一括排水方式——	27	6. おわりに	32

1. はじめに

愛知県安城市は、「明治用水」とともに発展した都市近郊の水田地帯で、水稻作の受委託が進んでいる地域である。そして「大規模稲作経営体の育成」や「低コスト農業の実現」には大変熱心で、水田ほ場の大区画化や小排水路の管路化など、ほ場の基盤整備にも力を入れている。

しかし、ほ場が大規模化しても、区画内にある多数の水口や水尻の個々の操作はいぜん行われており、農家が行う水稻作労働時間のうち、かん排水管理が占める割合は約20%である¹⁾。移植や収穫などの作業が近年大きく省力化されたのに比べて、水管理は、いまでも手間がかかる作業である。

当場では、1992年から水稻栽培の水管理を省力化する目的で、用排水施設の実証的な試験を行ってきた。その結果、大区画水田の水口や水尻を、個々に操作する手間が省け、しかも用水を無駄なく利用できる「一括かんがい・一括排水方式」を確立することができた。栽培農家からは好評が得られているので、その概要を報告する。

さらに、当場の新しい試みとして、1995年から、稲の生育情報をもとに最適な水管理を行ったり、用水系に循環回路を付加して、多用途の水管理に対応するなど、大区画ほ場の水にかかわる管理作業をほぼ遠隔自動化しようと取り組んでおり、その一部も紹介する。

2. 大区画化した試験区の概要

試験区は、西三河地域に位置し、一筆面積が約

1.94ha（長辺215m×短辺90m）の大区画ほ場である。用水は明治用水（明治本流）から供給されており、末端のパイプライン（φ200～100mm）についている制水弁1か所を操作すると、7か所の水口（給水栓 φ75mm）から一括してほ場へ配水できる。

また、ほ場には水尻が8か所あり、小排水路を通じて、幹線排水路に排出する。小排水路は管路化（φ450～400mm）し、その下流端には、水路水位を管理するための水位調整柵がある（図-1）。ほ場下には、10m間隔に暗渠排水管（φ65mm）を設け、地下水は暗渠排水から管排水路へ排除できるようになっている。

土壌は、細粒黄色土で斑紋がある橋目統（全国土壤名北多久統）で、安城市を中心とする西三河洪積台地に分布している。作土は腐植により灰褐色であるが、下層は鮮やかな黄褐色を呈し、土性は粘質～強粘質で土壤構造の発達は不良である。

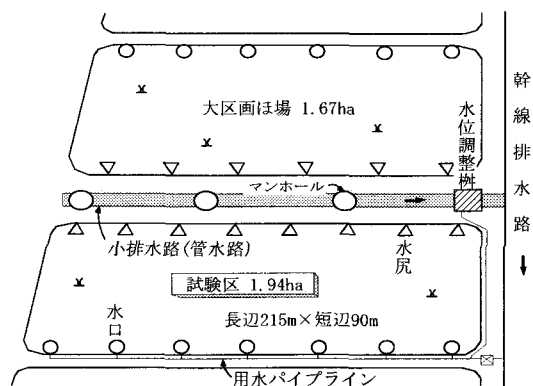


図-1 大区画ほ場の平面図

*愛知県農業総合試験場経営環境部農業土木研究室

3. 大区画水田の水管理 — 一括かんがい・一括排水方式 —

(1) 水位調整柵の構造

小排水路（管水路）の下流端に、水路水位を管理するための水位調整柵（写真・模式図）を設けた。この柵の中には隔壁があって、これを挟んで上流側（小排水路側）と下流側（幹線排水路側）に仕切ることができる。この隔壁上部にある角落しにより、上流側の水位を任意の高さに堰上げて、小排水路の水位を制御できる構造にした。ほ場からの排水は、角落しを越流して下流側に流下する。また、隔壁下部には放流ゲート（φ450mm）を設け、小排水路の水位を低下できるようにした。

(2) 一括かんがい・一括排水方式のしくみ

ほ場の湛水深は、ふつう「水口から用水を供給」し、他方で「水尻の堰板の上を越流（排水）」させて所要の湛水深を得て（掛け流しかんがい）

いる。したがって、常に水口の水量調整と水尻の高さ調整が必要で、余分な水まで掛け流ししがちである。それに30a程度の標準区画では、一筆に1組の水口・水尻でよいのに対し、大区画ほ場では多数必要なので、一筆全体（大区画）の湛水深を調整するのは、大変煩雑である。

そこで、水位調整柵と管排水路を利用することによって、こうした水口・水尻の操作が省ける水管理手法を検討した。そのあらまは、次のとおりである。

まず、水尻にあるそれぞれの堰板を下げて（または外して）おき、水位調整柵の角落して上流側の水位を堰上げると管排水路の水位が上昇する。ほ場の湛水位は、水尻を通じて管排水路の水位と連なって（図-2）いるので、角落して所要の水位に設定すれば、大区画ほ場の湛水位を得ることができる。また、隔壁にある放流ゲートを開けることにより、ほ場湛水位を下げたり、暗渠排水組

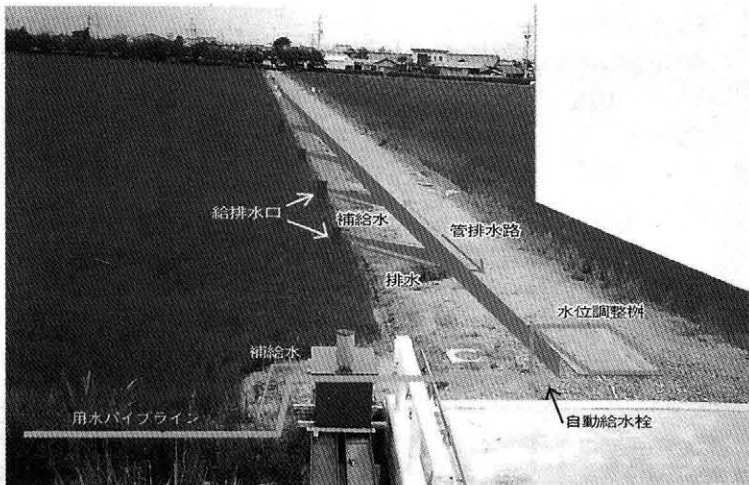
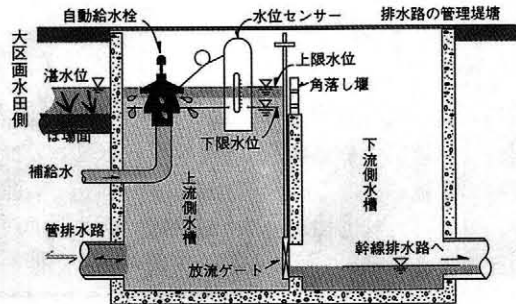
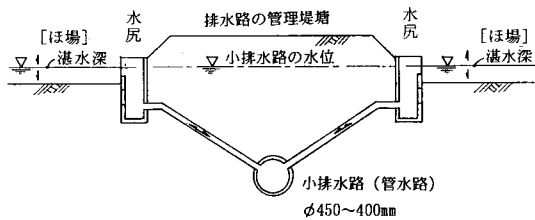


写真-1 一括かんがい・一括排水方式を取り入れた大区画ほ場



水位調整柵



図一 2 小排水路（管水路）を通じたほ場湛水深の管理

織を通じて地下水位をコントロールできるようにした。そして、水口から用水を入れておけば、その後は、水位調整柵 1 か所の操作で大区画ほ場の湛水深が管理できる。これが「一括かんがい・一括排水方式」である。

なお、小排水路には、他のほ場排水や他流域の排水が入らないので、用水は悪水と混じることがない。しかも、各ほ場毎（ほ区規模）で任意に用水のかけ引きができる点で、従来の用排兼用水路とは、性格を異にしている。

(3) 自動給水栓を併用した節水型の水管理

1994年には、用水管を水位調整柵へ引き入れて、柵の上流側水槽に自動給水栓を追加（写真・模式図）した。この給水栓は、上限と下限の水位が設定できるので、柵内の水位を自動的に保持する機能がある。自動給水栓が作動して給水を開始すると、管排水路の水位が上昇して、水尻側からほ場へ逆向きにかんがいすることができる。設定水位の上限に達すると自動的に止水する。したがって、ほ場への給水作業はほぼ全自動である。

また、隔壁上部にある角落しから溢水しないような水位を設定しておくことで、無駄な放流をなくすることができ、節水型の水管理が行える。この自動機能によって、従来の「給水量や湛水深を調整する手間」がさらに省ける。

ほ場の湛水面は、「波浪」「ほ場の凹凸」や「稲ワラ・稲株・水草（藻）」などの影響を受けやすく、ほ場内で大区画全体の水位を検知するのは難しい。しかし、この方式では、自動給水栓（水位センサーを含む）を水位調整柵内に設けているため、そうした影響が少なく、多数の水尻に連なった湛水位（小排水路の水位）を、安定した状態で検知できる。試験区では給水・止水の作動状態は、ほぼ良好である。

なお、自動給水栓の価格は、一般のフィールド

バルブより幾分高いので、日々水田で消費する補給水量（消費量10～20mm/日程度）に対応できる数に限定することとし、本試験区では2個とした。代掻きなど集中的に給水を必要とする時期は、従来の水口と併せて利用することにした。

4. 一括かんがい・一括排水方式を取り入れて

(1) 試験区の水管理状況

図一 3 は、水稻生育期間における「用水補給量」「日雨量」「排水量」「田面湛水深」「排水路水位」および「地下水位」の変動状況で、1995年の例である。この年は、7月下旬から約1か月間晴天が続いたものの、長期的にはほぼ平年並みの天候であった。従って、節水に伴う断水などの特異な水管理は行われなかった。

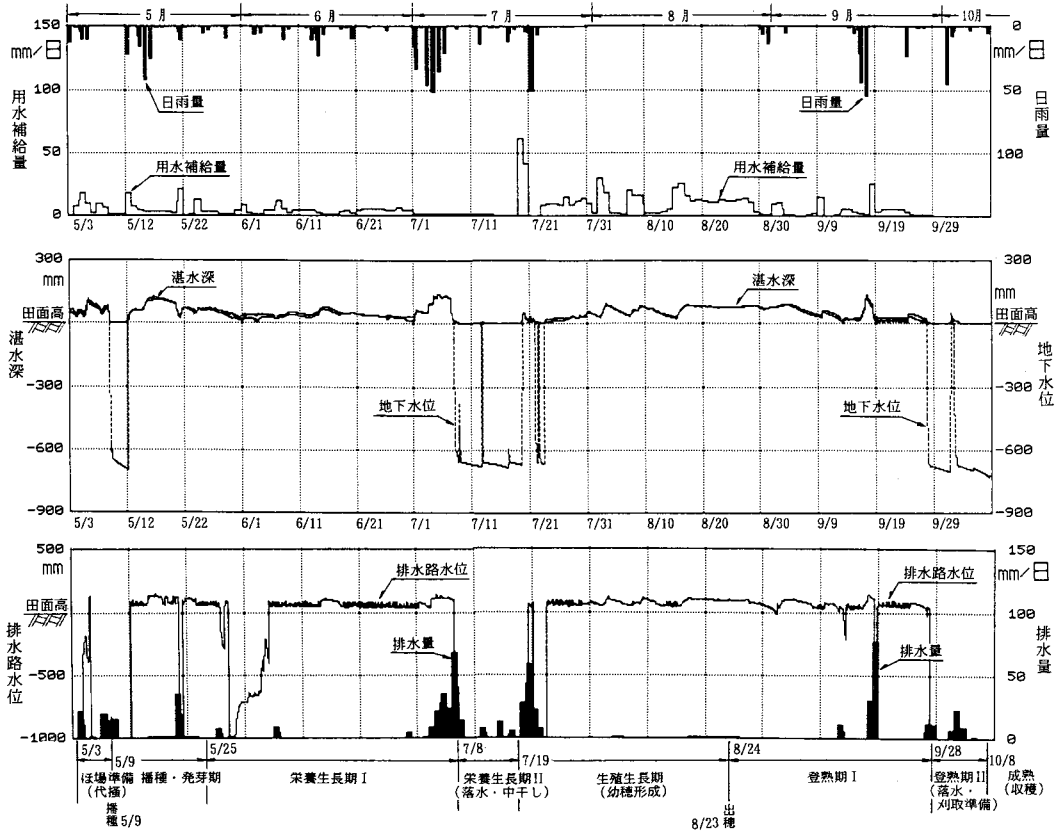
管排水路（水位調整柵）の水位は、自動給水や止水機能が作動して上限～下限水位の間を鋸刃状に変動（図一 3 下段）している。ほ場湛水深は、管排水路から連なる管理水位に「降雨に伴う流入」や「消費水量（浸透・蒸発散量）」が加減されて、水路水位よりも振幅は大きい、緩やかな変動（図一 3 上・中段）をしている。そして、ほぼ所要のほ場湛水深を自動的に得ることができた。

水管理の操作は、全面的に栽培農家に委ねて、すでに4年間（自動給水栓を導入してからは2年間）続けているが、水稻管理上で不都合を生じることはなかった。

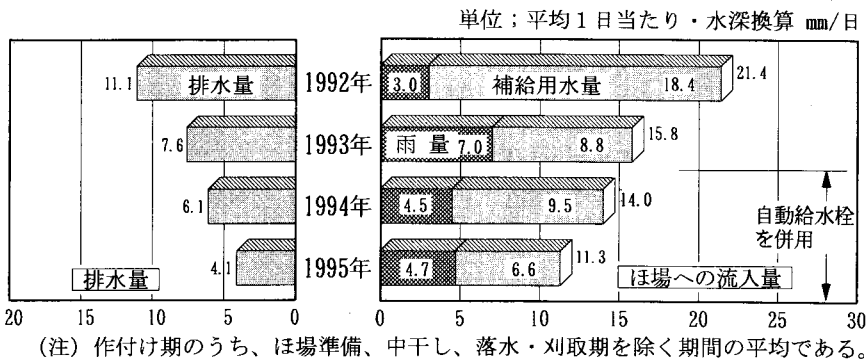
(2) 補給用水量

調査した4年間のうち1～2年目が「自動給水栓がない一括かんがい・一括排水方式」、3～4年目が「自動給水栓を導入した一括かんがい・一括排水方式」の試験である。冷夏多雨のため補給量が少なかった1993年（8.8mm/日）と渇水年の1994年（9.5mm/日）とは、ほぼ近似（図一 4）していた。また、平年並みの天候であった1995年には、補給量がさらに6.6mm/日にまで減少（図一 4）した。

一方、「ほ場への流入量（補給用水量+雨量）」と「ほ場排水量」の推移を比較してみると、年々「前者」「後者」とも減少（図一 4）してきている。グラフは大雨に伴う流入量や排水量を含んでいるし、天候・利水条件や水稻の生育など種々の要因が重なり合った結果なので、その評価をすることは難しい。



図一 3 水稻生育期間中の水管理記録 (期間1995.5.3~10.8)



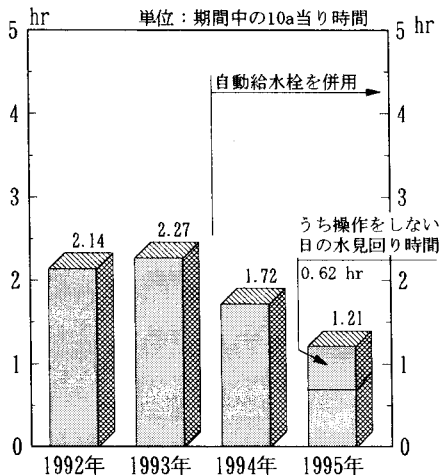
図一 4 「ほ場への流入量」「排水量」の推移 (4年間)

しかし、前述のように、自動給水栓を併用したこの方式では、田面水位が設定値以上になると自動的に止水するため、水位調整柵の角落しから溢水することが少なく、無駄な放流が避けられたことや、農家がこの水管理方式を活用して、ほ場へ入れる水量や排水量を絞る「節水型の水管理」に

慣れてきたことも一因と考えられる。

(3) 水管理労力

一括かんがい・一括排水方式の水管理に要した時間(生育期間中の10a当たり総時間、図一5)を調べた結果、1~2年目は約2時間/10aでほぼ同じであったが、3~4年目ではさらに減少し



図一 5 用・排水操作時間の推移 (4年間)

てくる傾向にあった。そして、1995年は1.21時間/10aで、4年間のうちで最も短くなった。

1993年までは制水弁を操作(手動)して、用水補給量を一括して調整していたが、その後、自動給水栓併用の方法を取り入れたことによって、水量調整のための管理労力が省力化できた。そして、農家ではこの水管理方式が定着化してきているものと思われる。

また、1995年の1.21時間/10aのうち「水見回りに出ただけで、用排水の操作をしない日」が約半分(0.62時間/10a・図一5)占めていることもわかった。

なお、東海地域の平均的なかん排水管理時間は、7.8時間/10a¹⁾といわれる。この7.8時間/10aには畦畔草刈りが含まれているが、試験区は、一筆が農道と排水路に囲まれたほ区規模の大区画水田なので、ほ区内を仕切る畦畔はない。このため草刈り作業が必要なのは、ほ区の外周にある農道や幹線排水路の堤塘であり、畦畔草刈りとしての労務は極めて少ないといえる。したがって、調査した「用水・排水操作時間」に「畦畔草刈り時間」を別途加算しても、標準の1/3程度の労務で管理できている。

(4) 普及状況と栽培管理

試験区を含む工区内は、皆が同じ形態の水管理が行えるように、全域に「一括かんがい・一括排水方式」が導入されており、その面積は約30haに及んでいる。この地域のリーダーである青山信義さん(橋目工区)は、こうした新しい大区画ほ場・管排水路・水管理・営農をふりかえって、次のような感想を述べられている。

○営農作業の時間に無駄がなくなり、栽培管理面では水の管理が楽になった。

- ・自動給水栓が区画毎に自動管理
- ・各区画の外周は、なるべく農道・堤塘・畑を配置し、畦畔を少なくしたので漏水が減少
- ・雨水は、水深が深くなると調整弁で自然放水するので、管理はほとんど無用

○小排水路を暗渠(管)にしたので、農道として利用できるし、水路法面の草刈りが減った。放流時に管内の土分を流し去るので、土砂堆積がほとんどない。

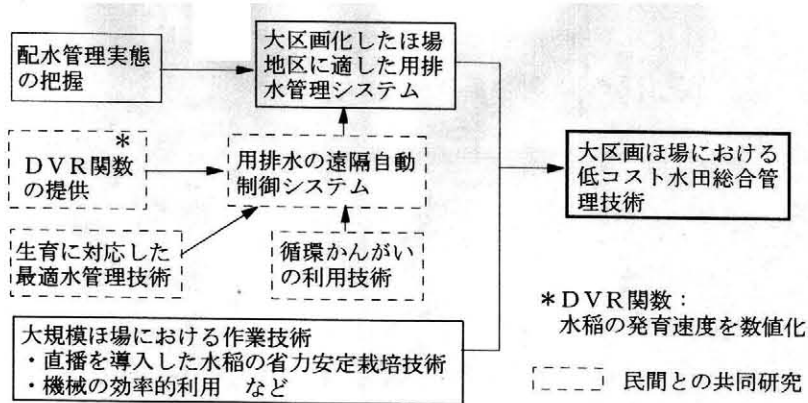
○ほ場の暗渠排水管を利用して地下かんがいをすると、野菜(一部果樹)の発芽や生育がよい。

5. 水管理をさらに高度化するために

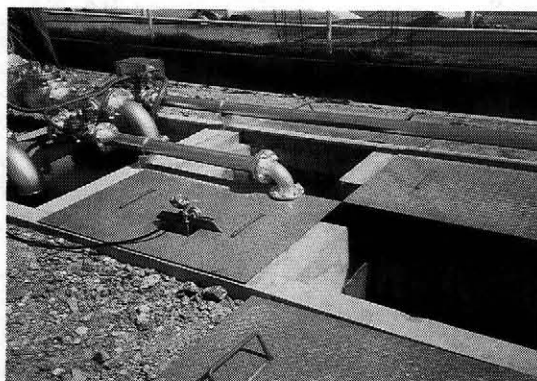
低コスト米作りの実現をめざすため、当場の安城農業技術センター内に大区画モデルほ場(面積:0.94ha)を整備した。そして、1995年から「大区画ほ場における水田総合管理技術」の取り組みを、新たに開始している。その主な内容は、大区画ほ場における「栽培管理技術(作業技術)の確立」と「水管理の高度化(用排水管理システム)」である。水に関する水稻管理作業については、最近のハイテク技術を導入して、ほぼ全自動化しようという試みである。試験は、民間と共同研究^{*1}を進めており、栽培・機械・土木・エレクトロニクス・情報関係などの人たちがそれぞれ分担している。その主な流れは、図一6に示すとおりである。

試験区の大区画化にあたっては、前に述べた「一括かんがい・一括排水方式」を取り入れて(図一7)、ほ場に用水や排水施設をまず配置した。さらに、用水循環回路、ポンプ・バルブやコンビ

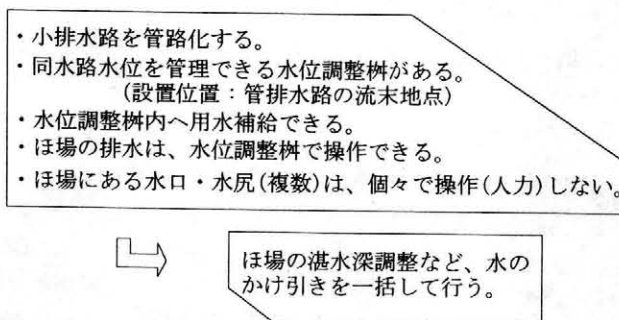
*1 共同研究:1995年から、UR農業合意関連対策の一環として、民間の研究開発能力を活用して、現場に直結した農業新技術の研究開発を行う事業(実施主体:生物系特定産業技術研究開発推進機構)が発足した。当県は、「大区画水田における水管理の高度化に関する研究開発」の協力機関の一つに位置づけられており、この「かんがい排水システムの確立」については、M社と共同で取り組んでいる。また、当場内では、安城農業技術センター、作物研究所および経営環境部が共同で取り組んでいる。



図一六 「大区画ほ場における水田総合管理技術」の流れ



写真一 二 高度化した水位調整柵



図一七 一括かんがい・一括排水方式を取り入れた基盤

ュータなどを付加し、水の流れを切り替えることによって、「一括かんがい・一括排水」「循環かんがい」「自動かんがい」「地下かんがい」など多用途の水管理法（例：図一八）に対応させている。加えて遠隔自動制御もできるシステムにした（写真・図一九）。

「ほ場・用排水基盤」や「機器設備・機器作動ソフト（基本）」は、すでに完成し、1996年から試運転に入った。今後は、用排水施設や機器の性能を把握する「ハード面のチェック」と、稲の生育情報から最適な水管理法を判断して自動運転するなど「ソフト面の充実」を図っていく計画である。

ほ場内の水は、水尻→管排水路→ポンプ(水位調整機)→水口→ほ場→のように循環する。用水の再利用や施肥・施薬など、いろいろな用途に利用できる。

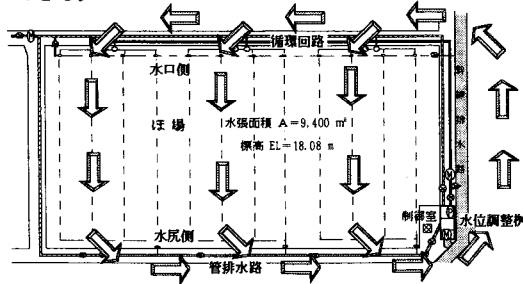


図-8 循環かんがいの流れ(水管理法の一例)

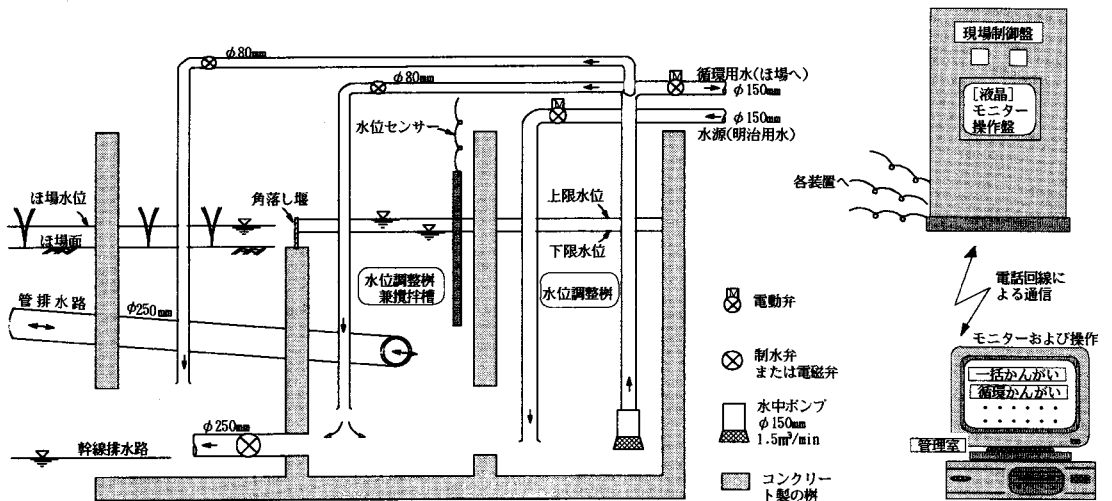


図-9 用排水管理システム(遠隔自動)の模式図

さらに、1997年からは、農家が管理している実証ほ場へ、このシステムを導入する予定である。

6. おわりに

稲作の規模拡大については、移植や直播技術の開発をはじめ、「施肥・水管理・防除などの中間管理作業の省力化」も重要であるといわれ、私たちはこのうちの「水管理」について取り組んできた。

当初は、大区画ほ場における水管理の省力化をねらって「一括かんがい・一括排水方式」の試験を進めたのであるが、下流へ無駄な水を流さないという点で、節水効果とともに、降雨は極力放流しないことが洪水調節に役立つし、肥料分や防除

剤などがほ場外(地区外排水路)へ流れ出ない管理が行えるなど、環境負荷軽減の効果に期待がもてることもわかった。そして、無電源の自動管理方式であることも特長にあげられると思う。

後段で述べた「5. 水管理をさらに高度化する」ことについては、生産現場が直面している問題解決型(即決型)の技術開発とはやや離れているが、独創的で先端的な技術の開発に対しても大きな期待が寄せられていることから、事業化されたものである。実用化にあたっては、経済コストも含めた検討が必要であるが、「夢がある試験」あるいは「未来につなぐ足掛かりが潜んでいるかも?」という点で評価していただければ幸いである。当場の試験は、まだ始まったばかりなので、

この報文では、システムの概要を紹介する程度の内容になってしまったが、すでに各地でも同様の取り組みがされているので、ここ数年の間には、各所から貴重な成果が生まれてくるものと期待している。

なお、試験にあたっては、愛知県岡崎農地開発事務所や地元の安城市橋目工区のご協力がありま

した。ここに記して深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 農林水産省統計情報部：平成6年度農産物生産費調査報告
「米及び麦類の生産費」P.74～83 (1996)

ロ ッ ク ウ ー ル 緑 化 工 法

山 田 守*
(Mamoru YAMADA)

目 次

1. はじめに	34	4. 播種工による樹林化事例	37
2. 実験の背景	34	5. おわりに	40
3. のり面緑化工に使用する木本植物の発芽・初期生長の把握	34		

1. はじめに

従来より、のり面緑化工では、外来草本植物による緑化工が主流として行われている。この手法は、盛土のり面や土砂・軟岩・硬岩の切土のり面ばかりでなくコンクリート吹付のり面の緑化も可能で、ほぼ完成された工法となっている。外来草本植物は、環境に対する適応範囲が広い、生長が早い、種子が安価で大量に流通しているなど多くの利点がある一方で、周辺環境・景観と調和していない、早期に衰退する場合があるなどの問題点も指摘されている¹⁾²⁾。

また、最近では、生態系の早期回復や景観の向上に優れた木本植物の導入、草花（ワイルドフラワー）による花景観の創出、郷土植物に限定した植物群落の復元など、質的に高い緑が要求されることが多くなっている。特に、自然環境への認識が高まる中で、木本植物の導入に対する要望が強くなり、いわゆるのり面の樹林化が注目されている。

そこで、本報告では、のり面の樹林化を目的とした当社の取り組みとして、木本植物の発芽・初期生長といった基本性状を明らかにする基礎実験および樹林化の専用工法として開発したロックウール緑化工法による樹林化事例について紹介する。

2. 実験の背景

木本植物の実生繁殖法に関しては、苗木の生産に関するいくつかの文献に種子の取り扱い、苗の仕立方などが示されている³⁾⁴⁾。しかし、これら

の中では、播種時期の限界や不適期の場合の性状に関してはほとんど言及されていない。これらは、いかにうまく苗木を仕立てるかを示したものであり、不適期にわざわざ播種する必要もなく、したがって詳しい研究もなされていないためであろう。しかし、主体となる土木工事の工程に左右されるのり面緑化工事では、播種時期の限界を知ることや不適期での発芽・生長といった木本植物の基礎的な性状は、使用植物の選定、播種量の設定において重要なポイントとなる。

そこで、木本植物の発芽・初期生長といった基本性状を明らかにする基礎実験を行い、その成果をもとに現場での実証実験を実施する。そして、現場での生育と基本性状とを照らし合わせ、適応性を検証するといった実験に取り組んでいる。

3. のり面緑化工に使用する木本植物の発芽・初期生長の把握

3.1 実験の目的

木本植物の発芽の傾向および樹高の初期生長経過を知り、適切な播種時期や播種量の設定根拠を得ること、またのり面での導入時における生育の良否や検査時期の判断の目安を知ること。

3.2 実験の方法

実験は、木本植物の種子を毎月1回生育基盤材を詰めたプランターに播いて、その生存率（測定時の生育本数を播種した種子の粒数で除したものを生存率とした）と樹高を測定するものである。実験の内容を表1に示す。この実験は、1991年の秋に採取した種子を1992年5月に播き付けたのに始まり、極力毎月播種するよう努めたが欠落し

*日特建設機技術本部開発部緑化工試験所

表一 発芽・初期生長に関する実験内容

項目	実験内容
播種期間	1992年～1996年（継続中）
実験場所	日特建設(株) 緑化工試験所（埼玉県南埼玉郡菖蒲町）
気象環境	年平均気温14.5℃，温量指数115，年降水量1,296mm（1989～1993年平均）
測定期間	播種～播種翌年10月まで（測定：1回/月）
播種条件	播種容器：プランター（12cm×25cm×深さ12cm） 生育基盤：厚層基材吹付工生育基盤材（ロックウール生育基盤材） 使用肥料：緩効性肥料 4 kg/m ² 播種量：プランター当たり20～200粒
播種植物	イタチハギ，シャリンバイ，ネムノキ，ムクゲ，フジなど約50樹種
測定項目	生育本数：生育本数/播種粒数＝生存率（%） 樹高：大きいものより3本の平均を算出（cm）
管理条件	・散水（毎日適度に散水） ・鳥および小動物の食害防止用ネット ・雑草の除去

た月もある。なお、各実験年毎に使用する種子は新しくしており、各実験年の前年に採取された種子を播き付けている。また、この実験では散水養生を行っており、植物にとって良好な条件下での発芽、生長と考えられる。

3.3 実験結果および考察

(1) 播種月と発芽時期

1994年の秋期に種子を採取し、1995年1月から1995年10月の各月（5月播種は欠落）に播種した植物のうち、3樹種の1996年9月までの生存率の経過を図一に示す。これは、実験に供した植物の中で播種月と発芽時期の関係においてそれぞれ特徴ある経過を示した3樹種で、北海道南部～九州の低山帯に分布し青紫色の実が美しい落葉低木のムラサキシキブ、中国中部以西から朝鮮半島原産のマメ科落葉低木で春、葉の展開に先だって濃桃色の花を付けるハナスオウ、北海道から沖縄の山地に自生する落葉高木のエゴノキである。実験に供した他の植物もほぼこの3樹種に代表される傾向を示す。

ムラサキシキブの播種月と発芽時期の関係は、1月～4月に播種したものは主に5月に、6月～9月に播種したものは播種した1～2ヶ月後に発芽している。なお、8月、9月の播種では、発芽後すぐに未熟な状態で冬を向かえたため、冬期に完全に枯死している。ハナスオウのそれは、1月～3月に播種したものは主に4月に発芽し、6月頃には生存率30～40%となっている。その後、

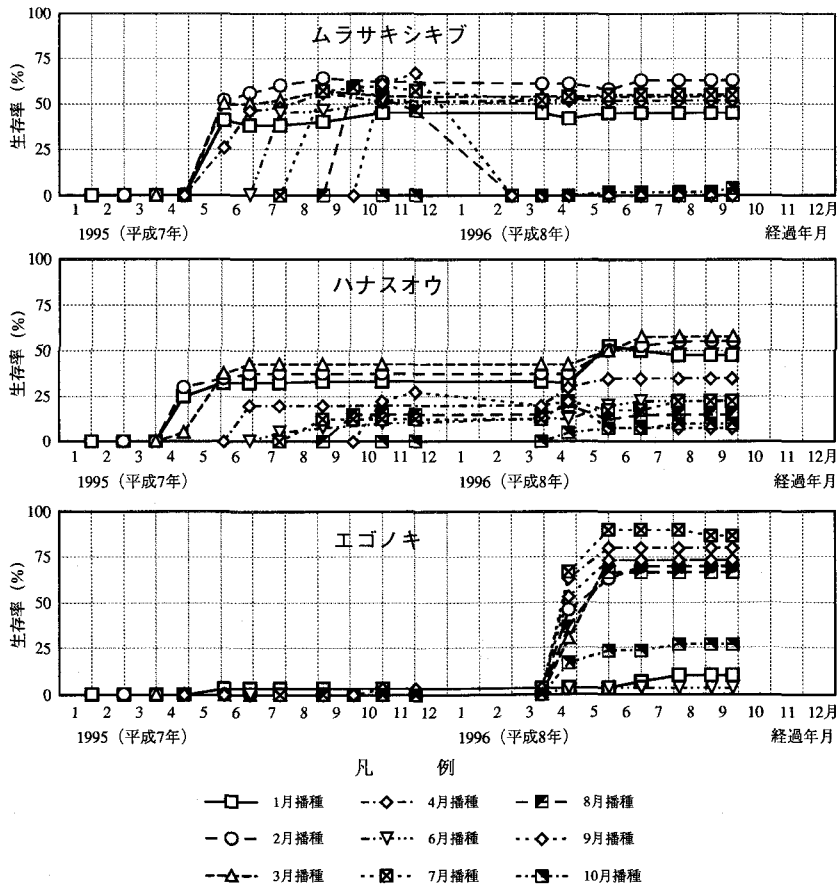
翌年の5月にも新たな発芽が見られ生存率50～60%に増加している。4月～9月播種においては、主に播種後1～2ヶ月後に発芽するが、翌年の4月～5月にもある程度新たな発芽が見られる。10月播種では、翌年の4月に発芽している。エゴノキは、すべての播種月でほとんど播種当年には発芽せず、播種した翌年の4月～5月に集中的に発芽している。

植物の発芽パターンには、樹上ですでに発芽・発根している胎生型、落果後すぐに発芽・発根する短期型、成熟の翌春発芽する1年型、成熟の翌春と翌々春発芽する2年型、成熟の翌年から4年ごろまでに発芽する多年型があるとされている⁹⁾。ムラサキシキブは1年型に該当する。ハナスオウは基本的には1年型であるが成熟の翌々年にもある程度の発芽が見られ2年型の特徴も有している。エゴノキは2年型で成熟の翌々年に集中的に発芽する傾向にある。

実験に供した植物では、ムラサキシキブのようなタイプはイタチハギ、ネムノキ、センダン、ムクゲなど、ハナスオウのようなタイプはシャリンバイなど、エゴノキのようなタイプはヤマモミジ、イロハモミジ、トウカエデ、ガマズミ、ヤマブキ、シロヤマブキなどが挙げられる。

(2) 播種月と生存率の関係

1994年の秋期に種子を採取し、1994年12月から1995年10月の各月（5月播種は欠落）に播種した植物のうち、3種類の植物の1996年9月時におけ

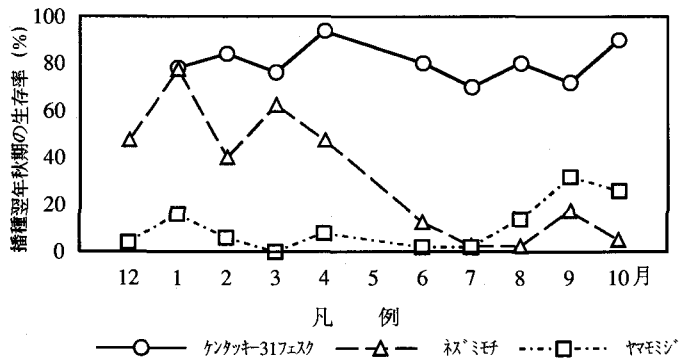


図一 播種月と発芽時期

る播種月と生存率の関係を図一2に示す。また、その生育状況を写真1、2に示す。これは、播種月と生存率の関係において代表的な傾向を示した3種類で、のり面緑化の分野で最も使用頻度が高い外来草本植物のケンタッキー31フェスク（以下K31Fとする）、本州中部以南の山林に自生する

常緑低木のネズミモチ、近畿地方北部以東の主として日本海側山地に分布する紅葉が美しい落葉高木のヤマモミジである。

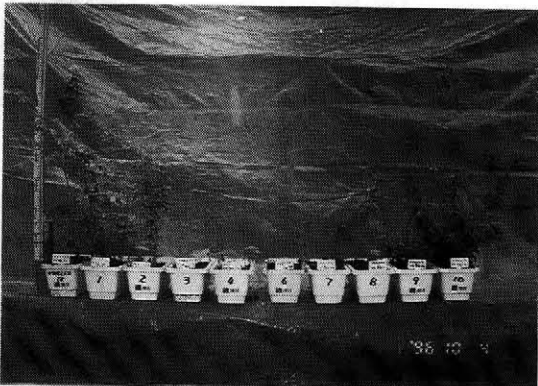
K31Fの生存率は、すべての播種月で70%以上と安定して高い。ネズミモチのそれは、1月播種が最も高く77%、バラツキがあるが基本的に右下



図二 播種月と生存率の関係



写真一 1 播種時期と発芽・生育の関係 ネズミモチ
 (左側より1994.12月、1995.1月～10月播種で1996、
 10月時の生育状況)
 ネズミモチは、4月頃までの播種で発芽・生育が良好な傾向にある。



写真一 2 播種時期と発芽・生育の関係 ヤマモミジ
 (左側より1994.12月、1995.1月～10月播種で1996、
 10月時の生育状況)
 ヤマモミジは、秋～冬の播種において発芽・生育が良好な傾向にある。

がりの傾向が見られ、6月以降の播種では生存率が低い。ヤマモミジは、全般的に生存率が低いが、9月播種が最も高く32%で、明確ではないが右上がりの傾向が見られ、夏以降(秋期～冬期)の播種において生存率が高い傾向にある。

このように植物によって播種月が発芽に与える影響は異なる。その特性は、K31Fのように通年発芽が良好なタイプ、ネズミモチのように冬期から春期の播種で発芽が良好タイプ、ヤマモミジのように秋期から冬期の播種で発芽が良好タイプなどに区分できそうである。なお、実験に供した植物の中には明確な傾向が見い出せないものも多く、

他の発芽タイプが存在する可能性がある。

実験に供した植物では、K31Fのようなタイプはイタチハギ、ムクゲ、エゴノキなど、ネズミモチのようなタイプはヤブツバキ、クヌギ、コナラなど、ヤマモミジのようなタイプはトウカエデ、イロハモミジなどが挙げられる。

(3) 木本植物の発芽・生長特性とのり面緑化工

播種工によるのり面への木本植物導入では、個々の木本植物が持つ発芽特性を考慮し、播種適期に施工することが原則である。しかし、のり面緑化工事では土木工事の工程上、播種適期に限定した施工は実質困難な場面も多い。極力工程を調整する必要があるが、土木工事の工程を考慮した導入技術の確立も望まれるところである。例えば、エゴノキは、発芽が播種翌年になるが比較的播種時期による影響は少なく通年播種可能ではないかと思われる。施工後1～2年の初期は草花で花を楽しみ、草花が衰退するころに木本が成立しているといった発芽・生長が遅いことを生かした方法も一手法と考えられる。

また、導入した木本植物の発芽を確認する検査や調査時期は、樹種によって異なることを認識する必要がある。従来の外来草本植物による緑化では、施工時期がよければ2～3ヶ月後にはほぼ全面緑となり、検査や調査が可能である。しかし、発芽パターンが2年型のものは、施工翌年の春期あるいは翌々年の春期となる。

いずれにしても、従来の外来草本植物とはその取り扱いが大きく異なっており、導入技術と合わせて工期の設定や検査方法など工事計画・管理手法を検討する必要がある。

4. 播種工による樹林化事例

4.1 ロックウール緑化工法の概要

ロックウール緑化工法は、木本植物の導入を目的とした厚層基材吹付工である。播種工によるのり面への木本植物導入に当たって、従来の生育基盤の問題としては、木本植物は一般的に生長が遅く生育基盤が侵食されてしまう危険性が挙げられる。そこで、草本植物と木本植物の混播を行なうが、草本植物が多すぎると木本植物が被圧され生育できない、少なすぎると生育基盤が侵食されてしまうといった問題がある。

このような問題に対して、従来の厚層基材吹付

工の改善を図ったのがロックウール緑化工法である。ロックウールは、岩石や鉱さいを高温で溶解し人工的に繊維化した無機質繊維で、吸水力が高く、病原菌・雑草の混入がなく、軽量であるといった特徴がある。主な用途としては、建築用の防火材・防音材の他、農業用として水耕栽培用の培地などに利用されている。

ロックウール緑化工法では、ロックウールと有機質土壌改良材（パーク堆肥など）を混合した生育基盤材を主材料とし、モルタルガンを利用してのり面に厚さ5～10cm程度に吹付造成する。生育基盤材の配合を表一2に示す。この吹付造成された生育基盤は、ロックウール繊維の絡みによって十分な耐侵食性があり、草本植物の助けを借りなくても長期間の安定が図られ、木本植物導入を容易にすることを特徴としている。また、一般的な有機質系厚層基材吹付工によって造成された生育基盤は、乾燥した場合撥水性を示し乾燥害を引き起こすことがあるが、ロックウール生育基盤は高い吸水力がありそのような現象は生じない。

なお、ロックウール緑化工法は、建設省の平成7年度建設技術評価制度の評価課題「斜面緑地の

緑化工法の開発」において、建設大臣の評定を取得している。この評価は、斜面の樹林化が可能な工法に対する評価で、当工法が樹林化に有効な工法であることが証明されている。

4.2 施工事例

ロックウール緑化工法による樹林化事例として、3事例を紹介する。

(1) 草花から落葉・常緑低木に移り変わる緑化事例（施工事例1）

木本植物の導入では、初期の景観が見劣りするといった指摘を受けることが多い。そこで、生長が早くかつ早期に衰退する1年性の草花と落葉低木（イタチハギ、ヤマハギ）および常緑低木（シャリンバイ、ネズミモチ）を混播した事例である。施工条件は硬質土砂の切土のり面で勾配1：1.5、ロックウール緑化工法（吹付厚さ5cm）を適用した。

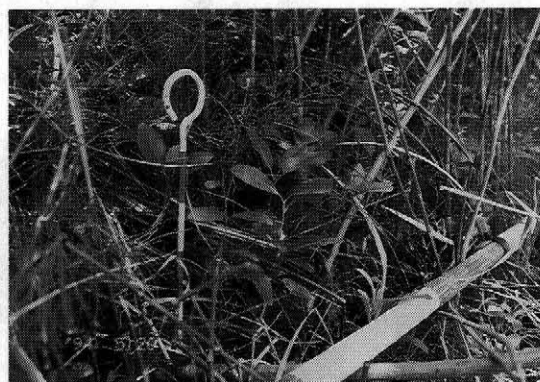
施工後1年目は、フランスギク、オオテンニンギク、ナデシコなどの草花が優占したのち、施工後3年経過し草花が衰退した後に落葉低木が優占した状態が写真一3である。この落葉低木の下層には、常緑低木が生育している（写真一4）。こ

表一2 ロックウール緑化工法材料配合

材料名	1㎡当り	摘 要
ロックウール生育基盤材	2,000リットル	無機質繊維（ロックウール）、パーク等
侵食防止材	1 kg	粉末
肥 料	目的に応じて	緩効性肥料など
種 子	目的に応じて	木本植物種子



写真一3 施工事例1 草花から落葉・常緑低木に移り変わる事例
写真中央のブッシュ状の植物群落が施工3年目の対象部分。落葉低木のイタチハギ、ヤマハギが優占し、樹高2.5～3.0mとなっている。



写真一4 施工事例1 草花から落葉・常緑低木に移り変わる事例
落葉低木の下層には、常緑低木のシャリンバイ、ネズミモチが生育している。写真中央はシャリンバイ。

の時点で、落葉低木のハギ類が生育密度約10~20本/㎡で樹高2.5~3.0mであった。常緑低木は、シャリンバイが生育密度約20本/㎡で樹高0.3~0.5m、ネズミモチが生育密度約10本/㎡で樹高0.5~0.8mであった。

勾配が緩い土砂のり面といった比較的容易な緑化条件下であるが、当初の予想どおりの植生の推移が見られた。今後、常緑低木が優占してくることが予想される。

(2) 自然公園、特別保護地区における郷土植物の誘導 (施工事例2)

自然公園の特別保護地区に位置する崩壊斜面の自然復元において、ロックウール緑化工法(吹付厚さ5cm)を適用した。施工場所は、標高約2,300mの垂高山域で風が強く、積雪も多く、凍結・融解作用が著しいなど侵食作用が激しい場所である。なお、地質は火山噴出物が堆積した崖錐斜面である。導入植物は、ヨモギ、イタドリを導入しているが、基本的には周辺から自然侵入を期待している。なお、飛来種子が固定しやすいようにロックウール緑化工法の表面にワラムシロ敷設するなどした比較試験区を設けている。

施工後2~3年目より、ミヤマハンノキ、ダケカンバ、カラマツなどの木本植物、ムラサキモメンズル、ウスユキソウなどの草本植物の侵入が見られた。施工後5年目の生育状況が写真-5である。ミヤマハンノキが優占し樹高0.5~1.0mとな

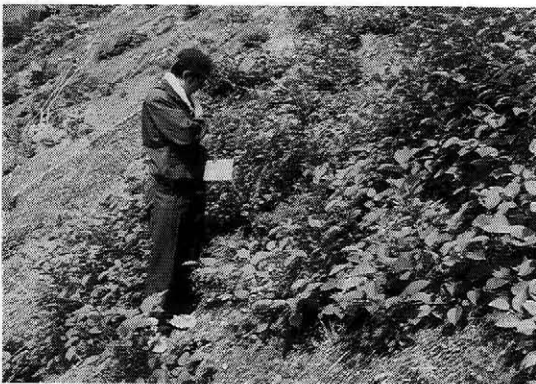


写真-5 施工事例2 自然公園、特別保護地区における郷土植物の誘導

自然公園、特別保護地区において周辺から郷土植物の侵入を期待した緑化事例。なお、対象地は標高約2,300mと標高が高く、強風、積雪地である。施工後5年目の写真であるが、ミヤマハンノキ、ダケカンバ、カラマツなどの侵入が著しい。

っている。

このような場所では、造成した生育基盤が安定していることが最も重要で、耐侵食性に優れたロックウール緑化工法の特徴が生かされた事例と考えている。なお、侵入植物はワラムシロを敷設した試験区において著しく多く、マルチング効果の高さをあらためて認識させられた事例である。

(3) 花木を主体とした樹林化の試み(施工事例3)

花木による美しいのり面の創造を目的として、フジ、ネムノキ、ムクゲの導入を試みた。この3樹種は、前記した発芽・初期生長の実験において旺盛な発芽・生長が期待でき、発芽タイプは1年型で春期に播種すると1~2ヶ月で発芽することを確認している。施工条件は軟岩の切土のり面で勾配1:1.0、ロックウール緑化工法(吹付厚さ5cm)を適用した。

1994年6月に施工し、発芽は施工後1~2ヶ月で確認された。施工後約1年経過した時点での生育状況が写真-6である。この時点で、フジは生育密度約11本/㎡で樹高約0.4m、ネムノキは生育密度約10本/㎡で樹高0.3m、ムクゲは生育密度約3本/㎡で樹高0.2mであった。なお、基礎実験における生存率に対して、フジはほぼ同等、ネムノキは約6割、ムクゲは約2割の生存率であった。つまり、散水を行っている圃場と自然降雨のみに頼っている現地では生存率は異なり、その差は樹種によって異なっている。このような樹種



写真-6 施工事例3 花木主体ののり面緑化の試み

花木による美しいのり面の創造を目的として、フジ、ネムノキ、ムクゲなどの導入を試みた。写真はフジの導入試験区で施工後約1年目の状況。フジ、ネムノキは、発芽・生育が良好で播種工での導入に適した植物と思われる。なお、開花には到っていない。

の基本的な特性と現地での適応力の検証を積み重ね、樹種毎の適用条件を明確にする必要がある。

5. おわりに

播種工によるのり面の樹林化の取り組みとして、その基礎的な実験と現場での施工事例の紹介を行った。今後の緑化工は、多様な緑化の要望に対して、多様な緑化技術で対応する時代と思われる。そして、技術的に高度になればなるほどその最も基本となる植物自体の特性を知っておく必要がある。先日、エゴノキは実が青い8～9月のうちに採取し取りまきすると翌春発芽することをおある人から教わった。発芽に係わる要因として、種子の採取方法や時期、精選方法や保存方法、発芽促進方法そして発芽床としての生育基盤の質や量など多くのことが関与している。苗木の生産といった分野では、長年の経験において最良な取り扱い方

法が確立されているのであろう。播種工での樹林化を考えたのり面緑化工の最も急務な課題は、播種時期を考慮した木本種子の取り扱い方法の確立であると思われる。

参考文献

- 1) 山寺喜成：播種工による早期樹林化の手法，緑化工技術12，日本緑化工協会，1990
- 2) 山寺喜成：自然と調和するみどりの再生技術，第5回のもり面緑化工技術講演会講演資料，日本ステップ緑化協会，1993
- 3) 全国山林種苗協会組合連合会：苗木づくりの基礎知識，1987
- 4) 竹内虎太郎：緑化要樹木の実生繁殖法，1975
- 5) 山中寅文：発芽パターン別実生法，図解植木のふやし方（農耕と園芸別冊）

馬蹄形トンネル鋼板内巻改修工法

小澤 正敏* 荒井 崇*
 (Masatoshi OZAWA) (Takashi ARAI)

目 次

1. はじめに	41	4. 施工方法について	45
2. 馬蹄形トンネル鋼板内巻改修工法の特徴	41	5. おわりに	47
3. 設計方法について	41		

1. はじめに

わが国の導水路トンネルは、1900年代初頭から中旬にかけて建設されたものが多く、供用から半世紀以上が経過し、改修が必要となってきたものが多く見られる。馬蹄形トンネル鋼板内巻改修工法は、このような導水路トンネルの改修工法として開発したものである。本工法は、昭和63年度に農林水産省北陸農政局信濃川左岸二期農業水利事業4号トンネルの改修工法として、初めて採用されて以来、平成8年までの9年間に農業用水トンネル16件、発電用トンネル6件、上水トンネル1件、合計23件の実績がある。採用に当たり、一般的な各種改修工法の比較を行うと図-1のとおりである。

本稿では、馬蹄形トンネル鋼板内巻改修工法の設計方法並びに施工方法について紹介する。なお、施工方法については、信濃川左岸二期農業水利事業での実施例を基に紹介する。

2. 馬蹄形トンネル鋼板内巻改修工法の特徴

(1) 概要

本工法は、既設トンネル断面よりわずかに小さい相似形断面の鋼板を、スプリングラインより上部のクラウン材、下部のインバート材の二分割（断面の大きさによってはインバート材をさらに2分割）して工場で作成し、現地搬入後、鋼板運搬据付専用台車（以下、専用台車）により既設トンネル内への運搬・据付けを行い、クラウン材と

インバート材の各接合箇所を溶接接合することにより、既設トンネルの内側に新たに鋼板による一体構造トンネルを構築するものである。

(2) 特徴

本工法の特徴は、次のとおりである。

- ①既設トンネルと相似形に成形した鋼板を分割・運搬し、現地で溶接するため、曲線トンネルへの対応もできる。（図-2参照）
- ②トンネルとのクリアランスが小さい（5cm程度）ため断面損失が極めて少なく、粗度係数が小さくなるため、水利性能が向上する。
- ③既設トンネルに作用している荷重の全てを内巻鋼板が負担するものとし、板厚を設計するため、トンネル上部における道路の新設や輪荷重の増加、宅地化に伴う上載荷重の増加等に対しても充分対応ができる。
- ④全周溶接による鋼板の一体構造であるため、水密性、耐震性に優れたトンネルを構築することができる。
- ⑤鋼板の運搬・据付作業を専用台車でを行うため、工事期間の短縮が計れる。
- ⑥既設トンネルをはつることなく施工できるため、安全性に優れている。
- ⑦内圧に対しても鋼板が負担できるため、圧力トンネルにも適用できる。

3. 設計方法について

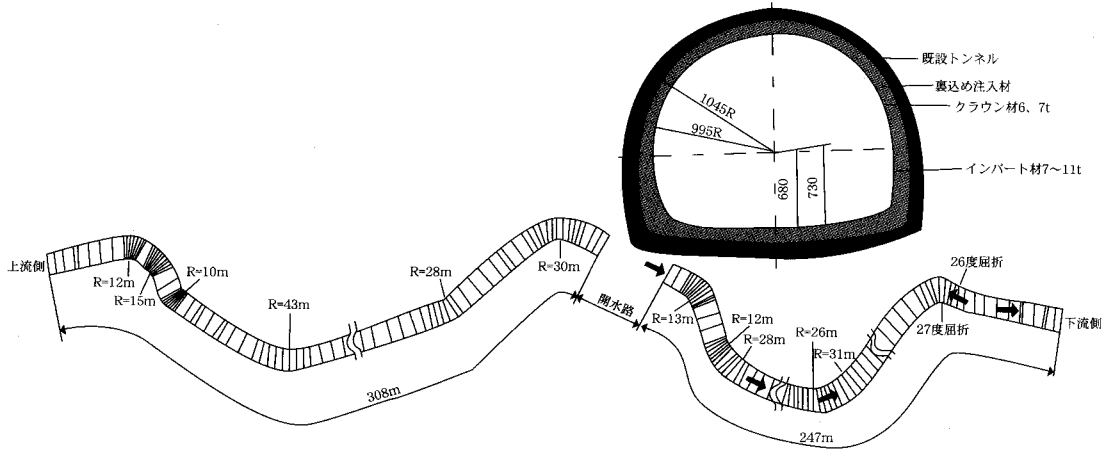
本工法の設計は、既設トンネルの土質ボーリング調査および坑内路線・横断測量結果等から設計条件を設定する。次に、トンネルの必要通水量により通水断面を決定した後に、内巻鋼板の断面構造検討を実施する。

*新日本製鐵(株)鉄構海洋事業部水道土木エンジニアリング部

工法	改修後の断面	施工上の経済性と工期, 容易さ			維持管理の容易さ	工法の特徴
		経済性	工期	容易さ		
鋼板内巻き		1	3年	○	△=塗装チェックを行う	<ul style="list-style-type: none"> ▶既設トンネルと相似な鋼板で内巻きする。 ▶既設トンネルの断面積を損わない。 ▶工期の短縮が可能。 ▶芯出しには熟練工が必要。
コンクリート内巻き + 盤下げ		1.4	5年	△	○=メンテナンスは行わない	<ul style="list-style-type: none"> ▶コンクリート内巻きで失った通水量に相当する盤下げを行う。 ▶床板を壊すため、施工中の安全性に不安が残る。 ▶地質のよいところに適する。
コンクリート内巻き + バイパストンネル		1.8	3年	○	○=メンテナンスは行わない	<ul style="list-style-type: none"> ▶既設トンネルの近くにコンクリート内巻きで失った通水量に相当するトンネルを新設する。 ▶地質が悪いと施工困難。
コンクリート内巻き + 用水路		1.2	3年	○	○=メンテナンスは行わない	<ul style="list-style-type: none"> ▶既設トンネルの近くにコンクリート内巻きで失った通水量に相当する用水路を新設する。 ▶地上に構造物などがあると建設できない。
トンネル新設		2.0	5年	△	○=メンテナンスは行わない	<ul style="list-style-type: none"> ▶既設トンネルの近くに新しいトンネルを作る。 ▶地質、地形の制限を受ける度合いが最も大きい。
鋼管内挿		1.3	5年	○	△=塗装チェックを行う	<ul style="list-style-type: none"> ▶既設トンネル内に鋼管を内挿し、裏込めモルタルを注入する。 ▶通水量を確保するためには盤下げが必要となり、施工時の安全性などに不安が残る。

鋼板内巻き工法は経済性、工期ともにほかの工法に優る。特に農業用水路トンネルの補修は農閑期にしか行えないため、工期の短縮は大きな利点だ。表中の経済性、工期、容易さは3、4号トンネル改修の場合の検討結果と比較し、経済性では鋼板内巻きを1とした(評価記号は○=よい、△=普通)

図一1 トンネル改修工法の比較 (北陸農政局の資料などをもとに編集部で作成)

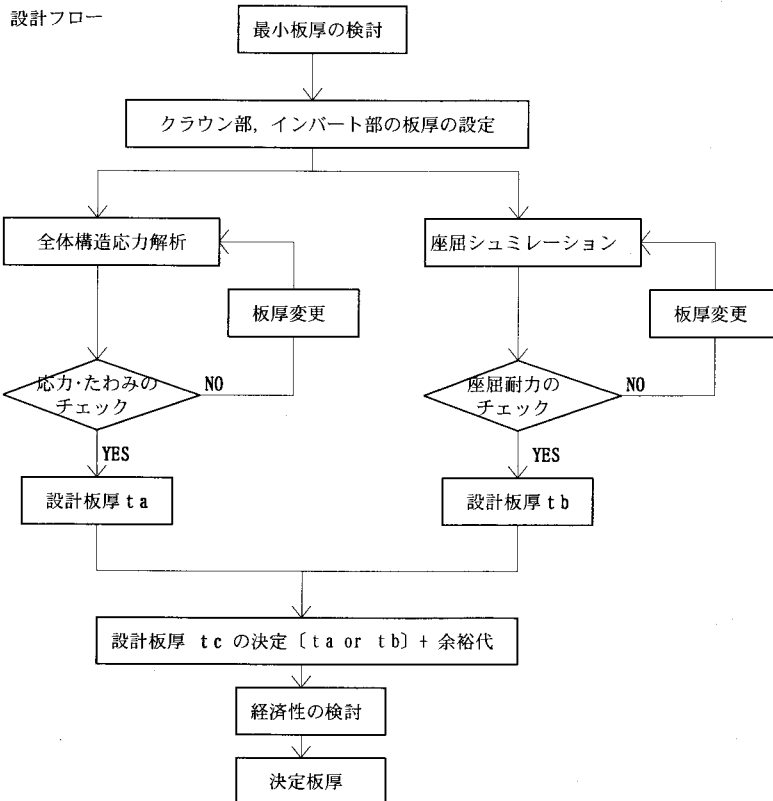


図一 急カーブトンネルの施工例

(1) 内巻鋼板の断面構造検討

既設トンネルが将来的に、土圧、地下水圧、上載荷重並びにトンネル内水圧を負担できないものとして、内巻鋼板に①土圧・上載荷重および地下

水圧等の外荷重、②内圧の作用する水路トンネルについてはその内圧が作用するものとして、図一3に示す検討フローに沿って必要板厚を検討する。



図一 3 板厚検討フロー

a) 鋼板の応力検討方法

考慮する荷重は、自動車荷重、宅地荷重、積雪荷重等の上載荷重と鉛直土圧（地盤条件に応じて垂直土圧又はテルツァギーのゆるみ土圧）、側土圧、地下水圧および鋼板自重等である。

解析は、トンネル周辺地盤と既設覆工が内巻鋼板の変形を拘束する効果を考慮して、周辺地盤のN値に相当する非線形地盤バネで支持された構造モデルとして「有限要素法による非線形構造解析プログラム」を用いて、発生応力および鋼板の変形量を求め、鋼板厚さを決定する。

数値計算結果例として、軸力図、曲げモーメント図をそれぞれ図-4、図-5に示す。

b) 鋼板の座屈耐力の検討方法

既設トンネルの水密性は、期待できないことから、内巻鋼板と裏込めグラウト材の隙間に地下水が浸透する。

このとき、内巻鋼板は、周辺を既設トンネルおよび裏込めグラウト材を介し、周辺の地盤で囲まれた状態となっているため、外側への変形を拘束された状態で外水圧を受けることになる（図-6参照）。解析は、内巻鋼板と既設トンネルの付着およびはく離を考慮した「大変形弾塑性有限要素法プログラム」を用いて座屈のシュミレーションを行い、応力検討で求めた鋼板厚

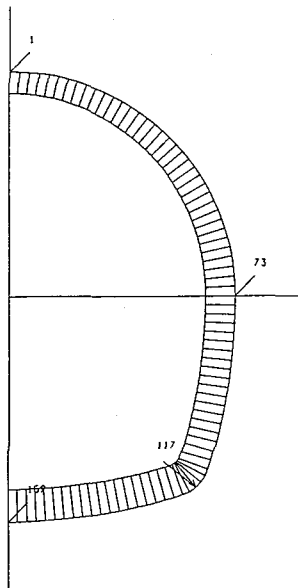


図-4 軸力図

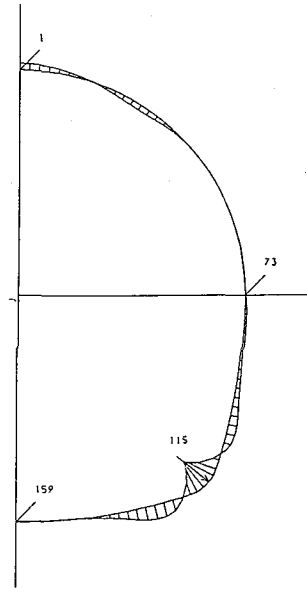


図-5 曲げモーメント図

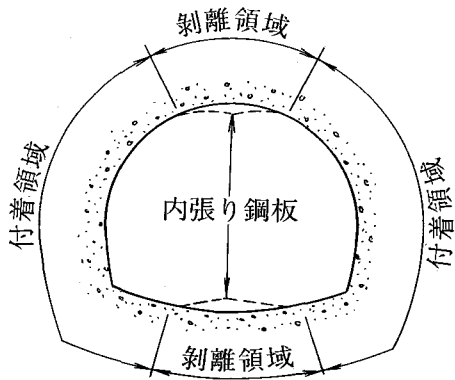


図-6 変形図

が必要座屈耐力を有するかを照査する。

c) 板厚の決定

上記の a) 応力、b) 座屈耐力で検討された厚い方板厚に余裕代を考慮して設計板厚とし、また、③「水門鉄管技術基準」より、製作・運搬・据付を考慮して $t = (D + 800) / 400$ 、④製作上より決定される最小製造可能板厚を考慮するとともに、かつ、高張力鋼採用による薄肉化に伴う経済性を検討に加え、最終板厚を決定する。

(2) 内巻鋼板の搬入長の検討

現地施工面より、既設トンネル曲がり部の通過

可能な鋼板長さを検討し、最終搬入長を決定する。
 なお、内巻鋼板の工場加工上、鋼板曲げロールおよびプレス幅から最大6mとなる。

4. 施工方法について

- (1) 工場製作フロー (図-7 参照)
- (2) 施工フロー (図-8, 9 参照)

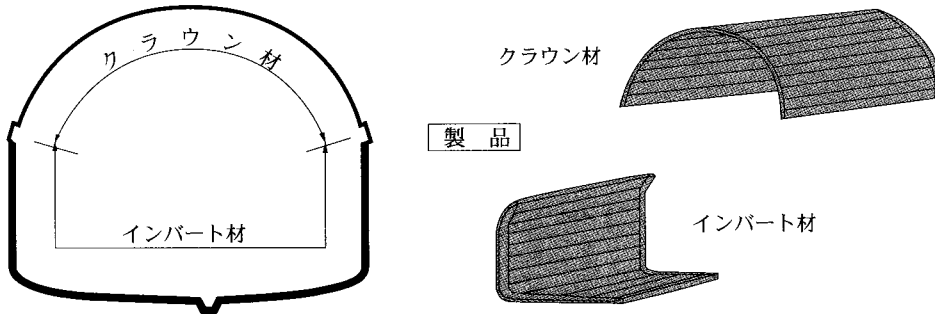


図-7 クラウン部、インバート部製作フロー

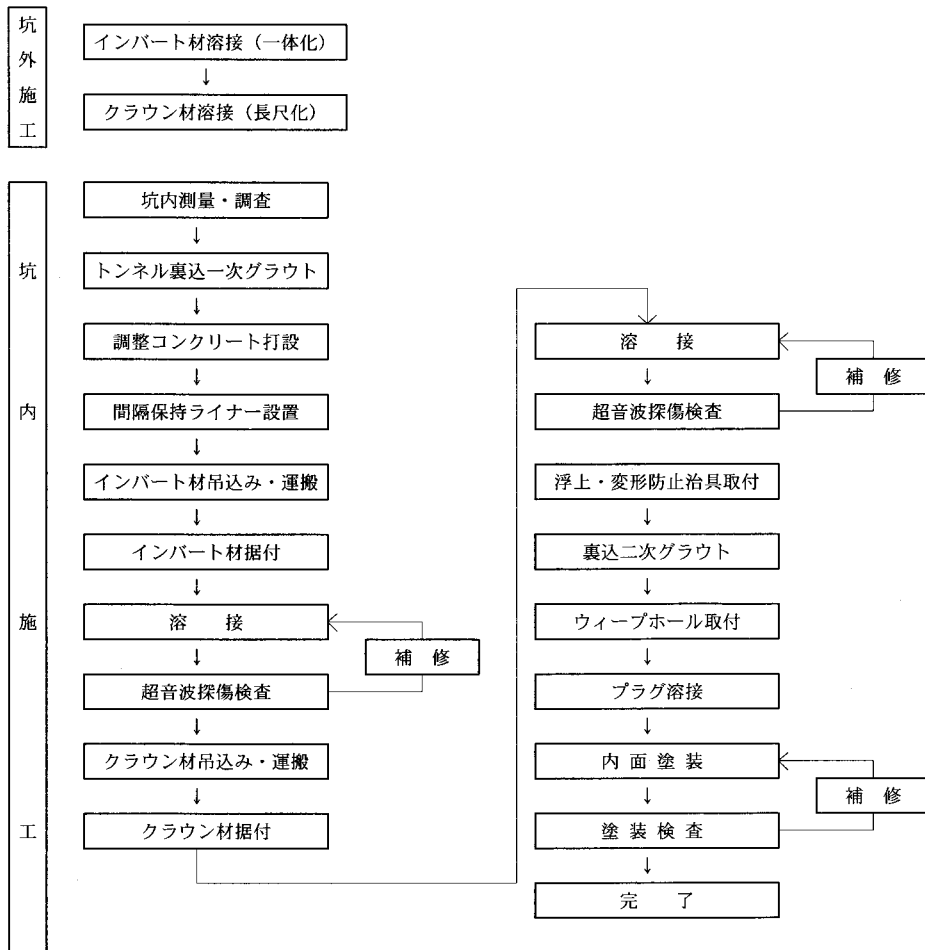


図-8 施工フロー

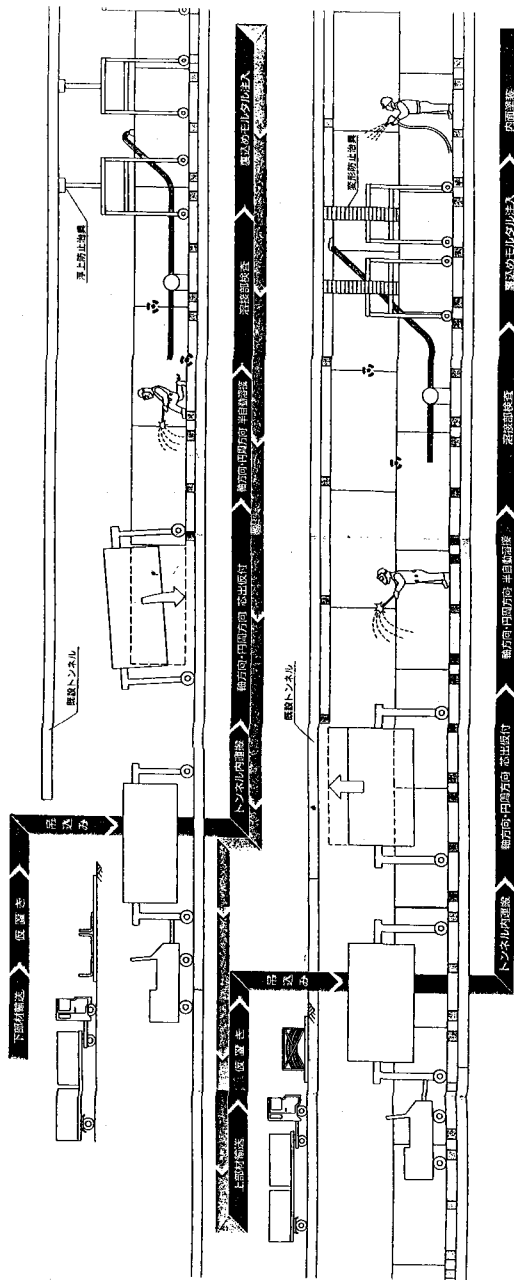


図-9 概略施工工程図

(3) 施工内容

I) 坑外施工

坑内に搬入する長さが長い場合または、断面寸法が輸送限界を上回る場合には、工場加工されたインバート材、クラウン材をトレーラにより現地搬入後、架設ヤードにてインバート材の

一体化やクラウン材の長尺化を行う場合がある。

II) 坑内作業

a) トンネル裏込一次グラウト

既設トンネル覆工の裏面と地山との空隙にグラウト材を充填し、受働抵抗の増大を図る。既設トンネル覆工の天端には、注入孔および確認孔、アーチサイド下端に確認孔をそれぞれ穿孔しグラウチングする。

b) 調整コンクリート打設

内巻鋼板と同じ曲率の調整コンクリートを打設する。湧水がある場合には、その量に応じてインバート部にアンダードレンを設置する。

c) ライナー位置高さ調整

鋼板の高さ調整は、インバート材外面に硬質ゴムライナーをセットし、調整コンクリートの高さ測量を行い、急結モルタルにより所定高さに調整する。

d) インバート材運搬・据付・溶接

クレーンにより発進抗口内に吊り下し、専用台車の載置装置および締込み治具による絞込み・上下伸縮装置のつり上げにより、既設トンネル内に搬入する。据付けは、専用台車の前後移動装置・左右横移動装置・上下伸縮装置の併用により、既に据付けられたインバート材の裏当金上に合せ、目違い調整用治具により全周の肌合せを行い、仮付溶接を行う。

本溶接は、半自動溶接または手溶接により行う。

e) クラウン材運搬・据付・溶接

クラウン材も発進抗口に待機している専用台車上にクレーンにより吊り下し、締込み治具によりクラウン材を専用台車にセット、専用台車による絞込み・上下伸縮装置の降下により、既設トンネル内に搬入する。

上下伸縮装置・斜め伸縮装置の併用により、既に据付けたクラウン材周方向裏当金とインバート材軸方向裏当金に合せ、目違い調整用治具により全周の肌合せを行い仮付溶接し、その後インバートと同様に本溶接を行う。

f) 溶接検査

溶接部は、超音波深傷による非破壊検査を実施する。

g) 裏込二次グラウト

インバート材と既設トンネル覆工との隙間に、

グラウト材を注入する。グラウト材の硬化養生後、クラウン材と既設覆工との隙間に1段目のグラウト材を打設。このグラウト材の硬化養生後、頂部に最終グラウト材を打設する。

h) プラグ溶接

クラウン材裏込二次グラウトの硬化養生後、クラウン材に取付られたグラウト注入用プラグを溶接する。

i) 内面塗装

現場溶接箇所等の工場塗装部以外をサンドブラストにより下地処理、防錆塗装を施した後に、刷毛・エアレススプレーにより全体塗装を実施する。

j) 塗装検査

現地塗装箇所に対し目視、膜厚及びピンホールの各検査を実施する。

(4) 鋼板運搬据付専用台車

a) 装置概要

本工法のために開発した専用台車は、インバート材を運搬・据付する下部ユニットとクラウン材を運搬・据付する上部ユニットで構成されている。

装置概要を図-10に示す。

下部ユニットには、6本の油圧シリンダによるインバート材載置装置がある。上部ユニットには、6本の油圧シリンダによる斜め伸縮装置がある。上下部共用の装置として、前後移動装置、上下伸縮装置、左右横移動装置がある。

b) 専用台車の特徴

専用台車は、各種装置により、次のような特徴を持っている。

- ①鋼板を弾性範囲内で縮径することによって、既設トンネル内を運搬することが可能である。
- ②据付場所まで運搬した鋼板を、3次的にハンドリングすることができ、効率的な鋼板の肌合わせが可能である。

5. おわりに

わが国におけるトンネルの歴史は、古くはかんがい用水路トンネルに始まり、今から約330年前にさかのぼるものと言われている。また、現在に至るまで、水需要の増大により各地で多くの水路トンネルが建設され、さらに、高度経済成長期以降の交通手段の多様化、移動時間の短縮化等により多くの道路トンネルや、鉄道トンネルが建設さ

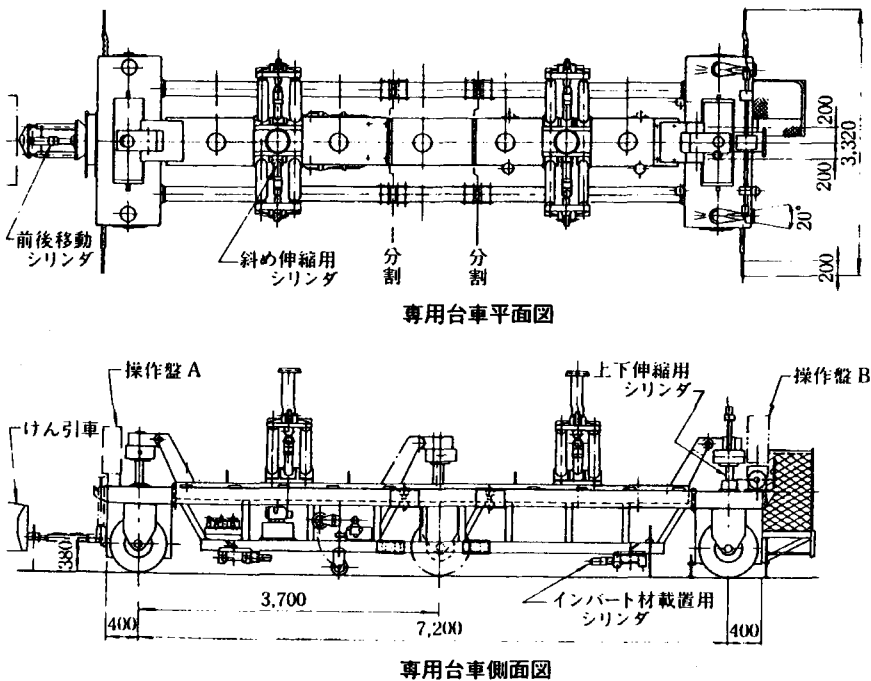


図-10 鋼板運搬据付専用台車概要図

れてきた。これらの中には築造後かなりの年月を経過して老朽化が進行し、今日、補修・補強を必要とするトンネルも数多くでてきていると思われる。

本工法は、既設トンネルの内側に新たな鋼板の一体構造トンネルを構築するもので、トンネル機能の回復ができ、さらに耐震性能を向上させることができる改修工法である。既設トンネルの改修・補強の計画に際し本稿が参考になれば幸甚である。

参考文献

- ズームアップ「信濃川農業用水路改修工事（新潟県）」
日経コンストラクション 3-23 1990
- 小林栄三「馬蹄形水路トンネルの馬蹄形鋼板内巻改修工法について」
日本の水道鋼管No.45 日本水道鋼管協会
- 中田利男 後藤文夫 愛場義豊 竹内貴司 柿崎稔
「農業用トンネルの鋼板内巻工法による改修事例」
建設の機械化'1993.4

水流噴射方式による排水機場ゲートの結氷融解対策

—美咲排水機場での検討事例—

駒井 明* (Akira KOMAI) 吉岡 秀男* (Hideo YOSHIOKA) 横川 宏志* (Hiroshi YOKOKAWA) 吉沢 淳* (June YOSHIKAWA)

目 次

1. まえがき	49	4. 現機場における雪氷融解試験	52
2. 既設機場の状況	49	5. おわりに	54
3. 雪氷対策と凍結対策	49		

1. まえがき

美咲排水機場は、網走管内斜里町の西部に位置(図-1)する受益面積2,820haの国営直轄明渠排水事業美咲地区で改修する基幹排水施設であり、現機場の老朽化及び排水能力増強のために改修するものである。

美咲地区では、春先の地温上昇促進と農作業の早期着手のため、融雪初期から機械排水を行っているが、この時期には取付水路前面の遊水池の凍結と除塵スクリーンやゲートへの雪氷付着が、ゲート操作及びポンプ運転の支障となっており、これが設計上の課題の一つとなっていた。この対策として、取付水路部への氷塊の流入防止を考慮したゲートの配置による方法や電熱ヒーター設置に

よる融解方法等、4案を比較検討し、操作運転の簡便性、建設費と維持管理費の経済性に優れた遊水池の水流噴射方式による雪氷融解方法の可能性について現地試験と検討を行った。

2. 既設機場の状況

1) ポンプ運転状況

現機場のポンプ運転状況は、融雪初期の3月より11月まで機械排水(常時運転1台,洪水時運転2台)を行い、12月～2月の冬期間は自然排水によっている。最近10カ年の年間平均稼働実績は常時排水209日,洪水時排水64日となっている。

2) 遊水池内の氷厚

平成5年度の調査では、写真-1, 2に示すとおり遊水池内の氷厚は50cm程度である。運転開始時の障害となる氷は、遊水池内で発生するものがほとんどであることが管理実績により確認されている。

3) スクリーン部における氷塊及び塵芥除去状況

ポンプ運転開始にあたりスクリーンに付着した水を人力で割り、排水流入経路を確保している。運転が本格化すると水位低下にともない氷は自重によって割れ、塵芥とともにスクリーン前面に集積する。このため人力で氷塊を移動させゴミを掻き上げる作業を行っている。

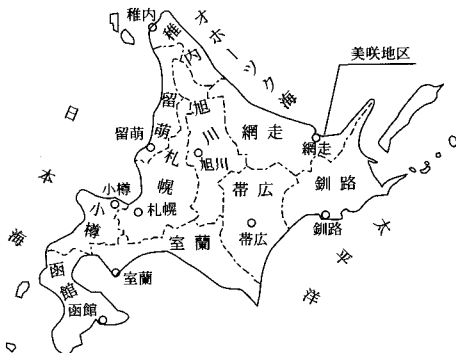
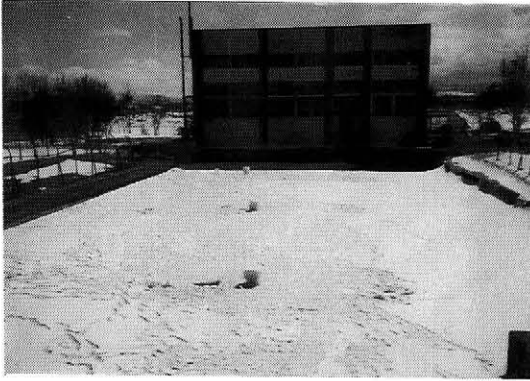


図-1 美咲地区の位置図

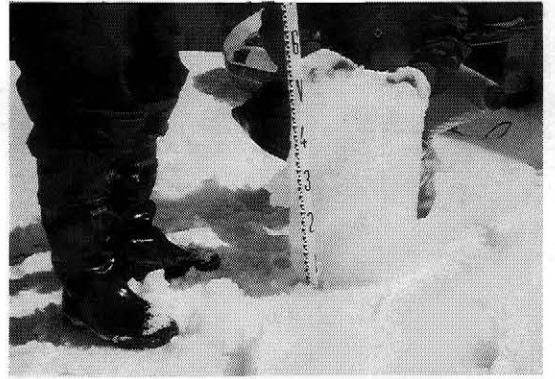
3. 雪氷対策と凍結対策

1) 雪氷融解対策

*北海道開発局網走開発建設部斜里地域農業開発事業所



写真一 冬期間の結氷状態



写真二 結氷厚

取付水路に設置された除塵機は、ポンプ運転開始と同時に稼働するが、氷塊がスクリーン前面に集積するため、集積した氷の重さによる除塵機の損壊と夜間の再結氷による除塵機の停止により、吸水量の低下を引き起こし、ポンプ運転ができなくなる事態が発生する。

この対策として、本機場の改築計画においては、図-2に示すように、除塵機前方に3門のゲートを配置する型式とした。この形式の採用により、冬期間はゲートを閉扉すれば除塵機への氷の流入を完全に防止することが可能である。

2) 凍結対策

冬期間のゲートの閉扉に伴い、ゲート前面に氷が付着するとともに戸当り部も氷結する。このため、運転開始時にゲート操作を阻害しないような凍結対策をとる必要がある。

凍結対策としては、以下のような方法が考

えられる。

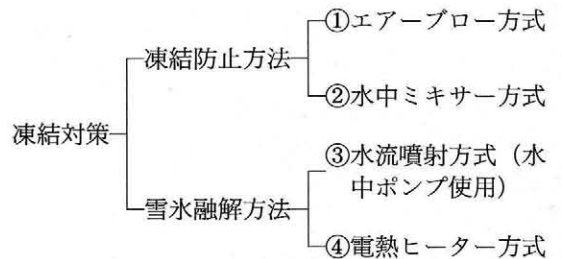


表-1に示したように特徴および維持管理経費において比較案それぞれに一長一短はあるが、最も確実性の高いのは電熱ヒーター方式である。しかし、施設費が高額となるため、本機場の改築計画においては、融雪出水が始まるまでの常時排水を担う1門を電熱ヒーター方式、融雪洪水排水を担う2門を水流噴射方式とし、確実性を確保しながら施設建設費及び維持管理費を低廉に抑えることを前提とした。

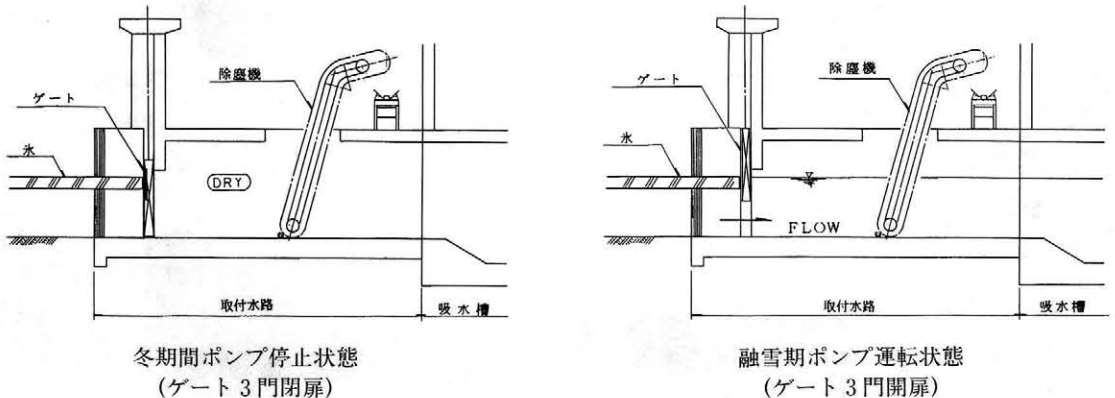


図-2 ゲート操作状況

表一 雪氷凍結防止・融解対策の比較案

	①案 エアブロー方式	②案 水中ミキサー方式
概要	コンプレッサーからの圧縮空気をゲート前面の水中で噴出させ、水の対流により凍結を防止する。	ゲート前面に水中ミキサーを設置し、攪拌力により水を対流させ凍結を防止する。
概要	<p>コンプレッサー 盤(タイマー付) 配管</p>	<p>配線 盤(タイマー付) 水中ミキサー固定金具 水中ミキサー</p>
特徴	<ul style="list-style-type: none"> ・0°C前から常にコンプレッサーを作動させる必要がある。 ・水深が浅いため効果は小さい。 ・運転時間が長いので維持管理費は高い。 	<ul style="list-style-type: none"> ・0°C前から水中ミキサーを作動させる必要がある。 ・攪拌能力が大きいので凍結防止効果は高い ・維持管理費は比較的高い。
維持管理費	(凍結防止装置稼働期間100日、電気使用料金) 448 千円/年	(凍結防止装置稼働期間100日、電気使用料金) 291 千円/年
	③案 水流噴射方式	④案 電熱ヒーター方式
概要	遊水池内から水中ポンプで吸い上げた水を凍結した氷面部分に噴射し氷を融解する。	ゲート扉体、戸当たり部にセクトヒーターを設置し氷を融解する。
概要	<p>水中ポンプ 盤 架台 蛇口 配管</p>	<p>ゲート用ヒーター 戸当り用ヒーター</p>
特徴	<ul style="list-style-type: none"> ・ゲート操作を行う直前に水中ポンプを作動すればよい。 ・実績がないため効果の確認が必要。 ・維持管理費は最も安価である。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ゲート操作を行う直前にヒーターにより加熱すればよい。 ・他の方式に比較し効果の確実性は最も高い ・施設費が高い。
維持管理費	(融解装置稼働期間10日、電気使用料金) 9 千円/年	(融解装置稼働期間 3日、電気使用料金) 43 千円/年

4. 現現場における雪氷融解試験

水流噴射方式による雪氷融解の確実性や有効性を確認するために、本地区の自然条件下における水流噴射方式による融解試験を現現場施設を利用して行った。

1) 調査概要

①調査期間

気温、水温、氷温の調査期間は、平成7年3月7日～14日までの8日間とし、水流噴射方式による融解試験は、平成7年3月13日、14日の2日間実施した。

②実験場所

既設美咲排水機場取水口地点

③試験装置仕様

水中ポンプ φ80A×0.9m³/min×3.0m×

1.5kW

配管 SGP50A

2) 調査結果

①気温、水温、氷温の時系列変化

3月7日～14日までの8日間における気温、水温、氷温の変化は図-4に示すとおりである。

気 温	最低気温	3月7日	-11.2°C
	最高気温	3月14日	6.8°C
水 温	最低水温	3月7日	1.5°C
	最高水温	3月14日	3.0°C
氷 温	最低氷温	3月9日	-0.7°C
	最高氷温	3月14日	0.0°C

②雪氷融解試験の観測結果

水流噴射方式による融解効果を把握するため、表-2に示すA～Dの4種類の噴射

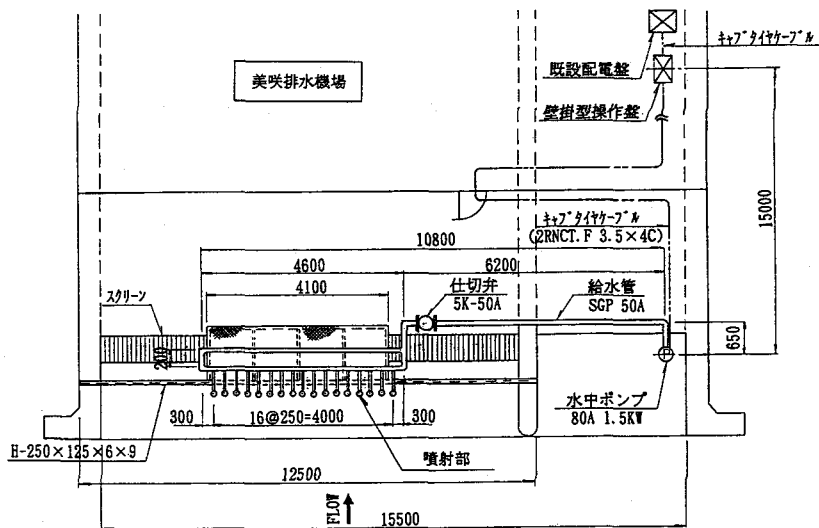


図-3 水流噴射融解試験装置配置図

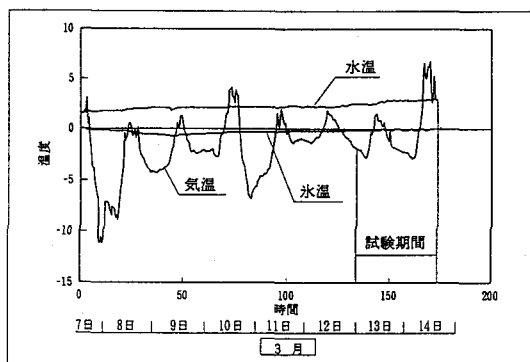


図-4 試験時における気温、水温、氷温の変化

形状の試験を実施した。

3月13日は、気温0.0~1.5°C、水温2.5°C、氷温0.0°C、

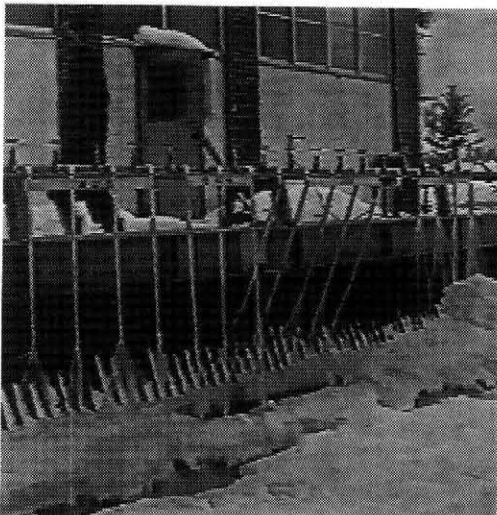
3月14日は、気温4.0~6.0°C、水温3.0°C、氷温0.0°C、

0°C、氷温0.0°C、
の条件であった。

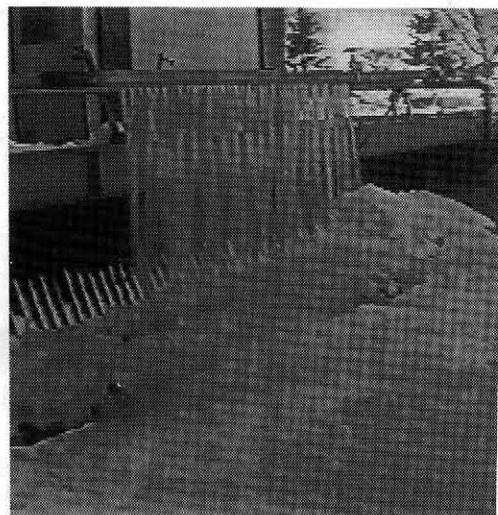
表一 融解試験の方法

	試 験 方 法			
	㉠ 試験	㉡ 試験	㉢ 試験	㉣ 試験
試 験 日	3 月 1 3 日			3 月 1 4 日
噴 射 形 状				
融 解 状 況				
融 解 後 形 状				
貫 通 時 間	3 時 間	1 時 間 3 0 分	4 時 間	5 時 間
使 用 水 量	Q = 40,500 ℓ	Q = 15,200 ℓ	Q = 54,000 ℓ	Q = 270,000 ℓ
融 解 量	V = 0.117 m³	V = 0.028 m³	V = 0.179 m³	V = 0.366 m³
使 用 水 量 に 融 解	V = 2.89 cm³ / ℓ	V = 1.84 cm³ / ℓ	V = 3.31 cm³ / ℓ	V = 1.36 cm³ / ℓ

③水融解試験状況写真



写真一 3 A~C試験状況



写真一 4 D試験状況

3) 融解試験についての考察

融解試験の結果、試験方法により融解効果の差は見られるが、いずれの噴射形状においても、ゲートに付着した雪氷の融解が確認された。各噴射形状による融解状況は以下の通りである。

A試験とC試験は、噴射形状を同一にし落下高を変えたものである。C試験の方が氷の貫通時間は多少長いですが、融解量、使用水量当たりの融解量が多く、融解効果が高いと判断された。

B試験は、図-5に示すように氷を貫通するのに最も短時間で貫通した。しかし、融解量は他の試験と比較して少量であり、使用水量当たりの融解量も少なかった。その要因としては、融解面積が小さいため、使用水量が増えるに従って融解速度とのバランスがくずれ、融解部に湛水した水で、落下水が周囲に飛散し融解効果が上がらなかったものと考えられる。

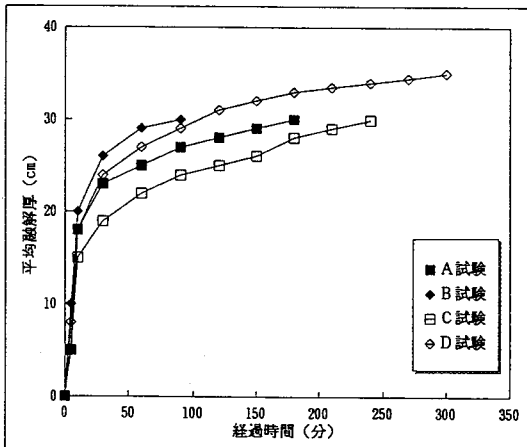


図-5 氷の融解経過

貫通時間が短いのは、融解面積が小さく、落下水により先端部が集中的に融解したためと思われる。

D試験は、氷を貫通するのに他の試験より最も長い時間を要した。融解量は最も多かったが、使用水量当たりの融解量では最も少ない結果となった。その要因としては、噴射開始初期には順調に融解するが、使用水量が多かったためある時点で融解速度とのバランスがくずれ、融解部への湛水量が多くなり落下水と氷との熱交換が進まず融解効果が上がらなかったものと考えられる。

氷の貫通時間はいずれの試験条件でも数時間程度であることから、融雪水の流出前に氷を融解させることが可能であり、実際の操作管理上問題とはならない。

A～Dの試験結果を融解総量や使用水量当たりの融解量で判定すると、融解効果が高いと判断できるのはC試験であった。

5. おわりに

4ケースの試験結果から、水流噴射方式によるゲート前面の雪氷融解対策が実用上十分可能であると判断しており、機場設計にあたっては常時排水系統には電熱ヒータ方式、洪水時排水2系統には水流噴射方式によるC試験の装置を取水ゲートの雪氷融解対策に取り入れることとした。

この対策によって労力の軽減が図られるばかりでなく、人力による水割り及び氷塊を移動しゴミを掻上げるといった危険な作業の回避が図られる。

今回の試験を実施するにあたり、長年にわたり既設排水機場を管理し調査にご協力いただいた現美咲排水機場の保田管理人、ならびに関係各位に深甚なる謝意を表します。

北海道における農地への家畜糞尿還元のための処理技術（II）

山 崎 毅 匡*
(Takamasa YAMAZAKI)

目 次

I. はじめに	55	IV. 実証モデルにおける調査報告	61
II. 家畜糞尿処理システム基礎調査	55	V. おわりに	63
III. 釧路支庁管内における先進的な糞尿処理施設	57		

I. はじめに

北海道酪農にとって乳牛から排泄される糞尿処理の問題は、緊急に解決しなくてはならない最重要課題の一つである。しかし、年間を通じて連続的に排出される家畜糞尿を処理することは、畜産経営にとって労力的にも経済的にも大きな負担である。更に未処理の液分が地下水、河川等に流入すると環境汚染を引き起こすのでその対策は必要不可欠である。しかし、家畜糞尿は農地に還元することによって非常に貴重な有機質資源として利用することが可能である。だが、生糞尿の悪臭への対策や土壌散布時の環境容量等に十分配慮してから農地に還元しないと、環境に悪影響を及ぼしかねない。

家畜糞尿の未処理な液分を農地に還元する技術を確認するために、①家畜糞尿のうち液分の処理技術、②農地への散布技術、③処理液の施用効果、④施設導入時のインシヤルコスト及び施設運営時のランニングコストが農家経営に与える経済経営評価などを総合的に考慮しながらの技術の確立が必要である。(図-1)

本報は本誌No.102号において報告した「北海道における農地への家畜糞尿還元のための処理技術」の続報である。ここではまず、先の報告で行った家畜糞尿処理システム基礎調査のその後の成果の報告を行い、次にこの基礎調査及び北海道各地で行われている先進的な糞尿処理施設における調査の成果などを参考にして取り組んだ100頭規

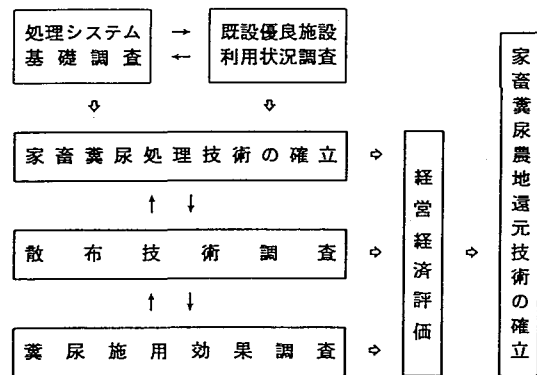


図-1 家畜ふん尿農地還元技術確立調査フロー

模程度の実証モデル施設における調査により、今までに明らかになった点についての報告をおこなう。

II. 家畜糞尿処理システム基礎調査

1. 試験方法

液状の生糞尿を処理する方法として、曝気（曝気ポンプなどによって強制的に液中に空気を送り溶存酸素量を高めること）—処理物連続投入方式（一次貯留槽を設けず、連続的に流入する処理物を工程の流れにおいて処理する方式）を採用している。

ここでは、①施設運転後、安定した発酵処理液状態に至る（以下、立ち上がる）までの過程のを検証する立ち上がり試験②立ち上がり後、安定して発酵処理を継続するための適正維持曝気量を検証する適正維持曝気量試験の以上2つについて1 m³程度の実験槽にて試験を行った。

*北海道農政設計課技術開発係

(1) 試験装置

立ち上がり試験（図-2）及び適正維持曝気量試験（図-3）とも以下の装置を用いて行った。

- ・曝気槽 鋼製1.15m³槽 (0.8×0.8×1.8m)
- ・散気装置 微細気泡式散気盤
- ・エアープンプ、瞬時送気量計他

(2) 試験内容

平成7年度には立ち上がり試験を3回（1回目 7.5.17～8.1.8, 2回目 7.11.5～8.4.22, 3回目 8.1.25～4.22）行い、適正曝気量試験を2回（立ち上がり試験の2回目, 3回目）行った。

①立ち上がり試験

鋼製の槽に各処理物を入れて以下の因子を操作しながら試験を行った。

- ・曝気方法 連続曝気, 間欠曝気(30min/h), 無曝気(加温のみ)
- ・曝気強度 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 4.0 m³/h
- ・糞尿濃度 2倍希釈(井戸水で原処理液を薄める), 3倍希釈

②適正曝気量試験

適正曝気量試験については以下のような因子を組み合わせる試験を行った。

- ・曝気方法 連続曝気, 間欠曝気(30min/h), 無曝気(加温のみ)

- ・曝気強度 0.5, 1.0, 1.5, 2.0m³/h
- ・糞尿濃度 2倍希釈, 3倍希釈

2. 試験結果と考察

(1) 立ち上がり試験

① BODは曝気下において経時的に減少し、その傾向は曝気強度によって異なる。BODの低減には曝気処理が非常に有効であると言える。冬期の液温が非常に低い(最低-10°C, 最高10°C, 平均2°C)期間においてもBODは減少しており、北海道等寒冷地における曝気処理の有効性が実証された。

②曝気強度によるBOD残存率の経時変化は図-4に示すとおりであり、曝気強度が1.0m³/hでは5ヶ月経過してやっとBODが50%減少するが、2.0m³/hでは1.5ヶ月で80%も減少した。しかし、さらに曝気強度を上げて4.0m³/hにしても同程度しか減少せず、曝気強度は2.0m³/h程度で十分でないかと推察される。つまり、BODは曝気強度が高いほど早期に減少するが、適度な曝気量が存在しそ

うである。
③初期BOD値が低いほど早期に減少した(図-5)。このとき、初期のBODの負荷量は希釈水によって調整したが、必要以上に希釈しても減少率は変わらないの

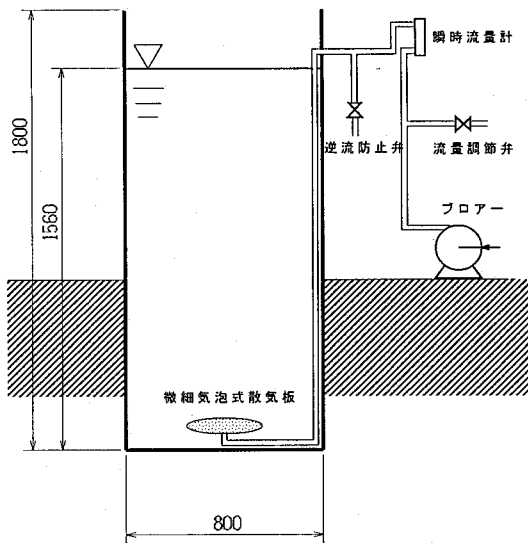


図-2 立ち上げ試験装置

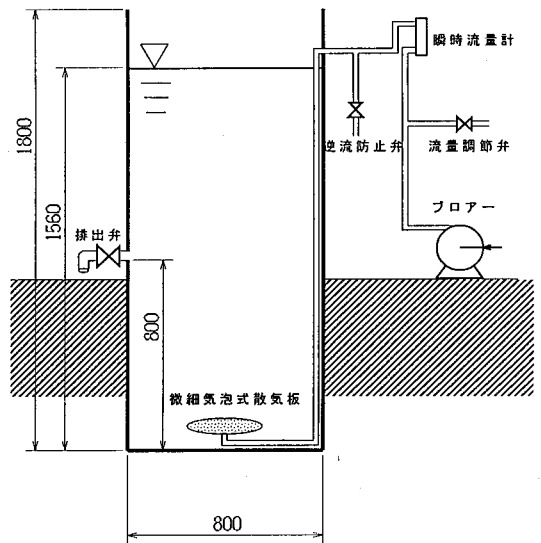
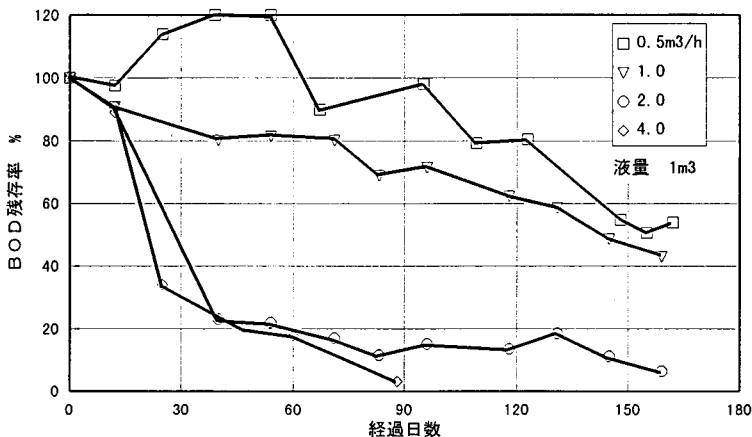
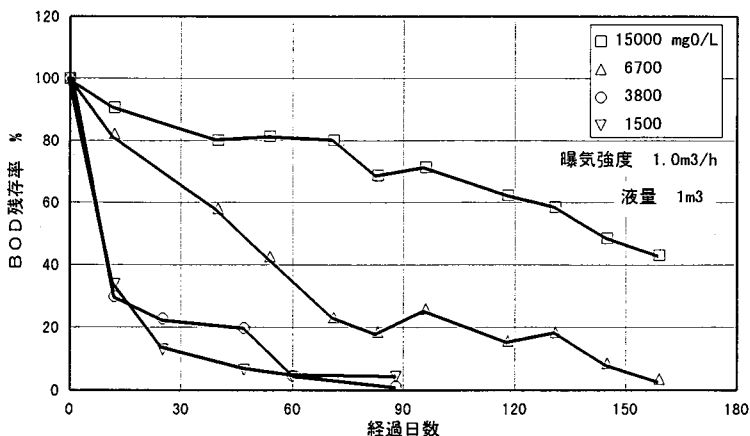


図-3 適正維持曝気量試験装置



図一四 曝気強度による BOD 残存率の経時変化



図一五 初期 BOD 値による BOD 残存率の経時変化

で適切な範囲があるのではないかとと思われる。

- ④初期 BOD 負荷量に対する曝気強度の比が同じ場合、初期 BOD 負荷量が低いほど立ち上げ期間は短かった。初期 BOD 負荷量が15,000mg O/Lで、立ち上げ目標を1,000mg O/L以下とした場合、1/2に希釈し曝気強度を1/2にすると立ち上げ時間は希釈しない場合に比べ同じかかなり早く目標に達した(図一六)。

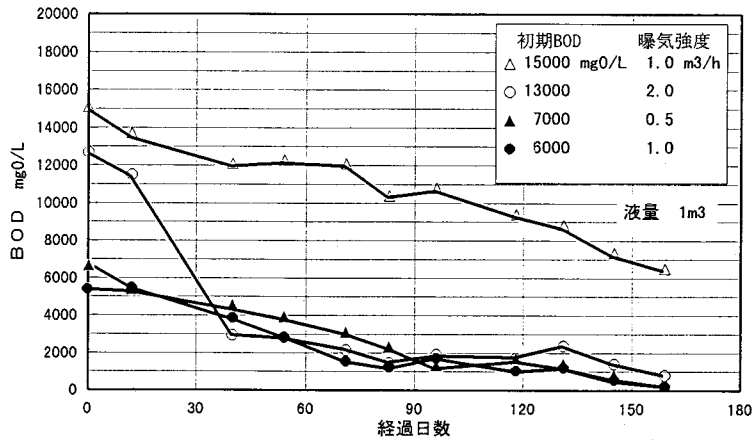
しかし、臭気の問題に関して、硫化水素が急激に減少するもののアンモニアは冬期間の試験ではほとんど減少しなかった。

(2) 適正曝気量試験

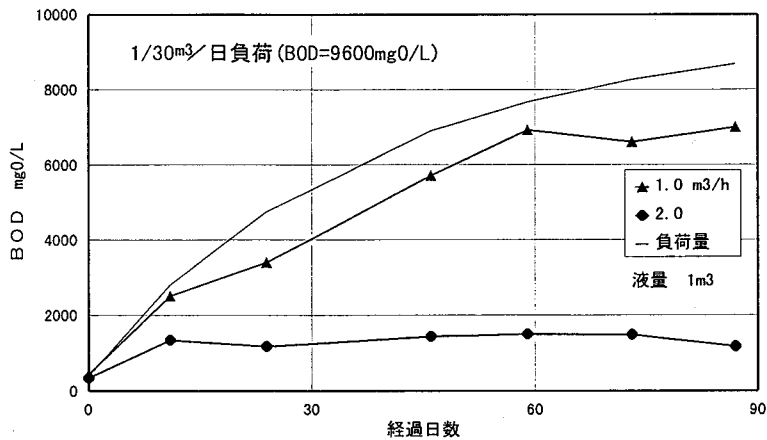
試験は液量 1 m³ に対して 1/30 m³/日 で負荷する連続投入方式で、曝気強度を変えて試験を行った。初期液には、稼働中の処理施設から BOD1,000mg O/L 以下になった液を用いて行った。その結果、曝気強度を 2.0 m³/h とした試験では BOD が 1,500mg O/L 程度で定常な状態になったが、1.0 m³/h の試験では負荷量が増えるに従い BOD も上昇した(図一七)。

III. 釧路支庁管内における先進的な糞尿処理施設

釧路支庁管内厚岸町は、国営事業等により短期間で規模拡大が進み、北海道でも根室、宗谷と並び有数の酪農地帯となった。更に近年、飼養頭数も年を追うごとに増加し、耕地面積 1 ha 当たりの



図一六 初期 BOD 負荷量と曝気強度による BOD の経時変化



図一七 適正維持曝気量試験

飼養頭数も1.4頭とすでに EU 諸国の飼養基準値に達している。このような状況のもと、当管内でも様々なシステムが実用化されつつある。ここでは家畜ふん尿を処理し液肥化する先進的なシステムについて釧路支庁管内の事例を紹介する。

(1) 施設概要及び処理方式

この釧路支庁管内の酪農家（以下農家 A）の経営概要は、経営規模42ha（草地）、飼養頭数成牛55頭、育成牛25頭で畜舎形態はスタンションーカウマット方式で敷料は使用していない。糞尿排泄方法はカウマットからバンクリナーに集められた糞尿を固液分離機（スクリュプレス）にかけて固体分と液体分に分けている。施設の概要については表一八に示す。システムの流れは原料ピットから

一次原尿槽へ落とし、それから固液分離機を通過させた後、2次原尿槽に液分を入れる。曝気については、第1、2曝気槽及び沈降分離槽においてプロワポンプ（2.2kw）を用いて24時間連続曝気を行っている。

(2) 立ち上がり試験の方法

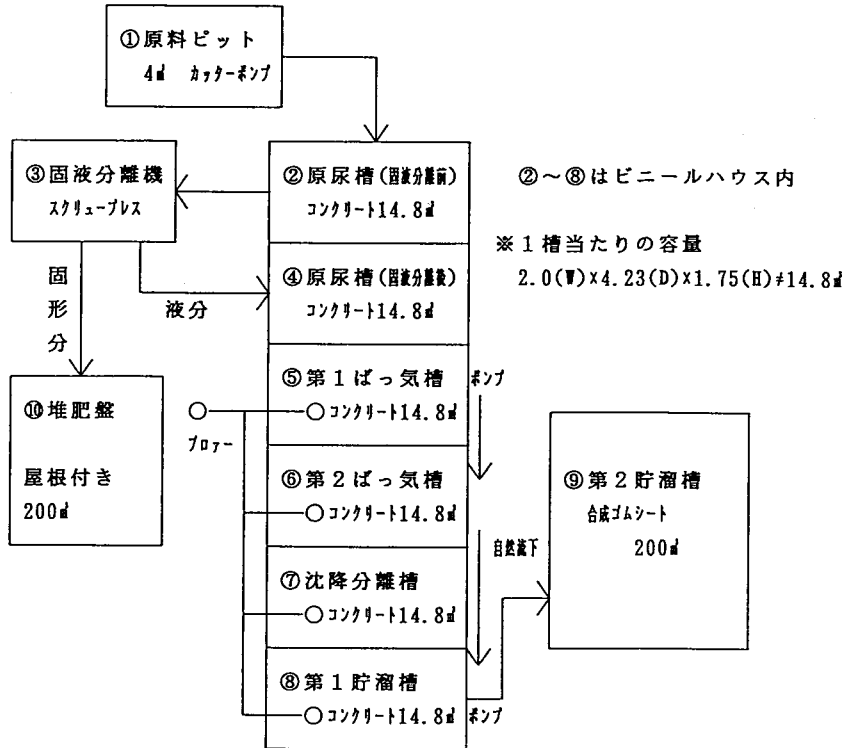
初期立ち上がり試験を行うにあたって、処理開始時にはまず、第1曝気槽内に半分ほど水を張り、図一八のように毎日少しずつ固液分離後の液（以下原液）を投入した。ここでは、発酵の度合いを見る指標として酸化還元電位（以下 ORP）を用い、ORP が上昇に転じた時点で投入量を2倍にした。

(3) 試験分析結果

①処理容量

表一 1 釧路支庁管内農家A経営概況

経営規模	飼養頭数		畜舎形態	糞尿排出方法	敷料	固液分離
	成牛	育成牛				
42.0ha	55頭	25頭	スタンション	バーンクリーナー	なし (カウマット使用)	スクリーンプレス方式

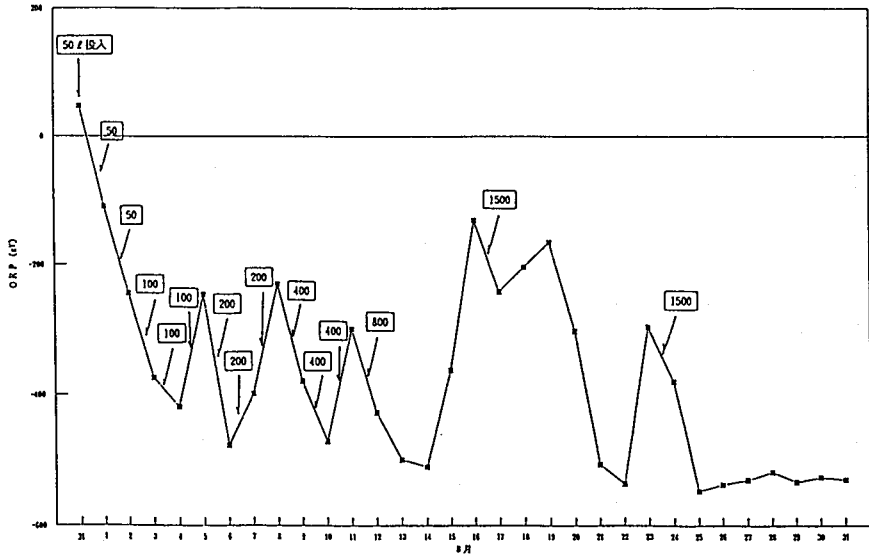


図一 8 処理施設概要 (釧路支庁)

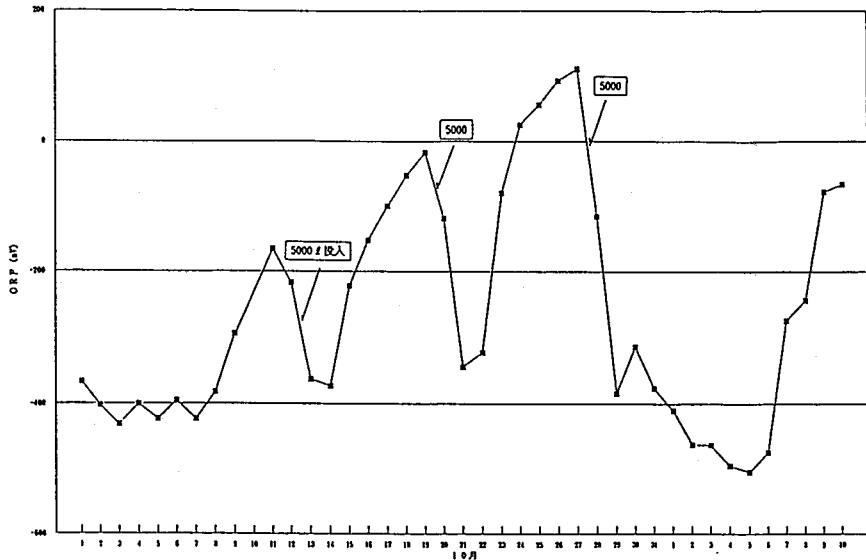
本施設の場合、投入量が400ℓ (第1曝気槽容量14.8㎡の3%程度) では次の日にはORPが上昇し始める (図一9) が、800ℓ (5%程度) 投入するとORP上昇まで4日間を費やすことから処理開始時には3%を目途に投入すべきである。臭気は、刺激のある糞尿臭から土臭または魚臭のような複雑な臭いが生じるが、急激に弱くなる。夏期及び冬期安定期において原液を5,000ℓ投入後すぐにORPが低下し (図一10)、約1週間後に再び上昇に転じた。この結果からこの第1曝気槽は1週間で5,000ℓの原液を処理できる能力を持っているが、この畜舎から1週間に出てくる原液の量は21,000ℓであり、処理能力が25%程度とかなりの容量不足が生じている。

②処理の状況

また、処理液の性状 (表一2) を見ていくと、夏期、冬期とも安定時では、原液のBODが貯留槽では9割程度減少した。なお、各項目で夏期より冬期の方が減少率が大きかったのは、冬期は沈降汚泥槽に溜まった汚泥を第一曝気槽に返送処理したことにためと考えられる。悪臭については表一3に示す4つの臭気が一般的である。硫化水素については、原液では1,000mg O/Lであったが、曝気処理の進行に伴って減少し、貯留槽ではほとんど検出されなかった。アンモニアは、尿中に多量に含まれる物質であり、アンモニア濃度は液のpHと液中に存在するアンモニア態窒素の濃度に関係し、pHが高くなるほどアンモニア態窒素からアンモニアガスになる比



図一 第 1 曝気槽での立ち上がり時の ORP 変動 (7/31~8/31)



図一〇 第 1 曝気槽での連続投入時の ORP 変動 (10/11~11/10)

表一 水質汚濁物質の減少率

項 目	夏 期 安 定 時			冬 期 安 定 時		
	原尿(分離後)	貯溜槽	減少率(%)	原尿(分離後)	貯溜槽	減少率(%)
pH	8.3	9.5	—	8.3	8.5	—
SS (mg/l)	13,000	9,800	25	20,000	14,000	30
COD (mg/l)	11,000	10,000	9	15,000	9,100	39
BOD (mg/l)	6,800	810	88	9,200	410	99
大腸菌群数(個/ml)	4,600	1,500	67	830	45	95
T-N (mg/l)	1,800	1,400	22	3,300	1,500	55
T-P (mg/l)	130	120	8	170	130	24

表-3 臭気の性質

項 目	匂いの性質	備 考
アンモニア (NH ₃)	尿の臭い	
メチルメルカプタン (CH ₃ SH)	腐った玉ネギのような臭い	悪臭防止法に定める悪臭物質
硫化水素 (H ₂ S)	腐った卵のような臭い	〃
酢酸 (CH ₃ COOH)	酸っぱいような刺激臭	〃

表-4 肥効成分

項 目	夏 期 結 果	冬 期 結 果
全窒素 (T-N)	1400mg/ℓ (0.14%)	1500mg/ℓ (0.15%)
リン酸 (P ₂ O ₅)	270mg/ℓ (0.027%)	300mg/ℓ (0.03%)
カリウム (K ₂ O)	3,700mg/ℓ (0.37%)	3,900mg/ℓ (0.39%)
全炭素 (T-C)	10,000mg/ℓ (1.0%)	9,500mg/ℓ (0.95%)
炭素率 (C/N)	7.1	6.3

率が高くなる。そのため固液分離後の値が最も高い。これらの結果は、検知器という器具を使って測定したものである。臭覚試験の場合、原尿では強く尿臭を感じるが、貯留槽ではわずかなアンモニア臭を感じる程度である。処理液は表-4のような肥効成分が含まれており、圃場へ還元することにより化学肥料を減じることができる。特に発酵処理によって液分の粘性が小さくなり土壤に浸透しやすくなるため(第102号の報告参照)、降雨などによって流れることなく土中に浸透し、肥料として作物に利用される割合が高くなる。

(4) 問題点及び今後の改善点

①施設容量

第1曝気槽は1週間で5,000ℓの原液を処理できる能力を持っているが、この畜舎から1週間に出てくる原液の量は21,000ℓであり、処理能力が25%程度とかなりの容量不足が生じている。畜舎から発生する原液を全て処理するためには、比例計算から約63m³の容量が必要である。1日当りの原液の量3,000ℓはその約5%にあたるので、ORPから推測される第1曝気槽の適正容量63m³は、20日間に発生する原液の量に等しい。

②発泡の問題

第1曝気槽において、発酵中一時的に多量の泡が発生し、ビニールハウス内が汚れた。今後、発泡対策を考えなければならない。

IV. 実証モデルにおける調査報告

今まで説明してきた家畜糞尿処理システム基礎調査や釧路支庁管内における糞尿処理施設の事例の成果をもとに、北海道でも有数の酪農地帯である根室支庁管内の別海町(人口 17,638人、乳用牛 108,500頭(全国一))において、一般的な酪農家に普及させる施設を目指し、平成8年7月、「誰でも、立ち上げ、維持管理が簡単にできる施設」として現地の飼養頭数に合わせた実証モデルを設置した。以下はその施設での調査により今までに明らかになったことについての報告である。

(1) 施設概要及び処理方式

実証モデル農家(以下農家B)の経営概況は表-5に示すとおりであり、成牛換算頭数は約100頭(80+50×0.375(換算率))である。しかし、育成牛は半年間町営の育成牧場へ移動させるため、育成牛は無視して80頭規模で施設を造る。糞尿はバークリーナーで運ばれた後、金網で簡易に固体と液体を分離する。液分には固体分がまだ存在しており、敷料や牛の未消化物など繊維質が多く発酵を阻害する物を除くた

表-5 別海町実証モデル設置農家B経営概況

経営規模	飼養頭数		畜舎形態	糞尿排出方法	敷料	固液分離
	成牛	育成牛				
113.0ha	80頭	50頭	スタンション	バークリーナー	干草(牧草)使用	パイプスクリーンによる簡易分離

めにバイブスクリーンを通過させる。その後、原尿タンク（1日容量）から、ポンプアップして曝気槽へ送る。曝気槽は釧路などの事例を参考にしながら20日容量とし、水深2mにおける時間当たりの空気量が曝気槽容量と等しくなるような遠心吸引式の曝気ポンプ2.2kWで曝気処理を行う。また、発泡処理対策として、小さなポンプ（ハイスピンポンプ 0.4kW）で液を循環させ泡を叩いて消泡する方法を採った。曝気槽で処理した液は、沈降汚泥槽へ自然流下し、ここで2日間沈降させた後、既設貯留槽（尿

溜）へ進める。ここで沈降した汚泥を小型ポンプで、曝気槽に戻りさせ、汚泥を種菌として曝気槽での発酵促進に利用する。これらの概要については表一6及び図一11、12に示す。

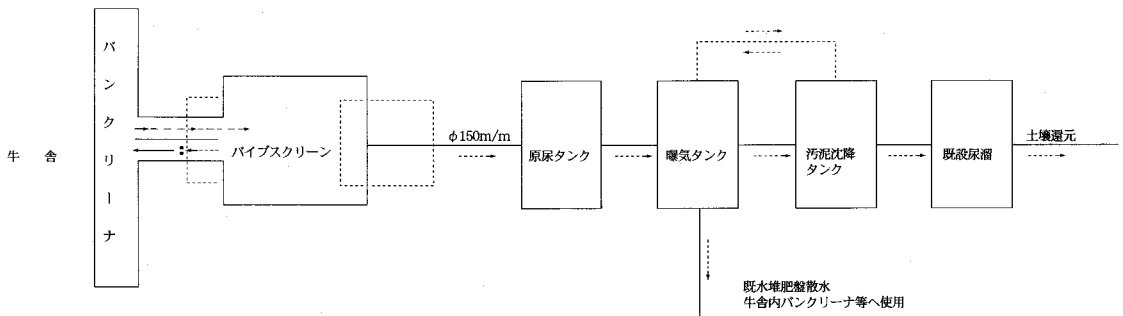
(2) 現在までの施設稼働状況

①立ち上がり試験

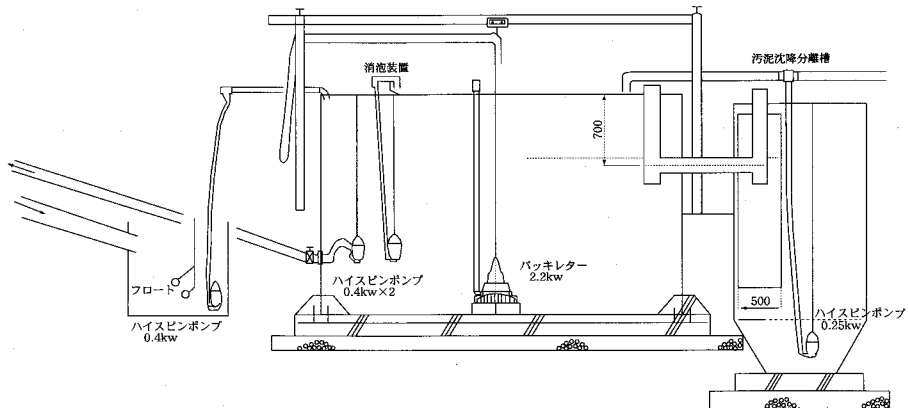
試験については、原液の投入に先立ち曝気槽の半分くらいまで水を張り、その後徐々に原液を投入したが、未分解の牧草がかなり混入していたため発酵が阻害された。そこで、途中から牧草などを取り除くために、バイブスクリーン

表一6 別海町実証モデル施設計画諸元

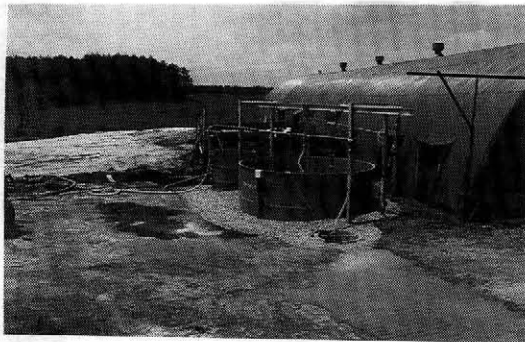
成牛換算頭数	設計液分流入量	原尿タンク	曝気槽	沈降汚泥槽	貯留槽
80+50×0.375×0 =80頭 (育成牛は、半年間町営育成牧場へ行くので、今回は換算しないで施設設計する)	15kg/頭×80頭= 1.200m ³ /日	既設利用 1日程度容量	①容量(20日間容量) 1.2m ³ /日×20日=2.4m ³ (直径4.0m、高さ2.0mに余裕50cmを加えて2.5mとする) ②曝気ポンプ 遠心吸引式曝気ポンプ 2.2kw	①容量(2日間容量) 2.4m ³ (直径1.5m、高さ1.5mに余裕50cmを加えて2.0mとする)	既設利用



図一11 別海町実証モデル施設フロー図



図一12 別海町実証モデル施設詳細図



写真一 別海町実証モデル施設全景

を導入した。その結果発酵は進んだが、途中で何度も発泡してしまい、発泡に驚き処理を中断したり、水を追加したりしてうまく立ち上がらなかった。後の改善点でも述べるが、立ち上がり途中の発泡に対しての対策が必要である。

②処理の状況

農家Bの原液は、BODで平均18,000mg/l、TS濃度（全蒸発散量）で3.6~5.2%と他施設の原液と比べると生尿というよりむしろ生糞に近く、負荷が大きい。そのため立ち上がり後も、負荷がかかりすぎると発泡してしまう。現在は、曝気槽でBOD1,700mg O/L程度と比較的順調であるが、いつまた発泡を起こすかはわからない状況である。沈降汚泥槽が曝気槽よりBOD、TS濃度が高いのは、まだ沈降汚泥槽から汚泥を曝気槽に戻して有効利用していないからである。

(3) 結果及び今後の改善点

①原液の前処理

農家Bのように敷料や糞中に存する未分解の牧草などが原液中に混入するような施設では、前処理として今回導入したパイプスクリーンのような除塵施設は発酵を促進する上で不可欠であると思われる。

②発泡対策

泡は、好氣的発酵では必ず発生するものである。また、連続投入方式で過剰投入などによって負荷が許容量以上にかかる場合にも発生する。つまり、連続曝気方式では避けて通れない問題である。現在は、小型ポンプで液を消泡板に当てて泡を叩く方法によって対処しており、平常時はそれで対応できるが、一度に大量に発泡するときには全く対応できない。今後は、発泡対

策をどのように行うかが重要な問題である。対策として

- a, 泡が一時的に大量に発泡するときに消泡剤を投入して一時的に納める。しかし、この方法は経費がかかる。また発酵が進むと発泡するので常時監視しなくてはならない。
- b, 曝気槽の構造を泡が立ちにくい構造にする（ナベのように泡が中央に集まるようにする）。しかし、一時的に発生する大量な泡の処理は難しいと思われる。
- c, 曝気槽の外側を泡を受ける仕組みにし、それによって吹き出した泡を排除する。この方法の場合、出てくる泡が非常に細かいのでその泡をつぶす対策が必要である。

いずれの方法も一長一短があるので、今後検討を要する。

③曝気槽容量

本施設については、釧路の施設などを参考に20日容量で設計しているが、先に述べたように通常の液分を扱う施設よりBODが高いので、負荷が思った以上にかかり発泡が頻繁に起こる。対策としては、家畜糞尿処理システム基礎調査の結果から30日容量にするのが良い方法だが、施設費が増大するので様々な視点から分析し、検討をしていきたい。

④冬期対策

現在、施設は野ざらしになっており、に降雪などによって発酵が阻害される可能性があるもので、現在ビニールハウス等で覆う計画を立てている。

V. おわりに

本報ではまず、第1報に続き、家畜糞尿処理システムの立ち上がり試験及び連続試験について報告した。曝気槽の容量が約1m³のモデル実験では、時間当たり曝気槽の容量の約2倍の空気量を送る場合、日当たり投入量は曝気槽の容量の1/30で安定運転が可能であることがわかった。また、釧路における施設調査では、ORPが施設の曝気の効果を見る指標となり得る可能性があることが確かめられた。これらのデータを元に根室支庁管内に実証モデルを設置したが、この施設は泡との戦い

が未だに続き発泡対策におわれている。今後は更に実証モデルで、適正曝気量（容量の2倍の空気量で良いか）、適正容量（30日容量で良いか）についても検証していく予定である。

今回は曝気の技術報告に終わったが、今後は散布技術、散布後の施肥効果、維持管理を含めた経済経営評価を併せて分析し、総合的な家畜ふん尿

の農地還元技術を確立したいと考えている。

最後に、本調査を行うにあたり北海道立工業試験場資源エネルギー部、上川支庁北部耕地出張所、根室支庁農業振興部耕地課、釧路支庁農業振興部管理課、北海道農業開発公社根室支所、JA厚岸営農課の皆様にご協力いただいたことにお礼申し上げます。

うるおいのある豊かな生活環境づくりに

トリシマ 農業集落排水の総合技術

トリシマは、農業農村整備における各種ポンプ設備をはじめ、汚水の流送システム／農業集落排水処理施設など農村の生活環境の保全や向上に、トータルエンジニアリングでお応えしています。



農業集落排水処理施設



トリシマ
株式会社 西島製作所

東京支社／東京都千代田区丸の内1-5-1 新丸ビル ☎(03)3211-8661(代) FAX(03)3211-2668
〈支店〉大阪・名古屋・福岡・札幌・仙台・広島・高松 〈営業所〉横浜・長野・佐賀・那覇
本 社／大阪府高槻市宮田町一丁目1番8号 ☎(0726)95-0551(大代) FAX(0726)93-1288

高付加価値貯冷库としての「雪室」の応用

長 南 達 夫*
(Tatuo CHOUNAN)

目 次

1. 地域の概要	65	3. 雪室の利用概要	67
2. 雪室の概要	65		

1. 地域の概要

(1) 位 置

朝日村は、山形県の西南、庄内の最南端に位置し、面積は569.17km²で県内第二の広さをもつ山村です。その大部分は山岳地帯で、山地面積は全体の94%を占め、うち国有林が60%となっている。東は月山、南は朝日連峰を源とする梵字川、赤川の二大清流が縦貫しており、この流れに沿った谷間にわずかに開けた平坦部に点々と41の集落と農地が点在する。

(2) 気 候

日本海型気候に属し、冬は北西の強い季節風が吹く多雪地帯であり、積雪期間は、12月～翌年4月中旬までの4ヶ月半と長く、積雪量は2～4mにも及び全国有数の豪雪地帯である。

(3) 産 業

農地面積は村土の約2%の1,291haで、そのうち79%が水田であるが、標高は海拔60～400mと差があり天気の影響による収穫量の差も大きく、農業の厳しさは平野部では予想し難い自然条件下にある。しかしながら最近では、中山間農村の地域特性を活かした山ブドウを原料とした月山ワインの生産、ゼンマイ、ワラビ、タラの芽、コゴミ、月山筍等の栽培、加工などの研究開発も行われている。また、霊山として知られる出羽三山（月山、羽黒山、湯殿山）の一峰湯殿山参拝及び観光、更には周辺のスキー場、オートキャンプ場、特に最近では、月山あさひ博物村におけるバンジージャンプは全国的にその名が知られ、自然をそのまま

生かした大きなスケールは多くのファンを魅了しており、通年観光へと大きく歩んでいる。今後は、観光と農業、観光と特産開発をセットに村の産業振興を図るべく考えている。

(4) 人 口

昭和29年に3村が合併した当時は、14,000人の人口も年々減少し、昭和60年には、6,711人、第1次産業の就業者数の構成比も同様に年々減少し30%となり、現在では人口6,309人、第1次産業の就業者数の構成比は21%となっている。また、高齢化率も年毎に高くなり現在では23%になっている。今後とも僅かながらも人口の減少、第1次産業の就業者の減少が続く、高齢者特に後期高齢者の増加が予想されることから、農林業そのものの根本的な生産体制の見直しにより第1次産業の堅持、ひいては村の人口定着化を図る必要がある。

2. 雪室の概要

(1) システム導入の経過

朝日村は、2～3mの積雪に覆われる豪雪地帯で、5ヶ月間も雪との闘いを強いられる環境にあり、過疎化の原因ともいわれる雪の克雪、利雪が以前から期待されてきた。これまでも雪トピア等の利雪を目指したイベントや克雪住宅形式による公営住宅の建設、流雪溝や融雪溝の設置などを通して克雪、利雪に対する住民意識の高揚を図ってきた。また一方、最近の厳しい農業情勢の中で農業離れなど、過疎化の加速要因が拡大しつつある中で、朝日村の農業振興にどう取り組むかが課題となっており、農業生産体制、販売促進体制の確立と風土にあった産物の発掘や生産システムの開発が重要施策として期待されており、朝日村では

*山形県朝日村役場

古くからツボケとして野菜の貯蔵に雪を活用してきた点に着目し、豊富な雪を活用した高付加価値型農業の一環として、特に雪室貯蔵というブランドイメージの形成と販売戦略での活用を期待して建設することとなったものである。

(2) 目的

土地利用・気象・立地等各条件が不利な山間多雪地帯である本村においては、山菜等を含めた農林産物及びその加工品の出荷あるいは生産調整又は食味等で差別化産品としての高付加価値型農業が求められる。雪室に雪を通年貯蔵することで、電気式冷蔵庫では作り得ない保冷環境（低温かつ高湿度）を実現し農林産物の長期保存が可能となる。これにより計画的な出荷が可能であり、市場の値動きに対応した出荷調整販売ができる。また、通常の冷蔵であれば一般貯蔵庫に比較して電気を使用しないので運転経費がかからず経済的にも優れている。かつ、自然の雪を活用した雪室貯蔵というブランドイメージを形成し、販売戦略に活用することも検討できる。本村における雪利用は最大の課題であり、本施設はその一例として今後の雪利用についての多岐な試みとなることを期待したものである。

(3) 基本設計の条件

- ① 通年利用可能な施設とすること。
- ② マイナス温度室を設けること。
- ③ 雪の搬入搬出が簡単であること。
- ④ 維持管理が低コストであること。

(4) 事業名・設計、コンサルタント等

当施設は平成2年度に採択された湯殿山麓六十里地区中山間地域農村活性化総合整備事業の特認事業である地域資源活用施設として平成6年度に建設された。

事業主体は山形県で、工事は県営赤川土地改良事務所が担当した。工事の設計監理は札幌市、北裕建設コンサルタント株式会社、工事請負者は株式会社鶴岡建設である。また、この施設の冷却構造については、室蘭工業大学工学部機械システム工学科、媚山政良工学博士の主宰する室蘭ヒートパイプ研究会が特許権を持っており、研究会には今回工事の設計監理者である北裕建設コンサルタント株式会社、川本周朗調査課長が所属し、設計を実施している。

(5) 施設の概要

- ① 建築年月日 平成7年3月31日
- ② 設置場所 朝日村大字越中山字名平1番地の29
- ③ 施設の名称 「あさひの雪蔵」(写真-1~3)

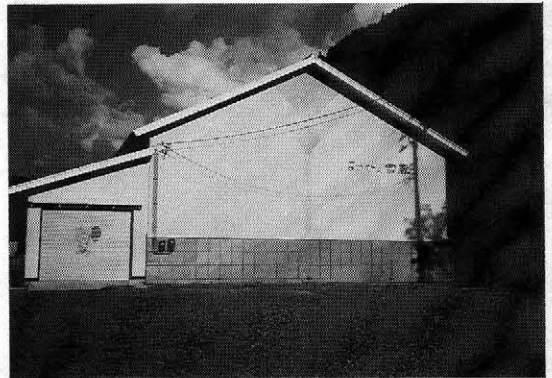


写真-1 建物全景

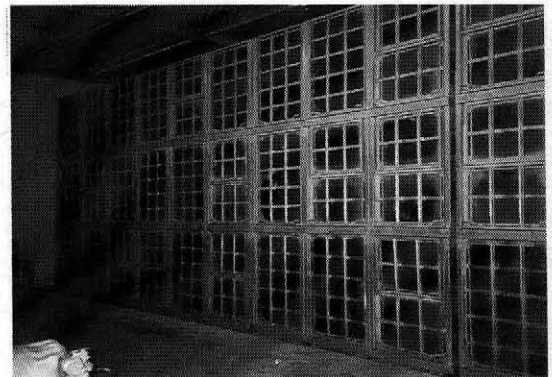


写真-2 メッシュコンテナ



写真-3 根株の仮眠試験

- ④ 建設費 67,000,000円（土地購入費を除く）
- ⑤ 施設の構造 鉄骨 1階建 鋼板葺(断熱)
- ⑥ 施設の面積 288.8㎡ (77.5坪)
 - 内訳 一般貯蔵室部分 107.2㎡
 - 低温庫 (A) 部分 15.1㎡
 - 低温庫 (B) 部分 20.7㎡
 他, コンテナ収納スペース, 温度調整室, 及び前室を設置している。

(図-1)

(庫内に雪コンテナを102個収納している)

(6) 施設の管理運営

朝日村の施設で, 施設の管理運営をJA庄内たがわ農業協同組合朝日支所に委託している。

3. 雪室の利用概要

(1) 雪の搬入作業

建築年は, 完成期日が3月末日であり, 雪質及び雪の詰め込み作業等に問題を残しながらも(写真-4), 平成7年4月4日~7日までの3日間で, 2tメッシュコンテナ102個に雪を詰め込み,

雪室内部に搬入した。平成8年度は, 降雪量は多く, 雪質も良く施設内の排雪で十分であり, 2月下旬~3月上旬にかけてコンテナへの雪の詰め込みを村のロータリ除雪車(写真-5)で隙間無く集雪をして, 雪室内部にコンテナを三段にして(写真-6)搬入する。

(2) メッシュコンテナの融雪状況

平成7年度(建築年)は4月7日に雪の搬入を完了したが, この時の雪室内の温度は外気温に近い9℃であったため, 4月下旬には3段重ねコンテナの上段部の雪が約半分くらい融け, その後融雪はゆるやかになったものの5月中旬には上段部の雪が, 7月下旬には中段部, 9月中旬には下段部の雪が全部融けてしまった。予想以上に早く融けた要因としては, 保管作物を一定温度に保つエネルギーよりも, 上昇していた雪室内部の温度を下げるまでのエネルギー, そして作物の搬入, また人の出入りによる正面ドアの開閉によるエネルギーの損失が大きかったものと思われる。特に真夏の外気温の高いときのドアの開閉は一考を要す今後の課題でもある。

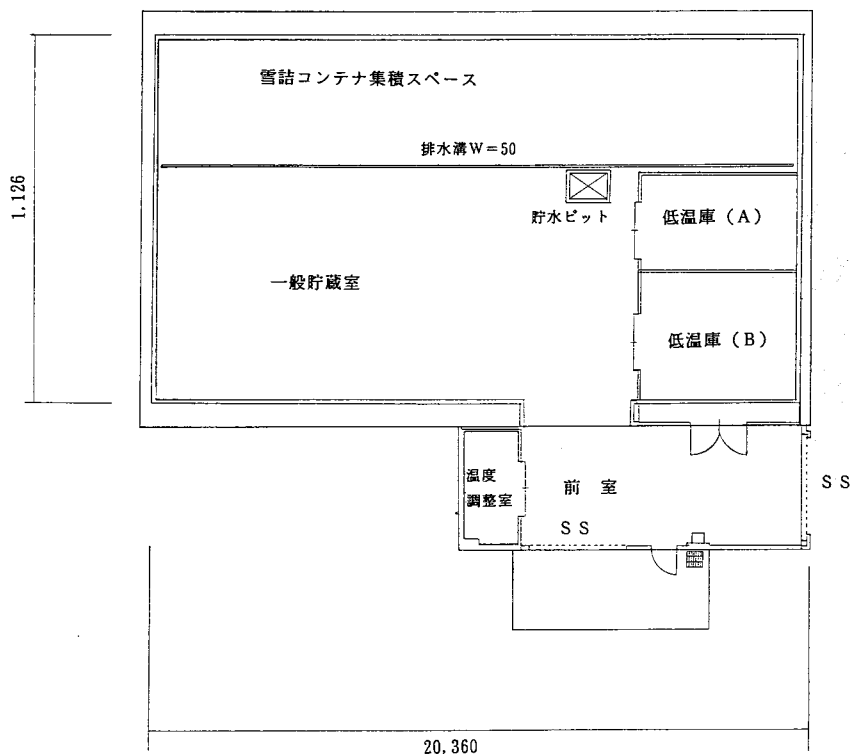


図-1 建物平面図



写真一 4 雪の詰め込み作業 (平成7年度)



写真一 5 雪の詰め込み作業 (平成8年度)



写真一 6 メッシュコンテナの設置作業

平成8年度は、コンテナへの雪の詰め込み状況が良く、10月中旬は、下段部の10%の雪が残っており、11月中には、下段部にもほとんど雪が残っていない状況である。雪の搬入を厳冬季の2月中旬頃までに終了すれば、11月末又は、通年利用が可能になるものと考えられる。

(3) 雪室内部の温度の状況

平成7年度の雪室の内部温度の状況は、雪の搬入時(4月7日)から5月10日までの約1ヶ月に目標としていた1~3°Cに温度を下げる事ができた。5月10日から8月10日までの3ヶ月間は、1~3°Cに温度を保つことができたが、雪が融けるとともに内部温度が上昇し、9月中旬には、雪が全部融けて、その後は、外気温に近くなる一方であった。

平成8年度は、雪の搬入時から10月末までは、0~2°Cの間で推移しており、雪の残りが少なくなってきた11月に入ると3~4°Cに気温が変化する。

(4) 雪室の利活用状況

雪室は、雪スペース(120t, 90m²)にコンテナで雪を貯蔵する方式で実施し、雪の冷熱エネルギーを対流させ冷房源として活用するもので、一般貯蔵室(0~2°C, 110m²)と一部強制冷凍の低温庫(-2~-5°C, 36m²)がある。計画では、一般貯蔵室で、腐食防止と品質保持として貯蔵する「赤かぶ」、安値時の出荷調整で高値販売としての出荷調整の「うど、みょうが」、水温貯蔵による熟成で高品質生産としての熟成する「ぶどう液、月山ワイン」等を貯蔵する。また、低温庫では、促成株の休眠維持で受注生産が可能になる山菜根株の冷凍貯蔵の「ごごみ、うるい、タラの芽、ギョウジャニンニク等」を考えている。

建築からこれまでの間、施設管理を受託しているJA庄内たがわ農協朝日支所で実施した、雪室での貯蔵試験作物としては、表一1のとおりである。しかし、建築年の冷熱エネルギーである雪の状態が良くなかったことや本年度も年度途中という状態で年間としてのデータ不足等があり、今後も具体的な試験が必要であるが、試験した作物については、作物により多少異なるものの、いずれも良好、又は良で短期間の保存可能な物から長期間保存可能な物まで一応の成果が現れている。雪室で貯蔵した根株をハウスに伏せ込みし、収穫をした「ウルイ」の試験データ(表一2)から見ると発注に応じた生産が可能になるものと思われるが、商品価値としての消費者からの感想意見等の反応はなかった。また、ウルイの根株の冷凍貯蔵は、9月を過ぎると芽が伸びてくる状態にあるので、一旦冷凍貯蔵し、発注の時期に合わせ冷

表-1 雪室施設利用概況

作物名	冷蔵貯蔵	冷蔵一時貯蔵	冷凍貯蔵	備考
月山ワイン	○			長期貯蔵試験
山ブドウ原液	○			長期貯蔵試験
米		○		長期貯蔵試験
花 (リアトリス)		○		株の一時予冷抑制試験
花 (アマトリス)		○		株の一時予冷抑制試験
花木 (ナナカマド)		○		株の一時予冷抑制試験
花木 (トルコキキョウ)		○		株の一時予冷抑制試験
コブシ		○		株の一時予冷抑制試験
月山筍	○			出荷調整試験
青コゴミ		○	○ (根株)	出荷調整試験
とちの実	○			出荷調整試験
干ぜんまい	○			無燻蒸貯蔵試験
ニラ	○			出荷調整試験
アイコ		○		根株の一時予冷抑制試験
ホンナ		○		根株の一時予冷抑制試験
シドケ		○		根株の一時予冷抑制試験
みょうが		○	○	根株の一時予冷抑制試験
うるい	○ (根株)	○	○ (根株)	根株の一時予冷抑制試験
赤かぶ	○	○		根株の一時予冷抑制試験
ギョウジャニンニク		○	○ (根株)	根株の一時予冷抑制試験
山うど	○ (根株)	○		出荷調整試験
わらび	○ (根株)	○		出荷調整試験
蔀	○	○		出荷調整試験
舞茸		○	○	出荷調整試験
キャベツ		○		出荷調整試験
枝豆		○		出荷調整試験
夏秋キュウリ		○		出荷調整試験
大根	○	○		出荷調整試験
人参	○	○		出荷調整試験
ハウレン草		○		出荷調整試験
アスパラガス		○		出荷調整試験
塩蔵ナス	○	○		出荷調整試験
栗	○	○		出荷調整試験
ぶどう	○			出荷調整試験
山ぶどう	○	○		出荷調整試験
庄内柿	○			出荷調整試験
りんご	○			出荷調整試験
あけび	○	○		長期貯蔵試験
山菜漬物	○	○		長期貯蔵試験
きのこ菌類		○		予冷抑制試験
赤こごめ	○ (根株)	○		出荷調整試験
タラの芽 (原木)	○			出荷調整試験

表一 2 雪室施設利用ウレイ試作結果表

供試品種：岩本在来種

(資料提供：JA庄内たがわ農協朝日支所)

回数	ハウスへの 伏せ込み	収 穫		合 計	摘 要	雪 室 利 用 (根株)
		第 1 回	第 2 回			
1	7月15日 12株	7月19日 2.0kg	7月23日 3.0kg	5.0kg	1株当り 417g	冷蔵貯蔵
2	7月24日 15株	7月31日 2.6kg	8月2日 2.7kg	5.3kg	1株当り 353g	冷蔵貯蔵
3	9月4日 12株	9月11日 5.5kg	9月13日 1.5kg	7.0kg	1株当り 583g	冷蔵貯蔵
4	10月9日 11株	10月17日 4.0kg	10月21日 2.5kg	6.5kg	1株当り 591g	冷凍貯蔵から 冷蔵貯蔵
5	10月30日 32株	11月8日 10.0kg	11月11日 5.0kg	15.0kg	1株当り 469g	冷凍貯蔵から 冷蔵貯蔵
計	82株	24.1kg	14.7kg	38.8kg	473g	

蔵貯蔵に回す必要がある。

今後の試験作物として「落」の根株の冷凍貯蔵などを試験作物を増やしたり、根株からの収穫までの試験作物も増やし、雪室の利用について試験データを集め、受注生産が可能になるように検討したい。

(5) 今後の課題

本年は、昨年の反省を踏まえ、雪の詰め込み作業の見直し、雪質の状況等を考え、2月下旬からコンテナへの雪の詰め込みを行って11月中まで雪が残っている状態であり、雪室内部の温度については、一定の評価が得られたものと思われる。しかし、通年利用を考えると、雪の詰め込み作業を

厳冬季の2月中旬頃までに終了していれば、よかったのではという反省がある。また、入庫作物についても貯蔵作物の試験を行うとともに根株からの収穫までなどの試験作物を増やし、雪室利用の作物ごとの貯蔵方式のデータを集め、より良い貯蔵方式の一定化を図る必要がある。

建物の構造的には、根株保存など低温を必要とするなどの目的に合わせて選択できるようにした、低温庫を設けたことは大変良かったと思っている。課題としては、冷凍庫の入口が狭い、一般貯蔵室と前室に作業準備室の確保、一般貯蔵室の立体的貯蔵施設の設置などがあり、今後検討していく必要がある。

再生紙使用によるマルチ水稻栽培について

伊 藤 邦 夫*
(Kunio ITO)

目 次

1. 再生紙マルチ移植技術の特徴	71
2. 再生紙マルチ水稻の生育収量	71
3. 再生紙マルチによる水田雑草の抑制	72
4. イネ紋枯病に対する再生紙マルチの発病抑制効果	73
5. 再生紙マルチ水稻栽培の経済性評価	73
6. 導入事例	75
7. 再生紙マルチ水稻栽培の今後の発展方向	76
8. おわりに	76

1. 再生紙マルチ移植技術の特徴

再生紙マルチ移植技術は、環境にやさしい農業を実践する上で、隘路となっていた除草剤に頼らない雑草防除を解決したもので、資源循環による再生紙で田面を被覆することにより、一年生水田雑草を除草剤並に抑制し、さらに、イネ紋枯病を1/3程度に抑制する物理的防除効果を併せ持つため、大幅な減農薬を達成した栽培法である。

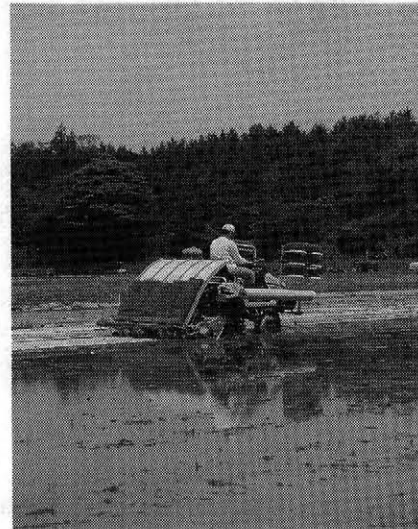
作業方法としては、通常的水稻移植栽培と同様、耕起・代かきを行い、滞水のない状態で再生紙を田面に拡げ、植え穴を開けると同時に苗を移植するもので、移植が終わると田面全体が再生紙で被覆される。

田面にマルチングした再生紙は直ぐに吸水し、容易に手植えができるが、現在は乗用の5条植え専用田植機が開発・市販され、マルチングと移植作業は機械化されている。

使用する再生紙は原料が段ボール古紙で、坪重120g/m²、厚さ0.2mm、幅160cm、長さ100m巻きのロール状で、専用田植機に適合する規格となっている。なお、10a当たりの必要量は約7ロールである。

2. 再生紙マルチ水稻の生育収量

再生紙マルチの特徴を活かした、有機物施肥による水稻の生育は、初期生育が緩慢で、慣行に比べ葉色の低下が大きく、移植後20日の茎数、葉齡



も少なかった。

移植後20~30日頃から生育は旺盛となったが、低調な初期生育のため短草・少げつで推移し、最高分けつ数は慣行より約10%少なく、早植で最高分けつ期が3日遅れた。幼穂形成期でもこの傾向は変わらなかったが、葉色は、再生紙マルチが慣行に比べやや濃くなる傾向が見られた。出穂期は、早植で慣行に比べ2日遅れた。

収量は、慣行に比べ穂数と一穂粒数が少なく、単位面積当たりの穎花数が少なくなることから、6~8%少ないが、5月上旬~6月初旬移植で目標とする収量水準500kg/10aが確保できた。

*鳥取県農業試験場

表一 異なる移植時期における再生紙マルチ水稻の生育及び収量（鳥取農試 1992～1994年）

移植期 (月、日)	区名	移植後20日		最高分けつ期		移植後 葉色 (SPAD)	出穂期 (月、日)	主穂 葉数	穂数 (本/m ²)	精玄米重 (kg/10a)	比率	等級
		茎数 (本/m ²)	葉齢	茎数 (本/m ²)	日数							
5.10	マルチ	78	5.1	490	61	35.7	8.7	13.8	349	523	92	1.8
	慣行栽培	95	5.9	560	54	34.7	8.5	14.0	365	568	100	1.8
5.22	マルチ	112	5.4	449	54	33.8	8.11	14.0	342	495	94	1.7
	慣行栽培	118	5.8	468	51	32.8	8.10	14.0	364	528	100	2.0
6.5	マルチ	113	6.5	418	46	35.2	8.17	13.9	348	514	92	1.3
	慣行栽培	145	6.7	456	45	34.6	8.17	13.9	367	556	100	1.5

注)マルチ区はなたね油粕を基肥及び穂肥(出穂前23日)各70kg/10a、慣行栽培区は初中期一発型除草剤を使用し、施肥は化成肥料で窒素成分基肥3kg、穂肥(出穂前18日及び10日)各2kg/10aを施用した(以下同様)。



3. 再生紙マルチによる水田雑草の抑制

再生紙は田面に密着後約1週間で紙表面に酸化鉄の沈着が見られ赤褐色となり、被覆後50日前後で見かけ上消失する。移植後49～52日の雑草量は、初中期一発型除草剤よりわずかに多いが、アゼナ等後次発生の一年生広葉雑草が散見された程度で、5月上旬から6月初旬の移植期において再生紙マルチは実用的な除草効果を示した。その効果は田

面被覆期間が長いほど高かったが、実用的な防除効果を得るためには、移植後約1ヶ月間再生紙マルチが田面上に残っている必要があった。

再生紙マルチによる雑草抑制の主な効果は、遮光による光合成阻害によるものであり、さらに再生紙と田面の密着という物理的な押さえつや、草種によっては暗条件で発芽が抑制されることも、再生紙マルチの効果を高めていると考えられる。しかし、再生紙が水に浮いている場合には、紙の消失期間が前述より短縮されることから、十分な雑草防除効果を得るためには、再生紙マルチを田面に密着させることが重要である。

全草種について再生紙マルチの除草効果は現段階では確認されていないが、これまでの試験(現地試験を含む)で得られた情報をまとめると以下のようなになる。

再生紙マルチの除草効果は、適正な作業・ほ場管理を行うことによって、除草剤の様にシャープな防除効果ではないが概ね雑草害が発生しない程度に雑草を防除することができる。ただし、クログワイ等塊茎により繁殖し、出芽期間が長期に及

表二 異なる作期での再生紙マルチの雑草抑制効果と水稻収量（鳥取農試 1992年）

移植期	除草法	雑草発生量(乾物重g/m ²)				同左無除草区比(%)	収量(kg/10a)	比率(%)
		ハビ	クム	その他	計			
5.11	マルチ	0	0	t	0	0	529	95
	除草剤	0	0	0	0	0	555	100
	無除草	8.7	0	t	8.7	100	498	90
5.22	マルチ	0	0	t	0	0	552	104
	除草剤	0	0	0	0	0	531	100
	無除草	3.7	0.1	t	3.8	100	499	94
6.5	マルチ	0	0	t	0	0	553	98
	除草剤	0	0	0	0	0	567	100
	無除草	4.3	0.1	t	4.4	100	500	88

注)雑草発生量の調査は、移植後49～52日に行った。

表一 3 草種別の防除効果

草種	ノビエ	ホタルイ	コナギ	セリ	ウリカワ	クワワイ	ミスガヤツリ	オモダカ
効果	◎	○	○	◎	○	△	△	△

(注:◎:除草剤と同等の効果、○:除草剤より劣るが実用上問題なし、△:効果はあるが僅か)

ぶものでは除草効果が低く、逆に除草剤では効果が不十分であったり薬害が問題となる凹凸の大きいほ場や漏水田でも安定した除草効果が期待できる。

4. イネ紋枯病に対する再生紙マルチの発病抑制効果

イネ紋枯病菌は菌核によって越冬し、この菌核は代かきにより水面に浮遊し、イネの株元に付着して発病する。再生紙マルチ栽培では浮遊菌核数およびイネ株への付着菌核数が大幅に減少し、発病株率およびほ場被害度はいずれも約1/3に低下したが、病斑の垂直進展は抑制されなかった。さらに、水管理でも浅水管理(飽水状態)と深水管理(湛水深8cm程度)との間で、発病程度に顕著な差は認められず安定した発病抑制効果が得られ、再生紙マルチはイネ紋枯病に対する物理的防除法として利用可能と判断された。

なお、発病後の抑制効果はないので、発病が多く被害が予想される場合は薬剤による防除が必要である。また、葉いもち、穂いもち及びイネミズゾウムシについては、発生抑制に及ぼす再生紙マルチの効果は認められなかった。

育苗箱施用+本田4回防除の慣行防除に対して、育苗箱施用+本田1~2回の減農薬防除は、穂いもち、イネミズゾウムシ、ツマグロヨコバイ、イネツトムシ等に対しては防除効果はやや劣ったが、イネ紋枯病に対しては、再生紙マルチにより発生

が減少したため、防除回数を慣行の2回から穂ばらみ期1回に減らしても、十分な防除効果が得られた。また、収量は慣行防除に比較して5%以下の減収にとどまり、目標収量(500kg/10a)の確保が可能であった。

5. 再生紙マルチ水稻栽培の経済性評価

実証試験で「コシヒカリ」を用いて、実証(再生紙マルチによる雑草抑制、なたね油粕による基肥・穂肥施用、本田防除1~2回)及び慣行(除草剤使用、高度化成による基肥・穂肥施用、本田防除2~4回)の2区を設け、それらの収量性、使用資材、労働時間等を基に生産費を試算した。

再生紙マルチ栽培の作業的な特徴としては、移植作業を専用の再生紙マルチ田植機によって行うが、再生紙マルチのロール交換(約20分/10a)等に時間を要するため、慣行に比べ移植作業全体で0.6時間/10a増加した。しかし、施肥作業時間は慣行とほぼ同じ1.2時間/10aであるが、除草剤散布作業が省略できるとともに、病虫害防除は平年の病虫害発生状況では、防除回数をほぼ出穂前1回に減少できるため、慣行の1/3の0.4時間/10aとなった。総労働時間としては慣行に比べ0.6時間少ない27時間/10aであった。収量は、実証試験2年間の平均では、慣行をやや下回る540kg/10a程度が得られている。

生産費についてみると、肥料費は有機質肥料の施用により慣行の化成肥料に比べ約50%増加し、

表一 4 主要病害虫に対する減農薬防除効果(鳥取農試 1993~1994年)

処 理	葉いもち ^a 病斑面積 率(%)	穂いもち ^a 発病穂率 (%)	紋枯病 ^b 被害度 (成熟期)	イネミズゾウムシ ^a 被害度
マルチ・減農薬防除	0.16	1.3	2.0	12.0
マルチ・標準防除	0.17	0.0	0	11.0
マルチ・無防除	0.22	9.4	9.4	26.5
除草剤・無防除	0.22	9.0	26.4	23.0

(注) aは1993年, bは1994年の試験

表-5 使用資材及び作業別労働時間 (鳥取農試 1994年)

(単位:時/10 a)

項目 作業内容	再生紙マルチ栽培		慣行	
	使用資材	時間	使用資材	時間
土壌改良	含鉄資材または珪酸質資材	-	含鉄資材または珪酸質資材	-
基肥	なたね油粕 70kg 鶏ふん灰 20kg	0.7	高度化成 N 3kg P 11.5kg	0.7
田植	再生紙マルチ 129kg	1.6	-	1.0
追肥	なたね油粕 70kg	0.5	高度化成 N 2kg 2回	0.5
除草	-	-	初中期一発除草剤 3kg	0.4
病虫害防除	殺虫殺菌剤 (出穂前1回)	0.4	殺虫殺菌剤 (最高分けつ期, 出穂期前後 計3回)	1.2
その他計	-	23.8	-	23.8
合計		27.0(98)		27.6(100)

注1)*: 土壌分析によって施用を決める(労働時間, 生産費には含めていない)。

2)()内数値は慣行対比(%)。

3)乾燥, 調製はライスセンター利用とした。

4)慣行は平成6年度鳥取県水稲栽培指導指針による。

5)各労働時間は, 現地実証試験の作業時間調査より算出した。

農業薬剤費は除草剤の削除と防除回数の減少のため約1/3となった。しかし, 再生紙マルチを使用するため諸材料費が大幅に増加(約18千円/10 a)するとともに, 再生紙マルチ田植機が通常の田植機の約2倍の価格であるため減価償却費が約20%増加した。

その結果, この栽培技術の60kg当たり全算入生産費は16%(2.5千円)増加すると試算された。このように, 再生紙マルチ栽培は慣行栽培に比べ生産費の増加を伴うが, その増加分に見合う米の販売価格が設定できれば, 技術の現地定着化が期待できると考えられる。

表-6 収量及び生産費 (鳥取農試 1994年)

(単位: kg, 円/10 a)

項目	再生紙マルチ栽培	慣行
収量	544(97)	559
肥料費	7,839(146) { 5 }	5,370 { 4 }
農業薬剤費	3,859(35) { 2 }	11,172 { 8 }
諸材料費	25,259(358) { 15 }	7,055 { 5 }
減価償却費	33,874(118) { 21 }	28,779 { 20 }
(うち田植機)	9,116(226) { 6 }	4,021 { 3 }
労働費	32,400(98) { 20 }	33,120 { 23 }
その他計	36,095(102) { 22 }	35,385 { 24 }
費用合計	139,326(116) { 85 }	120,181 { 83 }
同60kg当り	15,367(118)	12,975
全算入生産費	164,546(113) { 100 }	145,312 { 100 }
同60kg当り	18,148(116)	15,597

注1)()は慣行対比(%)。

2)()は全算入生産費に対する各費用の構成割合(%)。

3)再生紙マルチは1ロー 2.6千円(100m×160cm)(税別)。

4)再生紙マルチ田植機の価額は2950千円(税別)。

5)収量は現地実証試験2年間(1993~1994年)の平均とした。

6)中大型機械1セットの利用面積は水稲6ha, 大豆2haとした。

6. 導入事例

環境問題に対する国民の関心が高まり、消費者は、化学肥料や農薬に依存しない栽培法により生産された、安全で高品質な農産物を求める傾向にある。その中で、JA 倉吉市再生紙マルチ稲作研究会では、再生紙を利用した稲作に取り組み、資源の有効利用、地力の維持増進、安全かつ良質な米の生産を行いながら環境保全型農業を実践している。

(1) 地域の農業と集団の概要

倉吉市は、鳥取県の中部に位置する人口約51,000人の中部経済圏の中核都市で、気象は、平均気温約14℃、年降水量約1,800mm、年日照時間約1,400時間の裏日本気候に属する。

倉吉市の農業は、耕地面積約3,450ha（うち水田面積2,250ha）、総農家数3,095戸（うち専業農家489戸）、主要作物は、水稻、すいか、メロン、二十世紀梨等で、農業粗生産額96億円と県全体の約9%を占める農業地帯である。

JA 倉吉市再生紙マルチ稲作研究会は、1993年から組織され、現在では会員数29戸、再生紙マルチ米栽培面積10haで事務局はJA 倉吉市農産課にあり、栽培技術の研修会や消費者との交流会等積極的に活動している。

(2) 取り組みの背景と特徴

米に対する消費者ニーズは良食味に加えて、食糧としての安全性が益々要求されるなかで、地域内ではホタル、トンボ等の昆虫が少なくなり、自然生態系へ農業が及ぼす影響にも関心が高まりつつあった。

このような状況から倉吉市では、1988年からJA 倉吉市青年部160余名が自らの研究活動の一環として、減農薬米の取り組みを始めた。

その取り組みは、まず化学肥料を使わず土づくりを行い、農薬を減らすという基本的な考え方にに基づき栽培基準を作成するとともに、各自が実証ほを設けて栽培し、実証ほの巡回検討などを続けながら技術の確立と定着を図るといったものであった。また、当初は特別表示米として米卸業者から京都生協を通じて、一般消費者へ販売していたが、その後、特別栽培米制度の始まりとともに、生産者の顔が見える米として生協と契約し、直接消費者へ販売している。

1990年以降は農協青年部だけでなく、一般農家まで栽培を呼びかけ、取り組みの輪を広げていった。その中で、1992年に鳥取県農業試験場を中心として開発された、再生紙マルチ移植技術を現地へ普及することとなった。これを契機に1993年に「環境保全と自然生態系の維持・確保に留意した、安全性の高い良食味米の生産を図る」ことを目的とした「JA 倉吉市再生紙マルチ稲作研究会」が発足し、除草剤を使わない減農薬米を栽培することとなった。

現在は鳥取県生協と契約栽培を行うと同時に、消費者と生産者が交流に努め、お互いが顔が見え、安心できる米の生産と流通に取り組んでいる。

(3) 技術内容

- ①自給可能な有機質を主体に土づくりを進め、化学肥料を一切使用しない。
 - ・土づくりは、生わらと乾燥ケイフンを秋に鋤込む。
 - ・施肥は油粕+ケイフン灰、レンゲ+油粕+ケイフン灰等を使用する。
- ②農薬による防除は種子消毒、苗箱防除のみとし、移植後の防除は原則として行わない。
- ③除草については再生紙を敷きながら移植することにより発生を抑え、除草剤は一切使用しない。
- ④研究会が主体となり、生育調査を行うとともに一筆毎に巡回して指導を行っている。

(4) 活動状況

消費者との交流会は1993年から毎年行っており、田植え、収穫祭、バケツを利用した再生紙マルチ稲作り等毎回趣向を凝らした催しを行い、多くの消費者が参加し、好評である。

このような交流会を通じて、環境にやさしい農業の取り組みを消費者に理解してもらうことに力を入れるとともに、農協が事務局を受け持つことにより、農家は不慣れた事務から解放されており、農家のための農協活動として他の模範となっている。

(5) 経営的成立と今後の課題

再生紙マルチ栽培は一般栽培と比較して、収量で90%、直接経費で約120%である。そのため、販売価格が通常の価格と仮定すると、所得は60%、1日当たりの労働報酬は約50%となる。

このような状況のなかで経営的に成立させるた

めには、玄米60kg当たり約130%の米代金が必要である。現在は生産者と消費者との交流に基づき十分な理解を得たうえで、ほぼ必要な単価を確保している。

また、生産者と消費者との交流により、顔の見える倉吉ブランド米としての再生紙マルチ米にたいして、消費者の関心が高まっており、このことは生産者・地元消費者を含めた地域活性化に多大な効果を発揮している。

今後の課題としては、米の低価格傾向のなかで、専用田植機が高く、移植作業に時間がかかり、収量が10%程度少ない等、生産コストが高くなっているため、団地化、増収技術の確立などコスト低減対策が必要で、消費者に対しては手間暇をかけた米として、栽培コストに見合う価格について引き続き理解を得る必要がある。

7. 再生紙マルチ水稲栽培の今後の発展方向

鳥取県では、これまでに再生紙を用いた水田マルチの雑草抑制効果とその作用機作、イネ紋枯病に対する物理的防除効果、収量目標500kg/10a水準の全量有機物施用による減農薬栽培法及びこの栽培法の経済性評価を明らかにしてきた。また、再生紙マルチ栽培を省力的に行う再生紙マルチ田植機の開発とその操作マニュアルを作成した。

これらソフト面の整備により、1996年までに50台の再生紙マルチ田植機が発売され、本年の再生紙マルチ栽培推定面積は、41府県、約214haで昨年の1.6倍に及んでいる。そこで、鳥取県農業試験場への再生紙マルチ水稲栽培見学者の意見を集約したところ、次のように整理できた。

- (1) 農家及び消費者から見た特徴として
 - ①消費者の視覚に訴えることができ信頼が得やすい。
 - ②中耕・手取り除草に比べ、栽培面積の拡大が可能となる。
 - ③資源を有効利用した環境にやさしい農法である。
- (2) 受け入れやすい社会的環境として
 - ①消費者ニーズとして、おいしく、安全な米が求められている。
 - ②消費者の中に農業体験を望む声が大きくなっ

ている。

③農家は消費者との交流により農村の活性化を望み、特徴ある米の生産を志向しており、環境保全に対する意識も高まっている。

④容器包装リサイクル法の制定に伴い古紙回収量の増大が予想され、新規用途としての期待が大きい。

このような再生紙マルチを活用した水稲の有機減農薬栽培が普及する条件は整っており、今後は専用田植機の操作性の向上、再生紙マルチの軽量化等を解決するとともに中山間地における安定化技術と生産コストの低減等を目的とした研究を進めることにより、栽培面積の拡大が図れるものと思われる。

8. おわりに

本技術の活用については、地域の状況により様々な工夫を付け加えることが必要と思われるが、各地での環境保全型農業推進の一助になれば幸いである。

本技術は、企業、農業団体、鳥取大学農学部、鳥取県で構成する「再生紙農業利用研究会」の研究成果、及び、鳥取県農業試験場では国の助成課題である「生態系活用型水稲栽培技術の確立」試験の成果、また、農林水産省中国農業試験場の働きかけによる近畿中国7府県で構成する協定研究の成果等を取りまとめたものである。

最後に本稿作成に協力していただいた関係各位に、この場を借りて謝意を表する。

参考文献

- 1) 小林勝志他、再生紙マルチ水稲栽培について第3報、日作紀62(別1)、32—33(1993)
- 2) 小林勝志他、農用再生紙の水田マルチングによる雑草抑制と水稲栽培、農業技術50(4)、168—173(1995)
- 3) 津野幸人他、水稲の再生紙マルチ栽培の理論的根拠ならびにその応用試験、日作紀62(別1)、28—29(1993)
- 4) 近畿中国農業試験研究推進会議・中国農試編、再生紙マルチを利用した水稲移植栽培技術(1995)

プレキャストRC構造ファームポンドの応用方式の検討

宮田 哲郎*
(Tetsuro MIYATA)

藤本 正武*
(Masatake FUJIMOTO)

目 次

I. はじめに77
 II. PFK I・II・III型FPの基本構造と概要78
 III. PFK I・II・III型FPの適用区分について78
 IV. PFK II型, III型の区分と特色79

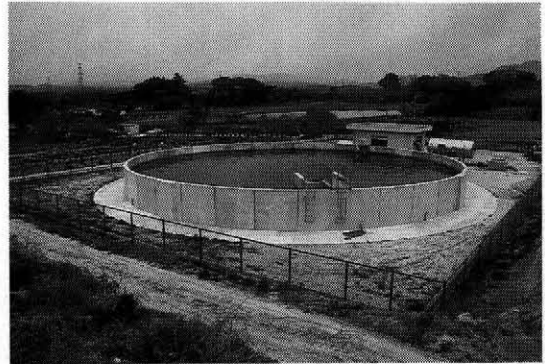
V. PFK型FPの床版構造84
 VI. PFK型FPの屋根構造87
 VII. PFK型FPの設計例87
 VIII. おわりに88

I. はじめに

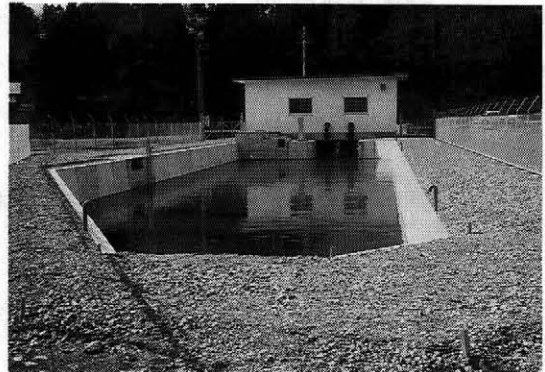
ファームポンドは、これまで現場打ちコンクリート製が主体で構築されてきた。

プレキャスト化による「施工の迅速化」、「施工品質の均一化」や「省力化施工」などのメリットは多く、その必要性はこれまでいろいろの機会にいわれてきたが、大型コンクリート構造物として、ファームポンドの基本である一体性を保ち、目地部や床版などでの完全な止水性の確保は、技術的に困難な要因が多く、これまで実現が難しかった。

当協業組合では、約6年前からPC構造の円型ファームポンドの開発に着手し、ブロックの組立方法の改良や目地部、床版部など止水処理に様々な材料の組み合わせや独自工法の適用を試み、PFK I型ファームポンド（以下PFK I型FPという）を完成した。PFK I型FPは各地で採用をいただき、現在までに25基の実績をあげている。今回「水と土」の紙面をお借りして、紹介するRC構造のプレキャスト型ファームポンド（以下PFK II型FPおよびIII型FPという）は、円型のPFK I型FPが、1,000㎡以下の容量では現場打ちコンクリート製ファームポンドとのコスト比較で有利となりにくいため、より小型のファームポンドにも適合するプレキャストタイプとして前田製管（株）と共同で開発したもので、昨年以來すでに17基の実績をいただいている。



写真一 PFK I型ファームポンド



写真二 PFK II型ファームポンド

*農村基盤建設協業組合



写真—3 P F K III型ファームポンド

II. P F K I・II・III型F Pの基本構造と概要

P F K型ファームポンドは、プレキャスト製ブロックを現場に搬入し、水槽壁として組立て、P C鋼より線またはボルトで緊結一体化する。ブロック目地部の止水は、ブロックの緊結方法により、より安定した水密性を確保できるようタイプごとに異なった構造となっている。床版部はフレキシブルなシート止水構造（ゴムシートやベントナイトマット止水構造）を採用し、軟弱な地盤にも対応することができる。

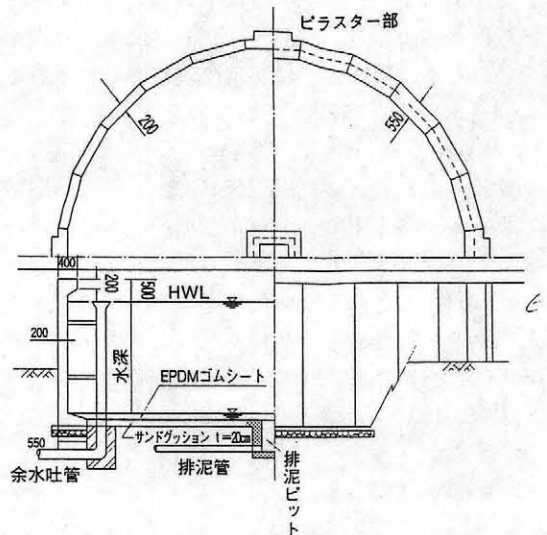
特色は次のとおりである。

- (1)従来の現場打ちコンクリート製貯水槽と同等のコストで、品質の安定したP F K型ファームポンドの建設が可能である。
- (2)現場作業期間が現場打ちに比較して大幅に短縮できる。工場ではほとんどの部材が制作されるので施工品質を落とすことなく、短期間で効率のよい施工が可能で、少ない施工班で複数の現場でも同時に施工を進めることができる。
- (3)部材の全てが製造過程で十分な品質管理がなされており、組立てられた後も安定した品質を保ち、強度、水密性に優れた貯水槽を施工時期を問わず建設することができる。
- (4)ブロックの組立時には、「精密な据え付け調整が可能なセフティーレベル工法」や「ブロック間を強い圧力で引き寄せることにより、目地部の水密性を高めるセンターホールジャッキ工法」などの、特殊工法により施工品質を高めている。

III. P F K I・II・III型F Pの適用区分について

P F K I・II・III型F Pの適用区分については、次に説明する。なお、実施にあたっては、地形、土質、容量、水深、埋戻し深等によって構造や経済性に影響を与えるため、具体的な諸元での比較が必要である。

- (1)P F K I型は、貯水容量は1,000 m^3 から10,000 m^3 、有効水深は2.5mから6.0mを一般的な適用範囲とし、ブロックが軽量の構造のため地耐力（N値8～10）が小さくても、設置が可能という特性を持つ。P C緊張により一体性が強いいため、地盤改良等の対策の実施により、更に軟弱地盤への摘要も可能となる。（図—1参照）
- (2)P F K II型、III型は、より経済的で貯水容量30 m^3 以上の小型の貯水槽に好適であるが、地盤条件が比較的良好な場合は、大貯水量の貯水池などにも利用できる。有効水深は2.0mから3.0mまでの範囲で選択でき逆T壁の自立型構造のため、施工が容易に行えるという特色を持つ。
- (3)P F K I型とII III型の重複する領域である有効水深2.5mから3.0mについては、具体的な現地の地形、土質や容量などの条件により比較検討してタイプを選定する。



図—1 P F K I型F Pの構造概要図

IV. PFK II型, III型の区分と特色

II・III型は逆T型ブロックによって組立てられていることは、両タイプとも共通である。PFK II型はボルトにより連結され、PFK III型はPC鋼より線により緊結されている。II型はその構造特性から菱形や台形など敷地形状にあわせて自由な平面形状で設置することができる。PFK III型は正方形や長方形の平面形状しかとれないが、PC線で強く緊結されており、一体性はより高められている。

(1) PFK II型FPについて

PFK II型ファームポンドは、プレキャスト製逆Tブロックを側壁として採用している。この工法は、土留壁として一般的に採用されているものと同じで安定性が良く、施工時にも比較的容易に据付ができる。ブロック間の緊結は防錆処理されたボルトによって行われる。コーナーブロックは標準ブロックを斜切したものを組み合わせて使用しているため、45度や他の角度のコーナー角も組み合わせで作ることができ、自由な平面形状のファームポンド建設が可能である。(図-2参照)

ア. ブロック背面の埋戻し深

- 安定計算上の安全率は満足するが、地震時の不規則挙動に対応するため、壁高の1/2以上を埋戻しする事で、PFK II型の壁の安定性を高めることとしている。

イ. 側壁ブロック (図-3, 図-4参照)

- ブロックの内高は0.5mきざみで2.5m~3.5mの3規格とし底版幅は1.5m~2.5mの中で決定している。

- 構造計算により底版幅が2.5mを越える場合は、ブロック底版部のインサートに鉄筋を接続し、現場打コンクリートで打ち継ぎ、底版部を拡幅することにより、ブロックの安定計算を満足させている。

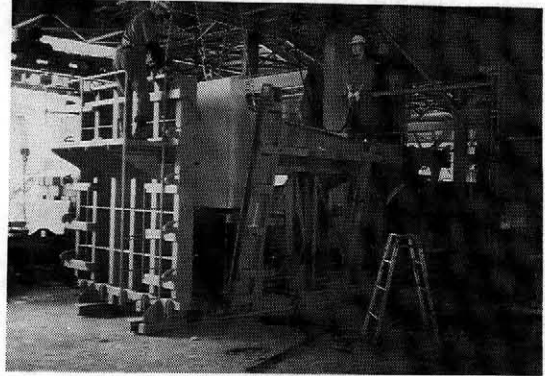


写真-4 ブロックの型枠

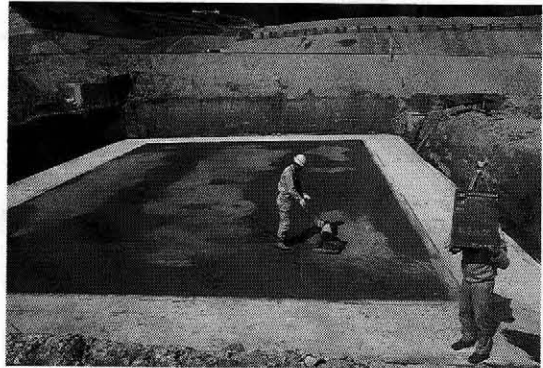


写真-5 ブロック基礎の打設と床版基礎転圧

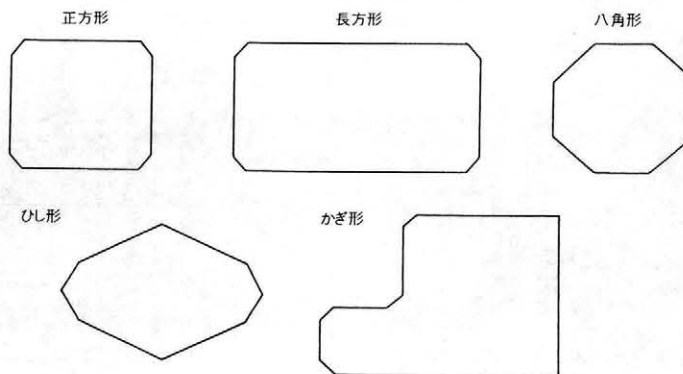
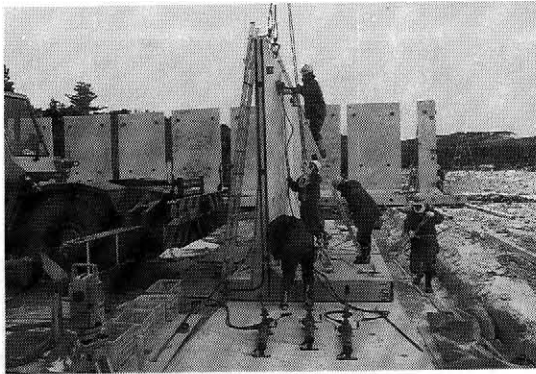


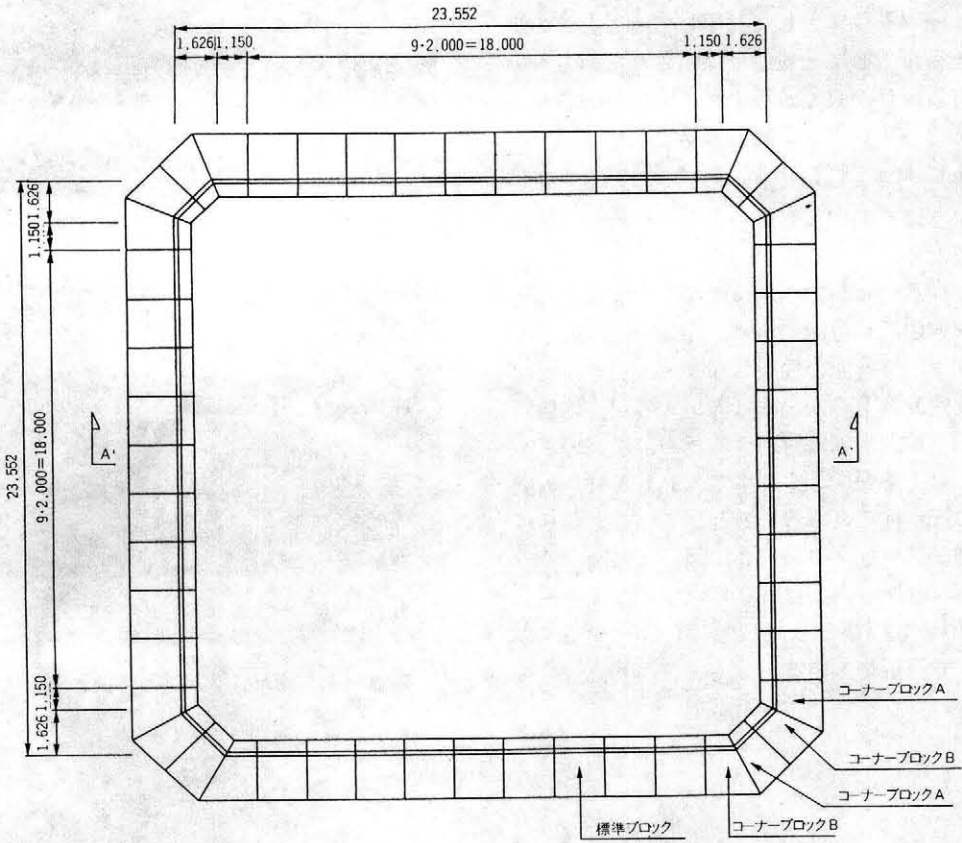
図-2 PFK II型FPの平面形状例



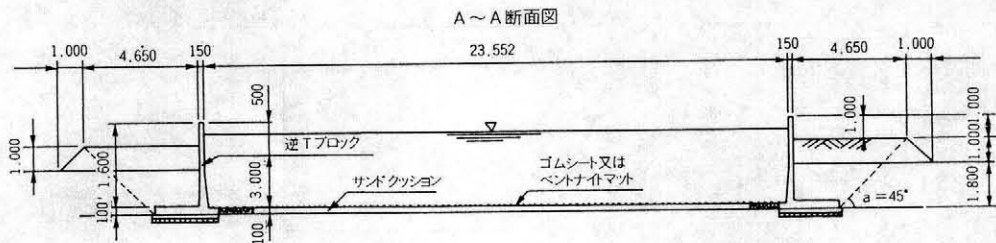
写真一六 ブロックの据え付け
(手前の3基がセンターホールジャッキ)



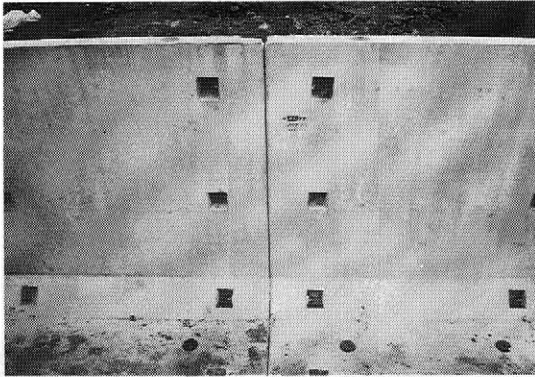
写真一七 ブロック底面へのグラウト注入



図一三 PFK II型FPの平面図



図一四 PFK II型FPの断面図



写真一 9 ブロックのボルト連結部

オ. 目地構造

- ・ブロック接続部の目地構造は水面側の弾性エポキシシーリング、壁中央部の水膨潤性ゴムによる二重の止水構造となっている。
- ・万一水面側のシーリングが破損し、目地部に漏水が発生した場合壁内部に装着された水膨潤性ゴムが膨潤し、目地の空隙を満たし止水効果を発揮する。(図一 8 参照)

(2) P F K III型 F P について

P F K III型ファームボンドのブロック形状は基本的に II 型と同じであるが、コーナーに直角コーナーブロックを設置し、ブロック間を P C 鋼より線によって緊結定着する構造としている。P C 線で緊結することによって、ブロック全体が一体化

され、地震時の壁の不規則な挙動が抑えられ、耐震性の高いファームボンドの建設が可能となる。比較的埋戻し深さの浅い場合には P F K III型を適用することとしている。(図一 9, 図一 10 参照)

ア. 側壁ブロック

- ・ブロック形状は P F K II 型と同一であるが、P C 連結により一体性を高めており、背面埋め戻し高が少ない場合にも適用できる。
- ・構造計算上底版幅が 2.5m を越える場合は底版部に鉄筋をねじ切り加工により接続し、コンクリートを打ち継ぎ、底面幅を拡幅して安定をはかる。(P F K II 型と同じ)(写真一 7 参照)
- ・P C 線で緊結するため、直角のコーナーブロックが必要となる。又、平面形状も正方形又は長方形に限定される。

イ. 連結構造

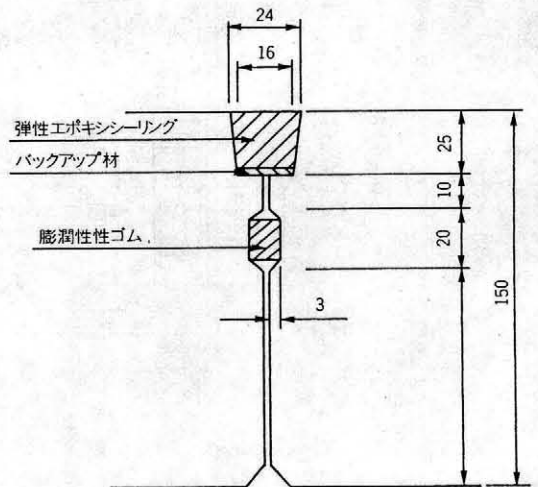
- ・壁部中央に 3 カ所設けたシース孔に P C 鋼より線を通し各ブロックを緊結し、側壁を一体化する。
- ・P C 鋼より線はコーナーブロックで定着をおこなう。(通常はアンボンドタイプを使用)(図一 11 参照)

ウ. 目地構造

- ・目地の水面側は弾性エポキシシーリングで止水し、目地中心部は無収縮モルタルのグラウト充填による二重の止水構造で確実な



写真一 10 水膨潤性ゴムの張り付け



図一 8 目地断面形状図

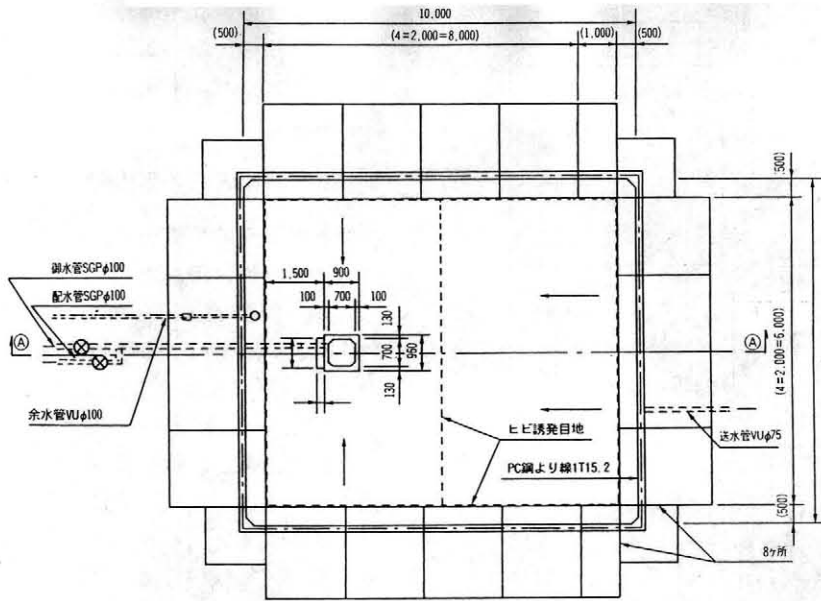


図-9 PFKⅢ型FP平面図

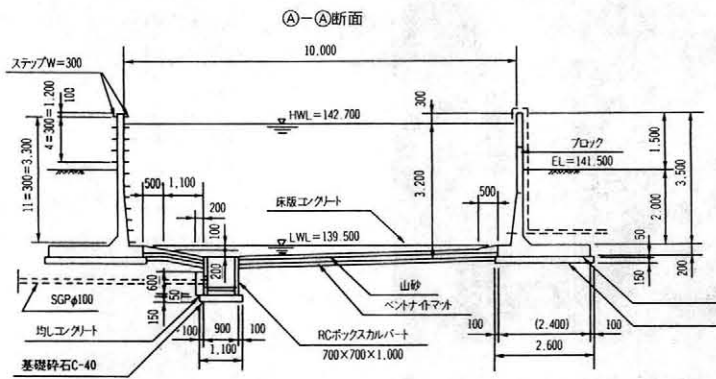


図-10 PFKⅢ型FP断面図



写真-11 PC線の挿入

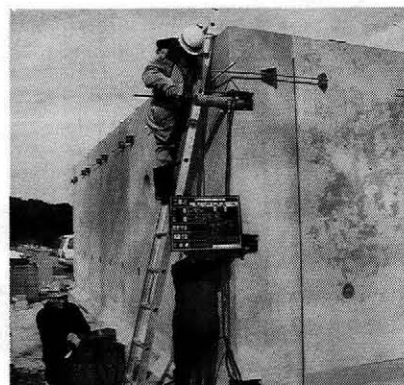


写真-12 PC緊張作業

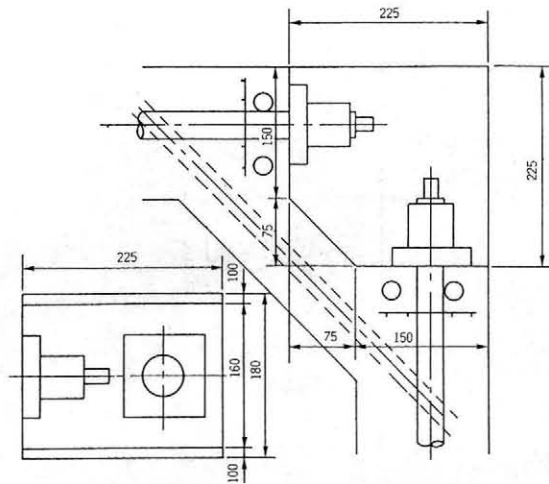


図-11 PC定着部の構造

水密性能を有している。(図-12参照)

- PC鋼より線で緊結することにより目地中

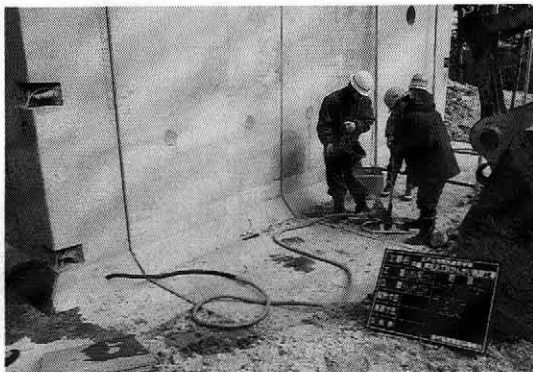


写真-13 目地グラウトの注入

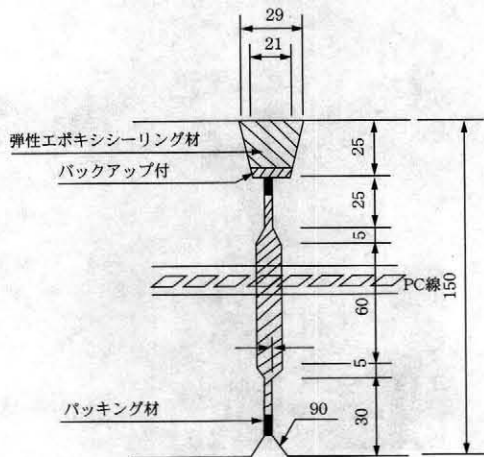


図-12 目地構造図

中央部の無収縮モルタルグラウトには、常に一定の圧縮力が働き、ヘアクラックなどが防止され、安定した状態で水密性が保たれる。

V. PFK型FPの床版構造について

PFK型FPの床版は、簡易な構造であるが、柔軟で水密性に優れたシート防水構造を基本としている。経済的でもっとも柔軟性に優れたEPDMゴムシートによる床版構造(Aタイプ)を標準とし、渓流取水などで土砂流入の多い場合は「コンクリート床版+ペントナイトマット」(Bタイプ)を選択し、軽重機等を乗り入れ、床版の清掃を行う場合は、高価ではあるが頑丈なコンクリート床版タイプ(Cタイプ)の組み合わせを可能とするなど柔軟性に富んだ選択ができる。

(1) Aタイプ [EPDM/IIRゴムシート]

ア. EPDMゴムシートは、1.5mmの厚さであるが、 $14\sim 16\text{kg f/m}^2$ の耐圧性を有しており、2.0m~6.0mの水深のPFK型貯水槽の水深に対しては、20倍以上の余裕をもっている。

イ. 基礎基盤に対する荷重が小さいため、地盤の不等沈下が発生する可能性は極めて少ないが、万一不等沈下が発生してもゴムシートは300%の伸びに対しても破断しない特性があり、抜群の地盤追随性により止水に影響しない。

ウ. 接合部の水密性を高めるため、現場接着を極力少なくするよう、本体シートは工場接着による広幅シートとして加工されたものを現場に搬入している。このため現場接着箇所は極めて少なくなり、耐久性の向上、施工安定性の確保が計られ、短時間で水密性に優れた床版をつくることができる。

(図-13参照)

エ. 床版素材 (EPDMゴムシート) の物理的特性は表-1のとおりである。

(2) Bタイプ [ペントナイトマットと表層コンクリート]

ア. ペントナイトマットは天然粘土で耐久性に優れ 10kg f/cm^2 以上の安定した耐圧性を有しており、またペントナイトの膨潤により穿孔に対する自己修復機能を持ち、遮水材

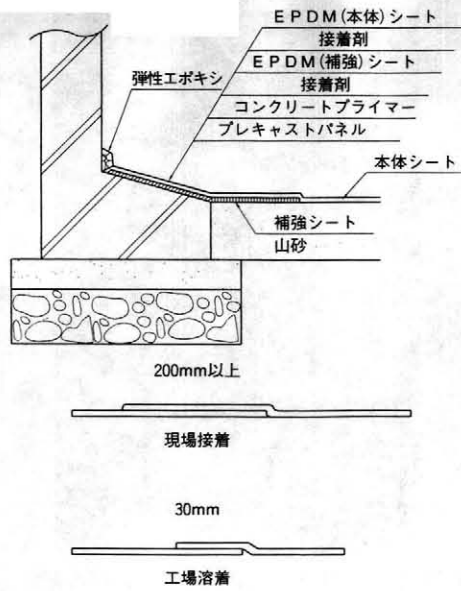


図-13 ゴムシート床版構造

表-1

E P D M ゴ ム シ ー ト	試 験 項 目		LIS A6008 以上	測定値
	引 張 強 さ (Kgf/cm ²)	無処置	75以上	93
300%伸び時の引張応力 (Kgf/cm)	加熱後	80~150%	102	
切断時の伸び率 (%)	無処置	30以上	48	
	加熱後	80~150%	130	
引張強さ (Kgf/m ²)	無処置	450以上	470	
	加熱後	70%	83	
	無処置	25以上	28	
	加熱後	80~150%	98	

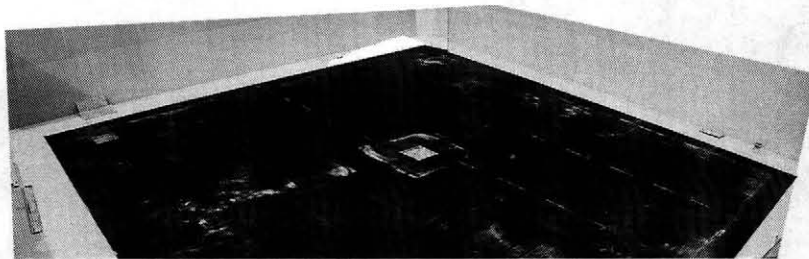


写真-14 ゴムシート床版

として安定した能力を発揮する。
 イ. ベントナイトマットの接合は、端部の重ね合わせだけで密着するため、簡易に確実な止水構造を確保することができる。

ウ. ベントナイトマットの膨潤圧の保持と表面の装甲のため床版コンクリートを打設する。外観はコンクリート床版と同じとなる。(図-14参照)



写真-15 弾性エポキシシーリング材の充填

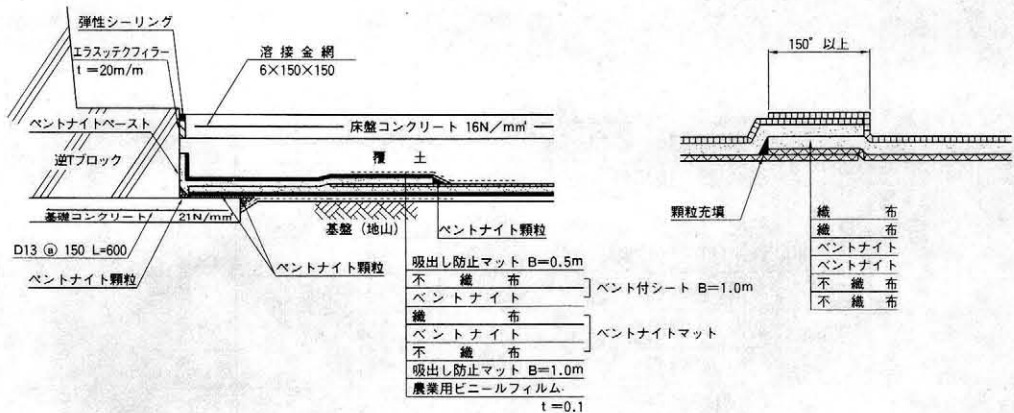


図-14 「コンクリート+ベントナイト床版」構造図



写真-16 ベントナイトマット敷設

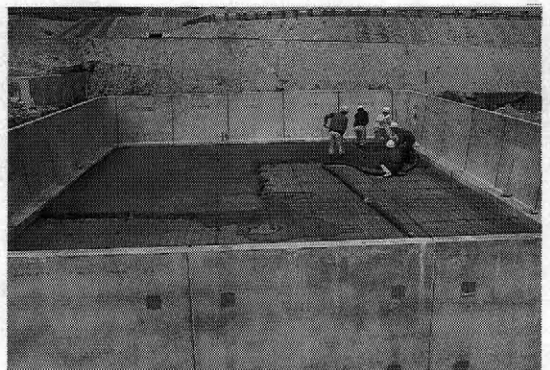


写真-17 コンクリート床版打設

(3) Cタイプ [コンクリート床版]

- ア. 軽重機により水槽内の清掃をするなど特殊な利用方法を行う場合は、鉄筋コンクリートによる床版構造を採用できる。
- イ. プレキャストブロックとの接合は、弾性シーリングと水膨潤性ゴムによる二重の止水構造となる。(図-15参照)

VI. PFK型FPの屋根構造

PFKII・III型FPの屋根はプレキャスト等屋根をメインにしているが、現場状況により、現場打ちRC構造屋根の設置も可能である。

(1) 鋼桁FRP デッキ屋根

プレキャストPCパネルをブロック背面に設置した受台に固定し屋根を架ける。(図-16参照)

(2) カラー鉄板の屋根

短形で梁間隔の比較的短い貯水槽には、簡単なカラー鉄板屋根をかける方法が一般的である。プレキャストブロック天端に固定した梁にカラー鉄板(折板鋼板)を取り付ける。(図-17参照)

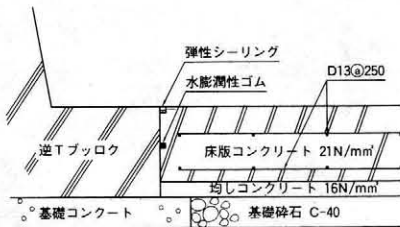


図-15 コンクリート床版構造

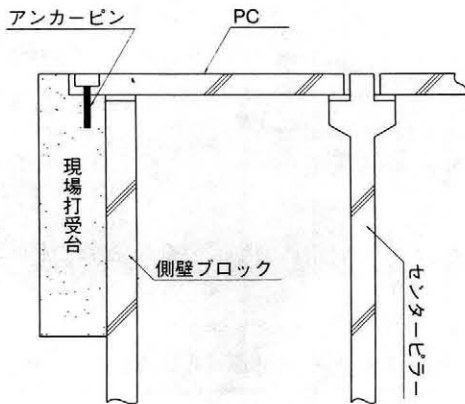


図-16 鋼桁FRPデッキ屋根

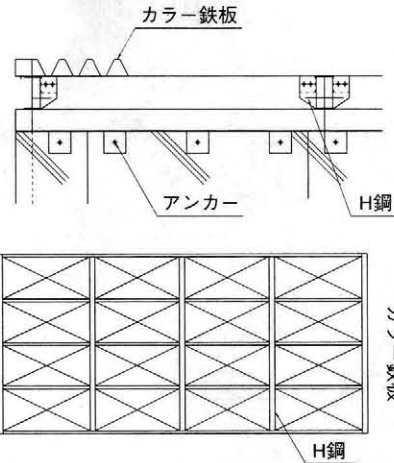


図-17 カラー鉄板屋根

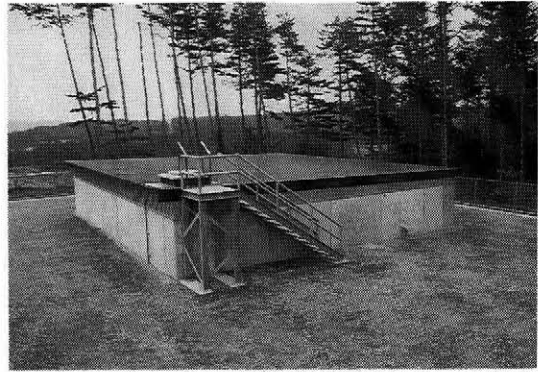


写真-18 カラー鉄板屋根のファームポンド

VII. PFK型FPの設計例

(1) PFKII型

IIファームポンドは水深の1/2以上埋没することを標準としている。本例ではフリーボードは、30cmとし、LWLは底盤から20cm上としている。ボルト連結孔はブロック高さにより位置及び数量が変化する。(図-18、表-2参照)

(2) PFKIII型

水深の1/2以下の埋設については、PFKIII型FPで対応している。HWL、LWLの考え方はII型と同じである。PC鋼線を挿入するシース孔は30mmとし、口径の大きいアンボンドタイプのPC鋼線の使用することとしている。アンボンドタイプのPC鋼線使用により、PC緊張前に目地で目地グラウト注入液により、PC鋼線が固着

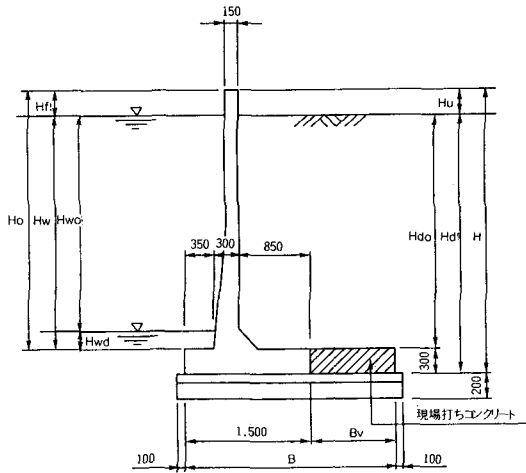


図-18 PFK II型ブロック標準形状図

表-2 PFK II型ブロック形状寸法表
寸法表 (mm)

呼び名	2500	3000	3500
Hw o	2000	2500	3000
Hw d	200	200	200
Hw	2200	2700	3200
H f	300	300	300
H o	2500	3000	3500
H	2800	3300	3800
H d o	2200	2700	3200
H d	2500	3000	3500
H u	300	300	300
B v	1000	1400	1800
B	2500	2900	3300
製品長	2000	2000	2000
製品重量	4,595kg	4,955kg	5,315kg
現場打ち	0.300m ² /m	0.420m ² /m	0.540m ² /m
地盤反力	常時	5.554tf/m ²	6.695tf/m ²
	地震時	7.868tf/m ²	9.569tf/m ²
		7.935tf/m ²	11.281tf/m ²

してしまう危険を防止する構造としている。(図-19, 表-3 参照)

VIII. おわりに

PFK II・III型FPは、これまで説明したとおり、プレキャスト化で最も心配された部材間目地部の漏水発生についても、シーリング止水やPC緊張、目地グラウト材の充填、水膨潤性ゴムの挿

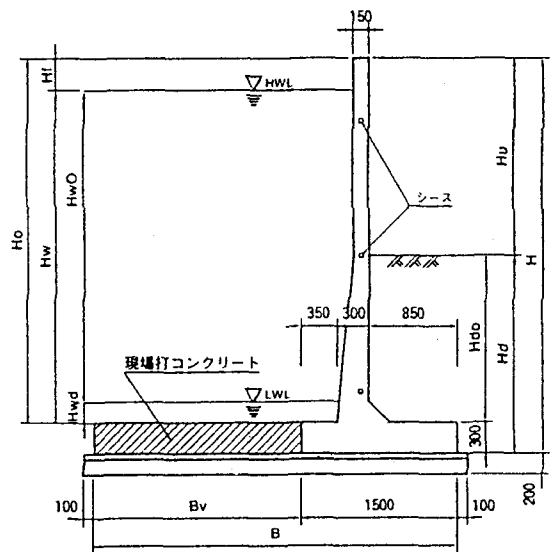


図-19 PFK III型ブロック標準形状図

表-3 PFK III型ブロック形状寸法表
寸法表 (mm)

呼び名	2500	3000	3500
Hw o	2000	2500	3000
Hw d	200	200	200
Hw	2200	2700	3200
H f	300	300	300
H o (内蔵)	2500	3000	3500
H	2800	3300	3800
H d o	1100	1350	1600
H d	1400	1650	1900
H u	1400	1650	1900
B v	500	1100	2000
B	2000	2600	3500
製品長	2000	2000	2000
製品重量	4,595kg	4,955kg	5,315kg
現場打ち	0.150m ² /m	0.330m ² /m	0.600m ² /m
地盤反力	常時	6.285tf/m ²	7.127tf/m ²
	地震時	9.871tf/m ²	10.823tf/m ²
		7.350tf/m ²	10.274tf/m ²

入などの様々な対策により、完全な止水性能を実現している。

また、施工面においても油圧ジャッキによる目地部の引寄せ圧着や据付レベルの微調整を可能とするセフティーレベル工法などの特殊工法の採用により、高品質なものを確実にかつ迅速に、十分

な精度をもって現場施工することを可能とし、施工の信頼性を向上することができた。

PFKⅡ・Ⅲ型FPの「シート遮水によるフレキシブルな床版の遮水」と「緊固なプレキャストブロック壁の組合わせ」という複合構造は、又、ほとんどの部材を工場製品で構築できるという特色を生むとともに、より少ない施工班で多数のファームポンドの同時施工も可能というプレキャスト化の最大のメリットも現場で実現されている。今回、これらの開発結果をふまえ、関係26社でプレキャストファームポンド協会を11月中旬に設立し、広くPFK型FPの普及を計りたいと考えている。

最後にこのPFK型ファームポンドの開発にあたって、農業工学研究所構造部・前土木材料研究室長東室長の特段の御指導を頂き、本工法の採用にあたっては、各農政局の建設部長をはじめ、担当者の方々、各技術事務所の担当者の方々、及び

各事業所の方々に格段の御指導を賜ったことを報告し、紙面を借りまして厚く御礼申し上げます。

参考文献

- ① 創意工夫のための参考設計指針—合成ゴムシート、土地改良技術評価委員会、施工企画調整室編（1990）
- ② コンクリート標準仕様書 土木学界編（1990）
- ③ PCタンクの設計 中国四国農政局土地改良技術事務所編（1991）
- ④ 水道施設耐震工法指針解説 日本基礎技術株式会社・水道協会編（1990）
- ⑤ 安養寺久男氏 農土試技報160（1—2）89—90 1998畑地灌漑用ファームポンドの必要容量の検討

潤いのある大地

魅力あるアース・デザインを提案する

株式会社 **日本農業土木コンサルタンツ**

JIRCO Japan Irrigation and Reclamation Consultants CO.,LTD.

代表取締役社長 池田 實
専務取締役 藤根 与兵衛

本社／東京都港区新橋5丁目34番4号 農業土木会館4階 Tel.03(3434)3831(代表)
分室／東京都港区新橋5丁目35番10号 森ビル新橋アネックス3階 Tel.03(5404)0745(代表)
事務所／仙台・札幌・青森・福島・茨城・千葉・長野・岡山・熊本・インドネシア

地震関連計測機器の実態把握と問題点

柳 谷 秀 雄*
(Hideo YANAGIYA)

山 下 博 行**
(Hiroyuki YAMASITA)

石 松 秀 一***
(Shuichi ISHIMATSU)

俵 真二郎****
(Shinjiro TAWARA)

富 永 勇 人*****
(Yuto TOMINAGA)

館 山 英 樹*****
(Hideki TATEYAMA)

目 次

1. はじめに	90	4. 地震計設置の現状と問題点	95
2. 地震観測の目的	90	5. 今後の方針	105
3. 地震計の種類	93	6. おわりに	106

1. はじめに

わが国は地震多発国であり、規模の大小は別として地震の経験をもたないダムは、少ない。

また、終戦後、復興の進捗に歩調を併せてダムの建設が進められ良好な地盤のダムサイトは可能な限り手が付けられ、比較的軟質な、あるいは破碎帯のあるような岩盤上でのダムの建設が多くなる傾向にある。

平成7年1月17日の阪神・淡路大震災をはじめとした過去の大規模な地震において、ダムの機能を損なうような壊滅的な被害を受けたとの報告はない。

しかしながら、阪神・淡路大震災では他の土木構造物が大きな被害を受けていることから改めてダムの緊急時の管理体系の再整備および現実に近い姿で設計するための合理的な耐震設計法の確立の必要性が高まっている。

このためには、まず地震時にどの程度の加速度が加わり、堤体がどのような挙動を示すかを把握することが重要であり、この解明には地震観測が不可欠である。

そこで本報文においては、地震計及び観測の現状・問題点を検証し今後の対応策を検討するものである。

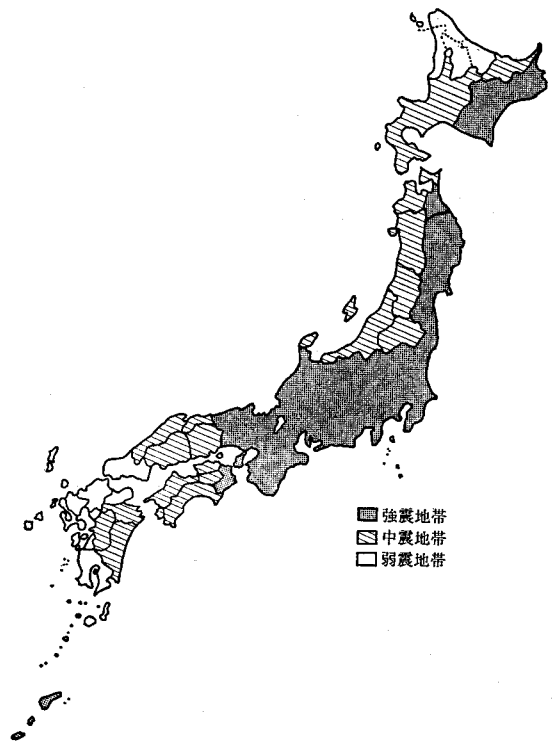


図1-1 地震の地域分布

2. 地震観測の目的

ダムおよびダム基礎岩盤部で地震観測を行う目的は、まずはダム自身の安全管理である。

建設省のダム構造物管理基準では、ダムサイトの地震記録が設計地盤震度の3分の1以上の地震、また建設省の地震後のダム臨時点検要領(案)で

*宮城県築館農林振興事務所
 **千葉県茂原土地改良事務所
 ***兵庫県竜野土地改良事務所
 ****山口県萩土地改良事務所
 *****熊本県天草事務所
 *****北海道開発局稚内開発建設部枝幸農業開発事業所

は①ダムの基礎地盤、あるいは、堤体底部に設置した地震計により観測された地震動の最大加速度が25gal以上である地震②ダム地点周辺の気象台で発表された気象庁震度階(表2-1参照)が4以上である地震の場合は臨時点検を行うことを義務付けている。

務付けている。

しかし、これでは、どの程度まで監視を行えば安全なのか不明確である。そこで、最大加速度等の指標により監視レベル(内容及び期間など)を定める必要がある。

表2-1 震度階の比較

気象庁震度階 (1949)		改正メルカトル震度階 (1931)	
1.0<加速度の卓越周期<0.1			
0.0	無感: 人体に感じないで地震計に記録される程度 (加速度 0.8gal以下)	0.0	無感覚 地震計に感じるのみ
0.8	微震: 静止している人や、特に地震に注意深い人だけに感ずる程度の地震 (加速度 0.8~2.5gal)	0.5	特に感じやすい状態にあるごく少数の人に感ずる
		1.0	ビルの上層に静止しているような少数の人にのみ感ずる
2.5	軽震: 大ぜいの人に感ずる程度のもので戸障子がわずかに動くのがわかるぐらいの地震 (加速度 2.5~8.0gal)	2.1	特にビルの上層の屋内で著しく感じ、止まっている自動車がわずかに揺らぐ
		5.0	日中屋内の多数の人に感じ、皿、窓ガラス、扉が揺れる
8.0	弱震: 家屋が揺れ、戸障子がガタガタと鳴動し、電灯のようにつり下げ物は相当揺れ、器内の水面の動くのがわかる程度の地震 (加速度 8.0~25.0gal)	10.0	ほとんどすべての人に感じ、多くの方は目が覚める
		21.0	すべての人々に感じ、多くの人々は驚いて戸外に飛び出す
25.0	中震: 家屋の動揺が激しく、すわりの悪い花瓶などは倒れ、器内の水があふれる。また歩いている人にも感じられ多くの人々は戸外に飛び出す程度の地震 (加速度 25.0~80.0gal)	44.0	ほとんどすべての人が戸外に飛び出しすわりの悪いものや、設計のよくないものには損害がある
		94.0	堅牢な建物にもかなりの損害がある
80.0	強震: 壁に割目が入り、落石、石灯籠が倒れたり煙突石垣などが破壊する程度の地震 (加速度 80.0~250.0gal)	202.0	堅牢な建物にも損害があり、一部つぶれ、地面に亀裂が著しく現れる
250.0	烈震: 家屋の倒壊は30%以下で山崩れが起き、地割れを生じ、多くの人々は立っていることができない程度の地震 (加速度 250.0~400.0gal)	432.0(gal)	石工物の大部分が破壊 残存建物が少ない あらゆるものが破壊
400.0(gal)	激震: 家屋の30%以上に及ぶ山崩れ、地割れ、断層などを生じる。 (加速度 400.0gal以上)		

ローマ字: 震度階

その他の目的としては、ダムサイトの設計地盤震度のチェック、強震時のダム基盤と堤体の振動挙動の把握することである。

近年、有限要素法の発達に伴い、入力地震波が分かれば、堤体を線形または非線形弾性体ないし弾塑性体と仮定して、ダムの動的応答挙動を計算によって求めることが可能になってきた。

動的繰り返し応力を受けた時のフィル材料の破壊基準の定式化にまだ問題が残っていることと、

入力地震波の決定法が未確立であること等のため、耐震設計法として動的解析法が従来の震度法と比べてかわるまでにはいたっていないが、現段階でも応答解析結果は、堤体内に発生する応力について、極めて有益な判断材料を提供しており、この種の解析法が今後の耐震設計手法の重要な手段となることは明らかである。

したがって、重要なダムにおいては地震計を設置し、地震時のフィルダムの動的挙動の実態を明

表 2-2 新しい震度階 (1996, 10)

計測震度	震度階級	人間	屋内の状況	屋外の状況	木造建物	鉄筋コンクリート建物	ライフライン	地盤・斜面
0.5	0	人は揺れを感じない。						
	1	屋内にいる人の一部が、わずかな揺れを感じる。						
1.5	2	屋内にいる人の多くが、揺れを感じる。眠っている人の一部が、目を覚ます。	電灯などのつり下げ物が、わずかに揺れる。					
2.5	3	屋内にいる人のほとんどが、揺れを感じる。恐怖感を覚える人もいる。	棚にある食器類が、音を立てることがある。	電線が少し揺れる。				
3.5	4	かなりの恐怖感があり、一部の人は、身の安全を図ろうとする。眠っている人のほとんどが、目を覚ます。	つり下げ物は大きく揺れ、棚にある食器類が音を立てる。座りの悪い置物が、倒れることがある。	電線が大きく揺れる。歩いている人も揺れを感じる。自動車を運転していて、揺れに気付く人がいる。				
4.5	5弱	多くの人が、身の安全を図ろうとする。一部の人は、行動に支障を感じる。	つり下げ物は激しく揺れ、棚にある食器類、書棚の本が落ちることがある。座りの悪い置物の多くが倒れ、家具が移動することがある。	窓ガラスが割れて落ちることがある。電柱が揺れるのがわかる。補強されていないブロック塀が崩れることがある。	耐震性の低い住宅では、壁や柱が破損するものがある。	耐震性の低い建物では、壁などに亀裂が生じるものがある。	安全装置が作動し、ガスが遮断される家庭がある。まれに水道管の被害が発生し、断水することがある。[停電する家庭もある。]	軟弱な地盤で、亀裂が生じることがある。山地で落石、小さな崩壊が生じることがある。
5.0	5強	非常に恐怖を感じる。多くの人が、行動に支障を感じる。	棚にある食器類、書棚の本の多くが落ちる。テレビが台から落ちることがある。タンスなど重い家具が倒れることがある。変形によりドアが開かなくなることがある。一部の戸が外れる。	補強されていないブロック塀の多くが崩れる。据付けが不十分な自動販売機が倒れることがある。多くの墓石が倒れる。自動車の運転が困難となり、停止する車が多い。	耐震性の低い住宅では、壁や柱がかなり破損したり、傾くものがある。	耐震性の低い建物では、壁、梁(はり)、柱などに大きな亀裂が生じるものがある。耐震性の高い建物でも、壁などに亀裂が生じるものがある。	家庭などにガスを供給するための導管、主要な水道管に被害が発生することがある。[一部の地域でガス、水道の供給が停止することがある。]	
5.5	6弱	立っていることが困難になる。	固定していない重い家具の多くが移動、転倒する。開かなくなるドアが多い。	かなりの建物で、壁のタイルや窓ガラスが破損、落下する。	耐震性の低い住宅では、倒壊するものがある。耐震性の高い住宅でも、壁や柱が破損するものがある。	耐震性の低い建物では、壁や柱が破損するものがある。耐震性の高い建物でも、壁、梁(はり)、柱などに大きな亀裂が生じるものがある。	家庭などにガスを供給するための導管、主要な水道管に被害が発生する。[一部の地域でガス、水道の供給が停止し、停電することもある。]	地割れや山崩れなどが発生することがある。
6.0	6強	立っていることができず、はわないと動くことができない。	固定していない重い家具のほとんどが移動、転倒する。戸が外れて飛ぶことがある。	多くの建物で、壁のタイルや窓ガラスが破損、落下する。補強されていないブロック塀のほとんどが崩れる。	耐震性の低い住宅では、倒壊するものが多い。耐震性の高い住宅でも、壁や柱がかなり破損するものがある。	耐震性の低い建物では、倒壊するものがある。耐震性の高い建物でも、壁や柱が破損するものがある。	ガスを地域に送るための導管、水道の配水施設に被害が発生することがある。[一部の地域で停電する。広い地域でガス、水道の供給が停止することがある。]	
6.5	7	揺れにはろうさうされ、自分の意志で行動できない。	ほとんどの家具が大きく移動し、飛ぶものもある。	ほとんどの建物で、壁のタイルや窓ガラスが破損、落下する。補強されているブロック塀も破損するものがある。	耐震性の高い住宅でも、傾いたり、大きく破損するものがある。	耐震性の高い建物でも、傾いたり、大きく破損するものがある。	[広い地域で電気、ガス、水道の供給が停止する。]	大きな地割れ、地すべりや山崩れが発生し、地形が変わることもある。

*ライフラインの [] 内の事項は、電気、ガス、水道の供給状況を参考として記載したものである。

注 1) 計測震度とは、その地点における揺れの強さを数値化したもので、震度計により計測される。

2) 気象庁が発表する震度は震度計による観測値であり、本表に記載される現象から決定するものではない。

らかにして、そのダムの安全管理に資するとともに、未解決の問題解明に役立つ資料を提供するよう努力すべきである。

3. 地震計の種類

3-1 震度

『震度』は地震の激しさを示す。しかし、ダム管理上においては安全点検実施の有無及び点検範囲の指標又耐震性に対する評価の目安となる。これまで震度の観測は気象庁職員の体感によって判定されてきたが、社会からは客観的な値を求められるようになり体感に相当する震度を観測できる機器『震度計』が開発されている。

3-2 震度計の原理

地震が起こったとき、地面が同じ加速度で揺れたとしても、ガタガタ或いはビリビリと感じる周期が短い振動の場合には人の感覚は小さくなり、ユッサユッサと周期が長い振動の場合には人の感覚は大きくなる。

①加速度を用いた場合長くても、短くても同じ震度



②加速度、周期という物理量を組み合わせれば、震度を計測化することができる

1) 周期の短い地震動では、計測震度が小さくなるように補正する

2) 周期の長い地震動では、計測震度が大きくなるように補正する

震度と加速度の関係（河角による式）表 2-1

$$I = 2 \cdot \log(a) + 0.7 + \log(k \cdot t)$$

I (0~6) : 計測震度 (四捨五入して整数値とする。但し、右辺が0.5未満の時は I = 0 とする)

a : 加速度 (gal = cm/sec²)

t : 周期 (sec) 0.1~1秒の範囲

k : 係数 (k = 3)

3-3 計器の区分

地震動の変位、加速度を計測する計器には最大加速度表示器、地震計があり、さらに地震計は加速度計、速度計、変位計の3種類に区分される。

加速度波形から速度・変位波形の変換（加速度

→積分）が可能なることから地震計は、加速度計が一般に使用されている。

(1) 最大加速度表示器（震度計）

地震動の最大加速度や震度を表示する計器

(2) 地震計

地震動の加速度波形を記録する計器。此处では加速度計について記す。地震計単独では最大加速度を表示できないため、ダム管理上は、構成として地面の揺れを検出する地震計と、震度（計測震度）の算出を行いその結果を表示する最大加速度表示器を併設するのが普通である。

加速度計は、目的により次のように分けられその特徴は以下のとおりである。

1) 弱震計

中小規模の地震波を記録することを主たる目的とした電磁式タイプ

長所 ①微少な地震でも精度の高い地震波形記録が可能(地震学的調査に適)

②地中埋設可能

短所 ①保守管理に手間がかかる

②落雷による被害を受けることがある

③停電対策として無停電電源装置が必要

2) 強震計

震度 5 以上の地震波を記録することを主たる目的とした機械式タイプで、ダムに設置するのはほとんど強震計である。

長所 ①強震時の地震動計測が確実である

②保守管理が容易

短所 ①地中に埋設できない

②微少な地震動波には向かない

又、強震計は揺れを検出する原理によって次の3つの型式に分かれる。

① SMAC 型強震計

1951年から2カ年費やして強震測定委員会 (Committee for the Standard Strong Motion Accelerograph) で開発された、加速度に比例して振動する振り子の動きを機械的に拡大してペンで記録紙に記録する3成分加速度計（水平2、鉛直1）。

振り子から記録器まで全機構が一つの箱に収納されている。

②電磁計地震計

振り子の運動を変換器を用いて電気信号に変

表 3-1 普及型強震計の主要諸元

型番	SMA-TB	WS-3316	SAMTAC-17	MARK-ESII	SM-10
換振部型式	変位サーボ型	ホール素子型	変位サーボ型	変位サーボ型	圧電素子型
固有振動数	400Hz	56Hz	80Hz	250Hz	1,000Hz
減衰定数h	0.7	0.1	0.6	0.6	0.1
測定範囲 (gal)	30~1,000	±1,000	0~1,000	±2,000	3~1,000
振動数範囲 (Hz)	0.1~30	1(0.3)~15	5(0.3)~18	5(0.3)~30	0.2~25
記録方式	アナログ, カセット方式	同左	デジタル, カートリッジ方式	デジタル, カセット方式	アナログ, カセット方式

換した後これを増幅し記録する。変換器は、一般にコイルが一定の磁場内を運動する場合に電圧が発生する事を利用した可動線輪型（動電圧）が使用されている。

③普及型強震計

近年のエレクトロニクス技術を導入して昭和54年以降開発されたもので、換振器の形式としてサーボ式、圧電式、オール素子式がある。

以上、弱震計及び強震計の長所短所を記したが、今では機械式地震計の記録媒体がフィルム等データを見るのに時間と費用がかかるため、製造していないタイプもあり、記録媒体もアナログ（紙、フィルム）からデジタル（磁気テープ、半導体メモリー）へと変わってきている。

さらに、最近の地震計では測定範囲も大きく、埋設も可能な計器が開発されており、記録装置として半導体メモリー、メモリーカードなどを使って電話回線によるデータ転送及びパソコンによるデータ管理や解析が可能な計器があり、もはや弱震計と強震計の明確な区別が付けられなくなっている。

3-4 計器の配置

最小限2台（基礎岩盤又は監査廊内、ダム堤体天端中央）設置する。

一般道路、通行の影響を受けない所、水に浸からない湿気の影響を受けない所を選ぶ。

3-5 計器の保守

- ①防湿対策 二重カバー、シリコンオイル入り
- ②停電対策 予備蓄電池（無停電化電源装置）
- ③落雷対策 雷防止装置

- ④故障・未記録対策 用紙切れ、メモリーチェック、日常点検

3-6 その他地震計測機器の紹介

1. 収録装置：Datol-100~200

- ・パソコンと電話回線でリモートコントロール
- ・1本の電話回線で4カ所とデータ通信
- ・多チャンネル(MAX180)同時サンプリングによるデータ収録

2. 全自動地震計測システム

①震度標示器：アイセプター

気象庁震度階による震度をデジタル表示（数字標示管使用）

②換振器

- 1) 水平動測定用、上下動測定用 動電型
- 2) ピックアップ用【地中埋設用、ボアホール用（ボーリング孔）】

水平振動測定用、上下振動測定用

③デジタル水晶時計：タイムシグナルジェネレータ

水晶発振子を時刻基準とする標準時計でNHK時報により自動時刻調整する

④地震防災報知装置

地震発生時の大きさ、その他の情報をカセットにより放送する

⑤スタータ

観測目的により起動レベルを設置しその信号により全装置を作動させるためのもの

⑥遅延装置

地震の初期からの現象を記録させるためにスタート以前の記録を記憶させておく装置

⑦自動感度調整器

微小から強震までの幅広い地震記録を自動的に記録させるため振幅記録のスケールを自動調整する。換振器からの信号を入力し記録部に出力する。

⑧記録装置

- 1) ペン書きレコーダ：インキ書き，すす書き
- 2) サイスマコーダ：オッシスログラフ，ペン書き
3. 微小極微小地震観測装置
ダムサイト周辺の地震活動度の調査に使用する。
速度型 10^{-6} cm/sec，加速度型 10^{-3} cm/sec²

4. 地震計設置の現状と問題点

4-1 地震計設置の現状

地震計設置の現状を把握するにあたり，農業工学研究所から下記データの提供をいただき，その中から地震計に関するデータを抽出して整理を行うこととした。

「Aデータ」 農林水産省関係のフィルダム58ダムに対して実施された「フィルダムの挙動観測機器に関する調査」より（調査58ダムに対して回答52ダム）

「Bデータ」 農業工学研究所において，あるメーカーの1業者に対して依頼した「加速度計設置実績調査データ」より（調査153ダムに対して回答56ダム）

（上記Aデータと重複していないダムは24ダム）

「Aデータ」についてはフィルダムのみ対象としており，コンクリートダムの実態は不明なため，「Bデータ」内の複合ダムを含めた8ダムのデータによる。

「Bデータ」については加速度計の設置実績と作動状況調査であり，管理の状況等は対象としていない。

以上の収集データ範囲において整理した地震計設置の実態を次に紹介する。

(1) 調査対象ダムの概況

対象ダムの堤体規模，施工年，ダムタイプ等について整理すると表4-1～表4-5のように区分される。ダム規模としては中規模ダムが多く，今後の設計参考資料として有用になるとと思われる。

なお，堤体規模に係わる区分率について図4-1に示す。

表4-1 堤高別区分

堤高区分 (m)	Aデータ (ダム数)	比率
$15 \leq H < 30$	3	6%
$30 \leq H < 50$	26	50%
$50 \leq H < 75$	19	36%
$75 \leq H$	4	8%
計 (対象ダム数)	52	100%

表4-2 堤頂長別区分

堤頂長区分 (m)	Aデータ (ダム数)	比率
$L < 200$	10	19%
$200 \leq L < 300$	21	40%
$300 \leq L < 400$	13	25%
$400 \leq L < 500$	5	10%
$500 \leq L$	3	6%
計 (対象ダム数)	52	100%

表4-3 堤体積別区分

堤体積区分 (万m ³)	Aデータ (ダム数)	比率
$V < 50$	14	27%
$50 \leq V < 100$	17	32%
$100 \leq V < 200$	13	25%
$200 \leq V < 300$	3	6%
$300 \leq V$	5	10%
計 (対象ダム数)	52	100%

表4-4 竣工年別区分

竣工年区分 (年)	Aデータ (ダム数)	比率
～1980	12	23%
1981～1985	9	17%
1986～1990	6	12%
1991～1996	17	33%
施工中	8	15%
計 (対象ダム数)	52	100%

表 4-5 ダムタイプ別区分

記号	ダムタイプ別区分	Aデータ (ダム数)	Bデータ (ダム数)	計 (ダム数)	比率
R C	中央遮水型ロックフィルダム	36	6	42	55%
E C	中央遮水型アースダム	10	3	13	17%
R S	傾斜コア型ロックフィルダム	2	3	5	7%
R F	表面遮水型ロックフィルダム	1	1	2	3%
E S	傾斜コア型アースダム	1	1	2	3%
E F	表面遮水型アースダム	1	0	1	1%
E H	均一型アースダム	1	2	3	4%
G	重力式コンクリートダム		7	7	9%
G F	複合ダム		1	1	1%
	計 (対象ダム数)	52	24	76	100%

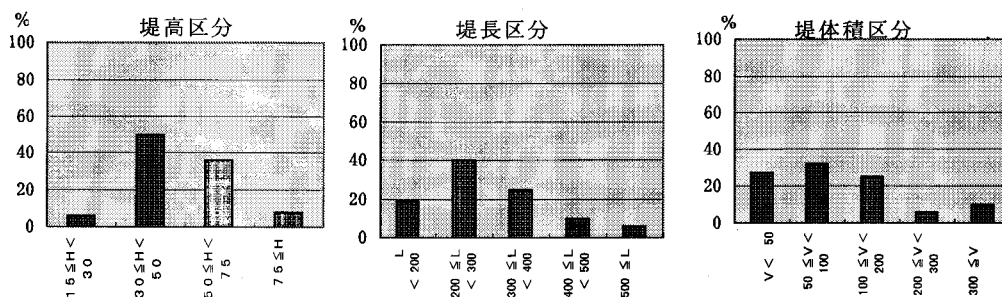
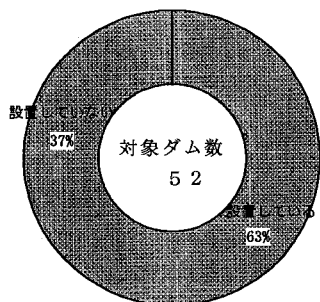


図 4-1 ダム規模別区分 (対象ダム数52)

(2) 地震計の設置状況

ダムの観測機器全般に関するアンケート調査に対して回答のあった「Aデータ」52ダムのうち、

地震計が設置してあるのは33ダムであった。調査対象52ダムに対して63%の設置率である。その内訳については図 4-2, 図 4-3 に示す。



「Aデータ」のうち最大加速度表示器のみ設置しているダムが3ダムあり、その他は加速度計との併設としている。

結果を見ると、ほとんどのダムが加速度計のみを対象としており、速度計、変位計、最大加速度表示器を併設しているところは約30%である。

図 4-2 地震計の設置状況

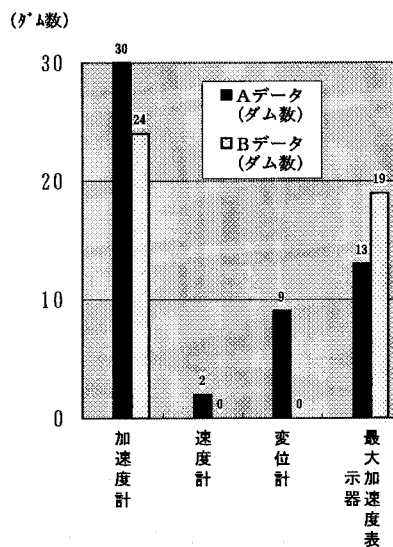


図 4-3 地震計設置機種別区分

なお、この設置状況を設計震度の地域区別に整理してみると、表4-6の状況である。やはり強震帯地域が91%の設置率であるのに対して弱震帯地域はわずか22%と地震に対する管理上の意識の違いが明確に現れている。

表4-6 設計震度の地域区別設置状況

区分	対象ダム数	設置ダム数	比率
強震帯地域	33	30	91%
中震帯地域	33	22	67%
弱震帯地域	9	2	22%
計(全体)	75	54	72%

(3) 加速度計の設置機種(測定原理)区分

加速度計の設置機種を表4-7および図4-4により区別別に見ると、圧倒的にサーボ型が多い。従来主流であったと思われる「機会式」は計算上3%で、無回答を除いても83%が電磁式を採用している。

今回の調査においては特に加速度計に重点を置いたことから速度計、変位計、最大加速度表示器については設置機種等詳細は不明である。

表4-7 加速度計の測定原理区分

測定原理	Aデータ(ダム数)	比率	Bデータ(ダム数)
機械式	1	3%	
サーボ型	20	67%	不
圧電型	0	0%	
電動型	4	13%	明
その他	1	3%	
無回答	4	14%	
計(対象ダム数)	30	100%	24

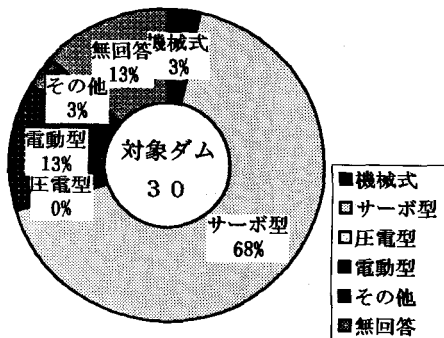


図4-4 加速度計の測定原理区分

(4) 加速度計の設置場所

設置場所についてみると各ダムでかなりばらつきが見られる。特に1ダムで10ヶ所設置している福島県の深田調整池ダムは、築堤施工中にアバウトメントに引張応力が発生し、開口亀裂が発生したことから、その後のダム挙動観測の一環として計画的に多地点に設置したと報告されている。他にも福島県の大楯ダムで8ヶ所、新潟県の笹が峰ダムで7ヶ所等あるが、1ヶ所や2ヶ所しか設置していない所も多い。これは過去の地震発生状況および設計震度の地域区分等地域の実状に基づき、設置ヶ所の決定をしていることが表4-6より想定される。

フィルダム、コンクリートダム別に設置位置の実態状況を見ると、表4-8および表4-9のように整理される。また、詳細な設置場所別区分を表4-5および表4-10に示す。

(5) 地震計データ記録方式区分

記録方式はアナログ式とデジタル式に大別されるが、現在7種類の方法があり、今回の調査対象ダムの採用区分を図4-6および表4-11に示す。

結果を見ると、これまでの実績においては圧倒

表4-8 フィルダムにおける加速度計設置の実態(対象ダム:農林水産省及び公団の43ダム)

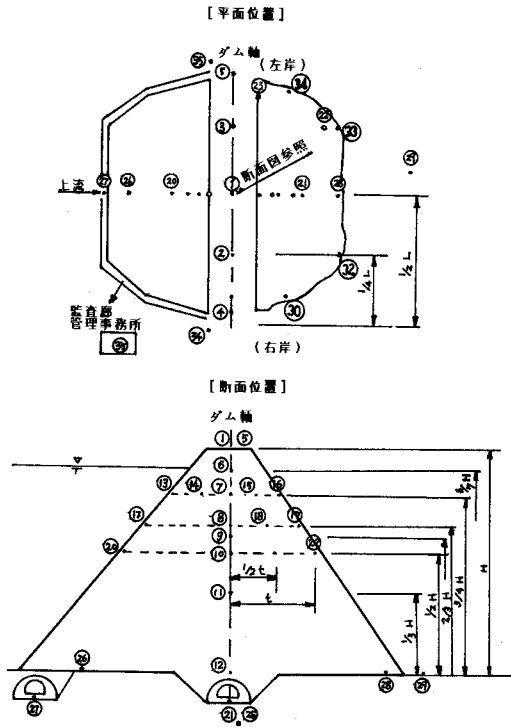
設置場所	Aデータ(ダム数)	Bデータ(ダム数)	計	設置率
堤頂	27	13	40	93%
堤体の中	19	9	28	65%
基礎地盤	24	12	36	84%
地山	17	8	25	58%
複数回答あり				

表4-9 コンクリートダムにおける加速度計設置の実態(対象ダム:農林水産省及び公団の8ダム)

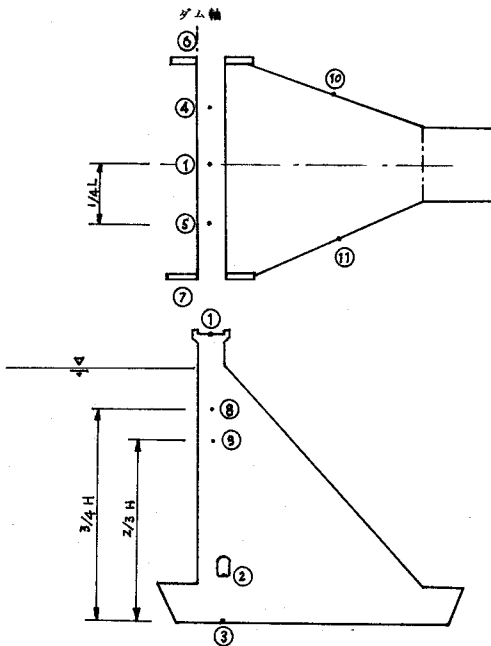
設置場所	ダム数	設置率
堤頂	8	100%
監査廊	4	50%
基礎地盤	1	12%
堤体の中	2	25%
地山	3	38%

表 4-10 設置場所別設置率

A. フィルダム



B. コンクリートダム



A. フィルダム
(対象ダム38ダム)

	番号	ダム数	設置率
堤頂部	①	34	89%
	②or③	4	11%
	④or⑤	4	11%
	⑥	1	3%
	⑦	7	18%
	⑧	6	16%
	⑨	1	3%
	⑩	6	16%
	⑪	2	6%
	⑫	1	3%
堤体内部	⑬	1	3%
	⑭	1	3%
	⑮	1	3%
	⑯	0	0%
	⑰	1	3%
	⑱	2	6%
	⑲	2	6%
	⑳	2	6%
	㉑	2	6%
	㉒ or ㉓	2	6%
基礎地盤部	㉔ or ㉕	21	55%
	㉖ or ㉗	2	6%
	㉘	4	11%
	㉙	1	3%
地山部	㉚ ~ ㉛	3	8%
	㉜ or ㉝	22	58%
	㉞ & ㉟	2	6%
	㊱	2	6%

B. コンクリートダム
(対象ダム7ダム)

	番号	ダム数	設置率
堤頂部	①	5	71%
監査廊	②	4	57%
基礎地盤部	③	0	0%
堤頂部	④or⑤	1	14%
	④&⑤	1	14%
地山部	⑥or⑦	1	14%
	⑥&⑦	1	14%
堤体内部	⑧	1	14%
	⑨	0	0%
地山部	⑩or⑪	0	0%
	⑩&⑪	1	14%

図 4-5 加速度計設置位置の実態状況

(ダム数)

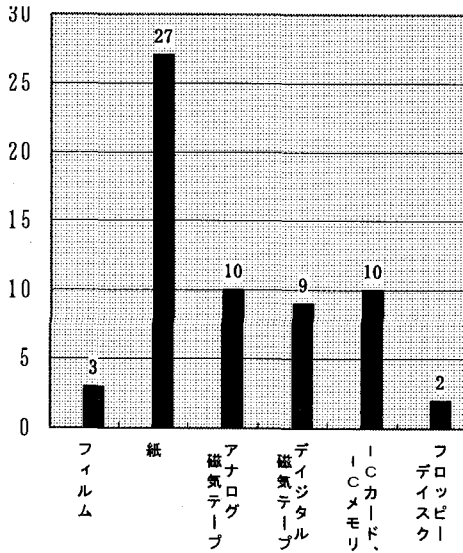


図4-6 データ処理記録方式区分

的に記録紙によるものが多い。感光したら読みにくいという短所もあるが、すぐに結果が見え、システム上安価であることが選定の理由となっていることが推測される。

(6) データ処理稼働システム

稼働システムについては、他の観測機器と一括コンピューター処理しているタイプと単独処理のタイプがある。調査データが埋設計器全般に対する回答であるため、地震計の処理システムは必ずしも下表のとおりではないことが予想されるが、データの範囲内で表4-12に区分する。

(7) 起動レベルの設定区分

地震時の起動レベルをいくら (gal 数) にすればよいか、定められたものはない。基本的には地

表4-12 データ処理稼働システム区分

(対象ダム数52)

記号	稼働システム	Aデータ (ダム数)	比率
a	データ収集…自動 データ処理…コンピューター	6	22%
b	データ収集入力…半自動 データ処理…コンピューター	16	60%
c	データ収集…人力 データ処理…人力	5	18%
計		27	100%

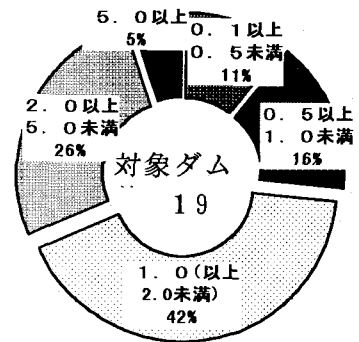
表4-11 区分表

記録方式	Aデータ (ダム数)	Bデータ (ダム数)	計 (ダム数)
フィルム	3	0	3
紙	21	6	27
アナログ磁気テープ	5	5	10
デジタル磁気テープ	4	5	9
ICカード	1	8	10
ICメモリ	1		
フロッピーディスク	2	0	2
計 (重複回答あり)	37	24	61
(対象ダム数)	30	24	54

震時の各ダムの対応方針に反映させた起動レベルを設定すればよいと考えられるが、今回調査したダムにおける設定値も多少ばらついた値を示している。

地震計を設置している54ダムのうち起動レベルの回答があったのは19ダムであり、その設定区分を図4-7に示す。

なお、起動レベルの設定と合わせて“記録をするかしないか”の Recordo Start を設定する回路方式として AND 回路方式と OR 回路方式があ



起動レベル (gal)	Aデータ (ダム数)
0.1以上0.5未満	2
0.5以上1.0未満	3
1.0 (以上2.0未満)	8
2.0以上5.0未満	5
5.0以上	1
計	19

図4-7 起動レベルの設定区分

るが、今回の調査における回答のあったダムにおいてはほぼ半数の採用であった。

(8) 管理者区分

Aデータの52ダムについてダム管理者を区分すると表4-13の状況である。対象ダムが国営（農政局事業主体）のものが多いため、土地改良区に管理委託したものが多い。言い換えれば県営のダムにおいてはあまり地震計を設置していないとも言える。ただ、土地改良区の管理職員がどこまで地震計を含めて観測機器のデータに目的意識をもって管理しているかが疑問である。

表4-13 管理者区分

管理者	Aデータ (ダム数)	比率
土地改良区	24	46%
土地改良事業団体連合会	6	12%
市役所	5	10%
農政局	2	4%
県	10	19%
水資源開発公団	2	4%
未決定	3	5%
計 (対象ダム数)	52	100%

以上、本調査データにおいて区分できるものについて可能な限り整理してみたが、水を貯めるという同じ目的で築造し、堤体管理のためには基本的には同様な管理を行うべき“ダム”において、いざ地震計について調査してみるとかなりばらつきがあることが判明した。

この調査データから考えられる問題点および調査に付随して発生した問題点等について次に整理する。

4-2 地震計設置における問題点

(1) 地震計設置の実状

本調査におけるデータは基本的に埋設計器の設置してあるダムもしくは地震計の設置してあるダムを対象にしたものであり、農水省のダムを抽出的に調査したものではない。その埋設計器の調査に回答した52ダムにおいても、37%のダムが地震計を設置していない現状が判明したわけであるが、それから考えると全体的にはもっと高い比率で地震計を設置していないのが実状と思われる。

(2) 管理体制の問題

次に大事なことが地震計を設置していても肝心

の地震発生時にデータが取れていない状況があるということである。その理由としては下記のようなことがあげられる。

1. 記録紙がなくなっていた。
2. 記録紙が感光してデータが読めない。
3. 地震計の電源が入っていなかった。
4. 地震計自体が壊れて正常に作動しない。

機械の故障についてはメンテナンスの問題であるが、その他の問題については管理者の管理意識上の問題である。

本調査においても、不明な点等を確認するため管理者に連絡を取ろうとしたが、その連絡先を調べるだけでも数日を要す。現在の管理体制では現実に地震が発生してもそのデータをどれだけ迅速に収集できるか大きな疑問である。

(3) 地震計の設置場所について

調査データを見ると、地震計を設置しているほとんどのダムが、ダム堤頂中央部には設置しているが、基礎地盤や地山に設置していないダムは結構多い。設置目的を理解しているかどうか疑問である。

(4) 起動レベルの設定について

起動レベルとは地振動観測値がいくらから表示させるかを判断させる初期設定値のことであるが、調査結果においては1.0galが最も多く、0.1galや0.8galといった設定もあった。

設定値が低いと交通振動や建設振動などの微振動も観測し記録してしまうことから、肝心なときに記録紙がなかったというような問題を起すかねない。設定値はダムにおける本来の観測目的を達成する値にすべきと思われる。

(5) 地震発生後の対応について

前項「2. 地震観測の目的」の中でも述べたように、建設省においては「地震後のダム臨時点検要領(案)」というものを出している。これは建設省河川局開発課通達(昭和53年1月20日)の「地震発生後のダム臨時点検結果の報告について」に基づき実施されるもので、その適用として“農水省のダムも必要とされる項目について取捨選択して用い、対応されたい”旨が記述してある。

こういった通達があることさえ知らない管理者が管理をしている状況にあると思える。地震計を設置するのみならず、地震発生後の点検、連絡体制等の拡充もより必要である。

表4-14 地震計設置状況調査 Aデータ (フィルダム)

番号	ダム名	都道府 県名	状況 分布	事業主体	所有 者	管理 者	竣工年	ダム 形式	加速度計										速度計		変移計		最大加速 度表示器		データ処理		設計 震度 区分	
									機種	測定 原理	起動方式	成分 方向 数	起動 レベル Signal	合計 ヶ所数	設置場所					有無 ヶ所数	有無 ヶ所数	表示成分 上下 軸 鉛直	記録方式	稼働システム				
															堤頂 ヶ所数	堤体の中 ヶ所数	基礎地盤 ヶ所数	直下流 ヶ所数	両岸地山 ヶ所数									
24	チチゴミネ 笹ヶ峰	〃	完了	北陸農政局	国	県	1978	RC		②	-	1 2 3	-	7	②	③	①		①			有				②, ③	a	中
25	ゴイ 五位	富山県	完了	〃	国	県	1991	RC																				強
26	ウスナカ 白中	〃	施工	富山県	県	県	1993	RC	②		AND回路 OR回路	3	2.0	2	①		①									②	b	強
27	イカラ 医王	石川県	施工	石川県	県	県	施工中	RC																				強
28	マスタニ 榊谷	福井県	未着	北陸農政局	国		施工中	RC	②					有														強
29	マキキ 牧尾	長野県	完了	水資源開発公団	公	公	1961	RC														○			③			強
30	フハネカブ 不破北部	岐阜県	完了	東海農政局	市	市	1984	EC	②	AND回路	1 2 3	0.1	5	①		③	①			①					②	b	強	
31	トクボク 東郷	愛知県	完了	〃	公	公	1961	ES	?					3	○	○			○									強
32	ハシバ 万場調整地	〃	施工	〃	国	土	1991	EF	②	AND回路	3	3.0	3	①		①			①						②	b	強	
33	サキウ 藤王	滋賀県	施工	〃	国	県	1994	RC	②	OR回路		1.0	4	○	○	○			○						⑤	a	強	
34	コウウヤ 屋	兵庫県	完了	〃	国	国	1989	RC	②		3	20.0	3	○		○	○		○						②, ③	b	強	
35	ニシタナキ 西高尾	鳥取県	施工	中四国農政局	国	連	1992	RC	②		3	0.8	2	①		①					○	○	○	②	c	中		
36	チガリナキ 下蚊屋	〃	未着	〃	国	土		RC																				中
37	メダニ 目谷	広島県	完了	〃	国	土	1985	RC	②	AND回路	3	0.1	3	①	②	①									③or④	a	中	
38	アキタラ 朝倉	愛媛県	完了	愛媛県	県	県	1981	EC																				中
39	チガイキ 永池	佐賀県	施工	佐賀県			1996	EC																				弱
40	チシロカワ 後川内	〃	施工	九州農政局	国	土	1984	RS														○	○	○	②, ④	c	弱	
41	フジノダイラ 藤ノ平	〃	施工	〃	国	土	施工中	RC														○	○	○	②, ③	c	弱	
42	レンジキ 重井田	長崎県	完了	長崎県	県	市	1983	EC																				弱
43	チブキ 久吹	〃	施工	〃	県	土	1989	RC																				弱
44	セイゴレンジ 清願寺	熊本県	完了	熊本県	県	土	1978	EC																				中
45	オキソ 大蘇	大分県	施工	九州農政局	国	土	施工中	RC						有							有	有	有		④	b	中	

表4-15 地震計設置状況調査 Bデータ (フィル、コンクリートダム)

番号	ダム名	都道府 県名	状況 区分	事業主体	所有 者	管理 者	観測 開始 年	ダム 形式	加速度計							速度計		変移計		最大加速 度表示器		データ処理		設計 震度 区分		
									機 種	測 定 原 理	起 動 方 式	成 分 方 向 数	起 動 レ ベ ル Start level	設置場所						有 無 ヶ 所 数	有 無 ヶ 所 数	表示成分			記 録 方 式	稼 働 ノ ズ ム
														合 計 ヶ 所 数	堤 頂 ヶ 所 数	堤 体 の 中 ヶ 所 数	基 礎 地 盤 ヶ 所 数	直 下 流 ヶ 所 数	両 岸 地 山 ヶ 所 数			上 下	軸 鉛 直			
(1)	羽幌二股	北海道	完了	北海道開発局	国	土	1977	EH			1 3	5	①	①	①	①						②		中		
(2)	鶯	"	完了	北海道開発局	国	土	1985	RC			2 3	2		①								有	③		中	
(3)	小田川	青森	完了	東北農政局	国	連	1975	RC			3	1	①									有	⑤or⑥		中	
(4)	和田	"	施工	青森県	県	県	1992	RC			3	2	①				①					有	⑤or⑥		強	
(5)	清水目	"	施工	青森県	県	県	1993	G			3	2	①		①							有	⑤or⑥		強	
(6)	瀬月内	岩手	完了	岩手県	県	村	1979	RC			2	2	①		①							有	②		強	
(7)	横川	福島	完了	福島県	県	市	1984	G			3	2	①		①								②		強	
(8)	南推尾	茨城	完了	関東農政局	国		1991	RS			3	4	①	①	①		①						⑥		強	
(9)	深山	栃木	完了	関東農政局	国	県	1974	RF			1 2 3	9	①		①		①					有	④		強	
(10)	勝浦	千葉	完了	千葉県	県	土	1989	EC			1 3	3	①				①		①				有	④		強
(11)	佐久間	"	完了	千葉県	土	土	1983	EC			3	3	①	①	①								②		強	
(12)	三島	"	完了	千葉県	県	県	1993	EC			3	2		①				①				有	⑤or⑥		強	
(13)	平沢	"	施工	千葉県	県	市		RC			3	3	①	①	①							有	⑤or⑥		強	
(14)	都田川	静岡	完了	静岡県	県	県	1983	RC			1 2 3	7	①		①		①						③		強	
(15)	船明水門	"	完了	関東農政局	国		1979	G			1	0										有	②		強	
(16)	藤津川	新潟	完了	新潟県	県	土	1985	ES			3	3	①		①		①						②		中	
(17)	佐和田	"	完了	新潟県	県	土	1988	RS			3	2	①		①							有	④		中	
(18)	城原	"	完了	北陸農政局	国	国	1985	EH			1 3	7	①	①	② ② ①							有	④		中	
(19)	安濃	三重	完了	東海農政局	国	県	1989	G			1 2 3	5	①	①	①			①					有	③		強
(20)	香吐	兵庫	完了	近畿農政局	国	国	1985	G			3	4	①	①				②					有	③		強
(21)	大川瀬	"	完了	近畿農政局	国	国	1988	G			3	1	①										有	⑤or⑥		強
(22)	島の瀬	和歌山	完了	近畿農政局	国	県	1990	G			3	2	①				①						有	⑤or⑥		強
(23)	永源寺	滋賀	完了	近畿農政局	国	県	1989	GF			3	4	③		①								有	④		強
(24)	合所	福岡	施工	九州農政局	国	県	1988	RS			3	3	①	①	①								有	③		弱
											23	21	12	16	2	11										
											フィルダム		16	14	10	13										
											コンクリートダム		7	7	2	4										

5. 今後の方針

5-1 地震計に対する要求

地震計等の機器に対してまず第一に要求されることは、「堅牢」なことである。観測計器は、現場に設置されるものであることから、劣悪な気候条件に常にさらされているとともに、地中等に埋設されることから施工中のトラブルあるいは施工後の堤体沈下に伴うケーブルの伸びなど多くの障害が発生する。

ダム挙動観測では、そのような悪条件でも確実にデータが得られる機器がまず必要である。

残念ながら現在の地震計は、微弱な震度から精度良く計測可能な電気式の物より、微弱な震度の精度は落ちるが震度V以上に適した機械式の方が頑丈である。

ダムは百年単位の供用を予定しているのに、地震計等埋設計器は十年単位の耐用年数しかなく、故障後もそのままの状態管理しているのが調査結果より明らかとなった。

このままの状態では、ダムの安全管理上見過ごすことは問題であり、単にメーカーが高精度と堅牢性を併せ持ち長期観測可能な製品を開発するのを待つのではなく、行政及び研究機関とメーカーが協力して開発していくことが必要である。

また、今後の地震観測システムの進むべき方向を考えみると、震度IV以上の地震が発生すると、ダムの埋設計器を臨時点検用に自動起動することはもちろんのこと、管理棟にダム主任管理技術者が不在の時は、自動的にポケベルや携帯電話へ連絡する外、休日や夜間に発生することも考慮し、ダム主任管理技術者の自宅のパソコンへ地震時データやダム挙動データを送信し、且つ自宅のパソコンから逆にテレコントロール可能なシステムの開発が必要と考えられる。

5-2 拠点管理

ダム地点に設置された地震計により観測された震度が設計震度の1/3以上であるか、近傍地点の気象庁震度階がIV以上である地震が発生した場合には、建設省通達或いはダム管理規程等により地震発生後、ダムの臨時点検を行う必要がある。

しかし、地震が発生しても農水省所管のダムの多くには地震計が設置されていないことから、地震時に臨時点検を行うべきかどうかを判断するデ

ータは無く、地震時の初動観測に関して不安が残る。

さらに農水省のダムでは、管理棟にダム管理主任技術者が常駐していないことも多く、地震発生時に速やかに臨時点検することが困難な時もある。また、地震計が設置されていたとしても旧形式のため、他の埋設計器との連動性が無く、地震波形とそれによるダムの挙動についてのデータが得られないなど多くの問題点が明らかとなった。

一方、建設省のダムでは国が自ら管理を行うことにより、管理体制の組織化、自動化、迅速化が図られている。

農林水産省所管の全てのダムで、建設省と同レベルでの管理は現実的ではないが、全国の主要地点のダム或いは大規模なダムについては、国営事業としてダムを築造した農政局が直接管理するなど組織的な対応が望まれる。

5-3 地震計の設置場所及びメンテナンス

地震記録を解析することは、ダムの地震時挙動解明の最も確実な情報源であり、ダムの固有周期及び減衰定数を解明し、さらには今後のダムの耐震設計にも役立てることが可能である。

具体的にこれら地震計から得られる挙動としては、地盤と堤体の相互作用、地形の地震動に与える影響、地盤内の地震動による歪み、間隙水圧や土圧など地震動以外の物理量などの測定に利用されている。

ところで、地震計の設置場所はアンケート調査結果より、堤体天端に設置している事例が最も多い。

しかし、天端では基礎の2~6倍の大きさの加速度が得られることから、実際にダム基礎に入力された地震波を把握することは困難である。

今後建設されるダムにあたっては、ダム全体の地震挙動を解明するためにも基礎岩盤（監査廊内）に1台とダムの最大断面の天端中央付近に1台の計2台以上設置することが望ましい。

監査廊がない場合には、アバットのリムグラウトトンネル内でもよいが、この場合少なくとも岩盤表面より20m以上奥に設置する。

また、天端については洪水吐ピアなど特殊な構造物の付近は、正確な波形を得られないことから避けた方がよいと思われる。

一方、アンケート調査結果の中で、いざ地震時

という時に計器が起動せず記録が得られていないことが判明した。

というのも、地震時には停電になったり、保守不良により機械が動作しない、記録のための用紙やカセットの交換をしていない、或いは地震計自体の電源を切っていることが主な理由としてあげられる。

上記のように、地震波動はダム管理において重要な事項にも関わらず実際の管理では、重要視されていないことは極めて残念でならない。

地震がいつ発生するかわからないものだけに、設置後の日常の点検整備が重要である。

5-4 地震計の起動レベル設定

地震計について取り組んできた中で、近年観測機器が「デジタル」化して精密な観測ができるようになり、その範囲は、0.1galから1,000galと微震から強震といわれる幅広い範囲の観測が可能になり、また機器によっては自動観測も可能でリアルタイムに活用できるようになっている。

そこで、起動レベル設定についてであるが、ダムに設置した地震計には、微震データはいらぬのではないかと考える。

ダムにおいて「震度4以上」の場合には臨時点検要領（案）で、点検が義務づけてあり、加速度（表2-1）であれば約25galに相当するため、これを20gal以上の時起動してもいいのではないと思われる。

一方、全ての地震の観測が必要だと言う意見も

あろうが、データ管理においても観測・保存の妥当性及び必要性を考慮したら同じ事が言えるのではないと思われる。

5-5 地震計の更新費用

上記で述べたように「アナログ」から「デジタル」の時代であり、最新の地震計の設置が要求されるとしたら、ダム管理者にとっては大きな負担となろう。

そこで更新については補助事業で取り組む以外になく、その事業実施が可能と考えられる事業は下記のとおりである。

- ① 維持管理適正化事業
- ② 土地改良施設修繕保全事業
- ③ 基幹水利施設補修事業

6. おわりに

本報文は、農業工学研究所農業土木専門技術研修（フィルダム）の設計事例研究においてとりまとめたものであるが、本事項の検討を始めるにあたり、地震計についての認識が乏しく、必要性についても十分把握出来ていなかった。

しかし、検討を進めるに従い、ダムの挙動解明や今後の耐震設計になくはならない重要な観測計器であると認識するに至った。

最後に、本成果をまとめるにあたり農業工学研究所造構部の研究室各位には大変お世話になった。ここに深く感謝する次第である。

投 稿 規 定

- 1 原稿には次の事項を記した「投稿票」を添えて下記に送付すること
東京都港区新橋 5-34-4 農業土木会館内, 農業土木技術研究会
- 2 「投稿票」
 - ① 表 題
 - ② 本文枚数, 図枚数, 表枚数, 写真枚数
 - ③ 氏名, 勤務先, 職名
 - ④ 連絡先 (TEL)
 - ⑤ 別刷希望数
 - ⑥ 内容紹介 (200字以内)
- 3 1 回の原稿の長さは原則として図, 写真, 表を含め研究会原稿用紙(242字)60枚までとする。
- 4 原稿はなるべく当会規定の原稿規定用紙を用い(請求次第送付), 漢字は当用漢字, 仮名づかいは現代仮名づかいを使用, 術語は学会編, 農業土木標準用語事典に準じられたい。数字はアラビア数字 (3 単位ごとに, を入れる) を使用のこと
- 5 写真, 図表はヨコ 7 cm×タテ 5 cm大を 242 字分として計算し, それぞれ本文中のそう入個所を欄外に指定し, 写真, 図, 表は別に添付する。(原稿中に入れない)
- 6 原図の大きさは特に制限はないが, B 4 判ぐらいまでが好ましい。原図はトレーサーが判断に迷わないよう, はっきりしていて, まぎらわしいところは注記をされたい。
- 7 文字は明確に書き, 特に数式や記号などのうち, 大文字と小文字, ローマ字とギリシャ文字, 下ツキ, 上ツキ, などで区別のまぎらわしいものは鉛筆で注記しておくこと,
たとえば
C, K, O, P, S, U, V, W, X, Zの大文字と小文字
O(オー)と0(ゼロ) a(エー)と α (アルファ)
r(アール)と γ (ガンマー) k(ケイ)と κ (カッパ)
w(ダブルユー)と ω (オメガ) x(エックス)と χ (カイ)
l(イチ)とl(エル) g(ジー)とq(キュー)
E(イー)と ϵ (イブシロン) v(バイ)と υ (ウブシロン)
など
- 8 分数式は 2 行ないし 3 行にとり余裕をもたせて書くこと
数字は一マスに二つまでとすること
- 9 数表とそれをグラフにしたものとの併載はさけ, どちらかにすること
- 10 本文中に引用した文献は原典をそのまま掲げる場合は引用文に「 』を付し引用文献を本文中に記載する。孫引きの場合は, 番号を付し, 末尾に原著者名: 原著論文表題, 雑誌名, 巻: 頁~頁, 年号, 又は“引用者氏名, 年・号より引用”と明示すること。
- 11 投稿の採否, 掲載順は編集委員会に一任すること
- 12 掲載の分は稿料を呈す。
- 13 別刷は, 実費を著者が負担する。

農業土木技術研究会入会の手引

1. 入会手続

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

2. 会費の納入方法

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

3. 農業土木技術研究会の活動内容

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

4. 機関誌「水と土」の位置づけと歴史

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

② 「水と土」の歴史

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

- S28年………コンクリートダム研究会の発足
『コンクリートダム』の発刊
- S31年………フェールダムを含めてダム研究会に拡大
『土とコンクリート』に変更
- S36年………水路研究会の発足
『水路』の発刊
- S45年………両研究会の合併
農業土木技術研究会の発足←
『水と土』

入 会 申 込 書

平成 年 月 日

私は農業土木技術研究会に入会します。

氏 名：

所 属：

	(13社)	日本舗道(株)	1口
(株)アイ・エヌ・エー	1口	中川ヒューム管工業(株)	〃
アイサワ工業(株)	〃	西日本調査設計(株)	〃
青葉工業(株)	〃	福井県土地改良事業団体連合会	〃
旭コンクリート工業(株)	〃	(株)婦中興業	〃
旭測量設計(株)	〃	古郡建設(株)	〃
アジアプランニング(株)	〃	(株)豊蔵組	〃
茨城県農業土木研究会	〃	北海道土地改良事業団体連合会	〃
上田建設(株)	〃	(株)北海道農業近代化コンサルタント	〃
(株)ウォーター・エンジニアリング	〃	前田製管(株)	〃
梅林建設(株)	〃	前沢工業(株)	〃
エスケー産業(株)	〃	真柄建設(株)	〃
(株)大本組	〃	(株)舛ノ内組	〃
大野建設コンサルタント(株)	〃	丸伊工業(株)	〃
神奈川県農業土木建設協会	〃	丸か建設(株)	〃
技研興業(株)	〃	(株)丸島アクアシステム	〃
岐阜県土木用ブロック工業組合	〃	丸誠重工業(株)東京本社	〃
(株)クボタ建設	〃	水資源開発公団	〃
(株)クボタ(大阪)	〃	水資源開発公団沼田総合管理所	〃
(株)クボタ(東京)	〃	〃 三重用水管理所	〃
(株)古賀組	〃	宮本建設(株)	〃
(株)後藤組	〃	ミサワ・ホーバス(株)	〃
五洋建設(株)	〃	(株)水建設コンサルタント	〃
佐藤企業(株)	〃	(株)峰測量設計事務所	〃
(株)佐藤組	〃	山崎ヒューム管(株)	〃
(株)塩谷組	〃	菱和建設(株)	〃
昭栄建設(株)	〃	若鈴コンサルタンツ(株)	〃
新光コンサルタンツ(株)	〃		(73社)
ジオスター(株)	〃	(アイウエオ順)	計 103社 150口
(株)ジオテック	〃		
(株)シャトーシーピー	〃		
須崎工業(株)	〃		
世紀東急工業(株)	〃		
大成建設(株)四国支店	〃		
大和設備工事(株)	〃		
高橋建設(株)	〃		
高弥建設(株)	〃		
(株)田原製作所	〃		
中国四国農政局土地改良技術事務所	〃		
(株)チェリーコンサルタンツ	〃		
中央開発(株)	〃		
東急建設(株)	〃		
東邦技術(株)	〃		
東洋測量設計(株)	〃		
(株)土木測器センター	〃		
日本国土開発(株)	〃		
日本ヒューム管(株)	〃		

農業土木技術研究会会員数

地方名	通 常 会 員							地方名	通 常 会 員								
	県	農水省 関係	公団 団体	等	学校	個人	法人		外国	県	農水省 関係	公団 団体	等	学校	個人	法人	外国
北海道	63	322	10		5	40											
東	青森 岩手 宮城 秋田 山形 福島	森手	43	23					近畿	滋賀	26	6		1	4		
		城田	60	28		3	7			京都	20	41		5	4		
北	小計	玉	37	74	5	1	19		畿	大阪	14		1	3	4		
		葉	100	6		4	7			奈良	35	2		2	5		
東	茨城 栃木 群馬 千葉 神奈川 山梨 長野 静岡	京	25	17		1	22		中	和歌山	39	17		1	5		
		東	2	145	124	9	32			国	鳥島	27			1	5	
北	新富 石川 福井	奈	18			5	17		四		取根	20	7		2	5	
		川	32			2	1	7		国	山島	56	2		4	1	
陸	岐阜 愛三	野	59						九		岡	46	8		4	2	
		重	9	4	34	1	14			州	山島	56	33	7	4	4	
海	小計	梨	32						州		徳	46	1		2	2	
		野	25			9	22			小計	香	24	6		1	2	
東	小計	愛	20	10		1	7		九		愛	34	5	3	2	2	
		重	113	71	4	1	14			州	高	72	7		4	3	
北	小計	知	9	4	4	1	6		州		知	48	5			3	
		重	20	10		1	7			小計	高	48	5			3	
東	小計	重	113	71	4	1	14		州		福	39	6	17	5	15	
		重	9	4	4	1	6			州	佐	39	7			3	
海	小計	重	20	10		1	7		州		岡	40	9			1	
		重	113	71	4	1	14			州	賀	18	20	4		4	
北	小計	重	9	4	4	1	6		州		本	36	2	1			
		重	20	10		1	7			州	分	17	11		3	1	
東	小計	重	113	71	4	1	14		州		島	87	5				
		重	9	4	4	1	6			州	児	19	22	1			
北	小計	重	20	10		1	7		州		繩	19	22	1			
		重	113	71	4	1	14			州	小計	295	82	23	8	24	
海	小計	重	9	4	4	1	6		州		合 計	1,960	1,150	237	77	303	655
		重	20	10		1	7			州	總 合 計						

編 集 後 記

みなさんは暗きょ排水の吸水管と言えは何を思い浮かべるだろうか。おそらくポリエチレン管、塩化ビニル管といった合成樹脂管を思い浮かべる方が多いのではないだろうか。しかし近年、素焼き土管の使用が増えてきているようである。素焼き土管は、合成樹脂管に比べ高価で重いため、経済性、施工性が悪く合成樹脂管が開発されて以降そのシェアを奪われていたようだが、どうやら土管には帯電性がないため水垢（酸化鉄）の付着や目詰まりが少ないことなどが増加した理由のようである。さらに最近、土管は多孔質であることから、その空隙が微生物の巣となり水質を浄化する

効果があると言われている。土管を使うことによって水質汚濁が軽減されるとすれば非常に望ましいことである。

新しいものが次々と開発される中で古いものが見直されることは、それが本物である証であろう。本物を見極める眼を養うことが、技術者に求められるのではないだろうか。

さて、今回は「新技術の積極的導入」と題した特集号を組み、民間の方々も含め新技術に携わる方々に執筆をいただいた。大いに参考にしていただければ幸いである。

構造改善局資源課 大林 由明

水 と 土 第 107 号

発行所 〒105 東京都港区新橋5-34-4
農業土木会館内
印刷所 〒161 東京都新宿区下落合2-6-22

農業土木技術研究会
TEL 03(3436)1960 振替口座 00180-5-2891
一世印刷株式会社
TEL 03 (3952) 5651