

水と土

No.123
2000

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



柑橘園地における先進型ほ場整備事業について

—先進技術導入モデル事業「吉田地区」の施工事例—（本文56頁）



区画整理全景 施工前（左）と施工後



露地部樹冠下かん水施設散布状況



ハウス内自動防除機（吊下げ型）
散布状況

羽咋川潮止水門施設の塩水遡上対策 (本文50頁)



羽咋川潮止水門完成予想図

～水恩～占部用水の歴史 (本文72頁)



占部川神社



回転大堰

— 目 次 —

平成12年度農業土木技術研究会研修会の開催案内……………(7)
報文内容紹介……………(9)

水 と 土

巻 頭 文

先人から受け継ぎ、後世に遺すもの

戸澤 正彦……(11)

報 文

美生ダムの試験湛水について

寺端 弘勝 瓜生 和幸
竹谷 幸晴 渡辺 秀博……(13)

高柴調整池に導入予定の

新しいフィルダム安全管理システムの概要

森 充広 長束 勇 畑山 元晴
利岡 徹馬 櫻井 健……(22)

農業用ダムにおける堆砂対策工法の実現可能性

— 農業用ダムの持続的活用に向けて —

常住 直人……(32)

喜界地下ダムの揚水試験について

井 敏春 中川原 茂
徳留 義秀 山本 常雄……(45)

羽咋川潮止水水門施設の塩水遡上対策

藤島 洋志……(50)

柑橘園地における先進型ほ場整備事業について

— 先進技術導入モデル事業「吉田地区」の施工事例 —

五百木 啓三……(56)

農民参加による小規模かんがい用水路の施工事例

— ホンジュラスでの技術協力の活動報告 —

石井 公人……(63)

歴史的^{すいおん}土地改良施設^{うらべ}

～水恩～占部用水の歴史

渡邊 修士……(72)

技術情報紹介

農業用施設機械設備の更新手法について

市野 吉造……(76)

会告……………(89)

投稿規定……………(90)

入会案内……………(91)

No. 123

2000

表紙写真

「福島県 只見町」

写真提供・農林水産省むらづ
くり対策室(オ7回美しい日
本のむら景観コンテストより)

平成12年度農業土木技術研究会研修会の開催案内

21世紀における農業農村整備は、「食料・農業・農村基本法」いわゆる「新基本法」における施策の核として、その新たな展開が期待されています。このような状況の下、農業農村整備事業を効率的かつ円滑に進めることが求められており、コスト縮減の取組はその重要な課題の一つとなっています。そこで、当研究会では、「効率的な設計・施工～コスト縮減の取組～」をテーマに以下の研修会を開催します。

多数ご参加下さいますようご案内致します。

1. 開催日：平成13年1月24日(水) 10:00～17:00

2. 場 所：日本消防会館ニッショーホール 03-3503-1486

東京都港区虎ノ門2-9-16 (交通) 地下鉄銀座線「虎ノ門」下車出口「3」徒歩4分

3. プログラム

時 間	プログラム	講演のポイント	講 師 等
10:00	開会挨拶		農業土木技術研究会 会長 黒澤 正敬
10:10	研究会賞表彰		
10:30	公共事業を取り巻く諸情勢と効率的な設計・施工	公共事業コスト縮減計画 効率的な設計・施工に関する取組について	農林水産省 設計課 南部 明弘
11:00	農業農村整備における設計VEの手法と効果について	VE (バリューエンジニアリング) 概要 農林水産省における設計VE実施方法	(財)日本農業土木総合研究所 山下 裕司
11:45	設計VEの試行について	パイプラインにおける設計VEの具体的事例	関東農政局 芳賀台地農業水利事業所 高橋 武夫
12:15	昼食		
13:30	新技術研究開発の現状	新技術開発のための研究制度 新技術研究開発の現状	農業工学研究所 稲森 幹八
14:15	土木構造物のLCC (ライフサイクルコスト) 評価について	ライフサイクルコストの概念と土木構造物の総合的なリニューアル評価	大成建設(株) 泉 博允
15:00	休憩		
15:15	新技術導入の取組	宮城県における新技術導入取組と具体的事例	宮城県 農村基盤計画課 大友 芳美
15:45	リサイクル材活用の取組	用水路改修におけるコンクリート廃材のリサイクル	関東農政局 土地改良技術事務所 鈴木 祥夫
16:15	施設機械整備における効率的な設計・施工	高Nsポンプの導入等施設機械整備における新技術導入	農林水産省 設計課 伊藤 嗣
16:45	閉会挨拶		農業土木研究会理事

注) プログラムは都合により変更する場合があります。

4. 参加費：農業土木技術研究会 会 員 5,000円
 非会員 8,000円

5. 参加人数：定員500名（会場の都合で定員になり次第締め切ります。）

6. 参加方法：別途関係機関に配布したパンフレット「研修会のご案内」により申し込み願います。

なお、本件に関する照会等があれば、次に連絡願います。

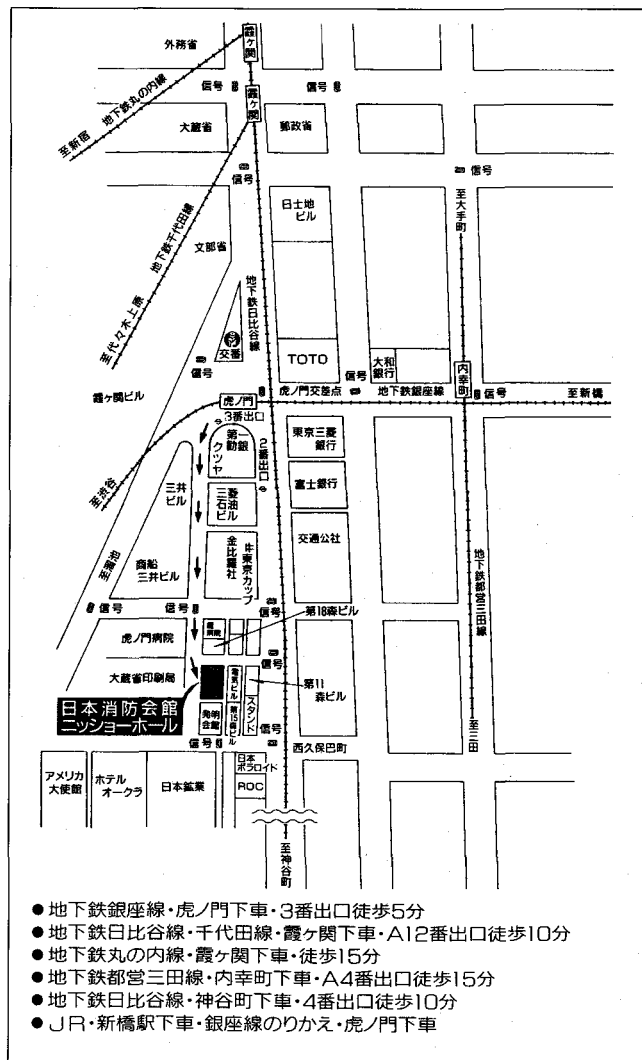
〒105-0004 東京都港区新橋 5丁目34番地4号

農業土木会館内 農業土木技術研究会（担当 水口、永井）

TEL 03-3434-5407

FAX 03-3578-7176

会場案内



水と土 第123号 報文内容紹介

美生ダムの試験湛水について

寺端 弘勝・瓜生 和幸
竹谷 幸晴・渡辺 秀博

美生ダムは、国営かんがい排水事業芽室地区の水源として1級河川十勝川水系美生川上流に位置する農業用ダムである。本ダムは、平成9年度までに主要な工事を終了し、試験湛水を平成10年4月1日より平成11年6月13日までの2カ年に渡って実施した。本稿では試験湛水におけるダムの挙動について報告する。

(水と土 第123号 2000 P.13 設・施)

高柴調整池に導入予定の新しいフィルダム安全管理システムの概要

森 充広・長東 勇・畑山 元晴
利岡 徹馬・櫻井 健

平成11年度より農林水産省の「官民連携新技術研究開発事業」として研究開発が進められている比抵抗トモグラフィ法による新しいフィルダム安全管理システムの最終実証試験フィールドとして、東北農政局郡山土地改良建設事業所管内の高柴調整池が選定された。本稿では、高柴調整池の概要を紹介するとともに、新技術の概要、小規模な堤体モデルによる浸潤線検出実験結果ならびに施工にむけた電極配置計画について報告する。

(水と土 第123号 2000 P.22 企・計)

農業用ダムにおける堆砂対策工法の実現可能性 —農業用ダムの持続的活用に向けて—

常住 直人

ダム堆砂は緩慢な現象なので、災害復旧的な緊急対応の必要性は低い。反面、確実に進行していく現象であり、対応が遅れるほど対策コストが高む懸念がある。本報文では、農業用ダムに適した排砂工法とその運用方法について試案提示と概略検討を行った。この結果、農業用ダムの多くでは比較的小規模な施設により、かつ利水運用に支障を来さず、数年サイクル以下での排砂運用を行える可能性があることが分かった。

(水と土 第123号 2000 P.32 企・計)

喜界地下ダムの揚水試験について

井 敏春・中川原 茂
徳留 義秀・山本 常雄

畑地かんがい水源となる喜界地下ダムの進捗により、貯水が始まった。この地下の貯留水が、計画どおりに取水可能かどうかの試験を実施した。試験は、琉球石灰岩層中の地下水を毎分11m³も揚水する大規模なものであり、この方法と結果について紹介する。

(水と土 第123号 2000 P.45 設・施)

羽咋川潮止水門施設の塩水遡上対策

藤島 洋志

北陸農政局邑知地溝帯農地防災事業で実施している羽咋川潮止水門における設計の事例である。本施設の建設箇所は河口から近く、また、計画河床高が(一)標高であることから塩水流入阻止等を考慮した設計が必要となる。

本報文では、塩水遡上対策を考慮した設計と水門ゲートの操作方法を含めて紹介する。

(水と土 第123号 2000 P.50 設・施)

柑橘園地における先進型ほ場整備事業について —先進技術導入モデル事業「吉田地区」の施工事例—

五百木 啓三

大半が急傾斜地で営まれている柑橘農業では、過酷な農作業を強いられているが、それらの作業環境の改善と更には生産物の高品質化への取組みの先駆けとなるべく、みかん栽培の盛んである愛媛県吉田町で実施した先進技術導入モデル事業の事例について紹介する。

(水と土 第123号 2000 P.56 設・施)

農民参加による小規模かんがい用水路の施工事例 —ホンジュラスでの技術協力の活動報告—

石井 公人

海外の技術協力では近年、水利施設の受益者自らが、その計画から施工段階まで主体的に参加することが重要視されています。小規模かんがい施設の場合、「農民参加」を実現することは、受益者自らが主体的に施設の維持管理をおこなっていくうえでの動機付けとなります。本報では、中米ホンジュラスでの技術協力において建設された小規模かんがい用水路の事例を取り上げ、農民参加の実態について詳述し、その問題点と対処方針について報告します。

(水と土 第123号 2000 P.63 企・計)

<歴史的土壌改良施設>

～水恩すいおん～占部用水うらべの歴史
渡邊 修士

愛知県矢作川中流左岸の農地約700haを潤しているのは占部用水である。占部用水は慶長年間(十六世紀末)に野本新十朗と渡邊弥蔵の両名によって開削された。地域の様相が変わった現代においても、占部用水は代々語り継がれ、2000年2月には先人を偲び、水恩を知る四百年記念祭が開催された。本報文は記念祭にあわせて占部用水にまつわるエピソード等を紹介し、先人の偉業を模範に今後の展開の参考とするものである。

(水と土 第123号 2000 P.72 企・計)

<技術情報紹介>

農業用施設機械設備の更新手法について

市野 吉造

土地改良施設を構成する農業用施設機械設備を更新する場合、機能や劣化の状態を把握し、いつ頃更新したらよいかを判断するための技術的体系や手法がこれまで整備されていなかった。この度、用水・排水ポンプ整備、頭首工ゲート設備、ポンプやゲートに関連する電気設備、そして水管理制御施設を対象に、これら設備を更新する場合の技術的体系や手法等について「手引き」として取りまとめたので、その概要について紹介する。

(水と土 第123号 2000 P.76 企・計)

【巻頭言】

先人から受け継ぎ、後世に遺すもの

戸澤正彦*
(Masahiko TOZAWA)

はじめに

農業基本法の38年ぶりの抜本的な見直しによる「食料・農業・農村基本法」が、21世紀の新たな時代の要求に応えるべく制定され、農業農村整備についても多面的機能の発揮や国民の視点に立った整備等、新たな展開を迎えようとしている。

一方、先人たちの努力により整備された農業生産基盤や生活環境基盤の整備は、農業生産性の向上や農業経営の安定、また住み良い村づくり等に、これまでばかりしれない貢献をしており、後世に多くの遺産を遺している。

本県の農業もいまでこそ生産量が日本一のブドウ、桃等の果樹県で知られているが、江戸時代は山に囲まれ、傾斜地が多くほ場の条件が悪いことから、米作適地も限られ養蚕が中心の農業経営が営まれていた。

その変遷について徳島堰を例に振り返ってみたい。

江戸時代 日本三大堰「徳島堰」

山梨県の県都甲府市の北西に、韮崎市の釜無川から取水し、中巨摩郡白根町に至る延長約16.6kmの用水路がある。箱根用水、柳川堰とならび、その規模は本邦水利史上三大堰の1つに数えられている「徳島堰」がそれである。徳島堰は、江戸深川の商人徳島兵左衛門が寛文5年（1665年）に甲府藩の許可を得て着工し、5年の歳月をかけて完成している。

水路は、全て開渠であり、御勅使川扇状地という傾斜地に水路を造るために右岸は切り取り、左岸に盛土をした。護岸には木杭、枝、竹などでシガラミを組んだほか、水路が横断する川や沢は、洪水時に多量の土砂が流下するので、18門の吐水門を設ける等、工事には多大な労力と様々な工夫を要したようである。この難工事の完成により、荒廃した扇状地は次々と開墾され、新しい水田に変わっていった。耕す水田もなく家族の厄介者にされていた二男、三男たちも原野を開墾することによって水田が手に入った。新しい集落が生まれ、地域に活気があふれて人々は水の恵みに感謝して働いた。まさに、農業基盤整備による村づくりである。

昭和年代 釜無川右岸土地改良事業

一方、扇状地南部の通称原七郷と呼ばれる地帯は、石れきが多く「月夜でも畑が焼ける」と言われるほどの乾燥地帯で、徳島堰完成後も十分水が到達せず、毎年のように早害に見舞われていた。

その後、徳島堰については数次の改修を行ってきたが、水路は老朽化して漏水が激しく、水害の被害額も相当額に及び、釜無川右岸の地域一帯は、農業経営が極めて不安定な状況に置かれていた。

*山梨県農政部耕地課長

そこで、昭和40年より山梨県初の国営による釜無川右岸農業水利事業が実施され、コンクリート水路に改修して漏水を最小限に止め、併せて取水施設である頭首工の全面改修を行い、963haに及ぶ水田に安定した水の供給を確保した。また、畑地地帯においては調整池の設置と共に遠隔自動操作による畑地かんがい施設を設置し、果樹園等1,753haの生産安定性を可能にした。

このように、桑園が中心であった農業経営は、果樹への転換が進み、県内はもとより全国でも有数の果樹産地として発展している。

おわりに 農村風景の保守

先人たちの苦労の積み重ねによって、美しい田園、すばらしい桃源郷が現在も目下に展開している。私達は、先人たちよりこの壮大な財産を受け継ぎ、後世に遺す義務がある。

今後、本県においては、「食料・農業・農村基本法」の政策課題の一つである多面的機能の発揮にむけ、「農村風景」をテーマに具体的施策の展開を検討している。それは、新たに創設するものではなく、今そこにある風景こそ、私達に“うるおい”や“やすらぎ”そして、“ぬくもり”さえ与えてくれているもので、それを守り続けるということである。もちろん、その根底にあるものは、地域に根ざした基盤の整備であり、農業を営み続けることによって維持されるものである。

私達が感動した美しくすばらしい農村風景、先人たちの苦心で遺されたきた大事なものを後世の子供たちも変わることなく体験できることを切に望んでいる。

美生ダムの試験湛水について

寺 端 弘 勝*
(Hirokatsu TERAHASHI)

瓜 生 和 幸*
(Kazuyuki URYU)

竹 谷 幸 晴**
(Yukiharu TAKEYA)

渡 辺 秀 博**
(Hidehiro WATANABE)

目 次

1. はじめに	13	5. 地震時の挙動	19
2. ダムの概要	13	6. 今後の管理方針	21
3. 試験湛水計画	14	7. おわりに	21
4. 試験湛水の結果と考察	14		

1. はじめに

美生ダムは、国営かんがい排水事業芽室地区の水源として1級河川十勝川水系美生川上流に位置する農業用ダムである。本ダムは、平成9年度までに主要な工事を終了し、試験湛水を平成10年4月1日より平成11年6月13日までの2カ年に渡って実施した。本稿では試験湛水におけるダムの挙動について報告する。

2. ダムの概要

(1) ダム諸元

ダム及び貯水池の諸元を表-1に示す。

(2) 基礎地質

ダムサイトの地形は、左岸部では40~60°の急傾斜面、右岸部では河床との比高差40~50mの段丘面を呈している。

ダムサイトの基礎地質は、先白亜紀日高累層群の、硬質な砂岩(Ss)、粘板岩(S_{cl})から成っている。

表-1 美生ダム諸元表

一 般	位置	北海道河西郡芽室町字上美生		形 式	流入部	自由越流式
	河川名	一級河川十勝川水系美生川			導流部	堤体流下式(堤趾導流型)
貯 水 池	流域面積	83.0km ²		洪 水 吐	減勢工	順傾斜水叩型
	満水面積	0.66km ²			ダム設計洪水流量	710m ³ /s
	総貯水容量	9.400千m ³			減勢工対象流量	420m ³ /s
	有効貯水容量	6.000千m ³			越流水深	3.00m
	堆砂容量	3.400千m ³			越流幅	13.50m×5径間
	設計洪水位	HWL.403.70m			減勢工幅	30.00m
	サーチャージ水位	SWL.403.00m			減勢工長	55.00m
	常時満水位	FWL.400.70m			取水部形式	機械式シリンダーゲート
	堆砂位	LWL.389.20m			最大取水量	3.939m ³ /s
	利用水深	11.50m			維持流量	0.268m ³ /s
堤 体	形式	重力式コンクリートダム	中心導水ゾーン型フィルダム	取水設備	JFG φ700	
	堤頂標高	EL.406.20m	EL.406.70m	河川放流設備	JFG φ750	
	基礎岩盤	砂岩粘板岩	光地園礫層	低水放流設備	JFG φ900	
	基礎地盤標高	EL.359.00m	EL.389.00m	形式	仮排水トンネル	
	堤高	47.20m	17.70m	対象流量	80m ³ /s	
	堤頂幅	4.00m	8.00m	トンネル断面	ホロ型、2r=3.40m	
	堤頂長	187.00m	163.00m	トンネル延長	265.00m	
	上流面勾配	1:0.06	1:3.20	仮 縮 切	形式	重力式コンクリートダム
	下流面勾配	1:0.78	1:2.20		天端標高	EL.371.90m
	堤体積	119,600m ³	80,800m ³		堤体積	1,900m ³

*北海道開発局帯広開発建設部帯広農業事務所 (Tel. 0155-24-4121)

**北海道開発局稚内開発建設部稚内農業事務所 (Tel. 0162-33-1000)

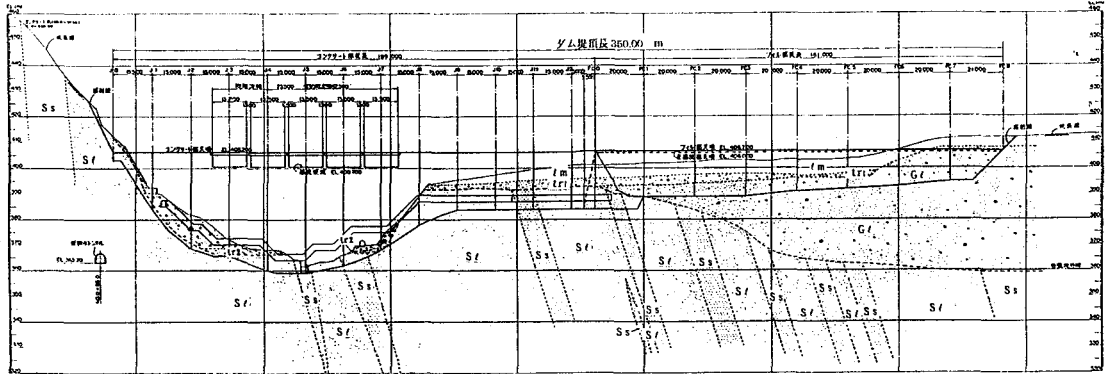


図-1 ダム軸地質断面図

る。基盤岩は左岸部及び河床部付近に露頭し、急峻な斜面や渓谷を形成するが、右岸部では第四紀の諸層により厚く被覆されている。第四紀最下位の光地園礫層 (Ge) は、ダム中央接合部付近より山側に分布する砂礫層である。この上位には、高位段丘堆積層 (tr₁) が2～4 mの厚みで分布し、地表付近はローム層 (ℓm) が厚さ6 m未満で覆っている。図-1にダム軸地質断面図を示す。

ダム形式は、左岸部～河床部の岩盤部を重力式コンクリートダム、光地園礫層部をフィルダムとした複合ダム形式を採用している。

基礎岩盤の透水性は、砂岩、粘板岩では2ルジオン以下、光地園礫層では20ルジオン以下である。カーテングラウチングの改良目標値はコンクリート部、フィル部ともに2ルジオンとし、光地園礫層部は超微粒子セメントを注入した。

(3) 観測計器の配置

図-2に観測計器配置縦平面図を示す。

3. 試験湛水計画

美生ダムは複合ダム形式を採用しており、試験湛水計画は、

- ①フィル堤体基礎となっている光地園礫層の浸透に対する水理性状
- ②複合ダムで最も留意しなければならない接合部の挙動観測
- ③堤体各所に設置されている計器の挙動観測を考慮し、常時満水位での保持期間を出来るだけ確保した2カ年2過程(山)の計画とした。図-3に試験湛水計画と実績を併せて示す。

4. 試験湛水の結果と考察

4-1 コンクリート部

(1) 漏水量

コンクリート部の漏水量は、基礎排水孔(29孔)および継目からの漏水量を3系統(左岸部、右岸部、河床部)に分けて計測した。

漏水量経時変化図を図-4に、貯水位との相関図を図-5、6に示す。なお、図-4、5は計量堰による計測値、図-6は基礎排水孔1孔毎の漏水量をメスシリンダーにより計測した値である。

第1、第2過程における挙動を以下に総括する。

- a. 貯水位の上昇に伴い下位に設置された基礎排水孔から順次排水されている。
- b. 各孔の排水開始後における漏水量は貯水位に対して直線的に比例している。
- c. 常時満水位におけるコンクリート部全体漏水量の最大値は17ℓ/min程度である。
- d. 継目からの漏水量は、計量が不可能なほど微量である。

本ダムにおける管理基準値は、岩盤内1孔当り50ℓ/min、コンソリグラウト内1孔当り10ℓ/minであり、観測された漏水量はこれらに対して十分小さな値であり問題ないと判断している。(図-6参照)

(2) 揚圧力

揚圧力は監査廊内基礎排水孔(ダム軸方向)に配置した間隙水圧計により計測している。第2過程における試験湛水開始以降、常時満水位保持最終日までの揚圧力の分布を図-7に示す。

第1、2過程における挙動を以下に総括する。

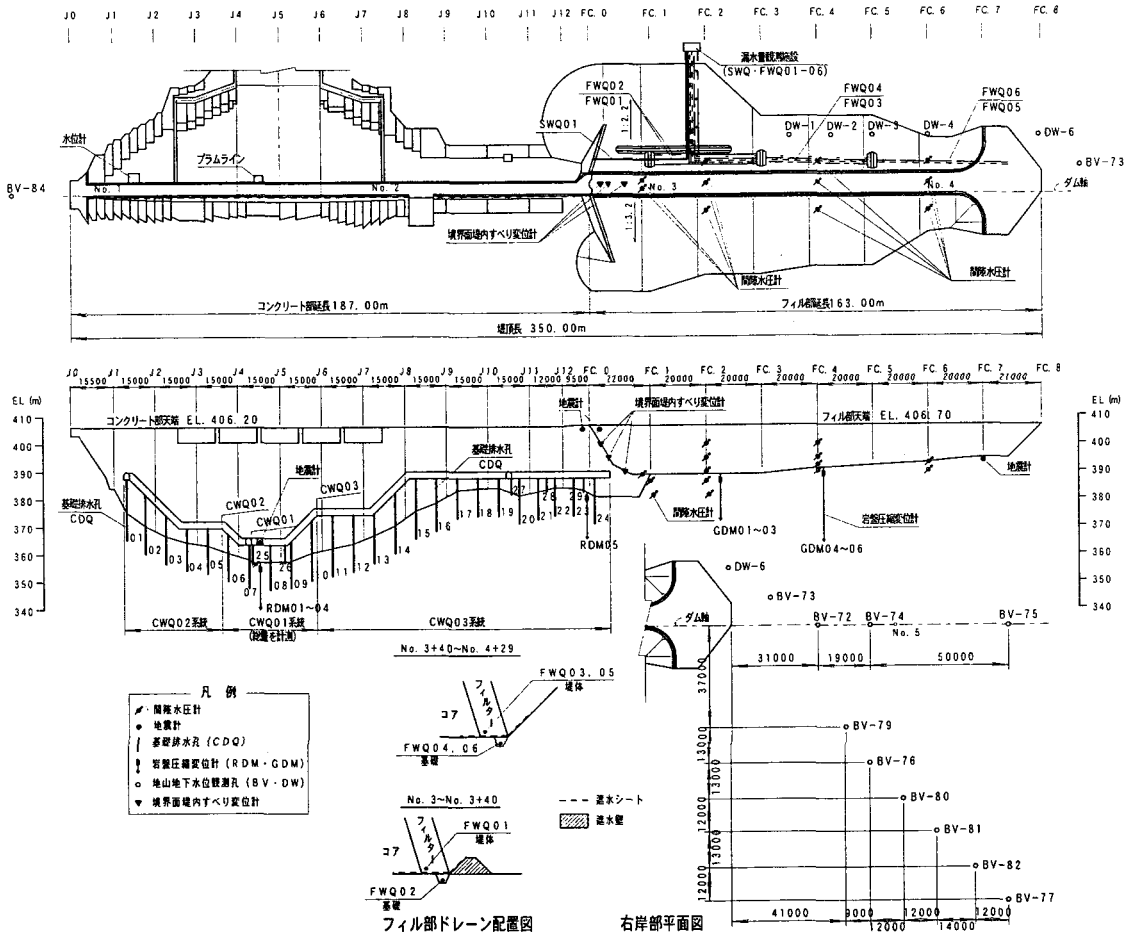


図-2 観測計器配置縦断面図

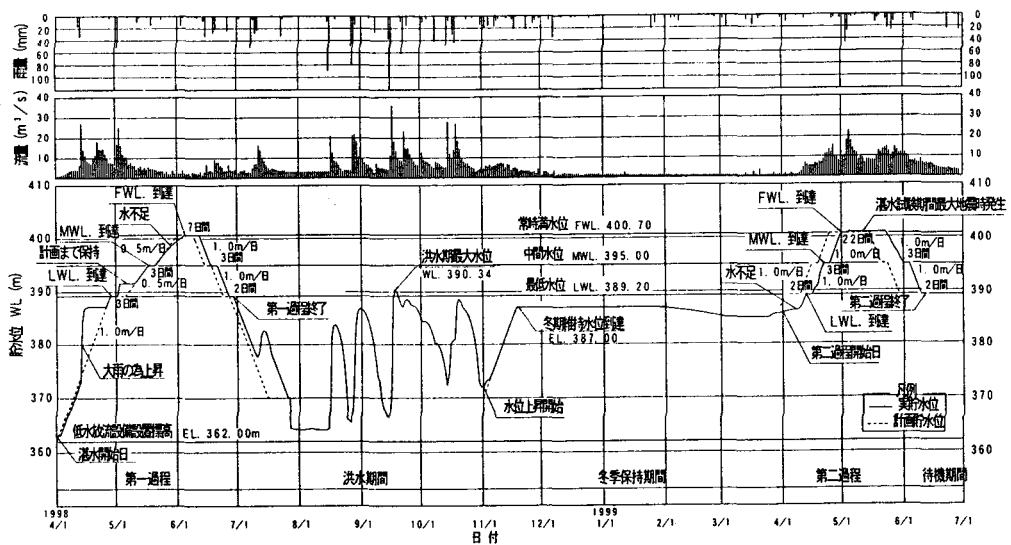


図-3 試験湛水・計画実績図

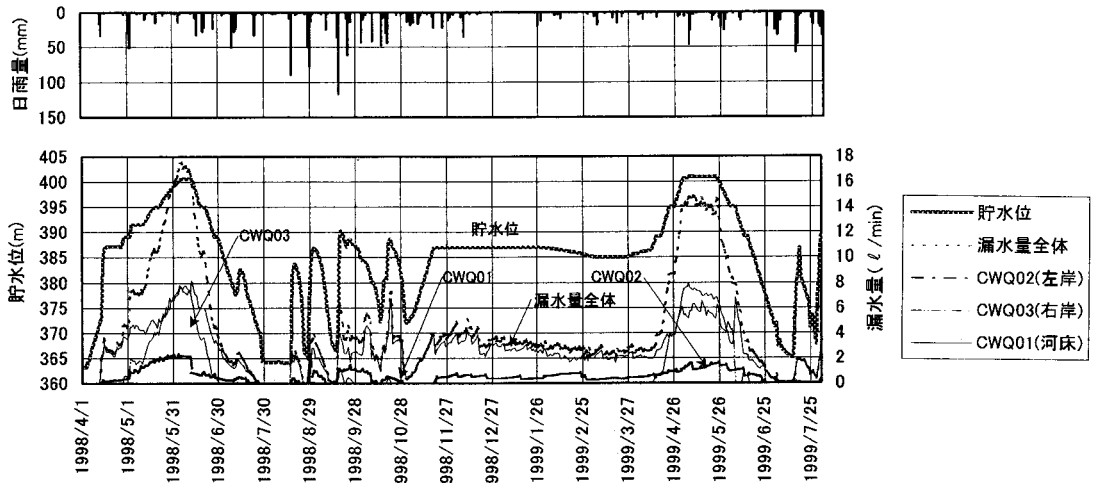


図-4 コンクリート部漏水量経時変化図

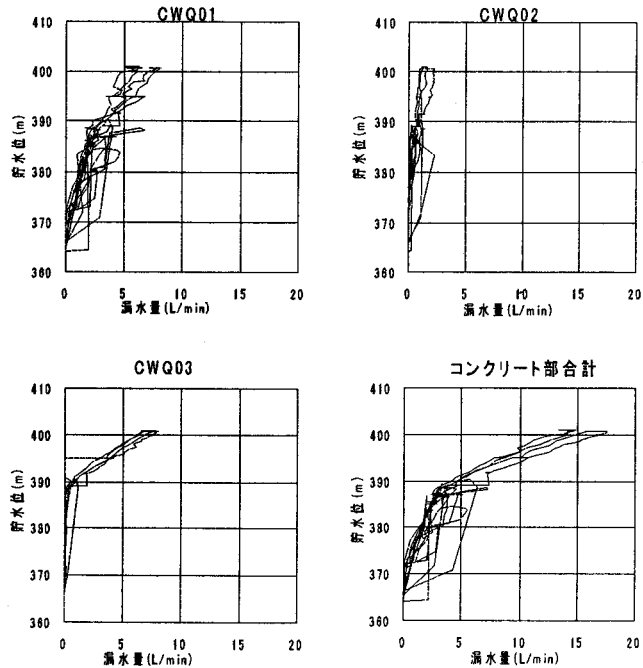


図-5 貯水位漏水量相関図

- a. 湛水開始時の孔内水位が監査廊底面以下にある孔では貯水位の上昇・下降に伴いほぼ直線的に推移する。
- b. 河床から右岸の河岸付近に位置するCDQ 10, 11は貯水位上昇に伴い揚圧力が上昇し、安定計算に用いた設計揚圧力を超える挙動を示した。

このため、実測揚圧力を用いてダム安定性の検討を行い問題が無いことを確認している。

以上のとおり、揚圧力は若干大きく観測されたもののその推移は貯水位に対して直線的に変化しており、安定計算結果等から問題ないと判断した。

(3) 変位

プラムライン（堤体変位）及び岩盤圧縮計によ

基礎排水孔からの漏水量相関図（第一過程）

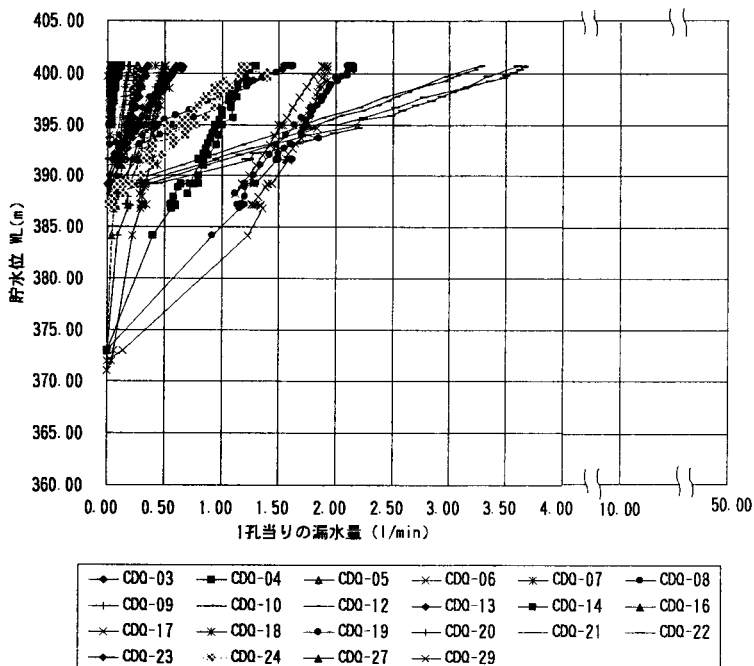


図-6 基礎排水孔1孔当りの貯水位漏水量相関図

基礎排水孔揚圧力(第二過程)

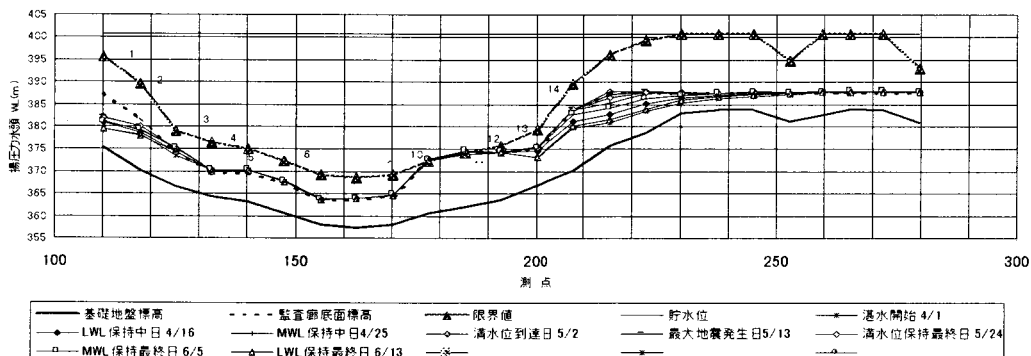


図-7 揚圧力分布図(ダム軸方向)

表-2 変位量(堤体・基礎)総括表

計測項目	堤体変位量 (mm)	計器番号	岩盤変位量 (mm) ※3	備考
上下流方向	5.0	RDM01	0.3(0.0~-0.3)	※1下流側+
※1	(+3.3~-1.7)	RDM02	0.3(-0.5~-0.8)	※2右岸側+
ダム軸方向	1.4	RDM03	0.3(-0.3~-0.6)	※3上方+
※2	(+1.0~-0.4)	RDM04	0.3(0.4~0.1)	

る第1, 第2過程を通じた変位量の最大値を表-2に示す(表中の()書きは, 試験湛水開始からの変位幅を示す)。

プラムライン変位量は, 第2過程の常時満水位時において貯水位がWL395m以下の時期と比べ

て相対変位量が2mm観測された。この状況においても堤体の継目からの漏水量や揚圧力が急増するような状況は確認されておらず問題ないと判断した。なお, この値は今後の供用時における安全性判断の指標になるものと考えている。

岩盤圧縮変位量は、第1、第2過程を通じて極めて少量であり、湛水による変位がほとんど発生しないことを確認した。

4-2 フィル部、接合部

(1) 漏水量

フィル部の漏水量は、堤体部と基礎部の分割を含めて6系統、接合部1系統の全7系統に分割して観測を行った。図-8に漏水量経時変化図を示す。

第1過程での漏水量は、以下のとおりであった。

- フィル堤体部および接合部の系統は、貯水位上昇の影響をほとんど受けず、降雨時に増加する。
- フィル基礎部は、貯水位上昇に伴い増加する。下降時には数日のタイムラグをもって減少する。
- 無降雨時の常時満水位における漏水量の最大値は27ℓ/min程度である。

第2過程での漏水量は、常時満水位の保持期間を22日間とすることから堤体部の漏水量が増加すると予想していたが、十分な遮水性（施工実績で 1×10^{-5} cm/s以下）を有しており、コア内の間隙水圧が定常状態に至っていないため、第1過程と大差がなかった。

接合部の漏水量は、常時満水位で降雨の影響がない時、1ℓ/min以下で、降雨時にはその影響で

3.5ℓ/minを観測した。このことは、接合部境界面からの浸透水がほとんど無いことを示しており、境界面の水理的安全性を確認した。

以上のように、接合部、フィル部とも降雨の影響を除いた漏水量の最大値は、30ℓ/min以下と管理値（無降水時の常時満水位で約90ℓ/min）に対して僅かであり問題ないと判断している。

(2) 表面変位

第二過程常時満水位の5月13日に震度4の地震があり、その後の観測ですべての視準標が沈下していた。特に、堤頂中間部のFOM03で1cm沈下しているが、その後は安定した推移を示している。図-9に経時変化図を示す。

本ダムのフィル部表面変位量の管理基準値は、鉛直、水平ともに6cm（堤高の0.3%）であり、試験湛水期間における全計器の最大変位量は、2.0cm（FOM03-鉛直方向）であり、十分小さく問題ない。

(3) 間隙水圧

①堤体部

コア内の間隙水圧は、上流側の基礎部に近いほど貯水位に追従しているが、下流側の計器ではほとんど反応していない。これは、コア部の透水係数が小さいため間隙水圧が、定常状態まで至っていないことを示唆している。また、下流側フィルター内の間隙水圧は、試験湛水を通じて上昇がほとんど認められず、排水機能が確保されているこ

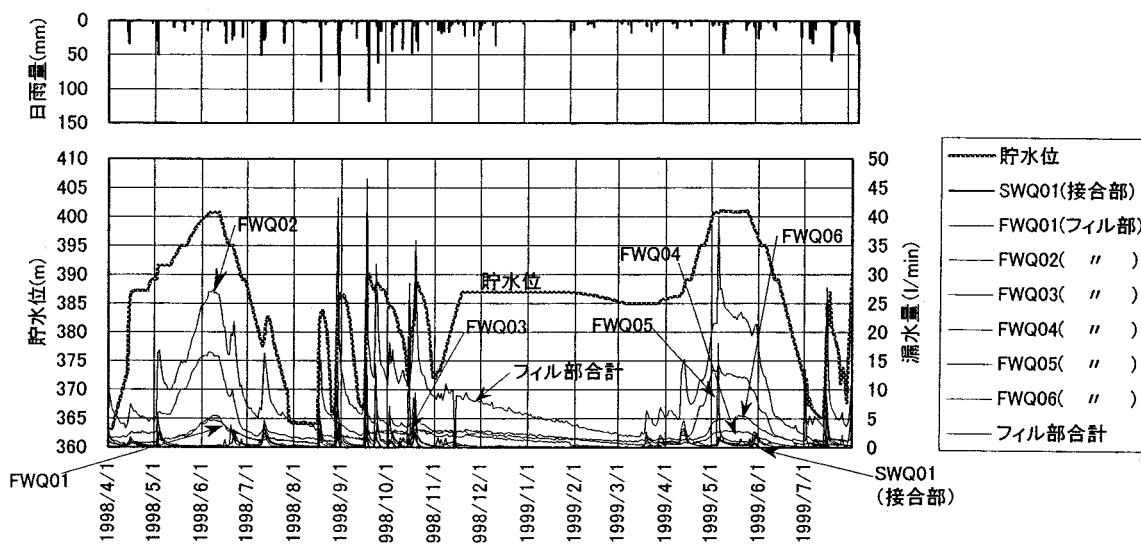


図-8 フィル部・接合部漏水量経時変化図

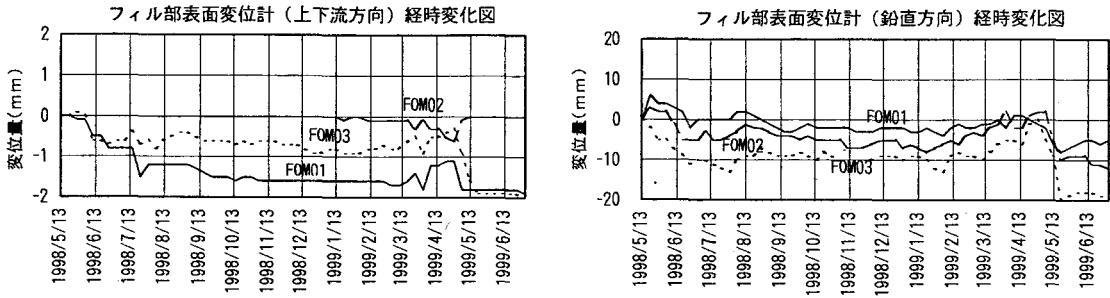


図-9 フィル部表面変位の経時変化図

とを確認した。図-10に分布図を示す。

②基礎部

基礎地盤内に設置した間隙水圧計によると、常時満水位において3～7m程度の水頭差が観測されており、グラウチング効果が顕著に現れていることを確認した。

(4) 地下水位

地下水位の挙動を総括すると、左岸の地下水位(BV-84により計測)は主に降雨の影響により変化し、右岸部の地下水位(DW-1, 3, 6, BV-73, 76, 77他10孔により計測)も大局的には降雨の影響が大きいと判断される。フィル堤体の下流側に

位置する観測孔(DW-1, 3, 6)の水位は、貯水位が常時満水位付近の状態基礎浸透の影響を受けているが、貯水位の変化に対する反応量は小さく、影響は少ないと判断している。図-11に経時変化図を示す。

5. 地震時の挙動

(1) 地震観測記録(加速度計により観測)

試験湛水期間中に10gal以上の加速度が観測された地震は表-3のとおりである。観測した最も大きな地震は、1999年5月13日(震源地:白糠郡音別町N43.0, E143.9, 本震AM2:59:59, マグ

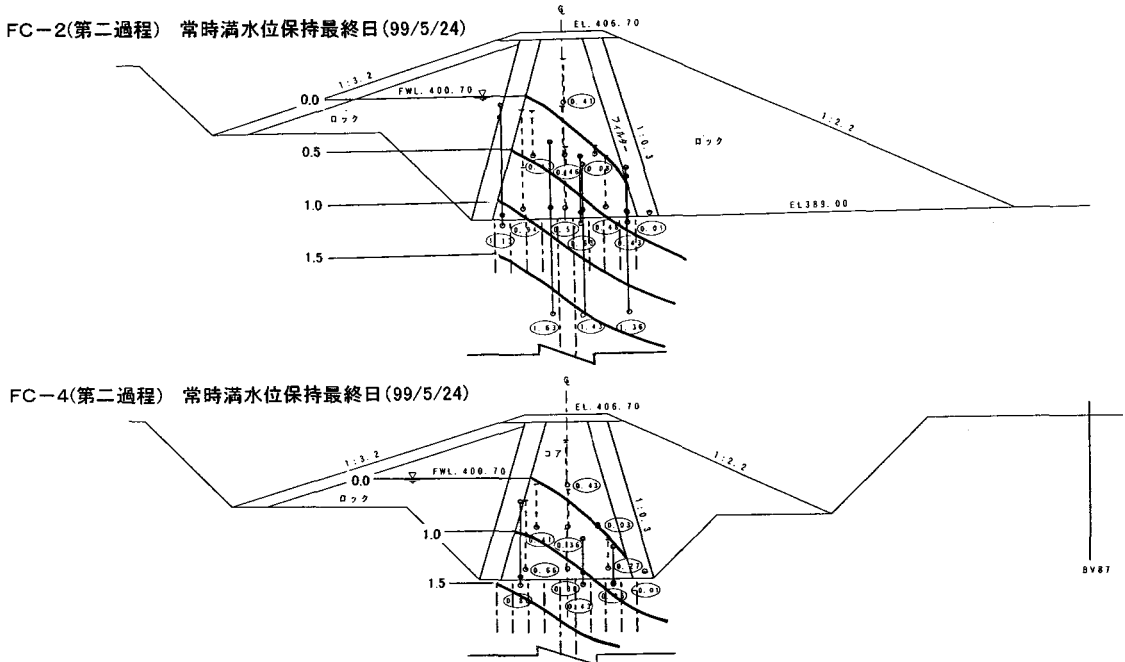


図-10 間隙水圧分布図

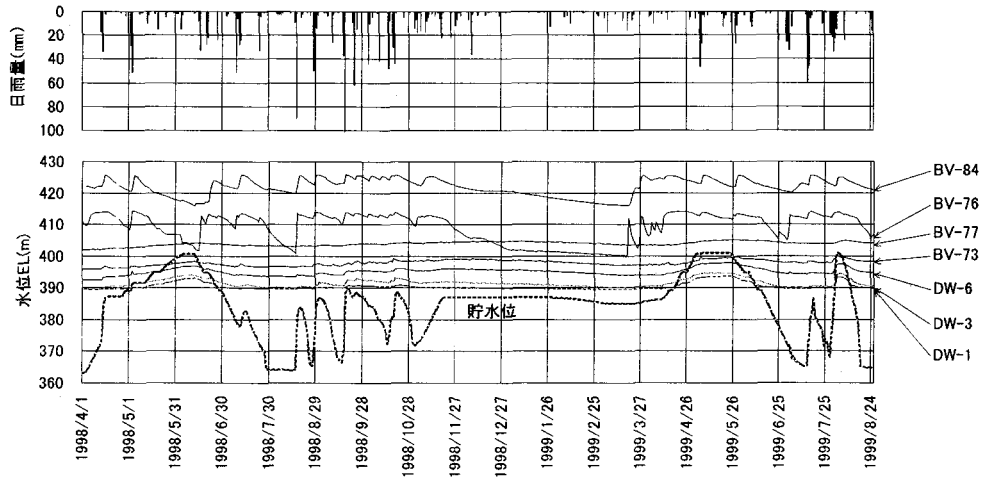


図-11 地下水位経時変化図

表-3 試験湛水期間中の地震記録

地震 発生日	コンクリート基礎			コンクリート堤頂(参考)			異常の 有 無
	X (gal)	Y (gal)	Z (gal)	X (gal)	Y(gal)	Z (gal)	
98/11/09	3.7	5.9	3.1	10.9	11.9	3.6	—
99/02/07	9.9	7.1	3.9	25.6	10.9	5.3	—
99/05/13	45.7	36.3	28.0	82.8	62.9	30.5	無

地震測定方向
X:上下流方向
Y:ダム軸方向
Z:鉛直方向

ニチュード6.4, 震源の深さ104km, 震源地からダムまでの距離約90km)に発生した。

この地震は, 帯広測候所によると震度4が観測され, ダム地点では, コンクリート基礎部で45.7 galが観測された。なお, 本地震発生時の貯水位は常時満水位 (FWL400.70m)であった。

(2) 堤体挙動

最大地震の発生直後(1999年5月13日AM3:10)および前日5月12日AM9:00, 当日5月13日9:00, 翌日5月14日9:00における計測値の対比の結果, 堤体の挙動に大きな変化は認められない。また, 地震発生後の臨時点検の結果, 地震による異常は発生していないことを確認した。

表-4 今後の挙動監視項目および観測頻度

計測位置	計測項目	計測方法等	計器の配置		計測頻度	備考※1	
			数量	位置等			
コンクリート	揚圧力	基礎排水孔 間隙水圧計	自動	29ヶ所	通廊内	1回/3月	震・雨
	漏水量	三角堰 水位計	自動	3系統	通廊内 (左右岸・河床)	1回/週	
	地震動	地震計 (3成分)	自動	2ヶ所	基礎部 5BL 堤頂 13BL	発生時	震
	堤体変位	フラムライン	自動	1ヶ所	基礎部(5BL)	1回/月	震
接合部	漏水量	三角堰 水位計	自動	1ヶ所	接合面~FC1	1回/週	震・雨
フィルル部	コア間隙水圧	間隙水圧計	自動	3ヶ所	FC2	1回/月	震・雨
	基礎間隙水圧	間隙水圧計	自動	12ヶ所	FC2, FC4, FC6	1回/月	震・雨
	表面変位	表面変位計	手動	1測線	フィルル堤頂	1回/月	震
	漏水量	三角堰	自動	6系統	FC1~FC8	1回/週	震・雨
地山	地下水位	間隙水圧計	自動	7ヶ所	左岸1孔 右岸6孔	1回/週	震・雨

※1 「震・雨」と記入のある項目については, 地震, 洪水または大雨のあった場合, 速やかに臨時点検調査を行う。

6. 今後の管理方針

本ダムにおいては、試験湛水の結果、堤体の挙動について異常が認められないことから、当面、挙動監視項目および計測頻度を以下のとおりとする。

7. おわりに

美生ダムの試験湛水は、比較的降雨の多い年であったことや常時満水位で震度4の地震を経験するなど様々な条件下において実施されたが、ダムの挙動は大きな問題が無くその安全性を十分確認することができたと考えている。

平成12年8月からダムの供用を開始しており、引き続きダムの挙動について、監視を行っていく。

高柴調整池に導入予定の新しいフィルダム安全管理システムの概要

森 充 広*
(Mitsuhiro MORI)

長 東 勇**
(Isamu NATSUKA)

畑 山 元 晴**
(Motoharu HATAKEYAMA)

利 岡 徹 馬***
(Tetsuma TOSHIOKA)

櫻 井 健***
(Ken SAKURAI)

目 次

1. はじめに	22	4. 小規模堤体によるモデル実験	25
2. 高柴調整池の概要	22	5. 高柴調整池における電極配置計画	29
3. 比抵抗トモグラフィ法を用いた 新しいフィルダム安全管理システムの概要	23	6. おわりに	30

1. はじめに

築造後のダムの安全管理は、堤体埋設計器の挙動観測や周辺地山ボーリング孔の水位観測等によって行われている。昭和50年代以降に築造されたダムを対象として行った埋設計器設置率に関する調査によると、フィルダムの観測項目としては、主として「変形」および「浸透水」の計測に重点がおかれており、層別沈下計や土圧計、あるいは間隙水圧計等の設置率が高いことが明らかになっている。埋設計器は大別して機械式と電気式とがあるが、測定の自動化および測定値のコンピュータ処理が可能であるという理由で、近年は電気式を採用するケースが多くなっている。

地震時や、あるいは漏水量の増加が認められた場合には、ダム堤体の安全性を確認するため、これら埋設計器の観測値が必要となる。しかし、堤体埋設計器は落雷や経年劣化により埋設後数年でその信頼性が落ちる場合がある。さらに、従来の埋設計器では、ある「点」の物性情報を正確に把握できるという利点があるが、その一方で、計測値が他の埋設計器と整合しない場合、それが異常現象を示しているのか、埋設計器の故障であるかを判断することは難しい。

そこで、フィルダム遮水部およびその周辺部の温度分布や含水状態を、比抵抗値の変化としてモ

ニターすることによって、遮水部の安全性を二次元的かつ長期的に監視する新しいダム管理システムについて研究を進めている^{2),3),4)}。最終的な現地実証試験として、東北農政局郡山土地改良建設事業所管内の高柴調整池が選定され、本新技術を導入することとなった。本稿では、高柴調整池の概要を紹介するとともに、比抵抗トモグラフィ法による新しいフィルダム管理システムの概要、小規模な堤体モデルによる浸潤線検出実験結果および本施工にむけた電極配置計画について報告する。なお、本研究は、平成11年度より農林水産省の「官民連携新技術研究開発事業」として位置づけられ、農業工学研究所および東北農政局が民間5社（日本技研株式会社、応用地質株式会社、勝村建設株式会社、株式会社三祐コンサルタンツ、日立電線株式会社）と連携して実施している「比抵抗トモグラフィ法によるダム管理システム技術の開発」の成果の一部を取りまとめたものである。

2. 高柴調整池の概要

2.1 概要

高柴調整池は、国営総合農地開発事業「郡山東部地区」において、地区内の農業用水を確保する目的で建設中の調整池である。取水源は、約7km南に位置する三春ダム（建設省；多目的ダム）である。三春ダムより取水した農業用水はパイプラインによって高柴調整池まで送水される。三春ダムの水位が高い時には、自然流下による注水が可能であるが、水位を下げる洪水期には自然流下で

*東北農政局郡山土地改良建設事業所（Tel. 024-922-4370）

**農業工学研究所、造構部土地質研究室

***応用地質（株）つくば技術開発センター

注水できないため、調整池下流側に設置した揚水機場から毎秒0.032m³で加圧注水される。かんがい期には斜樋から毎秒0.169m³で取水され、一部はそのまま受益地へ、一部は下流の揚水機場から高柴調整池北側の丘陵地に設けた配水槽にポンプアップした後、自然流下により受益地に送水される。

調整池の規模は、堤高24.3m、堤頂長128m、堤頂幅6.0m、堤体積87,800m³、総貯水量115,000m³、有効貯水量111,000m³である。平成10年12月から施工を開始し、平成13年3月に完成予定である。表一に各諸元を記す。堤体の築堤材料はダムサイト周辺に厚く堆積する風化花崗岩（マサ）である。この材料は主として遮水性～半透水性であり、ダムサイト周辺ではロック材の確保が困難であったことから、ダムタイプは均一型を原型とし、堤体の遮水機能を強化するために中央部に遮水ゾーンを設ける中心遮水ゾーン型アースフィルダムとしている。図一に堤体の標準断面図を示す。ゾ

ーンIa、ゾーンIbの設計透水係数は、それぞれ1×10⁻⁵cm/s、5×10⁻⁵cm/sである。4月上旬から盛立を開始し、平成12年11月時点で標高308mまでの盛立を完了した。

2.2 地質状況

高柴調整池周辺の地質は、北部阿武隈山地系に属し、古期花崗閃緑岩類及び新期灰色黒雲母花崗岩類が分布する地域にあたる。ダムサイトで確認される主な地質は、花崗岩類の花崗岩、花崗閃緑岩、閃緑岩であり、ペグマタイトやアプライト等の岩脈が複雑に分布している。

調査ボーリングおよびカーテングラウチング用パイロット孔掘削時に採取したコアから推定したダム基礎の地質断面図を図一に示す。右岸は主として花崗岩からなり、表層ほど風化が進んでマサ化している。岩級はほぼCL～DH級に相当する。左岸は、下部が花崗岩～花崗閃緑岩、上部が強風化閃緑岩から成る。基盤の花崗閃緑岩は非常に堅硬であり、岩級はCH級である。河床部コアトレンチは、右岸側が主に花崗岩、左岸側が主に閃緑岩からなり、その境界部には、熱変質等により岩種の色調の変化および部分的な強度低下が見られる劣化帯が存在する。また、この劣化帯部には幅5～10cmの筋状の白色変質部がいくつか分岐して形成されている。この劣化帯部分の施工は、表層のゆるみ部を撤去し、コンタクトクレーおよび着岩材で置き換えることにより対応した。

表一 ダム諸元表

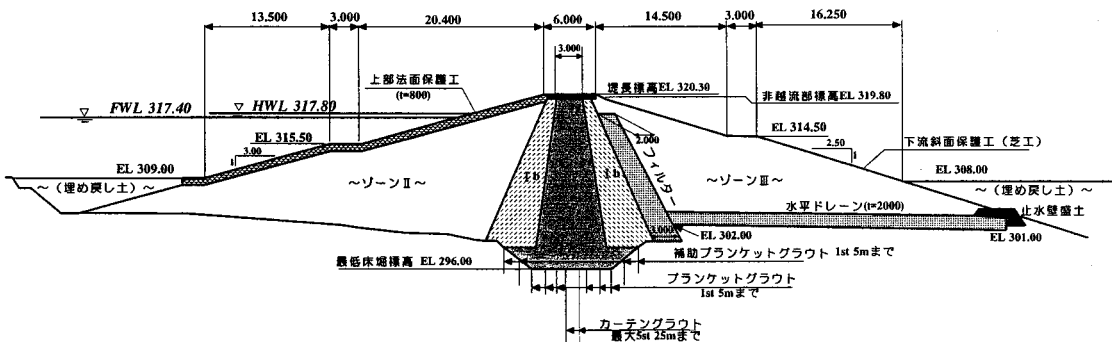
ダム名		高柴調整池
一般	ダム所在地	福島県郡山市西田町高柴地内
	基礎地盤地質	花崗岩類
貯水池	ダム目的	かんがい
	流域面積	直接：0.14km ² 、間接：0km ² （なし）
	貯水量	総貯水量：115,000m ³ 有効貯水量：111,000m ³
	設計堆砂量	4,000m ³
洪水吐	形式	自由溢流式立坑型
	設計洪水量	6.0m ³ /s
	ゲート	なし
	減勢工形式	強制跳水型
堤体	形式	中心遮水ゾーン型アースフィルダム
	堤体規模	堤高 24.3m 堤頂長 128m 堤体積 87,800m ³
仮排水路	形式	トンネル
	設計流量	2.0m ³ /s
設計震度	0.15（中震帯）	
監査庫	なし	
取水設備	形式	斜樋
	最大取水量	0.169m ³ /s

3. 比抵抗トモグラフィ法を用いた

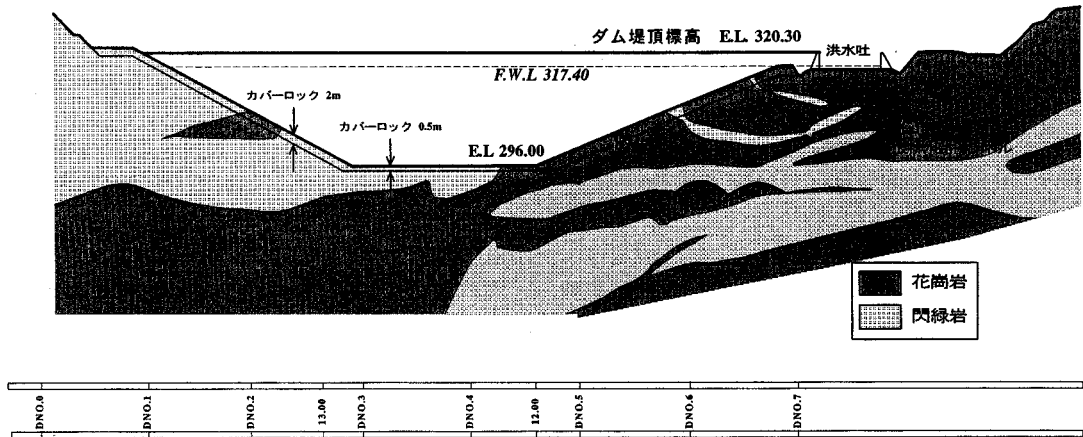
新しいフィルダム安全管理システムの概要

3.1 比抵抗トモグラフィ法

一般にトモグラフィとは、調査対象領域の周辺



図一 高柴調整池堤体標準断面図



図一 地質断面図

から領域内の様々な方向の投影データを収集し、それらの観測データから対象領域内部の物理的パラメータ分布を再構成する技術の総称である⁵⁾。被写体にX線を照射し、透過したX線の線吸収係数の分布を求め画像化するX線CT (Computed Tomography) はその代表例であり、特に医療分野で成功を収めている。この手法を地盤調査へ適用し、対象地盤の地質構造を調査するために行われるトモグラフィを、土木分野では「地球・地盤」を意味する「ジオ」という接頭語を付け加えて「ジオトモグラフィ」と称している。比抵抗トモグラフィ法とは、このジオトモグラフィ法の一種であり、電気を使って対象領域の電気の流れにくさ(比抵抗)を計測する物理探査法である。

比抵抗トモグラフィ法による測定は、地表から行う電気探査とほぼ同じ手順で行う。まず、ボーリング孔やトンネル等を利用して地表や地中にステンレスや銅の金属片(電極)を設置する。垂直探査では、測定ポイントを中心として、測線を展開していく作業が行われるが、水平電気探査や比抵抗トモグラフィ法の場合、電極の設置数、測定の組み合わせ数が多くなるため、あらかじめ本部に設置した配電盤に電極からの電線を結線し、手で電極の選択・切替が行えるようにする。測定は、ある2組の電極から人為的に大地に電流を通電し、そのときに生じる電位分布を他の2組の電極で受信することによって行う。様々な組み合わせで電流を流し、電位差を測定することによって、調査対象領域の比抵抗構造を明らかにする。比抵抗トモグラフィ法に関する研究は1980年代後半か

ら始まったとされている⁶⁾が、近年では、3次元比抵抗トモグラフィ法への展開が進められ、さらに面的な比抵抗構造を詳細に把握できるという特性を活かし、比抵抗値のモニタリング手法としても適用されつつある。

3.2 フィルダム管理手法への適用

(1) 既往の研究事例

比抵抗値の測定は、対象物を非破壊で、しかも簡便に測定できることから、比抵抗値を指標として品質管理を行おうとする試みが試験的に実施されるようになってきた⁷⁾。フィルダム管理手法としては、ダム堤体内部の浸透調査を目的として高密度電気探査を利用した事例が報告されている⁸⁾。この実験では、比抵抗トモグラフィ法でなく、フィルダム上下流方向の法面表層部に2m間隔で設置した電極を用いる水平電気探査が適用されている。探査は試験湛水直前、サーチャージ水位時、試験湛水終了後の計3回実施している。実験結果では、湛水直前の比抵抗分布とサーチャージ水位時の比抵抗分布を比較することによって、ダム堤体内の浸透状況が把握できる可能性があるとされている。この実験では、既設のダム堤体を対象としているため、電極の設置は堤体表面に限定される。そのために、深部の探査精度の低下は避けられない。

(2) 考案したフィルダム管理システム⁹⁾の概要

比抵抗トモグラフィ法では、対象領域を取り囲むように地下にも電極を埋設する。したがって、地

表からのみ行う水平電気探査と比較すると、格段に異常物に対する分解能が高い。こうした比抵抗トモグラフィ法の効果を最大限に発揮させるため、本フィルダム管理システムでは、あらかじめフィルダム築堤時に電極を埋設することとした。埋設する電極は耐腐食性の金属片であり、可動部がないため、経年劣化が少なく、間隙水圧計・土圧計などの埋設計器類と比較すると長期的な使用が可能である。また、万一落雷などの事態が発生しても全く被害はない。さらに、築堤材料が比較的均一であり、しかも事前にその物性を実験的に求めることができることから、コア材の比抵抗値などの事前情報を解析に組み込むことが可能となり、部分的で微少な比抵抗変化を精度よくとらえることができると考えられる。

比抵抗トモグラフィ法によるダム管理システムブロック図を図-3に示す。本管理システムでは、ダムの上下流方向およびダム堤軸方向に電極を埋設し、比抵抗トモグラフィ法による計測を実施する。盛土材料がコア材であり、施工時に品質管理を行うため、ほぼ物理的特性は均質であると考えられる。したがって、盛立完了時の対象領域における比抵抗分布は、ほぼ一定値になると考えられる。盛立が完了した時点で第一回目の計測を実施し、その時の比抵抗分布を基準値とする。その後試験湛水中、および供用開始後に計測を行い、基準値との変化を経時的にモニターする。

(3) 観測値の解釈

本管理システムによって計測される観測値は、盛土内および基礎地盤内の比抵抗分布である。したがって、事前に予備実験を行い、これらの比抵抗

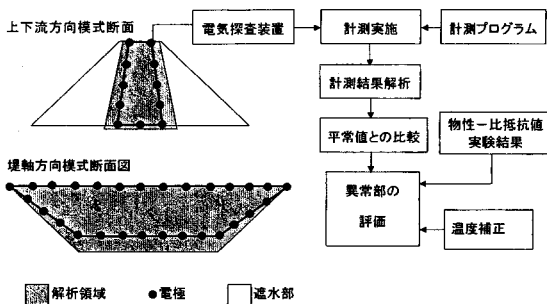


図-3 比抵抗トモグラフィ法によるダム管理システムの概要

抗値を管理に使う物性値（密度、飽和度、あるいは間隙水圧等）に置き換えられるよう、相関を求めておく必要がある。

Archieによれば、観測される岩の比抵抗値と、その間隙水の比抵抗値には、次の関係式が成立するとされている¹⁰⁾。

$$\rho_s = a \cdot \phi^{-m} \cdot S^{-n} \cdot \rho_w \quad \dots (1)$$

ここで、 ρ_s ：土の比抵抗、 ϕ ：間隙率、 S ：飽和度、 ρ_w ：間隙水の比抵抗、 a, n, m ：定数である。したがって、間隙水の比抵抗値（電気伝導度）、間隙率、および定数値をあらかじめ求めておけば、理論上飽和度が求まる。逆に飽和度が一定であれば、比抵抗変化から間隙率の変化を求めることができる。したがって、試験湛水中および供用開始後に比抵抗トモグラフィ法による探査を行うことによって、飽和度が変化した部分を可視化することができると考えられる。さらに、式(1)によると、得られる比抵抗値は、内部を満たしている間隙水の比抵抗値（電気伝導度の逆数として定義されている）が異なれば、観測される比抵抗値も異なることになる。この現象を利用すれば、万一大量の漏水が観測された場合でも、漏水の電気伝導度を計測することによって、その起源が貯留水なのか、地山地下水なのかを特定できる可能性がある。

4. 小規模堤体によるモデル実験

4.1 実験の目的

現地実証試験に先立ち、比抵抗トモグラフィ法によって、盛土内の含水状態がどの程度確認できるのかを調査するため、小規模な試験堤体を用いたモデル実験を行った。盛土材料は、実際実証試験を行う予定の高柴調整池コア材（風化花崗岩；マサ土）を用いた。

4.2 試験堤体の概要と実験の方法

(1) 試験堤体

試験堤体は農業工学研究所敷地内に設置した堤高105cm、堤頂長700cm、天端コア幅90cm（底部は300cm）の小規模な盛土である。試験堤体の平面図および縦断面図を図-4に示す。堤体盛土材料は、高柴調整池において実際にコア材として用いるIa材を用いている。試験堤体の作製に用いたIa材の物性値を表-2に示す。なお、高柴調整池にお

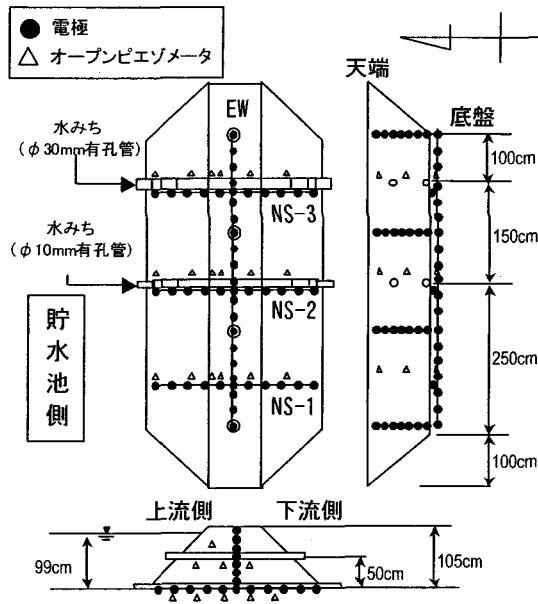


図-4 試験堤体の平面図・縦断面

表-2 I a材物性値

供試体	含水比(%)	湿潤密度(g/cm ³)	乾燥密度(g/cm ³)
1	27.23	1.947	1.531
2	26.96	1.961	1.544
3	27.81	1.933	1.512
4	29.15	1.881	1.456
5	27.02	1.932	1.521
6	30.35	1.948	1.495
平均	28.09	1.934	1.510

ける I a 材盛立管理基準値は、乾燥密度 1.30g/cm³ 以上、D 値 95 以上かつ飽和土 80% 以上である。現場で確認される I a 材の最適含水比 W_{opt} は 25% 付近であり、今回の試験堤体は、 $W_{opt} + 3\%$ 程度の含水比で施工されたと判断できる。

試験堤体近傍において、試験堤体と同様の転圧仕様による I a 材を用いた試験盛土を行い、その原位置透水係数を求めたところ、 1×10^{-5} cm/s 前後となり、高柴調整池での設計透水係数にほぼ等しい値であることを確認した。

比抵抗トモグラフィ法に用いる電極は、鉛直方向 15cm 間隔、水平方向 25cm 間隔を基本として配置している。また、貯水した後に堤体内部への浸潤状態を把握するために、オープンピエゾメータを設置した。さらに、水みちモデルとして、堤体内部に 2 箇所、 $\phi 30$ mm および $\phi 10$ mm の有孔管 2 本を敷設した。有孔管の両端部にはキャップをつけ、必要に応じて取り外しできるようにしている。堤体

は平成 11 年 10 月に完成した。

(2) 実験方法

まず、堤体完成後に 2~3 回程度比抵抗トモグラフィ法による測定を行い、各断面の比抵抗分布を調査する。これは、盛立によって過剰な間隙水圧が発生したかどうか、発生したとすればそれが十分消散したかどうかを確認することと、貯水する前の状態を初期値(基準値)として押さえておくためである。貯水後、浸潤面がどのように変動するか、オープンピエゾメータにより観測する。この際、比抵抗トモグラフィ法による計測を継続し、堤体内部の比抵抗分布とオープンピエゾメータ観測値の対応関係を調べ、浸潤線の移動を比抵抗トモグラフィ法により可視化可能かを検討した。

(3) 解析方法

比抵抗トモグラフィ法による測定で得られる測定値は、ある 2 極間で流した電流値と、別の 2 極間で計測した電位差である。これらの値から対象領域内の電気の流れにくさを示す比抵抗値を再構成する。詳細は他の文献¹¹⁾に譲るが、次の反復法による数値解析が一般的である。解析のフローチャートを図-5 に示す。

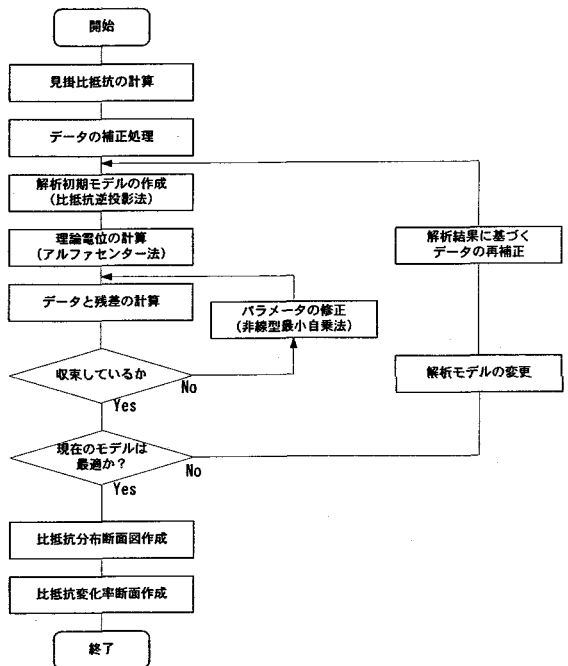


図-5 比抵抗トモグラフィ法の解析フローチャート

まず、対象としている領域内を要素に分割し、各要素に初期比抵抗値を割り当てる。この初期モデルにおいて有限差分法や有限要素法などにより各測点の計算値を算出する(順計算)。次に、実際に観測されたデータと比較し、順計算で得られた計算値と観測値の残差自乗和を最小にするように各要素のモデルパラメータを変化させ、初期モデルを修正する(逆解析)。この順計算と逆解析の繰り返しにより残差自乗和を収束させ、最適なモデルを求める。現在の解析においては、要素分割数の増加によるモデル不安定化防止のための平滑化制約¹²⁾、ノイズデータ除去のためのロバスト推定¹³⁾、残差自乗の極小値への落ち込み防止のための焼き鈍し法¹⁴⁾、遺伝的アルゴリズムなどの計算技術が必要に応じ利用されている。

なお、今回の実験では、堤体の貯水部に水があるため、解析上この影響を考慮する必要がある。貯水が試験堤体内の電位分布に与える影響を事前に確認するため、貯水がある場合とない場合とで数値シミュレーションを行った結果、貯水の影響は少ないことが明らかになった。そこで、今回の解析では、水があることを考慮せずに、計算が簡便なアルファセンター法を用いて解析を実施した。

4.3 実験結果

試験堤体の比抵抗トモグラフィ法による測定は、平成11年10月、11月、12月、平成12年3月に実施した。結果の一例を図-6～9に示す。各計測断面の名称は、試験堤体を縦断する上下流方向の計測断面をNS断面、堤軸方向の計測断面をEW断面とした。さらに、NS断面については、東側の断面からそれぞれ1, 2, 3という番号をつけて区分している。なお、平成12年3月に実施した計測結果は、現在解析作業中であり、今回は平成11年12月の計測結果を中心にまとめている。

(1) 上下流断面の結果

上下流方向の断面の例として、図-6および図-7にNS-2断面の貯水前後の解析結果を示す。貯水前後にかかわらず、試験堤体の比抵抗値は60～140Ω・mの範囲に分布している。また、全体的に堤体上部の比抵抗が高く、堤体底部では低くなる傾向にある。築堤時にこの盛土材を採取し、実験室内でモールドに突き固めて作成した供試体の比抵

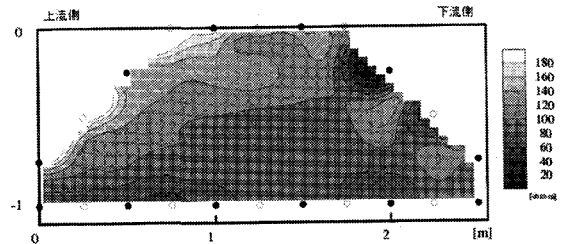


図-6 NS-2断面解析結果(貯水前, 11/18)

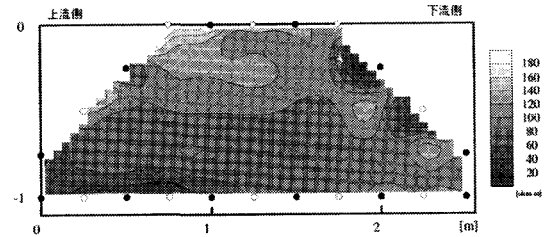


図-7 NS-2断面解析結果(貯水直後, 12/09)

抗値はおよそ60Ω・m前後であったことから、堤体上部の比抵抗値は高まる方向へ変化すると判断される。この原因としては、11月の計測時点で試験堤体完成から約50日が経過していること、かつ、降雨による試験堤体法面浸食を防ぐために堤体全体を覆う屋根を設置したことから、堤体上部がよりはやく自然乾燥して比抵抗値が増加したと考えられる。

貯水前後の比抵抗分布を比較すると、全体的な傾向は、貯水前の比抵抗分布からほとんど変化していないものの、貯水後の解析結果では、上流側の堤体法面付近の比抵抗値が低下していることがわかる。この比抵抗の低下は、貯水に起因する飽和度(含水率)の変化によるものと考えられる。なお、下流法面には貯水前後とも低比抵抗部が認められるが、同じ電極の位置に現れていることから、電極近傍の局所的な異常であると考えられた。

そのほかの二つの上下流断面(NS-1, 3)においても、上流側法面に沿った部分の比抵抗が低下するという、同様の結果が得られた。

(2) 堤軸断面の結果

図-8, 9にEW断面の貯水前後の解析結果をそれぞれ示す。貯水前後の結果を比較すると、堤体上部付近の比抵抗が増加していることがわかる。この変化は、地表付近の自然乾燥によるものと考え

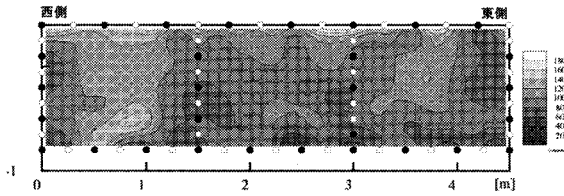


図-8 EW断面解析結果 (貯水前, 11/18)

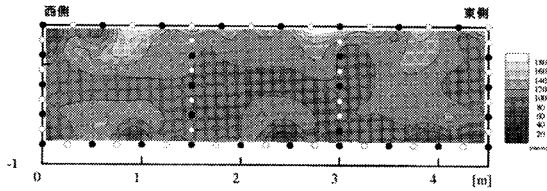


図-9 EW断面解析結果 (貯水直後, 12/09)

えられる。そのほか局所的な変化を除けば、比抵抗が明らかに低下する部分は現れていない。この結果から、貯水直後では、貯水による盛土の飽和度の変化が、この堤体軸の断面まで到達していないと推定される。

(3) 比抵抗変化率による考察

逆解析により求められた比抵抗分布より、貯水前後における比抵抗の変化率を求めた。

比抵抗の変化率(%)は、貯水前の比抵抗値、貯水直後の比抵抗値をそれぞれ ρ_{before} 、 ρ_{after} とし、

$$\Delta\rho = (\rho_{after} - \rho_{before}) / \rho_{before} \times 100 \quad \dots(2)$$

により定義した。この定義により、貯水直後の比抵抗が貯水前の比抵抗に比べて低下した場合には、比抵抗変化率は負の値となる。

図-10、11にNS-2、EW断面における比抵抗変化率断面をそれぞれ示す。図-10では、上流側の法面に沿って比抵抗が低下している部分が存在する。そのほかの部分では、下流側法面に局所的な異常があるほかは変化率が±2%であり、貯水による影響を受けていないものと考えられる。上流側の低比抵抗化した領域を、例えば、変化率が±2%以上変化した領域とみると、上流側法面から5~15cmまで水が浸透していることになる。一方、電極と同時に埋設したオープンピエゾメータの記録では、上流側法面付近の間隙水圧は上昇しているが、その他の堤体内部では間隙水圧に有意な変化は見られなかった。今回の比抵抗トモグラフィ

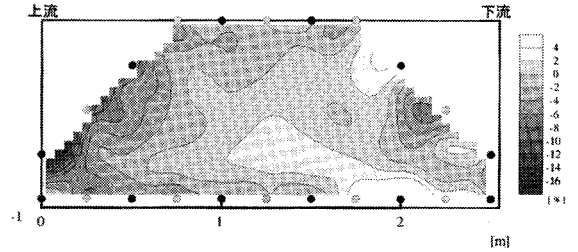


図-10 NS-2断面比抵抗変化率

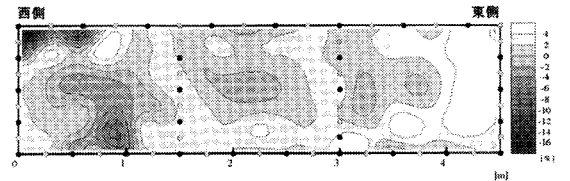


図-11 EW断面比抵抗変化率

の結果は、この間隙水圧の挙動とも整合している。また、この水の浸透した深さは、現場において測定した盛土材料の透水係数(約 1×10^{-5} cm/s)と貯水後の経過時間(14日間=1,209,600秒)及び動水勾配を考慮すると矛盾しないものである。一方、図-11の堤軸中央のEW断面では、西の端から1m付近に比抵抗が低下した部分がみられるものの、ほとんどの部分で比抵抗の変化は±2%となっており、貯水に起因する比抵抗の低下は起きていないと判断される。NS-2断面とあわせて考えると、堤軸付近まで水は浸透していないものと推測できる。なお、本試験堤体は、一度地面を掘り込み、その中に堤体を設けている。したがって、ダム軸の左右岸天端付近(EW断面の西端、東端)は、周辺の地盤と連続する形状となり、3次元的地形による影響度を受けていると考えられる。今後の課題として、周辺の地盤を含む3次元地形効果の補正についても検討が必要である。

(4) 実験結果のまとめ

本実験では、小規模な試験堤体を作成し、貯水前後に置いて比抵抗トモグラフィ法による測定を行い、堤体内の浸潤面の把握を試みた。堤体の上下流断面(NS断面)の結果では、浸潤によるとみられる比抵抗の低下が認められ、設置しているオープンピエゾメータの挙動とも整合的な結果が得られた。現在、比抵抗トモグラフィによる試験堤体のモデリングは継続中であり、比抵抗変化率の

時系列変化をモニタリングすることにより、浸潤線の挙動をさらに追跡したいと考えている。さらに、試験堤体には、水みち発生を模擬化した有孔管を設置しているため、パイピングによる浸透破壊箇所や漏水個所の特定が可能か否かを実験的に検証する予定である。

5. 高柴調整池における電極配置計画

5.1 電極配置計画

当初、比抵抗トモグラフィ法により、堤体盛土内の含水状況をモニタリングする計画であった。しかし、調査ボーリングおよび基礎処理のパロット孔によるルジオンテストおよびコア鑑定結果から、高柴調整池右岸側の基礎部に高ルジオン値の垂れ下がり部の存在が確認された。従来の知見では、堤体盛土内に漏水が発生する場合はほとん

ど皆無であり、むしろ堤体基礎の水みちあるいは盛土の岩着部付近において漏水が起こる可能性があると考えられる。そこで、盛土内だけでなく、堤体基礎地盤内にも電極を埋設し、比抵抗トモグラフィ法による計測を行うこととした。図-12および図-13に高柴調整池における電極配置計画図を示す。電極は水平間隔4m、垂直間隔2mを基本として配置している。基礎地盤内の電極は、孔壁を裸孔で確保しながらφ66mmのボーリングを行い、電極を設置した後、セメントミルク(C:W=1:1)で埋め戻した。

5.2 電極および電線の仕様

高柴調整池に実際に埋設する電極と電線の試作および試料の水密試験、強度試験を実施した。電線は15芯で、仕上がり外径がφ16~18mm、ケーブル

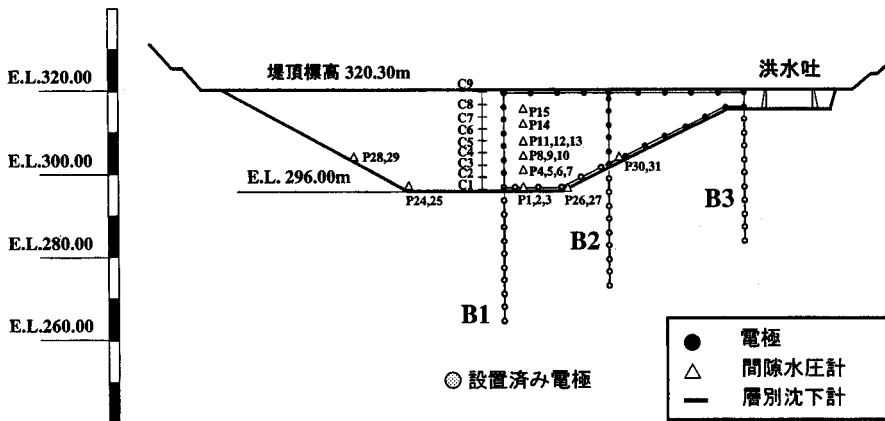


図-12 電極埋設予定位置（ダム軸方向）、設置済みは平成12年5月時点

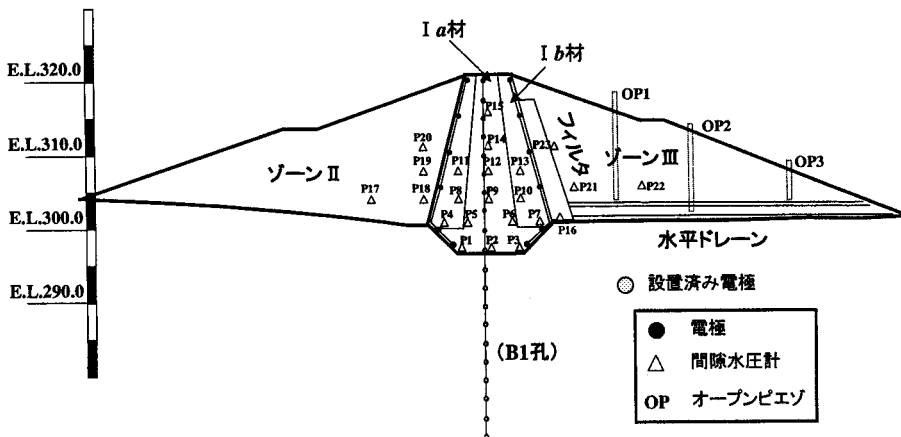


図-13 電極埋設予定位置（上下流方向）、設置済みは平成12年5月時点

重量が350 (kgf/km) の多芯ケーブルである。電極部の写真を写真-1 に示す。多芯ケーブル間は絶縁されていなければならないため、水圧0.49MPa (5 kg/cm²) の耐水圧容器に24時間放置し、電極部分の遮水性能を検証した。その結果、ケーブル内部は完全に遮水されることを確認した。また、ケーブルの引張試験によりケーブル1本当たりの破断時の張力は9.2kN (940kgf) であり、そのときの伸びは2.0%であることを確認した。なお、引張試験に際して断線した箇所は、引張試験の際、ケーブルを固定するために巻き付けたRのきつい屈曲部であり、実際にはさらに強度があると思われる。

盛土内の電極の設置作業は平成12年4月より開始し、盛立の進行にあわせて順次施工する予定である。コアトレンチ内の電極埋設状況写真を写真-2 に示す。

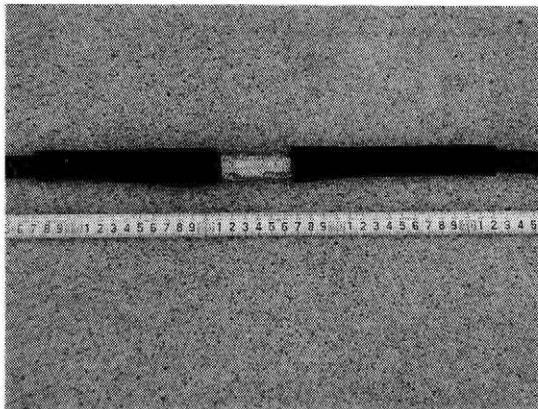


写真-1 開発した電極（サンプル）



写真-2 コアトレンチ内の電極敷設状況

6. おわりに

本稿では、比抵抗トモグラフィ法を用いた新しいフィルダム安全管理システムについて紹介した。提案した管理システムは、従来の「点」による管理から「面」による管理への拡張を行おうという発想から考案したものである。電極は可動部のない「金属のかたまり」なので、半永久的に使えるものであり、施工中のケーブルの取り回しにさえ気を配れば、従来の埋設計器の問題点を補うことが可能な管理システムである。規模の大きいダムであれば、施工管理も十分に行われ、また築堤後の管理体制も確立されているが、施工後の管理体制が十分とは言えない小規模なため池などに保険的な意味で施工しておけば、将来漏水等の問題が起こったときにでも、その個所を特定でき、迅速な対応ができると思われる。

今後、小規模モデル実験を継続するとともに、平成13年度に実施予定の高柴調整池試験湛水時のデータを測定・解析する予定である。

参考文献

- 1) 安中正美(1996)：挙動観測による施設安全監視の重要性，農業土木学会誌Vol.64, No. 12, pp.1～5
- 2) 森充広・中里裕臣・長束勇・黒田清一郎(1999)：非破壊探査によるダム管理システムの開発，平成11年度農業土木学会大会講演要旨集，pp.96-97
- 3) 長束勇・中里裕臣・畑山元晴・森充広・利岡徹馬(2000)：比抵抗トモグラフィ法によるフィルダム安全管理システムモデル実験，平成12年度農業土木学会大会講演要旨集，pp.596～597
- 4) 長束勇・中里裕臣・畑山元晴・森充広・立石卓彦・櫻井健・堀籠精夫・竹内国雄・亀山博史(2000)：比抵抗トモグラフィ法によるダム管理システムの開発 その1，第102回物理探査学会学術講演会論文集，pp.317～321
- 5) 大友秀夫(1986)：ジオトモグラフィ技術の現況，物理探査Vol.39 No.6, pp.58～71
- 6) 物理探査学会(1999)：物理探査ハンドブック 第15章 ジオトモグラフィ，pp.749～820
- 7) 植野修昌・新美孝之介・丹羽誠・松井保

- (2000)：見かけ比抵抗を用いた盛土管理手法の開発と適用事例，土と基礎，Vol.48，No.4，pp.29～32
- 8) 吉田等・山口嘉一・今林豊(1999)：高密度電気探査によるアースダム堤体内浸透調査，土木技術研究41-2，pp.32～37，
- 9) 中里裕臣・長束勇・中島賢二郎(2000)：特許第30411426号
- 10) Archie(1942)：The electrical resistivity log as an aid in determining some reservoir characteristics，Trans. AIME，Vol.46，pp.54～62
- 11) 菅野強，佐々宏一(1988)：孔間および地表孔間比抵抗探査モデリング，物理探査Vol.41，No.1，pp.1～17
- 12) 松岡俊文(1986)：インバージョンにおける数値解析法—最小二乗法を中心にして—，物理探査Vol.39，No.6，pp.340～356
- 13) 金喜俊・藤崎修・竹内睦雄(1996)：ロバスト推定による比抵抗2次元インバージョン，物理探査，Vol.49，No.2，pp.110～116
- 14) 金喜俊(1995)：焼きなまし法による比抵抗垂直探査データの解析，物理探査，Vol.48，No.4，pp.225～231

農業用ダムにおける堆砂対策工法の実現可能性

—農業用ダムの持続的活用に向けて—

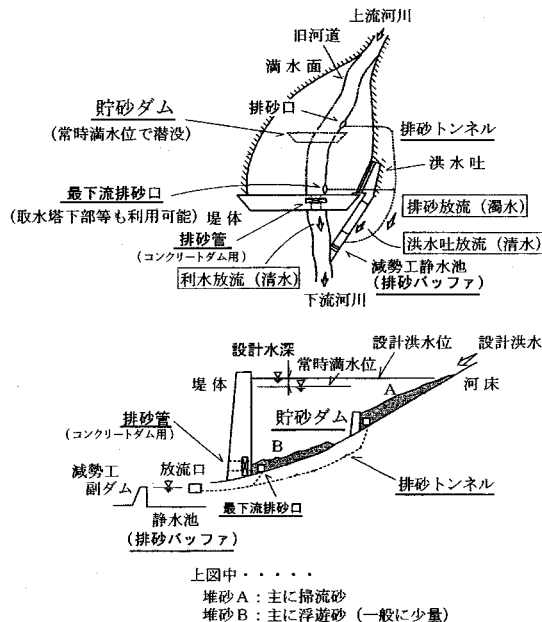
常 住 直 人*
(Naoto TSUNESUMI)

目 次

1. はじめに	32	7. 排砂バッファの検討	40
2. 堆砂対策工法試案の概要	32	8. 試案工法に関する留意点	41
3. 試案工法の実現可能性	34	9. 試案工法の改善策	42
4. 貯砂ダムの検討	34	10. 分散利水・後方貯水方式による堆砂対策	43
5. 排砂トンネルの検討	35	11. おわりに	43
6. 最下流排砂口（排砂管）の検討	38		

1. はじめに

筆者は従前の報文（「農業用ダムの持続的活用に関する一考察」）でダムの持続的活用を図る観点から堆砂対策工法の一試案を提示した。この試案は農業用ダムの実状や管理運用状況に即すことを念頭に置いたものである。本報文ではその実現可能性について検討を加える。



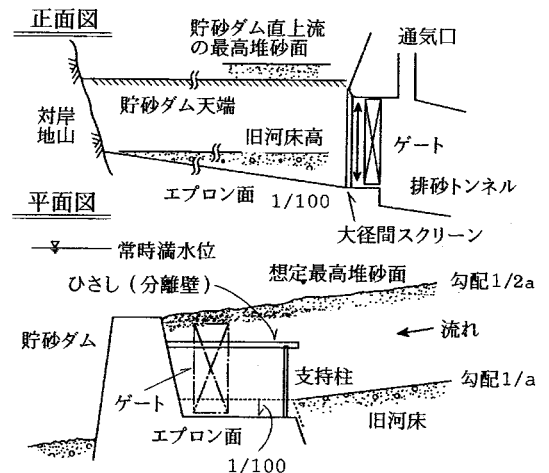
図—1(1) 堆砂対策工法試案

2. 堆砂対策工法試案の概要

前報で呈示した堆砂対策工法は図—1(1)~(2)、表—1に示すものである。

その基本構成は貯砂ダム、排砂トンネル、排砂バッファの3つである（微細な土砂の流入が多い場合は堤体排砂管もしくは最下流排砂口も付設）。

本工法では、上流河川から貯水池に流入してくる土砂の進行を貯砂ダムでせき止め、それを「浚渫」と排砂トンネル*からの「排砂放流」により除去することを想定している。すなわち、比較的大粒径で資源化しやすい土砂は浚渫除去し、それ以下のものは排砂放流により下流河川に流す方法である。その要点は次の5点に集約される（詳細に



図—1(2) 潜没貯砂ダムと排砂トンネル

*北陸農業試験場 (Tel. 0255-26-3233)

表一 1 潜没貯砂ダムと排砂トンネル、排砂パフファを用いた推砂対策工法の運用試案

時期	貯水位	利水運用	排砂操作	排砂形態 (排出土砂種別)	排砂流量	排砂トンネルからの放流濃度	下流への放流濃度
灌漑期	常時満水位 (F.W.L.) 以上	洪水吐放流	極力、多くの排砂口を開ける(全体に攪拌されているので)	オリフィス排砂 (掃流砂、浮遊砂)	洪水吐放流量の一部	高	上流河川よりも低い場合(洪水吐放流で希釈)と高い場合(静水池内の堆砂が大量に流下)があり。
	貯砂ダム 天端標高 ~常時 満水位	利水放流	堆砂面に近い排砂口を極力多く開ける	オリフィス排砂 (主に浮遊砂)	利水放流量程度かそれ以下	低	概して上流河川よりも低い(静水池内に堆砂するうえ、取水工放流で希釈される)
		非放流	無し				
	貯砂ダム 天端標高 (C.W.L.) 以下	利水放流	堆砂面に近い排砂口を極力多く開ける	河川流量が排砂流量に比し小さい場合は掃流排砂、大きい場合はオリフィス排砂(掃流砂、浮遊砂)	利水放流量程度かそれ以上	低~高	概して上流河川よりも低い(静水池内に堆砂するうえ、取水工放流で希釈される)
非放流		無し					
非灌漑期 (落水期)	常時満水位 以上	洪水吐放流	灌漑期と同様	灌漑期と同様	灌漑期と同様	高	灌漑期と同様
	C.W.L.~ F.W.L.	落水放流	灌漑期と同様	灌漑期と同様	落水放流量程度	低	概して上流河川よりも低い(貯水池内で拡散し濃度低下)
	貯砂ダム 天端標高 (C.W.L.) 以下	落水放流	堆砂面に近い排砂口を極力多く開ける。特に下流排砂口を開けて貯砂ダム下流の底泥(浮遊砂分)を排除する。(主に洪水時に排砂)。	灌漑期と同様	落水放流量程度かそれ以上	低~高(貯砂ダムからの越流により貯砂ダム下流の底泥が攪拌される)	概して上流河川より低い(静水池内に堆砂する)。ただし、下流排砂口からの浮遊砂放流が多い場合は高濃度となるので、適宜、この開度を調整する。
非灌漑期 (貯水期)		非放流	貯水面上の堆砂を中心に適宜、浚渫。				

* 掃流排砂とは排砂トンネル(排砂口)の上流水位を十分下げて掃流状態で排砂することであり、排砂効率が高い。一方、オリフィス排砂は、上流水位が高いときにオリフィス流れで排砂することであり、排砂効率は低い。
 * 上記の運用では洪水吐放流、取水工放流の一部を排砂トンネルに分担させることになる。しかし、排砂トンネルが万一閉塞する場合に備え、洪水吐規模、取水工規模は小さくすべきではない。
 * 排砂放流は、上記操作により灌漑期間~非灌漑期(落水期)に完了させる。これに浚渫も併用し、冬期中に貯砂ダム内の堆砂を全て除去するよう努める。これは、堆砂の固結防止、ヘドロ化防止と融雪期の下流貯水池内への残砂の流下を防ぐためである。

については前報「農業用ダムの持続的活用に関する一考察」を参照されたい。

- i) 貯砂ダムは、そこでの堆砂による上流域への背水被害(上流域での破堤や湛水被害)を防ぐため、貯水池池敷内に常時満水位以下で設置する。
- ii) 流入土砂の排除は1年サイクルで行い、長期堆積に伴う固結、ヘドロ化による排出の困難化や環境問題を抑える。
- iii) 貯砂ダムからの「排砂放流」(排砂トンネル経由)は、ダムの利水運用に支障がないように利水放流や洪水放流及び落水放流兼用でかんがい期~非かんがい期初期(落水期等)に行う。排砂放流しきれない大粒径土砂(主として石レキ)は、低水位となるかんがい期終期~非かんがい期初期(落水期等)に「浚渫」により除去する。
- iv) 排砂放流の土砂濃度は、排砂トンネル末端の排砂パフファにより調節する。
- v) 貯砂ダム下流に流亡しやすい微細な土砂が

多い所では、それらを堤体排砂管もしくは最下流排砂口から洪水放流兼用で排出する**。

上記のうち、「排砂パフファ」には既存の減勢工静水池を極力活用することを想定している。すなわち、静水池副ダム(もしくはシル)を穴あき構造やスリット構造とし、そこから少しずつ土砂や水が抜けていくようにする***。

これにより利水放流時(小放流時)は、排砂パフファへの一時的堆砂により低濃度放流となり下流への悪影響が抑えられる。一方、洪水放流時(大放流時)は高濃度放流となるが、この時には河川自体の土砂濃度も高く下流域広くに土砂が拡散されるので、排砂に伴う悪影響は生じにくい。ただし、多量の土砂を一気に排出する場合は問題を生じうる。これを防ぐためにも(ヘドロ化がひどくなる前の)一年サイクルでの小まめな排砂や前報で記した排砂放流の濁度管理が必須となる。

なお、排砂トンネルには仮排水トンネル路線を極力活用すること、貯砂ダムには砂防堰堤で近年

用いられている簡易工法（ブロックダム等）を応用すること、また、新設ダムでは、貯砂ダムに仮締切堤の役割を一部果たさせること、等によりコスト低減が図れる。

*) 排砂トンネルの流れは、一般的なダム上下流水位条件・地形勾配条件から呑み口で開水路～オリフィス流れ、内部で開水路流れとなると考えられ、その設計・施工はトンネル式洪水吐に準じたものとなる^{1),2)}（後述の如く洪水吐よりはかなり小規模になる）。

**) 微細な土砂は排砂バツファ内に沈積しにくく、排砂バツファの効果が見込めない。このため、排砂に伴う濁水がそのまま下流河川に流出してしまう。洪水時のように河川自体の濁度が高まり、濁水放流の影響を抑えられる時に排出するしかない。

***) 排砂バツファは現況の砂防ダムの設計手法と同様のものを想定している。すなわち、土砂濃度が低い微小流量時はスリットやオリフィスから土砂が少しずつ流亡し、バツファスペースが確保される。一方、土砂濃度が上がる中小流量時には、セキ体のセキ上げ効果が卓越して土砂が溜め込まれる。さらに大洪水時にはそれが一気にフラッシュされるというものである。

3. 試案工法の実現可能性

試案工法（図-1, 表-1）の実現可能性を調べるため、以下では試案工法各部の規模とその有効性について概略検討を行う。

検討に当たっては、農業用ダムの中でも堆砂量が大きく堆砂対策の必要性が高いと見込まれるダム群のデータを基にした。ここではこれらのダム群を「基準ダム」と称す。

「基準ダム」の選定条件については前報（「農業用ダムの持続的活用に関する一考察」）を参照されたい。

4. 貯砂ダムの検討

(4-1) 貯砂ダムの有効性

ダム堆砂では貯水池上流側に砂堆が形成されることが多い。砂堆の下流に堆積する土砂は、そのほとんどが粒径0.1(～0.2)mm以下の「ウオッシュロード」と呼ばれる微細な浮遊砂であり³⁾、粒径1

mm超の掃流砂の割合は極く限られる^{3)～5)}。

多くの農業用ダムのように貯水池の水位変動（水位低下）が著しいダムでは、砂堆が十分形成されず貯水池下流側まで粒径の大きい土砂が堆積する可能性があるが（図-2）、その場合もダム上流に貯砂ダムを設ければ、通常の砂堆形成時と同様の粒度分布になると考えられる。

すなわち、本堤の貯水位低下が大きくとも、その上流貯砂ダムで高水位が維持されていれば、粒径1mm超の流下土砂はあらかじめ貯砂ダムで捕捉され、下流（貯水池深部）への流亡土砂の多くは「ウオッシュロード」になると考えられるのである。

その場合、自然河川における粒径1mm超の土砂割合は、ダム地点付近で90%以上と類推されるので（図-3⁶⁾より*）、貯砂ダムでの土砂捕捉率も90%程度期待できる。貯砂ダム容量が過小、もしくは貯砂ダム高に比し越流水深が過大で捕捉土砂が溢れてしまうということがなければ、貯砂ダムの多くは有効に機能する可能性が高い。

なお、粒径0.01mm未満の極微細な土砂はダムの有無に依らずそのまま下流に流出してしまう³⁾。このような微細土砂は元々捕捉する必要がないので、これも考え併せると貯砂ダムの実質的な捕捉率はさらに高くなる。

*) 図-3は利根川、長良川など長大河川の扇状地の河床粒度分布と急流河川である黒部川（宇奈月地点）のそれを併示したものである。本図の利根川、長良川の粒度測定地点上流の河川長は、各々142km、123kmと長大である。

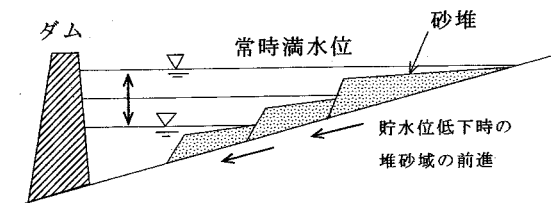


図-2 貯水位低下時の推砂域の前進

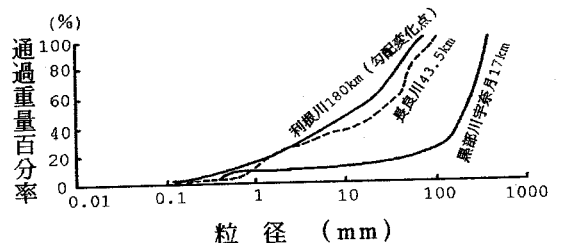


図-3 河床の粒度分布⁶⁾

多くの河川の上流域長さはこれ未満(主要260河川の平均河川長は約70km)なので、その扇状地付近の河床粒径は、本図の利根川、長良川より概して大きいと考えられる。すなわち、通常の河川上流域(扇状地よりも上流域)の河床粒径は本図の利根川、長良川よりも大きくなると考えられる。

一方、黒部川は日本国内でも有数の急流荒廃河川なので、通常の河川上流域の河床粒径はおおかたこれ以下と考えられる。

以上よりダム地点(一般に扇状地より上流)の河床粒度分布は、大略、図-3の利根川、長良川の粒度分布と黒部川のその中間になると推測される。

(4-2) 貯砂ダム規模の試算

基準ダムの年間堆砂量(年間流入土砂量)は平均7.3千 m^3 /年/1ダムである(基準ダム群の中間規模のダムでは2.6千 m^3 /年/1ダム)。「1年サイクル」で貯砂ダムの排砂を完了させる場合、基準ダムの平均年間堆砂量(7.3千 m^3)はすなわち基準ダムの平均的貯砂ダム容量ということになる*)。

ここで貯砂ダム容量と貯砂ダム高の関係は概略、図-4のようになる。

本図から基準ダムの平均的貯砂ダム容量(7.3千 m^3)に対する貯砂ダム高は、比較的厳しい貯砂ダム立地条件の「貯砂ダム幅20m、河床勾配1/30(砂防ダム群が林立する地帯の河床勾配程度)」でも5m程度に留まることが分かる。大方の農業ダムではより広幅、緩勾配の立地条件になるので、貯砂ダムの多くは固定堰や砂防ダム程度の規模になると考えられる。

*) 実際の排砂放流頻度は年1回以上であり、その頻度に応じ、年間堆砂量に対する所要貯砂

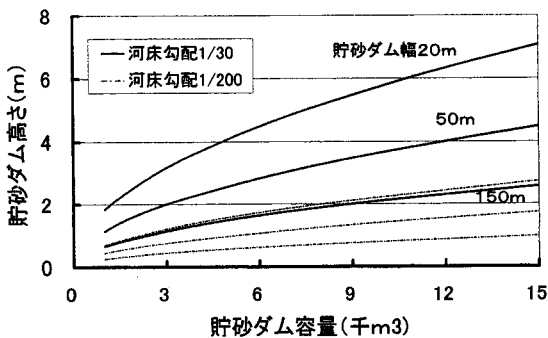


図-4 貯砂ダム容量と貯砂ダム高さ

ダム容量(貯砂ダム高さ、幅)を小さくできる。

しかし、数十年確率超の異常水害、地震等により一気に多量の土砂が流入することもあるので、これも考慮すれば、貯砂ダム規模の低減には自ずと制約がある。

5. 排砂トンネルの検討

(5-1) 総排砂量から決まる

排砂トンネル規模と総排砂水量(試算)

本節では年間堆砂量(年間流入土砂量)の全てを排砂トンネルから放流するものとして、その総排砂量から所要排砂トンネル規模を試算する(次式より)。

排砂トンネル規模(m^2/s)

=年間総排砂水量÷年間の排砂可能時間

=年間総排砂量($m^3/年$)

÷(排砂濃度(容積%)/100)

÷年間の排砂可能時間(hr/年)

÷3600秒/hr

上式に基づき年間総排砂量と排砂トンネルの所要総口径、年間総排砂量と年間総排砂水量の関係を図示すると各々図-5、6のようになり、排砂トンネル規模(m^2/s)は1 m^2/s 未満~70 m^2/s 程度となる(図中、口径は掃流排砂として試算)。

図-5、6では、排砂トンネルからの排砂放流の土砂濃度を0.5%以上としているが、これは、Gebidemダム、ダム本体排砂管からの排砂事例(4%濃度)⁷⁾より最低限期待しうる値である。貯砂ダムから掃流排砂する場合、排砂トンネルが堆砂域に近接している分、更に高い濃度で排砂可能と見込まれる。

また、図では、年間掃流排砂時間を12時間以上

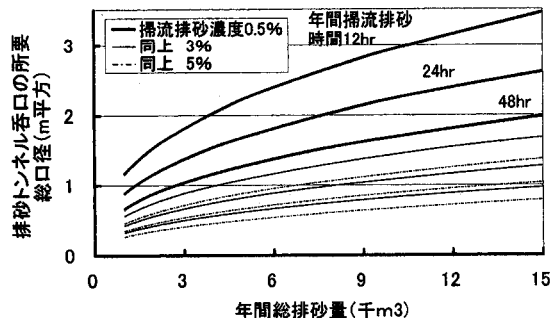
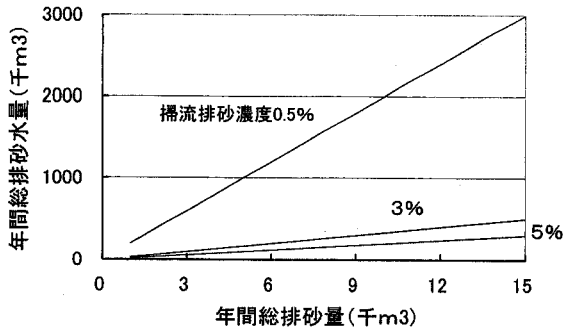


図-5 年間総排砂量(年間堆砂量)と排砂トンネル規模(総口径)の関係



図一六 年間総排砂量（年間堆砂量）と排砂トンネルからの年間総排砂量の関係

としているが、これは基準ダムでの「取水工以外からの年間総放流日数」が平均12日程度⁹⁾なことに依る。排砂トンネルからの排砂放流は洪水放流及び利水放流兼用で行うので、かんがい期～落水期に年12時間以上の掃流排砂時間を確保することは十分可能である。

農業ダムの場合、年間総排砂量（＝年間堆砂量）が15千 m^3 超のものはほとんど無いので⁸⁾、図一5よりその排砂トンネル呑口規模（縦軸、呑口形状は四角断面、以下同様）は大体3.5 m^2 （3.5 \times 3.5 m ）以下に収まることが分かる。また、年間総排砂量（＝年間堆砂量）は基準ダム平均で7.3千 m^3 、基準ダムの中間規模のダムで2.6千 m^3 だが、これらに対する呑口規模は各々2.6 m^2 平方、1.7 m^2 平方となる。農業ダムの場合、総排砂量の点から見て、排砂トンネル規模は実現可能な範囲に収まる可能性が高い。

一方、図一6より年間総排砂水量（縦軸）は、基準ダム平均の年間総排砂量（＝年間堆砂量）7.3千 m^3 に対して1460千 m^3 となる（基準ダムの中間規模のダムの2.6千 m^3 /年に対しては約520千 m^3 ）。この総排砂水量は、基準ダム平均の総貯水量8133千 m^3 ⁸⁾の20%以下であり、基準ダム平均の「取水工以外からの年間放流水量」が1100千 m^3 以上なこと⁸⁾、排砂トンネルからは洪水放流及び利水放流兼用で排砂放流を行うことから十分確保可能と見込まれる。すなわち、総排砂水量確保の点から見ても“1年サイクルでの堆砂除去運用”は可能と思われる。

排砂放流量が利水量を圧迫する可能性は低く、貯水量の多くを下流河川に利水放流もしくは維持放流する場合にはなおさらである。

なお、貯水が貯まらない年、すなわちダムへの

流入水量が少ない年には当然、土砂流入も少なく排砂放流の必要性も低くなる。よって、年毎の貯水量増減に対して総排砂水量が不足する心配もそれほどないと思われる。

(5-2) 排砂能力から定まる

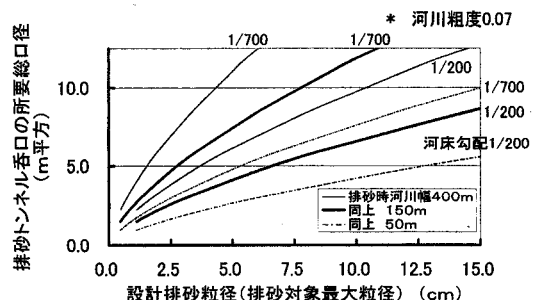
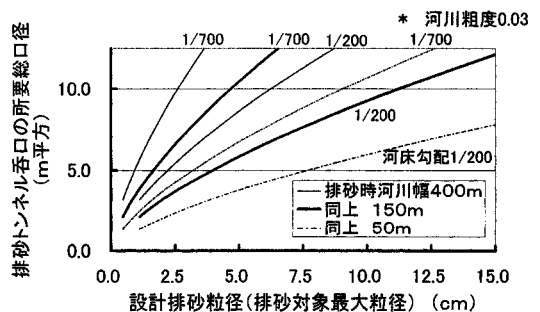
排砂トンネル規模（試算）

排砂トンネル断面が過小であるとトンネル上流の河川水位が高まり、オリフィス流れの状態となって、呑口近傍の土砂しか排除できない。したがって、排砂トンネルでは、土砂を掃流状態（低水深の速い流れ）で流せる程度の断面が必要になる。この際、「資源化が容易で浚渫除去に見合う粒径」以上の土砂は排出する必要がないが、それ未満のものについては排砂トンネルから流せることが望ましい。

本節では、このような「所定の排砂粒径（設計排砂粒径）以下の土砂を掃流排除するのに必要な排砂トンネル規模（トンネル呑口の総口径）」が、実現可能な程度に収まるか否かを検討する（岩垣式等により概算⁹⁾）。

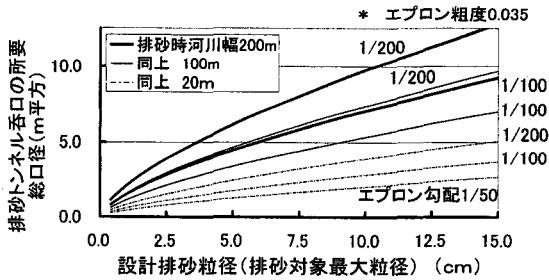
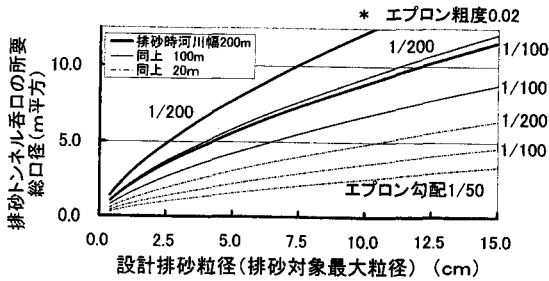
検討結果は図一7、図一8に示すとおりである。

図一7は、出水時など河川流量が大きい時に貯砂ダム上流河川の広い範囲に亘って掃流排砂を行



* 排砂トンネル呑口の所要総口径(m平方)は、複数門に分割施工しても良い。
* 上図は貯砂ダム上流河川の広い範囲で掃流排砂する場合の関係図である。

図一七 貯砂ダム上流河床での設計排砂粒径と排砂トンネル規模（総口径）の関係（概算値）



* 排砂トンネル呑口の所要総口径(m²)は、複数門に分割施工しても良い。
 * 上図は貯砂ダム直上流エプロン面の上で掃流排砂する場合の関係図である。

図-8 貯砂ダム直上流エプロンでの設計排砂粒径と排砂トンネル規模(総口径)の関係(概算値)

う場合、図-8は、比較的河川流量が小さい時に貯砂ダムの直上流エプロンを中心に掃流排砂を行う場合の設計排砂粒径(横軸、最大排砂粒径)と排砂トンネル規模(縦軸、呑口総口径)の関係図である。図-7、図-8とも、現地で想定される最小粗度、最大粗度¹⁰⁾の双方について検討している。

図-7、8からは設計粒径(横軸、最大排砂粒径)が大きいほど、河川幅が広いほど、河床勾配やエプロン勾配が緩いほど、また、粗度が小さいほど、掃流排砂状態維持のための排砂トンネル規模(縦軸、呑口総口径)が大きくなる事が分かる。

これに対し排砂トンネルの現実的な最大規模(呑口総口径)は、過去、フィルダム仮排水トンネルで直径7m規模まで施工実績があること¹¹⁾、排砂トンネルは急勾配の射流水路ゆえ呑口以下では断面縮小が可能なこと等から大体8m平方程度と考えられる。

この最大規模と一般的なダム上流河川の現地条件(ダム地点は概して扇状地より上流域なので河川幅150m以下、河床勾配1/700以上⁹⁾程度を想定)

を勘案すれば、図-7上図より設計排砂粒径(横軸)としては3cm以上を確保することが分かる。現地条件によっては10~15cmも可能である。同様に図-8から貯砂ダム直上流エプロン付近を中心に掃流排砂するならば、河床勾配に依らず、さらに大粒径の土砂も排出可能と分かる。

ちなみに上記の排砂粒径3~15cm以下の土砂量は、前出(4-1)、*及び図-3より全堆砂量の数十~90%に相当するものである。したがって、所定粒径に対する掃流排砂状態の維持(排砂能力の確保)、排砂量確保の両面から見て、排砂トンネル規模は実現可能な範囲に収まる可能性が高い。

なお、粒径0.5cm以上の土砂は骨材等に活用できる可能性が高く¹²⁾、これ以上の土砂は多少排砂し残しても、比較的、浚渫、資源化による処分を行いやすい。

(補足1) 混合砂礫の影響: 河床は均一粒径でないので土砂の噛み込み等がある。しかし、細粒分については十分な流量で掃流排砂すれば、吸い出しにより漸次、流下していくと考えられる(細粒土砂は、均一粒径の河床よりもむしろ混合砂礫の河床で掃流され易くなるので¹³⁾)。

一方、平均粒径よりも大きい土砂はこの逆の傾向となる。例えば、平均粒径の5倍径の土砂は混合砂礫中では移動限界水深が2倍化するとされており¹³⁾、これを掃流排砂するための排砂トンネル呑口総口径、排砂流量はそれぞれ2の3/5乗倍、3/2乗倍となる(河川幅、エネルギー勾配一定として)。

したがって、河床粒度分布のバラつきが大きい所では、平均粒径を大きく上まわる粒径を設計排砂粒径にするのは難しい。河床平均粒径自体が小さい場合はともかく、大きい場合はその傾向が一層強まる。このような場合は、浚渫除去の割合を増やさざるを得ない。

(補足2) 河川線形の影響: 排砂時には河川側岸付近に残砂が生じることが想定される。また、蛇行部があればそこにも残砂が生じる。しかし、これら残砂は(ダム上流の河川幅は概して狭いことから)増水時にある程度浸食され、一定以上には溜まらないと思われる。これら滞留砂量が死水容量以下なら

ば実用上の問題はない。

6. 最下流排砂口（排砂管）の検討

最下流排砂口（排砂管）からは「貯砂ダムからの流亡土砂（貯砂ダム下流堆砂）」を排出する（図-1(1)）。

ここでは、最下流排砂口規模を2節で呈示した下記運用条件により検討する。

- i) 排出は1年サイクルで行う。その年の流亡土砂はその年のうちに排出する。
- ii) 最下流排砂口からの排砂操作はかんがい期～落水期の洪水時に行う。

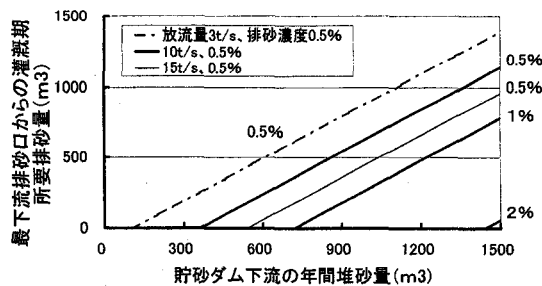
(6-1) 1年サイクルでの排砂運用の可能性

本節では貯砂ダム下流堆砂を1年サイクルで排出可能か、とりわけ落水期の出水時（洪水時）だけで排出可能かを検討する。

このためには1年分の貯砂ダム下流堆砂量ほどの程度かを知る必要があるが、基準ダムのデータに基づけば、平均730m³以下、中間値で260m³以下、最大クラスでも概ね1500m³以下と推定される（基準ダムの平均的な年間堆砂量は7.3km³、中間値で2.6km³、そのほとんどは15km³以下であり^{*)}、そのうち貯砂ダムから下流貯水池に流亡する堆砂の割合はほぼ10%以下（前述(4-1)から）と見込まれるので）。

これら貯砂ダム下流堆砂を落水期の出水時に2時間だけ掃流状態（低水深の速い流れ）で排砂すると、その堆砂残量を概算すると図-9のようになる（(5-1)と同様の式で作図）。

本図より横軸の貯砂ダム下流年間堆砂量が1500m³以下の場合、落水期に2時間程度、10m³/sの排砂流量と2%の排砂濃度で掃流排砂できれば、堆



* 落水期出水時に2時間だけ最下流排砂口から排砂するとして概算。

図-9 貯砂ダム下流の年間堆砂量とその掃流排砂後の堆砂残量（かんがい期所要排砂量）の関係

砂残量（縦軸、かんがい期所要排砂量）はほぼ0になることが分かる。

10m³/sという排砂流量（最下流排砂口放流量）は落水時残余貯水量と合わせれば、落水期に2時間程度続く出水（洪水）時間中に確保可能と見込まれる。

一方、2%の排砂濃度は、前出Gebidemダムの落水期排砂事例（4.3%程度^{*)}や（堆砂の固結がそれほど進行しないであろう）1年サイクルという短スパンでの排砂条件からすれば比較的容易に確保出来る値と考えられる。

以上より（排砂流量、排砂濃度の点から見て）多くの農業ダムでは、落水期の出水時だけで貯砂ダム下流年間堆砂量を全量排除出来る可能性が高く、最下流排砂口を平均1年サイクルで運用できる可能性が高いと言える。

) 基準ダム中19地区のみが15km³/年を上回り、最大で約70km³/年である^{)}。

(6-2) 総排砂量から定まる

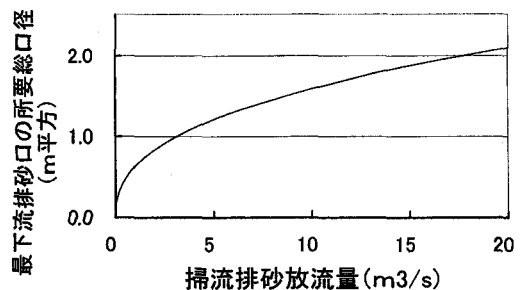
最下流排砂口規模（試算）

上記(6-1)から貯砂ダム下流堆砂を落水期の出水時に集中して全量排出するとしても、その際の排砂流量は概ね10m³/s以下で済むことが分かった。この排砂流量を掃流状態で放流する為の最下流排砂口規模は図-10のようになる。

図-10より排砂流量を20m³/sと大きめに見ても排砂口総口径は2m平方程度（呑口断面は四角形状）となることが分かる。すなわち、農業ダムの最下流排砂口規模（総口径）はおおかた2m平方以下で済む可能性が高い。

(6-3) 排砂能力から定まる

排砂流量、最下流排砂口規模（試算）



* 上図では排砂口付近の損失水頭は無視し、排砂口で限界水深が生じるとして概算。

図-10 最下流排砂口からの掃流排砂放流とその所要総口径の関係

前節では貯砂ダム下流堆砂を平均1年サイクルにて全量排除するという条件から最下流排砂口規模を検討した。本節では最下流排砂口で掃流排砂状態を維持するために求められる排砂流量、排砂口規模を検討する。

ここでの検討条件及びその設定理由は次のとおりである。

- i) 排砂最大粒径は3mmとする：最下流排砂口から排出される貯砂ダム下流堆砂のほとんどは、前述(4-1)のように微細なウオッシュロード土砂と目される。ここではそれを3mmと大きめに見込む。
- ii) 旧河道部を中心に掃流排砂が成される：貯水池側岸部（傾斜部）の堆砂は掃流時の水位低下と共にある程度、旧河道部に落ち、一定以上に側岸付近に残存しないと見込まれる。この残存量が死水容量以下ならば実用上問題ない。したがって、掃流排砂は旧河道部を中心に成されるものとする。
- iii) 掃流排砂時の旧河道部粗度は山地流路の最小値～最大値(0.03～0.07)¹⁰⁾に収まる：ダム上流の旧河道はおおむね山地流路に該当するのでその最小～最大値の範囲内で検討する。

以上の条件から最下流排砂口で掃流排砂を行うための所要排砂流量、排砂口規模（呑口総口径）を求めると図-11、12のようになる（岩垣式、 Manning式から概算⁹⁾）。

図-11より所要排砂流量（縦軸）は、ダム築造地点（一般に扇状地より上の河川上流域）の通常旧河道幅（横軸）、河床勾配の条件⁹⁾から概ね10m³/s未満になることが分かる。この流量は前項(6

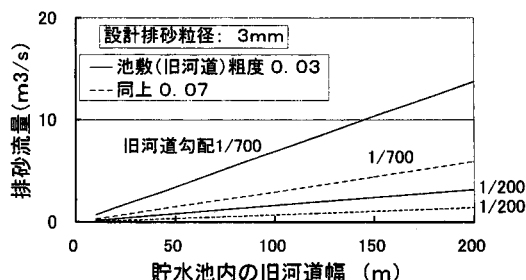


図-11 最下流排砂口からの掃流排砂のための所要排砂流量

-1)に記したとおり、落水時残余貯水量を利用すれば、落水期の出水時（洪水時）に十分確保可能と見込まれる。

一方、図-12より最下流排砂口規模（縦軸、呑口総口径、呑口断面は四角形状）も概ね2m平方未満と見込まれ、実現可能な範囲に収まると推測される。

(6-4)かんがい期出水時（オリフィス排砂時）の所要排砂量から定まる最下流排砂口規模（試算）

前節までは落水期（出水時）に掃流状態で排砂するとしてそのために必要な最下流排砂口規模等を検討した。

しかし、落水期の負担を減らすには、かんがい期（出水時）にも極力排砂操作をするのが望ましい。本節ではかんがい期排砂の可能性について検討する。

かんがい期には概して貯水位が高いので、落水期と異なり、最下流排砂口からの放流はオリフィス流れとなる。オリフィス流れでは排砂口上流の流れは、その近傍以外では極めて緩やかである。このため、オリフィス流れで排砂する場合、その排砂濃度はそれほど高く出来ない。また、最下流排砂口からの放流土砂は微細な浮遊砂が多いので、かんがい期の排砂放流では、下流利水に悪影響を与えぬよう排砂濃度を抑える必要がある。

以上を勘案し、従来の降雨時のSS観測結果¹⁴⁾や農水省基準¹⁵⁾も目安とすれば、排砂濃度は技術的にも下流への影響面からも200～400mg/l程度になると考えられる。

この排砂濃度に対応する排砂水量はかんがい期の排砂量が300m³程度でも2000千～4000千m³と大

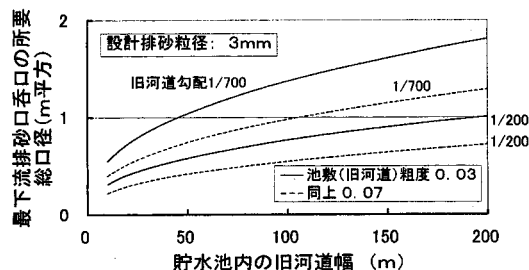


図-12 掃流排砂を行うための最下流排砂口の所要規模（呑口総口径）

大きく、多くの場合、かんがい期の出水時に確保可能な総放流量(5-1)より基準ダム平均で年2000千 m^3 未満程度⁸⁾を上回る。したがって、かんがい期の排砂は水量面から制約があり、概して落水期排砂の補助にしか成り得ないと言える。

かんがい期所要排砂量を300 m^3 とすれば、排砂口規模(呑口総口径)は、排砂濃度200mg/l、排砂ヘッド15m^{*}、総排砂時間10時間^{**})としても3m平方未満に収まる((5-1)と同様に概算^{***})。排砂濃度、排砂ヘッド、総排砂時間がより高い(長い)場合にはさらに小規模になる。すなわち、最下流排砂口規模は、かんがい期排砂を落水期排砂の補助と割り切れば実現可能な範囲に収まると推測される。

*) かんがい期出水時のオリフィス排砂放流は余水放流の一環で、その際の排砂ヘッドは平均的には常時満水位と池敷の標高差程度と見なせる。この値は基準ダム平均で約30m、最低でも特殊な数例を除き15m以上⁸⁾である。

**) 取水工以外の放流施設からの年間放流日数は基準ダム平均で12日⁸⁾である。このことと一回の出水放流時間が概ね数十分～数時間程度との仮定から総排砂時間は、かんがい期の出水時に10～22時間程度確保可能とした。

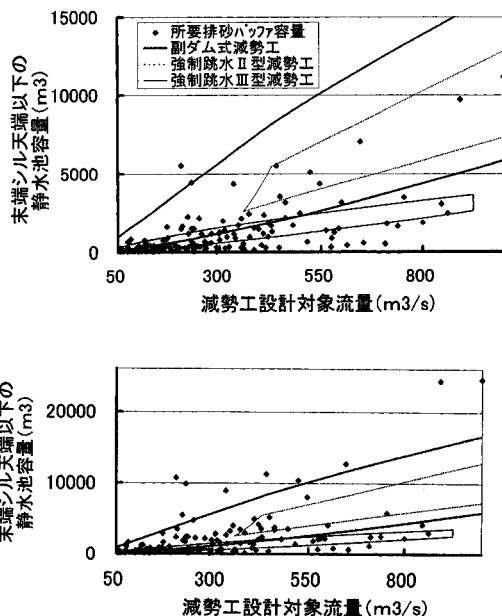
***) オリフィス流れでは排砂口規模と排砂能力(排砂粒径、排砂濃度)はそれほど関係なく、これらは主として排砂口位置で決まる。したがって、排砂口規模としては所要の排砂土砂量、排砂水量を放流できるだけの大きさがあれば良く、このことからここでは排砂口規模を(5-1)節と同様の方法で概算した。

7. 排砂バッファの検討

排砂バッファとして既存の減勢工静水池が十分な容量を持つか否かを検討したのが図-13である。

図-13中ではラインにより各減勢工型式毎に「減勢工設計対象流量(横軸)に対して設計上とりうる静水池容量(縦軸)の範囲」を示している。これは各減勢工形式の設計上の適用条件(適用限界)、農業用ダムの現地条件から導き出されたものである。

また、図-13中では、点により基準ダム各々の減勢工設計対象流量(横軸)と所要排砂バッファ容量(縦軸)の関係も併示している。この所要排



* 副ダム式、強制跳水II、III型各々の流入フルード数は4.5～16、4.5～14、4.5～16とした。
 * 強制跳水型の下流水深はシルで確保するとして試算。
 * 農業用ダムの堤高は大方15～100mより流入流速7～28m/s以下、従前事例より静水池幅50m以下、L/bは3以下(L:静水池長、b:幅)とした。

図-13 静水池容量と排砂バッファ容量の比較

砂バッファ容量(縦軸)は、図-13上図では年間堆砂量(貯水池への年間流入土砂量)に対する所要排砂バッファ容量(平均1209 m^3)であり、図-13下図ではこれに加え現時点で既に溜まっている堆砂量も少しずつ排砂放流する場合の所要排砂バッファ容量(平均して図-13上図の75%増し程度)である^{*}。

図-13上図から「点で示されている所要排砂バッファ容量(縦軸)」は、(減勢工形式に依らず)「ラインで示されている静水池容量(縦軸)」の範囲内かその下に集中していることが分かる。基準ダム個々の減勢工形式はデータが無いので不明だが、どのような減勢工形式であれ、既存の減勢工静水池が排砂バッファとして十分な容量を持つ可能性が高いことが分かる。すなわち、多くの農業ダムでは現況の減勢工静水池を排砂バッファにそのまま活用出来る可能性が高い。

同様に図-13下図からは、毎年ダム湖に流入してくる土砂に加え、既にダム湖内に溜まっている土砂を少しずつ排砂放流する場合でも、既存静水池の多くが、十分な排砂バッファ容量を持つ可能性が高いことが分かる^{**}。

*) 所要排砂バッファ容量はかんがい期～落水期に月一回平均で出水があり、それにより排

砂バッファ内の土砂がフラッシュされるとして計算した。なお、図-13下図では、現時点の堆砂を30年かけて少しずつ排砂放流するとして図-13上図のバッファ容量を割り増している。

**）堆砂のうち、一部は浚渫により排除されたり最下流排砂口（排砂管）から洪水に乗じて排出される。したがって、実際の所要排砂バッファ容量は図-13のドット値より小さくなる。

また、図-13での各ダムの減勢工設計対象流量は、施工値でなく流況安定上、最低限求められる設計値（設計洪水量の/1.3）からの推測である。最終施工形状に対応する減勢工設計対象流量は、減勢流況安定の点からこの推測値（ドット値）より大きくとられる場合も多いと見られる（設計洪水量に対し過度に流況悪化を来さぬよう減勢工規模を大きめにする等）。

以上2点からも既存の静水池は十分な排砂バッファ容量を持つ可能性が高いと言える。

8. 試案工法に関する留意点

4～7節の検討結果から農業用ダムにおける試案工法の実現可能性は十分あると推察される。本節では試案工法の適用における幾つかの留意点について記す。

(8-1) 大粒径の石レキに対する排砂トンネルの保護

大きい石レキは、排砂トンネル内の閉塞や破損の元となり、排砂施設の維持管理コストを増大させる。これらについては、排砂口より上流河川に格子型もしくは櫛型砂防ダム、排砂トンネル呑口に大径間スクリーン（図-1(2)）等を設けて貯砂ダム池敷内に止めることが望ましい。

(8-2) 設計排砂粒径の下限

排砂トンネルの設計排砂粒径（最大排砂粒径）を小さめにすれば、その分、排砂トンネルから排出しきれない土砂が増え浚渫量が増す。

しかし、前述のとおり、粒径0.5cm以上の土砂は比較的資源化が容易と見られるので、設計排砂粒径をこれ未満にしなければ浚渫量が増しても問題は少ない。むしろ浚渫土砂割合が増すことにより排砂トンネルの規模縮小や排砂放流頻度の低下

（トンネル内の摩耗抑制）が図れる利点もある。

この点も考慮し下式の堆砂対策全費用を最小化すべく個々の現場に応じた最適な設計排砂粒径を選定すべきである。

$$\text{堆砂対策全費用} = \text{排砂放流費（施工費・運用費・補修費）} + \text{浚渫・処分費} + \text{資源化の為の処理費} - \text{資源化による利益}$$

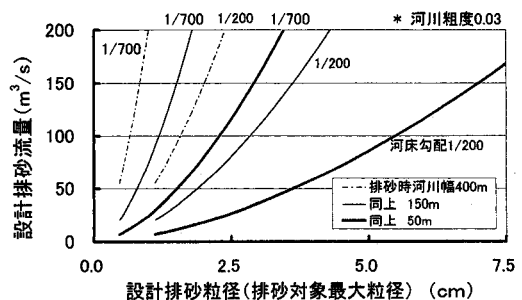
(8-3) 設計排砂粒径の上限（試算）

設計排砂粒径を過度に大きくした場合は、当該河川でそれを排除できるだけの河川流量（設計排砂流量）が発生しない、もしくは発生頻度が著しく低くなる。この点から設計排砂粒径の上限が定まる。例えば1年サイクルで排砂するならば、最大でも「1年確率洪水量で排除できる粒径」以下とせざるを得ない。

図-14、15⁹⁾は排砂トンネルの設計排砂粒径（横軸）と設計排砂流量（縦軸）の関係を各々、貯砂ダム上流河床の広い範囲から排砂する場合と貯砂ダム直上流エプロンを中心に排砂する場合について図示したものである。

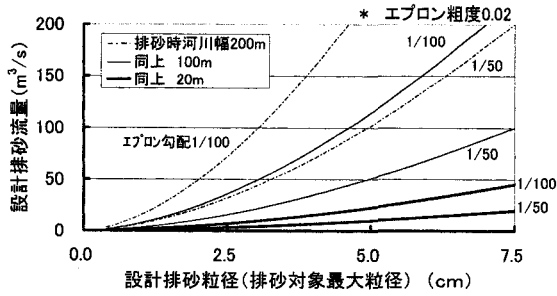
図-14から1年確率洪水量を100m³/sとし、これを設計排砂流量（縦軸）にした場合、一般的と見られるダム地点河川の条件（勾配1/200～1/700、河川幅50～150m）での排砂粒径は約1～6cmになることが分かる（河川粗度0.07としても約2～9cm）。すなわち、貯砂ダム上流河床の広い範囲から排砂する場合、1年確率洪水量程度では排砂粒径をあまり大きく出来ないことが分かる^{*)**)}。

一方、貯砂ダム直上流エプロン上で掃流排砂させる場合、図-15より設計排砂流量50m³/sでも（排砂時）河川幅20～200mでの排砂粒径は約2～16cmとなる（エプロン勾配1/100～1/50、エプロン粗度



* 上図は、貯砂ダム上流河川の広い範囲で掃流排砂する場合の関係図である。
* 設計排砂粒径より小さい土砂は設計排砂流量未満の流量で排砂される。

図-14 貯砂ダム上流河床での設計排砂粒径と設計排砂流量の関係（概算値）



* 上図は、貯砂ダム上流のエプロン上で掃流排砂する場合の関係図である。
* 設計排砂粒径未満の土砂は、設計排砂流量未満の流量でも排砂される。

図一15 貯砂ダム直上流エプロンでの設計排砂粒径と設計排砂流量の関係(概算値)

0.02~0.035)。この場合には、河床勾配等、現地地形にあまり左右されず、比較的小さい河川流量で大粒径まで排砂可能になる。現地地形が悪いか、河川流量が小さい所では貯砂ダム直上流エプロン上で掃流排砂させる方式が適している。

*) 設計排砂粒径近傍の大粒径土砂については、固結やヘドロ化の心配が少ないので、排砂サイクルを一年以上としても問題ない場合が多いと考えられる。

このような場合は、設計排砂粒径に近い比較的大粒径の土砂が越年残存することになるので、かんがい期後の浚渫・資源化の際の分級処理の手間が増える。これを回避するには浚渫・資源化のサイクルも排砂放流サイクルと同程度に延長するか、貯砂ダムをスリット化、複列化して分級を図る必要がある。

**) 排砂サイクルを積極的に延長し、設計排砂流量も増やして(多年確率の河川流量として)、排砂対象粒径を拡大しても良い。これにより浚渫土砂割合を低減できる。反面、貯砂ダムや排砂トンネルの規模拡大が必要となる。

(8-4) 排砂トンネルの維持管理(摩耗対策)

排砂トンネル内面の摩耗対策は維持管理コストに大きく響いてくるので重要である。これについては先行事例が参考になる。

例えば、宇奈月ダムの排砂管¹⁶⁾では、後から補修しにくい排砂管内部の被覆に高価だが補修頻度の低いステンレス、補修しやすい排砂管出口付近の内面には安価な石英片岩(段戸石)を用いている。

(8-5) 既存ダムへの適用

既存ダムの場合、すでに多くの土砂が貯水池深部に進行していることが多いと考えられる。特に

貯水位変動(水位低下)が激しいダムではこの可能性が高い。

これら深部の既存堆砂は落水期を中心に徐々に排除していくしかなく、全て排砂するにはある程度の年月を要す。また、既に長期間堆積しているので、ヘドロ化による環境上の問題、固結による排砂効率低下の問題も大きい。したがって、これら深部土砂については現段階で死水容量を越えていなければそのまま放置しても良いかもしれない。

9. 試案工法の改善策

(9-1) トンネル排砂工による排砂効率の向上

トンネル排砂工¹⁷⁾は、パキスタンやインドの流下土砂量が多い河川の取水堰で、英領時代以来(1930年代~)採用されている工法である。

この工法は、貯砂ダム越流時(かつ非潜没時)において、下流貯水池内への貯砂流亡防止に有効かも知れない。図一1(2)中に示した分離壁はこの工法を応用した試案で、本来のトンネル排砂工を逆転させた形状となっている。

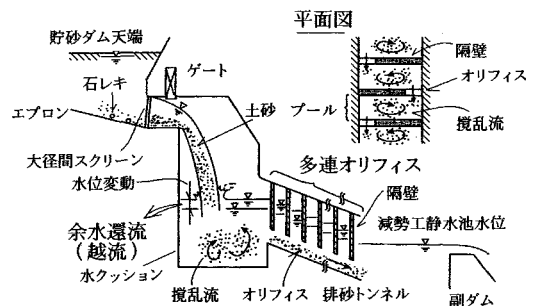
(9-2) 多連オリフィスによる閉塞・摩耗対策

排砂トンネル内面の摩耗や閉塞を抑えるのに有効と思われる工法として図一16に示す多連オリフィス工法¹⁸⁾¹⁹⁾がある。この構造の利点、問題点として考えられる事項を表一2に示す。

なお、表一2中、問題点a.については図一16に示す呑み口構造、b.については、最上流オリフィスへの余水吐の併設等(上層水のみ貯水池へ還流させる)の対策が考えられる。

(9-3) ラビリンス堰²⁰⁾による排砂パッファ機能の向上

ラビリンス堰は放流能力が高い反面、(越流水深がセキ高に比し比較的小さい条件下では)セキ近



図一16 排砂トンネルへの多連オリフィス適用試案

表一 多連オリフィスの利点と問題点

多連オリフィスの利点	
排砂面	i) 送砂能力が高い。
	ii) 排砂トンネル内の損傷、摩耗を抑えられる。
	iii) 射流水路となる通常の排砂トンネルに比べ、比較的柔軟に路線を設定できる。
	iv) 比較的緩勾配でも機能しうる。
利水面	v) 比較的小流量でも機能しうる。
治水面	vi) 放流量変動が小さい。放流量管理が容易で、利水面や下流の安全面でも有利。
多連オリフィスの問題点	
排砂面	a. 最上流オリフィスでの土砂吸い込み能力が不足しやすい。
	b. 上流流量の増減に対するオリフィス流れの維持に工夫を要す。(管路流れ化や開水路流れ化の防止など)

傍の接近流速が遅くなる特徴がある。したがって、排砂バッファ施設のセキ形状をラビリンズ堰とすれば、排砂バッファ機能の向上が期待できる。

また、ラビリンズ堰は曝気効果も高いので、排砂放流の水質改善にも役立つ。特に下流排砂口からの排砂放流は、貯水池低層の貧酸素層から成されることが多いので、曝気の必要性が高い。

さらに、ラビリンズ堰自体の減勢効果が高いので、バッファ容量が大きく減勢工末端シル高（セキ高）が高くなる場合、すなわち二次減勢工を要す場合にその規模を小さくしうる。

10. 分散利水・後方貯水方式による堆砂対策

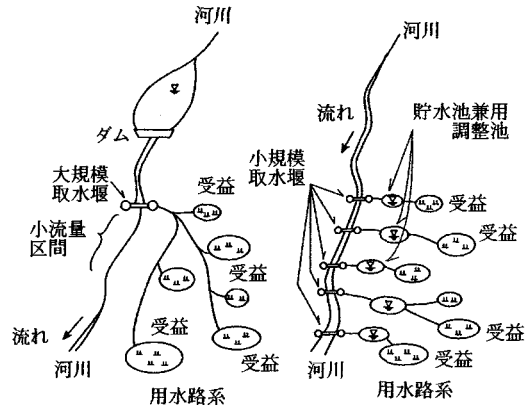
近年の利水運用の主方式は、大ダムで一括貯水の後、適宜放流して、下流のセキで放流分をキャッチ（取水）し圃場へ送水するというものである。本節で提示する方式は、これを逆転させるもので、ダムを設けず、セキで取水後、調整池で一旦貯水し、そこから受益地に適宜送水するものである（図一17、表一3）。

いわば、「後方貯水方式」というもので、河道外貯留を前提としているものの表一3に示すように、堆砂防止のみならず多くの利点が考えられる。

この方式では中下流域で貯水しなければならないこともあり、調整池（貯水池）の敷地はそれほど広く確保できない。したがって、小規模調整池に小規模受益、小規模取水堰をリンクさせたものを1セットにした「分散型水利システム」となる*）。

流砂量が多くダム堆砂対策が著しく困難な地区や激甚災害でダムが急激に埋没してしまった地区では本方式も一考に値する。

*）前出、「基準ダム」における総貯水容量は平均8,133千m³（中間値のダムで3,276千m³）なので、



図一17 前方一括貯水・大規模取水堰方式（集中方式現行）と小規模取水堰・後方貯水方式（分散方式）

表一 分散型水利システムの利点と欠点

分散型水利システムの利点	
利水面	1) 貯水池（調整池）を恒久的に活用できる。 2) 取水堰付設の土砂吐、沈砂池により堆砂対策コストを低減しうる。 3) 排砂管理が容易である（取水堰付設沈砂池では排砂の必要性が高まる時（＝流砂量が多い時）と河川流量が多い時が一致するので、ダム排砂ほど、排砂タイミングや排砂濃度管理が難しくない）。
治水面	4) 貯水池（調整池）の堆砂は少量なので除去や処分が比較的容易。 5) 頭首工、貯水池共、小規模施設で済むので維持管理が比較的容易。
環境面	6) 取水堰と受益地の間に貯水池（調整池）を設けるので、水需要の集中や変動に対処しやすくなる。 7) 頭首工、調整池、受益地区がほぼ 1:1:1 に対応する方式なので、配水管理がシンプルになる。用水系統が単純化される。
利水面	8) 分散した小規模貯水池（調整池）が遊水池の役割を果たす。 9) ダム地点、セキ地点下流の河川流量、流砂量の激減が無くなる、もしくは縮小する。セキ下流の河床低下や海岸侵食を抑制できる。
環境面	10) ダム下流の河床に細粒土砂が増えるので生物多様性の保全に有利である（森下、1997）。 11) 従来のダム湖のような大規模な水質問題や濁水問題は起きない。 12) 排砂操作に伴う環境問題を生じにくい。 13) 河川内を魚や生物が容易に移動できる。 14) 貯水池（調整池）が用水系内の生物の避難所になりうる。
分散型水利システムの欠点	
利水面	1) 堰への貯留機能付与、取水工規模増大、非灌漑期の取水を要す。 2) 小規模受益間の水利調整の手間が増える（ただし、農家数が集約されつつある現状では、かつてほど困難にはならないと思われる）。
治水面	3) 河川内流砂量が増えるので、取水堰で数上堆砂やそれに伴う堰ゲートの閉鎖不全の問題が生じやすい。取水堰ゲート操作が煩雑化する（ただし、現行方式でダム排砂操作を行った場合も同様の問題が生じる）。 4) 土砂吐や沈砂池の維持管理コスト・労力が増す（ただし、3）と同様）。 5) 浮遊砂が多い河川では比砂池が機能せず堆砂しやすい（ただし、3）と同様）。
治水面	6) 中下流域での河川内堆砂量が増えるので、これらの地域での河川改修コストが増す（ただし、3）と同様）。

1ダムの貯水を5個の調整池（小貯水池）に分散すると、1調整池の広さは（深さ10mとして）おおよそ400m平方（400×400m）となる。

11. おわりに

ダム堆砂の除去は、いつかはせねばならぬことである。しかし、農業用ダムでは堆砂問題への取り組みはそれほど成されていない。これはダム堆砂の多くが従来型の災害復旧の概念に当てはまらない緩慢な現象であることに起因すると思われる。

本報文で取り上げた基準ダム167地区について言えば、計画どおりの堆砂進行速としても、死水容量を越える堆砂量となるのはこれから20年後以前に7地区、20～30年後に12地区、30～40年後に40地区の見込みである。

これを未だ余裕があると見るべきか否かは、正確な現地データが不足している現状では分からない。しかし、堆砂に関しては対応の遅れにより堆砂の貯水池深部への進行や長期堆積（ヘドロ化・固結）に伴う除去の困難化などの問題が生じる。すなわち、対策が後になるほど対策コストが増す懸念がある。したがって、現段階でも最低限、現地データの正確かつ計画的な収集や対策開始時期・対策工法毎の概略コスト比較はすべきではないかと思う。

また、対策工法確立の困難性を鑑みれば、緊急対応の必要性はなくとも、工法開発に向けての漸進的検討が望まれる。本報文では貯砂ダム・排砂トンネルを基本とした堆砂対策工法（試案）について、その可能性とアウトラインを記したが、排砂放流では土砂流を流すわけであるから、施設の磨耗対策とLCCの最小化を念頭に置いた適切な維持管理・改修方法の検討も重要である。

排砂トンネルを用いた工法は、我が国でも1980年頃に天竜川水系美和ダムで検討されている。決して、突飛な工法というわけではない。また、本報文執筆中にも新宮川水系旭ダムで排砂トンネルの実用化が報じられている²¹⁾。本報文で掲げた諸工法についても更なる検討を加えていく所存である。

参考文献

- 1) 農水省構造改善局(1981)：洪水吐，土地改良事業計画設計基準 設計 ダム，p.315～317及び348～356
- 2) 常住・加藤・中西(1999)：ラビリンス堰を付設した立坑式洪水吐の流況と立坑式洪水吐の低コスト化について，農工研技報197号，p.100～102
- 3) 芦田・高橋・道上(1983)：河川の土砂災害と対策，森北出版，p.42～43及びp.157～165
- 4) 吉川(1985)：流砂の水理学，丸善
- 5) 土木学会編(1985)：Wash load，水理公式集，p.230
- 6) 山本(1988)：河道特性論，土木研究所資料，第2662号，p.17～20
- 7) 吉良(1982)：ダムの堆砂とその防除，森北出版，p.347等
- 8) 谷(1998)：農業用基幹施設データベース，農業工学研究所所蔵
- 9) 常住(1992)：頭首工の水理設計，農業土木一般技術研修テキスト，p.25及び33
- 10) 土木学会編(1985)：粗度係数，水理公式集，p.199
- 11) 農水省構造改善局(1981)：仮排水トンネル，土地改良事業計画設計基準 設計 ダム，p.440
- 12) 土木学会編(1991)：コンクリート標準示方書，p.57
- 13) 土木学会編(1985)：混合砂礫の限界掃流力，水理公式集，p.222～223
- 14) 中曾根・中村(1984)：降雨時における烏川の水質変動と汚濁負荷量の流出について，農土論集No.111，p.38
- 15) 田淵他(1998)：清らかな水のためのサイエンス，(社)農業土木学会，p.16
- 16) 建設省北陸地方建設局黒部工事事務所(1998)：宇奈月ダムの放流設備，工事事務所パンフレット
- 17) Raudkivi, A.J.(1993)：Sedimentation - Exclusion and Removal of Sediment from Diverted Water, Balkema Publishers
- 18) 常住・加藤・中西(1997)：多魚種に対応した低コスト魚道の開発，ARIC情報 第48号，p.34～40
- 19) 大本(1998)：加藤清正の遺構「鼻繰り井出」の流水制御，水工学論文集，第42巻，p.283～288
- 20) 常住・加藤・桐・中(1997)：ラビリンス堰による水源・取水施設の低コスト化と機能向上，農業土木学会誌65巻5号，p.41～46
- 21) 小久保・斉藤(1999)：貯水池のバイパス排砂システム，土木技術54巻5号，p.75～82
- 22) Morris, G.L., Fan, J.(1997)：Reservoir Sedimentation Handbook, McGraw-Hill

喜界地下ダムの揚水試験について

井 敏 春*
(Toshiharu I)

中川原 茂*
(Shigeru NAKAGAWARA)

徳 留 義 秀*
(Yoshihide TOKUDOME)

山 本 常 雄*
(Chuneo YAMAMOTO)

目 次

1. はじめに	45	4. 揚水試験結果	48
2. 揚水試験の概要	45	5. おわりに	49
3. 水位観測	46		

1. はじめに

喜界島は鹿児島県奄美大島の東方約30kmに位置し、北東～南西方向に14.5km、北西～南東方向に3.0～6.5kmの広がりをもつ面積56.9km²の島である。その形状は北東端を踵とする足跡形をなしている。

喜界島の地層は、基盤に固結泥岩からなる島尻層群があり、この島尻層群の上層をサンゴ等の化石からなる透水性の高い琉球石灰岩が層厚20～40mで広く分布している。

喜界地区の水源となる喜界地下ダムは、琉球石灰岩の地層中に連続的な壁体（止水壁）を構築し、琉球石灰岩層中を流れる地下水を堰き止めて、地層中に地下水を貯留するダムである。止水壁工事は、平成7年度から本格的に実施され、平成11年9月に完了した。地下ダムの規模は、堤長L=2,280m、堤高H=35m（最深部）、総貯水量V=1,800千m³である。

本報では、喜界地下ダムの取水施設として建設された8基の集水井（直径φ=3.5m、深さ約L=30～36m）の取水可能量を把握することを目的に実施した揚水試験の概要と結果について紹介する。

2. 揚水試験の概要

8基の集水井の計画取水量は46,900m³/日、1基当たり3,200～8,700m³/日と非常に多量の取水計画となっている。

揚水試験は、予備揚水試験、段階揚水試験、連続揚水試験、回復試験に分けて8基の集水井につ

いてそれぞれ実施した。各試験の方法は次のとおりである。

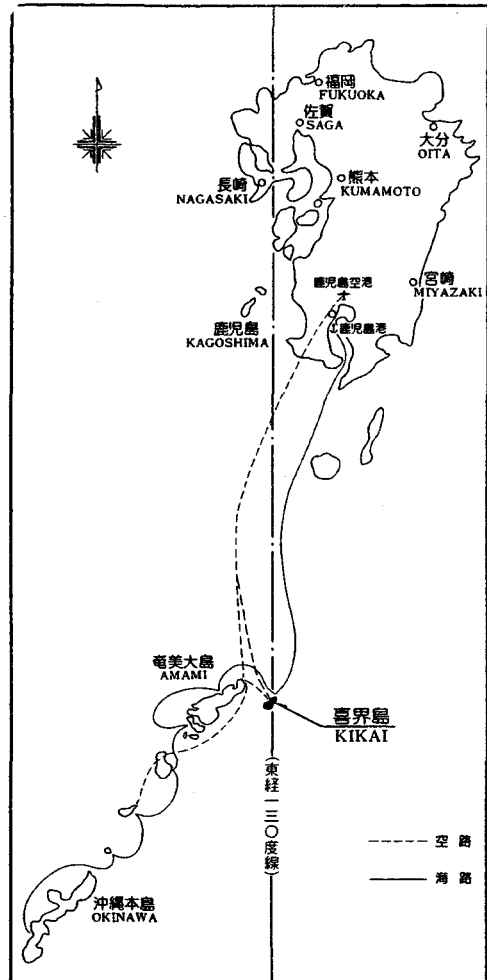


図-1 位置図

*九州農政局喜界農業水利事業所 (Tel. 0997-65-1360)

(1) 予備揚水試験

本試験前の井戸洗浄を兼ねた試験で、概略の揚水量を把握する。またこの試験でポンプの性能状況や段階揚水試験の揚水量割り振りをを行う。

(2) 段階揚水試験

一定揚水時間毎（2～4時間）に揚水量を変化させ、揚水量と水位の関係から揚水井の概略的な性能を把握する。

(3) 連続揚水試験

適正揚水量以下で連続揚水（48時間）を行い、水位の変動状況（降下）を測定する。

(4) 回復試験

連続揚水試験後、ポンプを停止し、水位の変動状況（上昇）を測定する。

3. 水位観測

(1) 試験開始前の水位観測

揚水試験は、集水井下位にある集水ボーリングの機能が発揮される低水位状態で実施する計画としていたが、水位が急上昇する梅雨と重なったことから、梅雨明けの7月上旬から開始することとなった。しかし、まだ梅雨の影響を受けて地下水位が変動していることから、揚水試験実施に先立ち、地下水位の変動状況を把握するために5月中旬から揚水試験開始前まで水位観測を実施した。観測は、各集水井と貯水池内及び下流の計14ヶ所において、自記水位計による連続観測（30分間隔）を行った。

(2) 試験期間中の水位観測

予備、段階、連続揚水試験実施中の水位観測は試験を実施していない他の7ヶ所の集水井及び6ヶ所の観測孔における水位を自記水位計で連続観測（1分間隔）を実施した。

また、各試験の間（揚水試験を行わない間）は9号井と6ヶ所の観測孔の水位を自記水位計で連続観測（30分間隔）を実施した。

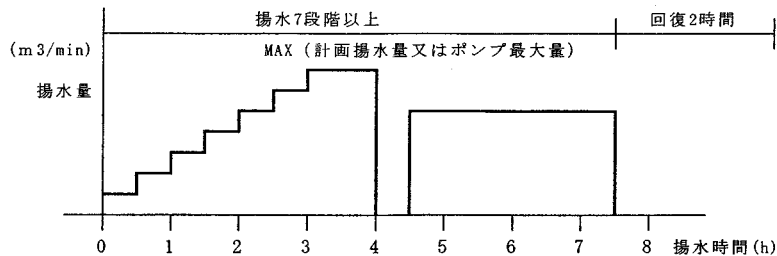


図-2 予備揚水試験のパターン

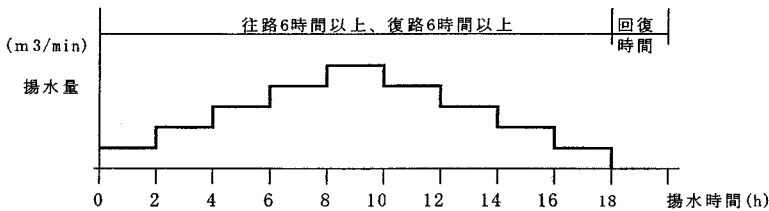


図-3 段階揚水試験のパターン

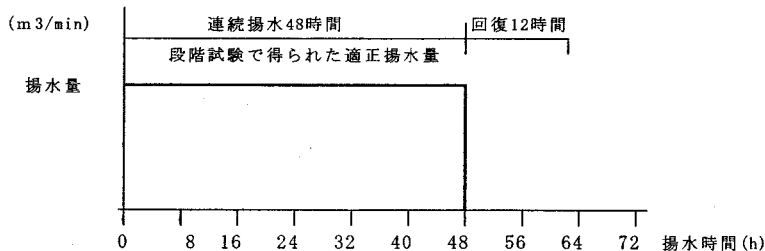


図-4 連続揚水試験のパターン

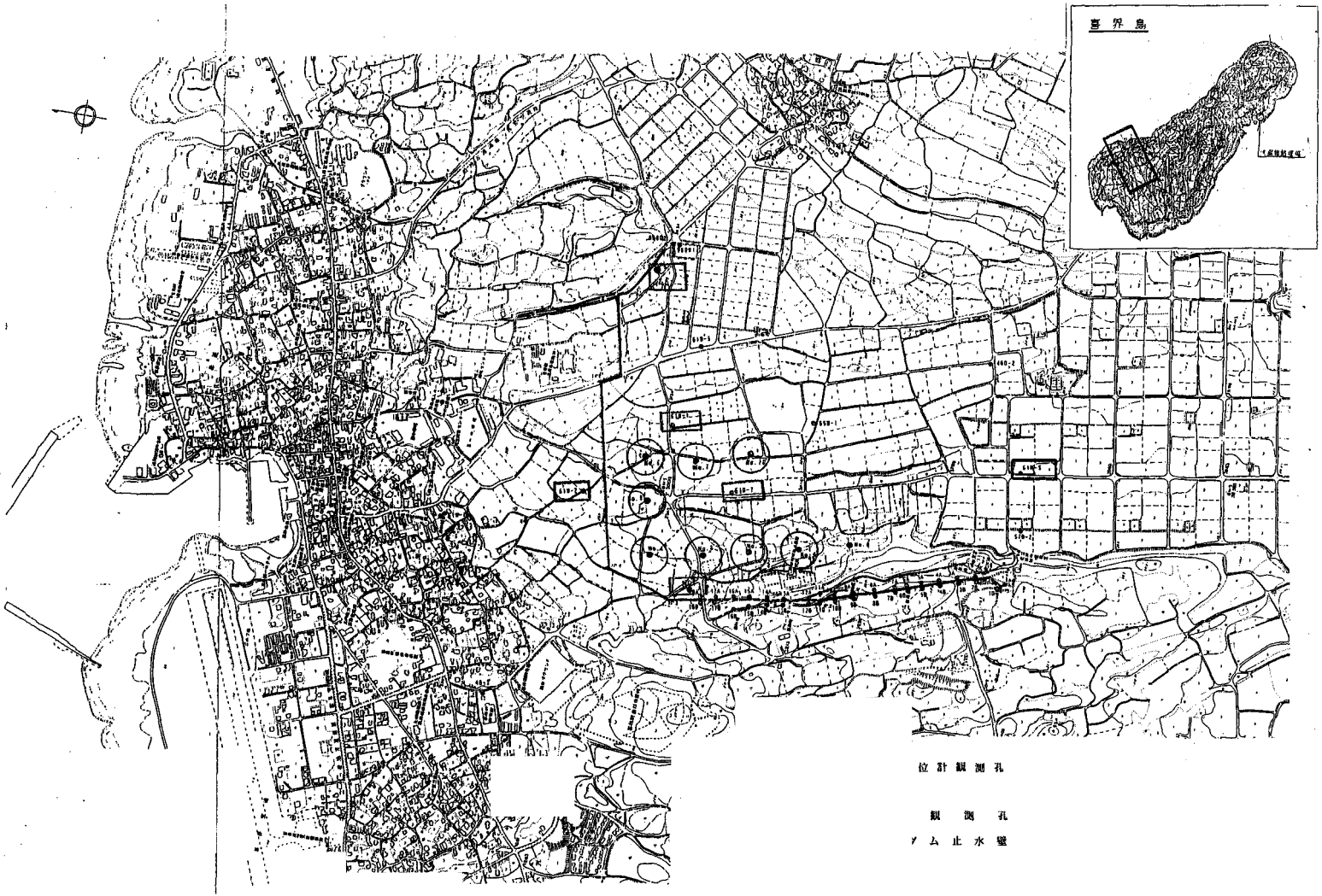


図-5 集水井・観測孔位置図

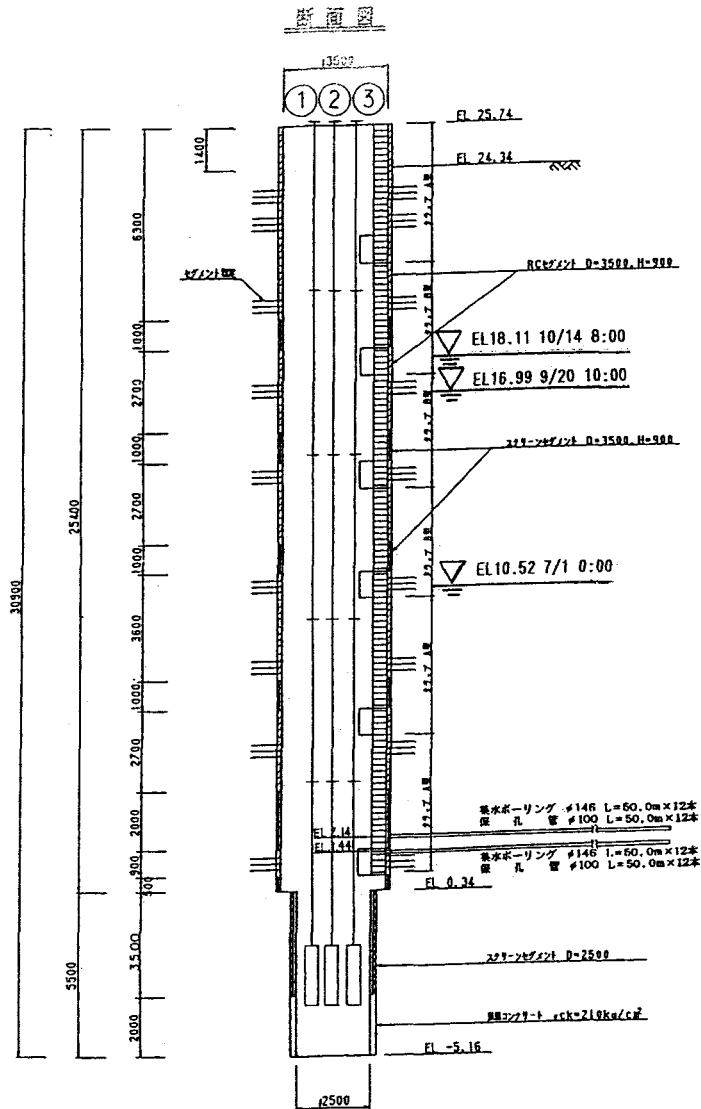


図-6 1号集水井構造図

集水井及び観測孔の位置を図-5に、集水井を代表して1号の構造図を図-6に、また、揚水試験期間の水位観測結果を図-7に記す。

4. 揚水試験結果

(1) 予備及び段階揚水試験

試験結果は各集水井とも同様な傾向が見られた。揚水量を段階的に増加させたが、前段階に比較して水位が急激に低下するようなことはなかった。つまり、揚水量と水位降下量の関係では変化点は見られなかった。また、試験時の水深に対する各段階の水位降下量は非常に小さかった。

(2) 連続揚水試験

前段の試験結果から、揚水量は段階揚水試験時の最大量で試験を行った。

集水井工事着手前の地下水解析や小規模揚水試験結果から、各集水井の計画取水量が設定されているが、今回の揚水試験はこの計画量に対し、1.3～2.0倍の揚水量での試験となった。

表-1の連続揚水試験諸元一覧表に記すとおり、透水係数は $8.467E-01 \sim 4.503E+00$ (cm/s) と非常に高く、連続揚水試験による水位降下量も、0.4～0.6m程度と試験時における水深の5～6%と非常に少ない水位低下となった。

また、自然状態での水位変化量を加味して揚水

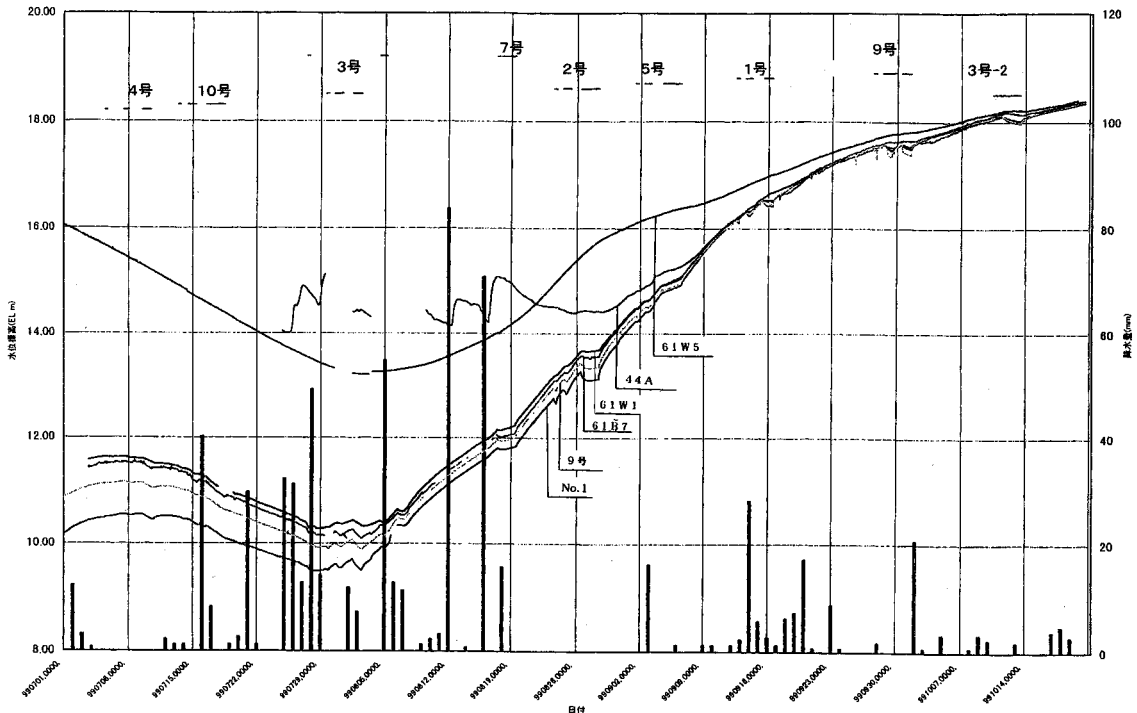


図-7 揚水試験期間中の水位観測結果 (1999年7月~1999年10月)

表-1 連続揚水試験諸元一覧表

集水井番号	1号	2号	3号	4号	5号	6号	7号	8号
計画取水量 (m³/日)	8,700	8,700	5,300	6,900	5,000	3,200	5,400	3,700
初期水位 (EL:m)	16.520	17.594	14.851	13.419	18.125	11.600	12.084	11.545
基盤標高 (EL:m)	-4.96	-9.89	-2.14	-2.32	-0.14	2.51	-2.66	-0.40
帯水層厚 (m)	21.48	27.48	16.99	15.74	18.27	9.09	14.74	11.95
揚水量 (m³/日)	11,542	11,603	10,977	15,962	10,131	4,417	10,360	4,809
揚水時間 (min)	1,440	1,440	2,880	2,880	2,880	1,440	2,880	2,880
総揚水量 (m³)	11,542	11,603	21,954	31,925	20,261	4,417	20,720	9,618
揚水後水位 (EL:m)	16.299	17.379	14.783	13.086	17.796	11.293	11.862	10.996
水位降下量 (m)	0.221	0.215	0.068	0.333	0.329	0.307	0.222	0.549
残留水深 (m)	21.25	27.27	16.92	15.41	17.94	8.78	14.52	11.40
残留水深/帯水層厚	0.99	0.99	1.00	0.98	0.98	0.97	0.98	0.95
透水係数 (cm/S)	2.498E+00	3.393E+00	3.768E+00	1.327E+00	4.503E+00	2.227E+00	3.718E+00	8.467E-01

試験時の水位変化量を補正したが、結果に大きな変化は現れなかった。

以上の結果から、各集水井の取水能力は、設定されている計画取水量を上回っていると判断できた。

5. おわりに

8基の集水井は、下位部に集水ボーリングを配置している大規模なもので、琉球石灰岩ではこのような大規模な揚水試験の経験がないこと、さらに本事業の計画上最重要な根幹の施設であること等から、本試験の実施にあたっては多少の不安も

あったが、結果的には全く問題のない十分満足できる内容となった。

本試験の実施、とりまとめにあたり、多大な御指導をいただいた九州農政局資源課の榎並地質官並びに岡本地質官に深く感謝の意を表する次第である。

試験後、地下ダムの貯留水位は順調に上昇し、平成12年1月には満水に達した。現在、集水井のポンプ設置工事を実施中であり、本年夏のかんがい期から地下ダム貯留水を使用した畑地かんがいを予定しているところである。

羽咋川潮止水門施設の塩水遡上対策

藤 島 洋 志*
(Hiroshi FUJISIMA)

目 次

1. はじめに	50	4. 設計内容について	51
2. 河川改修計画	50	5. 洪水吐ゲート操作における塩水侵入限界	55
3. 設計上の課題	51	6. おわりに	55

1. はじめに

邑知地溝帯農地防災事業地区は、石川県能登半島の七尾湾より羽咋市に至る帯状の平坦地で邑知地溝帯と呼ばれる地形に位置し、羽咋市外4町にまたがる農地3,430haの稲作経営を主体とした農業地帯である。(図-1)

本事業は、地域開発や地盤沈下等により排水機能が低下し、しばしば湛水被害が発生した事を契機に、これらの排水施設の機能回復・強化を図り、災害を未然に防止し、農業生産の維持及び農業経営の安定を図り、併せて国土の保全に資することを目的とした事業であり、潮止水門の新設、排水機場の増設等を実施するものである。

本地区の排水本川である羽咋川には、河口から1.3km上流地点に海水を止める逆水止樋門(昭和25年完成)、農業用水を確保する用水調節水門(昭和41年完成)の2施設がある。この施設は、構造上河積の阻害率が大きい施設であることから統廃合し、400m上流地点に両施設の機能を兼ね備えた羽咋川潮止水門を平成14年度完成に向け建設しているところである。

本報文では、この水門設計の中の塩水遡上対策について報告するものである。

2. 河川改修計画

羽咋川は石動山系荒山峠(標高385.9m)に源を発する長曾川に、熊野川、久江川、金丸川を合流

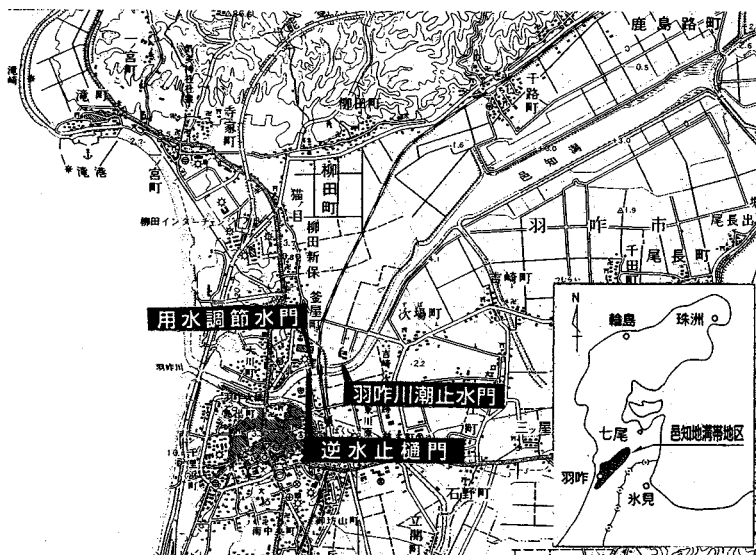


図-1 位置図

*北陸農政局白根郷農地防災事業所 (Tel. 025-373-4537)

しながら飯山川、吉崎川とともに呂知瀉に流入する。瀉の水深は一般的に浅く皿状の湖で水質は淡水に近く、沿岸耕地のかんがい水源として利用されている。瀉から羽咋川となり、子浦川と合流し、日本海に注ぐ、流路長19.5km、流域面積169.4km²の2級河川である。

羽咋川河口周辺は羽咋市の市街地となっており、河道流下能力の向上に対して、河道拡幅が困難な状況にある。このことから河川改修計画においては、現況河道を基本とし、河積の確保は河床掘削により行うものと設定されている。(表-1)

表-1 河川計画対比表

	現 計 画	改修計画
最大洪水量	255m ³ /s	330m ³ /s
河床勾配	1/2,100	1/3,500
河口部河床高	TP(-)1.35m	TP(-)2.00m

3. 設計上の課題

潮止水門は、羽咋川河口から1.7km上流地点に計画河床高E.L(-)1.51mの河道計画に基づき羽咋川をせき止め、呂知瀉を貯水池とする有効貯水量1,630千m³のかんがい用水源を造り、1,650haの用水を確保する計画である。計画河床高が(-)標高であることから塩水流入阻止等を考慮した設計が必要となり、その検討課題は次のとおりである。

1) 防潮対策

河口からの潮位に対し、塩水流入を阻止するとともに河口から遡上してくる波浪に対して安全に防波するとともに、平水時は、呂知瀉への流入量に応じて放流量を調節し、貯水位を一定に保つ必要がある。

2) 環境対策

既設水門には魚道を設けていないが、今日的課題として、河川の生態系に配慮した河川計画の作成及び河川工作物設置が望まれることから、新設する水門には、遡河性魚類の遡上を配慮した魚道を設置する必要がある。

4. 設計内容について

1) 羽咋川潮止水門諸元

現在計画している羽咋川潮止水門の計画諸元は、次のとおりであり、その完成予想図は図-2のとおりである。

形 式	フローティングタイプの全可動堰
基礎・地質	N値50以上の砂層を支持層とする
杭基礎形式	
堰 体	鋼管杭
	φ800mm×16.0~16.5m 224本
エプロン、P C杭	
	φ400mm×16.0~17.0m 268本
橋 台	鋼管杭
	φ600mm×17.5m 12本
魚 道	鋼管杭
	φ600mm×17.0~18.5m 36本



図-2 羽咋川潮止水門完成予想図

堰 長 88.20m
 洪水吐ゲート 幅16.8m×高3.35m×4門
 シエル構造ローラーゲート型式
 調節水門ゲート 幅13.0m×高3.35m(2段)×
 1門
 シエル構造ローラーゲート型式
 魚道ゲート 幅3.0m×高1.35m×1門
 ガータ構造スライドゲート型式
 エプロン 鉄筋コンクリート
 護床工 上下流ともコンクリートブロック
 魚道 幅3.0m パーチカルスロット式
 管理橋 有効幅員8.95m×長98.83m(農免
 農道と兼用)
 ゲート敷標高 EL(-)1.51m
 ゲート天端標高 EL(+)1.84m
 ゲート巻上時下端標高 EL(+)3.92m

豊水量 6.13m³/s
 平水量 3.38m³/s
 低水量 1.63m³/s

2) 設計条件

潮止水門地点の設計条件は次のとおりである。

(図-3)

計画高水位 H.W.L(+)2.15m
 計画河床高 E.L(-)1.51m
 計画河床勾配 1/3,500
 管理水位
 かんがい期 W.L(+)1.30m~(-)0.60m
 非かんがい期 W.L(+)0.70m
 朔望最高満潮位 W.L(+)0.83m
 朔望平均満潮位 W.L(+)0.44m
 平均潮位 W.L(+)0.20m

3) 潮止水門天端高

(1)洪水吐ゲート天端高

水門は、かんがい用水のための用水源である邑知瀧の水位調節と併せて、海水の流入防止等を目的として、既設の逆水止樋門と用水調節水門を統廃合し、一体的な施設とすることから、ゲートの天端高の決定に当たっては、既設水門(逆水止樋門)の検証より決定した。

①既設水門

計画外水位は朔望最高満潮位W.L(+)0.83m、河口からの距離1,350mより計画波浪高は0.80mとなる。

$$\begin{aligned} \text{ゲート天端高} &= \text{計画外水位} + 1.5 \times \text{計画波浪高} \\ &= 0.83\text{m} + 1.5 \times 0.80\text{m} \\ &= \text{E.L}(+)2.03\text{m} \end{aligned}$$

よって、計算結果と既設ゲート

天端高E.L(+)2.125mとほぼ一致する。

なお、既設の逆水止樋門は写真-1のとおりである。

②潮止水門

河口からの距離1,690mより計画波浪高は0.66mとなり、既設水門で検証した計算式を用いてゲート天端高を求める。

$$\begin{aligned} \text{ゲート天端高} &= 0.83\text{m} + 1.5 \times 0.66\text{m} \\ &= \text{E.L}(+)1.82\text{m} \end{aligned}$$

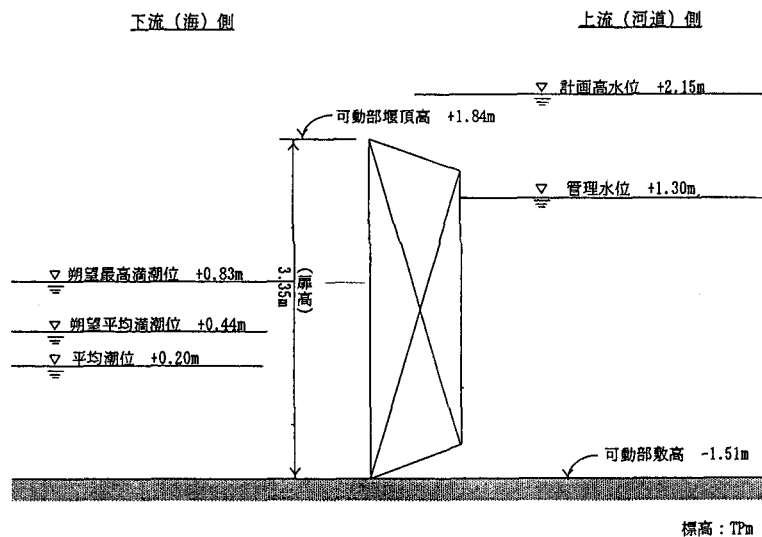
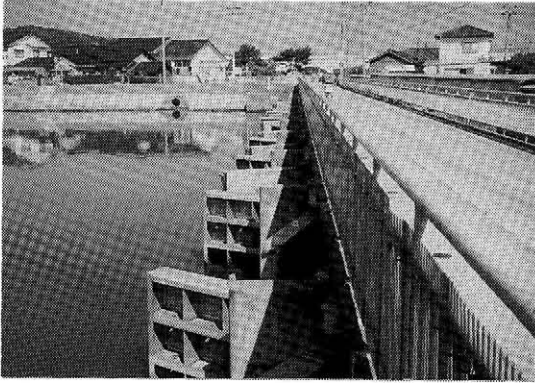


図-3 水位条件



写真一 逆水止樋門

扉高は、E.L.(+)1.82m-E.L(-)1.51m=3.33m≒3.35mとなり、ゲート天端高は、E.L(-)1.51m+3.35m=E.L.(+)1.84m>管理水位(W.L(+))1.30mに決定する。

(2) 調節ゲートの越流天端高

流入量に応じて放流量を調節し、貯水位(呂知潟水位)を一定に保つための水位調節用ゲートの調節流量は平水量～豊水量程度を対象とすることが多い。

越流天端高を決定するには、①豊水量程度の流量が放流可能である。②平均潮位以上であること。の点を考慮して天端高を決定した。

ア) 調節流量

かんがい期の調節容量は、図-4の水利条件より算出すると次のとおりである。

$$\begin{aligned} \text{調節流量} &= C \cdot B \cdot H^{3/2} \\ &= 1.75 \times 11.6 \times 0.91^{3/2} \\ &= 17.62 \text{m}^3/\text{s} > 6.13 \text{m}^3/\text{s} \\ &\quad (\text{豊水量}) \end{aligned}$$

ここに、C：流量係数
B：越流幅
H：越流水深

イ) 塩水侵入限界

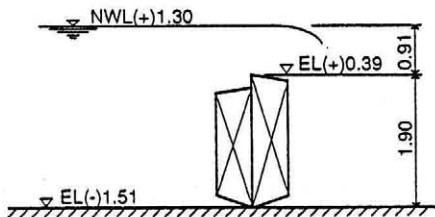


図-4 水位調節ゲート水利条件

①ゲート上下流の静水圧分布の限界

セキの上下流水位差があれば、オーバーフローにおける塩水のセキ上流側への侵入はないとしている。(図-5)

$$\begin{aligned} h_1 \cdot \rho_1 &\geq h_2 \cdot \rho_2 \\ \Delta h &\geq (1 - \rho_1/\rho_2) \cdot h_1 \\ &= \epsilon \cdot h_1 \\ &= 0.025 \times 0.91 \\ &= 0.023 \text{m} \end{aligned}$$

ここで、 h_1 ：上流水位、 h_2 ：下流水位

$$\Delta h : h_1 - h_2$$

ρ_1, ρ_2 ：淡水及び塩水密度

よって、塩水くさびの侵入を防止するには水位差3cm以上が必要となる。

②内部フルード数による限界

セキ越流における塩水侵入限界は、一般的に内部フルード数が1となれば塩水の遡上はないとしている。

そこで、水位差2cmとした場合の内部フルード数を求めると次のとおりとなる。

$$\begin{aligned} q &= 0.953 B h_2 \sqrt{2g(h_1 - h_2)} \\ &= 0.953 \times 11.6 \times 0.89 \sqrt{2 \times 9.8 \times (0.91 - 0.89)} \\ &= 6.16 \text{m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

ここで、q：越流量、B：越流幅、g：重力加速度、 h_1 ：上流水位、 h_2 ：下流水位

$$V = q/a$$

$$\begin{aligned} &= 6.16 / (11.6 \times 0.89) \\ &= 0.60 \text{m/s} \end{aligned}$$

ここで、V：ゲート下部における流速、a：流積

$$\begin{aligned} Fd &= V / \sqrt{\epsilon \cdot g \cdot h_1} \\ &= 0.60 / \sqrt{0.025 \times 9.8 \times 0.91} \\ &= 1.271 > 1.0 \end{aligned}$$

ここで、Fd：内部フルード数、g：重力加速度、

$\epsilon : (\rho_2 - \rho_1) / \rho_2$ 、 ρ_1, ρ_2 ：淡水及び塩水密度
同様に水位差1cmとした場合には、Fd=0.889<1.0となり塩水が侵入する可能性がある

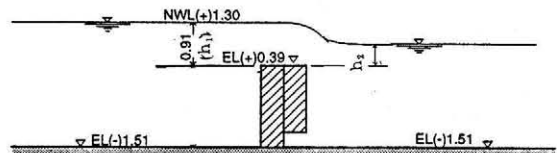


図-5 水位調節ゲート説明図

る。

よって、塩水くさびの侵入を防止するには水位差 2 cm 以上が必要となる。

ウ) 結果

越流天端高は、豊水量 6.13 m³/s が放流可能で平均潮位 W.L.(+)0.20 m よりも高い E.L.(+)0.39 m に決定した。また、上下流の水位差は若干の余裕を考慮し 5 cm 以上を保ち調節ゲートを操作する必要がある。

4) 魚道の越流天端高

(1) 対象魚類

魚道の設計に際して、対象河川における主要魚類の習性を良く把握した上で、魚類の遡上、降海に支障を来さないよう設計しなければならない。

魚類には、海水域で成長した後に、淡水域に入って産卵する遡河性魚類と、淡水域で成長した後に、海水域で産卵する降河性魚類とがある。

既往の生息調査は、石川県の淡水魚類（石川県環境部自然保護課発行 1996）及び邑知瀉に生息する魚介類（羽咋市農林水産課）の 2 資料を基に次の選定要因より対象魚を選定した。

- ① 生活を全うするため潮止水門地点の移動が不可欠である魚種。
- ② 水産的に重要な魚種。
- ③ 古来の生活分布域を形成する魚類で河川横断工作物（堰）がなければ移動する魚。
- ④ 邑知瀉に現在生息し、汽水域でも生息できる魚。

これから選定された対象魚は、アユ、サケ、スズキ等努力目標を含め 11 種となった。

(2) 魚道設置位置

本水門の魚道は下記の理由により左岸側に 1 基設けることとした。

- ① 水門位置は、羽咋川が右に湾曲しており左岸側が主流でミオ筋を形成する。
- ② 水門には左岸側に短径間の調節ゲートを配置し、摺動式 2 段ゲートにてオーバーフローにより上流水位の調節を行う。従って、常時調節ゲートより放流するので、水門下流側では左岸側が主流である。
- ③ 調節ゲート直下流に魚道を設置すれば、調節ゲートの呼び水効果で左岸側に集魚し、そこに魚道出水口を開口すれば容易に遡上できる。

(3) 魚道の越流天端高

魚類が遡上するためには体高の 2 倍以上の水深が必要とされている。しかし、本水門の 1 つの目的である塩水流入を阻止する必要から魚道上流側にゲートを設置し、海側潮位 > 河道側水位の時にはゲートを全閉する方式を採用する。

そこで、越流天端高は朔望平均満潮位 W.L.(+)0.44 m を基に次の検討結果から E.L.(+)0.50 m とする。

ア) 水深

シロザケの遡上は非かんがい期の 9 月から始まる。サケの体高は 15 cm ~ 20 cm であり 30 cm ~ 40 cm 以上の水深が必要である。しかし、非かんがい期の管理水位は W.L.(+)0.70 m であり、水深 30 cm を確保すれば朔望平均満潮位 W.L.(+)0.44 m を下回ることから水深 20 cm とし、水深不足が生じることから広幅セキ型式とし必要最小限の天端幅とした。

(図-6)

イ) 塩水侵入限界

① セキ上下流の静水圧分布の限界

$$\begin{aligned}
 h_1 \cdot \rho_1 &\geq h_2 \cdot \rho_2 \\
 \Delta h &\geq (1 - \rho_1 / \rho_2) \cdot h_1 \\
 &= \varepsilon \cdot h_1 \\
 &= 0.025 \times 0.20 \\
 &= 0.005 \text{ m}
 \end{aligned}$$

ここで、 h_1 : 上流水位、 h_2 : 下流水位

$$\Delta h = h_1 - h_2$$

ρ_1, ρ_2 : 淡水及び塩水密度

よって、塩水くさびの侵入を防止するには水位差 1 cm 以上が必要となる。

② 内部フルード数による限界

水位差 1 cm とした場合

$$\begin{aligned}
 q &= 0.953 B h_2 \sqrt{2g(h_1 - h_2)} \\
 &= 0.953 \times 3.0 \times 0.19 \sqrt{2 \times 9.8 \times (0.20 - 0.19)} \\
 &= 0.24 \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

ここで、 q : 越流量、 B : 越流幅、 g : 重力加速度、 h_1 : 上流水位、 h_2 : 下流水位

$$\begin{aligned}
 V &= q/a \\
 &= 0.24 / (3.0 \times 0.20)
 \end{aligned}$$

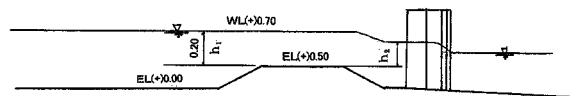


図-6 魚道説明図

$$=0.40\text{m/s}$$

ここで、V:ゲート下部における流速、a:流積

$$Fd = \frac{V}{\sqrt{\varepsilon \cdot g \cdot h_1}}$$

$$= \frac{0.40}{\sqrt{0.025 \times 9.8 \times 0.20}}$$

$$= 1.807 > 1.0$$

ここで、Fd:内部フルード数、g:重力加速度

$$\varepsilon = (\rho_2 - \rho_1) / \rho_2 \quad \rho_1, \rho_2: \text{淡水及び塩水密度}$$

よって、塩水くさびの侵入を防止するには水位差1cm以上が必要となる。

ウ) 結果

非かんがい期の低水位においても塩水侵入阻止と魚類が遡上可能な越流天端高E.L(+)0.50mに決定した。このことから、魚道ゲートを全閉する回数が少なくなると予想される。

5. 洪水吐ゲート操作における塩水侵入限界

流入量が調節ゲートからの放流量を超えるとき洪水吐ゲートを操作する。

洪水吐ゲートは、アンダーフローによる放流を行いながら全開し、洪水処理後、アンダーフローによる放流を行いながら全閉される。したがって、塩水を侵入防止するための操作を決める必要がある。

(1)アンダーフロー状態での塩水侵入限界

アンダーフローでは、静水圧のつり合い条件による計算方法を採用する。(図-7)

$$\Delta h \geq (\rho_2 - \rho_1) / \rho_2 \times h_1$$

$$= (1.025 - 1.0) / 1.025 \times 2.81$$

$$= 0.069\text{m}$$

ここで、 h_1 :水深

ρ_1, ρ_2 :淡水及び塩水密度

よって、若干の余裕を考慮し上下流の水位差

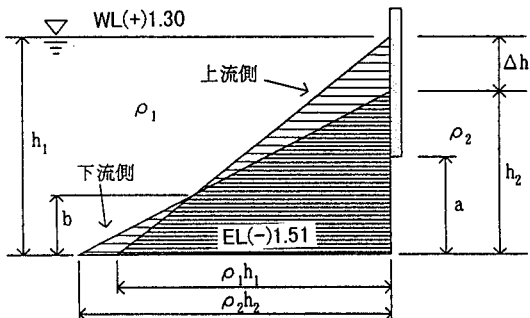


図-7 静水圧分布説明図

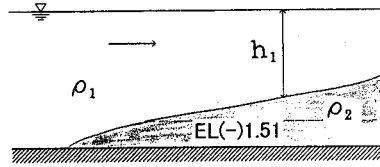


図-8 弱混合型分布説明図

10cm以上を保って操作する必要がある。

(2)全開時の塩水侵入限界

潮差の小さい日本海側では、入退潮による混合が弱く、淡水と塩水とが上下に明瞭な二層をなして、弱混合型の塩水くさびを形づくる。水面からの塩水くさびの水深を内部フルード数が1となる計算方法を採用する。(図-8)

河川流の平均流速等は、不等流計算から求めた。水面標高1.05m(水深2.56m)時の流量160m³/s、流速0.810m/sである。

$$Fd = \frac{V}{\sqrt{\varepsilon \cdot g \cdot h_1}}$$

$$= \frac{0.810}{\sqrt{0.025 \times 9.8 \times 2.56}}$$

$$= 1.023$$

ここで、Fd:内部フルード数

g:重力加速度、 h_1 :水深

$\varepsilon = (\rho_2 - \rho_1) / \rho_2$ ρ_1, ρ_2 :淡水及び塩水密度

よって、水面標高1.05mに水位が低下した時からゲートを閉め、アンダーフロー状態に移行する操作を行うこととする。

6. おわりに

塩水遡上対策として、理論で求めた塩水侵入限界値を基に潮止水門を管理していく計画ですが、今後、潮止水門より180m上流に用水取入れ口があり、河川状況等の変化に伴い限界値も変化することが考えられ、塩分濃度計を塩水侵入条件の多い左岸側上下流に設置・観測し、実証に基づく基準値で管理していきたいと考えている。

参考文献

- 1) 羽咋川潮止水門設計業務;平成8年度
- 2) 羽咋川潮止水門管理規程作成業務;平成11年度

柑橘園地における先進型ほ場整備事業について

—先進技術導入モデル事業「吉田地区」の施工事例—

五百木 啓 三*
(Keizou IOKI)

目 次

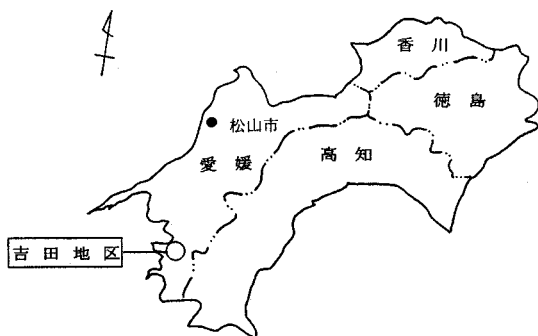
1. はじめに	56	4. 事業実施	58
2. 事業概要	56	5. 施設の運用	62
3. 事業実施の経緯	57	6. おわりに	62

1. はじめに

愛媛県は、全国一を誇る柑橘生産地で、特に温州みかんは本県の基幹作物として地域の発展に大きく寄与している。そのなかでも、南西部に位置する北宇和郡吉田町は、宇和海に面した温暖な気候の地域であり、古くから柑橘栽培が行われ、本県における「柑橘栽培発祥の地」と言われている。また、現在でも、柑橘栽培に適した自然条件を活かし、県内でも有数の柑橘生産団地を形成している。(図—1参照)

しかしながら、地形が急峻であるため、「耕して天に至る」と言われるとおり、山の頂上まで柑橘栽培が行われており、除草・防除・収穫などの栽培活動においては過酷な労働条件を強いられている状況である。

本報では、このような労働条件を緩和すると



図—1 位置図

*愛媛県宇和島地方局産業経済部土地改良課
(Tel. 0895-22-5211 (内線326))

もに、新しい技術を取り入れた先進的な生産基盤を整備するため、県が事業主体となり、同町で実施した柑橘園地における先進型ほ場整備事業の事例について紹介する。

2. 事業概要

(1) 制度の概要

本地区で実施した事業は、農林水産省が平成5年度に事業創設した「先進技術導入モデル事業(旧称：先進型農業基盤整備モデル事業)」である。本事業では、新技術に即応した水田・畑の生産基盤をモデル的、総合的に実施することにより、先進的農業地域の形成を図り、新技術を活用した未来型農業の普及に努めることを目的としたものである。

この目的を達成するため、「先進的新技術活用施設整備」並びにこれを活用した営農を行う上で必要となる区画整理、農業用排水施設及び農道整備などといった「農業生産基盤整備」を一体的に整備する事業である。なお、ここで言う「先進的新技術」とは

- ①試験研究機関において、近年開発・改良された技術、又は改良されつつある技術
- ②その効果が広く普及される見込みのある技術
- ③当該技術の活用が農業生産の省力化・低コスト化又は高品質化に直接寄与する技術とされている。

本事業については、全国で2地区が事業採択されており、畑地域におけるモデル地区として、当愛媛県の「吉田地区」、水田地域におけるモデル

地区として新潟県の「亀田郷地区」において実施されている。

現在は、両地区とも事業完了しており、既に事業効果の発現及び未来型農業の普及に努めているところである。

(2) 吉田地区の概要

本地区は、急傾斜樹園地において区画整理により地形勾配を緩和し、緩傾斜地での営農を可能にするとともに、作付け作物についても品種の集約化及び温室みかんなどの付加価値の高い作物の導入を行うこととしている。

また、従来の柑橘農業における経営形態を見直し、野菜栽培を取り入れた複合型の農業経営にも取り組める施設として整備を行うものである。

主な事業内容は、下記のとおりである。

- ・工 期：平成5年度～平成11年度
- ・総事業費：899,800,000円
- ・主要工事：先進型施設 1式
 - 区画整理 10.8ha
 - 農道整備 79.0m
 - 用水施設 1式

3. 事業実施の経緯

吉田町は、面積・人口で本県のほぼ1%を占めており、商店数などもほぼ同様の割合である。し

かし、農家数・農業経営体数・農家人口・経営耕地面積などは、県下の2～4%のシェアを占めており、産業的には第1次産業主体の町といえる。特に柑橘の生産額では品種により差異はあるものの、県下の10～15%、全国においても1～3%と高いシェアを占めており、みかんの町としての地位は高い。

また、平成7年度における産業別就業人口構成比をみると、第1次産業では45.9%（うち農業39.7%）、第2次産業14.9%、第3次産業39.2%となっており、第1次産業の占める比率は極めて高い。しかし、第1次産業人口は年々着実に減少しており、産業構造はゆるやかながらも、第1次産業から第2次・第3次産業へと移行している状況である。（表—1参照）

(1) 基盤整備の必要性

柑橘栽培は、排水条件や日当たり条件などの自然条件により品質が大きく左右されることから、「りんご」や「もも」など他の果実栽培に比べ栽培条件に合った傾斜地で栽培されている事例が多く、温州みかんにあつてはその大半が16度以上の急傾斜地での栽培となっている。（表—2参照）急傾斜地での柑橘栽培であるが故に、農道やかん水施設などの基盤整備が遅れている。このため、人力作業に頼らざるを得ない収穫・調整作業や、

表—1 産業別就業人口一覧表

区分→ ↓年次	総人口 (人)			世帯数 (戸)		産業別就業人口 (人)				
	男	女	計	総世帯数	内農家数	第1次産業 (割合%)	内農業人口 (割合%)	第2次産業 (割合%)	第3次産業 (割合%)	計
昭和55年	7,638	8,282	15,920	4,285	1,691	4,176 (50.6)	3,719 (45.1)	1,236 (15.0)	2,836 (34.4)	8,248
昭和60年	7,411	8,175	15,586	4,234	1,613	3,963 (49.2)	3,376 (41.9)	1,197 (14.9)	2,890 (35.9)	8,050
平成2年	6,864	7,732	14,596	4,108	1,467	3,567 (47.2)	3,077 (40.7)	1,247 (16.5)	2,747 (36.3)	7,561
平成7年	6,386	7,247	13,633	4,042	1,307	3,406 (45.9)	2,953 (39.8)	1,106 (14.9)	2,912 (39.2)	7,424

表—2 果樹栽培面積と傾斜度別比率 (1988 全国調査資料)

区分→ ↓種類	栽培面積 (ha)	傾斜度 5度未満 (%)	傾斜度 5～15度 (%)	傾斜度 16～25度 (%)	傾斜度 26度以上 (%)
温州みかん	99,292	19.4	34.0	31.8	14.8
その他柑橘	46,822	26.0	35.0	28.0	11.0
りんご	54,813	68.2	24.7	6.6	0.5
もも	14,209	68.9	24.0	6.0	1.1

表—3 区画整理による労働時間の比較（単位：hr/10a）

↓区 分	作業名→ 整 枝 剪 定	施 肥	中 除 耕 草	薬 剤 散 布	摘 果	そ の 他 園 地 管 理	取 獲 調 整	合 計
区 画 整 理 前 ①	18.0	12.0	28.0	30.0	22.0	46.2	114.0	270.2
区 画 整 理 後 ②	12.0	4.0	7.6	1.5	16.0	9.0	80.0	130.1
区 画 整 理 後 の 割 合 (②/①)	67 %	33 %	27 %	5 %	73 %	19 %	70 %	48 %

（設定条件 作付作物：温州みかん、園地条件：区画整理 段畑→3度勾配 山成畑、防除体系：人力→無人SS防除機）

最もきつい作業である薬剤散布などに多大の労力を投入しており、年間10アール当たり約270時間にも及ぶ労働時間を要している。（表—3参照）

吉田町の果樹栽培面積は約2,100haで、その大半が急傾斜地であり、過酷な労働により柑橘栽培が営まれてきた。特に、近年、同町においても農業従事者の高齢化が一段と進み、生産に係わる労働力の低下や後継者の不足などにより、経営面積の縮小、廃園化が進んでいる。

今後とも当地域が果樹生産団地として生き残り、更に発展するためには、道路網の整備や園地の改造など、地域の条件に合った基盤整備を行い、農作業の軽労働化と労働生産性の向上を図り、高齢者や婦人並びに後継者が楽々と快適なみかん作りに取り組むことができる環境整備が急務となっている。

(2) 基盤整備の現状と推進方向

吉田町は、昭和54年果樹振興計画に基づく「果樹広域濃密生産団地（柑橘）」に指定され、県内でも優良な柑橘生産団地を形成しており、今後とも優良生産地としての地位を確保しつつ、真に国際競争力のある足腰の強い産地の育成を目指している。しかし、同町内の農業生産基盤の整備は遅れており、幹線農道は、昭和30年代に設置されたものであり、幅員が狭く、これに接続する連絡道路もないため、他の生産団地に比べ道路密度が低い状況である。また、急傾斜地形のため、降雨による土壌流失を伴う崩壊や、園地が小区画で平坦化されていないことから作業中の事故も多く、労働環境の整備について一刻も早い対応が求められている状況である。近年、ようやく農業基盤の基本である農業用水の確保について、国営南予用水事業及びこれに関連する各種事業の実施により完備されつつある。

このような状況を踏まえ、県としても、本県の

主産業である柑橘農業における生産基盤の整備を一層進めていくためには、将来の農業に夢の持てるようなモデル園地を造成し、基盤整備に対する農家の意識改革を図ることが有効な手段であることから、同町においていち早く本事業に取り組むこととした。

4. 事業実施

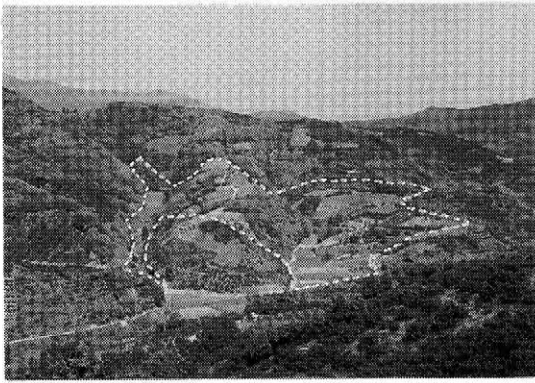
(1) 区画整理

本地区は、吉田町でも有数の柑橘生産団地であり、ハウス栽培をはじめ積極的な取り組みがなされている。しかしながら、その労働条件は前述のとおり過酷であり、営農の合理化が急がれている。このため、抜本的な基盤整備の見直しを図ることとし、褶曲のある現況地形を修正するため区画整理を行うこととした。（写真—1参照）

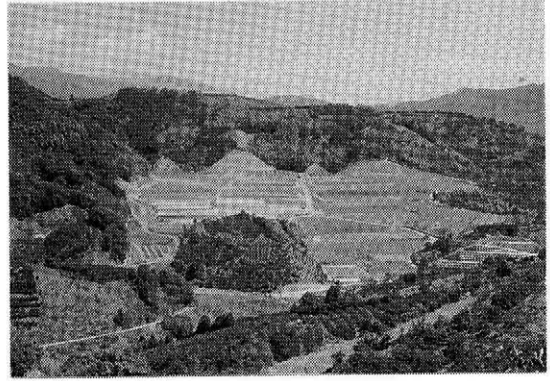
図—2に示すとおり、地区内を「果樹露地栽培エリア」と「管理棟、ハウス栽培等複合経営エリア」に区分し、地形修正を行い露地栽培エリアについては平均勾配3度、複合経営エリアについては平坦なほ場を造成している。（図—3参照）

工事の実施により、柑橘栽培に係る年間の労働時間を半分以下に低減するとともに、作業従事者にとって最もきつく、健康管理にも問題のある薬剤散布に係る労働時間の大幅な軽減を図った。（表—3参照）

また、工事の実施に当たり、これまで収穫してきたみかんの木を伐採するため、工事期間中はもとより新たな植栽による収穫までの間の生活補償が大きな問題となった。これらの補償については、事業の補助対象とならないことから、地元推進協議会が農協の助成を受け対応するとともに、愛媛県においても、永年作物栽培地域等での区画整理事業を推進する目的で県単独事業を創設し、本地区の補償に対して補助を行い事業の推進を図った。

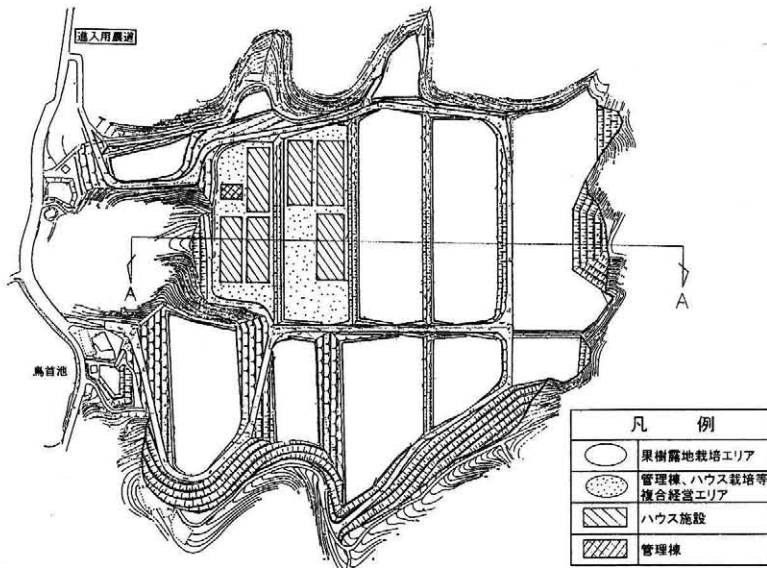


施工前

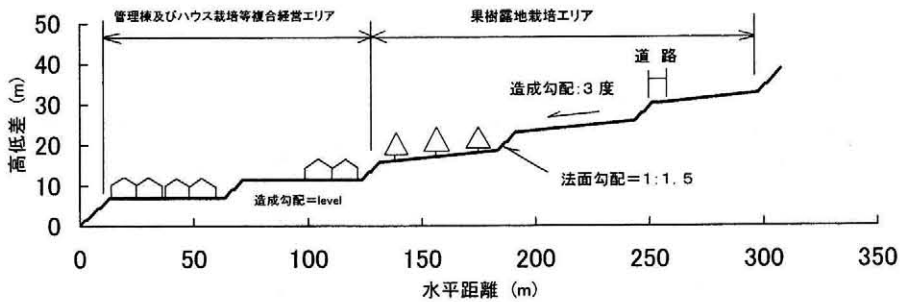


施工後

写真一 区画整理全景



図一 区画整理造成計画平面図



図一 区画整理造成標準断面図 (A-A断面)

(2) 露地栽培での先進施設

露地栽培における大きな問題点は、降雨量の多少により果実品質（果汁の糖・酸含量，着色，玉太り等）が大きく左右されることである。このた

め、露地栽培においても土壌の水分調節を行い全天候型柑橘栽培が出来得る施設とした。

かん水システムとしては、樹冠毎に水量調節機能を持ったかん水ノズル配置し、環境状況及び生

育状況に合ったきめ細かなかん水を可能とした。これにより、スプリンクラーなどによる樹上からのかん水に比べ30%程度の節水が可能となった。一方、降雨により土壤中の水分が多い場合、果実に含まれる糖分が減少し品質の低下を来す場合がある。また、柑橘の根は、呼吸により土壤中の酸素を消費しており、通気性の悪い土壌では酸素欠乏の状態となり根の活性が低下し樹勢低下の原因となる。このため、各畝毎に暗渠排水として使用されるポリエチレン製コルゲート有孔パイプを埋設し、余分な土壌水分を排水するとともに土壌中のガス交換を促進するための土壌乾燥システムとして整備した。

これらのシステムについては、管理棟からの集中制御により一元管理するとともに、作物の生育状況や土壌状況に合ったきめ細かな管理が行えるシステムとしている。(写真-2参照)

また、農作業の省力化を図るため、園内での営農車両等の通行に配慮した植栽配列を考慮するとともに、園内道に電磁誘導ケーブルを埋設して、無人防除機による防除の無人化により農業従事者

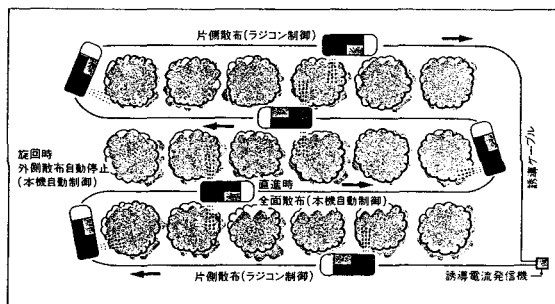
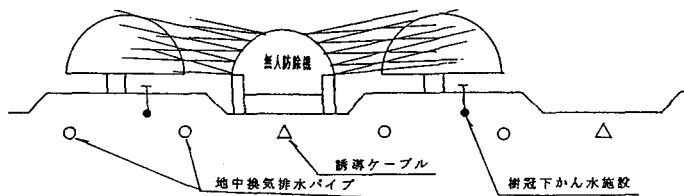
の農業被害の解消を図っている。(図-4、写真-3参照)

(3) 温室施設栽培での先進施設

当地区はもとより近隣の地域においても、ハウスみかんの栽培が盛んに行われている。こうした団地における温室栽培技術の高度化に対応するため、当地区においてもきめ細かな複合環境制御が可能な施設園芸温室団地を整備することとした。また、将来の果樹農業を見据え、柑橘栽培だけでなく野菜栽培を取り入れた複合経営形式を確立することとし、柑橘対応型温室5棟、野菜対応型温室1棟を整備している。(写真-4参照)

各温室の構造は、栽培面積が有効に確保でき、強風に対しても十分な強度を確保できる2連棟型鉄骨構造としている。また、被覆材としては、張り替え作業の省力化と経費節減のため硬質フィルムを採用している。

温室内の環境制御については、管理棟において外気温などの気象情報と温室内のセンサーによる情報により効率よく制御するとともに、管理デー



- ① 樹冠下かん水施設（管理棟に設置された制御盤により自動かん水を行う）
- ② 土壌乾燥システム（地中換気を行うとともに、土壌水分の上昇を抑える）
- ③ 作業車が導入できる作業道の確保（無人防除機、運搬車両の活用）

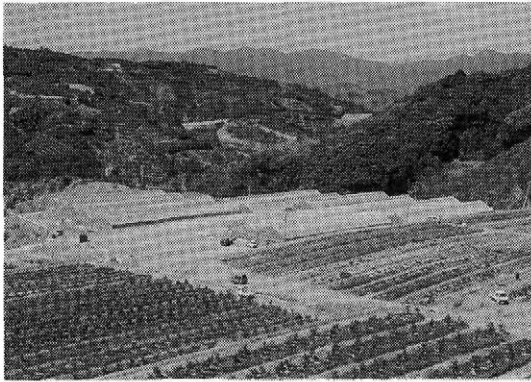
図-4 路地栽培における先進技術の取り組み内容模式図



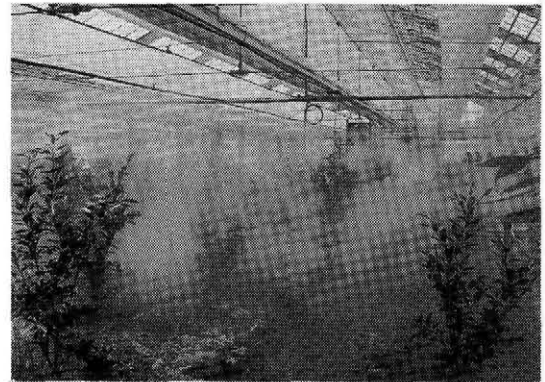
写真—2 露地部樹冠下かん水施設散布状況



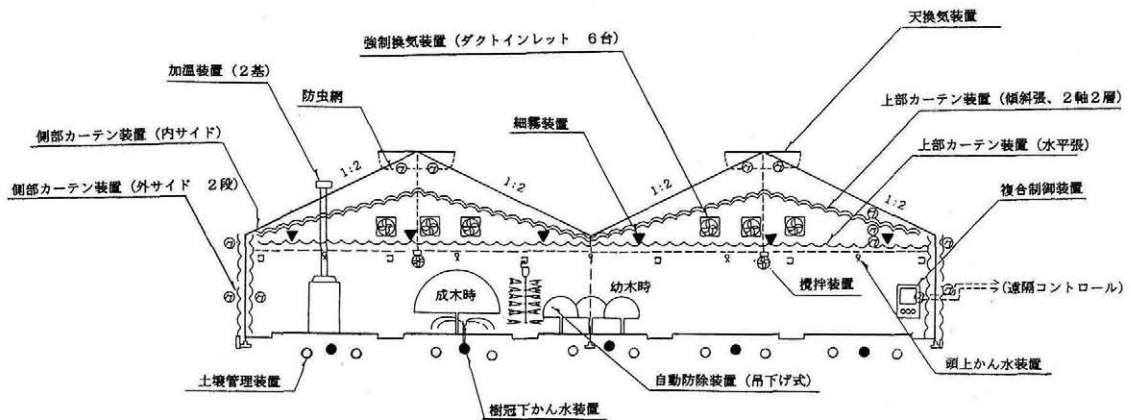
写真—3 露地部無人防除機散布状況



写真—4 ハウス団地全景



写真—5 ハウス内自動防除機(吊下げ型)散布状況



- ① 基本性能の高い温室施設の建設による安全性の確保
- ② ハウス内及び土壌中の環境条件の多項目・複合制御
- ③ 管理棟でのデータの蓄積、解析による栽培管理技術の高度化

図—5 温室栽培における先進技術の取り組み内容模式図

データの蓄積を行い環境制御の高度化に対応できるシステムとしている。

また、室内の機器についても自動制御による自

走式吊下げ型防除機や特殊ノズルによる細霧冷房施設などを導入し、栽培の無人化を目指している。

(図—5、写真—5 参照)

なお、野菜対応型温室においては、環境にやさしい農業経営を行うため、循環式湛液型水耕施設を設置している。

5. 施設の運用

本地区は、平成11年度をもって全ての施設が完成しており、施設については吉田町土地改良区に対し無償譲渡している。土地改良区は施設の管理運営を地元で組織している「先進技術生産組合」に対し委託しており、各機器の操作については、関係農家の方が行っている。

地元生産組合においては、既に各ほ場において苗木を植栽し営農を開始しており、組合員全員が一丸となって一日も早い生産基盤の確立及び経営の安定を目指しているところである。

6. おわりに

本地区は、現に生活の糧として活用している急傾斜樹園地を区画整理により平坦かつ大区画ほ場に整備したうえで、各種の先進技術を取り入れた基盤整備を行ったものである。このため、水田地域における区画整理や新たな農地開発とは異なり、

工事期間中はもとより収穫ができるまでの間に対する生活保障等、関係者の合意形成が困難であった。また、先進技術の導入に当り、営農面からの要望と事業制度上の制約並びに試験研究機関で新たに開発された技術導入の可能性など多くの問題があった。これらに対し、国や町及び地元関係機関の深い御理解と御協力により問題解決が図られたものである。

最近の柑橘生産を取り巻く社会情勢は非常に厳しいものがある。こうした情勢のなかでも、本県の柑橘生産地においては比較的多くの後継者が育っており、将来とも「みかん王国」としての地位を守り、更に発展するためには農業従事者の意識改革はもとより、新たな基盤整備の導入が必要であると考えている。この意味において、本地区の施行事例が、今後の柑橘生産ほ場の整備における先行事例として貢献できるよう、本施設を有効に活用したいと考えている。

最後に、本地区の事業実施にあたり、御指導・御意見を賜った関係各位に対し、記して謝意を申し上げます。

農民参加による小規模かんがい用水路の施工事例

—ホンジュラスでの技術協力の活動報告—

石 井 公 人*
(Kimihito ISHII)

目 次

1. はじめに	63	4. 小規模かんがい用水路の施工	65
2. プロジェクトの活動目的とその内容	63	5. 農民参加の実態と今後の課題	67
3. 実証ほ場の選定と施設計画の方針	64	6. おわりに	70

1. はじめに^{1),2)}

ホンジュラス共和国は、北緯13度から16度、中米5カ国のほぼ中央に位置している。南北を太平洋とカリブ海にはさまれ、国土面積は112千km²である。地形的には林野率が66%、可耕地は25%となっている。気候は亜熱帯地帯に属し、雨季（5月から10月）と乾季（11月から4月）とに分かれる。年平均降雨量は880mmから2,500mmであるが、そのうち約90%が雨季に集中している。経済的な概況としては、開発途上国の中で非産油国・低所得重債務国に分類される。1997年時点で一人当たりの国内総生産（GNP）が670ドルと、中南米諸国の中で最低水準にある。

ホンジュラス共和国は、現在でも経済全体に占める農業の重要性が際立って高く、以下のような特徴をそなえている。

- ・ GDPに占める農業（関連部門を含む）の割合が50%以上。（1996年）
- ・ 経済活動人口の36%が農業に直接従事している。（1996年）
- ・ 所有面積が1ha未満の零細農家が全体の49%を占める。（1993年）
- ・ 人口の過半数が農村に居住し、農村人口の72%が絶対的貧困層。（1990年）
- ・ 輸出額の60%以上が農業に直接依存している。（1990～1996年）

本報文においては、ホンジュラス共和国におい

て1994年10月から1999年9月までの5年間で実施された国際協力事業団（JICA）のプロジェクト方式技術協力「かんがい排水技術開発計画」（以下、「プロジェクト」と言う）に関し、その活動のうち、特に、小規模かんがい用水路を2度にわたって建設した事例について述べる。

本活動においては、受益農家の参加して施設の一部を建設したものであり、以下、その施工事例を中心として記述を進めていくこととしたい。

2. プロジェクトの活動目的とその内容

本プロジェクトは、ホンジュラス共和国の中央部に位置するコマヤグア市にある「農業開発研修センター」（以下、「センター」と言う）にて実施された。コマヤグア市は標高が約600m、年平均降雨量が約1,000mm前後の小都市である。センターは、1980年代初頭に日本の無償資金協力にて建設された。

プロジェクトの目標³⁾は、小規模かんがいシステムに関する技術基準が作成されることであった。同協力の中では、かんがい排水、水利構造物、栽培の3分野について技術協力が実施され、5名の日本人専門家が派遣された。筆者が担当した水利構造物分野では、プロジェクトの実施期間中、延べ2名の日本人専門家が派遣された。筆者は、後半の期間、プロジェクト終了までの約2年9ヶ月間にわたり当該分野の業務を担当した（1997年1月から1999年9月まで）。

水利構造物分野の業務実施計画³⁾としては、次の5点が掲げられた。

*秋田県由利総合農林事務所（Tel. 0184-22-7554）
（元ホンジュラス国かんがい排水技術開発計画専門家）

①現況施設の調査、②取水工の設計に関する技術基準案の策定、③配水工の設計に関する技術基準案の策定、④付帯施設の設計に関する技術基準案の策定、⑤建設材料に関する技術マニュアル案の策定、である。このほかには、先に記した3分野全体に関わる活動として、策定された技術基準案を現地のほ場にて実証することが計画された。このためには、まず最初に、かんがい排水分野における水源の利用可能量やかんがい粗用水量や洪水量、いわゆる、かんがい計画を樹立することが必要とされ、当該分野では、その結果に基づき、かんがい水路の施設計画、実施測量・設計及び実際の現場にて工事を実施し、小規模かんがい施設を建設することとされた。建設された施設により手当てされたかんがい用水は、栽培分野の作付計画に基づき、実際の農家ほ場にてプロジェクトで選定された作物の栽培を実施することとされた（本報文では以下、当該ほ場を「実証ほ場」と言う）。

3. 実証ほ場の選定と施設計画の方針⁴⁾

プロジェクトの対象地域であるコマヤグア盆地は、平野部ではすでに大規模な作物生産が行われていた。また、小規模なかんがいシステムの改良というプロジェクトの目標に資する観点から、実証ほ場は、同盆地の中でも丘陵地にある小規模な団地を対象に建設場所の候補が選定された。

(1) 実証ほ場の選定

コマヤグア盆地において実証ほ場を選定するに当たっては、具体的には次の観点からいくつかの候補地を選定し、最終的に「セイス・デ・ノビエンブレ」地区を選択した。

1) 「小規模かんがい」の意味づけ

プロジェクトに在籍した、ホンジュラス共和国側の土木技術者および栽培技術者との議論に基づき、かんがい水路の水掛かり面積の上限を約50 haとし、かつ、一人当たりの農地の経営面積を5 ha以下として、「小規模かんがい」を定義づけた。

2) 水源の状況

実証ほ場の小規模かんがい水路を建設するには、一般的にほ場の周辺に水源が存在していることが条件となる。このため、コマヤグア盆地の溪流沿いの農地を踏査し、かんがい施設の状況を調

査した。特に、乾季および雨季の無降雨期間において水源に利用可能な流量が賦存していることに着目した。

3) 水利用形態

開水路によるかんがい用水の手当てを前提としていたことから、個人の農家を対象とするのではなく、集団で水利用を行う農家群を対象とした。しかしながら、一般的にはホンジュラス共和国では、集団で水利用を行い施設を維持管理していくことが慣習として定着していなかったため、実証ほ場の選定に当たっては、現状においてすでに複数農家を対象にかんがいしている地区で、施設の機能不全のため十分な用水が確保できていない農地に注目した。また、集団で施設の維持管理を行っていかねばならない観点から、集団内の意思統一を図り、リーダーシップを発揮できる人材がいる農家集団を対象にすえた。

4) 営農形態

ホンジュラス共和国では天水だけで作付けが可能な基礎穀物、トウモロコシや米やソルガム等が多くの小規模農家により栽培されている。しかし、プロジェクトではかんがい用水を利用しての収益性の高い、つまり品質と量次第で輸出ができる作物、例えば、トマト、スイカ、ピーマン、キャベツ等を実証ほ場に作付けする計画としていた。したがって、対象農家としては、高収益の野菜を栽培した経験があるか、または、栽培したい意向が強い農家集団を選定する必要があった。

以上の観点から、コマヤグア盆地において1997年3月から同年6月にかけて実証ほ場の候補地を踏査し、最終的にプロジェクト内の総意として先述した地区を選定した。

(2) 施設計画の方針

実証ほ場に関連するコマヤグア盆地内の踏査やホンジュラス共和国内の小規模かんがい施設の一般調査を行う過程の中で、次の点が小規模かんがい施設の問題点⁵⁾として浮かび上がった。

1) 水路の路線選定の不備

従前の開水路の多くは、往々にして素掘水路が河川の堤外地に設置されている。丘陵部では、日本のように河川改修がほとんど行われていないため単純に比較することはできないが、平水時には河川水位よりも高い位置、つまり「高水敷」に相

当する位置に開水路が設置されることが多い。このような素掘水路は、レキを多く混入する土質を主体としているため、経年変化により漏水が著しくなる。

2) その他の漏水原因

上記1)に記した原因による漏水の発生のほか、次の点も漏水を誘発させている。それは、家畜(主に牛)が水を求めて水路内に入り素掘水路の土羽が不整形になって、漏水を誘発するということがある。

3) 滞砂

河川からかんがい用水を導水する場合、その取水口は土のうにより締め切られていることが多い。丘陵地の小規模営農では、雨季においては天水に依存する場合がほとんどであり、その時期には取水口が土のうにより締められている。一方、乾季には土のうが撤去され、基本的に取水口は開放しとなる。そのため、一雨降れば濁流が水路内に流入し、玉石・レキ・砂が水路内に溜まってしまう。また、堤内に導水路がある場合、雨季の洪水時には水路の側壁を溢水した濁流が滞砂の原因となる。

4) 維持管理の不良による通水障害

小規模な開水路のほとんどを占める素掘水路では、定期的な維持管理が行われていない現状にあるため、雑草が水路内に繁茂し所期の通水断面が確保されなくなってしまう。

(3) 施設の整備水準

上記(2)で述べた点を踏まえ、実証ほ場における小規模かんがい用水路の建設に当たっては、単に経済性だけを考慮した素掘水路による水路改修は



写真一 1 セイス・デ・ノビエンブレ地区の現況：
1997年4月

行わないこととした。水路の整備水準の設定に当たっては、次の点を考慮した。

1) 「セイス・デ・ノビエンブレ」地区では用地上の制約から、おもに導水路区間については高水敷部分に設置せざるを得なかったため、洪水時に水路壁の裏込め部分が洗掘される可能性を考慮し、ラインニング水路ではなく自立できる矩形断面とした。

2) 家畜が水路内に入りにくい断面にする意味からも、ラインニング水路の台形断面よりは矩形断面の方が望ましいと考えた。

3) 水路の建設材料としては、コマヤグア盆地で容易に入手可能なレンガと近傍の河川内ですぐ入手可能な玉石とを主体にした。このため、水路構造としては、レンガ積みまたは玉石積みの底版と水路壁とした。ただし、レンガ積みの内断面は、粗度係数を小さくするためモルタルで表面を仕上げた。雑草の繁茂を防止するという機能も考慮して、レンガ積みまたは玉石積みにしたものである。

4) 滞砂の防止としては、取水口に鋼製ゲートを設け、濁流が水路内に流入しないよう降雨時に簡単に取水口を締められる構造とした。また、導水路区間に沈砂用のコンクリート柵と放水路を設置し、滞砂および排砂を1カ所で管理できる施設を設けた。

以上の4点から、実証ほ場における小規模かんがい用水路の施設配置としては、取水工(鋼製ゲート付き)、導水路、沈砂柵および放水路、配水路となる。ただし、河川の高水敷部分を導水路が縦走する区間については、洪水時の安全性を確保するため、河川内の転石・土砂利を集積し水路保護用の簡易な堤防を設けることとした。

4. 小規模かんがい用水路の施工

用水路の施工は、大きく二つの時期に区分される。当初工事(1997年12月から1998年3月まで)と復旧工事(1999年1月から同年3月)の2回である。復旧工事は、1998年10月末にホンジュラス全土を襲ったハリケーンによって、本実証ほ場の現場において、洪水被害により施設の一部が全壊したため、その復旧工事を行ったものである。

(1) 施設の諸元⁵⁾

①地区名：セイス・デ・ノビエンブレ地区

- ②位置：ホンジュラス共和国コマヤグア県サン・ヘロニモ町
- ③受益面積：44ha
- ④用水量：0.224m³/s(現況通水能力0.172m³/s)
- ⑤受益農家戸数：59戸
- ⑥気象概況：平均気温23～27度(摂氏)，年間降水量1,200～1,700mm
- ⑦水源：ウムヤ川支流チュルネ川，取水地点流域73km²，10年確率洪水量336m³/s(10年確率雨量146mm)
- ⑧作付計画：雨季は稲作，乾季はトマト，ピーマン，スイカ等

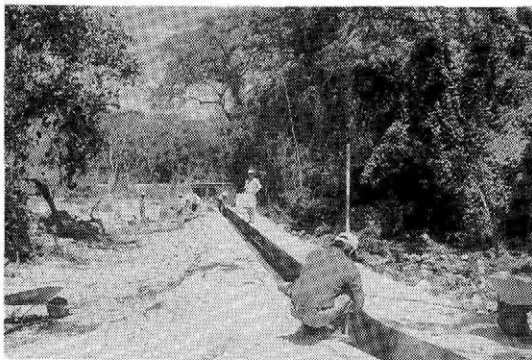
(2) 当初工事の概要

1) 施設計画⁵⁾

- ①導流水門(鋼製ゲート付き)：1カ所
- ②導水路(レンガ積み，モルタル仕上げ)：600(B)×550(H)，延長63m
- ③溪流取水工(展示用)：パースクリーン型
- ④沈砂枡(放水路付き)：鉄筋コンクリート製の沈砂兼余水吐枡1カ所，コンクリート管の放水路10m
- ⑤配水路(レンガ積み，モルタル仕上げ)：800(B)×600(H)，延長427m
- ⑥簡易堤防(土砂利による締め切り)：上幅2.0m，余裕高0.5m(10年確率洪水量に対し)，取水工部のみ蛇かごで保護(15m区間)

2) 施工方法

当初工事の施工は請負契約方式によった。実態としては，プロジェクトが位置するコマヤグア市には，建設機械・資機材と安定的に雇用されている労務人員を持っている建設会社が存在しなかつ



写真一 建設された小規模かんがい用水路：1998年4月

た。また，現場が街部から遠く交通の便の悪い場所にあったので，なかなか作業員が集まらなかった。このため，現場監督員や鉄筋工や左官工などの熟練工は別として，普通作業員については受益農家から出てもらうこととした。

この時点では，あくまでも基本は請負契約であるので，農家の工事への参加は部分的な範囲にとどまっている。農家の参加方法は，建設会社による臨時雇用という形態とし，働いた日数に応じて一週間ごとに労賃が支払われた。関係受益者59戸のうち，常時10人ぐらいが作業員として工事に参加した。仕事の内容としては，建設会社の現場代理人の指示の下，水路の土工やコンクリートの練り混ぜ・運搬などの単純労務が主であった。

(3) ハリケーンによる被害の発生

当初工事は，1998年の3月に竣工した。同年11月からの乾季に向けての通水が開始されようとしていた矢先の10月末，ホンジュラス共和国にとっては今世紀最大とされる「ハリケーン・ミッチ」が来襲した。ミッチによる一週間にわたる降雨により，全土が大規模な洪水被害に見まわれた。死者が約7,000人，行方不明者が約8,000人，被災者が全国民の約半分という大惨事であった。経済的には，GDPの約70%の損失を被ったとされている。農産物もその約7割が損害を受けたと言われ，基礎穀物の輸入が常時の倍近くまで必要になるものと予測された。

プロジェクトで建設された小規模かんがい用水路も，チュルネ川の洪水被害を受けた。簡易堤防



写真二 洪水被害にあった小規模かんがい用水路(1998年11月) 沈砂枡の排砂ゲートだけがよじれた格好で残っている。

を越えた濁流が、導水路と配水路の一部、両水路の接続箇所を設置した溪流取水工と沈砂枡（放水路付き）とを破壊した。被害金額としては、日本円換算で当初工事の建設費約300万円のうち、その約3分の1が完全に流失した。

(4) 災害復旧工事の概要

1) 施設の復旧計画

- ①導流水門（鋼製ゲート付き）：1カ所（既設利用）
- ②水路復旧（玉石の練積み）：600(B)×550(H)，延長74m
- ③沈砂枡（放水路付き）：鉄筋コンクリート製の沈砂枡1カ所，無筋コンクリート底版および土のう積み側壁の放水路6m
- ④簡易堤防（土砂利による締め切り）：上幅3.5m，盛土高1.2～2.0m，延長200m，蛇かごによる法面保護109m

2) 施工方法

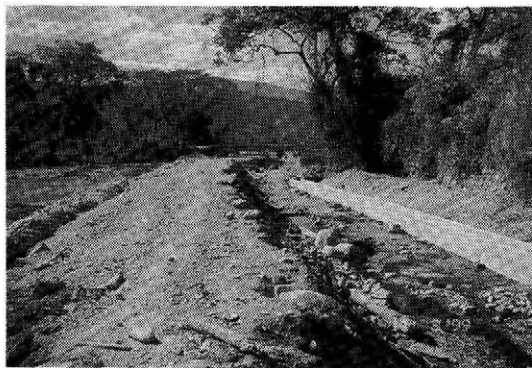
復旧工事の施工方法は、2種類に大別される。建設会社への請負方式と農家による直営方式である。

①建設会社の請負方式による水路復旧

上記1)に記した施設復旧のうち、工事の内容として高度なもの、つまり重機を使用する工種や鉄筋コンクリート工事については、請負方式による復旧方法を採用した。具体的には、沈砂枡（放水路付き）の設置と工事中の仮締め切りおよび簡易堤防の築立である。

②農家による直営方式

上記1)に記した施設復旧のうち、今後の維持管理に資する工種や現場周辺に賦存する材料を多



写真—4 復旧されつつある小規模かんがい用水路：1999年3月

く利用できる工種については、受益者自身による直営方式とした。ただし、購入しなければならない資材や運搬機械については、プロジェクトで手当てした。水路の復旧に当たっては、中心線と測点および縦断勾配の設置に関しては、プロジェクト側の技術者が担当した。直営で行った工種としては、玉石積みによる水路復旧と蛇かごによる簡易堤防法面の保護がある。

5. 農民参加の実態と今後の課題

本項では、受益農家が主体的に小規模かんがい用水路の建設工事を担った、ハリケーン被害後の復旧工事について、農家による施設建設への参加実態について述べる。その後、今後農民参加による小規模かんがい施設を建設するに当たって留意すべき点について、事例に即して記す。

(1) 受益農家による施設建設への参加実態

受益農家が直営で行った復旧工事の工種としては、玉石積みによる水路と蛇かごによる簡易堤防の法面保護がある。また、上記2工種において共通で使用する玉石については、工事現場周辺の河川敷から農家自ら採取した。

1) 玉石の採取

玉石は、工事現場のあるチュルネ川の本流であるウムヤ川から採取された。洪水流下後のウムヤ川の河川敷には数多くの玉石が賦存していたため、受益農家による人海戦術で玉石の採取を行った。受益農家59戸のうち、毎回15名程度が一週間交代で労務提供を行った。玉石の採取と積み込みを行い、プロジェクトで提供した軽トラックまたはトラクターで工事現場まで運んだ後、積みおろしと集積を行った。労務提供は、結果的に全くの無償行為によるものとなった。

2) 玉石積み水路の復旧

縦断勾配を決め、それに基づいて水路底面の床掘りを行うところまでは、プロジェクトが所有する測量器具やバックホーを用いて行った。床掘りについては、水路の復旧計画路線沿いに洪水後の土砂や流木が堆積しており、人力では多くの時間を要すると判断したためプロジェクト側の予算で行い、その後、床掘り面の基面整形や型枠設置や玉石の設置、モルタルの打設は、農家自らが行った。型枠の設置では、カーブ設置箇所のコンクリ



写真—5 「現場適用技術」を農家自ら駆使して型枠を設置 (1999年2月)

ートパネル板と直線部に用いる普通の板材については、プロジェクト側で貸与した。また、セメントも同様に貸与した。その他の玉石や砂、型枠設置の雑材料等は全て農家側で準備し、型枠を設置に当たっては、現場付近にある流木や木の枝などをうまく加工して利用していたのが特筆できる。

この水路復旧作業には常時8名の作業員が従事したが、水路建設にはある程度の精度が要求されることおよび左官工事を伴うことから、基本的には作業員を固定して復旧に当たった。

3) 蛇かごによる堤防法面保護

蛇かごについては、復旧を急ぐ必要があったことから既製品を利用することとし、プロジェクト側で支給した。蛇かごの輸入・販売会社の技術者が工事現場まで来て、関係農家を対象に半日間、蛇かごの組み立て方や据え付け方、玉石の詰め方について現地指導を行った。蛇かごの設置作業に携わった農家は12人だったが、日ごとに作業効率が上がり作業内容に習熟していった。蛇かごを組み立てる班と玉石を運搬して投入する班、玉石を蛇かご内に詰めてかごを閉じながら編んでいく班とに分かれて作業を行った。

(2) 農民参加における今後の課題

セイソ・デ・ノビエンブレ地区において行った小規模かんがい用水路の建設工事においては、「農民参加」の手法により、施設復旧を行うことができた。今後、ホンジュラス共和国内の同じような地形的・営農的条件を有する地域において、同種の小規模かんがい施設の建設工事を農民参加により実施していくには、以下の点に留意する必要がある。

1) 小規模農家集団の置かれている現状

河川から取水しほ場まで開水路で導水した水を利用しようとしている農家集団を念頭において、彼らが置かれている状況を次に述べる。これらは、農民参加を得ながら小規模かんがい施設を建設していくうえで考慮しなければならない前提条件となると考えられる。

①現金収入の場が非常に乏しいこと

施設を建設するためには、現場で容易に入手できる建設材料とは別に、どうしても購入せざるを得ない資機材が出てくる。通常的生活だけで精一杯である小規模農家にとっては、この購入資機材の負担が施設の建設を決断するうえでの大きなネックとなる。

また、施設建設に参加してもらう代価として労賃を支払う場合、集団内でだれが収入の場を得るのかをめぐって波紋が生じることがある。これは、集団内の結束とリーダーシップの発揮を弱める方向に働くものと考えられる。

②農作業の時間帯と工事労務の時間帯とが合わないこと

通常、小規模農家の農作業は気温の高い時間帯を避けるため、朝早くから開始し昼前には終了するのが慣行となっている。一方、工事は、一般的に午後4時頃まで作業が継続される。そのため、工事に参加した農家は当初、この作業時間帯になじむことができず、なかなか継続して働こうとしなかった。

③集団で協力して仕事を行うことに慣れていないこと

一般的に、ホンジュラス人は、個人として行動することを当然のこととしており、組織的に協力して仕事をこなすことに慣れていない。特に、金銭が関係してくる仕事では、他人を全く信用しない性向を強く持っている。

このことは、一応農家組織はあるものの、活動の実態が希薄であるとか、実質的なリーダーがおらず組織として機能しないとかの弊害をもたらす。

④施設を維持管理していかなければならないという意識が非常に希薄であること

ものは壊れてから直したらいい、というような考え方が支配的である。このため、施設を常に良好な状態で管理し、耐用年限を延ばしていこうという意識が希薄となる。維持管理は、機能不全が

発生する前にあらかじめ施設の点検・整備を行うものであり、このような「予防的対処」に対する必要性がほとんど認識されていない。

2) 農民参加に係る今後の課題

農民参加により、小規模かんがい施設の建設を受益農家自らが行うことによって、参加した農家は建設工程を熟知できると同時に、施設への愛着が醸成されてくる。その結果、受益者の主体性が発揮されやすくなり、良好な維持管理を受益者自らが行っていくうえでの動機付けとなる。この観点から、ホンジュラス共和国のように政府による農家への支援体制が弱体な国では農民参加による施設の建設と維持管理は重要な意味合いを帯びている。

ここでは、受益農家自らが納得し、率先して小規模かんがい施設の建設に参加するために、それを促す要因を前述したセイス・デ・ノビエンブレ地区の事例から抽出する。これは、1) に記した小規模農家集団の置かれている現状をいかに農家自らが改善できるか、また、その改善に事業主体側としてどう力添えできるか、という点に対する解決方針となる。

①受益農家全戸を対象に適正な労賃設定のもとに農民参加を促すこと

現金収入が極端に少ない丘陵・山間部の小規模農家に、小規模かんがい施設の建設に参加してもらうには、適正な作業労賃を設定し労賃の支払いが一部の農家にかたよらないようにしなければならない。農民参加を無償の労力提供という形で実現してしまうことは、国情にもよるが、農家の主体的な取り組みを促すという意味ではマイナス面を持っているものとする。当然のことながら、農家も自分のほ場での営農を行っており、工事で時間が割かれることになれば、その分自らの生計を確保する方がせざるを得ないということも一因でもある。ここで言う「適正な労賃」とは、市街地に出て行って同種の労働を行う場合に得られる平均的な賃金から、交通費や食費相当額を差し引いた額である。小規模かんがい施設の場合、工事現場は受益地、すなわち自宅の近くにあることが多いため、交通費や昼食代は金銭として支出する必要がないためである。

②かんがい施設の必要性や建設スケジュールを十分受益農家に説明し、納得してもらったうえで

工事への参加を依頼すること

セイス・デ・ノビエンブレ地区では、政府側（事業主体側）と農家側とで相互理解が不足している面が否めなかった。そのため、政府側はどちらかと言うと、農家に一方的に工事内容を通告するのみで、時間をかけて農家側の意見・要望を聞くという姿勢が乏しかった。

農民参加についても、農家側が無償で労力提供を行うのは当たり前という前提で考えている政府側技術者がいた。一方、農家側は、文章読解力や計数能力が不足していることを自覚していたため、政府側の説明を一方的に聞くことが多く、政府側との打ち合わせを通じて疑問点を一つ一つ解決していこうという意欲に乏しかった。つまり、両者の打ち合わせの回数がそれほど多くなかったこともあいまって、両者が打ち合わせを通じて互いに妥協点をさぐっていくという姿勢がいくぶん欠けていたように思われた。

このような点を踏まえ、農家自らの主体的意志に基づいて農民参加を促すには、施設計画の時点から十分な時間をかけて丁寧な説明を農家に行い、彼らの理解や意向を確認しながら打ち合わせを行っていく必要がある。特に、リーダー格の農家らには、設計内容や施工スケジュールを十分納得してもらうことが重要である。

③研修等を通じて作業内容を農家に熟知してもらうこと

今回の小規模かんがい施設の復旧工事では、蛇かごによる簡易堤防の法面保護について、作業に従事する予定の農家を事前に蛇かごの販売会社に連れて行った。そこでは視聴覚機器と実地体験によって、蛇かごの組み立て方と編み方、玉石の投入方法について研修を行った。また、蛇かごを実際に現場に設置するときには、販売会社の技術者が現場に来て現地指導を行った。この過程を通じて、個々の作業員がバラバラに作業を行っていたのでは、作業が思うように進捗しないことを農家自ら実感することができたと考えられる。

この結果、彼ら自身が考えて作業工程を三つに分けることを考え、ローテーションを組んで全員が協力して作業効率を向上させることができたと思感した。

一般的に共同作業に慣れていない小規模農家にとっては、共同作業の必要性を自ら実験しない

限り協力して作業を行うことは困難である。その意味で、事前に研修を行い、農家に共同作業の必要性和その内容を納得してもらおう機会を提供することは、現場での施設建設を円滑に行ううえで重要となる。

④施設の維持管理を良好に行うための組織化の必要性を農家に納得してもらい、その道筋を詳細に指し示すこと

複数の受益者を対象としたかんがい施設の場合には、組織的に維持管理を行っていくことが望ましいが、実際には、小規模農家の場合、組織化に必要な各種規約の内容や組織の運営手法、負担金徴収とその会計管理等について熟知した適任者がいないのが現状である。

また、関係農家の間には、新たに負担金を納めることに対する抵抗感があり、徴収した負担金が問題なく管理されるのかどうかということに関しても不信感をいただいているという問題もある。これらの問題点をすべて一挙に解決することはきわめて困難なため、可能な部分から組織化に向けた農家の合意形成を図らねばならない。

具体的には、まず、すでに組織化がある程度進んでいる先進地区に關係農家を連れて行って、組織の運営方法を直接聞き取る機会を設けることが必要である。次に、關係農家の間で組織化に対する抵抗感がある程度薄れた段階で、組織の設立に必要な規約類の例を代表者に提示し内容説明を行う。規約類の内容、特に負担金の単位当たりの金額やその徴収方法・管理方法については、農家の代表者と組織化を指導する側とで十二分に詰めることが必須条件となる。その後、時期を見て受益者全員を対象に、良好な維持管理を実現するための組織化の必要性和設立スケジュール、負担方法について説明し、關係者の十分な理解を得る。いたずらに組織化を急ぐことは、名目だけの組織となって実効が上がらない可能性があるため、關係農家の総意として具体的な組織の運営方針が確立されるまでは、拙速な組織化は厳に慎むべきである。

6. おわりに

近年では、各種の海外技術協力プログラムにおいて、その計画段階から施工段階まで、そのプログラムの受益者自らが主体的に参加するようなも

のが求められており、協力実施機関の側でもそのようなプログラムを企図することが重要視されてきている。

小規模かんがい施設の計画・建設に当たっても、この「農民参加」を実現することにより、受益農家自らが建設工程を熟知できると同時に、施設への愛着が醸成されてくる。その結果、受益者が主体的に良好な維持管理を行っていくうえでの動機付けが可能となる。

特に、政府による農家への支援体制が十分とはいえない国では、「農民参加」による施設建設と維持管理は、非常に重要な意義を有している。

本報文では、ホンジュラス共和国において行われたプロジェクト方式技術協力業務の一環として実施された小規模かんがい用水路の建設事例を取り上げ、その計画と建設の過程ごとに受益農家がどのように各過程に参加したか、その実態について詳述したものである。

そして、最後に、この試行錯誤を通じた「農民参加」の取り組みを通じて得られた問題点やその対処方針について筆者の考え方を述べたものである。

セイス・デ・ノビエンブレ地区で実施した、小さなかんがい用水路の建設が、受益農家の生活向上に少しでも貢献することと、その計画から建設に至る経過から得られた手法がホンジュラス共和国の小規模かんがいを必要としている地域に着実に根付いていくことを祈念したい。

この報文は、筆者がホンジュラス共和国に赴任する前や滞在中にお会いした農林水産省や外務省、国際協力事業団の方々や長期および短期の派遣専門家の方々から多くの直接的指導や示唆に基づき取りまとめさせて頂きました。紙面をお借りして深謝致します。

参考文献

- 1) 増淵克己：ホンジュラス国農業農村開発協力の概要、(社)海外農業開発コンサルタント協会、1995
- 2) 土器屋哲夫、ほか3名：ホンジュラスの農林業－現状と開発の課題－1999年版、(社)国際農林業協力協会、1999
- 3) 海老原洋司、ほか4名：ホンジュラス共和国かんがい排水技術開発計画 専門家最終報告

- 書，国際協力事業団，1999
- 4) かんがい排水技術開発計画：セイス・デ・ノ
ビエンプレ地区における技術基準案実証のため
の小規模かんがい工事最終報告書，ホンジュ
ラス共和国農業牧畜省かんがい排水総局，
1998
- 5) 桜井正信：ホンジュラス共和国かんがい排水
技術開発計画 短期専門家活動報告書，国際
協力事業団，1997

すいおん うらべ
 ～水恩～占部用水の歴史

渡邊 修士*
 (Shuichi WATANABE)

目 次

1. はじめに	72	3. 現在の占部用水	74
2. 占部用水の開発	73	4. おわりに	75

1. はじめに

愛知県は、日本列島のほぼ中央にあり、南は、伊勢湾や三河湾を擁するとともに太平洋に面している。木曾川を隔てて西は三重県、北は岐阜県に隣接し、東北は長野県、東は静岡県に接している。

県土は東西106km、南北94km、海岸線の延長は564km、面積は5,152km²で国土の約1.4%を占めている。

県内には木曾川、矢作川、豊川の三大河川がながれ、下流には肥沃な平野がひらかれている。今までに、これらの川からの豊かな水を利用して、

濃尾用水、木曾川用水、愛知用水、明治用水、枝下用水、矢作川用水、豊川用水といった大規模な用水が開削された。

本文で取り上げる占部用水は、岡崎市南西部・愛知県中央部を南流する一級河川矢作川中流部の左岸沿いに広がる、南北に長い地形勾配の緩やかな平坦地に位置している。現在約700haの農地を潤している用水である。

占部用水は、慶長年間（16世紀末）に開削され、四百年経過しており、用水路開削にあたり先人の偉業が語り継がれている。このことを踏まえて占部用水の歴史について報告していきたい。



*愛知県岡崎農地開発事務所 (Tel. 0564-27-2772)

図-1 占部用水位置図

2. 占部用水の開発

現在の岡崎市国正町・中村町・定国町・正名町は、もと占部四郷と呼ばれていた。その由来は、西暦866年(貞観8年)、占部日良麿が三河権守となり、正名に館を構えたことに始まる。占部日良麿は、荒涼たる原野を見て開墾を決意し、多くの人々を使って開墾させた。これにより、占部四郷の地は、耕地が多くなっていった。その後、占部日良麿の「占部」の名にちなんで、当地は誰いことなく占部と称されるようになった。

占部四郷の地は、開墾されたものの、用水路がないため、降雨が長く続くと水害に悩み、晴天が続けば干害に悩まされていた。雨水だけがたよりの天水場では、農民は安心して作物を生産することが出来ずにいた。およそ七百年もの間このような状況が続いていた。

慶長のはじめの頃、耕地があっても用水路がない状況を常々遺憾に思っていた正名の住人野本新十郎と中村の住人渡邊弥蔵は、占部の地に用水路を作り、良田にしたいと考えた。

1598年(慶長3年)両氏は、水源を、矢作川と乙川(菅生川)の合流点で水量の多い天伯町(旧福島新田村)地内に決め、開発に着手した。計画

した水路延長は約8kmにわたるものであった。

しかしながら着手後、農民から反対の声が続出してしまった。その主な理由は次のとおりであった。

- ① 用水路開発には多くの費用と手間がかかり、農民の負担が増大する。
 - ② 用水路を作るとその部分の土地がつぶれ先祖伝来の土地がなくなる。
 - ③ 用水路の堤防が決壊して水害の恐れがある。
- 両氏は東奔西走し、反対する者に対して次のように説得し協力を求めていった。
- ① 用水路が完成すれば水の便がよくなり、良田が増加し、農作物の生産量が増え生活が安定する。
 - ② 用水路開発は農民のためであり、水路を作ることによってつぶれる土地は、できるだけ替地をあてるようにし、工事の負担は最小限にする。
 - ③ 用水路は掘割りにするため、堤防が決壊して水害を起こす心配はない。

多大な苦労はあったが、両氏の用水路開発の初志貫徹の心は変わらず、寝食を忘れて工事を進めていった。出費が増大すると自分の田畑・山林などすべて売り払い、工事費にあてるほどであった。

1603年(慶長8年)4月15日、両氏の熱心さが幕府に認められ、幕府から御墨付が渡された。御墨付の主な内容は次のとおりである。

- ① 占部四郷以外の村が用水を必要とするときは、1村につき貫銭五百文。
- ② 杭が必要なときは、代官地頭が責任をもって準備する。

両氏が手がけた用水路の開発は、5年の歳月を費やし、占部用水本流8kmを完成させたのである。

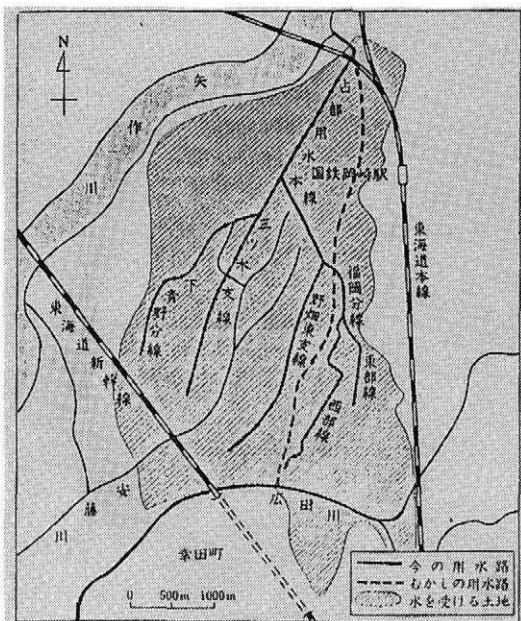


図-2 昔の占部用水位置図

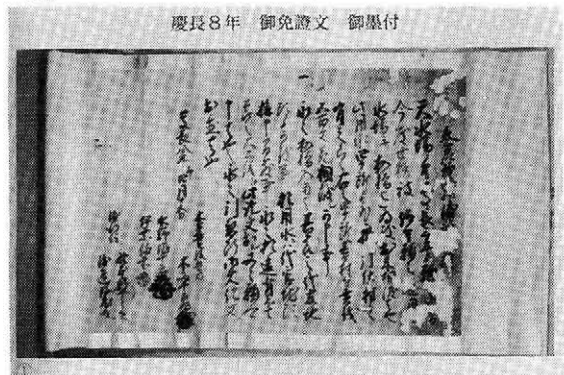


写真-1 御墨付

しかしその一方で、用水路は完成したものの、両氏の生活は破壊され、妻子とは離散し行方もしれず、家名も断絶してしまった。

用水路完成後に国正町地内に向けられた橋は、思案橋と呼ばれている。農民のために手がけた仕事なのに農民から反対され、思案にくれた二人の気持ちを察して、だれいうとなく思案橋と呼ぶようになった。

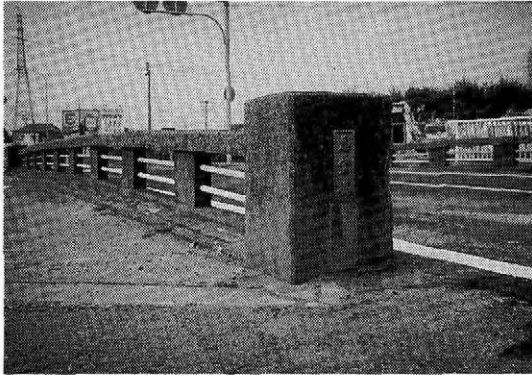


写真-2 思案橋

現在の橋は占部川改修で百メートル以上東方に移築されているが、その名は残されている。

また、正名町にある占部川神社は、野本新十郎と渡邊弥蔵のふたりが用水の守護神として祭られている。そして、正名町の永応寺では、春さきに二人の遺徳をしのぶため、水恩忌が現在も営まれている。



写真-3 占部川神社

占部用水完成後、いくつか分水され、かんがい区域は徐々に拡張していった。明治16年には、県令、国貞廉平氏水路の大改修が行われ、受益地が最大となった。

3. 現在の占部用水

昭和の時代に入り、昭和7年から昭和13年にかけて県営かんがい排水事業により、路線の変更等大改修が行われている。

この地域を含めた西三河地域では、昭和19年、22年の大旱魃を受け、水利用の改善策が必要となり国営事業が計画された。

まず、矢作川農業水利事業（昭和27年4月から昭和38年3月）で羽布ダムが築造された。これにより水源確保はされたが、安定的な取水を図るため、矢作川第二農業水利事業（昭和37年4月から昭和54年3月）で、細川頭首工および乙川頭首工、幹線水路を、それぞれ完成させた。

占部用水も、統合した細川頭首工および乙川頭首工から取水され、天白分水工で分水し、末端まで管水路で配水されている。

管水路化の事業は、都市化が進み開水路に流入する排水により、農業用水の水質悪化を招いたため、行われた。用水は埋設管路とし、また、旧開水路は排水専用で、用水と排水を分離させ、県営の水質障害対策事業として昭和49年から順次実施している。

また、ほ場整備等も進められており営農さかんな地域である。

現在、占部用水は、なくてはならないものとなっている。

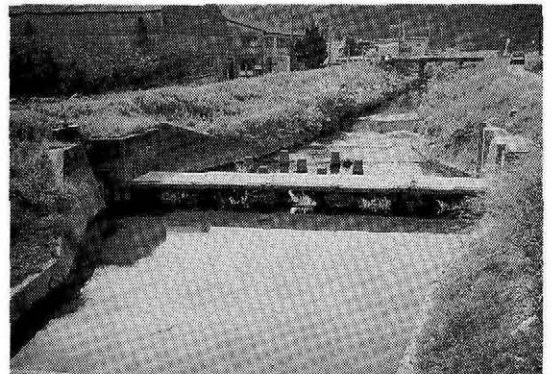


写真-4 回転大堰

占部川にある堰で、下流域の中村、定国、正名、永井、永野には生命線である。昭和末期まで汚水に悩まされていたが、今は鯉の大群を見るまでになった。湯水時に活躍している。

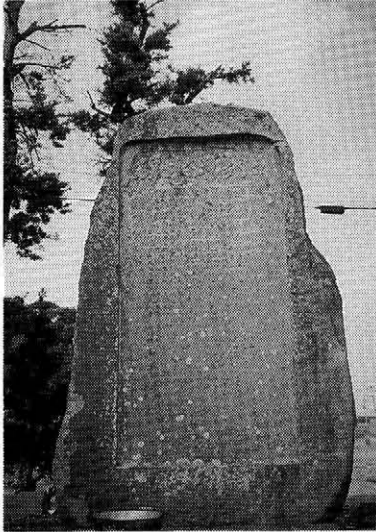


写真-5 占部用水碑

明治18年、国正町思案橋袂に建設されましたが昭和27年、占部川神社に移された。

4. おわりに

両氏が手掛けた用水事業は、今のように技術も発達していない時代に成し遂げられた大事業といえるであろう。現在、優良な農地が広がっているのも、この先人の偉業があったからこそである。地域の様相は変わっても、代々語り継がれ、水の恩恵を受けられるからだと言える。

2000年2月には、占部用水四百年記念祭が開催されている。先人を偲び、水恩を知る祭典であり、今後五百年、六百年への布石と言えるであろう。

先人の偉業を模範とし、我々農業農村整備事業にたづさわっているものは、今後、農業の果たす役割を考え、よりいっそう努力することが必要である。

参考文献

占部用水開鑿四百年記念誌

農業用施設機械設備の更新手法について

市野吉造*
(Kichizo ICHINO)

1. はじめに

土地改良施設を構成するポンプ設備、ゲート設備等の機械設備や受変電設備、水管理制御施設等の電気・通信設備は、土木構造物と比べて耐用年数が短く、土木構造物を更新するまでには数度の更新が必要となる。また、これら設備は、主に機械的、電氣的に損耗等の劣化をするため、設備の機能を保持するためには、部品交換や補修等の維持管理を適切に行う必要がある。そして、維持管理を適切に行っても、設備の機能を保持することが困難になったとき、更新する必要がある。

設備の更新時期を決定する要素として、その設備の維持管理状態（点検整備、補修等）が大きなウェイトを占める。一般に良好な維持管理のもとでは、設備の寿命も長いですが、劣悪な維持管理のもとでは、寿命も短く長期に亘る良好な機能の保持は期待できない。

設備の更新目安として耐用年数が挙げられるが、実際には、設備の使用状態、使用環境、設備構成、さらには維持管理状態などによって、設備の状態は様々であるため、同種の設備であっても耐用年数を一律に決めるのは困難である。従って、個別の設備を診断してその状態を判定することがより重要であり、その診断手法、判断基準の確立が必要となる。

また、社会環境の変化に伴う設備の目的・機能変更などの必要性から動機づけられた更新もあり、この場合は、現在の設備を改造又は更新するのに必要な所要経費や、これら経費以外に、改造又は更新後の期待される余寿命についても検討する必要がある。

さらに、設備全体を更新するのか、設備・装置を部分的に更新するのか、機器単位の部品交換とするのか等、設備全体の将来の余寿命も予測しながら、更新の範囲をどこまでにするのかについても検討する必要がある。

しかしながら、これら検討に必要な技術的判定資料等は、これまで整備されていなかった。

そこで、この度、農業用施設機械設備のうち、ポンプ設備、ゲート設備（頭首工の鋼製ゲート）、電気設備と水管理制御施設の合理的・経済的な更新の手法等について、実態調査結果等を踏まえ、「農業用施設機械設備更新技術の手引き」として取りまとめたので、その概要について紹介する。

なお、詳細については、「農業用施設機械設備更新技術の手引き」（平成12年9月22日、構造改善局建設部長名）を参照されたい。

各設備の更新に関する実態調査は、故障履歴、補修・整備履歴、更新実態、耐用年数の判断等について、管理者（土地改良区等）やポンプ、ゲート、電気設備の各メーカーに調査依頼し分析した。

調査施設の内訳を次に示す。

①ポンプ設備：用水機場	61施設
：排水機場	104施設
②ゲート設備：頭首工の鋼製ゲート	103施設
③電気設備：上記ポンプ、ゲート設備に関連する受変電設備	
ポンプ	150施設
ゲート	73施設

*構造改善局建設部設計課設計技術指導官 (Tel. 03-3502-8111 (内3948))

「手引き」の構成を次に示す。

- 第一編 総論
- 第二編 ポンプ設備
- 第三編 ゲート設備
- 第四編 電気設備
- 第五編 水管理制御施設
- 参考資料

第一編総論は、各設備の更新に関して共通する内容や事項、つまり更新の技術的体系及び手法等について総体的に記載している。

第二編から第五編の各設備については、設備毎に具体的内容は異なるが、以下に示すような共通項目だてとしている。

第1章 設備の劣化

- 1.1 劣化と故障
- 1.2 劣化要因と現象
- 1.3 故障履歴，点検・補修・整備履歴管理
- 1.4 劣化と保全

第2章 設備の更新

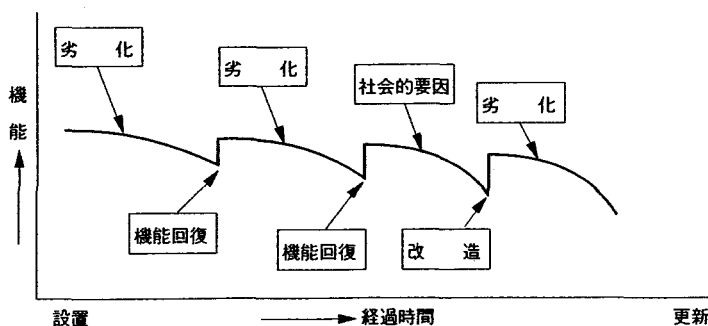
- 2.1 設備の診断
- 2.2 信頼性評価と余寿命予測
- 2.3 設備の更新判断
- 2.4 設備の更新範囲

「手引き」の概要を項目毎に、以下に説明する。

1. 設備の更新の基本的手順

設備が設置され、供用開始して、その後更新に至るまでの概念的な経過を図一1に示す。図において、劣化には、摩耗・損傷・疲労等の機械的劣化、そして、絶縁不良・接触不良等の電氣的劣化等がある。これら劣化が顕在化して、やがて機能低下や故障と認識されると、修理、部品交換等による機能回復が行われる。また、地域社会情勢が変化し、現状の機能では対応できなくなったときは、改造等を行い対応する。そして、これら対応をしても機能回復することが技術的・経済的にも不利になったとき、設備を更新することとなる。(図一1)

本「手引き」では、設備の延命化や保全コストの低減、さらには、更新をいかに効率的・経済的に実施するかを基本的観点にしてまとめている。



図一1 設備設置から更新までの時間経過

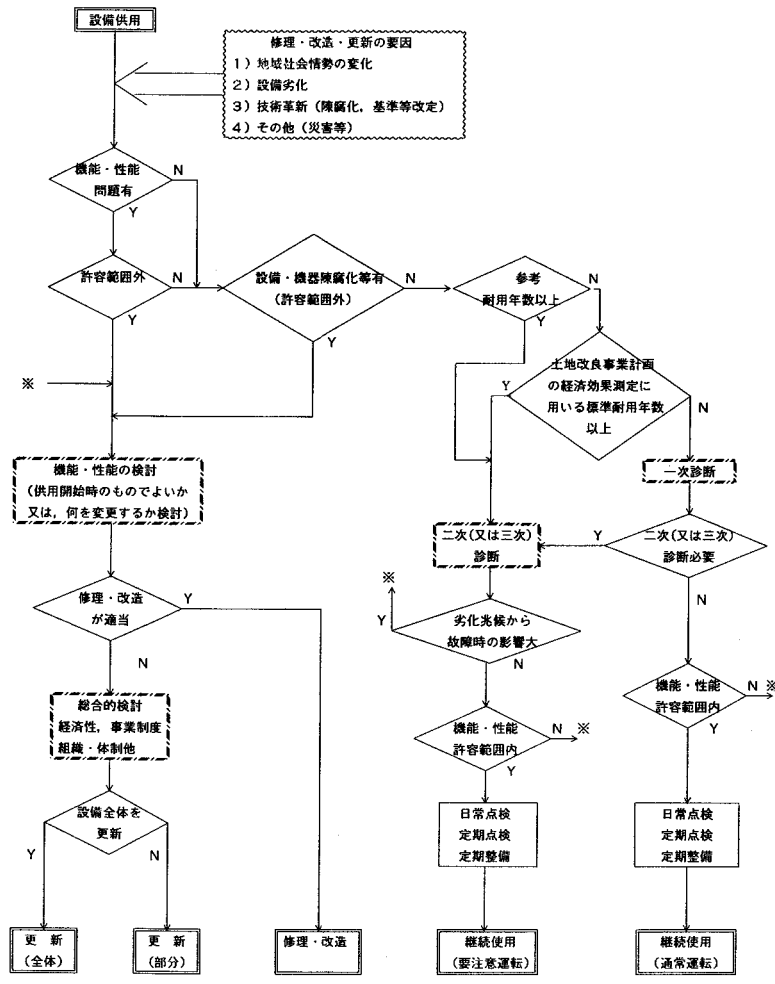


図-2 設備の更新の基本的手順

注) なお、劣化診断関係の詳細については、各設備編の「診断の基本的手順の図」を参照のこと。

設備を更新する場合は、(a)管理主体の財政面や管理体制(b)また将来の地域を取り巻く情勢変化を見込んだ機能・性能を考慮して、どのような設備とするのか(c)現設備の余寿命を予測していつの時点で更新するのが経済的に適しているか(例; ライフサイクルコストによる評価) (d)さらには、管理や更新関係の補助事業制度等の適用などの「総合的検討」を行って対応方針を決めていくことが重要である。

設備の補修や改造さらには更新について検討する場合には、補修や改造が必要になった原因や更新の必要理由、緊急性、経済性、効果(評価)などについて可能な限り定性的、定量的に把握することが必要である。(図-2)

設備の補修、改造あるいは、更新の要因を整理すると次のように分けることができる。

(1) 地域社会情勢の変化

地域開発による変化や営農形態の変化、あるいは生活環境対策等に対応するもので、原因が施設側の事情によらない要因。

①地域開発に伴う変化

地域開発が進み、受益地区・面積の変化や関係流域の変化等

②施設周辺の環境条件の変化

混住化等による生活環境への対策(騒音、振動、排気ガス等)

③営農形態の変化

水田汎用化や、営農作物の変更等による水の需要量・時期・使用条件の変化等

④施設管理組織・体制の変化

管理体制等の変化（管理要員の高齢化や減少）

(2) 設備劣化

機械設備等は運転（又は稼働）の時間的経過とともに、腐食や摺動部の摩耗が進行する。これによって、機能が低下したり、故障したりする。

機能を保持するためには、設備を適切に補修・整備することが重要である。しかし、補修・整備しても、やがては機能が低下して信頼性が確保できなくなり、運転（又は稼働）が不可能となる時期（＝寿命）がくる。

摩耗や腐食等の程度から機能低下の度合いや故障の状況・頻度等により、補修か、改造か、更新（部分的又は全体）するのか、その対応が異なってくる。

(3) 技術革新

技術進歩に対応して各種技術基準等が改定になり、現時点の基準等と、設備を設置した当時の基準等との相違が大きく、設備の安全性に問題がある場合や、電気設備を構成する汎用機器・部品の中には、ある程度の年数を経過するとモデルチェンジされて、旧機器・部品は製造中止されるために、設備への補給や修理が困難となる場合がある。

(4) その他

風水害、地震災害、雷害や火災等により設備が直接損傷を受けた場合。

また、土木構造物が災害を受け、沈下、ひび割れ等の損傷が生じることにより、二次的に機械設備等が損傷を受ける場合もある。

2. 設備の劣化

(1) 劣化と故障

設備を構成する機器・部品は、一般的に使用時間の経過とともに、初期故障、偶発故障、摩耗故障の順に推移して、次第に劣化も進んでいく。

使用時間と発生する故障の関係を図-3に示す。（この曲線を、バスタブ（Bath-tub）カーブと呼ぶ）

機器・部品の劣化は、製造された時点から様々な要因によって、徐々に進行し、設計上の許容範囲を超えたときに故障として現れる。

劣化による故障は、通常、摩耗故障期に現れる。

機器・部品の劣化が重合して、やがて設備の機能低下や故障として現れてくる。

故障も、農地や農作物、地域住民に被害を及ぼすことが懸念されるような重大な内容・程度のものから、他にあまり影響を及ぼさない軽度なものまで、様々である。

(2) 劣化要因と現象

劣化要因には電氣的、機械的、化学的、熱的、環境、その他の要因がある。

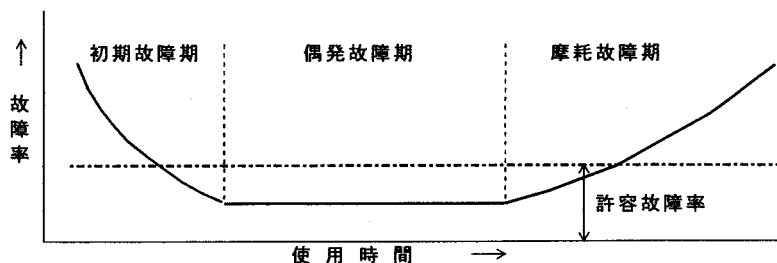
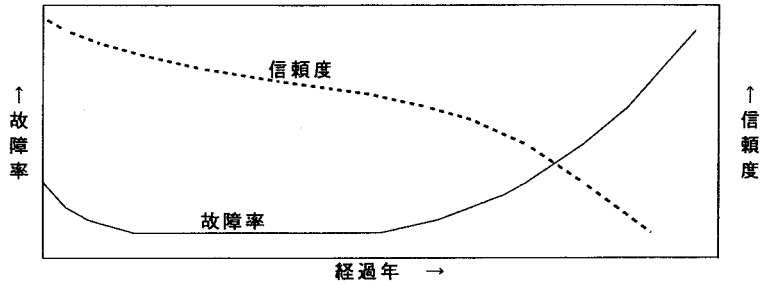


図-3 使用時間と発生する故障



図一 4 故障率，信頼度と経過年の関係

劣化要因別の代表的劣化現象を次に示す。

実際には，各設備毎に，また劣化の程度により，その現象や状態に差異がでてくる。

(a) 電気的要因

- ①部分放電に伴う絶縁劣化
- ②開閉サージ，雷サージ等の異常電圧による絶縁劣化
- ③局所高電界部での部分破壊による絶縁劣化

(b) 機械的要因

- ①回転部，摺動部，接触部の摩耗
- ②機械的衝突，機械的負荷の繰り返しによる疲労（亀裂，破損）
- ③引張り，曲げ，圧縮，ねじれ応力によるひずみ等

(c) 化学的要因

- ①有害物質（腐食性ガス等）による腐食

(d) 熱的要因

- ①発熱による絶縁物の劣化
- ②発熱による変形，ひずみ
- ③過大電流，電流開閉時のアーク放電による局部的溶融，溶着

(e) 環境要因

- ①気象条件（温度変化（季節，昼夜等），凍結等）に起因する破壊等
- ②日光（紫外線），酸素（オゾン）による劣化
- ③飛砂の付着による摩耗等
- ④湿気等による絶縁劣化

(f) その他要因

- ①ネズミ等によるケーブルの食害，蛇の電気盤内侵入によるショート
- ②鳥，昆虫等の糞，巣等の付着による腐食等

3. 故障履歴，点検・補修・整備履歴の管理

設備の故障や点検・補修・整備の履歴を所定の様式により記録し，設備の機能・性能がどのような状態にあるかを絶えず把握しておくこと（＝履歴管理）が重要である。点検・補修・整備の履歴は，設備の機能・劣化状態等を定量的に把握するための基礎資料として可能な限り詳細に記録しておくことが望ましい。また，これらのデータの変化や推移をみることは，設備の異常な兆候をいち早く発見するのに役立つ。

履歴管理に必要な項目，内容を表一 1 にまた，故障履歴管理表の例を表一 2 に示す。

設備毎の具体的な項目等は，各々の設備編のところに記載している。

表一 履歴管理に必要な項目と内容

項 目	内 容
点検・保守記録 整備・補修記録	日常、定期、臨時点検結果、外部委託の場合に要した費用 整備・補修内容、整備・補修年月日、補修交換部品等名称 整備・補修に要した費用
故障・修理記録	故障部位、故障内容、故障原因、故障発生年月日、 修理処置内容、交換部品等名称、修理年月日、 修理に要した費用
運転記録	運転時間（総運転時間、年平均運転時間、年毎運転時間等）

表二 水管理制御施設の故障履歴管理表の例

発生 年月日	現 象		原 因		修 理			修理費 (円)	備 考
	内 容	影響の 重要度	内 容	原因の 種別	処 置 年月日	内 容	故障 レベル		
94.2.8	No1取水ポンプの遠隔 手動操作が不能	重	TC-TMのプリント板 のコネクタの接触不 良	Ⅲ	94.2.16	コネクタを交換した	P		
94.3.5	記録計の紙送りが不 能	中	記録計の紙送り機構 が摩擦で動作不良	Ⅱ	94.3.25	記録計を代替品と交 換した	Q		

注) 影響の重要度、原因の種別、故障レベルについては、2.1設備の診断を参照のこと

4. 劣化と保全

設備に対して、設置当初から良好な使用環境の管理と適切な保全を行うことにより、劣化の進行を遅らせることが可能である。従って、良好な使用環境の管理と計画的かつ適切に設備を保全することが必要である。

設備の劣化形態は一般に次の3タイプに分類される。

(1) 故障率増加形 (IFR; Increase Failure Rate)

故障率が時間とともに増加するタイプで、構造の簡単な設備ほどこの傾向にある。

(2) 故障率一定形 (CFR; Constant Failure Rate)

故障率が時間とは関係しないタイプで、構造の複雑な設備ほどこの傾向にある。

(3) 故障率減少形 (DFR; Decrease Failure Rate)

故障率が時間とともに減少するタイプ。

また、設備の保全方式は一般に図-5のように分類される。

予防保全 (Preventive Maintenance) は設備・機器の使用途中で故障を未然に防止し、設備・機器を使用可能状態に維持するために計画的に行う保全方式で、使用時間を根拠に保全を実施する時間計画保全 (Time Based preventive Maintenance) と、設備診断によって設備の状態を観測して、その観測値に基

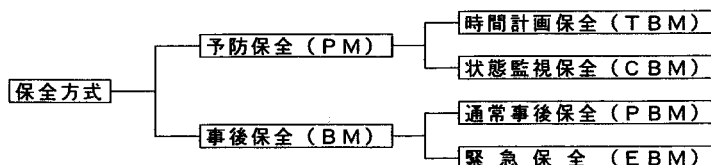


図-5 保全方式

づいて保全する状態監視保全 (Condition Based preventive Maintenance) とに分けられる。

事後保全 (Breakdown Maintenance) は、故障が起こった後で設備・機器を運用可能状態に回復するために行う保全方式で、“壊れるまで使ってから保全する”という通常事後保全 (Planned Breakdown Maintenance) と“予想外の故障に対して緊急に取り替え又は修復する”緊急保全 (Emergency Breakdown Maintenance) とに分けられる。

表-3 に各保全方式の特徴、図-6 に設備の劣化形態と保全方式の一般的関係を示す。

5. 設備の診断

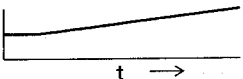
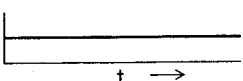
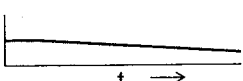
設備の診断は、「機能診断」と「劣化診断」を合わせ行うものである。「機能診断」は劣化診断結果から当該時点での設備の機能・性能が、どの程度の状態になっているのかを判断するもので、「劣化診断」は設備・機器の現在の劣化状態量を観測・把握し、異常あるいは故障に関する原因及び将来への影響を予知・予測するために行うものである。

設備の診断は、設備の管理者が主として行う一次診断、専門技術者が行う二次診断、さらに、設備・機器によっては三次診断とレベルを高めていく方法をとる。

診断する者の技術レベル等によって、診断項目 (調査方法、調査箇所等) や判定基準等にできる限り差異が生じないように考慮して、各設備毎に、一次・二次診断項目と判定基準値等を整理している。

表-3 各保全方式の特徴

保全方式	特徴
時間計画保全 (TBM)	故障率が時間とともに増加する故障率増加形に有効。 但し、この方式は設備を集団としてとらえ、統計的信頼理論により保全アクションを決定しているため、統計変動に起因する誤差を排除できない。
状態監視保全 (CBM)	設備の状態観測データを基にして、予防保全の時期や方法及び予備品の発注時期を決定するため、予防保全活動の信頼性や経済性を大きく改善できる。 ・適用できる設備の割合が大きい ・複雑な構造の設備に対して効果が大きい ・無力なランダム故障形の設備に対しても適用できる
事後保全 (BM)	設備・機器が故障した後に取り替え又は修理などの保全アクションをとる方式で、次の条件の場合に採用される。 ・突発故障の損害が少ないとき ・故障率が非常に低いとき ・点検や診断又は使用時間による故障の予測が不可能なとき ・完全な突発形故障の時 ・設備がスタンバイの予備を持つとき

劣化形態	劣化形態図 t : 時間 λ : 故障率	保全方式		
		P M		B M
		TBM	CBM	
故障率増加形 (IFR)		◎	○	×
故障率一定形 (CFR)		×	◎	○
故障率減少形 (DFR)		×	◎	×

注) ◎ : 最適 ○ : 適 × : 不適

図-6 設備の劣化形態と保全方式

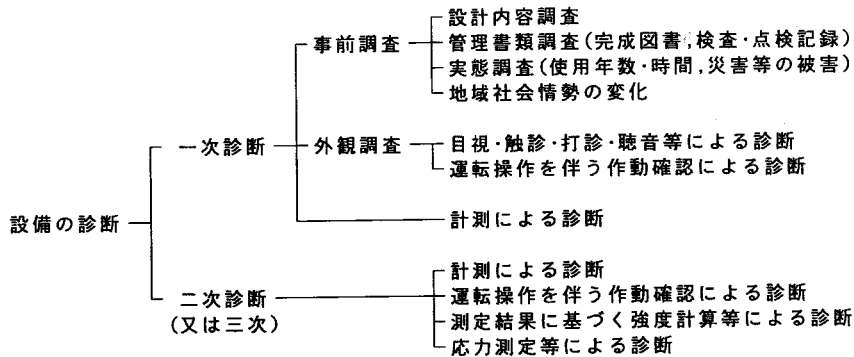


図-7 設備の診断体系

設備の診断体系を図-7に示す。ポンプ設備の場合の調査表、判定シートの例を、表-4、表-5、表-6に示す。

(1) 一次診断

一次診断は、目視、触覚、聴覚など人間の五感による判断と設備の付属計器類の指示値、日常・定期点検記録や整備・補修記録及び運転操作記録から異常の有無を確認するのが主な作業内容となる診断である。

一次診断での判定において、一定の評価点以上になった場合は、二次診断を行うようにし、一定の評価点未満の場合は、必要であれば異常箇所の部分修理を行って継続使用するような手順としている。

異常原因の確定や対策の決定は二次診断（さらに必要な場合は三次診断）に委ねる。

但し、劣化現象や劣化の程度が明確であり、二次診断を行うまでもない場合には、劣化程度に応じた適切な措置＝修理等を講じる必要がある。

(2) 二次診断（又は三次診断）

二次診断は、一次診断の内容に加え、専門技術者による、設備・機器の外部から計測機器等を用いた異常現象の定量的診断や、内部の定性的診断を主眼とし、早期の異常原因の判定と有効な対策を決めるのを目的とする。

この診断で異常があると判定されたとき、その異常の程度、内容から明らかに修理・改造又は更新を必要とする場合と、その異常の原因や故障部位を確認するために、さらに精密な検査が必要かどうかの判定を行う場合がある。後者の場合には三次診断を行う。

二次診断での判定において、一定の評価点以上になった場合は、機能・性能の検討を行った後、修理・改造か又は、更新するのかを判断する。そこで更新の判断をした場合は、更新する場合の経済性・管理組織体制・財政等の総合的検討を行って、更新の方針を決めるものとする。また、一定の評価点未満の場合は、必要であれば異常箇所の部分修理を行って継続使用するような手順としている。

三次診断は、専門技術者により、高度な計測器・分析器などの試験・検査装置を用いた劣化要因分析、振動解析、劣化部位の定量的な測定、場合によっては工場へ設備・機器等を持ち込んでの精密分解検査、余寿命の判定など高度な内容について診断し、二次診断では確定できなかった劣化原因の解明と修理・改造又は更新の必要性及びその具体的内容について最終方針を決めるものである。

6. 信頼性評価と余寿命予測

設備・機器の劣化の進行に伴い故障が懸念され、そのために、第三者等に対して重大な被害を及ぼすことが想定される場合には、設備の信頼性を確認した上で、使用可能な期間（余寿命）を予測しておくことが重要である。

信頼性評価は、維持管理の状態や機能の確認、機能に重大な影響を与える機器・部材等を対象とした非破壊検査や性能検査、使用実態調査や強度計算結果等に基づいて行う。

表一 4 ポンプ設備の調査表及び判定シートの一覧

機 器 ・ 部 材	調 査 表		判 定 シ ー ト	
	一 次	二 次	一 次	二 次
高吸込渦巻ポンプ	表2.2.1-5	表2.2.1-6	表2.2.1-7	表2.2.1-8
横軸軸流（又は斜流）ポンプ	9	10	11	12
立軸軸流（又は斜流）ポンプ	13	14	15	16
チューブラーポンプ	17	18	19	20
電動仕切弁	21	22	23	24
電動蝶形弁	同上	25	同上	26
逆止弁	27	28	29	30
フラフ弁	31	32	33	34
横軸巻線形三相誘導電動機	35	36	37	38
立軸巻線形三相誘導電動機	同上	同上	同上	同上
加形始動器	39	40	41	42
液体抵抗器	43	44	45	46
ディーゼル機関主要部	47	48	49	50
ディーゼル機関用給排気系統	同上	51	同上	52
ディーゼル機関用潤滑油系統	同上	53	同上	54
ディーゼル機関用燃料系統	同上	55	同上	56
ディーゼル機関用冷却水系統	同上	57	同上	58
ディーゼル機関用始動・停止空気系統	同上	59	同上	60
遊星歯車減速機	61	62	63	64
平行軸歯車減速機	65	66	67	68
直交軸歯車減速機	同上	同上	同上	同上
流体継手	69	70	71	72
流体継手付直交軸歯車減速機	73	74	75	76
原水系統	77	78	79	80
給水系統	81	82	83	84
滴水系統	85	86	87	88
冷却水系統（1次）	89	90	91	92
冷却水系統（2次）	93	94	95	96

注) 上記表内の表番号は「手引き」の第二編ポンプ設備のものである

余寿命は、信頼性評価の対象とした機器・部材の腐食と摩耗量の程度、動作時間・回数等を基に予測するものとする。

参考にゲート設備に関する余寿命算定式の一部を次に示す。

①腐食による板厚の余寿命

規定最小板厚に基づく余裕厚 = 規定値 - 測定値

$$\text{板厚年間減少量} = \frac{\text{設計値} - \text{測定値}}{\text{使用年数}} \quad \left(\frac{\text{mm}}{\text{年}} \right)$$

$$\text{余寿命} = \frac{\text{規定最小板厚に基づく余裕厚}}{\text{板厚年間減少量}} \quad (\text{年})$$

注) 設計値とは、設備製作時の値で余裕厚を含む

②摩耗による軸・軸受の余寿命

$$\text{間隙年間増大量} = \frac{\text{設計値} - \text{測定値}}{\text{使用年数}} \quad \left(\frac{\text{mm}}{\text{年}} \right)$$

$$\text{余寿命} = \frac{\text{測定値} - \text{許容値}}{\text{板厚年間減少量}} \quad (\text{年})$$

注) 間隙とは、軸と軸受の測定値の差とする

③摩耗によるワイヤーロープの余寿命

$$\text{直径の年間減少量} = \frac{\text{設計値} - \text{測定値}}{\text{使用年数}} \quad \left(\frac{\text{mm}}{\text{年}} \right)$$

表一 5 No1 両吸込渦巻ポンプ一次調査表(1/4) 記入例

装置名称		No1横軸両吸込渦巻ポンプ		装置コードNo				
用途		かんがい用水		一次調査者氏名		□□□□ 所属☆☆☆☆		
設置場所		### 用水機場		一次調査年月日		昭和58年11月2日		
製造者		(株)△△△△		仕様 横軸両吸込渦巻		口径 1,200 mm		
製造年月日		昭和27年(1952年)		吐出量 175.5 m ³ /min		全揚程 22 m		
製造番号		@@@@@		回転数 365 min ⁻¹		出力 1,000 kw		
運転時間		総計 不明		年平均		2,100hr		
・機 部 器 材	調査項目	方法	判定基準	評点	設備 年齢 係数	故障 経歴 係数	評価点	備考
本 体	運 転 音	聴 覚	異常な音がする	10				
	ケ ー シ ン グ 部	ひび割れ 亀 裂	目視確認	ひび割れ亀裂による水漏れ あり ひび割れ亀裂があるが、水漏れ なし	10 5			
		腐 食	目視確認	全体的に腐食あり 一部に腐食あり	2 1			
	塗 装 剥 離	目視確認	全体に剥離あり 一部に剥離あり	2 1				
	合 っ せ 面 水 漏 れ	目視確認	滴下以上のしみ出る水漏れ あり にじみ出る少しの水漏れあり	6 1				
・イ 主 軸 ペ 部 ラ	回 転 状 態	感 触	手動回転で全く回らない 手動回転で円滑に回らない	10 7				
	軸 受 部	振 動	軸受中心での振動測定	基準値以上である	10	2	1.5	30
温 度		指 触 (温度計)	基準値(室温+40℃)以上である	7				
油 漏 れ		目視確認	油漏れが多い	6				
軸 部 封	水漏れ状態	目視・指触	著しい水漏れあり 全く水漏れなし	1 1				
	手軸 部継 スベ 部!	芯 振 れ 計 測 (ダイヤルゲージ)	芯振れ等が基準値以上である	5	2	1.5	15	
	ひび割れ 破損・腐食	目視確認	ひび割れ破損あり 腐食あり	4 1				

1. 設備年齢係数=2 設置後の経過年数; 昭和58年現在(1983) - 昭和27年(1952) = 31年
 過去の点検・整備記録より 同部位同類の故障発生回数 2回
 2. 故障経歴係数=1.5 昭和50年; オールホール・グランドスリップ, 軸受マルチ等交換
 昭和53年; 補修・スラストアリング, オイルリング等交換
 (昭和58年; 分解点検整備・主軸, スラストアリング, 軸受マルチ, グランドスリップ等交換)
 (実態として; 大規模な点検・整備を昭和58年に実施している。その理由は、軸振動等の現象が顕著になったと推定される)

表一 6 No1 両吸込渦巻ポンプ一次判定シート(3/4) 記入例

装置名称		No1横軸両吸込渦巻ポンプ		装置コードNo			
用途		かんがい用水		一次調査者氏名		□□□□ 所属☆☆☆☆	
設置場所		### 用水機場		一次調査年月日		昭和58年11月2日	
製造者		(株)△△△△		仕様 横軸両吸込渦巻		口径 1,200 mm	
製造年月日		昭和27年(1952年)		吐出量 175.5 m ³ /min		全揚程 22 m	
製造番号		@@@@@		回転数 365 min ⁻¹		出力 1,000 kw	
運転時間		総計 不明		年平均		2,100hr	
1. 一次調査				2. 一次判定結果			
機器・部材	評価点	備考	総合評価点45≧10より 二次調査を行う必要がある				
本体			備 考				
ケーシング部							
インペラ・主軸部							
軸受部	30						
軸封部							
軸継手部	15						
ベース部							
総合評価点	45						

$$\text{余寿命} = \frac{\text{測定値} - \text{許容値}}{\text{直径の年間減少量}} \quad (\text{年})$$

注) 設計値とは、設備製作時の公称径

目安となる耐用年数が定量的に明確になっていない現段階では、法定耐用年数などを参考にせざるを得ないので、精度のある余寿命を予測することは困難である。従って余寿命の推定値の妥当性の判断を整理しておく必要がある。

つまり、様々な条件が複雑に絡み、これらを明確に分析できていない現状（予測に用いるデータの精度や信頼度及び予測手法の確立がまだまだ十分ではない）での余寿命の予測を、摩耗量等からの単純計算で行い判断するのは、非常に難しいものである。

7. 設備の更新判断

設備の更新の経済的評価手法としては、一般によく用いられるライフサイクルコスト（LCC）判定がある。更新の判断の基礎資料の参考として、利用する。

ライフサイクルコスト判定とは、建設費（イニシャルコスト）と運用・維持管理費（ランニングコスト）のバランスを考慮した判定方法で、設置何年後に更新するのが最も経済的であるかを評価するもので、これにより設備の経済的耐用年数が設定される。

ライフサイクルコストを算出するために設備の現在価値及びランニングコストを次のように考えると

①設備の現在価値：減価償却法（定率法）を用いて経過年毎に未償却残額を現在価値と見なして、設備の現在価値とする。

②ランニングコスト：設備の運用費（電気料等）、点検・補修・整備費などについて、過去の物価上昇を参考にして、設備設置から当該年度までの累積を推定したもの。

③廃棄処分コスト：解体・運搬・処分費からスクラップ収入費を差し引いたもの

設備のトータルコストは、①設備の現在価値と②ランニングコスト及び③廃棄処分コストの和と考えることができる。

このトータルコストを経過年に沿って時系列に表したものを設備のライフサイクルコストと呼ぶものとする。

図-8に設備の現在価値、ランニングコスト、廃棄処分コスト及びライフサイクルコストの関係を示す。

ライフサイクルコスト判定は、図-8のライフサイクルコストが最小となる経過年を、経済面からみた最適更新年次と判定する手法である。

ライフサイクルコストの一般算定式を次に参考として示す。

$$C_p = C_0 + \sum_{n=1}^t C_n \cdot (1+i)^{-n} + S(1+i)^{-t}$$

$$C_0 = C_i \cdot \{1-j\}^t$$

C_p ; 経過年数 t 年目までに発生する現在価格の合計値

C_0 ; イニシャルコスト (C_i) を起点とした t 年目における定率減価償却法による残存価値

C_n ; 設備のランニングコスト

C_i ; 設備のイニシャルコスト

S ; 廃棄処分コスト

t ; 経過年数

i ; 物価上昇率

j ; 減価償却法による耐用年数に対応する償却率

設備の更新判断にあたっては、当該設備のライフサイクルコストによる評価以外に、現設備の撤去や更

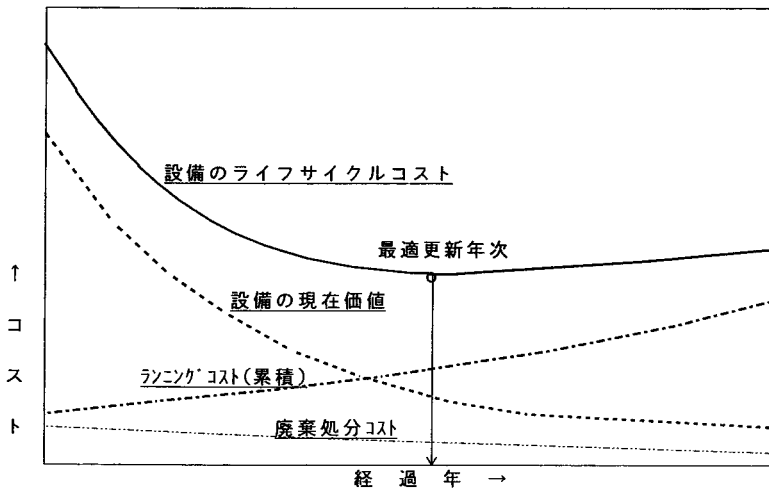


図-8 設備のライフサイクルコスト

新設備の設置に関する様々な制約条件や施工方法等についても、合わせて検討する必要がある。

農業用施設機械設備についてのライフサイクルコスト評価手法は、現状では定量的に確立できる段階に至っていないことから、本手引きでは参考として取り扱うことにしている。

設備の更新判断をする場合、設備の種類により、特有の留意すべき事項がある。参考に電気設備の留意事項を以下に記す。

- ①設備の機能や劣化の度合いを把握するためには、専用の測定装置と専門知識の必要な場合が多い。
- ②装置等が廃棄種（製造中止の機種）となっても、製造業者では、保守・交換用として、機器・部品がある程度の期間保管している。しかし、その期間も過ぎれば、廃棄種の機器・部品の調達が困難となり、装置本体そのものを後継機種か新機種にしなければならないことがある。
- ③電気設備は配電系統が相互に関連し、システムを構成しているので、更新計画は、設備全体を考慮して、更新内容、更新範囲、更新順序、新旧設備の切り換え条件等について十分検討してたてることが必要である。
- ④既設設備の設置時点から比べると、関係技術が進歩していることから、新技術の動向を見極めて、更新する必要がある。
- ⑤設備に関係する法規等が、設置当初のものから改定されている場合があるため、更新時点の法規等を遵守することになる。
- ⑥電気設備単独での更新以外に、ポンプ設備等の他の関連設備と同時に更新する場合があるので、そのときは、それら設備と十分協調をとる必要がある。

8. 設備の更新範囲

設備の修理や更新をする農業用施設機械設備の各設備毎の範囲（本手引きで対象とする範囲）を大別すると表-7のようになる。

この表で示すように、本手引きでの更新の範囲としては、施設（全体システム）、設備（系）及び装置の段階のものを対象に取り扱うものとしている。機器、部材、部品については、交換レベルとして、更新のレベルから除いている。

なお、水管理制御施設の更新については、ハードウェアのみでなくソフトウェア（オペレーティングシステム、アプリケーションソフト及びこれらのプログラム言語）の検討も合わせて行う必要がある。また、施設全体を一括して更新する以外に部分更新（系、装置単位での更新）でその範囲を検討する際は、更新対象機器と更新しない既設機器とのインターフェースが異なる場合があるので、次の点に留意する。

表一 7 各設備の段階区分と修理、更新の関係（概略）

範囲の段階	ポンプ設備	ゲート設備	電気設備	水管理制御施設	更新等方法
施設 (全体システム)	○用水機場場 ○排水機場場	○頭首工	施設の全体電気設備	全体システム	更新
設備 (系)	主ポンプ設備 運転管理設備 除塵設備等	洪水吐ゲート 土砂吐ゲート 取水ロゲート等	特高受変電設備 高圧受変電設備 低圧受変電設備等	情報伝送系 情報処理系 監視制御系 電源系等	更新
装置	主ポンプ ポンプ駆動装置 補助機械類 冷却装置等 機測操作盤等	扉体 戸当り 閉閉装置 機測操作盤等	電動機盤 補助継電器盤 非常用発電装置 機測操作盤等	TM/TC親局、子局 入出力中継装置 表示・記録装置 監視操作卓等	修理、更新
機器、部材 (ユニット)	主ポンプ(ケーシング、羽根車、軸) モータ、減速機 バルブ 小口径ポンプ等	モータ 減速機 油圧シリンダ スクリューレール、ロー 主桁等	遮断器 変圧器 断路器等	電源ユニット モジュール等	修理、交換
部品 (素子)	バルブ、ナット パッキン、ブッシュ等	バルブ、ナット、 フランジ、ケーブ パッキン、ブッシュ 水密ゴム等	変成器、 電磁接触器 ヒューズ、コンデンサ リレー、ケーブ等	コンデンサ リレー LED等	修理、交換

①経済性

接続変換装置を設置した場合の費用と既設装置を更新した場合の費用、更新対象装置のインターフェースを既設装置に適合させた場合の費用と既設装置を更新した場合の費用の比較検討

②既設装置の余寿命

③設置スペース、電源容量

9. 総合的検討

設備の更新判断においては、設備の機能・性能調査そして劣化度等の診断をしたうえで、経済的な判断手法の一つであるライフサイクルコスト判定、さらには、管理主体の財政、組織体制、地域の将来の情勢変化、管理関係事業制度等の総合的な検討を行い、対策方針（全体更新か部分更新か、又は修理等して継続使用するか。更新時期、財政計画等）をたてることが重要である。

おわりに

農業用施設機械設備の更新手法に関する手引きの概要を説明したが、余寿命及び参考耐用年数については、精度のある、かつ重要な判断材料として、即更新の判断に利用することは、現段階ではさける必要がある。

余寿命は、個別設備毎に、調査時点までの劣化の度合等から判断して算定するが、これは、それまでの間の維持管理状態・使用条件を今後も継続していくものと仮定しているため、想定値である。また、補修・整備や延命対策を講じた場合に何年寿命が延びるのかは、まだ明確に求めることができない現状にある。

参考耐用年数は、実態調査結果及び他機関での耐用年数に関する資料等を参考にして整理したものであるが、管理者毎に、また設備毎に維持管理状態や使用条件に大きな相異があった。従って同種設備を一括まとめて一定の数値としてまとめることは、精度・信頼性から課題を残しているが、本手引きでは、取り扱いに留意することで、あえて、参考として記載している。

以上これらの点を含め、今後も、更新の実態をさらに把握・分析して、より精度の向上と、的確な更新手法の充実に努めていきたいと考えている。

1. 会員の募集

水と土の発行は皆様の年会費によってまかなわれています。今後とも事業地区の技術情報の交流を図るためには会員の確保が重要となっています。会員の皆様には職場の同僚の方々に農業土木技術研究会の成り立ちや「水と土」をPRしていただき、会員の勧誘をお願いいたします。平成12年度の年会費は2,300円です。なお、別紙のPR版を作成しましたので会員の勧誘に活用いただければ幸いです。

2. 報文投稿の募集

「水と土」は会員の皆様からの報文投稿によって支えられています。報文は以下のように様々なテーマが考えられますので、これを参考に皆様が担当されている事業地区の状況を報文にまとめて投稿いただくようお願いいたします。併せて巻末の投稿規定も参照して下さい。

- ① 事業地区の段階は、企画、調査、計画、設計、施工、管理に分けられるので、構造物の施工の有無に関わらず、コスト縮減、創意工夫、新技術導入、環境配慮などの視点から取りまとめた報文
- ② ダム、トンネル、橋梁、揚排水機場等の大規模工事や長期にわたる債務負担行為工事等について、調査、計画、設計、施工の各段階での検討や実績を取りまとめた報文
- ③ 農業工学研究所や県試験場などへの依頼研究の成果について取りまとめた報文（研究依頼先との連名による）
- ④ 土地改良技術事務所、調査管理事務所が対応している技術検討や現場支援業務について取りまとめた報文（当該機関との連名による）
- ⑤ 海外派遣から帰任した職員の派遣先でのプロジェクト等について技術的見地から取りまとめた報文
- ⑥ 建設会社、コンサルタント等の会員において、普及性のある事例や技術検討について取りまとめた報文

3. 「水と土」表紙写真の募集

農業土木技術研究会では、会誌「水と土」の表紙を飾る写真を募集しています。

あなたが撮った「美しい農村や農業生産の風景」、「地域にとけこんだ農地、農業施設」、「水・土のふれあい」などを表紙に使わせていただきたいと思います。以下を参考に多数の写真を応募願います。

- ① 写真の種類：カラープリントでサービス版より大きいサイズで提出して下さい。
- ② 枚数：応募点数には制限がありませんが、未発表のものに限ります。
- ③ 応募先：研修会テキスト申し込み先と同じ
- ④ その他
 - (1) 応募写真の裏面にタイトル、コメント、住所、氏名、年齢、職業、性別、写真テーマ、撮影場所、撮影年月日を記入して下さい。
 - (2) 原則として応募写真は返却しません。
 - (3) 採用された写真の著作権は、農業土木研究会に属します。
 - (4) 採否は、編集委員会で決定します。
 - (5) 採用された場合は薄謝を進呈いたします。

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
〒105-0004 東京都港区新橋3-34-4 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14,500字程度 (ワープロで作成の場合, A4版10枚程度) までとする。
- 4 原稿はなるべくワープロで作成し, 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, 農業土木標準用語辞典に準じられたい。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 ワープロで作成した原稿については, プリントアウトした原稿とともに文字データについてはフロッピーディスクでも提出すること。
- 6 手書きの原稿については, 当会規定の原稿用紙を用い作成すること (原稿用紙は, 請求次第送付)
- 7 写真, 図表はヨコ7cm×タテ5cm大を242字分として計算し, それぞれ本文中の挿入個所を指定し, 写真, 図, 表は別に添付する。(原稿中に入れない)
- 8 原図の大きさは特に制限はないが, B4判ぐらいまでが好ましい。また, 原図をそのまま印刷に使用するので極力鮮明なものを提出すること。
- 9 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) k (ケイ) と κ (カッパ)
w (ダブリュー) と ω (オメガ) x (エックス) と χ (カイ)
l (イチ) と 1 (エル) g (ジー) と q (キュー)
E (イー) と ϵ (イプシロン) v (バイ) と ν (ウプロシオン)
など
- 10 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。
- 11 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。
- 12 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。
- 13 投稿の採否, 掲載順は編集委員会に一任すること。
- 14 掲載の分は稿料を呈す。
- 15 別刷は, 実費を著者が負担する。

農業土木技術研究会会員の募集

1. 創立30周年を迎えた「農業土木技術研究会」

本研究会は、全国の農業土木技術者の自主的な研究会です。その歴史は、昭和28年の「コンクリートダム研究会」にまでさかのぼり、事業の展開方向に即して変遷してきました。現在の「農業土木技術研究会」としても創立30周年を迎えた歴史ある研究会です。

〈農業土木技術研究会の変遷〉

昭和28年 「コンクリートダム研究会」の発足：会誌「コンクリートダム」の発刊

昭和31年 フィルダムを含めて「ダム研究会」に拡大：会誌「土とコンクリート」に変更

昭和36年 「水路研究会」の発足：会誌「水路」の発刊

昭和45年 両研究会の合併

「農業土木技術研究会」の発足：会誌「水と土」の発刊 「創立30周年」

2. 技術力向上に資する「農業土木技術研究会」

本研究会は、農業農村整備事業の計画・設計・施工事例や技術的検討内容などについての会員間の情報交換を図り、時代のニーズを反映した事業の円滑な推進に必要な技術力の向上を目的に一貫した活動を展開しています。

研究会では、現場の技術報文を中心に編集している会誌「水と土」を年間4回発行し会員の皆様にお届けしています。また、時代に即した技術的な情報を提供する研修会も開催しています。

3. 会員が支える「農業土木技術研究会」

本研究会の活動は、皆様の年会費によってまかなわれています。今後とも事業地区の技術情報の交流を図るためには会員の確保が重要となっています。

21世紀を迎えるにあたり農業・農村の位置付けがますます重要になっている今日、本研究会に入会いただき、その振興の基礎となる「農業土木技術」に根ざした研究会の活動を支えて頂ければ幸いです。平成12年度の年会費は2,300円です。

入会の手続きは、研究会へ直接又は各職場の連絡員に会費を添えて申し込んで下さい。申し込み様式は次の通りです。

入会申し込み

平成 年 月 日

私は農業土木技術研究会に入会します。

氏名： _____

職場・所属： _____

職場住所（会誌送付先）： _____

問い合わせ先：農業土木技術研究会 永井

〒105-004 東京都港区新橋5-34-4

農業土木会館内 TEL 03(3436)1960

「水と土」通信

FAX宛先：農業土木技術研究会 永井
03-3578-7176

「水と土」をより充実したものとするため、下記様式であなたのご意見をお寄せ頂ければ幸いです。

1. 本号(123号)で興味をもたれた報文について記載下さい。

- (1) 報文タイトル： _____
(2) 興味を持たれた具体的内容 _____

2. 本号の編集についてご意見をお聞かせ下さい。

3. とりげてほしいテーマなど本誌に対するご意見やご要望をお書き下さい。

所属： _____ 氏名： _____

編集後記

早いもので、ミレニアムと騒がれた2000年も後わずかとなってしまいました。振り返ると2000年は、珍しく台風の本土上陸はなかったものの、有珠山・三宅島(雄山)の噴火、東海豪雨、鳥取県西部地震等、大きな災害が発生した年でもありました。

10月6日に発生した鳥取県西部地震では、境港市で震度6強、地震の規模も阪神大震災をも上回るM7.3が観測されたということで、職場でも“あの悪夢の再現か”と一時は緊張が高まりましたが、幸い伝えられた震度の割には被害も少なく、ひと安心したことは記憶に新しいところです。

地震といえば、構造物における耐震設計についても、レベル1、レベル2の考え方をどのように整理するかで、現在も関係機関で検討が行われているようですが、

全国的にこれだけ頻繁に地震が発生している状況を見ると、議論も大いに白熱するものと思われま

す。台風、地震等による災害が頻発する日本に住む以上、私たち技術者は、災害防止に向けてあらゆる努力する必要があります。

そのためには、個人のアンテナを高くして様々な情報を積極的に入手するとともに、経済性及び安全性の観点を持って、災害に対応できるだけの技術の向上を目指し、また実際に現場での試行により技術の蓄積を図ることが重要と思われま

す。とはいつても、やはり災害が起こらないにこしたことはありませんので、皆様と一緒に祈りしたいと思います。

“2001年が災害の無い、良い年でありますように”

(財)日本農業土木総合研究所 松田 文秀

水と土 第123号

発行所 〒105-0004 東京都港区新橋5-34-4
農業土木会館内

印刷所 〒161-8558 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