

水と土

No.153
2008

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



吉野川北岸用水（徳島県）

きりばる
切原ダムにおける開水路方式転流工について (本文15頁)



切原ダム完成イメージ図



切原ダム施工状況

篠ヶ谷調整池の施工について (本文20頁)

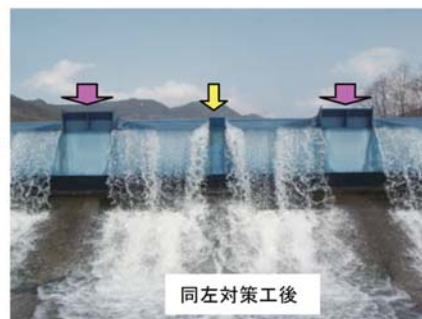
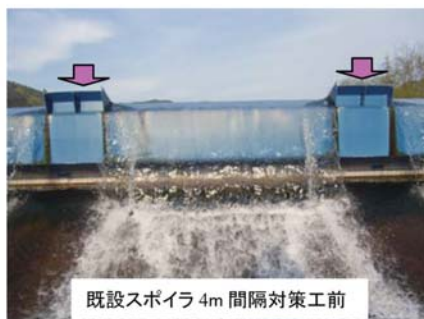
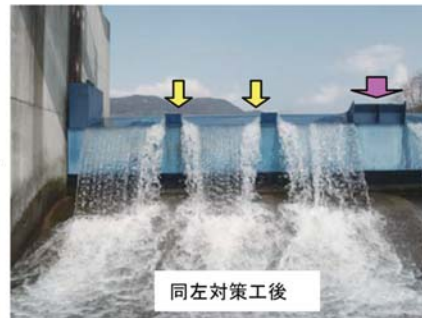
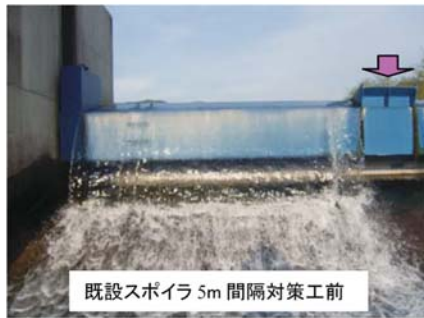


篠ヶ谷調整池完成予想図



底樋部分施工状況

馬見ヶ崎川合口頭首工における低周波音対策について (本文42頁)



↓ : 追加スポイラ
↓ : 既設スポイラ

追加スポイラによる水膜分断状況

取水口における塵芥除去及び処理の実態と浮遊性塵芥流入防止装置の開発 (本文46頁)





FRPM板取付状況 (底板)



FRPM板取付状況 (側壁)



目地取付状況



No.⑥水路 (完了後)



事後調査 (No.③水路)

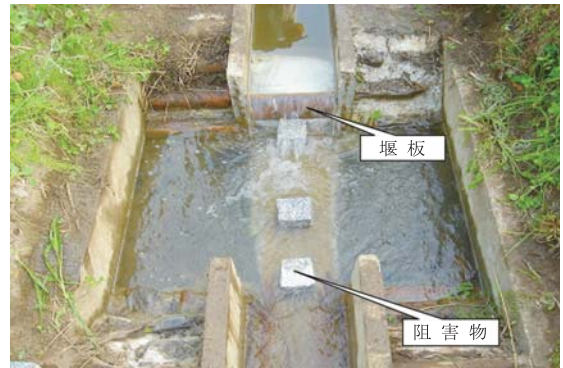
小動物のための脱出用水路の検討について (本文80頁)



脱出できないアマガエル



現況施設



構造変更施設

蔵王山麓水の懸け橋「横川堰」 (本文96頁)



堰上げをして横川の清流を分水 山形県へ



山形県側へ涛々と落ちる蔵王の清流

水と土

C o n t e n t s

2008 JUNE No.153

◆報文内容紹介	7
◆会員向けに「水と土」のWeb検索サービスを開始	9

□巻頭文

北海道農業と農業農村整備	古澤清崇	13
--------------	------	----

□報 文

<small>きりぼる</small> 切原ダムにおける開水路方式転流工について	小谷 匡	15
篠ヶ谷調整池の施工について	根本 茂	20
老朽化フィルダムの堤体嵩上げ時のゾーニングパターンの事例研究	福島伸二・谷 茂	26
馬見ヶ崎川合口頭首工における低周波音対策について	高橋 寛	42
取水口における塵芥除去及び処理の実態と浮遊性塵芥流入防止装置の開発	小林宏康・浪平 篤・高木強治・後藤真宏	46
総合技術監理手法を活用した現場管理 - 白根排水機場改修工事への導入事例 -	阿部義宣	56
新工法（FRPM板ライニング工法）による水路改修事例について	廣本淳史	64
環境に配慮した水路整備に必要なモニタリング（事前・事後調査） - 農村振興総合整備事業（地域環境整備型）大野地区 -	岡山和広	71
小動物のための脱出用水路の検討について	坂本義浩・岡 直子・高阪快児	80
コンクリート開水路における性能設計の取組事例	小倉健一郎・神戸敏光・衣笠 浩二	85
泥炭土壌における鉄分流出抑制に有効な暗渠排水疎水材の検討	三坂直樹・長尾 諭・今川幸久	91

□歴史的土壌改良施設

蔵王山麓水の懸け橋「横川堰」	細矢市藏	96
----------------	------	----

◆会告	101
◆投稿規定	102
◆入会案内	103

水と土 第153号 報文内容紹介

きりばる 切原ダムにおける開水路方式転流工について

小谷 匡

国営かんがい排水事業「尾鈴地区」において建設する切原ダムは、転流工においてトンネル方式と開水路方式の比較検討を行い、開水路方式を採用することにより工期短縮とコスト縮減を図っている。

(水と土 第153号 2008 P.15 設・施)

篠ヶ谷調整池の施工について

根本 茂

大井川地区は、稲作を主体とした島田市他7市2町7,757haに及ぶ地帯である。本地区はS22～43に国営大井川農業水利事業により整備されたが、経年変化により老朽化や水需要の集中化が発生している。H11より国営大井川用水農業水利事業において幹線水路・調整池の再編整備を実施している。

今回の報文では、新たな水需要に対応するため、新設を行う篠ヶ谷調整池の施設計画及び施工計画について概説する。

(水と土 第153号 2008 P.20 設・施)

老朽化フィルダムの堤体嵩上げ時の ゾーニングパターンの事例研究

福島伸二・谷 茂

本論文は、これまでにわが国で実施された堤体嵩上げ事例の経験を活かして今後の堤体嵩上げに役立てるために、嵩上げ堤体のゾーニングパターンを調査し、嵩上げ規模と堤体軸の上・下流側への移動量により分類と特徴について整理したものである。調査結果によると、堤体嵩上げ時におけるゾーニング形式は既設堤体や基礎地盤に期待できる安定性や遮水性の程度に関係しているものの、既設堤体の堤高 H_0 に対する嵩上げ高 H_1 の比で表示した嵩上げ H_1/H_0 によりおおむね小・中・大規模の3種類に分類できることがわかった。嵩上げ規模が小規模なものは $H_1/H_0=0.02\sim 0.20$ で堤体補強や漏水防止を対象としたもの、中規模な嵩上げは $H_1/H_0=0.20\sim 0.80$ で堤体片側への均一型あるいはゾーニング型の腹付け盛土形式による嵩上げ、大規模な嵩上げは $H_1/H_0=0.50\sim 0.80$ で既設堤体に接して独立した堤体を築造する嵩上げである。

(水と土 第153号 2008 P.26 設・施)

馬見ヶ崎川合口頭首工における 低周波音対策について

高橋 寛

馬見ヶ崎川合口頭首工（最上川水系馬見ヶ崎川）の近隣住宅から、頭首工ゲート越流時に住宅の窓等が振動すると苦情を受け、洪水吐ゲート又は頭首工上流の砂防堰堤での低周波音の発生あるいは隣接国道からの地盤振動が原因ではないかと想定し、低周波音等の調査を行い、その原因究明、対策検討、対策工としてスポイラの増設、効果検証を行った結果について紹介する。

(水と土 第153号 2008 P.42 企・計)

取水口における塵芥除去及び処理の実態と 浮遊性塵芥流入防止装置の開発

小林宏康・浪平 篤・高木強治・後藤真宏

頭首工取水口における塵芥の除去と処理の実態を明らかにするため、施設管理者に対する聞き取り調査と葉書アンケート調査を行った。その結果、多くの取水口において、上流域の都市化・混住化等の影響で、多量の浮遊性の家庭ゴミ等が集積しており、塵芥除去及び処理の負担が増大していた。そのため、浮遊性塵芥除去の軽劣化を目的に、農村工学研究所が中心となって開発した技術／装置を概説する。

(水と土 第153号 2008 P.46 設・施)

総合技術監理手法を活用した現場管理 —白根排水機場改修工事への導入事例—

阿部義宣

「白根排水機場改修工事」の現場管理において、「総合技術監理」の概念を導入した。

体系化された5つの管理技術（経済性管理・人的資源管理・情報管理・安全管理・社会環境管理）を行使し、相互の関係を俯瞰的に捉え、総合的な見地から課題を解決していくことで、効率的な現場管理を行い、老朽化した既設排水機場に近接する現場条件の中で、工事を安全に完了することができ、所要の品質・納期の確保、コストの縮減が図られた。

(水と土 第153号 2008 P.56 設・施)

新工法（FRPM板ライニング工法）による 水路改修事例について

廣本淳史

耐用年数を経過した農業用基幹水路の改修計画にあたり、事業費の抑制と工期短縮を技術的課題として捉え、新工法による問題点の解決方法、新工法のメリット、デメリットを紹介した。農業水利施設の延命化を図る工法の1事例として今後の農業土木技術に役立てればと考える。

(水と土 第153号 2008 P.64 設・施)

環境に配慮した水路整備に必要なモニタリング （事前・事後調査）

—農村振興総合整備事業（地域環境整備型）大野地区—

岡山和広

環境配慮対策を事業に取り組む際に、モニタリング（事前・事後調査）の時期、回数、必要性について担当者として悩むことがある。

農村振興総合整備事業（地域環境整備型）大野地区では、周辺農地の用水源であり、多様な魚類が生息する湿地において自然環境・生態系保全施設整備を実施した。

モニタリングの重要性を明らかにするため、事前調査結果の環境配慮対策への反映経過、効果検証に必要な事後調査方法を報告するものである。

(水と土 第153号 2008 P.71 企・計)

小動物のための脱出用水路の検討について

坂本義浩・岡 直子・高阪快児

区画整理に伴う用水路のコンクリート化によるカエル等の小動物の生活圏分断を防ぐため、脱出スロープ付き用水路を設置した。さらに、脱出機能向上を検討するために、アマガエル、模型を使って堰上げの有無、障害物の設置数とスロープへの脱出率の関係を調べる流下実験を行った。その結果、堰上げて障害物を3個設置する構造が優れていることが判明した。この小動物脱出用水路を特許出願し、グリーンカエルの商標登録をおこなった。

(水と土 第153号 2008 P. 80 設・施)

コンクリート開水路における性能設計の取組事例

小倉健一郎・神戸敏光・衣笠浩二

国営かんがい排水事業（農業用水再編対策）「大和紀伊平野地区」の対象施設である「紀の川左岸幹線水路」の改修整備に伴い実施した業務・試行工事での「性能設計」および「性能発注」の事例を報告する。

本事例の性能設計の要求性能・性能照査指標・照査方法および今後の課題等を紹介する。

(水と土 第153号 2008 P. 85 設・施)

泥炭土壌における鉄分流出抑制に有効な暗渠排水疎水材の検討

三坂直樹・長尾 諭・今川幸久

天塩川下流域では天塩町特産であるしじみが生息しているが、近年貝殻に赤サビが付着するしじみが増える傾向にある。これは、自然環境や天塩川生息地における周辺環境の変化に伴うものと推測される。

その原因の一つとして泥炭土壌からの排水に含まれる鉄分の一種である溶解性二価鉄が考えられている。

このようなことから暗渠排水の疎水材に鉄分流出抑制に有効な材料を選定する為、試験圃場を設け検討したのでこれらについて報告する。

(水と土 第153号 2008 P. 91 設・施)

〈歴史的土壌改良施設〉

蔵王山麓水の懸け橋「横川堰」

細矢市藏

藩政時代の文政4年（1821年）に、いまの山形県上山市中生居地区の庄屋7代目奈良崎助左衛門によって計画された全長2.8kmの「横川堰」開削工事は、さまざまな困難に遭いながらも60年後の明治14年に8代目助左衛門によって完成を見た。湊湊と流れる蔵王山麓水を、角田藩（宮城県七ヶ宿町）側から上山藩（山形県上山市）側へ引水するという大事業の歴史的経緯を紹介する。

(水と土 第153号 2008 P. 96)

会員向けに「水と土」のWeb検索サービスを開始

1. Web検索サービスの開始

農業土木技術研究会の会員サービスの一環として、Web上で「水と土」の検索サービスを開始しました。平成20年6月現在、第1号（昭和45年）から第144号までの各号を検索・閲覧することができます。

2. アクセス

全国農村振興技術連盟のホームページ（<http://www.n-renmei.jp/>）の「水と土」のコーナーから、もしくは直接、検索サービスページ（<http://mizutotuti.jp/>）を開いて下さい（図-1）。

以下のトップ画面の「ログイン」をクリックし、ユーザー名（U）及びパスワード（P）を入力（図-2）して「OK」をクリックすれば、検索画面（図-3）が立ち上がります。

なお、パスワード等は、不定期に変更する場合がありますので、入力する際は最新号をご覧ください。



図-1



図-2

水と土

ご覧になるには、アドビシステムズ社が配布しているAdobe Readerが必要です（無償）
 Adobe Readerをインストールすることにより、PDFファイルの閲覧などが可能になります。



年	図書名	項数	PDF(Mb)	目次内検索
平成18年	水と土 第144号	120	14.9	目次
平成17年	水と土 第143号	84	12.9	目次
昭和45年	水と土 第2号	68	6.69	目次
昭和45年	水と土 第1号	80	6.41	目次

[ページTOPへ](#)

農業土木技術研究会 問い合わせ TEL 03(3436)1960 FAX 03(3578)7176
 〒105-0004 東京都港区新橋5丁目34-4 農業土木会館内
 水と土 Japanese Association for the Study of Irrigation, Drainage and Reclamation Engineering
 製作協力: (社)農業農村整備情報総合センター

図-3

3. 検索

(1)一覧からの選択

一覧の「図書名」をクリックすると当該号が全てPDFファイルで表示されます。

また、「目次」をクリックすると、当該号の目次が表示されます。

(2)全文検索

目次内検索をクリックすると「目次内全文検索」の画面が立ち上がります（図-4）。

ここでは、全文検索機能を使い、各号「水と土」の目次内にあるキーワードを手がかりに、自分が探したい報文などの抽出を行います。

検索方法は以下のとおりです。

農業土木技術研究会 会員限定コーナー

「水と土」目次内全文検索システム

現在、144 の文書がインデックス化され、6,347 個のキーワードが登録されています。
インデックスの最終更新日: 2007-11-22

検索式: [\[検索方法\]](#)

表示件数: 表示形式: ソート:

図-4

①単一単語検索

調べたい単語を一つ指定するだけのもっとも基本的な検索手法です。

例：ダム

②AND検索

ある単語とある単語の両方を含む文書を検索します。検索結果を絞り込むのに有効です。3つ以上の単語を指定することも可能です。単語と単語の間に and を挿入します。

例：ダム and 工法

andは省略できます。単語を空白で区切って羅列するとそれらの語すべてを含む文書をAND検索します。

③OR検索

ある単語とある単語のどちらかを含む文書を検索します。3つ以上の単語を指定することも可能です。単語と単語の間に or を挿入します。

例：ダム or 工法

④NOT検索

ある単語を含み、ある単語を含まない文書を検索します。3つ以上の単語を指定することも可能です。単語と単語の間に not を挿入します。

例：ダム not 工法

4. 会員申し込み

トップページの「[入会の申し込みはこちらから](#)」をクリックすると入会案内・手続きのページが表示されます。

ここでは、入会申し込みフォームを使ってWeb上での入会申し込みが出来るほか、FAX・郵便の申込用紙をダウンロードすることが出来ます（PDFファイル）。

水と土

農業土木技術研究会 入会申込み

年会費・発行等

- 年会費2,300円/1人
- 会誌「水と土」年間4回発行(年度:4~3月)
- 「水と土」バックナンバー閲覧(検索システム)

申込み

農業土木技術研究会への入会申込みは、以下のいずれかの方法でお申込みください

入会申込みフォームにて

FAX・郵便にて (PDF)

各職場に研究会連絡員等がおられる場合は、連絡員を通してお申込みください

PDF形式のファイルをご覧になるには、アドビシステムズ社が配布しているAdobe Readerが必要です
(無償)Adobe Readerをインストールすることにより、PDFファイルの閲覧などが可能になります



連絡先・申込み先

農業土木技術研究会 TEL 03(3436)1960 FAX 03(3578)7176

〒105-0004 東京都港区新橋5丁目34-4 農業土木会館内

図-5

北海道農業と農業農村整備

古澤清崇*
(Kiyotaka FURUSAWA)

1. 食をめぐる国内外の事情

近年、国民の生活が成熟化するにつれて、食の安全性への関心が徐々に高まっています。とりわけここ数ヶ月は、食に係わる様々な出来事があり、食の問題が大きくクローズアップされています。

中でも、先の中国製冷凍ギョーザ事件は、多くの国民が食の安全と産地への関心を一層高める契機となったことは間違いありません。

最近では、消費者の国産指向や、農業者による安全で安心できる農産物の生産努力ばかりではなく、外食産業でも国産品を出来るだけ使おうとする動きが顕著になってきています。

2005年春、北海道小樽市の飲食店に緑の提灯が灯りました。カロリーベースの地場・国産食材使用割合が50%を超える飲食店が自主的に緑提灯を掲げる運動の始まりです。その後、特に、1月末のギョーザ事件以降は加盟店が急増し、2月初旬には全国で200店、3月下旬に600店余、5月中旬には950店に至り、まもなく1,000店を超える勢いです。

また、国際的な食料情勢は最近一層の厳しさを増しています。

小麦、トウモロコシ等の主要穀物価格は、急激に高騰し、一部の輸出国では自国向けの食料を確保するために農産物の輸出規制を導入するなどしており、開発途上国を中心に、深刻な食料事情が惹起されています。これは新興国における食糧需要の増加、地球環境の変化に伴う農産物生産量の変動、バイオエタノール原料との競合等がその原因と見られますが、こうした状況は今後も長期的に続く可能性が高く、将来の世界の食料需給は逼迫の度を増すものと思われま

一方、わが国は少子高齢化が進み、なおかつ若年層の平均的な学力低下が危惧されており、今後も国際的な経済競争力を維持し得るのか不透明な状況です。

国内・海外とも、こうした不安な事情をかかえている中で、海外農産物に大きく依存したまま、安全で安心できる食を安定的に確保していくのは容易なことではありません。

国産農産物の生産振興が多方面から求められる所以です。

2. 北海道農業の位置づけ

北海道の農産物や加工品は、雄大な大地と北国の清涼な気候の下で育まれた高品質なものとのイメージで受けとめられており、国内はもとより、アジア地域をはじめ、海外でも魅力的なブランドとして大きく

*北海道開発局農業水産部農業水利課 (Tel. 011-709-2311)

発展していく潜在力を秘めていると考えられます。

北海道は国内の耕地面積の約1/4を占め、道内のカロリーベース自給率が約200%であることなどに示されるとおり、わが国の重要な食料生産基地としての役割を果たしています。また、冷涼な気候であるため、農薬の使用を抑えやすいというメリットにも恵まれています。

道産米はかつては猫も食えない「猫またぎ米」と揶揄された時代もありましたが、今や食味において東北・北陸の一等米と遜色ない米が生産されています。

また、畑作物でも、帯広川西のナガイモのように、薬膳料理の食材として、台湾等で高い人気を博しているものもあります。このように、道産の農産物は、今後、安全で高品質な食材として、アジアをはじめとする海外市場への輸出拡大が期待されているところです。

一方、北海道に関わる行政機関の政策でも、「食や農」は最も重要な課題として位置づけられています。北海道開発局を所管する国土交通省では、平成20年度から始まる「新たな北海道総合開発計画（案）」の中で、主要施策の筆頭に、「食料供給力の強化と食にかかわる産業の高付加価値化・競争力強化」を掲げています。

また、北海道も、平成20年度から今後おおむね10年間の道政の基本的な方向を総合的に示すものとして、「新・北海道総合計画」を策定しましたが、この中で、8つの戦略の第1に、「食」の分野が取り上げられています。

3. 北海道における農業農村整備

北海道の農業経営規模は、一人当たりの耕地面積が約20haと、都府県の15倍に達しています。また、農業所得を主とする主業農家の比率は7割を越えるため、農業経営の成否が家計を大きく左右する構造となっています。したがって、道内の農業者はWTOや日豪EPA交渉の成り行きなど、農業を取り巻く国際情勢にもとりわけ強い関心を持っており、経営感覚に優れた農業者が大宗を占めていると言えます。

こうした農業者にとって、生産基盤の充実が最大の関心事であり、用排水や農地の整備とその維持管理は、付加価値の高い農業生産を実現するための重要な要素の一つとなっています。これまでに整備された土地改良施設の維持管理とともに、一層の規模拡大を可能とするほ場区画の拡大や、生産の安定と品質の向上に寄与する畑地のかんがいや排水の整備など、今後も農業基盤の整備に対する農業者の需要は相当あるものと見込まれます。

また、環境保全型かんがい排水事業のように、畜産物の糞尿を発酵させることで臭気を低減し、これを肥料として農地に還元したり、排水路の水質浄化のための整備を行うなど、バイオマスの活用や環境保全に配慮した事業が進められています。この事業を実施している町は、地域資源の活用と農村環境の保全を重要な政策目標に掲げ、事業の推進に大きな期待と支援を寄せてくれておりますが、こうした地元のニーズに出来るだけ応えられるよう、事業内容の一層の充実を図っていきたく考えています。

このように、北海道における農業農村整備の役割は今後も大きなものがあり、それに携わる技術者はその役割をしっかりと果たしていく責務があります。クラーク博士の言葉”Boys be ambitious!”は、時代や年齢を超えて、現代の我々にも向けられているのだという気概をもって取り組んでいきたいものです。

きりばる
切原ダムにおける開水路方式転流工について

小 谷 匡*
(Tadashi KOTANI)

目 次

1. はじめに……………	15	3. 開水路方式転流工について(メリット及びデメリット) ……	19
2. 転流工の設計について……………	16	4. おわりに……………	19

1. はじめに

きりばる
切原ダムは、国営かんがい排水事業「尾鈴地区」において建設するコンクリートダムである。

尾鈴地区は、宮崎県の日向灘沿いのほぼ中央部に位置する川南町、高鍋町及び都農町の畑1,580haを受益とし、新規の水源となる切原ダムをはじめ既存の青鹿^{せいろく}ダムの改修、パイプライン及びファームポンドを建設し、安定的な畑地かんがい用水を供給し農業生産性の向上と農業経営の安定を図るものである。(図-1)

切原ダムの諸元は、堤高61.3m、堤長227.0m、堤体積230.0千m³の直線重力式コンクリートダムである。(表-1)(図-2)

表-1 切原ダム諸元表

流域面積	直接:3.1km ² 間接:1.1km ²	ダム形式	直線重力式 コンクリート ダム
満水面積	0.108km ²		
総貯水量	2,040,000m ³	堤 高	61.3m
有効貯水量	1,900,000m ³	堤 長	227.0m
堆砂量	140,000m ³	堤 長 幅	4.0m
常時満水位	E.L.263.30m	天 端 標 高	E.L.266.30m
設計洪水水位	E.L.264.40m	基 盤 標 高	E.L.205.00m
サーチャージ水位	E.L.264.30m	堤 体 積	230,000m ³
計画堆砂位	E.L.234.40m	設 計 洪 水 量	165m ³ /s

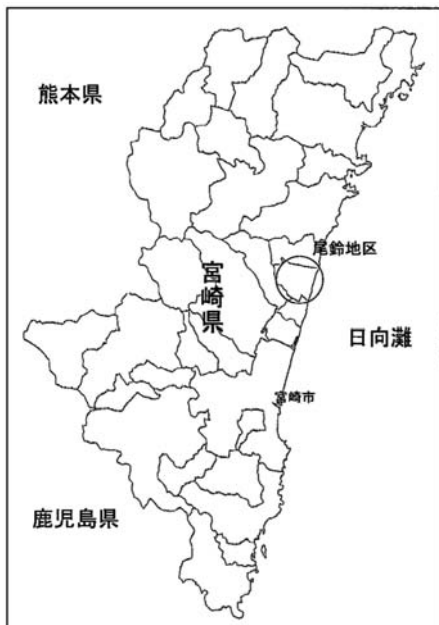


図-1 尾鈴地区 位置図



図-2 切原ダム完成イメージ図

*現：農村振興局整備部設計課付 (Tel. 03-3502-8111)
前：九州農政局尾鈴農業水利事業所

2. 転流工の設計について

(1) 転流工の構成

ダム の 転 流 工 は、 工 事 期 間 中 に ダ ム 地 点 を 流 下 する 流 水 を 安 全 に 通 過 さ せ る と と も に、 堤 体 及 び 基 礎 地 盤 の 力 学 的 及 び 水 理 的 安 定 性 に 支 障 を 与 え ない 構 造 と し な け れ ば な ら ない。

転流工は、仮締切と仮排水路によって構成される。表-2のように転流工では、堤体の基礎及び築堤等の工事に支障を生じさせないよう仮設ヤード等を含む工事区域を締切り、河川の流れをトンネル又は排水路を通じて安全に流下させ、工事完了後にこれを閉塞する。

表-2 転流工の構成

河流処理の方式	仮排水路	コンクリートダムへの適用
全川締切	トンネル	適する
半川締切	開水路 堤内仮排水路	適する

これら一連の河流処理に当たって考慮すべき事項は、次のとおりである。

- ① 当該河川の流域面積及び洪水の水理特性
- ② 仮締切の位置及び型式と仮排水路との関係
- ③ 締切地点及び仮排水路路線上の地形及び地質
- ④ 仮排水路の取水、放流設備等への転用の有無
- ⑤ 仮締切の越流によって、もたらされる工事期間中の被害の程度
- ⑥ 仮締切及び閉塞の時期と河川の流況

(2) 設計対象流量

重力式コンクリートダムでは、一般に年1回～3回の発生洪水流量を設計対象流量としていることが多い。

切原ダムにおいては、年に2回程度発生する洪水を設計対象流量とし、近傍観測所データより年2回生起する確率日雨量をもとに合理式より、 $25\text{m}^3/\text{s}$ を算定した。

① 降雨強度式

切原ダムの洪水到達時間は流域が小さい ($A = 3.10\text{km}^2$) ことから、到達時間は2時間より短いと推定されることから、短時間降雨強度式を用いた。

最適形式は「降雨強度式形・適合度検定分布図-応用水文統計学-」より、久野・石黒式を用いた。

② 洪水到達時間

一般に用いられる以下の方法によって洪水到達時間を求め、その最小値である特性曲線法+ルチハ式を採用した。

- ・角屋・福島式
- ・土木研究所式
- ・カーベイ式+ルチハ式
- ・カーベイ式+クラーパーベン式
- ・特性曲線法+ルチハ式
- ・特性曲線法+クラーパーベン式

特性曲線法 (山腹流下時間) + ルチハ式 (河道流下時間) より、

$$t = 303.3/re^{0.4} + 4.9$$

$$re = f \times I_N = 0.8 \times 347.8 / (\sqrt{t} + 0.59)$$

t : 洪水到達時間 (min)

re : 洪水到達時間内の平均有効降雨強度 (mm/hr)

f : 流出係数0.8 (山地河川)

I_N : N年確率t分間降雨強度 (mm/hr)

よって

$$t = 83.7 \text{ (min)}$$

$$re = 28.5 \text{ (mm/hr)}$$

③ 洪水流量

合理式より、

$$Q = 1/3.6 \times re \times A$$

A : 流域面積 (km^2)

$$Q = 1/3.6 \times 28.5 \times 3.10$$

$$= 24.5 \approx 25 \text{ (m}^3/\text{s)}$$

(3) 転流工の設計

設計対象流量が $25\text{m}^3/\text{s}$ と比較的小さいため、切原ダムにおいては転流工としてトンネル方式と開水路方式の2方式について、その比較検討を次頁の表 (表-3) の通り行った。

これらから、特に工程及びコストを考慮し、開水路方式を採用することとした。

表-3 転流工方式比較一覧表

項目	トンネル方式	開水路方式																												
地 形	現況河床勾配が 1/10 ~ 1/15 と非常に急勾配であり、呑口部又は吐口部において、大規模なシュート式水路等の構造物が必要となる。	河床幅が 70 m 程度確保でき、河道の切替え（一次転流）が可能である。																												
施工性	<ul style="list-style-type: none"> ・全面的に基礎掘削、堤体打設が施工できる。 ・河床部に障害物がなく、コンクリート打設に制約条件がなくなる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・全面的に基礎掘削、堤体打設が施工できず、転流切替えの制約を受ける。 ・転流切替え、打設リフト差等のコンクリート打設に制約条件がトンネル方式に比べ増える。 																												
工 程	トンネル工事を含むダム工事全体工程は長くなる。	ダム工事全体工程はトンネル方式に比べ短くなる。																												
地盤条件	トンネルの閉塞は極力地山と一体化させ、貯水圧による滑動と漏水防止に努める必要がある。	開水路の基礎として大きな地盤支持力を必要としない事により問題は無い。																												
施工例	わが国のダムでは、この方式が多く採用されているが、設計対象流量が 25 m ³ /s におけるトンネル方式での施工例はあまりない。	設計対象流量が小さい場合の転流方式は開水路方式の事例がほとんどである。																												
コ ス ト (概算)	<table border="1"> <tr><td>坑口工</td><td>39,000 千円</td></tr> <tr><td>トンネル工</td><td>54,000 千円</td></tr> <tr><td>ファンク^ララ^チング^ク</td><td>15,000 千円</td></tr> <tr><td>閉塞工</td><td>5,000 千円</td></tr> <tr><td>仮締切工</td><td>15,000 千円</td></tr> <tr><td>仮設備工</td><td>13,000 千円</td></tr> <tr><td>計</td><td>141,000 千円</td></tr> </table>	坑口工	39,000 千円	トンネル工	54,000 千円	ファンク ^ラ ラ ^チ ング ^ク	15,000 千円	閉塞工	5,000 千円	仮締切工	15,000 千円	仮設備工	13,000 千円	計	141,000 千円	<table border="1"> <tr><td>一次転流工</td><td>17,000 千円</td></tr> <tr><td>二次転流工</td><td>34,000 千円</td></tr> <tr><td>三次転流工</td><td>11,000 千円</td></tr> <tr><td>仮締切工</td><td>17,000 千円</td></tr> <tr><td>ダム損料増分</td><td>28,000 千円</td></tr> <tr><td>仮設備工</td><td>3,000 千円</td></tr> <tr><td>計</td><td>110,000 千円</td></tr> </table>	一次転流工	17,000 千円	二次転流工	34,000 千円	三次転流工	11,000 千円	仮締切工	17,000 千円	ダム損料増分	28,000 千円	仮設備工	3,000 千円	計	110,000 千円
坑口工	39,000 千円																													
トンネル工	54,000 千円																													
ファンク ^ラ ラ ^チ ング ^ク	15,000 千円																													
閉塞工	5,000 千円																													
仮締切工	15,000 千円																													
仮設備工	13,000 千円																													
計	141,000 千円																													
一次転流工	17,000 千円																													
二次転流工	34,000 千円																													
三次転流工	11,000 千円																													
仮締切工	17,000 千円																													
ダム損料増分	28,000 千円																													
仮設備工	3,000 千円																													
計	110,000 千円																													

(4)開水路方式転流工の構造

開水路の工法は、

- ・コルゲートフリユーム
- ・台形水路
- ・コンクリートフリユーム
- ・コルゲートパイプ

などが考えられる。各転流工の工法は、転流工が一次～三次に分かれて施工されるため、各転流工において、以下の点を考慮し最も経済性、施工性に優れた工法を採用する。

①路線選定

地形及び基礎条件を考慮して、水路延長が極力短く、経済的となるよう計画する。

また、基礎掘削及びコンクリート打設の施工に

大きく影響を与えるため、これらの施工方法及び工程も考慮する。

②最大許容流速

最大許容流速は転流工が仮設構造物であることにより、永久構造物の値より割増を行う。

③線形

極力、直線となるよう計画し、地形上やむを得ず屈曲させる場合は、交差角が小さくなるように計画する。

④呑口・吐口位置

呑口は上流仮締切を兼ねた構造とし、堤体打設時のバンカー線の設置に支障がない位置とする。吐口は呑口と同様に極力、仮設備やダム構造物に支障が生じない位置とする。

⑤縦断勾配

開水路の縦断勾配は一般的には最大許容流速より決定されるが、コルゲートフリウムにおいては、急勾配とした場合、縦移動が発生する。この縦移動の勾配は経験的に1/10～1/15とされている。

本計画においては、コルゲートフリウムの最大勾配を屈曲部で1/15、直線部で1/10とし、これより緩勾配にて縦断計画を行う。

一次転流工	
コルゲートパイプ	φ2,500 L=252.0m
二次転流工	
コルゲートフリウム	2.0m×3.6m L=160.0m
三次転流工	
コルゲートパイプ	φ2,500+堤内仮排水路 (図-3, 4)

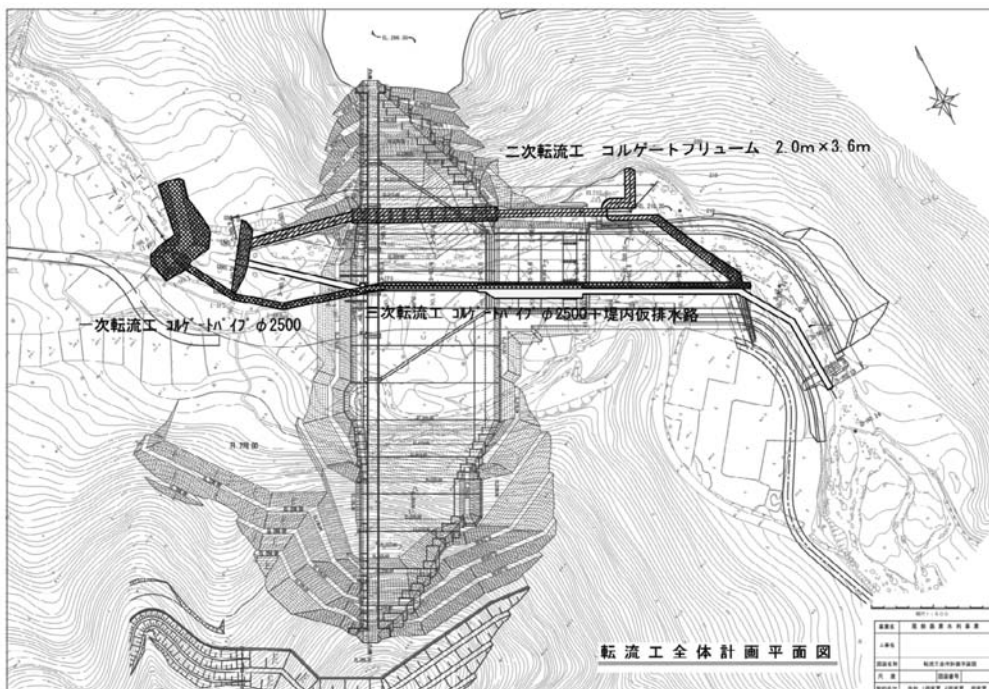


図-3 転流工計画平面図

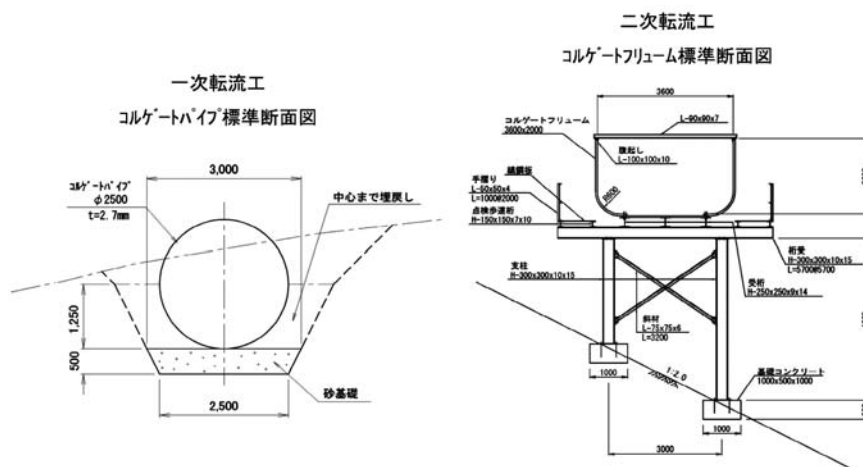


図-4 転流工標準断面図 (1/2)

三次転流工
堤内仮排水路標準断面図

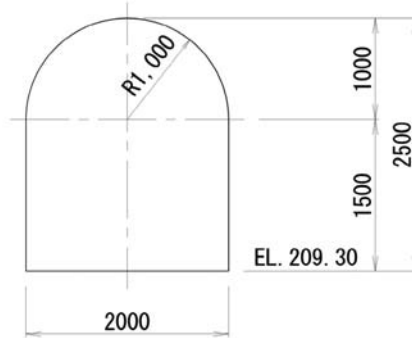


図-5 転流工標準断面図 (2/2)

3. 開水路方式転流工について (メリット及びデメリット)

(1) メリット

- ダム工事全体工程が短くなる。ダム工事が事業全体工期のクリティカルパスとなるような場合は、事業工期の短縮を図ることができる。
- 地形や洪水流量などによるが、コスト縮減を図ることができる。

(2) デメリット

- 全面的に基礎掘削、堤体打設が施工できず、転流切替えの制約を受ける。
- 水路の漏水対策が万全でないと、堤体敷きに水が溜まり、現場施工に悪影響を及ぼす。

4. おわりに

切原ダムは平成19年3月に本体工事を開始し、平成20年3月現在、基礎掘削をほぼ終えたところである。今後、仕上げ掘削を行っていき、平成20年の秋に堤体コンクリート打設を行う予定である。

本地域の新しい水源となる切原ダムが早期に安全に、そして品質が良く安価に完成できるように、今後とも弛まぬ技術的検討を行っていく必要があると考えています。(写真-1)



平成19年11月3日 撮影



平成20年3月6日 撮影

写真-1 切原ダム施工状況

篠ヶ谷調整池の施工について

根 本 茂*
(Shigeru NEMOTO)

目 次	
I. はじめに	20
II. 篠ヶ谷調整池の概要	20
III. 調整池の施工計画	22
IV. おわりに	25

I. はじめに

本地区は、静岡県ほぼ中央の島田市外7市2町に位置し、大井川により形成された扇状地、瀬戸川沿岸及び牧ノ原台地を隔てた菊川、原野谷川沿岸等にまたがる7,757haからなる農業地帯である。この地域は、国営大井川農業水利事業（S22～43）により安定した用水確保、用水施設の整備がされ農業の振興が図られてきた地域であるが、築後30年から50年が経過し幹線水路等の主要施設は老朽化が進んでおり、早期の再整備が望まれている。一方地域営農は、水稻の早期栽培や畑作の振興などの営農形態の変化に伴い水需要が集中化してきていること、また、周辺地域の開発等による還元水の減少やため池の改廃などにより、地域の営農実態に即した適正な用水供給が困難な状況となっている。これらのことから、本事業により調整池の再編整備を行い用水の確保を図るとともに、幹線水路の再整備を行うこととして、平成11年に着工した。

本報では、菊川幹線下流に広がる畑地帯のかんがい調整のために新設する、篠ヶ谷調整池の施工について報告する。

II. 篠ヶ谷調整池の概要

菊川左岸幹線水路は、大井川右岸地域の菊川市、御前崎市へ農業用水を供給する農業用水路であるが、用水需要のずれにより幹線水路の用水量に過不足が生じている。これを解消するため、余剰が

発生する際に幹線から調整池へとポンプにて揚水し、不足時に調整池から幹線水路へと自然流下させる計画で調整池容量70千 m^3 の調整池を新設する計画である（図-1）。幹線水路から調整池へ揚水するポンプ場の建設位置は分木工の下流とし、用水量のアンバランスを改善することとした。既存のため池は直下流域に民家が近接しているため拡張できず、調整池は、新規に造成することとした（図-2）。



図-1 大井川地区位置図



図-2 篠ヶ谷調整池完成予想図

*現：関東農政局両総農業水利事業所茂原支所
(Tel. 0475-22-8171)
前：関東農政局大井川用水農業水利事業所

また、予定地は、基盤は安定しているが、谷が比較的広い形状であることから、コンクリートダム形式ではなく、フィルダム形式とした。掘削を行うことにより発生する材料（遮水性材：風化泥岩、半透水性材：泥岩、フィルター材：購入）を使用可能であるが、遮水材量について賦存量が限られていることから、遮水材量が最小となるように検討したところ、岩盤線の縦断勾配から中心遮水ゾーン型ではなく、傾斜遮水ゾーン型とした。堤高については、本調整池が調整池流域の流水のみを貯留するのではなく、幹線よりポンプ揚水するため、LWL・HWLともに制限は無い。このため、①掘り込みを行わない案、②一部掘り込み案（経済カーブを作成し、最安価なもの）、③全掘り込み案を検討した。

①案は堤高が20m超となり、仮排水路のトンネル工事等費用が最も不経済、③案は掘削量が增大するため、②案より不経済となった。②案は、経済カーブから掘り込みを極力押さえ、H = 15m未満のため池の範囲に収まるものが最も経済的になることから、堤高H = 14.9m、堤体積25,500m³（内

訳：遮水性材7,800m³、半透水性材14,800m³、フィルター材2,900m³）と設定した。このため、適用する基準類は、「土地改良事業設計指針「ため池整備」（平成18年2月）」を基本とし、「土地改良事業計画設計基準・設計「ダム」（平成15年4月）」を準用し、設計した。

なお、本工事は、総合評価落札方式（高度技術提案型）にて発注を行っている。



写真-1 底樋部分施工状況

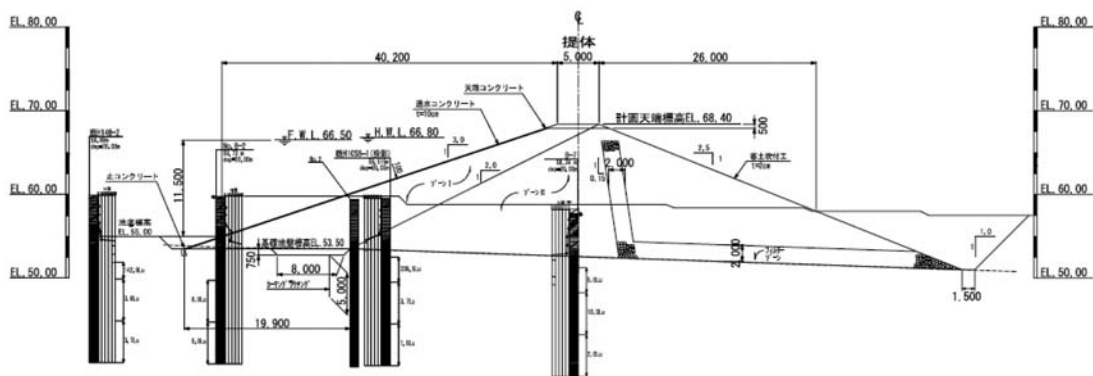


図-3 堤体標準断面図

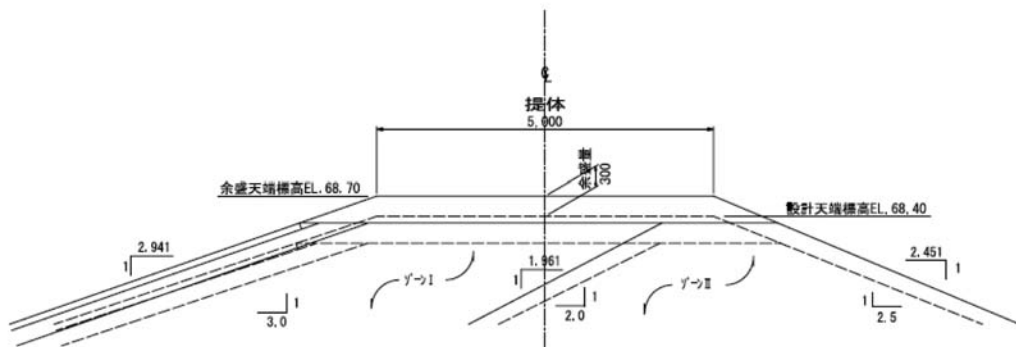


図-4 堤体天端詳細図

Ⅲ. 調整池の施工計画

(1) 土工計画

篠ヶ谷調整池は、調整池容量を確保するため、河床部及び右左岸部を掘削する必要がある。

右左岸部の掘削については、下記の理由から右岸部を主体として掘削し、左岸部については、湛水範囲の整形程度とした。

- ・左岸部は右岸部と比べ急勾配で、掘削量が大きくなること。
- ・左岸部上部には市道があり、影響の出ない範囲で施工する必要があること。
- ・盛立材料は現場内発生材を計画しており、調整池容量確保分の掘削により、盛立に必要な量（遮水材2倍、半透水材1.5倍）が確保されること。

(2) 施設計画

洪水吐

洪水吐は流域からの200年確率洪水量を安全に下流に流下する施設である。洪水吐の位置は右岸部を主体に掘削するため、右岸部に配置する計画とした。洪水吐の形式は表-1のとおり挙げられるが、流入部の掘削量が最も少なくなる図-5のdの側水路形式とした。

表-1 洪水吐形式

流入部	導流部	減勢工
越流式 直線越流型 曲線越流型 側水路型 朝顔型 ラビリンス堰型	シュート式 トンネル式	跳水式 水平水叩き型 強制跳水型 傾斜水叩き型 バケット型
オリフィス式		スキージャンプ式

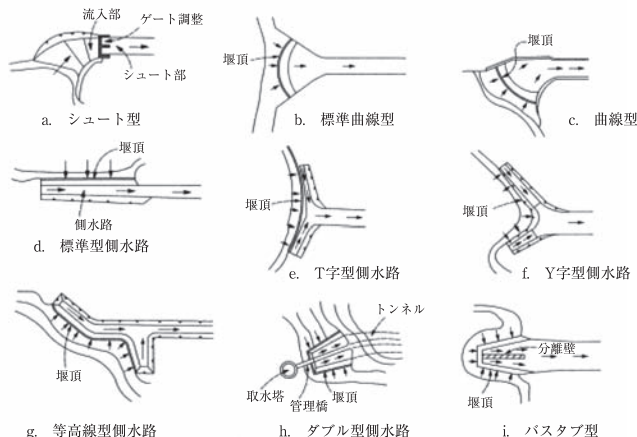


図-5 流入路形式

取水設備

取水設備は、下記の検討結果より斜樋+底樋とした。

・斜樋

- ①取水量が $0.042\text{m}^3/\text{s}$ と少ないことから、配管が小口径ですむが、取水塔形式では流下に必要な径が大きくなるため、不経済となる。
- ②管理用道路を右岸側に設置するため、直接操作が可能である。

・底樋（写真-1）

- ①現況の沢下流域に直接放流が可能である。
- ②底樋の最小径 $\phi 800\text{mm}$ で施設容量が満足し、仮排水トンネルと比べ断面が小さくなる。

付帯施設

・法面工

本調整池の法面对策について、下記のとおり決定した。

①切土法面（湛水域外）

地質が表層部の土砂及び泥岩であるが、泥岩についてはスレーキングが比較的大きいため、水及び外気との接触をさせないため、モルタル吹付けとした。

②切土法面（湛水域）

条件は①と同じであるが、水位急降下時の対策としてウィーブホールを設置することからコンクリート吹付けとした。

③盛土法面（湛水域外）

スレーキング対策は行う必要がないため、環境配慮の観点から、厚層基材吹付けとした。

なお、使用する種子は在来種を使用する計画である。

④盛土法面（湛水域）

同様にスレーキング対策は行う必要がないため、環境配慮の観点から、透水コンクリートによる施工を行うこととした。

(3)仮設計画

・排水計画

調整池予定地の下流域では、沢水を使用した営農を行っている。また、カワムツ（静岡県レッドデータブック記載種）等が生息しており、放流水質の配慮が求められる。放流水質はSS100ppm（農業用水基準）で計画しているが、放流箇所直下で、他沢と合流しているため、下流域ではさらにSS値は低下するものと想定している。放流に当っては、基準値を超えることが無いよう、リターンポンプを設置して基準を超える場合は沈殿池へ返水する計画である（写真-2）。場内から沈殿池までの排水計画は、底樋が完成後、底樋中に排水を流下させる転流工の前後で区分している。



写真-2 濁水処理設備
（写真右 水管理装置及びリターンポンプ）

・転流前

底樋完成までは、場内にトレンチを設け排水を流下させ（写真-3）、下流に設置する沈殿池まで導水し、上澄み水を濁水処理後に放流する。

・転流後

底樋完成後、底樋上流端に仮締切を設置し、上流からの流下水は底樋に全て導き、沈殿池に流下させ、上澄み水を濁水処理後に放流する。カーテングラウト及び堤体盛土時の上流側については、直接底樋に流入できないため、小規模な沈殿池を設け、上澄み水を同様に下流の沈殿池へとポンプ送水する。



写真-3 濁水処理設備
（場内排水の流下）

(4)盛立計画

盛立にあたり、事前調査により決定した材料について、盛立試験を実施し、実際に盛立する仕様を決定する。

①盛立試験の概要

盛土工事に先がけ、各ゾーンの築堤材料の物性把握および盛立仕様を決定するために盛立試験を実施する。

堤体は遮水性材、半透水性材、フィルターゾーン等からなり、各ゾーンの材料は表-2のとおり。

表-2 堤体の構成材料

	材 料
遮水性材	池敷掘削材（風化泥岩）
コンタクトコア	池敷掘削材（風化泥岩）
半透水性材	池敷掘削材（新鮮泥岩）
フィルター	購入材

②試験目的

- 各材料に対する転圧仕様（撒き出し厚、転圧回数、転圧機種、材質等）を決定する。
- 本堤工事に先立ち、工事関係者が各材料の性質、築堤に関する予備知識、盛立管理の経験等を把握する。
- 盛立材料の現場締め固め状態における力学的諸性質（透水、せん断強度等）を把握する。
- 盛立管理方法と管理基準値の策定、施工管理項目及び試験頻度等を決定する。
- オーバーサイズ除去の必要性の確認。

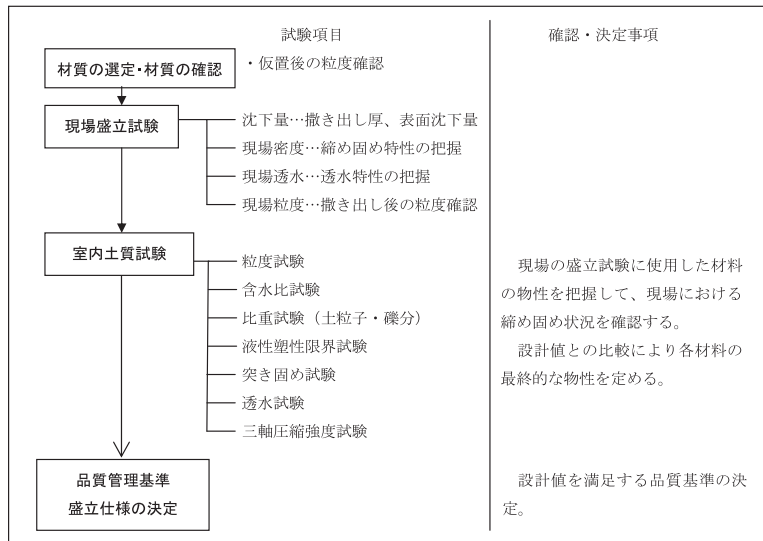


図-6 盛土試験の作業フロー

③作業フロー

盛土試験の作業は図-6に示す流れとなる。

④盛立試験仕様

盛立試験は表-3に示す組み合わせ、図-7の形式で試験を行い、最も適した組み合わせを採用する。

表-3 転圧ケース

堤体材料		転圧機種	転圧回数 (回)	撒きだし厚 (cm)	合計 ケース
ゾーンⅠ	遮水材	10t タンピング	6, 8, 10	20, 25	6
ゾーンⅡ	半透水材	10t 振動ロー	4, 6, 8	40, 50	6
	フィルター材	3t 振動ロー	4, 6	30, 40	4

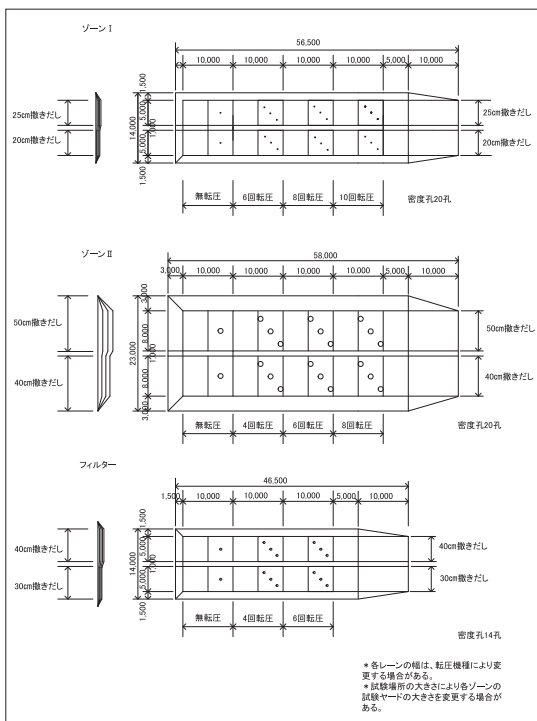


図-7 流入路形式

⑤現場試験方法

1) 表面沈下量

表面沈下量は、初期の標高と各層の撒き出し厚及び転圧後の各回4点を測定する。

2) 密度測定

・砂置換法 (不透水性材料)

砂置換法はJISA1214に準じて行う。使用する検定砂は標準砂を使用し、キャリブレーションは慎重に行う。(2mmふるい通過砂)

・水置換法 (透水材、フィルター材)

透水材・フィルター材は不透水材に比べて粒径が大きいので水置換法で行う。試験は、掘削後ビニールシートを敷き詰め、これに流量計のついた散水車で水を入れ、この量で計測を行う。

3) 現場透水試験

現場透水試験は密度測定を行った孔を利用し、コア材については定水位法で試験する。なお、透水係数(k)は土地改良事業計画設計基準 (農林水産省農村振興局制定) で求める。

また、岩石材料は定水位法が困難なため、変水位法により実施する。この場合の透水係数(k)は

「多目的ダムの建設」(財団法人ダム技術センター)で求める。

(5)転圧速度

転圧速度は原則として振動ローラでは、3km/h(50m/min)、タンピングローラでは、4km/h(66m/min)に規制し、ストップウォッチにより測定する。

(6)現場粒度確認

仮置後及び撒きだし後の粒度確認は粗粒土を含む地盤材料の粒度試験により測定する。

IV. おわりに

現在篠ヶ谷調整池は底樋工まで完了しており、場内の転流工の施工、盛立試験、室内試験を実施している状況である。

盛立仕様決定後、盛立を開始することになり、順調に進めば平成20年7月末日に調整池が完成する予定である。

篠ヶ谷調整池が完成すれば受益地の水不足も改善し、安心して農業に取り組めるようになるものと期待されている。

老朽化フィルダムの堤体嵩上げ時のゾーニングパターンの事例研究

福 島 伸 二* 谷 茂**
 (Shinji FUKUSHIMA) (Shigeru TANI)

目 次

1. まえがき	26	4. 堤体嵩上げにおける留意点	38
2. フィルダムの堤体嵩上げ事例	26	5. あとがき	40
3. 嵩上げ堤体のゾーニングパターンの分類	35		

1. まえがき

築造年代が古いフィルダム（堤高 $H \geq 15\text{m}$ ）は全国各地に約1,700～1,800箇所あるとされている^{1), 2)}。これらのうちの多くは、堤体が老朽化して波浪侵食や経年劣化により断面不足に陥っている、余裕高が現行基準に不足しているなどして堤体や基礎地盤からの漏水により地震時や豪雨時における安定性が不足している。新規ダムの建設適地が少なくなってきた状況から、既存施設を拡張して有効利用する必要性から貯水容量の拡大が求められている事例も多い。最近では、地球温暖化に起因すると思われる局地的豪雨による洪水被害や少雨乾燥による早魃被害が毎年繰り返され、洪水調節と早魃対策としての貯水容量の拡大が求められることもある。一方で、老朽化したフィルダムの中には、貯水池内に堆積した底泥土や土砂による貯水容量の減少や、洪水吐や取水施設の損傷など、本来果たすべき貯水・洪水調節機能が低下し、その回復が求められる事例も増えている。以上の状況から、老朽化したフィルダムは堤体の補強や漏水防止、貯水容量の拡大のための嵩上げや施設更新工事が少なからず実施されている。

本稿は、わが国の老朽化フィルダムにおいて実施された堤体嵩上げの経験を今後の堤体嵩上げに役立てるために、代表的な堤体嵩上げの事例を調査し、各事例で採用されたゾーニングパターンを嵩上げ規模と堤体軸の移動方向により分類して、それぞれの特徴について報告するものである。

2. フィルダムの堤体嵩上げ事例

わが国の老朽化したフィルダムにおいて、これまでに実施されてきた堤体嵩上げは、既設堤体に補強や漏水防止のためのコアゾーンあるいはシェルゾーンを腹付ける小規模なものから、貯水容量拡大のための堤体を築造する大規模なものまでであるが、採用されたゾーニングパターンは嵩上げ規模と密接に関連しているように思われる。すなわち、ゾーニングパターンは、堤体嵩上げが既設堤体と基礎地盤に新たな土圧や水圧を加え、嵩上げ規模が大きいほど顕著な影響を及ぼすので、嵩上げ規模に応じておおよそその基本形が決まるようである。さらに、最終的な堤体ゾーニングは、各事例毎の特有な条件を、つまり既設堤体に期待できる安定性と遮水性の程度、使用可能な築堤土の種類と材料特性、基礎地盤の支持力・水理的安定性と止水性、堤体付近の地形・地質条件などを考慮して基本形を修正して決まるものと考えられる。そこで、各嵩上げ事例のゾーニングパターンを既設堤体の堤高 H_0 に対する嵩上げ高 H_R の割合 H_R/H_0 で表示した嵩上げ規模によりおおよそ3種類に分類して、各嵩上げ規模におけるゾーニングパターンの特徴について述べたい。

2. 1 堤体嵩上げが小規模な事例

小規模な嵩上げ堤体のゾーニングパターンは、図-1に概念的に示すように、嵩上げ高 H_R が既設堤体の堤高 H_0 に比較して余裕高を確保する程度と小さく ($H_R < H_0$)、既設堤体をほぼそのまま活用して堤体の補強や漏水防止を行うために、上流側に漏水防止のためのコアゾーンあるいは補強のためのシェルゾーンを合わせた傾斜ゾーンを、下流

* (株)フジタ土木本部 (Tel. 03-3796-2297)

** (独)農研機構農村工学研究所 (Tel. 029-838-7569)

側に補強のためのシェルゾーンをそれぞれ築造するのが基本である。コアゾーンあるいはシェルゾーンは既設堤体の表層の傷んだ部分を掘削除去して、既設堤体と一体化して堤体全体の安定性を確保できる厚さが必要となる。また、洪水吐は、老朽化による損傷が著しいとか、構造や容量が現行基準に合致しない場合を除けば、堤体高上げにより新たに加わる土圧や浮力が限定的なことから、既設部の側壁の高上げと補強を加える程度で

そのまま活用できるものと考えられる。

小規模な堤体高上げの事例として、図-2に示す蛭沢ダム³⁾、図-3に示す倉橋ダム³⁾、図-4に示す大正池³⁾、図-5に示す宿の沢ダム³⁾、図-6に示す山口貯水池^{4), 5)}、図-7に示す村山下貯水池(施工中)^{6)~8)}などがある。なお、図名中の()内の数字は堤体高上げの完成年度、 Δ_{CL} は後述する上流側への移動を正とした堤体軸移動量である。

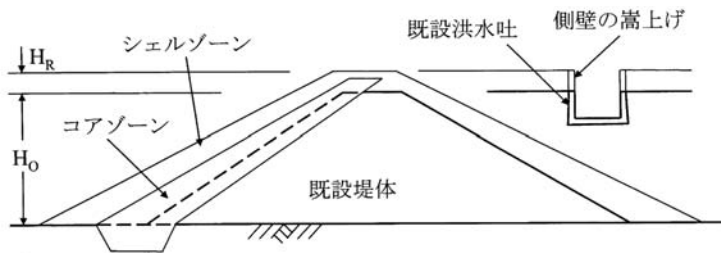


図-1 小規模な場合の高上げ形式の概念図 ($H_R < H_0$)

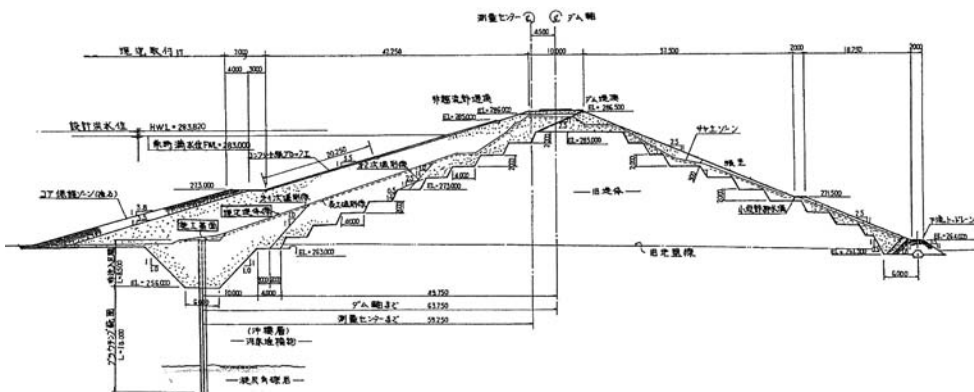


図-2 蛭沢ダムの高上げ後の標準堤体断面 (1994, $\Delta_{CL} \approx 0$)³⁾

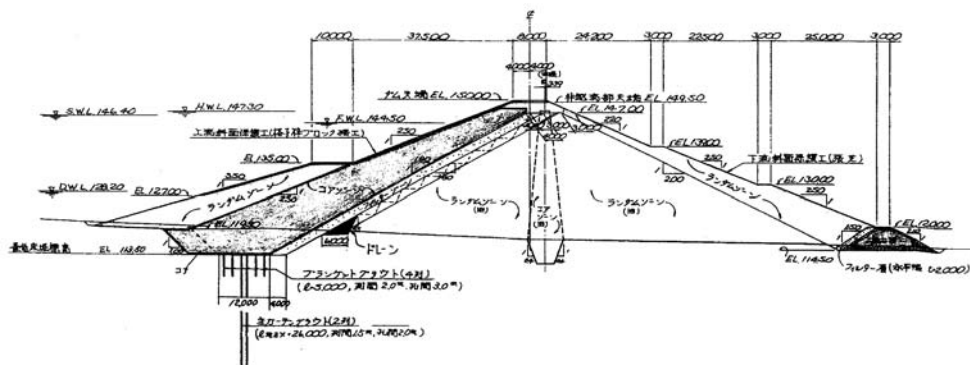


図-3 倉橋ダムの高上げ後の標準堤体断面 (2000, $\Delta_{CL} > 0$)³⁾

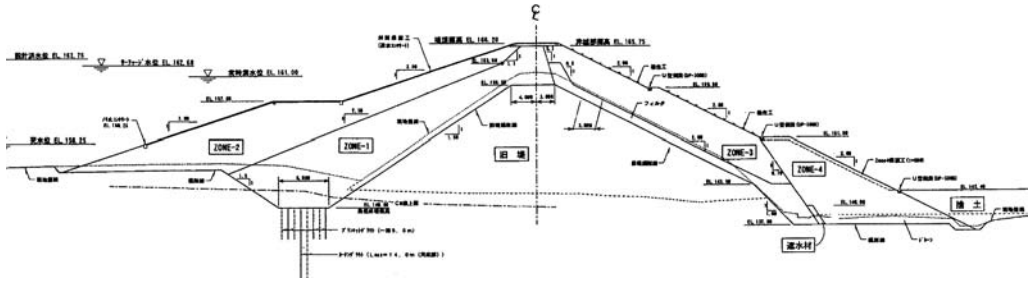


図-4 大正池の高上げ後の標準堤体断面 (2002, $\Delta_{cl} > 0$)³⁾

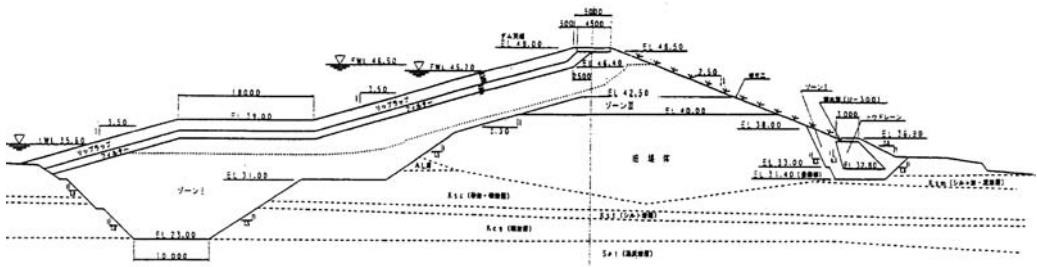


図-5 宿ノ沢ダムの高上げ後の標準堤体断面 (2002, $\Delta_{cl} > 0$)³⁾

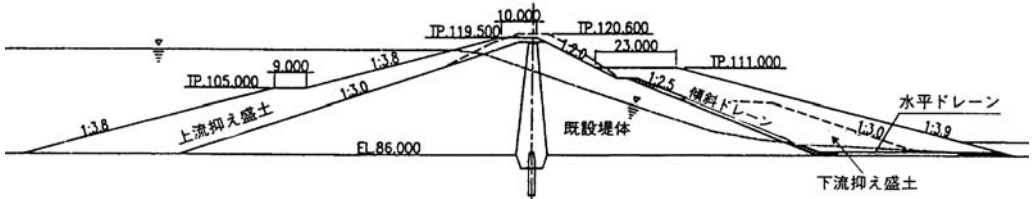


図-6 山口貯水池の高上げ後の標準堤体断面 (2002, $\Delta_{cl} \approx 0$)^{4), 5)}

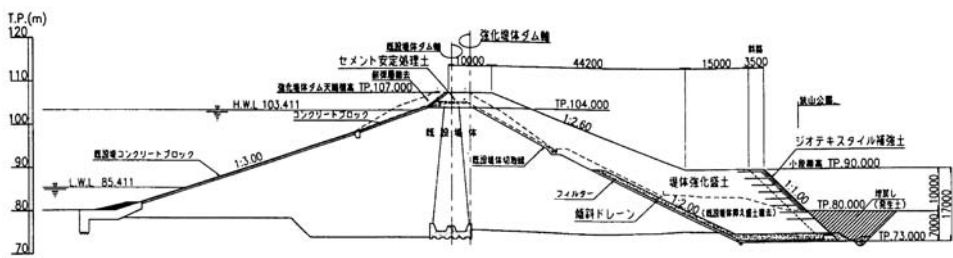


図-7 村山下貯水池の高上げ後の標準堤体断面 (施工中, $\Delta_{cl} < 0$)^{6) ~8)}

各事例における高上げ堤体のゾーニングパターンは、倉橋ダムのように堤体上流側に遮水のためのコアゾーン、あるいは堤体補強のためのシェルゾーンを築造し、堤体軸を上流側に移動させるのが一般的なようである ($\Delta_{cl} > 0$)。理由は堤体上流側が侵食等による断面不足を生じるなどして補強を必要としている場合が多いこと、漏水防止を

堤体上流側で行うことが有効なためであろう。ただし、蛭沢ダムでは、既設堤体を深く掘削除去してから堤体の補強と漏水防止のためのコアゾーンを腹付けて、上流側への堤体軸の移動を抑えている ($\Delta_{cl} \approx 0$)。また、大正池は、上流側には遮水のためのコアゾーンと補強のためのシェルゾーンからなる傾斜ゾーンを、下流側には補強のための

シェルゾーンをそれぞれ築造して、堤体軸の移動がないようにした事例である ($\Delta_{cl} \approx 0$)。

山口貯水池は堤体補強を目的として上・下流側の両法面にシェルゾーンを腹付けて、堤体軸が移動しないようにした事例である ($\Delta_{cl} \approx 0$)。また、村山下貯水池は、用水供給を維持したまま堤体を補強する必要があったこと、法面勾配が急で危険な状況にあった下流側のみを補強するために、堤体軸を下流側に移動させた事例である ($\Delta_{cl} < 0$)。

下流側の安定性は、倉橋ダム、大正池において典型的にみられるように、上流側と同様に既設堤体よりも緩勾配でシェルゾーンを腹付けるか、あるいは押え盛土を腹付けることで確保するのが基本のようである。ただし、図-8に概念的に示すように、堤体上流側のコアゾーンによる浸潤面を低下させて有効応力増加を図る効果と、法先ドレーン工による浸透水を排水する効果が下流側の堤体安定化に寄与していることも見逃せない。

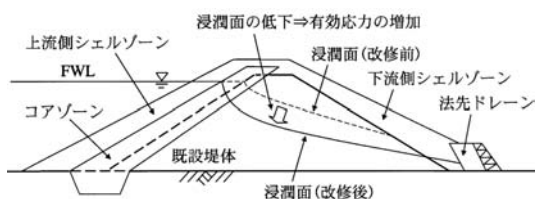


図-8 コアゾーンとレーン工による効果

以上の小規模な嵩上げでは、既設堤体は嵩上げによる土圧や水圧の増加が低いため、劣化した表層部を掘削除去する程度でそのまま活用している事例がほとんどである。ただし、漏水防止を目的とした堤体嵩上げでは、止水トレンチを掘削するために、上流側の堤体法先部とその前縁部に沿った池敷の掘削量が多くなる(蛭沢ダム、倉橋ダム、大正池、宿の沢ダム)。特に、築堤土に利用できない、長年の間に堆積した底泥土や軟弱土が大量に発生するのも、この部分からである。

止水トレンチの底幅は基礎地盤の止水性に関係するが、止水性が十分期待できない場合には基礎地盤との接触幅を大きくとって浸透路長を長くした事例(宿の沢ダム)、あるいは基礎地盤の水密性向上のためのブランケットグラウトの施工幅を確保した事例(倉橋ダム、大正池)のように幅広とする必要がある。

下流側のドレーン工は既設・新設堤体間に傾斜

ドレーンを配置している事例(大正池、山口貯水池、村山下貯水池)と法先ドレーンのみを配置した事例(蛭沢ダム、倉橋ダム、宿の沢ダム)がある。傾斜ドレーンと法先ドレーンのどちらを採用するかの判断基準は明らかではないが、既設・新設を含めた堤体全体を均一型と見なすか、傾斜コアゾーン型と見なすかの差にあると思われる。すなわち、堤体全体が均一型である場合には浸潤面が法面途中に現れる可能性があるため、図-9に概念的に示すように、浸透水を確実に捕捉できるように傾斜ドレーンを配置する。一方、既設堤体の透水係数がコアゾーンよりワンオーダー以上高く傾斜コア型と見なせる場合には、図-10に概念的に示すように、浸潤面の低下が期待できるので法先ドレーンを配置する。

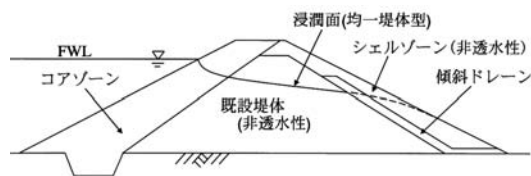


図-9 堤体全体を均一型とした場合のドレーン工

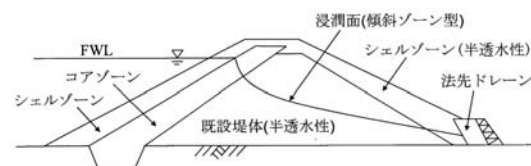


図-10 堤体全体を均一型とした場合のドレーン工

洪水吐は、蛭沢ダム、倉橋ダム、山口貯水池、村山下貯水池のように、嵩上げ高が余裕高を確保する程度の小規模な場合には既設部をほとんどそのまま活用している。大正池や宿の沢ダムでは嵩上げ高がやや大きい、老朽化による損傷があった、構造や容量が現行基準に合致していなかったなどから移設したようである。

2.2 堤体嵩上げが中規模な事例

中規模な嵩上げ堤体のゾーニングパターンは、嵩上げ高 H_R が既設堤体の堤高 H_0 より小さく ($H_R < H_0$)、図-11に示すように、既設堤体の安定性や遮水性をある程度まで期待し、表層部や堤体の一部を掘削することがあってもほとんどそのまま活

用して、嵩上げ堤体部を既設堤体の下流側に載せる場合に相当する。洪水吐は貯水位上昇による浮力増加をかなり受けることから移設が基本となろう。しかし、貯水位上昇量が2~3mまでの比較的小規模な場合には、既設部を補強した上で側壁の

嵩上げによりそのままの活用が可能と思われる。

中規模な堤体嵩上げの事例として、図-12に示す雨煙内ダム⁹⁾、図-13に示す大谷内ダム³⁾、図-14に示す白川ダム¹⁰⁾、図-15に示す狭山池ダム¹¹⁾、図-16に示す杵臼ダム(施工中)³⁾がある。

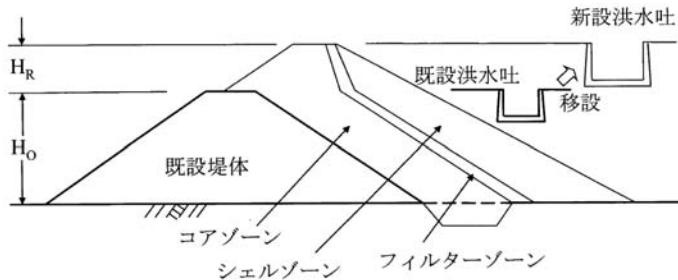


図-11 中規模な嵩上げ形式の概念図 ($H_R < H_O$)

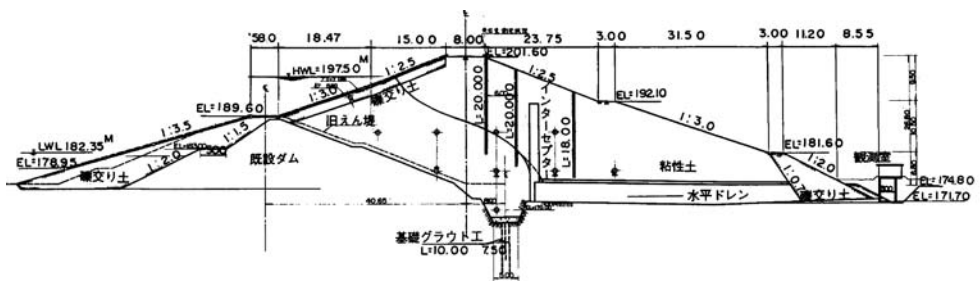


図-12 雨煙内ダムの嵩上げ後の標準堤体断面 (1978, $\Delta_{CL} < 0$)¹⁰⁾

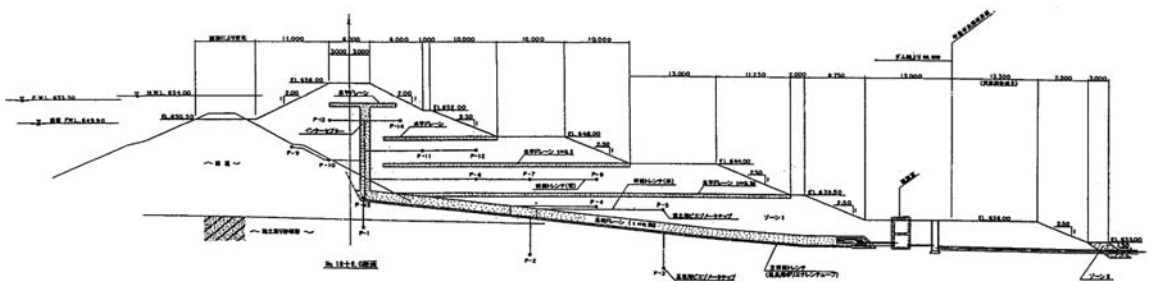


図-13 大谷内ダムの嵩上げ後の標準堤体断面 (1990, $\Delta_{CL} \doteq 0$)⁴⁾

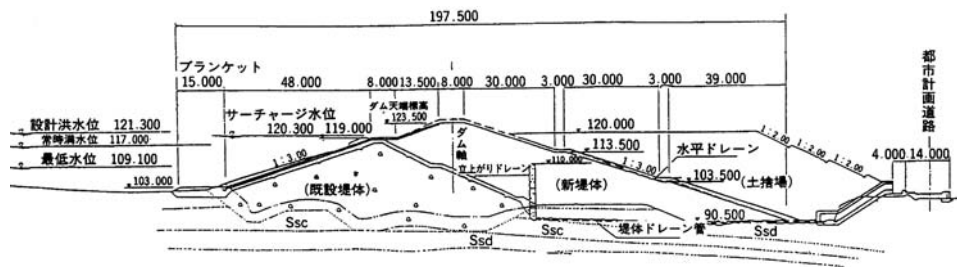


図-14 白川ダムの嵩上げ後の標準堤体断面 (1996, $\Delta_{CL} < 0$)¹⁰⁾

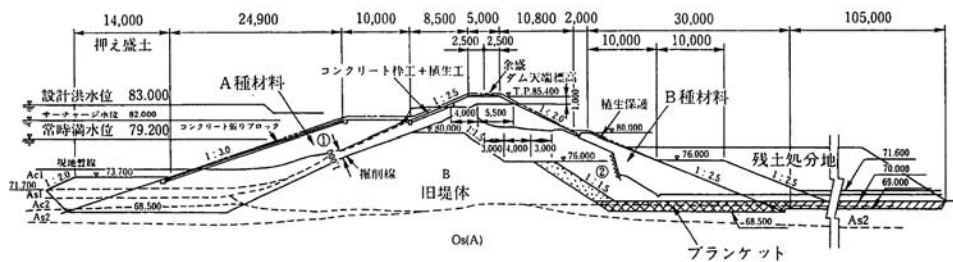


図-15 狭山池ダムの高さ上げ後の標準堤体断面 (2001, $\Delta_{CL} < 0$)^{11), 12)}

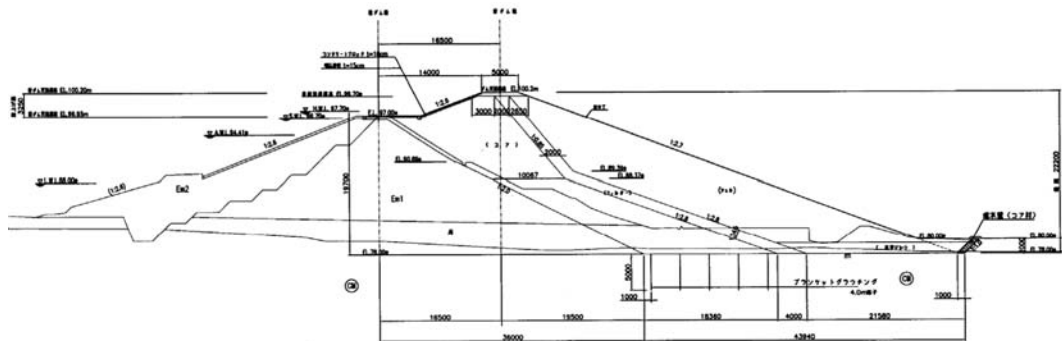


図-16 杵臼ダムの高さ上げ後の標準堤体断面 (施工中, $\Delta_{CL} < 0$)³⁾

以上の事例は、堤体高上げが、貯水容量の拡大を目的とした中規模なもので、堤体軸を下流側に移動させるゾーニングパターン ($\Delta_{CL} < 0$) が一般的である。理由として、既設堤体を仮縮切り堤として活用できることから、貯水を維持したまま高上げが可能、池内に堆積した底泥土などの築堤土に流用不能な不良土が発生しないなどが考えられる。中規模な堤体高上げでは、高上げにより新たに加わる土圧や水圧も比較的高くなり、かつ堤体全体のうちを占める高上げ堤体の割合が高くなるため、既設堤体に期待できる安定性と遮水性がより重要となってくる。すなわち、中規模な高上げにおける既設堤体は、高上げ堤体を含めた堤体全体からすると水位急低下時に上流側が不安定化しやすい法先部に位置しているため、既設堤体の安定性に期待できない場合には、既設堤体の上流側法面を掘削除去して良質土による置き換える(雨煙内ダム)、押え盛土を施す(狭山池ダム)、堤体軸を下流側に大きく移動させる(杵臼ダム)、などにより既設堤体の活用程度を少なくして堤体の安定化を図っている事例が多い。

高上げ堤体のゾーニングパターンは、入手可能な築堤土が有する強度と遮水性にも関係し、次の

ように2種類に分けられる。高上げ高がある程度大きい場合、あるいは強度に優れた築堤土と遮水性に優れた築堤土のそれぞれを入手できた場合には、杵臼ダムのようにコアゾーンとシェルゾーンのように機能別のゾーニングとしている。一方、シェルゾーンに使用できる築堤土が入手できない場合には、狭山池、大谷内ダムのように高上げ堤体を均一型としてゾーニングするのが普通のものである。雨煙内ダムは高上げ高が大きい事例であるが、均一型堤体により高上げをしているのは、コアゾーンとシェルゾーンに区分できる築堤土が入手できなかったと思われる。なお、白川ダムでは堤体高上げが洪水容量の付加を目的としているため、既設堤体を超える貯水が洪水時のように一時的であるため高上げ堤体に遮水性を期待しない事例である。

止水トレンチは、すべての事例で堤体下流側に高上げ堤体を築造しているため ($\Delta_{CL} < 0$)、下流側の法先付近に配置され、また深く掘り込んだ事例は雨煙内ダムのみである。理由として、既設堤体の遮水性が期待できない場合でも背面にコアゾーンを設けることで十分遮水性が確保できると判断したためであろう。止水トレンチからのグラ

ウトは雨煙内ダムと杵臼ダムのみで実施している。止水トレンチ部にグラウトを施工した事例が少ない理由は上流側の既設堤体と基礎地盤との接触面での止水性、あるいは長い浸透路長の効果を期待したためと考えられる。

下流側のドレーン工は嵩上げ堤体内に立上りドレーン（雨煙内ダム、大谷内ダム、白川ダム）とした事例、あるいはコアゾーンとシェルゾーン間に傾斜ドレーンを配置した事例（杵臼ダム）がある。前者は堤体全体を均一型堤体としているため、堤体嵩上げにより貯水面が既設堤体天端面を超えて、浸潤面が高い位置に現れても浸透水を確実に捉えられるように配置したものであろう。後者はコアゾーンとシェルゾーンの間における粒度の相違を考慮してフィルター・ドレーンとして配置したものと考えられる。なお、狭山池ダムは既設・新設堤体間に傾斜ドレーンを配置しているが、これは嵩上げ後でも貯水位上昇が既設堤体内にあるためであろう。

洪水吐はほとんどの事例で既設部を移設しているが、貯水位上昇が大きく側壁嵩上げだけでは活用できないことや、既設部が老朽化により損傷し

ている、現行基準に合致する構造変更や洪水容量の増加を図る必要があったのであろう。

2. 3 大規模な堤体嵩上げの事例

大規模な嵩上げ堤体のゾーニングパターンは、嵩上げ高 H_R が既設堤体 H_0 と同程度かこれよりより大きい場合（ $H_R \geq H_0$ ）で、図-17に示すように、嵩上げ堤体を既設堤体の下流側に独立した中央コア型フィルダムとして築造したものである（ $\Delta_{CL} < 0$ ）。既設堤体は、嵩上げにより新たに加わる土圧や水圧が大きいために、安定性や遮水性を全く期待せずに仮締切り堤程度での活用にとどめるのが普通である。洪水吐は嵩上げによる貯水面上昇が大きく、既設部を活用することは不可能で、移設することが基本となる。

大規模な堤体嵩上げの事例として、図-18に示す満濃池¹³⁾、¹⁴⁾、図-19に示す黒谷ダム³⁾、図-20に示す永池ダム³⁾、図-21に示す山王海ダム^{15)~18)}がある。

図-22に示す大川ダム¹⁹⁾は計画・設計段階から堤体嵩上げを前提に築造を始めたもので、二段階施工とした珍しい事例といえる。

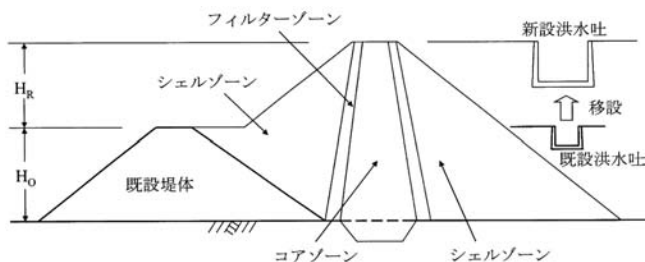


図-17 大規模な嵩上げ形式の概念図（ $H_R \geq H_0$ ）

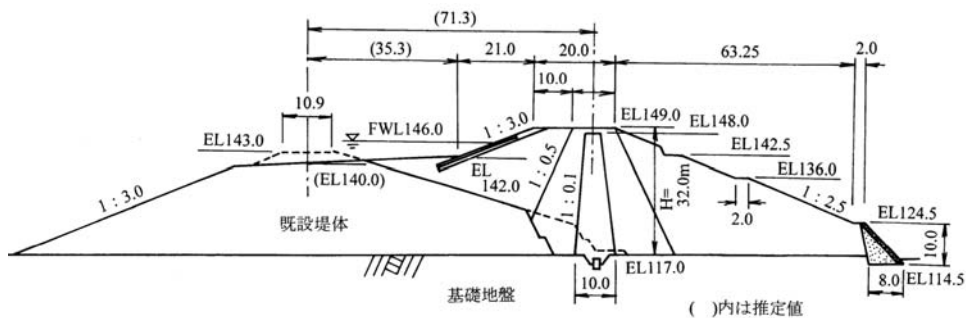


図-18 満濃池の嵩上げ後の堤体断面（参考文献から作図，1959， $\Delta_{CL} \approx 0$ ）¹³⁾、¹⁴⁾

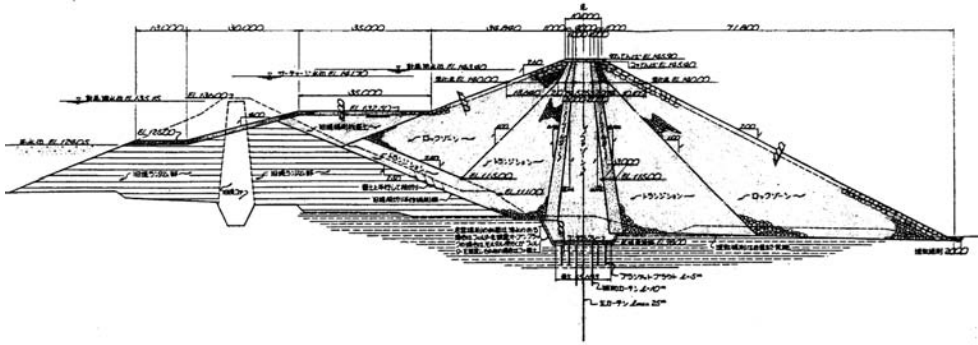


図-19 黒谷ダムの高上げ後の堤体断面 (1989, $\Delta_{cl} < 0$)³⁾

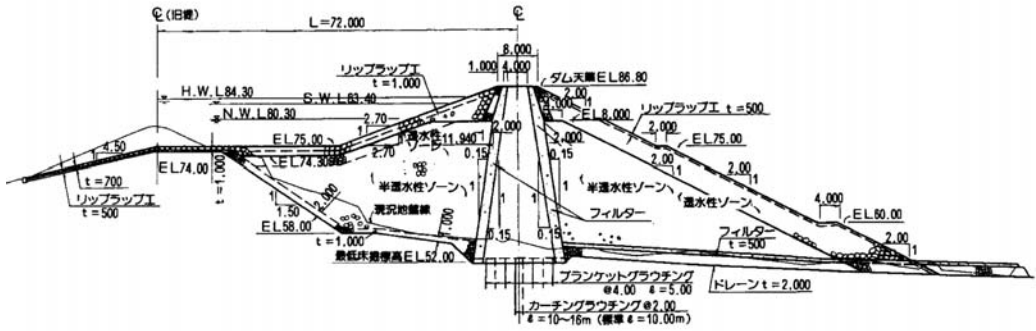


図-20 永池ダムの高上げ後の標準堤体断面 (1996, $\Delta_{cl} < 0$)³⁾

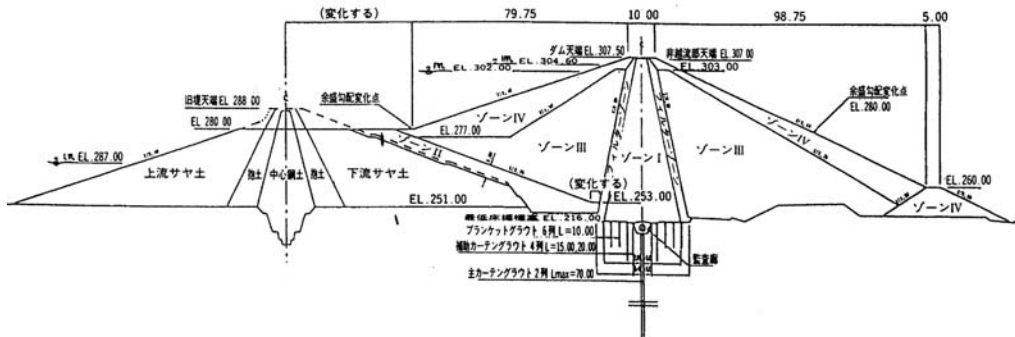


図-21 山王海ダムの高上げ後の標準堤体断面 (2001, $\Delta_{cl} < 0$)^{15) ~ 18)}

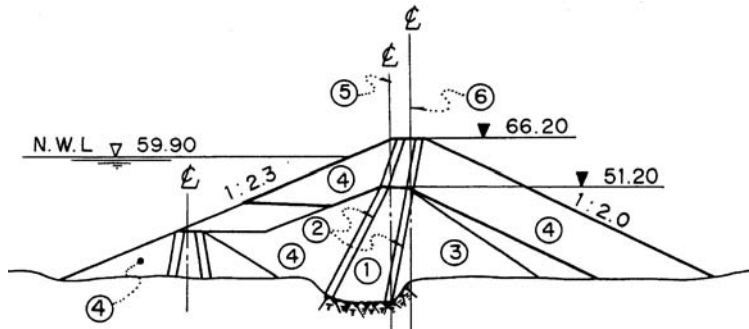


図-22 大川ダムの高上げ後の標準堤体断面 (1988, $\Delta_{cl} < 0$)¹⁹⁾

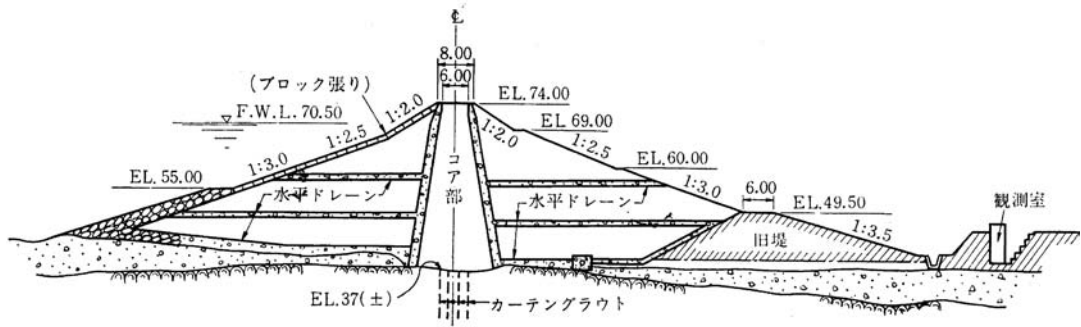


図-23 殿川ダム（刈田調整池）の高上げ後の標準堤体断面（1966, $\Delta_{cl} > 0$ ）^{20), 21)}

以上の事例とは全く逆に既設堤体の上流側に独立した中央コア型堤体を築造して高上げをした事例として（ $\Delta_{cl} > 0$ ），図-23に示す殿川ダム（刈田調整池）^{20), 21)}がある。殿川ダムは既設堤体の状況が不明であるが，池敷内に既設堤体よりも大きい堤体を築造した珍しい事例といえる。なぜなら，もとの池敷を堤体基礎とするための掘削により築堤土に流用不能な底泥土のような不良土が大量に発生し，その処分が難しいからである。おそらく，堤体下流側に堤体付近まで市街化が進行して用地確保ができなかったか，あるいは地形的に堤体下流側が末広がりな地形で新規築造に大量の築堤土量が必要になるなどの理由があったものと想像される。

大規模な堤体高上げはコアゾーン，シェルゾーン，フィルターゾーンのように機能別にゾーニングして独立した中央コア型堤体を築造することになるので，堤体のための広い用地や，コアゾーンとシェルゾーンのように各ゾーンの機能に適した築堤土が大量が必要となってくる。

満濃池は高上げ規模が小規模であるにもかかわらず独立した中央コア型フィルダムとした事例であり，使用した築堤土が強度的に優れていなかったか，既設堤体内の状況が築造年代が古く全くわからないなど安全側に考える必要があったためと思われる。黒谷ダム，永池ダム，山王海ダムは典型的な既設堤体下流側に独立した中央コア型フィルダムを築造して，大規模な堤体高上げをした事例である。

殿川ダムを除く，すべての事例の既設堤体は高上げ堤体の前面の水位急低下時に不安定化しやすい位置に相当している。このため，堤体全体の安

定性は，図-24に概念的に示すように，既設堤体にほとんど期待せずに，既設堤体堤頂部を掘削除去させて幅広小段化し，かつ堤体軸を下流側に大きく移動させて，堤体全体の平均勾配を緩くすることで確保したように思われる。この結果として，用地だけでなく掘削土量の築堤土量の大幅な増加を招いていることも注視しなければならない。

黒谷ダムと山王海ダムは，既設堤体と新設した高上げ堤体との間の変形性の相違を緩和させるために，図-25に概念的に示すように，既設・新設堤体間に両者の間の変形性を有する築堤土によるトランジションゾーンを配置した事例である。満濃池や永池ダムでは既設・新設堤体間にトランジションゾーンを配置していないが，これは既設・新設堤体間の変形性の相違が少ないと判断したためと思われる。

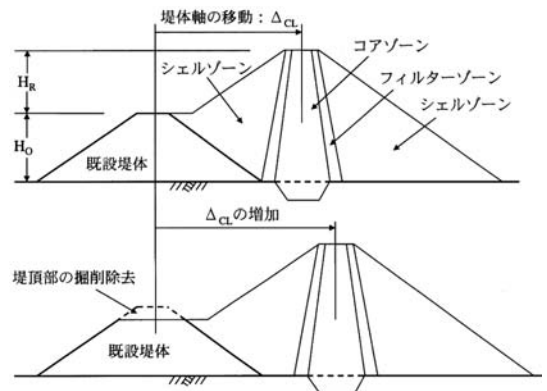


図-24 大規模な堤体高上げの堤体上流側の安定化

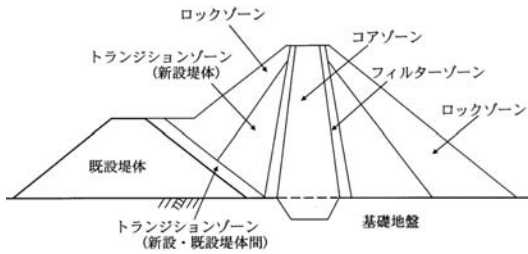


図-25 既設・新設堤体間のトランジションゾーン

大規模な堤体高上げにおける基礎地盤は、新たに加わる貯水圧が高いため、止水処理が重要になってくる。黒谷ダム、永池ダム、山王海ダム、殿川ダムではカーテングラウトによる止水性の確保だけでなく、ブランケットグラウトによる密実化と均一性の向上も図っている。

なお、山王海ダムは、新設の堤体が堤高H=61.5mと大きいことから、唯一監査廊を設置した事例である。

3. 嵩上げ堤体のゾーニングパターンの分類

以上見てきたように、各事例のゾーニングパターンは、堤体規模だけでなく、嵩上げ後の堤体軸が既設堤体の上・下流側のどちらかに移動することでも大きく変わること、すなわち堤体軸移動方向は嵩上げ堤体のゾーニングパターンを決める

場合の重要な因子となることわかる。そこで、嵩上げ堤体のゾーニングパターンを、嵩上げ後の堤体軸の移動量 Δ_{LC} として既設堤体を中心にして上流側への移動を正とし、堤体軸の移動がない ($\Delta_{LC} = 0$)、堤体上流側へ移動する ($\Delta_{LC} > 0$)、あるいは下流側へ移動する ($\Delta_{LC} < 0$) の3種類に分け、かつこれに嵩上げ規模を関連させて図-26に示すように細かく分類し、それぞれの特徴について整理してみたい。

3. 1 堤体軸移動がないゾーニングパターン

堤体軸を移動させない堤体高上げのゾーニングパターンIは既設堤体を積極的に活用して、堤体上流側にコアゾーンとシェルゾーンを、下流側にシェルゾーンを腹付けるもので、嵩上げ規模が $I_1 \rightarrow I_2 \rightarrow I_3$ へと大きくなる。

パターン I_1 は既設堤体の遮水性を期待してコアゾーンを堤体直上にそのまま延長して、上・下流側にほぼ対称にシェルゾーンを腹付けるもので、既設のコアゾーンが確実に期待できる場合に限定される。わが国では既設堤体の遮水性を安全側に評価する傾向があることから、コアゾーンをそのまま延長した事例はほとんどないようである。山口貯水池は全く嵩上げのない事例であり、上・下流側に堤体補強のためにシェルゾーンを腹付けて堤体軸の移動がないようにしたもので ($\Delta_{LC} = 0$)、パターン I_1 に属する。

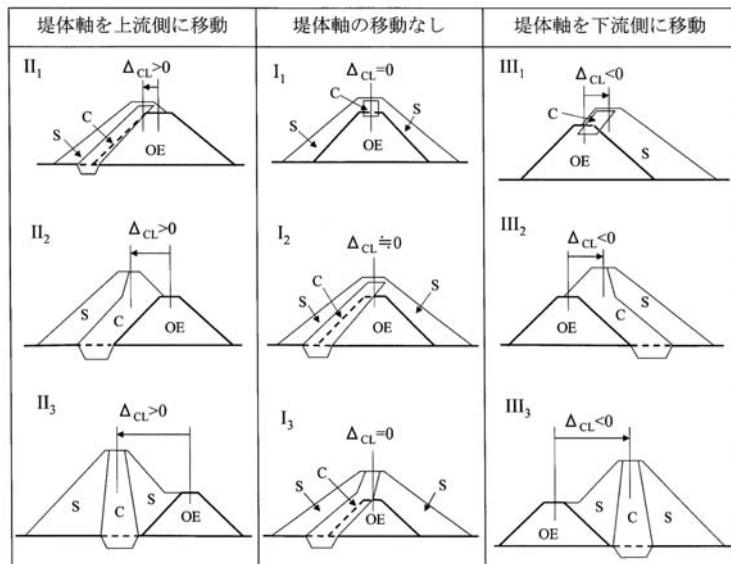


図-26 フィルダムの堤体の嵩上げ規模と堤体軸移動量のゾーニングパターンの分類 (OE: 既設堤体, C: コアゾーン, S: シェルゾーン)

パターンⅠ₂はパターンⅠ₁よりもやや規模の大きい嵩上げで、既設堤体の遮水性を期待せずに、上流側を掘り込んでコアゾーンを、あるいはさらにシェルゾーンを腹付ける、下流側にシェルゾーンを腹付けるゾーニングパターンである。蛭沢ダムは、上流側を深く掘り込んでコア・シェルゾーンを腹付けることで堤体軸移動量がないようにした事例で ($\Delta_{lc}=0$)、パターンⅠ₂に属しているといえよう。大正池は堤体軸移動がないように ($\Delta_{lc}=0$)、上・下流側に腹付け盛土をしている点でパターンⅠ₂に近い事例である。また、大川ダムは傾斜コア堤体のため堤体軸が下流側に移動しているが、パターンⅠ₂の変形版ともいえる。

パターンⅠ₃はパターンⅠ₂よりもさらに規模の大きい嵩上げで、パターンⅠ₂のコアゾーンを直上にそのまま延長して上・下流側にシェルゾーンを築造するか、あるいは既設堤体を中央部に配して均一型で築造するゾーニングパターンである。大正池は軸移動量がないように ($\Delta_{lc}=0$)、上流側にコアゾーンを延長し、かつ上・下側にシェルゾーンを腹付けていることから、パターンⅠ₃の典型的な事例といえる。

3. 2 堤体軸移動が上流側のゾーニングパターン

ゾーニングパターンⅡは堤体軸を既設堤体の上流側に移動させて嵩上げ堤体を築造するのを基本とするもので、堤体腹付けのような小規模なパターンⅡ₁から、独立した堤体を築造するような大規模なパターンⅡ₃まで、Ⅱ₁→Ⅱ₂→Ⅱ₃へと嵩上げ規模が大きくなる。

パターンⅡ₁の嵩上げは既設堤体の上流側にコアゾーンとシェルゾーンを腹付ける形式であり ($\Delta_{lc}>0$)、パターンⅠ₂における既設堤体の掘削量が少ない場合に相当する。倉橋ダムは下流側にシェルゾーンを腹付けているものの、パターンⅡ₁に属する事例である。また、蛭沢ダムは上流側を掘り込んで $\Delta_{lc} \approx 0$ としているが、パターンⅡ₁に近い事例といえよう。

パターンⅡ₂はパターンⅡ₁の腹付け規模を大きくした嵩上げである。宿の沢ダムは既設堤体堤頂部を掘削除去しているものの、軸移動が上流側 ($\Delta_{lc}>0$) という点からパターンⅡ₂に属する事例といえよう。

パターンⅡ₃は既設堤体の安定性と遮水性を全く期待しない形式で、上流側に独立した中央コア型堤体を新たに築造するもので、殿川ダムがこのパ

ターンに属する。嵩上げパターンⅡ₃は池内の貯水をなくして施工する必要がある、池内に堆積した底泥土など流用不能で廃棄処分が必要となる軟弱土が大量に発生する、貯水量が築造した堤体分がそのまま減少することを考慮すると特殊なパターンといえよう。

3. 3 堤体軸移動が下流側のゾーニングパターン

ゾーニングパターンⅢはパターンⅡの対極にあるもので、堤体軸を既設堤体下流側に移動させて嵩上げをするもので、嵩上げ部を既設堤体の堤頂面から下流側法面に全面的に載せたもので小規模なパターンⅢ₁から、独立した堤体を築造する大規模なパターンⅢ₃まであり、Ⅲ₁→Ⅲ₂→Ⅲ₃へと嵩上げ規模が大きくなる。

パターンⅢ₁は既設堤体下流側に腹付ける最も小規模な嵩上げパターンで、パターンⅠ₁と同様に既設堤体の遮水性を期待してコアゾーンを延長するもので、新たに増加する貯水圧が低い小規模な嵩上げに限定されよう。大川ダムは段階施工ではあるが、この嵩上げパターンに最も近い事例といえよう。村山下貯水池は堤体補強を目的としているため、コアゾーンを延長させていないが、このパターンⅢ₁に属している。

パターンⅢ₂は、パターンⅢ₁よりも嵩上げ規模が大きくなることから、既設堤体の安定性のある程度期待して活用するもので、遮水性をほとんど期待することなく、コアゾーンだけの均一型か、あるいはコアゾーンとシェルゾーンに区分したゾーン型による嵩上げパターンで、雨煙内ダム、大谷内ダム、白川ダム、狭山池、杵白ダムなど事例が多い。

パターンⅢ₃はパターンⅢ₂の嵩上げ規模をさらに大きくして、既設堤体の安定性と遮水性の両方をほとんど期待しないで仮締切り堤程度としてのみ活用し、独立した中央コア型堤体を新たに築造するものである。この嵩上げパターンには満濃池、黒谷ダム、永池ダム、山王海ダムなど大規模な事例が属している。

3. 4 嵩上げ規模とゾーニングパターンの関係

これまで、嵩上げ規模は既設堤体の堤高 H_0 に対する嵩上げ高 H_R の大きさにより表示してきた。しかしながら、実際の嵩上げは、小規模な場合として図-27に、中規模な場合として図-28に、大規模な場合として図-29にそれぞれ概念的に示すように、既設堤体堤頂部が必要に応じて部分的に掘

削除されることがある。基礎地盤が傾斜している、コアゾーンと接する基礎地盤の幅が10mを超える止水トレンチがあるなどの理由から、嵩上げ後の新堤の堤高Hは既設堤体の堤高H₀と嵩上げ高H_Rの和にならないことが多い (H ≠ H₀ + H_R)。このような場合には嵩上げ後のHは既設堤体のH₀と関係がなくなり、嵩上げ特性を表すのに不便である。

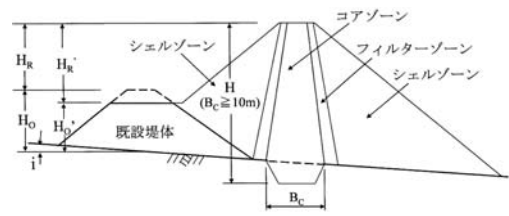


図-29 堤体嵩上げ規模の表示 (独立堤体型)

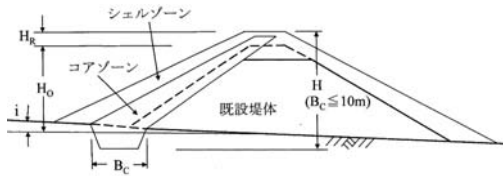


図-27 堤体嵩上げ規模の表示 (小規模な腹付け型)

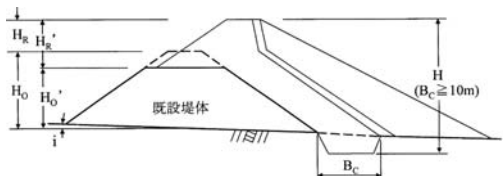


図-28 堤体嵩上げ規模の表示 (腹付け型)

そこで、嵩上げ特性は、既設堤体の堤高H₀と嵩上げ高H_Rからみた嵩上げ比H_R/H₀と、堤頂部の掘削除去による最終的に残った堤高H₀'と掘削面からの嵩上げ高H_R'による嵩上げ比H_R'/H₀'を用いて表すことにする。表-1は、これまでに紹介してきた嵩上げ事例を、嵩上げ比H_R/H₀とH_R'/H₀'の二つの指標により嵩上げ特性を表示し、図-26に示したゾーニングパターンに対応させて整理した結果を示す。表から、堤体嵩上げ規模とゾーニングパターンの関係は目安として以下のように分類することができる。

(a)小規模な堤体嵩上げ

嵩上げ比はおおよそH_R/H₀ (H_R'/H₀') = 0.02 ~ 0.20の範囲にあり、嵩上げパターンはパターン I₂, II₁あるいはII₂となることが多い。

表-1 堤体嵩上げ事例における嵩上げ規模とゾーニングパターン

嵩上げ規模	ダム名 (完成年)	嵩上げ後の堤高 H (m)	嵩上げ前の堤体			嵩上げ形式	ゾーニングパターン		グラウト (基礎処理)	既設洪水吐
			H ₀ (H ₀ ') (m)	H _R (H _R ') (m)	H _R /H ₀ (H _R '/H ₀ ')		U: 堤体上流側 D: 堤体下流側	ドレーン工		
小規模	蛭沢ダム (1994)	23.5	22.0 (19.5)	0.5 (3.5)	0.02 (0.18)	I ₂ (II ₁)	U: コア D: コア	法先ドレーン	○	活用
	倉橋ダム (2000)	36.5	31.5 (30.0)	1.5 (3.0)	0.05 (0.10)	II ₁	U: コア+シェル D: シェル	法先ドレーン	○	活用
	大正池 (2002)	26.2	19.0 (17.3)	5.0 (6.7)	0.26 (0.39)	I ₁ (I ₂)	U: コア+シェル D: フィルター+シェル	フィルターゾーン	○	移設
	山口野水池 (2002)	33.5	32.5 (-)	1.0 (-)	0.03 (-)	I ₁	U: シェル D: シェル	立上りドレーン (傾斜: 既設堤体に腹付け)	×	活用
	宿の沢ダム (2002)	26.0	18.6 (11.4)	1.8 (9.0)	0.08 (0.79)	II ₂	U: コア	法先ドレーン	×	移設
	村山下ダム (施工中)	33.3	32.6 (30.3)	0.7 (3.0)	0.02 (0.10)	III ₁	D: シェル	立上りドレーン (傾斜: 既設堤体に腹付け)	×	活用
中規模	雨煙内ダム (1978)	26.8	14.6 (-)	12.0 (-)	0.82 (-)	III ₂	D: 均一型堤体で嵩上げ	立上りドレーン (鉛直)	○	移設
	大谷内ダム (1990)	23.2	15.0 (14.0)	4.5 (5.5)	0.30 (0.39)	III ₂	D: 均一型堤体で嵩上げ	立上りドレーン (鉛直)	×	移設
	白川ダム (1996)	30.0	25.5 (-)	4.5 (-)	0.18 (-)	III ₂	D: 均一型堤体で嵩上げ	立上りドレーン (鉛直)	×	移設
	狭山池ダム (2001)	18.5	14.5 (10.1)	1.0 (5.4)	0.07 (0.53)	III ₂	U: コア D: シェル	立上りドレーン (傾斜: 既設堤体に腹付け)	×	移設
	杵臼ダム (施工中)	22.2	18.7 (-)	3.2 (-)	0.17 (-)	III ₂	D: コア+フィルター+シェル	フィルターゾーン	○	移設
大規模	満濃池 (1959)	32.0	26.0 (24.0)	6.0 (8.0)	0.23 (0.33)	III ₁	D: 独立したゾーン型堤体により嵩上げ	法先ドレーン	×	移設
	殿川ダム (1966)	37.0	12.5 (-)	24.5 (-)	1.96 (-)	II ₁	U: 独立した中央コア型堤体により嵩上げ	フィルターゾーン+水平ドレーン	○	移設
	大川ダム (1988)	49.2	33.7 (-)	15.5 (-)	0.46 (-)	III ₁ (I ₂)	中央コア型堤体を延長して嵩上げ	フィルターゾーン	×	活用 (嵩上げ)
	黒谷ダム (1989)	43.9	30.4 (26.9)	9.9 (13.4)	0.33 (0.50)	III ₁	D: 独立した中央コア型堤体により嵩上げ	フィルターゾーン	○	移設
	永池ダム (1996)	34.8	17.0 (12.8)	7.6 (11.8)	0.45 (0.92)	III ₁	D: 独立した中央コア型堤体により嵩上げ	フィルターゾーン	○	移設
	山王海ダム (2001)	61.5	37.0 (29.0)	19.5 (27.5)	0.53 (0.95)	III ₁	D: 独立した中央コア型堤体により嵩上げ	フィルターゾーン	○	移設

(b)中規模な堤体嵩上げ

嵩上げ比はおおよそ H_R/H_0 (H_R'/H_0') = 0.20 ~ 0.80の範囲にあり、嵩上げパターンはパターンⅢ₂が多い。

(c)大規模な堤体嵩上げ

嵩上げ比はおおよそ H_R/H_0 (H_R'/H_0') = 0.50 ~ 1.00の範囲にあり、嵩上げパターンはパターンⅢ₃が多い。

H_R/H_0 あるいは H_R'/H_0' の値に幅があるのは、ゾーニングパターンが嵩上げ規模により一律に決まるのではなく、既設堤体に期待できる強度レベルや遮水性レベル、使用する築堤土の種類や強度・遮水特性、現地の地形・地質条件などを総合的に検討して決められるものだからである。

4. 堤体嵩上げにおける留意点

4. 1 堤体嵩上げが既設堤体と基礎地盤に及ぼす影響

堤体嵩上げは、図-30に単純化して示すように、既設堤体や基礎地盤に嵩上げ堤体自重による土圧や、貯水位上昇による水圧が新たに加わることになり、大規模な嵩上げであるほど大きな影響を及ぼす。このため、嵩上げ堤体のゾーニングパターンは既設堤体に期待できる安定性と遮水性の程度、基礎地盤の支持力・水理安定性と止水性の程度に応じて、堤体嵩上げによる土圧や水圧が及ぼす影響を十分考慮して決定する必要がある。

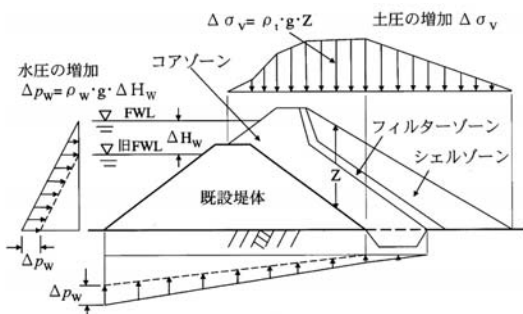


図-30 堤体嵩上げにより既設堤体と基礎地盤に新たに加わる土圧と水圧

以上見てきた嵩上げ事例は築造年代が古いものが多く、ゾーニングパターンのほとんどは均一型が多く、あるいは中央コア型であっても各ゾーン間の築堤土に大差なく均一型に近いものがほとん

どである。理由として、築造年代が古いフィルダムは、運搬手段が現在に比較して格段に劣っていたため、ダムサイトを離れてコア材とシェル材のように機能別に優れた築堤土を求めることが難しく、ダムサイト付近で経済的に入手できる築堤土を使用して築造されたためと考えられる。すなわち、近年のフィルダムのように各ゾーンの機能に応じて強度と遮水性を明確に区分した築堤土を大量に確保することが不可能だったことから、入手可能な築堤土のうち、遮水性を得やすい細粒分が多いものをコアゾーンに、残りをシェルゾーンにいうように、簡単な材料区分により使用していたためと思われる。築堤土の材料区分が明確でないことは、嵩上げ事例のほとんどの既設堤体でコアゾーンと隣接するゾーンとの間に細粒分流失を防止するためのフィルターゾーンが配置されていないことから伺える。また、現在の築堤技術レベルからすると、築造年代の古いフィルダムは締固め程度も低く、強度と遮水性が不十分な状態にあることも容易に想像できる。したがって、大規模な堤体嵩上げでは、既設堤体が有する安定性や遮水性に楽観的な期待をせず、安全側に考えてゾーニングパターンを決めることが必要である。

堤体嵩上げは、既設堤体表層の強度劣化部として一定の深さまで掘削除去してから行われるのが普通である。既設堤体は嵩上げにより新たに加わる土圧や水圧により変形するが、既設堤体を長期間の休止があった築堤途中の堤体の一部と考えれば、生じる変形に神経質になる必要はないと思われる。嵩上げが大規模である、既設堤体が軟弱であるなど、既設堤体に大きな変形が生じることが想定される場合には、既設堤体の変形を吸収して既設・新設堤体間には変形性の相違を緩和できるトランジションゾーンを配置することを検討しなければならない。トランジションゾーンに使用する築堤土は既設・新設堤体の変形特性を有するものが必要となる。

基礎地盤は、既設堤体の上・下流側に、あるいはどちらか片側に嵩上げ堤体の一部が載るが、新たに加わる土圧や水圧は大規模な嵩上げほど高くなる。小規模な嵩上げでは表層の軟弱部を除去する程度の基礎処理で済む場合が多い。ただし、漏水防止を目的とする場合には上流側のコアゾーンの止水トレンチ部分の遮水性を確保することが重要であり、止水層までの掘込み掘削だけで十分な

止水性を確保できない場合にはグラウトの施工が必要となってくる。また、嵩上げが大規模な場合には、嵩上げにより基礎地盤に新たに加わる土圧や水圧が大幅に高くなるので、カーテングラウトによる止水工や、ブランケットグラウトによる水密性向上あるいはコンソリデーショングラウトによる密実化や均一化を図ることが必要となろう。

4.2 嵩上げ規模とゾーニングパターンの関係

小規模なフィルダムであるため池 ($H < 15\text{m}$) は昔から堤体の補強や嵩上げが繰り返し行われてきており豊富な経験が蓄積されている²²⁾。フィルダムの堤体嵩上げは、ため池の場合に比較して、既設堤体に新たに加わる土圧と水圧が高く、強度や遮水性により確実性が求められるなどの相違があるものの、ため池で採用されてきた嵩上げ技術が多く、多くの面で参考になるものと思われる。堤体の補強や漏水防止、あるいは現行基準に合致した余裕高を確保する程度の小規模な嵩上げ、すなわち図-26に示したゾーニングパターン分類におけるパターンⅠ₂、Ⅱ₁、あるいはⅡ₂では、ため池で採用されている嵩上げ技術と多くの共通点を有しており、既設堤体は上流側にコアゾーンあるいはシェルゾーンを、下流側にシェルゾーンを腹付けるなどして、そのまま活用するのが基本となる。

一方、貯水容量の増加を目的とするような大規模な嵩上げ、すなわち図-26に示したゾーニングパターン分類におけるパターンⅢ₂あるいはⅢ₃では、新たに既設堤体や基礎地盤に加わる土圧や水圧が高く、ため池における経験はあまり参考にならないので、新規にフィルダムを築造する場合を参考にすることが必要である。大規模な堤体嵩上げでは、既設堤体の安定性や遮水性を期待するには不確実性が高く、既設堤体が既設・新設堤体の全体の中で果たす役割が相対的に低下し、嵩上げ堤体の役割が高くなり、新設の場合と同様な取扱いが必要になってくる。

フィルターゾーンあるいはドレーン工の配置や形状は既設堤体に期待できる遮水性、あるいは嵩上げ堤体のゾーニングなどにより決まるが、基本は想定される浸潤面の形状を考慮して効果的なものにする必要がある。

4.3 洪水吐に関する問題

嵩上げが小規模な場合の洪水吐は、新たに加わる土圧や浮力が限定的なので、老朽化による損傷が著しいとか、構造や容量が現行基準に合致しな

い場合を除いて、既設部をそのまま活用することになる。既設洪水吐の活用は、堤体嵩上げ高に対応させて、越流部や側壁を嵩上げすることが基本となるが、嵩上げ可能範囲はせいぜい2~3mまでと考えられる。洪水吐の嵩上げは、図-31に単純化して示すように、貯水位上昇により底面への浮力や側壁面への土圧と水圧が新たに加わるため補強も必要となる。特に、底面に作用する浮力に対して浮き上がりようにする対策が必要であり、図-32に概念的に示すような、側壁部に水平翼を張り出した浮上り抑止工や、図-33に概念的に示すような底面のアンカー工が考えられる。

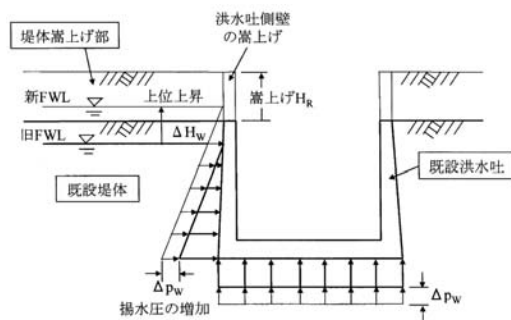


図-31 堤体嵩上げによる既設洪水吐への浮力

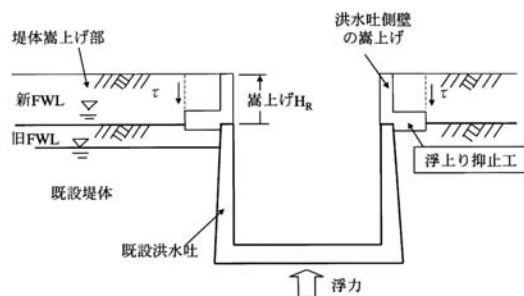


図-32 既設洪水吐の浮上り抑止工（張出し翼）

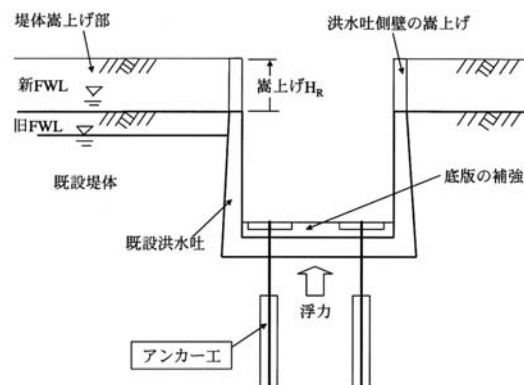


図-33 既設洪水吐の浮上り抑止工（アンカー工）

前者は水平翼直上部の土重量とその両端部直線面の土のせん断抵抗により、後者はアンカー工により洪水吐の浮上りを防止するものである。

大規模な堤体嵩上げでは、貯水位上昇が大きくなるために、既設の洪水吐を活用することは不可能で移設することが基本となる。洪水吐の移設は貯水位上昇量や地形・地質条件を考慮して効率的な位置を選定しなければならない。ただし、移設位置は、掘削発生土が嵩上げ堤体の築堤土に流用できるので、一種の土取り場としての役割も考慮すると、一概に掘削土量が少ないことが重要ではなく、必要とされる築堤土量とバランスしていることが重要である。特に、洪水吐の費用は工事費全体に占める割合が嵩上げが小規模であるほど、堤長が短いほど高くなるので、十分な経済性の検討が重要である。

5. あとがき

本稿は、わが国の老朽化フィルダムにおいて実施された代表的な堤体嵩上げ事例のゾーニングパターンを嵩上げ規模と堤体軸の上・下流側への移動により分類し、それぞれの特徴について整理した。嵩上げ堤体のゾーニングパターンは嵩上げ規模により以下のように3種類に分類できる。

小規模な堤体嵩上げは堤体の補強や漏水防止を目的とするもので、嵩上げ比がおおよそ H_R/H_0 (H_R'/H_0') = 0.02~0.20の範囲にある。ゾーニングパターンは既設堤体の上流側にコア・シェルゾーン、下流側にシェルゾーンを築造し、堤体軸を移動させないパターンⅠ₂か、上流側に移動させたパターンⅡ₁あるいはⅡ₂が多い。

中・大規模な堤体嵩上げは貯水容量の拡大を目的としたもので、堤体軸を下流側に移動させるのが一般的で、嵩上げが大規模であるほど既設堤体の活用程度が低くなり、ゾーニングパターンが腹付け型から独立した堤体型へと移行する。すなわち、中規模な堤体嵩上げは、嵩上げ比がおおよそ H_R/H_0 (H_R'/H_0') = 0.20~0.80の範囲にあり、ゾーニングパターンは既設堤体下流側への腹付け型堤体のパターンⅢ₂が多い。大規模な堤体嵩上げは、嵩上げ比がおおよそ H_R/H_0 (H_R'/H_0') = 0.50~1.00の範囲にあり、ゾーニングパターンは独立した中央コア型堤体のパターンⅢ₃が多い。

参考文献

- 1) 谷 茂：
溜池の話あれこれ，農業土木学会誌，
Vol.57, No.12, pp.2-4, 1989.
- 2) 沼倉元幸，嶋貫寿治，石田幸広，山内順也，
青山 仁，鈴鹿克俊：
設計基準「ダム」の変遷について，
水と土，第108号，pp.61-78, 1997.
- 3) (独)農業・食品産業技術総合研究機構
農業工学研究所所蔵の資料
- 4) 田口 靖，高田 武，田原 功：
山口貯水池堤体強化工事について，ダム日本，
No.681, pp.25-35, 2001.
- 5) 佐々木史朗，村山 眞，：
既設アースダムの耐震強化工事，
-山口貯水池堤体強化工事-，ダム技術，
No.227, pp.112-120, 2005.
- 6) 田村聡志，村山 眞：
既設アースダムの耐震性強化，
-村山下貯水池堤体強化工事-，ダム技術，
No.242, pp.47-58, 2006.
- 7) 佐久間 薫，野神睦雄，今入 隆：
村山下貯水池堤体強化工事について，ダム日本，
No.730, pp.11-22, 2005.
- 8) 田村 聡，村山 眞：
既設アースダムの耐震強化事例，
-村山下貯水池堤体強化工事-，基礎工，
Vol.35, No.3, pp.94-97, 2007.
- 9) 農業水利ダム集大成編集委員会編：
農業水利ダム集大成，第1巻，第Ⅲ編 設計，
3. 2 堤体設計，1. 雨煙内ダム（嵩上げ）の
調査と設計，(株)公共事業通信社，
pp.771-777, 1984.
- 10) 亀田正彦：
白川ダムの設計・施工について，ダム日本，
N.601, pp.27-38, 1994.
- 11) 藤田健二：
狭山ダムの施工計画について，ダム日本，
No.596, pp.37-51, 1994.
- 12) 田中義宏，九野康司，八尾信義，八野利文：
日本最古のため池である治水ダム化工事「平成
の大改修」，ダム技術，
No.242, pp.66-80, 2006.
- 13) 牧 隆泰：
日本水利施設進展の研究，土木雑誌社，

- pp.187 - 188, 1958.
- 14) (株)大林組広報室編：
特集MANNOU IKE・満濃池，季刊大林，
pp.6 - 21, 1995.
- 15) 木村 勝，渡辺和真：
山王海ダムかさ上げの技術的課題，農業土木学
会誌，Vol.62, No5, pp.31 - 36, 1994.
- 16) 豊島弘三，森山信弘：
山王海ダムの再開発 - ロックフィルダムの嵩上
げ - ，ダム日本，No.629, pp.27 - 47, 1997.
- 17) 都築慶剛：
山王海ダムの再開発（嵩上げ）について
- ゾーン型ロックフィルダム - ，ダム日本，
No.676, pp.39 - 70, 2001.
- 18) 都築慶剛：
山王海ダムの嵩上げによる再開発について，農
業土木学会誌，
Vol.69, No.6, pp.21 - 26, 2001.
- 19) Hyakumoto.K, Momikura.K, and
Toyama.M.：
Considerations for Raising The Ohkawa Dam
in Future, Proceedings of International
Congress on Large Dams, Q48 - R28,
pp.499 - 517, 1979.
- 20) 中西信隆，大根義男：
苅田調整池の設計と施工（設計編），土と基礎，
Vol.14, No.7, pp.3 - 10, 1966.
- 21) 中西信隆，大根義男：
苅田調整池の設計と施工（施工編），土と基礎，
Vol.15, No.3, p.11 - 18, 1967.
- 22) 牧 隆泰：
日本水利施設進展の研究，土木雜誌社，
pp.181 - 268, 1958.

馬見ヶ崎川合口頭首工における低周波音対策について

高 橋 寛*
(Hiroshi TAKAHASHI)

目 次

1. はじめに	42	3. 低周波音対策の検討	43
2. 原因究明調査	42	4. 効果検証	44

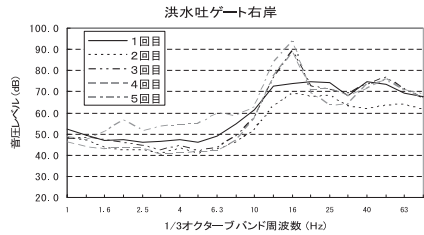
1. はじめに

このレポートは、馬見ヶ崎川合口頭首工（最上川水系馬見ヶ崎川）の近隣住宅（E氏宅及びS氏宅等）から、頭首工ゲート越流時に住宅の窓等が振動するとの苦情を受けたことが発端で、その振動が頭首工ゲート又は頭首工上流の砂防堰堤での低周波音の発生によるものか、あるいは国道286号線からの地盤振動が原因ではないかと想定し、低周波音等の調査を行い、その原因究明、対策検討、効果検証を行った結果について取りまとめたものである。

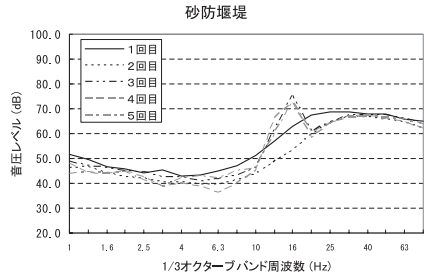
2. 原因究明調査

2-1. 住宅振動原因の特定

頭首工近隣住宅における振動の発生・未発生時別に、頭首工周辺の低周波音を平成18年4月～5月に調査・分析した結果、住宅振動発生時において、頭首工洪水吐ゲート地点で16Hzの低周波音の発生が認められた。（図-1）その音圧レベルは94.1dB（最大値）と、環境省による「物的苦情の参照値¹⁾」である16Hz：77dB（以下「参照値」）を大きく超えるものであった。一方、砂防堰堤でも、頭首工地点と同じ周波数の卓越（75dB）が認められたものの（図-2）、音圧レベルの分析状況（図-3）から頭首工洪水吐ゲートが低周波音の発生源であり、その低周波音が砂防堰堤まで伝播しているものと判断された。なお、国道等からの地盤振動は全く発生していなかった。



(1～2回目：住宅振動無し、3～5回目：住宅振動有り)
図-1 洪水吐ゲート地点の低周波音測定結果



(1～2回目：住宅振動無し、3～5回目：住宅振動有り)
図-2 砂防堰堤地点の低周波音測定結果

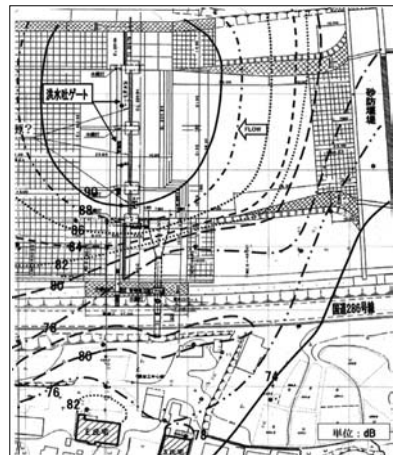


図-3 16Hz低周波音の音圧レベル分布

*現：東北農政局津軽農業水利事務所 (Tel. 0173-42-7211)
前：東北農政局西奥羽土地改良調査管理事務所最上川中流支所

2-2. 低周波音源の特徴

16Hzの低周波音は、ゲート越流水深が8cm以下のときに、89～94dBと高い音圧レベルで発生している(図-4)。また、このとき、越流水膜に横縞が現れ(写真-1)、着水時に“パタパタ”と特有の音が発生する。越流水深が8cmを超える場合は、音圧レベルは低く、この結果は聞き取り調査結果の「水量が多いと住宅振動は発生しない」と一致していた。

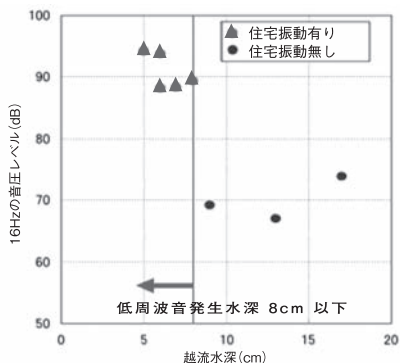


図-4 越流水深と16Hz音圧レベルの関係



写真-1 水膜の様相

2-3. 住宅地点での観測結果

住宅で振動が発生している時は、住宅地点においても、頭首工ゲート地点と同様の周波数形である16Hz低周波音が卓越する状況で観測され、その音圧レベルは参照値に達するレベルで、住宅での振動の原因は、頭首工ゲート越流時に発生する16Hz低周波音であることが確認された。

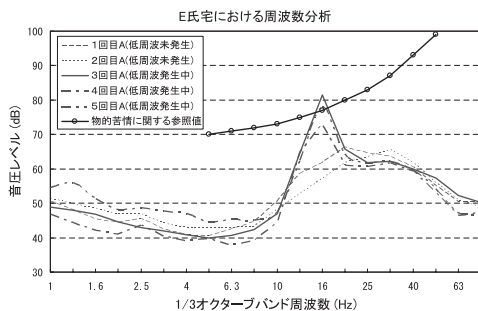


図-5 E氏宅地点で低周波音測定結果

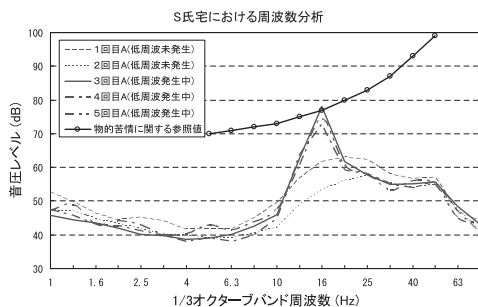


図-6 S氏宅地点での低周波音測定結果

3. 低周波音対策の検討

3-1. 対策方針

堰の越流による低周波音の発生メカニズムについて、参考文献²⁾では、越流時の水膜の振動が背後空洞の固有振動数と共振して安定的に発生すると推定されており、また、越流水膜による低周波音発生対策としては、スポイラ間隔2m以下で水膜を分断させることが効果的とされている。このことを踏まえ、スポイラ間隔2mを目安にスポイラを追加設置する方針とした。

3-2. 対策工の設計(実証実験)

スポイラ増設の設計において、スポイラ間隔2mを目安とし、最適な追加スポイラ数を検討するため、現地において、木製の擬似スポイラの数を変えながら設置して、16Hz低周波音の音圧レベル低減状況を測定した。その結果、洪水吐ゲート中央部(4m区間)は1基、ゲート両端部(5m区間)には2基、スポイラを増設することで、参照値以下に低減することが確認できた(図-7)。よって実証実験の結果、洪水吐ゲート2門に合計12基のスポイラを増設することで、頭首工から発生する低周波音を低減し、近隣住宅での振動発生の解消を図る設計とした。

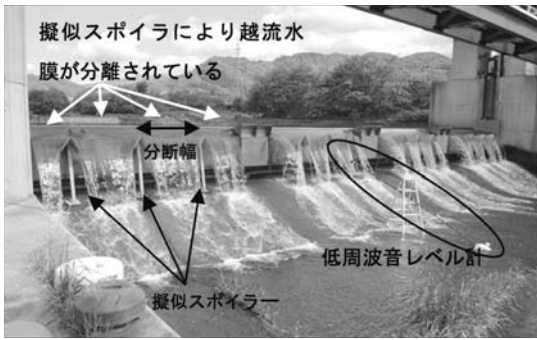


写真-2 擬似スポイラの設置状況

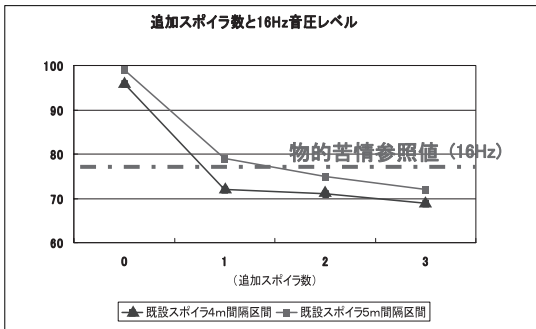


図-7 16Hz音圧レベル低減状況

4. 効果検証

実証実験の結果をもとに増設したスポイラであるが、実際の低周波音の音圧低減状況を確認するため、平成19年4月に効果検証の調査を行った。

4-1. 追加スポイラの設置状況

追加設置したスポイラは、越流水膜を十分に分断している（写真-3）。

4-2. 効果検証結果

(1)洪水吐ゲート地点（低周波音発生源）での測定結果

洪水吐ゲート地点での低周波音を調査・分析した結果、図-8に示すように対策工前に観測されていた16Hz付近での鋭いピークが、洪水吐ゲート2門とも消滅していた。

(2)住宅地点での測定結果

図-9に示すように、洪水吐ゲート地点と同様に対策工前に観測されていた16Hz付近での鋭いピークは消滅しており、低周波音の音圧レベルは物的苦情が生じない範囲に大幅に低下した。

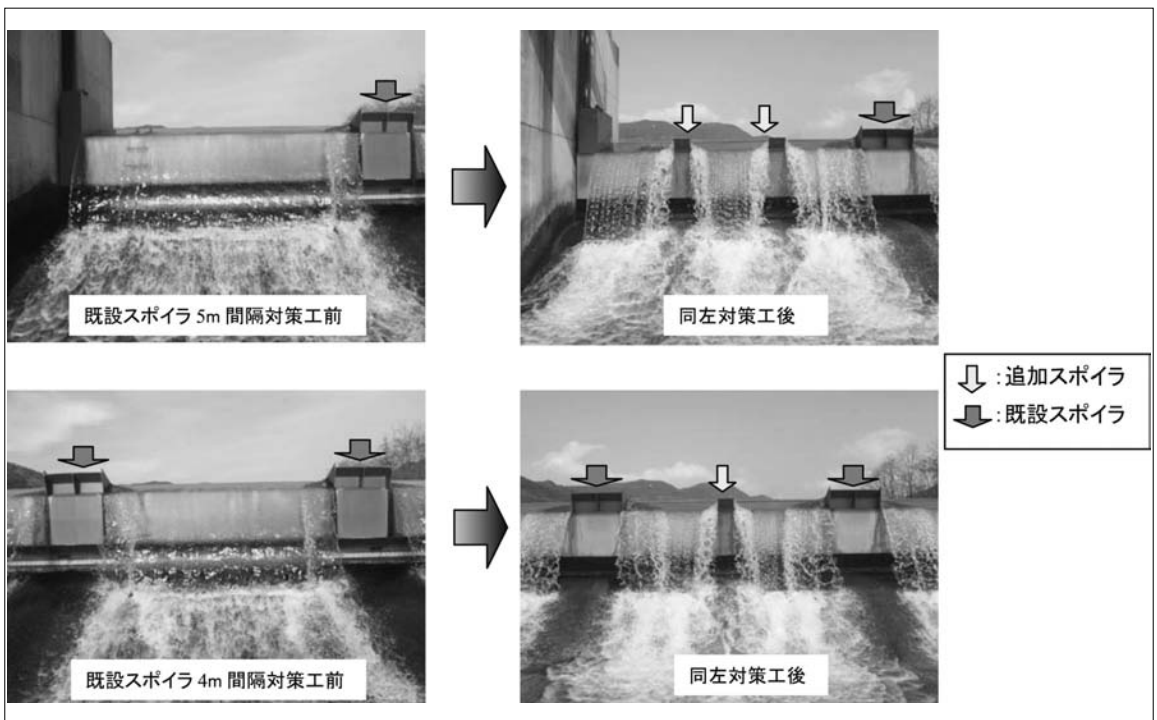
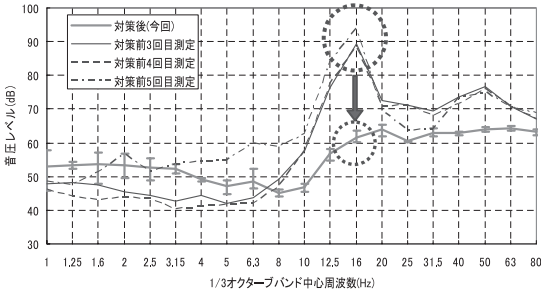
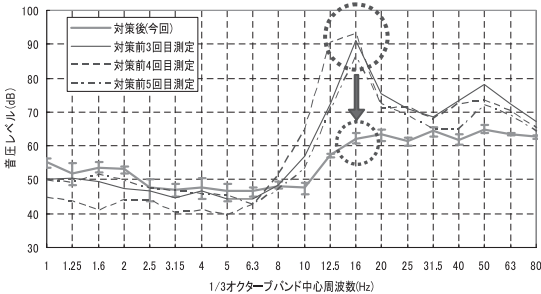


写真-3 追加スポイラによる水膜分断状況

洪水吐ゲート(右岸)



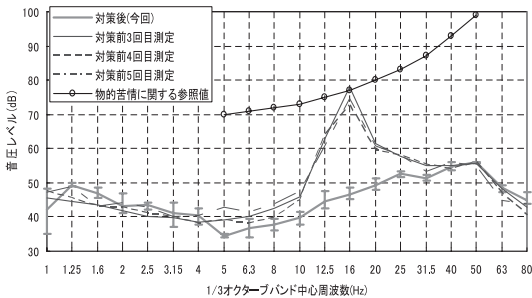
洪水吐ゲート(中央)



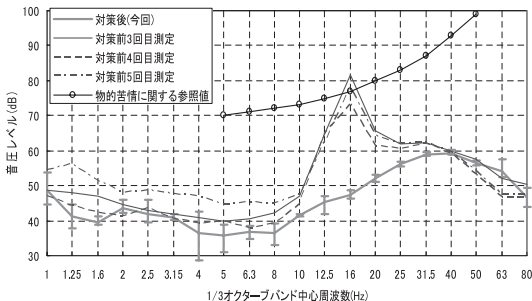
(※対策後測定の上印は計測3回の最大値・最小値を示す。)

図-8 洪水吐ゲート地点における低周波音測定結果

S 氏宅



E 氏宅



(※対策後測定の上印は計測3回の最大値・最小値を示す。)

図-9 住宅地点における低周波音測定結果

測定日	測定時間	越流水深
平成 19 年 4 月 20 日	17:30~19:30	6 cm



写真-4 調査状況

山形市環境課の立会いの御協力を得て調査実施

(3)まとめ

スポイラ追加設置による対策工実施後は、住宅での振動原因であった16Hz低周波音の音圧レベルが参照値を大幅に下回っており、対策工が十分効果を発揮していることが検証できた。

なお、対策工実施後に苦情者宅からの聞き取り調査では、住宅での振動が発生していないことを確認している。

参考文献

- 1) 環境省環境管理局大気生活環境室：
低周波音問題対応の手引書（評価指針），P.1（2004）
- 2) 竹林征三：
ダム・堰と低周波空気振動，（社）日本騒音制御工学会誌「騒音制御」vol.23, No.5, PP.324~328（1999）

取水口における塵芥除去及び処理の実態と 浮遊性塵芥流入防止装置の開発

小林 宏 康* 浪 平 篤** 高 木 強 治** 後 藤 眞 宏**
(Hiroyasu KOBAYASHI) (Atsushi NAMIHIRA) (Kyouji TAKAKI) (Masahiro GOTOU)

目 次

1. はじめに	46	4. 浮遊性塵芥の流入防止技術の開発	51
2. 調査地区の選定及び調査方法	46	5. おわりに	54
3. 調査結果及び考察	47		

1. はじめに

頭首工取水口には、通常、灌漑用水及び地域用水を安定確保するため除塵施設が設置され、開水路や管路の送配水機能を保全している。しかしながら、用水とともに取水口に流入してくる多量の塵芥が、写真-1に示すように、除塵スクリーンの前面に集積する状況が各所で発生している。これを放置すると、塵芥が除塵スクリーンを覆うように張り付くことから通水断面が徐々に減少し、取水障害を引き起こすため、塵芥の集積具合を日常的に見回り、塵芥を除去する作業が必要となっている。



写真-1 頭首工取水口における塵芥の集積状況

農林水産省が平成7年度に行った基幹水利施設整備状況調査¹⁾によると、全国で受益農地面積が概ね100ha以上の頭首工1,905箇所（100%）のう

ち、ゴミによる障害が発生している施設は175箇所（9.2%）、都市化・混住化による水質悪化が発生している施設は81箇所（4.3%）あり、ゴミと水質の問題が各地の取水口で顕在化している実態が報告されている。

また、国土交通省が作成した「河川ゴミマップ」²⁾によると、全国の一級河川におけるゴミの散乱の主な原因は家庭ゴミ等の不法投棄であり、例えば、新潟県の阿賀野川では平成16年度に約330万円、三重県・和歌山県の熊野川では平成17年度に約1,300万円というゴミ処理費を支出している。このような河川流域の水環境の悪化が、河川を水源とする数多くの頭首工取水口において、塵芥除去及び処理の問題と深く結びついている。

以上のような背景を踏まえ、頭首工取水口における塵芥の除去と処理の実態を明らかにするため、施設管理者からの聞き取りと葉書アンケートによる調査を行った。本報では、これらの調査結果を示すとともに、農村工学研究所水源施設水理研究室が中心となって開発した浮遊性塵芥流入防止装置を概説する。

2. 調査地区の選定及び調査方法

2.1 施設管理者からの聞き取り調査

土地改良区等が管理している頭首工が抱えている維持管理上の課題と現場ニーズを把握するため、頭首工の構造等をまとめた各種資料^{3), 4), 5)}を基に、可動式洪水吐ゲート／土砂吐ゲートを有する頭首工約120箇所を選定し、平成12年8月～平成14年12月に渡り、施設管理者に対して聞き取り調査を行った。

その結果、将来の河川改修計画河床に合わせて

* (独)農研機構総合企画調整部 (Tel. 029-838-7696)

** (独)農研機構農村工学研究所 (Tel. 029-838-7563)

頭首工を建設したため必然的に生じる堆砂によって開閉操作が困難な可動ゲート、頭首工下流側の河床低下に合わせてすり付け改修工事が必要な護床工や魚道、コンクリートやゲート扉体の劣化、魚類遡上率の低い魚道、ゲート越流水による落水騒音等の様々な問題が摘出された。その中でも、取水口の維持管理には、塵芥の集積と取水障害、頻繁な見回り、塵芥除去と処理、作業従事者の確保等の種々の要素が関わっており、この問題が数多くの取水施設において発生していることを把握した。

取水口に集積する塵芥の種類や量は、取水施設の上流域におけるダムや他の取水の有無、土地利用等によって影響を受けるが、洪水時における流木の増加、発泡スチロールのような家庭ゴミの通年的な増加、刈草や稲わらの季節的な増加、夏場における藻や水草の繁茂等の現象が各地の取水施設において共通して認められた。

2.2 葉書アンケート調査

取水口における塵芥処理の実態をより詳細に把握するため、現地で聞き取り調査を行った116箇所の施設管理者に対し、以下のような質問項目（回答は選択式、一部記述式）を設定して、往復葉書による調査票でアンケート調査（H16.3.23送付、H16.4.16回収）を行った。

- Q1 除塵施設の有無及び型式
- Q2 塵芥の種類と集積の程度
- Q3 維持管理における塵芥除去・処理の負担の程度
- Q4 塵芥除去の頻度
- Q5 見回り及び塵芥除去の作業形態
- Q6 塵芥の処理方法
- Q7 塵芥増加の時期

3. 調査結果及び考察

回収できた調査票は表-1に示す88箇所（回収率75.9%）であった。現地で行った聞き取り調査の結果等と併せて取水口の塵芥除去及び処理の実態を分析した。

3.1 除塵施設の設置と塵芥集積

表-2に示す通り、調査した88箇所の頭首工のうち、77箇所（87.5%）に除塵施設が設置されており、その内の71箇所（92.2%）において塵芥が多量に集積していた。これは、除塵施設が塵芥を捕捉するという本来の機能を発揮しているため

あるが、表-3に示す通り、除塵施設のある77箇所のうち64箇所（83.1%）の取水口において、塵芥除去作業及び処理が施設管理者の大きな負担となっている。

なお、除塵スクリーンが設置されていない取水口（6箇所）においても、塵芥が多量に集積し（表-2）、塵芥除去の負担が大きい（表-3）と回答されているが、この中には、取水口が集落からかなり離れた場所（河川）に設置されている場合には頻繁な見回りが困難なことから、除塵スクリーンを取って撤去し塵芥を水路に流入させて、集落に近い水路内の除塵施設において塵芥除去作業を行っている地区等の回答が含まれている。

表-1 調査票が回収できた頭首工の地域別一覧

地域	県名（調査対象箇所数）	箇所数
北海道	—	16
東北	秋田(6)、福島(8)	14
関東	栃木(1)、千葉(3)	4
東海	愛知(1)、三重(14)	15
近畿	滋賀(1)、兵庫(4)、和歌山(1)	6
中四国	岡山(8)、山口(6)	14
九州	佐賀(1)、熊本(4)、宮崎(8)、鹿児島(6)	19
合計	(16道県)	88

表-2 除塵施設の設置と塵芥集積量との関係

Q1 \ Q2	塵芥の集積（注）		計（件）
	多い	少ない	
除塵施設有り	71	6	77 (87.5%)
〃 無し	6	5	11 (12.5%)
計（件）	77	11	88 (100.0%)

（注）ここでは塵芥の種類を特定していない設問の回答。

表-3 除塵施設の設置と塵芥除去・処理の負担との関係

Q1 \ Q3	塵芥除去作業等の負担		計（件）
	大きい	小さい	
除塵施設有り	64 (83.1%)	13 (16.9%)	77 (100.0%)
〃 無し	6	5	11
計（件）	70	18	88

3.2 除塵施設の型式

葉書アンケート調査では、除塵施設の型式を人力式（手掻き上げ）、機械式（レーキ掻き上げ等）、オイルフェンス（水面に展張する浮遊性塵芥の流入防止用のフロート付きフェンス）に3区分した。

調査対象とした頭首工は、昭和20年～昭和50年代に建設されたものが70箇所（79.5%）と大半を占め、表-4に示す通り、除塵施設の61箇所（68.5%）が製作・設置費の経済的な人力式であった。機械式は、多量の塵芥集積が予想される場合や、取水施設が谷地形の河川に建設されて取水口が低い位置にあるため、除塵スクリーンで除去した塵芥を人力で運搬処理することが物理的に難しい場合等に採用されている。また、オイルフェンスは、浮遊性の塵芥の流入を一旦食い止めて、オイルフェンスの前面に集積する浮遊性塵芥を、河川の流水エネルギーを利用して取水口の下流側へ押し流すことを目的としている。

表-4 除塵施設の型式と塵芥除去・処理の負担との関係

Q1	Q3 塵芥除去作業等の負担		計 (件)
	大きい	小さい	
人力式	49	12	61 (68.5%)
機械式	14	0	14 (15.7%)
オイルフェンス式	11	3	14 (15.7%)
計	74	15	89 (100%)

(注) 除塵施設のある取水口77地区のうち、2地区で3タイプ設置、8地区で2タイプ設置。

塵芥除去・処理の負担感については、写真-2に示すように、塵芥の掻き上げ作業が重労働となる人力式と相関が強いと予想したが、表-4に示す通り、いずれの型式との間にも特別な関係を見出すことができない。この理由としては、施設管理者が、塵芥除去・処理の負担感を塵芥除去作業労力だけでなく、塵芥処理に係る費用負担等も総合化して回答したためと考えられる。



写真-2 塵芥の人力掻き上げ作業

3. 3 塵芥除去の頻度

除塵除去の頻度 (Q4) について、除塵施設の型式及びその組合せ別に整理した結果を表-5に示す。右端に示した1箇所当たりの塵芥除去頻度とは、例えば、1日に1回の見回りを1.0、2日に1回の見回りを0.5等として数値換算し、型式毎に求めた平均値であり、数値が大きい程塵芥除去の頻度が高いことを示している。

表-5 除塵施設の型式と塵芥除去の頻度の関係

除塵施設の型式 (Q1)	塵芥除去の頻度 (Q4)								計 (箇所)	1箇所当たりの塵芥除去頻度
	定期点検不要	数週間に1回	1週間に1回	2,3日に1回	1日に1回	1日に2回	1日に3回	1日に4回		
人力式単独	1	1	8	5	15	14	5	3	52	1.4
人力式+機械式			1			1			2	1.1
人力式+オイルフェンス			2	1	2				5	0.6
人力式+機械式+オイルフェンス				1			1		2	1.8
機械式単独	1				3	4		1	9	1.7
機械式+オイルフェンス						1			1	2.0
オイルフェンス単独	1		3		2				6	0.4
無し	5	2	2		2				11	0.2
計 (箇所)	8	3	16	7	24	20	6	4	88	

人力式では、1週間に1回以下の作業で済んでいる取水口が10箇所ある一方で、1日に2回以上の作業が必要な取水口が22箇所もある。人力の塵芥掻き上げ作業には、写真-2で示したように、特製の熊手が使用され、従事者の腰や肩等に大きな負荷が掛かる。軽労化には機械式への切り替えが一つの解決策になるものの、製作費が高額なため、除塵施設の取り替えには容易に踏み切れないというのが実情である。言い換えると、塵芥除去頻度の高い人力式除塵施設における軽労化技術の開発に現場ニーズが認められた。

一方、機械式が採用された取水口では、そもそも取水口の計画時点で塵芥の多量集積等が見込まれていたと考えられ、実際に、1日に2回程度の高頻度で作業が行われている。

オイルフェンス単独の塵芥除去頻度は0.4であり、他の型式に比べて管理労力は小さい。ただし、浮遊性塵芥の排除機能を安定して発揮させるため、オイルフェンス自体が取水口の流入水に引き寄せられて除塵施設に張り付かないよう、写真-3に示すような突っ張り棒を設置するか、あるいは、頭首工の門柱等を利用して反対側からロープで引っ張り、オイルフェンスの位置を固定する仕

掛けが必要である。また、このような仕掛けやオイルフェンス自体が洪水によって流亡しないよう、これらを洪水前に引き上げ撤去する作業が必要となる。なお、調査数は少ないものの、人力式にオイルフェンスを組合せた（追加した）場合には、塵芥除去の頻度は0.6と2日に1回程度となっており、オイルフェンスによる浮遊性塵芥対策が人力式の労力軽減に寄与している傾向が認められた。



写真-3 オイルフェンスの設置状況

3. 4 農村の都市化の影響

除塵施設で多量に捕捉される塵芥の種類（Q2）は、草や落ち葉（66箇所）、浮遊性家庭ゴミ（47箇所）、流木等の木材（44箇所）の順であった。その他の塵芥（11箇所）としては、肥料袋、藻・水草、小動物の死骸、わらくず等の回答があり、平均すると取水口1箇所当たり2.2種類の塵芥が集積している。

取水口に塵芥が多量に集積するようになったのはいつ頃かという質問（Q7）には、55箇所の施設管理者から回答があった。施設管理者の記憶に依拠しているが、図-1に示す通り、1974年（昭和49年）頃から増加傾向が現れ、1989年（平成元年）頃から急増している。農村の混住化という用語は、1973年（昭和48年）の農業白書で登場したのが初出とされており、この頃から農村の都市化が進展したと見なせば、図-1の結果には、その影響が顕著に現れていると考えることができる。

現地の聞き取り調査においても、家庭ゴミ増加の原因として、取水口の上流域における都市化の影響を指摘する施設管理者が多かった。また、夏場には河川で藻や水草が大量に発生し除塵スクリーンにからみつき、その除去に苦慮している地

区が散見された。このような現象は、河川の水質悪化が原因と考えられ、河川に流入する家庭ゴミや家庭排水の増加と無縁ではない。

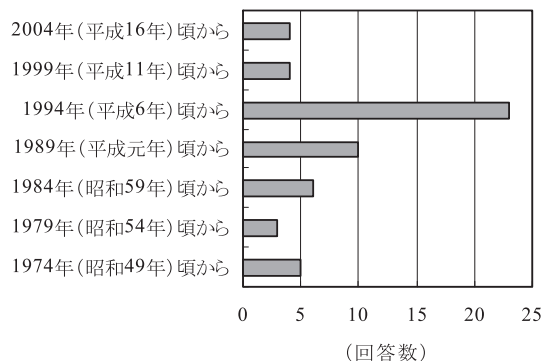


図-1 塵芥の集積増加の開始時期

以上のような状況を踏まえ、農村の都市化が取水口の塵芥流入量の増加に及ぼす影響を評価するため、アンケート調査の対象となった取水口88箇所の所在地から、その上流域における大きな集落の存在を調べた。大きな集落の有無の判定にはGoogle Maps⁶⁾を利用した。その結果、頭首工の上流域に大きな集落が存在する取水口78箇所と、大きな集落が存在しない取水口10箇所に分類された。このデータと、取水口における塵芥の集積状況（Q2）データをクロス集計した結果を表-6及び表-7に示す。

表-6 集落の有無と塵芥集積量との関係

Q2 要因	塵芥の集積		計 (件)
	多い	少ない	
上流側に集落在り	69	9	78 (88.6%)
〃 無し	10	0	10 (11.4%)
計 (件)	79	9	88 (100.0%)

(注) 表-5では塵芥の種類を特定していない。

表-7 集落の有無と浮遊性塵芥集積量との関係

Q2 要因	浮遊性塵芥の集積		計 (件)
	多い	少ない	
上流側に集落在り	45	33	78
〃 無し	2	8	10
計 (件)	47	41	88

塵芥の種類を特定せずに、取水口における塵芥集積量の多寡と大きな集落の有無とのクロス集計の結果を表-6に示す。頭首工の上流域に大きな

集落が存在しない10箇所全ての取水口において、多量の塵芥が集積しており、農村の都市化の影響を評価することはできないが、塵芥の種類を浮遊性塵芥に特定すると、表-7に示すように、頭首工の上流域に大きな集落のない10箇所の取水口のうち8箇所（80%）において、浮遊性塵芥の集積量が少ないという結果が得られた。この結果は、大きな集落が浮遊性塵芥の排出源になっている可能性が高いことを意味している。

河川には様々な河川構造物が建設されており、また、本川には幾筋もの支流が流れ込むため、取水口に集積する塵芥の発生源を上流域の土地利用等から精度良く把握することは難しいが、浮遊性塵芥の流入量の多寡については、農村における都市化・混住化の影響を受けていると考えられる。

3. 5 見回り及び塵芥除去の作業形態

取水口の見回り及び塵芥除去がどのような作業形態で実施されているかという質問（Q5）には、39地区が、この作業を外部委託していると回答（うち、37地区が外部委託費を回答）した。

外部委託率が高かった地域は、福島県（8箇所中7箇所：87.5%）、宮崎県（8箇所中6箇所：75.0%）、北海道（16箇所中11箇所：68.8%）であり、逆に、外部委託率が低かった地域は、秋田県（6箇所0箇所：0%）、千葉県（3箇所中0箇所：0%）、山口県（6箇所中0箇所：0%）、熊本県（4箇所中1箇所：25.0%）三重県（14箇所中5箇所：35.7%）、岡山県（8箇所中3箇所：37.5%）であった。このように、見回り及び除塵除去作業の外部委託率は、地域によって大きな違いが見られた。

また、外部委託費と委託人数が明らかな37箇所のうち、一人の外部委託者で対応している取水口が27箇所（73.0%）と大半を占め、その他の10箇所（27.0%）では複数の委託者を確保（二人：7箇所、三人：1箇所、五人：1箇所、六人：1箇所）していた。

そこで、一月当たりの外部委託費と、委託者一人当たりの外部委託費に換算した結果を図-2に示す。

一月当たりの外部委託費の平均月額8万8千円であったが、月額50万円（三人態勢）の地区が1箇所ある一方で、月額1万円以下の地区が8箇所（うち2箇所はボランティア作業）と大きな差がある。また、一人当たりの月額委託費で比較しても、平均月額は約6万3千円であるが、最高額は22万5千円、最低額は0円と格差が大きい。

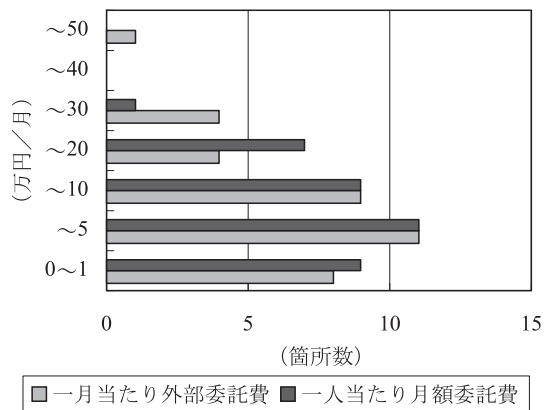
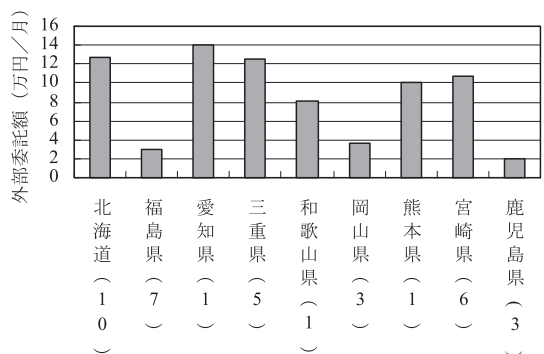


図-2 取水口維持管理の外部委託費（契約金額別）

また、取水口の見回り及び塵芥除去作業に関わる一月当たりの外部委託費を、図-3のように道県毎に平均値を求め比較した。サンプル数が少ないため比較分析は難しいが、北海道では11地区中月額委託費10万円以上が7地区、同20万以上が2地区あり、外部委託費が平均よりも高額に設定されている地区の割合が高い。三重県と宮崎県の平均委託額は比較的高いが、地区によって格差が大きい。



注：（ ）内はサンプル数

図-3 取水口維持管理の外部委託費（地域別）

以上のような委託額の格差の原因としては、①委託契約の内容が、取水口の見回り及び塵芥除去作業に限定されているものから、水路の点検や頭首工の維持管理等も含めているものまで多様であること、②施設管理団体の大半が、受益農家から徴収する経常賦課金の増嵩を抑えるため職員数を大幅に削減しており、直営で頭首工の維持管理等を行う余裕はないことから、作業内容に見合う処

週で外部委託していること等が考えられる。いずれにしても、外部委託費は、地域の相場で決定されているのではなく、地区毎の実情を踏まえた委託契約内容に応じて設定されている。

委託者の年齢（Q5）について、33地区から回答があり、平均年齢は65歳で最高年齢は80歳、最低年齢は36歳であった。現場では作業従事者の高齢化が進んでいるが、灌漑期間における取水口の維持管理は、除塵施設における塵芥の集積が原因で取水障害が発生するような事態を避けるため、従事者は連日拘束され、重労働と責任を負担している。このような労働条件が理由となり、専従者を確保することが難しく、施設管理者は後任の確保に苦慮している。なお、施設管理者からの聞き取りによると、専従の外部委託者は取水口近くに居住する農家にお願ひし、その家族が代々引き継いでいるという事例が散見された。

今後とも、取水口の維持管理を継続して実施していくためには、作業の外部委託化（39地区）、労力軽減のため複数の専任者の確保（39地区中12地区）、作業負担を分担するため集落毎に委託者を選抜する等の交代制（39地区中6地区）、作業内容に見合った委託費（報酬）の設定等の仕組みを導入せざるを得ないと考えられる。

3. 6 塵芥の処理方法

除塵施設に集積した塵芥の処理方法（Q6）について、処理していると回答した76箇所の内訳（複数回答）は、焼却する（45箇所）、下流へ放流（33箇所）、民間業者が処分（13箇所）、放置・埋める（10箇所）、自治体が処分（3箇所）の順であった。

塵芥の焼却は、これまで現場で広く行われてきたが、平成13年に、ダイオキシン類の排出抑制等を目的として廃棄物処理法が改正され、野焼き等の規制が厳しくなった。厚生省生活衛生局水道部環境整備課長通知（H12.9.28）に拠ると、農業を営むためにやむを得ない廃棄物の焼却として「農業者が行う稲わら等の焼却」を挙げているが、茨城県内の地方公共団体に問い合わせたところ、塵芥の焼却処分を特例行為と認めることは難しいという見解であった。

受益地以外から集積した塵芥を下流へ放流する処理方法には正当な理由があるものの、河川がきれいにならない、当該取水口の下流側に位置する取水口において塵芥除去量を増加させる、ゴミの

不法投棄と見間違えられる等の理由から採用していない地区も多い。

取水口に集積する塵芥は、不特定の住民から排出されると考えれば、地方自治体で処分することが合理的である。ただし、地方自治体は分別されたゴミでなければ受け付けない。また、除塵施設から搬出される塵芥は事業系一般廃棄物として見なされ、焼却場に塵芥を自ら持ち込んでも有料（例えば、可燃ゴミ39円/kg、不燃ゴミ・資源ゴミ46円/kg）になる。地方自治体からゴミ処分の認可を受けている民間業者に持ち込む場合でも、素材毎に処分方法が違うため、処分費用は、例えば、直径6cm以内の枝や土未付着の草・芝が10円/kg、直径6～18cmの幹や根・土付きの草が20円/kg、直径18cm以上の大径木が35円/kg等、素材毎に細かく設定されている。一方、廃タイヤ、農業用ビニール、発泡スチロール等は廃プラスチック類とされ、家庭で発生する廃棄物（一般廃棄物）ではなく、処理費がさらに高額な産業廃棄物とされる。また、仕分けが困難な混合廃棄物は、産業廃棄物の扱いになる。塵芥処理を民間業者に委託している取水口は13箇所あり、年間経費を回答した11箇所のうち、最高額は60万円、最低額は9万円、平均は19万5千円であった。また、地方自治体で塵芥処分していると回答した3地区のうち2地区（1地区は未回答）において、10万円及び2万円の年間処理費が計上されていた。

平成12年に循環型社会形成推進基本法が制定されて以降、廃棄物の処理とリサイクルの強化が社会的に一層整備されてきているが、多くの施設管理者は、取水口の上流域から流下してくる多量でしかも多種類の塵芥の分別に消極的である。しかし、塵芥の焼却処分を行うことに対して社会的な規制は今後一層強まると考えられ、塵芥処理費用の増加による施設管理団体の財政圧迫が懸念される。

4. 浮遊性塵芥の流入防止技術の開発

施設管理者は、塵芥除去に関わる労力軽減と、塵芥処理量を低減させる対策技術の開発を求めている。家庭ゴミに代表される浮遊性塵芥量の増加が要因となり、取水口の見回り回数が増加した現場では、浮遊性塵芥の増加に対処するため様々な工夫が試みられていた。農村工学研究所では、このような現場開発技術の実態を踏まえ、水理模型

実験と現地適用試験を実施し、新しい実用化技術を開発した。

4. 1 各地の現場技術

写真-4は宮崎県で撮影した。取水口の前面に長い竹を斜めに浮かせて、オイルフェンスの機能を持たせている。竹の上流端を取水口上流側入口付近に固定し、写真左前方の上流側から流下してくる浮遊性の塵芥を竹の側面に沿って流下させ、頭首工の土砂吐ゲートから効率良く越流させるよう竹の長さや角度を設定し下流端の位置を固定している。施設管理者の話では、枝や葉付きの竹の方が除塵効果は高いとのことであった。



写真-4 竹を利用した浮遊性塵芥の軽減

写真-5は三重県で撮影した。取水口の入り口に設置した人力式除塵スクリーンの下部バーを1本ずつ間引いている。浮遊性塵芥が多いことから上部バーに塵芥流入防止機能を持たせる一方で、下部バーには浮遊性塵芥以外の塵芥流入を多少許容しても、十分な通水機能を確保させるというねらいがある。



写真-5 人力式除塵スクリーンにおける浮遊性塵芥対策

写真-6は秋田県の事例である。人力式除塵スクリーンの前方に、浮遊性塵芥の進入を防止する目的で遮蔽板が設置されている。遮蔽板の高さは約50cmあり、そのうち約30cmが水没しており、取水口に流入しようとする多量の枯れ葉を遮蔽板が阻止し効果を発揮している。



写真-6 固定式遮蔽板による浮遊性塵芥の流入防止

写真-7の事例は、浮遊性塵芥の進入を防止する遮蔽板が、取水口の上下変動に連動する可動式構造を採用している。遮蔽板は、SUS角パイプ2本を上下に連結して外側を密閉しており、自重よりも浮力が勝るため水面に浮くことができる。遮蔽板の両端にローラーを取り付け、これがコンクリート壁に固定された溝形鋼の間を上下できる構造となっており、遮蔽板が河川水位の変動に追従することができる。水土里ネット宮崎の技術者が別の取水口で採用されていた可動式遮蔽板の事例を参考に地元の加工業者と協力して産み出した創意工夫である。



写真-7 可動式遮蔽板による浮遊性塵芥の流入防止

4. 2 農工研における研究開発技術

各地の現場開発技術を踏まえ、浮遊性塵芥の流入防止機能が強く、しかも河川管理施設として適合するオイルフェンス型除塵技術の開発に着手した。水理模型実験を通じて、浮遊性塵芥流入防止装置の基本構造を決定⁷⁾し、試作機を製作した。これを実際の水路や頭首工取水口に設置し、試作機の実用化を目指した。また、本技術の実用化・製品化に当たっては、民間企業との共同研究(H17年度～H18年度)を実施し、写真-8に示すような装置を開発⁸⁾した。



写真-8 平水時における浮遊性塵芥防止装置

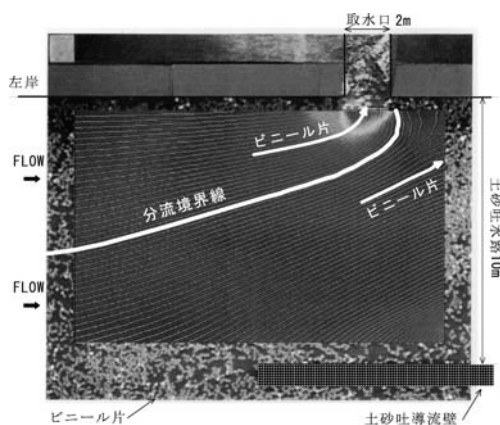
本研究開発に関わる水理模型実験の概要と本装置の特徴は以下の通りである。

(1)取水口付近の水理特性

実在する頭首工の1/10縮尺模型を製作し、模型の上流側からビニール片を浮子として流下させ、これを上空からビデオ撮影して画像解析を行い、取水口付近の表層ベクトル等を測定(Particle-Image Velocimetry)した。その結果、図-4に示す通り、取水口へ向かう流水とそれ以外の流水とがあたかも分離するような水理現象(これを分流境界線⁹⁾と定義)が発生すること、取水口へ向かう流速は、図-5に示す通り、取水口に接近するほど増大すること等が確かめられた。

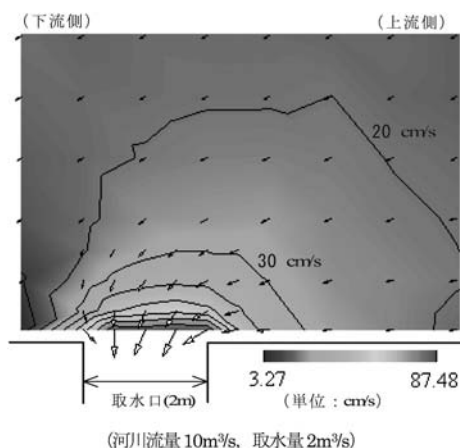
(2)遮蔽板の取り付け角度と長さとお水没深

遮蔽板は、①取水入口から少し離して設置することにより、接近流速の影響で浮遊性塵芥の張り付きや渦の発生を抑えることができ、浮遊性塵芥を効率的に捕捉できること、②下流側先端の位置が分流境界線を越えると、捕捉した浮遊性塵芥を遮蔽板に沿って確実に下流側へ押し流すことがで



(河川流量10m³/s, 取水量2m³/s)

図-4 分流境界線の発生



(河川流量10m³/s, 取水量2m³/s)

図-5 取水口付近中層の流速分布

きること等を実験で確認した。そのため、遮蔽板は、上流側の支柱を支点とする片持ち梁構造として、平水時は写真-8に示す通り、下流側に約30°開く構造とした。また、遮蔽板の長さは、除塵施設の幅員よりも十分大きくしている。

さらに、遮蔽板の水没深は、浮遊性塵芥の捕捉率や遮蔽板の流入損失水頭を評価指標として水理実験を行い、30cmが有効であることを確認した。

(3)遮蔽板の可動式機構

遮蔽板の上流端に取り付けたローラ付きガイドピンがコンクリート壁に設置した支柱のガイド溝に沿って移動できる構造となっている。遮蔽板はSUS中空角パイプ構造としており、十分な浮力を有していることから河川水位の変動に応じて上下にスムーズに移動できる。

遮蔽板は、河川水位の上昇に追従して上方に移動するが、ローラ付きガイドピンがガイド溝に沿って上昇すると、遮蔽板の向きが徐々に変化し、洪水時に達すると取水入口に張り付く（河川の流れの方向に対して閉じた状態になる）ようにガイド溝を加工している。そのため、洪水時には、遮蔽板が写真-9に示すような位置に納まり、本装置は河川管理施設として洪水の流下を妨げない適切な機構を有している。



写真-9 洪水時における浮遊性塵芥流入防止装置

5. おわりに

頭首工における維持管理の実態を把握し、特に、水理的な観点から研究シーズを発掘するため現地調査を開始したのは平成12年8月であった。国や県の土地改良事業担当者を頼りに、各地の施設管理者を訪問し、ヒアリングと資料収集を重ねた。平成14年12月までに16道県を回り、調査した頭首工は延べ116箇所到达了。調査地域は全国を網羅できていないが、多くの頭首工が維持管理の面で共通に抱える問題点を洗い出すことができた。

取水口の除塵施設における塵芥除去作業は、頭首工の日常的な維持管理作業であると予め想定し、調査票の質問項目に加えていたが、農村の都市化に伴う家庭ゴミの多量の排出が取水口の除塵作業にも大きな影響を及ぼしていること、集積する塵芥量の増大が除塵施設の見回り回数と塵芥除去作業量の増大を招いていること、除塵量の増大に伴い外部委託費や処理費用が増嵩し施設管理団体の財政を徐々に圧迫していること、過酷な労働条件と農村の高齢化が本作業の専任者の確保を一層難しくしていること等、当初から思い描いてい

た以上に、本作業が本質的に抱える問題は農村社会を取り巻く様々な社会問題と連関し深刻化していた。

各地の取水口において、除塵作業に伴う様々な困難が表面化していたが、この問題を技術的に解決しようとする各地の取組も直接目にする事ができた。誌面の都合で全て紹介はできなかったが、宮崎県（写真-4、7）や秋田県（写真-6）での事例の他にも、千葉県、栃木県、福島県でも創意工夫を施した除塵施設があった。このような現場の工夫の中に研究シーズは培養されており、塵芥除去作業を軽減したいという現場の切実な願いの中に研究ニーズは存在している。

現場で発生している現象を水理的に再現するため、早速、水理模型実験に着手した。様々な浮遊性の塵芥をどのような材料で代替することが適当か、遮蔽板の長さ、角度、水没深等の最適な諸元を決定するために設定すべき条件は何か、取水量や取水口の位置の影響は受けるのか、新技術の効果をどのような観測手法で測定し評価するか等の課題を一つ一つクリアーしながら浮遊性塵芥流入防止装置の構造設計へと繋げていった。

一連の実験結果を基にして試作機を設計し、茨城県内の鉄工所に製作を依頼した。農業用水路において実証試験を行い、所定の成果を収めたことから、次に実際の頭首工取水口に合わせて大型の試作機を製作し現地に設置したが程なく失敗した。遮蔽板の開閉機構の強度不足が原因であり、技術の実用化・製品化には民間（専門）技術の導入が必要であることを痛感した。

写真-8、9に示した装置は、前述した通り、民間企業（丸島産業株）との共同研究による成果であるが、各地の施設管理者等が現場の苦労を踏まえて試みた仕掛けと創意工夫が参考になった。このような技術を産み出した現場の取り組みに改めて敬意を表したい。

現場で開発された技術や著者らが開発した装置は、取水口における塵芥除去作業の軽労化に貢献できるが、塵芥除去と処理の問題を解決するわけではない。取水口から導水された河川水は灌漑用水となり、同時に地域社会を潤す地域用水となっている。地域用水としての利用価値が広く認められるようになってきている今日的状況を踏まえれば、取水口のゴミ問題を施設管理者や施設の受益農家に押しつけて見過ごすことは不合理であると

考えられる。この問題を、一つの施設管理団体、あるいは特定の地域の問題として捉えるのではなく、我が国の水環境を保全する観点から根本的な解決の道を追求すべきである。当面の対応として、新技術の開発等のハード対策と農地・水・環境保全向上対策のようなソフト対策が取水口の維持管理作業に適用され、施設管理者の負担軽減が図られることを願ってやまない。

(謝辞) フィールド調査にご支援いただいた北海道開発局並びに15の県土地改良事業担当者及びフィールド調査と葉書アンケート調査にご協力いただいた頭首工管理関係者に記して感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 農林水産省構造改善局地域計画課 (1997) :
基幹水利施設整備状況調査結果 (全国編), p.38
- 2) <http://www.mlit.go.jp/river/kankyou/gomimap/right.html>
- 3) (社)農業土木学会 (1990) :
農業土木工事図譜 (第4集) 頭首工編, p.14 - 41
- 4) 山内 彪 (1990) :
堰の設計, 山海堂, p.400 - 479
- 5) 岩村 勉 (1992) :
頭首工とともに, 全国農業土木技術連盟,
p.35 - 142
- 6) <http://maps.google.co.jp/>
- 7) 浮遊性塵芥流入防止装置, 特許3800177,
2006.5.12, 小林宏康・高木強治・浪平篤
- 8) 浮遊性塵芥流入防止装置, 特願2006 - 282769,
2006.10.17, 後藤真宏・浪平篤・常住直人・高木強治・小林宏康・山本敬二・松村鎌司
- 9) 小林宏康・浪平篤・高木強治 (2003) :
魚道下り口と取水口の位置等が降下仔魚の迷入に及ぼす影響, 全国魚道実践研究会議 2003 in 岐阜, p.127 - 130

総合技術監理手法を活用した現場管理

—白根排水機場改修工事への導入事例—

阿 部 義 宣*
(Yoshinobu ABE)

目 次

1. はじめに	56	5. 5つの管理技術分野からの視点	59
2. 総合技術監理の体系の概要	56	6. 導入の成果と課題	62
3. 事業の概要	57	7. おわりに	63
4. 総合技術監理手法による現場管理	58		

1. はじめに

科学技術の発達は、人々に恩恵を与え、日常生活の細部にまで浸透するに至っているが、一方で、その巨大化・総合化・複雑化が顕著となり、その発達を個別の技術開発や技術改善のみによって推進することが非常に困難となっている。

国営事業においても、社会情勢の変化や価値観の多様化等を踏まえ、農業の多面的機能への着目や、環境との調和に配慮した事業実施を行うとともに、に事業管理の適正化や事業効果の早期発現が求められている。

これらの要求に応えるためには、事業目的・効果等の明確化、説明責任の履行、高い倫理観や国際的視点の保持等に基づいた適正な事業管理を行っていくことが重要であり、近年「総合技術監理」の概念を導入した現場管理が実施されてきている。

筆者は、国営総合農地防災事業「白根郷地区」において、「白根排水機場」改修工事（H16.10～H19.3）の現場管理を行う機会に恵まれたが、現場管理に「総合技術監理」の概念を導入することにより、大きな成果が得られたことから、ここに紹介するものである。

2. 総合技術監理の体系の概要

2001年に文部科学省が体系化した総合技術監理の技術体系は、①経済性管理、②人的資源管理、③情報管理、④安全管理、⑤社会環境管理の5つの管理技術と国際的な視野及び技術者倫理により

構成される。

「監理」という用語は、総合技術監理が、上記の各管理技術やその他の内容を総合して監督する概念であることを明確化するために用いられている。

総合技術監理の5つの管理技術の概要は、下記のとおりである。

(1)経済性管理

人、設備、原材料、資金（生産の4M）等の現状を的確に把握し、それらを効果的に再配分し、品質・コスト・納期（QCD）を目標レベルに持続させる管理技術であり、具体的には、計画・管理の数理的手法を用いて、事業企画と事業計画、品質管理、工程管理、原価管理、設備管理を適切に行っていくものである。

(2)人的資源管理

人の行動と組織のあり方を適切に把握し、労働関係の法体系を遵守しつつ、よりよい労働管理を実現するために、人的資源計画の立案、人的資源の最適な活用、及びその継続的な能力開発を促すための技術である。

(3)情報管理

平常時及び緊急時における情報の収集・分析・蓄積・伝達を適切に行うための体制を構築する技術である。

情報管理には、通常業務及び緊急時における情報管理に加え、近年、重要性を増しているネットワーク社会における情報管理やネットワーク技術、並びに情報セキュリティに関する技術が含まれている。

(4)安全管理

関係者の安全を確保し、機械やシステムが安全

*現：北陸農政局整備部農地整備課（Tel. 076-232-4725）
前：北陸農政局新川流域農業水利事業所

に作動することにより、被害の発生を防止することを目的とする管理技術であり、リスクマネジメントや危機管理、労働安全衛生管理、未然防止活動・技術が含まれている。

(5)社会環境管理

組織やプロジェクト活動が外部に害悪をもたらさないようにするための外部環境や環境負荷の低減に関する管理技術であり、そのためには、環境と社会システムの関係、環境関連法規と制度、環境経済評価、環境アセスメント、ライフサイクル・アセスメントなどに関する知識を習得して、組織の環境管理活動を外部に明らかにし、環境アカウンタビリティを果たす必要がある。

図-1に示すように、5つの管理技術は相互に関連し、時としてトレードオフの関係ともなることから、総合的な視点から検討を行い、事業全般を勘案したマネジメントに資する判断を行うことが求められる。

また、これらの判断は、ISOなどの国際的な視点に立ち、高い倫理観を持って行われる必要がある。

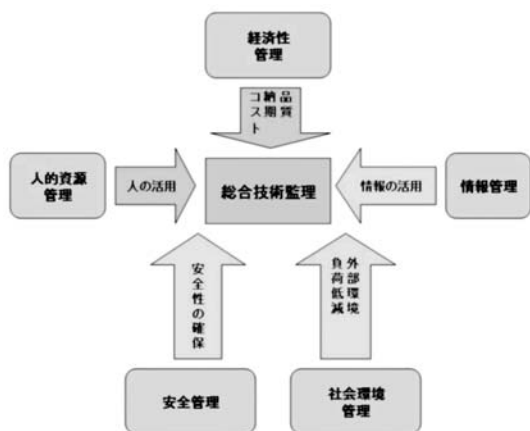


図-1 総合技術監理の技術体系の骨格

3. 事業の概要

(1)地域の概要

白根郷地区は、新潟県の中央に開けた新潟平野の中部に位置し、東は信濃川、西は中ノ口川に囲まれた南北約19km、東西約5kmの完全輪中地帯で、新潟市南区（旧白根市のほぼ全域）と、加茂市の一部からなる農地約5,200haの農業地帯であり、古くから土地改良事業等により基幹排水施設の整備が行われてきた（図-2）。

地区内の標高は、-1mから+6m程度で、傾斜は上流部が1/3,000、下流部が1/10,000という、極めて平坦な地形となっており、地域の排水は、全て機械排水に依存している（図-3）。

(2)白根排水機場改修工事の概要

「白根排水機場」は、完全輪中地帯である白根郷の末端に位置しており、総排水量は37.7m³/sで、



図-2 施工位置図

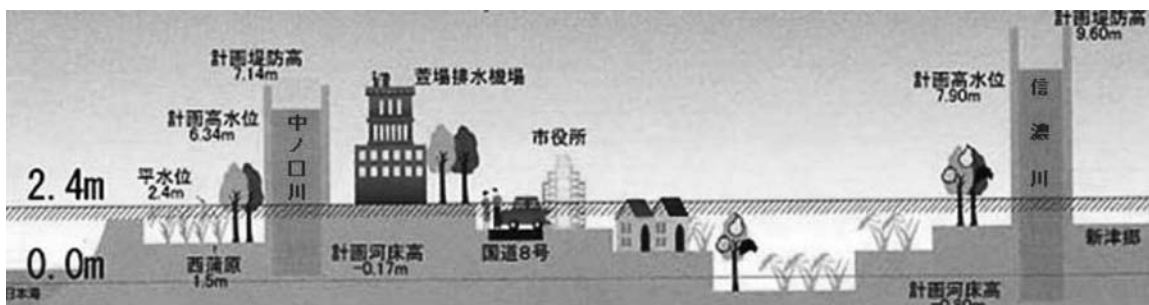


図-3 白根郷内の断面図

上流部の萱場排水機場・中部排水機場とともに、郷内の農地等約7千haの排水を担っている。

この排水機場は、昭和49年度に供用が開始されているが、地盤沈下や平成7年度の新潟北部地震等の影響を受け、ポンプ軸が傾斜し、たびたび緊急停止を起こすようになり、施設機能の維持が困難な状況となったことから、平成16年度から平成18年度にかけて改修工事を実施することとした(図-4, 5)。

計画平面図

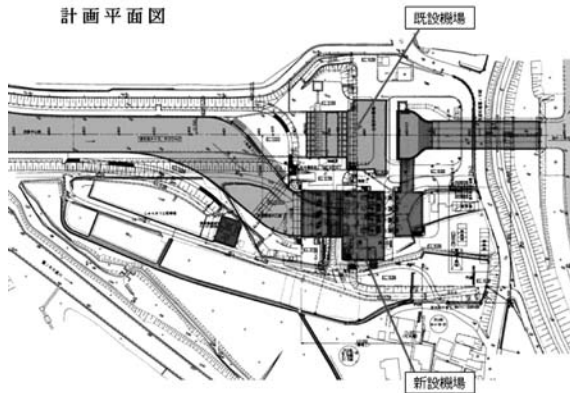


図-4 白根排水機場計画平面図

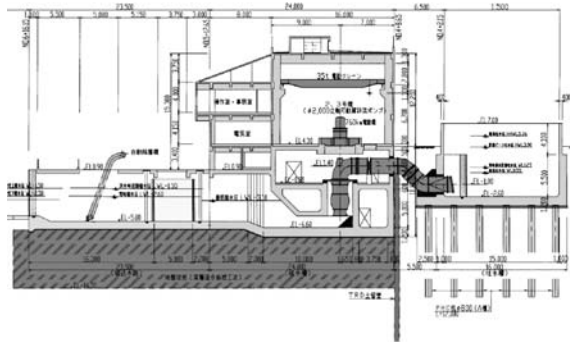


図-5 白根排水機場計画縦断面図

改修工事に当たっては、既設排水ポンプが停止した原因を、①地震動、②ポンプ振動、③ポンプ自重・高地下水位による偏心荷重、④広域的な地盤沈下と特定し、これらが複合的に作用することによって、排水機場の不同沈下が生じ、ポンプが緊急停止したとの検討結果に基づき、土木工事・ポンプ設備工事の両面から、対策を講じることとした(図-6)。

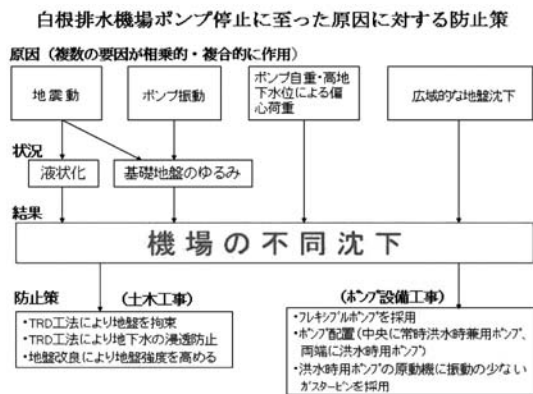


図-6 ポンプ停止に至った原因と対策

4. 総合技術監理手法による現場管理

(1) 工事を進める上での課題及び問題点

白根排水機場は、全量を機械排水に依存している白根郷地区の末端に位置しており、工事のために既設排水機場の運転を停止させることができない。

また、工事用地の制約により、新設排水機場と既設排水機場との間隔は10m程度しか確保できないことから、近接施工の影響を考慮する必要がある(写真-1)。



写真-1 既設機場(左)と新設機場(右)

このため、工事实施に当たっては、一般の工事に要求されるQCD(品質の確保、コストの縮減、工期の厳守)に加えて、既設排水機場及び周辺民家への影響の低減、既設排水機場の管理者(新潟県)との連絡調整等が要求され、これらがトレードオフの関係となり、総合的なマネジメントによる対応策を実施する必要が生じた。

これらの課題に対処するため、現場管理に「総合技術監理」の概念を導入することとした。

(2)現場管理の基本方針

現場管理に当たっては、本事業が、農地防災のための公共事業であることを踏まえ、公益性の確保、技術者倫理の遵守に基づき、既設排水機場の運転の維持及び周辺民家の被害防止を最優先事項とし、併せて、工期厳守・コスト縮減の観点から、次の視点による現場管理を行うこととした。

なお、紙面の都合上、ここでは5つの管理技術分野のうち、①安全管理の視点、②情報管理の視点、③経済性管理の視点について述べる。

5. 5つの管理技術分野からの視点

(1)安全管理の視点

①仮設計画の検討

土留工については、標準的な鋼矢板土留工法では無く、TRD（ソイルセメント地中連続壁）工法を採用した。

TRD工法は、地中にチェーンソー状のカッターポストとカッターチェーンを差し込み、それを一気に横引きすることで地盤を掘削し、掘削した原地盤土砂とカッターポスト下端部からセメントスラリーを攪拌しながらソイルセメント連続壁を施工する工法であり、①心材（H形鋼）の選択肢が多く、土留壁の変位量も小さくできる、②止水性が高く、地下水位の低下による周辺地盤の低下を抑制することができる、③施工時の振動が小さく、既設排水機場の運転に支障を生じない等の点で優れた工法である。

支持層と排水機場底版との間は、地盤改良を行うが、土留壁と改良体との密着を促進することにより土留壁の変位量を低減させることができることから、地盤改良工法には、機械攪拌と高圧噴射とを併用したSDM（高速低変位深層混合処理）工法を採用した。

また、切梁にプレロード（油圧ジャッキにより予め切梁に軸力を導入し、切梁を加圧することにより掘削後の土留壁の変形量を抑止する）工法を採用し、土留壁の変位量の抑制、及び軸力計による施工管理が可能となる構造とした。

②調査・観測体制の整備

近接施工により既設排水機場の運転に影響を及ぼす要素を抽出し、必要な調査・観測体制を整備することとした。

具体的には、①地下水位・水質観測、②既設排水機場床面レベル観測、③土留壁・既設排水機場壁面・中間点の傾斜及び沈下観測、④既設排水機場のクラック調査、⑤ポンプ据付レベル観測等を実施することとした（図-7）。

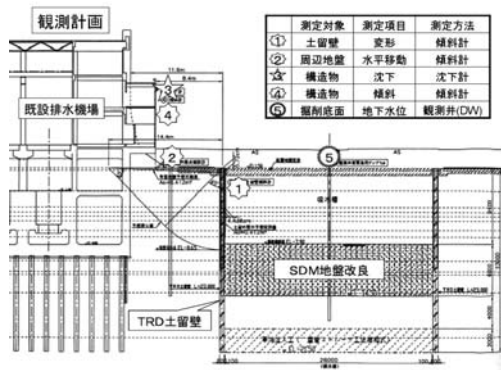


図-7 観測計画

③施工管理マニュアルの作成

上記の観測体制に基づき、施工管理マニュアルを作成した。管理を行う要素としては、①土留壁の変位、②既設排水機場の傾斜、③既設排水機場の沈下等が想定されるが、管理レベル目標として、既設排水機場の変位をゼロとするために、①土留壁の変位に着目し、施工管理を行うこととした。

土留壁の傾斜については、増築部において、「建築基礎構造設計指針」で示される「高い剛な建物の傾斜が感知できるようになる限界傾斜角(1/250)」とし、土留壁からの距離等を考慮して、TRD土留壁の許容変位量を45mm（設計値）とした。

施工に当たっては、設計値の80%（36mm）を1次管理値とし、これらの基準値に基づき、四段階の施工レベルによる施工管理フロー図を策定した（図-8）。

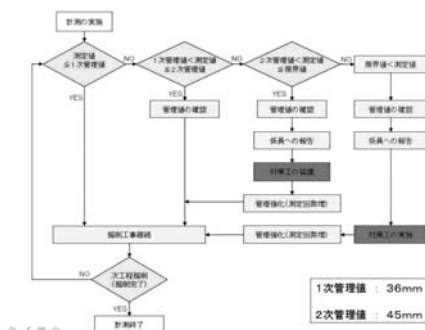


図-8 管理フロー図

(2)情報管理の視点

①情報の共有化

既設排水機場は、新潟県が管理しており、また、施工現場では、本工事の他に、「ポンプ設備工事」、「除塵設備工事」、「排水樋管更生工事」、「付帯工事」等が並行して実施されていることから、情報の共有化が課題であった。

情報の共有化を図るため、常時及び緊急時の連絡体制を整備するとともに定期的（毎月）に管理者・関連工事業者を含めた工程管理会議を開催し、排水機場の運転に支障を与えないよう留意した。

現場管理にかかる情報の共有化手法としては、「設計VEマニュアル（案）」の情報収集図法を参考として、まず情報の整理（情報を、①要求条件に関する情報（目的、能力等）、②技術・制約条件・問題点に関する情報（技術的制約・用地等）、③構成要素に関する情報（工期等）、④コストに関する情報の4つに区分し整理）を行い、情報の共有化により共通の基盤に立った上で、「新QC7つ道具」等を活用して、課題の所在を模式図等で単純化し、解決までの道筋を明確化することで、コミュニケーションを図っていくこととした。

「新QC（Quality Control）7つ道具」は、品質管理・品質改善を実施していくために、主として、言語データの分析・整理を対象として処理する手法であり、具体的には、①連関図法、②系統図法、③マトリクス図法、④PDPC（過程決定計画図）法、⑤アロー・ダイアグラム法、⑥親和図法、⑦マトリクスデータ解析法の7つを指す。

②インターネット等の活用

水象・気象の情報については、インターネットを活用して最新情報を把握すると共に、排水機場の内外水位・ポンプ運転状況等については、イントラネット・電話等により最新情報の収集に努めることとした。

過去の実績等から、大雨により現場の水没が懸念される場合には、施工業者に連絡することで、重機等を早期に撤収し、浸水による故障被害を回避することとした。

護岸工事等の施工に当たっては、排水機場管理者に依頼して遊水池の内水位を低下させる必要があるが、また、仮締切設置等の作業においては、短時間に限り止むを得ずポンプの全台停止を行う必要もあったことから、週間予報を参考として、排

水機場管理者と1週間単位でのスケジュール調整を行うこととした。

③地域住民等への情報提供

改修工事は3年間行われ、地域住民とのトラブルの回避が工事の進捗管理に不可欠であることから、工事説明会に加えて、「ミニコミ誌」を毎月発行し、現在の作業状況、今後の予定、工事用車輛の通行状況、想定される振動・騒音の程度等に係る情報を、地域住民に提供するとともに、初期段階の小さな苦情（我慢できるレベル）にも対処するため、情報の収集・早期の説明を実施した。

マスコミに対しては、地域住民を含めたイベントや説明会の開催に係る情報提供や、工事の内容・進捗状況等の説明を定期的に行い、事業PRの推進を図るとともに、誤解や憶測、風評被害等の防止にも万全を期することとした（写真-2）。



写真-2 排水機場見学会（H18.11.21）

(3)経済性管理の視点

経済性管理の視点では、QCD（品質・コスト・納期）について、次のような取組を行った。

(3)-1 品質確保（Quality）に係る取組

①マスコンクリートの品質管理

白根排水機場では、底盤のコンクリート厚さが100～120cm、側壁の厚さが80～100cmあり、マスコンクリートとして取り扱う必要があることから、温度応力解析を行うこととした。

解析に当たっては、水密性及び耐久性確保の観点から許容される最大ひび割れ幅を0.2mm以下と設定し、これに対応する「ひび割れ指数」を1.45以上（ひび割れの発生をできるだけ制限したい場合）とした。

これにより現設計を照査したところ、施工方法

(リフト割り等)の変更だけでは対処できない部位が存在することから、膨張コンクリートの使用やひび割れ誘発目地の追加等を行うことで温度応力(内部拘束)によるひび割れの発生を防止した。

②TRD壁(外型枠)に不織布を設置

コスト削減対策(後述)でTRD壁を型枠として活用することとしたが、物性の異なるTRD壁の心材(H形鋼)とソイルセメント壁の双方にコンクリートが直接付着することによる外部拘束力の発生や錆汁の浸入等によるコンクリートの品質低下が懸念されることから、TRD壁に不織布を貼り、縁切りを行うことで、ひび割れの発生等を抑制することとした。

③既設コンクリート撤去に係る検討

排水機場改修計画では、既設の吐水槽と新設の吐水槽とを接続暗渠で結合する計画であり、既設吐水槽の取壊しには、コンクリートカッターとブレイカーを使用することとしていた。

部分的な取壊しを行う既設吐水槽では、コンクリートの改質やひび割れ注入による更生工事を実施しており、取壊し作業が、これらの補修工事に影響を与えることが懸念された。

特に、コンクリートカッターが鉄筋に接触する際に、振動が伝わり、ひび割れの進行をもたらすことが懸念されたことから、既設吐水槽への影響が小さく、安全で迅速な作業を行うことの出来るワイヤーソー切断と人力取壊しを併用することとした。

ワイヤーソー切断は、切断面積が最小となるように、吊上用クレーンの作業半径と吊上能力に基づき、切断ブロックの割付を行った(図-9)。

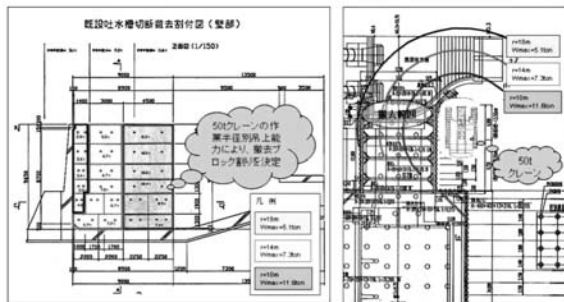


図-9 コンクリート切断ブロック割付図

新設部との接続は、土圧等がほとんど作用しないこと、既設コンクリート部材が健全であること

から、コンクリートアンカーにより一体化させることとした。

(3)-2 コスト削減(Cost)に係る取組

①VE(Value Engineering)手法の活用

VE(Value Engineering)とは、「最低のライフサイクルコストで、必要な機能を確実に達成するために、製品やサービスの機能的な研究に注ぐ組織的努力」と定義されており、5つの原則(①使用者優先の原則、②機能本意の原則、③変更の原則、④チームデザインの原則、⑤価値向上の原則)に基づいて定められた10のステップ(①情報収集、②機能の定義、③機能の整理、④機能別コスト分析、⑤機能の評価、⑥対象分野の選定、⑦アイデア発想、⑧概略評価、⑨代替案の具体化、⑩詳細評価)を行使することにより、必要な機能を低下させることなく、価値を向上させる工学的手法である。

本工事では、基本設計段階、実施設計段階にそれぞれVE検討会を開催し、コストの削減が図られている。

特に、深層混合処理工法による地盤改良では、設計VE提案により、農水省として初めてとなるSDM(高速低変位深層混合処理)工法の採用が決定していたが、施工業者より契約後VE提案があり、再度検討を行うこととした。

施工業者の提案は、土留壁との密着を図る必要のある外周のみSDM工法とし、改良体のラップでカバーできる中心部については、CDM-LODIC(変位低減型深層混合処理)工法を採用するというものであった。

経済比較の結果、 m^3 当たり施工費で、CDM-LODIC工法が100円程度安価となることが確認されたが、CDM-LODIC工法の適用地盤(N値)に関する課題を解決する必要があった。

CDM-LODIC工法は、適用地盤が最大N値で15とされていた(実施設計(平成15年度)段階、CDM研究会資料による)ため、経済比較を行う前の段階で棄却された工法であった。

現場には、層厚は厚くないものの、中間層にN値30相当の細砂層が分布しており、契約後VE提案を採用するためには、この層の突破が可能であることを検証する必要があった。

施工業者からの情報を受け、協会(CDM研究会)に確認したところ、平成17年度中に基準書の改訂を予定しており、次の版では、適用地盤の最

大N値が拡大されることが明らかとなった。

上記の検討結果を踏まえ、契約後VE提案を採用することとし、コスト低減額の半額を技術管理費として計上し、施工業者に還元した。

(3)-3 工期短縮 (Delivery) に係る取組

①土留計画の変更

当初設計では、吸水槽、吐水槽、接続暗渠の各々についての土留を設置し、前工程を了してから次工程に着手することとしていた (図-10)。

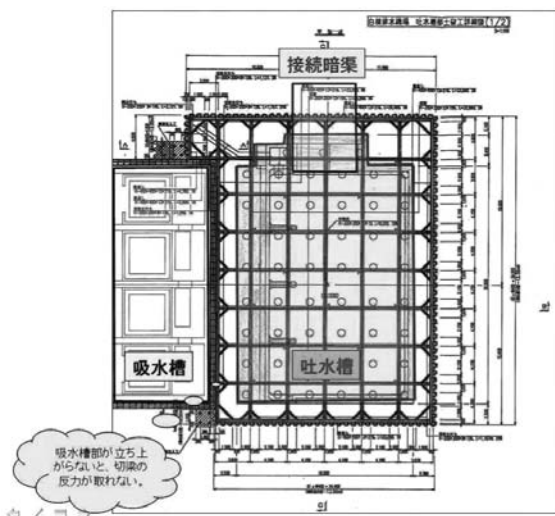


図-10 吐水槽部土留計画 (当初)

しかしながら、この計画では、前工程の埋戻を完了し足場を撤去しなければ次工程の掘削が出来ないことや、機場本体が立ち上がらなければ、切梁の反力を確保できないといった課題があった。

新旧排水機場の運転切替は、非洪水期に行う必要があることから、本工事は、平成18年度中の完成が絶対条件となっていたが、工事中的出水等により工期が遅延し、当初設計のままでは工期内の完了が非常に困難な状況であった。

これを受けて、施工業者から契約後VEとしての提案があったアースアンカー併用方式についての検討を行った。

検討の結果、施工業者の試算通りのコスト縮減効果は実証できなかったが、工期短縮には非常に有効な方法であることから、施工承諾として、仮設計画の変更を行った (図-11)。

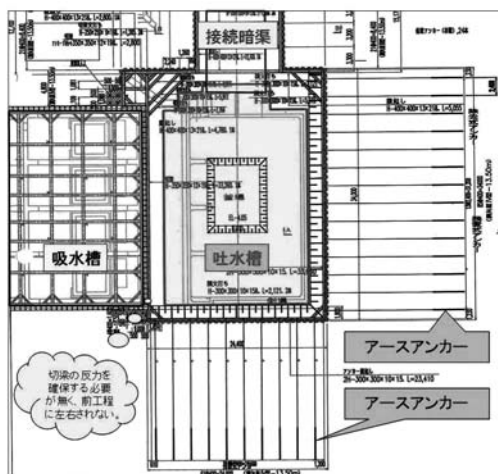


図-11 吐水槽部土留計画 (変更後)

6. 導入の成果と課題

(1)導入の成果

この工事においては、上記のような総合技術監理を実施することにより既設排水機場の運転を停止させることなく、工期内に工事を完了することができた。

土留壁の変位については、切梁プレロード工法が功を奏し1次管理基準値36mmに対して、約50%の18mm以内に納めることができた (図-12)。

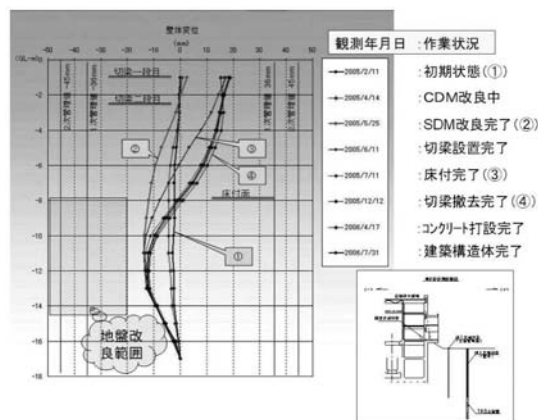


図-12 TRD土留壁の変位

地下水位・水質についても、一時的な変動は見られたものの、工事期間中を通じて大きな変動はなく、周辺地盤の変動や既設排水機場等の沈下・傾斜も確認されなかった。

経済性管理面では、設計VE手法や新技術(SDM工法)を活用することにより事業損失防止(安全管理等)のためのコスト上昇分相当以上の工事費の縮減が可能となり、コスト構造改革プログラムの目標であった「対平成14年度15%縮減」という目標を、ほぼクリアすることが出来た。

(2)今後の課題

前述5.(3)-2のとおり、地盤改良工法の選定に当たって、当初設計では、全体をSDM工法で施工することとしていたが、工法の基準改訂に係る情報収集が不十分であり、契約後VE提案が出されるまでは、基準改訂に係る動向を把握することが出来なかった。

今後の検討に当たっては、常に最新の情報を収集し、基準改定等の動向も踏まえた上で、対応していく必要がある。

また、設計VEの検討において、アイデアを具体化する際に発生する制約条件等を完全につぶし切れておらず、施工の段階になって不具合が発生し、軽微な変更を行わざるを得ない場面にも遭遇した。

7. おわりに

「総合技術監理」手法の現場管理への導入は、管理技術として体系化される以前から、各現場の担当の手によって試行錯誤されてきたものである。

しかしながら、5つの管理技術を体系化し、相互の関係を俯瞰的に捉え、総合的な見地から課題を解決するプロセスは、非常に効率的であり、かつ有効なものであることが確認できた。

今後の現場管理に際しては、今回の反省点等も踏まえて、より質の高いアプローチを行っていきたいと考えるものである。

最後に、施工に当たって、各種の効果的な技術提案を積極的に提示し、工事の円滑な進捗に多大な貢献をしていただいた「清水建設(株)・戸田建設(株)白根郷農地防災事業白根排水機場建設工事共同企業体」の担当各位と、3年間同一現場での勤務を経験させていただいた「北陸農政局白根郷農地防災事業所」鳥越進 前事業所長に感謝申し上げる次第である。

参考文献

- 1) 社団法人日本技術士会：
技術士制度における総合技術監理部門の技術体系（第2版）（2004）
- 2) 社団法人日本建築学会：
建築基礎構造設計指針（1998）（2002）
- 3) 社団法人土木学会：
コンクリート標準示方書〔施工編〕（2002）
- 4) 産能大学出版部：
新・VEの基本（1998）
- 5) CDM研究会：
CDM 積算マニュアル（2004）
- 6) CDM研究会：
CDM Q&A集（2005）
- 7) 小野田ケミコ(株)：
SDM工法 技術・標準積算資料（第5版）（2004）
- 8) TRD工法協会：
TRD工法 技術資料（2005）
- 9) 財団法人日本農業土木総合研究所：
白根排水機場実施設計 設計VE検討業務報告書（2003）
- 10) 北陸農政局 白根郷農地防災事業所：
白根排水機場基本設計業務（2002）
- 11) 北陸農政局 白根郷農地防災事業所：
白根排水機場実施設計業務（2003）
- 12) 農林水産省農村振興局整備部設計課：
設計VEマニュアル（案）（2002）

新工法（FRPM板ライニング工法）による水路改修事例について

廣 本 淳 史*
(Atufumi HIROMOTO)

目 次

1. はじめに	64	6. FRPM板ライニング工法の施工事例	65
2. 本地区の概要	64	7. 新工法のメリット	69
3. 幹線水路の現状	64	8. 施工後の状況	69
4. 水路改修に当たっての技術的課題	65	9. 今後の課題	70
5. 工法選定	65	10. おわりに	70

1. はじめに

本事例は、建設から66年が経過した農業用水路の改修事例である。改修に当たっては、水路が住宅密集地内に位置し、農業用水のみならず都市排水機能を有していることから多くの技術的課題が考えられた。

2. 本地区の概要

本地区の農業用水は、1級河川佐波川を水源に、昭和34年に建設された防府総合堰より取水し、乙井手幹線水路をはじめとする青井手、一本樋、古祖原、仁井令、植松の6つの幹線水路に分水され、市街地を經由して485haの農地を潤している（図-1）。

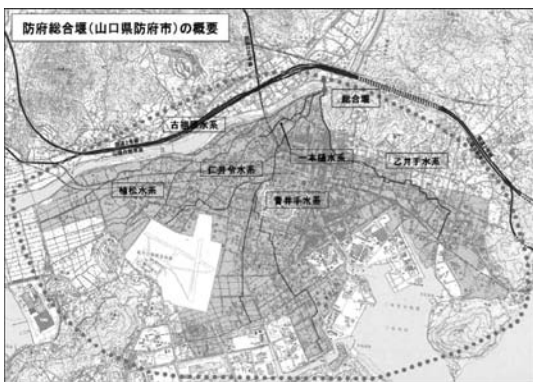


図-1 用水系統図

ところが近年、農業者の高齢化や都市化の進展に伴い、水利施設の管理能力低下が懸念されている。

水利施設：総合堰

幹線水路 L=3.5km

支線水路 L=4.3km

分水施設 70箇所

3. 幹線水路の現状

(1)コンクリート劣化による機能低下

幹線水路は、底幅1.6～2.1m、水路高0.7～1.1mのコンクリート水路であるが、特に水路壁の劣化が著しく、壁面下部においては数ヶ所の欠口部が発生（写真-1）し、壁背面での陥没や漏水による水不足が生じている。



(2)維持管理労力の増大

施設を管理する土地改良区では、年5回の清掃活動に加え、水路機能を維持するための補修作業

*山口県土地改良事業団体連合会（Tel. 083-933-0040）

(写真-2)を行っているが、高齢化による労働力不足と補修費の増加が大きな負担となっている。



写真-2 農業用水路の維持管理状況

4. 水路改修に当たっての技術的課題

(1)事業費の抑制

改修区間は、両サイドに宅地が並ぶ狭空間であり、側道には上・下水道管が埋設されている。全面改修するとなればこれらライフラインの移設や補償工事を含め、膨大な事業費と難工事が予想された。

(2)都市排水機能の早期回復（工期短縮）

建設当時の農地面積は約1,500haであったが、現在では約1/3に減少している。その減少分は宅地になり、雨水排水として幹線水路に流入している。また幹線水路は、地域用水として防火用水や管理用水として利用されているため、工事に伴う水止め期間をできる限り短くする必要があった。

5. 工法選定

(1)機能診断

①構造物の耐久性

表面劣化が進行しており、クラックは壁面のほぼ3割に達し、幅は0.5～2.0mmであった。壁本体を貫通するものは確認できなかったが、水路壁下部に欠口部（ $L=0.1\sim 0.3\text{m}$ 、 $H=0.05\sim 0.10\text{m}$ ）が数ヶ所確認された。底部については劣化が進行しているもののクラックはあまり確認されなかった。

②材料の劣化度

劣化が進行し骨材（玉砂利）が露出している状態であり、非破壊試験によるコンクリート強度は $16.1\sim 17.6\text{N/mm}^2$ （標準 15N/mm^2 以上）であった。

③基礎地盤の安定性

不等沈下による水路継目部の沈下（ズレ）等は確認されなかった。

④使用形態

宅地からの排水流入が増加しており、降雨時に

おける越流被害も発生している。荷重条件については、車両の進入は想定されず、側道を歩行者が通行する程度である。

(2)総合評価

表面劣化は進行しているが、強度的には十分満足できる状態であったため、強度低下部分を補強しつつ、表面処理を重視した工法を選定することとした。

(3)表面処理工法の決定

表面処理工法は、大きく分けて3工法に分別されるが、これらの工法が現地に即したのか比較検討の上、工法を決定した。

①吹付系

- ・住宅密集地であることから飛散対策が困難。
- ・吹付け専用機の搬入、騒音に問題。
- ・完全止水が困難。

②塗工系

- ・水路清掃では鍬やスコップ等を使用しており、塗工厚の薄さに問題。
- ・左官の技量によりムラを生じる恐れがある。
- ・完全止水が困難

③パネル系

- ・人力施工を主体とした施工が可能。
- ・騒音が小さい。
- ・耐摩耗性、耐候性、耐久性に優れている。
- ・表面粗度の改良で同等以上の通水量を確保できる。

以上のことから、パネル系を採用することとして、複数のパネル工法を比較検討した結果、現地状況及び経済性からFRPM板ライニング工法による水路改修を行うこととした。

6. FRPM板ライニング工法の施工事例

(1)FRPM板

FRPM板は、樹脂モルタルを強化プラスチックでサンドイッチした板で、厚さは10mm（図-2）である。表面が滑りやすいため、底版には滑り止め加工を施し、管理上の支障を取除いた。

(2)標準断面

FRPM板ライニング工法には、標準工法と直貼工法の2種類がある。

①標準工法

旧壁にアンカーと固定金物を取り付け、これとFRPM板を固定し、板と旧壁の隙間（40mm以上）に流動性無収縮モルタルを充填する工法（図-3）。

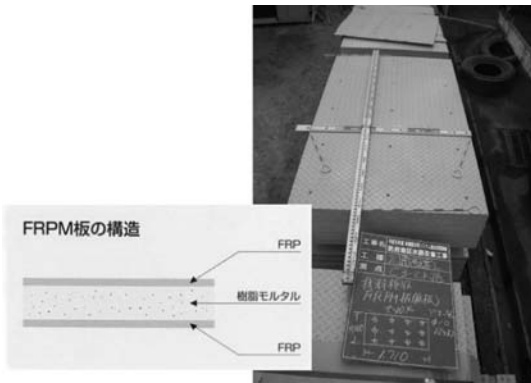


図-2 FRPM板構造図

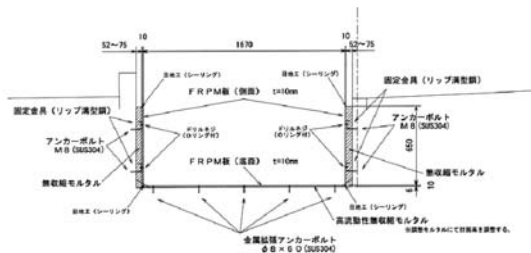


図-3 標準工法構造図

②直貼工法

旧壁に直接FRPM板を取り付ける方法で、板裏に貼られたスペーサー (t=6mm) 内に高流動性無収縮モルタルを充填する工法 (図-4)。

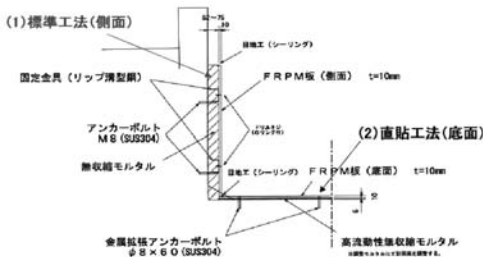


図-4 直貼工法構造図

改修区間は、劣化は進行しているものの、クラックがあまり確認されなかった底版部については直貼工法、一方、クラックや欠口部が確認された側壁部については補強を重視し標準工法により改修を行った。

(3)施工手順

①詳細測量の実施

詳細測量により壁の微妙な倒れや中心線の通り、底高さ等を確認。これを基にパネル割図を作

成し、パネルの工場製作に入った。



写真-3 詳細測量実施状況

②高さ調整 (コンクリートはつり)

直貼工法は既存水路底への直置きが基本であるが、現況勾配に凹凸があるため調整が必要となり、切削機による底版コンクリートのはつりを行った。



写真-4 コンクリートはつり状況

③高圧洗浄

高圧ジェット式洗浄機によりコンクリート面の汚れ、藻、劣化部分の除去を行った。



写真-5 既設水路の洗浄状況

④壁面補修

既設水路のひび割れ等から入り込む浸透水等は

モルタル注入工に影響を及ぼすため入念に行う。クラック補修は、Vカット処理をした後に止水モルタルにて補修。欠口部については充填コンクリートにて補修を行った。



写真-6 壁面補修状況

⑤調整モルタル

調整モルタルによる高さ調整



写真-7 調整モルタル打設状況

⑥アンカー取付 (側壁部)

二液注入型接着系アンカーを側壁部に取り付ける。なお、アンカーの保持力は事前のアンカー引抜試験により確認した。



写真-8 アンカー取付状況 (側壁)

⑦固定金物取付

⑥で取り付けしたアンカーと固定金物を溶接にて固定。この際、固定金物と水路壁との隙間は20mm以上確保した。



写真-9 固定金物取付状況

⑧FRPM底板取付

FRPM底板裏側にスペーサー (T=6mm) を貼付後、拡張アンカーにてFRPM底板を取り付けた。

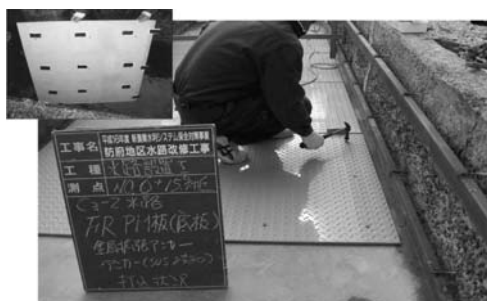


写真-10 FRPM板取付状況 (底板)

⑨高流動性無収縮モルタルの注入

FRPM底板と調整モルタルの隙間 (t=6mm) に高流動性無収縮モルタルを注入。充填確認はハンマー等による打音検査を実施。



写真-11 空隙充填状況 (底板)

⑩FRPM側板取付

固定金物とFRPM側板をドリルネジで固定。



写真-12 FRPM板取付状況（側壁）

⑪流動性無収縮モルタルの注入

FRPM側板と既設水路壁の隙間に流動性無収縮モルタルを注入。



写真-13 空隙充填状況（側壁）

⑫目地取付，シーリング注入

プライマーを塗布し，専用ガンにてシーリング材を注入。なお，伸縮部の目地材（独立発砲ゴム）は，①の工程前に10m間隔で設置した。



写真-14 目地取付状況

⑬完成，通水試験



写真-15 完成・通水状況

(4) 施工中における問題発生

底板の取付は，6mmのスペーサーを貼付後，拡張アンカーにて固定し，漏斗とホースを用いて空隙に高流動性無収縮モルタルを底版4辺の隙間から順次，自然圧で注入したが，中央部に未充填箇所が見られたため，手押しポンプによる加圧注入を試みたが同様の結果となった。

原因として，モルタルの流動性（J14ロート試験値9.5秒）は確保したものの，6mmの空隙ではFRPM板と基盤面に表面張力が働き，水平方向の流動性が著しく低下したことが考えられた（図-5）。また，4方向からの注入方法も中央部にエア溜まりを作る一因になったと考えられた。

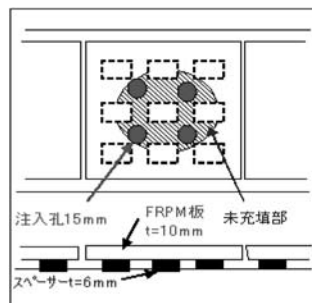


図-5 空隙の発生要因

(5)解決方法① (エア抜きの確保)

未充填部の処理については、現場にて削孔を施し状況を確認しながら充填作業を行ったことから、FRPM底板を工場加工する段階で、15mmの注入孔をあらかじめ開けることで(図-6)、エア抜きが十分にされ、スムーズな充填が可能となった。

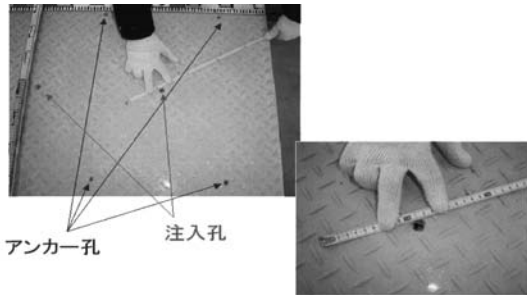


図-6 対策図①

(6)解決方法② (注入工具の工夫)

施工業者には下図に示すような注入工具の製作を提案(図-7)。エア抜きを十分確保した上でこの工具を使用することで充填材料をよりスムーズに注入可能となった。

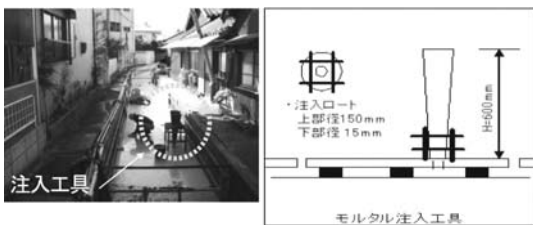


図-7 対策図②

7. 新工法のメリット

(1)工事費の抑制

全面改修に対するFRPM板ライニング工法の工事費を全面打ち替え工法と比較した結果、約13,000千円の工事費抑制を達成することができた(表-1)。

(2)工期の短縮

各区間の改修に要した日数を全面改修と比較した結果、最大で74日の工期短縮となった(表-2)。

表-1 工法別の工事費比較

C1-2	C2-2	C3-2
L=73.5m	L=86.5m	L=125.6m
B1450×H750	B1940×H680	B1670×H650
全面打替え工法		
¥134,755	¥113,516	¥93,180
FRPM板ライニング工法		
¥80,364	¥81,276	¥81,925

※直接工事費のm単価で記載

表-2 工法別の工期比較

C1-2	C2-2	C3-2
L=73.5m	L=86.5m	L=125.6m
B1450×H750	B1940×H680	B1670×H650
全面打替え工法の施工日数		
110日	120日	168日
FRPM板ライニング工法の実質施工日数		
60日	65日	94日

8. 施工後の状況

(1)流速の変化

粗度係数の向上(現況;0.015→計画;0.012)による流速の上昇は予測されていたが、計画以上の流速が発生したことにより、改修区間の末端部に配置された土砂溜部の土砂が越流堰を超え、下流に流出する現象が確認されたが少量であったため管理上の問題は発生しなかった。

表-3 改修前後の流速比較

改修水路	現況流速 (m/s)	計画流速 (m/s)	施工後の流速 (m/s)	変化率(倍)
C1-2水路	0.79	0.97	0.95	1.20
C2-2水路	1.03	1.00	1.23	1.19
C3-2水路	0.87	1.01	1.10	1.26

(2)水苔の付着

通水1年後の水路の状況は、薄い水苔に覆われ(写真-16)、入水時に多少の滑りはあるものの、維持管理活動に支障をきたす程ではない。また、水苔はブラシ等で擦れば容易に除去可能なものである。



写真－16 通水1年後の状況

9. 今後の課題

(1)水苔の付着と管理作業への影響

FRPM板は滑りやすい材質であり、水苔の付着は、管理作業に大きな影響を及ぼす可能性があることから、今後、水苔がどのような繁殖過程を辿っていくのか、それが管理作業にどのような影響を与えるのか経年観察する必要がある。

(2)目地部の耐久性

FRPM板は1～2m間隔で貼り付けられており、この間には縦横に目地（シーリング）が塗布されている。常に流水にさらされている条件下での目地部の耐久性がどのくらいあるのか確認する必要がある。

(3)流速変化への対応本工法を採用する場合の注意

先に述べたとおり、施工後に計画以上の流速が発生することによる影響について調査を行い、必要であれば減勢や洗掘等の対策を検討する必要がある。

10. おわりに

農業水利施設は建設から長い年月を経過しているものが多く、農業者の高齢化や施設の老朽化が進む中で、その管理は大きな負担となっている。この負担をより効率的に軽減するためには、安価で、効果的な対策を講じることが重要であり、高度な農業土木技術を駆使し、地元農家の期待に応えていかなければならないと考える。

環境に配慮した水路整備に必要なモニタリング（事前・事後調査）

—農村振興総合整備事業（地域環境整備型）大野地区—

岡 山 和 広*
(Kazuhiro OKAYAMA)

目 次

1. はじめに	71	5. 効果検証に必要な事後調査	76
2. 大野地区の概要	71	6. 松山水辺公園の維持管理	78
3. 事前調査の重要性	72	7. おわりに	78
4. 環境配慮工法	74		

1. はじめに

私達が子供の頃は身近にある農業用排水路には、メダカ、ドジョウ、カエル等の水棲動物が数多く生息していた。平成19年8月3日発表の環境省レッドリストによると、汽水・淡水魚類は76種から144種に増え、その中にはゲンゴロウブナが絶滅危惧ⅠB類、ヤリタナゴ、アブラボテ等が準絶滅危惧に指定された。どこにでもいると思われた魚が絶滅の危機に瀕していると痛感させられた。

このことは、農業農村整備事業で農業用排水路を整備する際には、今まで以上に環境に対する配慮が重要であり、工事着工前の現状把握に必要な事前調査、工事完了後の効果を検証するための事後調査の重要性が増していることを意味している。

本報では、農村振興総合整備事業（地域環境整備型）大野地区「岐阜県揖斐郡大野町」で自然環境・生態系保全施設整備を実施した同町牛洞・松山地域内の湿地で取り組んだ魚類等に関する調査事例（地元では整備した湿地を松山水辺公園と呼称しているため、以下「松山水辺公園」と記述する。）を通して、モニタリング（事前・事後調査）の重要性を報告する。

2. 大野地区の概要

本地区は、岐阜県の西部、濃尾平野の西北端にある大野町全域を対象エリアとしており、一級河川揖斐川・根尾川に挟まれた三角形をなす平坦地が特徴である。町の北部には僅かであるが森林が

あり、そこから溪流や湧水が流れ込み、中南部では、河川から取水し、受益農地へ供給している。山地を背後に控える北部地域の水路には減少しつつある水棲動物が多く生息している。この地域でも圃場整備が行われたが、圃場内の排水路は土水路がまだいくつか残っており、そこに山地からの溪流や湧水が流れ込み、様々な水棲動物の生活環境を醸し出している。南部地域の水路は大半がプレハブ水路やコンクリート水路であり、そこに散在する集落からの家庭雑排水が流れ出し、水質の悪化を招いているが、用水が年中流れる一部の水路には小魚等が生息している。

このように私達の身近なところにある農業用排水路において、生息が確認できた水棲動物や小魚等の生息環境を維持し、それらを保護、保全するために、本事業で生態系に配慮した整備を行う。また同時に大野町内を流れる一級河川三水川を中心とした水系ネットワーク（ホタルネットワーク、サカナネットワーク）を形成し、“自然の豊かな郷土”づくりを展開していく。

松山水辺公園は、周りの山からの溪流と湧水が流れ込む湿地で、周辺農地の重要な用水源となっている。近年、山からの溪流水量が減少傾向にあり、周辺農地の用水確保が困難になってきており、湿地の重要性は以前よりも増している。

この湿地内には南北方向に4本の土水路、それを結ぶ東西方向に1本の土水路が流れ、(図-1)湿地周辺地域では、田んぼの生きもの調査等によりヌマムツ、タモロコ、ドンコ（岐阜県 レッドデータブック 準絶滅危惧）、メダカ（環境省レッドリスト 絶滅危惧Ⅱ類）、スジシマドジョウ（環境省 レッドリスト 絶滅危惧ⅠB類、岐

*現：岐阜県農業振興課（Tel. 058-272-1111）

*前：岐阜県揖斐農林事務所

岐阜 レッドデータブック 情報不足)等の生息が確認されている。

本湿地は、このまま放置すると、農業用排水路への土砂堆積や湿地の陸地化、外来種の侵入などで荒廃が進み、良好な環境の維持が困難な状況になることから、サカナネットワークを構成する貴重かつ重要な拠点の一つである湿地を保全するため早急に整備する必要がある。また、農業用水源として湿地を適正に維持管理するために木道等を整備し、その維持管理活動、地域の環境保全活動の拠点として広場、トイレ等を一体的に整備するものである。

3. 事前調査の重要性

本事業のスケジュールは、平成15年度に既存の魚類等データの収集整理、ワークショップによる整備構想の作成、平成17年度に詳細設計、平成18年度に工事着工、工事完了したものである。魚類に関する既存データ(平成14年度田んぼの生きもの調査、ワークショップ前に実施した生き物調査)を参考とし、その結果からメダカ、ドンコを指標種とした。ワークショップは平成15年8月、9月、12月の計3回実施している。既存調査結果と住民

要望を踏まえ、施設の東側(図-1の右側)に多目的広場、中央部に池を整備し、これらの施設を周回できるよう木道を配する構想が出来上がった。(図-1)

この整備構想を基に詳細設計の段階で、魚類の専門家から意見を拝聴した。その際に、環境に配慮した整備を実施する場合にはモニタリングが重要であり、事前・事後調査とも各季節2回の計8回、最低でも各季節1回の計4回調査が必要であるご教示いただいた。本来であれば構想前に実施しておくべきであったが、設計に反映するのに十分な調査が実施できていなかったことと平成18年度事業完了を考慮し、詳細設計と同時進行で事前調査を実施することとし、平成17年度、18年度2カ年にわたり計8回実施した。

調査を実施した水路は図-1に示すNo.①~⑥水路の6路線である。1回調査だけでは、採捕した魚が遊泳していたものなのか、繁殖場所として生活していたものか確認できない。各季節に調査を実施するという事は、様々な種類に関する生息データを得ることができ、農業用排水路での生態を分析し、環境配慮対策に反映することが可能となる。



図-1 構想図

松山水辺公園は、既存調査結果で魚類は12種類であったものが、事前調査では20種類とより多くの魚類が生息している貴重な湿地であることが確認できた（表-1）。

出現頻度が高い魚種は、工事による影響を受ける可能性が高いため、その魚種の特徴を把握し環境配慮対策を実施する必要がある。事前調査の重要性を、採捕した魚種の中から松山水辺公園で特徴的なホトケドジョウ（環境省 レッドリスト 絶滅危惧ⅠB類、岐阜県 レッドデータブック 絶滅危惧Ⅱ類）とドンコの2種についてまとめること以下のとおりである。

既存調査では未確認だったホトケドジョウを平成17年度秋、冬調査の際にNo.①、⑥水路で採捕した。ホトケドジョウは、本来湧水や溪流のきれいな水で、水草が繁茂し、水温が高くない水路等を好んで生息している。しかし、No.①水路は、このような環境になく、別の場所で生息していたものが移動してきた可能性が高いと判断した。No.⑥水路は、生息できる環境であったが今まで未確認であった。No.①水路周辺でホトケドジョウの生息場所を確定させるため、湿地内にあるNo.②～⑤の水路を補足的に調査した。その結果、数多くのホトケドジョウが確認できたため、このNo.②～⑤水路が生息場所であることが判明

した。平成17年度は、No.①、⑥水路の2路線を調査していたが、平成18年度以降はNo.①～⑥水路の6路線を調査している。調査回数だけでなく、調査する場所の選定も重要である。水路整備の構想段階では湿地中央部に、冬場の水が少なくなる時期でも多種多様な魚類等が生息できる池を新たに造り、東側広場ゾーン（多目的広場）はNo.②水路の1/3程度埋立てて造成する計画だった。これは夏でも冷たい湧水が必要なホトケドジョウの生息環境を悪化させるものとなってしまった。調査結果からホトケドジョウ生息環境を守るため、生息していた土水路を現状のまま残す計画に修正する必要がでてきた。

次に、聞き取りによるとドンコは、この湿地周辺の水路には昭和60年頃までは、タモ網で1回すくうと十数匹採れる程、数多く生息していたが、現在ではほとんど確認出来ないほど少なくなっている。しかし幸いにもドンコの稚魚を湿地周辺で確認している。ドンコは1m²程度が行動範囲であり、広い水域を遊泳する魚ではないので、松山水辺公園周辺で生息数を増やす対策を実施する必要がある。調査結果を踏まえ松山水辺公園整備の指標種として構想段階ではメダカ、ドンコのみとしていたが、ホトケドジョウも加え、環境配慮対策を実施して水路を整備することにした。

表-1 既存調査と事前調査の確認魚種比較表

魚種名	既存調査			事前調査					小計 採捕頻度
	平成14年度		小計 採捕頻度	平成17年度		平成18年度			
	夏期	秋期		秋期	冬期	春期	夏期	秋期	
ギンブナ				○			○	○	4
アブラボテ	○		1	○				○	3
タイリクバラタナゴ		○	1	○	○	○	○	○	5
オイカワ		○	1						
ヌマムツ	○	○	2	○	○	○	○	○	9
アブラハヤ		○	1	○	○		○	○	8
タカハヤ								○	1
モツゴ				○					1
タモロコ		○	1	○		○	○	○	10
ゼゼラ								○	1
カマツカ								○	1
ニゴイ								○	1
イトモロコ								○	1
ドジョウ	○	○	2	○	○	○	○	○	11
シマドジョウ	○		1	○	○	○	○	○	12
スジシマドジョウ	○	○	2	○	○	○	○	○	11
ホトケドジョウ				○	○	○	○	○	11
ナマズ							○		1
メダカ		○	1	○	○	○	○	○	12
ドンコ	○	○	2	○	○	○	○	○	11
カワウシノボリ	○		1				○	○	2
計	7種類	9種類	12種類	13種類	9種類	9種類	13種類	18種類	20種類
調査回数	1回	1回	2回	2回	2回	3回	4回	1回	12回

4. 環境配慮工法

ホトケドジョウとドンコに配慮した整備は以下のとおりである。

調査結果（表-2）からNo.②～⑤水路ではホトケドジョウが多数生息し、この水路内で繁殖して

いるため、池の位置については湿地中央部でなく、No.①水路上流部（図-2左側）にある既設調整池を大きくして整備する。多目的広場についてもNo.②水路に影響のない範囲で造成し、No.②～⑤の4本の水路は、現状の土水路のまま残すことにした。（図-2）

表-2 事前調査（水路別）集計表

魚種名	No.①	No.②	No.③	No.④	No.⑤	No.⑥	合計
ギンブナ	8					4	12
ヤリタナゴ							
アブラボテ						8	8
タイリクバラタナゴ	2			1		34	37
カワバタモロコ							
オイカワ							
ヌマムツ	9					34	43
アブラハヤ	15					20	35
タカハヤ						1	1
モツゴ	1						1
タモロコ	118	6	8	12	1	127	272
ゼゼラ						2	2
カマツカ						5	5
ニゴイ	1						1
イトモロコ						1	1
ドジョウ	46	49	28	23	4	64	214
シマドジョウ	164	4	41	34	23	84	350
スジシマドジョウ	38	3	2	4	1	16	64
ホトケドジョウ	22	187	38	64	35	9	355
ナマズ	1						1
メダカ	153	5	39	35	7	29	268
ドンコ	8		1		1		9
カワヨシノボリ						2	2
魚種	14種類	6種類	7種類	7種類	7種類	17種類	20種類
合計	586	254	157	173	72	449	1,691

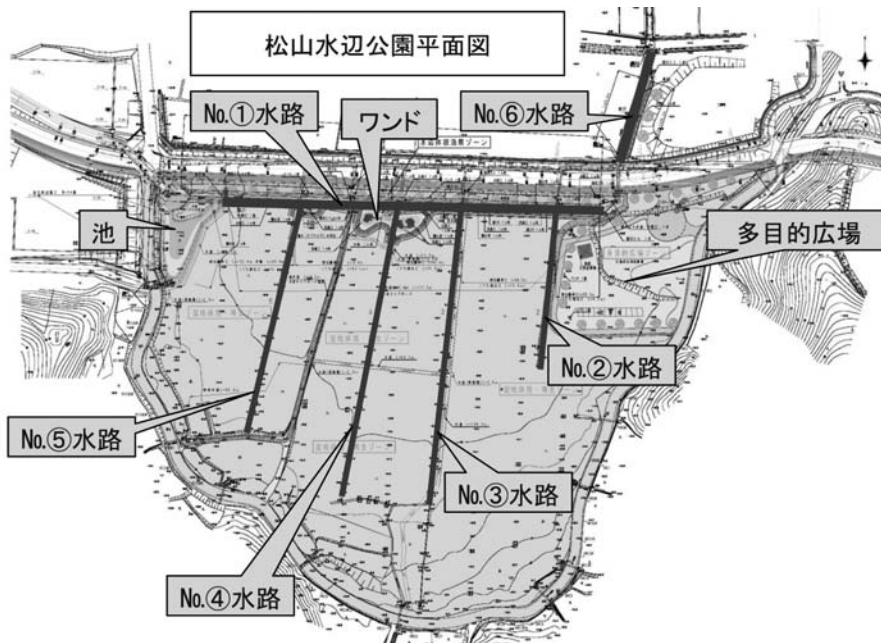


図-2 実施平面図

No.⑥水路については当初計画では、軟弱地盤のため下流部と同じコルゲート水路としていた。しかし、ドンコの生息地となっていたため、これに配慮することにした。ドンコは泥間より砂利や礫を好み、岩陰に潜んでいることが多いため、No.①水路と同様に粒径150～200mmの割石を捨石工として兩岸の水路敷に配置し（図-3）、併せて水路内に流れを変えるため水制工（割石を積み上げた形式）を1箇所施工した。ドンコの棲み家として、また他の魚へも配慮した水路とした。

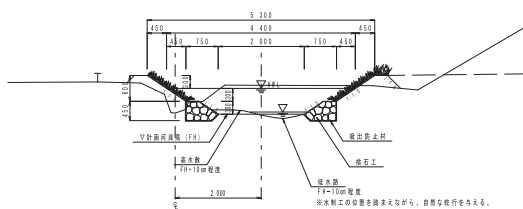


図-3 No.⑥水路標準横断面図

松山水辺公園とその周辺には22種類の魚類が生息しているため、今後も数多くの魚類が生息できるようNo.①水路に魚礁工を配置したワンドを2箇所、流れを多様にする水制工を6箇所、早瀬工・淵工を2箇所（図-4）計画した。流れを多様にすることは、指標種の一つであるメダカの生息場所を確保することにもなる。

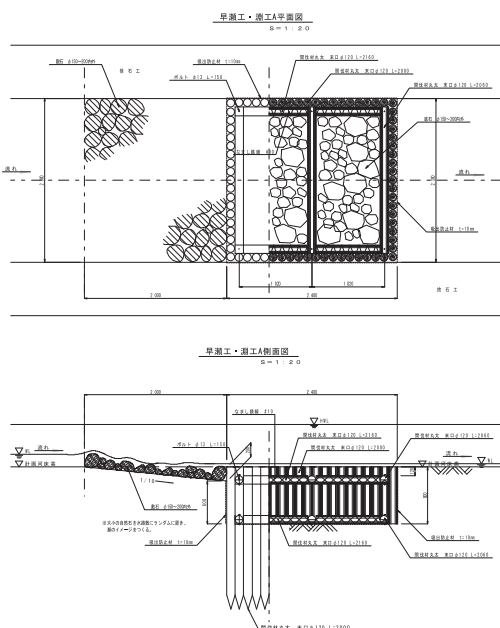


図-4 No.①水路淵工構造図

事前調査結果に基づき、環境配慮対策を徹底したことにより、詳細設計（図-2）の施設配置がワークショップの構想（図-1）を見直したことになるため、急遽ワークショップを開催し、事情を説明することにした。ワークショップ会場へ採捕した魚類を持参し、ホトケドジョウやドンコ等の生態等を専門家から説明していただいた。ホトケドジョウの生息環境を守るため、池の位置変更の必要性を説明し、参加者の理解を得た。

工事では、既存の植物の移植保存も実施した。池の造成個所に生育していたガマの移植を行い、湿地中央部で確認したラン科の植物ネジバナの保護、進出しつつあるセイタカアワダチソウの引き抜き・焼却処分等、湿地の環境変化を最小限に留めるよう配慮し、施工している。

また、事前調査結果からアブラボテ（環境省レッドリスト 準絶滅危惧）やヤリタナゴ（環境省レッドリスト 準絶滅危惧）の生息数が少なかったため、タナゴ類が卵を産み付ける二枚貝のイシガイ（岐阜県レッドデータブック 絶滅危惧Ⅱ類）をNo.①（写真-1）、⑥（写真-6）水路に平成18年秋と平成19年春に放流している。こうしたソフト対策もハード整備と併せて実施することが環境配慮対策では重要である。



写真-1 No.①水路（完了後）



写真-2 No.⑥水路 (完了後)



写真-3 事後調査 (No.③水路)

5. 効果検証に必要な事後調査

本地区は平成18年度に事業を完了した。平成19年度には、大野町が、松山水辺公園のホトケドジョウに注目し、その生息状況を把握するための調査を実施している。(写真-3)我々もこの調査で、工事完了後の事後調査を行っている。本来、効果を検証するには工事完了後5年程度継続して調査することが望ましいとされているが、平成19年4月から平成20年1月末まで、1年弱で7回調査した結果を基に現段階の傾向を報告する。

まず全体の概観を検証するため事前調査と事後調査の結果を比較するとNo.①～⑥水路については表-3のとおりである。採捕魚数は20種1,691匹から22種5,166匹となった。事前調査から増加率の著しい魚種は、モツゴ、タカハヤ、タイリクバラタナゴである。

次に事前調査では確認できていなかったが事後調査で確認した魚種は、ヤリタナゴ、カワバタモロコ、オイカワである。タナゴ類(タイリクバラタナゴ、ヤリタナゴ)の増加は、二枚貝を放流した効果が現れていると考えられる。その他の魚種

表-3 事前調査・事後調査比較表(採捕数・稚魚数)

魚種名	事前調査 採捕数①	構成比率 (%)	うち 稚魚数	順位	事後調査 採捕数②	構成比率 (%)	うち 稚魚数	順位	事前調査 比 ②/①	順位
ギンブナ	12	0.7	5		34	0.7	25		2.8	
ヤリタナゴ	-				3	0.1			∞	
アブラボテ	8	0.5	3		23	0.4	7		2.9	
タイリクバラタナゴ	37	2.2	31		526	10.2	145	(4)	14.2	(3)
カワバタモロコ	-				4	0.1	1		∞	
オイカワ	-				129	2.5	102		∞	
ヌマムツ	43	2.5	29		201	3.9	111		4.7	
アブラハヤ	35	2.1	10		115	2.2	46		3.3	
タカハヤ	1	0.1	1		18	0.3	13		18.0	(2)
モツゴ	1	0.1			28	0.5	6		28.0	(1)
タモロコ	272	16.1	111	(3)	1,262	24.4	177	(1)	4.6	
ゼゼラ	2	0.1			-				-	
カマツカ	5	0.3	4		35	0.7	17		7.0	(4)
ニゴイ	1	0.1			1	0.02			1.0	
イトモロコ	1	0.1			1	0.02			1.0	
ドジョウ	214	12.7	45	(5)	506	9.8	429	(5)	2.4	
シマドジョウ	350	20.7	162	(2)	237	4.6	181		0.7	
スジシマドジョウ	64	3.8	26		50	1.0	31		0.8	
ホトケドジョウ	355	21.0	191	(1)	917	17.8	170	(3)	2.6	
ナマズ	1	0.1	1		7	0.1	7		7.0	(4)
メダカ	268	15.8	40	(4)	1,042	20.2	161	(2)	3.9	
ドンコ	19	1.1	9		26	0.5	19		1.4	
カワヨシノボリ	2	0.1			1	0.02			0.5	
魚種	20種類				22種類					
合計	1,691	100.0	668		5,166	100.0	1,648		3.1	

は、No.⑥水路を改修したことにより下流水路との段差や断面不足が解消され、水路上下流の行き来がスムーズになったからでないかと考えられる。

主要指標としていたメダカ、ホトケドジョウ、ドンコについては増加傾向にある。また、表-3のとおり何れも稚魚を採捕した。このことは、整備した松山水辺公園が生息、繁殖に適しているものと考えられる。

No.①水路では、「池」、「淵工」、「ワンド」と「水路」を構造別に区分して調査を実施している。その結果から、「水路」で生息している魚種の構

成比率と比べると、「池」では、タモロコ、アブラハヤ、モツゴ、タカハヤ、「ワンド」ではタモロコ、「淵工」ではタモロコ、アブラハヤ、タイリクバラタナゴが水路より多く生息していることがわかった。(表-4)

工事完成後1年間の調査結果であるため、細かな分析はできない。しかし、この事業によって環境は悪化せず、多様な魚類が生息し、ホトケドジョウやドンコが繁殖できる環境を工事実施前と同程度に維持できているのではないかと考えられる。今後も引き続き事後調査を続ける。

表-4 事後調査No.①水路構造別採捕数

魚種名	事後調査No.①水路								合計	構成比率(%)
	水路	構成比率(%)	淵工(木製)	構成比率(%)	ワンド	構成比率(%)	池	構成比率(%)		
ギンブナ	1	0.1							1	0.1
ヤリタナゴ										
アブラボテ										
タイリクバラタナゴ	29	2.8	43	10.2	11	1.5			83	3.6
カワバタモロコ			1	0.2	2	0.3	1	1.1	4	0.2
オイカワ			7	1.7	1	0.1	1	1.1	9	0.4
ヌマムツ	27	2.6	18	4.3	27	3.7	4	4.3	76	3.3
アブラハヤ	20	1.9	57	13.5	19	2.6	16	17	112	4.9
タカハヤ	7	0.7	1	0.2	2	0.3	5	5.3	15	0.7
モツゴ	3	0.3	5	1.2	8	1.1	9	9.5	25	1.1
タモロコ	156	15.2	194	46	628	85.5	58	61.7	1,036	45.4
カマツカ			1	0.2					1	0.1
ニゴイ										
イトモロコ										
ドジョウ	29	2.8							29	1.3
シマドジョウ	48	4.7	13	3.1	1	0.1			62	2.7
スジシマドジョウ	18	1.8	1	0.2	1	0.1			20	0.9
ホトケドジョウ	2	0.2							2	0.1
ナマズ										
メダカ	688	66.9	81	19.2	34	4.6			803	35.2
ドンコ					1	0.1			1	0.1
カワヨシノボリ										
22種類	1,028	100.0	422	100.0	735	100.0	94	100.0	2,279	100.0



写真-4 事前調査(大野西小学校も参加)



写真-5 松山水辺公園周辺の植栽活動

6. 松山水辺公園の維持管理

松山水辺公園を誰がどのように守っていくかという事は、ワークショップ段階からの課題であった。ワークショップに参加した牛洞・松山両区の住民が主体となり町全体に呼びかけて、平成19年6月27日に「松山水辺公園の環境を守る会（会員数24名）」が設立された。同年7月1日と9月9日には松山水辺公園内の草刈活動を実施した。（写真-6）また、同年10月27日には松山水辺公園内の環境学習として事後調査にも参加していただいた。



写真-6 草刈活動（松山水辺公園の環境を守る会）

モニタリングを通じ、ホトケドジョウ等多くの魚類が生息していることが明らかになり、松山水辺公園を子々孫々へ守り続けなければならない貴重な財産であるという意識が地域に芽生えはじめた。

こうした地道な活動が町民にも理解され、大野町は平成19年12月に「大野町ホトケドジョウ保護条例」を施行した。条文は5か条で構成され、ホトケドジョウを大野町の豊かな自然環境を構成する貴重な野生生物として保護し、将来の町民にこれを共有の資産として継承すること、保護区域の設定、捕獲等の禁止などを盛り込んでいる。

松山水辺公園はホトケドジョウ生息区域として保護区域に指定され、地域の人々によりこの豊かな自然環境が守られ続けることになった。

7. おわりに

環境配慮対策とは本来、環境への影響を確認しながら対策を実施するのが望ましいが、事業スケ

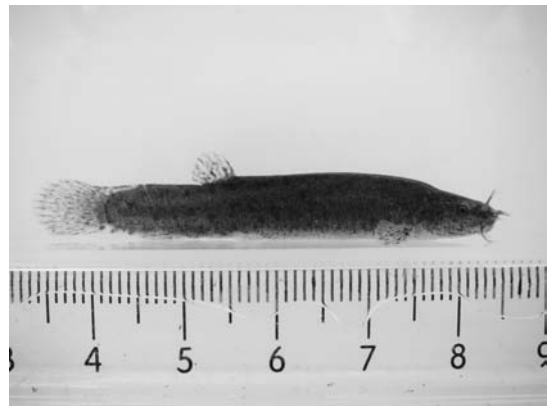


写真-7 ホトケドジョウ

ジュールから長期間に亘り影響を確認しながら事業を進めることが困難な場合が多いと考えられる。しかし、設計したものを基本にしながら、現場の状況に応じた臨機応変な対応や専門家からいつでも助言を受けることができる体制をつくることによって、環境への影響を最小限に留めることができる。

環境配慮対策には、モニタリングが必須条件であり、より正確なデータを収集するためには、少なくとも各季節に最低1回は調査が必要である。調査回数を多くすると手間隙だけでなく調査・とりまとめに係る事業費等のコストも高む。事後調査は事業完了後に実施する機会が多いため、いつ誰が調査を実施するかが課題であるが、こうした問題を解決する一つの方法として、事前調査段階から地元住民、維持管理者と一緒にモニタリングに取り組むこと、また事業実施主体の職員が自ら調査できる能力を身に付けることが重要である。私達の職場では、モニタリングに積極的に参加し、工事現場とその周辺環境等を把握することと職員のスキルアップを図るよう心掛けている。また、地域が一体となって自然環境の保護を進めるためには、専門的な人材の育成が重要である。岐阜県では、地域の良質な自然環境を保護、保全するため、岐阜県自然工法管理士という資格を設け、自然共生や環境保護に必要な知識、評価能力、技術を習得した人材の育成を推進している。また、当事務所管内では、河川や農業用排水路の整備を実施する建設業の現場担当者が集まり「河川工事を考える会」という組織を立ち上げ、魚類等の生態や配慮工法の勉強会を実施して自己研鑽に取り組んでいる。

本地区のモニタリング事例が他地区の参考になれば幸いである。

参考文献

- ・ 哺乳類, 汽水・淡水魚類, 昆虫類, 貝類, 植物 I 及び植物 II のレッドリストの見直しについて (平成19年8月3日 環境省 報道発表資料)
- ・ 岐阜県の絶滅のおそれのある野生生物2001
- 岐阜県レッドデータブック - (平成13年3月発行 岐阜県)
- ・ 平成18, 19年度 松山水辺公園生物生息状況調査 (大野町)
- ・ 大野町ホトケドジョウ保護条例 (大野町)

小動物のための脱出用水路の検討について

坂本 義浩* 岡 直子** 高阪 快児***
(Yoshihiro SAKAMOTO) (Naoko OKA) (Kaiji KOUSAKA)

目次	
I. はじめに	80
II. 流下実験の概要	80
III. 実験結果	81
IV. 実験の考察	82
V. 特許出願	83
VI. 水路の製作	83
VII. おわりに	84

I. はじめに

区画整理に伴う水路のコンクリート化により、水田と周辺山林等を移動して生息するカエル等小動物の生息圏の分断が懸念されている。

当研究所では、千葉県館山市において、区画整理、農業用道路の整備を主要な工事とする農用地総合整備事業「安房南部区域」を環境に配慮しつつ実施している。この事業実施において、カエル等小動物の生息圏分断（写真-1）を修正するために、コンクリート水路に脱出スロープを設置した（写真-2）。

ここでは、脱出スロープの有効性の検証及び脱出機能の向上について検討するために実施した流下実験の結果・考察と併せて、本構造の設計経緯について報告する。



写真-1 脱出できないアマガエル



写真-2 現況施設

II. 流下実験の概要

以下の2つの流下実験を実施した。

<実験1：現況施設での流下実験>

脱出スロープを設置した水路において、流下するカエルが自力でスロープ部に到達できるか確認する（図-1）。具体的には、アマガエルをスロープの1~2m上流部から流下させ、模型の開口部への流入数及び、アマガエルのスロープへの到達割合を確認することとした。スロープ部への到達が、アマガエルが自力で泳いだ結果なのか、水流に

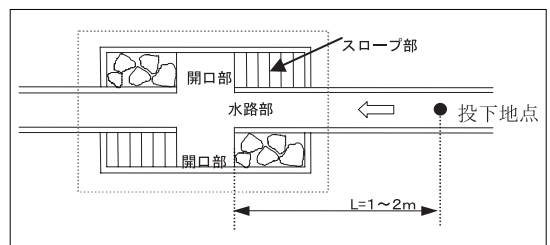


図-1 実験模式図

* (独) 森林総合研究所森林農地整備センター (Tel. 044-543-2500)
** (独) 国際農林水産業研究センター (Tel. 029-838-6313)
*** (独) 森林総合研究所森林農地整備センター
東北北海道整備局農用地業務課 (Tel. 019-654-0101)

よって運ばれたものであるのかを検証するために、アマガエルに見立てた模型（写真-4）での流下実験も行った。

＜実験2：構造変更施設での流下実験＞

障害物の設置や堰上げのパターン毎にスロープ部への到達の違いを確認する（写真-3）。

いずれの実験とも対象は、現地での捕獲が容易なアマガエル及びその模型とした。実験条件は、カエルにとって流下の危険性が高くなる降雨時または水田からの排水時等を想定し、ポンプで水を流すことにより、スロープ部上流での平均流速を約0.1m/sとした。

実験2では、水路部に障害物（10×10×10cmの石）の設置や板による堰上げを行い複数の構造パターンをつくり、その各々についてスロープ部への到達率を確認した。



写真-3 構造変更施設



写真-4 流下模型

Ⅲ. 実験結果

＜実験1：現況施設での流下試験＞

現況の施設構造における模型及びアマガエルの脱出スロープ部への到達割合を確認した。表-1に示すように、模型はすべてスロープ部に到達せずに流下し、アマガエルは63.3%がスロープ部に到達した。

このことから、水路部の水流は、ほぼまっすぐ流下しているが、遊泳力のあるアマガエルは自力で泳いでスロープ部に到達したと考えられる。なお、スロープ部に到達しなかったアマガエルの大部分は、開口部で泳ぎださなかったものである。

表-1 スロープへの到達割合

流下対象物	実験数	到達数	到達割合 (%)
模型	50	0	0.0
アマガエル	30	19	63.3

＜実験2：構造変更施設での流下試験＞

実験1で示すように、現況の施設構造でも約6割のアマガエルがスロープ部へ到達する。残り4割のアマガエルが、泳がずに水流にのってスロープ部へ到達できる構造を検討するために、「障害物の設置」、「堰上げ」の組み合わせで複数の構造パターンをつくり、各パターンにおける模型及びアマガエルのスロープ部への到達割合を確認した（表-2）。

表-2 パターン別のスロープへの到達割合

流下物	障害物設置パターン	実験数	到達数	到達割合 (%)
模型	①現状のまま（設置せず）	50	0	0.0
	②下流部を堰上げし、流速をおとす	10	0	0.0
	③現状施設に障害物を一つ置く	50	3	6.0
	④現状施設に障害物を三つ置く	180	68	37.8
	⑤上流部を堰上げし、障害物を一つ置く	30	12	40.0
	⑥上流部を堰上げし、障害物を三つ置く	10	5	50.0
アマガエル	①現状（設置せず）	30	19	63.3
	②下流部を堰上げし、流速をおとす	20	11	55.0
	③現状施設に障害物を一つ置く	20	14	70.0
	④現状施設に障害物を三つ置く	20	14	70.0
	⑤上流部を堰上げし、障害物を一つ置く	20	18	90.0
	⑥上流部を堰上げし、障害物を三つ置く	13	10	76.9

IV. 実験の考察

1. 模型の流下

パターン毎の到達割合を図-2に示す。模型を流下させた場合は、①→⑥の順にスロープへの到達割合が高くなったが、特に④以降の到達率が高い。模型流下により表面水流を観察した結果、障害物が中央に1個の時は、水流は障害物を迂回するもののほぼまっすぐに流下し、障害物の側面から下流部では流速が早くなることからスロープへの到達割合が低い（パターン③、図-3）。しかし障害物を3個にすると、蛇行する水流の一部が、2個目、3個目の障害物から跳ね返り、開口部に流入した（パターン④、図-4）。

さらに、施設の上流部を堰上げることにより水流に勢いと縦方向の流れを発生させることができ、より多くの水が開口部に流入しかつ水が回流した（パターン⑤、⑥、図-5）。

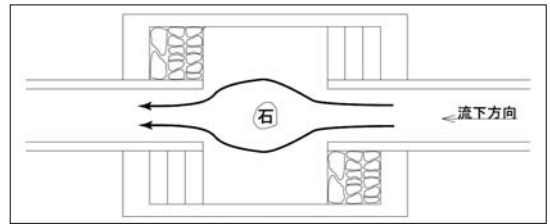


図-3 障害物1個を設置

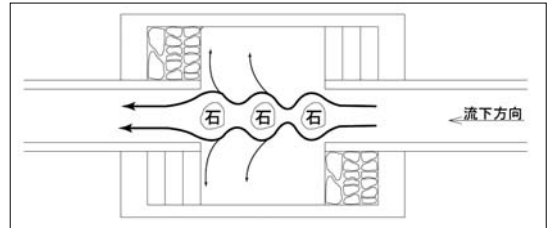


図-4 障害物3個を設置

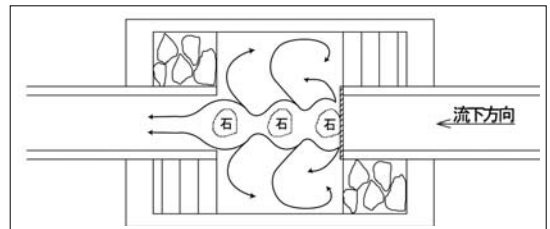


図-5 堰上げて障害物3個を設置

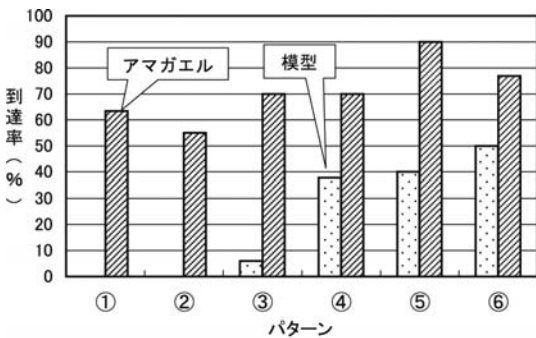


図-2 模型とアマガエルの到達割合

以上より、開口部の大きさにあわせて、適切に障害物を設置することにより、水流の流れをスロープ部分へ向かわせることができることがわかった。ただし、障害物の設置位置については、1cm程度の変動が水流の大きな変化につながることを確認できたが、本実験ではスロープ部との具体的な位置関係まで明確に把握することができなかった。

2. アマガエルの流下

アマガエルの流下実験では、上流水路部を堰上げることによる脱出機能の向上がみられた。実験では、堰まで泳がずに流下してきたアマガエルが、堰を流下する水に巻き込まれると手足を縮めて身を守り、その後、水流の穏やかな開口部にたどり着くと泳ぎだし、スロープ部に到達する様子が観察できた。堰上げには、「泳ごととせず流れに乗って流下するアマガエル」を堰上げ部の落下により驚かせることで脱出行動を誘発する効果（びっくり効果）があると考えられる。

ただし、スロープ部への到達割合については、パターン⑤と⑥で差異があり、模型による水流の確認結果と異なっている。原因として、同一のカエルを複数回流下させることによる体力消耗の影響や、堰上げ高さによる影響（⑤の堰上げ高15cm、⑥の堰上げ高18cm）が考えられる。

なお、単純に流速を低下させればスロープへの到達割合が高まるとの仮定に基づき実験を行ったパターン②については、何もしない状態よりも到達割合が低くなった。この原因については、実験によるアマガエルの体力消耗、堰上流部で流速が急に大きくなることの影響等が想定されるが、本実験では確認できなかった。

上記の実験結果については「小動物用脱出スロープの検証と機能向上実験」として、平成17年度農業土木学会関東支部において発表を行った。

V. 特許出願

以上の実験から、水路に開口部及びスロープを設置することに加えて、堰、障害物という水流変化手段を設けることで小動物の脱出経路を確保する構造物について、「小動物のための脱出用水路」として平成17年11月に特許出願した。

VI. 水路の製作

小動物のための脱出用水路は幅300mmの水路に接続可能な施設として製作した。本製品は、上流側・下流側水路部（L=1000, W=460, H=380, 217kg/個）と障害ブロック用基礎（L=700, W=460, H=100, 81kg/個）、左右のスロープ部（L=1700, W=380, H=530, 263kg/個）と障害ブロック小2個（L=100, W=100, H=120, 3kg/個）、障害ブロック大1個（L=300, W=100, H=120, 9kg/個）で構成されており、

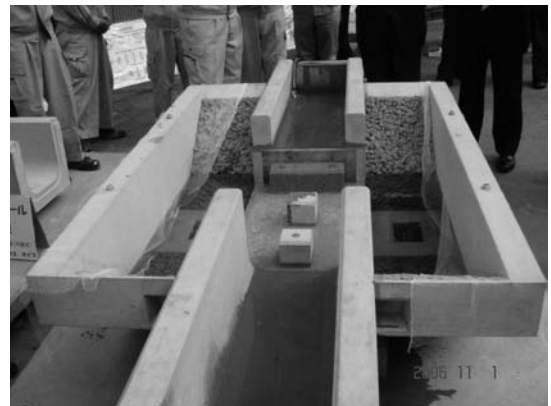


写真-5 水路概況

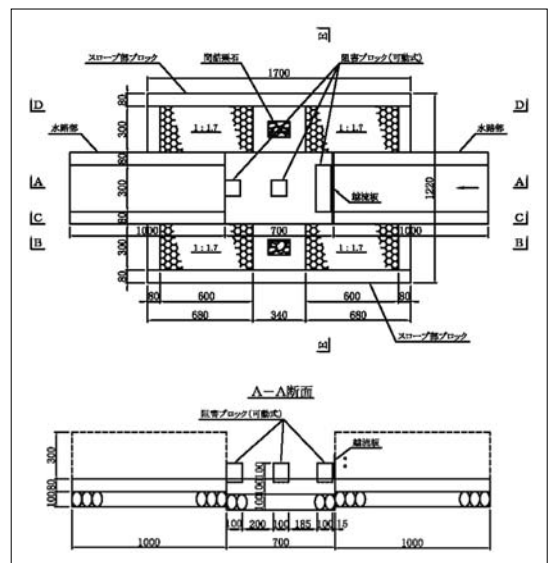


図-6 グリーンカエル標準図

これらのパーツを現地で組み立てて設置する。

脱出スロープへの到達率を向上させるために設置する堰板及び障害ブロックは、水路の維持管理の支障とならないように着脱可能な構造とした。

実験において、堰板の設置が到達割合の向上に効果的であったが、堰上げ箇所では、水が空気を巻き込みながら落下することで、堰上げ直下が白く泡立ち、巻き返しの流れが発生するバックウォッシュ現象が起きる（図-7）。このバックウォッシュに動物が巻き込まれると、なかなか脱出が出来ず、エネルギーを消耗し、溺死してしまう場合がある。そこで本構造ではバックウォッシュを生じさせないように堰上げ直下に障害ブロックを配置することとしている。

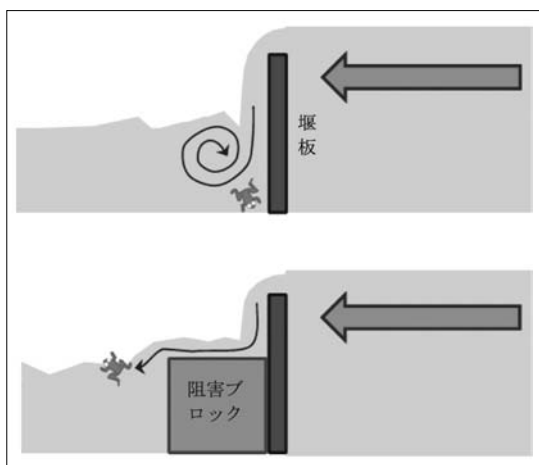


図-7 堰上部模式図

また実験中に開口部で多くのドジョウの生息が確認された（写真-6）ことから、本構造は小動物の脱出施設としての機能以外にもドジョウ等の生息環境としての機能が期待できる。製作にあたっては、泥の堆積を促し、ドジョウ等の生息空間とするために、開口部の水深を水路部よりも深くすることとした。



写真-6 実験水路内に生息していたドジョウ

脱出スロープには多孔質コンクリートを用いた（写真-7）。表面の凹凸により、四肢に吸盤を持たない生物についても這い上がりが容易な構造としている。また、植生が侵入し、周辺環境に調和することも期待できる。



写真-7 スロープ部

VII. おわりに

本水路については、その後、「グリーンカエル」として商品化され、群馬県建設工事関連新技術に認定された。

コンクリート二次製品というと環境配慮と逆行するように捉えられがちだが、品質の確保や工期の短縮等の二次製品ならではのメリットが発揮されることを期待している。

参考文献

- ：平成17年度農業土木学会関東支部講演要旨集
小動物用脱出スロープの検証と機能向上実験
独立行政法人緑資源機構 計画評価部環境課
○坂本義浩，岡直子

コンクリート開水路における性能設計の取組事例

小倉 健一郎* 神戸 敏光* 衣笠 浩二**
 (Kenichirou OGURA) (Toshimitsu KANBE) (Kouzi KINUGASA)

目 次

1. はじめに	85	5. 性能発注方式	88
2. 背景	86	6. 今後の課題	89
3. 事例の概要	86	7. おわりに	89
4. 性能規定型設計	87		

1. はじめに

取組事例として紹介する場所である「大和紀伊平野地区」は、奈良県の北西部に位置する奈良市外7市13町村からなる大和平野と和歌山県の北部に位置する和歌山市外4市2町からなる紀伊平野の両平野にまたがる農地面積約13,400haの地域である（図-1）。

本地区の農業水利施設は、十津川・紀の川総合開発事業の一環として、国営十津川紀の川かんがい排水事業（昭和25年度～昭和59年度）及び関連事業により造成され、これらの施設は大和・紀伊両平野の農業生産性の向上及び農業経営の安定に大きな役割を果たしてきている。

その後、国営第二十津川紀の川かんがい排水事業（平成11年度～平成20年度）により、大迫・津

風呂ダム及び下湖頭首工他4頭首工の改修・整備を実施してきている。

しかし、未だ改修が行われていないダムや頭首工をはじめ、幹支線水路等の農業用水施設は、築造後相当の年月が経過していることから老朽化による機能低下が目立ち、早急な対策が望まれ、国営土地改良事業により山田ダム及び両平野地区内の幹支線水路等の改修整備を行うことにより、農業用水の安定供給と適正利用を図り、併せてこの結果として生み出される減量可能な用水を新たに水道用水として活用することにより地域の水資源の有効活用資するものである。

本地区のうち、和歌山県北部に位置する紀伊平野内の幹線水路の改修整備に伴い取組んだ「性能設計」の事例を次の項から紹介する。

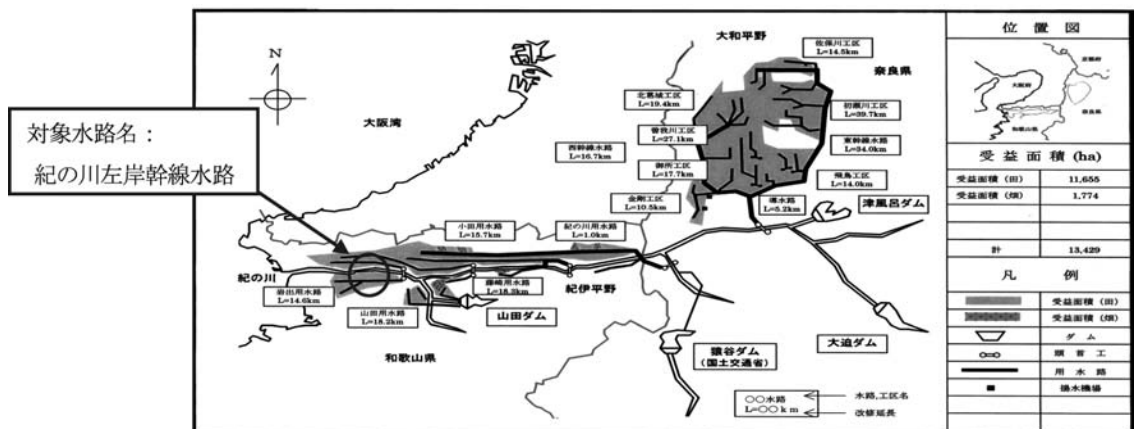


図-1 国営土地改良事業 大和紀伊平野地区 概要図

*近畿農政局紀伊平野農業水利事業建設所 (Tel. 0736-69-5331)
 **近畿農政局整備部農地整備課 (Tel. 075-451-9161)

2. 背景

性能規程化の背景として、①1995年 阪神淡路大震災による構造物の要求性能に関する議論②新技術・新材料の導入等によるコスト縮減③世界貿易機関（WTO）協定（1995年）付属書の「貿易の技術的障害に関する協定」（TBT協定；付属書1）及び「政府調達協定」（1996年）（付属書4）により、加盟国は、国際規格を優先使用、技術基準・技術標準は性能を基準④国際標準化機構のISO2394構造物の信頼性に関する一般原則があり、国際規格の遵守が求められている。

我が国では、平成7年3月31日に「規制緩和推進計画」が閣議決定及び平成12年3月31日に「規制緩和推進3カ年計画」が閣議決定され、「基準の内容が、技術革新に対して柔軟に対応できるように、仕様規定となっている基準については原則としてこれをすべて性能規定化するよう検討を行う」との方針が出された。また、土木学会発行の「コンクリート標準示方書」は昭和61年度版から性能照査型に移行している。

こうした背景を受け、政府機関及び研究機関の取組が始まり、農林水産省においても平成9年度より土木分野の国際基準であるISO情報の収集を始め、平成12年9月「新コスト縮減計画」、平成15年4月「コスト構造改革プログラム」により性能規程化への取組、設計手法として「限界状態設計法」への移行を表明し、各設計基準類の性能規程化への見直し及び性能照査型設計技術検討調査等が進められている。

さらに平成14年度よりコンクリート開水路等での性能規程化導入の検討が開始され、平成17・18年度に全国4地区において試行工事が実施された。

本報告では、大和紀伊平野地区において試行工事として実施されたコンクリート開水路改修工事における性能設計・発注の取組みについて報告する。

3. 事例の概要

事例の概要は、以下のとおりである。

事業名	かんがい排水事業 (国営農業用水再編対策事業)
地区名	大和紀伊平野地区の内の紀伊平野
水路名	紀の川左岸幹線水路(県営路線)
場所	和歌山県和歌山市満屋地内
施工延長	L = 300.0m (測点No.29 + 80 ~ No.32 + 80)
水路形式	水路用L形ブロック (B5700 × H1200)
計画水量	Q = 6.395m ³ /s (用水量) Q = 14.097 ~ 9.945m ³ /s (用排水量)
工事工期	120日
施設管理者	紀の川左岸土地改良区
契約方式	公募型指名競争入札 (施工計画審査型)

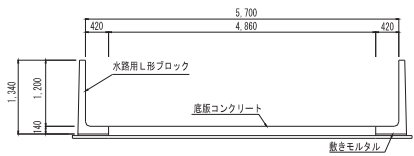
(標準断面図は、表-1に示す)

なお、本場所を試行工事に選定した理由は、次のとおりである。

- ①事業計画上全面改修で、開水路での改修計画
- ②許容応力度法との対比も目的であることから差が出やすい幅広水路を選定
- ③限界状態設計法の使用から複雑な荷重条件とまらない範囲を選定
- ④平成17年度工事予定範囲での選定
- ⑤仮設も含め特殊な工法での施工でないもの。

以上より、平成16年度に測量設計業務を実施し、平成17年度に工事の発注を行った。

表-1 事例概要 (大和紀伊平野地区)

位置	和歌山県和歌山市満屋地内	標準断面図
実施期間	設計：平成16年8月27日～平成17年3月29日 施工：平成18年1月25日～平成18年5月24日	
施設詳細	構造：水路用L形ブロック 延長：300m (幅5.7m 高1.2m) 用水量：6.395m ³ /s	

改良前の現場写真を写真-1に示す。



写真-1 紀の川左岸幹線水路（下流より）

4. 性能規定型設計

従来の設計（仕様規定型設計）は、手段や方法（仕様）を指定することにより、目的の達成を図る設計手法であり、標準的な品質の確保や検討の効率化に秀でる。

今回、取組を行った性能規定型設計は、要求性能を満たす手法は規定しないが、要求性能を満たしているか検証（照査）する必要がある。リスク（性能の限界）に対する説明責任・合意形成が必要である。

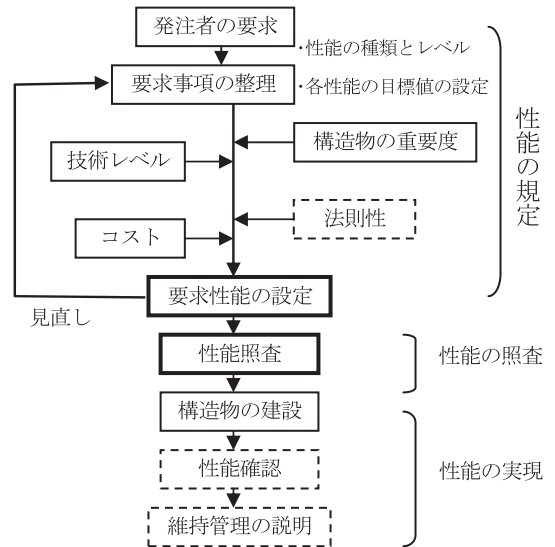
仕様設計と性能設計を比較すると表-2のとおりである。

表-2 仕様規定型設計と性能規定型設計法の比較

	仕様規定型設計	性能規定型設計法
概要	手段や方法(仕様)を指定することにより、目的の達成を図る設計	仕様書(手段、手法)を示すことなく、要求性能と必要な信頼性を示す設計
規定	過去の成功事例や経験を分析し、用いられた手段や方法が正しければ同じ結果が得られると考え、手段や手法を指定することにより目的の達成や安全を確保。結果の検証の義務はない。	達成しようとする目的を明確にし、必要な機能を確保するための種々の性能を明記するもの。要求性能を満たす手段は問わないが、要求性能を満たしていることを証明するか、検証を受ける必要がある。
長所・短所	(長所) ・典型的な業務で能率的に実施可能 ・マニュアル化が可能 (短所) ・手法を拘束するため、新技術新工法導入が困難 ・機能、安全度を規定していない ・前例のない業務や発注者に知識のない業務では仕様書を作成すること自体困難	(長所) ・構造物の目的(目的-要求性能-性能規定)から記述されるので規定の意図が理解容易 ・新技術、新工法への対応が可能 ・機能、安全度(破壊確率)を選択可 (短所) ・照査する社会制度が未確立 ・個々の施設毎に性能を規定し、要求性能を満たしているか照査

・性能設計の手順

性能設計を実施していく手順は以下のとおりである。



○本地区の性能設計での検討項目

前項手順に沿って進め、具体的な検討項目は、次のとおりである。（検討項目は表-3）

①要求性能の決定

コンクリート開水路における性能は、

- ・水利用性能
 - ・水理性能
 - ・構造性能
- の3項目に分類

②性能照査指標の決定

構造物が有する性能（保有性能）が要求性能を満足しているか否かの指標（目印）を決定

③性能照査指標の照査（確認）

構造物が有する性能と要求性能の比較「保有性能 \geq 要求性能」の確認

特に水利用性能及び水理性能の照査に関しては、性能の規定化について設計基準「水路工」をみなし規定として利用した。耐用年数が40年と設定、水路表面の経年変化を想定し粗度係数を0.012～0.016の5段階で不等流計算による水理検討を行い、水路表面の経年変化に対して、円滑な取水機能や通水性能に問題ないことを確認した。

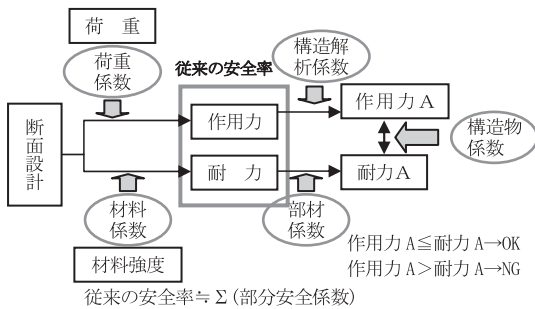
次に構造性能に対する設計法は、信頼性設計法（構造物はいかに壊れるかに基づいた確率論的手法による設計法）のレベル I（部分安全係数法）

表-3 検討項目

	要求性能	性能照査指標	照査方法
水利用性能	円滑な取水機能の確保 (取水しやすいか)	取水位置の水位が取水口の高さ以上であること	土地改良事業計画設計 設計基準「水路工」等 (みなし規定)
水理性能	通水性能(必要水量が流れるか) 水理学的安全性の確保(越流しない)	計画用水量の通水能力を有する。 余裕度の確保	
構造性能	力学的な安全性の確保	想定荷重に対し破壊しない、ひび割れしない等。	限界状態設計法(使用限界状態・ 終局限界状態)
	設計耐用期間中の構造性能の保持	中性化、鋼材腐食、コンクリート強度	「コンクリート標準示方書」等

の設計法に準拠した「限界状態設計法」により行うものとする。限界状態設計法とは、「部分安全係数(材料・部材・荷重等について、各々に設定された係数)」を用いて構造物が耐用期間中に各種の限界状態(使用限界状態・終局限界状態・疲労限界状態)に至らないことを照査する設計法である。なお、設計に使用する各種規定は、「コンクリート標準示方書」(土木学会)、土地改良事業計画設計基準・設計「水路工」等を用いた。

限界状態設計法の計算イメージ図を示す。



計算結果については、表-4のとおりである。従来設計(仕様設計)と比較すると底版の部材

厚が約40mm薄く、また鉄筋についても低減となったことから、34,500円/mのコストが縮減された。

表-4 計算結果

設計方法	仕様設計	性能設計
	許容応力度法	限界状態設計法
断面規格 水路用L型 ブロック (B5700× H1200)	部材厚 (底版)180mm 鉄筋(底版) D13@133mm ^ク フル	部材厚 (底版)140mm 鉄筋(底版) D13@250mm ^{シングル}
直接工事費 (試算)	127,700円/m	93,200円/m

5. 性能発注方式

性能発注とは、発注者が要求性能を明らかにし、性能照査指標を規定した発注方法で、要求性能を満たすための手法は拘束しないものである。

性能発注の契約手続は、要求性能及び性能照査指標を示して公募を行い、入札時VE提案があった場合には、技術資料(性能提案書)を審査し、入札・契約・工事を実施する。VE提案がなかった場合には、発注側で設計した標準設計にて入札・契約・工事を実施する(図-2)。

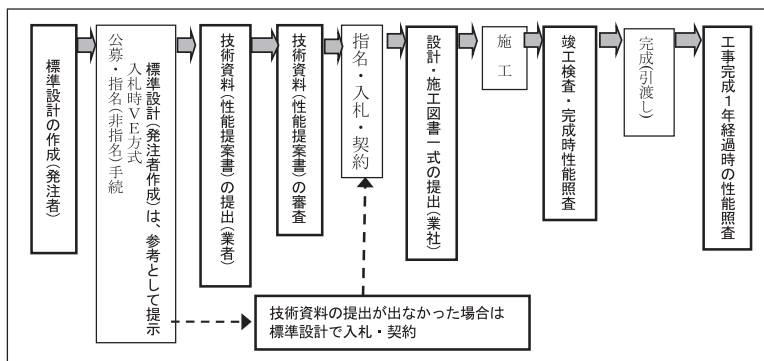


図-2 公募型指名競争入札(施工計画審査型)での手続きフロー図

表-5 要求性能・性能照査指標及び工事完成時・工事完成後1年経過時の測定項目

	性能照査指標		工事完成時・1年経過時の測定項目
	項目	内容	
水理性能 水利用性能	水位	No. 29+90 地点における、かんがい期用水量 $Q=6.395\text{m}^3/\text{s}$ 以上流下時の水位が EL11.64m 以上であること。	量水板により水位を測定
	通水量	No. 29+80～No. 31+78.1 における流量が最大 $Q=14.097\text{m}^3/\text{s}$ であること。 No. 31+78.1～No. 32+80 における流量が最大 $Q=9.945\text{m}^3/\text{s}$ であること。	H-Q 曲線等による流量の算定
構造性能	安全性	想定される荷重に対し、構造物が断面破壊しないこと。	完成施設の寸法測定
	安定性	想定される荷重に対し、構造物が浮上、沈下しないこと。	測量機器による完成施設の高さ測定
	使用性	ひび割れにより美観・水密性を損なわないこと。	完成施設のひび割れ寸法測定
	耐久性	中性化・鋼材腐食・凍害・アルカリ骨材反応等に対する耐久性を有すること。	コンクリート強度

今回は、表-5のとおり要求性能及び性能照査指標を示して公募を行ったが、VE提案の提出がなかったため標準設計での入札・契約・工事での実施となった。

また、性能照査指標を確認するため、工事完成時及び工事完成後1年経過時に表-5の性能照査指標について業者の責任において、観測・測定等を行い、各性能照査指標が工事完成時及び工事完成後1年経過時に要求性能を満足しているものであることを確認できた。

6. 今後の課題

本試行工事を行ったことで見えてきた課題を以下に整理した。

- ・水利用性能・水理性能において、要求性能の設定や性能照査の困難な項目がかなり見られた。
- ・技術資料（性能提案書）の作成に十分な期間がないこと等から、設計の基本方針を考慮していない提案書であった。
- ・設計段階（限界状態設計法）で使用する以下に示す各種規定の検討課題・方針を決定するのに随分時間を要した。
 - ①最大鉄筋間隔の決定根拠
 - ②最小鉄筋量の決定根拠
 - ③コンクリート2次製品のコンクリートの呼び強度の決定根拠
 - ④土圧計算手法に使用する土圧公式の選定根拠
 - ⑤コンクリート2次製品を使用する場合メーカーによって形状・性能が異なっている中からの選定

⑥耐久性の強度照査に要する a , b , v 値はコンクリートプラント毎に異なり納入業者を限定できない。

⑦許容ひび割れ幅の値の決定根拠

- ・工事完成1年経過時の性能照査に係る経費は、業者の負担となっているが妥当か。
- 今後、性能設計および性能発注を導入するためには、
 - ・水利システムの性能規定化の推進
 - ・性能照査制度や性能保証（保険制度）の確立
 - ・技術提案を促す入札発注制度の改革等が求められている。

7. おわりに

試行工事を通して、要求性能・性能照査指標の設定から性能照査及び出来形の測定等を実施し、性能設計・発注に基づく構造物の築造を行えた。



写真-2 紀の川左岸幹線水路（下流より）

性能設計を用いることで、その地域特性や利用実態を反映した柔軟な設計、性能の要求が可能になり、事業等で建設する構造物の性能、リスクをより一層明確にして受益者との合意形成が図られると思われる。

現在進捗している各種事業においても、より明確な性能を関係者及び一般の者にも示しながら、各受益者との対話や合意形成を図りつつ、農業水利施設の新設および更新に努めていきたいと思う。

最後に今回の報分作成において資料提供および各種調整をいただいた方々に対し、記して謝意を申し上げます。

泥炭土壌における鉄分流出抑制に有効な暗渠排水疎水材の検討

三 坂 直 樹* 長 尾 諭* 今 川 幸 久*

(Naoki MISAKA)

(Satoshi NAGAO)

(Yukihisa IMAGAWA)

目 次

1. はじめに	91	4. 試験施工の結果	93
2. 地区の概要及び地域の状況	91	5. おわりに	95
3. 試験施工の目的と概要	91		

1. はじめに

天塩川下流域では古くから厚岸の牡蠣、十勝の鮭とならび蝦夷の三絶といわれた天塩のヤマトシジミが生息しているが、近年、貝殻に赤サビが付着したものが増える傾向にある。これは、自然環境や生息地の周辺環境の変化に伴うものと推測される。そのメカニズムは解明されていないがその原因の一つとして、泥炭土壌からの排水に含まれる鉄分的一种である溶解性二価鉄による影響が考えられている。このため、泥炭農地における機能回復を目的とした国営総合農地防災事業富士見地区においては、下流域の環境に配慮した整備に積極的に取り組むこととしている。

本報告は、泥炭土壌における鉄分流出抑制に有効な暗渠排水疎水材の検討を行ったのでその結果について報告する。

2. 地区の概要及び地域の状況

北海道留萌支庁管内の北部に位置する天塩町は、耕地の約40%が泥炭土壌であり、泥炭土壌に起因する圃場面の不等沈下、排水路や暗渠排水機能が低下し、過湿を呈する圃場が多く、良質粗飼料の確保が課題であった。

このため、国営総合農地防災事業「富士見地区」により、受益面積919haを対象に排水路5条（L=7.1km）、農地保全工（暗渠排水等）752haを実施するものである。

本地区は、天塩川の下流部左岸に位置（図-1）し、地区の排水先は天塩川である。その河口部は

ヤマトシジミの生息地となっており重要な地域資源であるとともに、北海道の地域ブランドとして確立されている。しかし、近年、貝殻に赤サビが付着したヤマトシジミが多く見られるようになり、「天塩しじみ資源環境対策委員会」が原因解明と対策に取り組んでいる。

なお、「天塩しじみ資源環境対策委員会」は、ヤマトシジミ資源の生息環境保全等を目的に、国・道・町・漁協等により平成13年に設立された。



図-1 富士見地区位置図

3. 試験施工の目的と概要

(1)目的

泥炭土壌における鉄分流出抑制に有効な疎水材を選定するために試験圃場において効果検証を行う。

(2)概要

現計画工法と対象工法について泥炭層厚が異なる2ヶ所の圃場で溶解性二価鉄濃度等を測定し効果を比較検証する。

*北海道開発局留萌開発建設部天塩地域農業開発事務所
(Tel. 01632-2-1424)

現計画工法：砂利（事業計画で選定している疎水材）

対象工法：木材チップ、ホタテ貝殻+砂利、笹幹、石灰石+砂利、ロックウール（経済性、耐久性及び施工性を考慮し従来使用されている材料を含め疎水材として選定）

(3)試験圃場

試験圃場を図-2に示す。地区内の泥炭土壌の厚さが地形によって大きく異なることから以下により2圃場を平成17年11月に設けた。

試験圃場1：泥炭層が地表から平均60cmの泥炭層の薄い圃場

試験圃場2：泥炭層が暗渠溝全ての泥炭層の厚い圃場

(4)暗渠排水配線

暗渠排水計画設計技術指針（案）及び土壌等の条件が同一の近傍類似地区の例をもとに、吸水渠間隔を10m、平均埋設深は1.0m、上流端の最小埋設深は60cmとした。

(5)断面計画

疎水材は砂利（0～40mm級）、地域資源の笹幹、木材チップ、石灰石（0～20mm）+砂利、ホタテ貝殻（粉碎）+砂利及びロックウールの6ケースを設定した。

砂利、木材チップは全断面とし、ホタテ貝殻および石灰石は施工例を参考として、管頂10cmまでとし、それ以上は砂利を用い、ロックウールは、管頂10cmまでとした。ただし、笹幹は全断面に用いると圧縮による沈下が懸念されることから通常用いられている使用量（10mあたり2束）とした（図-3）。

(6)水質分析

試験圃場における暗渠排水の水質分析は、ヤマトシジミの貝殻に付着する赤サビの原因物質の一つとされる溶解性二価鉄を主として分析を行なった。また、疎水材とpHとの関係についても下流天塩川の環境基準に配慮する観点から検討することとした。



図-2 試験圃場位置 (NONSCALE)

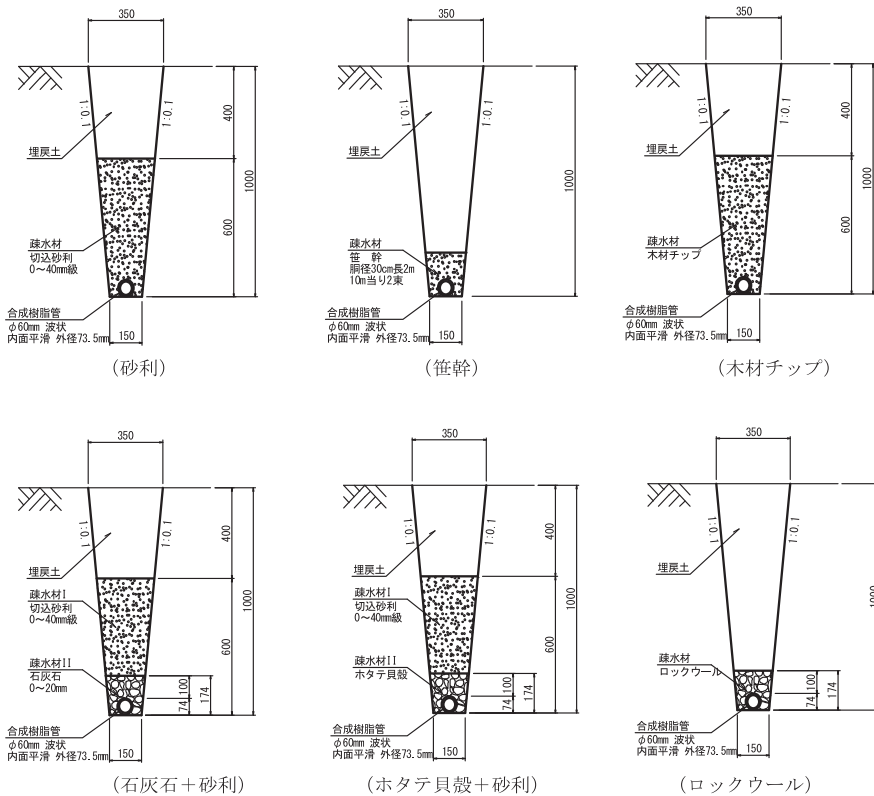


図-3 施工断面図

4. 試験施工の結果

水質調査は、平成17年11月～平成18年5月に行ない、調査頻度は施工直後、1週、2週、4週、26週（約半年）とした。

(1) 暗渠排水量

工法ごとの暗渠排水量を、図-4に示した。

疎水材ごとの排水量を砂利を1として比較すると試験圃場1の笹幹以外、26週目（半年後を目安とした）での排水量は砂利と同等以上であり、泥炭地における暗渠排水機能として砂利と同等以上の機能が確認された。

なお、暗渠排水量については、同一圃場条件による比較となっている。

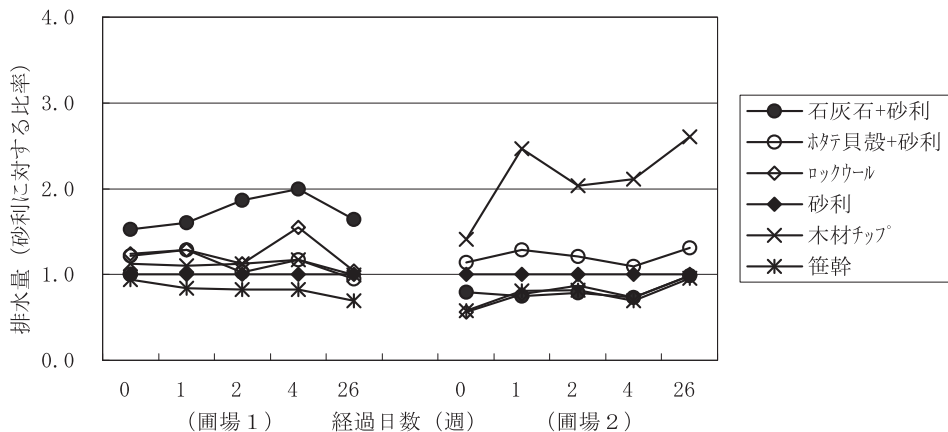


図-4 暗渠排水量の比較 (砂利に対する比率)

(2)水質調査結果

暗渠施工後の経過日数にともなう溶解性二価鉄の濃度の変化を図-5に示した。

疎水材ごとにみると、試験圃場1では木材チップ及び笹幹以外は1mg/l以下で、試験圃場2では、ロックウール及び石灰石+砂利が1mg/l以下でその他は1mg/l以上であった。

溶解性二価鉄の濃度は、ロックウールが他の疎水材に比べて試験圃場1、2とも施工4週目まで低

く、効果の高いことが確認された。しかし、時間の経過とともに上昇し、26週目では、試験圃場1では他の疎水材との差が小さくなり、試験圃場2では石灰石+砂利に近い値となった。

(3)暗渠排水量と溶解性二価鉄の関係

溶解性二価鉄の濃度は、暗渠排水量と疎水材の材質が関係すると考えられることから、試験圃場1、2のそれらの関係を図-6に示した。

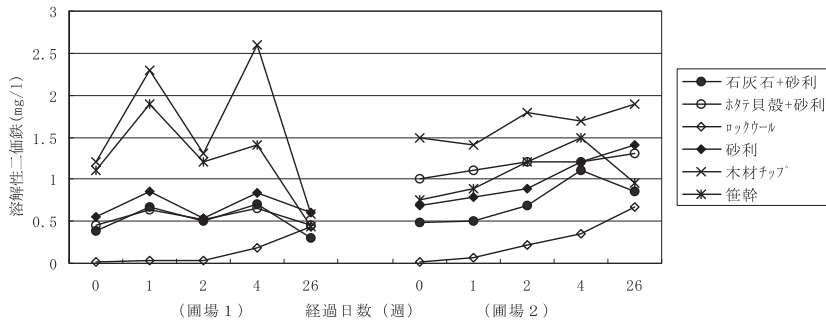


図-5 暗渠施工後の経過日数と溶解性二価鉄

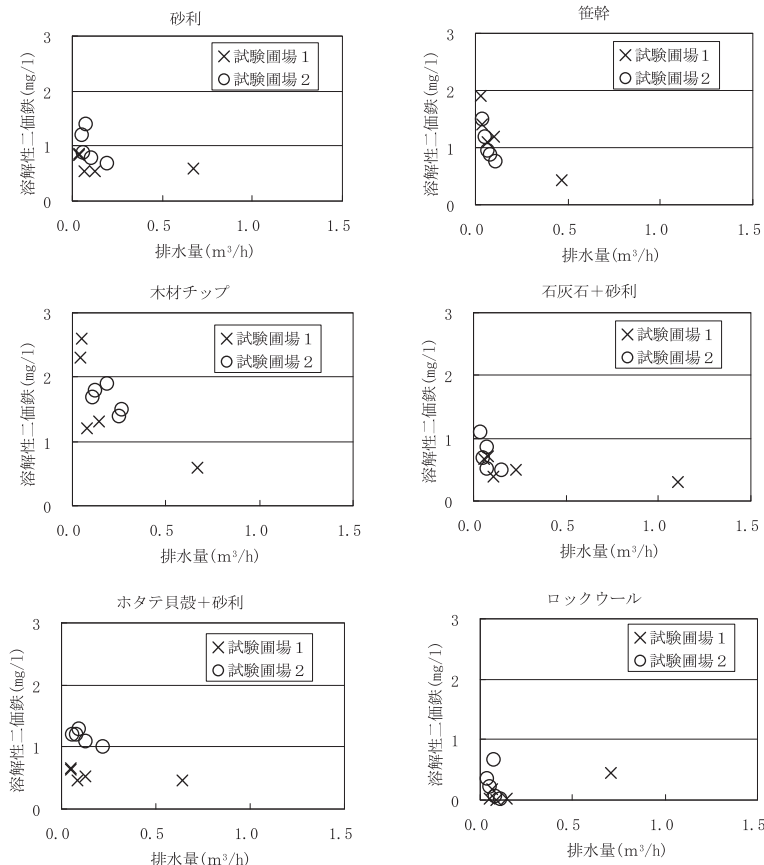


図-6 暗渠水排水量と溶解性二価鉄の関係

図から、溶解性二価鉄濃度は、暗渠排水の排水量が大きくなるにつれて低くなる傾向がみられる。これは排水量が大きい場合、希釈されることで溶解性二価鉄濃度が低下することが考えられる。そのため、事業実施にあたっては排水量が小さな場合においても、砂利より濃度が低くなる疎水材を選定する必要がある。

排水量が小さな場合において、砂利より溶解性二価鉄濃度が低い疎水材は、石灰石+砂利、ロックウールであった。

又、泥炭層の薄い試験圃場1と厚い試験圃場2を比べると、木材チップと笹幹は試験圃場1では変動幅が大きい。その他は、泥炭層の厚い試験圃場2の方が濃度が高い傾向が見られた。

(4)疎水材とpHの関係

図-7に暗渠排水施工後の経過日数とpHの関係を示す。

暗渠排水のpHは、試験圃場1、試験圃場2とも砂利及び笹幹が6.5~7.0であり、石灰石+砂利、ホタテ貝殻+砂利では7.0~8.0とやや高い値となった。また、木材チップは砂利、笹幹より約0.3低かった。

しかし、溶解性二価鉄の低減効果が最も優れているロックウールは、施工直後のpHが12以上と高く、4週目経過後も10を超えて、26週目で石灰石+砂利、ホタテ貝殻+砂利と同じ値になった。

(5)試験結果

泥炭層の薄い圃場と、泥炭層の厚い圃場において、ヤマトシジミの貝殻に付着する赤サビの原因の一つとされている暗渠排水中の溶解性二価鉄を低減する疎水材の検討を行った結果、以下のことが明らかとなった。

1) 試験圃場1の笹幹以外の暗渠排水量 (m³/h) は、

施工後26週目ではほぼ砂利と同等以上になった。

- 2) 砂利よりも溶解性二価鉄濃度が低い疎水材は、ロックウールと石灰石+砂利である。
- 3) 溶解性二価鉄の濃度について、低減効果の大きいロックウールと石灰石+砂利は、施工後26週目ではほぼ同等となった。
- 4) 溶解性二価鉄の濃度の低減効果が最も大きいロックウールは、施工4週目までのpHが環境基準の8.5を超える。
- 5) 暗渠排水が流入する天塩川の水質汚濁に係る環境基準で、pHは6.5~8.5とされていることから、ロックウールを疎水材とした暗渠施工が大規模に実施され、pHの高い排水が天塩川に流入すると、水産資源へ影響を与えることが懸念された。また、石灰石の効果は主成分である炭酸カルシウムが水に溶けて反応し、水酸イオンが増えて溶解性二価鉄と結合して減少する化学反応によるものである。

5. おわりに

本現地施工試験において、各種疎水材について、暗渠排水量、暗渠排水中の溶解性二価鉄濃度、暗渠排水のpHを調査した結果から、溶解性二価鉄濃度を低減するとともに水域の環境基準を満たす疎水材としては、石灰石+砂利の有効性が判明した。

本地区では、現計画工法の砂利よりも溶解性二価鉄の量と濃度が下がることがその後の調査により判明したため、暗渠排水の疎水材は石灰石+砂利として施工を行っていくが、今後も水質試験を継続実施し鉄分流出抑制効果・耐久性及び排水性を検証することとしている。

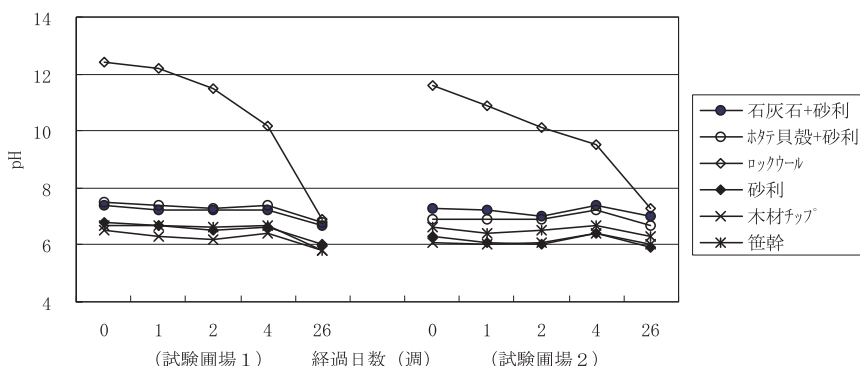


図-7 暗渠施工後の経過日数とpH

蔵王山麓水の懸け橋「横川堰」

細 矢 市 藏*
(Ichizo HOSOYA)

目 次

1. 暮らしを楽しみたい……………	96
2. 横川堰開削計画と奈良崎助左衛門……………	96
3. 官民一体となった横川堰開削計画……………	97

4. その後の維持管理……………	98
5. おわりに……………	99

1. 暮らしを楽しみたい

収穫の秋を迎え、コンバインのエンジンの音が青空に響き、垂れた稲穂が吸い込まれてゆく。此処は山形県上市市西部の水田地帯、命の水の源流は横川堰であります。(図-1)

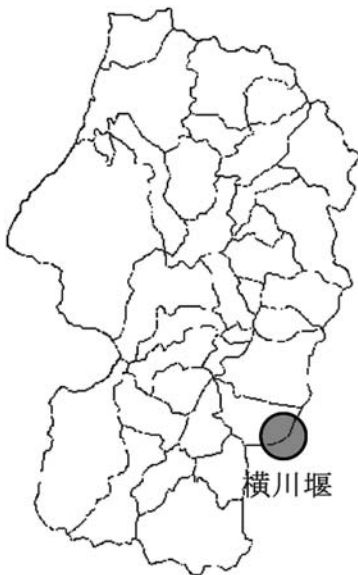


図-1 位置図(山形県)

横川堰は、山形県の内陸部蔵王連峰の山中、海拔1,100mのところにあります。

今からおよそ130年前の明治14年6月10日に完成したもので、宮城県阿武隈川水系白石川上流部の横川源流(ナンバ沢)の一枚石沢から分水して

県境を堀割りで通水し、山形県最上川水系須川堂平川上流部に落水したものであります。

その水路は、開水路2,748.3m、隧道61m、総延長2,809.3mであります。

この上山南西部一帯は、昔からの農業地帯で、川からの自然取水で米づくりをしていましたが、急峻な山に囲まれているために水源が乏しく、1週間も雨が降らないと川の水はなくなり、一度大雨が降ると災害が発生し、米づくりには大変な苦労を強いられていました。

横川堰開削の動機は、古文書や聞き伝えによると、上市市中生居奈良崎助左衛門棟盈(藩政時代庄屋を務めた家柄で七代目に当る)が温泉を見つけることで暮らしを楽しめないかと道のない険しい山を歩いたが、温泉を見つけることは出来ず、山を越したところで濤濤と流れる水を見つけたことによるとのことです。

2. 横川堰開削計画と奈良崎助左衛門

そこで、この水を何とか上山へ導水することが出来ないかと考え、文政4年(1821年)の秋に舟引峠に立ち、分水の実情を綿密に絵図に描き、横川上流の一枚石沢において5~6百間の堰により分水すれば、堀割りで導水可能なことを見据え、血の滲む難事業が始められたのであります。

藩政の時代ですから他藩から引水することはとても出来ることではありませんでした。

助左衛門は、まず七ヶ宿村(現在の宮城県七ヶ宿町)に向向き上山領内に分水しても支障ないことを確かめ、七ヶ宿の有力者渡辺富衛とともに、角田の石川御役所に願書を提出したところ、「仙せん台だい表おもてに伺いを立てるまで待て」ということであり

*水土里ネット上市市(Tel. 023-672-0419)

ました。

その後、助左衛門は個人の力では到底実現出来ないと考え、上山藩を通して石川家中に対する交渉を頼んだのですが正式な許可は得られず、ただ「自然に其儀落着するに相違なし、大略其方共の心任に可然」という言葉に一縷の望みを託して帰宅し、やがて許可になるものと信じて文政5年4月15日に工事に着手し、舟引沢への落ち口まで960間（およそ1,700m）余りを掘り立てたのです。

上山藩としては、正式な許可なくして工事を始めたので、5月13日に大阪表より御沙汰があるまで待つということでも工事を差し止められました。

同年9月8日角田藩から正式に工事差し止めの通知があったのです。

彼が私財をほとんど投げだして工事に着手したにも拘わらず、その工事が差し止めになったことについては地元の楯下住民も大いに同情し、堰普請の完成を側面より応援して上山藩に嘆願書を出しています。（図-2）

「横川分水の義未夕篤と相不定申年月経最早六七歳罷成今日限り哉老衰之身虚ク打過候」あって、20数年前より考えた分水計画が、いずれも目鼻の着かないことに対する助左衛門のあせりがありありと見てとれます。

私財の大半を費やし、彼の終生の事業としてきた横川分水計画も結局は堰筋をつけただけで終りを告げたのであります。

晩年はきわめて失意のうちに69歳で世を去りました。

次のような辞世の句を残しております。

「仰ぎ見て もの言いたげな ユリの花」

3. 官民一体となった横川堰開削計画

助左衛門が世を去ってから20年が過ぎ、明治元年に入り父の意思を継いだ悴の八代助左衛門と楯下の和七は、藩の援助がなければ到底事業は達成できないとして上山藩に嘆願書を出したのです。

更に、仙台側の関村にも同様の書面を送り、これに対して同年8月15日に七ヶ宿村々に異存はないとした分水受諾の書面が届いたのであります。

その中には、分水して開田の暁にはその米を七ヶ宿にまで融通して欲しいと申し出ておりました。

書面によって分水計画は仙台表の重役より許可を得たわけですが、過去の前例もあって容易に信じられずにおったところ、明治3年9月5日に分水謝絶の通知が角田県より上山藩に届いたのです。

このように明治初期の分水計画は実現せずに終わりました。

しかし、明治11年7月に八代助左衛門と和七は上山藩士族柴田清左衛門ら5人によって再度の嘆願書を提出したのであります。

この願書を提出するとともに、開墾予定地である牧野、見ル目原を測量し、関係村々を廻って説得したのですが、失敗の前例に懲りて最初は賛成するものはほとんどなかったようです。

当時は、明治政府が失禄士族の救済には特に心を砕いた時期でもあり、時の山形県令三島通庸もこの分水問題には極めて乗り気でありました。

明治12年には当時の宮城県令松平正直を楯下宿に迎えて直接交渉をするほど積極的で、政府の開墾奨励策と合間って助左衛門らの情熱と三島県令の土木事業に対する熱意によって明治12年12月待望の許可がおりたのであります。

楯下宿での交渉の様子は、丹野氏の口述を記載すれば次の如し。

本庄村大字楯下 丹野富治（文久三年生）

一、自分ガ十三カ十四の時ト記憶ス

一、山形県令、宮城県令 楯下大場小次郎宅ニテ会见

（自分は選抜されて御給仕をなす。）

一、役人数人及村ノ総代十数人集マル御話ノ内容ハ詳ナラザルモ兎角引水ノコト決諾約束された

開削した堰	費目	当時金額	当時の米価等	現在価格
文政7年助左衛門堰	事業費	注① 429万1歩2朱	1石1両	14,532,000円
明治13年横川堰	工事費	注② 13,000円	米1石8円29銭	36,607,000円
	人夫	注③+④ 26,500人	不明	(普通作業員H18年度12,300円) 325,950,000円
	合計			362,557,000円

図-2 各事業費の現在米換算調べ 但し、平成17年産米 1俵13,518円（山形県農林水産統計年報平成17～18年より）

山形県令ハ勿論集マレル連中何レモ欣ベル様子

- 一、宮城県令ハ海ノ魚類ハ嫌トテ鶏及卵ヲ好ミ食セラル
- 一、宮城県令ハ塗籠ニテセケ宿方面ヨリ来ラレ一拍シテ帰ラル
- 一、往復共総代人数名ニテ金山マデ御出迎御見送ヲナス
- 一、山形県令ハ肥満セラレタ方デ宮城県令ヲ送り栖下一泊翌日帰ラル

同年12月に、栖下村戸長佐藤三郎衛門は、牧野、見ル目両原開墾総代に選任され事業推進にあたったのであります。(図-3)

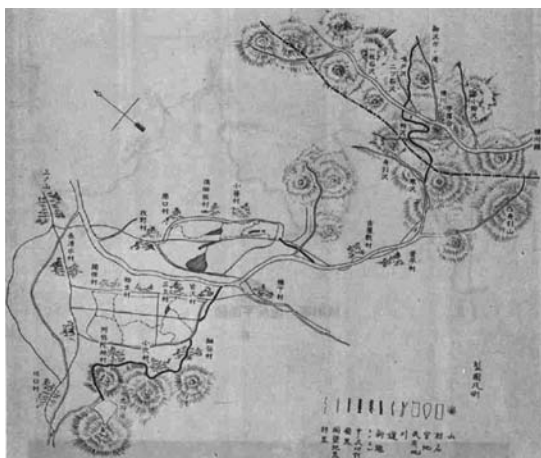


図-3 見ル目・牧野両開墾地之図(明治12年)

同13年1月、南村山郡土村上楯朝、両原総代佐藤三郎衛門、原願人総代奈良崎助左衛門ら5人は開墾資金を願うため上京陳情し、上山藩士族の授産事業として1万3千円(図-2)の拝借金が許可され、ほとんどが横川堰の開削費用となりました。

堰開削計画から拝借金交付までの1年間に集落民の意志統一を図るために関係者の集会を25回重ね、堰開削に要した人夫数は明治13年8月1日より11月30日まで2万3千人(図-2)、翌14年4月16日より6月10日まで3千5百人(図-2)を数えましたが、それらすべての関係集落11ヶ村は、半ば強制的であったのでその負担は莫大なものでありました。

横川堰分水は、牧野、見ル目原5百町歩の開墾を目的とするものでありましたが、予想よりも水量が少なく見ル目原の開田は断念せざるを得な

かったのです。

分水する堰筋は山間部であるため、積雪、大雨のある度に破損し、その修繕も大変なものであったようです。

助左衛門は、横川分水落成からわずか2年後の明治16年に61歳でこの世を去っております。

八代助左衛門道弼(写真-1)は喜びと安堵の心境を辞世に残しております。

「世の中の 八苦の海を 漕わけて
蓮の御舟に 乗るぞうれしき」



写真-1 八代助左衛門(容之助)明治15年頃

4. その後の維持管理

明治16年、水細く恩恵なしとして6ヶ村が脱落し、東村4集落と栖下村では堰の維持に困難をきたし、昭和16年小林伝四郎村長時代管理を東村に移しております。

昭和29年町村合併により上市市にその管理は引き継がれました。

当時既に堰の途中の漏水が甚だしく、受益農民の憂慮するところとなっていたので、用水の確保と通水の完全を期するため昭和31年から改修工事も活発になり昭和39年までに災害復旧、雪寒事業として、県境及び湾曲した水路を最短距離の隧道とするなど大改修が施工され、開水路922.9m、隧道640.4m、総延長1,563.3mとなり、明治の水路より1,246m短縮となっております。

昭和50年から県営上山西部地区かんがい排水事業として素掘り用水路がコンクリートに整備され、堰の恩恵は図り知れないものがあります。(図-4)

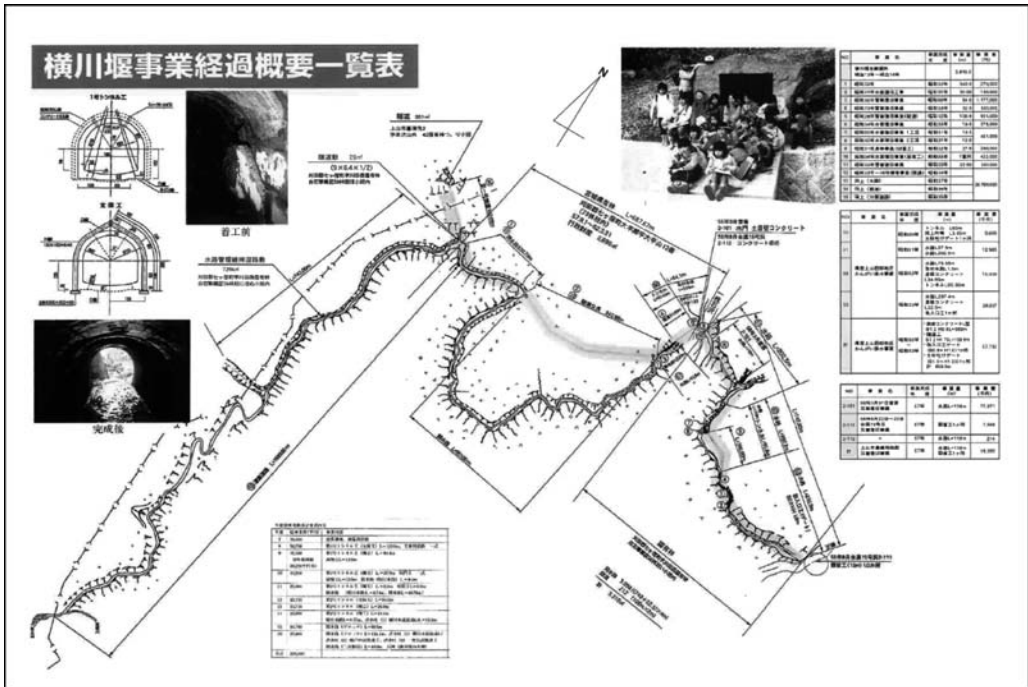


図-4 横川堰事業経過概要一覧表

平成7年から平成17年までにおいて、県営ため池等整備事業横川堰地区（用排水施設整備）事業によって隧道崩落危険カ所等の改修が行われ、現在はかんがい面積およそ100haを潤しています。

純かんがい用水として他県から導水しているのは、全国でも横川堰ただ1カ所であり、かんがい用水確保のための先人の艱難辛苦は筆舌に尽くし難いものがあります。

5. おわりに

ここに偉業を偲ぶと共に関係各位の甚大なる功績を称え、横川堰開削由来の一端をご紹介申し上げます。

藩政時代は、その日の食事にも事欠いて「かてもの」が奨励されていた時代でありました。

今日の日本は、「飽食」の時代と言われておりますが、食料自給率は40%を下回っております。水田の荒廃を防ぐことが大きな課題となっておりますが、水田の多面的機能は水があって水田として管理されてのことではないでしょうか。水の大切さは益々価値を高めております。

ここ数年、21世紀創造運動の一環として、一般の方を対象に、小学校や公民館活動などで横川堰

を案内し（写真-2, 3, 4）、参加された方々から、感動と感激の言葉をいただいております。

参加した小学4年生から次の句が寄せられました。

「草分けて源流求めて横川へ
生まれたての水ゴクゴク飲んだ」

（平成16年齋藤茂吉ジュニア短歌コンクール最優秀作品）



写真-2 旧用水路跡地を視察する小学生



写真-3 堰上げをして横川の清流を分水 山形県へ



写真-4 山形県側へ涛々と落ちる蔵王の清流

この横川堰の管理に携わっている者として、先人の苦勞を偲び宮城県の皆さんに感謝しつつ、水を大切にしていきたいと思います。そして後世に永く守り続けなければならないものと思っていますところであります。

(本寄稿文の歴史的記述については、上山市史編さん委員会編集「横川堰諸資料上・下」昭和51年発行から抜粋させていただきました。)

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19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 農村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に同じ
- 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写真・図・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。なお, 写真・図・表はヨコ7cm×タテ5cm大を242字分として計算すること。

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単位ごとにカンマ(,)を入れる)を使用のこと。

5. ワープロで作成した原稿データについては, プリントアウトした原稿(写真・図・表入り)とともにMOディスク等にて提出すること。

写真・図・表の画像データは, 原稿データとは別に添付すること。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。

※データと違いがないかをプリントアウトした原稿で必ず確認すること。

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)。また, 写真・図・表は本文中の挿入個所を明確に指定しておくこと。

7. 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。

8. 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, などで区別のみぎらわしいものは鉛筆で注記しておくこと。

たとえば,

C, K, O, P, S, U, V, W, X, Zの大文字と小文字

O (オー) と 0 (ゼロ)

a (エー) と α (アルファ)

r (アール) と γ (ガンマ)

k (ケイ) と κ (カッパ)

w (ダブリュー) と ω (オメガ)

x (エックス) と χ (カイ)

l (イチ) と 1 (エル)

g (ジー) と q (キュー)

E (イー) と ε (イプシロン)

v (ブイ) と ν (ウプロシン)

など

9. 分數式は2行ないし3行にとり余裕をもたせて書くこと。

10. 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。

11. 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。

12. 投稿の採否, 掲載順は編集委員会に一任すること。

13. 掲載の分は稿料を呈す。

14. 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

〒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 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（153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

私の担当する「攻めの農業を支える基盤整備推進調査」を紹介します。

調査目的は、畑地において、従来から立地条件や気候等の地域特性に応じた作物や栽培方法を取り入れた多種多様な営農が行われております。特に先進的な地域においては、農産物の輸出、産地ブランドや生産・加工・販売の一貫体制の確立など農業者や地域の創意工夫を生かした「攻めの農業」に取り組んでいます。わが国農業の競争力を高めるためにはこのような先進的な取り組みを他の地域へ広げていくことが有益であると考えられます。そのため、「攻めの農業」の取り組みの基礎となる畑作生産基盤の整備について、作物の種類や栽培方法等に応じて特別に配慮すべき事項を明らかにし、攻めの農業の取り組みに効果的な畑作生産基盤整備を図るための計画手法について検討を行うのです。

具体的には、基盤整備を契機として「攻めの農

業」に取り組んでいる地区の事例を収集・分析し優良事例集を取りまとめるとともに、今後、取り組みを推進するため実際に基盤整備を予定している地区の調査検討をモデル地区調査として国が直接検討します。なお、調査等に当たっては有識者のよって構成する検討委員会に諮り、効果的な事業計画となるよう指導・助言を得ながら検討を行うこととしています。最終的には、本調査によって得られた知見等を、都道府県等の農業農村整備事業計画担当者向けのガイドラインとして取りまとめる予定としております。

本調査は、平成19年度より実施おり、平成21年度にはガイドライン（案）を取りまとめることを目標に、現在、鋭意調査を進めているところです。

今後、本調査の成果を反映した事業地区が、数多く生まれることを期待しております。

（事業計画課 佐々木）

水と土 第153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

ダイプラハウエル管 (高耐圧ポリエチレン管)

φ300~3000

経年劣化が少ない材料により長期寿命を実現!

外圧に強い中空リブ構造で高盛土にも適応!

柔構造物なので軟弱地盤でも適応!

コンクリート基礎不要で工期短縮が可能!

公的機関への認可

- 日本工業規格 耐圧ポリエチレンリブ管 (JIS K 6780)
- 下水道協会規格 下水道用リブ付ポリエチレン管 (JSWAS K-15)
- 国土交通省 新技術登録 (NETIS CB-980025) カルバート工 (NETIS CB-980024) 柔構造樋管
- 農林水産省 土地改良事業計画設計基準 (農道)
- 日本道路公団 設計要領第二集カルバート編

農業用水のパイプラインに!

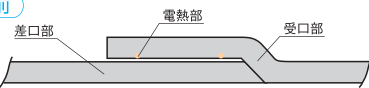
管路の一体化による継手部の信頼性!

EF継手は電熱線の通電により熔融し、受口、差口を一体化させ、万全の気密性を保持できます。

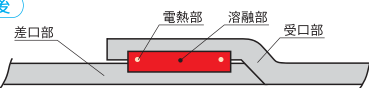
常用使用圧力 0.50 MPa

EF継手(エレクトロフュージョン)

通電前



通電後



内圧用ダイプラハウエル管



農道下横断管に!

耐圧強度が大きく、
高盛土下に
埋設可能!

カルバート工
として
実績豊富!



ため池の底樋に!

柔軟性に優れ、
地盤沈下にも
対応!

柔構造樋管
として
実績豊富!



 **大日本プラスチック株式会社**

本社: 〒541-0053 大阪市中央区本町2-1-6 (堺筋本町センタービル)
TEL.06-6267-1338 FAX.06-6271-3003
東京支社: 〒103-0023 東京都中央区日本橋本町3-8-4 (第2東硝ビル)
TEL.03-3662-9861 FAX.03-3664-3187

<http://www.daipura.co.jp>

札幌(営) 011-221-3053 仙台(営) 022-223-0761
東京(営) 03-3662-9861 名古屋(営) 052-933-7575
大阪(営) 06-6267-1338 広島(営) 082-221-9921
福岡(営) 092-721-5166 鹿児島(営) 099-227-1577