

水と土

No.154
2008

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



宮古用水（沖縄県宮古島市）

長大水路トンネルの現況調査について (本文15頁)



目視点検の状況



トンネル内の状況

緩衝帯の設置による農地と湿原間の地下水位変動について (本文22頁)



落合緩衝帯 (高位泥炭地)
実証試験地の状況



豊徳緩衝帯 (低位泥炭地)
実証試験地の状況

排水路工事におけるハット形鋼矢板の使用について (本文29頁)



ハット形鋼矢板専用チャック



生田排水路 (完成後)

マサ土地盤における調整池 (ダム) の建設について (本文34頁)



すべり状況



暫定法面保護工



熱水変質粘土

平成19年度までの関東農政局管内における「田んぼの生きもの調査」経過と成果（本文67頁）



定置網による調査



カゴ網による調査



タモ網による調査

環境に配慮した水路の事例（オオサンショウウオ）（本文82頁）



オオサンショウウオ上流移動状況



オオサンショウウオ保護あみ設置状況



水路改修工事区域内 巣穴生息状況
岩場に隠れているオオサンショウウオ

動物の移動に配慮したカルバート設置の効果について (本文89頁)



撮影装置設置状況



トクノシマトゲネズミと考えられるネズミ



アカヒゲ

宮竹用水の歴史 (本文94頁)



宮竹用水の全景 (能美平野)



旧宮竹用水取水口 (アーチ形水路3本)

◆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

技術が政策をリードする
安達 修..... 13

□報 文

長大水路トンネルの現況調査について
上野直哉・土屋 司・福士将児..... 15

緩衝帯の設置による農地と湿原間の地下水位変動について
加茂榮哉・菅原 澄・佐藤禎示..... 22

排水路工事におけるハット形鋼矢板の使用について
石渡太朗..... 29

マサ土地盤における調整池(ダム)の建設について
片桐正己・横井敏奉..... 34

太郎丸調整池の設計と浸透挙動について
澁谷達也・松岡 樹・東 孝宏・和田健一・辻野 篤・南 幸男..... 42

頭首工の性能規定化に関する考察(その2)
-性能確認調査から見た性能評価の課題と今後の方向-
酒井博之・米山元紹..... 52

頭首工管理者から見た施設設計上の課題
平田弘成..... 62

平成19年度までの関東農政局管内における「田んぼの生きもの調査」経過と成果
村瀬愛実..... 67

明日香村を流れる国営幹線水路における環境配慮の検討
高見美和子..... 76

環境に配慮した水路の事例(オオサンショウウオ)
松本郁美..... 82

動物の移動に配慮したカルバート設置の効果について
中藤直孝..... 89

□歴史的土壌改良施設

宮竹用水の歴史
川端 真..... 94

□技術情報紹介

土地改良事業計画設計基準・設計「頭首工」の改定要旨
農林水産省農村振興局整備部設計課施工企画調整室..... 100

◆会告..... 101

◆投稿規定..... 102

◆入会案内..... 103

水と土 第154号 報文内容紹介

長大水路トンネルの現況調査について

上野直哉・土屋 司・福士将児

水資源機構霞ヶ浦用水管理所では、平成18年1月と12月の2回に分けて、筑波トンネル（施設総延長約14km）のうち約8.6kmの現況調査を実施した。この調査は、今後の継続的調査を視野に、調査手法の確立に重点をおいて試行的に実施したものである。本稿は、この現況調査の取り組みについて紹介するものであるが、特に通年通水を行う必要がある長大水路トンネルにおいて、利水者への用水を確保しつつ、限られた時間内で円滑に空水調査を実施するための具体的課題とその対策等について紹介するものである。

（水と土 第154号 2008 P.15 企・計）

緩衝帯の設置による農地と湿原間の地下水水位変動について

加茂榮哉・菅原 澄・佐藤禎示

国営総合農地防災事業「サロベツ地区」は、北海道宗谷支庁管内西部の豊富町の泥炭地を対象に、泥炭土に起因して機能低下した農用地及び農業用排水路の機能回復を図る。

湿原の再生と農業との共生が地域の課題となっている中で、本地区は、利尻礼文サロベツ国立公園内のサロベツ湿原に隣接し、排水路整備による地下水低下により湿原の乾燥化が懸念されている。

このため、湿原の地下水低下を抑制するため排水路と湿原の間に設けた緩衝帯の検証試験の結果について報告する。

（水と土 第154号 2008 P.22 企・計）

排水路工事におけるハット形鋼矢板の使用について

石渡太朗

当事務所に施工した排水路工事について、ハット形鋼矢板の使用を行った事から、ハット形鋼矢板の特長、および従来の広幅鋼矢板との経済比較の報告を生田排水路の事例を元に行う。

（水と土 第154号 2008 P.29 設・施）

マサ土地盤における調整池（ダム）の建設について

片桐正己・横井敏奉

宮川用水第二期農業水利事業の一環で工事を進めている畜産調整池建設工事においては、池敷き掘削により発生するマサ土を堤体盛土に利用しているが、盛土管理試験において遮水性材料の透水係数が確保されなかった経緯があり、その対策について検討した結果を報告する。

また、マサ土地盤に存在する熱水変質粘土等が原因により発生した地山のすべり対策について検討した結果を報告する。

（水と土 第154号 2008 P.34 設・施）

太郎丸調整池の設計と浸透挙動について

澁谷達也・松岡 樹・東 孝宏
和田健一・辻野 篤・南 幸男

本稿の洪水調整池は、扇状地の透水性の高い砂礫地盤を利用した浸透型の調整池である。浸透型調整池は洪水調整容量に浸透量を見込む斬新で経済的な工法である。従来から浸透型の土木構造物で問題となっている目詰まりの対策のための実験を行った。実験結果を分析し、長期の浸透能維持のためのフィルターを選定した。また、実際の調整池で浸透機能の検証試験をおこなった。その結果を解析すると、浸透量は、i) 地盤の成層状態 ii) 地盤の飽和度の進展 iii) 流入水の水温 iv) 浸透施設の規模 v) 飽和度の進展を決定する間隙空気の消散状況に依存することが判った。

（水と土 第154号 2008 P.42 設・施）

頭首工の性能規定化に関する考察（その2）

一性能確認調査から見た性能評価の課題と今後の方向一

酒井博之・米山元紹

農業水利施設の建設・更新に当たっては、構造物の性能に着目して設計する性能設計手法が広く活用されつつあり、これまで既設頭首工などで性能確認及びその検証作業を行ってきた。

今回、佐渡農業水利事業で平成19年2月に新設した小倉川頭首工を対象とし、性能確認方法を要求性能毎に立案し、性能調査を実施したものであり、性能調査の実務と性能評価を通して得られた知見及び今後の技術開発と検討方向について報告する。

（水と土 第154号 2008 P.52 設・施）

頭首工管理者から見た施設設計上の課題

平田弘成

既設頭首工の管理を通じて、現在までに管理者による管理の知見が多く蓄積されている。

これらの知見を今後の頭首工の管理に活かすため、頭首工管理者で構成する「頭首工技術研究会」を設置し、頭首工管理の現実と課題を聞き取り、その分析を行った結果を述べる。

（水と土 第154号 2008 P.62 設・施）

平成19年度までの関東農政局管内における「田んぼの生きもの調査」経過と成果

村瀬愛実

農業生産の場であるとともに、多くの生物の生息の場となっている農業水路や水田において、平成13年度から実施されている「田んぼまわりの生きもの調査（略称「田んぼの生きもの調査」）」に関して、関東農政局管内におけるこれまでの経過と成果を報告する。

（水と土 第154号 2008 P.67 企・計）

明日香村を流れる国営幹線水路における 環境配慮の検討

高見美和子

奈良県内の農地の約6割を占める大和平野の受益地に農業用水を配る吉野川分水の用水路は、築造後相当な年月を経過し機能低下が著しくなっており、現在、改修整備と併せ地域の用水を生み出す目的の国営大和紀伊平野土地改良事業計画に基づき改修が行われている。

本報告では、国営幹線水路のうち明日香村を横断する用水路の改修にあたり地域住民の意向を踏まえた整備構想を基に設計VE検討を導入した事例について紹介する。

(水と土 第154号 2008 P.76 企・計)

環境に配慮した水路の事例(オオサンショウウオ)

松本郁美

農村総合整備事業大竹北部地区集落水辺環境整備工事の実施にあたり、地区内において国の特別天然記念物オオサンショウウオの生息が確認されていたため、計画策定にあたっては、オオサンショウウオが生息する環境に回復するよう配慮することが不可欠であった。

本報文は、配慮工法の事例紹介及び、施工後の水棲生物・オオサンショウウオの生息状況確認を行い報告するものである。

(水と土 第154号 2008 P.82 設・施)

動物の移動に配慮したカルバート設置の 効果について

中藤直孝

国営徳之島農地開発事業において、動物移動経路確保のため設置した幹線道路下カルバートにおける動物移動状況調査の結果を報告する。

(水と土 第154号 2008 P.89 設・施)

〈歴史的土壌改良施設〉

宮竹用水の歴史

川端 真

霊峰白山を源とし、石川県側へ流れる一級河川手取川から取水している宮竹用水の歴史について紹介する。

手取川右岸を流れる七ヶ用水が全国的に知られているのとは対照的に、宮竹用水はあまり知られていない。また昭和27年に事務所が焼失したことにより、古文書も皆無に等しい。

起源(江戸時代)、明治期、大正期、戦前、戦後、平成の大きく分けて6期間の歴史についてまとめたものである。

(水と土 第154号 2008 P.94)

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

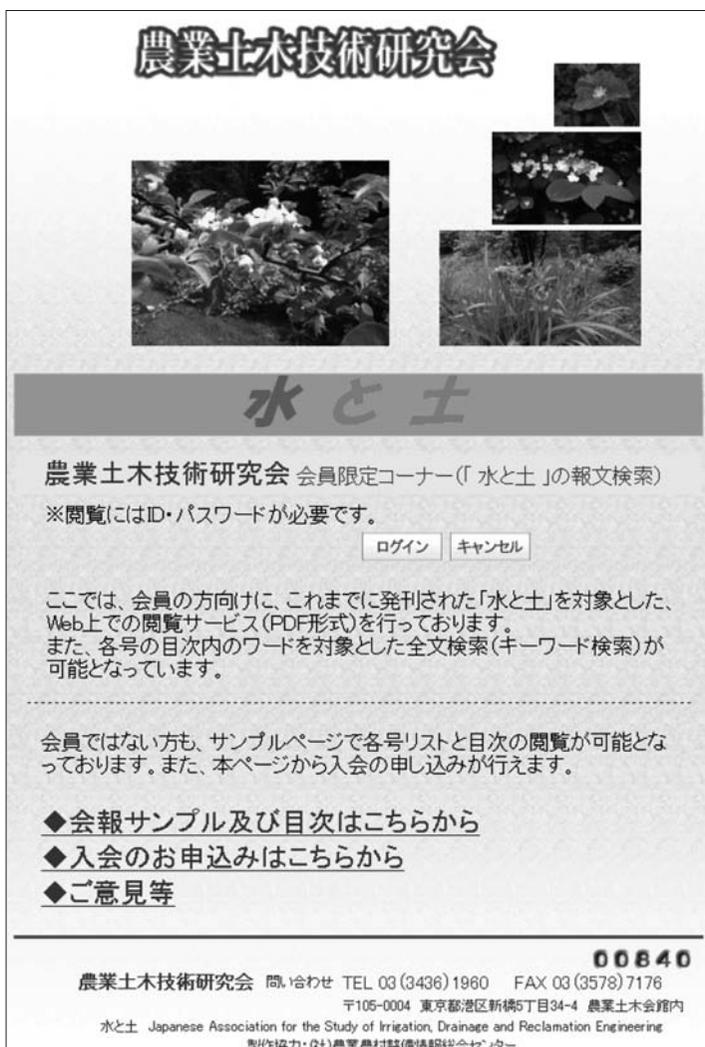
農業土木技術研究会の会員サービスの一環として、Web上で「水と土」の検索サービスを開始しました。平成20年6月現在、第1号（昭和45年）から第144号までの各号を検索・閲覧することができます。

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。



農業土木技術研究会

水と土

農業土木技術研究会 会員限定コーナー(「水と土」の報文検索)

※閲覧にはID・パスワードが必要です。

ここでは、会員の方向けに、これまでに発行された「水と土」を対象とした、Web上での閲覧サービス(PDF形式)を行っております。
また、各号の目次内のワードを対象とした全文検索(キーワード検索)が可能となっています。

会員ではない方も、サンプルページで各号リストと目次の閲覧が可能となっております。また、本ページから入会の申し込みが行えます。

◆[会報サンプル及び目次はこちらから](#)
◆[入会のお申込みはこちらから](#)
◆[ご意見等](#)

00840

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: (株)農業農村整備情報総合センター

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	<a href="#">水と土 第2号</a>	68	6.69	<a href="#">目次</a>
昭和45年	<a href="#">水と土 第1号</a>	80	6.41	<a href="#">目次</a>

 [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

## 技術が政策をリードする

安 達 修*  
(Osamu ADACHI)

第2次世界大戦の終結後、焼け野原となって荒廃した国土から復興し、高度経済成長を経て、世界第2の経済大国となった日本の奇跡を支えたのは、もちろん、日本国民が勤勉であったとする論拠に異論を挟む余地はないが、それと同様に、いやそれ以上に日本人が技術力をしっかり磨いて、切磋琢磨してきたという事実もしっかり認識され評価されるべきと思われる。正に技術が日本の復興を支え、経済成長を推進させてきたのである。

今では特に最近の若者には信じられないことであるかもしれないが、筆者が小学生の頃には、Made in Japanは粗悪品の別名称であった。それが今では故障知らず、優良品という評価を世界中から受けていることには隔世の感があり、我々の先人達が如何に技術の向上に精魂を傾け、努力し取り組んで来たかと云うことを証明する偉大な成果でもある。まさに、技術が成長という政策をリードしてきたのである。

私事で恐縮であるが、筆者はホンダ技研の創業者である本田宗一郎を尊敬し、敬愛するものの一人であるが、特に本田宗一郎の生き様を書いた伝記を読むと、本田宗一郎の人となり、行動してきた足跡が詳述されていて、その技術に対する厳しい姿勢、若い技術者とともに額に汗して新技術の開発に打ち込む姿勢には、行間に挿入された彼のエピソードに微笑むとともに、技術屋として生き抜いていこうとする彼のプライドを強烈に感じるもので感動的でした。そしてそれこそが正にホンダ技研を世界のホンダへと導いた原動力であった事は間違いない事実と思われる。

『技術が政策をリードする。』これは民間に限らず官の世界でも通じる言葉であるように思う。例えば、ある具体的な政策を立案する際には、①その政策の実現が技術に裏付けられたものであるか(技術的に実現可能か)、②その政策の実現に際し要する費用が妥当なものか(技術による費用の妥当性の検証)、③その政策の実現によって得られる効果はどの程度であり、要する費用に比し妥当なものか(技術による費用対効果の検証)を検討していく必要があるからである。土地改良の世界では、土地改良法に上記特に③が法的要件とされているが、これも①の要件は言わずもがな、②の予算の実行性の裏付けを持って③の要件が具現化されたものであると理解すれば納得のいくものであろう。我々技術を専攻した技術者が事務官と伍して行政官になった意味もそういう点を期待されてのことであると理解すれば、尚更に技術の重要性が理解されよう。

翻って、上記のようなことを考えていった時に、我々は現在、先人達が過去に行ってきた成果を引き継ぎ、更にそれを超えるべく努力してきているだろうか。我々は事務官でなく技官としての立場を自覚し、技術という本分に立ち返って、常日頃からもっと技術論を戦わせていくべきでなかろうか、と自省する毎

*中国四国農政局土地改良技術事務所 (Tel. 086-223-2777)

日である。我々が若い時分には今よりもっと先輩達と技術論を戦わせていたように感じるものは私一人ではあるまい。技術論を戦わせることの素晴らしい点は、①技術という普遍の真理を物差しとすること。②技術という普遍の真理の物差しを用いるため、技術的に正しい者が必ず勝利を取めること。③しかしながら、勝負がついた暁には勝負の勝ち負けなどはどうでもよく、普遍の真理を追究してきたという共通認識の下、得られた結論が最も正しい結論で最適な技術であるとの合意が議論参加者全員に認識されるとともに、参加者個々の智的好奇心をも満足させること。といったようなことであろうか。いずれにしても、技術論を戦わせてある結論を得られたときの充実感は筆舌に尽くしがたく、ましてその結論を土台とする技術に基づいた施策が実行され、良好な結果を得られた時には、してやったりという満足感や技術屋としての誇りを感じ公務員冥利に尽きる経験をした者は相当数いるものと思う。

中国の冷凍餃子を端緒として食の安全安心が議論され、地球温暖化の深刻化にあわせてバイオエタノールの進展や穀物価格の高騰、食糧の逼迫等、時代はようやく我々の方に向きつつあるように思えるが、一方、何時の時代にも人が生きていく上で最も必要で不可欠なものは食糧であり、かつ人は食いだめが出来ないという残念で悲しい事実を考えていけば、時代に翻弄されず成すべきことをしっかりやっていくべきという覚悟も必要であろう。『出番ですよ』という声が聞こえて来た時に備えて、『技術が政策をリードする。』という言葉をかみしめながら、我々は再度原点に戻って日々技術論を戦わせ技術的研鑽を積んでいくのではないか。

# 長大水路トンネルの現況調査について

上 野 直 哉* 土 屋 司* 福 士 将 児*  
(Naoya UENO) (Tsukasa TSUCHIYA) (Shoji FUKUSHI)

## 目 次

1. はじめに……………	15	4. 現況調査の内容及び評価……………	17
2. 霞ヶ浦用水の概要……………	15	5. 調査にあたっての具体的課題とその対策……………	18
3. 筑波トンネルの施設概要と管理上の課題……………	16	6. おわりに……………	21

## 1. はじめに

公共事業により造成された施設については、既存施設の有効活用や長寿命化を図ることによる効率的な施設管理が求められている。水利施設においても同様、特に供用開始後長年に亘り運用してきた施設においては、用水の安定供給という使命を果たしながら、的確に既存施設の状況を把握し更新時期の平準化やトータルコストの縮減といった計画的かつ効率的な管理手法（ストックマネジメント）の早期導入が求められている。しかし、用水供給を行う中での施設機能診断は、費用及び用水の安定供給といった面で課題は多い。

水資源機構が管理する霞ヶ浦用水施設は、昭和63年より暫定通水を開始し、以降、平成6年の管理移行を経て、これまで20年に亘り継続した用水供給を行ってきた。一方で、用水の継続供給のため、長時間に及ぶ送水停止が困難な施設であることから、施設の状況把握に必要なデータに乏しく、施設管理における大きな課題となっていた。

こうした中、当管理所では、平成18年1月と同年12月の2回に分けて、霞ヶ浦用水中流部に位置する長大水路トンネル「筑波トンネル」の現況調査を実施した。この調査は、農業用水及び都市用水（水道用水、工業用水）の供給を継続しながらという制約の中で試行的に実施したものであり、供用開始後初めての取組であった。調査にあたっては施設の診断方法以前に、長大水路トンネルの現況調査をいかに円滑に実施するかといった調査手法について課題を抽出し、今後の継続調査に向

けた円滑な調査手法の確立に重点をおいて取り組んだ。

本稿は、この筑波トンネル現況調査の取組について紹介するものであるが、特に、長大水路トンネルにおける調査を円滑に実施するための具体的課題と試行した対策等について紹介する。

## 2. 霞ヶ浦用水の概要

霞ヶ浦用水事業は、茨城県西南地域の13市町の農地約19,300haに最大17.76m³/sの農業用水を供給するとともに、9市町に対する最大0.58m³/sの水道用水、14市町に対する最大1.06m³/sの工業用水を供給する総合的な利水事業である。

このうち、水資源機構事業（旧水資源開発公団事業）では、霞ヶ浦揚水機場及び基幹線水路約53kmを昭和54年度から平成5年度にかけて建設した。昭和63年度からは、霞ヶ浦揚水機場から筑波トンネルまでを利用した暫定通水を開始し、平成6年度からの管理移行を経てこれまで20年が経過した。

送水は霞ヶ浦を水源とし、茨城県かすみがうら市牛渡に建設した霞ヶ浦揚水機場より取水し、送水路を通して筑波山中腹の吐出水槽へと圧送する。その後、自然流下により筑波トンネルを流れ南椎尾調整池へと到達し、調整池からは自然圧により管水路を通して国営造成施設（農水省）へと引き継がれる。

霞ヶ浦揚水機場から国営造成施設引継ぎ地点までの間には、9箇所の農業用水分水工及び3箇所の都市用水分水工があり、各分水工への用水供給を行っている。図-1に施設模式図を示す。

*（独）水資源機構霞ヶ浦用水管理所（Tel. 029-898-2212）

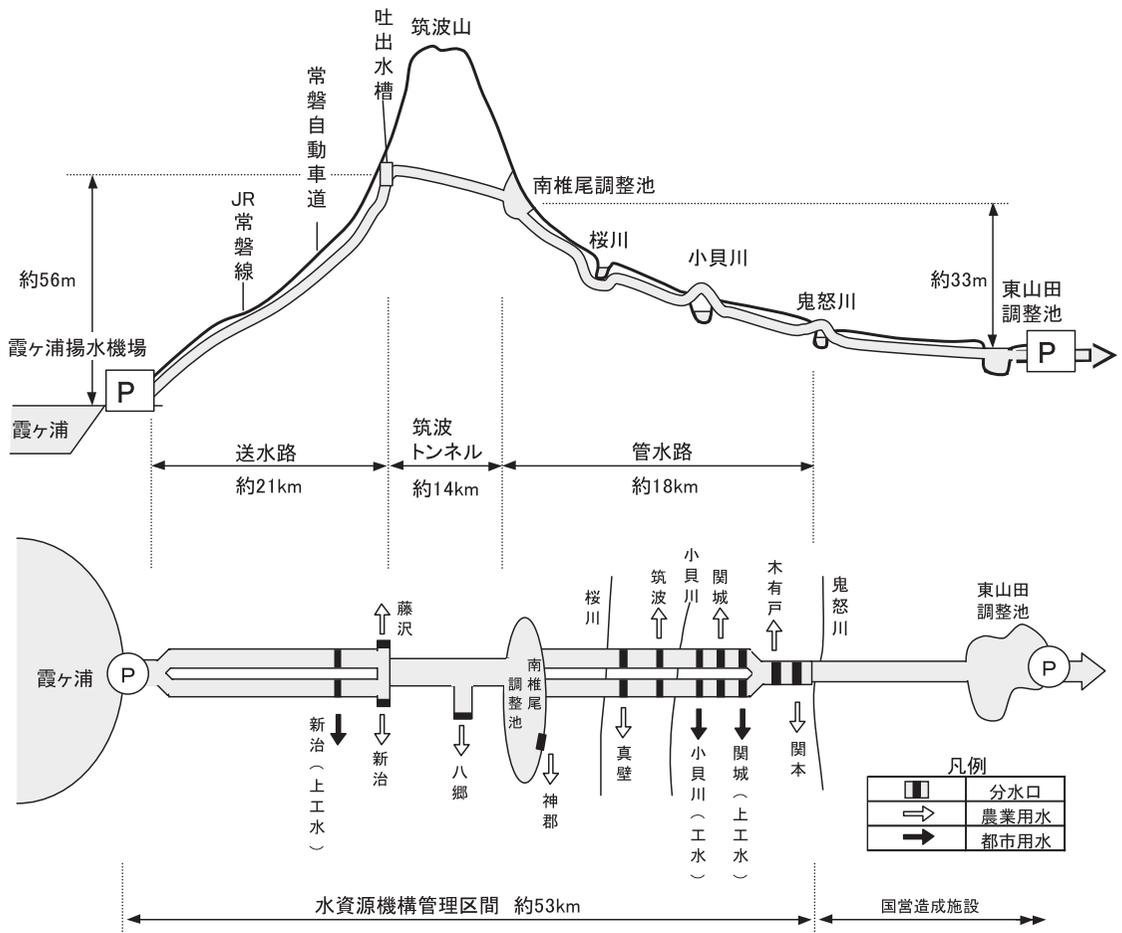


図-1 施設模式図

### 3. 筑波トンネルの施設概要と管理上の課題

#### 3.1 施設概要

基幹線水路の中流部に位置する筑波トンネルは、総延長約14kmの長大水路トンネルで、霞ヶ浦揚水機場より吐出水槽へと送水された用水を、筑波山を縦貫して南椎尾調整池へと導水する施設である。また、吐出水槽から約7.2km下流のトンネル内に固定堰を設け、八郷横坑へ分水して農業用水の供給を行う。

筑波トンネルは大きく3つの施設に区分され、吐出水槽から固定堰までを筑波1号トンネル、固定堰から南椎尾調整池までを筑波2号トンネル、固定堰から分岐し八郷幹線接合水槽までを八郷横坑という。図-2に各施設の位置図を、表-1に筑波トンネルの諸元を示す。



図-2 筑波トンネル位置図

表-1 筑波トンネルの緒元

施設名	延長	形状	勾配
筑波1号トンネル	7.2km	標準馬てい型2R=3.80m	I=1/1,980
筑波2号トンネル	5.6km	標準馬てい型2R=3.80m	I=1/2,340
八郷横坑	1.0km	標準馬てい型2R=3.60m	I=1/5,000
	0.3km	円形R=3.6m	I=1/5,000
	0.1km	円形R=3.6m(暗渠)	I=1/6,000

### 3.2 施設管理上の課題

筑波トンネルは、昭和63年の暫定通水から供用を開始し、以降、継続して通水を行ってきた。しかし、農業用水及び都市用水を通水する共用区間が、危険分散を考慮した2連の水路構造であるのに対し、筑波トンネルは単独の水路構造であり、特に機能保全が必要な施設である一方で、用水の継続供給のために長時間の通水停止が困難であるなどの理由から、これまで施設の劣化状況などトンネル内部の状況が確認できていないといった施設管理上の課題を抱えていた。

## 4. 現況調査の内容及び評価

### 4.1 調査の内容

#### (1)目的

- 調査にあたっての課題を整理し対策を試行することにより、長大水路トンネルにおける円滑でかつ継続的に実施可能な調査手法を確立する。
- トンネル内部の状況を確認し、予防保全のためのデータを蓄積することで今後の適切な施設管理に資する。

#### (2)調査における基本方針

- 農業用水及び都市用水の取水に影響を与えない。
- 関係機関の理解及び協力を得たうえでの実施。
- 安全確保のため、特にトンネル内外における連絡手法を確保する。
- 目視確認を主体とした調査により、経年変化を把握するための初回データを得る。

#### (3)調査範囲

- 筑波1号トンネル 延長約7.2km
- 八郷横坑 延長約1.4km

#### (4)調査日

- 第1回 平成18年1月25日～26日  
調査区間：筑波1号トンネル上流側4.3km

- 第2回 平成18年12月6日～7日

調査区間：筑波1号トンネル下流側2.9km  
八郷横坑1.4km

#### (5)点検内容

「施設機能診断マニュアル(案)」¹⁾を参考に「トンネル点検要領」を作成し、目視による状況確認を中心とした点検を行う。以下に「トンネル点検要領」を一部抜粋し記載する。

#### ○点検項目

- ・剥離及び剥落の有無
- ・ひび割れの有無
- ・湧水の有無
- ・コンクリートの劣化
- ・その他（堆積物の有無など）

#### ○点検方法

- ・カウンター及びチェックシートにより目地ごとにバレルチェックを行い、点検位置を把握する。
- ・10バレルごとにマーキングを行う。
- ・20バレル毎にトンネル内の写真撮影を行う。
- ・ひび割れ等が発見された場合は、写真撮影及びスケッチにより記録する。
- ・100バレルごとにシュミットハンマによる現地強度試験を行う。

#### (6)作業体制

- トンネル点検班（5名）  
トンネル内の点検作業
- 管理所班（3名）  
ポンプ操作及び水位監視
- 吐出水槽班（2名）  
通信基地、指揮・総括
- 八郷班（4名）  
河川巡視、八郷接合水槽水位確認
- 八郷幹線分土工班（2名）  
分土工操作
- 通信中継班（2名）  
トンネル点検班と吐出水槽班との通信中継

#### (7)連絡方法

- トンネル点検班及び通信中継班との連絡はサイレンを使った「音声サイン」により相互連絡を行う。
- トンネル点検班及び通信中継班を除く各班は携帯電話または移動無線により連絡を行う。

#### (8)調査期間中の用水確保

調査期間中も取水している農業用水（畑地かん

がい)及び都市用水(上水, 工水)を以下の方法により確保する。

○送水路区間については, 揚水機場ポンプの間断運転により送水する。

○管水路区間については, 南椎尾調整池の貯留水を使用する。

#### (9)準備作業(トンネル湛水の排水)

トンネル内の湛水は, 自然流下による筑波2号トンネルへの流下と, 八郷幹線分土工から河川へ放流する。

### 4. 2 点検結果

点検を実施した, 筑波1号トンネル及び八郷横坑の計8.6kmの区間においては, ライニングの剥離や剥落などの発生はなく, また地山の緩みなどによる沈下やたわみといった変状も確認されなかった。

ひび割れの発生については82箇所を確認されたが, 開きまたは段差といったひび割れの進行は見受けられなかった。また, ウィーブホールからの湧水が9箇所, コンクリート打ち継ぎ目からの湧水が12箇所を確認されたが, いずれも湧水量は微量であった。

その他, トンネル内の固定堰から八郷横坑側に延長50m, 厚さ20cmにわたりタニシなどの貝類を多く含んだ堆積物が確認された。

写真-1に点検の状況, 写真-2にトンネル内の状況を示す。

### 4. 3 現況評価

点検結果については, 「施設機能診断マニュアル(案)」¹⁾における予備調査と位置付け, より詳

細な調査を行う一般調査の必要性について判定を行うことで評価を行った。

表-2には今回の点検結果を整理した予備調査結果判定表を示す。判定の結果C判定となり, 一般調査は当分の間必要なしと判断した。

## 5. 調査にあたっての具体的課題とその対策

今回2回に分けて実施した筑波トンネルの現況調査は, いずれも2日間の日程で準備作業からトンネル内点検までの一連の作業を行い, その限られた時間の中で約8.6kmの現況調査を行った。また筑波トンネルの通水を停止した調査期間中も, 農業用水及び都市用水の水利用に影響を与えることなく用水供給を行った。

以下に, トンネル調査を実施するために行った種々の検討の中から特に長大水路トンネルにおける現況調査を円滑かつ継続的に実施するための具体的課題と試行した対策について述べる。

### 5. 1 調査期間中における用水の確保

点検を行うためにはトンネル内を空水にする必要がある。そのため調査期間中はトンネルを使用した用水供給ができない。しかし, 今後継続的な調査を実施していくためには, 利水者の水利用に影響を与えないことが重要であることから, 調査期間中も次の方法により用水を確保した。

#### 5. 1. 1 送水路区間の用水確保

揚水機場から吐出水槽までの送水路区間における水利用は, 新治上分工水による0.15m³/sのみであった。これを賄うためには機場から送水する以外に供給方法は無いが, 一方で, 過送水によるト



写真-1 目視点検の状況



写真-2 トンネル内の状況

表-2 予備調査結果判定表

1.調査区間の概要				整理番号	
地区名	霞ヶ浦用水地区	調査年月日	平成18年12月7日	調査者	
施設名	筑波1号トンネル, 八郷横坑	区間		延長	8.6km
用途	用水路(農, 上, 工)	施設概要	岩トンネル(無圧)	完成年度	S61, S63

調査 (診断) 項目	判定要素及びランク (一般調査の要否判定の参考に資する)			判定	
	A10年以下	B11~20年	C21年以上	C	C
? 残存耐用年数				C	C
機能状況	2.水理学・水利的機能の課題	A障害あり( )	B多少課題あり	C課題なし	C
	3.構造的機能の課題				
	・重大なひび割れの有無		B多数~多少あり	C課題なし	
	・漏水の有無		B多数~多少あり	C課題なし	
	・不同沈下, たわみの有無		B多数~多少あり	C課題なし	
4.事故歴	事故・補修歴(被災歴含む)				C
	・事故の有無及び程度		B重大~中事故あり	C事故なし	
5.周辺環境	・補修の有無及び程度		B大~中補修あり	C補修なし	C
	トンネル周囲の状況				
	・住宅・工場等の密集状況		B密集部分多	C密集部分小	
	・漏水事故等の場合の影響度				
6.維持管理	・周辺地域への社会的影響		B影響大~中	C影響小	C
	維持管理上の課題		B多数~多少あり	C課題なし	
	維持補修費 (最近年)	A増加大( )	B増加傾向	C平年並み	
	施設管理者意識・要望				
	・施設改修の緊急性 (時期)	A要緊急( )	B早期	C当分の間否	
・現地機能診断の必要性	A必要( )	B要検討	C不必要		
一般調査の要否判定 (理由)	機能及び施設管理上課題なし			C	C
特記事項					

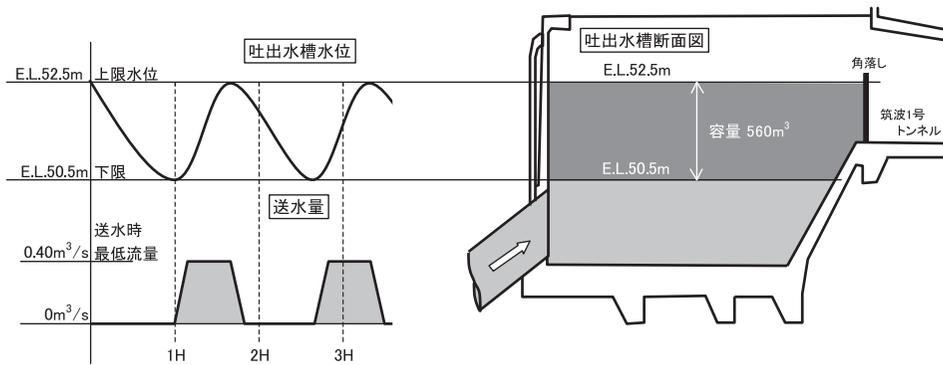


図-3 吐出水槽水位管理の概念図

ンネル内への浸水は許されない。そのため、通常とは異なる吐出水槽の水位管理を行うことにより用水を確保した。なお、吐出水槽の水位はEL.50.5m~52.5m(容量約560m³)の範囲内で管

理する必要があったことから機場ポンプの間断運転(運転時の最少流量0.40m³/s)を行うことで対処した。図-3に吐出水槽水位管理の概念図を示す。

### 5. 1. 2 管水路区間の用水確保

南椎尾調整池より下流の管水路区間では、農業用水約0.4m³/sと都市用水約1.0m³/sの水利用が見込まれた。これらの利水は南椎尾調整池の貯留水で賄うこととし、通常EL.48.50m付近で管理を行っている調整池水位を事前にEL.49.10m（常時満水位EL.49.28m）まで上昇させることで、約140,000m³（使用水量の約27時間分）を確保した。

### 5. 2 迅速かつ確実な準備作業

筑波トンネルは、3. 1で述べたとおりトンネル内に固定堰を設けていることから、自然流下による排水は期待できない。また、5. 1. 2で述べたとおり管水路区間の用水を確保するためには、準備作業から調査終了までの一連の作業を2日間（筑波トンネルの通水停止時間は約27時間）で終了しなければならないといった時間的制約もあった。そのため、迅速かつ確実なトンネル内湛水の排水方法として、八郷幹線（国営造成施設）の2箇所に分水工からの河川放流を行った。

### 5. 3 トンネル内外の連絡

トンネル調査において安全管理上重要となるのが、トンネル内外の連絡手段の確保である。特に今回のような長大水路トンネルにおいてその重要性は高く、不測の事態をいち早く察知し対応するための連絡手段と明確なルールを決定する必要があった。

#### 5. 3. 1 連絡手段の確保

連絡手段については、第1回調査において、移動無線、サイレン、ホイッスルの3つの方法による連絡を試行した。その結果、以下に示すとおり拡声器についているサイレンを用いた連絡が、最も遠くまで鮮明に音声を確認することができたことから、サイレンによる連絡をトンネル内外における連絡手段として決定した。

##### ○移動無線：

トンネル入口から約200m付近で連絡不能。

##### ○ホイッスル：

トンネル入口から約3.4km付近で連絡不能。

##### ○サイレン：

トンネル入口から約4.3km付近まで連絡可能。

#### 5. 3. 2 通信局の配置

トンネル内外の連絡を確実なものとするため、通信局をトンネル点検班、吐出水槽班、八郷班、中継班の4地点に配置した。図-4に通信局の配置図を示す。



図-4 通信局の配置

#### 5. 3. 3 音声サインのルール

4地点での通信は、音声の発信時刻や発信音の長さ、さらには連絡がとれない場合の判断など、明確なルールがなければ音声で錯綜してしまい、調査に支障をきたすことになる。そのため「音声サインのルール」（図-5）を定め、これに基づくトンネル内外の相互連絡を行った。このルールの内容は、トンネル点検班を基点に定時連絡を行い、吐出水槽班または八郷班との相互連絡を行うものであり、点検中止及び緊急事態の判断も含んでいる。

#### 5. 4 酸素濃度計等の携行

トンネル内は、酸素濃度の低下や有毒なガスの発生が心配された。点検にあたっては、ガス検知器及び酸素濃度計を携行した。

#### 5. 5 人員の確保と配置

今回の調査は、トンネル点検作業以外にも、送水量調整、河川巡視、分土工操作、トンネル内外の連絡など、円滑な実施のために多くの作業を必要とした。また、調査手法の確立のため、計画・立案から調査、まとめに至るまで外注や委託を行わず機構職員自らが主体となって実施した。そのため、人員の確保が課題となり、機構本社からの作業協力、さらには霞ヶ浦用水土地改良区からの作業協力を得ることで実施することができた。

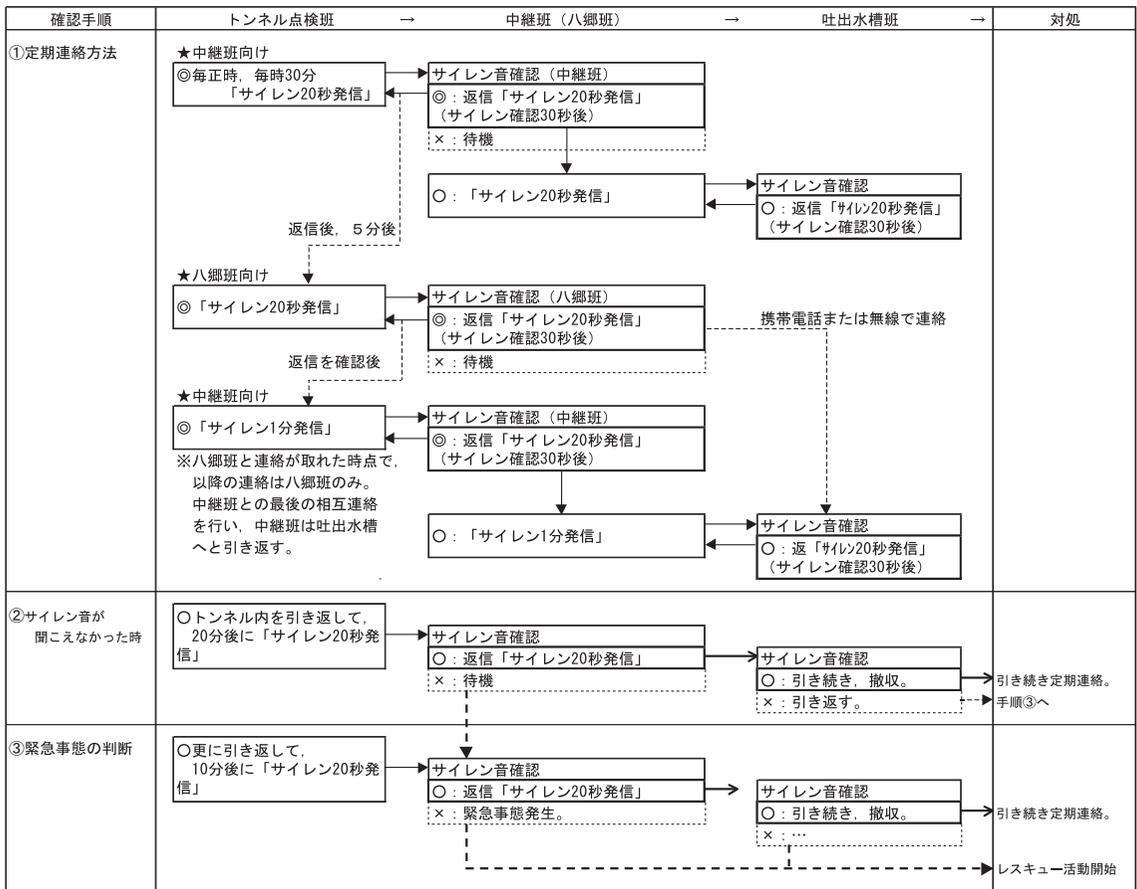


図-5 音声サインのルール

## 6. おわりに

施設の長寿命化を図るには、施設の状態を的確に把握し予防保全を実施していくことが重要である。またそのためには、施設の経年変化を把握するための継続的な現況調査が必要である。今回実施した筑波トンネル現況調査の取組は、用水の安定供給を確保する中で実施可能な調査方法を模索し、試行的に取り組んだものであるが、ほぼ当初の課題をクリアし、目的を達成することができたと考えている。また、今後継続的な調査を実施していくための足がかりを作ることでもできた。

調査にあたっては、利水者である霞ヶ浦用水土地改良区、茨城県企業局（県西水道事務所、新治浄水場及び水海道浄水場）の皆様方、関東農政局霞ヶ浦用水農業水利事務所をはじめとする関係機関の皆様方より多大なご御理解とご協力をいただいた。ここに改めて感謝の意を申し添える。

今後は、ストックマネジメントの導入に向けた種々の検討を行うとともに、今回の点検結果を基礎資料に、よりの確な施設診断に向けた点検方法・点検内容を検討し実施していくことで、適切な施設管理、用水の安定供給に努めていきたい。

## 参考文献

- 1) 農業水利施設機能診断技術調整連絡会、2004. 施設機能診断マニュアル（調査編）（案）. III水路トンネル編

# 緩衝帯の設置による農地と湿原間の地下水位変動について

加 茂 榮 哉* 菅 原 澄* 佐 藤 禎 示*  
(Hideya KAMO) (Toru SUGAWARA) (Tadashi SATO)

## 目 次

1. はじめに	22	5. 緩衝帯設置による地下水位低下抑制の状況	24
2. 緩衝帯実証試験の経緯	22	6. 植生調査	27
3. 緩衝帯実証試験の概要	23	7. おわりに	28
4. 地下水位観測孔の設置位置	24		

## 1. はじめに

国営総合農地防災事業「サロベツ地区」は、宗谷支庁管内西部に位置する豊富町（図-1）の泥炭地4,504haを対象に、泥炭土に起因して機能低下した農用地及び農業用排水路の機能回復を目的に、農地保全工及び農業用排水路を整備することとしている。（写真-1）

本報は農地保全工の施工区域のうちサロベツ湿原に直接隣接し、湿原の地下水位への影響を抑える必要のある部分に計画した「緩衝帯」について、平成18年度の実証試験開始から、その後の地下水位変動状況を分析し、植生調査の状況と併せて報告するものである。



写真-1 サロベツ地区全景



図-1 サロベツ地区位置図

## 2. 緩衝帯実証試験の経緯

サロベツ湿原周辺は、主に戦後、排水路の整備や農地開発等の農業基盤整備事業、治水事業、道路や住宅の整備が行われ、とりわけ酪農業は豊富町の基幹産業に成長し、北海道を代表する一大酪農地帯として、地域経済を支えている。

しかしながら、この地域の農用地は、泥炭地による地盤沈下や凹凸の発生、暗渠排水の機能低下により、地下水位が高く過湿状態を呈し、牧草収量の低下や農作業効率の低下が発生しており、農用地の地下水位を適正に保つためには排水路の切深不足の解消と暗渠排水の再整備が必要とされている。

一方、農用地と隣接しているサロベツ湿原は、昭和49年に利尻礼文サロベツ国立公園に指定され、今日豊富町の観光資源になっているものの、湿原の一部では地下水位の低下による乾燥化が進み、湿原への影響が懸念されている。排水路整備

*北海道開発局稚内開発建設部（Tel. 0162-33-1000）

を実施することは、隣接している湿原地下水位への影響が懸念され、このことが湿原の乾燥化につながる可能性もあることから、湿原の地下水位に影響を与えない方策として、緩衝帯を設置しつつ、農用地整備を行うことを検討した。

この間、サロベツ湿原では、農業と共存した自然環境の保全と再生を目指して、平成17年に「上サロベツ自然再生協議会」が自然再生推進法に基づく法定協議会として設立され、サロベツ農事連絡会議、豊富町、稚内開発建設部の3者が実施者となり、農業と湿原の共生に向けた自然再生の取り組みとして、湿原と隣接する農用地の間に設置する「緩衝帯」が協議会において了承された。

稚内開発建設部では、この緩衝帯の効果を検証するため、環境省と連携し高位泥炭地と低位泥炭地に試験地を設置して、平成18年度から実証試験を開始した。

### 3. 緩衝帯実証試験の概要

#### 3.1 目的

実証試験の目的は、緩衝帯による湿原の地下水位の低下抑制効果を検証することである。

#### 3.2 緩衝帯実証試験地の概要

試験地は、湿原と農用地の間に25mの緩衝帯を農用地側に確保する。また、農用地と湿原の境界の既設排水路は、新設排水路の掘削土で一部埋め戻す。この結果、境界の既設排水路を堰上げることになり、現状の地下水位の上昇効果を期待し、湿原地下水位の低下抑制を図る。(図-2)

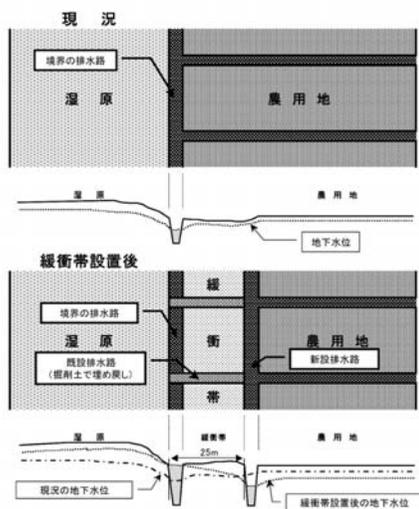


図-2 緩衝帯構造イメージ

#### 3.3 試験位置

試験地は緩衝帯(6ライン, 10km)の内、土質、植生の条件が異なる高位泥炭地と低位泥炭地に各1箇所選定(図-3, 4, 5)した。

高位泥炭地として選定した落合緩衝帯付近は、湿原の奥に、モウセンゴケやミズゴケ類が生息する高層湿原が分布する。一方、低位泥炭地として選定した豊徳緩衝帯付近は、地盤標高が2.0m程度の低湿地帯で、チマキザサとヨシの群度が大きい低層湿原が分布する。

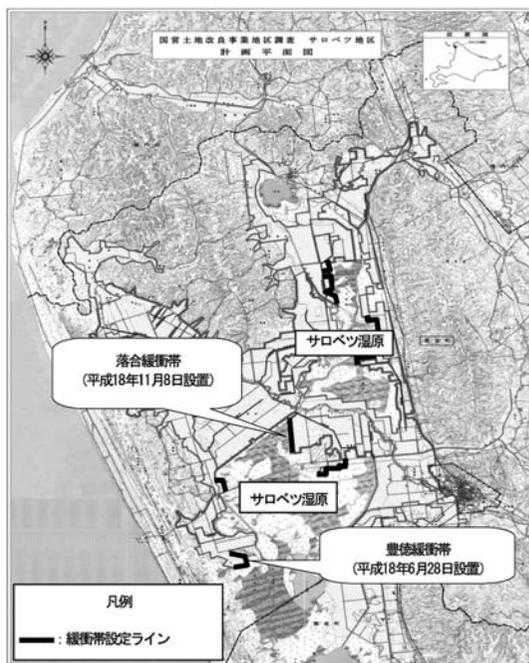


図-3 緩衝帯試験地位置



図-4 落合緩衝帯(高位泥炭地)実証試験地の状況

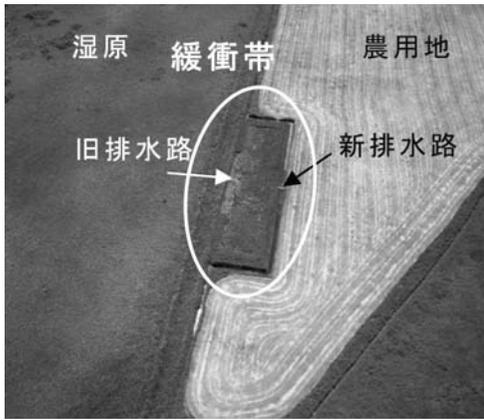


図-5 豊徳緩衝帯（低位泥炭地）  
実証試験地の状況

#### 4. 地下水位観測孔の設置位置

落合緩衝帯（高位泥炭地）における緩衝帯実証試験地は平成18年11月8日に、豊徳緩衝帯（低位

泥炭地）における緩衝帯実証試験地は平成18年6月28日に設置工事が完了した。地下水位の観測は、落合緩衝帯が平成18年10月12日より、豊徳緩衝帯が平成18年6月8日より開始した。地下水位観測の位置と植生調査の位置を下記に示す。（図-6, 7）

#### 5. 緩衝帯設置による地下水位低下抑制の状況

##### 5.1 地下水位の時系列変化

図-8, 9は緩衝帯実証試験地における降水量及び積雪深、地下水位等を時系列に表したものである。平成19年は、積雪量、降水量ともに少ない年であった。特に6～7月期の干天日数は54日間であり、近年30ヶ年で2番目、1/10年確率の渇水年であった。

そのため、低位泥炭地、高位泥炭地ともに、6～7月の植生が繁茂し蒸発散量が大きくなる時期に湿原側、農用地側ともに地下水位の低下が見られた。しかし、8月以降の降雨により徐々に水位

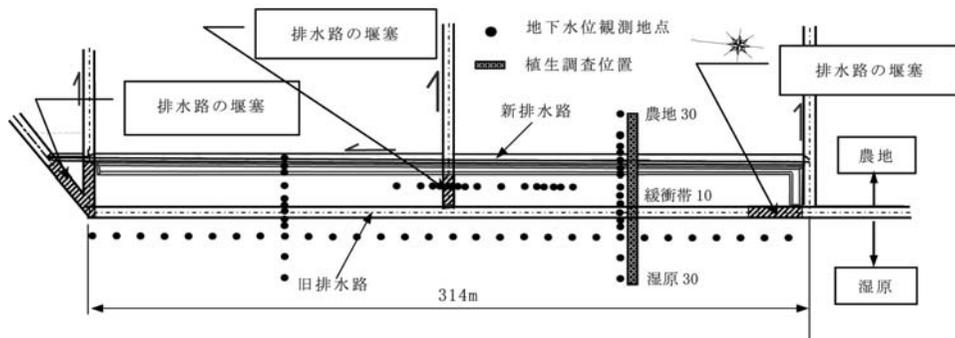


図-6 落合緩衝帯実証試験地

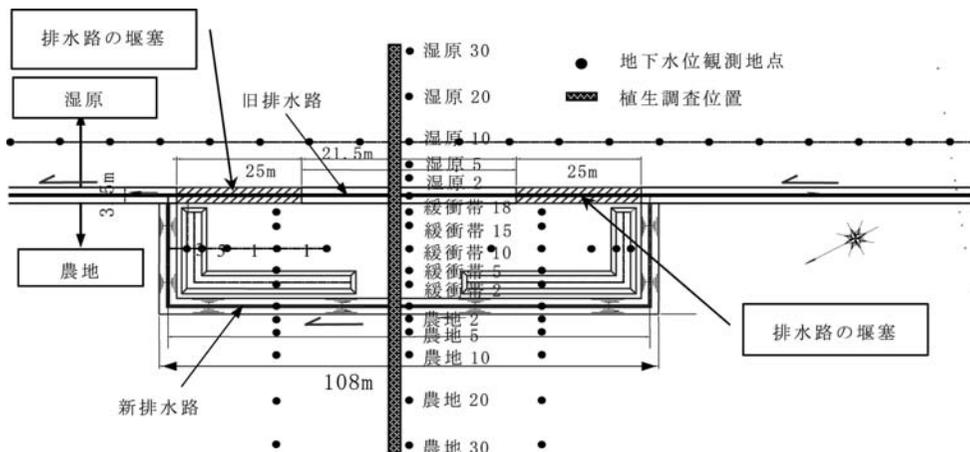


図-7 豊徳緩衝帯実証試験地

が回復し、9月に入ってから水位が一定となった。  
 平成18年から平成19年にかけての冬期は、湿原側、農用地側ともに水位が高い状態で安定してお

り、平成19年の春期は農用地側に多少の水位変動が見られるが総じて安定している。

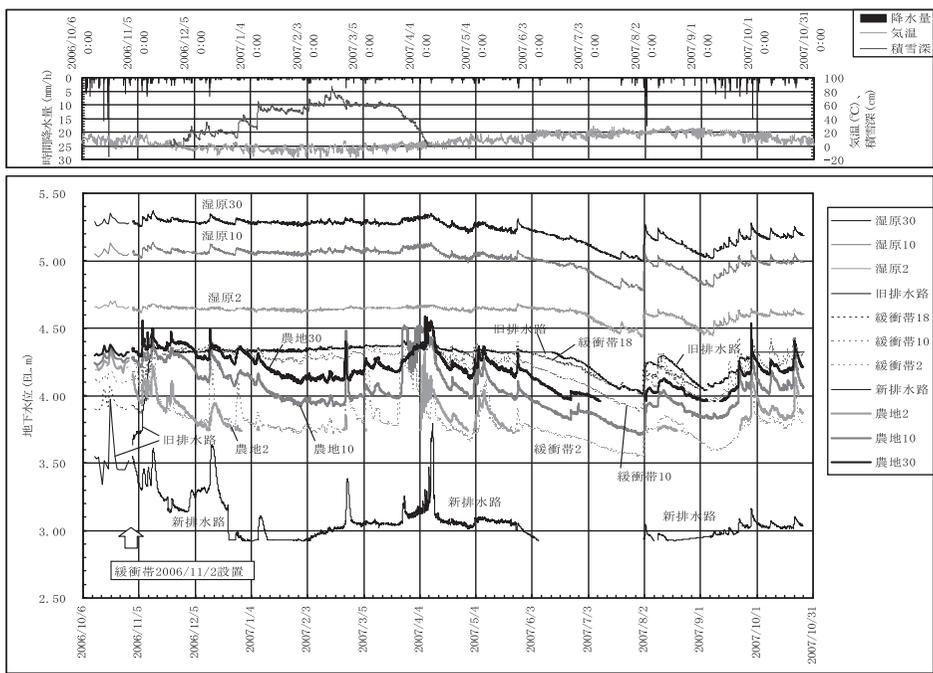


図-8 落合緩衝帯（高位泥炭地）地下水位変動

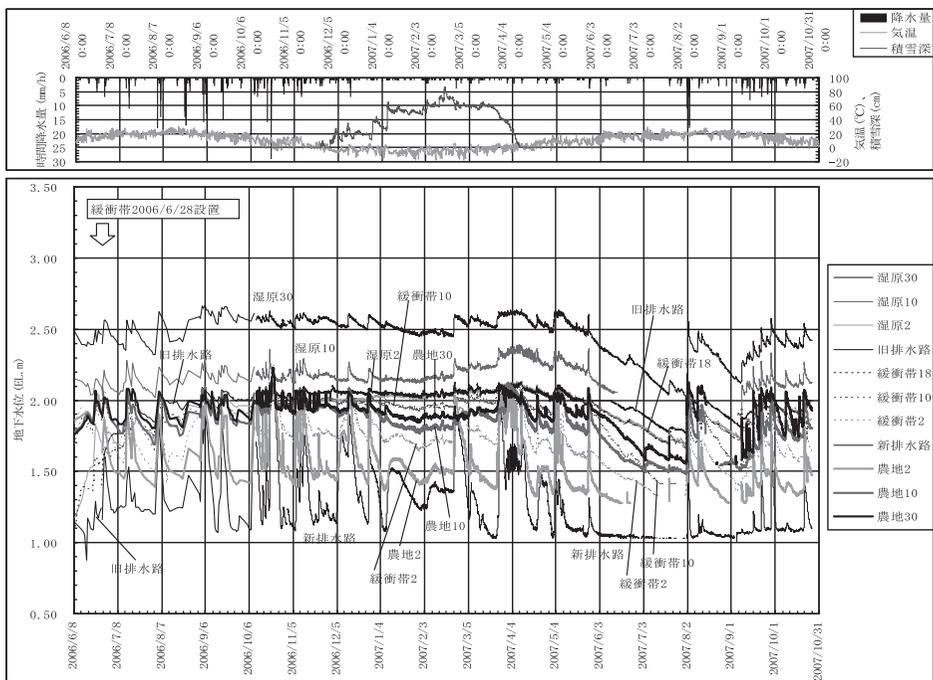


図-9 豊徳緩衝帯（低位泥炭地）地下水位変動

## 5. 2 地下水位の断面状況の変化

図-10, 11は緩衝帯実証試験地における各月毎の平均地下水位を断面に示したものである。地下水断面をみると、落合緩衝帯（高位泥炭地）、豊徳緩衝帯（低位泥炭地）双方とも新排水路の機能により緩衝帯設置前に比べて農用地側地下水位が低く保たれている。また、緩衝帯設置後は湿原側の水面勾配が緩和されているため、湿原地表面付近に上下動が少ない安定した地下水位が形成されている。

## 5. 3 地下水位の断面変動幅

図-12, 13に示す地下水位の変動状況は、各地点の地表面を0とする地下水位を表したものである。落合緩衝帯（高位泥炭地）、豊徳緩衝帯（低位泥炭地）ともに、地下水位の変動状況は、同様の結果が見られた。農用地側の新排水路から湿原へ向かって変動範囲が小さいため、地下水位は安定していることがわかる。また、地下水位の平均値は、農用地側では最低水位に近いため、地下水位が低位で保持され、湿原側では最高水位に近いことから、地下水位が高位で保持されていることがわかる。

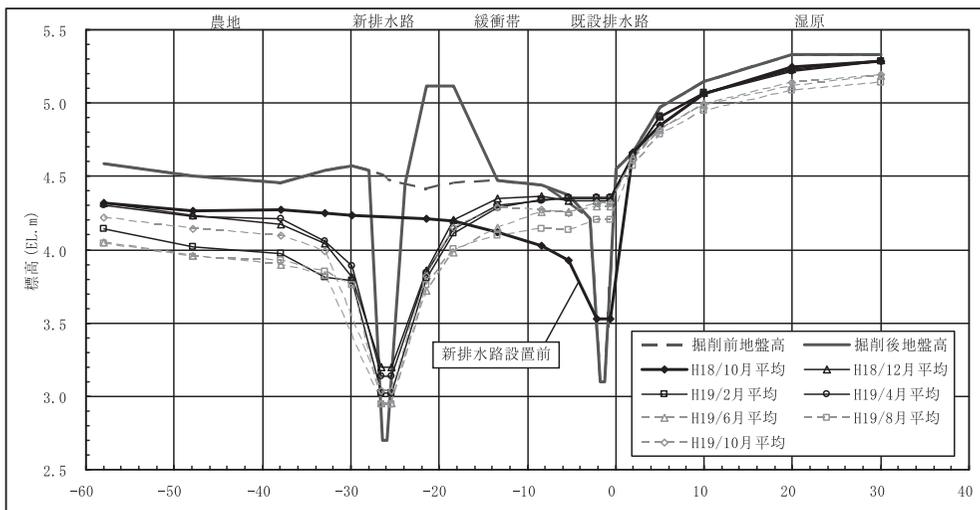


図-10 落合緩衝帯（高位泥炭地）断面変化

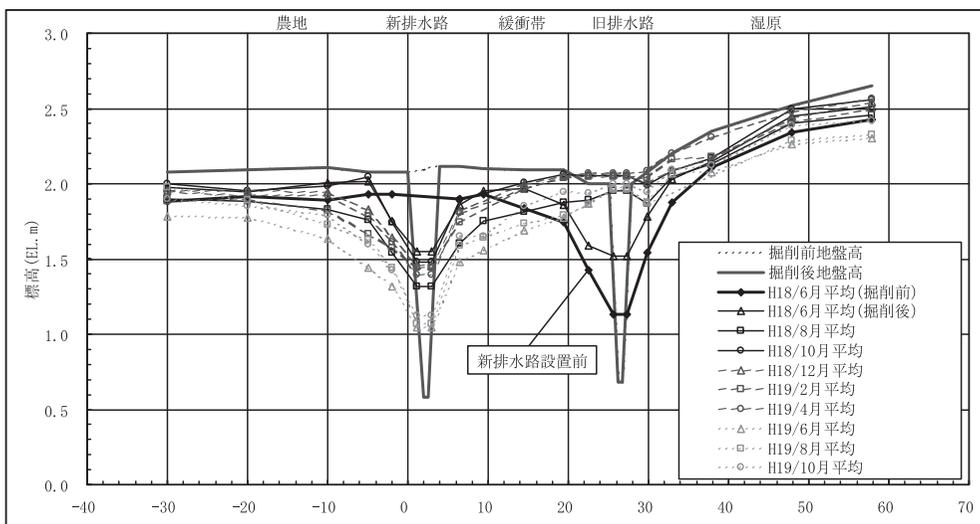


図-11 豊徳緩衝帯（低位泥炭地）断面変化

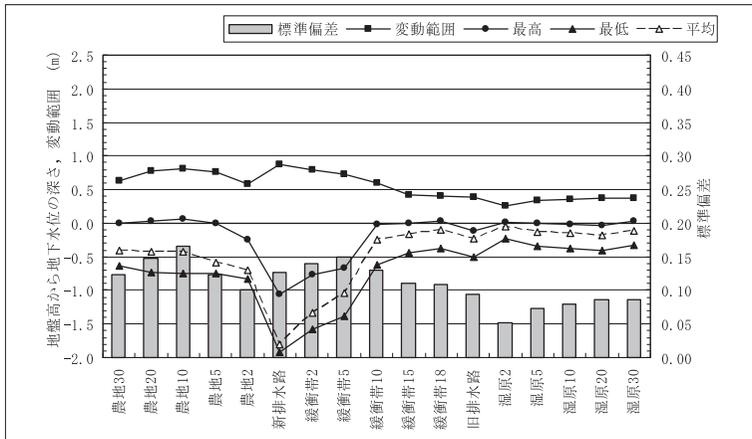


図-12 落合緩衝帯（高位泥炭地）地下水位変動幅

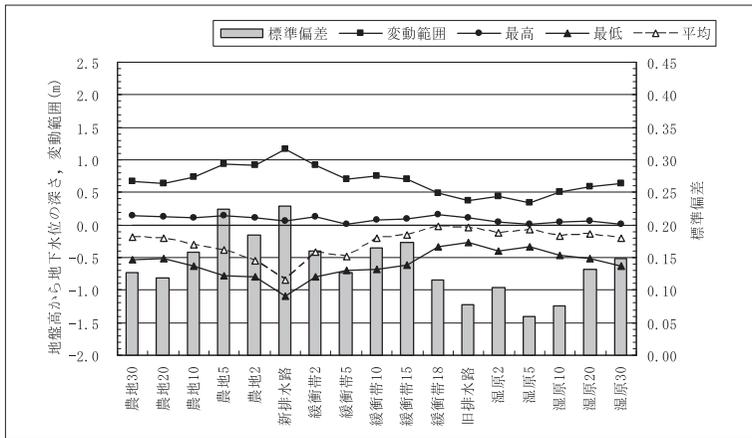


図-13 豊徳緩衝帯（低位泥炭地）地下水位変動幅

## 6. 植生調査

環境省が緩衝帯実証試験と併行して植生調査を行った。なお、調査方法は緩衝帯または緩衝帯設置予定箇所を横断する地下水位観測ラインに沿って带状調査区（2m×2mの連続方形区、図-14）を配置し、コドラート法により各方形区における出現種の優占度（被度）と群度を記録した。

落合緩衝帯では、湿原側において平成18年の調査で確認されなかったミズゴケ類が平成19年の調査で確認された。また、湿生植物は種数の増加も確認された。平成19年の豊徳緩衝帯の調査では、新たにヒオウギアヤメ、ゼンテイカ、タチギボウシなどの湿生植物が確認された。

このことは、緩衝帯の設置により湿原と緩衝帯の地下水位が上昇したことによる植生変化の兆候

と考えられる。但し、僅か約1年間の調査であり、引き続きモニタリング調査を行っていく必要がある。

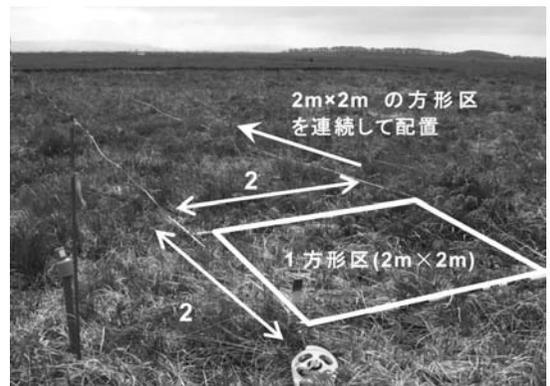


図-14 植生調査带状調査区（2m×2mの連続方形区）

## 7. おわりに

緩衝帯の実証試験地を設置してから1年余りが経過し、緩衝帯設置前に比べて湿原の地下水位の上昇と農用地の地下水位の低下を確認することができた。また、湿原の地下水位の上昇に伴う湿生植物の出現も確認することができた。今回の試験は、湿原の地下水位の低下抑制のために緩衝帯は有効であることを示すモニタリング結果であるが、今後とも地下水位と植生の変化についてモニタリングを継続して長期的に検証したい。

本稿を取り纏めるにあたっては、多くの関係機関や専門家の協力を頂いた。豊富町農政課、サロベツ農事連絡会議、農用地を抛出してくれた農家の方々、適宜適切な助言を与えてくれた専門家、寒地土木研究所寒地農業基盤研究グループ及び環境省稚内自然保護官事務所の皆様に、深く感謝申し上げます。

## 引用及び参考文献

- 1) 梅田安治. 1984:日本の特殊土壌(泥炭), 農土誌52(4), pp.323~328
- 2) 庄司貞雄・松実成忠・泉谷穀一. 1966:泥炭地の発達様式について(第3報)サロベツ泥炭地. 日本土壌肥科学雑誌, 37:415-421
- 3) 環境庁企画調整局編:自然環境のアセスメント技術(Ⅱ)~生態系・自然とのふれあい分野の調査・予測の進め方~
- 4) 梅田安治・辻井達一・井上京・清水雅男・紺野康夫. 1988:サロベツ泥炭地の地下水位とササ-泥炭地の形態的研究(Ⅲ)-北海道大学農学部邦文紀要, 16:70~81
- 5) 梅田安治・井上京. 1995:北海道における泥炭地湿原の保全対策 農土誌63(3)
- 6) 中瀬洋志・園生光義・中島和宏・会沢義徳. 2006:サロベツ泥炭地の農地と湿原の再生. 農業土木学会誌第74巻第8号
- 7) 環境省自然保護局. 1993:サロベツ湿原の保全
- 8) 泥炭地の地学:坂口 豊
- 9) サロベツ総合調査報告書. 1972北海道開発局
- 10) 北海道の湿原生態系とその保全・再生. 富士田裕子「地球環境12:7-20(2007)」

# 排水路工事におけるハット形鋼矢板の使用について

石 渡 太 朗*  
(Taro ISHIWATA)

目	次
1. はじめに……………	29
2. 生田排水路……………	29
3. ハット形鋼矢板の使用……………	30
4. 考察および総括……………	33

## 1. はじめに

国営かんがい排水事業岩木川左岸地区は青森県の津軽地方3市1町にまたがる受益面積10,530haの国営かんがい排水事業地区である。津軽ダム（特定多目的ダム）を水源とし農業用水の安定供給を図ると共に、排水施設の新設、改修を行い標高0.3m～10mの低平地の水田の排水不良を解消することにより、水田の高度利用を促進し地域農業の生産性向上と農業経営の安定を図る事を目的としている。（写真-1）



写真-1 地区全景

現在、事業は排水改良事業中心の一期事業（平成8年度～平成19年度）を完了し用水改良事業中心の二期事業（平成14年度～平成24年度）を行っているところである。

今回、一期事業の排水路工事において、ハット形鋼矢板を使用しておりその検討内容や施工状況について報告する。

## 2. 生田排水路

今回、ハット形鋼矢板を使用した排水路工事の中から、生田排水路の事例を紹介する。

生田排水路はつがる市稲垣に位置し、末端に生田揚排水機場を有する全長4.1kmの複断面形式の排水路である。現況排水路は低水位護岸部にコンクリート矢板、高水敷部は無ライニングの複断面排水路となっており、本事業計画において水路流下断面の確保を目的に低水位護岸部は現況利用、高水敷部はかや等の通水阻害の解消及び法面の維持管理の観点から、護岸張りブロックにて施工するものとしている。

しかし、現況排水路は30年以上経過している施設であり、一部において現況利用が困難であるほど矢板が大きく転倒している箇所がある。（写真-2）



写真-2 矢板転倒の状況

*東北農政局津軽農業水利事務所（Tel. 0173-42-7211）

現況の低水位護岸部はコンクリート矢板であるが、地盤の状況を踏まえて経済性を検討した結果、低水位護岸の修復には広幅鋼矢板Ⅱw型の利用が適していると判断し、平成18年度工事において広幅鋼矢板Ⅱw型による低水位護岸補修を行った。

### 3. ハット形鋼矢板の使用

平成19年度にハット形鋼矢板の歩掛が標準化されたことに伴い、平成19年度の生田排水路の工事において広幅鋼矢板Ⅱw型と同様、ハット形鋼矢板の利用について比較検討を行った。

#### (1)ハット形鋼矢板の特徴

ハット形鋼矢板とは民間3社にて共同開発した鋼矢板であり、メーカーの公表によると次のような特徴を持っている。

##### (1)優れた施工性

～形状特性により、優れた施工性を実現～  
本製品では、ハット形状を採用し、

- 1) 有効幅を900mmとし、部材一枚あたりの剛性を高く設定したこと、
- 2) 部材両端部に平坦部を設け、土中での部材変形を小さく抑えたこと、
- 3) 一方向打設とすることで施工時の部材変形モードを一致させると共に、継手の競り合いによる貫入抵抗を小さく抑えたこと、

等によって、大断面でありながら極めて高い施工性を実現致しました。これにより長尺施工を必要とする調整池・河川護岸・止水壁等の工事に幅広く適用出来ます。

また、一方向打設であることから、バイブロハンマ施工（注1）の場合、従来の鋼矢板に比べ省スペースでの施工が可能となり、都市部河川改修・既設護岸リニューアル等、幅広い分野・箇所への適用可能性が広がります。

##### (2)高い構造信頼性

～断面性能低減が不要で構造性能を

確実に発揮～

継手位置を壁体の最外縁に配置することにより、従来の鋼矢板の設計において必要に応じて行っていた、継手効率（注2）による断面性能の低減を不要としました。断面各部の寸法は薄肉大断面でありながら、局部座屈を起こさずに終局耐力を発揮できるように設定しており、断

面効率に優れると共に、どのような設計条件下においても、確実に構造性能を発揮できる信頼性の高い鋼矢板です。（図-1）

設計段階での断面性能の低減は不要で、継手効率を向上させるためのコンクリートコーピング（注3）が不要となるため、自立式河川護岸・道路擁壁等で、優れた経済効果と共に高い構造信頼性を発揮します。

#### (3)優れた経済性

～低コストでの壁体構築が可能となり、  
鋼矢板の適用範囲が拡大～

##### 1) 鋼材重量の低減

継手位置の壁体最外縁配置で、従来の鋼矢板で課題であった継手効率による断面性能低減が不要となり、かつ、薄肉大断面形状としたことにより、単位壁面積あたりの鋼材重量を低く抑えることができ、経済性の向上が可能になりました。広幅型（600mm）鋼矢板と比較した場合、単位壁面積あたりの鋼材重量を7～29%程度低減できます。

##### 2) 工事費縮減・工期短縮

有効幅900mmの大断面ハット形状の採用により、施工延長あたりの施工枚数を少なく抑えることができ、工事費縮減と工期短縮が可能となりました。例えば広幅型（600mm）鋼矢板と比較した場合、所定の施工延長あたりの施工枚数を2/3に低減できます。

『ハット形鋼矢板900』は、「長尺及び近接での優れた施工性」、「高い構造信頼性」、「優れた経済性」を生かし、護岸・岸壁はもとより、道路擁壁・調整池・下水道・建築等幅広い用途に鋼矢板の適用範囲が広がることが期待出来ます。

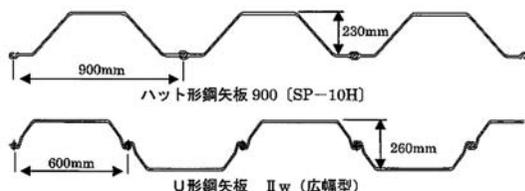


図-1 矢板断面比較

#### 注1) バイブロハンマ施工

鋼矢板を土中に打設する一般的な施工方法。起振機により振動力を発生させ、この振動力に

より鋼矢板を土中に打ち込むことによって、振動力により土粒子間の結合を失わせ、その間に鋼矢板を打ち込む工法。

注2) 継手効率

U形鋼矢板が曲げ荷重を受けると、壁体の中心に位置する継手は縦方向にズレようとし、隣り合ったU形鋼矢板は一体として働きにくくなる。この継手のズレの影響を評価する方法として、係数を乗じて断面性能を低減する方法があり、この時の係数が継手効率と呼ばれるもの。

継手効率の値は基準により異なるが、断面二次モーメント(I)に対して0.45~0.8, 断面係数(Z)に対して0.6~1.0程度の値が用いられる。

注3) コンクリートコーピング

鋼矢板を打ち並べて作る護岸、岸壁、堤防において、鋼矢板の頭部を包み込んで打設したコンクリート。鋼矢板頭部を拘束するため、継手効率を向上させる効果もある。

(出典：メーカーホームページより抜粋)

このように、従来の鋼矢板に対して優れた点が多いハット形鋼矢板であるが、打ち込みに専用のチャック(持ち手)が必要であり、従来のチャックに比べて取り扱い数が少ない状況にある。(写真-3)

また、ハット形鋼矢板についても受注を受けてから生産を行っているため、製作に時間が必要であることが従来の鋼矢板に対して不利な点として挙げられる。(生田排水路の工事においては納入



写真-3 ハット形鋼矢板専用チャック

までに約2ヶ月要した)

(2)構造比較検討

広幅鋼矢板とハット形鋼矢板の断面性能の違いを表-1に示す。

この値を踏まえ、チャン方式による根入れ長を算出したところ、断面剛性値が小さいハット型の方が広幅鋼矢板より根入れ長及び矢板長が約0.25m短くなる計算結果が出た。

そのため矢板長の設定においては長さの丸め値を0.50mとしていることから、広幅鋼矢板の矢板長がL=7.0mに対してハット形鋼矢板の矢板長はL=6.5mとなった。

このようにハット形鋼矢板は現場条件にもよりますが、広幅鋼矢板に対して矢板長が短くなる事によるコスト縮減も可能となる場合がある。

表-1 断面性能一覧表

矢板形式	寸法			鋼矢板1枚あたり				壁幅1mあたり			
	有効幅 w (mm)	有効高さ h (mm)	厚さ t (mm)	断面積 $\times 10^{-4}$ ( $m^2$ )	断面二次モーメント $\times 10^{-8}$ ( $m^4$ )	断面係数 $\times 10^{-6}$ ( $m^3$ )	単位重量 (kg/m)	断面積 $\times 10^{-4}$ ( $m^2/m$ )	断面二次モーメント $\times 10^{-8}$ ( $m^4/m$ )	断面係数 $\times 10^{-6}$ ( $m^3/m$ )	単位重量 ( $kg/m^2$ )
鋼矢板IIw型	600	130	10.3	78.7	2,110	203	61.8	131.2	13,000	1,000	103.0
ハット形10H型	900	230	10.8	110.0	9,430	812	85.4	122.2	10,500	902	96.0

表-2 経済比較組合せ

	規格		機械組合せ	打込み長 (m)	施工幅 (m)	施工費		機械運搬費 (千円/往復)
						(千円/枚)	(千円/m)	
I	広幅鋼矢板	IIw	クローラクレーン+パイプロハンマ	7.0	0.6	45	75	691
II	広幅鋼矢板	IIw	バックホウ(アタッチメント)+パイプロハンマ	7.0	0.6	44	74	0
III	ハット形鋼矢板	10H	クローラクレーン+パイプロハンマ	6.5	0.9	59	66	691

表-3 鋼矢板打込み経済比較結果

(千円)

	施工延長(m)										
	0	50	77	78	79	80	81	82	83	100	150
I	691	4,464	6,502	6,577	6,652	6,728	6,803	6,879	6,954	8,237	12,010
II	0	3,704	5,704	5,778	5,852	5,926	6,000	6,074	6,148	7,407	11,111
III	691	3,968	5,737	5,803	5,868	5,934	5,999	6,065	6,131	7,245	10,521

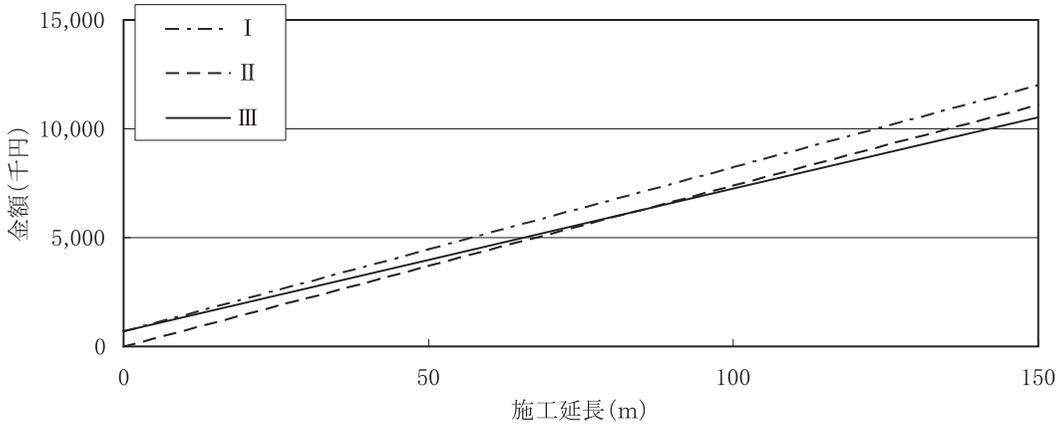


図-2 鋼矢板打込み経済比較

(3)経済比較検討

広幅鋼矢板とハット形鋼矢板の打込みに対する経済比較について3パターンの施工方法を比較検討した。3パターンは、広幅鋼矢板Ⅱw型、ハット形鋼矢板10H型のクローラークレーンによるパイプロハンマ打込みの他に広幅鋼矢板Ⅱw型のバックホウ（アタッチメント）によるパイプロハンマ打込みを比較した。（表-2）

なお、バックホウ（アタッチメント）の歩掛りは参考歩掛によることとした。

比較検討結果を表-3に記す。

クローラークレーンとバックホウ（アタッチメント）による施工では機械の運搬・組立・解体費用の有無があり、運搬・組立・解体費が発生するクローラークレーンでの施工に対して、費用が発生しないバックホウ（アタッチメント）の施工は小規模での打込みの場合、安価となる結果が出た。

生田排水路においては低水位護岸の施工延長が80mを越えることから、ハット形鋼矢板の施工が経済面で有利であるとの結果を踏まえ、ハット形鋼矢板による施工を行った。（図-3、写真-4）

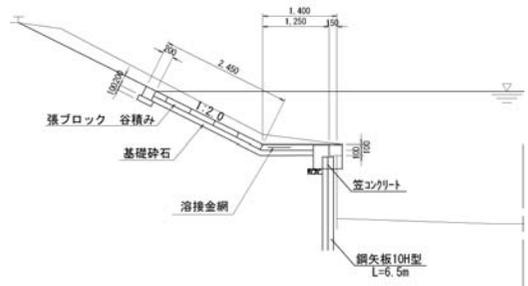


図-3 生田排水路標準断面図（左右岸共通）



写真-4 生田排水路（完成後）

#### 4. 考察および総括

今回の結果から、ハット形鋼矢板と広幅鋼矢板を比べて以下の点について確認できた。

- ①経済性では、施工規模がある程度見込める現場においては広幅鋼矢板打設と比べて、ハット形鋼矢板の利用は十分経済性で効果が現れている。
- ②施工性では、広い有効幅による施工枚数の縮減など工期短縮に寄与する点があるものの、現時点では鋼矢板を受注生産しており納入まで2ヶ月近くかかる点なども挙げられ、総合的な工程短縮効果は生田排水路工事の施工においてはあまり見られなかった。

しかし、ハット形鋼矢板の流通状況が変われば、解消されるものであり、今後は施工性についても十分有用な結果が出ると考えられる。

総合的にみれば、今後ハット形鋼矢板の利用は、広幅鋼矢板に変わり様々な現場で施工実績が増えていくと考える次第である。

最後に作成するにあたり協力して頂いた方々にお礼と感謝の意を表し、報文を締める。

# マサ土地盤における調整池（ダム）の建設について

片 桐 正 己* 横 井 敏 奉*  
(Masami KATAGIRI) (Toshitomo YOKOI)

目 次

I. はじめに……………34

II. 調整池の概要……………34

III. 地形・地質の概要……………35

IV. 地質特性による課題と対応……………35

V. おわりに……………41

## I. はじめに

三重県中南部に位置する伊勢地域では、コシヒカリの早場米を主体とした農業が展開されている。本地域では、国営宮川用水事業（S32～41）によって、大台ヶ原を水源とする一級河川宮川に頭首工を設けると共に伊勢市他6町1村（市町村合併前）の広大な農地へ配水するための用水路の整備がなされ農業の振興が図られてきた。

その後三十有余年（二期事業計画当時）を経て、施設の老朽化による漏水や維持管理費の増大及び水稻品種の同一化（コシヒカリ）、大型機械化による代かき時期の集中やほ場整備の進行に伴う使用水量の増大による水不足が生じてきた。

このため、現在の営農形態に適した用水の安定確保と施設の改修を目的として、平成7年度から平成22年度までの予定で、宮川用水第二期農業水利事業（受益面積A=4,681ha）に着手し用水路の改修及び調整池の建設を進めている。

本報文では、宮川用水第二期農業水利事業の一環で工事を進めている齋宮調整池建設工事におけるマサ土を利用した堤体盛土の遮水性材料の透水係数確保、及びマサ土地盤中に存在する熱水変質粘土による地山のすべりについて検討した結果を報告する。

## II. 調整池の概要

### 1. 調整池の概要

齋宮調整池は、受益地内に建設する有効貯水容量V=200万m³の河道外貯留施設である。宮川用

水の間地点にある既設齋宮池に本堤を建設、隣接する丘陵の谷間を3つの副堤で締め切ることにより貯水容量を確保する構造である。各堤体は、いずれも土質地盤を基礎地盤とし、池敷掘削により発生するマサ土を築堤材料とする均一型のアースフィルダムである。

### 2. 施工状況

建設工期は、平成18年3月から平成22年3月までの4ヶ年の予定である。

既設齋宮池を利用しながら施工するため、施工順序としては、平成18、19年度で上流池に係る第2、第3副堤及び仮締切堤を完成させ現在供用中である。今後は、平成20、21年度に既設齋宮池を含む調整池の下流池に係る本堤、第1副堤の施工を予定している。（図-1）

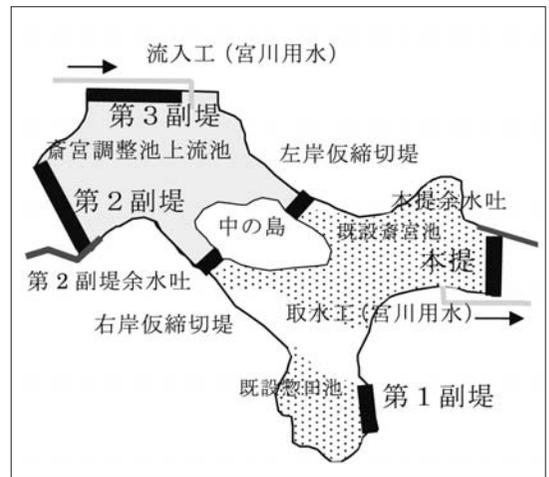


図-1 齋宮調整池計画平面図

*東海農政局宮川用水第二期農業水利事業所玉城支所  
(Tel. 0596-58-8787)

表-1 堤体諸元表

型 式	均一型アースフィルダム		
堤 高	本 堤 16.0m	第1副堤 13.5m	第2副堤 14.5m 第3副堤 11.5m
堤頂長	本 堤 181m	第1副堤 117m	第2副堤 225m 第3副堤 149m
堤頂幅	6.0m		
天端及び池敷標高	天端 EL. 34.0m 池敷 EL. 22.5m		
堤体積	本 堤 66千 m ³	第1副堤 37千 m ³	第2副堤 77千 m ³ 第3副堤 29千 m ³

表-2 土質名称

地質名	記号	土質区分	特 徴
粘土質マサ	Gr-1	砂質シルト	完全に土壌化したマサ。N値は概ね 10 以下。
砂質マサ (A)	Gr-2A	シルト質砂	細粒砂を主とするシルト質砂状のマサ。N値は概ね 10 前後。
砂質マサ (B)	Gr-2B	砂, シルト混り砂	中～粗粒砂のザラメ状のマサ。N値は概ね 20 以上。
砂質マサ (C)	Gr-2C	砂, 礫, 軟岩	未風化礫を含む砂礫状のマサ。N値は 60 以上。
花崗閃緑岩	Gr-3	中硬～硬岩	粗粒・細粒の花崗閃緑岩と一部閃緑岩が含まれる。新鮮～弱風化で中硬～硬岩を呈す。

※「Gr」とは、Granite（花崗岩）の略号である

### Ⅲ. 地形・地質の概要

#### 1. 地形

調整池の建設場所は、伊勢湾に注ぐ榑田川と宮川に挟まれた沖積平野に孤立丘状として分布する丘陵地の北西縁にあたる。一帯は、丘陵地形を利用して古くからため池が多く築造されており、建設区域内にある既設の斎宮池及び惣田池もその一つである。また、丘陵の谷部にはため池を水源としてきた狭小な水田が分布している。

#### 2. 地質

ダムサイトは、中央構造線の北約5kmに位置し、地質構造区では領家帯に属し、領家花崗岩類の内、片麻状花崗閃緑岩が基盤として分布する。

ダムサイト周辺では、赤色化した粘土質マサ、及び黄灰色の砂質マサが見られ、新鮮岩の路頭はほとんど地表に分布しない。

本調整池の4つの堤体には、池敷き掘削により発生したマサ土を利用しており、設計及び施工においては、表層の風化の進んだ粘土質マサをGr-1材とし、以下、表-2のとおり土質名称を付けている。

### Ⅳ. 地質特性による課題と対応

#### 1. 遮水性材料の透水係数の確保

##### (1)堤体の構造

本調整池においては、池敷き全体に堅硬な岩盤面を露頭させることが困難なこと、堤体規模が小さいこと及び池敷き掘削により発生するマサ土の有効活用を図ること等から各堤体ともに均一型のアースフィルダムとしている。

その構造は、貯水池側をゾーン1（遮水性ゾーン、 $k \leq 1 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ ）とし、背後地側をゾーン2（半透水性ゾーン、 $k \leq 1 \times 10^{-4} \text{cm/s}$ ）としている。

盛土材料の中で、ゾーン1に使用する材料について、設計時においては、表-2「土質名称」に示すGr-2A材の0.075mmのふるいを通過する細粒分含有率が約30～40%と多く、遮水性材料の一般的な目安である細粒分含有率10%を大きく上回っていること、及び賦存量も充分であることからこれを使用する計画としていた。Gr-1材については、細粒分含有率が40～70%程度とGr-2A材に比べ多く遮水性の高い材料と考えられたが、賦存量が少ないため使用できないと判断していた。

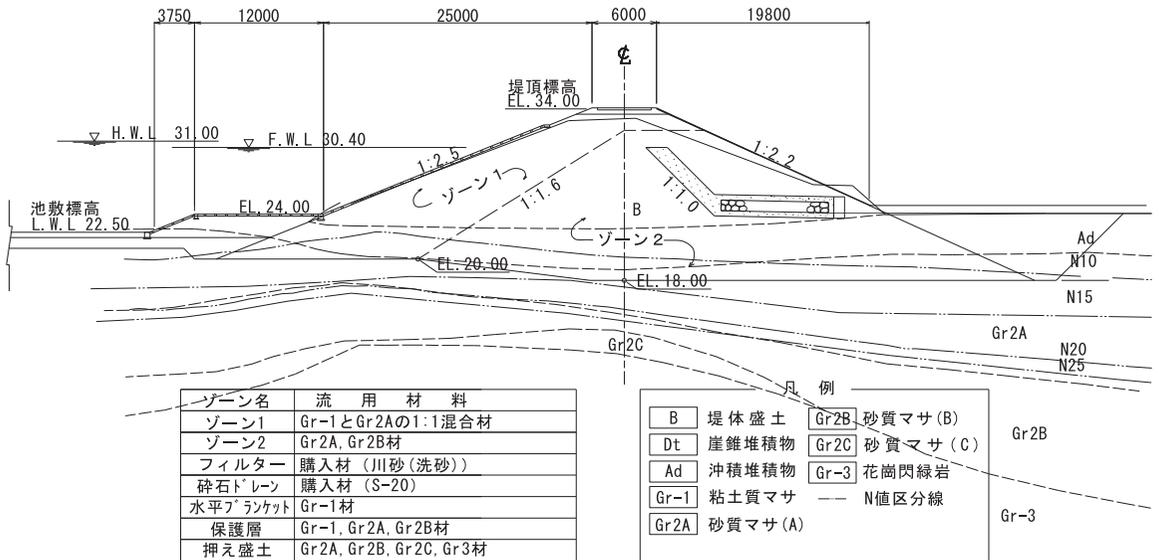


図-2 堤体標準断面図 (本堤)

なお、ゾーン2にはGr-2A材、またはGr-2B材を使用する設計としている。

図-2に、堤体の標準断面として本堤標準断面図を示す。

(2)工事実施における遮水性材料の透水性の確認

築堤材料流用計画に基づき、工事発注後に盛立管理試験(第1回)を行ったところ、表-3に示すとおり、ゾーン1材としてGr-2Aを単独で使用した場合には、全ての仕様において所要の締固め度(D'値95%)を満足したが、設計透水係数( $k \leq 1 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ )が確保されないことが確認された。

1) 盛立管理試験(第1回)の条件

盛土材料

Gr-2A材

転圧仕様

撒出し厚 20及び30cm

転圧回数 6, 8, 10回

転圧機種 20t級タンピングローラー (20tTR)

16t級振動タンピングローラー (16tVTR)

管理基準

締固め度(D'値)  $D' \geq 95\%$

透水係数(k)  $k \leq 1 \times 10^{-5} \text{cm/s}$

2) 盛立管理試験(第1回)結果

表-3 盛立管理試験(第1回)結果

転圧機種	撒出し厚 (cm)	転圧回数	含水比 W (%)	W-Wopt (%)	飽和度 Sr (%)	D' 値 (%)	透水係数 k (cm/s)	判定
20t TR	20	6	20.2~20.3 (20.3)	+2.2~+2.3 (+2.3)	79.2~84.1 (82.2)	96.4~98.5 (97.7)	$4.1 \sim 5.2 \times 10^{-5}$ ( $4.5 \times 10^{-5}$ )	×
		8	19.8~20.4 (20.1)	+0.9~+1.5 (+1.2)	81.1~85.5 (82.6)	98.8~100.2 (99.4)	$3.1 \sim 4.8 \times 10^{-5}$ ( $4.0 \times 10^{-5}$ )	×
		10	19.6~20.2 (19.9)	+0.3~+0.9 (+0.6)	81.5~84.6 (82.5)	100.1~101.1 (100.7)	$3.3 \sim 4.7 \times 10^{-5}$ ( $3.8 \times 10^{-5}$ )	×
	30	6	20.2~20.6 (20.4)	+0.6~+1.0 (+0.8)	77.8~81.5 (79.5)	97.3~98.7 (98.2)	$5.1 \sim 5.5 \times 10^{-5}$ ( $5.3 \times 10^{-5}$ )	×
		8	18.5~20.3 (19.2)	-0.6~+1.2 (+0.1)	77.1~82.1 (80.2)	97.3~100.5 (98.9)	$4.2 \sim 5.5 \times 10^{-5}$ ( $4.7 \times 10^{-5}$ )	×
		10	19.3~20.1 (19.6)	+0.7~+1.5 (+1.0)	81.6~84.8 (83.2)	97.7~99.6 (98.5)	$3.5 \sim 5.0 \times 10^{-5}$ ( $4.3 \times 10^{-5}$ )	×
16t VTR	20	6	19.8~20.6 (20.3)	+2.3~+3.1 (+2.8)	80.1~83.6 (81.5)	97.0~98.1 (97.6)	$3.0 \sim 3.4 \times 10^{-5}$ ( $3.2 \times 10^{-5}$ )	×
		8	20.0~20.7 (20.4)	+1.1~+1.8 (+1.5)	86.0~87.5 (86.8)	99.9~100.8 (100.2)	$1.3 \sim 2.7 \times 10^{-5}$ ( $2.1 \times 10^{-5}$ )	×
		10	20.5~20.8 (20.6)	+1.9~+2.2 (+2.0)	86.2~89.1 (87.5)	100.4~101.1 (100.8)	$9.2 \times 10^{-6} \sim 2.2 \times 10^{-5}$ ( $1.7 \times 10^{-5}$ )	×
	30	6	19.5~20.3 (20.0)	+1.0~+1.8 (+1.5)	76.9~81.0 (79.3)	96.1~97.1 (96.4)	$3.7 \sim 4.8 \times 10^{-5}$ ( $4.2 \times 10^{-5}$ )	×
		8	20.2~21.2 (20.7)	+0.6~+1.6 (+1.1)	81.5~84.3 (82.6)	96.3~99.4 (97.6)	$2.9 \sim 3.5 \times 10^{-5}$ ( $3.3 \times 10^{-5}$ )	×
		10	20.5~20.9 (20.7)	+2.1~+2.5 (+2.3)	84.0~87.5 (85.7)	98.8~99.7 (99.3)	$1.8 \sim 3.0 \times 10^{-5}$ ( $2.2 \times 10^{-5}$ )	×
品質管理基準			Wopt~D' 93wet (0~+6.5程度)	$\geq 80$	$\geq 95$	$\leq 1 \times 10^{-6}$		

(3)水性材料の透水係数確保の検討

1) 施工含水比の調整による対応

第1回の盛立管理試験において透水係数が確保されなかったことへの対応として、密度は余裕をもって確保されていることから、含水比を大きく

しても密度は確保されるものと考え、これまでの室内試験の結果から湿潤側での透水性が小さくなる傾向を考慮して、第2回盛立管理試験として、施工含水比を最適含水比 (Wopt) より Wet 側に +5% 付近とすることとした。

なお、転圧機種は、透水係数に対する転圧効果が高い16t級VTRとすることとした。

## 2) 盛立管理試験 (第2回) の条件

盛立材料

Gr-2A材

転圧仕様

撒出し厚 20及び30cm

転圧回数 6, 8, 10回

転圧機種 16t級振動タンピングローラー (16tVTR)

施工含水比

Wopt + 約5%

## 3) 盛立試験 (第2回) 結果

盛立管理試験 (第2回) の結果は表-4のとおりで、撒きだし厚さ20cm, 転圧回数10回の場合に密度及び透水係数が確保されたが、管理基準値に対して余裕が無い結果となった。

表-4 盛立試験 (第2回) 結果

転圧機種	撒出し厚 (cm)	転圧回数	含水比 W (%)	W-Wopt (%)	飽和度 Sr (%)	D' 値 (%)	透水係数 k (cm/s)	判定
16 t VTR	20	6	23.6~24.6 (24.3)	+4.0~+5.0 (+4.7)	82.0~84.0 (83.3)	94.5~95.3 (94.8)	2.4~3.1 × 10 ⁻³ (2.8 × 10 ⁻³ )	×
		8	23.8~24.1 (23.9)	+4.7~+5.0 (+4.8)	86.9~89.8 (88.8)	97.0~97.9 (97.6)	9.0 × 10 ⁻⁶ ~ 2.0 × 10 ⁻⁵ (1.3 × 10 ⁻⁵ )	×
		10	24.0~25.0 (24.7)	+4.9~+6.2 (+5.6)	89.6~92.4 (90.8)	97.0~99.0 (97.9)	8.9~9.8 × 10 ⁻⁴ (9.3 × 10 ⁻⁴ )	○
	30	6	23.6~23.7 (23.6)	+3.8~+3.9 (+3.8)	80.5~83.8 (81.8)	94.2~95.6 (94.8)	3.6~4.0 × 10 ⁻³ (3.8 × 10 ⁻³ )	×
		8	23.7~24.2 (24.0)	+5.4~+5.9 (+5.7)	85.0~88.1 (86.8)	95.8~96.5 (96.1)	1.8~2.8 × 10 ⁻³ (2.3 × 10 ⁻³ )	×
		10	23.5~23.7 (23.6)	+5.1~+5.3 (+5.2)	85.6~89.6 (87.5)	96.4~97.8 (97.0)	1.5~2.3 × 10 ⁻³ (2.0 × 10 ⁻³ )	×
品質管理基準			Wopt ± D' 95Wet (0~+6, 5%程度)	≥ 80	≥ 95	≤ 1 × 10 ⁻⁵		

## (4) ブレンド材料による対応

盛立管理試験第2回の結果及び盛立管理試験第1回の試験において、D' 値 = 100% 程度の転圧効果が得られていても透水性を満足することができなかったことから、これ以上転圧回数を多くしても締め固め効果の上昇は見込めないと考えられた。

これらの結果を踏まえ、Gr-2A単体では透水性の確保が困難と判断し、Gr-2A材 (細粒分は30%~40%と多いが粘土分は10%程度) に粘土分を増加させ透水性を確保することを目的として粘

土分の多いGr-1材とのブレンドを検討することとした。

## 1) ブレンド材の室内混合試験

Gr-2A材とGr-1材のブレンドについては、ブレンド比を1:1, 2:1, 3:1 (乾土比) の3ケースとし、粒度、締め固め特性、透水係数、せん断強度等について室内試験を行い確認した。(表-5)

表-5 室内混合試験の結果

試験項目	混合材 (Gr-2A + Gr-1) (乾土比)			基準値	
	1:1	2:1	3:1		
土粒子の密度 ρs (g/cm ³ )	2.780	2.778	2.767		
自然含水比 Wf (%)	31.3 (27.3~33.9)	29.9 (26.0~32.3)	29.2 (26.2~31.8)	①内は、Wopt~D' 95Wetの含水比範囲を示す。	
粒度組成	砂分 S (%)	54.1	57.1	57.2	
	シルト分 M (%)	29.2	29.2	29.2	
	粘土分 C (%)	16.0	13.7	10.6	
細粒分含有率 Fc (%)	45.2	42.9	41.5	Fc ≥ 20%	
塑性指数 Ip	23.2	18.1	15.4	Ip ≥ 15	
擁固の特性	最大乾燥密度 ρdmax (t/m ³ )	1.422	1.452	1.455	
	最適含水比 Wopt (%)	27.3	26.0	25.2	
	Wf-Wopt (%)	+4.0	+3.9	+4.0	
	Wf-D' 95Wet (%)	-2.6	-2.4	-2.6	
透水係数 k (cm/s)	D' 95Sr80 ~ D' 95Wet	1.0 × 10 ⁻⁶ ~ 4.8 × 10 ⁻⁷	1.6 × 10 ⁻⁶ ~ 8.6 × 10 ⁻⁷	1.9 × 10 ⁻⁶ ~ 1.3 × 10 ⁻⁶	k ≤ 1 × 10 ⁻⁶
	せん断強度 C' (kN/m ² )	20~25	20~25	20~25	C' ≥ 20
せん断角度 φ' (°)	内部摩擦角 φ' (°)	31.0~31.5	32.0	34.0~34.5	φ' ≥ 27
	圧縮指数 Cc	0.13~0.14	0.12~0.14	0.10~0.14	Cc ≤ 0.2

## 2) 室内混合試験結果の評価と対応

ブレンド材の室内混合試験の結果は、下記のとおりであり、せん断強度、透水性を満足していることが確認された。

□せん断強度は、いずれの含水比でも設計強度 (C' = 20kN/m², φ' = 27°) を満足する。

□透水係数については、現場で設計透水係数 (k ≤ 1 × 10⁻⁵ cm/s) を確保することを考慮すると室内では k ≤ 1 × 10⁻⁶ cm/s が目安となるが、この場合、混合比1:1のみ満足する。

これらの結果を踏まえ、下記の条件で盛立管理試験 (第3回) を実施することとした。

材 料: Gr-2A材とGr-1材のブレンド材 (ブレンド比1:1)

転圧機種: 16T級振動タンピングローラー (16tVTR)

撒出し厚: 20及び30cm

転圧回数: 6, 8, 10回

## 4) 盛立管理試験 (第3回) 結果

ブレンド材料を使用した盛立管理試験の結果は

表-6のとおりであり、その考察は、次のとおりである。

- ①ブレンド材の混合状況は、良好で粘土塊は少なかった。
- ②含水比は、27.1~28.2%（平均27.6%）であり、 $W_{opt} + 3 \sim 5\%$ 程度であった。
- ③締固め度（ $D' \geq 95\%$ ）は、全ての仕様で満足した。
- ④透水係数（ $K \leq 1 \times 10^{-5} \text{ cm/s}$ ）は、30cm撒きだしの6回転圧を除く仕様で満足した。

表-6 盛立管理試験（第3回）結果

転圧機種	撒出し厚 (cm)	転圧回数	含水比 W (%)	W-W _{opt} (%)	飽和度 S _r (%)	D' 値 (%)	透水係数 k (cm/s)	判定
16 t VTR	20	6	27.6~27.7 (27.7)	+4.3~+4.4 (+4.4)	92.8~93.7 (93.3)	98.0~98.3 (98.2)	$9.0 \sim 9.8 \times 10^{-4}$ ( $9.3 \times 10^{-4}$ )	○
		8	27.5~28.2 (27.9)	+4.6~+5.3 (+5.0)	92.3~94.9 (93.9)	97.8~98.1 (97.9)	$7.1 \sim 8.0 \times 10^{-4}$ ( $7.5 \times 10^{-4}$ )	○
		10	27.1~27.3 (27.2)	+3.2~+3.4 (+3.3)	90.9~91.8 (91.4)	98.8~99.1 (99.0)	$6.1 \sim 6.7 \times 10^{-4}$ ( $6.4 \times 10^{-4}$ )	○
	30	6	27.4~28.0 (27.8)	+3.9~+4.5 (+4.3)	87.3~89.4 (88.0)	95.7~96.6 (96.2)	$8.6 \times 10^{-4} \sim 1.1 \times 10^{-3}$ ( $9.6 \times 10^{-4}$ )	×
		8	27.2~27.7 (27.5)	+3.1~+3.6 (+3.4)	90.1~91.3 (90.9)	98.3~98.5 (98.4)	$7.3 \sim 8.2 \times 10^{-4}$ ( $7.6 \times 10^{-4}$ )	◎
		10	27.2~27.7 (27.5)	+3.9~+4.4 (+4.2)	92.1~93.7 (92.9)	98.6~98.8 (98.7)	$6.4 \sim 7.3 \times 10^{-4}$ ( $6.8 \times 10^{-4}$ )	○
品質管理基準				W _{opt} -D' 93Wet (0~+7.5%程度)	≥80	≥95	≤ $1 \times 10^{-4}$	

### (5)遮水性材料の決定

ブレンド材の混合試験及び盛立管理試験（第3回）の結果を踏まえ透水係数及びその他の管理基準を満足する仕様の中から最も経済的な遮水性材料計画を次のとおり決定した。

遮水性材料：Gr-2A材とGr-1材のブレンド材（ブレンド比1：1）

転圧機種：16T級振動タンピングローラー（16tVTR）

撒出し厚：30cm

転圧回数：8回

### (6)第2及び第3副堤における施工の結果

ブレンド材を使用した第2及び第3副堤の施工の結果は、図-3、図-4に示すとおりで、透水係数の規格値に近いデータが第2副堤で16%、第3副堤で19%見られたものの、全て規格値を満足している結果となった。

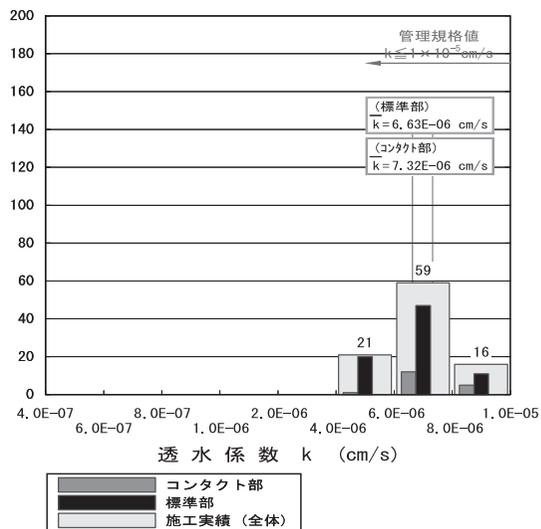


図-3 第2副堤 ゾーン1材 透水係数管理試験ヒストグラム

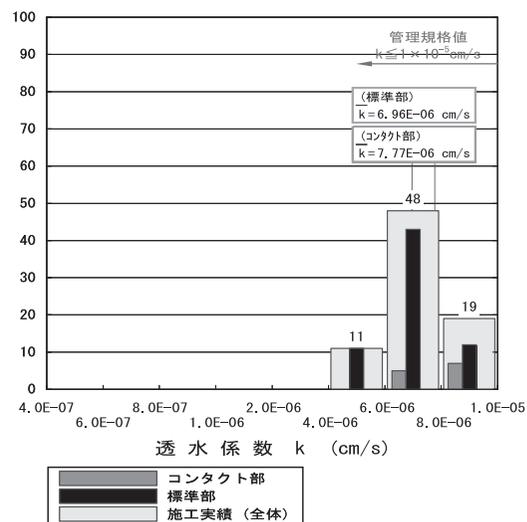


図-4 第3副堤 ゾーン1材 透水係数管理試験ヒストグラム

## 2. 熱水変質粘土による地山のすべりについて

### (1)地山のすべりの発生の経緯

調整池の掘削工事は、図-1に示す上流池に係る池敷き及び第2副堤基礎地盤から開始した。平成19年4月、第2副堤右岸上流部の管理用道路法面を掘削中に、切土法面に地山のすべりが発生した。（写真-1）



写真-1 すべり状況

マサ土地盤自体の強度からは法面勾配1:1でも十分安定しており、それまでは他の掘削箇所においては法面の変状やすべりの発生はなかった。

ところが、第2副堤右岸上流部の管理用道路(H=26m, 勾配上段1:1.0, 下段1:2.0)を掘削中に掘削高さ約H=15mに達したときに掘削面に変状が確認されたため、掘削勾配を1:1.5に変更した。掘削を開始し、残りの掘削高さ1mに達したところで地山のすべりが発生した。

このため、地質の専門家等を含めた地質調査を実施したところ、原因はマサ土地盤の中に粘性土のシームが流れ盤状に存在したため、それが滑材の役目をし写真-2の様なクサビ状すべりを発生させた。



写真-2 暫定法面保護工

このすべりの発生により、本地区の現場のマサ土地盤の中に、熱水変質粘土が存在し、すべりの原因となることが明らかになった。本文では、この対処方針等について検討した結果を報告する。

※写真説明

写真-1は、すべりが発生した直後である。写

真-2は、対策工法として小段から下部のすべり土塊を掘削除去し、上部については背後に民地があり排土工では対応できない部分があるため、排土工とロックボルト工の併用工法で暫定法面保護工として法面を安定させている。この形状は、概ねすべり面の形状を示している。今後は、補強土盛土(盛土勾配1:1.5)により復旧する予定。

(2)熱水変質粘土について

本調整池建設現場及び付近一帯は、Ⅱ-2「地質」で述べたとおり花崗閃緑岩が基盤として分布し、ダムサイト周辺の表層には、花崗閃緑岩が風化したマサ土が分布している。

マグマが冷えて花崗岩が形成される際には冷却収縮に伴って規則的な亀裂が形成される。そこに、マグマの固化に際して最後に取り残された300℃程度にもなる高温の水(熱水)が入り込むと、亀裂の両側の岩石を変質させて熱水変質粘土が形成される。熱水変質粘土は本来白色～淡緑色をしているが、風化の影響により薄いクリーム色～黄灰色に変化する。(写真-3)また、本地域では熱水変質粘土脈や熱水変質粘土を挟まない亀裂面においても、亀裂面が黒色化して筋状の模様ができていくものも多く見られる。これはその面を境として両側がせん断を生じたためであり、黒い鏡肌状の面と呼んでいる。(写真-4)

マサ土地盤には、このような熱水変質粘土、黒い鏡肌状の面が連続して流れ盤状に存在することにより地山のすべりを発生させる危険性がある。また、これが第2副堤右岸上流部の様にくさび形等の形状にある場合には、ブロック状のすべりが発生することもある。



写真-3 熱水変質粘土



写真-4 黒い鏡肌状の面

### (3)地山のすべり対策工法

掘削の進行と共に、熱水変質粘土及び黒い鏡肌状の面は、調整池建設工事区域内の随所で存在することが確認された。

この対策として、掘削を進めるに当たっては、熱水変質粘土の有無、賦存する場合の傾斜角度・方位、分布範囲等を詳細に把握し、すべりの可能性が予測される場合には、対策工法を検討した。

すべりの可能性のある面は、傾斜角度が急で掘削法面勾配と同程度で表層剥離が予測される場合と、傾斜角度が比較的緩く土塊となってすべりの発生が予測される場合の二つの出現パターンがあった。それぞれの出現パターンに対し、下記のような対策をとってきた。

傾斜角度が急で表層剥離が予測される場合には、定着長の短いロックボルト (L=2~3m) + モルタル吹き付けにより熱水変質粘土の縫いつけ

と表層崩壊防止を行っている。

傾斜角度が比較的緩く土塊となってすべりの発生が予測される場合には、排土工 (用地的な制約がない場合) 及び定着長の長いロックボルト (L=4~5m) + モルタル吹き付けを行っている。

#### 1) 現時点までの対策工法について

##### ①第2副堤右岸上流部管理用道路法面 (排土工法+ロックボルト工法)

「2-1第2副堤右岸における地山のすべりの発生」のとおり

##### ②右岸仮締切堤の左岸法面 (排土工法)

右岸仮締切堤の左岸法面 (H=10m, 勾配上段1:1.0, 下段1:2.0) (写真-5) においては、下段法面に差し目の熱水変質粘土が確認された。熱水変質粘土の勾配が法面勾配と逆の差し目であったことから、掘削後の変状を監視していたが1~2cm程度せりあがりが生じた。(写真-6)

当該箇所は、熱水変質粘土の勾配が差し目であるがマサ土自体が強風化していることが確認されたため、安定計算を行い切り土勾配上段1:2.0, 下段1:2.2, 小段幅5.0mの排土工法による対策を行った。その結果、法面は安定した状況にある。

##### ③第3副堤左岸アバット部法面 (ロックボルト工法)

第3副堤左岸アバット部法面 (H=19m, 勾配1:1) (写真-8) においては、下段法面に差し目の熱水変質粘土が確認された。熱水変質粘土の勾配が法面勾配と逆の差し目であったことから、掘削後の変状を監視していたが1cm程度せりあがりが生じた。(写真-7)



写真-5 右岸仮締切堤の左岸法面



写真-6 変状状況



写真-7 変状状況



写真-9 熱水変質粘土状況



写真-8 ロックボルト打設状況



写真-10 ロックボルト施工状況

当該法面は、地山が強度の大きいGr-2Aであり、熱水変質粘土の勾配も差し目であったが、変状が生じていること及び法が高く上載荷重が大きいことを考慮して、ロックボルト(L=5m)による対策を行った。なお、本施工箇所は、堤体のアバット部で盛立てまで短期間であることを考慮し、モルタル吹き付けは施工していない。(写真-8)

④右岸管理用道路法面(ロックボルト工法+吹き付け工法)

仮締め切り堤下流部の右岸管理用道路法面(H=20m、勾配1:1)(写真-9)においては、下段法面に差し目の熱水変質粘土が確認された。熱水変質粘土の勾配が法面勾配と逆の差し目であったことから、掘削後の変状を監視していたが1cm程度せりあがりが生じた。

当該法面は、地山が強度の大きいGr-2Aであり、熱水変質粘土の勾配も差し目であったが、変状が生じていること及び法が高く上載荷重が大きいことを考慮して、ロックボルト(L=4.5m)+吹き付けにより対策を行った。(写真-10)

V. おわりに

当調整池建設工事は、今後、調整池下流部に係る本堤及び第1副堤の工事を進めていくが、土取り場での掘削の進行に伴い徐々に風化の程度が弱いやや粗粒な材料が多くなる傾向にあるため、土取り場での適切な材料管理に努め必要に応じて良好な材料をストックする等により対応していきたいと考えている。また、地山の掘削に当たっては、掘削の進行に伴う土質調査は勿論のこと、掘削前の地山の露頭調査により滑落崖の有無を把握する等により、すべりの可能性の検討を行い安全な施工に努めていきたい。

本報文では、マサ土を遮水性材料とした場合の透水係数の確保について検討した結果及びマサ土中に存在する熱水変質粘土等が原因の地山のすべりの対策等について検討した結果を報告したが、これが、同様な土質の現場における参考になれば幸いである。

# 太郎丸調整池の設計と浸透挙動について

澁谷 達也* 松岡 樹* 東 孝宏*  
 (Tatsuya SHIBUYA) (Tatsuru MATSUOKA) (Takahiro AZUMA)

和田 健一** 辻野 篤*** 南 幸男****  
 (Kenichi WADA) (Atsushi TUJINO) (Yukio MINAMI)

## 目 次

1. はじめに……………	42	5. 目詰まりとフィルター材の選定……………	44
2. 流域・流出特性……………	43	6. 調整池の浸透機能検証試験と浸透挙動……………	46
3. 計画調整量と調整の方法……………	43	7. 水温と浸透挙動……………	49
4. 基準浸透量と調整池容量……………	44	8. まとめ……………	50

### 1. はじめに

近年、中小河川の内水氾濫による被害が多発している。その被害解消のため、富山県では庄川扇状地に位置する二つの河川で表-1の4ヶ所の浸透型洪水調整池を計画・施工した。

表-1 調整池諸元

調整池諸元	神島	砺波西中	小矢部西中	太郎丸
河川名	諏訪川	諏訪川	諏訪川	山王川
洪水調整量	m ³ 19,400	24,700	30,300	16,600
貯水量	m ³ 9,400	9,200	9,800	12,400
底面積	m ² 4,170	4,110	4,710	3,590
設計水深	m 2.30	2.10	1.90	2.80
最大流入量	m ³ /s 2.53	2.05	2.15	2.9
地下水水位	m -11.80	-4.50	-3.30	-22.70
洪水調整時間	hr 4.5	6.5	9.0	2.0

庄川扇状地の砂礫地盤は透水性が高いことから、調整池底面より浸透を期待する浸透型調整池とした。一般的な調整池の洪水調整量は、容量により定まる。また、貯留水を排水する設備が必要となる。浸透型調整池は、砂礫地盤を自然排水システムと見なし、浸透量を洪水調整量に見込む斬新な工法であり、経済的な施工が可能となる。

浸透量が機能の上で重要であることから、各調整池において実際に洪水を負荷する浸透機能検証試験を実施した。

本稿は、太郎丸調整池の浸透挙動と、浸透型の土木施設で問題となっている目詰まり対策を主として述べるものである。

庄川扇状地の中央部の農村地帯から市街地を通過して流れる若林口用水路の内水氾濫が喫緊の課題となり、その対策が求められた。もともと若林口用水路は山王川と呼ばれ、扇状地の氾濫原に生成された河道を用水として利用してきた経緯から、現在も148.3haの排水流域を有する構造となっている。

従来から洪水時には、庄川合口ダムでの流量制御、放水路による庄川本線への放流、気象予報に基づく全面断水等の対策をとってきた。しかし、流域の混住化により流出機構が変化したことから、図-1の市街地の特定の部分で溢水するようになった。

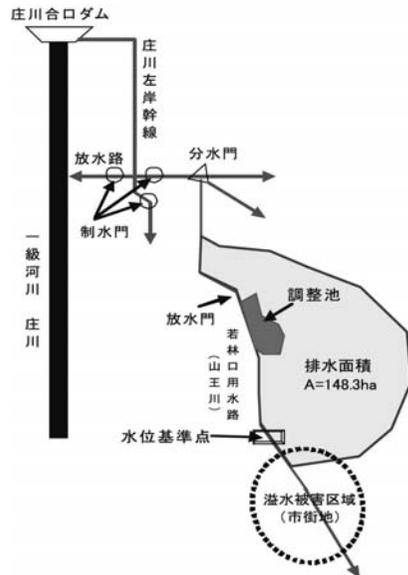


図-1 流域模式図

*富山県砺波農林振興センター (Tel. 0763-32-8128)  
 **応用地質(株)東京本社流域環境部 (Tel. 029-851-6542)  
 ***富山県出納局検査室 (Tel. 076-444-8876)  
 ****富山県高岡農林振興センター (Tel. 0766-26-8448)

洪水対策は河川断面を改修する流下能力の増大工法が一般的である。この工法は、市街地の水路に近接する公共構造物の存在等社会的に実現性の乏しい状況であった。このことから、流域に洪水調整池を新たに設置し、洪水のピークをカットする方式を採用した。

## 2. 流域・流出特性

計画排水量は確率降雨強度15年、降雨波形は図-2を用い算定した。山王川流域の計画日降雨量は147mm/day、時間最大雨量46.6mmの中央山型の波形である。

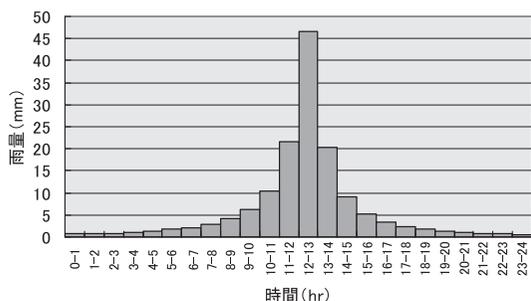


図-2 計画降雨波形

計画の策定にさきだち河川の流量を観測し、観測データをもとに、降雨と流量波形の再現性を各種の水文解析法を用い比較検討した。水文解析には、日雨量100mm以上の条件下でもっとも再現性が高い貯留関数法を用いることとした。

## 3. 計画調整量と調整の方法

溢水被害区域上流端の水位基準点の計画最大流量は11.20m³/sである。一方、同地点での流下能力が8.57m³/sであることから、調整池を配置し、流下可能となるよう計画とした。

調整池の配置位置と調整量により、河川の改修断面は異なる。いくつかの適地を比較検討し、もっとも経済的な位置、砺波市太郎丸地点に調整池の位置を定めた。(図-5)

調整池での洪水調整は越流堰によるレベルカット方式と、水門操作によるバケットカット方式がある。洪水調整時間が短いことから、バケットカット方式を選定した。調整池地点の調整前後の hidrograph が若林口用水路の調整池地点で図-3に、水位基準点で図-4になる。

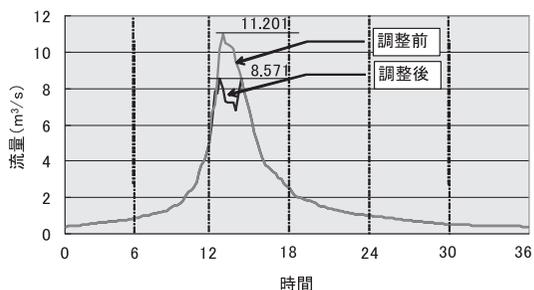


図-3 調整池地点 hidrograph

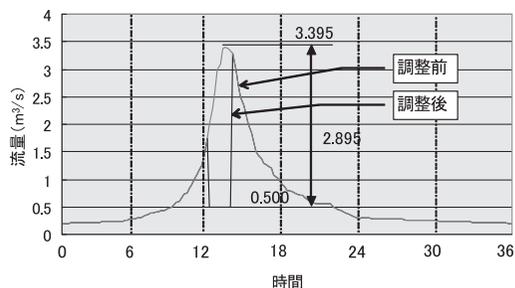


図-4 水位基準点 hidrograph

洪水調整は水位基準点で溢水が予測される危険水位に達した時点で、調整池の水門を開放し計画調整量 $Q = 2.89\text{m}^3/\text{s}$ を人工的に流入・調整する方式とした。なお、水門から調整池までは暗渠構造とし所定の流量以上の流入を抑止するとともに、調整池には余水吐を設けた。



図-5 調整池平面図

#### 4. 基準浸透量と調整池容量

浸透型の調整池容量は流入量と浸透量の関係により定まり、貯水位は(1)式で表現できる。すなわち、浸透量の多寡が調整池の容量をおおきく左右することが判る。(図-6)

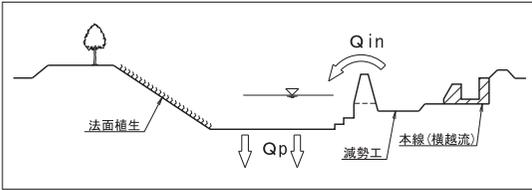


図-6 浸透型調整池模式図

$$dh/dt = Q_{in} - Q_p \quad \dots\dots\dots (1)$$

$h$  : 貯水位                       $t$  : 流入時間  
 $Q_{in}$  : 流入量                       $Q_p$  : 浸透量

浸透量をもとめるため、「雨水浸透施設技術指針(案)」に基づき土研法による変水位試験をおこなった。これにくわえて、底面積25m²(5m平方)の実証池を砺波市太郎丸地内に設けて変水位試験を実施した。この時の浸透量と貯水位について、底面浸透の条件下で式(2)の相関が得られた。

$$y = 0.1151x^2 + 0.2628x + 0.1446 \quad \dots\dots\dots (2)$$

$y$  : 基準浸透量 (m³/hr/m²)       $x$  : 貯水深 (m)

実証池の変水位試験によると、水深1mで浸透量は0.5m³/hr/m²、水深2mで浸透量は1.1m³/hr/m²であった。

また、試験は完全に素堀状態のものに加え、実証池の法面、底面に人工的に不透水層を設けた状態でも調査した。これによると、法面からの浸透量は比較的小さく、底面から卓越して浸透することが判った。

#### 5. 目詰まりとフィルター材の選定

浸透を期待する土木構造物は従来から目詰まり(clogging)が問題¹⁾となっている。目詰まりは浸透能の極端な低下をもたらす。雨水浸透型施設的设计基準では浸透能の低下率を目詰まり係数と定義し、施設規模を決定している。

浸透型洪水調整池の場合、雨水浸透施設に比べ規模も浸透量も大きい。流入水の水質、洪水時の

濁水の影響による透水性の低下が懸念された。濁水中の土粒子が原地盤(基礎地盤)へ侵入し滞留することにより、地盤の間隙構造が変化することによるものである。

浸透機能の長期間の維持には、原地盤の浸透能の維持が重要であり、従来から原地盤上に各種のフィルターが設置されている。フィルターは浸透能の確保にくわえ、土粒子等の濁質分の捕捉を役割としている。

フィルター材選定のため、直径20cmの円筒状のカラムに所定の動水勾配で濁水を負荷し、浸透能の低下を測定するカラム実験装置(写真-1)を作成した。

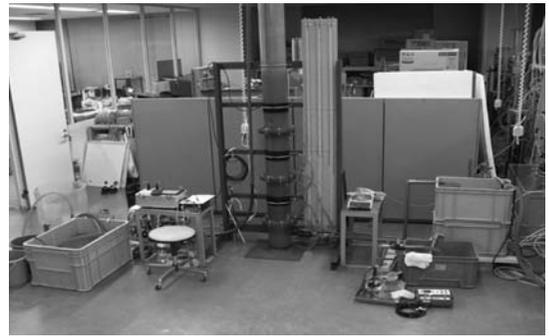


写真-1 カラム実験装置

フィルター材料はi) 原地盤ii) 各種の砂iii) 透水コンクリートの3種の試料(表-2, 図-9)を用い動水勾配 $i = 1.0$ で実験した。実験は定水位条件下で濁水を1時間、5回繰り返し負荷した。浸透量・濁度の推移を計測した。また、濁水中の土粒子の捕捉位置を調べるため、フィルター試料を3層に分けピエゾ水頭の変化を分析した。

表-2 フィルター試料物性

試料名	基礎地盤	4号珪砂	現地砂		透水性コンクリート		
			水島地区	下後壺地区	コンクリート1	コンクリート2	コンクリート4
土粒子密度 $\rho_s$ g/cm ³	2.65	2.64	2.66	2.66	-	-	-
均等係数 $U_c$	57	2.0	3.5	3.1	-	-	-
間隙率 $n$	0.18	0.50	0.46	0.46	-	-	-
透水係数 $k_{15}$ cm/s	4.7E-02	3.4E-01	5.4E-02	7.1E-02	5.3E-01 ¹⁾	1.9E-01 ²⁾	9.0E-02 ¹⁾
85%粒徑 $D_{85}$ mm	26	1.6	1.9	1.8	-	-	-
15%粒徑 $D_{15}$ mm	0.47	0.47	0.27	0.29	-	-	-
細粒分含有率 $F_{75}$ %	4.3	1.1	2.8	2.2	-	-	-
最大乾燥密度 $\rho_{dmax}$ g/cm ³	-	1.56	1.69	1.70	-	-	-
設定乾燥密度 $\rho_{dmax}$ g/cm ³	2.17	1.33	1.44		-	-	-

濁水は現地河川水の洪水時の観測最大値、濁度550、SS=1490mg/lのものを作成した。濁水の作成には図-10の神島低泥を用いた。

実験の結果は、1カラム当の累積濁質投入量と浸透量の変化の関係は図-7、フィルター試料透過後の濁度と繰り返し回数の関係は図-8を示した。

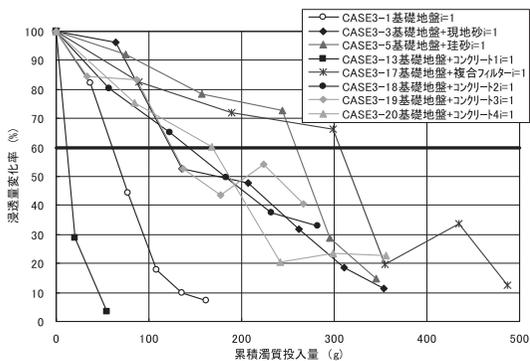


図-7 浸透量変化率と濁質投入量の関係

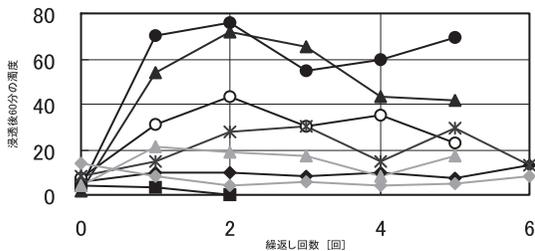


図-8 濁度と繰り返し回数の関係

原地盤（基礎地盤）試料上にフィルター試料を設置し、濁水負荷実験を行った。濁水負荷の前後に原地盤試料に清水を負荷し浸透量を測定した。濁水透過前後の浸透量の比を浸透量比とあらたに定義し整理した。浸透量比1.0はフィルターの効果により、原地盤の浸透能へ影響を及ぼしていないことを表現している。（表-3）

表-3 濁水を用いた浸透実験結果のまとめ

ケース名	供試体	初期浸透量60%時の濁質投入量	浸透水の最大濁度	マッドケーキ厚	濁質浸透状況	基礎地盤の浸透量比
CASE3-1	基礎地盤	60g	43	6mm	約20cm	-
CASE3-3	基礎地盤+現地砂	125g	10	6mm	約30cm	1.0
CASE3-5	基礎地盤+4号珪砂	255g	72	4mm	約40cm	0.9
CASE3-13	基礎地盤+コンクリート1	10g	4	1mm以下	コンクリート内に侵入	0.7
CASE3-17	基礎地盤+複合フィルター1	305g	30	8mm	約10cm	1.0
CASE3-18	基礎地盤+コンクリート2	140g	76	3mm	約20cm	0.7
CASE3-19	基礎地盤+コンクリート3	125g	8	4mm	基礎地盤上面まで確認	0.5
CASE3-20	基礎地盤+コンクリート4	169g	21	4mm	基礎地盤上面まで確認	0.4

浸透量比によると、現地砂、及び珪砂と現地砂を複合したフィルターが原地盤の浸透能に影響をあたえていないことが判った。両者を比較すると、濁質負荷量に対する浸透能は複合フィルターが優れている。一方、濁質捕捉能力は現地砂フィルターが優れている。

濁質分が原地盤に侵入して滞留した場合、浸透機能の回復は難しい。フィルターの濁質捕捉能力を重視して現地砂を選定した。現地砂は調整池周辺で産出する洗砂であり、実験した他材料に比べ経済的である。フィルター材の選定については、農村工学研究所の石田聡博士のご助言によるところがおおきい。

また、現地砂フィルターは、小矢部西中洪水時採取の図-10の浮遊土粒子も捕捉可能な粒度分布を有しており、フィルダムで用いられるJ.L.Sherard²⁾の提唱するフィルター則にもほぼ合致している。

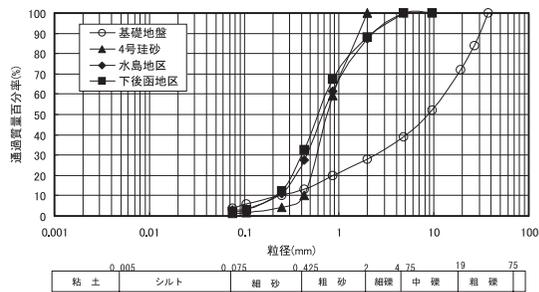


図-9 実験試料の粒径加積曲線

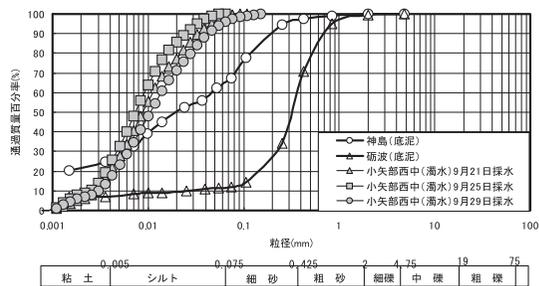


図-10 濁水の粒径加積曲線

実験で濁水を負荷するとフィルター上面にマッドケーキが形成され、厚く堆積する。ピエゾ水頭の変化を分析するとマッドケーキ³⁾が浸透能の低下に大きく影響していることが判った。

## 6. 調整池の浸透機能検証試験と浸透挙動

調整池の機能と、将来のメンテナンスの方法を知るため、実際に太郎丸調整池において、人工的に洪水を負荷する浸透機能の検証実験をおこなった。

各種計測計器を配置し、流入量と貯水位の推移を計測した。また、負圧測定可能な間隙水圧計をフィルター、原地盤内に配置し、浸透挙動のモニタリングを試みた。

一方で流入水の水質、及び周辺井戸の水質を継続観測し、環境への影響を調査した。また、洪水負荷前後のフィルター材の粒度分析をすることにより、フィルターの効果を検証した。

調整池の貯水位を計測するとともに、地中の浸透挙動を知るために図-11の間隙水圧計(CH1~CH7)を配置した。間隙水圧計は負圧測定可能(サンケイ理化製)なものとし、フィルター部に3基、原地盤に4基の間隙水圧計を設置した。流入量の把握のため本川分水地点の上下流に水位計を設け流量を算定した。

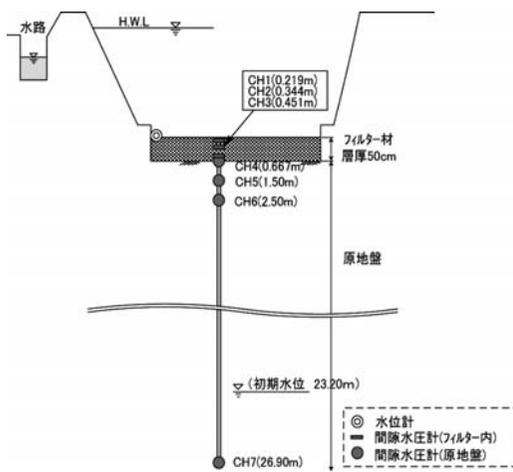


図-11 観測計器配置図

計測機器設置時のコアボーリング試料による原地盤の各深度の粒度分布は図-12のとおりである。原地盤の10試料を分析すると、全般的に礫分59.6~80.5%、砂分27.0~17.2%の砂礫質土といえる。

コアの採取にあたっては水溶性ポリマー⁴⁾を用い、乱さない健全な試料を採取した。コア観察と粒度分布試験によると1cm程度の粘土層が2層、10~70cmの比較的粘土分が多い地層が6層確認さ

れた。例えば、比較的粘土分の多い層と分類された原地盤より-1.4~-1.5mの試料はFc(細粒分含有率) = 17%を示した。U.S.B.R等の資料によるとFc15%以上で透水係数は $k = 2.9 \times 10^{-6} \text{cm/s}$ 以下の特性を示すものが多いとされている。近傍のコア試料の分析でFc = 46~68%の粘土層を確認している。このことから調整池底面から地下水面まで9層の不透水のシーム、あるいはレンズがあると考えられる。なお、室内試験によると、底面部の透水係数は $k_{15} = 2.9 \times 10^{-2} \text{cm/s}$ (室内試験)を示した。

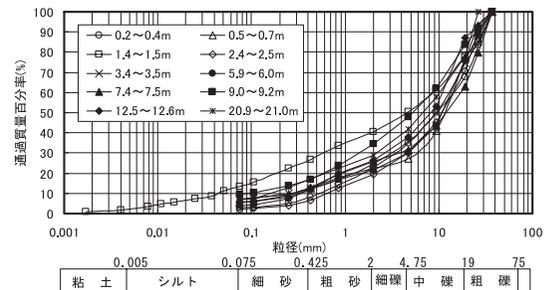


図-12 原地盤の粒径加積曲線

浸透機能検証試験(冬期)は、濁度平均0.7、水温5.9~6.4℃、SS2.9~3.2mg/L、電気伝導度6.1~6.9ms/mの条件下で洪水を人工的に1時間50分間負荷した。累積洪水負荷量は15,900m³であった。調整池の貯水位降下時に1mm/hrの降雨を1時間程度観測した。

実験時の全水頭の消長を図-13に、貯水位上昇時、下降時の間隙水圧の消長を図-14、図-15に整理した。

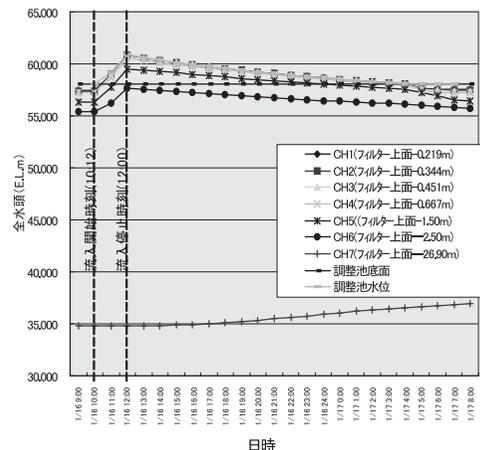


図-13 全水頭の経時変化

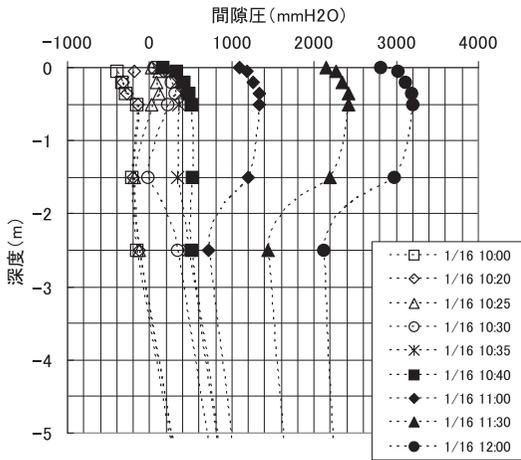


図-14 間隙水圧の鉛直分布（水位上昇時）

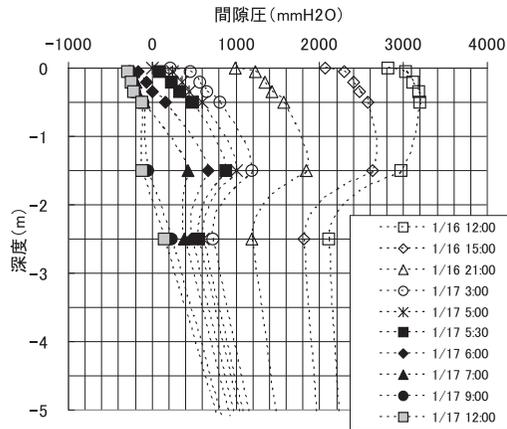


図-15 間隙水圧の鉛直分布（水位下降時）

貯水位は流入開始後1時間48分で最高水位（水深H = 3.0m）を観測し、流入停止17時間後に浸透が完了した。流入は10時12分に開始し12時に停止した。

フィルター内、及び調整池底面付近の間隙水圧計CH4の負圧は、洪水流入水が計器設置位置のフィルター表層に到達（11時21分）後、5分以内に消失した。間隙水圧の挙動は貯水位の上昇・下降に追従している。また、浸透試験開始26時間後にほぼ試験前と同等の値に回復している。

原地盤内のCH5の負圧は10分後に、CH6は9分後に消失した。粒度分布試験によるとCH5（-1.5m）付近に10cm程度の $F_c = 17\%$ の不透水層が存在している。間隙水圧の鉛直方向の消長は、これが浸入時において水理学的抵抗層となっている

ことを示している。CH6（-2.5m）付近は $F_c = 3\%$ であることから上層の不透水層による間隙水圧の消散の阻害が回復の遅れとなっていると考えられている。諏訪川水系の3か所の調整池の浸透試験においても同様の傾向が観測された。

地下水位CH-7は流入開始4時間後に応答し、27時間後に最高水位を示した。

計画洪水時の浸透挙動を予測するため、まず、実験時の浸透挙動が再現できるモデルを作成した。

解析は登坂らが開発したGETTFLOWS⁵⁾を用いた。このモデルは陸水の循環に基づく三次元の飽和不飽和浸透流解析である。解析の格子モデルは格子分割数369,600の図-16とした。浸透試験時に継続して水面に気泡の発生が観測されたことから、水・空気2相流解析とした。相対浸透率曲線は図-17で、水相はVan-Genuchten、空気相はBrooks-Coreyのモデルを採用した。土壌水分特性曲線は図-18を用いた。地下水の境界条件は「庄川扇状地水環境検討委員会」で観測された水位コンターで設定した。

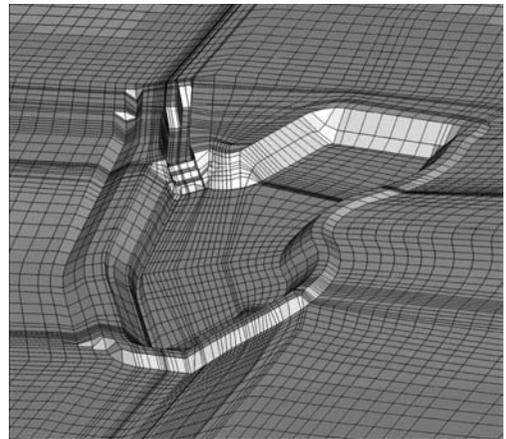


図-16 解析格子モデル

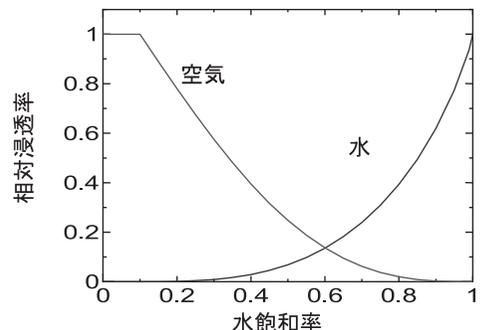


図-17 相対浸透率曲線

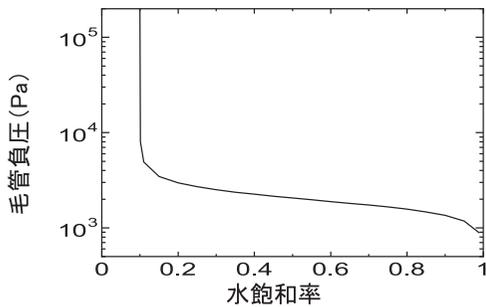


図-18 水分特性曲線

原地盤の有効間隙率 $n=0.18$ ，フィルターの透水係数は， $k=5.4 \times 10^{-2} \text{cm/s}$ ，有効間隙率 $n=0.46$ の条件とした。

観測された浸透挙動を再現可能な透水パラメータを逆解析により同定⁷⁾した。透水係数に異方性を与えた $k_h=1 \times 10^{-1} \text{cm/s}$ ， $k_v=3 \times 10^{-3} \text{cm/s}$ の境界条件下で解析すると，貯水位と浸透量の推移(図-19)，間隙圧の消長(図-20，図-21)などの浸透挙動をほぼ再現できた。ただし，地下水水位の挙動に乖離がみられた。これは解析上原地盤を均質と仮定していることによるもので，実際の原地盤が不均質で異方性を有するためフィンガー流が発生していることによるものと考えられる。同様の傾向は神島調整池の浸透試験で顕著⁶⁾であった。

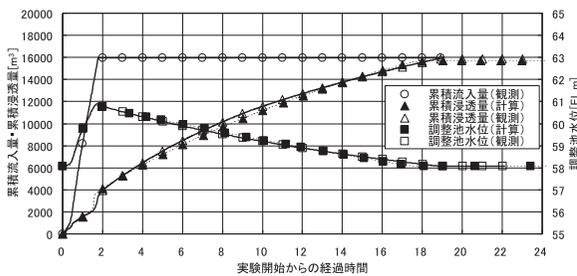


図-19 貯水位・浸透量の推移

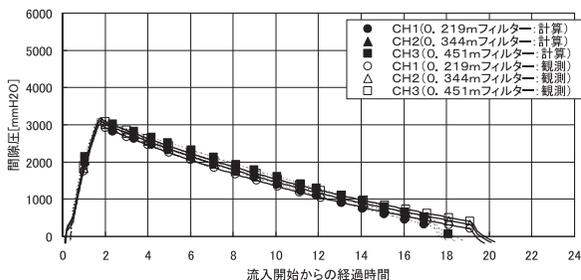


図-20 間隙水圧(フィルター部)の推移

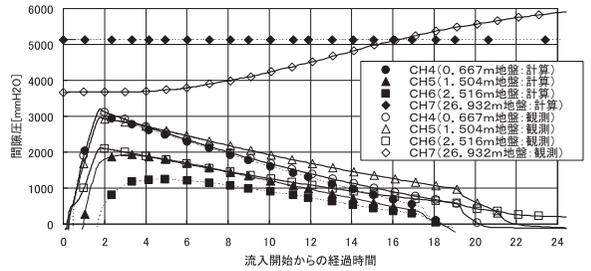


図-21 間隙水圧(原地盤)の推移

飽和度の進展を解析すると，原地盤の飽和度は図-22から図-27へ進展する。貯水位満水時の飽和度( $S_w$ )分布が図-24である。貯水位満水時においても，浸透水は地下水と連動していない。貯水位下降途上の飽和度分布が図-25，貯水位降下後が図-26である。いずれも，飽和度1.0以下の部分を有しており，原地盤全体が完全飽和に至る以前に浸透が終了したことを表現している。



図-22 洪水流入前の飽和度分布

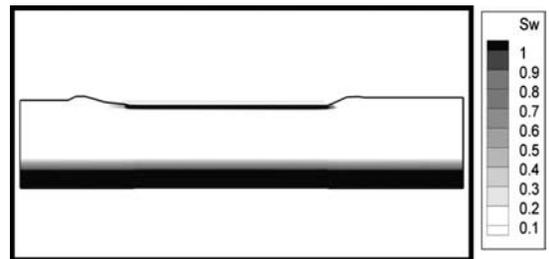


図-23 洪水流入1.0hrの飽和度分布

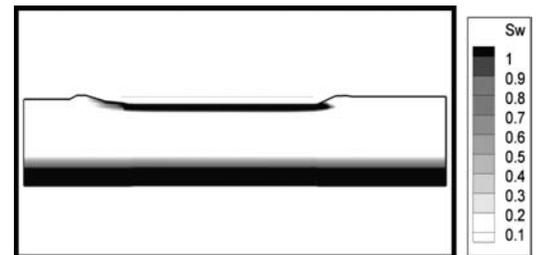


図-24 満水位時の飽和度分布

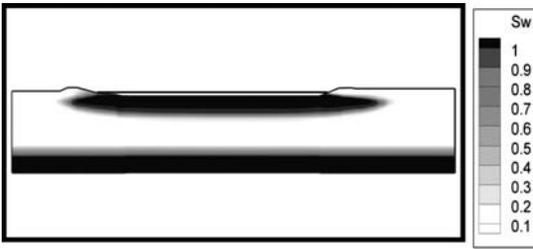


図-25 貯水位降下途上の飽和度分布

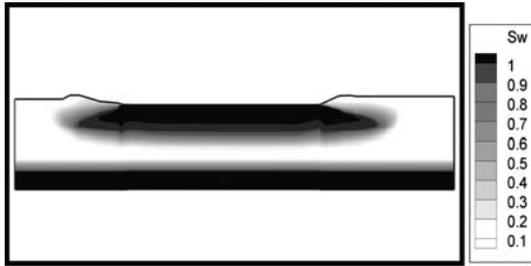


図-26 貯水位降下後の飽和度分布

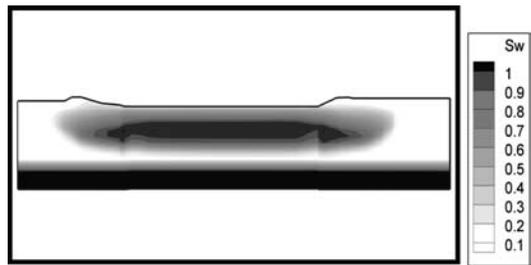


図-27 実験開始24hr後飽和度分布

原地盤試料を用いた室内透水試験の透水係数は  $k_{15} = 2.9 \times 10^{-2} \text{cm/s}$  を示した。一方、浸透機能検証実験の浸透挙動を再現するには、逆解析により  $k_v = 3 \times 10^{-3} \text{cm/s}$  を与える必要があった。

室内透水試験は完全飽和状態である。浸透機能試験時は不飽和浸透で終始したことを、計測と解析結果が教えてくれる。飽和度が低いと透水係数は低くなる。

もう一つの要因は、原地盤を構成する不透水層の存在である。鉛直浸透の場合、地盤全体の透水係数は透水性の低い層に規定されることが知られている。原地盤で確認された9層の不透水層は  $k_{15} = 5 \times 10^{-6} \text{cm/s}$  以下と推定され、地盤全体の等価透水係数は完全飽和の条件下においても低くなる傾向にある。

また、不透水層は間隙空気の上方向への消散を阻害し、飽和度の進展におおきく影響を与えていると考えられる。

これらの要因が複合して逆解析による透水係数、いわば、「見かけの透水係数」が決定されたものと考えられる。

太郎丸調整池の解析結果と解析を総括すると、次のように要約できる。i) 原地盤の不均質性、特に不透水層の存在が浸透挙動全体を支配する。ii) 不透水層は、浸透水の浸透速度、及び間隙空気の消散の障害となっている。iii) そのため、飽和度の進展は遅く、浸透は不飽和浸透に終始している。iv) このことにより、地下水面まで飽和領域が形成される以前に洪水調整時間が終了している。v) 地下水の浸透挙動からフィンガー流の発生が考えられる。

また、フィルターは十分に役割をはたし、洪水中の土粒子は表面で捕捉されていた。

## 7. 水温と浸透挙動

浸透挙動は流入水の水温により大きく変化するとされ、一般式(3)が示されている。

$$k = \rho g K / \mu \quad \dots\dots\dots (3)$$

$k$  : ダルシー則の透水係数     $\rho$  : 水の密度  
 $g$  : 重力加速度     $\mu$  : 水の粘性係数  
 $K$  : 浸透率

水温5℃の粘性係数は  $1.520 \times 10^{-3} \text{Pa} \cdot \text{s}$  で、水温20℃の粘性係数は  $1.002 \times 10^{-3} \text{Pa} \cdot \text{s}$  である。(3)式に従うと水温20℃の時の浸透量は水温5℃の条件下の1.52倍浸透することとなる。

実際の冬期の庄川流域の河川水温は5~10℃で洪水期は20℃前後である。

水温による浸透挙動の差異を調べるために、すでに述べた冬期試験(1月16日)にくわえて夏期(5月30日)に試験をおこなった。

夏期の浸透試験は、濁度平均5.5、水温14.2~14.4℃、SS4.0~12.0mg/Lの条件下で洪水を人工的に33分間負荷した。累積洪水負荷量  $6,900 \text{m}^3$  で、最高貯水深  $h = 1.2 \text{m}$  を観測した。また、実験時に降雨は観測しなかった。

その結果を整理すると貯水深と浸透量の相関は図-28で、流入停止後の浸透過程で冬期が(4)式を、夏期が(5)式を示した。貯水深1.0mで浸透量は冬期で  $0.166 \text{m}^3/\text{hr}/\text{m}^2$ 、夏期が  $0.245 \text{m}^3/\text{hr}/\text{m}^2$  となり、浸透量の比は夏期が冬期の1.40倍の値を計測した。

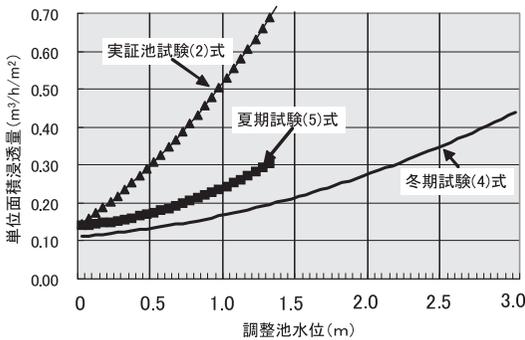


図-28 単位浸透量と水位の関係

$$y = 0.0262x^2 + 0.0305x + 0.1125 \quad [\text{水温}6.1^\circ\text{C}] \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$y = 0.0692x^2 + 0.00356x + 0.140 \quad [\text{水温}14.3^\circ\text{C}] \quad \dots\dots\dots (5)$$

y : 浸透量 (m³/hr/m²)      x : 貯水深 (m)

水温6.1℃の粘性係数は $1.166 \times 10^{-3} \text{Pa} \cdot \text{s}$ で水温14.3℃の粘性係数は $1.466 \times 10^{-3} \text{Pa} \cdot \text{s}$ となり、(3)式に従うと、浸透量の比は1.26となる。調整池の原地盤が完全飽和状態であれば浸透量の比は実際の計測値と一致するはずである。計測した浸透量の比が1.40と大きいのは、負荷した貯水圧等の差異による飽和度の進展状況のちがいに起因するものと考えられる。これは、原地盤中の間隙水圧の挙動が、夏期と冬期でおおきく異なったことに表れている。

いずれにしても、実際のフィールドにおいても浸透挙動は水温に大きく依存することが判った。このことについては、稿をあらたに考察したいと考えている。

太郎丸調整池の施工にさきだち2004年4月に建設予定地に実証池をもうけ浸透量を調査した。実証池と調整池の水位降下時の浸透量は図-28のとおりおおきく異なる。実証池の底面積は25m²で調整池の底面積は3,590m²である。

降雨による地盤の浸透挙動について実験・解析した齋藤らの報告⁸⁾によると、地盤内の間隙空気はまず側方に移動し、その後、上方に移動するとされている。実証池は規模が小さいことから側方に間隙空気が消散する可能性が高い。一方、調整池は規模も大きく間隙空気の消散を阻害する不透水層も確認されている。

冬期の浸透試験の洪水負荷量は、乱暴ではある

が降雨量に換算すると2,200mm/hrとなる。急激な洪水負荷による間隙空気の封入の影響も考えられる。原地盤の特性が異なることに加え、これらのことが単位浸透量の差異の要因と考える。

なお、設計時の浸透量は、目詰まりの影響、フィルターのメンテナンスのタイムラグ、長期の浸透能の維持等を視野にいれ、実証地の基準浸透量を低減して用いている。

## 8. まとめ

浸透試験での逆解析でえられた境界条件で、計画の洪水負荷による浸透挙動をGETTFLOWSで予測した。このとき水温は洪水期の20℃を用いた。解析により太郎丸調整池は所定の機能を有していることを検証した。

筆者らは、本計画が「大自然の理」に合致しているのか、おのずから問いかけつつ検討をおこなった。欧米での浸透施設の機能不全の事例など、浸透型施設にはいくつかの問題が存在する。また、技術的に未知な部分も多い。

実際の設計にあたっての、重要な工学的判断については、技術検討会を開催し、その結論を尊重した。

自然界での浸透現象は、多くの場合、不飽和浸透であるといわれている。今回の実験と解析は「空気が水の浸透の邪魔をする。」浸透挙動を顕著に示したものと考え

なお、太郎丸調整池は2007年8月の局地的な集中豪雨に対応し、その役割を十分に果たした。

調整池の長期性能の維持には、フィルターのメンテナンスが不可欠であり、今後、浸透挙動のモニタリングを継続することが肝要である。

庄川の豊かな水は扇状地を生成し、その流域に住む人々は水との関わりから、散居村と呼ばれる生活空間を形成したといわれている。このことから、水環境に関する研究が各方面でなされている。今回、新たに施工された調整池が庄川扇状地の環境と調和しつつ、減災機能を発揮することを願うものである。

## 謝 辞

田中雅史(三重大大学名誉教授)には、調整池計画全体についてご助言をいただいた。また、向後雄二(東京農工大学)、瀧本裕士(富山県立大学)、今泉真之、加藤敬、石田聡、黒田清一郎(農村工

学研究所) 浅野将人(北陸農政局)の諸先生にお願いし、検討会を開催した。ここに感謝の意を表するものである。

#### 参考文献

- 1) 伊藤克彦ら, 碎石ドレーンにおける目詰まり防止に関する研究, 土木学会論文集, No.439 III-17, pp.53-62, 1991
- 2) J.L.Sherard EMBANKMENT DAMS ASCE Geotechnical Special Publication No.32 pp. 546-566 1992
- 3) 澁谷達也, 大橋雅樹ほか(2007) 浸透型調整池の浸透挙動についてその1 農業農村工学会第64回研究発表会講演要旨集, pp.38-39
- 4) 谷和夫ほか(2006) 水溶性ポリマーの濃厚溶液を利用した乱さない試料のサンプリング方法 土と基礎Vol.54No.4, pp.865-872
- 5) 登坂博行ほか(1996) 地表流と地下水流を結合した3次元陸水シミュレーション手法の開発 地下水学会誌 38-5 pp.253-267
- 6) 瀧本裕士, 澁谷達也ほか(2007) 浸透型調整池の浸透挙動についてその2 農業農村工学会第64回研究発表会講演要旨集, pp.40-41
- 7) 瀧本裕士, 澁谷達也ほか(2007) 浸透型調整池の浸透挙動についてその3 農業農村工学会第64回研究発表会講演要旨集, pp.42-43
- 8) 齋藤雅彦ほか(2003) 間隙内空気の運動を考慮した数値シミュレーションによる雨水浸透・浸出過程に関する研究 応用力学論文集Vol.6, pp.865-872

# 頭首工の性能規定化に関する考察（その2）

—性能確認調査から見た性能評価の課題と今後の方向—

酒 井 博 之* 米 山 元 紹*

(Hiroyuki SAKAI) (Motoaki KOMEYAMA)

## 目 次

1. はじめに	52	6. 性能調査上の課題	59
2. 頭首工の機能と性能	52	7. 性能調査から見た頭首工の機能と性能の考察	59
3. 性能調査を実施した頭首工の概要	53	8. 性能確認から見た技術開発の方向性	61
4. 性能確認方法	53	9. まとめ	61
5. 性能調査結果の概要	54		

### 1. はじめに

構造物を新設あるいは補修・修繕するに当たり性能設計手法が広く活用されるようになりつつある。従来の仕様規定型設計体系では、技術基準に基づいていれば、一定の性能が満足されていると考えられているが、その程度・内容（性能）については必ずしも明らかではない欠点がある。

これに対し「性能設計法とは、仕様（手段、方法）を示すことなく要求性能と必要な信頼性を示し設計することであり、設計しようとする構造物の機能を明らかにし、要求性能を示す必要がある。」とされる。このような背景のもと、性能設計にアプローチするための一つの試みとして筆者らは頭首工を対象として性能規定化の作業を試みた¹⁾。

この報告は、この概念に基づき実際の頭首工を対象とし、それぞれの要求性能毎に性能確認のための調査方法を立案し、建設された頭首工で調査を実施したものである。ここでは、頭首工における性能調査の実務と性能評価を通して得られた内容及び今後の技術開発と検討方向について報告するものである。

### 2. 頭首工の機能と性能

本報告における性能規定化のための階層は図-1のように考えている。頭首工の目的は、「河川から必要な農業用水を用水路に引き入れること」と定義し、この目的を達成するために頭首工が保有

すべき必要な機能（役割）と機能が満たされるために必要な要求性能がある¹⁾。

機能については、図-2に示すとおり「堰の安全性」、「取水機能」、「流水の流下機能」、「管理機能」、「環境との調和への配慮」、「河道安定機能」及び「その他の機能」と、大きく7つに分類し、それらに対する要求性能は「安定性能」から「施設の安全性」までそれぞれ11に分類できる。

頭首工を構成する各種施設は、取水口、可動堰（堰柱、洪水吐ゲート、エプロン、護床工）、付帯施設、管理施設等であり、本報告にあたっては、それらについて要求性能を明らかにし、性能調査を行った。



図-1 基準の階層図

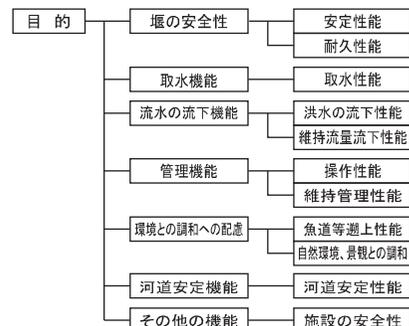


図-2 頭首工の機能・性能の分類

*北陸農政局佐渡農業水利事業所（Tel. 0259-66-4440）

### 3. 性能調査を実施した頭首工の概要

小倉川頭首工は、昭和40年に県営かんがい排水事業により築造された既設頭首工を国営事業により全面的な改修（新設）を行ったものである。平成19年2月に完成し、同年3月より供用を開始している。小倉川頭首工は、①旧施設とは異なる取水・放流管理、②従来と異なる運転操作、③左岸単独取水から両岸取水方式への変更、④送水施設の新設・変更等を行い、築造された国営小倉ダムや幹線水路等と一体的に管理する新たな水利システムへと移行することとなる。ここでは、全て

のシステムが稼働していないことから、頭首工を単独の施設と考え、性能評価を行うこととした。なお、調査期間中は、国営小倉ダムを運用した条件下にある。

表-1 小倉川頭首工の概要

施設名	小倉川頭首工		
型式	フローティングタイプ全可動堰		
堤高	1.6m	堤長	24.6m
取水量	左岸 0.68m ³ /s	右岸	0.65m ³ /s
集水面積	30.3km ²	計画洪水量	310m ³ /s

### 4. 性能確認方法

頭首工の機能及び要求性能毎の照査は、設計基準書・技術書等に基づき行なわれることになる。小倉川頭首工についても、従来の設計基準に基づき照査された施設である。ここでは、これらの照査に基づき築造された頭首工の性能確認を現地において試みることにする。筆者らはこれまで、犬山頭首工のエプロンの摩擦調査等を行ってきたが、ここでは、図-2に示す全ての要求性能を対象とし、性能確認を行うための方法として表-2に示す調査方法を提案し、この内容に基づき、現地の頭首工で実際に行った。



写真-1 小倉川頭首工（上流から望む全景）

表-2 小倉川頭首工の性能確認方法

目的	機能	要求性能	照査内容	調査内容	観測頻度
河川から必要な農業用水を水路に引き入れること	堰の安全性	安定性能	堰に作用する荷重等に対して安定性を有すること（滑動、転倒、地盤支持に対する安定性） 河床に局所洗掘が発生しないこと	(1)頭首工本体にピンを設置し、トランソメータ（XYZ座標の測定による傾きを確認） (2)かんがい期終了後、上下流の法先（護床ブロックと河川との境界）の写真撮影による定点観測 (3)目視調査により確認	月1回、洪水時 非かんがい期 随時
		耐久性性能	浸透水によるバイピンク防止が可能であること エプロンを設置する場合は、越流水による堰体上下流部の洗掘に対し、耐久性を有すること	(4)エプロン部にピンを打ち、コンクリートの摩耗量を確認 (5)目視により洗掘状態を調査	随時 洪水時、随時
	取水性能	取水性能	設計取水量が取水できる性能を有すること	(6)頭首工配付の流量計流量と、用水路の流量観測による流量を比較	取水開始時
			取水量の調整が可能な性能を有すること	(7)取水ゲート操作による取水流量調整が適切か確認	取水開始時
			設計取水水位が安定して確保できる性能を有すること	(8)設計取水水位時に設計取水量が安定的かつ確実に取水可能か確認	取水開始時
			取水口は、土砂や浮遊物等が水路へ進入しないこと	(9)スクリーンや水路の状況を目視により確認	取水時
	流水機能	洪水の流下性能	ゲートは、開閉動作に対し確実性を有し必要な水密性、耐久性を有すること	(10)取水施設内の土砂や浮遊物の堆積、損傷具合を確認（油圧装置のオイル漏れ、ワイヤー・チェーン・歯車の状態確認）	随時
			洪水時に河川の治水に著しい支障を与えることなく洪水を流下できること	(11)設計洪水水位と設計洪水量を洪水時、洪水後現地確認	洪水時、洪水後
			ゲートは、開閉動作に対し確実性を有し必要な水密性、耐久性を有すること	(12)洪水時、洪水後に洪水吐ゲートの操作による確認	洪水時
	管理機能	維持管理性能	堆積する土砂を短時間に掃砂できる性能を有すること	(13)洪水吐ゲートを操作し土砂が堆積しないゲート操作方法を確認	土砂堆砂時
			流水の安全な流下が可能な性能を有すること	(14)魚道の構造や水の流れ方、設計流量を流況計により確認	随時
	調配環境への配慮	操作性能	ゲートの円滑な操作性能を有すること	(15)聞き取り調査、機器、計器の確認（ゲート、モーター、巻上機、自家発電機の状態確認）	随時
			計測性能を有すること	(16)安定した受電、ラップテスト、表示機器の結露等を確認	随時
		維持管理性能	除塵が可能な性能を有すること	(17)現地確認調査、聞き取り調査（特に洪水時）	洪水時等
			夜間においても管理可能であること	(18)照明設備の設置位置、照明範囲を確認	夜間
	河道安定	魚類等適上性能	河川に生息する魚介類の移動が可能な性能を有すること	(19)隣接道路との関係、転落防止設備・通路等のすべり具合を確認	随時
			自然環境や景観との調和に配慮すること	(20)現地確認し魚類に対する配慮検討や適上状況を確認	随時
		河道安定性能	河川堤防及び高水敷の洗掘が生じないこと	(21)頭首工堰上下流における魚類等の生態系について、漁協、地元住民等への聞き取り調査 (22)洗掘想定箇所や、漏水がないかを目視確認 上流側と下流側の土砂の変異状況を目視及び写真撮影 見通し線の景観変化、蒸発残留物、湿生植物、氷雪等の存在、植生の色と変化を確認	随時、洪水時
	施設の安全性	管理上または見学者等に対し安全性を有すること	(23)現地確認調査。（特に隣接する県道との関係、安全対策、鍵の有無等）	随時	

基本的な考え方は次の通りである。

(1)頭首工の挙動の把握（力学的，水理的安定性）

堰の安全性を確認するため，堰柱に標点を設置し計測する。また，浸透水によるパイピング等については，この頭首工で直接計測する適切な方法が見つからなかったため，目視調査確認による方法とした。

(2)耐久性

急流河川であり旧頭首工においても，河床洗掘，エプロンの摩耗が著しかった。このため，エプロンについては実測を基本として計測することとした。

(3)取水性能，流水の流下性能

本性能は，頭首工に求められる基本的な要求性能であるため，ゲート操作，流量計測等を実際の操作を通して性能確認を行うこととした。特に，流量変化に対応する柔軟性が求められるため，取水量，洪水量の変化に対応した操作性に注目した調査を行うこととした。

(4)環境との調和への配慮に対する性能調査

魚道の性能については，採捕により確認することとし，頭首工設置による河川の水域としての環境変化については，漁協，地域住民等からの聞き取りによる方法とした。

なお，表-2に示す調査方法は，筆者らが東海農政局管内で行った既設頭首工の機能診断で用いた方法等を参考として作成したものである。

## 5. 性能調査結果の概要

頭首工の性能調査方法は，表-2に示す通りであり，これらに示す方法で実施した。以下に主な調査結果を述べるとともに性能評価方法について現場における性能調査の実務を通して得られた知見を示す。

### 5. 1 堰の安全性

(1)堰に作用する荷重等に対する安定性能

設計基準によれば，「堰柱は，洪水の流下に支障を与えず，作用する荷重に対して安全で，かつ，ゲートの操作が容易となるよう設計しなければならない」とある。堰柱に作用する荷重は，堰柱の自重，ゲートの重量，ゲートや堰柱が受ける静水圧及び動水圧等があり，これら荷重に対し，頭首工は，洪水時や地震時等を想定して転倒・滑動・地盤支持力に対する安定性が確保されなければならない。このため，要求性能としては「転倒・滑

動・地盤支持力に対する安定性」と規定される。現場における性能調査では，各々の照査数値を直接確認することは極めて困難であり，現場における実務としては現実的ではない。このため，表-2の(1)に示す堰の挙動を計測することにより，間接的に性能確認をしようとしたものである。しかしながら，堰柱の変位についての安全性の照査がなされていないことから，性能調査を実施した時点での安全性の程度については明らかではない。

測量作業は，図-3に示すトランシット測量で堰柱の前後及び側面に配置した標点の動態観測を，供用開始からかんがい期終了の約半年間実施した。

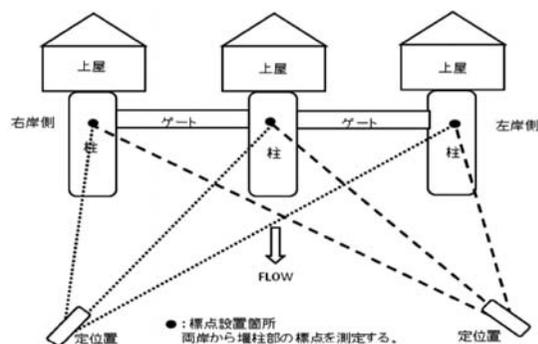


図-3 調査方法

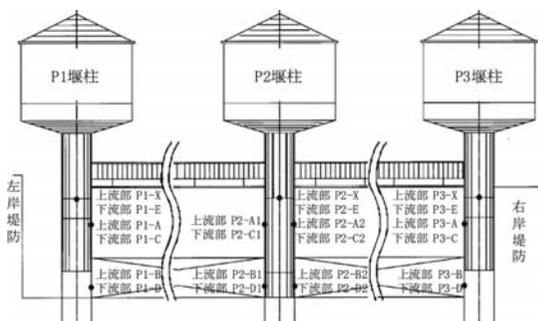


図-4 定点設置横断面図

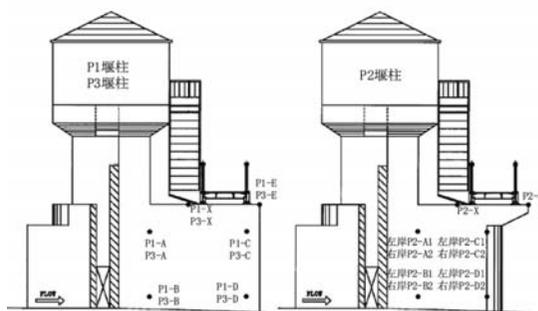


図-5 定点設置縦断面図

観測期間中の平成19年7月16日に発生した新潟県中越沖地震（佐渡市震度4）や平成19年6月29日の降雨時（小倉ダム地点日雨量101mm）及びゲート開放後の平成19年10月1日の観測結果を見ても大幅な変化が見られず、弾性的な挙動で堰柱は安定していた（図-6, 7, 8）。また、目視調査により、堰柱コンクリートは概ね健全な状態に保たれていることが確認された。今後において上述のように、性能照査時における具体的な数値の計測（例えば、頭首工に作用する地盤反力と基礎地盤の強度の実測等）が困難な現状を考慮すれば、堰体の挙動を計測するのが簡便な方法ではないかと考えられる。ただし、この評価方法については今後の検討課題である。

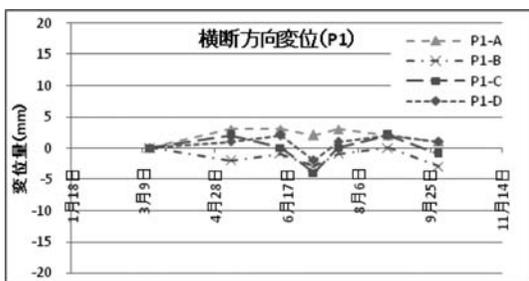


図-6 横断方向変位 (P1堰柱) (注1)

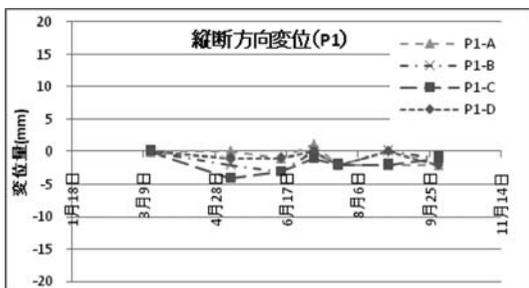


図-7 縦断方向変位 (P1堰柱) (注1)

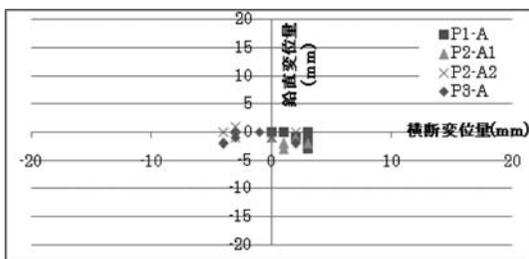


図-8 鉛直方向変位 (P1,2,3堰柱) (注1)

(注1) 今回計測された変位量は計測誤差の範囲内と判断される

## (2)エプロンの耐久性性能調査

エプロンの機能は、越流水による堰体上下流の洗掘防止、浸透水によるパイピング防止が挙げられる。本項目においては、エプロンのコンクリートの流水・土砂流下時の磨耗に対する耐久性性能を調査した。

測定方法は、固定点としてエプロンのコンクリート部に配置した測定ピン（写真-2）の先端から、磨耗が想定されるコンクリート面までの距離測定である。

観測は平成19年3月及び同年9月に計2回実施し、全測点を見ると-2mm~1mm程度であることが確認され、磨耗量については調査期間中では少なくとも、耐久性は確保されているものと考えられる。また、本方法は簡易的な計測のため、測定誤差を考慮する必要があるが、継続して測定を行えば、経年変化を把握する有力な調査方法となりうると考えられる。なお、磨耗の進行、洪水時の転石による破損等が懸念されるが、座標を求めておくことで連続した計測が可能となる。

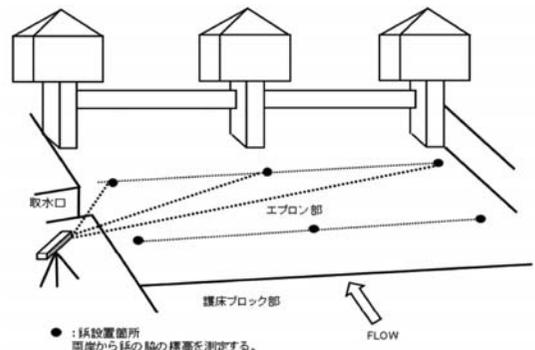


図-9 調査方法 (エプロンの磨耗)

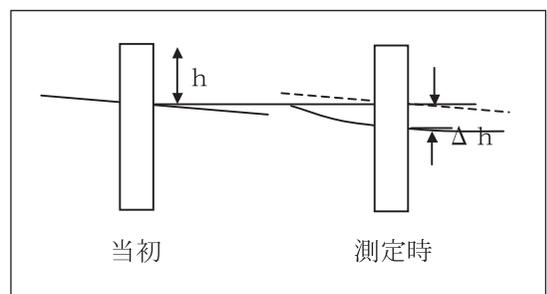


図-10 測定方法 (エプロンの磨耗)

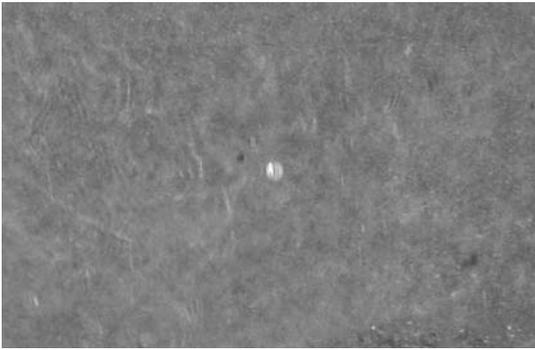


写真-2 エプロンに設置した測定ピン



写真-3 流量観測

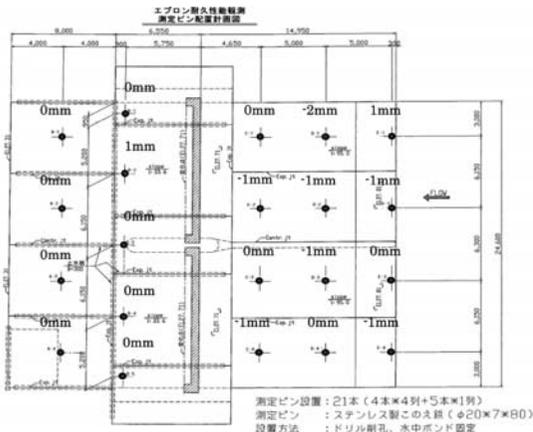


図-11 エプロンのコンクリート摩耗量調査位置

## 5. 2 取水機能

### (1) 取水量調査

頭首工から取水するに当たっては、期別及び年間の最大取水量が定められ、精度の高い流量計測が必要である。このため、水田からの需要量に応じた適切な取水量調節は重要な課題である。小倉川頭首工は導水路に設置された流量計（超音波液体流量計：超音波伝播時間差方式）により流量を計測する計画である。左右岸に設置された機側の取水操作盤におけるデータと取水後の開水路部での実測流量を比較検討することで、取水量の精度を検討することとした。

計測器の有する誤差を考慮すれば、計測結果は概ね正常な範囲と考えられるが、その評価については今後の検討課題と言える。

## 5. 3 流水の流下機能

### (1) ゲートの水密性、耐久性調査

平成19年6月29日の降雨により、河川流量の増大とともにゲートからの越流水深が上昇した。このため、現場にて機側操作によるゲートの開閉操作を実施したが、操作性能としての支障は無く、機能を発揮していることが確認できた。

### (2) 掃砂性能調査

河川上流より流下する土砂が頭首工の湛水域に堆積すると、取水口の閉塞、ゲートへの負荷等、取水機能を阻害し、頭首工の目的が達成出来なくなる。また、維持管理費を抑えるためにも堆砂防止策として定期的な掃砂が必要である。このため、頭首工の適切な掃砂が可能となる洪水吐ゲートの操作方法を確立するため、かんがい期終了後、堆積土砂の掃砂性能を調査することとした。

まず、かんがい期終了後の堆砂量を確認するため、ゲートを上昇させると堰上流の水位低下とともに細かい粒子の土砂の巻き上げが発生した。さらに水位が低下するとゲート上流側のエプロン部には細砂・シルト質の土砂が一面に堆積していることが明らかとなった。また、ゲートを全開にした段階で、右岸部の堆積土砂を残し、左岸部の堆積土砂は河川自流により徐々に崩壊しはじめ、数分後にはゲート直上流付近はほぼ掃砂された（図-13）。その後、計画取水水位まで再度堰上げ、掃砂のためのゲートの漸次開閉操作を行い、10cm未満の中小の礫については水位を堆積土砂の高さと等しくなるようゲート開度を設定することでほぼ掃砂ができることを確認した（図-14）。

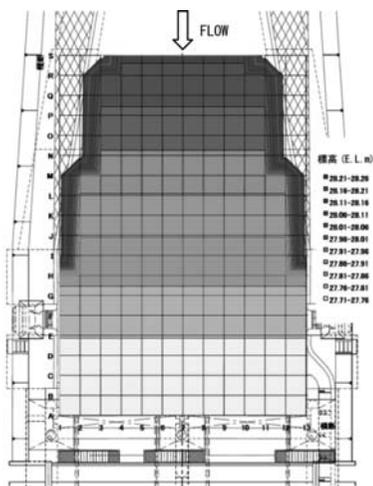


図-12 施工後河床標高

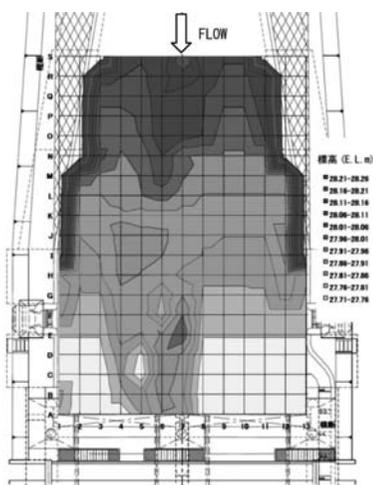


図-13 掃砂前河床標高

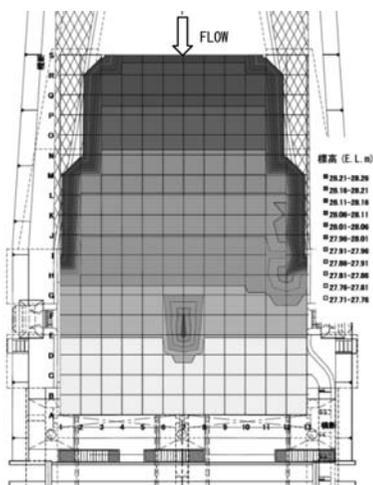


図-14 掃砂後河床標高

左右岸の堆積量を比較すると、頭首工の約100m上流で河川が左カーブをしているため、ミオ筋は右岸側よりとなるが、ゲートの全閉による湛水時は、左岸部に設置されている魚道より河川維持流量が流下し、右岸の洪水吐ゲート直上流部分で土砂が滞留するため、右岸側に堆積土砂が多くなるのではないかと考えられた。また、頭首工上流部には堆積土砂が増大しつつあり、今後、中小洪水により順次、頭首工に移動するものと考えられる。

次に、魚道への土砂の流入については流入口の標高が河床より高いため、主に粒径の小さい土砂が流入しているものと考えられるが、魚道内においては土砂の堆積はほとんど見られなかった。

頭首工上流に湛水する貯水量を利用して掃砂できないかと考えた方法であるが、堰上げ流量による掃砂では土砂を流下させる限界掃流力を得るには貯水量が少なく、すぐに水位低下する傾向にあった。このため、複数回堰上げ、放流を繰り返す必要があった。また、下流部での急激な水位上昇を抑制する必要があるため、ゲートの開閉操作は慎重に行う必要があるなど不利な面があることも否定できない。

ゲート操作により流出量を調節し、堆積している土砂の高さと水深をほぼ一致させることにより、ゲート上流側に起こる乱流に伴った土砂の巻き上げ現象が生じさせる掃砂方法が効果的であることが判明した。

掃砂を行う期間はかんがい用水期間が終了し、頭首工への通電が停止する9月上中旬から下旬までに行うことが望ましい。また、かんがい期間中では、大小の降雨による増水時の流水を利用した掃砂も効果的であると考えられる。

今後の維持管理段階を通して、適切な管理手法を確立することが、維持管理費の低減につながることになる。また、維持管理を行う中から、性能照査上の課題を見出すことも重要な課題である。



写真-4 掃砂前 (H19.9.11)



写真-5 掃砂後 (H19.9.12)



写真-6 レベル測量

#### 5. 4 管理機能

##### (1)ゲートの操作性能調査

機器、計器の確認およびゲート、電動機、巻上機、自家発電機等の操作性能について、作動状況を確認したところ、ゲート開度計や水位計、ゲートの水密ゴム等、運用に伴う微調整を行なったほかは、特記するような内容は見られなかった。

頭首工のゲートは、新設後2~3年間はゲートの自重や温度変化等により、洪水吐に設置されているゲートワイヤーが伸張する傾向にあり、対策として年次毎の調整が必要となっている。本頭首工においても供用1年目で約1cmの伸張があり、ゆるみとして検知されたために再設定を行った。

今後、1~2年間はワイヤーの伸張が見込まれるため、適宜、調整を行っていく必要がある。

##### (2)維持管理

取水施設内に土砂や細かな塵芥の堆積が見られた。今後、管理段階になると、土砂・塵芥の掻き出し作業が必要になるものと考えられた。また、施設の損傷や油圧装置のオイル漏れ、チェーン、歯車の維持管理は容易に補修・点検が可能か確認したところ、比較的簡単な方法で点検修理が行えることが分かった、なお、今年度においては、特別な不具合は見られなかった。

#### 5. 5 環境との調和への配慮

##### (1)魚類等遡上性能調査

頭首工の設計は、周辺の自然環境や景観との調和に配慮して行なわなければならない、河川に生息する魚類等を幅広く対象とした設計がなされるものとされている。小倉川頭首工においては代表魚種を「アユ」としてアイスハーバー式の魚道が設置されている。その性能について採捕調査を行い、魚種同定により確認した。

表-3に示す魚類採捕結果によれば代表魚種のアユをはじめとした計6種の魚類の遡上が確認できた。



写真-7 魚道



写真-8 魚種同定

表-3 魚類採捕結果

No.	目	科	種	H19	H6
1	キュウリウオ	アユ	アユ	○	○
2	サケ	サケ	ニジマス	-	○
3	サケ	サケ	イワナ	-	○
4	サケ	サケ	ヤマメ	-	○
5	コイ	コイ	ウグイ	○	○
6	コイ	コイ	オイカワ	○	-
7	コイ	コイ	カワムツB	○	-
8	コイ	コイ	タモロコ	-	○
9	コイ	ドジョウ	ドジョウ	-	○
10	スズキ	ハゼ	シマヨシノボリ	○	○
11	スズキ	ハゼ	トウヨシノボリ	○	○
12	カサゴ	カジカ	スミウキゴリ	-	○
13	カサゴ	カジカ	カジカ	-	○

表-4 甲殻類採捕結果

No.	目	科	種	H19	H6
1	エビ	サワガニ	サワガニ	○	○
2	エビ	イワガニ	モクズガニ	○	○

## 6. 性能調査上の課題

頭首工を管理する上での利便性を考慮しつつ、ライフサイクルコストを踏まえた維持管理を実現するためには、施設使用者が施設の機能と性能を理解し、注視すべき問題点を把握することが重要である。また、現場段階において性能調査を通して明らかになった点について述べると、①施設構造の特性により性能調査が困難であった項目は調査方法の改善や今後の技術開発が必要であり、また、②性能調査として一定の評価が得られた項目は有効な調査方法として、今後の性能調査に応用が可能と考えている。このため、他の施設における管理実績等の分析を踏まえた調査・検証により、頭首工の要求性能を総合的に判断していくことが必要である。

## 7. 性能調査から見た頭首工の機能と性能の考察

頭首工の性能確認を実施するにあたり表-5に示すように3段階に分けて実施することとした。新設された頭首工の直下に旧頭首工があり、完成時には撤去されていたことから、新頭首工は完成と同時に取水を開始する必要がある。このため、第1次、第2次性能確認調査で頭首工の基本的な操作性能を確認したのち、かんがい期を通じた第3次性能確認調査を実施することとした。以下に性能確認の結果について考察する。

表-5 性能確認の方法と考え方

確認段階	内容と考え方
第1次性能確認 (計画立案)	①躯体設備、ゲート設備等の動作確認 ②性能確認方法の立案、現地作動確認
第2次性能確認 (平成19年3月1日 ～10日)	①取水機能 ②ゲートの操作性能
第3次性能確認 (平成19年4月 ～10月)	かんがい期間中を通して、頭首工の全ての性能確認を行う。特に、洪水時における洪水の流下性能、取水状態への復帰までの操作性能を確認する。

### (1) 頭首工の挙動の把握 (力学的、水理的安定性)

従来の仕様規定型の設計方法では、頭首工の堰柱等の主要部材の変位については照査の中では考慮されていなかった。しかし、性能設計の段階になると、表-6に示すように地震時における性能照査として残留変位の問題を取扱う必要がある²⁾。

具体的には、レベル1地震動に対しては許容応力度法による照査で十分であるが、レベル2地震動になると、破壊モードの判定、耐力(曲げ耐力・せん断耐力)の照査や残留変位について取り扱う必要が生じる。このため、頭首工の初期値の把握の必要性と簡単な計測方法について検討したものである。今回の性能調査での外力としては水压・地震力があるが、図-6、7、8より±5mm程度であり概ね安定している。

目標とする耐震性能として具体的な数値を設定すれば、堰の安定性能は所要の精度で把握できることが確認できた。調査方法として堰に変位を計測するためのピンを設置し、XYZ座標を計測する方法で性能調査を行ったが、今後、下げ振り等を用いた簡単な計測方法を工夫する必要があると考えられる。ただし、調査結果は限界状態を表現しているものではなく、あくまで外力を受けた後の残留変位の結果を評価するための指標の域を出ないことは言うまでもない。

表一六 頭首工の重要度と目標とする耐震性能

重要度	地震動レベル	目標とする耐震性能
AA種	レベル1	健全性を損なわない
(注2)	レベル2	限定された損傷にとどめる
A種	レベル1	健全性を損なわない
(注2)	レベル2	致命的な損傷を防止する
B種(注2)	レベル1	健全性を損なわない

(注2)頭首工の重要度は、(1)、(2)への影響が極めて大きい施設をAA種、(1)、(2)への影響が大きい施設をA種、被災の影響が少ない施設をB種とし、他の施設と比べ耐震性能を上げた設計を行う。

(1)被災による二次被害

(2)被災による本来の機能に与える影響

## (2)耐久性能

次に耐久性能としての摩耗については、頭首工が山間部から低平地に広がる地点に設置されることが多いことから、避けては通れない課題である。旧小倉頭首工も例外ではなくそのような条件下にあり、エプロンはH型鋼等で補強されていた。また、筆者らが東海農政局管内で調査した結果でも同様の現象が生じていることが明らかとなっている。このことから、築造時点において耐久性能を満足できる構造とすることは勿論のこと、摩耗量の経年変化を把握することは、頭首工の機能が維持されていることを確認することに加え、適切な補修・修繕の時期を判断するための重要な情報となる。このようなことから今回行った性能確認手法は有効な方法と判断される。なお、設置したピンが摩耗の進行等により計測不能となった場合は、座標データを用いて行うことにより補足可能である。

## (3)取水性能・流水の流下性能

頭首工は一般的に上流水位一定方式により取水する 경우가多く、小倉川頭首工も同様の取水形式である。流入量の変動が大きい場合、取水位を一定にするため、ゲート操作により取水位を調整することが必要となる。このため、大型のゲート操作ではその調整が難しいことからフラップゲート等取水位調整ゲートを設置する 경우가少なくない。小倉川頭首工の流域面積は約30km²で上流の小倉ダムの流域面積が9km²（間接流域含む）あり、実質的に流況調整がなされていたこと、降雨が比較的少ない年でありダムからの放流により安定した流況のもと取水がなされていた実態から堰上流水位が比較的安定していたものと判断される。

次に実際の取水量を正確に把握することはどの頭首工でも困難な場合が多い。本頭首工では取水時に開水路区間があるため直接流量計測を行っ

た。取水ゲート表示流量との対比で考えると、 $Q = 0.38\text{m}^3/\text{s}$ 前後の流量流下時に流量誤差は0.05～0.06m³/sの範囲で、ゲート表示値の1.16～1.23倍の値を示し、流量管理の精度としては課題が残る結果であった。

また、洪水量については、ゲートからの越流、ゲート解放時の流下等のケースがあるがいずれも水位を計測し、計算式により算出する方法しかない。実際の洪水量とのキャリブレーションができないのが実態である。

## (4)環境との調和への配慮に対する確認調査

環境との調和への配慮として、①魚類等の遡上機能、②自然環境、景観との調和機能を考えていた。今回の調査では、基本的にこの二つの概念で表現できると考えられる。しかしながら、国営事業で建設した小倉ダムから小倉川頭首工の間及び頭首工から下流への放流に伴う河川環境の改善が見られるとの意見が、地域住民から寄せられている。具体的には設置以前には生息が少なかったサワガニ、カジカ等が多く確認されている。自然環境機能に該当するがこれらに対する評価方法については今後の検討課題と言える。今回の調査は頭首工の魚道周辺に限った調査としたが、今後は単に魚道の遡上性能に限定せず、水域としての調査、分析、評価が必要になると考えられる。

景観との調和機能として、操作室の外観について図上で色を変化させた案を複数作成し事業所、土地改良区で評価し決定した経緯がある。現状において違和感はないが人の感性による面もあり、その評価を具体的に示すことは難しい側面がある。



写真一九 鯉のぼり（管理橋）

以上のように、頭首工の機能と性能に着目し、それぞれの要求性能について性能確認方法を提案し現地で実際に調査を行った。作業の過程で様々な課題があることも判明したが、筆者らが提案した図-2に示す頭首工の機能・性能の分類で要求性能を概ね表現できることが明らかとなった。今回、性能確認を行った頭首工は比較的小規模な施設であることから、今後規模の大きい施設での検証作業が必要であると考えている。

## 8. 性能確認から見た技術開発の方向性

### (1)計測機器の開発と計測技術

性能確認のための調査は、掃砂性能、耐久性能、取水性能等多岐にわたる。これらの調査を経年的に実施し、頭首工の性能を時系的に把握するとすれば作業面から難がある。例えば、コンクリートの粗度係数は経年的に変化することが一般的に知られている。このため、一定期間毎に流量計測を行い補正することが必要となる。このことから、簡便に流量観測が可能な施設を設ける等して取水量を把握することが必要であると考えられる。そのためにも、それぞれの性能を簡便に計測できる機器の開発が望まれる。

### (2)性能評価基準の作成

今回の性能確認は独自の方法で行い、それぞれの要求性能について、試行錯誤的に評価を試みた。しかしながら、上述の流量計測、あるいはまた堰柱の残留変位等、計測した性能を判断するための「性能評価基準」について検討することが重要な課題であると考えている。

### (3)環境調査方法の検証

環境調査方法については、既に述べたように調査方法、範囲、評価方法等について引き続き検証が必要と考えられる。今後、土地改良区による管理段階に移行するが引き続き環境調査を実施しながら、小倉川における方法を検証することとする。

## 9. まとめ

筆者らが提案した頭首工の機能・性能に基づき、実際の頭首工で性能確認を通年行ったところ、頭首工に対する要求性能について一定の説明ができることが明らかとなった。今後、性能照査を実際の現場で行う場合に有効な手法になるのではないかと考えている。しかしながら、実務を通して明らかとなったように、課題も多く存在すること

が解った。これらの課題について、現場での実務を行いながら解決していくことが重要であると考えている。

## 参考文献

- 1) 米山他：頭首工の性能規定化に関する考察：  
水と土No.146：pp35～46（2006）
- 2) 土地改良施設耐震設計の手引き：  
（社）農業土木学会：pp290～291（2004）

## 頭首工管理者から見た施設設計上の課題

平 田 弘 成*  
(Hironari HIRATA)

	目 次
I. はじめに	62
II. 頭首工技術研究会について	62
III. 頭首工管理の現状	62
IV. 取水管理における設計上の課題と分析	65
V. まとめ	66

### I. はじめに

頭首工は、河川から農業用水を取水するための農業水利施設であり、安定した取水を行うため、古くから取水方式や堰の形式に工夫がなされてきた。

設計基準「頭首工」は昭和27年に初めて制定され、昭和42年、昭和53年、平成7年と改訂を重ね、現在の基準（平成20年度改定）に至っている。平成20年度の改定では、耐震設計の考え方、環境との調和への配慮等について記述の追加がなされており、今後は性能設計、ライフサイクルコスト、施設更新及び管理性能といった理念が求められると思われる。

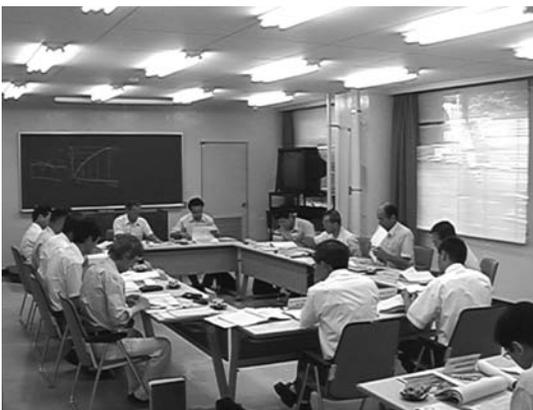


写真-1 研究会の開催状況 (H17.8.11)

これらの理念を導入するには、既設の頭首工の管理現場から学ぶことは極めて重要である。このため、頭首工管理の現場から頭首工の機能と性能を検証することを目的とし、頭首工管理実務に精通した管理者から構成する「頭首工技術研究会」を設立した。(写真-1)

なお、本報文は、過去に開催した研究会で検証した取水管理を中心に述べる。

### II. 頭首工技術研究会について

頭首工技術研究会は、頭首工管理の現場における管理面から見た現状把握、改善課題の明確化を図り、設計へのフィードバックを目的として平成17年度に東海農政局土地改良技術事務所内に設置した組織であり、頭首工技術に関する諸課題のうち、流水の管理、特に取水量管理の方法と設計に関し検証した。研究会の検証対象とした施設は、表-1に示すとおりである。

### III. 頭首工管理の現状

頭首工の目的は、河川から必要な農業用水を安定して用水路に取り入れることである。

このため、設計では設計洪水位、設計取水位等、幾つかの設計条件を設定し施設規模を決定しているが、この際の水位等は設計上常に一定とされている。

一方、管理の現場においては、水位等が時々刻々と変化しており、実態の管理状況が設計に反映されていないことが、管理労力の増大に繋がっていることが伺えた。

そこで、頭首工技術研究会では、以下に述べるように各頭首工の操作性能を評価することを通し

*現：農林水産省農村振興局整備部設計課施工企画調整室  
(Tel. 03-3502-8111)  
前：東海農政局土地改良技術事務所

表-1 対象施設概要

区 分	A頭首工	B頭首工	C頭首工	D頭首工	E頭首工
管理者	東海農政局	愛知県	土地改良区	土地改良区	土地改良区
本体形式	フローティングタイプ (一部フィックスタイプ)	フローティングタイプ	フィックスタイプ	フローティングタイプ	フローティングタイプ
取水量	52m ³ /s	18.71m ³ /s	30m ³ /s	23.35m ³ /s	8.522m ³ /s
洪水量	12,500m ³ /s	1,400m ³ /s	2,800m ³ /s	2,300m ³ /s	5,700m ³ /s
堤長	420m (固定堰含む)	63.5m	167.3m	171m (固定堰含む)	189.6m (固定堰含む)
附帯施設	洪水吐, 土砂吐, 魚道, 舟通し	洪水吐, 土砂 吐, 魚道	洪水吐, 土砂 吐, 魚道	洪水吐, 土砂 吐, 魚道	洪水吐, 土砂 吐, 魚道
備 考	両岸取水			両岸取水	



写真-2 E頭首工



写真-3 C頭首工

表-2 取水管理の方法

名 称	取水管理の方法		備 考
	不感帯幅	調整手法	
A頭首工	±10 cm	制水ゲートを1～2 cm単位で手動操作	管理水位はEL37.00～
B頭首工	/	気温差によるシリンダー又は油の膨張によって転倒ゲートが変化するためゲート開度を手動操作	
C頭首工		水位を厳守して手動操作	流量管理ではなく水位管理
D頭首工	± 5 cm	上流30 mの水位を感知してフラップを制御	自己水源を持っている
E頭首工	±15 cm	細かい管理は手動操作	

注) 不感帯幅とはゲート操作における調整範囲

て、設計上の課題、特に取水量管理の方法と設計に関し検証を行った。

### 1. 取水管理の方法

頭首工においては計画取水量を正確に取水しなければならない。計画取水量を取水するため、ゲート等によって水位を計画取水水位まで堰上げる必要があり、安定した取水量を確保するには、取水水位を一定に保つ必要がある。

表-2は、各頭首工管理者が上流水位を一定に

保つために行う取水管理の方法をまとめたものである。この表より全ての頭首工において、不感帯(ゲート操作における調整範囲)をもって管理しており上流水位一定が近似的にしか保てないこと、その水位に近づけるには巨大なゲートを数cm単位で手動操作を行っている事がわかる。

しかしながら、設計上はこれに伴う取水量の範囲(変動等)、操作性能・方法については検証されていない。

## 2. 洪水時管理の方法

河川を横断して設置されている頭首工は、設計洪水量を支障なく確実に流下させることが治水の上、求められる機能である。

表-3は、洪水時における各頭首工管理者の管理の現状とその問題点についてまとめたものである。この表からもわかるように管理者は管理水位を守って管理しており、管理にかかる支障は感じていないことがわかる。ただし、B頭首工においては、ゲートが全て油圧式で1系統しかないため、2つのゲートを同時に操作することができず、故障時にはゲートが開いた状態になるという問題をかかえている。故障時にゲートが全開すると取水するための堰上げた水が一気に下流へ流れるため、下流への安全配慮に関するリスクを管理者が負うことになるが、そのリスクを除けば、現行の施設の形態で十分機能していると言える。

## 3. 維持流量の調整

頭首工は、河川や魚道を維持するために小流量であっても下流に水を流す性能も必要となる。

表-4は、下流に維持流量を流下させる際の調整手法についてまとめたものである。

維持流量の調整に対する管理者の意識は、関係漁業協同組合等との関係から魚道に注目しているが、下流に対してどれだけの水量を流しているのかと言う点についての意識は低い。ただ、流量の多い時も少ない時も同じゲートで操作するため、開度を少しでも大きくするとゲート上流の水位が下がり、取水水位が確保出来なくなるため、渇水時には農業用水の適切な送水のため、シビアな管理を利水者から要求され、操作が難しいと指摘している。このことは、設計段階に於ける操作性が、管理者が必要とする性能を有していなかったと言える。

## 4. 安全管理の方法

頭首工は、増水における地域への安全や放流時における人命への安全を確保する必要がある。特に夜間の管理は、昼間と違って目視による水位の確認が出来ず、管理所内の計器のみに頼らざるを得ないため、管理者にとって一番負担の係る管理

表-3 洪水管理の方法

名称	洪水管理の現状	管理上の問題点
A頭首工	<ul style="list-style-type: none"> <li>・3000m³/sまで取水</li> <li>・マニュアルに沿って1時間遅れでの操作</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ゲート操作は問題ない</li> </ul>
B頭首工	<ul style="list-style-type: none"> <li>・EL27.00を管理水位とし、それ以上はゲートの開閉は洪水吐1号→2号→土砂吐の順</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ゲートが全て油圧で1系統のため、ゲートの同時開閉不可</li> <li>・故障時は全てのゲートが全開状態</li> </ul>
C頭首工	<ul style="list-style-type: none"> <li>・上流水位30.10mを厳守、中央のゲートからゲート開度50cmで操作</li> <li>その後、ゲート開度10cmずつで操作</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・特になし</li> </ul>
D頭首工	<ul style="list-style-type: none"> <li>・自動制御管理</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・特になし</li> </ul>
E頭首工	<ul style="list-style-type: none"> <li>・300m³/s以下は土砂吐の開閉操作</li> <li>それ以上は転倒ゲートを操作</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・昨年の台風で計画洪水量を超え、調整不能</li> </ul>

表-4 維持管理流量の調整方法

名称	維持管理流量の調整方法
A頭首工	<ul style="list-style-type: none"> <li>・取水量以外は下流に流下（特に問題はない）</li> <li>・魚道への水量確保に重点</li> </ul>
B頭首工	<ul style="list-style-type: none"> <li>・調整門を全開にし、魚道への水量確保</li> </ul>
E頭首工	<ul style="list-style-type: none"> <li>・冬期流量等、0.1m³/s単位の調整不能</li> <li>・小流量は非表示での管理</li> <li>・自動制御不可</li> </ul>

となっている。

表-5には、そうした安全管理の現状についてまとめている。この表より土地改良区による夜間の管理は、国営とは違い夜間の人員は少なく、宿直形態での管理をしていることがわかる。また、C頭首工における安全管理について見ると、一般人のモラルや放流時の警告に対する意識の低さに対し苦慮していることがわかる。

#### 5. 流水管理の現状分析

上記の1.~4.により頭首工における現状の管理はいくつかの問題をかかえていることがわかる。ここでは、それらの問題で想定される要因を表-6にまとめている。そして、それらの要因を解消するには大きく2つの視点で検討を行う必要があると思われる。

##### ①構造面の検討

例えば、表-6にある操作の1系統、一般人に対する警告方法の問題は2系統化することや警告方法に電光掲示板を用いること等、構造を変化させることで解消できると思われる。

##### ②行政面での検討

例えば、頭首工の設備上やむを得ない誤差にお

ける取水量の増や頭首工管理者の警告範囲以外への安全上の呼びかけなど、管理を見直すためには、様々な調査を実施した上で対外行政機関との協議を行い、改善へ向け努力していく必要があると思われる。

#### IV. 取水管理における設計上の課題と分析

ここでは、上述でまとめた管理現場の課題とその要因のうち、今回のテーマである取水管理について、それぞれの設計の考え方と現場の実態を対比しながら、その内容を分析する。設計と管理実態について対比したのが表-7である。これらの対比からもわかるように設計基準では、抽象的な表現をしているだけで、最も重要な点である取水量管理の方法、設計の考え方について具体的な計算方法、数値が記されていない。

##### 1. 上流水位一定による取水管理に関する技術的課題

表-7の区分(1)のように設計基準（H7年版）には不感帯を設けるとしながらも設計は上流水位一定という理想状態で計算されているため、同基準内で矛盾が生じ、結果的に管理者の判断で不感帯

表-5 安全管理の方法

名称	夜間管理の人員	安全管理における留意事項
A頭首工	2名体制（近隣に4人職員が在住）	注1）C頭首工管理者の意見 ・禁止区域で水上スキーが行われ、その波を計器が感知してしまう。 ・レジャーを楽しんでいる一般人は警報に気づかないのでゲートの開閉が出来ない。
B頭首工	1名（仮眠程度）	
C頭首工	1名（仮眠程度）注1	
D頭首工	自動運転（宿直）	
E頭首工	自動運転（宿直）	

表-6 問題の要因

区分	問題	要因
1	・上流水位一定保持による頻繁なゲート操作	・設計理論における水位一定と現地との不一致
2	・複数ゲートの同時操作不能	・操作系統の1系統化
3	・小流量時のゲート操作における調整不能	・小流量調整ゲートの未整備
4	・夜間管理における目視確認不能 ・人員不足による精神的負担増  ・ゲート操作の警告にかかる負担増	・計測機器の信頼性不足 ・目視重視の管理 ・夜間管理の人員における配慮不足  ・警告方法の啓蒙不足 ・不明瞭な警告方法の採用 ・警告範囲が未制限

表-7 設計と管理の比較

区分	設計の考え方	管理方法
(1) 上流水位一定	○不感帯を設けることは示されているが、具体的な数値は掲載していない*	管理上の不感帯を独自で設置
(2) 小流量時のゲート管理 (維持流量の調整)	○特に記述はない	大きなゲートを手動で微調整を行いながら管理
(3) 取水量の把握	○取水量の推定には頭首工の水位及び取水口のゲート開度から算定する方法のほか、用水路に設けられた電磁流量計、パナールームから算定する方法等があるので検討すること* ○流入量は頭首工直上流の河川水位から水位流量曲線で算出されるほか、頭首工の水位変化と取水量、放流量との関係から計算される**	本川流量が把握できず、取水量も把握出来ない

* 土地改良事業計画設計基準 設計「頭首工」p111, p367

** 土地改良施設管理基準 p12, 13より

を任意に設け管理されている。これは、管理委託された頭首工の管理性能に合わせて運用されているものであり、管理者が必要とする性能に合わせた施設設計でないことが重要なポイントである。このような事態を避けるには、頭首工位置での河川の波浪、日変化量に関するデータを蓄積し、通常時における不感帯を割り出す調査を行うことが必要だと思われる。そして、そのデータと不感帯を設けなければならないというゲートの構造上の問題をもとに河川協議を行い、取水量について幅を持たせることが必要だと思われる。

## 2. 小流量時のゲート管理における技術的課題

表-7の区分(2)においては、設計基準（H7年版）に小流量時における具体的な対応は記載されていないものの、フラップゲートによる2段ゲートの実験結果が記述されている。現在では実際にフラップゲートによる2段ゲートを設置した事例もあり、取水管理に効果を発揮していることから、小流量管理における工夫を集め、設計基準に反映させることが必要であると思われる。

## 3. 流量計測技術に関する技術的課題

表-7の区分(3)においては、取水量が把握できるように設計基準（H7年版）では上記項目よりも具体的に計測手法等が記載されているが、管理の現状では正確な値が導けておらず、河川流入量自体が不明なため、そこから割り出すことができない。そのため、まず河川流入量の把握を行う必要がある、上流の河川施設からの情報を得たうえで頭首工直上流の水位をもとに河川流入量の検証を行う必要がある。その他に取入口以降との整合

を図るため、取水直後の幹線水路において施工後の実流量を照査したうえで、流量計との誤差、取水地点との誤差を把握し、施設下流の河川流量も検証する必要があると思われる。

## V. まとめ

今回の頭首工技術研究会により、管理者は国営で造成した施設にさらに知恵と労力を注ぎ、施設の持つ性能を把握した上で、管理している実態がわかった。その原因は、管理者との対話が少ないうえに、そのまま施設の造成を行ったことにあると思われる。今後は性能照査型の基準に移行するが、その理念は“目的”“機能”“性能”を管理者と共に明確にさせることであり、早期に体制を整える必要があると思われる。

# 平成19年度までの関東農政局管内における 「田んぼの生きもの調査」経過と成果

村 瀬 愛 実*  
(Manami MURASE)

## 目 次

1. 調査の概要……………67	3. 水路構造との関係……………72
2. 調査結果……………69	4. 調査の成果と今後の課題……………74

## 1. 調査の概要

### (1)背景と目的

環境との調和に配慮した事業を進めるためには、事業を実施する水田周辺水域の生態系の現状を把握することが極めて重要であるが、現在までにこれに関する調査はほとんど行われていなかった。

このため、農林水産省では水田周辺水域に生息する生物（魚類とカエル）の現状を把握するとともに、農業農村整備に関わる技術者や地域住民等の、生態系に関する意識や知識の向上を図ることを目的に、「田んぼの生きもの調査」を平成13年度から環境省と連携して全国で実施しており、関東農政局管内においても調査実施初年度から取組を行っている。

### (2)調査体制

調査は、国営事業(務)所、各都県出先機関、土地改良区、土地改良事業団体連合会等が実施しており、参加団体によっては地域の小学校や地域住民などに参加を呼びかけ、協力して調査を行っている場合もある。平成19年度の調査のうち参加機関数が最大であった魚類調査には、調査主体として、国営事業(務)所から7機関、各都県から32機関、土地改良事業団体連合会・土地改良区から5機関、社団法人から1機関の参加があった。

また、そのうちの25機関が他団体と共に調査を行っており、共同調査に参加した一般の団体は20団体に及んだ。参加した団体の内訳については、表-1に示している。

表-1 共同調査に参加した一般団体の内訳

共同調査団体	参加団体数
地域組織	10
小学校	9
高校	1
合計	20

### (3)調査項目及び調査手法

「田んぼの生きもの調査」における調査項目は、①魚類調査、②カエル調査、③環境調査、④外来種調査である。平成13年度は①と③の調査のみであったが、平成14年度以降から②の調査も行っている。また、④の調査は平成19年度に新たに加わった。

魚類調査は基幹調査と一般調査に分かれている。基幹調査は国の機関、水資源機構（平成14年調査参加）及び緑資源機構（平成18年調査参加）が実施し、一般調査は都県や土地改良区事業団体連合会・土地改良区、社団法人が実施している。基幹調査1地区では農業用の用水路3地点と排水路3地点の合計6地点での調査が基本となり、各水路の3地点は幹線、支線、小水路に1地点ずつ調査地点を設定する。それぞれの調査地点では定置網、カゴ網、タモ網のいずれか1つを使用し、用・排水路の各3地点で重複した道具を用いることのないよう、全ての道具を1度ずつ使用して魚類を採捕し、種を同定する。それぞれの調査道具の特性は次に示すとおりである。

#### ・定置網：

本調査道具はその地点を移動する魚類を捕獲することを目的としており、水路の底に定置網を調査日の前日から、12～18時間ほど設置

*関東農政局整備部設計課（Tel. 048-740-0539）

した後に回収する。調査場所は水路の合流部や流れ込みのある場所を設定する。



写真-1 定置網による調査

・カゴ網：

カゴ網での調査はエサで周辺の魚類を誘導し捕まえるものである。木や橋の陰など魚が留まりやすい場所で調査を行う。



写真-2 カゴ網による調査

・タモ網：

タモ網は、人が網の中に魚類を追い込む等して捕まえる調査道具である。植物が生えている水際など、魚類が隠れていそうな場所での調査で使用する。

一般調査では調査地点数はカゴ網2地点、タモ網4地点の合計6地点を1地区で調査することが基本となる。一般調査は使用する道具とその地点数が決められているのみであり、どのような水路に調査地点を設定するかは調査主体の任意となっている。



写真-3-1 タモ網による調査①



写真-3-2 タモ網による調査②

次に、カエル調査は、1地区で少なくとも1地点で調査を行うこととしており、調査地点は水田周辺の適度に草が生えた畔や水路の土手、農道である。

環境調査は、魚類調査を実施した調査地点の流速・水温・水深・底質・水質（COD）等の測定を実施するものである。



写真-4 タモ網によるカエル調査



写真-5 環境調査による水質確認の様子



写真-7 ホテイアオイ

最後に外来種調査は、農業用水利施設への被害が発生している国外外来種のカワヒバリガイ（二枚貝）とホテイアオイ（植物）についてその分布状況を把握することを目的として、魚類調査、カエル調査実施の際に補足的に各調査地点で、これらの生息・生育の有無を確認するものである。

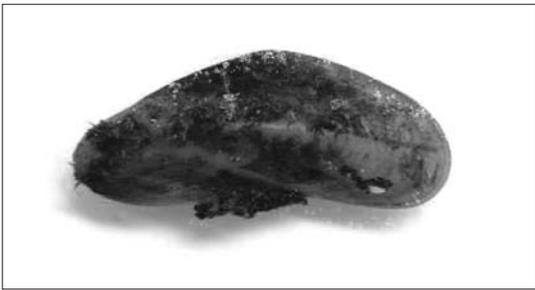


写真-6 カワヒバリガイ

## 2. 調査結果

### (1) 調査地点数の推移

図-1に平成19年度までの魚類調査地区数及び地点数の推移を示す。平成13年度と14年度の関東の調査地点数は、資料として残されていないため不明である。魚類調査の調査地点数を全国と比較してみると、平成15年度以降はいずれの調査年度も全国の魚類調査地点数の約20%を占めている。

平成18年度までに魚類調査が実施された地点を図-2に示す。これまでに最低1回の調査が実施されている地点を中に含むメッシュが表示されている。なお、1メッシュは10km×10kmであるため、1つのメッシュの中には複数の調査実施地点が含まれている可能性もある。これまでの調査で、主な平野や水田地域は網羅されている。

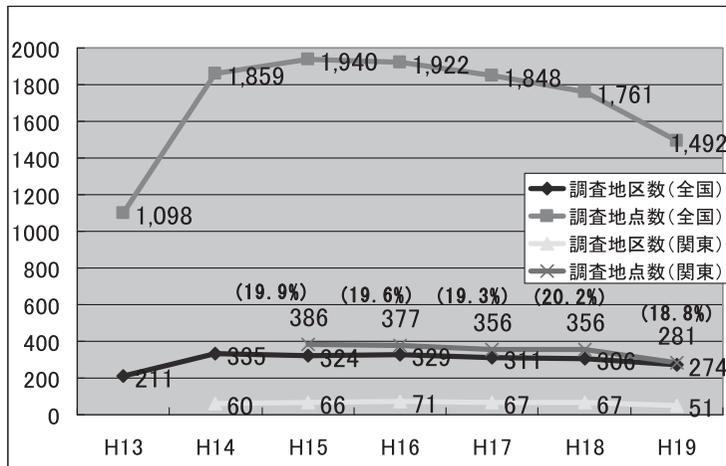


図-1 魚類調査地点数

(括弧内の数値は、全国調査地点数に占める割合を示す)

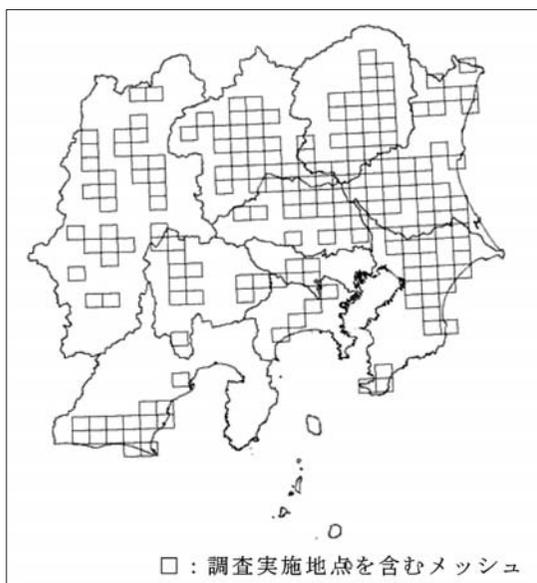


図-2 魚類調査実施地点  
(1メッシュは10km×10kmを示す。以降同様。)

## (2)魚類調査結果

平成18年度までに、18科60種類の魚類が確認されている。これは、日本全土の自然環境の状況等を継続的に調査している環境省の自然環境保全基礎調査(2002)^{注1}で確認されている、汽水・淡水魚180種(種群、亜種を含む)の約3分の1となっており、水田周辺の生態系が豊かであることを示す結果の一つである。確認地点数の上位10種を表-2に示す。数値は平成13～18年度に当該種が確認された調査地点の累計である(以下同じ)。

表-2 魚類上位10種

番号	種名	確認地点数
1	ドジョウ	499
2	モツゴ	410
3	タモロコ	381
4	メダカ	236
5	オイカワ	158
6	ギンブナ	149
7	タイリクバラタナゴ	121
8	アブラハヤ	121
9	コイ	106
10	トウヨシノボリ	101

このうち採捕された環境省レッドリスト^{注2}の対象種を表-3に示す。確認された希少種はメダカ、ギバチなど6種であった。

表-3 環境省レッドリスト対象種(魚類)

番号	種名	確認地点数	環境省RDBカテゴリー
1	メダカ	236	VU
2	ギバチ	36	VU
3	ホトケドジョウ	31	EN
4	スナヤツメ	6	VU
5	ジュズカケハゼ	5	LP(関東地方)
6	アカザ	1	VU

- ・絶滅危惧ⅠB類(EN)：  
ⅠA類程ではないが、近い将来における絶滅の危険性が高い種
- ・絶滅危惧Ⅱ類(VU)：  
絶滅の危険が増大している種
- ・絶滅するおそれのある地域個体群(LP)：  
地域的に孤立しており、地域レベルでの絶滅のおそれが高い個体群

国外外来種も確認されており、表-4に示す。国外外来種はタイリクバラタナゴ等8種が確認され、このうち「特定外来生物による生態系等に係る被害の防止に関する法律(通称：外来生物法)」により特定外来生物に指定されている種は3種であった。

表-4 国外外来種(魚類)

番号	種名	確認地点数	特定外来生物
1	タイリクバラタナゴ	121	
2	カラドジョウ	57	
3	ブルーギル	33	●
4	オオクチバス	27	●
5	ブラウントラウト	4	
6	カムルチー	4	
7	ニジマス	2	
8	カダヤシ	2	●

次に、最も多くの地点で確認されたドジョウ、レッドリスト対象種のうちでメダカ、そして国外外来種が確認された地点を図-3～5に示す。

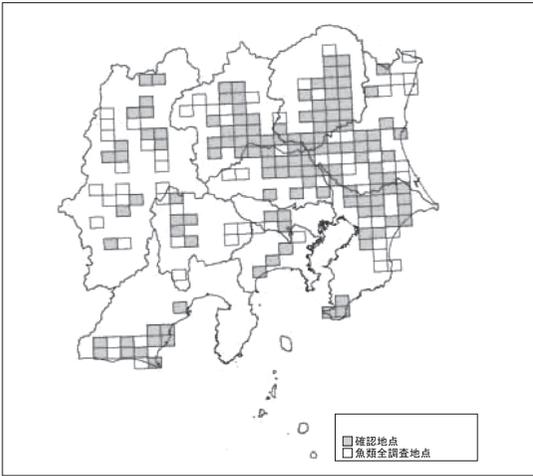


図-3 ドジョウ確認地点

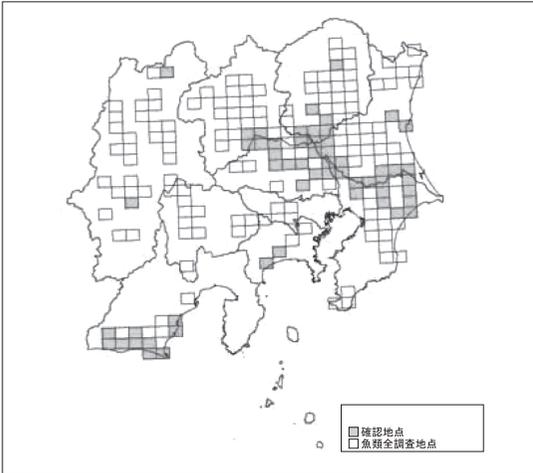


図-4 メダカ確認地点



図-5 国外外来種確認地点

ドジョウは管内のほぼ全域に分布していることが分かる。またメダカは北関東と静岡で多く採捕されているようだが、これはメダカの分布特性に因るのか、または当該地域での調査地点数の多さが起因しているのか、更なる分析が必要と考える。国外外来種についても管内で幅広く採捕されており、広範な地域の水田周辺に国外外来種が進入していることが分かる。

(3)カエル調査結果

これまでの調査で合計4科11種のカエルが採捕されている。採捕地点数の多かった上位5種を表-5に示す。カエルのレッドリスト対象種は、準絶滅危惧種のトウキョウダルマガエル1種であった。

表-5 カエル上位5種

番号	種名	確認地点数	環境省 RDBカテゴリー
1	ニホンアマガエル	220	
2	トウキョウダルマガエル	166	NT
3	ニホンアカガエル	74	
4	トノサマガエル	46	
5	ヌマガエル	36	

また、国外外来種を表-6に示す。国外外来種はウシガエル1種であり、ウシガエルは特定外来生物にも指定されている。

表-6 国外外来種（カエル）

番号	種名	確認地点数	特定外来生物
1	ウシガエル	12	●

ここで最も確認地点の多かったニホンアマガエルと、レッドリスト対象種であるトウキョウダルマガエル、国外外来種であるウシガエルの確認地点を図-6～8で示す。

ニホンアマガエルについては管内の広い地点で確認されている。トウキョウダルマガエルとウシガエルについては、北関東における確認が多いようであるが、この結果についても分布特性に因るものと判断して良いのか、または当該地域での調査地点数の多さが結果に影響しているのか、更なる分析が必要と考える。

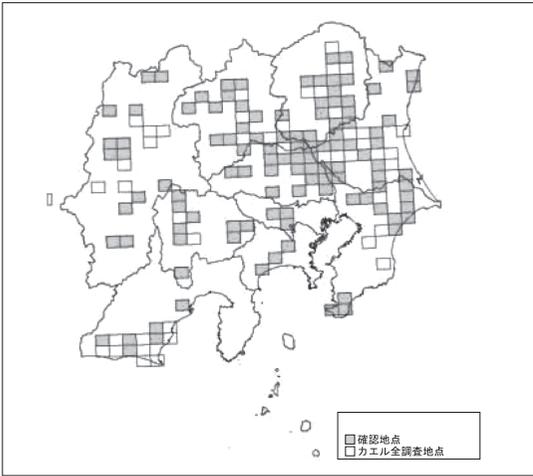


図-6 ニホンアマガエル確認地点

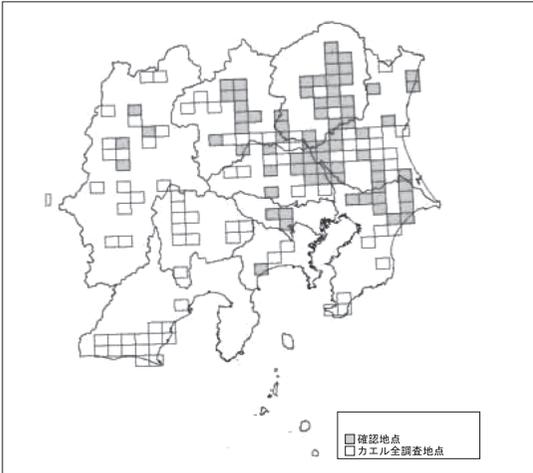


図-7 トウキョウダルマガエル確認地点

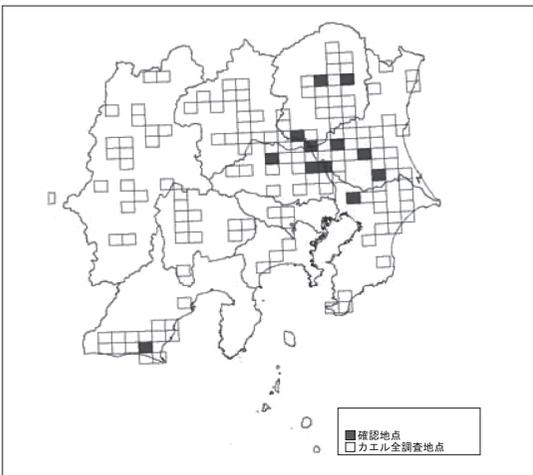


図-8 ウシガエル確認地点

### 3. 水路構造との関係

採捕種と採捕環境との分析を行うため、魚類の中で最も採捕数の多かったドジョウを例に挙げ、分析を行った。なお、分析は、調査項目、調査手法が統一された平成15～18年度のデータから、本来はその種の生息が考えられない地域のデータを除外して行った。また、より正確に種と生息環境との関係を捉えられると考え、関東農政局における調査地点数の1,475地点ではなく、全国の7,471地点の中で、前述の条件に適合する5,618地点のデータを用いて分析をした。

ドジョウの採捕環境で特に特徴が現れたのは、水路系統と水路構造であった。水路系統別の採捕率を図-9に示す。ドジョウは特に小用水路、小排水路、支線排水路で採捕率が高く、幹線用水路及び幹線排水路では採捕率が低い。

水路構造別の採捕率を図-10に示す。ドジョウは土水路での採捕率が最も高く、コンクリート張りの面が増えるにつれて採捕率が低下する。また、同じ3面張り水路においても、水路に泥などの堆積物がある方が、採捕率は高くなった。これは底生魚というドジョウの特性に因ると考えられる。

更に、水深についても加えて分析結果を図-11に示す。ドジョウは30cm未満の水深で最も採捕率が高く、水深が深くなるにつれて低下するという特徴が現れた。

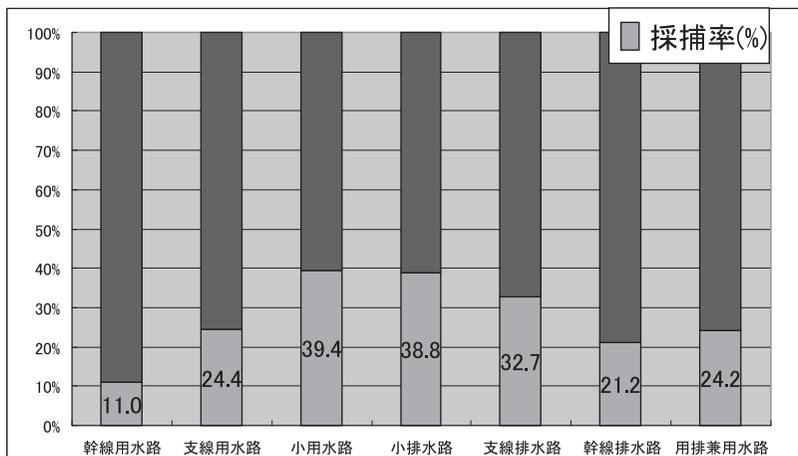


図-9 水路系統別採捕率

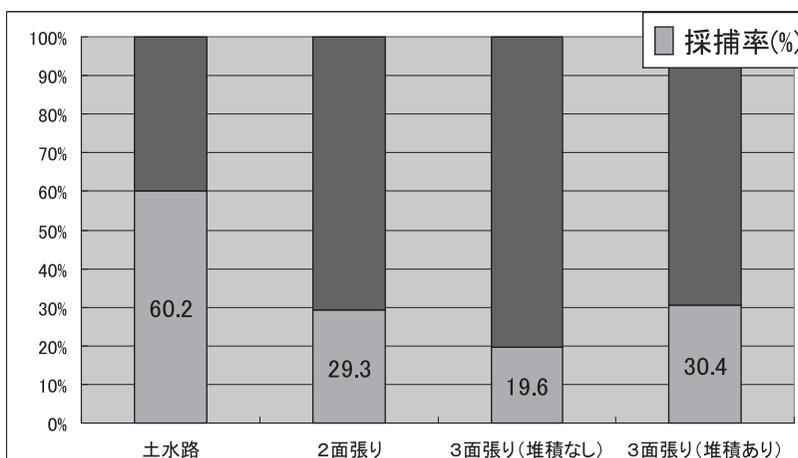


図-10 水路構造別採捕率

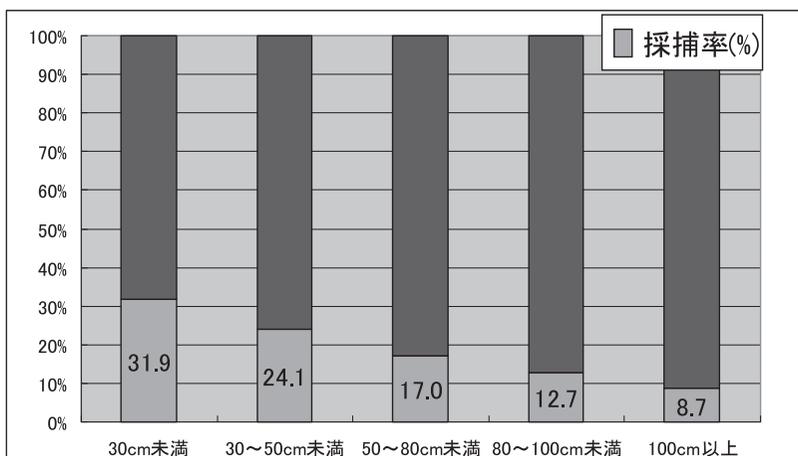


図-11 水深区分別採捕率

#### 4. 調査の成果と今後の課題

##### (1)調査の成果

これまでの「田んぼの生きもの調査」により、以下に述べる成果が得られた。

- ①本調査によって初めて水田周辺の水路における魚類、畔や水路の土手等でのカエル類の生息データが得られた。本調査は関東農政局管内だけでなく、全国で実施されているため、全国的なデータが収集されたこととなる。これらのデータは、生態系に配慮した農業農村整備を行うための、基礎的な資料として活用できる。
- ②本調査によって、水田周辺には環境省レッドリストの対象となる希少な魚類やカエル類が生息していることが判明した。また、国外外来種が水田周辺においても進入していることも把握できた。
- ③調査結果からその種の生息地点の環境を分析し、どのような環境条件に生息しているか、一定の傾向をつかむことができた。
- ④本調査を通じて、専門家以外でも可能な調査方法を解説した「田んぼの生きもの調査」調査マニュアルが作成された。これにより、広く一般の方でも参加可能で、かつ、一定の精度を確保した生物調査方法が確立され、小学生や地域住民など、多くの方に調査に参加してもらうことができた。

##### (2)課題

また、以下のような今後の課題も残っている。

- ①水田周辺の生態系を的確に把握するため、継続して生物調査を行い、分布の経年変化等を把握する必要がある。特に希少種や外来種については十分なモニタリングが望まれる。
- ②水田周辺の生態系全体を把握するためには、調査結果をこれまでよりも範囲の細かいメッシュで分析することや、標高差などのより細かい地域差を考慮に入れた分析も必要であろう。そのような分析を行うためには、より多くの調査参加者を募り、未調査地域を解消する必要がある。
- ③本調査では、代表的な田んぼの生きものである魚類とカエル類に特に絞った調査を行ってきたが、水田周辺の生態系を的確に把握するためには、昆虫類等の水田周辺に生息する種々の生物への調査の拡大が必要である。
- ④本調査は年1回の定性的調査であること、また

調査実施時の調査条件（天候、水量等）や調査箇所を選定等は各調査主体の任意であることなどから、ある種が好む生息条件を分析するには十分ではない面がある。本調査の学術的価値を高め、生物の分布と環境条件の分析をよりの確に行うためには、調査地点の選定方法や調査回数、環境調査の項目や手法等について、検討やデータの蓄積が必要である。

- ⑤これまでの調査を環境に配慮した農業農村整備等に活かすため、様々な方に調査結果を更に活用してもらうよう、調査結果のデータベース化や公表等が必要である。
- (3)更なる改善に向けて

平成20年度には上記の問題の2点について、新たな方向が示された。まず、調査種の拡大については、水生昆虫類についても調査が行われている。これについては、調査初年度にどのような結果が得られるのか大変に期待される場所である。ただし、調査初年度であるが故に、平成20年度の結果を受けて、必要ならば調査手法の改善等も随時行っていくべきであろう。

次に、以上の中でも特に大きな課題であると思われる、本調査を今後学術的に高めていくのか否かであるが、平成20年度以降は、基幹調査については今後、毎年同一時期に同一場所で調査を行うよう、定点調査化された。この定点調査により、経年的な変化を把握することも可能となったわけだが、基幹調査を行う国営事業所については、事業が完了すれば定点調査を継続することが困難となる場合が多いことが考えられる。国営事業の完了後も調査を継続していくことができる調査主体を醸成していくことが、必要となるであろう。

これについては、地域の国営事業所と毎年共同調査を行っている小学校が一例となるのではないかと考えられる。当該地区については、既に毎年共同調査が定着する段階まで進んでいる。今後事業完了までに、調査手法の技術等を小学校側に蓄積していけば、定点調査の主体を小学校側に移譲することも可能であろう。ただし、これまで調査参加者の安全を確保するため、大人数の事業所職員が調査を補助するなど、全面的なバックアップを行っているため、事業完了後は調査管理事務所が支援を継続する体制を整備することや、調査を小学校のクラブ活動と連動させるなどして少人数化していく等の対策が必要と考えられる。



写真-8 共同調査の様子

またもう一つの例として、農村環境の保全活動を行っているNPO法人などに、定点調査の主体になってもらう方法が考えられるのではないだろうか。関東農政局管内では現在のところ、NPO法人が「田んぼの生きもの調査」に参加している例はないが、NPO法人の中には活動の一環として、独自の生きもの調査を積極的に行っている団体がある。また、JA全農や生協などが、田んぼでの生きもの調査を行うNPO法人を設立する動きもあるようだ。そのような団体に、まずは共同調査への参加を呼びかけ、「田んぼの生きもの調査」への興味を持ってもらうことから始め、徐々に主体を移行していくのも一つの方法と考えられる。

以上述べたように、定点調査については一定の方向性を見出すことができるようになったわけだが、これについても調査手法はこれまでと同様のものである。そのため、更に学術的に信頼度の高い調査にするためには、先に述べたように、より詳細かつ正確な調査手法等の確立が求められる。しかし、調査手法をより詳細にして専門的な調査としてしまうと、地域住民や小学生等の幅広い参加を募ることは困難となってしまうため、継続的に調査を行う主体をどのように醸成するか、難しい問題も発生することとなる。

この問題の解決手法として、多くの一般の参加者を募り、「田んぼの生きもの調査」への導入的な役割を果たすような、簡易な調査方法を採用する一般・基幹調査地区と、学術的に高度でより専門的な調査を行う地区の2種類を設定することも考えられるが、これについては今後も更なる検討が必要であると考えられる。

現状では課題をいくつか抱えてはいるが、今後も、水田周辺の生態系を的確に把握し、環境との調和に配慮した農業農村整備の一助となるために、これらの課題を解決し、「田んぼの生きもの調査」が更なる広がりを持つことが期待される。

#### 〈参考文献等〉

- 1) 「田んぼの生きもの調査 調査結果 平成13～18年度」  
農林水産省企画  
(社)農村環境整備センター制作  
(財)自然環境研究センター協力
- 2) 「平成18年度 田んぼの生きもの調査結果分析 業務 報告書」  
関東農政局
- 3) 環境省自然環境局生物多様性センターホームページ (<http://www.biodic.go.jp/>)

#### 〈注1〉

自然環境保全基礎調査：

全国的な観点から日本における自然環境の現況及び改変状況を把握し、自然環境保全の施策を推進するための基礎資料を整備するために、環境省が昭和48年度より自然環境保全法第4条の規定に基づきおおむね5年ごとに実施している調査。一般に「緑の国勢調査」と呼ばれ、陸域、陸水域、海域の各々の領域について国土全体の状況を調査している。

#### 〈注2〉

レッドリスト：

絶滅のおそれのある種のリスト。

レッドデータブック：

レッドリストに基づいて編集される、絶滅のおそれのある野生生物の情報をとりまとめた本。「RDB」と略称される。

レッドデータベースカテゴリー：

絶滅のおそれのある種のリスト(レッドリスト)あるいはそれを掲載したレッドデータブックを作成する際に、種ごとの危険性のランクづけに採用される基準。

# 明日香村を流れる国営幹線水路における環境配慮の検討

高 見 美和子*  
(Miwako TAKAMI)

目	次
1. はじめに……………	76
2. 事例地区の概要……………	76
3. これまでの経緯……………	76
4. 設計VE検討会……………	77
5. まとめ……………	81

## 1. はじめに

奈良県内の約12,000haの農地の約6割を占める大和平野の受益地（7,269ha）に農業用水を配る吉野川分水の用水路は、築造後相当な年月を経過し機能低下が著しくなっており、現在、改修整備と併せ地域の用水を生み出す目的の国営大和紀伊平野土地改良事業計画に基づき改修が行われているところである。

本報告では、改修を予定している国営幹線水路のうち明日香村を横断する用水路の改修にあたって地域住民の意向を踏まえた整備構想を基に設計VE検討を導入した事例について紹介する。

## 2. 事例地区の概要

本事例地区の奈良県高市郡明日香村は、奈良盆地の南東部に位置する。歴史的文化遺産が点在し、「明日香村における歴史的風土の保存及び生活環境の整備等に関する特別措置法（明日香法）」により村の全域が歴史的風土保存地区に指定されているこの村では、景観や文化財の積極的な保全活動が実施されている。

本報告の検討対象である国営東部幹線水路26号開渠（延長：636.8m，設計流量：3.38m³/s）は、明日香村の中心を流れており、周辺は石造遺跡、宮跡や寺跡等の特別史跡が数多く分布し、第一種歴史的風土保存地区に指定されている。

## 3. これまでの経緯

平成17年度に、用水路やその周辺の自然環境及び生活環境等について感じていることを今後の水路整備に反映することを目的として、明日香村全戸（2,300世帯のうち395通，回収率17%）と明日香小学校5年生全員（51通，回収率100%）を対象にアンケートを実施した。平成18年度には、アンケート結果をふまえ、地域住民の意見を具体的に反映させるためワークショップ（以下「WS」という）方式による構想検討を行った。WSは有識者、地元住民（小学生含む）、土地改良区で構成し、国、県、村の行政機関がオブザーバーとして参加し、用水路の現状を把握するため現地踏査を行い、箇所毎に改善すべき点、現況のまま残しておく点などを挙げ、それをもとに具体的な施設的位置やデザインを整備構想図として作成した。その結果、図-1、2に示す整備構想イメージがまとまった。上流側の部分においては、近傍に民家が密集していることから、プライバシー保護を目的とした植栽等による目隠しを兼ねた景観への配慮を行う。開水路のほぼ中間には渓流水が用水路を横断する箇所があるため、そこに休憩場所・親水施設を設置し、用水路沿いには遊歩道を兼ねた管理用道路の整備を行うこととした。

*近畿農政局大和紀伊平野農業水利事務所 (Tel. 0744-21-5100)

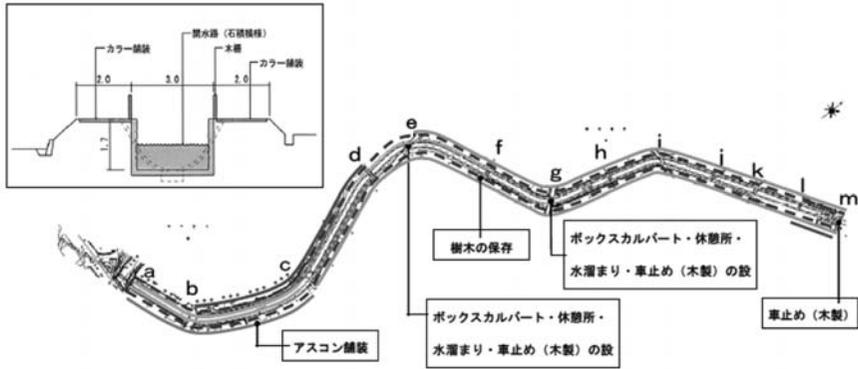
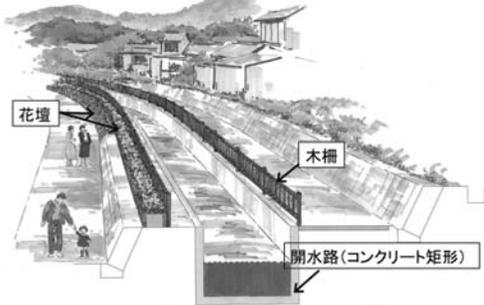
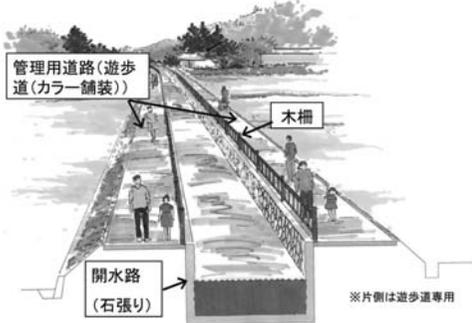


図-1 基本整備構想平面図と標準断面図

上流部・橋本町付近



中流・下流部



水路との交差区間

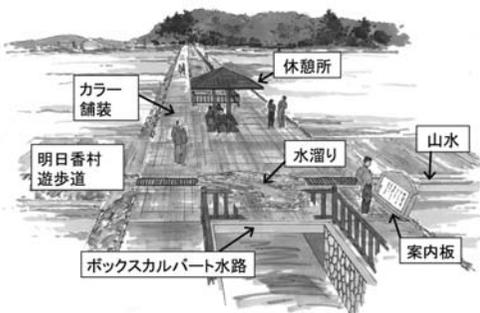


図-2 整備構想イメージパース

4. 設計VE検討会

4-1. 設計VEの目的

設計VEとは、施設の価値：バリュー（機能／コスト）を高める検討であり、施設改修において広く専門家や関係者の意見を聞き検討することで、改修される施設のコストの低減を図りつつ機能や品質の向上を図っていく手法である。

今回の設計VE検討会では、前年度に実施したWSにおける整備構想を踏まえつつ、用水路本体の形状、環境配慮のための付帯施設の形状、使用材料の具体化及び隣接家屋への影響、限られた工期内の施工等現場条件等を踏まえた工法案の提案等を設計業務に反映させることを目的とする。

4-2. 検討会の構成

検討会は企画競争により委託し運営していくこととした。

構成は以下のとおりとした。

- ・VEリーダー（水土総研）
- ・委員：公募による外部委員2名，受託者の委員1名，委託者の委員数名
- ・オブザーバー：奈良県耕地課，明日香村地域づくり課，大和平野土地改良区，設計業務受注コンサルタントから担当者数名，委託者から担当者数名

4-3. コストに関する情報

原案の概算工事費は表-1のとおりである。ここでは、WS段階の整備構想を設計VEにおける原案に置き換え評価を行うこととした。

表-1 概算工事費

概算工事費		(単位:千円)	
項目	工種	当初	備考
直接工事費	1.取壊し工	4,500	
	2.土工	8,300	
	3.開水路工	74,500	
	4.ボックス工	3,900	
	5.法止め工	1,700	
	6.排水路工	1,100	
	7.舗装工	11,400	
	8.付帯施設工	34,000	耐用年数10年×4回
	9.植栽工	17,500	剪定 2回/年×40年
	小計	156,900	
直接仮設費	10.工事用道路工	7,893	
	11.仮設橋梁工	5,000	
	12.仮土留工	10,995	
直接工事費		180,788	
共通仮設費		26,500	共通仮設率:14.65%(水路工事)
純工事費		207,288	
現場管理費		58,600	現場管理費率:28.28%(水路工事)
一般管理費		26,400	一般管理費率:9.93%(水路工事)
工事価格		292,288	
消費税		14,614	
工事費		306,902	

※耐用年数を40年とし、概算工事費を算出する。

#### 4-4. VEの実施手順

VEの実施手順は以下の(1)~(8)のとおりである。

##### (1)VE概説、現地調査

参加者全員がVE手法の理解を深め、VEに対する共通の認識を得るため、現地調査により現地情報を収集する(写真-1)。



写真-1 現地調査状況

##### (2)情報収集・分析

選定されたテーマについて「基本的な問題は何か」、「どんな機能上の要求があるのか」を把握する。また設計諸元、要求条件ならびに制約条件などについての情報を収集・分析し、VEメンバーの情報共有化を行った。

検討での、要求条件・制約条件の要点を以下に示す。

1) 平成18年度に実施されたWSにて検討された結果を踏まえる。

2) VE検討内容は以下の通りである。

①用水路本体及び付帯施設(木柵、遊歩道、四阿(あずまや))の形状

②施工条件(管理用道路B=2.0mを確保)をふまえた工法案

③使用材料(周辺風致との一致)の具体化

3) 風致と著しく不調和でないこと(明日香法、「古都における歴史的風土の保存に関する特別措置法(古都保存法)」に則る)。

4) 工事における使用材料は『地産地消』をコンセプトとする。

5) 改修する用水路は「現場打ち、かつ石積調」とし、コンクリート二次製品は施工目地が多くなるため、採用しない。

6) 敷地内での施工であれば、文化財調査は実施されない。

7) 保護柵は木柵を基調とする。

8) 工事中においても、周辺道路の通行に支障をきたさないよう配慮する。

9) 工区は3つに分け、工事期間は平成20年11月上旬から平成21年3月下旬とする。

10) コストは40年間のライフサイクルコストを考慮する。

##### (3)VE項目の絞り込み

VE対象の構成要素について検討し、VE検討の項目を以下のように決定した。

1) 用水路(仮設を含む)

2) 付帯施設(木柵、四阿、遊歩道、案内板、植栽)

##### (4)対象施設の機能の定義

VEでは対象とするものが持っている「機能」に着目し、その「機能」を1つずつもれなく定義して「もの」の原点から見直し、思考を広げるといった手法を用いる。ここでは、各要素についての機能を「～を～する」で表現した。(例 水路:「水」を「流す」)

##### (5)機能系統図の作成

定義された機能を要素ごとに「目的-手段」の関係で整理・体系化して機能系統図を作成した。必要な機能を把握し、変更着手点の確認を行った。

##### (6)アイデア発想と概略評価

アイデア発想の目的は、ある機能を達成するアイデアをあらゆる角度から求めることであることから、直ちに実現可能な具体案を作成しようとするのではなく、具体案のもとになるヒントを発想するものである。ここでは機能系統図を基に

VE検討会参加者全員が思いついたアイデアを書き出し整理した。ここで得られた概略評価表をもとに、コスト及び制約条件をふまえた提案の可否について再評価を行った（写真-2）。

(7)検討結果の整理

ここで、制約条件について、以下の4点を見直すことを確認した。

- 1) 床付け面にて、地山が露出した場合には文化財調査を実施しなければならない。
- 2) 文化財調査を伴うため、施工期間は複数年とする。
- 3) 改修後の水路の断面形状は矩形とする。
- 4) 管理用道路の幅員（B=2.0m）は必ずしも確保されなくても良い。

これらを踏まえて、基本アイデア提案書に採用可能なアイデアを選出した。

(8)各VE提案の評価とVE提案書の作成

この検討会で提案されたそれぞれのアイデアは、相互の関連性が低いため、複数を組み合わせず、アイデア毎にVE提案書を作成した。

また、「各代替案に対する再評価」を行った結果、39の提案の中から「VE提案として展開するアイデア」として、7案をVE提案の対象とした（写真-2）。



写真-2 提案を評価する様子

第1案：〔複断面水路〕（図-3）

非かんがい期の渓流水利用のため、用水路断面を複断面にする計画であるが、特に維持管理上の課題が残るため、不採用とした。

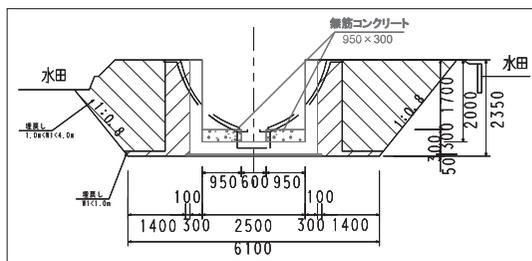


図-3 複断面水路

第2案：〔盛土形状〕（図-4）

用水路周辺の盛土の形状を変更してコスト削減を図る計画であるが、左右壁で部材厚や配筋が変わる恐れ、施工継ぎ目が露出し漏水を助長する恐れ、隣接家屋からコンクリート壁が丸見えになり、景観上・心理上好ましくない等の課題が残るため、不採用とした。

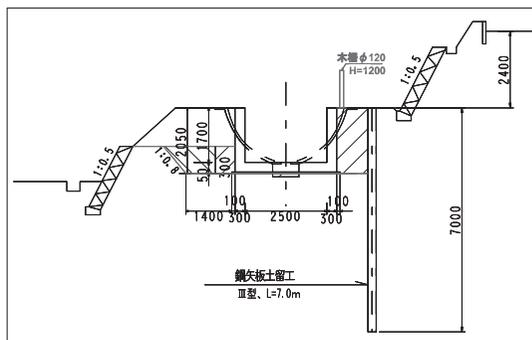


図-4 盛土形状

第3案：〔仮設ヤード〕（図-5）

仮設ヤードとして、経済性や施工計画など不確定要素は多いが、用水路上に移動可能な仮設ヤードを設置する計画であるが、延長の長い水路の改修を行う上では検討する価値はあると考えられ、採用とした。

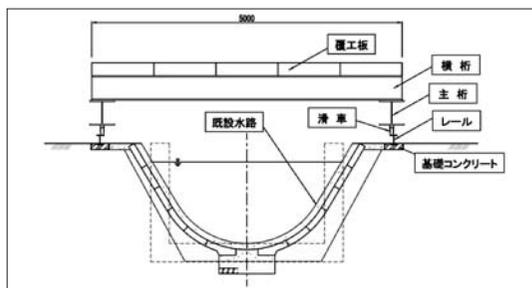


図-5 仮設ヤード

第4案：[PRタイル設置]

遊歩道の舗装内に吉野川分水や飛鳥の歴史などをいれたタイルを設置する計画であるが、観光客に対して明日香村並びに吉野川分水を効果的にPRすることができる。これについては、国営事業でどこまで対応可能か今後検討することとし、直接設計業務に反映するものではないとの結論となった。

第5案：[遊歩道]

木柵の支柱間の仕上げについて、遊歩道と同様にカラーアスファルト舗装を行う計画であるが、景観に配慮ができ、かつ除草などの維持管理作業の軽減が可能となることから採用とした。

第6案：[木柵] (図-6)

明日香村産の間伐材を使用することを基本とし、地域住民による木柵の縦格子を取り付ける直営施工で、住民自ら木柵を設置することで施設への愛着の向上とコスト縮減を図ることが可能と考えられ採用とした。

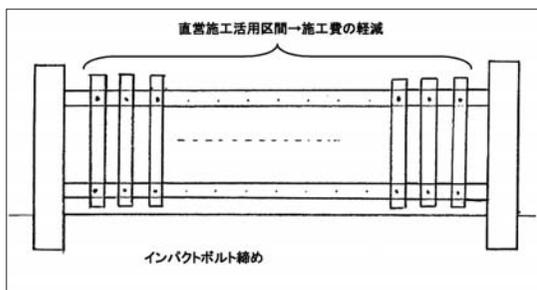


図-6 木柵

第7案：[鋼矢板と用水路] (図-7)

民家が隣接していることから、打設予定の仮設鋼矢板を、現場打ち用水路の型枠として兼用する計画で、なおかつ鋼矢板をそのまま存置することで、型枠組み立て作業の一部、鋼矢板を抜く作業、用水路際の埋め戻し作業の一部等を省略するとともに民家に対する安全性向上が図られると判断し、採用とした。

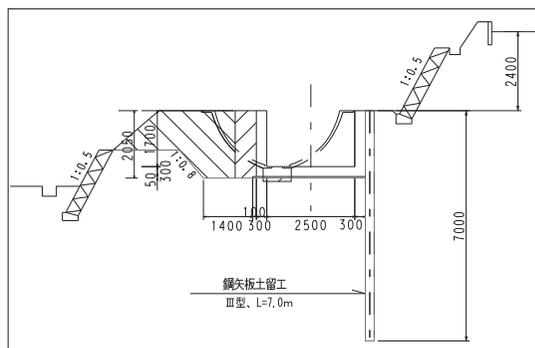


図-7 鋼矢板と用水路

(9)VE提案書作成

VE提案書を作成した採用案について、VE提案項目一覧を作成した。表-2はその一部である。施工性には施工の難易度・施工中の環境への影響・安全性・工期を含むこととし、環境への影響には景観を含む。また、環境・メンテナンスは完成品に対するものであり、安全性は完成品の第三者に対するものである。

表-2 VE提案項目一覧表

分類		効 果						ポイント計	機能効果指数(%)	コストダウン効果予測 (単位:万円)	価値指数 機能効果指数 ÷ 総コスト × 10
		機能達成度	施工性	経済性	環境への影響	メンテナンス	安全性				
	重要度	10	9	9	10	9	9				
原 案	評価	3	3	3	3	3	3		総コスト	1.31 価値向上	
	ポイント	30	27	27	30	27	27	168	763.6		
第6案 木柵	評価	3	3	3	4	3	3		総コスト	1.74 価値向上	
	ポイント	30	27	27	40	27	27	178	610.9 (CD 152.7)		
原 案	評価	3	3	3	3	3	3		総コスト	2.22 価値向上	
	ポイント	30	27	27	30	27	27	168	450.3		
第7案 鋼矢板 と水路	評価	3	5	2	4	3	4		総コスト	2.29 価値向上	
	ポイント	30	45	18	40	27	36	196	511.9 (CD△61.6)		

表中の評価は、原案を全て「3」とする相対評価とし、よい場合は4～5、同等の場合は3、悪い場合は1～2とした。また、重要度については、今回の設計VE検討会が環境に配慮した水路改修を主に考えていることから「機能達成度」と「環境への影響」を他の項目より1点高くなるような設定にした。

この考えに基づき価値指数を算出した結果、上述の5案は全て価値が向上すると判断されVE提案に決定した。

## 5. まとめ

今回の設計VE検討会では、従来設計VEとして検討されることの多い仮設工法の検討とは違い、過去に事例がない環境がテーマということ、また平成18年度の整備構想の前提など多くの制約条件があり検討項目も多岐に渡ったため、効果的な提案としてまとめることに苦労した。しかし異なる立場の外部委員、管理する立場の土地改良区、行政機関である県・村職員の方々の多様な視点と自由な発想により、いくつかのアイデアを提案していただくことができた。これらの結果を基に実施設計をとりまとめ、平成20年度以降の円滑な工事実施につなげていきたい。

## 参考文献

農林水産省農村振興局整備部設計課、  
財)日本農業土木総合研究所：設計VEマニュアル  
(案)

## 環境に配慮した水路の事例（オオサンショウウオ）

松 本 郁 美*  
(Ikumi MATSUMOTO)

### 目 次

1. まえがき	82	5. 施工後の生息状況調査	86
2. 谷和地区におけるオオサンショウウオ生息状況調査の実施	82	6. 考察	88
3. オオサンショウウオの生態と繁殖行動	83	7. おわりに	88
4. 生態を踏まえた工法検討	83		

### 1. まえがき

広島県大竹市栗谷町谷和は、中国山地南縁の標高450m付近の高原状の台地に位置し、人口31人・戸数14戸（H20.6月現在）の稲作を主とした農業集落である。自然林も多く里山と一体となった田園には、モリアオガエルなども生息し、豊かな生態系が残されている。

この集落（以下「谷和地区」という）では、農村総合整備事業大竹北部地区（農水省補助事業）により、平成16年度から平成18年度にかけてほ場整備工事を実施し、約240区画あった水田が約50区画に集積された。これにあわせて幹線排水路としての機能を担う普通河川八丁川の拡幅工事を、集落水辺環境整備（以下「水路改修工事」という）として事業実施することとした。

事業実施にあたり、平成4年に民間開発事業に関連し実施された環境実態調査により、八丁川流域に特別天然記念物オオサンショウウオの生息が確認されていたこと、平成13年の土地改良法の改正により、「環境との調和に配慮すること」が位置づけられたことにより、水路改修工事の事業計画策定にあたっては、水棲生物が生息する環境の回復および維持に配慮することとした。

事業計画策定にあたり、工事実施期間中の個体の保護、生息環境の回復および維持のための工法等について、大竹市教育委員会と事前協議し、広島市安佐動物公園管理課・飼育課*（以下「安佐動物公園」という）の助言を受けることとした。これにより学術的見地からの意見を実施工法等に

反映させることとし、さらに文化財保護法に基づく文化庁への許可申請に際しても、申請内容に反映させることができた。

本事例は、オオサンショウウオの生息環境に配慮した事業計画策定、工事施工および施工後の生息状況報告を行うもので、今後の類似工事の一助になれば幸いである。

（※世界で初めてオオサンショウウオの人工孵化に成功しオオサンショウウオ保護の研究において国内外から高い評価を得ている。）

### 2. 谷和地区におけるオオサンショウウオ生息状況調査の実施

#### (1)平成4年に実施された環境実態調査

平成4年の民間開発事業にともなう調査におけるオオサンショウウオに関する調査報告書によると、谷和地区では、14個体の生息が記録されている。さらに住民への聞き取りによると、「時期は不明であるが、県内の他の河川から持ち込まれた。」とのことで、一部個体が環境に適応し、定着したと推察される。

また、この調査によれば、体長93cmの個体が最大であり、繁殖巣穴を占有する最も優位な雄（メシ）であると推定される。

#### (2)農村総合整備事業集落水辺環境整備谷和地区オオサンショウウオ生息状況調査

平成15年度に実施された本事業の「谷和地区ほ場整備・集落水辺環境整備測量基本設計業務」の現地調査結果によると、体長50cm成体・体長10cm幼体（角落とし下流）、体長80cm成体（堆砂中の穴）、体長10cm幼体（支流の堰を遡上しようとしていた）の計4体が確認されている。（調査年

*広島県広島地域事務所農林局農村整備課（Tel. 082-228-2111）

月日：平成15年8月11日・12日)

幼体2個体のサイズから、昨年繁殖した新生個体であるとみられ、健全な生息環境にあると推察される。

### 3. オオサンショウウオの生態と繁殖行動

ここで、簡単にオオサンショウウオの生態について紹介する。

オオサンショウウオは、世界最大の両性類であり、日本固有種、河川生態系ピラミットの頂点に位置しており、国の特別天然記念物に指定され、環境省レッドデータブックでは準絶滅危惧種に指定されている。自然分布は岐阜以西の本州と四国九州の一部の河川のみと考えられており、生息巣は護岸石積みの穴、水流でえぐられた土穴、大きな石の下などで、夜行性で昼間は巣穴にひそみ、夜になるとえさを求めて川の中に出没する。えさは魚やカエル・爬虫類・貝等で、幼生は水生昆虫等である。

繁殖は年に一回、8月下旬から9月で、8月上旬になるとオオサンショウウオは、より上流の産卵巣穴へと集合する。この時期の産卵巣穴にはその周辺で最も大きく力の強いと思われる「ヌシ」と呼ぶオスが住み着いている。産卵期における「ヌシ」の役割は大変重要で、まず一頭のメスが「ヌシ」がいる産卵巣穴に入ると複数のオスが巣穴に侵入し、産卵と放精が終わると「ヌシ」以外は巣穴から出てしまう。数頭のメスが同一巣穴へ次々と産卵することもある。産卵期が過ぎても「ヌシ」は卵を保護して穴に残り、孵化した幼生が川へ出る翌年の1～2月まで穴の中で過ごすこととなる。

### 4. 生態を踏まえた工法検討

(1) 工事概要 (図-1, 表-1)

水路改修工事 L=733m,

工 期 平成16年度～平成17年度

(環境保全型ブロック2面張り) :

W4,500×H1,700 巣穴：19箇所)

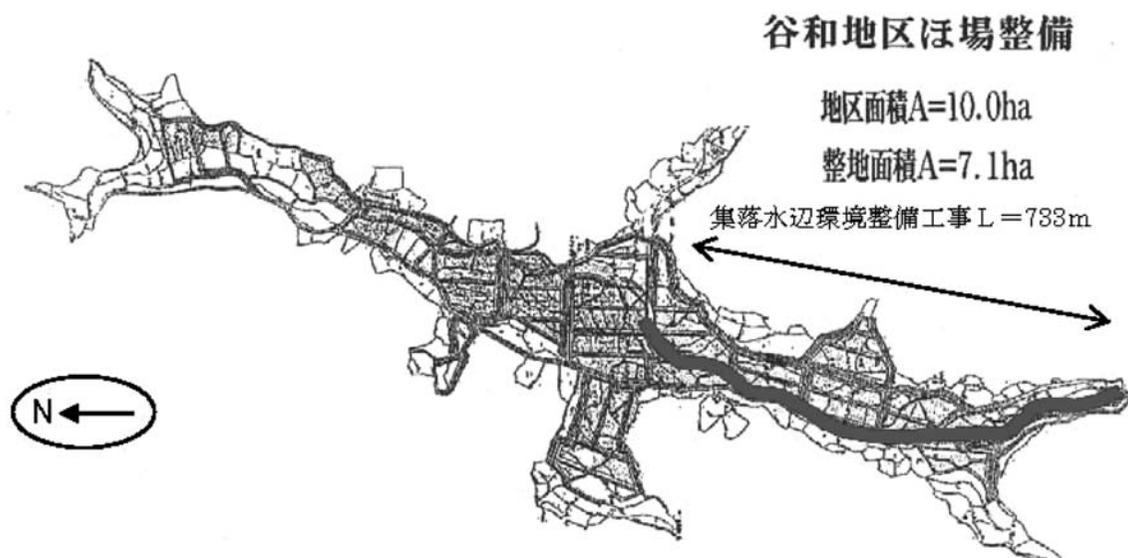


図-1 農村総合整備事業 大竹北部地区 谷和地区ほ場整備

表-1 年度別工事内訳表

年 度	工 事 名	工 事 内 容
H 1 6	谷和地区集落水辺環境整備工事	L=242.7m・巣穴3個
H 1 6	谷和地区集落水辺環境整備工事 (その二)	L=294.6m・巣穴8個
H 1 7	谷和地区集落水辺環境整備工事 (その三)	L=196.2m・巣穴8個

## (2)配慮内容について

オオサンショウウオを保護するためには、岸辺植生・岩盤の隙間・落ち葉溜まりや浮き根などの多様な水辺環境と良好な水質が必要とされ、エサとなる魚類等の水棲生物も生息できる良好な環境を保てるよう整備する必要がある。こうした条件を勘案した水路改修工事計画の素案をもって、平成15年10月に安佐動物園の助言を受けた。以下に要点を記述する。

### ①工事計画の留意点

- ・河川底面にコンクリートを打設しないこと。
- ・極力、瀬や淵を作ること。
- ・オオサンショウウオや水棲生物が遡上きる構造とすること。
- ・出水時にオオサンショウウオが流されないように配慮すること。
- ・護岸には生息・産卵のための巣穴を設けること。
- ・極力水路を蛇行させること。

### ②施工中の留意点

- ・施工中は生息に留意し、個体を発見した場合は一時捕獲し、上流および支流の工事区域外に移動させる。(写真-1-1, 1-2)
- ・工事区域への侵入防止のため、施工区間の最上流および最下流にネットを配置する。(写真-1-3)



写真-1-1 オオサンショウウオ保護 捕獲状況

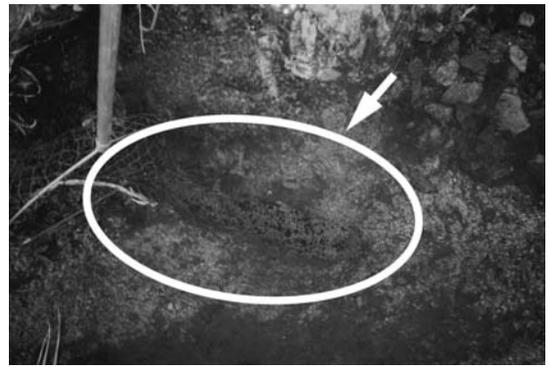


写真-1-2 オオサンショウウオ上流移動状況



写真-1-3 オオサンショウウオ保護あみ設置状況

### (3)配慮工法の設計・施工

助言を受け、以下のとおり工事計画に反映させた。

また、標準断面図を図-2に示す。

#### ①河床について

- ・河床は床止め工以外でコンクリートを打設せず、石張りとする。一部流れが速く浸食の恐れがある場所については、根固め工を実施する。できるだけ現況を改変せず、瀬および淵を維持する。

#### ②線形について

- ・極力蛇行させるように留意し、従前の蛇行していた線形を変更しない区間が過半をしめる計画とする。

#### ③縦断計画について

- ・対象区域の水路勾配は平均して約1/160程度となるよう計画する。河床横断面がほぼフラットとなるのを防ぐため、石張りを工夫し、障害物を作り蛇行させる。

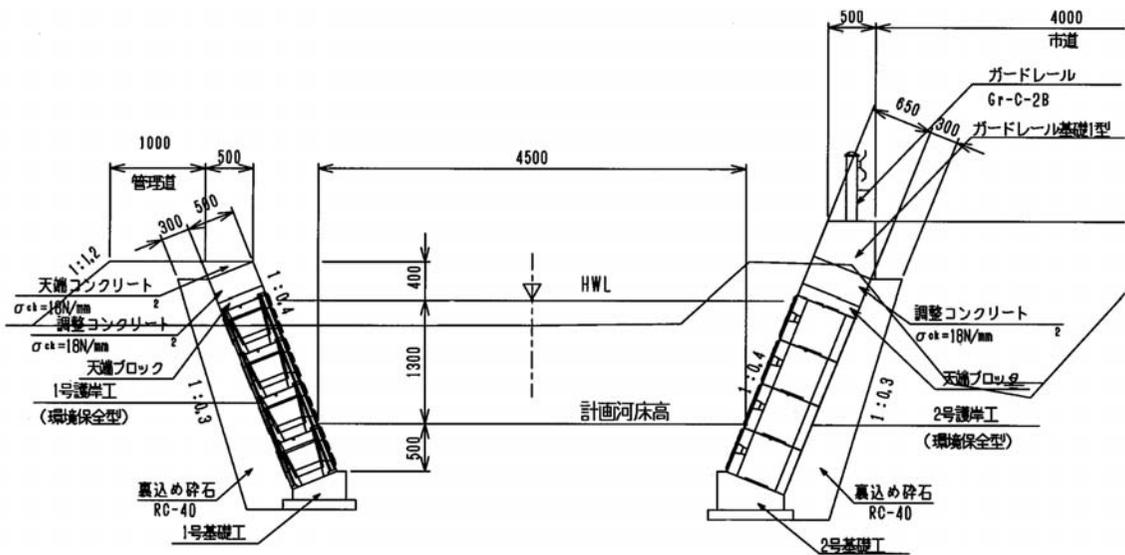


図-2 水路改修工事標準断面図

- ・水路改修工事区外上流の、落差工1箇所、ゲート1箇所については、魚道スロープを設置することとする。(写真-2)



写真-2 水路改修工事区外上流側魚道スロープ

#### ④護岸部について

- ・護岸部はオオサンショウウオの繁殖穴や隠れ場所であり最も重要な環境となる。水路改修工事では、隙間の多い環境を多く作る方針とし、環境保全型ブロック及び魚巣ブロックを採用し、オオサンショウウオの巣穴も設置する。

#### (4)巣穴について

##### ①箇所数

- ・必要箇所数に学術的な裏付けはない。数が多い

方が好ましい。

(本地区では延長 $L=733\text{m}$ に対し、19箇所設置することとした。)

#### ②構造について

- ・水衝部は避け、よどみや淵を好む習性があることから、巣穴設置箇所の直下流に若干の置石を行う。
- ・オオサンショウウオは出入りが狭いものを好むため、繁殖室から巣穴の出入り口までの通路は $\phi 150\text{mm}$ の硬質塩化ビニール管を使用する。
- ・水路までの通路の長さは、50cmから70cmとし、常に水が回流するよう配慮する。
- ・水路までの通路の管は、水路方向から30度以内で下流に向け、出入り口の底面は河床の高さと同じにする。
- ・オオサンショウウオは広すぎる場所では繁殖活動を行わないため、繁殖室は $\phi 600\text{mm}$ のヒューム管を直立させたマンホール状の構造とし、通路を通して水路とつながる構造とする。
- ・繁殖室の床はコンクリートを打設せず、碎石等を敷均しする。
- ・繁殖室となるヒューム管の天端には、管理蓋を設け鍵を付けて管理する。

上記内容を考慮した構造図を図-3に、施工時の状況を写真-3に示す。

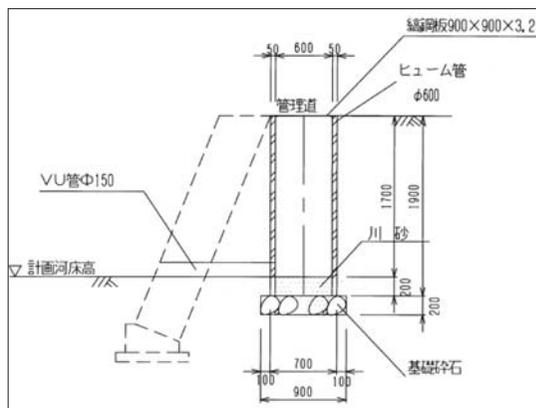
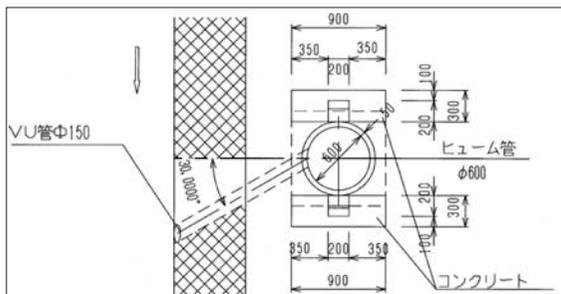


図-3 オオサンショウウオ生息・繁殖巣穴構造図



写真-3 巣穴施工時状況

(1)調査期間：

平成19年5月から平成19年10月

(2)調査方法：

原則月に一度、水路の踏査および巣穴の点検を行うとともに、水路内の水位および水温を測定し、オオサンショウウオと他生物の生息状況を目視した。その際、オオサンショウウオを発見しても刺激を与えないように配慮した。併せて、日常の様子について地元の方々へ聞き取り調査を実施した。

(3)調査結果

①巣穴の配置、水位・水温および生息状況調査結果

水路改修工事箇所での巣穴の配置を図-4に示す。水位・水温は図5-1、5-2のとおりである。また生息状況調査を表-2に示す。

## 5. 施工後の生息状況調査

平成17年度に水路改修工事が竣工し、工事区域を仕切るネットを撤去して一年が経過した平成19年度5月からオオサンショウウオの生息状況調査を開始した。

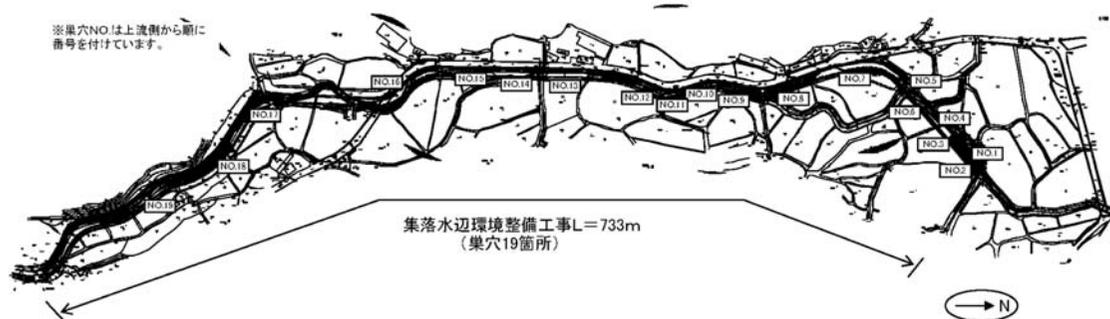


図-4 水路改修工事箇所 巣穴配置図

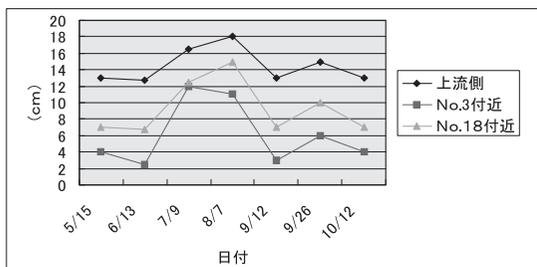


図-5-1 水路水位測定

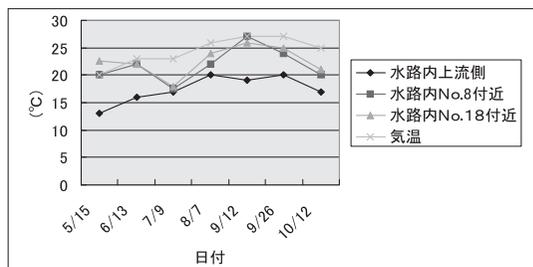


図-5-2 水路温度測定

表-2 生息状況調査結果

天気 月日	2日前	前日	当日	オオサンショウウオ 発見場所	水路内その他の 生物
平成19年5月15日	晴れ	晴れ	晴れ	NO.13付近淵	イモリ・ハヤ・ヘビ・カメ
6月13日	晴れ	晴れ	曇り	NO.3付近淵	小魚・ヘビ・ハヤ・カメ・トノサマガエル・イモリ・クモ
7月9日	曇り	曇り	雨	NO.8巣穴・NO.16巣穴	イモリ・アメンボ・クモ・カエル・カワニナ・ハヤ・小魚
8月7日	晴れ	雨のち晴れ	晴れ	NO.2巣穴・NO.13巣穴	コオロギ(多数)・ハヤ・イモリ
9月12日	晴れ	晴れ	晴れ	NO.3付近淵	ハヤ・アメンボ・コオロギ
9月26日	曇りのち雨	雨のち晴れ	晴れ	NO.6巣穴	カワニナ・イモリ・ハヤ・クモ・カメ・コオロギ
10月12日	晴れ	晴れ	晴れ	×	カワニナ・カニ・クモ・ハヤ・イモリ
平成20年6月23日	雨	雨のち晴れ	晴れ	NO.2巣穴・NO.6巣穴 NO.13巣穴・NO.16巣穴	イモリ・アメンボ・クモ・カエル・カワニナ・ハヤ・小魚 ヘビ・モリアオガエル

②地元聞き取り調査

- ・平成18年度に、ほ場整備工事区域内等で個体を確認した。
- ・平成19年度については、水路改修工事箇所より上流部の工事区域外で、早春から個体を確認。4月以降も数回にわたり、ほ場整備工事区域内及び水路改修工事区域内で個体を確認(写真-4-1)。7月には体長約6cm程度の幼体の姿も見られた。

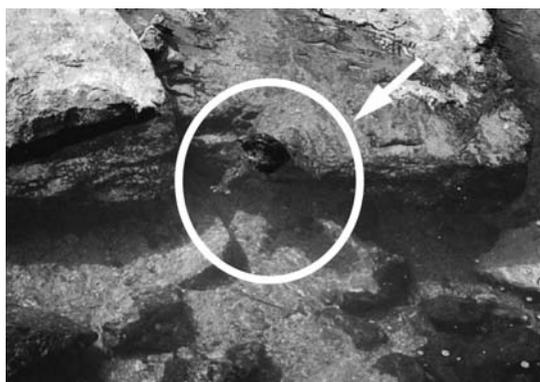


写真-4-1 水路改修工事区域内 巣穴生息状況  
岩場に隠れているオオサンショウウオ

調査開始から半年が経過し、繁殖期である9月にあつては2回にわたり調査を実施し、さらに10月も孵化の確認のため巣穴を調査した。調査の都度、オオサンショウウオの姿は確認するが繁殖・産卵の確認には至らず、生息状況調査を終了した。

(4)臨時調査

本年度に入り、再び生き物たちが活発に活動を始めた6月、地元からの連絡により、「複数のオオサンショウウオの幼生が河川の淵付近に集まっている」と報告があり、臨時調査のため、急遽谷和地区へと出向いた。

巣穴の中や淵を踏査したが、幼生も産卵の痕跡も確認できなかった。地元の方の話によるとオオサンショウウオの幼生たちは体長10cmくらいの個体が多かったということで、生後およそ1年の幼生であると推察される。昨年度の調査では新たに設置した巣穴での産卵を確認できなかったことから、水路改修工事箇所よりも上流側で産卵、孵化したものと推察される。

本年度6月に実施した臨時調査では、4匹のオオサンショウウオの成体を水路改修工事区域内で発見し(写真-4-2)、最大で80cm以上と思われる個体も確認された。



写真-4-2 水路改修工事区域内 巣穴生息状況  
巣穴に入るオオサンショウウオ

## 6. 考察

水路改修工事箇所について、竣工間もない時期は植生等の障害物も無かったことから、水路下流側ほど水路内の水温が上昇する傾向にある。(図-5-2)

オオサンショウウオは、やや冷水を好む動物である。水路改修工事箇所より上流側については夏季もほぼ水温の変化も無く、産卵により適した環境となっており、平成20年度6月に発見された幼生は、水路改修工事箇所より上流側で産卵・孵化したものと推察される。

また、生息状況結果のとおり、水路改修工事箇所内でもオオサンショウウオや、そのえさとなる多数のハヤ・カエル・貝(かわにな)・水棲昆虫等の生息が確認された。また、淵や瀬も多数形成されており、淵に集まってくる小魚を待ち伏せして捕食するオオサンショウウオも目撃された。

平成19年の調査を通して、土の堆積により進入できない巣穴が見受けられたが、今年度6月の調査時には地元の方々により巣穴付近に堆積した土が除去され、全ての巣穴で進入可能な状態となっていた。その成果か、現地確認開始から最多の4匹のオオサンショウウオが発見された。4匹は全て水路改修工事で設置した巣穴に潜んでおり、オオサンショウウオが巣穴をすみかとして受け入れたと推察される(表-2)。また、巣穴はオオサンショウウオだけでなく昆虫やヘビ、タカハヤなど他の生物にとっても良好な環境となっている。

オオサンショウウオの個体数が増加したことは、水路内に瀬や淵の形成も進み、あわせて生物や植生が定着し、工事前の生態系に回復しつつあ

ることを示唆するものと考えられる。

## 7. おわりに

工事後のオオサンショウウオを中心とした生態系の回復状況を確認するため、平成19年5月から半年にわたり現地調査を実施した。

水路工事後の現地状況(写真-5)から、河川が工事以前のような良好な生息環境にまで完全に回復するにはまだ歳月を要すると考えられ、今後も定期的な調査を続ける必要がある。



写真-5 水路改修後 状況写真(H19.9月撮影)

近い将来、繁殖巣穴でオオサンショウウオの繁殖が見られる日が来ることを願っている。

地元の方々には、ほ場の草刈等の維持管理はもとより、水路についても、オオサンショウウオの巣穴周辺に堆積した土の除去や、オオサンショウウオを導くための河床の置石等にも注意を払われている。

現地確認の際には、オオサンショウウオの目撃等の情報提供はもちろんのこと、調査に同行していただいたり、モリアオガエル等の希少生物の情報提供をいただくなど、熱心に協力していただいた。

本集落は、オオサンショウウオを観光資源としているわけでも自然保護活動に取り組んでいる団体等が存在するわけでもない。ただ、静かに見守り、静かに野生生物達は清流を泳ぎ、静かにオオサンショウウオと共存している。

## 参考文献

「オオサンショウウオ 調査記録第1号」

編集・発行 財団法人 広島市動物園協会

「ドキュメント地球のなかまたち 川の王さま オオサンショウウオ」

編 広島市安佐動物公園

# 動物の移動に配慮したカルバート設置の効果について

中 藤 直 孝*  
(Naotaka NAKATOU)

## 目 次

1. はじめに……………	89	4. 幹線道路下カルバート内の移動状況調査……………	91
2. 徳之島の生物相……………	90	5. おわりに……………	93
3. 幹線道路における環境配慮対策……………	90		

国営徳之島農地開発事業（S60～H12）において、動物移動経路確保のため設置した幹線道路下カルバートにおける動物移動状況調査を今般行ったので、その結果を報告する。

### 1. はじめに

徳之島は南西諸島に含まれ、鹿児島市の南南西約468kmの海上に位置し、周囲89km、面積248km²の島で、奄美群島（奄美大島、喜界島、徳之島、沖永良部島、与論島）のなかで奄美大島に次ぐ面積を有する。（徳之島位置図：図-1）地形は東西14km、南北26kmの細長い形をしており、井之川岳（標高645m）を主峰とする山地が南北に走り、島を東西に両断し、海岸線に向かって緩やかに傾斜している。南西諸島は「東洋のガラパゴス」と称されるが、それに違わず、亜熱帯海洋性気候に育まれた徳之島の豊かな自然には、アマミノクロウサギをはじめ、世界的に見ても貴重な島固有の野生動植物が数多く生息している。

島の基幹産業は農業であるが、降雨（年間降水量2,200mm程度）のほとんどが梅雨期と常襲する台風期に集中するため干ばつを受けやすい条件下にある。また、離島という立地条件等により、畑地かんがいに関する基盤整備が遅れていることから、畑作営農の近代化が著しく阻害されている。

これらの問題を解消するため、昭和60年度から国営農地開発事業（平成12年度完了）、平成9年度からは徳之島ダムを新規水源とした国営かんがい排水事業（以下文中では「徳之島用水事業」という）に着手している。

両事業においては、保全すべき貴重な自然環境条件の下で開発を行うものであることから、自然環境に与える影響をいかに回避できるか、あるいは軽減できるかということを念頭に置き、自然生態系の実態調査を行い、影響を予測するとともに工事实施による影響を極力回避するための保全対策の立案・実施など、自然環境に調和した開発行為となるよう慎重な姿勢で取り組んでいる。

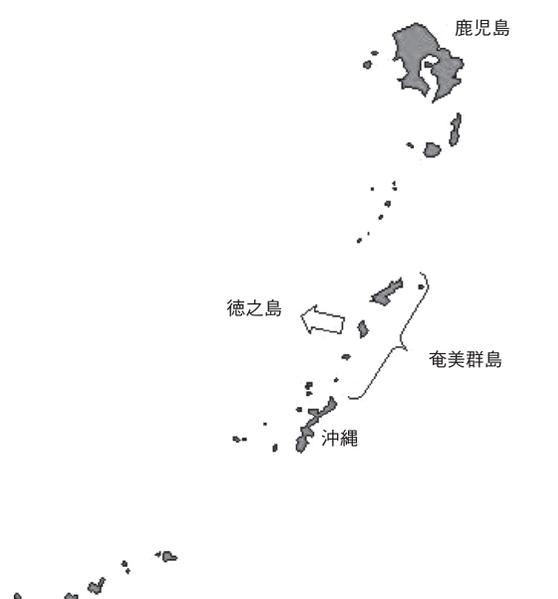


図-1 位置図

*九州農政局徳之島用水農業水利事業所（Tel. 0997-85-5221）

## 2. 徳之島の生物相

徳之島の生物相は、種の多様性が複雑で固有種や固有亜種が多く生息している。このうち特別天然記念物のアマミノクロウサギをはじめ、トクノシマトゲネズミ、ケナガネズミ、アカヒゲ（鳥類）、カラスバトの5種が国の天然記念物に指定されている。これらは奄美大島と徳之島だけに生息、あるいは2つの島が最も重要な生息地となっている。他にもアマミヤマシギ、イボイモリ、オビトカゲモドキなど環境省のレッドリストに掲載されている貴重な生物が数多く生息している。

これらの生物へ事業が与える影響及び保全対策の検討を行うことを目的として環境調査を実施しているところであり、調査にあたっては動植物の生態に詳しい学識経験者からなる「徳之島ダム天然記念物等検討委員会」及び「徳之島ダム河川魚類等保全検討会」において、適時適切な指導・助言を受けながら実施している。さらに、これらの調査結果を踏まえた影響予測や保全対策、モニタリング計画等一連の事項についても両会にて十分な検討を行っている。

## 3. 幹線道路における環境配慮対策

国営農地開発事業において、造成団地からのさとうきび・野菜類の輸送等を目的として幹線道路を施工したが、自然環境への影響を最小限に抑えるため、当時、動植物の生息環境の消失や分断による影響の予測を行い、複数の路線の比較により影響の少ない路線を選定するとともに、動物の横断路など保全施設の設置を行っている。具体的な環境保全の取り組みは以下のとおり。

### ①ルートの選定

幹線道路のルートの選定にあたっては、自然環境への影響が少ない3つのルートを選定し、天然記念物等検討委員会において比較検討を行い決定した。

### ②トンネルの採用

植生自体の希少価値が高く、動物の行き来がある自然度の高い地域においては、抜開面積を少なくし、自然環境への影響が小さいトンネルを採用した。（写真-1）

### ③橋梁の採用

溪流沿いに希少価値の高い植物群落が存在するところにおいては、水際から樹高まで保全できる

橋梁工を採用した。（写真-2）

### ④動物移動経路の確保

計画路線付近に自然植生や希少な動植物が生育するほか、イノシシや希少なネズミ類、トカゲ類、カエル類などが見られ、これらが道路を横断する際に通行車両にひかれたり、道路脇の側溝が移動の障害となることが予測された。

このため、本幹線道路でも地形と植生状況から動物が移動しそうな箇所を考慮し、谷地形である区間や路線両側が盛土となる地点でカルバートを設置した。

また、樹林に隣接した側溝・集水桝には小動物が落ちてもしい上がれるよう斜路を取り付けた。（写真-3）

### ⑤その他

ロードキル対策のため、動物横断に対する注意を促す標識を設置するとともに、走行速度の抑制対策を実施した。（写真-4）

また、貴重植物種の保全のため、伐採範囲において必要な移植を行った。



写真-1 徳之島トンネル



写真-2 橋梁の採用



写真-3 這い上がり側溝



写真-4 標識の設置

#### 4. 幹線道路下カルバート内の移動状況調査

##### (1)調査目的

3. ④で述べたように、幹線道路下には動物の移動に配慮したカルバートを検討・設置しているが、その後の動物移動状況調査は行われておらず、効果について不明であったため、今般、効果検証のための調査を実施した。(調査地点周辺図：図-2)

##### (2)調査方法

幹線道路に設置されているカルバートのうち3地点において、自動撮影装置を継続的に設置し、通過する小動物の記録を行った。(カルバート標準断面：図-3～4、撮影装置設置状況：写真-5～7)

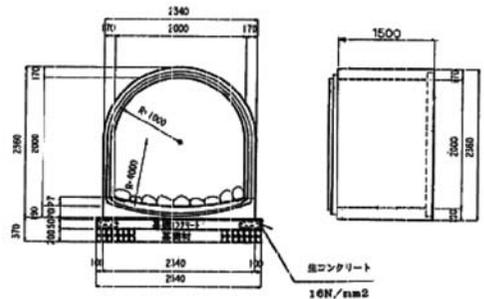


図-3 アーチカルバート標準断面

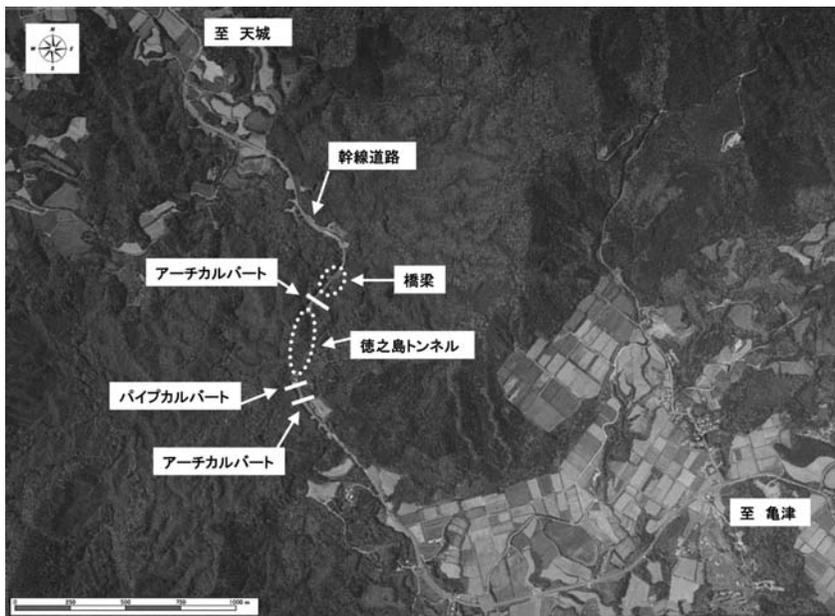


図-2 調査地点周辺図

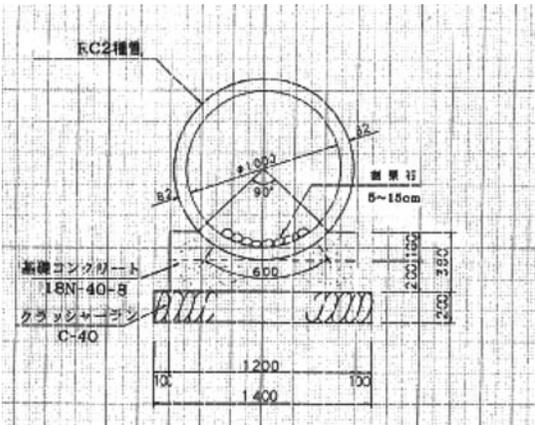


図-4 パイプカルバート標準断面



写真-7 撮影装置設置状況③



写真-5 撮影装置設置状況①



写真-6 撮影装置設置状況②

(3)調査実施時期

平成19年8月23日～平成20年1月18日に自動撮影装置を設置し、継続的に確認を行った。

(4)調査結果

- ・カルバートにおいて設置した自動撮影装置により、天然記念物のトクノシマトゲネズミと考えられるネズミ、アカヒゲの他、コウモリ類を記録した。(写真-8～10)



写真-8 トクノシマトゲネズミと考えられるネズミ



写真-9 アカヒゲ



写真-10 コウモリ類

- ・その他、フィルム交換等のメンテナンス時にヒメハブを確認した。(写真-11)



写真-11 ヒメハブ

#### (5)考察

以上の結果より、

- ・動物の移動経路に配慮したカルバートはトクノシマトゲネズミなどのネズミ類だけでなく、アカヒゲやコウモリ類など飛翔する動物も移動経路として利用している
- ・カルバート入口でヒメハブを確認しているが、本種はカエル類など小動物を主な餌としていることから、横断管を移動経路として利用する小動物の採餌のために出現していることが考えられる。

#### 5. おわりに

今回の調査において、徳之島における国営事業の長きにわたる環境配慮の取り組みが自然環境に溶け込み、効果を発揮している状況の一端が明らかとなった。

現在施工を進めている徳之島用水事業では、基幹施設である徳之島ダムについて、本年度秋頃からいよいよダム堤体盛立を開始する段階である。また、徳之島用水地区全体の環境・景観配慮の指針となる「徳之島用水地区環境配慮計画」についても、本年度中を目途に九州農政局環境情報協議会に上程予定としている。

今後とも自然豊かな本島において、環境配慮の取り組みを更に積極的に進めていきたいと考えている。

# 宮竹用水の歴史

川 端 真*  
(Makoto KAWABATA)

	目 次	
I. はじめに.....	94	III. おわりに.....
II. 宮竹用水の歴史.....	95	99



「宮ちゃん」宮竹用水イメージキャラクター

## I. はじめに

宮竹用水は、白山を源とする手取川から梯川にわたる能美平野を潤す石川県内有数の用水である。現在は、手取川の白山堰堤から右岸側に取水し、逆サイフォンによって左岸側へと分水されており、右岸側をかんがいする七ヶ用水とは切り離せない関係の用水である。(図-1) (写真-1)

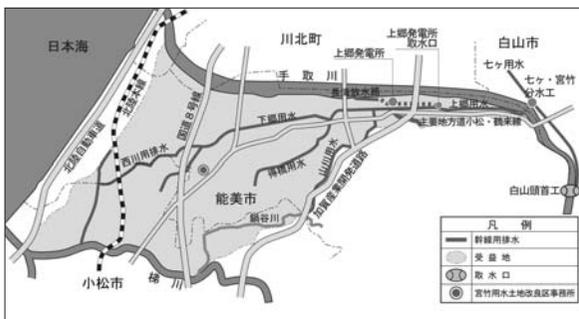


図-1 宮竹用水管内図 (現在)



写真-1 宮竹用水の全景 (能美平野)

とはいえ、過去には水利権をめぐる激しく対立しており、壮絶な水争いが展開されていた。しかしながら、国営大日川ダム、七ヶ宮竹分水工、逆サイフォン、が完成したことにより、現在は安定した用水が確保されている。また、地域住民へのPR活動としてウォークラリー (写真-2) や用水清掃ボランティアなどを行い、啓発普及に努めている。



写真-2 ゴムボート下りの様子  
(第6回宮竹用水ウォークラリー大会)

*宮竹用水土地改良区 (Tel. 0761-57-0113)

## Ⅱ. 宮竹用水の歴史

### (1)起源

宮竹用水の起源はあまり明らかになっていないが、用水が現在の能美市宮竹町から取水していたことから、この名前が付いたと言われている。宮竹用水に取入口が設置されたのは、正徳～享保年間（1715年頃）と言われており、寛政年間（1800年頃）には、現在の能美市灯台笹町地内で取水されていたようである。過去には、絵図上でしか確認されておらず「幻の水路」と言われていた取水口は、平成3年12月に灯台笹町の道路下から見つかっている。（写真-3）これは、約200年前の寛政期のもものと推定されており、高さ1.3m×幅1.3m



写真-3 旧宮竹用水取水口（アーチ形水路3本）

のアーチ形の取入口の構造は、上幅34cm、下幅26cm、高さ30cmの擬灰岩を台形に整えた切石を、二段に積み重ねたものとなっていた。

辰口町史によると、当時、手取川左岸のかんがいは、宮竹用水と二ヶ用水という2つの幹線用水から成っており、宮竹用水は前述の3つの取入口で、二ヶ用水は用山一番堤で、それぞれ取水していたようである。

### (2)明治期

用水管理組合などが創設される前の明治29年（1896）頃には、能美市灯台笹町2ヶ所、同市宮竹町3ヶ所の計5ヶ所の取水口から、当時の山上村、久常村、吉田村、寺井野町、根上町、板津村、牧村、国府村をかんがいでいた。当時は毎年、手取川に先堰を設けて取水していたが、どの取水口も位置が高く、ひとたび出水すれば、堰が全部流出してしまうばかりでなく、河床が洗掘され、果てには堤防が決壊するなど甚大な被害が繰り返されていた。

その頃の手取川扇状地をかんがいでいる幹線用水は、右岸側に上流から富樫、郷、中村、山島、大慶寺、中島、新砂川の7つ、左岸側は宮竹のみ1つの合わせて8つの用水取水口が数カ所ずつあったようである。（図-2）この時代は、それぞれ、個々に手取川に堰を築いて取水しており、水の権利は上流ほど強く、下流にある用水ほど水不足に悩まされ、水をめぐっての紛争が絶えなかった。

宮竹用水・七ヶ用水取水口の変遷

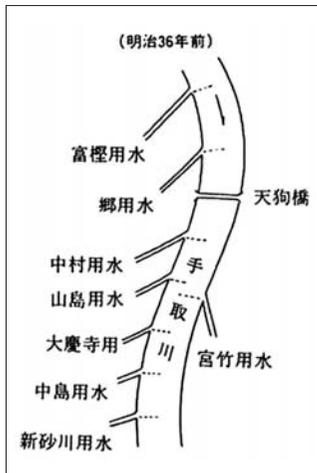


図-2

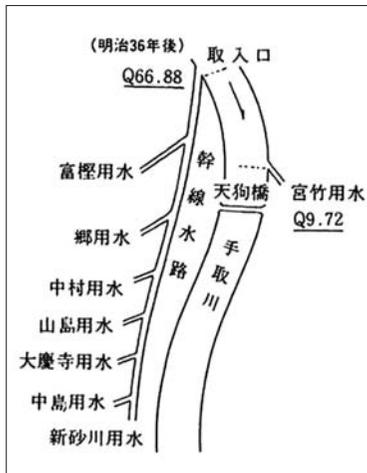


図-3

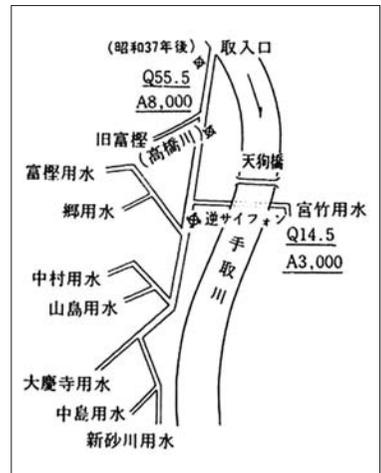


図-4

（図：手取川七ヶ用水土地改良区40周年記念誌より抜粋）

宮竹用水は、明治29年（1896）手取川の洪水で取入口が流失したのを機に、これまで出水のたびに堰が流出するなど被害が絶えなかったことと相まって、県の主導で取水口を1ヶ所に統合する事を決め、明治30年（1897）に事業に着手した。その計画は、従前の位置より約1,080m上流の岩本町の天狗壁と称する左岸の岩壁に取水口を設け（写真-4）、隧道で370m、その下流720mを堀割水路で従前の水路に接続するものであった。その間、明治32年（1899）には、水利組合令によって宮竹

用水土地改良区の前身である宮竹用水普通水利組合が創設されるなど、時代の変遷とともに、明治43年（1910）総事業費17,100円で竣工し、水利体勢を整えていった。

一方、対岸の右岸側では、明治36年（1903）に宮竹を除く7つの用水が取入口を合口し七ヶ用水となり、その取水口位置を宮竹用水より上流に移動させてしまい、宮竹用水は最下流で七ヶ用水の余り水を取り入れるという不利な立場に転落してしまった。取水量も七ヶ対宮竹がおおよそ7対1の割合で確定されていたが、この割合は受益面積に対して公平ではなかったため、分水をめぐる争いは絶えることがなく、むしろ激しさを増して行くのであった。（図-3）

当時の宮竹用水は、取水口より6,840mまでを幹線水路として、そこから3,000余りの支線用水に分岐する総延長25,326mを管理していたが、各分水門及び井堰の多くが木造で、水路も不完全な護岸が多かったようだ。その後、時勢に伴い統合と配水上における関係からその区域を拡大し、支線92ヶ所にわたる支線用水の総延長69,420mを管理区域に編入していった。（図-5）

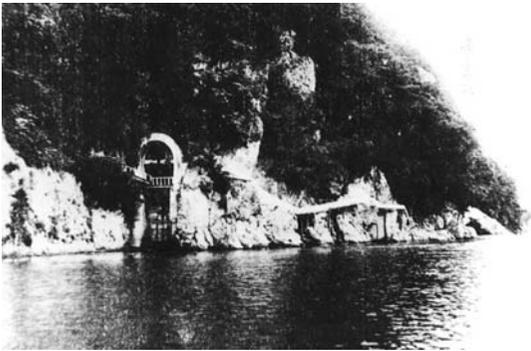


写真-4 てんぐかべえんてい 天狗壁堰堤

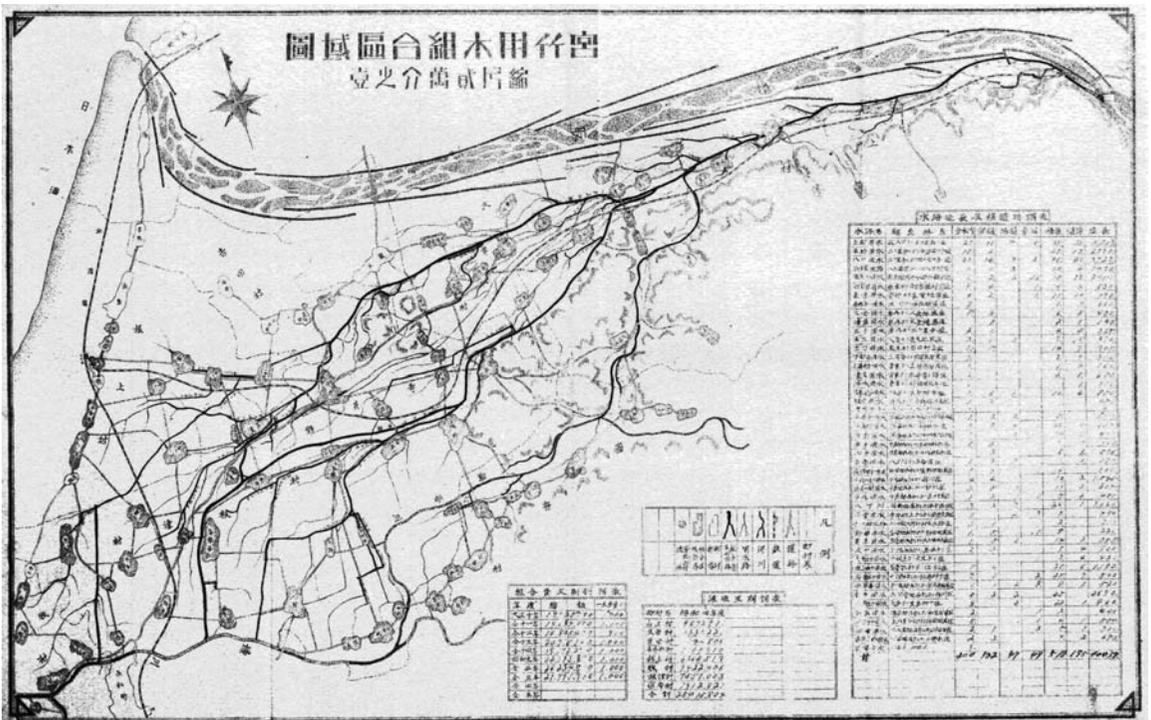


図-5 宮竹用水管内図（昭和3年）

### (3)大正期

明治から大正時代にかけて、関係町村による耕地整理及び開墾事業のため、かんがい面積は年々増加し、必要なかんがい用水量はどんどん増加していった。しかし、宮竹用水の取入口先堰は、毎年架設する形式のものであり、そのたびに多額の経費を要するにも関わらず、取水は甚だ不完全な状況で、かんがい用水の不足はますます深刻なものとなっていった。そのため、取水堰を永久的施設とする計画を立て、大正11年（1922）に根本的調査を実施し、大正13年（1924）この設置許可を受けて、大正14年（1925）に起工し、昭和2年（1927）に完成している。

その頃、大正15年（1926）郡制の廃止により、宮竹用水と七ヶ用水の管理者は同一の人物が兼任するようになり、宮竹と七ヶの対立は緩和しつつあったが、上流で取水する七ヶ用水の優位は変わるものではなかった。

### (4)戦前

手取川の水量は、用水が必要な時期にたびたび水量が減少するため、その対策を確立しようと、宮竹と七ヶが合同で昭和7年（1932）に水源地調査を実施するとともに、石川県知事に基本調査を請願している。しかし、兩岸において毎年、多大な開墾がなされ、必要なかんがい用水量もますます増加していたので、この補充の対策として水源涵養造林、ならびに一大溜池設置などを模索していた。ところが、昭和9年（1934）7月に豪雨が襲いかかり、手取川は未曾有の大洪水となり、たちまちにして取水口、堰堤を流出した。濁流は手取川の梅の木堤を決壊し、2番、3番堤も流出、宮竹

と七ヶの8ヶ所の用水全てに甚大な被害を与えた。宮竹用水の被害額は水路復旧費のみでも、750,000円余りと莫大なもので、用水関係者は総力を挙げて、早期の復旧を県、政府に依頼、懇願の結果、県営事業としてすぐに復旧事業に着手された。

また、この大洪水を契機に、昭和10年1月以降、分水に関して宮竹と七ヶで交渉、協議を続けていたが、成立することはなかった。また、この頃、増加の一途をたどる電力需要から、七ヶ用水取入口及び鶴来町の砂溜池において、その水を利用した二大発電所が建設されることになり白山堰堤が建設された。宮竹用水は、辛うじて砂溜池発電所直下において分水口を設け、七ヶ側で取水している量の7分の1を宮竹側で確保できない場合には開門し、分水することで交渉を成立させることができ、その分水路は発電会社において施工し、宮竹用水取水口隧道内に接続することになった。

その後、昭和16年（1941）に白山堰堤を嵩上げし、七ヶ用水の取水口をそこに移す議論がわき上がり、宮竹は簡単には承伏できないと、10数回の交渉の後、ようやく妥結に至った。その内容は、配水契約の更改、分水会議の簡易化、比例分水ならびに前述の分水路を生かすこと、基盤施設整備として、取水隧道及び水路の通水断面の拡張ならびに改修、これに伴う岩本堰の水門化、沈砂池の設置（写真-5）、さらに補給水門の増設、水門、道路の新設等を国営事業として施行することであった。その事業は、昭和23年4月より総工費32,631,800円、うち地元寄付7,907,950円により竣工し、合わせて配水契約の実施の運びに至っている。



写真-5 旧宮竹用水路沈砂池（昭和25年3月完成。能美市岩本町）

# 宮竹用水は水不足

## あすから十六日間番水

従来つぎ宮竹用水土地改良区管内の下流約六百五十戸が水不足となり、二十六日から八月十日までの十六日間番水を実施する。水不足となっているのは、小町小杉、大野、根上町金屋、小松市の野田、長田、平岡、一針、千代、熊突方面の水田で用交確

水路の水量が半減し、わん(巻)圃期に必要な水が足りず、水不足の状況となっている。このため改良区は、二十六日から八月十日までの十六日間番水を実施。幹線水路の下流、上川用水は、二十六日から、上流、下流用水は、二十七日からそれぞれ七日までの二週番水し、下流へ重点的に水を送るとも比較的水の豊富な上流水田の優先したいし、規則外の積木を削減し、節水に心がけるよう強く要請している。

写真-6 S・37・7・25 北国新聞

### (5)戦後

先の白山堰堤の高上げにより漏水がなくなり、溢流水が制約されたため、従来毎年6月下旬に設置していた取入口先堰は、かんがい開始の4月下旬に着手せねばならない状況に立ち至った。先堰の設置期間が長くなり、時期的にも流出回数が増え、築設に困難を来すなど、これまで500,000円程度だった管理費が、一気に2,000,000円以上必要となってしまった。

そのため、取水の安定化を目指して天狗山壁堤の高上げを計画し、昭和22年7月総工費1,600,000円、うち地元負担金560,000円の補助事業で50cm高上げすることにより、先堰工事の無駄を排除し取水の円滑化を図った。

この事業により、取水に関する問題はなくなったが、根本的に手取川のかんがい時期における全流量では、必要な用水量を確保できないため、地下伏流水の利用をはじめ、地下浸透水ならびに蒸発水量の抑制、さらには通水の迅速化を図るため、幹線水路の徹底的な改修を計画した。まず、能美市出口町、北市町及び久常町地内に集水暗渠を伏設するため、昭和23年より総工費19,500,000円、うち地元負担金2,925,000円の県営事業に着工し、昭和25年に竣工し、下郷用水地域一帯を潤す事ができるようになった。

用水の安定確保を目指して、たゆみなく努力を続けていたのではあるが、昭和37年8月には、折からの干ばつ(写真-6)にあえぐ宮竹側農民が七ヶ用水側にある砂溜発電所下の分水工を、開けるよう交渉をもったが、遅々として進まず、実力行使で水門の鍵を打ち壊し、水門を開けてしまった。水不足は、七ヶ用水としても同様であり、打ち壊しは暴挙だとして激しく抗議するとともに、嚴重に取り締まるよう各方面へ求めた。

宮竹、七ヶの交渉は怒号の飛び交う中、ようやく水門を30cm開けることで一応の決着をみたが、騒動は深夜まで続いた。このような水争いが起きるのは、手取川の絶対的な水量が少ないためで、どちらが悪いという問題ではなかった。

そのような永年の水争いを経て、手取川農業水利事業の一環として、かねてから叫ばれていた一大貯水池、大日川ダムの建設が始まり、そして昭和37年(1962)に大日川ダム土地改良区連合が設立され、永年の懇願であった七ヶ用水との分水協定へ進展していった。渇水期でも安定的な水源の

確保が約束されたことから、国と県から分水比率を受益面積の比率から3対1にする提案が示されたが、従来の分水比率が7対1であったため、七ヶ用水の反発は大きく、交渉は一年半以上も難航を続けた。大日川ダムの建設に支払う負担金が分水量で算出されるため、財政的にも七ヶ用水はある程度の譲歩が必要であったが、一挙に3対1となることには強い抵抗があった。最終的には、両用水の役員と県関係者による三日三晩におよぶ交渉で3対1に変更され、宮竹用水の配分量が一気に2倍以上に増したのである。

この分水協定が成立したことにより、国営付帯事業の変更計画に分水工が組み込まれ、昭和38年(1963)に分水工及び逆サイフォンの工事に着手、総事業費207,677,600円、うち地元負担金51,914,400円で昭和42年(1967)3月に七ヶ宮竹の分水比率3対1の分水工が完成した。手取川の地下を逆サイフォン(写真-7)で横断して宮竹用水に送られるようになり、七ヶ宮竹の合同取水と大日川ダムの完成により、水争いの歴史は終わりを告げた。(図-4)

### (6)平成

現在に至っては、平成7年に県内初の農業用水を利用した小水力発電「上郷農業用水発電所」が

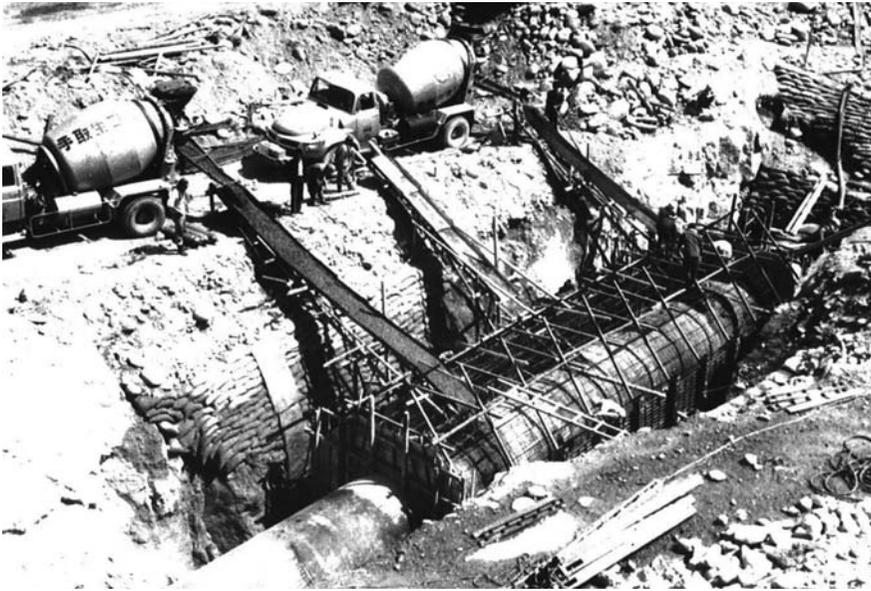


写真-7 逆サイフォン工事の様子

設けられるなど、安定した水源が確保されている。また、平成15年より農業用水再編対策事業が始まり、七ヶ用水との合口時になくなった沈砂池を復活させるなど上郷用水の大々的な改修を鋭意施工中である。

長きに渡って繰り広げられてきた水争いの歴史と、現在に至るまでの先人の苦労が、宮竹用水のすみずみに刻み込まれている。

### Ⅲ. おわりに

現在は安定した用水が流れ、水不足で苦労したことが時間の経過とともに忘れ去られている。あたり前のように流れている用水も先人の苦労と知恵、努力があってこそ今日まで守られ、引き継がれてきた。

しかしながら、農家の大規模化や法人化により、農家が減少し、用(排)水路の維持管理が困難になりつつある。21世紀土地改良区創造運動(地域住民への啓発活動)や農地・水・環境保全向上対策により、各集落での機運が芽生え、地域全体での管理体制が整うことを願うばかりである。

ここ数年来の主要作物(食料)の高騰及び食育、安全性の高まりなどにより、ますます国内産による食料需給が重要になると思います。経済的には大変厳しい時期ですが、臨機応変に対応できる体制を整えていることが使命であると思います。

### 参考文献より抜粋

- ・辰口町史 辰口町(現能美市)  
昭和62年2月28日発行
- ・手取川紀行 時鐘舎 2006年12月20日発行
- ・手取川七ヶ用水土地改良区40周年記念誌  
手取川七ヶ用水土地改良区  
平成4年10月1日発行
- ・宮竹用水土地改良区 創立50周年記念誌  
宮竹用水土地改良区 平成12年10月28日発行

【技術情報紹介】

## 土地改良事業計画設計基準・設計「頭首工」の改定要旨

農林水産省農村振興局整備部設計課施工企画調整室

土地改良事業計画設計基準・設計「頭首工」の改定は平成20年3月18日に食料・農業・農村政策審議会農業農村振興整備部会の答申を受け、平成20年3月25日に一部改正通知が発出された。

今後は、土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「頭首工」と標記される予定である。  
主な改正内容は以下のとおりである。

### <改定内容>

- 「耐震設計の手引き」を踏まえた施設の重要度区分及び耐震性能の導入

重要度区分を施設全体で考え、条件に応じて重要度をAA, A, Bに区分。その重要度区分に応じた耐震性能を設定。

例) 重要度区分AA

構成要素	重要度区分：AA種	
	レベル1	レベル2
1 取入口	健全性を損なわない	—
2 固定堰	健全性を損なわない	—
3 堰柱	健全性を損なわない	限定された損傷にとどめる
(以下省略)・・・	・・・	・・・

- 堰柱、基礎の耐震設計手法の追加

堰柱及び基礎に具体的な耐震設計法（地震時保有水平耐力法）を記述。

- 耐震設計における許容残留変位量の追加

耐震設計を行うに当たり施設の重要度に応じて堰柱と基礎に許容残留変位量を設定。

重要度区分	耐震性能（堰柱）		許容残留変位（堰柱）
AA種	レベル2 地震動	限定された損傷にとどめる （機能維持）	H/100を超えない、又は戸当たり 余裕のうち、小さい値以内
A種	レベル2 地震動	致命的な損傷を防止する （修復容易）	H/100を超えない

（注意事項は省略している）

- 魚道におけるモニタリング施設導入の検討とその事例の追加

- 河床変動に係る砂礫堆の移動に関する記述の追加

- 水理シミュレーションの基礎について記述を追加

（水理模型実験を補足）

- 水理模型実験における例の追加

- パイピングの検討における新たな知見を参考として追加

（弾塑性有限要素法による浸透破壊の検証）



魚道モニタリング施設事例  
(石部頭首工)

# 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20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  $\alpha$  (アルファ)

$r$  (アール) と  $\gamma$  (ガンマ)

$k$  (ケイ) と  $\kappa$  (カッパ)

$w$  (ダブリュー) と  $\omega$  (オメガ)

$x$  (エックス) と  $\chi$  (カイ)

l (イチ) と 1 (エル)

$g$  (ジー) と  $q$  (キュー)

E (イー) と  $\varepsilon$  (イプシロン)

$v$  (ブイ) と  $\nu$  (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（154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

「農業土木技術研究会」は、昭和28年に発足した「コンクリートダム研究会」と昭和36年に発足した「水路研究会」が昭和45年に合併して誕生し、同年に会誌「水と土」が発刊されました。それ以降、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の技術報文を中心に年4回の発行を行ってきており、今回の会誌で154号を数えます。掲載された報文数は千篇を超え、時勢に合う他地区の現場技術情報や過去における事業地区の技術史を知る上で貴重な資料となっています。この膨大な資料については、現在、インターネットで検索することができますので、是非ご覧になってください。（詳細は本誌の「会員向けに「水と土」のWeb検索サービスを開始」に掲載

さて、本研究会は現在、会員数の減少という課題を抱えております。発足当時、約8千人の会員数が今では約2.5千人まで減少しています。本研究会は皆様の会費によって成り立っておりますので、今後とも技術情報の提供を図るためには会員の確保が重要です。編集事務局としては、本研究会の紹介リーフレットを作成し、全国の関係機関に配布するなど会員の新規確保や、現会員への周知に努めているところですが、何よりも先ず、魅力ある会誌づくりを念頭に内容の充実を図ってきたいと考えておりますので、会員の皆様からの本誌に対するご意見、ご要望を是非お寄せ頂きたいと思えます。

（設計課 佐藤）

## 水と土 第154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!

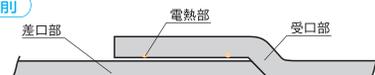
### 管路の一体化による継手部の信頼性!

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。

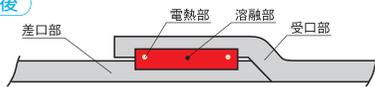
常用使用圧力 0.50 MPa

## 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!



ダイプラハウエル管

**大日本プラスチック株式会社**

本社: 千541-0053 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: 千103-0023 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.daipla.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