

# 水と土

No.157  
2009

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



円筒分水堰（群馬県長野堰用水）

## 肝属中部地区の主要幹線水路工事に伴う軟弱地盤対策事例について (本文41頁)



原位置土攪拌状況（後方より）



原位置土攪拌状況（近景）

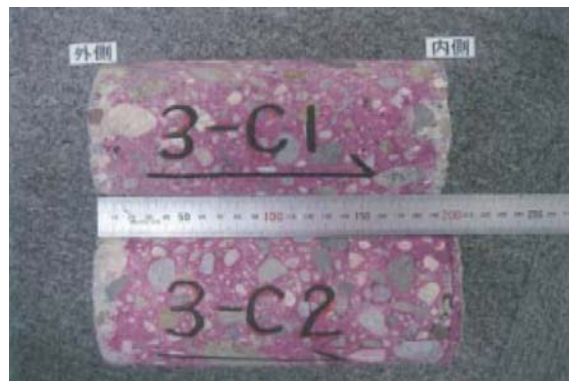
## 分水槽の機能診断事例について (本文53頁)



鉄筋探查状況



コア採取状況



中性化試験結果

※赤紫への変色域が約pH8～10であるため白部は中性化した酸性域を示す

## 三重用水西部溪流取水工の改良とその効果 (本文73頁)



冷川取水工改良前 (バックストリーム型)



冷川取水工改良後 (チロルⅡ型)

## 脈々と受け継がれる妹尾太郎兼康の遺産 - 湛井十二ヶ郷用水路による水利開発 - (本文82頁)



妹尾太郎兼康



兼康神社

# 水と土

---

---

## C o n t e n t s

---

---

2009 JUNE No.157

- ❑事務局より会員の皆様へ重要なお知らせ ..... 4  
❑報文内容紹介 ..... 5  
❑会員向けに「水と土」のWeb検索サービスについて ..... 7

### □巻頭文

- 農業水利施設を更新した後の維持管理費について 奥田 透 ..... 11

### □報 文

- 砕・転圧盛土工法による老朽化フィルダムの堤体改修の設計法(2)  
福島伸二・谷 茂・北島 明・五ノ井 淳 ..... 13

- 地すべり地区における地下水排除工の効果について  
紺野道昭 ..... 21

- より遡上効果の高い魚道を目指して  
Toward a more effective fishladder for fish migration  
- さかなの目線で考え、改良を加えたハーフコーン型魚道の施工事例 -  
大橋利一郎・渡邊雅人・酒井忠幸・武田維倫・沢田守伸 ..... 28

- 大口径パイプラインの施工管理事例について  
小野尚二・中西浩輝・近藤 正 ..... 35

- 肝属中部地区の主要幹線水路工事に伴う軟弱地盤対策事例について  
西山幸宏 ..... 41

- 木津用水路における簡易浄化施設について  
一阪郁久・田上雅之・鈴木舞子 ..... 46

- 分水槽の機能診断事例について  
藤本敏樹 ..... 53

- センチピードグラスによる排水路法面の被覆方法の検討について  
岩佐郁夫・菅原 強・石川 毅・冠 秀昭・吉田修一 ..... 59

- 新潟県中越沖地震における集落排水施設の被災状況と今後の課題  
高橋紀男 ..... 66

- 三重用水西部溪流取水工の改良とその効果  
高橋隆士・汲田義一・北出幸哉 ..... 73

### □歴史的土壌改良施設

- 脈々と受け継がれる妹尾太郎兼康の遺産 - 湛井十二ヶ郷用水路による水利開発 -  
森下達士 ..... 82

### □技術情報紹介

- 土砂吐用ライジングセクターゲートの開発 高木強治 ..... 86

- ❑会告 ..... 88  
❑入会案内 ..... 89  
❑投稿規定 ..... 91

## 【事務局より会員の皆様へ重要なお知らせ】

### 次号（158号）より発行形態が変わります。

農業土木技術研究会は、昭和45年に発足し、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向上のため、現場技術情報の発信と技術者間の交流を展開してきました。その会員は、国、県、民間、個人会員と幅広い構成となっており、全国に誇る大変歴史のある研究会に成長しています。

本研究会の活動の中心である本誌「水と土」の発行については、昭和45年の初刊以来、今回で157号の発行を数え、これまでに掲載された報文数は1,300本以上にものぼります。

一方で、会員数は、昭和45年の本研究会発足当時の約8千人を最高に、年々減少を続け、平成21年3月現在では、僅か2.4千人余りとなりました。この会員数の減少に伴い、平成16年頃から本研究会の会計収支はマイナスの状況となっています。

この会員離れに歯止めをかけるべく、昨年度においては、本研究会のホームページを立ち上げ報文検索サービスの提供や会誌のPRリーフレットの作成による関係機関への広報等を行ってまいりましたが、入会者より脱会者の数が多く、有効な解決策とはなっておりません。

そこで、会計収支の健全化を図るため、去る6月2日に開催された本研究会の理事会において、現在の発行形態を以下の内容で見直すことについて諮り、承認を頂きました。

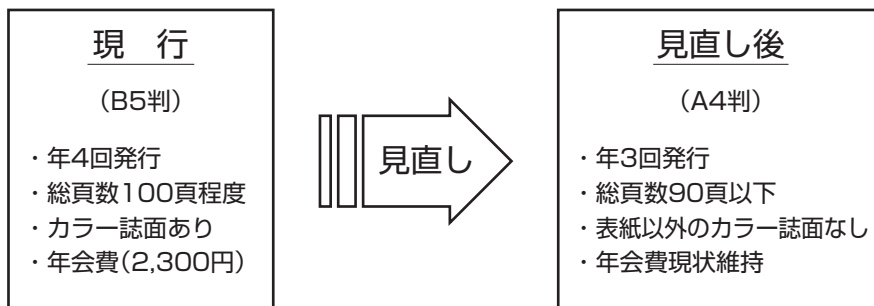
会員の皆様には、大変ご迷惑をお掛けしますが、本研究会の置かれている状況について何卒ご理解願うと共に、今後とも本研究会へのご支援を宜しくお願い致します。

事務局としましても、引き続き会員の皆様のニーズにあった技術情報の提供に努めてまいります。

次号（158号、11月発行）より見直し後の形で発行させていただきます。

#### <「水と土」発行形態見直し内容>

- ◆発行回数を年4回（6月、9月、12月、3月）から年3回（7月、11月、3月）に変更する。
- ◆総頁数を90頁以下に抑制する。
- ◆会誌先頭のカラー誌面の写真を表紙に掲載する。
- ◆誌面を読みやすくするため、会誌のサイズを現行のB5判からA4判に大きくする。



# 水と土 第157号 報文内容紹介

## 砕・転圧盛土工法による老朽化フィルダムの 堤体改修の設計法(2)

福島伸二・谷 茂・北島 明・五ノ井 淳

砕・転圧盛土工法は老朽化ため池（堤高H<15m）の補強や漏水防止のために開発された堤体改修法であり、池内に堆積した底泥土を固化処理して所要の強度と遮水性を有するように製造した盛土工を用いて堤体築造を行うものである。築造年代の古いフィルダムは堤高H=30m未満の比較的小規模で、かつため池と同様に均一型かあるいはこれに近い堤体構造をしているのが多く、ため池で採用される改修法がそのまま適用できると考えられる。そこで、本稿では、砕・転圧盛土工法をフィルダムの堤体改修に適用するために、フィルダムとため池の間の相違点を考慮した設計法について説明した。設計法の特徴は、ダム基準に整合させるために固化処理底泥土の強度パラメータの応力レベルによる影響を考慮したバイリニア型破壊規準を導入した堤体安定性の検討を提案し、さらに含水比と粒度の影響を考慮した底泥土の固化処理時の強度管理法と、改良土である砕・転圧土と既設堤体の間に極端な強度差が生じない堤体ゾーンングについても提案している。

また、今後の課題として、砕・転圧盛土工法のフィルダム堤体改修への適用実績を経てから、ため池の堤体改修との共通事項を活用して、フィルダム版の砕・転圧盛土工法の設計・施工・積算指針の整備を挙げている。

（水と土 第157号 2009 P.13 設・施）

## 地すべり地区における地下水排除工の 効果について

紺野道昭

高知三波川帯農地保全事業において、三波川帯結晶片岩地域の大规模地すべりである桃原地区に、2007～2008年度にかけて排水トンネル工を施工した。その結果、排水トンネル工本体を施工しても殆ど地下水位は低下しなかったが、排水トンネル内集水ボーリング工を施工したところ、集水範囲内にある全ての地下水位観測孔において水位の低下が見られ、地下水排除工の効果が確認された。

（水と土 第157号 2009 P.21 設・施）

## より遡上効果の高い魚道を目指して Toward a more effective fishladder for fish migration —さかなの目線で考え、改良を加えた ハーフコーン型魚道の施工事例—

大橋利一郎・渡邊雅人・酒井忠幸  
武田維倫・沢田守伸

従来のハーフコーン型魚道の魚道機能調査を行い、隔壁の形状、魚道勾配、越流流速やプール水深に着目し、より多くの魚種を遡上させるため改良を行った。

（水と土 第157号 2009 P.28 設・施）

## 大口径パイプラインの施工管理事例について

小野尚二・中西浩輝・近藤 正

国営かんがい排水事業「道央用水（三期）地区」で建設中の道央注水工では、管路区間にφ3,000mmの大口径FRPM管を採用している。本稿では、北海道開発局で始めて使用する大口径FRPM管の施工において、現地条件や施工条件の変化に柔軟に対応し、より安全で信頼性の高い施工を行うため、施工管理チェックシートの活用と施工体制の確立を行ったことから、取り組み事例について報告する。

（水と土 第157号 2009 P.35 設・施）

## 肝属中部地区の主要幹線水路工事に伴う 軟弱地盤対策事例について

西山幸宏

肝属中部農業水利事業において、ダムから地区内へ導水するために主要幹線水路及び幹線水路を整備している。

本稿は、主要幹線水路埋設区間に存在する軟弱地盤地帯にパイプラインを埋設するための対策工法について事例紹介する

（水と土 第157号 2009 P.41 設・施）

## 木津用水路における簡易浄化施設について

一阪郁久・田上雅之・鈴木舞子

新濃尾地区管内の木津用水路周辺では、周辺地域の都市化・混住化の進展に伴い、家庭雑排水等の流入より、農業用水の水質が悪化している状況にある。これを解消するため、木津用水路に流入する主な家庭雑排水等については、専用の排水導水管にて簡易浄化施設へ導水し、水質浄化を行った後、排水路を流下させることとしている。本文では、この簡易浄化施設の設置に向けた検討の経緯と簡易浄化施設の概要についての説明を行う。

（水と土 第157号 2009 P.46 企・計）

## 分水槽の機能診断事例について

藤本敏樹

奈良県大和平野では十津川紀ノ川土地改良事業において総延長約336kmの農業水利施設が造成されたが、現在多くの施設が耐用年数を迎え、機能低下が見受けられる。このような状況を受け、現況の施設を評価し適切な改修工法の選定を行うための施設機能診断が非常に重要となっている。

本報告は、路線が集落内に位置し、民家や牛舎など土地の制約条件が多かった泉宮佐保川工区第1号幹線水路（パイプライン）の改修工事における、分水槽の機能診断とそれに基づく分水槽改修要否の判断事例について報告するものである。

（水と土 第157号 2009 P.53 設・施）

## センチピードグラスによる排水路法面の 被覆方法の検討について

岩佐郁夫・菅原 強・石川 毅  
冠 秀昭・吉田修一

本報告は、ほ場整備工事で設置された支線・小排水路の法面において、一般の農家がセンチピードグラスを利用して法面を被覆する場合の作業計画等の検討に役立つと考えられる情報を、5年間の試験結果よりまとめたものである。

（水と土 第157号 2009 P.59 設・施）

**新潟県中越沖地震における集落排水施設の  
被災状況と今後の課題**

高橋紀男

農業集落排水施設の新潟県中越沖地震における被害の状況と、中越大地震からの復旧の際に採用した管路部の液状化対策工法の現状から、今後の農業集落排水施設の耐震化に向けた課題を検討した。

(水と土 第157号 2009 P.66 設・施)

**三重用水西部溪流取水工の改良とその効果**

高橋隆士・汲田義一・北出幸哉

独立行政法人水資源機構三重用水管理所が管理する溪流取水工では、近年、実管理面において、上流域の保全状況の変化等により、バースクリーンの目詰まりや施設内への土砂堆積により、通水阻害が生じ、維持管理が増嵩する傾向となった。

そのため、平成17年度から3ヶ年にわたり、員弁川上流の3溪流取水工の改良工事を実施した。本報文は、溪流取水工改良工事の施工概要、および改良後の効果についてとりまとめたものである。

(水と土 第157号 2009 P.73 設・施)

**〈歴史的土壌改良施設〉**

**脈々と受け継がれる妹尾太郎兼康の遺産  
－湛井十二ヶ郷用水路による水利開発－**

森下達士

岡山県南部の地域において、約800年の永きにわたり、地域の農業生産、地域形成に大きな役割を果たしてきた湛井十二ヶ郷用水路について紹介する。

(水と土 第157号 2009 P.82)

# 会員向けに「水と土」のWeb検索サービスについて

## 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、平成20年6月よりWeb上で「水と土」の検索サービスを行っております。平成21年6月現在、第1号（昭和45年）から第148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下さい。

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	<a href="#">水と土 第144号</a>	120	14.9	<a href="#">目次</a>
平成17年	<a href="#">水と土 第143号</a>	84	12.9	<a href="#">目次</a>
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 入会申し込み**

**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

入会申し込みフォームにて 申込みフォーム

FAX・郵便にて (PDF) FAX・郵便

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

## 農業水利施設を更新した後の維持管理費について

奥田 透\*  
(Toru OKUDAD)

本年2月、石破農林水産大臣が経済財政諮問会議において説明した資料「農業・農村の潜在力の発揮のために」は、冒頭で「我が国の農業・農村は、農業所得の減少と高齢化に直面しており、このままでは持続可能性の維持すら危うい状況」という我が国農業・農村が直面している現状認識から始まっている。

例えば、農業所得については、水田作経営（主業農家）のそれは、平成7年の490万円から平成18年には386万円になっており、米価の長期的低下の影響などを受け減少している。また、高齢化については、農業労働力の主力となる基幹的農業従事者は、平成17年において65歳以上が約6割となっており、近い将来、昭和一けた世代をはじめ我が国農業・農村を支えた高齢者の多くが引退することが見込まれている。

このような中で、元気な農業経営を後押しするための農業農村整備のあり方について、土地改良区の賦課金を通じて見てみたい。平成17年度の土地改良区検査結果に拠れば、10アール当たりの賦課金は、特別賦課金が約2,800円、経常賦課金が約2,500円である。過去の値と比べてみると、特別賦課金は平成6年度には5,000円を超えていたが、度重なる負担金対策の効果もあって近年減少傾向にある。一方、経常賦課金は昭和62年度頃より約2,500円から約3,000円の間で横ばいの状況である。

先に触れたように、米価は長期的に低下してきている。生産費における土地改良・水利費のウエイトは約4%（平成19年産米生産費）と大きくはないが、農業経営上の観点からは、特別賦課金だけでなく経常賦課金も少しでも安くなると考えるのは理解できる。経常賦課金は専ら運営費や維持管理費という恒常的経費に充てられることから、維持管理費をいかに縮減できるかが課題として挙げられる。維持管理費を縮減する方法としては、農業の多面的機能を発揮するための要素である農業水利施設の保全に着目して、公的な負担を求める等の制度的なアプローチもあるが、ここでは施設の更新に際しての技術的なアプローチについて述べたい。

戦後の土地改良事業では、農業水利施設を専ら新設若しくは大規模な改修により造成してきた。このような施設では電気代や燃料代が必要となることなどから、大抵維持管理費が従前より高くなることが多く、事業効果算定に当たっての維持管理費節減効果がプラスであることは少ない方ではなかったかと思う。また、土地改良法上も、計画の適否の決定の際、事業に要する費用のうち農業者が負担する部分の額が農業経営の状況から見て農業者の負担能力の限界を超えるものではないこと、つまり所得償還率をチェックしていたが、維持管理費の増減については、このような規定はなかった。

実際には、維持管理費に対する受益農家の関心に応えるため、基幹的な施設への公的な負担を導入するなど農家が負担する維持管理費を抑制する工夫をしながら、説明会などにおいて維持管理費の増減を示し

\*九州農政局整備部設計課（Tel. 096-311-2450）

了解を得て施設を整備してきたところである。

今やストックマネジメントの時代である。基幹的な農業水利施設が次々と更新時期を迎える中、施設の機能診断を行い、補修や更新などのシナリオを複数設定・選択し、施設の長寿命化やライフサイクルコストの低減を図ることが求められている。この場合、ダムや頭首工などの水利システムの施設構成が大きく変化することは考えにくいので、複数のシナリオから選択する際のポイントの一つとして、維持管理費をいかに縮減するかという点が重要となると考えている。簡単のために、逆に受け入れられにくいシナリオのイメージを言えば、「施設が古くなり維持管理費が高んできたので施設更新をしたが、更新前より維持管理費が更に高くなった。」というものである。

農業水利施設は農業生産に利用されて初めて本来の効果を発揮する。そして施設がより利用されることの要諦は、農家のニーズに応え、いかに効率よく、つまり「使いたい場所」「時」に「使えるだけの量」を「なるべく安く」配水することである。我々が人口減少時代に進める農業水利施設のストックマネジメントは、このうち「なるべく安く」というポイントを、農業経営の観点から、改めて意識する必要があるのではないかと考えている。

# 砕・転圧盛土工法による老朽化フィルダムの堤体改修の設計法(2)

福島伸二\* 谷 (Shinji FUKUSHIMA) 茂\*\* 北島 (Shigeru TANI) 明\*\*\* 五ノ井 淳\* (Akira KITAJIMA) (Jun GONOI)

## 目 次

- 5. 砕・転圧土の強度に及ぼす応力レベルの影響……13
- 6. 砕・転圧盛土工法によるフィルダム堤体補強の設計法…15
- 7. 砕・転圧土の遮水性に及ぼす粒度の影響……………18
- 8. あとがき……………19

(前号から続く)

### 5. 砕・転圧土の強度に及ぼす応力レベルの影響

#### 5. 1 応力・変形特性と応力レベルの関係

砕・転圧土は固化材による土粒子間の化学的な固結構造に起因した強度の発現であるので、応力・ひずみ特性や強度特性が応力レベルにより強く影響を受ける。図-19には、 $\Delta M_c = 100\text{kg/m}^3$ で固化させた底泥土 $I_{03}$ からなる砕・転圧土 ( $t = t_s + t_{cc} = 3 + 7 = 10$ 日) について圧密応力レベルを  $\sigma_{3c} = 25 \sim 392\text{kN/m}^2$ の範囲で5段階に変えた等方圧密・非排水三軸圧縮試験を実施して得られた偏差応力  $q (= (\sigma_1 - \sigma_3))$ 、過剰間隙水圧  $u$  と軸ひずみ  $\varepsilon_1$  の関係を示す。試験は、供試体の飽和度を高めるために炭酸ガスと脱気水を流してから背圧  $\sigma_{BP} = 98\text{kN/m}^2$ を加えて24時間放置し (B値0.98以上を確認)、せん断を軸ひずみ速度0.2%/minで行った。図中には固結強度の指標である一軸圧縮強さ  $(q_u)_{cc}$ の値を示してある。図から、応力~ひずみ曲線は  $\sigma_{3c}$ の値により異なり、 $\sigma_{3c}$ がある値よりも低い領域では  $\sigma_{3c}$ による  $q$ の相違が少ないが、ある値よりも高くなると  $\sigma_{3c}$ の値に応じて  $q$ が増加することがわかる。

そこで、 $\sigma_{3c}$ が応力~ひずみ曲線に及ぼす影響を固結構造強度  $(q_u)_{cc}$ に関連させて調べるために、 $\Delta M_c$ を変えた砕・転圧土の図-19のような試験から得られた応力~ひずみ曲線から求めたせん断強度  $q_s$  (ピーク値  $(\sigma_1 - \sigma_3)_{max}$ 、あるいはピーク値が現れない場合には  $\varepsilon_1 = 15\%$ 時の値  $(\sigma_1 - \sigma_3)_{15}$ ) と  $\sigma_{3c}$ を  $(q_u)_{cc}$ により正規化した  $q_s / (q_u)_{cc} \sim \sigma_{3c} / (q_u)_{cc}$

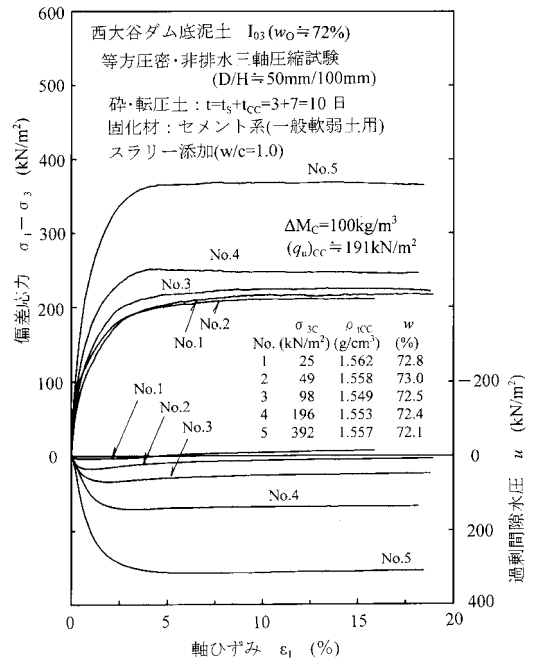


図-19 各応力レベル  $\sigma_{3c}$  における応力~ひずみ関係

関係を図-20に示す。図から、この関係は  $\Delta M_c$  によらない傾きの異なる2本の直線により近似でき、その交点における  $\sigma_{3c}$ の値を  $(\sigma_{3c})_{IP}$ とのおくと、 $\sigma_{3c} = (\sigma_{3c})_{IP}$ を境に  $q_s$  と  $\sigma_{3c}$ の関係が変化することがわかる。これは前述したある  $\sigma_{3c}$ の値を境に応力~ひずみ曲線が  $\sigma_{3c}$ から受ける影響程度が異なっていたことに対応し、 $\sigma_{3c} \leq (\sigma_{3c})_{IP}$ 領域での強度はそれが有している固結構造強度により決まり  $\sigma_{3c}$ による影響が少ない。一方、 $\sigma_{3c}$ が  $(\sigma_{3c})_{IP}$ を超える応力レベルでは固結構造が降伏し発揮される強度が内部摩擦角  $\phi'$ にも関係するようになり、

\*株式会社土木本部 (Tel. 03-3796-2297)  
 \*\*独農研機構農村工学研究所  
 \*\*\*株式会社技術センター

$\sigma_{3c}$ に強く依存するためと考えられる。このことから、 $(\sigma_{3c})_{IP}$ を固結構造の降伏応力と称することができ、砕・転圧土の $(q_u)_{CC}$ の値に深く関係している。

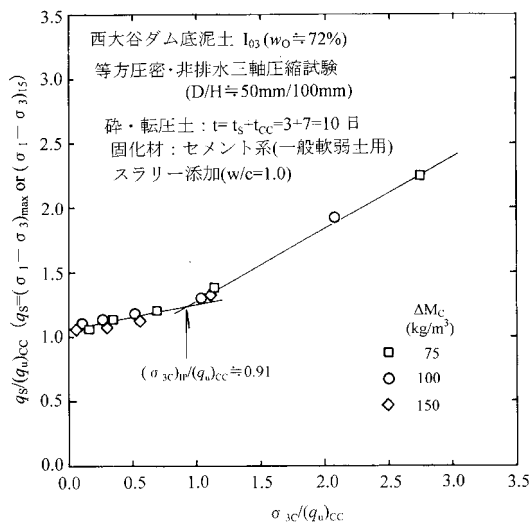


図-20  $q_s / (q_u)_{CC} \sim \sigma_{3c} / (q_u)_{CC}$ 関係

### 5. 2 応力レベルを考慮した破壊規準

以上からわかるように、応力～ひずみ曲線は固結強度に、つまり試験時の $\sigma_{3c}$ に深く関係するので、強度パラメータは応力レベルの影響を考慮して求めなければならない。図-21には図-19に示した砕・転圧土の $q_s = q_{max}$  (あるいは $q_{15}$ ) における有効応力表示でのMohrの応力円を示す。図には、既述の $q_s / (q_u)_{CC} \sim \sigma_{3c} / (q_u)_{CC}$ 関係を近似した2直線の交点から求められる $(\sigma_{3c})_{IP}$ から、 $\sigma_{3c} \leq (\sigma_{3c})_{IP}$ の低応力領域 (LP) におけるMohrの応力

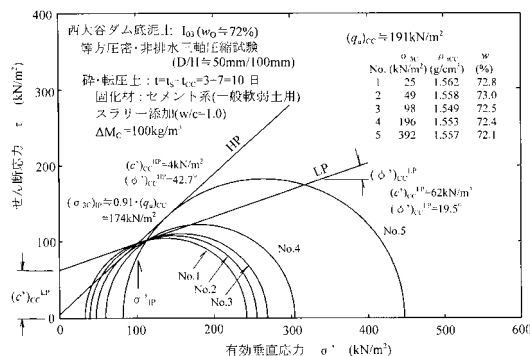


図-21 砕・転圧土のバイリニア型破壊規準による強度パラメータ

円 (No.1～No.3) と、 $\sigma_{3c} > (\sigma_{3c})_{IP}$ における高応力領域 (HP) におけるMohrの応力円 (No.4～No.5) のそれぞれについてMohr-Coulombの破壊規準により表示したバイリニア型破壊規準により強度パラメータを求めたもので、LP領域では $((c')_{CC}^{LP}, (\phi')_{CC}^{LP})$ 、HP領域では $((c')_{CC}^{HP}, (\phi')_{CC}^{HP})$ のようにそれぞれ表示した。また、図-5 (前号参照) に概念的に示したすべり面上の有効応力表示での固結構造降伏応力 $\sigma'_{IP}$ は図-21に示したMohrの応力円のLP側破壊規準線とHP側破壊規準線の交点に相当する。図から、砕・転圧土の強度パラメータは $\sigma_{3c}$ による影響を考慮せずにMohr-Coulomb型の1本の破壊規準線から求めると、 $\sigma_{3c}$ の影響を受けにくいLP領域では $c'$ を過小評価してしまい、逆に $\sigma_{3c}$ の影響を受けるHP領域では $\phi'$ を過小評価してしまうことがわかる。つまり、砕・転圧土の強度は低応力レベルでは粘着力成分 $c'$ が卓越し内部摩擦角 $\phi'$ は小さい。しかし、応力レベルが固結強度を超えその固結構造が降伏あるいは破壊するほど高くなり、図-5 (前号参照) に概念的に示したように固結構造降伏応力 $\sigma'_{IP}$ を超えると $c'$ 成分が低下し $\phi'$ 成分が卓越した摩擦性材料に変化する。

図-22には以上のように求めた強度パラメータ

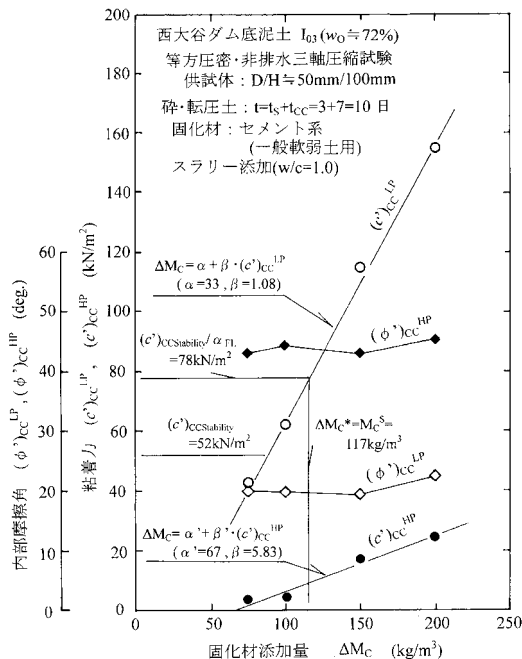


図-22 砕・転圧土の強度パラメータと $\Delta M_c$ の関係

と  $\Delta M_c$  の関係を示してあるが、図から以下のことがわかる。 $(c')_{cc^{LP}}$ 、 $(c')_{cc^{HP}}$  はそれぞれ  $\Delta M_c$  に比例して増加しており、直線

$$\Delta M_c = a + \beta \cdot (c')_{cc^{LP}} \quad (14a)$$

$$\Delta M_c = a' + \beta' \cdot (c')_{cc^{HP}} \quad (14b)$$

によりほぼ近似できる。一方、 $(\phi')_{cc^{LP}}$ 、 $(\phi')_{cc^{HP}}$  は  $\Delta M_c$  によらずほぼ一定であるが、これは砕・転圧土が強度成分のうち多くの部分を固結強度に依存しているためである。

また、 $\sigma'_{IP}$  は固結構造強度に強く依存するが、図-23に示すように、 $\sigma'_{IP}$  と  $(c')_{cc^{LP}}$  の間には直線関係が認められ

$$\sigma'_{IP} \approx 1.55 \cdot (c')_{cc^{LP}} \quad (15)$$

でほぼ近似できることがわかる。

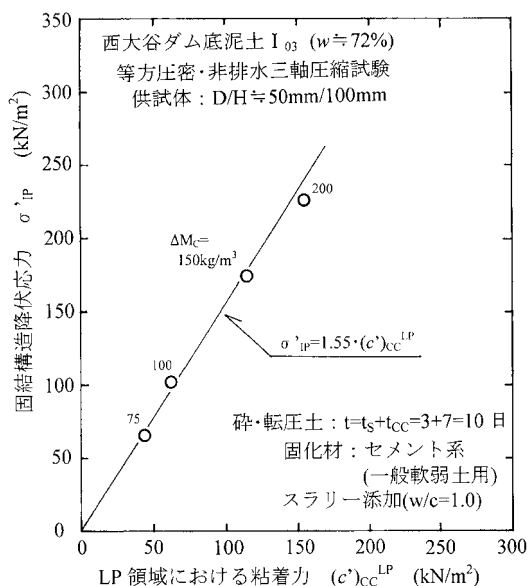


図-23 固結構造降伏応力  $\sigma'_{IP}$  と粘着力  $(c')_{cc^{LP}}$  の関係

## 6. 砕・転圧盛土工法によるフィルダム堤体補強の設計法

### 6.1 目標強度の設定

セメント系固化材により固化処理した底泥土の強度は、図-13 (前号参照) に示したように、養生日数  $t$  とともに増加していくが、その傾向は1週間程度までに急増し  $t=10$  日以降急激に鈍化してくる。このことから、砕・転圧盛土工法における目標強度は増加傾向が急減する  $t=10$  日目の値で設定することとしている<sup>3)</sup>。すなわち、初期固化土

では固化材を添加・混合してから  $t=t_s=10$  日目の強度で、砕・転圧土では  $t=10$  日から解砕・転圧までの初期固化日数  $t_s$  を差し引いた日数  $t_{cc}$ 、標準の  $t_s=3$  日では  $t_{cc}=10-3=7$  日目の強度により設定する。

図-24はフィルダムにおける目標強度の設定とこれを現場で達成するための固化材添加量  $\Delta M_c = \Delta M_c^*$  を算定するためのフローを示すもので、左右二つのフローから構成される。 $\Delta M_c^*$  は基準含水比状態にある基本底泥土に対しての値であり、粒度あるいは含水比を意識する必要がある場合には  $\Delta M_c^* = \Delta M_c^* (F_{c0}, w_0)$  のように表示することにする。

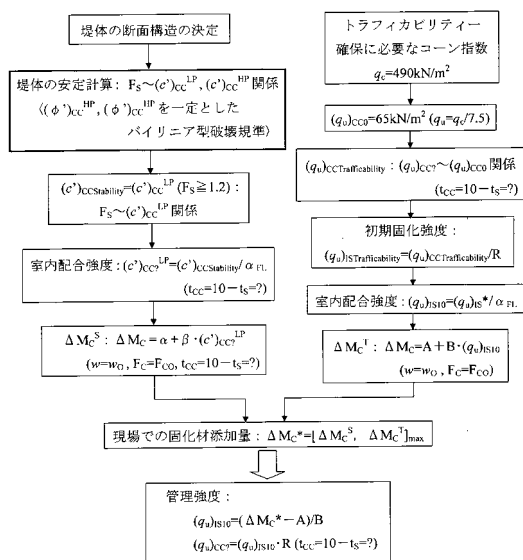


図-24 目標強度と固化材添加量の決定までのフロー

左側のフローは、安定計算により求まる堤体全体が所要の安全率  $F_s \geq 1.20$  を満足して安定するのに必要な砕・転圧土部の強度を求めるもので、三軸圧縮試験による強度パラメータ  $((c')_{cc})$ 、 $(\phi')_{cc}$  により設定される。右側のフローは、築堤時の転圧ローラなどの施工機械のトラフィカビリティーを確保するために必要な強度を求めるもので、一軸圧縮強さ  $(q_u)_{cc}$  により与えられる。

以上のように、目標強度が堤体安定に必要な強度とトラフィカビリティーを確保するのに必要な強度の意味の異なる値で設定されるため、両者を直接比較することができない。そこで、現場で必



要とされる  $\Delta Mc^*$  は、左側のフローにより求められる堤体安定に必要な強度を現場で達成できる  $\Delta Mc^S$  と、右側のフローにより求められるトリアフィカビリティの確保に必要な強度を現場で達成できる  $\Delta Mc^T$  を比較して大きい方の値

$$\Delta Mc^*(F_{Co}, w_0) = [\Delta Mc^S, \Delta Mc^T]_{\max} \quad (16)$$

として決定する。

## 6. 2 堤体安定に必要な強度と固化材添加量

堤体安定に必要な砕・転圧土の強度は図-24の左側のフローに沿って求められ、安定計算を堤体改修時の計画断面について砕・転圧土の強度パラメータをパラメトリックに変えて実施して安全率  $F_s$  と強度パラメータの関係を求め、 $F_s \geq 1.20$  に相当する値を逆算するものである。

パラメトリックに変える強度パラメータは、図-22に示したように、 $\Delta Mc$  と比例関係にある粘着力  $(c')_{cc^{LP}}$ 、 $(c')_{cc^{HP}}$  のみとする。 $(c')_{cc^{HP}}$  の値はパラメトリックに変えた  $(c')_{cc^{LP}}$  と式(14a)と式(14b)から得られる  $(c')_{cc^{LP}}$  との関係式

$$(c')_{cc^{HP}} = (a - a') / \beta' + (\beta / \beta') \cdot (c')_{cc^{LP}} \quad (17)$$

により与える。そして、 $\Delta Mc$  の影響の少ない内部摩擦角  $(\phi')_{cc^{LP}}$  と  $(\phi')_{cc^{HP}}$  は計算の簡単化のために一定値として与えるものとする。例えば、 $(\phi')_{cc^{LP}}$  と  $(\phi')_{cc^{HP}}$  は、図-22に示した試験データでは、試験値に安全側の余裕を見て  $(\phi')_{cc^{LP}} = 15^\circ$ 、 $(\phi')_{cc^{HP}} = 35^\circ$  などとする。したがって、安定計算により得られる堤体安定に必要な強度パラメータはLP領域における値  $(c')_{cc^{Stability}} (= (c')_{cc^{LP}})$  により与えられることになる。

砕・転圧土ゾーン内のLP領域とHP領域の境界は、図-25に概念的に示すように、地表面からの深さ  $Z_{IP}$  とすると、 $Z_{IP}$  は  $(c')_{cc^{LP}}$  と式(15)から算定した  $\sigma'_{IP}$  と砕・転圧土の密度  $\rho_{icc}$  と重力加速度  $g$  から

$$Z_{IP} = \sigma'_{IP} / (\rho_{icc} \cdot g) \quad (18)$$

により求められる。なお、 $\sigma'_{IP}$  はすべり面上の垂直応力  $\sigma'$  に相当するが、図-26に概念的に示すように、鉛直応力  $\sigma_v (= \rho_{icc} \cdot g \cdot Z)$  と近似的に同じ値と考えることができる。すなわち、砕・転圧土ゾーン内の土被り圧が高い部分を通るすべり面の水平からの角度  $\alpha$  はせいぜい  $20^\circ$  程度なので

$$\sigma'_{IP} = \sigma_v \cdot \cos \alpha \approx \sigma_v \quad (\cos 20^\circ = 0.94)$$

が成り立つからである。

$(c')_{cc^{Stability}}$  は以下に示す手順(a)~(e)に従って決定するものとする。

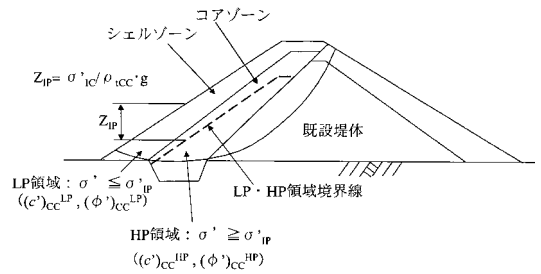


図-25 砕・転圧土ゾーン内のLP領域とHP領域の境界

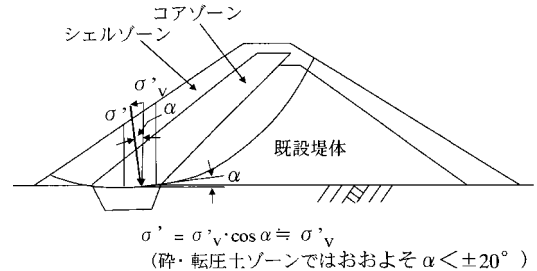


図-26 砕・転圧土ゾーン内を通るすべり面における鉛直応力  $\sigma'_v$  と垂直応力  $\sigma'_v$  の関係  
(砕・転圧土ゾーンではおおよそ  $\alpha < \pm 20^\circ$ )

- $(c')_{cc^{Stability}}$  の目安値として、砕・転圧土ゾーン内をLP・HP領域に区分せずに、 $(c')_{cc^{LP}}$  のみをパラメトリックに変えた安定計算を実施して  $F_s \sim (c')_{cc^{LP}}$  関係を求め、 $F_s = 1.20$  に相当する値  $(c')_{cc^A}$  を決定する。 $(c')_{cc^A}$  は求めるべき  $(c')_{cc^{Stability}}$  より大きい値を与える。
- $(c')_{cc^A}$  と式(15)の  $\sigma'_{IP} \sim (c')_{cc}$  関係から、LP・HP領域の境界における応力  $\sigma'_{IP^A}$  を算定し、式(18)からLP・HP領域の境界深さ  $Z_{IP^A} = \sigma'_{IP^A} / (\rho_{icc} \cdot g)$  を求める。
- 砕・転圧土ゾーン内の強度パラメータを  $Z \leq Z_{IP^A}$  に相当するLP領域では  $((c')_{cc^{LP}}, (\phi')_{cc^{LP}})$  に、 $Z > Z_{IP^A}$  に相当するHP領域では  $((c')_{cc^{HP}}, (\phi')_{cc^{HP}})$  に設定し、 $(c')_{cc^{LP}}$  を  $(c')_{cc^A}$  と  $(c')_{cc^A}$  より小さい2~3種類の値による安定計算を実施して  $F_s \sim (c')_{cc^{LP}}$  関係を求める。
- $F_s \sim (c')_{cc^{LP}}$  関係から、 $F_s$  値が所要値1.20に相当する  $(c')_{cc^{LP}} = (c')_{cc^B}$  を求める。
- $(c')_{cc^B}$  と式(15)から  $\sigma'_{IP^B}$  を求め、さらに  $\sigma'_{IP^B}$  と式(18)から  $Z_{IP^B}$  を求める。 $Z_{IP^B}$  と  $Z_{IP^A}$  の差が規定の許容値  $\Delta Za$  より小さい場合には、 $(c')_{cc^B}$  が求めるべき  $(c')_{cc^{Stability}}$  となる。 $Z_{IP^B}$  と  $Z_{IP^A}$  の差が  $\Delta Za (\sigma'_{IP^A} < 10 \text{ kN/m}^2)$  に相当する0.5m程度より大きい場合

には、 $(c')_{CC^B}$ と $Z_{IP^B}$ について(c)からの手順を繰り返す。

例として、上述の手順により決められた $(c')_{CCStability}$ を仮に

$$(c')_{CCStability} = (c')_{CC^{LP}} = 52\text{kN/m}^2$$

とすると、これを現場で達成するために必要とされる $\Delta M_C^S$ は以下のように求められる。 $\Delta M_C^S$ は室内配合試験と実施工の間の固化材の混合条件の相違等を補正するための現場/室内強度比 $a_{FL}$ により強度割増しをした室内配合強度

$$(c')_{CCStability} / a_{FL} = 52 \times 1.5 = 78\text{kN/m}^2$$

に相当する値となり、図-22の $(c')_{CC^{LP}} \sim \Delta M_C$ 関係を近似した式(14a)に $(c')_{CCStability} / a_{FL}$ の値を代入して

$$\Delta M_C^S = 117\text{kg/m}^3$$

と求められる。

### 6.3 トラフィカビリティーの確保に必要な強度と固化材添加量

築堤中の施工機械のトラフィカビリティーに必要な一軸圧縮強さで表示した強度 $(q_u)_{CCTrafficability}$ は図-24の右側のフローに沿って算定される。

砕・転圧盛土工法では初期固化土を規定の $t = t_s$ 日目に解砕・転圧してから、直ちに撒出し→敷均し→転圧をして築堤するので、トラフィカビリティーの確保に必要な強度は図-16(前号参照)に示した解砕・転圧の当日 $t_{CC} = 0$ 日目の強度 $(q_u)_{CC0}$ に相当する。 $(q_u)_{CC0}$ は「ため池整備」<sup>14)</sup>に規定されているため池の堤体基礎地盤で要求される機械施工が可能な地耐力(コーン指数 $q_c = 490\text{kN/m}^2$ が目安)を満足しなければならないとすると、コーン指数 $q_c$ と一軸圧縮強さ $q_u$ の関係式:

$$q_u = q_c / 7.5 \text{ から}$$

$$(q_u)_{CC0} = q_c / 7.5 = 65\text{kN/m}^2$$

となる<sup>4), 5)</sup>。

したがって、トラフィカビリティーを確保するために必要とされる強度 $(q_u)_{CCTrafficability}$ は $(q_u)_{CC0}$ が目標強度の設定日 $t = 10$ 日から解砕・転圧日 $t_s = 3$ 日を差し引いた $t_{CC} = t - t_s = 7$ 日目までに発揮される $(q_u)_{CC7}$ となるから、 $\Delta M_C$ を変えて実施した $t_s = 3$ 日の基本底泥土 $(F_{CO}, w_0)$ からなる砕・転圧土の配合試験から得られる図-16(前号参照)の $(q_u)_{CC7} \sim (q_u)_{CC0}$ 関係より

$$(q_u)_{CCTrafficability} = 143\text{kN/m}^2$$

と推定される。 $(q_u)_{CCTrafficability}$ は式(8)から $t_s = 3$ 日に対応する強度低下比 $R_{30} = 0.49$ を用いて初期固化土

状態での強度

$(q_u)_{ISTrafficability} = (q_u)_{CCTrafficability} / R_{30} = 292\text{kN/m}^2$ に変換される。

$(q_u)_{ISTrafficability}$ を現場で達成するのに必要な $\Delta M_C^T$ は、 $(c')_{CCStability}$ の場合と同様に $a_{FL}$ により強度割増しをした室内配合強度

$$(q_u)_{ISTrafficability} / a_{FL} = 438\text{kN/m}^2$$

を図-18(前号参照)の基本底泥土 $(F_{CO}, w_0)$ における $\Delta M_C \sim (q_u)_{IS10}$ 関係を近似した直線式(12)'の $(q_u)_{IS10}$ に代入し

$$\Delta M_C^T = 103\text{kg/m}^3$$

のように求められる。

### 6.4 現場での固化材添加量と管理強度値の決定

$\Delta M_C^*(F_{CO}, w_0)$ は、式(16)から堤体安定に必要な $\Delta M_C^S$ と築堤中の施工機械のトラフィカビリティーに必要な $\Delta M_C^T$ を比較して大きい方の値となるので、上述の結果から

$$\Delta M_C^*(F_{CO}, w_0) = \Delta M_C^S = 117\text{kg/m}^3$$

となる。よって、 $\Delta M_C^*(F_{CO}, w_0)$ に対応する目標とする強度パラメータは

$(c')_{CCStability}^{LP} = 52\text{kN/m}^2$ 、 $(c')_{CCStability}^{HP} = 4\text{kN/m}^2$ となる。なお、 $\Delta M_C^*(F_{CO}, w_0)$ が $\Delta M_C^T$ となった場合には、 $\Delta M_C^T$ の値を式(14a)と式(14b)に代入すれば、これに対応する $(c')_{CC^{LP}}$ と $(c')_{CC^{HP}}$ が得られる。

現場での強度管理は三軸圧縮試験による強度パラメータで行うことは試験結果の現場へのフィードバックからすると迅速性にかけるため一軸圧縮強さをインデックスとして行うものとする。

基本底泥土 $(F_{CO}, w_0)$ における初期固化土状態における管理強度 $(q_u)_{IS^*}(F_{CO})$ は式(12)'を $(q_u)_{IS10}$ について整理した

$$(q_u)_{IS10} = (\Delta M_C - A_0) / B_0 \quad (19)$$

に $\Delta M_C^*(F_{CO}, w_0)$ を代入すれば

$$(q_u)_{IS10} = (q_u)_{IS^*}(F_{CO}) / a_{FL} = 533\text{kN/m}^2$$

が得られるから、 $a_{FL} = 1/1.5$ より

$$(q_u)_{IS^*}(F_{CO}) = 533 \times a_{FL} = 355\text{kN/m}^2$$

となる。 $(q_u)_{IS^*}(F_{CO})$ は式(8)による基本底泥土 $(F_{CO}, w_0)$ における強度低下比 $R_{30}$ により砕・転圧土状態での強度に変換すると

$(q_u)_{CC^*}(F_{CO}) = (q_u)_{IS^*}(F_{CO}) \times R_{30} = 174\text{kN/m}^2$ となる。

一軸圧縮試験による強度管理値 $(q_u)_{IS^*}$ 、あるいは $(q_u)_{CC^*}$ が確保できれば、図-18(前号参照)の $(q_u)_{IS10} \sim \Delta M_C$ 関係と図-22の三軸圧縮試験に

よる  $(c')_{cc}{}^{LP} \sim \Delta M_c$  関係から

$$(q_u)_{IS}^* (= (q_u)_{CC}^*/R_3) \Rightarrow \Delta M_c \Rightarrow (c')_{cc}{}^{LP}$$

のように  $\Delta M_c$  を介した  $(q_u)_{IS}^* (= (q_u)_{CC}^*/R_3)$  と  $(c')_{cc}{}^{LP}$  の関係から目標とする強度パラメータを確保できることになる。

底泥土の含水比  $w$  が基準値  $w_0$  と異なる場合には  $\Delta M_c^*(F_{CO}, w_0)$  を補正しなければならないが、補正值  $\Delta M_c^*(F_{CO}, w)$  は式(13)のうち  $F_c$  の補正項を省略した

$$\Delta M_c^*(F_{CO}, w) = A_0 + B_0 \cdot a \cdot (w/w_0)^{-b} \quad (20)$$

の  $a$  値に  $(q_u)_{IS}^*(F_{CO})/a_{FL}$  を代入すれば得られる。

基本底泥土よりも粗粒分が多い底泥土 ( $F_{CO}, w$ ) の場合の  $\Delta M_c^*(F_{CO}, w_0)$  における補正值  $\Delta M_c^*(F_c, w)$  は以下のように得られる。初期固化状態での管理強度  $(q_u)_{IS}^*(F_c)$  は、砕・転圧土における初期固化土からの強度低下比  $R, t_s = 3$  日では  $R = R_3$  が式(9)に示したように粒度の影響を受けることから基本底泥土での値  $(q_u)_{IS}^*(F_{CO})$  と異なる。すなわち、 $(q_u)_{IS}^*(F_c)$  は砕・転圧土状態での管理強度  $(q_u)_{CC}^*(F_{CO})$  と粒度  $F_c$  に応じて式(9)から算定される  $R_3$  値から

$$(q_u)_{IS}^*(F_c) = (q_u)_{CC}^*(F_{CO})/R_3$$

となる。したがって、 $(q_u)_{IS}^*(F_c)$  を現場で達成するための  $\Delta M_c^* = \Delta M_c^*(F_c, w)$  は式(13)の  $a$  値に  $(q_u)_{IS}^*(F_c)$  の割増し強度  $(q_u)_{IS}^*(F_c)/a_{FL}$  を代入した

$$\Delta M_c^*(F_c, w) =$$

$$A_0 + B_0 \cdot [(q_u)_{IS}^*(F_c)/a_{FL}] \cdot (w/w_0)^{-b} \cdot (F_c/F_{CO})^{-d} \quad (21)$$

から算定できる。以上の、底泥土の粒度と含水比の影響を補正した固化材添加量の計算フローを図-27に示す。

例として、 $w = w_0$  にある  $m_v = 0.50$  ( $F_c = 51.5\%$ ) の底泥土の場合を考える。強度低下比が式(9)より

$$R_3 = 0.49 + 0.30 \cdot \log_{10}(51.5/95.0) = 0.41$$

となるから、初期固化土状態での強度管理値は

$$(q_u)_{IS}^*(F_c) = (q_u)_{CC}^*(F_{CO})/R_3 = 174/0.41 = 424 \text{ kN/m}^2$$

となる。したがって、 $\Delta M_c^*(F_{CO}, w_0)$  を粒度補正した  $\Delta M_c^*(F_c, w_0)$  は強度割増しをした配合強度が

$$(q_u)_{IS}^*(F_c)/a_{FL} = 424 \times 1.5 = 636 \text{ kN/m}^2$$

となるから

$$\Delta M_c^*(F_c, w_0) = 37 + 0.15636 \times (51.5/95.0)^{0.91} = 92 \text{ kg/m}^3$$

として算定できる。

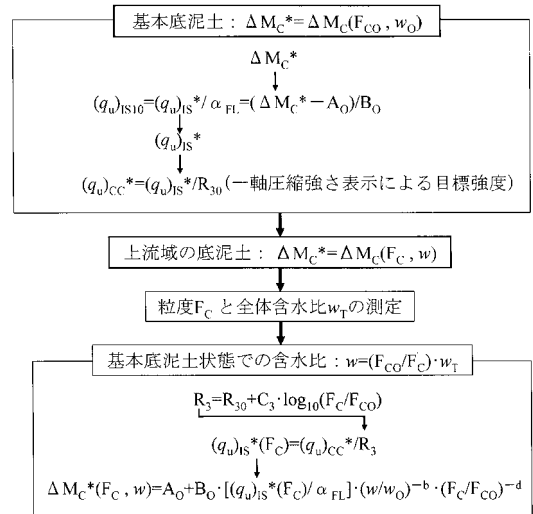


図-27 固化材添加量の粒度と含水比の補正法

## 7. 砕・転圧土の遮水性に及ぼす粒度の影響

砕・転圧土をコアゾーンの築造に使用する場合には、砕・転圧土は所要の遮水性が満足されている必要がある。砕・転圧土は、もともと細粒分を多く含む底泥土を原材料としているため、コアゾーンとしての遮水性が確保されやすい。しかしながら、池内の上流域に堆積した粗粒分を多く含む底泥土では細粒分不足により十分な遮水性が確保されないこともある。

そこで、底泥土の粒度が砕・転圧土の遮水特性に及ぼす影響を調べるために、 $\Delta M_c$  を変えて製造した基本底泥土  $I_{03}$  による砕・転圧土 ( $t = t_s + t_{cc} = 3 + 7 = 10$  日) の三軸透水試験<sup>2), 5)</sup> により得られた  $k_{TC} \sim \sigma_c$  関係を図-28に示す。図から、砕・転圧土の  $k_{TC}$  は  $\Delta M_c$  が多く強度レベルが高くなるほど、 $\sigma_c$  が高くなるほど低下することがわかる。

砕・転圧土の透水性の指標として応力レベル  $\sigma_c = 20 \text{ kN/m}^2$  における透水係数  $(k_{TC})_{20}$  を採用し<sup>4), 5)</sup>、粗粒分  $m_v$  を変えた底泥土を一定の強度レベル  $(q_u)_{CC7} \approx 175 \text{ kN/m}^2$  になるように製造した  $t_s = 3$  日の砕・転圧土について実施した三軸透水試験による  $(k_{TC})_{20}$  と  $F_c$  の関係を図-29に示す。図から、 $(k_{TC})_{20}$  は  $F_c$  が減少するほど大きくなり、おおむね  $F_c = 30\%$  より少なくなると急増し、室内試験における遮水性基準値  $k_{Lab} \leq 1 \times 10^{-6} \text{ cm/sec}$  を満足しないことがわかる。すなわち、池内の堆積位置で粒度が変化する底泥土を砕・転圧土に使用する

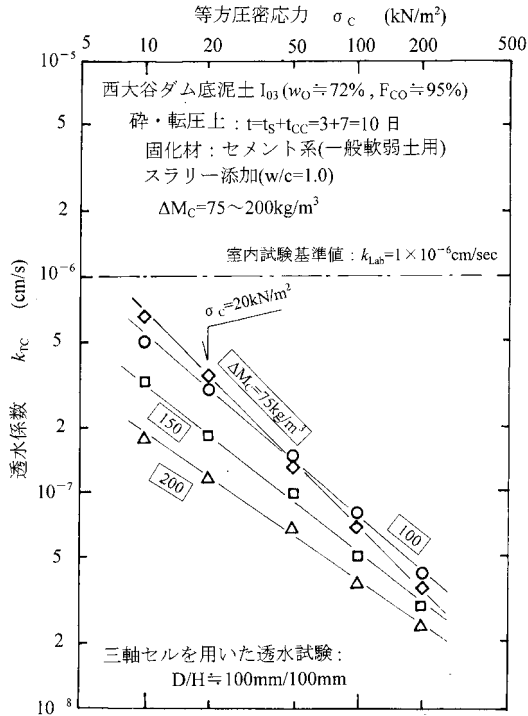


図-28 碎・転圧土の透水係数 $k_{TC}$ と応力レベル $\sigma_c$ 関係

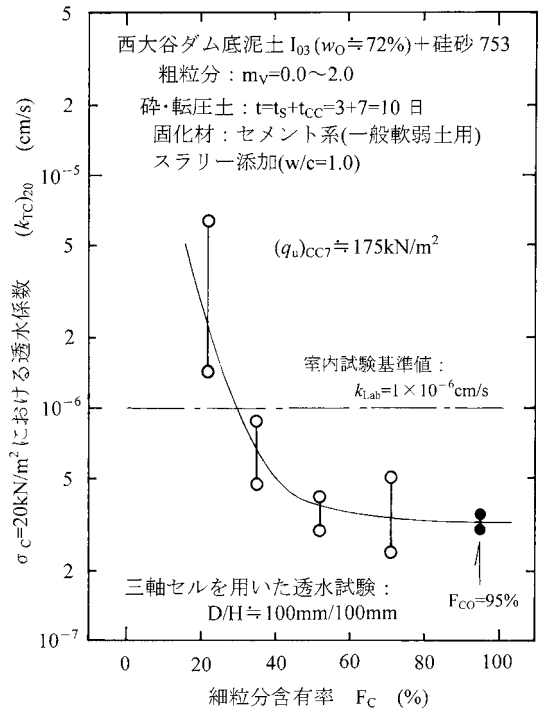


図-29 碎・転圧土の遮水性に及ぼす粒度の影響

る場合には、遮水性が確保できる細粒分の目安として  $F_c > 30\%$  程度とし、これより粗粒分が増加する場合にコアゾーンの築造に使用を避け、シェルゾーンだけの使用とすべきである。

## 8. あとがき

碎・転圧盛土工法は老朽化ため池の堤体改修法として開発されたもので、既に10箇所のため池への適用実績を有し、設計・施工・積算指針<sup>5)</sup>も整備されている。碎・転圧盛土工法は、池近傍で所要の強度と遮水性を有する築堤土を入手できない場合でも、貯水池内の底泥土を固化処理して所要の強度を有する遮水性に優れた築堤土を製造でき、急勾配法面での堤体改修が可能なることから、フィルダムの堤体改修に適用すれば経済的な堤体改修が期待できる。しかしながら、フィルダムはため池と比較すると、

- (1) 流入河川の規模が大きく池内の底泥土の粒度が堆積位置で大きく変化する
- (2) 堤体規模が大きく安定計算で対象となるすべり面上の応力レベルが高い

- (3) 堤体安定に必要なとされる碎・転圧盛土工法による築堤土の強度レベルが高いなどの相違を考慮する必要がある。

本稿では、碎・転圧盛土工法をフィルダムの堤体改修に適用するために、フィルダムとため池の間の以上の相違点を考慮した設計法について説明した。設計法の特徴は、含水比と粒度の影響を考慮した底泥土の固化処理時の強度管理法と、固化処理底泥土の強度パラメータの応力レベルによる影響を考慮したバイリニア型破壊規準を導入していること、また碎・転圧土と既設堤体の間に極端な強度差が生じない堤体ゾーニングを提案している。今後は、碎・転圧盛土工法のフィルダム堤体改修への適用実績を経てから、ため池の堤体改修との共通事項を活用して、フィルダム版の碎・転圧盛土工法の設計・施工・積算指針を整備していきたいと考えている。

最後に、本稿は農林水産省官民連携共同研究開発事業「碎・転圧盛土工法を適用したフィルダム堤体改修技術の開発」により得られた成果の一部をまとめたものであることを記して、農林水産省

農村振興局整備部設計課と(社)農業農村整備情報総合センターの関係諸氏に謝意を表するものである。

#### 参考文献

- 1) 谷 茂：溜池の話あれこれ，農業土木学会誌，Vol.57，No.12，pp.2-4，1989.
- 2) 福島伸二，石黒和男，北島 明，池田康博，酒巻克之，谷 茂：固化処理したため池底泥土の盛土材への適用性の研究，土木学会論文集，No.666/III-53，pp.99-116，2000.
- 3) 福島伸二，石黒和男，北島 明，谷 茂，池田康博，酒巻克之：固化処理したため池底泥土の堤体盛土材への適用性確認のための現場実証試験，土木学会論文集，No.680/III-55，pp.269-284，2000.
- 4) 福島伸二，北島 明，谷 茂，石黒和男：固化処理した底泥土を砕・転圧した築堤土の目標強度設定・配合試験法と施工管理法の提案，土木学会論文集，No.715/III-60，pp.165-178，2001.
- 5) (社)農業農村整備情報総合センター：ため池改修工事の効率化，一砕・転圧盛土工法によるため池堤体改修一，設計・施工・積算指針（案），2006.
- 6) 福島伸二，北島 明，谷 茂，石黒和男：固化処理した底泥土により築造した均一型堤体盛土の強度・遮水特性，土木学会論文集，No.750/III-65，pp.205-221，2003.
- 7) 福島伸二，北島 明，谷 茂，石黒和男：固化処理底泥土により築造した傾斜コアゾーンによる老朽ため池堤体の漏水対策事例，土木学会論文集，No.764/III-67，pp.341-357，2004.
- 8) 福島伸二，谷 茂，北島 明：固化処理底泥土を用いた急勾配・高堤体ため池の補強法の事例研究，土木学会論文集，No.771/III-68，pp.289-308，2004.
- 9) 福島伸二，谷 茂，佐々木義浩，佐藤健作：菜切谷池堤体改修における砕・転圧盛土工法の設計・施工法，一固化処理した底泥土による老朽ため池堤体の補強と漏水防止対策一，水と土，第149号，pp.103-116，2007.
- 10) 谷 茂，福島伸二，北島 明，五ノ井淳，西本浩司：砕・転圧盛土工法による老朽ため池堤体の補強と漏水防止のためのゾーニングについて，水と土，第151号，pp.92-104，2007.
- 11) (社)セメント協会編：セメント系固化材による地盤改良マニュアル（第三版），技報堂，2003.
- 12) 北島 明，福島伸二，谷 茂，西本浩司：老朽化フィルダムに堆積した底泥土の固化処理強度に及ぼす粒度の影響に関する調査研究，土木学会論文集C，Vol.63，No.2，pp.417-427，2007.
- 13) 嘉門雅史：ヘドロの工学的性質について，土と基礎，Vol.26，No.1，pp.19-24，1978.
- 14) 農林水産省構造改善局建設部設計課：土地改良事業設計指針「ため池整備」，農業土木学会，p.38，2006.

# 地すべり地区における地下水排除工の効果について

紺野道昭\*  
(Michiaki KONNO)

## 目 次

1. はじめに.....	21	4. 排水トンネル工施工結果.....	24
2. 地形地質概要.....	21	5. おわりに.....	27
3. 地すべりブロックの概要.....	21		

### 1. はじめに

高知三波川帯地区は、年間降雨量が3,000mm近くに及ぶ多雨地帯に位置し、地すべりに伴う崩落や変位等がしばしば発生している。地すべり活動が活発化すれば、地域の農業生産、生活環境への影響、病院、学校、JR土讃線、一般国道32号など、広く地域社会・経済に重大な影響を与えることは避けられないことから、大規模で抜本的な地すべり防止対策が急務となっている。

このような背景のもと、桃原地すべり防止区域では、地すべり土塊の安全率向上による農地保全並びに安心して生活できる環境の維持を目的に、排水トンネル工（L=462.82m、矢板工法、全断面発破掘削）を設置した後、トンネル内から集水ボーリングを実施し、地下水位低下を図ることとした。2007年8月にトンネル掘削が完了し、2008年12月にトンネル内の集水ボーリング工が完了した。

本文では、坑口より260～終点（462m）までの区間で削孔したトンネル内集水ボーリング工施行によって確認された周辺の地下水位低下状況を中心に、地下水排除工の効果について報告する。

### 2. 地形地質概要

桃原地すべり防止区域の地質は、九州から関東山地まで延長800kmにわたり帯状に分布する広域変成岩帯の三波川帯に属す（図-1）。三波川帯は、北側の中央構造線及び南側の御荷鉾構造線の2本の構造線の影響を強く受け、桃原区域では、極め

て強いせん断作用を受けた強剥離性の黒色片岩（千枚岩）や地下深い所で高压変性作用を受けた結晶片岩、塩基性片岩などを狭在している。

桃原区域は、標高400～800m、南東方向に20°前後傾斜した山腹斜面に位置し、周辺山腹に比べ勾配は緩く、縁辺部には急崖が分布し、大規模地すべりの地形が認められる。

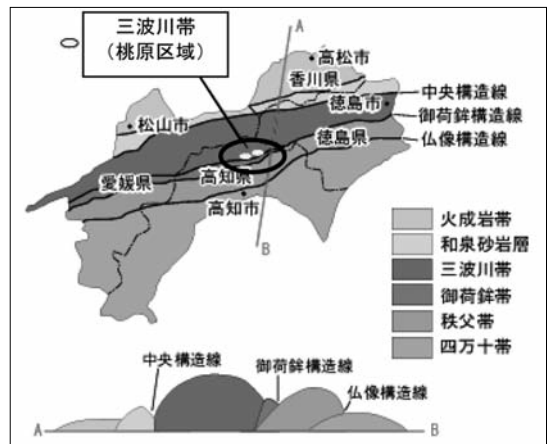


図-1 四国の地質構造

### 3. 地すべりブロックの概要

#### 3-1. 地形・地質

桃原区域C1地すべりブロックは、長さ700m、幅700m、最大深さ90mの大規模地すべり帯を呈している（図-2、図-3）。

\*中国四国農政局高知三波川帯農地保全事業所  
(Tel. 088-878-2455)

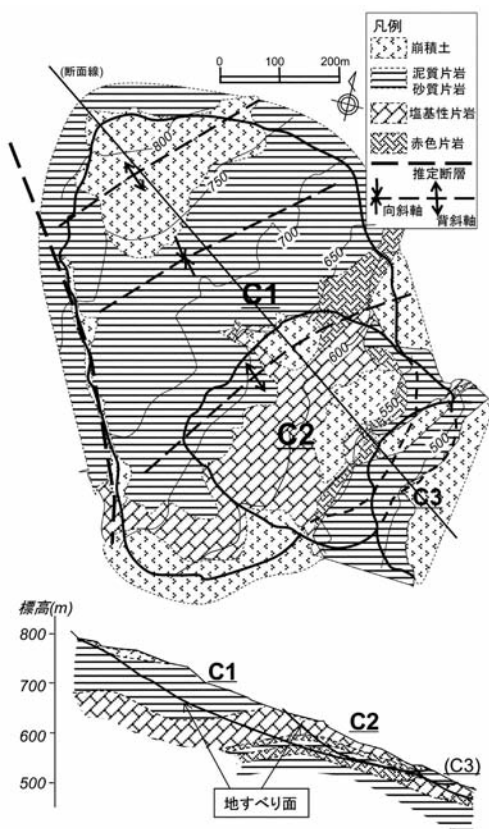


図-2 C1, C2ブロック地質と想定地すべり面

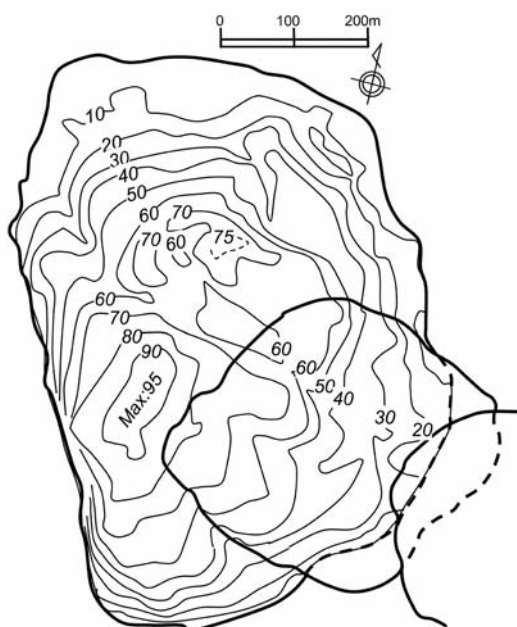


図-3 C1地すべり深度分布 (単位：m)

地質は三波川帯黒色片岩を主体とし、塩基性片岩、赤色片岩等を挟む。地質構造は、褶曲を繰り返しながら、大局的には地すべり頭部から末端部に向けて傾斜する流れ版をなす。

地すべり面は泥質片岩、砂質片岩、塩基性片岩、赤色片岩をそれぞれ切る形で分布しているが、主に泥質片岩と塩基性片岩の境界に地すべり面が存在する。また、ブロックの西側部の谷には断層が推定され、地すべり土塊も厚くなっており、泥質片岩、塩基性片岩等の流れ版構造と並んで、断層が地すべりの素因として考えられる。

C1ブロック末端部は地表に露出せず、下にあるC2地すべりブロックがC1ブロックを切る形で存在している。C2ブロックも長さ350m、幅380m、最大深さ55mと大規模であり(図-2, 図-4)、地すべり面が深い場所では一般的な地下水排除工である地表からの水抜きボーリング工や集水井工等は適さない。

C2ブロック末端部は、下にあるC3地すべりブロックに切られている。C3ブロックは最大深さ30m程度であり一般的な工法である集水井工等に適した規模なので、本報では省略する。

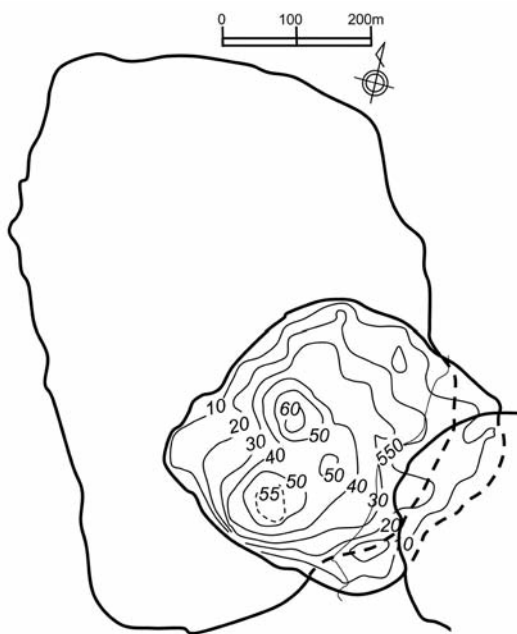


図-4 C2地すべり深度分布 (単位：m)

### 3-2. 地下水位

C1ブロックでは、中央部ですべり面から40m、西側部で50mの地下水位が観測されており、地下水位が高い地域である（図-5）。

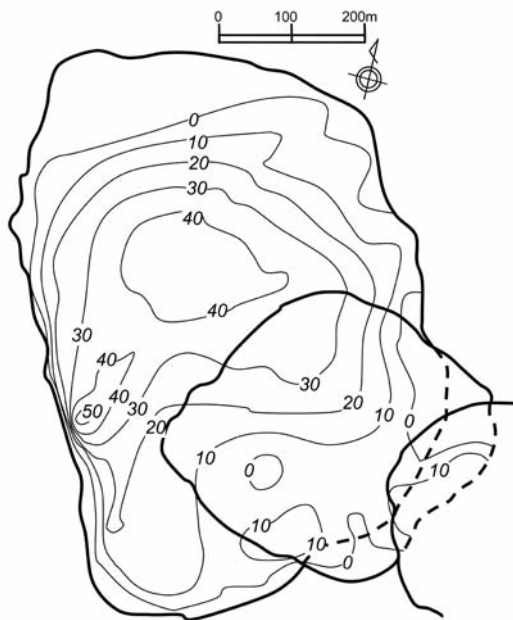


図-5 地すべり面からの地下水位の高さ（単位：m）  
対策工施工前（2006年1月10日）

C1からC2ブロック全体を見ると、C1ブロック頭部より少し下がったところからすべり面上に地下水位が観測され始め、地すべりが深くなるC1ブロック西側部及び中央部～C2ブロック頭部にかけて地すべり面上の地下水位が最も高く、C2ブロックの中央部より下側では、地形の勾配に従って地下水位が低下する傾向となっており、C2ブロック中央部の一部や末端部では、地すべり面上の地下水位が観測されなくなる。

### 3-3. 地すべり変位

地すべり変位は、挿入型孔内傾斜計によって1ヶ月に1回の頻度で観測している（図-6、表-1）。

C1ブロックでは、頭部の①孔の深度40～45m程度で、年間4～7mm程度のせん断変位が継続している。南側側部の②孔の深度76～79mで年間1～2mm程度の、地すべり中央部に向かう微小な変位があった。末端部においては、③、⑤孔での観測の結果C2ブロックの下に地すべり面が確認されたが、その変位は微小である。また、末端部南側の

⑧孔では2006年度に深度16～20mで9mm程度のやや大きな変位があった。ただし、同じ年度に②孔で大きな変位がないため、C1ブロックとの連続性は判然としない。

C2ブロックでは、主に南側半分の④、⑤、⑦孔の観測から推定地すべり面深度で年間5～10mmのやや大きな変位が毎年継続している。

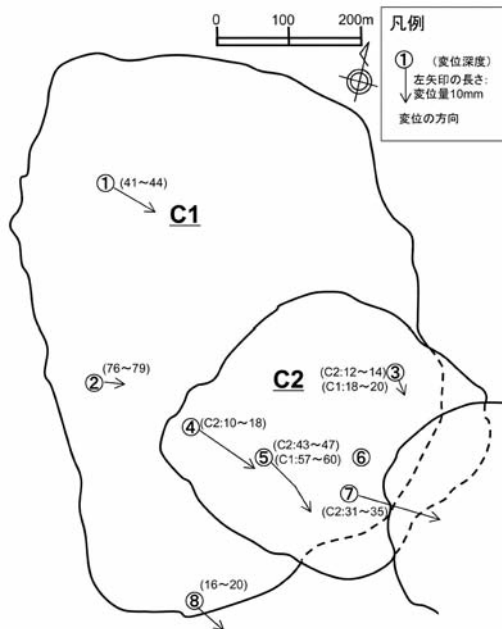


図-6 孔内傾斜計観測位置図

表-1 年間変位量

孔番号	ブロック	変位深度 (GL-m)	年度変位量(mm)				備考
			2006	2007	2008	3年計	
①	C1	41～44	4.2	6.9	4.6	15.7	
②	C1	76～79	2.4	1.5	1.4	5.3	
③	C2	12～14	0.9	0.1	0.2	1.1	～2008/11月
	C1	18～20	0.8	0.4	0.7	1.9	
④	C2	10～18	6.4	8.5	5.1	20.1	～2008/11月
⑤	C2	43～47	7.0	6.5	8.3	21.9	～2008/11月
	C1	57～60	2.8	1.4	1.5	5.7	
⑥		変位なし					
⑦	C2	31～35	11.3	8.6	8.7	28.6	
⑧	C1	16～20	8.9	2.3	3.4	14.5	

### 3-4. 地すべり対策の考え方

本区域では全体として地下水位が高いため、地下水排除工を中心とした対策が効果的と考えられた。しかし、特にC1ブロック中央部～西側部にかけては地すべり面が深いため、集水井等では地すべり面の地下水の排除が困難である。

そこで、排水トンネル工を主体とし、以下の考え方で地下水排除工を施工することとした（図-7）。



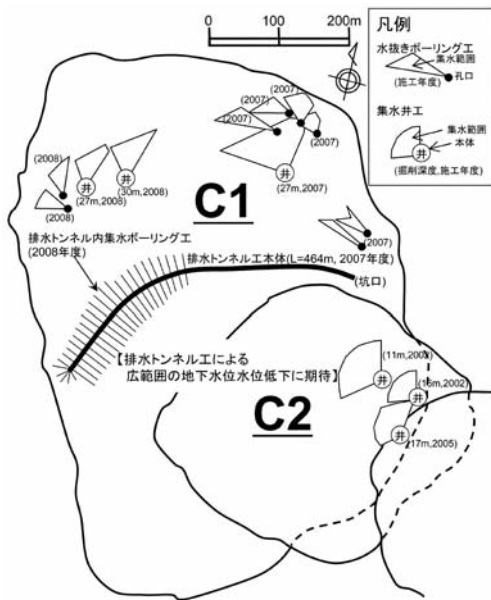


図-7 地下水排除工位置図

- (1)地すべり面が深く地下水位も高いC1ブロック中央部から西側部に対しては、排水トンネル工を設置し、地すべり面付近の地下水の排除を行う。
- (2)地すべり面が比較的浅い頭部や側部に対しては、集水井及び水抜きボーリング工を設置し、降雨により涵養される地下水や地すべり地域外から流入する地下水を排除する。

これにより、C1ブロックの深部において地下水を排除することによって、やや大きな変位が継続しているC2ブロックへの地下水の供給を抑制し、変位の減少を図る。

#### 4. 排水トンネル工施工結果

排水トンネル工本体は2007年1月～8月（仮設等を除く実際の掘削期間）、排水トンネル内の集水井ボーリング工は2008年9月～12月にかけてそれぞれ施工された。

施工においては、排水トンネル工の坑口から106～220m区間で不良地山が出現したため、フォアボーリング、水抜きボーリング等の対策を行いトンネルを掘削した<sup>3)</sup>。また、坑口から200m地点でC1ブロックの地すべり粘土と考えられる粘土層を確認（写真-1）したが、その後現在に至るまでこの粘土層付近でのトンネルの歪みは認められていない。



写真-1 トンネル切羽で確認された地すべり粘土

以下、本報文では2008年に施工した排水トンネル内集水井ボーリング工について紹介する。

#### 4-1. 集水井ボーリング工の構造、地質及び湧水量

集水井ボーリングはトンネル内の坑口から260～終点（462m）まで、10m間隔で山側、谷側、先端部合わせて51本施工した。各ボーリング孔は地すべり面から5m程度地すべり土塊内に貫通させることとし、削孔長は20～50m、仰角は山側で30～65°、谷側で10°、先端部で60～65°とした（図-8）。

ボーリングはロータリーパーカッション式ボーリングマシンを用いており、排出されるスライムから1m単位で地質の性状を目視等で確認した。

集水井ボーリング施工範囲の地質は、概ね泥質片岩が塩基性片岩を挟む構造となっており、坑口側には下位の泥質片岩、終点側には塩基性片岩が主に見られた。また、多くの孔で地すべり粘土がスライム中に明瞭に確認された（図-8）。

削孔中の湧水は、多くが地すべり土塊内の泥質片岩で確認された。トンネル坑口側谷側では、削孔中の孔によっては最大150L/分の湧水が確認され（図-8、No.12+10孔谷側）、トンネル奥側山側では、地すべり面より上の泥質片岩分布域において、最大250L/分（図-8、No.19孔山側）をはじめとして、多くの孔で多量の湧水があった。ただし、これらの湧水は、施工前に豊富に存在していた地山の地下水を排除する過程での一時的な湧水と考えられ、全ての孔の削孔が終了して約1ヶ月後となる2009年1月21日には、最大でも1孔当たり8L/分（図-9、No.20+10孔山側）に落ち着いている。

また、湧水中の電気伝導度（EC）及びpHは上

位（トンネル奥側山側）の泥質片岩と下位（トンネル坑口側谷側）の泥質片岩で若干異なる。上位の方がpH、電気伝導度（EC）ともに低く、上位の泥質片岩中を流動する地下水の方が滞留時間は短いと考えられる（図-9）。

なお、排水トンネル工全体の排水量は、降雨や

工事の影響により変動はあるものの、2008年夏期に40L/分程度であったものが、トンネル内集水ボーリング施工後の2009年1~3月においては100L/分以上の湧水量で推移するようになった（図-10）。

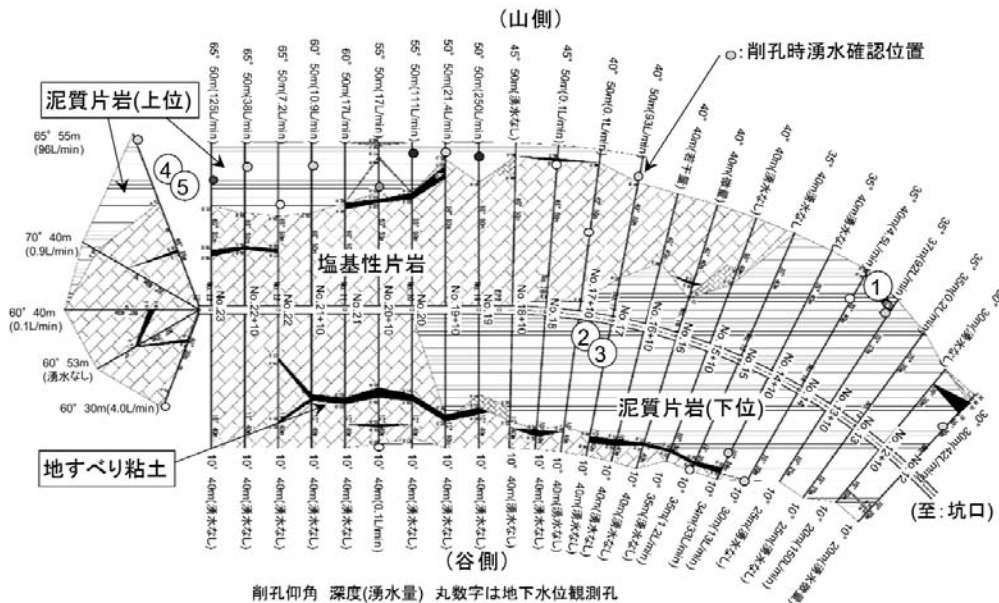


図-8 排水トンネル内集水ボーリングの構造及び地質状況

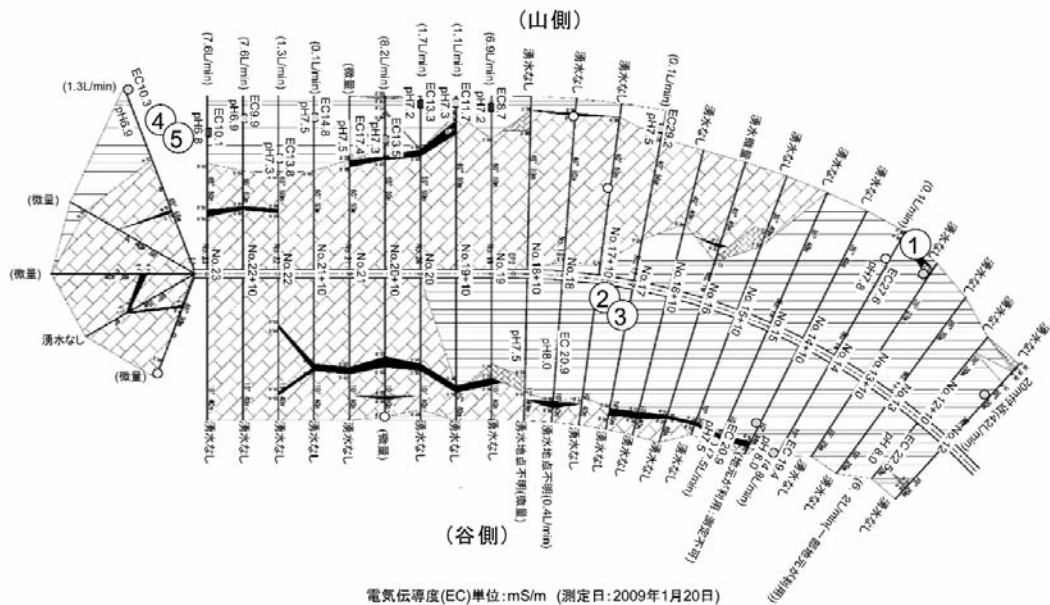


図-9 排水トンネル内集水ボーリングの電気伝導度及びpH

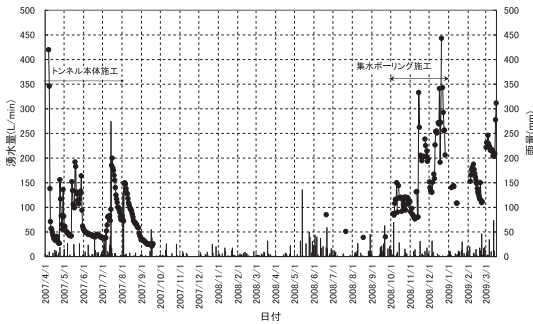


図-10 排水トンネル全体の湧水量

#### 4-2. 排水トンネル周辺の地下水位低下

地下水位観測孔の位置を図-11に示す。トンネル内集水ボーリング工施工中には、図-11に◎で示した観測孔において地下水位が急激に低下した(図-12)。

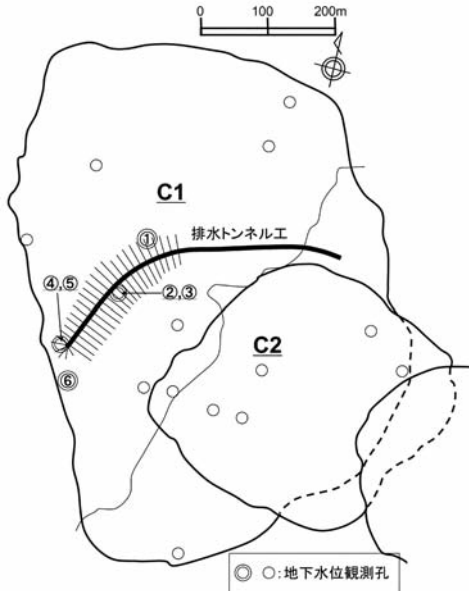


図-11 地下水位観測孔位置図

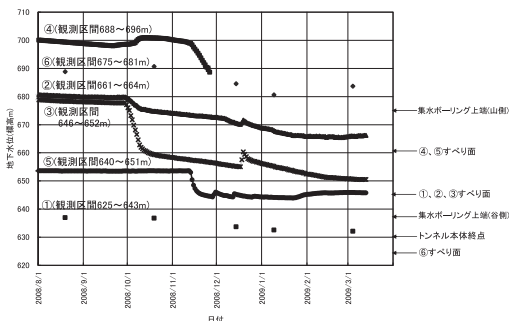


図-12 地下水位変動

2008年9月から2009年3月までの地下水位低下量はそれぞれ、①孔で6m、②孔で15m、③孔で20m、④孔では観測区間の下端まで低下(水位低下量10m超)、⑤孔で10m、⑥孔で10m程度であった。

また、②及び③孔の水位低下が始まる9月30日の前日には、②及び③孔から約100m離れたNo.12+10孔谷側(図-8、坑口側から2番目)を掘削しており、掘削時に150L/分の湧水があった。このことから、No.12+10孔谷側と②及び③観測孔との間に連続した水みちがあったと考えられる。

④、⑤孔の水位低下は10月中旬から始まっているが、この時点ではNo.23山側等の泥質片岩(上位)に当たる孔を掘削しており(図-8、左上)、水位低下は、この付近の地下水が排除されたことを示していると考えられる。

#### 4-3. 地すべり地における地下水位観測の課題

②、③孔は間隙水圧計を用いて同一孔の異なる深度の地下水位を観測している。地すべり面標高646mに対して、②孔では観測区間が661~664mでやや浅めで、③孔では646~652mの地すべり面に近い深度の地下水位を観測している。両孔の9月までの水位はほぼ同じであったが、急激な水位低下を始めた10月以降は、地すべり面により近い③孔の方で水位がより大きく低下した。

また、④、⑤孔もほぼ同一の地点で異なる深度の地下水位を観測している。地すべり面標高660mに対して、④孔では観測区間が688~696mで地すべり面よりも浅い地下水位を、⑤孔では640~651mの地すべりよりも深度の地下水位をそれぞれ観測している。両孔ともに急激な地下水位低下が見られたが、④孔で地下水位が地すべり面より浅い深度にあったのに対して、⑤孔では地すべり面より深い深度にあった。

このように、同じ場所における観測であっても観測区間(ストレーナー設置深度)によって地下水位が異なることがある。同地区の他の地下水位観測孔の事例も含めると、桃原区域の場合は、今回の⑤孔のように地すべり面よりも深い深度に観測区間を設置すると地下水位を実際よりも低く観測しやすい。逆に浅い深度であると、今回の②孔のように、地下水排除工の効果を過小評価する可能性がある。地すべり面の深度に観測区間を設定するのが理想であるが、現場では仮設等の関係で孔内傾斜計観測孔と同時に設置せざるを得ないことが多く(地すべり面が未知)、現実的な方法で

地すべり面の間隙水圧を的確に把握する手段については、今後の研究が望まれる。

## 5. おわりに

昨年（2008年）12月に完成した桃原区域の排水トンネル工においては、施工中から施工後3ヶ月の現在（2009年3月）までに、地下水位低下効果の発揮が確認されている。

現時点では、地下水位低下の範囲はほぼ排水トンネルの集水範囲に限られているが、今後の地下水位低下範囲の拡大に期待しながら、事業期間中は地すべりの監視を継続したい。

なお、排水トンネル工の湧水は、簡易水道として地元の方に利用して頂くこととなっており、本年度前半には供用開始される予定である。

## 参考文献

- 1) 樋口恒雄，森洋：桃原区域（C1）排水トンネル建設工事における不良地山区間の施工報告，第62回農業農村工学会中国四国支部講演会講演要旨集，2007，pp86～88

# より遡上効果の高い魚道を目指して

Toward a more effective fishladder for fish migration

—さかなの目線で考え、改良を加えたハーフコーン型魚道の施工事例—

大橋 利一郎\* 渡邊 雅人\* 酒井 忠幸\*\*  
(Riichiro OHASHI) (Masato WATANABE) (Tadayuki SAKAI)

武田 維倫\*\* 沢田 守伸\*\*  
(Korenori TAKEDA) (Morinobu SAWADA)

## 目 次

I. はじめに	28	V. 石堰魚道の水理特性及び遡上調査の検証	32
II. 大口堰魚道における調査結果について	29	VI. 石堰魚道の改良結果	33
III. 大口堰魚道の調査から得られた課題	31	VII. おわりに	34
IV. 石堰魚道の設計方針	31		

### I. はじめに

近年、取水堰の施工においては魚道の設置が一般化してきているが、関係漁協や地元関係者などから、より多くの魚種が遡上できるよう強く要望されている現状にあり、より遡上効果の高い魚道設計に向けて多くの試みがなされているところである。

本報告では、栃木県南東部を流れる一級河川五行川（計画洪水流量：140m<sup>3</sup>/s、川幅：約27m、河床勾配：1/360）に設置した大口堰魚道（従来のハーフコーン魚道）と石堰魚道（改良型ハーフ

コーン魚道）について、大口堰魚道の機能調査を行い、隔壁の形状、魚道勾配、越流流速やプール水深を変えることにより、より遡上効果高い魚道が施工できるとの結果が得られたため、石堰魚道の設計において結果を活用した事例を報告する。

なお、魚道のタイプについては、大口堰魚道・石堰魚道ともに、「芳賀町三堰魚道検討会」により、指標種を「キンブナ・ギンブナ」として、「プールタイプのハーフコーン型魚道」を選定した。なお、五行川には体高6～7cm程度の魚種が存在するため、隔壁設計水深を20cmとした（図-1, 2, 3, 4）。

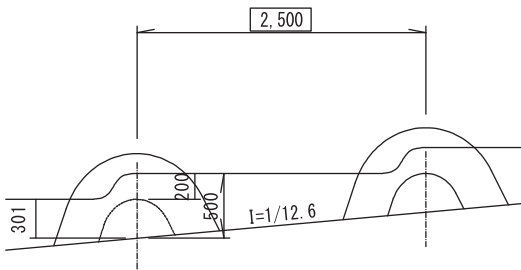


図-1 大口堰隔壁断面図

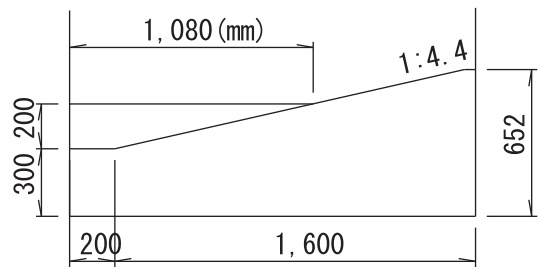


図-2 大口堰隔壁横断面図

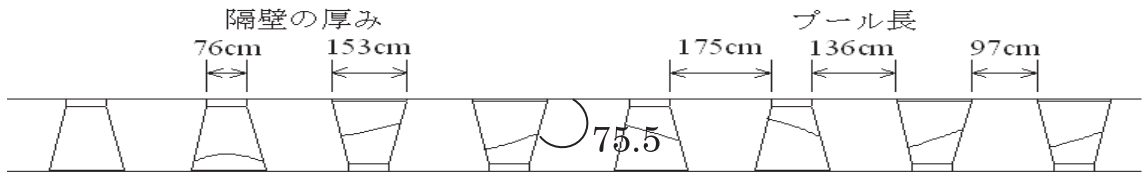


図-3 大口堰魚道平面図

\*栃木県芳賀農業振興事務所 (Tel. 0285-82-4665)

\*\*栃木県水産試験場 (Tel. 0287-98-2888)

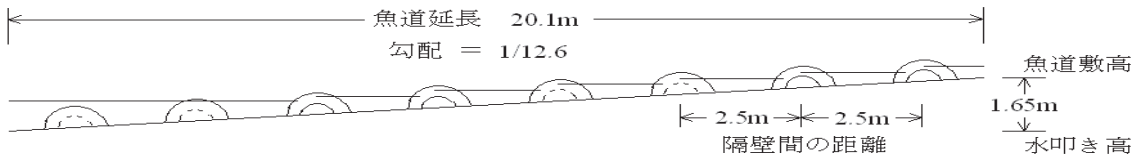


図-4 大口堰魚道断面図

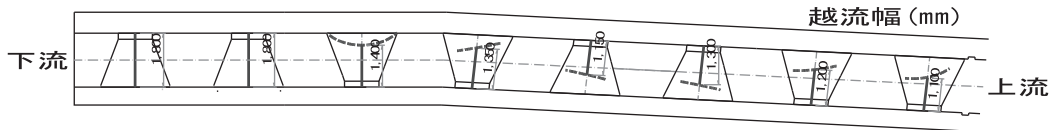


図-5 大口堰魚道の越流幅

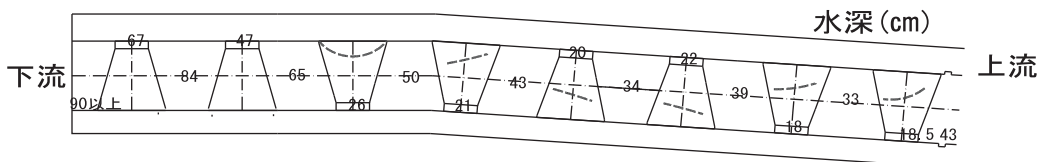


図-6 大口堰魚道の水深

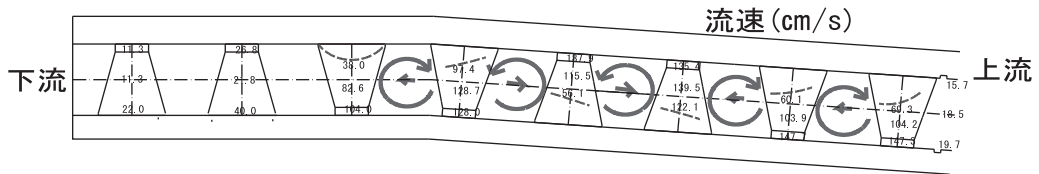


図-7 大口堰魚道の流速及

大口堰魚道（平成18年3月完成）について、魚道機能調査を行った結果、隔壁の形状、魚道勾配、越流流速やプール水深を変えることにより、さらに遡上効果の高い魚道が作れると考えられたため、石堰魚道（平成19年3月完成）の設計においては、より多くの魚種を遡上させるための改良を行った。

## Ⅱ. 大口堰魚道における調査結果について

### 1. 水理特性と遡上調査結果

#### 1) 魚道内水理特性調査

魚道内の越流幅、水深、流速、流向等の調査を平成19年7月18日に実施した（図-5、6、7、写真-1）。

最上流隔壁の越流水深が18.5cmの場合、最上流147.3cm/sの初速に対し、上流側から4列目の隔壁越流部で最大流速187.9cm/sが観測されており、



写真-1 魚道調査状況写真

7.5m間隔で差し引き40.6cm/sの流速が増すなど、流れの不安定化が見られた。

水深が最も浅かったプールは上流から最初の

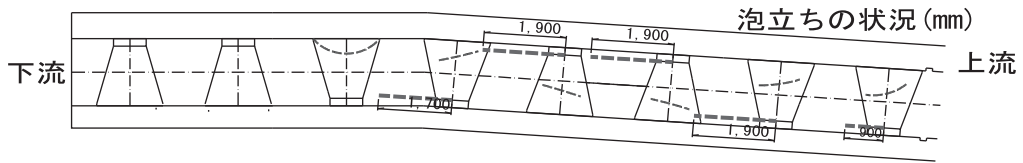


図-8 大口堰魚道の泡立ち状況

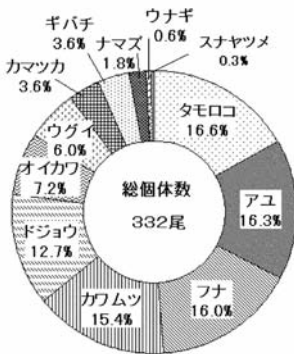
プールで33cm, 最深は最下流プールで84cmであった。しかし, 上流から6つめのプールより下流の隔壁は, 下流水深により水没しているため, 5つめのプール水深50cmを最深部とした。

また, 上流から2, 3, 4つめのプールにおいては, 流下した越流水がプールの底を叩き, 泡立ちが一つのプール間を往復しており, 次の隔壁の深み部に泡が流れ込んでいた。その泡立ち長さは, 1,900mmであった(図-8)。最上流隔壁の越流水深が約12cmの流況から泡が立ち始め, 18.5cmの流況においては, プール全体に泡立ちが目立ち, 気泡がプールの底や次の隔壁に跳ね返り往復していた。

## 2) 魚道内放流試験

魚類の上流への移動に係る機能性を検証するため魚道内に魚類を放流し, その移動状況を調査(平成18年6月5日 午前中採捕, 午後3時頃から放流)した(表-1)。

表-1 魚道内放流試験の供試魚構成



放流後1時間で魚道の最上流隔壁を越えた個体及び上流から6つめ以上のプール内に位置した個体を自然遡上魚とし, カワムツ, オイカワ, ドジョウ, タモロコの4魚種が確認された。追い上げによる遡上が確認された個体は, アユ, ウグイ, ギバチであり, フナ, カマツカ, ナマズなどは, 遡上の確認が取れなかった。最大個体はオイカワ

(全長16.5cm, 体高4.08cm), 最小個体はタモロコ(全長7.2cm, 体高1.50cm)が遡上した。また, 最上流隔壁の越流水深が13cmの流況時において, ビデオ撮影により隔壁を越える個体計28尾を記録することができた。記録に残された遡上魚のうち, 2尾は泡立ちの目立つ隔壁の中央部~最深部を遡上し, 残り26尾は越流水の落下による泡立ち発生が少ない, 最浅部~中央部において上段プールを目指し突進していた(図-9)。

この最浅部~中央部は, 上記水理特性調査結果から, 越流水深2~13cmの範囲, 越流流速55~113.4cm/sの範囲であると推測された。放流した魚のうち, 遡上した魚は体長10~12cm, 体高1.8~3.0cmの範囲に多く分布している(表-2, 3)。

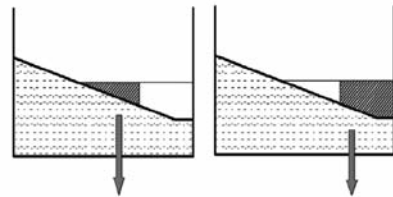


図-9 ビデオ撮影による遡上位置

段 数	最浅部~中央部			中央部~最深部		
	遡上個体数	水深 (cm)	流速 (cm/s)	遡上個体数	水深 (cm)	流速 (cm/s)
2~3段目	11	2~11	66.7~134.7	11~19	134.7~152.0	
5~6段目	7	2~11	79.1~105.3	11~14	79.1~88.1	
6~7段目	6	7~9	55.0~103.9	9~13	103.9~115.6	
7~8段目	2	2~11	87.8~111.0	2	111.0~113.4	

表-2 放流魚・遡上魚の体長分布

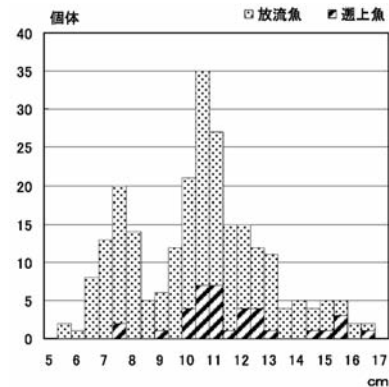
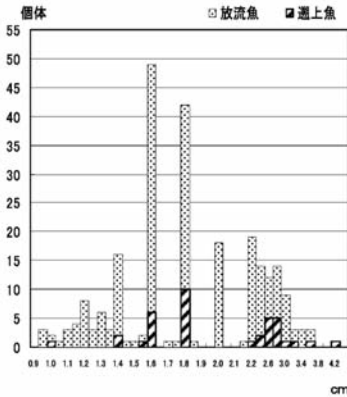


表-3 放流魚・遡上魚の体高分布



3) 大口堰魚道調査の考察

本調査結果から、魚道の途中で流速がピークとなり下流で減速するといった流れの不安定化が見られた。

また、ビデオ撮影による遡上状況調査から、魚は気泡を避けて遡上しており、泡の目立つ部分においては遡上が少ないことが分かった。気泡は遡上経路選択幅を狭めている要因と考えられる。

Ⅲ. 大口堰魚道の調査から得られた課題

1. 魚道の途中で流速がピークとなり流れが安定していない。
2. 泡立ちの目立つ部分は、魚の遡上経路として適していない。

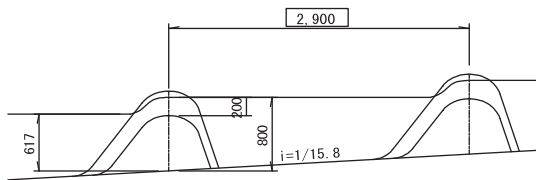


図-10 石堰魚道隔壁断面図

3. プール水深が浅いために気泡が底打ちし、プール長が短いために気泡が往復している。

Ⅳ. 石堰魚道の設計方針

以上のような課題が得られたため、次年度施工の石堰魚道の設計においては、栃木県水産試験場とも協議し、下記のような設計方針のもとで改良型ハーフコーン魚道を考案した。

1. 魚道全体

- 1) 水脈の安定化を図るため、魚道全体の勾配を緩くする (図-10, 12, 13)。

・  $i = 1/12.6 \rightarrow 1/15.8$

2. 隔壁の形状

- 1) 遊泳力の弱い魚のために魚道内流速を抑える (図-10, 12, 13)。

- ・ 隔壁の水あたり側の勾配を急にする。

$N = 1 : 0.5 \rightarrow 1 : 0.3$  (-0.2分)

- ・ 隔壁の水あたり方向を流水方向に対し直角とする。

$\phi = 75^\circ 55' 44.3'' \rightarrow 90^\circ$

- 2) 魚の遡上経路選択幅を広げる (図-11)。

- 隔壁の横断方向勾配を1:4.4から1:6.0にする。

$L = 108\text{cm} \rightarrow 140\text{cm}$  (+32cm)

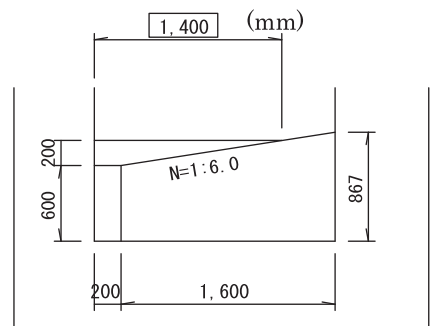


図-11 石堰魚道隔壁横断面図

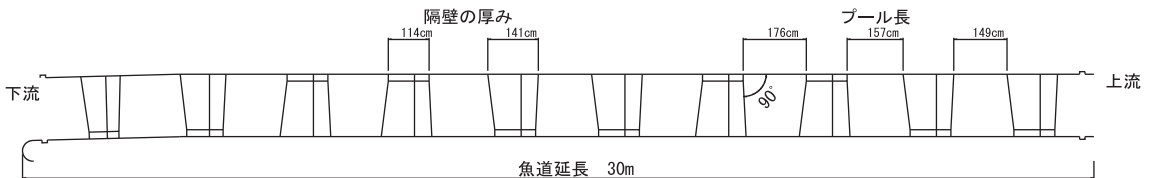


図-12 石堰魚道平面図



図-13 石堰魚道断面図



### 3. プール長及び水深

1) 魚が避ける泡立ちの発生を抑制する (図-10)。

- ・プールの敷き高を下げて水深を深くする。

$$h = 30\text{cm} \rightarrow 62\text{cm} \quad (+32\text{cm})$$

- ・プールを長くする。

$$L = 250\text{cm} \rightarrow 290\text{cm} \quad (+40\text{cm})$$

※プール長を長くすることは、新たな視点として、大型魚種の助走距離確保に繋がる。

## V. 石堰魚道の水理特性及び遡上調査の検証

石堰魚道完成後の評価のため、平成19年5月から7月にかけてモニタリング調査を実施した。

1) 魚道内水理特性及び流水状況

流水状況を多角的に調査した (図-14, 15, 16, 17)。最上流隔壁の越流水深18.5cmの流況において、最上流139.2cm/sの初速に対し上流側から6列目の隔壁越流部で最大流速176.9cm/sが観測されており、14.5mの間隔で差し引き37.7cm/sの流速

に抑えることが出来た。プール内水深は最浅部で65cm、最深部で72cmを観測した。気泡が帯のように連なる泡立ちの状態については、最大170cmを観測し、大口堰魚道のような泡立ちの往復現象は無かった。隔壁の越流水面幅は、最低で150cmの幅を確保している。

2) 魚種別魚道利用状況調査

5月7日から7月20日の間において週1回 (16時から翌日の10時)、トラップ調査を行い、魚種別・体サイズ別の魚道利用状況を明らかにした (表-4, 5)。遡上を観測した魚種は、カワムツ、タモロコ、オイカワ、ウグイ、ギバチ、コイ、カマツカ、モツゴ、ドジョウであった。最大個体はウグイ (全長20.6cm, 体高3.9cm)、最小個体はカワムツ (全長7.1cm 体高1.2cm) であった。なお、コイは、体長4.3cm, 体高0.9cmの稚魚であった。また、体長においては8~15cm, 体高においては1.2~2.8cmの範囲で多く分布している。

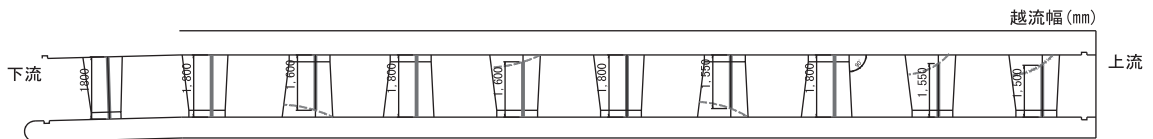


図-14 石堰魚道の越流幅

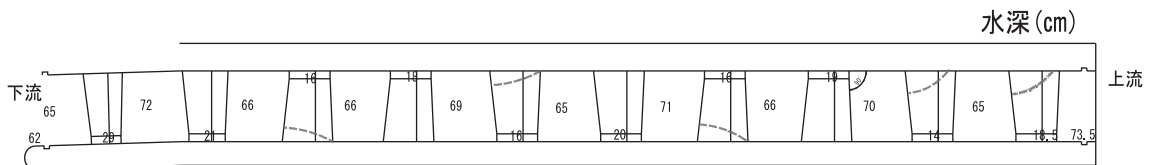


図-15 石堰魚道の水深

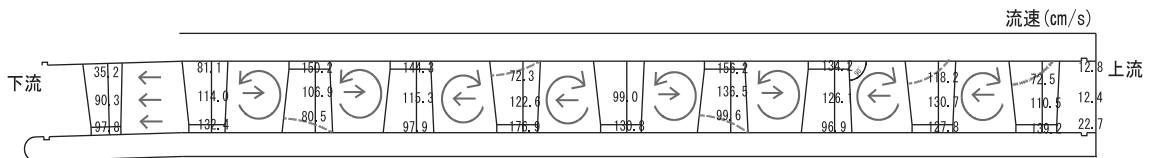


図-16 石堰魚道の流速及び流向

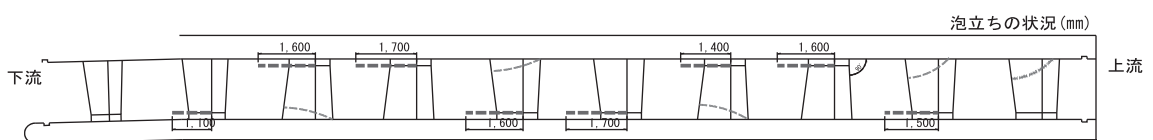


図-17 石堰魚道の泡立ち状況

表-4 石堰魚道の遡上魚体長

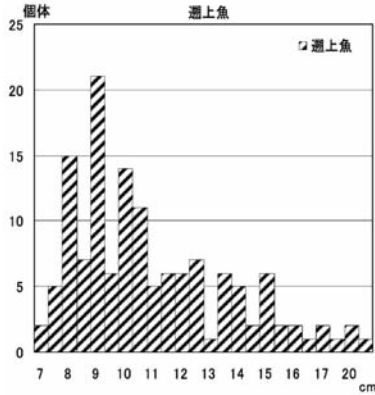


表-5 石堰魚道の遡上魚体高

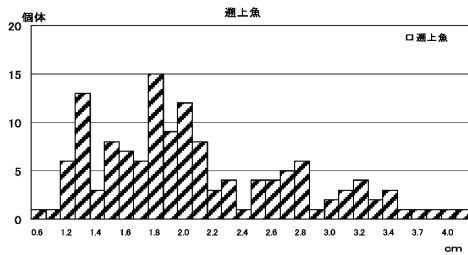


写真-2 大口魚道内の流況

## VI. 石堰魚道の改良結果

大口堰及び石堰魚道における遡上調査及び水理特性の検証を行った結果、両者にある特徴の違いが見られた。

それは、同じ越流水深であっても魚道内の泡立ち状況が異なるという点である。平成20年度における両魚道の調査では、意図的に越流水深を10cmから20cmまで2cm刻みに変化させ、魚道内の泡立ちの状況を写真撮影し、泡立ち長さを測定して観察を行った（写真-2、3、表-6）。

その結果、大口堰魚道は越流水深が12cmで泡立ちが多く出てくるのに対し、石堰魚道は越流水深18cmで泡立ちが出た。大口堰と比較して、泡立ちが発生し始める越流水深が6cm深くなったことになる。

泡立ちを抑えることにより、隔壁上の経路選択幅の拡大（有効幅確保）、泡立ちの長さが短縮することにより、流れの安定化が図られた。

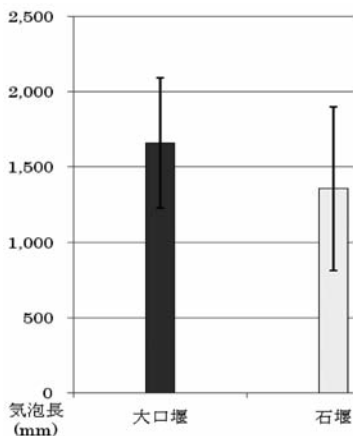
なお、石堰魚道において設計越流水深20cmの流況では、大口堰で起きた一つのプールの隔壁間の泡立ち往復現象は起きなかった。

両堰とも、泡立ちの目立つ隔壁越流水深までは遡上の効果に違いが見られなかったが、泡立ちの



写真-3 石堰魚道内の流況

表-6 隔壁越流部直下に生じた気泡の長さ



発生する越流水深に違いが見られ、魚道の改良効果が現れた。

また、遡上効果を維持するためには、魚道の越流水深を意識した堰の管理について堰管理者への理解を求める必要がある。

## Ⅶ. おわりに

石堰魚道においては、魚道構造の3要素（「魚道勾配」「隔壁の形状」「プール長及び水深」）を改良することで、隔壁上の経路選択幅の拡大、気泡の短縮については一定の効果が認められた。

今後さらに気泡の発生と遡上経路の関連データを収集できれば、気泡の発生の多少を指標として魚道の性能を評価できる可能性があり、より遡上効果の高い魚道の設計及び管理に反映できればと考えている。

### 参考資料

- ・『「よりよき設計のために 頭首工の魚道」設計指針』（農林水産省農村振興局設計課監修）
- ・『土地改良事業計画設計基準・設計・「頭首工」』（農林水産省農村振興局）

# 大口径パイプラインの施工管理事例について

小 野 尚 二\* 中 西 浩 輝\* 近 藤 正\*  
(Shoji ONO) (Hiroki NAKANISHI) (Tadashi KONDOU)

## 目 次

1. はじめに	35	4. 管水路における施工管理	36
2. 道央用水（三期）地区の概要	35	5. まとめ	40
3. 大口径FRPM管水路の品質管理に向けて	35	6. あとがき	40

### 1. はじめに

道央注水工は、川端ダム頭首工に付帯する施設で夕張川から千歳川及び安平川流域に導水を行う施設である。総延長約31km、最大通水量が約18m<sup>3</sup>/sであり、施設構造は、地形条件及び経済性などから、トンネル、現場打ちボックスカルバート、アーチカルバート及び管水路とした埋設水路である。

管水路区間では、北海道開発局として初めて使用する口径3,000mmの大口径FRPM管（強化プラスチック複合管）が約11kmあり、埋設工事に当たっては、現地条件や施工条件の変化に柔軟に対応し、施工及び資材搬入時の破損等のヒューマンエラーを防ぎ、安全で信頼性の高い施工を行うことが肝要となる。

このため、本地区では先行する他地区の施工管理手法等を基に、土地改良施設として極めて重要度が高い本施設において、施工管理チェックシートや施工体制などを再構築したので、その取組み内容を報告する。

### 2. 道央用水（三期）地区の概要

本地区は29,010haにおよぶ広大な農地を対象に、代掻き期間の短縮による用水量の増、夏期の低温障害から稲を守る深水用水及び安定した野菜等の生産に必要な畑地かんがい用水に不足する水量を、新設する夕張シューバロダム（共同事業）に確保するとともに、農業用水施設の新設・改修整備を行い、農業経営の安定、地域農業の振興に資

することを目的としている。農業用水施設の新設・改修整備としては、道央注水工と併せて頭首工、揚水機及び用水路の整備を行う。



図-1 地区位置図

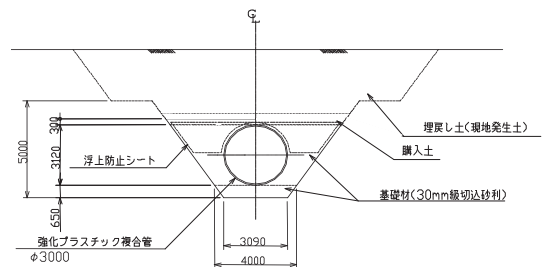


図-2 標準断面図

### 3. 大口径FRPM管水路の品質管理に向けて

道央注水工は、土地改良施設の重要度区分の考え方を示した「土地改良施設耐震設計の手引き」（平成16年3月農林水産省農村振興局）などから「漏水等が発生した場合、地域の経済活動や生活

\*北海道開発局札幌開発建設部札幌南農業事務所  
(Tel. 011-376-6030)

機能に与える影響は大きい施設」であるため、重要度の高い施設である。

管水路埋設は、一般の構造物と異なり、土の抵抗力を高めることによって、より安全で経済的な構造物となることから、管体の力学的特性を十分理解し、基礎及び埋戻し材料の設計条件を満足するように施工する必要がある。

特に、とう性管は基礎材料の抵抗力によって、管体の耐荷力が発揮されるものであり、設計条件を無視した不十分な締め固めなどが行われると、たわみ、不同沈下の原因となる。

このため、入念な施工管理のチェック体制によ

る施工が必要となるが、管底部の狭い部分での転圧は人力施工となり、特に、大口径ではこの部分が大きな面積となるため、施工管理のばらつきが懸念されることから、本地区では施工体制構築と明確な指標としてのチェックシートの作成を行うこととした。

#### 4. 管水路における施工管理

##### (1)チェックシートの特徴

施工を確実にを行うために、先行地区で作成されたチェックシートを基に再構築した。以下にその特徴を示す(表-1参照)。

表-1 チェックシート

施工管理(掘削・埋め戻し) チェックシート		掘削・埋め戻し		掘削・埋め戻し	
掘削の種類		<input type="checkbox"/> 掘削		<input type="checkbox"/> 埋め戻し	
配管番号					
配管図					
管の種類		FRPM直管		FRPM直管	
管体 No					
掘削	現地盤と基床の境界付近は人力により不陸を重り除く	<input type="checkbox"/> 人力(確認者 ○○○○)		<input type="checkbox"/> 人力(確認者 ○○○○)	
	掘削溝の水替え(地下水がある場合)	<input type="checkbox"/> 水替(確認者 )		<input type="checkbox"/> 水替(確認者 )	
	掘入する40mm以上のレキの除去	<input type="checkbox"/> 除去(確認者 )		<input type="checkbox"/> 除去(確認者 )	
	基床部は湿潤・凍結状態ではない	<input type="checkbox"/> 良好(確認者 )		<input type="checkbox"/> 良好(確認者 )	
	基床部の転圧回数 1層2回以上(振動ローラー)	<input type="checkbox"/> 確認(確認者 )		<input type="checkbox"/> 確認(確認者 )	
	基床部の平滑仕上げ	<input type="checkbox"/> 平滑(確認者 )		<input type="checkbox"/> 平滑(確認者 )	
	設計基床厚(65cm:溝・矢板 共通)	<input type="checkbox"/> 基床厚 cm(確認者 )		<input type="checkbox"/> 基床厚 cm(確認者 )	
	レキ質地盤と置き換え地盤の境界に緩和区間の設置 勾配は 1:4 とする。			<input type="checkbox"/> レキと置き換えの境界位置ではない <input type="checkbox"/> 緩和区間の設置(確認者 )	
	離手堀の実施(L=1000mm,B=1600,H=150mm)	<input type="checkbox"/> 掘削(確認者 )		<input type="checkbox"/> 掘削(確認者 )	
	接合部の清掃(ゴミや土砂の除去)	<input type="checkbox"/> 清掃済み(確認者 )			
受口内側とゴム輪への溶剤の均一な塗布	<input type="checkbox"/> 受口 <input type="checkbox"/> ゴム輪(確認者 )				
接合は、管軸線を一直線にした標線までの引き込み	<input type="checkbox"/> 軸線確認(確認者 )				
芯出し水準器、定規の使用	<input type="checkbox"/> 使用(確認者 )				
芯出し調整に基礎材(砂または砕石)の使用	<input type="checkbox"/> 砂・砕石(確認者 )				
配管・接合	接合完了後のたわみ率	測定者	氏名	氏名	氏名
	管理基準値: 4%未満	(測定位置:管の中央)			
	計算式 $\Delta x / 3,060 \times 100\%$	垂直 内面測定値 (Dh)	mm	mm	mm
	$\Delta x = \{ 3,060 - (Dh + 60) \}$	たわみ率	%	%	%
	$= \{ 3,060 - (Dv + 60) \}$	水平 内面測定値 (Dv)	mm	mm	mm
		たわみ率	%	%	%
仮固定に用いた部材の撤去の確認	設置数 個	<input type="checkbox"/> 撤去(確認者 )	設置数 個	<input type="checkbox"/> 撤去(確認者 )	
管底・側部の基礎	基礎材の十分な充填と、入念な突き固め 転圧層厚:一層 30cm以下 転圧回数:管底の念入な締固(人力・ランマ) 管側 1層3回以上(タンバ・ランマ)	<input type="checkbox"/> 管底部(確認者 )		<input type="checkbox"/> 管底部(確認者 )	
	管の移動防止のための、基礎材の交互投入	<input type="checkbox"/> 実施(確認者 )		<input type="checkbox"/> 実施(確認者 )	
	管上30cmまでの埋め戻し土に対する、玉石、凍結した土砂 水塊の除去	<input type="checkbox"/> 除去(確認者 )		<input type="checkbox"/> 除去(確認者 )	
たわみの計測	溝掘削: 管頂埋戻し時のたわみ率	測定者	氏名	氏名	氏名
	矢板掘削: 矢板引き抜き直後のたわみ率	(測定位置:管の中央)			
	管理基準値: 4%未満	垂直 内面測定値 (Dh)	mm	mm	mm
	計算式 $\Delta x / 3,060 \times 100\%$	たわみ率	%	%	%
	$\Delta x = \{ 3,060 - (Dh + 60) \}$	水平 内面測定値 (Dv)	mm	mm	mm
	たわみ率	%	%	%	
埋戻し	ブルドーザによる転圧は、管上60cm以上	<input type="checkbox"/> 実施(確認者 )		<input type="checkbox"/> 実施(確認者 )	
	管布設後の速やかな埋め戻し(浮上対策の実施)	<input type="checkbox"/> 実施(確認者 )		<input type="checkbox"/> 実施(確認者 )	
たわみの計測	埋め戻し完了時のたわみ率	測定者	氏名	氏名	氏名
	規格値(参考): 5%未満	(測定位置:管の中央)			
	計算式 $\Delta x / 3,060 \times 100\%$	垂直 内面測定値 (Dh)	mm	mm	mm
	$\Delta x = \{ 3,060 - (Dh + 60) \}$	たわみ率	%	%	%
	$= \{ 3,060 - (Dv + 60) \}$	水平 内面測定値 (Dv)	mm	mm	mm
	たわみ率	%	%	%	

・チェックシートの目的は、埋設管1本毎に行うそれぞれの作業を確実にを行ったかを確認するもので、項目は土工、配管・接合、たわみの計測に至るまで詳細なものとした。

・掘削から基床部仕上げ、配管接合、埋め戻し、たわみの計測まで、施工順序に従って作成したため、現場作業者はチェックシートを使用することで、作業工程を再確認できるようにした。

・各工種の確認欄には確認者の氏名を記入し、更に確認者氏名の右横に、指導員チェックとして印を押すルールとした。これにより、後日再確認を要する場合でも責任所在が明確化されるとともに、全体的に信頼性の高い作業を促す効果が期待できる。

## (2)チェックシートに関連する施工周辺箇所への配慮

大規模工事となる道央注水工の施工では、環境との調和への配慮をはじめとする種々留意が必要であり、チェックシートと併せて各種の管理体制を取った。

### 1) 掘削時の地下水管理

この地域では地下水位が非常に高い位置にあり、チェックシートに示すとおり、地下水のある場合は掘削溝の水替えが必要となる。管水路埋設における掘削構内では、基礎及び埋戻しの締固めが最適の状態で行われるとともに、地下水位の高い場所では、埋め戻し途中の管浮力による浮き上がりを防止するため、排水対策が重要である。

管水路埋設区間周辺には生活用水や営農用水の浅井戸が点在しているため、設計段階では地下水位マップ、現地地盤透水係数の把握及び簡易な浸透流解析により、直接的に影響を及ぼす範囲を回避する路線配置としたが、開削施工（ドライワーク）中の地下水引き込みにより、井戸の水位低下による取水障害が発生する可能性が懸念された。

このため、施工に当たっては常時、井戸水位を観測し、工事の影響を監視するとともに、水位低下の兆候が確認される際は、生活や営農に支障が生じないように、迅速かつ適切に対応できるようにした。

井戸への影響は、地質条件（帯水層や地下水の状況）、施工条件（施工期間や離れ）、井戸条件（利用量や井戸深度）に応じて異なるため、工事の影響が想定される全ての井戸を対象に触針式水位計を設置し、週1回の頻度で井戸の水位を観測

した。

更に、観測結果の一覧を担当者間に周知することで、影響の経過に関する情報の共有化を図った。

その際、各井戸に監視水位（工事前最低水位・補償前水位・補償水位）を設定し、影響確認・対応準備・応急措置に移行する判断基準とした（図-3参照）。

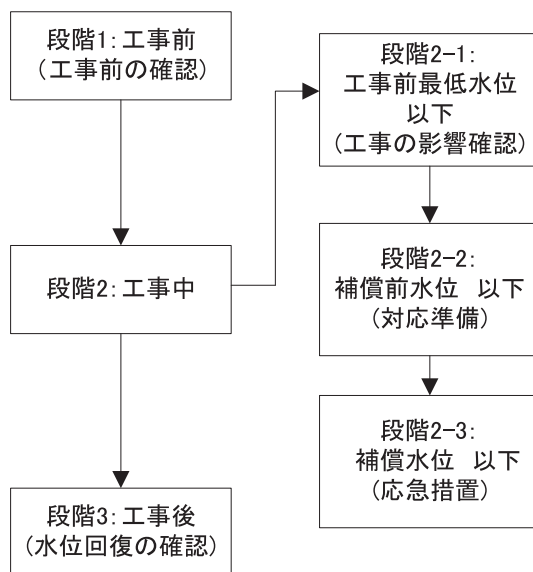


図-3 井戸管理フロー

また、工事の影響が及ばない遠隔地にリファレンス地点を設けることで、自然湧水と工事による影響を区別できるようにした。

これまでの施工結果から、井戸への影響は、工事中の一時的な現象で、埋め戻し後に十分な地下水涵養（特に融雪）があれば、水位は回復する傾向を把握していたことから、一時的に取水障害が生じた井戸に対しては、応急措置を行い、埋め戻し完了後も定期的に水位観測を行い、水位の回復を確認している（図-4参照）。

### 2) 管底部の管理

管底部基礎の施工に当たっては、空隙または締め固め不十分による管のズレや、たわみ量の増加を生じないように留意し、人力による突き棒、タコ、タンバ、水締め等を用いて管に損傷を与えないように突き固めなければならない（写真-1参照）。

このため、施工管理にばらつきが生じないように入念な管理を行うこととし、この工程が確認でき

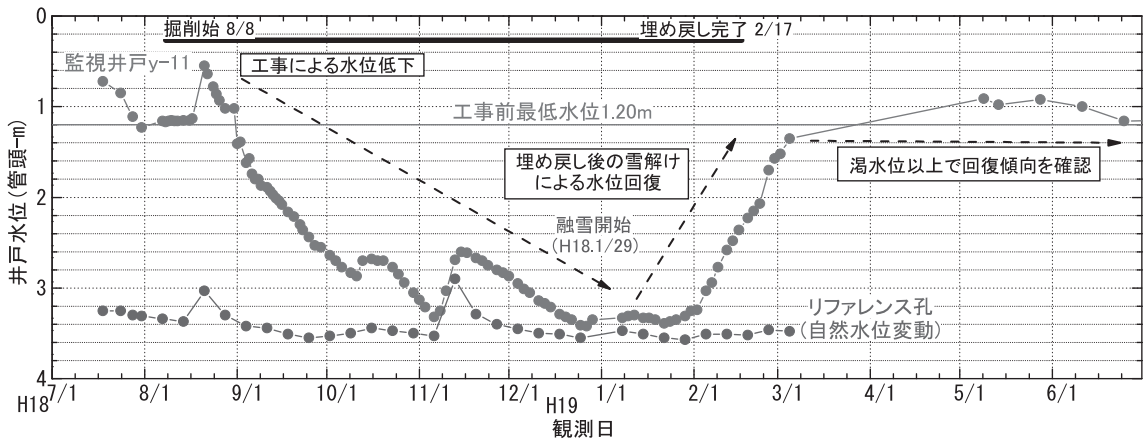


図-4 監視井戸の水位観測結果の例



写真-1 人力による管底部の転圧状況



写真-2 資材置場における保管状況の確認

ないと次の工程が進まないなど、チェックシートにより管理を行った。

### 3) たわみ管理

とう性管では、たわみ量が大きくなると、継手からの漏水、通水断面不足等の問題が生じることとなる。このため、たわみ量の制限値として、許容たわみ率を定めて管理を行った。

#### a) 自重によるたわみの測定

使用した口径3,000mmFRPM管はJIS規格であり、製品の品質はメーカーの工場出荷時に確認されている。

しかし、出荷後に資材置場等で保管する場合には、管の自重により、施工前にたわみが発生することによる品質低下が危惧された(写真-2参照)。

そこで、工場から輸送され道内の資材置場で保管中のFRPM管110本を抽出し、管の自重により発生するたわみ量を測定した。

#### b) 施工後のたわみ測定

チェックシートを用いた施工管理体制のもと、大口徑管水路の埋設を行い、搬送後及び埋め戻し後のたわみ測定を行った。その結果を図-5に示す。たわみ率は、管材出荷時では最大で0.57%であり製品として問題はなく、工事施工後のたわみ測定でも最大で0.51%となっており、問題がないことが確認できた。

#### 4) 埋戻しに向けた施工管理(管浮上防止)

チェックシートでは、埋戻し時の浮上対策として管敷設後に速やかに埋戻しを行うこととしている。

平成19年度工事は主に夏期施工であったため、集中豪雨等による開削溝への表面水流入や地下水の急激な上昇が危惧された。特に施工の途中で管路の埋め戻しが不十分な場合には、開削溝内の水位上昇に排水が間に合わず、溝内の管路が浮上する。

このため、対策として以下の3つの方法を施工

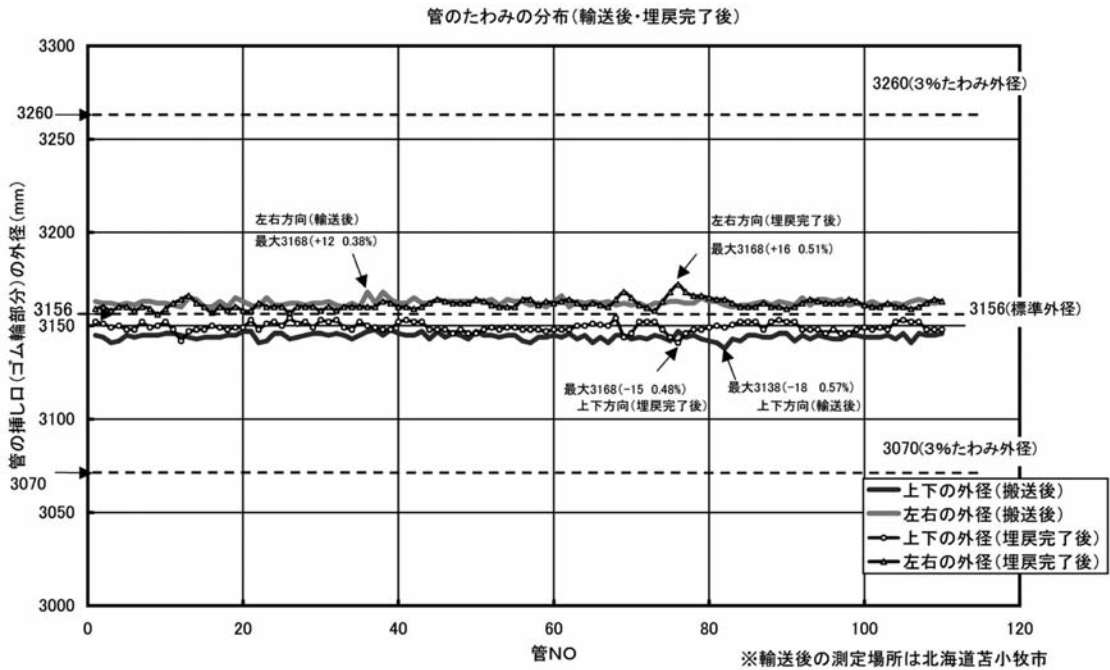


図-5 資材置場におけるたわみの測定

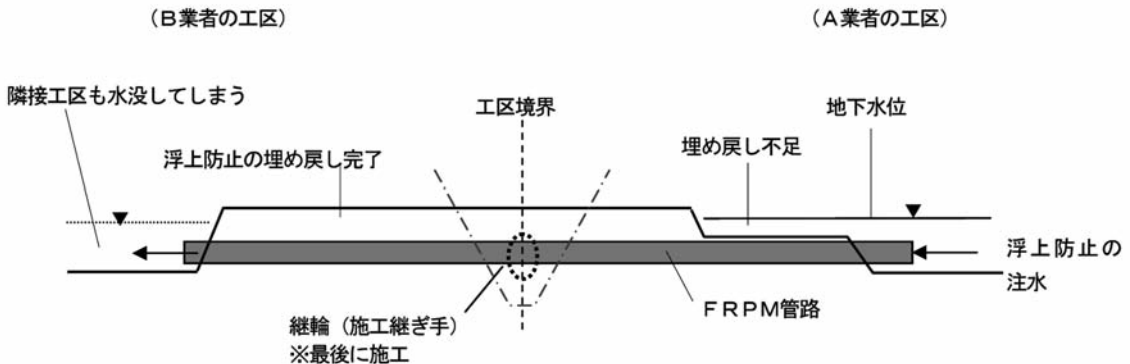


図-6 管路への注水により隣接工区にも影響が及ぶ例

業者と申し合わせた。

- ・施工上、可能な範囲で管が浮上しない最小土被りまで早急に埋め戻すこと。
- ・集中豪雨時には安全を確認した上で、一定時間おきに地下水位などの現場状況の巡回パトロールを行う管理体制とする。
- ・集中豪雨などで急激な地下水位の上昇が予想される場合は、現場の状況によって埋め戻し不足により浮上が想定される管水路内に地下水を注入することで、管の浮上を防止する対策をとる。しかし、本地区では1路線が分割され複数の業

者が同時期に施工している。ある工区が危険と判断して管路に地下水を注入すると、隣接する施工済みの工区も水没する危険性が懸念され、管内への注水判断の遅れが管路の浮上原因となりかねない場合もある(図-6参照)。

このため、道央注水工の工区境界の配管(継ぎ輪の施工)は、できる限り施工の最後に行い、隣接する他工区と分断することとした。

#### 5) 継ぎ輪による結び配管

継ぎ輪で接合する箇所については、一般に継ぎ輪と隣接して調整管(切管)が配管される。継ぎ

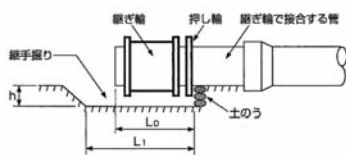


輪箇所は、継ぎ手掘りの区間が長くなるため、短い調整管は傾きやすくなる。

このため、管長の短い調整管の配管を継ぎ手箇所と隣接させないことと、掘削際の部分を土のうで止めることで対応を図った。

後日、この内容はメーカーの「施工ハンドブック」に新たに記載された（図-7参照）。

(4) 継ぎ輪で管どうしを接合する場合は、継ぎ手を長くするので継ぎ手掘りの際が崩れ管が傾き易くなるので、際の部分を土のうで止めておきます。ただし、埋戻し時は使用した土のう袋を管から外すか切り裂いたうえ、継ぎ手掘り箇所に十分基礎材を充てんし、管に集中荷重が作用しないよう注意してください。



<継ぎ輪部の継ぎ手掘り>

呼び径	h (cm)	L <sub>0</sub> (cm)	L <sub>1</sub> (cm)
600～1,350	30	100	190
1,500～1,800	30	130	240
2,000～2,200	40	140	260
2,400～3,000	40	170	310

図-7 メーカーの「施工ハンドブック」記載内容

## 6) 施工管理体制

大口径FRPM管水路における埋設工事の施工管理体制は、事業主体である札幌南農業事務所と施工業者からなるものであるが、施設の重要度からも第三者の目による施工及び品質の管理を行う必要があり、現場体制の中で工夫を行い、パイプメーカーの技術協力もいただいた。

パイプメーカーには、配管・接合指導員を現場に派遣していただき、現地で直接指導していただくことで施工管理体制の強化を図った（写真-3参照）。

このように、施工業者とは別に独立した第三者の技術的な協力のもとで、施工に関する日々のチェックを行うダブルチェック体制を構築し、課題等が発生した場合は、原因の追及と今後の対応等について、早急に対応できる仕組みとした。



写真-3 現場作業員を対象とした講習会の実施状況

## 5. まとめ

当事務所で実施中である大口径FRPM管の埋設工事は、本報告で行った施工管理の取組みなどで、作業に携わる全員が作業留意点を理解し、厳密な管理のもと、安全かつ確実に施工が進められている。

道央用水（三期）地区は、平成24年度の完了を予定しており、今後も本施工管理の取組みを確実に実施することにより、信頼性の高い安全な施設が造成され、安心して供用開始が行われることになる。

## 6. あとがき

今回の報告内容は、既に広く活用可能な環境にあるが、改めて紹介することにより、管水路工事の多くの現場における施工管理の参考として、施工業者及びパイプメーカーに活用して頂くことを期待する。



写真-4 大口径FRPM管の布設状況

# 肝属中部地区の主要幹線水路工事に伴う軟弱地盤対策事例について

西山 幸宏\*  
(Yukihiro NISHIYAMA)

## 目 次

1. はじめに……………	41	4. 室内試験……………	43
2. 工法の選定……………	41	5. 現場改良結果と留意点……………	44
3. パワーブレンダー工法……………	42	6. おわりに……………	45

## 1. はじめに

肝属中部地区は、鹿児島県大隅半島に位置しシラス台地上に分布する畑作農業地帯である。畑地かんがい施設等の農業基盤整備が遅れていることから、農業の生産性の向上が阻害され、本地域の農業振興の妨げになっている。このため、水利施設等の農業基盤の整備を一体的に行い、計画的な水利用による農業生産性の向上と農業経営の安定を図る必要がある。

本地区は、荒瀬川に荒瀬ダムを築造し水源を確保するとともに、ダムから地区内へ導水するための主要幹線水路及び幹支線水路等を整備し、併せて関連事業により末端畑地かんがい施設の整備、区画整理等の基盤整備を行うものである。

本稿では、主要幹線水路埋設区間に存在する軟弱地盤地帯にパイプラインを埋設するための対策工法について紹介する。

## 2. 工法の選定

今回の事例紹介を行う施工場所は鹿児島県の志布志湾沿いに位置する水田地帯であり、主な土質は肝属川河川氾濫原堆積物の砂質土、粘性土及び有機質土が分布する軟弱地盤地帯である。

このような軟弱地盤地帯で地下水位が高い場合、鋼矢板土留工法が選定されることがある。しかしながら、鋼矢板土留工法を用いた場合においては、管体の沈下が、①矢板引抜き（パイプロハンマー）に伴い空洞が生じ、周辺地盤が変形、②施工時の排水に伴う地下水位の低下による粘性土

の圧密沈下等により懸念される。

以上より、本稿で紹介する工事については、①掘削時の地盤の緩みを生じさせない工法、②施工中の排水は行わない、の2点を条件として工法の選定をすることとした。

本工事の工事概要は、高規格農道の片側道路下にφ1,000の鋼管を約310m埋設するものである。

比較検討する工法としては、①切梁式矢板工法、②推進工法、③沈埋工法、④地盤改良+たて込み簡易土留工の4工法があげられた。

①切梁式矢板工法は、地下水が確認される箇所に対して最も一般的な工法であり、前述の問題も矢板の根入れ長を大きくすることで対応できる。しかし、比較的広い資材置場（借地）を必要とし、ジョイントにより漏水する可能性もある。②推進工法は、立坑部分以外は、最も地域環境に影響を与えず施工でき、土被りを深くすることにより、良質土の地盤を推進するため地盤改良が不要である。しかし、管路及び付帯施設が深くなることで、将来の維持管理が困難となる。③沈埋工法は安定液を満たしながら溝を掘削し、地山の安定状態を維持し、管を安定液の中へ沈埋する工法である。この工法は、狭い道路でも施工が可能であり、掘削に伴う山止め、地盤改良も不要であるが、安定液掘削土砂の建設廃材（産業廃棄物）が発生し、スラストブロック打設部には適応できない。④地盤改良+たて込み簡易土留工法は、掘削をたて込み簡易土留で行い、止水及び底面の安定を図る目的で、地盤改良を施すものである。良好な止水性があることから、基礎材に周辺の間隙水を吸収させず、腐食土層も減少できるが、多量の建設廃材（産業廃棄物）が発生する。

\*九州農政局肝属中部農業水利事業所（Tel. 0994-40-9033）

本工事では、前述の2条件をクリアする①～④の工法で施工性、経済性、維持管理性の総合検討により「④地盤改良+たて込み簡易土留工法」を選定した。

続いてこの工法の地盤改良工法について最も有利となるように比較検討を行った。

比較検討する工法としては、管理設深3～4mを考慮し、①薬液注入工法、②高圧噴射攪拌工法、③スラリー系噴射機械攪拌工法、④スラリー系機械攪拌工法の4工法があげられた。

経済比較の結果は、④スラリー系攪拌工法が最も経済的であった。また、止水効果を期待することより、全体的な地盤改良が図られる工法であること、土質的な互層部が上下層均質の改良になると期待される工法であることを考慮し、「④スラリー系機械攪拌工法（パワーブレンダー工法）」を採用した。

### 3. パワーブレンダー工法

パワーブレンダー工法は、セメント、セメント系固化材等の改良添加材をスラリー状に混練後、地中に噴射し原位置土（軟弱土）と改良材を鉛直

方向に強制的に攪拌混合し、連続して安定した改良体を造成することを特徴とする地盤改良工法である。

パワーブレンダーは、ベースマシーン（バックホウを改造したもの）にトレンチャー型攪拌混合機を装備した地盤改良専用機であり、トレンチャーに装着された攪拌羽で原位置土をきめ細やかに切削し改良材を攪拌混合することで均一な改良地盤の造成が可能になる。また、トレンチャーの垂直性、チェーン速度、改良深度等を運転席にてモニタリングできるほか、改良材供給量などを自動記録することにより流量コントロールが容易となる。また、改良強度のバラツキが少なく改良材添加量も経済的な設定が出来る。



写真-2 改良材プラント



写真-1 攪拌機械全景



写真-3 原位置土攪拌状況（後方より）



写真-4 原位置土攪拌状況 (近景)

#### 4. 室内試験

本工事での改良添加材はセメント系固化材を使用することとした。

セメント系固化材の想定添加量は、「仮設構造物の計画と施工 (土木学会)」を参照し、土の摩擦抵抗および不透水層のせん断抵抗力を考慮する「土留め壁と地盤の摩擦力を考慮する方法」により、有機質土の場合で改良深度毎に以下のように設定した (表-1)。

表-1 セメント系固化材想定添加量

改良深度	目標改良強度 ( $\sigma_{28}$ )	想定添加量
3.5m 以下	90KN/m <sup>2</sup>	140Kg/m <sup>3</sup>
4.0m 未満～ 3.51m 以上	130KN/m <sup>2</sup>	180Kg/m <sup>3</sup>

表-2 基礎地盤の許容支持力

地盤		許容支持力度 (kN/m <sup>2</sup> )	備考	
			N 値	* $\sigma_a$ (kN/m <sup>2</sup> )
岩石		1,000	100 以上	
砂 盤		500	50 以上	
土丹盤		300	30 以上	
礫 層	密実なもの	600		
	密実でないもの	300		
砂質地盤	密なもの	300	30~50	
	中位のもの	200	20~30	
	緩いもの	100	10~20	
	非常に緩いもの	50	5~10	
粘土質地盤	非常に堅いもの	200	15~30	250 以上
	堅いもの	100	8~15	100~250
	中位のもの	50	4~8	50~100
関東ローム	柔らかいもの	20	2~4	25~50
	非常に柔らかいもの	0	0~2	25 以下
	堅いもの	150	5 以上	150 以上
関東ローム	やや堅いもの	100	3~5	100~150
	柔らかいもの	50	3 以下	100 以下

\*—軸圧縮強さ

また、表-1に記載している目標改良強度 (一軸圧縮強さ) は、「土地改良事業計画設計基準・設計 水路工」より「固い粘性土」程度と判断でき掘削強度としては問題ないものとして設定した。

表-1の目標改良強度を得るために実際に現場の地盤改良を行う前に原位置土に対し、セメント系固化材をどれくらい配合すればいいかを確認するために室内配合試験 (室内配合改良供試体の一軸圧縮試験) を実施した。

室内配合試験では、現場より安定した改良結果が出るため、目標強度の割増しを行い、現場配合の目標強度の3倍となる270KN/m<sup>2</sup>及び390KN/m<sup>2</sup>と設定した (材齢28日)。さらに配合する改良添加材の量と改良強度の関係を把握するために、改良添加材の配合量を改良深度3.5m以下では、90Kg/m<sup>3</sup>、140Kg/m<sup>3</sup>、190Kg/m<sup>3</sup>、240Kg/m<sup>3</sup>の4種類、改良深度4.0m未満～3.51m以上では、130Kg/m<sup>3</sup>、180Kg/m<sup>3</sup>、230Kg/m<sup>3</sup>、280Kg/m<sup>3</sup>、330Kg/m<sup>3</sup>の5種類にて試験を行った。

また、セメント系固化材は土と混合することで六価クロムが溶出される可能性があることから、セメント系固化材についても一般軟弱土用 (六価クロム非対策型) であるユースタビラー-10 (以下US-10) と経済性では高価になる六価クロム対策型であるユースタビラー-50 (以下US-50) の2種類を用意した。



写真-5 改良供試体

それ以外の一軸圧縮試験の試験条件等は以下のとおりである。

水セメント比：100%

供試体寸法：直径5.0cm，高さ10.0cm

養生：20℃湿空中

材齢：28日

一軸圧縮試験結果は表-3，表-4のとおりとなり，改良深度3.5m以下では室内試験目標強度270kN/m<sup>2</sup>を満足するセメント系固化材添加量は110kg/m<sup>3</sup>となった。また，改良深度4.0m未満～3.51m以上では室内試験目標強度390kN/m<sup>2</sup>を満足する添加量は160kg/m<sup>3</sup>となった。

続いて改良供試体の六価クロム溶出試験については，平成3年環境庁告示第46号による溶出試験に基づいて行った。この試験は，土塊・団粒を粗砕した2mm以下の土壌を用いて6時間連続振とうした後に，六価クロム溶出量を測定する方法である。結果，US-10においても基準値である0.05mg/lを超える数値は得られなかったため，現場においても経済性で有利であるUS-10を使用することとした。

表-3 一軸圧縮試験結果（改良深度3.5m以下）

固化材	添加量 (kg/m <sup>3</sup> )	試験結果 (kN/m <sup>2</sup> )	平均強度 (kN/m <sup>2</sup> )	固化材	添加量 (kg/m <sup>3</sup> )	試験結果 (kN/m <sup>2</sup> )	平均強度 (kN/m <sup>2</sup> )
US-10	90	214.5 181.9 172.9	189.8	US-50	90	140.5 120.1 128.4	129.7
	140	394.2 411.6 351.3	385.7		140	302.9 286.9 310.6	300.1
	190	621.2 601.7 615.4	612.8		190	499.0 489.7 533.4	498.7
	240	756.8 758.3 802.0	772.4		240	548.9 578.0	553.4

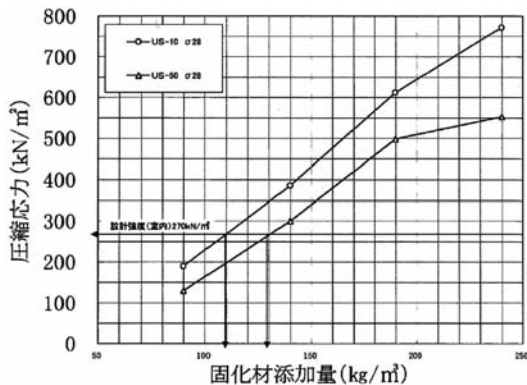
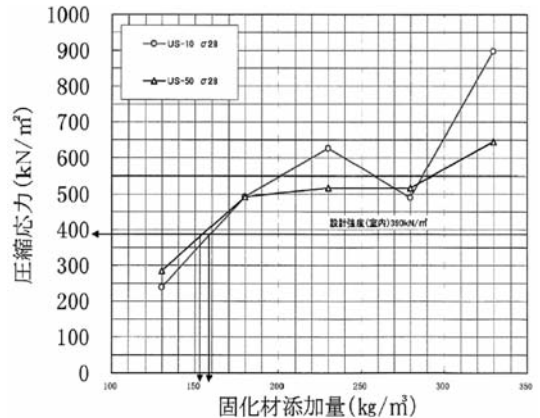


表-4 一軸圧縮試験結果  
(改良深度4.0m未満～3.51m以上)

固化材	添加量 (kg/m <sup>3</sup> )	試験結果 (kN/m <sup>2</sup> )	平均強度 (kN/m <sup>2</sup> )	固化材	添加量 (kg/m <sup>3</sup> )	試験結果 (kN/m <sup>2</sup> )	平均強度 (kN/m <sup>2</sup> )
US-10	130	268.1 228.7 219.9	238.9	US-50	130	256.3 324.4 275.0	285.2
	180	506.3 546.7 422.4	491.8		180	516.7 526.1 433.3	492.0
	230	492.7 675.0 708.4	625.4		230	489.7 534.3 528.1	517.4
	280	377.6 502.2 589.5	489.9		280	462.5 502.5 586.2	517.1
	330	926.8 844.3 921.2	897.4		330	630.6 629.4 674.0	644.7



## 5. 現場改良結果と留意点

室内試験結果を基に現場の地盤改良を行った。

先に結果を述べると，全施工区間において所定の設計強度を満足することができ，六価クロムについても規定値以上の溶出は確認されなかった。

結果としては，十分満足するものになったが，施工時に起こった本工法の留意点について記載したい。

まず，本工法で改良材と現地土を攪拌混合する際に攪拌羽によって改良土が多少飛散することである。本施工場所は先に記載している通り水田に囲まれており，飛散した改良土の水田への進入を防ぐ必要があった。その対策として写真-3にて見えるように，飛散防止ネットを張り施工をすることとした。

二つ目として，図-1や写真-6に示す通り「地盤改良後の改良土の盛り上り」である。この改良土の盛り上りについては，パワーブレンダー工法協会発行の「パワーブレンダー工法技術資料」に

も記載されており、改良材注入量の50%~100%程度の事例が報告されていると記載されている。本施工区間においても盛り上り量は場所ごとでまちまちであるが、改良したほぼ全区間において盛り上りが生じた。この現象で盛り上る改良土量は当初発注時点では正確に想定することが困難である。

最後にあくまで参考意見になるが、本工法を採用する上で、全国的に空気が無い状況もあり得るので、地盤改良機（ベースマシーン）をすぐに現場に搬入できるかを確認しておいた方が良いことである。

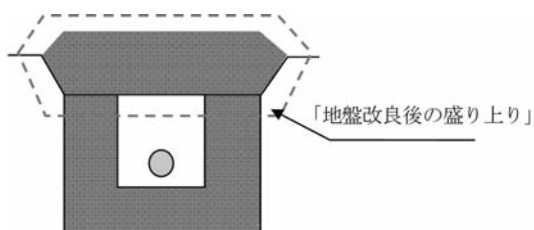


図-1 地盤改良後の改良土盛り上り概要図



写真-6 地盤改良後の改良土盛り上り例

## 6. おわりに

当然の話であるが、今回、紹介した施工（工法）を通して、まず、軟弱地盤対策は多種多様な工法があり、その土地の特性・条件及び工事の経済性・施工性、維持管理性を踏まえ、最適な工法を選定する事が重要であると改めて認識することになった。

本稿で紹介したものは、軟弱地盤対策の中のほんの一例であるが、今後、各地方における軟弱地盤対策の参考になれば幸いである。

# 木津用水路における簡易浄化施設について

一 阪 郁 久\* 田 上 雅 之\* 鈴 木 舞 子\*  
(Kunihisa ICHISAKA) (Masayuki TAGAMI) (Maiko SUZUKI)

## 目 次

I. はじめに	46	IV. PR活動	52
II. 木津用水路水質浄化実験施設	47	V. 今後の方針及び上部利用	52
III. 浄化方法の選定及びコスト縮減	51		

## I. はじめに

### 1. 事業概要

#### 1) 地区の概要

本地区は、一級河川木曾川の氾濫原に発達した濃尾平野の中央部に位置しており、岐阜県岐阜市、愛知県名古屋市など15市11町にまたがる受益面積11,110haの都市近郊農業地帯である。濃尾用水は、濃尾平野の用水の大動脈として、この沃野を潤してきた宮田、木津及び羽島の3用水を合口して、木曾川から安定的に取水するとともに、地域内の農業用水を合理的かつ適正に配分するため、農林水産省の直轄事業として国営濃尾用水農業水利事業（昭和32年度～昭和43年度）及び国営濃尾用水第二期農業水利事業（昭和44年度～昭和62年度）により整備され、地域農業の発展に大きく寄与してきた。以来、安定的に用水を送り続け、農業の発展はもとより地域の環境保全、国土保全など多面的機能を発揮している。（図-1）

しかし、これらの基幹的な農業水利施設のうち、犬山頭首工は度重なる木曾川の洪水に起因した堰下流部の河床低下により施設の安定性が低下し、エプロンの強度不足、護岸護床の不安定を起因とする災害の危険性が増加している。また、幹線用水路は、周辺の都市化の進展等による家庭雑排水の流入増加やゴミ投棄等が起因となって、農業用水の水質が悪化している。

本地区は、これらの自然的、社会的状況の変化に起因して低下した施設機能を回復するため、平成10年度から総合農地防災事業「新濃尾地区」と



図-1 新濃尾地区概要図

して着手し、農地や農産物等への被害を未然に防止するとともに、農業生産の維持及び農業経営の安定を図り、併せて国土の保全を図ることを目的として事業を実施している。

#### 2) 補修・改修の概要

##### 犬山頭首工：

犬山頭首工は、築造後、度重なる洪水と上流ダム群による流下土砂の抑止に伴い、下流の河床低下にさらされ、頭首工上下流の水位差が拡大して

\*東海農政局新濃尾農地防災事業所（Tel. 0586-47-7720）

いることにより、揚圧力が増加する部分が発生している。その結果、エプロンの浮上及び破壊により、流水阻害及び頭首工倒壊に繋がる可能性があることから、頭首工本体のみならず、エプロン、護床工、魚道、舟通し、護岸工、ゲート、管理施設について補修、改修を行なった。

用水路：

愛知県の宮田導水路及び木津用水路、岐阜県の羽島用水路は、周辺地域の都市化・混住化の進行に伴い、家庭雑排水の流入等により農業用水の水質が悪化している。これらの排水が用水路の全線にわたり分散的に流入していることから、対応策として、用水路の暗渠化や用排水の分離を実施している。

また、木津用水路については、用排分離構造にするものの、下流部に一級河川の合瀬川との共用区間の存在や五条川との交差により、用水と排水が合流し、下流の新木津用水路へと流れ込んでおり、用排分離のみでは用水の水質を改善できないことから、河川との合流前に水質の改善を行うこととしている。

本報文は、現在、工事を実施している木津用水路の簡易浄化施設を導入するために行った浄化実験等の概要について報告するものである。

## 2. 木津用水路の改修計画

木津用水路へ流入する排水については、「平成15年度新濃尾（一期）地区左岸幹線水路及び木津用水路流入雑排水処理施設検討業務」にて、詳細な水質調査及び負荷量の計算を実施し、過年度のデータを含めて用水路及び流入排水の水質、汚濁負荷特性を検討した。その結果、用水路のかんがい期の水質のうちDO、COD、SS、電気伝導度は農業用水基準を満たしているものの、pH、T-Nが基準値を上回る場合があった。

また、非かんがい期においては、pH、SSは良好な水質レベルであったが、DO、BODについては合流する合瀬川の水質環境基準値「生活環境の保全に関する水質環境基準E類型」（以下、水質環境基準値という。）を上回っている場合がある。また、木津用水路への排水の流入状況は、地形的特性から水路左岸からの流入が多く、特に比較的大きな排水口5箇所からの流入負荷量がT-Nの場合で全体の99.2%を占めていることが判明した。

このような用水の水質悪化を解消するため、現在、木津用水路の左岸側に排水路を設置し、用排

分離構造の水路に改修すると共に、特に基準値を大幅に上回る排水については、専用の排水導水管にて下流に設置する簡易浄化施設へ導水し、水質浄化を行なった後、排水路を流下させることとしている。

このため、簡易浄化施設による目標水質は、T-Nは木津用水路が河川共用区間を経て、再び河川と分岐する用水取水口（木津用水路柿野橋）にて農業用水基準である1mg/L以下、BODは水質環境基準である10mg/L以下と設定した。（図-2）

木津用水路標準断面図

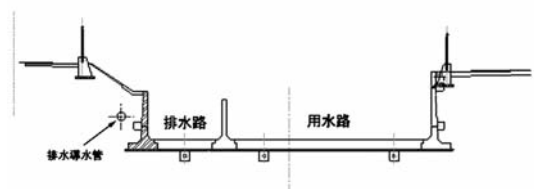


図-2 標準断面図

## II. 木津用水路水質浄化実験施設

### 1. 実験の目的

木津用水の水質浄化を目的とした簡易浄化施設の設置に向け、目標とする水質を安定的に確保するため、浄化方式を決定する必要があるため、水質浄化に関する技術力を有する企業3社から浄化方式の提案を受け、実証実験を行った。

実験期間は平成18年4月～平成19年3月までの1年間であり、実験施設の規模は、実際の流入排水量の約1/100とし、実験に使用する排水は実際に流入している杖見坂排水路のものとした。（写真-1）



写真-1 実験施設



## 2. 実験実施までの経緯

本実験に先立ち、浄化方式や施設完了後の維持管理方法等を検討する必要があることから、愛知県犬山市・扶桑町や木津用水土地改良区などの関係機関により構成される「木津用水浄化施設検討会」（以下、検討会という。）を組織し、以下の項目について検討を進めていくこととした。なお、事業所が事務局となり検討会を運営することになった。

- ①簡易浄化施設建設後、施設の円滑な運用を図るため、施設管理者として、排水の処理費用を負担する犬山市・扶桑町、及び維持管理作業を行う木津用水土地改良区と調整を図る必要がある。また、浄化方式の決定や維持管理方法については、様々な角度で検討を行い、両者の合意下で検討や調整を進める必要があること。
- ②前提条件として、今回設置する簡易浄化施設は下水道が整備されるまでの暫定的な浄化施設であるため、安価且つ効果的な浄化方法の選定が必要不可欠であり、実証実験を行い、その結果を検証して浄化方式を選定する必要があること。

## 3. 検討会の内容

検討会において実験開始までに検討した主要内容を次に示す。

第1回（平成17年11月開催）

検討会設立の趣旨説明、木津用水路に流入する地域排水の水質調査結果と浄化実験の必要性等について提案、検討を行った。また、事務局からは、浄化方式の検討に際して、透明性等を確保する観点から、浄化実験の浄化目標や条件設定、実験参加者の募集要領、技術選定方法、要請対象候補者について提案を行い、浄化実験施設の一次選定を行った。

なお、浄化方式の検討、選定にあたっては、処理する汚水の水質が河川の浄化対象の水質に類似していること、河川との共用区間及び交差区間を経た後にそれぞれ河川と用水路に分岐することから、国土交通省の「河川直接浄化の手引き」（財：国土開発技術センター）やインターネット（NETIS：新技術情報提供システム）等を活用して情報収集を行った。これら収集した情報を下に、対象水質濃度、対象水量、浄化効率、施設必要面積から、浄化方法は『プラスチック接触材等による接触酸化法』が有効であると判断した。（図-3）

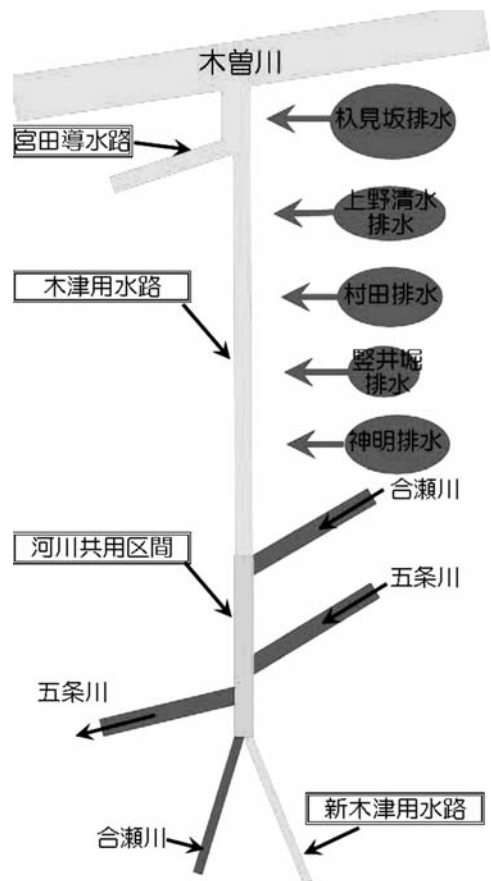


図-3 木津用水路排水流入

採用する『プラスチック接触材等による接触酸化法』の浄化システムは、浄化効率等の信頼性を確保する目的から「建設技術評価書が交付されている水質浄化施設」及び、「土木系材料技術審査証明書が交付されている水質浄化技術」に該当するものの中から一次選定を行った。また、この他に技術としての実績はない浄化システムについても、現地において実証実験を行うことが可能であり、有効性を確認できれば、採用システムに選定することにした。

検討会終了後、これらの浄化システムの技術力を保有する各社に対して、浄化実験への参加について公募を行ったところ、5社からの参加希望があった。

第2回（平成17年12月開催）

浄化実験への参加を希望した5社から提出された浄化実験施設技術提案書の評価を行った。

実験に採用するシステム数については、浄化実

験施設の設置予定箇所である杵見坂排水路付近の実験用地規模、評価基準の評点及び浄化目標・実験に伴う維持管理費を考慮し、実験参加者を3社とし選定を行った。その結果、「河川浄化システム（実験タイプ1）」、「有機物・窒素除去システム（実験タイプ2）」、「自然循環方式水質浄化システム（実験タイプ3）」の技術を持つ3社を実験参加者として選定した。（図-4）

第3回（平成18年4月開催）

事務局から浄化実験の計画案を提案するとともに、選定された3社より1年間の浄化実験計画書が提出された。構成員からは、浄化実験の精度を高めるため、①実験中の測定項目に「水温」を追加すること、②発生汚泥量については、1年間もしくは一定期間での発生量の比較を行うこと、③実験施設のうち、杵見坂排水を一時的に貯留しておくポンプ槽上部については、防臭及びアオコ発生対策のため、蓋を設置すること等の意見が出された。

①の「水温」は、浄化効率に影響を及ぼすこと

から測定項目に追加するものであり、今回選定したプラスチック等接触材を用いた浄化方式では、微生物の活性の違いにより水質浄化の状況が変化する。微生物の接触材における増殖・定着・活性状況は水温に影響され、一般的に水温が高ければ微生物の動きは活発になり、低ければ動きは悪くなる傾向になる。

②の発生汚泥量については、汚泥の貯留タンクの容量・材質により比較が難しいこと、「河川浄化システム」については発生汚泥を植物の生育に利用すること、「有機物・窒素除去システム」では発生汚泥を嫌気槽にて再利用することから、発生汚泥量の測定が難しいため、一定期間中に生成された汚泥を比較することにした。

以上の検討会の結果を踏まえ、平成18年4月より浄化実験を開始した。

### 3. 実験施設の概要

木津用水路水質浄化実験施設についての概要は、次のとおりである。（図-5）

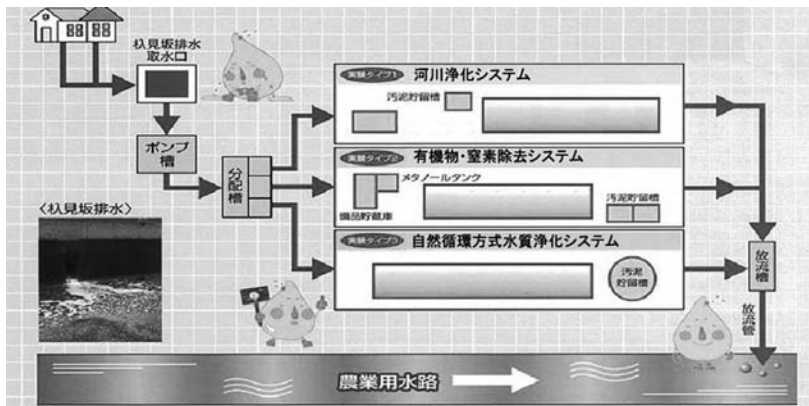


図-4 実験施設配置図

図-5 各実験施設概要

### (1)河川浄化システム

ボール状プラスチック接触材を充填した接触酸化槽にて微生物により有機物を除去し、その後、植物育成箇所にてアオコなどの発生原因となる栄養塩をクレソン、ミント等の植物などの働きにより吸収し、窒素を除去する。窒素の吸収に使用した植物は景観向上にも役立つと考えられる。

### (2)有機物・窒素除去システム

酸素を好む微生物と酸素を好まない微生物の生育環境を好気槽及び嫌気槽に配置した「ひも状接触材」に整え、各槽に排水を循環させることによって、各微生物により有機物質の分解・窒素循環による窒素の除去を行う。

### (3)自然循環方式水質浄化システム

化学薬品等を使用せず、プラスチックや木炭を加工したろ材、石、木等を充填し、それらに微生物を繁殖させ、微生物による有機物質の分解・窒素循環により窒素の除去を行う。接触材に間伐材や椎茸栽培後等の木を使用し、環境に配慮している。

## 4. 除去方法と水質悪化による環境への影響

今回の実験では、本地区の排水の水質に基づき、水質浄化の目標を設定した。

家庭雑排水には家庭から排出される排泄物や食物の残渣が含まれ、たんぱく質をはじめとする様々な有機態窒素化合物で構成されている。有機態窒素は水溶性の有機態窒素と不溶性の有機態窒素とに分かれるが、不溶性の有機態窒素は微生物により水溶性の有機態窒素へと変化し、更に水溶性の有機態窒素はアンモニア態窒素へと変化する。

今回の実験では、このアンモニア態窒素を微生物で分解（硝化）し、更に微生物によって窒素ガスに変換して空気中に分散（脱窒）させる浄化方法と、窒素を微生物で分解し、植物によって窒素に変換し吸収させる浄化方法で検証を行った。

前者の浄化方法では好気性バクテリアと嫌気性バクテリアのそれぞれの微生物によって窒素の硝化・脱窒の窒素循環を行い、窒素の除去を行うものである。後者の浄化方法では好気性のバクテリアで分解された無機態窒素を植物の栄養の一つとして吸収させることで窒素の除去を行うものである。

## 5. 実験の中間報告と浄化方法の改善

平成18年7月に第4回検討会を開催し、実験結果の中間報告と今後の実験方針について審議を行った。この結果、各施設の滞留時間を考慮した水質検査方法の実施と嫌気状態下における脱窒促進の

ための有機炭素源（メタノール）の添加が提案・承認された。（写真-2）



写真-2 検討会

具体的には、滞留時間の考慮について、浄化施設への流入時間による水質の変化と各施設の浄化滞留時間に差があることから、浄化前と浄化後の同時採水による水質検査結果の比較では、浄化効果を正しく反映できないと評価され、浄化前の水質に対し、各施設の滞留時間を考慮した浄化後の採水調査を行うことにより、各社のシステム・メカニズム毎に適切に浄化効果を評価することとした。

また、実験の中間結果よりT-Nの除去率が目標値を達成できていなかったことや、冬季に向けて水温低下に伴う微生物の活動低下による硝化速度・脱窒速度の低下から窒素除去率が低下していることに対し、脱窒反応促進のための微生物の栄養源となる有機炭素源であるメタノールを添加し、微生物の活性を高めることにより、処理水中のT-Nの除去率向上を図ることとした。

上記2つの実施条件の変更に伴い、評価比較の対象期間を平成18年9月以降より平成19年3月までとした。また、事業所と各社の水質データの有効性について、比較検討を行うため、クロスチェックを行うこととした。

## 6. 実験結果と実験後の方針

上記見直しを行いつつ実験を進め、平成19年2月、第5回検討会を実施した。この検討会では平成19年1月までの浄化実験データ及び企業からの設計資料に基づき、水質浄化効果、施設の規模、建設費、維持管理費、維持管理の容易性について比較検討を行った。その結果、「河川浄化システム」は、目標とする水質を満足させるためには、施設規模が建設予定地内では確保できない敷地面積を必要

とすることから、今回の採用候補から除外した。

よって、「有機物・窒素除去システム」及び「自然循環方式水質浄化システム」の2種の浄化方法が選定され、建設費、維持管理費について詳細に検討した上で、採用する浄化方法を第6回検討会にて決定することとした。

### Ⅲ. 浄化方法の選定及びコスト縮減

平成19年3月までの実験結果を踏まえた詳細検討結果に基づき、平成19年7月に開催した第6回検討会において水質浄化機能及び簡易浄化施設の規模、コスト、維持管理等に関して比較項目を設定し、項目毎に「有機物・窒素除去システム」及び「自然循環方式水質浄化システム」の比較評価を行った。(表-1)

表-1 評価項目

評価項目		評価内容	
施設の水質浄化機能	浄化実験施設の浄化効果	枳見坂排水と実験施設放出水の除去率と浄化目標除去率と比較して評価する。	
	浄化施設による目標水質の達成率の評価	浄化施設の浄化能力からのBOD、T-Nの目標水質の達成率を評価する。	
簡易浄化施設の規模	施設規模	建設面積・絶対容量	施設のコンパクト性を比較
		機電設備	設備の複雑性・受電容量等の代償の比較
		敷地への配置性	敷地の地形上の制限から配置上の不都合の有無を比較
コスト、維持管理等	コスト	建設費	土木・機電設備の建設費の大小を比較
		維持管理費	維持管理費の大小を比較
維持管理性		維持管理作業の難易を比較	
周辺環境調和性		周辺環境との調和・問題等はないかを評価する。	

第6回検討会では、水処理を専門とする学識経験者等を検討会組織に含め、より専門性の高い視点からの比較検討を行った。その結果、浄化効果、目標水質達成率を含めた施設の水質浄化機能面や、簡易浄化施設のコスト及び維持管理の面において、「有機物・窒素除去システム」が有利であると判断され、選定された。

ここまでの浄化方法の比較検討に関する浄化対象水量については、主要排水路からの流入実績から全排水量60L/secで通年運転を行うという条件とし、建設費及び維持管理費を比較検討し、木津

用水路簡易浄化施設の浄化対象水量、運転期間について検討することとした。

本実験の結果、24時間連続運転における流入排水量の時間変化に対する調整のために設置したポンプ調整槽が沈殿槽の役割を果たし、浄化対象水質の内SSの大部分が除去され、BODが改善される効果が確認された。これは、家庭雑排水を安定的に浄化施設に配水するために設置した調整槽において、排水が長時間滞留したことにより、流入排水中の固形物質、浮遊物質等の沈殿が理由として考えられる。

このため、調整槽における水質改善効果を考慮した上で目標水質(T-N, BOD)を評価し、浄化対象水量を検討し、以下の結果が得られた。

- ・木津用水路柿野橋において、かんがい期にT-N1mg/L以下を達成するためには浄化施設の必要浄化対象水量は35L/sec以上である。

- ・排水路の河川共用区間合流点において、目標水質BOD10mg/L以下を達成するためには浄化施設の必要浄化対象水量は45L/sec以上である。

以上のことから、T-NとBODの水質改善、目標水質達成の効率性とコスト(建設費、維持管理費)の縮減を考慮して、浄化対象水量を45L/secとした。

特に維持管理費については費用の大半を汚泥処分費が占めることになる。この簡易浄化施設の場合、汚泥は河川から発生した汚泥と位置付けされ、産業廃棄物扱いとなることから十分に検討を行い、維持管理費の負担を少なくすることが必要である。

また、浄化実験に併せ、実施した流入排水路等の流量、水質調査結果より、枳見坂排水～堅井堀排水の合計流量とBOD濃度及び、河川共用区間合流前のBOD濃度を参考に運転期間の検討を行った結果、合流前のBOD濃度が7月、8月及び10月は目標水質BOD10mg/L以下となっており、浄化施設による水質浄化の必要性がないことが判明した。これはかんがい期においてピーク時の農業用水の水量が流入排水量に比べ非常に多いことから希釈効果が働くものと考えられる。

このことから、汚泥処分費及び施設運転に必要な電気料金低減のために、農業用水の流量が多く、河川共用区間合流前に目標水質をクリアする期間においては浄化を行わず、必要な期間のみ運転することが有効であると判明したため、かんがい期の4ヶ月間(6月～9月を想定：H20.12現在)は運転を停止する予定である。

ただし、水質浄化は流入排水の水質により、浄化能力及び浄化率が大きく変化することから、浄化施設設置後、モニタリング調査を行い、流入水のBOD濃度の状況を確認し、運転停止期間の検証を行う必要がある。

#### IV. PR活動

水質浄化実験を進める中で、事業所において、浄化実験施設パンフレットを作成し、地区内の小中学校関係機関に配布するなど、木津用水路浄化実験施設についてPRを行ったところ、実験施設に隣接する小学校より、4年生総合学習の一環として実験施設の見学を行いたいとの要望があった。

このため、当事業所職員による木津用水路の歴史や家庭雑排水による用水の水質悪化の状況、また、浄化実験施設の目的と浄化方法等の説明を行い、子供達が興味を持ちやすいよう、「河川浄化システム」内に生息する生物等の解説や、「有機物・窒素除去システム」及び「自然循環方式水質浄化システム」の接触材に付着している代表的な微生物について解説を行うなど工夫を行った。(図-6)



図-6 実験施設パンフレット

後日、浄化実験を見学した子供達からは、農業用水の大切さや親しみを感じたり、水質汚濁の現状から環境保全に関心を持ち、家庭雑排水の排出抑制に心がけたい旨の感想文が届けられるなど、子供達が農業用水に対して関心を持ち、理解を深めることに役立ったと思われる。

#### V. 今後の方針及び上部利用

現在、平成20年末の簡易浄化施設の完成に向けて、工事を実施しているところである。今後、施設内の微生物の馴養状況や全体の排水に対する浄化能力の確認や適正な浄化条件(空気量・循環水量)等、実際に運用を開始しなければわからない目標水質達成状況を把握するため、引き続き、モニタリング調査等を行い、本格運用の準備を行う予定である。

また、モニタリング調査を実施する上で、目標水質達成に向けた適切且つ効率的な簡易浄化施設の運転方法を確立し、容易な簡易浄化施設の運転等維持管理方法の検証やマニュアルの作成、施設の汚泥発生量の削減等を考慮した維持管理コストの縮減等について検討する予定である。

一方、簡易浄化施設設置場所は、地元自治体が管理する木津用水公園として利用されていた場所であることから、工事完了後には植栽やベンチなどを設置するとともに、簡易浄化施設機器類の電源の一部としてソーラー発電を利用することにより環境にも配慮し、地元住民の関心を高め、親しまれる施設として整備をする計画である。(図-7)

以上を踏まえ、今後の簡易浄化施設の工事とあわせて、引き続き、モニタリング調査、維持管理やマニュアルの検討、上部利用の詳細及び簡易浄化施設運転の準備なども検討会で検討していきたいと考えている。

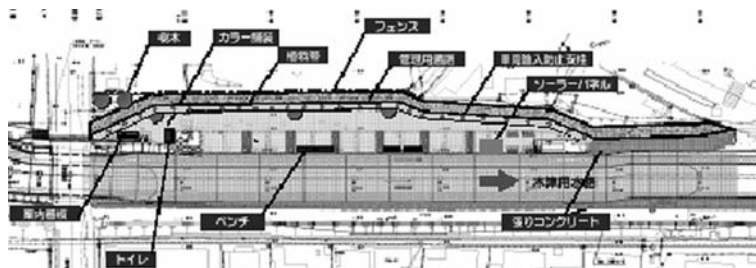


図-7 周辺整備計画図

# 分水槽の機能診断事例について

藤 本 敏 樹\*  
(Toshiki FUJIMOTO)

目	次
1. はじめに.....	53
2. 対象施設の概要.....	53
3. 機能診断概要.....	54
4. 結果と考察.....	56
5. おわりに.....	58

## 1. はじめに

奈良県大和野では十津川紀ノ川土地改良事業において総延長約336kmの農業水利施設（トンネル、開水路及びパイプライン等）が造成されたが、現在多くの施設が耐用年数を迎え、機能低下が見受けられる。このような状況を受け、国営大和紀伊平野土地改良事業での改修工事を鋭意進めているところであるが、中でも、現況の施設を評価し適切な改修工法の選定を行うための施設機能診断が非常に重要となっている。

本報告は、路線が集落内に位置し、民家や牛舎など土地の制約条件が多かった県営佐保川工区第1号幹線水路（パイプライン）の改修工事における、分水槽の機能診断とそれに基づく分水槽改修要否の判断事例について報告するものである。

## 2. 対象施設の概要

### 2-1. 県営佐保川工区第1号幹線水路の概要

県営佐保川工区第1号幹線水路は、国営東部幹線佐保川サイホン上流分水槽（1号分水槽）より分岐しパイプラインと数カ所の分水槽で分水することで主に奈良市、大和郡山市内の受益地258haに農業用水を供給している（図-1）。平成19年度改修実施区間は水路延長1,623m、分水槽7箇所である。

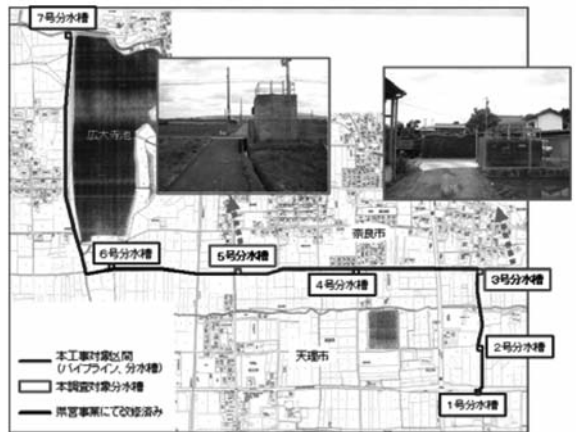


図-1 調査対象位置図

### 2-2. 調査対象施設

本報告では、比較的損傷が少ないとみられた3号分水槽と、特に老朽化の激しい5号分水槽の機能診断結果を例に挙げる。なお、両分水槽とも昭和43年築造であり、完成後40年が経過している。周辺環境としては、3号、5号分水槽共に二方を市道、残二方を水田に囲まれている。

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

### 3. 機能診断概要

#### 3-1. 機能診断フロー

分水槽の機能には、構造的、水理的、水利的、環境的機能があり、機能調査によりこれらの機能が低下した原因（物理的、社会的、経済的要因）を明らかにし、改修内容の検討を行う（図-2）。なお、分水槽の機能診断は、大和紀伊平野農業水利施設機能診断基準「パイプライン・サイホン編」により「開水路・暗渠編」付帯施設に準じると規程されている。

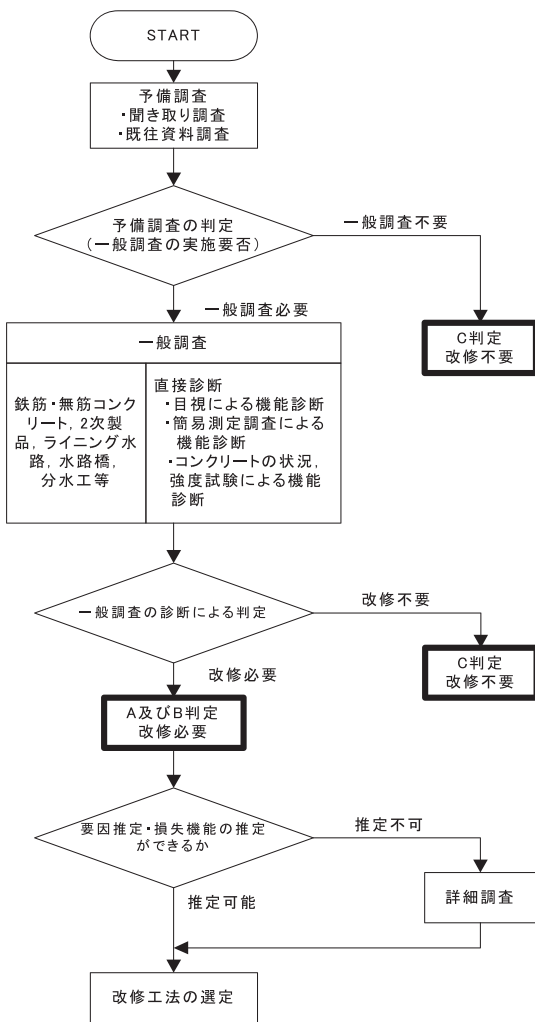


図-2 機能診断フロー

#### 3-2. 調査項目と調査方法、および判定評価指標

##### (1) 予備調査

予備調査（施設管理者への問診調査）により、3号、5号分水槽共に一般調査が必要と診断された。本報告においては予備調査結果は割愛する。

##### (2) 一般調査

調査概要を表-1に示す。調査項目1～8については目視にて行い、調査項目9については簡易測定調査を行う。また分水槽単位の総合機能評価及び評価基準を表-2に示す。

コア抜き調査、中性化試験の調査方法は下記の通りである。

鉄筋探査器（電磁波レーダー）を使用し対象部位の鉄筋ピッチ、かぶりの推定を行い、その後鉄筋のない場所にてコンクリート用コアドリルを用いて直径約100mmのコア採取を行う（写真-1、写真-2）。採取したコアの側面にフェノールフタレイン溶液を噴霧し、コンクリート表面からの中性化深さを測定した後、一軸圧縮試験により圧縮強度を測定した。



写真-1 鉄筋探査状況



写真-2 コア採取状況

表-1 機能診断調査項目，調査方法，評価指標及び劣化度ランク

調査項目	調査方法	評価指標	劣化度ランク			
			A 2 ランク	B 2 ランク	C 2 ランク	
			条件	条件	条件	
1.コンクリートのひび割れ	目視調査	ひび割れ幅 0.6mm 以上のものが 1.0m 以上で要補修	・ 0.6mm 以上のものが 1.0m 以上。最大 5.0mm 以上 ・ 明らかに鉄筋に達していると推測されるひび割れがある（錆汁の痕跡など） ・ ズレ等の発生要因から構造耐力の低下が推測される	0.6mm 以上のものが 1.0m 以上。最大 5.0mm 以下	左記に該当無し	
2.変形（たわみ・沈下量）		25mm 以上の箇所の有無	25mm 以上あり	25mm 未満あり		
3.鉄筋露出		鉄筋が露出している箇所数	2箇所以上	1箇所・錆痕有	なし	
4.摩耗， ----- ジャンカ，豆板		深さ 2.0cm 以上の発生面積率(潤辺に対して)	3%以上	3%未満	なし	
5.浸入水の有無		目地・打ち継目以外の浸入水箇所	2ヶ所以上	1ヶ所	なし	
6.目地		目地の隙間の程度を計測	10mm 以上	10mm 未満	なし	
7.補修の痕跡		モルタル，樹脂，鉄板などによる補修箇所の有無	2ヶ所以上	1ヶ所	なし	
8.周辺状況（背面土地の状況等）		背面土地の陥没の有無	陥没がある	陥没の痕跡がある	なし	
9.打音検査，反発硬度試験		簡易測定調査	水路の表面のコンクリートの状況	どこでも異音がある	部分的に異音がある	健全な音
10.コア抜き調査		試験による調査	基準強度との比較	基準値の 75%未満	基準値の 75%～100%未満	基準値の 100%以上
11.中性化試験			h：中性化深さ d：鉄筋かぶり厚さ	$d \leq h$	$d - h \leq 1.0\text{cm}$	$d - h > 1.0\text{cm}$

表-2 分水槽単位の総合機能評価及び基準

改修の要否	点数	ランク	評価基準
要	調査項目のうち，A 2 ランク 2 つ以上または B 2 ランク 半数以上の場合	A	ひび割れ欠損，表面劣化，変形等の老朽化が著しく進行していて，構造的にも不安定な状態にあり水路機能も低下している。
要～否	調査項目のうち，A 2 ランク 1 つ以下または B 2 ランク 半数未満の場合	B	現状では水路機能に支障はないものの，軽微な損傷や老朽化が見受けられる。
不要	すべて C2 の場合	C	当面，特段の補修・改修が不要なもの



## 4. 結果と考察

### 4-1. 機能診断結果（一般調査）

#### (1) 目視調査, 簡易測定調査結果

機能診断調査結果を表-3に示す。3号分水槽においては鉄筋露出が2箇所確認され劣化度ランクA2と判定されたものの、他の調査項目にてA2判定に至らなかったことから、総合判定を算出すべくさらにコア抜き調査及び中性化試験を実施した(図-3, 写真-3)。

5号分水槽は、各槽とも内面にて鉄筋が約25～30cmピッチで露出しており、コンクリート被りがほぼなくなるほど劣化が進行していることが目視により確認された。さらに鉄筋露出部からは漏水が数多く見られたことから、鉄筋露出及び浸入水の有無の二調査項目で劣化度ランクA2と判定された(図-4, 写真-4)。よって目視調査及び簡易測定調査により総合でAランクと判定されたことから、コア調査及び中性化試験は実施しなかった。

表-3 機能診断調査結果

調査項目	調査方法	調査結果	3号分水槽	5号分水槽
1. コンクリートのひび割れ	目視調査	損傷図	C2	C2
2. 変形(たわみ・沈下量)		損傷図	C2	C2
3. 鉄筋露出		損傷図	A2	A2
4. 摩耗・ジャンカ・豆板		損傷図	B2	B2
5. 浸入水の有無		損傷図	B2	A2
6. 目地		該当なし	—	—
7. 補修の痕跡		損傷図	C2	B2
8. 周辺状況(背面土地の状況等)		損傷図	C2	C2
9. 打音調査	簡易測定調査	簡易測定	B2	B2
10. コア抜き調査	試験による調査	下記	C2	実施せず
11. 中性化試験		下記	C2	実施せず
付帯施設の総合判定			B	A

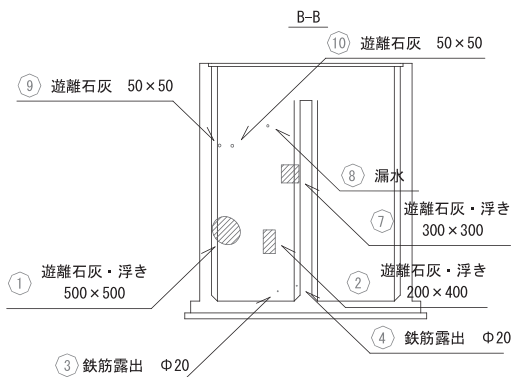


図-3 損傷展開図の一例 (3号分水槽本流側隔壁)



写真-3 損傷写真 (3号分水槽)

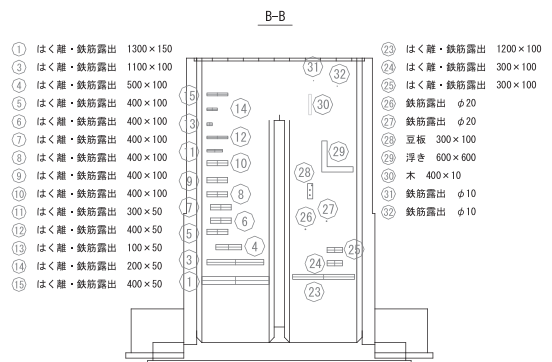


図-4 損傷展開図の一例 (5号分水槽本流側隔壁)



写真-4 損傷写真 (5号分水槽)

表-4 コア抜き調査及び中性化試験結果

調査記号	鉄筋		コンクリート	
	かぶり mm	ピッチ mm	中性化(外側) mm	強度試験 N/mm <sup>2</sup>
3-1	縦筋	44.0	11.9	35.9
	横筋	45.0		
3-2	縦筋	50.0	13.4	28.9
	横筋	41.0		

(2)試験による調査結果

3号分水槽の試験による調査結果を表-4に示す。鉄筋探査の結果、ピッチは縦横共に200mm程度であり、かぶりは41～50mm程度確保されていると推測された。

かぶりから中性化深さを引いた中性化残りは、表より27.6mm（かぶり41.0mm - 中性化深さ13.4mm）以上と算出された（写真-5）。コンクリート標準示方書によれば、中性化残りが10mm以下になると鉄筋の腐食が開始するとされており、本分水槽の中性化による性能低下は、中性化深さが鋼材の腐食発生限界に達するまでの「潜伏期」に位置付けられた。さらに中性化の進行速度は $\sqrt{t}$ 則  $y = b\sqrt{t}$ （ $y$ ：中性化深さmm， $b$ ：中性化速度係数mm/ $\sqrt{\text{年}}$ ， $t$ ：中性化期間）で近似されることが知られている。 $\sqrt{t}$ 則に実測した中性化深さ13.4mmと中性化期間39年（昭和43年～平成19年）を代入すると中性化速度係数 $b$ は2.15と算出され、中性化残り10mmまでの中性化期間は、かぶりの最小値41mm - 10mm = 中性化深さ31mmを $\sqrt{t}$ 則に代入し、あと169年であると推測された。

実測された分水槽のコンクリート強度28N/mm<sup>2</sup>以上は、現在の新設分水槽のコンクリート強度基準値21N/mm<sup>2</sup>を100%以上上回っていたことから、分水槽の耐荷性については問題ないと判断された。



写真-5 中性化試験結果

※赤紫への変色域が約pH8～10であるため白部は中性化した酸性域を示す

以上の試験結果より、中性化、圧縮強度とも劣化度ランクC2と判定されたことから、3号分水槽は総合でBランクと判定された。

4-2. 劣化原因と対策

3号分水槽においては、比較的豆板や遊離石灰が多いことから施工不良によるものと考えられたが、中性化、圧縮強度等にも問題はなく構造上比較的健全であると判断された。一方、鉄筋露出部においては目視により腐食ひび割れは発生していないと見られたことから、中性化による劣化段階は進展期と判断されたが、今後腐食の進行が予測されるため防錆補修が必要である。また豆板、浮きの発生部も同様であるが、かぶりがなくなっていると推察され耐荷性の不足が懸念されたことから、断面修復工により補修する（図-5）。

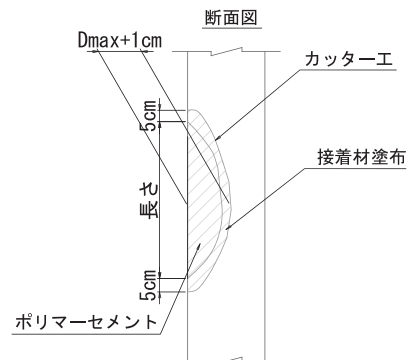
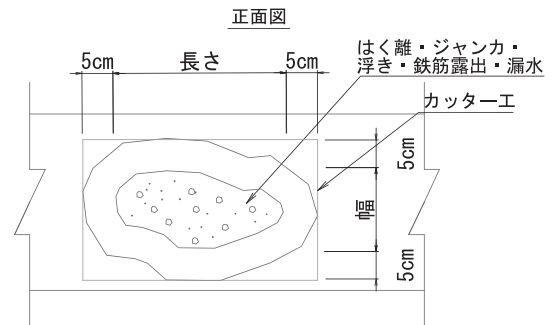


図-5 断面修復工

5号分水槽においては、損傷図からも分かるように、水槽内面壁は水槽下部から上部まで鉄筋の露出があり、露出状況も激しくコンクリート表面がひび割れ露出寸前のもも多い。さらに鉄筋露出部では併せてはく離が見られることから、鉄筋は長期間にわたり農業用水に晒され不動態被膜の生成が著しく阻害され腐食も激しいと推察された。これらのことから耐久性、耐荷性が著しく損なわれ構造的に不安定な状態にあり、さらに浸入水が多いことから止水性が低下していると考えられるため、全面改修することとした。

## 5. おわりに

本報告書では、コンクリート及び鉄筋の耐荷性、耐久性等の構造的機能について主に述べたが、農業水利施設においては水理的機能や環境的機能も機能診断上非常に重要な要素となる。さらに長期的観点から見ると、分水槽においては付帯施設であるゲートや転落防止柵等の鋼材の耐用年数がコンクリートのそれに比較し短いことから、これらの施設を含めたライフサイクルコストを改修計画時に検討する必要がある。これらの条件を十分加味し劣化要因及び改修工法を検討していくためには、土地改良区等の施設管理者と施設の補修履歴や周辺環境の変化等の情報を共有し、綿密な改修計画を策定する必要があると考える。

# センチピードグラスによる排水路法面の被覆方法の検討について

岩 佐 郁 夫\* 菅 原 強\*\* 石 川 毅\*\*  
(Ikuko IWASA) (Tsuyoshi SUGAWARA) (Takeshi ISHIKAWA)  
冠 秀 昭\*\* 吉 田 修 一\*\*\*  
(Hideaki KANMURI) (Syuichi YOSHIDA)

## 目 次

1. はじめに	59	4. 作業の手順及び方法	61
2. 検討の概要	59	5. 軽労化及び失敗しないための工夫	63
3. 作業計画の検討	59	6. おわりに	65

## 1. はじめに

宮城県では、近年、ほ場整備による水田の大区画化・汎用化等により、稲作の労働時間及び生産コストが大幅に低減されてきている<sup>1)</sup>。しかし、排水路の法面は長大化・高落差化し、その上に農村の過疎・高齢化が進み、除草作業のなお一層の省力化及び安全性の確保が求められている。

平成14年に、本県の農政関係の地方機関から、センチピードグラス（和名：ムカデシバ、以下、「本草種」という）を利用した法面の管理方法の検討要望が出されたため、平成15年度から、本草種による効率的な被覆方法の検討を行った。

本報告は、本草種を利用して播種又はピット苗移植及びその後の生育管理作業を行う場合の参考資料として取りまとめたものである。試験は、本県大崎市内の古川農業試験場内（以下、「場内」という）及びそれに隣接する県営ほ場整備事業東大崎地区（以下、「現地」という）で行った。このため、気象条件等が異なる地方では適用できない部分があると思われるので留意願いたい。

## 2. 検討の概要

ほ場整備工事で設置される支線・小排水路の多くは、経済性や施工性及び暗渠排水の排水口の高さを考慮し、深さが1m以上であり、1/2年確率排水位までコンクリート二次製品フリュームで装工された複断面形状である。検討の対象区域は、この水路の法面（法長は1~2m, 勾配は1:1.0~1.5）

及び溝畔天端（幅は50cm程度）とした。この区域が、水稻の生育期間の草刈り機による作業の最も困難かつ危険なためである。

本検討の成果目標は、一般の農家が作業可能な法面被覆のための作業体系の確立とした。ほ場整備実施地区の支線・小排水路の法面は、狭い上に延長が膨大なため、機械化施工による植生被覆が難しいためである。

以下に、本草種を利用した法面被覆の作業計画、移植等の方法、及び現地作業や観察を通して得られた知見を紹介する。なお、試験方法の詳細については、別途作成予定の研究報告を参照願いたい。

## 3. 作業計画の検討

本草種を採用するに当たり検討を要する事項は、この草種は多年草であるが県内でも越冬できるか、直接播種と移植とを比較しどちらが有利か、播種又は移植（以下、「播種等」という）の時期はいつ頃が適切か、外来種であるが安全性に問題は無いかなどである。これらの判断の参考となる試験結果を、以下に紹介する。

### 1) 越冬の可能性

本草種の品種には、コモン種と登録品種であるティフブレア種がある。種苗メーカーの資料によれば、ティフブレア種は耐寒性が強いが、コモン種は-10℃程度で越冬できないと表示されている<sup>2)</sup>。しかし、冬期の最低気温が-15℃前後まで低下することがある場内においても、平成15年に播種等を行ったコモン種は5年経過した現在でも生育している。2品種の1kg当たり市販単価は、ティフブレア種が約2万円、コモン種が約1万円であり、種子を大量に使用する直接播種方式では、後者を

\*宮城県東部地方振興事務所登米地域事務所  
(Tel. 0220-22-5115)

\*\*宮城県古川農業試験場 (Tel. 0229-26-5107)

\*\*\*宮城県大原地方振興事務所 (Tel. 0224-53-3496)

使用せざるを得ない場合もあり得る。そこで、本草種を使用する場合の育生・管理上の参考とするため、播種後経過日数と低温に対する抵抗性の関係を検討した。

2006年8/11、9/1及び9/20に200穴セルトレイに両種を播種し、それぞれ9/25、10/18及び11/14に50穴ポットトレイ（ポットの大きさ約100cc）に移植し、12/19及び12/20に恒温器で低温処理、その後ガラス温室で湿潤養生を行い、翌年1/15に再萌芽数を計測した。低温処理の温度は-5～-15℃、各温度の継続時間は1時間、各温度・播種時期別に3ポットずつ供試した。

8/11播きは両種共に再萌芽したが、9/20播きはいずれも再萌芽しなかった。（図-1）。

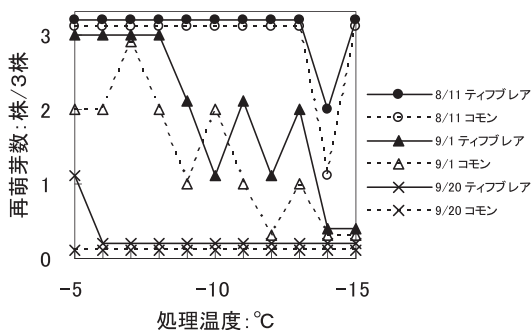


図-1 低温処理後の再萌芽数

両種共に、播種後経過日数が長いほど翌年の再萌芽確率が高かったことから、遅播きを避け、越冬前の生育量を十分に確保する必要があると考えられた。

## 2) 直接播種又は移植の方法の選択

法面に直接播種する方法のひとつに、種子を肥料や養生材等と混ぜて柄杓等により誰でも簡単かつ安全に散布する方法がある。しかし、発芽・定着までの水分不足による発芽不良の虞があるため、種子量を多く必要とする。

移植する方法では、セルトレイで育苗されたピット苗を購入し、移植用穴あけ器具で穴を開けて植え付ける方法が一般的である。移植直後の乾燥さえ防げれば、ほぼ確実に定着し、移植から1ヶ月を過ぎる頃からほふく茎が盛んに伸展する。しかし、草刈り及び刈草の集積時にほふく茎を損傷しやすい。

また、資材費の多くは種苗代である。播種等の密度や品種にもよるが、一般的に種苗代は、単位

面積当たりで比較すると、種子価格より苗価格の方が高い。しかし、ピット苗を自前で育生することも可能である（4. 4）。（3）を参照）。

どちらの方法によるかは、資材費、作業労力、定着の確実性、機械除草の難易（5. 4）を参照の他、育苗施設の有無等も含め、総合的に判断して決めるとよい。

## 3) 播種等の時期

播種等の時期が早いほど耐寒性が高まることは3. 1) で述べたが、生育初年目の越冬を確実に行うためには、法面の凍上に対する抵抗力を高める必要がある。

2003年に場内に設けた築山の東西南北4方向の法面に播種等を行い、どの法面も10月までに75%以上の被度を確保した。しかし、冬期間において、北向き法面のみが凍上・融解の繰り返しとこれによる表層滑落により枯死の被害を受け、特に7/6に法面に直接播種したものの被害が大きかった。本草種は耐陰性が劣り、日照量不足から、地下部の根張りが悪かったためと考えられる<sup>3)</sup>。そこで、2004年の春、東西南北4方向に勾配が1:1.5で厚さ10cmの水田下層土を貼り付けた2つの築山を場内に設け、6/11及び7/15に、削溝器（4. 3）。（1）を参照）を用いて播種し、1年目の生育及びその後の冬期間の凍上被害の状況を比較した。その結果、6/11播きの北向き法面は年内に93%の被度を確保し、その後、凍上の被害を受けなかったが、7/15播きは1年目の被度が80%止まりであり、凍上により枯死したものが多く、翌年の被度の回復が遅れた（写真-1）。

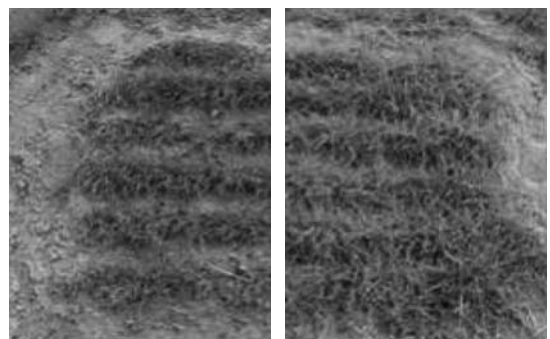


写真-1 北向き法面の再萌芽状況（2005/6/20撮影）

北向き以外の法面は、7/15播きでも凍上被害を受けなかった。

2007年に場内及び現地で行った同様の試験でも、5/23播きの被度は、法面方向（南北）及び勾配（1：1.0～1.5）にかかわらず、10月初旬までにほぼ100%に達した。6/11播きでも、南向きが100%、北向きも勾配にかかわらずほぼ90%を確保し、越冬後の再萌芽についても、支障は無かった。

播種等の作業は、水稻の農作業時期（宮城県では5月上旬～中旬）との重複を避けるため、また移植の場合は根付くまでの乾燥を避けるため、遅くとも梅雨明け（宮城県では7/20頃）の約10日前までに完了させたい。また、水稻育苗用ビニルハウス等を利用して、ピット苗を自前で準備（育苗期間は40～45日間）する場合は、6月下旬頃から移植作業が可能である。

以上のことから、播種等の作業適期は、播種による場合は5月下旬～7月上旬（北向き法面では5月下旬～6月上旬）、ピット苗移植による場合は6月下旬（苗を自前で育苗する場合）～7月上旬のできるだけ早い時期と考えられる。異なる法面方向に対して播種等作業を長期間に亘って行う場合は、北向き法面を最優先に行うべきと考えられる。

#### 4) 周辺への影響

本草種は外来種であり、播種等後は、早い場合で2年目から結実する。出穂の盛期は8月以降であり、11～12月に結実する。この種子が飛散した場合、在来植生に悪影響を及ぼすことが考えられる。また、排水路法面等で群落を形成し、ほふく茎が周辺に伸展した場合、水稻や水路機能への影響が懸念される。そこで、2006年の冬に場内で採取した結実種子の出芽の有無、及びほふく茎の伸展による影響を検討した。

##### (1) 出穂・結実した種子の出芽及び生育

ガラス温室内の試験では、場内採取した2品種の種子の出芽率は、購入したものとほぼ同じだった。しかし、2007年4/20に場内の草地3箇所で行った覆土の有無及び1回目の草刈り時期を変えた採取種子の出芽試験では、どの条件でも出芽を確認できなかった。これは、播種前に刈り取ったイネ科の牧草やクローバが1ヶ月後には再び地表面を覆ったこと、実際の飛散状況を再現するために播種前の浸種や播種後の灌水を行わなかったことが原因と考えられる。一定の条件が整えば野外でも生育の可能性はあると考えられるが、1回の除草剤散布で枯らすことができ、比較的安全な

草種と考えられた。

##### (2) ほふく茎の水田への侵入

2005年8月に場内の水田に接する農道の法面（南北、各々10m区間）に移植し生育した群落から水田に侵入したほふく茎の本数及び長さを、2007年の秋に測定した。ほふく茎は、自根で支えながら水面を匍うように伸びる。しかし、ほふく茎の侵入本数及び平均長さは、法面長さ1m当たり北向きで6.3本及び15cm、南向きで8.3本及び11cmであり、水稻及び営農作業への影響は無かった。

##### (3) ほふく茎のフリーム内への侵入

ほふく茎が旺盛に伸展しフリーム内に侵入した場合は、流水阻害を引き起こす可能性が考えられる（写真-2）。ほ場整備で設置される殆どの支線・小排水路の通水能力は、暗渠排水の排水口の高さを考慮するため計画流量より大きい、余裕の少ない水路区間については、本草種による被覆を見合わせるか、予め侵入した場合の対策を考えておく必要がある。



写真-2 ほふく茎が水路内に侵入した状況

#### 4. 作業の手順及び方法

現地直接播種による方法の主な作業は、除草剤散布、法面清掃（雑物除去・法面整形）、種子予措（浸種）、播種、灌水及び年数回の除草である。移植による方法では、種子予措と播種が、苗の準備と移植に置き換わる。移植用ピット苗を自前で育成する場合は、育苗（浸種・播種床準備・播種・覆土・育苗管理）が加わる。

ここでは、浸種日数、播種深さ、播種等の方法の検討、及び播種等の作業時間の測定を行った。

### 1) 浸種の日数及び水温

本草種は、発芽及び初期生育が在来の草種に比べ遅いといわれている。このため、特に現地法面に直接播種する場合、播種後の競合雑草の処理や出芽までの期間の乾燥時の灌水等の管理作業が必要になる他、法面の一時的な裸地化に伴う侵食の危険もある。しかし、浸種日数を長くし播種から出芽までの期間を短くできれば、管理作業が軽減される可能性がある。

両種の浸種日数及び水温別の発芽率を恒温器及び500ml瓶を用いて調査した。恒温器内の温度は20℃及び30℃とし、日中は種子を恒温器及び500ml瓶から取り出して水洗いし、約8時間陰干した。浸種日数は7日、9日、11日及び14日とした。

水温20℃では、浸種後1週間で発芽が見られるようになり、その後1週間で出そろったが、30℃では、ほとんど発芽が見られなかった(図-2)。

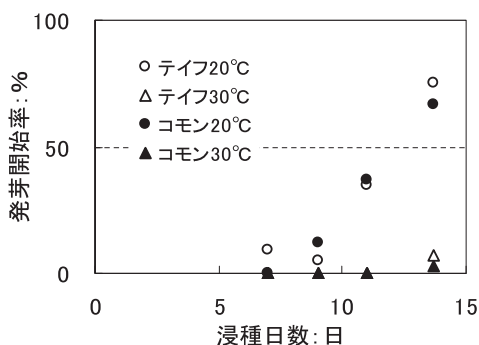


図-2 発芽開始率

次に、20℃で1日及び7日浸種したティフブレア種の各々150粒を同じ日に1cmの深さに播き、室内の日なたに置き、播種後経過日数別に出芽数を測定した。平均出芽日数は、7日浸種したものが8.5日、1日浸種したものが12.7日であった。(図-3)。

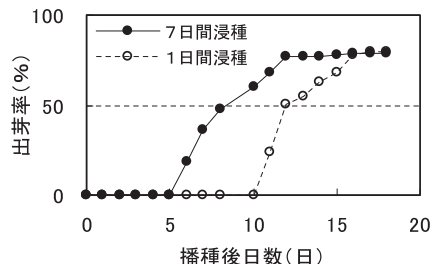


図-3 浸種日数別出芽率

以上のことから、浸種の目安は、水温20℃程度で1週間(以下「標準浸種」という)であると考えられる。ただし、酸欠にならないように水替えと陰干しは毎日行う必要がある。

### 2) 播種の深さ

法面に直接播種する場合は、地表面の乾燥や一時的な裸地化による侵食等の影響を軽減するため、ある程度の播種深を確保する必要がある。しかし、種子の粒径が1mm程度であり、播種深(又は覆土厚)は、出芽率に影響すると考えられるため、適切な播種深の検討を行った。標準浸種した種子を水田下層土を敷いた水稻用育苗箱に5mm、10mm、15mm、20mm及び25mmの深さに播種・覆土し、場内のは場で育苗管理を行った。両草種共に、播種深が5~20mmで7~8割の出芽率となったが、播種深が25mmでは、5割にとどまった(図-4)。播種深は、20mmまでの範囲でできるだけ深い方が有利と考えられる。

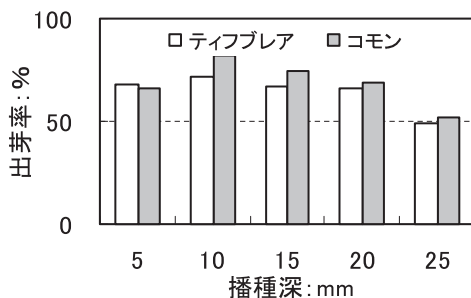


図-4 播種深別出芽率

### 3) 試験に用いた播種等に使用する補助道具

インターネット上で本草種に関するホームページを開くと、法面に播種等を行う方法及び道具がいくつか紹介されている。本試験でも、播種等用の補助道具を製作したので、簡単に紹介する。

#### (1) 法面播種用削溝器(以下「削溝器」という)

削溝器は、削刃及びこれを導くための定規から成り、定規を法面に水平に押し当て、これに沿って削刃を引きながら逆三角形断面に削溝するものである(写真-3)。本作業は、法面が平らで、多少の湿り気又は粘性があると、正確かつ効率的に行える。その後、種子を山土に混合して散布する。散布後は、削り取られた土を長さ80cm程度の角材又はレーキ等で下から斜め上に掻き上げ覆土し、最後に覆土が流れない程度に灌水を行って、

覆土を安定させる。ただし、播種後数日以内に強い雨に遭うと、覆土ごと流される場合がある。



写真-3 削溝器

#### (2)ピット苗移植用削孔器（以下「削孔器」という）

野菜苗用の削孔器は市販されているが、小径で堅い地面に削孔できるものが無い。本削孔器は、市販の硬質塩化ビニル管の側面に土塊の取り出し口を付け、先端に握るためのT字管を、もう一方の先端に地面への差し込み抵抗を小さくするためのステンレス管を取り付けたものである（写真-4）。ステンレス管の先端部は、少し内側に窄めてある。地面に直角に約3~4cm差し込み、90度回転し、抜き取った後、ピット苗を削孔に入れ、抜き取った土で栓をするように覆土する。



写真-4 削孔器

#### 4) 播種等の作業時間

植栽管理の各作業の多くは、法面の土質・乾湿・形状・法長・植生の状態、天候、作業規模等により作業性が大きく左右される。また、播種等の作業後の草刈りについては、本種の群落が安定するまでに行う延べ回数や機械刈りから手取りで済むようになる時期が、現地条件により異なる。ここでは、その目安として測定変動が比較的少ないと考えられる補助道具を使用した播種等及び移植用セルトレイ播種の作業時間の測定結果を紹介する。

##### (1)削溝器を使った播種作業時間

予め除草及び清掃を完了した現地の法面において、削溝器を用いて15cm間隔の溝掘り、山土に混ぜた種子の散布、及びレーキによる掻き上げ覆土、の工程に分けて測定した。全工程合計の作業時間は、100m<sup>2</sup>当たり4.4時間・人であった。

##### (2)削孔器を使ったセル苗移植作業時間

前記(1)に隣接する法面において、1箇所毎に孔開けからピット苗移植及び覆土までの一連の作業時間を測定した結果、100箇所当たり32分・人であった。

##### (3)セルトレイ播種時間

育苗土の調整から、播種床製作、種子と育苗土の混合、播種及び覆土までの一連の作業時間を測定した。育苗土は、市販のものを5mm篩いに通した後、育苗時の保水性を確保し移植時に根鉢が崩れないようにするため、黒土とおよそ1:1で均一に混合した。播種床は、新聞紙を敷いた稲用育苗箱の上に200穴セルトレイを置き、育苗土を入れて長さ30cmの板で均し、空のセルトレイを上から押し付けて1~1.5cm程度の播き孔を作った。種子0.5~0.6g（約600粒）と育苗土約300gをビニル袋の中で均一に混合した後、それを取り出し、播種床にほぼ平らに載せ、全ての播き孔が埋まるように均した。播種床土の調整から覆土までの一連の作業時間は、1トレイ（200穴）当たり13分であった。作業の流れは、水稻の育苗箱への播種作業とほぼ同じであり、ピット苗を大量に必要とする場合は、水稻育苗用播種機の利用も考えられる。

#### 5. 軽労化及び失敗しないための工夫

2004年から5年間行った試験及び観察の結果から、播種等及び生育管理の作業を行う上で参考になると考えられる事項を以下に紹介する。



1) ほ場整備工事後1年目の作業の推奨

ほ場整備工事後の初年目に播種等を行うことにより、排水路法面には雑草の埋土種子が少ないため、その後の除草作業が軽減される。また、法面が平坦なため、削溝器を使った播種作業や機械による除草作業が効率的に行える。

2) 作業足場の確保

法面における播種等の作業及びその後の管理のためには、安全な足場が必要である。また、本草種は水中や湿潤状態に弱いため、排水路底付近では生育が他の水性植物に劣る。このため、ほ場整備工事と同じ年に排水路もフリューム装工されると、好都合である(写真-5, 6)。



写真-5 削溝器による溝切り作業



写真-6 草刈り機による除草作業

3) 現地直接播種における補植用苗の準備及び漏水箇所への補修

直接播種による方法では、法肩部及び浸潤部(又は漏水部)で出芽阻害を起こしやすい。法肩

部は乾燥しやすい上に一時的な裸地化により表面(覆土部)が崩れやすいためであり、補植を必要とする場合がある。また、浸潤部は酸欠となるため、播種作業前に止水を行う必要がある。

4) 除草の方法

ほ場整備直後等、元々雑草が少ない場合や労力に余裕がある場合又は植栽区域面積が小さい場合には、手取りによる除草も可能と考えられる。また、機械除草では、雑草の株元が残り再生が速いうえに、ピット苗移植による場合は、旺盛に発生したほふく茎の一部が損傷を受け易い。しかし、手取り除草では、労力を要するが、雑草を根元まで除去できること、本草種の茎葉を傷つけないため被度が早く高まること、により長期的に除草回数削減効果が期待できる。

2007年に、ティフブレア種の移植による方法により、法面方向、勾配別に、機械刈り区と手取り区に分け、生育1年目の生育速さを比較した。6/25及び7/19に、削孔器を用いて、上下左右20cm間隔で移植し、各区の被度を測定した。除草は、機械刈り区と手取り区共に3回行った。その結果、6/25移植の被度は、法面方向及び勾配にかかわらず、10月初旬までに90%以上に達した。7/19移植の被度は、機械除草区では、南向きは95%に達したが、北向きは70%前後であった(図-5)。しかし、手取り除草区では7/19移植でも90%以上を確保した(図-6)。

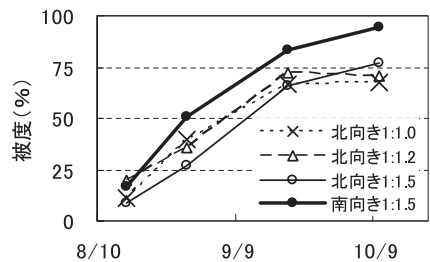


図-5 被度の推移 (7/19移植・機械刈り)

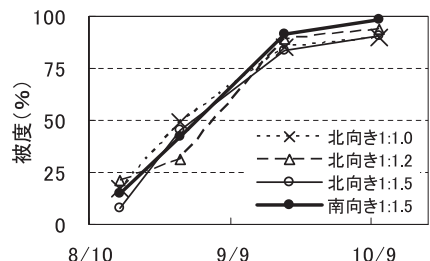


図-6 被度の推移 (7/19移植・手取り)

## 5) 段階植栽の推奨

初年目は播種等の作業後に数回の除草作業が必要である。本草種は耐陰性が劣るため、機械刈りによる場合は、刈草を撤去し集積する場所も必要である。このため、ほ場整備地区の支線・小排水路では、天端及び小段を除草作業時の足場や刈草の集積場所として使用できると便利であり、刈草によるマルチ効果も期待できる。作業に伴う茎葉への踏圧や摩擦は初期生育を阻害するが、ほふく茎は比較的丈夫である。排水路等の法面と併せ天端及び小段も植生被覆の対象にする場合でも、初年目は法面のみで播種等を行い、そのほふく茎の伸展状況により、翌年に天端及び小段に播種等を行うか否かの判断を行うと、労力の軽減に繋がる可能性がある（写真-7）。また、ほふく茎は、直接播種によるものでは主に2年目から伸び始めるが、移植によるものでは初年目から旺盛に伸びる（写真-8）。前記3)の理由とも関連し、初めから法肩部はピット苗移植することも考えてはどうか。

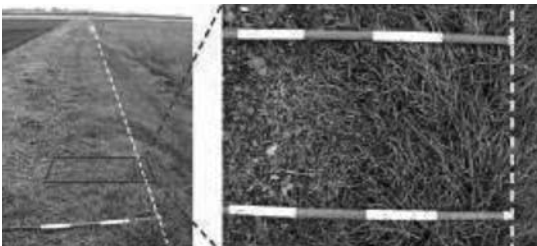


写真-7 播種3年目の伸展状況（白破線は法肩）

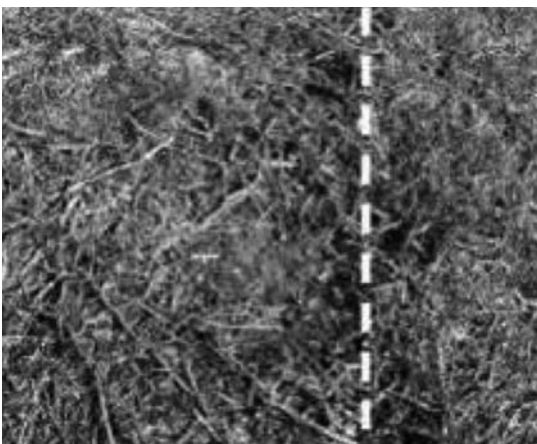


写真-8 移植1年目の伸展状況（白破線は法肩）

## 6) 過繁茂になった場合の翌年度の対応処置

前年に過繁茂になり枯れた茎葉が法面の下方向に覆い被さった場合は、再萌芽部に日光が届き難くなる。再生を阻害するため、翌春の4月頃に枯れ草を刈り払い撤去するか、法令に従い野焼する必要がある（写真-9）。

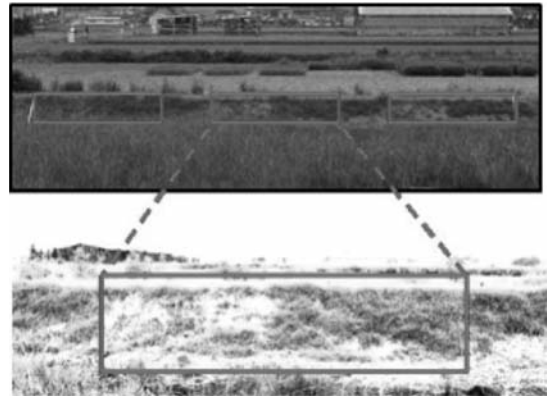


写真-9 再萌芽の状況（右半分が刈込み有り）

## 6. おわりに

一般に、植物による法面被覆管理は、コンクリート製品やゴムシート等による管理と比較し、環境と調和したイメージがある。しかし、選定した草種の特長、植栽区域の自然条件、植栽対象施設の機能及び播種等後に必要となる管理作業等を十分に理解したうえで導入の是非を判断すべきと考える。

本報文は、一般の農家が本草種により法面を被覆する場合の作業計画等の検討に役立つと考えられる情報を、5年間の試験結果よりまとめたものである。

## 参考文献

- 1) 宮城県 ほ場整備事業の効果～みやぎの事例～（平成21年1月 農村振興課）
- 2) タキイ種苗(株)ホームページ  
([http://www.takii.co.jp/green/recommend/sat04\\_2.html](http://www.takii.co.jp/green/recommend/sat04_2.html))
- 3) 広田秀憲, 小林正義, 関東良公, 上田一之 (1987) センチピードグラスの生育と栽培法, 芝草研究第15巻第2号 P.7

# 新潟県中越沖地震における集落排水施設の被災状況と今後の課題

高橋 紀 男\*  
(Norio TAKAHASHI)

目	次
1. はじめに.....66	5. 復旧工事の進捗状況.....70
2. 集落排水施設の概要.....66	6. 液状化対策工法に対する考察.....70
3. 被害の状況とその特徴.....67	7. おわりに.....71
4. 被害直後の対応.....69	

## 1. はじめに

平成19年7月16日午前10時すぎ、新潟県中越沖を震源とする大規模な地震が発生した。この地震は、「平成19年（2007年）新潟県中越沖地震」と命名され、震源の深さは約17km、地震の規模（マグニチュード）は6.8であった。（図-1）820万kwを超える世界最大級の発電量を有する原子力発電所が立地する柏崎市や刈羽村などでは、震度6強が観測された。県のまとめによると15名の方が亡くなられ、1,331棟の全壊を含め4万3千軒にも及ぶ住宅に被害が発生した。この地震における農地・農業用施設の被害は、690カ所で発生し、被害額は160億円を超えた。

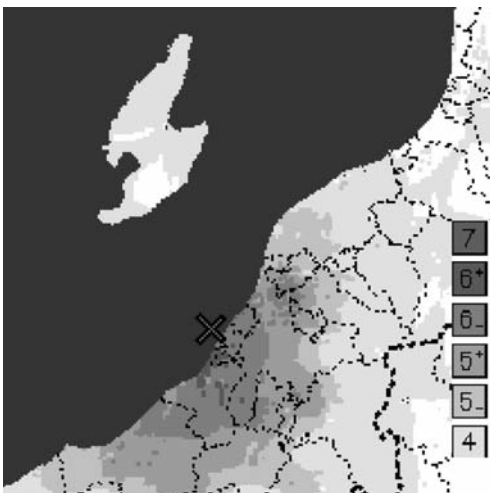


図-1 推計震度分布図（気象庁資料より引用）

地震は、3年前に発生した中越大震災の惨禍から、ようやく復興に歩み出した地域で再び発生した。今回の地震は、地方の典型的な中堅都市を直撃し、住民の財産と生活が一瞬にして崩壊したという点が特徴的であった。

ここでは、農業集落排水施設の被害状況とその特徴、並びに今後の課題となる液状化対策工法の効果について報告する。

## 2. 集落排水施設の概要

農業集落排水施設は、農業振興地域内の農業集落を対象とした集合処理方式による浄化槽法に基づく污水处理施設の一つであり、農林水産省の補助事業として整備されている。この施設は概ね1,000人以下を対象とし、し尿と生活雑排水を処理することにより、農業用排水の水質保全、農業用排水施設の機能維持または農村生活環境の改善と公共用水域の水質保全を目的にしている。

農業集落排水施設は公共下水道と同様に、処理施設と管路施設により構成されている。処理施設には汚水を処理する施設のみならず、コンポスト化施設等の有機資源のリサイクル施設を併設している場合もある。管路施設は管路本体とマンホールなどの付帯施設に区分でき、さらに集落と処理場を結ぶ幹線管路と集落内で個別家屋を結ぶ支線管路に大別できる。

平成19年度末で、農業集落排水施設による普及人口（処理区域内の住民基本台帳人口）は、全国で261万人余りとなっている。新潟県においては、約20万人で長野県に次いで全国第2位の普及人口となっている。

\*新潟県農地部農村環境課（Tel. 025-280-5369）

### 3. 被害の状況とその特徴

新潟県中越沖地震における農業集落排水施設の被害の多くは、平成16年に発生した中越大震災の際にも被災した地域に集中しており、柏崎市、出雲崎町を中心とした地域で発生した。

被災した市町村（旧市町村ベース）における農業集落排水施設の平均汚水処理人口普及率は24.3%と、新潟県平均の8.0%に比べ約3倍、全国平均2.7%の9倍と、農業集落排水施設での汚水処理の依存度が高い地域であった。（表-1）このため、公共下水道と同様に、施設の被災はライフラインのひとつとして地域住民の日常生活に大きな影響を及ぼした。

表-1 集落排水施設の被害の状況

市町村名	最大震度		汚水処理人口普及率※ (%)	新潟県中越沖地震				中越大震災 【16.10.23】	
	中越沖	中越大震災		地区数	延長 (m)	被害額 (百万円) A	中越大震災比 (%) A/B	地区数	被害額 (百万円) B
長岡市	6強	6強	33.1	2	4,200	420	13.9	12	3,022
小千谷市	6弱	6強	10.9	7	1,498	152	6.3	6	2,420
川口町	5弱	7	12.6	1	100	10	1.5	1	670
出雲崎町	6弱	5強	36.0	3	5,850	714	119.0	3	600
柏崎市	6強	5弱	21.4	17	54,869	9,738	117.5	16	8,287
刈羽村	6強	6弱	27.2	2	1,650	270	14.6	2	1,851
上越市	6弱	5強	46.4	11	7,066	1,406	70300	1	2
三条市	5強	5弱						2	168
見附市	5弱	5強						1	124
魚沼市	5弱	6弱						12	900
南魚沼市	5弱	5強						1	70
十日町市	5強	6弱						9	1,656
			<b>24.3</b>	<b>43</b>	<b>75,233</b>	<b>12,710</b>	<b>64.3</b>	<b>66</b>	<b>19,770</b>

※ 被災した旧市町村単位の農業集落排水で整備した普及率

一般に地震被害の要因は、地盤変動と液状化に大別されている。過去の地震の被害調査から、管路被害の特徴は①管路の抜き出しや圧縮破壊、②構造物周辺の抜き出し、③液状化によるマンホールなどの浮上りがあげられている。抜き出しとは、管接続部における“抜け”のことである。

今回の地震では、管の抜け出しや破断が少なく、埋設管路上部の路面陥没（写真-1）とマンホールの浮上り（写真-2）による被害がほとんどであった。また、埋戻し土の液状化によって発生した管路のたるみが原因と考えられる上流マンホールの滞水被害が発生していた。一方、液状化の特徴的な現象である慣砂（写真-3）はあまりみられなかった。これらの被災は、施設本来の機能停止のみならず、交通機能にも支障を発生させた。しかし、これらの現象から被災の主要因は地盤変動ではなく、中越大震災と同様、埋戻し土の液状化と考えられる。



写真-1 埋設管路上部の路面陥没



写真-2 マンホールの浮上り

処理施設では、外構部の陥没の被害が多かったものの（写真-4）、耐震設計がなされている施設本体の被害は少なかった。しかし、地震時の揺れが原因と考えられる施設内部の被害が数箇所で見られた。写真-5の上澄水排出装置は、回分式活性汚泥方式の回分槽に設置され、フロートの上下により汚泥と処理水を分離させる重要な装置であるが、フロートのガイド管が湾曲し、上下動が出来なくなる被害が発生した。

処理場の耐震設計強度は一般に、レベル1（供用期間に1～2度発生する確率の地震動）で震度5程度、表面加速度80～240ガル相当となっている。この地震では表-2のと通りの合成加速度が観測されている。



写真-5 上澄水排出装置の被災状況

表-2 観測された加速度

市町村名	震度	計測震度	最大加速度 (合成 : gal)
柏崎市中央区	6強	6.3	793.5
柏崎市西山町池浦	6強	6.2	1018.9
刈羽村割町新田	6強	6	496.4

※気象庁資料から抜粋



写真-3 憤砂の状況



写真-4 処理施設の被害

大きな被害が発生した管路施設は、多くの場合道路下に埋設している。このため、道路管理者の指示により、砂質系の埋戻し土で施工されることも多い。しかも、自然流下勾配を確保するため、埋設深も深くなる傾向がある。

これらの条件下では、液状化を起こしやすく、原地盤が安定した土質であっても、埋戻し部において液状化が発生する。

このため震源地に近い柏崎市では、中越大震災で被害を免れた地域でも被害が多く、管路のほとんどが被災した地区もあるなど、全体の7割を超える被害がこの地域に集中した。

これに対して刈羽村は、中越大震災で管路の4割以上が被災したが、復旧にあたって液状化対策を施していたことから、今回の地震では震度の割に被害が少なくなっている。このことで、復旧における液状化対策の効果があったものと考えられる。

液状化対策とは、中越大震災時の復旧において、下水道地震対策技術検討委員会が行った「管路施設の本復旧にあたっての技術的緊急提言」等を受け、固化剤を添加した改良土等を埋戻し材として使用した工法（図-2）のことである。

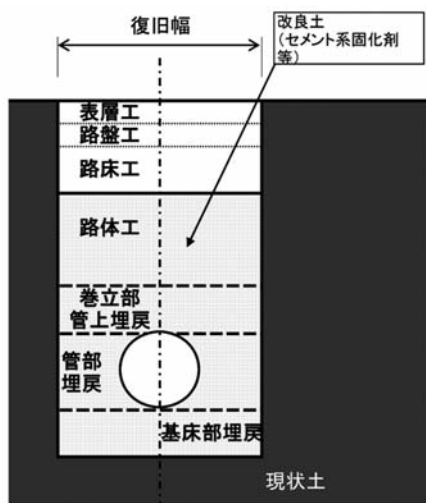


図-2 標準断面

表-3 液状化対策工法の比較例

	埋戻部 液状化 面	資源 リサイクル 面	費用面	その他
埋戻し部の締固め (締固め度 90%以上)	有効	発生土が 利用でき れば有効	歩掛の割増が必要	厳重な施工管理が必要
砕石による埋戻し	効果大	再生砕石 の利用が 可能	掘削土の処理と 砕石購入費用が 発生	砕石の粒径と 管種により、衝 撃対策等に留 意が必要
埋戻し部の固化 セメント系固化剤 石灰系固化剤	効果大	掘削土の 利用が可能	土質条件によ り、固化剤添加 量が大きく変動	一般に石灰系 固化剤は添加 量が多くなり、 セメント系固 化剤は六価クロ ムへの対応が 必要
真空式 (負圧を利用し て汚水を流送)	有効	特に制約 なし	真空弁ユニット 等の設備の他、 電気代等の維持 管理費が発生	浅埋設が可能 圧力式(ポンプ による圧送)も 同様

液状化の発生要因としては、地下水位や地盤等の条件が影響すると言われている。原地盤の透水係数が小さく液状化を起こしにくい粘性土地盤であっても、埋戻し部が相対的に緩く、非排水条件となる場合は、液状化が起りやすいものと考えられている。

このため、①埋戻し部の締固め（締固め度90%程度以上）、②砕石による埋戻し（締固め度90%程度以上）、③埋戻し部の固化（現場一軸圧縮強度50kPa～100kPa改良土）の三つの液状化対策工法を本復旧で採用すべきとの緊急提言があった。これを受け、多くの区間でセメント系や石灰系固化剤による埋戻し部の固化工法を採用した。また、液状化の要因となる地下水位対策として、埋戻し部が浅埋設となる真空管路方式で復旧した地域もあった。

各種対策工法の特徴は、「集落排水の管路技術入門」<sup>\*1</sup>等にまとめられているが、中越大震災の際に採用した工法は、大別すると表-3のとおりである。

これら液状化対策を施した地区における中越沖地震での重複被災は、表-4のとおりとなっている。中越大震災で復旧した箇所での重複被災が少なくなっていることから、復旧時に採用した液状化対策工法の効果が現れているものと推測される。なお、被災箇所には液状化による被災のほか、揺れが原因と考えられる継ぎ手部のずれも含まれている。

表-4 重複被災の状況

地区名	地区延長 (m) A	中越大震災		中越沖地震		重複被災	
		被災延長 (m) B	被災率 B/A	被災延長 (m) C	被災率 C/A	延長 (m) D	被災率 D/A   D/C
東 城	7,982	3,789	49.4%	1,158	15.1%	10	0.1%   0.9%
赤 田	7,016	2,233	33.8%	1,184	17.9%	68	1.0%   5.7%
刈羽村計	14,998	6,022	40.2%	2,342	16.4%	78	0.5%   3.3%
北鱒石	17,825	2,747	15.4%	5,688	31.9%	54	0.3%   0.9%
平 井	5,734	1,108	22.9%	438	9.0%	71	1.5%   16.1%
北 条	16,274	5,104	35.3%	357	2.5%	33	0.2%   9.1%
西 山	1,932	698	36.1%	362	18.7%	40	2.1%   11.1%
西山南部	6,493	2,952	54.8%	1,128	20.9%	32	0.6%   2.8%
柏崎市計	85,036	20,797	27.3%	7,972	17.9%	229	0.5%   2.9%
中 沢	10,135	741	8.9%	1,212	14.5%	136	1.6%   11.2%
長岡市計	10,135	741	8.9%	1,212	14.5%	136	1.6%   11.2%
松 本	6,755	680	12.0%	2,435	43.0%	182	3.2%   7.5%
出雲崎	7,193	898	13.7%	41	0.6%	41	0.6%   100%
赤坂山	18,989	2,654	15.6%	1,445	8.5%	631	3.7%   43.7%
出雲崎町計	32,937	4,232	14.5%	3,921	13.4%	854	2.9%   21.8%
合 計	143,106	31,792	24.8%	15,447	16.0%	1,297	1.3%   8.4%

※Aは、補助対象延長で地区延長の内数

#### 4. 被災直後の対応

この地震に際しては、新潟県中越大震災後、社団法人地域資源循環技術センター（JARUS）が設置した「地震検討委員会」でまとめた「農業集落排水施設震災対策マニュアル」や（社）日本下水道協会の「下水道の地震対策マニュアル」などを参考に、地震発生直後から速やかな対応が行われた。

特に、地震検討委員会からの提言を受け、農業集落排水施設の被災自治体への応援を目的とし、JARUSがその会員の自治体等に参加を募った「農業集落排水施設災害対策応援に関する協定」（平成19年2月制定）に基づいた県内外から18市町村、

6団体の応援に加え、その他を加えると、述べ300名を超える応援隊が早々に柏崎市を始めとした現地に入り、被害状況調査や災害査定設計書の作成などに大きな支援をいただいた。

北陸農政局を始め関係機関からは、3月の「平成19年（2007年）能登半島地震」に続く地震災害の発生にも拘わらず、速やかな災害査定対応にも配慮をいただいた。

また、管路部の調査では、地中埋設物であることからミラー調査に加え、テレビカメラによる調査が必要になる区間がある。同様の施設である下水道も、同時期に被災調査を行うことから、地元のテレビカメラ保有業者だけでは対応しきれず、自治体からの応援や社団法人日本下水道管路管理業協会中部支部からも協力をいただき調査を実施した。

被災により通水が出来なかった区間は、汚水をマンホール内に貯留しバキューム車によりくみ取る（写真-6）等の緊急的な対応をした上で、仮配管を設置する（写真-7）等の応急復旧がスムーズに行えたため、広範囲の被災であったにもかかわらず、住民生活に大きな混乱がなかったことは幸いであった。そして、上水道の復旧に併せて進めた応急復旧工事等が完了し、すべての地域で供用可能となったのは、地震発生から一ヶ月余りたった8月14日となった。

柏崎市の農業集落排水における使用料収入の伴う処理水量である“有収水量”の対前年同月比で見ると、これらの対応により10月には震災前並の生活が送れるようになったことが読み取れる。（図-3）



写真-6 バキューム車対応状況



写真-7 仮配管による応急復旧状況

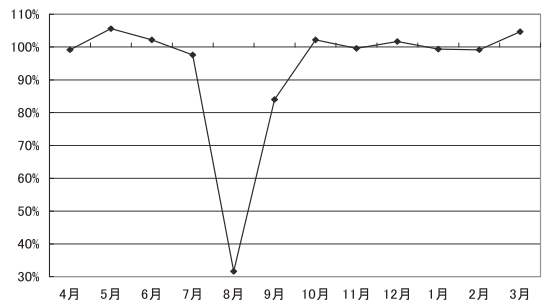


図-3 柏崎市における有収水量の推移（対前年比）

## 5. 復旧工事の進捗状況

被災地の現況は、ピーク時の1,061世帯、3,044人の半分ほどにはなったが、未だに被災地では497世帯、1,222人が、応急仮設住宅に入居している（平成21年1月末現在）。

農業集落排水施設の復旧工事では、災害査定の対象となった102件のうち、85件の本復旧工事は既に完了している。年度末までには全て完了する予定となっている。

柏崎市では、被害が大きかったことに加え、管路の同一掘削断面の上部にガス管や上水道管が埋設されている区間が多くあったため、この補償工事や仮設に時間を要し、本復旧の完了までに多くの時間を費やしている。復旧工事は中越大震災と同様、管路の埋戻し土に液状化対策を考慮して行われている。

## 6. 液状化対策工法に対する考察

液状化対策工法が何らかの効果が現れていると考えられる中、再被災した箇所があった。このため、中越大震災の復旧をセメント系固化剤による

埋戻し土を用いた液状化対策工法で行い、中越沖地震で再被災した柏崎市の4箇所について、柏崎市の協力を得て復旧工事に合わせてその状態の確認を行った。確認は管上部概ね50cmの箇所ですamplingし（写真-8）、施工時の現場管理で使用していた現場一軸圧縮強度の測定を試みた。



写真-8 サンプリング状況

2箇所ではサンプリングが行えないほど固化が進み測定不能であった。また、反対に未固化のためにサンプリングが行えない地点も1箇所あった。（表-5）

表-5 液状化対策工法検証の実施状況

地区	一軸圧縮強度	重複被災率※	備考
A	サンプリング出来ず	0.9%	
B	試験出来ず	16.1%	未固化
C	57.8kPa	9.1%	
D	サンプリング出来ず	11.1%	

※今回被災に占める再被災延長の割合

計画した強度試験が行えた地点での1軸圧縮強度は57.8kPaで、現場強度として必要とされている50～100kPaは満たしていた。未固化の地点では湧水が影響し十分な固化が起こらなかったことが考えられるが、所定以上の強度が得られた地点での被災原因は、この確認では特定できなかった。

サンプリングが出来ない2箇所の様に、高強度の改良土は後の開削工事に障害となる課題等があるため、液状化対策に必要な改良土の状態を確認

するため、今後とも工法と現地条件についても更なる検証を進める必要がある。

また、接続部のずれによる被災も発生しており、管同士のみならずマンホールとの接続部には、屈曲と水平方向の引抜応力に対応できるよう検討する必要がある。

国土交通省が所管する下水道においては、兵庫県南部地震を契機として大幅に改定された耐震対策指針を、中越大地震を機に改めて検討を加えた。同省では下水道地震対策技術検討委員会を設置し、被害の特徴から検討を行うとともに、これまでの地震対策を様々な角度から検証して、必要な見直しを行った上、下水道施設被害の総括と本復旧にあたっての技術的助言等を提言した。これらの報告を踏まえ、平成18年に下水道法施行令を改正し、減災に向けた取り組みを行っている。

そして今回の地震でも農業集落排水と同様に被災したため、この検討委員会でも耐震対策の検証が行われた。中越沖地震に見舞われた区間では、出雲崎町の230m（再被災率7.4%）を除き再被災はなく、被災箇所でも流下機能は保持されていたことから、液状化対策は有効に働いたと報告されている<sup>※2</sup>。

この報告書の中で、セメント系固化剤による復旧工法で再被災した出雲崎町の下水道事例では、3箇所において現地調査が実施され、掘削状況等から、埋め戻し土が固化していないと考えられるとされた。蛍光X線オーダー分析等その他の調査も実施した結果、この調査の結論として、設計配合量の固化剤は適正に混合されたが、所定強度が発現しなかったため液状化防止の効果発揮がなかったと推測している。この所定強度が発現しなかった要因として①湧水の影響、②混合から埋戻しまでの時間が長く、解きほぐしによる強度低下が発生したことをあげている。

農業集落排水においてもこれらの液状化対策工法の特徴を検証して、地震時の減災効果に加え、現地発生土の有効活用（資源リサイクル）の視点や費用等の面からも、標準工法として導入の検討を行う時期に来ているのではないだろうか。

## 7. おわりに

国内外から新潟県災害対策本部が受け付けた4万2千件、37億円を超える義援金を始め、多くの方のご支援のお陰で、「復旧・復興」の同時進行



が進められ、住民の生活は地震発生前の状況に戻りつつある。

エンドユーザーである地域住民にとっては、農業集落排水も下水道と同様の公共団体が管理する汚水処理施設でしかない。このため、生活に直結する被災の状況や復旧が著しく異なることのないようにする必要がある。また、多くの市町村では農業集落排水と公共下水道を同じ部署で担当していることから、耐震設計等を含め公共下水道と同等の基準で、維持・管理していく必要もある。

災害は、何時、何所で発生するかわからない。中越大震災や今回の中越沖地震での経験が、今後の地震災害への対応を検討する上での一助になれば幸いである。平成20年6月にも「平成20年(2008年)岩手・宮城内陸地震」が発生したが、願わくは同様な災害が起こらないことを祈るばかりである。

最後になるが、地震発生の直後から現地調査や査定対応、復旧作業などにご支援をいただいた関係各位に、この場を借りて改めて深く感謝を申し上げます。

#### 参考文献：

- 1) 地域資源循環技術シリーズ2集落排水の管路技術入門：(社)地域資源循環技術センター，平成18年11月
- 2) 下水道地震対策技術検討委員会：下水道地震対策技術検討委員会能登半島地震・新潟県中越沖地震の総括と耐震対策の評価および下水道の担うべき機能を継続的に確保する方法の考え方，平成20年10月

# 三重用水西部溪流取水工の改良とその効果

高橋 隆 士\* 汲 田 義 一\* 北 出 幸 哉\*\*  
(Takashi TAKAHASHI) (Yoshikazu KUMITA) (Yukiya KITADE)

## 目 次

1. はじめに……………	73	4. 改良後の検証……………	79
2. 溪流取水工の概要……………	73	5. 北勢・西濃豪雨における状況……………	80
3. 西部溪流取水工の改良……………	76	6. おわりに……………	81

### 1. はじめに

三重県北勢地方の農業用水は、安定して取水できる大河川がなく、急峻な中小河川水や雨水、また「マンボ」と呼ばれるこの地方特有の地下取水井に依存してきたが、これらの水量は乏しく、かつ不安定であったため、絶えず干ばつの被害を受けてきた。このような慢性的な農業用水の水不足解消と、地域の発展に伴う都市用水の確保を目的として、昭和39年に三重用水事業が計画され平成5年3月に完成した。

三重用水の主な水源である8箇所取水工は、図-1に示す鈴鹿山脈沿いの中小河川の上流部に位置し、これらにおいて安定的な取水を行うため、河川流況・地形・地質・取水量に応じた溪流取水工の型式として「チロルタイプ」「バックストリームタイプ」「自然取水タイプ」「固定堰タイプ」の4タイプが選定された。昭和59年4月より暫定通水を開始し、「チロルタイプ」と「バックストリームタイプ」を採用した4ヶ所の溪流取水工の維持管理の経験から、「自然取水タイプ」,「固定堰タイプ」を除く、後発の2ヶ所の取水工ではスクリーンの「目詰まり」対策を施した「チロルⅡタイプ」が採用されている(表-1)。

本報文は、平成17年度から3ヵ年にわたり改良した員弁川取水工、河内谷川取水工、冷川取水工(以下「西部溪流取水工」という)の施工概要と改良効果について報告するものである。

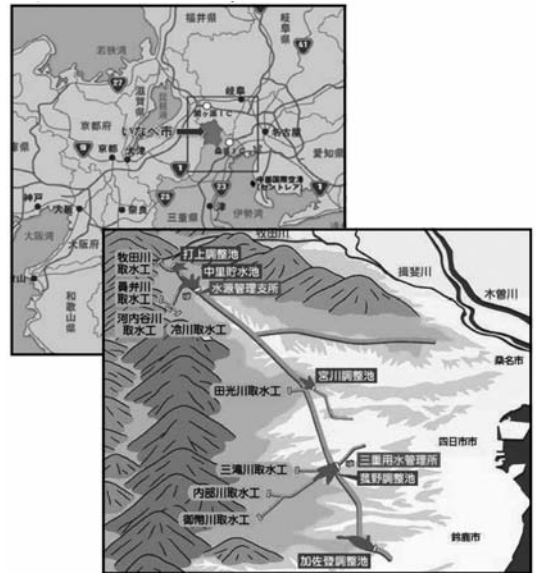


図-1 三重用水施設位置概要図

### 2. 溪流取水工の概要

#### 2.1 溪流取水工の概要

各取水工地点の流域は、牧田川を除き2.8km<sup>2</sup>～11.1km<sup>2</sup>と小さく、河床勾配も1/10～1/50と急峻で、出水時には、急激に増水し、多量の砂礫や転石・流木等が流出する。

三重用水では、これらの条件下での安定取水を実現するために、以下の基本条件をできるだけ具備するように当初設計を行った。

- ①取水制限流量を優先的に放流でき、かつその量の確認が容易に行えること。
- ②取水工構造の影響による治水上の問題が生じないこと。

\* 御水資源機構三重用水管理所水源管理支所 (Tel. 059-393-2000)  
 \*\* 現：御水資源機構千葉用水総合管理所房総導水路管理所 (Tel. 047-483-0722)  
 前：御水資源機構三重用水管理所水源管理支所

- ③急激な流量の変動に係わらず、計画取水が安定してできること。
- ④土砂、石礫、枝葉、つる草等の流下物などによる通水阻害が起りにくいこと。
- ⑤転石、流木等の流下物に対し堅牢であること。
- ⑥構造が簡単で維持管理が容易であり、その費用は低廉であること。
- ⑦溪流の景観・流況を損なわないものであること。

なお、取水量は各河川の取水地点より下流の既得用水を侵害しないよう、夏期、冬期それぞれに取水制限流量が設定され、優先的、かつ確実に流下させたいうで、それ以上の豊水水量について取水することとなっている。(図-2)

## 2.2 溪流取水の方法

溪流取水の方法については、河川流況より、以下のとおりとなる。なお、施設は取水制限流量を超えた分を取水し、計画最大取水量以上の取水ができないよう自動的に規制できる水理構造としている。(図-3)

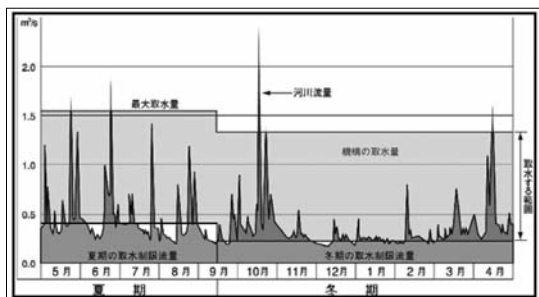


図-2 河川流量・取水制限流量と取水量の関係

一旦取水された水(Q)は、逆勾配区間を乗り越えて沈砂池に入ることができないため、取水ができない。そのため、すぐに取水制限放流ゲート(Q1)より河川に放流される。

取水制限流量を超える流量(Q2)分は逆勾配区間を乗り越え沈砂池を越流し、導水路へ取水される。

計画最大取水量(Q2max)以上の水は、最大取水量規制施設で自動的に余水吐から河川に放流(Q3)される。

## 2.2 西部溪流取水工の役割

西部溪流取水工より取水した水は、おのおの合流して導水路を経由し中里貯水池に貯留する。

中里貯水池は、三重用水事業の主水源施設であり、三重用水全体の年間計画補給量(5,005万m³)の約75%を生み出す施設である。その貯留水は、自己流域の他、岐阜県牧田川に設置した牧田川取水工(CA=26km²)から取水し、打上調整池を経由して中里貯水池(堤高46m、有効貯水容量16,000千m³)へ注水、および西部溪流取水工からの取水によるものである。西部溪流取水工は、三重用水の水源地計画約17%ではあるものの、取水制限流量を超える放水水量であれば、確実に取水できる施設である。

## 2.3 溪流取水工の型式

### (1)溪流取水工の型式

三重用水の溪流取水工は、建設当時には設計基準がなかったため、山間溪流部での発電取水や農業用水の他地区の事例や水理模型実験をもとに、所要の取水機能を満足するよう河川別に表-1のように型式を決定した。

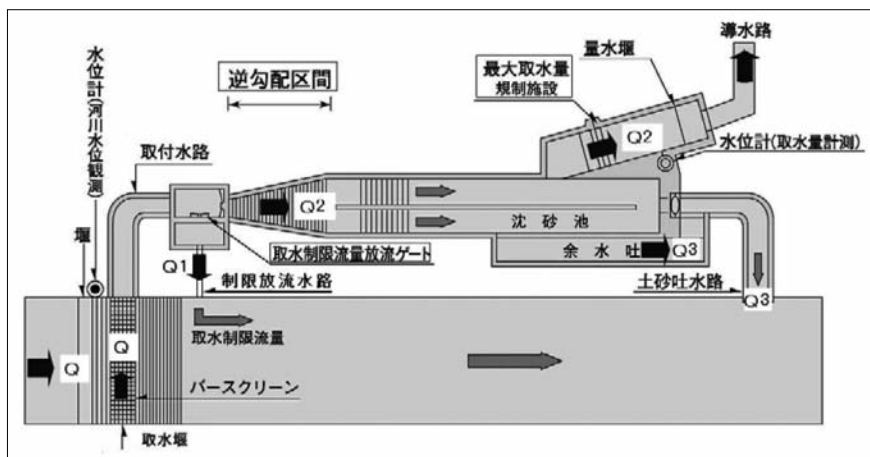


図-3 取水工概念図

表-1 三重用水溪流取水工の型式一覧表

取水工名	流域面積 (km <sup>2</sup> )	計画最大取水量 (m <sup>3</sup> /s)	取水制限流量 (m <sup>3</sup> /s)		竣工年月	取水工のタイプ		取水工幅 (m)	取水工地点の平均河床勾配 (計画時点)
			夏期	冬季		当初	改良後		
まきたがわ 牧田川取水工	26.0	5.00	1.20	0.32	S63.1	固定堰	—	—	1/50
いなべがわ 員弁川取水工	5.9	1.20	0.29	0.11	S61.6	チロル	チロルⅡ	12.0	1/40
こうちだにがわ 河内谷川取水工	6.6	2.60	0.43	0.23	S61.8	バックストリーム	チロルⅡ	17.0	1/45
ひさがわ 冷川取水工	2.8	0.50	0.13	0.05	S61.8	バックストリーム	チロルⅡ	8.0	1/10
たひかがわ 田光川取水工	6.6	1.40	0.26	0.13	H4.9	チロルⅡ	—	16.0	1/30
みたきがわ 三滝川取水工	11.1	2.70	0.46	0.29	H3.10	チロルⅡ	—	22.0	1/40
うつべがわ 内部川取水工	7.1	1.50	0.25	0.14	H1.8	チロル	—	20.0	1/20
おんべがわ 御幣川取水工	9.5	1.70	0.54	0.18	H1.8	自然取水	—	—	—

(2) 溪流取水工の特徴

ここでは、各溪流取水工の一般的な特徴について説明する。

①チロルタイプ

このタイプは、「バースクリーン下方取水方式」とも呼ばれる (図-4)。

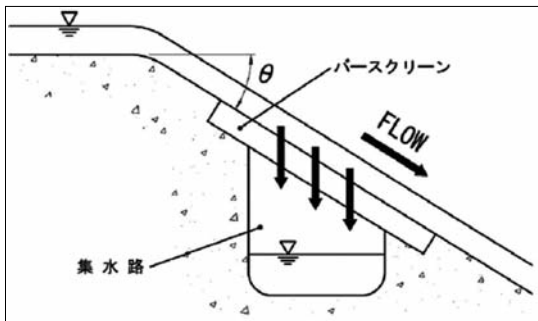


図-4 チロルタイプ模式断面図

オーストリアのチロル地方に古くから見られるタイプで、我が国でも施工事例が多い。床止工の天端下流傾斜部に、バースクリーンを適切な傾斜角・長さおよび隙間幅で取付け、石礫、枯れ葉等を除去しながらこのバーの隙間からの落下水を集水路に受けて取水する。

このタイプは、上流側に砂防堰堤が整備されているなど、流況による土砂礫および塵芥が比較的少ない河川で、河道および落筋が安定している所でなければ適さない。

特徴として、バースクリーンの取付角度  $\theta$  が  $30^\circ$  以下と小さくて隙間幅が大きく、バーの長さが長いほど単位幅当たりの取水量は多くなる。しかし、土砂礫等の浮遊流下物が多い溪流河川では、

バースクリーンの取付角度を小さくした場合は、隙間が小さいと目詰まりを起しやすく、隙間を大きくすると砂礫等の流入が多いとされる。また、バーの長さが長くなると巨石、流木等によって変形・損傷が起りやすい。

三重用水での管理実態からは、石礫・落葉による目詰まりが多発、また取水後においてはバースクリーンに張り付いた枯れ葉やバーの隙間に嵌り込んだ石礫を人力で除去・清掃しなければならなかった。なお、内部川取水工地点の直上流には大規模な砂防堰堤が存在する。

②バックストリームタイプ

このタイプは、「バースクリーン後方取水方式」とも呼ばれる (図-5)。主要構造は、床止工の下流傾斜部にバーを一定隙間幅に配列した段落斜面部Wと水クッション部Lからなり、段落斜面部の落下水および水クッション部の背水を集水路に受けて取水する。

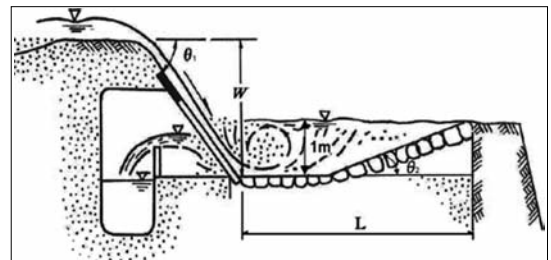


図-5 バックストリームタイプ模式断面図

バースクリーンの取付角度  $\theta_1$  は  $60^\circ$  前後であり、摩耗・損壊に強く補強しやすい構造となっており、 $\theta_2$  は砂礫がはい上される角度として  $14^\circ$  とした。

このタイプは設計画面上では、流出土砂の多い河川でも採用可能とされ、山間部で河道および滯筋が不安定な所に設けても、取水上の大きな障害にはならないとされる。特徴として、チロルタイプで難点であった石礫・浮遊流下物によるバーの目詰まりが生じにくく、バースクリーンも堅牢にでき、設定した条件に応じて安定した計画取水が可能となるが、単位幅当たりの取水量を大きくするためには、砂礫を下流部へ掃流するため、それ相応の段落斜面高さ $W$ を必要とする。また、チロルタイプに比べて集水路や水クッション部など構造がやや複雑となり、工事費も増高する。

三重用水における管理実態からは、出水時および出水後も水クッション部への土砂堆積に伴う取水障害や沈砂池への土砂流入がたびたび発生した。

### ③チロルⅡタイプ

このタイプは、前述した「チロル」のバースクリーンからの落下水による取水と「バックストリーム」の水クッション部からの後方取水による、両方の優れた特性を活かした複合型の構造である。図-6に示すように、バー取付角度 $\theta$ を45～50°とし、さらに水クッション部を付したチロルタイプの集水路である。よって、バースクリーンの隙間からの下方落下流入水のほかに後方流入水が加わり、チロルタイプに比べて取水効率は向上すると考えられる。

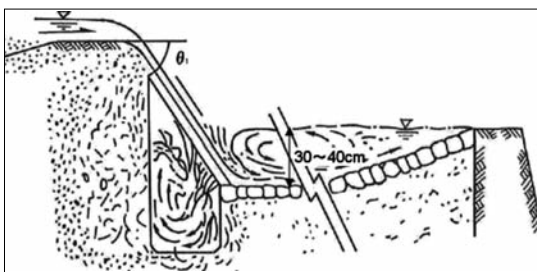


図-6 チロルⅡタイプ模式断面図

出水時には、河川の水位が上昇して取水工が完全に水没した状態になると、取水量は河川水位と集水路出口の水位差によって決定することから、浮遊流下物はもちろん、石礫によるバースクリーンの目詰まりが生じにくい。このタイプは、平水時のみならず、出水時の取水も重視する場合に適する。

三重用水では、三滝川・田光川取水工で採用していたが、水クッション部の高さが30～40cmであり、図-7田光川取水工のデータで、河川流量最大時も最大取水量を確保し、河川流量の減少にともない取水量も追従して減少しているため、ほとんど土砂堆積はなく、取水の障害とはなっていない。

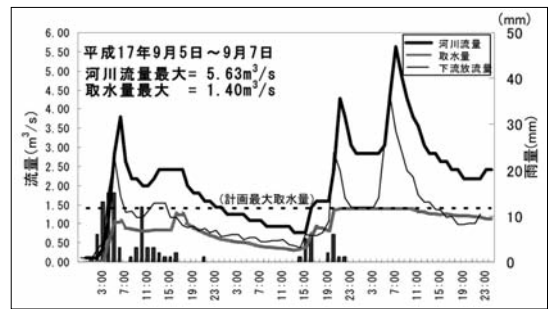


図-7 田光川取水工地点の河川流量と取水状況

## 3. 西部溪流取水工の改良

### 3.1 改良に至る背景

近年、河川流域の保全状況の悪化等により、西部溪流取水工は、写真-1のように土砂の堆積やバースクリーンの目詰まりにより、写真-2のような除去作業が頻繁に発生し、時には所定の取水が困難な状況も見られた。また、安定した取水を行うために写真-3のように出水時に河川において、バースクリーンの目詰まり除去作業を行っていたが、命綱をつけての危険な作業であるにもかかわらず、除去後数時間で再び目詰まりが発生している状況であった。



写真-1 河内谷川取水工土砂堆積状況



写真-2 人力による河内谷川取水工土砂撤去状況



写真-3 人力による員弁川取水工バースクリーン除塵状況

員弁川取水工では、試験的に一部区間について、スクリーン下流端を1本毎に10cm引き上げバースクリーンの隙間を広げ、砂礫の目詰りの防止を試みたが、従来と同様に砂礫が嵌入し、顕著な効果は見られなかった。

これらのことから、①取水効率の向上、②維持管理の軽減を改良に反映することとした。

西部溪流取水工の改良にあたっては、規模の小さい冷川取水工を先行して実施し、改良工事の成果を踏まえつつ、河内谷川、員弁川の順に施工することとした。

### 3. 2 改良点の概要

#### 3. 2. 1 冷川・河内谷川取水工

##### (1)改良概要

冷川・河内谷川取水工はバックストリームタイプからチロルⅡタイプへの変更である。これは、水クッション部を浅くし、出水時の掃流力を高める改良を行うことより、水クッション部の堆積土砂を抑制し、取水効率の向上を図ることとした。

改良点は、表-2のとおりである。

表-2 西部溪流取水工改良の概要

取水工名	冷川取水工	河内谷川取水工	員弁川取水工
竣工年	昭和61年8月	昭和61年8月	昭和61年6月
改良年	平成18年3月	平成19年3月	平成20年3月
改良タイプ	バックストリーム→チロルⅡ	バックストリーム→チロルⅡ	チロル→チロルⅡ
問題点	・水クッション部に土砂礫が堆積し、取水を阻害する。	・水クッション部に土砂礫が堆積し、取水を阻害する。	・バースクリーンに塵芥が目詰まりし、取水を阻害する。 ・取付水路内に土砂礫が堆積し、取水を阻害する。 ・制限放流施設の形状より制限放流水路内の土砂が堆積し、流下を阻害する。
改良図と改良点	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>①角度変更：57°55"→50° (冷川・河内谷川共通)</p> <p>②水クッション深さ：冷川・・・80cm→30cm ：河内谷川・・・100cm→45cm</p> <p>③バースクリーン径：冷川・・・100mm→80mm ：河内谷川・・・100mm→65mm</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>①角度変更：30°→50°</p> <p>②水クッション部の追加(深さ：35cm)</p> <p>③バースクリーン径：100mm→40mm</p> </div> </div>		



写真-4 冷川取水工改良前（バックストリーム型）



写真-5 冷川取水工改良後（チロルⅡ型）

## (2) 施工上苦慮した点

既設構造物と一体化させる鉄筋アンカー削孔時の既設配筋との取り合いおよび既設石張の再利用のため、作業効率が低下した。

また、越流部は、流水を確実にバースクリーンまで誘導できるようにするため、曲線施工が求められる。

冷川取水工については高強度のコンクリート打設による施工を行った。しかし、このコンクリートは、耐摩耗性から細骨材を使用せず、セメントペーストに粗骨材を配合しているものであり、粘着力が強く流動性が悪いという特徴がある。その結果、こて仕上げでの曲線施工は、困難を極めたことから、河内谷川取水工の施工では、冷川取水工の教訓を生かし、曲線部に鋼板の加工品を採用し、正確な曲線の維持と施工効率の向上を図った。

## 3. 2. 2. 員弁川取水工

### (1) 改良概要

員弁川取水工はチロルタイプからチロルⅡタイ

プへ変更した。これは、バースクリーン角度を急にすることにより、取付水路内での土砂の流入を減少させるとともに、新たに水クッション部を追加し、後方取水の機能も付加した。この改良により、これまでバースクリーン隙間の塵芥等により跳水し取水できなかった水も、後方取水による取水が可能となり、取水効率が向上する。また、水クッション部の追加により、これまで、非常に危険であった人力によるバースクリーン塵芥除去作業もなくなり、維持管理が容易となる。

改良点は表-2のとおりである

なお、取水制限放流施設の放流水路については、①チロルⅡタイプへの改良により、集水路内への土砂流入の軽減が期待できる。

②放流水路の改造を行う場合、取水工を一部取り壊したうえで、再設置を行うため、工事コストがかかる。

以上のことから、取水制限放流施設の放流水路は、現況をそのまま使用し、水クッション部の追加により生じた延長分をヒューム管で延伸することとした。

### (2) 施工上苦慮した点

既設構造物と一体化させる鉄筋アンカー削孔時の既設配筋との取り合い及び水クッション部のコンクリートは、寒中コンクリート施工が要求されたことと耐摩耗性を考慮した高強度コンクリート(50N/mm<sup>2</sup>)であることから、セメント量が多いこともあり、発生する発熱量が大きいことから、養生には留意した。



写真-6 員弁川取水工改良前（チロル型）



写真-7 員弁川取水工改良後（チロルⅡ型）

#### 4. 改良後の検証

改良後の取水効率の効果について、各取水工の改良前後のデータより検証する。

##### 4. 1 冷川取水工

冷川取水工での検証は、改良前（図-8）、改良後（図-9）のデータをもとに行う。

図-8では、河川流量のピーク時に対して計画最大取水量の8割程度の取水ができていたものの、数時間後には、取水量の落ち込みが見られた。これは河川流量の増加が急であったため、河川流量のピーク時は、8割程度の取水ができていたものの、河川流量の減少とともに、水クッション部に土砂が堆積したため、取水量の落ち込みにつながったものと推測される。

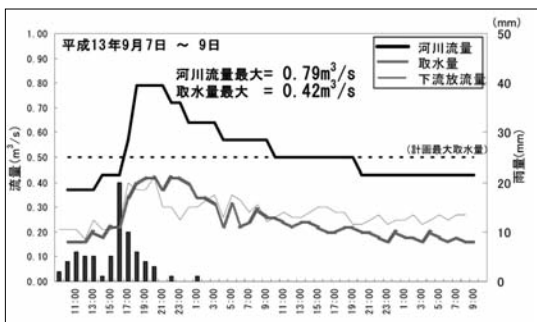


図-8 冷川取水工地点の河川流量と取水状況（改良前）

これらに対し改良後の図-9では、河川流量がピークに達した時点の取水は、計画取水量の約9割の取水ができており、数時間経過しても、取水量はほとんど変化しておらず、河川流量が減少すると、取水量も河川流量に追従して変化して減少

していく。改良前に比べて、河川流量内で計画最大取水量を長く取水していることから、取水効率は向上したと判断している。

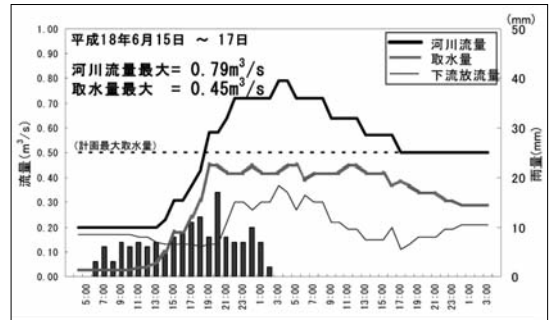


図-9 冷川取水工地点の河川流量と取水状況（改良後）

##### 4. 2 河内谷川取水工

河内谷川取水工での検証は、同様に改良前（図-10）、改良後（図-11）のデータをもとに行う。

図-10は、水クッション部に土砂が堆積し、取水量が極端に低下したと思われる。その後、土砂撤去を行い、取水量を確保したことがグラフより読みとれる。

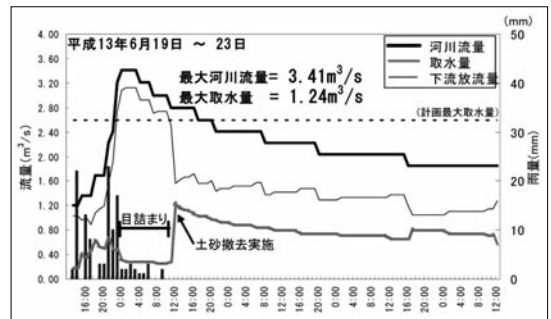


図-10 河内谷川取水工地点の河川流量と取水状況（改良前）

ただし土砂撤去時は、河川流量が3m³/s前後であったことから、大変危険な作業が伴った。これに対し、改良後の図-11は、河川流量がピークに達した時点の取水は改良前とほぼ変わらないものの、数時間経過しても、河川流量に追従して取水を行っていることから、取水量は、運用開始時と同程度までを維持できたと考えられる。

今後、計画最大取水量が、取水可能であるかは、検証していく必要がある。



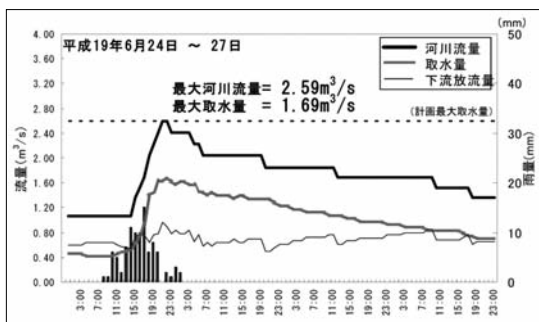


図-11 河内谷川取水工地点の河川流量と取水状況 (改良後)

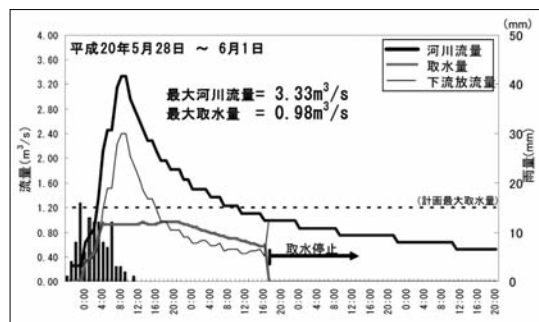


図-13 員弁川取水工地点の河川流量と取水状況 (改良後)

#### 4. 3 員弁川取水工

員弁川取水工での検証は、同様に改良直前(図-12)、改良後(図-13)のデータをもとに行う。

員弁川取水工では、取水開始時からある一定の時間は、河川流量が増加に伴い取水量も増加していくが、数時間経過すると、取水がほとんどできない状態となっていた。これは、塵芥等によるバースクリーンの目詰まりにより、取水を妨げていたためと考えられる。そのため、改良前は、取水毎にバースクリーンの除塵を行い、少しでも取水ができるように努めてきた。それは、図-12より読みとれる。員弁川は、河川流量の増加・減少が早いので、夜間に出水した場合には、夜明に除塵を行っても、河川流量が減少していて、ほとんど取水できない場合もあった。これらに対し、改良後の図-13は、河川流量がピークに達した時点の取水は、計画最大取水量に近く、減少時も同様の傾向が見られる。なお、途中で取水量がゼロとなっているのは、取水の注水先である中里貯水池が満水となったため、取水を停止したものである。

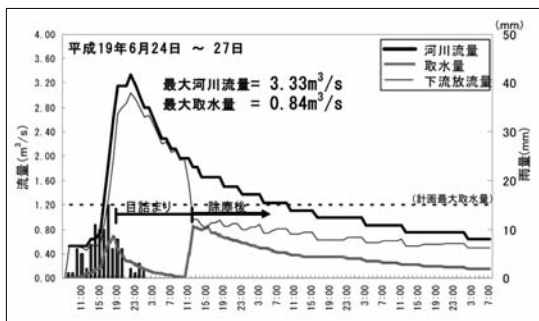


図-12 員弁川取水工地点の河川流量と取水状況 (改良前)

#### 5. 北勢・西濃豪雨における状況

平成20年9月2日から3日未明にかけて、三重県北勢・岐阜県西濃地方は集中豪雨に見舞われ、西部溪流取水工では、河内谷川取水工地点において、降り始めからの累計雨量549mm、時間最大雨量77mm(3日0時~1時)を観測した。

また、冷川取水工では、9月3日時点において上流域で発生したと思われる土石流により、施設一帯が土砂で埋没していたが(写真-8)、翌9月4日には河川の自然水流により堆積土砂が一掃され、以降、取水可能となった。(写真-9)



写真-8 冷川取水工取水堰状況(9月3日)



写真-9 冷川取水工取水堰状況(9月4日)

## 6. おわりに

現時点における西部溪流取水工の状況は、改良前と比較して取水効率が向上し、維持管理作業の危険度および作業頻度は軽減していくと考えている。

三重用水の水源確保の観点から、各調整池を満水とする溪流取水工による取水が重要となる。今後とも、改良を行った西部溪流取水工をはじめとした三重用水施設が安定した取水配水ができるよう、適切な施設管理に努めていきたい。

また、三重用水での溪流取水工の管理経験が、今後の取水工施設に活用していただければ幸いである。

### 参考文献

- ・土地改良事業計画設計基準・設計「頭首工」. 農林水産省構造改善局（現農村振興局）. 平成7年7月
- ・農業土木学会誌68巻第10号. チロル型溪流取水工の改善について. 山本光男, 松浦昭広. 平成12年10月
- ・農業土木学会誌68巻第10号. 溪流取水工群と貯水池からなる利水システムの一事例. 小島信彦. 平成12年10月

# 脈々と受け継がれる妹尾太郎兼康の遺産

—湛井十二ヶ郷用水路による水利開発—

森下達士\*  
(Tatsuo MORISHITA)

## 目次

1. はじめに	82	4. 興除新田の開発	84
2. 水利施設の概要	82	5. 施設の近代化	84
3. 水利開発の歴史	83	6. おわりに	85

### 1. はじめに

岡山県南部の総社市，倉敷市，岡山市にまたがる地域（図-1）は，瀬戸内型気候に属する寡雨地帯であるが，古来より高梁川に水源を開発し，湛井十二ヶ郷用水路により潤されてきた，県下最大の稲作地帯である。

本稿では約800年の永きにわたり，地域の農業生産を支え，風土の形成に大きな役割を果たしてきた，湛井十二ヶ郷用水路について紹介する。



図-1 地域の概況

### 2. 水利施設の概要

当該地域の水利施設の概要は，一級河川高梁川から湛井堰（現在の高梁川合同堰）より取水し，湛井十二ヶ郷用水路により沿線地区に配水しながら，二級河川前川に注水，前川から砂川，足守川を通じて下流の地域に配水するというものである。足守川では河川に設けられた各々の堰によりそれぞれの地域に配水される。

湛井十二ヶ郷用水の名は，その昔，水掛かりの地域が刑部郷，真壁郷，八田部郷，三輪郷，三須郷，服部郷（以上，現在の総社市），庄内郷，加茂郷，庭瀬郷，撫川郷，妹尾郷（以上，現在の岡山市），庄郷（現在の倉敷市）の12村にわたっていたことに由来している。（図-2）

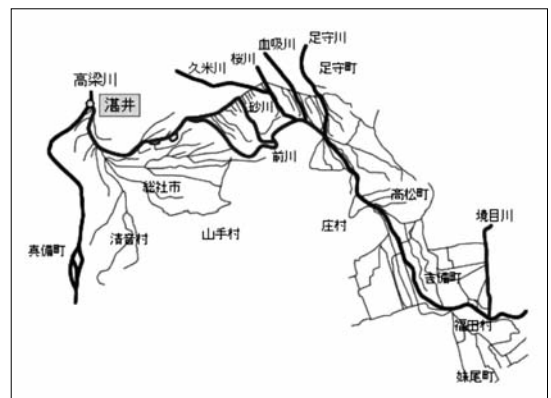


図-2 湛井十二ヶ郷用水路略図  
『備中湛井十二箇郷用水史』より

\*現：(社)農業農村整備情報総合センター (Tel. 03-5695-7013)  
前：中国四国農政局山南部農業水利事業所  
(Tel. 0866-93-1121)

### 3. 水利開発の歴史

湛井堰、湛井十二ヶ郷用水の起源は平安時代に遡る。平家の武士であり、当該地域の下流部に位置する妹尾郷の領主である妹尾太郎兼康（図-3）が妹尾に新田を拓くため、寿永元年（1182）に開削されたと伝えられている。

兼康は、妹尾のみならず、広く十二ヶ郷の地域に勢力を持っていた土豪であり、後に湛井十二ヶ郷用水の水口である井神社の境内に、兼康神社（写真-1）としてまつられ、用水の守護神として、地域の農業関係者から今なお信仰されている。



図-3 妹尾太郎兼康



写真-1 兼康神社

この伝承に見られるように、この頃、水利開発や農地の開発に尽力し、地域を支配していたのは武士や寺社などの荘園領主であったが、覇権争いなどによる動乱のなか、荘園領主の支配は衰退し、湛井十二ヶ郷用水の管理は、やがて農民による自治的な管理・運営へと移行していくことになる。

江戸時代の湛井堰と湛井十二ヶ郷用水路の管理は、「湛井用水組」「湛井組」と呼ばれる十二ヶ郷68ヶ村のから選出された総代出役の合議により自治的に行われており、湛井堰と主要な分水樋門を実際に管理し、配水の任務を与えられていたのは「湛井樋守」という世襲制の役職であった。

当時、湛井堰は、恒久的なものではなく、毎年、春の彼岸頃に村毎に決められた人夫を出し、木枠に川石を詰めたもので高梁川をせき止め、用水が不要となる秋彼岸頃には撤去するのが習慣であった。（高梁川の舟運の確保と、たたら製鉄による土砂堆積を防止するための必要から）（図-4）



図-4 江戸中期頃の十二ヶ郷用水路図

また、水路に沿った分水樋門毎に分水下流で厳重な番水制がとられるなど、地形条件や長い歴史の中で蓄積された経験則などから、複雑な水利慣行が形成されていった。

しかしながら、従来より雨が少ない地域であり、渇水が深刻になると農民同士の水争いが絶えず、史誌にもその記録が多く残されている。

#### 4. 興除新田の開発

興除地区は、児島湖に面し、当該地域の最下流に位置する干拓地（写真-2）である。興除新田は、江戸末期の文政4年（1821）、岡山藩が命運をかけて取り組み、文政6年に造成されている。

新田開発で最も重要となるのが新規用水の確保であるが、上流には湛井十二ヶ郷用水の強力な取水権があり、また、高梁川の下流には八ヶ郷用水ほか多数の利水があり、干拓に伴う漁業補償や備中・備前の国境論争なども相まって、新田開発は難関を極めた。

湛井十二ヶ郷用水、八ヶ郷用水の余水をもって用水手当をすることで当時の用水問題は解決をみているが、幕府の強権をもってしても解決のつかない用水問題の複雑さを物語っている。



写真-2 干拓地（興除新田）の様子

#### 5. 施設の近代化

昭和11年（1936）、岡山県は湛井十二ヶ郷用水ほか高梁川流域の水利状況の改善を目的として、高梁川用水委員会を設置し、水利システムの整備、用水の不均衡の是正についての検討に着手した。

委員会では、当初、湛井十二ヶ郷用水の改修を早期に実施することとしていたが、昭和14年（1939）の大干ばつにより当該地域は甚大な被害を被り、最終答申ではダム建設による水源確保が急務とされた。

翌平成15年（1940）、上流の新見市に小阪部川ダムを建設、湛井堰と上原堰（高梁川右岸）を統合した高梁川合同堰の新設、湛井十二ヶ郷用水路の改修などに関する基本方針が決定された。

#### (1) 国営小阪部川ダム農業用水改良事業

##### 国営付帯県営灌漑排水事業

小阪部川ダムは昭和17年（1942）から着工されたものの、第二次大戦の戦局悪化や資材不足で工事は停滞した。戦後の昭和23年（1948）、県営事業を国営事業に移管してから工事も本格化し、昭和30年（1955）に完成した。（写真-3）

一方、高梁川合同堰の新設と湛井十二ヶ郷用水路の改修は、国営によるダム建設の付帯県営事業として、昭和35年（1960）に着手され、昭和40年（1965）にコンクリート固定堰の建設が完了し、昭和44年（1969）にブロック擁壁型水路への改修が完了した。（写真-4、5）



写真-3 小阪部川ダム

##### <小阪部川ダム諸元>

重力式コンクリートダム

堤高 67.2m, 堤長 145m

有効貯水量 15,136千 $m^3$



写真-4 高梁川合同堰

＜高梁川合同堰諸元＞

重力式コンクリート固定堰

堤高 3.2m, 堤長 295.7m

洪水吐ゲート2門, 土砂吐ゲート2門



写真-5 湛井十二ヶ郷用水路

＜湛井十二ヶ郷用水路（幹線部）諸元＞

延長 8,963.5m

勾配 1/500～1/8,000

底幅 1.78～1.50m

高さ 1.20～1.70m

事業の完了に至り、平安以来の歴史を持つ湛井十二ヶ郷用水も近代的施設に生まれ変わり、高梁川において下流の興除地区を含め、河川法に基づく水利権が取得されている。

(2) 国営岡山南部農業水利事業

高梁川合同堰の築造、湛井十二ヶ郷用水路の改修から30年以上が経過し、老朽化による安全性の低下、通水機能の低下が顕著となってきたことから、平成10年度から事業着手され、改修工事が進められている。

平成19年のかんがい期が始まるまでに、高梁川合同堰ではゲート、操作機器、護床の改修、湛井十二ヶ郷用水路では通水断面確保のための全面改修が完了し、高梁川に有している水利権に基づく必要水量の取水が実現している。(写真-6, 7)

＜高梁川合同堰＞

土砂吐、洪水吐ゲートの更新

護床工の改修

＜湛井十二ヶ郷用水路＞

改修延長 7.0km (L型ブロック)



写真-6 改修された湛井十二ヶ郷用水路



写真-7 近代化された分水施設

## 6. おわりに

湛井十二ヶ郷用水路は、かつての十二ヶ郷の地域のみならず、江戸期に干拓・造成された興除新田への用水の安定供給や、市街化の進んだ地域で地域用水機能の発揮が一層望まれているなど、今や新たな役割を担っている。

時代の要請に即応しながらも、妹尾太郎兼康が遺した湛井十二ヶ郷用水を次世代に着実に継承していくことが、現在の我々の使命であり、農業用水、農業生産を基軸とした本地域のさらなる発展を切に願うものである。

### 参考文献

湛井十二箇郷用水組合：「備中湛井十二箇郷用水史」(1976)

## 土砂吐用ライジングセクターゲートの開発

高木 強 治\*  
(Kyoji TAKAKI)

平成15年以降の50年間に耐用年数に達し、改修、更新が見込まれている頭首工は約1,100件と推定されている。これらに関連する事業において、取水口前面に堆積した土砂を掃流し、取水時に水路内への土砂の流入を防止する土砂吐ゲートは、頭首工による利水管理の面から見て非常に重要な構造物である。土砂吐用ゲートに求められる性能は、水理面からは高い放流特性と排砂特性、水利面からは水位調節の容易さ、環境面からは特に都市化された地域への設置における静粛性や景観性、経済面からはコンパクト化によるコスト縮減、と考えられる。本稿では、官民連携新技術研究開発事業において、農村工学研究所が新技術研究開発組合（石川島播磨重工業株式会社、株式会社建設技術研究所）と共同開発した、土砂吐用ライジングセクターゲート<sup>1), 2)</sup>について紹介する。

### 1. ライジングセクターゲートとは

ここで提案する土砂吐用ライジングセクターゲートは、英国テムズ川に防潮水門として設置されているライジングセクターゲートを参考に研究開発を行った。ライジングセクターゲートは、シェル構造の扉体の両端に端部円盤を設け、この円盤を回転させることにより開閉を行うゲートである（図-1）。ライジングセクターゲートの型式には、越流タイプと非越流タイプがある。このうち、非越流タイプは防潮水門などに用いられるが、水位調節を行う頭首工の土砂吐には適用しがたい。一方、水位調節が可能な越流タイプには、ゲートが床盤に潜り込むピット型と潜り込まない接地

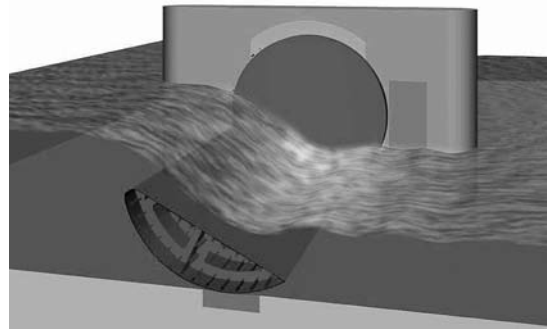


図-1 ライジングセクターゲート

型がある。頭首工などの水位調整施設では、これまでピット型の採用例があるものの、下流部に堆砂しやすいという問題が報告されている。そこで、本研究開発では、接地型のライジングセクターゲートを対象に、各種特性を縮尺1/12.5の水理模型実験によって明らかにし、頭首工の土砂吐ゲートへの適用性を探った。ここで採用するライジングセクターゲートの構造上の特徴は、以下のようである。

- ①扉体はシェル構造で、長径間（40m程度）にも適用できる。
- ②引き上げ式ローラゲートのような開閉装置が不要となるため、門柱を低くできる。
- ③オーバーフローによる流量調節が可能で、落下流が生じないことから、落水音を小さくできる。
- ④自由ナップが生じず、スポイラが不要となることから、堰頂部にゴミが留まらない。
- ⑤開閉装置に油圧モータを用い、ピンラック・ピニオン方式で開閉するため、開閉装置室をコンパクトにできる。

### 2. 放流や排砂に支障はないか

土砂吐に用いられるシェル構造のローラゲートには、水位調節用の起伏ゲートが取り付けられる場合が

\*農研機構農村工学研究所施設資源部水源施設水理研究室（Tel. 029-838-7513）

多い。操作は起伏ゲートの起立と倒伏で行い、扉体のアンダーフローによる水位調節は困難である。洪水時には、起伏ゲートを起立させた後にローラゲートを巻き上げて放流する二段階操作となる。

一方、ライジングセクターゲートは、扉体を時計または反時計回りに回転させることで水位調節や放流操作を行うことができる。水位調節時や小規模出水時にはオーバーフロー、土砂掃流時や大規模出水時にはアンダーフローとフレキシブルに対応でき、操作管理の簡素化も期待できる。また、ライジングセクターゲートは、オーバーフロー時、アンダーフロー時ともに、従来型のゲートに比べて流量係数が大きく、放流能力に優れている。これは、オーバーフロー時には越流水脈の剥離、アンダーフロー時には流出水脈の縮流が生じにくいいためと考えられる。

土砂吐用ライジングセクターゲートでは、ゲートを部分開放することによって、ゲート近傍に堆積している土砂をフラッシュすることができる。模型実験により、ゲートリップ（水密点）からフラッシュされた堆砂先端までの距離と開口高の関係を求めたところ、ライジングセクターゲートはローラゲートに比べ、ゲートリップより上流のフラッシュ範囲が広いことが明らかになっている。また、ライジングセクターゲートは、開閉時の土砂の噛み込みに対して、微小開度で広範囲に上流側の土砂をフラッシュすることができ、その排砂範囲は従来の引き上げ型ゲートに比べ4倍程度広くなることが確認された。

### 3. 騒音はどこまで低下するか

起伏ゲート付ローラゲートでは、越流後の落下流によって下流側で大きな落水音が発生する。ゲートからの越流水により発生する音は、都市化、混住化の伸展に伴って頭首工の近くに越してきた新住民にとって騒音であり、環境公害として認識される。また、低周波音については、物理的問題のほか、頭痛、睡眠への影響といった心理的、生理的問題を誘発しているため、早急な対策が必要となっている。

模型実験によれば、従来型ゲートには卓越する周波数があるが、ライジングセクターゲートには卓越する周波数がなく、同一条件におけるピーク音圧レベルは約20dB低下した。ライジングセクターゲートでは、越流水脈がゲート面に沿って流下するため、水音と振動の発生が軽減されるためである。堰の角度と高さ、堰上下流の水位を変えて詳細な検討を行うと、いずれの堰角度でも落下エネルギーが増加するにつれて音響出力は上昇するが、落下流から斜面流への転換が音響出力の低下に極めて有効であることが示された。このことから、斜面流を生じるライジングセクターゲートは、騒音レベルの低減対策として極めて有効であるといえる。また、越流水脈が剥離しないために、水脈の振動に起因する低周波音も生じにくい。

### 4. 導入に向けて

以上のように、土砂吐用ライジングセクターゲートは、優れた操作性、放流特性、排砂特性、静粛性を持つことが水理模型実験により明らかにされている。また、従来型の引き上げ式ゲートでは、ゲート下端を計画高水位より上部に引き上げることから、開閉装置を設置する上屋および門柱が必要となるが、ライジングセクターゲートではそれらを必要としないため、周囲の景観保全を図ることもできる。さらに、ライジングセクターゲートの経済性を検討するため、建設時のイニシャルコスト（ゲート建設費のみ）と建設から50年間の維持管理コストの総額を、ある施設規模で起伏ゲート付ローラゲートと比較すると、ライジングセクターゲートの方が10%程度経済的であることも明らかになっている。このように、ライジングセクターゲートは多くの利点を有しており、今後の導入が期待される施設といえる。

### 参考文献

- 1) 後藤真宏, 小林宏康, 浪平篤, 常住直人, 由井孝昌, 粉川博, 正沢勝幸, 関谷明: 土砂吐用ライジングセクターゲートの水理特性, 河川技術論文集, 13; 387-392. 2007
- 2) 後藤真宏, 小林宏康, 浪平篤, 鏑木強治, 常住直人, 由井孝昌, 粉川博, 正沢勝幸, 関谷明: 農業水利施設の新技术 新しい土砂吐ゲート —ライジングセクターゲート—, ARIC情報, 89; 45-51. 2008



# 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21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。

# 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

# 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, 大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 l (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。

## 「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（157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

新年度がはじまってから数ヶ月経ち、時折、夏の日差しも感じられるようになりましたが、会員の皆様におかれましては益々ご清栄のこととお喜び申し上げます。

さて、本年度は緊急経済対策として様々な取り組みが打ち出されているなか、高速道路の利用料金が休日千円になり、多くの方が車での帰省、旅行などを計画、実施されていることと思います。私も5月のゴールデンウィークを利用し、三重県まで車で帰省しました。

三重県に行った際にはよく訪れるのですが、伊勢神宮（内宮）へ参拝してきました。伊勢神宮では現在、定期的に行われる遷宮（式年遷宮）のため、入口の宇治橋が掛け替えられているところでした。この式年遷宮ですが、原則として20年毎に全ての社殿を造り替えて神座を遷すこととされており、宇治橋など関連する施設も造り替えられるそうです。記録によれば、式年遷宮は飛鳥時代の

天武天皇が定め、持統天皇の治世の690年から行われ、途中中断、延期などがあったものの、これまで1300年にわたって行われているそうです。20年に1度式年遷宮を行うことになった明確な理由は不明ですが、ある推測によると建築様式の保全と建替え技術の伝承を行うことが理由の1つに挙げられるそうです。神宮の建築様式は弥生建築と呼ばれ、殿舎は白木の掘立柱、かやぶき屋根であり、式年遷宮では従前の殿舎と寸分違わぬ殿舎が築かれます。20年に1度ですから、技術者にとって経験できるのは生涯に1、2度だと思いますが、それでも同じものを築くことができるということは、技術の保全、継承が適切に行われているのだと思います。

農業土木分野でも先人の技術者により築かれ、千年以上の歴史をもつ土木遺産とも言われる施設があります。それらは、食料生産、国土や環境の保全だけでなく、観光的、歴史的資産として高い価値を有しております。我々もそれらの価値を損なわないように維持管理や修繕が適切にできる技術の保全、継承が必要だと改めて感じました。

（農村整備官 大森）

### 水と土 第157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!

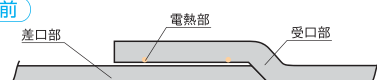
### 管路の一体化による継手部の信頼性!

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。

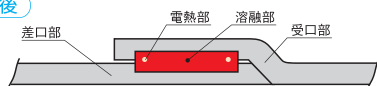
常用使用圧力 0.50 MPa

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

<http://www.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