

水

No.145
2006

と土

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



疎水百選：秋田県 田沢疎水

農業土木技術研究会

PFK型多目的貯水槽



●省力化と工期短縮
●高品質で低コスト

●摘要範囲

PFK I 型(PC構造)	330~15,330m ³	有効水深: 2.5~6.0m
PFK II・III 型(RC構造)	30m ³ 以上	有効水深: 1.0~4.5m

プレキャストファームボンド協会

事務局

本 部	アグリテック株式会社内	〒105-0004	東京都港区新橋4丁目24番8号 第2東洋海事ビル TEL: 03-6402-1306 FAX: 03-3437-2719
北 海 道 支 部	アグリテック株式会社 北海道支店内	〒063-0012	札幌市西区福井2丁目1番3号 道拓ビル TEL: 011-676-1231 FAX: 011-676-1232
東 北 支 部	株式会社社会津工建社 郡山支社内	〒963-8034	郡山市島2丁目31番11号 TEL: 024-932-7890 FAX: 024-932-7897
北 陸 支 部	アグリテック株式会社 北陸営業所内	〒920-0806	金沢市神宮寺3丁目13番19号 平成ビル TEL: 0762-53-1760 FAX: 0762-53-1761
東 海 支 部	日本ヒューム株式会社 名古屋営業所内	〒450-0002	名古屋市中村区名駅3丁目25番9号 堀内ビルディング TEL: 052-581-1311 FAX: 052-561-1062
近 畿 支 部	アグリテック株式会社 関西支店内	〒600-8310	京都市下京区七条通新町西入ル夷之町683-3 コタニビル TEL: 075-352-4750 FAX: 075-352-4770
中国四国支部	アグリテック株式会社 中国四国営業所内	〒700-0815	岡山市野田屋町2丁目6番22号 福中ビル第1 TEL: 086-223-2171 FAX: 086-223-8649
九 州 支 部	アグリテック株式会社 九州支店内	〒862-0971	熊本市大江1丁目13番10号 ドルム大江 TEL: 096-371-2215 FAX: 096-371-3021

会員会社

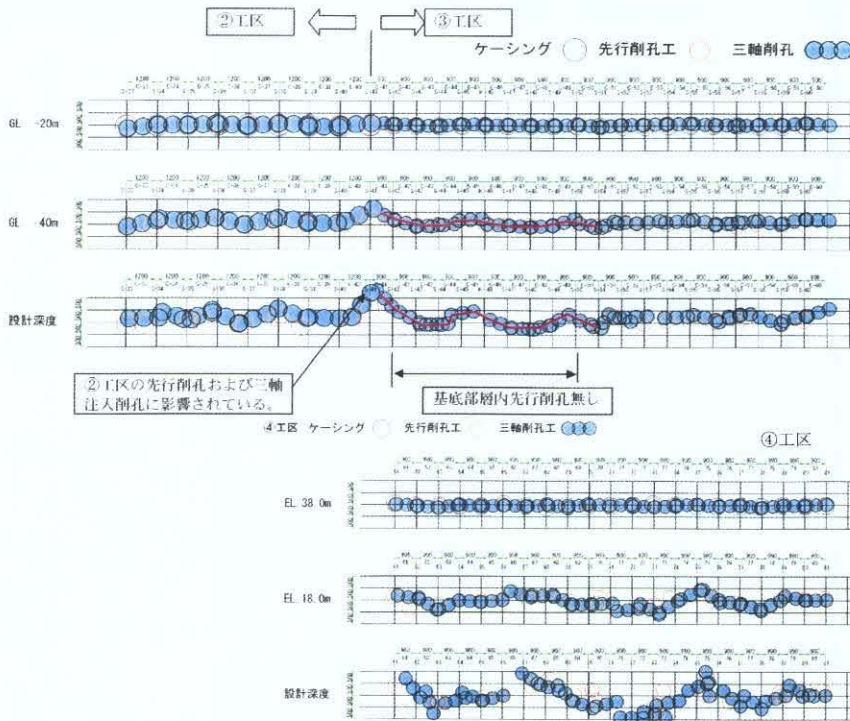
アイサワ工業株式会社	株式会社 技建	前田製管株式会社	大和コンクリート工業株式会社
株式会社会津工建社	新和コンクリート工業株式会社	丸栄コンクリート工業株式会社	ランデス株式会社
アグリテック株式会社	大成ロテック株式会社	みらい建設工業株式会社	株式会社 農建
株式会社旭タンク	トクコン株式会社	株式会社ミルコン	
株木建設株式会社	日本ヒューム株式会社	山崎ヒューム管株式会社	



伊江地下ダム試験工事施工状況
手前が従来機(DH608),奥が大型機(DH808)



チェック孔コア写真
(CH-75:GL-56.0~-61.6m)



止水壁施工図(三軸攪拌終了時)

志河川ダム付替道路計画の変遷及び工事の特徴についての事例報告(本文31頁)



工事中の写真



完成後の写真

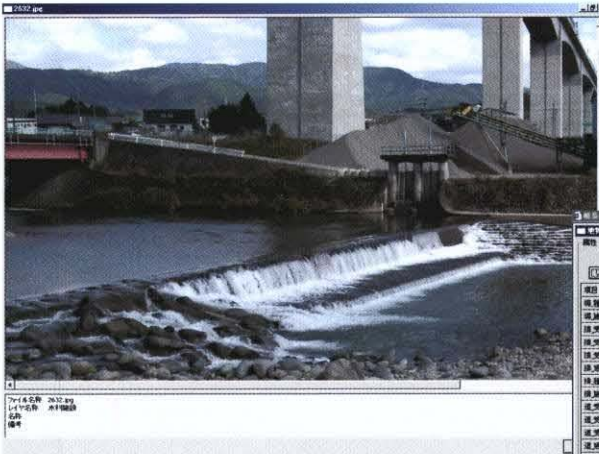
水路改修工事における既設道路橋梁下での施工について(本文59頁)



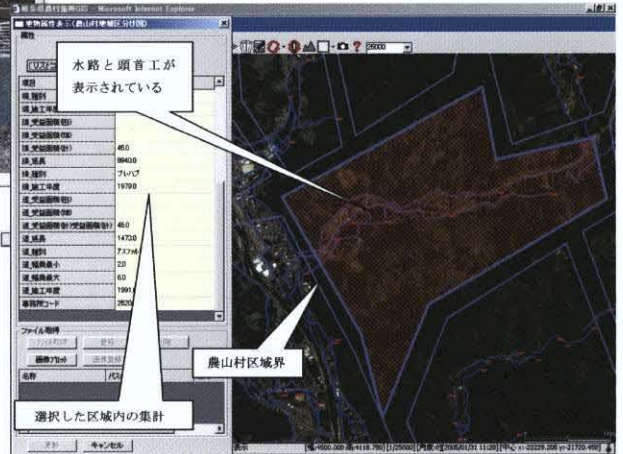
基礎工



施工後



GPSカメラによる写真登録



農山村区域区分け図

堆肥化施設の設計について (本文79頁)



発酵槽の状況



マニースプレッターによる散布状況
標準で10aあたり1.0tを散布



完成した魚道を下流から見る



中・大型魚対象の魚道内を遊泳するサクラマス(♀)

どじょうの里(宇賀荘地区)の大区画ほ場整備について(本文91頁)



幹線排水路のスロープ



水生生物の里帰り行事

◆報文内容紹介	7
◆会員の皆様へお知らせ	9

□巻頭文

現場から見たストックマネジメント	小林隆信	11
------------------	------	----

□報文

伊江地下ダム試験工事について -第2世代地下ダムとしての伊江地下ダムの技術課題対応-	谷口宏文・伊佐健次・仲田雅輝	13
米須地下ダムにおける塩水浸入予測解析と対策について	名和規夫・玉田眞一・中尾 仁	20
志河川ダム付替道路計画の変遷及び工事の特徴についての事例報告	萩野隆造・安永和宏・兼重英治・西 敏臣・村田 昇	31
中岳ダムの埋設計器設置状況	大形明雄	43
山内ダム湛水試験時の挙動報告	木津陽子・山里剛史	51
水路改修工事における既設道路橋梁下での施工について	門間強志	59
農業用河川工作物の維持補修技術	大島弘之	64
土地改良施設の保全管理におけるGISの活用について -中濃地域農山村整備事務所の事例-	増井礼智朗	73
堆肥化施設の設計について	嶋崎光士	79
忠別川第3頭首工魚道設置における自然生態系への配慮について -小型・底生魚を対象とした魚道の設計事例-	河端 明・近藤克弘・野澤一博・鈴木 淳	86
どじょうの里(宇賀荘地区)の大区画ほ場整備について	荒川文雄	91
日高川横断管設置工事に伴う工法選定と地下水影響緩和対策について	箕澤正夫	97

□歴史的土壌改良施設

西水東流構想から一世紀「隈戸川事業」水の大地の恵みを明日へ	山上一久	104
-------------------------------	------	-----

◆平成18年度農村計画研修会(第28回現地研修集会)開催案内	108
◆会告	111
◆投稿規定	112
◆入会案内	113

社団法人

土地改良建設協会

会 長 葉 山 莞 児

副 会 長 松 本 良 夫

専務理事 中 島 克 己

〒105-0004

東京都港区新橋5-34-4 (農業土木会館)

電 話 (03) 3434-5961

F A X (03) 3434-1006

水と土 第145号 報文内容紹介

伊江地下ダム試験工事について —第2世代地下ダムとしての伊江地下ダムの技術課題対応—

谷口宏文・伊佐健次・仲田雅輝

国営かんがい排水事業「伊江地区」の基幹施設である伊江地下ダムは、帯水層である琉球石灰岩と基盤である伊江層との間に不均質な基底層が分布していることなどから技術的な難易度が高く、島尻層泥岩を基盤とした先行地下ダムとの対比で「第2世代の地下ダム」として位置づけることができる。

本稿では、伊江地下ダムの技術課題に対応するために実施された試験工事とその成果を踏まえて検討した大深度部の施工仕様等について報告する。

(水と土 第145号 2006 P.13 設・施)

米須地下ダムにおける塩水浸入予測解析と 対策について

名和規夫・玉田眞一・中尾 仁

本邦初の本格的な塩水浸入阻止型地下ダムである米須地下ダムにおいて、残留あるいは浸入する塩水によって利用水の塩分濃度が許容値を上回るかどうか事前に予測を行い、必要に応じて対策を講ずるとともに、適切な塩水管理を実施した。本稿は、移流分散密度流計算法を用いた塩水浸入予測の検討の手順と内容、及び対策の概要について報告するものである。

(水と土 第145号 2006 P.20 企・計)

志河川ダム付替道路計画の変遷及び 工事の特徴についての事例報告

萩野隆造・安永和宏・兼重英治
西 敏臣・村田 昇

ダム建設事業はダム本体工事とともに、周辺地域社会における生活変化への対応関連工事、環境保全対策等が並行的に実施されているのが一般的である。特に、貯水池上流域への交通路の確保、林道等産業機能の確保、観光資源としての配慮及び貯水池管理用道路の新設等、目的はそれぞれ異なるものの、道路建設は必ず実施されている。しかし、事業費の比率は比較的高いものの、道路計画に関する地質調査及び設計への地質的配慮の程度は、ダム本体の重要性等から比較すると低いように思われる。本地点では地質的課題が多々発生し、付替道路工事は当初計画を変更した区間が多い結果となった。この報文はこれ等について、計画・調査・設計の変遷及び特徴的採用工法等について事例として報告するものである。

(水と土 第145号 2006 P.31 設・施)

中岳ダムの埋設計器設置状況

大形明雄

盛立時の施工管理、湛水時の安全管理及び供用後のダムの安全管理を行なうため設置した埋設計器について、盛立開始(平成14年10月)から平成18年3月中旬までの計測結果を基に湛水前の埋設計器(間隙水圧計、土圧計、岩盤変位計等)の挙動について、報告を行なう。

(水と土 第145号 2006 P.43 設・施)

山内ダム湛水試験時の挙動報告

木津陽子・山里剛史

国営かんがい排水事業山内地区の基幹施設である山内ダムは、千葉県長生郡長南町に建設された堤高21.6m、堤体積60,700m³の中心遮水ゾーン型フィルダムである。ダム本体盛立工事は平成14年3月に完了し、湛水試験は平成16年11月5日に開始し、平成17年8月10日に終了した。湛水試験期間中のダム挙動(漏水量、変形量、間隙水圧)により山内ダムは安全であることが確認された。

平成18年度以降のダム管理は、千葉県から長南町に引き継ぎ供用していく。

(水と土 第145号 2006 P.51 設・施)

水路改修工事における既設道路橋梁下での 施工について

門間強志

吉田幹線用水路は最上川の左岸側に位置し明治43年に吉田寅松らによって作られた幹線用水路であるが、老朽が進んだため改修を行うこととなった。この改修工事では道路橋梁下の狭く限られた範囲での施工が必要な区間が約80mあったため、大型フリームを道路橋梁下を横引きする工法を検討し実施した。本報文ではボックスベアリング横引き工法について事例を紹介する。

(水と土 第145号 2006 P.59 設・施)

農業用河川工作物の維持補修技術

大島弘之

従来、老朽化した固定堰頭首工に対しては、可動堰等により全面改築する工法が一般的であったが、近年では、景観、自然環境、廃棄物の削減、事業費の縮減に配慮し、施設の補修・補強により既設構造物を有効利用する工法が採用されてきている。補修・補強により長寿命化を図るには、十分な調査・診断と健全度の評価が重要である。

ここでは、石川県加賀市に流れる大聖寺川の中流域に位置する昭和34年に築造された固定堰の補修・補強対策について報告する。

(水と土 第145号 2006 P.64 設・施)

土地改良施設の保全管理における GISの活用について

—中濃地域農山村整備事務所の事例—

増井礼智朗

岐阜県において、平成15年度農村振興地理情報システム(GIS)を整備したことから、より活用を図るため未整備の詳細データについて、中濃地域農山村整備事務所として独自にデータ登録に取り組んだ。その経緯や、具体的な取り組みの紹介と課題を事例紹介する。

(水と土 第145号 2006 P.73 企・計)

堆肥化施設の設計について

嶋崎光士

近年、消費者の食の安全に対する関心の高まりや、河川、湖沼の富栄養化等自然環境への配慮が大きな話題となっており、窒素など肥料成分の流出にくい土壌づくり、安全で安心できる食品生産に必要な有機質資材の施用を図る観点から、農村振興総合整備統合補助事業により、生ゴミや畜産糞を資源として活用し、高品質堆肥を生産するための堆肥化施設の建設を行った。

本編では堆肥化施設の計画と設計、事業経緯とその効果について報告する。

(水と土 第145号 2006 P.79 設・施)

忠別川第3頭首工魚道設置における 自然生態系への配慮について

—小型・底生魚を対象とした魚道の設計事例—

河端 明・近藤克弘・野澤一博・鈴木 淳

従来、魚道構造を検討する上での対象魚種は、水産資源からみて重要な魚種とすることが多かった。しかし、河川法の改正等により、多様な生態系保全という観点から、カジカなどの底生魚を含ることが重要となっている。

本報文は、忠別川第3頭首工の建設に当たり、底生魚の遡上習性に関する近年の研究成果を用いて小型・底生魚用魚道の構造を検討した事例を紹介し、併せて魚道の遡上効果調査結果を報告する。

(水と土 第154号 2006 P.86 企・計)

どじょうの里(宇賀荘地区)の 大区画ほ場整備について

荒川文雄

土地改良法の改正により「環境との調和へ配慮」することと、公共事業の縮減から「建設コストの縮減」が求められているなかで、島根県安来市において、受益面積244haのほ場整備を実施しているが、地元住民と対話のなかでコスト縮減と環境に配慮した整備を行った。

具体的には、用排水施設においてライフサイクルを含めたコスト縮減、他の事業からの建設副産物を利用してコスト縮減を図りながら生態系保全型の排水路整備を行った。

(水と土 第145号 2006 P.91 企・計)

日高川横断管設置工事に伴う工法選定と 地下水影響緩和対策について

箕澤正夫

河川横断工の施工にあたり、地区中央部に高透水性の地盤が確認されており、施工工法により地域の地下水に影響が懸念されることから、工法の選定、地下水への影響緩和対策検討について報告を行う。

(水と土 第145号 2006 P.97 企・計)

〈歴史的な土地改良施設〉

西水東流構想から一世紀「隈戸川事業」 水の大地の恵みを明日へ

山上一久

福島県中通り地方の南部に位置する矢吹ヶ原。明治時代、この地への引水計画「西水東流」構想をたてた先人の開拓精神が受け継がれ、のちに羽鳥ダムを含む国営矢吹開拓建設事業として国家プロジェクトが実を結ぶこととなる。現在、国営かんがい排水事業「隈戸川地区」が実施されており、再び生まれ変わろうとしている矢吹ヶ原の変遷を紹介する。

(水と土 第145号 2006 P.104)

会員の皆様へお知らせ

会誌「水と土」の報文電子ファイル化・検索システムを整備しました。

「水と土（農業土木技術研究会会誌）」は、農業農村整備に関わる計画・設計・施工事例や技術的検討内容など、現場技術情報として有益な技術情報がたくさん収録されています。

今回、閲覧や報文検索対応の迅速化を図るため、会誌「水と土」創刊号からNo.140号までの報文を電子ファイル化し、簡易な操作で閲覧及びキーワード検索が可能となるよう検索システムを整備しました。

今後、会員の皆様からの報文検索等のお問い合わせにも、この検索システムを活用し、よりの確かつ迅速に情報提供して参ります。

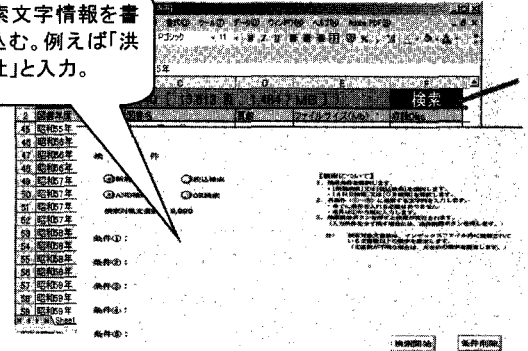
閲覧・検索手順は以下のようなイメージです

水と土DB

号数	題名	頁数	発行日
46	昭和55年 49号	1029	Dec 1
47	昭和56年 41号	1189	Dec 1
48	昭和56年 45号	1043	Dec 1
49	昭和56年 47号	98	Dec 1
50	昭和57年 48号	78	Dec 1
51	昭和57年 49号	59	Dec 1
52	昭和57年 49号	131	Dec 2
53	昭和57年 50号	147	Dec 2
54	昭和58年 51号	194	Dec 2
55	昭和58年 52号	98	Dec 2
56	昭和58年 53号	116	Dec 2
57	昭和58年 54号	107	Dec 2
58	昭和58年 55号	108	Dec 2
59	昭和58年 57号	89	Dec 2
60	昭和58年 58号	117	Dec 2

閲覧したい図書名をクリック。例えば100号をクリック。

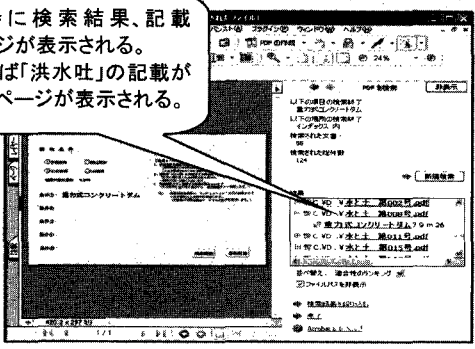
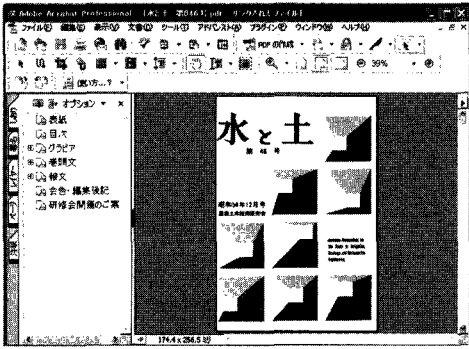
キーワード検索機能を付加



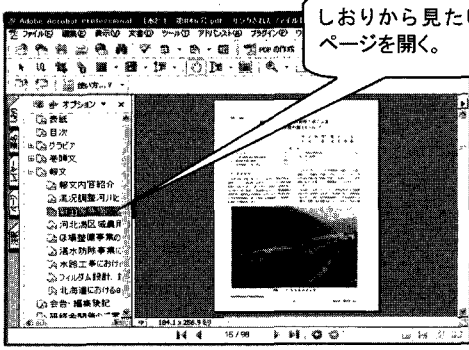
検索文字情報を書き込む。例えば「洪水吐」と入力。



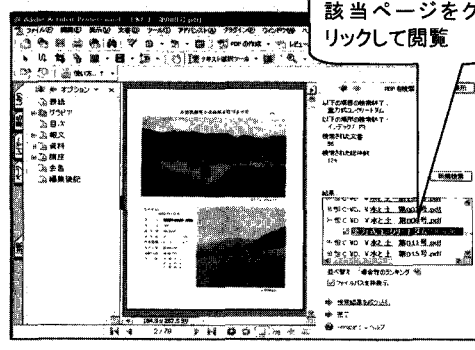
2次、3次検索と絞り込みが可能



瞬時に検索結果、記載ページが表示される。例えば「洪水吐」の記載があるページが表示される。



しおりから見たいページを開く。



該当ページをクリックして閲覧

問い合わせ先：農業土木技術研究会 事務連絡 永井
 〒105-0004 東京都港区新橋5-34-4
 農業土木会館内 TEL 03(3436)1960 FAX 03(3578)7176
 * 検索資料送付にあたっては実費を頂きます。

現場から見たストックマネジメント

小林 隆 信*
(Takanobu KOBAYASHI)

全国の農業用水路の延長は約40万km，ダム等基幹的な施設は約7千カ所にもものほり，これらの農業水利施設のストックは25兆円の資産価値があり，今後はこれら施設の適切な更新・保全が重要な課題となっている。2005年度農業農村整備事業予算における農業水利ストックの維持管理・更新費の割合は約5割に及んでおり，水利施設のストックマネジメントによる施設の長寿命化，ライフサイクルコストの低減を図ることが不可欠である。このように，ストックマネジメントの導入に関して，当然のように言われてきているが，果たして，ストックマネジメントに対してどこまで関係者の間で考え方及び内容について共通の認識されているのか，現場から見ていて疑問に思うことも多い。様々な議論の中で，「ストックマネジメントは予防保全であり，単なる補修にすぎず更新に比べて簡単である」と誤解されているふしがあり，この機会を活用し現場からの意見を少し述べてみたい。なお，この本文内において補修とは部分的に施設を修繕することを，更新とは施設を新しく作り替えることの意で使用している。

ストックマネジメントとは「施設機能診断を行い，適時・適切な予防保全を行う事により，施設の長寿命化を図り，もってライフサイクルコストを低減すること」と概ね定義できる。事業完了地区において施設機能診断は，必要不可欠でありストックマネジメントの始まりである。施設機能診断は予備調査，一般調査，詳細調査の三段階のレベルがある。施設機能診断調査マニュアルは，工種ごとに調査編（案）がようやく整備された状況であり，今後，実際の運用を踏まえ改訂が必要となるであろう。また，マニュアルの適用範囲は，職員が対応可能な予備調査及び一般調査レベル（目視を中心とした簡易調査及び診断）であり，詳細調査は現場サイドの裁量にまかされている。詳細調査はコンサルタントに発注し，きめ細かに機能診断を行う。例えば開水路・トンネルであればバレル単位で機能診断を実施していく。対象区間が補修で済むのか，更新が必要なのかは，あくまで診断の結果次第である。単純に予防保全＝補修ではない。

パイプラインの機能診断を行う場合，水を止め管の中を空にする必要があるため，非灌漑期に調査を実施することとなる。構造上パイプの中を空にできない区間は水替え作業が必要となる。改良区との協議，通行止めを行うための道路協議も必要である。スケジュールの調整や構造上人が入れない区間の調査方法をどうするか等，調査そのものも簡単ではない。また，香川用水土器川沿岸地区（全計中）は，技術検討委員会を設立し，補修の方法を大きく分けると全面更新，軽微補修，底版打ち換えの判定をして頂いた。このように評価も慎重に行っている。

施設機能診断の次はどのような対策工法を採用するかである。補修工法は，工種により様々であり，新しい工法が各メーカーにより次々と開発されており，どの工法を採用するかが悩ましい。ライフサイクル

*中国四国農政局四国土地管理調査管理事務所所長
(Tel. 0877-56-8260)

コストを低減することがストックマネジメントの要諦であり、耐用年数がどれだけ延びるのか大きな鍵である。しかしながら、耐用年数についてメーカーからはっきりした答えを得ることは難しい。本事務所では、香川用水土器川沿岸地区で改修予定路線のひとつである五條幹線用水路の一部区間を各メーカーの協力を得て、開水路の改修工法の実証試験を平成14年から実施している。現在、20工法程度を展示しており、各工法の長所・短所が少しずつ分かってきた段階である。耐用年数の評価、次回補修時の施工の容易性の評価に係る手法の確立が今後の課題である。このようにストックマネジメントに係る個々の技術、マネジメント技術はまさに発展途上であり、今後の技術開発・蓄積が待たれる。

利根川調査管理事務所内に設置されている保全対策センターでは、平成16年度から18年度までの3カ年でストックマネジメントに必要なツールとなる各種算定手法や農業水利施設に関するデータベースの構築を行っている。この中で施設の劣化進行予測モデルは、全国ベースでの施設の劣化進行予測やその対策に要する費用の概算など、予算要求や政策決定などのマクロなマネジメントに必要な貴重なデータを提供することが期待される。また、H19年度からは、国営造成施設の機能診断が順次実施され、蓄積されるデータにより、劣化進行予測モデルの精度の向上を目指すこととなっている。ただし、各々の地区に対して劣化進行予測モデルを適用させるには、かなり長期的なデータの蓄積が必要であり、地区ごとの最適運用計画は、定期的な施設機能診断（予備調査、一般調査レベル）に加え、必要などころには詳細調査を実施し、これをベースに策定を行い、次期の施設機能診断時に計画の見直しを行うというサイクルが必要となってくると考えられる。

かん排事業更新地区の場合、事業完了後10数年を経過した後にゲートなどの金物の補修及び水管理施設の更新、20数年～30数年後に本格的な施設の補修及び2回目の水管理施設の更新というパターンが既にできつつある。ストックマネジメントの導入により、今後、施設の劣化状況によりモザイク状に保全していくことが一般的となり、施設全体を一括して更新するというような単純更新はほとんどなくなると考えられる。施設の長寿命化に伴い、80年～100年オーダーで施設の最適運用計画を策定する必要が生じており、これにマッチする事業の調査・計画・実施・管理に至る一貫した制度設計及び事業運営が望まれる。

伊江地下ダム試験工事について

—第2世代地下ダムとしての伊江地下ダムの技術課題対応—

谷口 宏 文* 伊 佐 健 次* 仲 田 雅 輝*
 (Hirohumi TANIGUCHI) (Kenji ISA) (Masaki NAKADA)

目 次

1. はじめに……………	13	4. 伊江地下ダム試験工事……………	15
2. 国営かんがい排水事業「伊江地区」……………	13	5. 試験工事結果を踏まえた止水壁の施工仕様……………	17
3. 伊江地下ダムの概要と特徴……………	14	6. おわりに（第2世代地下ダムとしての伊江地下ダム建設）…	18

1. はじめに

沖縄管内の中小離島においては、広い流域をもった河川が発達しにくいといった地形的要因、透水性の高い琉球石灰岩が分布し地表流出率が低いといった地質的な要因により、大規模な水源開発が困難な地域が多い。

沖縄本島北部の離島村である伊江村も、他の中小離島と同様に農業用水開発に苦慮してきた地域であるが、平成16年度に国営かんがい排水事業「伊江地区」が着工し、安定した農業用水の確保に向けて動き出すこととなった。

本稿では、伊江地区の基幹施設である「伊江地

下ダム」の技術課題に対応するために実施した試験工事とその成果を踏まえて検討した施工仕様について報告する。

2. 国営かんがい排水事業「伊江地区」

伊江地区の事業目的は、伊江村の668haの畑地帯を対象に水源として地下ダムを新設するとともに、揚水機、用水路を整備し、併せて関連事業による末端用水路等の整備を実施することにより、安定的なかんがい用水を確保し、農業生産性の向上及び農業の近代化を図ることである。

事業工期は、平成16年度～25年度までの10年間で予定されている。(図-1参照)

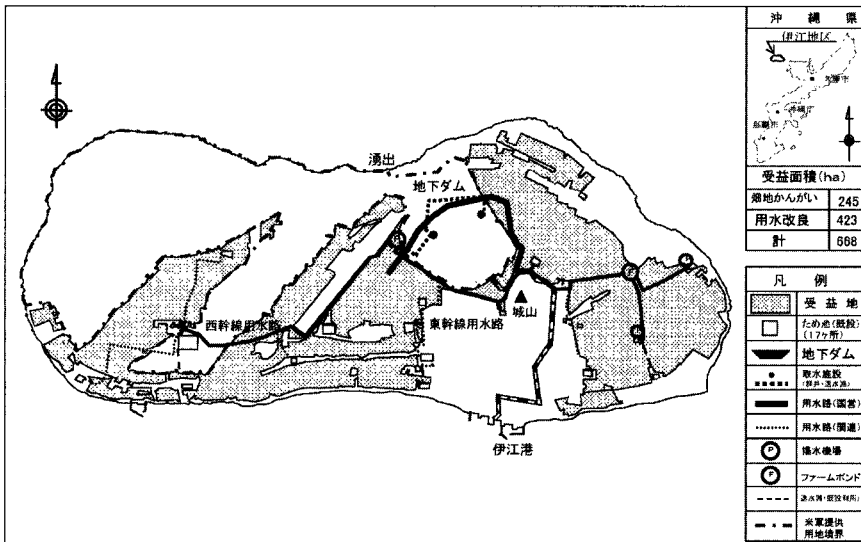


図-1 国営かんがい排水事業 伊江地区 概要

*沖縄総合事務局土地改良総合事務所伊江支所
 (Tel. 0980-50-6411)

3. 伊江地下ダムの概要と特徴

(1)伊江地下ダムの概要

伊江地下ダムの主要諸元を（表-1）に整理した。

伊江地下ダムの止水壁の規模は堤長2,612m、堤高55.9mであり、これまでに管内で建設された最大の止水壁規模である沖縄本島南部地区の米須地下ダム（堤長2,432m、堤高69.4m）に匹敵する。

表-1 伊江地下ダム主要諸元

項目	貯水池諸元	項目	施設諸元
流域面積	1.41Km ²	止水壁形式	地下連続壁攪拌型
総貯水量	1,408 千 m ³	堤高	55.9m
有効貯水量	754 千 m ³	堤長	2,612m
ダム依存率	950 千 m ³	取水施設	管井7箇所
水源回転率	1.3回		取水量Q=0.14m ³ /s

(2)伊江地下ダムの特徴

これまで管内の地下ダムの多くが、高透水性で多孔質な琉球石灰岩を帯水層とし、かつ、基盤である第三紀島尻層泥岩が断層により明確な地下谷を形成している地下ダムサイトで建設が進められてきた。このような立地条件は、1) 良好な地下谷と涵養域の存在、2) 良好な貯留層の存在、3) 良好な遮水基盤の存在、4) 止水壁施工可能な改良深度といった地下ダム建設の条件*1)に合致したものであり、地質・地下水条件に恵まれた地下ダムサイトと言える。

これに対して伊江地下ダムは、中生代～古生代の伊江層を基盤としていること、浸食によって形成された地下谷があり大深度施工区間がある一方で、断層で形成された地下谷と比較すると地下水を貯留するための良好なポケットがないことな

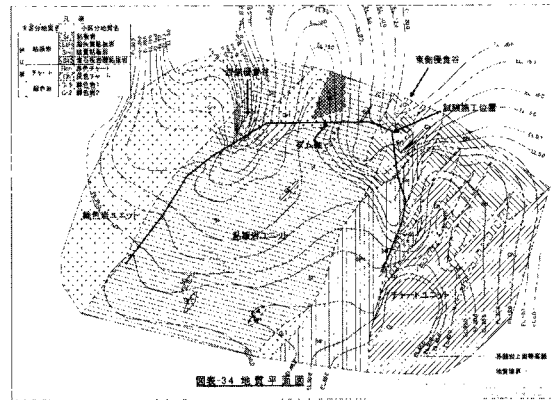


図-2 伊江地下ダム基盤平面図

ど、これまでの地下ダムにない地質的な特徴があり、チャートユニット（亀裂が発達し硬質）と緑色岩ユニット（空洞が発達する恐れのある古期石灰岩を含む）を避けた粘板岩ユニット内で地下ダム軸を「コ」の字型にするなどの設計上の工夫がなされている。（図-2）

(3) 施工上の課題としての「大深度部」

伊江地下ダムの施工を進めるに当たっての大きな課題の一つが、琉球石灰岩と基盤の伊江層との間に細粒分が多く、かつ、不均質な基底層が堆積していることである。（図-3）

特に、施工深度50mを超える部分（ここでは「大深度部」と定義）では、地下谷に基底層が厚く（層厚20～30m）堆積し、かつ、その一部に硬質な玉石を含むことから、地下ダムの建設を進めるに当たって次の2点が懸念された。

- 深部基底層の存在を踏まえた止水壁鉛直精度及び連続性の確保
- 細粒分の多い基底層を材料とする原位置攪拌止水壁の品質（透水性、強度）の確保

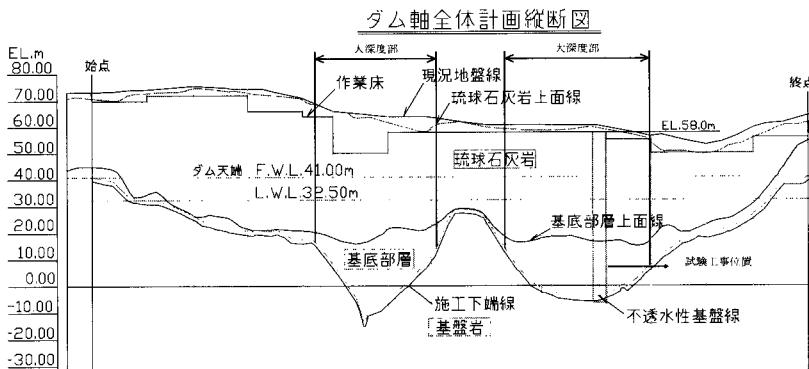


図-3 伊江地下ダム縦断模式図

4. 伊江地下ダム試験工事

(1) 試験工事の目的

伊江地下ダム試験工事は、地下ダム建設の本格着工に先立ち、止水壁の設計・施工仕様の検討及び積算に必要なデータ確認を目的に実施した。試験工事では、大深度部の施工性・品質確保といった課題に加えて、非越流部区間^(注1)の透水性・施工性の確認、止水壁根入れ部の施工性（伊江層への根入れ）確認といった課題にも対応する内容とした。

注1) 伊江地下ダムは流域面積が小さく、かつ、地表までのクリアランスが大きいことから高水に対して安全度が高いため、コスト削減の観点から、止水壁天端以上の透水性を確保する越流部処理（天端以上の非締切り区間の透水材料置換）を行わない非越流部区間を設ける。

(2) 工事の概要

試験工事は、東側地下谷の最深部（最大施工深度67.2m）を対象に施工した。（施工位置 図-2、3参照）その工事の概要は次の通りである。

地下ダム止水壁建設 延長：78m

施工面積：4,852m²、締切面積：3,448m²

仮設工 一式

(3) 試験工事で採用した工法

試験工事では、先行の地下ダム施工地区である宮古地区や沖縄本島南部地区で施工深度50m以上における施工実績がある柱列式原位置攪拌工法を採用した。

先行地区で施工されてきた同工法の主な施工手順は次の通りである。（図-4参照）

- ①ケーシング削孔：越流部の透水性確保、先行削孔の精度向上のため、ケーシング内にオーガーを挿入し、深度20mまで掘削排土
- ②先行削孔：3軸削孔の鉛直精度向上、削孔負荷軽減のため、ケーシングをガイドとして3軸削孔両軸の位置（90cmピッチ）に設計深度まで削孔液（Ⅰ液）を注入しながら単軸の先行削孔を実施
- ③三軸原位置攪拌工：先行削孔をガイドとして三軸オーガーで削孔液（Ⅰ液）を三軸の両端オーガーから注入しながら設計深度まで掘削、引き上げ時に固化液（Ⅱ液）に切り替え、削孔時に破碎した琉球石灰岩と混合し止水壁を建設（止水壁の施工事例 写真-1参照）

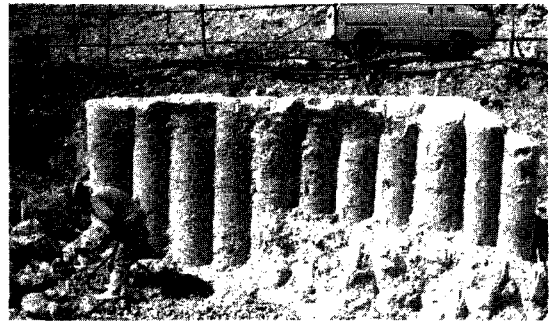


写真-1 実際の地下ダム止水壁

（沖縄本島南部地区の事例）

（φ550mm・0.9mピッチの三軸攪拌により建設されている）

(4) 試験工事の工区設定の考え方

試験工事では、大深度部での施工性の向上を図る観点から大型ベースマシンのDH808（図-5）を導入することとして、次を勘案して①～④の4試験工区を設定した。（表-2、写真-2参照）

- ①工区：これまでの先行地区で標準施工仕様（従来機（DH608）、口径550mm、20mケーシング）で越流部処理を行う工区（②、③工区と比較する対照工区）
- ②工区：大型機（DH808）導入による大口径・施工ピッチ長増（0.9→1.2m）により施工効率向上を期待する工区
- ③工区：大型機（DH808）導入による長軸ケーシング（20→30m）施工により鉛直精度向上を期待する工区
- ④工区：標準施工仕様で越流部処理を行わない工区（非越流部の施工性等を確認）

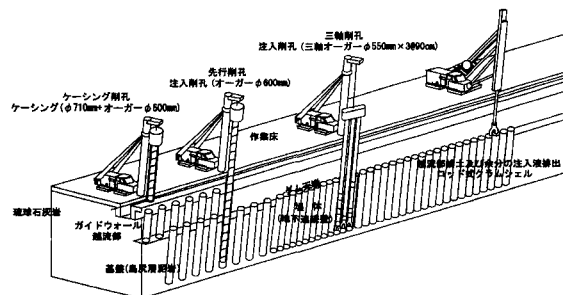
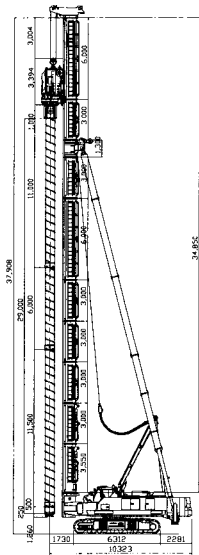


図-4 地下ダム止水壁施工概念図



※従来機 (DH608) との主な相違点
 リーダー長増 (28m→38m)
 重量増 (120t→140t) 等
 →長尺ケーシング削孔が可能
 →機械安定性増に伴う大口径ケーシング削孔可能

図-5 ベースマシーン基本構成図 (DH808)

表-2 試験工事工区分

工区	施工仕様				工区設定の考え方
	ベースマシーン機種	ケーシング長	三軸削孔径 (施工ピッチ)	越流部 施工延長	
①	従来機 DH608	20m	550mm (0.9m)	処理 18m	標準施工仕様 (大型機械対照区)
②	大型機 DH808	20m	700mm (1.2m)	処理 24m	大型機械導入に伴う大口径・施工ピッチ長増 (0.9m→1.2m)
③	大型機 DH808	30m	550mm (0.9m)	処理 18m	大型機械導入に伴う長尺ケーシング (鉛直精度向上を期待)
④	従来機 DH608	20m	550mm (0.9m)	非処理 18m	標準施工仕様で非越流部の施工性等を確認

(5) 試験工事結果

1) 施工結果

試験工事は、従来機 (DH608)、大型機 (DH808) の2パーティーを導入し②工区 (大口径区間)、④工区 (標準仕様・非越流部区間) を先行して実施した。

先行工区のうち、④工区において先行削孔の孔曲りが大きく三軸削孔が先行削孔をトレースしていないケースが多いことから、コスト削減の観点から後発工区の③工区 (30mケーシング施工により鉛直精度の向上が期待された工区) 20セットのうち10セットの区間で細粒分が多い基底層での先行削孔省略を試行した。(図-6)

①～④工区の各施工仕様における実績を (表-3) に整理した。その結果、大型機械 (DH808) を導入した②、③工区で、調整杭 (建設される止水壁エレメントが孔曲りでラップしない場合、追加の三軸削孔を行なって止水

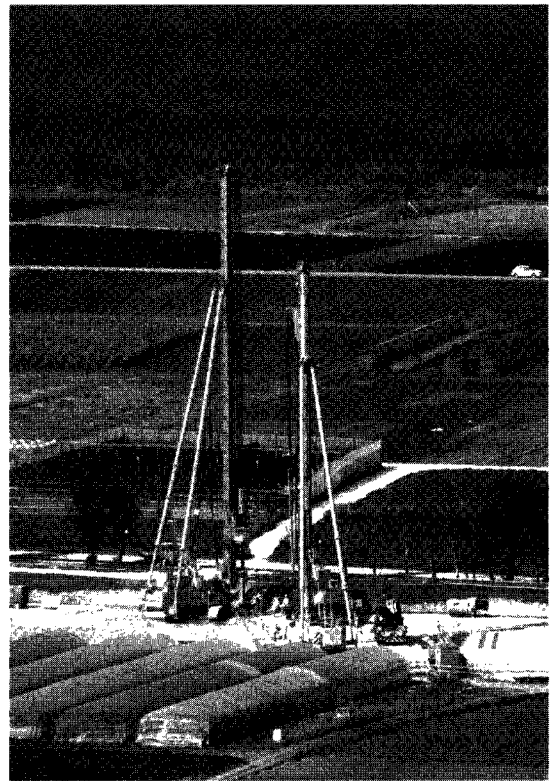


写真-2 伊江地下ダム試験工事施工状況
 手前が従来機 (DH608)、奥が大型機 (DH808)

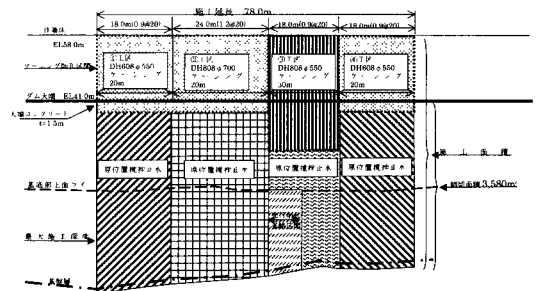


図-6 試験工事止水壁施工縦断面図

壁の連続性を確保する) の発生が当初想定 (発生率40%, 8本の調整杭を予定) より大幅に減少した。

加えて、③工区におけるサイクルタイムが当初想定より短くなるなど、大型機導入に伴う施工性の向上がうかがえる結果となった。

また、施工前に実施したパイロット孔で確認されていた基底層の硬質玉石や基盤 (伊江層) に対しては、削孔に時間を要したものの計画深度までの削孔が可能であった。

表-3 試験工事施工結果概要

区 分	①工区	②工区	③工区	④工区
ケーシング削孔				
時間比率 (実績/計画)	103%	123%	93%	139%
先行削孔				
時間比率 (実績/計画)	117%	118%	107%	138%
注入液比率 (実績/計画)	127%	133%	127%	217%
三軸切り崩し				
時間比率 (実績/計画)	130%	124%	67%	-
三軸削孔				
時間比率 (実績/計画)	114%	129%	97%	149%
注入液比率 (実績/計画)	106%	105%	107%	141%
調整杭 (20本当たり)	11本	1本	2本	5本
調整杭率	45%	5%	10%	25%

注1) 時間比率は、削孔、移動除取り等の全作業時間の比
 注2) 三軸削孔注入液比率は、削孔液+固化液の比

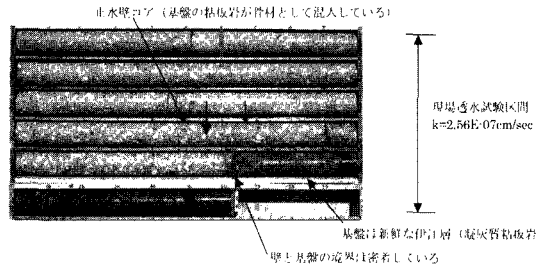


写真-3 チェック孔コア写真 (CH-75: GL-56.0~-61.6m)

表-4 削孔液・固化液の配合と注入量

	配合 (kg/1,000ℓ)							注入量 (ℓ/m)				
	調整スラグ	フライッシュ	ペントナイト	セメント	膨張剤	増粘剤	水	W/FS	W/C	削孔時	引上げ時	
											底部5m	5m以上
先行削孔液	172	55	27	-	-	-	907	400%	-	150	30	30
三軸削孔液	217	40	15	-	-	-	902	350%	-	532	-	-
三軸固化液	-	-	23	692	58	2.3	751	-	100%	-	396	167

2) 止水壁の品質確認結果

築造された止水壁の品質については、チェックボーリングを削孔し原位置透水試験を実施するとともに、ボーリングコアを利用した室内一軸圧縮試験により壁体の遮水性と強度を確認した。

その結果、先行地区で採用されてきた削孔液、固化液の配合仕様、注入量 (表-4) で施工した止水壁は、透水性の基準 ($K_{20}<1.010E-6cm/s$) 及び強度の基準 ($\sigma_{20}>1.0MN/m^2$) を満足した。

また、止水壁最下面と基盤を含むチェック孔における現場透水試験結果及びチェック孔コア観察結果から、止水壁と基盤は密着しており基盤移行部での透水性状に問題が無いことを確認した (写真-3)。

5. 試験工事結果を踏まえた止水壁の施工仕様

試験工事の結果、不均質な基底部層が厚く堆積している大深度部においても一定の精度により止水壁の施工が可能であると判断した。また、先行地区の材料仕様を適用することで壁体の品質を確保できたことから、伊江地下ダムの止水壁工法として柱列式原位置攪拌工法の採用が妥当であると判断した。

一方、以下の検討により、基底部層における先

表-5 伊江地下ダム施工仕様

施工区間	ベースマシン	ケーシング削孔長	三軸削孔径 (施工径)	先行削孔
大深度部 (施工深度 50m ⁺ 以上)	大型機 (DH808)	30m	550mm (0.9m)	基底部層省略 ²⁾
一般部 (施工深度 50m未満)	従来機 (DH608)	20m	550mm (0.9m)	基底部層省略

注*1 施工区間基準の 50m は目安であり、実施工においては、工区割等により深度基準が変わる場合がある。
 注*2 玉石層厚、基盤強度等想定外の地質状況が確認された場合は、先行削孔の追進を検討する場合がある。

行削孔の省略、大深度部において大型機種導入による30mケーシング削孔を採用するなど、従来と異なる施工仕様を基本とした止水壁建設を進めることとした。(表-5)

(1) 基底部層における先行削孔の省略

次の諸点から、基底部層における先行削孔を省略しても適切な施工が可能であると判断した。

- 基底部層には未固結の粘土混じり砂礫層が広く分布している。→原位置攪拌工法で一般的には先行削孔を行わない施工対象層に区別されると判断
- 先行削孔を基盤まで実施した④工区において、三軸削孔が先行削孔をトレースしていないケースが多いものの、調整杭率は20% (20本中4本) と想定より低い値となった。→先行削孔を基盤まで実施する必要性が低いと判断

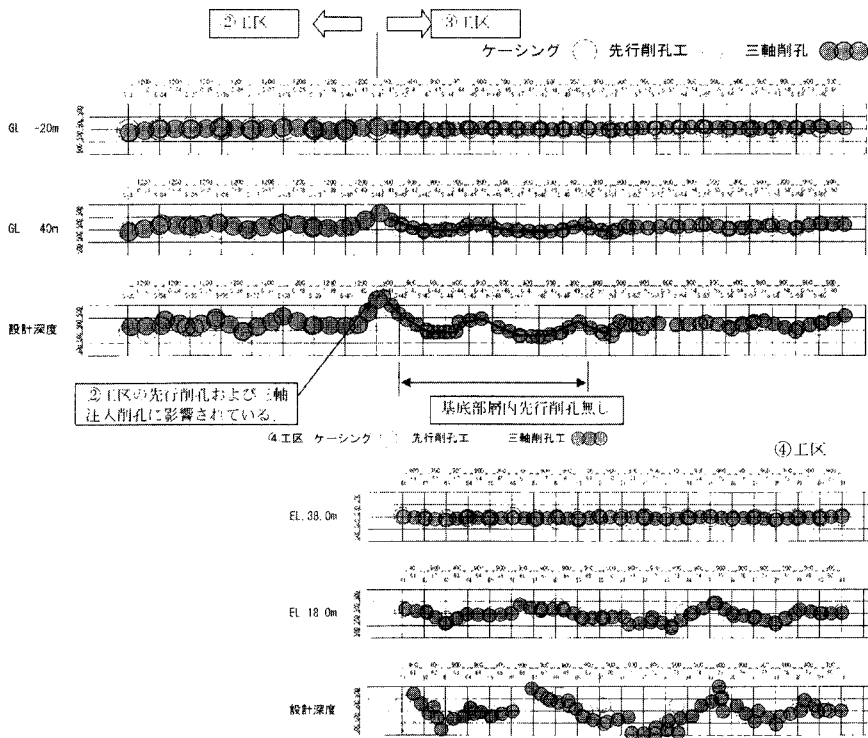


図-7 止水壁施工図（三軸搅拌終了時）

- 先行削孔を省略した③工区の10エレメントにおける調整杭は1本と先行削孔を実施した工区と差異が無かった。→先行削孔を省略しても施工精度を確保することが可能と判断（③工区・④工区施工結果比較 図-7参照）

(2) 施工仕様の検討

大深度部における最適施工仕様を検討するため、試験工事における施工仕様（標準機種・20mケーシング、大型機種・大口徑・20mケーシング、大型機種・30mケーシング）による深度毎の経済比較を行った。（図-8）その結果、以下の諸点が確認された。

① 底部先行削孔省略の経済性

一般部標準施工仕様において、先行削孔を基盤まで実施したケース（標準40mA）と底部先行削孔を省略したケース（標準40m）を比較したところ、先行削孔の省略により約10%のコスト縮減が図れる。

② 一般部の施工仕様

施工深度50mにおける経済比較を行った結果、標準施工仕様（標準機種、標準口径、20mケーシング）が最も経済的な施工仕様となった。

③ 大深度部の施工仕様

一方、60m及び70mの施工深度においては、大深度仕様1（大型機種、標準口径、30mケーシング）が最も経済的な施工仕様となった。

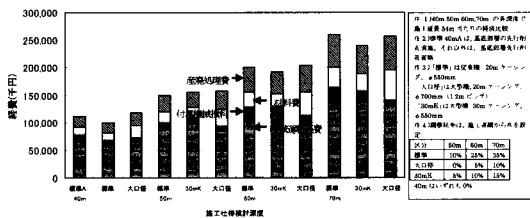


図-8 止水壁仕様経済比較

6. おわりに（第2世代地下ダムとしての伊江地下ダム建設）

これまでに沖縄管内で建設が進められてきた地質・地下水条件に恵まれた地域での地下ダムを「第1世代の地下ダム」とすると、大深度部施工を始めとする種々の技術的な特徴を持つ伊江地下ダ

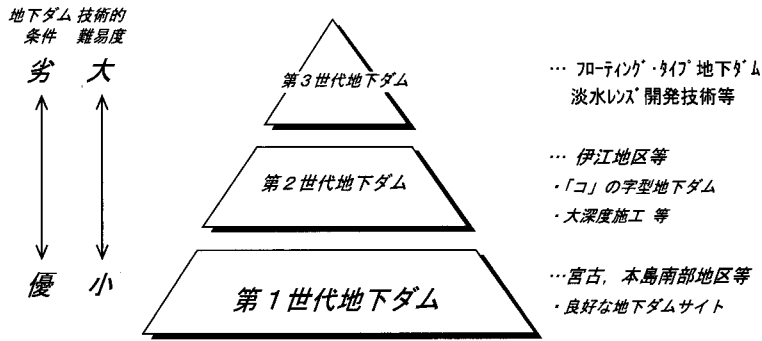


図-9 地下ダム事業展開のイメージ

ムは、「第2世代地下ダム」*2と位置づけられるのではないだろうか。(図-9)

第2世代の地下ダムとしての伊江地下ダムは、当然、技術的難易度も高く、これから本格的な施工ステージを迎えることとも相まって、様々な課題が発生することも考えられる。これらの課題に対して今回の試験工事で得られた知見を参考に、一つ一つ丁寧に対応して伊江地下ダムの建設を進めることで、水不足に悩まされてきた伊江村における一層の農業振興の基礎を築くとともに、今後

の地下ダムによる水源開発の発展に寄与することができればと考えている。

参考文献

- *1 岸 智, 宜保清一: 「沖縄における地下ダム事業」, 地盤工学会九州支部50年記念誌「九州・沖縄の地番工学-あゆみと展望-」 P.59,1997
- *2 谷口宏文: 「中小離島における農業用水源開発-国営かんがい排水事業伊江地区の概要-」 ARIC情報 第75号 P79

米須地下ダムにおける塩水浸入予測解析と対策について

名 和 規 夫* 玉 田 眞 一** 中 尾 仁***
 (Norio NAWA) (Shinichi TAMADA) (Jin NAKAO)

目 次

I. はじめに	20	V. 塩水浸入解析	26
II. 事業及びダムの概要	21	VI. 除塩計画	29
III. 塩水浸入予測解析の作業概要	21	VII. おわりに	30
IV. 解析実施前の作業	21		

I. はじめに

米須地下ダムは、内閣府沖縄総合事務局が、沖縄本島南部地区農業水利事業として、糸満市の米須海岸沿いに設置した本邦初の本格的な塩水浸入阻止型地下ダムである。地下ダム設置により貯水池への塩水の流動は大幅に抑制されるが、ダム完成後も塩水が基盤凹所に残留し、また、水利用の多い渇水年には貯水位が海面を下回るため、ダム堤体及び堤体基盤から塩水が浸入することは避

けられない。このため、残留あるいは浸入する塩水によって利用水の塩分濃度が許容値を上回るかどうか事前に予測を行い、必要に応じて対策を講ずるとともに、貯水池利用にあたっては適切な塩水管理が必要である。塩水浸入予測は、計画段階においては浸透流解析結果等に基づき概略的に行われている¹⁾。実施段階においては移流分散密度流計算法を用いて詳細な検討を行った。ここでは、その検討の手順と内容及び対策の概要について報告するものである。

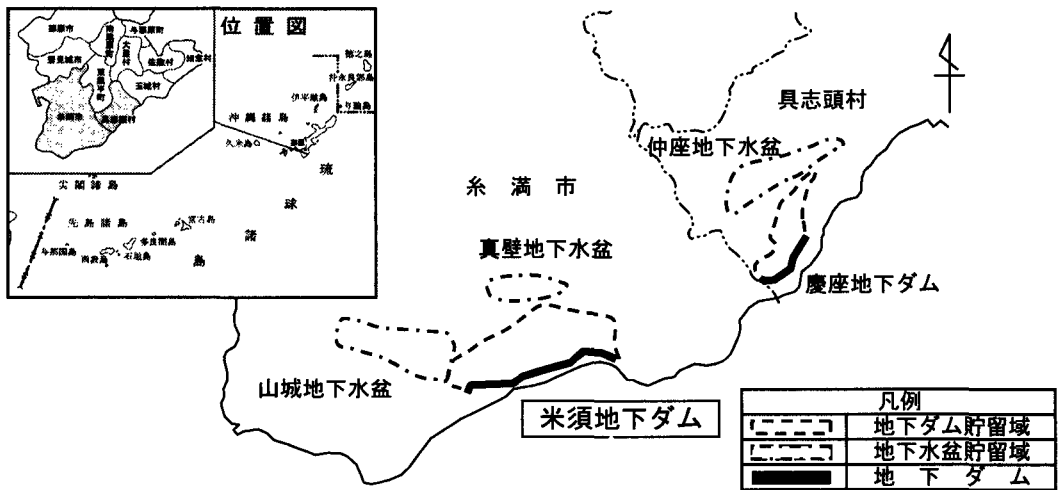


図-1 米須地下ダム位置図

*現：東北農政局整備部設計課 (Tel. 022-216-4287)
 前：沖縄総合事務局沖縄本島南部農業水利事務所
 **現：九州農政局綾川二期農業水利事業建設所
 (Tel. 0985-30-6700)
 前：沖縄総合事務局沖縄本島南部農業水利事務所
 ***現：農林水産省農村振興局整備部農地整備課
 (Tel. 03-3501-6256)
 前：沖縄総合事務局沖縄本島南部農業水利事務所

II. 事業及びダムの概要

沖縄本島南部地区は、さとうきびを基幹として野菜・葉たばこ・花卉等が栽培されている受益面積約1,352haの純畑作地帯である。新たな水源として、米須、慶座流域に地下ダム(図-1)を建設するとともに、山城、真壁、仲座の3ヶ所の天然地下水盆の地下水を活用して、畑かん用水を供給する計画である。

塩水浸入阻止型の地下ダムである米須地下ダムは、米須海岸沿いの延長約2.5kmにわたり貯留層である琉球石灰岩層を締め切るもので、基礎地盤は難透水性の島尻層群泥岩および知念砂岩に求めている。(図-2)琉球石灰岩層は、約120~130万年前のサンゴ礁堆積物が地殻変動によって隆起したもので、空隙が大きい。

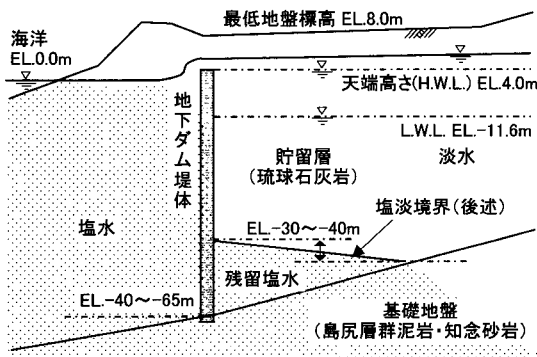


図-2 米須地下ダム現況模式図

総貯水量は約350万 m^3 、有効貯水量は約180万 m^3 である。L.W.L.はEL. -11.6mであり、海面(EL.0.0m)に対して大きく貯水位を下げる。堤体は地下連続壁(SMW工法;平均壁厚54cm)であり、両岸取付部のみグラウト壁(壁厚5m)となっている。

当事業における農業用水の許容塩分濃度は、地域の導入作物のうち最も耐塩性の低いサヤインゲンの許容値から塩素イオン濃度(Cl^-)で200mg/l(200ppm)とし、結果的に飲用基準と同じ値となっている。

III. 塩水浸入予測解析の作業概要

塩水浸入の予測解析は、代表位置において断面二次元モデルによる移流分散密度流計算を行い、

計画基準年における取水の塩分濃度が上記の許容値以下になるのかどうかを検討した。移流分散密度流計算では、通常の浸透流解析に必要な帯水層定数(水理定数、帯水層諸元)のほかに、地層の分散性や塩水の密度・濃度についての情報が必要である。また、対策を考えるためには、貯水池の越流時、取水時、降雨時、塩水排水時等様々な貯水池状況における塩水挙動や塩分変化の状況を把握しておくことが肝要である。このため、解析実施前の作業項目は多岐にわたるものとなった。主な作業の内容を以下に紹介する。

IV. 解析実施前の作業

(1)水槽模型実験

塩水浸入に関してはこれまで多くの実験及び解析に基づく成果が得られているが、傾斜地盤上の地下ダム貯水池における残留塩分の挙動に関しての検討例はほとんどない。そこで、図-3に示す装置により室内模型実験を実施し、塩水の挙動(ダムなしの場合、ダムあり越流時、取水時、除塩時等)を視覚的に把握した。また、その結果を解析手法・プログラム比較の検証データに用いた。なお、実験は鹿児島大学農学部へ委託した。大学ではその後独自の実験を行い、成果を公表している。

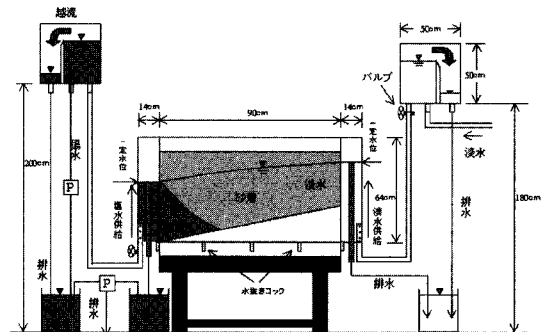


図-3 室内模型実験装置概要

実験と再現計算結果で注目される点は、ダム越流時には、残留塩分が越流水に混じり少しずつ減少してゆくこと、また、その結果、塩分は堤体近くでは上方に広がって分布していることである。(図-4)この分布状況は現場計測でも確認された。

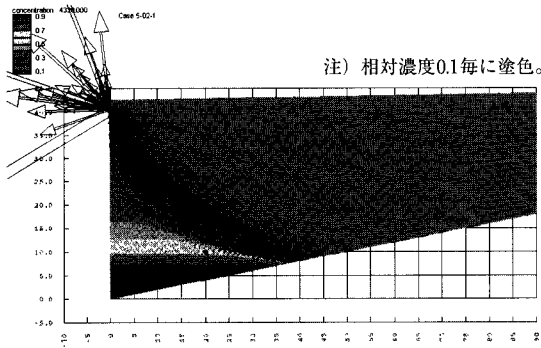


図-4 室内模型実験再現計算例

(2)解析手法・プログラムの比較検討

移流分散方程式には計算の安定性に大きな影響を及ぼす移流項が含まれており、その離散化手法や使用するプログラムにより、対象場への適用性や計算精度が異なることが考えられる。そこで、移流項の離散化手法の適用性やプログラムの性能を検討し、本地下ダムの塩水浸入解析に適したプログラムの選定を行った。

最終的に比較したプログラムは、DTRANSU (岡山大学他)、SEAWAT (米国地質調査所) 及

びSUTRA (米国地質調査所) で、いずれもソースコードおよび解析手法が公開され、二次元及び三次元の密度流解析が可能なるものである。移流項の離散化手法のうち、差分法 (中心差分, 風上差分, TVD法), 有限要素法 (標準法, 風上法), 及び特性曲線法 (前方追跡, 後方追跡) がこれらのプログラムで比較できた。

比較の結果, オーダー的に分散長が異なる地層を対象とする実際の解析では, 移流項の離散化手法として, 数値分散や異常値の発生を抑制できる特性曲線法を用いるのがよいと判断した。場の離散化については有限要素メッシュを用いる方が現場への適用が容易であることを考慮し, これらの条件の解析ができるDTRANSUを選定した。

(3)基盤面形状の把握

塩分濃度の高い塩水は密度が大きく重いため, 基盤の凹所に移動しやすい。また, 基盤傾斜が大きいほど塩水は溯上しにくい。このような意味から, 密度流を考慮する場合, 基盤形状が重要であり, 解析に先立ち塩水残留域付近の基盤高のデータを吟味した。米須貯水池では, 基盤面は全体的に海側に傾斜するが, 東西に基盤の凹地がある。(図-5)

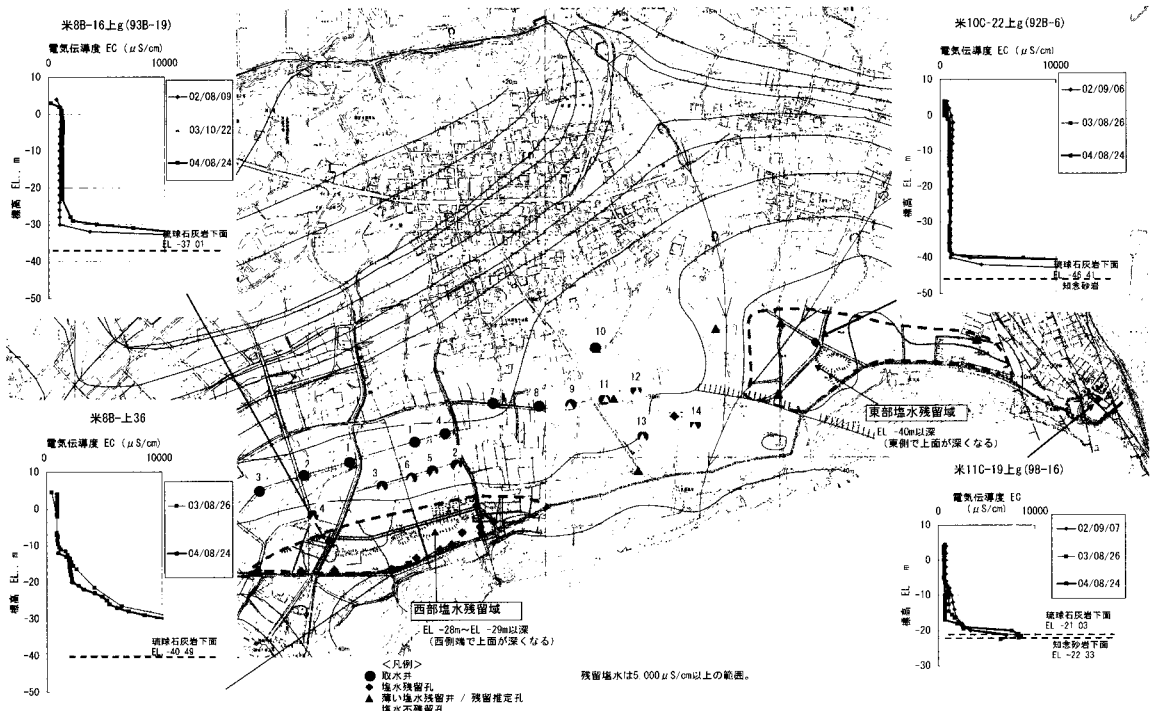


図-5 竣工1年前の塩水残留状況

(4)垂直電気伝導度測定

現在の貯水池内の塩分分布は、解析の初期値に係わるデータであるとともに、帯水層における塩分の分散性に関する情報を含むので、その把握は必須である。塩分分布の把握は、観測孔内の垂直電気伝導度を測定することにより行った。米須貯水池では、ダム工事前から毎年多数の地点で垂直電気伝導度を測定しており、ダム工事の進捗に伴う塩水分布の変化が把握できた。ダムを貯水池の中央から両岸部へと施工し、貯水池内の塩水をできる限り自然水圧で排除したが、ダム完成後には、東西の基盤凹地に塩水が残留した。(図-5) 残留塩水域の垂直電気伝導度分布には5,000 μ S/cm付近に変曲点があり、この付近が水理的な塩淡境界と考えられる。(図-6) この塩淡境界位は、大きな降雨後を除けば貯水位の水面勾配が小さいためほぼ一定(西部EL.-30m, 東部EL.-40m)であるが、堤体近くでは越流に伴って塩分が上昇するため浅いところでも電気伝導度が比較的高い。

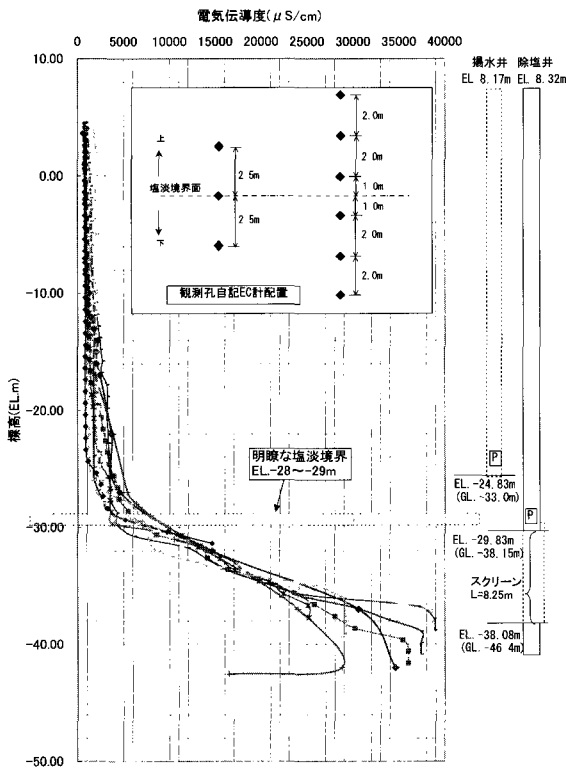


図-6 塩水上揚水試験前EC分布とECセンサー・揚水ポンプ位置

(5)塩分濃度測定

貯水池内各所から採水して電気伝導度と塩素イオン濃度を測定し、その関係式を求めた。

<米須貯水池の電気伝導度

- 塩素イオン濃度関係式 >

$$Ccl = 0.3585 \times EC - 249.73$$

ここに、Ccl: 塩素イオン濃度 (mg/l),

EC: 電気伝導度 (μ S/cm)

また、1992年から2003年の間毎年実施した事業地区内主要湧水の水質分析結果を整理した。湧水の塩素イオン濃度は平均50~70mg/lで、本土の一般の湧水の数倍~10倍の値であり、台風・季節風などによる風送塩の影響と考えられる。この値は、解析における淡水の塩素イオン濃度の代表値を決定する際に参考とした。

(6)海水の密度測定

米須海岸沖において海水を採水し、塩分量(実用塩分)と比重を測定し、海水の密度を1.025とした。塩分量は、理科年表の表面塩分分布図(原データは日本海洋データセンター)の値と大差ないこと、密度が標準塩水の値に近いことを確認した。

(7)トレーサー試験

移流分散解析のパラメータとして必須である分散長は、通常、トレーサー試験によって求める。しかし、野外の試験で有意な結果を得ることは難しく、国内での成功例は乏しいとされる。一般の解析では、分散長にはスケール依存性があるので、既存の試験結果を参考に、解析対象の大きさから分散長を推定し(対象スケールの1/10前後)解析に用いる。しかし、水理定数は現地での取得が基本であることから、トレーサー試験を試みた。(図-7)

トレーサー試験では、追跡物質を地下水流に投入し、下流の観測孔において追跡物質の濃度変化を測定して濃度-時間曲線を得る。これを解析式(あるいは解析近似式)³⁾による濃度-時間曲線と比較して、分散長を推定することが普通である。したがって、試験条件として、解析式の仮定がほぼ成り立つような平行流や放射流の場が必要である。米須貯水池の塩水浸入解析では、取水の塩分濃度を予測するので、揚水時における取水井周辺の分散長が問題となる。このため、実際に使用する取水井で揚水によって人工的な放射流の場を形成し、近傍の観測孔からトレーサー(海水または

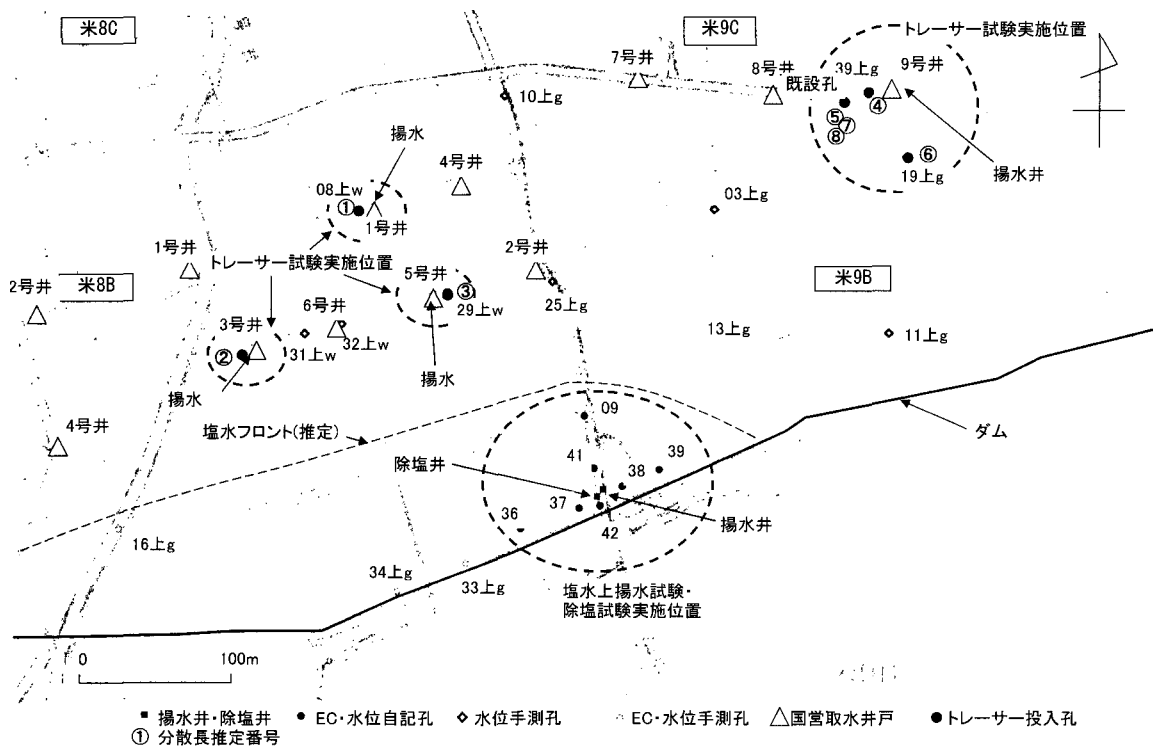


図-7 トレーサー試験・塩水上揚水試験・除塩試験位置図

希土類元素)を注入した。トレーサー濃度は取水井で測定した。このような人工的な流れでは、早い流速が設定でき、また、流向が定まりやすいので測定には有利である。距離8m~53mの区間の8個の濃度-時間曲線から、取水井付近の分散長を1m~5m程度と推定した。(図-8)

(8)塩水上揚水試験

残留塩水のある貯留域では、淡水と塩水では動きが異なるため、トレーサー試験の実施は困難である。そこで、塩塩境界付近の塩分の分布と変化が塩分の分散性の大きさに関係していることに注目して、塩水直上にスクリーンを設けた井戸により取水を行って周辺の電気伝導度の変化を計測し(図-6、図-8)、数値モデルを用いて観測結果を再現することにより分散長の推定を試みた。また、同時に、淡水部に変化を与えた場合に塩水がどのように動くのかを実験の場で把握した。

観測結果の再現計算は、三次元モデルを作成し計算を行った。(図-9)観測孔の電気伝導度は揚水開始及び停止の直後に、急激で異様な変化を示すところが多い。付近の琉球石灰岩にはところどころ小空洞があり、非常に不均質な水理条件にあ

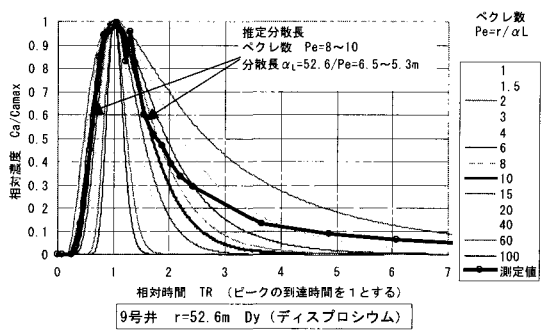


図-8 トレーサー試験における分散長推定例

ることが関係しているためと考えられる。このため、個々のセンサーについての数値モデルによる再現性は十分でなかった。

しかし、初期値作成のため実施した現況の塩分分布を再現する長期間の計算では、分散長の大きさにより残留塩水分布や変化速度の違いが明瞭に認められた。再現性は縦分散長が1m程度の場合に最も良好であり、この値を試験地付近の代表値と推定した。(図-10)

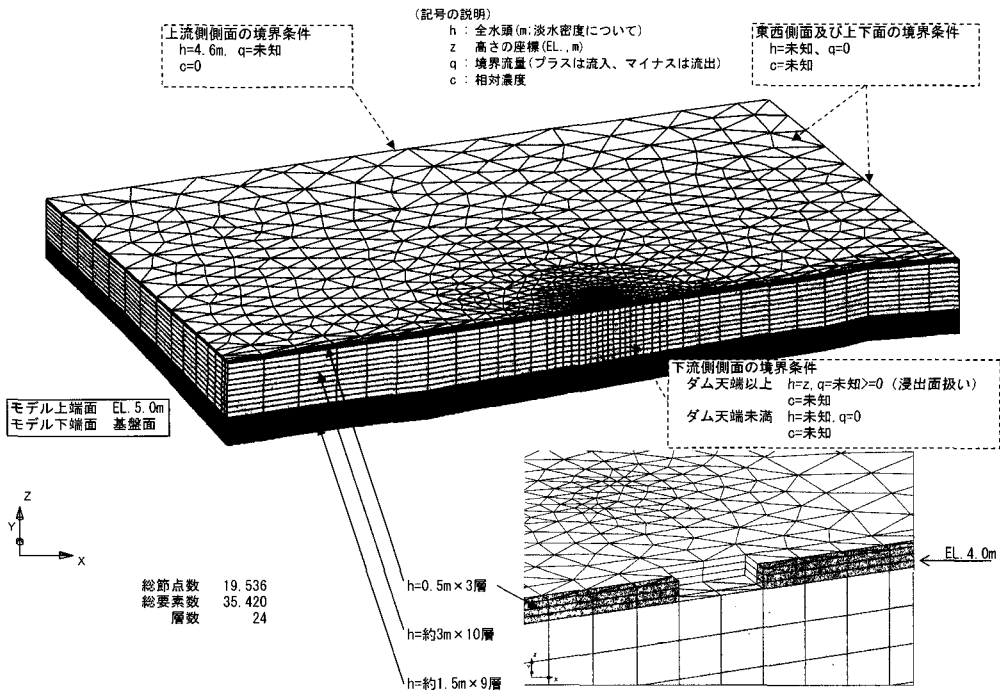


図-9 三次元モデル計算メッシュ立体図及び境界条件

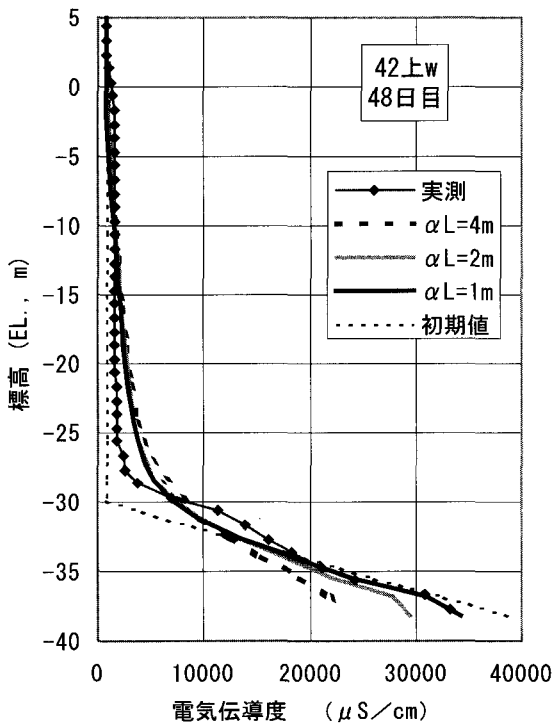


図-10 現況EC分布再現計算例

(9)除塩試験

1) 短期試験

渇水年に浸入した塩水をダム満水時の自然水圧で排除することは期待できない。したがって、浸入塩水の人工的な排除(除塩)は必須と考えられる。そこで、残留塩水の鉛直分布範囲内だけにスクリーンを設けた試験除塩井(図-8)を設置し、段階揚水及び揚水量を変えた2回の48時間連続揚水を行って、除塩水の塩分濃度の変化及び井戸周辺の塩分濃度の変化を観察した。観測位置は塩水上揚水試験と同様である。試験の結果、揚水量が小さい方が除塩水の塩分濃度が大きく効率的な除塩ができるが、揚水量を井戸の限界揚水量程度まで大きくしても、除塩水の塩分濃度は若干低下するものの、時間経過に伴う濃度の低減率はさほど大きくないことがわかった。除塩時間当たりの塩分除去量は揚水量を大きくした方が優り、除塩効果が大きいたことが推察された。また、取水中は周辺観測孔における塩淡水境界が非常にシャープになることがわかった。

2) 長期試験

1年目の解析結果から、計画基準年の翌年は

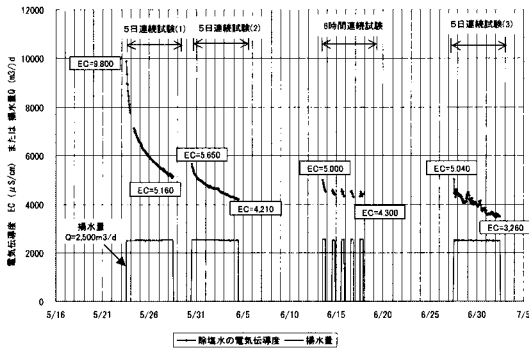


図-11 長期除塩試験による除塩水の電気伝導度変化

1ヶ月程度の除塩を要すると考えられた。そこで、上記の試験除塩井で4週間にわたる除塩試験を実施し、除塩水の濃度の低下程度や揚水の間断を行った場合の効率の差異について検討した。(図-11) 試験の結果、長期の除塩では塩分濃度の低減率が小さくなること、また、間断期間を多くせずに連続した除塩を行ったほうが除塩水の初期の塩分濃度は若干低下するものの、時間当たりの総除塩量が大きくなるので優ることが確認された。

V. 塩水浸入解析

(1)目的

解析の目的は、現況の残留塩分状況で計画基準年の取水を行った場合に、取水井からの取水が許容塩素イオン濃度200mg/l以下になるかを確認すること、また、許容濃度を上回った場合に除塩す

べき量を求めることである。

(2)解析モデルと計算期間

塩水浸入解析は、断面二次元モデルを用い図-12に示す4断面で実施した。

W断面とE断面は、残留塩水塊から取水井群に向かう塩水移動を予測するもので、それぞれ西部残留塩水域、東部残留塩水域における除塩の必要性ならびに除塩量の把握が目的である。なお、E断面は、東部塩水残留域から14号井への移動を予測するものであるが、便宜的に堤体にはほぼ直交するような断面を仮定し、井戸位置を投影した。

W2断面はさらに基礎の鳥尻層群泥岩上面近くに挟在される凝灰質砂層の影響の程度の把握が目的である。

C断面は残留塩水域のない貯水池中央部で堤体付近に浸入した塩水が取水井へ向かう様子を予測することが目的である。

W断面の形状を図-13に示す。

解析に必要な水理定数は、上記の現地試験結果や既存データを基に決定した。(表-1)

計算対象年は計画基準年の1971年で、計算期間は貯水位がダム天端を下回る期間である5月1日～12月31日とした。計算に用いた取水量および降雨からの地下水帯への涵養量、上流からの地下水流動量については、水収支モデルの計算結果を採用した。予測計算の初期濃度分布は、現況の塩分濃度分布の観測結果を参考に初期値を設定して、さらに自然な塩分濃度分布になるまで、ならし計算を行って作成した。

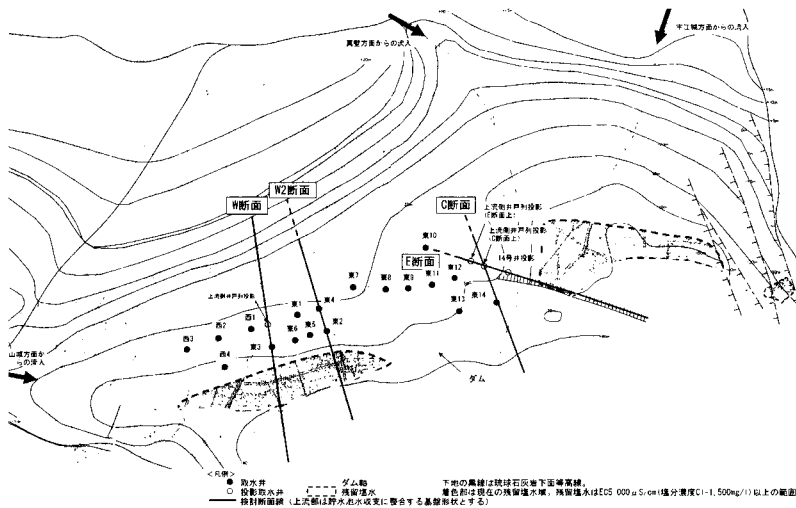


図-12 解析断面と取水井位置図

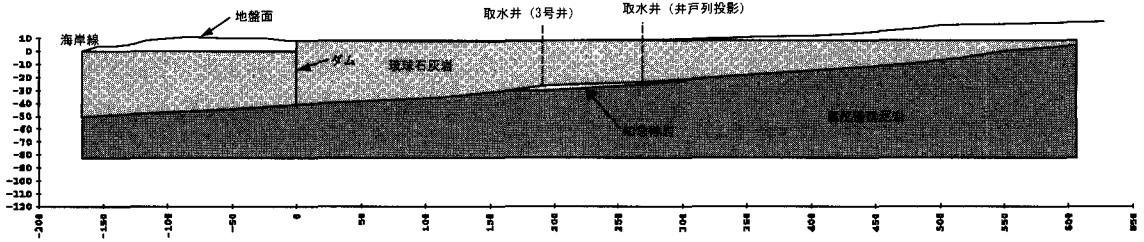


図-13 W断面の形状

表-1 モデルの水理定数一覧表

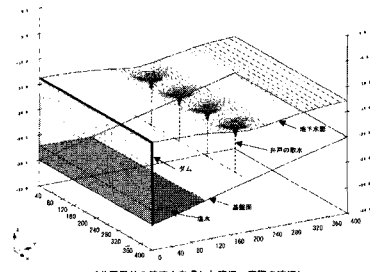
区域	項目	W断面	W2断面	C断面	E断面	
全域	流体密度 (g/cm ³)	淡水	1.002 (相対密度 1.000)			
	海水	1.025 (相対密度 1.023)				
珪球石灰岩	透水係数 (cm/s)	ダム下流側	8.4 × 10 ⁻¹			
		貯水池ダム付近	8.4 × 10 ⁻¹	8.4 × 10 ⁻¹	3.3 × 10 ⁻²	8.4 × 10 ⁻¹
	貯留率	取水井付近	8.4 × 10 ⁻¹	8.4 × 10 ⁻¹	3.3 × 10 ⁻²	3.3 × 10 ⁻²
		上流部	8.4 × 10 ⁻¹			
	縦分散長 (m)	ダム下流側	0.094			
		貯水池ダム付近	0.094	0.094	0.04	0.094
		取水井付近	0.094	0.094	0.04	0.04
		上流部	0.094			
	知念砂岩	透水係数 (cm/s)	2.0 × 10 ⁻⁵			
		貯留率	0.03			
縦分散長 (m)		0.001				
横分散長 (m)		5.0 × 10 ⁻⁴				
島尻層群 泥岩	透水係数 (cm/s)	5.0 × 10 ⁻⁶				
	貯留率	0.03				
	縦分散長 (m)	0.001				
凝灰質砂層 (島尻層群 泥岩中)	厚さ (m)	0.7				
	透水係数 (cm/s)	2.8 × 10 ⁻³				
	貯留率	0.03				
堤体	厚さ (m)	0.54				
	透水係数 (cm/s)	6.0 × 10 ⁻⁷				
	貯留率	0.03				
	縦分散長 (m)	0.001				

注) 貯水池ダム付近とは、塩水残留域付近を指す(C断面を除く)。横分散長は、縦分散長の1/10とする。

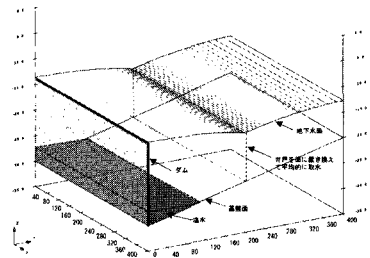
(3) 井戸周りの水位低下の影響の考慮

取水井は、堤体とほぼ平行に列状に配置されているので、平面的に見れば、取水時に井戸方面へ向かう流れは、井戸から離れたところでは堤体や井戸列にほぼ直交した平行流となるが、井戸近くでは各井戸へ向かう放射流となる。(図-14)しかし、断面線上の二次元解析では井戸近くの放射流を表現できず、全体が平行流となるので、井戸近くの通水断面の縮小(縮流)による流速の増大が生じない。このため、断面解析による塩分の到達時間は実際よりも遅くなり、取水濃度は低めに計算されると考えられる。(図-15)その程度を把握するため、帯水層の厚さと水理定数、および堤体と井戸の距離がほぼ近似する井戸間の半幅の平面二次元モデルを作成し、平均的な揚水量を用いて縮流の有無による塩分の到達時間の差異を求

めた。塩水は堤体付近からの流入を仮定している。取水地点で問題となる相対濃度は0.01~0.1程度であり、このような塩水の密度は淡水とほとんど差異がないことから、密度差を無視した。取水塩分濃度の上昇は、縮流を考慮する方が約0.5日早いので(図-16)、断面モデル計算において、最高濃度となる日の揚水をさらに1日追加計算し、その濃度を補正值とした。



<井戸周りの縮流を考慮した流況-実際の流況>



<井戸周りの縮流を考慮しない流況-断面モデルの流況>

図-14 流況概念図

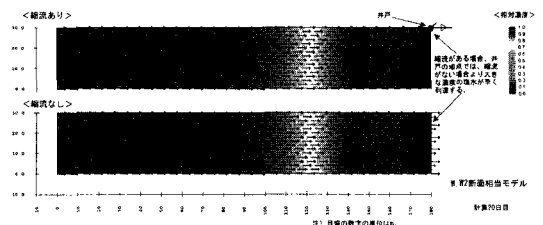


図-15 縮流有無による流速と濃度分布の差異

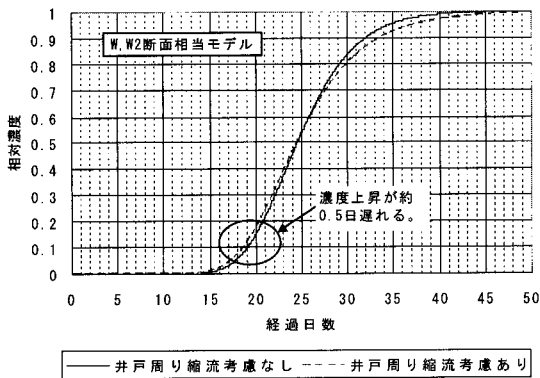


図-16 縮流有無による取水濃度の差異

(4)解析結果

W, W2, E断面で、除塩を行わずに現況の塩水残留状態で計画基準年の取水を行った場合、どの断面でも取水が許容濃度を上回ることがわかった。これより、塩淡境界位（電気伝導度分布が急変する5,000 μ S/cm前後の深度）をいくつか設定して計算すると、塩淡境界位が西部（W, W2断面）ではEL. -35.0m、東部（E断面）ではEL. -43.5m程度まで下がってれば、取水の塩分濃度は許容値を下回る。（図-17）そこで、この水準を管理塩淡境界位（毎年のかんがい期前に維持すべき塩淡境界位）にすることとした。

C断面では取水最高塩分濃度が許容値を上回り、貯水池中央部で堤体からの距離が比較的近い東部13号井及び14号井では、取水塩分濃度が許容値を超える可能性があることがわかった。しかし、これらの井戸での取水は、他の取水井の取水能力から最盛期の3日間のみとすることが可能であることから、用水の塩分濃度が許容値を超えないように、他の濃度の低い井戸からの取水と混合し利用することとした。このような配慮は西部4号井についても行うこととした。

また、50年間の水収支モデルによる貯水池運用計算結果から、計画基準年に比較的規模の近い渇水年（7ヵ年）を選定し、管理塩淡境界位相当の初期値を用いてW断面において予測計算を行った。貯水池の最低水位が基準年以上である年（6ヵ年）については、取水塩分濃度は許容値を上回らない結果が得られ、管理塩淡境界位の妥当性が追認された。ただし、1981年については、最低水位は基準年より約3m高いにもかかわらず貯水位低下期間が長い為、取水最高塩分濃度は基準年よりも大きい結果が得られた。また、基準年より大幅な渇水となる1993年の計算では、取水制限なしに取水を行うと翌年の春でも貯水位が回復せず、大きな取水濃度となった。これらの結果は、塩水管理マニュアルに反映させた。

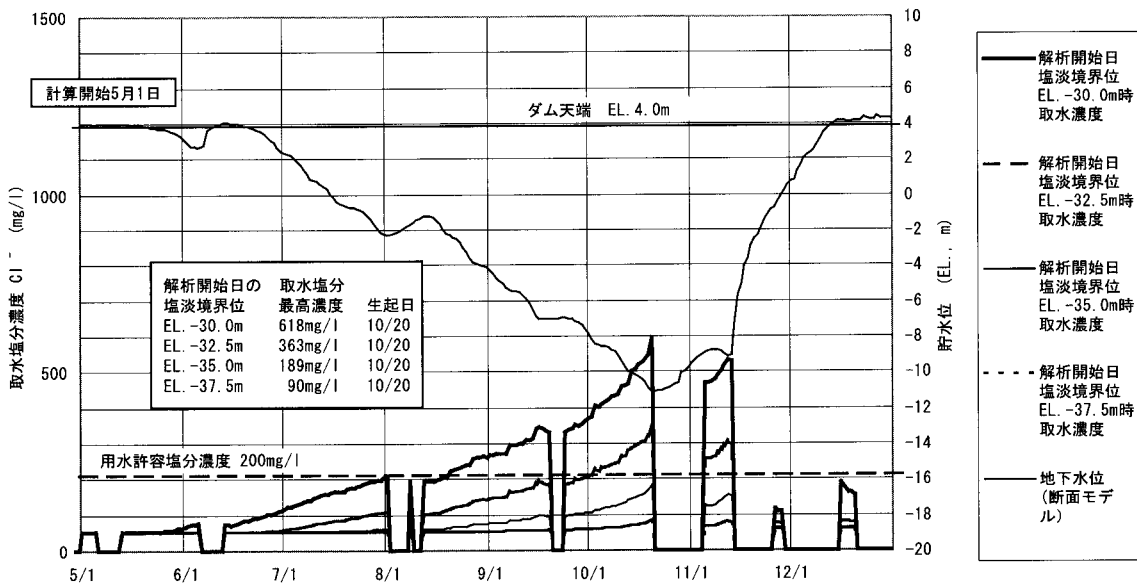


図-17 取水濃度の予測計算結果（W断面）

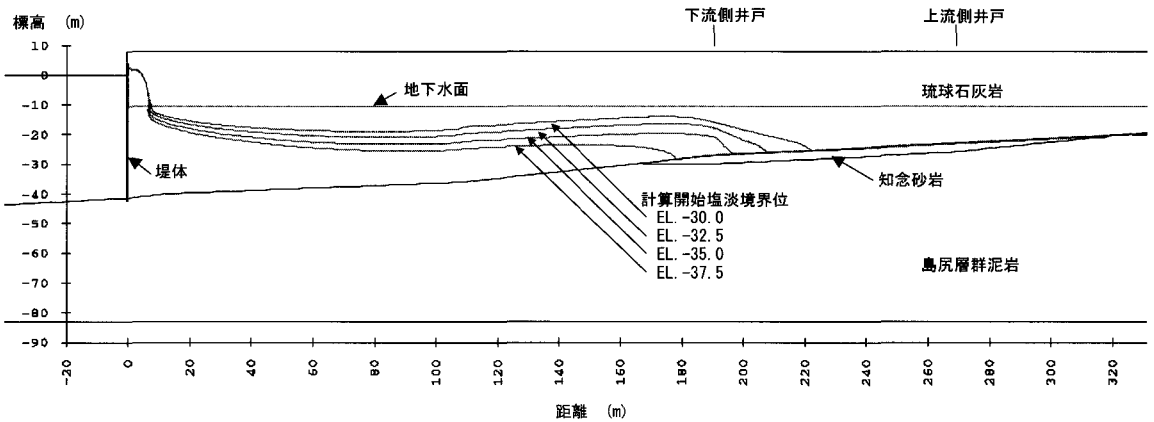


図-18 取水最高濃度時点における塩素イオン濃度200mg/l等値線比較図 (W断面)

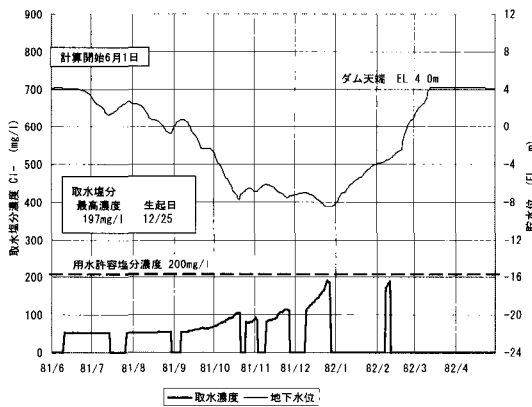


図-19 計画基準年よりも最低水位が高い年 (1981年) の取水塩分濃度予測結果

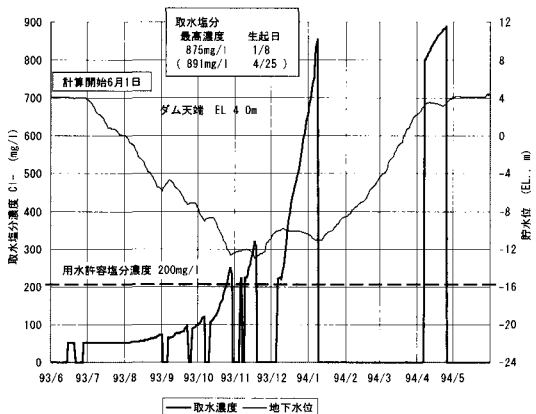


図-20 計画基準年よりも大規模な渇水年 (1993年) の取水塩分濃度予測結果

VI. 除塩計画

(1) 除塩の方法

水収支モデルによる貯水池運用計算結果から、米須地下ダムは、貯水位低下の翌年は6月までには貯水池が満水状態になることから、年初から6月の間の貯水位が回復した時期に残留塩水の除去を行い、塩淡境界位を上記の管理塩淡境界位まで下げるという簡易的な管理方法で、取水の塩水巻き込みを防止することとした。

(2) 除塩施設

予測計算の結果から除塩すべき量を算出し、除塩量と除塩可能期間から必要施設数を推定した。短期及び長期除塩試験では、除塩試験井の限界揚水量に近い2,500m³/dayで揚水が問題なく行われた。このことから、1井あたりの取水強度を2,500m³/dayとし、東西塩水残留域に3井ずつ除塩施設を設けることとした。なお、配置にあたっては、残留塩水がある東西地域内の基盤面の低いところ、かつ、将来の管理を考慮して道路に近く配置が偏らない位置を選定した。

(3) 施設引渡し前の除塩

事業完了前に施設を運用し、塩水浸入解析から得られた管理塩淡境界位以下まで十分に除塩を行って、施設管理者へ引き渡した。

(4) 貯水池の塩水管理

現地試験や予測解析から推定される塩水の挙動や、施設引渡し前の除塩時の塩水挙動状況を参考にして、貯水池の塩水管理マニュアルを作成し、施設管理者へ引き渡した。

VII. おわりに

地下ダムは、地上ダムと違って、貯水ポケットが様々な空隙、透水性、分散性を持つ地層に占められているため、貯水後の湧水による水位低下状況を見ないと、貯水位の変化や塩水の移流分散特性が十分に把握できない面があり、塩水浸入予測は多少とも不確実な面があることは否めない。このため、運用時のモニタリング、特に湧水時のモニタリングが重要である。その結果により塩水管理基準の妥当性を検証して、不適切な箇所が判明した場合は管理基準を適宜修正し、改定していく必要がある。今後の貯水池の塩水挙動を注視したい。

謝辞：本課題は、国営沖縄本島南部地区ダム技術検討委員会に諮り、御助言を頂きながら実施した。

長谷川高士京都大学名誉教授をはじめ、岡太郎京都大学名誉教授、古川博恭琉球大学名誉教授、今泉眞之農業工学研究所上席研究官の各委員に謝意を表す。また、水槽模型実験に関して御助言を頂いた舩井和朗鹿児島大学教授、中川啓同大助教授に謝意を表す。

参考文献

- 1) 原郁男・緒方博則・當銘俊明：米須地下ダム塩水浸入量の検討，水と土，Vol.106，pp.62，1996。
- 2) 中川啓・舩井和朗・内田一平：塩水浸入阻止型地下ダム貯留域内の残留塩分の挙動，水工学論文集48，pp.367-372（2004）
- 3) 地下水問題研究会（1991）：地下水汚染論－その基礎と応用，共立出版，340p。

志河川ダム付替道路計画の変遷及び工事の特徴についての事例報告

萩野 隆造* 安 永 和 宏** 兼 重 英 治***
 (Ryuuzou HAGINO) (Kazuhiko YASUNAGA) (Eiji KANESHIGE)

西 敏 臣**** 村 田 昇*****
 (Toshiomi NISHI) (Noboru MURATA)

目 次

I. はじめに	31	V. 工事着手に際して変更した主な区間	33
II. 志河川ダムの概要及び進捗状況	31	VI. 変更した主な区間の検討内容	34
III. ダムサイト及び貯水池周辺の地形、地質	32	VII. 志河川ダム付替道路で採用した新技術紹介	39
IV. 付替道路の計画から工事までの変遷	33	VIII. おわりに	41

I. はじめに

ダム建設事業はダム本体工事とともに、周辺地域社会における生活変化への対応関連工事、環境保全対策等が並行的に実施されているのが一般的である。特に、貯水池上流域への交通路の確保、林道等産業機能の確保、観光資源としての配慮及び貯水池管理用道路の新設等、目的はそれぞれ異なるものの、道路建設は必ず実施されている。しかし、事業費の比率は比較的高いものの、道路計画に関する地質調査及び設計への地質的配慮の程度は、ダム本体の重要性等から比較すると低いように思われる。本地点では地質的課題が多々発生し、付替道路工事は当初計画を変更した区間が多い結果となった。この報文はこれ等について、計画・調査・設計の変遷及び特徴的採用工法等について事例として報告するものである。

II. 志河川ダムの概要及び進捗状況

1. 志河川ダムの概要
2. 志河川ダム付替道路の諸元
 - ・道路区分：第3種第5級
 - ・設計速度：30km/h ・延 長：2.4km
 - ・道路幅員：全幅員4m ・曲線半径：R≥30m

表-1 志河川ダム諸元

位 置	西条市丹原町志川地先	流 域 面 積	17.2km ²
河 川	2級河川 中山川水系志河川	溝 水 面 積	0.086km ²
基礎地盤	三波川変成岩類、緑色変岩	かんがい面積	1.090ha
ダム形式	重力式コンクリートダム	総貯水量	1,300千m ³
堤 高	48.2m	有効貯水量	955千m ³
堤 長	117.0m	利用貯水量	1,900千m ³
堤 体 積	60千m ³	利用回数	2回
堤 長 幅 高	4.8m	最大貯水量	0.417m ³ /s
堤長標高	EL138.2m	施設区分	農業用水専用施設、新設

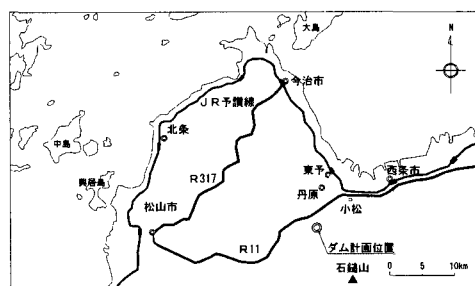


図-1 志河川ダム位置図

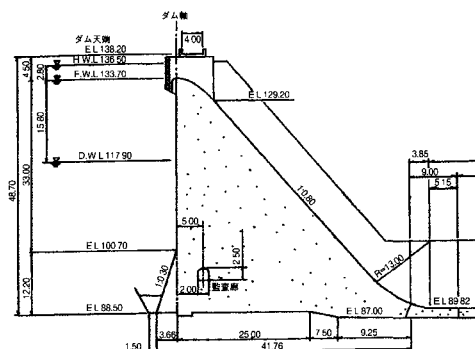


図-2 志河川ダム標準断面図

*現：中国四国農政局整備部水利整備課
 前：道前道後平野農業水利事業所道前支所
 (Tel. 086-224-4511)

**現：中国四国農政局中海干拓建設事業所
 前：道前道後平野農業水利事業所道前支所
 (Tel. 0852-76-2171)

***中国四国農政局道前道後平野農業水利事業所道前支所
 (Tel. 089-955-5320)

****中央開発株式会社 四国支店 (Tel. 089-946-1446)

*****中央開発株式会社 本社 (Tel. 03-3208-5251)

3. 事業の経緯

- 1) 地区調査 昭和59～61年度
- 2) 全体実施設計 昭和62～63年度
- 3) 予定工 平成元～19年度

Ⅲ. ダムサイト及び貯水池周辺の地形、地質

1. 地形

志河川ダム計画地点は、道前平野西部の中央部を流下する中山川の右岸支流である志河川に位置する。

志河川は石鎚山脈北麓の天ヶ峠（標高約800m）に源流を發し、西～北北西方向に流下し、ダム計画地点の下流約1.0km地点にて中山川に合流する。

志河川の河道は、巨視的には上流区間は東西方向、下流区間は北北西－南南東方向の直線状をなすが、微視的には軽度の穿入蛇行を示す。特に、ダム地点付近ではやや規模の大きい穿入蛇行をなしている。ダムサイト付近の河床勾配は1/25（約2.3度）である。

ダム地点及び貯水池周辺の山地は標高200～600mを有し、土地分類図に示される地形分類によれば、起伏量400～600mの中起伏山地と称される地形区内にあり、四国山地の北縁部に位置している。

また、ダム計画地点の下流約400mに道前用水の主水路が志河川に横断架橋されており、その直下流には四国縦貫道が通過している。

付替道路は、四国縦貫道とほぼ並行に位置する国道11号線から志河川に沿って上流域の集落へ通じる町道に対して建設されるものである。

2. 広域地質

ダム計画地点を含む愛媛県西部地方には、西南日本の地質区分を大きく内帯と外帯に区分する中央構造線が、石鎚山脈と道前平野南縁を境とする形で東北東－西南西の方向に通過している。

この中央構造線の南側には三波川帯がほぼ東西に帯状に分布しており、志河川ダム計画地点及び貯水池内周辺はこの三波川帯の分布地区に相当する。三波川変成岩類は三波川結晶片岩類とも呼ばれ、この地方では主として、緑色（塩基性）片岩・黒色（泥質）片岩から構成されている。

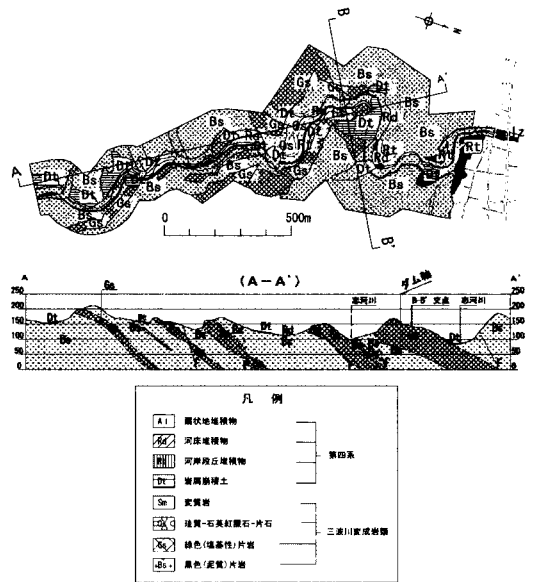


図-3 貯水池周辺地質平面・縦断面

3. ダムサイト及び貯水池周辺の地質

ダムサイト及び貯水池周辺に分布する三波川変成岩類は、緑色片岩、黒色片岩を主体とし、石英片岩を狭在する。これら基盤岩を覆って、崖錐堆積物、河床堆積物、崩積土等の未固結な新規堆積物が分布している。模式地質断面図を示すと図-4のとおりである。

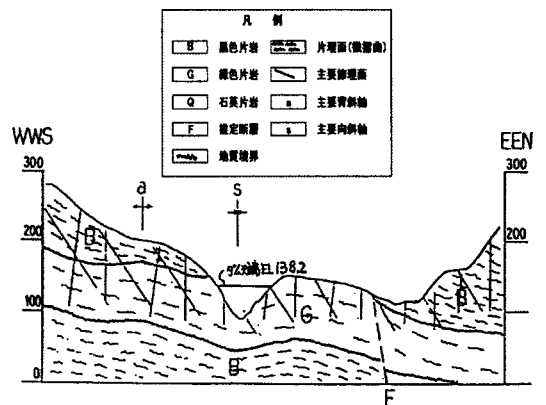


図-4 ダムサイトの地質模式図

主な基盤岩である緑色片岩は、新鮮岩部では全般に片理は発達しているが片理の密着性は良好で堅固な塊状岩を呈している。しかし高角度の節理が発達するところでは節理の開口が多く見られ、風化部では一部流出して空隙化してい

る所もある。露頭部では開口節理に伴う50～150cm程度のブロック状の産状を呈していることが多いが、岩芯まで軟質化しているところはまれである。

一方、黒色片岩は、全体として、肉眼的に黒色～灰黒色を呈する。黒色部は石墨や結晶度の低い雲母・緑泥石などより構成される。新鮮岩であれば片理の密着性もあり、堅固な岩盤である。但し、緑色片岩に比べ片理が発達しており、片理に沿って割れやすい傾向にある。

また、貯水池内には露頭は殆んどなく、崩積土等によって被覆されており、風化作用を受けやすく軟質化していることが多い。

Ⅳ. 付替道路の計画から工事までの変遷

付替道路は、ダム設計予定地の右岸河岸を通過する町道に対して計画された道路で、ダム本体の工事用道路及び、地質の見地から、右岸側貯水池沿岸を通過するルートをも有しとして計画が進められていた。設計業務着手後の地元協議等により、付替道路は左岸側に変更され、以降、ダム完成に向けて平成4年度から平成13年度に渡って、測量・調査・設計が進められた。この間、ダム本体及び貯水池内の地質調査が進み、貯水池内には地すべり地形の存在が明らかとなってきた。付替道路はこのような背景の基に、平成11年度に地すべ

り地形に配慮した設計が完了し、工事着手に至った。

当初設計では、橋梁5ヶ所以外、全延長切盛による開削工事によるルート、構造物設計が決定されている。付替道路に係わる経過、実績を示すと、表-2のとおりである。

Ⅴ. 工事着手に際して変更した主な区間

前述のように平成11年度の付替道路工事に着手したが、ダム本体施工計画の変更、ダム用地及び工事用地取得後、池敷き内の立木伐採後に見えてきた新たな情報による地質的課題及びコスト縮減等から当初設計を大きく変更した区間が発生した。その位置、変更の背景について図-5、表-3に示す。

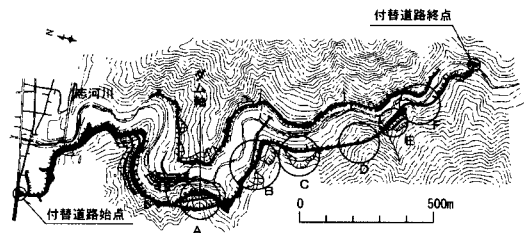


図-5 当初設計を変更した主な区間

表-2 志河川ダム付替道路に係わる設計、工事の実績

工種区分		年 度																		
		元	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
ダム本体	模型実験等																			
	概略設計																			
	実施設計																			
	ダム検討委員会																			
	施工計画																			
	仮設備																			
	設計VE検討会																			
	積算																			
付替道路	工事																			
	設計・調査																			
	概略設計																			
	実施設計等																			
	積算																			
	工事																			
付替道路	仮設備設計																			

表-3 変更した区間と主な背景・理由

区間	当初設計	変更後	変更した主な背景・理由
A	長大法面が出現する大規模切土による開削道路（ダム本体の工事用道路、管理用道路と兼用）	工事用道路、管理用道路と付替道路を分離 付替道路をトンネルルートに変更	一般法面の通行安全対策、ダム左岸アバウト、付替道路工事に伴い発生する長大法面の回避及び保脚崩れを石を志河川への落下防止のための仮受台が必要になることから、付替道路は比較検討のうえ、トンネルルートを採用した。
B	一般的な切盛による開削道路	ルート、及び計画高変更 川側構造物を軽量盛土採用	小規模な地すべりブロックの存在が、明らかとなったため、地すべり対策を考慮して、ルート、計画高を変更した。
C	同上	山側へルート変更 大きな地すべりブロックの検出	貯水池湛水の影響を受ける大きな地すべりブロックの存在が明らかとなったため、地すべり対策を要した。挿土工を行い挿土後の基盤面上にルート変更（山側）した。貯水池内地すべり対策と道路工事を一体的に実施した。
D	急峻な岩盤露頭部及び崩壊土部を切盛による開削	ルートをトンネル案に変更 構造成を困難に変更	当初のルート上には、岩盤地すべりブロック（急峻地形）、小規模な崩壊土地すべりブロックの存在が明らかとなったため、法面対策費を省いた修正案とトンネル案を比較、その結果、工率等の安全性、経済性に優れたトンネル案を採用した。 ルートが、山側となったため、沢部の構築を困難にしコスト増減を回った。
E	崩壊土部の切盛による開削道路（長大斜面の法面保護）	切土斜面の形状変更	工事中に切土斜面が一部崩壊したため、崩壊土を挿し、斜面安定を図った。
F	流れ盤の崩壊露頭を含め、一般切盛及び一部橋梁（L=55m）	ルート変更 橋梁部を含め鋼製ラーメン構造（L=174m）を採用 一部縦断計画変更	流れ盤の岩盤露頭部の岩盤地すべりブロック、崩壊土地すべりブロック地帯を通過するため、地すべりを誘発する地形の改善を図ることによって、安全性に優れ、かつ経済的な新工法の鋼製ラーメン構造を採用した。

(③水位急低下時に該当する)には水位急低下が想定され、その際の残留間隙水圧の作用が原因で、現況の安全率より5%以上低下することとなり、貯水池内地すべり対策が必要と判定した。対策工の検討は、計画安全率を1.20以上に設定し、前述のように地すべり対策工と付替道路工を一括して実施することで表-4のような経済比較を行った。

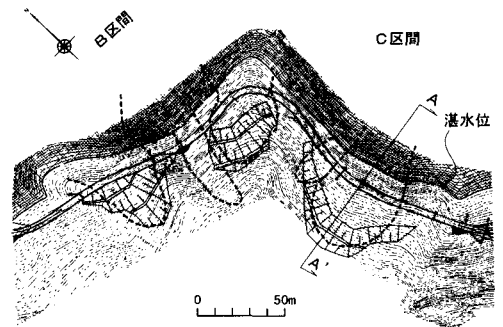


図-6 C区間の地すべりブロック

VI. 変更した主な区間の検討内容

図-5、表-3の変更した区間のうち、C、D、F区間についての検討内容について、以下に詳述する。

1. 貯水池湛水に影響を受ける地すべり対策と付替道路を一括して施工したC区間

本区間には、図-6に示すように地すべりブロックが点在する。ダムサイトに近接しており、貯水池湛水後の地すべり防止対策が不可欠なものと判断されており、この対策工と付替道路工を一括して実施することにより、コスト縮減を目指した。

代表的地すべりブロックの断面（図-7のA-A'）について、財団法人国土開発技術研究センター発行「貯水池周辺地すべりの調査と対策」に示されている対策工実施の有無の判別の流れ（図-8参照）に基づいて、地すべりブロックの湛水後の影響及び対策工の必要性について検討した。その結果を以下に示す。

- ①現状のR/D = 1.00
(逆算により $C = 15\text{KN/m}^2$, $\phi = 22.14^\circ$)
- ②満水時 : R/D = 0.953 (低下量0.05未満)
- ③水位急低下時 : R/D = 0.928 (低下量0.05以上)

以上の検討結果により、本ダムの代かき期

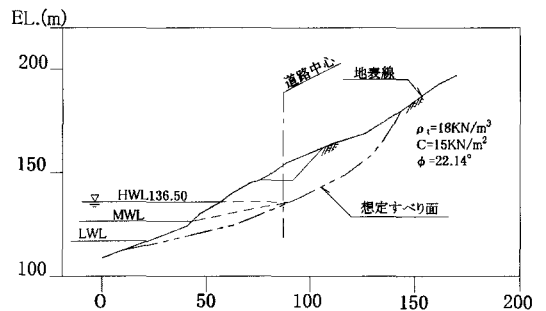


図-7 代表地すべりブロック断面図 (A-A')

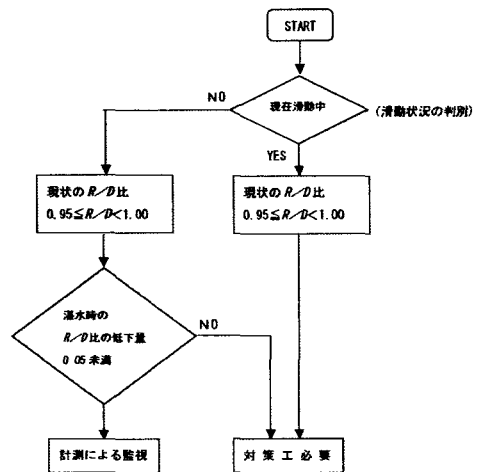


図-8 対策工実施の有無の判別の流れ

表-4で明らかなように、経済性においては圧倒的に排土工が有利であることが判る。しかし一般に本地点のような工事では、多量の残土処分を伴う場合、土捨場の確保が課題となることが多い。一方、アンカー工等については、本地点の地質が結晶片岩を主体とするので、弱層部の存在や、層理、片理面の走向、傾斜によってアンカーの支持力が期待できない場合もあることから、この種の工法選定には注意を要するとされている。

表-4 C区間 (L=50m) 工法の比較概要表

比較案	工法	略図	工法諸元	評価
ケース1	付替道路工 切土工		切土工 2.148 千円/m	100%
	地すべり対策工 抑土工		崩壊後の地すべり 安全率 水位急低下時 F=1.230	
ケース2	付替道路工 軽重盛土		軽重盛土 FCB 工法 646 千円/m	530%
	地すべり対策工 アンカー工		アンカー工 F-500 2.0°×2.0° d=16° 32枚 10734 千円/m 計 11,380 千円/m	
ケース3	付替道路工 鋼製ラーメン橋		鋼製ラーメン橋 973 千円/m	545%
	地すべり対策工 アンカー工		アンカー工 F-500 2.0°×2.0° d=16° 32枚 10734 千円/m 計 11,707 千円/m	
ケース4	付替道路工 切土工		切土工 157 千円/m	479%
	地すべり対策工 抑土工		抑土工 F-500 2.0°×2.0° d=16° 30枚 10,063 千円/m 計 10,220 千円/m	

これらの課題を総合検討した結果、最も経済的で、排土工によって出現する平場スペースに、待避場、その他有効土地利用が図れること、及び土捨場についても、比較的近傍に用意することができたことから、排土工による貯水池内地すべり対策工と付替道路工を一括して施工することに決定した。

なお、B~C区間のトンネル案も検討したが付替道路としては地すべりブロックを回避でき、通行の安全上は有利であるが、貯水池地すべり対策は別途必要となりトータルコスト上不利であることから不採用とした。

2. 当初設計修正案とトンネル案を比較して、トンネルルートを採用したD区間

この区間(延長約300m)の当初設計は、谷側に多数アンカー擁壁を設置し、山側は、一般

的な地質に応じた切土勾配による開削道路として貯水池沿岸のルートを採用していた。しかし、用地取得後、森林組合による有価木伐採後、見えてきた新たな地形、地質等の情報により、以下のような課題が明らかとなった。

1) 本区間の設計、施工上の課題について

①地質精査の結果、図-9に示すように、本区間には岩盤地すべりブロック2箇所、及び崩積土すべりブロックが2箇所存在しており、いずれのブロックも貯水池湛水の影響を受ける。

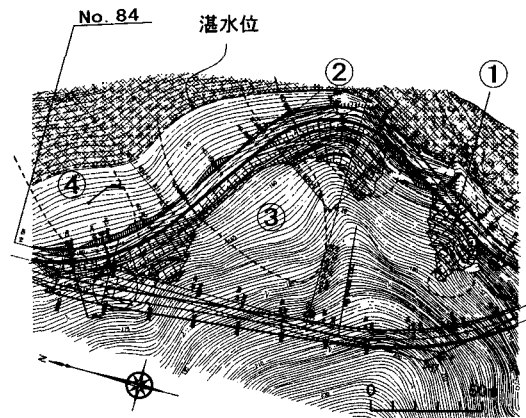


図-9 D区間に分布する地すべりブロック

- ②岩盤地すべりブロック(図-9の①, ②)は結晶片岩が露岩しており、地形急峻で、節理、片理面がルートに対して流れ盤となっている。この種の岩盤での長大斜面を伴う切土工事に当っては後述するように、斜面崩壊誘発が懸念される。(図-10, 表-5参照)
- ③岩盤露頭は急峻で、志河川に接近している。志河川は清涼な流水でイワナ等の魚類が生息しているため、切土に伴う濁水防止や落石防止を目的として大規模な仮設受台が必要となる。
- ④崩積土すべりブロック(図-9の③, ④)は現在、地すべりが進行している兆候は認められない。しかし、立木の根曲がりや認められること、及び道路切土の影響は殆んどないものの、貯水池湛水の影響を受けるため、付替道路としての機能確保並に通行の安全上、地すべり対策工に対する検討が不可欠と判断した。

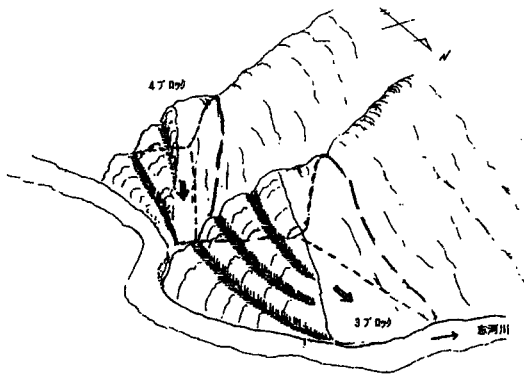


図-10 岩盤地すべり模式図

表-5 切土法面の崩壊及び斜面崩壊の分類

分類	表層崩壊	大規模崩壊・地すべり性崩壊
解説	流れ盤構造や岩盤中の割れ目（節理、小断層、薄層）に沿って岩が滑落する。くさび状の崩壊も多い。	流れ盤や断層・破砕帯等の地質構造を有する岩帯が大規模に滑落する。岩盤崩壊の一つのタイプである。
模式図		
代表地質	流れ盤構造を有する（結晶片岩）層理、片理、節理の達した岩	流れ盤構造を有する（結晶片岩）
備考	東向き斜面に該当	北向き斜面に該当

* 道路土工 法面工・斜面安定工指針：社団法人日本道路協会、P23-25 修正

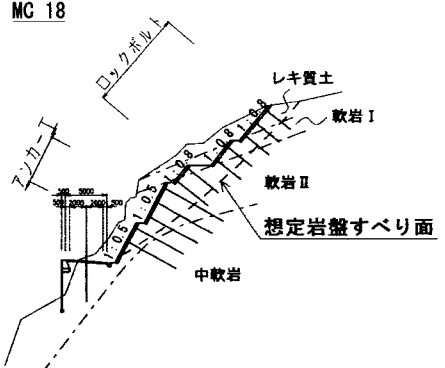
2) 当初設計修正案についての検討

① 切土後の斜面安定検討

図-9に示した地すべりブロックの代表断面について、切土後の安全率を算定した。その結果、現況安全率を1.05程度とすると計算のうえでは切土後の安全率は殆んど変わらない結果を得た。しかし、付替道路供用後の安全性確保のため、計算安全率 $F_s = 1.20$ を確保するための斜面安定対策工が必要と判断し、その対策工事を修正案として追加することとした。対策工法としては、岩盤地すべりブロック切土斜面には、図-11に示すようにアンカー工を採用することとした。

一方、崩積土地すべりブロックについては、想定すべり土塊の冠頭部を切土で施工する付替道路が通過することになり排土工としての効果が認められることから、付替道路工事に伴う地すべり誘発の懸念はないと判断した。

MC 18



BC 19

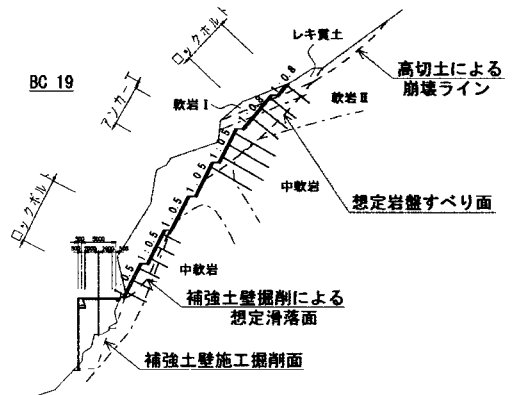


図-11 岩盤地すべり対策工

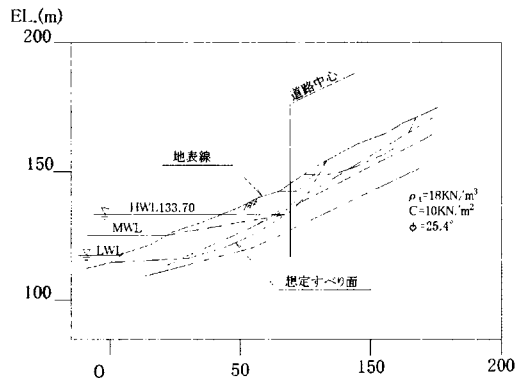


図-12 崩積土地すべりブロック断面図

② 貯水池湛水の影響を受ける崩積土地すべりブロックの対策工についての検討

本区間に分布する崩積土地すべりブロックは図-12に示すように貯水池湛水の影響を受けるため、図-8に示したフロー図に基づいて地すべり対策工の必要性について検討した。

その結果を以下に示す。

①現状のR/D=1.00

(逆算によりC=10KN/m² φ=25.4°)

②満水時 : R/D=1.170

③水位急低下位時: R/D=0.973

④中間水位時: R/D=1.029

以上の検討結果により、いずれのケースでもR/D比の低下量は0.05以下であり、地形の改変を伴わなければ、原則として対策工は必要ないと評価される。しかし、開削道路として地すべりブロックに付替道路を通過させる当初設計ルートでは、道路の安全確保上、計画安全率1.20となるよう抑止杭等による対策工事を修正案として追加することとした。

3) 代替ルート (トンネル案) の検討

当初設計ルートは、急峻な地形の斜面を切土と谷側の補強土壁設置により付替道路を構築する設計であった。

ダム完成後の湛水面に近接しており、付替道路の機能とともに貯水池の管理用道路としても有利な計画であったと評価される。

しかし、通過ルートには地すべりブロックの存

在が明らかとなり、諸検討の結果、安全対策が必要であることが明らかとなった。

すなわち、概算工事費で示すと、当初設計では650千円/m程度であったが、斜面安定対策工、地すべり対策工を追加修正すると1,900千円/mとなり、明り工事としては極めて割高となることが判った。コスト削減も目指して、代替案としてトンネル案を検討することとした。

4) ルート比較検討及び決定

代替ルート案として、地形的条件とともに、道路線形のコントロールポイントを考慮して、地すべりブロックを極力改変しないトンネル案を検討し、それぞれの課題、問題点及び経済性について比較検討を行った。比較検討表を表-6に示す。

代替案としてのトンネル案は、貯水池湛水面から離れ、管理用道路としての機能は劣るが、付替道路としての安全性、工事の確実性、維持管理及び工事中の河川流水の濁水防止等の面で優れていると評価し、トンネルルート案を採用し、地質調査、設計を進めることに決定した。

なお、先に述べたように岩盤地すべり①、②は

表-6 ルート比較検討

比較案	当初(原設計)案	変更(トンネル)案	備考	
基本諸元	道路規格(「石河川ダム付替道路設計に関する基本事項」参照) ・道路規格:第3種6線 ・計画交通量:500台未満/日 ・設計速度:V=30km/h ・最小平面曲線半径:R=30m ・最小縦断勾配:1=8.00%(トンネル内=3.00%) ・橋脚構造:L=0.50+4.00+0.50	コントロールポイント ・No.84~No.97区間の最大法面の安定 ・No.98付近右側の山崩崖(砂防ダム) 及びボックスカルバート	トンネル計画のポイント ・縦断勾配:0.3~2.0%(特例値3.0%) ・陥没計画:開明(50m以上:トンネル 等級区分=D) ・坑口付近の地質 ・坑口付けと対策工 ・施工ヤードの確保(面積:1,000m ²)	
平面図				
計画諸元	延長 L=338.3m, 縦断勾配=0.33~0.63%, 最小曲線半径R=45m	延長 L=307m(トンネル延長=225m), 縦断勾配=0.49~0.83%(トンネル区間0.15%) 断面積A=30m ² , 最小曲線半径R= m(トンネル区間R=150m)		
計画概要 (地形・地質 需要は別紙)	1. No.84~No.97付近は最大法面が連続する明かり区間であるが、連続計画位置はほぼL=140m~147m付近のコーナーに当たって地質が連続する。土工費が定率で切土法面が安定すれば道路準備は安くなる。しかし、No.100付近のような対策工が必要となるため、道路準備が高額となる。 2. 切土に伴い、崩壊土すべりブロック、岩盤地すべりブロックの対策工としてアンカー工を施工する。 3. ダム完成後の貯水池湛水に伴う崩壊土すべり防止工として杭工を施工する。	1. No.84~No.97付近の連続する最大法面を避けるため、本線右側にトンネルで迂回する案である。 2. 起点橋頭口をNo.85付近とし、斜面崩壊型トンネルに進入するが、地山安定を考慮し補助工法や押さえ土等を計画する。また、終点橋頭口は斜面直角に進入するが、かなりクランクな掘削性状であるため、起点橋頭口側に補助工法を計画する。 3. また、終点橋頭口付近に平面曲線R=150mは設定するが、明り区間で直線が100m程度あり、走行視認性(60m以上)は確保出来る。早期掘削には当初案と比較し改良される。 4. ダム完成後の貯水池湛水による影響は直接付替道路には関係ない。 5. トンネル工事の進入前は既設橋頭口とし、施工は終点側からの片側片側工が考えられる。また、施工ヤードはNo.101付近の安全確保地帯に分散して施工可能である。		
課題及び問題点	1. 切土法面の崩壊土すべり防止の対策が必要と判断する。対策工法としては崩壊の規模によるが、アンカー付土留工法や土留工法等が考えられる。 2. 切土に伴う地質区分が多い。 3. また、各種崩壊型の影響範囲においても崩壊の規模等が懸念される。 4. 線形的に曲線が連続するための先行性が悪い。また、一車線道路であるため進路所を設置する(平地利用)が、見通しが悪く大型車等の場合に支障を来すことが考えられる。 5. 最大法面の発生やアンカー一法持等の設置で将来の維持管理が課題となる。 6. 斜面が急峻で地質調査等の実施が困難な箇所がある。 7. 斜面の安定等を考慮すれば対策工が必要となることや逆巻き工法の採用、さらに、橋脚等の仮設橋を考慮すれば、工期が長くなることが予測される。 8. 貯水池湛水に伴う地すべり対策には大規模な対策が必要となる。	1. トンネル坑口は起点・終点とも補助工法を必要とするが、工法や施工準備も多く十分対応は可能と判断する。また、起点側の坑口付けについては、施工方法の検討が必要である。 2. 終点橋頭口はボックスカルバートが近接しているため、掘削の方向性や掘削の必要である。また、青面地山からの落石が懸念されるため、坑口位置や坑口形式の検討が必要である。 3. トンネル区間の縦断が0.15%と緩勾配であるため、可変掘削等の採用の必要性がある。 4. トンネル終点側の決断は、ボックスカルバートで対応する。 5. 貯水池湛水に伴う崩壊の安全確保は地質調査が必要である。 6. トンネル終点側に曲線区間があり、二側工同時のセトル長や施工方法の検討が必要である。 7. トンネルの維持管理としては、坑口や掘削の点検とトンネル開明の産業隊等の管理費が必要となる。掘削性はサーブス水準により異なるが、大規模な掘削とはならないと考える。		
概算工事費	土工区間: L=338.3m トンネル: = 0 千円 計 = 617,951 千円 (比率:1.27)	土工区間: L=307m トンネル: L=225m = 423,925 千円 計 = 485,075 千円 (比率:1.00)		差額: 339,280千円
最終工事工程	24ヶ月(平成14年4月~平成16年3月)	計 24ヶ月(平成14年4月~平成16年3月)		
総合評価	最大法面の施工や崩壊後の法面の安定から、必ず対策が必要となる と考えられることや、経済性及び将来の維持管理に課題が残ることなど により、本案に対しては「通過路線を含めた見直しが必要と判断する。	×		○

湛水の影響を受けるが、地形の改変を伴わないトンネル案ではその影響は軽微であり、地すべり対策としてはダム完成後の貯水池内管理の一環として監視していくことに留めることとした。

また、トンネル案の場合で、予め岩盤地すべり①、②の対策を実施したとしても全体工事費は当初設計修正案と大差ない結果を得ている。

さらに、トンネル案を採用することにより、工程が確実で、早期に付替道路開通が可能となり、ダム事業全体の工程に影響を与えない等の利点があり、トンネル案採用の妥当性を揚げるができる。

3. 地形改変に伴い、地すべりを誘発する懸念がある区間で鋼製ラーメン栈道橋を採用したF区間

この区間（延長約174m）の当初設計は切土による一部長大法面（後述の岩盤露頭部）の出現する区間がある他、河川蛇行部に架橋する橋長約55mの橋梁、及び崩積土が分布する区間の谷側に補強土壁を設置することにより付替道路を構築する設計であった。しかし、測量、地質調査の精度向上とともに、以下のような課題が明らかとなった。

1) 本区間の設計、施工上の課題について

- ①地質精査の結果、図-13に示すように、本区間にも前述したD区間と同様、岩盤地すべりブロックと、崩積土地すべりブロックが存在することが明らかとなった。
- ②橋梁予定地は河川蛇行部に位置し、河川敷を占有することになり河川管理者との協議が必要となる。また、架橋地点へのアクセスがないため、仮栈橋とともに、全体工事費と同程度の仮設費が必要となる。

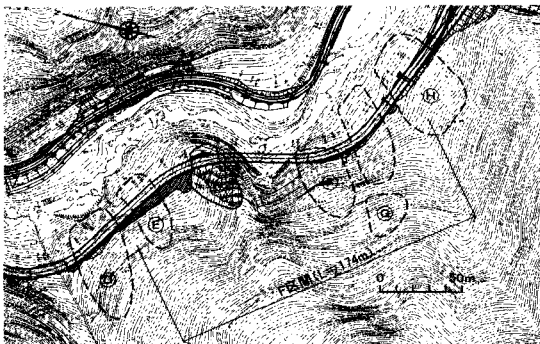


図-13 F区間に分布する地すべりブロック

2) 当初設計修正案についての検討

①地すべりブロック通過地点の検討

図-13に示した地すべりブロック通過区間については、D区間と同様に切土に伴う斜面の安定対策を検討し、切土後の斜面の安全性確保の対策工の必要性を確認し、その対策工事を修正案として、追加することとした。

なお、本区間は、貯水池背水終点に位置するため、地すべりブロックは、貯水池湛水の影響を受けない立地条件である。

②橋梁予定地の検討

前述したように、当初設計における架橋地点は橋長55mと計画している。橋梁形式について比較検討した結果、2径間連続非合成鋼桁橋が最も経済的との結果を得た。

しかし、本体工事費に比較してアクセスや、橋梁架設のための仮設費が割高となっていることが課題となった。

この課題を解決するため種々情報収集した結果、新技術工法として鋼製ラーメン栈道橋が代替案候補として浮上してきた。この工法は、基礎杭打設と桁・覆工板仮設を繰り返し前進し、終点に到着すると覆工板撤去と床版工事を順次繰り返して後退する、手述べ工法を採用することで、架設用の栈橋等が不安なことが特徴として挙げられ、魅力的であることから、この新技術の採用について検討することとした。

3) 各種比較検討結果

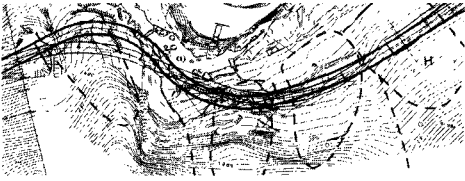
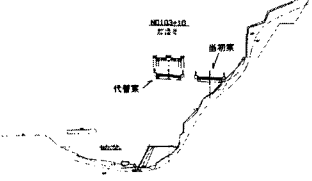
①ルート比較

当初設計ルートにおける斜面安定対策工を追加した修正案と岩盤地すべりブロックを回避してルート valley 側へシフトした案を比較した。その結果、橋梁形式にかかわらず、谷側へシフトするルート案が有利となり、若干のルート変更を行うこととした。

②代替ルートにおける橋長の比較検討

前述したように、本区間の経済性を左右する要素は、崩積土地すべりブロックの地すべり対策工と、鋼製ラーメン栈道橋を採用する前提での橋長の決定である。鋼製ラーメン栈道橋の橋長を110m、と全延長174.0mについて比較した。その結果、概算工事費では大差のない結果となったが、切土に伴う斜面崩壊等のリスク回避から全延長鋼製ラーメン栈道橋とする案を採用することとした。

表-7 ルート比較検討

比較案	当初設計案	変更設計案	備考																						
基本諸元	コントロールポイント 切土に伴う地すべり対策 ・No. 104付近流れ壁の岩盤地すべり対策必要 ・No. 106～No. 109の崩積土地すべり対策必要	コントロールポイント 岩盤地すべり対策を回避 ・No. 104付近のルート valleys へシフト ・縦断計画は当初(原設計)案に準じる。																							
平面図 (縦断計画は各案とも同一)																									
計画諸元	延長 L=174m、最小曲線半径 R=60m 岩盤地すべり対策工延長 L=30m(アンカー工) 崩積土地すべり対策工延長 L=60m(アンカー工)	延長 L=174m、最小曲線半径 R=35m																							
計画概要	・補強土壁基礎掘削の際、崩積土地すべりが発生した地区に近接した岩盤露頭部の長大法面が生じる計画である。 ・この岩盤は道路横断方向に流れ壁(直角ではない)の節理が発達した地質である。	・No. 104付近の岩盤地すべり発生を防止するため、ルートを谷側へシフトし、岩盤掘削に伴う岩盤地すべり発生リスクを回避する計画である。 ・No. 106～No. 109の崩積土地すべり発生を防止するため平面ルートを寬えず、縦断形状を変更して地すべり発生リスクを回避する。																							
課題及び問題点	1. No. 104付近の長大斜面及び3号橋梁の下部工掘削による斜面安定化が課題となる。 2. 長大斜面の発生やアンカー・法面工の設置に伴う維持管理が課題となる。 3. 岩盤地すべり対策工は道路工事と立って施工することになり、トンネル工事と競合し、工期が長くなることが予想される。	1. 谷側へシフトすることにより、河川占用面積が増大する。また、河川洪水による橋脚等の洗掘防止策が必要となる。 2. 橋梁区間の延長は原案に比較して長くなる。 3. 曲線半径が原案に比較して小さくなる。																							
概算工事費 (直接工事費)	<table border="1"> <tr><td>道路工 (L=119m)</td><td>62,239 千円</td></tr> <tr><td>橋梁工 (L=35m)</td><td>170,387 千円</td></tr> <tr><td>岩盤地すべり対策工</td><td>60,000 千円</td></tr> <tr><td>崩積土地すべり対策工</td><td>67,500 千円</td></tr> <tr><td>護岸工</td><td>15,000 千円</td></tr> <tr><td>計</td><td>375,126 千円 (1.31)</td></tr> </table>	道路工 (L=119m)	62,239 千円	橋梁工 (L=35m)	170,387 千円	岩盤地すべり対策工	60,000 千円	崩積土地すべり対策工	67,500 千円	護岸工	15,000 千円	計	375,126 千円 (1.31)	<table border="1"> <tr><td>橋梁工 (L=100m)</td><td>261,000 千円</td></tr> <tr><td>岩盤地すべり対策工</td><td>0 千円</td></tr> <tr><td>崩積土地すべり対策工</td><td>25,000 千円</td></tr> <tr><td>護岸工</td><td>15,000 千円</td></tr> <tr><td>計</td><td>286,000 千円 (1.00)</td></tr> </table>	橋梁工 (L=100m)	261,000 千円	岩盤地すべり対策工	0 千円	崩積土地すべり対策工	25,000 千円	護岸工	15,000 千円	計	286,000 千円 (1.00)	
道路工 (L=119m)	62,239 千円																								
橋梁工 (L=35m)	170,387 千円																								
岩盤地すべり対策工	60,000 千円																								
崩積土地すべり対策工	67,500 千円																								
護岸工	15,000 千円																								
計	375,126 千円 (1.31)																								
橋梁工 (L=100m)	261,000 千円																								
岩盤地すべり対策工	0 千円																								
崩積土地すべり対策工	25,000 千円																								
護岸工	15,000 千円																								
計	286,000 千円 (1.00)																								
概略工事工程	地すべり対策工に日数を要する。	工場製作と現場作業を並行してできるので工期短縮できる。	△ ○																						
総合評価	・長大法面の施工性や掘削後の法面安定確保から、経済性、全体工程への影響、完成後の維持管理に課題が残るから、線形の見直しが必要と考慮される。	・経済性は原設計と大差はないが、工事の安全性、施工性、将来の維持管理面等において原設計に対して有利と評価される。	△ ○																						

③当初設計修正案と変更設計案の比較検討

当初設計でのルートで地すべり対策工を追加した修正案と代替ルート案で、全延長、鋼製ラーメン栈道橋とする変更案を比較した。その比較表は表-7に示したとおりであり、約25%コスト削減できる変更案を採用することに決定した。

Ⅶ. 志河川ダム付替道路で採用した新技術紹介

F区間で検討のうえ採用した鋼製ラーメン栈道橋について以下に紹介する。

1. 技術の概要

鋼製ラーメン栈道橋は、鋼管杭、格点桁、主桁、及びI形鋼格子床版から構成され、主に道路拡幅用の栈道工等として山間部で適用されるものである。この工法は平成12年3月財団法人道路保全技術センターから技術審査証明書を取得している。構造の概念図を示すと図-14のとおりである。

2. 技術の特徴

この工法の構造は、格点部において杭、横桁及び主桁を剛結することにより道路方向、及び

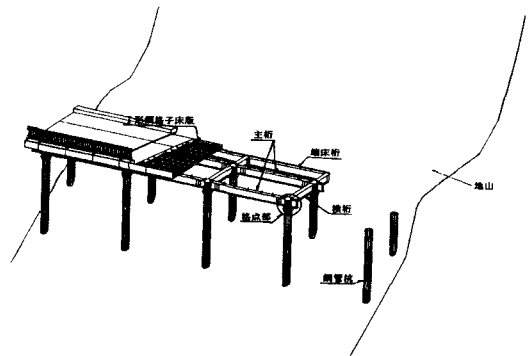


図-14 概念図

道路直角方向とともにラーメン構造となり、活荷重や地震力などの外力に対しては杭と桁が一体となって抵抗する。

この工法の主な特徴は以下のとおりである。

- ①杭と桁が一体となった立体ラーメン構造であり、道路橋示方書に準拠した耐震設計が可能である。
- ②現場の地形や施工条件に応じて、杭間隔、杭ピッチや横桁の張り出し長さを変えることに

より、複雑な拡幅量や道路勾配、曲率に対応した設計が可能である。

- ③短尺、軽量の部材で構成されているため、山間部の狭小な道路の拡幅工事において、部材の運搬、架設が容易で施工性に優れる。
- ④構造部材は各々プレハブ化されており、現場においては、設計図に従って工場製作された各部材をボルト接合、溶接接合またはモルタル充填によって組み立てる作業となるので工事発注手順の工夫によっては、全体工程を短縮することが可能である。
- ⑤手延べ工法の採用により、現道の交通規制の縮小、また、一般橋梁架設に必要な仮栈橋の設置が省略できる。(図-15参照)

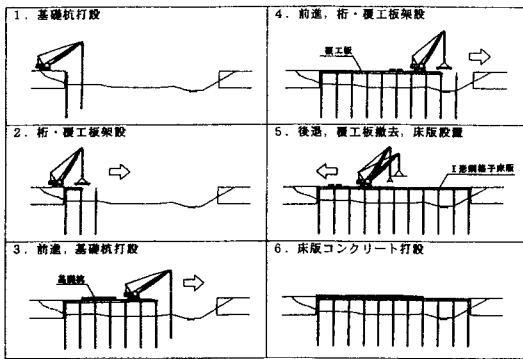


図-15 手延べ工法の概略施工手順

- ⑥掘削等の土工事が殆どないため、地形の改変や植生及び河川に与える影響が小さい。

3. 材料発注までの課題

鋼製ラーメン栈道橋の特徴は前項の①、④に挙げたように上部工と下部工の杭が予めプレハブ化されていることであり、かつ、上部工と下部工が一体となった構造系である。

この特徴には、以下のような長所、短所があることを実感として揚げることができる。

- ①上部工は道路規格によって、事前の実施計画どおり制作して、現場に運搬、施工しても、殆ど問題は発生しない。
- ②一方、下部工については、プレハブ化する杭

長の決定が重要である。特に現場の支持層を設計段階で正確に把握しておくことが、材料調達、発注後の再設計による全体工程の遅延防止等、この工法の利点を生かすことができる。

- ③特に、本工法は斜面上に施工されることが多く、断面方向の支持層の確認、杭が6mピッチに縦断方向に設置されるため、延長が大きい現場では縦断方向の支持層確認の精度が要求される。
- ④一般の橋梁では橋台、橋脚等に支持層確認等の地質調査ボーリングが集中されるのに対し、本工法は杭間隔が6mと短いため橋長全体の支持層確認が必要であり、設計段階での地質調査の費用、期間とも余裕のある計画が要求される。
- ⑤付替道路は林道や市町村道になることが多い。すなわち、ダム完成後、付替道路は市町村管理になることが多いと思われる。従って、極力メンテナンスフリーとなるよう設計段階で考慮しておくことも重要なものと思慮される。
- ⑥本地点では上部工は全て耐候性鋼材とした。一方下部工についても空中部の鋼管、水平材等はできるだけ多くの部分に耐候性鋼材を採用した。しかし、鋼管杭は空中部に關し、耐久性に優れた塗装を施すことによりメンテナンスフリーに極力近づける設計とした。

4. 志河川ダム付替道路での適用事例

鋼製ラーメン栈道橋の特徴を踏まえ、F区間では切土による地形改変に伴う地すべり誘発の回避、地すべり対策工事費、一般橋梁の場合必要な仮栈橋設置工事費等を含めた経済比較の結果、この工法の採用を決定した。

各種比較検討の結果、橋長は174mとなり、この種の工事実績では最大級(新設では日本一の長大橋)の規模となった。

主な断面を図-16に、工事中及び、完成後の写真を以下に示す。

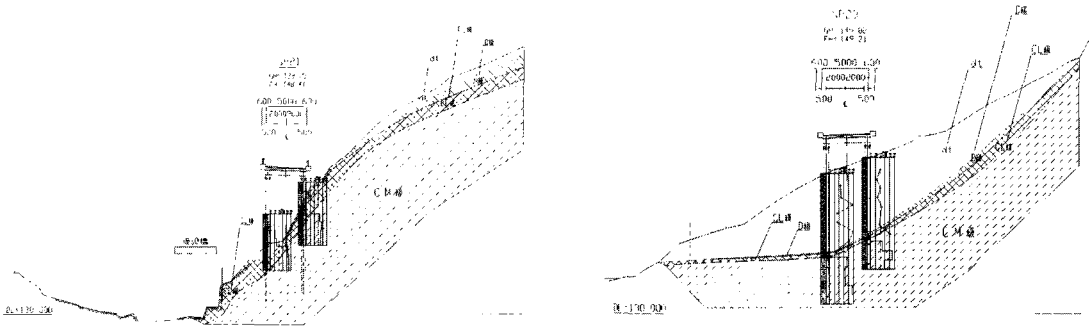
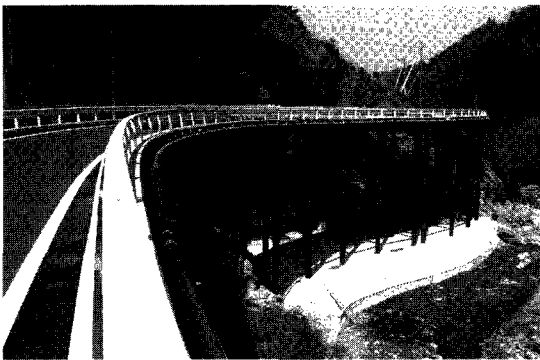


図-16 鋼製ラーメン栈道橋断面図



工事中の写真



完成後の写真

VIII. おわりに

ダム建設事業のなかで、付替道路にかかわるコストの全事業費に対する割合は、一般的に10%以上を占める。また、付替道路はダム本体工事に先がけて着工され、ダム事業全体工程を左右する工

種でもある。

このように重要な工事である付替道路は、工事トラブル発生、ルート変更等による全体工期の遅延などダム工事のクリティカルポイントともなるので、地質調査は、貯水池内地質調査と並行して、ダム計画の早い時期から進める必要があると、本事業にかかわった技術者として反省するところである。

また、ダム本体の地質調査は広域地質の把握から始まり、ダムサイト、貯水池内地すべり調査、更に、材料調査へと進行して、精度アップを図っていくのが一般的であるが、その過程で得られた地質特性等の情報を関連する付替道路設計技術者、施工担当技術者に周知徹底し、その地区特有の特性を把握、共有したうえで、個々の設計、施工に取りかかるようにすることもリスク回避のうえで大切なことと思慮される。

一方、今日、貯金で生きる時代は終わったと言われている。技術者もこれまでそれぞれ習得、経験した知識のみにたよることなく、常に新しい技術の情報収集につとめ、良い技術、新しい技術、工法を積極的に提案、採用してコスト縮減、事業効果の向上、地域景観、自然環境保全に官民一体となって協力していくことが大切なことと思慮される。

ただし、新しい技術、工法を採用するに際しては、利点、実績の情報だけでなく、適さない立地条件、未解決な課題も存在することもあると思われるので、採用に当っては、慎重な議論を重ね、工夫し、普及を図っていくことが望まれる。

本報文で紹介した鋼製ラーメン栈道橋の例をと

ると、以下のような課題について、考え方の確立が残されているものと思慮される。

- ①橋長が長い場合のブロック分割の合理的な検討方法（一ブロック長は最大40m程度までとされているのが現状である）。
- ②杭の突出し長が大きい場合の水平材の合理的な位置、配置の決定手法。

以上、志河川ダム付替道路の設計、施工管理、それぞれの立場で、この報文をまとめた。

A～Fまでの難所を、関係機関と協議を重ねトンネルへの変更や新技術の導入によって、志河川ダム本体は、目標であった16年に発注となった。本件付替道路も観測史上最大の台風上陸にも耐え、16年12月全線開通となった。この開通は台風により通行不能となった現町道の代替として住民のライフラインの確保に多いに貢献する事となった。

本報告が、他地区類似事業に関係する会員の参考になれば幸いである。

以上

参考文献

- ①志河川ダム委員会資料（平成6年度第5回）
- ②貯水池周辺の地すべり調査と対策
建設省河川局開発課 監修
財国土開発技術研究センター 編集
- ③道路土工のり面工・斜面安定工指針
社日本道路協会
- ④民間開発建設技術の技術審査・証明事業認定規定に基づく
道路保全技術・技術審査証明報告書
「メタルロード工法」平成12年3月
財道路保全技術研究センター

中岳ダムの埋設計器設置状況

大形明雄*
(AKIO OOGATA)

目 次

1. 地区概要.....	43	4. 埋設計器の稼働状況.....	45
2. 中岳ダムの概要.....	43	5. 埋設計器の挙動状況.....	45
3. 埋設計器の設置計画.....	44	6. 今後の埋設計器の挙動予測.....	50

1. 地区の概要

本事業は、鹿児島県曾於市末吉町、志布志市松山町、志布志町にまたがる約3,130haの畑を対象に農業用水を確保し、畑地かんがいを行うことにより、農業経営の安定と近代化を図るものである。

このため、畑地かんがい用水を安定的に確保・供給するために、水源施設として一級河川大淀川の源流地点に中岳ダムを新設するとともに、間接流域からの取水施設として二級河川安楽川に高岡頭首工を新設して新規水源を確保し、高岡揚水機場と中継地点の石之脇揚水機場によって中岳ダムに安定的に有効貯水量4,250千 m^3 を貯水し、最大で1.314 m^3/s を取水し、幹支線水路を經由して受益農地に配水する。また、併せて関連事業により区画整理や末端の畑地かんがい施設を整備することによって、事業効果を発現させる。なお、現在、間接流域からの取水によって受益農地の一部に散水が開始されており、事業効果が早期に発現されている。

2. 中岳ダムの概要

中岳ダムは、鹿児島県の東北部の宮崎県との県境にあり、大淀川の最上流端部（大淀川の源流）に位置している。ダムサイトは標高1,119mの鰐塚山地の西縁に当たり、標高400m～500m程度の低山性山地である。（写真-1参照）

ダム堤体基盤は、鰐塚山塊を形成する四十万累層群日向層群が基盤岩として分布し、これを被覆する層として第四紀の火山噴出物、崖錐堆積物及

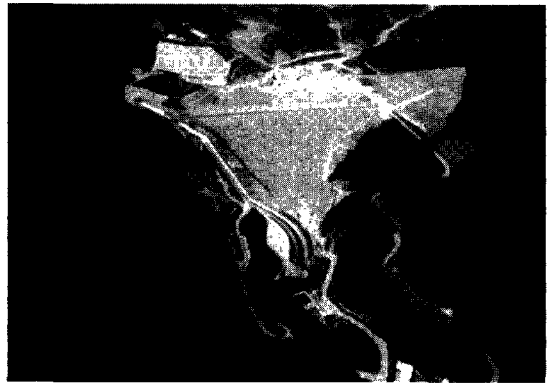


写真-1 中岳ダム

び河床堆積物が分布している。

日向層群は、新生代古第三紀始新世中期～同後期に形成された付加による堆積岩コンプレックスであり、砂岩、頁岩及び両者の互層のからなっている。

中岳ダム本体は、堤長312.5m、堤高60.0m堤体積1,574千 m^3 、有効貯水量4,250千 m^3 （総貯水量4,310千 m^3 ）の中心遮水ゾーン型ロックフィルダムである。（図-1参照）

また、洪水吐は、集水面積が1.30 km^2 と小さいことから設計洪水量は90 m^3/s となっている。

築堤材料は、Zone I（コア材）を四十万層群の左岸頁岩互層の強風化岩と粘質土をストックヤードでブレンドしたものを利用し、Zone II～IV（ロック材）は、ダム上流に原石山を求めCM～CH級の砂岩及び砂岩頁岩互層は堤体内部に、堤体表面にはCH級の砂岩を流用し築堤を行った。

基礎処理は、グラウトにより堤敷部でダム高以浅を3Lu（85%以上）で改良し、ダム高以深部は10Lu（85%以上）で、また、左右岸リム部は地山

*九州農政局曾於農業水利事務所（Tel. 0986-76-6561）

浸透流解析の結果に基づき、左岸リム (L=100m) 及び右岸リム (L=100m) を3Lu (85%以上) で地盤改良した。

3. 埋設計器の設置計画

盛立時の施工管理、湛水時の安全管理及び供用後のダムの安全管理を行うため、埋設計器を設置している。

設置位置は、河床部最大断面のNo.28断面と左

岸中間断面のNo.19断面の2断面に加え、堤体荷重や貯水圧による基盤の不規則な沈下や変形に伴って発生する堤体内の亀裂の発生の有無を把握するために、D級岩盤を含み地質構造の乱れがある左岸アバット部 (No.13, No.15, No.16) に配置するとともに、左岸中間断面と同標高の右岸アバット部 (Ho.32断面) にも配置する。また、監査廊の安全性の監視及び確認を行うため、監査廊内においても埋設計器を設置した。(図-2参照)

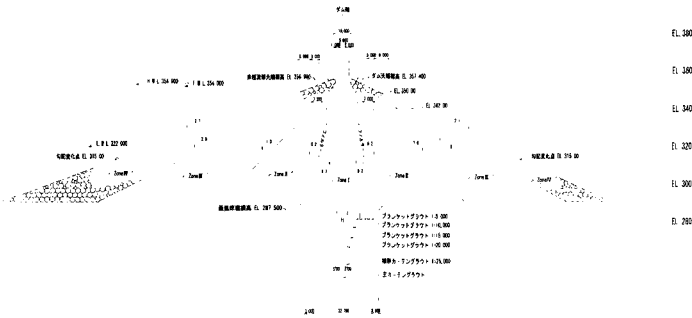


図-1 中岳ダム標準断面図

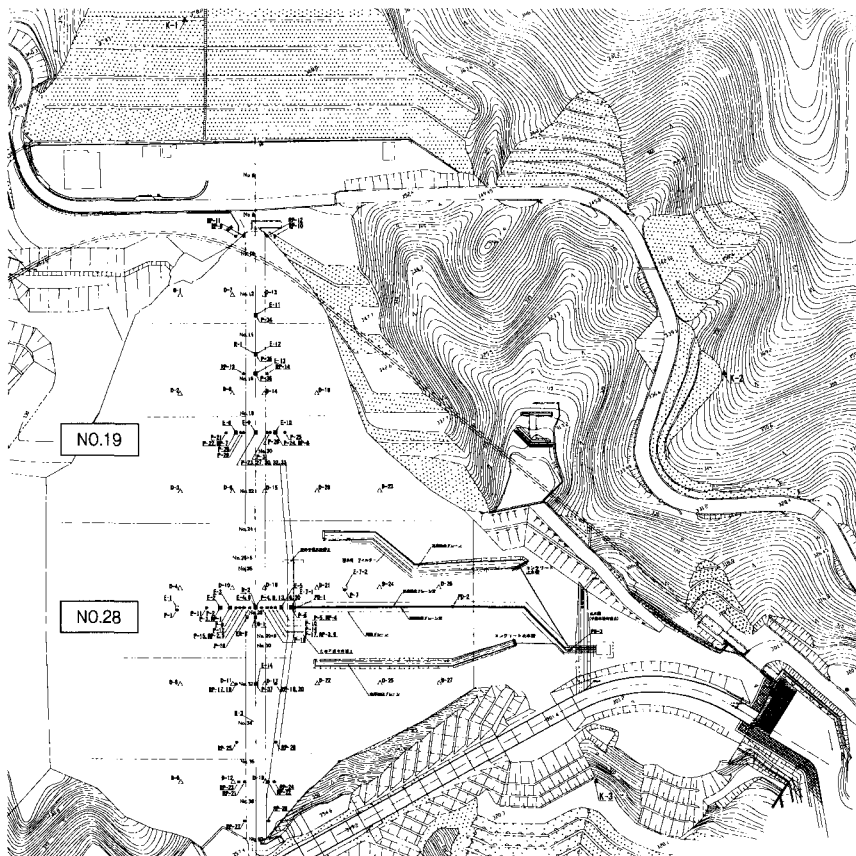


図-2 埋設計器設置平面図

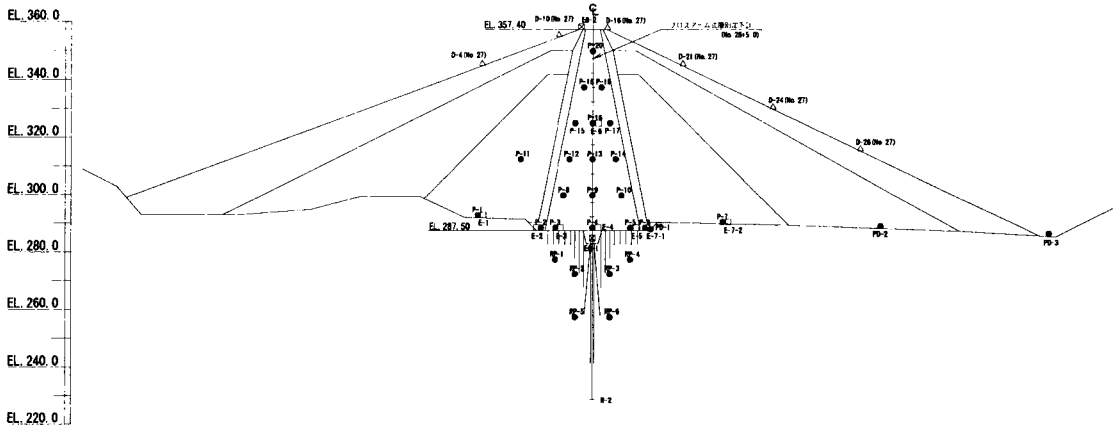


図-3 NO.28埋設計器設置断面図

埋設計器の設置数は、間隙水圧計66箇所（Zone I：30箇所、フィルター：4箇所、Zone II：3箇所、基盤内26箇所、ドレーン数：3箇所）、土圧計15箇所（Zone I：11箇所、フィルター：2箇所、Zone II：2箇所）、岩盤変位計3箇所（河床部最大断面、左右岸）、及び層別沈下計1箇所（河床部最大断面第13段目まで）を設置した。（写真-2、図-3参照）

また、監査廊内の計器（鉄筋計：12ブロック、温度計：12ブロック、継目計：46ブロック）、地震計（2箇所）、表面変位計（6測線27箇所）、浸透圧観測孔（20箇所）について設置している。



写真-2 間隙水圧計設置状況

4. 埋設計器の稼働状況

埋設計器は、2004年8月29日の台風16号の影響

により、データロガーが浸水し故障した。このため、全埋設計器の一点検検作業を行い、計器を接続するスキャナー及び仮設多芯ケーブルに異常が発生していることが判明し、スキャナー毎に特異な挙動を示している期間が認められた。

また、落雷等により堤体内の間隙水圧計4箇所（全設置箇所40箇所）、土圧計2箇所（全設置箇所15箇所）、鉄筋計7箇所（全設置箇所：192箇所）、継目計12箇所（全設置箇所276箇所）の計測値の異常を確認している。

5. 埋設計器の挙動状況

盛立開始（平成14年10月）から平成18年3月中旬（盛立完了：平成16年10月）までの計測結果を基に湛水前の埋設計器（間隙水圧計、土圧計、岩盤変位計等）の挙動について報告を行う。

(1)間隙水圧計

a.河床部最大断面（No.28）

【Zone I】

①盛土の増加に伴う間隙水圧の発生状況

- ・ Zone I内の基盤上面のP-3, 4, 5, P-8, 9, 10, P-12, 13, 14, P-18, 19, 20については、盛土荷重の増加とともに間隙水圧は発生している。
- ・ EL.325mに設置しているP-15, 16, 17については、盛土の増加による間隙水圧の発生は小さく、No.19断面の同一標高に設置している計器も同様の傾向を示す。（図-4～6参照）

- ・現場試験結果より、P-15, 16, 17設置標高 (EL.325m) 付近では、飽和度が管理値付近 (sr=80%) であった。EL320~330mのZone Iの築堤は夏場の施工であったため、含水比 (飽和度) が低かったが、それ以降はブレードパイルを二度扱いすることにより飽和度も高くなる傾向が認められる。(図-7参照)
- ・定期管理試験の三軸圧縮試験 (UU Test) によると、飽和度が80%付近においては初期間隙水圧発生率が0~20%であり、飽和度が85%付近では初期間隙水圧発生率が30%である。(図-8参照)

- ②2003/2/31
- ③2004/7/31
- ④2005/7/24

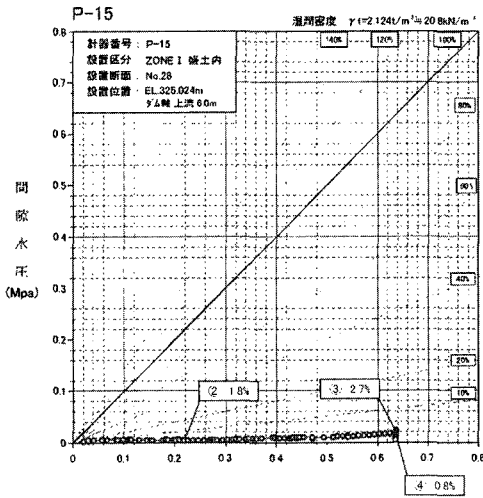


図-4 間隙水圧計相関図 (P-15)

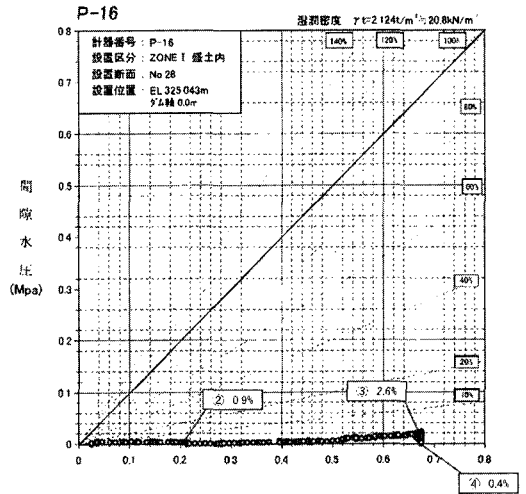


図-5 間隙水圧計相関図 (P-16)

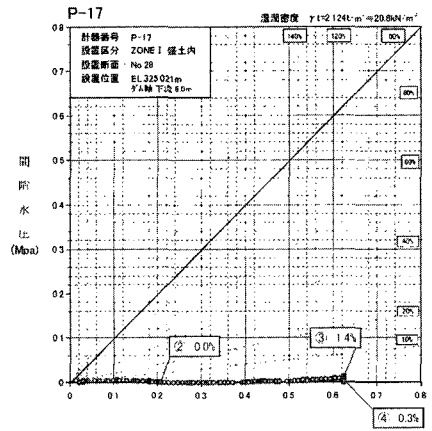


図-6 間隙水圧計相関図 (P-17)

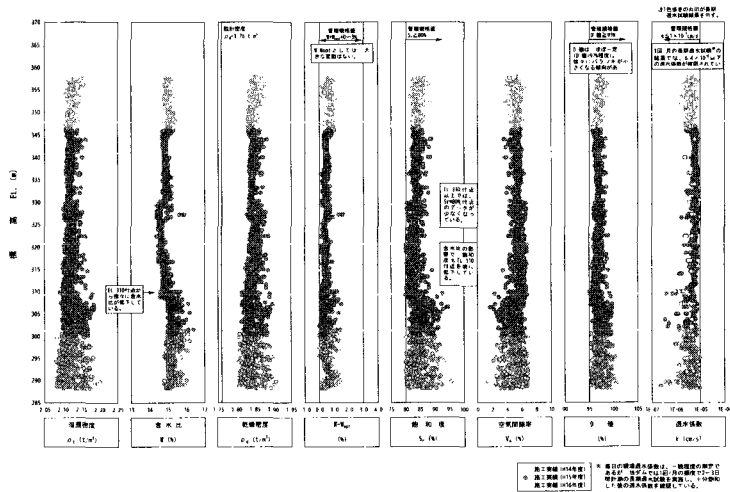


図-7 Zone I材盛立管理試験図

・圧密試験結果（Hilf式）により推定した盛立後の間隙水圧の発生率は0.0～3.1%であり，上流水位以上のP-15～P-17，P-19は同程度の発生率である。（図-9参照）

②上流水位との相関

・上流水位変動時の間隙水圧の挙動状況は，基盤面上流側P-3，下流側P-5が影響を受けているが，上流水位を反映していると考えられるP-2（上流川フィルター内）の変化に対

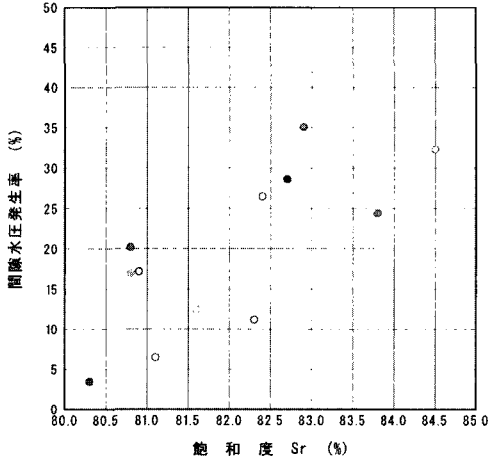


図-8 三軸圧縮試験（UU Test）の初期間隙圧発生率

して基盤面上流側P-3下流側P-5と順に小さくなっている。基盤内の変動についても上流側に比べて下流側が小さくなっている。

・ダム軸基盤面のP-4では反応が小さく，上流水位が上昇する際に，間隙水圧は減少する。

③間隙水圧の消散状況

・盛立完了後の間隙水圧は，消散状況が認められる。

・P-18，P-20は2005年2月以降，若干の上昇傾向が認められるが，P-18，P-19付近に設置したワイヤレスの間隙水圧計No.46，45の挙動状況は消散傾向を示している。

【フィルタ：P-2，P-6及びZone：P-1，P-7，P-11】

・上流側基盤面に設置しているP-1はWL.311m程度の水位で，上流フィルタに設置したP-2は，上流水位を示しているおり，下流フィルタに設置したP-6は，河床ドレーン始点標高（EL.288m）と同程度の水位である。上流側中間標高に設置しているP-11（EL.312.5m）の間隙水圧は，WL.322m程度の水位を示し，下流側基盤面に設置しているP-7（設置標高EL.289.0m）は，ほぼ0MPaを示している。

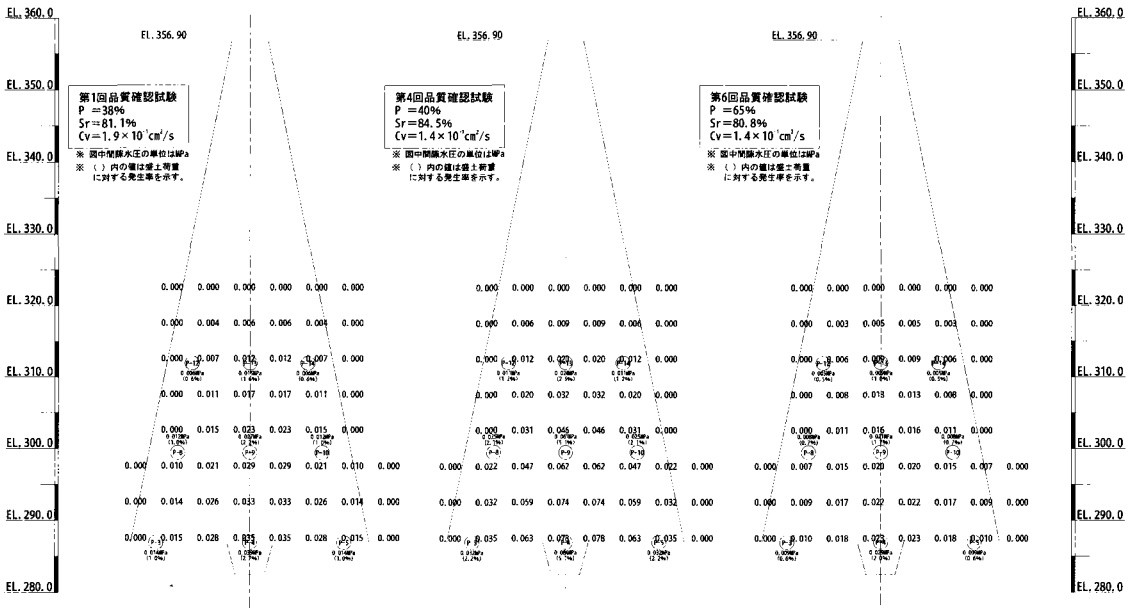


図 Hilf式による間隙圧の推定（盛土標高 EL. 322.50時）

図-9 Hilf式による間隙圧の推定

【ドレーン敷き：PD-1, PD-2, PD-3】

- ・ドレーン敷きに設置したPD-1, PD-2, PD-3の間隙水圧は、履歴を見ると降雨にわずかながらも反応するが0MPaに近い値である。

b.左右岸断面 (No.13, No.15, No.16, No.19, No.32)

【Zone I】

- ・盛土の増加に伴う概ねすべての間隙水圧の発生は、盛土荷重の増加とともに間隙水圧は発生しているが、盛立完了後の間隙水圧は、消散状況が認められる。

【フィルター：P-21, P-25】

- ・上流及び下流フィルターP-21及びP-25の間隙水圧は、P-2の水位 (WL.313) と同程度で、ほとんど発生していない。

c.基盤内間隙水圧計 (RP-1~RP-28)

- ・左岸アバット部No.9, No.16断面の基盤内水位は、下流側 (RP-10, RP-12, RP-14) が、上流側 (RP-9, RP-11, RP-13) よりも高い水位を示しているが、その他の基盤内間隙水圧計は、上流側が下流側より高い値を示している。

(2)土圧計

a.河床部最大断面 (No.28)

【Zone I : E-3, E-4, E-5, E-6】

- ・コアゾーン基盤面E-3, 4, 5における土圧は、盛立中には上昇し、盛立完了後にはほぼ一定値を示しており、盛土荷重に対して73.3~90.0%の発生率であり、フィルター基盤面 (E-2) より小さいが盛土荷重に対して70%以上の土圧が発生している。
- ・基盤面の実測値と横断解析を比較すると、EL.357.40mの盛土時の土圧は、解析値の最大主応力 σ_1 と同程度の発生状況である。
- ・中間標高E-6における土圧は、盛立中には上昇し、盛立完了後にはほぼ一定値を示しており、盛土荷重に対して36.9%の発生率で、解析結果の50%程度の発生状況である。ただし、E-6周辺の間隙水圧 (P-36) 及び、層別沈下計 (No.28+5.0断面) の挙動状況は安定している。(図-10参照)

【フィルター：E-2, E-7-1】

- ・E-2, E-7-1における土圧は、盛立中には上昇し、盛立休止時にはほぼ一定値を示して

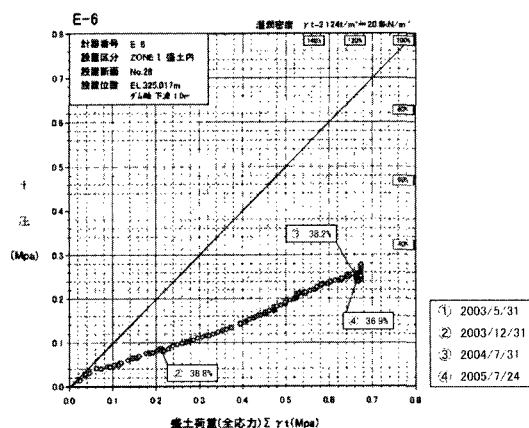


図-10 間隙水圧計-土圧計相関図

おり、上流側E-2では盛土荷重に対して104.2%の発生率である。

【Zone II : E-1, E-7-2】

- ・E-1, E-7-2における土圧は、盛立中には上昇し、盛立完了後にはほぼ一定値を示しており、盛土荷重に対して上流側E-1では84.1%, 下流側E-7-2では122.6%の発生率である。実測値と横断解析を比較すると、EL.357.40m (2005年7月24日) 盛土時の実測値は上流側E-1で解析値の80%, 下流側E-7-2で120%であり、解析結果と同程度の発生状況である。

b.左右岸断面 (No.13, No.15, No.16, No.19)

【Zone I : E-8, E-9, E-10, E-11, E-12, E-13, E-14】

- ・左右岸断面におけるZone I 基盤面の土圧は、盛立中には上昇し、盛立完了後にはほぼ一定値を示している。縦断解析と実測値を比較すると、解析値に対する実測値の割合は60~130%程度である。

(3)変位計

【岩盤変位計：R-1~R-3】

- ・盛土標高EL.357.40mに対する変位量の実測値及びFEM解析値は、R-1, R-2, R-3ともに実測値の方が解析値より非常に小さい。但し、解析ではR-1>R-2>R-3と左岸側の変位量が大きいのに対して、実測値ではR-1<R-2<R-3と右岸側の変位量が大きくなる。
- ・計器設置~盛立完了までの変位と盛立完了後

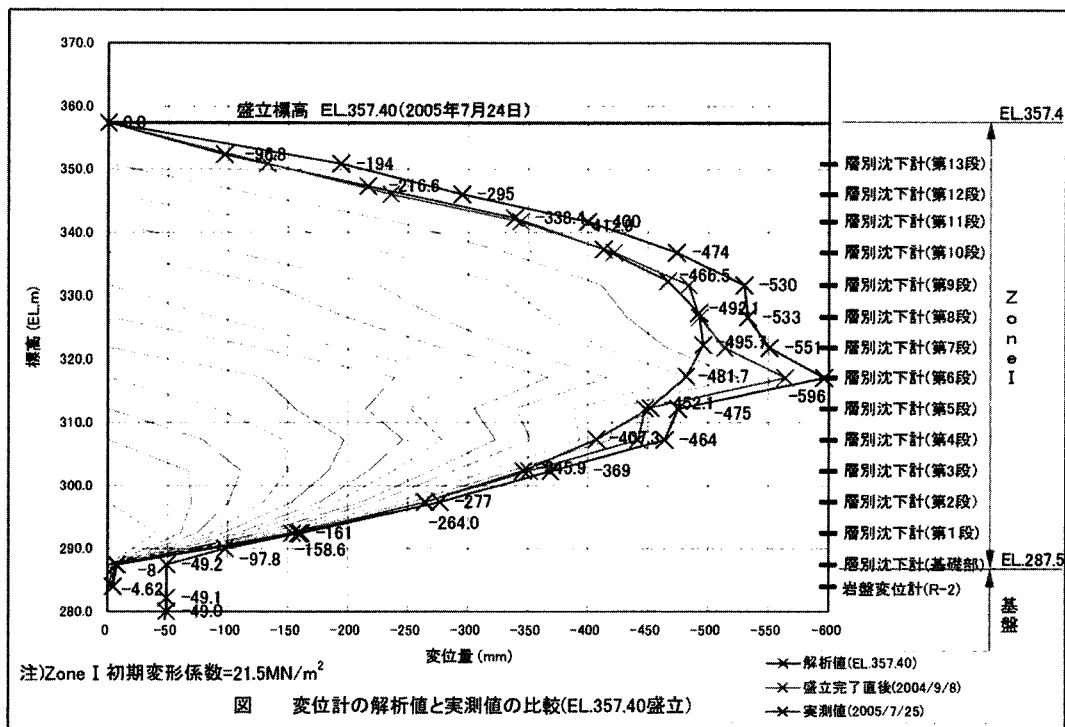


図-11 変位計の解析値と実測値の比較 (EL.357.40盛立)

～現時点 (2005年7月24日) までの変位を比較すると、R-2 (3.88mm→0.74mm)、R-3 (5.40mm→1.94mm) と沈下傾向が収束しているのに対して、R-1 (0.80mm→1.45mm) と変位量が増加傾向を示している。但し、2005年1月以降変位量は少なくなっている。

【層別沈下計 (No.28+5断面)】

・層別沈下計の履歴図より、盛立が進むに伴い Zone I内はスムーズに沈下しており、盛立完了後の変位量は収束する傾向である。盛立完了直後の堤体内の沈下は、盛土高のほぼ中間的な位置で最大沈下量564mmを示す。FEM解析結果と同様に一般的な樽型形状を示し、沈下量も解析結果と同程度である。FEM解析による盛土標高EL.357.40に対する推定最大沈下量は496mmであり、盛立完了直後の実測最大沈下量 (6段目)の方が68mm (=564mm - 496mm) 大きい。これは6段目付近の盛土速度が、他より幾分早い (6段目設置前後20日間で5.2mの盛土を実施) ことも理由として考えられる。盛立試験時の圧密試験結果、6段目について推定沈下量の算定を行った結果1,046mmとなり、実測値よりも大きい。

(図-11参照)

(4)漏水量

【漏水量】

- ・河床ドレーン、左岸堤体ドレーン管、右岸地山ドレーンは、他の系統に比べて降雨の影響が大きい。各系統の2005年7月24日の湧水量は次の通りである。
- ・堤体からの河床ドレーンへの漏水量を40l/min程度を想定してるが、河床ドレーンの湧水量が非常に多いことや降雨による影響がることからの確かな漏水量の把握は難しい状況である。(表-1参照)

表-1 各ドレーンの湧水量

系統	湧水量(l/min)	備考
河床ドレーン	450.3	降雨の影響；大
左岸地山ドレーン	5.6	
右岸地山ドレーン	6.7	降雨の影響；大
左岸堤体ドレーン	15.4	降雨の影響；大
右岸堤体ドレーン	8.7	

- ・また、降雨に伴う湧水量の増加に対し、ドレーン材や築堤材料の流出が懸念されることから漏水量の測定と併せ濁度計測を行う必要がある。

(5) 監査廊

【鉄筋計】

① 横断（上下流）方向及び縦断方向

- ・打設直後に引張応力が発生している箇所も認められるが、温度応力によるものと考えられ、それ以降は気温変化による応力変動は認められるものの、盛立に伴う引張応力の増加は認められない。

【継目計】

① 縦断方向及び上下流方向

- ・気温の変化により、監査廊躯体が夏期に膨張し、冬期に収縮していることは認められるものの、盛立に伴う監査廊の開きは認められない。

6. 今後の埋設計器の挙動予測

中岳ダムの試験湛水は、平成18年3月末より開始しており、現在正常に稼働してる埋設計器と特に築堤時の計測値が小さかった計器については、水位上昇に伴う挙動状況を慎重に見守る必要がある。

山内ダム湛水試験時の挙動報告

木 津 陽 子* 山 里 剛 史**
(Yoko KIZU) (Takefumi YAMASATO)

目 次

1. はじめに.....	51	5. 漏水量挙動.....	54
2. 地形・地質概要.....	52	6. 間隙水圧挙動.....	56
3. 湛水試験計画.....	53	7. まとめ.....	58
4. 堤体変形挙動.....	53		

1. はじめに

(1)事業概要

山内ダムは千葉県のはほぼ中央東部に位置する長南町を流れる2級河川植生川の最上流普通河川山内川に県営かんがい排水事業山内地区において建設された堤高21.6mの中心遮水ゾーン型フィルダムである。

本ダムは平成5年度より調査を開始し、平成11年度に仮排水路トンネル工事に着手、平成12年10月に本体建設工事を開始して、平成14年3月に本体盛立工事は完了した。付替道路工事の完了を受け、平成16年11月に湛水試験を開始、平成17年8月に無事終了した。

本地区は、そのほとんどを房総台地開析谷により形成された谷津田地域が占め、気候は温厚で雨量は比較的豊富なため農業に適した地域である。しかし農地が未整備で不整形なほ場形態を呈し、

作業効率の悪い水稲単作地帯が広がっていた。そのため本地区の整備については以前から地元の要望が強い地域であった。

本地区においては用水不足を解消するため山内ダムを建設し、また、県営ほ場整備事業植生川Ⅲ期地区にて、用排水路及び農道の整備、大区画ほ場による田畑の集団化、ならびに暗渠排水により水田の乾田化を図り、大型機械や最新の営農技術の導入を容易にするためのほ場条件を整え、土地の高度利用による農業経営の安定化を進めてきたところである。

(2)ダム概要

山内ダムは119haのかんがい用水の補給を目的として、一宮川水系植生川支川山内川に建設された、堤高21.6m、堤体積60,700m³、総貯水量360,000m³の中心遮水ゾーン型フィルダムである。

表1-1にダム諸元表を、図1-1にダム標準断面面図を示す。

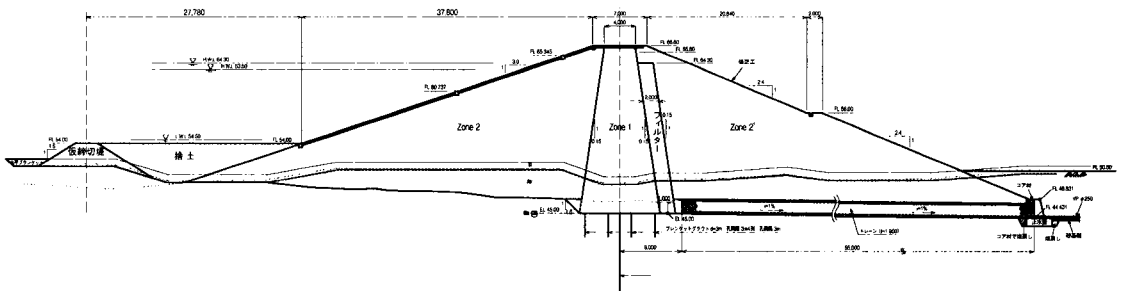


図1-1 山内ダム標準断面図

*千葉県長生農林振興センター (Tel. 0475-25-1144)

**株式会社ダイム技術サービス (Tel. 0565-48-5131)

表1-1 山内ダム諸元表

貯水池	流域面積	0.58 km ²	取水設備	形式	多孔式斜樋型式
	満水面積	0.07 km ²		最大取水量	0.133 m ³ /s
	総貯水量	360,000 m ³		河川維持用水	0.003 m ³ /s
	有効貯水量	340,000 m ³		取水孔口径	φ 300 2門, φ 400 1門
	堆砂量	20,000 m ³		斜樋管径	φ 600
	常時満水位	EL 63.5 m		導水管	φ 800
	計画堆砂位	EL 54.5 m		放流バルブ	φ 300, 100
洪水吐	型式	側水路型越流式	放流工	調節工	ジェットフローゲート
	設計洪水流量	34 m ³ /s		形式	中心遮水ゾーン型フィルダム
	洪水吐総延長	128.0 m		堤高	21.6 m
仮排水路	型式	トンネル方式	堤体	堤頂長	99.8 m
	設計流量	11.0 m ³ /s		天端標高	EL 66.6 m
	延長	129m		勾配	上流1:3.0 下流1:2.4
	内径	1.8 m (3rホロ型)		体積	60,700 m ³

2. 地形・地質概要

(1) 地形状況

山内ダムは千葉県茂原市の南西約10km、房総丘陵の一角に位置し、九十九里浜に河口を持つ一宮川水系2級河川埴生川の上流支線山内川にある。

本地区は上総丘陵北東縁辺部に位置し、分水界を形成する山稜から丘陵東側の九十九里浜に分布する海岸浸食平野の丘陵斜面に相当する。上総丘陵斜面の特徴は、丘陵の奥深くまで到達する開析地形を呈し、ダムサイト周辺においても山内川により樹枝状に開析されている。また、小河川に面した斜面部は平均勾配35°程度の比較的急斜面を形成している。

図2-1に千葉県の地形と山内ダムの位置を示す。

(2) 地質状況

山内ダムサイト周辺の地質は、第四紀中期更新世の柿ノ木台層及び長南層が広く分布している。下位の柿ノ木台層は、主に塊状の砂質シルト岩からなり、上部は層厚7～8mの中粒砂岩(層)となっている。柿ノ木台層の一般的な層厚は約80mで、上位長南層とは整合関係とされている。柿ノ木台層には鍵層となる凝灰岩層が数枚確認されており、当ダムサイトにおいても白色のスコリア質

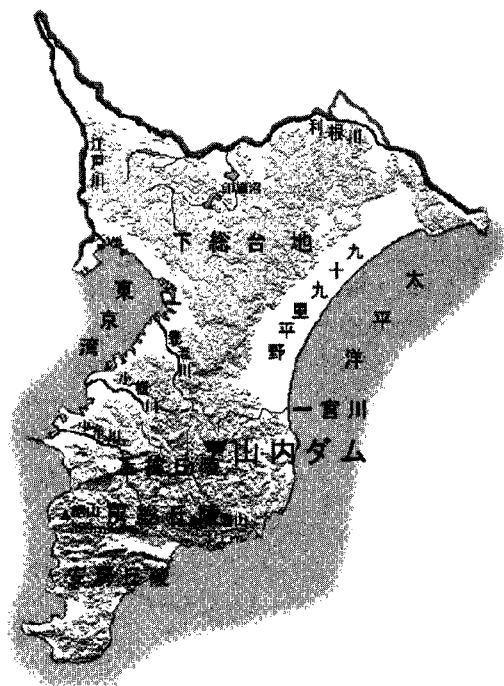


図2-1 千葉県の地形と山内ダム

凝灰岩層が層厚5～15cmで挟在する。上位長南層は、全体に泥岩と砂岩からなる細互層で形成され、上総丘陵中部に至ると砂岩優勢の互層に変化する

る。本層の一般的な層厚は約80mである。

堤体及び各付帯構造物の基礎が関係するのは柿ノ木台層砂質シルト岩（凝灰岩挟在）だけであり、左右両岸上部の掘削部に柿ノ木層砂岩と長南層が部分的に関係する。

ダムサイトの砂質シルト岩は無層理で節理のほとんど発達しない自立性の良い塊状で半固結状（軟岩）の様相を呈し難透水性岩盤である。なお、活断層はダムサイトから半径25kmの範囲には分布していない。

3. 湛水試験計画

(1) 湛水試験計画

湛水試験計画は貯水位の上昇・下降条件及び水位保持条件を以下の通りに定め、過去20年間の降雨データを基にした流出解析結果より得られるダム地点の流出量より貯水位計画線（平水年、豊水年）を定めた。

水位上昇勾配：1m/日

水位降下勾配：1m/日以下

水位保持期間 中間水位 MWL.59.00m 3日間
常時満水位 FWL.63.50m 30日間
最低水位 LWL.54.50m 2日間

湛水試験の開始時期は平成16年11月1日とした。

(2) 湛水実績

平成16年11月5日に閉塞ゲートを閉め、湛水試

験を開始した。貯水位の湛水実績は図3-1に示すように平成17年6月17日満水位FWL63.5mに到達した。その後34日間満水位を保持し、7月21日から貯水の放流を始め、8月8日最低水位LWL54.5mまで低下し、2日間定水位を保持して、8月10日湛水試験を終了した。

図3-1に湛水試験の実績水位と計画水位（基本パターン、平水年、豊水年）を合わせて示す。

4. 堤体変形挙動

図4-1に貯水位と表面変位量関係図を示す。

図4-1に示したNo.5断面（標準断面）に設置した表面変位計の貯水位と上下流方向変位の関係図より以下のことが言える。

- ・上下流方向変位と貯水位の相関性はほとんど見られない。
- ・変位量は±5mm未満で僅かなものであった。
- ・測定値は±5mm未満で貯水位との相関性も認められない。測量精度のバラツキ誤差の範囲値と思われる。

上記以外の測点においても、ダム表面の左右岸方向変位及び沈下量について5mm未満の変位量に留まった。このことから、堤体表面の湛水試験期間中の変形挙動計測結果は、計測精度に起因するバラツキ誤差の範囲内での動きと考えられ、湛水に伴う顕著な変形は認められなかった。

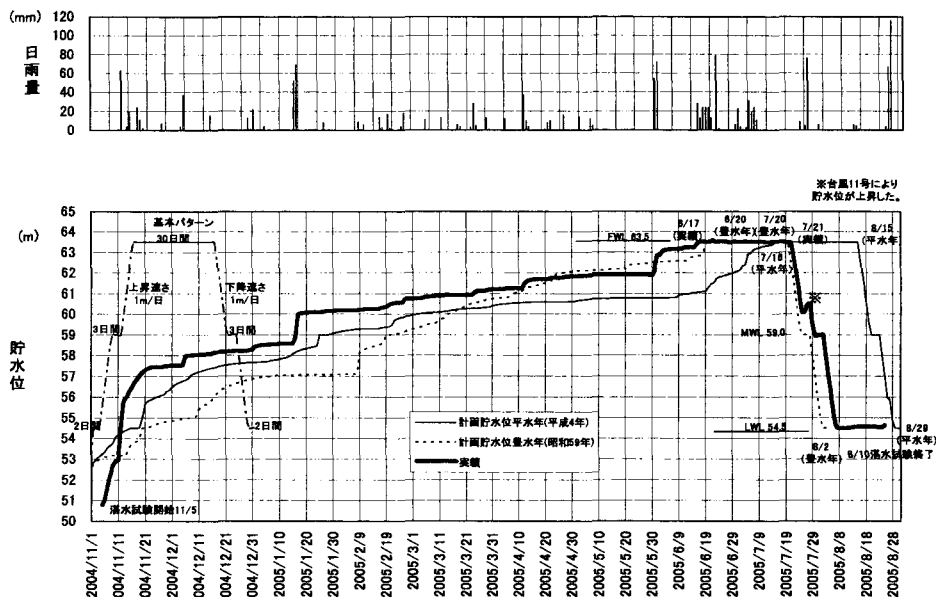


図3-1 湛水試験計画・実績曲線図

5. 漏水量挙動

(1) 堤体ドレーン挙動

堤体ドレーンの漏水量挙動について、図5-1に経時変化図を、図5-2に貯水位と堤体漏水量の関係を示す。

堤体ドレーンは下流フィルター基礎より河床に設け、コアゾーン及び堤体基礎を浸透する漏水を捕捉しているものである。

図5-1、図5-2より堤体部（堤体、堤体基礎）からの漏水量は以下の挙動傾向を示した。

- ・ 図5-1より、堤体ドレーンで測定された漏水は貯水位の上昇に伴う漏水量の増加に加えて降雨の影響を大きく受け、降雨ごとに増加と減衰を繰り返している。
- ・ 図5-2では、貯水位の上昇に対して漏水量の増加傾向が認められる部分は貯水位がWL.62.0m～WL.63.5mの区間である。
- ・ 満水時の実測漏水量は4.4ℓ/min（降雨の影響の少ない時期の値）であった。
- ・ 貯水位がWL.62.0m以下では降雨の影響を除くと約3ℓ/minで設計透水係数を用いて算定した漏水量予測値（27.7ℓ/min）を大きく下回った。

実測漏水量が管理値を大きく下回った原因としては、実際のコアゾーン築堤管理試験結果では $1.6 \times 10^{-7} \sim 9.8 \times 10^{-6} \text{ cm/sec}$ （平均値で $4.7 \times 10^{-6} \text{ cm/sec}$ ）が得られ、設計透水係数（ $1 \times 10^{-5} \text{ cm/sec}$ 以下）を大きく下回っていることから、堤体部分を浸透してくる漏水量は半減したものと考

えられる。

(2) 左右岸地山ドレーン挙動

図5-2に貯水位と左右岸地山ドレーン漏水量の関係を示した。

① 左岸地山ドレーン漏水量挙動

左岸地山ドレーンは下流シェルゾーン敷きの左岸下流アバット中段（EL.50.85～EL.48.858）に設置され、左岸下流アバット部に浸出する地山浸透水を捕捉している。

図5-2より左岸地山ドレーン漏水量は以下の挙動傾向を示した。

- ・ 左岸地山ドレーンで測定された値は最大でも0.1ℓ/min以下と極微量であった。
- ・ 貯水位と漏水量の相関性はWL.62.0m～WL.63.5mの区間で僅かに見られた。
- ・ 漏水量は量的には僅かであるが降雨の影響を受け、増減を繰り返している。

② 右岸地山ドレーン漏水量挙動

右岸地山ドレーンは下流シェルゾーン敷きの右岸下流アバット中段（EL.49.00～EL.48.57）に設置され、右岸下流アバット部に浸出する地山浸透水を捕捉している。

図5-2より右岸地山ドレーン漏水量は以下の挙動傾向を示した。

- ・ 右岸地山ドレーン漏水は貯水位の上昇に伴う漏水量の増加に加えて降雨の影響を大きく受け、降雨ごとに増加と減衰を繰り返している。
- ・ 貯水位と右岸地山漏水量の関係図より、貯水位の上昇に対して漏水量の増加傾向が認

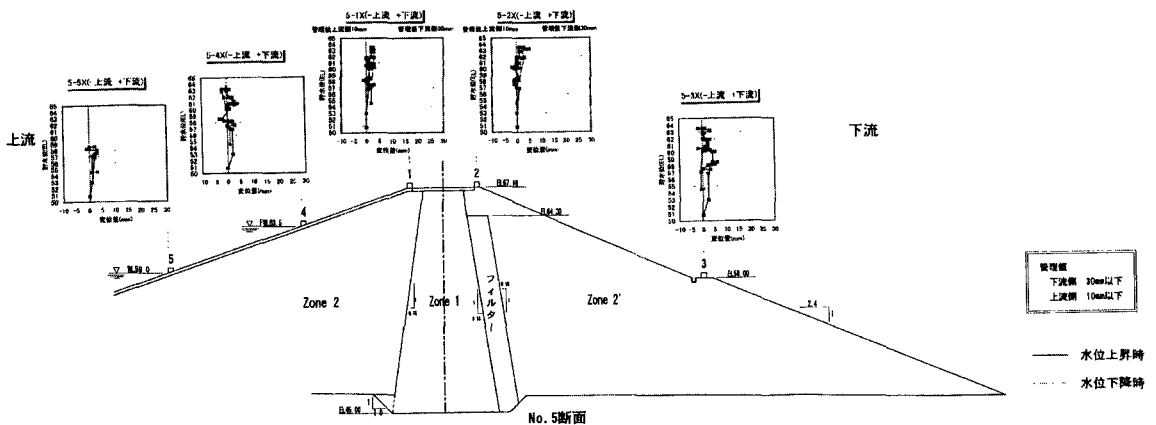


図4-1 表面変位計観測結果図

められる部分は貯水位がWL.62.0m～
WL.63.5mの区間で、ダム満水時の実測漏
水量は3.3 $\frac{l}{min}$ であった。この値は、右
岸地山迂回浸透予測量と概ね一致するもの

であった。

・貯水位がWL.62.0m以下では降雨の影響を
除くと約1 $\frac{l}{min}$ 程度であった。

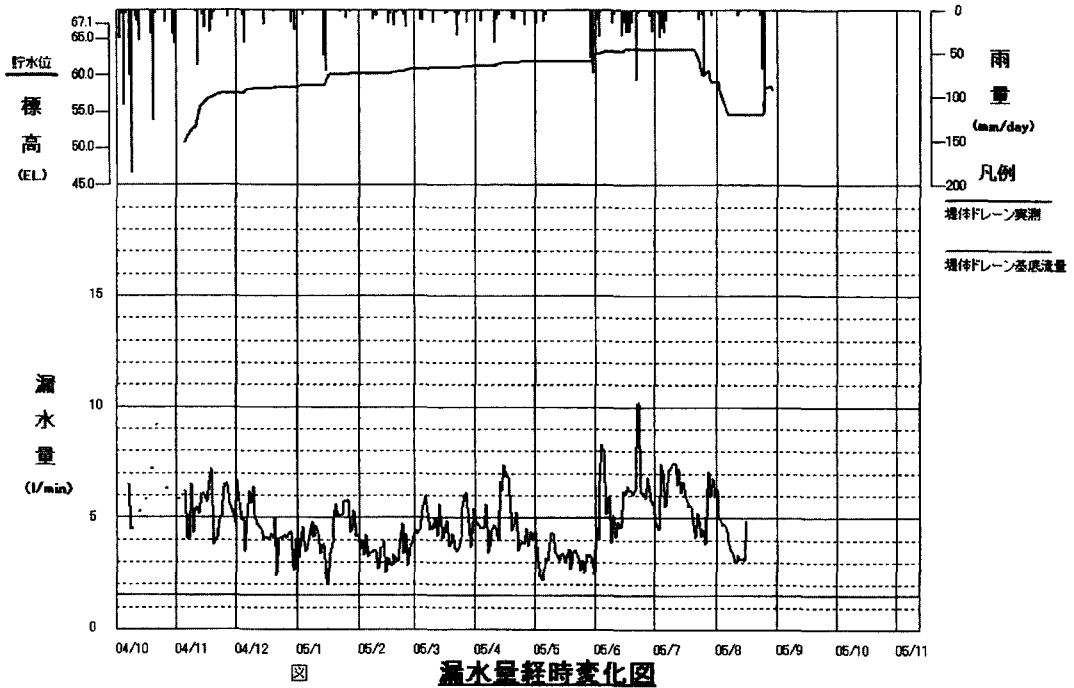


図5-1 堤体漏水量経時変化図

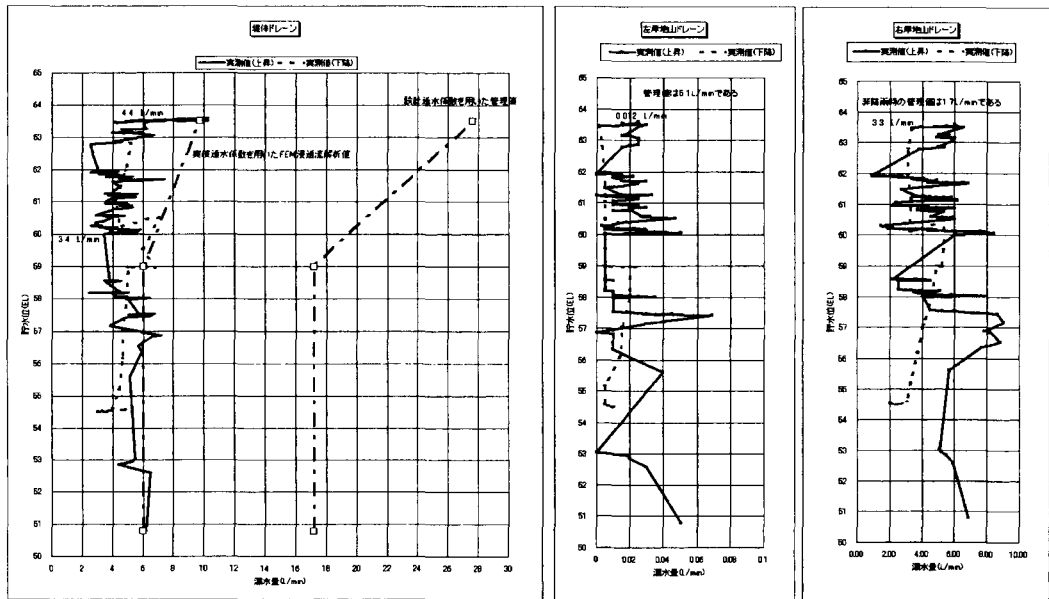


図5-2 貯水位-漏水量相関図

(3)まとめ

湛水試験期間中の堤体、基礎、左右岸地山からの迂回漏水量は当初の予測値を下回る結果となった。また、降雨の影響および基底流量を除外した満水時の総漏水量としては6.4%/min (9.2m³/日)程度あった。この総漏水量は総貯水量360,000m³の0.003%/日に相当し、許容漏水量0.05%/日を大きく下回るものである。

6. 間隙水圧挙動

(1)基盤内間隙水圧挙動

①基盤内間隙水圧挙動

図6-1に貯水位と基盤内間隙水圧の関係を示す。図6-1より以下のことが確認された。

- ・同一標高に埋設されているP-1とP-2、P-3とP-4はいずれも下流側の間隙水圧の方が上流の間隙水圧を下回っており、正常に作動している。
- ・基盤内のP-1~P-4の間隙水圧は若干、右岸側上流地山地下水の影響を受ける挙動を示しているが、貯水位静水圧に対する発生割合

においてもほぼ正常な値を示している。

以上のことから基盤内の間隙水圧は正常な挙動をしているものと判断した。

(2)堤体内間隙水圧挙動

①堤体内間隙水圧計挙動

図6-2に貯水位と堤体内間隙水圧の関係図を示す。

- ・コアゾーン内EL.45.5mに設置されたP-5~P-7の間隙水圧の動向は、上流側のP-5が湛水試験開始後13日遅れて (H16.11.18) 貯水位WL.56.9mで最も早く上昇を始め、続いてダム軸上のP-6が62日遅れて (H17.1.6) 貯水位WL.58.9mで上昇が始まり、下流のP-7は91日遅れた (H17.2.4) 貯水位WL.60.2mで上昇が始まった。
- ・一般にフィルダムのコア内の初期湛水に伴う浸透形態として、同一標高では上流側ほど早く影響が現れ、下流に行くに従い遅れて現れるものであり、本ダムでもこの傾向が現れている。

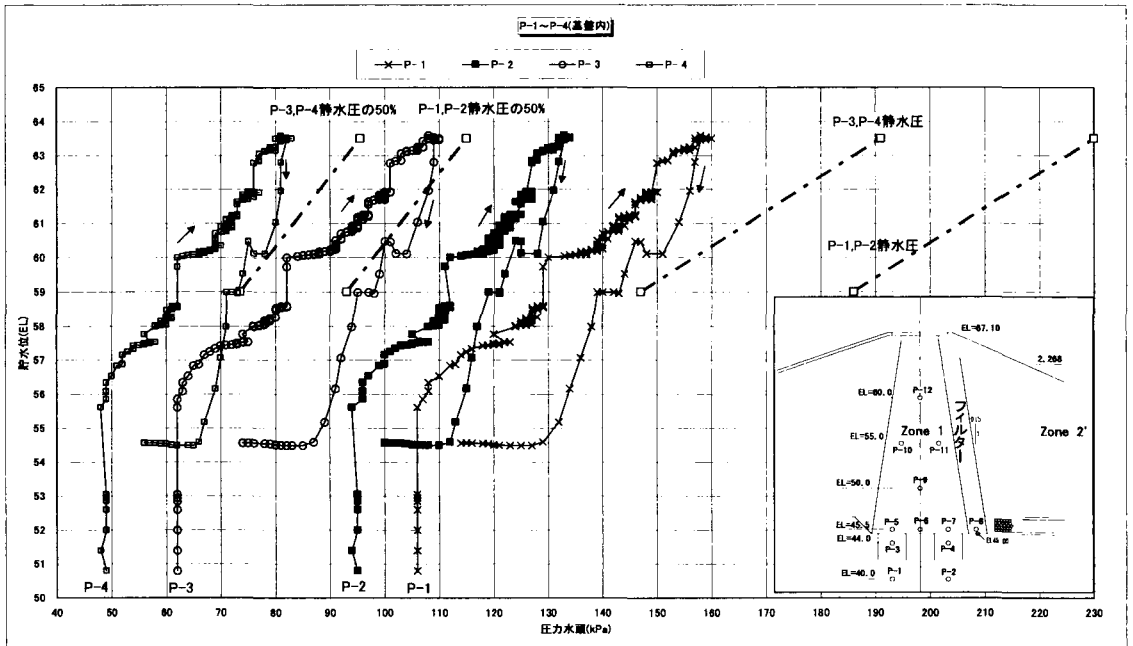


図6-1 貯水位 - 基盤内間隙水圧相関図

- ・ 間隙水圧の上昇が開始した後は、貯水位の上昇に伴い各間隙水圧も各々の上昇特性（上昇勾配）を持ち上昇を続け、満水位に達して30日間の定水位期間を終了する頃にはダム軸上P-6の上昇はほぼ落ち着いた。
- ・ しかし、上部下流側P-7は貯水位を低下させたH17年8月中旬まで上昇傾向を示しコアゾーン内の浸潤面の変化が貯水位変化に対して遅れて移動していることを示した。

図6-3には湛水試験期間中の間隙水圧分布図から作成した流線網図を示す。

図6-3に示したダム満水時の流線網図より、ポテンシャル線、流線はコア内ではほぼ定常状態に近

い状況を呈していることや、一連の流線網の変化状況から見て、コア内の間隙水圧は正常な挙動を示しているものと判断した。

(3)間隙水圧挙動に対する考察

基礎・コア内の浸透状況は、図6-3に示した流線網図に示すように貯水位上昇時、満水時、貯水位降下時とも正常な流線網が描けていることから、ダム全体（堤体及び基礎地盤）の浸透状況については、問題となるような点は認められない。また、堤体及び基礎からの漏水量も僅かであったことから、間隙水圧計の挙動としては正常かつ安全な状況を呈しているものと判断した。

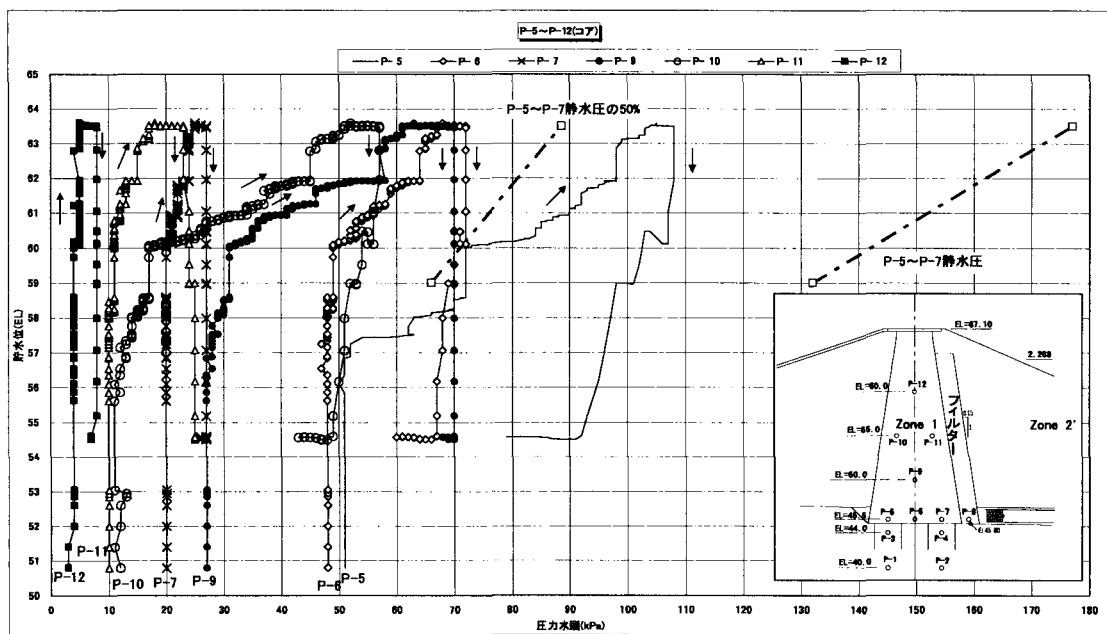
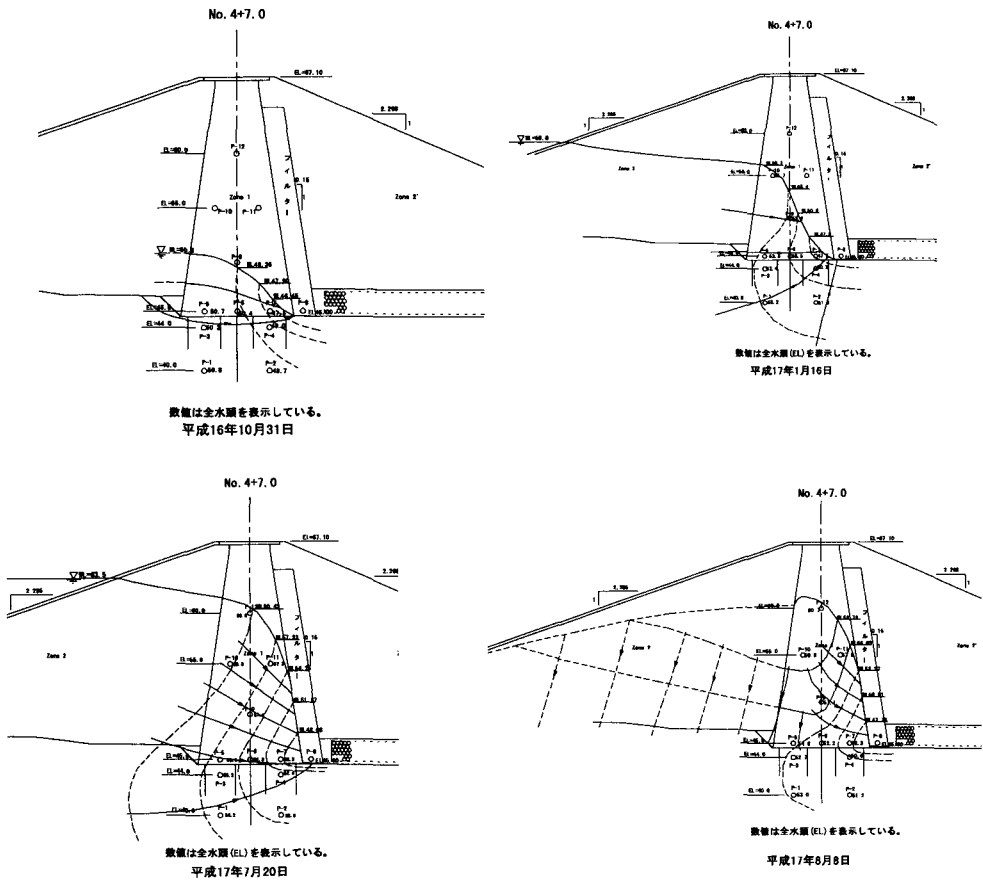
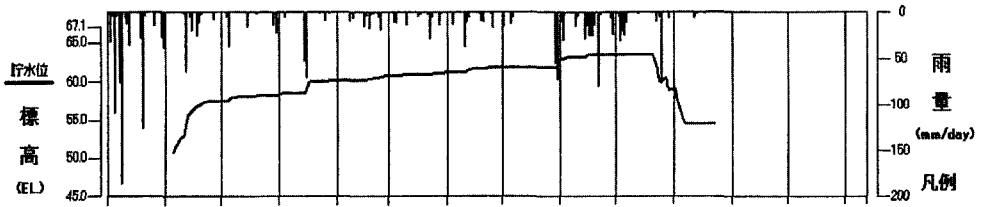


図6-2 貯水位 - 堤体内間隙水圧相関図



流線網

図6-3 湛水時堤体・基盤内流線図

7. まとめ

以上のように、山内ダムは平成16年11月5日より湛水試験を開始し、平成17年8月10日に湛水試験を終了した。この湛水試験期間中の漏水量、堤体内埋設計器挙動および本紙面では記載を割愛した各種埋設計器の挙動を分析検討した結果、山内ダムは湛水時においても安全であることが確認された。

平成18年度以降は、ダム管理を千葉県から長南町に引き継ぎ、第2期の管理体制で供用していく予定である。

最後になりましたが、これまで当ダムの調査・設計から施工、湛水試験に対し、ご指導を賜りました山内ダム技術検討委員会（委員長：田中忠次 東京大学大学院教授）および、農林水産省関東農政局、ならびに（財）日本農業土木総合研究所の皆様 に感謝申し上げます。

水路改修工事における既設道路橋梁下での施工について

門 間 強 志*
(Takeshi MONMA)

目 次

1. はじめに	59	5. 施工手順	61
2. 工事概要	59	6. 既設橋梁下でのその他の作業	63
3. 現場条件	60	7. おわりに	63
4. 工法の検討	61		

1. はじめに

最上川下流沿岸地区は、山形県の北西部庄内平野に位置し、最上川の下流に展開する酒田市外1市1町にまたがる水田約12,600haの穀倉地帯である。

本地区の営農は、稲作を中心に、水田の畑利用による野菜等を組み合わせた複合経営を展開する県内有数の農業地帯であり、近年では鶴岡市のだだちゃ豆、酒田市（旧平田町）の赤ネギのブランド化に取り組んでいる。

本地区のかんがい用水は、山形県を南から北に流れる1級河川最上川及び2級河川日向川等に依存し、国営及び県営かんがい排水事業で造成された頭首工、揚水機場そして用水路により配水されている。これら施設のうち幹線用水路は築造後相当の年数が経過しているため、積みブロックや張りブロック等の欠落による土砂の流出等により、施設の維持管理に多大な労力と経費を要している。

このため、本事業により老朽化に伴う機能低下が顕著な用水路の改修を行うほか、用水路の新設により用水系統を再編し、用水の安定供給と維持管理の軽減を図るものである。

その中で、今回事例紹介させていただく吉田幹線用水路は最上川の左岸側に位置し、明治43年に作られた水路である。この水路は昭和46年に県営かんがい排水事業で改修されているが老朽化が著しい状況であったため改修することとなった。

本報文ではこの既設水路を改修する際に使用し

た「ボックスベアリング横引き工法」の施工事例を紹介する。

2. 工事概要

本工事は、築造後30年以上が経過し、劣化・老朽化が著しい吉田幹線用水路について改修を行うものである。

施工延長：276.79m

鉄筋コンクリートL型フリユーム
(B=3.5×H=1.4) 188.915m

鉄筋コンクリート大型フリユーム
(B=3.5×H=1.3) 80.425m

既設利用区間 7.450m

水路勾配 1/2,000

うち今回の事例紹介の工法を採用した区間は大型フリユームを使用した80.425mである。



写真-1 施工前状況

*現：東北農政局北上土地改良調査管理事務所
(Tel. 0229-24-6143)
前：東北農政局最上川下流沿岸農業水利事業
(Tel. 0234-42-3612)

3. 現場条件

本工事の対象となる区間では既設開水路の上に道路橋梁が架かっており（図-1参照）。この橋梁は町道、本小野方廻館廿六木線で、本地区の主要道路であるため施工においては下記のような条件となった。

①町道橋の延長が約42mあり、通常のクレーンでの据付が不可能である。

②この道路橋梁は地元住民の通行が多いことから橋梁の撤去または通行止めを行うことが出来ない。（仮廻しを行い橋梁を撤去すると工事費の増大となる）

③橋梁下の水路は曲線を含んでいる。

④橋梁の基礎部分への影響を十分検討する必要がある。

⑤施工時期は農作業が終わった10月以降での施工となる。

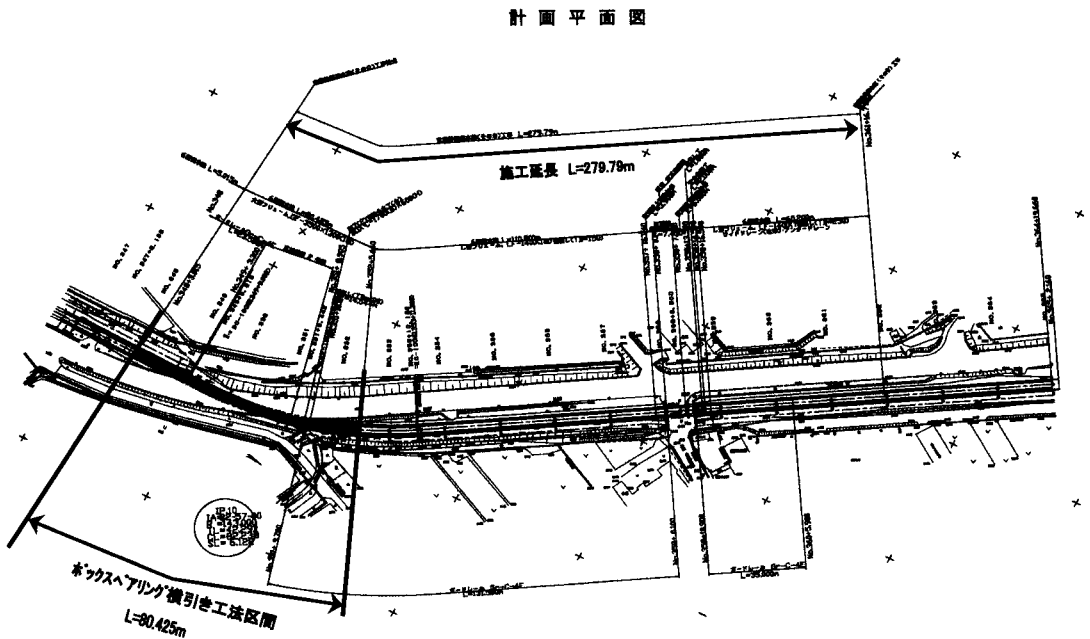


図-1 平面図

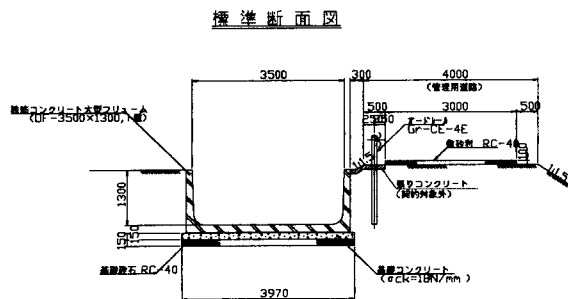


図-2 断面図

4. 工法の検討

既設道路橋梁を撤去せず水路改修工事を行うため、橋梁手前の開口部分よりフリームを入れ、橋梁下を移動させる施工を想定した結果、以下の4つの工法について検討を行った。

1) コロを用いた簡易的工法

最も安価であったが、施工管理、安全性が十分確保されない可能性があることや橋梁下の曲線部での施工性に問題があると判断されたため不採用となった。

2) スライダ工法

この工法は曲線部で直線部よりもレールの幅が大きくなる特徴があり掘削幅も広がることを確認された。これが原因で橋梁の基礎に掘削線が入ってしまう橋梁に影響を及ぼす可能性があることから不採用となった。

3) キャスター工法

この工法ではキャスターを取り付けている分、掘削深が大きくなってしまふことが確認された。これが原因で橋梁の基礎に掘削線が入ってしまう橋梁に影響を及ぼす可能性があることから不採用となった。

4) ボックスベアリング横引き工法

この工法による掘削深、掘削幅の橋梁の基礎への影響はないと判断された。また、曲線部での製品の引込みの際にも問題ないことからボックスベアリング横引き工法を採用することとした。

5. 施工手順

ボックスベアリング横引き工法の施工手順として大きく分けると①基礎工、②製品吊りおろし工、③製品引込み工、④底版部モルタル充填工の順となる。

施工のイメージと実際の施工状況は次のとおりである。

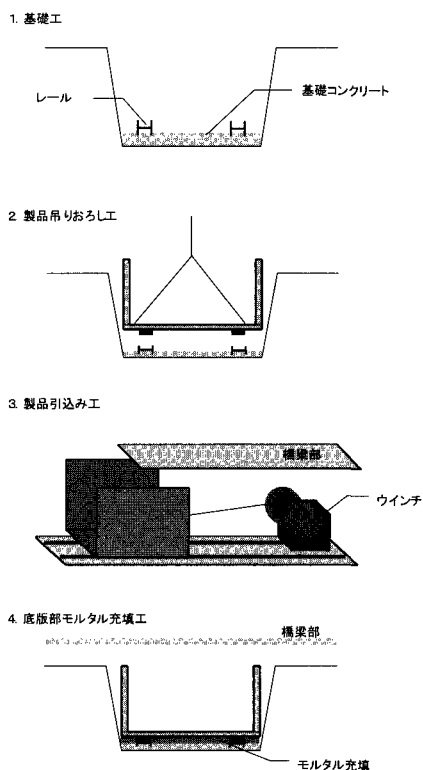


図-3 施工手順

表-1

工 法 名	内 容
①コロを用いた簡易的工法	単純に底版コンクリート上の横断方向に鉄筋を並べ、その上に搬入したフリームを運搬する工法
②スライダ工法	底版コンクリートを打設する際にL型鋼を埋込みこれをレールとし、このL型鋼に滑材を塗って上にフリームを搬入しウインチを使い所定の位置まで運搬する工法
③キャスター工法	底版コンクリートを打設する際にI型鋼を埋込みこれをレールとし、この上にキャスターの取り付けられたフリームを搬入し所定の位置まで運搬する工法
④ボックスベアリング横引き工法	底版コンクリートを打設する際にH型鋼を埋込みレールとし、ベアリングによりフリームを搬入し所定の位置まで運搬する工法

1) 基礎工

底版コンクリートを打設する際にH型鋼を埋込み、レールとする。本工事では底版部に2本のH型鋼を埋込んだ。(写真-2)

次にベアリング(鉄球)をレール(H型鋼)の中にちりばめる。(写真-3)本工事ではレール1m当たり450個のベアリング密度を標準とした。

2) 製品吊りおろし工

橋梁手前の開口部よりガイド(鋼材)が設置された大型フリユームを吊り下げ、レールとガ

イドが合致するように設置する。(写真-4)

なお、本工事ではガイドは鋼製のものが後付で取り付けられている。(写真-5)

3) 製品引込み工

底版上に設置された大型フリユームにワイヤーをかけ、あらかじめ設置されたウインチなどで横方向に牽引し所定の場所に移動する。(写真-6)

4) モルタル充填工

位置が決定したなら敷設高を調整し底盤グラウトを行う。(写真-7)

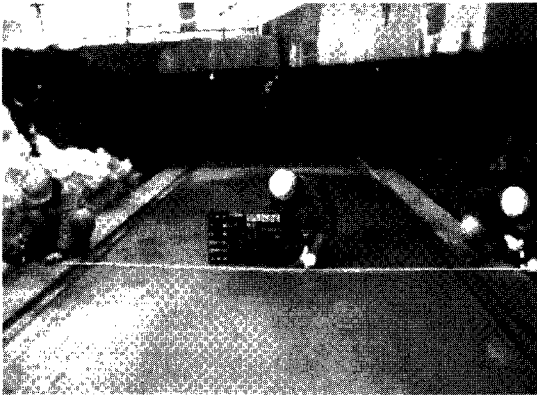


写真-2 基礎工

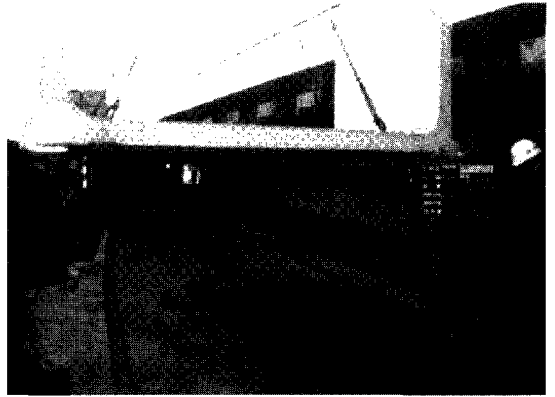


写真-4 製品吊りおろし工

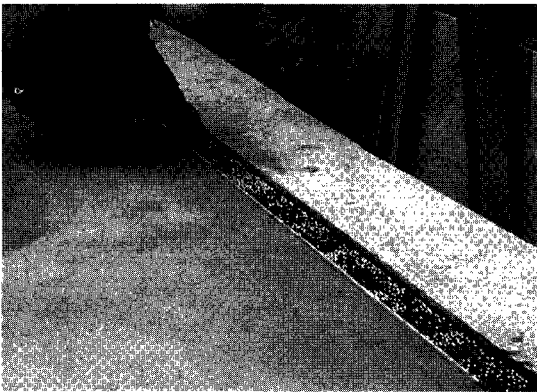


写真-3 ベアリング設置

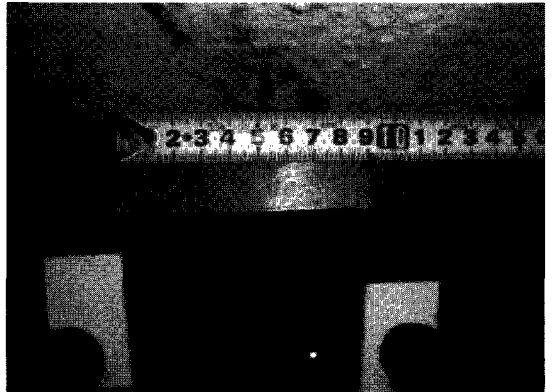


写真-5 後付ガイド

ベアリング

材 質: SWCH12 (JIS G 3539)
硬 さ: 56.0~62.0 (JIS Z 2244)
熱 処 理: 焼入れ
研 磨: バレル研磨

レール

H-125×60×6×8

ガイド

PL-28×75×1400

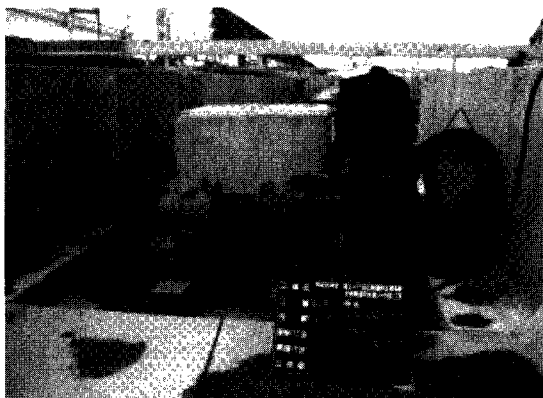


写真-6 製品引込み工

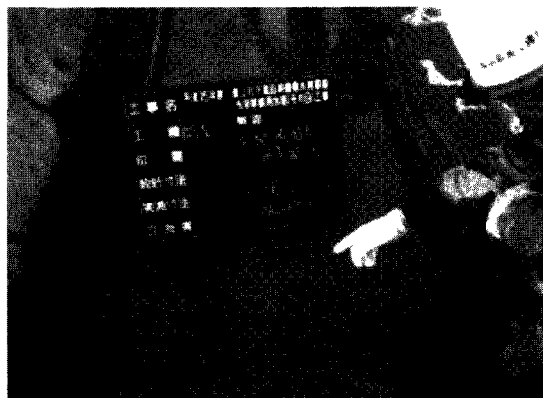


写真-7 グラウト孔閉塞後

6. 既設橋梁下でのその他の作業

既設橋梁下での施工であったため、既設水路取壊しについては、ミニバックホウ（0.022m³）と人力の併用により実施した。なお、橋梁下からの廃材などの運搬についてはミニキャリア（HG式）を使用している。

また、埋戻しについては、埋戻し材料の搬入、転圧が困難なことから流動化処理土を使用することで対応した。

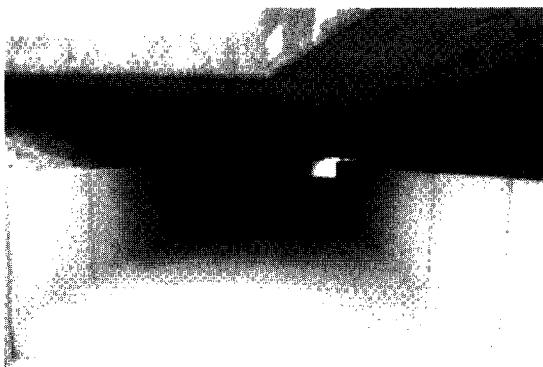


写真-8 施工後

7. おわりに

本工法により曲線部でも問題なくフリームを運搬することができ、橋梁などへの影響を与えることはなかった。（写真-8）

今回、施工の際に検討した「スライダ工法」、「キャスター工法」、「ボックスベアリング横引き工法」などの工法は住宅が密集している場所で重機などを搬入できる範囲に限られた水路などでの工事で使用することを目的として作られた工法である。本工事では既設道路橋梁下という高さ幅などの制限がある中での工事であったが、これら既存の工法を取り入れることで無事に工事を行うことが出来た。

近年、様々な工法が開発されていると思うが、工事に携わるものとして今後も情報を広く入手するようにつとめ現場状況に合わせた柔軟な発想をもって円滑に工事を進めていきたい。

参考文献

平成15年度 吉田幹線用水路（その5）業務
ボックスベアリング横引き工法 技術マニュアル
（ボックスベアリング横引き協会）

農業用河川工作物の維持補修技術

大 島 弘 之*
(Hiroyuki OOSHIMA)

目 次

1. はじめに……………	64	3. 健全度評価と長寿命化対策……………	72
2. 劣化調査と構造物の健全度評価……………	65	4. おわりに……………	72

1. はじめに

鹿ヶ鼻頭首工は、石川県加賀市に流れる大聖寺川の中流域に位置し、昭和34年に築造された堤長約40m、落差高約2.0mの固定堰であり、可動堰（ゴム引布製起伏堰）による全面改築を計画していた。

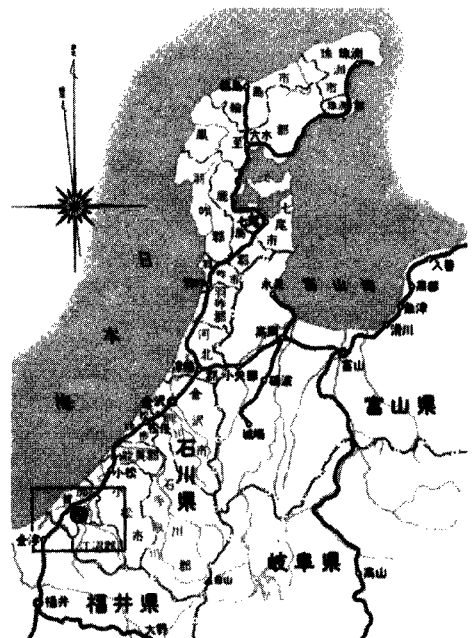
しかし、本固定堰は、写真1-1-1にみられるように、周辺環境と調和のとれた良好な景観を形成しており、可動堰への改修は、現状の景観を損なうだけでなく、大聖寺川に生息するアユ、サクラマス等の遊泳魚、ヨシノボリ、カジカ等底生魚の遡上や降下を妨げることが懸念された。また、同様の理由から、可動堰への改築計画の見直しについて、地元から南賀農林総合事務所へ要望が

あったことも踏まえ、コスト縮減にも配慮し、景観や自然環境への負荷の軽減に努め、施設の性能を維持・向上させるため、固定堰の補修・補強で施設の長寿命化が可能であるか、計画を見直すこととした。

補修・補強により長寿命化を図るには、十分な調査・診断と健全度の評価が重要であり、その内容を紹介する。



写真1-1-1 頭首工全景



*石川県南加賀農林総合事務所土地改良部 (Tel. 0761-23-1705)

2. 劣化調査と構造物の健全度評価

2-1 調査方針

構造物の現在の性能を把握するため、図2-1-1に示すように固定堰（または床止め）の劣化要因を想定し、既設構造物の機能診断（調査）を実施する。機能診断は、一般的に「①予備調査、②一般調査、③詳細調査」の3段階に区分される。①予備調査とは、既存資料や関係者からの聞き取り調査による施設概要や機能低下状況の概要把握

であるため、ここでは、②一般調査および③詳細調査について述べる。

(1)一般調査

一般調査は、目視調査など比較的容易にできる調査であり、調査範囲、調査項目は、予備調査結果を踏まえ、効果的、効率的に調査が行えるよう十分に検討する。一般調査項目を表2-1-1に示す。なお、表中の適用は、鹿ヶ鼻頭首工において適用の判定を示したものであり、○印が適用を示す。

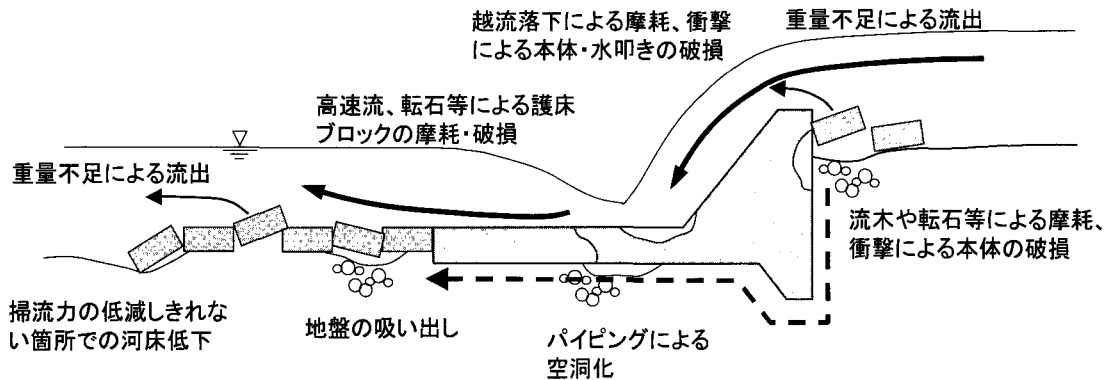


図2-1-1 固定堰（または床止め）において予測される劣化要因

表2-1-1 一般調査項目

区分	調査項目	調査内容	適用
目視調査	ひびわれ	ひび割れ長さ及び幅の形状や状況を観察し、寸法をスケールで計測し図化する。	○
	剥離の状況	剥離の形状や状況を観察し、寸法をスケールで測定する。	○
	鉄筋露出の有無・錆汁の状況	鉄筋露出の有無、錆汁の状況を観察し、その範囲等をスケール等で測定する。 ^{※1}	
	漏水・湧水の状況	目地の上下、左右の開口幅及びズレをスケールで測定する。目地からの湧水状況を「流れ出ている」「しみ出ている」「湿っている」「湧水なし」に区分して整理する。 ※特に基礎部からの漏水は「バケツ」の可能性もあるので、漏水後も見落としが無いよう観察・記録を行う	○
	色調等の変状・変化	色調等の変状・劣化を観察し整理する。 ※評価は、①変形の発生部位及び位置、②変形の形態、③変形の程度、推定される原因等の調査結果で行う。	○
	摩耗	摩耗の進行度をコンクリート部材表面の目視により把握する。	○
	不同沈下及び壁のたわみ等	目視で認められる沈下、側壁の傾きの状態を観察する。また、ジョイント部の目地の開き、傾きを計測し整理する。	○
	補修歴等の確認	補修歴、事故歴の痕跡を現地を確認する。	○
簡易測定調査	コンクリート強度	シュミットハンマーによる強度低下部の把握を行う。 ^{※2}	
	中性深さ（簡便法）	フェノールフタレイン溶液を散布して確認する。 ^{※3}	○

※1：無筋のため不要、※2：コア抜きを実施するため不要

※3：経年に対して顕著な変状がないか確認する。（コア採取によるため、詳細調査で評価）

(2)詳細調査

一般調査では、変状の原因把握、対策工法の選定が困難であると判断される場合に、詳細調査を実施する。頭首工の詳細調査には、①コンクリートの劣化調査、②構造解析、水理解析等による照査、③頭首工基礎部の調査がある。

①コンクリートの劣化試験

コンクリート構造物の強度および劣化度を把握するため、試験に用いるコア資料を採取し室内コンクリート強度試験および中性化試験を行う。

②構造解析・水理解析による照査

施設が所定の性能を満足するか、調査結果に基づき構造解析、水理解析を実施する。

③頭首工断面および基礎部の調査

調査ボーリングにより、頭首工断面および基礎部に異常（構造物の破壊に影響を与える）がないか確認する。ただし、調査ボーリング結果は、点による調査であるため、頭首工やそのエプロン部のように面での把握は困難である。そこで、コンクリート、地盤、水、空洞からの反射時間の差を利用したレーダー探査を併用するものとした。

2-2 調査計画概要

前述した調査方針に基づき、本事業における調査項目について整理したものを表2-2-1に示す。

また、調査概要のフロー図を図2-2-1に示す。

調査は、①一般調査、②詳細調査の順で実施、調査結果を対策工の検討（設計）に反映させる。なお、基本的には、対策工事着手前に調査（一次調査）を実施する。しかし、周辺護岸の根入れ状況、埋設部の堰本体の劣化状況、基礎地盤の目視調査、構造物取壊し後のコンクリート断面の確認等については、事前調査では確認できないため、対策工事施工中に調査・確認（二次調査）するものとし、必要に応じて対策工の検討に反映させた。



表2-2-1 調査項目概要

調査項目	調査すべき内容	調査方法
構造物の劣化 (構造物の機能診断)	<ul style="list-style-type: none"> 頭首工の形状が不明 (頭首工の安定性の確認) 浮き、クラック、洗掘状況 漏水の有無およびその状況 	<ul style="list-style-type: none"> 目視調査、調査ボーリング 物理探査、安定検討 目視調査、打音調査 目視調査
材料の劣化	<ul style="list-style-type: none"> コンクリートの強度不足 摩耗、表層部の劣化状況 	<ul style="list-style-type: none"> コア採取による強度試験、 静弾性係数の把握 目視調査 中性化試験
基礎地盤状況	<ul style="list-style-type: none"> 基礎地盤の土質、沈下現象 吸い出し（バッキング）の有無 安定に影響を与える空洞部の有無 	<ul style="list-style-type: none"> 調査ボーリング、水準測量 目視調査、物理探査 調査ボーリング、物理探査
周辺構造物の影響	<ul style="list-style-type: none"> 周辺護岸の劣化、破損状況、根入れ不足 護床ブロックの破損状況 	<ul style="list-style-type: none"> 目視調査 目視調査
自然環境	<ul style="list-style-type: none"> 対象魚の選定 既設魚道の構造的、平面配置上の問題点 	<ul style="list-style-type: none"> 専門家等へのヒアリング 文献調査 目視調査、文献調査

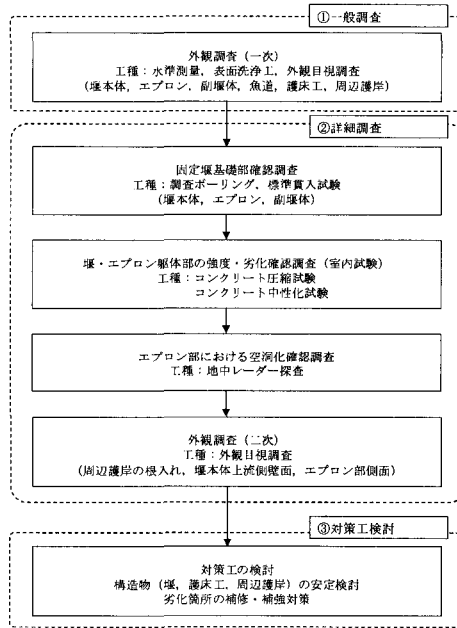


図2-2-1 調査概要フロー図

2-3 調査結果

(1)一般調査（外観調査結果・一次）

外観調査結果の概要図を図2-3-1に示す。図中の点線で囲った箇所が一次調査において、劣化が確認された箇所を示し、四角枠の箇所は、二次調査において確認された範囲である。二次調査結果は、詳細調査の項で後述する。

表2-3-1および写真2-3-1(1)~(5)に、一次調査結果の代表的なものを抜粋して劣化状況を整理した。表2-3-1および写真2-3-1(1)~(5)の劣化箇所は、図2-3-1中に点線で囲っている。なお、ここで示した調査内容以外にも、護床工、護岸等の周辺施設を含めて外観調査を実施している。

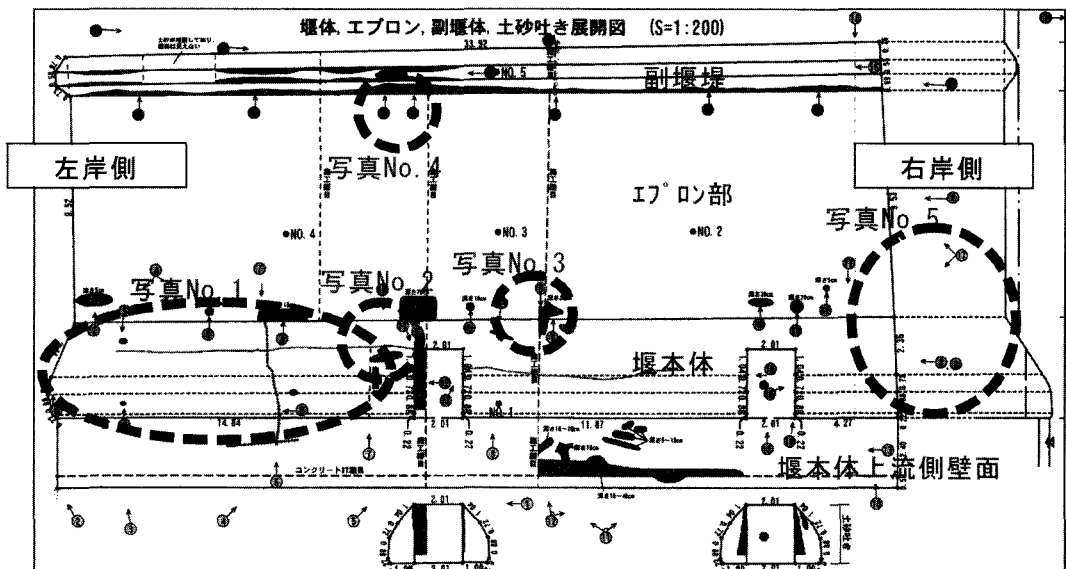


図2-3-1 外観調査結果（一次）概要図

表2-3-1 外観調査結果概要 (抜粋)

写真 No	劣化箇所	劣化状況
No. 1	堰本体 (左岸側)	右岸側に比べて左岸側の堰体表面の洗掘または摩耗が著しい。 水面からほぼ一定の高さに水平方向の洗掘跡が確認された。(写真, 点線表示) また, 堰鉛直方向に幅 1 ~ 3mm のひび割れが確認されたが, 水準測量結果から判断して, 不等沈下によるものではないと判断され, 施工継目と推測される。(写真, 実線表示)
No. 2	堰本体	土砂吐付近において, 施工継目が要因と推測される洗掘箇所が確認された。継目の形状から何らかの要因で堰体を打ち直したものと推測される。(写真, 点線表示)
No. 3	エプロン部	堰法尻部にあたり, 洗掘または衝撃によるコンクリートが深掘れしている。幅 1.0m×1.0m, 深さ 0.3m (写真, 点線表示)
No. 4	副堰堤	副堰堤は, 全体的に洗掘, 摩耗による劣化が著しい。
No. 5	魚道部	魚道部のエプロン部は, 劣化が著しく, 基礎地盤が確認できるほどのクラックや破損, 陥没が確認できる。 (陥没箇所: 写真, 点線表示)

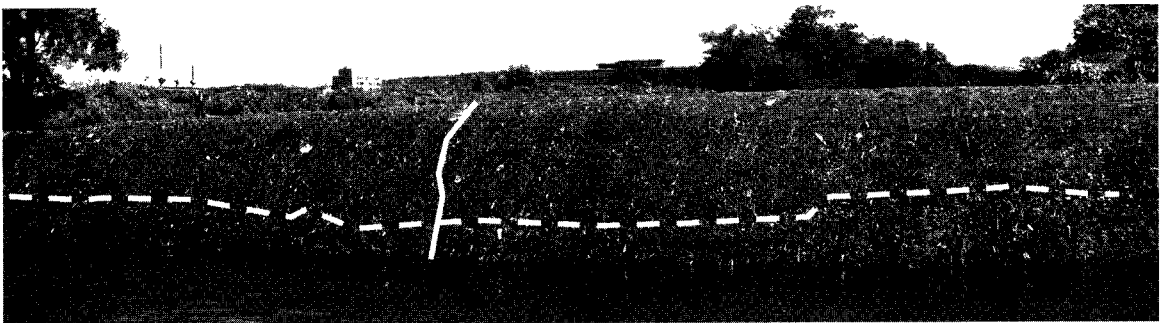


写真2-3-1 (1) 写真No.1 堰本体左岸側全景

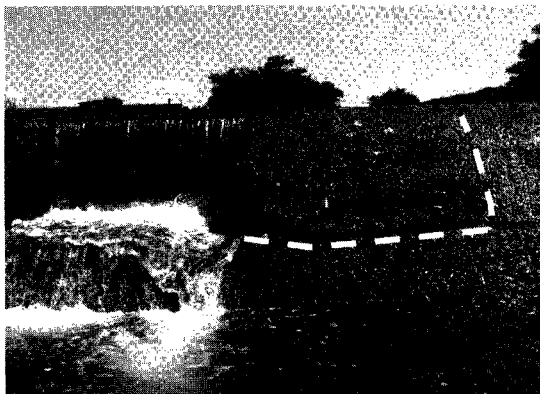


写真2-3-1 (2) 写真No.2 堰本体

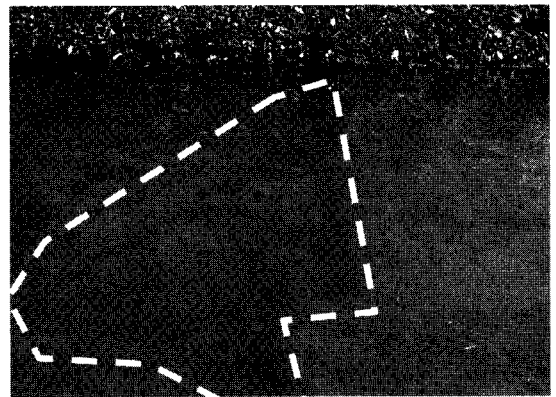


写真2-3-1 (3) 写真No.3 エプロン部

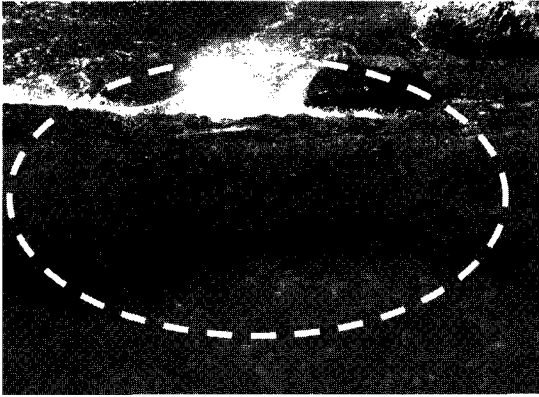


写真2-3-1 (4) 写真No.4 副堰堤

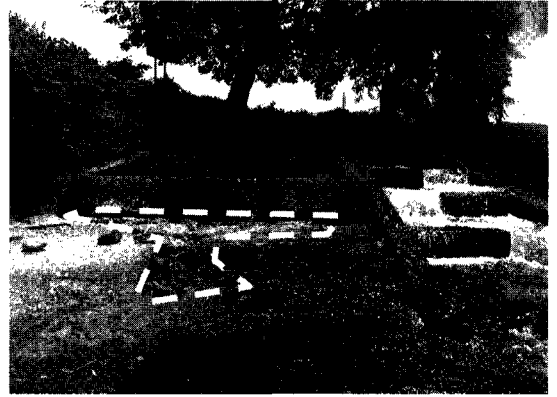


写真2-3-1 (5) 写真No.5 魚道部

(2) 詳細調査結果

1) 調査ボーリング結果と室内試験結果

調査ボーリングおよび室内試験結果を表2-3-2に示す。調査ボーリングは、図2-3-2に示すように、堰の中心において縦断方向に3箇所と左右岸側に3箇所の計6箇所で行った。堰本体の形状(厚み)の把握、コア採取だけでなく、地盤の空洞化の可能性を判断するため、基礎地盤との密着性についても確認した。

ボーリング調査結果による基礎地盤の推定断面を図2-3-3に示す。調査ボーリングの結果、基礎地盤は、比較的良好に締め固まった砂礫層であり、その下には、N値50以上の泥岩層が存在する。また、堰本体部のボーリング結果から、堰のカットオフ部には、水平方向の施工継目部における縁切れの可能性が確認できた。この評

価については、部分的な可能性も想定できるため、二次調査の結果と合わせて評価するものとした。

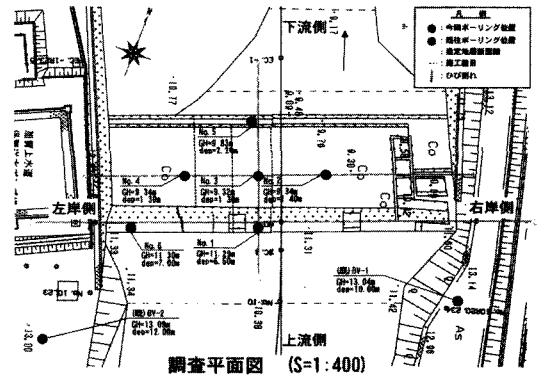


図2-3-2 調査ボーリング位置図

表2-3-2 調査ボーリングおよび室内試験結果

地点	孔番号	コンクリートの厚さ (m)	コンクリートコアの観察結果	コンクリート(Co)と砂礫層(Dg)の間の空隙の有無	室内試験の実施深度 (m)	コンクリートの圧縮強度 (N/mm ²)	コンクリートの静弾性係数 (kN/mm ²)
堰体	No.1	3.75	新鮮であり、棒状に採取される。	コンクリートが抜けた直後に砂礫層の掘進抵抗があることから、コンクリートと砂礫層の間に空隙は無いと判断される。	1.40~1.60	21.5	19.7
					3.05~3.25	28.8	34.9
エブロン	No.2	0.84	コア表面はガサついている。粗骨材の量は他の孔に比べて少なく、基質部は多孔質である。	コンクリートが抜けた直後に砂礫層の掘進抵抗があることおよびコンクリートの下面には木片や褐色の砂が付着していることから、コンクリートと砂礫層の間に空隙は無いと判断される。	0.40~0.60	19.5	19.1
	No.3	0.79	新鮮であり、棒状に採取される。	コンクリートが抜けた直後に砂礫層の掘進抵抗があることから、コンクリートと砂礫層の間に空隙は無いと判断される。	0.30~0.50	30.7	38.5
	No.4	0.72	新鮮であり、棒状に採取される。	コンクリートが抜けた直後に砂礫層の掘進抵抗があることおよびコンクリート下に分布する玉石にコンクリートが付着しており、コンクリートと玉石の割れ目がほぼ密着していることから、コンクリートと砂礫層の間に空隙は無いと判断される。	—	—	—
副堰体	No.5	1.64	新鮮であり、棒状に採取される。	コンクリートが抜けた直後に砂礫層の掘進抵抗があることおよびコンクリートの下面には褐色の砂が付着していることから、コンクリートと砂礫層の間に空隙は無いと判断される。	1.40~1.60	22.3	22.6

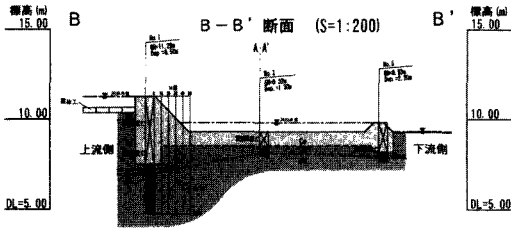


図2-3-3 調査ボーリング結果・基礎地盤推定断面

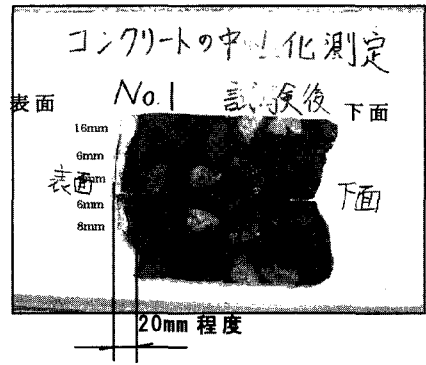


写真2-3-2 中性化判定

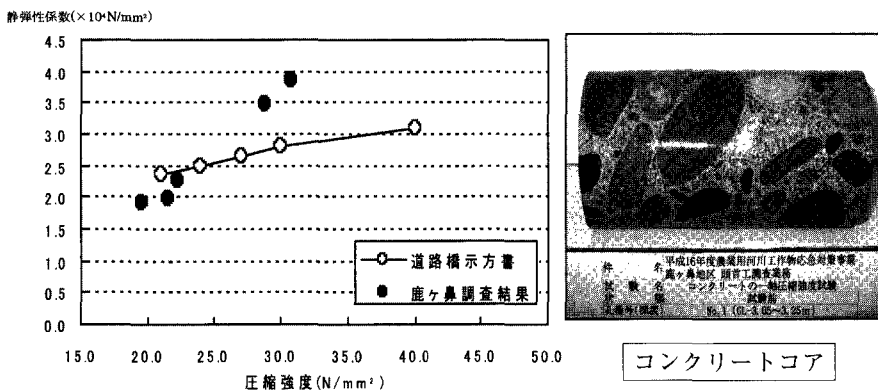


図2-3-4 圧縮強度と静弾性係数の関係

ボーリング位置における地盤の密着性は高く、空洞化の存在の可能性は低いと判断できる。ただし、空洞化については、面的な評価も必要であるため、後述する物理探査の結果により健全度評価を補完する。

圧縮強度試験の結果では、表に示すように、19.5～30.7N/mm²と構造物として十分な強度を有している。図2-3-4は、道路橋示方書・同解説（平成14年3月）に示されている圧縮強度と静弾性係数の関係と本固定堰の試験結果を併記したものである。図に示すように、圧縮強度と静弾性係数には、比例関係が認められ、コンクリートの脆性化は無いと判断できる。

また、流水によるコンクリートへの影響を把握するため、フェノールフタレイン水溶液による中性化範囲の評価を行った結果、写真2-3-2に示すように、表層から20mm程度は中性化されていると判断できるが、築造から45年経過していることを考慮すれば、異常な中性化の進

行は認められず、コンクリートは安定していると判断した。

2) 物理探査結果（レーダー探査）

コンクリート直下の空隙や空洞部および基礎地盤内の水みちの有無を判断するため、地中レーダー探査を実施した。測線は、エプロン部の横断方向に3測線、エプロン部の中心付近の縦断方向に1測線の計4測線とした。なお、調査ボーリング結果と対比させ、探査器のキャリブレーションの補正と周波数の設定（200MHz）を行った。

地中レーダー探査結果の代表例を図2-3-5に示す。エプロン部の表面にみられた強い反射波は、堆積した土砂・河川水と躯体上面との境界を示し、躯体下面と砂礫層との境界付近（深度0.7～0.8m）には、弱い反射波（図2-3-5の実線で表示部分）が認められる。しかし、空洞や空隙を示す乱れた反射波のパターンは認められない。以上の結果と調査ボーリングおよび目

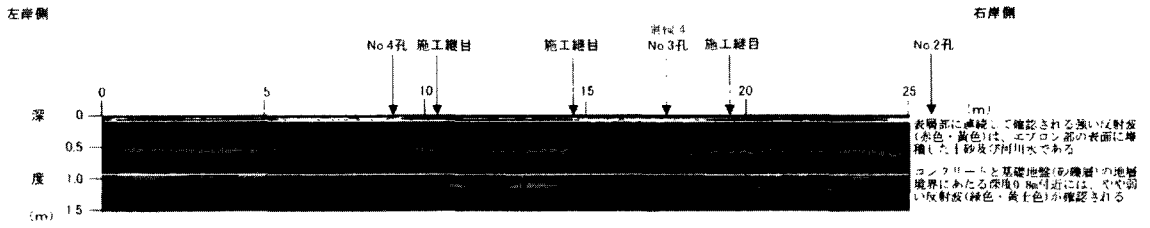


図2-3-5 地中レーダー探査結果



写真2-3-3 (1) レーダー探査状況

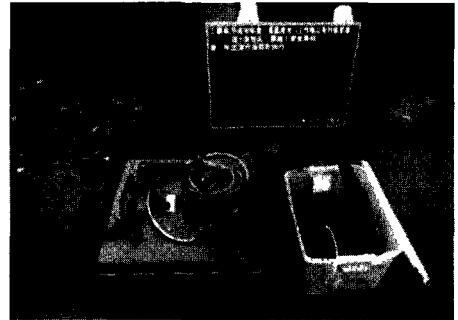


写真2-3-3 (2) 探査器

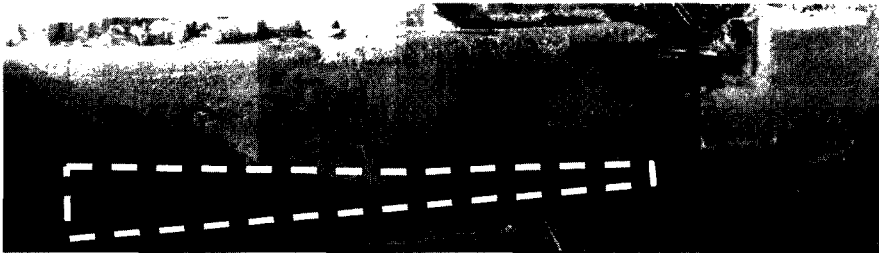


写真2-3-4 堰本体上流部・掘削後

視調査結果から、構造物底面と基礎地盤とに顕著な空洞化や透水部分の存在は無いと判断できる。

3) 外観調査(二次)

地中に埋没している構造物の劣化状況等を把握するため、補修工事の施工途中に再度、外観調査を実施し、補修計画に反映させた。写真2-3-4および写真2-3-5は、それぞれ、二次調査状況の一例を撮影したものである。

写真2-3-4は、堰本体の上流側の掘削後に撮影したものであり、堰のカットオフ上部の施工打継ぎ目付近に大きなジャンカが認められ、前述したカットオフ部の縁切れが確認された。(写真、点線部)また、写真2-3-5は、旧魚道



写真2-3-5 エプロン部断面

を撤去した時にエプロン部の断面を撮影したものであり、基礎地盤面の空隙や顕著なコンクリートの劣化も無く、良好な状況が確認できた。

3. 健全度評価と長寿命化対策

頭首工を形成する堰本体およびエプロン部に摩耗や洗掘、裂傷、ジャンカ等が一部認められるが、全体的に顕著な破損や劣化（致命的な破損、沈下、陥没、洗掘等）がみられないこと、コンクリートの室内試験結果から材料としても十分な強度を確保して安定していること、さらに、良好な基礎地盤状況、顕著な破損のない周辺護岸や護床工の状況等を踏まえ、本固定堰は、劣化箇所の適切な補修・補強を施すことで、十分に機能を維持できると判断した。表3-1-1および図3-1-1に調査結果（劣化状況）とその対策工についての概要を

示す。

4. おわりに

本固定堰は、昭和34年に築造された構造物であるが、適切な補修・補強を施すことで、取水施設としての機能の向上に加えて、大聖寺川の良好な自然環境や景観の保全にも貢献することが可能となった。河川工作物の改修計画を立案する場合には、安易に全面改築と判断するのではなく、十分な調査を実施し、補修・補強による構造物の長寿命化対策も考慮することが重要であり、この事例が参考となれば幸いである。

表3-1-1 調査結果および補修・補強対策工概要

調査箇所		調査結果	対策工概要	
堰本体	表層部	<ul style="list-style-type: none"> 全体的に摩耗が確認できる。 堰法尻部には、流水等による洗掘あり。 小規模のジャンカまたは裂傷がある。 	摩耗・洗掘 ジャンカ小・裂傷	<ul style="list-style-type: none"> 表層の劣化箇所を除去し、コンクリート打設。 劣化箇所の除去後、プライマーを塗布し、無収縮モルタルで充填。
	カットオフ基礎地盤安定性 コンクリート	<ul style="list-style-type: none"> 上流側の壁には、大きなジャンカが確認できた。 カットオフは、堰本体と縁切れしている。 基礎地盤状況は、良好。 地震時の滑動安全率が満足しない。 コンクリート材料として安定している。 	ジャンカ大 カットオフ縁切 滑動安定	<ul style="list-style-type: none"> 劣化箇所の除去後、プライマーを塗布し、コンクリートで充填。 遮水矢板による浸透路長の確保。 増厚コンクリートによる重量の確保。
副堰堤		<ul style="list-style-type: none"> 全体的に摩耗、洗掘が著しい。 エプロン部との接地面は縁切れしている。 	摩耗・洗掘	副堰堤は、すべて撤去し、再度、築造する。
エプロン部	表層部 基礎地盤	<ul style="list-style-type: none"> 全体的に摩耗が確認できる。 基礎地盤状況は、良好。 	摩耗・洗掘	増厚コンクリート打設部は、劣化箇所を除去。
魚道部		<ul style="list-style-type: none"> 洗掘または衝撃により、基礎地盤まで貫通している箇所がある。 魚道勾配は1:5で急勾配。 土砂や玉石の堆積による機能の低下。 	機能低下	魚道は、すべて撤去し、改築する。
周辺護岸	右岸側	<ul style="list-style-type: none"> 堰より上流側は、護岸が崩壊している。 	右岸上流 下流	護岸工の改築。 根継ぎ工の施工。
	左岸側	<ul style="list-style-type: none"> 下流側の石積護岸は顕著な劣化は無いが、根入れ不足が確認された。 左岸側は全体的に良好であるが、上流側は、護岸長が不足。 	左岸上流	上流側の護岸の延長。
護床工	上流側	<ul style="list-style-type: none"> 表層の摩耗や一部欠けはあるが、再利用が可能な状況。 	上流	上流側は、再利用。
	下流側	<ul style="list-style-type: none"> 下流側は、重量不足である。 （既設の護床ブロックはすべて2t型が設置） 	下流	下流側は、護床工Bの範囲に転用。護床工Aの範囲は4tブロックを設置。

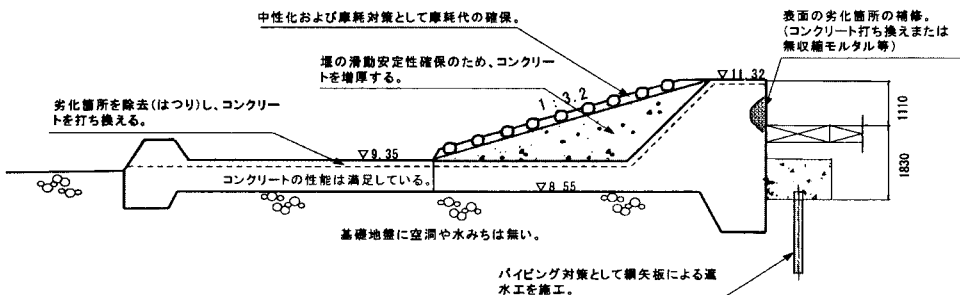


図3-1-1 補修・補強

土地改良施設の保安全管理におけるGISの活用について

—中濃地域農山村整備事務所の事例—

増 井 礼智朗*
(Reijirou MASUI)

目 次

1. はじめに	73	4. 中濃地域農山村整備事務所の事例	76
2. GISとは	73	5. 中濃地域農山村整備事務所における取り組み	76
3. 岐阜県におけるGIS導入	74	6. 今後の課題	78

1. はじめに

公共事業の目的は突き詰めれば、住民の基本的な人権を守ることである。その中で食料の確保は、人間の生存にかかわるもっとも基本的かつ重要な目的である。今、その重要な意義が公共事業への逆風の中で見失われているのではないかと感じる。「食料・農業・農村基本計画（平成17年3月）」によれば、平成27年度の目標値として、日本全体で450万ヘクタールの農地が必要となっている。しかし耕作放棄や農地転用により、平成15年度から平成16年度には2万1千ヘクタールもの農地が失われているのが現状である。この面積は、ほぼ東京都の面積（2万1千2ヘクタール）に匹敵する。これは毎年のことであり、恐るべき現状である。

農地を守るためには、農業生産に欠かせない、農地・用水・人の確保維持が重要な課題であることは論を待たないが、特に現存する農業生産施設の適切な維持更新は、先達の築いた資産を受け継ぐ者として、責務であると感じている。

しかしその現状にはいくつかの不安材料が存在する。国内には農業用排水路約40万km基幹的農業用水路約4万5千kmダム・頭首工・用排水機場等約7000ヶ所があり、膨大なストックを抱えている。その管理体制は、一部の巨大土地改良区を除けば、市町村に任されているのが現状であり、実際に管理しているのは、委託を受けた高齢化の進んだ地元住民である。その上、市町村合併により平成11年度末の3232市町村が、平成18年2月現在1998市町村へと急激に減少し、市町村における管

理体制すら不安定化の懸念がある。また、環境への配慮による産業廃棄物抑制や、厳しい財政下における支出の抑制により、より一層計画的な更新計画の立案が求められている。

様々な選択肢がある中で、GISの導入による計画的な更新が一つの解決方法になるのではないかと考え、岐阜県においても、平成13年度から「農村振興地理情報システム整備事業」に着手し、順次システム構築・データ整備を行ってきた。

2. GISとは

Geographic Information Systemの略（地理情報システム）換言すれば、電子化した地図に様々な情報を属性として付加し、コンピュータ上で表示したり利用することが出来るシステム。例えば、地図上に表示されたパイプラインをクリックすると、施工年度・管径・延長・構造などの属性情報が表示されるなど、情報とリンクして初めてGISの本領を發揮することができる。単なる電子地図はGISとは呼べない。

それぞれの情報を相互関連させることにより、施工後10年経過した部分だけを表示させ、改修履歴を表示させたりすることも可能であり、データの複合的な利用ができるのも特徴である。様々な情報を電子化して記録することにより、データの散逸や劣化も防ぐことができる。Web上で公開すれば多くの人とほとんど瞬時に情報を共有でき、更新作業も容易に行うことができる。

GISの特徴

1. 誰でもいつでも瞬時に閲覧することが可能である。
2. 更新作業が容易

*岐阜県中濃地域農山村整備事務所
(Tel. 0575-67-1111 内線424)

3. 多種多様な情報の複合的利用
4. 情報の共有
5. データの電子化による散逸・劣化防止

3. 岐阜県におけるGIS導入

岐阜県農村振興地理情報システムの概要（写真-1）

事業目的

地域防災や食料の安定供給の確保の観点から、農地、農業用施設及び生活環境基盤に関する整備状況等の諸データを地理情報として一元的に管理するシステム（GIS）を平成13年度から構築した。

このシステムにより、今まで個別の台帳で管理されていた農地、農業用施設等に関する各種の情報がコンピュータで一元的に管理されることとなり、各地区における施設の整備状況に応じた適切な整備目標を設定し、施策的必要量と地域の要望量を勘案した農業農村整備事業を計画的かつ効率的に実施することが出来る。

また、災害時において、農業用施設の早期防災体制を整えるなど、適切な危機管理体制を整備する事が出来る。

事業内容

県下の農業振興地域を対象に縮尺1/2500のデジタルオルソ画像を整備し、このデジタル地図をベースとした農地・農業用施設及び農村生活環境基盤の整備状況等の諸データを地理情報として県単位で整備する。

スケジュール

平成13年度：デジタルオルソ画像整備

平成14年度：デジタルオルソ画像整備、各種属性データの整備

平成15年度：システム構築、デジタルオルソ画像整備、各種属性データの整備

平成16年度：システム機能拡張、デジタルオルソ画像整備、各種属性データの整備

平成17年度：システム機能拡張、オルソ画像登録

平成18年度～：

■維持管理

- ・平成16年度～平成20年度まで（債務負担）

■機能拡張

- ・必要に応じて拡張する

■統合型GISとの連携

- ・現在は、媒体を介して互いの登録情報を共有している
- ・来年度以降は、システム連携を利用しての情報共有も予定

■データの公開

- ・現在、県民の方には工事実施状況についてデータを公開している
- ・今後は、統合型GISを利用し、市町村職員の方にデータの登録、更新を実施して頂くことも検討する
- ・さらに、農業施設を手始めとし、各種情報の公開についても検討する

■データ整備

- ・デジタルオルソ画像（林政課で整備）については、毎年度部分的に更新する

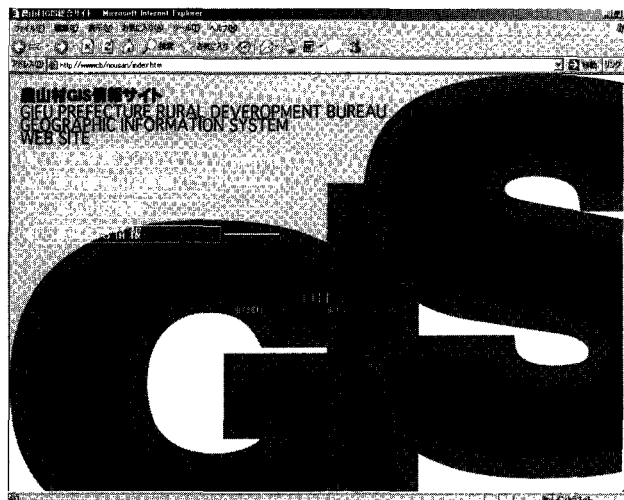


写真-1 岐阜県農山村GIS情報サイト

農村振興GIS関連業務実績

年度	業務名	主な内容
平成13年度	航空測量業務（北部）	航空写真撮影，オルソ画像作成
	航空測量業務（南部）	航空写真撮影，オルソ画像作成
平成14年度	第1期属性データ作成業務	オルソ画像作成，データ作成
平成15年度	第2期属性データ作成業務	オルソ画像作成，データ作成
	第3期属性データ作成業務	オルソ画像作成
	システム開発・導入	システム構築 (H20年度まで債務)
平成16年度	システム維持・管理費	システム維持管理（債務）
	第4期データ作成業務	リモートセンシング解析
	第5期システムデータ作成業務	システム機能拡張
	第6期属性データ作成業務	オルソ画像作成
	第7期属性データ作成業務	データ作成
平成17年度	システム維持・管理費	システム維持管理（債務）
	第8期システムデータ整備	システム機能拡張
平成18年度	システム維持・管理費	システム維持管理（債務）

事業名 農村振興地理情報システムデータ整備事業

主な整備データ

整備データ名
土地改良区区域
農振農用地区域
農振地域
NN事業実施区域
ほ区
農業用水路
改修履歴
水利施設
受益範囲

飲用水給水範囲
排水処理区
棚田マップ
公園
福祉施設
教養施設（図書館，美術館，博物館等の位置）
工事实施
工事实施履歴

4. 中濃地域農山村整備事務所の事例

管内の概要

当管内は、岐阜県のほぼ中央に位置し、関市、美濃市および郡上市の3市からなる地域であり、面積は162,068ha（本県全体の15.3%）となっている。（図-1、図-2）



図-1 岐阜県における管内位置図



図-2 管内図

地形は、標高55mから1,810mと高低差が大きく、急峻な地形となっており、白山山系につらなる北部は気温が低く、積雪量も多いが、南部は比較的温かな気候で、積雪量も少ない。

これらの状況から農家1戸当たりの経営耕地規模は1.0ha未満が86.6%を占め、全般的に零細であるが中山間地の特徴を生かした農業経営を目指している。また、広大な林野を擁する林業においては、活力ある森林へ整備を進めるとともに、林産生産活動の活発化、森林資源の有効利用を目指している。また、管内のスギ人工林面積は県下の23%を占めており、「長良杉」の産地として期待されている。

交通は、東海北陸自動車道、長良川鉄道のほか、地方バス路線が整備されており、岐阜、可茂、飛騨等地域外との交流は便利である。また、国道156号、248号、256号、418号、472号等によって地域住民の重要な役割を果たしている。

産業は、平坦地域にあっては関市の金属工業、美濃市の製紙工業等の伝統的な地場産業を中心に工業が盛んであり、これに水稻、養蚕、畜産、園芸等の農業振興が図られ、山間地域では、主に林業、畜産、高冷地野菜等の第一次産業を中心に振興が図られている。

近年、関市、美濃市を中心に都市化が進展し、産業も第二次、第三次産業の伸びがみられる。また、第一次産業も、豊かな森林、自然環境を資源とした観光産業化が進みつつある。

さらに、当地域を縦貫する東海北陸自動車道の二車線化が進められているが、これらの完成の暁には、当地域との交流圏域が著しく拡大し、経済、文化の面においても飛躍的な発展が期待されている。

5. 中濃地域農山村整備事務所における取り組み

岐阜県としては平成15年度にはGISのシステムは完成した。しかしデータとして登録されたのは県営事業で整備されたものや、水利施設・基幹水路（1ha以上の受益）など基幹的な施設であり、地域に存在する農業農村施設の実情とは乖離していた。そのため、当事務所では各市の農道台帳・水利施設台帳・ため池台帳等を収集し、平成15年度から2ヶ年をかけて、詳細なデータ入力を行った。1ha未満の水利施設についても追加して登録した。また、実際に現場に赴きGPS（全地球測位

システム：Global Positioning System）機能付きのデジタルカメラで撮影した写真も登録した。これは撮影時のカメラの緯度経度はもちろん、撮影した方向までも記録し、GISの座標データとリンクしているため簡単に地図上に貼り付けることができるものである。（写真-2）

また特徴的なのは市単位ではなく地域ごとの賦存量を把握するために、まとまりを持った区域を農山村区分け図として、流域毎に団地化し、団地

毎のデータを集約したことである。（写真-3）これにより用水系統を考慮した、整備更新計画の立案が可能となる。

調査の結果、管内には頭首工などの水利施設749ヶ所、水利施設から受益までを導く地区外水路384km、集落内の地区内用水路2,656km、そして排水路1,211kmもが管内に張り巡らされていることが判明した。

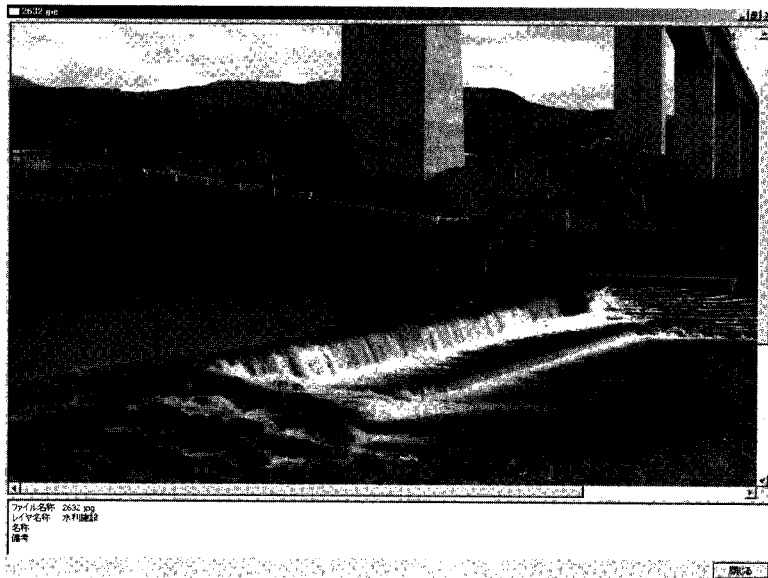


写真-2 GPSカメラによる写真登録

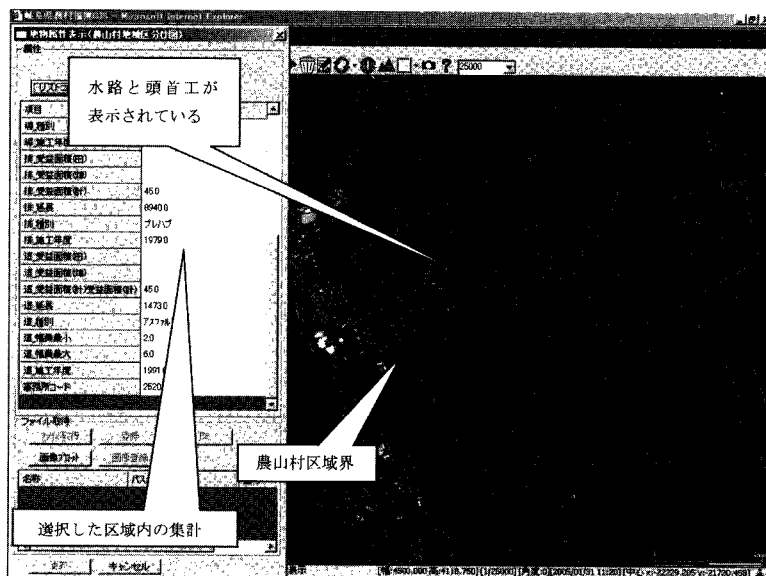


写真-3 農山村区域区分け図

6. 今後の課題

今回、当事務所においてこのようなデータ登録の取り組みを行ってきたが、最も重要なのはそのデータの活用方法である。現在業務フローの中でGISの位置づけが明確でなく、せっかくのデータが活用されているとは言い難い状況である。その原因には、システムが重く古いPCでは表示に時間がかかるとか、検索条件の入力が専門的で使いづらいといった、システム上の問題もあげられるが、業務への組み込みがなされておらず、一般職員には縁遠いといったことが最大の課題であると考ええる。

今後は、毎年度更新される、農業農村管理計画との連携や、各市担当者への更新計画のプレゼン

テーション、水利施設管理者との共通認識を図るなどに役立てていくことが重要になってくると考える。

また、データは一度入力すればよいものではないので、適切なデータ管理体制の構築も望まれる。これには、市担当者も関わる必要があるため、現在、県のイントラネット上でしか閲覧・操作できないシステムをWeb上で動作できるようにするなど、システムの拡張も求められる。

様々な課題はあるが、GISの活用は土地改良施設の保全管理に大きな一助となると考えている。

(語句の説明)

*デジタルオルソ画像：航空写真のひずみを電子的に補正し、地図と同等の精度を持たせた画像

堆肥化施設の設計について

嶋 崎 光 士*
(Mitsushi SHIMASAKI)

目 次

1. はじめに	79
2. 施設の概要	79
3. 施設の特徴	80
4. 堆肥化発酵処理技術	80
5. 計画概要	82

6. 施設規模算定計算	82
7. 製品堆肥の品質	84
8. 散布状況	84
9. おわりに	85

1. はじめに

堆肥化施設建設の経緯

近年、消費者の食の安全に対する関心の高まりから、有機資源農地還元型農業への転換を推進し、自然環境への負荷を低減すると共に、農村地域の多面的機能の発揮と農業の持続的発展が求められている。

また、畜産排せつ物の野積みによる環境負荷を防止する法律が、平成16年11月より適用されたことに伴い、適正な管理と利用促進が求められている。

昨年、ラムサール条約にも登録された、福井県を代表する三方五湖は、漁業や農業のほか、地域の憩いの場としても親しまれており、国立公園に位置していることから観光資源としても貴重であります。窒素や燐の流入により植物プランクトンが増殖する富栄養化が進み、水質が悪化し「アオコ」の発生が見られる様になり、湖の景観に悪影響を与えているところである。

このような中、資源循環の観点から、畜産排せつ物や生ゴミおよび農業集落排水から発生する汚泥を農地に還元する、地域資源循環システムの構築が必要不可欠と考え、事業計画がなされた事につきまして報告を行うものである。

2. 施設の概要

〔施設名称〕

堆肥化施設（農村振興総合整備統合補助事業 美方地区）

〔延床面積〕

発酵棟：2,773m²
天日乾燥・製品置場棟：3,424m²
脱臭棟：253m² 管理棟：52m²
機械格納庫：167m²

〔処理対象〕

乳用牛糞、肉用牛糞、生ごみ、初穀、剪定枝、集落排水汚泥

〔処理方法〕

ロータリー攪拌方式
副資材（おがくず、初穀）+ 戻し堆肥混合→攪拌発酵

〔処理量〕

畜産糞：27t/日、生ごみ：3.6t/日
剪定枝：3.5t/日、生ごみ：2.2t/日

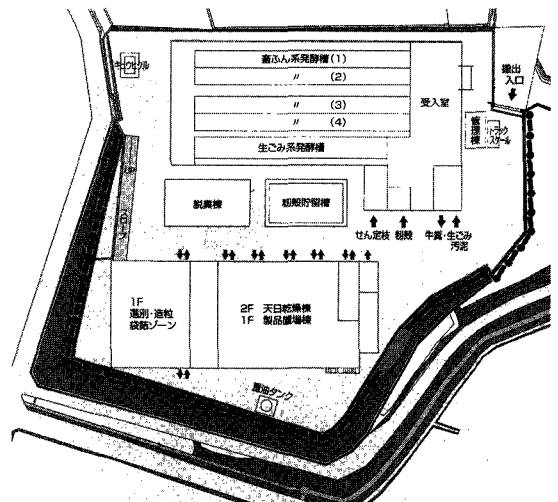


図-1 施設配置図

*福井県坂井農林総合事務所 (Tel. 0776-82-2800)

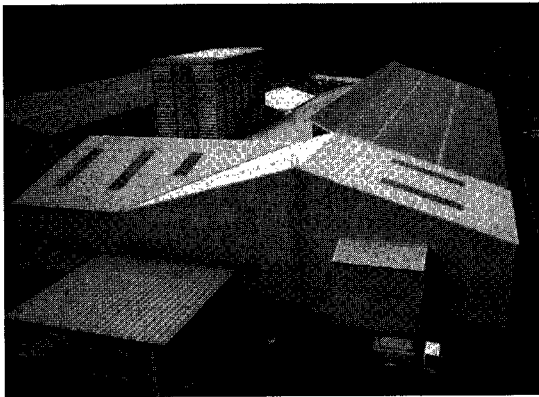


写真-1 堆肥化施設全景

3. 施設の特徴

施設の機能としては、美浜・三方地区の畜農家から出た畜ふんや生ゴミ・集落排水汚泥を、完全発酵させた高品質堆肥にリサイクルするものである。三方五湖やリアス式海岸の常神半島など美しい自然環境や、生活環境を守ると同時に製品堆肥は、良質米として知られるコシヒカリや日本海側で最大規模の収穫を誇る「福井梅」の生産に貢献する。

施設に付いては、下記に配慮して設計された。

- 屋根は透明板の採用、天日乾燥設備による戻し堆肥の製造等、自然エネルギーを多用することで環境への負荷の低減を図る。
- 畜ふん、生ゴミ、集落排水汚泥を混合することなく、別レーンにて発酵処理を行います。ロータリー式攪拌機の導入により、良質の堆肥の生産を行うようにする。
- 水分調整材として、「福井梅」の剪定枝を粉碎したオガクズが使用され、製品堆肥となって梅畑に還元される。
- 堆肥の生産は、堆肥管理システムにより、温度

計測、ニオイ計測、生産量等を一元的に管理でき、品質の高い堆肥を安定的に生産できる。

- 三段式フルイ設備、粒造設備、袋詰設備を備え、ニーズに応じた価値の高い製品を供給する。
- 堆肥製造工程により発生する悪臭は、部分脱臭設備と微生物脱臭設備にて、高い脱臭効果を発揮するようにする。

4. 堆肥化発酵処理技術

1) 堆肥の発酵の仕組

堆肥の発酵とは、家畜ふん（生ごみ）に含まれる分解し易い有機物が好気性（嫌気性）微生物によって分解されることであり、発酵時に発生する発酵熱により水分が蒸発し、残った水分と分解されなかった有機物+灰分が堆肥となる。（図-2参照）

2) 堆肥化発酵処理の条件

家畜ふんに含まれる分解し易い有機物は好気性微生物分解されることから、家畜ふんの内部へ空気を送るため通気性を良好にしておく必要がある。

3) 堆肥の発酵の進行状況

堆積物の内部に含まれていた酸素は直ぐに消費され、新鮮な空気に当たる表面部分から堆肥化が進行する。また、堆積物の内部へ行くほど空気が入り込みにくくなるため、切り返しを行って発酵していない部分の堆肥化を進行させる必要があるため、堆積物底部からの送風は、空気の染み込む表面積を大きくし、堆肥化の進行を早める役割を果たす。

活発な堆肥化発酵を行わせる3条件

- ①通気性の確保
- ②頻繁な切り返し
- ③広い表面積

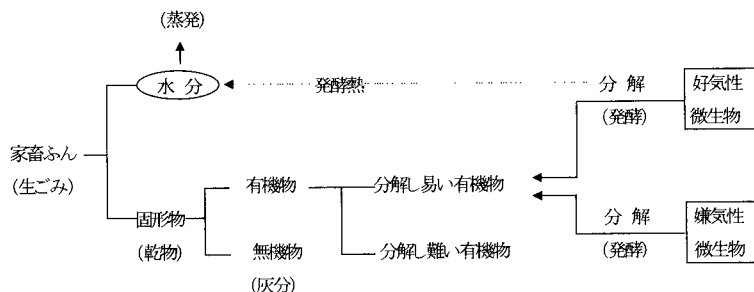


図-2 堆肥の発酵の仕組

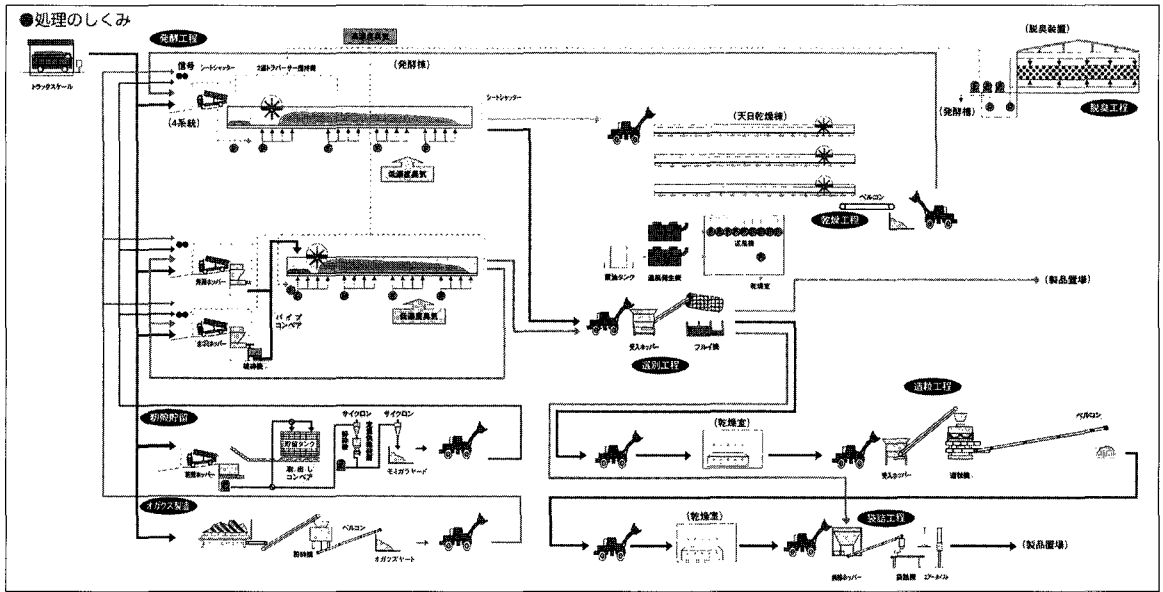


図-3 処理のしくみ

【処理のしくみ】

家畜ふん（生ごみ）等が搬入されて、製品堆肥となるまでの仕組みは、(図-3)のとおりであるが、各プロセスの概要は、以下①～④のとおりである。

①原料搬入

原料は生ゴミ系廃棄物、畜ふん系廃棄物、粗穀に応じて発酵槽に送られる。

○生ゴミ系廃棄物は、以下の3種類に分類され搬入される。

a) 生ゴミ

バッカー車により搬入された生ゴミは、プラットホームにバッカー車を入れた後、専用ホッパーに投入され、その後破砕機により生分解性ビニール袋ごと発酵し易い大きさに破砕され、パイプコンベアにより生ゴミ系発酵槽に送られる。

b) 農産廃棄物（剪定枝）

トラックにより搬入された農産廃棄物は、破砕機によりオガクズ状態にされ、送風機でオガクズヤードに送られ、ローダーにより各発酵槽に投入される。

c) 集落排水汚泥

トラックにより搬入された集落排水汚泥は、プラットホームにトラックを入れた後、専用ホッパーに投入されパイプコンベアにより生ゴミ系発酵槽に送られる。

○畜ふん系廃棄物

トラックにより搬入された畜ふんは、受入施設に入り畜ふん専用プラットホームに、トラックを入れた後、発酵槽に直接投入される。

○粗穀

トラックにより搬入された粗穀は、プラットホームにトラックを入れた後、専用ホッパーに投入され空気輸送装置により、粗穀貯留サイロに蓄えられ使用時に、粗穀貯留サイロから空気輸送にて搬送され粗穀粉砕機により粉砕されてからローダーにより各発酵槽に投入される。

②発酵

3基のロータリー式品質管理型攪拌機により、センサーで品質を監視しながら攪拌を行い発酵中は下部から空気を送りながら40日間好気性発酵を促進させ熟成した堆肥を、天日乾燥棟と製品置場棟に搬送される。

③天日乾燥

堆肥の一部は戻し堆肥として利用するため、天日乾燥します。夏期は天日のみとし冬期は温風を送風しながら約7日間かけ水分40%にします。戻し堆肥は、水分調整剤として、発酵槽に投入される。

④選別・造粒・袋詰

熟成堆肥を回転ふるい式（トロンメル）選別により選別し、細かい堆肥を造粒用に中間団粒物を袋詰用にし、残りは製品置場に搬入される。

5. 計画概要

本事業で、建設した堆肥化施設の年間の処理対象物量と処理量（表-1）および、施設の稼働時間は次のとおりとなっている。

(1)処理対象物量と処理量

表-1 処理対象物量と処理量

区 分	年間処理量(t/年)	日処理量(t/日)	含水率(%)
牛ふん(乳用牛)	4,088	16.40	89
牛ふん(肉用牛)	1,351	5.40	81
鶏ふん	1,314	5.30	75
生ごみ	913	3.70	82
集落排水汚泥	548	2.20	84
合 計	8,214	33.00	

区 分	年間処理量(t/年)	日処理量(t/日)		含水率(%)
		冬期	夏期	
糞肥	652	3.80	1.75	15
おが屑・剪定枝	724	3.42	2.48	25

(2)主要な設備の稼働時間は、通常の勤務時間とし、稼働日数は週休二日から祝祭日を除いた日数で

- ①受入設備 8時間/日 250日/年
- ②発酵設備 8時間/日 250日/年
- ③乾燥設備 24時間/日 250日/年
- ④選別設備 8時間/日 250日/年
- ⑤造粒設備 8時間/日 250日/年
- ⑥袋詰設備 8時間/日 250日/年
- ⑦脱臭設備 24時間/日 250日/年

としている。

6. 施設規模算定計算

(1)家畜ふんにおける原料および副資材の量と性状

稼働日数250日/年なので日平均の1.46倍で投入量を計算する。

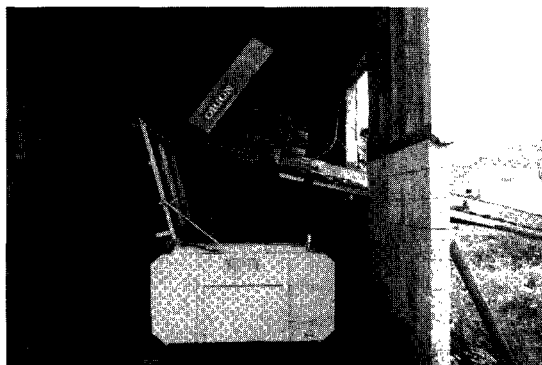


写真-2 畜農家での積込み



写真-3 発酵槽への投入

①原料および副資材の量と性状は（表-2）のとおりとなっている。

表-2 原料および副資材の量

区 分	原料量(kg/日)	水分(%)	乾物量(kg/日)
牛ふん(乳用牛)	16,352	89.0	1,799
牛ふん(肉用牛)	5,403	81.0	1,027
鶏ふん	5,256	75.0	1,314
副資材(糞肥)	2,920	15.0	2,482
副資材(おが屑)	2,920	25.0	2,190
合 計	32,852	73.2	8,812

②戻し堆肥で水分調整した原料の性状〔発酵槽への投入原料〕は（表-3）のとおりとなっている。

表-3 戻し堆肥で水分調整した原料

区 分	原料量(kg/日)	水分(%)	乾物量(kg/日)
原料計	32,852	73.2	8,812
戻し堆肥	16,790	40.0	10,074
発酵槽への投入量	49,642	62.0	18,886

(2)発酵堆肥舎の規模の決定根拠

必要処理日数は、総乾物分解量と堆積高および日当たり平均乾物分解率から40日間となり、発酵槽の容量は投入原料量と必要処理日数および堆積高さから、必要面積が求められ槽数は移送能力と攪拌機の搬送能力から4槽とし、槽の長さは幅5mとすると59mとなる。

(3)発酵における水分蒸発量

分解率および低位発熱量は牛ふん・鶏ふん・副資材で異なり、それに伴い分解量と残存乾物量が決定される。

また、分解にともなう発酵熱量は、投入乾物量に対する低位発熱量で異なり、蒸発に必要な単位熱量から可能水分蒸発量が求められ、発酵終了時の堆肥量と水分は（表-4）のとおりとなる。

表-4 発酵終了時の堆肥量と水分

区 分	重量(kg/日)	水分量(kg/日)	乾物量(kg/日)	含水率(%)
投入量	49,642	30,756	18,886	62.0
減少量	13,146	11,022	2,124	—
発酵終了	36,496	19,734	16,762	54.1

製品置場へ移送する堆肥量は、発酵終了時の量から戻し堆肥に回される量を差し引いたものが、製品置場への移送されることとなります。（表-5 参照）

表-5 製品置場へ移送する堆肥量

区 分	重量(kg/日)	水分量(kg/日)	乾物量(kg/日)	含水率(%)
発酵終了	36,496	19,734	16,762	54.1
戻し堆肥	21,948	11,874	10,074	54.1
製品置場への移送量	14,548	7,860	6,688	54.1

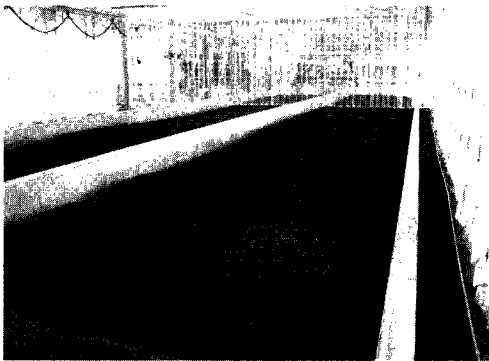


写真-4 発酵槽の状況

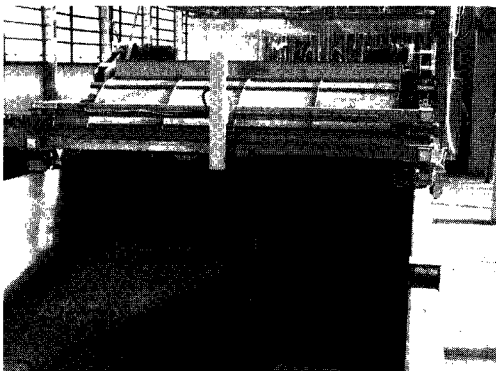


写真-5 ロータリー式攪拌機

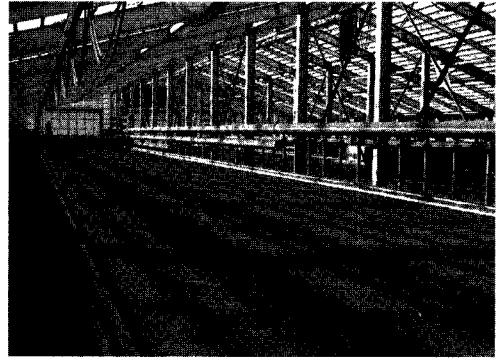


写真-6 天日乾燥棟



写真-7 堆肥製品庫

(4) 粉穀貯留棟

水分調整材として使用される、年間使用粉穀量は（表-6）のとおりである。

表-6 年間使用粉穀量

区 分	畜ふん系(t/d)	生ごみ系(t/d)	計
夏	1,752	0.000	256 t
冬	2,920	0.876	396 t
年間使用量			652 t/年
年間使用量 (容積重を150kg/m ³ とする)			4,347 m ³ /年

※1 日使用量は、2-2物質収支参照

※2 夏期は、4月～10月の7ヶ月とする。

※3 冬期は、11月～3月の5ヶ月とする。

従って、必要な粉穀貯留量は1,739m³となり、貯留量は、2,000m³貯留できるサイロが必要となる。

(5) 製品置場の大きさ

年間に生産される堆肥量は、（表-7）のとおりである。

表-7 年間に生産される堆肥量

区 分	畜ふん系(t/d)	生ゴミ系(t/d)	計
夏	10,462	1,936	1,808 t
冬	14,548	2,624	1,789 t
年間使用量			3,597 t/年
年間使用量 (容積重を150kg/m ³ とする)			7,194 m ³ /年

※1 日使用量は、2-2物質収支参照

※2 夏期は、4月～10月の7ヶ月とします。

※3 冬期は、11月～3月の5ヶ月とします。

従って、必要な製品堆肥貯留量は、年間使用量の40%2,878m³とし、製品堆肥の堆積高さを3.1mとすると、製品置場の必要面積は929m²となる。

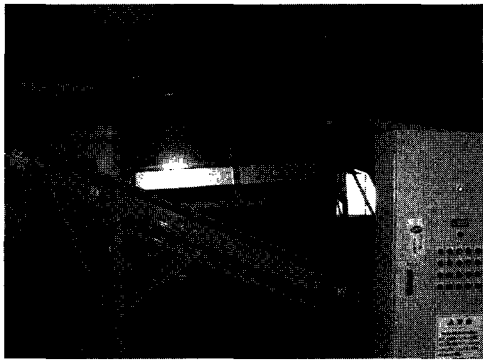


写真-8 ロータリー式フルイ機

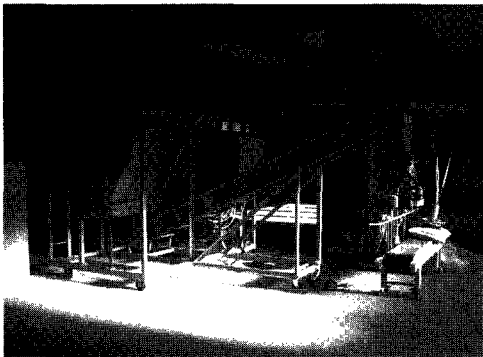


写真-9 堆肥袋詰め機

7. 製品堆肥の品質

畜ふん等から製造される「特殊堆肥」と生ゴミ等から製造される「普通堆肥」は、下記の様な植害試験や成分分析を行い良好な結果が得られたため、届出若しくは登録されている。

【特殊堆肥】

成分分析依頼 平成17年2月22日

成分分析結果届出 平成17年3月9日
平成17年3月28日
福井県知事あて

【普通堆肥】

植害試験依頼 平成17年1月28日
植害試験結果 平成17年6月3日
成分分析依頼 平成17年4月25日
成分分析結果 平成17年5月14日
登録申請 平成17年7月1日
検査所あて
登録認可 平成17年8月10日

8. 散布状況

製品堆肥の内、ペレット袋詰(15kg/袋)およびバラ袋詰(15kg/袋)については、主にJA等個人向けに販売し、水田散布についてはJAに散布を委託している。



写真-10 積み込み状況
フレコンバック(500kg)をユニックで散布機に積込む



写真-11 マニアスプレッダーによる散布状況
標準で10aあたり1.0tを散布

9. おわりに

本事業は、平成15年度に着工し平成16年11月から試運転を開始し、平成17年4月より本格稼働しています。なお、平成17年4月～10月までの間の特殊堆肥の製造量は約1,300tに達しました。

散布先は、95%が水田で残りが梅園や樹園地・普通畑となっており、全量散布することが出来ました。

今後とも、当施設で生産された堆肥が「土づく

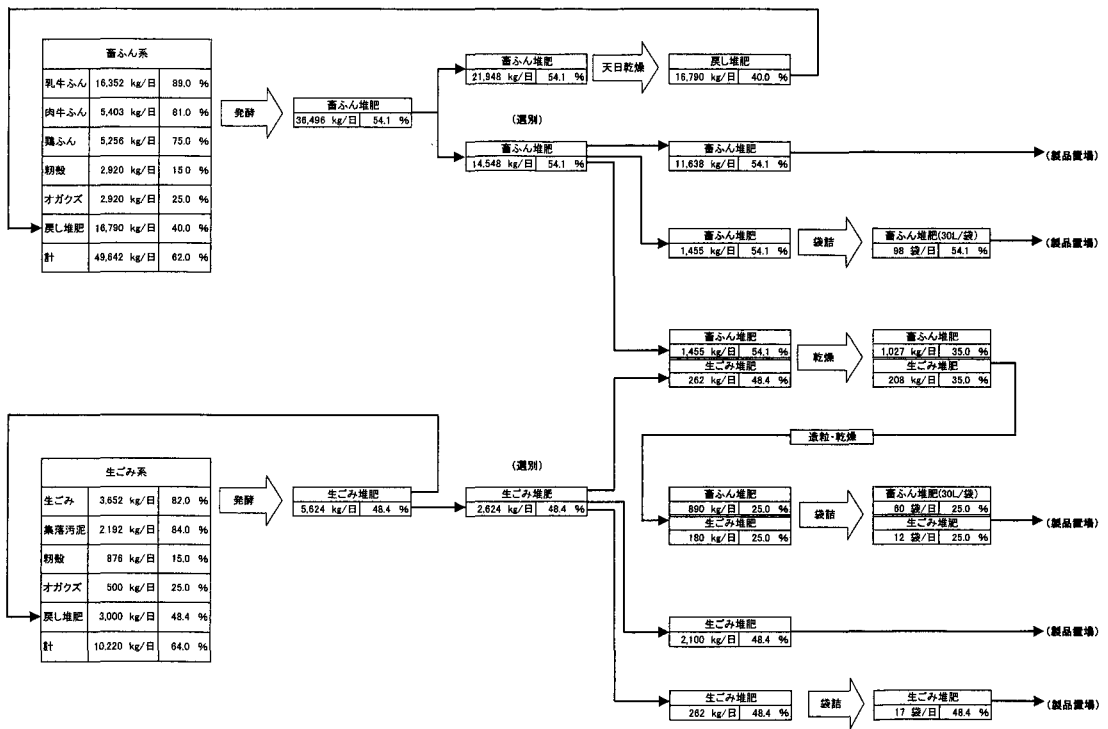
り、有機栽培」を通じて地域農業の持続的発展に活用され、併せて、「水質浄化等」の環境配慮にも貢献する事を祈念して報告とします。

※【参考資料】

物質収支フローは冬期の計画で、畜ふん系の原料から製造される特殊肥料と、生ゴミ系の原料から製造される普通肥料を、搬入から製品置場に貯蔵されるまでの流れを、重量および水分率についてフロー図にしたもの。

※【参考資料】

物質収支フロシート(冬期)



【物質収支フロシート2-2】

忠別川第3頭首工魚道設置における自然生態系への配慮について

—小型・底生魚を対象とした魚道の設計事例—

河 端 明* 近 藤 克 弘* 野 澤 一 博* 鈴 村 淳*
(Akira KAWABATA) (Katsuhiko Kondo) (Kazuhiro NOZAWA) (Atsushi SUZUMURA)

目 次

1. はじめに……………	86	4. 環境教育の場として期待される……………	89
2. 小型・底生魚の習性と従来型魚道の問題点……………	86	5. 魚道の遡上効果調査……………	89
3. 忠別川第3頭首工魚道における対応と設計……………	87	6. おわりに……………	90

1. はじめに

1992年にブラジルのリオデジャネイロで開催された地球サミット開催以降、わが国においても、環境基本法の制定（1993年）や生物多様性条約の締結（1992年）、新生物多様性国家戦略の策定（2002年）等が進み、環境保全や持続可能な発展の考え方を基本においた施策が重視されるようになった。また、河川法の改正（1997年）及び食料・農業・農村基本法の制定（1999年）を受け改正された土地改良法（2002年）によって、環境との調和への配慮が位置づけられた。

河川法改正以降、魚道の対象魚種は水産資源からみて重要な魚種のみでなく、多様な生態系の保全という観点から、カジカなどの底生魚等についても併せて検討することが必要となった。一方、農林水産省でも、環境保全に必要な具体的な技術開発のテーマの一つとして、「頭首工魚道等の技術開発」を掲げ、生態系に配慮した施設整備に積極的に取り組んでいるところである。

魚道等の技術開発は、当初、データの蓄積も少なく試行錯誤であったが、その後徐々に研究などが進み、物事が見えるようになってきた。現在、色々な試みが行われているが、今後も自然再生を含めた自然環境の保全への取り組みが求められている。

石狩川流域は、その中心に札幌市、旭川市など政治経済の中心都市を有するのみではなく、空知・上川地方を核とした一大穀倉地帯でもある。

忠別川第3頭首工は、旭川市・東川町の水田

2,087haのかんがい用水の取水を目的として、旭川市中心部を貫流する石狩川支流忠別川に国営かんがい排水事業「忠別地区」の基幹取水施設として2001年に建設に着手し2004年に完成した堤長118.5mの頭首工である。

なお、建設位置は、旭川市に隣接する東川町であり、都市近郊に位置している。

本報文は、河川の自然生態系の改善面から、小型・底生魚を対象とした魚道について検討した事例を紹介するものである。

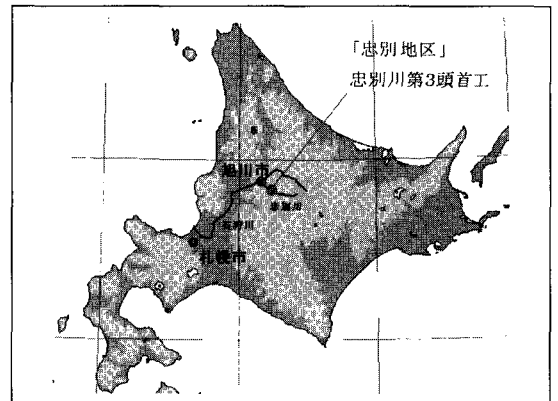


図-1 忠別川第3頭首工位置図

2. 小型・底生魚の習性と従来型魚道の問題点

頭首工に設置された魚道形式を、当局管内における従来の実施事例でみると、サケ・マスといった水産有用種を対象としたものであり、遊泳力が強いサケ・マスなどの遡上には支障とはならない落差が、遊泳力が弱い魚（例えば体長の小さい魚

*北海道開発局旭川開発建設部旭川農業事務所
(Tel. 0166-32-1111)

など)や底生魚などにとっては、遡上の障害であった。健全な生態系を保全するためには、それら魚類の保全が急務となっていた。

小型・底生魚の習性からみた従来型魚道の問題点及び改善すべき点は、以下のとおりである。

- (i) 魚類は水脈に沿って遡上する習性があり、従来型の魚道では落下流が鉛直に落下して水脈が拡散するため、魚にとって遡上方向が分かりづらく遡上効率が悪い。また、水脈が落下するときに隔壁頂部に空気溜が発生(図-2)し、これが遡上の妨げとなっている。
- (ii) 底生魚は隔壁沿いに遡上する習性があるため、上からの強い流れに押し戻され、遡上に失敗するケースが見られる。
- (iii) 小型・底生魚は遊泳力が弱いため、プール下流側に遡上体制を整えるために十分な静流域が必要であるが、安定した流況が確保されていない。

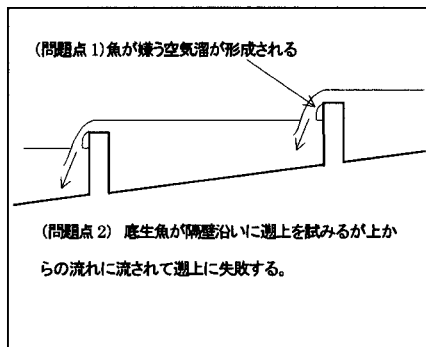


図-2 従来の階段式魚道

3. 忠別川第3頭首工魚道における対応と設計

本頭首工に設置する魚道は、図-3、4に示すように右岸の取水口側には、石狩川の最重点魚種であるサケ・サクラマス等大型魚及びエゾウグイ等の中型魚を対象とした魚道と、ハナカジカ・フクドジョウ等の小型・底生魚を対象とした二つのタイプの魚道を、また、左岸にも大型・中型魚と小

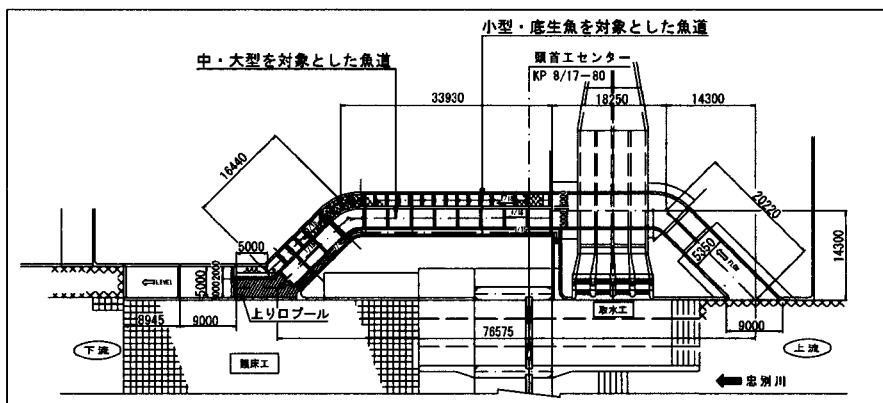


図-3 右岸魚道平面図

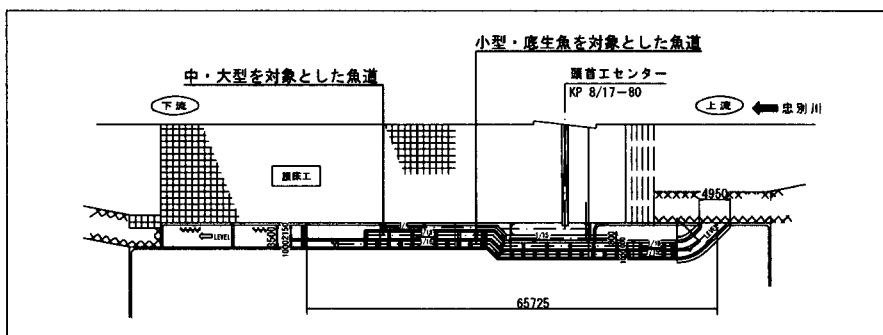


図-4 左岸魚道平面図

型・底生魚を対象とした二つのタイプの魚道を配置した。

これまで、底生魚の遡上習性については未知の部分が多く、確定的なものがなかったが、最近になって研究が進み(林田等(文献1), 2), 3)), 多くの知見を得ることができるようになった。

忠別川第3頭首工の小型・底生魚を対象とした魚道では、独立行政法人土木研究所で開発した技術を用い検討を行った。これにより決定した魚道形式を図-5, 6に示す。また、問題点に対する対応と改良点は以下のとおりである。

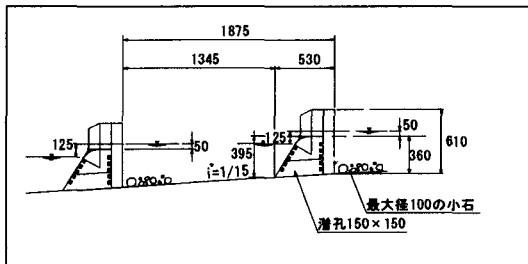


図-5 魚道側面図

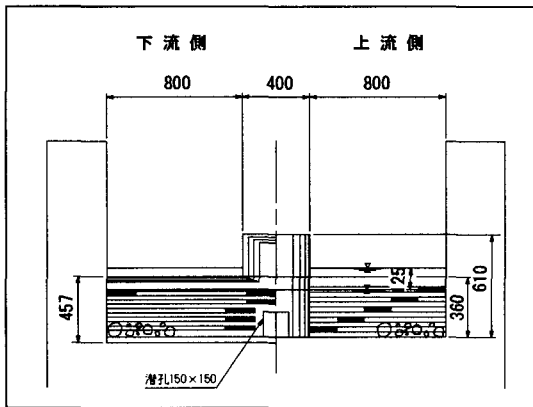


図-6 魚道正面図

(i)魚にとって遡上方向が分かりやすい流況を作り遡上効率を向上させるため、降下流水脈がプール内まで滑らかに連続するように、隔壁下流面を60度の傾斜角を持つスロープ形とした。(図-7)

これにより、隔壁頂部に空気溜が発生する問題についても解消された。

(ii)スロープ表面に適度な粗度を付けることで底生魚の遡上に効果がある微小流速層による乱流境界層を発生させるため、施工可能な形状で3cm×3cmのスリットを水平に設け、表面を凹凸状にした。(図-7) ハナカジカなどは、胸びれを河床に接しながら体の安定を保つ習性がありことから、このスリットが遡上・降下に有用と考える。また、底生魚の遡上が容易で、かつ、プール内の流況の安定性等を総合的に検討して、越流流速を約50cm/secとした。なお、水理条件は完全越流である。

(iii)清流域を確保するため、プール底には現地の河床砂利(粒径10cm程度)を敷き並べ、有効水深は20cm程度を確保した。また、越流水脈の安定を図るため、隔壁中央部に導流隔壁を設けた。

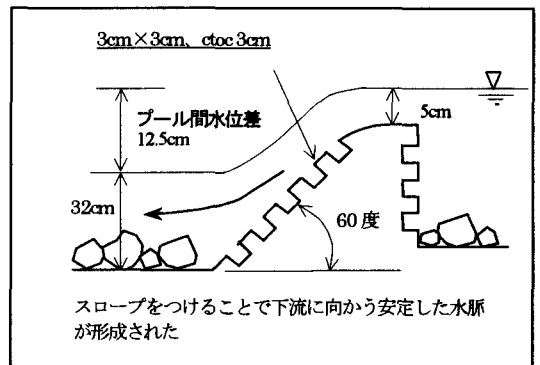


図-7 隔壁の表面形状の特徴



写真-1 隔壁下流面は傾斜60度のスロープ形とした

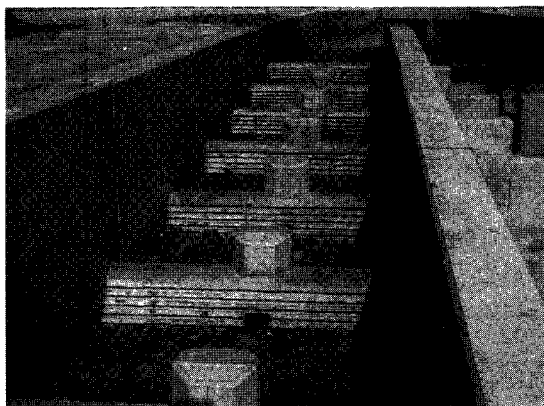


写真-2 完成した魚道を下流から見る



写真-3 隔壁上流面にもスリットを配置した

4. 環境教育の場として期待される

旭川市は川の街と言われるように、大小130を超える河川が市街地を下り石狩川に合流している。このことから、古くから川と市民生活のかかわりが深く、河川自然生態系への関心も高い地域であり、これまで学校関係者をはじめ自然愛護団体等、多くの市民の参加で毎年サケの稚魚を放流してきている。(写真-4) このため、サケ遡上は旭川市民にとって長年の夢であった。

忠別川第3頭首工建設計画に際しては、都市近郊の頭首工という事情もあって、早くから学校関係者から環境教育の場として、本頭首工を活用したいという要望が上がっていた。このため、設計当初から学校関係者及び管理団体となる東和土地改良区などの関係者を交えて意見交換を行い、魚道の構造や配置、安全性に配慮して、環境保全に対する体験機会を提供できる場として整備した。



写真-4 毎年市民がサケの稚魚を石狩川に放流する



写真-5 完成した頭首工



写真-6 新しい魚道で野外学習する児童たち

5. 魚道の遡上効果調査

忠別川第3頭首工計画時(2000年)に忠別川で行った魚類調査では、エゾウグイ、ヤマメ、ニジマスその他、スナヤツメ、ドジョウ、フクドジョウ、ハナカジカなどの底生魚が確認された。特にハナカジカは北海道レッドデータブックの留意種(N)に指定されている特定種でもある。

供用を開始した2005年から2カ年間にわたり、かんがい期間における魚類の遡上調査を行うこと

とした。調査方法は、小型・底生魚用魚道では、魚道の各プール内での捕獲調査とし、中・大型魚用魚道では、潜水による目視確認とした。

2005年に行った調査では、左右岸の小型・底生魚を対象とした魚道内でハナカジカ、フクドジョウ、スナヤツメが、左右岸の中・大型魚を対象とした魚道内では、ハナカジカが確認された他、大型魚のサクラマスが右岸魚道内で確認された。(写真-7・8, 表-1)

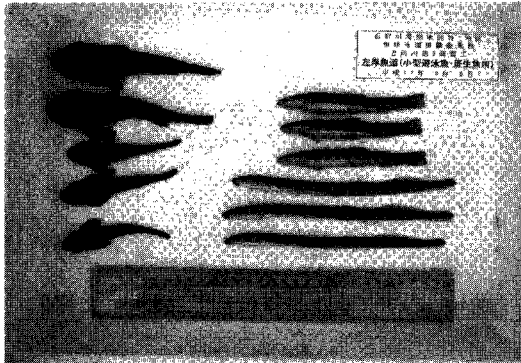


写真-7 小型・底生魚を対象とした魚道で確認したハナカジカ、フクドジョウ、スナヤツメ (写真左から)

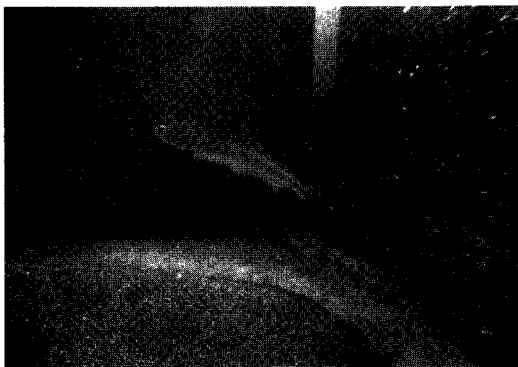


写真-8 中・大型魚対象の魚道内を遊泳するサクラマス(♀)

表-1 魚道内における魚類確認尾数

魚道区分 魚種	右岸魚道		左岸魚道	
	小型・底生魚用	中・大型魚用	小型・底生魚用	中・大型魚用
フクドジョウ	1	0	5	0
ハナカジカ	45	3	82	4
スナヤツメ	0	0	8	0
サクラマス	0	1	0	0

今回の調査では、遊泳力が比較的小さい底生魚がほとんどであったが、小型・底生魚では、ハナカジカが上流から下流までほとんどのプール内で確認されたことから、各プールを自由に行き来しているものと考えられる。また、ウグイ等の中・小型遊泳魚は未確認であるが、遊泳力の小さい小型・底生魚と遊泳力の大きい大型遊泳魚が確認されたことから、中間種となる当該魚種の遡上には、ほぼ問題がないと考えられる。

6. おわりに

北海道開発局は、石狩川水系において1994年から「魚がのほりやすい川づくり推進モデル事業」を実施しており、農業用水をはじめ都市用水、発電用水等の関係利水者は、本事業に協力して頭首工や床止めなどの河川を横断する施設に計画的に魚道を設置し、生態系の回復に努めてきている。

忠別川第3頭首工で今年度から始まった魚道における遡上調査では、1回の調査ではあるが、前述したような底生魚や大型魚のサクラマスの遡上を確認したことから、魚道の有効性がある程度実証されたものと考えている。

これからも、対象河川の生態系を総合的に捉えるなかから魚道を効果的に設置するとともに、その効果を事後評価して魚道構造を更に改良していくことが必要であり、本事例が今後の魚道設計の参考となれば幸いである。

忠別川第3頭首工の魚道の設計に当たっては、北海道大学北方生物圏フィールド科学センターの上田宏教授のご指導をいただいた。また、独立行政法人土木研究所において「底生魚の遡上習性に関する研究」を行った林田寿文氏(現北海道開発局石狩川開発建設部)にも貴重な助言をいただいた。ここに謝意を表する。

【参考文献紹介】

- 文献1) 林田寿文ら(建設省土木研究所), 「階段式魚道のプール内流況とウグイの遊泳行動」, 水工学論文集, 2000.2
- 文献2) 林田寿文ら(建設省土木研究所), 「階段式魚道におけるプール内流況と魚類の遊泳行動特性」, 水環境学会, 2000.3
- 文献3) 林田寿文ら(建設省土木研究所), 「多様な生物を対象とした階段式魚道の開発」, 土木技術資料, 2000.12

どじょうの里（宇賀荘地区）の大区画ほ場整備について

荒川文雄*
(Fumio ARAKAWA)

目 次

1. はじめに	91	5. 環境配慮	93
2. 宇賀荘地区の概要	91	6. 営農	95
3. ほ場整備計画	92	7. あとがき	96
4. 用排水パイプライン化計画	92		

1. はじめに

安来市は、島根県の最東端に位置し、東は鳥取県に接し、北は中海に面し、南は近世たたら製鉄の砂鉄を採取した中国山地にそれぞれ接している。平成16年10月、旧安来市・広瀬町・伯太町が対等合併し、人口4万5千人の新生「安来市」が誕生した。

どじょうすくいのみと親しまれている「安来節」や「ヤスキハガネ」は全国的、世界的にも高い知名度がある。また、横山大観を主体に日本画のコレクションや米国の庭園専門誌によって3年連続日本庭園日本一に輝いた「足立美術館」も有名である。

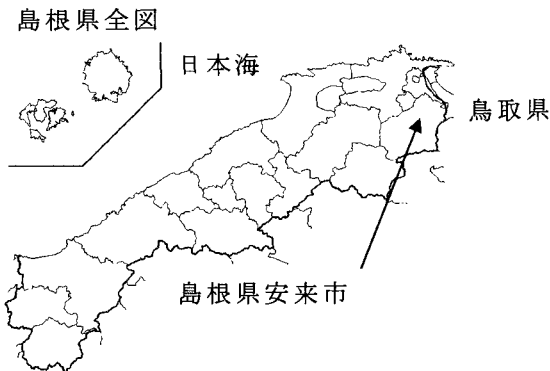


図-1 宇賀荘地区位置図

2. 宇賀荘地区の概要

安来市の気候は、年平均気温が14.8度、年平均降水量は1,667mm、少雨月は4月と5月である。

宇賀荘地区（図-1）は、中国山地から中海に注ぐ河川が形成した沖積地帯で安来平野と称されている平地と山麓に展開する丘陵地からなり、標高は3.8mから21.6m、地形勾配は1/20～1/3,000（主傾斜1/400）と一部を除いて緩い地形である。

安来平野は、中国山地の基盤岩石の花崗岩が風化浸食され、河川によって運搬堆積された砂質土、粘土シルトの堆積層からなる。土質は花崗岩の風化物に基づく壤質砂土であり、土壌は強グライ土壌粘土斑鉄型・砂土還元型・強粘土還元型である。

地区の農業用水源である伯太川は、近世以降に河道・流路変遷をしており、河床の高い天井川の傾向があり、地区は古くから洪水に悩まされた歴史がある。

安来平野の基盤整備状況は、ほとんどが大正から昭和の初期にかけて行われた12a程度の区画で、耕作道は約2mの幅しかなく、農業機械の大型化による省力化、経営規模の拡大が阻まれていた。また、用排水路は兼用の土水路であるため漏水が著しく農業用水が不足し、維持管理労力の負担が大きくなっていった。さらに排水も不良で湛水被害も生じており、河床の高い伯太川の伏流水などの影響により地下水位も高く、農地の汎用化も困難な状況であった。加えて、兼業化、高齢化の進行により担い手不足が深刻化していた。

このため、ほ場整備事業により大区画化や用・排水路及び道路の新設・改修を行い、乾田化・水

*島根県松江農林振興センター（Tel. 0852-32-5654）

管理の省力化、さらには農地利用の集積と集団化を図ることにより、農地の高度利用を促進し安定した農業経営の推進を図ることとした。

基盤整備については、245haを対象として平成9年に準備委員会を設立し、平成12年度に事業採択を受け、平成14年度から大区画ほ場整備事業の工事に着手して、平成19年度事業完了の予定である。

3. ほ場整備計画

1) 区画の形状

耕区の標準形状は、大型営農機械の効率的作業と適正な水管理を行う生産性の高い条件に整備するため、1辺を100mとした1耕区1haに計画する。

2) 用水計画

用水計画は、当初隣接する能義第一地区と同様に一般的な揚水機場を設けた加圧パイプライン方式で計画していた。

しかしながら地区の大半は、幹線用水路（伯農用水路）沿線であることや、営農組織の運営面や将来の維持管理費の低減を図るため自然圧パイプライン方式とするよう土地改良区から要望があり、受益者組織の役員、関係機関とで、先進事例を現地調査し、本地区の条件を検討した結果、採用できることと判断し、自然圧パイプライン方式とした。

また、水源は、伯太川、吉田川、沢前川及び丘陵部のため池に依存しているが、全般に慢性的な用水不足を来しているため、現状の用水補給施設を含めて用水量の収支計算を行い、揚水ポンプの能力UPや送水管を計画している。

3) 排水計画

現状の排水は、用排兼用の土水路のため排水不良であることと、低地の区域においては、例年湛水被害を被っていることから機械排水施設を設置し、幹線排水路など基幹排水施設は、排水対策特別事業により実施する。

4) 道路計画

道路は、営農体系で導入する機械に適應するよう改修、新設する。

幹線道路は、全幅員6m有効幅員5m、支線道路は、全幅員5m有効幅員4mとし、谷部などの行止り道路は、全幅員4m有効幅員3mで計画する。

5) 暗渠排水

地下水位を下げ地耐力の増強を図ると共に乾田化により水田の汎用化を促進する計画である。

また、畑作物の生育に適した地下水位を設定できるように地下かんがい可能な構造とする。

4. 用排水パイプライン化計画

用水路は、既存の幹線用水路と各水田の僅かな水頭差を利用して自然圧で水田へ給水する自然圧パイプライン方式とし、併せて排水もパイプライン化して、水田への給水・排水・水田水位管理を1箇所で行うことができる給排水ユニットを設置する。（図-2用排水管路模式図参照）

用・排水の管路は、道路下に埋設し、給排水ユニットの設置基準は、用水・排水能力から各耕区面積に対して概ね60aに1箇所とする。なお、排水路は、1農区の排水を管路とし、2農区以上の流域を持つ排水路は、ゴミなどによる閉塞の事故を回避するため開水路とする。

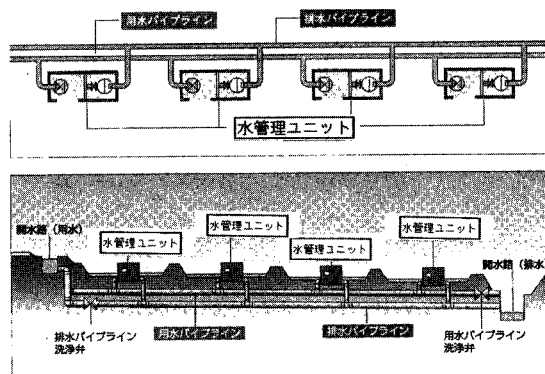


図-2 用排水管路模式図

用排水管路（用排水パイプライン化）のメリットは、次のことが考えられる。

①用水管路

- ・水理設計は、代掻き水深を24hrで確保する最小の有効水頭であることから給水の際、水甲の閉め忘れや閉め遅れによる必要以上の給水による水不足を来すことが防げる。
- ・自然圧給水であり揚水機場を設置しないことにより表-1のとおりコスト及び、電気料など維持管理コストが縮減できる。

表-1 揚水機場加圧パイプラインシステムと自然圧パイプラインシステムの経済比較

工種	揚水機場による加圧パイプライン方式 ①		自然圧パイプライン方式 ②		差 ①-②	
	数量	金額(千円)	数量	金額(千円)	数量	金額(千円)
用水路工(管水路)	21,180m	278,274	15,960m	307,250	△5,293m	28,976
用水路工(開水路)	475m	4,178	478m	2,381	3m	△1,797
揚水機場・補給P	3箇所	507,008	P 2基	25,173	△3箇所	△481,835
排水路工(管水路)			9,069m	279,779	9,131m	279,779
排水路工(開水路)	13,030m	291,123	8,445m	185,756	△4,416m	△105,367
合計		1,080,583		800,339		△280,244

※自然圧パイプライン方式のP 2基は、現状の用水補給施設における揚水ポンプの能力UPを表す。

②排水管路

- ・用排水管理を道路側の給排水ユニットの水甲を操作することによって行うことから水管理時間が短縮できる。
- ・支線排水路を管路化することによる潰れ地が減少し、草刈りや泥上げ作業が軽減できる。

③暗渠排水と地下かんがい

- ・給排水ユニットと暗渠排水管を接続していることから畑地転換作物の生育に適当な地下水位の保持や乾田直播が容易にできる。

④多面的な効果

- ・用水量が縮減できることによって、地域用水や下流域の用水が安定的に確保できる。

5. 環境配慮

安来平野は、約800haを有し、宍道湖西岸の簸川平野と並ぶ県内有数の穀倉地帯である。また、コハクチョウ・マガンの集団越冬地の南限で広大な水田地帯が餌場になっている。(写真-1)



写真-1 大豆の転作田跡に飛来した小白鳥

宇賀荘地区においては、平成13年度から生態系保全型水田整備推進事業に取り組み、ほ場整備で影響を受ける生物や植物の現地調査を行い、表-2のとおり確認している。

保全すべき種としたのは、「注目すべき種」「水田環境に強く依存する種」「地域の人々に親しまれている種」から植物、昆虫類、魚類、両生類、貝類及び鳥類で、ヤマトミクリ、メダカやタガメといった国の絶滅危惧種を含む56種を選定した。

モニタリング調査を踏まえ保全対象種に配慮する目的と内容は、表-3のとおりとすることとした。

表-2 宇賀荘地区年度別・分類群別確認種数表

年度	両生・爬虫類	魚類	甲殻類	昆虫類	貝類	その他	各年合計	水生植物
H13	3目5科 6種	5目6科 16種	3目7科 7種	8目36科 71種	4目5科 5種	3目3科 3種	26目62科 108種	-
H14	2目4科 8種	4目6科 17種	3目6科 7種	8目34科 92種	4目6科 8種	1目1科 1種	22目57科 133種	8科 11種
H15	4目8科 13種	4目6科 17種	3目6科 7種	8目29科 74種	4目6科 8種	5目5科 5種	28目60科 124種	4科 7種
H17	4目5科 8種	4目6科 18種	3目6科 8種	8目35科 64種	4目7科 8種	5目6科 5種	22目58科 107種	6科 12種
合計	4目9科 14種	5目8科 20種	3目8科 10種	8目55科 143種	4目7科 10種	5目5科 5種	29目92科 202種	10科 19種

表-3 生態系保全工法の概要表

保全対象種	配慮目的	配慮内容
魚類、両生類、貝類	隠れ場を創出	自然石 魚巣ブロック 塩化ビニル管魚巣
魚類	一時的湛水域を繁殖場所として利用する魚類の産卵環境、生産場所を創出	湛水域の創出 深み
植物、昆虫類、魚類、両生類	泥底生活種の生息場及び水草の生育場を創出⇒土砂溜まり	底版開口部
植物、昆虫類、両生類、貝類	水草・抽水植物の回復⇒州の早期回復⇒流路の蛇行⇒土砂の堆積⇒土砂止め	木材等による堰
植物、昆虫類、両生類、鳥類	動植物の生息・生育基盤及び親水機能	中州(木橋)
昆虫類、魚類、両生類	水面に木陰を創出	樹木の植栽
爬虫類・両生類	小動物の脱出経路及び親水機能	スロープ

具体的な整備としては、図-3のとおり幹線排水路沿いに約10aのピオトープ池を配置(図-4)し、排水路から容易に流入し枯渇や止水することのない構造とし、水生植物、魚・貝類等の生息環境を考慮して、底は土砂構造とし、大型魚も生息・繁殖できるように、池に深み部分や隠れ場所を確保する。

法面は他の農業農村整備事業から発生した岩石を利用して水面下に魚巣を設け、水面上法面は雨水や波浪による侵食防止のため石張を施したが、環境アドバイザーグループの指導により乱積みとした。また、水面に木陰を設けるため柳を植栽

した。(写真-2)

幹線排水路は、治水面、利水面から総合的に判断し、積みブロック(図-5)やU型のコンクリート水路(図-6)とする。構造上底張りを行うが、その上20cm程度は土砂堆積層(流下断面外)を確保し、水生生物の隠れ場所となる魚巣ブロックや魚巣水路を配置し、爬虫類・両生類が排

水路から周辺農地に這い上がれるスロープを設け(写真-3)、水生植物の生育環境、水生生物の生息環境に配慮した構造とした。

ソフト面では、自然環境保全意識の啓発・醸成・合意形成を図るため、環境学習会等を実施している。

また、住民を対象とした地域勉強会などを重ね

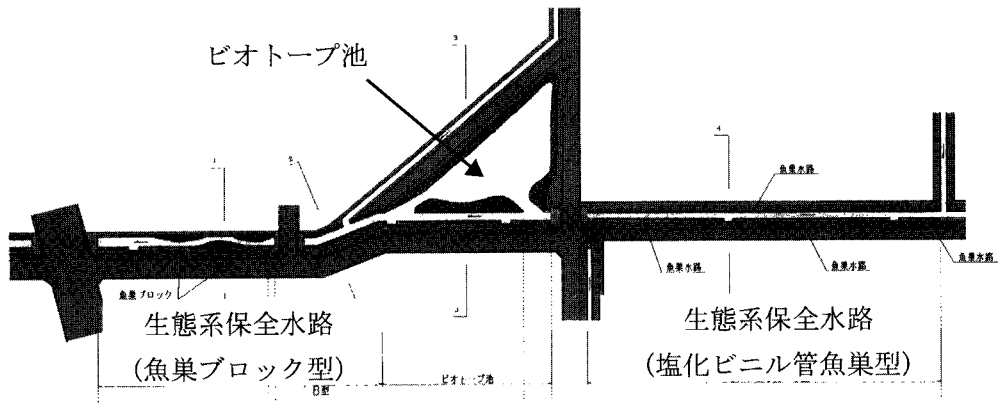


図-3 生態系保全工法水路平面図

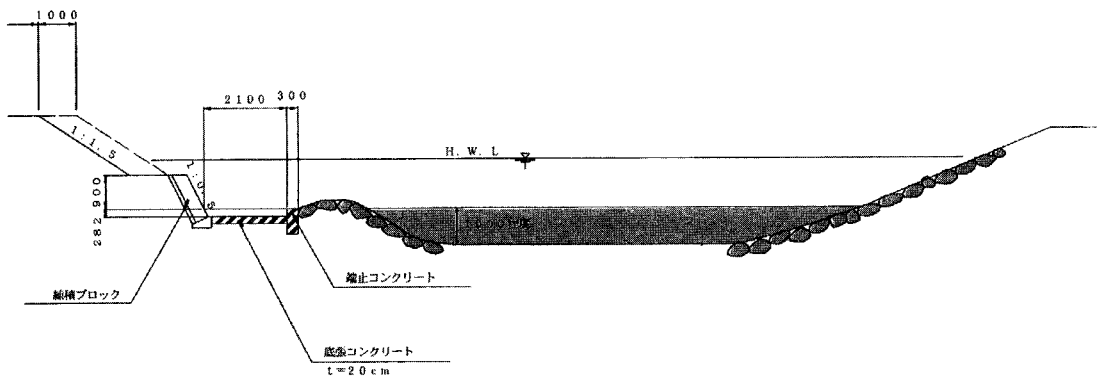


図-4 ビオトープ池(保全池)断面図

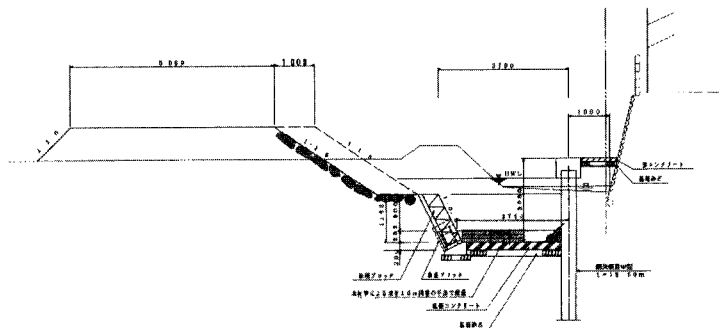


図-5 生態系保全水路(魚巣ブロック型)

表-4 利用権設定及び農地利用集積面積

	H11年	H14年	H15年	H16年	H17年
安来市	-	227ha	212ha	263ha	464ha
地区	0	0	48	93	132

表-5 耕地利用率

	H11年	H14年	H15年	H16年
島根県	84.3%	83.2%	82.5%	82.4%
安来市	94.2	92.0	89.3	88.8
地区	103.1	-	100	100

表-6 作付面積

	H11年	H14年	H15年	H16年	H17年
水稲	233.2ha	0	41.6ha	54.3ha	88.0ha
大豆	11.0	0	9.3	23.8	44.0

また、営農組合は、安定的な組織運営と、農地の集積・利用計画を効率的に進めるために平成19年度の法人設立を目指している。

7. あとがき

ここでは、宇賀荘地区は場整備計画と実施状況について紹介したが、H11年食料・農業・農村基本法で「多面的機能の発揮」が規定されたことなどを受け、H13年の土地改良法の一部改正により「環境との調和へ配慮」することが事業実施の原則となった。

その後、行財政改革の推進に伴い公共事業が縮減されるなかで整備にあたっては、建設コストの縮減はもとよりライフサイクルを考慮し、環境に配慮しつつ総合的に勘案し、調和を図りながら実施する必要があると考える。

今後とも地元住民の皆さんと密接な対話と地域に密着した事業の実施に努めて行きたい。

日高川横断管設置工事に伴う工法選定と 地下水影響緩和対策について

箕 澤 正 夫*
(Masao MINOZAWA)

目 次

1. はじめに	97	4. 工法選定	100
2. 事業概要	98	5. 地下水への影響緩和	102
3. 日高川横断管設置工事の概要	98	6. おわりに	103

1. はじめに

県営かんがい排水事業日高川地区は和歌山県中央部の山地を屈曲蛇行を繰り返しながら西流する2級河川日高川の河口部に広がる沖積平野での水田かんがい用水の導水路改修を実施するものである。

日高川河口左岸（南岸）の御坊市野口地区は標高TP+6～9m程度で土地利用形態は主に水田であるが、近年では花、野菜の路地、施設栽培も盛んに行われている地域である。

野口地区については、過去に実施された地質調査データから中央部を東西方向に旧河道の存在が推定され、日高川の氾濫源で透水性の高いレキや砂により構成（河成堆積層約30m）された地質であることから、旧来からの集落付近には打ち抜きの井戸が多数存在、御坊市の上水道水源地ともなっている。

このような条件を背景として従来より井戸利用の活発な地域であることから、事業実施にあたり、日高川横断管設置に伴う工法選定および地下水への影響緩和対策に関する検討事例を報告する。

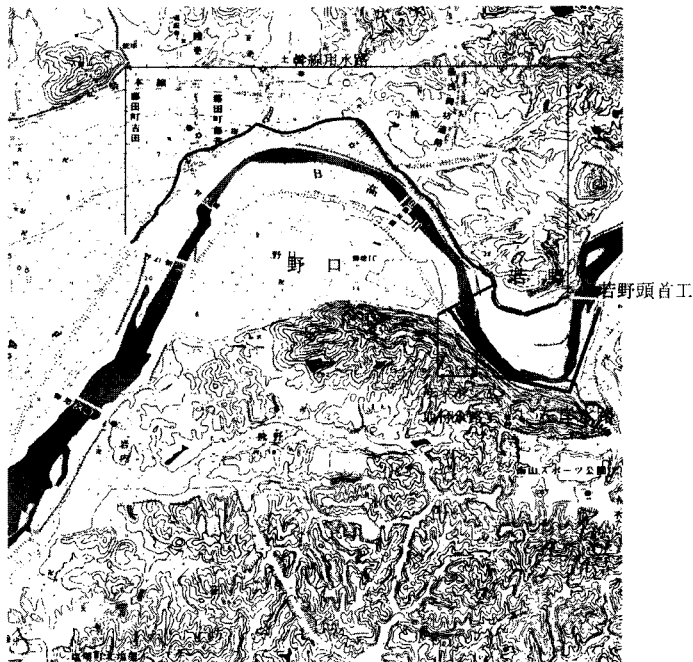


図-1 位置図

*和歌山県日高振興局農林水産部農地課 (Tel. 0738-22-3111)

2. 事業概要

昭和28年7月18日の大水害により被災した施設の災害復旧事業および昭和30年代に県営事業等で造成され約50年が経過し老朽化の進んだ農業用水路の改修および受益面積の減少にともなう農業用水の合理化による都市用水への転用を目的として事業を実施する。

本地区は2級河川日高川に設置された若野頭首工で左岸（野口地区へ）、右岸（御坊平野へ）両岸で取水し導水していたが、導水路の老朽化が著しいこと、左岸水路については河川内に水路が縦断に設置されているため、河川区域外への水路設置が必要となったことから、左岸取水を廃止し右岸取水に変更、右岸導水路の一部区間を両岸兼用断面とし改修、途中で分水し、日高川を横断するサイホンで野口地区の上流端へ導水する計画となった。

事業名 県営かんがい排水事業 日高川地区
 受益面積 888ha（右岸808ha、左岸80ha）
 工期 平成14年度～平成19年度
 事業内容 水路改修（右岸）三面張水路
 L=625m（H=1.7m、W=3.55m）

（L型ブロック、ボックスカルバート）
 日高川横断管（サイホン）設置
 L=384m
 取り合わせ水路工 一式

右岸幹線水路については左岸分水路下流は2期地区で改修予定

3. 日高川横断管設置工事の概要

工期 H17.12.16～H19.10.16
 工事内容 日高川横断管布設工L=384m
 ミニシールド工法（掘削径φ1,744mm、
 一次覆工φ1,350mm、内挿管FRPM管
 φ1,100mm）

：河川構造令から河底応過トンネルが圧力管となる場合は二重鞘管構造とする必要があるため内挿管としてFRPM管を布設する。

発進立坑
 7,200mm×7,200mm H=16.2m
 到達立坑
 7,200mm×7,200mm H=15.3m
 取り合わせ水路工 1式

現在、発進立坑築造の準備、シールドマシンの設計等準備工を行っているところである。

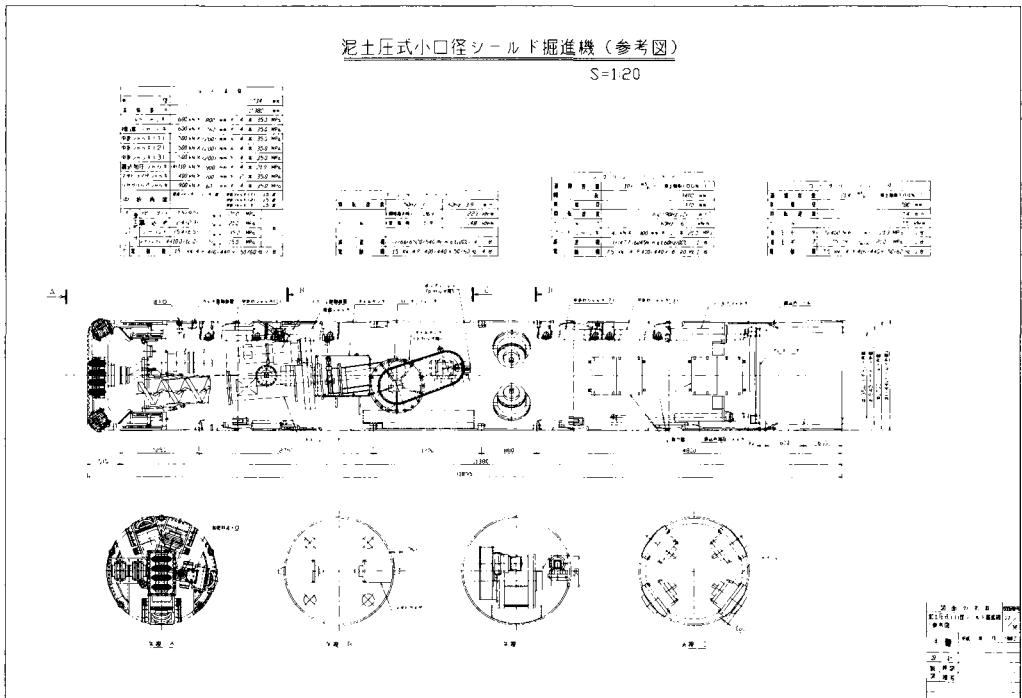


図-2 シールドマシン

4. 工法選定

本工事は日高川を横断する管路であり、土質条件のほか、最小径として1,100mmを確保すること、河川構造令等から日高川河床下5.0mの土被りを確保すること、二重管（鞘管）構造とすること、透水係数が10のマイナス1乗以上が想定されることが条件となり、検討内容を以下に示す。

◎管布設工法

本地区に関しては、開削工法については日高川の川幅が300m以上あり施工は非洪水期に限られる上、大規模な土留めが必要となることから施工性、経済性から現実的な工法ではない。そこで河川水や地下水に影響が少なく、工期の制限がなく、経済的な中大口径管推進工法、ミニシールド工法、シールド工法の3工法について比較検討する。

開削工法を含め各工法の特徴と本地区での評価を以下に示す。

開削工法

①概要

開削工法は鋼矢板を掘削と同時に建て込み、もしくは打ち込み土留めを行い、所定の位置に管渠を布設する工法。一般的に土被りの浅い計画に選定採用される。

②長所

- 現場の土質や地下水の変化を順次確かめながら施工できるため施工の信頼性が高い。
- 一般的に経済的。

③短所

- 河川横断など施工時期の制約を受ける場合は、施工延長も限られるため仮設費の増大や施工期間が長くなる。
- 地下水が多い場合や透水係数の高い地盤の場合などは、施工中のボーリング、ヒーピングだけでなく、濁度の影響を考慮する必要がある。
- 埋設深が大きい場合や周辺構造物が近接する場合などには土留工や補助工法に要する費用が増大し、非経済的である。

中大口径管推進工法

①概要

推進工法は、軌道や幹線道路を横断するため先導体に刃口を用い立坑内の支圧壁から反

力によって管を地中に圧入、短距離を推進する。刃口元押し推進工法として開発されたが、中押し装置や高強度管の開発、先導体に各種シールド掘進機を採用することで、現在では長距離、カーブ推進も可能となってきている。

②長所

- 立坑から施工するため立坑築造時を除いて建設公害の発生が少ない。また道路交通などへの影響を緩和できる。

③短所

- 曲率半径の大きな単曲線の施工以外は原則直線施工。
- 管材の強度、ジャッキ能力により立坑間距離に制限がある。
(標準施工延長 250D D:仕上がり径(m))
- 施工期間中は管が移動しているため裏込注入ができないので、周辺地盤が沈下する懸念がある。

④評価

一般的に言われている推進施工可能延長からすると能力不足であるが、補助工法の活用、現在の中押しジャッキ性能からすると施工可能な距離である。補助工法の工事費を除けば非常に経済的であるが、高透水性地盤が出現した場合、滑材の地盤への散逸、地盤沈下等による摩擦力の増大により推進できなくなるリスクがある。

ミニシールド工法

①概要

ミニシールド工法は、掘削と土留機能を持つカッター部、シールドジャッキを装備し主に掘進操作を行うガーダー部、セグメントを組み立てるためのエレクターなどを装備したテール部の3ブロックで構成されている。ミニシールド機を地中に推進させ、土砂の崩壊、流動を防ぎながら、掘削覆工を行いトンネルを築造していく工法である。コンクリートセグメントによる一次覆工のみ。

仕上がり内径φ900mm～2,000mmの範囲

②長所

- 組立セグメントに反力をとり、シールド機を推進させるため、施工延長に制限がない。立坑間隔を大きくとることができる。
- 曲率半径R=10m程度まで施工できる。

③短所

○掘削断面や立坑が大きくなり、単位長さ当たりの施工単価が割高である。

④評価

透水係数が高い場合でも対応可能等、施工性で優れる、地下水対策上也に優れている。

一般的に経済性では推進工法に比べ劣るが、本地区が河川横断であり、高透水性地盤の出現等のリスクを考慮すればトータルの3工法の中で一番優れている。

シールド工法

①概要

ミニシールド工法と同様の工法、掘削覆工を行いトンネルを築造していく工法である。

シールド工法ではスチールセグメントによる一次覆工、コンクリートによる二次覆工。

仕上がり外径φ1800mm～6,000mmの範囲

②長所

○組立セグメントに反力をとり、シールド機を推進させるため、施工延長に制限がない。立坑間隔を大きくとることができる。

○曲率半径R = 10m程度まで施工できる。

③短所

○掘削断面や立坑が大きくなり、単位長さ当たりの施工単価が割高である。

○一次、二次覆工を行うため工期が長くなる。

④評価

ミニシールド工法と同様施工性からの問題点はない。しかしながら本地区の必要径が1,100mmであり、シールド工法では掘削断面が大きくなり、不経済となる。

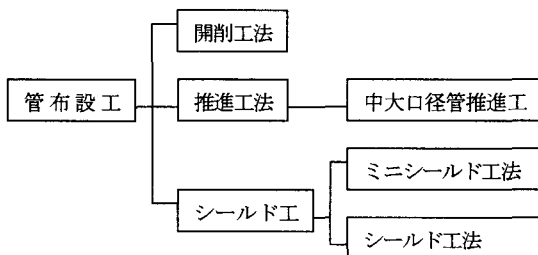


図-4 管布設工法体系

◎立坑形式

立坑築造及び土留工法として、現在一般的なもの以下に示す。

立坑形式としては、土質条件にもよるが、深度15m程度までの立坑では鋼矢板工法、SMW（柱列式地下連続壁）工法が一般的、深度20m以上の場合は地中連続壁工法、ケーソン系工法が採用されることが多くなる。また、施工ヤードを極力小さくする工法としてライナープレート工法、鋼管揺動式圧入工法がある。

本地区については、深度、地下水の止水性、経済性から鋼矢板工法、SMW工法の2工法について比較検討する。

鋼矢板工法

①特徴

本工法は最も広く用いられている一般的な方法。

②評価

施工性、止水性等は特に問題はない。本地区では立坑深度が15m程度となることから、SMW工法よりも経済的であり本工法を採用する。

SMW工法

①特徴

低振動、低騒音工法である上に比較的施工効率が良いこともあり、最近では採用件数が増加している。土質面で適用性が高く、土質構成が複雑かつ地下水を含む土質に対しても適合する。工法的には、多軸オーガ掘削機により、先端からセメントミルクを注入しながら現地盤を攪乱、ソイルセメント壁を造成した後、H型鋼を建て込み連続壁を構築する。

②評価

施工性、止水性は特に問題はないが、鋼矢板工法と比較し経済性で劣る。

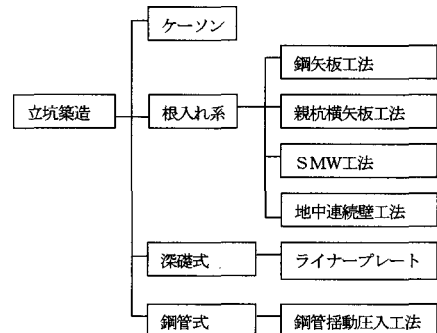


図-5 立坑形式

5. 地下水への影響緩和

○野口地区の地下水特性

地下水調査の結果から野口地区の地下水位は東端で標高4.7m、西よりの野口新橋付近で標高1.0mと水頭差3.7mで東から西に向かって地下水の流動があると判断される。

また、地区中央部に向け東西方向に高透水性地盤の存在が確認されており、水温、PH、電気伝導度等のデータからも横断管設置箇所下流付近から河川水が流入、地下水涵養源となっていることが推測できる。

以上から、地下水源に関しては山地部からの涵養、河川からの涵養があり、工事实施中、横断管設置による地下水位への影響はほぼないと考えられるが、工事により発生する濁度、セメント改良、薬液注入による影響に関しては、透水係数の高い地盤であり不測の事態を想定する必要がある。

そこで、高透水性地盤での水質影響範囲を想定する。「建設工事による地下水汚濁調査事例（平成14年度日本応用地質学会研究発表）」を参考にすると、矢板打設による地盤攪乱、セメント成分溶出を想定した調査事例から透水係数10の0乗オーダーの地盤で影響範囲が半径100m程度との結果あり、透水係数を単純に比較し、本地区に当てはめた場合影響半径は400m程度と類推される。

○ミニシールド工法の特徴

ミニシールド工法による地下水への影響が考えられるのは以下の2点である。

1. 泥土圧式掘削による地山への添加剤注入
2. シールドテールボイドの充填のための裏込材注入

添加剤について

泥土圧式掘削を行う場合、地山を緩めないため土質に適合した添加材の使用と逸走防止、またプラントから約400m程度（施工延長）配管圧送を確実に行う必要がある。

そのため無害・無公害、粘土微粒子凝集作用を持ち、長距離圧送が可能な添加材として「高吸水樹脂・高分子系増粘材」を選定する。
裏込材について

裏込材は2液型の可塑性裏込材を使用する。地下水への影響が考えられるのは2液を混合し地下水に希釈されにくいゲル化するまでの間に地下水に接触する場合であるが、ミニ

シールド工法の裏込材注入機構の特徴としては、既にテールプレート内で可塑性ゲル化した裏込材を推進と同時に地山側に押すことであり、それにより地下水への影響を低下することができる。

ミニシールド工法による地下水への影響緩和は地山への添加剤の適切な選定と裏込材の注入機構により対応する。

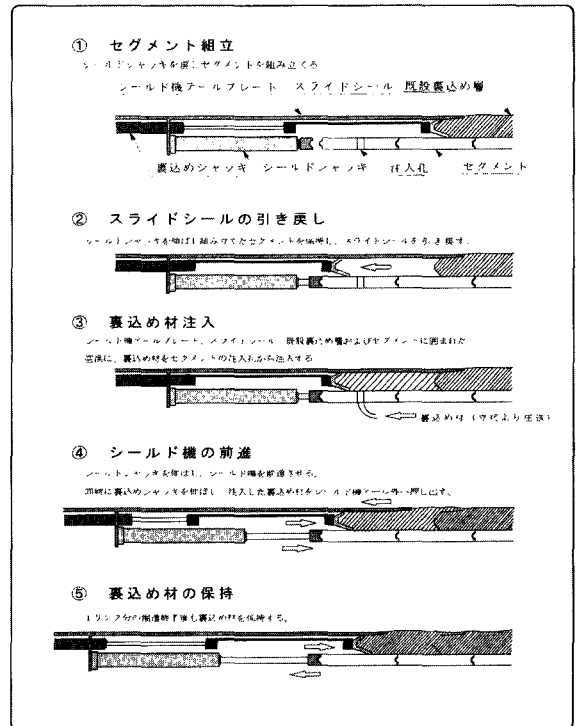


図-6 ミニシールド工法の裏込め機構参考説明図

○鋼矢板による立坑築造

立坑築造に際し地下水への影響が考えられるのは、先行掘削による地山攪乱、孔壁保持や土砂置換であり、本地区においては、オーガ先行掘削において地山を乱さため、土質にあった掘削機の選定と濁水逸走防止を行う必要がある。

以上の条件から二軸同軸式（分離型）オーガ先行掘削を採用し、地下水への影響緩和を図っている。

6. おわりに

本地区については地下水への影響の可能性は低いと想定されているが、地下水汚濁の影響範囲に関しては研究段階レベルであり、実用的で実務的な解析手法が確立されている訳ではなく、影響は未知数であるともいえる。

そのため、工事方法の工夫と地下水観測を長期的に実施し実態を把握しながら工事を進めること

が最大の対応策であり重要と考えられる。

最後に、本報告がシールド工事等における、工事計画や施工上からの地下水への影響緩和策の参考となれば幸いである。

また、本工事においても地下水観測態勢を整備し、より安全な工法を選択し工事を実施しようとしているが、地下水への影響等事故なく完成することを望むばかりである。

西水東流構想から一世紀「隈戸川事業」水の大地の恵みを明日へ

山 上 一 久*
(Kazuhiisa YAMAGAMI)

目 次

1. はじめに	104	5. 羽鳥ダムの築造（通水）後の現況水利用状況	105
2. 「隈戸川地区」の事業概要	104	6. 隈戸川地区の用水計画	106
3. 星吉右衛門翁の矢吹ヶ原への引水計画	105	7. 終わりに	107
4. 矢吹ヶ原開発の沿革	105		

1. はじめに

星吉右衛門翁の矢吹ヶ原への引水計画「西水東流」構想から70年余りを経て、その開拓精神が受け継がれ、国営矢吹開拓建設事業として国家的プロジェクトとして実を結んだ。

その後、約50年が経過した今、当時造成した幹線用水路等の施設の老朽化や、近年の営農形態の変化等に伴うかんがい用水の不足に対応するため、再び、その水源を羽鳥ダム（再開発）に求め、国営かんがい排水事業として「隈戸川地区」が実施されている。

本誌では「隈戸川地区」の前身である矢吹ヶ原の開拓の歴史と、本事業の実施により、再び生まれ変わろうとしている羽鳥ダムの概要について紹介する。

2. 「隈戸川地区」の事業概要

本地区は、福島県中通り地方の南部に位置し、(図-1参照)須賀川市外2町4村にまたがる水田3,280haの県内有数の農業地帯で、かんがい用水は国営白河矢吹土地改良事業（S16～S39年度）で造成された羽鳥ダム（写真-1参照）の他、隈戸川、泉川及びため池等に依存しているが、地区内の河川はいずれも自流水に乏しく、ため池も小規模なため、水路の堰上げや揚水機による反復利用、番水等による水利用を余儀なくされている。

また、近年の営農形態の変化により恒常的な用水不足の状況にある。さらに国営事業により造成された用水施設の老朽化により維持管理に多大な

労力と経費を要している。

このため、羽鳥ダムの取水時期の前倒しや融雪水の利用など運用を見直しかんがい用水を確保するとともに、併せて老朽化した頭首工、揚水機及び用水路の改修を行い、用水の安定供給と維持管理の軽減を図ることを目的に平成5年に国営かんがい排水事業「隈戸川地区」が着工した。

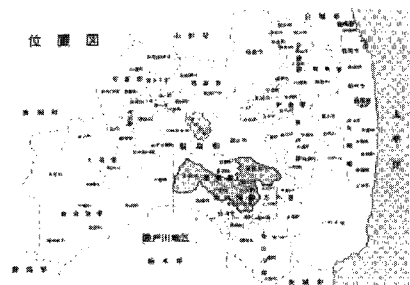


図-1 隈戸川地区位置図



写真-1 羽鳥ダム
昭和31年完成（農水省管轄管理）

- ・ゾーン型フィルムダム（農業利水ダム）
- ・総貯水量 27,320千m³
- ・堤体積 318千m³
- ・堤高 37.1m ・堤長 169.5m

*現：東北農政局整備部設計課（Tel. 022-263-1111）
前：東北農政局隈戸川農業水利事業所

3. 星吉右衛門翁の矢吹ヶ原への引水計画

今から一世紀前の明治18年2月2日、星吉右衛門翁（写真-2参照）は私財を投じてまとめあげた羽鳥ダム及び矢吹原開拓事業の構想を訴えている。「建白書」には岩瀬郡天栄村羽鳥地内に堰堤を設け、日本海に流れ込んでいる鶴沼川の流水を貯水隧道により、西白河郡西郷村真名子に導水して、阿武隈川を利用、白河市大沼地内穴堰より不毛の大地「矢吹ヶ原」へ分水し開田するという壮大な引水計画「西水東流」構想が記されている。関係資料には鶴沼川の水を引水しようとする建白書と絵図面・水利工事予定書・該地反別概略取調書（図-2参照）が残されており、先人達の苦勞がうかがえる。

ひとつを例に見ても、測量技術が未発達であった当時、堰の建設・堀の新設と拡張を行うため、提灯による夜間の高低測量・間竿・割竹の巻尺などを使用し山野に分け入り間数（距離）を測り工事の難易度を調査し、大変な苦勞の末に絵図面を作成したと記されている。



写真-2 星吉右衛門翁

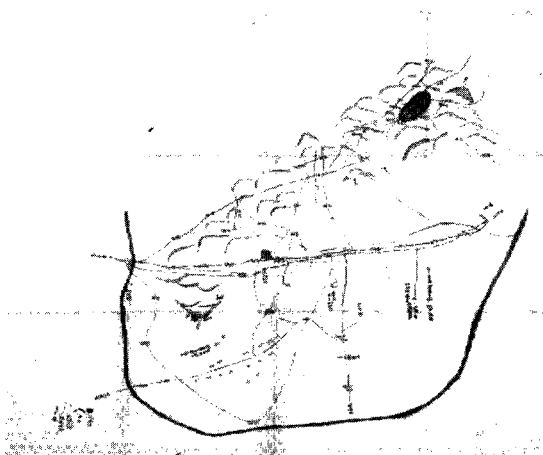


図-2 建白書絵図面（星信之助家蔵）

その翁の構想「建白書」は、実現まで長い年月を待つことになるが、巨費を投じた安積疏水の完成後（明治15年）であり、士族授産も安積野にその目的を達しつつあり、社会情勢は海外に目を向けられ、商工業にその重点が移る必要に迫られていたことも原因の一つではないかと記されている。

4. 矢吹ヶ原開発の沿革

矢吹ヶ原一帯は、宮内省御領地として農場設置や開墾が行われてきたが、資金難と用水確保の見通しが立たず、大規模な開墾は行われなかった。昭和15年、帝国議会において矢吹原国営開墾事業が疎水事業を含め予算成立したのを受けて、本格的な矢吹原開拓の歴史が始まる。

戦後の物資の欠乏と食糧難は深刻化し、国民生活は危機的状況におかれていたが、政府が緊急開拓事業実施要領を定め、大規模な土地改良事業を推し進めることとなり、不毛の大地「矢吹ヶ原」に国営白河矢吹開拓建設事業が実施されることになる。実に翁の「西水東流」構想から半世紀後に具現化することになる。矢吹ヶ原への入植も進み、昭和31年には羽鳥ダムからの通水により、一面の荒野であった矢吹ヶ原に1,600haの美田が誕生した。

当時、築造された羽鳥ダムの水源としての立地条件（貯水効率）の良さは、管内ダムと見比べても群を抜いている。（表-1参照）

表-1 羽鳥ダム・他ダムとの貯水効率の比較

ダム名	有効貯水量 (千 m^3)	堤体積 (千 m^3)	貯水効率
羽鳥ダム	25,951	318	81.6
Aダム	9,278	208	44.6
Bダム	37,600	1,049	35.8
Cダム	3,556	292	12.2
Dダム	9,700	2,197	4.4
Eダム	9,300	480	19.4

※ 他ダムの事例は東北管内の農業専用ダム

5. 羽鳥ダムの築造（通水）後の現況水利用状況

本地区の受益地構成は、地形的条件から新田部と古田部に大きく二つに分かれる。水利用状況は

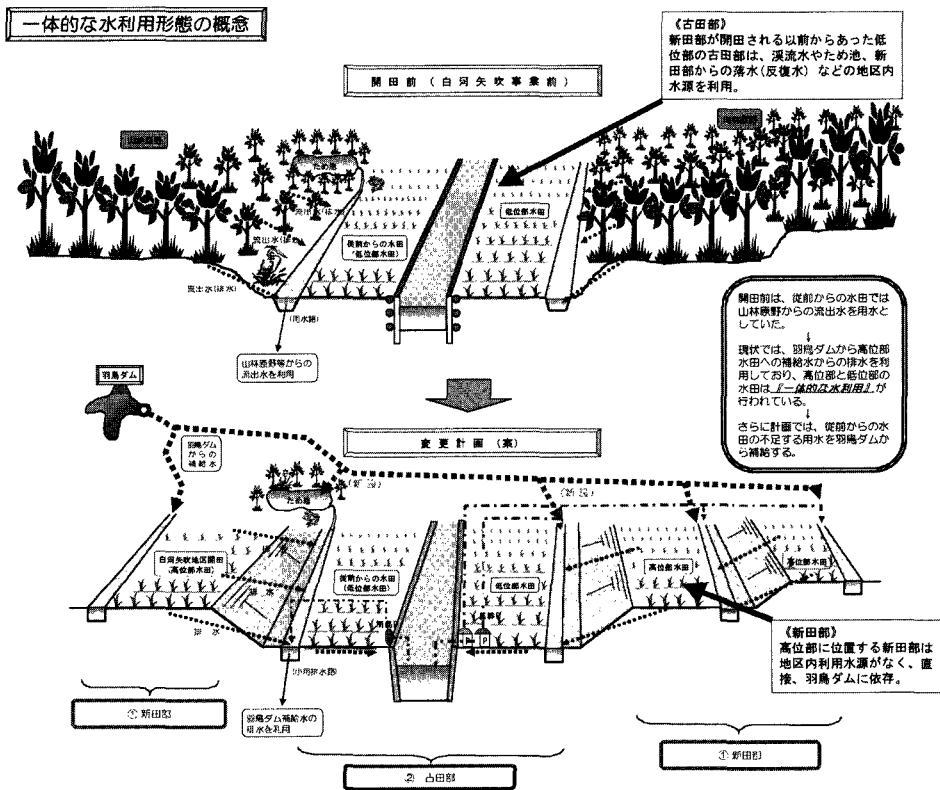


図-3 概念図

下図(図-3概念図)のとおりであるが、羽鳥ダムの築造による効果は直接補給の新田のみならず、古田部へも間接的に潤している。

《用水不足の実態》

本地区は、必要水量に見合う地区内水源の絶対量が不足しており、水路の堰上げや反復ポンプの利用により、かろうじて用水不足に対応している状況である。ほ場整備事業により用排分離をして、安定水源の利用へとシフトするなかで、まだまだ、反復利用への依存が高く維持管理費が高んでいる。

表-2 必要水量に対する反復利用割合

地区名	必要水量 (万 m^3)	反復利用 (万 m^3)	反復水の割合 (%)
隈戸川地区	10,593	3,067	29.0
X地区	22,720	4,470	19.7
Y地区	39,502	3,053	7.7
Z地区	8,420	-	-

6. 隈戸川地区の用水計画

本事業ではかんがい用水を確保するため、羽鳥ダム地点において近年までの流入実績から再開発可能な水源利用量の検討を行った。羽鳥ダム利用量の検討は、新たにダム地点において維持流量を設定するとともに、加えて下流特ダム(既設)に影響を与えないよう貯留制限流量を設定したうえで、現行ダム総取水量2,716万 m^3 から約70万 m^3 の増量利用が可能となった。ダム運用は、かんがい期間(代かき期及び普通期)における水需要のバランスを考慮して、最もかんがい用水を必要とする代かき期には、安定水源としてダムから直接補給及び地区内ため池を利用することとし、その水源については春先の融雪水等の有効利用(ダム前倒し運用)を図ることで必要水量を確保した。また、普通期は、ダム回転利用のほか既設反復利用の小ポンプ群の統廃合を行い基幹的な反復揚水機場で賄うこととした。

このように、本地区では既設羽鳥ダムと地区内

表-3 現行水利権と現段階での変更(案)の比較

項 目	現行水利権	変更(案)	備 考
・受益面積	1,587ha	3,230ha	増加率204% (古田部編入)
・計画基準年	大正10年	昭和59年	
・水収支検討期間	T2～S16(20ヶ年)	S47～H13年(30ヶ年)	
・必要水量	2,716万m ³	10,593万m ³	
溪流、河川水	—	4,020万m ³ (38%)	
反復水	—	3,067万m ³ (29%)	
ため池	—	101万m ³ (1%)	
羽鳥ダム	2,716万m ³	3,405万m ³ (32%)	増加率125% (古田部編入)
(貯水回数)	(1.04)	(1.31)	
・最大取水量	5.75 m ³ /s	10.58 m ³ /s	増加率184% (古田部編入)

ため池等の既存水源を最大限に利用するとともに、水需要に応じた効率的な水源利用の組合せにより水利用計画の変更を行ったものである。

7. 終わりに

NN事業の実施地区には、先人達が努力と熱意で築き上げた水(水源)と土(農地)、人々にまつわる歴史がある。ここ矢吹ヶ原には翁の「西水東流」構想という歴史があった。不毛の大地「矢吹ヶ原」にかんがいするため、日本海に流れる西の水を堰き止めて、太平洋側である東に流すという引水計画である。

この構想を聞いたとき、翁の卓越した先見性に

敬服するとともに、これこそが農業土木技術者の原点ではなかろうかと感じている。

羽鳥ダムは現在、隈戸川事業により新たな役割を担うダムに生まれ変わろうとしており、地元土地改良区をはじめ関係者一同、地域みんなに親しみ・愛されるダムとして「羽鳥ダムはみんなの共有財産」と称し期待を寄せている。我々が先人達の偉業を後世まで学び伝えることが大切なことであり、また新たな付加価値を創造し引き継げたら良いと考えている。

参考文献

水の恵みと矢吹が原

平成18年度農村計画研修会（第28回現地研修集会）について

農業土木学会農村計画研究部会
農業土木技術者継続教育プログラム申請中

1. 主催：農業土木学会農村計画研究部会

後援：熊本県，水土里ネット熊本

（熊本県土地改良事業団体連合会）

協賛：農村計画学会

2. テーマ：水土で築く豊かな環境－阿蘇の取り組みに学ぶ－

3. 日程：平成18年9月7日(木)，8日(金)

4. 会場：熊本テルサ テルサホール

5. プログラム

(1)研修集会 平成18年9月7日(木) 9：30～16：45

8：45～9：30 受付

9：30～9：45 開会挨拶

9：45～11：15 基調講演「農政の改革と地域資源保全－ふるさと資源の再発見－」

東京大学大学院農学生命科学研究科教授 生源寺眞一

11：15～12：00 講演「農村資源とツーリズムについて」

(財)阿蘇地域振興デザインセンター事務局長 坂元 英俊

12：00～13：00 休憩

13：00～13：40 事例報告「水循環型営農運動について」

水土里ネット大菊事務局長 紫藤 和幸

13：40～14：20 事例報告「ボランティアで取り組む阿蘇の草原保全活動」

(財)阿蘇グリーンストック専務理事 山内 康二

14：20～14：50 情勢報告「熊本県の農業農村整備と資源保全施策」

熊本県農村整備課農村環境室長 榎 純一

14：50～15：00 休憩

15：00～15：40 情勢報告「資源保全施策と今後の農業農村整備の展開方向」

農林水産省農村振興局設計課技術調査官 仲家 修一

15：40～16：40 パネルディスカッション

「豊かな環境の継承に向けた阿蘇の資源保全の取り組み」

コーディネータ

農村工学研究所都市農村交流研究チーム長 石田 憲治

パネリスト

東京大学大学院農学生命科学研究科教授 生源寺眞一

農林水産省農村振興局設計課技術調査官 仲家 修一

阿蘇地域デザインセンター事務局長 坂元 英俊

水土里ネット大菊事務局長 紫藤 和幸

(財)阿蘇グリーンストック専務理事 山内 康二

アナウンサー（フリー） 風戸 直子

16：40～16：45 閉会挨拶

(2)現地検討会 平成18年9月8日(金) 8：30～15：00

8：30 熊本テルサ 集合

8：40 熊本テルサ 出発

研修の場所：鼻ぐり井手、ASO田園空間博物館など

15：00 熊本空港 解散

15：50 JR熊本駅 解散

6. 参加費用

研修集会参加費 6,000円（うちテキスト・資料代3,000円）

現地検討会参加費 4,000円（昼食代1,000円含む）

7. 参加申込

参加をご希望の方は参加申込書（部会ホームページからダウンロードして下さい）に所要事項をもれなく記入の上、FAXまたは郵送にてお申し込み下さい。なお、原則として団体ごとにまとめてお願いいたします。申し込み多数の場合は、定員400名に達し次第締め切らせていただきますので、あらかじめご了承ください。

なお、台風等の自然災害で現地研修会が開催できない場合でもテキスト・資料代（3,000円）は申し受けますので、予めご了承ください。

(1)申込期限 平成18年7月21日(金)

(2)申 込 先 農村計画研修会現地運営事務局

〒862-8570

熊本県熊本市水前寺6丁目18番1号

熊本県農林水産部農村計画・技術管理課

担 当：田上哲哉 宮部志郎

T E L：096-333-2406

F A X：096-383-6581

(3)参加費の納入

申し込みをいただきますと8月上旬に請求書をお送りしますので、請求書の指定口座に振り込んで下さい。なお振り込み手数料は参加者負担でお願いします。

(4)申込の変更・取消

8月15日(火)までに現地運営事務局までFAXにてお申し出下さい。それ以降の取り消しについては、参加費の返還ができませんので、あらかじめ了承ください。

8. 宿泊施設

参加者各自でお申し込み下さい。

9. その他

詳細は、部会のホームページ（<http://www.jsidre.or.jp/bukai/keikaku/2006kumamoto.htm>）をご覧ください。

【現地研修集会に対する問い合わせ先】

農村計画研修会現地運営事務局

〒910-8580 熊本県熊本市水前寺6丁目18番1号

熊本県農林水産部農村計画・技術管理課

担当：田上哲哉 宮部志郎

T E L：096-333-2406

F A X：096-383-6581

平成18年度農村計画研修会(現地研修集会)

FAX 送信先 096-383-6581

参加申込書

7月21日(金)締め切り

名称	TEL (代表・直通)	
所属機関	所在地住所(送付先)	担当者氏名
	〒 _____ 市・郡 _____ 町 _____	(内線 _____)
	FAX	
	一括申込人数	名

所属機関	職名	ふりがな		性別	CPD番号 (農業土木技術者継続教育機構)	9/7 (木)	9/8 (金)
		参加者氏名	参加者氏名				
例 熊本県農村計画・技術管理課	調査計画班長	くまもと たろう	熊本 太郎	<input checked="" type="radio"/> 男 <input type="radio"/> 女	No.0000000	○	○
1				男・女			
2				男・女			
3				男・女			
【備考】							

- ・ 4名以上の場合は申込書をコピーしてご使用ください。
- ・ ご記入のない欄は申し込み・ご希望・該当のないものとして受けさせていただきます。
- ・ 変更の際は変更内容を追加記入して「再送」と書いてFAX(郵送)にてお送りください。

お問い合わせ先 農村計画研修会現地運営事務局
担当: 田上・宮部 TEL 096-333-2406

会 告

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18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ついて、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5-34-4 農業土木会館内、農業土木技術研究会

2. 「投稿票」

- ① 表 題
- ② 本文枚数、図枚数、表枚数、写真枚数
- ③ 氏名、勤務先、職名
- ④ 連絡先 (TEL)
- ⑤ 別刷希望数
- ⑥ 内容紹介 (200字以内)

3. 1回の原稿の長さは原則として図、写真、表を含め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（図表入り完成形）とともに電子データについてはMOディスク等にて提出すること。

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明確に指定しておくこと。写真・図・表は別途、鮮明な原稿、または電子データにて提出すること。なお、図表については白黒印刷においても判読できるように極力配慮しておくこと。

8. 原図の大きさは特に制限はないが、B4版ぐらいまでが好ましい。原図はトレーサーが判断に迷わないよう、はっきりしていて、まぎらわしいところは注記をされたい。

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 (ダブルユー) と ω (オメガ) x (エックス) と χ (カイ)

1 (イチ) と 1 (エル) g (ジー) と q (キュー)

E (イー) と ε (イプシロン) v (ブイ) と ν (ウプロシン)

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並載せはさけ、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、平成11年度には設立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

2. 技術力向上に資する「農業土木技術研究会」

本研究会は、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のため、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の現場技術情報の発信と交流を一貫して展開しています。

研究会では、現場の技術報文を中心とした会誌「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。

21世紀を迎え農業・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。会費は2,300円です（会費は51年度より据置）。

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。申し込み様式は以下を参考にして下さい。

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）：〒 _____

電話番号 _____

問い合わせ先：農業土木技術研究会 事務連絡 永井
〒105-0004 東京都港区新橋5-34-4
農業土木会館内 TEL 03(3436)1960
FAX 03(3578)7176

「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（145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. とりあげて欲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

近年の大雨等による災害が非常に増加しています。こうした中、地域の防災力の強化が重要です。我が農業農村整備事業に携わる者にとっては、農村地域の安全・安心な地域づくりを考えていかなければならないと思います。

この4月から防災課に配属され、これまで経験してきた「かんがい」の視点から「防災」というものを少しずつ考えるようになってきましたが、今一番身近な話題性のある「ため池」について多少述べてみたいと思います。

ため池は、稲作などの農業用水を確保するためにつくられた人工的な貯水池で、農家の方々の努力により守られてきました。歴史はとても古く、稲作が行われるようになった弥生時代にはすでにため池がつくられていたといわれています。多くのため池は新田開発が行われた江戸時代から明治時代にかけてつくられており、現在あるため池の多くは、この時代からのものです。その数は、現

在、全国で約21万カ所あるとされています。ため池は農業用水を貯えるだけでなくいろいろな働きを持っています。例えば、洪水調整、景観形成、地域交流などなど。それからさまざまな生き物が住んでいて豊かな自然を育てています。しかし、都市化の進行、生活排水の流入、ゴミの増加などによって本来の機能を発揮できないでいるため池がみられるようになっていきます。

我々の先人が築いてきた貴重な財産であるため池を次世代に引き継いでいくためには、今から手当をし、地域住民みんなで守っていく必要があるのではないのでしょうか。（まだ、かじりはじめたばかりで、こんな偉そうなことを言ってしまうですが）

家庭の防災対策（地震等）と併せて農業農村の防災対策についてみんなが関心を持っていたければと思う今日この頃です。

（防災課 向川）

水と土 第145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

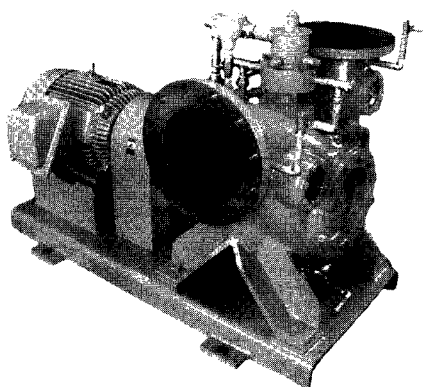
TEL 03(3952)5651

Open up the future.

～新しい風が未来を切り開く～

自吸式両吸込渦巻ポンプ

ホキレス[®]



補機のいら
ない
ポンプ場を実現！



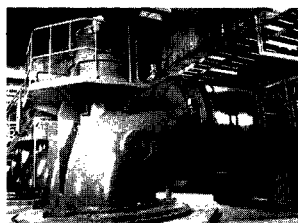
株式会社 電業社機械製作所

DMW CORPORATION

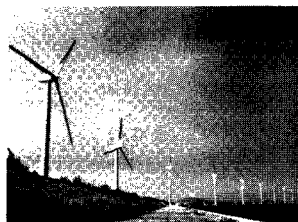
〒143-8558 東京都大田区大森北1-5-1
TEL: 03-3298-5115 FAX: 03-3298-5146
<http://www.dmw.co.jp>

トリシマポンプ

ポンプを含む
環境共生事業を通して
農業農村整備事業の
推進に貢献



治水用立軸斜流ポンプ
(口径2000mm)



風力発電システム
(1500kW×10基)



小水力発電システム
(農業用水路の堰堤を利用した
小水力発電の例)

株式会社 トリシマ 西島製作所

東京支社 / 〒141-0032 東京都品川区大崎1-6-1 (TOC 大崎ビル)
本 社 / 〒569-8660 大阪府高槻市宮田町一丁目1番8号

☎ (03) 5437-0820(代) FAX (03) 5437-0827
☎ (072) 695-0551(大代) FAX (072) 693-1288

ホームページ
<http://www.torishima.co.jp/>

環境工学は、自然素材を有効活用することにより、
「水」と「土」を中心とした
美しい田園空間や自然を守り、

豊かな農村環境を 創造します。



ストーンネット
排水路での使用例



ストーンネット
親水水路での使用例



ストーンネット
ため池での使用例

ストーンネット

ARIC (162)

自然石と金網を一体化し敷設する、水辺の生態系に配慮した「自然石固着金網工法」。



標準タイプ



階段タイプ

ラップストーン

ARIC (163)

アンカー部材付きの自然石を積上げる、コンクリートを使わない「アンカー式空石積工法」。



玉石タイプ



ラップストーン・ストーンネット
親水水路・排水路での使用例



ストーンネット
天然記念物イトヨの保護水路



ラップストーン
排水路での使用例



ラップストーン
自然石間にセキレイの巣



ラップストーン
ホタル水路での使用例

用途：排水路護岸、ため池護岸、ホタル水路、メダカ水路、その他生態系保全（ビオトープ）水路、
親水水路、せせらぎ水路、その他



環境工学株式会社

<http://www.kankyo-kogaku.co.jp/> /メルマガ会員募集中

本社：〒190-0012 東京都立川市曙町2-10-1 ふどうやビル6F
TEL. 042-525-7151 FAX. 042-525-7033

営業所：盛岡 仙台 高崎 東京 名古屋 岐阜 大阪 徳島 広島 福岡