

水

No.138

2004

と土

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



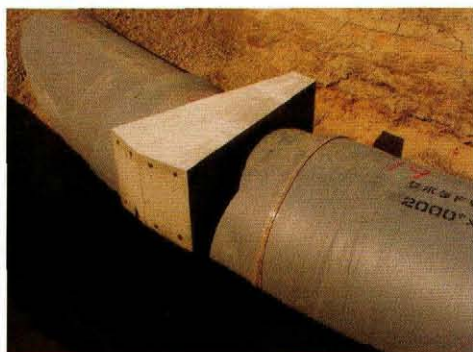
## 強化プラスチック複合管の管路における曲部施工について (本文45頁)



吊り降ろし



接合



保護コンクリート

## 水路トンネルの補助工法について (本文52頁)



パイプルーフ工完成



ウレタン注入状況

## 用水路の改修に伴うゲンジボタル保護への取り組み (本文65頁)



現況



仮廻し水路



完成後

## 忠別地区における地域用水の実施状況について (本文73頁)



生活用水施設



ソフト事業で周辺整備された「せせらぎ水路」

## 農業用水再編対策事業による農業用水路の改修について (本文79頁)



ほたる護岸工



町のシンボルである水車を活かした施設整備

## 紀伊平野の農業用水路の歴史 (本文85頁)

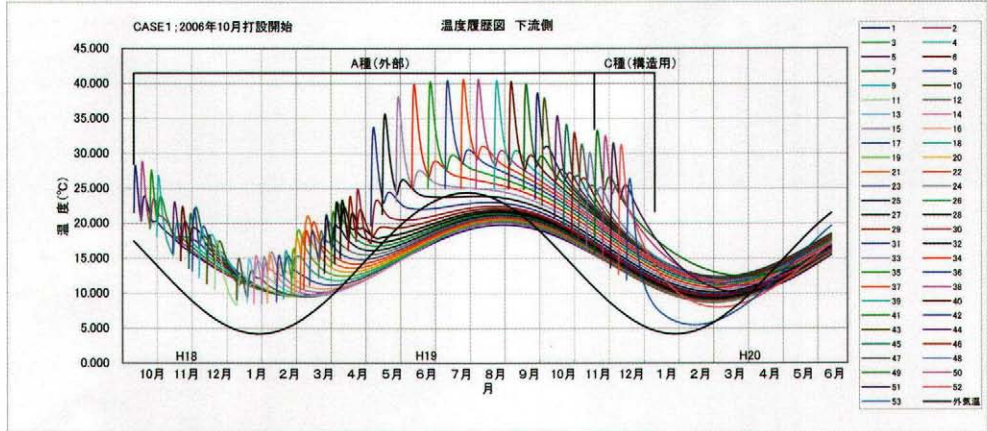
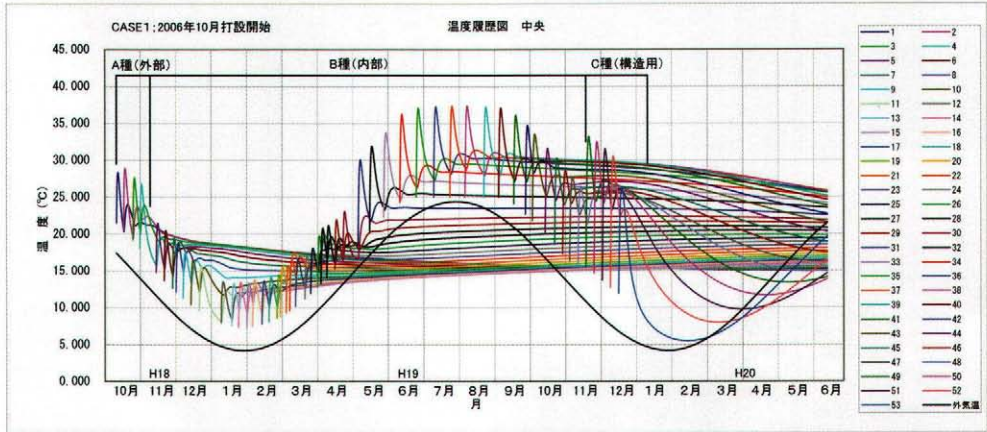
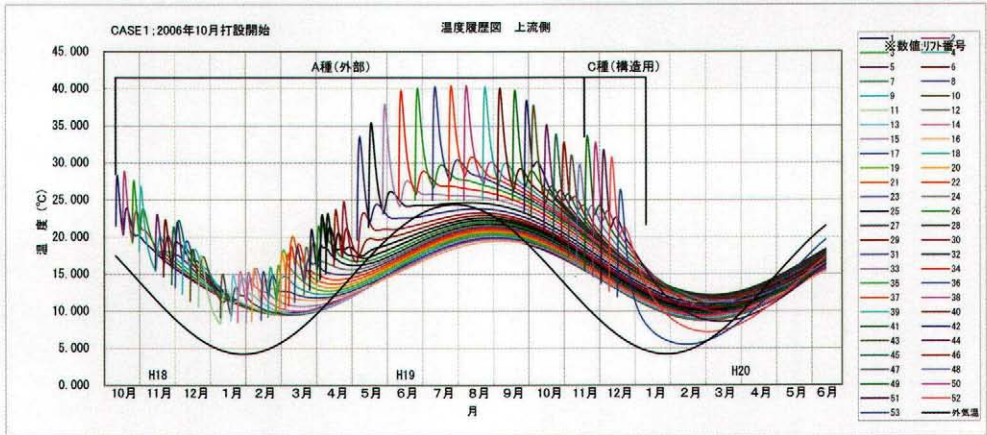
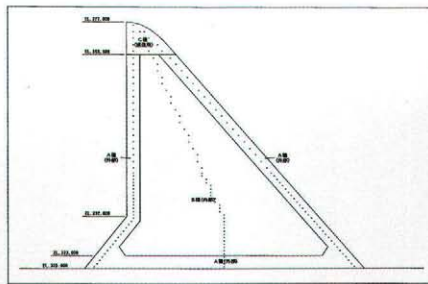


工起日九月二十年七正大形旧

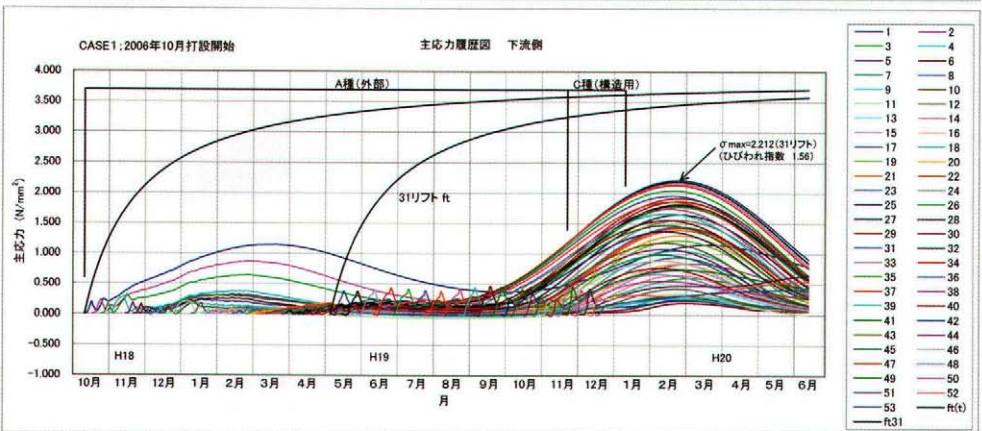
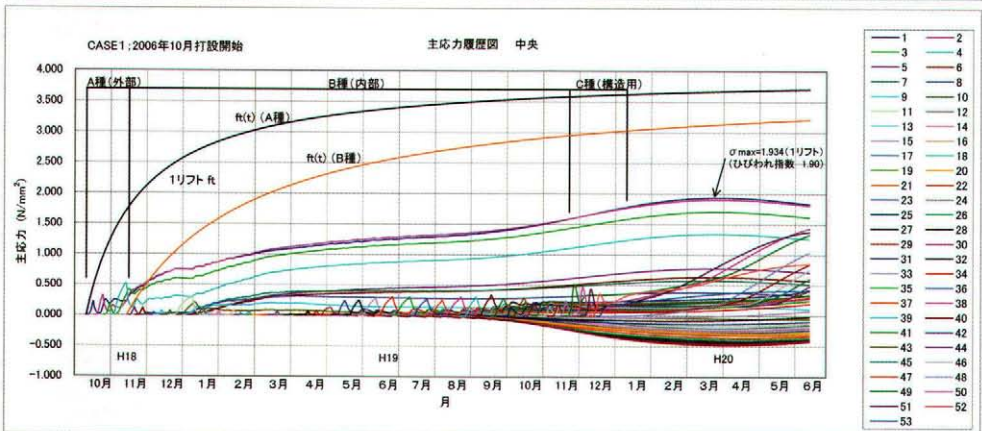
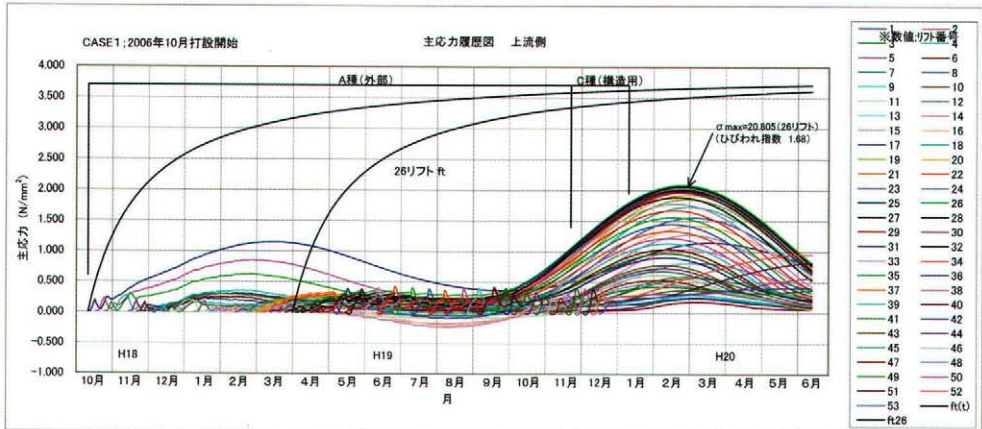
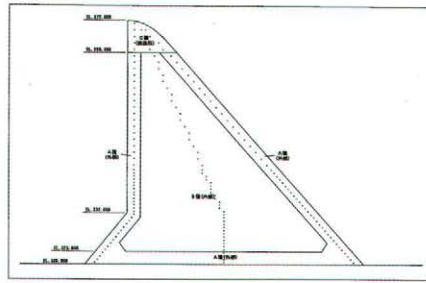
木製掛樋の頃の瀧の渡井



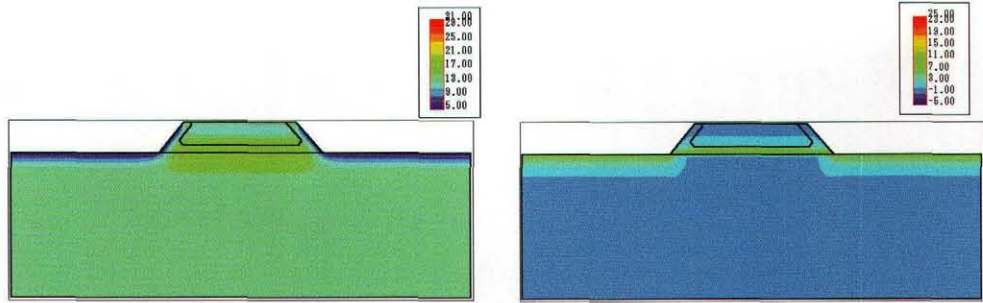
現在の瀧の渡井



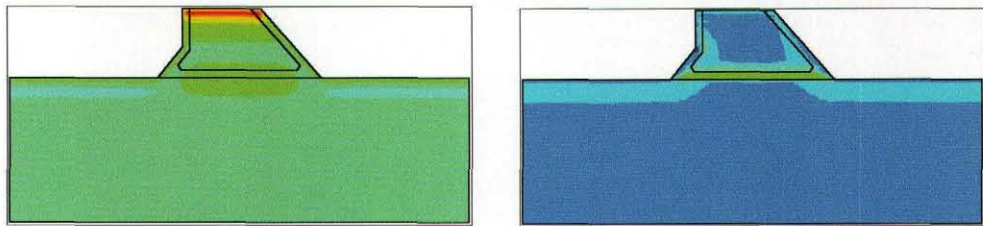
温度履歴図(CASE1 10月打設開始)



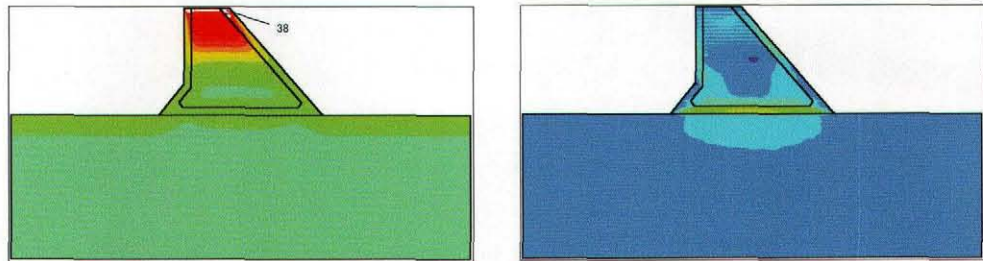
主応力履歴図 (CASE1 10月打設開始)



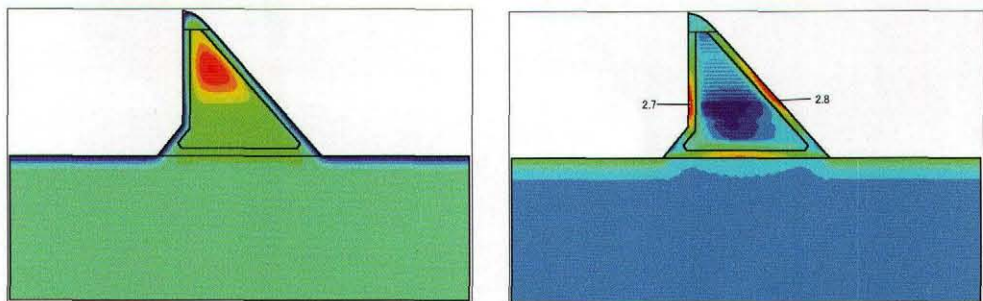
120日後(2880時間後) 2007/2/8



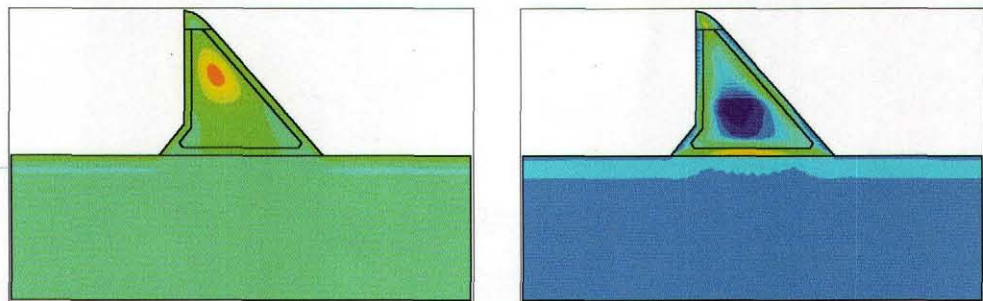
240日後(5760時間後) 2007/6/8



360日後(8640時間後) 2007/10/6



480日後(11520時間後) 2008/2/3



612日後(14688時間後) 2008/6/14

温度分布図

主応力分布図

温度分布図および主応力分布図 (CASE1 10月打設開始)

# 水と土

## C o n t e n t s

2004 SEPTEMBER No.138

□報文内容紹介 ..... 11

### □巻頭文

東海の農業水利を俯瞰して  
河野俊正..... 15

### □報 文

木之川内ダム監査廊試験打設結果に関して  
守田 治・藤井 睦..... 17

浜ノ瀬ダムのコンクリート温度応力解析について  
廣山雄一郎・松原 理..... 28

高含水比盛土材を用いたため池の盛土施工について  
-磯部金浦池の施工事例-  
加藤浩司..... 39

強化プラスチック複合管の管路における曲部施工について  
-強化プラスチック複合管同質曲管使用の検討-  
遂殿洋伸・阪部正志・坂 隼人..... 45

水路トンネルの補助工法について  
長嶋滋則..... 52

用水路の改修に伴うゲンジボタル保護への取り組み  
長谷川昌美..... 65

忠別地区における地域用水の実施状況について  
鈴木 淳・寺端弘勝・福士 優..... 73

農業用水再編対策事業による農業用水路の改修について  
工藤政彦..... 79

### □歴史的土壌改良施設

紀伊平野の農業用水路の歴史  
-大畑才蔵の業績-  
田上直美..... 85

米沢藩主 上杉鷹山公の大英断  
-北条郷を豊かな大地にした黒井堰の開削-  
島貫憲明..... 88

□会告 ..... 92

□入会案内 ..... 93

□投稿規定 ..... 95



# 水と土 第138号 報文内容紹介

## 木之川内ダム監査廊試験打設結果に関して

守田 治・藤井 睦

木之川内ダムに設置する監査廊について、コンクリート打設時に打設温度応力により「ひび割れが生じないか」を確認項目として試験打設を行い、打設仕様（示方配合・養生条件・温度規制等）の妥当性に関する検証を行った結果を取りまとめたものである。

（水と土 第138号 2004 P.17 設・施）

## 浜ノ瀬ダムのコンクリート温度応力解析について

廣山雄一郎・松原 理

浜ノ瀬ダムは、宮崎県西諸県郡須木村鳥田町及び小林市大字東方字木浦木に建設を予定している、堤高62.5m、堤頂長183.0m、堤体積216,000m<sup>3</sup>、総貯水量10,300,000m<sup>3</sup>の重力式コンクリートダムである。堤体打設に先立ち、有限要素法を用いてコンクリートの温度応力解析を実施し、ひびわれに対する検討をおこなった。

（水と土 第138号 2004 P.28 企・設）

## 高含水比盛土材を用いたため池の盛土施工について —磯部金浦池の施工事例—

加藤浩司

中山間地域総合整備事業（広域連携型）南但馬ハッピー地区において取り組まれた磯部金浦池の施工事例を紹介する。施工場所近辺の土取場から採取した盛土材を固化材を混合することにより改良し堤体盛土材へと流用した施工事例である。気候や地域性等の制約のもと、自然材料の地域内循環を図ることによりコスト削減に努めた。

（水と土 第138号 2004 P.39 設・施）

## 強化プラスチック複合管の管路における曲部施工について —強化プラスチック複合管同質曲管使用の検討—

遂殿洋伸・阪部正志・坂 隼人

従来、口径1500mm以上の強化プラスチック複合管（FRPM管）の管路における曲部施工は鋼製異形管を使用していた。しかし今回、FRPM管協会規格のFRPM管同質曲管の適用最大呼び径が1500mmから3000mmに拡大されたため、大口径管路の曲部施工においても鋼製異形管と同質曲管との比較検討が必要となった。これらの背景から、実施工における曲部施工において、設計条件、現場条件、施工性、経済性等の観点から比較検討を行った。

（水と土 第138号 2004 P.45 設・施）

## 水路トンネルの補助工法について

長嶋滋則

国営新湖北農業水利事業で実施中の工事のうち、基幹施設である余呉湖第二補給送水路トンネルは、琵琶湖に設置する余呉湖第二補給揚水機場と余呉湖（高低差約50m、延長約1.3km）を、賤ヶ岳（標高421m）の地中を通じて結ぶ内圧トンネル（内張管方式）である。

本報文では坑口付近の風化帯区間の施工に当たって採用したトンネル補助工法（パイプルーフ工、薬液注入工、ウレタン注入式フォアポーリング工）の施工事例について紹介する。

（水と土 第138号 2004 P.52 設・施）

## 用水路の改修に伴うゲンジボタル保護への取り組み

長谷川昌美

ゲンジボタルをはじめとする希少動植物が生息する用水路を改修するにあたり、学識経験者、ホタル保護委員、町、県をメンバーとする委員会を開催し、整備案の策定を行った。また、工事施工前にゲンジボタルの幼虫を捕獲し、地元小学校で飼育、改修後の水路に放流した。この取り組みで、地元の人々とかかわりあうことができたが、これからは、非農家の人々の理解も継続して管理に参加してもらえようPRが必要である。

（水と土 第138号 2004 P.65 企・設）

## 忠別地区における地域用水の実施状況について

鈴村 淳・寺端弘勝・福士 優

忠別地区は、北海道上川支庁のほぼ中央に位置し、明治25年の入植から北海道の「米どころ」として発展している。地区内の農業用水は、食料生産の役割に加え、生活用水、防火用水、環境用水等の地域用水機能を有しており、これら水利資産は、直接利用する農家と、地域用水機能を享受する地域社会が調和を保ちながら継承してきている。本報告は、老朽化した施設の改修に併せ、地域用水機能の維持・増進について紹介するものである。

（水と土 第138号 2004 P.73 企・設）

## 農業用水再編対策事業による農業用水路の改修について

工藤政彦

緒方町のある緒方井路は、緒方川の原尻の滝上流より取水し、250haの田畑を潤す総延長17.5kmの水路である。江戸時代の開削され地域農業の発展を支えてきた。昔ながらの水車が現在も稼働してしており、農村集落の原風景残す地域として「農村景観日本百選」にも選ばれている。

水路の老朽化に伴い、農業用水再編対策事業「緒方地区」で改修工事を行うにあたり、繊維モルタルによる非破壊改修工法を採用し、施工した事例を報告するものである。

（水と土 第138号 2004 P.79 設・施）

〈歴史的土壌改良施設〉

紀伊平野の農業用水路の歴史  
—大畑才蔵の業績—

田上直美

紀伊平野の農業用水の歴史を振り返り、とりわけ紀州徳川時代の新田開発に関連して、「地方」や「勘定人」として地域に密着し地域の実情を熟知し、更に創意工夫して開発した「水盛り台」を使った測量技術により、30kmを越える長大水路の小田井水路開削に関わった大畑才蔵の業績を紹介する。

(水と土 第138号 2004 P. 85)

〈歴史的土壌改良施設〉

米沢藩主 上杉鷹山公の大英断  
—北条郷を豊かな大地にした黒井堰の開削—

島貫憲明

山形県の最南端に位置し、西吾妻連峰と奥羽山脈に囲まれた豊かな田園風景が広がる置賜盆地の歴史は、約200年前の上杉藩、黒井半四郎忠寄による造成工事まで遡ることとなる。現在残っている黒井堰は、国営・県営事業によりコンクリート製の水路に生まれ変わったが、その業績は200年たった今も語り継がれている。

(水と土 第138号 2004 P. 88)

## 東海の農業水利を俯瞰して

河野俊正\*  
(Toshimasa KONO)

東海地域は、名古屋という大消費地を抱え、早くから「ものづくり先進地」として栄えてきた。農業では、キャベツ、トマトといった多くの野菜や、キク、バラ、カーネーションなど花卉の生産が全国のトップクラスにある。また、本地域は、世界に誇る工業地帯としても発展しており、これらの「ものづくり」を水が支えている。

農業水利施設についてみると、我が国の農業水利施設の資産価値（平成14年3月時点の再建設費の試算）約25兆円に対して、東海地域では約2.2兆円（岐阜県0.5兆円、愛知県1.3兆円、三重県0.4兆円）（全国の8.8%）を占めている。

東海地域の農業水利施設の整備水準の高さは、古くから渇水と洪水に悩まされた先人による様々な努力の賜物によるものである。鎌倉時代には、輪中堤防が、水害から集落や耕地を守るために木曾三川流域の上流部に築造されるようになり、江戸時代には、新田開発に伴い下流域の海拔ゼロメートル地帯にまで達するものとなった。隣接する下流の輪中堤の高さを規制する「定杭」を設置する等出水時における「もう一つの水争い」も歴史の中に刻まれている。明治時代には、水源をため池に依存し頻繁に干ばつに悩まされてきた西三河地方の水田への用水安定供給を行う明治用水が完成し、これを契機に、西三河地方は、稲作に加え、野菜、果樹、養鶏等を組み合わせた多角化経営が急速に普及し、「日本デンマーク」と称される農業経営の先進地に発展した。さらに戦後の水資源開発は地域を大きく変え、豊川用水農業水利事業（S24～S43）、愛知用水事業（S32～S36）により、水源施設、大規模農業用水路が建設され農業用水が確保され、知多半島や渥美半島を全国でも有数な一大農業生産地へと発展させた。これらの事業では、農業用水の確保に併せて都市用水を確保し、繊維、食品、自動車産業など工業地帯への発展を支えた。その後も、本地域では、農業生産の安定、生産性の向上に向けて国営事業等が盛んに実施され、水利施設の整備水準、とりわけ畑かん施設の整備水準は47.0%と全国の20.1%を大きく上回り全国一となっている。

このように東海地域においては、ダム、頭首工等の水源施設の整備を終え、水利用の効率化を図りつつ施設更新を行う段階となっており、これを適正に実施することが重要となっている。特に、都市近郊においては、都市化、混住化に伴う都市排水の農業用水路への流入による用水の水質悪化が顕著であるため、既設の用水路の更新に併せて開水路のパイプライン化を進めているところである。

農業の効率化、大規模化の面では、利用権設定や農作業受託によって全国に比べて大規模層農家層への農地の利用集積が進んでおり、今後の高齢化の進展等により大規模農家層への農地の集積がさらに進めば、農家だけでは農業生産の基盤である農業水利施設の維持管理が困難となるが見込まれる。先人が築い

\*東海農政局整備部長（Tel. 052-201-7271）

た農業水利資産を次世代に継承するためには、農業用水を地域の資源としてとらえ、農業生産のみならず、その資産が有する様々な社会的な効果を十分検証しながら、地域の農家、非農家を問わずその管理運営に携わる仕組みの構築を真剣に考える時代になってきている。

一方で、現在進めているパイプライン化については、これまで目に見える存在だった水が見えなくなることによる地域住民の農業水利に対する意識の低下、地域住民による維持管理活動の低調化が懸念され、土地改良法改正を踏まえた課題への対応が求められる。これらの課題に向けた取り組みとして、明治用土地改良区では、住民参加によるパイプライン上部の利活用の推進と維持管理の実施に取り組んでいる。具体的には、矢作川総合用水農業水利事業でパイプライン化した水路の上部を自転車道として利用することで、水面の代わりに自転車道によって農業用水の流れを意識付けるだけでなく、農業用水に対する地域住民の意識を高めるために「明治用水緑道と水利用協議会」を立ち上げ、地域の町内会、小学校或いは女性団体と協力して上部利用の計画をワークショップ等により作成し、地域住民の手で直営施工による公園づくり、公園等の維持管理やイベントの実施などグラウンドワーク活動にも積極的に取り組んでいる。先般、こうした他に先駆けた活動が評価され、同土地改良区は、環境整備の実施主体である愛知県などとともに農業土木学会上野賞を受賞した。この受賞は、誠に喜ばしいものであり、今後の更なる活動の励みにして頂きたいと感じる。さらに、こうした活動が各地の農業水利の持つ歴史や風土などに根ざしながら地域の自然、社会経済環境に調和するかたちで取り組まれていくことを期待している。

# 木之川内ダム監査廊試験打設結果に関して

守 田 治\* 藤 井 睦\*\*  
(Osamu MORITA) (Makoto FUJII)

## 目 次

1. はじめに	17	5. クラックの発生状況とその要因の推定	24
2. 監査廊の標準断面形状と施工順序	17	6. 打設仕様の変更点	26
3. 監査廊の打設条件等	19	7. まとめ	27
4. 監査廊挙動解析結果	20		

### 1. はじめに

中心遮水式ロックフィルダムに設置される監査廊は、止水ラインの一環として施工されることが多く、構造的堅固さ・安全性だけでなく、水密性に関しても高い品質を要求されるのが一般的である。国営都城盆地土地改良事業の水源として建設を進めている木之川内ダムにおいても、監査廊を設計上『止水ライン』として位置づけており、『コンクリート構造物の水密性保持』に関し、躯体に生じるひび割れを極力抑制することを主題とすべきであると考えられる。

監査廊躯体に生じるひび割れを防止する方法としては、そのひび割れの要因が主に【温度応力によるもの】であると考えられることから、発生温度の抑制（配合設計、温度規制）、および部材内温度勾配の抑制（養生による熱発散条件の緩和）等が重要となる。

これを受け、本ダムにおいては左岸天端アバット部で監査廊試験打設施工（L=6mスパン）を実施し、「ひび割れ等が生じないか」を確認項目として、打設仕様（示方配合・養生条件・温度規制等）の妥当性を検証した。なお、監査廊試験施工結果の判定に際しては、目視によるクラック観察（発生の有無、発達状況の確認）の他に、監査廊躯体内に設置した挙動観測計器の観測結果を整理・解析し、コンクリート内の温度分布状況、温度応力発生状況を把握した。

### 2. 監査廊の標準断面形状と施工順序

#### (1) 監査廊の標準断面形状

本ダムの監査廊標準断面形状は、一般的な『逆台形』ではなく、図-1に示すような『ボックス型』を採用している。

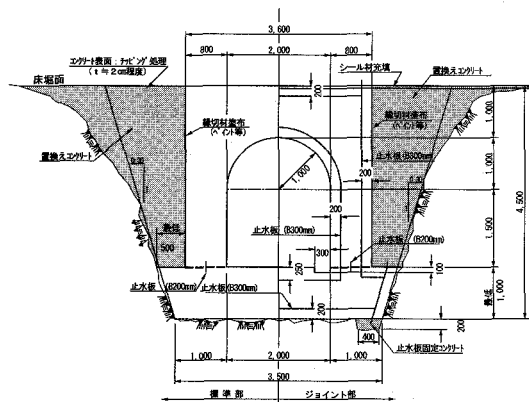


図-1 木之川内ダム監査廊標準断面図

#### (2) ボックス型標準断面の採用理由

本ダムの基礎岩盤である四万十層群（砂岩・頁岩互層）は、『層理・亀裂』が発達しているため、掘削斜面を平滑に仕上げることは非常に困難が予測された。また、掘削切土面がある程度の期間以上放置された場合には、層理面に沿って滑落することも危惧された。

この様に所定の断面に対して大きく掘りすぎた場合には、一般には図-2に示すように【置換コンクリート】を打設し、所定の断面を回復する方法がとられる。また、掘削斜面の凸凹の程度が大

\*九州農政局都城盆地農業水利事業所 木之川内支所  
(Tel. 0986-29-4455)  
\*\*日本技術研機技術研究所 調査部次長 (Tel. 0561-32-2271)

きく、ジョイント材塗布のみでは十分な縁切効果が得られないと危惧される場合には、図中に示す【整形コンクリート】を打設する。

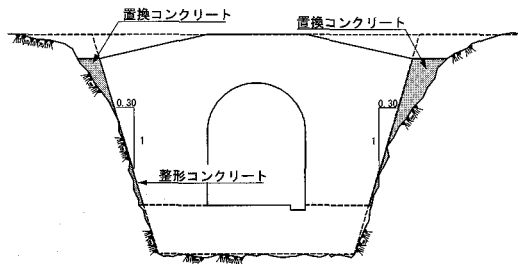


図-2 従来型（逆台形型）

これらの処置は、監査廊構造計算が設計形状（逆台形断面）に対してのみ実施されているために必要となるもので、いわば、「構造計算条件への復元」がその目的である。ただし、型枠を斜めに設置しなくてはならないことから、施工は非常に困難となる。また、特に整形コンクリートに関しては、打設隙間が非常に狭いことから実際には打設不可能として省略される場合もあり、この場合には十分な縁切効果が発揮されないおそれがある。

これに対し、構造計算条件と実施工条件が異なってしまうのは【掘削形状】のみであるため、図-3 に示す監査廊標準断面形状を採用することにより、これらの問題点の解決、および施工性の向上を図ることができる。

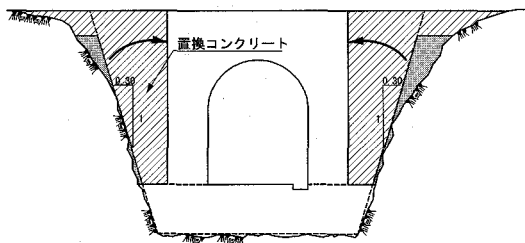


図-3 本ダム改良型（ボックス型）

すなわち、

- ・実施工でいかなる掘削形状となっても変わることのない部分のみを『構造計算条件』として取り扱うことが可能となり、この点で最も施工が簡便化される。

「逆台形型」に比較して、置換コンクリートと躯体が鉛直で接するため、置換コンクリートの打設が簡便、かつ確実である。

以上のことから、従来の「逆台形型」よりも「ボックス型」の方が有利であると判断した。

また、『逆台形型』では頂版両端部における部材厚が大きくなるため、コンクリート打設直後にはアーチ中央部に向かってかなりの『温度勾配』が生じる。これに帰因して頂版中央部（内空側）には温度応力が発生するが、監査廊のひび割れ発生要因はこの温度応力によるものがほとんど言っている。

一方、『ボックス型』では、部材厚が全体に薄く、かつ、側壁部材から頂版部材への部材厚の変化が少ないため、温度応力の発生が『逆台形型』に比較して小さくなることが予測される。

前述の施工上の理由に加え、このような「コンクリート打設時の温度応力緩和」についてもその優位性を考慮した。

### (3) 監査廊の施工順序

施工順序の概略、およびそれぞれの工程における留意点等について以下に述べる。なお、下記の③：監査廊側壁・頂版（アーチサイド部）と⑤：側方置換コンクリートの打設順序は基本的には問われないが、③を先行させた場合を記載する。

#### ①：監査廊トレンチ掘削

基本的には既往断面と同様であるが、切土面の仕上りとしてはある程度の凸凹なら許容できる。ただし、底版部側面は、底版が直接打設のため極力所定の断面に仕上げることにする。

#### ②：監査廊底版コンクリート（インバート部）打設

監査廊躯体本体となる部分であるため、構造計算は下記の【アーチサイド】と一体として考慮し、配筋計画の対象とする。また、基盤との密着性を確保するため、基盤に対して直接打設する。

#### ③：監査廊側壁・頂版（アーチサイド部）打設

- ・監査廊躯体本体となる部分。構造計算は上記の【インバート】と一体として扱い、配筋計画の対象とする。
- ・監査廊側壁の外側には型枠が必要である。

#### ④：ジョイント材塗布

- ・監査廊コンクリートの側壁外側にジョイント材を塗布し、置換コンクリートと監査廊本体コンクリートを縁切りする。
- ・縁切りの目的は、後発打設コンクリート温度応力に関する「外部拘束条件」の緩和である。

#### ⑤：側方置換コンクリートの打設

・この時点で既に監査廊躯体は打設済みであるため、型枠は不要である。

### 3. 監査廊の打設条件等

#### (1)コンクリートの示方配合

監査廊コンクリートは要求される品質が高いものとなるため、本ダムにおける示方配合を決定するに当たっては、表-1に示すA~Fの混和剤、骨材率等を変化させた6種類の示方配合を想定して試験練りを行った。

『試験練り』においては、コンクリートの硬化発熱量が単位セメント量にほぼ比例することを考慮し、極力単位セメント量が少なくなるように配慮するとともに、材令91日強度を設計基準強度として、 $[f'_{ck} = 21\text{N/mm}^2]$ とした。

最終的には、ポンプ圧送状況を勘案し、『B配合』を採用することとした。

#### (2)施工時期、施工手順、および養生条件

##### 【施工時期】

監査廊試験打設の施工日について、実績を表-2にまとめた。施工時期としては、コンクリート打設温度が高く、温度応力発生に関して「不利になる」と考えられる【夏季打設】に設定した。

##### 【施工手順】

施工手順として問題となるのは、アーチサイド部、および置換コンクリートの打設順序である（前章中「(3) 監査廊の施工順序」参照）。今回の試験打設においては、以下の理由により

「監査廊側壁・頂版（アーチサイド部）」を先行させて打設することとした。

- ・側壁外側が外気と接するため、打設時の温度上昇量が少なく（熱逸散率が高い）、監査廊躯体内に温度勾配が生じにくい。
- ・インバート部材からの立ち上げ鉄筋（側壁鉄筋）はかなりの本数であり、施工ピッチもかなり密（@200mm）であることから、置換コンクリートを先行して打設する場合にはそれに必要な型枠設置がかなり困難となる。

表-2 監査廊試験打設 施工日、施工手順

日付	施工内容	材齢(日)			
		インバート	アーチ	置換	
H14.9/04	インバートコンクリート打設	開始 11:00 終了 14:00	0	—	—
H14.9/14	アーチコンクリート打設	開始 10:00 終了 13:00	10	0	—
H14.9/18	側壁部型枠解体		14	4	—
H14.9/23	置換コンクリート打設	開始 10:30 終了 14:00	19	9	0
H14.9/24	セメントル解体(左岸半分)		20	10	1
H14.9/27	端部型枠解体(左岸側)		23	13	4
H14.9/30	端部型枠解体(右岸側) セメントル解体(右岸半分)		26	16	7

##### 【養生条件】

養生条件は『散水養生』（保水シート敷設）を基本とした。また、脱型時期としては出来る限り遅らせ（表-2参照）、熱逸散、表面乾燥を

表-1 木之川内ダム監査廊コンクリート 試験練り仕様、および結果一覧表

※セメントはいずれも『高炉B種ポルトランドセメント』を使用。

コンクリートの種類	骨材最大寸法 (mm)	水セメント比 W/C(%)	細骨材率 (%)	単位量 ( /m <sup>3</sup> )					スラブ (cm)	空気量 (%)	圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )						
				セメント (kg)	水 (kg)	細骨材 (kg)		粗骨材 (kg)			AE 減水剤	養生方法	σ <sub>7</sub>	σ <sub>28</sub>	σ <sub>56</sub>	σ <sub>81</sub>	
						①	②										①
				基準値		基準値		基準値									
8±2.5		4.0±1.5						>21									
標準型 AE 減水剤使用	A配合	55.0	39.0	264	145	541	179	584	571	2.112	9.8	4.1	標準	15.8	27.1	32.0	34.5
						720	1,155	現場	17.5				26.3	32.4	33.7		
	B配合	57.5	39.5	252	145	551	182	583	570	2.016	9.5	4.0	標準	15.0	25.8	31.1	35.8
高性能 AE 減水剤使用	D配合	60.0	40.0	242	145	561	185	580	567	1.936	9.0	3.7	標準	14.4	24.9	30.8	33.9
						746	1,147	現場	16.0				27.3	33.3	36.0		
	E配合	55.0	41.0	240	132	586	194	583	570	2.640	9.0	4.3	標準	19.1	31.4	39.5	41.3
F配合	57.5	41.0	230	132	595	194	583	570	2.530	9.8	4.4	標準	17.8	30.2	36.6	39.7	
					789	1,153	現場	19.1				28.8	34.1	37.7			
		60.0	42.0	220	132	605	200	583	570	2.420	9.8	4.5	標準	14.8	25.2	31.7	33.6
						805	1,153	現場	16.9	26.6	31.4	34.5					

抑制することとした。なお、通廊出入口部はブルーシート等で通風遮断し、廊内の温度を極力一定に保つよう配慮した。

### (3) 観測計器配置位置・測定項目・測定頻度

図-4には、監査廊躯体内に埋設した各種観測計器の配置図を示す。また、測定項目および測定頻度については以下のとおりである。

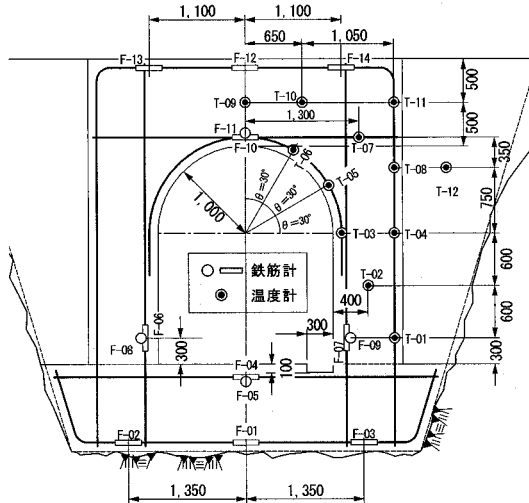


図-4 監査廊内挙動観測計器配置図

- ・コンクリート温度…温度計\*……1回/2時間
- ・鉄筋応力……………鉄筋計 ……同上
- ・外気温……………温度計\*……同上

※：温度計としては熱伝対を用いた。

## 4. 監査廊挙動解析結果

### (1) コンクリート応力の換算方法

監査廊躯体内（ただし一部のブロック）には、配筋計画の妥当性検証を目的として鉄筋計を配置するのが一般的であり、構造荷重による発生応力はもちろんのこと、若材令時のコンクリート膨張・収縮に起因する鉄筋応力（温度応力）に関しても計測可能である。ただし、鉄筋計にて実際に計測されるのはあくまで『鉄筋応力』であるため、このデータを用いて『ひび割れ』の発生等を検討するためには、何らかの方法により『コンクリート応力』に換算する必要がある。

今回の解析においては、観測鉄筋応力をコンクリート応力に換算する方法として「鉄筋とコンクリートの弾性係数比を使う方法」を採用することとした。以下にその概略を示す。

鉄筋の弾性係数（ $E_R$ ）は時間に関係なく一定（定常）であるのに対し、コンクリート弾性係数（ $E_c$ ）は、時間の経過、すなわち材令によって変化する非定常な性質を持ち、この弾性係数比（ $E_c/E_R$ ）も非定常となる。

よって、応力換算法としてはこの非定常性を考慮し、下式により逐次計算した。

$$\sigma_c(t_2) = \sigma_c(t_1) + \Delta\sigma_c \quad \text{ただし} \quad t_2 > t_1$$

$\sigma_c(t)$  : 材令  $t$  日のコンクリート応力

$\Delta\sigma_c$  :  $t_1 \sim t_2$  間のコンクリートの応力増分

すなわち、ある期間の応力増分をその期間前における応力値に加算することにより、その時の応力値を算定するものである。

なお、この応力増分値は以下の式にて算定した。

$$\Delta\sigma_c = \frac{\{\Delta\sigma_R - (\alpha_R - \alpha_c) \cdot \Delta T \cdot E_R\} \cdot E_c(t_{12})}{E_R} \quad *1$$

ただし 圧縮が正数、 $t_2 > t_1$

$\Delta\sigma_R$  :  $t_1 \sim t_2$  間の鉄筋計の応力増分

( $= \sigma_R(t_2) - \sigma_R(t_1)$ )

$t_{12}$  :  $= (t_1 + t_2) / 2$

$\sigma_R(t)$  : 材令  $t$  日の鉄筋応力

$E_c(t)$  : 材令  $t$  日のコンクリートの有効弾性係数\*2

$E_R$  : 鉄筋の変形係数 (200kN/mm<sup>2</sup>)

$\Delta T$  :  $t_1 \sim t_2$  間の鉄筋計周辺の温度増分  
( $= T(t_2) - T(t_1)$ )

$\alpha_R$  : 鉄筋計 (= 鉄筋) の熱膨張係数  
( $12.0 \times 10^{-6} \text{st}/^\circ\text{C}$ )

$\alpha_c$  : コンクリートの熱膨張係数  
( $11.2 \times 10^{-6} \text{st}/^\circ\text{C}$ )

※1：鉄筋計～周辺コンクリートの熱膨張率の違いによる観測鉄筋応力値の補正項。

※2：各材令でのコンクリート静弾性係数試験結果と、材令、温度履歴から推定したクリープヒズミ量を総合して算出した弾性係数。その算出方法に関しては、紙面の制限により本報分内ではその記載を省略。

### (2) 監査廊挙動解析結果

打設直後の監査廊に見られる温度応力ひび割れは、他地区の施工事例等から、概ね以下の2系統のひび割れが発生することが多い。

①：側壁下部内空側（横断面方向のひび割れ）

②：頂版中央内空側（路線方向のひび割れ）

インポートコンクリートはアーチサイドに先行



して施工されるため、アーチサイド打設直後においては両者の弾性係数はかなりの差が生じている。

その結果、アーチサイド側は【外部拘束】を受ける形となることから、側壁下部には監査廊路線方向に引張応力が発生しやすい。特に内空側においては温度降下（≒収縮ひずみ）が早期から始まり、その速度も速いため、側壁下部付け根部分から鉛直方向にひび割れが生じることがしばしば見られる（①：側壁下部内空側）。

また、監査廊アーチ部においては、その部材厚さの違いに起因して、相対的に

	熱逸散速度	ピーク温度
頂版上部	遅い	高い
頂版中後部	早い	低い

となり、温度勾配が生じる。

このため、頂版中央部では【内部拘束】を受ける形となり、横断面方向に引張応力が発生しやすい。その結果、最も部材厚さが薄い『アーチ部内空頂部』において監査廊路線方向と平行にひび割れが発生する場合が多い（②：頂版中央内空側）。

図-5～7には、今回の監査廊試験打設において得られた各観測結果から、特に上で述べた「ひび割れが発生しやすい箇所」の挙動について抽出し、

- ・鉄筋計観測応力値
- ・コンクリート内発生応力（鉄筋計観測値から換算）
- ・コンクリート内の発生温度（鉄筋計内の測温）の履歴図を示した。また、図-8には、目視で確認されたクラックに関し、クラックマップを示した。

以下には、それぞれの箇所におけるコンクリート応力状況に関して述べる。

#### 【①側壁下部内空側（横断面方向のひび割れ）】

（図-5、6参照）

- ・図-5、6ともに打設直後から圧縮側にコンクリート応力が発達し、コンクリート温度の状況と同じく $t=1$ 日付近でピークを迎える。その後僅かな勾配を持って引張側に推移し、 $t=5$ 日付近において引張応力域に達する。
- ・【下流側】（図-6：鉄筋計F-09から換算）では、 $t=10$ 日においてコンクリート応力が引張側に急変し、推定した『引張強度』を越

えている。この状況から、鉛直方向にクラックが生じたものと判断される（実際にクラックを確認、図-8参照、詳細は後述）。

- ・一方、【上流側】（図-5：鉄筋計F-08から換算）では、これと同時期に【右岸側】と反対に圧縮側に急変している。ただし、この左岸側においても側壁下部において鉛直方向のクラックが確認されており（図-8参照、詳細は後述）、一見このような応力状況とは整合しない。

- ・しかしながら、この【左岸側壁下部】でのクラック発生位置は、軸方向で打設ブロック中央（鉄筋計設置位置）から多少上下流側にずれており、鉄筋計F-08では必ずしもクラック周辺での鉄筋応力状況を直接計測しているとは言えない。よってこの鉄筋計F-08設置位置での『圧縮側への急変』（図-5）は、クラック発生によって部材全体の引張応力が解放された結果（リバウンド）であると判断される。

- ・これら「クラックの発生」は、インバート部材による『外部拘束』を受けたことに遠因があると考えられるものの、クラックが発生した時期が置換コンクリートを打設した後であることを考えると、直接的にはこの『置換コンクリート打設』がクラックの発生の要因となっているものと推察される。

#### 【②頂版中央内空側（路線方向のひび割れ）】

（図-7参照）

- ・打設直後から圧縮側にコンクリート応力が発生し、コンクリート温度がピークを迎えた $t=2$ 日以後の温度降下中、すなわちコンクリート収縮開始以後においても依然圧縮側へ推移している状況である。
- ・その後 $t=4.5$ 日付近においてようやく引張側への推移に転じており、『コンクリートの膨張収縮時期』との時間的ズレが見られる。
- ・コンクリートが膨張する過程においては側壁外側の型枠が外部拘束条件になりうる（収縮時には拘束条件にならない）ため、初期段階においては【圧縮側への発達】が生じたと考えられる。
- ・一方、コンクリート応力が【引張側への推移】に転じる時期と側壁型枠解体の時期がほぼ同時期であることを考えると、コンクリートが

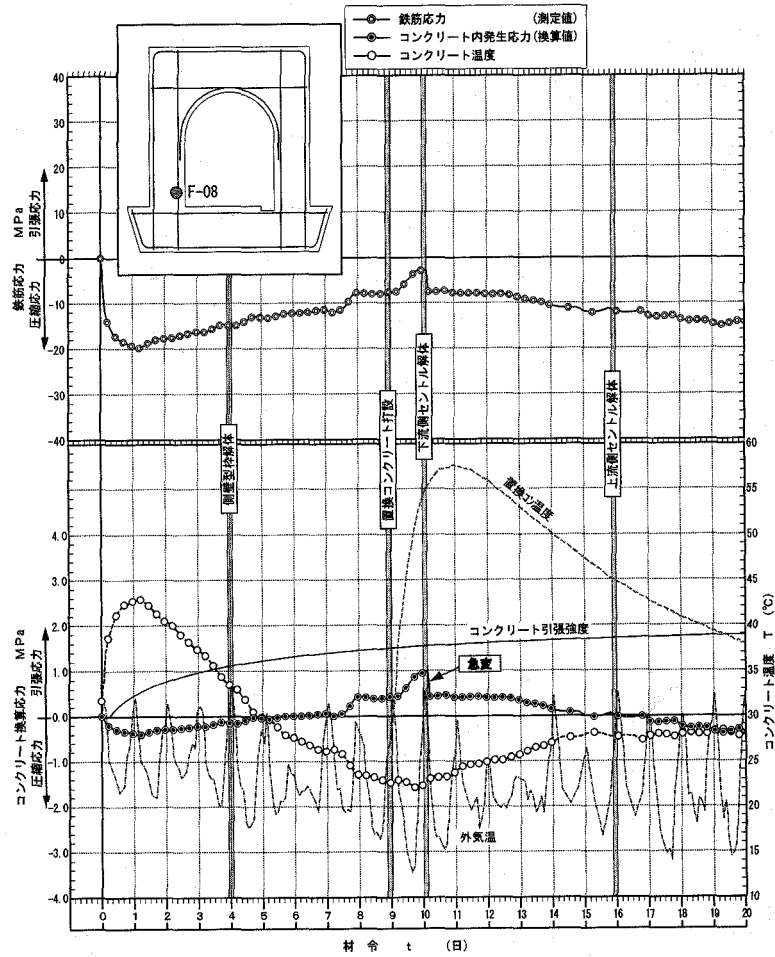


図-5 鉄筋計応力, および監査廊コンクリート内発生応力・温度の履歴図 (1/3)  
【F-08: 上流側壁下部内空側 (監査廊路線方向) の観測結果】

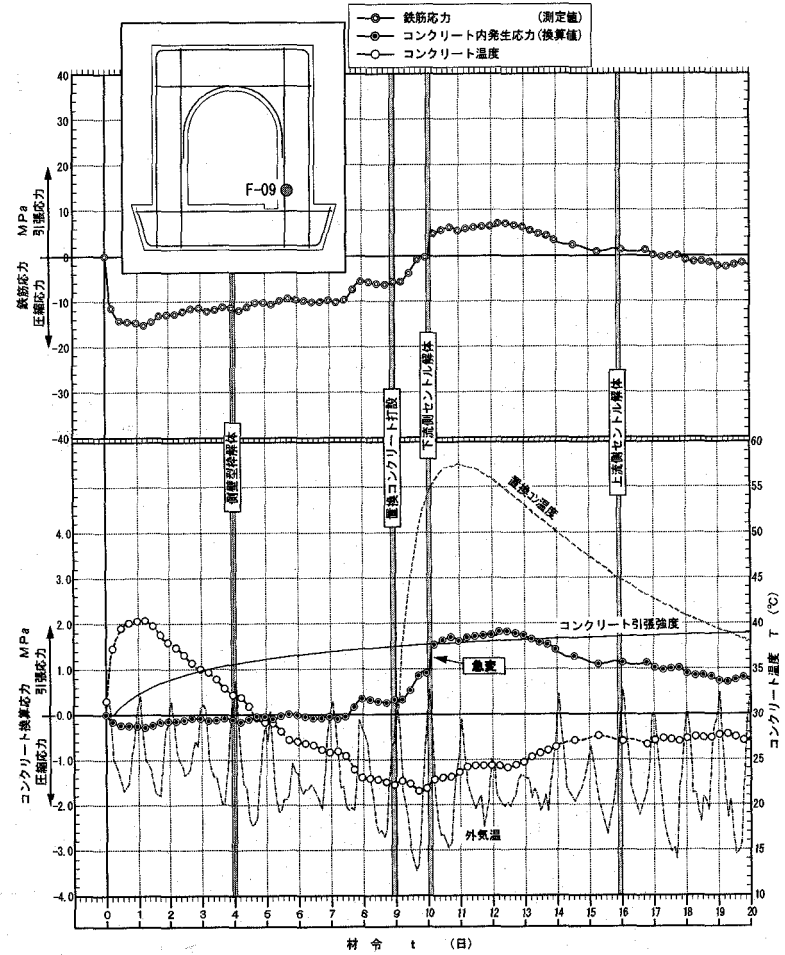


図-6 鉄筋計応力, および監査廊コンクリート内発生応力・温度の履歴図 (2/3)  
【F-09: 下流側壁下部内空側 (監査廊路線方向) の観測結果】

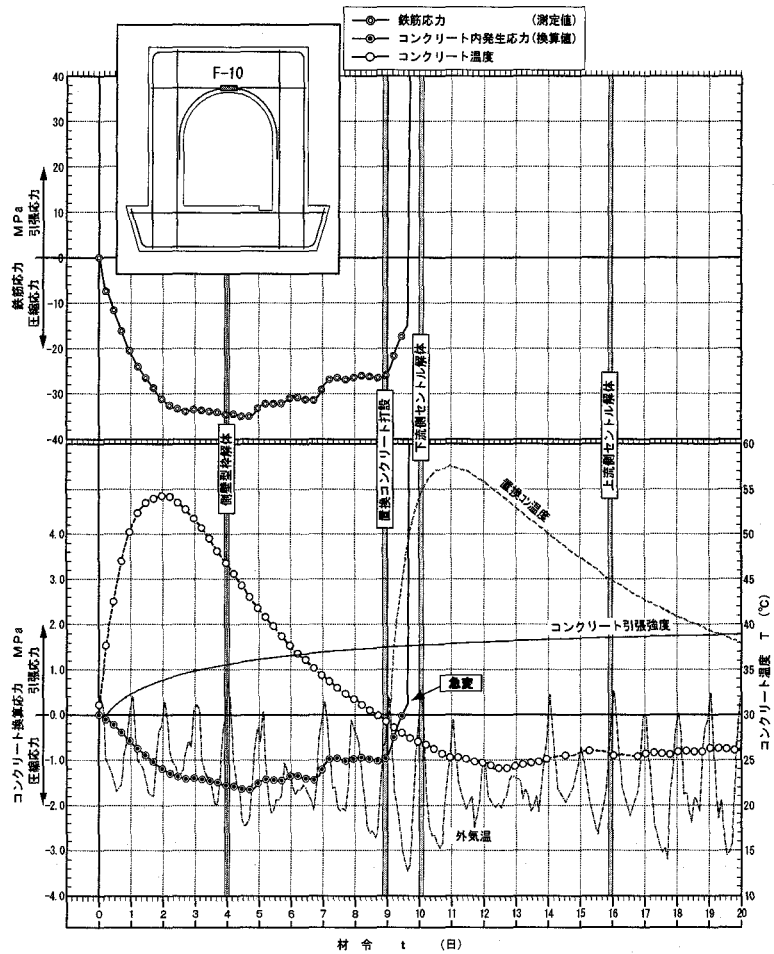


図-7 鉄筋計応力, および監査廊コンクリート内発生応力・温度の履歴図 (3/3)  
【F-10: 頂版中央内空側 (監査廊横断方向) の観測結果】

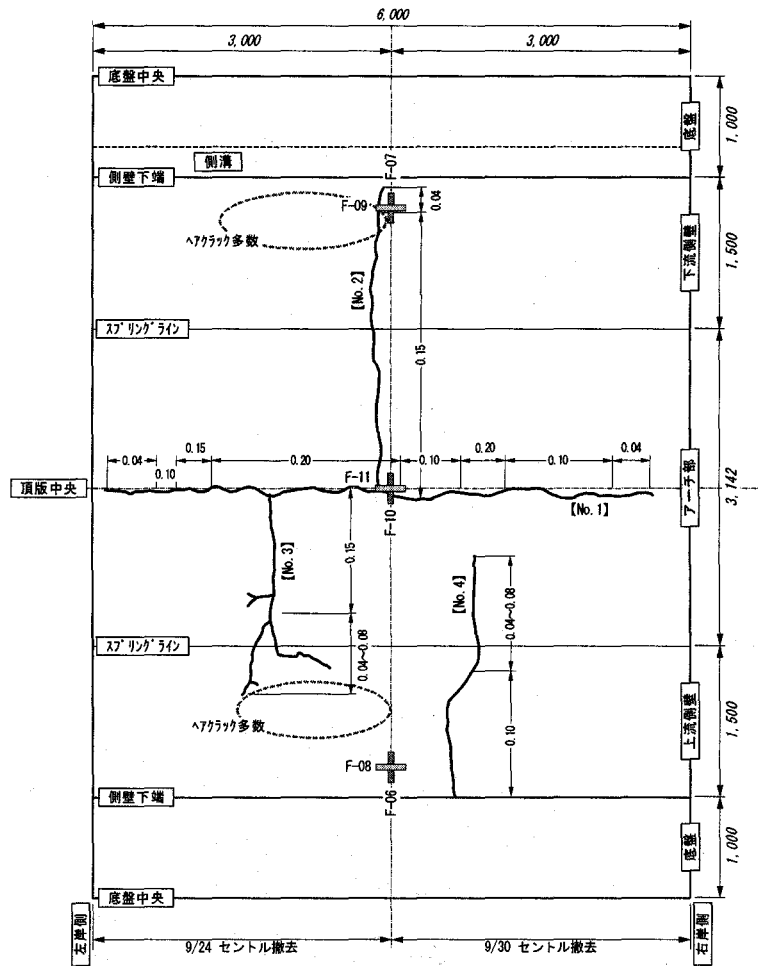


図-8 内空表面におけるクラックの状況 (クラックマップ)  
※: 上図中クラックに併記した数字はクラック幅 (計測値) を示す。

硬化するに従って自重に対する荷重分担が増加し、梁部材での曲げモーメントが徐々に発生してきた結果であると推察される。

- ・置換コンクリートを打設した $t=9$ 日においてコンクリート応力が引張側に急変し、推定した『引張強度』を越えている。この状況から、コンクリートには軸方向にクラックが生じたものと判断される（実際にクラックを確認、図-8参照、詳細は後述）。
- ・このクラックの発生要因としては、応力発達状況の急変時期から、『置換コンクリートの打設』によるものであると考えられるが、この部分における温度状況としてはそれほど急激な変化が見られないため、「置換コンクリートの打設→温度上昇」には直接的には関係がないものと判断され、側壁部材を含めた監査廊全体の構造的な挙動により発生したものであると考えられる。

## 5. クラックの発生状況とその要因の推定

セントル（内空型枠）を撤去した後、内空表面（図-8に示す箇所）において数条のクラックが認められた。

【No.1】：アーチ部内空頂部

（監査廊路線縦断方向）

頂版中央にほぼブロックの縦断長全域にわたり、連続したクラックが発生。クラック幅としては最大 $b=0.2\text{mm}$ 程度に及び、クラック幅としてはかなり大規模。

【No.2】【No.3】：側壁中央部付近

（監査廊横断面方向、上下流）

【アーチ部内空頂部クラック】から側壁下部に達しており、クラックの先端は側壁最下端（打継目面）には至っていない。クラック幅はアーチ部内空頂部側で広く（最大 $b=0.15\text{mm}$ 程度、クラック幅としてはかなり大規模）、下位に行くに従って細くなっている。

【No.4】：側壁中央部付近

（監査廊横断面方向、上下流）

側壁最下端（打継目面）からアーチ部途中にて途切れている。クラック幅は側壁最下端側で広く、上位に行くに従って細くなっている。

この内【No.4】については、通常側壁部材に見られるクラックの状況であり、インバートが『外部拘束条件』となって発生したクラックであると

考えられる。

一方【No.1】【No.2】【No.3】については、一見一般的に監査廊内に生じるクラックの様相を呈するものの、コンクリート応力履歴から推定される発生時期\*、もしくは規模（クラック幅）から考察すると、通常温度応力クラックとはその趣を異とすると考えられる。特に【No.2】【No.3】については、『インバートによる外部拘束』がその要因であれば、『クラックの先端は側壁最下端（打継目面）には至っていない』状況、もしくは『下位に行くに従って細くなっている』状況はその要因に反するものである。

※：一般に監査廊にクラックが発生する場合には、温度下降勾配が最も急勾配となる打設後2～7日に発生する場合が多い。本ダムの場合には結果的にクラックが発生したとはいえ、このような一般的な発生期間ではない。

これら【No.1】【No.2】【No.3】のクラックに関しては、クラック発生第一義的な要因としては「置換コンクリートの打設時期」にあるとし、図-10に示す「コンクリート内発生温度分布の変遷」と併せ、以下に示す機構により発生したものであると推定した。

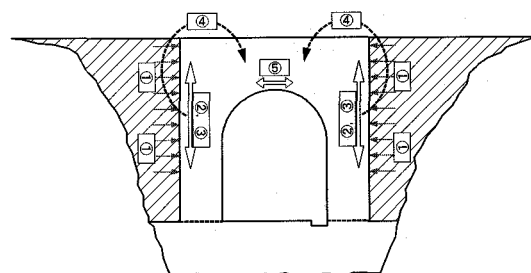


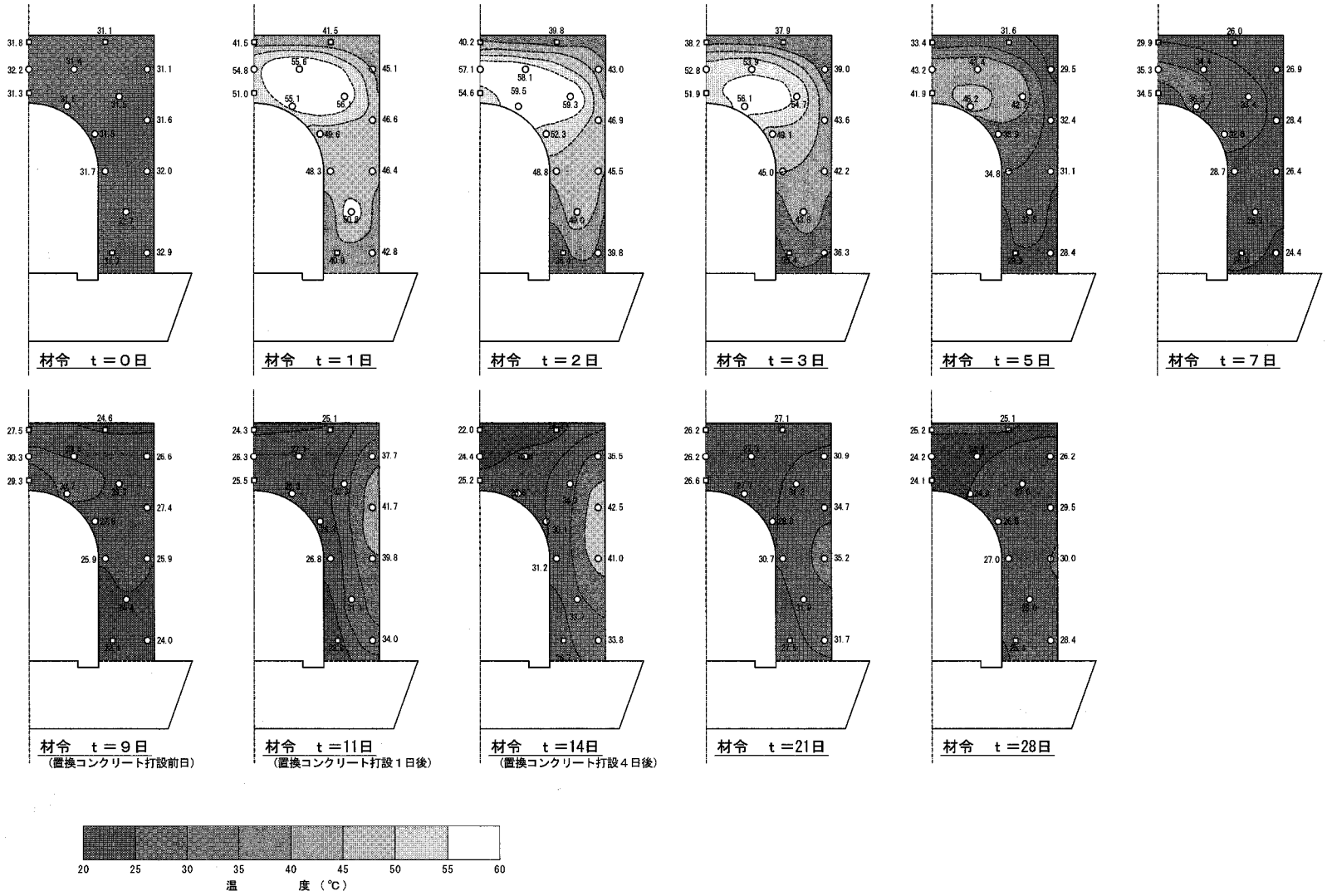
図-9 【No.1】クラック発生機構の推定

【No.1】：アーチ部内空頂部

- ①：置換コンクリートからの熱逸散（伝導）
- ②：側壁外側の温度再上昇
- ③：内側との温度勾配による相対的膨張
- ④：側壁外側の相対的な膨張による頂版部材に対する曲げモーメントが発生
- ⑤：内空中央における引張応力の増加
- ⑥：引張応力>引張強度
- ⑦：クラックの発生

この様に、【No.1】クラックが直接的には「曲げモーメント」によって生じた「構造応力的」なクラックであると推定したが、それらを補足する

図-10 コンクリート内温度分布 (温度コンタ) の変遷



挙動として、頂版上面における「圧縮応力」が増加する傾向が見られる。

図-11は、「置換コンクリート打設～【No.1】クラック発生」の期間 ( $t=9\sim 10$ 日)における頂版上面のコンクリート応力挙動(鉄筋計F-12により換算)を詳細に示したものであるが、1日における変動が大きく「不明瞭」であるものの、置換コンクリート打設直後において【圧縮側】に推移する状況は認められず、一見上記推定に矛盾しているようにも捉えられる。

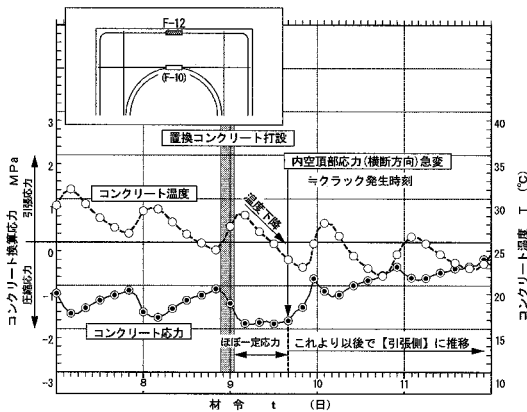


図-11 頂版上面のコンクリート詳細応力挙動 (F-12)

一方、図-12は、置換コンクリート打設前後における鉄筋計F-12設置位置のコンクリート応力とコンクリート温度の相関履歴を示したものである。

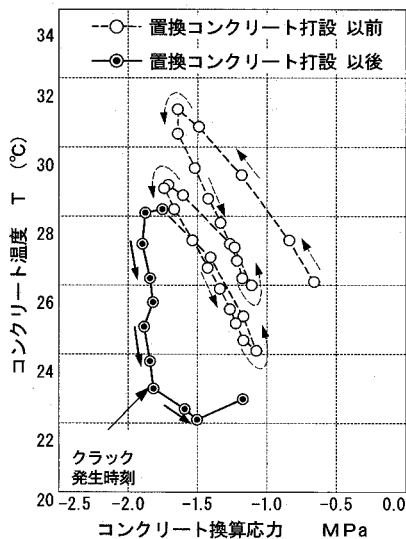


図-12 コンクリート応力～温度の相関履歴 (F-12)

置換コンクリート打設前においては、全体温度が定常化する前の段階であるため多少のズレはあるものの、【温度降下→引張側へ推移】【温度上昇→圧縮側へ推移】と言った一般的な相関を示すのに対し、置換コンクリート打設後においては、クラック発生時刻までの区間ではほぼ一定な応力状態である。この区間におけるコンクリート温度変化状況は「下降」であるため、本来この鉄筋計F-12設置位置においては「引張側」となる温度応力が発生するはずであり、よって、「置換コンクリート打設直後～クラック発生時刻」の区間においては、これらの差分となる「圧縮応力」が発生していることとなる。このように考えると、上記推論と整合する。

### 【No. 2】【No. 3】：側壁中央部付近

基本的には図-9で推定したクラック発生機構と同様であるが、置換コンクリート(側壁部材)を側面から眺めた場合、両端部においても熱逸散するため、置換コンクリート内は図-13に示すような温度分布を示すものと考えられる。

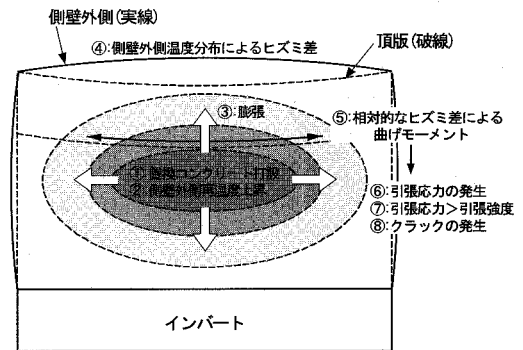


図-13 【No.2】【No.3】クラック発生機構の推定

すなわち、図-9中②で示す「側壁外側の温度再上昇量」は、側壁部材の縦断方向に関してさらに差異が生じるため、頂版部材にも「相対的なヒズミ差」が生じると推定した。これにより、図-13に示すような引張応力が頂版内側縦断方向にも発生し、クラックの発生に至ったものと推定した。

## 6. 打設仕様の変更点

今回の試験打設においてひび割れが発生した要因としては、「置換コンクリート後発打設→側壁外側の再温度上昇」が一義的な要因として特定されたことから、今後の監査廊施工においては、置換コンクリートをアーチサイドコンクリートに先

行わせて打設するよう変更を行った。

今回の試験打設では結果的にひび割れが発生したものの、「置換コンクリート打設」といった補助工法的な要因でのひび割れであることから、監査廊躯体そのものの施工条件に問題があったとは必ずしも言えない。逆に温度分布状況、およびその変遷傾向から判断すると、部材内の温度勾配が少ない良好な状況を確認している。

よって、選択肢が多く、かつ決定的な選定根拠を打ち出すのに困難な配合設計、断面形状、養生条件等の施工条件（打設仕様）に関しては、今回の試験打設で採用している仕様を変更しないこととした。

## 7. まとめ

前項でも述べたとおり、置換コンクリート打設前の段階では、部材内の温度勾配が少ない良好な

状況を確認した。よって、本ダムの監査廊形状を決定する際に期待していた【打設時温度応力の緩和】については、ある程度その優位性を確認できたと評価している。

今後の方針としては、今回の試験打設結果を基に変更した施工順序「置換コンクリートの先行打設」、さらには、養生方法を含めた冬季打設について、各種観測計器を埋設し、今回と同様な挙動解析を行った上で、その安全性（ひび割れ発生の有無）の確認を行う方針である。

## 【参考資料】

- 1) 多目的ダムの建設 第3章 P.213
- 2) コンクリート標準示方書・施工編 P.190～191
- 3) コンクリート工学 Vol.21, No.8 Aug.1983

# 浜ノ瀬ダムのコンクリート温度応力解析について

廣 山 雄一郎\* 松 原 理\*\*  
 (Yuuichiro HIROYAMA) (Osamu MATSUBARA)

## 目 次

1. はじめに	28	4. 検討ケース	31
2. 入力物性値	28	5. 解析結果による検討	33
3. 解析・境界条件の設定	30	6. まとめ	38

### 1. はじめに

西諸農業水利事業は、水田530ha、畑3,620haを対象に畑地かんがい等の導入により、生産性の向上と畑作経営の安定を図ることを目的に、大淀川水系岩瀬川に新規水源を確保するため、宮崎県西諸県郡須木村鳥田町及び小林市木浦木に堤高62.5m、堤頂長183.0m、堤体積216千m<sup>3</sup>、総貯水量10,300千m<sup>3</sup>の重力式コンクリートダムを建設する。

ダム堤体コンクリート打設に先立ち、セメントの水和熱に起因して発生するコンクリートの温度応力を有限要素法を用いて解析し、ひびわれ発生防止に関する温度規制の検討をおこなった。

また、堤体打設は工程上、最も早く打設できる10月開始を計画しているが、他時期についても解析を実施し、温度応力上、最も有利となる打設開始時期の検討及び各時期における解析結果の傾向を把握したので、その解析結果を紹介する。

### 2. 入力物性値

解析における入力物性値は以下のとおりとした。

#### (1)コンクリートの熱特性値

コンクリートの配合表を表-1に示す。

コンクリートの熱特性値は試験結果より表-2の値を用いた。なお、C種においてはA種からの推定値もしくはA種と同じ値を用いた。

##### 1) コンクリート断熱温度上昇式

試験結果より次式を用いた。なお、数値は打設温度20℃におけるものであり、打設温度の変化に伴い補正。

$$A種 \quad T = 19.073 \times [1 - e^{-0.816t}]$$

$$B種 \quad T = 14.675 \times [1 - e^{-1.042t}]$$

$$C種 \quad T = 23.068 \times [1 - e^{-0.941t}]$$

##### 2) コンクリートの表面熱伝達率

10kcal/m<sup>2</sup>h℃を用いた。(散水及び湛水養生を計画)

#### (2)コンクリートの力学特性値

##### 1) 圧縮強度

試験結果より、圧縮強度式は配合種毎に次のとおりとした。

なお、試験結果は供試体強度であるため、堤体コンクリートの強度として、他ダム実績より75%まで減じた値を採用した。

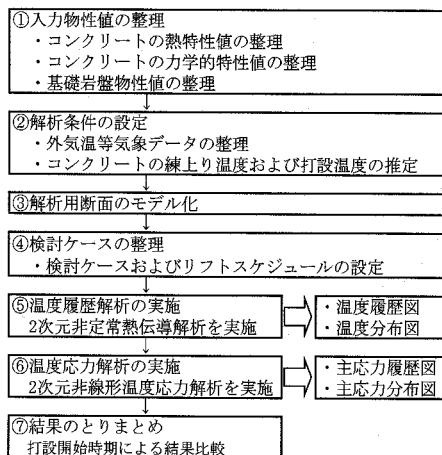


図-1 検討フロー

\*九州農政局西諸農業水利事業建設所 (Tel. 0984-25-1236)  
 \*\*㈱三祐コンサルタンツ (Tel. 052-201-8763)



表-1 コンクリート配合表

コンクリート種類	粗骨材の最大寸法	スランブ cm	空気量 %	細骨材率 s/a %	水セメント比 W/C %	単体量(kg/m <sup>3</sup> )						混和剤	
						水 W	セメント C+F	細骨材 s	粗骨材(mm)			AE減水剤 ホゾリス No. 8(1)	空気量調整剤 No. 202(1)
									G1 150-60	G2 60-20	G3 20-5		
A種	150	3±1	3±1	25	47.3	97	205	537	555	669	408	2.05	10.25
B種	150	3±1	3±1	28	68.0	102	150	612	542	654	399	1.50	5.25
C種	60	6±1	3.5±1	32	44.8	121	270	638	-	958	411	2.7	9.45

表-2 コンクリート熱特性値

項目	配合	外部 (A種)	内部 (B種)	構造用 (C種)
熱伝導率 (W/m°C)		1.844	1.838	1.844
熱拡散率 (m <sup>2</sup> /h)		0.00303	0.00300	0.00303
比熱 (J/kg°C)		887.4	900.0	887.4
熱膨張係数 (μ/°C)		6.33	6.63	6.33
単位セメント量(kgf/cm <sup>2</sup> )		205	150	270
ポアソン比 91日		0.2	0.2	0.2

※断熱温度上昇式値は打設温度20°Cの場合。

外部 (A種)  $f_c(t) = \frac{t}{30.014 + 0.670t} \times 38.7 \times 75\%$   
 内部 (B種)  $f_c(t) = \frac{t}{49.793 + 0.453t} \times 22.6 \times 75\%$   
 構造用 (C種)  $f_c(t) = \frac{t}{26.903 + 0.704t} \times 43.8 \times 75\%$

$f_c(t)$  : 材令t日のコンクリート圧縮強度 (N/mm<sup>2</sup>)

2) 有効弾性係数

試験結果より、有効弾性係数と圧縮強度との関係式を次のとおりとした。

材令 3日まで

$$\psi = 0.73 \rightarrow E_{ec}(t) = 0.73 \times 0.6 \times 10^4 \times \sqrt{f_c(t)}$$

材令 3日以降

$$\psi = 1.00 \rightarrow E_{ec}(t) = 1.00 \times 0.6 \times 10^4 \times \sqrt{f_c(t)}$$

$E_{ec}(t)$  : 材令t日のコンクリート有効弾性係数 (N/mm<sup>2</sup>)

3) 引張強度

試験結果より、引張強度と圧縮強度との関係式を次のとおりとした。

外部 (A種)  $f_t(t) = 0.09 \times f_c(t)$

内部 (B種)  $f_t(t) = 0.10 \times f_c(t)$

構造用 (C種)  $f_t(t) = 0.09 \times f_c(t)$

$f_t(t)$  : 材令t日のコンクリート引張強度 (N/mm<sup>2</sup>)

(3)基礎岩盤の解析用物性値

基礎岩盤の解析用物性値は事例や文献等を参考に表-3の値を用いることとした。なお、弾性係数は試験値を用いた。

表-3 基礎岩盤物性値

項目		摘要
熱伝導率 (W/mk) $\lambda_c$	3.45	1.7~5.2
熱拡散率 (m <sup>2</sup> /h) $h_2c$	0.00420	$h_2c = 0.0014 * \lambda_c$
比熱 (J/kgk) $C_c$	0.80	0.71~0.88
密度 (kg/m <sup>3</sup> ) $\rho$	2,650	2,600~2,700
熱膨張係数 (μ/°C)	10	
弾性係数 (N/mm <sup>2</sup> ) E	7,500	CH級岩盤
ポアソン比 91日	0.25	

### 3. 解析・境界条件の設定

#### (1) 気温、水温及びコンクリート打設温度

##### 1) 気温、水温データ

解析に用いる気温及び水温サインカーブ近似式は、ダム地点における実測データより図-2のとおり推定した。

##### 2) コンクリートの打設温度

コンクリートの練上り温度は、月平均気温・水温およびセメント温度より推定した。また、打設温度は7、8月については、打設までの温度上昇を考慮して練上り温度+2.0℃、その他の月については練上り温度と同じとした。配合種毎

の打設温度サインカーブ近似式を図-3に示す。

#### (2) 解析範囲及び境界条件

解析範囲；上下流方向及び深度方向にダム高(H≒57m)の範囲。

境界条件；解析に用いる断面は最大断面となる8BLを採用。

岩盤内温度は解析期間を通し深度10mで平均水温程度の13.9℃固定。

外気にさらされるコンクリートリフト表面・岩盤面は熱伝達境界。

応力解析においては境界の底部をXY方向固定、側部をX方向固定。

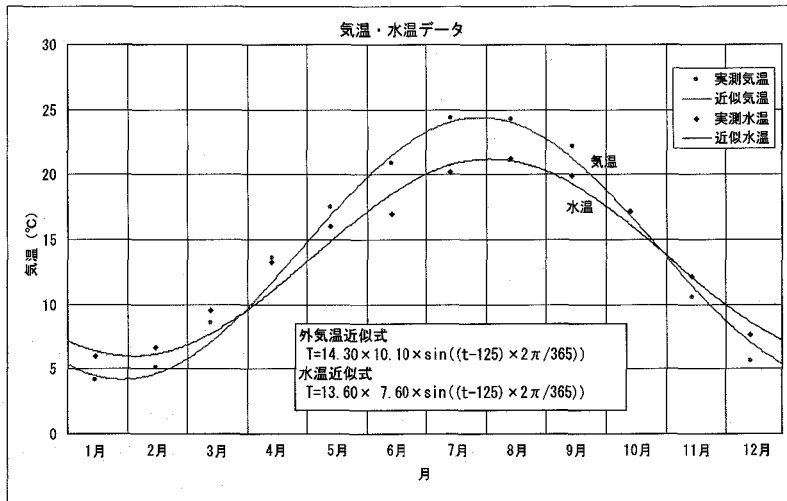


図-2 気温および水温

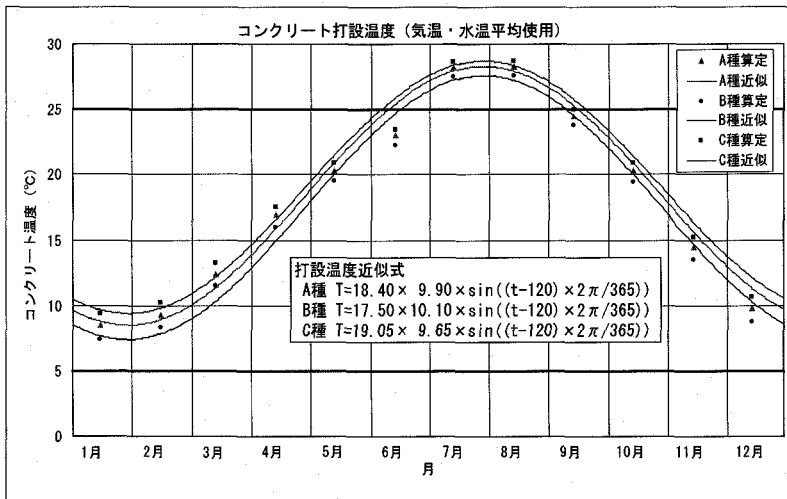


図-3 コンクリート打設温度

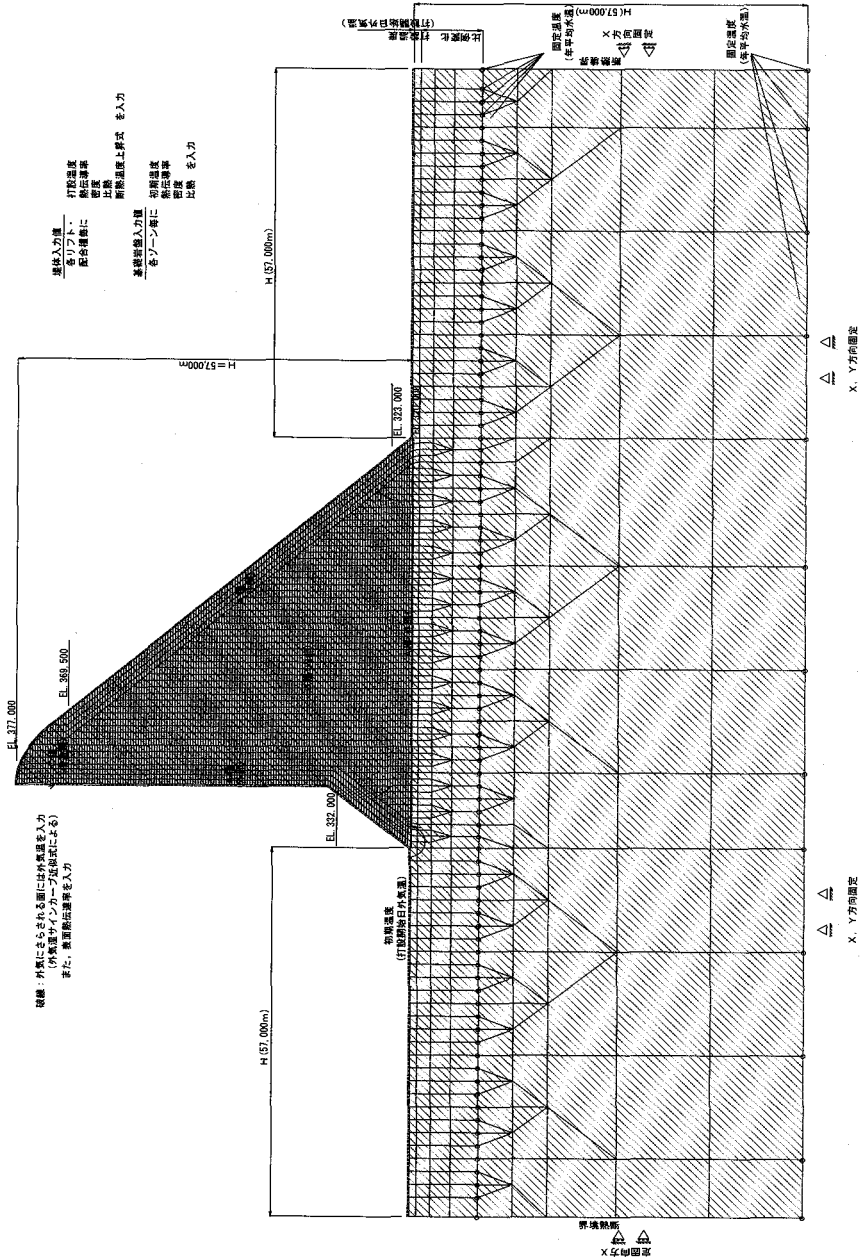


図-4 解析境界条件図

#### 4. 検討ケース

##### (1) 検討ケース

検討ケースは、計画の10月打設開始の他に、各季節を代表して表-4のとおりとした。

##### (2) リフトスケジュール

各打設開始時期毎（10月、1月、4月、7月）にリフトスケジュールをシュミレーションし、検

表-4 検討ケース

ケース	打設開始時期
1	10月
2	1月
3	4月
4	7月

討した。(図-5に10月打設のリフトスケジュールを示す。)



## 5. 解析結果による検討

### (1) 解析結果の整理

FEM解析の結果として、温度変化及び温度応力の状況を次の図に整理した。

- ・ 温度履歴解析結果：温度履歴図、温度分布図
- ・ 温度応力解析結果：主応力履歴図、主応力分布図

### (2) 温度応力解析結果の評価方法

評価方法は、ひび割れ指数を用いることとした。(図-6参照)

本ダムの許容ひび割れ指数は、コンクリート標準示方書を参考に、ひび割れが発生した際の危険度、補修の難易度から次のとおり設定した。

- ・ 堤体内部：1.5「ひび割れを防止したい場合を適用」

内部にひび割れが生じた場合の危険度および補修等が困難なことより 1.5とした。

- ・ 上下流表面：1.2「ひび割れの発生をできるだけ制限したい場合を適用」

- ・ リフト表層：1.2「 $\quad \quad \quad$ 」

上下流表面及び表層は、堤体内部ほどの評価までは必要ないこと、補修が可能であることより1.2とした。

※コンクリート標準示方書は、平成 8年度版を用いている。

なお、ひび割れ指数の算定方法は次のとおり。

$$\text{ひび割れ指数 } I_{cr}(t) = ft(t) / \sigma t(t)$$

ここで、 $ft(t)$ ；引張強度  
 $\sigma t(t)$ ；温度応力

### (3) 温度応力解析結果

解析結果の評価は、上流・中央・下流毎に発生した応力の最大値を求め、その最大となったリフトに対する引張強度との比をもってひび割れ指数を算定した。その結果を表-5にまとめた。

堤体内部は全ケースにおいてひび割れ指数1.5を満足しているが、堤体表面では10月打設開始となるCASE1以外は、局所的（CASE2はフィレット取付部、CASE3、4は1リフト上下流端）であるがひび割れ指数1.2を下回った。この要因としては、夏期打設による温度差の影響と、CASE2については形状変化点が、CASE3、4については岩着部上下流端が重なったためと考えられる。

よって、全体的にはすべて許容値を満足するCASE1が有利と判断した。

また、ダム全体で発生応力が最大となるのは、レア長が最も長い最大断面となると予想されることから、最大断面の発生応力を抑制することを優先し、本ダムの打設開始時期は工程計画及び解析結果から、当初計画のとおりに10月とすることを再確認した。

表-5 各ケースひび割れ指数

ケース	位置	リフト	温度応力 $\sigma t$ N/mm <sup>2</sup>	引張強度 $ft$ N/mm <sup>2</sup>	ひび割れ 指数 $ft/\sigma t$	ひび割れ 発生確率 %	
CASE1 10月開始	内	上流側	26	2.081	3.501	1.68 > 1.5	0.94
		中央	1	1.934	3.670	1.90 > 1.5	0.02
		下流側	21	2.212	3.451	1.56 > 1.5	2.80
	表面	上流側	29	2.777	3.441	1.24 > 1.2	20.60
		下流側	31	2.688	3.407	1.27 > 1.2	17.30
CASE2 1月開始	内	上流側	18	1.868	3.428	1.83 > 1.5	0.36
		中央	50	1.164	-	-	-
	部	下流側	21	1.935	3.384	1.75 > 1.5	0.65
		表面	上流側	16	3.345	3.415	1.02 < 1.2
表面	下流側	16	2.463	3.400	1.38 > 1.2	8.50	
CASE3 4月開始	内	上流側	5	1.685	3.439	2.04 > 1.5	0.00
		中央	-	-	-	-	-
	部	下流側	5	1.772	3.438	1.94 > 1.5	0.01
		表面	上流側	1	3.189	3.480	1.09 < 1.2
表面	下流側	1	3.204	3.480	1.09 < 1.2	37.80	
CASE4 7月開始	内	上流側	1	2.015	3.709	1.84 > 1.5	0.31
		中央	-	-	-	-	-
	部	下流側	38	2.088	3.446	1.65 > 1.5	1.15
		表面	上流側	1	3.463	3.308	0.96 < 1.2
表面	下流側	1	3.517	3.308	0.94 < 1.2	58.60	

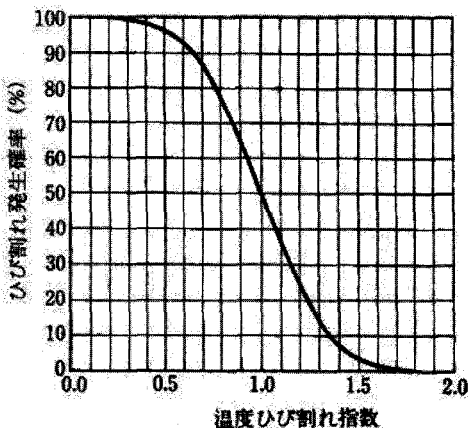


図-6 温度ひび割れ指数と温度ひび割れ発生確率

なお、他時期打設開始となる他ブロックでも、同様の箇所にひび割れの懸念があることから、その箇所については施工および養生に留意するとともに、ひび割れが発生した場合に速やかに補修できるように体制を整えておく必要がある。その箇所を図-8の丸印に示す。(図-9参照) 懸念され

る時期はいずれも外気温が低下する12月～3月頃である。

採用するCASE1 (10月打設開始) の解析結果図として、図-10に温度履歴図、図-11に主応力履歴図、図-12に温度分布図および主応力分布図を示す。

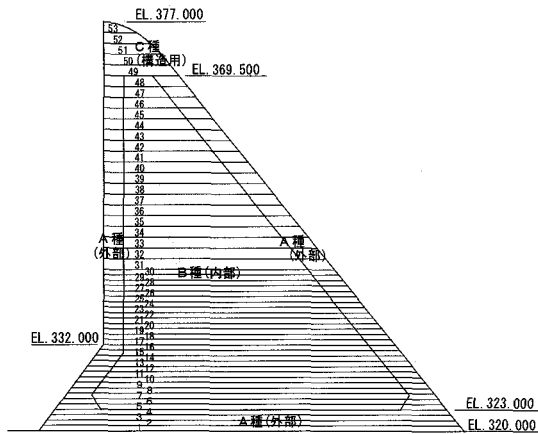
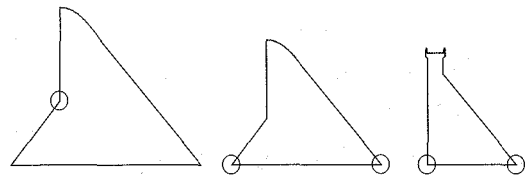


図-7 リフト割図



B5, 10  
B4, 11  
B3, 12  
[B5, B10]…1月付近打設開始：CASE2より  
[B4, B11]…4月付近打設開始：CASE3より  
[B3, B12]…7月付近打設開始：CASE4より

図-8 他ブロックのひび割れ懸念箇所

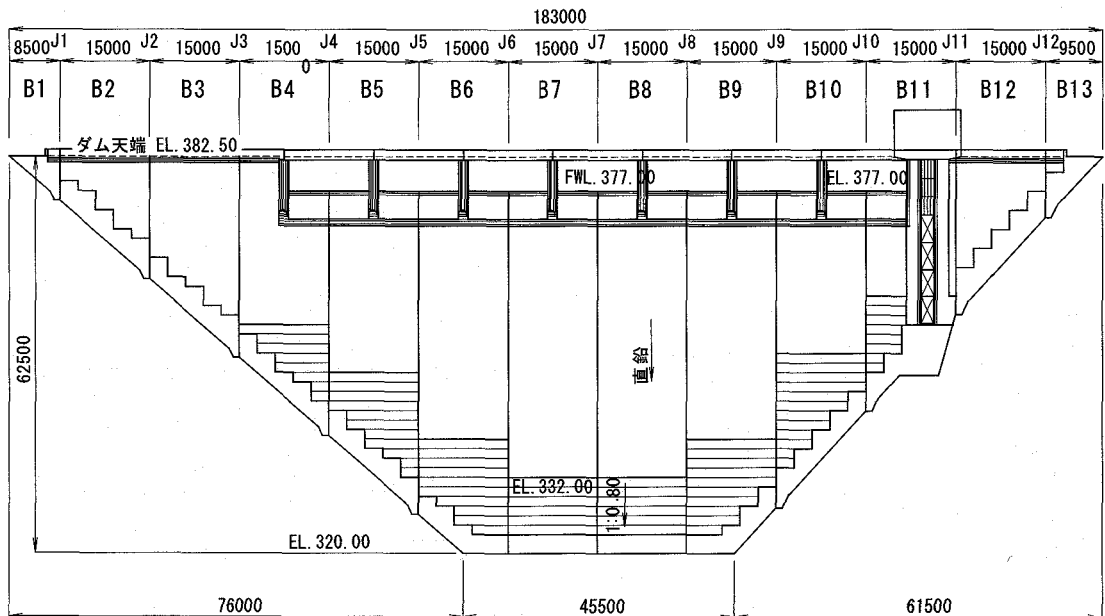


図-9 上流面図

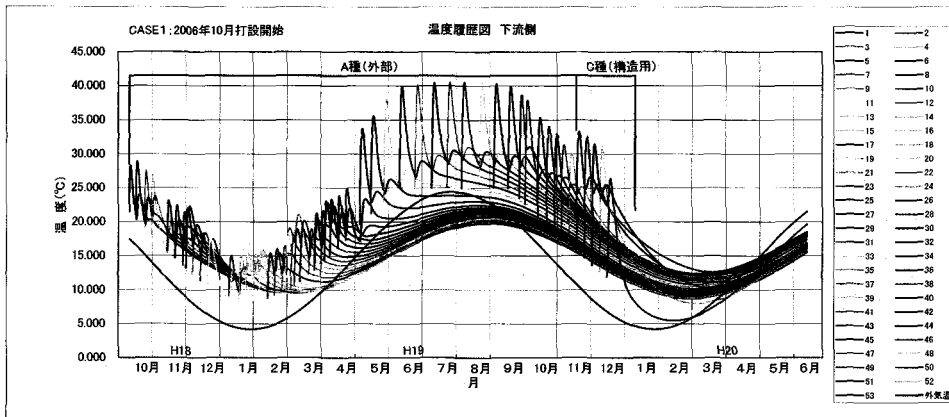
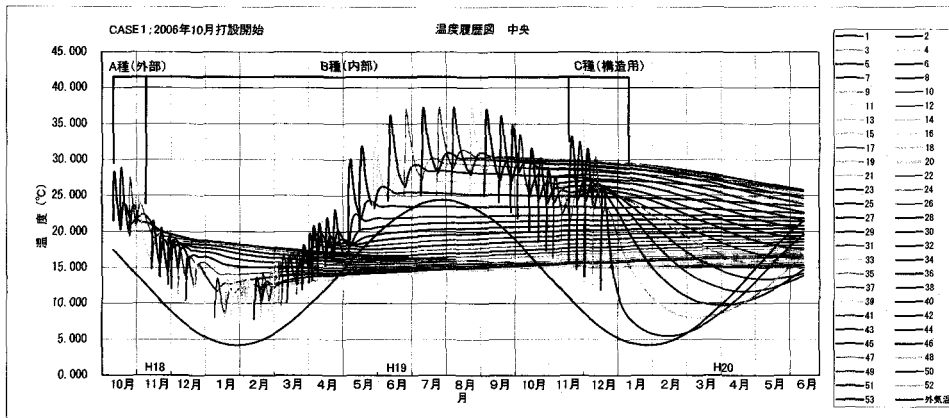
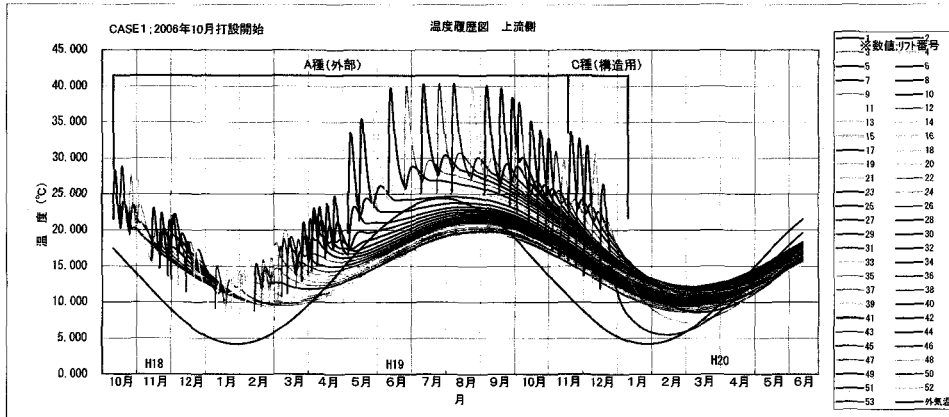
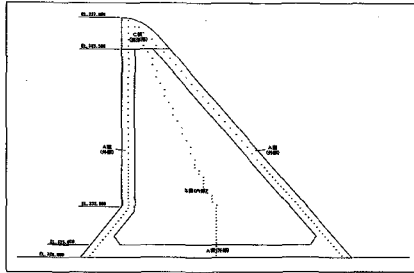


図-10 温度履歴図 (CASE1 10月打設開始)

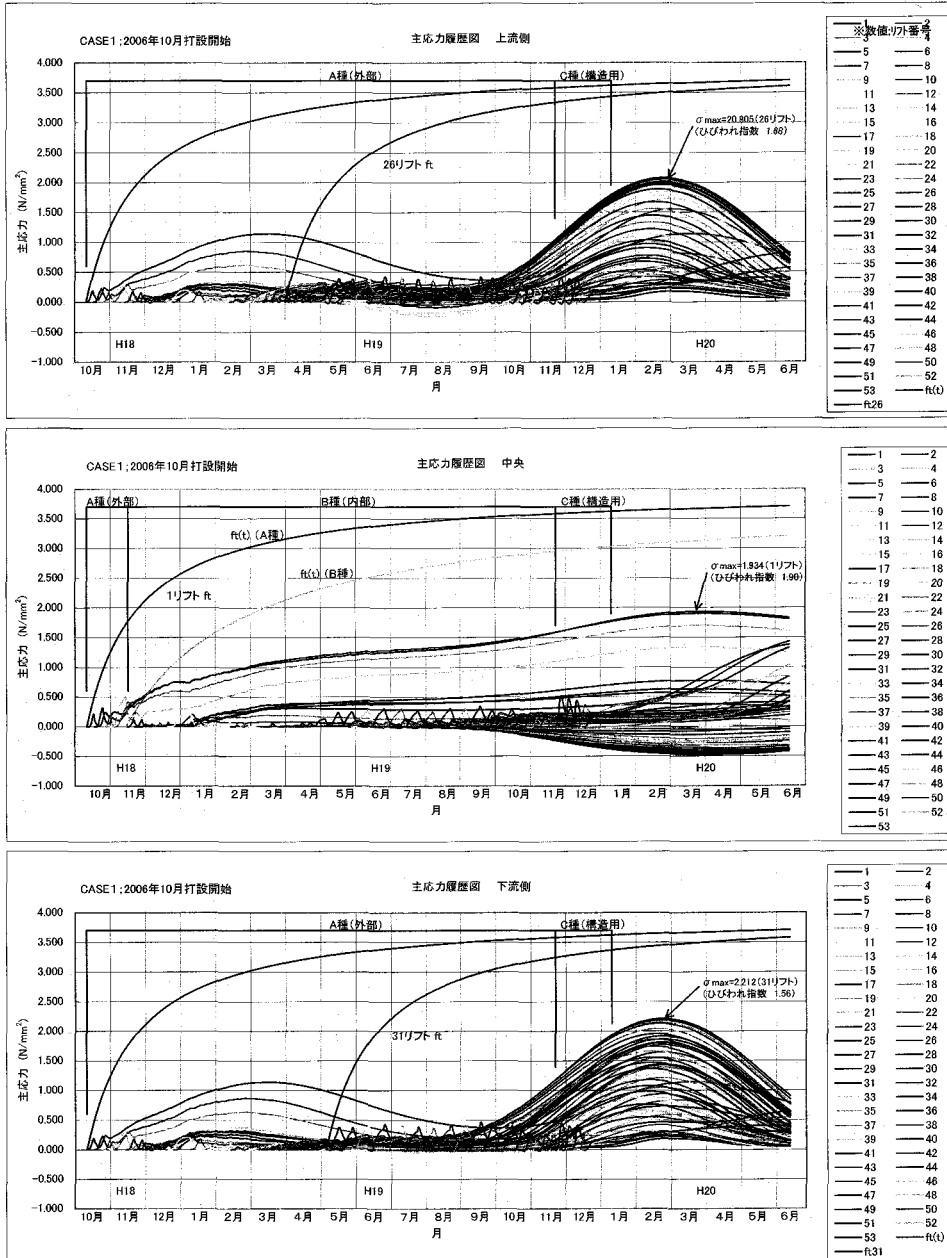
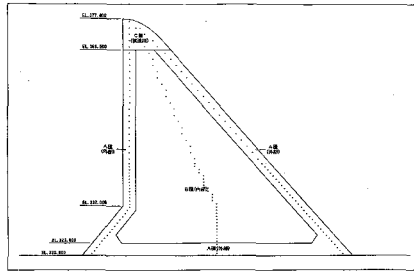
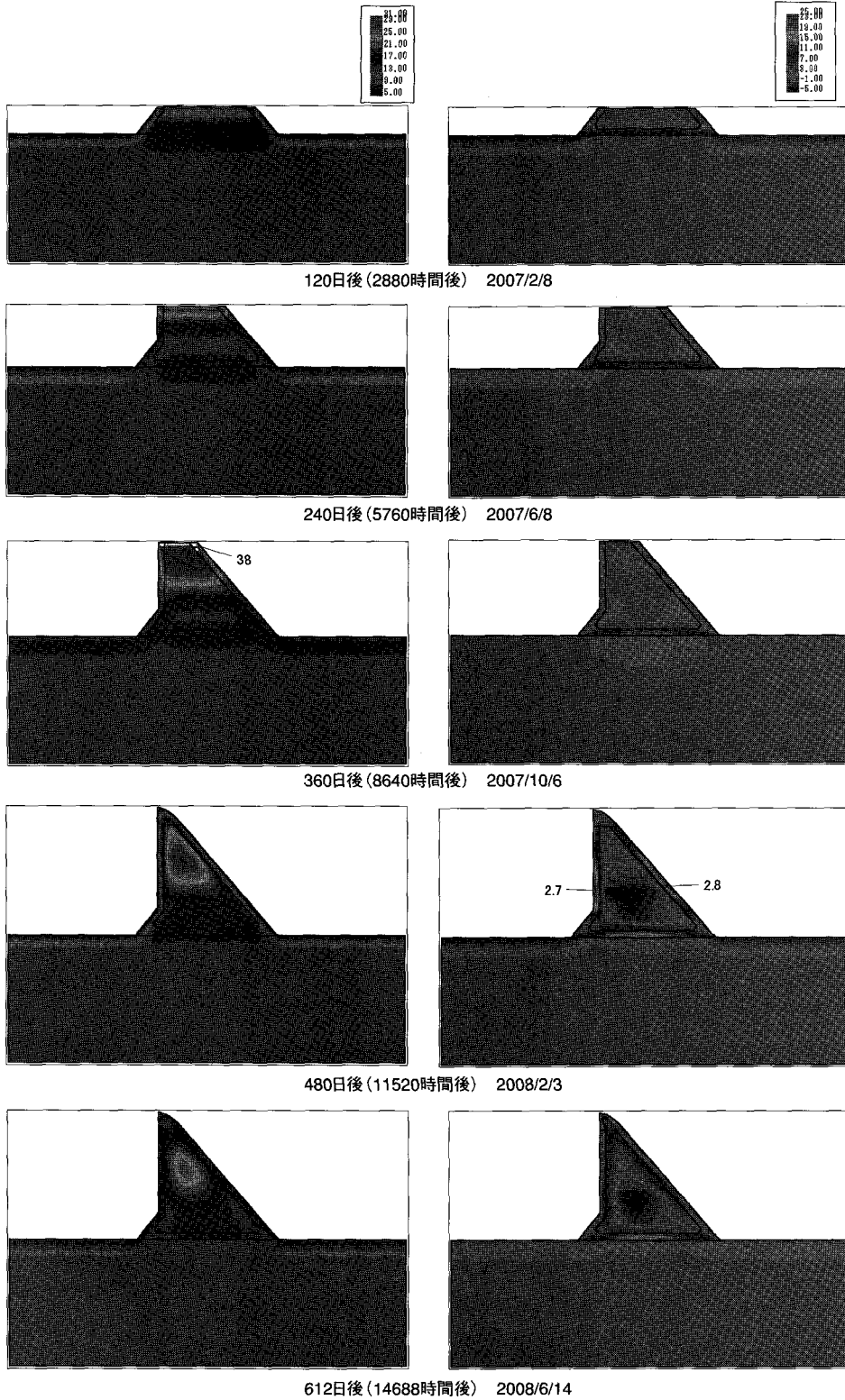


図-11 主応力履歴図 (CASE1 10月打設開始)





温度分布図

主応力分布図

図-12 温度分布図および主応力分布図 (CASE1 10月打設開始)

## 6. まとめ

解析結果より浜ノ瀬ダム堤体打設開始時期は10月と計画する。打設計画については、打設温度は暑中コンクリートの制限より25℃程度を上限とし、25℃を超える場合にはブレーキングを行う。ブレーキングは混練り水の冷却を主とし、不足分を粗骨材冷却（骨材貯蔵ビンへの遮光ネット設置および散水）により対応する。また、夏期においては夜間打設を計画しているところである。

なお、今回、温度応力解析の結果、10月打設開

始が有利となったが、今回の解析における外気温は日平均を用いており、日気温較差を反映していない。ダム全体ではなくリフトレベルとして考えた場合には、外気温が降下し、かつ日気温較差が大きい秋口打設において、内部拘束によるひび割れに対して厳しくなることが考えられる。従って、秋口においても入念な施工を行うことに留意し、前述した箇所や、秋口打設にかかわらず、施工管理を十分に行い、万が一ひび割れが生じた場合には、直ちに原因を判定し、かつ補修できるように計画する方針である。

# 高含水比盛土材を用いたため池の盛土施工について

—磯部金浦池の施工事例—

加 藤 浩 司\*  
(Kouji KATOU)

## 目 次

1. はじめに.....	39	6. セメント系固化材による改良.....	41
2. 事業概要.....	39	7. セメント改良材についての室内試験.....	42
3. コア用土.....	40	8. 盛立施工.....	43
4. 試験盛土の結果（H15年5月22日時点）.....	41	9. おわりに.....	44
5. コア用土の含水比を低下させるための取り組み.....	41		

### 1. はじめに

兵庫県には、全国一多い約4万4千のため池が存在する。

しかし、そのほとんどは瀬戸内海に面した播磨地域、阪神地域、淡路地域に存在し、逆に日本海側の但馬地域は降雨日数が比較的多く、農業用水

の約9割が河川取水によるものである。

磯部金浦池は、県内でもため池の少ない但馬地域の新設ため池であり、図-1に示すとおり、京都府に接する朝来郡山東町に築造された。

本ため池は、農業用水の確保だけでなく、うるおいやすらぎの空間の創出も担っており、交流の拠点として期待されている。

築堤用土は、計画堤体右岸に近接した山から遮水性の高いコア用土を得ることができたが、自然含水比が高く、設計当初から課題であった。

本報告では、限られた施工ヤードと工期の中、コスト削減を意識し、この高含水比盛土材を使用したため池の盛土施工事例を紹介する。

### 2. 事業概要

#### (1)地区全体の概要

事業名 中山間地域総合整備事業（広域連携型）

地区名 南但馬ハッピー地区

事業主体 兵庫県

施工場所 養父市、朝来郡和田山町、山東町

総事業費 32億円

南但馬ハッピー地区は、南但馬の玄関口として、1市2町が連携し農村都市交流拠点を形成することを目的として平成8年度から平成16年度の計画で実施しているものである。

その内容として、ほ場整備やかんがい排水、農道整備等の農業生産基盤整備と各種農業環境整備を総合的に実施するものである。



図-1 位置図

\*兵庫県但馬県民局和田山土地改良事務所  
(Tel. 079-672-6898)

磯部地区は分水嶺付近に位置しているため、干ばつ時には度々水不足が生じてきた。

中山間地域における基盤整備の一工種として、地域の水不足を解消し、農業用水の安定供給を目的にため池を築造することとなった。

(2)磯部金浦池の概要

施工場所 朝来郡山東町金浦、塩田

事業費 約13億5千万円

工事期間 平成13年度～16年度

諸元

堤高	14.5m
堤長	92.7m
総貯水量	105千m <sup>3</sup>
有効貯水量	90千m <sup>3</sup>
堤体積	48千m <sup>3</sup>
コア	25千m <sup>3</sup>
ランダム	23千m <sup>3</sup>
利用水深	8.2m

集水面積	0.73km <sup>2</sup> m
受益面積	56ha
設計洪水量	11.0m <sup>3</sup> /s
最大取水量	0.172m <sup>3</sup> /s
型式	傾斜コア型アースフィルダム (ブランケット止水)

3. コア用土

土取場は、堤軸右岸に隣接した小高い山である。土取場の層序は、下位より基盤岩、基底レキ層、スコリア凝灰岩、旧崖錘堆積物となっている。

コア用土は、主に旧崖錘堆積物を使用した。

設計計画時のボーリング調査とコーン貫入試験結果では、用土の自然含水比は40～50%と高いが、施工性はなんとか得られる状態であった。

また、この用土の自然含水比は最適含水比に対し10%程度高いものであったが、D値は95%となる範囲内であった。

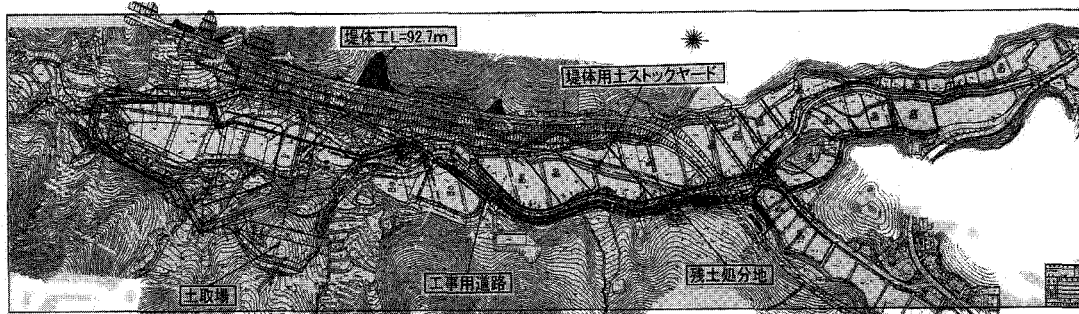


図-2 磯部金浦池 計画平面図

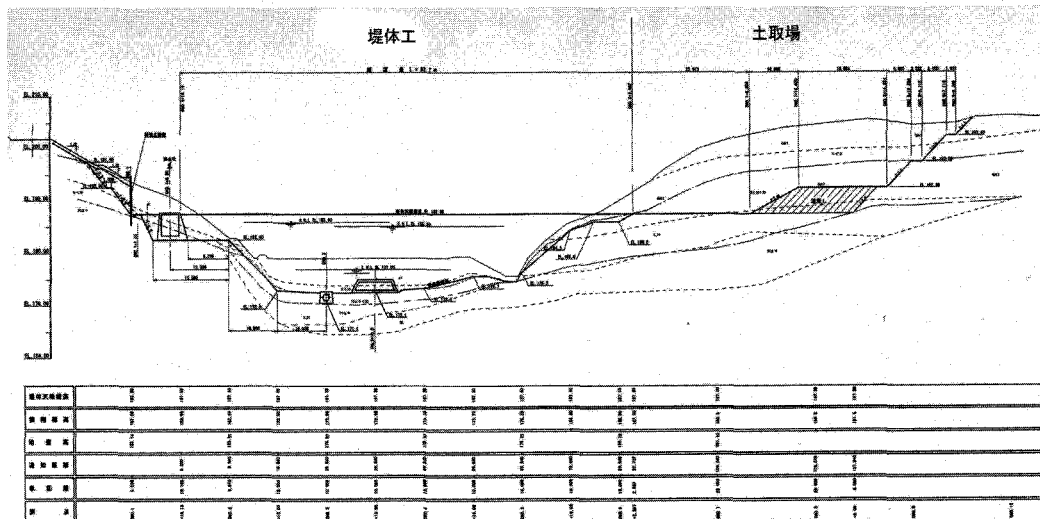


図-3 磯部金浦池ため池軸縦断面図

用土の物性は、細粒分（0.074mm以下）含有率約50%であり、遮水性については、ため池用土として十分なものであった。

したがって、施工段階では、現場での材料の使用可否の判定目安を得るため、施工時の伐採、表土剥ぎ完了後に重機掘削によるサンプリングを行い、用土の物性について再確認することとした。

その結果、締め固め密度をD値95%で管理する場合、透水係数を $1 \times 10^{-5}$ 以下とするためには、土取場の旧崖錘堆積物の用土が、レキ（径475mm以上）含有率の20%以内であることが必要であった。

また、調査試料は、すべて自然含水比がD値95%の湿潤側含水比前後の値を示していた。

#### 4. 試験盛土の結果（H15年5月22日時点）

施工機種及び転圧仕様の決定をするため、ストックヤードで試験盛土を実施した。

タイヤローラは滑って施工できず、振動ローラによる試験となった。

その結果、D値87%（<95%）となり、十分な締め固め密度は得ることが出来なかった。

また、その時の含水比は次のとおりであった。

土取場自然含水比	40.0%
ストックヤード自然含水比	35.0%
最適含水比	25.5%

盛り立て材料は十分曝気をして含水比を下げ使用しなければ、安定して必要な締め固め密度を得ることができないという結果となった。

※ここでいう曝気とは、空気ふれさせ乾かすことを意味している。

#### 5. コア用土の含水比を低下させるための取り組み

本地区は、基岩であるハンレイ岩を、夜久野高原にある宝山という火山起源のスコリア凝灰岩層が厚く覆っているのが特筆すべき特徴となっている。

スコリア凝灰岩は、褐色の軽石のようなもので含水比がとても高い物性を示している。

つまり、地山状態では常に湿潤な状態を保持しており、ストックヤードでの曝気が必要となる。

また、この池は新設のため池であるため、N値10以上の地耐力のある基礎地盤が出るまで掘削が必要であった。その掘削土は、堤体下流の農地に残土処分し、ほ場の再整備に利用することとなった。

さらに、その農地を使い、コア用土の曝気用のストックヤードとする計画とした。

以下に曝気する方法とその結果について示す。

まず、ストックヤードの基礎として、厚さ30cmで栗石を敷き均した。

これは上に置く土からの水分を排水する目的で敷き均したものであった。

ストックした用土は放っておくと一日にして表面がひびわれるほど乾くが、全体量から見れば、表層部だけで思うほど効果はなく、厚さ2m程度の仮置きをしたため、上層部まで均一に水分を排水するには至らなかった。

また、晴天時にはバックホウによりストックした用土の攪拌作業を行なった。

この方法は、天候のよい日に、厚さ30cm～50cm程度に薄く広げることができれば、確実に安価に用土の含水比調整ができる方法である。

そのためには、長期にわたって含水比調整しておかなければならず、広大なヤードが必要となる。

自然の材料を用い盛り立てするため、現場において努力したが、細い谷地形の中、ストックヤードが十分にとれず、平成15年度のこの地域は、盛り立て前の6月、7月は特に雨が多く、3分の2以上が雨の日であったため、結果として天候に大きく左右され、施工含水比に対し5%程度高含水比側までしか含水比を低下することができず、含水量調節は失敗に終わった。

#### 6. セメント系固化材による改良

この地区内で発生する土が、スコリア凝灰岩層の影響を強く受け、総体的に含水比が高いことは前述したとおりである。

したがって、地区内の材料だけでは用土の含水比を下げることはできなかった。

また、約5万 $m^3$ というまとまった量の品質を確保しなければならないという課題もあり、盛土工程に合わせて一定の品質を確実に確保しながら用土を準備する方法としてセメント系固化材による改良を選択した。

この方法は、最も早くかつ均質な材料を確保することができる方法である。

しかし、セメント改良土は、ひずみ破壊に弱く、その破壊された部分が水みちとなりパイピングを誘発させる要因となる可能性があると言われてお

り、その施工事例は極めて少ない。

工期を延ばしコストをかけ用土を作り出すか、また、コスト縮減を図り早期に工事完了させるためセメント改良するか。

どちらかを選択しなければならなかった。

そこで、セメント改良材について、室内試験を実施し、その使用についての検討をした。

## 7. セメント改良材についての室内試験

### (1) 試験概要

実際に使用するストックした用土とセメント系固化材で、図-4に示すような供試体を作成し一軸圧縮試験を行い、もとの土質と比較することにより、セメント混合比の上限を決定することにした。

セメントを混合すれば、改良土は固化していくが、固化をある程度進行させた（これを一次養生という）後に、もう一度切り崩し締め固める。

この作業により、セメント改良材特有のひずみ破壊の影響をおさえることができると考えた。

### (2) 物性値

表-1 物理試験結果一覧表

材 料	セメント 添加量 (%)	土粒子 の密度 $\rho_s$ ( $g/cm^3$ )	含水比 $W$ (%)	粒 度 組 成				コンシステンシー 塑性指数 $I_p$
				細分 $W_6$ (%)	砂分 $S$ (%)	シルト分 $M$ (%)	粘土分 $C$ (%)	
土取場材 (単独材)	0%	2.820	44.3	11.2	32.1	17.4	39.3	30.4
土取場材 (セメント混合材)	3%	2.846	42.8	7.7	38.0	21.1	33.2	28.7
	5%	2.855	41.6	19.5	41.0	20.8	18.7	26.5
	7%	2.873	40.6	7.7	48.4	25.8	18.1	24.4

・含水比とセメント添加量の関係からセメント1%当り約0.5%の含水比の低下傾向があることがわかった。

・塑性指数 (IP) は、セメント添加量の増加に伴い、徐々に小さくなる傾向を示しているが、いずれにおいても遮水性材料のクラックに対する目安値とされる  $I_p \geq 15$  は満足する。

### (3) 締め固め特性

表-2 締め固め試験結果

材 料	セメント 添加量 (%)	最大乾燥密度 $\rho_{dmax}$ ( $t/m^3$ )	最適含水比 $W_{opt}$ (%)	自然含水比 $W_n$ (%)	$W_n - W_{opt}$ (%)	コーン指数 $q_c$ ※ ( $kN/m^2$ )
土取場材 (単独材)	0%	1.290	37.0	44.3	+ 7.3	157
土取場材 (セメント混合材)	3%	1.280	37.0	42.8	+ 5.8	549
	5%	1.275	36.5	41.6	+ 5.1	941
	7%	1.270	36.0	40.6	+ 4.6	重入不能 (1500程度以上)

※ コーン指数は、自然含水比の状態の値を示す。

・普通ブルドーザーの走行性の目安とされるコーン指数 ( $q_c$ ) = 700kN/m<sup>2</sup> は、4%程度のセメント添加量で確保できる。

### (4) 一軸圧縮試験

・1次養生の期間を長くすることで、その後の一軸圧縮強度の増加割合および破壊ひずみの減少割合が小さくなる傾向が見られた。(図-5, 6参照)

・一軸圧縮試験後の供試体状況写真から、セメント添加量にかかわらず脆性破壊に至っている破壊形状は観察できなかった。(写真-1, 2参照)

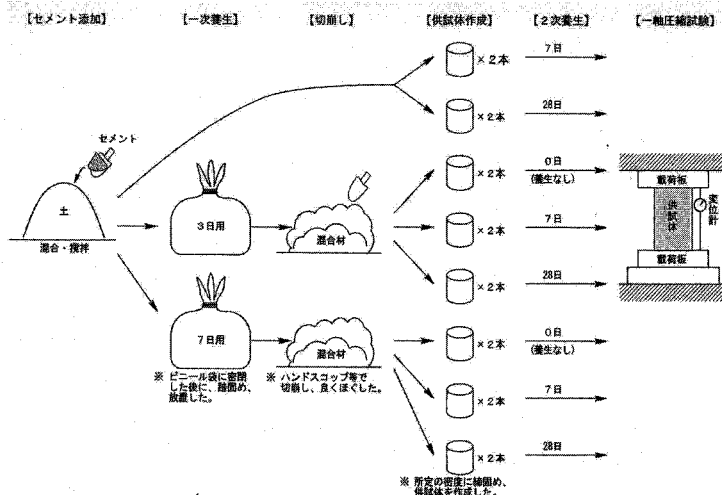


図-4 一軸圧縮試験のフロー

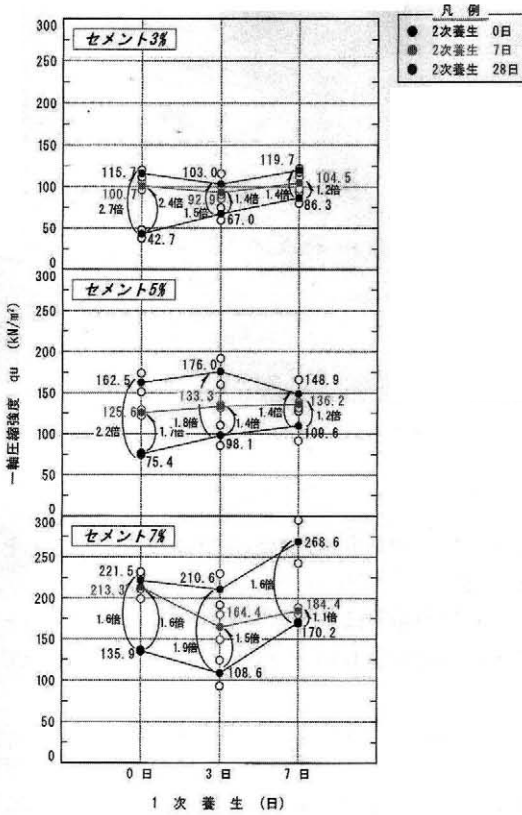


図-5 1次養生による一軸圧縮強度の増加傾向

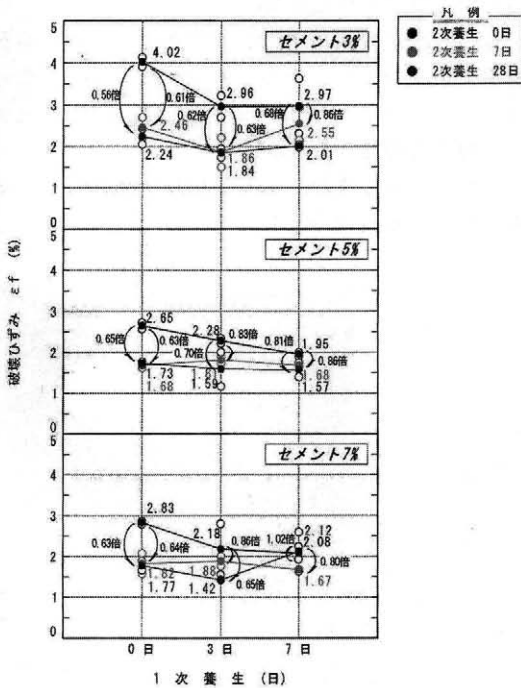


図-6 1次養生による破壊ひずみの減少傾向



写真-1 一軸圧縮試験後供試体状況写真 単独材



写真-2 一軸圧縮試験後供試体状況写真 セメント添加量 3%材

- (5)本工事における土取場材のセメント改良仕様  
以上の試験から工事仕様を次のように定めた。
- セメント添加量：目標値3%以内  
                  最大値5%以内
  - 1次養生日数：目標値7日以上  
                  最低値3日程度

## 8. 盛立施工

当現場では、極力自然曝気することとしたが、併せて図-7のフローのとおり施工実施した。

この池は管理用道路の線形との関係もあり、堤体を盛り立てた後、安定性をより確実なものとするために背後地には大きな押さえ盛土を実施した。

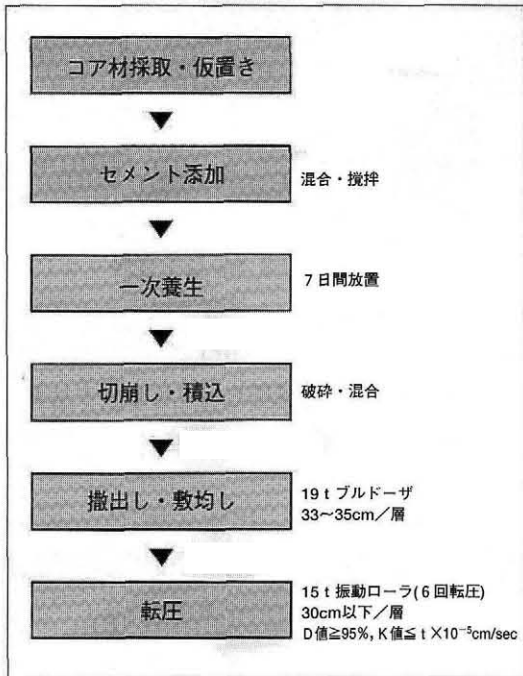


図-7 施工フロー図



写真-3 磯部金浦池 (H16. 4月時点)

## 9. おわりに

磯部金浦池の堤体盛土は、天候にも左右されながらも平成15年7月から11月にかけて行ない完了した。

平成16年2月から試験的に貯水開始し、予定通り5月には碧水を湛えたため池がその姿を現した。(写真-3参照)

平成16年度には周辺の環境整備を行い、事業完了する予定である。

この、水が地域の資源として末永く大切に活用されることを切に願うものである。

最後に私的見解を述べて報文を締めくくるとしてみたい。

ため池の施工は、つきつめれば必要な量が溜まり、かつ安全なものができるれば成功といえるのではないかと。

ため池は、やはり自然状態の土を使う方がよいに決まっている。今回のケースでは大量の掘削残土が発生し、また、新設のため池であったため、盛土量も少なくなかった。そこで、そのほとんどが含水比の高いものであったが、現地発生材を極力活用することを考えた。

戦国時代、合戦に同行した医者はその場にあるもので薬をつくり、その効果を最大限発揮したものだということ。そういった行為は、プロの成せる大切な技術力であると思う。

今回の試みもまた、工期や予算条件、また地域条件の中で最良の方法を探すといった点で類似していた。

この施工事例は、わずかながらでも必ず技術の発展につながるものであると信じている。



# 強化プラスチック複合管の管路における曲部施工について

—強化プラスチック複合管同質曲管使用の検討—

透 殿 洋 伸\* 阪 部 正 志\* 坂 隼 人\*\*  
 (Hironobu TOGEDONO) (Masashi SAKABE) (Hayato BAN)

## 目 次

1. はじめに.....	45	4. 同質曲管採用箇所を選定.....	47
2. 同質曲管の規格・特徴.....	45	5. 施工.....	50
3. 工事概要.....	46	6. 総括.....	51

### 1. はじめに

従来、口径1500mm以上の強化プラスチック複合管（以下、「FRPM管」という。）の管路における曲部施工は鋼製曲管及びテーパ付鋼製直管等の鋼製異形管を使用していた。しかし今回、FRPM管協会規格のFRPM管同質曲管（以下、「同質曲管」という。）の適用最大呼び径がφ1500mm（平成7年7月制定）からφ3000mm（平成15年6月改正）に拡大された。平成15年度に実施した新矢作川用水地区平坂幹線水路田貫工区その1工事についても、数箇所の曲部施工が存在するため、同質曲管使用の検討を行ったところ、使用が可能かつ経済的となる箇所が1箇所存在したため、同質曲管を採用し施工を行った。

本文では、はじめに同質曲管の規格・特徴に触れた後、本工事での同質曲管の検討から施工に至るまでの経緯を報告する。

### 2. 同質曲管の規格・特徴

同質曲管は、強化プラスチック複合管協会規格「FRPM K-112-2003」により規定されている。定義は、「強化プラスチック複合管の原管を切断加工し製作された管」である。切断加工とは、切断したFRPM管を用いて所用の曲げ角度を有するように接着・積層することであり、呼び径に応じて積層部の仕様が決定されている（表-1参照）。

表-1 積層の仕様

呼び径	積層仕様	積層部幅 (mm)
200~500	M+3(C+M)	150
600~900	M+5(C+M)	200
1000~1500	M+7(C+M)	250
1650~2200	M+11(C+M)	350
2400~3000	M+14(C+M)	480

M：#450ガラスマット、C：#320ガラスクロス

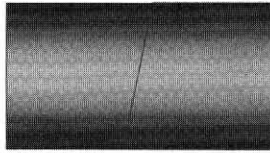
切断加工は、原管を任意の角度で切断し（図-1参照）一方の切断管を反転させ接着する（図-2参照）。そして樹脂を含浸させたガラスマットとガラスクロスを交互に巻きつける（図-3参照）という作業を行っている。図-3中にあるM+n(C+M)という式は、Mがガラスマット、Cがガラスクロスの意味であり、口径によりnの値が決められている。つまり、ガラスマットをn+1層、ガラスクロスをn層巻き付けるという事である。

曲管の角度については任意角度で製作が可能であるが、角度と積層箇所数の関係は決められている（表-2参照）。

また、切断加工を行うことにより、積層部の健全性の評価を行うものとした。評価方法は、タッ

\*東海農政局新矢作川用水農業水利事業所 (Tel. 0563-53-0212)  
 \*\*東海農政局整備部設計課 (Tel. 052-223-4634)

切断加工概念図



原管

図-1

任意の角度で切断

切断加工概念図

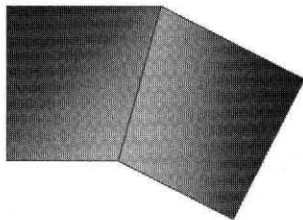


図-2

接着

切断加工概念図

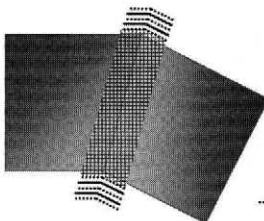


図-3

積層  
M+n(C+M)

..... M: #450ガラスマット  
— C: #320ガラスクロス

表-2 曲管の角度と積層箇所数

曲管の角度	積層箇所数(折れ数)
$0^\circ < \theta \leq 30^\circ$	1
$30^\circ < \theta \leq 60^\circ$	2
$60^\circ < \theta \leq 90^\circ$	3

ピング式剥離検出試験である。タッピング式剥離検知器(写真-1参照)を用い、積層部に打撃を加えて内部の状況を検査するもので、打撃部に組み込まれたセンサの信号振幅及び測定対象物との

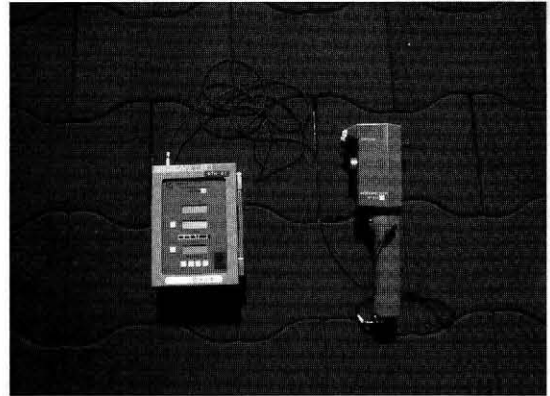


写真-1 タッピング式剥離検知器

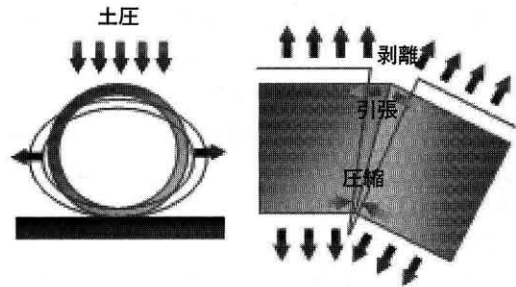


図-4

接触時間の変化を調べて剥離を検知する。接触時間は最大0.5ms以下でなくてはならない。

同質曲管使用で最も特徴的であるのは、コンクリート製ブロックによる防護工を併用することを原則としている事である。これは、FRPM管はとう性管であるため、同質曲管が上部からの土圧を受けると、曲がり部内側では圧縮方向へたわみ、外側では引張方向へたわむ(図-4参照)。この引張方向へのたわみにより積層部が剥離する恐れがあるため、コンクリートを巻き立てることにより積層部を不とう性とし引張方向へのたわみを抑制するのが主な理由である。

### 3. 工事概要

同質曲管使用の検討を行う新矢作川用水地区平坂幹線水路田貫工区その1工事の概要を以下に示す。

平成15年度新矢作川用水地区平坂幹線水路田貫工区その1工事

施工延長：481. 227m

施工始点：STA. 19+88. 256

施工終点：STA. 24+67. 997

内 訳：管水路工FRPM管5種

φ2000mm

鋼管 t=8, 10, 12, 19mm

φ2000mm

L = 464. 8644m

チェック工 1箇所

分土工 2箇所

通気工 2箇所

その他 1式

#### 4. 同質曲管採用箇所の選定

##### (1)設計・製作条件による検討

本工事において、鋼製曲管及びテーパー付鋼製直管を用いて曲部施工を行う箇所が7箇所存在する。その中で同質曲管を使用することが可能な箇所の選定を行った。

まず、設計条件での検討を行った。同質曲管の適用範囲は、最大設計内圧0.5MPa以下であるが、本工事における管路は0.03MPaとなり、条件をクリアした。

次に、製作条件での検討を行った（表-3参照）。曲部施工箇所7箇所の内、3箇所についてはT字曲管等を使用している。これらは、現在のところ同質曲管の製作が不可能であるため検討対象外とし

た。よって使用可能箇所はSTA.22+35.500、NIP.15-2、NIP.15-3、NIP.16の4箇所となった。

##### (2)経済性による検討

同質曲管を用いることで、上下流の管割にも変更が生じるため、それを加味した経済性の検討が必要である。よって、同質曲管の使用で管割に影響が及ぶ区間を検討区間とし、鋼製曲管及びテーパー付鋼製直管を採用した場合と同質曲管を採用した場合との経済比較を行った。

##### 1) 検討区間の決定

今回の工事区間において、同質曲管の使用により管割に影響が及ぶのは、分土工や通気工といった施設までである。こういった施設にはT字管のような鋼製異形管を用いるより他無いため、異形管より前方（後方）には影響が及ばないことになる。これらを考慮して各曲部における検討区間を決定し（表-4参照）、それぞれの区間をCase1、Case2、Case3と命名した。

##### 2) Case1の検討

##### ・管割（図-5参照）

テーパー付T字管と可撓管との間に曲部が存在するケース（2つの異形管の間に曲部が存在し、かつその区間が短い）である。①はテーパー付鋼製直管使用時、②は同質曲管使用時の管割である。①は区間全線において鋼管施工であり、接合はすべて溶接である。②は同質曲管を用いたことにより上流側2本も

表-3 同質曲管使用可能箇所の選定

測 点	当初設計使用管材	合 成 角	検討の必要性	備 考
IP. 14	両FRPM受口付T字曲管	26° 32'22"	無	製作不可能
IP. 15-1	片FRPM受口付テーパーT字管 片テーパー直管	14° 01'00"	無	製作不可能
STA. 22+35. 500	片テーパー直管 片テーパー直管	6° 42'14"	有	
IP. 15-2	片テーパー直管 片テーパー直管	25° 16'47"	有	
IP. 15-3	片テーパー直管 片テーパー直管	24° 40'19"	有	
STA. 22+80. 000	片テーパー直管 片FRPM受口付片テーパーT字管	5° 15'51"	無	製作不可能
IP. 16	両FRPM受口付曲管	19° 43'31"	有	

表-4 検討区間の決定

	測点	検討区間
Case. 1	STA. 22+35.000	STA. 22+24.326 ~STA. 22+39.650
Case. 2	IP. 15-2 IP. 15-3	STA. 22+56.150 ~STA. 22+82.000
Case. 3	IP. 16	STA. 22+80.000 ~STA. 24+67.997

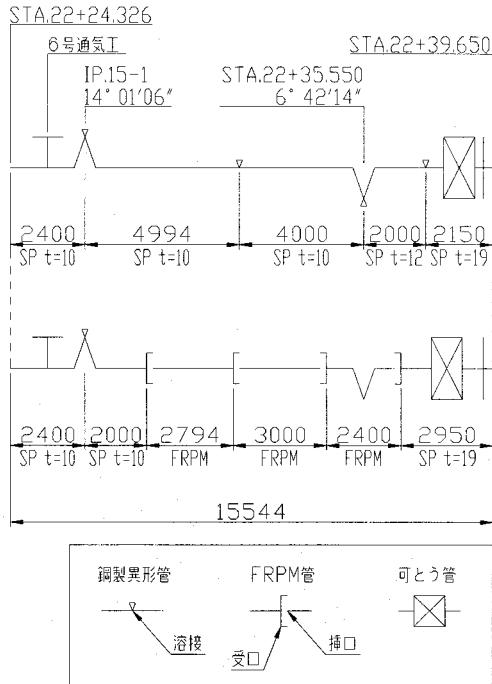


図-5

FRPM管布設となり、FRPM管との接合のために受口加工が必要となる。

・経済比較

比較結果は次頁表(表-5)の通りである。

②が、約210万円上回っている事が分かる。ここで着目すべき点は、鋼管の制作費である。管割から分かるように、②は同質曲管使用により鋼管布設延長が①より少なくなっている。しかし、②の鋼管の制作費は①を上回っている。この要因として、同質曲管を用いることで高額な受口加工費(表-5※1)が追加となったためであると言える。

以上より、Case.1に関しては、曲部にテーパー付鋼製直管を用いて施工することとした。

3) Case.2の検討

テーパー付T字管と可撓管との間に曲部が2箇所存在するケース(2つの异形管の間に曲部が存在し、かつその区間が短い)である。Case.1と同様の検討結果となったため省略する。

4) Case.3の検討

・管割(図-6参照)

FRPM受口付T字管と終点との間に曲部が存在するケース(単純なFRPM管路線上の1箇所)に曲部が存在)である。①は鋼製曲管使用時、②は同質曲管使用時の管割である。①は曲部のみ鋼管施工であり、鋼管の両端とFRPM管との接続のために受口加工が必要となる。②は同質曲管を用いたことによりT字管を除き全線FRPM管布設となる。

表-5 経済比較 (Case.1)

	①テーパー付鋼製直管使用時	②FRPM管同質曲管使用時	①-②単価差
制作費	6,732,000	9,331,150	Δ2,599,150
鋼管	6,732,000	7,147,200	Δ415,200
受口加工費	0	※1 1,330,000	Δ1,330,000
FRPM管	0	2,183,950	Δ2,183,950
同質曲管	0	1,219,950	Δ1,219,950
据付・溶接・塗装費	921,263	388,842	532,421
保護コンクリート	0	62,703	Δ62,703
試験費	37,536	27,406	10,130
計	7,690,799	9,810,101	Δ2,119,302

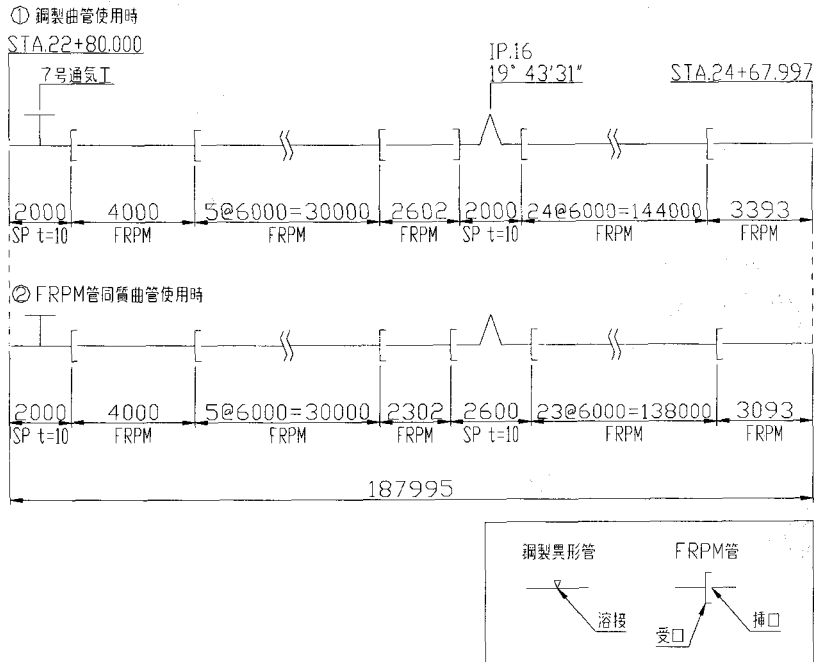


図-6

・経済比較

比較結果は下表(表-6)の通りである。

②は①と比較して約70万円安価である事が分かる。ここで着目すべき点は、鋼管とFRPM管の制作費の単価差である。鋼製曲管を同質曲管としたことにより、鋼管の制作費が減少し、FRPM管の制作費が増加したわけであるが、鋼管の制作費の減少量がFRPM管の制作費の増加量を上回っていることが確認できる。鋼製曲管

は高額となる受口加工が必要であったが、同質曲管では不要となったことが②が安価となった要因であると言える。

以上より、Case.3に関しては、曲部に同質曲管を採用することとした。

※本事例において、鋼管とFRPM管の流速係数Cの相違を考慮したが、布設延長が短い事、流速が小さい事などから、損失水頭の差は軽微となり、係数の相違が口径等に影響を与え

表-6 経済比較 (Case.3)

	①鋼製曲管使用時	②FRPM管同質曲管使用時	①-②単価差
制作費	31,310,000	30,536,950	773,050
鋼管	2,831,000	838,000	1,993,000
受口加工費	1,995,000	665,000	1,330,000
FRPM管	28,479,000	29,698,950	△1,219,950
同質曲管	0	1,219,950	△1,219,950
据付・溶接・塗装費	871,496	871,496	0
保護コンクリート	0	74,735	△74,735
試験費	270,330	288,352	△18,022
計	32,451,826	31,771,533	680,293

る程のものではないと確認している。

#### 5) 考察

以上の結果を踏まえると、管路の曲部における施工を検討する際、Case.1のように2つの異形管の間に曲部が存在し、かつその区間が短い場合、鋼製曲管（テーパ付鋼製直管）施工が有効となると考えられる。ただし、高額な受口加工を省くため、区間内は鋼管路線とする必要がある。一方、Case.2のように単純なFRPM管路線上の1箇所曲部が存在する場合、同質曲管施工が有効となると考えられる。これらの考察は、これからの大口径管路の曲部施工の検討を行う際の目安とすることができると思われるが、工事により口径、管厚等の設計条件や現場条件、施工性等が異なるため、適切な設計となるよう毎回十分な比較検討を行う必要がある。

### 5. 施工

Case.3のNIP.16について、同質曲管を採用し、実際に施工を行った。管の外観・形状、施工の様子及び気付いた点等を以下に記す。

#### 1) 外観・形状

採用した同質曲管の形状は、口径2000mm、L寸法2600mm、曲がり角 $19^{\circ}43'31''$ となる（写真-2参照）。積層部は、協会規格に従いガラスマット12層、ガラスクロス11層を交互に巻き樹脂を浸透させてある（写真-3参照）。積層部は10mm前後膨らんだ形となる。

#### 2) 布設

吊り降ろしは、曲がっている分バランスを取ることがやや困難である事、天地にズレが生じないように吊らなければならない事等から、より慎重な吊り降ろしが要求された（鋼製異形管では、持ち手が付けられるため、問題は生じない。）。本工事においても、吊り降ろし時に天地がうまく定まらず苦戦していた（写真-4参照）。

接合は、同質曲管自体を動かして接合することになり、曲部内側と外側とでワイヤーロープの長さや力の加わり方が異なる事等から、施工が困難である（鋼製異形管の場合は、まず鋼製異形管を布設・固定し、そこを起点に両側へ直管を接合していくため、問題は生じない。）。本工事において、この作業もやはり苦戦を強いられていた（写真-5参照）。

今回は $30^{\circ}$ 以下の1つ折れ曲管であったが、 $30^{\circ}$



写真-2 同質曲管

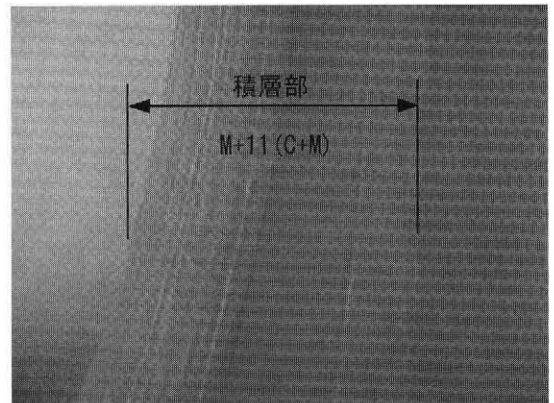


写真-3 積層部



写真-4 吊り降ろし

以上、2つ折れ以上の曲管や、縦断と横断の合成曲がりとなる曲管の布設になると、さらに難易度が増す事が推測される。

#### 3) 保護コンクリート

協会規格に従い、被りを200mm、張出し長さを



写真-5 接合

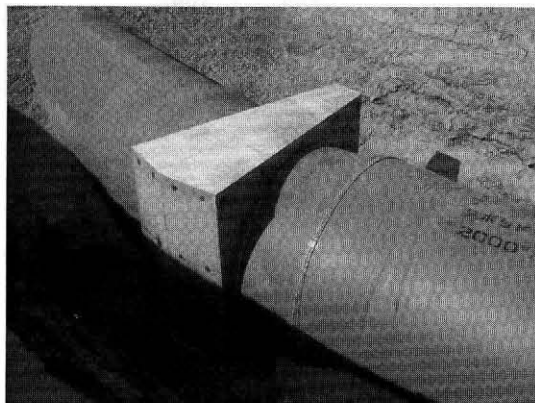


写真-6 保護コンクリート

900mm確保して打設した(写真-6参照)。鋼製曲管施工の場合、布設後直ちに管体基礎工、埋戻しを行うのが一般的であるが、同質曲管施工の場合、布設後も保護コンクリートの打設のために、これらの作業を行うことができず、施工期間が増大してしまう事が問題点として挙げられる。

## 6. 総括

今回の協会規格の改正によって、本年度より、各事業所で一斉に大口径のFRPM管路線における同質曲管の検討が行われ、その幾つかが採用され、施工されたものと思われるが、もちろん東海管内では前年度までの施工例は無く、東海管外にも数ヶ所程度しか無いと聞いている。今回担当した工事では、管の吊り降ろしや接合に手間がかかることや、保護コンクリートを巻き立てる事で工程にリスクが生じるといった問題が発覚した程度であるが、前述したように同質曲管は施工例がまだ少なく、積層部や保護コンクリート部については、

経年的には未知である部分もあるため、今後も施工部を注視していきたいと思う。

## 参考資料

- ・強化プラスチック複合管同質曲管「FRPM K-112-2003」(強化プラスチック複合管協会)
- ・強化プラスチック複合管「JIS A 5350-1991」(日本規格協会)
- ・土木関係JIS要覧「材料・資材(中)」3(新日本法規)
- ・クボタFW<sub>M</sub>パイプハンドブック(株式会社クボタ)
- ・強化プラスチック複合管製曲管の研究報告書(農林水産省農業工学研究所)
- ・土地改良事業計画設計基準・設計「パイプライン」基準書・技術書(農林水産省構造改善局)

## 水路トンネルの補助工法について

長 嶋 滋 則\*  
(Shigenori NAGASHIMA)

### 目 次

1. はじめに	52	4. 補助工法の選定について	55
2. トンネルの概要	52	5. 施工	57
3. 地質	54	6. おわりに	63

### 1. はじめに

湖北地区は、滋賀県の琵琶湖北東部に位置し、一級河川姉川、草野川、高時川及び余呉川沿岸の長浜市外7町にまたがる水田4,720㍍の農業地域である。

この地域の用水源は古くから河川からの取水が大部分を占め、一部はため池、湧水、集水暗渠などに依存していたが、各河川の扇状地に拓けた地域であるため、用水の地下浸透が甚だしく、頻繁に用水不足を生じる地域であった。そこで、昭和40年から61年にかけて国営湖北土地改良事業（旧事業）が実施され、頭首工や補給ポンプの建設等により用水不足を解消するとともに、用水路の整備がなされた。

近年、地区の営農形態の変化により用水量が増加していることに加え、環境・景観保全の面から水源の一部を利用することが困難になってきており、さらに旧事業で整備された用水路も老朽化が進み適切な更新の必要が生じている。

国営新湖北農業水利事業では、これら用水不足を解消するため、基幹施設として補給ポンプ（余呉湖第二補給揚水機）の増設を行うとともに、老朽化した用水路等の改修を行い、用水の安定的な供給による農業経営の安定を図り、併せて地域用水機能の維持と増進を図る計画であり、平成10年度から実施し平成19年度完了を目指している。

本稿では、国営新湖北農業水利事業で実施中の工事のうち、基幹施設である余呉湖第二補給揚水機の増設に伴う送水路トンネル建設工事の施工に当たって採用したトンネル補助工法（パイプルーフ工、薬液注入工、ウレタン注入式フォアポーリング工）の施工事例について紹介する。

### 2. トンネルの概要

余呉湖第二補給送水路トンネルは、琵琶湖に設置する余呉湖第二補給揚水機場と余呉湖（高低差約50m、延長約1.3km）を、賤ヶ岳（標高421m）の地中を通じて結ぶ内圧トンネル（内張管方式）であり、旧事業で造成された通称「飯浦（はんのうら）ポンプ場」（余呉湖補給揚水機場）及び余呉湖補給送水路トンネルに隣接して計画された（図-1）。

余呉湖第二補給送水路工事の概要は次のとおりである。

施工延長	L = 1357.1m
施工始点	測点 No. 0 - 10.9
施工終点	測点 No.13 + 46.2
トンネル工	L = 1253.8m
	(内空B = 2.0, H = 2.4m)
始点	No. 0 + 20.7 ~ 終点 No.12 + 74.5
内張管	L = 1249.4m (FRPM φ1200mm)
始点	No. 0 + 25.1 ~ 終点 No.12 + 74.5
琵琶湖側坑口工	L = 30.1m
余呉湖側放水工	L = 71.7m

図-1～図-3にそれぞれトンネルの位置図、縦断面図、標準断面図を示す。また、トンネル工の概要を表-1に示す。

近畿農政局新湖北農業水利事業所

\* (現所属：東海農政局新矢作川用水農業水利事業所)

Tel. 0566-74-7327)



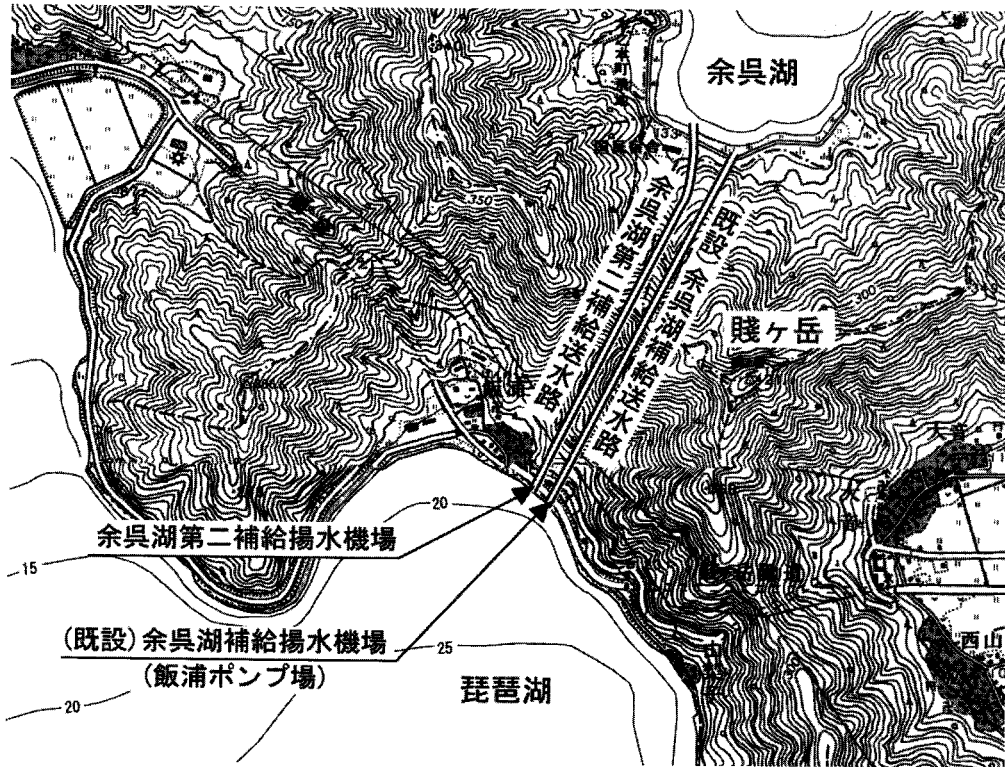


図-1 トンネル位置図

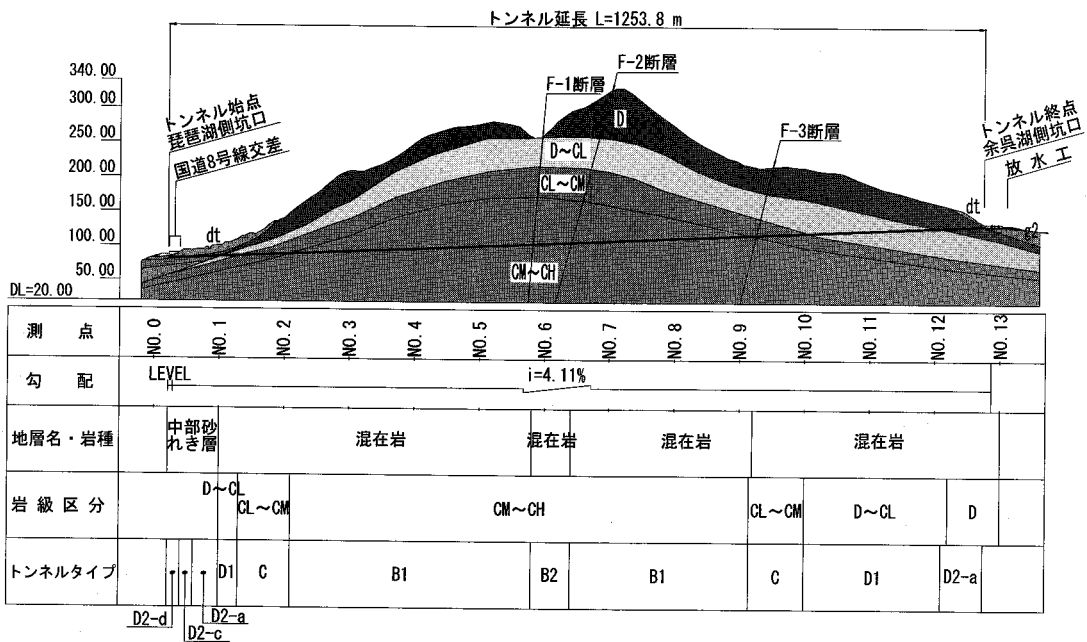


図-2 トンネル縦断図

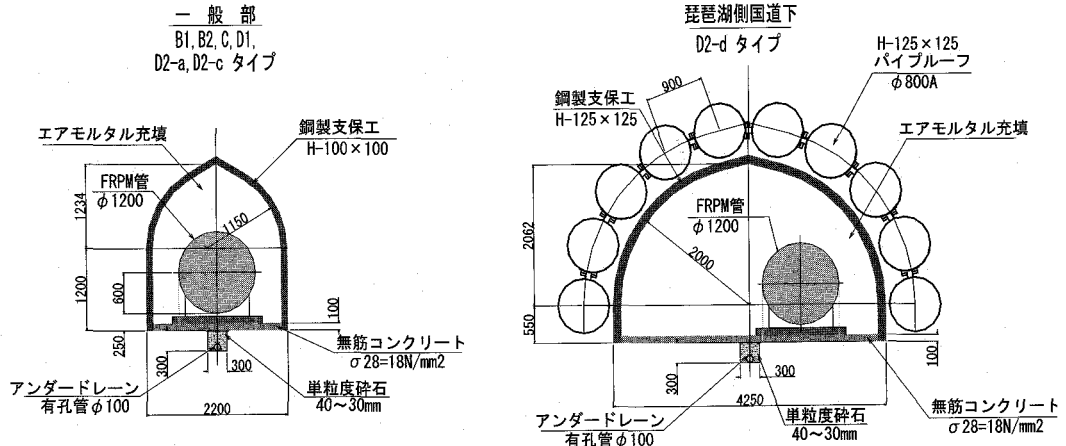


図-3 トンネル標準断面図

表-1 トンネル工の概要

計画流量	2.40 m <sup>3</sup> /s
トンネルライニング方式	内張管方式
内張管	強化プラスチック複合管 (FRPM) φ1200 mm 2種管～5種管を設計内圧に応じて使用
充てん材	クレイサンドエアームタル
トンネル工法	矢板工法
掘削工法	発破掘削工法
施工工程方式	分離方式 トンネル延長を全断面にわたって掘削を完了してからライニングを開始する方式
国道8号線横断部の補助工法	パイプルーフ工法と遮水目的の薬液注入工を併用
トンネルタイプD2の補助工法	フォアボーリング
立坑の仮締切	鋼矢板二重式工法
放水工の構造	スタンドタイプの吐出槽～自然流下方式の管渠 B=5.8m L=9.6m
トンネル施工機械	
穿孔機械	ドリルジャンボ
ずり積機	かき集め方式ずり積機
ずり運搬機械	シャトルカー (15 m <sup>3</sup> )
濁水処理方式	機械処理脱水方式

### 3. 地質

工事区間を構成する地質は、基盤岩と堆積物に大別される。基盤岩は混在岩を主体とし、ホルンフェルス化の傾向が認められる。混在岩は頁岩を

主体とし、砂岩、チャート、緑色岩からなる大小のレンズ状岩体が介在しており、岩級区分はCM～CH級が主体である。

堆積物としては、斜面の裾部に崖錐が分布する。崖錐の下位には粘土質砂礫層を主体とした堆積物

が分布している。また、琵琶湖側湖岸付近では盛土が施工され、自然堆積物は盛土に覆われている。

特に坑口直後の琵琶湖に面した賤ヶ岳裾野部には、図-4に示すように主要幹線道である国道8号線及び山腹に平行して県道（飯浦-大音線）があり、トンネル法線はこれらを交差しなければならないため、何らかの補助工法対策を施す必要がある。

#### 4. 補助工法の選定について

補助工法については、その目的に応じて、安全性、効果、経済性に優れた工法を採用しなければならない。

現在、種々の工法が実用化されており、その代表的なものについては、表-2に示す。

この表を参考に、本工事における地質、対象とする区間、現場の状況、地下水の状況、周辺環境等を考慮し補助工法の選定を行った。

#### (1) 国道8号線横断部

坑口からのトンネル掘削始点に当たる国道横断部の施工条件は、次のとおりである。

- ①地質は盛土、崖錐、沖積層の砂礫層区間であること。
- ②国道の通行量は昼間、夜間とも多く、交通規制が困難なため、非開削工法とする必要があること。
- ③トンネル工事が終了するまでに約2年間を要するため、この間の安全確保が可能な構造とする必要があること。
- ④この区間は琵琶湖の平均水位以下に位置し、また地下水の流入も予想されるため、遮水性を考慮する必要があること。

これらの施工条件に対する対策工法として、比較検討の結果、国道8号線直下となる掘削部分D2-d区間（L=20.4m）について、非開削工法によるパイプルーフ工法を採用することとし、さら

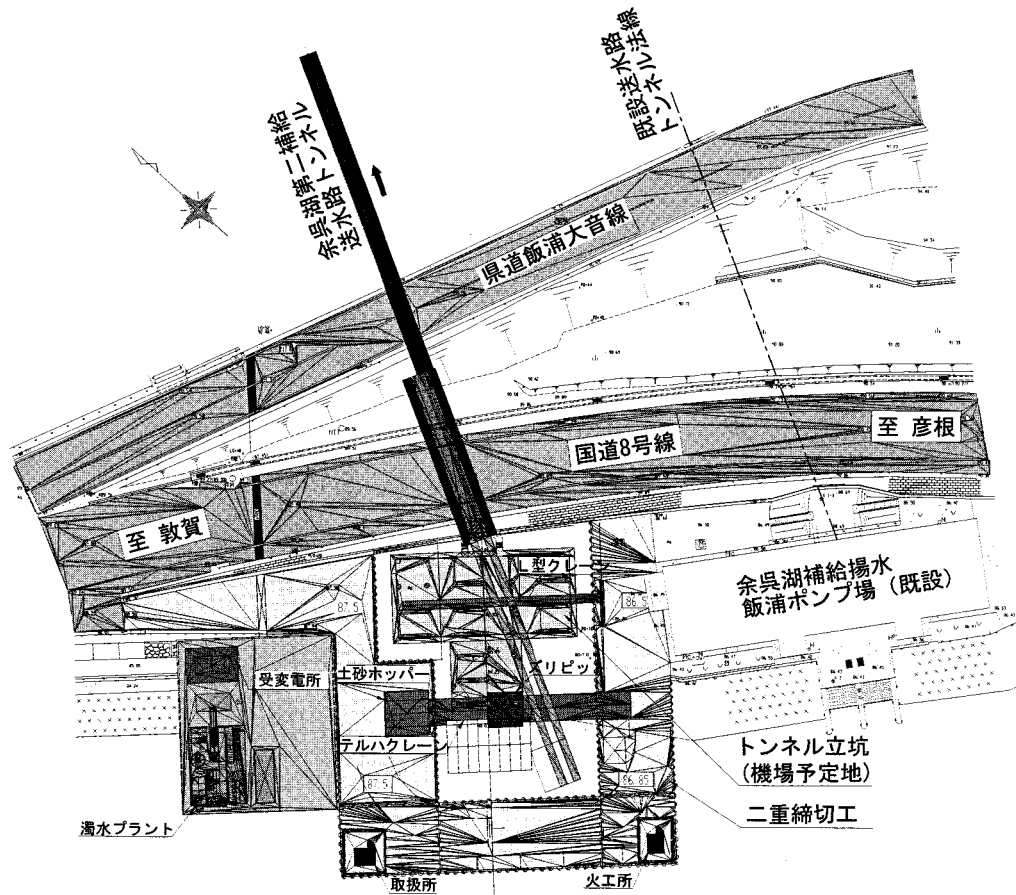


図-4 琵琶湖側坑口計画図

に、琵琶湖からの遮水を図るため、周囲を薬液注入工により改良をする計画とした。

なお、国道路面の沈下・隆起及び沈下傾斜の許容値については、国道事務所とも協議の上、沈下・隆起に対して±40mm、傾斜は1/500で管理することとした。

(2) 県道（飯浦－大音線）横断部～風化帯区間

国道8号線を越えた主に県道下D2-c区間は、

砂礫層が分布する風化帯区間で土被りが依然として浅く、トンネル掘削による県道への影響の低減及び切羽前方の天端部安定を図る必要から、アーチ部120°の範囲でウレタン注入式フォアポーリングを施工する計画とした。

国道及び県道横断部の補助工法施工計画を図-5に示す。

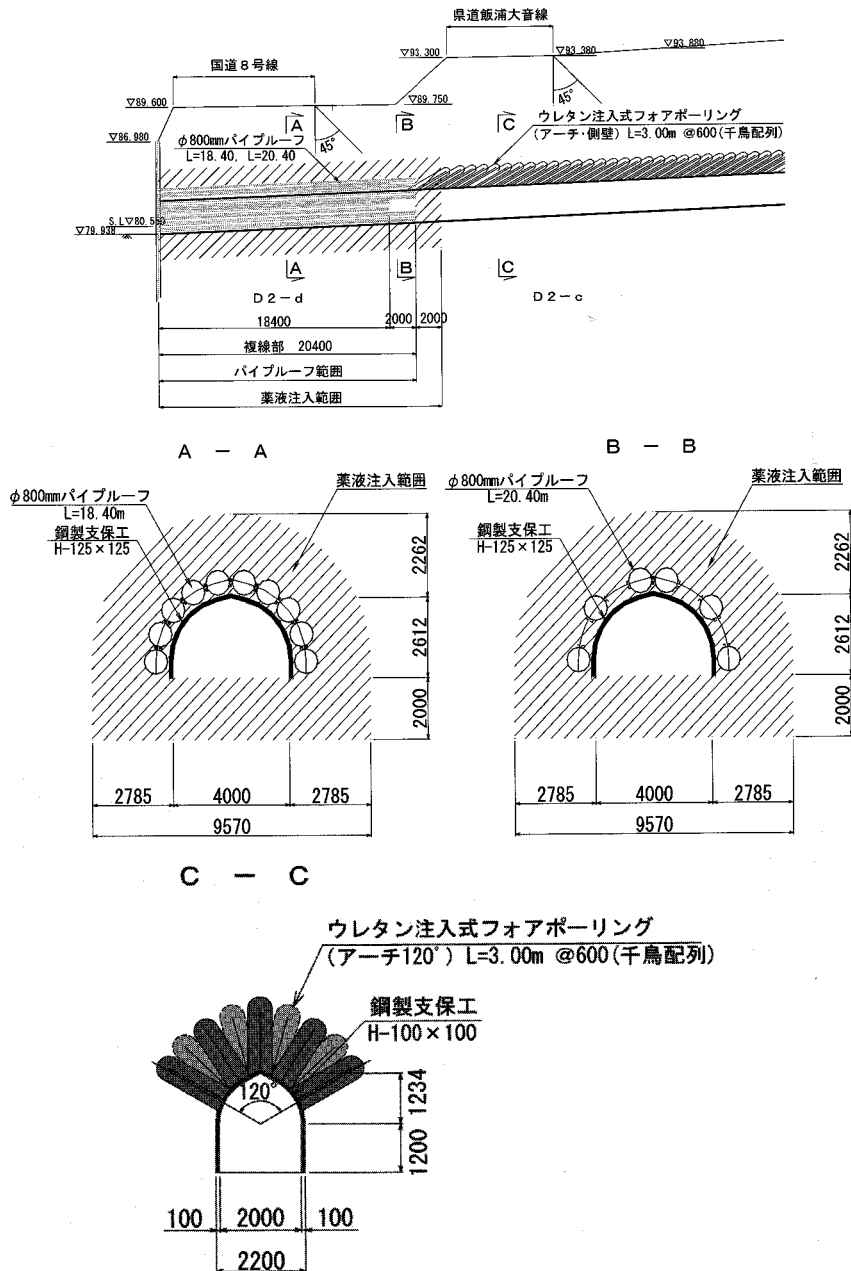


図-5 国道・県道横断部の補助工法計画図

表-2 補助工法の分類表

工 法	目 的						対 象 地 山			摘 要
	施工の安全性確保			周辺環境の保全			硬 岩	軟 岩	土 砂	
	切羽安全対策			湧 水 対 策	地表面 沈 下 対 策	近 接 構造物 対 策				
	天端の 安 定	鏡面の 安 定	脚部の 安 定							
先 受 工	・フォアボーリング (非充填・充填式、注入式)	◎	○				○	◎	◎	
	・パイプルーフ	○	○			◎	○	○	○	*
	・水平ジェットグラウト (噴射攪拌)	○	○			○	○		○	*
	・長尺鋼管フォアパイリング (充填式、注入式)	○	○			○	○		○	*
	・プレライニング	○	○			○	○		○	*
鏡 面 脚 部 の 補 強	・鏡吹付けコンクリート		◎				○	◎	◎	
	・鏡止めボルト		◎	○		○	○	○	○	
	・仮インパート			○		○		○	○	
	・脚部補強ボルト (パイル)							○	○	[*]
湧 水 対 策 ・ 地 山 補 強	・水抜き杭	○	○		◎		○	○	○	*
	・水抜きボーリング	○	○		◎		◎	◎	◎	*
	・ディープウェル	○	○		○				○	*
	・ウェルポイント	○	○		○				○	*
	・注入	○	○	○	◎	○	◎	○	○	*
	・垂直縫地	○	○			○		○	○	*
	・遮断壁				○	○	◎		○	*

注) ◎: 比較的好く用いられる工法, ○: 場合によって用いられる工法, \*: 通常のトンネル施工機械設備・材料で対処が困難な対策または、施工サイクルへの影響の大きい対策  
 出典: トンネル標準示方書「山岳工法編」・同解説 (土木学会)

5. 施工

(1)パイプルーフ工

パイプルーフ工は、国道8号線直下となる掘削部分D2-d区間 (L=20.4m) に施工した。圧入式挿入工法に種別される当工法は、先端オーガビット

トにより地山を掘削し、推進管内にセットされたスクリーオーガにより発進坑内へ排土を行い、同時に鋼管を圧入・推進する工法である。パイプルーフ工の推進施工例を図-6に示す。

また、先端ビット内にセットされたターゲット (発光体) を機械後方よりトランシットで常時監

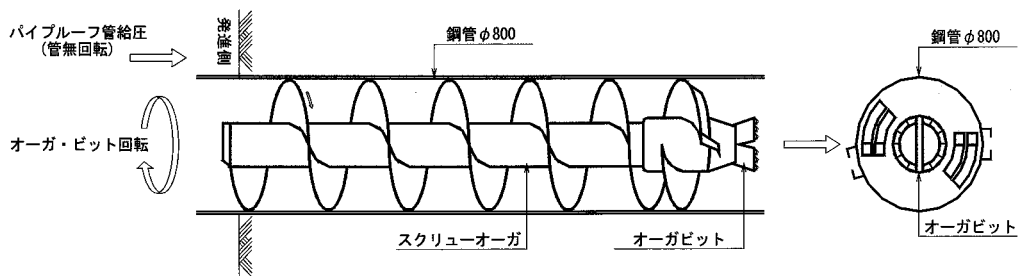


図-6 パイプルーフ工の推進施工図

視し、推進方向の修正が必要であれば、進角修正装置（パワーレンチ）で修正を行い、推進精度を保持する。

特長は次のとおりである。

- ①地盤沈下、隆起が発生せず、低振動、低騒音で施工できる。
- ②推進時の孔曲がりの常時監視と修正が可能のため、施工精度が良好である。
- ③推進中でのオーガビットの交換が容易であるため、硬、軟地盤に幅広く対応可能である。

④鋼管長は、最小L=2mが使用でき、狭小な作業スペースで施工可能である。

⑤掘削排土は、スクリーオーガにより行うので、地山を乱す恐れがない。

なお、継手部、外周部及び管内部には、エアモルタルを注入し、空隙を充填した。継手部充填の施工例を図-7に示す。

図-8にパイプルーフ工の施工フローを、写真-1～写真-4に施工状況を示す。

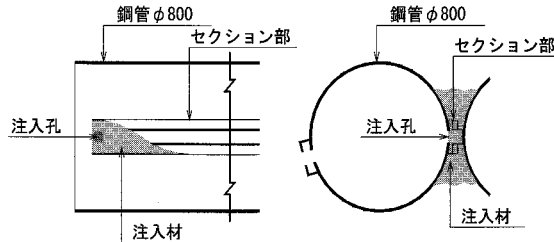


図-7 パイプルーフ工の注入施工図（継手部）

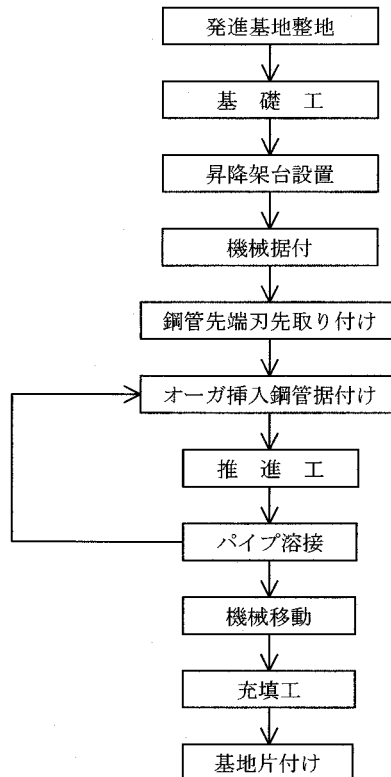
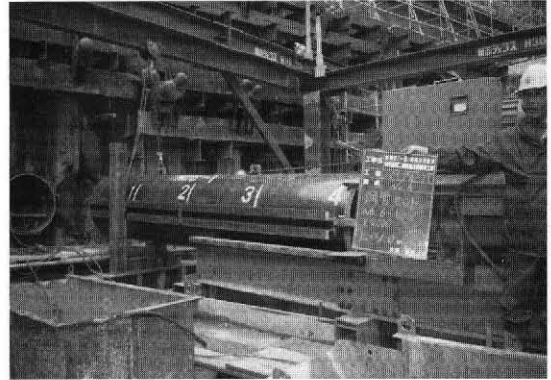


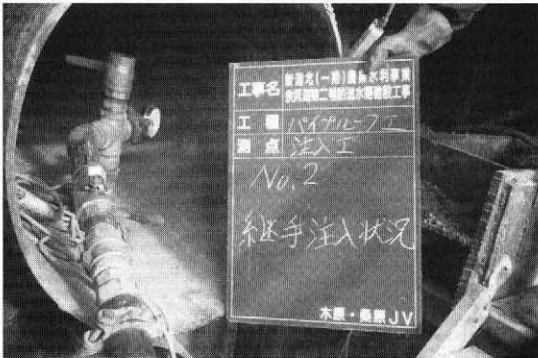
図-8 パイプルーフ工の施工フロー



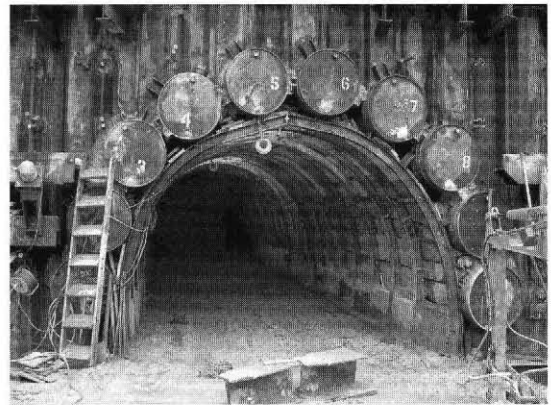
写真一 推進機械据付状況



写真二 鋼管セット状況



写真三 継ぎ手部注入状況



写真四 パイプルーフ工完成

## (2)薬液注入工

薬液注入工は、国道8号線直下となる掘削部分D2-d区間(L=20.4m)に、坑口方向から水平削孔で施工した。

注入工法は、当初計画では二重管複合法で施工する考えであったが、工事を開始してみると現地盤では予想以上に岩塊・玉石類の混入があったこと及び削孔内からの地下水の流出が多く、削孔ビットの交換、ケーシング引き抜き等に時間を要するため、国道沈下等への悪影響が予想された。

このため直ちに工法の再検討を行い、削孔能力が高く、注入が連続して行える二重管ダブルパッカー工法を採用することとした。

二重管ダブルパッカー注入方式は、注入外管をあらかじめ埋設しておき、その中に注入内管を挿入して任意の箇所へ注入するもので、施工順序は図-9に示すとおりである。また、注入部の構成を図-10に示す。

使用注入材料は、もともと二重管ダブルパッカー方式では、ゲル化時間の長い注入材による均等浸透をめざす方式であることから、一次注入材にセメントベントナイトを用いて浸透注入に適した状態にした後、二次注入材に緩結型の非アルカリシリカゾル系溶液型水ガラスを使用した。

なお、施工に当たっては、事前に施工管理計画について詳細に検討し、圧力・流量・時間について、チャート紙に記録し、改良効果の確認・判定を行った。

図-11に二重管ダブルパッカー工法による薬液注入工の施工フローを、写真-5～写真-8に施工状況を示す。

## (3)フォアボーリング工

フォアボーリングは、トンネル掘削時に発生する切羽先方への緩みに対して、短尺ボルトを挿入し、注入材を注入することにより切羽外周方を補強するものであり、鋼製支保工建て込み後ドリ

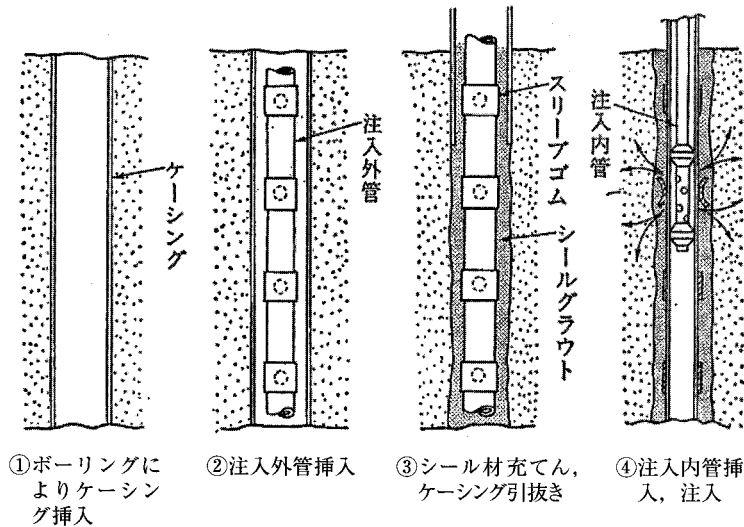


図-9 二重管ダブルパッカー注入方式による施工順序図

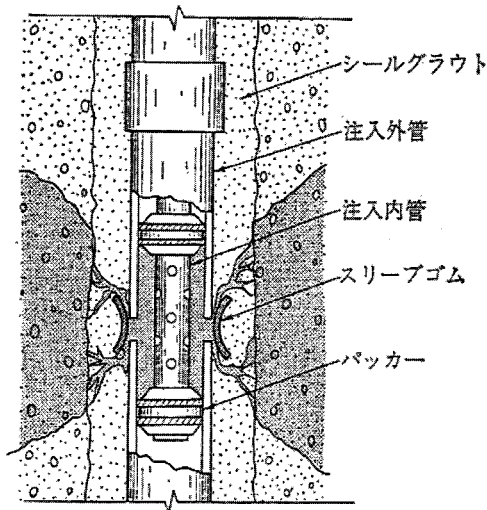


図-10 二重管ダブルパッカー方式の注入部の構成

ルジャンボにより削孔し、3.0mの短尺ボルト（打ち込み中空鋼管ボルト）を挿入、二液型のウレタン系材料を注入して施工した。

ウレタン注入材は岩盤の亀裂へ浸透・発泡して地山の内部応力を高め、岩片間の結合力を強くする効果がある。すなわち、発泡ウレタンには岩片間の見かけの粘着力を増加させ、大きな引張強度を与える特性がある。これにより切羽天端からの岩塊の崩落等を防止するとともに、掘削時の弛みを防止し地山の安定性を確保した。

施工範囲は、国道8号線を越えた砂礫層が分布する区間の主に県道下D2-c区間とし、アーチ部120°の範囲に1支保工毎に5本、4本、5本…と千鳥配列で施工した。図-12にフォアボーリングの施工例を示す。

設計注入量はボルト1m当たり10kgとし、3m長のボルトを使用して注入量は30kg/本とした。図-13にフォアボーリング工の施工フローを、写真-9～写真-10に施工状況を示す。



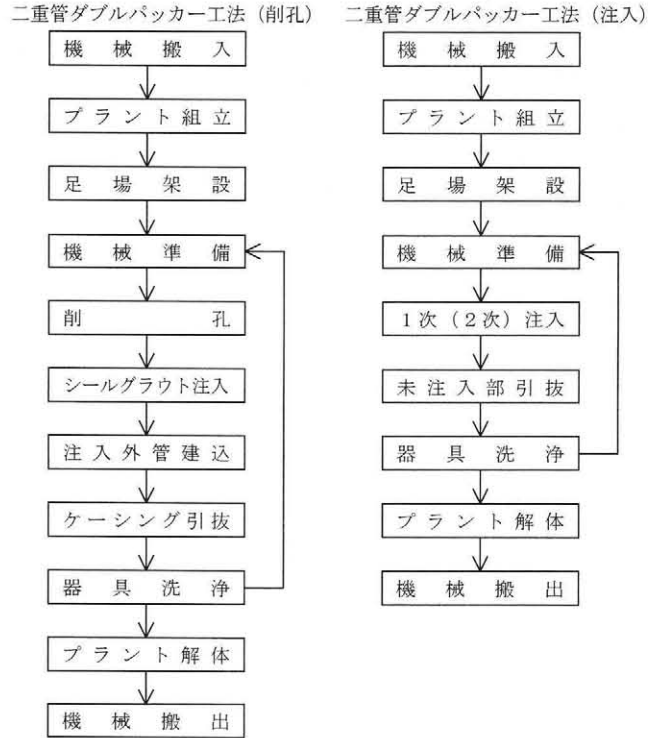


図-11 二重管ダブルパッカー工法による薬液注入工の施工フロー

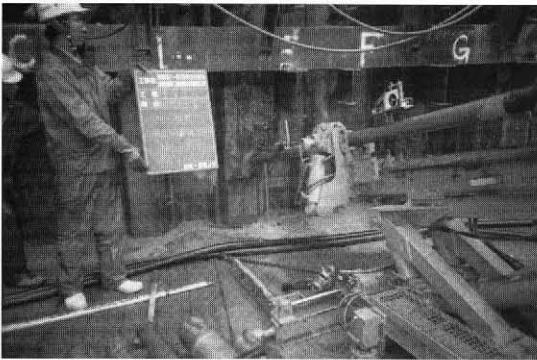


写真-5 マシンセット，削孔状況

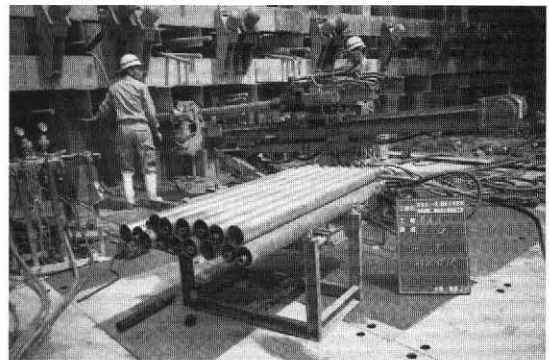


写真-6 削孔状況

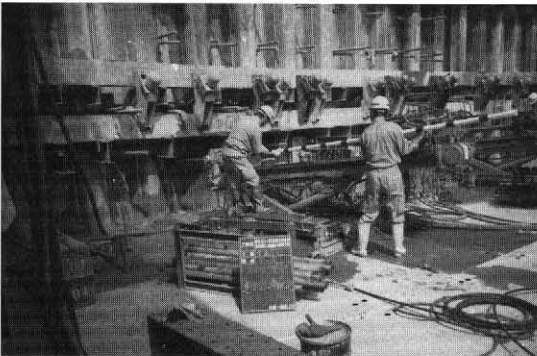


写真-7 スリーブ管挿入状況

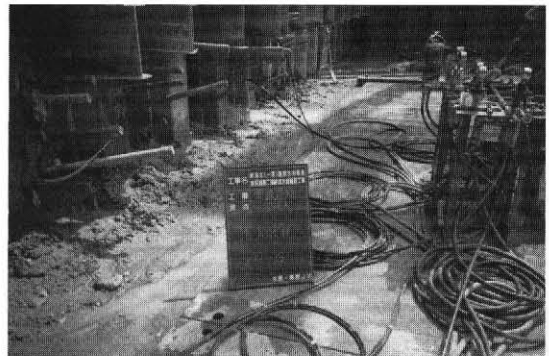


写真-8 薬液注入状況

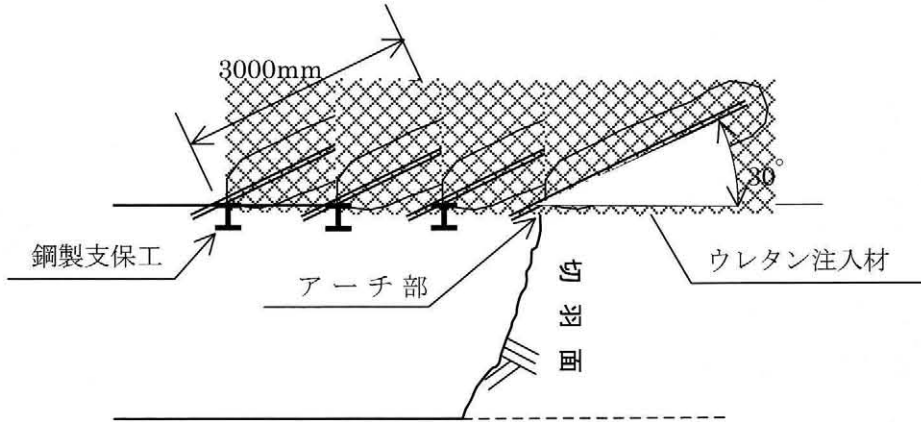


図-12 フォアポーリングの施工例

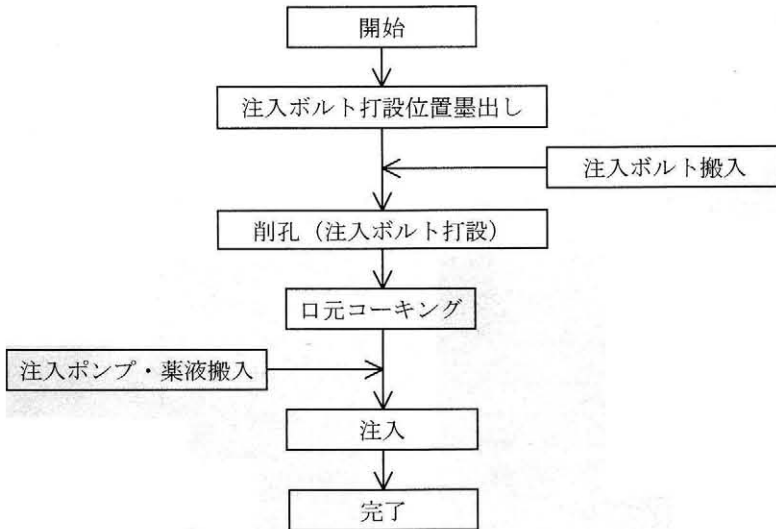


図-13 フォアポーリング工の施工フロー



写真-9 ウレタン注入状況



写真-10 注入完了

ウレタン注入材の地山注入時の注入管理は、注入圧力・注入量・注入速度で行い、地山状況との対比ができるようにチャート記録付きの流量管理装置を使用した。管理注入速度は、速度が速すぎると薬液の逸走が生じ、また遅すぎると薬液の攪拌が悪く発泡状況の低下を起すため、注入速度は、原液メーカーの指示による4～10kg/分程度で管理した。

注入量は、設計量30kg/本を目標として、その時点の注入圧は設定された圧力範囲内とし、次の項目に該当する場合は注入完了とした。設計注入量を超えた場合においても管理注入圧力が上昇しない場合においては、地盤の間隙率が大きい等の原因が考えられるため、設計量を見直す必要がある。注入管理フローを図-14に示す。

また、地山の状態によっては間隙が少なく薬液が浸透しない場合や間隙が多すぎて設計量では効果が現れない場合があるため、設計量の増量変更を協議することとしたが、本施工区間においてはこの点についての問題は生じなかった。

- ①設計量の注入が完了したとき（初期圧+0.5～2.5MPa）。
- ②注入圧力が急上昇したとき（初期圧+2.5MPa以上）。
- ③設計量を超えても圧力が上昇しないとき（初期圧+0.5MPa以下）。

## 6. おわりに

余呉湖第二補給送水路トンネルの主に坑口付近での補助工法について紹介した。

写真-11はトンネル坑口の全景である。本工事は平成16年度末に完了する予定で、現在はトンネル掘削工の最盛期であり、今後内張ライニング管（FRPMφ1200）及び中詰めエアモルタルの施工を残している。

完成後は引き続き、現在の坑口部に揚水機場及び建屋を建設し、ポンプ機器の製作・据付けを行う予定であり、これにより一連の余呉湖第二補給揚水関連施設が完成する。

既設余呉湖補給揚水機場の片隅には、『湖国豊

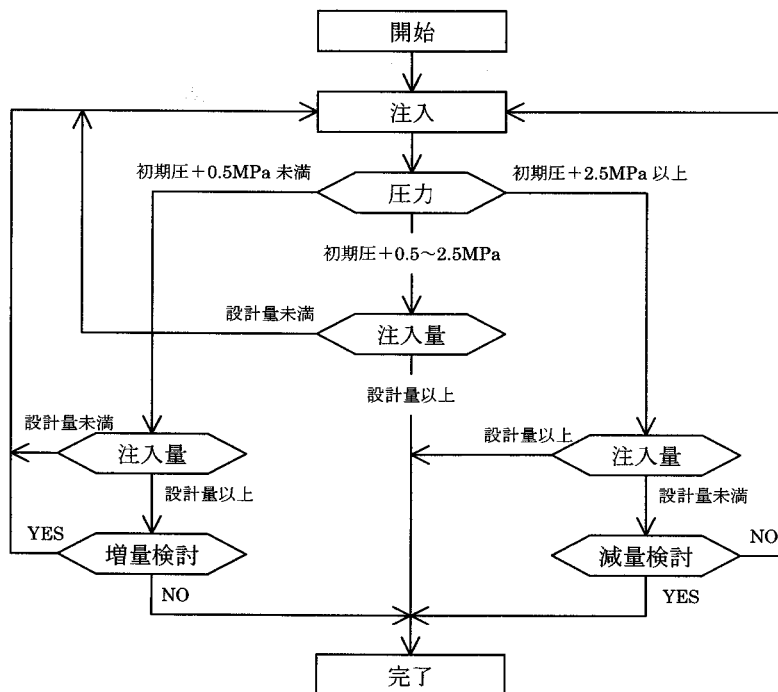


図-14 ウレタン注入管理フロー



写真-11 トンネル坑口の全景

潤』と書かれた竣工記念碑（当時農林省農地局建設部長梶木又三の揮毫）がある。湖北地方の農業用水の補給源として大きな期待が寄せられているこれら施設の完成により、まさに、湖北の田園を豊かに潤してくれることを確信するものである。

#### 参考文献

- 土地改良事業計画設計基準 設計「水路トンネル」（農林水産省農村振興局）
- トンネル標準示方書「山岳工法編」・同解説（土木学会）
- 薬液注入工法の調査・設計から施工まで（地盤工学会）

# 用水路の改修に伴うゲンジボタル保護への取り組み

長谷川 昌 美\*  
(Masami HASEGAWA)

## 目 次

1. 大里地区の概要	65	3. ゲンジボタル保護の経緯	67
2. 御正吉見堰幹線用水路の概要	66	4. おわりに	72

### 1. 大里地区の概要

国営総合農地防災事業大里地区は、埼玉県北部の荒川中流域の農業地帯で、首都圏近郊に位置することから、有望な食糧生産基地として発展が期待されている地域で、熊谷市他2市4町1村からなる水田3,820haの受益地を対象に、機能が低下している水利施設の改修を行うものである。(図-1参照)

現況の水利施設は、昭和2年～14年に県営事業で六堰頭首工・江南サイホン及び幹線水路が整備され、さらに、昭和34年～41年には国営事業で既設用水路の部分的改修と新規受益地に対する用水路の整備が行われた。しかし、荒川の河床低下を起因とした旧六堰頭首工、江南サイホンの洪水に対する危険性の増大、幹線用水路への生活雑排水の混入による農業用水の水質悪化等の問題が生じている。

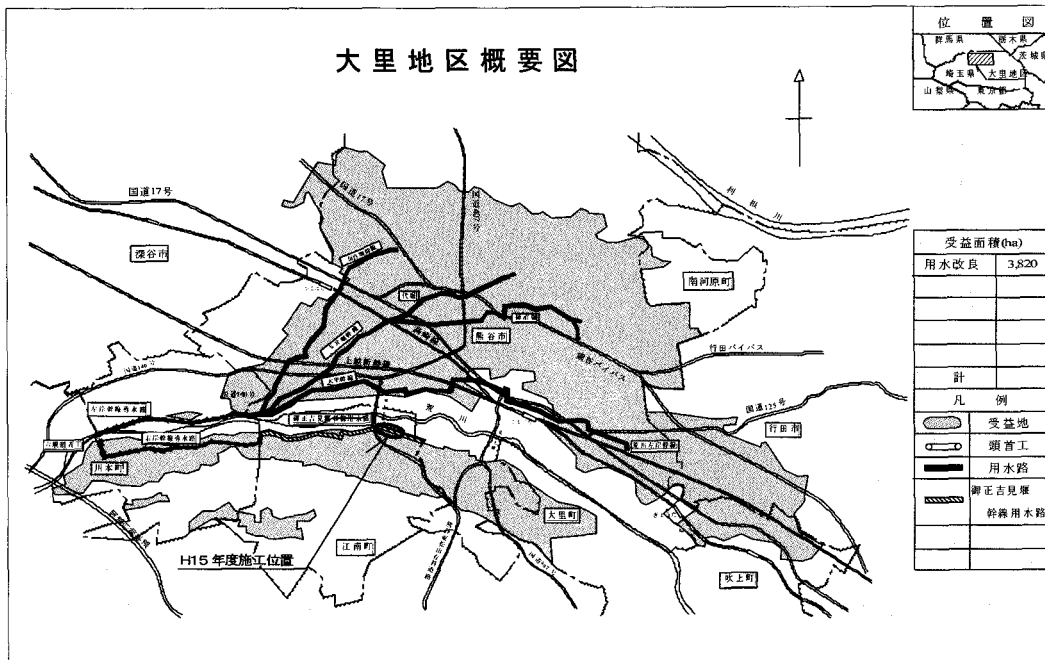


図-1 大里地区概要図

\*関東農政局大里農地防災事業所 (Tel. 048-533-6868)

これらのことから、総合農地防災事業である本事業によって、六堰頭首工などの基幹土地改良施設と地区内水利施設の改修を行うことにより、災害の未然防止、水利施設の機能回復、農業用水の水質改善とその合理的利用を実現、強化する。併せて水管理システムの適正化、農業生産環境の改善などを図り、生産性の向上と経営の安定化を目指すものである。

## 2. 御正吉見堰幹線水路の概要

御正吉見堰幹線水路（埼玉県大里郡江南町）は、本事業の対象とされた5つの幹線水路の中でも、約400年前（慶長8年）に開削された歴史ある水路の一つである。水路の老朽化、並びに、地下水から表流水への水源転換を図るため、水利施設の改修を行う。（図-2参照）

地元の江南町では、平成14年9月に「江南町田園環境マスタープラン」（図-3参照）が策定され、この中で、農村地域全体の環境保全目標を「農地の保全と農村自然環境の共生」を主題とし、「身

近な生物の生息空間の保全と創出」、「恵まれた自然、歴史、景観を生かした交流とふれあいの場の創出」と設定している。そして、これらを表現するテーマとして、『豊かな自然 ふれあい 交流の里の創造』を掲げている。御正吉見堰幹線水路は環境創造区域（※）に属し、特にゲンジボタルをはじめとする水辺環境のネットワークを図るとされている。また、平成10年に制定された『ホタルの保護に関する条例』においても、町内全域の用排水路をホタルの保護区域とし、ホタルの保護に配慮した施策や事業の実施を行うこととしている。

このような地域の状況を踏まえながら、平成15年度より、4年間で総延長約4.4kmの改修を順次行う予定である。平成15年度は、前年夏にゲンジボタルの発生が最も多かった約0.5kmの改修を行った。

（※）環境創造区域：積極的に自然と共生する環境の創造に努める区域。

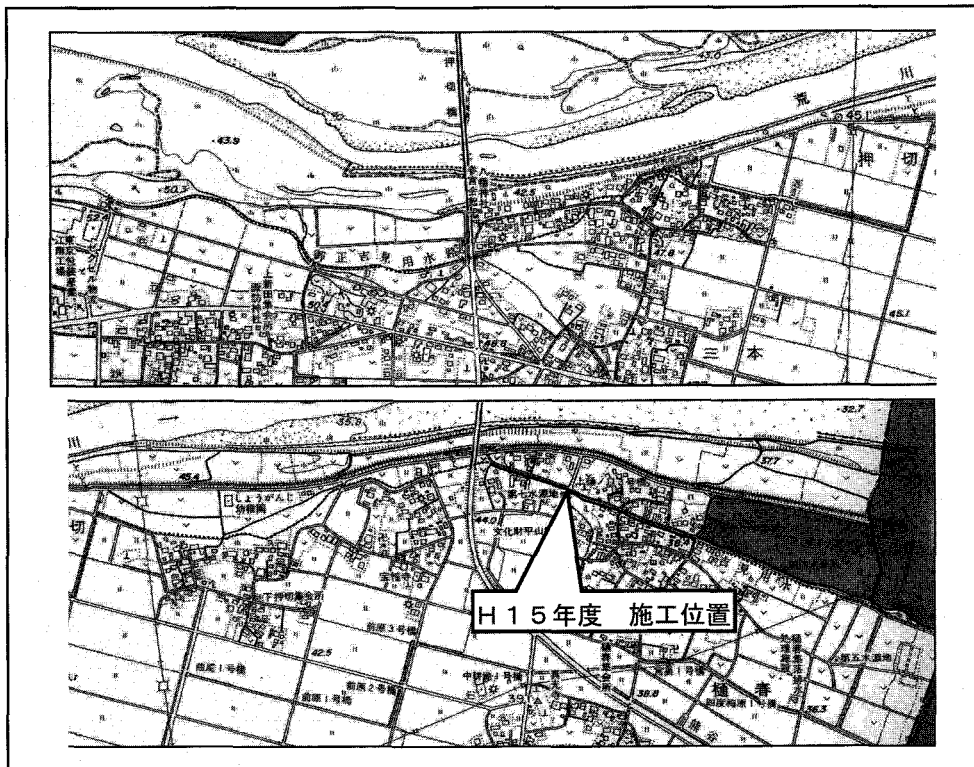


図-2 御正吉見堰幹線水路平面図

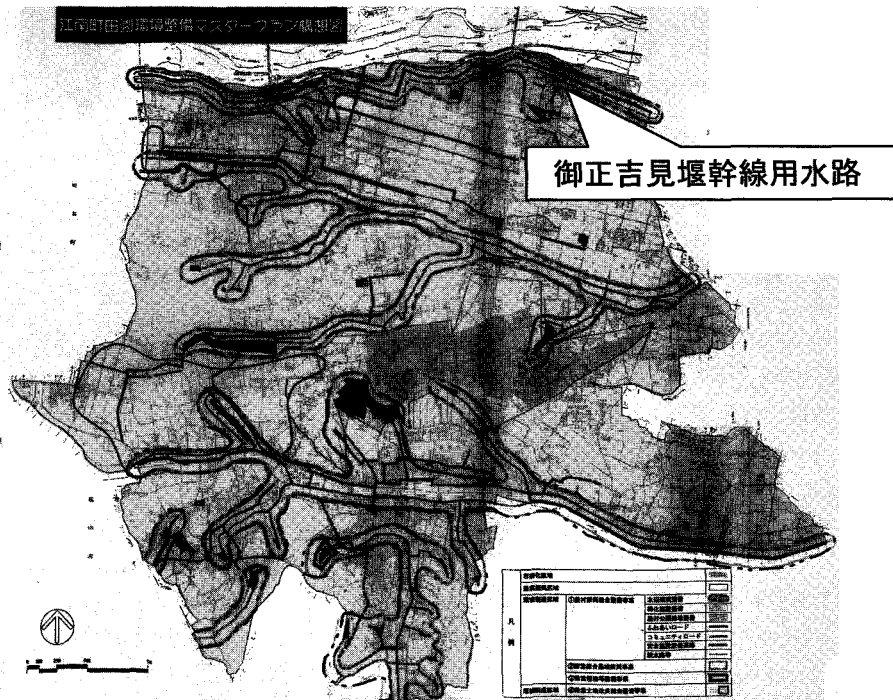


図-3 江南町田園環境マスタープラン構想図

### 3. ゲンジボタル保護の経緯

#### 3-1. 調査・調整

平成14年 環境整備全体計画策定

基本設計の段階では、「コンクリート三面張り  
で改修」となっていた。しかし、土地改良法の改  
正により、「環境との調和に配慮」することが義  
務付けられたこと、地元から「ゲンジボタルの生  
態系に配慮するように」と要望されたことなどを  
受けて、財団法人埼玉県生態系保護協会の生態系  
調査結果をもとに土地改良区、関係区長、江南町  
ホタル保護委員（ホタルの生息環境の整備保全、  
ホタルの捕獲見回り等の活動をしているボラン  
ティアグループ）、役場（建設課、経済課）、埼玉  
県（農林部農地整備課、大里農林振興センター）  
をメンバーとした「御正吉見堰幹線用水路環境整  
備検討委員会」を開催し、再検討を行った。

委員会は、3回開催された。第1回委員会では、  
現地視察を行い、現状の施設及び周辺環境の状態  
を確認した。また、事業所の整備計画案を提示し  
たうえで、地区の課題の抽出を行った。

その後、地元自治会の一つから、「崩壊した石

積カ所の改修は石積にて改修を実施すること。」  
「水生生物、とくにカワニナ及びホタルの幼虫の  
避難或いは待避する場所を確保し工事完了まで飼  
育すること。」等の内容の要望書が提出された。

第2回委員会では、第1回委員会では出された意見  
及び課題を考慮し、再検討を行った“新”基本整  
備計画方針（案）を提示し検討した。その中で、  
「瀬や淵をつくってはどうか。」との意見が出され、  
維持管理問題の議論となった。今まで水路を管理  
してきた改良区からは、「瀬や淵をつくった場合  
には、ゴミがたまる可能性がある。限られた管理  
予算でこれ以上の負担増は厳しい。については、ホ  
タルの生息が確認された区間については配慮整備  
を行い、その他の区間は機能本位の整備を望む。」  
との回答があった。現況の水路は自然に淀みがで  
きている。同様の構造ならば、淀みもでき、管理  
の負担増にもならないため、現況と同様の構造で  
改修し、今までどおり改良区で管理することで意  
見がまとまった。

第3回委員会では、取りまとめが行われた。ホ  
タルの幼虫がサナギになる際に、登りやすい護岸  
構造と路肩（土）が必要であり、また樋春地区に

については右岸側の土羽に県絶滅危惧種のカワセミの巢も確認されているなど、稀少動植物が集中する保全の必要性の高い場所であるため、現状の水路構造を大幅に変えることは好ましくない。そのため、通水断面不足を生じない区間については、生態系に配慮し、可能な限り現況利用とし、石積が崩壊等により機能障害をおこしている部分については、現況水路材料と同程度のもので改修を行うことで委員会の意見が取りまとめられた。

### 平成15年10月 事例調査

ホタル保護条例及び地元自治会からの要望書をうけ、ホタル保護に関する事例を探したところ、「アンカー式空石積護岸」で施工され、ホタルの捕獲・飼育も行っている近畿地方の事例の現地調査を行った。

事例では、地元小学校にホタルの里親になってもらい、「総合学習」の時間を使いホタルの捕獲・飼育・放流を行っていた。幼虫からサナギ、成虫まで飼育するのは、管理も難しく、ある程度の設備も必要となるが、幼虫の飼育であればそれほど難しいものではなく、飼育設備も一般的な観賞魚を飼育するもので十分であり、工事施工後もホタルの生息が確認できているとのことであった。

また、ホタルの専門家も紹介していただき、当用水路での取り組みは可能かどうか、現地視察及び計画断面図から検討をお願いしたところ、可能であるとのお答えを頂いた。

### 3-2. 設計・施工

#### 平成15年 実施設計

用水路の現況は、右岸側は土羽、左岸側は練り石積み、川底は素掘り（土質は、玉石混じり礫混じり砂質粘土）である。（写真-1参照）委員会の決定で「現況水路材料と同様のもの」で改修を行うこととしているため、現況と大きく異なる材料を使用することは出来ない。また、左岸側の水路脇は町道がはしっているが、護岸の基礎が洗掘され路肩が陥没状態にあるため、現況より強固な構造が必要である。

これらを踏まえ、「ホタルブロック護岸」・「練石積護岸」・「アンカー式玉石積護岸」の3つの案が提案され比較検討を行った。安定性については控幅を大きく取ることによってどの案でも解決



写真-1 現況

できた。「ホタルブロック護岸」は、二次製品護岸に客土するためのポットを設けることで植生ができ、ホタルの生息空間を確保できるが、人工的な印象を与え、現況と景観が大きく異なる。「練石積護岸」は、環境的には現況と同じであり、将来的には現況と同様の生物への環境は確保されると考えられるが、珪藻類の付着などに年月を要する。「アンカー式空石積工法」は、胴込材に碎石を使用するが、現地土を混入することにより早期の植生回復が可能である。また、コンクリートによる間詰を行わないため多孔質環境が確保され、隙間から植物が生育し、水路への緑陰形成ならびに、ホタルの成虫の休息場所となることが期待できる。経済性についても、他の2案に比べ優れているため、「アンカー式空石積護岸」を採用した。さらに、上端40cmについては、ホタルのサナギが成育することを考慮し、土砂で埋め戻しを行うこととした。

右岸については、常時水位までの洗掘を防止するため、左岸側の石積みを取り壊した際に発生する玉石をリサイクルし、現況の土羽を掘削せず平均的な水位まで安定勾配で捨石工を行い、その中に、サナギの生育場所となることを期待して、ところどころに土を詰めたベンチフリュームを設置した。

工事が施工される11月～3月の間、ホタルは幼虫の状態ですぐ水中で生活しており、エサとなるカワニナも同様である。水が枯れれば当然ホタル・カワニナは死滅してしまうため、一部用水を流しながら施工することとした。



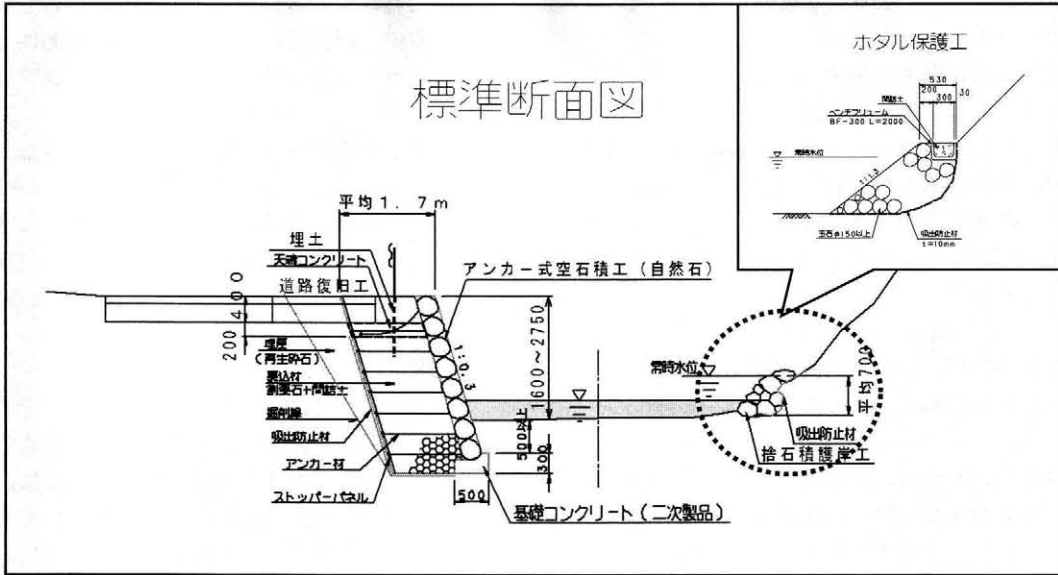


図-4 標準断面図

### 平成15年 御正吉見堰幹線水路工事

工事を施工する際にも、施工条件として、「仮締切等を行い、水位が下がった工事箇所に残った水性生物を故意に殺傷してはならない、確認のできる生物については極力捕獲して影響のない場所に放つものとする。」とし、生き物たちに対する負担を最小限に食い止められるよう努めた。(写真-2参照)

施工中の用水は、水路内にコルゲートパイプ（φ=600mm）を設置し、仮廻し水路とした。仮廻し水路は、作業箇所のみを設置し、作業の行われていない箇所では通常どおり用水を流し、施工範囲全体を締切ることがないようにした。(写真-3参照)



写真-2 完成後

### 3-3. ホタル保護

#### 平成15年11月 ホタル引越し作戦

工事中のホタルの幼虫の引越し先をどうするか。「ホタル引越し作戦」の最大の課題である。工事の影響のない施工区間の上・下流や他の水路に放流することも考えられるが、改修後に元に戻すことを考えれば、水槽などで飼育するほうがよい。そこで、調査してきた事例を参考にして、当用水路でも、地元小学校、ホタル保護委員等の協力を得て、ホタルの幼虫を捕獲し、工事期間中は

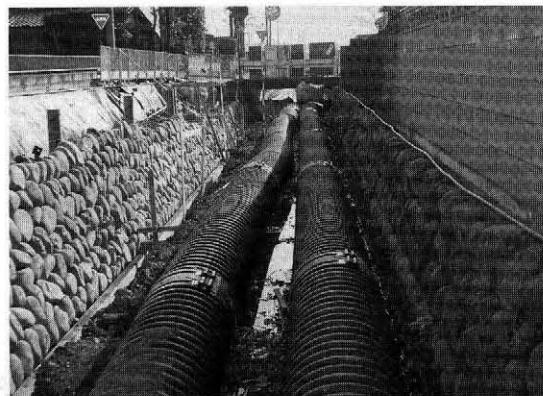


写真-3 仮廻し水路

小学校で飼育をし、工事完了後の3月下旬～4月上旬には放流するという計画をたてた。

ホタル捕獲に関する条例の許可について、江南町に相談したところ、町長宛に申請すれば問題ないとの回答であった。ホタルの里親は、田んぼの生き物調査でも協力していただいている江南北小学校へ、江南町を介してお願いしたところ、「総合学習」に組み入れることで、こころよく引き受けてもらった。

11月28日、江南北小学校の5年生58人、4人のホタル保護委員、国営事業所、改良区連合、江南町、県農林振興センターの共同で捕獲を行った。(写真-4)

「引越し」の説明、幼虫捕獲の注意事項の説明の後、児童は4人一組で、全員がタモ網を持ち、各班にバケツを3つ(ホタル用、カワニナ用、その他の生きもの用)、トレ-1つ(観察用)を配り、仕分けをしてもらった。

児童たちはもちろん、先生や事業所職員も歓声をあげ中、1時間ほどでホタルの幼虫300匹とエサとなるカワニナの他、ヨシノボリ、シジミなどが捕獲できた。

捕獲した幼虫は江南北小学校の水槽に移し、児童たちに里親として育ててもらった。(写真-5参照) 幼虫たちは、食欲旺盛で一緒に捕獲してきたカワニナだけでは足りず、先生や事業所職員は時間を見つけては、水路へカワニナの捕獲に行った。

#### 平成16年3月 ホタル放流会

児童たちに大切に育ててもらったおかげでホタルたちは元気にすくすくと育ち、ついに放流会当日を迎えた。3月19日、引越し作戦と同様に、江南北小学校の5年生と関係者一同約80人が集まった。児童ひとりひとりに幼虫を2・3匹づつ入れた紙コップを渡し、水路上につくられた特設ステージからホタルの幼虫200匹を放流した。(写真-6、



写真-4 ホタル捕獲中



写真-5 江南北小の水槽

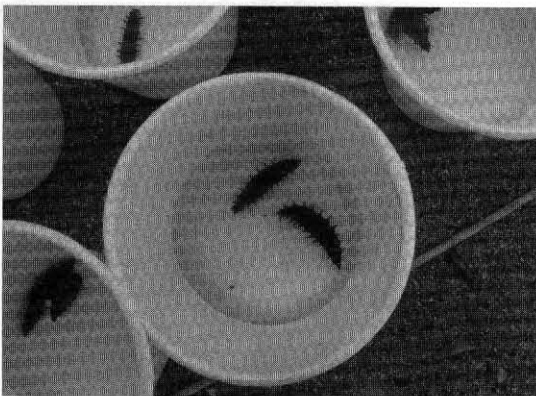


写真-6 ホタルの幼虫



写真-7 放流

7参照)

放流後は、子供たちに水路を改修した理由や水路の役割を説明し、質問タイムにうつった。4ヶ月間育ててきて、いろいろと疑問も浮かんだようで、次々と質問がでた。「この水路には、いつ頃からホタルがいるのですか?」「ホタルはなぜ光るのですか?」など、ホタルの専門家でなければ分からないような難しい質問もとびだした。

最後に校長先生から、「ホタルや魚を大切にすることと、食べること、農業のことはみんなつながっています。これから、もっともっと勉強して考えていこうね。」と子供たちに話され、放流会は無事終了した。

#### 平成16年6月 ホタルの引越しの成果 (モニタリング調査)

ホタルの引越し作戦の成果を確認するため、モニタリング調査を行った。(写真-8参照)

6月3日は、御正吉見堰幹線用水路全体で80匹を確認し、そのうち71匹は施工済区間で確認できた。6月10日は、施工済区間だけの調査を行ったが、113匹が確認できた。(図-5参照) 生息場所で工

事が行われるという、ホタルにとってかなり厳しい状況であったにもかかわらず、施工後もホタルが確認でき、引越し作戦は確実に成果があったといえる。

この調査で、サナギになるために必要な要素を壊さずに、工事ができたことは確認できた。今後も調査を継続し、成虫が卵を生みつけられる場所、幼虫が生活していける場所が保全されているかの確認が必要である。



写真-8 水路上を飛ぶホタル

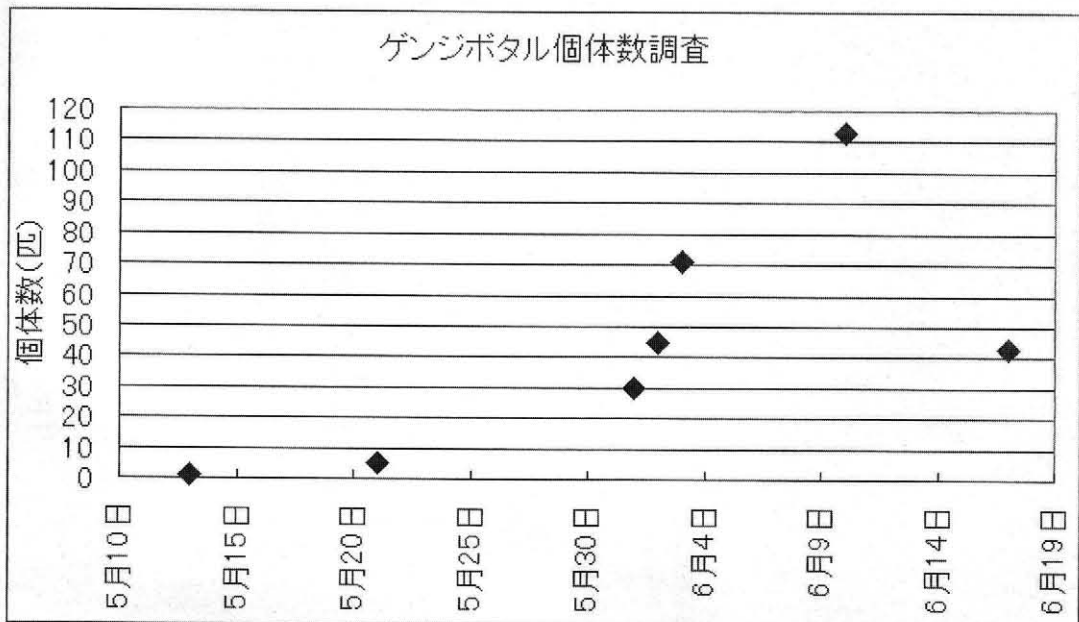


図-5 ゲンジボタル個体数調査結果

#### 4. おわりに

御正吉見堰幹線水路は、地域の自然の豊かさの根源である。そのため、工事の実施にあたっては、この自然を保全するため、学識経験者、土地改良区、ホタル保護委員、地域の人々との連携は必須であった。この取り組みを通して、地元、特に地域の未来を担う子供達と直接かかわりあうことができ、「ホタルを保護する」という同じ目標のもと活動することができた。ホタルが出はじめた頃には、「ホタル飛んでいますよ。」とお電話も頂き、地元の方々と信頼関係を築くこともできた。また、用水を運ぶこと以外の水路の役割を伝えることができた。さらに、学校の先生に対しても、構造物としてではなく、生き物と触れ合える学習の場としての水路を提案することができ、「ホタ

ル放流後も、継続して観察を続けるなど、学習の中に取り入れていきたい。」とうれしい言葉をいただいた。

管理する側と環境を保護する側とでは、どうしても意見が対立してしまう。これからは、農業に直接携わっていない人とも、今まで以上に深く話し合い、理解を得る必要があるだろう。

環境保護の気運が高まる中、より環境を重視した整備を望まれ、改良区の限られた予算、人員だけでは管理が難しくなってくるものも出てくるかもしれない。そういったときに、力を貸してもらうのはやはり地元住民である。地元住民に対して、どのようにPRをし、継続して管理に参加してもらうか。PRの手法も今後の課題の一つではないかと思う。

## 忠別地区における地域用水の実施状況について

鈴 村 淳\* 寺 端 弘 勝\* 福 士 優\*

(Atsusi SUZUMURA)

(Hirokatsu TERABATA)

(Masaru FUKUSHI)

### 目 次

1. はじめに……………73	4. 地域用水機能増進施設の計画……………74
2. 地区の概要……………73	5. 地域用水機能増進施設の実施……………76
3. 地域用水機能の現状……………73	6. まとめ……………78

### 1. はじめに

農業用水が有する生活用水機能、防火用水機能、景観保全機能等、これらを統合して「地域用水機能」という。

国営かんがい排水事業忠別地区では、農業用排水施設の整備を行うに当たり、農業用水の循環利用を積極的に推進することにより、農業用水の更なる効率的な利用を図り、併せて「地域用水機能」の増進を図るため、国営農業用水再編対策事業（地域用水機能増進型）（以下「本事業」という。）を実施している。

ここでは、忠別地区における地域用水機能の現状を踏まえた増進施設の整備計画と実施した施設の事例を紹介し、本事業を計画、実施している他地区の参考にして頂くために発表するものである。

### 2. 地区の概要

忠別地区は、北海道上川支庁管内の中央部に位置する旭川市、上川郡東神楽町及び同郡東川町にまたがる忠別川左右岸に拓けた農業地帯である。

この地域は、明治25年の入植から始まり、明治36年から設立された土功組合により農業水利施設が建設された。その後、昭和30年代からの道営及び団体営事業で取水施設、幹支線用水路及びほ場

整備により生産基盤が整備され、農業用水の安定と近代化、排水改良を図るため、国営忠別地区かんがい排水事業として昭和59年度に着手した。

寒冷地であることに起因する用水路の老朽化による機能低下の解消と農業用水が地域住民の生活の中で地域用水としての機能を兼ね備えている現状を踏まえ、平成14年度に本事業へ移行する計画変更を行っている。

### 3. 地域用水機能の現状

忠別地区における農業用水は、古くからの営農の中で、農作物・農機具の洗浄、防火用水として利用されており、また、地域住民の自発的な活動により、用水路沿いに樹木・花を植える等、流水と一体となった景観・親水空間が創出されている。

#### (1)生活用水機能

用水路に簡易な堰上げや板を渡した洗い場、分水橋、進入路等で農機具、苗箱、農産物等の洗浄用水として利用されている。

洗い場面積の不足、危険な足場、水路への接近が困難等に加え、施設の老朽化で利便性に欠ける施設が多く存在する。（写真-1）

#### (2)防火用水機能

地区の関係3市町の内、東神楽町、東川町は一部事務組合として「大雪消防組合」を設立し、町内一円の消化活動を行っている。

集落が点在しており、特に農村部では消防用水源（上水道等）が未整備であることから、農業用水を初期消火用水として活用しており、土地改良施設の利用に際して、大雪消防組合と施設管理者

\*北海道開発局旭川開発建設部旭川農業事務所  
(Tel. 0166-24-2131)  
\*北海道開発局札幌開発建設部篠津地域農業施設管理所  
(Tel. 011-611-0111)  
\*北海道開発局帯広開発建設部鹿追地域農業開発事業所  
(Tel. 0155-24-4121)

である東和土地改良区とで協定を締結している。

消防車が初期消火用水として分水桝等から吸水するのに必要な水深が不足し、また、底板や側壁が歪んで応急の堰上げが困難な状況である。(写真-2)

### (3)景観保全機能

地域開発の歴史的経緯により、開田や水利施設の整備が農村集落の形成と同時に実施されたことから、多くの農業用水路路線は市街地周辺や農業集落を経由する路線配置となっている。

このため、用水路に隣接する民家の植栽等による水辺空間が形成され、通学児童や地域住民に潤いを与えている。

大雪山連峰を背景とした優れた自然景観を生かし、より一層の景観・親水機能の高まりが地域住民から期待されているが、用水路の変形、亀裂及び目地の脱落等が景観阻害となっている。(写真-3)

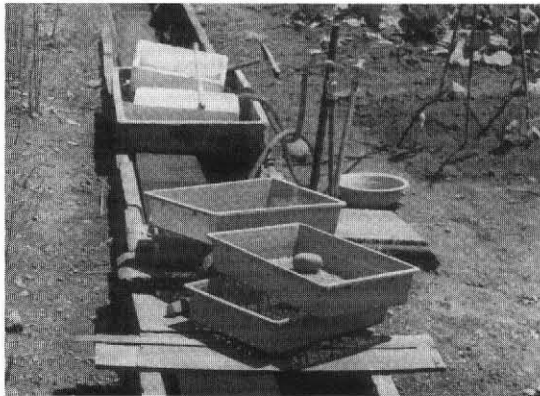


写真-1 生活用水



写真-2 防火用水

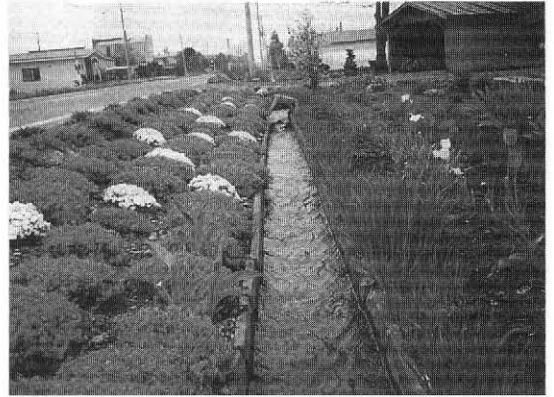


写真-3 景観保全

## 4. 地域用水機能増進施設の計画

### (1)計画上の基本的な考え方

本事業により、地域に設置、利用されている地域用水機能施設を農業用水路の更新と合わせて整備し、地元要望に基づき機能の維持増進を図り、併せて、施設の維持管理を地域ぐるみで行うことにより農業用水(土地改良施設)の持つ多面的機能を啓蒙し、将来にわたり土地改良施設が良好に維持できるようにする。

以上のことを基本として、忠別地区においては、地域用水機能増進施設の整備構想及び基本計画を表-1のとおり策定した。

### (2)生活用水施設の整備構想

農作物の一次洗浄用水、農機具の洗浄用水として定着しており、より利便性の高い施設面での対応を地域住民から要望され、管理に対する意向も考慮した。

生活用水として利用している位置に隣接する分水工、作業用進入路(階段工)の整備と併せ、これら施設の周辺で有効利用が図られる整備構想とした。(写真・図-4)

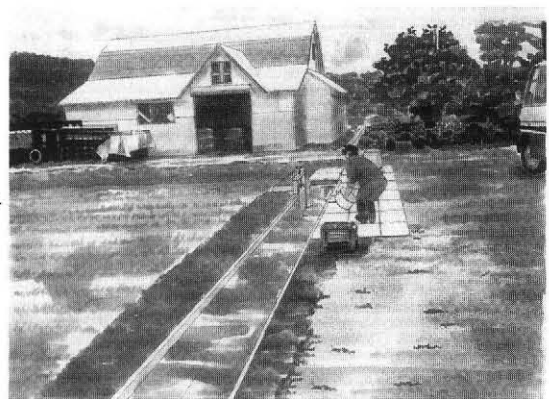
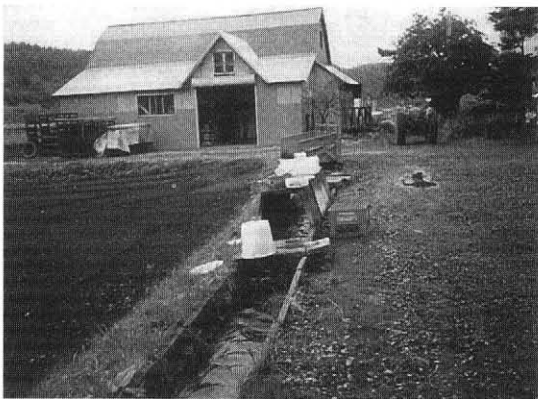
### (3)防火用水施設の整備構想

土地改良施設を活用し防火用水に利用している形態から、大雪消防組合は引き続き現状の利用と地域用水型事業を契機に施設の充実を要望している。

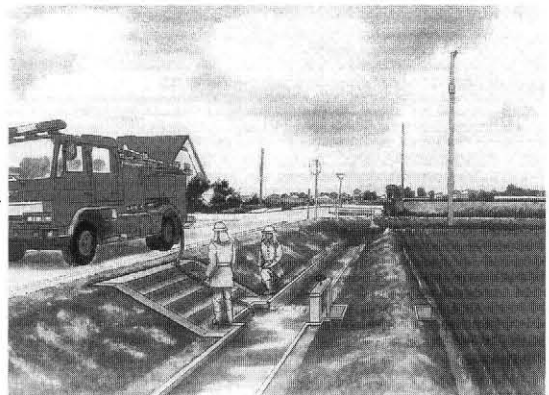
消防水利の基準である「貯水量が $40\text{m}^3$ 以上、又は取水可能量が $1\text{m}^3/\text{分}$ 以上かつ連続40分以上の給水能力を有すること」の条件を満たしている用水路の分水工を防火用水の取水位置とする整備構想とした。(写真・図-5)

表-1 施設の整備構想及び基本計画

機能の種別	機能の概要	機能発揮施設	整備する施設の個所数			
			旭川市	東神楽町	東川町	計
生活用水機能	用水分水施設を利用した洗い場	分水工(分水柵)	16	9	5	30
	用水管理施設を利用した洗い場	管理用進入路	2	2	3	7
防火用水機能	用水分水施設を利用した防火用水	分水工(分水柵)	—	16	17	33
景観保全機能	用水路を利用した景観形成	自然石護岸 植栽(法面保護)	5	3	3	11
計			23	30	28	81



写真・図-4 生活用水施設の整備構想



写真・図-5 防火用水施設の整備構想

(4)景観保全施設の整備構想

関係各市町は、自然と調和した町づくりを振興計画に位置づけ、旭川市は「緑と花のまちづくり」、東神楽町は「花いっぱいのふるさとづくり」、東川町においては「写真の町」として「みどりの空

間の形成」を推進している。景観保全施設の整備構想は、これら施策の推進に整合することを基本とした。

地区内では、東和土地改良区と関係自治体が主体となって地域用水機能増進事業（以下「ソフト

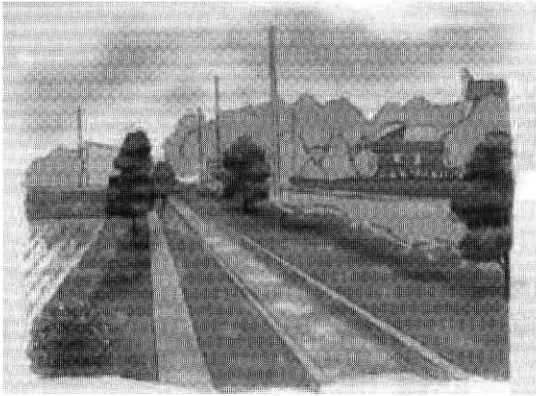


図-6 景観保全施設の整備構想 (地域の景観や生態系に配慮)

事業」という。)を実施している。機能増進施設は、ソフト事業で緑地帯や休憩施設を整備する農村公園(遊水池敷地, 東神楽町・東川町の市街地)に隣接する用水路を選定した。

用水路の整備は、自然石護岸や法面保護としての植栽により、地域の景観や生態系との調和に配慮し、また、通学路や人通りの多い道路沿いの改修する用水路にも植栽を行い、地域住民の生活空間に潤いを与える整備構想とした。(図-6)

## 5. 地域用水機能増進施設の実施

地域用水型事業として、平成14年度から支線用水路と併せ地域用水機能増進施設の整備を実施しており、施設の実施計画は表-2のとおりである。

### (1)生活・防火用水施設

機能増進施設の位置は、分水工利用農家、近隣の民家、東和土地改良区、大雪消防組合と再度確認を行い決定した。

整備した施設は、分水楯下流側に角落用のアングルを設置し、堰上げにより利用水深が確保できる構造とした。生活用水施設は、洗い水による地表面の洗掘を防止するため、分水楯周辺にコンク

リート平板で保護し、また、洗淨物の水切りのため、用水路にグレーチング蓋を設置した。(図-7, 写真-6)

### (2)景観保全施設

東川第1幹線系統北第1支線用水路は、東川町市街地北部と水田区域の境界に位置する。自然石護岸と植栽による水辺空間と大雪山を背景とした農村風景により、この地を訪れる地域住民に「やすらぎとうるおい」を与えることが施設整備の目標である。

実施に際しては、地域を代表する東川町役場、土地改良施設の管理者である東和土地改良区と度重なる協議を行い、図-8に示す完成予想図で整備することの合意を得た。

協議の主な項目は次のとおりである。

- ①自然石護岸用水路を「せせらぎ水路」と命名
- ②使用する自然石は「大雪鉄平石」
- ③関連施設として、町営「育児センター」が平成14年11月に完成
- ④せせらぎ水路の構造は園児の水遊びを考慮
- ⑤支線用水路を埋設構造、分派線用水路を「せせらぎ水路」とする構造区分

表-2 地域用水機能施設に係る施設の実施計画

施設区分	総数	平成14年度	平成15年度	平成16年度
支線用水路整備	91条 78.2km	25条 23.7km	37条 29.5km	42条 25.0km
生活用水機能	37箇所	6箇所	14箇所	17箇所
防火用水機能	33箇所	6箇所	9箇所	18箇所
環境保全機能	11箇所	2箇所	1箇所	8箇所



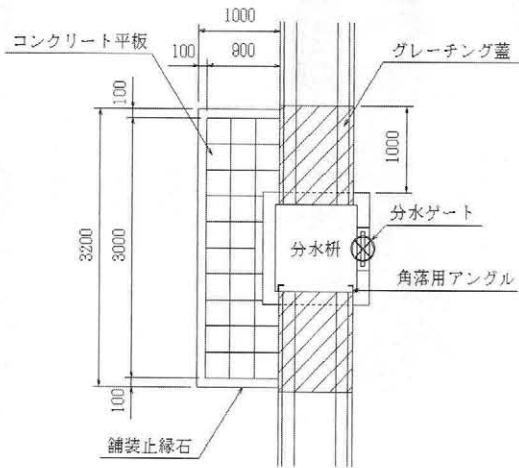


図-7 生活用水施設の構造図

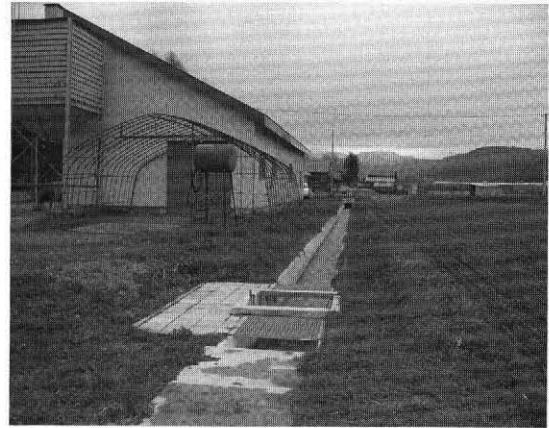


写真-6 完成後の生活用水施設

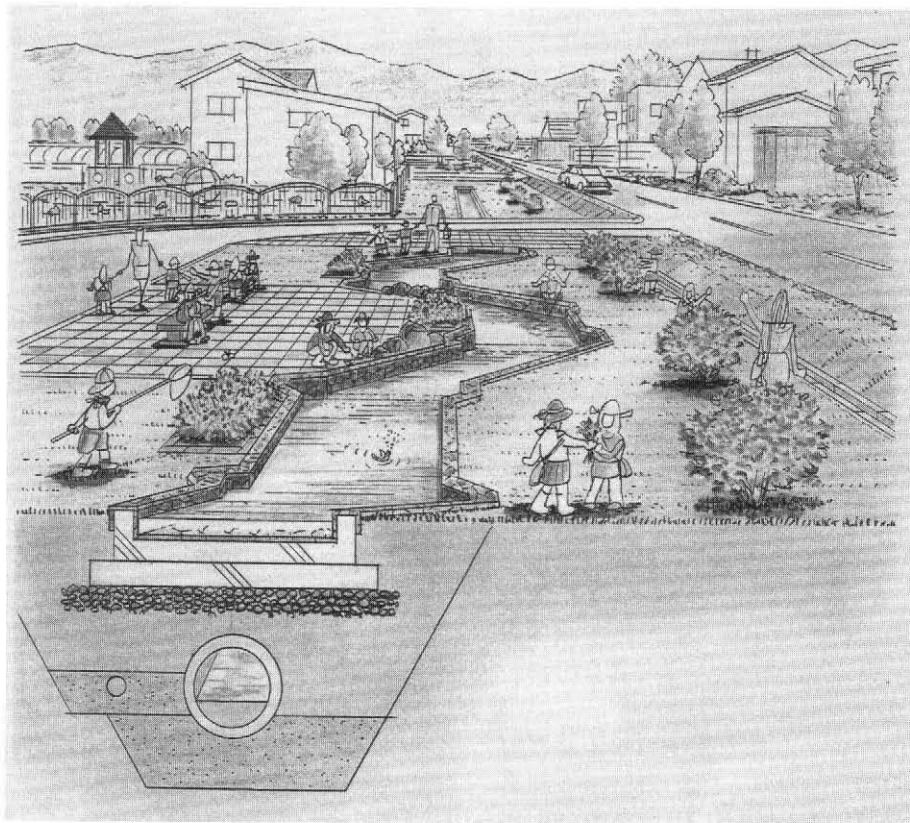


図-8 「せせらぎ水路」の完成予想図

⑥ソフト事業による周辺整備内容との整合

⑦施設毎の維持管理者

整備内容について合意を得た後、直ちに工事着手し、本事業で整備する自然石護岸による「用水

路」が平成15年3月に完成した。(写真-7)

平成15年8月からソフト事業による植栽・休憩施設等の周辺整備が実施され、10月に「せせらぎ水路」が完成した。(写真-8)

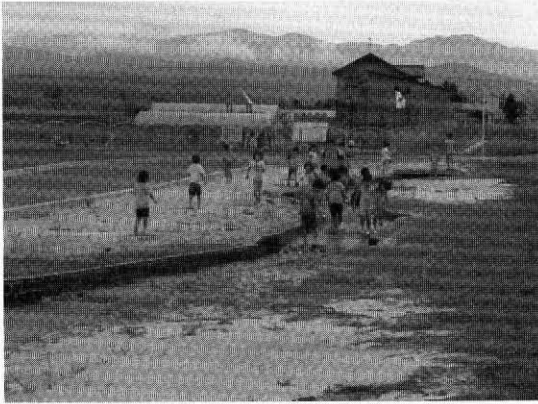


写真-7 本事業による用水路整備



写真-9 植栽作業状況



写真-8 ソフト事業で周辺整備された「せせらぎ水路」

来年度（平成16年度）以降は、より整備された環境での園児の笑い声、また、地域住民に「やすらぎとうるおい」の場となることが期待される。

### (3)住民参加による植栽施工

地域用水型事業で改修した支線用水路の約1.0km区間のステップ部に、行政の材料手配による約2,000株のオレガノやクリーピングタイム等、6種類のハーブを地域住民、農家、土地改良区職員等の参加による植栽作業を実施した。

これは、公共事業工事のコスト縮減による農家負担の軽減を図り、また、地域住民の手作りによる愛着心のある用水路として、植栽したハーブとともに良好な維持管理を期待して行われたもので

ある。（写真-9）

## 6. まとめ

平成10年度に創設された国営農業用水再編対策事業（地域用水機能増進型）による施設整備計画と実施に至る経過を紹介してきた。

地域用水機能増進施設の実施においては、地元住民や施設管理者との密接な対話とこれを反映した地域に密着した整備内容とすることが重要である。この結果として、この事業の基本方針である「地域ぐるみでの土地改良施設の維持管理」の実現が図られるよう今後も努力して行きたい。

# 農業用水再編対策事業による農業用水路の改修について

工藤 政彦\*  
(Masahiko KUDOU)

## 目 次

1. はじめに	79	4. 繊維モルタル工法による水路改修工法	81
2. 地区の概要	79	5. 地域用水機能増進事業の概要	83
3. 農業用水再編対策事業(地域用水機能増進型)の概況	80	6. おわりに	84

### 1. はじめに

緒方町は、大分県の南西部に位置し、南は宮崎県日之影町、高千穂町に接している。町内を大野川、緒方川、奥獄川の3つの川が流れ、南の祖母、傾山を含む山岳地帯と川沿いに広がる平坦地からなる農山村地帯である。県下でも、古くから農業水利の発達した地域で、江戸時代から「緒方五千石」と呼ばれていた穀倉地帯であり、米、野菜ならびに畜産の複合経営を主たる農業形態としている。

緒方町における農業農村整備としては、昭和24年～27年に県営かんがい排水事業が、昭和47年～58年に県営ほ場整備事業が実施された。その後、生活様式の高度化に伴い生活排水等が緒方井路に

流入し、農産物に影響を与えただけでなく、農地や農業用水路等に障害をもたらしたため、昭和55年より農村総合整備モデル事業に取り組み、現在までに4地区が供用され、1地区が実施中である。地域住民は、農業用水路などの水質浄化をはじめ、その他の環境問題に対しても意識が高い。

### 2. 地区の概要

緒方井路は、緒方川の原尻の滝上流より取水し、250haの田畑を潤す総延長17.5kmの水路である。江戸時代のはじめに開削されたこの水路は、当時としては屈指の技術が施され、1,000分の1の勾配という穏やかな流れを実現し、地域農業の発展を支えてきた。また、昔ながらの水車が現在も稼働しており、農村集落の原風景を残す地域として「農村景観日本百選」にも選ばれている。

一方、高度成長時代にかけて建設されたコンクリート施工表面は、既に耐用年数を大幅に経過し、また、外的要因により機能低下を生じた箇所も多々見受けられる。

従来、農業用水路の改修は、全面破壊の後、新たにコンクリートで整備する手法が一般通念であった。しかし、コンクリート躯体の現状を見ると、表面劣化（化学的要因・流水作用によるすり減り現象）や側壁と底板接合部の剥離による通水障害が見られるものの、躯体の核の部分については健全な状態を保っている場合が多い。

また、計画路線は県道と民家に挟まれており、水路上を床版橋が数カ所に渡り横断しているため、全面改修の計画の下では生活道を通行止めにはせざるを得ず、地域住民の生活に対する支障が懸念された。

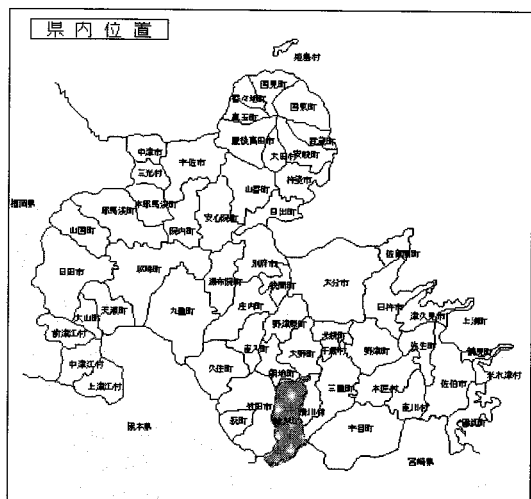


図-1 位置図

\*大分県大野地方振興局耕地課 (Tel. 0974-22-0220)



写真-1 水路概況

### 3. 農業用水再編対策事業（地域用水機能増進型）の概況

本地区の整備に当たっては、緒方町が環境整備の一環として取り組んでいる五千石祭り事業で、緒方平野全体を農村文化の体験エリアとして捉えるなか、緒方井路は核をなす施設として位置づけられていることから、現況の農村景観や本町のシンボルである水車・石橋等を活かした施設の整備を通じ、町が目指す環境整備構想に即した水路改修計画を実施することがポイントとなった。

図-2に、平成11年度から平成15年度に行われた工事概要を、写真-2~5に主要工法の構造内訳

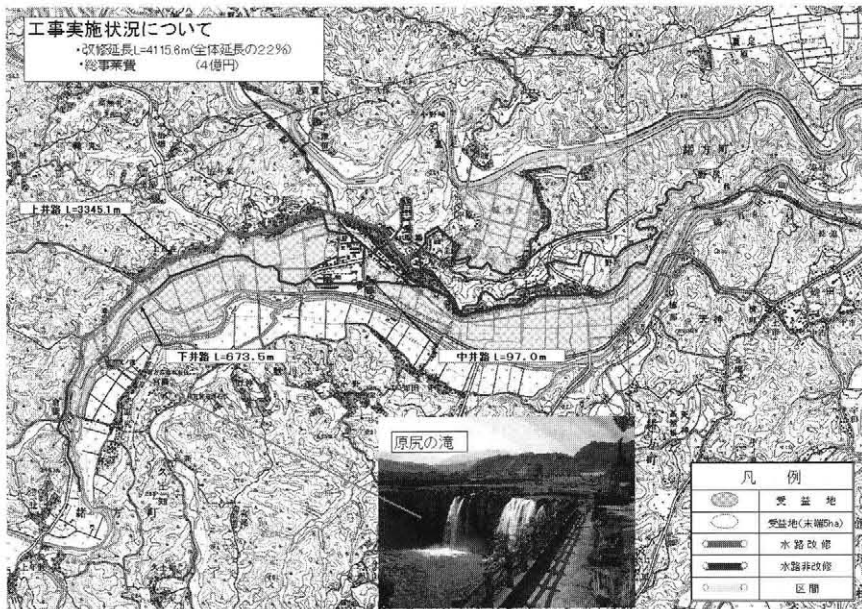


図-2 工事概要図（総事業費407,100千円）

水路改修総延長L=4,115.6m（上井路L=3,345.1m/下井路L=673.5m/中井路L=97.0m）

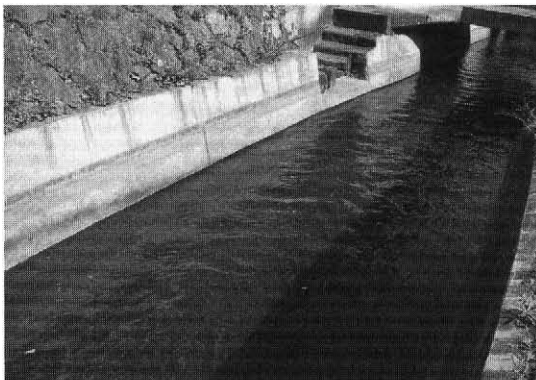


写真-2 繊維モルタル工L=1,949.4m



写真-3 景観保全工L=1,984.7m

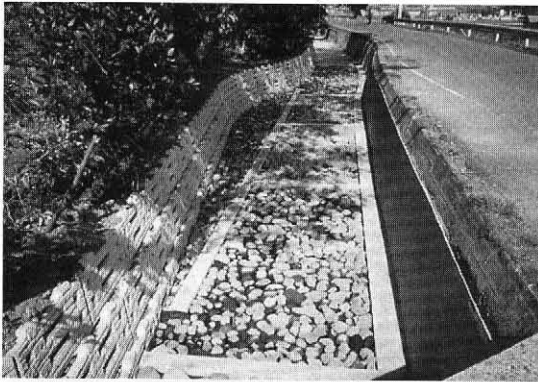


写真-4 ほたる護岸工L=68.0m



写真-6 コンクリート劣化状況



写真-5 親水水路工L=97.0m

を示す。

工法の選択に際しては、地域住民も交えた現地調査の結果を基に、地域用水機能の維持・増進計画ならびに土地改良施設としての設置目的を総合的に判断した上で決定した。

#### 4. 繊維モルタル工法による水路改修工法

##### 4-1) 現況水路の調査内容

コンクリート構造物の経年変化については、コンクリートが受ける化学的・物理的破壊作用の程度で、劣化の進行が大きく左右される。本地区の水路改修にあたっては、現況の躯体を十分に診断することが重要となることから、下記の事項について調査を行った。

##### ①目視調査

- ・変形の有無、コンクリートの劣化度、ひび割れ深さ、欠落部規模

##### ②躯体検測調査

- ・スコップ・ハンドドリル等を用いてコンク

リート厚み及び側壁と底板（人隅部）の剥離の有無

##### ③保有圧縮強度測定

- ・シュミットハンマ・コアカットによる施工後の経過年次区間ごとの圧縮強度の推定

##### ④配筋調査

- ・レーザ探査等により配筋位置及び腐食度の測定

##### ⑤現況流速測定

- ・通水断面の異なる5測点を設け、週間ごとに5回測定

#### 4-2) 調査結果

コンクリート表面の劣化深さは、通水部については浸食作用を受けたことから断面減少を生じているが、それ以外の部分については劣化がそれほど進行していなかった。変形は、ごく一部の区間で外的要因により生じていた。ひび割れについては、建設ときに目地設置がなされていない区間に多く見られる。躯体の保有圧縮強度については、コア採取で多少ばらつきはあるが、 $16.2\sim 35.8\text{N}/\text{mm}^2$ （平均 $21.6\text{N}/\text{mm}^2$ ）、シュミットハンマでは $11.3\sim 17.2\text{N}/\text{mm}^2$ （平均 $12\text{N}/\text{mm}^2$ ）であった。また、流速による現況水路の粗度係数は $n=0.020$ となっており、当初設計時の粗度係数 $n=0.015$ と比べると、表面劣化による影響が生じているものと考えられる。

#### 4-3) 工法の選定（比較検討）

一般に、用水路の耐用年数（40年）の間に劣化部の部分的な補修を行った場合においては、耐用年数の延長は見込めないことから“補修”とみなされるが、既に耐用年数を経過した本水路においては、全体的に劣化部を取り除き、既設コンク

リートを包括し、外的劣化要因を阻止するとともに、水密性により接着面の剥離を起こさないよう劣化進行の抑止を行い機能回復を図るものであることから、“更新”と位置付けることができる。よって、開水路の更新（更生）工法の選定にあたっては、前項調査結果を基に、表1の3工法について比較検討を行った。

検討の結果、本地区では、不定型断面の躯体コンクリートの劣化部分を完全に除去し、躯体露出面を包括した形で塗装を行い一体的な構造体とすることで、建設当初と同等以上の機能回復が図れることから、施工性に優れた繊維モルタル工法を採用した。

本工法は、既設水路内面に繊維モルタル（膜厚20mm）を塗工し、一体的な構造体とすることで、劣化の主要要因である流速によるすり減り作用を防止するものである。

### ①材料特性

繊維モルタルとは、表-2の特性を有するグラスファイバー入りのポリマーセメントモルタルのことで、耐久性に優れ、付着力が高いので剥離をおこしにくい。また、耐摩耗性がセメントモルタルの2.5倍であるため、流速によるすり減り作用を低減する効果がある。

### ②施工性

大型機械を必要とせず、小労力（左官・普通作業員）で施工可能であるとともに、大幅な工期短縮が図られ、必要に応じ、張り石等の表面施工が容易である。

### ③環境問題

原型を破壊しないので、コンクリート殻等の産廃物が少なく、自然になじみやすい。

### ④建設コストの縮減

従来の鉄筋コンクリート三方張と本工法を当施

表-1 工法の比較検討

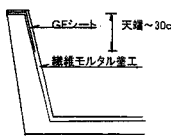
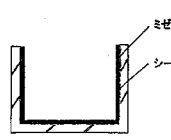
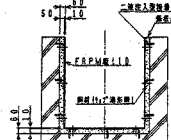
工 法		繊維モルタル工法	ミゼロン工法	FRPM板工法
イ メ ー ジ 図				
	概 要	既設水路を取り壊すことなく、既設水路に繊維モルタルを塗工し、必要流量を確保しながら、耐久性に優れた水路に改修。	水路の内面に耐用年数の長い樹脂を2mm程度の膜厚でスプレーによりライニングし改修。	既設水路を取り壊すことなく、固定金具などでFRPM板を取付、既設水路とFRPM板との隙間にモルタルを充填し、必要流量を確保しながら、耐久性に優れた水路に改修。
施 工 範 囲	開 渠	○	○	○
	暗 渠	円 形	○	○
		馬 蹄 形	○	○
		短 形	○	○

表-2 繊維モルタルの品質・特性

### 材料の強度

区分	繊維モルタル (GRC)	比較 (対コンクリート)
圧縮強度	46.1N/mm <sup>2</sup>	3.3倍
曲げ強度	19.1N/mm <sup>2</sup>	8.7倍
引張強度	2.9N/mm <sup>2</sup>	2.4倍
付着強度	2.4N/mm <sup>2</sup>	1.6倍
耐摩耗	0.4(対モルタル)	2.5倍
温度膨張率	14.2×10 <sup>-6</sup> /°C	
透水性	不透水	

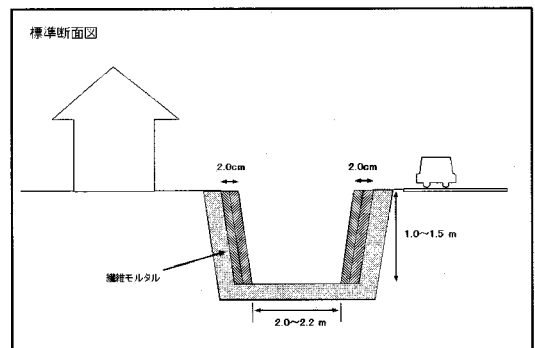


図-3 標準断面図

工区間において比較すると、30%程度のコスト縮減が可能となる。

#### 4-4) 施工方法

水路壁面と底面の汚物や劣化部分を高圧洗浄機で洗浄・除去した後、既設コンクリート面にエマルジョン系接着剤を塗布し、その上に繊維モルタルを塗り一体化させる。繊維モルタルの塗り厚は1回あたり最小10mmとするが、当該水路については粗面で凹凸が大きいため、1回目は不陸整正を主とし、2回目に仕上げを行う2回塗布とした。また、9mごとに伸縮目地を設け、ひび割れ防止を図った。

繊維モルタル塗工の作業内容(写真-7~10)。

表-3 繊維モルタル塗工の作業内容

工程	作業内容及び作業器具等	厚み (mm)	標準使用量 (kg/m <sup>2</sup> )
地下処理	高圧水洗浄機で劣化部分等除去、残存物はハンマー、ノミ等で除去	—	—
接着剤塗布 (下地用)	エマルジョン系接着剤をハケで塗布	—	0.15
繊維モルタル塗工 (下地)	左官工でコテ塗り(粗面仕上げ)	10.0	22.3
接着剤塗布 (仕上げ用)	エマルジョン系接着剤をハケで塗布	—	0.08
繊維モルタル塗工 (仕上げ)	左官工でコテ塗り(金コテ仕上げ)	10.0	22.3

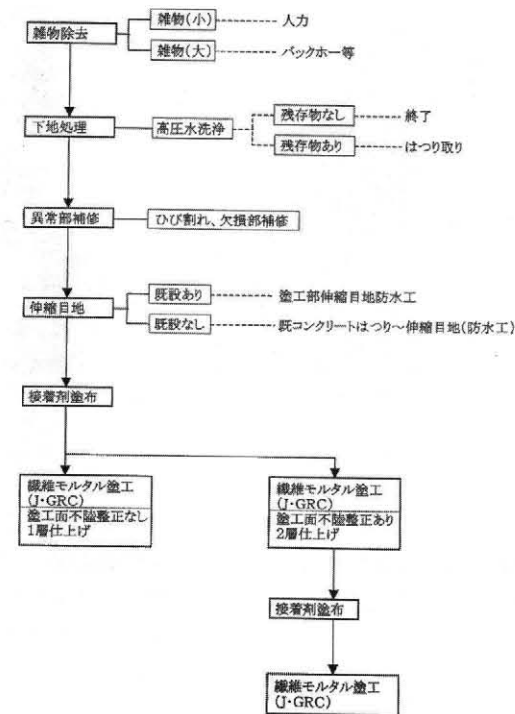


図-4 繊維モルタル塗工の施工順序

および施工順序を、表-3ならびに図-4に示す。

#### 4-5) 留意事項及び考察

本工法の採用にあたっては、①既設コンクリート構造が安定していることが重要(ひび割れ等の事前調査)、②モルタルの施工厚さの検討、③施工実績が少なく、新設コンクリートに比べ耐用年数実績が不明確である点などに留意を要した。

また、施工にあたっては、④湧水箇所は、事前に処理すること、⑤ひび割れ、異常部を確実に処理すること、⑥モルタル塗装時は、下地が表面乾燥状態であること(付着力低下防止)、⑦現場における(接着剤、モルタル等の)材料使用量に係る出来高確認方法の検討が必要である。

### 5. 地域用水機能増進事業の概要

本事業構想は、これまで農村の原風景として、その姿を留めている現況井路を保全強化するとともに、効率的な水利用や水路用地の有効活用等により、地域用水機能の増進を図るものである。併せて、都市生活者との体験・交流活動等を通じて農村や用水に対する理解を深めながら、地域ぐるみによる維持管理体制づくりを構築することとした。

緒方町は、地域開発の方針として「体験観光と水車の里づくり」と「滝と水車とチューリップの里づくり」をスローガンに町づくりに取り組んでいる。今回の改修にあたっては、水路に擬岩ブロック、はたるブロック、張石、水車、花壇等を設置し、景観保全機能を発揮させることにより、地域用水としての機能の増進に取り組んだ。写真-11~13に、事業展開の実例を示す。



写真-7 下地処理



写真-8 接着剤塗布



写真-11 水路を利用した“日本一長いプール”



写真-9 繊維モルタル塗布

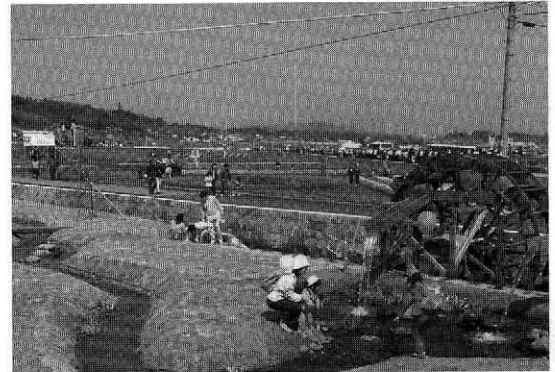


写真-12 町のシンボルである水車を活かした施設整備

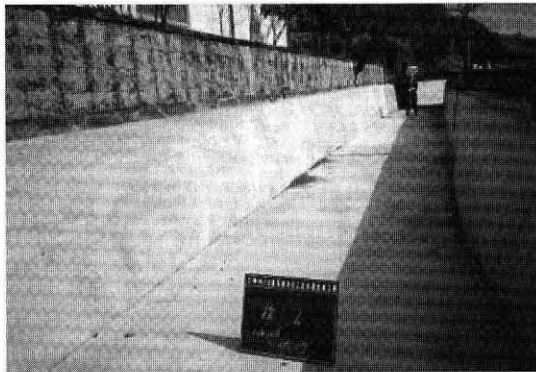


写真-10 竣工



写真-13 井路祭りの一風景

## 6. おわりに

農業水利施設は、戦後の高度成長期以降に集中して整備が進んだが、現在では地域の社会情勢や建設コスト縮減といった、施設の効率的な維持管理と更新の時代に移行している。緒方井路においても50年以上が経過した現在、周辺地域では宅地等の開発が進み、水路自体を容易に改修すること

が困難となっている。このような状況を受け、水路の補修・補強については技術開発が進んでいるが、今後の水路改修においては、費用対効果やライフサイクルコスト等を考慮した工法の検討を慎重に行い、更新事業を実施していくことが、より一層重要と考える。



# 紀伊平野の農業用水路の歴史

—大畑才蔵の業績—

田上直美\*  
(Naomi TANOUÉ)

## 目次

1. はじめに	85	5. 紀州徳川家の新田開発	86
2. 古墳時代の農業用水路	85	6. 小田井用水路	86
3. 中世の農業用水路	85	7. 龍の渡井と才蔵堀跡	87
4. 近世のため池築造	86	8. おわりに	87

### 1. はじめに

紀伊平野の主な農業用水路は、奈良県内の紀の川支川の丹生川に設置した西吉野頭首工から取水する紀の川用水、県内の紀の川本川の小田頭首工から取水する小田井用水、藤崎頭首工右岸から取水する藤崎井用水、右岸から取水する荒見安楽川井用水、岩出頭首工右岸から取水する六ッ箇井用水、左岸から取水する紀の川左岸水路と最下流の新六ヶ頭首工左岸から取水新六ヶ井用水が、紀の川沿岸の河岸段丘から下流の沖積平野を西から東に流下している。

また、紀の川支川の貴志川水系では、山田ダム関係水路と諸井頭首工の左右岸から取水する貴志川土地改良区の幹線水路がある。

これらの水路は、第二次大戦後の総合開発事業として上流ダムの建設と奈良県大和平野への分水を含めた国営農業水利事業と附帯の県営事業や未曾有の水害となった28年災の復旧事業で改修整備された。

しかし、改修後、年月を経て老朽化が進んでいることと、土地利用や営農形態の変化により水需要が大きく変わってきていることから、現在、国営農業用水再編対策事業での改修整備が行われており、先人方が営々と確保してきた農業用水を未来に繋ぐ事業が実施されている。

農業農村整備事業を巡る状況が厳しい中、また、本県において土地利用等の変化の激しい紀伊平野

の農業用水路の歴史、とりわけ大畑才蔵の業績について紹介したい。

### 2. 古墳時代の農業用水路

紀の川流域における弥生遺跡は、下流部の沖積平野（和歌山市、岩出町）の氾濫原や自然堤防に集中しており、とりわけ南岸の地域では、上記に述べた紀の川左岸水路の一部である宮井水路の近辺で遺溝が発見されており、紀の川からの取水が容易な氾濫原に水田を拓いたものと思われる。

宮井水路については、日前宮の司祭由来書に「垂仁天皇16年に現在地に移されたとき、付近一帯が神領となり、神領をかんがいすることから宮井の名がつけられた」といわれているが、流域では最も古い水路といえる。

また、時代は遙か降り、豊臣秀吉が天下統一に向けて紀州攻めを行った際、秀吉の三大水攻めとして知られている「太田城」の水攻め（他には、備中高松城、武蔵忍城）には、この宮井水路を使って水を引き入れたといわれている。

### 3. 中世の農業用水路

平安期には紀の川流域では、そのほとんどが荘園となっており、水田地帯は支川からの用水手当により河川段丘地帯まで広がってきている。

支川からの用水路では、県の指定史跡となっている柿田荘（伊都郡かつらぎ町笠田）の文覚井が有名であり、ここは京都の神護寺領であったことから、「文覚上人是を穿りて農業の助とす」という数多くの文覚上人開設の農業用水路のひとつで

\*和歌山県農林水産部農業政策局農地整備課  
(Tel. 073-441-2951)

ある。

この文覚井は、紀の川支川の四十八瀬川（穴伏川）の上流部で取水し、山腹を等高線に沿って引水し、丘陵部の鞍部を通して紀の川本川沿いの下位段丘地や氾濫原の水田用水として利用されたもので、現在も地域の貴重な水源施設として利用されている。

こうした水路開設には、相当高度な測量技術が必要と考えられ、当時からそれなりの技術が確立されていたものと考えられる。

また、紀の川流域が荘園に分割されており、荘園を縦断的に繋ぐ水路の開設は難しく、自領内の支川から自己完結的に用水手当をしていたことが、水利争い等の資料からみられる。

#### 4. 近世のため池築造

紀の川流域では、気象条件や地形条件もあって多くのため池が築造され、地域の農業用水の水源として利用されている。

近世には、高野山の名僧応其上人（木食上人）によって大規模なため池が築造されており、これらの池は山腹や上位河岸段丘地にあり、後述する小田井や藤崎井という用水路が整備されるまでは段丘地を潤す貴重な水源であり、江戸時代（紀州藩時代）の築造・改築を経て、現在も県下ため池の6割強を占めている。

#### 5. 紀州徳川家の新田開発

関ヶ原の合戦後（1600年）、紀伊の国は浅野氏が領主として藩政を執ったが、この間の検地では、石高38万石とされている。

その後、浅野氏が安芸備後へ転封となり、元和元年（1619年）徳川家康の十男頼宜が御三家の一つの紀州徳川家を興すに際し、勢州（現三重県南部地域）の18万石を併せ石高55万石余の大藩となった。

しかし、実態は藩内に田辺・新宮の支藩を有したことや浅野氏の検地がかなり水増しされていたことから、頼宜の子の二代藩主光貞からその子達の三代綱教、四代頼職、五代頼方（後の八代将軍吉宗）に渡って、藩財政建て直しに向け大規模な新田開発に取り組んでいる。

新田開発の内容は、河川の連続堤築造による氾濫源の水田化や大規模用水路の開削やため池築造

等により水源を確保し畑を水田化するもので、これらの整備により石高は飛躍的に増加している。

とりわけ、紀の川流域では、右岸段丘地に小田井用水路、藤崎井用水路の大規模水路の開削が行われている。

#### 6. 小田井用水路

小田井用水路は、伊都郡高野口町に取水口を求め那賀郡岩出町に至る幹線延長30kmを越える長大水路で、五代藩主頼方の命により大畑才蔵が開削に着手し、才蔵没後に完成したものである。

この水路は、先にも述べたように昭和40年代に国営十津川紀の川農業水利事業及び附帯県営事業によりコンクリート三面水路として改修整備されているが、改修前の姿を知る地元の人々は、子供の頃、紀の川本川まで距離があったことから小田井用水路が水泳の場でもあり魚取りの場でもあったことから、親しみを込めて「小田井のかわ」と呼んでいる。

才蔵は、小田井開削に当たって、綿密な現地踏査と測量を実施しているが、この手法は、勢州一志郡の新井の開削や、小田井開削に先立って実施された藤崎井の開削でも行っているが、事前に十分調査し、詳細に記録として残しており、それらについては、平成5年に橋本市が刊行した「大畑才蔵」に体系的に詳しく解説されている。

ここで特筆すべきは、「水盛り台」による水準測量技術で、現在のレベル測器に当たるが、節を抜いた竹の両端を角材で固定し、竹の中央部及び角材に穴を開けて細い竹を差し込み、中央部の竹から水を入れて、両端の竹から同じように水が溢れるように角材の下に楔を入れてやれば、両端の角材は水平となる。更に角材に横板を取り付けた同じ長さの板（見当）を取付て、片側の横木上面ともう一方の横木上面を見通し、測量したいところに横板を取り付けた板（先の見当）を立てて、その上面が一致する時の板の長さや角材に取り付けた見当の長さとの差が標高差となる。

見通しの利かない湾曲した河岸段丘崖の縁に沿って3,000分の1の勾配で水路を設置していくには、この水盛りの技術が不可欠ではと考えられる。

余談になるが、平成6年の夏に和歌山市で世界リゾート博覧会が開催されたとき、県では「紀州の先人」を出展したが、私どもは伊沢弥惣兵衛と大畑才蔵を担当し、両先達が関わった紀の川流域

の農業施設のジオラマや掛樋、伏越し、見沼代用水の通船堀開門の模型とともに水盛り台を復元して展示した。

当初、水盛り台については、実際に測量作業を体験して貰おうと考えていたが竹を切った匂が悪かったのか接合部に割れ目が入り水漏れを起こしたため使用されることなく展示のみに終わった苦い経験がある。

## 7. 龍の渡井と才蔵堀跡

才蔵の「小田村新井筋丁場分け」によると、小田井用水開削に係る必要人数は、総延長5里1町(約21km)で延べ100,700人を見積もっているが、支川の四十八瀬川(穴伏川)を横断する掛樋に11,200人を見積もっており、工事区間最大の難所と考えていたことが伺われる。

この掛樋は、通称「龍の渡井」と呼ばれ、方丈式の木製掛樋(写真①)として施工され「石一升の掘削に金一升を費やした」と語り継がれているように難工事であったとされている。

龍の渡井は、大正年間に煉瓦積みのアーチ式水路橋(写真②)に改修され、壁面は石張り装甲がなされて、春の桜や秋の紅葉に映え周辺との調和のとれた景観を呈している。

また、龍の渡井の上流は、万葉集にも歌われた背の山で、水路は山裾を周回していたが、昭和の改修で隧道となり、旧水路は廃止されその一部は公園として利用され「才蔵堀跡」の碑が建立されている。(写真③)

## 8. おわりに

紀州が生んだ大先達「大畑才蔵」「伊沢弥惣兵衛」は、紀州流土木工法の祖として、大きな業績を残しているが、弥惣兵衛が吉宗の將軍就任に従い勘定役として江戸に出任し、その後各地の新田開発や河川工事等で顕彰されてきたのに比し、才蔵は、地方から勘定人として五人扶持の俸禄は得たものの、「南紀徳川史」に「才蔵うちには勢州一志郡の新井筋の功を奏し、又今藤崎、小田両回の体業を成す。而して更に才蔵ありしを知るものなし、国より記念の一碑だもなしと雖も、其動績は世とともに尽きず」と記されているようであるが、その業績に見合う評価がされているとは思えない。

平成16年6月には、生誕地の橋本市学園路(かむろ)に生誕記念碑が建立されたが、農業農村事業



写真-1 木製掛樋の頃の龍の渡井

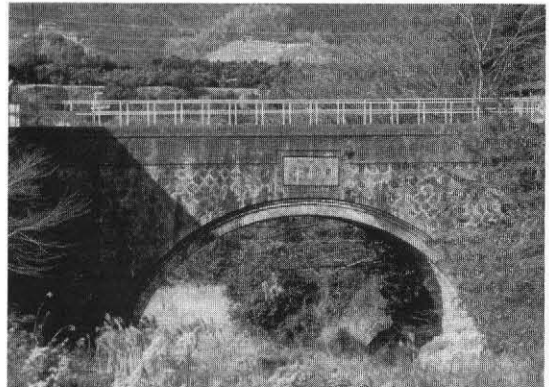


写真-2 現在の龍の渡井



写真-3 才蔵堀跡碑

に関わる者として後々の世まで才蔵の業績を伝える努力をしていかなければならないと考えている。

## 参考文献

- 大畑才蔵 平成5年3月 橋本市 刊行
- 紀の川-水の歴史街道- 平成8年3月 建設省近畿地方建設局和歌山工事事務所
- 紀の川農業水利史 昭和42年4月 和歌山県

【歴史的土壌改良施設】

よねざわ 米沢藩主 上杉鷹山公の大英断  
 うえすぎょうざん  
 ほうじょうごう 北条郷を豊かな大地にした黒井堰の開削  
 くろいぜき

島貫憲明\*  
 (Noriaki SHIMANUKI)

目次

1. 東洋のアルカディア	88	5. 黒井堰の開削	89
2. と き	88	6. 今でも残る遺跡と希少植物コウホネ	90
3. だれが	89	7. 上杉鷹山公の籍田の礼	91
4. 北条郷とは	89		

1. 東洋のアルカディア

本地域は、山形県の最南端に位置し、西吾妻連峰・奥羽山脈に囲まれた置賜盆地に展開する、米沢市・南陽市・高島町・川西町の2市2町にまたがる水田地帯である。その昔、英国の女性旅行家イザベラ・バードがこの地を訪れた際、実り豊かな大地と人情の豊かさから「東洋のアルカディア」と称したように、自然豊かな田園風景が広がっている。

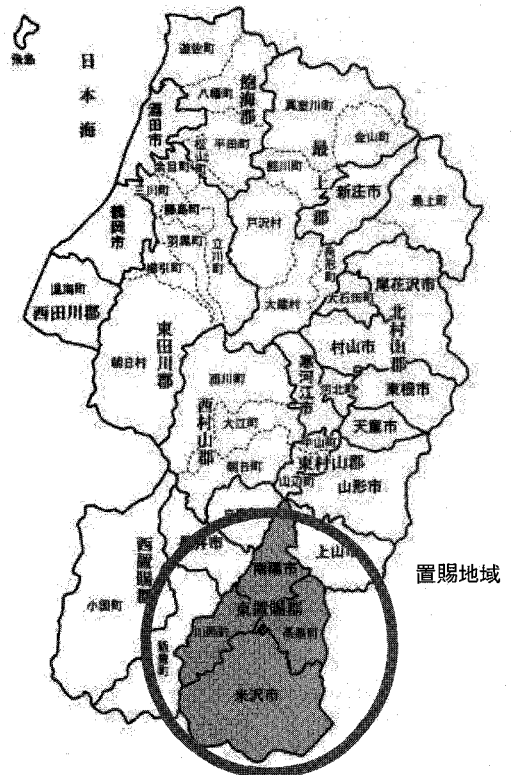
2. と き

今から約400年前の1588年（慶長3年）福島県会津より移った上杉氏は、領土の激減を補うため積極的に開田に努めた。



イザベラ・バード

それに伴い、開田した土地に水を引くための堰（用水路）や水を蓄えるためのため池等が多く築造され、それぞれに謂われや歴史を持っている。



位置図

\*水土里ネット米沢平野 (Tel. 0238-23-0015)



飯豊山穴堰絵図面

### 3. だれが

米沢藩（上杉氏）第九代上杉治憲（鷹山）公時代、水田の灌漑用水不足解消のために、希に見る二大土木事業が遂行された。その一つは飯豊山の穴堰であり、もう一つは黒井堰の造成工事である。共に時の普請奉行黒井半四郎忠寄の業績であり、堰の名はその偉業を讃え、藩主より贈られたもの

である。いずれも、大検約令下にあった米沢藩としても思い切った大事業であり、この事業に掛けた期待の大きさを知ることが出来る。

### 4. 北条郷とは

現在の高島町糠野目より赤湯・宮内・梨郷までの30ヶ村を北条郷といい、領でも最も豊かな土地であったが、古来から水不足で、いったん日照りが続くと収穫皆無がしばしばあった。水田へのかんがいのため幾度となく堀が掘られたが、救済することができず鷹山公は、心を痛められ苦しむ村民を救うため干ばつとの戦いが始まったのである。

### 5. 黒井堰の開削

1794年（寛政六年）上杉藩は、黒井半四郎忠寄を普請奉行にして赤湯、梨郷方面の水不足を救済するために大掛かりなかんがい用水づくりに着手した。それまでの福沢堰、梨郷堰、福沢新堰を十分活用することに配慮しながら工事が進められた。最初に米沢鍛冶川を締め切り、塩井に導水し家中の御役屋用水の古渠に補水した。

米沢市窪田にある千眼寺の裏で松川を堰止め、新たな取水口を造成し、幅3.6mもある水路を掘り、下窪田を通り矢野目街道で吉島方面に分水し、高島町糠野目で松川を横断する、長さ70間、(127m)、



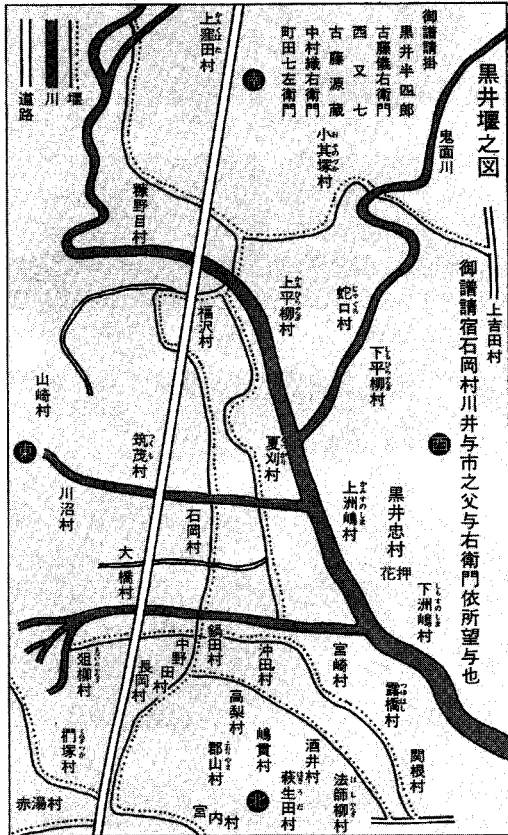
上杉鷹山公肖像



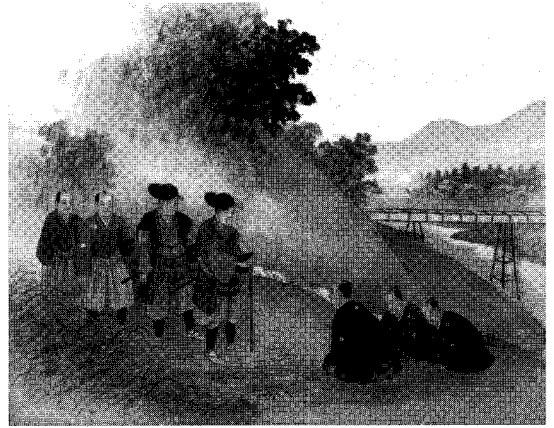
黒井半四郎忠寄公肖像

(ともに米沢市所蔵)

黒井堰絵図面



(高島町石岡 川井力氏所蔵の写し)



黒井堰完成の図 (米沢市所蔵)

もに、偉業を末永く記念するために「黒井堰」と命名されたのである。現在残っている「黒井堰」は、国営・県営事業のよりコンクリート製の水路に生まれ変わっているが、黒井半四郎忠寄の業績は200年を過ぎた現在でも語り継がれている。

黒井半四郎忠寄(1747~1799)メモ  
 1772年(明和 9年)上杉藩勘定頭  
 1794年(寛政 6年)黒井堰普請奉行  
 1799年(寛政11年)飯豊山穴堰普請奉行  
 寛政11年11月7日 中風で亡くなる  
 ・藩の借金財政立て直しのため奔走  
 ・杉苗年間百万本の植林  
 ・和算の中西流高橋正蔵に師事  
 ・実直誠実な人柄

幅7尺(2.1m)深さ3尺(0.9m)の大樋を築造し、福沢堰に接続。そこから梨郷堰に合流して石岡、赤湯、梨郷に至る地域の田を潤した。

また、糠野目鶴巻に堰口を設け夏刈、宮崎、沖郷にも導水し、実に6年間の歳月を要し1799年(寛政11年)に完成。こうして北条郷は、現在のよう美しい水田となったのである。

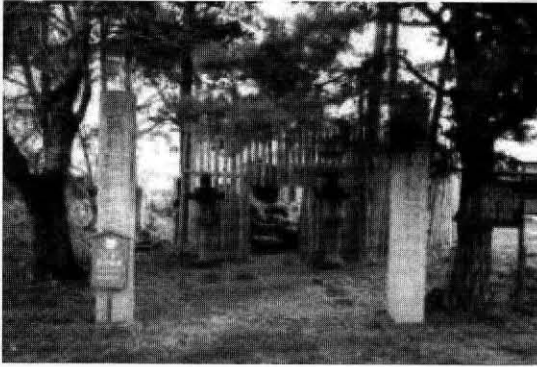
工事概略  
 総延長 7里35丁51間 堰幅 2間 深さ 7尺  
 人夫 延106,625人 大工 延10,200人  
 かんがい面積 45ヶ村 771町歩  
 経費 7,933貫300文

時の藩主治広公は、先代の藩主鷹山公と共に現場に臨まれ(黒井堰落成の図)功労を賞すると

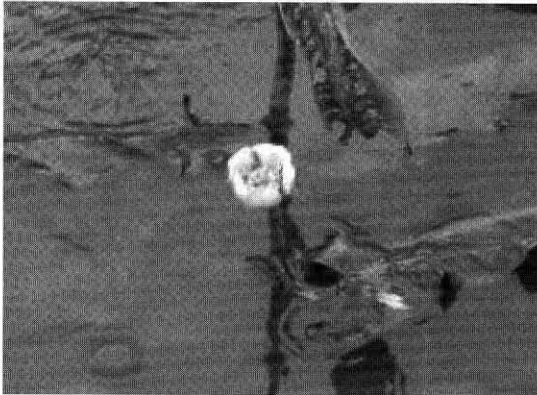
6. 今でも残る遺跡と希少植物コウホネ

黒井堰は、開削以来改修工事を行いながら引き継がれてきたが、その大半が近年の河川改修や農地整備で取り壊されてしまった。現在高島石の石積み水路が残っているのは、黒井堰上堰の一部で、高島町糠野目方面から川西町吉島方面に分水した堰の流末と考えられる。

一方コウホネは、スイレン科多年生草本の水草で、昔はどこにでも棲息していたものの、水質の悪化や水路の装工等により、今となってはなかなかお目にかかれない植物となっている。



高島町福沢（喜多院境内）にある黒井渠碑



コウホネ（スイレン科コウホネ属）



黒井堰でコウホネの移植作業

いずれも、当改良区管内の経営体育成事業の高島町小其塚地区内に確認されたもので、先人の苦勞を物語る遺跡として、また、希少植物棲息地として出来る限り現状を留めるよう末永く保存・保全して行くこととしている。

また、高島町福沢（喜多院境内）に黒井渠碑があり、毎年11月7日黒井半四郎忠寄の命日に五穀豊穡を願う祭事が行われている。

### 7. 上杉鷹山公の籍田の礼

鷹山公は1772年（安年元年）、中国の儀礼にならない、藩主が自ら田を耕す「籍田の礼」を執り行い、農業の尊さを身をもって示した。以後、家臣あげての荒地開発や堤防修築などが次々と実施されたが、それは、藩の再興のためには武士といえども、農民や町人と同じく汗を流さねばならぬことを悟らせるものであった。現在は、上杉神社が主催する田植祭・抜穂（ぬきは収穫）祭が、鷹山公の領民を思いやる気持、農業を尊ぶ心を今に伝えている。



上杉神社主催・籍田の礼（田植祭）

# 会 告

## 1. 会員の募集

水と土の発行は皆様の年会費によってまかなわれています。今後とも事業地区の技術情報の交流を図るためには会員の確保が重要となっています。会員の皆様には職場の同僚の方々に農業土木技術研究会の成り立ちや「水と土」をPRしていただき、会員の勧誘をお願いいたします。平成16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 農業工学研究所や県試験場などへの依頼研究の成果について取りまとめた報文（研究依頼先との連名による）
- ④ 土地改良技術事務所、調査管理事務所が対応している技術検討や現場支援業務について取りまとめた報文（当該機関との連名による）
- ⑤ 海外派遣から帰任した職員の派遣先でのプロジェクト等について技術的見地から取りまとめた報文
- ⑥ 建設会社、コンサルタント等の会員について、普及性のある事例や技術検討について取りまとめた報文

## 3. 「水と土」表紙写真の募集

農業土木技術研究会では、会誌「水と土」の表紙を飾る写真を募集しています。

あなたが撮った「美しい農村や農業生産の風景」、「地域にとけこんだ農地、農業施設」、「水・土のふれあい」などを表紙に使わせていただきたいと思います。以下を参考に多数の写真を応募願います。

- ① 写真の種類：カラープリントでサービス版より大きいサイズで提出して下さい。
- ② 枚数：応募点数には制限がありませんが、未発表のものに限ります。
- ③ 応募先：研修会テキスト申し込み先と同じ
- ④ その他
  - (1) 応募写真の裏面にタイトル、コメント、住所、氏名、年齢、職業、性別、写真テーマ、撮影場所、撮影年月日を記入して下さい。
  - (2) 原則として応募写真は返却しません。
  - (3) 採用された写真の著作権は、農業土木研究会に属します。
  - (4) 採否は、編集委員会で決定します。
  - (5) 採用された場合は薄謝を進呈いたします。



# 農業土木技術研究会 会員の募集

## 1. 創立30周年を迎えた「農業土木技術研究会」

本研究会は、全国の農業土木技術者の自主的な研究会です。その歴史は、昭和28年の「コンクリートダム研究会」にまでさかのぼり、事業の展開方向に即して変遷してきました。現在の「農業土木技術研究会」としても、平成11年度には設立30周年を迎えた歴史ある研究会です。

### 〈農業土木技術研究会の変遷〉

昭和28年 「コンクリートダム研究会」の発足：会誌「コンクリートダム」の発刊

昭和31年 フィルダムを含めて「ダム研究会」に拡大：会誌「土とコンクリート」に変更

昭和36年 「水路研究会」の発足：会誌「水路」の発刊

昭和45年 両研究会の合併

「農業土木技術研究会」の発足：会誌「水と土」の発刊

## 2. 技術力向上に資する「農業土木技術研究会」

本研究会は、時代のニーズを反映した事業の円滑な推進に必要な技術力の向上のため、農業農村整備事業の計画・設計・施工事例や技術的検討内容などの現場技術情報の発信と交流を一貫して展開しています。

研究会では、現場の技術報文を中心とした会誌「水と土」を年間4回発行し会員の皆様にお届けしています。また、時代に即した技術的な情報を提供する研修会も開催しています。

## 3. 会員が支える「農業土木技術研究会」

本研究会の活動は、皆様の年会費によってまかなわれています。

21世紀を迎え農業・農村の位置付けがますます重要になっている今日、本研究会に入会いただき、その振興の基礎となる「農業土木技術」に根ざした研究会の活動を支えて頂ければ幸いです。会費は2,300円です（会費は51年度より据置）。

入会の手続きは、研究会へ直接又は各職場の連絡員に会費を添えて申し込んで下さい。

申し込み様式は以下を参考にして下さい。

## 入会申し込み

平成 年 月 日

私は農業土木技術研究会に入会します。

氏名： \_\_\_\_\_

職場・所属： \_\_\_\_\_

職場住所（会誌送付先）：〒 \_\_\_\_\_

電話番号 \_\_\_\_\_

問い合わせ先：農業土木技術研究会 事務連絡 大平  
〒105-0004 東京都港区新橋5-34-4  
農業土木会館内 TEL 03(3436)1960  
FAX 03(3578)7176

# 投稿規定

- 1 原稿には次の事項を記した「投稿票」を添えて下記に送付すること  
〒105-0004 東京都港区新橋5-34-4 農業土木会館内, 農業土木技術研究会
- 2 「投稿票」
  - ① 表 題
  - ② 本文枚数, 図枚数, 表枚数, 写真枚数
  - ③ 氏名, 勤務先, 職名
  - ④ 連絡先 (TEL)
  - ⑤ 別刷希望数
  - ⑥ 内容紹介 (200字以内)
- 3 1 回の原稿の長さは原則として図, 写真, 表を含め14,500字程度 (ワープロで作成の場合, A4版10枚程度) までとする。
- 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, を入れる) を使用のこと。
- 5 ワープロで作成した原稿については, プリントアウトした原稿とともに文字データについてはフロッピーディスクでも提出すること。
- 6 手書きの原稿については, 当会規定の原稿用紙を用い作成すること (原稿用紙は, 請求次第送付)
- 7 写真, 図表はヨコ7cm×タテ5cm大を242字分として計算し, それぞれ本文中の挿入個所を指定し, 写真, 図, 表は別に添付する (原稿中に入れず)。写真, 図表が画像データの場合は, 画像データを文字データ上 (一太郎, ワード等) に貼り付けずに, 元の画像データのままとすること。
- 8 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。また, 原図をそのまま印刷に使用するので極力鮮明なものを提出すること。
- 9 文字は明確に書き, 特に数字や記号などのうち, 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 $\kappa$  (カッパ)  
w (ダブルユー) と $\omega$  (オメガ)        x (エックス) と $\chi$  (カイ)  
1 と (イチ) と l (エル)                    g (ジー) とq (キュー)  
E (イー) と $\varepsilon$  (イプシロン)        v (バイ) と $\nu$  (ウプロシン)  
など
- 10 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。
- 11 数表とそれをグラフにしたものの並載はさけ, どちらかにすること。
- 12 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。
- 13 投稿の採否, 掲載順は編集委員会に一任すること。
- 14 掲載の分は稿料を呈す。
- 15 別刷は, 実費を著者が負担する。

## 「水と土」通信

FAX宛先：農業土木技術研究会 大平：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(138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

いまさらながら、フルプランというものをご存知だろうか。名称だけは、どこかで聞いたことがあると思うが、正式な名称は「水資源開発基本計画」、通称フルプランである。

これは、昭和36年に施行された「水資源開発促進法」という法律に基づいて定められているもので、国土交通省土地・水資源局水資源部(旧国土庁)によって策定されてきている。

その目的は、産業の開発又は発展及び都市人口の増加に伴い用水を必要とする地域に対する水の供給を確保するため、水源の保全かん養と相まって、河川の水系における水資源の総合的な開発及び利用の合理化の促進を図り、もって国民経済の成長と国民生活の向上に寄与する、とある。

現在、指定されている水系は、利根川水系、荒川水系、豊川水系、木曾川水系、淀川水系、吉野川水系、筑後川水系の7水系である。それぞれの水系についてフルプランは策定される(利根川と

荒川は相互に関連し合うため併せて一つ策定)。

フルプランの具体的な内容としては、水の用途別の需要の見通し及び供給の目標、そのために必要な施設の建設に関する基本事項、その他水源の総合的な開発及び利用の合理化に関する重要事項である。原則として、水系内の水源開発をとまなう国営事業等は、このフルプランに掲げることとなっている。

木曾川水系のフルプランが今年の6月に全部変更が行われた。この中で、農業用水において平成27年度までの新たな開発水量は掲げられなかった。これは、平成14年に全部変更を行った吉野川水系においても同様であった。他の水系においても今後新たな大規模水源開発は予定されていない。昨今の土地改良事業のメイン・ストリームが更新事業であることは、ここにも見ることができる。

(土地改良企画課 柴田伸亮)

### 水と土 第138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