

# 水と土

No. 160  
2010  
July

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



① 堤内仮排水路（夕張スーパーダム）



② アスファルト遮水壁のはつり調査（深山ダム）



③ 龍之渡井（和歌山県）



④ 試験湛水中の木之川内ダム

# 水と土

## Contents

2010 JULY No.160

◆報文内容紹介	3
◆会員向けに「水と土」のWeb検索サービスについて	4

### □巻頭文

地下ダムによる沖縄農業を考える	名和規夫	7
-----------------	------	---

### □報文

#### キーワード

転流工	再開発ダム(夕張シューパロダム)における転流工の設計, 施工	松岡宗太郎・八柳 慎	9
新工法導入	区画整理後の礫対策工法	久保雅俊	16
機能診断	岩堂沢ダム堤体コンクリートのひび割れ対策について	小玉光二・村本 淳	21
機能診断	深山ダム表面遮水壁劣化状況の把握	橋本和幸	29
環境配慮	基盤整備事業における水田の植物を対象とした環境配慮について	赤井賢成	35
直営施工	グラウンドワーク手法を活用した地域住民参加による農業水利施設の保全管理	井上公輔	44
アンカー工	既設水抜き管に配慮したアンカー工の施工	渡辺健治	48
試験湛水	木之川内ダムの試験湛水について	田中康嗣	52

### □歴史的土壌改良施設

笠田大溜の歴史 ～ 今も引き継がれる先人達の偉業 ～	辻上正道	58
-------------------------------	------	----

### □技術情報紹介

リアルタイムで防災情報を提供する「ため池防災情報配信システム」	井上敬資・谷 茂	62
---------------------------------	----------	----

◆会告	65
◆投稿規定	66
◆入会案内	67

- 表紙写真●
- ① 報文「再開発ダム(夕張シューパロダム)における転流工の設計, 施工」より (P.14)
  - ② 報文「深山ダム表面遮水壁劣化状況の把握」より (P.32)
  - ③ 報文「グラウンドワーク手法を活用した地域住民参加による農業水利施設の保全管理」より (P.44)
  - ④ 報文「木之川内ダムの試験湛水について」より (P.52)

## 再開発ダム(夕張シューパロダム)における 転流工の設計, 施工

松岡宗太郎・八柳 慎

夕張シューパロダムは、大夕張ダムの再開発ダムとして直下に建設される重力式コンクリートダムである。建設にあたり、大夕張ダムのかんがい用水補給等の機能を維持しながらの施工が条件となるため、転流計画(2次転流)として堤内仮排水路方式(幅5.0m×高8.5m×4条)を採用した。ここでは、堤内仮排水路の温度応力対策(傾斜継目等)と、工程管理を考慮した合理的施工等について報告するものである。

(水と土 第160号 2010 P.9 設・施)

## 区画整理後の礫対策工法

久保雅俊

区画整理に伴う石礫対策について、地域の土壌条件と営農方針に適した礫を排除する新技術として、代かき期の湛水を利用した礫対策技術「ブルドーザ鎮圧工法」を考案し、その効果を検証した。その結果、ブルドーザ鎮圧工法の効果の有効性が確認され、除礫対応に比べ1/10のコストで施工が可能であることから、新たな低コスト礫対策工法として確立できるものと考えられる。

(水と土 第160号 2010 P.16 設・施)

## 岩堂沢ダム堤体コンクリートの ひび割れ対策について

小玉光二・村本 淳

厳冬寒冷地における重力式コンクリートダムの越冬打継目上下流側面付近は、コンクリート温度応力解析の長期ひびわれ予測からひびわれ指数が低く、ひびわれが生じやすい。

岩堂沢ダムでは越冬打継目上下流側面付近を養生マットで覆いひびわれ指数を高めて、ひびわれ防止対策を施したものの、ひびわれが生じた。

本報文は、ひびわれ防止対策の概要、ひびわれ発生までの監視用埋設計器の挙動とひびわれ発生原因、ひびわれ性状調査、ひびわれ補修までを簡単にまとめたものである。

(水と土 第160号 2010 P.21 設・施)

## 深山ダム表面遮水壁劣化状況の把握

橋本和幸

深山ダムは、完成後30年以上を経過しているが、この間遮水壁の一部が膨れ上がる現象(以降プリスタリング)が生じ、これまで管理者により、小規模な補修を繰り返して行われてきたが、その後もプリスタリングの発生が確認されている。今回、利根川水系土地改良調査管理事務所において、遮水壁を管理する上で、発生原因解明のため実施した各種調査について報告する。

(水と土 第160号 2010 P.29 企・計)

## 基盤整備事業における水田の植物を対象とした 環境配慮について

赤井賢成

土地改良法が改正され、環境との調和への配慮が事業実施の原則として位置づけられて約10年が経過した。この間、農業農村整備事業における環境配慮技術は大きく進展したが、保全対象種は魚類や両生類等が主で植物は少ない。

本稿では環境配慮の対象として、これまでに取り上げられてこなかった水田の絶滅危惧植物を紹介すると共に、種子の冷凍保存といった新しい環境配慮技術や地域住民参加型の環境配慮の取り組みを紹介する。

(水と土 第160号 2010 P.35 企・計)

## グラウンドワーク手法を活用した 地域住民参加による農業水利施設の保全管理

井上公輔

「農地・水・環境保全向上対策」において資源や農村環境を守り質を高める地域共同の取組等が進められる中で、本誌で取り上げる小田井水路の龍之渡井を対象として、地域住民参加によるワークショップを開催し地域住民の意向を実現可能な範囲で、直営施工により環境整備を行った。また整備後のアンケート調査において、今後の保全管理は地元自ら行うという意識が醸成されつつあることから、本施設が継続的な管理のもと次世代に継承されることを期待する。

(水と土 第160号 2010 P.44 設・施)

## 既設水抜き管に配慮したアンカー工の施工

渡辺健治

アンカー工の施工において、削孔時に既設水抜き管へ濁水を確認。アンカーのグラウト注入において既設水抜き管へのグラウト漏洩が懸念されるため、既設水抜き管の機能を損なうことの無いよう対応を検討。アンカー削孔時の削孔水で影響範囲を確認するとともに、影響範囲にバッカーを用いてグラウト充填することで、既設水抜き管の機能保持をしつつアンカー工の施工を行った取組について紹介する。

(水と土 第160号 2010 P.48 設・施)

## 木之川内ダムの試験湛水について

田中康嗣

宮崎県都城市で木之川内ダムが建設され、平成20年度の試験湛水が行われた。本報では、試験湛水の結果について報告する。

(水と土 第160号 2010 P.52 設・施)

## <歴史的土壌改良施設>

### 笠田大溜の歴史

～ 今も引き継がれる先人達の偉業 ～

辻上正道

三重県いなべ市の笠田大溜は、江戸時代に築造された貯水量48万5千<sup>3</sup>m余りのため池です。同池は、江戸時代初期に築造されましたが、度重なる決壊に見舞われながらも、農民の手によって修築されてきました。また、新田開発による水不足にも直面し、激しい水争いも繰り返されましたが、集落間で用水利用のルールを確立して危機を乗り越えました。人々は、その精神を村祭りによって引き継ぎながら、今でも大切に笠田大溜を管理しています。

(水と土 第160号 2010 P.58)



# 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22年3月現在、第1号（昭和45年）から第152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。

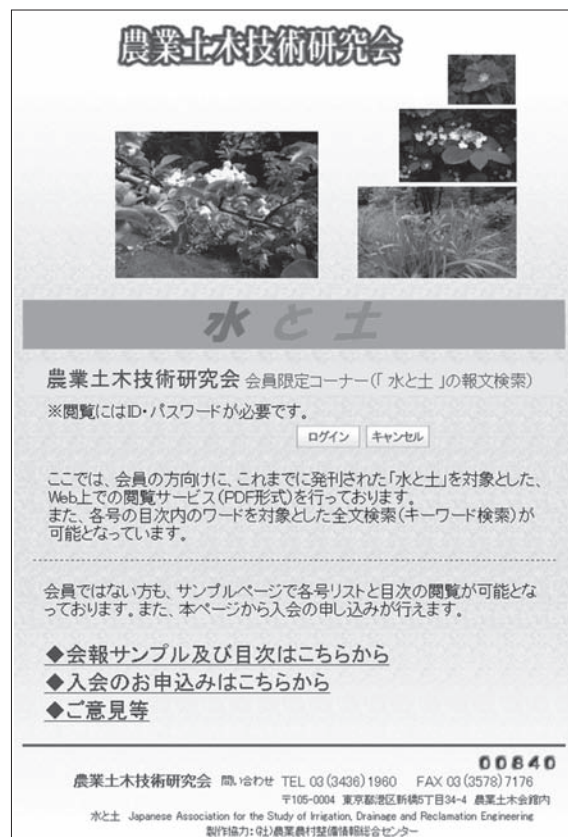


図-1



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

農業土木技術研究会 入会申込み

**年会費・発行等**

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

**申込み**

農業土木技術研究会への入会申込みは、以下のいずれかの方法でお申込みください

入会申し込みフォームにて [申込みフォーム](#)

FAX・郵便にて (PDF) [FAX・郵便](#)

各職場に研究会連絡員等がおられる場合は、連絡員を通してお申込みください

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

[Get ADOBE® READER®](#)

**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

## 地下ダムによる沖縄農業を考える

名 和 規 夫\*  
(Norio NAWA)

沖縄層総合事務局では、昭和47年の本土復帰後、水源開発による国営かんがい排水事業をはじめとした農業農村整備事業を行ってきた。これらの事業中で、沖縄農業発展に地下ダムによる水源開発は特筆すべきであり、地下ダムの建設史、沖縄の地下ダムによる水源開発、地下ダムによる多様な農業展開について述べてみたい。

### <地下ダムの建設史>

地下ダムに類似する施設は、ローマ時代のサルジニア島や北アフリカの古代文明においても築造されたといわれている。河床砂礫を河川横断方向に開削して粘土壁を造り、上流側に堰上げられた地下水を乾期の水源として利用する小規模な地下ダムである。

本格的に地下ダムが築造されたのは20世紀以降においてである。1923年に台湾南部屏東県の林辺溪という河川に日本人技師島居信平の指導によって地下ダムが造られた。また1934年には、愛知県の庄内川の支流に「地下堰堤」が建設されたとの記録があり、我が国における地下ダム建設の最も古い事例と推察される。その後、1943年には可知貫一によって那須野原地下ダム構想が提唱されたが実現までいたらなかった。1973年に、長崎県野母先町に上水の水源としてグラウト工法により貯水量約1万 $m^3$ の塩水浸入阻止型の樺島地下ダムが建設されたのが、我が国で最初の地下ダム建設事例として知られている。また、インドやエチオピアにおいても、1960年代から80年代にいくつかの地下ダムが建設されているが、これらの地下ダムはいずれも河床砂礫を帯水層とする堰上げ型の小規模なもので、掘削した河床にコンクリートや煉瓦等で止水壁を築造したものである。

大規模な地下ダムとしては、1979年に竣工した沖縄県宮古島のグラウト工法の止水壁による堰上げ型の実験皆福地下ダム（総貯水量70万 $m^3$ ）が最初と言える。このダムは、宮古地区約8,600haの畑地灌漑の水源を大規模地下ダムに求める可能性を調査するためのダムであった。実験地下ダムの成功に基づき、1980年代には、沖縄県宮古地区や鹿児島県喜界地区、沖縄県沖縄本島南部地区で国営事業が計画された。1985年には、福井県の常神半島最北端に、漁業集落環境整備事業として日本最初の地下連続壁による常神地下ダムが建設された。

1990年代になると、南西諸島で大型地下ダムを水源とする国営かんがい排水事業が次々に完成した。宮古地区（沖縄県）：砂川（1993年）、福里（1998年）、喜界島地区（鹿児島県）：喜界（1999年）、沖縄本島南部地区（沖縄県）：慶座（2001年）、米須（2003年）、カンジン地区（沖縄県）：カンジン（2005年）。更に、伊江地区（沖縄県）：伊江（2013年完成予定）、沖永良部地区（鹿児島県）：沖永良部（2018年完成予定）の地下ダムが建設中であり、宮古伊良部地区（沖縄県）：仲原、保良が昨年事業着手した。

一方、世界では、1980年代に台湾の赤崁、後寮地下ダムが、韓国で、イアン、ナムソン、オクソン、ゴンチョン、ウィル地下ダムが建設され、中国では、1990年代に龍口地下ダムが、2000年代に入って富平地下ダムが建設されている。ケニア、インド、ブラジルでは、砂漠化が進行している半乾燥・乾燥地域で、地下ダムの持つ利点、即ち、①蒸発による貯水量の減少が少ない、②寄生虫等の繁殖の怖れがない等から、1990年代から大小千箇所以上の地下ダムが建設されているという。

### <沖縄の地下ダムによる水源開発>

沖縄の気候は、年平均気温22.4℃、年平均降水量2,037mm、平均湿度76%と、高温多湿の亜熱帯海洋性気候である。年間降水量は豊富であるにもかかわらず、年間を通じて平均的にもたらされるものではなく、梅雨期と台風期に集中し、月毎の降雨は大きく変動する。沖縄の琉球石灰岩地帯は、石灰岩が空隙に富み透水性が極めて大きいため、地表に降った降雨の大部分は地下に浸透し、地下水として海に流出するため、河川が皆無である。更にその石灰岩上にある畑地は、石灰岩が風化し堆積した「島尻マーヅ」と呼ばれる保水力の乏しい土壌であることと相まって、地域の農家は、恒常的な干ばつに苦しめられ、耐干作物であるサトウキビに頼った不安定な営農を強いられてきた。

\*沖縄総合事務局土地改良総合事務所長



米軍沖縄占領時の1965年、沖縄県全域の地下水調査が行われた。この調査で、地下水は琉球石灰岩中を流動し、最後には湧水として地表に流出するか、海中に流出していることが分かった。そのため、琉球石灰岩地帯の農業用水源開発は、この琉球石灰岩中の地下水に依存せざるを得ないことが明らかになった。しかし、この地下水をどのような手段で開発するかが、問題として残った。そこで、石灰岩を帯水層として大量の地下水が開発でき、地下水への海水の浸入も防止できる新しい地下水開発の手法として「地下ダム」が1973年に提案され、前述の皆福地下ダム、常神地下ダムの成果、また緻密な地質調査に基づき、断層を活用した効率的かつ経済的な地下ダム建設による水源開発が行われた。

地下連続止水壁工法の導入により、一定の品質の止水壁が連続して施工できることが可能となった。施工は三軸削孔と呼ばれる3本の錐状の削孔機により行う。止水壁の連続性を確保するために隣接する杭との必要な重なりを確保するが、確保されない場合は削孔を追加（調整杭）して連続性を確保する。調整杭は施工深度が深くなるにつれて発生率が高くなり、砂川地下ダムでは14%、施工深度が深い米須地下ダムでは16%の調整杭を施工した。その後、削孔機械の先端を径を大きくする、先端を重くする、削孔推進力を増大させるなどの対策を講じることによって、実施中の伊江地下ダムでは調整杭の発生率は3%までに低下している。

#### <地下ダムは豊かな農業の命水>

沖縄県の本土復帰とほぼ同時に実施された地下ダムによる水資源開発は、全く水がない地域に灌漑用水が供給され、サトウキビの安定生産をはじめとして、菊、野菜（ゴーヤ、サヤインゲン、レタス、ニンジン、ピーマン）を冬から春にかけ全国の端境期に東京等の大消費地に供給するなど、沖縄の気候を生かした多様な農業が展開されるまでに変貌を遂げている。このように、多くの技術者によって地下ダム技術は約30年を経て水源開発技術として確立され、地域農業に大きな変化をもたらしつつある。沖縄における農業農村整備の役割は今後も大きく、それに携わる技術者はその社会的役割をしっかりと認識し、責務を果たす必要がある。沖縄の方言で「命水」があり、「身体にいいもの（こと）」を意味し、紛れもなく「地下ダムは豊かな農業の命水」となっている。

# 再開発ダム(夕張スーパーダム)における転流工の設計, 施工

松 岡 宗太郎\* 八 柳 慎\*\*  
 (Soutarou MATSUOKA) (Shin HACHIYANAGI)

## 目 次

1. はじめに	9	5. 傾斜継目の配置計画	12
2. 大夕張ダムの機能	10	6. 転流工の施工	12
3. 転流計画の問題点	10	7. おわりに	15
4. 温度応力対策	11		

### 1. はじめに

夕張スーパーダム(以下「新ダム」と称す)は、石狩川水系夕張川の夕張市南部地先(図-1)に立地するかんがい用水補給と発電を目的とした大夕張ダム(以下「現ダム」と称す)の再開発ダムとして、その直下流155m地点(図-2)に建造している重力式コンクリートダムである。

計画当初、現ダムの恒常的な水不足を解消するため、嵩上げダムとして計画されていたが、昭和50年、56年の洪水発生により、治水を目的とするダム計画と合わせて、平成7年から国営かんがい排水事業、スーパー発電所建設事業、水道水源開発施設整備事業、河川総合開発事業による共同事業として着手した。

新ダムは、堤高110.6m、堤頂長390m、堤体積94万 $m^3$ 、湛水面積15.0 $km^2$ 、有効貯水量3億7千万 $m^3$ と、現ダムに比較して堤体積、有効貯水容量ともに約5倍となり、大規模なダムに生まれ変わる(表-1)。平成21年度末までにコンクリート約33万 $m^3$ を打設し、高さ約35mまで打ち上がっている。

現ダムの直下流には、その貯水を利用して発電を行う二股発電所が隣接しているため、新ダムの建設は、現ダム及び発電所の機能を維持しながら行うことが条件となる。

ここでは、新ダム建設にあたり、重要な課題のひとつである現ダムの機能維持を前提とした転流工の設

計, 施工について報告するものである。

なお、本報告の内容は、第57回農業農村工学会北海道支部研究発表会での発表内容に加筆修正したものであることを付記する。



図-1 ダム位置図

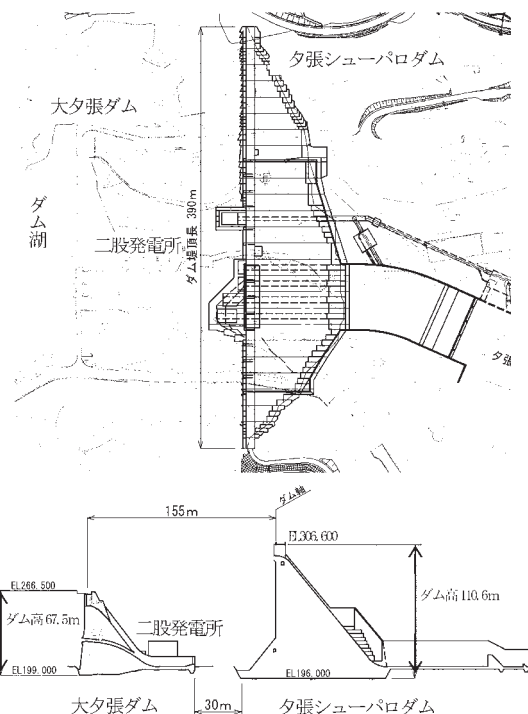


図-2 大夕張ダムと夕張スーパーダムの位置関係

\* (現北海道開発局農業水産部農業設計課  
 (Tel. 011-709-2311)  
 前)夕張スーパーダム総合建設事業所技術副長  
 \*\* (現北海道開発局網走開発建設部土地改良情報対策官  
 付農業水利官 (Tel. 0152-44-6171)  
 前)夕張スーパーダム総合建設事業所えん堤班長

表-1 ダム諸元一覧表

ダム名	大夕張ダム	夕張シューパロダム
河川名	石狩川水系夕張川	石狩川水系夕張川
目的	かんがい 発電	かんがい 発電 水道 洪水調節 流水の正常な機能の維持
型式	重力式コンクリートダム	重力式コンクリートダム
堤頂標高	EL.266.50m	EL.306.6m
堤高	67.5m	110.6m
堤頂長	251.70m	390.00m
堤体積	201千 $m^3$	940千 $m^3$
集水面積	433 $km^2$	433 $km^2$
湛水面積	4.75 $km^2$	15.0 $km^2$
総貯水容量	87,200千 $m^3$	427,000千 $m^3$
有効貯水量	80,500千 $m^3$	367,000千 $m^3$
設計洪水流量	1,300 $m^3/s$	3,000 $m^3/s$

## 2. 大夕張ダムの機能

現ダムは北海道総合開発の一環として国営大夕張土地改良事業により、昭和37年に完成した重力式コンクリートダムである。利水ダムであることから洪水調節機能は持たないが、ダムの安全確保のためにダム最大洪水流量1,300 $m^3/s$ の放流が可能な非常用洪水吐を有している。

かんがい用水の補給は4/20～8/20の期間で行われ（最大補給量25 $m^3/s$ ）、毎年利水容量のほぼ全量を使用している。発電使用水量は7～32 $m^3/s$ であるが、かんがい期における発電の運用はかんがい用水の補給に従属して行われる。

放流設備は、選択取水設備を取水口とした二股発電所、堤体下部のコンジット及び堤体上部の洪水吐の3つを備えているが、かんがい用水の補給は発電所の水車を経由させて放流しているため、発電を停止した状態では補給することができない構造となっている。

新ダムの建設中も現ダムの運用は必要不可欠であり、転流計画ではこれらの機能を損なわないものとしなければならない。

## 3. 転流計画の問題点

### (1)対象流量

新ダムの転流工対象流量は、現ダム建設時のような新規のコンクリートダムであれば、越水に対する被害が少ないことから、2年確率流量の390 $m^3/s$ となる（現ダム建設時の対象流量280 $m^3/s$ ）。しかし、再開発電ダムのため、当時と違い施工中に対象流量を超過した場合にはせき上げによって（図-3）、二股発電所が水没し、さらにかんがい用水の補給に支障をきたすこととなる。そのため、現ダムが有する洪水吐の放流能力1,300 $m^3/s$ を対象流量（以下、機能維持流量と称す）とし、計画することとした。

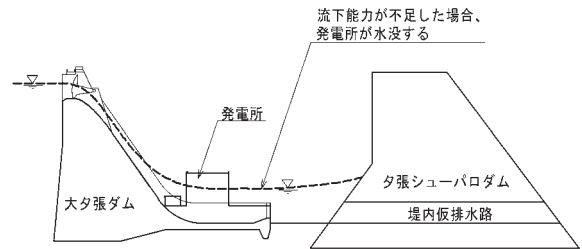


図-3 超過出水時の模式図

### (2)転流計画

再開発電ダムの転流方式には、既設ダムの機能を維持しながらの施工やスペースの制約から、既設ダムの貯水池から下流へバイパスする仮排水路トンネルを設ける場合がある。この方式は河川切替回数が少なく、全面レヤ打設が可能となるなど施工面ではメリットがあるものの、機能維持流量が1,300 $m^3/s$ と大きいため断面規模が大きくなるといった課題があった。

このため別途の転流方式として、現ダム発電所と新ダムの間にある30m程度のクリアランスを利用し、開水路（1次転流）とダム堤体に設ける堤内仮排水路（2次転流）を組み合わせた半川締切方式（図-4）を考案した。この方式で、落差50mのエネルギーを有する現ダムからの放流水を適切に処理することができることを水理模型実験（縮尺1/40）によって確認し、上述の現ダムの貯水池から下流へバイパスするトンネル案と経済性等を比較した結果、半川締切方式を採用することとした。

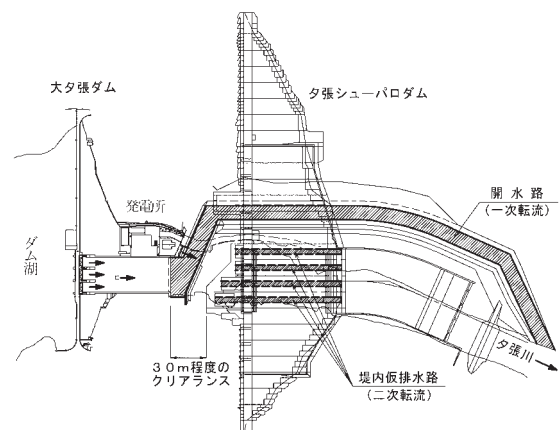


図-4 転流工配置図

### (3)転流工配置計画

1次転流工、2次転流工の配置計画を図-5に示す。

#### 1)1次転流工

1次転流工は、現河道を左岸に切り替えるために、現ダムの直下に擁壁（以下「1次転流擁壁」と称す）及び、堤体の基礎岩盤掘削にあわせて水路を築造するものである。配置に際しては、堤体や減勢工の施工に



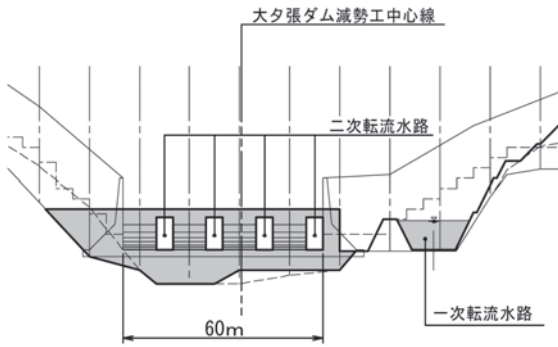


図-5 1, 2次転流水路配置図（下流面）

影響させないこと、 $1,300\text{m}^3/\text{s}$ の洪水が発生した場合であっても発電所が冠水しないように、水路内水位をできるだけ低く押さえられるような形状にすること、及びなるべく堤体掘削線の内側となるように留意した。

#### 2) 2次転流工

2次転流工は、1次転流擁壁を撤去してできる接続水路と堤内仮排水路、下流水路（減勢工）から構成される。堤内仮排水路の断面規模は、幅 $5.0\text{m} \times$ 高 $8.5\text{m} \times 4$ 条とし、機能維持流量 $1,300\text{m}^3/\text{s}$ の流下能力を確保した。配置に際しては、水理性を考慮し、現ダム洪水吐中心線に堤内仮排水路4条の中心を合わせることに留意した。また、水理模型実験によって、 $1,300\text{m}^3/\text{s}$ 流下時に接続水路内で発生する不安定な跳水と、左右不均等な回転流が確認された。その流況改善策として、構造物と下流水位の条件変更が考えられ、施工性も踏まえ一次転流擁壁を一部残すこと、新ダムの副ダムを一部築造することとした（図-6）。

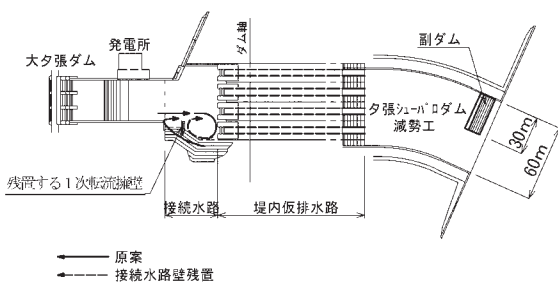


図-6 接続水路残置時の流況

改良した形状で水理模型実験を行ったところ、安定した流況になり、新ダムの副ダムを一部先行施工しても通水能力に影響が生じないことが確認できた。

一方、堤内仮排水路は河床部の最大断面部に設置され、上下流延長が約 $100\text{m}$ と長大であるのに対し、基礎岩盤 $\text{EL}196.0\text{m}$ から敷高 $\text{EL}206.0\text{m}$ までのコンクリート厚が薄いため、越冬期などに岩盤拘束によって、温度応力（堤内仮排水路周辺に上下流方向の引張応力）が発生する。堤体の一体性を損なう有害なひび割れが

生じる恐れがあったことから、温度応力対策を検討することとした。

#### 4. 温度応力対策

##### (1) 検討内容と評価方法

堤内仮排水路周辺には、越冬期に以下のような温度応力の発生が懸念されることから、有限要素法により温度応力解析を行った。

- ① 開口部周りに発生すると考えられるダム軸方向及び鉛直方向の温度応力（図-7）。

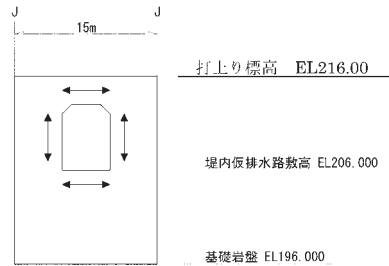


図-7 ダム軸及び鉛直方向応力

- ② 底版周辺に発生すると考えられる上下流方向の温度応力（図-8）。

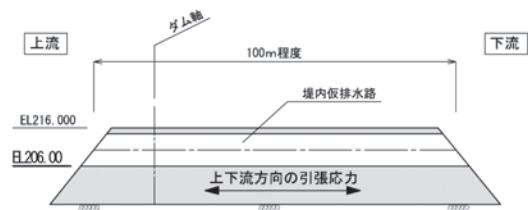


図-8 上下流方向応力

①については2次元モデルで近似できると考えられるが、②についてはブロック幅 $15\text{m}$ に対し、開口部が $5\text{m}$ であるため、2次元モデルとした場合、底版に発生する応力が実際よりも大きくなることが考えられるため3次元モデルを用いた。また、解析は上下流延長が最も長くなるブロックで行うこととし、モデルは軸対称構造として近似できるため、4分割して再現した（図-9）。

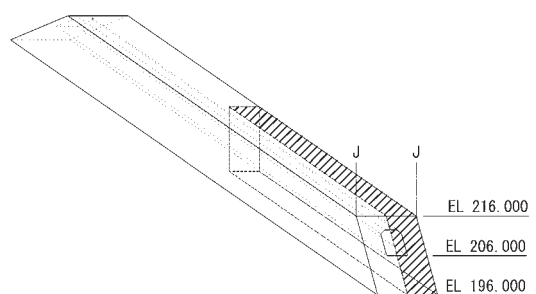


図-9 3次元解析モデル

解析で得られる温度応力の評価は、コンクリートの引張強度と発生応力との比によって表されるひびわれ指数による評価基準を用いた。なお、ひびわれ指数の安全係数は構造上問題となるひび割れを防止するため、1.45以上を目標とした。

## (2)温度応力解析結果

解析の結果、ダム軸方向及び鉛直方向の温度応力は、ジョイント間が15mと短く岩盤等による拘束が小さいことから問題ないと判断した。

しかし、上下流方向については、堤内仮排水路底版部に最大温度応力が発生し、ひびわれ指数は0.54と、ひび割れが発生する可能性が極めて高いため、対策を検討した。

上下流方向に大きな温度応力が発生する原因としては、越冬期の外気温が低いことと、上下流方向のレヤ長が長く基盤からの打上がりが少ないことにある。対策として、内部を保温する方法は、二次転流までの間、堤内仮排水路の吞吐口を塞ぐことにより可能であるが、二次転流後は通水により保温ができないため、最大応力の発生によるひびわれ指数は1.04となり許容値を満足することはできなかった。

このため、コンクリート打設後の発熱による温度上昇を低減させること、あるいは岩盤による拘束を低減させること等の温度応力対策が必要となった。

## (3)温度応力対策

コンクリートの打込み温度を制限することで、発熱による最高温度を低減させるプレクーリングや、傾斜継目(図-10)をブロック中央部に設置し、上下流のレヤ長を短くする(傾斜継目により区切られた排水路延長：上流51m、下流側43m)ことで、岩盤拘束の低減が図られる方法等について、温度応力解析を行った。その結果、傾斜継目を入れた場合、温度応力が大幅に緩和されることが分かった。最大応力は、傾斜継目がない場合、堤体中央部に応力が発生し、傾斜継目がある場合、分割したブロックの中央部に発生する(図-11)。なお、ひびわれ指数1.45以上を目標にパイプクーリング、鉄筋の補強、堤内仮排水路内の防寒養生も合わせて行った。

ダムに傾斜継目を入れることから、傾斜継目の勾配等について検討した。

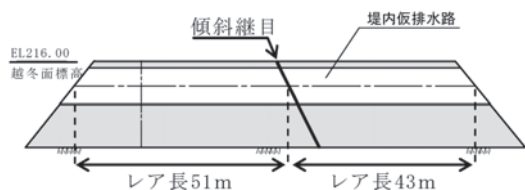


図-10 堤内仮排水路断面図(最大延長部)

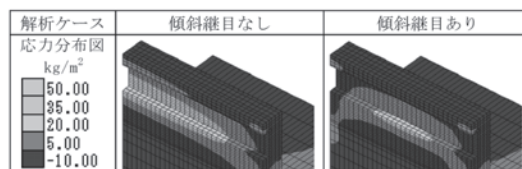


図-11 傾斜継目ありなしの応力分布図

## 5. 傾斜継目の配置計画

### (1)設計方法

傾斜継目は、柱状工法で用いられる鉛直の縦継目と異なり、設置勾配をダム完成後の堤体内部応力の主応力方向と一致させることにより、継目面にせん断力や垂直力が作用しないよう設計している。そのためコンタクトグラウチングを省略し、完成後も継目が開いた状態で運用しても、水圧や自重などの荷重を適切に基礎岩盤に伝達できる特徴を有している。

なお、傾斜継目の設置により堤内仮排水路部の打設は上流側と下流側に分割されるが、場内ダンプを用いて上流側を打設しながら、傾斜継目用の埋設型枠を設置し引続き下流側を打設することが可能である。

### (2)配置検討

傾斜継目の上端標高は、堤内仮排水路開口部よりも高い位置としなければならず、また打設を行っていない1次転流水路側とのリフト差(10m)を考慮し、越冬面標高であるEL216.0とした。

傾斜継目は、発生する温度応力を効果的に低減するため、最大応力が発生する堤内仮排水路中央付近に設置する必要がある。このため、傾斜継目は上端標高であるEL216.0で堤体の中央となる位置とした。

設置勾配は、ダム完成後の常時満水位時の状態で堤体自重と、上流面水圧を作用させた2次元有限要素法による応力解析を行い、堤体内部応力の主応力方向と一致するように設定した。解析の結果、各ブロックの傾斜継目勾配は図-12のとおりとした。

### (3)配置の妥当性検討

ダム完成後、長期的に堤体内温度が安定状態となった段階での傾斜継目の影響を確認するため、堤体最大断面部の18BLにおいて、主応力方向が傾斜継目の勾配と一致しているか、また傾斜継目周辺に大きな引張応力が発生していないか、2次元温度応力解析により検証した。検証の結果、主応力方向は傾斜継目の勾配とほぼ一致しており、また全体的に大きな引張応力が発生していないことから、設定した勾配が妥当であることが確認された。

## 6. 転流工の施工

平成16年12月に行った1次転流後、平成18年度から河床部右岸側の基礎掘削を開始した。平成20年度に

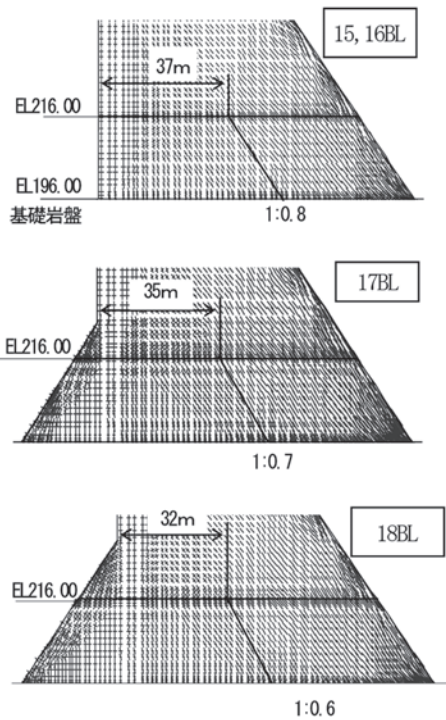


図-12 傾斜継目設置勾配

は、堤内仮排水路を築造し、冬期間に1次転流擁壁の撤去等を行い、平成21年3月に2次転流を行った。

ここでは、堤内仮排水路の施工が工程に影響することから検討した合理化施工、傾斜継目のブレイク処理、及びかんがい用水補給や発電時期の制約を受け、限られた期間に行った2次転流前の作業内容について述べる。また、試験湛水前から行われる堤内仮排水路の閉塞についての概要を紹介する。

#### (1)堤内仮排水路の施工

堤内仮排水路等の構造物周辺は、ダンプ直送による打設が困難な場合が多いため、クレーンなどを使用した打設方法が一般的である。

堤内仮排水路部の打設計画は以下の点に留意する必要がある。

- ①打設範囲は幅60m、上下流方向に約100mと広範囲であり施工量が多い。
- ②発電放流等との制約から、二次転流は冬期間に限られる。
- ③打設丁場内には堤内仮排水路が4条配置されるため、場内の移動も制約を受ける。

タワークレーンを打設丁場の上下流に設置して打設する方法や、打設丁場内にクローラクレーン用の作業構台を設置して打設する方法は、大規模な施工設備が必要になるとともに、ダンプ直送に比べ作業効率が低下する。

そのため、堤内仮排水路の構造及び鉄筋の配置状況より、堤内仮排水路間に約8mの幅が確保されていることに着目した(図-13)。この幅は10tダンプ程度

であれば十分に走行することが可能であるため、ここに下流からクローラクレーンにより場内ダンプを吊り入れ、コンクリートを受渡すことで、堤内仮排水路間のスペースを有効に利用することができた。

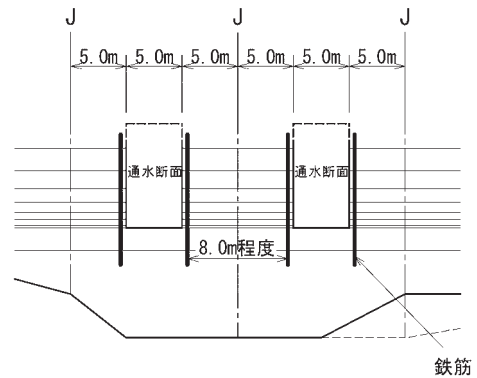


図-13 堤内仮排水路間のスペース

さらに、堤内仮排水路の上部・下部にプレキャスト材(二次製品)を用い、作業効率を向上させることとした(図-14)。写真-1がプレキャスト材を設置した堤内仮排水路頂部の現地状況である。堤内仮排水路間に一部見えている鋼材が傾斜継目である。

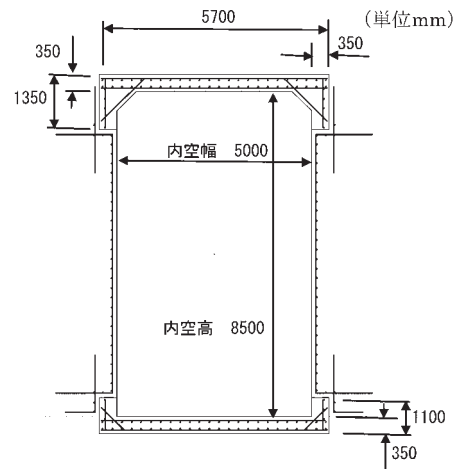


図-14 堤内仮排水路のプレキャスト(断面図)



写真-1 堤内仮排水路堤頂部の施工(右:上流)



## (2) 傾斜継目のブレイク処理

傾斜継目は完成後も継目が開いた状態でダムが運用される。そのため、貯水位や温度の変化により継目の開きが変化する。傾斜継目はEL216.0まで配置する計画であり、それより上部のコンクリートに、この継目の開きを伝達させないようにブレイク処理する必要がある。

ブレイクの方法は、傾斜継目の局所的な開きをブレイク金物で2mに分散し、さらに鉄筋で補強することで対応した(図-15、写真-2)。

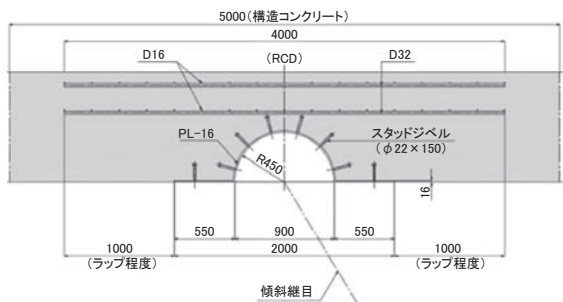


図-15 傾斜継目ブレイク図



写真-2 傾斜継目ブレイク金物の設置状況

## (3) 2次転流前の作業

1次転流から2次転流への切替えは、発電所と運用を協議した上で、発電の運転に支障を与えない期間(H21年3月7日~3月21日)に行った。

そのため、3月6日までに、1次転流擁壁(約1,600m<sup>3</sup>)の3.5m(発電放流32m<sup>3</sup>/sの水深)以上を撤去し、3.5m以浅は発電所の放流が停止する期間14日間で行った。その期間には、1次転流水路を閉塞するために上流部に高さ6m、252m<sup>3</sup>のコンクリート擁壁を構築した(図-16、写真-3)。

1次転流擁壁の取壊しは、工程の制約と、発電所への振動規制及び飛石等の回避のため、ワイヤーソー工法を採用した。また、1次転流擁壁の取壊しに使用するダンプ等の作業機械は、温度応力対策として防寒養生している堤内仮排水路を走行せざるを得ないため、堤内仮排水路に冷気が進入しないようにシャッターを設置し、温度管理を行った。

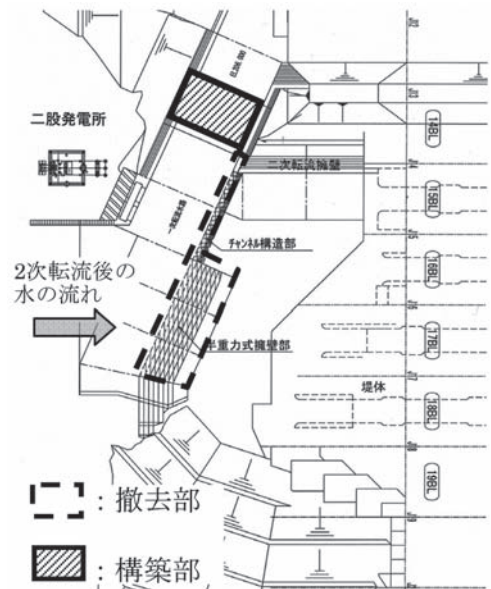


図-16 1次転流擁壁撤去部と1次転流水路閉塞のための擁壁構築部



写真-3 左岸から見た1次転流擁壁撤去部(点線部)

## (4) 堤内仮排水路の閉塞

平成21年3月に、新ダムは河道を堤内仮排水路に切替え、コンクリート打設を行っている(写真-4)。

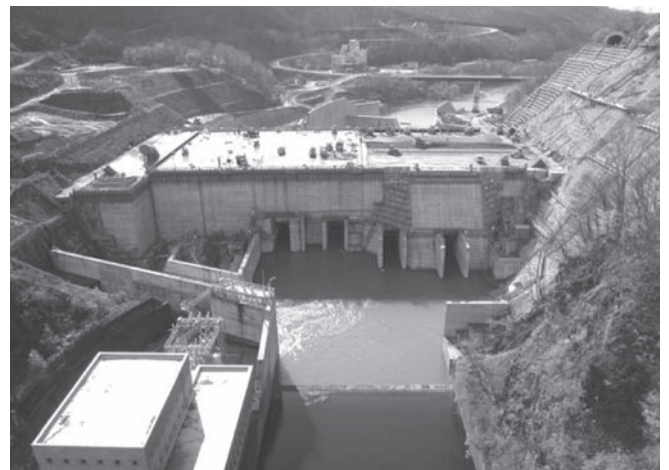


写真-4 現ダムから見た堤内仮排水路(左下が発電所)

堤内仮排水路は試験湛水開始までに4条のうち3条を閉塞し、残りの1条は試験湛水開始と同時にゲートを締め、試験湛水期間中に閉塞する。閉塞時期については、2次転流時と同様に現ダム及び発電所と調整する必要がある。現ダム（上部の金物等）と二股発電所は、試験湛水を開始する前年のかんがい期間終了後から撤去を始めるため、それに合わせて、3条の堤内仮排水路の閉塞作業を開始する。

かんがい期間終了から試験湛水開始までの約半年間に、二股発電所等の旧施設の撤去や堤内仮排水路3条の閉塞等を行うため、十分な工程管理が必要となる。

## 7. おわりに

新ダムのように、既設ダムの直下に建設する再開発ダムでは、既設ダムとの調整が重要となる。新ダムの場合、現ダムの機能を維持しながらの施工が条件となるため、転流計画については、開水路（1次転流）とダム堤体に設ける堤内仮排水路（2次転流）を組み合わせた半川締切方式を採用した。

堤内仮排水路は規模が大きい割に、基礎岩盤からの打ち上がりが少なく、越冬後すぐに通水することなどから、通常行わない堤内仮排水路に限定した温度応力解析を行った。その結果、温度応力対策として、堤内仮排水路内部の保温や、プレケーリングなどでは対応できず、傾斜継目が有効であることを確認した。

施工については、工期短縮等の合理化のために、堤内仮排水路の上部・下部にプレキャスト材を使用したり、1次転流擁壁の撤去に特殊工法（ワイヤーソー）を使用するなど工夫し工程管理を行った。

道内のダムの堤内仮排水路長及び傾斜継目の実績についてを調べたところ、堤内仮排水路長は最大概ね70mであり、傾斜継目を設置した事例はなかった（図-17）。新ダムでは、堤高が100m以上のハイダムのため堤内仮排水路長が約100mとなるが、傾斜継目を入れることによって約50mとなり、道内のダムの実績と符合することが分かった（定山溪ダムは柱状ブロック工法での施工のため、結果的にレア長は約30mとなっている）。

## 参考文献

- ・土木学会：コンクリート標準示方書【ダムコンクリート編】
- ・ダム技術センター：多目的ダムの建設【設計Ⅱ編】
- ・小中ほか：再開発ダムの施工計画（現ダムの機能維持を前提とした転流計画），第46回北海道開発局技術研究発表会，2003年2月
- ・成田ほか：再開発ダムの施工計画について（（第2報）堤内仮排水路の施工と温度応力対策について），第47回北海道開発局技術研究発表会，2004年2月

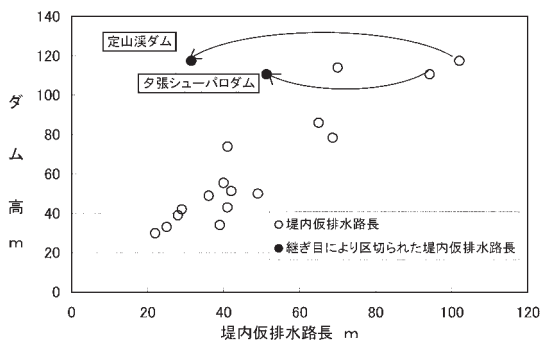


図-17 ダム高と堤内仮排水路長（道内の実績）

# 区画整理後の礫対策工法

久保雅俊\*  
(Masatoshi KUBO)

## 目 次

I. はじめに	16	VIII. 含礫量調査結果	18
II. 地区の概要	16	IX. 礫沈下量調査結果	18
III. ブルドーザ鎮圧工法の提案に至った経緯	16	X. アンケート結果	19
IV. ブルドーザ鎮圧工法の概要	17	XI. 事業費の算定	19
V. 営農と工程について	17	XII. 畑地転換に対する本工法の適用性について	20
VI. 調査内容	17	XIII. おわりに	20
VII. 土壌調査結果	18		

### I. はじめに

北海道農政部では地域に根ざした新たな農業農村整備の展開方向を示した「北海道農業農村整備推進方針」を2005年に策定し、営農形態に応じた弾力的な整備手法の導入を進めている。今後、北海道の農業をますます活性化させていくためには、地域の個性や創造力を十分に活かした農業・農村の持続的発展を実現し、豊かな「農村空間」を次世代に継承していくことが重要である。

北海道上川管内に位置する「つくも西地区」では、経営体育成基盤整備事業の区画整理に伴う石礫対策について、農業者の意見を取り入れ、地域の土壌条件と営農方針に適した新しい礫対策工法の構築を目指して調査・検討を行った。

### II. 地区の概要

つくも西地区は士別市の南東部に位置する水稻を中心とした地域であり、平坦な土地条件と寒暖差の大きい気象条件を活かし、良質な米の生産が行われている。本地区は1960年代に道営圃場整備事業によって整備されているが、平均区画面積が0.4haと比較的小規模であり、用排水施設も老朽化が進んでいた。そこで地域の農業者から、より一層の営農効率化と地域農業の安定化を図るため、圃場整備事業による大区画化の要望が寄せられていた。

このような背景から、平成12年に「経営体育成基盤整備事業つくも西地区」が採択され、平均面積2.5haの大区画化と用排水路のパイプライン化や農道ターン方式の導入により農作業の効率化を追求している。また、地区の農業者は本事業を契機に農事組合法人を結成し、農地集積を進めている。

### III. ブルドーザ鎮圧工法の提案に至った経緯

本地区は天塩川に隣接しており、地区全域に含礫土壌が広く分布している。当初計画では事業の一環として除礫44.2haを予定していたが、ほとんどの圃場の含礫率は残礫許容量である5%を下回っており、平均で3%であることが判明した。このため、計画面積の大部分で除礫が実施できない状況となり、施工面積も1.6haへと大幅に縮小された。

一般に作土層の含礫率が5%以下であれば営農上支障がないと言われているが、本地区の表土には径10～20cmの大礫が点在しており、従来から農機具の破損や畑作物の欠株、生育不良、品質や生産量の低下など多くの問題を抱えていた。このため、地区内の受益者から安価な礫の対策工法を望まれていた。

このような経緯から、代掻き期の湛水を利用したブルドーザ鎮圧による礫対策技術を考案し、その確立を目的とした調査を平成16年度から進めた。平成16年度の施工は7圃場（18.6ha）で、平成17年度の施工は5圃場（13.5ha）で行った。

\*北海道空知総合振興局産業振興部南部耕地出張所  
(Tel. 0123-75-2270)



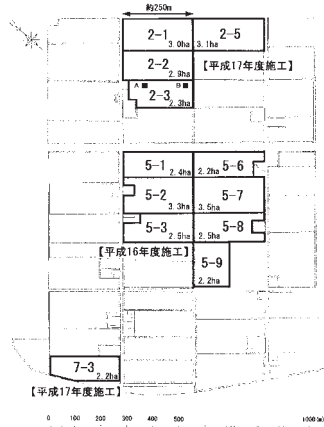


図-1 調査位置図

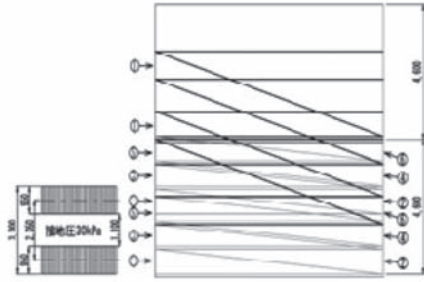


図-2 ブルドーザの走行軌跡

#### Ⅳ. ブルドーザ鎮圧工法の概要

本工法では、水稲作付に必要な作土厚15cm内の礫対策を目標値として設定した。

本工法は、①耕起→②砕土→③取水→④ブルドーザ鎮圧の手順で行う。

各工程の作業内容等は表-1に示すとおりである。

表-1 各工程の作業内容等

工程	施工区分	作業内容・目的	使用機械	作業状況
耕起 (施工深30cm)	請負者	本工程は、表土20cm以上の土層に亀裂を発生させ砕砕化させることで、ブルドーザ鎮圧作業によって石礫の踏み込みを促進する目的で行なう。	水田用心土砕砕機(カルチ)	
砕土 (施工深20cm)	請負者	作土を砕いて細片化することで、土塊と石礫の分離を促し、ブルドーザ鎮圧によって石礫の踏み込みを容易にすることを目的で行なう。	ロータリーディラー	
取水 (灌水深±0cm)	受益者	圃場内をたん水状態にすることで土塊を充分水化させ、石礫の踏み込みを容易にすることを目的で行なう。		
ブルドーザ鎮圧 (2回鎮圧)	請負者	取水後の圃場にブルドーザを走行させ、直前の接地圧で礫を下層に押し込むことを目的に行なう。田面の均平精度を確保するため、ブル走行回数を2回鎮圧とする。	19t級 接地ブルドーザ (接地圧:30kPa) (走行速度9km/h)	

鎮圧作業時のブルドーザの走行軌跡を図-2に示す。1回のブルドーザ鎮圧工程は1スパン4.6mの範囲を2往復半の走行で踏み作業となる。往路は前進、復路は後進とし、覆帯による踏み跡が10cm重なる位置に戻り、再び往路となる走行を繰り返す。1スパンの鎮圧完了後、次のスパンに移動して同様の作業を繰り返す。

平成16年度の施工状況によると、1回鎮圧部では覆帯側面から土壤の押し出しが認められ、走行後の田面に帯状の押し出し跡が残ることが確認されている。これに対して2回鎮圧部については押し出し跡が整地され、均平精度が増す傾向が認められている。営農上の支障を回避する目的からも、2回鎮圧による施工を行った。なお、踏み残しを無くすために、トランシットを用いてブルドーザ走行方向のズレを修正した。

#### Ⅴ. 営農と工程について

本工法は代掻き期を活用して施工するため、営農工程とのスケジュール調整が重要となる。また、融雪後から田植えまでの限られた期間に、効率良く施工を進める必要がある。

一圃場におけるブルドーザ鎮圧工法の工程表を表-2に示す。春季の営農およびブルドーザ鎮圧の工程は、①準備・事前調査→②耕起→③砕土→④取水→⑤ブルドーザ鎮圧→⑥本代掻き→⑦田植えという流れで行った。一圃場の場合、耕起と砕土にかかる時間は約1日、ブルドーザ鎮圧は約2日である。

表-2 一圃場におけるブルドーザ鎮圧工程表

工事種別	月別 施工	5月		作業時間
		10	20	
準備・事前調査	請負者	9,10		16.0h
耕起	請負者	11		4.5h
砕土	請負者	12		4.0h
取水	受益者	13		24.0h
ブル鎮圧	請負者	14,15		11.0h
本代掻き	受益者	20		4.0h
田植え	受益者		30	5.0h

#### Ⅵ. 調査内容

本調査ではブルドーザ鎮圧工法の効果を検証することを目的として、表-3に示す各種調査を実施した。

表-3 調査項目

調査項目	調査目的	調査内容・方法	調査時期		
			ブルドーザ鎮圧前 (4月)	ブルドーザ鎮圧後 (5月)	稲刈後
土壌調査	作土層および心土層の土塊を把握し、工程計画策定の土壌条件を把握する。	土粒子の密度試験 土の含水比試験 土の粒度試験 土の塑性限界試験	○		
含砂量調査	作土層内の含砂量の違いから、本工法の効果を定量的に把握する。	調査孔の大きさを、横1m×縦1mとし、深度0~15cm, 15~30cm, 30~45cmのそれぞれの層について、小礫(30~50mm)、中礫(50~100mm)、大礫(100~200mm)の含砂量を測定。	○		○
礫沈下量 調査	礫の沈下量を把握する。	ブルドーザ鎮圧前の圃場に、着色した大礫、中礫、小礫を各5個置き、礫の標高をレベル測量で測定する。ブルドーザ鎮圧後に礫を掘り起こし、同様に標高を測定し、差し引きから沈下量を計算する。	○	○	
アンケート 調査	ブルドーザ鎮圧工法の効果、事業化に向けた受益者の要望を把握する。	調査票を配布し、ブルドーザ鎮圧工法を実施した区画の受益者に回答頂く。	○	○	○



## VII. 土壌調査結果

土壌調査結果を表-4に、土壌断面の状況を写真-1に示す。写真-1に示すとおり、表土層内には径10cm以上の礫が点在しており、営農上の障害となっている。

2-3圃場の表土と心土は、いずれも「砂壤土」に分類された。

表-4 土壌分析結果一覧

試験種別	試験項目	記号	2-3圃場	
			表土	心土
一般	土粒子の密度	$\rho_s$	2.611	2.657
	自然含水比	W <sub>n</sub>	24.19	27.66
	取水後含水比	W <sub>n'</sub>	43.47	
粒度特性 日本農学会法	礫(2mm以上)		16.1	0.2
	粗砂(0.25~2mm)		9.7	4.3
	細砂(0.05~0.25mm)		41.7	44.5
	シルト(0.01~0.05mm)		16.5	27
	粘土(0.01mm以下)		16	24
	分類名		砂壤土	砂壤土
	分類記号		SL	SL
コンシステンシー	液性限界	WL	46.4	33.6
	塑性限界	WP	29.5	20.8
	塑性指数	I <sub>p</sub>	16.9	12.8

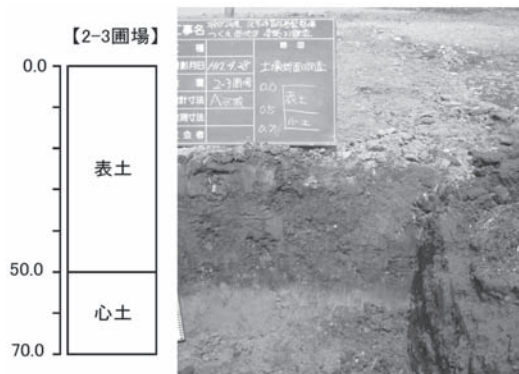


写真-1 土壌断面の状況

## VIII. 含礫量調査結果

含礫量調査は、盛土区域、切土区域において、図-3に示すように1区域当たり9箇所を調査した。含礫量調査結果を図-4に示す。

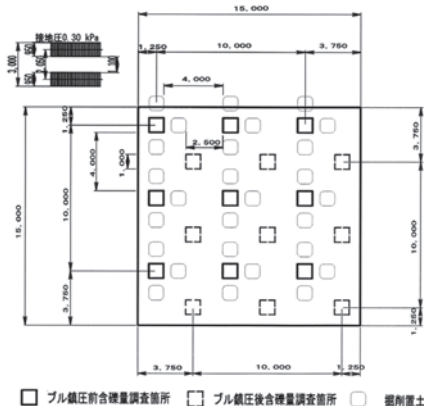
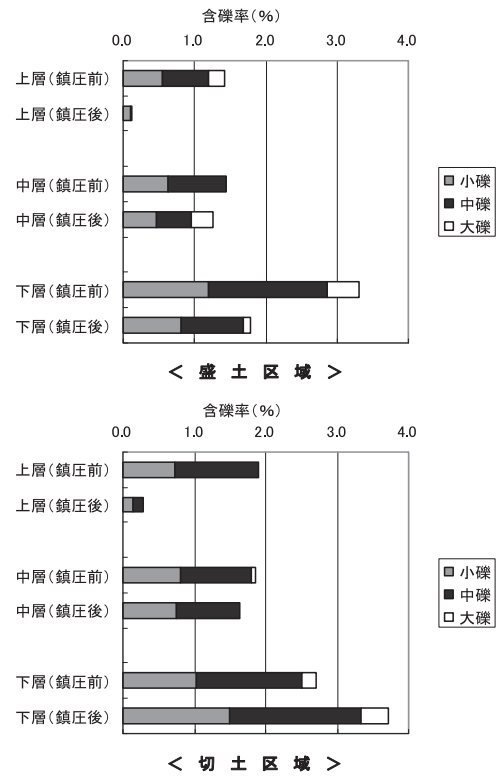


図-3 含礫量調査地点

調査結果から、上層の礫の減少が明瞭に認められた。



計算式  

$$\text{含礫率} = \frac{\text{含礫量}}{\text{調査孔容積}} \times 100 (\%)$$

図-4 含礫量調査結果

## IX. 礫沈下量調査結果

ブルドーザ鎮圧に伴う礫沈下現象を物理的に証明するため、礫沈下量調査を実施した。礫沈下量調査の状況を写真-2に示した。

本調査は、耕起・砕土後に、圃場内に設定した試験区に着色した礫を人為的に置き、礫上面の標高を測定する。ブルドーザ鎮圧後、同様に礫上面の標高を測定し、施工前後の標高差から礫沈下量を計算した。調査結果を図-5に示す。

図-5に示すとおり、ブルドーザ鎮圧前と比較して礫は明らかに沈下する傾向にあった。以上から、ブルドーザ鎮圧工法の効果は物理的に証明されたものと考えられる。

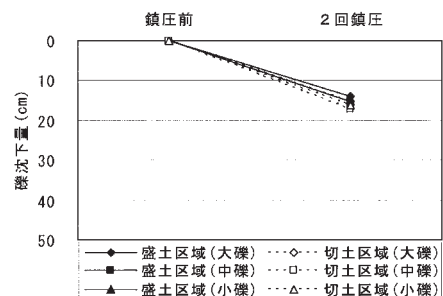


図-5 礫沈下量調査結果

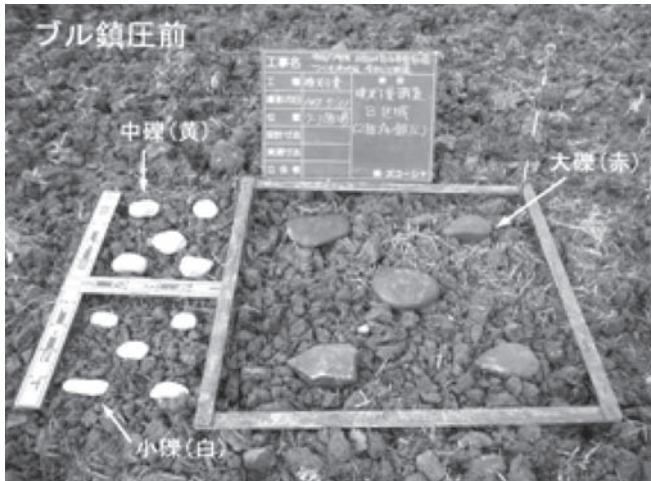


写真-2 礫沈下量調査の状況

## X. アンケート結果

アンケート調査の対象者数は6名、回答率は100%であった。集計結果を以下に示す。

### (1) 碎土作業時の感触に関するアンケート結果

碎土作業後に走行時の感触についてアンケートを実施した。集計結果を以下にまとめる。

- 全圃場について「ほとんど礫にあたらず、作業に全く支障がない」、「礫にあたっているが、作業に支障はない」との回答が得られた。
- 「鎮圧前と比較して礫が少なくなった」との感想が寄せられた。

以上から、オペレータはブルドーザ鎮圧の効果を感覚的に感じていることがわかった。

### (2) 受益者に対して行ったブルドーザ鎮圧工法に対するアンケート結果

受益者別のアンケート結果を以下にまとめる。

- 「施工費45,000円/ha（受益者負担17.5%）は安い」という意見が大半であった。
- 受益者全員から「ブルドーザ鎮圧によって大礫のみ鎮圧されれば十分」と回答が得られた。
- 受益者全員から「対象とする礫の80%は鎮圧され

てほしい」と回答が得られた。

- ブルドーザ鎮圧に期待する効果として「労働時間が短くなる」、「修理費が安くなる」との意見が多かった。
- 受益者全員から「ブルドーザ鎮圧は非常に効果的である」との回答が得られた。
- 受益者全員から「ブルドーザ鎮圧工法の頻度としては3~5年が適当」との回答が得られた。
- 農家が期待するブルドーザ鎮圧工法の耐用年数は「5年」であった。
- 受益者全員から「今後事業として取り組んで欲しい」との要望があった。

以上から、受益者はブルドーザ鎮圧の効果を十分感じており、事業化へ大きな期待を寄せていることがわかった。

### (3) 各圃場に対して行ったブルドーザ鎮圧工法に対するアンケート結果

圃場別のアンケート結果を以下にまとめる。

- 全圃場で「表土に出てくる礫の量が減った」との回答が得られた。
- ブルドーザ鎮圧の効果として「石拾いの時間が減った」「機械に礫が当らなくなった」「礫障害による作物の損傷が減った」との回答が得られた。
- 石拾いの作業時間が短縮されたとの回答が得られた。
- 碎土時と代掻き時の機械稼働時間が短縮されたとの回答が得られた。
- ブルドーザ鎮圧によって「水稻の初期生育が良くなった」、「予定どおりの生育を示すようになった」との意見が多かった。

以上から、ブルドーザ鎮圧によって圃場の礫が減少したことで、労働時間と農業機械の稼働時間が短縮されたことがわかった。また、水稻の生育にも好影響を与えていることがわかった。

## XI. 事業費の算定

「ブルドーザ鎮圧工法」の事業費の算定結果を表-5に示す。ブルドーザ鎮圧工法の事業費は26万円/haと試算された。

表-5 事業費算定結果

項目	ブルドーザ鎮圧工
工事費 (円/ha)	165,000
測量調査費 (円/ha)	90,000
工事雑費 (円/ha)	5,000
事業費 (円/ha)	260,000

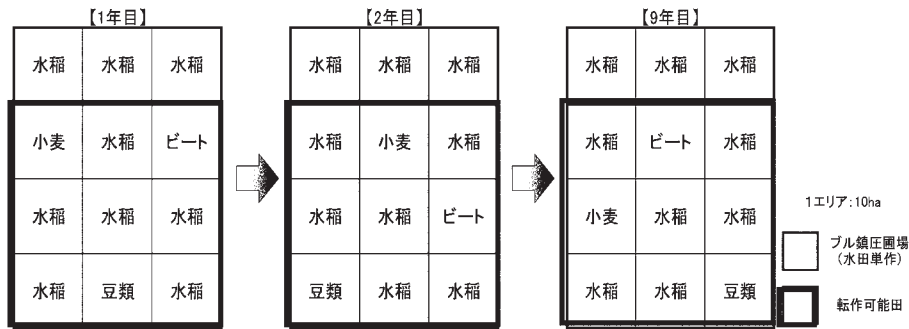


図-6 つくも西地区における作付けローテーションの模式図

**XII. 畑地転換に対する本工法の適用性について**

本工法は“代掻き期の湛水を利用した工法”であり、作土厚15cm内の礫排除を目標値として設定した。同じ仕様に従って本工法を施工する場合、本工法は「水田単作に適した礫対策工法」と位置付けるのが妥当と考える。

つくも西地区の土壌は国際土壌学会法に従うと「砂土」～「砂壤土」に分類された。このことを踏まえて、本工法の適用条件を以下のように提案する。

＜ブルドーザ鎮圧工法の適用条件＞～国際土壌学会法で「砂土」もしくは「砂壤土」に分類され、径30mm以上の礫を5%未満含む土壌。

なお上記の土壌条件に該当しない地区へ本工法を適用する際には、別途十分な調査が必要である。

つくも西地区においては、全圃場面積120haに対し、ブルドーザ鎮圧圃場30haを「水田単作田」、残りの90haを「転作可能田」として利用することが望ましい。具体的には、ビート、小麦、豆類などの作物を「転作可能田」を利用して作付けるローテーションを構築する。つくも西地区における作付けローテーションの模式図を図-6に示す。

また、ブルドーザ鎮圧工法の耐用年数を5年と考えれば、5年経過後に畑作物を作付けて、水田に転換する際に再びブルドーザ鎮圧を行うローテーションを組む方法が考えられる。ブルドーザ鎮圧工法を組み入れた作付けローテーション模式図を図-7に示す。

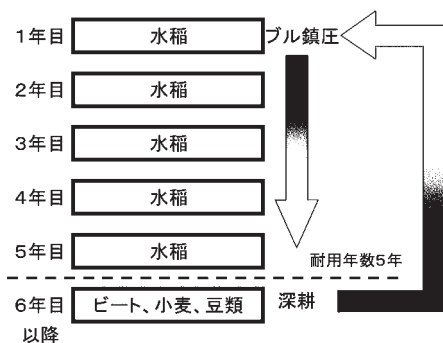


図-7 ブルドーザ鎮圧工法を組み入れた作付けローテーション模式図

**XIII. おわりに**

水田特有の湛水条件を活用し、営農機械による前処理とブルドーザ鎮圧を組み合わせた作土層内の礫対策技術を考案し、実用化に向け有効性を検証してきた。本調査の結果、ブルドーザ鎮圧工法の効果の有効性が確認できた。また、事業費については26万円/haと除礫対応に比べ1/10のコストで施工が可能であることから、新たな低コスト礫対策工法として確立できるものとする。

**引用文献**

- 1) 農林水産省：土地改良事業計画設計基準 計画 土層改良，農業土木学会，pp.50～52（1984）



# 岩堂沢ダム堤体コンクリートのひび割れ対策について

小 玉 光 二\* 村 本 淳\*\*  
 (Kouji KODAMA) (Atsushi MURAMOTO)

## 目 次

I. はじめに	21	V. 堤体の安定性確認	26
II. 岩堂沢ダムにおけるひび割れ防止対策	21	VI. ひび割れの補修	26
III. 計測計器によるひび割れの挙動観測	23	VII. おわりに	27
IV. ひび割れ発生の実態調査	24		

### I. はじめに

岩堂沢ダムは、北上川水系江合川両岸に展開する大崎平野の水田の基幹水利施設として築造された農業専用ダムであり、堤体コンクリート打設は平成16年6月から平成18年8月まで施工され、平成21年7月までの試験湛水を経て、平成21年9月から供用を開始したところである。

岩堂沢ダムは重力式コンクリートダムであり、事前に温度応力解析を行った結果、ひび割れの発生が予測されたことから、各種ひび割れ防止対策を実施してきたが、施工完了後の調査で越冬打継目の上下流面付近にひび割れの発生が確認された。

本報では、ひび割れ防止対策に至る経緯、ひび割れ発生後の実態調査、ひび割れを考慮した安定性照査、ひび割れ補修について報告する。

### II. 岩堂沢ダムにおけるひび割れ防止対策

#### 1. 温度応力解析によるひび割れ予測

ダムのようなマスコンクリート構造物は、温度応力によるひび割れが懸念されることから、事前に温度応力解析を行っている例が多い。一般に、コンクリートにおけるひび割れ予測は、ひび割れ指数 $I_{cr}(t)$ を指標とする例が多く、本ダムも設計段階において、有限要素法により各部のひび割れ指数を求めている。

なお、ひび割れ指数 $I_{cr}(t)$ は、コンクリート標準示方書「施工編」P42<sup>1)</sup>より次式により算定している。

$$I_{cr}(t) = f_{tk}(t) / \sigma_t(t)$$

$f_{tk}(t)$ : 材齢  $t$  日におけるコンクリート引張強度

$\sigma_t(t)$ : 材齢  $t$  日におけるコンクリート最大主引張応力度

図-1に予測解析による本ダムの長期ひび割れ指数分布を示す。

また、ひび割れ指数 $I_{cr}(t)$ に対する発生評価はコンクリート標準示方書「施工編」P43<sup>1)</sup>に参考値として表-1のとおり示されている。

本ダムは、コンクリート打設後の実測データ等が現場で得られ、正確な温度応力解析が可能なことから、ひび割れに対するより高い防止評価が得られるものと考え、ひび割れ指数1.0以下をひび割れが発生する目安とした。

表-1 ひび割れ指数と発生評価

ひび割れ指数	ひび割れ発生評価
1.75 以上	ひび割れを防止したい場合
1.45 以上	ひび割れの発生を出来るだけ制御したい場合
1.0 以上	ひび割れを許容するが、ひび割れ幅が過大とならないように制御したい場合

#### 2. 岩堂沢ダムにおけるひび割れ防止対策

温度応力解析の結果より、表-2のようにダムの各部でひび割れ指数1.0以上となるようにひび割れ防止対策を実施した。

特に、ひび割れ指数が小さな値を示す、冬期休止したコンクリート打設面の打継目付近には、保温養生を上流面7m、下流面14mの範囲に設置した。(写真-1参照)

なお、本ダムの場合H16.5~H18.8までコンクリート打設したため、越冬打継目箇所は2面存在する。

\* 東北農政局平鹿平野農業水利事業所  
 (Tel. 0182-35-7781)

\*\* 農林水産省大臣官房環境バイオマス政策課  
 (Tel. 03-3502-8644)

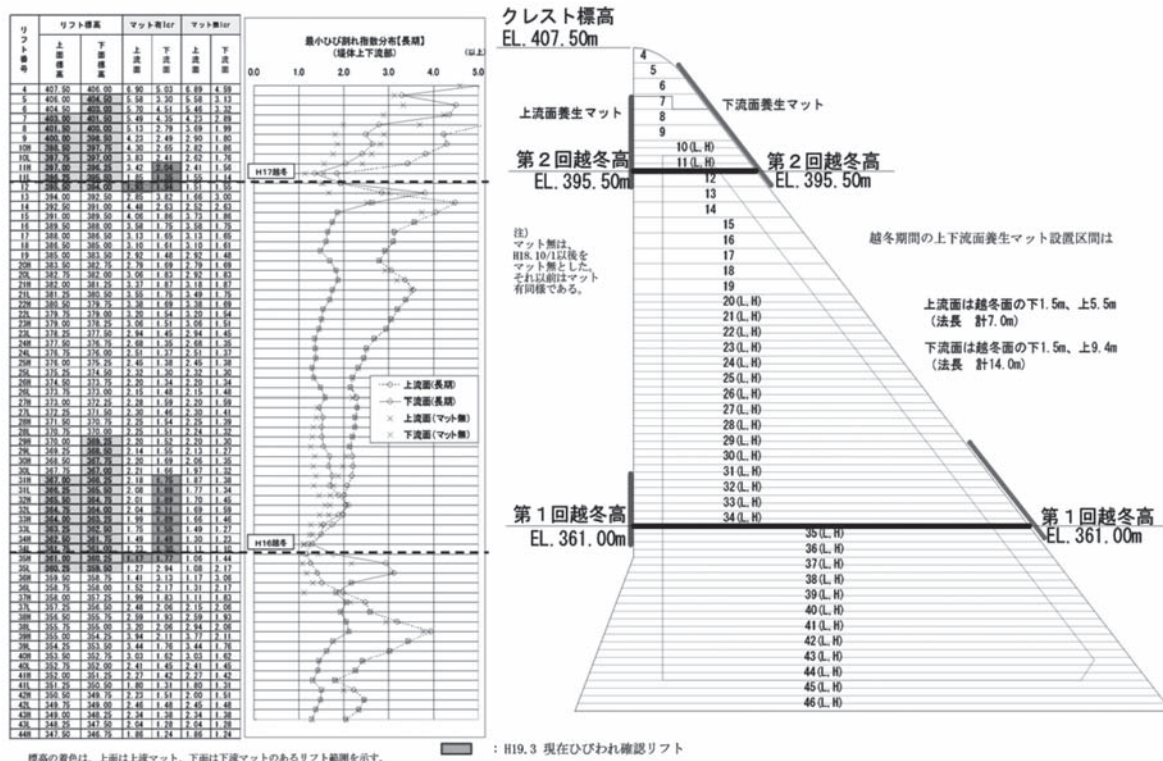


図-1 予測解析の最小ひび割れ指数分布（長期）

表-2 ひび割れ予測における防止対策

防止対策	対策の目的	対策の内容	
		<短期的な対策>	<長期的な対策>
入念なコンクリート養生の実施	<ul style="list-style-type: none"> <li>・コンクリート表面の保温によるひび割れの抑制</li> <li>・湿潤環境の保持</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・打設温度の抑制対策</li> <li>①骨材貯蔵便への遮光ネット取付</li> <li>②チラー設備の稼動による温度上昇の抑制</li> <li>・打設後の処理</li> <li>①散水・湛水養生の徹底</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・越冬面養生:越冬リフト表面及び上下流面に保温養生マット(t=50mm)及びビニールシートを敷設</li> <li>・堤体上下流面の養生:温度応力解析結果より、ひび割れ指数の低下する領域を中心に、スライド型枠裏側に養生マット(t=50mm)を設置。</li> <li>・このほか、堤内構造物(監査廊・堤内仮排水路)の空洞部内面に養生マット敷設</li> </ul>
止水板設置(越冬リフト面)	ひび割れ指数の低下する越冬リフト周辺での堤体上流面からの浸透水の遮断		・解析結果より、長期的なひび割れ指数の低下する、越冬リフト周辺の上流面に、水平止水板を設置する。
温度応力に関する挙動計測の実施	コンクリートの温度・応力(ひずみ、有効応力)の発生状況の計測と対策の適否判断		・解析結果より、長期的なひび割れ指数が1.0に近くなる越冬リフト付近を中心に、温度計(熱電対)、ひずみ計、有効応力計、鉄筋計、継目計を設置し、施工期間内を対象とした挙動計測を行う。

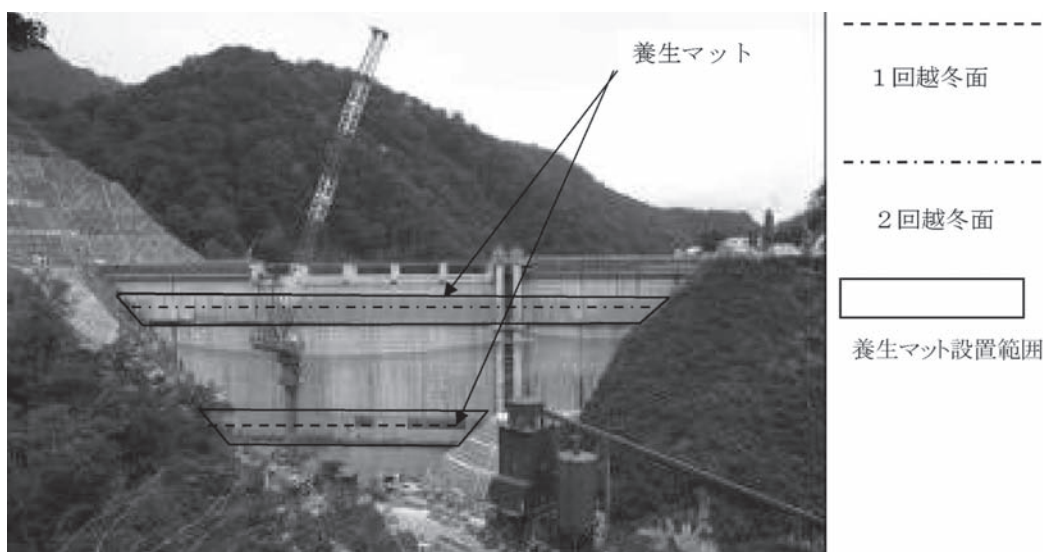


写真-1 越冬打継目の上流面養生マット（上流面）

### Ⅲ. 計測計器によるひび割れの挙動観測

本ダムではダムの保守管理を前提とした「長期観測用温度計」と、施工中における挙動計測のための「施工管理用観測計器」を設置した。

これらの計器データを基に、ひび割れ発生に対する挙動監視計測を行うこととした。

#### 1. 設置位置

計器を設置する位置は、堤体コンクリートの最大断面の7ブロックとした。

事前の温度応力解析によると、応力は堤体の表面部と中央部で異なる。このため計器は、越冬面の上下流側、中央部、下流側の3箇所を基本とし、さらに岩着部等にも設置した。

設置する計器は図-2の通りであり、鉄筋計等の設置方向は、最大主応力方向（図-2の矢印の向き）とした。

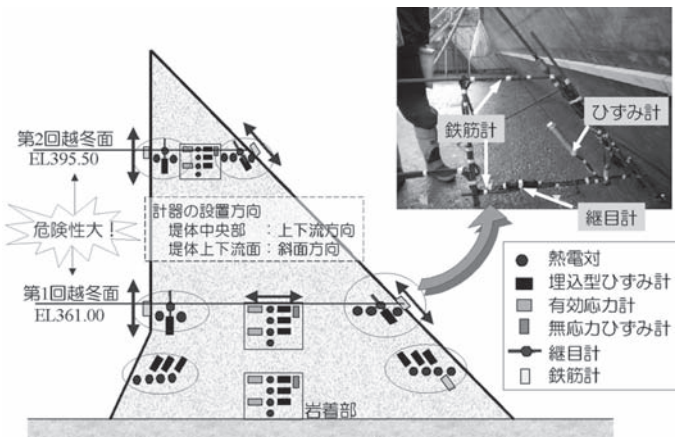


図-2 観測計器設置イメージ図

### 2. ひび割れ監視用計器の挙動

ひび割れ監視用計器の主な挙動はつぎのとおりであった。

#### (1) 堤体コンクリートの温度変化

温度計計測データから解析した堤体コンクリートの時系列コンター図として、温度差の顕著な2006.1.31時点の温度分布を図-3に示す。

本図からは表面温度がほぼ0℃であるのに対し、内部の最高温度は約39℃となっており、越冬打継目面は保温養生したにもかかわらず内部コンクリート温度より温度降下が大きい。

#### (2) 鉄筋計、継目計の挙動

鉄筋計、継目計の計器配置図を図-4に示すと共に、ひび割れと鉄筋応力の関係を表-3に、また継目計の開き関係を表-4に示す。

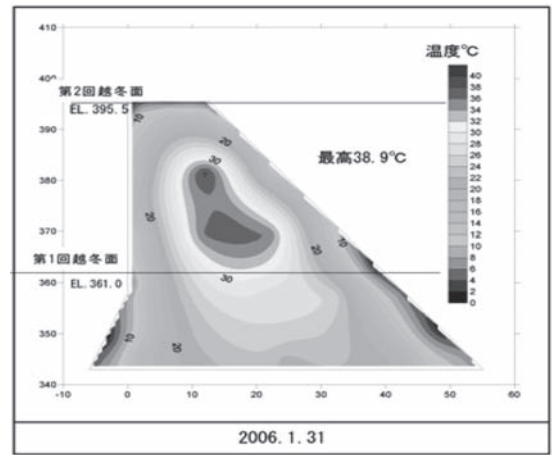


図-3 施工中における堤体コンクリート温度分布

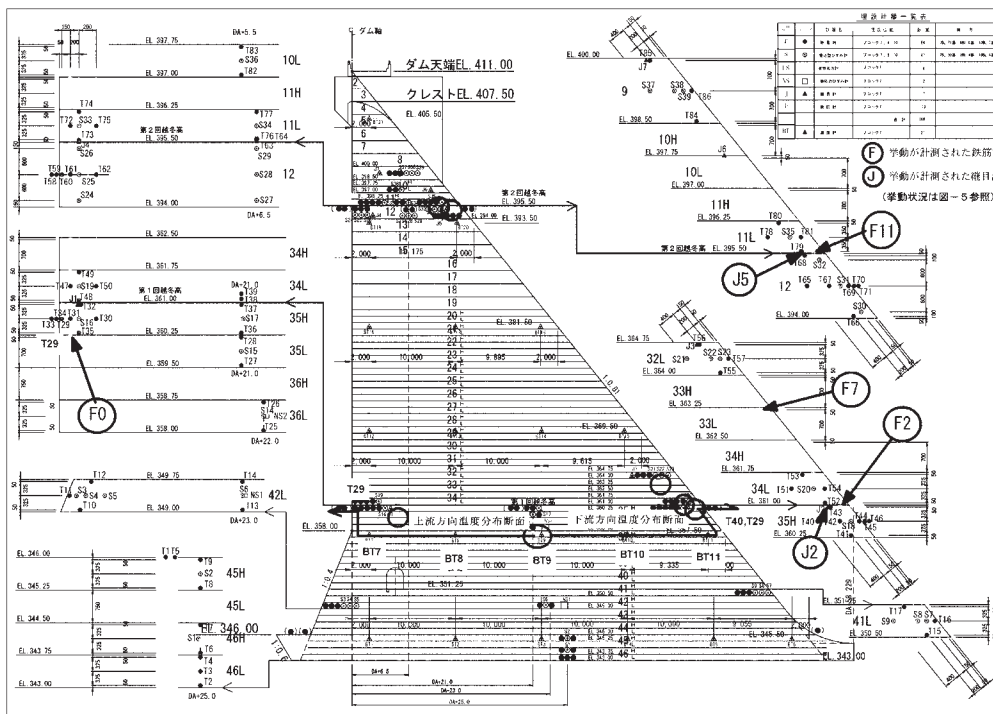


図-4 計測計器配置図



鉄筋計の挙動としては、ひび割れの発生していないリフトの鉄筋応力はほぼ0Mpaであるが、ひび割れの発生している4箇所鉄筋計は194～472Mpaと非常に大きな値を示している。

また、継目計の挙動としては、鉄筋計と同様の傾向があり、最大の開きは、第1回越冬面に配置したJ-2で0.5mm、第2回越冬面に設置したJ-5で1.2mmである。

表-3 ひび割れと鉄筋応力

区分	施工年度	設置標高(m)	鉄筋計			
			上流側		下流側	
			計器番号	鉄筋応力 Mpa	計器番号	鉄筋応力 Mpa
第2回越冬面上下段打設リフト	H18	400.00			F18	
		398.50			F17	
		397.75			F16	
		397.00			F15	
		396.25	F12		F13	
		395.50	F10		F11	472
第1回越冬面上下段打設リフト	H17	394.75			F9	
		364.75			F9	
		364.00			F7	471
		363.25			F6	
		362.50			F4	
		361.75	F3		F2	194
H16	361.00	F1				
		360.25	F0	391		

--- ひび割れ位置      越冬面リフト

- ①試験方法の違いによる強度比  
割裂引張強度／直接引張強度=0.72
- ②打継面の清掃状況による強度比  
水洗い・敷モルタル／継目なし=0.52
- ①のみ考慮した場合の危険応力度  
 $scta1 = 2.38Mpa \times 0.72 = 1.71Mpa$
- ①と②を考慮した場合の危険応力度  
 $scta2 = 2.38 \times 0.72 \times 0.52 = 0.89Mpa$

ひび割れが発生すると推定される鉄筋応力を、上記計算値にコンクリートと鉄筋の弾性係数比15を乗じて計算する。

- ①のみ考慮したときの鉄筋応力  
 $sr1 = 1.71 \times 15 = 25.7Mpa$
- ①および②を考慮したときの鉄筋応力  
 $sr2 = 0.89 \times 15 = 13.2Mpa$

(2)打継面にひび割れが発生すると推定される鉄筋応力と鉄筋計で計測された挙動の比較

ひび割れが発生すると推定される鉄筋応力と図-5の鉄筋計の挙動を比較すると、推定した鉄筋応力に達した時点で鉄筋計の応力が急激に増加していることから、この時点でひび割れが発生したものと推測される。

#### 4. ひび割れ発生原因の推定

温度応力の長期的な対策として実施したこの保温養生対策は、ひび割れ抑制に一定の効果を発揮したと考えられるが、ひび割れの完全な防止には至らなかった。

この原因は、外部環境として、表面ひび割れの発生が生じやすい秋口の温度降下及び日較差が解析ベースよりも大きかったこと、また、堤体内部の問題として、越冬面を境としてコンクリート温度の不連続面が生じることにより、堤体上下流面に拘束ひずみが発生しやすい状況が生じたこと、等が複合的に作用したためと考えられる。

表-4 ひび割れと継目の開き

区分	施工年度	設置標高(m)	継目計			
			上流側		下流側	
			計器番号	計測値(mm)	計器番号	計測値(mm)
第2回越冬面上下段打設リフト	H18	400.00				
		398.50				
		397.75				
		397.00				
		396.25				
		395.50	J4		J5	1.2
第1回越冬面上下段打設リフト	H17	394.75				
		364.75				
		364.00				
		363.25				
		362.50				
		361.75				
H16	361.00	J1		J2	0.5	
		360.25				

--- ひび割れ位置      越冬面打設リフト

#### 3. ひび割れの発生と時期の推定

本体コンクリートの打設に当たっては、各種ひび割れ防止対策を講じてきたが、施工後越冬打継目の上下流面周辺の各所にひび割れが確認された。

ひび割れは、コンクリート内部の引張応力が、ひび割れが発生する限界応力を越えたときに発生することから、これを基に発生時期を推定した。

##### (1)打継面にひび割れが発生する時の鉄筋応力の推定

ひび割れが発生した打継面の引張強度は、堤体(下流フーチング)より採取したコンクリートコアを用いた割裂引張強度試験値を文献により補正した値を用いる。

試験による打継面の割裂引張強度は $scta = 2.38Mpa$  (2.21～2.56, 6供試体の平均値)である。これを土木研究所での試験結果報文(ダム技術No.54ダム用コンクリートの直接引張強度試験とその試験結果についての考察)<sup>2)</sup>により補正する。

#### IV. ひび割れ発生の実態調査

##### 1. ひび割れ性状調査

ひび割れ発生箇所は越冬打継目上下流面付近に発生しており、内部拘束による表面ひび割れと判断され、ダム構造上は問題ないと考えられるが、ひび割れ深度によっては無視出来ないため、ひび割れの幅、長さを計測した。

また、ひび割れ深さはコアカッターボーリングによる抽出調査のほか、ひび割れ範囲を推定するために、ボーリング孔を利用した注水試験を実施した。

##### (1)目視調査

ひび割れ幅や長さはクラックスケールを用いて発生箇所2mメッシュを組んで測定した。

##### (2)ひび割れ深度調査

ひび割れ深度は、調査当初ひび割れ幅とひび割れ深

度が比例することを想定して抽出調査を行ったが、ひび割れ幅とひび割れ深度が比例しないことから、0.5mm以上のひび割れが確認された打設ブロックに最低限1箇所配置し、それぞれのひびわれ深度を把握した。なお、ひび割れ深度を正確に把握する目的から、ひび割れ線を中心に水平ボーリングにより調査を行なった。コア抜きには削孔径φ110mmのコアカッターを使用し、ボアホールカメラによってボーリング孔の写真を撮影し、亀裂方向の観察を行なった。

### (3)注水試験

ひび割れ深度の広がりを求めるため、ひび割れ深度の深いボーリング孔と最大断面の2ブロックのボーリ

ング孔を利用した注水試験を行った。

## 2. 調査結果

### (1)目視調査結果

目視による調査結果から、ひび割れは水平方向のもののみであった。

このひび割れ幅の特徴は表-5及び表-6に示すように、上流面周辺は0.04~0.1mmの範囲にあり、約7割が0.04mmであった。これに対し下流面周辺は、0.04~1.20mmの範囲にあり、約7割が0.2mm以上であった。

ひび割れ幅は、相対的に上流面には小さなひび割れが多く、下流面には大きなひび割れが多い結果が得られた。

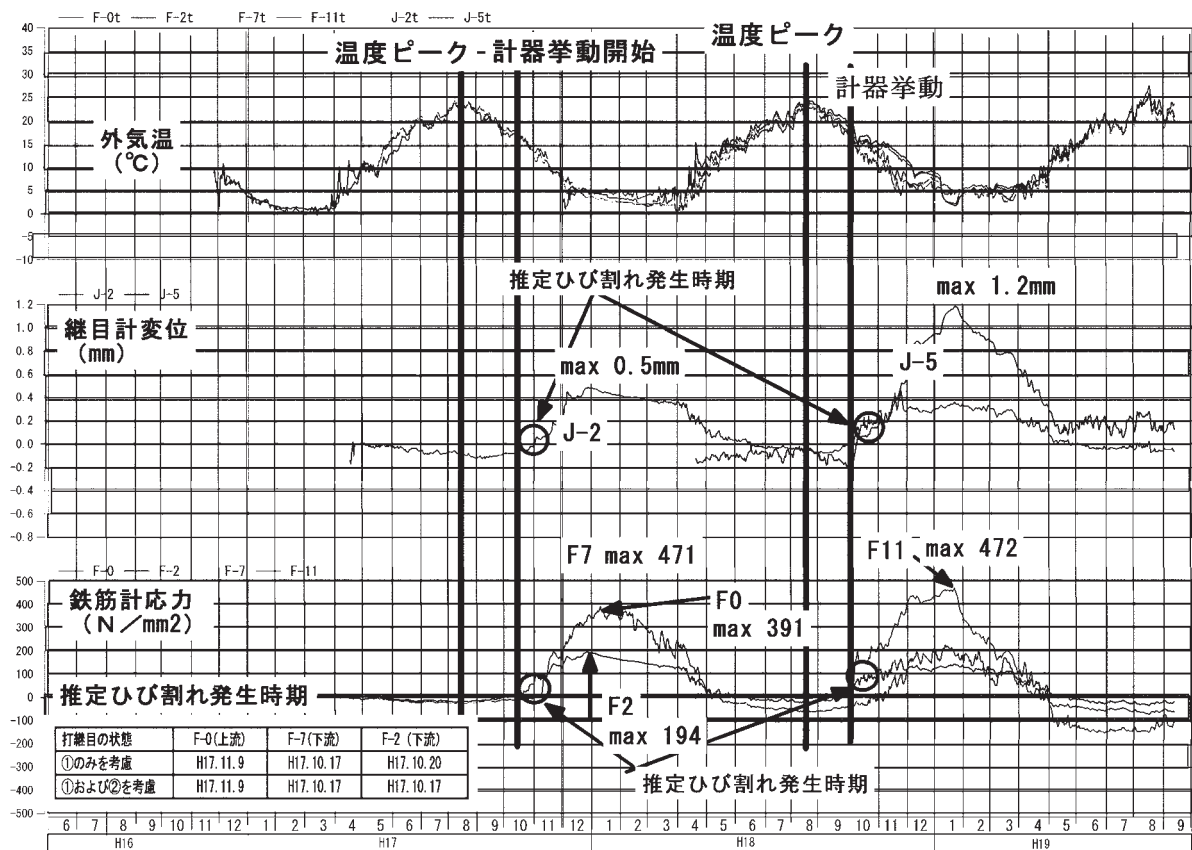
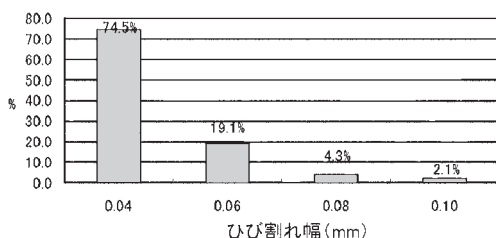


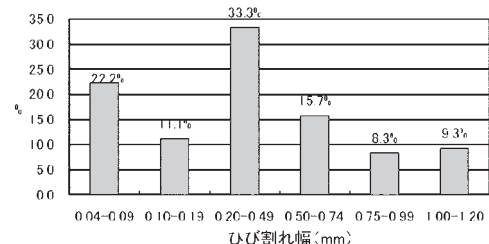
図-5 観測計器の挙動と推定鉄筋応力の関係 (温度計, 継目計, 鉄筋計)

表-5 第1回越冬打継目面周辺ひび割れ計測結果及びヒストグラム

区分	計測箇所数	延長(m)	ひび割れ幅統計量(mm)		
			最小幅	最大幅	最頻値
上流側面	47	108	0.04	0.10	0.04
下流側面	108	204.4	0.04	1.20	0.20



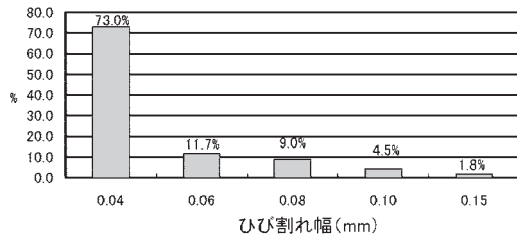
上流側ヒストグラム



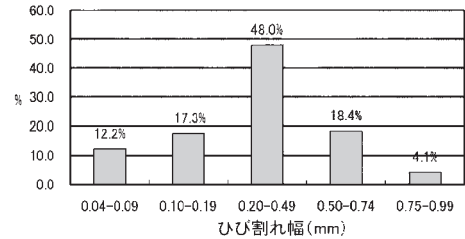
下流側ヒストグラム

表-6 第2回越冬打継目面周辺ひび割れ計測結果及びヒストグラム

区分	計測箇所数	延長(m)	ひび割れ幅統計量(mm)		
			最小幅	最大幅	最頻値
上流側面	111	121.3	0.04	0.15	0.04
下流側面	98	203.1	0.04	0.90	0.20



上流側ヒストグラム



下流側ヒストグラム

(2)ひび割れ深度調査結果

コアカッターボーリングによるひび割れ深度調査結果を表-7に示す。

ひび割れ深さはひび割れ幅と比例するものと想定していたが、幅が大きければ深いという関係は見られなかった。

また、ボアホールカメラで確認した結果、ひび割れ方向はすべて水平方向であった。

表-7 ひび割れ深度調査結果まとめ

上下流区分	孔番	越冬面区分	ひび割れ幅(mm)	コアカッターボーリング深度(cm)	ひび割れ深度の比較(cm)		
					ボーリングコア確認深度	ボアホールカメラ確認深	注水試験確認深度
上流側面	上7-2	第1回	0.04	105	45	28	
	U6-2	第1回	0.04	158	22		
	U7-2	第1回	0.04	108	3		
	U4-56	第2回	0.04	56	9		
	U4-62	第2回	0.04	155	155		
	U6-61	第2回	0.08	154	154		
	U12-50	第2回	0.04	57	4		
下流側面	6-2	第1回	1.00	577	530	518	550
	6-3	第1回	0.85	152	88	85	
	7-1	第1回	0.80	158	48	30	
	7-8	第1回	0.80	347	296	280	
	8-3	第1回	0.40	253	240	228	
	8-5	第1回	1.20	290	220	185	
	8-5(斜)	第1回	1.20	158	89	95	
	8-7	第1回	0.20	357	350	333	335
	9-4	第1回	1.20	205	110	110	
	D4-56	第2回	0.50	520	406		390
	D4-57	第2回	0.60	262	185		
	D4-58	第2回	0.55	436	310		
	D5-59	第2回	0.35	304	235		
	D6-56	第2回	0.45	460	330		
	D6-57	第2回	0.60	543	430		
	D7-54	第2回	0.40	315	155		170
	D8-57	第2回	0.50	245	138		150
D10-56	第2回	0.90	303	165			
D12-57	第2回	0.40	300	158			

(3)ひび割れの広がり

注水試験結果としては、ひび割れが確認された深度から漏水していることから、ひび割れの広がり、各コアボーリングによって確認されたひび割れ深度を結ぶ範囲まで及んでいると想定される。

V. 堤体の安定性確認

堤体コンクリートの越冬打継目上下流面周辺において、ひび割れが発生したが、これら全てを完全に補修することは不可能であることから、堤体の一体性が確保出来ない場合を想定し、最も危険な状態における安

定計算を行い、安全性を検証した。

その結果、第1回越冬打継目、第2回越冬打継目ともに、常時満水位地震時、サーチャージ水位地震時、設計洪水水位時、空虚地震時の4ケースの荷重において、転倒、滑動に対する安定性が確保されていた。計算上最も危険な状態は第1回越冬面標高を基準とした常時満水位地震時であるが、そのケースでも滑動の安全率は「7.67」であり、安全率4以上となり、十分な安定性が確保されていることが確認された。

VI. ひび割れの補修

堤体のひび割れを考慮した安定計算結果からは、ダム安全性は保証されたが、ダムの構造物としての重要性に鑑み、また、これ以上ひび割れを進行させないために可能なかぎり補修を行なうこととした。ここでは、その補修計画と補修結果について簡単に説明する。

1. 補修計画

補修目的として、「防水性」及び「耐久性」を重点項目とし、社団法人日本コンクリート学会の「コンクリート診断技術'05 [基礎編]」<sup>3)</sup>を参考に、補修工法を表-8のとおり計画した。注入材料は接着性、追従性を考慮して、エポキシ樹脂とした。また、施工時期は降雪の影響を考慮し平成19年4月からとした。

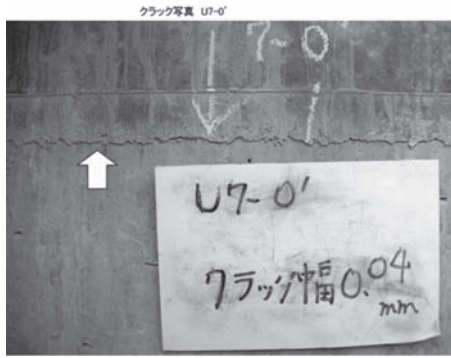
なお、補修するひび割れ面の代表的な写真を写真-2に示す。

表-8 ひび割れ補修方法区分

ひび割れ幅	補修工法	使用材料	工法の詳細		
			方法	注入間隔	補修タイプ区分
0.1mm未満	浸透性防水剤塗布 (CS-21)	水和反応活性材	ひび割れ表面に浸透性防水剤塗布	-	タイプI
0.1~0.2mm未満	注入工法(低圧: 0~0.6kg/cm2)	低粘度エポキシ樹脂	表面より約10cm削孔し低圧注入する	約20cm	タイプII
0.2mm以上	注入工法(高圧: 10~20kg/cm2)	同上	表面より約30cm削孔し高圧注入する	約30cm	タイプIII
ボーリング調査孔	同上	同上	ボーリング孔にVP75を挿入し、管内に無取縮マルチタル、管外に注入材料を高圧注入する	-	タイプIV



上流面最小ひび割れ写真



下流面最大ひび割れ写真

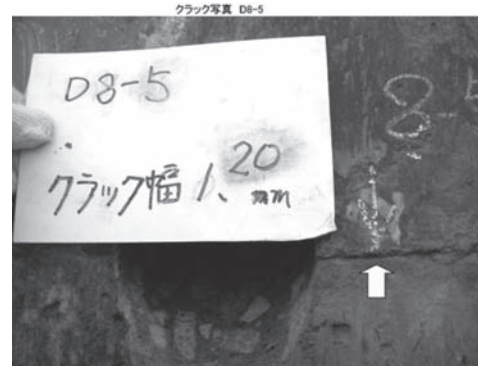


写真-2 ひび割れ代表写真

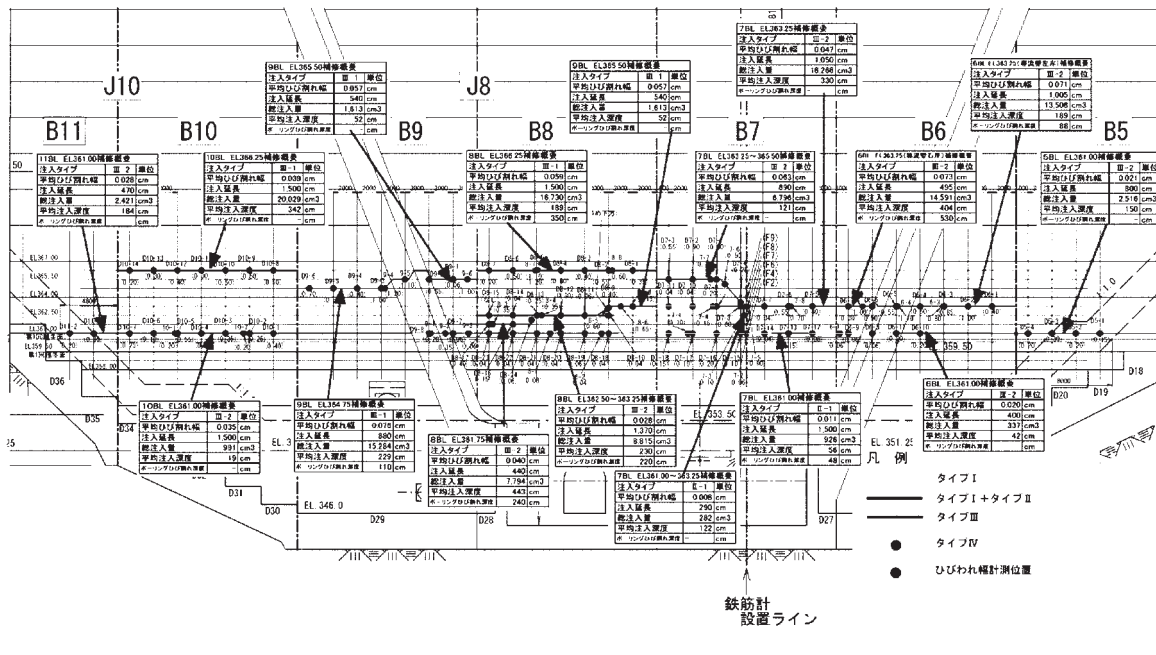


図-6 第1回越冬打継目上流面補修結果

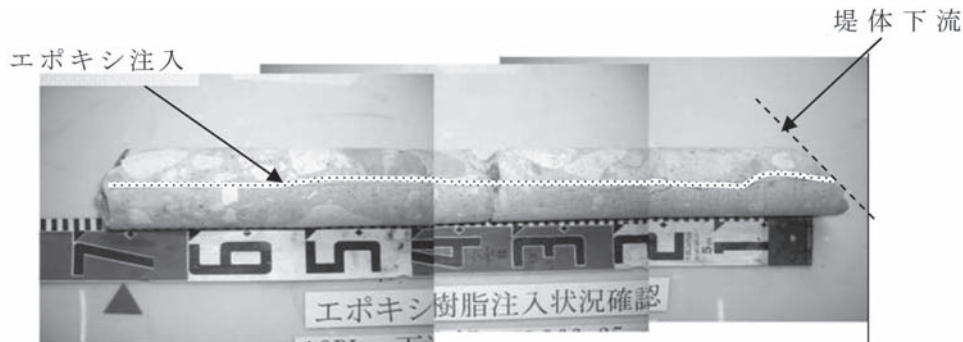


写真-3 エポキシ樹脂注入状況

## 2. 補修結果

補修結果図として、第1回越冬打継目下流面補修結果図を図-6に示す。

また、注入効果を検証するために、ひび割れ補修後にボーリング調査を行った。注入後のボーリングコアを写真-3に示す。写真からはひび割れ面にエポキシ樹脂が注入され、完全充填状態となっていることが確認された。(写真-3参照)

## VII. おわりに

岩堂沢ダムでは、コンクリートのひび割れ予測を行った上で最も適切だと考えられる防止対策を行ったものであるが、急激なコンクリート温度降下を抑制する効果はあったと推測されるものの、結果としてこの効果がひび割れそのものを抑止するまでには至らなかった。

また、今回堤体に配置したひび割れ発生監視用の計測計器の挙動結果から、外部コンクリートの温度降下と内部コンクリートの温度降下に差が生じていることもひび割れの原因と考えられるため、初期段階からの外部コンクリートの保温対策や、内部と外部のコンクリートの温度降下差を少なくする対策などがさらに必要と考えられる。しかしながら、建設コスト及び事業工程の理由から実現性に乏しい対策になることが多く、現状では今回の防止対策が、当時における最も適切な対策であったと考えている。

最後に、今回のひび割れ発生に伴い実施した調査、各種埋設計器の観測データは、将来のマスコンクリートのひび割れ対策の一助となればとの考えから、その経過を報告したものであり、参考になれば幸いである。

#### 引用文献

- 1) 土木学会コンクリート標準示方書「施工編」  
(2002)
- 2) 永山・渡辺・尾畑：ダム用コンクリートの直接引張強度試験とその試験結果についての考察  
：ダム技術No.54 1991.1
- 3) 社団法人日本コンクリート学会コンクリート診断技術'05〔基礎編〕 (2005)

# 深山ダム表面遮水壁劣化状況の把握

橋 本 和 幸\*  
(Kazuyuki HASHIMOTO)

## 目 次

1. はじめに	29	4. 劣化原因解明のための調査	31
2. 深山ダムの概要	29	5. おわりに	34
3. 表面遮水壁の劣化現象と補修	30		

### 1. はじめに

深山ダムは栃木県那須塩原市百村字深山地先、一級河川那珂川水系那珂川本川最上流部に位置し、国営那須野原開拓建設事業により、那須台地一帯へのかんがい、那須塩原市への上水道供給、県営発電を目的に昭和49年に建設されている。

完成後30年以上を経過しているが、この間、遮水壁の一部が膨れ上がる現象（以降「プリスタリング」と言う。）が生じ、これまで小規模な補修が繰り返し行われてきたが、その後もプリスタリングの発生が確認されている。

今回は、遮水壁を管理する上で、発生原因解明のための調査について報告する。



写真-1 深山ダム全景

### 2. 深山ダムの概要

#### 2. 1 深山ダムの概要

深山ダムは、国内でも十数例しかない表面をアスファルトで遮水するアスファルトフェイスングフィルダムとして建設されている。ダムの諸元を表-1、ダムの容量を図-1に示す。

表-1 深山ダム諸元

貯水池	河川名	那珂川
	流域面積	66.4 km <sup>2</sup> (直接 52.9 km <sup>2</sup> 間接 13.5 km <sup>2</sup> )
	総貯水量	25,800,000 m <sup>3</sup>
	有効貯水量	20,900,000 m <sup>3</sup>
	満水面積	97.4 ha
	常時満水位	EL.753.00 m
	低水位	EL.721.00 m
ダム	型式	表面アスファルト遮水壁型ロックフィル
	堤高	75.50 m
	堤長	333.80 m
	堤頂幅	7.70 m
	堤体積	1,967,000 m <sup>3</sup>
	天端標高	EL.756.50 m
	法面勾配	上流側 1:1.9 下流側 1:1.9
	舗装面積	42,600 m <sup>2</sup>
基礎地質	流紋岩、安山岩質角礫凝灰岩	
洪水吐	型式	ゲート調節シュート式余水吐
	計画洪水量	840 m <sup>3</sup> /s
工事費	約 83 億円	

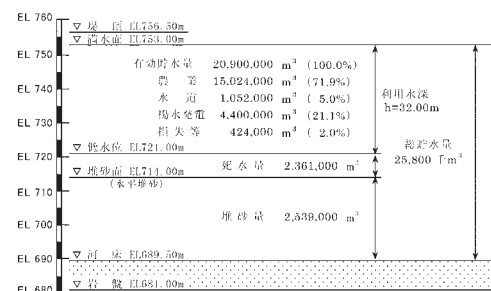


図-1 深山ダム計画水位, 貯水量

\* 関東農政局利根川水系土地改良調査管理事務所  
鬼怒川支所 (Tel. 028-638-1585)



## 2.2 アスファルト遮水壁の概要

深山ダムの遮水壁の構造は、図-2及び図-3に示すように、6層からなり、遮水機能を担っているのは3層の密粒度アスコンである。この密粒度アスコンに挟まれる中間層は何らかの要因により、保護層及び上層（遮水層）を通過してきた浸透水を監査廊まで排水し漏水を検知するためのものである。詳細の構造は以下に示すとおりである。



写真-2 表面遮水壁現状

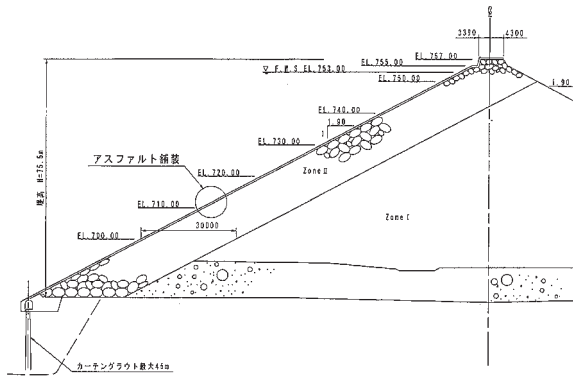


図-2 堤体断面図

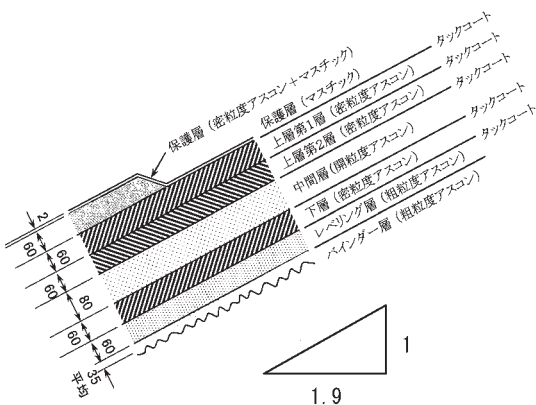


図-3 遮水壁拡大図

### (1) 上部遮水層（上層第1層，上層第2層）

遮水壁表面の2層の密粒度アスコンは上部遮水層と呼ばれ、貯水池の水が堤体内に浸入するのを防ぐための遮水層である。これは6cm×2層からなり、仮に1層目が破損した場合においても、2層目によって遮水機能を確保できるように配慮されている。

遮水壁の設計漏水量

$$\text{透水係数 } k = 1 \times 10^{-8} \text{ cm/sec} \quad \Sigma Qd = 100 \text{ m}^3/\text{day}$$

### (2) 中間排水層（中間層）

この層は透水係数が  $2 \times 10^{-2} \text{ cm/sec}$  と比較的大きい開粒度アスコン（8cm×1層）からなり、遮水壁表面から内部に水が浸透した場合、その浸透水は層内を通過して堤体前面最下部の監査廊に取り付けたドレーンホールへと導水される（図-4参照）。

設計浸透量は遮水壁全体で  $100 \text{ m}^3/\text{day}$  である。

### (3) 下部遮水層（下層）

この層は密粒度アスコン（6cm×1層）からなり、上部遮水層を通過した浸透水が堤体内に浸入するのを防ぐとともに、堤体側からの浸透水を遮断する役割も有している。中間排水層の漏水検知機能を維持するためには、この層が設計上の機能を有していることが必要である。

前述の設計浸透量  $100 \text{ m}^3/\text{day}$  は浸透水を対象としたものであるが、仮に遮水層が部分的に破損した場合であっても、その破損が2層に及ばない限り漏水は発生しない。したがって、ドレーンホールで浸透水が検知されない限り、上部遮水層が2層目まで破損していることはなく、遮水壁としての機能が保持されていると判断できる。

また、仮に上部遮水層が2層とも破損した場合でも、下部遮水層が健全であれば浸透水は監査廊部のドレーンホールへ流下し、直ちに堤体の安全を脅かすものではないと考えられる。

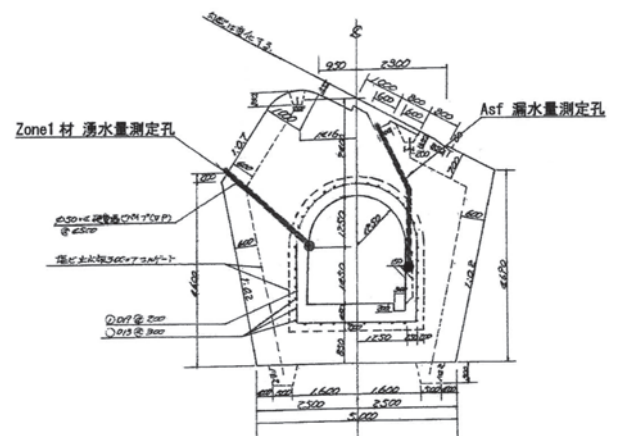


図-4 監査廊断面図

## 3. 表面遮水壁の劣化現象と補修

### 3.1 ブリスタリング発生メカニズム

ブリスタリングの発生原因は、施工時に巻き込んだ気泡や水、亀裂等から遮水層内部への水分の浸入が考えられる。

発生部位は、層内部及び遮水層間であり、膨れ上がりは直径30～50cmに及び、膨らみが激しい場合には頂部に放射線状の亀裂が生じる。

### 3. 2 過去に行われた補修概要と平面的分布

本ダムでは建設以後プリスタリングが度々発生し、その都度、損傷箇所の部分的な補修工事を実施している。

補修箇所の平面分布は、図-5のとおりである。また、図-6に補修箇所の区間別出現頻度を整理した。

これらから、堤体中央部付近では出現頻度が高く、次いで左右岸両端部が高い。一方、両端部から少し内側の部分でそれぞれ出現頻度が相対的に低くなっている。

これらの補修箇所は延べ1,000箇所を越えているが、プリスタリングの原因としては、遮水層内に何らかの要因により浸入した水による影響であることが、ほぼ解明されている。その水がどこから浸入し、どのような状態で遮水層内に存在するかを解明することが今後の管理を行う上で重要である。



写真-3 プリスタリング発生状況

### 4. 劣化原因解明のための調査

遮水壁への水の浸入経路、存在状態を解明するための手法として非破壊検査手法を確立するため、地中レーダーによる探査結果と現地の目視調査との相関について検証を行う。代表区画を設定し（B、C）以下の調査を実施した。

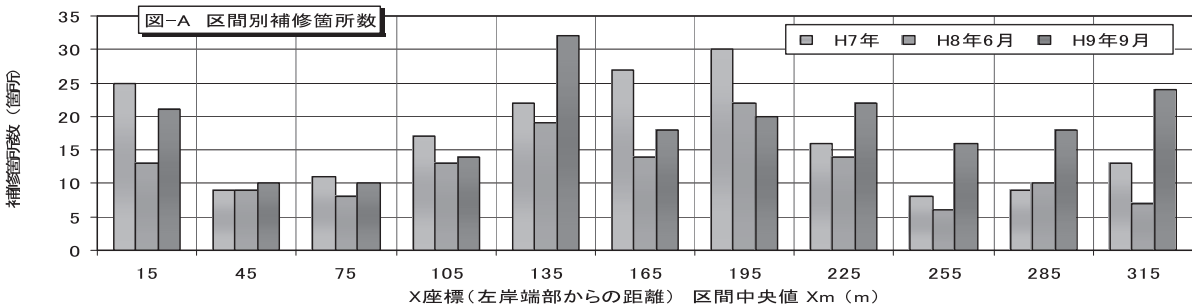
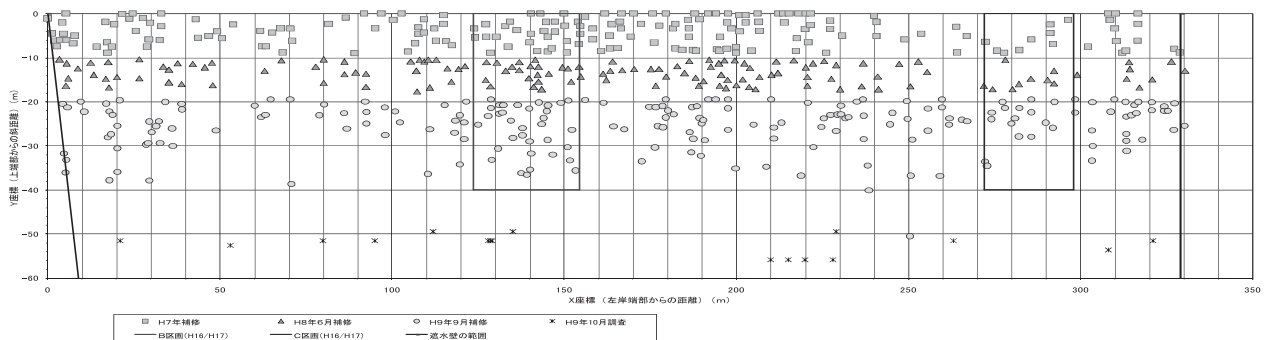


図-5 過去の補修箇所の平面分布

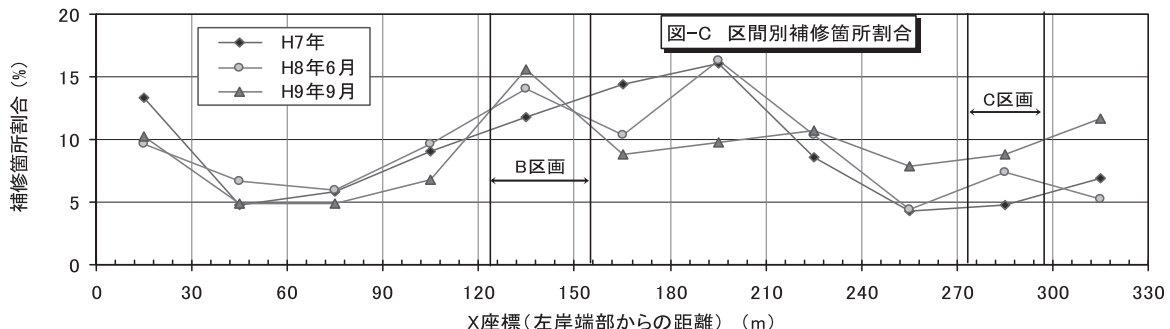


図-6 過去の補修箇所の区間別出現頻度

#### 4. 1 アスファルト遮水壁の目視調査

検証調査エリアの目視調査として、ブリスタリング、キズ、クラック、補修痕跡等を詳細に観察し、スケッチ、写真撮影(1m×1m×9枚/1エリア)を行った。スケッチはレーダー探査結果と重ね併せてエリア(3m×3m)ごとに図化・整理した。

#### 4. 2 アスファルト遮水壁の地中レーダー探査

3m×3mエリアの目視調査をレーダー探査と併行して実施し、計5エリアを調査した。

目視観察の結果は、レーダー探査結果と併せて図-7及び表-2及びのとおり整理し、地中レーダーと現地の相関について検証するため、はつり調査地点を選定した。

#### 4. 3 アスファルト遮水壁のはつり調査

表-3に示す代表3エリア、3箇所を選定して「はつり調査」を実施した。

この中でC-8の第1層と第2層の境界面は比較的容易に剥離した。また、境界面は湿潤状態であり、指先が濡れる程度の水分が張りついていた。はつり穴の壁面の観察でも連続した湿潤部が層状に認められた。

表-2 目視調査結果 (B区画, C区画)

観察エリア	観察記事
B-51	マスチックのシワ(施工時のもの)が数条見られた。過去の補修痕跡の四角形の形がくすかに観察される。補修跡及び周辺に異状は認められない。右中部にレーダー反応が2箇所あったので、この内の1箇所を中心として、ハツリ調査を実施する。
C-7	マスチックのダレ、シワが認められる。エリアの右上に3箇所、左下に1箇所に開口したクラックが認められる。この部分は補修跡の端部と想定される。これらの周辺にピンホール群やマスチックブリスタリング跡が認められる。クラックから1m程度離れた位置で、レーダーによる異状が検知されたので、この部分をハツリ調査する。
C-8	左上～中央上にマスチックの剥がれ、マスチックのダレが認められる。左中～中央中にかけてピンホール群が、中央下にマスチックの剥がれが認められる。中央中にマスチックのブリスタリング跡が見られる。中央中～中央下のかかなり広い範囲(1m×2m)にレーダー異状があったので、この部分でハツリ調査を実施する。



写真-4 地中レーダー探査状況

表-3 はつり調査箇所

区画	No	はつり穴の大きさ	
		直径	深さ
B区画	B-51	φ45cm	12.5 cm
C区画	C-7	φ40cm	14.0 cm
	C-8	φ50cm	18.0 cm



写真-5 はつり調査状況

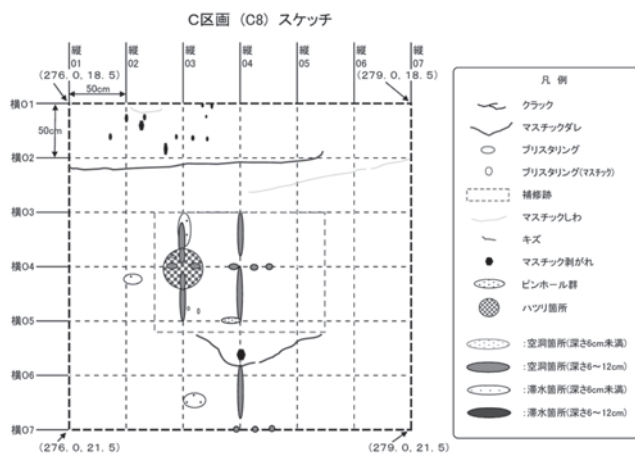


図-7 目視調査結果 (C区画のスケッチ)



写真-6 C-8第1層剥ぎ取り状況



#### 4. 4 はつり断片のスライスカット観察

はつり調査で剥ぎ取った遮水層の断片をスライスカットして、詳細観察を行った。スライス面の写真-7 (C-7及びC-8) と観察結果を表に示す。

表-4 はつり断片観察結果

観察記事	
B-51	微細な空隙があるが、多くはない。空隙はどちらかと言えば、層間に近い方に多い。(レーダー探査では空隙を検知している)
C-7	微細な空隙がある。空隙の分布は斜面上位側に偏りがある。空隙の数はB-51に較べれば多いが、遮水性が危惧される程ではない。 (レーダー探査では、空洞・滞水を検知している)
C-8	やや大きな空隙がある(最大 2.5×15 mm 程度)。空隙は多く、分布に偏りはない。H9年度の補修跡である可能性が高い。 (レーダー探査では、広い範囲で空洞を検知している)

#### 4. 5 調査結果のまとめ (レーダー調査結果と現地の相関)

地中レーダーの有効性をさらに確認するため、遮水壁表面には異状が見られないが、レーダーで反応があった箇所を3箇所はつり、内部を確認した。

結果として、1箇所は、実際現地にて層間に湿潤状態が写真-8のとおり確認できた。残りの2箇所については現地では特に異状を確認できなかったものの、室内に持ち帰り詳細に観察したところ、層内に遮水壁の機能上問題にならない程度の微細な空隙が写真-7のとおり分布していることを確認した。

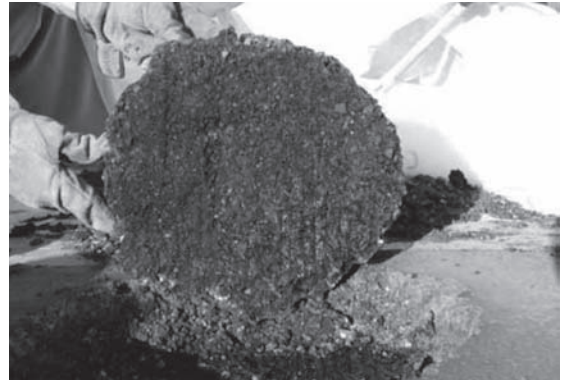


写真-8 はつり調査 C-8第1層下面 (湿潤)

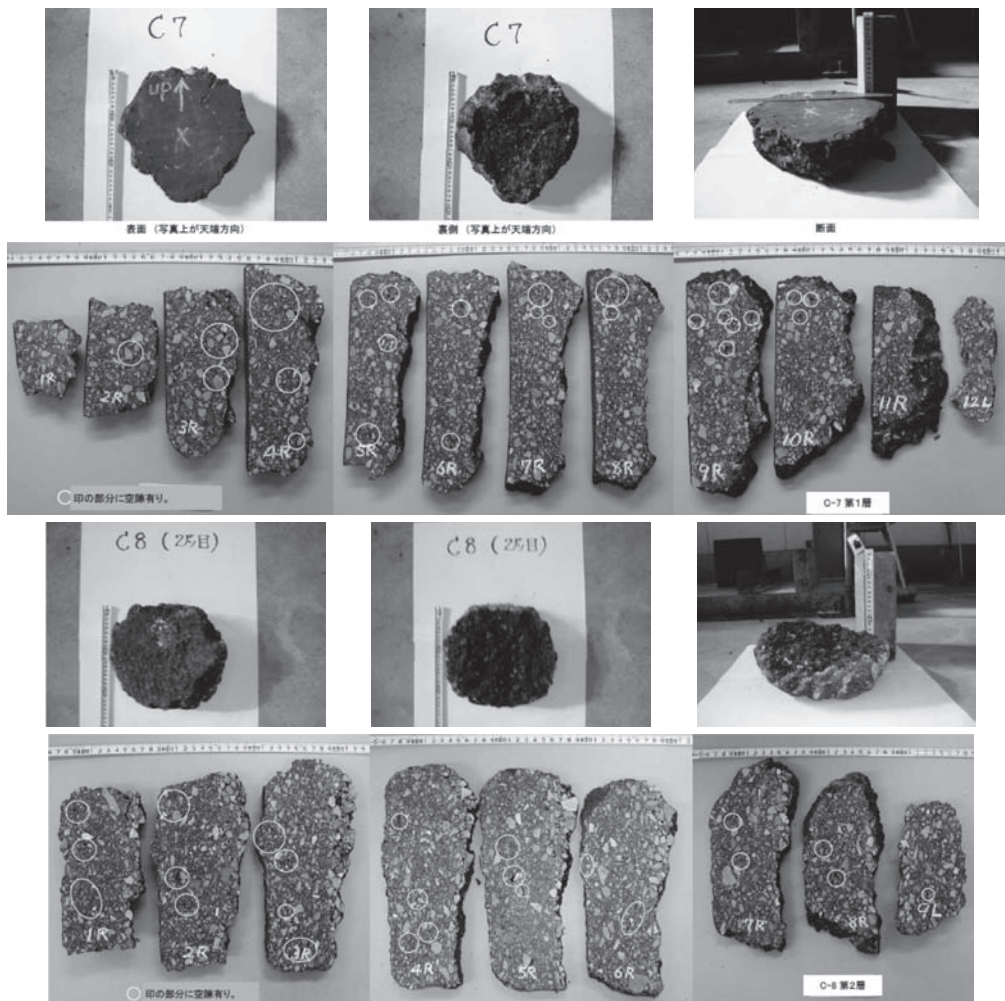


写真-7 はつり断片スライスカット状況

以上により、地中レーダー反応と遮水壁内部の相関が表-5のとおり確認できたが、空洞の奥行き等については、確認が難しく、遮水壁表面に異状がみられない箇所の透水性に影響ない微細な空隙にも反応する。

表-5 レーダー探査とはつり調査の観察結果

エリア	レーダー探査	はつりサンプル観察
B-51	空洞を検知	微細な空隙あり
C-7	空洞を検知	微細な空隙あり (第1層と第2層は、良く密着しており一体化していた)
C-8	広い範囲で空洞を検知	やや大きな空洞あり (第1層と第2層の層間が濡れていた。ただし、平成9年度の補修跡である可能性が高い)

このことから、遮水壁表面に異状が見られない場合、地中レーダーにより空隙等の反応が検知されても、その反応が微弱であれば遮水壁内部には機能上問題となるような異状はないものと考えられる。

## 5. おわりに

各種異状の発生要因についてはほぼ解明できたが、その進行速度は未解明である。遮水壁の長期的な推移を予測するためにも、この点を解明するための調査が必要と思われる。また、将来遮水壁を広範囲に改修する場合、当ダムでは関係機関との諸調整、天端を県道として共有していることから、交通確保および堤頂部の付帯構造物等の処置等の障害がある。今後はこれら問題を解決し、かつ遮水壁の機能上問題のない改修工法を検討するためにも引き続き更なる検討が必要である。

## 参考文献

- 1) 深山ダム工事誌 関東農政局那須野原建設事業所

# 基盤整備事業における水田の植物を対象とした環境配慮について<sup>※</sup>

赤 井 賢 成<sup>\*</sup>  
(Kensei AKAI)

## 目 次

1. はじめに	35	5. 水田に生育する絶滅危惧植物の調査	37
2. 水田に生育する絶滅危惧植物	35	6. 環境配慮対策の方針	39
3. 絶滅要因	36	7. 水田に生育する植物への環境配慮事例	39
4. 絶滅危惧植物が多い水田と少ない水田	37	8. おわりに	41

### 1. はじめに

2001年に土地改良法が改正され、環境との調和への配慮が事業実施の原則として位置づけられてから約10年が経過した。この間、農業農村整備事業における環境配慮技術は、環境配慮の手引き<sup>1) 2) 3)</sup>、技術指針<sup>4)</sup>や外来生物対策指針<sup>5)</sup>等が整備されたこともあって進展し、近年では各地の取り組みや環境配慮事例等を紹介した書籍<sup>6) 7) 8)</sup>や一般向けのパンフレット等<sup>9) 10) 11) 12) 13) 14)</sup>も多数出版されるようになった。

これらの資料を概観すると、環境配慮の対象となる生物は、鳥類、魚類、両生類や水生昆虫が主であり、植物を対象にした記載は少ないことに気づかされる。特に水田の畦畔を除く田面に生育する植物に至っては、記載は皆無といってよい。その理由としては、農地において作物以外の植物は雑草として防除されてきた経緯があり、水田で重要な保全対象種が見つかって、環境配慮の対象とすることに生産者や地域の合意が得られにくいことがあげられる。また、水田に生育する保全対象種は、高さ数cmにも満たない小型の種類が多く、熟練した調査者でないと発見しづらいうえに消長が著しく、同じほ場でも発生する年と発生しない年があるなど、一般に認識されにくい実情があるからであろう。

本稿では、農業農村整備事業における環境配慮の対象として、これまでにほとんど取り上げられてこなかった水田に生育する絶滅危惧植物の現状等を紹介すると共に、基盤整備事業において、筆者がこれらを対象に取り組んできた環境配慮の試みを紹介したい。

### 2. 水田に生育する絶滅危惧植物

嶺田らがまとめた田んぼの植物リスト<sup>15)</sup>には、国内の水田、畦畔、水路、ため池および休耕田に生育する維管束植物（種子植物とシダ植物）として1,978種類が記載されている。これらのうち、水田に生育するとされた植物は287種類であるが、46種類（表-1、写真-1）は環境省レッドリスト<sup>16)</sup>に記載されている絶滅危惧植物である。すなわち、水田の植物の概ね6種類に1種類は絶滅危惧植物ということになる。意外と知られてはいないが、水田は食糧生産の場でありながら、絶滅危惧植物の重要な生育環境の1つなのである。

植物の生育環境としての水田は、森林や海岸といった他の生育環境と比較して、絶滅危惧植物の中でも絶滅あるいは絶滅した可能性が高いと評価された種類が占める割合が高く、危機的状況にあることが指摘されている<sup>17) 18) 19)</sup>。

表-1 日本の水田に生育する絶滅危惧植物  
(環境省レッドリスト記載種)(嶺田・伊藤2010<sup>15)</sup>より作成\*)

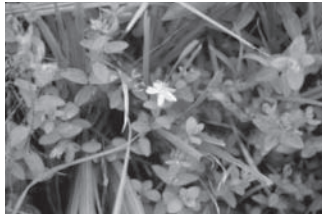
科名	種名	ランク	科名	種名	ランク
タデ	ヒメタデ	絶滅危惧Ⅱ類	タヌキモ	ヒメタヌキモ	準絶滅危惧
キンボウゲ	ヒキノカサ	絶滅危惧Ⅱ類	オモダカ	アズミノハラオモダカ	絶滅危惧ⅠB類
オトギリソウ	アゼオトギリ	絶滅危惧ⅠB類		トウゴクハラオモダカ	絶滅危惧ⅠB類
アブラナ	ヨメナガラシ	準絶滅危惧		マルバオモダカ	絶滅危惧Ⅱ類
ベンケイソウ	アズマツメクサ	準絶滅危惧		アギナン	準絶滅危惧
ユキノシタ	タコノアシ	準絶滅危惧	トチカガミ	セイヤナギスブタ	絶滅危惧ⅠB類
	ヒメキカシグサ	絶滅危惧ⅠA類		マルミスブタ	絶滅危惧Ⅱ類
	ミスマツバ	絶滅危惧Ⅱ類		スブタ	絶滅危惧Ⅱ類
	ミスキカシグサ	絶滅危惧Ⅱ類		ミスオオハコ	絶滅危惧Ⅱ類
	ホサキキカシグサ	絶滅危惧ⅠB類	イバラモ	ムサンモ	絶滅危惧ⅠA類
ヒシ	ヒメヒシ	絶滅危惧Ⅱ類		ヒロハトリゲモ	絶滅危惧Ⅱ類
アカバナ	ウスゲチウジタデ	準絶滅危惧		イトトリゲモ	準絶滅危惧
	ミスキンバイ	絶滅危惧Ⅱ類	ミスアオイ	ミスアオイ	準絶滅危惧
ミツガシワ	ヒメシロアサザ	絶滅危惧Ⅱ類	ホシクサ	クロホシクサ	絶滅危惧Ⅱ類
シソ	ミスネコノオ	準絶滅危惧		ゴマシオホシクサ	絶滅危惧ⅠB類
	ミストラオウ	絶滅危惧Ⅱ類	イネ	ミスカカモジ	絶滅危惧Ⅱ類
	ミゾウジュ	準絶滅危惧	ミスニラ	ミスニラ	準絶滅危惧
ゴマノハグサ	マルバノサウトウガラシ	絶滅危惧Ⅱ類		シナミスニラ	絶滅危惧Ⅱ類
	オオアブノメ	絶滅危惧Ⅱ類	デンジソウ	ナンヨクデンジソウ	絶滅危惧ⅠB類
	コキクモ	絶滅危惧Ⅱ類		デンジソウ	絶滅危惧Ⅱ類
	ミスミハコベ	絶滅危惧Ⅱ類	サンショウモ	サンショウモ	準絶滅危惧
	カワチシャ	準絶滅危惧	アカウキクサ	アカウキクサ	絶滅危惧Ⅱ類
タヌキモ	イヌタヌキモ	準絶滅危惧		オオアカウキクサ	絶滅危惧Ⅱ類

\* 嶺田らのリスト<sup>15)</sup>に示された水田の絶滅危惧植物から、一般に水田に生育する可能性が低いと考えられるホソバハラオモダカ、イバラモ、イトイバラモ、シラタマホシクサ、ホソバドジョウツナギ、ミズトンボおよびサギソウを割愛すると共に、著者の経験でヒキノカサとヒメヒシを追加した。

※一部に官民連携新技術研究開発事業補助金を使用した。

\* (現)福井県立大学大学院生物資源学研究所 環境省希少野生動植物種保存推進員 (Tel. 0776-61-6000)  
(前)福井県土地改良事業団体連合会 農村環境研究所





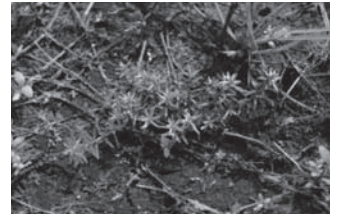
アゼオトギリ  
福井県坂井市 絶滅危惧ⅠB類



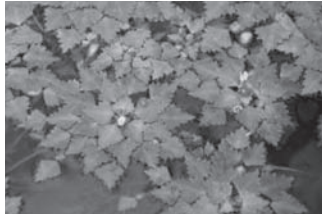
コイヌガラシ  
熊本県八代市 準絶滅危惧



アズマツメクサ  
静岡県静岡市 準絶滅危惧



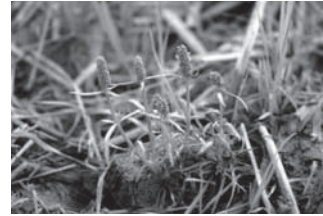
ミズマツバ  
福井県福井市 絶滅危惧Ⅱ類



ヒメビシ  
福井県美浜町 絶滅危惧Ⅱ類



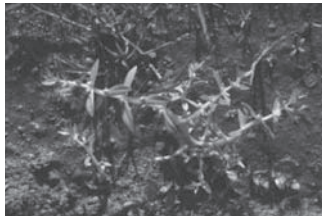
ウスゲチョウジタデ  
福井県小浜市 準絶滅危惧



ミズネコノオ  
福井県福井市 準絶滅危惧



マルバノサワトウガラシ  
福井県大野市 絶滅危惧Ⅱ類



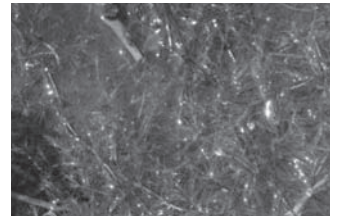
オオアブノメ  
福井県福井市 絶滅危惧Ⅱ類



スズメハコベ  
福井県福井市 絶滅危惧Ⅱ類



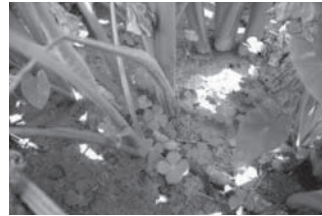
ミズオオバコ  
福井県福井市 絶滅危惧Ⅱ類



イトトリゲモ  
福井県鯖江市 準絶滅危惧



ミズアオイ  
福井県福井市 準絶滅危惧



ナンゴクデンジソウ  
沖縄県宜野湾市 絶滅危惧ⅠB類



サンショウモ  
福井県福井市 準絶滅危惧



オオアカウキクサ  
福井県福井市 絶滅危惧Ⅱ類

写真-1 水田に生育する絶滅危惧植物（撮影地と環境省レッドリストのランクを付記）

### 3. 絶滅要因

除草剤が普及した現在でも防除に手を焼いているコナギ、オモダカやヒエ類といった強害雑草がある一方で、特定の種類の水田雑草が減少し、中には、絶滅寸前にまで追い込まれている種類が現れた原因は何であろうか。この点については、基盤整備に伴う乾田化、低湿地の水田の開発、除草剤の施用、化学肥料の施用に伴う富栄養化、機械化および水稻の早期栽培化といったほ場の環境、稲作技術や営農形態の急激な変化に、一部の種類が適応できなかったことが原因と考えられている<sup>19) 20) 21)</sup>。しかしながら、これらの絶滅要因を客観的に示した研究や因果関係を実験で検証した研究は、スブタが慣行田にはなく無農薬水田にのみ分

布することを確認した事例<sup>22)</sup>、ミズアオイ種子の土壌水分量を変えた発芽実験<sup>23)</sup>、スブタ、タコノアシや水生シダ類の除草剤感受性を調べた例<sup>21) 24) 25) 26) 27)</sup>など少ない。

除草剤と化学肥料の影響については、筆者らが福井県今立郡池田町の特別栽培米の生産ほ場と慣行栽培の水田で植物相調査を行い、絶滅危惧植物の割合を比較した結果、除草剤と化学肥料の使用頻度と施用量が少ないところほど、絶滅危惧植物の割合は増加することを確認している<sup>28)</sup>。

基盤整備に伴う乾田化の影響については、施工の影響をその他の要因と分離して比較することが難しい（嶺田氏私信）こともあって、絶滅要因としての指摘の多さの割にそれを実証する研究は少ない。基盤整備

の有無との関係について、有田ら<sup>29)</sup>は、千葉県千葉市若葉区の谷津と平野の田面等で植生調査を行って独自に選定した希少な植物の種数を比較し、希少な植物は平野よりも谷津に多く、また、同じ谷津に位置する水田では基盤整備が入った水田の方が入っていない水田よりも多い結果を示している。

嶺田ら<sup>30)</sup>は、世界農林業センサス2000のデータから集落単位で区画整理済みの水田率を算出し、ミズニラとミズマツバの採集地の3次メッシュと重ね合わせて、30a以上の区画整理が耕地面積の20%以上完了している集落では、顕著にミズニラとミズマツバの記録が少なくなり、区画整理によって生育環境が影響を受けている可能性を示している。筆者はここで提示できるデータは持ち合わせていないが、絶滅危惧植物の中には、施工の翌年に個体数が激減し、施工の数年後には消失する種類があることを複数の事業現場で確認している一方で、二次整備後の水田でも自然農法や特別栽培米の生産は場等で多種類の絶滅危惧植物を多数確認している場所もある。

以上のように、例外はあるものの基盤整備が絶滅危惧植物の絶滅要因の一つになっていると考えられるが、施工時の土壌攪乱の影響や土壌攪乱に起因する土壌理化学性の変化等が影響している可能性もある。乾田化と言っても、地下水位が低下し、土壌水分量が減少するのは主に非灌漑期であって灌漑期ではなく（嶺田氏私信）、基盤整備と乾田化を単純に結び付けて議論するのは注意が必要である。

#### 4. 絶滅危惧植物が多い水田と少ない水田

水田が絶滅危惧植物の重要な生育環境の1つであることは先述したとおりであるが、すべての水田に普遍的に生育しているわけではない。

嶺田ら<sup>31)</sup>は、植物標本の採集地のデータをGISに取り込み、土地利用図や土壌分類図と重ね合わせて立地特性を解析した結果、扇状地、後背湿地や谷津田の水田が絶滅危惧植物の集中するホットスポットとなることを示している。

富永<sup>20)</sup>は、京都府丹後半島北部の棚田で絶滅危惧植物であるスプタ、ヤナギスプタおよびミズオオバコの3種類の分布を調査し、いずれも湧水がある湿田に分布することを確認したうえで、湧水が散布された除草剤を薄める効果と、晩夏から初秋の開花・結実期における土壌水分の供給源としての湧水の役割を指摘している。

赤井<sup>32)</sup>は、福井県福井市西部の水田を踏査し、段丘面の棚田、後背湿地、扇状地や河川合流部に位置する水田に絶滅危惧植物が多いことを指摘したうえで（図-1）、段丘の棚田については、法面やため池の堤体から浸み出す湧水（通年で水温・水量が安定し、除草

剤や化学肥料分を含まない）の存在が、後背湿地や河川合流部付近の水田については、高い地下水位と洪水等による湛水や耕起以外の攪乱の存在が、水田の絶滅危惧植物の生育条件として重要であることを示唆している。

筆者の経験では、絶滅危惧植物が多い水田の立地条件として上述の微地形に起因する要因以外に、営農的要因として、自然農法もしくは減農薬を含む有機農法の水田であること、中干し期にも水田内に一定の水位の灌漑水が確保される場所があること、稲刈りや荒起こしの時期が遅いこと、社会的要因として、基盤整備が入っていない未整備の水田もしくは一次整備までの水田であること、暗渠排水が入っていない水田であること、農振農用地以外の水田であること（市街地の宅地の間などに残された水田を含む）および土水路のヌルメや承水路がある水田であることがあげられ、共通の条件として、湿田<sup>33)</sup>の存在がある。

なお、これらの条件の妥当性については、今後、GISを用いたGAP分析等の手法により、客観的な評価と検証を行う必要がある。

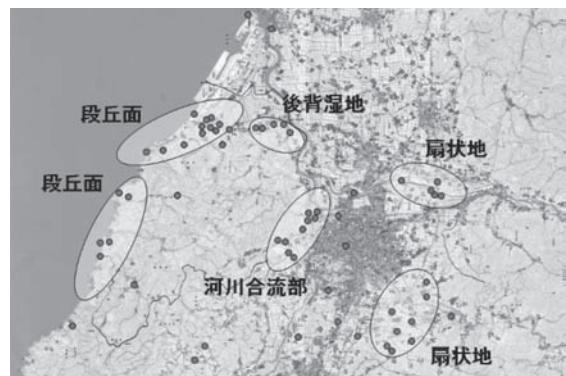


図-1 福井市西部の水田における絶滅危惧植物の分布とホットスポット<sup>32)</sup>

#### 5. 水田に生育する絶滅危惧植物の調査

環境配慮の第一歩は、事業予定地とその周辺の植物の生育状況を把握することから始まる。それには、いきなり現地に調査に入るのではなく、あらかじめ既往文献の調査と地域の植物に詳しい大学等の教職員、博物館の学芸員や地元の植物研究家等に聞き取りを行うことが重要である。

既往文献の調査では、地方植物誌、地元植物研究会の会誌、学会誌等に掲載された論文や採集記録、市町村史や近隣で実施された事業の調査報告書等を入手する。事業予定地周辺のダムや道路等の建設の際に作成された環境影響の準備書や評価書も重要な資料である。

次に、地形図や事業予定地とその周辺の空中写真や衛星写真を概観し、地勢を把握すると共に、絶滅危惧



植物が多い谷津田，山際，棚田やため池付近など湿田が多い位置を確認しておく。空中写真，衛星写真や既往文献等の資料の多くは，現在はインターネットで閲覧や入手が可能であり，公立図書館で入手できる資料も多い。古い空中写真と現在のものを比較することで，絶滅危惧植物が多い未整備の水田の位置を把握することができる。

GISが使える環境にある場合は，調査に入る前に，衛星画像から解析した土壤水分量，DEMから作成した傾斜，日射量や土壤分類といった情報と基盤整備の施工範囲等をGISに取り込んでポテンシャルマップを作成しておくこと，ホットスポットを事前に把握することができ，効率的に踏査を行うことが可能である。ここでは，例としてアカガエル類（産卵適地）のポテンシャルマップ例（図-2）を挙げるが，同様の方法で絶滅危惧植物のポテンシャルマップ<sup>34)</sup>の作成が可能である。

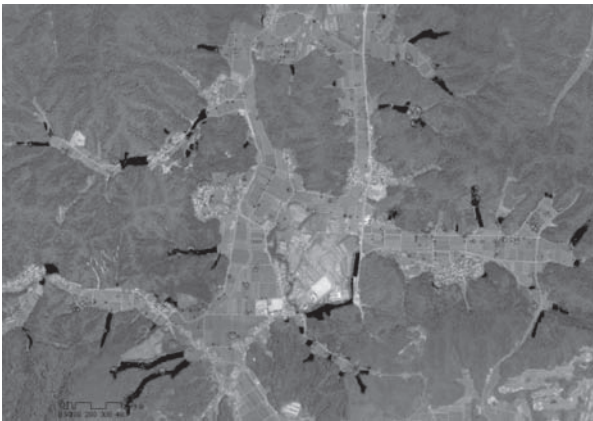


図-2 福井県越前市白山地区におけるアカガエル類の産卵適地確認地点と産卵適地ポテンシャルマップ<sup>34)</sup>

ところで，技術指針<sup>4)</sup> p.20には，概査において「生物調査は，文献調査では情報が不足する場合や，文献にはないが聞き取りで得た希少生物を確認する等，必要に応じて行う。」と記載されているが，植物は種数が多いうえに消長が著しく，事業現場に調査に入った際に，既知の自生地が消失していることや，逆に，新たな自生地や地域では新産の種類が見つかることも多い。したがって，文献調査や聞き取りだけで概況を把握し，注目すべき生物を選定するのは無理がある。農業生態系の植物相や生育環境は現在，急速に変貌しつつあり，概査段階から精査に準じた詳細な現地調査を行うことが望ましい。

なお，現地調査はいわゆるイベントとして実施された場合の「生きもの調査」とは別次元のものであり，代替になるものではない。現地調査をコンサルタント等に委託する場合は，協力会社を含め，優れた同定能力と環境を評価する力を兼ね備えた専門の調査者が在

籍しているかをきちんと見極める必要がある。近年は地域貢献として大学，研究植物園や環境NGOも門戸を開いており，委託研究として調査を受託できるところも増えてきている。

調査の時期と回数は，水田の植物を対象とする場合，少なくとも，荒起こし前，稲刈り前および稲刈り後の最低3回は現地に入る必要がある。オオアブノメやカワヂシャといった夏前には枯死する絶滅危惧植物が生育する可能性が高い場合，また，水田と畦畔や水路の植物を同時に調べる場合は，上述の3回に加え，田植え1~2か月後にも踏査を追加する必要がある。踏査を行う際は，荒起こし前や稲刈り後は畦畔から垣間見るだけでなく，田面を歩くことが重要である。各季節とも，畦際，ぬるめ，承水路や田面の窪みの水たまりでは，特に注意深く探ることが肝心である。

なお，基盤整備の施工中の現場において，表土が寄せられた耕盤上で，絶滅危惧植物が一斉に発生している事例を筆者は度々観察している（特に海岸平野，後背湿地，旧河道や湖沼の干拓地に位置する事業現場）。いずれも深層土壤中でも長期間休眠状態にあった土壤シードバンクが発芽したと考えられる。したがって，基盤整備の環境影響評価に係る調査では，施工前だけでなく，施工期間中にも必ず補足調査を実施する必要がある。

現地で種名の判断が難しい分類群は，採集し持ち帰って標本を作成し，ルーペや実体顕微鏡で厳密に同定しなければならない。写真だけで正確な同定をすることは絶対に不可能である。標本を作成しておけば，博物館の学芸員等の専門家に同定を依頼することも可能である。標本の作成方法や同定方法は，書籍<sup>36) 37) 38) 39) 40) 41)</sup>やウェブページ<sup>35)</sup>が参考になる。

確認された種類が絶滅危惧植物かどうかの判断は，環境省や地方公共団体が作成したレッドリストやレッドデータブックと対比させることになるが，地方公共団体が作成した地方版レッドデータブックには，環境省レッドリストに掲載されていないマツモ，ヒメミソハギ，ミズハコベ，ヒメナミキ，シソクサ，アブノメ，オオマルバノホロシ，スズメノトウガラシ（広義），サウトウガラシ，ヒメシオン，タウコギ，コオニタビラコ，オグルマ類，サジオモダカ，ヤナギスプタ，クロモ，エビモ，ヒルムシロ，ホッスモ，オオトリゲモ，ホシクサ類，イヌノヒゲ類，コゴメカゼクサ，ヒロハノドジョウツナギ，ウシノシッペイ，ウキガヤ，ヒメウキガヤ，ムツオレグサ，スズメノコビエ，ウキクサ類，ガマ類，カヤツリグサ類，クログワイ，イヌクログワイ，テンツキ類，クロタマガヤツリ，ヒンジガヤツリやホタルイといった地域によっては強害雑草となる種類さえも含まれていることがあるので，注意する必要がある。



## 6. 環境配慮対策の方針

現状改変を伴う様々な事業の環境配慮への考え方として、ミティゲーション5原則が周知されるようになった。すなわち、まず影響の「回避」を検討し、「回避」が困難な場合には「最小化」、「修正」、「影響の軽減／除去」の順に可能性を探り、やむを得ない場合に限り「代償」により軽減措置を講じる一連の手順である。

基盤整備の場合、施工後は再び水田として利用されるので、施工期間中に保全対象種の植物を仮移植して一時的に現場から避難させ、施工後、再び自生地の水田に戻せば良いという意見がよく聞かれる（「影響の軽減／除去」に該当）。しかしながら、水田に生育する植物の場合は、たとえムサシモ（環境省レッドリストではコウノトリと同じランク）のように極めて希少な種類であっても、生産者から見るとやっかいな水田雑草であることに変わりなく、施工後に元の水田に植え戻すことに対して、理解は得られないことが多い。

仮に施工後に元の自生地の水田に戻すことができたとしても、湿田に依存し、わずかに浸み出す湧水に頼ってかろうじて生き残ってきた水田の絶滅危惧植物は、乾田化され、湧水が断ち切れ、多量の除草剤や化学肥料が施用される慣行栽培の水田では、生育することはできないだろう。元の自生地の水田に戻す場合は、自然農法、有機栽培や冬期湛水を導入するといった環境保全型農業の手法を取り入れる工夫、すなわち、営農との連携を視野に入れなければならないが、現実的に生産者の協力を得るのは困難であろう。

水田の絶滅危惧植物への環境配慮としては、自生地そのものの保全である「回避」を行った方が、中長期で見ると費用対効果面で有利なケースもある。たとえば、「代償」として湿地ビオトープを造成する場合、土地の買い取り、設計、施工や維持管理等の経費が不要になるからである。実際に、現地で調査を行うと、水田の絶滅危惧植物の自生地は、図面上では、点または線で示されることが多い。すなわち、「回避」と言っても、部分的に非農用地換地を行い、わずかな面積を施工範囲から外すことで、水田の大部分の絶滅危惧植物は、大きな設計変更することなく（本来は調査結果を踏まえて設計するのが道筋であるが）保全できる場合がある。その意味では、水田の植物への環境配慮は、技術的な側面よりも、発注者、設計担当者の意識改革や地権者らとの合意形成をいかに図るかという対人間的な側面の方が重要かもしれない。

これまでのところ、実際の事業現場では、設計や施工が先行することもあり、植物への環境配慮は、「代償」として事業予定地の一角にビオトープ湿地を造成し、個体移植をするケースが大半である。一般に水

田に生育する植物は、耕起、湛水、代かき、田植え、除草、中干、稲刈りといった一連の農作業に伴う攪乱に適応した生活史戦略を持っており、そのような攪乱なくして、個体群の永続的な存続は困難である。したがって、ビオトープ湿地を造成する場合には、単に個体移植するだけでは不十分で、伝統的な水田耕作を実践するか、植生遷移の進行を抑えるために農作業に準じた攪乱を適期に加える必要があり、生産者、地域住民や環境NGO等との連携なくして成り立たない。

なお、水田に生育する植物は、大多数が一年草であり、環境配慮として個体移植を行っても、その年のうちに枯死する。水田のような攪乱環境に生育する植物は、土壌シードバンクを形成して集団を維持していることが知られており<sup>42)</sup>、移植の際には集団の遺伝的多様性を保全する意味でも、地上の個体と併せて、土壌シードバンクを含む表土を併せて移植することが重要である。

## 7. 水田に生育する植物への環境配慮事例

### 1) 国営九頭竜川下流農業水利事業

当該事業は、1999年から開始された開水路をパイプライン化する農業用水再編事業であり、受益面積は11,642haで、福井県坂井平野の3市1町に幹線用水路54.8km、支線用水路11.6kmを建設する大型プロジェクトである。

当該事業の環境配慮方策検討業務において、2007年には、福井市中ノ郷地区のシールド到達立抗、仮設道路の施工範囲とその周辺の水田で、ミズマツバを含む5種類の保全対象種が確認された。また、2008年には、坂井市丸岡町板倉地区の用水路、農道法面および畦畔で福井県初記録となるアゼオトギリを含む6種類の保全対象種が確認された。

当該事業における環境配慮対策として、中ノ郷地区のミズマツバについては、土壌シードバンクを含む表土を施工期間中に施工範囲外で、土壌水分を確保する形で保管することとした。土壌採取量は、存続可能最少個体数MVPを200個体、発芽率を20%と仮定し、事前の調査で土壌シードバンクの深度分布と密度を明らかにしたうえで、1集団あたり1,000粒の生存種子の確保できる0.1m<sup>3</sup>（1m×2m×5cm）とした。

また、板倉地区のアゼオトギリについては、個体移植により環境配慮を行うこととしたが、希少性に配慮し、AFLP解析で集団の遺伝的多様性を評価したうえで播種と株分けで増殖を行い、個体群の復元を行う方針である。

到達立抗のミズマツバについては施工期間が5年間で長く、長期にわたり表土を保管する場合、カビ害が発生するなどの危険が伴う。また、アゼオトギリについては、個体移植による植物体のダメージにより枯死

する危険が伴う。そこで、両種共に、種子の冷凍保存を試みることで、リスクの軽減を図ることとした。公共事業の環境配慮対策として絶滅危惧植物の種子の冷凍保存を行うのは、おそらく国内で初めての試みであると考えられる（その後、環境省により絶滅危惧植物の系統保全を目的とした種子の収集・保存事業が開始され、マニュアル<sup>43)</sup> <sup>44)</sup> <sup>45)</sup>等が作成された）。

種子の保存は、保存条件によるリスクの分散を図るため、液体窒素の気層（-150℃以下）、-80℃の低温冷凍庫、-30℃の冷凍庫、4℃の冷蔵庫（乾燥・湿潤）および室温22℃（乾燥）で保管した（写真-2）。ミズマツバについては保管後3年が経過した時点で、アゼオトギリについては、保管後1年が経過した時点で、共にインキュベーターを用いて発芽試験を行ったところ、両種共に4℃湿潤条件で保管した種子とミズマツバを室温22℃で保存した種子を除いて、80%以上の種子は、生存していることが確認された（写真-3）。

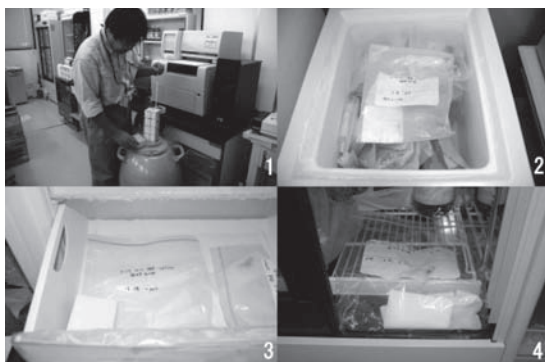


写真-2 種子の冷凍保存

- 1: -150℃以下液体窒素（気層） 2: -80℃低温冷凍庫  
3: -30℃冷凍庫 4: 4℃冷蔵庫（乾燥・湿潤）

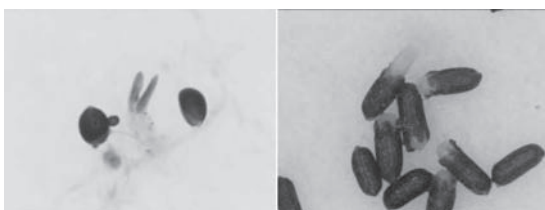


写真-3 生存が確認された冷凍保存種子  
（共に-80℃保管した種子）

左: ミズマツバ種子, 右: アゼオトギリ種子

種子の冷凍保存に目途が立ったことにより、これまで個体移植による保全が難しかった一年草の絶滅危惧植物に対する新たな環境配慮技術の構築に一步近づいたといえる。しかしながら、この方法では、冷凍保存に耐える種子を結果として人為的に選択していることになり、そのことが特定の遺伝子型の個体を排除するなど負のインパクトを与えている可能性や突然変異を誘発している可能性は否定できない。

今後は、さらに長期間にわたり高い生存率、発芽率を維持したまま種子を保存する技術やより多くの種子の休眠を打破できる条件を模索すると共に、種子の冷凍保存が集団の遺伝的な構造に及ぼす影響等について、基礎的な研究を行う必要がある。

なお、保管している表土の撒き出し、アゼオトギリの株分けと播種による苗の増殖、施工後の自生地への復元、自生地の草刈りといった維持管理やモニタリング等については、福井県立大学生物資源学部の監修の元、地元集落と対話しつつ、地域住民等と国営事業所等の関係機関と協同で実施する考えである。また、福井県立大学では、2010年からアゼオトギリの保全に欠かせない生育環境、個体群動態、繁殖生態や遺伝的多様性といった知見を収集するための基礎研究に着手したところである。

## 2) 経営体育成基盤整備事業・川西中部2期

当該事業は、九頭竜川下流左岸の沖積平野で2007年に採択された県営のは場整備事業であり、区画整理、用排水路や農道の付け替えや客土を含む受益面積98haの面工事である。

当該事業に係る環境調査において、2007年の調査でサンショウモ、オオアカウキクサ、ミズマツバ、ズメハコベ、イヌタヌキモ、ミズオオバコ、イトトリゲモやミズアオイを含む21種類の保全対象種が確認され、その後、2009年の地元の環境NGO「鶉の里調査隊」の調査で、マルバノサワトウガラシとナガエミクリが追加確認された。単位面積あたりの絶滅危惧植物の種類数の多さでは、「現存が奇跡的な絶滅危惧種の博物館」と称される中池見湿地を上回り、野生・放鳥コウノトリが度々飛来するなど、学術的にも第一級の大変優れた自然性を有する地域である。

ここでは、調査前年の秋に表土が寄せられて、水が溜まった耕盤上と付近の排水路で約200個体のミズアオイが確認された（写真-4-1）。これらの個体はいずれも、深層土壤に含まれていた土壌シードバンクから一斉に発芽したと考えられる。

当該事業の環境配慮対策として、客土工が施される前に、約190個体のミズアオイを掘り起し（写真-4-2）、近隣の休耕田を掘り下げて造成した仮設のピオトープ湿地に、その他の保全対象種と共に移植を行った（写真-4-3）。その後、ミズアオイについては各個体から種子を採取し、冷湿処理を施した後、地域の小学校の児童に里親になっていただいて苗を増殖し、近隣の自然農法の水田の畦際に移植して、保全を図った（写真-4-4）。この取り組みはその後継し、現在では、絶滅危惧植物のミズアオイと共生する生きものブランド米（ミズアオイ米）として周知されるようになり、地域において、作付面積は年を追うごとに



拡大している（写真-5）。また、農山漁村地域力発掘支援モデル事業にも採択されたこともあり、マスコミにも頻繁に取り上げられるようになって、最近では全国的にも注目を浴びるようになった。

環境配慮をきっかけに、ハードとソフトを巧みに組み合わせ、地域おこしにまでつながったこの取り組みは、事業主体である県だけではなく、生産者や非農家、小学校の教職員と児童、自治会連合会や環境NGOなど地域が一丸となって実現されたすぐれた環境配慮の事例であり、農業農村整備事業の展開における新たな方向性を示唆していると言えよう。



写真-4 ミズアオイに対する環境配慮

- 1: 表土を寄せた耕盤上で発芽したミズアオイ
- 2: ミズアオイの掘り取り
- 3: 仮設のピオトープ湿地に移植したミズアオイ
- 4: 増殖したミズアオイの苗の植え付け



写真-5 収穫前のミズアオイ米生産ほ場

## 8. おわりに

農業農村整備事業における植物への環境配慮は、魚類や両生類など他の分類群に比べて立ち遅れている感は否めない。改めて指摘するまでもなく、植物は一次生産者として、食物連鎖の礎であり、生態系の基盤をなす。健全な植物多様性なくして、生物多様性は維持されないのである。

生産の場であり、人為的な影響下にある水田は、野生植物の専門家からほとんど注目されてこなかったこ

ともあり、既往の報告は極めて少ない。したがって、水田の植物は、環境調査が行われない限り、保全対象種の存在が事前に認識されることはまずないと言える。公共事業の予算削減のあおりを受け、植物調査そのものが割愛されるケースもあると聞かすが、生物多様性の重要性がこれまで以上に指摘される昨今、魚類、両生類、鳥類や水生昆虫と同等に、ため池や水路の植物と並んで水田の植物に対しても、詳細な調査は必須である。

動物は餌、繁殖のパートナーやより安全で快適な場所を求めて移動することができる。それゆえに環境配慮においては、移動経路としてのネットワークの構築が重視される。一方、芽生えた場所で一生を過ごす大多数の植物は、成長に必要な養分の吸収、繁殖や分布拡大等において、様々な生物や自然の力に依存しなければならない。移植先に共生菌がいなければ土壤養分を十分に吸収し成長することができず、花粉媒介昆虫や種子散布者がいなければ、子孫を残すことも仲間を増やすこともできない種類もある。ミズアオイの雄親としての繁殖成功の程度は訪花昆虫の種類の違いや訪花頻度の影響を受ける<sup>46)</sup>、谷津田の水田雑草群落組成の空間パターンは水路の連続性に影響されている<sup>47)</sup>、スブタはイネと混植条件下で両種の良好な生育と良好な水質が認められる<sup>48)</sup>といった知見は、植物が実際に様々な生物や環境とのつながりの中で生存していることとその重要性を示すよい例である。

動物、植物に関わらず、対処療法的に単に移植をして環境配慮を講じたとした時代はもう終わったと言えよう。農業生態系における生物間や環境とのつながりとしてのネットワークそのものを維持、復元、修復するための調査計画、設計を行う姿勢、技術と新しい環境配慮技術の構築が求められている。

## 参考文献

- 1) 農林水産省農村振興局計画部事業計画課監修：『環境との調和に配慮した事業実施のための調査計画・設計の手引き 基本的な考え方・水路整備』、農業土木学会、p.182, 2004.
- 2) 農林水産省農村振興局計画部事業計画課監修：『環境との調和に配慮した事業実施のための調査計画・設計の手引き ため池整備 農道整備 移入種』、農業土木学会、p.118, 2004.
- 3) 農林水産省農村振興局計画部事業計画課監修：『環境との調和に配慮した事業実施のための調査計画・設計の手引き ほ場整備（水田・畑）』、農業土木学会、p.173, 2004.
- 4) 農林水産省農村振興局計画部事業計画課監修・農村環境整備センター監修協力：『環境との調和に配慮した事業実施のための技術指針 農業農村整備』



- 事業における生態系配慮の技術指針』, 農業土木学会, p.161, 2007.
- 5) 農林水産省農村振興局企画部資源課, 『外来生物対策指針』, 自然環境研究センター, p.31, 2000.
  - 6) 水谷正一 編著: 『水田生態工学入門 農村の生きものを大切に』, 農山漁村文化協会, p.204, 2007.
  - 7) 水谷正一・森 淳 編著: 『春の小川の淡水魚その生息場の保全』, 学報社, p.190, 2009.
  - 8) 高橋清孝 編著: 『田園の魚をとりもどせ』, 恒星社厚生閣, p.137, 2009.
  - 9) 農林水産省農村振興局計画部事業計画課・整備部設計課, 『生きものたちの住む農村を目指して』, 農村環境整備センター, p.28, 2002.
  - 10) 農林水産省農村振興局計画部事業計画課・整備部設計課, 『生きもののにぎわいある農村を目指して』, 農村環境整備センター, p.28, 2003.
  - 11) 農林水産省農村振興局計画部事業計画課・整備部設計課, 『いのちつどう農村を目指して』, 農村環境整備センター, p.28, 2004.
  - 12) 農林水産省農村振興局企画部資源課: 『水田生態系の保全技術 ガイドブック』, p.189, 2006.
  - 13) 農林水産省農村振興局企画部資源課・農村環境整備センター: 『生きもの豊かな農業水路をめざして 生きもの環境評価ツールを使って身近な水路の環境を考えよう』, p.40, 2007.
  - 14) 農林水産省農村振興局企画部資源課, 『外来植物の早期発見と防除 農業用排水路等における外来植物対策』, p.12, 2008.
  - 15) 嶺田拓也 他, 『IV 植物・コケ Plants』, In. 桐谷圭二編, 『改訂版 田んぼの生きもの全種リスト』, 農と自然の研究所・生物多様性農業支援センター, pp.264-379, 2010.
  - 16) 環境省自然環境局野生生物課, 『植物 I のレッドリスト』, 2007.
  - 17) 藤井伸二, 絶滅危惧植物の生育環境に関する考察, 保全生態学研究, 4(1), pp.57-69, 1999.
  - 18) 藤井伸二, 湿地環境の多様性と植物の生態特性, In. 坂上潤一 他編, 『湿地環境と作物 環境と調和した作物生産をめざして』, pp.25-34, 2010.
  - 19) レッドデータブック近畿研究会, 『改訂・近畿地方の保護上重要な植物 レッドデータブック近畿2001』, 平岡環境科学研究所, p.164, 2001.
  - 20) 富永 達, 絶滅に瀕する耕地雑草の現状, 京都府立大学学術報告「人間環境学・農業」55, pp.101-105, 2003.
  - 21) 嶺田拓也 他, 内湖と琵琶湖の関わりを考える2 水田耕作を利用する植物たちの多様性農耕依存と雑草性のはざままで, 滋賀県琵琶湖研究所所報21, pp.123-130, 2004.
  - 22) 嶺田拓也, 日鷹一雅, 水田耕作と水田レッドリスト雑草 I. スブタにおける事例, 第46回日本生態学会大会講演要旨集, p.218, 1999.
  - 23) Wan X-C, Wang G-X and Washitani I., Seed germination responses of *Monochoria korsakowii* Regel et Maack, a threatened paddy weed, to temperature and soil moisture. *Plant species biology* 19(3), pp.203-207, 2004.
  - 24) Aida, M., Itoh, K., Ikeda, H., Harada, N., Ishii, Y. and Usui, K., Susceptibilities of some aquatic ferns to paddy herbicide bensulfuron methyl. *Weed biology and management* 4(3), pp.127-135, 2004.
  - 25) Aida, M., Ikeda, H., Itoh, K. and Usui K., Effects of five rice herbicides on growth of two threatened aquatic ferns. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 63, pp.463-468, 2006.
  - 26) Luo X.-Y. and Ikeda H., Effects of four rice herbicides on the growth of an aquatic fern, *Marsilea quadrifolia* L. *Weed biology and management* 7(4), pp.237-241, 2007.
  - 27) Luo X.-Y., and Ikeda H., Effects of Four Rice Herbicides on Seed Germination and Seedling Growth of a Threatened Vascular Plant *Penthorum chinense* Pursh, *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 75(2), pp.382-389, 2008.
  - 28) 赤井賢成, 伊藤孝時, 吉岡俊人, 福井県池田町の特別栽培米生産ほ場における要防除雑草と絶滅危惧水田雑草の発生状況. 雑草研究54(別), p.63, 2009.
  - 29) 有田ゆり子, 小林達明, 谷津田の土地利用変化と水田・畦畔植生の特性, ランドスケープ研究: 日本造園学会誌 63(5), pp.485-490, 2000.
  - 30) 嶺田拓也, 石田憲治, 廣瀬裕一, 水田を利用する湿地生の絶滅危惧植物と栃木県の分布に関する一考察, 国際湿地再生シンポジウム2006 報告書, pp.216-222, 2006.
  - 31) 嶺田拓也, 石田憲治, 飯嶋孝史, 博物館情報を利用したGISによる水田希少植物の分布特性の把握, 農村計画学会誌23(3), pp.219-226, 2004.
  - 32) 赤井賢成, 福井県のフロラに関する資料(1), 福井市自然史博物館研究報告51, pp.37-56, 2004.
  - 33) 下田路子, 宇山三穂, 中本 学, 深田の植物 敦賀市中池見の場合, 水草研究会会報(66), pp.1-9, 1999.
  - 34) 上野秀治, 前野正博, 赤井賢成, GISを用いたアカガエル類の産卵適地に関する生息ポテンシャル

- 評価, 第65回農業農村工学会京都支部研究発表会講演要旨集, pp.198-199, 2008.
- 35) 福井市自然史博物館, 植物標本の作り方, [http://www.nature.museum.city.fukui.fukui.jp/text/syokubutu\\_hyouhon\\_tsukurikata.files/frame.htm](http://www.nature.museum.city.fukui.fukui.jp/text/syokubutu_hyouhon_tsukurikata.files/frame.htm)
- 36) 森田弘彦, 雑草の同定 雑草の見分け方, In.日本雑草学会編, 『雑草科学実験法』, pp.3-11, 2001.
- 37) 富永 達, 雑草の同定 雑草標本の作製・保存方法, In. 日本雑草学会編, 『雑草科学実験法』, pp.12-17, 2001.
- 38) 浅井元朗, 雑草を見分け, 調べる, In.種生物学会編, 『農業と雑草の生態学 侵入植物から遺伝子組換え作物まで』, pp.297-329, 2007.
- 39) 豊橋市自然史博物館, 『豊橋市自然史博物館ガイドブック4 標本をつくろう(植物・菌類編)』, pp.61, 2005.
- 40) 松浦啓一 編著, 『標本学 自然史標本の収集と管理』, 東海大学出版会, pp.250, 2003.
- 41) 大阪市立自然史博物館 編著, 『標本の作り方 自然を記録に残そう』, 東海大学出版会, pp.190, 2007.
- 42) 増田理子, 西村文武, 埋土種子集団に保存させた遺伝的多様性 攪乱依存種の失われた変異を回復する, In.種生物学会編, 『発芽生物学 種子発芽の生理・生態・分子機構』, pp.211-220, 2009.
- 43) 環境省自然環境局, 『絶滅危惧植物種子の収集・保存等に関するマニュアル』, pp.61, 2008.
- 44) 環境省自然環境局, 『絶滅危惧植物の系統保存管理マニュアル』, pp.56, 2008.
- 45) 環境省新宿御苑管理事務所, 『絶滅危惧植物の種子収集・保存ガイドブック』, pp.26, 2010.
- 46) 藤野美海, 赤井賢成, 汪 光熙, 富永 達, ミズアオイ集団における昆虫の訪花行動, 雑草研究55(別), p.78, 2010.
- 47) 星野義延, 根本真理, 農村生態系における植物と植物群落の保全, 平成17年度農業土木学会大会講演会講演要旨集, pp.96-97, 2005.
- 48) 多田かずえ, 中山祐一郎, 山口裕文, スブタの良好な生育を生みだす水稲との共存:水質からの一考察, 雑草研究48(別), pp.48-49, 2003.

# グラウンドワーク手法を活用した 地域住民参加による農業水利施設の保全管理

井 上 公 輔\*  
(Kousuke INOUE)

## 目 次

1. はじめに	44	4. 環境整備の実施	46
2. 小田井水路と龍之渡井	44	5. 今後の保全管理の方向性	47
3. 龍之渡井周辺の住民参加型保全管理活動の 取組状況	45	6. おわりに	47

### 1. はじめに

近年、農業水利施設など農地・農業用水等の資源を取り巻く環境は、非農家との混住化や農業者の高齢化の進行に伴い、その適切な保全管理を行うことが困難となっている。また、国民の農村環境に対する評価が高まっており、これらの資源の保全と併せ、農村環境の質的な向上が求められている。これらのことから、平成19年度より導入された「農地・水・環境保全向上対策」において、資源や農村環境を守り質を高める地域共同の取組等が積極的に推進されているところである。

本旨で取り上げる「龍之渡井」は和歌山県紀の川市と伊都郡かつらぎ町との境を流れる穴伏川を横断している小田井水路の水路橋であり、平成18年に県内の土木構造物として初めて登録有形文化財（文化庁）の指定を受け、疏水百選にも選ばれるなど極めて重要な農業水利施設である。小学校の史跡学習の教材として採用されたり、万葉集に詠まれた妹山背山等の旧跡も近辺にあることから、ハイキング等の来訪者が増加するなど、本施設は益々その保全管理が重要となっているにも関わらず、前述と同様、適切な保全管理が講じられていないのが現状である。

このことから、近畿農政局紀伊平野農業水利事業建設所では、「農地・水・環境保全向上対策」の趣旨である資源保全を目的とした地域共同の取組の足がかりとして本施設を選定し、平成19年度にグラウンドワーク<sup>注1)</sup>の手法を活用した地域住民参加によるワークショップを開催し、環境整備及び保全管理について検討した。

加えて、本ワークショップで得られた地域住民の環境整備に対する意向を、実現可能な範囲で反映し、直営施工を行った。

本旨では、この環境整備に至るまでの経緯、整備前後の住民意識の変化及び今後の本施設の保全管理・利活用の方向性について報告する。

### 2. 小田井水路と龍之渡井

江戸時代中期、紀州藩主・徳川吉宗の命を受けた大畑才蔵は、中小河川の谷間が立ち上がる地形を伏せ越しや渡井で解決し、橋本市から岩出市までの総延長32.5kmにも及ぶ小田井水路を完成させた。中でも幅18mの穴伏川に、中間に一本の支柱も使わず木製橋により掛樋した水路橋が龍之渡井である。現在の龍之渡井は写真-1に示すとおり、大正8年に改築されている。



写真-1 龍之渡井

\* (現)近畿農政局南近畿土地改良調査管理事務所  
大迫ダム管理所 (Tel. 0746-54-0800)  
(前)近畿農政局紀伊平野農業水利事業建設所

注1) 地域を構成する「住民」、「行政」、「企業」の三者がパートナーシップを組み、グラウンド(生活の現場)に関するワーク(創造活動)により、地域社会を整備・改善していく活動



小田井水路は江戸時代から現在においても紀の川右岸の610haの水田地帯にかんがい用水を供給し続けている歴史ある現役の農業水利施設である。一方、聞き取り調査によれば、維持管理は年1回土地改良区が行っている程度であり、地域住民が龍之渡井を焦点とした保全管理活動は行われていない。

また、かつては水路橋を通じてかつらぎ町と紀の川市両地区の住民同士の交流があったものの、今ではその交流がほとんどないのが現状である。

### 3. 龍之渡井周辺の住民参加型保全管理活動の取組状況

本施設の保全管理・利活用に向けたビジョン策定のためには、非農家も含めた地域住民に対し、これら施設の保全管理についての理解を得ることが最重要課題となる。

この第一歩として、図-1に示す龍之渡井周辺にある遊休地（かつらぎ町側（写真-2）、紀の川市側（写真-3））を利用した、地域住民参加による「愛着心を醸成する環境整備」により、地域住民の和を広

げ、絆を深めることとし、これを契機に保全管理活動の体制作りを進めることとした。

#### (1)第1回ワークショップ（平成20年1月27日）

環境整備に当たり、植栽・設備等の先進事例に学ぶため近隣の施設を見学し、その後、意見交換を行った。

「龍之渡井がもっとよく見えるように周りの木を剪定した方がよい」、「手間の掛からないような植物を植えた方がよい」など、環境整備に前向きな意見がある反面、環境整備を行うことで負担が増えるという意見もあった。

また、かつらぎ町側の遊休地では、安全柵の設置が第一であり、以降のワークショップでは環境整備のポイントとして①安全柵②植栽③敷地④設備等の4つを環境改善の項目とした。

#### (2)第2回ワークショップ（平成20年2月27日）

第1回ワークショップの結果を受けて、龍之渡井及び周辺の一体的な環境整備方針について、2班に別れて話し合いを行った。ワークショップの実施状況を写真-4に示す。



写真-2 遊休地（かつらぎ町側）



写真-3 遊休地（紀の川市側）



写真-4 ワークショップの状況

主な意見として、かつらぎ町側遊休地については、「安全柵は周辺になじむこげ茶色で、材料は紀州材を使いたい」、「雑草の生えにくい整備方法がよい」、「写真などを入れた案内板を設置したい」、など具体的な意見が出された。また紀の川市側についても同様に、「安全柵はこげ茶色か、明るい色か」と意見が別

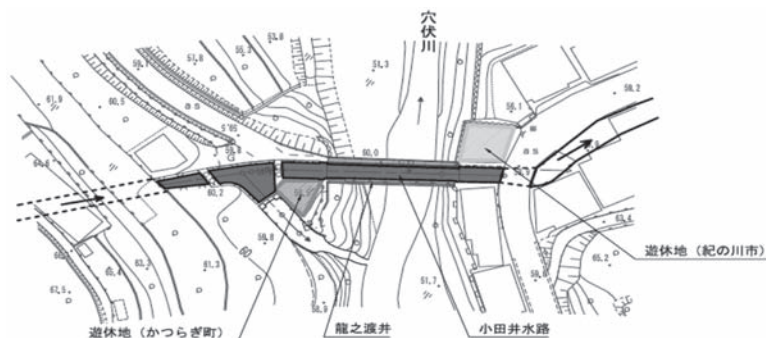


図-1 龍之渡井周辺平面図

れたほか、「座って景色が見えるようにベンチを設置したい」、「案内板の記載内容などをわかりやすくしたい」など、具体的な意見が出された。

### (3)第3回ワークショップ（平成20年3月7日）

過去のワークショップの結果を踏まえ、他地区の先進事例やランドスケープ専門家のアドバイス（写真-5）を取り入れながら安全柵、植栽、敷地、設備等に関する更なる具体的な整備計画及び保全管理・利活用についての話し合いを行った。

かつらぎ町側遊休地については地被植物の植栽、安全柵の設置、案内板、ベンチの設置、樹木の剪定や移植などの意見があった。紀の川市側遊休地については、地被植物の植栽をはじめ地元小学校の提供によるベンチの設置、安全柵の塗替、案内板の設置位置の調整などの意見があった。案内板の記載内容については、笠田万葉サークルの助言のもと、龍之渡井憩いの広場として利用上のルール、龍之渡井周辺案内図、万葉集の中にも詠まれた歌などが記載されることとなった。また、保全管理については周辺で活動している既存組織と、龍之渡井をきっかけとした交流を持ち、「龍之渡井を守る会」などの仕組みを段階的に作り上げていくことになった。

これまでのワークショップで出された様々な意見を取りまとめたものを表-1のような「環境整備計画」とした。



写真-5 ランドスケープ専門家による助言

表-1 環境整備計画

項目	整備の内容（要約）
①安全柵	○既設安全柵（木製）に防腐塗料を塗る（紀の川市側） ○安全柵の設置（かつらぎ町側）
②植栽	○地被植物を植える
③敷地	○砂利舗装、あるいは土系舗装
④設備等	○ベンチの設置（地元の上名手小学校で製作） ○既存の案内板の移設（紀の川市側）と新設（かつらぎ町側）

### (4)地元説明会（平成20年3月8日）

ワークショップの結果を広く公表し、更なる保全管理・利活用に向け、これまでの取組の概要、ワークショップの結果を踏まえた環境整備の方法、今後の維持管理の段階的な進め方などを取りまとめ、地域住民や行政機関に説明を行った。

説明にあたり、具体的には環境整備後の利活用イメージとして、歴史的農業水利施設の体験学習の場として今後もより多くの学校や団体による利用の促進が期待される点、景観を楽しむ憩いの場として日常的に利用される事が期待される点などに重点を置いた。

また、環境整備の手法として地域住民が主体となり直営施工で行うこと、管理面ではゴミ拾いなどの日常管理は利用者責任とし、広い範囲のゴミ拾いやベンチ・柵の塗装などは一部の人の負担とならないようクリーン作戦などの地域のイベントをうまく取り入れていくなど、保全管理を継続していけるような環境整備の内容を考えていく必要があることについても話し合いを行った。

また環境整備の実施に当たっては、地域住民や行政機関が主体となり共同で作業を行う直営施工により11月に実施することとなった。

## 4. 環境整備の実施

当日は、近隣自治会長をはじめ、地域住民、紀の川市役所、かつらぎ町役場、小田井土地改良区、建設所から総勢40名以上の参加があり、環境整備計画をもとに、花壇作りや植栽作業（写真-6）、ベンチの設置（写真-7）、安全柵の設置や塗替、案内板の設置（写真-8）や移設などの整備作業を直営で行った。遊休地の環境整備後の状況を写真-9に示す。

また、保全管理軽減のために工夫した点として、雑草対策のために雑草に強い地被植物を植栽したり、雑草抑制のために敷地内に入れたマサ土に地盤改良剤を用いたことなどが挙げられる。

地域住民自らが発案してきた環境整備計画のほぼすべての内容について、地域住民自らが参加し形にできたことにより、龍之渡井に愛着を覚えたと同時に、今後の保全管理に向けての意識向上につながった。また今後、植栽した植物が春を迎え、花を咲かせる時期になればさらに整備した実感が得られると期待される。





写真-6 植栽作業（地被植物）



写真-7 ベンチ設置作業（地元小学校提供）



写真-8 新設された案内板



写真-9 整備後の遊休地

## 5. 今後の保全管理の方向性

環境整備が終わっても、継続的に保全管理がなされなければ本取組は無意味なものとなる。そこで整備後の地域住民の意識にどのような変化があったかを把握するために、保全管理についてのアンケート調査を実施した。

アンケートの内容は、今後も保全管理が必要であるか、必要な回数は年に何回ぐらいか、誰が行うべきか、今後参加要請があれば参加するか、などである。

結果は、全ての人が今後も保全管理が必要であると答え、その管理は地元が行うべき、またその回数は年2回という意見が圧倒的であった。当初は環境整備をすれば管理負担が増えるという意見があったものの、自らが保全管理していくという意識が醸成されつつあるのは大きな成果であった。なお、地域住民は年1回近隣の道路や水路の掃除をしており、これら既存の清掃活動の中に龍之渡井の保全管理活動を取り込むことにより、新たな管理組織を立ち上げなくても自然に機能し、かつ継続的に行われていくことが期待される。

## 6. おわりに

本建設所においては、「農地・水・環境保全向上対策」が目指す資源の保全管理についての初めての取組であり、その運営は想像以上に困難であった。

具体的には、当初のワークショップでは地域住民から行政任せという意識での提案が大勢を占めており、地域住民自らの保全管理という意識での意見を出してもらうことに苦心した。このため2回目以降のワークショップでは、自らの保全管理の意識醸成を目的に開催し、加えて全体の流れの中で、今自分たちが何に取り組んでいるのかを認識させるため、各ワークショップ終了後に、地域住民に対しニュースレターを配布した。

ワークショップを重ねるにつれ、保全管理の意識が徐々に醸成され、普段交流の少ない紀の川市地区及びかつらぎ町地区の地域住民が同じ目的のため、資材を自ら調達したり、共同で作業を行ったことは大きな成果であり、本取組によって形成された両地区の心の絆を活かし、本施設が将来にわたり保全管理され、次世代へ継承されることを切に願うものである。

## 参考文献

1) 財団法人 日本グラウンドワーク協会：

紀伊平野における農業水利施設等の維持管理・活用方策検討委託業務報告書、(2007)



# 既設水抜き管に配慮したアンカー工の施工

渡 辺 健 治\*  
(Kenji WATANABE)

## 目 次

I. はじめに .....	48	IV. 問題把握と課題 .....	49
II. 地すべりの対策工 .....	48	V. 施工条件に対する検討 .....	50
III. 既設水抜き管に配慮したアンカー工の 対象となる工事の概要 .....	49	VI. 検討の成果 .....	51

## I. はじめに

農地保全事業「高知三波川帯」地区は、高知県の北玄関として嶺北地域の中心、長岡郡大豊町に位置しており、地すべり区域の影響範囲には学校、病院等の公共施設のほか、JR土讃線、国道32号線や吉野川がある。本地区は、年間降水量が3,000mm近くに及ぶ多雨地帯に位置し、地すべりに伴う崩壊や農地及び各種施設にしばしば変位等が発生している。地質は御荷鉾構造線の影響を受けた「破碎帯地すべり」特有の地すべりの模様を呈しており（図-1）、地すべり状況は激しく大規模であるため、抜本的な抑制・抑止対策を講じることが急務である。

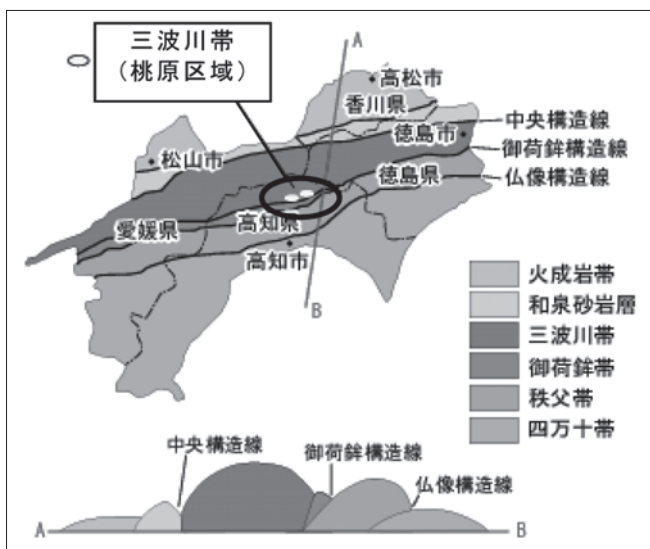


図-1 四国の地質構造

本事業では、地すべりによる被害を除去又は軽減し、恒久的・予防的な地すべり防止対策を国営で実施することにより、地域農業の維持・継続及び国土の保全と民生の安定に資するものである。

本報では、その地すべり防止対策として行った抑止工において、既設抑制工の機能を保持したうえで施工する方法について報告する。

## II. 地すべりの対策工

### 1. 対策工（抑制工と抑止工）

地すべり防止の対策工は、抑制工と抑止工の2つに区分される。

抑制工：地すべり活動を促す要因となる土塊、地下水等を取り除く工法。（写真-1）



写真-1 抑制工（水抜きボーリング）

抑止工：“土塊の動こうとする力”を“構造物の抵抗力”により止めよう（抑えよう）とする工法。（写真-2）

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



写真-2 抑止工（アンカー工）

## 2. 高知三波川帯での対策工

当事業所では、経済性等を考慮して、地すべりブロックに対して地すべり活動を促す要因となる地下水（すべり面に影響する間隙水圧）を排除する抑制工により対策を講じ、抑制工でも地すべりの収まらない地表部分の小さな地すべりに対しては、アンカー等の抑止工により対応している。

## Ⅲ. 既設水抜き管に配慮したアンカー工の対象となる工事の概要

### 1. 工事概要

工事名：桃原・西桃原区域（A1-2他）抑止工その他工事

工期：平成21年10月14日～

平成22年3月12日（150日間）

工事内容：アンカー工3箇所（9本、5本、6本）

（図-2）

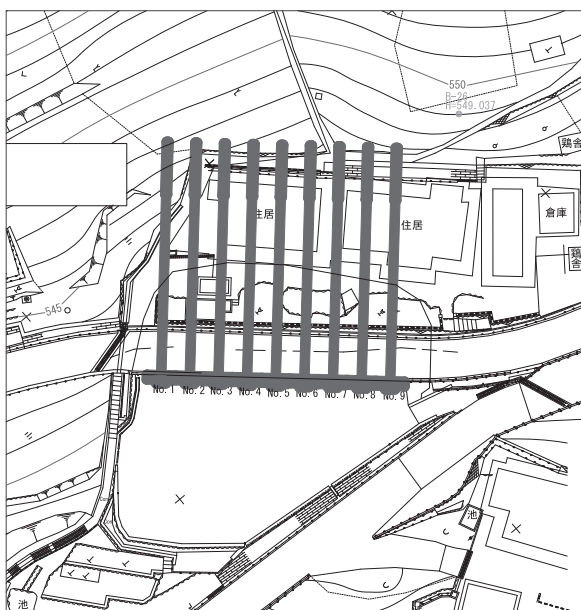


図-2 工事平面図

## Ⅳ. 問題把握と課題

### 1. 既設水抜き管に及ぼす影響と位置把握

アンカー工事では、アンカーの施工に先立ち、アンカー体を定着させるための定着層を確認するため、土質確認用のボーリング（チェックボーリング）を実施する。

本工区では、アンカー範囲の中央部と左右の計3箇所においてチェックボーリングを行っている。

中央のチェックボーリング（CB1）の削孔において、削孔深度20m付近に到達した辺りから既設水抜き管（抑制工）に濁水の発生が報告された。

既設水抜き管とアンカー孔の位置関係を把握するため、既設水抜き管の削孔角度、方向、延長を確認したところ、平面的な位置関係ではアンカー工の方向に、斜めに横断する形で既設水抜き管が存在しており、縦断的な位置関係と合わせると、アンカー施工範囲のほぼ中央であるアンカーNo.4において既設水抜き管とアンカー体が最も近接することが判明した。（図-3、図-4）

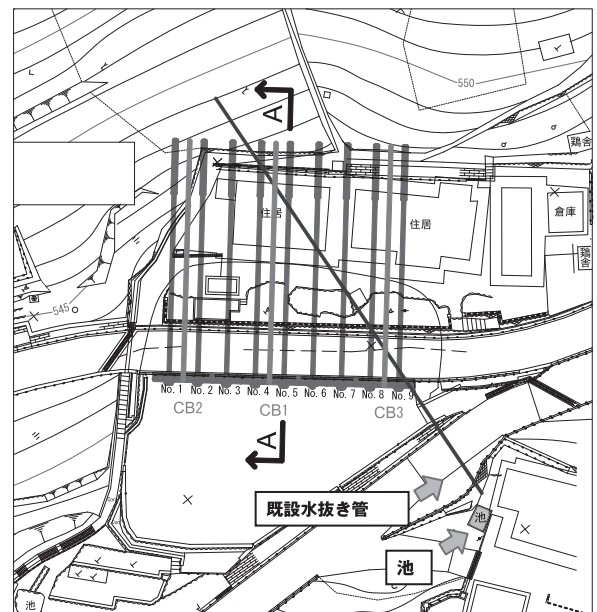


図-3 既設水抜き管の位置（平面図）

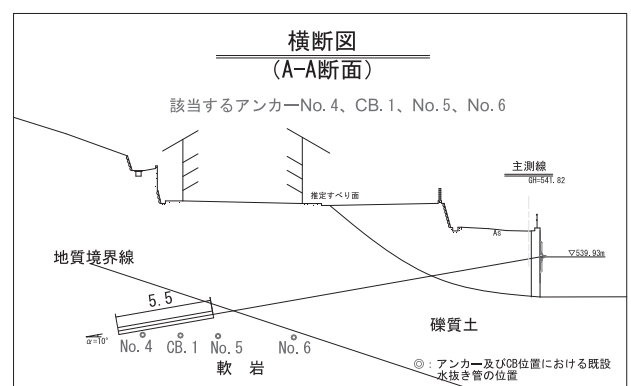


図-4 既設水抜き管の位置（縦断面図）

また、アンカー範囲の左右に位置する、残る2本のチェックボーリング（CB2、CB3）の削孔においては、既設水抜き管で濁水は確認されなかった。

## 2. 問題点

チェックボーリングの結果（図-5）によると、削孔深度19.0m付近から定着層と判定され、今回の濁水発生箇所と重なるため、アンカーのグラウト注入作業において、既設水抜き管にグラウトが流入し既設水抜き管の抑制工としての機能が失われてしまう恐れがある。

また、既設水抜き管から排除された水が近接家屋の鯉の池（稚鯉もいる）の補給水として使用されているため、鯉に影響を与えてしまう恐れがある。

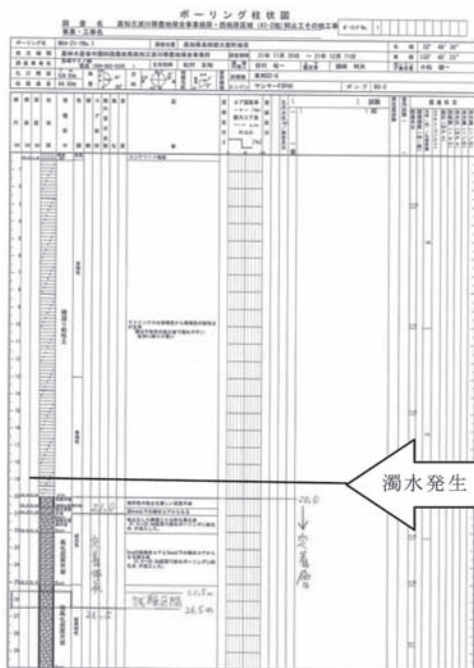


図-5 ボーリング柱状図

## 3. 施工条件

既設水抜き管は地下水を排除するために施工されている抑制工であり、池の水として使用されているように、地下水排除の機能を継続して発揮していると判断されることから、抑制工としての機能を失うことなく、また鯉の池の補給水として継続して使用できる必要がある。

そのため、次のとおり判断した。

- ①アンカー工事が既設水抜き管に与える影響を少なくする対応が必要。
- ②そのうえで、工事が既設水抜き管に与える影響の有無を確認することが必要。
- ③各アンカー孔の影響範囲の設定と適切なアンカーの施工が必要。

## V. 施工条件に対する検討

### 1. アンカー孔と既設水抜き管の離隔

地中で既設水抜き管と最も近接するアンカーNo.4に

おいて少しでもアンカー孔と既設水抜き管の離隔を確保し、工事の影響する範囲を減らすために、アンカーの打設高さの見直しを行った。

当初は、既設擁壁高さのほぼ中央に、アンカー3本を1組（No.1-3、4-6、7-9）として高さを揃えて配置していたが、アンカー孔と既設水抜き管の位置関係を考慮して、No.4~6のアンカー打設高さを既設擁壁に受圧版の設置が可能な範囲で0.5m高くすることにより、離隔の確保に努める計画とした。（図-6）

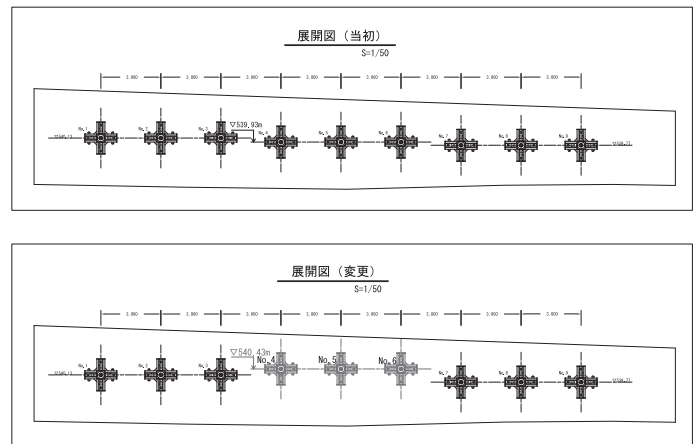


図-6 アンカー位置変更図

### 2. 影響の有無を確認するアンカー孔

3箇所チェックボーリングの内、中央のチェックボーリングのみ既設水抜き管に濁水が確認されたことから、左右のチェックボーリングの間に配置されているアンカーNo.3~7の削孔において、既設水抜き管からの排水状況を確認し、影響の有無を確認することとした。

### 3. 影響範囲とアンカーの施工

#### (1)アンカーの施工を考慮して影響範囲設定

アンカーの施工において、グラウトはアンカー体を保護する重要な役割を持っている。中でも定着部は最も重要であり、より確実なグラウト充填でアンカーの定着部を構築するため、通常は次の流れを一連の作業で行う。

- ①アンカー孔の削孔完了後、ケーシングを残した状態のアンカー孔にアンカー材を組み立て挿入する。
- ②アンカー孔の奥からグラウトを注入して孔口までグラウトを充填させる。
- ③グラウト定着部分のケーシングを引き抜き、再度孔口までグラウトを充填させる。
- ④グラウト注入ポンプにより加圧を行い、圧力上昇（軟岩0.2MPa）を確認する。
- ⑤全てのケーシングを引き抜くまで、ケーシングの引き抜きとグラウト充填を繰り返す。

以上の作業流れから、既設水抜き管への影響範囲の設定は、アンカーの定着部の構築と、既設水抜き管へ



のグラウト流入防止において非常に重要なポイントとなることから、次のように整理を行った。

- (ア)アンカー孔削孔時の濁水により影響の有無を判断した。
- (イ)そのうえで、定着部のグラウト注入後に加圧することと、既設水抜き管への濁水を確認するまでのタイムラグを考慮して、影響のあった削孔深度（範囲）に前後1mを余裕として加えた範囲を影響範囲と設定した。

(ウ)アンカーの定着部はグラウトにより確実な施工を行うため、影響範囲にかからないよう、定着部の深度を深くする（削孔を延長する）こととした。

(2)グラウト充填方法の見直し

自由長部（アンカーの頭部から定着部までの間を自由長部という）において既設水抜き管にグラウトが流入することが無いよう施工するには、既設水抜き管に影響する範囲の孔内だけをグラウト充填する必要があり、影響範囲にパッカーを使用することで該当する孔内のグラウト充填を行うこととした。

しかし、影響範囲にパッカーを使用することから、アンカーの施工手順と内容を次のとおり見直した。

(図-7)

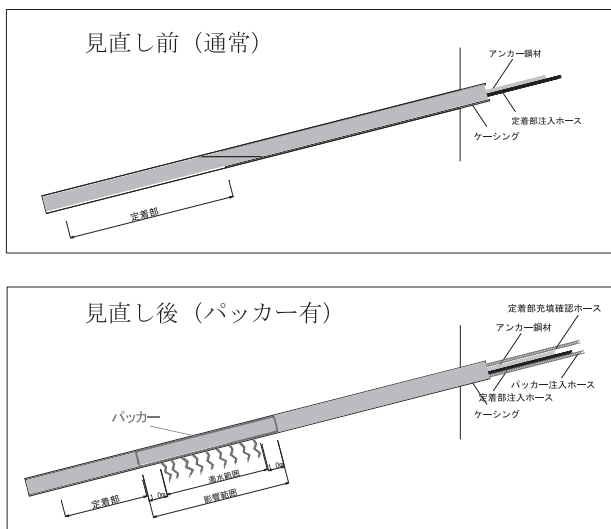


図-7 アンカー工 見直し説明図

- ①アンカー孔の削孔完了後、ケーシングを残した状態のアンカー孔にパッカー注入パイプ、定着部の注入と充填を確認するパイプ、パッカーより手前のグラウトを注入するパイプを追加したアンカー材を組み立て、アンカー孔に挿入する。
- ②既設水抜き管の影響範囲までケーシングを引き抜く。
- ③パッカー部にグラウト注入パイプからグラウトを注入する。
- ④パッカー内にグラウト注入ポンプによる加圧を行い、圧力(0.2MPa)を保持させる。
- ⑤定着部のグラウト注入パイプからグラウト注入

し、定着部の充填確認パイプからグラウトが出てくるまで注入する。

- ⑥定着部にグラウト注入ポンプにより加圧を行い、圧力上昇(軟岩0.2MPa)を確認する。
- ⑦全てのケーシングを引き抜くまで、ケーシングの引き抜きとグラウト充填を繰り返す。

VI. 検討の成果

1. 施工

施工は請負者のこれまでの経験から、アンカーNo.1, No.2, No.3, No.6, No.7, No.8, No.9, No.5, No.4の順番で施工を行った。

また、離隔の確保もあり、アンカーNo.5までは既設水抜き管に影響が発生することなく、施工ができ、結果として影響が確認されたのはアンカーNo.4だけとなった。

しかし、既設水抜き管への影響範囲は余裕を含め削孔深度18.0m~26.0mまでの8.0mにまで及んでおり非常に広範囲となっていた。

また、19.0mからが定着層と判定されたことから、影響範囲より深い、26.0mから31.5mで定着長5.5mを確保する結果となり、他のアンカーに比べて6.0m長い施工となった(図-8)が、既設水抜き管の地下水排除機能を失うことなく施工を完了することができた。

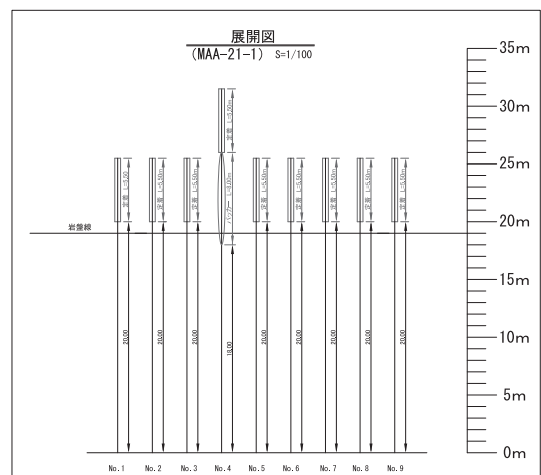


図-8 アンカー展開図

2. 考察

アンカーの工事による既設水抜き管への影響は、アンカー1本に止まった。

離隔の確保、影響範囲の設定とその対応、施工順序等の要素が重なった結果、影響範囲がアンカー1本に止まり、その成果として、既設水抜き管の抑制工としての機能を失うことなく、無事にアンカー工事が完成できたと考えている。

3. さいごに

検討に関わった所内の関係者、発注者の意図を理解し、適切な施工を実施した請負者に感謝したい。

# 木之川内ダムの試験湛水について

田 中 康 嗣\*  
(Koji TANAKA)

## 目 次

○ はじめに	52	3. 試験湛水の実施状況	53
1. 事業概要	52	4. 試験湛水結果	53
2. ダム概要	52	5. おわりに	57

### ○ はじめに

国営都城盆地農業水利事業の基幹水利施設である木之川内ダムは、大淀川水系木之川内川の上流部に建設された農業用ダムである。

本ダムは、平成20年度に工事を完了し、平成20年6月から12月の期間で試験湛水を実施、平成21年9月に国土交通省九州地方整備局の完成検査に合格し供用を開始している。

本報では、本ダムの試験湛水の概要を報告する。

### 1. 事業概要

本地区は、宮崎県の西南部に位置し、周辺を霧島連山と鰐塚山系に囲まれた標高130～250mに形成される盆地状台地であり、都城市及び北諸県郡三股町にまたがる農用地約4,000haの畑地農業地帯である。本地区の畑地は、火山灰性特殊土壌で覆われており、かんがい施設が未整備のためその生産性は低く、農業経営の安定化の阻害要因となっている。

このため本事業では、一級河川大淀川水系の木之川内川に木之川内ダム、庄内川に田野頭首工を築造するとともに用水路等の基幹施設の整備を行い、併せて、関連事業により末端用水路の整備、区画整理等の基盤整備を行い、農業経営の安定を図るものである。

### 2. ダム概要

木之川内ダムは、集水面積5.1km<sup>2</sup>、総貯水量6,270千m<sup>3</sup>、有効貯水量6,010千m<sup>3</sup>の中心遮水ゾーン型ロックフィルダムである。

本ダムは、自流域が小さいため、大淀川水系庄内川に田野頭首工を設置し、同川より木之川内導水路を通

じて最大4.08m<sup>3</sup>/sを注水している。ダム諸元表及びダム状況写真を示す。

表-1 ダム諸元表

一般	ダム所在地	宮崎県都城市山田町大字山田地内
	基礎地盤地質	四万十累層群の諸塚層群 (砂岩、頁岩及びその互層)
貯水池	流域面積	直接：5.1km <sup>2</sup> 間接：18.4km <sup>2</sup> 合計：23.5km <sup>2</sup>
	貯水量	総貯水量：6,270千m <sup>3</sup> 有効貯水量：6,010千m <sup>3</sup>
	設計堆砂量	260千m <sup>3</sup> (500m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> /年)
洪水吐	形式	自由横越流式側水路
	設計洪水量	310m <sup>3</sup> /s
	ゲート	なし
	減勢工形式	副ダム形式
堤体	形式	中心遮水ゾーン型ロックフィルダム
	堤体規模	堤高：64.3m 堤頂長：409.7m 堤体積：1,500千m <sup>3</sup>
その他	仮排水路	形式：2R=4.0m 標準馬蹄型 設計流量：130m <sup>3</sup> /s
	設計震度	0.15 (区分：中震帯)
	監査廊	形式：カルバートタイプ
	取水施設	形式：多孔式斜樋 最大取水量：2.439m <sup>3</sup> /s

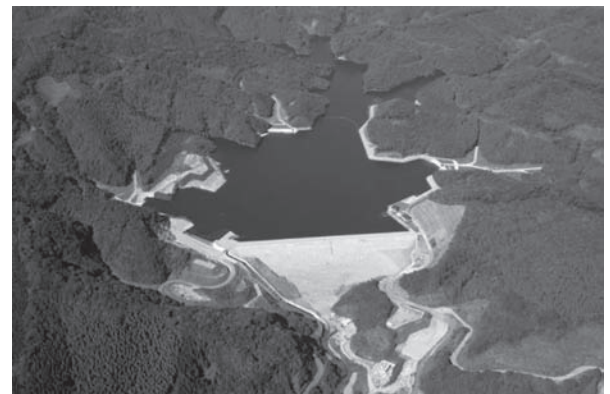


写真-1 試験湛水中の木之川内ダム

\*九州農政局都城盆地農業水利事業所  
(Tel. 0986-38-5140)

### 3. 試験湛水の実施状況

試験湛水については、平成20年6月1日から開始し、6月13日から6月15日の2日間最低水位L.W.L.238.60mで貯水位を保持、6月24日～6月27日の3日間中間水位M.W.L.255.0mで貯水位保持を実施した。

貯水位の変動は、試験湛水開始後1ヶ月間の月間総雨量は953mmにのぼり順調に貯水位が上昇したが、梅雨明け後の7月7日から8月22日の間は降雨に恵まれず、46日間で0.6m程度の貯水位上昇にとどまった。その後、9月のまとまった降雨により貯水位は再度上昇し、同年10月6日に常時満水位F.W.L.=272.11mに至った。常時満水位到達後は、30日間貯水位を一定保持し、11月6日から貯水位降下を開始した。11月26日～11月29日の3日間中間水位M.W.L.=255.00mで貯水位を保持し、同年12月17日には最低水位L.W.L.=238.60mに至り、試験湛水を完了した。

なお、常時満水位の保持期間は、当初の試験湛水計画では14日間としていたが、遮水性ゾーン内（Zone1内）の間隙水圧日変化量が、14日間を経過した時点においても、その経時的な傾向は未だ収束下降途中の様相を呈していたため、未だ定常浸透状況に至っていないと判断した。このため、河川管理者との協議の上、常時満水位保持期間を30日間にまで延長した。30日間を経過した後においても、Zone1内の間隙水圧日変化量は完全には【 $\Delta H=0m$ 】には至らなかったもののほぼ収束しているものと評価し、堤内の浸透状況はほぼ定常状態に至ったものと判断している。

### 4. 試験湛水結果

#### (1) 堤敷基盤内の地下水位状況

##### ① 基盤内間隙水圧計観測結果

基盤内地下水位の傾向については、図-3のとおり、貯水位に対して概ね線形で推移しており、標高別

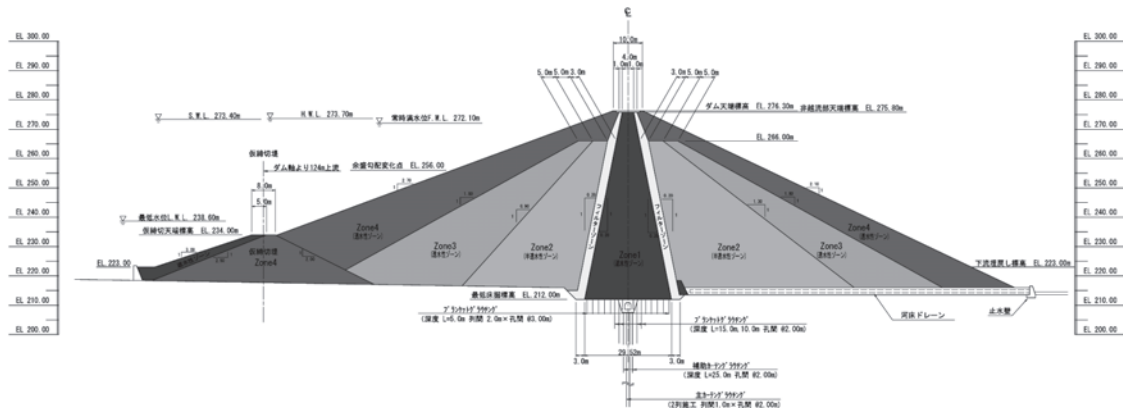
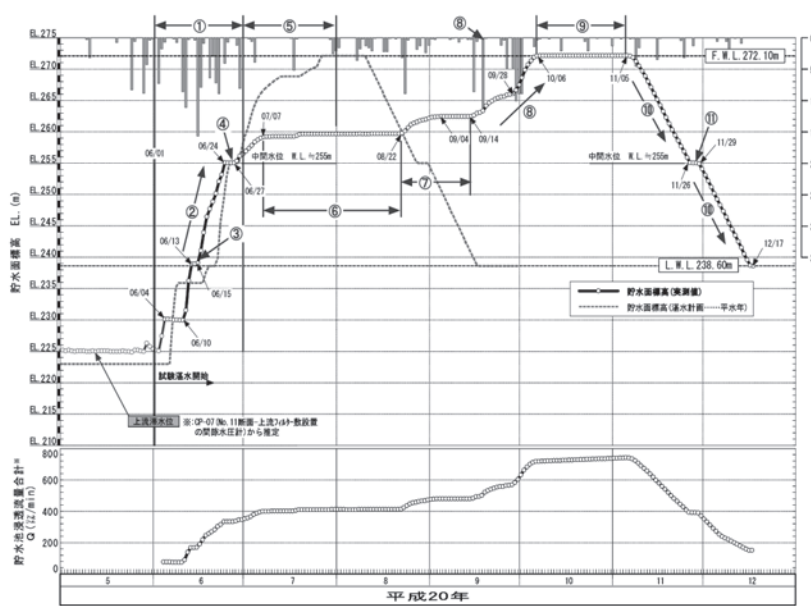


図-1 木之川内ダム堤体標準断面図



- ① 試験湛水開始後1ヶ月間(6月)の月間総雨量は953mmにのぼり、梅雨時期と重なったこともあり、ほぼ順調な貯水位上昇が得られた。
- ② なお、6/24に中間水位(≒255m)に至るまでの貯水位上昇速度としては、平均で $\Delta H \approx 2m/day$ 程度である。
- ③ 最低水位(L.W.L. 238.60m)での水位保持期間としては、計画通り2日間水位保持を行った。
- ④ また、中間水位(L.W.L. 255m)についても、計画通り3日間水位保持を行った(3日間の総雨量 $R=48mm$ )。
- ⑤ その後7月に入って梅雨明けし、7月の月間総雨量は $R=152mm$ 、降雨観測日は日となり、前月に比較して総雨量が少なく、貯水位の上昇についても緩慢となった。6/27～7/7までの10日間で、貯水位は約4m程度の上昇( $\Delta H=0.42m/day$ )に留まった。
- ⑥ その後8月に入って若干の降雨が見られたが、取水可能条件を満たすまでには至らず、7/7～8/22までの46日間はほとんど貯水位を上昇させることはできなかった。
- ⑦ その後8/22以降、9/4(≒L.=262.46m)までに平均 $\Delta H \approx 0.2m/day$ 程度の速度で貯水位は上昇したが、その後9/14までの10日間については、少降雨(総雨量 $R=7mm$ )の影響でL.W.L.  $\approx 262.5m$ で貯水位は一定した。
- ⑧ 9/15のまとまった降雨(日雨量 $R=86mm$ )により再度貯水位は上昇をはじめ、9/28までは平均 $\Delta H \approx 0.3m/day$ 程度、その後常時満水位に至る10年までは平均 $\Delta H \approx 0.3m/day$ 程度の貯水位上昇をさせた。
- ⑨ 常時満水位に至った後、11/05までの30日間(計画では14日間)にわたって常時満水位を保持した。これは、当初計画の14日間を経過した時点では、Zone1内の間隙水圧計が未だ【 $\Delta H \approx 0.1m/day$ 】の圧力水頭変化量を示しており、定常浸透状況に至ったとは判断できない状況であったためである(詳細は後述)。なお、この常時満水位保持期間全般にわたり、湧水社から湧水が生じていた(観測水深 $\approx 4cm$ )。
- ⑩ 11/05以降、貯水位を降下させた。貯水位降下速度は平均で $\Delta H \approx 0.9m/day$ 、最大でも $\Delta H \approx 0.99m/day$ であり、計画での速度制限【 $\Delta H < 1.0m/day$ 】に収まっている。
- ⑪ なお、途中11/26～11/29の3日間は、中間水位(L.W.L. 255m)で水位保持を行った(計画でも3日間保持)。

※: この図で示す《貯水池浸透流量合計》は、実測流量から降雨の影響分を差し引いた流量。なおこの《降雨の影響分》は、試験湛水期間中の日雨量、および貯水位を数値とした近似計算により別途算出した。

図-2 試験湛水実績図



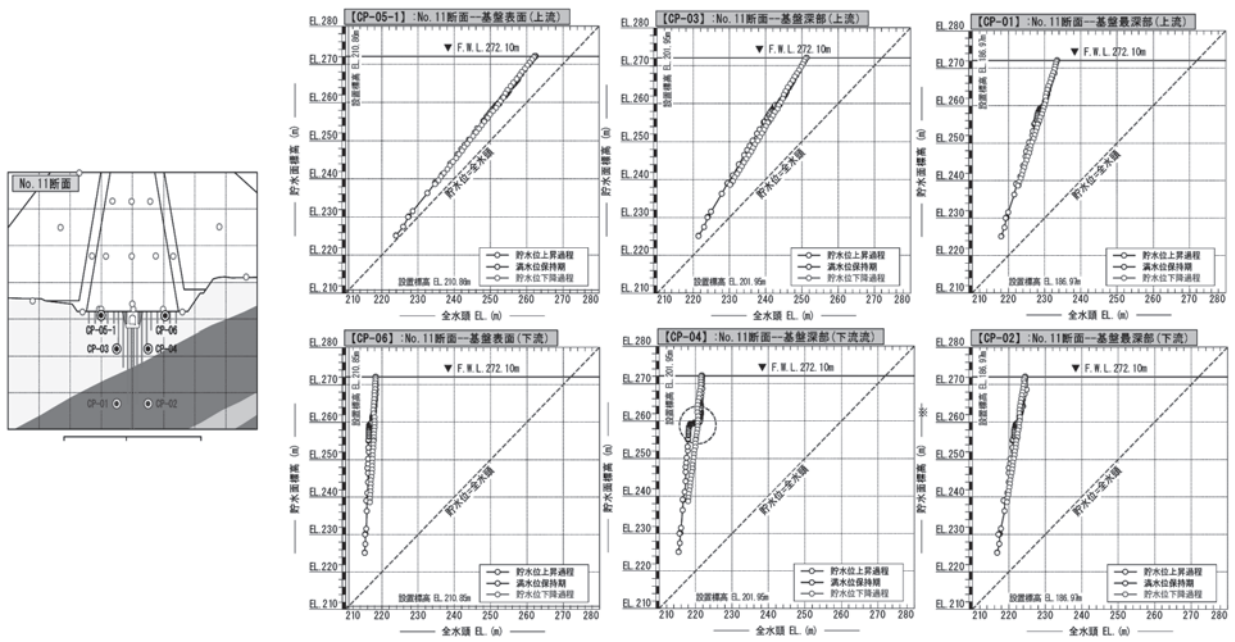


図-3 浸透圧計観測結果 (相関図：貯水位～全水頭)

に相関図中の勾配を比較すると、グラウト上流側では上位標高から下位標高へ、グラウト下流側では下位標高から上位標高へ傾きがきつくなっている。また、経路の突出等はみられなかった。なお、左右岸中間断面では、自由水面の上昇（不飽和→飽和）による『時間の遅れを伴った』地下水挙動がみられた。

これについては、相関図の勾配がグラウトを中心に上流側から反時計回り方向にきつくなっており、グラウトが機能を発揮しているため浸透路長が長くなったものと評価できる。

よって、相関図中に経路の突出等の急激な傾向変化はみられないことから、基盤内の浸透状況については安全であり、グラウティングによる遮水効果は十分に発揮されているものと判断した。

②左右岸方向の地下水位変化(浸透圧観測孔観測結果)

試験湛水期間中の観測結果においては、貯水位との相関で経路の突出等の急激な変化は見られず、安定した地下水経路を辿っており、左右岸方向の地下水形状についても図-4のとおり、GP02~GP08, GP09~GP15, GP15~GP20間において連続した滑らかな地下水形状を示していることから、基盤内の浸透状況については安全であると判断した。

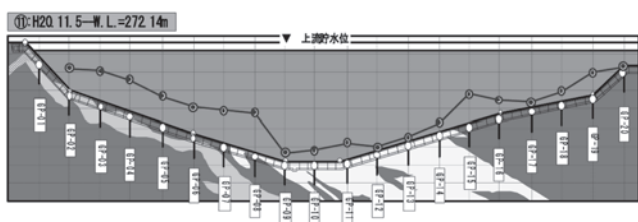


図-4 浸透圧計観測結果

(2)左右岸地山の地下水位状況

①右岸地山観測孔

貯水位W.260m以上において、図-5のとおり洪水吐越流部背面の〔16B-09〕では、地下水位<貯水位となったことから、右岸リムグラウチングラインを通過する浸透が生じていると考えられるが、それより下流に位置する観測孔では、貯水位変動に伴う、地下水位の変動は僅かであり、〔16B-09〕の地下水変化量より小さいことから、右岸地山部分における迂回浸透は僅かであり安全であると判断した。

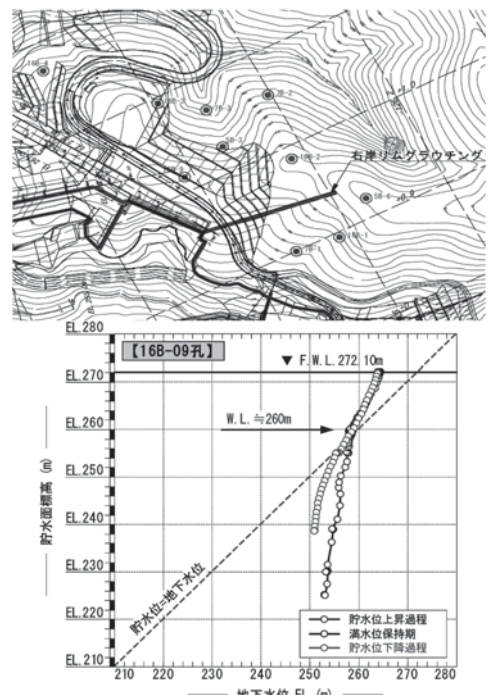


図-5 右岸地山地下水観測孔測定結果

②左岸地山観測孔

左岸リムグラウチングの設計思想は、四万十層旧尾根を難透水性の自然堤防と見立て、グラウチング末端をこの四万十層旧尾根に求めている。地下水位観測の結果、図-6-1のとおり四万十層上流旧尾根上の観測孔は常に地下水位>貯水位で推移しており、この部分については貯水池からの迂回浸透は生じていないと評価した。また、四万十層旧谷線に沿った地下水状況としては、図-6-2のとおり〔16B-07〕において地下水位<貯水位となっていることから迂回浸透が生じていると推測できるが、地山際奥部となる〔07B-15〕の観測水位が旧谷の貯水池側入口付近の〔16B-07〕に対して常に高い地下水位で推移しており、かつ、〔16B-07〕は常時満水位時には貯水位と10m以上の水位差が生じているため、迂回浸透量は僅かであると推測できる。

よって、左岸地山部分における迂回浸透は僅かであり安全であると判断した。

(3)堤体内の間隙水圧(全水頭)の状況

①Zone1内

堤体内の間隙水圧計については、貯水位上昇過程において明確に全水頭が上昇傾向を見せるのは上流域～ダム軸の設置計器であり、下流部の計器については、

極めて僅かな変動に留まる。これら全水頭が明確に上昇を見せる間隙水圧計については、貯水位上昇速度によって全水頭上昇傾向が異なり、水位保持期間にも全水頭が上昇する等、時間的な遅れを伴った挙動を示した。貯水位下降過程では、上昇過程に対して大きく異なる経路を辿り、間隙水圧が残存する様相を呈していた(図-7最左図参照)。

よって、時間的遅れを伴った挙動、水位上昇時と水位下降時でループ状の全水頭経路から、Zone1は良好な遮水性能を有していると判断した。

②Zone1以外

Zone1以外の上流ゾーン内の間隙水圧については、貯水位変動に対して線形に全水頭が連動し、常に貯水池と等ポテンシャル状態であった。また、Zone1以外の下流ゾーンについては、間隙水圧を計測していない。

よって、上流側については、常に貯水池と等ポテンシャル状態であったことから、Zone2、Zone3、Zone4、フィルターゾーン)が十分な透水性を有していると判断した。また、下流ゾーンについては間隙水圧を計測していないことから堤体下流側に浸潤線が生じていないと判断した。

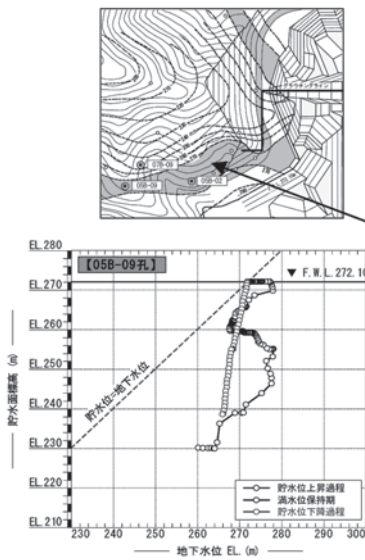


図-6-1 左岸地山地下水観測孔測定結果(1)

四万十層旧尾根

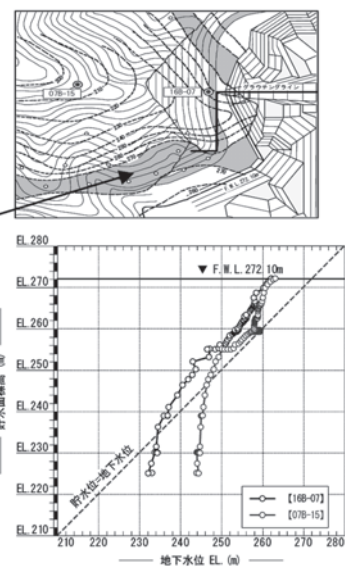


図-6-2 左岸地山地下水観測孔測定結果(2)

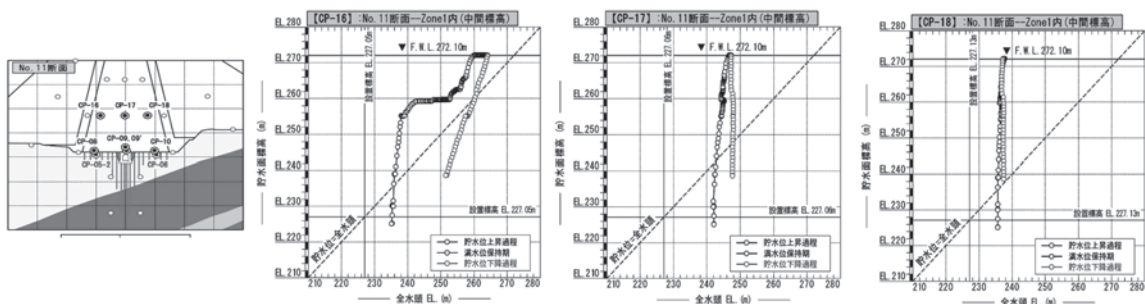


図-7 堤体内の間隙水圧計観測結果



(4) 堤体～基礎の浸透状況

湛水初期及び貯水位下降過程におけるZone1上流面付近での等ポテンシャルの集中は、Zone1の遮水性が極めて良好であることを示すものであると評価した。常時満水位保持期間、とりわけ貯水位降下開始直前における浸透状況は、かなり安定的な浸透状況と評価でき、定常状態に近い状態まで確認できたと判断できる。よって、Zone1の遮水性にはバラツキは少なく、均一性の高い堤体に仕上がっているものと判断した。

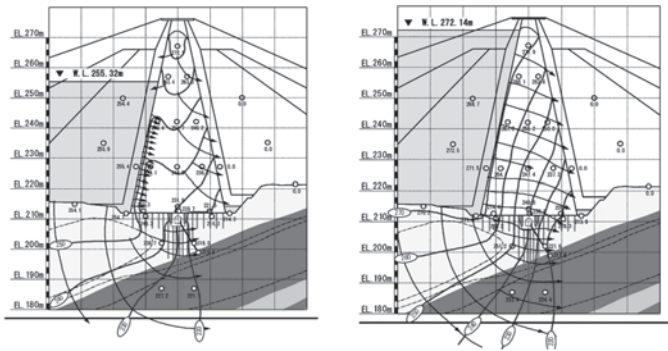


図-8 間隙水圧コンタ図  
(湛水初期及び常時満水位・水位降下直前)

(5) 浸透流量観測結果 (漏水観測ピット)

貯水位上昇過程におけるW.L. = 255m程度までの期間においては、降水量が多く(6月の月間総雨量は953mm)、降雨日も多かったことから、漏水観測ピットで観測された漏水量については、降雨による表面流入水を多分に含んでいると考えられ、ダムの安定性を評価すべき貯水池浸透水(漏水)量を推計するために以下の検討方法を用いた。

漏水観測ピットにおける実測流量が、貯水位と降雨量を変数とした《基本構成式》によって表現されるものと仮定し、多変数回帰分析により定数・係数を算定。

$$Q = (H-d) \cdot e + \sum_{i=0}^{n1} (a_i \cdot R_i) + \sum_{j=1}^k (c_j \cdot R_{sumj}) + \sum_{i=0}^{n2} (b_i \cdot R_i^2)$$

Q : 観測流量 (ℓ/min)  
 H : 貯水位 (EL. m)  
 e : 貯水池浸透流量に関する係数  
 d : 貯水池浸透流量に関する定数  
 a<sub>i</sub> : 係数 (i=0~n1; n1≤10)  
 b<sub>i</sub> : 係数 (i=0~n2)  
 c<sub>j</sub> : 係数 (j=1~k)  
 R<sub>i</sub> : 流量観測日から i 日前の日雨量 (mm/day : 0:00~24:00)  
 R<sub>sumj</sub> : 係数 a<sub>i</sub> に係る降雨1次項に関しては、流量観測日から11日以前については複数日間 (Δt) の日雨量を合計した【R<sub>sum</sub>】を変数とした。  
 k = (n1-10)/Δt

この式を用い降雨による影響を除外した貯水池浸透流量(近似流量)を算定した結果、全系統の合計流量としては常時満水位でQ=720~740 ℓ/minとなった。

この合計流量は、試験湛水実施前に、二次元浸透流解析結果により算出した目安値と比較した場合、最大約1.7倍となっているが、二次元浸透流解析の実施した

際に使用した解析パラメータ(基礎処理パイロット孔におけるルジオンテスト結果の平均値(透水係数に換算))に分散がみられるため、この1.7倍という数値は分散範囲に入るものであると評価でき、安全であると判断した。

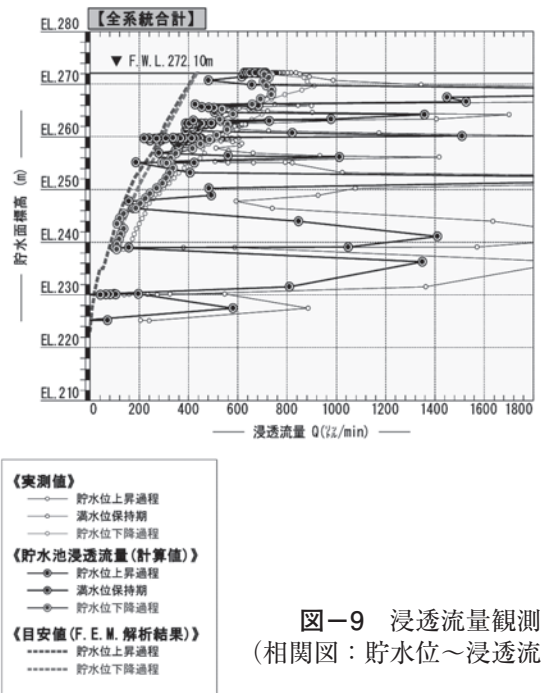


図-9 浸透流量観測結果  
(相関図: 貯水位～浸透流量)

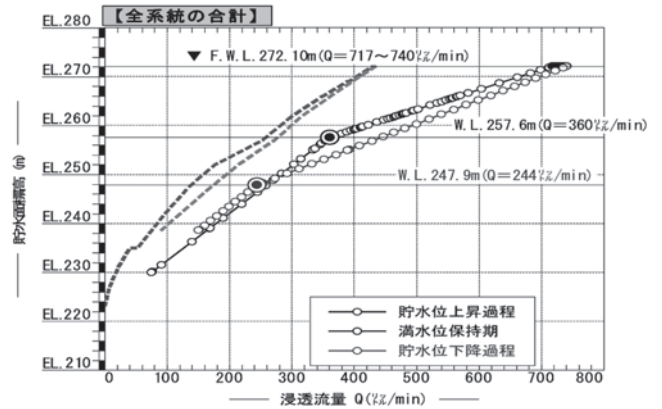


図-10 基本構成式により求めた換算浸透流量

(6) 応力・変形に関する挙動

湛水時の鉛直応力は、湛水によってほとんどの計器について減少傾向を示すが、全計器において常時満水位までの全期間必要な有効土圧を有している。試験湛水期間中で有効土圧が最も小さくなるのは、常時満水位の時であり、このときの有効土圧については約0.3MPaとなるが、有効土圧は0.0MPa以上であれば堤内に亀裂等は生じないことから、この最小値についても問題ないと判断した。

よって、鉛直土圧の状況は良好であり安全であると判断した。



#### (7)堤体の変位状況

湛水による相対沈下量は最大でも30mm程度（堤体表面付近）であり、ダム高さにして約0.05%未満の僅かな量である。当ダムでは、余盛高さとしてH=100cm確保していることから、湛水による沈下により堤体非越流部天端高が不足することはない。

よって、堤体内部の変位状況は良好であり、安全であると判断した。

#### (8)堤体表面の変位（表面変位計観測結果）

##### ①左右岸方向変位成分

左岸よりダム軸測点については、右岸方向への変位がみられるが、ミリメートル単位の変位である。その他は、湛水による変位はほとんどみられない。

##### ②上下流方向変位成分

貯水位上昇に伴って、ほぼ全計器について下流側に変位している。変位量は、最大でも20mm程度の微小な変形量である。

##### ③鉛直方向変位成分

鉛直方向の変位は、最大でも20.0mm程度の微小な変形量である。

表面変位の目安値は、有限要素法解析（有効応力錬成解析）により設定するとともに、日常管理上の簡易な目安値（危険側）として、堤高の0.1%、約60mm程度を設定しており、最大変位量20mmは、このいずれも満たしていることから、ダムの構造安定上問題がないことに加え、当初想定していたものよりもごく僅かな変位量であると評価され、堤体表面の変位状況は良好であり安全であると判断した。

#### (9)基礎の変位状況

試験湛水期間中、貯水位上昇及び下降に伴う基盤変位はほとんど生じていない。

#### (10)監査廊の応力・変位状況

監査廊鉄筋計及び監査廊継目計の観測結果では、ほとんどの観測計器に貯水による影響は見られない。また、目視による異常も確認されなかった。

#### (11)ダム周辺の目視結果

試験湛水期間中、ダム周辺の巡視を行った。

斜面对策工を設けた貯水池内斜面については、貯水位上昇及び下降に伴う変状は認められなかったが、斜面对策工を設けていない貯水池斜面で小規模な崩落は認められたものの、ダム施設機能に影響を及ぼすような大規模な崩落、地すべり等は認められなかった。なお、試験湛水期間中に崩壊した土砂量は約8,500m<sup>3</sup>である。

湛水により斜面崩壊した箇所の崩壊形態については、小規模のローム、御池ボラ等の表層崩壊であり、その背面には崩壊しにくい四万十累層群等が分布していることから、今後、崩壊範囲が拡大する可能性は低いものと判断される。また、仮に崩壊したとしても

ローム等の表層崩壊に限定される。

以上より、貯水池内斜面に関しては問題なしと判断した。

#### (12)総合評価

以上の結果より、試験湛水によりダムの水理的安定性が損なわれている兆候等は認められず、正常なダム湛水時挙動を示しているものと評価できる。

### 5. おわりに

木之川内ダムについては、先述のとおり平成21年9月より供用を開始しており、関連事業が完了している一部の地区には既にかんがい用水を供給しているところである。今後は、平成22年度の事業完了に向けて、管水路の通水試験を実施し、かんがい水を供給できる範囲の拡大に努めていきたいと考えている。

最後に木之川内ダム建設事業の推進にあたりご協力頂いた関係者の皆様に深く感謝いたします。

# 笠田大溜の歴史

～ 今も引き継がれる先人達の偉業 ～

辻 上 正 道\*  
(Masamichi TSUJIKAMI)

## 目 次

1. はじめに .....	58	4. 弁天祭り .....	60
2. 築造の歴史 .....	58	5. おわりに .....	61
3. 水争いの歴史 .....	59		

### 1. はじめに

笠田大溜は、三重県北部のいなべ市にある農業用ため池で、貯水量は48万5千 $m^3$ 余りと、この地域では比較的大きなため池です。

いなべ市は2003年（平成15年）に、北勢町、員弁町、大安町、藤原町が合併して誕生した新しい市です。このうち旧員弁町には、大小28箇所のため池が存在し、25箇所が江戸時代に築造されています。笠田大溜は、これらのため池の最初に造られたものですが、貯水量では昭和初期に造られた員弁大池に次いで、二番目の大きさとなっています。（図-1）

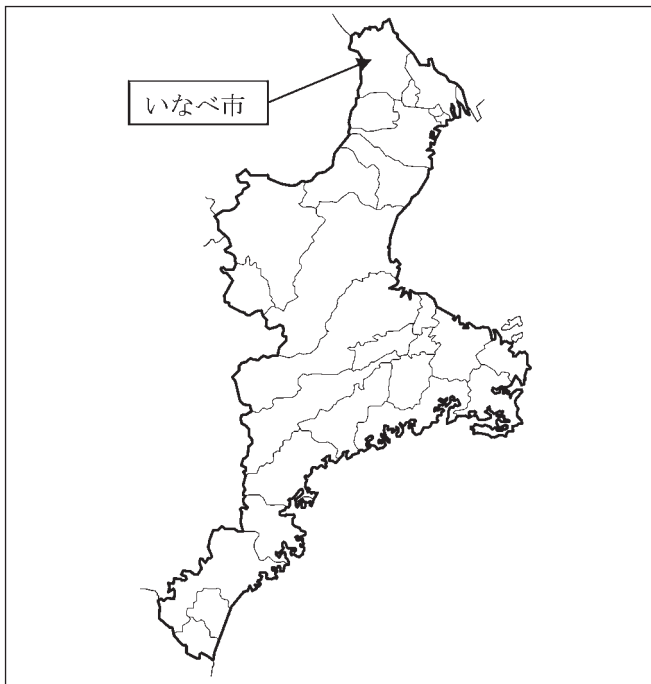


図-1 三重県におけるいなべ市の位置

私が初めて笠田大溜の現地を訪れたのは約3年前で、池の堤防横の大木に囲まれた神社や、池下流の古い石碑が印象的でした。そして、1年程前に歴史的土壌改良施設への投稿依頼を受けた時に、「笠田大溜は、たいへん歴史ある土壌改良施設だ。」との声を聞き、郷土史の調査や地元の方々への聞き取りを行いました。

以下に、その詳細を報告させていただきます。

### 2. 築造の歴史

#### (1)江戸時代

笠田大溜の築造の歴史は、1601年（慶長6年）に桑名藩初代藩主に着任した本多忠勝が、古くからあった野間池（笠田大溜築造前の名称）を修築したことが始まりとされています。

その後、1635年（寛永12年）に着任した桑名藩五代藩主松平定綱は、新田開発のために度々現地を訪れました。同年、地元の庄屋が野間池改修の申出を行い、工事は翌1636年（寛永13年）8月に完了しましたが、同年の大雨で堤体は決壊してしまいました。

1638年（寛永15年）3月に再度の改修工事が完成しましたが、8月の大雨で又も決壊したため、地元代表が伊勢神宮に参拝し、大麻を受けて神明社を創立しました。さらに1639年（寛永16年）にも堤防が大破し、大溜の中にある弁天島に祀られた弁財天像が洪水で流されそうになりましたが、村の青年の必死の努力で像は事なきを得たとの言い伝えが残っています。

この様に堤防の流出と補修を繰り返すなか、ため池による新田開発は着実に進行し、1641年（寛永18年）には大泉新田村が大泉村から独立し、さらに1650年（慶安3年）には笠田新田村が下笠田村から独立しました。

笠田大溜は、その後も洪水によって度々、堤防が流出し、その都度、農民の手によって修復されてきまし

\*三重県伊勢農林水産商工環境事務所  
(Tel. 0596-27-5176)

た。しかし、上流の明智川から流れ込む土砂によって貯水量が徐々に減少し、築造後120年ほど経た宝暦年間になると、用水不足が顕著になり、米の収穫量にも影響してきました。

このため1756年（宝暦6年）から約10カ年の歳月をかけ、底に溜っている土砂をかき出すとともに、全堤防を一間（約1.8m）嵩上げしました。これによって貯水量は約3.2倍になり、現在の池の原型が出来上がりました。（図-2）

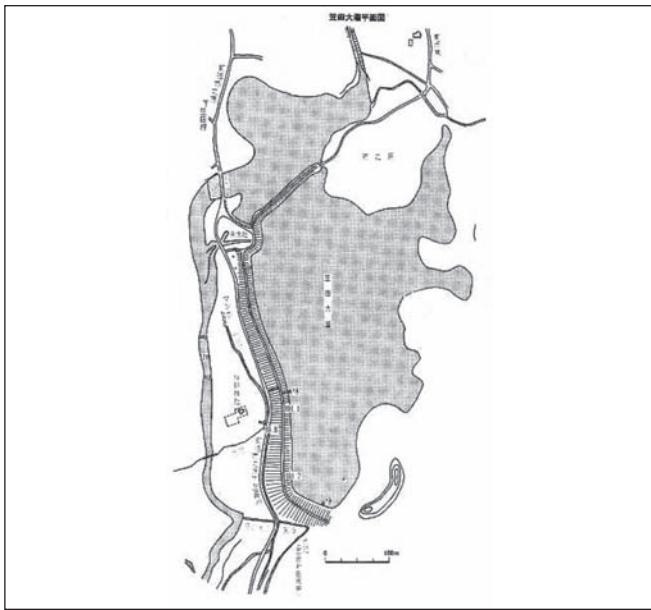


図-2 笠田大溜平面図

## (2)現代

笠田大溜は、明治以降も地元の農民の手によって脈々と維持補修が繰り返されてきました。戦後に行われた補修作業にご自身が参加されたという区長さんからは、次の様な話を聴くことができました。

- ・私たちが若い頃、地元の工事のため池補修に行った。
- ・今の様に建設機械が無かったので、トロッコや人肩で土を運んだ。
- ・盛土は、竹の先に木を取付けたもので叩いて固めた。大人数で掛け声をかけ、作業を行った。
- ・竹は撓しなうので、土を固めるには最適であった。

半世紀近く前の出来事ですが、まるで昨日の事の様に、時を忘れて熱く語っていただきました。

この様に、農民の手によって維持補修されてきた笠田大溜も、しだいに老朽化が進行したため、昭和53年から56年にかけて、県営ため池等整備事業によって改修が行われました。

事業費 186,700千円

事業量 堤体工 L=733.0m

取水施設 1ヶ所

余水吐工 1ヶ所

さらに平成10年度から平成20年度の間に、地域用水環境整備事業により、池外周遊歩道や、親水施設の整備が進められました。

この事業により、ため池を容易に一周することができるようになり、維持管理作業の効率化が図られるとともに、訪れる人々にとっても、憩いの場となりました。（写真-1）



写真-1 笠田大溜と整備された管理道

## 3. 水争いの歴史

笠田大溜の築造後に大泉新田村と笠田新田村の農民は、新田開発の際に年貢の減免が行われたことから、ため池を水源とした新田開発に勤しむようになりました。しかし、新規開田が余りにも進んで用水不足となり、両村の間で水争いが起こるようになりました。

特に1780年（安永9年）の水争いでは、死者を出すほどの激しいものとなり、「この村には、娘を嫁にやらないほうがよい。」と言われる程になっていました。

その後1847年（弘化4年）に、近隣の村の庄屋が両村の仲裁に入り、「大泉新田村は日の出から七時半まで」「笠田新田村は七時半から日の出まで」とする、現代版で言えば「時間給水」の和解が成立しました。そして藩庁の許可を得て「刻限日影石」が建てられ、両村の水争いには終止符が打たれました。（写真-2）



写真-2 刻限日影石



さらに時代は下り、昭和55年度から平成9年度に実施された県営ほ場整備事業員弁地区の工事により定比分水工が設けられ、笠田大溜の用水は、両地区に円満に分水されることとなりました。これによって「刻限日影石」は役割を終えましたが、昭和42年に県の有形文化財に指定され、過去の水争いの歴史を、後の時代に長く語り継いでいます。(写真-3)



写真-3 笠田大溜の堤体と三分水

#### 4. 弁天祭り

笠田大溜の弁天祭りは、桑名藩第五代藩主である松平定綱の遺徳を称え、定綱公の三度にわたる大溜来遊の際の大名行列を偲んで行われるものです。なおこの催しは、藩庁の許可を得たもので、1652年(承応元年)が初回であると伝えられています。

祭りは、二つの集落から山車を出す「本祭」と、祭行列だけの「略祭」があります。どちらで行うかは、その年の作柄等を勘案して役員が相談して決めることとなっています。平成21年の弁天祭は、9月23日の秋分の日に「略祭」で開催され、私も見学に行きました。(写真-4, 5)



写真-4 本祭に引き出される山車



写真-5 本祭りの山車の様子

当日は、大泉新田集落の役員が、朝から神明社に赴き、参拝を行いました。なおこの道中には注連縄が張られた場所があり、大泉新田集落の一行は、笠田新田集落の役員に願い出て、注連縄を外してもらわなければ先に進めない慣わしがあります。

神明社に参拝した大泉新田集落の一行は、社務所で昼食を取った後、集落に戻ります。このとき、午後には神明社に参拝する笠田新田集落の一行とすれ違うこととなります。「本祭」の祭は、狭い道で山車が行き交いするため、この場面で祭りは最高潮に達することです。

今年の「略祭」では、午後1時半に大泉新田集落の一行が神明社を出発しました。そして、すれ違い地点の鳥居を目指し、笠田新田集落の一行も、静々と歩んで来ます。そして、鳥居地点ですれ違うときに、私は思いもよらなかった展開に息を呑みました。両集落の祭りの参加者が、一列になってお互いに握手をし、肩をたたきあうのでした。それは、今年の収穫を喜びあうとともに、両集落の協力を誓い合っているように、私は感じました。(写真-6, 7, 8)



写真-6 神明社を出発する大泉新田集落の一行



写真-7 鳥居地点で行き交う両集落の一行



写真-8 お互いに握手を交わす両集落の参加者

## 5. おわりに

私は、笠田大溜の弁天祭りを見させていただき、大泉新田集落と笠田新田集落が越えた、二つの大きな壁を感じました。

一つは、自然の猛威に立ち向かい、大溜を築造したこと、そしてもう一つは、人間の英知により水不足を乗り越える約束事を成立させたことです。

今後もこの二つの集落は、弁天祭りを通じて祖先の偉業を末永く将来に引き継いでいくことでしょう。

参考文献：員弁町史

取材協力：大泉新田自治会、笠田新田自治会



# リアルタイムで防災情報を提供する「ため池防災情報配信システム」

井上 敬資\* 谷 茂\*\*  
 (Keisuke INOUE) (Shigeru TANI)

近年、地震や豪雨が多発しており、多くの農業用施設が被害を受けている。特にため池は決壊等を起こした場合には被害が甚大となり、農業生産のみならず人命にも大きな被害を与える可能性があり、適切な対応が必要となる。災害に対する施設整備等の根本的な対応を行うハード対策に加えて、ハザードマップの作成等のソフト対策が減災において効果的であり、これらの情報を効果的に住民やため池管理者に発信することが重要である。本報では、ため池のハザードマップを作成するにあたり、ため池が決壊した場合の氾濫解析を行うシステムを開発し、これらの氾濫結果やリアルタイムに予測したため池の危険度等の防災情報を、自治体・地域住民へ伝達する仕組みを構築<sup>1)</sup>したので、その内容について紹介する。

## 1. システムの概要<sup>1)</sup>

本システムは、自治体に設置されたパソコン(PC)において動作し、主な機能はため池台帳のデータを管理する「ため池管理」、気象情報やため池の危険度を表示・配信する「防災情報発信」、ため池の氾濫解析を行う「氾濫解析」から構成されており(図-1)、これらが一体的に機能する。

リアルタイム気象情報を用いて豪雨・地震による決壊する可能性のあるため池の選別、ため池が決壊した場合の氾濫エリアの予測計算を行うことができるため、放流等の必要性の迅速な判断、効果的な避難指示、防災訓練等を支援できる。

## 2. ため池氾濫解析システム<sup>2)</sup>

本システムでは、対象ため池を含む氾濫解析対象範囲を画面上で選択すれば(図-2)、氾濫解析がほぼ自動的に行われ、水深、流速等のデータが時系列で作成され、表示される。下記に本システムで行っているため池の氾濫解析方法を紹介する。

氾濫解析を行うためには地形に関する情報が必要となるが、本システムでは用意できるデータに合わせて10, 1.5, 1mメッシュの標高データを扱うことができる。各メッシュには建造物は存在しないものとし、すべてを田畑として均一な粗度係数を与える。ため池の貯水量・標高・位置はシステムに格納されているため池台帳の情報を用いる。破堤条件は、満水状態でため池の堤体(堰)の一部を決壊させることとし、総貯水量が標高に従い流出していくものと

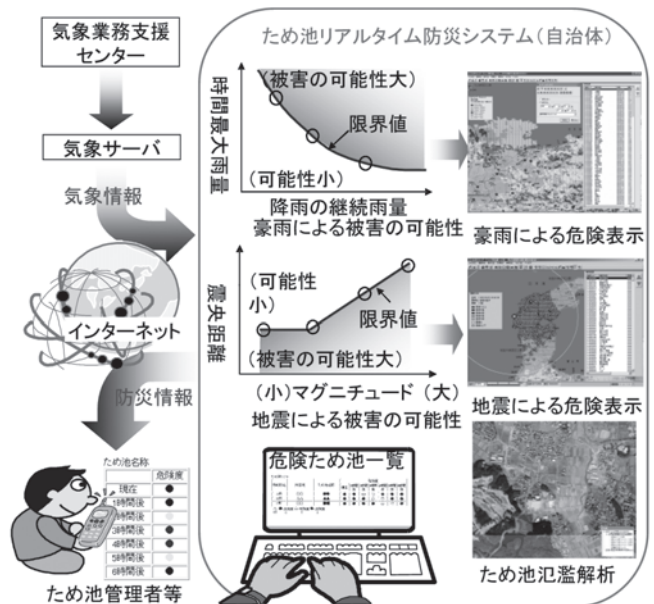


図-1 基本システム概念図

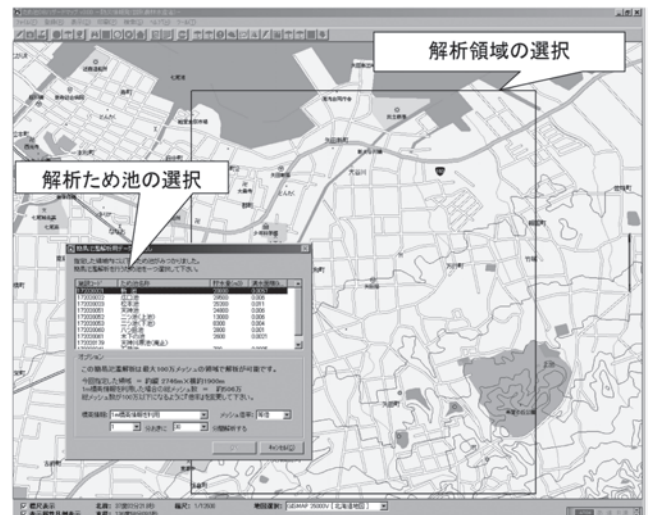


図-2 ため池氾濫解析システム

\* 農研機構農村工学研究所農村総合研究部  
 (Tel. 029-838-7590)

\*\* 農研機構 フェロー



している。破堤した後の氾濫解析は基本的に浅水方程式を用いた二次元不定流計算で行っている。流出後1分ごとの計算を行い、氾濫範囲を時系列で示すとともに、最大水深（図-3）、到達時間（図-4）、浸水時間等を結果として表示する。

本システムでは、対象ため池において、迅速に解析を行うことを目的としており、解析パラメータには平均的な値を与えているが、それらの数値を検討し入力すれば詳細な氾濫解析も可能である。詳細な氾濫解析に必要なデータとして、解像度の高い標高情報が必要となるが、現時点では日本全部の領域について詳細な標高データは少ない。現状では、容易に入手可能な10mメッシュでの標高情報を利用した解析が可能である。国土地理院では標高データを公表する等しており、今後は詳細な標高情報も整備されることが期待される。

### 3. ため池防災情報配信システム<sup>3)</sup>

本システムは気象情報データベースに格納された気象業務支援センターの気象情報をリアルタイムに入手し（図-5）、雨量条件等によってため池の被災危険度を判断し、PC上の地図でため池の位置とともに被災危険度をメッシュで色分け表示（図-6）できる<sup>4)</sup>。そして、危険度やため池の諸元等から、点検の優先順位の高いため池の選別を行うことができる（図-7）。

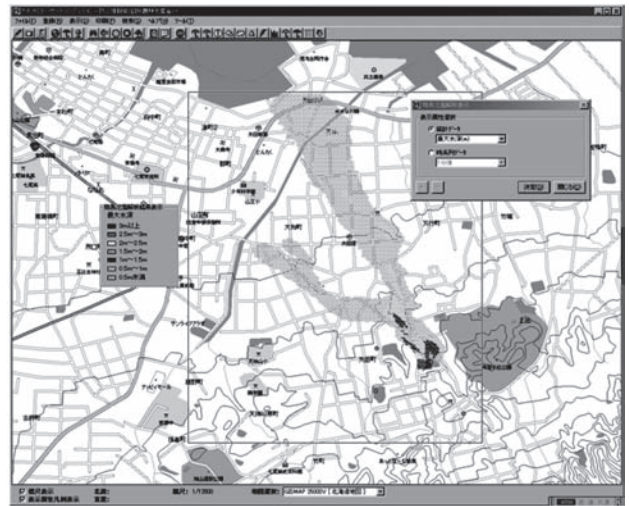


図-3 最大水深

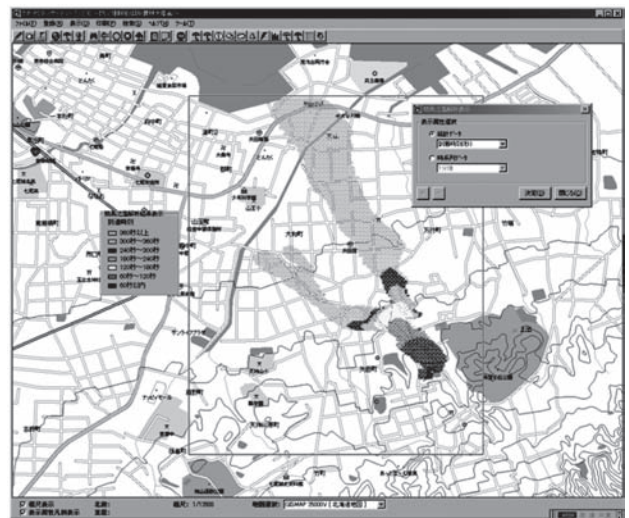


図-4 氾濫到達時間

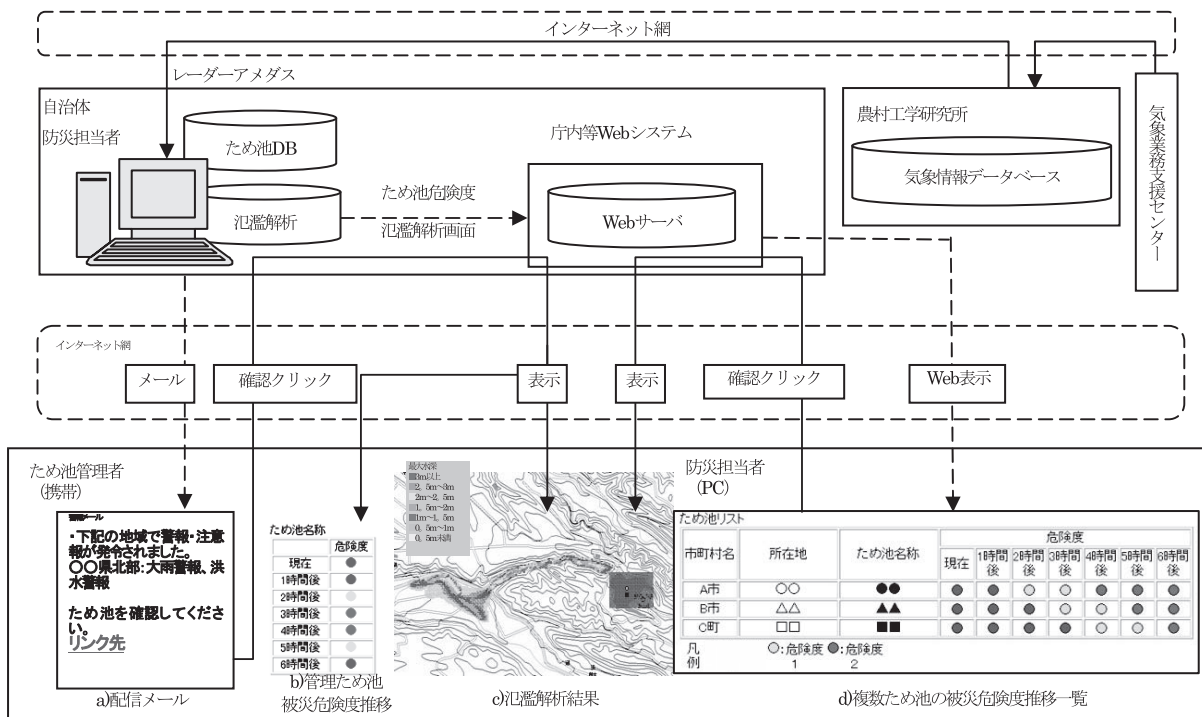


図-5 ため池防災情報配信システム

また、ため池毎に登録されたメールアドレスへ気象情報やため池の被災危険度の防災情報等を自動的に送信し、受信したPCまたは携帯電話上でこれらの情報を閲覧（図-5-a）することができる。情報の形式は携帯電話による閲覧を前提としてテキスト形式とし、参照アドレスをクリックすることにより、管理ため池毎の被災危険度の推移（図-5-b）および事前に解析を行ったため池の氾濫解析画像（図-5-c）を閲覧することができる。

被災危険度は気象庁の短時間予報を用いた6時間後までの予測が配信されるため（図-5-b）、ため池管理者や地区長等は早期に防災情報を取得することで、ため池の状況確認や避難時期の判断など減災につながる適切な行動・対策を行うことができる。

そして、リアルタイムに判断した被災危険度情報の一覧をウェブ上で閲覧ができ（図-5-d）、事前に登録された氾濫域を閲覧することができる（図-5-c）。これにより、自治体の防災担当者は、ため池が複数存在する地区において対策優先度の決定や氾濫域を考慮した適切な対策を行うことができる。また、関連する情報はホームページ等での公開が可能のため、関係者による情報の共有が可能である。

#### 4. おわりに

本報告では、ため池が決壊した場合の氾濫域を計算するシステムおよびこれらの防災情報を配信するシステムについて紹介した。本研究の成果が行政部局や地域住民等によって利用され、災害時の防災情報の発信だけでなく、日頃からの防災意識の高揚のために利用されることが期待される。これにより、ため池被災による農村地域における農業・人命・財産に及ぶ被害の軽減が期待される。

#### 謝辞

本システムの開発に当たり、鳥取県農林水産部耕地課地域農業基盤室の皆様からは貴重なご意見を頂いた。また、石川県中能登農林総合事務所、七尾市農林水産課、矢田地区の皆様にはご協力を頂いた。厚くお礼を申し上げます。なお、本報告は農林水産省「新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業」によって得られた研究成果の一部をとりまとめたものである。

#### 引用文献

- 1) 井上敬資・谷茂・片田敏孝・金井昌信・新保博英・石垣広男：氾濫解析を活用したため池防災情報システムの構築，農業農村工学会誌，77(11)，pp.873-876（2009）
- 2) 谷茂・井上敬資：ため池決壊による氾濫解析システムについて，平成19年度農業農村工学会講演要旨集，pp.716-717（2007）
- 3) 井上敬資・谷茂：ため池防災情報WEB閲覧システムの構築，農業農村工学会講演要旨集，pp.484-485（2008）
- 4) 谷茂・福原正斗：GISデータベース上でのリアルタイム防災システムの構築，情報地質14(2)，pp.198-199（2003）



図-6 豪雨による危険度メッシュとため池

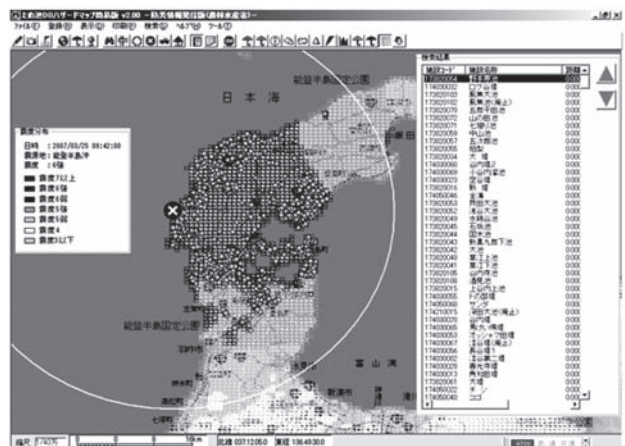


図-7 推計震度分布と震度4以上のため池

## 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22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すること。

〒105-0004 東京都港区新橋5-34-4 農業土木会館内, 農業土木技術研究会

2. 「投稿票」

- ① 表題
- ② 本文枚数, 図枚数, 表枚数, 写真枚数
- ③ 氏名(フリガナ), 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20,000字程度(ワープロで作成の場合, A4版8枚程度)までとする。なお, 写真・図・表はヨコ8.5cm×タテ6cm大を288字分として計算すること。

4. 原稿はなるべくワープロで作成し, 漢字は当用漢字, 仮名づかいは現代仮名づかいを使用, 術語は学会編, 農業土木標準用語辞典に準じられたい。数字はアラビア数字(3単位ごとにカンマ(,)を入れる)を使用のこと。

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

写真・図・表の画像データは, 原稿データとは別に添付すること。なお, 図・表については白黒印刷においても判読できるように極力配慮しておくこと。

※データと違いがないかをプリントアウトした原稿で必ず確認すること。

6. 写真・図・表は本文中の挿入個所を明確に指定しておくこと。

7. 原図の大きさは特に制限はないが, B4版ぐらいまでが好ましい。原図はトレーサーが判断に迷わないよう, はっきりしていて, まぎらわしいところは注記をされたい。

8. 文字は明確に書き, 特に数式や記号などのうち, 大文字と小文字, ローマ字とギリシャ文字, 下ツキ, 上ツキ, などで区別のまぎらわしいものは鉛筆で注記しておくこと。

たとえば,

C, K, O, P, S, U, V, W, X, Zの大文字と小文字

O(オー)と0(ゼロ)                      a(エー)と $\alpha$ (アルファ)

r(アール)と $\gamma$ (ガンマ)                k(ケイ)と $\kappa$ (カップ)

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くこと。

10. 数表とそれをグラフにしたものとの並載せはさげ, どちらかにすること。

11. 本文中に引用した文献は原典をそのまま掲げる場合は引用文に『        』を付し引用文献を本文中に記載する。孫引きの場合は, 番号を付し, 末尾に原著者名: 原著論文表題, 雑誌名, 巻; 頁~頁. 年号, 又は“引用者氏名, 年・号より引用”と明示すること。

12. 投稿の採否, 掲載順は編集委員会に一任すること。

13. 掲載の分は稿料を呈す。

14. 別刷は, 実費を著者が負担する。

# 農業土木技術研究会 会員の募集

## 1. 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

## 「水と土」通信

FAX 宛先：農業土木技術研究会 03 - 3578 - 7176

★「水と土」をより充実したものとするため、下記様式であなたのご意見をお寄せ頂ければ幸いです。

1. 本号（160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

以前はバッファローズの大ファンでしたが、球団消滅とともに野球への関心が薄れ、その代わりに海外サッカーを見る機会が増えました。私を感じるサッカーの魅力は、ため息の出るような個人技の素晴らしさは言うまでもありませんが、チームとしての連携プレーにいたく感心します。全員の意思統一を図りながら、個々の特徴を上手く組み合わせることで、チームがあたかも意思を備えた有機体の如く機能しているのは、まるで完成された芸術作品のようです。相互の連携によってチームという組織の能力を上げるという点は、仕事においても共通します。これには、お互いの十分なコミュニケーションだけでなく、異なるポジション（分野、立場）の役割を知ることが求められます。ということで、いささか強引ですが、自分の専門分野以外のことを学ぶことは重要と感じています。本誌「水と土」は全国の事業現場の情報

がわかりやすく紹介されていますので、様々な分野の内容を知るには最適の情報媒体と言えます。本号の報文は、構造物から植物まで多岐にわたっています。必ずや未知の分野にかかる記述があることと思いますので、そのような観点から8本の報告をご覧になっては如何でしょうか？

さて、話をサッカーに戻しますと、7月にはW杯が開催されます。この号の発行時には優勝国も決定していることでしょうか。個人的には、トータルサッカーの概念を生み出したオランダを応援しています。優れたタレントを擁しながらもチーム内の内紛で敗退した過去の失敗を繰り返さずに、特徴である組織的な攻撃サッカーで栄冠を勝ち取ることを期待しています。

（農村工学研究所 吉永育生）

### 水と土 第160号

発行所 〒105-0004 東京都港区新橋5-34-4

農業土木会館内

印刷所 〒161-8558 東京都新宿区下落合2-6-22

農業土木技術研究会

TEL 03(3436)1960 振替口座 00180-5-2891

一世印刷株式会社

TEL 03(3952)5651



# ダイプラハウエル管 (高耐圧ポリエチレン管)

φ300~3000

経年劣化が少ない材料により長期寿命を実現!

外圧に強い中空リブ構造で高盛土にも適応!

柔構造物なので軟弱地盤でも適応!

コンクリート基礎不要で工期短縮が可能!

## 公的機関への認可

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

## 農業用水のパイプラインに!

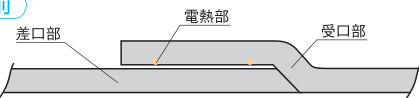
### 管路の一体化による継手部の信頼性!

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

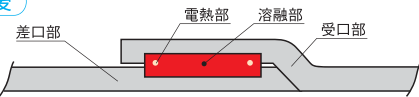
常用使用圧力	0.50 MPa
--------	----------

## EF継手 (エレクトロフュージョン)

通電前



通電後



内圧用ダイプラハウエル管



## 農道下横断管に!

耐圧強度が大きく、  
高盛土下に  
埋設可能!

カルバート工  
として  
実績豊富!



## ため池の底樋に!

柔軟性に優れ、  
地盤沈下にも  
対応!

柔構造樋管  
として  
実績豊富!



ダイプラハウエル管

## 大日本プラスチック株式会社

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

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

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