

# 水と土

No. 180  
2017  
MARCH

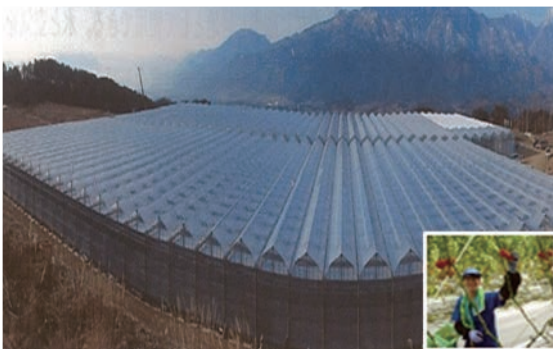
Japanese Association for  
the Study of Irrigation,  
Drainage and Reclamation  
Engineering



①マルチドリップかんがい



② IT農業の導入  
(GPSガイダンスシステム搭載型トラクターの導入)



③トマト養液栽培



④小水力発電施設の整備



⑤地域資源保全委員会を設立して  
水路等の点検を実施



⑥浄水装置による農業用水のろ過



# 水と土

## C o n t e n t s

2017 MARCH No.180

|                           |   |
|---------------------------|---|
| ◆報文内容紹介                   | 2 |
| ◆会員向けに「水と土」のWeb検索サービスについて | 4 |

### □巻頭文

|               |      |   |
|---------------|------|---|
| 農業農村工学技術者の確保を | 細井俊宏 | 7 |
|---------------|------|---|

### □報 文

#### キーワード

|                 |                               |                           |    |
|-----------------|-------------------------------|---------------------------|----|
| 耐震化対策           | 大雪頭首工の補修・補強工法について             | 皆川 創・小野隆司・佐竹達也            | 8  |
| 大規模地震,クラック調査    | ダムにおける地震被災後1年経過したクラック調査事例について | 大悟光照・十文字康能・片平幸一・福原 誠・中山睦人 | 12 |
| 耐震性能照査,内陸活断層型地震 | ダム耐震性能照査の優先順位の検討              | 牧野貴嗣・友川 悠                 | 16 |
| ストックマネジメント,機能診断 | 朝穂堰地区におけるストックマネジメント事業について     | 小松克臣・降旗木日子                | 22 |
| 洪水調整池,試験貯水      | 岸渡洪水調整池の試験貯水について              | 内藤 馨・関 光夫・鶴来孝規            | 26 |
| 再生可能エネルギー       | 安濃ダムにおける小水力発電事業               | 長谷川智史                     | 30 |
| 貯水試験, 通水試験      | 管水路通水試験と調整池貯水試験の実施について        | 稲森幹八・児島 学・西村 稔            | 35 |
| 地下ダム, 止水壁       | 仲原地下ダムにおける軟質部処理対策について         | 上岡崇之・伊佐健次・持田賢治            | 42 |
| 大規模地震対策,サイホン改築  | 豊川用水における既設サイホン改修について          | 石川 禎・川下公嗣                 | 47 |
|                 | - 豊川用水二期事業 (大規模地震対策) -        |                           |    |
| 水利組合,農村協働力      | 農業用水について (その3)                | 東 崇史・高野雅弘・長尾貴司・北林英一郎      | 52 |
|                 | ~農村協働力は水利組合の機能を代替できるか~        |                           |    |

### □歴史的土壌改良施設

|                       |      |    |
|-----------------------|------|----|
| 深山に水源を求めて - 大鳥池制水門の歴史 | 飯野昭司 | 60 |
|-----------------------|------|----|

### □技術情報紹介

|                              |                     |    |
|------------------------------|---------------------|----|
| 無機系被覆工の摩耗進行特性とその予測           | 浅野 勇・川上昭彦・森 充広・川邊翔平 | 66 |
| 平成28年度農業土木技術研究会研修会レポート       |                     |    |
| 「新たな土壌改良長期計画の実現に向けた農業土木と新技術」 | 編集事務局               | 72 |

|       |    |
|-------|----|
| ◆会告   | 79 |
| ◆投稿規定 | 80 |
| ◆入会案内 | 81 |

#### ●表紙写真●

農村振興プロセス事例集は、土壌改良事業の実施に際し、関係者が具体的なイメージを共有しながらスピード感を持って取り組むことができるよう、先進的な地域の「発展プロセス」を分析・レビューし、活性化する農村協働力にも着目しつつ、地域自らが考える手掛かりを提供しようとするものです。

<http://www.maff.go.jp/j/nousin/sekkei/totikai/process.html>

- ①「強い農業」の実現へ 急傾斜地の平坦化を通じた高品質柑橘類の生産拡大 (静岡県・静岡市)
- ②巨大区画水田におけるIT農業の導入・促進 (北海道・士別市)
- ③企業の農業参入と荒廃農地の再生を組み合わせたフードバレーの実現 (山梨県・北杜市)
- ④農業用水を活用したエネルギーの地産地消と元気な地域づくり (岐阜県・郡上市)
- ⑤集落全体で取り組む環境保全型農業を通じたコメ輸出の展開 (秋田県・横手市)
- ⑥ため池を活用した都市的地域の防災・減災力の強化 (大阪府・和泉市)

# 水と土 第180号 報文内容紹介

## 大雪頭首工の補修・補強工法について

皆川 創・小野隆司・佐竹達也

石狩川上流部の愛別町に築造された大雪頭首工は昭和46年の建設以来40年以上が経過し、凍害や流水による摩耗及び洗掘による顕著な老朽化が進行している。

旭川農業事務所では、機能診断結果及び耐震性能照査結果を踏まえ、当該頭首工の改修工法の検討を行った。

本報告では、今後各地で検討が実施されるであろう、頭首工の耐震性能照査方法及び耐震補強工法の事例紹介を行うものである。

(水と土 第180号 2017 P.8 設・施)

## ダムにおける地震被災後1年経過したクラック調査事例について

大梧光照・十文字康能・片平幸一・福原 誠・中山睦人

東日本大震災により被災を受けた東方地方のAダム(ロックフィルダム)は、社会的混乱状態の中でライフライン等の復旧が最優先となり、被災後約1年が経過してからの被災状況調査となったことから、クラックの閉塞雨水などの影響による不明瞭化が確認された。

本稿では、調査手法の工夫を行い石灰水を貯留し浸透を促したクラック調査事例とともに、クラック成因検討データ収集を目的としたクラック剥離面調査事例を紹介する。

(水と土 第180号 2017 P.12 設・施)

## ダム耐震性能照査の優先順位の検討

牧野貴嗣・友川 悠

農業用ダム等の重要構造物において、近隣の活断層の情報及び想定される地震の規模を予め把握しておくことは、被災を前提とした各種の事前検討が可能となり有意なことと考えている。

本稿では、J-SHIS地震ハザードステーションの公開データを用いて、ダム地点の表層地盤の加速度を推定し、ダム形式、ダム規模と組み合わせることで耐震性能照査の優先順位を検討したので、その手法を紹介する。

(水と土 第180号 2017 P.16 企・計)

## 朝穂堰地区における ストックマネジメント事業について

小松克臣・降旗木日子

朝穂堰地区は、山梨県の北西部に位置し、茅ヶ岳の裾野に沿った南北に広がる地域で、北社市(須玉町、明野町)、韭崎市(穂坂町)の254.0haを潤す、総延長25kmの用水路である。本堰は、江戸時代に幹線用水路として整備され、その後老朽化のため、昭和44年～昭和53年に県管かんがい排水事業により造成されたが、近年トンネルの覆工コンクリートの摩耗や洗掘など劣化が顕著であることから、ストックマネジメント事業を導入することとなった。本報では、水路の機能診断や事業の実施状況について紹介する。

(水と土 第180号 2017 P.22 企・計)

## 岸渡洪水調整池の試験貯水について

内藤 馨・関 光夫・鶴来孝規

国営総合農地防災事業「庄川左岸地区」で造成した岸渡洪水調整池(調整容量71,000m<sup>3</sup>)は、岸渡排水路の洪水時ピーク流出量の一部をカットし一時的に貯留する施設で、下流の洪水量の負荷を軽減する機能を有している。

本報では、岸渡洪水調整池の施設機能を確認するため行った試験貯水について報告する。

(水と土 第180号 2017 P.26 設・施)

## 安濃ダムにおける小水力発電事業

長谷川智史

三重県では、平成21年度より小水力発電施設の整備に向けた取組みを進めており、平成25年度には、中勢用水地区(安濃ダム)における取組み状況を、本誌上で報告した。

本報では、その「統報」として、同地区の小水力発電事業について、その計画から、発電所稼働後の維持管理までの経緯・状況と、施設の設計・工事・維持管理の各段階において、特に留意した点や失敗談、苦慮している点を報告する。

(水と土 第180号 2017 P.30 設・施)

## 管水路通水試験と調整池貯水試験の実施について

稲森幹八・児島 学・西村 稔

国営斐伊川沿岸地区では、受益地下流域への用水の到達遅れを解消するため、新たに用水の補給ルートを作った。導水路(管水路)を介して用水の一部を予め調整池に貯めておき、上流域での用水供給と同時に配水路(管水路)を介して幹線用水路(開水路)の中流地点に注水することで、下流域の用水需要に追従できる水管理システムにした。本報では、直営作業により行った管水路の通水試験と調整池の貯水試験について報告する。

(水と土 第180号 2017 P.35 設・施)

## 仲原地下ダムにおける軟質部処理対策について

上岡崇之・伊佐健次・持田賢治

国営かんがい排水事業「宮古伊良部地区」は、平成21年度に着手し、仲原地下ダムについては平成27年度までの進捗率が40%(ダム軸延長ベース)となっている。本文では、ダム軸上に出現した軟質部の処理対策について検討・施工した結果を報告する。

(水と土 第180号 2017 P.42 設・施)

## 豊川用水における既設サイホン改修について —豊川用水二期事業（大規模地震対策）—

石川 禎・川下公嗣

豊川用水地域は、東海地震や東南海・南海地震が発生する危険性が高まっており、大規模地震対策に取り組むことが急務である。豊川用水では平成19年度に大規模地震対策事業等を追加し平成27年度にかけて、耐震性能評価のもと必要箇所既設サイホン改修を鋼管挿入工法にて施工することとした。

本稿では、大規模地震対策で実施した幹線水路の既設サイホン改修について、管内測量結果に基づき施工時に見直しを図った管割計画の事例紹介も含み、取りまとめて報告する。

（水と土 第180号 2017 P.47 設・施）

## 農業用水について（その3） ～農村協働力は水利組合の機能を代替できるか～

東 崇史・高野雅弘・長尾貴司・北林英一郎

農家数の減少とともに大規模経営体への農地集積と小規模農家の二極化が進み、人口減少により米の消費量が減っていく中で、水田の畑地化、高収益作物の導入が、農業用水にどのような影響を与えるのか。土地改良区、水利組合や農家といったさまざまなステーク・ホルダーが関わっている農業用水の配水管理は、どう変容していくのか。全国14地区、のべ100名を超える関係者からの聞き取り調査を基に現状を報告する。

（水と土 第180号 2017 P.52 企・計）

### 〈歴史的土壌改良施設〉

## 深山に水源を求めて—大鳥池制水門の歴史

飯野昭司

昭和初期、山形県と新潟県にまたがる朝日山系の高所にある自然湖「大鳥池」に制水門が設置され、堰上げされた114万 $m^3$ の水は干ばつ時の最後の頼みの水として、山形県庄内平野南部の12,000ha余りの水田をうるおしている。新たな水源を求めて明治中期から深山に分け入り、紆余曲折を経て苦勞の末に先人が築いた大鳥池制水門の歴史の一端を紹介する。

（水と土 第180号 2017 P.60）

### 〈技術情報紹介〉

## 無機系被覆工の摩耗進行特性とその予測

浅野 勇・川上昭彦・森 充広・川邊翔平

高度化ストックマネジメントにより無機系表面被覆工の試験施工が行われた鬼怒川南部幹線水路を対象に施工完了から5年間の摩耗モニタリングを実施した。その結果、側壁部の無機系被覆工の年摩耗速度は通水初年が大きいのが、その後低減し3年程度で一定値に収束する傾向を示すこと、底版の摩耗速度は側壁に比べ小さくなる傾向を示すことが明らかになった。これらの無機系被覆工の摩耗進行挙動を基に、側壁を対象に無機系被覆工の施工後5年程度目途にモニタリングを実施し、その結果から将来的な摩耗量を予測するための基本的な考え型を提案した。

（水と土 第180号 2017 P.66）

# 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28年7月現在、第1号（昭和45年）から第171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。

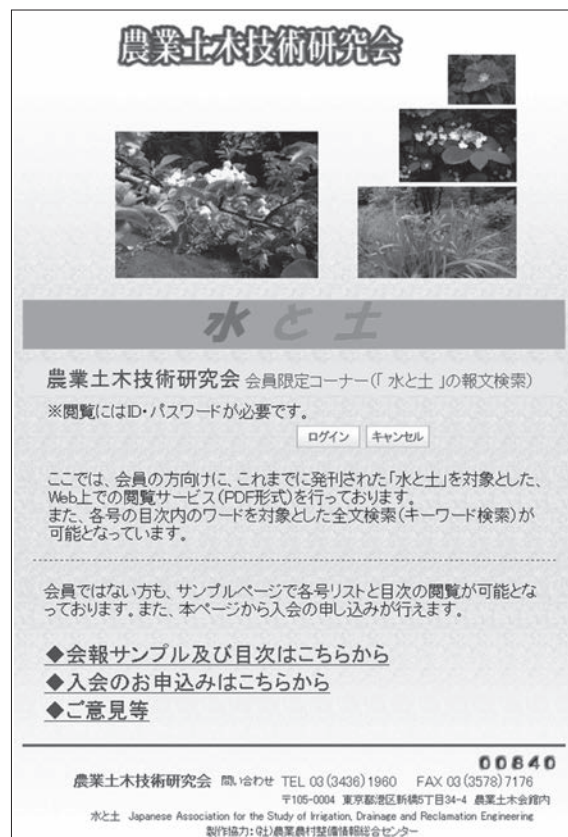


図-1

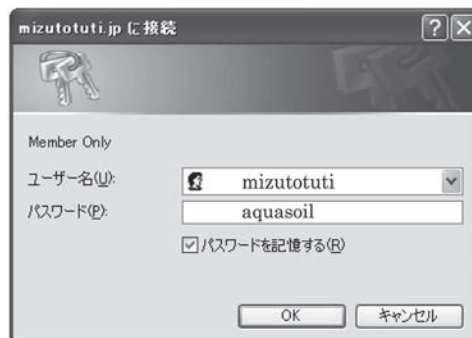


図-2

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**

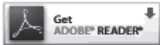
農業土木技術研究会への入会申込みは、以下のいずれかの方法でお申込みください

○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



## 農業農村工学技術者の確保を

細井俊宏\*  
(Toshihiro HOSOI)

今次の国家公務員の定員合理化計画は、平成27年度から31年度を計画期間としており、国家公務員全体で約3万人の合理化を目指している。北海道開発局の農業部門の定数は、27年度当初で約670名であったが、毎年約10名の削減を課されており、計画期間の終わりには約620名となる見込みである。土地改良予算削減前の21年度には約710名であったことを考えると、職員一人当たりの負担は確実に増えていることがわかる。かんがい排水事業よりも手間のかかる農地再編整備事業のウェイトが高くなって来ていることも勘案すると尚更である。今次の合理化計画が終了すれば、また新たな計画が策定されることは容易に想像され、この先も定員が減り続ける可能性は高い。今後とも一定の事業量が見込まれる中、より少ない人数で事業を実施していくための方策はこれまでも増して重要になってくる。

一方、数年前から新規採用が再開され、ある程度まとまった人数の新規採用が認められるようになってきた。今年度、採用担当者として一般職（大卒・高卒）の採用に携わったが、採用枠を埋めるのに大変苦勞した。しばらくの間、新規採用の凍結が続いてきたため、公務員を志望する学生が少なかったこともあるが、そもそも農業農村工学や土木工学を目指す学生・生徒が少ないのも事実である。官民とも技術系の採用枠は多くあるものの、人材の供給が追いついていない。民間の建設会社では、技術系の採用をあきらめ、普通高校を卒業した生徒を採用し、入社させてから土木系の専門学校へ通わせて、技術者として育てているとも聞く。人材の確保どころか人員の確保にも事欠くような状況である。また、現場経験を積ませ、資格も取らせ、やっと一人前になった人材を、市町村の中途採用で引き抜かれてしまったという話もある。団塊の世代の技術系職員が抜けた市町村では、即戦力の技術系職員のニーズが高いようだ。

話は戻るが、より少ない人数で業務をこなすためには、更なるアウトソーシングの拡大が必要である。これまでも工事監督支援業務や数量計算業務などにより、アウトソーシングを進めてきたが、新たな業務の切り出しや業務内容の拡大を検討しなければならない。技術系公務員としての資質を維持・向上させつつアウトソーシングを進めるのはなかなか容易ではないが、近い将来、本当に立ち行かなくなる時が来るのではないかと感じている。残すべき業務と外に出すべき業務の仕分けを大胆に行う覚悟が必要だ。しかしながら、先ほども述べたとおり、アウトソーシングの受け手である民間企業においても、人材の確保に苦慮している状況であり、現に、派遣されてくる技術者の全員が農業農村工学を専門としてきた者ではなくなっている。今後、アウトソーシングの拡大を図ったとしても、肝心の受け手が不足する事態も起こり得るのではないかと危惧している。

近頃は、ワークライフバランス、働き方改革、ゆう活、プレミアムフライデーなど、ゆとりを持った働き方に関する様々な取組が行われている。一方でやらなければならないことは、やらなくてはならないので、ワークシェアリングの拡大やパフォーマンスの向上などにも同時に取り組む必要がある。このような背景の中、将来にわたって効率的に事業を展開していくためには、優秀な農業農村工学技術者の確保が欠かせない。採用後にOJTや研修で人材を育てていくのはもちろんのこと、まずは、この世界に入ってきてもらわなければ話が進まない。土木系の仕事はいわゆる3Kのイメージを未だに払拭できず、我が子の進学・就職先として望まない親も結構いるそうである。農業農村工学と言われても、具体的なイメージができないから近寄らないという人も多いだろう。ダムをはじめとした水源開発や長大な用水路によるダイナミックな水利システムなど、知れば興味がわく素材は沢山ある。官民ともに、農業農村工学を目指す学生、生徒の確保のために、若いうちから農業農村工学の魅力ややりがいを伝える努力が必要である。

\*北海道開発局農業水産部農業設計課長

# 大雪頭首工の補修・補強工法について

皆 川 創\* 小 野 隆 司\*\* 佐 竹 達 也\*\*\*  
 (So MINAKAWA) (Takashi ONO) (Tatsuya SATAKE)

## 目 次

|                  |   |               |    |
|------------------|---|---------------|----|
| 1. はじめに          | 8 | 3-3. 耐震性能照査結果 | 11 |
| 2. 大雪頭首工の諸元      | 8 | 4. 耐震補強工法の検討  | 11 |
| 3-1. 耐震性能照査      | 9 | 5. まとめ        | 11 |
| 3-2. 耐震性能照査方法の検討 | 9 |               |    |

## 1. はじめに

当麻永山用水地区（以下、「本地区」という）は、北海道旭川市及び上川郡当麻町に位置し、水稲作を主体とした受益面積 3,591ha の農業地帯である（図-1）。

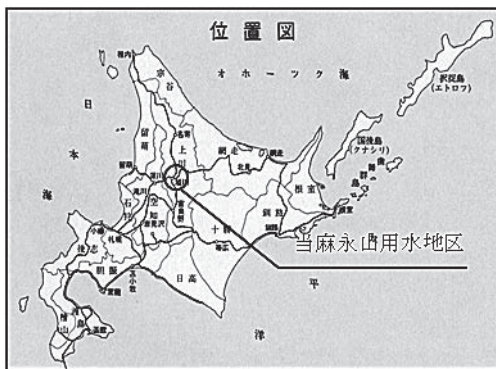


図-1 当麻永山用水地区位置図

本地区の基幹的農業水利施設である大雪頭首工は、国営当麻永山土地改良事業（昭和 43 年度～昭和 54 年度）により、一級河川石狩川水系石狩川に農業用取水施設として、昭和 46 年に上川郡愛別町に築造されてから 40 年以上が経過している。

本頭首工は、堤長 268m、洪水吐 2 門（ローラーゲート H=3.04m L=29m）、土砂吐 1 門（ローラーゲート H=3.04m L=20m）を有するフィクスト型式の頭首工である。

近年、凍害などによるコンクリートの脆弱化に加え、

\*北海道開発局旭川開発建設部旭川農業事務所  
 第 1 工事課 第 2 建設係 (Tel. 0166-32-3609)

\*\*北海道開発局旭川開発建設部旭川農業事務所  
 第 1 工事課 第 2 建設係 (Tel. 0166-32-3589)

\*\*\*北海道開発局旭川開発建設部旭川農業事務所  
 第 1 工事課 (Tel. 0166-32-1373)

エプロンの摩耗、護床工の不等沈下・流失、さらに、ゲート設備の不具合も確認されている。

このことから、国営かんがい排水事業により、本頭首工の補修工事を行うとともに、大規模地震動に対する耐震性能を確保するための耐震補強工事を実施することにより、維持管理費の低減のほか、地震による施設被害を未然に防止することを目的として、平成 26 年度より改修工事を実施している。

なお、本稿では、本頭首工一連の施設のうち、堰柱のレベル 2 地震動に対する耐震性能照査及び耐震補強工法について報告する。



写真-1 大雪頭首工全景

## 2. 大雪頭首工の諸元

### (1) 耐震性能照査の基本

本頭首工の耐震性能照査は、『土地改良事業計画設計基準 設計「頭首工」』（以下『設計基準』という）に準拠して実施した。本施設は、農業用水専用施設であり、支配面積が 5,000ha 未満であることから、重要度区分 A 種の施設に該当する。重要度 A 種の頭首工が保持すべき耐震性能は、レベル 1 地震動に対して「健全

性を損なわない」, レベル2地震動に対して「致命的な損傷を防止する」こととされており, レベル2地震動が発生しても, 施設は修復容易な状態でなければならないことを意味する。

## (2) 堰柱構造の概要

本頭首工は, 洪水吐ゲートとして鋼製ローラーゲート2門, 土砂吐ゲートとして同ゲート1門を有する全可動堰である。堰柱構造は, ゲートを引き上げた状態で支持する門柱部と, ゲート全閉時に水位を保持する堰柱部から成っており, 門柱部は1本柱構造, 堰柱部は, 下流方向基部に向かって部材厚を増加させたテーパを有する構造となっている。

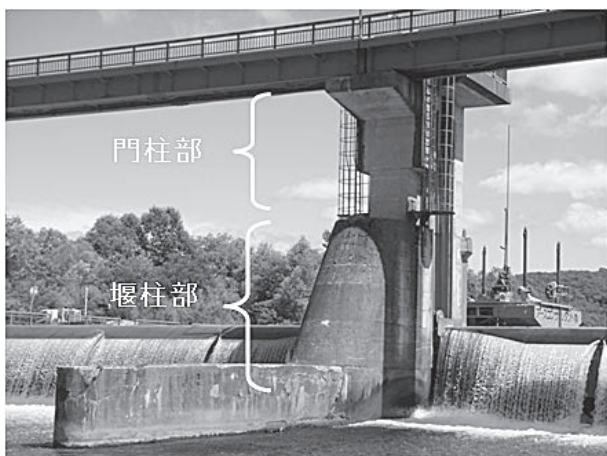


写真-2 P3堰柱

## 3-1. 耐震性能照査

### (1) 堰柱のモデル化

#### a) モデル作成の基本方針

既設堰柱の耐震性能照査に当たり, 堰柱構造の断面性能を忠実に再現するモデル化が重要であると考え, ①下流方向基部に向かって部材厚を増加させたテーパ構造, ②堰柱に作用するゲート・巻上機重量, 管理橋反力などの作用荷重を適切に考慮する必要があった。そのため, 解析モデルは①, ②を踏まえて, 構造物の骨組を構成する部材の結合点である節点と, 部材の形状, 質量等の要素を点として与えたフレームモデルによることとし, 耐震性能を堰軸方向と流心方向の2方向について照査することから, 3次元モデルを作成した。

また, 底版は, N値50以上の強固な岩盤に支持されており, 直接基礎構造としていることから, 地盤は剛体要素としてモデル化した。

なお, 導流壁は, 施工目地により構造的に分離されているため, モデルに反映しないこととした。

#### b) フレームモデルの作成

作成するフレームモデル(節点構成)には, 各要素に鉄筋コンクリート及び配置鉄筋を反映させた

M- $\phi$ 特性を考慮することにより, 大規模地震動加震時における部材の非線形性を反映させるものとし, このM- $\phi$ 特性は, 全ての要素(部材)で見込むこととした。

これは, 堰柱構造が堰柱部から門柱部で急激に断面性能が縮小し, どの要素から塑性化するかが不明なことから, 全ての部材について, 変形性能を確認できるように配慮するものである。

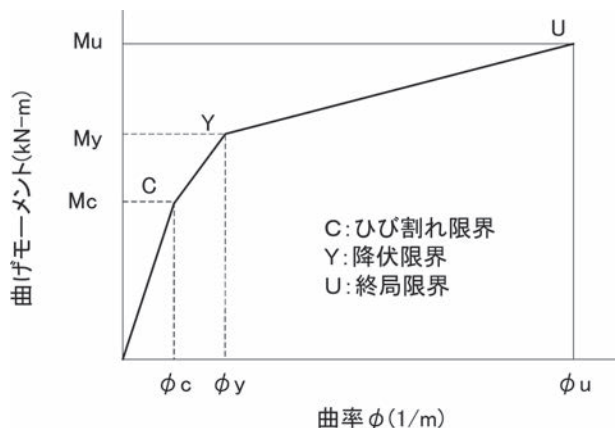


図-2 M- $\phi$ 特性(トリリニア型)の例

フレームモデルは, テーパー構造を反映するため, 階段状のモデルとし, 作用するゲート荷重は, 開扉・閉扉の状態を考慮できるように質点として与え, 開閉装置や上屋・管理橋反力等の荷重は, 節点荷重として与えた。

下図は部材を縦断方向で断片化し, 各要素の重心位置を節点として, その連続性を示したのが図-3, 各要素に付随させている情報を図化したものが図-4である。

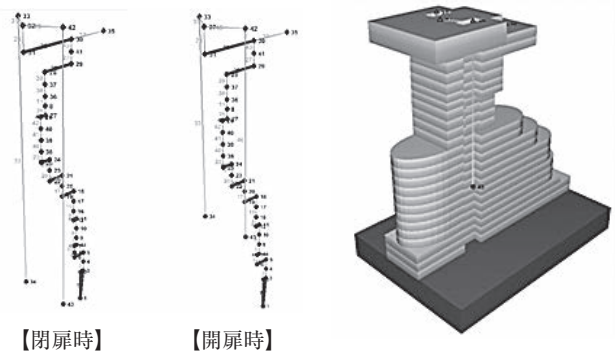


図-3 フレームモデル

図-4 ソリッドモデル

## 3-2. 耐震性能照査方法の検討

### (1)耐震性能照査方法

『設計基準』によると, レベル2地震動に対する照査は, 「地震時保有水平耐力法(静的解析)によることを基本とする」とされている。しかし, 「堰柱の振動特性が複雑な場合は, 地震時保有水平耐力法による照査の適用が困難」とされているため, 本照査におい

てはまず、堰柱の振動特性を把握するために固有値解析を行うことにより、振動特性を把握し、その結果を基に解析方法を判断した。

(2)固有値解析

固有値解析は、構造物の有する振動特性を把握するもので、変位が最大となり、単純な振動特性である1次振動モードが支配モードとなるのか、複雑な振動モードが支配モードとなるのかを判定するものである。

固有値解析では、固有振動数や刺激係数、有効質量比や振動モードが算出され、これらの特性値を基に、当該堰柱における支配モードを決定する。

固有値解析で算出された有効質量比は、各振動モードで、堰柱全体質量のうち何割の質量が構造物の変形に寄与しているかを示すもので、有効質量比が大きい振動モードが支配モードとなる。

本堰柱では、いずれの振動モードも有効質量比が小さく、単純な振動特性である1次振動モードが支配モードであるとは評価できないと判断されたため、本頭首工堰柱は、複雑な振動特性を有し、地震時保有水平耐力法による耐震性能照査の適用が難しい構造物であると判断した。

P3堰柱の固有値解析結果のうち、堰軸方向における有効質量比の比較的大きいモード図を示す(図-5)。

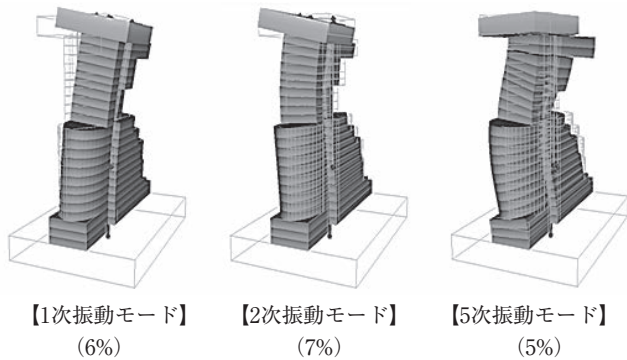


図-5 固有値解析結果によるモード図(有効質量比)

『設計基準』によると、「構造が複雑で固有値解析において1次振動モードが支配モードとならない場合は、動的解析による照査を行わなければならない」とされている。

このことを踏まえ、本頭首工では、動的解析による耐震性能照査を実施することとし、解析方法は、部材の非線形挙動を想定することができる非線形時刻歴応答解析を採用した。

なお動的解析には、非線形部材を等価な線形部材にモデル化する等価線形化法もあるが、一般的ではないことから不採用としている。

(3)時刻歴応答解析

時刻歴応答解析とは、弾塑性域の堰柱の加速度、速度、変位、断面力などの時々刻々の応答を算出する方法で、微小の時間間隔(一般に1/100秒)に離散化し

た地震動データを用いて運動方程式を微小時間間隔ごとに数値的に積分する逐次積分法である。

本照査に用いた入力地震動は、『設計基準』に掲載されている地震波形として、タイプI、タイプIIでそれぞれ、表-1・図-6-1・図-6-2に示す地震動、加速度波形を使用した。

表-1 動的解析に用いる地震動

| 地震波   | 地盤種別 | 地震名           | 規模(M) | 記録場所              |
|-------|------|---------------|-------|-------------------|
| タイプI  | I種地盤 | 1978年宮城県沖地震   | 7.4   | 開北橋周辺地盤上LG        |
|       |      | 1978年宮城県沖地震   | 7.4   | 開北橋周辺地盤上TR        |
|       |      | 1993年北海道南西沖地震 | 7.8   | 七峰橋周辺地盤上LG        |
| タイプII | I種地盤 | 1995年兵庫県南部地震  | 7.2   | 神戸海洋気象台地盤上N-S     |
|       |      | 〃             | 7.2   | 神戸海洋気象台地盤上E-W     |
|       |      | 〃             | 7.2   | 猪名川架橋予定地点周辺地盤上N-S |

※) タイプI: プレート境界型地震, タイプII: 内陸直下型地震

※) I種地盤: 良好な洪積地盤及び岩盤

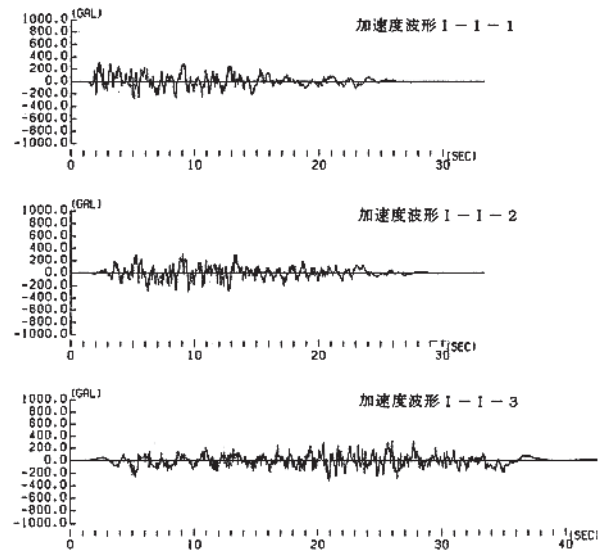


図-6-1 動的解析に用いる地震波形に用いる地震波形【タイプI震動】

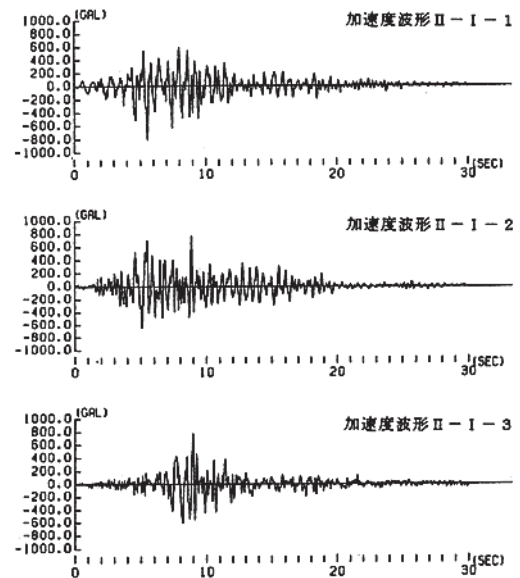


図-6-2 動的解析に用いる地震波形に用いる地震波形【タイプII震動】

### 3-3. 耐震性能照査結果

動的解析の照査項目は、曲げ、せん断、変位とし、下記基準で照査を行った。

#### ①曲げに対する照査

各部材の応答曲率 $\phi_r$ が許容曲率 $\phi_a$ 以下となることを照査する。

#### ②せん断に対する照査

各部材の応答せん断力 $S_r$ が、せん断耐力 $S$ 以下となることを照査する。

#### ③変位に対する照査

堰柱の残留変位 $\delta_R$ が許容残留変位 $\delta_a$ 以下となることを照査する。

動的解析の検討は、各堰柱の流心方向・堰軸方向について、ゲート開扉・閉扉状態を組み合わせ耐震性能の照査を行った。

計算結果は、表-2に示すとおりで、P2堰柱を除く堰柱において堰軸方向・タイプII（内陸直下型地震）地震動のケースでせん断耐力が不足することが判明した。

（P1、P4堰柱は土圧が作用する。P2堰柱は土砂吐ゲート+洪水吐ゲートを吊り下げているため、洪水吐ゲート2門のP3堰柱より荷重が少ない。）

表-2 動的解析結果

| 加震方向 | ゲート | 地震動   | 照査項目  | P1堰柱 | P2堰柱 | P3堰柱 | P4堰柱 |
|------|-----|-------|-------|------|------|------|------|
| 堰軸方向 | 開扉  | タイプI  | 許容曲率  | OK   | OK   | OK   | OK   |
|      |     |       | せん断耐力 | OK   | OK   | OK   | OK   |
|      |     |       | 残留変位  | OK   | OK   | OK   | OK   |
|      |     | タイプII | 許容曲率  | OK   | OK   | OK   | OK   |
|      |     |       | せん断耐力 | NG   | OK   | NG   | NG   |
|      |     |       | 残留変位  | OK   | OK   | OK   | OK   |
|      | 閉扉  | タイプI  | 許容曲率  | OK   | OK   | OK   | OK   |
|      |     |       | せん断耐力 | OK   | OK   | OK   | OK   |
|      |     |       | 残留変位  | OK   | OK   | OK   | OK   |
|      |     | タイプII | 許容曲率  | OK   | OK   | OK   | OK   |
|      |     |       | せん断耐力 | NG   | OK   | NG   | NG   |
|      |     |       | 残留変位  | OK   | OK   | OK   | OK   |

※) 解析の結果、降伏部材が発生しなかったため、残留変位は発生しない。  
 ※) 流心方向については、全堰柱・全項目で安全性が確認された。

各堰柱におけるせん断耐力不足箇所は、いずれも堰柱基部であることが判明した。図-7に端部堰柱であるP1堰柱、中間堰柱であるP3堰柱におけるせん断耐力不足箇所（着色部）を示す。

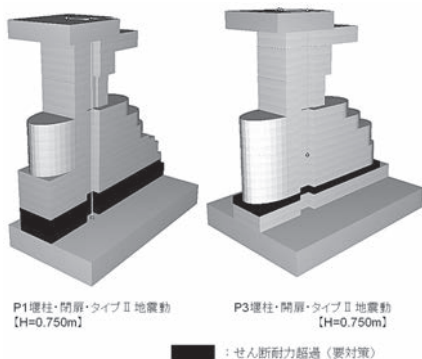


図-7 P1、P3堰柱におけるせん断耐力超過箇所

### 4. 耐震補強工法の検討

前述の耐震性能照査の結果を基に、せん断耐力が不足する箇所に対し補強工法の検討を行った。

補強工法は、既に技術的な蓄積のある道路橋の耐震補強工法を参考とするほか、近年、施工実績が増加している水門工事などを参考とした。

本堰柱は、せん断補強を目的とすること、堰柱基部といった流水部で土砂礫や転石・玉石に対する耐衝撃性を有する工法が望ましいことなどを踏まえ、下記の3工法を抽出し、比較検討を行った。

表-3 耐震補強工法の検討

|         | 第1案「鋼板巻立工法」  | 第2案「帯鉄筋補強工法」   | 第3案「鉄筋挿入工法」  |
|---------|--|--|--|
| 概要図     |  |  |  |
| 工事概要    | 堰体を鋼板で巻き立ててアンカーボルト等で固定するとともに、その間隙を充填剤などにより密着させることで、部材のじん性を向上させる工法。外周を巻き立てることで横拘束効果も得られる。                     | 既設鉄筋コンクリート表面を主鉄筋位置までつりだし、既設配力鉄筋の断面に補強鉄筋を配置することで、せん断耐力の向上を図る工法。   | 堰体をボーリングマシン等で削孔し、鉄筋を挿入するとともに、孔内をグラウト等で充填し、既設コンクリートとの一体化を図る。堰体表面は支圧等固定する。                           |
| 構造特性    | 鋼板厚がせん断耐力として寄与することとなるため、補強対象箇所を鋼板で巻き立てることで、その箇所のせん断耐力が向上する。  | 補強した配力鉄筋が、そのまま部材内の配力筋（帯鉄筋）として機能することにより、せん断耐力の向上が図れる。   | 補強（挿入）した鉄筋が、そのまま部材内の中間帯鉄筋として機能することにより、せん断耐力の向上が図れる。  |
| 留意事項    | 堰体外周全てを鋼板で巻き込む場合は、せん断補強に対して効果的に機能するが、戸当り等により巻き込めない場合は、加齢時に鋼板が剥離するなどの耐久性に支障が生じる恐れがあるため、拘束効果を見込まない。接着工法に留意が必要。 | 堰体のはつり作業時に、既存の鉄筋を損傷しないようにする他、主鉄筋の結束が可能な範囲をはずす必要があるため、はつり作業には注意が必要。表面を復旧するポリマーセメント等の施工も堰体との確実な一体化を図るなどの配慮が必要。 | 堰体の削孔時に、既存の鉄筋を損傷させないように、事前に入念な調査・確認を行う必要がある。また、グラウト充填や表面の定着剤の設置などが良好でない、所要の効果を得られないことなどに留意する必要がある。 |
| 施工性     | 既存の堰体の外側に、補強材を追加する工法のため、施工性の面では最も優れる。  | 補強対象箇所をはずす作業となり、工期性及び施工期間ともに第1案より劣る。   | 補強部は部材厚が大きく、削孔作業等を考慮すると、施工性の面で劣る。  |
| 適応性     | 戸当り部との干渉部に留意すれば、本工法の適用は可能。   | 堰体内での補強工事であることから、本工法の適用は可能。  | 削孔作業などに留意すれば適用は可能。   |
| 経済性（比率） | ¥ 1,000,000 -<br>(1.00)  | ¥ 3,500,000 -<br>(3.50)  | ¥ 1,000,000 -<br>(1.00)  |
| 評価      | ○  | △  | ○  |

比較検討の結果、P3堰柱は、施工性から鋼板巻立工法を採用し、河岸側に位置するP1・P4堰柱については、背面土砂の影響により鋼板巻立が不可となるため、鉄筋挿入工法を採用した。

### 5. まとめ

本頭首工については、地区調査の段階で、中間堰柱（P3堰柱）について地震時保有水平耐力法（静的解析）による耐震性能照査を実施しており、堰柱基部のほか門柱基部においても耐震性能が不足する結果となっていた。

本照査では、堰柱のモデル化を現況施設に合わせた形で忠実にを行うとともに、複雑な振動特性を再現するために、「動的解析」による照査を行ったことにより、耐震補強箇所が堰柱基部のみであることが判明した。

この結果、補強箇所が減り、補強工事にかかるコスト縮減が図られたことから、耐震検討に当たっては、構造物の忠実なモデル化と振動特性の適切な把握が重要であると考えられる。

### 【参考文献】

- 1) 農林水産省 土地改良事業計画設計基準 設計「頭首工」

# ダムにおける地震被災後1年経過したクラック調査事例について

大 梧 光 照\*  
(Kosho DAIGO)

十文字 康 能\*\*  
(Yasunori JYUMONJI)

片 平 幸 一\*\*\*  
(Kouichi KATAHIRA)

福 原 誠\*\*\*\*  
(Makoto FUKUHARA)

中 山 睦 人\*\*\*\*\*  
(Mutsuhito NAKAYAMA)

## 目 次

|               |    |                  |    |
|---------------|----|------------------|----|
| I. はじめに       | 12 | IV. 調査において分かったこと | 15 |
| II. クラック調査方法  | 12 | V. 最後に           | 15 |
| III. クラック調査結果 | 14 |                  |    |

### I. はじめに

東日本大震災により東北地方のAダム（ロックフィルダム）は、堤頂部アスファルト舗装にクラックが発生したことから貯水位を低下させた。

本来であれば速やかな被災状況調査が望ましいが、社会的混乱状態の中でライフライン等の復旧が最優先となり、被災後約1年が経過してからの被災状況調査となった。

遮水性ゾーン上面の被災状況調査としてアスファルト舗装を剥ぎ取った結果、クラックは遮水性ゾーンまで到達しているとともに、クラック開口部の側方応力解放（緩み）による閉塞や雨水などの影響による不明瞭化が確認された。

クラック到達深度の確認は、一般的には被災直後に石灰水をクラックに投入し、開削により石灰水の痕跡を追跡するが、時間経過に伴うクラックの閉塞等が想定されたことから、クラック上部に浅いトレンチを作り石灰水を貯留することで、クラックに石灰水が十分に入り込むよう工夫した。

本稿では、石灰水を貯留し浸透を促したクラック調査事例とともに、クラック成因検討データ収集を目的としたクラック剥離面調査事例について紹介する。

### II. クラック調査方法

東日本大震災から約1年が経過したAダム堤頂遮水性ゾーン天端における踏査の結果、クラック状況は次のようなものであった。

- ①開口クラックは、主にダム軸方向に確認された。
- ②ダム軸付近が最大開口幅であるが、稀にダム軸方向クラックと平行するクラックが上下流側にも確認された。
- ③クラックは段差を伴っていない。

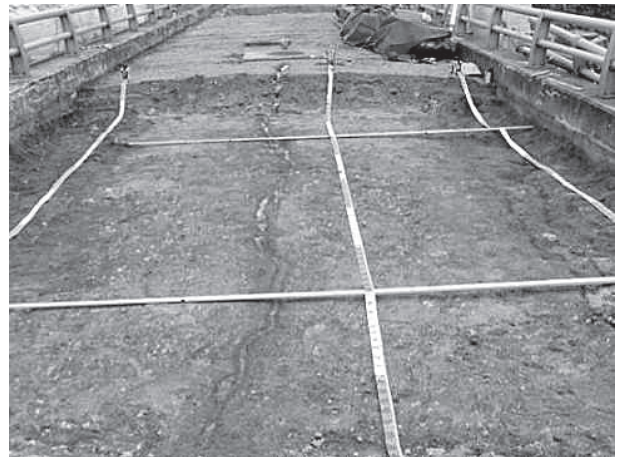


写真-1 天端クラック状況 (As舗装面剥ぎ取り後)



写真-2 経時後の天端クラック状況

\* 農林水産省関東農政局印旛沼二期農業水利事業所  
(Tel. 043-483-4401)

\*\* 農林水産省東北農政局土地改良技術事務所  
(Tel. 022-295-5544)

\*\*\* 農林水産省東北農政局会津南部農業水利事業所  
会津北部農業水利事業建設所  
(Tel. 024-123-6700)

\*\*\*\* 中央開発(株) 技術センター  
(Tel. 03-3208-3111)

\*\*\*\*\* NTCコンサルタンツ(株) 技術研究所  
(Tel. 0561-32-2271)

- ④クラックには下記の状況が確認された。
- ・雨水によるクラック肩の不明瞭化
  - ・雨水の浸透による土質材料の飽和
  - ・側方応力解放（緩み）に伴うクラックの閉塞
  - ・時間経過による土質材料の再固結

クラック開削調査は、被災分布範囲及び到達深度の確認を主目的とした「トレンチ A タイプ」と、成因を推定するため、クラック剥離面の状況・クラックの下方への傾き確認を主目的とした「トレンチ B タイプ」により行った（図-1）。

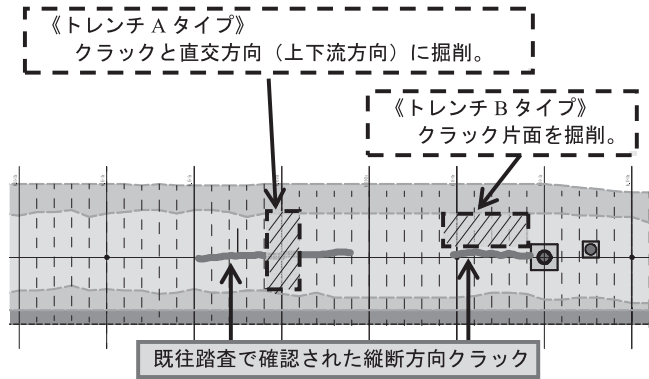


図-1 クラック調査計画平面図

(1) トレンチ A タイプ

1) 目的

被災分布範囲決定を主目的とし、縦断方向クラックの延長・分布範囲・到達深度を確認する。

2) 配慮点

浅いトレンチに石灰水を貯留し、微細なクラックへの浸透を促すこととした（図-2）。

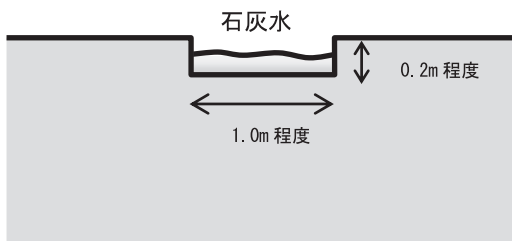


図-2 トレンチ A タイプ断面図

3) トレンチ位置

踏査では確認困難な縦断方向クラックがダム軸以外にも存在する可能性も踏まえ、踏査で確認された縦断方向クラックと直交する方向（上下流方向）にトレンチ A タイプを開削した（図-1）。

4) 開削調査の流れ

- ①トレンチ開削（H=0.2m 程度）（写真-3）
- ②石灰水の貯留（消石灰：水 = 1：4～5）（写真-4）
- ③4時間以上放置（クラックへの浸透を促す）
- ④乾燥後、表面を0.2m 程度剥ぎ取る

- ⑤フェノールフタレイン水溶液（1% 希釈液）の散布によりクラックの目視確認（写真-5）
- ⑥以降0.2m 毎に層状に剥ぎ取りながらフェノールフタレイン反応を確認し、最終層下面標高をクラック到達深度と判断した。



写真-3 トレンチ A タイプ掘削状況



写真-4 石灰水の貯留状況



写真-5 剥ぎ取り後の状況（クラック有りの場合）

(2) トレンチ B タイプ

1) 目的

クラック発生原因を推定するためのデータ収集を主目的とし、クラック剥離面の状況・クラックの下方への傾き・クラック到達深度を確認する。

2) 形状

クラックの片方を剥ぎ取る形状のトレンチ（図-3）。

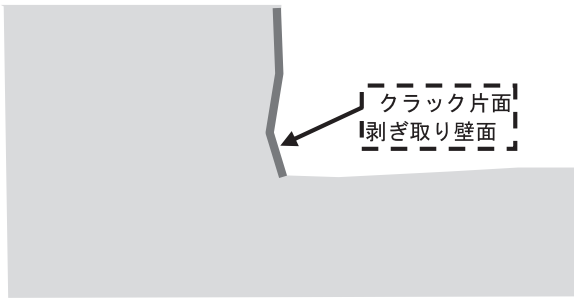
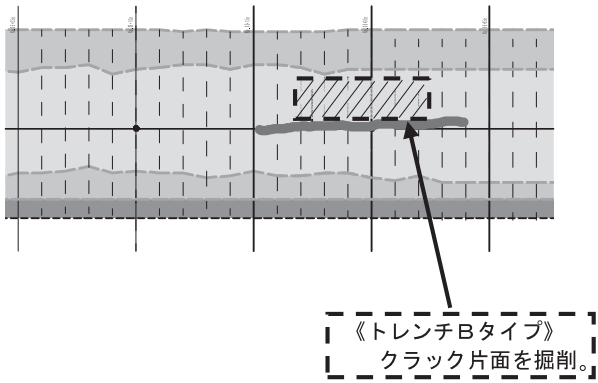


図-3 トレンチBタイプの平面・断面図

### 3) 開削調査の流れ

クラック片面開削であることから、クラック面の飽和による強度低下を避けるため、石灰水貯留は行わず、クラック開口部への石灰水投入のみとした。



写真-6 クラック片面剥ぎ取り

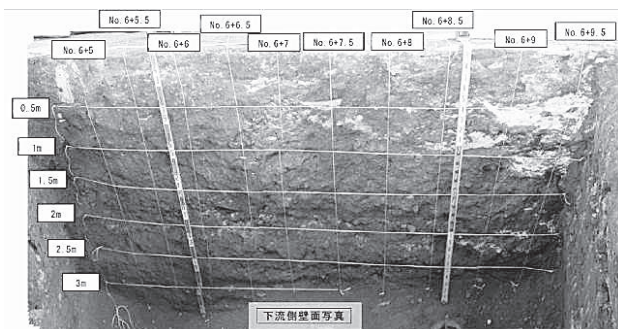


写真-7 クラック片面剥ぎ取り壁面状況

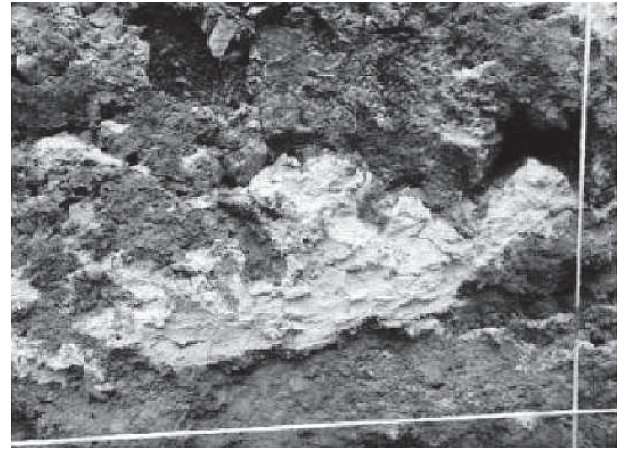


写真-8 クラック片面剥ぎ取り壁面状況 (石灰水付着)

## Ⅲ. クラック調査結果

### (1) トレンチ A タイプ

微細なクラックがフェノールフタレイン反応により確認されていることから、石灰水を投入する一般的なクラック調査と比較してクラックへの石灰水の浸透が促進され、より精度が高いクラック調査ができた (写真-9)。

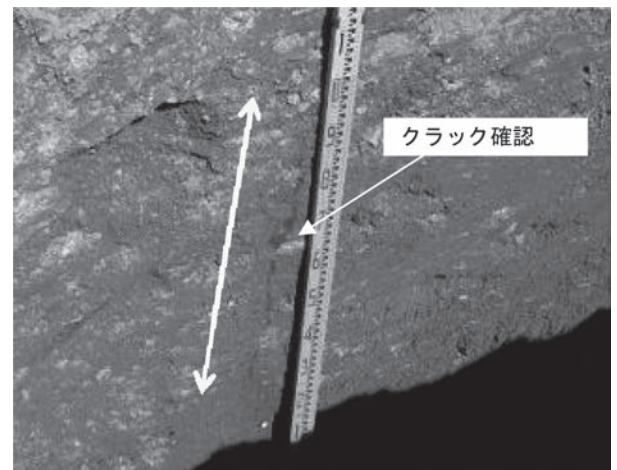


写真-9 クラック確認状況 (フェノール反応)

### (2) トレンチ B タイプ

クラック剥離面の状況 (固結度, スリッケンサイドの有無) やクラック深さ方向の傾きが確認され、円弧すべりの可能性や引張りによるクラックかなど、その成因を推定する上でのデータを収集することができた (写真-10)。





写真-10 クラック剥離面状況の確認

### (3) クラック到達深度の最終確認

クラック到達深度の最終確認として、クラック追跡後のトレンチ底面に石灰水を貯留し、浸透を促した後、計画撤去面でフェノールフタレイン反応によりクラックが無いことを確認した（図-4、写真-11）。

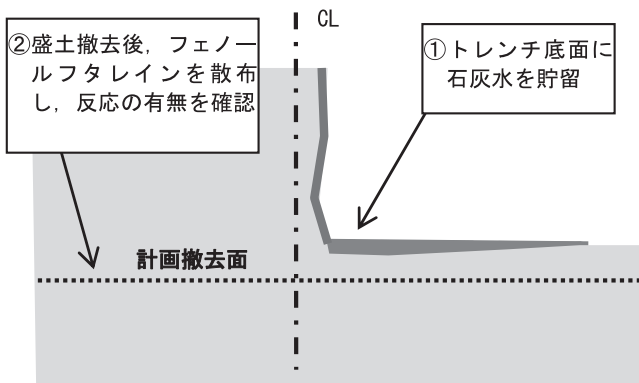


図-4 最終確認イメージ図



写真-11 計画撤去面のクラック確認状況  
(クラック無し)

## IV. 調査において分かったこと

市販されているフェノールフタレイン水溶液は1%希釈液である。

一般的には市販液をさらに3倍程度に希釈して使用するが、希釈に伴い発色が低下することが確認されたことから、市販液の希釈を行わないことを推奨する。

## V. 最後に

今回紹介した調査手法は、被災後やむを得ない特異な事情により被災状況調査や復旧工事の実施までに期間を要せざるを得なかった地区の参考になるものと考ええる。

また、土質材料はコンクリート材料と異なり、被災後も風雨などにより形状が変化しやすく、さらに被災状況調査に伴う重機等の走行によって不明瞭化が進行することもあることから、復旧工事計画においては、被災状況調査の限界を十分に認識した上で、撤去範囲や深度を決定することが重要と考える。

# ダム耐震性能照査の優先順位の検討

牧野 貴嗣\* 友川 悠\*\*  
 (Takatsugu MAKINO) (Yuu TOMOKAWA)

## 目 次

|                      |    |                      |    |
|----------------------|----|----------------------|----|
| 1. はじめに              | 16 | 5. J-SHIS を用いた加速度の推定 | 17 |
| 2. 東北農政局管内の耐震性能照査の状況 | 16 | 6. 加速度推定結果と照査優先順位の検討 | 18 |
| 3. 農業用ダム耐震性能照査について   | 17 | 7. 詳細な検討を行った例        | 19 |
| 4. 主要活断層と管内ダムの位置関係   | 17 | 8. おわりに              | 21 |

### 1. はじめに

平成 28 年熊本地震により被災された皆様に心よりお見舞い申し上げますとともに、一日も早く安全な日常生活を送ることができますようご祈念申し上げます。

熊本地震の発生後、防災科学技術研究所が web 上で公開している J-SHIS 地震ハザードステーションで震源付近を確認したところ、熊本市や益城町から阿蘇山に向かって布田川断層帯・日奈久断層帯が走行していること、地震の発生頻度は約 4,000 年から 17,000 年であること等が容易に確認できた。

内陸活断層型地震の発生頻度は一般に数千年～数万年間隔であるが、一度発生すると震源断層の直上付近において極めて大きな揺れとなる。平成 7 年兵庫県南部地震（阪神・淡路大震災）ではマグニチュード 7.3 という規模ながら、震源断層に近い神戸市・西宮市等で震度 7 を記録し、幅約 1 km・長さ約 20km の帯状に被害が集中したことが知られている。

農業用ダム等の重要構造物において、近隣の活断層の情報及び想定される地震の規模を予め把握しておくことは、当該施設の耐震性能照査に用いるのみならず、被災を想定した管理のあり方、緊急時の体制等まで幅広い検討が可能となり、有意なことと考えている。

今回、J-SHIS MAP のデータを用いて加速度を推定し、ダム耐震性能照査の優先順位の検討を行ったので、その概要を報告する。

### 2. 東北農政局管内の耐震性能照査の状況

農林水産省は、平成 24 年 3 月に閣議決定された土地改良長期計画において、農村の防災・減災力を強化するため、土地改良施設の耐震強化を推進する方針を打ち出した。平成 28 年 8 月に閣議決定された新たな土地改良長期計画においても、老朽化や災害リスクに対応した農業水利施設の戦略的な保全管理と機能強化のため、重要度の高い国営造成施設における耐震化計画の策定割合を 10 割にする等の政策目標を掲げている。

具体的には施設が被災することにより周辺の人命・財産やライフラインへの影響が大きい施設であるダム等の重要構造物を対象に、レベル 2 地震動に対する耐震性能照査を推進することとしている。

農林水産省所管の国営造成農業用ダムは、平成 28 年 4 月時点で全国に 188 基あり、このうち東北農政局管内では 33 基のダムが築造されている。管内のダムは、順次、レベル 2 地震動に対する耐震性能照査を進めており、照査を了したダムが 9 基、照査中が 7 基、未着手が 17 基となっている（表-1）。

平成 23 年東北地方太平洋沖地震以降、東北農政局管内ではダムの耐震性能に関して地域住民や地方自治体の関心が極めて高いことから、管内 33 基のダムについて早急に照査を行う必要が生じている。

表-1 東北局管内のダム耐震性能照査の状況

| 形式          | 基数 | 内 訳 |     |     |
|-------------|----|-----|-----|-----|
|             |    | 全体  | 照査済 | 照査中 |
| 重力式コンクリートダム | 8  | 2   | 0   | 6   |
| ロックフィルダム    | 16 | 5   | 3   | 8   |
| アースダム       | 9  | 2   | 4   | 3   |
| 計           | 33 | 9   | 7   | 17  |

\*東北農政局農村振興部事業計画課  
 (Tel. 022-263-1111 内線4139)

\*\*東北農政局和賀中部農業水利事業所  
 岩手山麓農業水利事業建設所  
 (Tel. 019-699-2225)

### 3. 農業用ダム耐震性能照査について

農業用ダムの照査については、「大規模地震動に対するダム耐震性能照査指針（案）・同解説（平成17年3月）国土交通省河川局」に準拠して実施している。

実際の照査に当たっては、文献・事例及び学識経験者のご指導の下で総合的な検討を行うこととしており、ダム毎に異なる設計・施工内容の確認、不足する情報を補うための調査・試験の実施等に数年の期間が必要となることから、優先順位を付けて順次実施しているところである。

これまで、照査の優先順位については、築造年次・ダムタイプ・規模・事業化スケジュール等を勘案して決めていたが、今回、当該ダム地点の加速度等を推定することで、優先順位の検討に役立てようと試みた。

ダムの照査に必要なデータは、堤体・基礎等の設計内容、施工管理結果、現状の健全度、想定される地震規模等である。これらを収集し、詳細に分析のうえ照査に必要な各種パラメータを設定することとなる。

このうち、耐震性能に影響が大きいと考えているのは、ダムタイプ、ダム規模（ダム高）、地震規模（加速度）の3要素であると筆者は考えている。

この3要素と安全度の低下の関係を模式的に表したものが図-1、図-2となる。

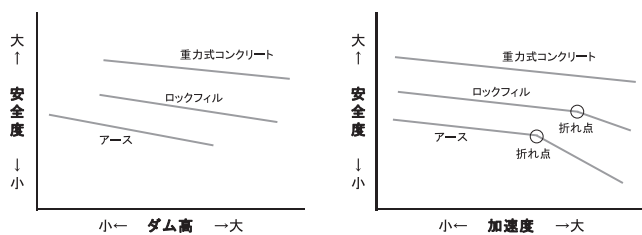


図-1 ダム高と安全度の関係

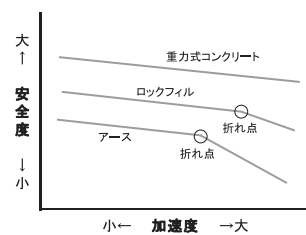


図-2 加速度と安全度の関係

図-1はダム高と安全度の関係を整理したもので、一般に基礎から入った地震波は天端に向かって増幅していくことから、ダム高が高くなるほど安全度は低下する。

図-2は加速度と安全度の関係を整理したもので、加速度が大きくなるほど安全度は低下することとなる。さらに、アースダム及びロックフィルダムの築堤に用いられている遮水性材料及び半透水性材料が一定以上の強い地震波を受けた場合、急激に剪断強度が低下することが知られていることから、これを折れ点で表した。

図-1及び図-2より一番危険側と考えられるのは、大規模なアースダムが強い地震を受けた場合となる。まずは、当該ダム地点において想定される地震規模（加速度）を推定することが重要と考えている。

### 4. 主要活断層と管内ダムの位置関係

図-3はJ-SHIS MAPの主要活断層帯の破壊領域と東北農政局管内33基のダム位置を重ね合わせたものである。

主要活断層帯は、主として奥羽脊梁山脈に沿って南北方向に延びている。

管内のダムの多くは奥羽脊梁山脈の降雨・降雪を水源とすべく築造されてきたことから、特に青森県・岩手県・福島県において、複数のダムが主要活断層帯に近接している。

これらのダムは、当該活断層を震源とする地震において、強い地震波を受けると考えられるため、特に注意が必要である。

なお、ダム建設時の詳細調査結果等では、管内33基のダムサイトの基礎岩盤には活断層が存在しないと評価されていることを書き添えておく。

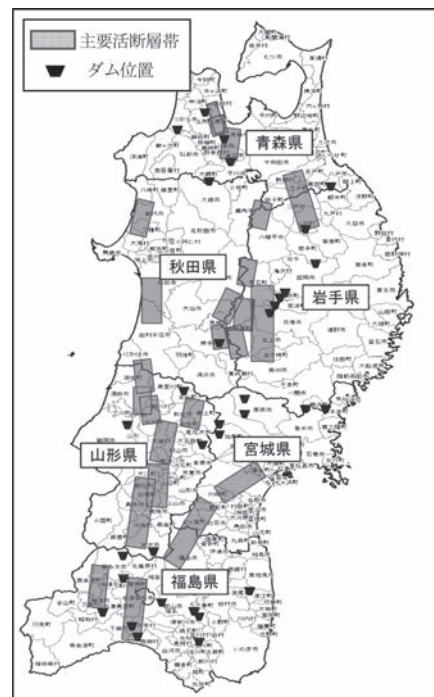


図-3 主要活断層とダム位置

### 5. J-SHIS を用いた加速度の推定

J-SHIS 地震ハザードステーションは、政府の地震調査研究推進本部がとりまとめた「全国地震動予測地図」に関する各種情報を防災科学技術研究所がweb上で公開しているシステムで、「確率論的地震動予測地図」、「震源断層を特定した地震動予測地図（想定地震地図）」等が無料で利用できる。

ダムなど構造物の耐震性能照査には加速度を用いる必要があることから、次の手順によりダム地点の表層地盤（ダムでいう基礎地盤相当）の加速度を推定した。

以下、青森県八戸市の世増ダムでの手順を示す。

**【手順1】**

J-SHIS の web サイト (<http://www.j-shis.bosai.go.jp/>) にアクセスし「スタート」ボタンを押すと J-SHIS MAP が起動するので、想定地震地図のタブをクリック、主要活断層帯のチェックボックスをクリックすると主要活断層帯の破壊領域を示す帯状のアスペリティが MAP 上に表示される (図-4)。

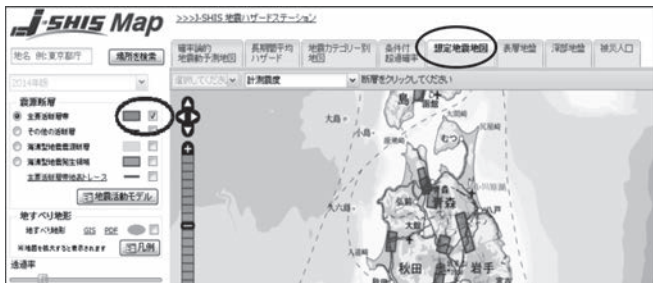


図-4 J-SHIS MAPスタート画面

**【手順2】**

MAP 上の任意のアスペリティ (ここでは折爪断層) をクリックすると、地表が震度別に色分けされ、破壊開始点が星マークで表示される (図-5)。

破壊開始点が複数ケースある場合はプルダウンリストで選択できる。

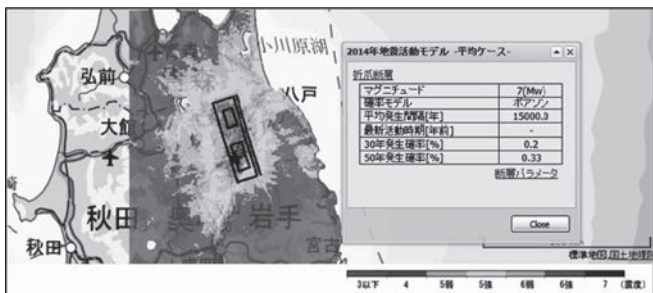


図-5 J-SHIS MAP折爪断層選択画面

**【手順3】**

この状態で MAP を拡大し、調べたい任意の観測点 (ここでは世増ダム) をクリックすると、断層との距離による減衰率、表層地盤の地質による揺れの増幅率等に基づき地表の速度が自動計算され、関連情報が表示される (図-6)。

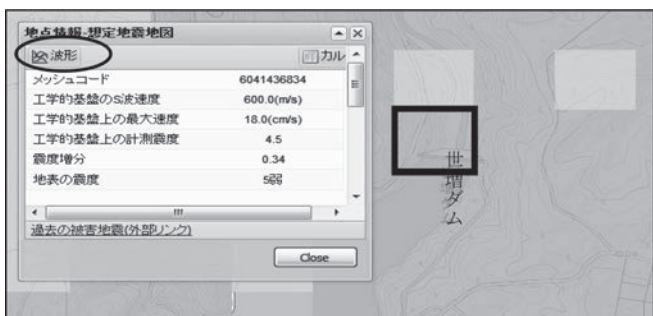


図-6 J-SHIS MAP世増ダム地点選択画面

「波形」をクリックすると、NS方向及びEW方向における、地震波の速度グラフと最大速度が表示されるので、ダウンロードを行う (図-7)。

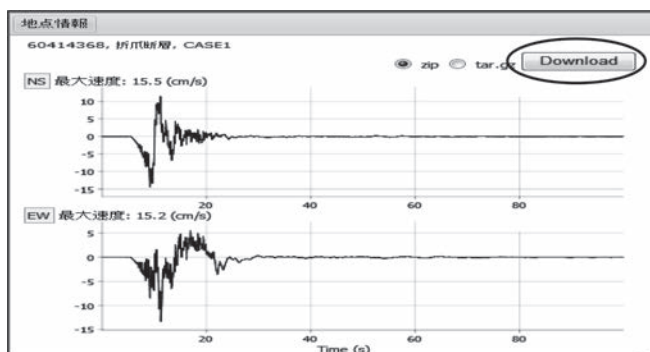


図-7 世増ダム地点の速度波形

この手順を当該ダム周辺の全てのアスペリティに対し破壊開始点ケース毎に行うことで、当該ダムに影響を与える可能性がある全ての速度データが入手できる。

**【手順4】**

次に速度データを加速度データに変換する。変位・速度・加速度は図-8の関係にあり、速度を微分することにより加速度を求めることができる。

今回は速度→加速度変換及び加速度波形の図化のみを行ったので、市販の表計算ソフトを用いた。

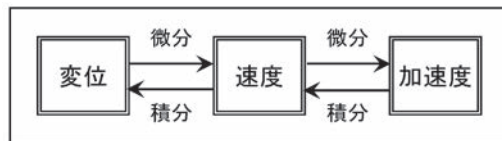


図-8 変位・速度・加速度の関係

更に詳細な解析を行いたい場合は、市販の専用ユーティリティソフトを用いれば、微分・積分のほか各種スペクトル解析及び各種フィルター処理も行うことが可能となる。

**6. 加速度推定結果と照査優先順位の検討**

上記の手法を用いて、照査に未着手の17基のダム地点の最大加速度を推定し、一覧にまとめたものが表-2である。

表-2 各ダム地点の最大加速度一覧表

| ダム名    | 所在地 | 最大加速度 (gal) | 断層名       | case No. | 方向 |
|--------|-----|-------------|-----------|----------|----|
| 大深沢調整池 | 福島  | 921         | 会津盆地東縁断層帯 | 4        | EW |
| 大志田ダム  | 岩手  | 612         | 折爪断層      | 2        | NS |
| 新宮川ダム  | 福島  | 445         | 会津盆地東縁断層帯 | 1        | EW |
| 日中ダム   | 福島  | 439         | 会津盆地西縁断層帯 | 1        | EW |
| 水窪ダム   | 山形  | 327         | 福島盆地西縁断層帯 | 5        | NS |
| 岩堂沢ダム  | 宮城  | -294        | 新庄盆地断層帯東部 | 1        | EW |
| 二ツ石ダム  | 宮城  | -238        | 新庄盆地断層帯東部 | 1        | NS |
| 新小戸六ダム | 青森  | 223         | 青森湾西岸断層帯  | 4        | NS |
| 世増ダム   | 青森  | -178        | 折爪断層      | 1        | NS |
| 小田ダム   | 宮城  | -110        | 長町-利府線断層帯 | 4        | EW |

100gal以下は省略

大深沢調整池（福島）、大志田ダム（岩手）、新宮川ダム（福島）等について、大きな加速度であることが判明した。

最大加速度が最も大きいのは大深沢調整池の会津盆地東縁断層帯 case-4 EW（図-9）のとおりとなり、地震波の主要動の時間が短く、加速度が大きいという内陸活断層型地震の特徴を表している。

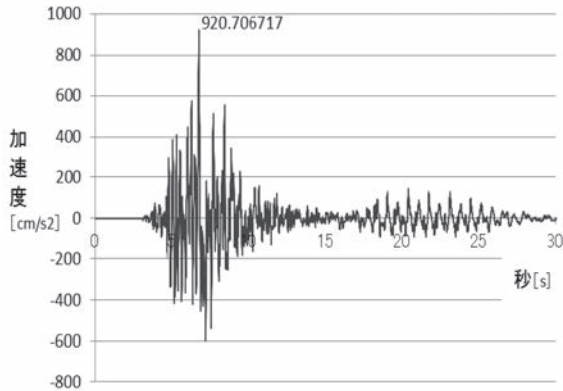


図-9 会津盆地東縁断層帯case4-EW（大深沢調整池）

最大加速度が100gal以上となる上位10ダムについて、前述したダムタイプ、ダム規模（ダム高）の2要素を加え優先順位を検討すると表-3のとおりとなる。

なお、評価の手法が定まっていないことから、筆者独自の判定基準（案）によりポイントが高いほど照査の優先順位が高いこととした。

表-3 照査の優先順位検討表

| ダム名    | 最大加速度 |      | ダムタイプ  |      | ダム高   |      | ポイント合計 | 順位 |
|--------|-------|------|--------|------|-------|------|--------|----|
|        | gal   | ポイント | 形式     | ポイント | m     | ポイント |        |    |
| 大深沢調整池 | 921   | 3    | ロックフィル | 2    | 36.5  | 2    | 7      | ①  |
| 大志田ダム  | 612   | 2    | 重力式    | 1    | 63.7  | 3    | 6      | ④  |
| 新宮川ダム  | 445   | 2    | 重力式    | 1    | 69.0  | 3    | 6      | ④  |
| 日中ダム   | 439   | 2    | ロックフィル | 2    | 101.0 | 3    | 7      | ①  |
| 水窪ダム   | 327   | 2    | ロックフィル | 2    | 62.0  | 3    | 7      | ①  |
| 岩堂沢ダム  | -294  | 1    | 重力式    | 1    | 68.0  | 3    | 5      | ⑦  |
| 二ツ石ダム  | -238  | 1    | ロックフィル | 2    | 70.5  | 3    | 6      | ④  |
| 新小戸六ダム | 223   | 1    | アース    | 3    | 21.8  | 1    | 5      | ⑦  |
| 世増ダム   | -178  | 1    | 重力式    | 1    | 52.0  | 2    | 4      | ⑩  |
| 小田ダム   | -110  | 1    | ロックフィル | 2    | 43.5  | 2    | 5      | ⑦  |

判定基準（案）

| 最大加速度      | ポイント | ダムタイプ     | ポイント | ダム高    | ポイント |
|------------|------|-----------|------|--------|------|
| 300gal以下   | 1    | 重力式コンクリート | 1    | 30m以下  | 1    |
| 300～700gal | 2    | ロックフィル    | 2    | 30～60m | 2    |
| 700gal以上   | 3    | アース       | 3    | 60m以上  | 3    |

この結果、大深沢調整池・日中ダム及び水窪ダムが7ポイントで同点1位となったことから、この3基については早めに照査を行う必要があると考えている。

なお、実際に「大規模地震動に対するダム耐震性能照査指針（案）・同解説（平成17年3月）国土交通省河川局」に準拠して内陸活断層型地震の照査を行う際は、振幅特性に照査用下限応答スペクトル（いわゆる下限値）が定められていることから、推定された小さな加速度をそのまま解析に用いる事は無く、より安全側で評価されることとなる。

## 7. 詳細な検討を行った例

前述6.により照査優先順位が1位となった日中ダムにおいて、ダム技術誌等から得られた情報を基に、もう少し詳細に検討を行ったので、その考え方を紹介する。

### (1) ダム諸元

日中ダムは、阿賀川水系押切川の福島県喜多方市（旧熱塩加納村）に、かんがい・洪水調節・上水道及び発電を目的として建設した多目的ダムである。

施工は農林水産省東北農政局で、1979年度に本体工事に着手し1991年度に完成した。諸元及び標準断面図は表-4及び図-10のとおりである。

表-4 日中ダム諸元表

|       |                       |
|-------|-----------------------|
| 基礎岩盤  | 流紋岩、細粒凝灰岩他            |
| ダム型式  | 中央遮水ゾーン型ロックフィルダム      |
| 堤高    | 101.0m                |
| 堤長    | 423.0m                |
| 堤体積   | 4,886m <sup>3</sup>   |
| 有効貯水量 | 23,100千m <sup>3</sup> |
| 総貯水量  | 24,600千m <sup>3</sup> |
| 事業地区名 | 国営会津北部農業水利事業          |

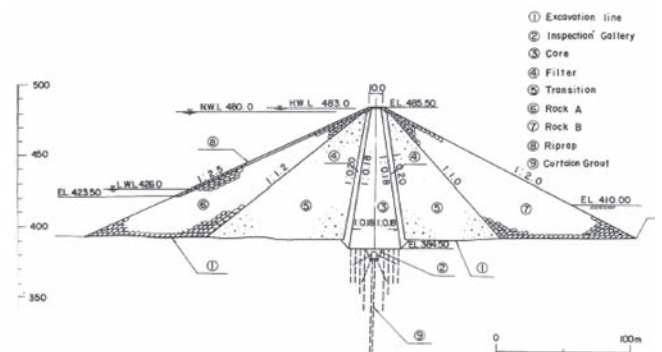


図-10 日中ダム標準断面図

### (2) ダムサイト周辺の断層の確認

ダムサイト周辺の地質は第三紀中新世に属する海成堆積物とこれらに貫入した黒岩層、流紋岩等が分布するとされている。

ダムサイト南西方5kmに確実度（I）、活動度（B）とされる加納断層が北北東-南南西方向に走っているが、ダムサイトには延長していない。

また、断層はダムサイトを取り囲むように分布しているが、いずれも2.5km程度離れており活断層との記録はない。（図-11・図-12）

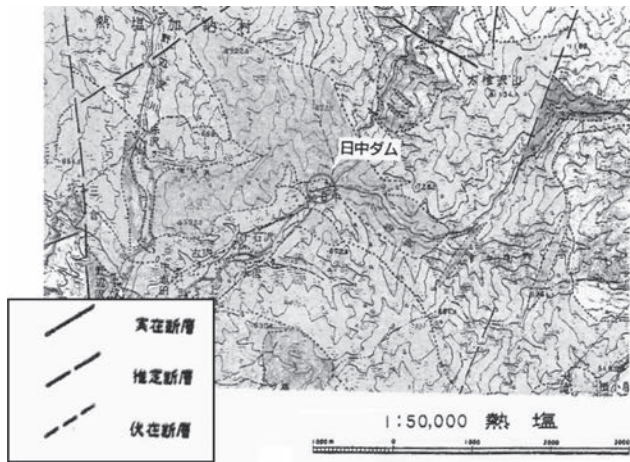


図-11 ダム周辺の断層位置図

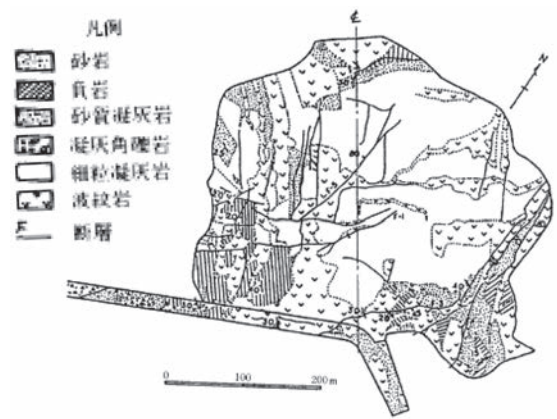


図-13 ダムサイト地質平面図



図-12 活断層位置図 (日本の活断層より)

### (3) ダムサイトの地質の確認

堤敷には、細粒凝灰岩・砂岩・頁岩・凝灰角礫岩及び砂質凝灰岩の堆積岩が累重し、これらを貫いて流紋岩が貫入している。堤敷には多くの断層が認められ、分布形態も複雑である。比較的大規模な断層は角礫化した破碎帯を伴っている (図-13)。

コア敷には主として細粒凝灰岩及び流紋岩が分布し、いずれもフィルダムの基礎としては十分な強度を有している。また、断層周辺の弱部は置換コンクリートにより適切に処理されている (図-14)。

以上のことから、日中ダムの基礎地盤は地震時においても液状化を起こすような岩質では無い。

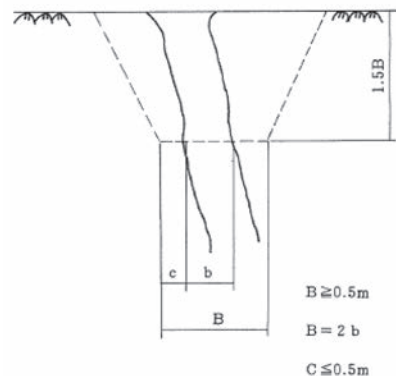


図-14 断層処理標準図

### (4) 築堤材料及び盛立管理結果の確認

#### ① ロック材及びトランジション材

ロック材及びトランジション材はダムサイト上流の原石山Iより採取した流紋岩であり、一軸圧縮強度  $700 \sim 1,000 \text{ kg/cm}^2$  が得られる。このうち、比較的新鮮な材料をロック材、弱風化部をトランジション材に用いている。

#### ② フィルター材

原石山から採取した材料を採石プラントで製造している。

#### ③ コア材

ハイダムであるため、経年後の圧密沈下を最小限に押さえるため礫率を高めたブレンドコアとしている。

なお、各ゾーンの盛立管理実績は、全て管理基準値を満たしていることが確認できた。

### (5) 築堤材料の粒度分布の確認

コア・フィルター・トランジション及びロックのいずれとも粒度分布は液状化の可能性のある範囲 (「港湾の施設の技術上の基準・同解説 (1999. 日本港湾協会)」) から外れている (図-15)。

これらのことから、築堤材料はブレンド管理されたコア材料と原石山で採取された堅牢な原石材料であること、粒度分布が液状化を起こす範囲を外れていること、適切な締固め管理 (コア: D値95%以上) が行わ

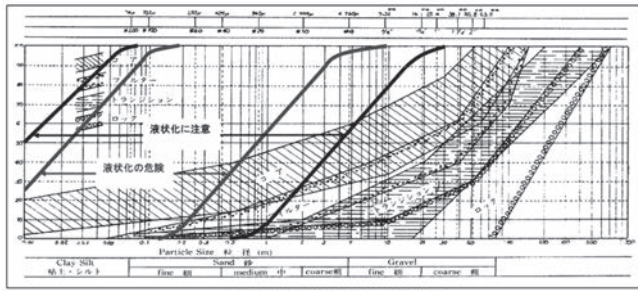


図-15 築堤材料の粒径加積曲線

れていることから、地震時においても築堤材料が強度低下を起こすことは想定されない。

### (6) 考察

以上の確認結果より、日中ダムの設計・施工においては不確実や不安定な要素が無いことが分かった。他ダムにおいて不確実や不安定な要素が見つかった場合、耐震性能照査の順位を早める必要があると考えている。

## 8. おわりに

近年、東北農政局管内の国営造成農業用ダムは、大規模地震により度重なる被災を経験した。平成20年岩手・宮城内陸地震では荒砥沢ダムの堤体・取水塔等が被災、貯水池上流部で世界最大級となる6,700万 $m^3$ の地滑りが発生し、その一部150万 $m^3$ が貯水池に流入した。平成23年東北地方太平洋沖地震では大柿ダム、羽鳥ダム、西郷ダムの堤体天端の縦断方向に深さ4～6mの亀裂が発生した。

このような被災及び災害復旧を経験したからこそ、農業用ダムの耐震性能照査の重要性を十分に理解し、学識経験者のご指導の下、農業用ダムに関する詳細な検討を精力的に進めているところである。

今回、J-SHIS MAPを活用することにより、各ダム地点の内陸活断層型地震の加速度波形を比較的簡易に作成できることがわかった。これにより、管内ダムの照査について、加速度という情報を加味しつつ、照査の優先度を再考することが可能となった。

なお、本報は平成27年度に東北農政局に新規採用となった友川悠技官のOJTの内容を取りまとめたものであることから、ダムに精通している諸先輩には物足りない内容かとは思いますが、ダム・地震・耐震性等に直接携わっていない方々にご興味を持っていただけたかと思ひ、ご報告させていただいたものである。

最後に、特に沿岸部においては南海トラフ地震などプレート境界型地震の方が大きな揺れとなることが想定されている。紙面の都合により、プレート境界型地震の加速度の作成方法等は次の機会があればご報告させていただきたい。

本報がダム・頭首工及びため池等の重要構造物の耐震性能照査に少しでもご参考になれば幸いである。

謝辞：地震波の速度・加速度変換についてはNTCコンサルティング(株)中村信一氏にご指導いただきました。ここに記して感謝致します。

出典：土地改良長期計画

大規模地震動に対するダム耐震性能照査指針(案)・同解説(平成17年3月)国土交通省河川局

J-SHIS地震ハザードステーション <http://www.j-shis.bosai.go.jp/>

日中ダム技術誌(平成4年3月、東北農政局会津農業水利事務所)

# 朝穂堰地区におけるストックマネジメント事業について

小松克臣\* 降旗木日子\*\*  
(Katsumi KOMATSU) (Yoko FURIHATA)

## 目 次

|                   |    |                     |    |
|-------------------|----|---------------------|----|
| 1. はじめに .....     | 22 | 3. 本事業実施状況と課題 ..... | 24 |
| 2. 機能診断について ..... | 22 | 4. おわりに .....       | 24 |

### 1. はじめに

本地区は山梨県の北西部に位置し（図-1）、茅ヶ岳の裾野に沿った南北に広がる地域で、北杜市（須玉町、明野町）、韮崎市（穂坂町）の254.0haを潤す、総延長25kmの用水路である（山梨県では用水路のことを堰と呼ばれることが多い）。本堰は、江戸時代に幹線用水路として整備され、その後老朽化のため、昭和44年～昭和53年に県営かんがい排水事業により、コンクリート製に改修し、近代的な用水路として造成された。しかし、近年トンネルの覆工コンクリートの摩耗や洗掘、水路橋の腐食、サイホン法面の浸食、目地からの漏水など、新たな劣化が顕著である。特に未改修区間のトンネルは朝穂堰の最上流部に位置しているため、トンネルの落盤などが発生した場合には、全受益に対する用水確保が行われないという深刻な状況となる。また、現状においては目地からの漏水、転石等による通水阻害による用水損失も発生しており、今後は施設の劣化とともに損失や維持管理コストが更に増大する傾向にあると考えられる。このため、機能保全計画を策定し、補修・補強などの対策を適正な時期に実施することにより、施設の長寿命化を図るとともにコスト縮減を達成させ、維持管理費及び労力の軽減を図るため、本事業を導入することとなった。



図-1 位置図

### 2. 機能診断について

朝穂堰の劣化状況等を把握するため、機能診断調査を行っている。調査内容については、資料調査・問診調査等の事前調査、現地調査、調査結果に基づく健全度評価、性能低下予測を行った。概要について、以下に示す。

#### (1) 施設概要について

朝穂堰の現況の施設概要は以下のとおりである。

- 規格・規模  
受益面積：254ha，洪水量：1.83m<sup>3</sup>/s
- 構造等
  - ①開水路：コンクリート水路（L型ブロック）  
L=15,601m
  - ②トンネル：二次製品ブロック覆工 L=4,656m
  - ③頭首工：B=12.9m
  - ④サイホン：φ700mm  
（ダクタイル鋳鉄管 L=238m）
  - ⑤ゲート設備：25門
  - ⑥鋼製水路橋：2橋



写真-1 朝穂堰

\*山梨県 中北農務事務所 地域農政課  
(Tel. 0551-23-3078)  
\*\*山梨県 中北農務事務所 農業基盤第二課  
(Tel. 0551-23-3772)



(2) 施設機能診断調査について

昭和44年～昭和53年に行われた竣工図面、施設管理者の保管資料等の収集や聞き取り調査等により事前調査を行うとともに施設全体の外観目視調査を実施し、現地調査地点及び調査項目を決定した。

調査項目については、目視調査、ひび割れ、圧縮強度測定等の標準評価項目に加えて、サイホンについてはカメラ調査により内部の変形・歪み、目地変状等を把握する調査を行った。その結果、以下のような状況が見受けられた。コンクリート構造物については、全体的に経年による摩耗・風化等により、部材厚の減少や粗骨材の露出が確認され、特にトンネル部では、洗掘により側壁下部の覆工コンクリートの流亡や漏水が見られる箇所があった。施設の状況について、写真-2及び写真-3に示す。



写真-2 トンネル部における洗掘による覆工コンクリートの流亡状況



写真-3 開水路における側壁の劣化状況

(3) 施設の機能診断評価について

機能診断を実施するにあたり、健全度指標は以下の表-1のとおりである。

表-1の調査により機能診断評価を行った結果、開水路、トンネル及びゲート設備についてはS-2・S-3・S-4、頭首工、門柱（頭首工直下）及び水路橋はS-3、サイホンはS-4のそれぞれ評価となった。また、単一劣化曲線モデルによる性能低下予測について一例を示

すと、トンネルのS-2区間については図-2のとおりとなっている。

この区間は、洗掘により側壁下部の覆工コンクリートの流亡や漏水が見られる箇所である。

表-1 健全度指標

|                 | 健全度指標 | 健全度指標の定義   | 対応する対策の目安 |
|-----------------|-------|--|-----------|
| リスク・危険度が高い<br>↓ | S-5   | 変状がほとんど認められない状態。   | 対策不要      |
|                 | S-4   | 軽微な変状が認められる状態。   | 要観察       |
|                 | S-3   | 変状が顕著に認められる状態。劣化の進行を遅らせる補修工事などが適用可能な状態。  | 補修(補強)    |
|                 | S-2   | 施設の構造的安定性に影響を及ぼす変状が認められる状態。補強を伴う工事により対策が可能な状態。   | 補修(補強)    |
|                 | S-1   | 施設の構造的安定性に重大な影響を及ぼす変状が複数認められる状態。近い将来に施設機能が失われる、又は著しく低下するリスクが高い状態。補強では経済的な対応が困難で、施設の改築が必要な状態。 | 更新        |

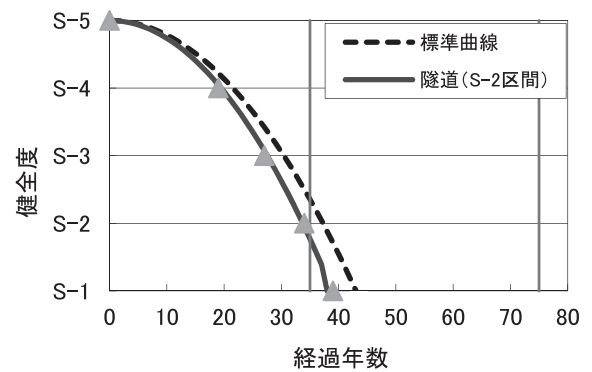


図-2 トンネル(S-2区間)における劣化予測参考図

(4) 対策工法・時期について

対策工法及び時期については機能保全コストを算定して行っている。この算定については、以下の3シナリオによる比較検討を基本とし、各施設について最も経済性で有利となるシナリオを選定している。ただし、トンネル、サイホン及び施設機械設備においては、工法または周辺環境より検討が可能と考えられるシナリオについて比較検討を行っている。

- ・シナリオⅠ：S-3段階で補修対策を講じる、初期予防保全を趣旨としたシナリオ
- ・シナリオⅡ：S-2以下になった段階で補強+補修対策を講じるシナリオ

・シナリオⅢ：S-1になった段階で改築するシナリオ  
 図-3にトンネルにおける機能保全シナリオ比較図を示す。比較検討を行った結果、トンネルについては、シナリオⅡが最も安価となる結果となった。なお、トンネルについては重要施設であるため、シナリオⅢの検討は行っていない。

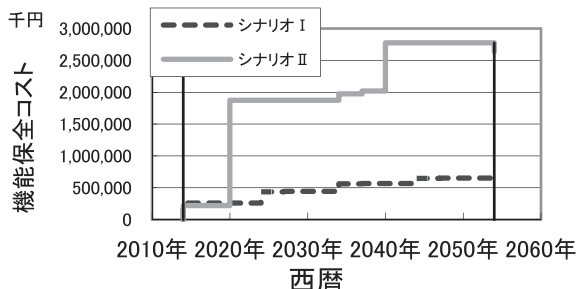


図-3 トンネルにおける機能保全シナリオ比較図

また、その他の施設における対策工法及び時期は以下のとおりとなった。

- ①開水路：S-1段階で更新
- ②トンネル：S-2段階で管更生工法
- ③頭首工：S-2段階でエプロン保護工
- ④サイホン：定期的に管路外面塗装補修
- ⑤ゲート設備：S-3段階で再塗装
- ⑥鋼製水路橋：S-3段階で再塗装

また、上記の結果より、平成26年度～31年度を予定工期として、下記の表-2及び図-5のとおり実施することとしている。

表-2 施設整備計画

| 施設名  | 整備内容                  |
|------|-----------------------|
| 開水路  | 漏水箇所改修 L=50m          |
| トンネル | 内面補強 L=250m           |
| 放流工  | 放流工 1箇所               |
| サイホン | 周辺法面の保護工,<br>再塗装 一式 等 |
| 水路橋  | 全面改修 1橋, 再塗装1式        |

### 3. 本事業実施状況と課題

対策工法検討結果を基に、S-2評価となった施設を優先するとともに、特に用水路最上流部に位置し、機能不全となった場合に受益の影響が大きく重要度の高い水路トンネルの補強対策から着手している。内部が洗掘された水路トンネルL=250m区間において、まず内面の断面修復を行った上で、管更生パルテムフローリング工法による内面補強を行い、既設断面W1,500mm×H1,800mmの馬蹄形に対し、更生断面W1,200mm×H1,550mmとなっており、標準断面図

を図-4、完成イメージは写真-4に示す。本工法は既設水路内に組み立てた鋼製リングに高密度ポリエチレン製のかん合部材と表面部材を組み付け、既設水路と表面部材との隙間を特殊充填材で充填するもので、工事搬入路が狭小な本現場において、鋼製リング等の資材を分割して人肩で搬入することができる利点がある。

今後の課題としては、他の施設についても対策を実施することとしているが、水路はトンネルと同じく狭小部や山間部が多いため、実施方法を十分に検討していく必要がある。また、策定した監視計画に基づき管理者である朝穂堰土地改良区により、各施設の漏水や変形、ひび割れ状況等の目視による監視を年1回程度行っている。この結果を機能診断者と施設管理者とで情報を共有することで、機能診断の精度を高めていくことが重要であると考えられる。

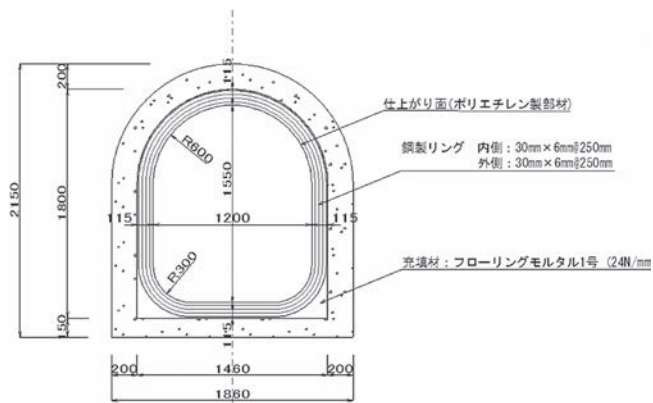


図-4 トンネル部標準断面図



写真-4 完成イメージ (施工済み区間)

### 4. おわりに

朝穂堰における施設の長寿命化に向けて機能保全計画を策定し、事業を進めてきているところである。今後は前項でも述べたが、施設管理者とも連携し機能診断の精度を高め、施設の長寿命化に向けて取り組んでいくことが重要であると考えられる。

水利施設整備事業（基幹水利施設保全型）朝穂堰地区 計画一般図

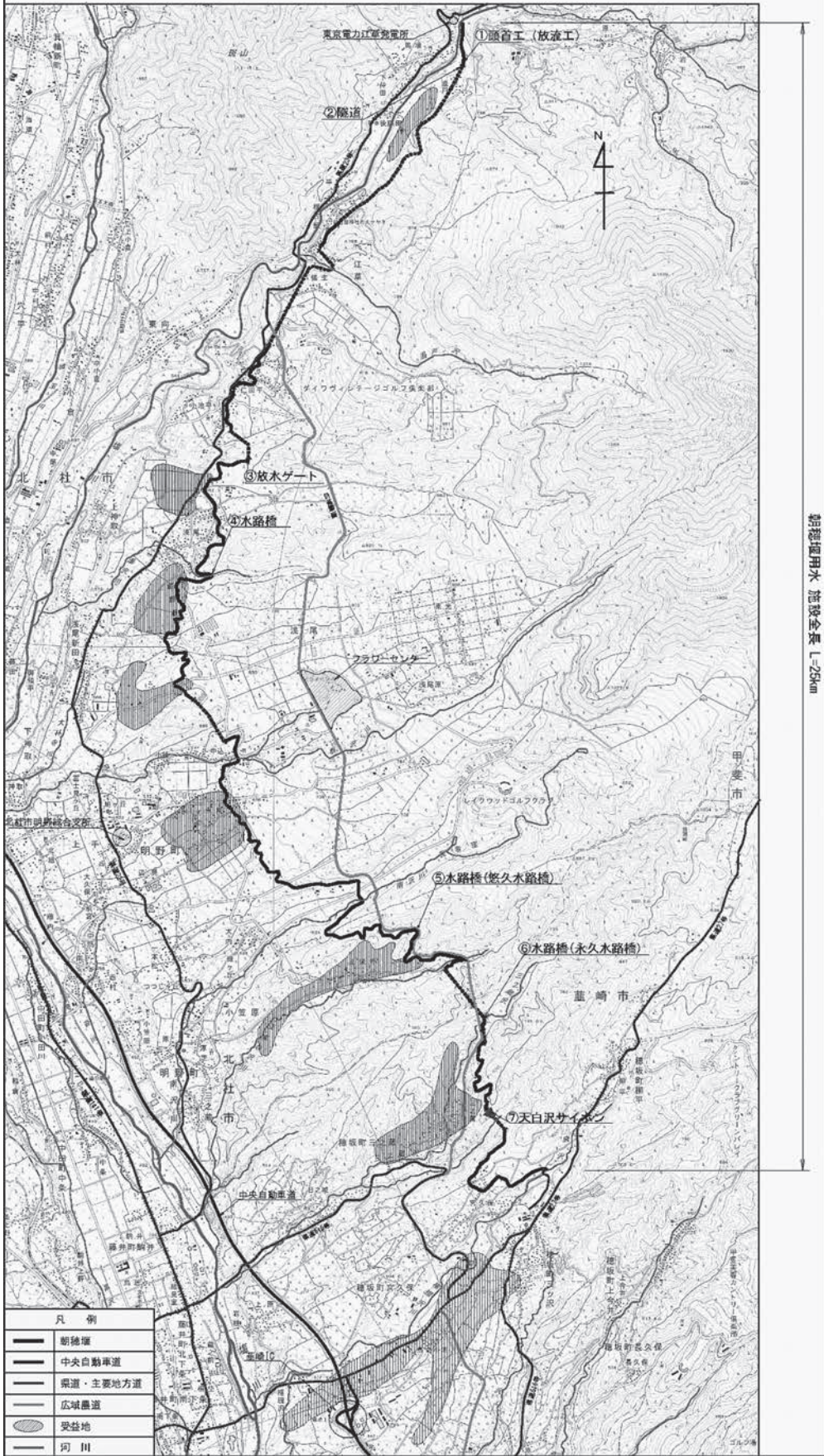


図-5 朝穂堰地区における一般計画平面図

# 岸渡洪水調整池の試験貯水について

内 藤 馨\* 関 光 夫\* 鶴 来 孝 規\*  
 (Kaoru NAITO) (Mitsuo SEKI) (Takanori TSURUKI)

## 目 次

|                  |    |               |    |
|------------------|----|---------------|----|
| 1. 国営「庄川左岸地区」の概要 | 26 | 4. 試験貯水の経過    | 28 |
| 2. 岸渡洪水調整池の計画    | 27 | 5. 試験貯水の結果と考察 | 29 |
| 3. 洪水調整池の試験貯水    | 27 | 6. おわりに       | 29 |

### 1. 国営「庄川左岸地区」の概要

本地区は、富山県西部の一級河川庄川と小矢部川に囲まれた砺波平野に位置する、稲作を中心とした農業地帯である。

地区内の水路は、用排兼用水路で、庄川用水合口堰堤から取水した用水を農地に供給するとともに流域排水を受けながら樹枝状に分岐・合流を繰り返し、平均勾配約170分の1の扇状地を流下し小矢部川へ排水している。

近年、都市化の進展による流出形態の変化により、農地の湛水や農業用排水施設等の被害が増大している（写真－1）。本地区では、昭和32年から平成14年の45年間で、約1,300haの農地が減少している（昭和32年：7,543ha→平成14年：6,241ha）。



写真－1 大豆畑の湛水状況 (H20年8月, 砺波市)

このため、国営総合農地防災事業及び附帯県営事業により、農業用排水施設の流下能力を本来有する機能に回復し、農地の湛水、農業用排水施設等の被害

を防止することにより、農業生産の維持及び農業経営の安定を図り、併せて国土の保全に資することとしている（表－1）。

表－1 国営総合農地防災事業「庄川左岸地区」の概要

|         |  |
|---------|--|
| 関係市     | 高岡市, 砺波市, 小矢部市, 南砺市                                    |
| 受益面積    | 6,212ha(水田6,196ha, 畑16ha)                              |
| 主要作物    | 水稲, 大麦, 大豆, チューリップ(球根)等                                |
| 計画基準降雨  | 1/15年確率雨量<br>日雨量 145.3mm<br>最大時間雨量 44.5mm              |
| 主要工事計画  | 庄川放水路 6.7km<br>荒又排水路 7.3km<br>岸渡排水路 4.6km<br>排水管理施設 一式 |
| 工期及び事業費 | 平成21～29年度(予定) 270億円                                    |

国営事業の庄川放水路、荒又排水路、岸渡排水路の3路線は、効果の早期発現のため、原則として下流側から改修及び新設を進め、平成28年度までの進捗率は約85%である。

このうち岸渡排水路は、岸渡川など既設河川や排水路の流下能力を補完するため、中村川(砺波市林地内)から分流する新設水路と源多良川を改修する区間からなる約4.6kmの水路である（写真－2）。



写真－2 事業の実施状況 (岸渡排水路)

\*北陸農政局庄川左岸農地防災事業所  
 (Tel. 0763-32-1210)

## 2. 岸渡洪水調整池の計画

岸渡洪水調整池（以下、「洪水調整池」という。）は、岸渡排水路の洪水時ピーク流出量の一部をカットし一時的に貯水する施設で、下流の洪水量の負荷を軽減する機能を有している。洪水調整池は、一次池、二次池、三次池からなり、全体で約 2.8ha の池敷に 71,000m<sup>3</sup> の洪水を貯留することができる（表-2）。

表-2 岸渡洪水調整池の諸元

| 項目    | 一次池                  | 二次池                  | 三次池                  | 合計                   |
|-------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 調整容量  | 24,700m <sup>3</sup> | 27,500m <sup>3</sup> | 18,800m <sup>3</sup> | 71,000m <sup>3</sup> |
| 満水頻度  | 2年に1回程度              | 6年に1回程度              | 15年に1回程度             | —                    |
| 調整池底高 | EL.28.00～28.30       | EL.28.35～28.85       | EL.28.35～28.65       | —                    |
| HWL   | EL.30.80             | EL.30.80             | EL.30.80             | —                    |

洪水流入の頻度が多い一次池は進入禁止ゾーンとしており、平坦な池敷の活用及び造成した施設の維持管理費の低減という観点から、太陽光発電設備を整備している。洪水流入の頻度が少ない二次池、三次池については、池敷のスペースを活用した平常時の有効利用を図る計画である（写真-3）。

洪水調整池のピークカット流量（ $Q = 8,991 \text{ m}^3/\text{s}$ ）は、計画基準降雨（表-1 参照）において、洪水流下時のネック地点である岸渡川下流の J R（現：あいの風とやま鉄道）横断部地点の流量が、現況河川の流下能力 25.80m<sup>3</sup>/s を上回らないように、25.49m<sup>3</sup>/s（1/15 計画排水量）以下に低減できるよう設計している。また、ピークカット時間は、約 5.5 時間と算定している（図-1）。

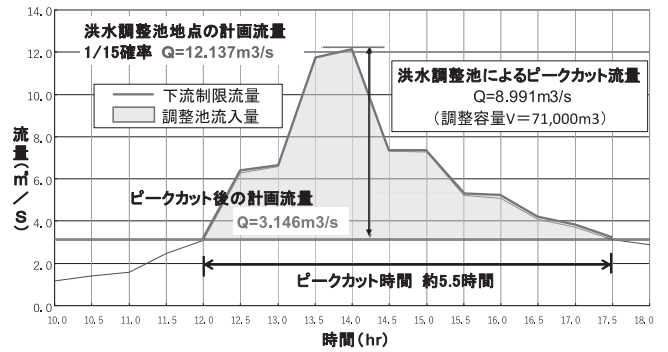


図-1 岸渡洪水調整池ハイドログラフ

## 3. 洪水調整池の試験貯水

### (1) 試験貯水の目的

洪水調整池の施工は、平成 27 年度までに完成しており、岸渡排水路全体としては、平成 28 年度に最上流部工区の工事完成をもって路線完了し、平成 29 年度から地元関係機関に管理委託する予定である。

このため、平成 28 年度に洪水調整池の施設機能を確認するため、以下のとおり試験貯水を行った。

### (2) 実施時期と点検頻度

岸渡排水路は用排兼用水路であり、かんがい期は水路の流量を制限することができないため、試験貯水は非かんがい期の 10 月 24 日から実施した。

貯水中の点検については、午前（9:00～）と午後（16:00～）の一日 2 回行った。

### (3) 点検対象施設と現地での点検事項

#### ① 流入工・放流工

ゲートの作動、流入状況・放流状況等の点検。

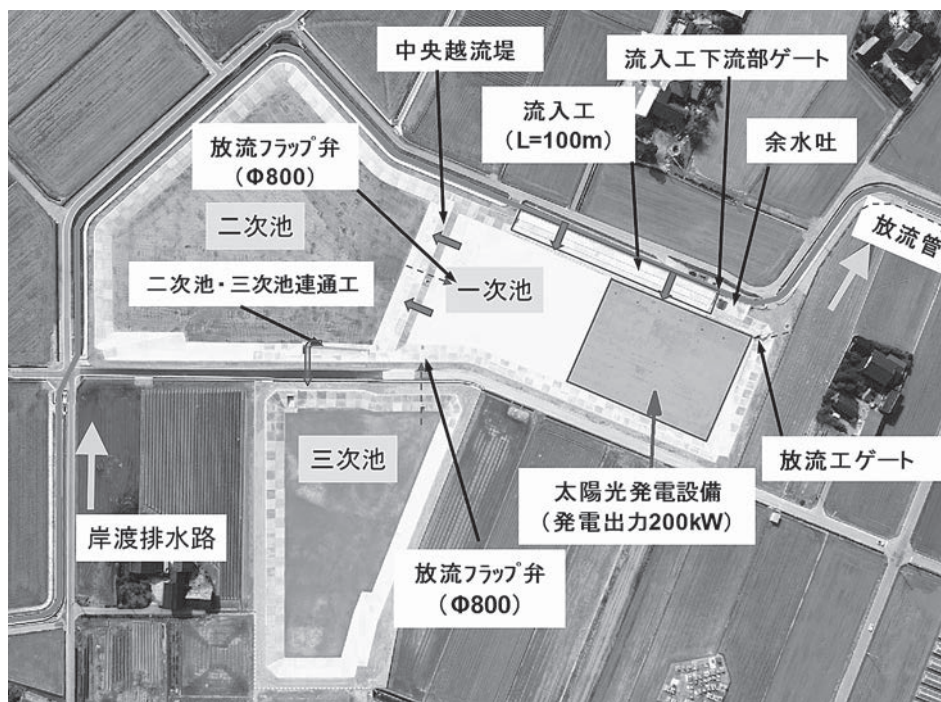


写真-3 岸渡洪水調整池の施設配置

②洪水調整池本体施設

各池の貯水深、法面（地山）の変位・すべり、塵芥の流入、各池間のフラップ弁の作動等の点検。

③附帯施設（太陽光発電設備）

パネル・架台や発電機能への影響の点検。

④周辺施設

管理用道路、付帯工（照明、フェンス）等への影響の点検。

(4) 現地点検のマニュアル化

現地点検は、事業所職員が行い、洪水調整池の担当職員と他の職員が二人一組で実施することとし、点検者が誰でも、一定の点検結果と定点写真等が残せるよう、点検マニュアルを整備した（表-3）。

表-3 試験貯水現地点検シート（一部）

岸渡洪水調整池 試験貯水 [現地点検シート]

日時: H28年 月 日 ~ 日

点検者: \_\_\_\_\_

○チェックリスト・写真撮影

| 区分   | 地点番号 | 施設・事項           | チェックポイント<br>測定項目             | 異常 |   | 異常の内容・対処 |
|------|------|-----------------|------------------------------|----|---|----------|
|      |      |                 |                              | 有  | 無 |          |
| 流入工部 | ①    | 岸渡排水路(調整池横)     | 変位                           |    |   |          |
|      | ②    | 越流状況(流入工・クレスト)  | 越流の有無                        |    |   | 一越流の有無   |
|      | ③    | 流入工下流部ゲート       | 開口高さの測定(下表)<br>外観、塵芥         |    |   |          |
|      | ④    | 岸渡排水路(流入工下流部)   | 水深の測定(下表)<br>第2号分水工による堰上げの有無 |    |   | 一堰上げの有無  |
| 放流工部 | ⑤    | 放流工ゲート          | 開口高さの測定(下表)<br>外観、塵芥         |    |   |          |
|      | ⑥    | 放流工フラップゲート(放流時) | 外観、塵芥                        |    |   |          |
| 一次池  | ⑦    | 貯水深(一次池)        | 太陽光架台の箇所測定(下表)               |    |   |          |
|      | ⑧    | 法面(地山)          | 変位・すべり                       |    |   |          |
|      | ⑨    | 太陽光発電設備(架台)     | 外観、塵芥                        |    |   |          |
|      | ⑩    | 太陽光発電設備(パネル)    | 外観、損傷                        |    |   |          |
|      | ⑪    | 池底・貯水面          | 変位・塵芥                        |    |   |          |
|      | ⑫    | 法面(中央越流堤)       | 変位・すべり                       |    |   |          |

4. 試験貯水の経過

試験貯水の経過は、以下のとおりであった（図-2、写真-4）。

- ① 10月24日午前9時より流入工下流部ゲートの開度を調整し、岸渡排水路の流れをせき上げ、同日11時10分より一次池への流入を確認。
- ② その後2回の降雨（26日：6mm，28～29日：34mm）があり、10月29日に中央越流堤（一次・二次池間）を越流し、二次池への流入を確認。
- ③ 11月3日に、二次池・三次池連通工を越流し、三次池への流入を確認。
- ④ その後、降雨（3～4日：18mm，8日：23mm）があり、11月9日午前に三次池までの流入完了（満水 71,000m<sup>3</sup>）を確認。
- ⑤ 満水確認後、放流工ゲートを操作し、排水を開始。各池間の放流フラップ弁が正常に作動することなどを確認。
- ⑥ 11月15日に排水完了を確認。（試験貯水終了）



写真-4 試験貯水中の岸渡洪水調整池（平成28年11月）  
※二次池側から撮影

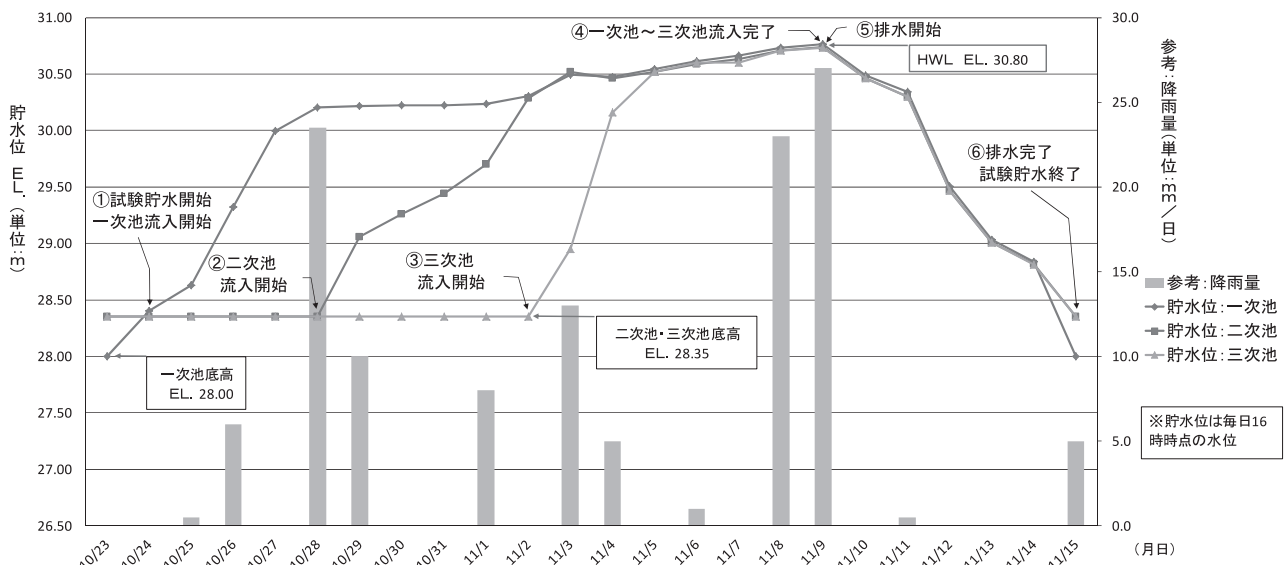


図-2 試験貯水の経過

## 5. 試験貯水の結果と考察

### (1) 施設機能への影響

今回の試験貯水では、ゲートの作動、法面（地山）の変位・すべり、太陽光発電設備への影響等、点検した事項に異常はなく、洪水調整池の機能は正常に発揮されることが確認できた。

### (2) 洪水調整池周辺への影響

洪水調整池は、砺波平野の扇状地に位置するため、貯水が周辺の地下水等へ影響を与えることも考えられたが、試験貯水を事前にお知らせしていた関係土地改良区の地元役員及び洪水調整池の近傍民家等から、貯水の影響等に関する意見や情報は特に寄せられなかった。

### (3) 流入物の除去

流入した塵芥（土砂及び草木類を除く）は、後日、事業所職員が集積・処分した。塵芥の量は、80リットルのごみ袋で可燃ごみ11袋、不燃ごみ1袋であった。

今回は、非かんがい期において通常の流水を時間をかけて貯水したものであるが、洪水調整池が実際に運用される場合には、出水期において洪水を短時間に貯留することが想定される。

このため、流入した土砂・塵芥の除去に、今回以上の労力を要することが見込まれる。

## 6. おわりに

今回実施した試験貯水で、洪水調整池について必要な施設機能が確保されていることが確認できた。

今後は、かんがい期（出水期）を含む運用を行うことから、洪水の流入を想定した維持管理を行う必要がある。

国営総合農地防災事業及び附帯県営事業で造成・整備した施設の維持管理を、効率的かつ適切に実施するため、関係機関の協力により、平成28年12月に「庄川左岸地区農地防災施設管理協議会」が設立された。今後は、同協議会を活用した、洪水調整池の適切な管理が期待される。

### 【参考文献】

・庄川左岸地区全体実施設計書（北陸農政局）

# 安濃ダムにおける小水力発電事業

長谷川 智 史\*  
(Satoshi HASEGAWA)

## 目 次

|                        |    |                       |    |
|------------------------|----|-----------------------|----|
| 1. はじめに .....          | 30 | 4. 各計画段階における留意点 ..... | 32 |
| 2. 中勢用水地区と安濃ダム .....   | 30 | 5. おわりに .....         | 34 |
| 3. 安濃ダムにおける小水力発電 ..... | 31 |                       |    |

### 1. はじめに

三重県では、平成21年度より小水力発電施設の整備に向けた取組みを進めている。昨今の新エネルギーをとりまく状況や、三重県内における新エネルギー導入の取組みについては、「水と土2014 MARCH No.171」において、報文「三重県における農業用水を利用した小水力発電の取組み」として詳細を報告させていただいているので、興味のある方はそちらをご覧ください。

本報は、上記報文の「続報」ともいべき内容として、安濃ダムにおける小水力発電の取組みについて、その計画から、発電所稼働後の維持管理までの経緯・状況と、施設的设计・工事・維持管理の各段階において、特に留意した点や失敗談、苦慮している点を報告する。

特に失敗談や維持管理上の苦労については、今後小水力発電を計画される事業主体にとって、その計画の一助となることを切に願い、報告するものである。

### 2. 中勢用水地区と安濃ダム

国営かんがい排水事業「中勢用水地区」は、三重県のほぼ中央部に位置する津市及び亀山市に広がる3,183haの水田農業地帯への用水安定供給を図るため、昭和47年度から平成2年度にかけて実施された(図-1)。本事業地域では水稻を中心に、水田畑利用による小麦、大豆等のほか、畑での野菜等、土地利用型農業による多様な農産物の生産が行われている。

本地域の基幹的な農業水利施設である「安濃ダム」は昭和61年度に本体工事が完了し、農業用水専用の「利水ダム」として有効貯水量9,800千m<sup>3</sup>を擁し、平成元年12月より、国から管理委託を受けた三重県が管理・

操作を実施、用水の安定供給に寄与している(写真-1)。

安濃ダムの主要緒元を示す(表-1)。安濃ダムはその堤体規模に比して貯水容量が小さい(=ダムサイト



図-1 位置図



写真-1 安濃ダムと、その貯水池「錫杖湖」

\*三重県津農林水産事務所 安濃ダム管理室  
(Tel. 059-265-4133)



が急峻で河川の奥行が小さい) ため、年間の必要用水量は貯水池2.5杯分である。毎年4月に取水が始まると、その貯水位はみるみる減っていき、台風の直撃等のまとまった降雨によって即座に回復する(図-2)。

また、規模に比して放流ゲート数が多いのも特徴で、「洪水吐ゲート(計画洪水量 730m<sup>3</sup>/s)」に加え、水位調整放流(洪水時等の放流)を行う「洪水放流管(最大放流量 46m<sup>3</sup>/s)」、かんがい用水と貯留条件(河川維持)放流、水位調整放流を行う「河川放流工(最大放流量 5m<sup>3</sup>/s)」、幹線導水路に注水する「幹線水路放流工(最大取水量 4.68m<sup>3</sup>/s)」がある(図-3)。

以上のような特徴により、貴重な用水を無駄にしないように、また治水上の安全確保のために、常時・洪水時を問わず、きめ細やかなゲートの運用操作が求められている。

表-1 安濃ダムの主要諸元

|       |                      |
|-------|----------------------|
| 位 置   | 三重県津市芸濃町河内 地内        |
| 河 川 名 | 2級河川安濃川              |
| 集水面積  | 27.5km <sup>2</sup>  |
| 型 式   | 重力式コンクリートダム          |
| 堤 高   | 73.0m(天端標高EL174.50m) |
| 洪水吐   | 鋼製ラジアルゲート(7.0m×3門)   |
| 有効貯水量 | 9,800千m <sup>3</sup> |



図-3 安濃ダムの放流ゲート施設(現況)

### 3. 安濃ダムにおける小水力発電

#### (1) 計画と整備状況

安濃ダムの放流水を利用する小水力発電施設の計画は平成21年度より概略検討が始まった。各放流工について導入の可否を検討した結果、河川放流工を分岐させて発電を行うのが最も有利となった。

その後、平成24年度の再生可能エネルギーの固定価格買取制度によって採算性を確保できる見込みとなったため、平成25年度に基本設計及び実施設計、平成26年度より地域用水環境整備事業「中勢用水地区」(以下「本地区」という)として、翌27年度にかけて小水力発電施設(以下「施設」という)の整備を三重

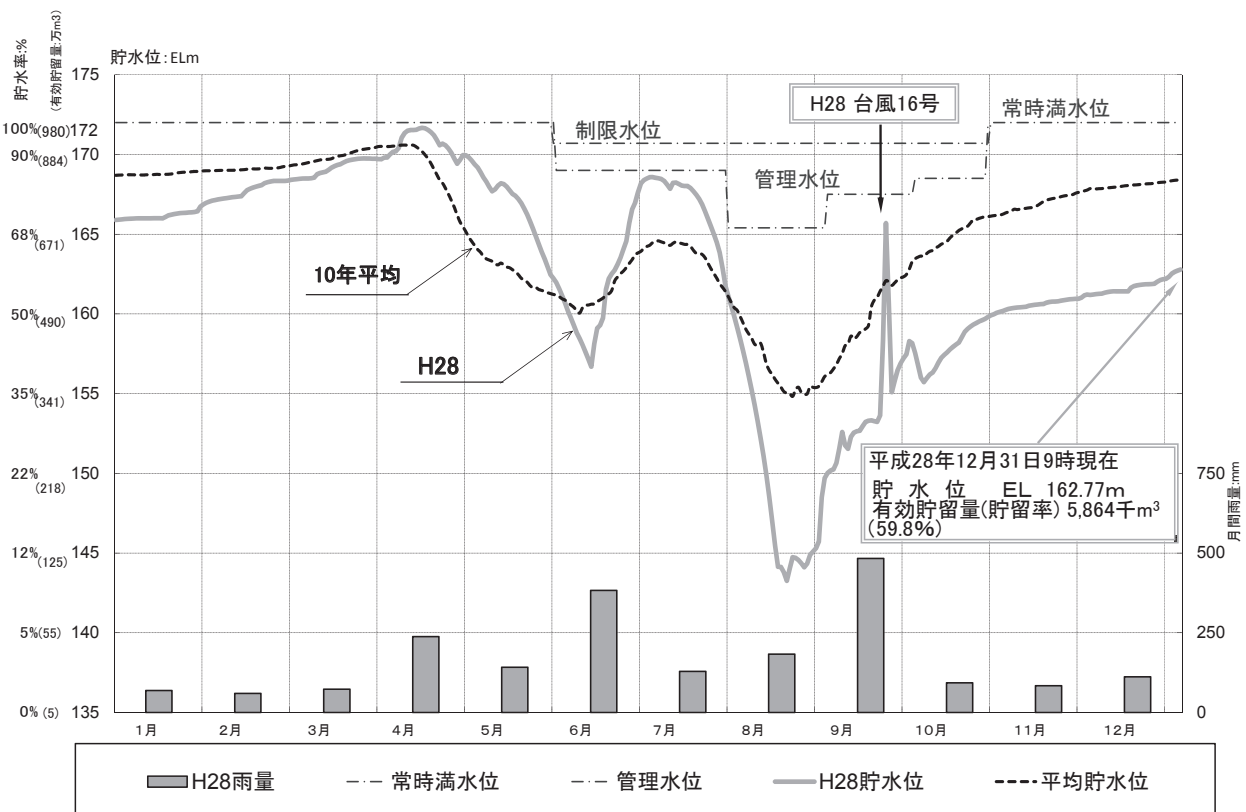


図-2 平成28年の貯水位・雨量

県が実施、平成28年3月に完成に至った。

完成後は中勢用土地改良区に施設を譲渡し、平成28年4月より運用開始、現在は改良区が施設の維持管理を行っている。本地区の概要を示す(図-4、表-2、写真-2)。

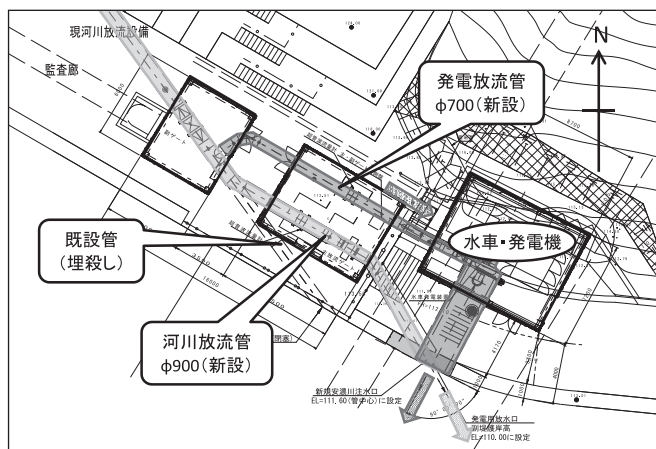


図-4 発電所平面図

表-2 事業概要

|        |                            |
|--------|----------------------------|
| 総事業費   | 380,000千円                  |
| 工期     | 平成26~28年度                  |
| 水車型式   | 横軸フランシス水車                  |
| 発電流量範囲 | 0.24~0.80m <sup>3</sup> /s |
| 有効落差   | 56.5m                      |
| 最大出力   | 338kW                      |
| 発電電力量  | 938,000kWh/年(平均値)          |

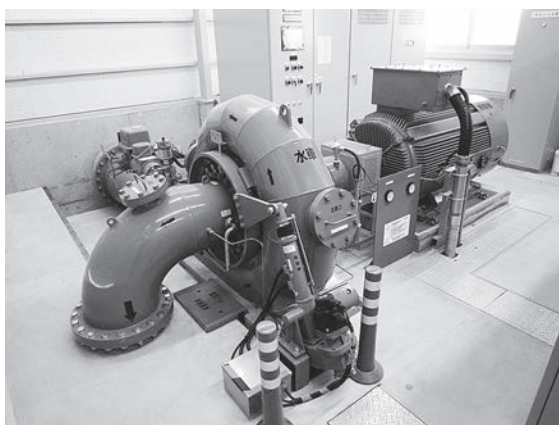


写真-2 水車・発電機設置状況

発電した電力は全量売電とし、その収入(年間30,000千円弱)は中勢用土地改良区が管理する土地改良施設等の維持管理費の一部に充当することとなっている。

(2) 稼働状況

施設の年間売電可能電力量は約938,000kWh(一般家庭約270世帯分の消費電力量に相当)を想定しているが、これは過去10年間の放流実績からの平均値であり、実際には年毎の変動が大きいと思われる(表-3)。

平成28年の発電実績については、稼働を開始した4月から、12月までの売電可能電力量約816,000kWhに対し、実際は約672,000kWhとなり、計画量の約82%にとどまった。

主な原因としては、ダム湖内上流での工事のために10月中旬まで貯水位をEL=159m以下に制限していたうえ、その後も降雨が少なかったため(図-2)、以後、発電可能流量(0.24m<sup>3</sup>/s以上)に達する放流(水位調整放流等、貯水位を下げるための維持放流量以上での放流)が少なかったためである。

4. 各計画段階における留意点

以下は、(1)設計、(2)整備工事、(3)維持管理の各段階別において、本地区で特に留意した点や、苦慮した事項について報告する。

(1) 設計-発電施設の規模決定について

本地区では、取水のための既得水利権及びダム放流に完全従属して発電を行うこととし(河川法第23条の2を適用)、発電のための独立した導流施設を新たに設けず、河川放流工を分岐させて発電に利用する計画とした(図-4)。

河川放流工は前述のとおり、かんがい用水と貯留条件(河川維持)放流、水位調整放流を行うため、その流量範囲は、維持放流量0.16m<sup>3</sup>/s~最大放流量5.0m<sup>3</sup>/sと、変動幅が大きい。

また安濃ダムの貯留水は100%農業用であることから、ダム貯水位は年間を通じて一定でないうえに、貯水容量も少ないため季節変動が大きい(図-2)。

表-3 発電電力量

| 年  | 計画発電量          |                |                |                |                |                |                |                |                |                |             |              | 実績発電量   |       | 備考    |
|----|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------------|--------------|---------|-------|-------|
|    | 2003年<br>(H15) | 2004年<br>(H16) | 2005年<br>(H17) | 2006年<br>(H18) | 2007年<br>(H19) | 2008年<br>(H20) | 2009年<br>(H21) | 2010年<br>(H22) | 2011年<br>(H23) | 2012年<br>(H24) | 月別<br>10年平均 | 利用率<br>0.948 | 2016年   |       |       |
| 1  | 39,181         | 0              | 0              | 0              | 46,261         | 0              | 10,958         | 0              | 0              | 0              | 9,640       | 9,139        | -       | -     |       |
| 2  | 111,384        | 0              | 0              | 0              | 19,343         | 0              | 141,723        | 0              | 0              | 76,296         | 34,875      | 33,061       | -       | -     |       |
| 3  | 182,306        | 0              | 0              | 0              | 16,132         | 10,137         | 203,962        | 214,749        | 0              | 215,534        | 84,282      | 79,899       | -       | -     |       |
| 4  | 207,682        | 143,060        | 136,189        | 157,431        | 151,196        | 191,193        | 136,121        | 186,906        | 149,915        | 197,636        | 165,733     | 157,115      | 85,070  | 54.1  | 月間稼働率 |
| 5  | 151,394        | 54,004         | 54,659         | 74,873         | 28,404         | 118,761        | 179,187        | 217,186        | 45,571         | 212,324        | 113,636     | 107,727      | 183,520 | 170.3 | #     |
| 6  | 156,361        | 51,465         | 0              | 128,605        | 0              | 164,333        | 67,711         | 144,476        | 109,777        | 139,518        | 96,225      | 91,221       | 38,870  | 42.6  | #     |
| 7  | 231,505        | 139,011        | 0              | 168,800        | 138,415        | 193,896        | 53,706         | 215,891        | 190,731        | 208,377        | 154,033     | 146,023      | 116,020 | 79.4  | #     |
| 8  | 222,144        | 107,584        | 0              | 128,518        | 127,619        | 51,331         | 64,938         | 71,085         | 106,459        | 84,685         | 96,436      | 91,422       | 48,420  | 52.9  | #     |
| 9  | 37,167         | 164,664        | 5,162          | 0              | 0              | 171,709        | 0              | 14,523         | 204,927        | 4,751          | 60,290      | 57,155       | 150,050 | 262.5 | #     |
| 10 | 0              | 208,009        | 0              | 0              | 0              | 199,997        | 113,454        | 0              | 173,747        | 176,328        | 87,154      | 82,622       | 47,580  | 57.5  | #     |
| 11 | 48,135         | 166,933        | 0              | 0              | 0              | 0              | 106,367        | 0              | 2,871          | 147,080        | 47,139      | 44,687       | 2,380   | 5.3   | #     |
| 12 | 142,836        | 139,363        | 0              | 0              | 0              | 0              | 45,526         | 0              | 20,205         | 56,787         | 40,472      | 38,367       | 570     | 1.4   | #     |
| 合計 | 1,530,095      | 1,174,093      | 196,010        | 658,227        | 527,370        | 1,101,357      | 1,123,653      | 1,064,816      | 1,004,203      | 1,519,316      | 989,914     | 938,438      | 672,480 | 71.6  | 年間稼働率 |

※利用率 = 事故停止、補修停止等を考慮した率

(単位: kWh)

これにより、発電流量、有効落差はともに大きな変動幅を持つこととなり、両者の全域を1基の水車でカバーすることは困難である。すなわち大放流量時の効率を優先すれば、維持放流付近の小放流量を活かすことができない。逆に維持放流でも発電できるような小規模施設とすれば、大放流量時の大きな力を無駄にすることになる。

そこで過去10年間の放流量、ダム貯水位の実績を基に、最大使用水量、水車機種ごとの種々の規模を想定し、1日ごとに有効落差、発電電力量等を算出、40年間の売電収入を試算した。

これから施設の建設費、維持管理費、更新・修繕費を差し引くべきところ、本地区では施設の設置者と維持管理者が違うことから、当初試算において、建設費のみを差し引いて収支計算を行った。その結果、施設の規模が大きいほど利益が大きくなるという現実離れた試算結果が出る等、規模選定に手間取ることとなってしまったが、最終的には、維持管理費等も考慮した収支計算上、利益が最大となるケースを選定した。

## (2) 整備工事—消防協議について

施設の整備に関連した工事の発注状況と工事費を示す(表-4)。これらとは別に、平成28年度は周辺整備や痛んだ搬入路の舗装復旧工事を実施中である(平成29年1月現在)。

整備工事実施中にヒヤリとした事案として、建築工事における消防協議がある。これは本地区を所管する津市の火災予防条例に基づき、発電所内に設置する「変電設備」について、防火上講じるべき措置を協議したものである。

協議は本来、建屋の「建築確認」時に、消防へも合議されていくものである。不備等があれば着工前に指摘を受けることとなる。しかし本地区では、発電所建屋が建築確認申請の対象外となっていたことから、建築確認を受けることなく着工した。

しかし「変電設備」に伴う消防協議の必要性が着工後に判明したため、慌てて協議を実施。必要な書類提出等を行い、協議が整ったものの、協議進捗に応じてその都度現場の変更を行って行くという苦い経験をする事となった。

前述のとおり安濃ダムは農業用であることから、三

重県では代々「農業土木」職員が管理を行っており、電気、建築分野についての知識がとほしい。上記のような関係機関との協議だけでなく、積算から施工業者との折衝にいたるまで、慣れないことの連続であった。

このように小水力発電事業は、機械、電気、土木、建築と工事分野が多岐に渡ることから、各分野の技術者を配置できない場合、専門分野の技術者と連携・相談できる環境を整えることが非常に重要であると感じた。

## (3) 維持管理—ゴミ詰まり対策について

稼働後、ゴミや木の枝などが水車内に混入し、出力低下を招く事案がしばしば発生した。平均的には週1回程度、多い時は毎日発生することもあり、その都度水車を停止させたうえ、点検口を開けてゴミを取り除く必要がある(写真-3)。ひどい場合は木の枝が水車のガイドベーン(流量調整用の羽根)に噛みこんでしまい、設置業者を呼んでの再調整も行った。

流木・ゴミ詰まり対策としては、元々ダム上流側の取水口前に防塵スクリーン(目幅41mm)が設置されているが、目より細い枝が侵入して支障となるため、平成28年度は応急対策として、網目約20mmの樹脂ネットをスクリーン前面に設置した(写真-4)。これにより水車へのゴミ詰まりが低減されたものの、無くなるには至っていない。抜本的な対策は、今後ダムの設置者(所有者)である国や、土地改良区とも協議を重ねていく。



写真-3 水車に詰まっていた木の枝

表-4 発注工事一覧

| 発注年度   | 工事       | 概要            | 工事費(千円) | 備考      |
|--------|----------|---------------|---------|---------|
| 平成26年度 | 発電設備工事   | 水車・発電機製作据付    | 179,928 | ～平成27年度 |
|        | 土木工事     | 導水管・仮設道路設置    | 71,440  |         |
|        | 施設機械設備工事 | 放流ゲート移設・点検・整備 | 32,147  | ※       |
| 平成27年度 | 発電管理設備工事 | 遠隔監視制御設備設置    | 38,296  |         |
|        | 土木工事     | 建屋下部、仮設道路撤去   | 35,831  |         |
|        | 建築工事     | 建屋設置          | 27,368  | ※       |

※)ダム施設の改築・修繕費(別予算)を含む



写真-4 取水口スクリーンへの樹脂ネット取付

小水力発電所稼働後のゴミ詰まりの問題は、多数の地区で問題視されているが、水車設置前は特に問題となっていないがために、設置時に十分な対策を講じないということが多いようである。施設稼働後の対策工事には多大な費用がかかり、その間は発電もできないことになるので、設計段階で十分に対策を検討すべきである。その際、設置者と管理者が違う場合は、管理者にも十分意見を聞くことが望ましい。

(4) その他

その他、出水時における水位調整放流時に発生した事案を報告する。河川放流と発電放流を合わせて、最大放流量である  $5.0\text{m}^3/\text{s}$  付近（河川放流  $4.40\text{m}^3/\text{s}$ 、発電放流  $0.45\text{m}^3/\text{s}$ ）の放流を実施したところ、発電流量が不安定となり、安定した発電ができなくなることが確認された（図-5）。

原因は不明だが、1本の管を分岐させて放流する構造であることから、河川放流の勢いが強いことが、発電放流側の流れに影響しているものと推察され、机上計算の想定外の現象であった。

発電放流量が定まらないがために、適正な水位調整放流が行えない（総放流量が定まらない）ような事態は、ダム管理上好ましくないため、このような場合には、河川放流分を洪水放流管に切り替える等、より効

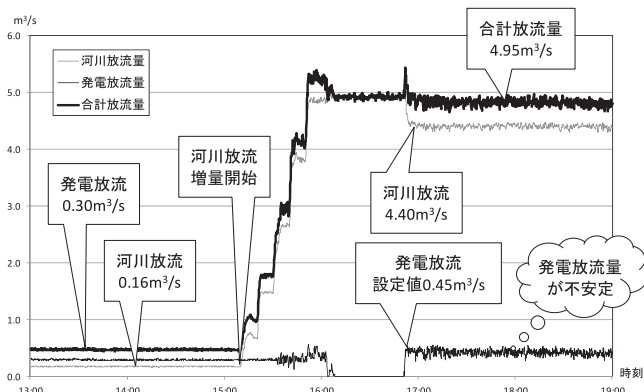


図-5 放流量グラフ（平成28年7月8日）

率的、弾力的な運用方法について、現在模索しているところである。

上記以外にも、事業推進上重要な事項は多数あるが、特に河川管理者との協議や、経産省への設備認定申請、電力会社との系統連系契約等、関係機関との協議・申請は必須となる。

本地区では「何を、どこに、いつまでに」申請するかをバーチャート化等して管理していた。申請関係については、特に大きな問題もなく進めることができたので、紹介にとどめることにする。

5. おわりに

機械設備の故障率の継時変化を表すものに「故障率曲線（バスタブ曲線）」がある（図-6）。設置直後は初期故障が頻繁に起こり、それらを解決していくことで安定時期に入ることになる。今年度は発電所稼働1年目であり、大小の不具合が頻発することとなった。ダム放流への従属発電であるため、発電所稼働後も放流管理は三重県が行っている。施設の維持管理は土地改良区が行っていくため、今後も「2人3脚」でよりよき運用に努める所存である。

以上、安濃ダムにおける小水力発電事業について、その経緯と、苦労話を中心に報告してきた。発注者としては「恥部」とも言える失敗談も、これから計画を進める事業主体に対し、何か一つでも得るものがあれば、との思いで、あえて報告させていただいた。「三重県ではあんな失敗をしていたな。気を付けなければ！」と、後ほど思い返していただくことがあれば、これに過ぐる喜びはない。

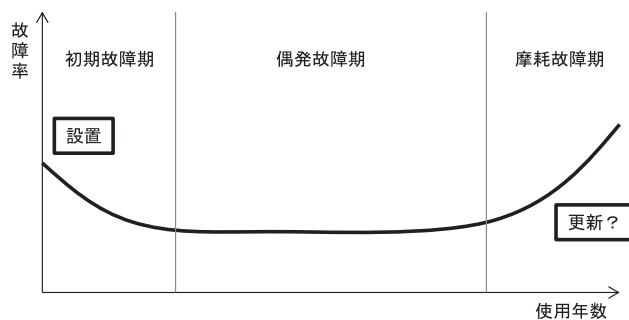


図-6 故障率曲線（バスタブ曲線）

# 管水路通水試験と調整池貯水試験の実施について

稲 森 幹 八\* 見 島 学\* 西 村 稔\*  
(Mikiya INAMORI) (Manabu KOJIMA) (Minoru NISHIMURA)

## 目 次

|                 |    |           |    |
|-----------------|----|-----------|----|
| 1. はじめに         | 35 | 4. 馬の背調整池 | 38 |
| 2. 通水試験と貯水試験の概要 | 36 | 5. 右岸配水路  | 40 |
| 3. 右岸導水路        | 36 | 6. まとめ    | 41 |

### 1. はじめに

国営斐伊川沿岸地区では、受益地下流域への用水の到達遅れを解消するとともに、水需要に追従できないことで生ずる無効放流を防止するために、新たに用水の補給ルートを整備した。

受益地の主水源である右岸頭首工から取水された用水の一部を、右岸導水路（管水路）を介して予め馬の

背調整池に貯めておき、右岸頭首工からの用水供給が上流域になされると同時に、右岸配水路（管水路）を介して地区内幹線用水路（開水路）の中流地点に注水し、下流域に用水供給を行う。これにより、下流域の水需要に追従できる水管理システムが実現した（図-1）。

本報では、管水路の通水試験と調整池の貯水試験を直営作業で実施したことから、その概要を報告することとする。



図-1 事業計画概要図

\*中国四国農政局 斐伊川沿岸農業水利事業所  
(Tel. 0853-72-7440)

## 2. 通水試験と貯水試験の概要

工事は、右岸導水路に先行着手し、当該工事を終えた後に、延長が長く工期を要する右岸配水路に着手し、その後に馬の背調整池に着手して、ほぼ同時期に両施設の工事を終えている。

右岸導水路上流工区の水張り試験は、当該工事を終えた直後に行い、下流工区の水張り試験と全線の送水試験は、馬の背調整池の池敷内工事に支障を来さない段階まで待ってから行った。

右岸導水路の通水機能確保を確認した後、馬の背調整池の貯水試験を行い、貯水機能確保を確認した。その後、満水となった調整池の水を利用して右岸配水路の水張り試験を行い、送水機能確保を確認した（図-2）。

以下に、試験を実施した順に機能確認作業の概要を報告する。なお、通水試験は水張り試験についてのみ報告する。

## 3. 右岸導水路

### (1) 施設の概要

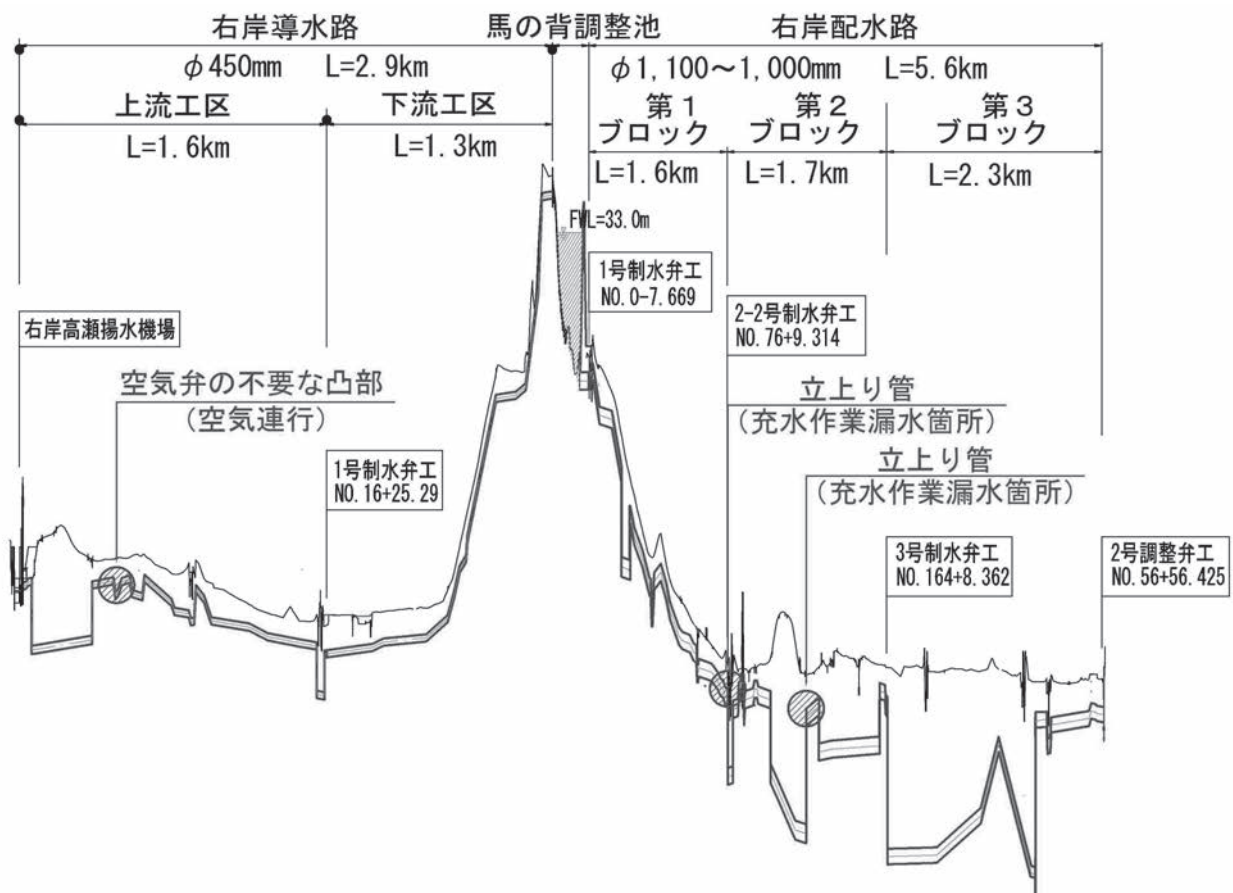
右岸導水路は、右岸高瀬川用水路（ $B=2.0\text{m} \times H=1.2\text{m}$ ）から取水し、右岸高瀬揚水機場（ $\phi 350 \times 250$  横軸両吸込単段渦巻ポンプ）で約 30 m ポンプアップした水を、導水路（DCIP  $\phi 450\text{mm} \times L=$  約 3km）により、馬の背調整池へ送水（ $Q=0.23\text{m}^3/\text{s}$ ）する施設である。

導水路ルートは、市道及び県道の道路下埋設として、施工は開削工法を基本とし、市街地（ $L=340\text{m}$ ）及び新建川（ $L=43\text{m}$ ）の横断部は推進工法により行った。

付帯施設としては、空気弁 9 箇所、排泥工 2 箇所、制水弁 1 箇所を配置している。制水弁の配置にあたっては、概ね導水路の中間点となる新建川横断部に設置する排泥工の直下流とし、下流工区の管路内の水を抜くことなく上流工区の維持補修等が可能となるよう配慮した。

### (2) 通水機能の確認

右岸導水路の通水機能の確認は、その後予定している、馬の背調整池貯水試験、右岸配水路水張り試験、水管理システムによる遠隔操作習熟期間、を考慮し、万一の漏水などの補修に備え、できる限り前倒して実



注) 路線の特徴を把握しやすくするため、縦横比、施設毎縮尺を変えている。

図-2 試験対象区間縦断図

施する必要があった。このため、馬の背調整池着手前に1号制水弁（中間地点）までの上流工区で水張り試験を実施し、調整池完成後に下流工区で水張り試験を実施し、問題がなければ調整池の貯水試験着手前に送水試験を実施することとした。

#### ①上流工区の水張り試験

##### 1) 充水作業手順

上流工区（始点から1号制水弁まで約1.6km）の管路標高が、右岸高瀬川用水路からの取水カ所の標高より低かったことから、ア.自然水圧による充水を行った後に、イ.ポンプ運転により加压送水し、ウ.排泥工から落水させて管路内の残存空気を排除する計画であり、エ.空気排除後に空気弁に圧力計及び試験用加压ポンプを設置し（写真-1）、オ.静水圧まで加压し、排泥弁等の水密性の点検や通水機能を確認することとしていた。

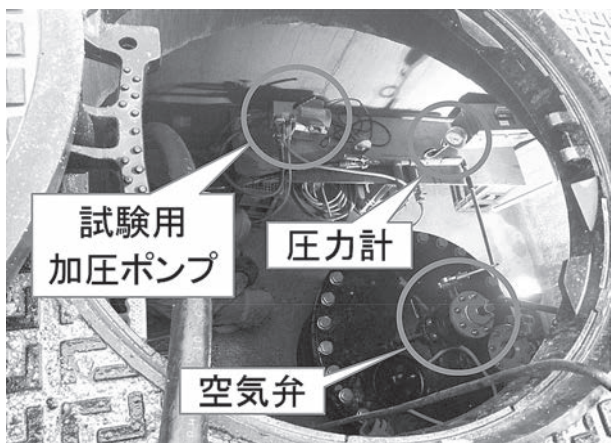


写真-1 空気弁室内の試験用器具

##### 2) 水張り試験の結果

試験結果では、24時間経過後の減水量が許容減水量を超えたことから漏水等が疑われたが、管路埋設ルート沿いに漏水の形跡が確認出来なかったため、下流工区の充水作業時に改めて確認することとした。

#### ②下流工区水張り試験

##### 1) 充水作業手順

下流工区（1号制水弁から調整池への吐出水槽までの約1.3km）の管路標高は、右岸高瀬川用水路からの取水標高より低い箇所が約0.7km、高い箇所が約0.7kmあったことから、上流工区及び下流工区の標高の低い箇所については、ア.自然水圧による充水を行った後に、イ.ポンプ運転により加压送水し、ウ.最も標高の高い吐出水槽から調整池に送水させて、管路内の残存空気を排除する計画であり、エ.排除後に空気弁に設置した圧力計により通水機能の確認をすることとしていた。

ただし、上流工区に漏水があった場合には補修

期間が必要になること、それに伴い、馬の背調整池の貯水試験が遅れることになれば事業工期にも影響することから、できる限り前倒しで確認する必要があった。実施に際しては、馬の背調整池が工事中であったため、池敷内にある仮設工事用道路が水没しないように吐出水槽からの送水量を抑える必要があった（写真-2）。



写真-2 調整池に流れ込む状況

##### 2) 水張り試験の結果

水張り試験にあたっては、上流工区の通水機能の確認が出来ていないことから、1号制水弁により上下流を区切って行った。その結果、下流工区では吐出水槽による減水確認を行ったところ、殆ど減水は確認されなかった（写真-3）。また、上流工区では減水があったものの許容減水量以内であった。

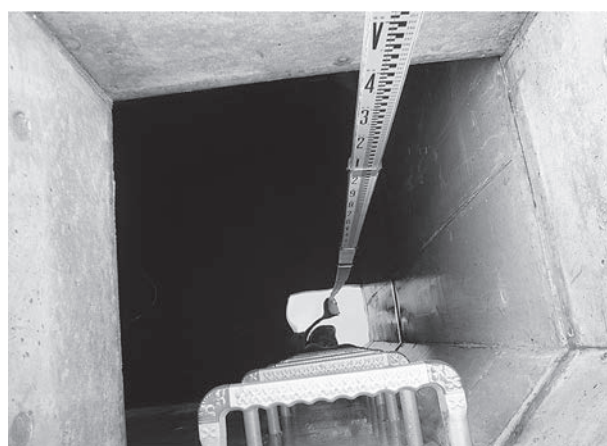


写真-3 吐出水槽水位での減水確認

上流工区の減水量は許容値内とはいえ、減水の発生が、加压送水でも空気連行に必要な流速及び送水時間を確保できなかったために残存した管路内空気の影響なのか分からないため、1号制水弁を全開し吐出水槽で引き続き減水量を定期的に測定することとした。

### 3) 水張り試験結果の考察

最終的には、吐出水槽の水面低下がなくなったことから、右岸導水路の全線において、必要な通水機能を確保していることを確認出来た。これは、馬の背調整池の貯水試験において十分な流速と送水時間が確保され、管路内の残存空気が完全に排除されたこと、さらには DCIP 管の継ぎ目ゴムが加圧送水により馴染んだこと等も要因と考えられる。

## 4. 馬の背調整池

### (1) 施設の概要

馬の背調整池は、既存のため池の堤体を嵩上げすることで貯水量を増やし、受益地下流域への農業用水の供給を右岸配水路を介して補助するものであり、概要は次のとおりである。

堤体形式：傾斜遮水ゾーン型

有効貯水容量：100 千  $m^3$  (改修前 50 千  $m^3$ )

堤高：14.9m (改修前 11.2m)

堤長：111.8m

### (2) 貯水機能の確認

#### ① 貯水機能確認試験の実施

馬の背調整池はため池であり、湛水試験は求められておらず、埋設計器類も設置されていない。しかし、予定管理者である出雲市と協議を行った結果、貯水機能の確認が必要とされたので、実施可能な範囲で貯水試験を行うことになった。

#### ② 貯水試験計画

貯水試験計画を策定するに当たり、土地改良事業計画設計基準 設計「ダム」技術書【フィルダム編】(以下、「フィルダム設計基準」と記載)及び他地区の事例を参考にした。

1) 計画策定に際しては、以下の特徴を考慮した。

ア. 主な貯水源は右岸高瀬揚水機場から右岸導水路を経由して送水される用水であること。イ. 流域面積が  $0.05km^2$  と小さく雨水の流入が少ないこと。ウ. 河川の流入はなく、流域外の谷からの湧

水を取り込むための流入水路 ( $\phi 300mm$ ) が 1 箇所あること。エ. 馬の背調整池から約 3 km 離れた中央管理所 (水管理システム) で揚水機場の操作、貯水位や堤体からの漏水量等の観測が可能であること。オ. 堤体直下流左岸側に民家が一軒あること。

2) 貯水試験における貯水位の上昇速度は、フィルダム設計基準 (貯水位の上昇及び下降速度) を参考に、1.0m/日以下を基本とした。ただし、最低水位 (LWL) EL26.48m までは制限なしとした。また、旧堤体常時満水位 (FWL) EL30.2m から常時満水位 (FWL) EL33.0m までは、揚水機場ポンプの能力を考慮して 0.5m/日以下とした。下降時の堤体及び地山の安定性については、右岸配水路の通水試験で水位低下した後に、現地にて目視調査することとした (図-3)。

3) 貯水位の保持日数は、旧堤体常時満水位 (FWL) EL30.2m 付近で 2 日とした。フィルダム設計基準 (保持水位及び保持日数) によれば、中間水位の保持日数 (上昇) は 3~7 日以上となっている。しかし今回は新設ではなく、旧堤体常時満水位 (FWL) EL30.2m までは貯水実績があることから、作業工程上土日の二日間を保持期間に設定した。常時満水位 (FWL) EL33.0m に達した後はフィルダム設計基準で 7~30 日以上となっていることから、30 日間保持することとした。

4) 観測項目については、ア. 堤体に設置してある観測設備による観測、イ. ため池周囲の目視観測、ウ. 中央管理所の水管理システムによる観測を行うことにした。観測項目は次のとおりである。

浸透量観測 (堤体部、地山部)

地下水位観測 (堤体部)

水質観測 (貯水池、浸透水、地下水)

表面変位量観測 (堤体部)

目視観測 (堤体部、池敷周辺地山部)

なお、水質観測については水温、pH、電気電動

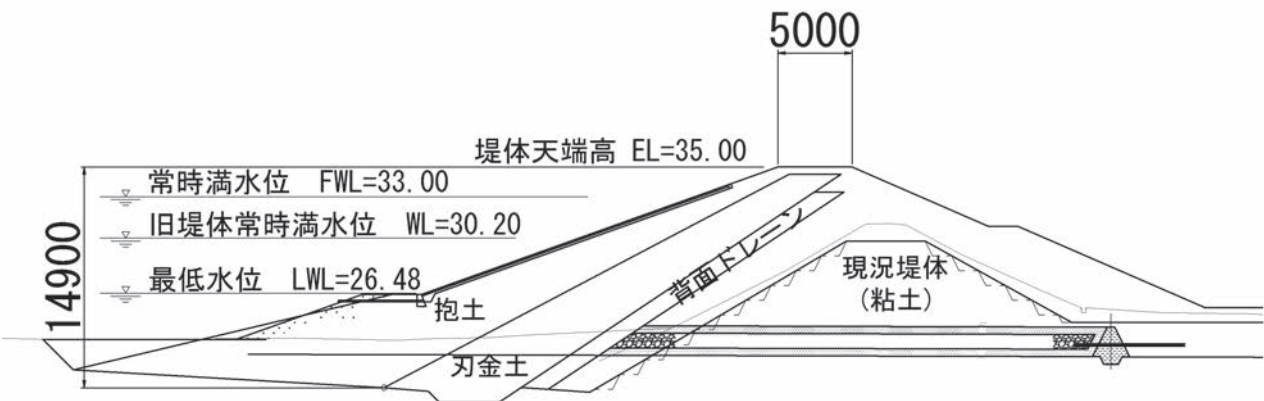


図-3 堤体断面図



率を測定する。また目視観測では、貯水試験中の堤体部、池敷周辺地山部 14 地点の定点写真撮影を行い、異常がないか確認することにした。

5) 監視体制については、昼間監視を基本とする。現地観測は事業所職員 2 名体制で実施し、中央管理所での監視は事業所職員 1 名体制で実施する。

旧堤体常時満水位 (FWL) EL30.2m 以上の水位上昇期間及び常時満水位 (FWL) EL33.0m の観測初日から 10 日間 (土日を除く) は中央管理所で夜間監視も行う。監視は中央管理所 2 名体制とし、水管理システムで監視可能な貯水位及び堤体の漏水量について行う (写真-4)。なお、休日作業や夜間監視等、事業所職員だけでは対応できないものについては外部委託を活用することにした。

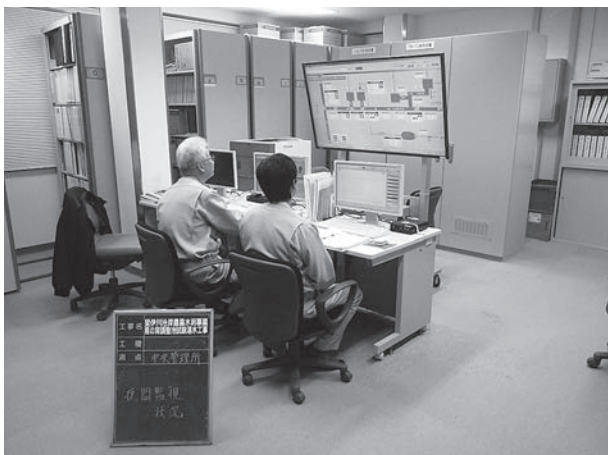


写真-4 中央管理所夜間監視状況

### ③貯水試験の管理基準

貯水試験の観測項目のうち、浸透量及び堤体の表面変位量は特に重要な項目であるため、管理基準値について記載する。

浸透量については、土地改良事業設計指針「ため池整備」を参考に、1) 堤長 100m 当たり 60L/min 以下とすると 67.1L/min 以下、2) 1 日当たりの総貯水量の 0.05% 以下とすると 34.7L/min 以下であるため、許容浸透量として 34.7 (L/min) を採用した。

堤体の表面変位量については、水平方向と鉛直方向の管理基準が必要となる。設計基準においては特に明確な記述がないため、近傍で施工されたため池の事例に倣い、許容水平方向変位は 5 cm (盛土高の 0.3%) を、許容鉛直方向変位は 8 cm (盛土高の 0.5%) を採用した。

### ④貯水試験の実施

貯水量では、有効貯水容量 100 千  $m^3$  のうち、11 千  $m^3$  を流入水路からの流入水と雨水が占めたが、揚水機場からの送水量を調整することにより、予定どおり貯水することができた。

水質観測では、貯水池、浸透水及び地下水の水温、pH 及び電気電動率を測定した。

観測期間中に、地下水位観測及び水質観測に使用していた機器が故障したため、代替品を確保できるまでの 3 日間は欠測となった (写真-5)。



写真-5 水質観測状況

### ⑤貯水試験の結果

堤体表面変位は、水平方向変位量の管理基準値 5 cm に対し最大 2.1cm、鉛直方向変位量は、管理基準値 8 cm に対し最大 1.4cm の変位量となった (写真-6)。



写真-6 表面変位量観測状況

堤体からの浸透量は、許容浸透量 34.7 (L/min) に対し、最大浸透量 5.78 (L/min) であった。

水位降下時の堤体及び地山の変状については、目視調査で異常のないことを確認した。

その外、貯水位、地下水位、水質、目視観測すべてにおいて問題のない結果となった。貯水試験の結果について、予定管理者である出雲市に説明を行い、堤体及び貯水池周辺に異常は認められなかったことや浸透量、水質観測についても問題ないことから、馬の背調整池の貯水機能について問題のないことが了解された。

## 5. 右岸配水路

### (1) 施設の概要

右岸配水路は、馬の背調整池からの補給水を受益地の中流地点で幹線用水路に注水するための施設であり、概要は次のとおりである。

全長：5.6km

口径：φ 1,100mm ~ 1,000mm

制水弁工：4 箇所

調整弁工：2 箇所

主要注水工：3 箇所

空気弁工：17 箇所

### (2) 通水機能の確認

右岸配水路は、管内を充水した後に、管水路や制水弁等の各施設の機能が確保されていることを確認するため、水張り試験を実施する。

#### ① 充水作業計画及び水張り試験計画

計画は、土地改良事業計画設計基準 設計「パイプライン」技術書【パイプライン】（以下、「パイプライン設計基準」と記載）を参考に策定した。

充水作業及び水張り試験に当たっては、右岸配水路を仕切ることのできる制水弁や調整弁の配置により3つのブロックに分けて試験を実施することにした（第1ブロック（1号制水弁～2-2号制水弁 L=1.6km）、第2ブロック（2-2号制水弁～3号制水弁 L=1.7km）、第3ブロック（3号制水弁～2号調整弁 L=2.3km）（図-2）。

#### 1) 充水作業

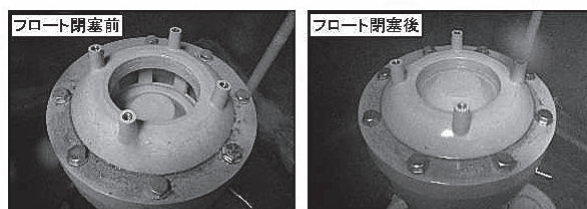
充水作業は、制水弁や空気弁を監視する作業員を配置し、半日程度かけて実施する。充水作業完了後、管の吸水や残留空気の排除を促すため、翌日朝まで充水状態を保持する。

充水作業に際しては、第1ブロックは1号制水弁に設置してある副管（φ 200mm）を、第2ブロックは本管の2-2号制水弁（φ 1,100mm）を、第3ブロックは本管の3号制水弁（φ 1,000mm）を使用する。

充水作業における弁の開度については、パイプライン設計基準（水張り試験）に「大口径管については副管を用いて通水する。開度は本管で1/10開度、副管で1/5開度以内を目安とする」という記述がある。第1ブロックは副管の弁が1/5開度のときに流れる流量0.131m<sup>3</sup>/sで充水することにした。右岸配水路の本管は中央管理所（水管理システム）で馬の背調整池直下の流量を確認しながら充水することが可能であるため、安全のため1/10開度より小流量となる計画流量の10%で制御して行うこととした。算定の結果、第2ブロックは0.207m<sup>3</sup>/s、第3ブロックは0.169m<sup>3</sup>/sとなった。

充水作業にかかる時間は、管の口径及び延長を確認し、充水必要量から算出した（第1ブロック3.1時間、第2ブロック2.1時間、第3ブロック3.0時間）。

充水作業の進捗状況は、空気弁のフロートが水圧により閉塞した状態になるのを確認することで把握できる（写真-7）。従って、すべての空気弁のフロート高さを事前に調べておく必要がある。



充水作業が完了すると、右の写真のようにフロート部が閉塞される。

写真-7 空気弁（上部蓋取り外し時）

弁室内での制水弁等の開閉作業、自記水圧記録計による水圧測定、音聴調査等の専門技術を要する作業については外部委託を活用することにした。1箇所につき2名（監視員、作業員）を配置する。

#### 2) 水張り試験

充水作業完了後、水張り試験を実施する。水張り試験は3つのブロック毎に制水弁を全閉し、この時の静水圧を初期値として自記水圧記録計により24時間水圧測定を行う。24時間経過後、減圧している場合は、別途用意した水槽の水をポンプ圧送により注入し24時間前の静水圧に回復するまで注入し、その水量を測定する。この注入量と許容減水量を比較して通水機能に問題がないか確認する。

水張り試験の可否判断に必要な許容減水量については、パイプライン設計基準（水張り試験 標準許容減水量）により算出した（第1ブロック8,580L/日、第2ブロック9,395L/日、第3ブロック11,550L/日）。

#### ② 事前準備

充水作業前に、制水弁室や空気弁室の状況を調査した。その結果、一部の弁室は地下水や雨水で水没していることが確認された。また、空気弁の副弁レバーが「開」に、仕切弁が「閉」になっていることも確認した。

作業は、公道上で行うため、道路管理者との協議（通行規制、一時使用）、警察署との協議（道路使用許可申請）が必要である。手続きには通常2～3週間を要する。今回は事前協議後に協議書を提出したことにより、1週間に縮められた。また、地元関係

者への周知（地域住民，中学校及び小学校）には1週間に要した。

充水作業及び水張り試験は，工事の特別仕様書の記載により右岸配水路の受注業者9者も立ち会った。事前に説明会を開催し，概要説明，事前準備（カラーコーン等の安全施設の手配，水没した弁室の排水作業，フロート部確認のための空気弁上部蓋の取り外し），試験当日のスケジュールや対応（人員配置等）について説明及び協力要請を行った。

### ③充水作業及び水張り試験の実施

充水作業を実施中に，第2ブロックの4箇所のフランジ部で漏水が発生した（写真-8）ため，急遽充水作業を中止し補修作業を行うことにした。翌日，フランジを外してガスケットを交換した。ガスケットが速やかに手配できたことや水張り試験の外部発注者が速やかに補修したことにより，1日のロスだけで再開できた。



写真-8 フランジ部からの漏水

### ④漏水についての考察

漏水の発生は，推進工法立坑部の異なる埋設深の管を接続するために設置された立上り管に，鉛直方向に急激な水圧がかかったことが原因と考えられた（図-4）。このため，充水作業再開後は，急激な水圧がかからないように予定流量 $0.207\text{m}^3/\text{s}$ の半分の流量 $0.104\text{m}^3/\text{s}$ で実施した。この結果，問題なく充水作業が完了できた。これを受けて，第3ブロックも立ち上がり管区間での充水では，予定流量 $0.169\text{m}^3/\text{s}$ の半分の流量 $0.085\text{m}^3/\text{s}$ で実施し，問題なく充水作業を完了した。

### ⑤水張り試験の結果

減水量については，第1ブロックは許容減水量 $8,580\text{L}/\text{日}$ に対し $791\text{L}/\text{日}$ ，第2ブロックは許容減水量 $9,395\text{L}/\text{日}$ に対し $970\text{L}/\text{日}$ ，第3ブロックは許容減水量 $11,550\text{L}/\text{日}$ に対し， $1,472\text{L}/\text{日}$ と問題のない試験結果となった。また，各空気弁や制水弁等の施設点検整備（音聴調査）についても，すべてのブ

ロックで問題のないことが確認された。

水張り試験結果については，予定管理者である出雲市に説明し，右岸配水路の安全性や機能について問題のないことが了解された。

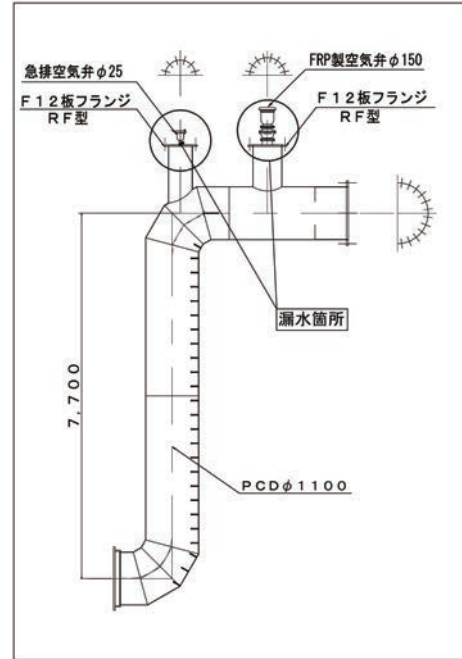


図-4 立上り管（充水作業漏水箇所）

## 6. まとめ

今回の試験を通じて気付いた改善点について，対象施設毎に以下に述べる。

### (1) 右岸導水路（空気弁の配置）

上流工区には，道路横断側溝を伏越ししたために，2箇所の凸部ができているが，空気連行の検討結果から，空気弁は必要ないと判断した。しかしながら，高低差の少ないルートでは，充水作業による安全確認が出来ない段階で加圧送水を実施しなければ，空気連行による残存空気排除が出来ないこともありうる。したがって，空気弁の設置位置の検討にあたっては，この点について考慮する必要がある。

### (2) 馬の背調整池（観測機器の代替品確保）

観測機器を使用する場合，観測機器の故障により欠測期間が生じる可能性がある。これに備えて，観測機器を備えた機関を確認し，速やかに貸与してもらえるよう事前に調整しておく必要がある。

### (3) 右岸配水路（施設構造による急激な水圧の発生への配慮）

充水作業において4箇所のフランジ部で漏水が発生したため，施設の補修が必要となり試験のスケジュールに遅れが生じた。このことから，高低差の大きい立上り管のある区間では，急激な水圧が発生する可能性を考慮して，充水する流量を減らすなど，考慮する必要がある。

# 仲原地下ダムにおける軟質部処理対策について

上 岡 崇 之\* 伊 佐 健 次\* 持 田 賢 治\*\*  
 (Takayuki UEOKA) (Kenji ISA) (Kenji MOCHIDA)

## 目 次

|                       |    |               |    |
|-----------------------|----|---------------|----|
| 1. はじめに .....         | 42 | 4. 施工結果 ..... | 46 |
| 2. 仲原地下ダムの概要 .....    | 42 | 5. おわりに ..... | 46 |
| 3. 軟質部処理対策の検討内容 ..... | 43 |               |    |

### 1. はじめに

宮古諸島は、沖縄本島の南西およそ300kmに位置し、大小8つの島（宮古島、池間島、大神島、伊良部島、下地島、来間島、多良間島、水納島）からなっている。このうち宮古島（面積約159km<sup>2</sup>、周囲約103km）は、島全体が平坦で大部分が標高100m以下のサンゴ礁が隆起してできたもので地盤の透水性が高く河川や湖沼がない島である（図-1）。

このため、農業用水は専ら天水に頼ってきっていたが、平成12年度に完了した国営かんがい排水事業及び緑資源公団営事業「宮古地区」（以下「前歴事業」という。）等で、地下ダムを水源とした畑かん施設を整備したことにより、島の農業は大きな変化を遂げつつある。

一方で、農業の変化に伴い宮古島では水需要が年々増加しており、近い将来に用水が不足することが懸念されている。また、伊良部島（平成27年1月に宮古島と結ぶ伊良部大橋が開通）では、現在ため池や天水に頼る不安定な農業経営が余儀なくされている。このような課題を解消するため、国営かんがい排水事業「宮古伊良部地区」（受益面積9,156ha、総事業費523億円）、以下「本事業」という。）が平成21年度に着工している。

本事業は、前歴事業等で完成した砂川、福里、皆福地下ダムに加えて、更に仲原、保良地下ダム等新設することで必要な水源を確保し、用水路等の整備を行うものである。

本報では、主水源の一つである仲原地下ダムの止水壁施工上の課題である軟質部処理対策について紹介する。

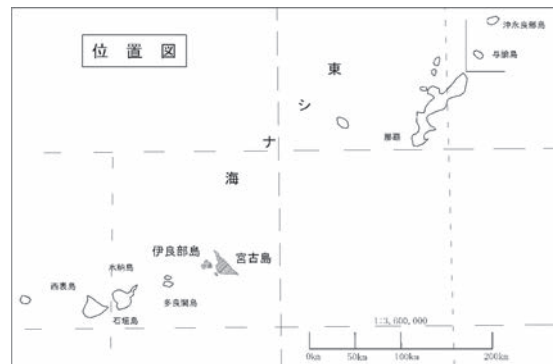


図-1 位置図

### 2. 仲原地下ダムの概要

#### (1) 仲原地下ダムの主要諸元

本事業では、水源施設のうち、貯水量が大きく伊良部島の水源でもある仲原地下ダムの工事を先行して行っているところである。

本ダムのダム軸路線は、断層と断層に挟まれた地下谷の狭窄部を締め切るものである（図-2）。本ダムは現況でも地下水位が高く天然地下水盆になっており、主ダム軸上流では前歴事業において既に取水設備が配置され、地下水が利用されている。

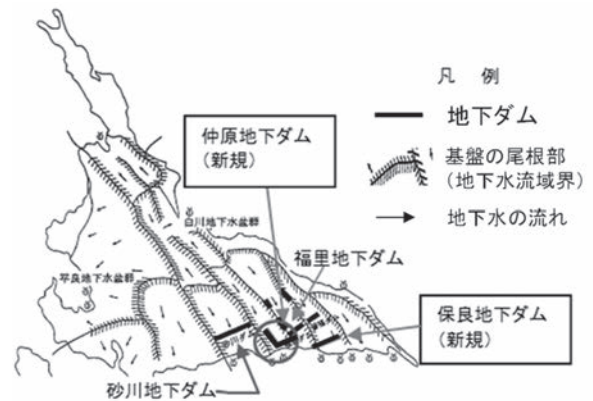


図-2 宮古島の地下谷と地下ダムの位置

\*内閣府沖縄総合事務局 宮古伊良部農業水利事業所  
 (Tel. 0980-75-3290)  
 \*\* (株)三祐コンサルタンツ 総合技術第1部  
 (Tel. 052-933-7871)

帯水層は有効間隙率 10% を有する琉球石灰岩層であり、柱列式原位置攪拌工法（SMW 工法）により止水壁を造成し、水理基盤（不透水性基盤）である島尻層群泥岩中に止水壁の根入れを行っている。

ダム諸元は有効貯水量 9,200 千 m<sup>3</sup>、常時満水位 FWL.41.0m、堤高 55.0m である（表-1）。

平成 22 年度からダム工事に着手しており、平成 27 年度までにダム軸左岸側の 920m が完了し、全長の約 40% の止水壁が完成している（図-3）。

表-1 仲原地下ダム主要諸元

| 区分    | 項目    | 諸元                     |
|-------|-------|------------------------|
| 貯水池諸元 | 流域面積  | 直接 7.6km <sup>2</sup>  |
|       | 総貯水量  | 10,500 千m <sup>3</sup> |
|       | 有効貯水量 | 9,200 千m <sup>3</sup>  |
|       | 死水量   | 1,300 千m <sup>3</sup>  |
|       | 常時満水位 | FWL. 41.0m             |
|       | 死水位   | LWL. 15.6m             |
| 堤体諸元  | 型式    | 地下連続壁（原位置攪拌工法、注入工法）    |
|       | 堤高    | 55.0m                  |
|       | 堤長    | 2,350m                 |
|       | 堤頂幅   | 0.5m                   |
|       | 天端標高  | EL. 41.0m              |
|       | 堤体積   | 37 千m <sup>3</sup>     |

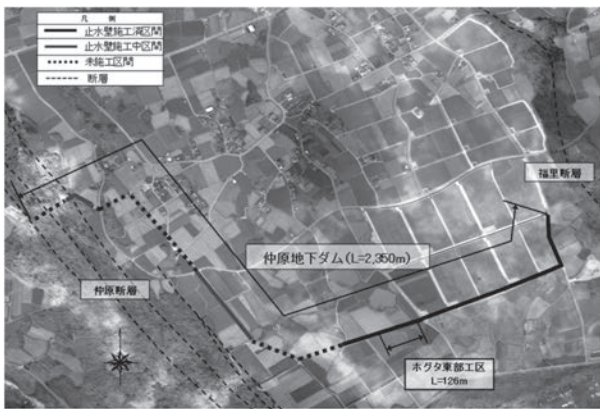


図-3 仲原地下ダムの施工状況（H28年度）

### 3. 軟質部処理対策の検討内容

#### (1)概要

帯水層である琉球石灰岩は、流水等により浸食されやすい性質であり、局所的に性状が大きく変化する特徴がある。仲原地下ダム周辺の地質調査においても、空洞が粘土等で充填されていたり、石灰岩が未固結状態で周辺部より緩い性状となっていたりする地質状況が局所的に確認されている。

本ダムの設計に当たっては、止水壁が強度の小さいソフトコンクリートで建設され、背面地山に地耐力を期待する構造物であるため、このような止水壁の安全

性を損ねる可能性のある軟質な部分（N 値 10 未満が目安）を対象に、その規模に応じて対策工を検討することとしている（表-2）。

表-2 軟質部等の規模に応じた対策（目安）

| 軟質部・空洞の規模       | 対策工            |
|-----------------|----------------|
| 小規模（高さ 2m 程度まで） | 通常施工           |
| 中規模（高さ 5m 程度まで） | 靱性材混合止水壁       |
| 大規模（高さ 5m 以上）   | 地盤改良工+靱性材混合止水壁 |

※いずれも応力変形解析により対策工を検討。

#### (2)設計時点の検討内容

仲原地下ダムの中央付近に位置する「ホクタ東部工区」（L=126m）には、N 値が 10 未満の石灰岩軟質部（上部褐色粘性土充填部（h=5.0m）と下部軟質互層部（h=3.8m））が 2 段出現（Σ h=8.8m）することが調査段階で判明しており（図-4）、その規模も 5m を超えることから、地盤改良工+靱性材混合止水壁による対策を想定し、FEM 応力変形解析等により地盤改良工範囲の検討を実施した。

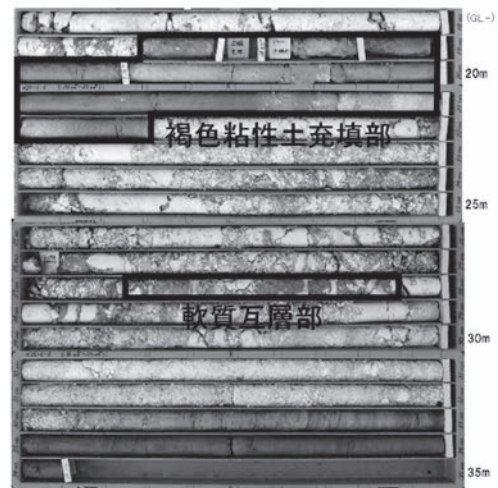


図-4 軟質部の出現状況（H25-C-5）

この結果、軟質部に対しては高圧噴射攪拌工法による地盤改良をダム軸下流側方向に 5.0m 区間行うことで、止水壁内に発生する引張応力度は、靱性材混合止水壁の許容引張応力度 0.43MN/m<sup>2</sup>（本事業におけるこれまでの靱性コンクリートを用いた品質管理試験結果である最小値 0.51MN/m<sup>2</sup> に安全率 1.20 を考慮した値）以下となった。

このため、改良幅を 5.0m として高圧噴射攪拌工法による杭径 D=3.2m の接点配置 2 列の配列とし、地盤改良後に原位置攪拌工法（靱性材混合止水壁）によって止水壁を建設することとしていた（図-5、6）。

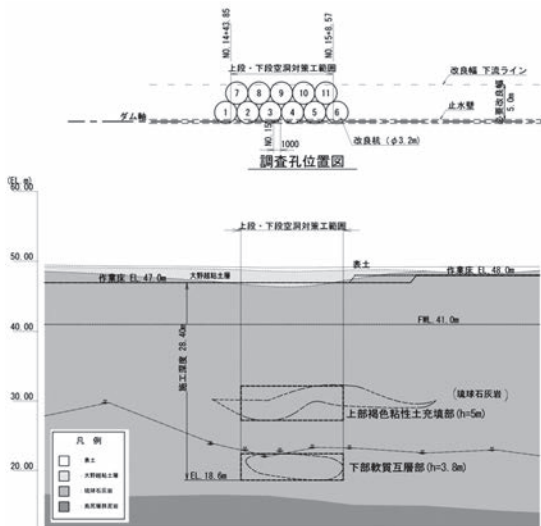


図-5 設計時の対策工計画図

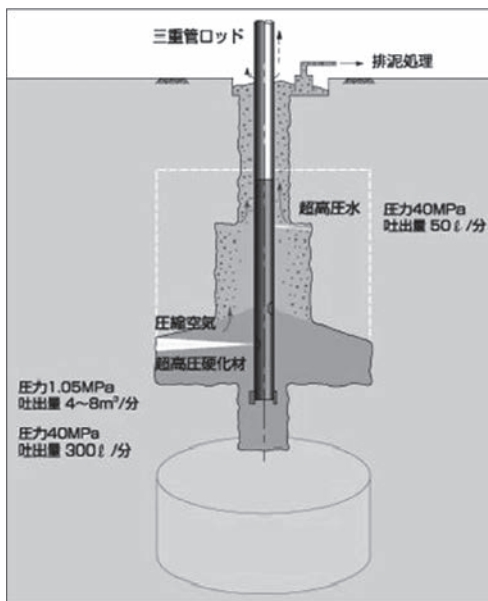


図-6 高圧噴射攪拌工法イメージ図

(3) 工事着手後の対応

1) 地質情報の変更

「 hoguta 東部工区 」 の着工後に、地盤改良工（高圧噴射攪拌工）施工中心位置（No.1～No.11 改良杭）のパイロット孔と施工範囲両端等に追加調査ボーリングを実施した結果、当初想定していた軟質部の形状が異なることが判明した。

設計段階では2段の軟質部が確認されていたが、その間の EL.22.1～24.6m に新たな軟質部が出現して、最大の軟質部が出現する断面（No.7 改良杭横断位置）では軟質部が3段にわたって分布していることが判明した。また、合計した軟質部の高さも設計段階の 8.8 m に比べ 10.3 m となり、想定以上の厚さであることが確認された（表-3）。

表-3 軟質部分布状況の変更

| 設計段階  | 工事着手後  |
|---|--|
| <上段軟質部：褐色粘性土充填部><br>EL. 27.2m～EL. 32.2m (h=5.0m)        | <上段軟質部：褐色粘性土充填部><br>EL. 25.8m～EL. 30.2m (h=4.4m)     |
| <下段軟質部：粘土流入部と砂礫部の軟質互層部><br>EL. 18.6m～EL. 22.4m (h=3.8m) | <中段軟質部：軟質互層部(粘土流入部)><br>EL. 22.1m～EL. 24.6m (h=2.5m) |
| 合計の軟質部高さ Σh=8.8m  | <下段軟質部：軟質互層部(砂礫部)><br>EL. 17.6m～EL. 21.0m (h=3.4m)   |
|   | 合計の軟質部高さ Σh=10.3m<br>(上段から下段までを一連の軟質部とした場合h=12.6m)   |

この地質情報の変更による当初計画における対策工規模の安全性確認を次のフローによって実施した（図-7）。

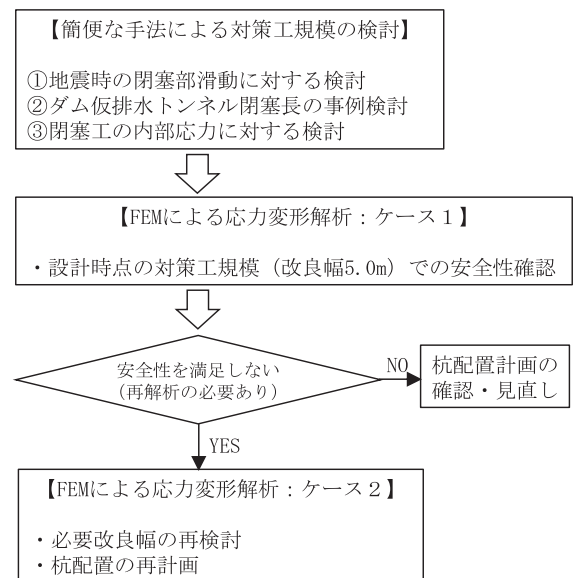


図-7 対策規模の検討フロー

2) 簡便な手法による検討

まず、簡便な手法により上段、中段、下段に出現した3段の軟質部に対する改良体の必要長を求めた（表-4）。

表-4 改良体必要長検討結果（簡便な手法）

| 手法                 | 必要長*   |
|--------------------|--|
| ①地震時の滑動に対する検討      | 空洞内改良体が地震時にズレないための必要長<br><u>1.5m</u>               |
| ②ダム仮排水トンネル閉塞長の事例検討 | 仮排水トンネルをプラグする長さの施工事例<br><u>5.1～13.7m (平均長9.4m)</u> |
| ③閉塞工内の内部応力度の検討     | 改良体内に許容値以上の引張応力が発生しないための長さ<br><u>10.6m</u>         |

\*上段～下段軟質部を一連の規模とした場合で検討

この結果、ダム軸下流に5m～14m程度の改良幅が必要となることとなった。

ただし、この計算では上段～下段までの軟質部を一体として取り扱っている。軟質部のみの合計高さ

h=10.3mを対象とした場合は、③内部応力の検討では、改良幅は8.7mとなる。

この改良幅が1つの目安となるが、必要となる改良幅は、応力変形解析により確認することとした。なお、この改良幅は、実際の高圧噴射攪拌杭の配列(杭径3.2m)に基づいた値で検討することとした。

### 3) 応力変形解析による検討

FEMによる応力変形解析は、次の2ケースで行い、止水壁に生じる応力度や安全率が許容値以内となるかを確認した(表-5)。

表-5 応力変形解析の検討ケース

| ケース  | 検討内容  |
|------|---|
| ケース1 | 地盤改良幅5.0m<br>(設計時点の対策工規模での安全性を確認)                       |
| ケース2 | 地盤改良幅8.0m<br>(ケース1で安全性を満足しない場合、地盤改良を3列(φ3.2m)とした場合で検討※) |

※工事発注後の対応のため、工法(杭径)と列の基本配置は変更しない条件とする。

<安全条件>

- ・止水壁内に発生する最大引張応力度： $\sigma = 0.43\text{MN/m}^2$ 以内
- ・止水壁に発生する最小せん断安全率： $F_s = 1.20$ 以上

表-6に示すとおり、ケース1では、引張応力度 $0.48\text{MN/m}^2$ となり許容値 $0.43\text{MN/m}^2$ を超えたため、ケース2による検討を行った。

この結果、引張応力度 $0.41\text{MN/m}^2$ となり許容値以内となった。また、せん断安全率(要素安全率)も許容値以内となることを確認した(表-6, 図-8, 9)。

以上の結果から、接点配置3列(改良幅8.0m)による対策工を実施することとした。

表-6 応力変形解析結果

|      | 最大変位量  | 最大引張応力度              | 最小せん断安全率 |
|------|--------|----------------------|----------|
| ケース1 | 5.69cm | $0.48\text{ MN/m}^2$ | 1.55     |
| ケース2 | 5.15cm | $0.41\text{ MN/m}^2$ | 1.79     |
| 許容値  | —      | $0.43\text{ MN/m}^2$ | 1.20     |

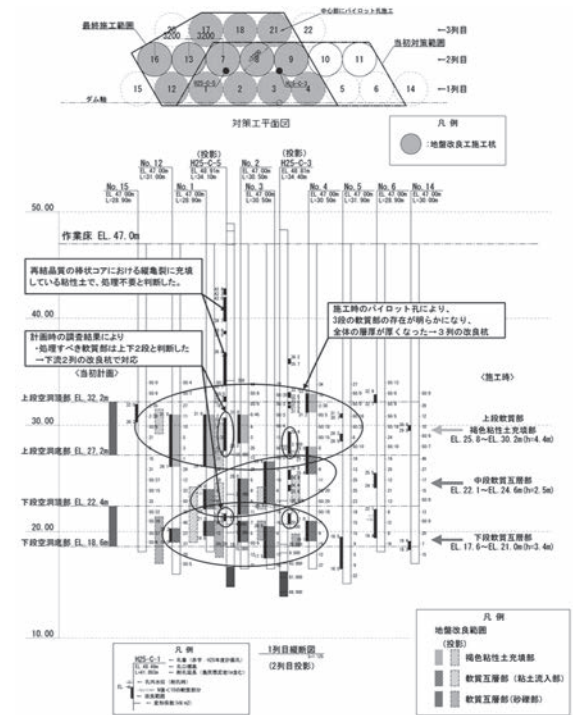
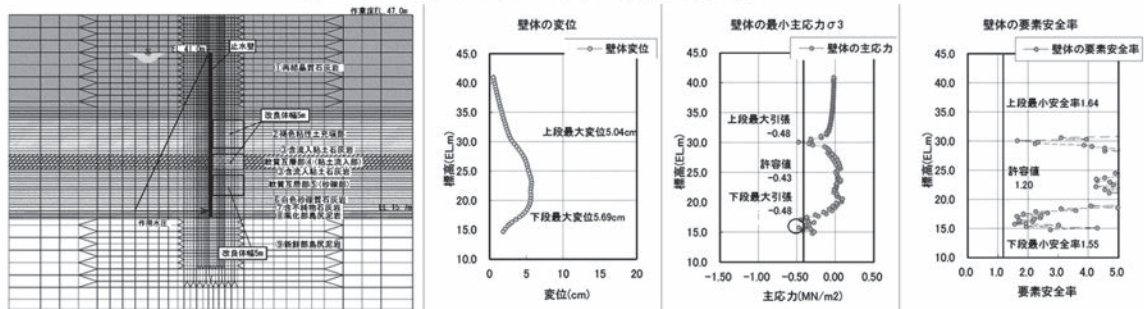


図-8 着工後の対策工計画図

【ケース1】設計時点の対策工規模(改良幅5.0m)



【ケース2】設計時点の対策工規模(改良幅8.0m)

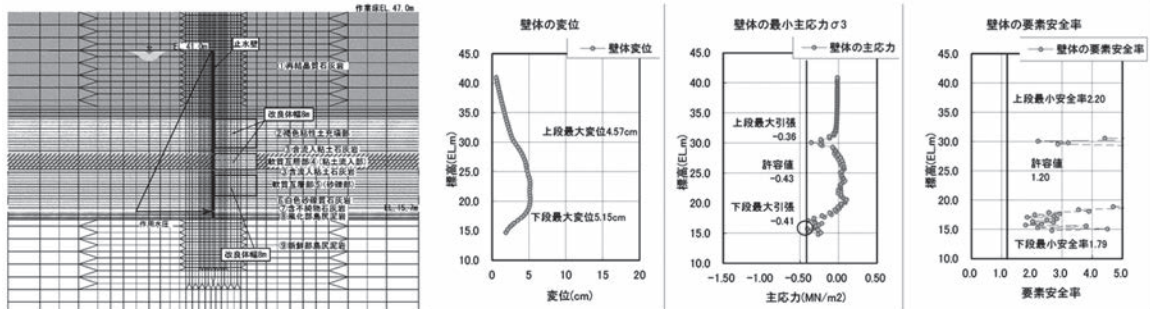


図-9 応力変形解析結果図(ケース1, ケース2)

#### 4. 施工結果

上記の改良幅で施工後、改良体の品質管理を次の項目について実施し、いずれも管理値を満足していることを確認した(図-10, 11, 表-7~9)。

〈品質管理項目〉

- ①改良体の一軸圧縮強度が1.0MN/m<sup>2</sup>以上を有していること
- ②改良ゾーン中に杭径確認として未改良部(N値10未満の軟質部)が2.0m以上連続して残置していないこと

〈結果〉

- ①一軸圧縮強度試験を3本の杭で7点実施した結果、平均2.5MN/m<sup>2</sup>、最小1.3MN/m<sup>2</sup>となり、1.0MN/m<sup>2</sup>以上を確保していることを確認した。
- ②未改良部の目視確認は3孔で実施し、連続した厚さで最大1.2m(CH-2, 褐色粘性土部)であり、2.0m未満となっていることを確認した。また、CH-6(No.2杭)では、標準貫入試験を実施し、N値10未満となった箇所は、2点見られたのみであり連続していないことを確認した。

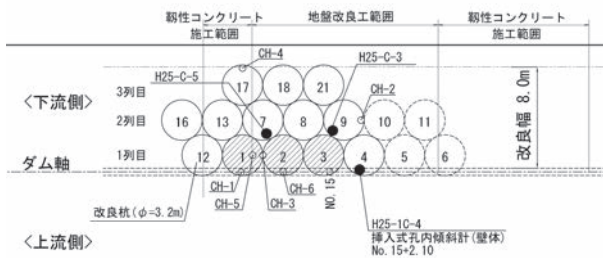


図-10 チェックボーリング位置図

表-7 一軸圧縮試験結果

| 孔番号  | 試料採取深度 (GL -m) | 一軸圧縮強度 (MN/m <sup>2</sup> )                           |     |     |
|------|----------------|---|-----|-----|
|      |                | 測定値   | 平均値 |     |
| CH-5 | 上段部            | 17.00-17.30   | 3.6 | 3.6 |
|      |                | 17.35-17.50   | 4.6 |     |
|      | 中段部            | 20.85-21.00   | 2.7 |     |
|      |                | 22.40-22.60   | 3.3 |     |
|      |                | 24.70-24.90   | 2.5 |     |
|      |                | 26.25-26.45   | 1.3 |     |
| 下段部  | 26.49-26.67    | 1.1   | 1.3 |     |
|      | 26.68-26.85    | 1.5   |     |     |
|      | 16.80-16.95    | 1.1   |     |     |
| CH-7 | 上段部            | 18.30-18.50   | 1.6 | 1.3 |
|      |                | 22.60-22.80   | 2.0 |     |
|      | 中段部            | 24.10-24.30   | 2.9 |     |
|      |                | 25.45-25.65   | 1.5 |     |
|      |                | 26.40-26.60   | 1.0 |     |
|      |                | 28.55-28.75   | 4.4 |     |
| 下段部  | 29.00-29.20    | 5.7   | 5.0 |     |
|      | 全体             | 平均値 2.5 MN/m <sup>2</sup> (最小値 1.3MN/m <sup>2</sup> ) |     |     |

表-8 改良部の確認結果 (未改良部目視確認)

| 軟質部 (着色部)     | 杭No.1 (CH-1) | 杭No.9 (CH-2) | 杭No.17 (CH-4) |
|---------------|--------------|--------------|---------------|
| 褐色粘性土         | 改良OK         | 未改良1.2m      | —             |
| 褐色粘性土~粘土流入部の間 | 軟質部 計0.7m    | —            | —             |
| 粘土流入部         | 改良OK         | 未改良0.5m      | 改良OK          |
| 粘土流入部~砂礫部の間   | —            | 軟質部 計0.7m    | —             |
| 砂礫部           | 改良OK         | 改良OK         | —             |

表-9 標準貫入試験結果 (CH-6)

| 層準 (軟質部:着色部)  | N値                         | 備考                        |
|---------------|----------------------------|---------------------------|
| 褐色粘性土         | 32, 6, 15 (平均:17.6)        | N=6は層厚0.5m程度<br>改良前平均N値:6 |
| 褐色粘性土~粘土流入部の間 | 50/20, 8, 35               | N=8は層厚1.2m程度              |
| 粘土流入部         | 13, 50/20, 40, 21(平均:31.0) | N<10なし<br>改良前平均N値:2       |
| 粘土流入部~砂礫部の間   | —                          |                           |
| 砂礫部           | 23, 50/30 (平均:36.5)        | N<10なし<br>改良前平均N値:6       |
| 砂礫部の下         | 50/8                       |                           |

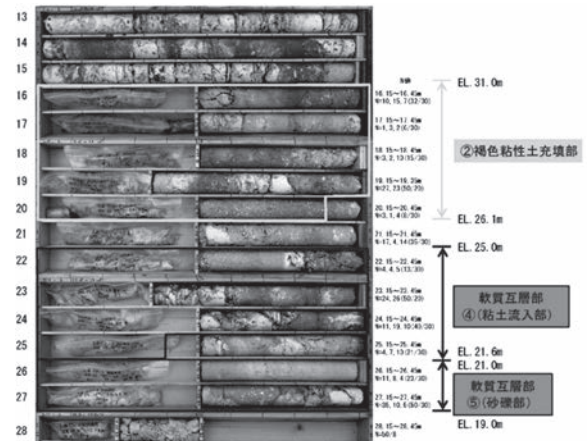


図-11 CH-6のコア写真

以上の結果より、軟質部処理工(地盤改良工)については、計画どおり施工できたと考えている。なお、今後の貯水の影響を検証するため、止水壁上下流の水位差に加え、止水壁内に挿入式傾斜計を設置して変位(滑動)が生じないことを監視していくこととしている。

#### 5. おわりに

本事業では、新たな水源の確保により更なる農業振興が期待されている。

仲原地下ダムの今後の工事区間においても軟質部等の出現が想定されるが、調査・設計段階でその規模や範囲を把握するとともに、規模等に応じた対策工を速やかに検討・実施していくことで確実な止水壁の施工に努め、事業効果の早期発現を図ることが重要と考えている。



# 豊川用水における既設サイホン改修について

－ 豊川用水二期事業（大規模地震対策）－

石川 禎\* 川下 公嗣\*\*  
(Tadashi ISHIKAWA) (Satoshi KAWASHITA)

## 目 次

|                 |    |                    |    |
|-----------------|----|--------------------|----|
| 1. はじめに         | 47 | 4. 管割計画の事例（高松サイホン） | 50 |
| 2. 大規模地震対策の考え方  | 47 | 5. おわりに            | 51 |
| 3. 既設サイホン改修について | 47 |                    |    |

### 1. はじめに

豊川用水は、愛知県東三河地域と静岡県湖西市に、農業用水、水道用水、工業用水を供給し、昭和43年の供給開始を契機に豊川用水地域は、国内有数の農業生産地のみならず自動車関連工場の進出などから大きく発展してきた。

豊川用水地域は、平成14年に東海地震に係る地震防災対策強化地域の拡大による指定、平成15年には、東南海・南海地震防災対策推進地域の新たな指定を受け、ほぼ全域がこれら地域に含まれることとなった。さらに東海地震が30年以内に発生する確率が平成18年には87%、平成24年には88%と上方修正されるなど東海地震や東南海・南海地震が発生する危険性が高

まっており、大規模地震対策に取り組むことが急務であるため、豊川用水では二期事業の計画変更（図-1）を行い、平成19年度に大規模地震対策事業等を追加し、平成27年度にかけて実施した。

本稿では、大規模地震対策で実施した幹線水路の既設サイホン改修について、管内測量結果に基づき施工時に見直しを図った管割計画の事例紹介も含み、取りまとめて報告するものである。

### 2. 大規模地震対策の考え方

豊川用水は長大な水路施設で構成されており、大規模地震が発生した場合、水路施設の全延長にわたって全く損傷を受けないような対策は費用の観点から困難である。そのため、豊川用水では、ハード対策、ソフト対策を組み合わせることで総合的に大規模地震対策を実施することとした。

ハード対策としては、水路施設が被災したときに第三者の生命や国道・鉄道等のライフライン等に与える影響の度合い（二次災害危険度）、水路が被災したときの応急復旧の難易度（応急復旧難易度）、供給される用水の中断あるいは減量が地域の生活機能及び経済活動・生産活動に与える影響の度合い（利水影響度）の観点で重要度を評価し、施設重要度が高い施設について、「東海・東南海連動型の想定地震動」等を対象に耐震照査を実施したうえ、耐震上問題のある箇所について補強工事を実施した。また、ソフト対策としては、東海地震等に関する警戒宣言が発令された場合の減量措置、被害想定に基づく施設操作訓練、緊急時の通水機能の確保などの対策を実施することとしている。

### 3. 既設サイホン改修について

#### 3.1 耐震性能評価・耐震対策施設の選定

サイホンは、構造、規模、土質及び液状化の危険性

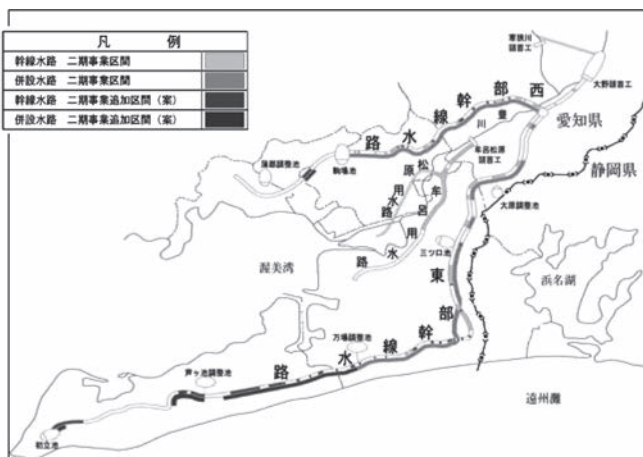


図-1 豊川用水二期事業計画概要図

\* (現) 独水資源機構 愛知用水総合管理所管理課  
(Tel. 0561-39-5460)  
(前) 独水資源機構 豊川用水総合事業部  
豊橋支所工事課  
\*\* (独) 水資源機構 豊川用水総合事業部  
豊橋支所工事課 (Tel. 0532-54-6501)

等を加味して選定した代表施設の耐震照査結果を基に判定指標を設定し、各サイホンで算定した換算せん断力との比較により耐震性能を評価した。

耐震照査は、施設規模が比較的大きな断面であることから、主として地震時の地盤せん断変形に基づくサイホン周辺のせん断力が大きく作用するものと考え、換算せん断力を指標とした横断方向の照査結果により耐震性能を評価し、必要箇所のサイホン改修を施工することとした。

### 3.2 耐震対策工法の選定

#### 3.2.1 円形サイホン

豊川用水のサイホンにおける耐震対策は、次に記す①～③の条件を満足するため、(a) 漏水の発生に対し強い部材であること、(b) 断面縮小が少ないことを規定した。

① サイホンは、高水圧がかかっているため、地震時に漏水を起こさない対策を講じる必要があり、漏水の発生に対し強い部材で補強を行うこと。

② 併設水路が災害・事故等で利用できないことも想定されることから、開水路が現況断面で補強されていることを踏まえ、災害・事故時に点検・補修することを可能とするため、幹線水路断面相当を確保すること。

③ 豊川用水は、今後も施設寿命等、必要に応じ改築を行っていく必要性も生じるため、さらなる改築を行う時のため断面縮小を小さくすること。

このことから施工性、経済性を考慮し、サイホンの耐震対策工法は、断面縮小が1口径程度小さい管径で既設断面相当を確保できる円形鋼管挿入工法(図-2)とした。

また、サイホン入口・出口部の継手部等には、耐震対策として、可とう継手材による継手補強工を実施した。

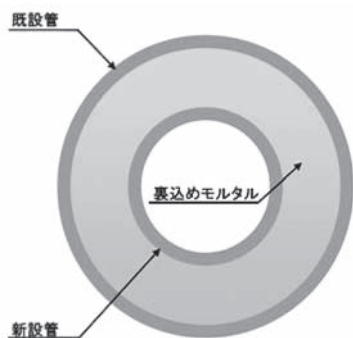


図-2 標準断面図(円形鋼管)

#### 3.2.2 矩形サイホン

矩形サイホンの場合、円形サイホンと同様の円形鋼管挿入工法を行った場合、既設通水断面に対して約4割の断面縮小が生じてしまうため、円形サイホンの縮小率と同様の2割以下の断面縮小となること、耐震性・施工性・経済性・将来の維持管理を考

慮し、ボックス型鋼管挿入工法(図-3)とした。

ボックス型鋼管挿入工法を耐震補強対策として、全国で初めて採用した(写真-1)。

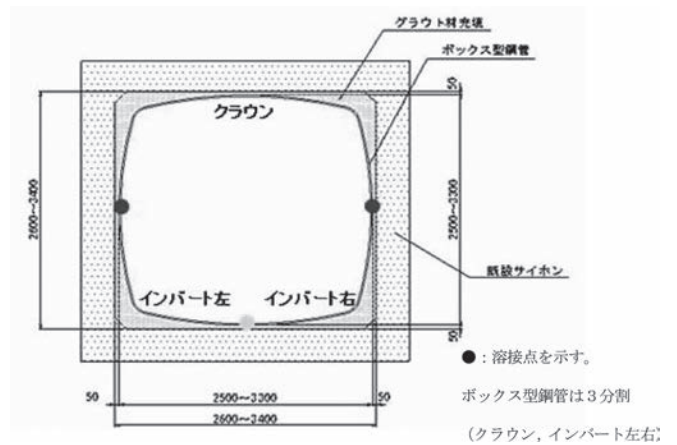


図-3 標準断面図(ボックス型鋼管)



写真-1 ボックス型鋼管施工状況

### 3.3 施工実績

幹線水路のサイホン・暗渠93施設(西部43施設・東部50施設)のうち大規模地震対策が必要と判定され、それらのうち施設重要度の高い30施設(西部12施設・東部18施設)に対して耐震補強対策を実施した(表-1, 2)。

表-1 西部幹線サイホン改修一覧

| 施設名       | 大規模地震対策 |         |          |                 |
|-----------|---------|---------|----------|-----------------|
|           | 構造      | 構造      | 延長(m)    | 施設規模(m)         |
| 重広サイホン    | RC円形    | 円形鋼管    | 161.98   | φ2.350          |
| 西矢部サイホン   | RC円形    | 円形鋼管    | 162.54   | φ2.350          |
| 上平井サイホン   | RC円形    | 円形鋼管    | 107.51   | φ2.350          |
| 徳定サイホン    | RC矩形    | ボックス型鋼管 | 40.00    | B=2.200,H=2.200 |
| 山村サイホン    | RC円形    | 円形鋼管    | 302.32   | φ2.300          |
| 稲木第一サイホン  | RC矩形    | ボックス型鋼管 | 51.03    | B=2.220,H=2.220 |
| 稲木第二サイホン  | RC矩形    | ボックス型鋼管 | 52.50    | B=2.220,H=2.220 |
| 足山田第三サイホン | RC矩形    | ボックス型鋼管 | 31.00    | B=2.140,H=2.140 |
| 西川サイホン    | RC矩形    | ボックス型鋼管 | 38.00    | B=2.140,H=2.140 |
| 財賀第一サイホン  | RC矩形    | ボックス型鋼管 | 37.50    | B=1.980,H=1.980 |
| 財賀第二サイホン  | RC矩形    | ボックス型鋼管 | 16.00    | B=1.980,H=1.980 |
| 御油サイホン    | PC管     | 円形鋼管    | 1,322.48 | φ1.100          |

表-2 東部幹線サイホン改修一覧

| 施設名       | 既設施設<br>構造 | 大規模地震対策 |          |                    |
|-----------|------------|---------|----------|--------------------|
|           |            | 構造      | 延長(m)    | 施設規模(m)            |
| 岩崎サイホン    | RC矩形       | ボックス型鋼管 | 88.50    | B=3,300,H=3,300    |
| 雲谷サイホン    | RC矩形2連     | ボックス型鋼管 | 56.32    | B=2,500, H=2,500×2 |
| 小島サイホン    | RC矩形       | ボックス型鋼管 | 20.00    | B=3,050,H=3,050    |
| 小松原サイホン   | RC矩形       | ボックス型鋼管 | 62.00    | B=3,050,H=3,050    |
| 伊古部暗渠     | RC矩形       | ボックス型鋼管 | 49.00    | B=2,800,H=2,800    |
| 東赤沢暗渠     | RC円形       | 円形鋼管    | 196.00   | φ3,200             |
| 豊南サイホン    | RC円形       | 円形鋼管    | 280.00   | φ2,650             |
| 大松暗渠      | RC円形       | 円形鋼管    | 92.60    | φ2,600             |
| 浜田サイホン    | RC円形       | 円形鋼管    | 392.83   | φ2,600             |
| 百々サイホン    | RC矩形2連     | ボックス型鋼管 | 35.00    | B=2,040, H=2,040×2 |
| 東ヶ谷サイホン   | RC円形       | 円形鋼管    | 740.66   | φ2,300             |
| 谷ノ口第一サイホン | RC円形       | 円形鋼管    | 218.68   | φ2,300             |
| 本前サイホン    | RC円形       | 円形鋼管    | 1,273.00 | φ2,300             |
| 高松サイホン    | PC管        | 円形鋼管    | 2,721.35 | φ2,300             |
| 芦ヶ池サイホン   | PC管        | 円形鋼管    | 1,504.92 | φ2,000             |
| 赤羽根サイホン   | PC管        | 円形鋼管    | 725.70   | φ2,000             |
| 伊良湖サイホン   | PC管        | 円形鋼管    | 2,623.23 | φ1,000             |
| 初立池流入部    | PC管        | 円形鋼管    | 247.25   | φ1,000             |

3.4 設計方法

鋼管挿入工法（主要：円形サイホン）の設計フローを図-4に示す。

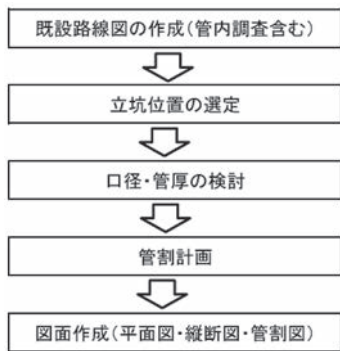


図-4 設計フロー図

鋼管による鋼管挿入工法の内挿管には「普通鋼管」と「巻込鋼管」(写真-2)の2種類を用いる。巻込鋼管は、既設サイホン内へ引き込む際に搬入口径を小さく出来るが、管の拡管や管軸方向溶接等の手間が必要となり、普通鋼管と比べ、施工性が劣る。敷設する鋼管が既設サイホンの屈曲部を通過できるかどうかや立坑の配置、既設管路の線形や施工可能期間等の施工条件を考慮して、管割計画を行う。

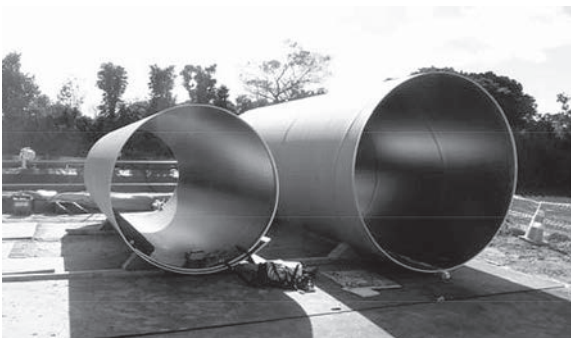


写真-2 巻込鋼管(左)と普通鋼管(右)

3.5 施工方法

鋼管挿入工法の標準的な施工手順を図-5に示す。

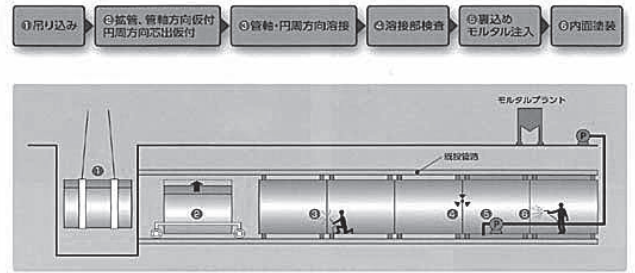


図-5 施工手順図

豊川用水では断水することが不可能であったため、工事の期間は、水の需要が減り、先行して構築した併設水路へ幹線水路から通水切替が可能となる約5ヶ月間と制限され、仮設工を除くと実質的には3ヶ月間で既設管内の施工を完了させなければならなかった(図-6)。

また、豊川用水の工事(東部幹線)においては、工事発注に先だって既設管路を空水にすることができなかったことから、建設時の工事図面を基に発注を行っている。工事発注時と同時期に幹線水路から新たに完成した併設水路への通水切替を行い、既設サイホン内の測量結果に基づき、施工時に管割計画の見直しを図った。

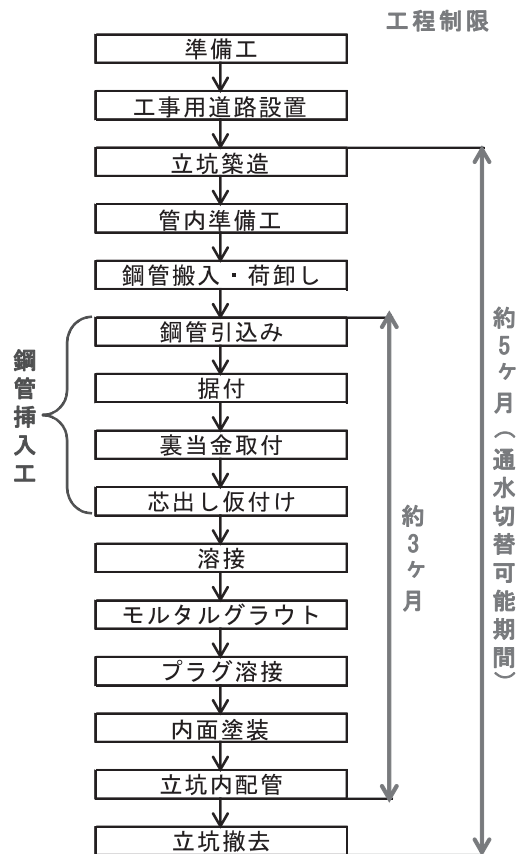


図-6 鋼管挿入工法の施工フロー図

## 4. 管割計画の事例（高松サイホン）

### 4.1 管割計画設計

既設の高松サイホンの構造については表-3、計画する鋼管挿入断面として図-7に示す。

表-3 高松サイホンの構造

| 構造  | 延長     | 内径       | 有効長  | 最大土被り | 設計流量                 | 設計内圧                   |
|-----|--------|----------|------|-------|----------------------|------------------------|
| PC管 | 2,721m | φ2,400mm | 3.6m | 4.59m | 8.7m <sup>3</sup> /s | 0.377MN/m <sup>2</sup> |

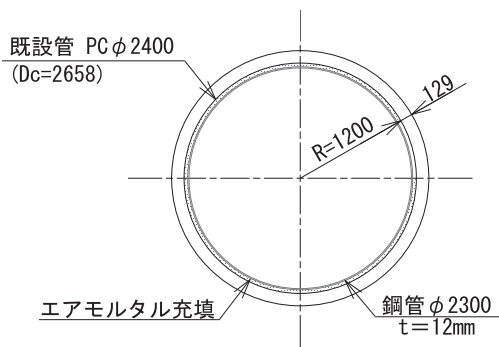


図-7 標準断面図（高松サイホン）

管割計画は、直管及び異形管に継手等を適切に組合せ、管路全体としての強度と水密性が保たれ、安全でかつ経済的なものとなるよう計画する。管割設計の手順は以下のとおりである。

- (a) 変曲点、付帯工位置の決定
- (b) 曲管、異形管の必要長さの仮定
- (c) 直管（定尺管、短管）の設定
- (d) 調整管（異形管）・継手の検討
- (e) 曲管、異形管、直管、短管、調整管の決定

直線部においては、既設管の管芯高に鋼管の管芯をあわせ、立坑規模等含め総合検討の結果、定尺長L=6mを基本とした管割での配管を行う。また、既設PC管（L=3.6m）が曲線布設されている区間は、既設PC管長に合わせた鋼管長にて、鋼管端部のテーパ加工を行い、曲線布設する管割で配管する。

### 4.2 既設サイホン内測量

工事発注時と同時期に幹線水路から新たに完成した併設水路への通水切替を行い、既設サイホン内の測量を行った。測量項目としては、次に掲げる項目内容である。

- ① 距離測量（継ぎ目間延長及び全管路延長）
- ② 線形測量（平面線形・縦断線形）
- ③ 内径測量（縦内径・横内径、管底高）
- ④ 継ぎ目等における段差

既設管の管内径の計測結果を表-4に示す。最小値は、縦方向2,374mm、横方向2,383mmであり、最大26mmの管頂部のたわみ変状が確認された。また、管底高は、一様に沈下しており、直線部においては最大

60mm程度沈下し、継手部では、0～20mmの段差が確認された。

しかし、管頂部のたわみ等を考慮しても、当初計画どおりの鋼管φ2,300mm（外径2,324mm）が挿入可能であり、既設管と鋼管の隙間についても、必要離隔（最小20mm以上）は確保することが可能と判断できる（表-5）。

表-4 管内径測量結果

|     | 縦内径     | 横内径     |
|-----|---------|---------|
| 最小値 | 2,374mm | 2,383mm |
| 最大値 | 2,403mm | 2,410mm |

表-5 既設管と鋼管の隙間

|     | 縦内径（天地）      | 横内径（左右）      |
|-----|--------------|--------------|
| 最小値 | 50mm（25mm）   | 59mm（29.5mm） |
| 最大値 | 79mm（39.5mm） | 86mm（43mm）   |

### 4.3 管割計画の見直し

既設サイホン内測量の結果、管頂部のたわみや変状、継ぎ目における段差が確認されたため、既設管芯を通すことでは、定尺管を用いる配管の場合、上部の離隔確保ができない部分が多々発生する。そのため、折れ角も非常に多い管割計画（鋼管本数の増加）となってしまったため、配管長、配管位置、突合せ角度調整を考慮した管割計画（=配管計画）の見直しを行う。

#### 4.3.1 配管長

溶接箇所を少なくするよう定尺管（6m）を基本に屈曲部での通過検討を行い、曲線布設区間においても必要離隔を確保しつつ配管長が長くなるような管割を行う。

#### 4.3.2 配管位置

管頂部のたわみや既設管継手位置での上下流管段差等もあり、一様に既設管の管芯を通すことは、高さ調整に施工上多大な時間を要するため、今回施工の効率化も加味し、配管計画の基準となる位置（基準高）を再設定する。そのため、通常配管計画で用いる場合の管芯を基準にするものに対し、管底を基準とするもので配管計画に支障が生じるか否かについての検証を行った。

① 鋼管の管芯を既設管の管芯に合わせる配管の場合  
各鋼管1本1本で高さ調整を行い、鋼管の端部を既設管の管芯にあわせて配管する。

左右方向については、既設管と鋼管の隙間が均等になることを原則とする。

既設管と鋼管の隙間は、表-5の天地、左右となる。

② 管底を基準とする配管の場合

管底からの配管位置は、直後作業となる据付作業の高さ調整の効率化を踏まえて鋼管搬入のキャスター高である30mmとする（図-8）。

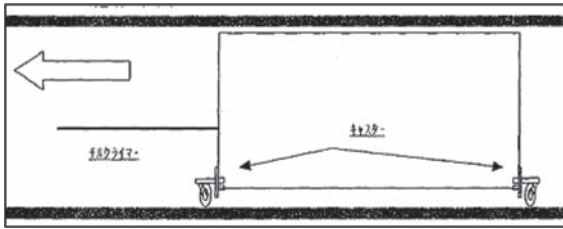


図-8 鋼管搬入 (イメージ図)

左右方向については、管芯で合わせる場合と同様に既設管と鋼管の隙間が均等になることを原則とする。

管底から30mmと固定した既設管と鋼管の隙間は、管内測量の結果より表-6となる。隙間の最小値でも20mmあり、隙間を充填するエアモルタルの施工において問題ない隙間が確保されている。

鋼管の管底を既設管の管底から30mmとした配管では、搬入時の高さを据付高さとするため、管芯を合わせる配管と比べて、高さ調整が容易となり据付作業の効率化が図れ、出来形の精度向上も図れると考えられるため本方法を採用する(図-9)。

表-6 配管位置を管底から30mmと固定した場合の既設管と鋼管の隙間

|     | 左右     | 管頂部  |
|-----|--------|------|
| 最小値 | 29.5mm | 20mm |
| 最大値 | 43mm   | 49mm |

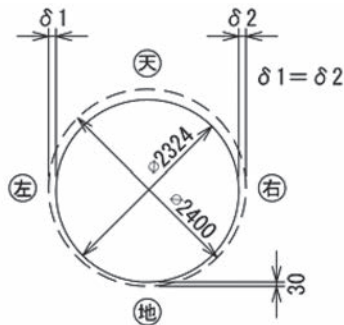


図-9 挿入鋼管の断面図

#### 4.3.3 突合せ角度調整

鋼管を配管するにあたり、V字開先の片面裏当溶接の出来形管理基準(ルートギャップ)の規格値(4~8mm)(表-7)の範囲内とする必要があり、既設管にたわみや変状があるため、鋼管突合せ部において、角度調整を行う必要がある。

角度調整を全て工場製作にて加工すると費用も膨大となる。

鋼管接合時においては、開先部の現地調整費用は見込まれていることから、グラインダーにて現地調整できるテーパ量が4~10mmの範囲のものは工場加工から除外することとした。図-10に突合せ部の角度調整をイメージ図に示す。

なお、テーパ量が10mm以上を現地調整するに

はガス切断することが通常であり、切断面を再度開先加工する必要が生じることとなる。結果、作業工程が大幅に遅延することになるため、テーパ量が10mm以上は、工場においてテーパ加工を行うこととした。

表-7 出来形管理基準 (V字開先 片面裏当溶接)

| 測定項目          | 規格値(mm)    |
|---------------|------------|
| ルートギャップ s     | 4~8        |
| 開先角度 $\theta$ | 22.5~27.5° |
| ルートフェイス a     | $\leq 2.4$ |

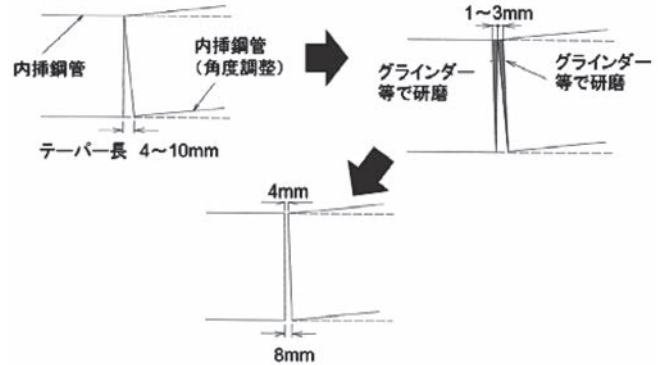


図-10 突合せ部角度調整 (イメージ図)

#### 4.3.4 まとめ

豊川用水においては、管割計画の段階で基準高を「管底から30mm基準」とすることで、定尺管を多く用いる計画とするほか、据付作業の効率化や出来形の精度向上を図るとともに、開先部のテーパ量が4~10mmの範囲のものは、工場加工ではなく、現地調整加工として計画することにて、コストの縮減にも繋がっている。

### 5. おわりに

豊川用水の大規模地震対策は、重要度評価及び耐震性能評価に基づき、被災した時に甚大な影響を受ける事前対策が必要な箇所を優先して実施した。しかしながら、大規模地震発生時には、長大な水路施設全てが被災をまぬがれるわけではない。大規模地震が発生したときには、水路システムを活用した施設操作や被災箇所、事後対応箇所の迅速な応急復旧など、ソフト対策が今後重要となる。

既設サイホンの改修は、鋼管挿入工法を採用し、鋼管の種類、通過検討、立坑の配置など、さまざまな条件を考慮して施工計画を立案し、また、既設管内測量の結果等の現場条件から、工程短縮、コスト縮減の検討も行い、施工を行ってきた。

平成19年度から行ってきた大規模地震対策事業は、予定通り平成27年度をもって無事に完了することができた。この間、関係者の皆様にご支援及びご協力頂いたことについて、本誌をかり感謝申し上げます。

## 農業用水について（その3） ～農村協働力は水利組合の機能を代替できるか～

東 崇 史\* 高 野 雅 弘\*\* 長 尾 貴 司\*\*\* 北 林 英 一 郎\*\*\*\*  
(Takashi HIGASHI) (Masahiro TAKANO) (Takashi NAGAO) (Eiichiro KITABAYASHI)

### 目 次

|                            |                       |
|----------------------------|-----------------------|
| 1. はじめに …………… 52           | 4. 水管理組織のあり方 …………… 56 |
| 2. 農業用水の配水管理を巡る問題 …………… 53 | 5. おわりに …………… 59      |
| 3. 配水管理システムの向上 …………… 55    |                       |

### 1. はじめに

農家数の減少とともに大規模経営体への農地集積と小規模農家の二極分化が進み、人口減少により米の消費量が減っていく中で、水田の畑地化、高収益作物の導入や飼料用米の作付が、農業用水にどのような影響を与えるのか。土地改良区や地方公共団体、水利組合や農家といった様々なステーク・ホルダーが関わっている農業用水の配水管理<sup>i)</sup>は、どう変容していくのか。

一般的に、水利組合や集落では、地域の水利秩序や配水事情（例えば、用水の届きにくい農地など）に詳しく、農家間の調整ができる者が経験に基づきボランティア的に水番を行っていることが多いが、現在、農家数が減少していく中、農業用水の配水管理をどうやって支えていくことができるのか、本稿を通じて考察してみたい。

まずは、土地改良長期計画の本文を引きながら、関連する施策のアウトラインを概括してみよう。まず、土地改良事業の特徴と役割として、「土地改良事業は単なるインフラ整備にとどまることなく、事業の計画、実施、管理に至るプロセスを通じ、社会資本、自然資本、人的資本の3つの資本が強固に結び付いた協働の舞台を磨き整える。さらに、絶えず農村協働力<sup>ii)</sup>に働き掛けながら農村の発展に寄与しており、活性化された農村協働力は、事業の枠を超えて人々の協調活動を促す。」としている。さらに、政策課題を達成するための目標と具体の施策では、高齢化や人口減少等に伴い「平地や中山間地域にかかわらず、地域のコミュニ

ティの維持に支障を及ぼし、農村協働力を介して行われてきた農地・農業用水等の地域資源の保全管理を低質化させる。加えて、集積・集約化された農地の周りにおける道水路敷の草刈りや水路の泥上げが適切に行われず、担い手の規模拡大や営農の高度化の足かせになることが懸念される」。このことから、「豊富な経験と知識を有する農業者や地域住民等の多様な人材の参画や集落間連携による取組の広域化の促進を通じて、農村協働力を活かした地域資源の保全管理体制を強化する。」とともに、「水田や畑地における担い手等の農作業の負担軽減」や、「営農形態の変化に対応した水利用の高度化を図る」ため、「遠隔監視や操作を可能とするICTの導入や、パイプライン化や給水の自動化等による新たな農業水利システムの構築」等の「省力化技術の導入を積極的に推進する」こととしている。

このように、新たな土地改良長期計画では、人口減少や高齢化、担い手による農地集積、さらに営農形態の変化に対応して、農地周りの水路の維持保全は、農村協働力を活かした地域資源の保全管理体制の強化、すなわち、多面的機能支払によって課題を解決することを指向する一方、基幹から末端に至る農業水利施設は、ICTの導入やパイプライン化等による省力化を進めることとしている。しかし、農業用水の配水管理といった観点から考えるならば、農地周りを超え、土地改良区や水利組合が操作を行っている分土工より基幹に至る農業水利施設については、多面的機能支払の対象から外れている。それでは、ICTやパイプラインの導入による省力化をもってすれば全て解決するのだろうか、特に、農業用水の配水管理は、地域の慣行や農家間の調整といった要素が絡む中、水利組合や集落はどのような問題に直面しているのか。そして、土地改良区の負担感はどのように変容しているのか。はたして、農村協働力は水利組合の機能を代替できるのか。

農林水産省農村振興局水資源課では、平成27年度

---

\* 農村振興局 整備部 水資源課  
 \*\* 北海道開発局 農業水産部 農業整備課  
 \*\*\* 東北農政局 農村振興部 設計課  
 \*\*\*\* 農村振興局 農村政策部 農村政策推進室  
 (Tel. 03-3502-6001)

の農業水利基本問題検討委員会<sup>iii)</sup>において、大規模・少数の担い手が地域の水利利用の大宗を占める農業形態にも適応できるよう、末端水管理の省力化や水管理体制の強化に関して、地域ごとに発揮されている水利調整のルールなどに関する知恵の収集・分析を実施した。

以下、本稿では、農村社会や農業構造、営農の変化によって、農業用水の配水管理がどのような影響を受け、それをどう解決しようとしているのかについて、本委員会における議論と資料を紹介する形で進めていく。

## 2. 農業用水の配水管理を巡る問題

農業水利基本問題検討委員会では、図-1に示すように全国14地区<sup>iv)</sup>で、のべ100名を超える大規模経営体、水利組合、土地改良区の方々から聞き取り調査を行ったが、この中で実際に発生していた配水管理上の問題について事例を紹介しよう。

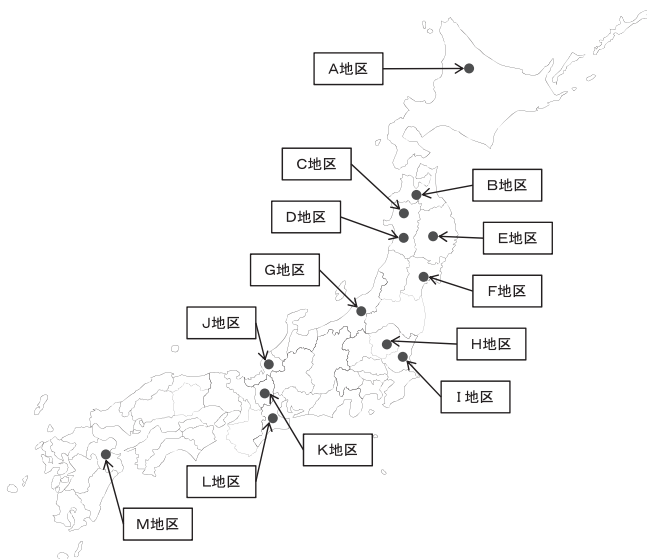


図-1 調査地区

その前に、土地改良区が置かれている現状について述べておくと、昭和35年に約1万3千存在した土地改良区は、平成27年現在、約5千弱と約4割に減少している。同じく1地区あたりの組合員数は昭和35年に384人から平成27年現在、183人へと約5割減少する中、70歳以上の総代の割合は、平成9年に約14パーセントであったのが平成25年には約26パーセントまで増加するなど、高齢化も進行している。さらに、事務局に専任職員を設置している土地改良区の割合は、平成27年現在、約半分となっており、土地改良区組織の脆弱性が高まっている。また、水利組合についても、以下の事例に示すとおり、ヒューマン・リソースの確保に苦勞している。

**【事例1】** 高齢化等により集落全体で人が少なくなっている中、水利委員の成り手をなかなか見つけること

が出来ない。何年も同じ人が水利委員を引き受けることになり、特定の農家に負担が生じている（秋田県D地区、岩手県E地区、新潟県G地区、三重県L地区）。

**【事例2】** 勤め人が委員・役員を担っているケースでは、農家が配水の要請を連絡しても仕事で対応が出来ないとの反応が返ってきたり、配水の要請に対して、腰が重く水門等を開ける、締めるだけの融通の利かない人もいたりする（三重県L地区、福井県J地区）。

農業水利施設の機能を向上したものの、土地改良区等の職員の減少により本来の機能を発揮できていない事例も存在する。

**【事例3】** 末端吐出口手前に設置した定流量弁操作により期別の用水量設定や渇水時の対応を行うことで供給主導型の用水管理を目指していたものの、定流量弁は200ヶ所程度あり、現行の土地改良区職員の体制では困難なため、管理ブロック委員による末端吐出口バルブ操作による需要主導型の配水管理体制となっている（福井県J地区）。

また、世代交代した地主や担い手、入り作農家などが水利秩序を知らないか、あるいは知っていたとしてもルールが形骸化している場合も存在する。

**【事例4】** 以前は、地主も元農家であり、委託先である担い手の水使いや草刈りが行き届いていない場合、注意することもあったが、世代が替わり、農業を行っていない地主が大規模経営体に委託している場合、所有する農地に関心を持たないことから、チェック機能が働かず配水等の管理が粗放化してしまうことがある（三重県L地区）。

**【事例5】** 世代が変わり、土地改良区の存在を詳しく知らない組合員も存在し、賦課金等の問い合わせなどが増えている（滋賀県K地区）。

**【事例6】** 地域において兼業農家や仕事が忙しい人が増え、自分の集落の水路ですら、その仕組みをよく知らない水利組合長も多い（岩手県E地区、三重県L地区、福井県J地区）。

**【事例7】** 入作農家が上流で掛け流しを行い、下流に位置する地域の農家が十分に用水を取水することができず、トラブルが発生することも。こうした場合、土地改良区が仲裁している（秋田県D地区）。

**【事例8】** 水利組合の調整能力が低下したこともあり、上位施設を管理している土地改良区に農家から直接苦情や要望の電話がかかってくるが増えている（秋田県D地区、福井県J地区）。

次に、農業構造の変化は配水管理にどのような影響を与えているのだろうか。マクロな観点から、おさらいをしておくと、農家数は昭和45年の534万戸から平成27年には215万戸と約4割に減少した。また、基幹的農業従事者は175万人で年齢構成は70代以上が47パーセント、30代以下は5パーセント（40代を

加えても10パーセント)と高齢化も進行している。他方、農業集落の混住化率は昭和45年が約5割だったものが平成27年には約9割にまで上昇している。

さらに、担い手が利用している農地面積の割合は、この10年間で農地面積全体の3割から5割にまで増加、法人経営体数もこの10年で2倍以上となり平成27年度は約1万9千経営体に増加している。また、農家数と土地持ち非農家の割合は、昭和50年に100対5.5であったものが、平成27年には100対65.6となっており、土地持ち非農家の割合が急激に増加している。この結果、大規模経営体と小規模農家への二極分化が進んでいる。

以下の事例では、こうした変化を受けて、大規模経営体に配水操作の労力が集中したり、担い手は農業用水のヘビーユーザーであることから、地域の用水需給を左右して、結果として無駄な水使いとなってしまうことがうかがえる。

**【事例9】** 大規模農家は広範囲に点在している圃場で営農を行っており、見廻りは3名1組程度で行うが、巡回範囲が広く、廻りきれないブロックもあるため、隔日の管理となっている(三重県L地区)。

**【事例10】** 同じく、広範囲に点在している圃場の場合、それぞれの水口を開けるための移動や湛水に要する時間に縛られずに代かき作業を行いたいという考えから、代かきの何日も前から取水口を開け放しにするなど水使いが粗放化する場合もある(三重県L地区)。

**【事例11】** ブロックの配水管理を担当している水利委員が現地を見回っている際に、大規模経営体が代かきを始めたことから、気を遣ってゲート操作を行い通常より水を多めに流したが、その後、大規模経営体が作業を中断して別のほ場に移動したため増量した用水が無駄となった。用水調整委員は法人側の営農計画がわかれば、それに対応して無駄水を減らすことが可能であるが、配水管理側の負担増も想定されるので、通例どおりの配水でそれに合わせて法人が営農してくれるのがベストとしている(三重県L地区)。

**【事例12】** 農地を集積する上での顧客である出し手農家に対して、担い手農家が用水の利用を配慮することにより、結果として代かき期の用水需要が分散・平準化、用水のピークがカットされることも(三重県L地区、滋賀県K地区)。

**【事例13】** 水口が堰板の場合、大規模経営体は、きめ細かい引水操作ができず1週間に一度水田を見回る程度の頻度という印象。乾いて堅くなってしまっている水田も散見(青森県B地区)。

また、営農状況が変わると、農業用水の需要に変化が生じることもある。まずは、稲作品種の多様化が与える影響を以下に紹介する。

**【事例14】** 大規模な経営体では、経営の効率化のため

の農作業の平準化や経営リスク分散のために、多品種を栽培するなどし、代かき期間と作付け期間が長くなることもある。例えば、農家の経営規模拡大に伴う代かき期間の延長(前後ろ倒し)並びに平準化のために水利権を変更した事例もある(新潟県の事例、今回の調査地区外)。

**【事例15】** 兼業農家が少なくなり、大規模経営体に農地が集約している。労働力の関係から一度に代かき田植えができないことから、作期の違う複数の品種を作付けすることにより、代かきの作業を従来のゴールデンウィーク集中から4月末から6月頃までに分散し、用水需要のピークが平準化(前倒しにつながる場合も)される。しかし、品種の違いがあっても、中干しはおおむね同じ時期となり、中干後の一斉取水により用水の需要が集中傾向にある(滋賀県K地区、岩手県E地区、新潟県G地区)。

**【事例16】** 高級ブランド米を導入するため登熟期間を確保する必要があり、移植開始及び苗代期の早期化のためかんがい期間を5日間前倒しした(北海道の事例、今回の調査対象外)。

**【事例17】** 早生、中生、晩生の多様な品種を作付け、この結果、代かき期間の前倒しと普通期の後ろ倒しを行っている(福井県J地区)。

**【事例18】** 需要が高く高値が付きやすい品種の作付面積が増加し、作付時期の集中により代かき期や出穂期(8月から9月上旬)の用水需要が増加した(福井県J地区)。

このほか、直播栽培や飼料用米の導入等によっても影響が生じる。

**【事例19】** 直播栽培でもかんがい期間の延長が生じる。さらに、代かきを行わないことからほ場の耕盤層の稠密性が低くなり浸透量が増加する。最近では、浸透量の抑制等のため、冬に代かきを行った後に、一旦乾かして播種する地域もある(福島県の事例、今回の調査対象外)。

飼料用米等の新規需要米の場合、主食用米の需要減少にあわせた作付拡大で対応されており、水稻の水張り面積が大幅に増加することはないと考えられる。しかしながら、排水不良などの理由から麦・大豆などの生産が難しい低湿地帯の場合、局地的に水稻の水張り面積が増加し、用水需要に影響することも考えられる。

また、飼料用米として奨励されている多収性品種の作付けは、登熟期が長期間必要<sup>1)</sup>であり、水の必要な期間も長期化する傾向にある。このため、代かき期や落水期が後倒しとなり、地区のかんがい期間が延伸する可能性もあると考えられる。

このように、「管理組織の弱体化」や「水利秩序の形骸化」といった配水管理に直接悪影響を与える問題以外にも、農業構造の変化により、配水管理のための



労力が担い手の負担になったり、稲作品種の多様化や乾田直播など、営農状況の変化が農業用水の需要に影響を与えている。

土地改良区も担い手もできるだけ配水管理に手間をかけたくないで、省力化とともに、用水需要に即応した管理を行う方向に進むだろう。しかし、ICT化やパイプライン化による管理の省力化・高度化も重要だが、ハイテク技術などを用いた精緻な手法ばかりでもないのではないか。土地改良区や担い手が、「管理組織の弱体化」や「水利秩序の形骸化」に悩みつつ、配水管理の省力化、高度化をどのように実現しているのか。現場における知恵はどのように発揮されているのか以下に紹介する。

### 3. 配水管理システムの向上

#### (1)省力化と高度化のための取り組み

まず、土地改良長期計画にも掲げられていたように、担い手の負担感軽減や営農変化に対応するため、パイプライン化や水管理システムなどのハード整備による省力化と管理の高度化を実現している事例を紹介する。

**【取組1】** 水源から支線分土工までをパイプライン化することにより、用水の到達時間の短縮、無効放流の抑制、維持管理労力の低減等が可能となった（三重県L地区、滋賀県K地区）。

**【取組2】** 末端水路をパイプライン化することにより、ほ場一筆毎に給水栓の設置が可能となり、開水路に比べて用水管理の制約が減少し、需要者からの水管理も容易となった（新潟県G地区、三重県L地区、北海道A地区、滋賀県K地区）。

**【取組3】** 水管理システムを整備することにより、各ポイントの流量把握や遠方制御による用水配分の高度化等の精密な水需要の把握が可能となり、節水につなげている。事例では、中央監視局に限らず職員の自宅から監視が可能なシステムも存在している（三重県L地区、滋賀県K地区）。

**【取組4】** 圃場の連担化により、畦畔の撤去や水田をつなぐパイプを設置し、水口の数を減少させ配水管理の簡素化を図るなどの取り組みを実施している（三重県L地区、北海道A地区、滋賀県K地区）。

なお、「取組4」にあるように、水資源が豊富であれば、「田越かんがい」など粗放的管理を行うのが、配水管理の省力化のための一つの方法であることは間違いない。節水してもダムや調整池に貯留できなければ河川に環流してしまうだけだ。しかしながら、水が不足しがちの地域では、手間をかけて、節水に努めつつ、以下のような輪番かんがいやブロックローテーションなどのソフト対策により精緻な管理や高度化のための努力が払われることになる。

**【取組5】** 用水ブロック毎に区分けし、夜間断水や隔日通水の運転計画を作成して組合員に周知している。いわゆる輪番かんがいであり、これにより、節水やポンプの電気代削減を実現している（新潟県G地区、三重県L地区、大分県M地区）。

**【取組6】** 以前は、細やかに分水ゲート毎の調整を行っていたが、最近では、用水ブロックの団地化やブロックローテーションを導入し、例えば転作作物のあるブロックにまとめて栽培することにした。これにより、そのブロックへの送水が不要（若しくは少量）となる用水計画を策定することで、ポンプ場側の運転操作で調整が可能になり、水利利用の負担軽減や節電等の効率化を実現している事例もある（新潟県G地区）。

**【取組7】** 開水路系統の末端エリアは用水が届きにくいなど水利利用の制約を受ける（自由度が低い）ため、そうした水田ブロックは畑作利用することで用水供給を行わず、他のブロックに用水を融通するなど水利利用の効率化を図っている（三重県L地区）。

さらに、土地改良区が大規模農家等のユーザーの必要水量を詳細に把握しようとする事例もあった。

**【取組8】** 作付け前に土地改良区が集落等からの聞き取りなどによりブロック内の転作状況を把握したり、集落毎に通水開始の希望日をアンケート調査することにより、当該年度の用水ブロック毎の配水計画（通水時期、用水量）を決定。ブロック毎の用水需要の把握による用水管理の高度化を目指している（三重県L地区、滋賀県K地区）。

#### (2)地元組織体制の負担感

しかしながら、こうした精緻な配水管理を行うためには、必然的に地元組織体制の強化や掛かりましの労力が必要となる。次にその掛かり増し作業の内容を紹介する。

**【取組9】** 掛け流しを行う経営体により地域の用水が逼迫する場合がある。そのため地元組織による掛け流し防止のためパトロールを強化するとともに、指導権限を付与し強制的に取水口を止水するなど水管理の粗放化の歯止めを行っている（岩手県E地区、新潟県G地区）。

**【取組10】** 集落内で上流ブロックと下流ブロックのコミュニケーションがとられるような会合を開催している（栃木県H地区）。

**【取組11】** 末端の水利調整を行う水利委員の持つノウハウを円滑に伝承するため、水利役員の同時期交代を避けるなどの取り組みを実施している（新潟県G地区）。

配水管理の高度化が必要な場合、土地改良区や担い手の手間が増えるため、組織的強化が必要になる。しかしながら、水利組合や集落の弱体化や高齢化が進む中でどのような対応がなされているのか、水管理組織

のあり方について類型化しながら、次章で述べる。

#### 4. 水管理組織のあり方

##### (1) 新たな水管理組織の構築事例

ここでは、配水管理の省力化や高度化に対応できる水管理組織の形態について、示唆を与えてくれる事例を、「営農サイド主導」、「土地改良区主導」、「外部サービスの利用」、そして、「新たな組織の構築」といった4つの取り組みに類型化して紹介する。

**【営農サイド主導による管理】**ある農業法人では、離れたほ場は作業効率が悪いと、同一の用水ブロック内での集積率を高めた結果、効率的な配水管理についても実現した事例がある。

具体的には、配水ブロック内を5つの配水システムで対応しており、5名の操作役員のうち、4名が農業法人の雇用者である（図-2の①、②、③、④に該当）。用水が少ない場合、2つの配水槽を操作することにより4つのシステムを止め、1つのシステムに集中的に配水するなどの調整が可能となっている。

このように、同一の配水ブロック内の農地を耕作する大規模経営体が水利委員を担い、分土工にある配水槽の操作を受け持ちながら、水管理を行うことにより、自身の農作業の見通しを立てることが可能となり、さらに、効率的な水管理が行えるようになった（岩手県E地区）。

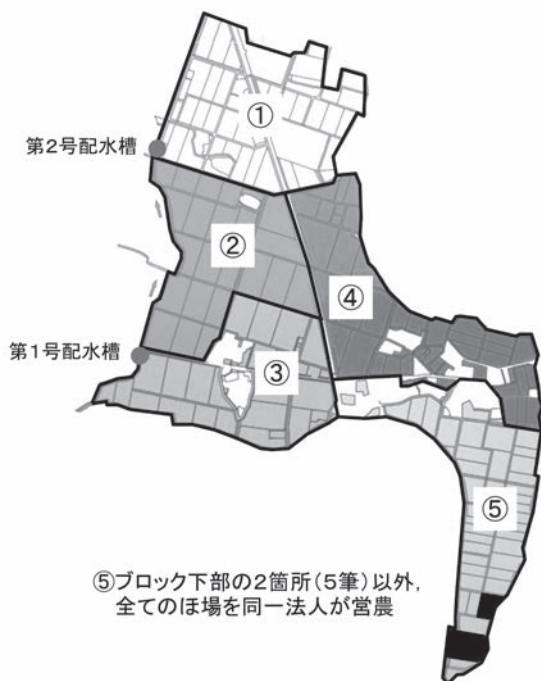


図-2 配水エリア

**【土地改良区主導による管理】**土地改良区が地域の農業者を委託雇用の形で末端の水利役員として配置し、配水管理にあたっている。集落との調整を水利役員である農家が担うことにより、土地改良区と組合員との

緩衝役として機能しているとともに、雇用の形態をとることにより一定の成り手の確保が可能となっている。

具体的には、土地改良区の管理施設である支線用水路については「水路監視人」と呼ばれる管理人を委託雇用している。さらに、近接するブロックの水路監視人同士が日常的に情報交換を行うことにより相互の従事内容の把握が可能となり、緊急時のバックアップ体制を構築している。毎朝、同一の揚水機場掛りの水路監視人が集合して情報交換を行い、もし、かんがい期間中に病気になったりした場合には、他の水路監視人が代理できるようにしている。この取り組みは人材育成を含めた効果もあるそうだ（宮城県F地区）。

**【外部サービス利用による管理】**地域の農家が減少することにより、出役が困難となっていることから管理業務の一部（取水口の開閉、スクリーン清掃等）を地元建設会社に委託することにより、土地改良区の負担を軽減している。なお、農家とのつながりがある会社が担うことにより、農家から配水管理に関する情報収集を容易にしている（北海道A地区）。

連絡網メールサービス（民間会社）等を利用して用水需要集中によるポンプ圧力低下などの状況の情報をリアルタイムで提供することにより、地域内での用水需給状況の把握が可能となり、各農家が自主的に取水をコントロールすることが可能となった。

具体的には、広報誌にQRコードを記載し組合員が登録する方式で、認定農家や水利係には直接登録を依頼している。約400経営体のうち約100件が登録している（滋賀県K地区）。

**【新たな組織の構築による管理】**都市化や農家の高齢化に伴い、水利役員の成り手が減少しており、新たな土地改良区の組織の構築を模索している地域もある。

水利役員について、半ば強制的に輪番制のボランティアとして選出されることからスキル不足でモチベーションが低く、1年で交代してしまう。昼間仕事に従事する水利役員がほとんどであり、親、配偶者が実質的に代理となっているケースが多発していた。このため、渇水時の用水調整だけでなく、土地改良区と地元とのパイプ役がおらず、農地転用や事業同意取得などの地元調整が困難になってきていた。

そこで、この土地改良区では集落組織による水管理体制の崩壊を最小限に食い止めるべく、「新しい総代」の設置を検討している。「新しい総代」には配水管理のほか、土地改良区と地元のパイプ役、土地改良区業務における地元指導者として助言を期待、「新しい総代」に対して、情報提供や管理技術のノウハウを提供することにより、土地改良区職員の負担軽減につながると考えている。専門性を持たせることから、任期は2～4年を想定している。

「新しい総代」の役割として、具体的には以下を想定している（表－1参照）。

表－1 役職別の任務（三重県L地区の場合）

| 主な任務              | 総代(従来) | 用水調整委員 | 水利役員     | 新しい総代 |
|-------------------|--------|--------|----------|-------|
| 総代会への出席           | ◎      |        |          |       |
| 説明会への出席<br>(通水関連) | △      | ◎      | ◎        | ◎     |
| 地区内の配水調整          | △      | △      | ◎        | ◎     |
| 地区内水路等の維持管理       | △      | △      | ◎        | ◎     |
| 支線水利工事の申請         | △      | △      | ○        | ○     |
| 改築・加工に関する地元調整     | ○      |        | △        | ○     |
| 他目的使用に関する地元調整     | ○      |        | △        | ○     |
| 事業の推進<br>(同意徴収含む) | ○      |        | △        | ○     |
| 任期                | 4年     | 4年     | 任期(1~2年) | 任意    |

◎積極的に取り組む任務 ○可能な限り取り組む任務 △担当者により取り組む任務

まずは、地域特性に応じた水管理技術を理解してもらい、緊急時、渇水時の早期対応を可能にし、土地改良区との連携を強固なものにする役割を求めている。

次に、通水説明会（地区委員会）への出席が挙げられる。現在は、統一性のない地域代表者が参加しているため、説明会の趣旨が理解されないことが多いことから、「新しい総代」で参加者を統一することにより地域間の連携強化につなげる。

また、地区内の配水管理、施設管理の地元指導は、水利役員に求められる最も重要な任務である。末端農地までの水を配分することが求められ、土地改良区への連絡役（地元総合窓口）として機能させる。例えば、末端パイプラインの整備がされた地域では、漏水や給水栓のゴミ詰まりや空気弁不良等の不測の事態に対する緊急対応が必要となってくるが、「新しい総代」は、自ら配水調整及び施設管理したり、指導的立場として集落の役員を指導する。

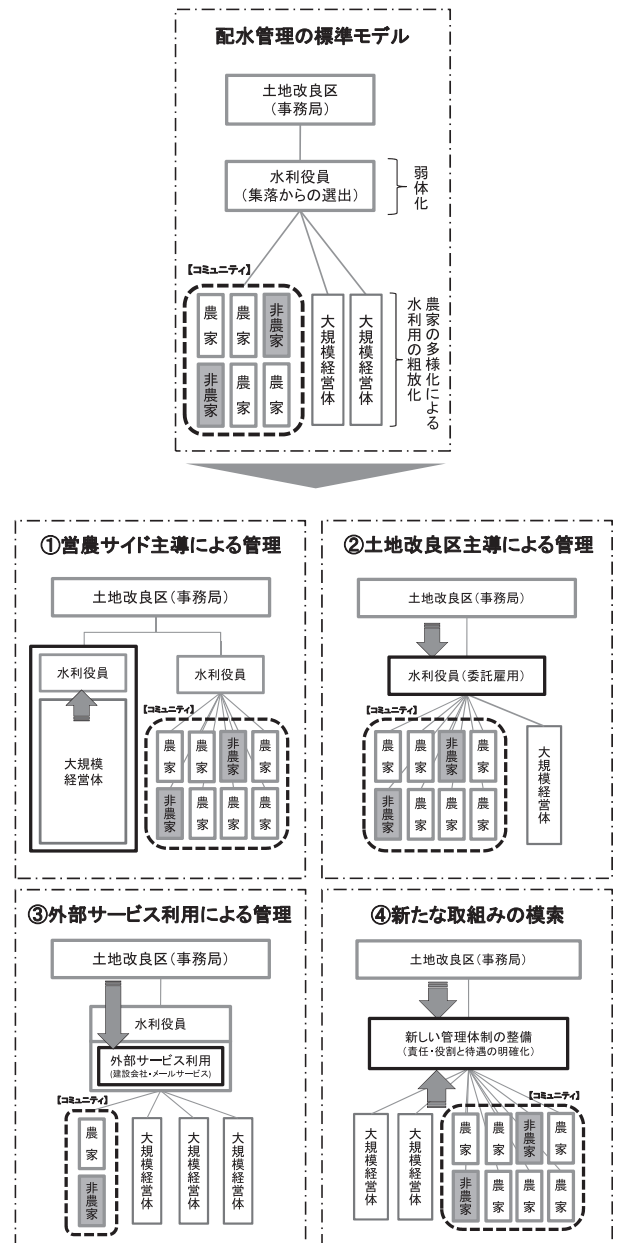
土地改良区所管の用水路工事施工に際して、集落からの様々な要望が発生するため、要望申請の窓口として機能させる。この他、農地転用時の施設撤去、残存農地の利水確保等の可否判断、権利移動時の農家相談、水路上部の多目的利用の可否判断、事業の同意取得等、地元側の協力体制を確立する。

こうした上で、「新しい総代」の理想人物像として年齢は55～75歳、小規模でもよいので農家、過去水利役員を経験した人、過去渇水時に水利関与したことのある人、としており、これら「新しい総代」の任務

を考えると、報酬は必要であるが、個人に付与するのではなく、集落組織への助成金とすることが望ましいとしている。

このように、水利委員の高齢化により、次世代の水利委員を養成することが難しい状況であることから、土地改良区としては報酬を支給することを条件に、水利調整に加え、地域内の合意形成をも担う「新しい総代」の構築を模索している（三重県L地区）。

以上のような新たな水管理組織の構築事例として、①営農サイドによる管理（大規模経営体が水利役員として配水操作を受け持つ）、②土地改良区主導による管理（水利役員を委託雇用）、③外部サービス利用による管理（地元建設会社へ外部委託、メールサービス活用）、④新たな取り組みの模索（水管理だけでなく同意徴収等の新たな組織検討）をイメージ化してみた（図－3参照）。



図－3 水管理組織のあり方

経営体の農地集積やパイプライン化が進んでいけば、担い手による配水管理ができる。それ以外の地域では土地改良区が主導しながら、地域の人材との新たな組織関係を構築しながら配水管理していくことになる。

しかしながら、後者の場合は、共助的な機能が脆弱してくると、公的な部門に頼ることとなり、どうしても、土地改良区の負担感が増すことになりがちだ。さらに、④については、土地改良区が集落レベルの体制強化にまで支援の手を差し伸べて、新たな組織体制の樹立を検討しているのである。

### (2)多面的機能支払との関係(補論)

冒頭でも、農地周りを超え、土地改良区や水利組合が操作を行う分土工から基幹的施設は多面的機能支払の対象から外れている旨述べた。多面的機能支払を活用した取り組みと土地改良区や水利組合による配水管理の関係はどうなっているのか、以下、補足的に検証する。

**【事例1】** 地区内では多面的機能支払29組織が活動しているが、開水路の目地、パイプライン、制水弁、畦畔の補修や、土砂あげ等を実施。各団体にはいずれかの水利組合が構成員になっている(岩手県E地区)。

**【事例2】** 広域協定を立ち上げ、市全域を1組織でカバーすることで事務負担の軽減、資材購入や補修のための工事発注を共同で行い経費を節減、さらに、活動費の調整や大型機械を共同で活用して、効率的な活動ができるようになっている(新潟県G地区)。

**【事例3】** 地区内では多面的機能支払126組織が活動しているが、土地改良区が事務局を担っている。これにより、地域と土地改良区の信頼関係が形成され、特に末端水路の保全に効果があったとしている(福井県J地区)。

以上のようにその活動単位は様々であり、水利調整が必要となる用水ブロック単位の範囲とは必ずしも一致していない。また、活動参加者も農家、非農家、自治会、老人会、建設業者、環境保護団体等と様々であり、水利調整組合の構成員も含まれていた。土地改良区が事務局機能を代替している事例もあった。

今回調査した地区では、多面的機能支払により実施されている活動は、農地周りの水路や畦畔、施設の補修や土砂揚げ等の維持管理であり、配水管理に関する内容については土地改良区や水利組合が実施を行っており、棲み分けがなされているようだ。

### (3)ICT活用の可能性(補論)

農業、特に配水管理におけるICTの可能性はどの程度あるのかについても、補足的に触れておかなければならない。

土地利用型農業の場合、広大な面積を少人数で管理することができれば、労働コストの削減が可能となる。

因みに、平成24年に行われた農家を対象とするアンケート調査<sup>vi)</sup>では、インターネットなどによる市況レベルの情報収集ソフト・システム利用に留まっており、この理由として「忙しい」、「ICT関係の知識不足」、「費用」が主な要因となっていた。

現在、農業分野でのICT技術の活用は、圃場レベルのものと、もう少し広範囲な水系レベルのもの2種類があるようだ。

まずは、圃場レベルでの活用例である。GPS機能を用いた農業機械の運転支援システムは、大規模な圃場中での走行位置をナビゲーションして、肥料や農薬散布量の削減と走行経路を最適化する。また、自動操舵システムも開発されており、オペレーターの労力軽減が期待できる。さらに、遠隔操作や完全自立走行を可能とする取り組みもあるが、安全性の確保が重要な課題となっている。これらシステムは大区画圃場での導入事例が多く、北海道で先行して普及しているようだ。

このほか、圃場の水位、水温、気温、地温等を計測する水田センサと呼ばれる計測機器の開発も進んでいる。農家が携帯端末からグラフを確認して、生育状況や営農管理の判断を行うことが可能となる。自動給水栓や地下かんがいの給水バルブに通信機能を持たせ、給水状況のデータを蓄積する技術の開発も進んでいる。

次に水系レベルでの取り組みであるが、土地改良区は、従前から水管理システムを整備して、施設管理を行ってきた。また、土地改良区が管理すべき受益地の範囲や組合員名簿、施設管理台帳といった情報も、データベース化やGISシステムの導入が進んでいる。

これら以外に、異常気象や施設の故障時にメール配信を行ったり、既に、4.(1)の「外部サービス利用による管理」で紹介したが、民間のメール配信サービスを活用し、ポンプの運転状況を営農者と共有するといったきめ細かな取り組みを進めている土地改良区もある。

以上のように、幅広い分野でICT技術の活用の検討が進んでいる。農業機械の自動操舵システムや生産管理ソフトなどは、農業者自身が活用することで、経営規模の拡大や営農コストの縮減に貢献する可能性がある。

水田センサや多機能型の自動給水栓についても技術開発は進んでおり、今後は機器自体や通信に関する費用などの課題が解決すれば、広く普及する可能性がある。

これらの機器はほ場レベルでの農業用水の需要を把握するためにも有効な取り組みだ。このような情報をまとめて農業者と土地改良区が共有すれば、双方向での水需給の「見える化」が可能となり、地区全体でもより効率的な配水管理が行えるのかもしれない。これま

では、配水管理では、地縁社会の相互監視が秩序を守ってきたといえるが、このような「見える化」が代替のツールとして使えるかもしれない。

## 5. おわりに

水資源が豊富であれば、粗放的管理を行うことで配水管理の手間は簡単に省ける。水資源が逼迫していれば、手間をかけて輪番かんがいやブロックローテーションなどの管理が必要になってくる。

配水管理の高度化は、土地改良区や担い手の手間が増え、ハード整備や組織的強化が必要になる。農地集積やパイプライン化が進んでいけば、担い手による配水管理も可能だ。本文でも触れたが、パイプライン化しても河川自流を利用する地区では余った水は下流に流れていってしまうだけなので、調整池やため池などの水源施設とセットに考えるべきだ。さらに、電気料金等のエネルギー効率も考慮されなければならないだろう。

それ以外の地域では、土地改良区が主導しながら、地域の人材との新たな組織関係を構築しつつ、配水管理をしていくことになる。この場合、配水管理という作業自体が、共助的な機能から土地改良区の公的な部分へ移転が行われる傾向にある。また、配水管理については多面的機能支払の取り組みとは棲み分けがなされているために土地改良区の負担感は増していく可能性が高い。

ICTの活用については、現在のところ、コストが普及の鍵を握っているが、民間のメール配信サービスといった現在でも利用可能なツールを活用することで、土地改良区と農業者が配水管理に関する情報を「見える化」している事例も見られ、大きな可能性を持っていると思う。

なお、水源の逼迫度を横軸、水管理の省力化、合理化を縦軸にして、水管理組織のあり方をイメージ化した(図-4参照)。まず水資源が豊富の場合は、従来の水利用や営農について、そのままでは何ら問題はない。一方、水資源が逼迫しているが、水管理の省力化、合理化が進んでおれば、担い手主導やICT化も可能であ

る。それ以外は土地改良区主導で水管理体制の範囲拡大や新たな組織が求められる。

これまで、集落や水利組合が担ってきた配水管理は、農村協働力を十分に活用してきた。前述の水資源が逼迫しているところでは、ハード整備や農地集積の状況によるが、担い手主導による管理の高度化を進めことが可能な地域と、土地改良区主導の水管理体制とせざるを得ない地域に分化される。総体としては、地域の特性に応じた複雑(重層的)な管理から単純(二層的)であるが外部化や負担を伴う管理に移行が進むのではないか。

- i) ここで言う配水管理とは、河川から取水された農業用水が幹線水路、分土工を通り、末端水路から水田に至るまで水利施設の操作や地域のルールにより適切に配分することを指しており、通常、幹線水路等を土地改良区、支線水路を水利組合、ほ場周りの水路を各農家がお互いに連携しながら管理を行っている。
- ii) 新たな土地改良長期計画では、「農村協働力は、農業生産活動を基軸とした人々のつながりにより発揮される能力ないし機能」、「農村におけるソーシャル・キャピタル」としている。
- iii) 平成2年度より、水資源課(当時は水利課)において、農業水利や農業水利権を所管する立場から、農林水産省として果たすべき役割、今後の農業用水の確保方策や農業用水の多面的利用のあり方など農業用水に関する基本的事項について毎年テーマを設定し、学識経験者の指導助言も得つつ検討を行っている。
- iv) 調査地区は、水田地帯を中心として、用水需要の変化や的確な配水の困難化に伴い用水不足が生じている地区である。
- v) 例えば、多収性品種であるミズホチカラは登熟期間が50日以上かかる(H27播種用飼料用イネの栽培と品種特性、日本草地種子協会)。
- vi) 農業分野におけるIT活用に関する意識・意向調査結果は平成24年7月中旬から下旬にかけて農林水産省情報ネットワーク事業の農業者モニタ1,296名に対して実施し、1,062名から回答を得たものである。

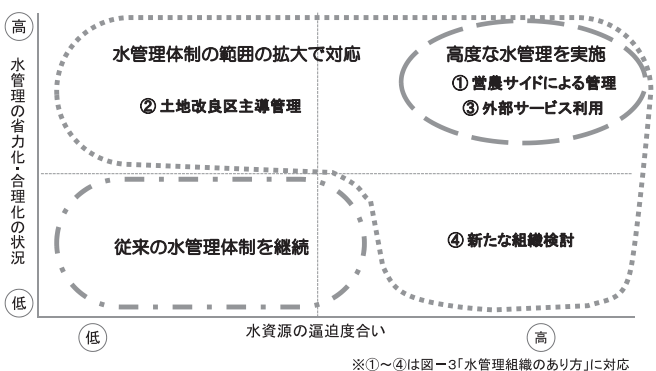


図-4 水管理組織のあり方の関係性

# 深山に水源を求めて－大鳥池制水門の歴史

飯野 昭 司\*  
(Shoji IINO)

## 目 次

|                    |    |                  |    |
|--------------------|----|------------------|----|
| 1. はじめに            | 60 | 5. ため池等整備事業による改修 | 62 |
| 2. 神秘の池－大鳥池        | 60 | 6. 赤川の治水・利水の変貌   | 64 |
| 3. 水源涵養と大鳥池の利用     | 61 | 7. 現在の管理と水利用     | 64 |
| 4. 用排水改良工事による制水門新設 | 62 | 8. おわりに          | 65 |

### 1. はじめに

山形県庄内地域の南部を流れる一級河川赤川<sup>あかがわ</sup>は、山形県と新潟県にまたがる朝日山系の以東岳<sup>いとうだけ</sup>（標高1,771m）を源とし、山中にある大鳥池<sup>おとりいけ</sup><sup>※1</sup>から溪谷を流れ、鶴岡市落合で霊峰月山<sup>がっさん</sup>から発する梵字川<sup>ぼんじがわ</sup>と合流した後、庄内平野南部を北流し日本海に注いでいる。

日本海側気候に属するこの地域の山岳部は日本でも有数の豪雪地で、豊富な雪解け水は赤川流域に広がる豊かな穀倉地帯をうるおし人々の暮らしを支えてきた。しかし、夏場は洪水や渇水に見舞われることもしばしばで、古くから干ばつに悩まされてきた農民にとって渇水時の水源確保は積年の課題であった。

明治20（1887）年に赤川の最上流にある大鳥池をかんがい用水源とする調査を開始し、紆余曲折を経て、昭和9（1934）年には大鳥池の流出口に制水門を築造

し、堰上げた3m分の貯水量114.2万m<sup>3</sup>を新たな水源として確保した。その後、平成2（1990）年に制水門の全面改修工事を終えた大鳥池は、干ばつ時の最後の頼みの水として今も重要な役割を果たしている。

※1；大鳥池を「大鳥湖」「大鳥ダム」と呼ぶこともあるが、本稿では「大鳥池」に統一した。

### 2. 神秘の池－大鳥池

大鳥池は以東岳の北麓、ブナの原生林に囲まれた標高966m<sup>※2</sup>の高所にある周囲長3.5km、湛水面積0.4km<sup>2</sup>、最大水深68mの自然湖で、以東岳から見おろす大鳥池は熊の毛皮を広げた形にみえる。山形県鶴岡市（旧朝日村）大鳥字深谷現に位置し、現在でも最寄りの林道から約8km、徒歩で片道3時間を要する僻遠の地である。

昔から神秘の池と伝えられ、女人禁制の域であった。大正15（1926）年に山形高等学校（現山形大学）の安齋徹教授らによって初めて調査が行なわれ、日本では珍しい花崗岩地にある湖で、大規模な山崩れによりできた堰止湖であることが確認された。

池に生息する魚はイワナやヒメマス等であったが、



図－1 大鳥池の位置



写真－1 以東岳上空からみた大鳥池

\*山形県庄内総合支庁農村計画課  
(Tel. 0235-66-5541)



図-2 幻の魚「タキタロウ」

漁業権が設定されてからヤマメとカワマスが放流されている。また、池の深部には体長が2 mから3 mになると伝えられる巨大魚タキタロウが棲むといわれ、昭和50(1975)年に人気漫画『釣キチ三平』で「O池の滝太郎」として紹介されてからその名は一躍全国に知られるようになった。

※2：制水門による3 m堰上げ後の水面標高  
(周囲長及び湛水面積も堰上げ後の数値)

### 3. 水源涵養と大鳥池の利用

赤川流域 12,000ha 余りの水田は、戦国時代から徳川中期頃にかけて開削されたと伝えられる9つの堰(上流から、熊出堰、三ヶ村堰、青龍寺川、大川堰、志田堰、因幡堰、五ヶ村堰、中川堰、大宝寺堰)によりかんがいされてきた。明治25(1892)年にこれら各堰の水利組織とは別に赤川普通水利組合が設立されたが、この組合は堰の管理はせず、治水・水源涵養・各堰に水を取り入れやすくするための河川工事を担当し、水利組織でありながら治水団体的性格が濃かった。大正中期から始まった国や県の治水事業にも積極的に関わり、利水のための保全を進めるにつれて分水にも関与し、昭和に入ってから各堰に対する事実上の分水調停者となった。

当時、赤川の上流部には豊かな森林があり、水源涵養林としての役割を担っていた。藩政時代には郡奉行が山林の取締りにあたり山を守ってきたが、廃藩置県後になると、木材需要が急増したこともあって乱伐の傾向がめだってきた。県では明治13(1880)年以降、はげ山となった官有林等に植林して山林の保護を図り、翌14年には民有林においても有志が組合をつくり世話役を決めて森林保護の計画をたてている。

水源地の荒廃に危機感をもった県や赤川普通水利組合の前身である赤川筋水利土功会は、明治20(1887)年9月に赤川の最上流にある大鳥池を新たな水源とする調査を敢行した。東田川郡役所の職員や議員を含め総勢19名が参加したこの調査では、大鳥村から池までの距離、池の高度、大鳥川(赤川上流部の呼称)沿いの伐木の景況、池の周囲面積・水質、周囲樹木の生育、池の近傍の降雪時期、大鳥村から池までの新道開削の難易、大鳥川へ流入する沢の名称、水量の多寡等を

詳細に調べている。この調査の貴重な経験は赤川普通水利組合に受け継がれ、その後の水源涵養林設置の動きへとつながっていく。

明治27(1894)年には水源涵養林設置の基本方針が確定され、水源涵養林設置に関する調査が始められた。この当時、大鳥官有林内にある大鳥鉱山(銅鉱)では精錬用の薪炭材として毎年多量の樹木を伐採しており、水源地保護の立場から大きな問題となっていた。組合では県知事に伐採停止処分を請願し、あわせて大鳥官有林のうち43,201haを保安林に編入するよう申請した。これに対し大鳥鉱山の経営者である大資本家の古河は激しい反対運動を展開したため、組合は保安林編入面積を大鳥鉱山に關係のある22,648haにしぼって古河の動きに抵抗した。その後の経緯については割愛するが、明治43年には国からの払い下げを含めた1,246haの林野を組合財産として保有し現在に至っている。

明治20年代以降になると庄内地域では乾田馬耕が急速に普及した。乾田化の進行はより多量のかんがい用水を必要としたため、明治33(1900)年には末流の中川堰普通水利組合から用水増量の要求が出されている。この用水増量工事申請のなかに、大鳥池に貯水上適当な工事を施すという計画が記されていた。

明治40年前後から耕地整理事業が急速に展開されるにつれてこの計画が具体化し、大正3(1914)年の赤川普通水利組合通常会において大鳥池貯水計画が提案された。しかし調査を進めるうちに貯水上の欠陥が見つかり、大正6(1917)年の通常会では「貯水上価値なし」として調査は打ち切られた。

その後、大正10(1921)年の大水害、昭和5(1930)年以降の県直轄赤川上流工事等の展開と対応して、用水源の増強が赤川流域の重要な課題となっていった。昭和7(1932)年、赤川普通水利組合会議に再び提案された大鳥池貯水計画の建議書は満場一致で決議され、さっそく同年に測量が行われた。あわせて県との交渉も進められ、翌昭和8(1933)年に県営用排水改良工事として着工されることになったのである。



写真-2 制水門築造前の流出口(銚子口)

#### 4. 用排水改良工事による制水門新設

赤川普通水利組合は、昭和24(1949)年に制定された土地改良法により赤川土地改良区に組織替えとなり、その後、赤川土地改良区連合、さらに庄内赤川土地改良区へと引き継がれている。その過程で古い資料の大部分は廃棄されたが、昭和9(1934)年度の工事関係書類は大切に保管されていた。この書類の冒頭に、県が契約した請負人が工期半ばの7月8日に急逝し契約解除となったため、残工事は随意契約により赤川普通水利組合が請負うことになったと記されている。7月25日に県知事と契約を締結し、8月2日には竣工期限を9月30日として個人請負人と下請契約を結んでいる。

工事内容は、大鳥池の水が流出する銚子口に制水門を新設して水位を3m堰上げし、その分をかんがい補給水とするもので、有効貯水量は114.2万 $m^3$ 、毎秒5 $m^3$ 放流で約64時間流下できる計算であった。制水門は堰高5.69m×堰長24.85mの鉄筋コンクリート造で、骨材をはじめ、基礎と堰柱の一部、減勢工や護岸には現地の石を使用している。水門本体は角落しが3門(堰上高3.00m×幅2.45・2.75・2.45m)、木製スルースゲート(扉体高2.0m×幅1.40m)が2門で、堰堤には角落しを巻き上げるレール移動式のウインチが設置された。

当初の請負人が施工した出来高は約47%で、現場に存置された物件及び運搬中の材料等はすべて下請人に譲渡されたが、竣工期限までは2か月足らずしかない。監督日誌を紐解くと、8月5日には早くも工事に取りかかり、豪雨の日以外は休みなく作業を続け、現

場に雪が降る直前の10月18日に完成している(契約変更により工期は11月20日に延期)。作業人員は一日30人から118人で延べ5,175人、平均すると毎日70人ほどが働いていたことになる。総工費は当時の金額で48,600円、赤川普通水利組合の負担は23,268円であった。

大鳥集落から先は人ひとり通るのがやっとの狭い道で(現登山道のうち冷水沢から池までの区間はこの工事の際に造られた)、資材運搬はすべて人肩に頼るほかなく、片道約20kmの道のりを一袋50kgのセメント袋を担いで運んだという。しかし、「セメント運搬賃金ハ著シク小額ニシテ運搬ニ従事スルモノ日ニ日ニ減少シ…」という状況に陥り、工事の遅れはもとより完成を危惧した組合では、セメント2,000袋に対し200円の運搬補給金を緊急支出している。

こうして制水門工事はわずか2年で完成したが、昭和11(1936)年に制水門水叩補強工事並びに観測所新設工事、さらに制水門漏水防止工事を追加施工している。このような長い経過と血のにじむような苦難を乗り越えて得られた貴重な水は、流域の水田12,000ha余りの補水として渇水時に赤川へ放流され、分水問題の緩和と干ばつ被害解消の切り札となったのである。

#### 5. ため池等整備事業による改修

冬期間の積雪深は数mを超えるといわれる厳しい自然条件のなか、築造後50年以上経過した施設はコンクリートの劣化が顕著になった。崩壊の危険が懸念される状態となったため、昭和59(1984)年から県営ため池等整備事業による全面改修工事に着手した。

大鳥池制水門断面図

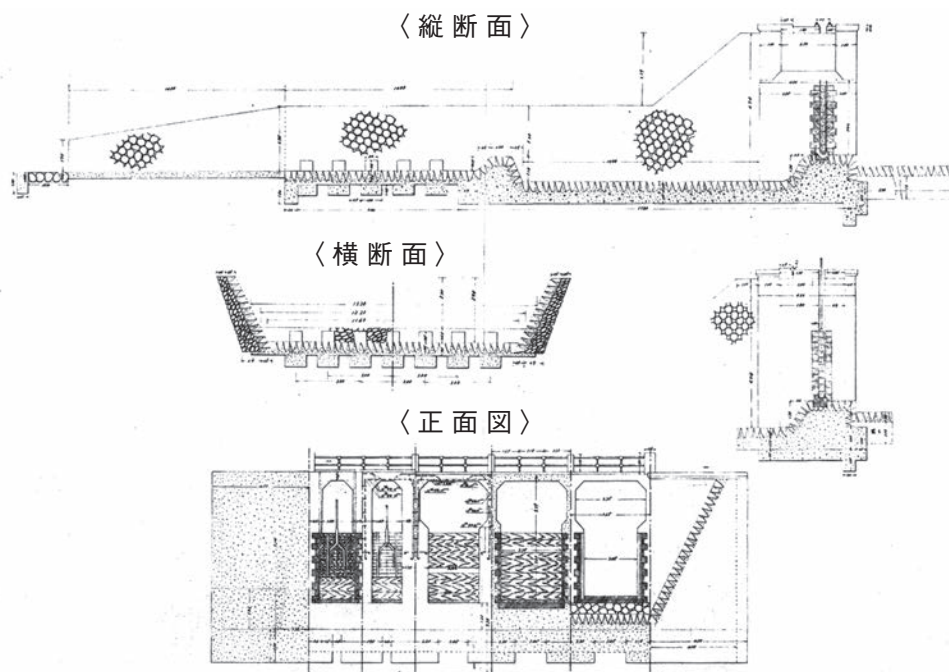


図-3 (旧) 制水門構造図



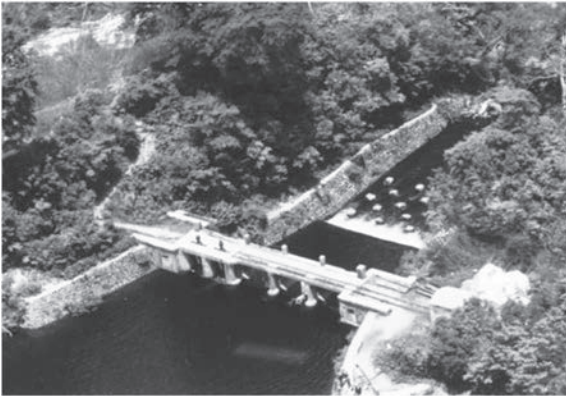


写真-3 (旧) 制水門全景



写真-5 大型ヘリによる資材運搬



写真-4 (旧) 制水門角落し操作状況

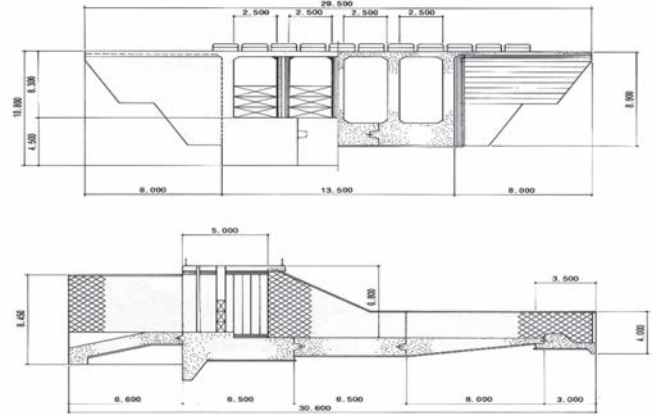


図-4 (新) 制水門構造図

山岳地帯の工事という特殊性から資材運搬は大型ヘリコプターを使用することになり、現地での着工前に山麓の林道沿いにヘリポートを造成した。本工事で主力となったのはフランス製のSA330J(ピューマ)という当時の国内保有機のなかでは運搬能力がトップクラスの大型ヘリで、山麓ヘリポートから片道約8km(標高差約600m)を1サイクル8分で、平均2トンの建設資材を運搬できた。建設資材の大半はコンクリート用骨材であり、建設資材総量3,800トンの運搬費は全体工事費の約60%を占めるほどだった。

現地の仮設用地には現場事務所兼労務者宿舎をはじめ、コンクリートプラント、濁水処理設備等の仮設備がところ狭しと配置された。現場事務所兼労務者宿舎は20人分の収容能力がある63坪ほどの仮設住宅で、二人部屋10室と事務室、食堂、水洗トイレ、浴室等があり、無線電話、衛星中継用テレビアンテナも備えられた。冬期間の積雪量は観測記録がないため、近郊の月山新道の最高積雪深7.15mを参考にして10mの積雪に耐える構造とした。

重機を使つての工事は順調に進められたが、旧堰堤の取り壊し作業が予想外に難航した。調べてみると旧堰柱の基礎部分は原石を加工して堅固に組んであったため、容易には解体できずついにはブレイカーが壊れるほどであった。コンクリート部分の劣化は進んでいたが、硬い石を選んで精巧に組み上げた石組はほとんど



写真-6 工事現場全景  
(左上が制水門、中央が現場事務所兼労務者宿舎)

ど無傷だったのである。

改修により制水門は堰高6.30m×堰長29.50mとなったが、貯水量は114.2万 $m^3$ で変更はない。4門の水門(角落し)は維持管理を考慮してFRP製とし、手動巻上機も更新した(その後平成12(2000)年度に電動化)。

工事現場は磐梯朝日国立公園内にあり、加えて鳥獣保護区特別保護地区、国有保安林という優れた自然環境下にあったため、工事においてはこれらに配慮することが求められた。平成2(1990)年秋に現地での工事が完了し宿舎等の仮設備を撤去した後は、工事用地

をすべて林地に復元するための緑化工事を施工した。

工事は4年間の債務負担行為で実施され、作業員は毎年6月から11月までの半年間、毎週月曜日に山へ上り金曜日に下山するという生活を続けた。山中の現場のため自由時間でも外出する場所はなく悪天候の際は仕事ができないため、日が長いときは午前5時頃から午後6時頃まで作業したこともあったという。

総事業費は5億3千万円で、改修後はより安定したかんがい用水の利用計画が可能となり、施設の崩壊による災害の危険も解消された。



写真-7 改修後の制水門

## 6. 赤川の治水・利水の変貌

ここでは、大鳥池（旧）制水門完成後の赤川の治水・利水について簡単に述べる。

昭和13（1938）年、内閣直属の企画院は電源開発と都市及び工業用水の確保を図る河川統制を立案。赤川では昭和16（1941）年にダムの計画調査が着手され、昭和18（1943）年頃までに測量及び地形・地質調査を実施したが、戦争の激化により計画は中断された。

戦後、赤川上流の包蔵水力に注目した国と県は、電源開発と洪水調節に加え農業用水源の安定化を図る多目的ダムを計画。昭和31（1956）年、赤川上流部の大鳥川に有効貯水量3,087万 $m^3$ の荒沢ダムが着工からわずか6年で完成した。さらに、昭和33（1958）年には梵字川に発電専用の八久和ダム（有効貯水量3,330万 $m^3$ ）が完成。発電後の水は流域の異なる大鳥川に放流され、その後下流には次々と発電所が建設された。ダムの建設は下流水源の安定化をもたらしたが、その一方で河床低下と水温低下という農業用水にとっては深刻な問題が新たに発生し、河床低下に伴う取水の困難は分水をめぐる水利紛争の火種ともなった。

その結果、小規模な取水施設で別々に取水する方法を抜本的に考えなければならない状況となったが、赤川普通水利組合から組織替えとなった赤川土地改良区と各堰の水利組合はその役割の違いにより真っ向から対立した。各堰の水利組合は昭和35（1960）年7月に赤川土地改良区連合を設立し、各堰の水門管理を連合

に移管した。その後行政の仲介もあって赤川土地改良区の仕事と財産は連合に引き継がれ、同年11月に赤川土地改良区は解散した。これにより、赤川筋水利土功会以来長年にわたり利水者を中心として行なってきた赤川の管理は行政機関の手に委ねられることになった。

昭和39（1964）年には、既存の取水施設9か所のうち最上流の熊出堰を除いた8か所を統合（合口）する赤川頭首工、河川還元水を反復取水する赤川揚水機場、幹線用水路7路線を整備する国営赤川地区農業水利事業が着工され、昭和49（1974）年に完成した。また、平成22（2010）年度からは、赤川頭首工と幹線用水路の改修、赤川揚水機場の廃止（頭首工への統合）、水管理施設の整備を目的とした国営赤川二期地区農業水利事業が始まり、現在も実施中である。



写真-8 改修工作中的の赤川頭首工

## 7. 現在の管理と水利用

大鳥池制水門は赤川土地改良区連合で管理していたが、連合組織は平成17（2005）年に解散し、現在は管理を引き継いだ庄内赤川土地改良区と因幡堰土地改良区が共同管理を行っている。

毎年雪が消える6月になると、大鳥集落在住の施設管理人と土地改良区職員は水門の点検に向かう。水門格納庫の雪囲いを外し、以東岳への登山道にもなっている堰堤に手すりを設置する。厄介なのは雪解けに



写真-9 流木除去作業（旧制水門時代）

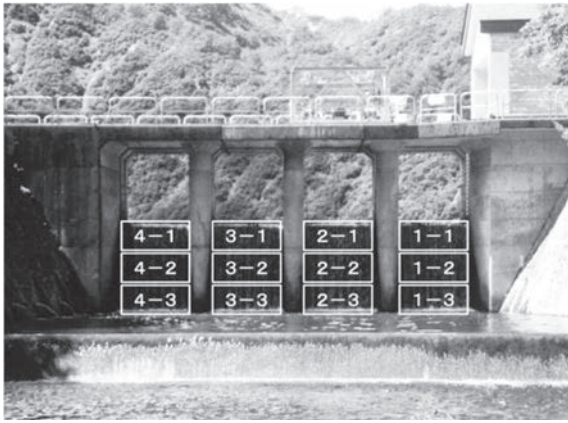


写真-10 水門の番号（左岸から1，2，3，4）



写真-11 放流状況（2-1を開けた直後）



写真-12 放流前の流況  
（大鳥川）



写真-13 放流から約3時間  
後の流況

よって堰柱等に漂着した流木の除去である。旧制水門時代は管理用の木造船を使って撤去していたが、今は人力で上から引き上げている。6月から10月までは月に一度施設管理人が水門の点検と整備を行なっているが、天候が急変した時は下山できず泊まりがけになることもあるという。降雪前の10月中旬に最終点検と水門格納庫の冬仕度をしてその年の管理を終える。

放流は、下流河川の急激な水位上昇を抑えるため、管理規程に基づいて時間をかけて行なわれる。放流量は平均 $5\text{ m}^3/\text{秒}$ （最大 $8\text{ m}^3/\text{秒}$ ）で、 $114.2\text{ 万 m}^3$ の放流には約64時間かかるため、3泊4日の行程となる。放流量と下流水位を確認しながら、2→3→1→4の順に一段ずつ角落しを開ける（写真-10参照/水門を閉める時は逆に4→1→3→2の順）。放流された水は約3時間後に下流の荒沢ダムに到達しいったん貯

留されるが、水位増加分は再び赤川に放流され鶴岡市熊出にある赤川頭首工で取水されて各用水路に配分される。

以前は干ばつのおそれがあると認められたとき以外は放流しなかったため、3～4年に一度の放流であった。近年はかんがい用水補給の目的で積極的に活用する方針になったが、それでも2～3年に一度程度である（最近では平成19（2007）年，平成22（2010）年，平成24（2012）年，平成27（2015）年に放流）。作業期間中は近くの避難小屋（タキタロウ山荘）に宿泊するが、4日分の食糧等を持参するため行き荷物は20kg近くになり急坂では何度か休まないと登れないという。

平成28（2016）年10月中旬、今年度の最終点検と雪囲いに当課の職員も数名同行した。色づきはじめてブナの樹林帯を上り大鳥池に着いた頃には霧雨となった。冷たい雨のなか小一時間ほどで作業を終え、水門格納庫で昼食をとってから室内を清掃し、念入りに雪囲いをして大鳥池を後にした。

## 8. おわりに

以東岳頂上直下に建つ以東小屋（現在建替え中）は、農業用水の守護神を祀っていた「赤川水神社」の建物を昭和48（1973）年に赤川土地改良区連合が旧朝日村に譲与して避難小屋としたもので、小屋の二階にあった神棚は赤川水神社鎮座所そのものであることを今回初めて知った。私事になるが、天気の良い日は自宅から約55km離れた以東岳がきれいに見える。そこに降った雨が赤川頭首工で取水され、水系の最末端にあたる自宅前の用水路まで届いていることを思うと感慨深いものがある。

平成2（1990）年の改修から30年近く経過し、水門本体に不具合はみられないが、木造の格納庫の外壁に腐食が発生している。いずれまた改修の時期が来ると思うが、どんなに農業情勢が変化しようとも大鳥池の必要性は変わらないだろう。深山に水源を求め、営々と水源涵養や施設の維持管理を続けてきた先人たちに深甚なる敬意を表し、本稿を終えることとしたい。

執筆にあたり、貴重な資料の閲覧をはじめ庄内赤川土地改良区の皆様から多大なる御協力をいただきました。この場を借りて感謝申し上げます。

### 【参考文献】

- 昭和9年度大鳥湖制水門新設関係：赤川普通水利組合
- 赤川史：佐藤誠朗・志村博康（1966年）
- 赤川 治水と利水：建設省東北建設局月山ダム工事事務所（1984年）
- 山形の農業土木：第61号（1988年）・第74号（1991年）

## 無機系被覆工の摩耗進行特性とその予測

浅野 勇\* 川上 昭彦\* 森 充広\* 川邊 翔平\*  
 (Isamu ASANO) (Akihiko KAWAKAMI) (Mitsuhiro MORI) (Shohei KAWABE)

### 目 次

|                          |    |                       |    |
|--------------------------|----|-----------------------|----|
| 1. はじめに                  | 66 | 4. 全国の無機系被覆工の年摩耗速度の調査 | 69 |
| 2. 鬼怒川南部被覆水路での摩耗モニタリング概要 | 67 | 5. 摩耗測定に基づく摩耗進行予測     | 70 |
| 3. 被覆工の摩耗モニタリング結果および考察   | 67 | 6. おわりに               | 71 |

### 1. はじめに

農業水利施設は、食料生産に不可欠な社会資本であり、基幹的水路だけでも約5万キロが整備されている。高度経済成長期等に集中的に整備された基幹的水路は既に約3割が耐用年数を超過し、今後は耐用年数を超過する施設の増加が見込まれる<sup>1)</sup>。

無機系表面被覆工（以下「無機系被覆工」と呼ぶ）は老朽化した開水路の主要な補修対策であり、開水路の表面補修工の約60%以上を無機系被覆工が占める<sup>2)</sup>。無機系被覆工の耐摩耗性については、「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)」<sup>3)</sup>の中で、年摩耗速度を0.25mm/年未満とする品質規格値が示されているが、現場における無機系被

覆工の摩耗進行に関する定量的なデータは少ない。このため、実際の被覆水路における摩耗進行特性は未解明な部分が多く、その実態解明が望まれている。無機系被覆工の摩耗特性を解明し、その進行予測が可能となれば、摩耗進行の大小に応じた保全管理を行うことができる。つまり、摩耗進行が遅い水路では供用期間の伸長を、摩耗進行が速い水路では予防保全的な対策を実施することにより機能保全コストの低減が期待される。

本報告では、農林水産省のストックマネジメント技術高度化事業により平成23年度に栃木県鬼怒川南部幹線水路に施工された無機系被覆工の5年間の摩耗モニタリング結果と全国10か所の無機系被覆工の摩耗量調査結果を報告する。また、被覆工の1年間の摩耗

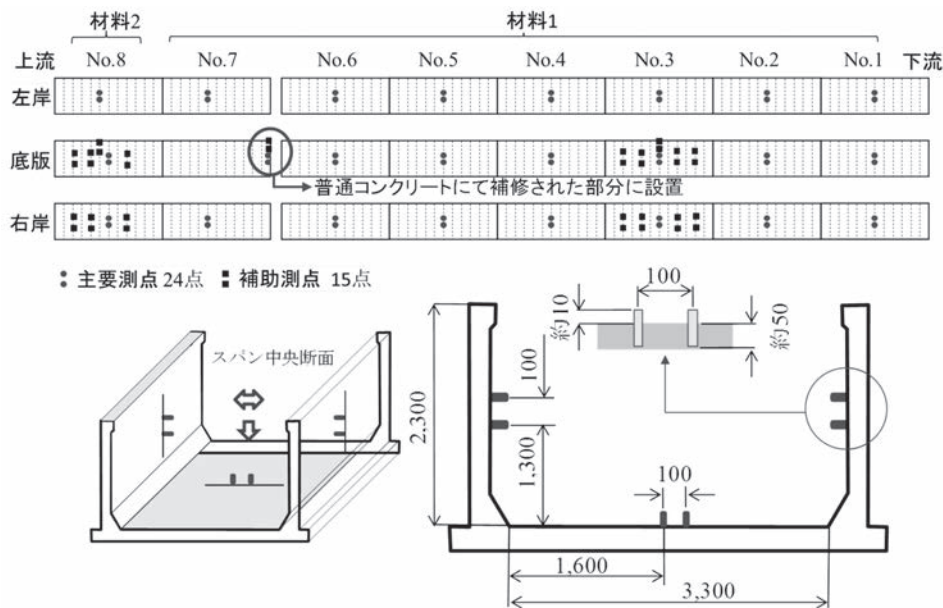


図-1 全スパンの測点位置とスパン内での設置位置（主要測点）

\* 農研機構農村工学研究部門

(Tel. 029-838-7572)

進行量である年摩耗速度に着目し、摩耗モニタリング結果から将来的な摩耗量を予測する手法を提案する。

## 2. 鬼怒川南部被覆水路での摩耗モニタリング概要

### 2.1 モニタリングの概要

農研機構では、利根川水系土地改良調査管理事務所および関東農政局土地改良技術事務所と連携し、平成23年度から農林水産省のストックマネジメント技術高度化事業により施工された栃木県真岡市大沼地区の鬼怒川南部幹線水路の試験区間（8スパン）の摩耗、付着強度等のモニタリングを実施中である。摩耗モニタリングの測点を図-1に示す。測点は主要測点が24点、補助測点が15点の計39点である。No.7底版のみ普通コンクリートを用いたスパン端補修部に2測点を設置した。施工後の平成24年3月に初期値測定を行い、平成28年12月までに計16回の測定を実施した。

### 2.2 対象水路の概要

被覆対象の旧水路は1966年（昭和41年）に施工され無機系被覆工の施工時点の供用年数は47年であった。水路型式は現場打ち鉄筋コンクリートフルム水路である（内幅3,600mm、壁高2,300mm、天端での壁厚200mm）。通水は4月1日～9月25日の期間であり、半年は通水、残りの半年は空虚となる、ただし、非かんがい期にも水路底版には水たまりが残ることが多い。かんがい期の流量は最大約19m<sup>3</sup>/sである。

水路は、供用開始から約40年が経過し鉄筋露出や粗骨材露出が顕著となり、2012年にストックマネジメント技術高度化事業により無機系被覆工の施工が行われた。施工完了から本年度（2016年度）まで約5年が経過し、その間計5回の通水を経験している。

無機系被覆工はポリマーセメントモルタルを主体とした2工法が施工された。スパンNo.1-7では左官工法による補修材料1が、No.8では吹付後コテ仕上げにより補修材料2が用いられている。なお、各工法の施工厚の平均値は、スパンNo.1-7では側壁で約11.4mm、底版は約14.2mm、スパンNo.8では側壁で約12.3mm、底版では約12.0mmであった。

### 2.3 摩耗の測定方法<sup>4)</sup>

レーザ距離計を用いた摩耗測定法により無機系被覆工の摩耗進行を測定した。図-2にレーザ摩耗測定法の概要を示す。レーザ摩耗測定法では、標点として2本のステンレスアンカーを予め被覆面に埋設する。測定では、レーザ光が2本の標点の中心を走査するようにレーザ距離計を据付け、0.1mm刻みでレーザヘッドから被覆面までの距離を測定する。その結果、図-3に示すように2本の標点の中心を結んだ線を基準線として表面の凸凹を写し取った摩耗曲線が得られる。

被覆工の摩耗進行とは、被覆面が流水等により削り取られ、その表面形状が時間的に変化する現象である。

よって、ある期間における被覆工表面の摩耗量は図-3に示す2つの摩耗曲線の間の面積で定量的に表わされる。本報告ではこの指標をさらに簡単にするために、図-3に示すように2本の標点の中央区間50mmを積分区間として摩耗した面積を求め、その面積を積分区間長50mmで割ることにより平均摩耗深さ $d_w$ （mm）を求め、この値を摩耗進行の指標とした。平均摩耗深さはある期間に被覆工の表面が削り取られる平均的な削れ深さを意味する。また、1年間の平均摩耗深さを年摩耗速度（mm/年）と呼ぶ。さらに、基準となる摩耗曲線 $w_0$ に通水前の摩耗曲線を用いると、平均摩耗深さは通水開始から測定時まで発生した全摩耗深さを意味する。このような通水開始からある計測時点までの平均摩耗深さを全摩耗深さあるいは簡単に摩耗深さと呼ぶことにする。

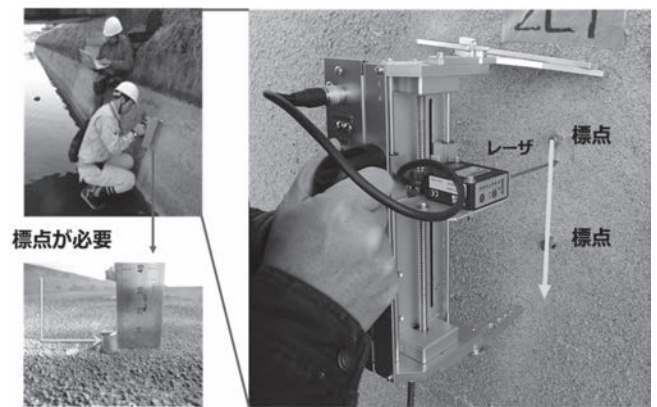


図-2 レーザ距離計を用いた摩耗測定

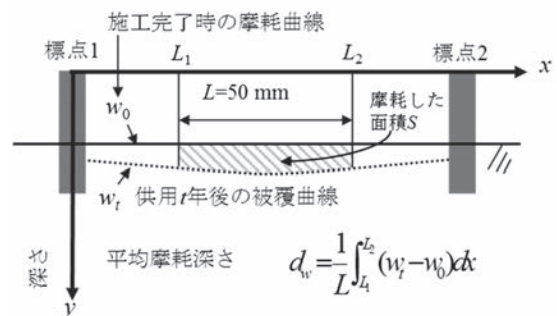


図-3 摩耗曲線と平均摩耗深さ

## 3. 被覆工の摩耗モニタリング結果および考察

### 3.1 摩耗深さの経年変化

図-4にスパンNo.1-7（材料1）の左右岸側壁、底版で通水開始時から5年間に計測された無機系被覆工の摩耗深さの経年変化を示す。なお、当該水路では初期通水前の摩耗曲線を $w_0$ として用いるため、ここで用いる摩耗深さは前述の全摩耗深さに等しい。図中の線は各通水年のデータの平均値を滑らかに結んだ平滑線であり、平均値の変動の目安となる。図-4には初期値が確実に測定されかつ5年間ほぼ連続して計測で

きた測点のみをプロットした。このため設置測点数に較べグラフのプロット数が少なくなっている。グラフにプロットした測点の数 (N) はグラフ内に記載した。

図-4から、無機系被覆工の側壁(左岸, 右岸)の摩耗深さは通水期間に比例してほぼ一定の勾配で増加する。また、摩耗深さの測定値のばらつきは、通水期間が増加するに従い拡大する傾向を示す。底版については、測点箇所が2か所と側壁に較べるとデータが少ないが、通水から3年目までは摩耗深さは増加傾向を示すが、その後はほぼ一定値に収束する。また、全体的な傾向として、摩耗深さは底版より側壁の方が大きい傾向を示す。

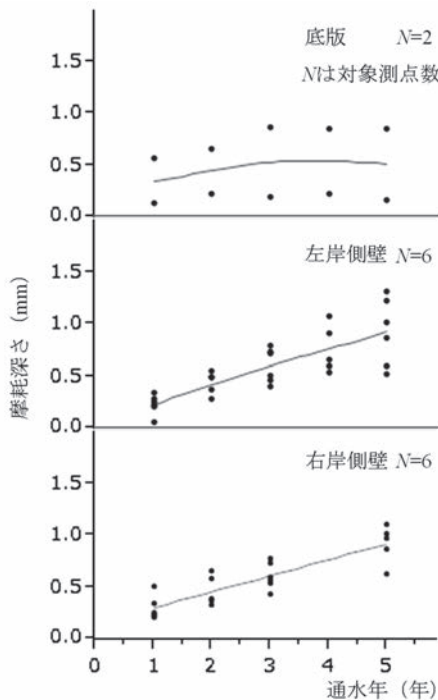


図-4 摩耗深さの経時変化

### 3.2 年摩耗速度の経年変化とその考察

図-5に底版と側壁で分類した無機系被覆工の年摩耗速度の経年変化を示す。年摩耗速度は通水1年間当たりの平均摩耗深さ (mm/年) を表す。図-5では、たとえば通水期間2~3年の1年間で算定された年摩耗速度をx軸の2.5年にプロットしている。図-5から、側壁の無機系被覆工の年摩耗速度は通水初年に最大となりその後一定値に収束する傾向が見られる。底版では通水から3年目以降では年摩耗速度はほぼ一定となる傾向が見られる。図-5では通水3年目および4~4.5年目の年摩耗速度のばらつきが大きい傾向にあるが、これらの年は他の年に較べて計測箇所数が多いため年摩耗速度のデータも他の年より多く見かけのばらつきが大きく見えるためと推測する。図-5のみのデータであるが、無機系被覆工の年摩耗速度のばらつきは経年的には落ち着く傾向にあると推測する。

通水初年度の年摩耗速度が大きくなる原因としては

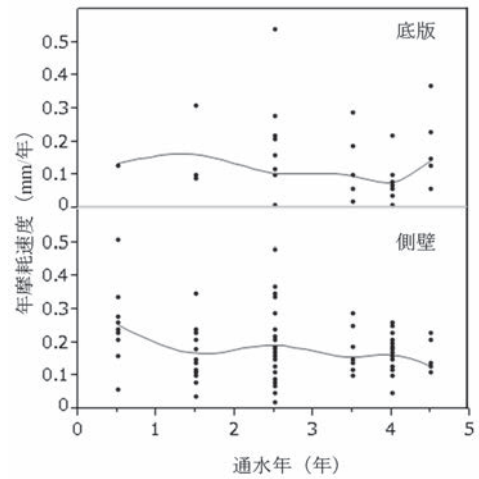


図-5 年摩耗速度の経時変化

無機系被工の摩耗抵抗性が表層に近いほど内部に較べ低下するためと考えている。無機系被覆工の表層部は外部環境と接するため風や日射等による影響を受けやすい。このため乾燥、温度変化等による微細なひび割れの発生や水和遅延などが生じ易く内部に較べると稠密性や力学的特性が低下する可能性が高い。図-6は、養生条件を気中・水中養生の2水準で変化させた表面被覆材料供試体 (70×70×20mm) を作成し、水流摩耗試験を行い養生条件と表層の摩耗抵抗性の関係を求めた結果である。図-6から、養生条件の違いが被覆材料の摩耗抵抗性に大きな影響を与えること、その影響は表層に近いほど大きい(摩耗速度が大きくなる)ことが分かる。促進摩耗試験からの結果ではあるが、おそらく外部環境の影響により、被覆工の摩耗抵抗性は表面ほど小さく表面からの深さが増すにつれ大きくなり、ある程度の深さになるとほぼ一定に近づくことが予想される。実際の現場においても通水初年度の年摩耗速度が大きくなるデータが得られたのは、このような表層付近の摩耗抵抗性の低下が一つの要因と考える。

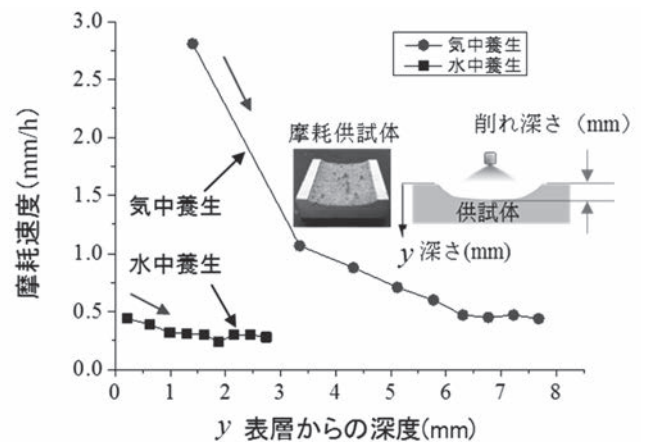


図-6 養生条件と表層の摩耗速度の関係

### 3.3 部位による年摩耗速度の違い

無機系被覆工の水路部位（底版および左右側壁）による年摩耗速度の違いについて考察する。図-7は、全スパンを対象とし、5年間の年摩耗速度を部位毎に分類してまとめたグラフである。グラフには各部位の総データ数 ( $n$ )、5年間の年摩耗速度の平均値 ( $v_{avg}$ ) および年摩耗速度の標準偏差 ( $s$ ) を記入した。グラフの中のひし形の頂点を結んだ横線が全体平均値を縦の四角の範囲がデータの25～75%の存在範囲を表す。

図-7から左右側壁では5年間の年摩耗速度の全体平均値は共に0.19mm/年であり、左右岸の年摩耗速度の平均値に差は無い。一方、底版の全体平均年摩耗速度は0.10mm/年と側壁の全体平均値にくらべ小さい。また、詳細は割愛するが統計的な検定からも差がある結果となる。このように、鬼怒川南部水路の被覆工の試験施工からは底版の方が側壁よりも年摩耗速度が小さい結果が得られた。筆者らも当初は底版では砂などが流下することにより摩耗速度が大きくなると推定していたが逆の結果を得た。他の地区においても同様の比較を行っているが、データが少ないため明確な傾向は得られていない。他の被覆水路でも鬼怒川南部水路で得られた結果と同様な傾向が得られるかも含め底版の摩耗進行が側壁に比較して小さく摩耗原因について検討する必要がある。

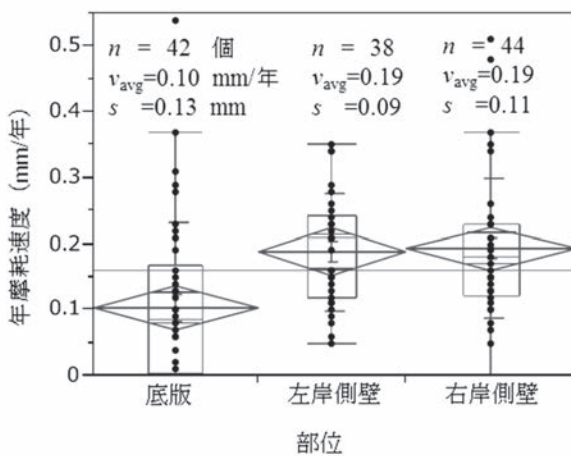


図-7 年摩耗速度と部位の関係

### 4. 全国の無機系被覆工の年摩耗速度の調査

ここまでは、鬼怒川南部幹線水路の試験区間を対象に5年間の摩耗モニタリングデータをもとに、無機系被覆工に発生する摩耗の経時変化を中心にその傾向について述べてきた。本章では、鬼怒川南部幹線水路以外の全国の無機系被覆工の摩耗進行特性について年摩耗速度を中心に報告する。

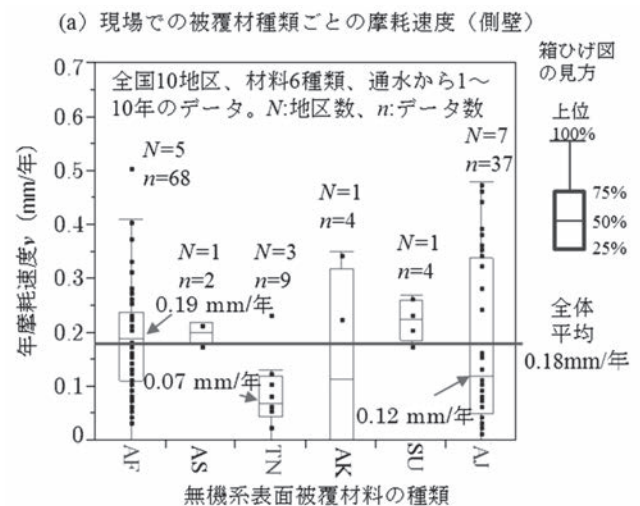
農研機構では、全国10か所の無機系表面被覆水路を対象にレーザー摩耗測定法による年摩耗速度の測定を実施してきた。対象水路は、北海道から中四国地方

までに分布し、通水開始時から測定時点までの通水期間は1～10年、被覆材料の種類は6種である。なお、以下の報告では通水初年度も含んだ全データで分析を行った。

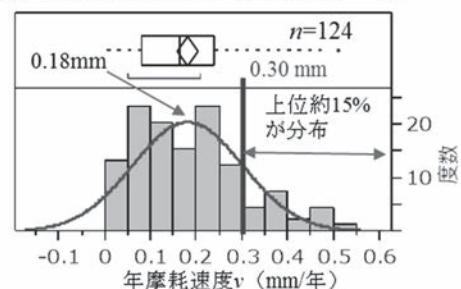
#### 4.1 被覆材種別と年摩耗速度の関係

図-8に全国10か所の無機系被覆工の側壁の年摩耗速度を被覆材料別に整理したグラフ(a)とデータ分布(b)を示す。データ数が異なるため、グラフ(a)では平均値の代わりに中央値を使用した。グラフの箱形の横線の位置が中央値(データ並べたとき真ん中の値)である。全国の被覆材の中でも使用量の多いAF, TN, AJに着目すると、中央値はそれぞれ、0.19, 0.07, 0.12 mm/年となり、文献3)に示される補修・補強マニュアルの示す目安値である0.25mm/年未滿を平均的には満たす。また、全国の無機系被覆工の平均的な年摩耗速度の傾向を表すと考えられる全国10箇所の年摩耗速度の平均値は0.18mm/年となり、平均的には文献3)で示された目安値を満足する。

図-8(b)は上で述べた10か所の年摩耗速度の分布を示す。データの分布は右に裾を引く対数正規分布に似た形となった。また、後ほど摩耗予測の域値として用いるが、年摩耗速度0.3mm/年が全国10箇所の年摩耗速度の測定データにおける上位15%分位点に相当する。上でも述べたが、今回の調査からは全国の無機系被覆工の年摩耗速度は0.18mm/年と想定され、平均的には補修・補強マニュアルの示す目安値である



(a) 現場での被覆材種類ごとの摩耗速度(側壁)



(b) 年摩耗速度の分布(側壁の全データ)

図-8 被覆材種類ごとの年摩耗速度とその分布

0.25mm/年未満を満足する。しかし、図-8に示すように年摩耗速度のばらつきもかなり大きい。域値にどのような値を設定するかは今後議論の必要があるが、今回のデータの範囲内では、現場で複数のデータから得られた平均的な年摩耗速度が0.3mm/年を超える場合は、モニタリング等を強化するなど注意喚起の目安になると考えた。

## 5. 摩耗測定に基づく摩耗進行予測

本章では、通水開始から5年間程度を目安にレーザ摩耗測定法等により無機系被覆工の摩耗量測定を行い、その測定結果に基づき通水5年以降の摩耗量を予測する方法について検討する。

### 5.1 摩耗進行予測の概念

図-9に摩耗予測の概念図を示す。通水開始から5年間の年摩耗速度をモニタリングし、そのデータを用いて5年以降の摩耗量を予測する。5年間の年摩耗速度と通水期間の関数型は図-9の左図のように①減少、②一定、③増加の3つのパターンに分類できる。筆者は、関数型としては鬼怒川南部水路のモニタリング結果に見られる①減少、②一定となる可能性が高いと推測するが、③増加のパターンも否定はできないため、とりあえずこの3パターンに類別することにした。5年間のモニタリングによりこれらの関数型を推定することができれば、関数を積分することにより将来的な摩耗深さを求めることができる。

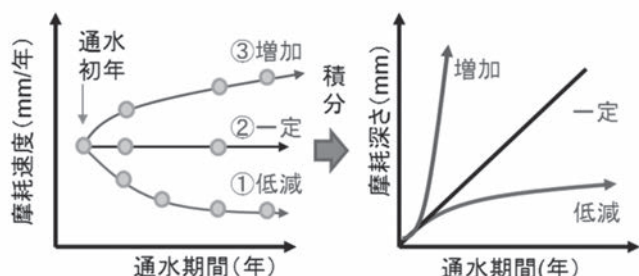


図-9 摩耗進行予測の概念図

### 5.2 摩耗予測のためのモニタリングフロー

4章で述べたように無機系被覆工の年摩耗速度の全国平均は0.18mm/年とマニュアル記載された目安値0.25mm/年に比較すると小さい。つまり、全国的に見れば、現場の無機系被覆工の摩耗進行は当初の想定より遅い被覆水路が多いと考えられる。現実には摩耗進行が遅い被覆水路も存在するし、その逆もある。

さて、ここで再度被覆工の摩耗予測の目的について考える。1章でも述べたように摩耗予測の目的は、Ⅰ. 摩耗進行が遅い水路では供用期間を伸長、Ⅱ. 摩耗進行が速い水路では予防保全的な対策を実施、以上の対策を取ることにより機能保全コストを低減することが

目的となる。摩耗予測が最も効果を発揮するのは、上で述べたⅡ. のケース、すなわちモニタリングにより図-9の②一定、③増加の関数型が得られた場合である。このような場合は予測と対策を早急に行う必要がある。一方、摩耗進行が遅い現場では、年摩耗速度が図-9の③増加となるケースが気をつける必要があるが、年摩耗速度自体が小さいため短期間に問題が発生するリスクは少ないと考える。このように、摩耗予測のメリットと摩耗モニタリングのコストと労力を考えると、実務では摩耗進行の大きさに合わせたモニタリングが必要になることがわかる。つまり、摩耗量が大きな現場では測定頻度を細かく、摩耗量がそれほど大きくない現場では測定頻度を粗く取れば、測定に必要な労力と予測精度の低下によるリスクとのバランスをとった結果が得られる。そこで、摩耗予測のメリットと摩耗モニタリングのコストと労力を考慮に入れた図-10に示す測定フローを提案する。

図-10に示す測定フローでは通水開始年の年摩耗速度 $v_1$  (mm/年)を測定頻度変更の指標とした。3章でも述べたが、無機系被覆工では表層に近いほど品質が低下するとすれば、被覆工の年摩耗速度は通水初年度が最大となる。つまり、その後の年摩耗速度は通水初年を超えないとし、通水初年度の年摩耗速度がその後の摩耗進行特性を代表する値(年摩耗速度の最大値)と考えた。また、最大値を取ることは安全側の評価にもなる。

図-10の計測フローでは、まず通水初年度の年摩耗速度 $v_1$ を測定し、 $v_1$ の大きさによりその後の摩耗測定の頻度を変化させる。測定頻度を変えるための通水初年度の年摩耗速度の閾値としては0.2mm/年、0.3mm/年を設定した。閾値0.3mm/年は図-8(b)の全国10箇所の年摩耗速度の測定データにおける上位15%分位点を根拠とする。0.2mm/年は、同じく年摩耗速度の測定データのほぼ平均値に相当する。 $v_1$ が0.3mm/年を超える場合は、全国平均に較べてもかなり大きな年摩耗速度が発生していると考え、その後毎年測定を行い、 $v_1$ が0.2~0.3mm/年と全国平均に較

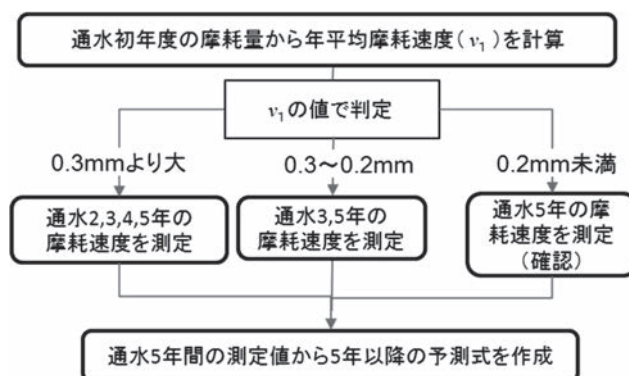


図-10 摩耗進行予測のためのデータ測定フロー



べやや高めの場合は隔年測定とすることにした。 $v_1$ が0.2mm/年未満の場合は5年後に確認のために平均摩耗深さを計測し、5年間の年摩耗速度が0.3mm/年を上回る場合は、改めて検討を行うことにした。

以上提案した計測フローはあくまでも現状入手した年摩耗速度データに基づくものである。特に図-10に示した閾値は、今後摩耗量に関するデータの集積に応じて修正が必要となるが、まずは基本的なアイデアが必要と考え提示した。

### 5.3 摩耗進行の予測

3章で報告した鬼怒川南部被覆水路の右岸側壁の通水開始から5年間の年摩耗速度データを用いて将来的な摩耗深さを予測した結果を図-11に示す。図-11(a)の速度関数の推定には階段状および累乗関数で摩耗速度が低減する関数を仮定した。図-11(b)には摩耗速度関数として①通水初年度の摩耗速度(0.26mm/年)、②摩耗速度を2段階変化させたケース(階段関数)、③累乗関数で減少させたケースを示す。摩耗速度関数型の違いにより将来的な予測値は異なる。いずれにせよ、通水年数が10年、20年の摩耗測定値が得られれば、その値を元に予測値の修正が可能であり、そのような修正を加えることにより実務で使用可能な精度での予測は可能と考えている。

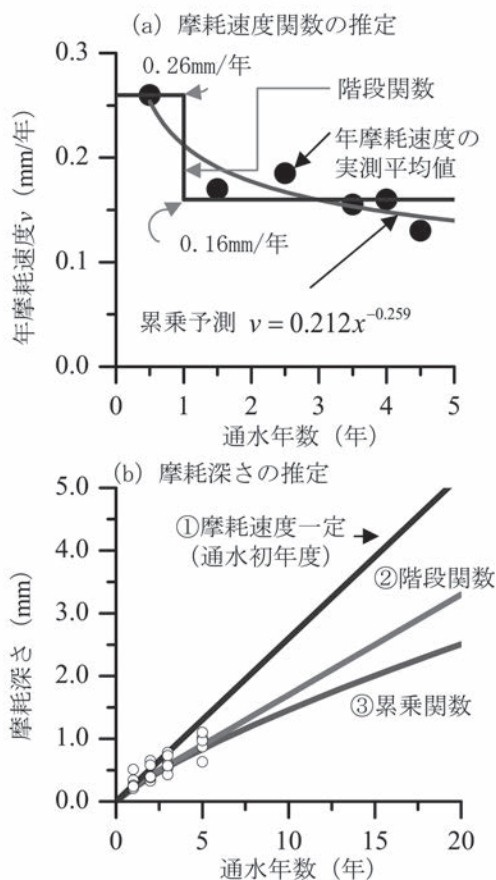


図-11 摩耗深さの予測(右岸側壁)

## 6. おわりに

本報では、摩耗モニタリング結果の摩耗予測手法について報告した。無機系表面被覆工の摩耗データ収集や摩耗メカニズムの解明が進む中で少し先走りの内容ではあるがと考えるが、現状で実施されている無機系被覆工のモニタリングを次の劣化予測にどのように組み込むかの一つの提案という意味で書かせて頂いた。ただし、本文でも述べたが、予測はあくまでも平均的な摩耗量の予測であり、実際の被覆工の摩耗量は予測線を中心としてばらつく。このようなばらつきに関するデータ・検討は現状において遅れており、ばらつきに関するデータの収集と検討が今後重要になると考える。

現場では、被覆材料の品質、摩耗外力などが位置と時間により異なるため、局所的な摩耗進行は大きく異なる。つまり、無機系被覆工では摩耗進行が速く被覆厚が小さな箇所から下地が露出しはじめ、徐々に露出面積が増大し、終局状態では被覆工がすべて削りとられ施工前の凸凹の水路面に戻るような摩耗進行が想定される。このような被覆工の摩耗進行を想定すると、無機系摩耗工をいつ、どのように対策すれば施工面、コスト面で最適なのか(再対策)の議論が必要となり、摩耗進行と再対策を絡めた検討が今後必要になると考える。

謝辞：鬼怒川南部水路のモニタリングにおいては、関東農政局土地改良技術事務所、利根川水系土地改良調査管理事務所のご担当の方々、鬼怒川南部土地改良区連合の職員の方々にご協力を頂いた。また、(株)日本工営の藤原氏、青木氏には初期値測定に関してご協力いただいた。ここに記して、深く感謝の意を表します。

### 【引用文献】

- 1) 室本隆司(2011)：農業水利施設ストックの老朽化の現状と将来動向について、JAGREE, 82, 30-33.
- 2) 橋爪康寿, 原山昭彦, 池田富雄, 塩野智美(2012)：農業水利施設の変状要因と対策に関する現場実態, 水と土, 第166号, 24-29.
- 3) 農林水産省(2013)：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)。
- 4) 浅野勇, 渡嘉敷勝, 森充広, 西原正彦(2014)：レーザー距離計による摩耗測定手法の開発, 農業農村工学論文集, No.293, pp.1~12.

# 平成28年度農業土木技術研究会研修会レポート

## 「新たな土地改良長期計画の実現に向けた農業土木と新技術」

編集事務局

平成28年度の農業土木技術研究会研修会は、平成29年1月24日に東京都千代田区の内幸町ホールにおいて、全国より約130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29年1月24日（火） 10:00～16:30

2. 会場 千代田区立内幸町ホール  
東京都千代田区内幸町1-5-1

### 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 | 「水と土」優秀報文受賞者記念講演  |                          | 受賞者4名 |
| 11:10 | 「土地改良長期計画ヒストリア」<br>～多様な農村の発展プロセスから、個性と活力ある地域づくりを考える～<br>農林水産省 農村振興局 整備部 設計課 計画調整室<br>計画企画班 課長補佐     |                          | 廣川 正英 |
| 12:10 | ( 昼 食 )   |                          |       |
| 13:10 | 政策課題Ⅰ（豊かで競争力のある農業）<br>「ICTを高度に活用した次世代農業」  | 北海道大学 大学院農学研究院 教授        | 野口 伸  |
| 14:10 | 政策課題Ⅱ（美しく活力ある農村）<br>「農村協働力による地域活動の活性化」<br>（国研）農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究部門<br>地域資源工学研究領域 資源評価ユニット 上級研究員 |                          | 遠藤 和子 |
| 15:20 | 政策課題Ⅲ（強くてしなやかな農業農村）<br>「災害・保全管理のための新たな技術」   | (株)パスコ 衛星事業部 システム技術部 副部長 | 州浜 智幸 |
| 16:20 | 閉会挨拶  | 農業土木技術研究会 理事             | 上潟口芳隆 |

## II. 開会

講演に先立ち、中條農業土木技術研究会会長より、以下の挨拶がなされ、開会した。

農業の基礎となる農業農村整備の技術については、新たな土地改良長期計画が1年前倒しで検討が進められ、昨年8月に閣議決定された。また、『農業農村整備に関する技術開発計画』も検討が進められるなど、多様化する農業農村整備を支える先端技術の開発と活用は急務と考えられている。このような中で、今回は、農業農村整備事業の現場において中核を担う会員の意識高揚、技術の向上を目的に『新たな土地改良長期計画の実現に向けた農業土木と新技術』というテーマで研修会を開催する。

本日は、新たな土地改良長期計画の実現に向けて、多様な農村の発展プロセスの事例を踏まえながら、1つは『土地改良長期計画ヒストリア』と題し、土地改良長期計画の策定について、また、土地改良長期計画の3つの政策課題に即した技術情報として3題、合わせて4題にわたるテーマでご講演いただくこととしている。今日は各地で必要とされている最先端の技術を産・官・学各界の方々からご講演頂くが、どれも興味を引くテーマばかりであり、現場の技術者にとって即参考となる技術を対象とした研究テーマを取り上げている。この研修会がこの趣旨に沿ったものであり、皆様にとって稔り多きものとなるようご祈念申し上げますとともに、講師の方々に御礼申し上げます。

## III. 研究会賞授与式及び記念講演

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46回農業土木技術研究会賞・奨励賞の表彰を行った。また、研修会において受賞者による記念講演を行った。

今年度の研究会賞・奨励賞については、会誌『水と土』176号～178号に掲載された報文27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報文内容が技術情報発信に優れているか、②今後の事業展開に大きく貢献する内容か、等の観点から審査を行った。

選考は、一般会員と編集委員の得票総計に基づき、「企画・計画部門」・「設計・施工部門」の各部門毎に「研究会賞」「奨励賞」が選定され、以下の4編が受賞した。



写真－1 中條会長の開会挨拶



写真－2 受賞者の皆様



写真－3 受賞式の様子

○「企画・計画部門（研究会賞）」

「ダム堆砂状況と今後の堆砂対策について」（177号掲載）

松永 健 （一財）日本水士総合研究所  
竹中 一行 農村振興局 整備部 防災課  
大西 慶典 西松建設(株)

〔選考理由〕

本報文は、全国のダムの堆砂状況や堆砂メカニズム・堆砂対策について紹介したものである。

近年、国内で新規のダム建設が見込めない中、既存ダムの有効活用や長寿命化は重要な課題となっており、様々な堆砂の要因や堆砂状況に応じた対策事例を整理、分析している本報文は、全国のダムや約20万箇所も存在するため池等において今後の堆砂対策の検討の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。



写真－4 記念講演を行う松永氏

○「企画・計画部門（奨励賞）」

「農業用用水路を利用した小水力発電施設の運用上の課題について」（177号掲載）

今瀬 誠司 岐阜県 郡上農林事務所

〔選考理由〕

本報文は、小水力発電施設導入後の課題である塵芥問題（いわゆるゴミ詰まり）及びその対策について紹介したものである。

小水力発電施設の運用に関わる塵芥問題の現状分析を行いつつ、その対策について費用対効果の側面から検証し、地域住民が主体となった管理に関する提言がなされている。

小水力発電の新規導入を検討している地区のみならず、塵芥問題等の施設管理上の課題を抱えている地域にとっても参考となることから、本年度の企画・計画部門の奨励賞として選定した。



写真－5 記念講演を行う今瀬氏

○「設計・施工部門（研究会賞）」

「東日本大震災（国営定川地区）排水機場の災害復旧『整備水準の異なる業種との共同事業』」（176号掲載）

伊藤 浩二 東北農政局 農村振興部 設計課  
川崎 孝信 東北農政局 土地改良技術事務所  
北條 信義 東北農政局 和賀中部農業水利事業所

〔選考理由〕

本報文は、排水機場の復旧に際し、整備水準の異なる事業間の共同事業化における調整過程等を紹介したものである。

全国の湛水で悩まされている地域では農業排水と下水道雨水排水等他事業の整備水準の差異、更には地域ニーズとのギャップの調整に苦慮していることが多く、これらの地域の今後の事業化等に向けて参考となるものと期待される。

共同事業化に至った調整内容や経緯なども掲載されており、地域ニーズを踏まえた設計事例として参考になる技術情報であることから、本年度の設計・施工部門の研究会賞として選定した。



写真－6 記念講演を行う伊藤氏

## ○「設計・施工部門（奨励賞）」

「用水路の補修工法の経過観察評価について」（176号掲載）

加藤 太吾 北海道開発局 函館開発建設部  
菊池 哲也 北海道開発局 函館開発建設部  
花巻 俊平 北海道開発局 函館開発建設部

〔選考理由〕

本報文は、表面被覆工法による補修工法の供用5年後のモニタリング結果に基づく対策工法の評価を紹介したものである。

試験施工として複数の補修工法（材料）における供用5年後のモニタリング評価により各工法の有効性を検証しており、今後の農業用水路の長寿命化対策工法の検討の参考になる技術情報であることから、本年度の設計・施工部門の奨励賞として選定した。



写真-7 記念講演を行う加藤氏

## IV. 講演の概要

今回の研修会では、「新たな土地改良長期計画の実現に向けた農業土木と新技術」のテーマに即し、4名の講師より、土地改良長期計画策定過程での議論や背景などを紹介するとともに、本計画の3つの政策課題毎にⅠ「豊かで競争力のある農業」、Ⅱ「美しく活力ある農村」、Ⅲ「強くてしなやかな農業農村」に関連する新技術情報や有用な政策情報など写真や映像を交えたパワーポイントにより、熱のこもった講演がなされた。

### 1. 「土地改良長期計画ヒストリア」について（廣川講師）

農村振興局の廣川講師からは、『土地改良長期計画ヒストリア～多様な農村の発展プロセスから、個性と活力のある地域づくりを考える～』と題して、平成28年8月に閣議決定された新たな土地改良長期計画の誕生秘話に触れるとともに、多様な農村の発展プロセス等を紐解きつつ講演が行われた。講演の要旨は、以下のとおり。

平成28年8月に閣議決定された「新たな土地改良長期計画」。大きなポイントは3つ。「〈ポイント1〉米中心から高収益作物を中心とした営農体系への転換を促す土地改良」、「〈ポイント2〉「農村協働力」に働き掛け、農村の潜在力を高める土地改良」、「〈ポイント3〉多様な地域特性を活かした個性と活力のある農村の実現を後押し」である。

また、本長期計画は多くの小規模兼業農家や高齢者による中山間地での零細農業にも焦点をあてるなど、農業・農村全体を対象としているところも特徴として挙げられる。それを踏まえ、「『産業政策』と『地域政策』をどう捉えていくか」が農業農村振興整備部会の場合でも改めて議論がなされ、委員の方々からは、「『地域政策』と『産業政策』を農業政策の中で展開する上で、きれいに separable（分離できる）ではなく、すべての政策が『産業政策』と『地域政策』の側面を持ち得ており、地域によってその濃淡はかなり違うことを認識して、現実として取り組んでいかなければならない」、「『地域政策』の意味合いは①地域対象政策・②地域別政策・③地域主体政策・④地域一体政策といった多義的なものとする。今回の長期計画は、1970年代後半に「地域農政」と言われた考え方を改めて掘り起こし、農業・農村に係る基本的な戦略として位置づけたことは、歴史的な意味を持っている」といったコメントをいただいた。まさに、地域の実情に応じた『地域政策』と『産業政策』を実践していくかが重要である。

土地改良長期計画の策定と併せて整理した「農村振興プロセス事例集」は、農業農村振興整備部会における多くの議論を踏まえ、土地改良事業の実施を契機として特色ある発展を実現した先進的な事例を取り上げ、人の関わりや合意形成と言った取り組み、発展のプロセス等をそれぞれ整理・レビューし、横展開を図ることとしたものである。



写真-8 廣川講師による講演

テキストでは、秋田県横手市で展開された「集落全体で取り組む環境保全型農業を通じたコメ輸出の展開」、北海道中札内村で展開された「高収益な枝豆の安定生産・加工・販売を通じた日本一の農業所得の実現」など6事例を紹介している。

また、新たな「農業農村整備に関する技術開発計画」については、土地改良長期計画の政策目標の達成に向けて、実用性に富み、社会に貢献し得る技術開発を推進する観点から、生産基盤の整備等通じた農村の振興に必要な技術開発計画の展開方向を現在、策定に向けて検討しているところ。検討方針としては、①新たな「土地改良長計画」等の関連する計画、②現行の技術開発計画の進捗状況、③技術開発のニーズ及びシーズの状況などを整理し、これらを踏まえ、これから技術開発の目標や方向性を明確化した新たな「技術開発計画」を策定することとしている。

そのほか、土地改良制度を取り巻く動きとして、平成28年11月に改訂した農林水産業・地域の活力創造プランに農業競争力強化プログラムを位置づけられたことを紹介するとともに、土地改良制度の検討状況について情報提供を行った。

## 2. 「ICTを高度に活用した次世代農業」について（野口講師）

北海道大学の野口講師からは、『ICTを高度に活用した次世代農業』と題して、土地改良長期計画で位置づけられた政策課題Ⅰ「豊かで競争力のある農業」の実現に向けて、スマート農業の実現と土地改良について、事例を交えた最新の動向について講演が行われた。講演の要旨は、以下のとおり。

次世代農業に係る3つのトピックスについて紹介した。

①内閣府／戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）「次世代農林水産業創造技術」では重点目標として2つの目標を設定している。〈重点目標1〉日本型の超省力・高生産なスマート農業モデルの実現、〈重点目標2〉新素材開発等による農林水産物の高付加価値化、である。水田農業のスマート化を実現する技術として、「リモートセンシングによる農作物・生産環境情報の収集及び高度利用技術の開発」、「気象情報及び作物生育モデルに基づく栽培管理支援・気象災害回避システムの開発」、「農作物・生産環境情報に基づいた最適な圃場水管理の自動化及び地域全体の水源から圃場までの水配分システムの開発」、「農作業機械の自動化・知能化による省力・高品質生産技術の開発」、「多数圃場を効率的に管理する営農管理システムの開発」が重要である。

②農作業のロボット化については、既に農機運転支援システム（オートステアリング）が開発されており、次の3つの段階で開発・普及を進めている。(1)2016年度中に農機の自動走行に関する指針の整備、(2)2018年度に自動走行システムを搭載した農機の開発・普及、(3)2020年度に遠隔監視によるロボット農機の開発・普及。期待される効果としては、各作業の効率化はもとより、大規模経営において、規模拡大に対してトラクタなどの機械の大型化によらず、今使っている機械台数を増やすことや集落営農において各農家所有の小型ロボットトラクタを貸し借りして、柔軟な作業体系を組むことによる対応の可能性が高まる。また、中山間地域への普及を目指して、中山間地で使用される小型トラクタの装備シンプル化による低価格ロボットトラクタを開発している。

③G空間情報（地理空間情報：位置情報とそれに紐付けられたデータからなる情報）を利用したICT農業として、リモートセンシング技術によるフィールド情報や遠隔データ収集システムによる作業情報のデータ収集をビッグデータとして集約し、作業支援情報の抽出が可能となる。その効果として、ビッグデータからプロ農家の「営農ノウハウ」の抽出が可能となり、プロ農家の知識・知恵をデータとして保全・継承が期待される。また、多圃場大規模営農における作業計画と工程管理が可能となり、作業効率の改善、経費削減、品質・収量の高位安定化が図られる。

スマート農業に最適な基盤整備（水田）の条件としては、①排水整備、連坦が高度に進んでいること、②ほ場内用・排水施設が埋設されていること、③圃場ごとにセンサと給水バルブ、落水バルブが整備されていること、などがあげられる。

まとめとして、人口減少と高齢化が進む日本農業においてロボット技術の導入は不可欠。2020年を目標にロボット農機の社会実装を目指すとともに、G空間ビッグデータから抽出できる営農ノウハウによって、熟練農家の減少による農業技術の消失を防止するとともに、新規就農者の増加が期待できる。ICTの利用により生産の低コスト化と農産物の高位平準化にも貢献できる。



写真－9 野口講師による講演

### 3. 「農村協働力による地域活動の活性化」について（遠藤講師）

農研機構の遠藤講師からは、『農村協働力による地域活動の活性化』と題して、土地改良長期計画で位置づけられた政策課題Ⅱ「美しく活力ある農村」の実現に向けて、地域資源の保全管理の質と持続性の向上における農村協働力の有効性について講演が行われた。講演の要旨は、以下のとおり。

新たな土地改良長期計画において、政策目標3「農村協働力と美しい農村の再生・創造」が掲げられた。「農村協働力」とは、地域の問題解決力であったり、ご近所の底力のようなもの。それが地域のことを考え、良くしていこうとする活動を支え、活発化していく原動力となる。地域や集落のネットワークが基礎となり、人のつながりを促すようなインパクトを数多く経験することや寛容さなどを身につけることにより人々の関係が増え、「農村協働力」が育まれる。そのような地域では多面的機能支払など施策が導入されることにより、さらに活性化される。また、「農村協働力」が低い地域では施策が導入されても、すぐには活性化されない。

一方、農村は、過疎化・高齢化により「農村協働力が減退している社会」、または、都市化・混住化・兼業化による「農村協働力が希薄な社会」となりつつある。従来からある「農村協働力」に加え都市化などに伴う非農家とのつながりを活用することで新しい「農村協働力」が育まれるようにしていくことが必要となっていく。

三重県多気町勢和地区では、兼業化の進展等により人々の生活と用水がかけ離れた存在になりつつあった。この現状に疑問を抱いた人々の熱意により、平成5年から「あじさい一万本運動」が始まった。これが地域資源を活かした住民活動の原点となり、その後、取り組みが全村的に広がり、「あじさい祭り」や多様な住民活動（演劇・語り部）へと発展していった。本地区において継続的に地域活動が行われてきた要因は、協議会を設立し、資源保全・活用を支える仕組みが着実に広がってきたことである。協議会を持つことにより集落を超えるネットワークの形成が促進され、集落外の活動で得たネットワークや地域づくりの熱意が集落にフィードバックされ、資源保全活動の積極的な展開が可能となった。

「農村協働力」を高めるのに地縁的な関係はあまり重要ではなく、学校という場が多くのお会いを生んでいる。また、運動を興し多様な主体が関わる実践を通して、更なる新しい関係や活動が生まれる。「弱い紐帯の強さ」も大事。友人や家族関係は力行使するには有効だが、個人や組織がより発展していくためには、案外、弱いつながりも重要である。「農村協働力」を高めるには地域を何とかしたいと思っている人をつなぐ場、活動を起こすきっかけをつくるのが大事である。

農業用水を地域資源として積極的に評価と活用していくため、地域活動の一環として様々な「農村協働力」を活用していく。また、その情報を大切に引き継ぐために、大事なことは人の経験や記憶のままにせず、施設の管理情報を記録し、地域で共有していくことが重要である。



写真－10 遠藤講師による講演

### 4. 「災害・保全管理のための新たな技術」について（州浜講師）

㈱パスコの州浜講師からは、『災害・保全管理のための新たな技術』と題して、土地改良長期計画の政策課題Ⅲ「強くてしなやかな農業農村」の実現に向けて、土地改良施設に活用できる災害や保全管理の観点から最新技術について講演が行われた。講演の要旨は、以下のとおり。

衛星画像の種類としては、①光学衛星と②レーダー衛星に分類される。

①光学衛星の特徴は、航空機撮影画像と比較し広範囲を撮影可能（幅10km～100km程度）なことである。過去に撮影されたアーカイブ画像も安価に調達が可能（数万円～）宇宙空間からの撮影より、所有地以外の情報も取得可能であり、平成27年9月の関東



写真－11 州浜講師による講演

東北豪雨の際には、鬼怒川破堤の翌朝に撮影し、同日中に関係機関への情報提供を行った。また、連日撮影を行うことで変化抽出解析や広域モニタリングなども可能である。デメリットとしては、太陽光の反射から画像生成するため、日中しか撮影ができず、悪天候時には撮影ができないなど、撮影条件の制約がある。農業分野では農地利用状況調査などでの活用も展開されている。

②レーダー衛星の特徴は、光学衛星と比較して天候の影響によらず撮影が可能なことである。干渉 SAR（合成開口レーダー）解析を行うことで面的に微細な変位を把握することが可能（ミリ～センチのオーダー）。変化の傾向を捉えることに適した画像と言える。光学衛星同様に、災害時の緊急撮影による情報提供や変化抽出解析、広域モニタリングなどが行える。また、平常時からモニタリングしておくことで、大規模災害発生後に SAR 衛星データを有効に活用できる可能性が高まる。熊本地震においては、継続的に観測されてきた「だいち2号」のデータを活用することで、地震後比較的早い段階から干渉 SAR 解析が実施された。

ドローン等の UAV（無人航空機）の活用については、土木学会「ICT 施工研究小委員会」でも議論がなされている。UAV による撮影・測量と地理空間データ、3次元モデラー（CAD 等）を取り入れた工事進捗の把握により、土量算出等にも実用的に活用が期待される。

## V. おわりに

研修参加者からは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、盛会となった。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割以上を占め、大変有意義な研修会となった。



写真－12 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。



## 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29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 (ブイ) 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け, 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。

15. CPDの登録が可能です。1ページ10CPD, 上限40CPDとなります。申請 (本人) に当たっては, 証拠書類 (論文, 掲載号の表紙, 目次) が必要となります。

# 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（180号）で興味をもたれた報文について記載下さい

(1) 報文タイトル：\_\_\_\_\_

(2) 興味を持たれた具体的内容  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

2. 本号の編集についてご意見をお聞かせ下さい

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

3. とりあげて欲しいテーマなど本誌に対するご意見やご要望をお書き下さい

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

所属：\_\_\_\_\_ 氏名：\_\_\_\_\_

## 編集後記

### 農業農村整備の動画紹介

農村振興局では、地域の歴史などをとりまとめた動画や農業農村整備事業の経過（記録映画）を収集し、（一社）農業農村整備情報総合センター（ARIC）を通じて、動画共有サイト「YouTube」で配信しています。

完了地区を含む国営事業所や都道府県において、事業推進を目的とした記録映画などが、事業関係者の一部のみの配布にとどまり、地域住民には提供されておらず、十分な活用がなされていない状況となっているため、誰もが簡単に閲覧できる環境を作り、地域住民への積極的な情報発信による広報を展開することを目的に推進しています。

農業・農業用水の伝統や歴史から、施工状況などの貴重な情報、さらには職員自らが作成した事業PR動画など全国各地の幅広い動画が配信されていますのでぜひ、サイトへアクセスしてみてください。

また、みなさんの地域でも眠っている動画、ありませんか。せっかく作成した動画を関係者だけでなく、多くの方に知ってもらうために、広報活動等の発信の場として、掲載の検討をしてみたいはいかがでしょうか。

取組の趣旨に沿った動画であれば登録可能です。詳しくは農村振興局設計課広報グループ（03-3502-8111）までお問い合わせください。皆さんの地域の動画情報をお待ちしております。

※動画掲載サイト：農業農村整備情報総合センター（ARIC）HP

<http://www.aric.or.jp/streaming/nnjigyo.html>  
（上記ページから、動画共有サイト「YouTube」へリンク）

最後に、この編集後記が掲載されているページの上半分は、「水と土」通信となっております。本号で興味を持たれた報文、本号の編集についてのご意見、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送り頂けると、今後の編集方針の参考となります。読者の方々のご興味に添える会誌にするため、ご意見等を反映させたいと考えております。

今後の本会の発展、「水と土」の活性化のためにも、こちらにもご意見・ご感想をお送りいただき、ご協力頂きますようお願いいたします。

（農村振興局整備部設計課 吉野英和）

## 水と土 第180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

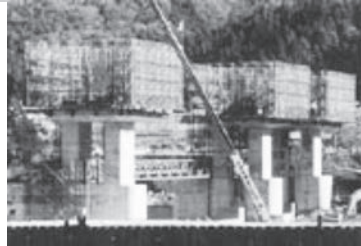


土地改良事業  
の推進



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) 柔構造樋管

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

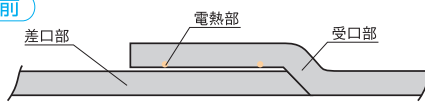
## 農業用水のパイプラインに！

### 管路の一体化による継手部の信頼性！

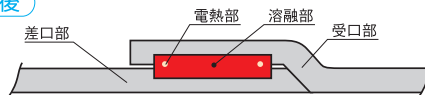
EF継手は電熱線の通電により熔融し、受口、差口を一体化させ、万全の気密性を保持できます。また、融着品質のばらつきがなく、作業が容易なため、工期短縮・コスト縮減が実現出来ます。

## 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！

柔構造樋管  
として  
実績豊富！



ダイプラハウエル管

**大日本プラスチック株式会社**

本社：〒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