

# 水と土

No. 174

2015  
MARCH

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



① オイルフェンス設置状況（水質事故対応訓練時）



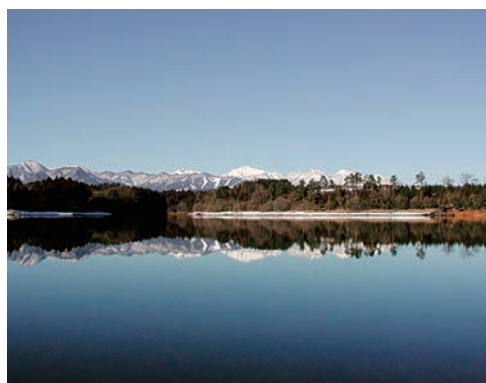
② 土石流が発生し6人の死者がでた仙北市の先達地区



③ 目地注入状況



④ 貯水地内堆砂状況



⑤ 狼谷ため池の水面に映る大山



# 水と土

## Contents

2015 MARCH No.174

◆報文内容紹介 .....	3
◆会員向けに「水と土」のWeb検索サービスについて .....	4

### □巻頭文

「災害に強い設計への一考察」	長山政道 .....	7
----------------	------------	---

### □報文

#### キーワード

農地, 農業用施設災害	秋田県における平成25年災害復旧の概要について	鈴木 努 .....	8
ストックマネジメント	マニュアルの作成について - 補修・補強工事に関するマニュアル【開水路補修編】(案)の経験から -	野村栄作 .....	10
補修・補強	ブロック積護岸における表面被覆工法の適用	霜鳥 岳・小森裕生・吉村拓良 .....	15
堆砂, 測量	中勢用水地区安濃ダムにおける詳細な堆砂状況の把握手法について	中瀬里志・北出直人・白石 真 .....	19
新工法導入	「南周防地区」における暗きょ排水対策(「地下水水位制御システム」)について	藤本豊記・岩崎幸彦・福川真治・村田弘子・高橋賢司 .....	25
長寿命化	積雪寒冷地における用水路の補修工法について - コンクリート表面被覆工法のモニタリング結果 -	岡下敏明・五十嵐壽晃・古城知和 .....	31
配水管理	群馬用水における油による水質事故への対応と備え	壺岐 宏・山本晃世 .....	37
膨潤現象	カンボジア国カンダルスタン水路における水路盛土の膨潤現象	浅野 勇・堀 俊和・正田大輔・野田英夫 .....	41

### □歴史的土壌改良施設

天神野台地開拓史	谷口真紀 .....	47
----------	------------	----

### □技術情報紹介

豪雨時のため池の貯水位予測システムの開発	堀 俊和・吉迫 宏・古島広明・青木寛明・林 貴史・橋本 誠 .....	51
平成26年度農業土木技術研究会研修会レポート 「強い農業の基盤づくりのための技術の展開」	編集事務局 .....	58

◆会告 .....	65
◆投稿規定 .....	66
◆入会案内 .....	67

- 表紙写真●
- ① 報文「群馬用水における油による水質事故への対応と備え」より (P.39)
  - ② 報文「秋田県における平成25年災害復旧の概要について」より (P.9)
  - ③ 報文「ブロック積護岸における表面被覆工法の適用」より (P.18)
  - ④ 報文「中勢用水地区安濃ダムにおける詳細な堆砂状況の把握手法について」より (P.20)
  - ⑤ 歴史「天神野台地開拓史」より (P.48)



# 水と土 第174号 報文内容紹介

## 秋田県における平成25年災害復旧の概要について

鈴木 努

秋田県における平成25年度に発生した農地・農業用施設災害について、7月5日の梅雨前線豪雨をかわきりに10月16日の台風26号までの8つの災害が発生し、被害数は農地1,994箇所、農業用施設被害数1,430箇所、被害総額は7,294,689千円となり県内の農地・農業用施設等に多大な被害をもたらした。この発生した災害別の気象概況や被害概況、復旧状況を紹介しします。

(水と土 第174号 2015 P.8 企・計)

## マニュアルの作成について — 補修・補強工事に関するマニュアル 【開水路補修編】(案)の経験から —

野村 栄作

既存の農業水利施設の有効活用や施設のライフサイクルコストの低減化を図るため、様々な材料・工法を用いた補修工事が行われており、補修・補強工事に関する技術的な図書の整備が喫緊の課題となっていた。このため、補修・補強工事に関するマニュアル【開水路補修編】を策定した。この経験を基に今後の他工種についてのマニュアル策定等にかかる検討を進めるに当たって留意すべき事項等を整理した。

(水と土 第174号 2015 P.10 企・計)

## ブロック積護岸における表面被覆工法の適用

霜鳥 岳・小森裕生・吉村拓良

石川県の幹線用排水路は、昭和30年から50年にかけて建設され、ブロック積構造による水路が多く存在する。今回紹介する石川県小松市の農業用排水路である九龍橋川排水路もブロック積による水路であり、平成20年度よりストックマネジメントに取組んでいる。今回は、その対策工法において表面被覆工法を選定し、ブロック積に使用する場合の問題点、施行上の工夫について紹介する。

(水と土 第174号 2015 P.15 設・施)

## 中勢用水地区安濃ダムにおける詳細な堆砂状況の 把握手法について

中瀬里志・北出直人・白石 真

中勢用水地区安濃ダムは平成元年に完成した総貯水量1050万 $m^3$ の重力式コンクリートダムである。

安濃ダムの平成24年堆砂量は、約1,070千 $m^3$ と算出され計画堆砂量66万 $m^3$ を超過する結果であったことから、貯水池内の詳細な堆砂量及び堆砂形状を確認するため、マルチビーム測深機を用いた浅深測量及び航空レーザー測量を行い、3次元データを取得し詳細な堆砂状況把握したため、その測量手法について紹介するものである。

(水と土 第174号 2015 P.19 企・計)

## 「南周防地区」における暗きょ排水対策 (「地下水位制御システム」)について

藤本豊記・岩崎幸彦・福川真治・村田弘子・高橋賢司

「国営南周防地区」の暗きょ排水施設整備については、事業計画において、区画整理274ha、暗渠排水(単独)154haのあわせて428haを整備。なお、暗きょ排水の整備に当たっては、畑作物を導入した農業経営の安定化を図るとして、汎用化水田を整備するため、「地下水位制御システム」の導入を検討している。

本報は、「地下水位制御システム」の概要と試験ほ場での検証に基づく本システム適用に係る課題について紹介する。

(水と土 第174号 2015 P.25 設・施)

## 積雪寒冷地における用水路の補修工法について —コンクリート表面被覆工法のモニタリング結果—

岡下敏明・五十嵐壽晃・古城知和

積雪寒冷地におけるコンクリート用水路の凍害対策として、コンクリート表面の凍害劣化に対する補修工法の有効性を検証するために、幌加内幹線用水路において凍害抵抗性、付着性、ひび割れ追従性、防水性、耐候性に優れた工法として選定した3工法(無機系工法、無機系樹脂シート複合工法、有機系工法)の施工初期(施工後3年目)における経年変化について、経過報告するものである。

(水と土 第174号 2015 P.31 設・施)

## 群馬用水における油による水質事故への対応と備え

壺岐 宏・山本晃世

水資源機構群馬用水管理所では、農業用水と水道用水を利根川から取水し利水者の方々に供給している。水質事故の大半を占める灯油、重油などの河川への流出事故が発生した場合には対応が必要であり、また過去に水路に油を不法投棄された経験もあったことから、油の流出による水質事故に対して事前の準備を行うとともに、油の確認と回収などの訓練を実施している。

(水と土 第174号 2015 P.37 企・計)

## カンボジア国カンダラスタン水路における 水路盛土の膨潤現象

浅野 勇・堀 俊和・正田大輔・野田英夫

農村工学研究所では、国際協力機構(JICA)より依頼を受け、カンボジア国カンダラスタン水路にて発生した水路ノリ面のはらみだしに関する調査を実施した。調査は、2012年10月29日~31日(雨期)、2013年4月21日~30日(乾期)の2回に分けて行った。本報では、その調査結果について報告する。

(水と土 第174号 2015 P.41 設・施)

## <歴史的土壌改良施設>

### 天神野台地開拓史

谷口真紀

天神野台地は、鳥取県内でも極めて利水に厳しい条件下にありながら、開拓事業によって不毛な台地から県内有数の灌漑地帯へと変貌を遂げた。この大開拓に携わった先人の、類い希なる構想と忍耐・努力、そしてその遺産について報告する。

(水と土 第174号 2015 P.47)

## <技術情報紹介>

### 豪雨時のため池の貯水位予測システムの開発

堀 俊和・吉迫 宏・古島広明  
青木寛明・林 貴史・橋本 誠

近年、全国に頻発している集中豪雨により数多くのため池が決壊し、下流域に多大な被害を及ぼしている。ため池の減災には従来のハード対策だけでなく、事前に水位を下げるなど対策が必要である。本研究では、ため池の貯水位を簡易かつ実用可能な精度で予測し、事前放流や低水位管理等の設定水位やタイミングを算定する解析システムを開発した。ため池台帳や簡易な観測から危険度や減災対策を検討できる簡易なシステムを開発した。

(水と土 第174号 2015 P.51)

# 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26年3月現在、第1号（昭和45年）から第165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。

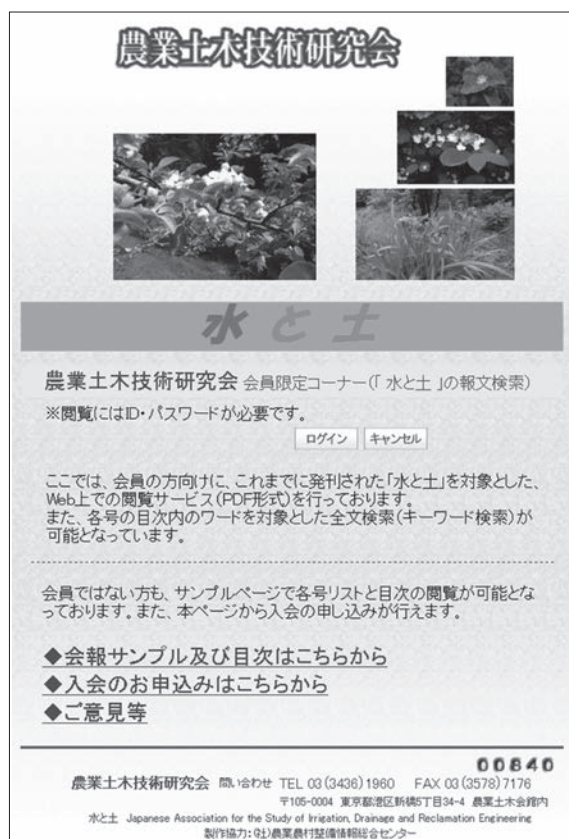


図-1



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 ▲](#)

---

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

**水と土**

農業土木技術研究会 入会申込み

**年会費・発行等**

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

**申込み**

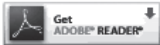
農業土木技術研究会への入会申込みは、以下のいずれかの方法でお申込みください

○入会申込みフォームにて

○FAX・郵便にて (PDF)

○各職場に研究会連絡員等がおられる場合は、連絡員を通してお申込みください

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



**連絡先・申込み先**

農業土木技術研究会 TEL 03 (3436) 1960 FAX 03 (3578) 7176  
〒105-0004 東京都港区新橋5丁目34-4 農業土木会館内

図-5



## 「災害に強い設計への一考察」

長山政道\*  
(Masamichi NAGAYAMA)

東日本大震災の発災から4年。発災以来、全国の農業農村整備技術者が被災地に集い、懸命な復旧活動が行われた結果、平成26年中には被災した農地の約8割が復旧するなど、復旧復興は一步一步進んでいる。被災直後から3年間岩手県で、農地・農業用施設等の復旧の一端を担っていた身として実感したことは、災害復旧の原動力は技術者であること、復旧は農家、行政、設計コンサルタンツ、建設業者が一つになって初めてなされることである。この場を借りて、全国の農業農村整備関係者に御礼申し上げます。

さて、「想定外」の事態が多発した東日本大震災により、私たちは大きな課題を再認識させられた。自然災害を全て防ぐことは、ハードだけではできない、仮に技術的には可能であっても財政的、社会的には無理ということである。そこで、新たな概念として「国土強靱化」が示され、その対応が求められている。この機会に、改めて、農業農村整備技術者として、どういう姿勢で、計画の策定、設計に望んでいくべきか、私見を述べたい。

災害に強い農業用施設整備を具体的にどう進めるかを考えていくために、2つの事例を紹介したい。

東日本大震災では、農地海岸を含む海岸保全施設は大きな被害を受けた。復旧に当たり、再度災害防止の観点から海岸堤防の高さ、構造を再検討することとなった。

高さについては、100年程度の頻度で発生する津波を想定し、海岸利用、環境、経済性等を総合的に勘案し決定することとし、最大級の津波に対しては住民避難を軸に「多重防災」で対応することとなった。

堤防の構造については、越流による法尻掘削、崩壊や引き波による転倒が生じたため、越流した場合でも、堤防が破壊、倒壊するまでの時間を稼げる粘り強く壊れにくい工夫をすることを基本方針とした。具体的には、農地海岸は一般に背後地が広い法勾配を緩くし、また、法面、法尻部をコンクリートで保護する等の対応を行っている。

次に、愛知県犬山市にある全国有数の貯水量を誇る<sup>いるか</sup>入鹿池（堤高25.7m、有効貯水量1518万 $m^3$ ）の補修・改築の歴史を紹介したい。江戸時代初期1633年、尾張藩の直営事業として、新田開発の水源とするため、三方を山に囲まれた入鹿村（戸数160戸）を締め切り築堤された。以来、約400年の歴史の中、豪雨や地震等により幾多の災害に見舞われており、とりわけ、明治元年5月13日の「入鹿切れ」は、4月末から降り続いた長雨のため地鳴りとともに堤防が決壊し、1,000余名の人命と、250haの農地が奪われる大惨事となった。復旧工事は、尾張藩から愛知県に引き継がれ明治12年まで時間を要した。昭和36年6月の集中豪雨においても決壊ギリギリの状況となり、翌年から余水吐の新設や消波のため前面への捨石張り等を県営事業で実施。更に、昭和53年度より、洪水調整容量を確保するため、池敷内掘削、余水吐の改修を含め大規模改修を行っている。東日本大震災後、地元からの耐震調査の要望を受けて、現在、ニューマークD法等による耐震検証作業や第三者委員によるチェックが行われている。堤体の地質図を見ると、現在の堤体は明治復旧当時の3倍もの断面積があり、改修のたびに、地元の要望を受けて、堤体が補強されている状況が一目瞭然である。

改めて、「国土強靱化」の定義を調べてみると、災害等により人命等致命的な被害を負わない強さと、速やかに回復するしなやかさを持つこと、とある（内閣官房国土強靱化推進室の資料）。我々、技術者としては、脆弱性の評価を適切に行い、対策の優先順位付けをし、ハードとソフトを適切に組み合わせた対策を実施することとなる。

近年の異常気象の多発や、災害史研究の進展により過去の大災害が明らかになる等、以前より高リスクに対応しなければいけない状況に加え、ため池等施設の老朽化も進みリスクが高まっている。より強く、よりしなやかになるため、現地をよく見て、良く考え、工夫し、順応的に対応していくことが、肝要と考えている。

\*東海農政局整備部設計課長

# 秋田県における平成25年災害復旧の概要について

鈴木 努\*  
(Tsutomu SUZUKI)

## 目 次

1. 平成 25 年災害概要 ……………	8	3. 災害査定状況について ……………	9
2. 発生災害別の気象概況について ……………	8	4. 考察 ……………	9

## 1. 平成 25 年災害概要

平成 25 年における当県での災害概要は 7 月 5 日から 8 日にかけて梅雨前線豪雨をかわきりに 10 月 16 日の台風 26 号までの 8 つの災害が発生し、被害数は農地 1,994 箇所、農業用施設被害数 1,430 箇所、被害総額は 7,294,689 千円となり県内の農地・農業用施設等に多大な被害をもたらしました。その中でも被害額の 6 割強を占める 8 月 9 日豪雨災においては気象庁から「これまでに経験したことのない激しい雨」と最大級の警戒の呼び掛けを受けることとなった。また、このことに起因し県南の一部地域においては大規模な土石流が発生し、6 名の尊い命が失われ、県民に深い悲しみを記憶に残す大災害となった。このことを踏まえ平成 25 年度に発生した災害別の気象概況や被害概況について下記のとおり照会します。

## 2. 発生災害別の気象概況について

1) 平成 25 年 7 月 5 日～8 日発生梅雨前線豪雨災害の気象概況について、秋田地方气象台によると 8 日の 1 時間の降水量は由利本荘市鳥海町・笹子で 29.0mm と 7 月の観測史上最多を記録した。また、にかほ市では 3,463 世帯 1 万 1,387 人に避難勧告を発令され川沿いの住民が一時避難することとなりました。この梅雨前線豪雨の影響により、農地・農業用施設に及ぼした被害数は 87 箇所にも及び被害金額は 244,300 千円に達する被害が発生しました。この災害の中で特に被害が大きかった湯沢市に位置する受益面積 1,525ha 受益戸数 1,300 戸をかかえる山田頭首工においては河川の氾濫の影響を受け、護岸洗掘や護床流失の被害が生じた。



写真－1 山田頭首工被害状況写真  
(左岸から右岸へ望む撮影)

- 2) 平成 25 年 7 月 12 日・13 日発生梅雨前線豪雨災害の気象概況について、県内の主要な河川は増水した影響を受け、秋田市新城川地区には避難勧告、由利本荘市では土砂災害による避難指示が出されました。また、この大雨の影響により大仙市、由利本荘市等、広範囲で一時冠水被害が生じ、農地・農業用施設に及ぼした被害数は 84 箇所にも及び被害金額は 188,644 千円に達する被害が発生しました。
- 3) 平成 25 年 7 月 27 日・28 日発生豪雨災害の気象概況について、県の内陸部を中心に激しい雨が降り、冠水や停電などの被害が発生しました。この大雨の影響により横手西部の大森町、湯沢市、東成瀬村では排水が追い付かず、市道や小屋の一部、田んぼや畑が冠水しました。また、交通機関でも市道沿いの木が倒れ道路をふさぎ一時通行止めや、普通列車 4 本が区間運休を及ぼす被害が発生しました。この豪雨の影響により、農地・農業用施設に及ぼした被害数は 30 箇所にも及び被害金額は 22,895 千円に達する被害が発生しました。
- 4) 平成 25 年 8 月 9 日発生豪雨災害の気象概況につ

\*秋田県農林水産部農地整備課水利整備・防災班  
主査 (Tel. 018-860-1831)

いて、鹿角市では、105.5mmの観測史上1位を更新する時間雨量、仙北市鎧畑84.5mm、同市桜木内66.5mm、と「これまでに経験したことのない激しい雨に見舞われ記録的な豪雨となりました。この豪雨により、仙北市で大規模な土砂災害が発生し、6名の尊い命が失われたほか、大館市、鹿角市などで多数の家屋に浸水被害が発生し、さらには道路の損壊による交通網の寸断、農作物や農地・農業用施設への被害など県民生活や経済活動に大きな打撃を受けました。この豪雨の影響により、農地・農業用施設に及ぼした被害数は2,348箇所にも及び被害金額は4,663,770千円に達する被害が発生しました。



写真－2 土石流が発生し6人の死者がでた仙北市の先達地区



写真－3 復旧後の仙北市先達地区

5) 平成25年9月15日・16日発生台風18号災害の気象概況について、河川の増水やため池の決壊の恐れがあるため県内各地で避難指示、勧告が相次ぎました。この期間の降水量で特に男鹿市北浦では、178.0mmの観測史上最大を記録する時間雨量（鹿角市120.0mm、北秋田市鷹巣139.5mm、藤里町143.5mm）に見舞われ、男鹿市北浦では農業用ため池が決壊し2,653世帯に避難指示が発令されました。また、最大瞬間風速は秋田市山王で23.8m、にかほ市象潟町で20.9mを記録し県内各

地の果樹農家はリンゴやブドウの収穫期を向かえていたため対応に追われた。この台風の影響により農作物や農地・農業用施設への被害など、県民生活や経済活動に大きな打撃を再び受けたものとなった。この豪雨の影響により、農地・農業用施設に及ぼした被害数は840箇所にも及び被害金額は211,850千円に達する被害が発生した。



写真－4 農業用ため池が決壊した男鹿市真山地区



写真－5 復旧後の男鹿市真山地区

### 3. 災害査定状況について

上記記述のとおり近年希にみる大災害の影響から被害状況の把握に多大な労力・時間を費やした。このような状況には生活道路の遮断等あったことから被害現場までの歩いていかなければいけない地区が多数あったことが伺える。尚、災害査定は年明けの1月最終週までかかる結果となった。

### 4. 考察

当県では農村災害ボランティア会を平成19年に設立し、被害状況の把握から災害復旧申請までの設計書作り等を支援しているが、現在の登録者数は約107名ほどとかなり少数となっているため、早急な復旧が求められるため、未経験者でも躊躇することなく登録をお願いしたい。

## マニュアルの作成について

－ 補修・補強工事に関するマニュアル【開水路補修編】（案）の経験から －

野 村 栄 作\*  
(Eisaku NOMURA)

### 目 次

1. はじめに .....	10	4. 補修材料・工法の性能照査と品質規格.....	12
2. 本マニュアルが扱う範囲 .....	10	5. マニュアル策定に当たっての心がけ .....	14
3. 補修材料・工法に求める性能 .....	10	6. おわりに .....	14

### 1. はじめに

これまでに整備された農業水利施設の多くは当初の経済的耐用年数を経過し、更新の時期を迎えてきている。農林水産省では、これらの施設を単に更新するのではなく、既存施設の有効活用や施設のライフサイクルコストの低減化を図るため、様々な材料・工法を用いた補修による長寿命化対策を行っている。

コンクリート開水路における補修工事としては、その性能低下状況、変状（ひび割れ、摩耗等）や発生要因に応じて、表面被覆工、ひび割れ補修工、断面修復工及び目地補修工等が行われている。しかしながら、その品質管理、施工管理については、材料・工法の開発メーカー等が独自に設定した品質管理方法、施工管理方法に基づいて行われており、必ずしも農業用開水路の特性を考慮したものとはなっていないものも見受けられる。このため、開水路の補修・補強工事を適切に行うために参考とする技術図書の整備が喫緊の課題となっていた。

「農業水利施設の補修・補強工事に関するマニュアル【開水路補修編】（案）」（以下、本マニュアルと示す）は、平成21年から策定に向けた検討を進め、平成25年10月に公表したものである。

本稿では、マニュアル策定時の経緯と主な検討課題等を記すことにより、読者の本マニュアルに対する理解を深めることとしたい。また、マニュアルの策定とは技術の標準化を行うことであるが、ストックマネジメントに係る技術のような開発途上にある技術の標準化を行うに当たって留意しなければならない諸問題を明らかにするものである。

### 2. 本マニュアルが扱う範囲

本マニュアルでは、コンクリート開水路が有すべき性能のうち主に耐久性と通水性の回復・向上を目的とし、その補修工事に使用する材料・工法に求める性能と性能照査方法、及び規格値等を取りまとめた。

開水路が有すべき性能のうち構造的耐力（力学的安全性能）の回復・向上を目的とする補強工事については、本マニュアルでは概要を示すのみにとどめた。それは、①コンクリートの劣化、欠損及び鉄筋腐食等が構造的耐力に対してどのような影響を及ぼすかを評価する手法が一般化されていないこと、②補強工事は個々の現場において生じている変状及び複雑な現場条件に即して構造解析等の詳細な検討を行い実施すべきもので個別案件的要素が強いこと、及び③以上のことから補強工法についてのマニュアル作成は困難であり、時期尚早と判断したからである。

また、性能低下状況や変状に応じて補修工法を選定する手法について、本マニュアルでは扱っていない。そうした補修工法の選定を提示するためには、開水路で実際に生じている変状に関する情報を分析整理し、それに対応させるためにはなお情報が不足しており、更なる情報の収集と検討期間が必要と考えられたからである。さらに、補修工法の選定については、平成23年に作成された「農業水利施設の長寿命化のための手引き」（以下、「長寿命化の手引き」と示す。）に一定程度の記載がある一方で、現場においては補修工事の施工が急速に増加し、施工管理に必要な技術的な指針が強く求められていたこともあった。

### 3. 補修材料・工法に求める性能

#### （1）施設の性能と補修工法の性能

補修工法の検討に当たっては、「補修工法に求める性能」を設定しなければならない。この性能は、「施設（開

\* 関東農政局土地改良技術事務所 技術調整官  
(Tel. 048-254-0511)

水路) が有すべき性能」とは区別され、施設の性能低下状況とその要因に応じて設定する必要がある。

イメージのし易い通水性の低下を例に挙げてみよう。「開水路が有すべき性能」の一つの通水性については、摩耗によってコンクリート表面の平滑性が損なわれた場合、一定水位における流量が減少するか、一定流量における水位が上昇し、著しい場合には既設断面で安全に必要な水量を流下させることが困難となるというような現象となって性能の低下が現れる。

低下した通水性を回復するためには、水路側壁の嵩上げにより必要な通水断面を確保するか、表面被覆工によりコンクリート表面の悪化した粗度を回復することが行われる。表面被覆工の場合、既設の通水断面、水路勾配から必要水量を流下させるための粗度係数を逆算し、各工法が有している粗度係数を参考に、流下を満足させる工法を選定する。通水性の回復が補修工の効果であり、粗度係数が「補修工法に求める性能」の一つとなる。

ここで留意する必要があるのは、補修工の検討に当たって、単に当初の性能の低下に着目するだけではなく、現時点における「開水路が有すべき性能」を基本とすることである。地域の営農状況、水利用状況の変化等によっては、施設整備当初よりも必要水量が減少し、通水性の回復が補修工の主目的とならない場合も当然考えられるからである。こうした計画論的な視点は、個々の補修を要すべき箇所やその修復を検討する前提として重要である。

### (2) 補修の効果が期待される期間

補修工の目標は、その効果(「補修工に求める性能」の発揮)により、低下していた施設の性能が回復されて「施設の耐用年数」の延長が図られること(長寿命化)である。

ただし、当該補修工事により「施設の耐用年数」をどれだけ伸ばせるのかを表現することは困難である。既設構造物の状態(変状、劣化の程度)、施設の置かれている環境及び補修工事の効果(劣化因子侵入抑制)等が複合的に作用するためであり、現状の技術レベルでは、それらを一般化して設定することは困難である。このことから、本マニュアルでは耐用年数について言及せず、補修工の検討に当たって目安となる「補修の効果が期待される期間」を設定することとした。

「補修の効果が期待される期間」の設定に当たっては、様々な製品の材質によって異なる耐候性等を指標に材料毎の特性に応じて設定するのも一つの方法である。しかし本マニュアルでは、国営施設機能保全事業等で補修工が行われることを想定し、10年程度の事業期間中に表面被覆材が剥がれ落ちて再補修を行うようなことがあってはならないことを基本として、その期間を20年程度と設定した(20年保たないような材料工法は対象としない)。ただし、表面被覆工にお

るパネル工法、目地補修工における成型ゴム挿入工法等については、品質の安定した工場二次製品であることや材料試験における促進耐候性試験の結果等から、その期間を40年程度としている。

### (3) 補修工法に求める性能

「補修工法に求める性能」は、標準的な補修工事に共通して求められる「基本的性能」と、寒冷地における耐凍害性等のように、個々の現場における施工条件や環境条件に応じて求められる「個別的性能」に区分される(表-1)。

表中の空欄は以下の理由で現時点で検討の対象とならないもしくはできない性能である。

- ①対象の工法が、その性能を有していることが自明であり、照査の対象とする必要がない。
- ②対象の工法が、その性能を有していない。
- ③対象の工法において、当該性能に係る照査方法が確立しておらず、現時点では照査することができない。

表-1 補修工法別の基本的性能と個別的性能

要求性能項目		表面被覆工法						ひび割れ補修工法		断面修復工法	目地補修工法
		無機系	有機系	パネル		シート		無機系	有機系		
				接着方式	アンカー埋め込み式	敷き詰め工法	成型ゴム挿入工法				
構造機能	中性化抑止性	○								□	
	耐候性		○	○	○		○				○
	付着性	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	耐摩耗性	○	○	○	○	○	○				□
	一体化性	○									○
	寸法安定性	○									○
	耐凍害性	□					□				□
水理機能	ひび割れ追従性		○					○			
	通水性	□	□	□	□	□	□				
	止水性										○

基本的性能(○)：標準的な工事に共通して求められる性能。  
 個別的性能(□)：施工条件や環境条件などにより個々の工事に個別に求められる性能。

例えば、①に該当するものとして無機系表面被覆工に係る「耐候性」が挙げられる。耐候性は、紫外線、温度等に起因する補修材料の劣化に対する抵抗性であり、補修の効果が期待される期間中に劣化しないことが求められる。ポリマー含有量の少ない無機系の材料は紫外線等による劣化が生じないと考えられるため、照査の対象としていない。

②に該当するものとして無機系表面被覆工に係る「ひび割れ追従性」が挙げられる。気温の変化に応じて幅が変動するひび割れがある場合には、補修材にもその変動に対して割れずに追従する性能が必要であるが、一般的に無機系のもののひび割れ追従性は極めて小さく、その性能を期待することは非現実的と考えら

れる。

③に該当するものとして有機系表面被覆工に係る「寸法安定性」が挙げられる。寸法安定性は、乾燥収縮、硬化収縮及び温度変化に伴う長さ等の変化が小さく安定している性能であるが、有機系の被覆材には確立した試験方法及び評価方法がない。

#### 4. 補修材料・工法の性能照査と品質規格

表-1に示した性能が確保すべき品質水準にあることを確認するための照査方法及び品質規格値を以下のように設定した。

##### (1) 中性化抑止性

中性化抑止性は、水路の躯体コンクリートの中性化の原因である二酸化炭素がコンクリート内部へ侵入することを遮断または抑制し、コンクリートの中性化速度を遅らせ、鉄筋腐食に対する耐久性を回復するものである。

表面被覆工のうち無機系のものでは、材料自体の経年的な中性化を避けることが難しい。このため、中性化の発生は許容するが中性化速度（一定期間内の中性化深さ）を一定の限界値以下に制限することが求められる。

無機系の表面被覆工の多くは厚さ5～6mmで施工されていることから、中性化の進行が20年間（効果の期待される期間）に被覆厚さの範囲内に留まるように、中性化深さの限界値（品質規格値）を施工厚さ以下の5mmと設定した。性能照査は中性化促進試験によるものとし、促進試験より得られる中性化速度係数（5mm/20年に相当する）も併せて規格値として設定した。

無機系表面被覆工以外の工法について、例えば有機系のは、材料自体は中性化するものではないので、材料が二酸化炭素の透過を阻止できるか否かが問われることになる。しかし、無機系以外の工法においては、普通に施工されれば中性化を十分に抑止するに足る透過阻止性を有しているものと考え、中性化抑止性にかかる照査を省略することとした。ただし、長期間供用された有機系材料の透過阻止性については十分なデータがないため、この仮定の正しさ等については今後、モニタリング調査等により検証していくことが必要である。

要求性能項目	品質項目	照査方法	品質規格値(案)
中性化抑止性	中性化速度	JIS A 1153 (4週間)	中性化深さ5mm以下 中性化速度係数 18mm/年以下

##### (2) 耐候性

耐候性は、紫外線や温度等に起因する材料の劣化に対する抵抗性である。

有機系材料についてはその抵抗性をJISに定める促進耐候性試験によって照査するものとし、規格値は促

進試験後に膨れ、ひび割れ等の外観上の変状が生じないこととした。

目地補修工のうち目地成型ゴム挿入工法においては、成型ゴムはオゾンによる劣化を生じることからJISに定める耐オゾン性試験により照査することとした。

また、ゴムは大気に露出する表面に引張り応力が生じるとオゾン劣化が生じやすくなるため、設置後の温度変化等による目地幅の変動を受けて露出表面に引張り応力（歪み）が生じないことを試験あるいは解析によって照査するものとした。

ただし、この照査方法は成型ゴムの形状による影響が大きく、一定の形状以外では引張り応力が生じてしまい、この照査方法のみでは特定の製品（形状）を指定するものになってしまう。このため、当該製品と同種のゴムは引張り応力下の条件で供用され、供用期間中に著しい製品（材料）の性能低下が生じていないことが実績として確認できる場合には、その製品を使用可能と判断するもう一つの照査方法を設定した。しかしながら、マニュアル策定時点では、この方法により具体的に照査を行った者もなく、一定の試験要領案を策定するまでには至らなかった。ただし、重要な照査項目であること、及び試験要領案の早期策定を促す観点から、その概要を本マニュアルに示した。

要求性能項目	品質項目	照査方法	品質規格値(案)
耐候性	紫外線による劣化	JIS K 6266 (キセノン4,000時間又はサンシャイン2,400時間)	ひび割れ、変色等がないこと
耐オゾン性	オゾンによる劣化	JIS K 6259 (オゾン濃度50pphm、40℃、96時間、50%引張歪み)	JIS K 6259附属書1による き裂の評価で、A・1を限度とする
	成型ゴム露出表面の 応力状態 (引張応力)	品質規格I型： FEM解析又は歪み測定  品質規格II型： 歪み測定又はFEM解析等並 びに同種ゴムの屋外におけ る実績	FEM解析又は歪み測定にお いて、成型ゴム露出表面に 引張応力（又は引張歪み） が働かないこと  歪み測定又はFEM解析等に おいて、成型ゴム露出表面 に働く引張応力（又は引張 歪み）が、同種ゴムの屋外 における実績以下であるこ と

##### (3) 付着性

付着性は、補修材が水路の躯体コンクリートから剥離せずに補修材が目的とする性能を安定して発揮するための性能である。

照査方法は、水路が置かれる環境条件を想定して供試体の養生条件を変えることとし、規格値は他機関のものを参考に下表のとおりとした。

要求性能項目	品質項目	照査方法	品質規格値(案)	
付着性	付着強度	JSCE-K 561 (乾湿・温冷繰返し 回数は10サイクル)	標準条件	1.5N/mm <sup>2</sup> 以上
			多湿条件	
			低温条件	
			水中条件	1.0N/mm <sup>2</sup> 以上
			乾湿繰返し条件	
温冷繰返し条件				

表に示した試験は、性能照査の対象となる被覆材を標準養生のコンクリート基板に塗布したものであるため、被覆材の下地となるコンクリート強度の影響を受けずに、ほとんどの被覆材が

この品質規格値を満足するものとなった。

しかし、実際の施工現場における施工管理試験の規格値（付着強度：1.0N/mm<sup>2</sup>以上）を設定する際には、課題となった。

開水路の側壁については多くの現場で1.0 N/mm<sup>2</sup>以上が比較的容易に得られているが、底版では表層コンクリートの脆弱化の進行により1.0 N/mm<sup>2</sup>以上を得ることに苦労している現場が少なからずあった。このため、「開水路の底版のようところで建築の外装材の規格値（0.7 N/mm<sup>2</sup>以上）よりも強い付着力が必要なのか」、「側壁と底版の規格値を別に設けるとダブルスタンダードになり混乱を招く」、「底版は側壁に比して表面の脆弱化が進んでいるため別に考えるべき」等の多くの意見が検討時点で寄せられた。しかし、1.0 N/mm<sup>2</sup>以外の数値を設定する具体的な根拠も見出せなかったことから、これまでの実績を踏まえて安全側の値を設定した。なお、この件についてはストックマネジメント技術高度化事業で検証を進めている。

#### (4) 耐摩耗性

開水路で生じている摩耗は比較的脆弱なモルタル分がコンクリート表面から選択的に削り取られ粗骨材が露出・剥落するような摩耗である。

このような摩耗メカニズムは、転石等によってコンクリート表面が粗骨材も含めて一様に削り取られるような摩耗とは異なるため、開水路特有の摩耗現象に対する抵抗性を照査できる試験方法として島根大学で開発された水砂噴流摩耗試験を採用することとした。

水砂噴流摩耗試験機は他の試験機関等にはないことから、より一般的な照査方法とするためにJISに定める摩耗試験等によって代用できないかが課題となった。しかし、JIS試験では開水路で発生する選択的摩耗現象を再現することができず、水砂噴流摩耗試験との適当な相関も得られなかったため、他の試験方法による照査については採用を断念した。

要求性能項目	品質項目	照査方法	品質規格値(案)
耐摩耗性	摩耗深さ	表面被覆材の水砂噴流摩耗試験(案) (材齢28日、10時間経過後)	標準供試体に対する平均摩耗深さの比が 無機系：1.5以下 HPRFRC：2.5以下 有機系：0.5以下

#### (5) 一体化性

一体化性とは、既設躯体と補修材が密着し温度変化及び外力作用時に一体的に挙動する性能とされているが、温度変化に伴う挙動（線膨張係数の違いによるひび割れ、剥がれ等）に対しては付着性能試験の温冷繰り返しで照査がなされている。

このため、本マニュアルでは一体化性を「施工後に補修材が単独で破壊しない性能」と定義し、無機系の表面被覆材、断面修復材においては既設躯体と同程度の強度特性を有していることを照査することが望まし

いとした。

本マニュアルでは外力作用時の力学的挙動について構造的耐力の回復（補強）を対象とせず直接的には触れてはいるが、特例的な事項となった。

要求性能項目	品質項目	照査方法	品質規格値(案)
一体化性	圧縮強度	JSCC-K 581（28日間養生）	21.0N/mm <sup>2</sup> 以上

#### (6) 寸法安定性

寸法安定性は、材料の乾燥収縮、硬化収縮及び温度変化に伴う寸法の変化が小さく安定している性能である。

柔軟性を持たない無機系材料では、寸法変化が大きいとひび割れ発生の原因となる。特に薄厚の表面被覆工にあっては、乾燥収縮によるひび割れが生じやすい。このことから、無機系の表面被覆工及び断面修復工については、JIS試験による長さ変化率を用いて照査を行うこととした。

要求性能項目	品質項目	照査方法	品質規格値(案)
寸法安定性	長さ変化率	JIS A 1129	0.05%以下

#### (7) 耐凍害性

耐凍害性は、寒冷地における凍結融解の繰り返し作用による補修材の劣化に対する抵抗性能であり、水分を含む無機系材料を対象としてJIS試験による照査を行うこととした。

ただし、表面被覆材における凍結融解作用は表面からだけでなく、躯体背面からの水分補給によっても生じる。この場合には、補修材料そのものの劣化に加え、被覆材と躯体の付着性能の低下が課題となるが、躯体背面から表面への水分移動と表層部の凍結融解の繰り返しを適切に再現する試験方法が開発途上であったため、本マニュアルにおける採用については見送り、その適用性の評価及び採用については今後の課題とした。

要求性能項目	品質項目	照査方法	品質規格値(案)
耐凍害性	相対動弾性係数	JIS A 1148（A法300サイクル）	85%以上

#### (8) ひび割れ追従性

ひび割れ追従性は、補修材が躯体のひび割れの挙動に追従する性能である。

新たなひび割れの発生（ゼロスパンテンション）に対しては追従性能を評価することが一般的であるが、本マニュアルでは、ひび割れ幅が温度変化等により日々又は年間を通して繰り返し変化する動的な挙動に対する追従性能についても性能照査の対象として繰り返し試験を設定した。なお、ひび割れ追従性を期待できない無機系材料は性能照査の対象外とした。

要求性能項目	品質項目	照査方法	品質規格値(案)
ひび割れ透過性	伸び量	JSCE-K 532 (標準状態)	中道従: 0.4mm以上 高道従: 1.0mm以上
	伸び量 (繰返し条件下)	JSCE-K 532 (標準状態, 初期変位 0.2mm, 伸縮 ±0.1mm, 変位速度 1.0Hz, 繰返し回 数 7,300回以上)	塗膜表面に破断がない こと

### (9) 通水性

通水性は、計画最大水量を安全に流下できる性能である。

塗布型の表面被覆工の場合、一般的に著しい通水断面の縮小はなく、表面粗度は改善されることから、通水性が問題となることはないと考えられる。しかし、著しい断面縮小、粗度の改善に期待する通水量の増加、あるいは粗度の改善による水位の低下が懸念される場合には、設計段階において照査することが必要となるが、通水性の照査については確立した方法がない。

一方で、補修工事が通常の施工管理の範疇で行われる限りにおいては通水性が問題となることは少ないことが現場の実態から明らかであった。

そこで、通水性は「施設（開水路）が有すべき性能」の一つとして存在するが、現場の水利システムの実態及びその運用に強く影響を受け、材料・施工において「平滑性」等に対する規格値で規定することは難しく、問題がある場合には個別に検討するものとして、マニュアルでは常識的な記載にとどめ、具体的に記載する必要が生じた時に追加することも検討すべきとした。

これらのことから、本マニュアルでは通水性について「補修工法に求める性能」に関する全般的な説明の中では扱っているが、材料・工法別の説明の中では扱っていない。

### (10) 止水性及び脱落抵抗性

目地材の止水性能及び脱落抵抗性にかかる試験概要及び規格値については、他機関における同種材料の水密性に係る考え方を参考に下表のとおりを設定した。

具体的な試験要領については、メーカー各社が独自に行っている試験方法を取りまとめ、調整を図った上で作成することとしていたが、マニュアル策定時点では具体的試験要領を定めるまでには至らなかった。このため、本マニュアルの運用に当たっては、任意試験として取り扱うこととした。

要求性能項目	品質項目	照査方法	品質規格値(案)
止水性	水圧による漏水	止水性能試験用のモデル試験体実験 (試験水圧 0.1MPa, 水圧保持時間 3分 間)	漏水が認められない こと
成型ゴムの脱落抵抗性	外力に対する安定	脱落抵抗性試験用のモデル試験体実験	1.0N/mm <sup>2</sup> (MPa) 以上

## 5. マニュアル策定に当たっての心がけ

本稿の冒頭にも述べたように、マニュアルを策定するという作業とは技術の標準化を行うことである。本マニュアルでは「求められる性能」とその性能を担保

する品質（規格値）及び照査試験等の手法の対応と整合を旨に策定作業を行った。ストックマネジメントに係る技術のような開発途上にある技術の標準化には、既に普及した技術と異なる注意が必要である。工法や材料の開発が研を競ってあるいは試行錯誤で行われている状況にあつては、「標準」や「規格」という一定範囲に収斂するとは限らないからである。

筆者は、マニュアル等を検討する場合には、以下のようなことについて留意する必要があると考えている。

- 1) マニュアルは技術図書であるから、技術的なこだわりを持つことは当然必要であるが、試験研究ではないので度を越したこだわりは無用であり、あるレベルでの割り切り、判断が求められる。
- 2) 割り切りのためには、日々の情報収集と適切な技術的評価が不可欠であり、多くのチャンネルを持つように努めることが重要。
- 3) 成功、失敗に係わらず現場での適用実績に勝るのはなく、それらを踏まえて技術的な検討が行わなければならない。また、適用実績・データを蓄積することにより、適宜、見直しを行うことが不可欠。
- 4) また、以上のことを標語的に示すと以下のとおり。
  - ・省略できるものは省略する。
  - ・使えるものは使う。
  - ・無理なものは無理。
  - ・分からないものもある。
  - ・理想でなく現状を踏まえて。
  - ・何事も情報収集／確認から。
  - ・不具合は現場で起きている、現場に即して。
  - ・実績に勝るものはなし、最後は実績。

## 6. おわりに

筆者は平成 25 年 4 月から本マニュアルに携わっていることから、それまでに行われた技術検討委員会等には参加しておらず、議事録等を参考としたものの多分に私見が入り混じっている。ご容赦願いたい。

現在、関東農政局土地改良技術事務所技術支援センターでは、「補修・補強工事に関するマニュアル【パイプライン編】」の作成及び「農業水利施設の長寿命化のための手引き」の改訂について検討を進めており、これらの知見を活かしたいと考えている。

本マニュアルは、技術図書としての性格上、現場で活用していく中で運用上の課題や新たな知見に対応した改訂を適宜行っていくものと考えており、ご意見等があればいつでもお寄せ願いたい。

最後に、本マニュアル作成に係わった方々の労苦を十分に伝えることが出来なかったのではないかとはいいますが、技術検討委員会委員及び作成に係わった多くの関係者の方々に感謝申し上げます。



# ブロック積護岸における表面被覆工法の適用

霜 鳥 岳\* 小 森 裕 生\* 吉 村 拓 良\*  
 (Takeshi SHIMOTORI) (Hiroo KOMORI) (Takurou YOSHIMURA)

## 目 次

1. はじめに .....	15	4. 表面被覆工の施工について .....	17
2. 事業実施地区の現況と課題 .....	16	5. おわりに .....	18
3. 表面被覆工法の選定 .....	16		

### 1. はじめに

水利施設整備事業（基幹水利施設保全型）南加賀地区は、石川県の南西部に位置し、平成21年度より排水機場16箇所、水路16路線（31km）の機能診断を行い、平成24年にポンプ場1機場と水路2路線4,929mで対策工事を進めている。今回紹介する、九龍橋川排水路

は、1級河川梯川左岸の農業用排水路で、梯川から取水し、梯川左岸の農業用水のみならず、小松市の主要市街地とその周辺農地の排水機能を有する用排兼用の基幹的水路である。当水路は、ブロック積の護岸で、底版はコンクリートであり、設置から50年以上が経過している。（図-1）



図-1 位置図

\*石川県南加賀農林総合事務所  
 (Tel. 0761-23-1705)

## 2. 事業実施地区の現況と課題

### (1) 周辺環境

九龍橋川排水路は、小松市打越町、沖町、園町等の市街地を流れるため、これらの地区の雨水排水等の受け入れの役割も担っている。施工当時の背後地は、農地であったが開発により建物や駐車場が水路に隣接して建てられたことによって、現在では、降雨があれば急速に水位が上昇し、特に近年のゲリラ豪雨ではそれが顕著である。(写真-1)



通常時



豪雨時

写真-1 九龍橋川比較写真

### (2) 機能診断調査・評価

機能診断調査は、当該路線を概ね200m程度のユニットに区切り、さらにユニットを10mスパン毎に細分化し調査を行った。

調査の結果、全路線にわたり、既設ブロック積にハラミ・折損等の損傷が認められ、「劣化が見受けられるが進行を遅らせる補修工事が可能な状態である」のS-3判定と診断され補修が必要であるとの評価となった。(写真-2)



写真-2 損傷状況

### (3) 課題

九龍橋川排水路は全路線においてS-3判定がされており、当初計画では補修工法に当てコンクリート(図-2)を計画していた。しかし、前述した課題を踏まえ、当てコンクリートでの施工を検討したところ、通水断面の縮小により、更なる水位上昇の恐れがあった。また、護岸を高くすることは、水路に建物等が近接している背後地への影響が大きいため、本工区では当てコンクリートの採用が困難であり、既設水路断面を極力縮小しない工法の選定が求められた。

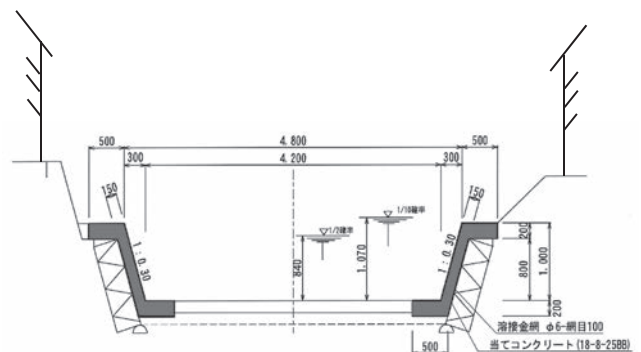


図-2 当てコンクリート参考図

## 3. 表面被覆工法の選定

既設水路断面に影響を与えない工法として表-1の3工法が考えられた。

第1案のパネル接着工法は、コンクリートパネルを既設護岸に貼り付ける工法であり、パネルはアンカーで既設護岸に打ち込み固定させる。しかし、本工区の既設ブロック積護岸は空積みで施工されているためアンカーの定着深さを確保できないことから本地区での採用は見送られた。第2案の表面被覆工法(図-3)には、有機系と無機系の2種類の案が考えられた。有機系はスプレーでの吹き付け工法となるため第1案のパネル接着工法や表面被覆工法の無機系に比べ施工性に優れている。

表-1 補修工法の選定

工法	第1案：パネル接着工法	第2案：表面被覆工法	
		第2-1：有機系	第2-2：無機系
工法概要	既設コンクリートに高耐久性レジンコンクリートパネルを貼り付ける。また、パネルは既設護岸にアンカーを打ち込み止める。	樹脂を吹き付け、強固な被膜を瞬時に形成させる。	摩耗や浸食を受けた躯体表面にポリマーセメントモルタルを塗布し、水密性などの機能の回復向上を図る。また、現状以上の変状を抑制するために、シート補強も行う。
長所	①耐摩耗性・耐候性に優れる。 ②耐用年数が高い。	①水理的影響が少ない。 ②施工性に優れる。	①水理的影響が少ない。 ②有機系に比べ耐候性に優れる。 ③湿潤面での施工が可能。
短所	①背面が空洞のためアンカーで固定できない。 ②通水断面積を小さくしてしまう。	①耐候性に劣る。 ②湿潤面での施工ができない。	①有機系に比べ、柔軟性に劣る。
判定	×	△	○

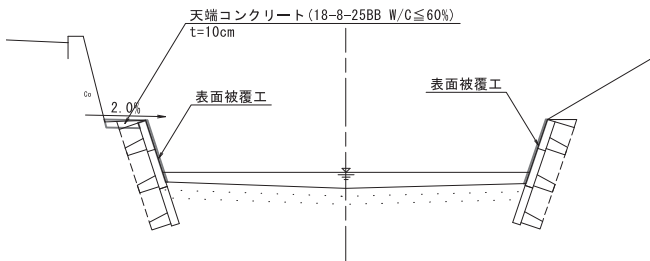


図-3 表面被覆工法参考図

しかし、湿潤面への施工が不可能であるという短所があるため、周辺の排水が流入する水路内での工事となる本地区では、施工が困難であり採用は見送られた。一方、表面被覆工法の無機系は湿潤面での施工も可能であり、厚さ数センチのポリマーセメントモルタルを既設護岸に塗布するもので水理的影響もほとんどない。以上のことから本地区では無機系表面被覆工法を採用することとした。

#### 4. 表面被覆工の施工について

表面被覆工法は、これまで、コンクリート三方張水路への補修工法として取り入れられてきた。しかし、本地区は空積のブロック積護岸のためコンクリート水路に比べると、ハラミ出しなどの変状が生じやすい。(写真-3) そのため、補修後も既設護岸の変状が進行することが予想され、従来の表面被覆工法では、変状に起因し、新たに施工した被覆面にクラックが発生する恐れがあった。そこで、本地区の表面被覆工法において新たに取り入れた点を以下に示す。

##### (1) 損傷の進行抑制について

ブロック積護岸は、ブロック間のかみ合わせ抵抗による力学的バランスで安定を保持しており、ある程度の変状を生じながら安定する構造物である。そのため、S-3判定診断されている本路線でもハラミ出しや折損等の損傷が見られた。今後も新たに、ハラミ出しや

折損の発生、現損傷の進行などの可能性が考えられたため、それに対する予防対策が必要とされた。

そこで本地区では、主にトンネルや橋梁での補強材料に使われているアラミド繊維メッシュシートを補強材に用いることを考えた。アラミド繊維メッシュシートを貼ることで引張強度を確保し、既設護岸の変状(ハラミ出し)する力を抑えることが可能となり、損傷を軽減することができると考えられた。(写真-4)



写真-3 既設護岸の損傷状況 (ハラミ出し)



写真-4 メッシュシート貼付状況

## (2) 目地の工夫について

本水路の一部区間では既設護岸沿って市道が通っている。ブロック積護岸の場合は、道路擁壁部の目地に沿って伝わる動きに対応できるが、表面被覆では動きを逃がすことができずクラックの発生が懸念された。また、既設護岸に損傷がみられる箇所においても、被覆面にクラックの発生が想定された。(写真-5)

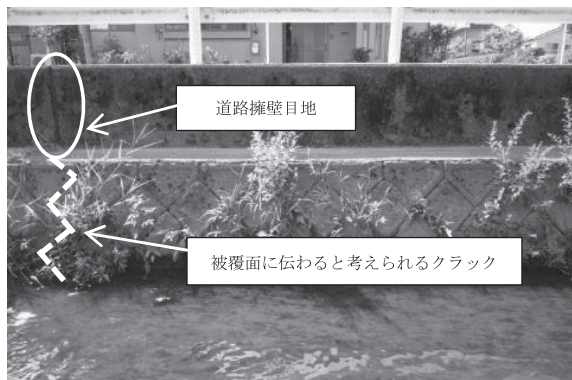


写真-5 既設護岸現状写真

そこで目地に以下のような工夫を行った。表面被覆工法の目地は、ブロック積と同様に10mピッチに設置することを標準としているが、当区間においては、背後の既設擁壁に目地が存在している箇所には、必ず表面被覆にも目地を設けることとした。(写真-6) また、目地の形状についても、写真-3の様にハラミ出しなど既設護岸の変状が確認される箇所には、通常の縦目地ではなくブロック積の形状やその動きに沿った形で目地を施工した。(写真-7) この追加目地により動きに対して逃げ場を与えることになるので、ひび割れの発生が防げると考えた。目地を追加施工した区間については現段階ではクラックの発生は確認されていない。



写真-6 目地注入状況

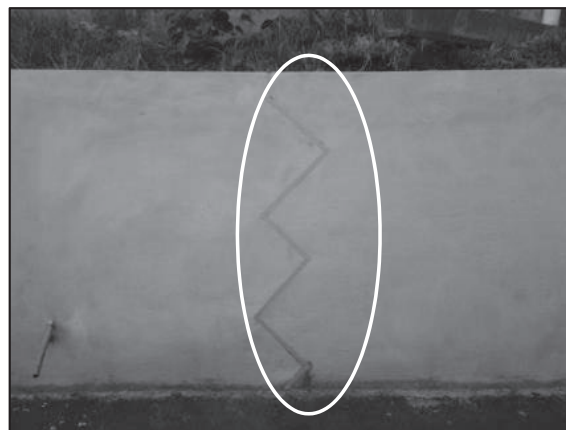


写真-7 既設ブロックに合わせた目地

## 5. おわりに

今回採用した表面被覆工法はこれまではコンクリート構造物への適用が進められてきたことから、ブロック積護岸への適用は全国的にも例が少なく施工されてからの年数も長くて約10年と短い状況である。今後、経過年数によりどのような変状が見られるか引き続き監視していくとともに、全国的な施工事例を集め、今後の整備につなげていく必要がある。

# 中勢用水地区安濃ダムにおける詳細な堆砂状況の把握手法について

中瀬里志\* 北出直人\* 白石真\*\*  
 (Satoshi NAKASE) (Naoto KITADE) (Makoto SHIRAISHI)

## 目 次

1. 地区及び事業の概要	19	5. 航空レーザー測量	22
2. 安濃ダムの概要と堆砂対策計画	19	6. 堆砂量計算	23
3. 堆砂量の急増	20	7. おわりに	24
4. マルチビーム測深	20		

## 1. 地区及び事業の概要

中勢用水地区は、三重県のほぼ中央に位置する津市及び亀山市の2市にまたがる受益面積約3,100haの水田地帯であり、水稲を基幹として小麦、大豆を組み合わせた土地利用型の水田農業が定着しているほか、キャベツ等の野菜、さつき等の花木、みかん等の果樹等、多様な農産物の生産が行われている。



図-1 中勢用水地区位置図

本地区の基幹的な農業水利施設である安濃ダム、第三頭首工、基幹水路等は、国営中勢用水土地改良事業（昭和47年度～平成2年度）により造成されたが、近年、施設の老朽化やダム貯水池内堆砂の想定以上の進行により施設機能の低下、維持管理への負担増が生じてきた。

このため、平成24年度から国営施設機能保全事業に着手（平成33年度まで）し、安濃ダムの堆砂対策、

第三頭首工や基幹水路等の改修を行い施設の長寿命化を図り農業生産の維持及び農業経営の安定に資することとしている。

## 2. 安濃ダムの概要と堆砂対策計画

### (1) 安濃ダムの概要

安濃ダムは、本地区の水源として平成元年11月に完成した総貯水量10,500千m<sup>3</sup>の重力式コンクリートダムであり、主な諸元は以下のとおりである。

表-1 安濃ダム諸元

位置	三重県津市芸濃町河内地区
河川名	2級河川安濃川
集水面積	27.5km <sup>2</sup>
堤高	73.0m (天端標高 EL174.50m)
堤長	212.0m
堤体積	246,400m <sup>3</sup>
洪水吐	鋼製ラジアルゲート 設計洪水量：730m <sup>3</sup> /s
貯水池	総貯水量：10,500千m <sup>3</sup> 有効貯水量：9,800千m <sup>3</sup> 満水面積：0.49km <sup>2</sup>



写真-1 安濃ダム

\*東海農政局木曾川水系土地改良調査管理事務所  
 中勢支所 (Tel. 059-213-9350)  
 \*\*東海農政局木曾川水系土地改良調査管理事務所  
 保全整備課 (Tel. 052-761-3197)

## (2) 計画堆砂量と堆砂の進行状況

安濃ダムの計画堆砂量は、流域の地形地質などを考慮して比堆砂量  $300\text{m}^3/\text{km}^2/\text{年}$ 、供用年数 80 年の  $660\text{千}\text{m}^3$  ( $300\text{m}^3/\text{km}^2/\text{年} \times 27.5\text{km}^2 \times 80\text{年}$ ) で計画された。

しかし、供用開始後 21 年経過した平成 22 年の堆砂量は計画堆砂量  $660\text{千}\text{m}^3$  の 90% となる約  $586\text{千}\text{m}^3$  に達し、計画の 3.5 倍のスピードで堆砂が進行している状況である。このまま放置すると、供用年数 80 年を迎える年には、堆砂量が  $1,240\text{千}\text{m}^3$  に達すると想定される。

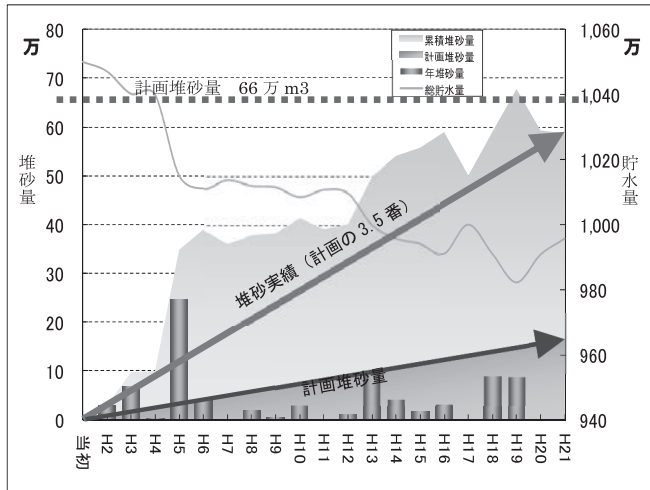


図-2 堆砂量の経過

このため、本事業では、ダム機能を保全するため、供用残期間（今後 60 年間）を見据えた計画的かつライフサイクルコストの低減に資するため、①貯砂堰堤を築造し土砂の流入抑制及び捕捉した土砂の計画的除去、②貯砂堰堤を通過した土砂等貯水地内堆積土砂の計画的除去を実施する安濃ダム堆砂対策を採用し事業を進めているところである。（供用期間中の堆砂除去量約  $59\text{万}\text{m}^3$ 、内本事業期間の堆砂除去量  $13\text{万}\text{m}^3$ ）

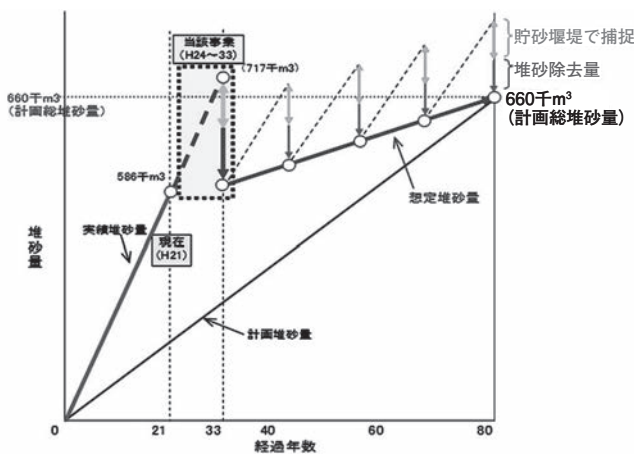


図-3 堆砂対策機能保全シナリオ

## 3. 堆砂量の急増

安濃ダムは、三重県に管理委託しており、毎年貯水池内に設けた横断測線（計 17 測線）において深浅測量を行い堆砂量を算出している。

平成 24 年には、台風 17 号接近（9 月 30 日）に伴い歴代 2 位となるダム流入量約  $354\text{m}^3/\text{s}$ 、最大時間雨量  $90\text{mm}$  が観測されるなどの状況の中、平成 23 年の堆砂量  $598\text{千}\text{m}^3$  から約  $470\text{千}\text{m}^3$  増の  $1,074\text{千}\text{m}^3$  もの堆砂量が確認され、計画堆砂量を大きく超過する結果となった。

このため、平成 25 年度に貯水池内の詳細な堆砂量及び堆砂形状を把握するため、マルチビーム測深機を用いた深浅測量と土砂の生産源である流域森林の実態を把握するための航空レーザー測量を実施した。



写真-2 貯水地内堆砂状況

## 4. マルチビーム測深

### (1) マルチビーム測深の特徴

マルチビーム測深は、音響ビームを扇状に連続して多数発射しながら測深を行うことから、湖底地形を面的に 3 次元で表現することが可能となる。

従来の測深方法との比較を図-4（次頁）に示す。

### (2) 計測状況

マルチビーム測深の計測は、貯水池全体の湖底状況を可能な限り把握するため、貯水位が高い出水期後の平成 25 年 9 月 30 日～10 月 2 日にかけて、マルチビーム測深機器を艀装した和船を用いて貯水地内をくまなく航行した。

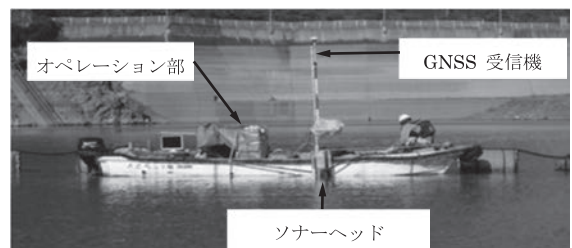


写真-3 作業状況

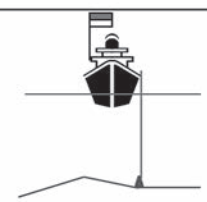

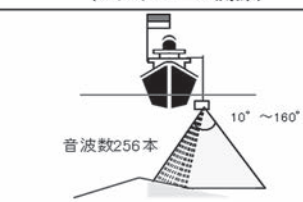

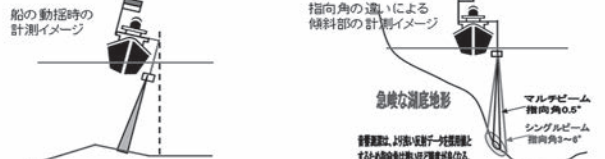
測深方法	レド測深 (H2~H23年)	音響測深 (H24年) (シングルビーム測深)	音響測深 (H25年) (マルチビーム測深)
概要	 <p>【計測方法】 堆砂測線上に沿って船の上から錘が付いた目盛り付きロープにて1点毎に計測する「点的」な測深。 【測点及び船の位置の管理】 測線上に張るワイヤーロープ</p>	 <p>音波数1本 6°</p> <p>【計測方法】 堆砂測線上に沿ってシングルビームで測深。 直下に1本の音波を連続して送受信する「線的」な測深。 【測点及び船の位置の管理】 測線上に張るワイヤーロープ又GPS等で取得。 船の動揺に対しての補正なし。</p>	 <p>音波数256本 10° ~160°</p> <p>【計測方法】 貯水池全体をマルチビームで測深。両舷方向に幅広く、前後方向に狭く扇状に多数の音波を連続して送受信する「面的」な測深。 【測点及び船の位置の管理】 RTK-GNSSでリアルタイムで取得。 船の動揺に対して動揺センサーで自動補正。</p>
精度	<p>・水深が深い場合にロープの湾曲、錘が湖底堆泥中へ沈降した場合の水深が大きめ(堆砂は少なめ)に測定される。 ・観測者の感覚や経験による人為的誤差がある。</p>  <p>ロープのたるみ 湖底堆泥中への沈降</p>	<p>・シングルビーム測深では、船の動揺に対する補正が行われないため、計測位置のズレや、船が傾斜することで水深が大きく取得される。 ・マルチビームは、傾斜部や船の動揺に対しても精度よくデータの取得が可能。 ・音響測深は、もっとも早く帰ってきた反射波(=最も高い地点)を取得することから、1本の音波の幅(指向角)が広いシングルビームでは、傾斜部について浅くデータが取得される傾向。(シングルビーム機器6° :マルチビーム機器0.5°)</p>  <p>船の動揺時の計測イメージ 指向角の違いによる傾斜部の計測イメージ 急峻な湖底地形 マルチビーム 指向角0.5° シングルビーム 指向角3~6° 音響測深は、より低い水深で反射波が戻ってくるため、傾斜部は水深が浅くなる。</p>	

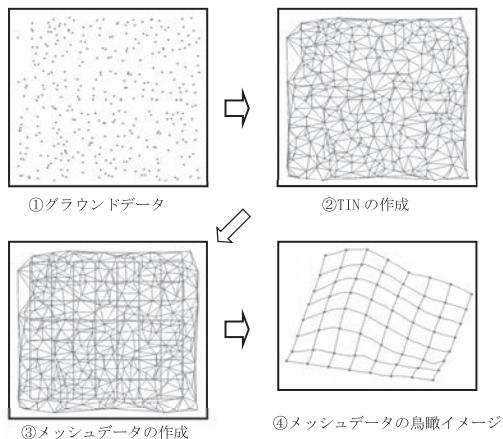
図-4 測深方法の比較



図-5 航跡図

(3) データの作成

マルチビーム測深機で計測、取得したデータは、音速度補正、姿勢データ解析、水位補正、ノイズ除去のフィルタリング作業を行い点群のグラウンドデータを作成し、1mメッシュデータを作成する。



TIN:湖底面の物理的形状を表現し、三次元情報を持った点と線を直線でつないで重複のない三角形の集まり

図-6 メッシュデータ作成イメージ

作成したメッシュデータを基に、地形起伏図や等高線図等の貯水地内地形データや建設当時の地形図データから地形標高の差分を視覚化した堆砂分布図等を作成した。

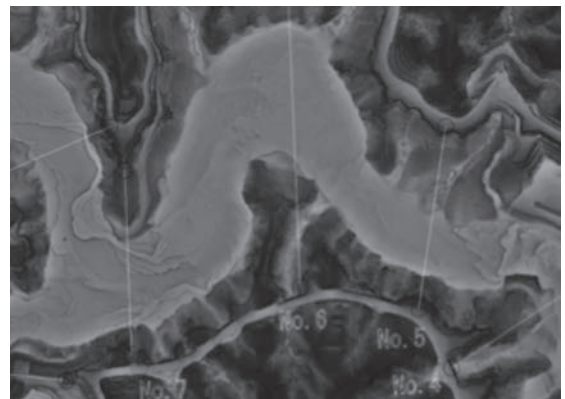


図-7 地形起伏図

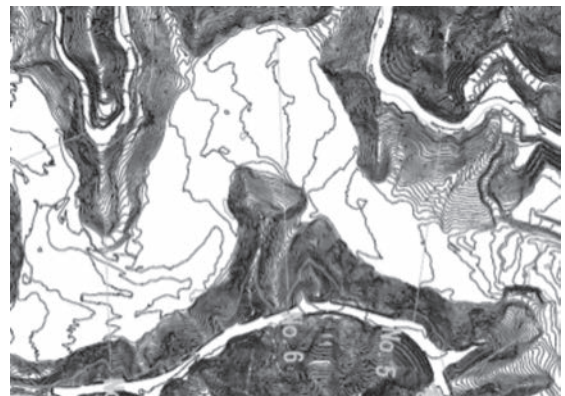


図-8 等高線図

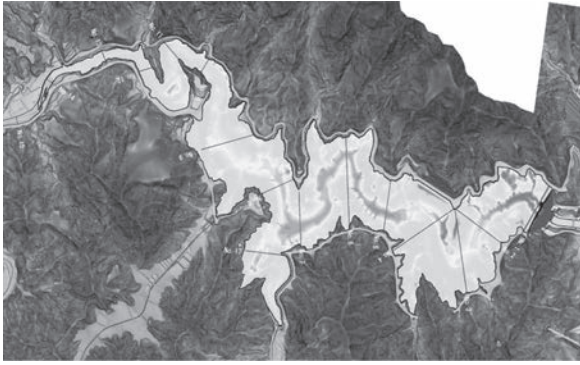


図-9 堆砂分布図

## 5. 航空レーザー測量

### (1) 航空レーザー測量の特徴

航空レーザー測量は、マルチビーム測深では計測が困難な貯水池上流端の浅瀬部や計測時水面直下の傾斜地形の把握及び貯水地内に流入する土砂の生産源である流域の地形、流域内の河川状況を把握することを目的に実施した。

航空レーザー測量は、航空機に搭載したレーザー測距装置等を使用して地表の水平方向の座標 ( $x$ ,  $y$ ), 高さ ( $z$ ) の三次元で計測する方法であり、航空機から発射されるレーザー光 (数十万発/秒) は、樹木の先端部、地表面などで反射し、その波形を記録・解

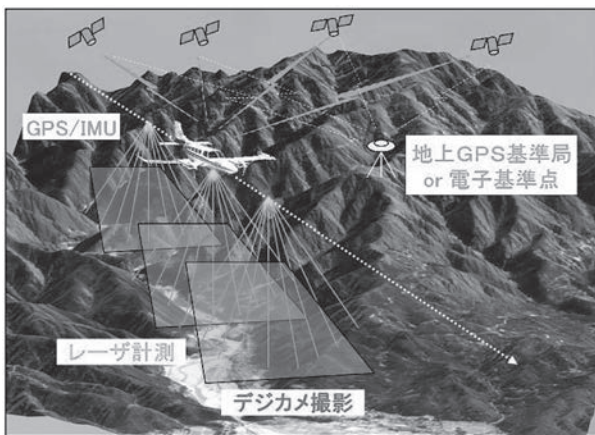


図-10 航空レーザー測量イメージ

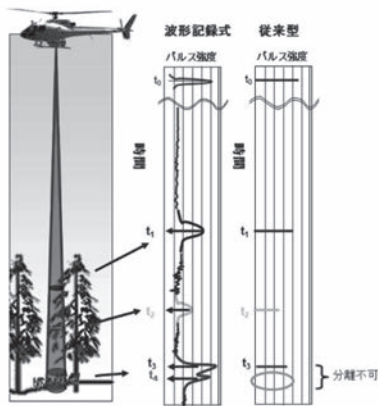


図-11 波形記録イメージ

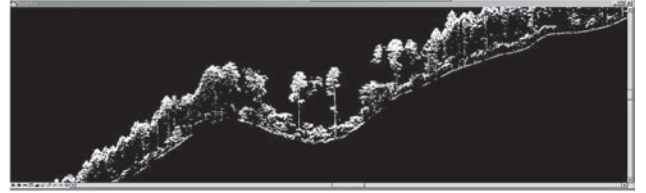


図-12 森林内の植生, 地形データイメージ

析することによりそれぞれの高さが検出出来ることから、従来の航空写真測量では確認が困難であった森林内の植生、地表面の露岩や起伏など高精度な地形データが作成出来る。

また、航空レーザー測距装置にカメラがついているため、同時に画像も取得出来る。

### (2) 計測状況

特に、貯水池内の地形計測は、航空レーザー測量とマルチビーム測深の両データの接合、精度検証を行うため、両者の測量範囲をラップさせる必要がある。

今回の測量時期は、秋季から冬季にかけてのダム貯水水位の回復期に入ることから、貯水位の低い段階で航空レーザー測量を先行して実施(8月7日)し、その後、貯水位が3m程度上昇した時点でマルチビーム測深を実施(9月30日)した。



写真-4 航空機と計測機器



図-13 航空機航跡図 (8月7日)



### (3) データ作成

航空レーザー測量により取得したデータは、流域内に設置した調整用基準点との標高較差を検証し標高調整を行い、オリジナルデータを作成する。また、計測と同時に撮影した写真の歪みを取り除き写真地図を作成する。

オリジナルデータから樹木や建物などを地表面以外のデータを分類、除去（フィルタリング処理）し、グラウンドデータを作成する。

グラウンドデータから前述の「4. マルチビーム測深（3）データの作成」の項と同様にメッシュデータの作成や等高線データを作成した。



図-14 写真地図

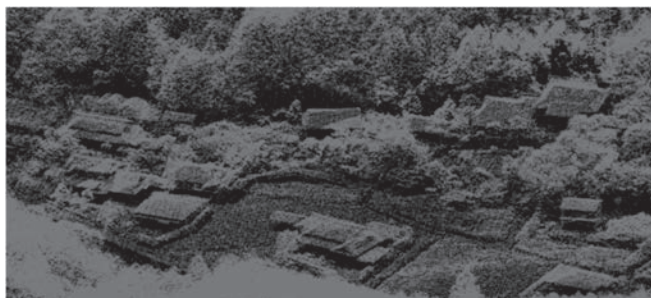


図-15 オリジナルデータ



図-16 グラウンドデータ



図-17 表層（樹木）データと地盤地形データ

### (4) 全体地形図の作成

マルチビーム測深データと航空レーザー測量データを接合し貯水池内及び流域全体の1mメッシュデータを、地形起伏図、傾斜分布図等を作成した。

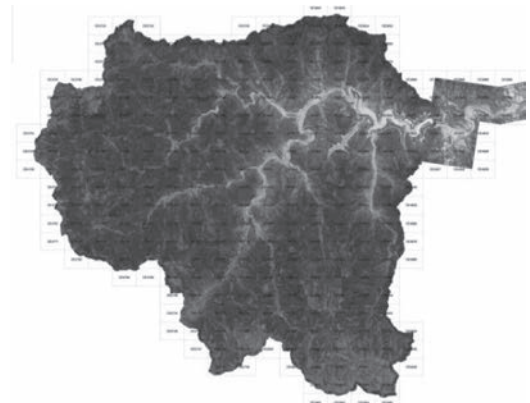


図-18 全体地形起伏図

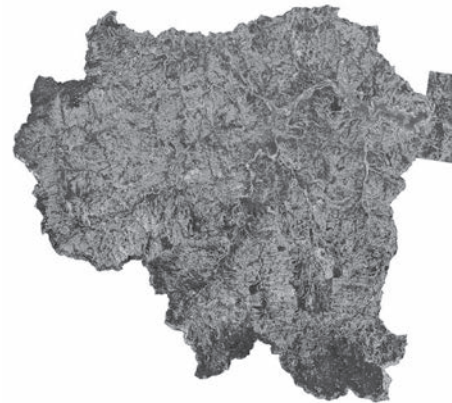


図-19 傾斜分布図

## 6. 堆砂量計算

作成した貯水池全体の1mメッシュデータを基に、メッシュ法により、最深河床高～標高EL174.00mまでの貯水容量を標高別面積0.1mごとに算出した。

算出結果は、貯水容量が常時満水位（EL172.00m）で8,971千 $m^3$ 、堆砂量が、計画総貯水量10,500千 $m^3$ との差分である1,529千 $m^3$ となった。また、全堆砂量のうち、有効貯水量域内の堆砂量が1,172千 $m^3$ 、死水容量域内の堆砂量が357千 $m^3$ と算出された。

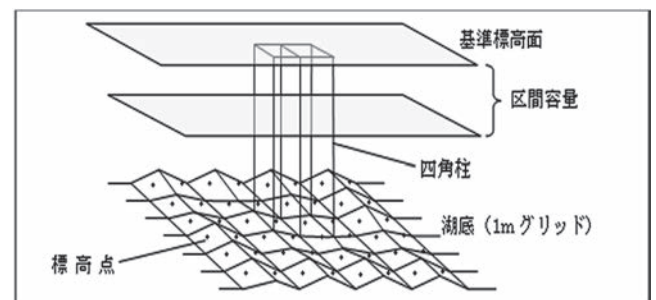


図-20 メッシュ法概要図

## 7. おわりに

今回実施したマルチビーム測深機を用いた深浅測量及び航空レーザー測量により、安濃ダム貯水池内の詳細な貯水量や堆砂量の把握、堆砂肩の位置などの堆砂形状及び土砂生産源である流域の崩壊地箇所と規模、地形起伏、山腹傾斜度や流域内河川の堆砂状況など詳細に把握することが出来た。

これらの測量を継続的に実施することにより、堆砂肩の進行や精度の高い堆砂形状の変化の把握が可能となる。また、航空レーザー測量を大きな出水イベント

があった年又は定期的の実施することにより、崩壊地箇所や規模、流域河川内堆砂の増減の把握が可能となる。そのため、安濃ダムと同様に堆砂問題を抱える他ダムにおいても堆砂対策に係る検討の基礎データとして活用できると思慮される。

最後に、今回の測量結果から貯水容量の減少のほか、堤体直上流部の堆砂進行による洪水放流管への影響も課題として明らかとなった。

今後は、これらの課題解決に向けて委員会を設立して関係機関と共に検討を進めていく予定である。

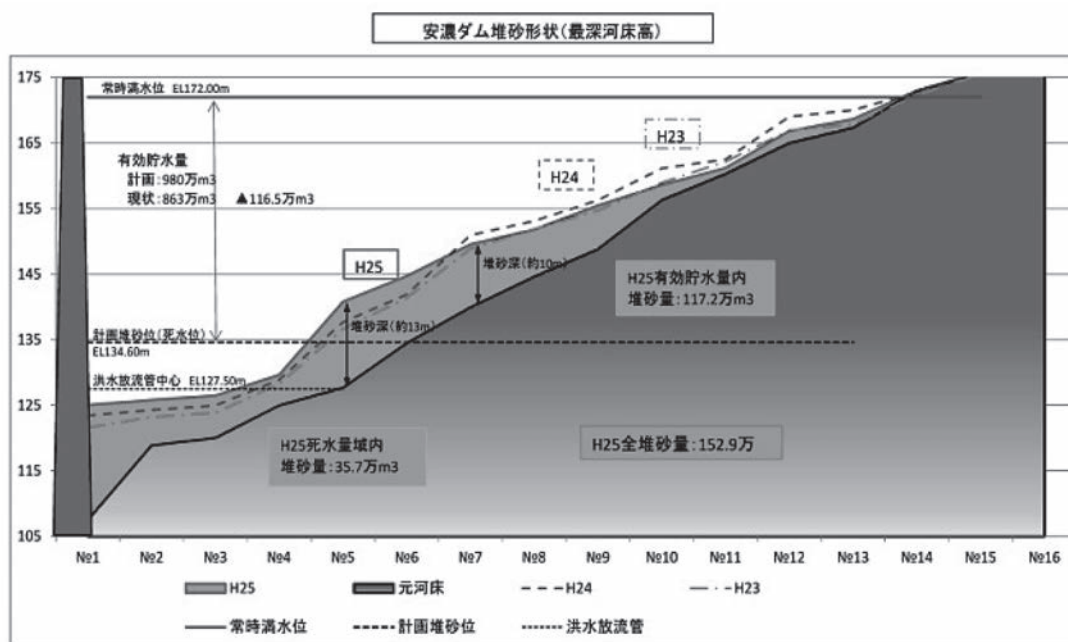


図-21 安濃ダム堆砂形状イメージ図

# 「南周防地区」における暗きょ排水対策 （「地下水位制御システム」）について

藤 本 豊 記\* 岩 崎 幸 彦\* 福 川 真 治\*  
(Toyoki FUJIMOTO) (Yukihiko IWASAKI) (Shinzi FUKUGAWA)  
村 田 弘 子\* 高 橋 賢 司\*  
(Hiroko MURATA) (Kennzi TAKAHASHI)

## 目 次

1. はじめに .....	25	4. 「地下水位制御システム」の概要 .....	26
2. 事業概要 .....	25	5. 試験ほ場による「地下水制御システム」の検証 .....	27
3. 「地下水位制御システム」導入の検討 .....	25	6. おわりに .....	30

### 1. はじめに

平成 24 年 3 月に策定された土地改良長期計画（平成 24～28 年度）では、食料自給率の向上に向け、麦、大豆等の戦略作物等の収量の増大や作付面積の拡大、品質の向上を図るため、水田の排水対策の推進により、田畑輪換を可能とする水田汎用化を重点的に進めるものとし、排水性の向上と地下水位の制御を可能とする「地下水位制御システム」の導入を推進することとしている。

本報では、国営緊急農地再編整備事業「南周防地区」（以下、「本地区」という。）において水田汎用化を目的として導入を検討している「地下水位制御システム」の概要と試験ほ場での検証に基づく本システム適用に係る課題について紹介する。

### 2. 事業概要

本地区は、山口県東部に位置し、瀬戸内海を南に望む柳井市、光市、田布施町の 2 市 1 町にまたがる温暖な地域を受益としている。

地域の農業は水稲が中心であり、農家は自給的農家や第二種兼業農家が過半を占めており、農業従事者の高齢化も進んでいる。本地区のほ場は、一部、区画の条件が整っているものもあるが、多くは狭小、不整形であり、さらに排水不良となっていることから、大豆、小麦などの畑作物の栽培に支障をきたしている。また、一部のため池では、老朽化による漏水なども発生し早急な改修が必要となっており、こうした状況から、担い手へ農地の利用集積が進まず、耕作放棄地も多く発生している。

これらのことから、区画整理、暗渠排水等を一体的

に整備し、土地利用の整序化、担い手への農地の利用集積の促進、耕作放棄地の解消・発生防止、大豆や小麦などの畑作物の導入、地域農業の担い手の経営の合理化を図ることにより、農業振興を基幹とした地域の活性化に資することを目的として、平成 23 年度から緊急農地再編整備事業を実施しており、事業概要は以下のとおりである。

#### ○事業概要

- ①主要工事：区画整理（暗渠排水含む） 274ha  
（全 22 団地）  
ため池整備 6ヶ所  
暗渠排水（単独） 154ha（全 7 団地）
- ②予定工期：平成 23 年度～平成 29 年度（予定）
- ③総事業費：112 億円

### 3. 「地下水位制御システム」導入の検討

本地区の暗きょ排水対策については、事業計画において、区画整理 274ha、暗渠排水（単独）154ha の合わせて 428ha を整備することとしている。

暗きょ排水の整備に当たっては、①営農計画に即して、水稲単作から麦、大豆、野菜などの多様な畑作物を導入した農業経営への転換及び安定化を図る、②降雨後においても速やかに表面水を排除することで、大型農業機械による計画的な農作業を可能とする、③地域の目標である「南すおう・大島地域農林業・農山村振興計画」及び「南周防地域水田農業ビジョン」に基づく麦、大豆の一大産地化と土地利用率 140% の達成、を目標としている。

これまで、南周防地域の排水対策（暗きょ排水）は、①地下水位を下げることを主な機能とした「暗きょ」（従来型暗きょ）、②表面水を速やかに排除することを主な機能とした「浅層暗きょ」、により実施されてきたが、③近年、地下水位の制御と表面水の速やかな排除による湿害や干ばつの防止及び水管理の省力化（自

\*中国四国農政局南周防農地整備事業所  
(Tel. 0820-51-1007)

動給水)の観点から「地下水位制御システム」の開発が進められており、山口県内においても積極的に導入されている。

これを踏まえ、本事業では、暗きよによる排水機能に加え、地下水位制御と表面水排除を一体的に行い、さらには、地下かんがいの機能を併せ持ち、水管理の省力化が可能となる「地下水位制御システム」(図-3-1)を基本として暗きよ排水の整備を行うこととしている。

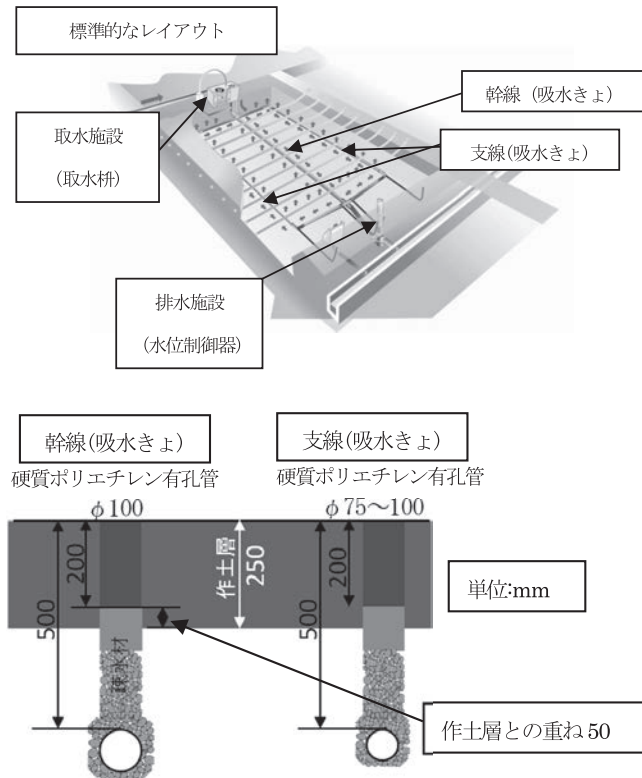


図-3-1 「地下水位制御システム」の標準的なレイアウトと暗渠管の標準断面

なお、暗きよ排水整備の目的については、農地の過剰水を排除することにより、農地の生産性を向上させることであり、必要性の判断区分を表-3-1に示す。

表-3-1 暗きよ排水の必要性の判断区分(土地改良事業計画設計基準「暗きよ排水」P19~21)

暗きよ排水の必要性	透水係数(cm/s)	地下水位	地表残留水の停滞時間
必要	$1 \times 10^{-4}$ 未満	地表面より30cm以内	24時間以上
要検討	$1 \times 10^{-5} \sim 10^{-4}$	地表面より30~60cm	24時間以内
必要でない	$1 \times 10^{-3}$ 以上	地表面より60cm以上	停滞なし

※地表残留水の停滞時間は、主要根群域(地表面より25cm以内)までの土壤中の過剰な重力水排除にかかる時間。

#### 4. 「地下水位制御システム」の概要

##### (1) 「地下水位制御システム」の構成

「地下水位制御システム」は、地下かんがいと暗渠排水の両機能を有するシステムであり、地下に埋設する管路網と用水供給施設、水位制御施設で構成される。

管路は、埋設深50cm、敷設間隔10mで施工される有孔管による幹線・支線(口径φ100, φ75, φ50)及びこれと直交して掘削深40cm、敷設間隔1mで施工される補助孔(弾丸暗きよ)からなる。(図-4-1, 4-2)

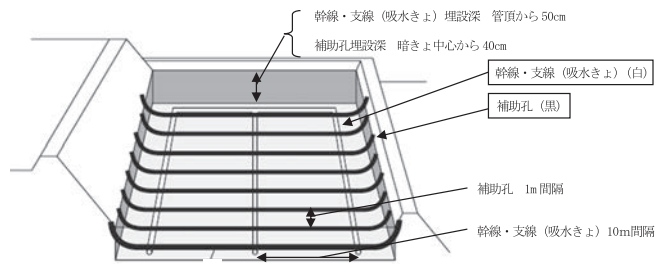


図-4-1 地下水位制御システム概要図

##### (2) 水位制御の仕組み

「地下水位制御システム」は、用水供給を既設の開水路やパイプラインから行うことが可能であり、用水側の水位管理者及び排水側の水位制御器の設定により、ほ場内水位を田面から-30cm~+20cmの範囲に保つことができる。

用水側の水位管理者は、給水バルブとの接続部、フロート等で構成される。

用水側の水位設定は、水位管理者を取付管内に固定することにより行い、地下水位の変動に伴って、水位管理者のフロートが上下することで、設定水位から減少した水量だけを自動的に給水し、水位制御する仕組みとなっている。

具体的には、用水が不足するときは地下水位が設定水位より下がり、これに併せてフロートも下降することで用水を供給する。逆に用水が過多のときは、地下水位が設定水位より上がり、フロートも上昇することで用水の供給をストップする。(図-4-2, 写真-4-1)

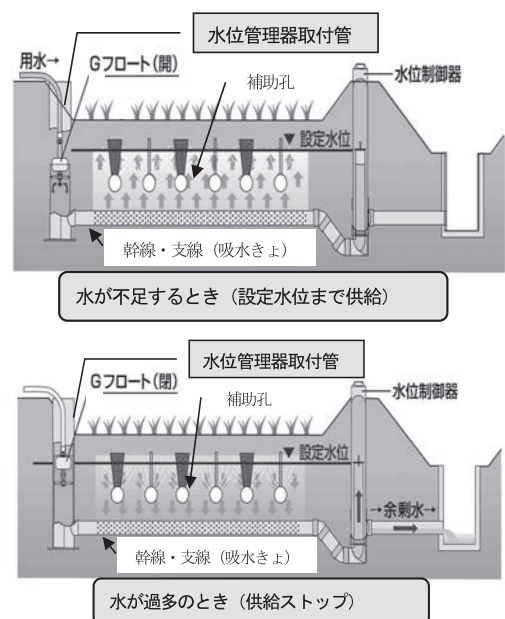


図-4-2 水位制御のイメージ

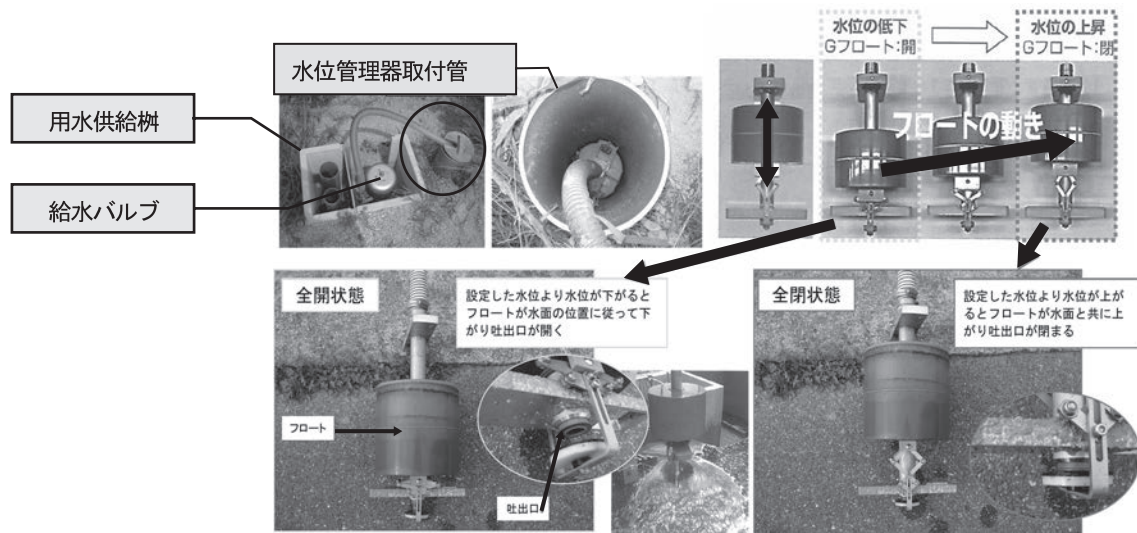


写真-4-1 用水制御の仕組み

また、排水側の水位制御器は、二重管構造になっており、水位設定のために内管がスライド可能な構造となっている。地下水位が設定した水位より高くなると、余分な水が内管から越流し、排水路等に放流される仕組みとなっている。

(3) 維持管理省力化及び長寿命化に対する効果

「地下水位制御システム」は、地下に配置した埋設管（幹線・支線）に直接用水を導水するため、水位差による管の洗浄機能があり、埋設管の維持管理の省力化及び長寿命化が図られる。

5. 試験ほ場による「地下水位制御システム」の検証

(1) 本地区における地下水位制御の課題

1) 土質・土壌条件

本地区でこれまでに調査した地表面下 60cm 程度の箇所における透水試験の結果は、表-5-1 のとおりであり、平均すると  $4.26 \times 10^{-4} \text{cm/s}$  (半透水) である。

一方、「地下水位制御システム」導入による水位調整機能発揮のボーダーラインは、学識 経験者等の意見によれば透水係数  $1 \times 10^{-5} \text{cm/s}$  程度とされており、本地区は透水性が高いため「地下水位制御システム」により地下水位を一定に保持することが困難であることが懸念された。

表-5-1 透水係数調査結果

	透水係数 (cm/s)				計 (ha)
	$1.0\text{E-}3 \leq k < 1.0\text{E-}2$	$1.0\text{E-}4 \leq k < 1.0\text{E-}3$	$1.0\text{E-}5 \leq k < 1.0\text{E-}4$	$1.0\text{E-}6 \leq k < 1.0\text{E-}5$	
透水状態	良透水	半透水	難透水		
面積(ha)	9.5	43.3	99.0	22.1	173.9
割合(%)	5.5	24.9	56.9 (累計:87%)	12.7	平均透水係数値 4.26E-4

2) 地形条件

本地区は、地形勾配が比較的急な団地（平均勾配：約 1/30、ほ場の段差：平均約 1.7m）が多く、地下水の横流失、地下浸透の可能性が懸念された。



写真-5-1 法面からの横流失状況（試験ほ場）

3) 課題のまとめ

本地区では、半透水のほ場が表-5-1 のとおり大半（87%）を占め、多くのほ場で横流失、地下浸透の可能性があることから、水位管理者設定水位まで水位が上昇せず、フロートで制御されている給水バルブが開放された状態となり、無効放流が発生することが懸念される。

(2) 試験ほ場での検証

上記のとおり、本地区では、半透水のほ場が大半を占めるため、「地下水位制御システム」の十全な機能が発揮されるか懸念された。

一方、受益者からの「地下水位制御システム」導入に対する期待が大きいこと等を踏まえ、透水係数  $7 \times 10^{-4} \text{cm/s}$  (半透水) が測定されたほ場を試験ほ場として設定し、「地下水位制御システム」実施ほ場と未実施ほ場（以下、「比較ほ場」という。）との比較を行い、暗きょ排水機能及び地下かんがいの水位制御の可能性を検証することとした。

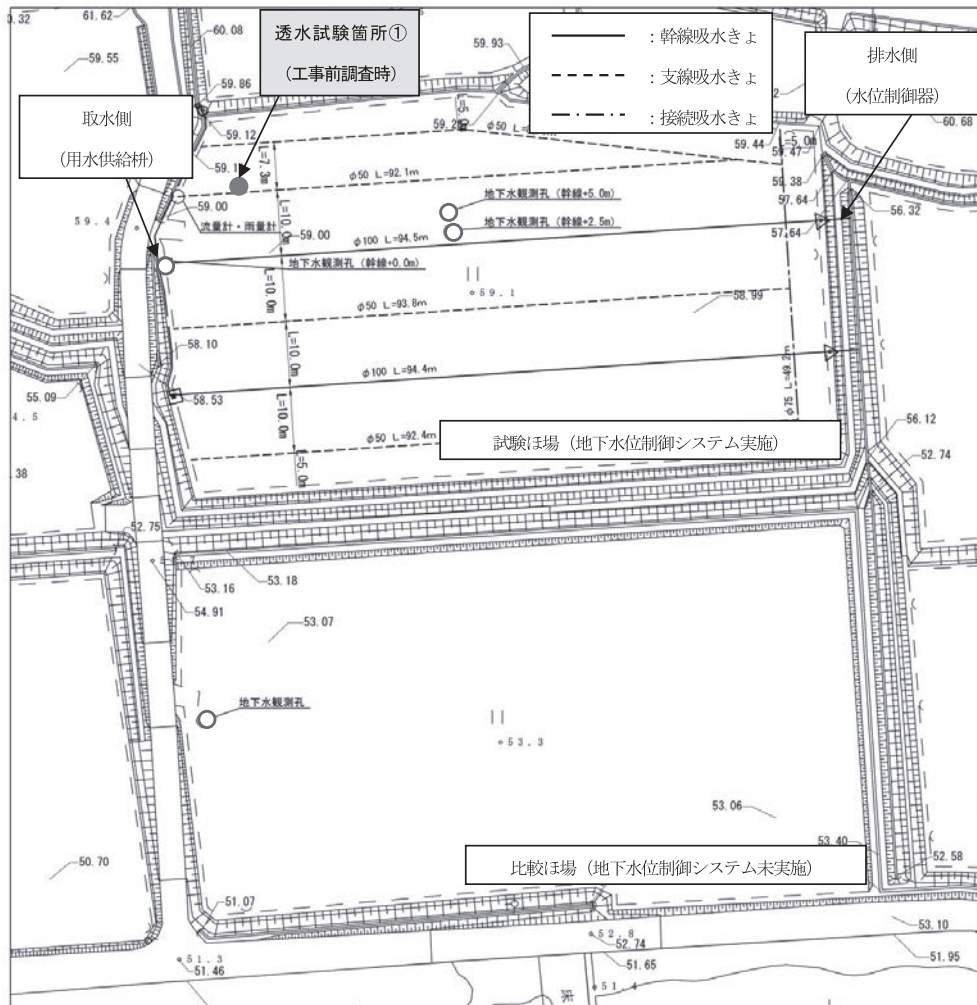


図-5-1 試験ほ場概要図

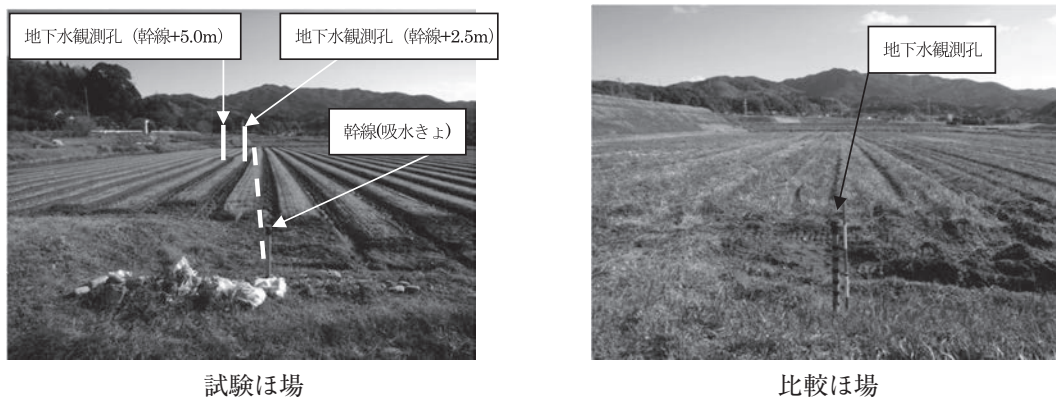


写真-5-2 ほ場の状況



写真-5-3 試験ほ場における観測施設の設置状況

1) 暗きょ排水機能の検証に係る比較ほ場の選定について

工事実施前に行った試験ほ場及び近傍のほ場（図-5-2）の現場透水試験の結果を表-5-2に示す。

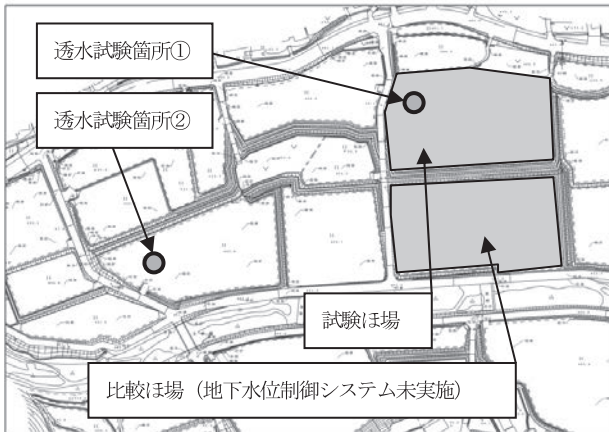


図-5-2 透水試験実施位置

表-5-2 透水試験結果 (単位: cm/s)

試験箇所	G. L.	G. L.
	-0.2~-0.4m	-0.4~-0.6m
透水試験箇所①	$5.62 \times 10^{-4}$	$7.02 \times 10^{-4}$
透水試験箇所②	$3.75 \times 10^{-4}$	$5.62 \times 10^{-4}$

暗きょを施工した試験ほ場（透水試験箇所①）及び近傍の透水試験箇所②において、透水係数は  $3.75 \times 10^{-4} \sim 7.02 \times 10^{-4} \text{ m/s}$  であり、概ね  $1 \times 10^{-4} \text{ cm/s}$  程度の透水係数であることが確認されたことから、比較ほ場の選定にあたっては、同程度の形状であるほ場（図-5-1）を選定した。

2) 暗きょ排水機能の検証

試験ほ場において、「地下水位制御システム」の排水効果を確認するため、「地下水位制御システム」幹線から各々2.5m, 5.0m離れた位置の地下水位の計測を行った。また、比較対照として、比較ほ場の地下水位も計測した。なお、ほ場の端には雨量計を設置し、降水量の計測を行った。

平成26年10月10日から10月20日の間の地下水位の観測データを図-5-3に示す。「地下水位制御システム」実施ほ場の地下水位は、10/13/7:00~16:00（降雨量118mm）の降雨の影響により上昇し、主要根群域のG.L. -25cmに達した10/13/9:00から約11時間後の10/13/20:00に主要根群域の下限值であるG.L. -25cmとなり、約14時間後の10/13/23:00頃には通常の地下水位に低下している。

一方、比較ほ場の地下水位は、10/13の降雨にお

いて、ほ場地表面まで上昇し、その後、通常の地下水位に落ち着くまでゆるやかに低下し、約26時間後の10/14/15:00に主要根群域の下限值であるG.L. -25cmとなり、約39時間後の10/15/0:00に通常の地下水位となった。

このことから、「地下水位制御システム」を実施することにより、未実施であれば主要根群域（G.L. -25cm）までの地下水位の低下に26時間程度要するほ場を11時間で排水できることが確認された。

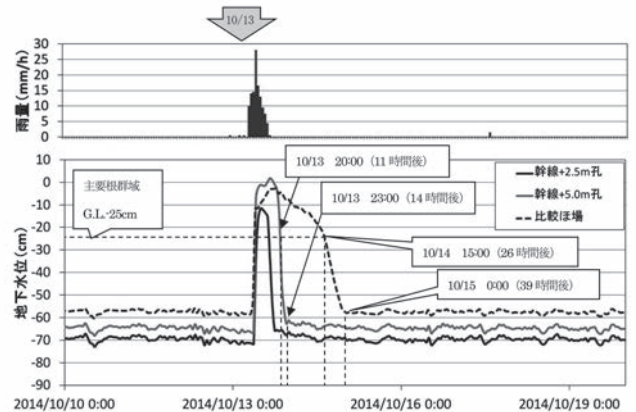


図-5-3 試験ほ場、比較ほ場の地下水位の状況

3) 地下かんがい機能（水位調整機能）の検証

図-5-1に示す試験ほ場において、「地下水位制御システム」の地下かんがい機能（水位調整機能）を確認するため、「地下水位制御システム」幹線から各々2.5m, 5.0m離れた位置の地下水位の計測を行った。また、試験ほ場への用水パイプに流量計を設置し、かんがい用水の流入量の計測を行った。

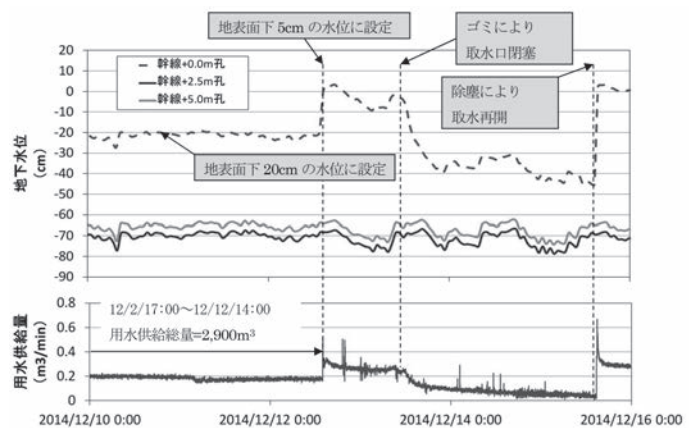
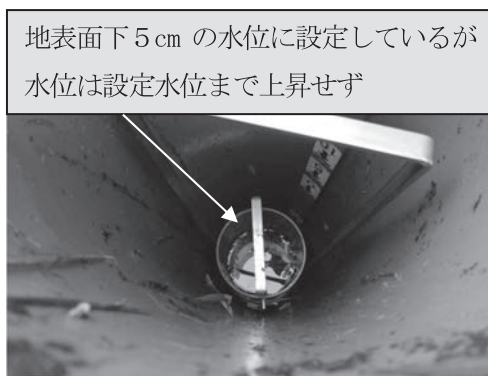


図-5-4 試験ほ場（「地下水位制御システム」）での用水供給量と地下水位の変動状況

本試験では、12/12/14:00まで地下水位を地表面下20cmに設定し、「地下水位制御システム」の水位調整機能の検証を行った。結果は図-5-4のとおりであり、12/2/17:00から12/12/14:00の間に供給された用水は約2,900 $\text{m}^3$ となり、仮に全ての水が貯留したとすると、140m程度(=2,900 $\text{m}^3$  (供給

された用水量) /5,300m<sup>2</sup> (ほ場面積) /0.39 (土壌の間隙率：室内透水試験データより)) 地下水位が上昇すると考えられた。しかし、本試験期間中は幹線+2.5m及び+5.0mの観測孔において、地下水位の上昇は観測されなかった。この理由について、幹線から供給される地下水の圧力水頭が小さいため、土壌への浸透力が小さく、地下水位が上昇しなかったものと想定された。このため、以降は地下水位の設定を地表面下5cmに変更した。(写真-5-4)

設定を地表面下5cmに変更してからも、幹線+2.5m及び+5.0mの地下水位は影響を受けず、用水を供給する用水供給弁に設置した幹線+0.0mの観測孔の地下水位のみが地表面下5cm付近を観測していた。しかし、12/13/12:00頃から、ゴミにより取水口が閉塞し、用水供給量が大幅に抑制され始めた。これにより、幹線+0.0mの観測孔の地下水位が低下し、観測下限値である地表面下46.5cmまで低下した。12/15/14:00に閉塞に気づき除塵したところ、送水が再開され、幹線+0.0mの観測孔の地下水位のみが地表面まで回復した。



排水側の水位設定  
(水位制御器：地表面下5cm)



取水側の水位設定  
(用水供給弁：地表面下5cm)  
写真-5-4 水位の設定状況

#### 4) 試験ほ場の営農者からの聞き取り

試験ほ場(「地下水位制御システム」)導入後の営農状況について、営農者(法人)から聞き取りを行ったところ、降雨後、表面水が早期に排除されるため、

適期作業(降雨後の機械収穫)が可能となったとの評価であった。

#### (3) 試験ほ場等の検証結果(まとめ)

本試験ほ場での検証結果を以下に取りまとめた。

##### 1) 暗きょ排水機能

①「地下水位制御システム」を実施することにより、未実施であれば主要根群域(G.L. -25cm)の地下水位の低下に26時間程度要するほ場を11時間で排水することができることを確認した。

②土地改良設計基準「暗きょ排水」に示される「水田の場合はたん水状態から24時間(1日間)で主要根群域の土壌中の過剰の重力水を排除することが望ましい」の条件を十分クリアしている。

##### 2) 「地下水位制御システム」の地下かんがい機能(水位調整機能)

①本試験ほ場においては、観測孔(幹線+0.0m)で観測された地下水位変動が、幹線+2.5m及び+5.0m地点の地下水位では観測されなかった。

②現場透水試験の結果によれば、概ね $1 \times 10^{-4}$ cm/s程度の透水係数が高いエリアであったこと、ほ場法面から地下水流失が見られた(写真-5-1)ことから、本試験ほ場においては地下水の貯留及び地下水位の保持ができなかったものと考えられる。

#### 6. おわりに

「地下水位制御システム」は、暗きょ排水機能及び地下かんがい機能の両面から効果が期待されているところであるが、当地区は、地形・土壌タイプが複雑であることから、「地下水位制御システム」の導入範囲及び導入した場合の取水施設等の整備条件については十分な検討が必要である。

特に、透水性の大きいほ場の場合は地下水位を維持することが難しく、透水係数 $1 \times 10^{-5}$ cm/sが「地下水位制御システム」(自動給水(水位管理者))導入の一つのボーダーラインと考えられており、これを踏まえた検討が必要である。

現在、試験圃ほ場における調査データを検証しており、今後も地下水位及び土壌水分等の調査を順次実施し、検討していくこととしている。

本地区における暗きょ排水施設「地下水位制御システム」の整備は、まだ緒に就いたばかりであり、今後とも、学識経験者による指導・助言を得ながら、「地下水位制御システム」(自動給水(水位管理者))の適用範囲等を検討するとともに、各種データの蓄積を行い、暗きょ排水施設「地下水位制御システム」の適切な整備を図っていきたいと考えている。



# 積雪寒冷地における用水路の補修工法について

－コンクリート表面被覆工法のモニタリング結果－

岡 下 敏 明\* 五十嵐 壽 晃\* 古 城 知 和\*  
(Toshiaki OKASHITA) (Toshiteru IGARASHI) (Tomokazu FURUKI)

## 目 次

1. はじめに	31	4. 各工法の評価	36
2. モニタリング調査の内容	31	5. おわりに	36
3. モニタリング調査結果	33		

### 1. はじめに

地域特性に応じたストックマネジメント技術の確立を目指した取り組みとして、積雪寒冷地におけるコンクリート用水路の凍害補修工法の有効性について検証した。

北海道の農業用水路は、部材厚が薄いうえに日射、寒冷の繰り返しによる凍結融解作用を受け、コンクリート表面には凍害に起因した劣化が顕著に現れる。この対策として、様々な補修工法が開発されているものの、現在のところ、有効な工法は明確にはなっていない。

このため、凍害に対する補修工法を確立していくことが、積雪寒冷地における既存ストックの長寿命化を図るうえで極めて重要な課題となっている。

平成 22 年度に、道内でも有数の厳しい寒冷条件下で凍害劣化が見られる幌加内幹線用水路(図-1)に

おいて凍害補修工法の試験施工を実施した。本報告は、補修工事から3年目のモニタリング調査結果について報告する。

### 2. モニタリング調査の内容

#### (1) 施設概要

幌加内幹線用水路は、直轄かんがい排水事業幌加内地区により昭和41年～昭和45年に造成された全延長8.8kmの農業用水路である。施設型式は、現場打ち鉄筋コンクリート構造のフルーム型水路(B=2.00m×H=1.55m)である。造成後、約40年が経過しているため、全体的に凍害によるコンクリートの表面劣化が著しい状況にある。

試験施工は、補修工法を行う母材の条件を変えて実施した。写真-1に示した既設水中部(用水路)、既設気中部(門柱)、新材気中部(操作台：スケーリングが著しいため打替え後に表面被覆)の3地点を選定した。

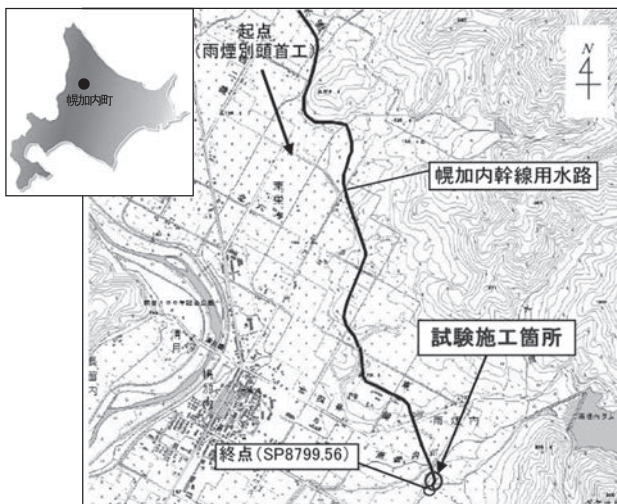


図-1 試験施工位置図

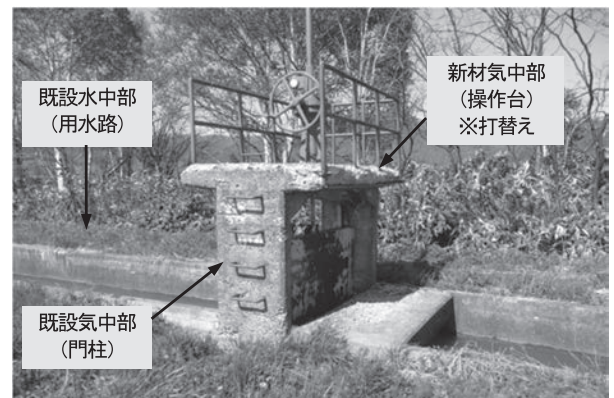


写真-1 試験施工の母材条件

#### (2) 環境条件

当該地域は冬期と夏期の寒暖差が極めて大きい内陸性気候である。冬期は平均気温がマイナスで推移するなかで日中の気温がプラスになるなど、凍結融解を繰り返す気象条件下に置かれる。特に南西向きの気中部

\*北海道開発局札幌開発建設部農業整備課  
(Tel. 011-611-0247)

では、日射の影響により他の部位よりもその発生回数が多くなり、劣化の進行が早くなる。

### (3) 補修工法

凍結融解への抵抗性、ひび割れに対する追従性、湿潤・低温時の施工能力、防水性、経済性に着目し、無機系、有機系の表面被覆工法の中から図-2に示した3工法を選定した。これらは、用水路(3.0 m区間×3箇所)及び3箇所の分水門(図-3、写真-2)に施工した。

なお、以降、各工法をA～C工法に略称する。

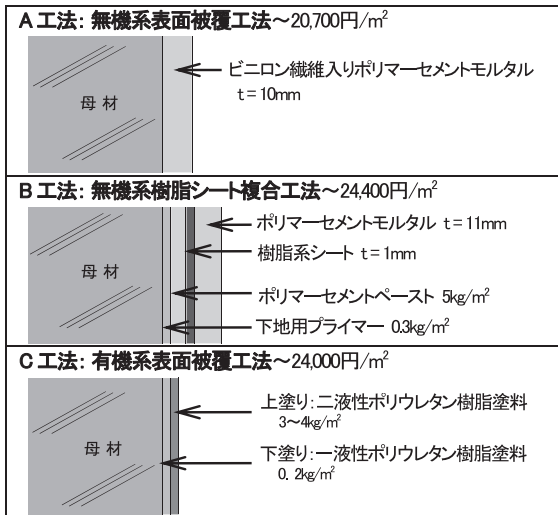


図-2 試験施工した表面被覆工法

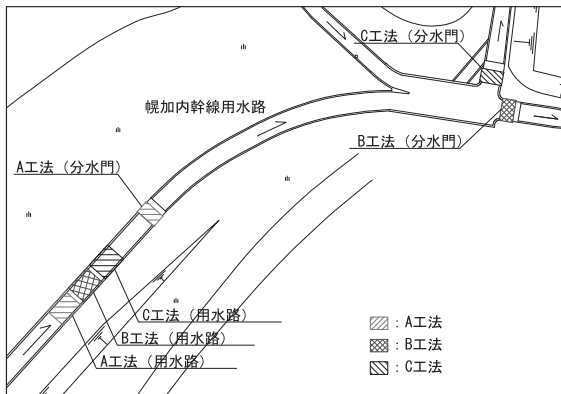


写真-2 表面被覆工法の施工状況

### (4) 調査項目

#### a) 目視調査

外観目視により被覆材の変状(ひび割れ, 亀裂, 磨耗, 浮き, 剥離等)の位置や程度を把握し, 継続的に観察することで各工法の劣化状況を比較する。

#### b) 修復材厚調査

補修前に予め母材に設置した摩耗ピンの長さを測定(電子ノギスで計測)して流水あるいは風雨による摩耗量を把握し, 各工法の耐磨耗性を比較する。

#### c) 付着強度試験

被覆材の付着力を測定(建研式付着強度試験)して付着強度の変化量を把握し, 母材との付着性を比較する。

#### d) 中性化試験

母材の中性化深さを測定(ドリル法)して中性化の進行度を把握し, 被覆材による外部劣化因子の遮断効果を比較する。

#### e) ひずみと温度計測

被覆材表面のひずみ・温度および躯体背面の地中温度を計測して凍結融解作用あるいは外力作用に伴う変位量を把握し, 被覆材のひび割れ発生状況や付着強度との関係性から被覆材の劣化の進行度を比較する。

観測機器の配置は, 図-4および図-5に示したとおりとした。データ計測は, 2時間のインターバルとし, データロガーにて記録を蓄積した。

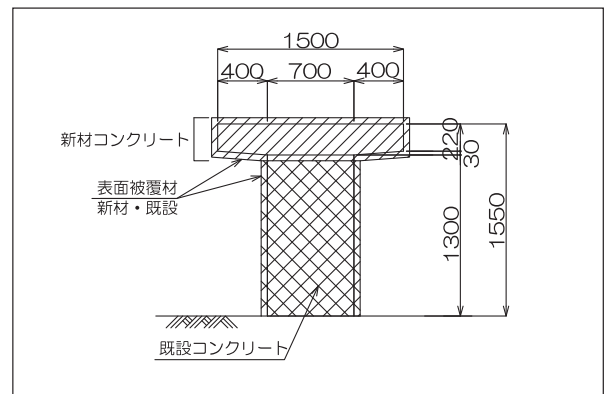
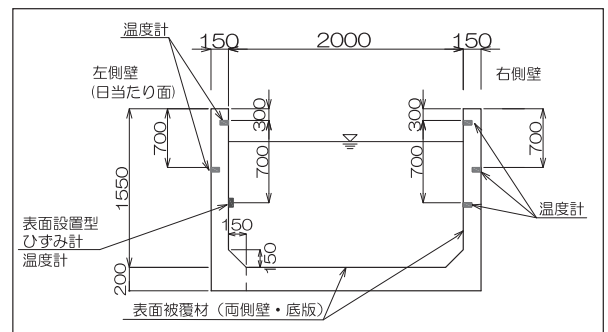


図-5 分水門の観測機器配置図

### 3. モニタリング調査結果

#### (1) 目視調査

表-1に母材条件ごとの各工法の変状箇所数の推移を示した。A、C工法の変状は少なかった。B工法については、多数の変状を確認し、これらは年々増加傾向にある。

表-1 変状箇所数の推移 (単位:箇所)

母材条件	年度	A工法	B工法	C工法
既設水中部 (用水路)	H23	0	5	1
	H24	1(+1)	17(+12)	1(+0)
	H25	1(+0)	20(+3)	1(+0)
既設気中部 (門柱)	H23	0	23	2
	H24	0(+0)	41(+18)	2(+0)
	H25	0(+0)	61(+20)	4(+2)
新材気中部 (操作台)	H23	2	13	6
	H24	7(+5)	42(+29)	6(+0)
	H25	18(+11)	74(+32)	7(+1)

#### a) 既設水中部 (用水路)

A工法(写真-3)、B工法(写真-4)とも、温度収縮によるひび割れがみられた。B工法は、側壁天端付近に微細ひび割れが多数みられ、ひび割れ箇所数とともに幅、長さが増加している。C工法(写真-5)は、施工直後に天端に長さ2cmほどの亀裂を確認したが、進行していない。



写真-3 A工法の用水路側壁面



写真-4 B工法の用水路側壁面

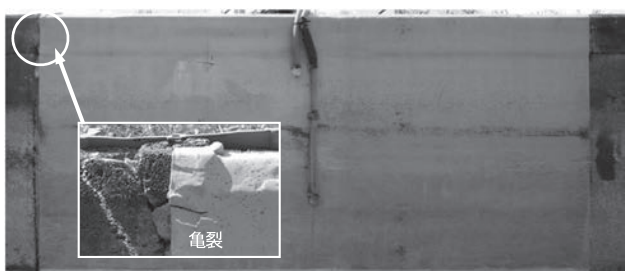


写真-5 C工法の用水路側壁面

#### b) 既設気中部 (門柱)

A工法(写真-6)は、現在においてもひび割れ等の変状はみられず良好な状態である。

B工法(写真-7)は、門柱に沿って連続した縦方向の温度収縮によるひび割れがみられた。これらのひび割れには、エフロの流出を伴う。ひび割れ数、幅、長さは、用水路と同様に経年とともに増加の一途を辿る。門柱の基部においては、3年目の春に被覆材が剥落した。

C工法(写真-8)は、タラップまわりや既設との境界において、施工時の欠陥と思われる穴や亀裂を確認した。しかし、経年における変状の進行は認められない。



写真-6 A工法の門柱の状態



写真-7 B工法の門柱の状態

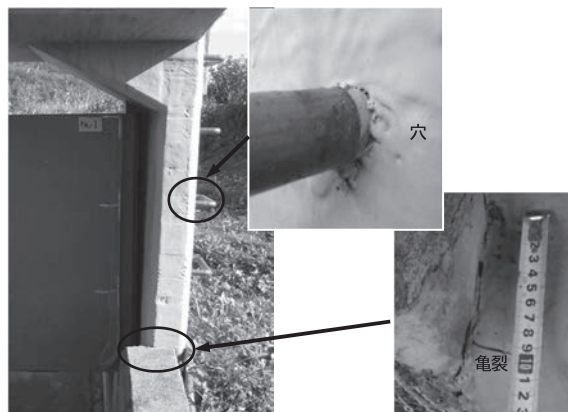


写真-8 C工法の門柱の状態

c) 新材気中部（操作台）

A工法（写真-9）は、操作台上面に亀甲状の微細ひび割れがみられた。これらは、初年度はみられず、2年目から部分的に20～30cm四方の範囲で出現した。3年目には全面積の半分以上にまで広がっている。

B工法（写真-10）は、張出スラブの側面（4面とも）に横方向のひび割れがみられた。これらは、上部と下部に連続して発生しており、経年とともにひび割れ幅が増幅し、エフロの流出量も増えてきている状態である。

C工法（写真-11）は、張出スラブ側面のピンホールおよび操作台上面の気泡や破れ箇所を確認した。これらは、施工時に発生したものである。現在において、ピンホールまわりの剥がれや破れ範囲の増加、気泡の破裂などといった劣化の進行は認められない。

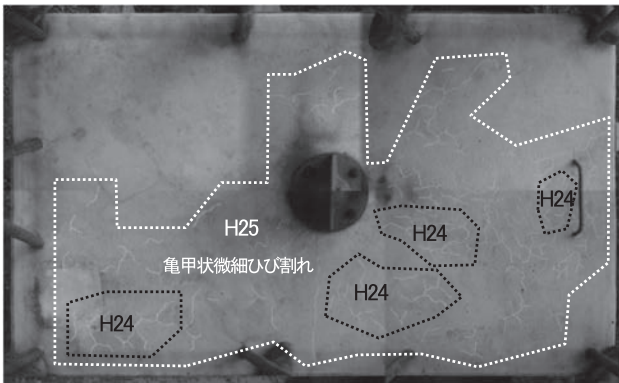


写真-9 A工法の操作台上面の状態（上から）

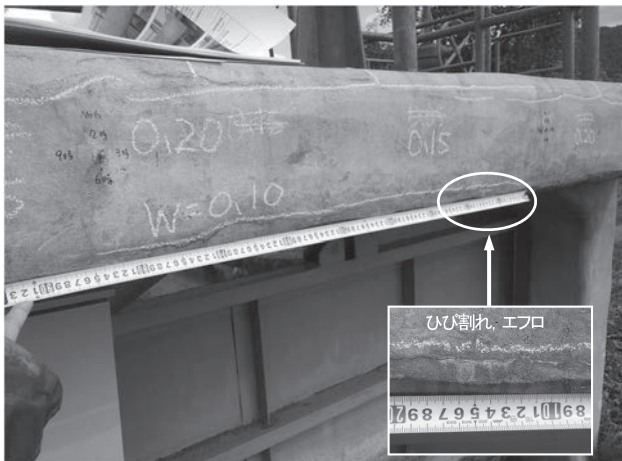


写真-10 B工法の張出スラブ側面の状態

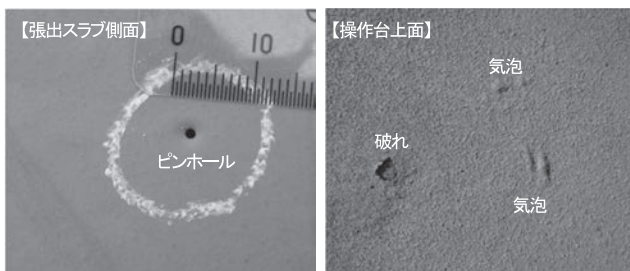


写真-11 C工法のピンホール、破れ、気泡の状態

(2) 修復材厚調査

表-2に各工法の磨耗量の推移を示した。初年度に対して、年々、磨耗量が減少している。また、各工法の差もみられる。しかし、これらは、測定面が平滑ではなく微細な凹凸があること、かつ、いずれも電子ノギスの計測による0.1mm以下のわずかなレベルであることから、測定誤差の範疇とも伺える。したがって、表面状態の目視や触診とあわせて鑑みると現段階においては、各工法の耐磨耗性に明瞭な差は現れていないと判断した。

表-2 磨耗量の推移（単位：mm）

母材条件	年度	A工法	B工法	C工法
既設水中部 (用水路)	H23	0.32	0.25	0.25
	H24	0.10	0.09	0.13
	H25	0.12	0.14	0.08
既設気中部 (門柱)	H23	0.27	0.14	0.22
	H24	0.13	0.09	0.11
	H25	0.02	0.03	0.02

(3) 付着強度試験

表-3に各工法の付着強度の推移を示した。A工法（写真-12）の破断面は、母材または界面で基準値1.0N/mm<sup>2</sup>（土木学会：表面保護工法設計施工指針案工種別マニュアル編）を上回っている。

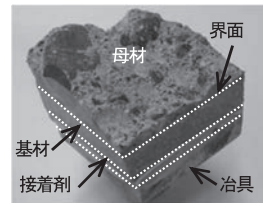


写真-12 A工法破断面

B工法の用水路部は、年々強度が低下し今年度は基準値を下回った。破断面は、母材、基材等さまざまであり、強度にばらつきがある。側壁上部では、プライマーの硬化不良箇所（写真-13）を確認している。門柱では、当初から基準値を下回り、現在では強度がゼロになった。カッターを入れると樹脂系シートとポリマーセメントペーストの界面（写真-14）で自然に剥がれ落ちる。

C工法は、強度が年々低下しているが、これらはすべて母材破断であり、母材の強度を示しているものである。工法そのものの強度の低下はみられない。

表-3 付着強度の推移（単位：N/mm<sup>2</sup>）

母材条件	年度	A工法	B工法	C工法
既設水中部 (用水路)	H23	2.27	1.31	3.44
	H24	2.15	1.21	2.92
	H25	2.50	0.44	2.21
既設気中部 (門柱)	H23	1.84	0.71	2.58
	H24	1.90	0.78	2.78
	H25	1.85	0.00	1.89

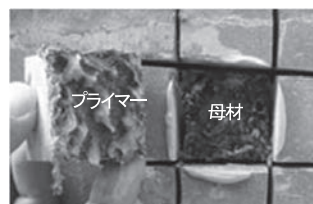


写真-13 B工法用水路部



写真-14 B工法門柱部

#### (4) 中性化試験

ドリル法を実施したが、ドリル粉に被覆材が混入するため、計測困難となった。このため、付着強度の破断片に試薬を噴霧し、母材の中性化深さを直接観察した。(写真-15)

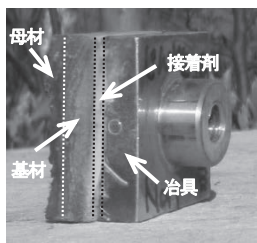


写真-15 中性化深さ

この結果、いずれの工法も中性化深さはゼロであった。

現在のところ、各工法の外部劣化因子の遮断効果に明瞭な差は現れていない。

#### (5) ひずみと温度計測

図-6に用水路の鉛直方向のひずみ経時変化グラフ(H23.1.15～H25.10.9)を示した。表-4にこのグラフが示す年度毎のひずみのピーク値と変化量を示した。

ひずみの経時変化は、大別して冬期(2月下旬～4月上旬)、春期(5月下旬～6月上旬)、秋期(10月下旬～11月下旬)にそれぞれ伸収縮のピークがみられ、これを毎年繰り返している。これは、気温の変化や側

表-4 用水路ひずみのピーク値と変化量(単位:  $\mu\text{m}$ )

工法	時期	H23年(2011)		H24年(2012)		H25年(2013)	
		ひずみ	変化量	ひずみ	変化量	ひずみ	変化量
A	冬	-115	-115	-23	-126	98	-86
	春	98	213	124	147	180	82
	秋	103	5	184	60	165	-15
B	冬	-155	-155	177	-110	161	-330
	春	99	254	371	194	476	315
	秋	287	188	491	120	547	71
C	冬	-71	-71	110	-217	239	-99
	春	217	288	328	218	379	140
	秋	327	110	338	10	389	10

壁面への日射時間および用水路側壁の変形に伴う伸収縮によるものである。冬期は、積雪深の増加とともに積雪荷重や凍上力、雪底力といった寒冷地特殊荷重の作用により側壁が水路内側に変形し収縮する。春期からは、融雪、通水開始とともに一気に伸び領域に移行し、夏期の日射による昼夜変動を繰り返しながら秋期に伸びのピークを迎え、降雪とともに再度、収縮を開始する。

A工法は、毎年、同じような経時変化をしており、伸収縮量は年々減っている。全体的に横ばいに経過し特異な挙動はみられない。積雪深とも相関的な収縮過程を経過している。

B工法は、毎年、異なる経時変化をしており、伸収縮量は年々増加している。全体的に右上がり経過し、降雪直前まで伸び量が増大し、秋期のピーク値が大きいことや降雪後に一気に収縮するところに特異な挙動を示している。これは、母材との付着強度の低下が主要因と考えられ、被覆材そのものの伸収縮を示していると推察される。また、B工法は表面が無機系ではあるが、内部の樹脂系シートが、エチレンと酢酸ビニルの合成樹脂であるため、有機系のC工法と同等以上の伸びを示すものと推察される。

C工法は、A工法と同様な経時変化を示している。冬期の収縮過程も近似している。A工法との違いは、初期の伸び量が多いことである。これは、無機系に比べ樹脂成分の含有量が多いことによる塑性変形量と考えられる。

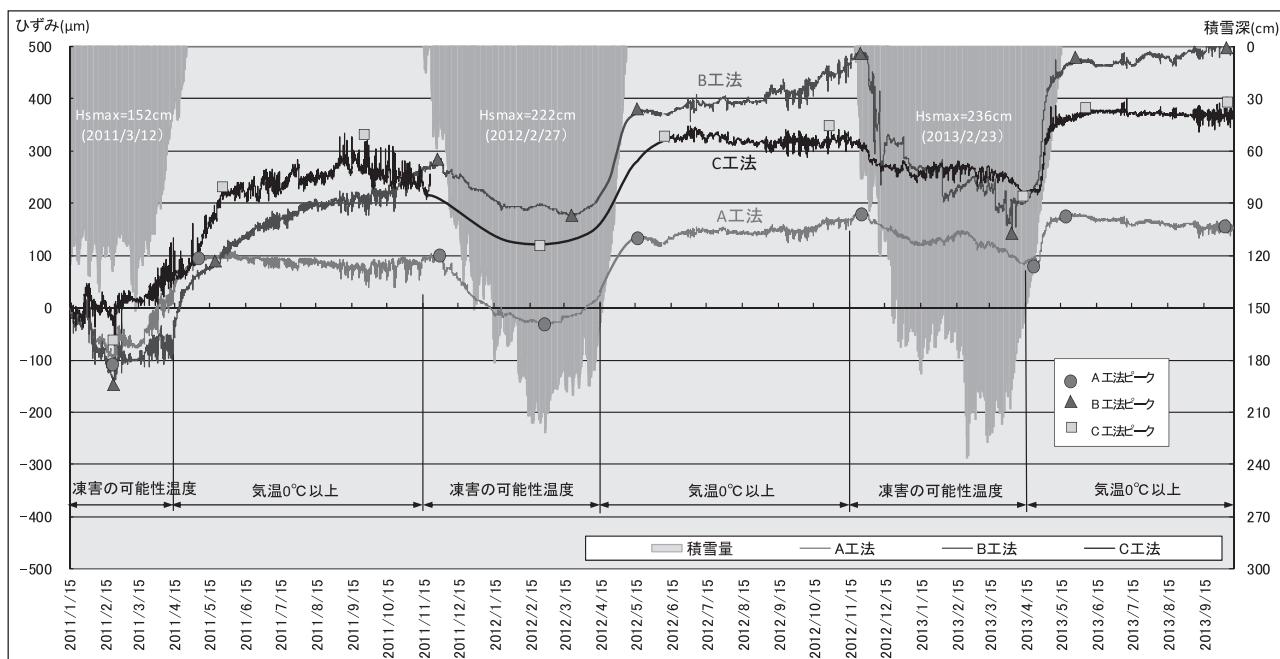


図-6 用水路の表面ひずみの経時変化

#### 4. 各工法の評価

##### (1) A工法

母材が新材の場合において多数の微細ひび割れがみられ、年々増加傾向にある。これは、新しいコンクリートと被覆材の収縮率の違いにより界面で互いに異なる挙動を示し、それをポリマー成分の付着力が拘束することで初期のひび割れが入る。このひび割れや界面に水分が供給されて凍結融解作用を受け、経年とともに全体的に広がったものと推察する。

一方、母材が既設の場合は、進行性のある変状がなかった。これは、既設コンクリートには新材のような収縮が起こらないため、被覆材そのものの収縮率とポリマー成分の付着力の関係が適切であることを示している。

したがって、現段階においては、母材が既設の場合には、寒冷地に適用可能な工法であると判断できる。新材の場合には、今後の経過をみて判断する必要がある。

##### (2) B工法

どの部位においても、多数のひび割れ等の変状を確認した。これらのひび割れは、乾燥収縮による初期ひび割れ後に、水分の供給を受け凍結融解作用により経年とともに著しく増加しているものと推察する。ひび割れには、エフロレッセンスの流出を伴っているものが多くみられることから、降雨水や融雪水の内面浸透経路があるものと想定される。この浸透水は界面に相当範囲の供給があり、これらの凍結膨張が最終的に被覆材の剥落に繋がるほどの外力となって作用していると推察する。

また、付着強度の低下も著しく、用水路の一部ではプライマーの硬化不良箇所があり、一方の分水門では、樹脂系シートで剥離するなど、非常に不安定であった。

この結果は、母材の湿潤状態、水分の供給のほか、冬期間の施工管理方法にも影響を受けている可能性がある。本工法の寒冷地への適用には、プライマーの種類、各層の接着方式、養生方法など再考すべき課題がある。

##### (3) C工法

本工法は唯一の有機系である。有機系は、結合材に有機系樹脂を使用するので被覆が緻密となる。無機系は、セメント等の結合材を使用するのである程度の透湿性、透気性を有する。このため、被覆厚さが同じ場合、有機系の方が劣化因子の遮断性能が高い。しかし、コンクリート中の水分を外部に発散させにくいといったデメリットを持ち、背面からの滲み出しがあった場合は、容易に膨らむことが懸念され、また、冬期施工においては温度管理や水滴垂れなどの対処が課題となる。現在のところ、水分に起因した変状は特になく、付着強度も十分であり年低下もみられない。

#### (4) 総合評価

表-5に母材条件毎の適用性について、現段階の調査結果に基づく評価結果を示した。評価項目は、モニタリング調査項目にあわせて、a) 変状程度、b) 耐摩耗性、c) 母材との付着性、d) 劣化因子の遮断効果、e) 劣化の進行度の5項目とし、変状程度や経年の増加傾向等に応じて相対的なものとした。現段階においては、母材条件が既設の場合はA工法およびC工法、新材の場合は、C工法が優れる結果であった。なお、新材気中部は、付着強度試験を実施していないため未評価とした。

表-5 母材条件毎の適用性評価

	項目	A工法	B工法	C工法
既設水 路 中 部	a)変状程度	○	△	○
	b)耐摩耗性	○	○	○
	c)母材との付着性	○	×	○
	d)劣化因子遮断	○	○	○
	e)劣化の進行度	○	△	○
	判定	○	×	○
既設 門 柱 中 部	a)変状程度	○	×	○
	b)耐摩耗性	○	○	○
	c)母材との付着性	○	×	○
	d)劣化因子遮断	○	○	○
	e)劣化の進行度	○	×	○
	判定	○	×	○
新材 気 中 部	a)変状程度	△	△	○
	b)耐摩耗性	○	○	○
	c)母材との付着性	—	—	—
	d)劣化因子遮断	○	○	○
	e)劣化の進行度	△	△	○
	判定	△	△	○

#### 5. おわりに

本報告では、3ヵ年の調査結果に基づき、現在の変状程度をもとに各工法を評価した。工法毎に劣化の進行や母材との付着性に徐々に差が現れてきているので、今後とも着目して行きたい。

特に、ひずみの経時変化は、年ごとに各工法の伸縮量の増減に違いがみられる。これは、被覆材の材質や日射による温度変化、あるいは寒冷地特殊荷重の作用などによるものと推察される。このため、これらのひずみ変化の要因を分析し、被覆材の経年的な劣化特性を検証していきたい。

今後も継続してモニタリング調査を行い、寒冷地特有の劣化症状とそれに適合した補修工法の確立に一步でも近づきたいと考えている。

# 群馬用水における油による水質事故への対応と備え

壺 岐 宏\* 山 本 晃 世\*  
(Hiroshi IKI) (Kosei YAMAMOTO)

## 目 次

1. はじめに	37	6. 油に関する水質事故等の	
2. 群馬用水の幹線水路	37	情報を入手した場合の対応	38
3. 油による水質事故の事例	37	7. 油回収のための資機材備蓄と施設整備	40
4. 水質事故情報に関する連絡体制	38	8. 水質事故対応訓練	40
5. 群馬用水における油膜検知の方法	38	9. おわりに	40

## 1. はじめに

群馬用水は、群馬県の赤城山南麓や榛名山東麓の農業地帯のうち、前橋市など7市町村の農地約6,300haに最大12.44m<sup>3</sup>/s、年間約1億トンの農業用水を供給し、群馬県の県央地域の前橋市、高崎市、渋川市など8市町村の約100万人の住む地域に最大4.292m<sup>3</sup>/s、年間約8千万トン水道用水を供給する施設である。昭和39年に水資源開発公団（現独立行政法人水資源機構（以下「機構」という。））事業として着工し、昭和45年に完成、管理開始以降45年目を迎え、これまでの総取水量は60億トンを超えている。

群馬用水では、日々大量の水を農家の方々、水道事業者の方々へ供給しているが、油の流出等による水質事故が発生した場合には、農作物にも影響を生じるおそれがあり、水道の原水としては不適切となる可能性もあり、利水者への影響は非常に大きなものとなる。特に平成20年に発生した不法投棄と思われる大量の油が幹線水路で発見されて以降、利水者も含め水質事故への備えに対する意識が高まっている。本報では、水質事故の中で比較的件数の多い油の流出等への群馬用水の対応と備えについて報告するものである。

## 2. 群馬用水の幹線水路

群馬用水は、群馬県中部に位置し沼田市綾戸地点で利根川から取水し、約4kmのトンネルを経て、赤榛分水工地点で赤城山南麓を流下する延長約33kmの赤城幹線、榛名山東麓を流下する延長約24kmの榛名幹線に分かれ、幹線水路としては総延長約61kmそのう

ち約17kmが開水路などの水面が地表に現れている施設となっている。



図-1 群馬用水位置図



写真-1 開水路

## 3. 油による水質事故の事例

群馬用水は利根川から取水しており、取水口より上流の地域で以下の状況で河川水に油等が流入し、取水口から水とともに油を取り込むおそれが生じ、監視や操作に注意を要した事例がある。

\*（独）水資源機構 群馬用水管理所  
(Tel. 027-251-4266)

- ・ボイラーの燃料タンクやその配管の破損により油が流出し排水側溝などを伝って河川へ流入
- ・交通事故が発生し、車両の破損により燃料やオイルが漏れ側溝などを伝って河川へ流入
- ・廃油等が河川へ不法投棄され、河川水に油等が混入する

この他、機構が管理する開水路などからも以下の状況で油等が混入し、回収等を行った事例がある。

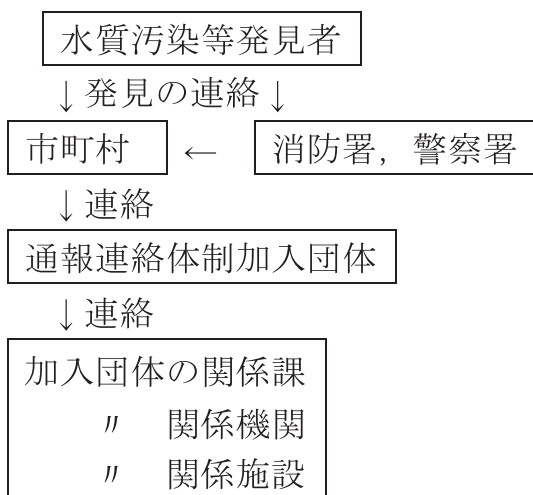
- ・平成 20 年度に開水路に不法投棄（推定）されたことにより、約 17km の範囲に渡って油が確認された。
- ・開水路に架かる橋梁上で交通事故があり、破損した部分からエンジンオイルが漏れ、橋桁と橋台の間から水路に漏れ入った

以上のような河川水や開水路へ油の流入があった場合には早急に対応することが必要であり、そのためには早期の発見と関係者の情報伝達体制の構築が必要となる。

#### 4. 水質事故情報に関する連絡体制

河川等の水質事故は影響範囲が大きく、発見及び対応が早いほど被害が及ぶ範囲を小さくすることができる。

このため、水質事故に関する情報については、以下のような伝達体制が組まれており迅速かつ正確に伝達されるようメールまたは FAX にて伝達されることとなっている。



通報連絡体制に加入している団体は、国、県、市などの河川や水道などに関連する機関及び水資源機構であり、水質汚染等発見者から市町村や消防署、警察署に連絡が行われた場合、この連絡体制の加入団体へは情報が伝達されるようになっており、各加入団体は各々の関係部局にさらに情報を伝達することとなっている。

なお、当然のことながら、加入団体が自ら水質事故に関する情報を把握した場合にも各々の関係部局へ情報が伝達されるようになっている。

#### 5. 群馬用水における油膜検知の方法

油は、水に溶け込んでいる場合もあるが、多くは水面に油膜となって浮遊していく。

群馬用水では、取水工から 4 km 下流の赤榛分水土地点に写真のとおり油膜を検知するセンサーを取り付け常時監視している。

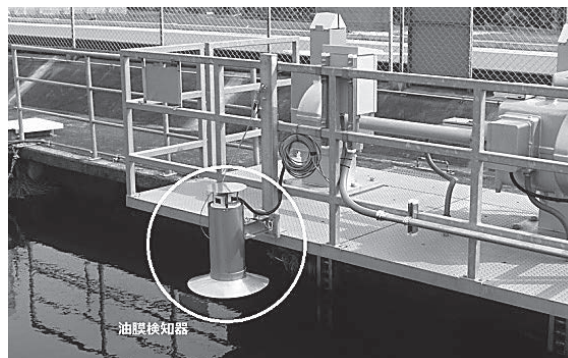


写真-2 油膜検知器

このセンサーは、レーザ走査式油膜検知器というもので、油の反射率が水に比べて大きいという性質を利用したもので、半導体レーザビームが水面を走査することによって、その反射光強度の変化を捉え、浮遊する油膜を検知するシステムである。

#### 6. 油に関する水質事故等の情報を入手した場合の対応

##### (1) 水質事故情報を入手した場合の確認等

水質事故情報がメールあるいは FAX で当管理所に伝達されると、位置及び内容を確認し、事故発生場所が取水工より上流部で、取水に影響がでるおそれがある場合は群馬用水の利水者等に情報伝達を行うとともに、上流部の巡視を行い、目視確認などを行う。事故発生から経過した時間を勘案し、すでに取水してしまっている可能性があるときは、幹線水路について巡視等を行う。

汚染物質が油等の場合は、目視確認に加え加温臭気確認を行い、目視では確認できないような水に油が溶けこんでいるかどうかを確認する。



写真-3 臭気確認（加温時）



加温臭気確認とは、写真-3のように油が溶け込んでいる可能性のある水を三角フラスコに入れ、カセットコンロや電子レンジで加温した後、強く振り臭いを嗅いで油臭の有無を確認することにより、常温では確認できない濃度の場合でも、油臭を確認できるものである。

常温で油臭が確認できないほど低い濃度であっても、そのまま水道用水として供給されてしまうと料理で加温したり、入浴時などに油臭がすることから、上記の方法により加温した状態での臭気を確認するものである。なお、水道用水の浄水場では通常時でも定期的に加温臭気確認は行われており、油等の水質事故情報があると確認の頻度を上げるとのことである。

### (2) 油膜検知器が油膜を検知した場合の確認等

油膜検知器が油膜を検知すると、前橋にある管理所へ信号が送られ、監視制御装置のアラームが鳴るとともに管理職等の携帯電話に油膜を検知した旨のメールが自動配信される。

この場合管理所では、水質事故情報の有無を確認しつつ群馬用水の利水者等に情報伝達を行うとともに、職員の巡視班が複数出動し施設巡視を行い、油膜検知器の故障の有無を含めた動作状況の確認を行う。取水口や幹線水路においては目視及び加温臭気確認を行い油の混入の有無を確認する。

なお、油膜検知器設置後これまで年に1、2度油膜を検知した信号が発せられてきたが、巡視等による確認の結果、幸いにして機器故障あるいは何らかの光を拾ってしまったものであった。

### (3) 巡視等で油膜や油の混入が確認された場合の対応

水質事故情報や油膜検知器の信号により巡視を行う中で、油膜あるいは油の混入が確認された場合は、その情報を群馬用水の利水者等に伝達するとともに、確認された場所やその範囲に応じた対応を行う。

- ①取水口の上流の河川で確認された場合は、取水口への到達時間や利水者と情報交換を行い、水利用状況などを勘案し取水の一時停止等の対応を行う。



写真-4 取水口オイルフェンス設置状況

なお、取水口前面には大きな出水が予想される場合を除きオイルフェンスが常時設置されている。

- ②幹線水路で油膜等が確認された場合は、その情報を利水者等に伝達するとともに、写真のように水路内にオイルフェンスを設置し下流への流下を抑制するとともに、オイルフェンス前に滞留する油膜をオイル吸着マットなどで回収する。



写真-5 オイルフェンス設置状況  
(水質事故対応訓練時)

この写真は後ほど述べるオイルフェンス設置訓練時の写真であるが、ここで使用しているオイルフェンスは、活性炭を布でくるんだ油吸着型のものである。オイルフェンスの間に投げ込んでいるものは、油を吸着し回収するためのオイル吸着マットを示す。このタイプのオイルフェンスは吸着効果を上げるために複数連続して設置することが推奨されている。また、オイル吸着マットは1枚単位で使用するのがよく使われているが、写真のように一定の範囲に均等に設置することが容易な吹き流しタイプのももある。



写真-6 オイルフェンス設置状況  
(吹き流しタイプ)

なお、県の浄水場の分水口（取水口）の前には常時オイルフェンスを設置している。

油膜として浮遊しているものではなく、水に溶け込んでいる微量の油はオイルフェンスでは回収できない

ため、濃度を確認し取水量調整を行うとともに浄水過程で活性炭を注入し吸着させることにより対応することもあるとのことである。



写真-7 オイルフェンス設置状況  
(分水口前)

## 7. 油回収のための資機材備蓄と施設整備

### (1) 資機材備蓄

配水管理においては、油による水質事故の場合は前述のような確認や回収の対応を行うこととなっているが、加温臭気確認のためのカセットコンロ等の機材、オイルフェンスやオイル吸着マットなどを保管する必要がある。

群馬用水は冒頭で述べたように約61kmの総延長があり、その範囲内に開水路が点在しているため、これらの資機材を複数の地区に分散して保管しており、対応が必要な場合には最寄りの保管場所から調達することとしている。

保管場所としては、管理所や揚水機場などの建物があるとところなど8箇所にも主要な資機材を配置している。

保管資機材としては、水質事故以外の災害時などの作業も想定し以下のものを配置している。

- ①オイルフェンス、吸着マットなど
- ②臭気確認セット（カセットコンロ、三角フラスコ、洗浄用水）
- ③夜間作業用投光器、ポータブル発電機、コードリール
- ④ロープなど
- ⑤パケットテスト（簡易水質測定セットで、取水口と管理所に配置）  
測定項目（陽イオン界面活性剤、六価クロム、COD、遊離シアン、残留塩素、アンモニウム、金属総量（5種））

### (2) 施設整備

オイルフェンスを水路内に設置し、油を回収する時に効率よく迅速に設置できるよう幹線水路の7箇所にオイルフェンス設置ポイントを設けている。

設置ポイントには、6.（3）の写真-5のようにオイルフェンスを設置するため水路兩岸にロープを固定できるようにフック等を設置している。また、作業する人が安全に作業できるよう安全帯を掛けられるように単管などで手すりを設けている。

## 8. 水質事故対応訓練

広範囲にある群馬用水において油による水質事故発生時には迅速な対応が必要となることから、オイルフェンス設置作業について、機構職員だけではなく水路近傍の利水者など関係者にも協力していただく必要が生じる場合を想定し、毎年水質事故対応訓練を合同で実施している。

合同訓練を実施している団体としては、土地改良区、水道利水者、近隣自治体の群馬用水担当職員、協力業者などであり、参加人数は機構も含めて50人前後となっている。

合同訓練では、水質事故対応訓練に加え、水質事故に関する講習や加温臭気確認の訓練なども行っている。

## 9. おわりに

水資源機構では、「安全で良質な水を安定して安くお届けする」ことを経営理念として日々の管理に取り組んでいる。

群馬用水でもその経営理念を全うすべく、日々の管理には機構職員のみではなく群馬用水の利水者等の関係者とともに取り組んでいる。

今回は、水質事故への対応について報告したものであるが、これからも改良区及び水道の利水者、自治体関係者、協力業者が一丸となって配水管理、施設管理を行い、用水の安定した供給を継続していきたい。

# カンボジア国カンダルスタン水路における水路盛土の膨潤現象

浅野 勇\* 堀 俊和\* 正田 大輔\* 野田 英夫\*\*  
(Isamu ASANO) (Toshikazu HORI) (Daisuke SHOUDA) (Hideo NODA)

## 目 次

1. はじめに .....	41	3. 水路盛土の現地調査と考察 .....	43
2. 調査水路の概要 .....	41	4. おわりに .....	46

## 1. はじめに

農村工学研究所では、国際協力機構（JICA）より依頼を受け、カンボジア国カンダルスタン水路にて発生した水路ノリ面のはらみだしに関する調査を実施した。調査は、2012年10月29日～31日（雨期）、2013年4月21～30日（乾期）の2回に分けて行った。本報では、その調査結果について報告する。

カンダルスタン水路は首都プノンペンの南約20kmのプレク・トノット川下流のカンダル地区に位置する。この地区では、水路等の老朽化が進みかんがい用水が不足する条件下で水稻栽培が行われてきた。そのため、水稻収量は他の地区に比べ極めて低い（平均収量1.80トン/ha・年）。このような水稻の栽培状況を改善するために、カンダル地区の灌漑用水の安定確保を目的とした無償協力資金「カンダルスタン灌漑施設改修計画」が日本国政府により計画され、2005年に水路改修が開始された。工事は2007年8月に終了したが、水路改修後約2年が経過した2009年にカンボジア国水資源省（Ministry of Water Resources and Meteorology, 以下MOWRAM）の調査により、水路ノリ面のコンクリートパネルのはらみだし、崩落などの変状が発見された。

## 2. 調査水路の概要

### 2.1 水路位置と調査地域の概要

カンダルスタン水路の位置を図-1に示す。カンダルスタン水路は首都プノンペンの南約20kmのカンダル州カンダル地区に位置する。この地域は、氾濫源に区分され、古い河川跡が南部と北部に走っており、起伏がある。地質はほぼ水平な沖積層であり、表層数mには細粒土が分布している。年間平均気温は28℃、年



図-1 調査水路位置

降水量は1,100mmである。4月から10月の間が雨期となるモンスーン気候であり、灌漑条件下であれば、年2回の稲作が可能な地域である。

### 2.2 改修水路諸元とはらみだしの状況

水路ノリ面パネルのはらみだしの状況を写真-1に示す。これは2012年調査時の写真であり、水路上流側を下流から撮影している。上流に向かって水路ノリ面が等間隔に凹んでいる部分がある。この部分は水路の継目に相当する。継目にはコンクリート隔壁が設置され、その周辺がセメント改良土で補強されているた



写真-1 水路の状況（2012年調査時点）

\* (独)農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究所  
(Tel. 029-838-7572)

\*\* 国際協力機構資金協力業務部

め、はらみだしが抑制され施工時の形状を保っている。一方、そのほかのノリ面は置換土の膨潤のため通水側にはらみだしている様子が観察できる。

図-2に示すように改修区間は直線水路である。改修区間の総延長は5.3km、水路堤防の盛土材料の違いにより上流部(3.2km)と下流部(2.1km)に大別できる。水路ノリ面のはらみだしは上流部のみに発生し、下流部では発生していなかった。このことから、水路堤防の置換土の種類が水路の変状に関係すると考えられた。

水路断面の概要を図-3に示す。現地盤に外部から運搬した置換土を厚さ約1m盛土して水路堤防を造成してある。水路ノリ面にはコンクリートパネル(50×50×10cm)を敷き並べライニング水路として改修されている。パネルの裏には不陸調整用の厚さ10cm程度の砂が敷かれ、パネルの目地にはモルタルが目詰めされていた。水路の-span長は6m、span間の継目にはコンクリート製の隔壁が設置されていた。隔壁は盛土部分を掘削し、その中にプレキャストコンクリートを根入れした構造である。隔壁周辺はセメント固化土による改良が行われている。

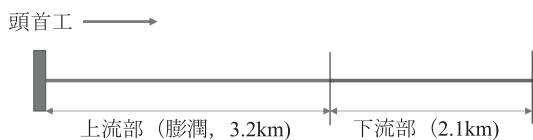


図-2 改修区間

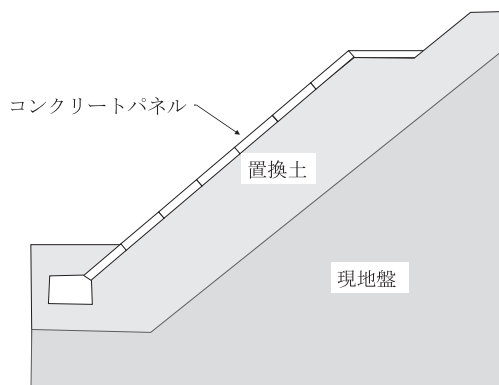


図-3 水路断面

### 2.3 改修工事

改修工事 2005年10月～2007年8月の約2年間で  
行われた。水路ノリ面は置換土を盛土した後、ノリ面  
にコンクリートパネルを敷き並べ施工した。置換土の  
盛立ては、ブルドーザにより置換土をまきだし、シー  
プスフットローラー(12.5ton)を用いて標準8回転圧  
にて行った。

### 2.4 置換土

置換土は、現場から約10km離れた土取場(過去に  
国道の盛土材として使用実績があった)から採取した。

土質分類状はCM～CHに相当する。特徴としては、  
細粒分(0.075mm)以下が60%強と粘土およびシルト  
が多い材料である。

盛立ての施工管理は締固め度と含水比により管理さ  
れた。締固めの管理基準は、締固め最大密度95%以上、  
最適含水比 $\pm 5\%$ とされた。シープスフットローラ  
を用いた試験施工が実施され、標準8回転圧を行えば、  
締固め度95%以上、最適含水比(12.4%) $\pm 3\%$ を満  
たすことが確認された。

### 2.5 変状の概要

水路改修から2年後の2009年10月に、水路上流部  
で54箇所の変状が確認された。その際、下流部でも  
調査が行われたが、変状はほとんど確認されなかつ  
た。上流部の主な変状はパネルの全面及び部分崩落で  
あった。写真-2にパネルの崩壊事例を示す。これは、  
2012年に撮影したものであるが、2009年のパネル崩  
落の状況とほぼ等しい。

2010年時点に発生したパネルの崩壊箇所は土嚢を用  
いた応急処置が行われ、2011年に置換土の部分をセメ  
ント改良する応急工事が実施された。今回の調査時点  
(2012～2013年)では応急工事は完了しており、上流  
部には一部崩落した箇所(写真-2)は見られたが、  
その他の区間は写真-3に示すようにパネルのはらみ  
だしは見られるがノリ面が崩壊するようなspanは見  
られず安定した状態にあった。



写真-2 パネルの崩落(2012年調査)

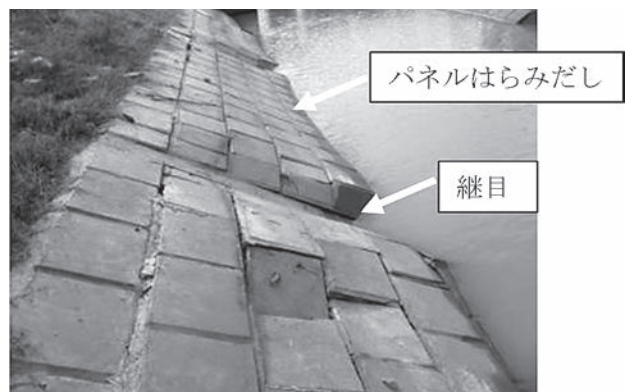


写真-3 パネルのはらみだし(2013年調査)

### 3. 水路盛土の現地調査と考察

水路に発生した変状の原因と今後の進行を検討するために、パネル背面の置換土の目視による変状観察、現地密度試験および含水比の測定、置換土の採取などを行った。採取した置換土については粘土鉱物の分析などを実施した。以下、2013年の乾期に行った調査を中心にその内容を説明する。

#### 3.1 パネル背面置換土の目視調査

2013年4月23～24日に水路ノリ面のパネルをはずし、背面の置換土の状況の確認、現地密度などの試験、試料の採取を行った。調査対象スパンは2箇所とし、パネルに変状が発生していない健全スパン(370R, 取り入れ口から約2.22km下流)とパネルがずれるなど変状が発生している変状スパン(432L, 取り入れ口から2.6km下流)とした。調査時の水路の水位は最上段のパネルから6枚目付近であった。なお、水路スパンを表す記号の数字の後のR, Lは右岸, 左岸を表す。

##### (1) 健全パネル背面の調査(370R)

健全パネルの状況を写真-4に示す。写真に示すようにパネルの目地は健全でありパネルに目立った変状は生じていない。

パネルを取り外すと、パネル背面には不陸調整用の

砂がほぼ設計厚の10cm程度敷きなされていた。砂は良く締め固まっており吸い出しなどは発生していなかった。写真-5は敷砂を取り除き、置換土の表面を露出させた時点の写真である。置換土は、黄土色で、表面はクリームのように柔らかい状態であった。現地密度試験用の円筒形モールドを挿入すると、手で押せば簡単に挿入できた。2012年10月の雨期の際もパネル背面の状況を調査している。その際も、同様に置換土の表面はクリーム状態であり、足がめり込むほどであった。2012年の雨期の状態に較べれば2013年の乾期の状態は比較的硬い状況にあった。いずれにしても、置換土の表層部分は盛立時に比較して含水比が高く、緩んだ状態であることが確認された。

##### (2) 変状が有るパネル背面の調査(432L)

パネルの変状状況を写真-6に示す。写真に示すようにパネルには沈下やずれが生じ、目地は破壊され、水路から水が侵入する状況にあった。

パネルを取りはずした状況を写真-7に示す。不陸調整用の砂は乾燥・固結した状態であり、一部吸い出されている部分も見られた。砂の吸い出しについては、水位が高い時期にパネルの目地の隙間から水が侵入し、流出した可能性がある。

一方、砂の表面には亀甲状のひび割れが発生してお



写真-4 パネルを外す前の状況



写真-6 パネルの変状部分



写真-5 健全パネル背面の状況



写真-7 変状パネル背面の状況

り、水中に没する機会が少ない標高の高い部分にひび割れが集中していた。ひび割れは、置換土の中まで進行していた。ひび割れの原因としては乾燥収縮が考えられる。パネルの目地の破壊、不陸調整砂の層厚不足、吸い出しなどにより、置換土の乾燥が進み、乾燥ひび割れが発生したと考えられる。さらに、一度ひびわれが発生すると、雨水や水路から供給された水がひびわれを通じて置換土内部に侵入し、置換土内部の膨潤や緩みを助長した可能性もある。

### 3.2 現場密度および含水比試験

#### (1) 測定位置および測定方法

パネル背面の置換土の目視観察などから、水路ノリ面の置換土は内部に較べ表層に近いほど含水比が高くかつ緩んだ状態にあり、表層に近いほど膨潤が進んでいることが明らかになった。そこで、置換土の膨潤状態を調べるために、水路ノリ面にトレンチを掘り、深度方向に置換土の密度及び含水比を測定した。2回の現地調査で6箇所のトレンチ掘削を行った。今回は、上流部の中でもパネルの変形量が比較的大きく、最も深い深度まで置換土のトレンチ掘削を行った370R(2013年)の調査結果について示す。

370Rで実施した現場密度および含水比の測点位置の概要を図-4に示す。現場湿潤密度試験は、図の

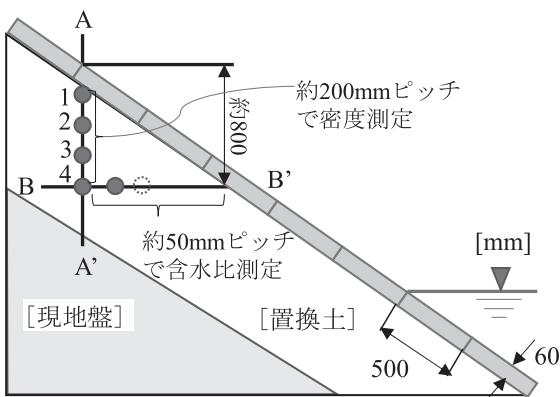


図-4 密度および含水測定位置 (370R)



写真-8 現場密度試験

A-A' 測線にて置換土の表層を起点に約 20cm ごとにサンプリングをしながら掘り進め、置換土表層から 60cm の深度まで計 4 箇所の測定を行った。含水比は鉛直 (A-A' 測点)、水平 (B-B' 測線) の 2 方向の測定を行った。測定間隔は約 20cm とした。

現地密度試験では、写真-8に示すように、金属製の円筒サンプラーを置換土に押し込み、サンプラーの体積と採取試料の重量から、置換土の湿潤地密度を求めた。含水比は各測点で3試料を採取し、その試料から求めた。

#### (2) 現場密度試験結果とその考察

カンボジア国水資源省の試験室において、採取した不攪乱試料の湿潤密度試験、含水比試験を行った。なお、これ以降は、コンクリートパネル表面を原点とした深度を用いて説明を行う。例えば、置換土の表面の深度は、パネルおよび砂の厚さを考慮するため深度 20cm になる。

370Rの深度別の乾燥密度および含水比の変化を図-5に示す。なお、グラフには2012年の雨期に実施した隣接スパン369Rの試験結果も重ねて示している。図-5から、深度が大きくなるほど、置換土の乾燥密度が大きく、含水比が小さくなるのがわかる。また、試料採取時の観察からも、深度が深くなるにつれて、地盤は固くなる傾向が確認された。採取試料の室内試験の結果から、置換土は深度方向にほとんど土質(粒度および塑性指数等)の変化はないことが確認されている。以上の結果から、図-5に示された深度方向の置換土の乾燥密度の変化は、膨潤の結果として発生した密度変化と推定できる。

2012年に行った置換土の突き固め試験の結果から、置換土の締固めに対する最適含水比は12%、最大乾燥密度1.617g/cm<sup>3</sup>であった。図-5にはその試験結果から計算した95%、100%の締固め度のラインを記入した。置換土の表層(深度20cm)の乾燥密度は1.248g/cm<sup>3</sup>(締固め度77.2%)であり、最大乾燥密度の1.617g/cm<sup>3</sup>と

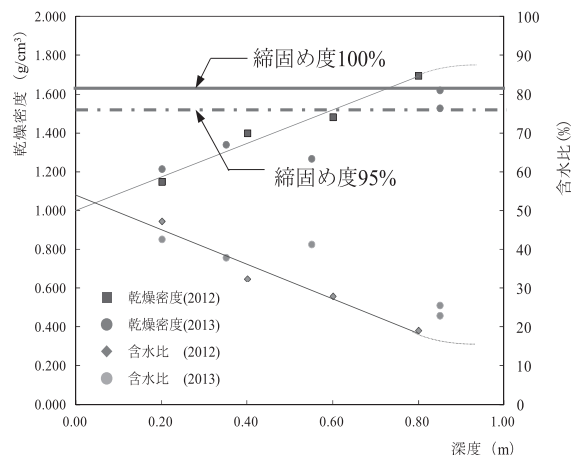


図-5 深度方向の乾燥密度と含水比の変化

比較すると乾燥密度はかなり小さい。これは膨潤の影響を受けたためと考えられる。一方、置換土の深度が大きくなると乾燥密度も増加し、深度 80cm では締固め度は 95% を超える。すなわち、鉛直深度 80cm 以深(図-4 中の測点 4 以深)では膨潤は抑制されていると考えられる。置換土の深部で膨潤が抑制されている理由としては次の 2 つが考えられる。

- 1) 深度が大きくなると上載圧が増加するため、上載圧に膨潤が拘束されるためその進行が抑制される。
- 2) 置換盛土の透水性が小さく、水の浸透が置換土の深部まで進んでいないため膨潤が進行していない。

### (3) 含水比測定結果とその考察

370R の水平方向の含水比の分布を図-6 に示す。深度方向の現場密度試験の位置 (A - A') を原点とし、水路側に 20cm 間隔で測定した含水比をプロットした。図-6 から、水平距離 60 ~ 80cm の位置で含水比が約 30% から約 60% に急増しており、この位置を境界として、置換土の水分特性が大きく変化することがわかる。また、現地での試料採取作業の状況から、含水比が大きく変化する位置の前後では、置換土の締め固まり具合が大きく異なることが確認された。通水面からある程度はなれた含水比が 30% 以下の区間では、含水比試料を採取するためにスコップをかなり強く挿入する必要があった。一方、通水面に近く、含水比が 40% 以上区間では背面土はぬかるんだ状態であり長靴が土の中に沈み立つことができないほどであった。含水比の変化点はパネル表面から鉛直方向に約 50cm 程度の位置にあり、この範囲の置換土は膨潤が進み、含水比が高く緩んだ状態にあると考えられる。

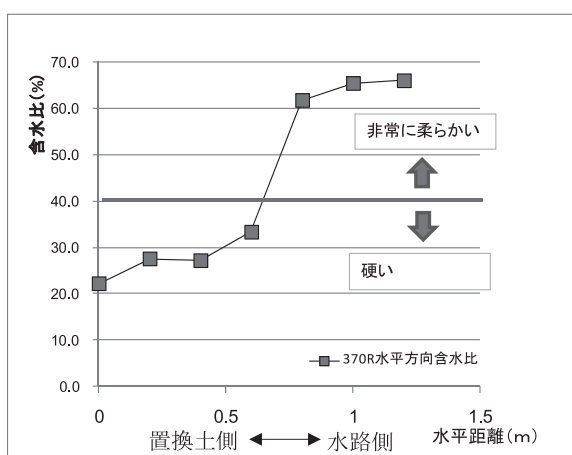


図-6 水平方向 (B-B') の含水比変化

### 3.3 置換土の粘土鉱物試験

カンダルスタン水路の置換土の膨潤の原因を明らかにするために置換土に含まれる粘土鉱物の分析を行った。試験試料は 2012 年に 3 箇所 (192L, 280L,

369R) から採取したものをを用いた。

#### (1) 試験方法

次の 3 つの試験を実施した。

- ①陽イオン交換容量試験：(ショーレンベルガー法)
- ②メチレンブルー吸着
- ③X 線回折法による粘土鉱物の同定

#### (2) 陽イオン交換容量およびメチレンブルー吸着試験結果

3 地点に対して各々 1 試料を用いてイオン交換容量試験を実施した。また、280R 地点については 1 試料のメチレンブルー吸着量を行った。試験結果を表-1 に示す。

置換土の陽イオン交換容量 (CEC) は 15 ~ 20 cmol/kg の範囲の値を示した (表-1)。文献 1) によれば、膨潤性粘土鉱物に分類されるモンモリナイト、バーミキュライトの CEC は 80 ~ 150 cmol/kg 程度である。今回の置換土の CEC は文献 1) 示された膨潤性粘土の CEC に比較すると小さく、CEC の分析のみからは膨潤性を示すと判断することが難しい土質材料であることがわかる。また、280R のメチレンブルー吸着量についても、その値は陽イオン交換容量とほぼ等しく、純粋なモンモリナイトの吸着量が 140 cmol/kg 程度であることを考えれば、この値のみから置換土が膨潤性を示すと判断することは難しい材料ということがわかる。

表-1 陽イオン交換容量とメチレンブルー吸着量

採取地点	陽イオン交換容量 (CEC) (cmol/kg)	メチレンブルー吸着量 (cmol/kg)
192L	16.4	-
280R	20.8	27
369R	16.9	-

#### (3) X 線回折試験結果

X 線回折試験では、試料に X 線を照射し、X 線回折強度から含有鉱物を同定する。なお、半定量的な分析法であるため、鉱物含有量は「多、中、小」などの定性的判定となる。

試験結果を表-2 に示す。膨潤性を示す鉱物としては、カオリナイト/モンモリナイト混合層鉱物が存在し、その含有量は「中量」と判定された。X 線解析結果からは、このように膨潤性粘土鉱物の存在が確認されたが、粘土性鉱物の含有量と材料の膨潤性の関係は十分明らかになっておらず、鉱物が多量に存在しても膨潤しない場合、逆に少量でも膨潤する場合がある。粘土鉱物の含有は確認されたが、膨潤のメカニズムについては十分特定することができなかった。

表-2 X線回折結果

試料	同定された成分	最大回折線による比較
192L	SiO <sub>2</sub> [石英]	○
	Na <sub>0.3</sub> Al <sub>4</sub> Si <sub>6</sub> O <sub>15</sub> (OH) <sub>6</sub> ·4H <sub>2</sub> O[カオリナイト/モンモリナイト混合層鉱物]	△
	Na <sub>0.3</sub> (Al,Mg) <sub>2</sub> Si <sub>4</sub> O <sub>10</sub> (OH) <sub>2</sub> ·4H <sub>2</sub> O[モンモリロナイト]	+
	(K,H <sub>3</sub> O)Al <sub>2</sub> Si <sub>3</sub> AlO <sub>10</sub> (OH) <sub>2</sub> [イライト]	+
	FeO(OH)[針鉄鉱]	+
369R	SiO <sub>2</sub> [石英]	○
	Na <sub>0.3</sub> Al <sub>4</sub> Si <sub>6</sub> O <sub>15</sub> (OH) <sub>6</sub> ·4H <sub>2</sub> O[カオリナイト/モンモリナイト混合層鉱物]	△
	Na <sub>0.3</sub> (Al,Mg) <sub>2</sub> Si <sub>4</sub> O <sub>10</sub> (OH) <sub>2</sub> ·4H <sub>2</sub> O[モンモリロナイト]	+
	(K,H <sub>3</sub> O)Al <sub>2</sub> Si <sub>3</sub> AlO <sub>10</sub> (OH) <sub>2</sub> [イライト]	+
	FeO(OH)[針鉄鉱]	+

凡例 ○:多量 △:中量 +:少量

(4) 置換土の膨潤に関する考察

X線回折試験の結果からは、置換土には膨潤性を示す鉱物として、カオリナイト/モンモリナイト混合層鉱物の存在が確認され、その含有量は「中量」であった。この結果から、置換土は潜在的な膨潤の可能性を示すと考えられるが、X線回折試験と並行して行ったCEC試験やメチレンブルー吸着試験からは、一般の膨潤性粘土の1/5程度の値となり、これらの試験結果から直ちにこの試料が膨潤性を示すと評価することはできなかった。このように、カンダルスタン水路の盛土に使用された置換土は従来行われている粘土鉱物による膨潤性の判定が困難な土質材料と考えられる。

4. おわりに

カンダルスタン水路の上流部は、その後、JICAの実施するフォローアップ協力を通じ、水路ノリ面の置換土は撤去され、セメントと砂を混合したセメント改良土に置き換えられ、その上にコンクリートパネルが設置された。写真-9に通水後3ヶ月が経過した2014年8月の通水状況を示す。水路に変状は見られず、十分な農業用水が供給されている。



写真-9 改修後の水路の通水状況 (2014.8)

今回の現地調査で問題となった置換土は、乾期に盛り立て施工された。盛り立て時の施工管理記録からは、

締固め性状は良好と判断される。しかし、水路供用後の置換土への水の浸透により膨潤が発生し、コンクリートパネルなどの変状を引き起こした。

盛り立て後の水の浸透により膨潤する材料は我が国には稀であるが、カンボジア国のような乾期に盛り立てを行う地域では盛り立て時の評価と合わせて、浸水後の挙動を予測した盛土材料の選択が重要である。また、このような浸水により力学的性質が大きく変化する土質材料が存在すること、従来行われている粘土鉱物試験では膨潤の判定が困難な場合があること、などに注意が必要である。

今後、カンボジア国において、水に接する機会の多い農業インフラの建設を行う際には、今回調査したような性質を有する置換土の使用は避けなければならない。そのためには、次の点が課題と考える。

- (1) 膨潤を判定するための簡易な「浸水試験」が必要である。ただし、現地でも容易に試験が実行できる方法でなければならない。
  - (2) 膨潤性の土の分布がわかるような「土壌マップ」の作成が必要である。このためには、過去の膨潤事例の収集・整理が重要である。
- これらの、研究・技術開発が進むことを期待する。

謝辞：現地調査にあたり、国際協力機構、佐藤課長、馬淵参事役、林主任調査役、堀内専門家、平岩アドバイザー、福若専門員、元国際協力機構、秋山企画役、森山専門員にご協力いただきました。また、日本大使館、カンボジア国水資源省、日本工営株式会社の関係各位には現地での試験、便宜供与および資料提供にてご協力を頂きました。ここに記して、深く感謝の意を表します。

【引用文献】

- 1) 日本粘土学会編：粘土ハンドブック (第三版)



# 天神野台地開拓史

谷口真紀\*  
(Maki TANIGUCHI)

## 目次

1. はじめに	47	5. 南谷小水力発電所	49
2. 益田伝吉	47	6. 未来へつなぐ活動	49
3. 事業の経緯	47	7. おわりに	50
4. 開拓に寄与した土壌改良施設	48		

### 1. はじめに

本報では、大正初期から始まり昭和中期まで行われた、天神野台地開拓の歴史について紹介します。本地域は、鳥取県内でも極めて利水に厳しい条件下にありながら、開拓事業によって不毛な台地から広大な灌漑地帯へと変貌を遂げました。この大開拓に携わった先人の類い希なる構想と忍耐・努力、そしてその遺産について情報発信します。

天神野台地は中国地方最高峰大山のすそ野の一部に属し、東南は小鴨川、西北は国府川こくがわの間に位置しており、約3,000haもの広大な台地をなしています。天神野台地は明治の終わり頃まで草木の茂る原野でした。この台地に入植した人々は、当初草木を刈り取りながら原野を田畑へ開墾していきました。しかし、台地という地理的条件から慢性的な用水不足であり、毎年のように干害に見舞われていました。このような状況を打開するため、明治40年、当時の南谷村なんこくそんたいきゆうじ泰久寺の山根愛吉は、水田適地30haをため池や水路を新設し、開田する計画を定めました。この開墾地域は、山守村、南谷村、北谷村、上小鴨村、小鴨村、社村やしろそんの6ヶ村にわたり、天神野耕地整理組合として大正5年（1916年）設立され、地区面積は2,925haにもなりました。

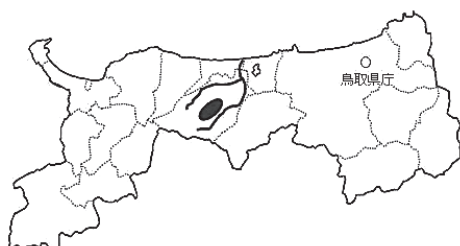


図-1 天神野台地の位置 (●)

### 2. 益田伝吉

天神野耕地整理組合が設立されてから4年目の大正9年（1920年）に、益田伝吉が組合長に選任されました。組合ができてから伝吉が就任するまでの4年間に組合長は3人も交代しており、組合員の合意形成や資金繰りにも窮するなど、大開墾事業は開始当初から順調ではありませんでした。当時雲陽実業銀行倉吉支店長であった益田伝吉は、天神野に縁のない人物でしたが、その銀行員としての実務能力の高さから、当時の鳥取県知事の強い推挙により組合長に就任することとなりました。

山根愛吉は、天神野開発の発起人として開拓の夢を描き、大きく貢献した人物です。これに対して、「開拓の父」と呼ばれた益田伝吉は、この開拓を実現させた功労者として、天神野開拓史を語る上で特に欠かせない存在です。伝吉は、まず就任早々私財を投じて工事資材を購入し、資金難で停滞していた工事の進捗向上に向けて動き出しました。そして、工事実施計画や資金調達についても全面的に見直しました。ある時は、農水省に支援要請のために上京し、陳情の目的が果たされるまで何日でも農水省の廊下に腰を下ろし居座り続け、官僚が音を上げたともいわれています。さらに、工事で問題が起こると、自宅に帰らず組合事務所に寝泊まりし、自炊をしながら責務を果たしたと伝えられています。

### 3. 事業の経緯

事業の内容は、山守村みやうこう明高に頭首工を築造して小鴨川から取水し、これにより導水工事や隧道工事を行って幹線水路を掘削し、中継となるため池大小8ヶ所築造することにより、天神野台地全体を灌漑するというものでした。しかし、天神川を取水源として広域水田

\*鳥取県農林水産部農地・水保全課  
(Tel. 0857-26-7336)

を開墾することにより、当然のごとく下流の水利組合との水源問題が発生しました。この下流の水利組合から、天神野取水量節減を主体とした水利調整の申し出があり、工事は中断されました。これを踏まえ、関係者が鋭意交渉した結果、下流地方の水不足の際に優先的に水利権を与えるということによってようやく妥協に至り、停滞していた事業を進めることができました。また、開墾も難工事で、例えば試験田を設けて稲を育ててみても、日照りが続くと多くが枯れてしまいました。これは、台地を水田として利用するためには、計画以上に多くの農業用水が必要であったことを意味します。

#### 4. 開拓に寄与した土地改良施設

##### 4.1 狼谷ため池（大山池）

天神野耕地整理事業により築造された8ヶ所のため池のうち、基幹的な役割を果たすのが狼谷ため池です。大型機械などがまだない大正11年当時（写真-1）に、人力作業により工事費として856千円（現在換算で約4億3千万円）かけ、2年という歳月を費やし、狼谷ため池は完成しました。以後、昭和14年までに長尾谷、池の谷、中尾尻、狼谷、釜ヶ谷、藤井谷、仙隠、横谷の8つのため池と422haの水田が次々と完成しました（図-2）。



写真-1 当時のため池工事の様子（1922年頃）

しかし、当時は素掘りの土水路だったため、漏水が著しく、水不足は十分には解消されないどころか、絶えず水争いが起こっていました。そのため、昭和8年と18年には、根本的な貯水量増を目指して、狼谷ため池の堤高を上げる2期目、3期目の工事が行われました。この3期目の増築工事では徴兵により地域に労働者がおらず、朝鮮からの労務動員や地域の女性と学徒動員中心に働きました。昭和25年（1950年）の完成までは、事業施工中の開田地は水がなく稲作もままならない上に、第2次世界大戦による事業中断など苦難・苦境の連続を克服しながらの長期にわたる事業でした。これにより堤長519m、堤高27.9m、総貯水量132万t、受益面積177.5haと、県内最大の農業用ため池が完成しました。この狼谷ため池は、水面に逆さに写る秀峰大山の姿が美しいことから、いつしか地元の人々に「大山池」と呼ばれるようになりました。池の周辺にはキャンプ場やハイキングコースが整備され、住民の憩いの場になっています（写真-2）。

昭和27年（1952年）には、天神野耕地整理組合は解散、天神野土地改良区に改編され今日に至ります。



写真-2 狼谷ため池の水面に映る大山

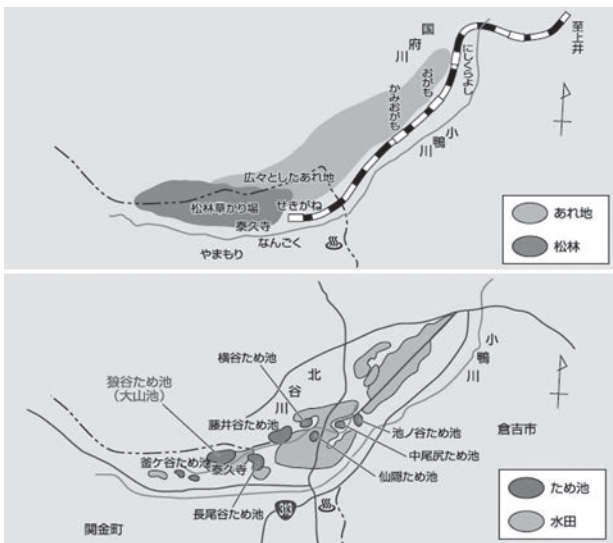


図-2 開発前(上図)と開発後(下図)の天神野台地概略図

##### 4.2 大山大鳥居円筒分水工

狼谷ため池は2度の増築を行いました。受益地の水争いは解消できませんでした。その原因は、土水路の漏水のみならず、用水の分配量が受益面積に応じたものになっていなかったからです。幹線水路から、支線用水路へ水を分配するための樋門には、水を管理する水番を置いていましたが、少しでも自分の田に水を引き入れようと、それぞれ我田引水に懸命でした。そこで昭和43年には、素掘り水路をコンクリート張りにする工事と、県内唯一の円筒分水工の改修工事が行われました（写真-3）。

円筒分水工は水の水平作用と逆サイフォンの原理を基本とする合理的な分水施設で、それぞれの受益地に応じた公平な水配分を行うことができます（図-3）。



写真-3 大山大鳥居円筒分水工

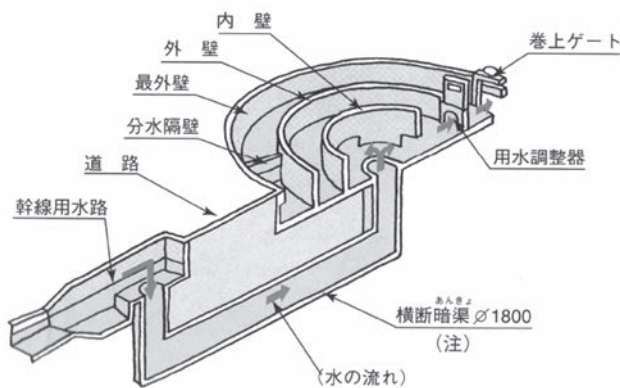


図-3 円筒分水工の断面図

本工事により各集落の面積に応じた水配分が可能となり、長きにわたって繰り返されてきた水争いはようやく解消されました。

## 5. 南谷小水力発電所

南谷小水力発電所は、狼谷ため池に流入する農業用水を活用した小水力発電所として、農村地域へ電気を供給するため、昭和28年に旧南谷村農協により建設されました。再生可能エネルギーがまったく注目されていなかった当時に、地域資源である用水路の高低差(落差)に着目し、発電に取り組んだ当時の人々の先見の明には頭が下がる思いです。昭和54年(1979年)には農協から天神野土地改良区が発電所を譲り受け、以来、改良区ではその売電益を組合員の賦課金軽減に充ててきました。この取組みは、売電収益の有効利用という点で里山資本主義の先駆者といっても過言ではありません。これにより発電所は、頭首工やため池、円筒分水工などの土地改良施設の維持管理費用捻出に必要な不可欠な存在となりました。しかし、建設より60余年が経過して老朽化が進んだことから、国の「地域用水環境整備事業」の採択を受け、平成24年度より県営事業として新設相当単価(34円/kwh)が認めら

れる発電施設更新整備を実施し、平成26年11月、めでたく竣工に至りました。以来、続々と発電所見学の申込みが全国から入っています。

東日本大震災を契機として、再生可能エネルギーの存在がクローズアップされ、より一層の普及が期待されている今日、天神野土地改良区のこの取組は、地元農業農村の振興だけではなく、全国の再生可能エネルギー活用促進のパイオニアとしての存在意義を持ち続けることでしょう。

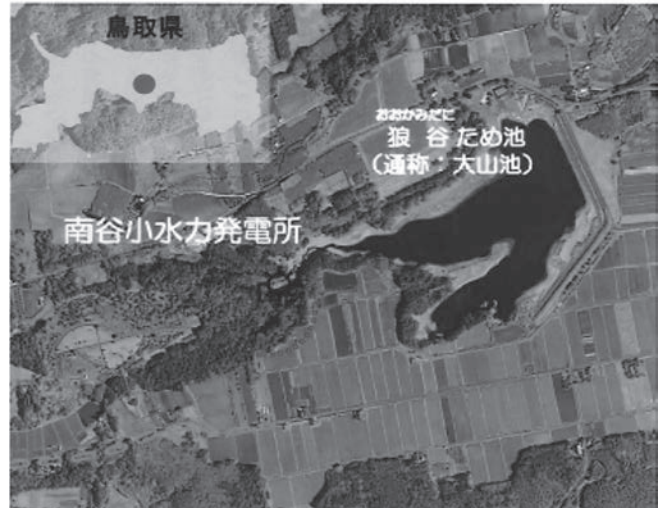


図-4 南谷小水力発電所と狼谷ため池の位置関係

## 6. 未来へつなぐ活動

天神野土地改良区では、県中部地域の小中学校7校を対象に、「生きた教育」として農業農村の大切さや土地改良施設の役割、また先人の苦労を交えながら体験見学を通じた出前授業を行っています。天神野開拓の歴史や、農業土木工事の重要性、水利調整に関わる先人の苦労話を、改良区理事長自ら子どもたちに語りかけます(写真-4)。活動は平成26年度で10年目を迎え、未来を担う子どもたちの心に、着実に農業や先人の遺した施設を尊ぶ心を育てています。また、強い信念と並々ならぬ努力によって天神野開拓を進めた



写真-4 出前授業の様子(狼谷池を眼下に)

偉人の話を通して、地域に貢献する大志を持った人物になってほしいという強いメッセージも発信しています。

## 7. おわりに

開拓事業により、天神野台地は県内有数の農業地帯となりました。平成11年（1999年）に、大事業の成功を記念して碑が建てられています（写真－5）。狼谷ため池や円筒分水工などの水利施設は、不毛な台地に生きた人々の、水への渴望から生み出されたかけがえのない地域の財産です。本改良区は、この地域資源を保全し、宝物として後世に残していく活動に注力しています。

農業を取り巻く状況は依然として厳しいものの、本改良区の実践が他地域の農業農村振興のきっかけとなる事例の一つになることを信じて疑いません。最後に、本報にあたり、天神野土地改良区理事長と始めとした役員の方々には、聞き取りの時間をいただいたことに対し深謝の意を表します。



写真－5 天神野土地改良区事務所と記念碑

### 【参考文献】

- 1) 「農業土木遺産を訪ねて」：土地改良建設協会
- 2) 「とっとり土地改良史」：鳥取県土地改良事業団体連合会
- 3) 「とっとり井手物語」：鳥取県

# 豪雨時のため池の貯水位予測システムの開発

堀 俊和\* 吉 迫 宏\* 古 島 広 明\*\*  
 (Toshikazu HORI) (Hiroshi YOSHISAKO) (Hiroaki KOJIMA)  
 青 木 寛 明\*\* 林 貴 史\*\*\* 橋 本 誠\*\*\*\*  
 (Hiroaki AOKI) (Takashi HAYASHI) (Makoto HASHIMOTO)

## 目 次

1. はじめに .....	51	3. 流出パラメータの補正と予測結果の検証 ...	55
2. 豪雨時のため池の貯水位予測システム .....	52	4. まとめ .....	57

### 1. はじめに

全国の約 20 万箇所のため池のうち、受益面積 2 ha 以上のため池は約 6.3 万箇所あり、うち江戸時代前に築造された池は約 70%（農林水産省農村振興局調べ）に及ぶ。さらに、多くのため池が、近代的な設計指針である土改良事業設計指針「ため池整備」（農林水産省農村振興局整備部設計課監修）が整備される以前に築造され、現在に至っている。このような古いため池の洪水吐（洪水時に堤体を越流させることなく安全に貯水を流下させる施設）は、現行の設計指針における設計洪水量処理する能力を有していないものが多い。このため、近年多発している集中豪雨によって、ため池が決壊するなどの被害が相次ぎ、2014 年度においても各地で発生した豪雨により、多数のため池が被災している。大きな被災としては、2004 年の台風 23 号で、兵庫県下で 186 箇所のため池が決壊し、下流域で甚大な被害が発生した（兵庫県, 2005）。2013 年度では、各地で発生した豪雨により、105 箇所のため池が決壊している（農村振興局調べ）。被災は、全国の 19 府県で発生しており、広域多所の被害となった。ため池の決壊は、ため池本体だけでなく下流域の人命と暮らしに直接、被害を及ぼすことがある。地球温暖化に伴って集中豪雨の危険性は年々増加しており、膨大な数のため池の安全対策が急務である。また、農村地域の混住化により、ため池の決壊に伴う二次災害が増大する傾向にある。

堀ら(2002)によると、豪雨時のため池の被害の原因・形態は、越流破壊、すべり破壊、パイピングに分類される。図-1 は 2004 年の台風 23 号で決壊したため池の破壊形態を聞き取り調査した結果である。全体の半分以上は、堤体越流により決壊しており、越流破壊が豪雨時の被害の大きな主要因であることが分かる。ため池は土構造物であるため、堤体越流による侵食には非常に弱く、工学的には堤体越流が発生すると決壊すると考えてよい。現在の設計指針では、200 年確率の豪雨による集水域からの流入に対し、設計洪水位を越えないように、十分な排水能力を有する洪水吐を設置するように記述されている。しかし、ため池データベース（谷ら, 2002）を用いて検索した結果、実際のため池では、設計指針を満足しない洪水吐は登録ため池全体の 35.4% であり、多くのため池で改修が必要な状態となっている。

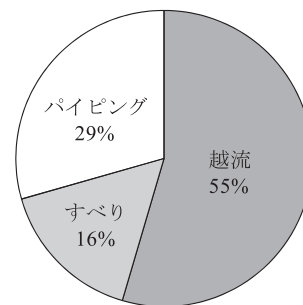


図-1 ため池決壊の原因別割合 (2004年台風23号)

このように、改修を必要とするため池が膨大であることから、全体的ため池に対して早急な対策を行うのは困難である。このため、事前に貯留水を放流して貯水位を低下したり（事前放流）、豪雨発生時期に貯水位を下げて低水位で維持させる（低水位管理）等の減災対策が必要とされている。

ため池は農業に必要な用水を貯留する施設であることから、貯水位を低下させる事前放流や低水位管理による貯水位低下対策は、農業用水の確保とトレードオ

\* (独)農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究所  
 施設工学研究領域 (Tel. 029-838-7574)

\*\* (株)オサシ・テクノス (Tel. 088-850-0531)

\*\*\* 山口県農林水産部農村整備課  
 (Tel. 083-933-3409)

\*\*\*\* 山口県農林総合技術センター  
 (Tel. 083-927-7014)

フの関係にある。このことから、農業用水をできるだけ維持し、かつ豪雨時の安全性を確保するためには、豪雨時に上昇する貯水位を精度良く推定し、事前放流や低水位管理の設定を適切に決定する必要がある。また、ため池の管理の多くは水利組合や集落によって行われていることから、これらの設定や検討を簡易的に行える手法が必要である。

以上のことから、本研究では、気象庁の予測降雨データや過去の降雨データから、豪雨時の貯水位上昇を簡易に推定して、堤体越流の危険度を算定するとともに、事前放流のタイミングや低水位管理の設定水位を検討できる解析システムを開発した。本報告では、開発したシステムの特長と精度・実用性の検証結果について述べる。なお、本システムは平成25年度農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業により開発された成果である。

## 2. 豪雨時のため池の貯水位予測システム

### (1) 基本的な解析方法

本章では、「豪雨時のため池の貯水位予測システム」で用いている流出解析方法および貯水位の計算方法について述べる。

#### ① 流出解析

ハイトグラフを入力値として、貯留関数法による流出解析を行い、洪水吐や斜樋、緊急放流口などからの放流を考慮して、ため池の貯水位の時間変化を算定する。貯留関数法の基礎式は、(1)式である(永井ら, 2003)。

$$\frac{dS}{dt} = r_e - q_{in}, \quad S = Kq_{in}^P \quad (1)$$

ここで、 $S$ は見かけの貯留高、 $r_e$ は有効雨量強度、 $q_{in}$ は直接流出高を $q_d$ とすると、 $q_{in}(t)=q_d(t+T_l)$ の関係がある。 $T_l$ は遅れ時間である(永井ら, 2003)。

#### ② 洪水吐・取水設備の放流を考慮した貯水位算定

洪水吐または堤体越流によって発生する貯水池への放流量 $q_{sp}$ は以下の通りである(農村振興局設計課, 2006)。

$$q_{sp} = B \cdot C_{sp} \cdot H_{sp}^{\frac{3}{2}} \quad (2)$$

ここで、 $B$ は洪水吐幅または堤体越流幅、 $C_{sp}$ は流量係数、 $H_{sp}$ は設計水位である。また、斜樋、緊急放流口からの放流量 $q_{ol}$ は以下の通りである(農村振興局設計課, 2006)。

$$q_{ol} = a \cdot C_{ol} \sqrt{2gH_{ol}} \quad (3)$$

ここで、 $a$ は斜樋または緊急放流口の孔断面積、 $C_{ol}$ は斜樋または緊急放流口の流量係数、 $H_{ol}$ は孔中心から水面までの高さである。底樋菅は緊急放流口からの放流に対して十分な放流能力を持っているも

のとする。

また、ため池の貯水量の連続式は(4)式で与えられる(堀ら, 2010)。

$$A(H) \cdot \frac{dH}{dt} = M \cdot Ar \cdot q_{in} - q_{sp} - q_{ol} \quad (4)$$

ここで、 $H$ は貯水位、 $A(H)$ は貯水面積であり、貯水位の関数である。 $Ar$ は集水面積、 $M$ は集水面積補正係数である。集水面積補正係数については、3.(1)で詳細に述べる。上述した(1)～(4)式より貯水位を求めることができる。

### (2) システムの仕様

本システムを用いることにより、豪雨時のため池を対象として、以下の検討が可能である。

- ・豪雨時の危険度予測解析
- ・貯水位管理による減災対策の検討
- ・貯水位管理表の作成
- ・リアルタイム危険度予測

以下に、それぞれの機能について概要を示す。

#### ① 豪雨時の危険度予測解析

図-2は危険度予測の初期画面である。設定したハイトグラフとため池の設定に対して、貯水位を算定し、想定される豪雨によってため池の水位が危険な状態になるかどうかを判定することができる。ハイトグラフとは図-3に示すような時間雨量の変化である。また、表-1は、解析に必要なため池のパラメータである。グレーのハッチがかかったパラメータは不可欠なパラメータであり、「洪水吐から堤体天端、危険水位までの高さ」以外は、ため池データベースに格納されたデータを参照することができる。

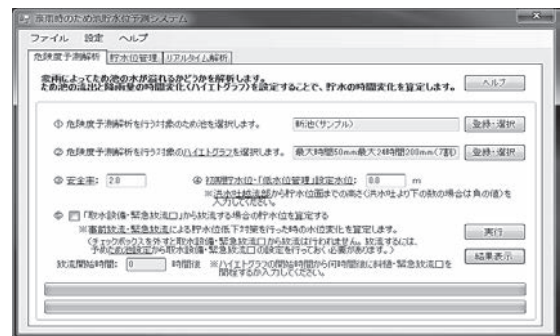


図-2 危険度予測解析の初期画面

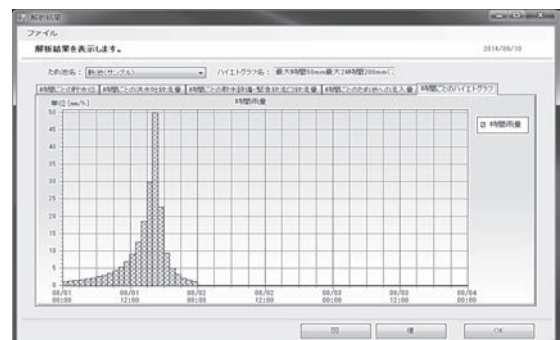


図-3 解析に用いたハイトグラフ

表-1 解析に用いたため池の設定

項目	単位	値
基本情報		
ため池名	—	新池
堤高	m	8.0
総貯水量	千 m <sup>3</sup>	20.0
洪水吐		
洪水吐タイプ	—	水路流入式
越流幅	m	2.0
洪水吐から堤体天端までの高さ	m	1.0
洪水吐から危険水位までの高さ	m	0.5
取水設備等		
取水口・緊急放流口の数	個	7
斜樋管径	mm	300
斜樋勾配	割	1:1.0
底樋管径	mm	500
底樋勾配	%	5
集水面積	km <sup>2</sup>	0.3
満水面積	km <sup>2</sup>	0.01
流出解析		
流出解析パラメータ K	—	4.224
流出解析パラメータ P	—	0.6
流域の飽和雨量	mm/h	50
一次流出率	—	0.5
遅れ時間	hour	0

図-4は予測結果の画面であり、設定した時間雨量の変化に対して貯水位の時間変化を算定しグラフとして表示できる。また、貯水位が、ユーザーの設定した危険水位、堤体天端を越えるかどうかを判定して、決壊の危険度を評価することができる。また、図-5は図-4で最大貯水位のときの貯水断面の図である。このような分かりやすい図を表示することで、誰でも一目で豪雨時の危険度を把握することが可能である。

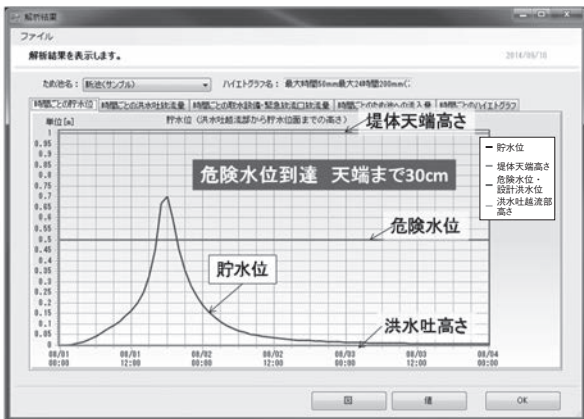


図-4 危険度予測解析結果の例

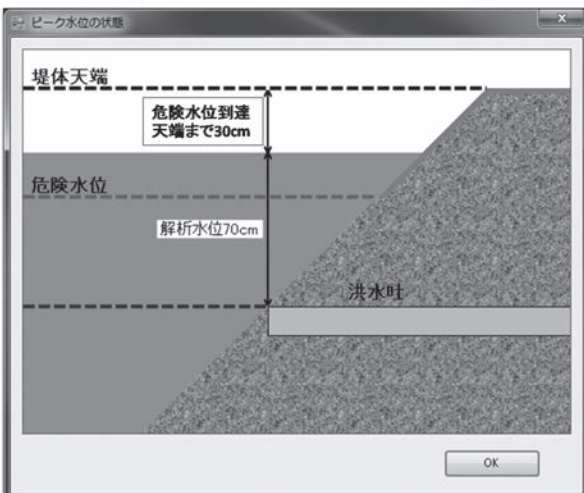


図-5 危険度予測解析結果の貯水位最大時の状態図

②貯水位管理による減災対策の検討

図-4で越流決壊の危険性があると判断されれば、本システムを用いて貯水位管理による決壊防止対策を検討することができる。減災対策のための貯水位管理方法として、図-6に示すように、「低水位管理」と「事前放流・緊急放流」が考えられる。「低水位管理」とは、多雨期に、斜樋栓を上から数本開けておいて貯水位を低く維持する対策であり、「事前放流・緊急放流」は台風等の大きな豪雨が予想される場合に、斜樋や緊急放流口を用いて降雨前から降雨中にかけて放流する対策である。事前放流と緊急放流については、システム内の処理方法は基本的に同じであるが、事前放流は斜樋等を用いて時間をかけて水位を低下させるのに対し、緊急放流は緊急放流口やポンプを用いて短時間で緊急的に水位を低下させる場合を想定している。

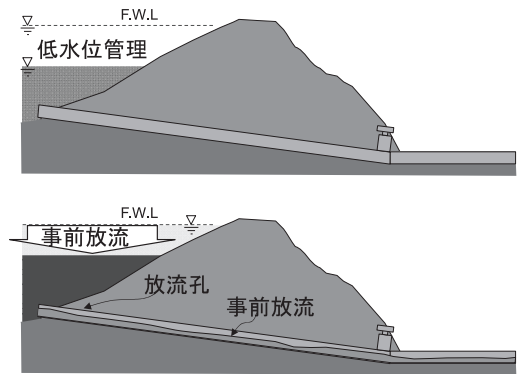


図-6 貯水位管理による決壊防止対策

図-7は、図-4の危険度予測解析結果に対して、降雨開始の初期水位を2m低下させて、低水位管理を行った状態から、貯水位変化を算定した結果である。システム上で試行錯誤的に初期水位を変えて、貯水位上昇量を計算し、低水位管理における適切な設定水位を算定することができる。

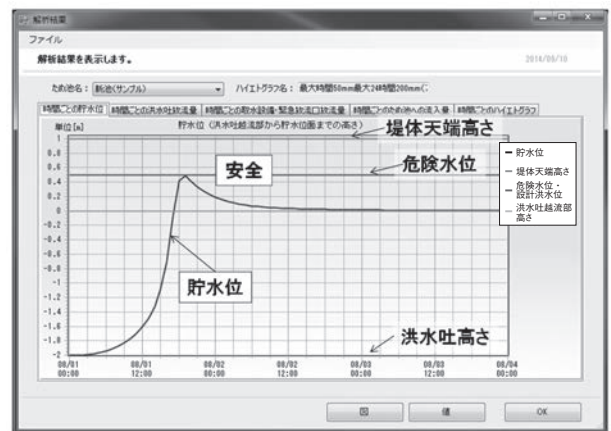


図-7 低水位管理による減災対策の解析結果例

図-8は、事前放流・緊急放流を行う場合の放流設定の概念図である。斜樋は通常、貯水面近傍の栓しか開けることができない。また、豪雨中にため池

に近づくことは危険なため、降雨開始後は斜樋栓を開けることはできない。このことから、システム内部で放流設定を以下のように処理している。1) 降雨開始前には貯水面近傍の斜樋栓を水位低下に伴って順に開栓して放流することができる、2) 緊急放流口からはいつでも放流を開始することができる。この放流設定により、実際に可能な貯水位低下対策を簡易に設定することが可能になっている。

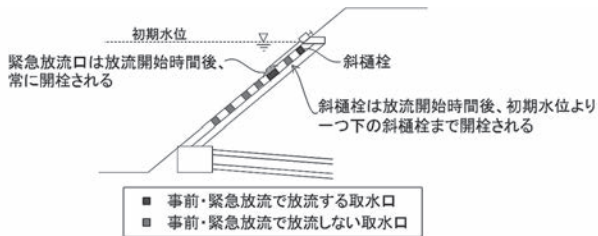


図-8 事前放流・緊急放流の場合の放流設定

図-9は、図-4の危険度予測解析結果に対して、事前放流・緊急放流対策を行った場合の貯水位の変化を示したものであり、初期水位を0m(常時満水位)として、降雨開始と同時に緊急放流口から放流を開始する設定で計算を行った結果である。放流開始と同時に貯水位が低下するが、降雨量が増えてくると貯水位が上昇する状態が再現できている。図-9の例では僅かに危険水位に到達するが、低水位管理(初期水位を予め低下させる対策)と併用することで、より効率的な貯水位管理による減災対策を検討することが可能である。この例では、0.5mの低水位管理を行った状態で、緊急放流口を開栓すれば、図-3の豪雨時に危険水位に到達しないと判定できる。

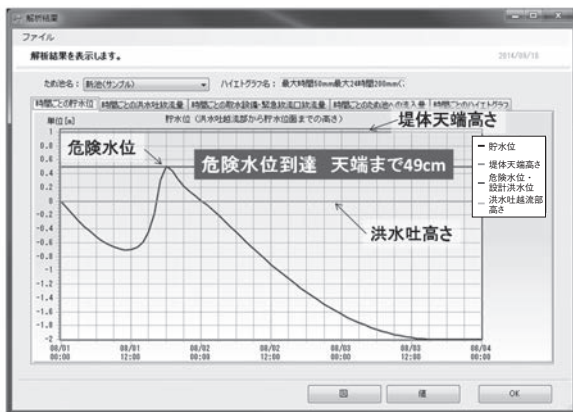


図-9 事前放流・緊急放流による減災対策の解析結果例

### ③貯水位管理表の作成

図-7、図-9は任意のハイトグラフに対して、低水位管理のための初期水位や緊急放流のための放流開始時刻を試行錯誤で変えて、減災対策効果を評価する方法である。これに対し、「貯水位管理表」の作成システムでは、ハイトグラフの波形だけを設定して、システム内で最大時間雨量を段階的に変化させて、低水位管理に必要な水位低下量や放流に

要する時間を逆計算によって求めて、一覧表の状態で見ることができる。

貯水位管理表の結果表示画面を図-10に示す。一番左列の最大時間雨量(時間雨量10mm/h~100mm/h)に対して、2列目は初期水位が満水位の場合に降雨中に上昇する最大水位、3列目は危険水位にならないための低水位管理の設定水位、4列目に設定した低水位にするのに必要な放流時間を表示している。この例では、最大時間雨量が50mm/hまでは危険水位(0.5mに設定)に達しないため、低水位管理は必要ない。また、例えば、最大時間雨量80mm/hの場合には、貯水位が常時満水位より最大で約0.69m上昇することが分かる。また、危険水位にならないためには常時満水位より約1.6m水位を低下させておく必要があり、その水位にするためには降雨開始の22時間前までに放流を開始しなければならないことが分かる。

図-11に貯水位管理表を図で表示したものを見す。これ図を用いることにより、天気予報等で雨量が分かれば、低下すべき水位量を一目で判断することが可能となる。

最大時間雨量 (mm/hour)	初期貯水位が満水位時の場合の上昇水位(m) A	低水位管理の設定水位(m) B	設定した低水位にするのに必要な時間(hour) C
10	0.110	0.0	0
20	0.204	0.0	0
30	0.288	0.0	0
40	0.363	0.0	0
50	0.431	0.0	0
60	0.524	-0.602	7
70	0.61	-1.176	14
80	0.689	-1.641	22
90	0.759	-2.139	47
100	0.820	-2.66	107

図-10 貯水位管理表の結果画面の例

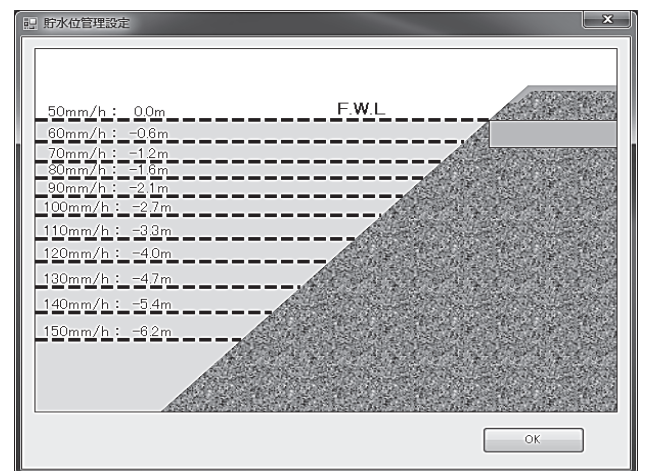


図-11 貯水位管理表の図表示の例



#### ④リアルタイム危険度予測

本システムをインターネットに接続し、気象庁の予測降雨を自動的に取り込むことで、リアルタイムに6時間後までの貯水位を予測し、危険な水位や越流決壊の危険性を監視することができる。2. (2) ①で記述した危険度予測解析が事前に解析を行って減災対策方法を検討するのに用いるのに対し、リアルタイム危険度予測では豪雨中の下流域の避難対策や緊急放流の要否の検討に用いることを想定している。

図-12はリアルタイム危険度予測の入力画面である。表-1に示したため池の諸元、初期水位、位置(緯度経度)を入力すれば、気象庁の予測降雨をダウンロードして、現時点から6時間後までの貯水位を継続して予測、監視することができる。ここで初期水位とは解析を開始するときの貯水位であり、予測には必要不可欠である。現地で目視により計測して入力するか、水位センサーを設置してインターネットで自動的に取り込む方法がある。図-13は気象庁からインターネットを通して取り込んだ予測降雨量、図-14は予測降雨を用いて算定した、現時点から6時間後までの貯水位変化を算定した結果の例である。この例では、現在時刻の直後から雨量が増え始め、約3時間後に貯水位が危険水位を超えている。予め避難訓練等を行っておくことにより、3~6時間あれば、避難対策を施し、被害を軽減することが可能であると考えられる。

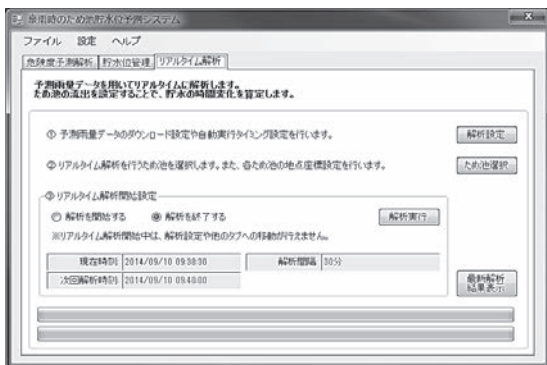


図-12 リアルタイム危険度予測の入力画面

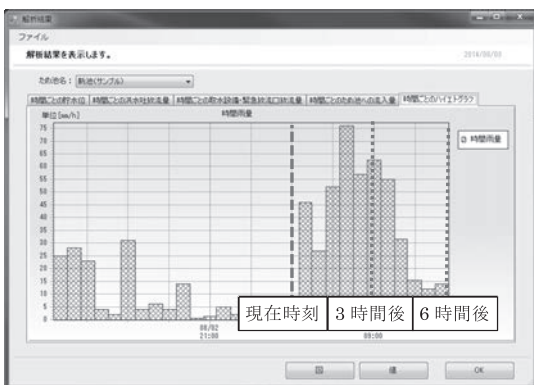


図-13 気象庁から取り込んだ予測降雨量

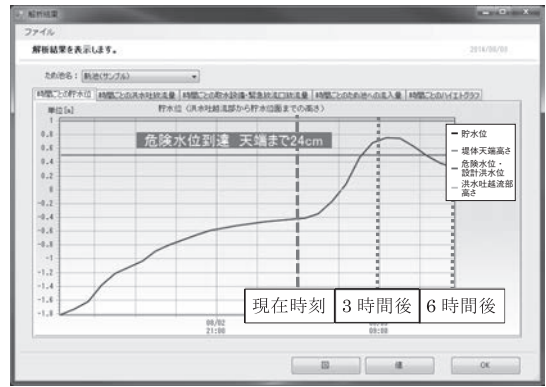


図-14 現時点から6時間後までのリアルタイム貯水位予測

### 3. 流出パラメータの補正と予測結果の検証

#### (1) 流出パラメータの補正方法

2. (1) ①で示したように、貯留関数法の流出パラメータは、式(1)中の $P$ 、 $K$ および式(4)中の集水面積補正係数 $M$ の3つである。ため池はダム等と異なり、地形情報から集水面積を決定することが困難な場合や、ため池台帳に記載されている集水面積の精度が低い場合がある。そこで、集水面積補正係数とよぶ補正パラメータを導入して、実測値と観測値を比較して、予測結果を補正する方法を提案している。集水面積補正係数は、流出高にかかる集水面積に線形にかけられる補正係数である。具体的には、総合貯留関数法(表面波モデル定数から推定する方法)により簡易に $P$ 、 $K$ を求めて貯水位を推定し、集水面積補正係数の値を試行錯誤的に合わせて、推定した貯水位の最高値と実測水位の最高値をフィッティングする。また、集水面積補正係数による補正の他に、センサー等による連続的な水位観測結果を用いて、流出パラメータ $P$ 、 $K$ の値を逆解析等により詳細に決定することも可能である。

図-15~図-18は実際のため池でパラメータを補正した結果である。図-15は表面波モデル定数から推定する方法で $P$ 、 $K$ を求め、集水面積補正係数を1.0として計算した結果である。この段階では、解析水位と実測水位に相違があることが分かる。

次に、集水面積補正係数を設定するために、簡単な貯水位観測を行う。図-16に示すように、①降雨前の初期水位と測定時刻、②降雨後の水位と測定時刻、③最高水位を測定した結果を入力する。最高水位については、降雨中にため池に近づくことが危険なため、降雨終了後に池敷や堤体上流斜面に残った水位跡から測定するか、「簡易な貯水位測定キット」を用いて測定する。「簡易な貯水位測定キット」とは、図-17に示すように、水性絵の具を塗布した $\phi 13\text{mm}$ の塩ビ管を蓋付きの $\phi 30\text{mm}$ の塩ビ管に入れて上流斜面に設置しておき、絵の具が溶け出した高さから最高水位を測

定する観測キットである。材料費が安価であり、作製も容易であることから、誰でも簡単に最高水位を測定することが可能である。

図-18は図-16に示した簡易な貯水位観測結果を入力し、集水面積補正係数を試行錯誤的に変えて、解析水位を実測水位にフィッティングさせた結果である。実測水位と解析水位に若干の乖離が見られるものの、実用上はほぼ妥当な補正結果であるといえる。

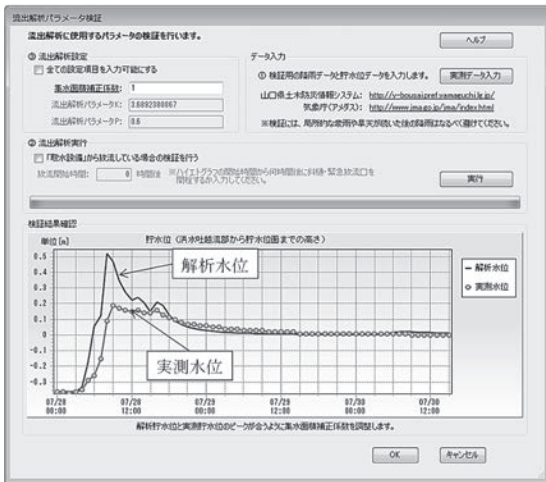


図-15 リアルタイム危険度予測の入力画面

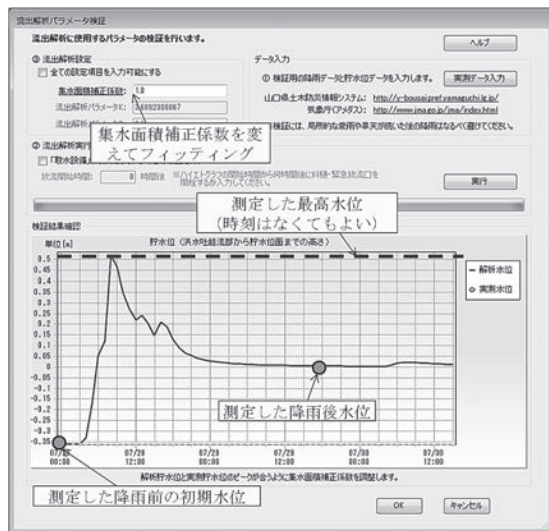


図-16 簡易な貯水位観測によるパラメータの補正

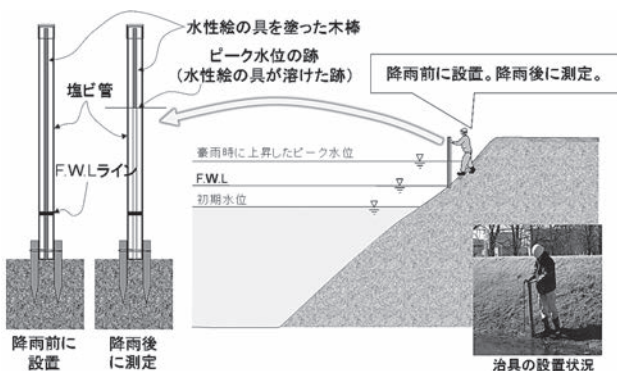


図-17 簡易の貯水位観測キットの概要

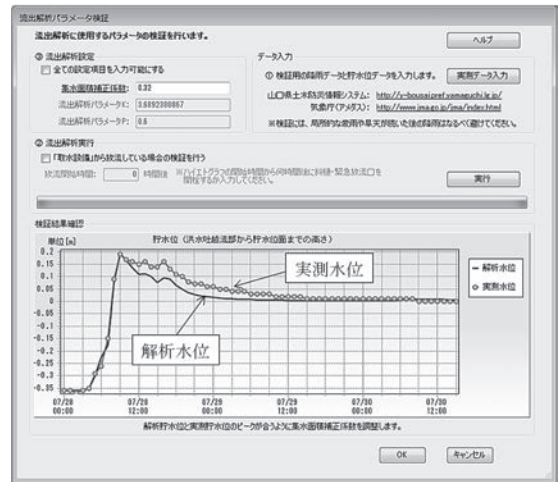


図-18 流出パラメータの補正結果の例

## (2) 解析結果の検証

本解析システムを用いて、予測精度の検証を行った。検証に用いたため池の写真を写真-1に、諸元を表-2に示す。このため池において、2回の降雨時期（梅雨および秋雨前線）で貯水位・雨量観測を行い、実測水位と解析水位を比較して予測精度の検証を行った。

検証方法は次の通りである。まず、1回目の梅雨前線の大雨時に測定した降雨量と実測水位を用いて、流出パラメータを決定した。パラメータの算出は、3.(1)に記述したように、①降雨前、降雨後、最高水位の観測結果から、表面波モデル定数を用いて、 $P$ 、 $K$ を簡易に推定して集水面積補正係数を決定する方法（簡易とよぶ）、②水位センサーを用いて、 $P$ 、 $K$ を直接決定する方法（詳細とよぶ）、の2通りで行った。梅雨前線の1回目の観測で決定した流出パラメータを用い、秋雨前線の大雨の降雨データを用いて、貯水位の変化を推定して、実測水位との整合性を確認した。

図-19は1回目の梅雨前線豪雨でパラメータを決定し、実測水位に合わせて解析結果をフィッティングした結果である。 $P$ の値は簡易、詳細法ともに0.6で設定しているが、簡易法では流出高の配分を決めるパラメータ $K$ の値を簡便に決定しているため、実測よりも時間的に長い流出が発生している。



写真-1 検証したため池

表-2 検証したため池の諸元

堤高	(m)	10.7
総貯水量	(t)	13,000
満水面積	(km <sup>2</sup> )	0.036
集水面積	(km <sup>2</sup> )	2.37
洪水吐	型式	越流堰型
	越流幅	(m)

図-20は、図-19で決定したパラメータを用いて、2回目の秋雨前線の大雨時の貯水位を予測した結果である。若干の誤差はあるものの、詳細法、簡易法ともに実用的には十分な予測精度が得られていることが分かる。

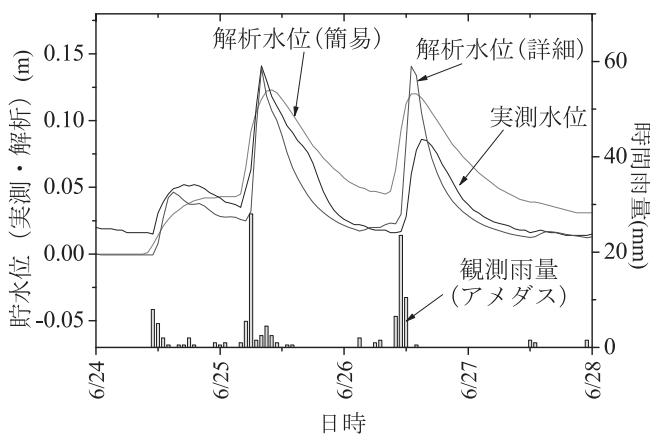


図-19 検証ため池における時間降雨量と実測水位と解析水位の比較（1回目梅雨前線）

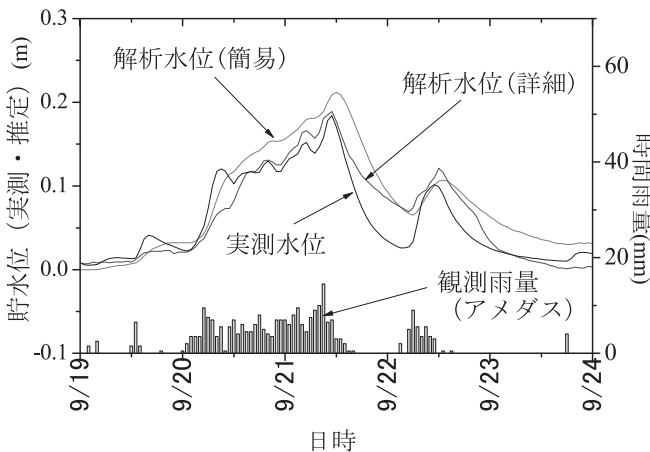


図-20 検証ため池における時間降雨量と実測水位と解析水位の比較（2回目秋雨前線）

#### 4. まとめ

本報告では、簡単な現地調査から豪雨時のため池の貯水位を予測するシステムの解析手法、特長と仕様について述べるとともに、予測精度の検証結果を示した。

本研究の開発段階で十数カ所のため池の観測結果を用いて、精度の検証を行い、3. (2) で示したのと

同様に、概ね良い予測結果が得られている。しかし、ため池の流出特性は、地域によって異なり、個々のため池でも固有の特性があると考えられる。したがって、今後、多くのため池に本システムを適用して、精度や適用性の検証を進め、システムを改善していく必要がある。

また、予測には洪水吐の調査や貯水位の観測が必要であり、今後は地方自治体、ため池管理者等により、観測結果の蓄積を進めていくことが重要である。また、地域の中核となる大規模でリスクの高いため池では、水位センサーを設置し、本システムを用いて、危険度のリアルタイム監視を行うことが望まれる。

今後は、システムの適用事例について報告を継続するとともに、オンライン化等を進めるなどシステムの改良を行っていく予定である。

#### 参考文献

- 1) 兵庫県農林水産部農林水産局農村環境課・農地整備課：台風23号（平成16年10月20日）農地農業用施設災害記録誌，7-11（2005）
- 2) 谷 茂：溜池災害の現状と予測技術，農土誌，70(5)，33-36（2002）
- 3) 堀 俊和，毛利栄征，青山咸康：豪雨による農業用ため池の破壊原因と被災の特徴，農土論集，218，127-137（2002）
- 4) 堀 俊和，毛利栄征，松島健一，有吉 充：豪雨リスクを考慮したため池のライフサイクルコスト算定手法と最適な豪雨対策の選定手法，農業農村工学会論文集，270，57-67（2010）
- 5) 永井昭博，田中丸治哉，角屋 睦：ダム管理の水文学－河川流域の洪水予測を中心として－，森北出版，36-40（2003）
- 6) 農林水産省農村振興局整備部設計課監修：土地改良事業設計指針「ため池整備」，農業土木学会，100-118（2006）
- 7) 吉迫 宏，浅野 勇，川本 治：谷池型ため池の水文流出過程，システム農学，27(別号)，51-52（2011）
- 8) 吉迫 宏，小川茂男：ため池における利水容量の転用による洪水調節容量の創出－東広島市六道池における検討－，システム農学，25(1)，63-70（2009）

# 平成26年度農業土木技術研究会研修会レポート

## 「強い農業の基盤づくりのための技術の展開」

編集事務局

平成26年度の農業土木技術研究会研修会は、平成27年1月27日に東京都千代田区の科学技術館において、全国より約180名の参加のもと開催されたので、その概要について以下に報告する。

### I. 研修会の概要

1. 研修日時 平成27年1月27日（火） 10:00～16:00

2. 場 所 科学技術館（サイエンスホール） 03 - 3212 - 8485  
東京都千代田区北の丸公園2-1 （交通）地下鉄東西線「竹橋」徒歩7分  
地下鉄半蔵門線「九段下」徒歩10分

### 3. プログラム

- |       |  |  |       |
|-------|--|--|-------|
| 10:00 | 開会挨拶   | 農業土木技術研究会 会長                                     | 中條 康朗 |
| 10:10 | 研究会賞授与式  |  |       |
| 10:40 | 農地整備（水田整備）について   | 農地資源課 経営体育成基盤整備推進室<br>農村振興局 整備部 課長補佐（経営体育成事業企画班） | 能見 智人 |
| 11:25 | 地下かんがい《フォアス》を用いた競争力強化<br>－大区画ほ場整備を契機とした大規模水田農業－                            | 島根県 松江県土整備事務所 農林工務部長                             | 岡 篤雄  |
| 12:10 | （ 昼 食 ）  |  |       |
| 13:10 | 農業農村工学分野におけるICT農業による省力化と競争力強化  | 株式会社イマジックデザイン 技術開発室                              | 庄 直樹  |
| 13:55 | 小規模な落差を有効利用した新たな小水力発電の実証   | 青森県土地改良事業団体連合会 農村振興部<br>再生エネルギー課 主査              | 沼田 隆晃 |
| 14:40 | （ 休 憩 ）  |  |       |
| 15:00 | 次世代型水利システムの構築に向けた技術開発の取り組み<br>（独）農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究所<br>水利工学研究領域 上席研究員 |  | 樽屋 啓之 |
| 16:00 | 閉会挨拶   | 農業土木技術研究会 理事                                     | 清水 洋一 |

## II. 研究会賞授賞式

研修会に先立ち、昨年度、会誌『水と土』に掲載された報文のうち、優秀と認められるものについて、第44回農業土木技術研究会賞・奨励賞の「企画・計画部門」、「設計・施工部門」における表彰を行った。

今年度の研究会賞・奨励賞については、会誌『水と土』170号～172号に掲載された報文20編について、まず、全国より任意に選出された150名の一般会員による投票を行い、次に、その結果を24名の編集委員で構成する編集委員会において、①執筆者が会員かどうか、②報文内容が技術情報発信に優れているかどうか、③今後の事業展開に大きく貢献する内容かどうか、等について審査を行った。

選考は、一般会員と編集委員の得票総計に基づき、最も得票数の多かった報文を「研究会賞」、得票数が次点のものを「奨励賞」とした。

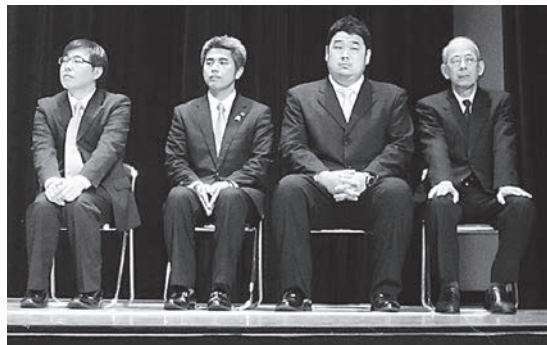


写真-1 受賞者の皆様



写真-2 受賞式の様子

### 【企画・計画部門】

#### ○研究会賞

『大規模地震に対する長大な既設農業用水路の耐震性調査』（170号掲載）

竹中 一行 （一財）日本水土総合研究所調査研究部性能設計技術グループ  
大西 慶典 （一財）日本水土総合研究所調査研究部性能設計技術グループ  
渡邊 俊介 農村振興局 整備部 防災課  
高橋 寛行 西松建設（株）土木事業本部土木設計部設計一課  
佐々木健太 戸田建設（株）東北支店土木工事部工事課

#### 〔選考理由〕

本報文は、長大な既設農業用水路全体に対し、大規模地震に対する耐震性把握の簡易な方法について、先進的な事例地区を整理、検討したものである。

水路全体に対し、耐震性を効率的かつ定量的に把握する方法が確立されていないため、各地区で現場の技術者が試行錯誤しながら耐震性把握に取り組んでいる状況の中、先進的な事例地区を整理した事例紹介である。今後の効率的な耐震性調査の一助となり、大規模地震が予想されている地域に対して非常に参考となることから、本年度の企画・計画部門の研究会賞として選定した。

#### ○奨励賞

『小規模な落差を有効利用した新たな小水力発電の実証』（171号掲載）

沼田 隆晃 青森県土地改良事業団体連合会 農村振興部 再生エネルギー課

#### 〔選考理由〕

本報文は、青森県において、農村地域における小水力の一層の利活用を促進するため、発電形態を工夫して農業用水路の小規模な落差を有効利用した発電設備の実証を行った報文である。

低落差工が多く、1ヶ所毎では小さなエネルギーしか得られないことから、2ヶ所の落差子を配管接続することで、合わせた落差エネルギーを用いて1台の水車で発電する方式を実証したものであり、今後、既設水利施設に大幅な土木工事を追加することなく、農村地域に賦存する小さな水資源を有効活用する際の参考となる事例として評価されるため、本年度の企画・計画部門の奨励賞として選定した。

## 【設計・施工部門】

### ○研究会賞

『砂質地盤（高地下水位）におけるパイプライン基礎の液状化対策の検討について』（172号掲載）

新井 尉介 関東農政局 土地改良技術事務所 建設技術課

#### [選考理由]

本報文は、比較的地下水位が高く、地盤全体が砂質土層の現地条件に布設される農業用パイプラインに対し、有効な液状化対策工法の可能性について検討したものである。

液状化対策として一般的には、基礎材に碎石を用いる場合が多くなっているが、現場発生土が砂基礎材相当として流用可能な場合もある。本報文では、そのような状況下で、比較検討ケースを設定後、ケース毎に模型モデル振動実験を行い、類似条件下における他地域でも目安となるような報文であり、砂質地盤地域の液状化対策に大変有益な情報を提供する内容となっていることから、本年度の設計・施工部門の研究会賞として選定した。

### ○奨励賞

『新堰頭首工のストックマネジメントについて』（170号掲載）

金光 晶生 岡山県 農林水産部 耕地課

中川 健 新光技術開発（株）

#### [選考理由]

本報文は、岡山市の中心部に位置する新堰頭首工のストックマネジメントにおいて、アルカリシリカ反応により劣化した堰柱の調査・診断・実施設計を行った具体的な事例から、直面した課題とその対策について、現場技術者の目線から報告されているものである。

「農業用水利施設の機能保全の手引き（平成19年8月）」を活用する場合に、現場で直面する問題を挙げるとともに、その打開策を示すことにより、今後のマニュアル活用の参考になる報文として評価されるため、本年度の設計・施工部門の奨励賞として選定した。

## Ⅲ. 講演の概要

講演に先立ち、中條農業土木技術研究会会長より開会挨拶がなされた。

『農地の汎用化・大区画化による競争力強化』というテーマで、農林水産省農村振興局の能見課長補佐に、農地の汎用化・大区画化の理念やそれに伴う農業の競争力強化との関係についてご紹介いただく。昨年はコメの価格が低く、今後のコメ作りに与える影響が心配される場所であるが、これに対処するため、一層のコストの削減が必要なことは論を待たないところだ。その対策の一つが、このテーマである圃場の大区画化、汎用化の推進である。今日多くの地域で創意工夫がこらされており、その進歩は目を見張るものがあるが、関係者としては是非そここのところが知りたいと思う。

また、圃場の大区画とあわせ、水管理の省力化からフォアスの技術も着実に普及してきている。これに関し、鳥根県の岡様から現場における対応状況について、事例をご紹介いただく。

続いて、GISを使った経営事例について、(株)イマジックデザインの庄様から今日的なアプローチをご紹介いただく。さらに、青森県土連の沼田様より、農業水路の小規模な落差を有効利用した小水力発電の実証事例をご紹介いただく。

最後に、農村工学研究所の樽屋様から次世代型水利システムの構築に向けた取組についてご紹介いただく

今回も、今日各地で必要とされている最先端の技術を紹介することとしているが、どれも興味を引くテーマばかりであり、今日的な話題となっている。皆様にとって、実り多き研修会となられるよう祈念申し上げます。」



写真-3 中條会長の開会挨拶

## 1. 農地整備（水田整備）について（能見講師）

農村振興局整備部農地資源課経営体育成基盤整備推進室の能見講師からは、農地の汎用化・大区画化の理念やそれに伴う農業の競争力強化との関連について説明がなされた。講演の要旨は以下のとおり。

水田整備の概要として、ほ場整備の役割、整備内容の変遷、これまでの水田整備について説明がなされた後、参考として都道府県の水田整備率が示された。また、事業制度の概要として農地整備事業（経営体育成型）として、農業生産基盤整備（ハード）と農業経営高度化支援事業（ソフト）を併せ行う事により相乗効果が発現し、農業生産性を飛躍的に向上させ、地域コミュニティを強化する仕組みが説明された。

農地の整備率が高い地域では、担い手への農地集積が進捗し、麦・大豆の作付けが増大する一方、規模拡大を志向する農家でも、未整備の農地や分散している農地を敬遠する実態がある旨説明された。水田の大区画化や汎用化により、米生産費の低減、大豆・麦の増収品質向上、経営の多角化・複合化が可能となることから、農業の競争力強化のためにも、水田整備が有効であると紹介された。

食料・農業・農村基本計画において、農地の排水対策を重点的に進める方針であること、日本再興戦略において、今後10年間で、全農地面積の8割が、「担い手」によって利用され、担い手のコメの生産コストを現状全国平均比4割削減を目標としていることが紹介され、水田整備の今後の展開方向が示された。また、土地改良長期計画、農林水産業・地域の活力創造プランでの位置付けも紹介され、地元のニーズに応じた農地整備の重要性が論じられた後、平成27年度の農地整備関連養蚕の概要が示された。最後に、水田整備が強い農業の基盤づくりへと直結した地区事例として5地区が紹介された。



写真－4 能見講師による講演

## 2. 地下かんがい《フォアス》を用いた競争力強化（岡講師）

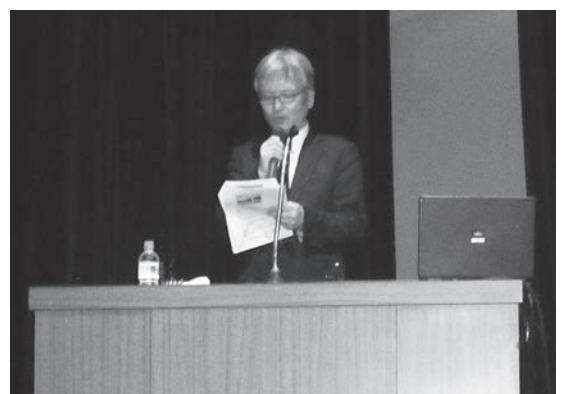
島根県松江県土整備事務所の岡講師からは、実際にフォアスを導入した事例において、導入までの経緯（経済性、品質向上）の説明がなされ、それに伴い競争力が強化した事例について紹介がなされた。講演の要旨は以下のとおり。

冒頭にて、島根県の農業とほ場整備率が示された後、実際に地下かんがいを導入した島根県安来市能義第二地区の概要が示された。

本地区では、農業競争力強化基盤整備事業（経営体育成型）により、水田168ha、畑4haの合計172haが受益となっており、受益戸数は190戸である。総事業費29億8千万円で、平成20年から平成27年度までの事業工期を予定している。

ほ場整備前は1区画12aであったが、整備後は1haとし、法人への面的集積91%、人的集積83%、効率的な整備（用水路・排水路の暗渠化）3%の減歩率を予定している。また、揚水ポンプ施設を配備せずに工事費、電気代が軽減できる自然圧を利用したパイプラインにすることで、水管理を省力化し、草刈り・泥上げが不要となる予定である。

フォアス導入の経緯として、①漏水ロスの解消、②水管理の省力化、③転作作物の効率的な栽培を目的とし、先行事例地区で導入したコップス（自然圧流下パイプライン）と比較すると、安価で自動給水機能がある点を重視した旨の説明がなされた。また、システム導入に伴う課題として、①補助暗渠施工によって表土へ石礫が混入すること、②取水口を1箇所にしたことから、渇水時の揚水不足が生じたこと、③明渠排水や補助暗渠の湿害対策が必要となることが紹介され、その対応策が紹介された。



写真－5 岡講師による講演

フォアス導入の効果として、①初期投資の低減、②維持管理費の大幅な低減、③畑作物導入の契機となったこと、④草刈り作業の大幅減、⑤大型機械の導入が挙げられ、実際に畑作として大豆栽培への活用を行った事例、大規模水田農業の展開として農業法人の紹介がなされた。

### 3. 農業農村工学分野におけるICT農業による省力化と競争力強化（庄講師）

株式会社イマジックデザイン技術開発室の庄講師からは、モバイルGISが、ストックマネジメントだけではなく、経営規模の大規模化に伴う営農管理等、幅広く展開できる可能性について紹介がなされた。講演の要旨は以下のとおり。

次世代型水管理システムとして、ほ場水管理の情報通信・制御技術を導入したほ場から水源まで連携したイメージが示された。具体的には、水位・水温センシング、土壌水分センシング、気象・育成状況モニタリング、給水口・落水口自動制御等を総括的に把握することで、適正な水配分や反復・循環利用を可能とするシステムである。当該システムに重要なこととして、水利システムの二層管理が挙げられ、①担い手農家は、カメラやICT等を活用してほ場の利水状況をリアルタイムで確認すること、②土地改良区は、中央管理所で水源、取水、配水を一元管理することにより、相互の情報を集約・解析し、水管理を改善する機構が説明がなされた。ただし、目標である各種センサーによるモニタリング情報を収集・解析し、給水口・排水口の遠隔操作及び自動制御することに対し、費用や技術的な確立において、現時点では不足していることが示された。この対応策として、GISを介在させることにより、モニタリング情報をGIS地図データに反映し、人間が判断・管理することが可能な仕組みの構築が紹介された。



写真-6 庄講師による講演

GISの活用事例として、ストックマネジメントや末端水管理等が紹介され、ベースのシステムを共通化して基本的な地図を共有することで、目的に応じてプラグインで対応することにより、個別専用システムではなく様々な用途に柔軟に対応可能なシステムを構築する必要性に言及された。

3次元農地基盤情報システム（VIMS）を紹介した後、モバイル機器の様々な用途への活用が紹介され、モバイルGIS（iVIMS）の実演が行われた。この実演では、実在の農地等の情報が事前入力されており、モバイル上で位置や属性、過去の情報の確認を行う事が可能で、地図上へメモを残すことも可能であった。また、カメラ機能により新たな情報の付加も可能であった。

### 4. 小規模な落差を有効利用した新たな小水力発電の実証（沼田講師）

青森県土地改良事業団体連合会農村振興部再生エネルギー課の沼田講師からは、本年度の研究会賞企画計画部門奨励賞を受賞した報文について報告がなされた。講演の要旨は以下のとおり。

農村地域における小水力発電の一層の利活用を促進するため、発電形態を工夫し、農業水利施設の小規模な落差を複数活用した発電の実証について説明がなされた。実証内容としては、落差工の落差が小さく、それ自体では水力エネルギーが期待できないが、複数の落差工を接続することにより、一体性を確保して水力エネルギーを創出したものである。

本事業は、平成24年度小水力等農村地域資源利活用促進事業（低コスト発電設備実証事業）により平成24年の4月から12月まで、青森県上北郡七戸町で行った。事業費は2千5百万円の定額補助である。

実証実験を行った農業用水路は、0.5~2.1mの小規模な落差工が23箇所存在し、①流況や取水位に影響がないこと（営農活動への影響）、②落差工間の距離が短いこと（配管コスト縮減）、③既存配電線が近傍にあること（電力会社に売電）の条件を満たす箇所にて実証実験を行った。選定した箇所は落差1.53mと1.32mの2箇所の落差工であり、落差工間の距離は52.1m、水路幅1.7m、水路高0.9m、流量は代かき期最大 $1.355\text{m}^3/\text{s}$ 及びかんがい期最大 $1.092\text{m}^3/\text{s}$ であった。



連続する2つの落差工を配管接続することにより、2つ分の落差を合わせることでエネルギーが大きくなり、発電量も多くなる仕組みを考案した。具体的には、上流の落差工内に取水壁を設置して取水槽を造成した。取水壁に導入管を取付け、水路内に敷設したφ500mmのFRPM管を下流落差工に設置した水車に接続した。導水管の材質、径の選定にあたっては、コスト縮減と経済的な最大使用水量を検討した。また、バイパス管路方式ではなく、露出型水圧管路工法にすることでコスト縮減を図るとともに施工性を向上させた。水車に関しては、流量調整機能を有するガイドベーンを排除し構造を簡素化すること、発電機を水車軸両端に直結することで増速機が不要となり、両対策でコスト縮減を図った。

河川法第23条協議、系統連系に関する協議、再生可能エネルギー発電設備認定、売電に関する協議については、スケジュール管理をして行う事が重要である。

流量 $0.5\text{m}^3/\text{s}$ において配電盤出力 $5.7\text{kW}$ を確認し、有効落差を変化させた場合の発電出力を検証するため、角落しを使用して水位上昇を行った。用水が溢れない程度に角落しの本数を調整することにより、高い発電出力を得ることが実証できた。

新たな発電方式は、付帯設備の設置や路線変更など、既存水利施設に大幅な土木工事をすることなく、農村地域に賦存する小さな水力資源を有効活用できることが実証できた。今後は、設備を規格化することで更なる低コスト化が図られ、同様の施設において導入促進が期待できる。

最後に、第38回全国土地改良大会青森大会が『土地改良の路繋ぎ 明日への確かな途拓く』をテーマとして、平成27年10月15日（木）に大会式典、16日（金）に事業視察が行われます。是非、青森大会にお越し下さい。

## 5. 次世代型水利システムの構築に向けた技術開発の取り組み（樽屋講師）

（独）農業・食品産業技術総合研究機構農村工学研究所の樽屋講師からは、現在、農村工学研究所で行われている最新の次世代型水利システムの構築について紹介がなされた。講演の要旨は以下のとおり。

平成26年11月13日に内閣府より発表されたS I P（戦略的イノベーション創造プログラム）次世代農林水産業創造技術では、農業のスマート化を実現する革新的な生産システムが選出されている。本日は、強い農業の基盤づくりにつながるであろう、現在研究開発を行っている「圃場水管理の情報通信・制御技術を導入した圃場-広域連携型の次世代水管理システムの開発」について紹介したい。

本研究では、中間目標・3年の達成目標として、圃場の湛水深又は土壌水分、水温、地温等のセンシング技術、バルブやゲート等を遠隔で制御し、各圃場に必要とされるかんがい水量や水位を自動的に設定するための機器とその整備及び通信・制御に係る要素技術が開発されるとともに、気象や作物状態と連動し、地区全体の用排水を考慮した水管理制御技術のプロトタイプの開発を目標としている。

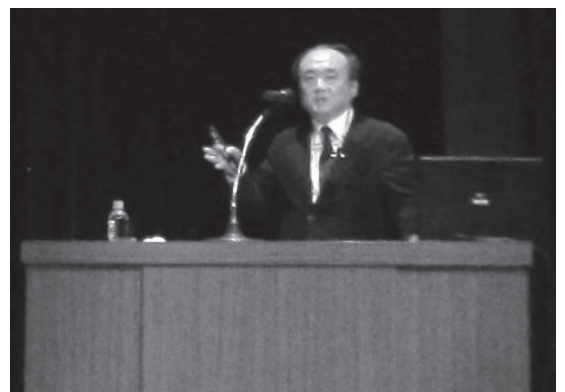
技術開発のターゲットとしては、①担い手の確保や分散圃場の管理に苦しむ農家、②組合員と職員の減少に苦しむ末端土地改良区や水利組合の管理者、③農地集積と経営体の育成事業によって急速に育ちつつある新しい世代の担い手層が挙げられる。

用水システムの階層構造では、幹線、支線（2次）、支線（3次）の階層間でせめぎ合う制御方式、制御権限をめぐる争いが起こっている。用水では分水工が技術の要であるのに対し、排水ではどのように集水するのが技術の要となっている。

故志村博康先生は、20年以上前に、水利システムの近代化について、圃場外水利システムと圃場水利システムの両面から議論されている。要約すると、①圃場外水利システムは安定な水源を求めて大規模化しやすく公共性



写真－7 沼田講師による講演



写真－8 樽屋講師による講演

質を運びやすく、近代化が早く進められる。②圃場水利システムは農民の活動領域に入るため公共事業に簡単に直結しない面を有し、小農地域では長い待機と準備の期間が避けられないが、大農地域ではそれが大幅に簡略化される。③大農化は今日のエンクロージャーであり、小農民の排除に通ずるおそれがある。の3点である。ここには現今の水利システムが対峙しつつある実態が明確に予見され、今後は水利システムの近代化だけが目指すべき方向ではない。

#### IV. おわりに

今回の研修会では、「強い農業の基盤づくりのための技術の展開」のテーマに即し、5名の講師より、農地の汎用化・大区画化の理念やそれに伴う農業の競争力強化との関連、実際に競争力強化に向けた事例紹介等について、写真や映像、実演を交えたパワーポイントにより、分かりやすい説明がなされた。

研修参加者からも全ての講師に対して質問があり、閉会後も活発な意見交換や議論がなされるなど、非常に盛会であった。また、会場で実施したアンケート調査では、本研修が業務の参考になったとする意見が9割を占め、大変有意義な研修会となった。



写真－9 研修会の様子

◇編集事務局と致しましては、今回の研修会の成果やアンケート調査結果を基に、今後の研修会の一層の充実を図りますとともに、会誌『水と土』についても、会員の皆様の期待に応えるべく、現場技術情報の発信に努めて参ります。今後とも当研究会に対するご支援並びに会誌『水と土』に対する積極的なご投稿を宜しくお願い致します。

# 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27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

# 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して下さい。

〒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 (フリガナおよびローマ字表記), 勤務先と勤務先の電話番号, 職名
- ④ 連絡先 (TEL), (E-mail)
- ⑤ 別刷希望数
- ⑥ 内容紹介 (200字以内)
- ⑦ 対象施設 (報文の対象となっている主な施設を記入: ダム, トンネル, 橋梁, 用排水機場, 開水路, 管水路 等)
- ⑧ キーワード (報文の内容を表すキーワードを記入: 維持管理, コスト縮減, 施工管理, 環境配慮, 機能診断 等)

3. 1回の原稿の長さは原則として写真・図・表を含め18,000字程度 (ワープロで作成の場合, A4版8枚程度) として下さい。なお, 写真・図・表はヨコ8.5cm×タテ6cm大を288字分として計算して下さい。

4. 原稿はワープロで作成し, 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て下さい。数字はアラビア数字 (3単位ごとにカンマ (,) を入れる) を使用して下さい。

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CDデータ等にて提出して下さい。

写真・図・表の画像データは, 原稿データとは別に添付して下さい。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下さい。

※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して下さい。

6. 写真・図・表は本文中の挿入個所を明確に指定して下さい。

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して下さい。

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, などで区別のまぎらわしいものは鉛筆で注記して下さい。

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 (ダブルユー) と  $\omega$  (オメガ)        x (エックス) と  $\chi$  (カイ)

l (イチ) と 1 (エル)                      g (ジー) と q (キュー)

E (イー) と  $\varepsilon$  (イプシロン)        v (バイ) と  $\nu$  (ウプロシン)

など

9. 分数式は2行ないし3行にとり余裕をもたせて書いて下さい。

10. 数表とそれをグラフにしたものとの並載せはさげ, どちらかにして下さい。

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して下さい。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”と明示して下さい。

12. 投稿の採否, 掲載順は編集委員会に一任して下さい。

13. 掲載の分は原稿料が支払われます。

14. 別刷は, 有料になります。

# 農業土木技術研究会 会員の募集

## 1. 発足40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21年度には発足40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3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

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（174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

本省に赴任してはや一年が過ぎようとしており、片道1時間半の遠距離通勤にもずいぶん慣れてきたところです。

通勤時間のうち約3分の1は徒歩であり、春は沈丁花の匂い、夏は早朝からの強烈な日照、秋は毎日減っていく街路樹の葉、冬は色づいた金柑など、四季の移り変わりが楽しめました。

前置きが長くなりましたが、今回は私の密かな週末のリフレッシュ方法を紹介させていただきます。

今の宿舎は、東京から遠く離れた横浜市郊外にあり、夏頃から湘南海岸周辺の早朝ドライブを楽しんでいます。なぜ早朝かといいますと、日頃の雑踏や喧騒を避けて、静かに一人の時間を過ごせ、窓を開ければ澄んだ空気を感ずることができるからです。

具体的には、夜明け前に起床してすぐ鎌倉方面へ出発し、鶴岡八幡宮を通過して由比ヶ浜海岸に出ます。そこでは夏の賑わいが嘘のように、今は散歩する人と少数のサーファーだけが目に映ります。海を眺めながら西へ進み、稲村ヶ崎を抜けると朝日で薄赤く大きく光る富士山が目飛び込みます。

そのあと、しばらく連なるサーファーハウスを過ぎて、太宰治が療養した旧恵風園や江ノ島を横見に通りすぎたあとカフェに入り、心安らぐBGMの中で読書などして非日常を過ごしています。

みなさま週末をどうお過ごしでしょうか。それぞれにリフレッシュして明日からもがんばりましょう。

(農村振興局整備部水資源課 永松撰也)

## 水と土 第174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



大地に刻む農の文化  
.....

# 一般社団法人 土地改良建設協会

*Land Improvement Construction Association of Japan*

会 長 宮 本 洋 一

専務理事 齊 藤 政 満

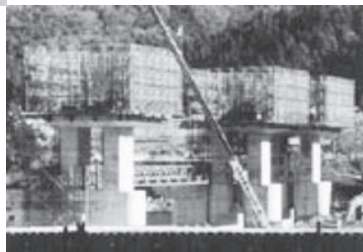


土地改良事業  
の推進



土地改良事業の  
建設工事に関する  
広報活動

工事施工技術に  
関する  
調査研究



公共事業の  
円滑な実施  
に関する  
調査研究



〒105-0004 東京都港区新橋 5-34-4 (農業土木会館)

TEL 03-3434-5961 FAX 03-3434-1006

<http://www.dokaikyo.or.jp/>

# ダイプラハウエル管<sup>®</sup> (高耐圧ポリエチレン管)

**信頼性の高い、本埋設管として様々な公的機関で認可されています。**

## 規格

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)

## NETIS

国土交通省 新技術登録 (NETIS CB-980025-V) カルバート工  
(NETIS CB-980024-A) 柔構造涵管  
22年度・23年度 準推奨技術 新技術活用システム検討会議 (国土交通省)  
「ダイプラハウエル管による道路下カルバート工の設計・施工方法」

## 道路基準

日本道路協会 道路土工 カルバート工指針  
日本道路公団 設計要領第二集カルバート編  
農林水産省 土地改良事業計画設計基準 (農道)  
林野庁(日本林道協会) 林道必携 技術編

## 電気技術規定

J E S C 水力発電設備の樹脂管 (一般市販管) 技術規定

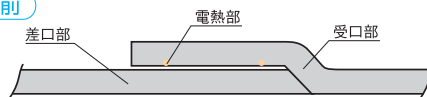
## 農業用水のパイプラインに！

### 管路の一体化による継手部の信頼性！

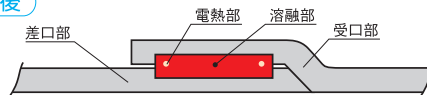
EF継手は電熱線の通電により熔融し、受口、差口を一体化させ、万全の気密性を保持できます。また、融着品質のばらつきがなく、作業が容易なため、工期短縮・コスト縮減が実現出来ます。

## 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！

柔構造涵管  
として  
実績豊富！



ダイプラハウエル管

**dp 大日本プラスチック株式会社**

本社：〒530-0001 大阪市北区梅田3-1-3(ノースゲートビルディング16階)  
TEL.06-6453-9285 FAX.06-6453-9300  
東京支社：〒108-6030 東京都港区港南2-15-1 (品川インターシティA棟30階)  
TEL.03-5463-8501 FAX.03-5463-1120

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

札幌(営) 011-221-3053 仙台(営) 022-223-0761  
東京(営) 03-5463-8501 名古屋(営) 052-933-7575  
大阪(営) 06-6453-9285 広島(営) 082-221-9921  
福岡(営) 092-475-1350 鹿児島(営) 099-227-1577