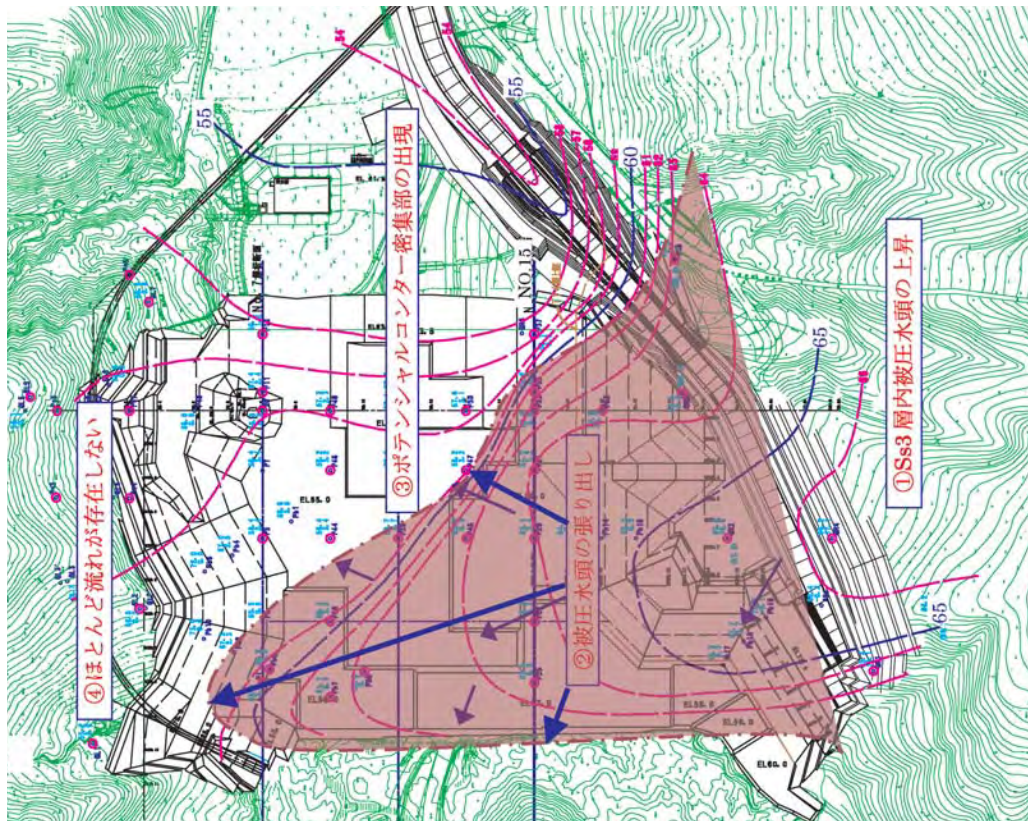


水と土

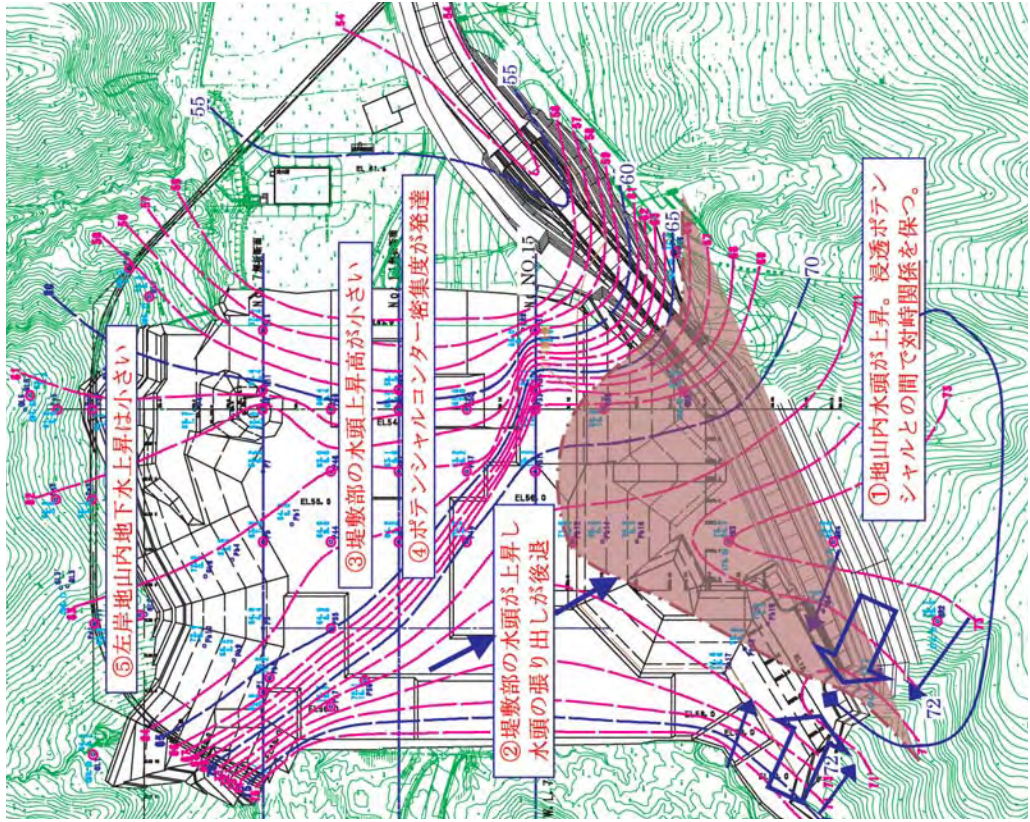
No.143
2005

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





基盤面ポテンシャルコンター図(試験開始時・03/3/18)



基盤面ポテンシャルコンター図(満水位保持WL.76.90m・04/8/31)

千原地下ダムについて(本文28頁)



千原地下ダム(地表貯水部) 平成16年12月現在

親松排水機場建設工事における地盤改良工について(本文36頁)



CDM工法



JSG工法



SJM工法



TRD工法

各地盤改良工法の施工写真

シールド工事における上下2段施工について(本文47頁)



シールドマシン



シールドマシン貫通状況

小水力発電一七ヶ用水発電所の計画・設計と効果について(本文59頁)



発電所全景(下流側)



発電所内部



野4号排水路(淀み・幅広部)



野4号排水路の定型水路部



野4号排水路の魚道・深場・幅広部



総合学習でのメダカなどの放流



淵設置状況



波形無孔管設置状況



イワナ確認状況(水路)



イワナ確認状況(淵)



内山頭首工及び分水工



親水フラワーゾーン



親水フラワーゾーン



ホタル蛹化溝

水と土

C o n t e n t s

2005 DECEMBER No.143

◆お知らせ

平成17年度農業土木技術研究会研修会の開催案内 11

◆報文内容紹介 13

□巻頭文

市町村合併と中山間地域等への影響について
小泉 勝..... 17

□報 文

幕別ダム試験湛水の浸透流況について
横川仁伸・加茂榮哉・林 進・南雲 人..... 19

千原地下ダムについて
池田一行..... 28

親松排水機場建設工事における地盤改良工について
村田耕市郎..... 36

シールド工事における上下2段施工について
春日井克明..... 47

中山間地域総合整備事業北川地区におけるほ場整備工事について
小野正寛..... 54

小水力発電－七ヶ用水発電所の計画・設計と効果について
池田俊文..... 59

農村環境整備事業による環境に配慮した農業用排水路の整備について
棚橋康人..... 67

自然と共存する環境型水路
－魚類両生類等の生息に適した水路計画－
松崎祐紀・中森祐一郎..... 76

□歴史的土壌改良施設

宮内原用水路の歴史
前田公平..... 80

◆会告 85

◆投稿規定 86

◆入会案内 87

◆会員の皆様へお知らせ 89

平成17年度農業土木技術研究会研修会の開催案内

環境に対する国民の関心の高まりの中、平成13年の土地改良法改正により、「環境との調和に配慮すること」が土地改良事業実施の原則とされ、全ての農業農村整備事業において、自然と共生する環境の創造に貢献する事業内容を含みながら事業が進められている。また、環境との調和に配慮した事業実施のための調査計画・設計の手引きなどにより環境配慮の基本的事項や各施設設計の考え方が整理されてきている。

従来から、ため池、用水路等の農業水利施設やほ場整備等の農業・農村の基盤整備の実施に当たっては、地域住民意見を踏まえつつ地域の環境・景観等に配慮した整備を進めてきたものの、上記のような社会的状況から、農業土木技術者には環境との調和に配慮した事業実施に際して幅広い計画、設計、施工技術等の取得が一層必要となってきている。

全国各地に目を向けると、計画段階から地域に密着し有識者の意見も取り入れて生態系との調和に配慮した取組やその効果の検証に取組む事例が見られることから、農業土木技術研究会では「生態系保全に配慮した計画・設計・施工技術及びその検証」をテーマに研修会を開催することとします。

- 開催日時：平成18年1月24日(火) 10：00～16：30（受付は9：15より行います。）
- 開催場所：科学技術館（サイエンスホール）TEL 03-3212-8485
東京都千代田区北の丸公園2-1
- プログラム

時 間	プログラム	講演のポイント	講 師 等
10:00	開会挨拶		農業土木技術研究会 会長 太田信介
10:10	研究会賞表彰		
10:40	環境配慮に関する施策の展開方向について	「生物のネットワーク」や「農村景観」を主題に農業農村整備における環境配慮の施策の取組方向を紹介。	農村振興局 事業計画課 課長補佐 鈴木孝文
11:10	国営農地再編整備事業亀岡地区の排水路整備における生態系保全に配慮した取組事例	幹支線排水路における魚類等の生息環境保全に際し、地域と協力して取り組んだ事例について	近畿農政局 亀岡農地整備事業建設所 工務官 山田公司
11:50	昼食		
13:00	秋田県駒場北地区における生態系保全対策の実施例（淡水魚）	生態系保全対策における学識者の活用、設計・施工段階の具体的な配慮事項、モニタリング結果について	秋田県 仙北地域振興局 仙北平野農村整備事務所 副主幹 大木 寛
13:40	ほ場整備事業における生態系保全の取組み事例	保全対象種の設定と保全工法の特徴及び評価	鳥取県鳥取地方農林振興局 地域整備課 主幹 奥村義行
14:20	生態系に配慮したため池整備とモニタリング（事例紹介）	施工前の環境調査によるモニタリング計画の策定と、同計画に基づき実施した整備工事及び施工後のモニタリングについて	中国四国農政局 香川農地防災事業所 所長 木下勝義
15:00	休憩		
15:10	農業水路における魚類環境選好性について	魚が好む水路条件の提示（選考曲線、PHABSIM）や環境評価手法（HEP）や水路材料の新素材を紹介する。	（独）農業工学研究所 農村環境部 生態工学研究室 室長 奥島修二
15:50	生態系配慮工法の取組について	生態系配慮工法の導入に当たっての留意点や工夫点等について、事例等により紹介	（社）農村環境整備センター 主任研究員 村山浩稔
16:30	閉会挨拶		農業土木技術研究会理事

注) プログラムは都合により変更することがあります。

4. 参加費：農業土木技術研究会 会員 5,000円 非会員 8,000円
 (昼食代は含みません。参加費は当日会場にて申し受けます。)
 *会員とは年会費を納めて機関誌「水と土」が届いておられる方の事をいいます。
5. 参加人数：定員400名(会場の都合により定員になり次第締め切ります。)
6. 農業土木技術者継続教育プログラム認定
 本研修会は、農業土木技術者継続教育のプログラム認定を受けており、受講された方には5単位が認定されます。
 継続教育登録会員の方は申込書に会員番号を御記入願います。
7. 申込方法：(1)申込期日 平成18年1月10日(火)まで
 (2)申込先 〒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 TEL 03-3436-1960
 FAX 03-3578-7176
 (3)手紙又はFAXでお申送ください。



科学技術館への案内図・道順

- 地下鉄
 - ・東西線 竹橋駅下車(1B出口)
 - ・半蔵門線・都営新宿線
九段下駅下車(2出口)
- 各駅徒歩約7分
- *申し訳ございませんが、当日は外部からの電話の取り次ぎは出来ませんので、急用の場合は、下記へFAXをお願い致します。
 なお、FAXは受付に張り出します。
 FAX 03 (3212) 8485

キリトリ線

農業土木技術研究会研修会 参加申込書

所属機関名
 所在地 〒
 電話番号

所属	氏名	会員・非会員別	継続教育会員番号	備考

(備考)参加者多数の場合は、この様式で追加して下さい。

水と土 第143号 報文内容紹介

幕別ダム試験湛水の浸透流況について

横川仁伸・加茂榮哉・林 進・南雲 人

幕別ダムは北海道中川郡幕別町に位置し、国営かんがい排水事業「幕別地区」の水源として十勝川水系猿別川支流稲土別川に建設された農業用ダムである。幕別ダムは平成14年度に本堤の盛立を完了した後、平成15年の3月より約2カ年の試験湛水を経て完成に至った。本報文では試験湛水時の浸透流況について、基盤内及び堤体内の浸透を中心に報告する。

(水と土 第143号 2005 P.19 設・施)

千原地下ダムについて

池田一行

地下ダムの場合、通常の地上ダムと違い、貯水層の有効間隙率や透水係数などの条件によって利用可能な地下水量が大きく変動することとなる。このため、地下ダム建設の進捗に伴い、揚水試験を行って実際に取水可能な地下水量を把握することが必要となる。本稿では、伊是名の千原地下ダムで行った揚水試験の結果から地下貯水部における取水能力について検討し、所要の水量が確保できることを確認した。

(水と土 第143号 2005 P.28 企・計)

親松排水機場建設工事における地盤改良工について

村田耕市郎

親松排水機場建設工事は、亀田郷農業水利事業の基幹施設であり、排水量60m³/sの排水機場建設する工事である。

建設する場所は旧親松排水機場と鳥屋野湯排水機場(国土交通省)の間(約50m)の狭いところに新機場を建設するため、仮設の地盤改良としてのTRD、JSG、スーパージェットミディ工法と本設の地盤改良としてのCDM(トフト、ロディック)、JSG工法を施工したことについて報告する。

(水と土 第143号 2005 P.36 設・施)

シールド工事における上下2段施工について

春日井克明

平成13年度に発注した岡崎幹線水路岡北バイパス筒針サイホン建設工事である。年間を通じて使用する上水道の通水を最低限確保するため、パイプは2連の設計となった。

しかし、ルート変更の必要から上下2連の施工という、例示的にも希な施工を採用した工事であった。

その設計と施工の内容、施工の結果などを紹介する。

(水と土 第143号 2005 P.47 設・施)

中山間地域総合整備事業北川地区におけるほ場整備工事について

小野正寛

北川町川坂地区は、一級河川北川沿いに展開する低湿水田地帯であり、河川の増水による湛水被害や湧水による湿田化で耕作に支障をきたしていた。また、当地域には希少植物の生育が数多く確認されており、近隣の家田湿原と併せて環境省の重要湿地500箇所にも選定されている。

今回、県営中山間地域総合整備事業北川地区において本区域のほ場整備を実施するに際し実施した希少植物の生息調査や環境保全の課題整理、環境配慮工法の検討・施工事例について報告するものである。

(水と土 第143号 2005 P.54 設・施)

小水力発電一七ヶ用水発電所の計画・設計と効果について

池田俊文

一級河川手取川から豊富な農業用水を取水する七ヶ用水において、農業用水という貴重な水資源の有効利用の観点から、扇状地特有の勾配のある地形からくる既存の遊休落差を利用した農業用水従属型の小水力発電所の建設を行った。これにより、発電した電力を電力会社に売電し、土地改良区が管理する一連の土地改良施設の操作費用に充てることで、土地改良区の負担低減を図った。

本編では小水力発電所の計画と設計、事業経緯とその効果について報告する。

(水と土 第143号 2005 P.59 企・計)

農村環境整備事業による環境に配慮した農業用排水路の整備について

棚橋康人

岐阜県揖斐郡大野町において、県営農村環境整備事業大野地区として環境に配慮した農業用排水路5路線約3kmを整備した。ここでは、各路線毎に保護すべき対象生物を絞り込み、設計に配慮する事項を定めて施工している。このうち、ホタルとカワニナの生息環境に配慮した「野4号排水路」を主体に、その設計手法や施工後の生き物調査の結果(モニタリング)、反省点や課題などを事例紹介する。

(水と土 第143号 2005 P.67 企・計)

自然と共存する環境型水路 —魚類両生類等の生息に適した水路計画—

松崎祐紀・中森祐一郎

農業用道路新設に伴う自然環境への影響を最小限に留めるため、魚類等が遡上できる水路構造及び生息域の確保、両生類等が水路から脱出できる経路の確保といった観点での水路設計について検討した。その結果、水路構造は、環境に配慮した二面水路を採用し、併せて魚巢や淵、波型無孔管を設置することにより、生物の生息域の確保が可能となった。

(水と土 第143号 2005 P.76 設・施)

歴史的な土地改良施設紹介

宮内原用水路の歴史

前田公平

鹿児島県始良郡隼人町に流れる宮内原用水路は、現在、隼人町の水田の約50%にあたる318haを潤している。江戸時代に薩摩藩によって作られたこの用水路は、明治、大正、昭和、平成と幾たびかの改修工事を経て現在に至っている。用水完成から約290年の間絶えることなく今も水を運び続け、稲を育て、あるいは防火用水として人々の暮らしに役立っている宮内原用水路の歴史について紹介するものである。

(水と土 第143号 2005 P. 80)

会員の皆様へお知らせ

会誌「水と土」の報文電子ファイル化・検索システムを整備しました。

「水と土（農業土木技術研究会会誌）」は、農業農村整備に関わる計画・設計・施工事例や技術的検討内容など、現場技術情報として有益な技術情報がたくさん収録されています。

今回、閲覧や報文検索対応の迅速化を図るため、会誌「水と土」創刊号から最新号No.140号までの報文を電子ファイル化し、簡易な操作で閲覧及びキーワード検索が可能となるよう検索システムを整備しました。

今後、会員の皆様からの報文検索等のお問い合わせにも、この検索システムを活用し、よりの確かつ迅速に情報提供して参ります。

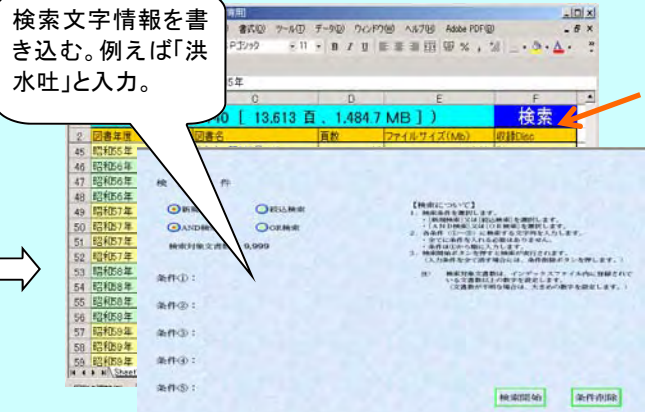
閲覧・検索手順は以下のようなイメージです

水と土DB

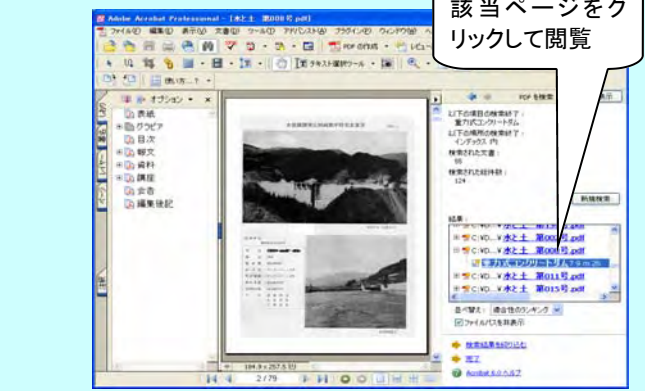
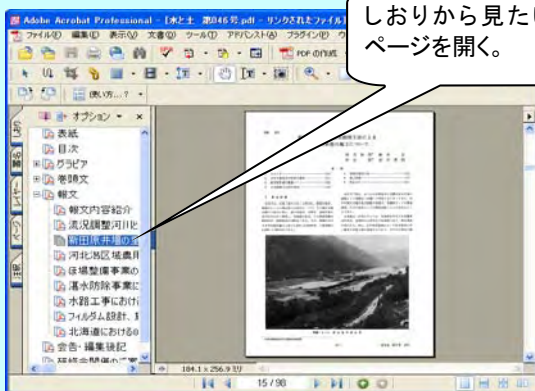
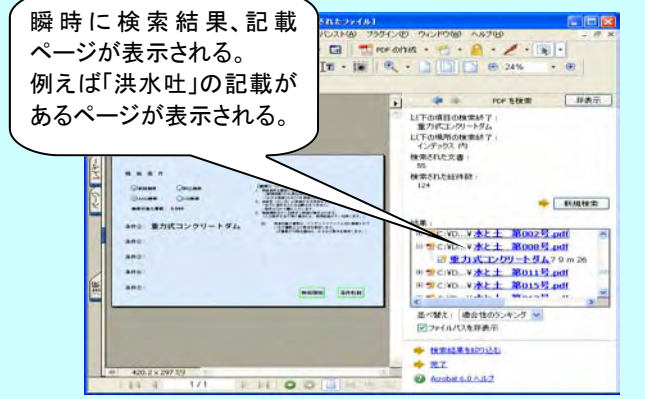
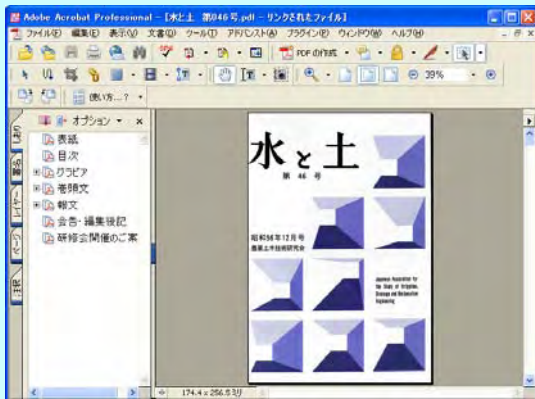
2	1	水と土 (冊数 140 13,613 頁, 1,484.7 MB)	検索			
3	1	回書年表	回書名	頁数	ファイルサイズ(MB)	収録Disc
45	昭和55年	43 水と土 第043号.pdf	102	10.29	Disc 1	
46	昭和56年	44 水と土 第044号.pdf	103	11.86	Disc 1	
47	昭和57年	45 水と土 第045号.pdf	108	10.43	Disc 1	
48	昭和58年	46 水と土 第046号.pdf	99	10.25	Disc 1	
49	昭和59年	47 水と土 第047号.pdf	75	8.80	Disc 1	
50	昭和60年	48 水と土 第048号.pdf	99	12.12	Disc 1	
51	昭和61年	49 水と土 第049号.pdf	106	11.71	Disc 2	
52	昭和62年	50 水と土 第050号.pdf	141	20.65	Disc 2	
53	昭和63年	51 水と土 第051号.pdf	134	11.79	Disc 2	
54	昭和64年	52 水と土 第052号.pdf	96	8.94	Disc 2	
55	昭和65年	53 水と土 第053号.pdf	116	10.80	Disc 2	
56	昭和66年	54 水と土 第054号.pdf	107	10.42	Disc 2	
57	昭和67年	55 水と土 第055号.pdf	104	8.85	Disc 2	
58	昭和68年	56 水と土 第056号.pdf	86	9.25	Disc 2	
59	昭和69年	57 水と土 第057号.pdf	117	11.81	Disc 2	

閲覧したい図書名をクリック。例えば100号をクリック。

キーワード検索機能を付加



2次、3次検索と絞込みが可能



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
* 検索資料送付にあたっては実費を頂きます。

市町村合併と中山間地域等への影響について

小 泉 勝*
(Masaru KOIZUMI)

はじめに

いま全国各地で“新時代の地方自治の確立”の名のもと、「平成の大合併」が推進されています。特に、合併三法のうち旧合併特例法が平成17年3月31日までの時限法であったことから、各自治体とも精力的に取り組み、平成11年度末に3,232市町村あったものが、本年4月には2,395市町村に、そして10月1日現在では2,216市町村（△1,016）にまで進展しています。

明治中期まで存在した7万を超える町村は、江戸時代からの自然集落の単位を元にしたものですが、以来社会情勢の変化に応じて、「明治の大合併」、「昭和の大合併」を経て、昭和30年代には3千数百市町村まで再編されたものです。

今日、再び大合併が求められる理由には、新たな時代の地方分権の確立、高齢化、住民からのニーズの多様化、生活圏の広域化への対応、行財政の効率化等が主なものとされており、これらはいわゆる中山間地域では避けて通れない課題となっていることも事実です。

そこで、この合併問題の影響を最も被ると思われる中山間地域の諸課題と今後の対応等について少し触れてみたいと思います。

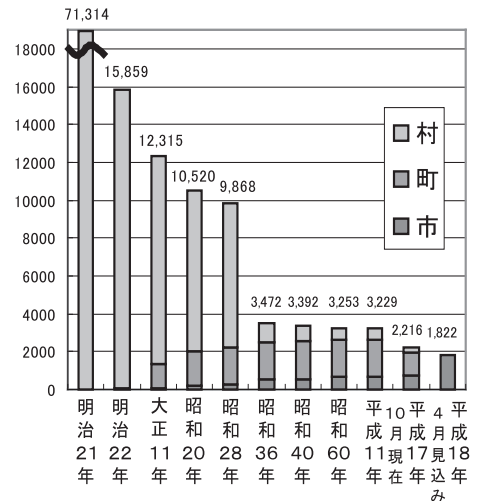


図 市町村数の変遷

中山間地域からみた町村合併の影響と期待度

前任地（国土交通省河川局）においてダムの水特法や水源地域対策の仕事も担当していたことから、H15年から16年度にかけて百数十人の中山間地域自治体の首長と意見交換を行い、全国アンケート等を実施しましたが、約9割の市町村が合併問題を抱えて悩んでおられました。これは対象自治体の95%以上が過疎、振興山村、辺地、豪雪等の地域振興関連法の指定町村であることから当然伺い知れるところです。

しかし、中山間地域への合併の影響については、意外にも「全く関係がない」とする回答が47%、「いろいろな懸念」を表明される声が約50%と意見が二分しています。これを詳しくみると、前者は、産業・観光面での相乗効果、下流域・都市部との相互理解の醸成、広域的な町づくり・連携施策の展開等プラス面への期待感を表しているものと推測されます。一方、懸念材料としては、①農地や森林、環境保全に対

*近畿農政局整備部長（Tel. 075-451-9161）

する大きな財政負担に理解が得られない恐れ、②従来の各種補助金、交付金等の配分や効果面でのめめ事への心配、③山間部村、中山間地域への事業投資の低下、④上下流間の意識差やまちづくりへの不安、等が主なものとなっています。

ここでは、中山間地域への影響を主眼に考えるために、便宜的に合併のパターンを想定すると、①中山間地域市町村同士、②中山間町村と流域内の下流市町村③中山間市町村と全く別流域の下流市町村、等の組み合わせが考えられます。①、②のケースは中山間地域の諸課題、上下流問題を共有して団結し、相互理解が進むという要素も大きいのですが、③のケースも意外に多く、ことに水問題を抱える場合には懸案材料の多いパターンになると予想されます。

もちろん自治体合併のメリットは、住民生活の利便性の向上、サービスの高度化・多様化、重点的な投資による基盤整備の推進、広域的視点に立った町づくりができること等、地域的にも個人的にも公平かつ高度な行政サービスの提供が期待されますが、立地条件に恵まれず、人口やその声が小さいがゆえの不安も拭い去ることはできません。中でも最も大きな心配事は、従来「自治体行政の柱＝農林業の振興」だったものが、旧町村のウェイトの低下によって「一地域問題」に過ぎなくなる等、行財政面での支援体制が脆弱化することです。すでに、合併に伴う混乱等もあってか、農林業施策の展開が棚上げになったり、末端行政組織の一元化や公平化が確立されていない事例も各地で見受けられています。さらに、もう一つの関心事は、中山間地域の将来像が新自治体の首長によって大きく左右されかねないことです。従来、中山間地域の首長は好むと好まざるとに関わらず、文字どおり地域のリーダーとして農業農村の問題に深く関わり、地域振興の先頭に立つなど一番の理解者でもありましたが、これら合併に伴う去就が大きな意味を持つものと考えられます。すなわち、合併形態がどのようになると、突き詰めれば農業農村の行く末は新たなリーダーと自治体行財政のベクトル如何、といっても過言ではありません。

いま農業農村地域に求められること

いま、全国いずれの地域でも合併問題は喫緊の課題ではありますが、「ひとたび農業、農村が荒廃すれば、人的にも資源的にも容易に復元できない」、との視点に立って関係者が対応すべき時期にあると考えています。このため、まず地元自治体関係者に求められることは、当該地域の振興のために不可欠な事業等については、合併協議段階で策定される「合併市町村基本計画」（旧法では「市町村建設計画」）に位置づけるほか、各省連携による「新市町村合併支援プラン」の活用を図ること。また合併後においては、新自治体による「まちの総合計画」や「振興計画」等で農業・農村地域の振興策を的確に位置づけることが重要です。

一方、農業農村整備事業を担当したり、農業水利施設を管理する者にとっては、さらに重要な仕事が多くあります。例えば、①新たな関係自治体、公共関係機関との協力、連携や情報連絡体制の再確認と徹底、②再編後の関係自治体、団体との各種調整や事業実施上の諸課題の総点検と処理、③農業農村の役割や多面的機能など一般市民へのさらなる理解度の向上や啓発活動、など数え挙げればきりがありません。

合併問題は、ややもすると地元自治体の動き自体に目を奪われがちですが、否応なく日々刻々と進展するものであり、広域行政の中で農業農村振興策等の条件整備が置き去りにされることの無いよう、関係者が真剣に取り組む必要があります。

幕別ダム試験湛水の浸透流況について

横川 仁 伸* 加 茂 榮 哉* 林 進* 南 雲 人*

(Hironobu YOKOKAWA)

(Hideya KAMO)

(Susumu HAYASHI)

(Hitoshi NAGUMO)

目 次

1. はじめに	19	3. 幕別ダム試験湛水	22
2. 幕別ダムの概要	19	4. おわりに	27

1. はじめに

幕別ダムは北海道中川郡幕別町に位置し、国営かんがい排水事業「幕別地区」の水源として十勝川水系猿別川支流稲士別川に建設された農業用ダムである。ダム建設には、平成9年4月の仮排水トンネル工事から平成14年8月の本堤盛立完了まで、6年の歳月を費やした。試験湛水は、2カ年の予定で平成15年3月から開始したが、十勝沖地震の発生（平成15年9月26日）、これに起因した災害復旧工事の実施等、予想外の対応を迫られた中で、ダ

ムの安全性確認という試験湛水の目的を達成し、平成16年10月に試験湛水を終了することができた。以下に、ブランケット工法を採用した本ダムにおける基盤内及び地山ブランケット背面の浸透流況の変化について、また、間隙水圧が残存した堤体内への浸透現象の進行について報告する。

2. 幕別ダムの概要

(1)施設概要

幕別ダムは、低固結度砂岩層上に基礎処理工法としてブランケット工法を採用して築造された均一型フィルダムである（図-1参照）。一般計画平面図及び諸元表を図-2、堤体標準断面図を図-3に示す。

(2)基礎地盤の地質

幕別ダム基礎地盤は、第四期更新世前期の浅海性堆積層である長流枝内層より成る。本層は砂岩・泥岩互層から形成され、ダムサイトでの地層構成は図-4のとおりである。地層各層は、下流方向かつ右岸方向へ5°～10°傾斜する。堤体の直接的な基礎はSs3層（層厚約20mの砂岩層）となるが、本層中に出現する粗粒、中粒、細粒の各層相は連続性に乏しく、透水性との相関性も薄い。地盤の透水特性上、稲士別川の削剥に伴う応力解放の影響が大きく、河床部のSs3層は新鮮ではあるが $k=1.3 \times 10^{-3} \text{cm/sec}$ （平均）の高透水性地盤となっている（図-5参照）。

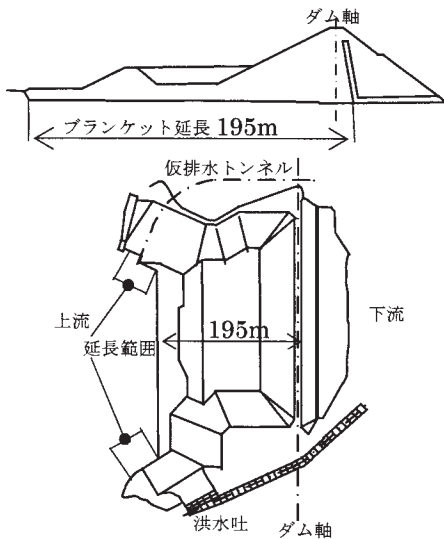
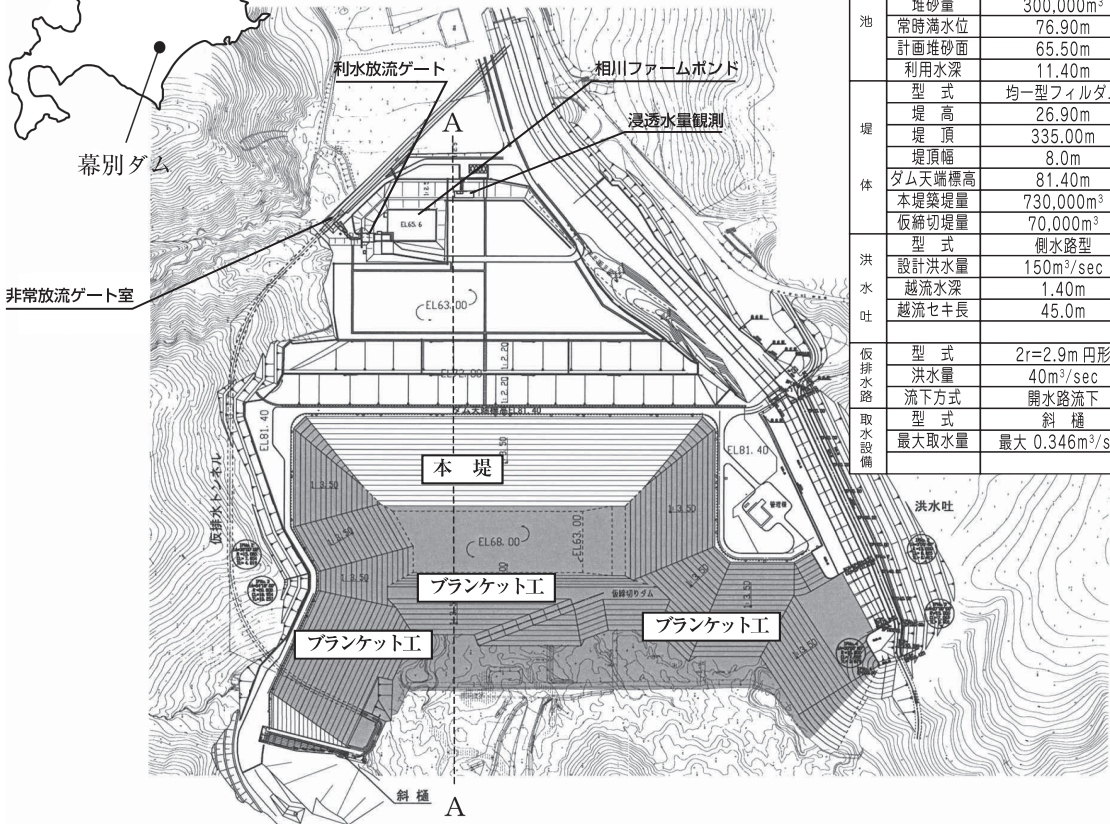


図-1

*北海道開発局帯広開発建設部帯広農業事務所
(Tel. 0155-24-4121)



ダム諸元表		
一般	位置	北海道中川郡幕別町宇日新
	河川名	十勝川水系稲土別川
貯水池	基礎岩盤	砂岩・泥岩
	流域面積	9.1km ²
	滞水面積	291.300m ²
	総貯水量	2,300,000m ³
	有効貯水量	2,000,000m ³
	堆砂量	300,000m ³
	常時満水位	76.90m
堤	計画堆砂面	65.50m
	利用水深	11.40m
	型式	均一型フィルダム
	堤高	26.90m
洪水吐	堤頂	335.00m
	堤頂幅	8.0m
	ダム天端標高	81.40m
	本堤築堤量	730,000m ³
	仮締切堤量	70,000m ³
	型式	側水路型
	設計洪水量	150m ³ /sec
仮排水路	越流水深	1.40m
	越流セキ長	45.0m
	型式	2r=2.9m円形
取水設備	洪水量	40m ³ /sec
	流下方式	開水路流下
	型式	斜槽
	最大取水量	最大 0.346m ³ /sec

図-2 幕別ダム 一般計画平面図

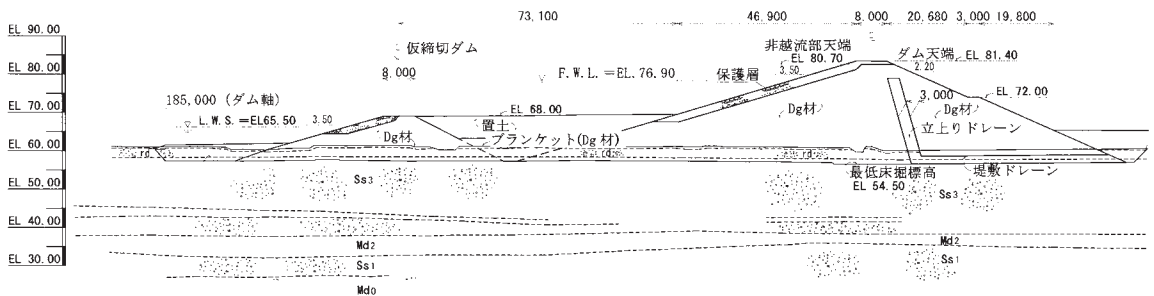


図-3 幕別ダム 堤体標準断面図 (A～A断面)

凡例

Ss : 砂岩
Md : 泥岩
Tf : 凝灰質泥岩

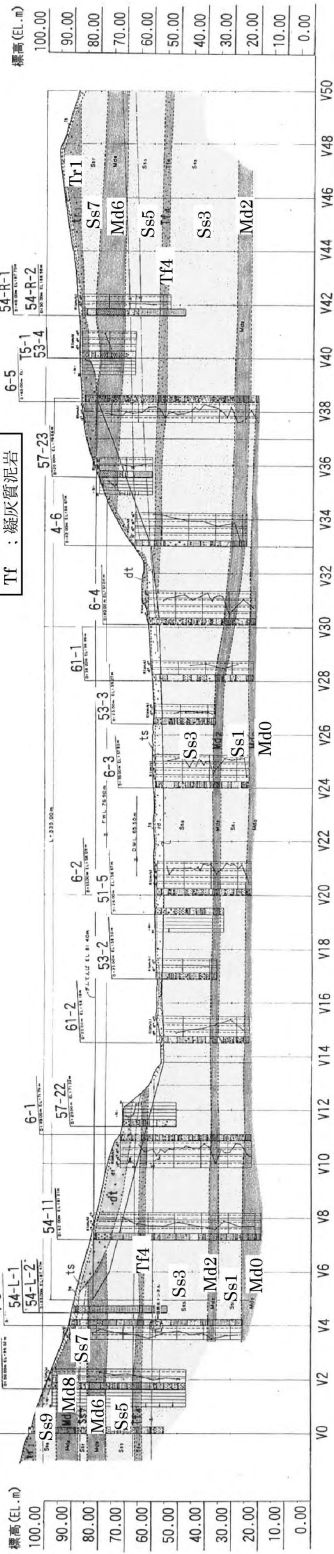


図-4 幕別ダム ダム軸地質断面図

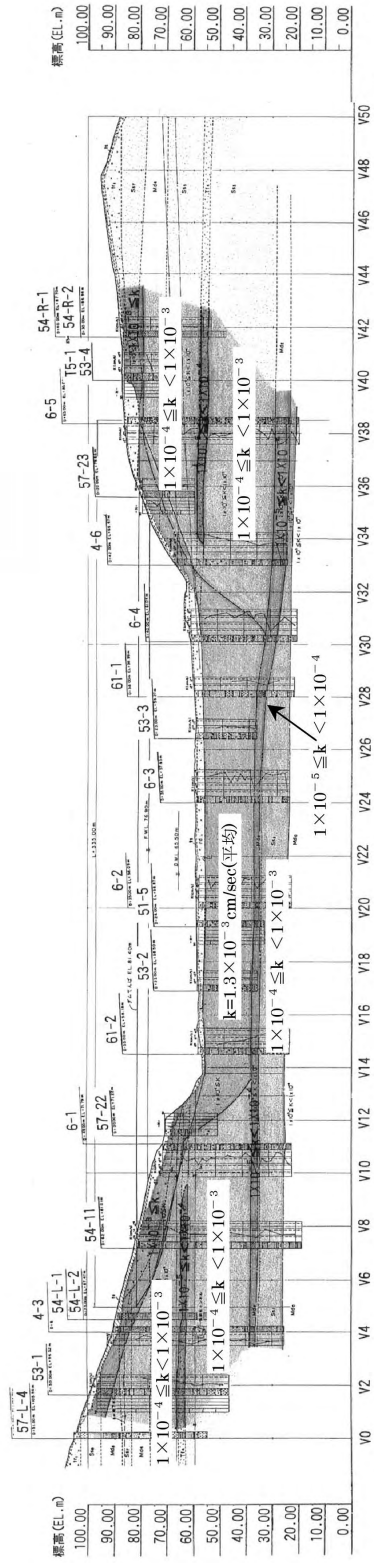


図-5 幕別ダム ダム軸透水係数分布図

(3) ブランケット工及び堤体の設計

本ダムの基礎地盤がグラウチングによる改良が困難な亀裂のない粒子間浸透系の透水性地盤であることから、基礎処理工法としてブランケット工法を採用した。ブランケット工の規模は、基礎地盤（低固結度砂岩）のパイピングに対する安全性を確保できるように決定した。パイピングに対する安全性を動水勾配により評価するものとし、設計値を $i=0.20$ に設定した（テルツァギーの理論限界動水勾配 $i_c=0.99$ に対し安全率5を見込む）。解析の手法として有限要素法による浸透流解析を行い、ブランケット部及び堤体不透水性部の全体長を195mとした。なお、左右岸の両アバット部に対しては地山ブランケットで被覆するものとしたが、左岸側については仮排水トンネル入り口部を覆う位置まで、右岸側については洪水吐基盤地山を覆う位置まで延長した。

3. 幕別ダム試験湛水

(1) 試験湛水の概要

幕別ダムは基本的に融雪水を貯留するダムであり、試験湛水は2過程・2カ年にわたる計画とした。以下に計画～実績の対比を示す。

最終的には平成16年10月4日に試験湛水を終了することができたが、2003年十勝沖地震被災箇所確認のためWL.67.4mへ貯水位を降下させ、第2過程貯留開始時期が1ヶ月遅れた。これにより融雪期の貯留で満水位に到達することができず、工程的に約4ヶ月遅れの満水位到達となった。

(2) 基盤内の浸透流況

(a) 試験湛水開始前の状況

試験湛水開始前の基盤内流況は、下記に示す事項の影響により、左岸地山Ss3層から上流池敷に張り出す被圧水頭が発達する経過の中で推移した。

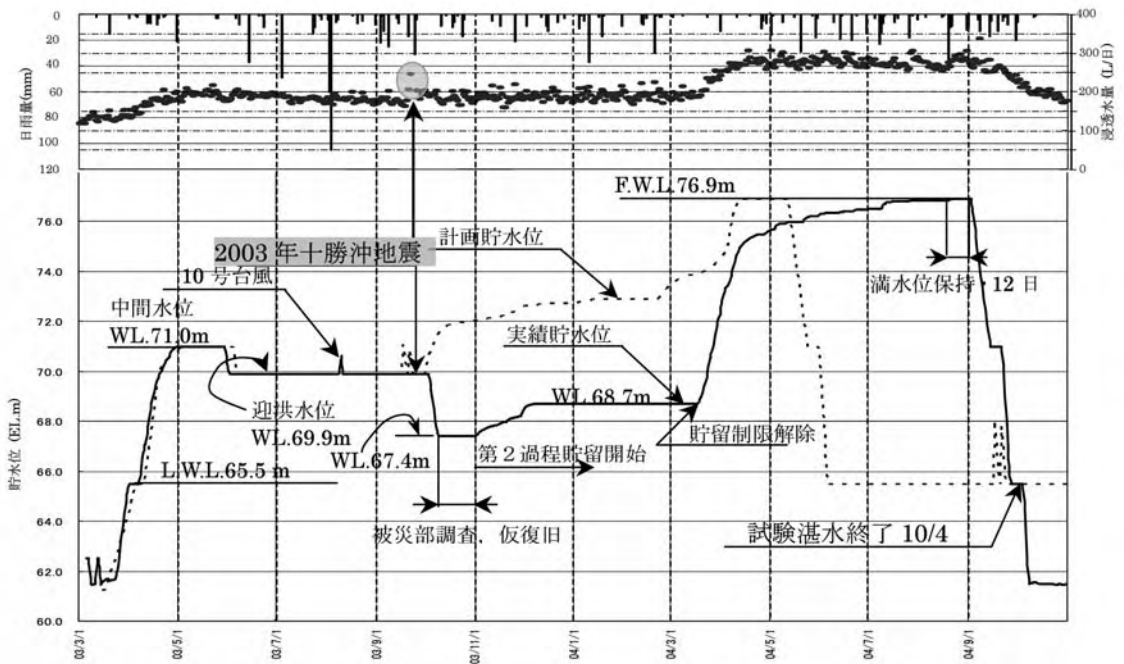


図-6 幕別ダム試験湛水工程実績図

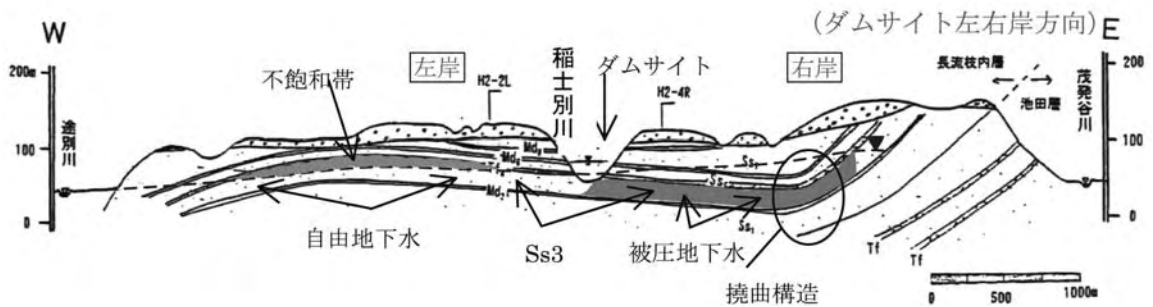


図-7 右岸Ss3層の被圧地下水と地質構造（ダムサイト左右岸方向）

[被圧地下水について]

本ダムサイトでは、砂岩・泥岩互層の地質構造にある中で、不透水性の泥岩層により上下を遮断された各砂岩層中の地下水はそれぞれ独立したものとなっており、右岸Ss3層内については図-7のような右岸地山奥での地層の曲がり（撓曲構造）が原因となって被圧地下水が発生している。

[ディープウェル稼働について]

本ダムでは、平成9年から、河床部盛土工事のドライワーク確保を目的として、削孔径600mm、内挿管径400mmのディープウェル計37孔を上下流河床部及び左右岸アバット部に設置し、Ss3層内地下水水位を低下させた。また、ディープウェルは盛立の進行とともに河床部から準じ閉塞処理を行っていったが、最終孔の処理は試験湛水開始直前の平成15年2月中旬となったため、平成15年3月からの試験湛水の開始とともに、ディープウェルの稼働により低下していた地下水水位が回復した。

[ブランケット工について]

ブランケットによる基礎地盤内の浸透流抑制は浸透路長を長く与えることにより行われる。その結果、河床部及びアバット部地山斜面は不透水性盛土により被覆されることになり、地山地下水にとっては浸出口を塞がれることになるので、地山内での地下水水位上昇、ブランケット背面での水頭上昇が生じることになる。

ディープウェル稼働により低下していた地下水水位の回復現象、右岸Ss3層内被圧水頭の上昇現象、低透水性帯の存在及びブランケットの被覆効果による上流堤敷への「被圧水頭の張り出し現象」が進展し、試験湛水開始前の基盤内流況は図-8のとおりとなった。堤敷部では、右岸Ss3層からの流入地下水が上下流方向に流下し、左岸地山内に

まで及んでいる。又、低透水性帯の位置にほぼ重なるようにポテンシャルコンター密集部が出現しており、この時点では、右岸Ss3層内の水頭はダム工事着工時点よりも高くなっている。

(b)貯水に伴う基盤内流況の変化

満水時の基盤内流況を図-9に示す。次のことが特徴として挙げられる。

[右岸地山内について]

貯水位の上昇とともに右岸Ss3層内水頭も上昇した。貯水池側からの浸透ポテンシャルの上昇が右岸からの張り出し水頭を上回ったことにより、Ss3層内水頭の張り出しは地山側に後退したが、地山内では貯水池からの浸透ポテンシャルと貯水池側に向かうSs3層内水頭の間に対峙関係が出現した。この関係は満水位状態となっても保たれたことから、右岸側では貯留水が迂回浸透となってブランケット背面を流下する状況は発生していない。

[河床部について]

貯水位の上昇とともにポテンシャルコンター密集部が発達した。このため下流堤敷での水頭上昇高が低くなっている。

[左岸地山内について]

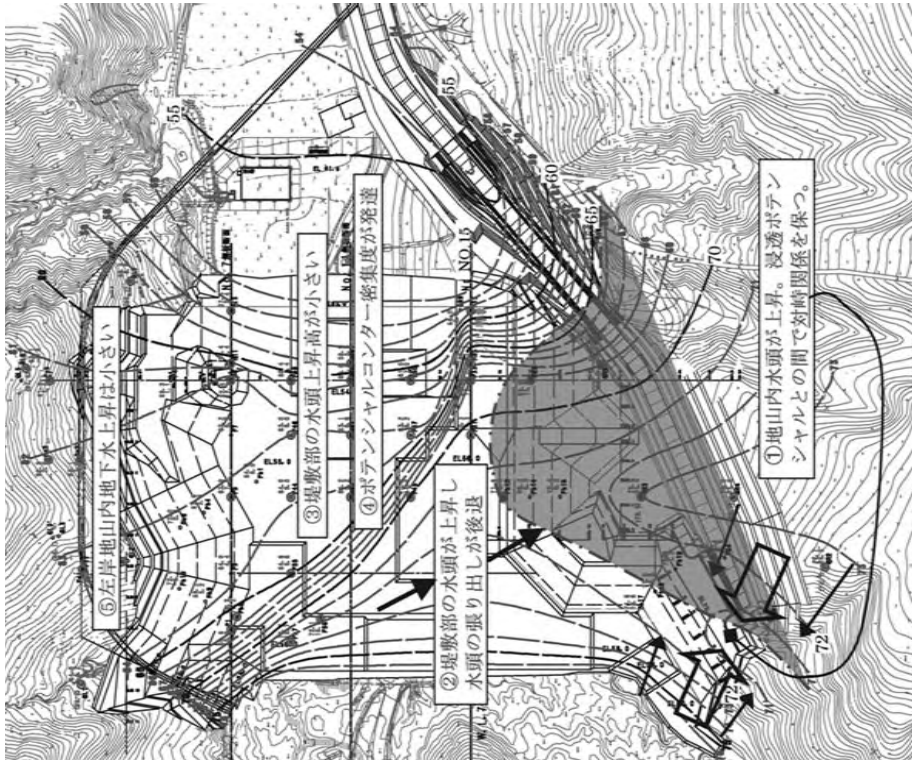
河床部左岸上流側で顕著なポテンシャルコンター密集現象が生じたために、左岸地山内では地下水水位上昇が非常に緩やかなものとなった。この結果、ブランケット背面を流下する迂回浸透は小規模なものとなり、仮排水トンネル沿いの流況も動水勾配の小さな緩やかなものとなっている。

* 落水後の状況

落水によりポテンシャルコンター密集部は消滅した。また、下流河床部及び地山内で顕著な水頭残存現象が生じている。



図一8 基礎面ポテンシャルコンター図 (試験開始時・03/3/18)



図一9 基礎面ポテンシャルコンター図 (満水位保持WL.76.90m・04/8/31)

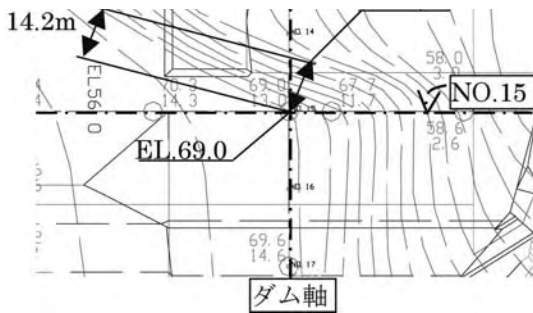


図-10 最大動水勾配発生箇所

(c) 基盤内流況に対する安全性評価

流況監視上の基準値を $i=0.20$ と設定したが、試験湛水開始後、低透水性帯周辺のポテンシャルコンター密集部でこれを上回る状況が出現した。動水勾配の最大値は河床部右岸側NO.15断面付近であり、 $i=0.42$ となったが(図-10参照)、この事態に対し以下の点から安全性上の問題はないと判断した。

- ① 浸透水量観測結果が安定しており、異常が見られない。
- ② 堤敷ドレーン下層が基盤Ss3層に対するフィルター機能を有している。
- ③ Ss3層のパイピング試験結果で、限界動水勾配 $i_c=8$ を確認している。
- ④ 設計動水勾配 $i=0.20$ は安全率5を見込んでいる。

(3) 堤体内の浸透状況

一般にフィルダム堤体中のコアゾーンでは、盛土締固め時に間隙水圧が発生し盛立完了後も残存する。本ダムも同様に堤体全体が均一型の土質材料により構成されているので、盛立後も大きな間隙水圧が残存し、試験湛水開始時点における上流Dgゾーン中央部の残存間隙水圧は約13Mpa(13t/m²) (上載土中高の40%前後に相当)に達した(図-11参照)。この間隙水圧をポテンシャルで表現すると図-12のとおりとなる。間隙水圧の消散方向は堤体上流側では図-12に示したように法先方向となる。間隙水圧の消散をひとつの「圧の流れ」と考えれば、堤体上流側でのこのような圧の流れは、堤体中への浸透水の浸透ポテンシャルに対抗し浸透を阻む働きをすることになる。

図-14は堤体内設置間隙水圧計の経時変化図であるが、満水位時においても満水位よりも高い水頭値を保っている計器、水位一定期に消散傾向を保つ計器が見られた。これらの事から、上記の「残存間隙水圧が浸透水の浸透を阻む」という考

え方で挙動を評価した。本ダムでは、図-13に示したように、満水位時においても飽和領域は堤体上流側の部分的な範囲にとどまっているものと考えている。

(4) 浸透水量の挙動

本ダムでは9系統に分けて透水量観測を行っている(図-15参照)。全浸透水量の変化状況を図-6に併記したが、基本的には貯水位の変化に追随したものとなっている。また、満水時の全体浸透水量300L/min弱は、設計時の浸透流解析に基づく推定量700L/minの半分以下であったが、これには次のようなことが原因になっているものと考えられる。

- ① 低透水性帯の影響でポテンシャルコンター密集部が生じたために下流堤敷での水頭上昇が抑えられたこと。
- ② 堤体を透過する浸透水が存在しないこと。(立上りドレーン下端部を担当する1~3ブロックは1L/min以下の観測値で、試験湛水期間中ほとんど変化していない。)

なお、全浸透水量の特徴的な挙動として次の点が挙げられる。

- ① 降雨や融雪の影響がほとんどあられていない。(堤体が均一型であり堤体を透過する下方浸透が生じないこと、砂岩・泥岩互層中の泥岩が下方浸透を阻むためにこれらによる地山地下水変動が生じないこと、がその原因となっている。)
- ② 落水後の浸透水量が貯水位と比例的に減少しない。

(貯水位上昇期WL.71.0m到達時の全体浸透水量
=約180L/min
貯水位下降期WL.71.0m到達時の全体浸透水量
=約270L/min
であり(図-6参照、基盤内、地山内での水頭残存現象の影響が顕著に現れたものと考えられる。)

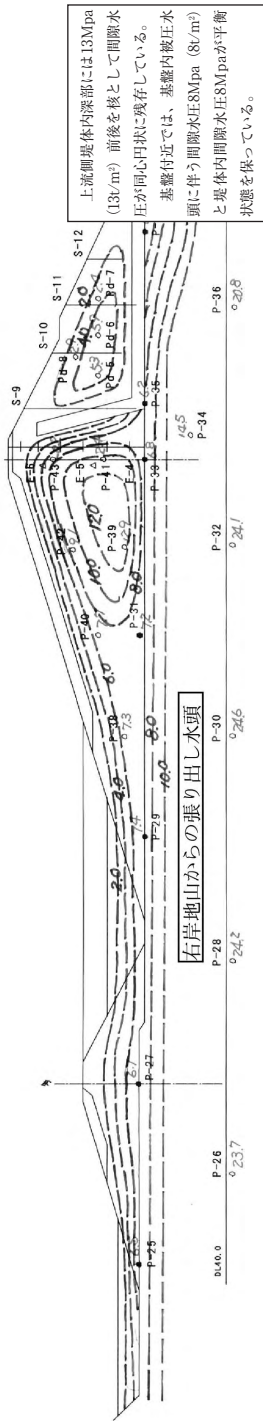


図-11 試験湛水開始時 (03/3/18) 堤体内間隙水圧コンター図・NO.15断面

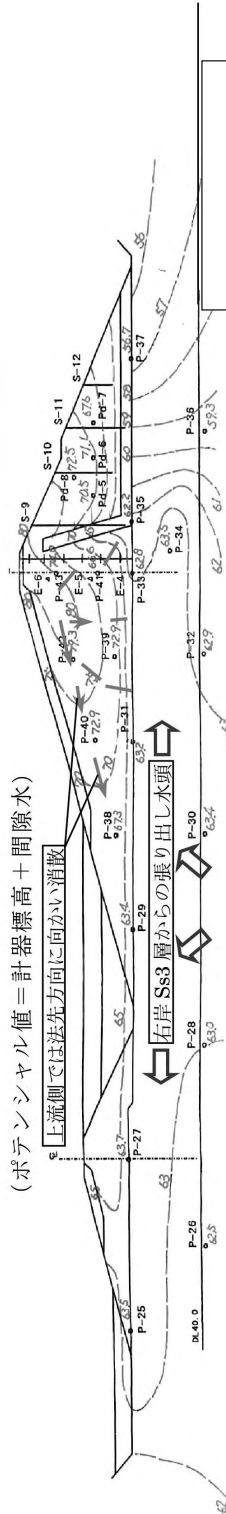


図-12 試験湛水開始時 (03/3/18) 堤体内ポテンシャルコンター図・NO.15断面

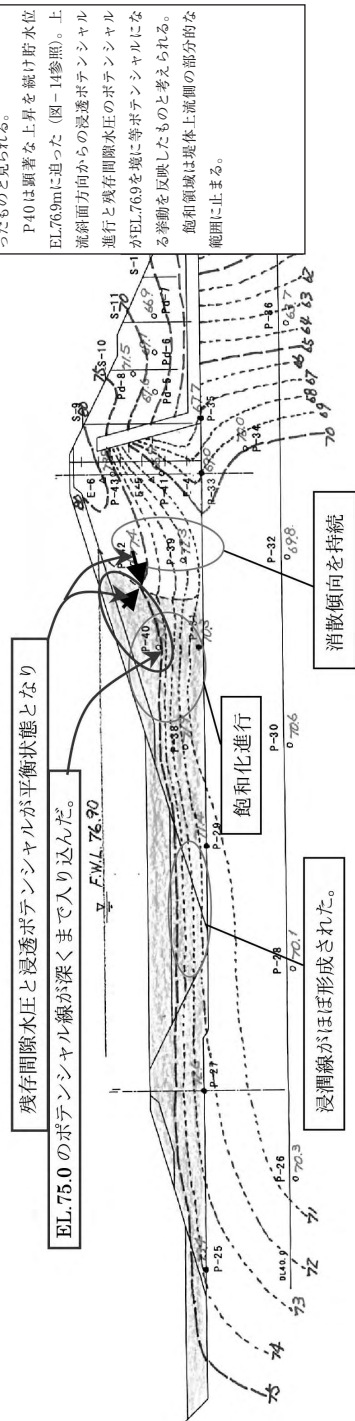


図-13 満水位WL.76.90保持時(04/8/31)堤体内ポテンシャルコンター図・NO.15断面

4. おわりに

幕別ダムは試験湛水終了後、平成17年3月に完成検査に合格し、平成17年4月から供用を開始した。基盤内流況、堤体内の流況ともに、試験湛水時の過程に追従した挙動を示すとともに、浸透水量は安定した挙動を示している。

透水性基礎地盤上にブランケット工法を採用して築造したダムとして浸透流況及び浸透水量挙動が安定していることは、工法の有効性及び設計としての工法選択の妥当性を示しているものと考えられる。

最後に幕別ダムの設計施工に当たり多大なるご指導をいただきましたダム技術検討委員会の先生方をはじめ関係各位に対しこの場を借りて深く感謝いたします。

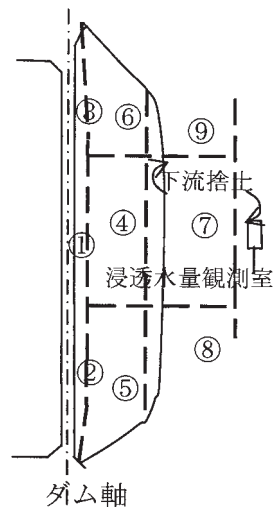


図-15 浸透水量観測ブロック図

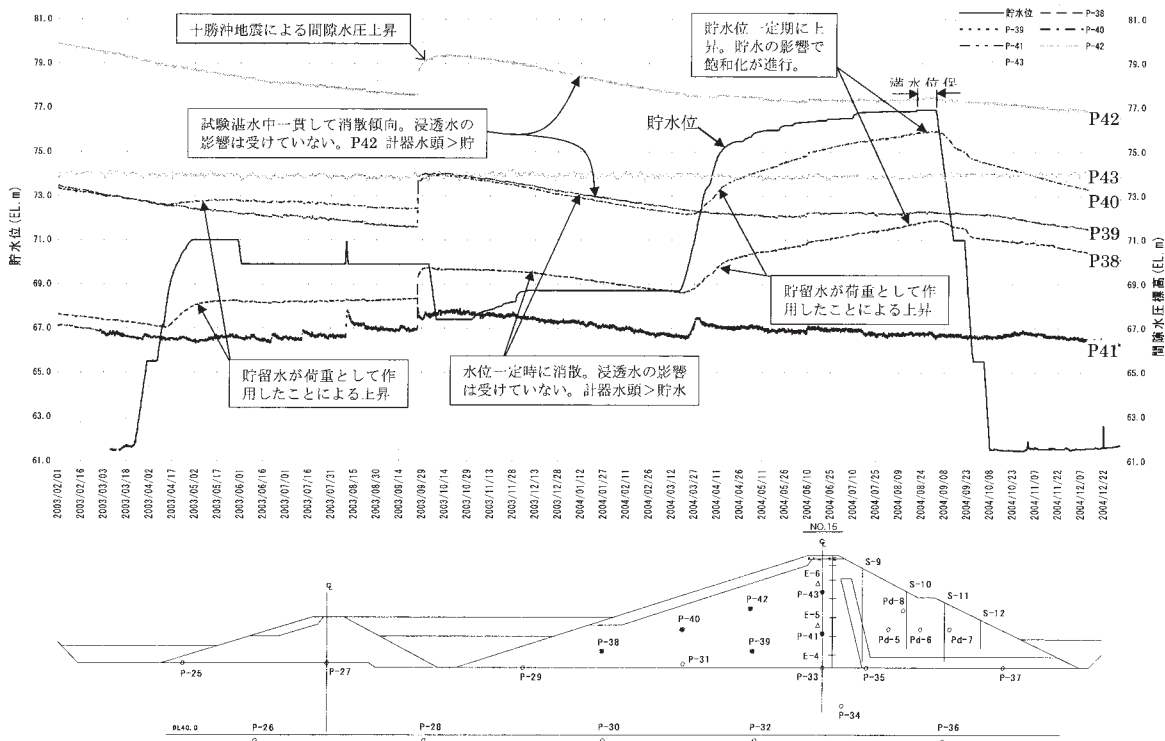


図-14 堤体内設置間隙水圧計の経時変化挙動

千原地下ダムについて

池 田 一 行*
(Kazuyuki IKEDA)

目 次

1. はじめに……………	28	5. 地下貯水部の設計概略……………	31
2. 国営かんがい排水事業伊是名地区の概要について……………	28	6. 揚水試験による地下貯水部取水能力の検証……………	32
3. 伊是名地区の用水計画……………	30	7. おわりに……………	35
4. 千原地下ダムについて……………	30		

1. はじめに

国営かんがい排水事業伊是名地区においては、営農計画で必要とする用水量に対して、有効雨量及び現況利用可能水量等を加味した上で不足する水量を求め、新たに地下ダムを建設し必要水量を賄うこととしている。地下ダムの場合、通常の地上ダムと違い、貯水層の地質の有効間隙率や透水係数などの条件によって利用可能な地下水量が大きく変動することとなる。このため、地下ダム建設の進捗に伴い、揚水試験を行って実際に取水可能な地下水量を把握することが必要となる。

本稿では、揚水試験の結果から、千原地下ダムの地下貯水部における取水能力について検討した経緯を報告する。

2. 国営かんがい排水事業伊是名地区の概要について

本地区は、沖縄県北西部の伊是名島に位置する伊是名村に拓けた畑地520haの農業地帯である。畑作に必要な用水は雨水に頼る不安定なものになっており、恒常的に干ばつ被害を受けている。このため、水源である千原地下ダム及び基幹的な用水路の建設を行い、併せて関連事業により支線用水施設の整備を行うことにより、用水不足を解消し作物の安定生産、農業経営の向上を図ることとしている。地区の概要図を図1に、事業概要を表1に示す。

表-1 事業概要

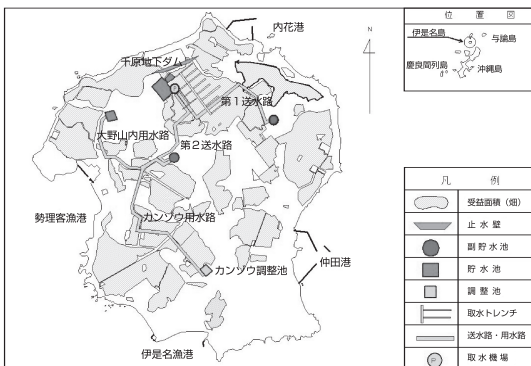


図-1 伊是名地区事業概要図

事業工期	平成11年～平成20年度(10年間) (但し平成21年度～平成23年度は 地下ダムの施設機能監視期間)
総事業費	140億円(平成16年度時点 141億円)
受益面積	520ha
工事内容	千原地下ダム 形式:地下貯水部(地下連続壁型) 地表貯水部(掘込み式) 堤高:13.0m 堤長:550.0m 総貯水量:790千m ³ (千原第1副貯水池, 千原第2副貯水池, 及び第1送水路(延長=2km)第2送水路 (延長=1km)を含む。)
	大野山内貯水池 形式:掘込み式 堤高:6.0m 総貯水量:40千m ³
	カンゾウ用水路 通水量:0.08m ³ /s 延長:3km 管水路 (カンゾウ調整池を含む。)
	大野山内用水路 通水量:0.04 m ³ /s 延長:1km 管水路

*沖縄総合事務局伊是名農業水利事業所 (Tel. 0980-50-7117)

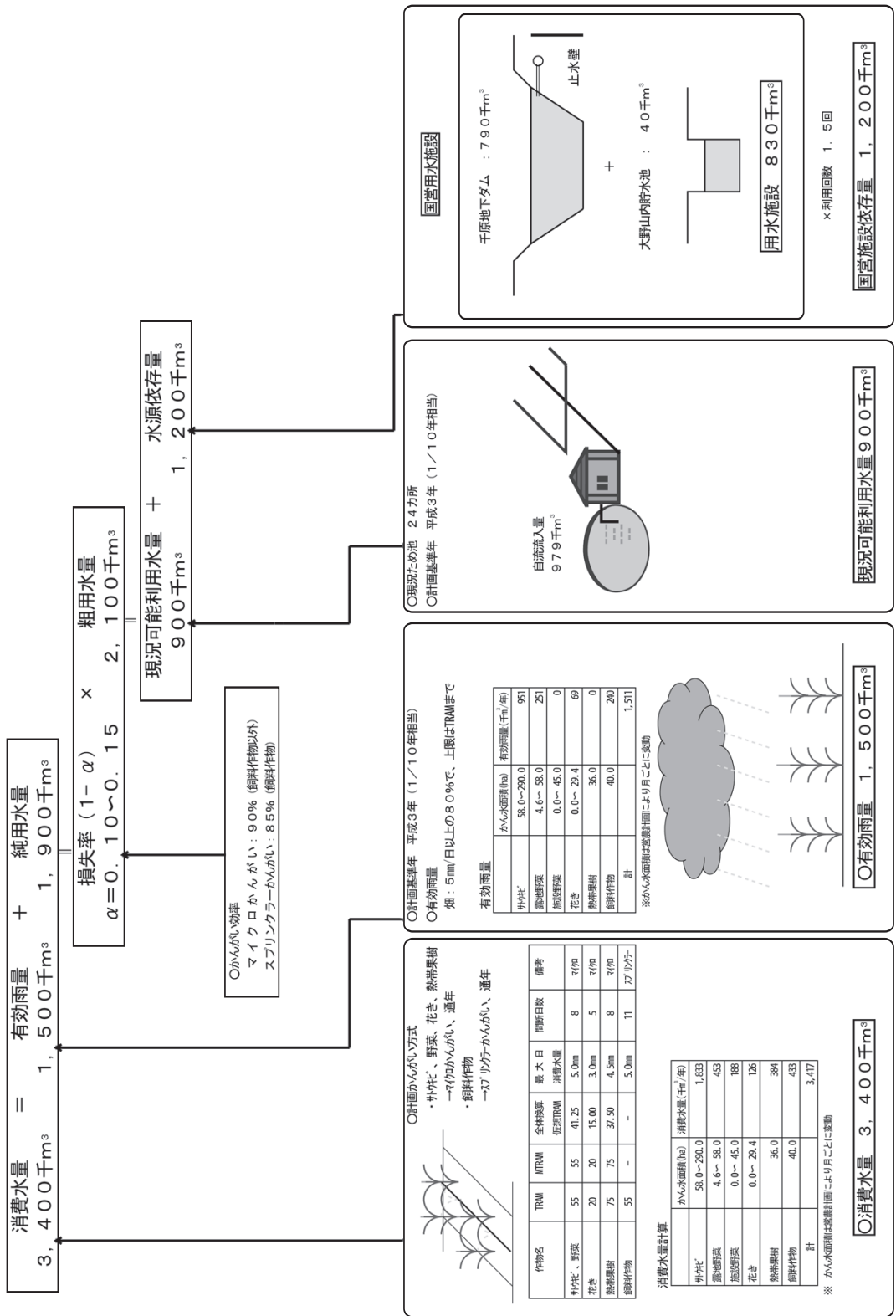


図-2 伊是名地区の用水計画の概要

3. 伊是名地区の用水計画

当地区の用水計画を図2に示す。

(1) 用水量の算定

用水量の算定を行うにあたり、作物をサトウキビ、野菜、花き、熱帯果樹及び飼料作物に分類し、それぞれTRAM、最大日消費水量、間断日数を算定した。また、サトウキビ、野菜、花き、熱帯果樹はマイクロかんがい（かんがい効率90%）、飼料作物はスプリンクラーかんがい（同85%）とし、消費水量を算定した。その結果、伊是名地区で必要な水量は3,400千トンとなった。

(2) 有効雨量の算定

1/10確率に該当する平成3年を計画基準年とした。また、有効雨量は5mm/日以上での80%で、上限はTRAMまでとし、それぞれの営農計画面積に乗じて有効雨量を算定した。その結果、伊是名地区における有効雨量は1,500千トンとなった。

(3) 用水量の算定

必要水量3,400千トンに対し有効雨量が1,500千トンであるから、新たに必要となる純用水量は1,900千トンとなる。これに、かんがい効率85%～90%を考慮すると、粗用水量は2,100千トンとなる。伊是名地区では、既存のため池を取り込んだ水の総合運用を行うこととしており、既存ため池による現況利用可能用水量は900千トンとなっている。以上から、現状で不足している水量は1,200千トンとなる。本地区では、新たな水源施設として、千原地下ダム（有効貯水量790千トン）、大野山内貯水池（有効貯水量40千トン）を新設し、利用回数1.5回とすることで不足する用水1,200千トンをまかなうこととしている。

4. 千原地下ダムについて

(1) 地下ダムとは

通常のダムが築堤構造物により河川水を堰止め貯留するのに対し、地下ダムは止水壁（地中連続壁）により地層の中の間隙地下水を堰止めて貯留するものである。

沖縄県は、透水性が高く大きな空隙をもつ琉球石灰岩が広く分布しており、地下ダムに適した地質条件を備えている。

地下ダムは、その目的によって「地下水位の上昇を目的とするもの」と「塩水浸入防止を目的とするもの」に分類される（図3）。地下水上昇を目

的とするものは、もともと地下水位が低いところにおいて止水壁を設けることで水位を上昇させ取水することを可能とする。塩水浸入防止を目的とするものは、海岸付近において地下水を取水することによって塩水が浸入し水質が悪化することを防ぐ。当地区で建設している千原地下ダムは下図のBタイプの塩水浸入防止型である。

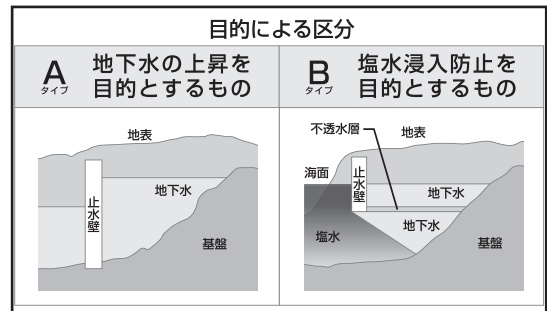


図-3 地下ダムの目的別の区分

(2) 千原地下ダムの構造

千原地下ダムの模式図を図4、図5に示す。

千原地下ダムは、地表貯水部、地下貯水部及び副貯水池の3つの施設よりなる。すなわち、掘込式の貯水池である地表貯水部（有効貯水量513千トン）、地表下約3～6mにある地下貯水部（同240千トン）、PCタンクよりなる第1副貯水池（同25千トン）、第2副貯水池（同12千トン）を一体とみなして、千原地下ダム790千トンとしている（表2）。

地下貯水部には、サトウキビ畑下の標高-2mに高密度ポリエチレン管（有孔管、φ450mm及びφ600mm）総延長2,280mを埋設し、標高+1mから-2mまでの間に貯留されている地下水を地表貯水部に導水する計画である。



図-4 千原地下ダム概要図

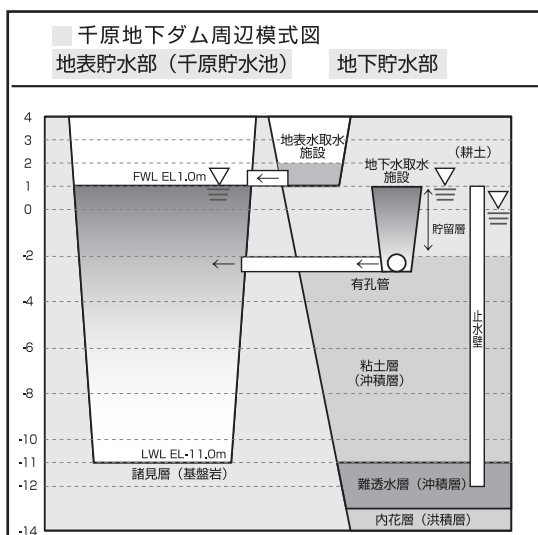


図-5 千原地下ダム周辺模式図

表-2 千原地下ダムの有効貯水量

	有効貯水量 (トン)
地表貯水部	513,000
地下貯水部	240,000
第1副貯水池	25,000
第2副貯水池	12,000
計	790,000

(3) 工事の進捗状況

地表貯水部については、平成13年度から国債工事で掘削を行い、平成17年度に完了した（掘削土量1,130千 m^3 ）。なお、当地区のように狭小な離島においては掘削した残土を処理する土地がない。そのため、近傍の排水条件の悪い畑の表土60cmを剥ぎ、その下に掘削残土を処理した。地下貯水部については、平成13年度から有孔管の埋設を行っており、平成17年度中に総延長2,280mの施工を完了する予定である。第1副貯水池については、平成17年度より国債工事で施工予定である。第2副貯水池については、平成13年度に施工を完了している。

5. 地下貯水部の設計概略

(1) 地質と貯留層の設定

本地区の地質・岩層区分一覧表を表3に示す。

地下貯水部の地下水は、沖積層、洪積層の内花上部層及び内花下部層中に賦存しており、このうち利用する地下水は以下の理由から沖積層中の地

下水に限定している。

- 1) 沖積層の地下水の電気伝導度は $2,000 \mu S/cm$ 以下であり農業用水として適するが、内花上部層の地下水の電気伝導度は $2,000 \mu S/cm \sim 5,000 \mu S/cm$ であり農業用水として適さない。
- 2) 大深度からの揚水により、水中ポンプの電気代等の維持管理費が増大する。
- 3) 洪積層まで地下水を低下させると、Ac層、Am層が圧密沈下を起し、地盤沈下を招く恐れがある。

沖積層の地質状況について、難透水層であるAm層は粘土～シルト、Ac層は粘土よりなる。層厚は概ね1～3mであり、貯留域中流部及び上流部の一部で最大約5m、ダム軸左岸部で最大約7m堆積している。

貯留層であるAcgs層は枝サンゴ混りの細粒砂～粗粒砂、As層はチャートを含む粗粒砂、Sdy層は石灰質砂～粗粒砂よりなり、いずれも貯留域内に広く分布している。

難透水層と貯留層の間に位置するAcgc層については、基本的に粘土基質であり貯留層としての有効間隙率が期待できないことから貯留層としていない。

(2) 取水対象水位

地下貯水部の取水対象水位は、以下の理由からEL+1.0m (FWL)～EL-2.0m (LWL)とする(図6)。

- 1) FWL (EL+1.0m) の決定根拠
 - a. 千原地下ダム下流にある海域からの塩水浸入（止水壁天端からの越流）を考慮すると、平均満潮位EL+0.919m以上の止水壁が必要。
 - b. 既設の千原排水路の敷高がEL+1.0mのため、止水壁天端をそれ以下にする必要。
- 2) LWL (EL-2.0m) の決定根拠
 - a. 過去のボーリング結果から、EL-2.0m以深に帯水層（Sdy層、As層、Acgs層）が分布していない
 - b. EL-2.0m以下にすると、有孔管の施工が軟弱なAcgc層となり、施工が困難となる。

(3) 地下貯水部貯留量

ボーリング結果から地質断面図を作成し、貯留層となる地層の貯留体積を求めた。また、不攪乱資料によるPF試験及び土木学会の水利公式集等により、有効間隙率を求めた。以上から、地下貯水部貯留量は240千トンとした(表4)。

表-3 地質・層相(岩相)区分一覧表

地質時代	地質名	地層記号	層相名	備考
沖積層	埋土等	b	礫質土	
	海浜砂層	Sd	砂	
	新規砂丘砂層	Sdy	砂	貯留層
	沖積層	As	砂～砂礫	貯留層
		Acgs	枝サンゴ混り砂	貯留層
		Acge	枝サンゴ混り粘土	
		Am	シルト	難透水層
Ac		粘土	難透水層	
Ac(cg)	礫混り粘土			
洪積層	古期砂丘砂層	Sdo	砂	
	低位段丘礫層	Td3	礫混り砂	
	内花上部層	UUc	粘土	
		UUcg(s)	礫混り砂	
		UUcg(m)	礫混りシルト	
		UUcg(c)	礫混り粘土	
		UUs	砂	
	UUm	シルト		
	内花下部層	ULcg(s)	礫混り砂	
		ULcg(m)	礫混りシルト	
		ULcg(c)	礫混り粘土	
		ULs	砂	
		ULm	シルト	
	ULc	粘土		
	高位段丘礫層	Td1	礫混り砂	

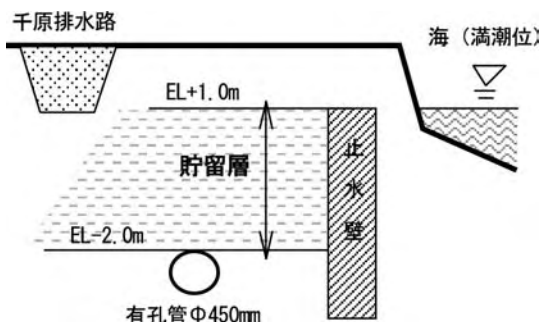


図-6 地下貯水部模式図

表-4 地下貯水部貯留量

	体積(m ³) ①	有効間隙率 ②	貯留量(m ³) ①×②
Sdy層	184,044	0.20	36,809
As層	468,758	0.15	70,314
Acgs層	653,586	0.20	130,717
合計			237,840
			≒ 240,000

6. 揚水試験による地下貯水部取水能力の検証

(1)揚水試験の概要

地下貯水部に埋設する有孔管総延長2,280mのうち、平成15年度までに1,606mを施工し、1号～4号取水トレンチとそれらを繋ぐ1号～3号基幹水路が連結された。平成16年度に、これら有孔管の取水能力を検証するため以下の揚水試験を行った。

揚水試験の位置は図7のとおりであり、揚水井(マンホール)からポンプで地下水を揚水し、各時点における地下水位を観測孔で測定した。

①予備揚水試験

井戸能力を把握することを目的として実施。2時間ごとに揚水量を変化させながら段階的に揚水し、限界揚水量を把握する。

②段階揚水試験

揚水量を段階的に変化させ、各揚水段階の揚水量と水位降下量の関係から限界揚水量を確認する。

③連続揚水試験

同一揚水量で長時間の揚水を継続することで可能揚水量の確認、水理定数(透水係数、貯留率)の算定を行う。

④回復試験

連続揚水試験の終了後に、引き続き地下水位の回復を測定し、水理定数(透水係数)の算定を行う。



図-7 揚水試験平面模式図

(2)揚水試験の解析手法

①水理定数の求め方

暗渠の取水量Qは、上流側水位、下流側水位、暗渠管と不透水層までの距離などのパラメータにより影響をうける。揚水試験の解析を行うのに際して、パラメータの広い範囲の変化に対しても精度良く再現できる取水公式を選定する必要がある。暗渠断面を含んだ断面二次元の有限要素法浸透流解析を実施して、パラメータの変化による数値解析による流量と、杉尾式、平行流式、フォルハイマー補正式などによる計算流量とを比較した。その結果、広い条件で数値

解析との誤差が少なかった次式を採用した。これは、暗渠の流量公式として知られる杉尾式の帯水層厚を表現する項を上下流の水頭の平均値に置き換えたものであり、修正式と呼ぶこととする。修正式の計算断面模式図を図8に示すが、透水係数、影響圏、帯水層の厚さ、地下水位条件、管内ポテンシャルなどから暗渠の取水量を算定している。今回は、揚水試験における揚水量を用いて透水係数を逆算により求めた。

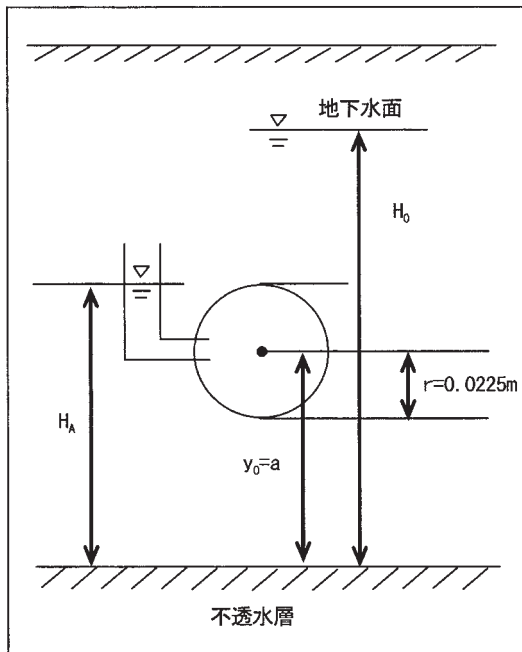


図-8 暗渠の流量計算断面模式図

・暗渠の流量式（修正式）

$$Q = \frac{2\pi k (H_0 - H_A) L}{\ln \frac{\sinh^2\{\pi R / (H_A + H_0)\} + \sin^2\{\pi a / (H_A + H_0)\} - 1}{\sin^2\{\pi (y_0 + r) / (H_A + H_0)\} - \sin^2\{\pi a / (H_A + H_0)\}}}$$

- Q : 暗渠への全流入量（本解析では揚水量）
- k : 帯水層の透水係数
- H0 : 初期水深（影響圏外の水深）
- HA : 暗渠内の水頭ポテンシャル
- L : 暗渠の長さ（本解析では単位長L=1.0m）
- R : 影響圏
- y0 : 暗渠の中心から不透水層までの標高差
- a : 流入点の不透水層からの高さ
- r : 暗渠の半径

②影響圏の求め方

影響圏は、揚水試験によって生ずる水位降下の及ぶ範囲である。一般に、透水係数が大きい場合は影響圏が大きく、透水係数が小さい場合は影響圏が小さい。今回、r-s曲線（距離-降下水位曲線）を描き、その曲線が水位降下=0の軸と交わる点を求めることで影響圏を算定した（図解法）。

表-5 連続揚水試験結果一覧表

段階	累積測定時間 (min)	揚水量 (m ³ /day)	水位 (E.L.m)	単位水位降下量 (m)	時間当水位降下量 (m)	累積水位降下量 (m)
開始時	0	0.0	1.95	-	-	-
1日経過後	1,440	3,825.3	0.08	1.87	0.078	1.87
2日経過後	2,880	3,825.3	-0.35	0.42	0.018	2.29
3日経過後	4,320	3,825.3	-0.9	0.55	0.023	2.84
4日経過後	5,760	3,825.3	-1.51	0.61	0.025	3.45
5日経過後	7,200	3,825.3	-1.99	0.48	0.020	3.93
5日19時間50分経過後	8,390	3,825.3	-2.4	0.41	0.021	4.34
6日経過後	8,640	3,825.3	-2.55	0.15	0.036	4.49
6日2時間30分経過後	8,790	~3,000	-2.74	0.19	0.076	4.68
6日6時間経過後	9,000	3,000.0	-3.13	0.39	0.111	5.07

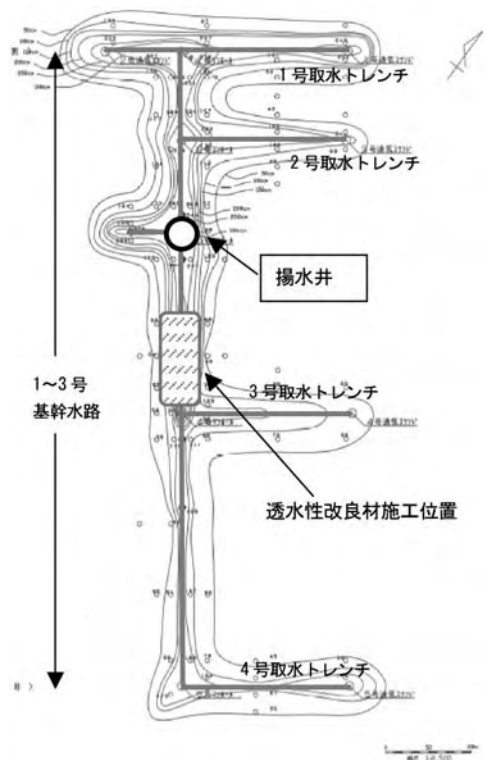


図-9 水位降下量等高線図（水位最大降下時）

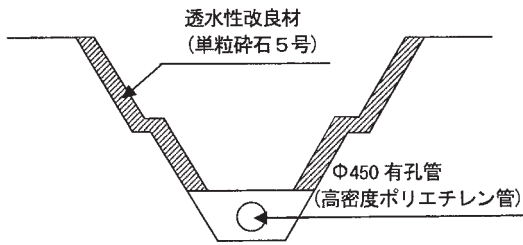


図-10 透水性改良材施工断面図

(3)揚水試験の結果

①連続揚水試験の結果

予備揚水試験、段階揚水試験の結果を踏まえ、連続揚水試験を行った。連続揚水試験は、計9,000分間にわたり揚水量 $Q=3,825.5\text{m}^3/\text{day}$ で実施した。連続揚水試験による地下水位変動状況を表5に、水位降下量等高線図（水位最大降下時）を図9に示す。図9中にある透水性改良材施工位置とは、有孔管の取水能力を向上させるため、管理設後の埋め戻し材として試験的に単粒碎石5号を施工した箇所である（図10）。

②影響圏の算定

揚水試験の結果から図解法により求めた影響圏を表6に示す。

③水理定数の算定

揚水試験の結果を用いて、修正杉尾式により透水係数を算定した。その結果、全データの透水係数は $5.7 \times 10^{-3}\text{sm}/\text{sec}$ となった（表7）。この数値は、帯水層の透水係数の本来の値に、暗渠管自体の有する流入損失や暗渠管敷設後の埋戻し土の透水性などが複合された値となる。

平成9年の全計時には透水係数 $5.71 \times 10^{-2}\text{sm}/\text{sec}$ を見込んでおり、当初の計画に比べて約1/10の値である。この原因としては、本地区で施工している暗渠管（開口率1%程度）の開口部における水頭損失が大きいことが考えられる。

④透水性改良材の効果

取水トレンチはオープンでの開削埋戻しによる施工を行っている。掘削部の埋戻しは、現場発生剤を用いた転圧施工で行われている。取水量を確保する意味では埋戻し部の透水性は帯水層と同程度の透水性を確保できる施工を行うことが望ましい。しかし、極端にルーズな締め固め状態で施工を行うことは、施工後に地盤沈下を生じさせる危険性を有している。本地区では、図10に示すような透水性改良材（単粒碎石

5号）を掘削法面に施工し、帯水層から取水暗渠への通水能力を確保した。

揚水試験の結果、透水性改良材の施工箇所は、非施工箇所に比べて大きな水位低下が認められた（図11）。また、過年度に実施した揚水試験の結果を用いて試算すると、透水係数にすると約1.3倍、取水量の増加は約6%と見込まれる。概算工事費から、残施工区間に改良材を施工する場合と、改良材を施工せずに施工長を延長することで改良材施工程度の取水量を得る場合を比較した結果、改良材を施工することが有利となることがわかった。

表-6 影響圏の算定結果

区分	平均値(m)	備考
1号トレンチ	67.4	
2号トレンチ	85.3	
3号トレンチ	85.8	
4号トレンチ	72.0	
2号基幹水路A	59.4	透水性改良材非施工
2号基幹水路B	45.1	透水性改良材施工

表-7 透水係数算定結果

区分	透水係数 (cm/sec)	備考
1号トレンチ	7.3×10^{-3}	
2号トレンチ	7.2×10^{-3}	
3号トレンチ	6.8×10^{-3}	
4号トレンチ	3.6×10^{-3}	
2号基幹水路A	2.7×10^{-3}	透水性改良材非施工
2号基幹水路B	3.1×10^{-3}	透水性改良材施工
全データ	5.7×10^{-3}	
全計時(H9)	5.7×10^{-2}	

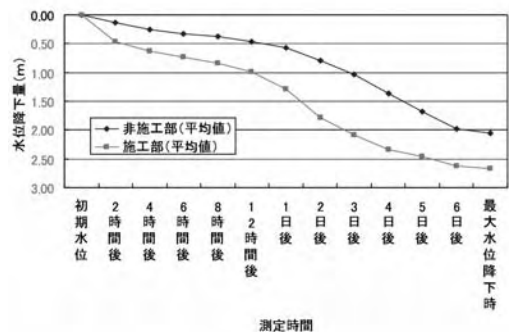


図-11 透水性改良材施工部及び非施工部の水位降下量

⑤ トレンチ取水量の計算

地下貯水部の貯水位と中継水槽（図12）の水位の関係から、トレンチ取水量の試算を行った。今回の揚水試験による結果では透水係数が全計時に比べて小さく評価されていたことを受けて、中継水槽の水位を低くした場合に全計時取水量の約40%、中継水槽の水位が高い場合には約6%まで取水量が低下する試算となった。この結果、地下貯水部の運用としては以下の方法で取水能力の低下を補い、地下貯水部の効率的な運用を行う。

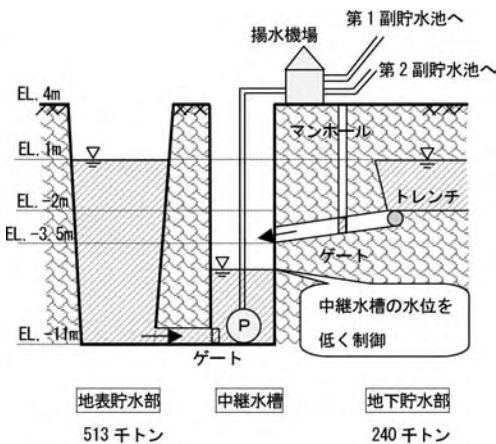


図-12 中継水槽の構造



写真-1 千原地下ダム(地表貯水部) 平成16年12月現在

1) 取水トレンチの末端に位置する中継水槽の水位を制御して、常に下流側水位条件を低く抑えて貯水池水位との水位差を保持することで取水量を確保する。

2) 地下貯水部からの取水を優先的に行う。

7. おわりに

本稿では、地下埋設暗渠による特殊な地下ダムの事例を紹介した。地下ダムは、ダム上の土地を現況どおりに利用することができ、本地区のような小さな離島には適しているといえる。ただし、貯水層の地質の有効間隙率や透水係数などの条件によって利用可能な地下水量が決まってくるため、調査から施工に至る間、詳細な調査を行いつつ取水能力の検証を進める必要がある。

本地区においては、地質調査や揚水試験の結果、当初計画よりも若干厳しい地質条件となったが、透水性改良材を新たに追加施工し集水能力の向上を図るとともに、地下貯水部と地上貯水部が中継水層で連結されている特性から、用水運用計画の中で必要な用水量を確保することとしている。

今後とも、地下水の取水能力、塩水浸入解析等を進めつつ、鋭意事業の進捗を図り、事業の早期完了と効果発現を図って参りたい。

最後に、本稿作成にあたっては、三祐コンサルタンツ宮崎氏その他の方々にも一方ならぬお世話になった。もって心より謝意を表したい。

親松排水機場建設工事における地盤改良工について

村 田 耕市郎*
(Kouichirou MURATA)

	目	次	
1. はじめに	36	5. 工法選定	38
2. 施設概要	37	6. 施工順序	44
3. 現場条件	38	7. まとめ	45
4. 設計	38		

1. はじめに

(本地区の地区概要)

亀田郷地区は、新潟県のほぼ中央に位置し、信濃川・阿賀野川・小阿賀野川及び新潟砂丘によって囲まれた海拔0m以下の土地が約60%を占める輪中地帯で、約4,200haの水田を中心とした穀倉地帯である。

この地域の排水を担う「親松排水機場」は、造られてから30余年が経過し、設備が老朽化して維

持管理が困難になりつつある。このため、既設親松排水機場の西側に、排水量60m³/秒の新たな排水機場を平成19年までに建設する。

よって、排水機能を今後とも維持することにより、農業生産及び農業経営を持続的に発展させ、併せて農地の保全に資するものである。

今回は、この新設親松排水機場建設に伴い施工した色々な地盤改良工事の施工について報告する。

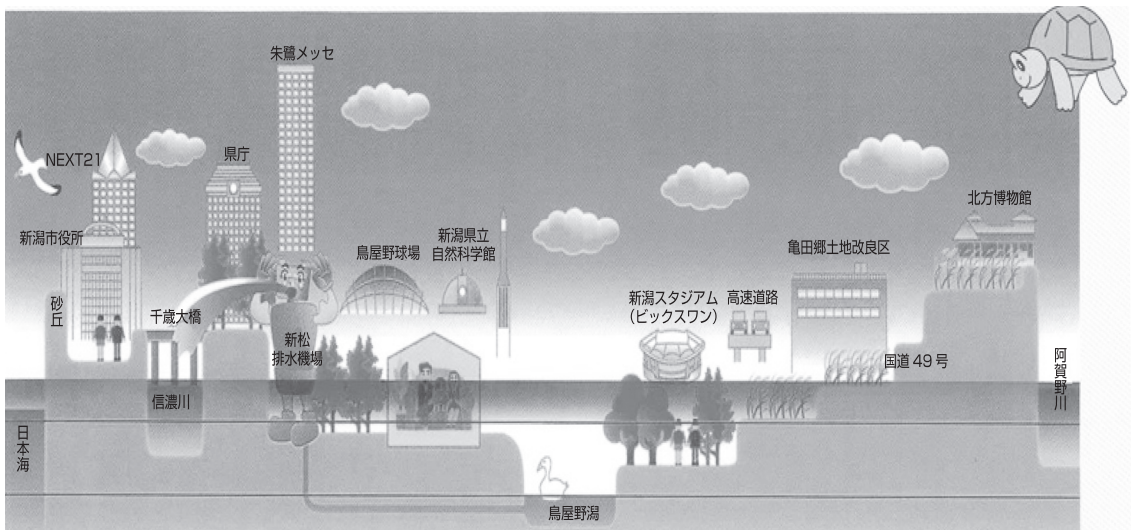


図-1 地区縦断面図

*北陸農政局信濃川水系調査管理事務所
亀田郷農業水利事業建設所 (Tel. 025-383-3881)

2. 施設概要

所在地 新潟県新潟市太右エ門新田地内
 排水流域面積 8,596ha
 受益面積 4,235ha
 排水計画 計画雨量 196.2mm
 (3日連続雨量)
 計画内水位 -2.50m
 計画外水位 2.09m
 計画排水量 60.0m³/s

主要工事計画 親松排水機場
 (ポンプ機械設備等の概要)

形式 立軸可動軸流ポンプ
 主モーター
 カゴ型誘導電動機
 15.0m³/s × 1,000kw × 2台
 立軸固定軸流ポンプ
 ガスタービンエンジン
 2軸式
 15.0m³/s × 1,500kw × 2台

機場 (建屋)
 鉄筋コンクリート造り
 地下1階, 地上2階

本機場に必要な構造物は、図-4に示すポンプ

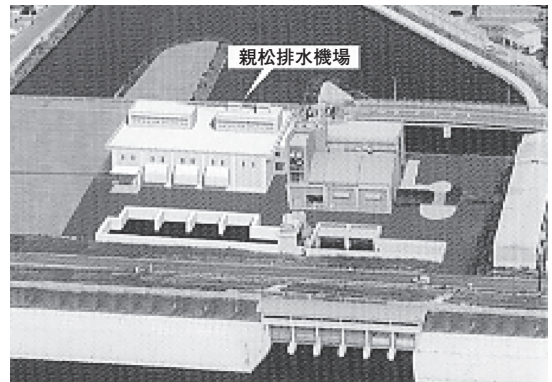


図-2 親松排水機場建設完成予想図

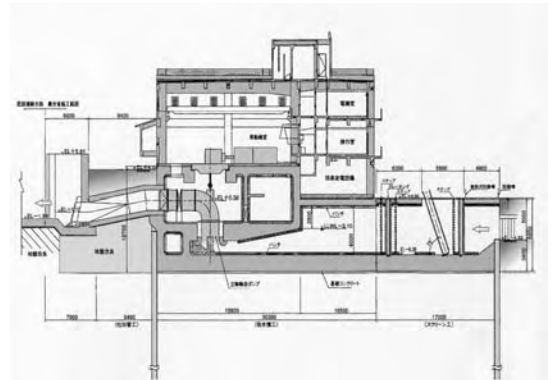


図-3 排水機場計画断面図

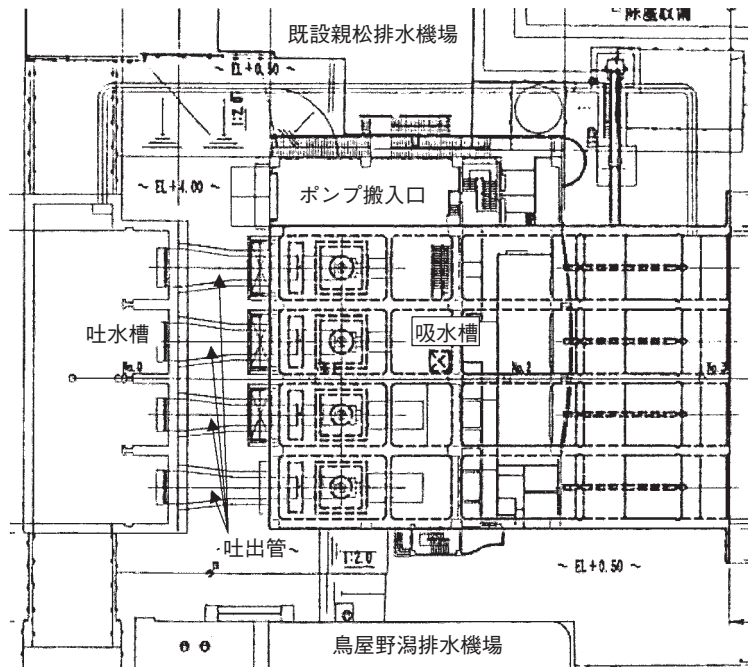


図-4 機場平面図

場本体（吸水槽）・ポンプ搬入口（建築）・建屋・吐出管及び吐水槽である。

3. 現場条件

工事現場は、既設親松排水機場と鳥屋野型排水機場（平成15年度供用開始：国土交通省）に挟まれ限られたスペースで、且つ、両サイドにある既設機場の運転に影響を与えないよう十分な仮設計画を策定する必要がある。

現場の地質状況は、孔口標高（EL+1.51）から深度5.00mまでは盛土層でレキ混り細砂・中砂で構成されており、代表N値は5程度で透水係数は $3E-2\text{cm/sec}$ である。

深度5.00mから9.20m付近までは、粘性土層（Ac1-1：粘土質シルト・シルト質粘土）、砂質土層（As1：細砂・微細砂）、粘性土質（Ac1-2：粘土質シルト・シルト質粘土）、の互層と腐植土層（Ap）からなり、代表N値は0～2程度で透水係数は $3E-2\text{cm/sec} \sim 1E-5\text{cm/sec}$ である。

これ以深は、砂質土層（As2：細砂・微細砂、深度9.20m～23.00m。As3：微細砂、深度23.00m～36.90m）からなり、代表N値は30程度で透水係数は $2E-2\text{cm/sec}$ 程度である。

本工事の施工基盤面はEL+0.50で周囲は、鳥屋野瀉放水路及び信濃川に囲まれており、地下水位が非常に高く、施工基盤面から深度1.50m付近であるため、地下水の影響が最小限となる仮設計画が必要とされる。

4. 設計

(1) 機場本体（吸水槽）の設計条件

吸水槽を施工する上で必要な仮設方法の検討に必要な設計条件は、既設親松排水機場及び鳥屋野瀉排水機場に挟まれた区間（幅50m）に吸水槽（幅38m、深さ9m）の構造物を造ると言う非常に狭い範囲での施工となる。また、地下水位がEL-1.5mと高いため、地下水処理の必要があり、地層的に盤ぶくれ対策が必要となる。

(2) 吐水槽・吐出管及びポンプ搬入口の設計条件

1) 吐水槽

吐水槽を施工する上で仮設方法の検討に必要な設計条件は、既設連絡水路（国土交通省施工）と接する構造物を造る。また、掘削深がEL-

3.9mで地下水位がEL-1.5mであるため、地下水処理の必要がある。

また、吐水槽基礎を施工する上で必要な設計条件は、EL-8.5m以下は表-1のとおり非常にN値が高い砂質土層である。また、吐水槽基盤が基礎としての強度が必要である。

2) 吐出管

吐出管を施工する上で仮設方法の検討に必要な設計条件は、吸水槽と吐水槽の間に構造物を造ると言う非常に狭い範囲での施工となる。また、掘削深がEL-2.9mで地下水位がEL-1.5mと高い。であるため、地下水処理の必要がある。

また、吐出管基礎を施工する上で必要な設計条件は、液状化対策が必要である。また、吐出管基盤が基礎としての強度が必要である。

3) ポンプ搬入口

吐水槽を施工する上で仮設方法の検討に必要な設計条件は、既設親松排水機場と吸水槽の間に構造物を造ると言う非常に狭い範囲での施工となる。また、掘削深がEL-1.6mで地下水位がEL-1.5mであるため、地下水処理の必要がある。

また、ポンプ搬入口基盤を施工する上で必要な設計条件は、ポンプ搬入口基盤が基礎としての強度が必要である。

5. 工法選定

(1) 地中連続壁工の特徴及び選定理由

本工事で施工した地中連続壁には、以下の2つの機能が要求されている。

①掘削深さ9.0mに対して土留め壁として切梁・腹起の反力を受け持つ。

②止水壁として掘削時の周辺地下水への影響を最小限にするとともに、施工時に内部をドライアップして構造物の構築を可能にする。

①に対する機能として、地中連続壁の上部15.5m部分には60cmピッチでH型鋼の芯材（H-450×300×11×18）が挿入されている。②に対しては、止水壁の長さを41.5mとし、排水量がわずかとされる透水係数 10^{-4}cm/s のシルト質微細砂まで根入れを行っている。尚、止水壁の長さの決定にあたっては、近接して施工された国交省鳥屋野

潟排水機場の施工事例が参考となっている。

本工事で施工した地中連続壁工と他の工法との比較表は、表-2の通りである。

(2)地盤改良工法の特徴及び選定

本工事で施工した地盤改良工法の特徴及び選定

理由は、表-3の通りである。

これらの工法を図-5に示すフローチャートに従って選定し、それぞれの場所に適した工法により施工した。各工法の施工平面図は、図-6、図-7を参照。

表-1 土質概要

時代	地層名	主な構成土質	地層記号	N 値 ()は平均値	各層の特徴	標高	
第四紀	完	盛土層	B	0.0~3.0 (2.2)	信濃川堤防部の盛土は粘土質シルトおよび細砂よりなり、礫・腐植物を混入する。 排水機場内の盛土は細砂よりなり、小礫を点在する。	GL2.8m	
		盛土層埋土層		0.0~15.0 (5.0)		GL2.4m	
	新	第1粘性土層①	粘土質シルト シルト質粘土	Ac 1-1	0.0~4.0 (1.3)	上部は全体に不均質であり、最上部は30cmはシルトを主体とする。下部はやや均質なシルト質粘土となり、腐植物を混入する。	GL0.1m
		第1砂質土層①	微細砂 細砂	As1	0.0~11.0 (3.3)	微細砂は緩く粒径やや不均一であり、砂質シルト・粘土質シルトを挟む。細砂は非常に緩く粒径不均一であり、亜円礫を混入する。	GL-1.2m
		第1粘性土層②	粘土質シルト・ 微細砂互層 シルト質粘土	Ac 1-2	0.0~3.0 (1.8)	上部は粘土質シルトと微細砂の互層状を呈す。腐植物を混入し、部分的に多く混入する。シルト質粘土は均質で粘性大位である。	GL-1.7m
		腐植土層	シルト質粘土 腐植土	Ap	1.0~7.0 (4.5)	軟弱層の最下部に薄層状に分布する。未分解の腐植物を主体とし、細粒分を20~30%混入する。含水小位である。	GL-7.8m
		第2砂質土層①	微細砂	As 2-1	6.0~62.5 (42.8)	粒径やや不均一で、全体に細砂を混入する。含水小位~中位であり、密に締まっているが、上部の層境ではゆるい部分もある。部分的にシーム状に浮石を挟む。	GL-15.6m
		第2砂質土層②	微細砂	As 2-2	9.0~53.6 (28.1)	上部は粒径不均一であるが、下部はやや均一となり、中位~密に締まっている。腐植物・浮石を混入し、シルトを薄層状に挟在する。	GL-16.4m
		第3砂質土層①	微細砂	As 3-1	28.0~ 46.0 (39.3)	全体に細砂を混入するために粒径やや不均一である。中位~密に締まっているがばらつきがある。	GL-29.8m
		第3砂質土層②	微細砂	As 3-2	34.0~ 60.0 (46.7)	粒径やや不均一で、細砂を混入する。含水小位であり、密に締まっている。	GL30.2m
第3砂質土層③	微細砂	As 3-3	22.0~ 44.0 (30.0)	今回の調査では未確認であるため、既存データを参照した。	GL32.4m		

		排水工法		止水工法		
		B案:ディープウェル(DW)		C案:止水壁		
		D案:土留め壁+集液注入				
概要図						
工法概要	<p>○ウエルポイントを用い排水する。</p> <p>○本工法が可能であれば最も安価な方法である。</p> <p>○同様に施工期間が最も短い。</p>	<p>○ディープウェル工法により、地下水を揚水する。</p> <p>○DW工法の採用実績は同様な工事で多数使われている。</p> <p>○掘削前に地下水位の低下を行えるので、掘削に伴う盤ぶくれ・ボイリングの心配がない。</p>	<p>○掘削周囲に止水壁を深く掘り入れし、掘削による地下水位の低下が周辺の地下水に影響を与えないようにする。</p> <p>○止水効果が高い。</p> <p>○周辺の地下水位低下対策としてはかなりの効果が期待できる。</p> <p>○止水壁をTRD工法で施工することにより、大深度であっても精度の高いソイルセメント壁が築造できる。</p> <p>○止水壁の上部に芯材を挿入することで、土留壁として利用できる。</p>	<p>○土留め壁(土留兼用)及び地盤改良による底板下に不透水層を施工し、床付け面への地下水の流入を抑えることにより、周辺地下水の低下を防止する。</p> <p>○止水効果が期待できる。</p> <p>○周辺の地下水位低下対策としてはかなりの効果が期待できる。</p> <p>○止水壁工法(C案)に比べ、止水壁を短く出来る。</p>		
長所						
短所	<p>①ウエルポイントの水位低下高さは5.5～6.0mであるため、本施工地点で採用する場合(EL(-)1.90～EL(-)8.5=6.6m)、多段設置となるが施工スペースが限られているため、本工法の採用は困難である。</p>	<p>①DW工法は、スクリーン節が目詰まりするため、定期的な洗浄が必要となるため、代替用DWが必要となる。</p> <p>②停電等の緊急時の対応策を考慮する必要があるため信頼性に問題が残る。</p> <p>③止水工法に比べ、DWの管理項目が多く、施工管理が煩雑になりやすい。</p>	<p>①DW工法(B案)に比べ工事費が高い。</p>	<p>①コストが最も高くなる。</p>		
工事費	-	1	2	3		
評価	×	△	◎	×		

表-2 地下水及び地盤対策工法の比較

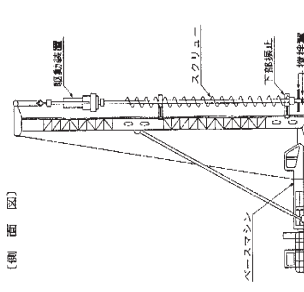
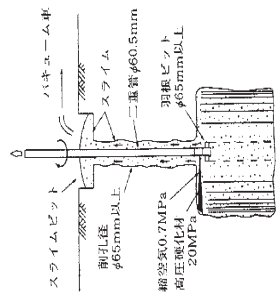
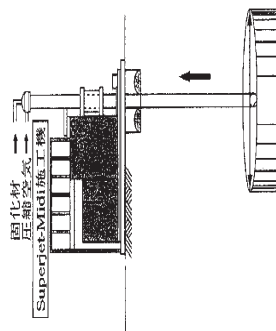
工 法 名	変位低減型深層混合処理工法 CDM-LODIC	深層混合処理工法 CDM-TOFT	高圧噴射攪拌工法 JSG	高圧噴射攪拌工法(大口径) Superjet-Midi
	<p>CDM(セメントスラリー系深層混合処理)工法は、セメント系安定材を軟弱地盤に添加し、安定材と軟弱土を原位で攪拌混合し、軟弱地盤を科学的に固化工法である。この中に分類されるLODIC工法は、従来の攪拌工法の上部にスクリーを取り付け、セメントスラリーの投入量に相当する土量を排出することにより、周辺の地盤や構造物に与える影響をより低減した工法である。本工法では安定材として高炉セメントを使用した。</p>	<p>CDM工法を用いて液状化対象地盤を格子状に固化工法により、固化工法で固められた砂地盤のせん断変形を抑制し、過剰間隙水圧の発生を抑制することによって、地震時の地盤液状化を防止する工法である。本工法では、構造物基礎として比較的強固でなくとも問題ない吐水槽及び吐出管の地盤改良に採用した。</p>	<p>空気を伴った超高压硬化材液(JG-1号)を地盤中に回転して噴射させて地盤を切削し、スライムを地表に排出させると同時に円柱状の固結体を造成する。二重管を地盤に挿入し、噴射により改良を行うため、改良位置に障害があっても施工が行える。本工法では、CDM改良体とTRD連続壁を密着させる役割として施工した。</p>	<p>強力なエネルギーを持つ超高压ジェット噴流を水平噴射することにより、超大型パイルの改良体を高速で造成できる工法である。従来のジェットグラウト工法のうち、二重管工法は水平一方向噴射する工法であるのに対し、Superjet工法は水平対抗噴射する。N値が大きいくとも確実に改良が出来る。本工法では1本の改良径をφ3.2mとしたことにより本数を削減・適正化し、結果として他の高圧噴射攪拌工法よりも安価に改良工事が出来た。吐水槽掘削部分の盛ぶくれ対策部分の硬質砂層に適用した。</p>
工法概要	 <p>(横断面図)</p>	 <p>施工方法はCDM-LODICと同様である。</p>		
特 徴	<p>①十分に普及した工法であり、機械の調達等が容易である。 ②地盤改良工法のなかでは比較的安価な工法であり、本工法では当初より採用されていた工法である。</p>	<p>①液状化対策を格子状に行うことにより、改良土量を低減でき、経済性に優れる。 ②十分に普及した工法であり、機械の調達等が容易である。 ③地盤改良工法のなかでは比較的安価な工法であり、本工法では当初より採用されていた工法である。</p>	<p>①圧縮噴射攪拌工法の中では二重管を使用することにより設備をコンパクトにすることが出来る。 ②軟弱粘土からなる砂質土には比較的安価である。 ③高圧噴射攪拌工法の中では比較的安価である。 ④既設構造物や改良体と密着させることが出来る。</p>	<p>①1本の改良径を大径化(φ3.2m)することにより、従来のCJGと比較して本数を大幅に削減できる。 ②本数を削減できるため、工期の短縮が図れる。 ③本数を削減することにより固化工法使用量・スライム量を低減できる。 ④既設構造物や改良体と密着させることが出来る。 ⑤1本あたりのコストが高く、小規模施工には適さない。 ⑥他の高圧噴射攪拌工法より、設備が大きい。</p>
採用箇所	<p>建屋掘削入口直下要基礎</p>	<p>吐出管液状化対策及び直下要基礎</p>	<p>地中連続壁とCDM改良体の間詰り</p>	<p>吐出水槽の盛ぶくれ対策及び直下要基礎</p>

表-3 親松排水機場建設工事で使用した地盤改良比較表

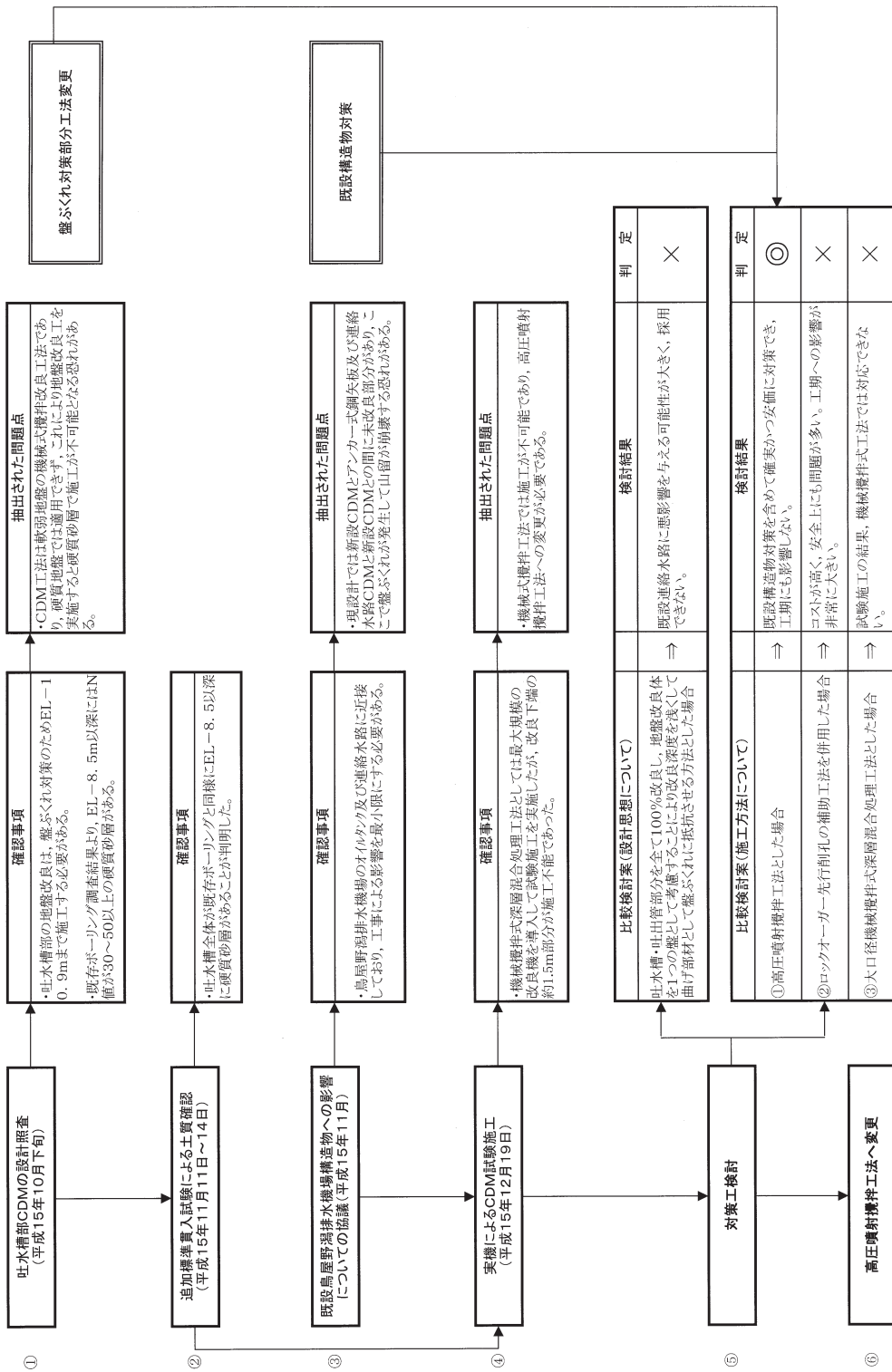


図-5 設計照査から工法変更までのフローチャート

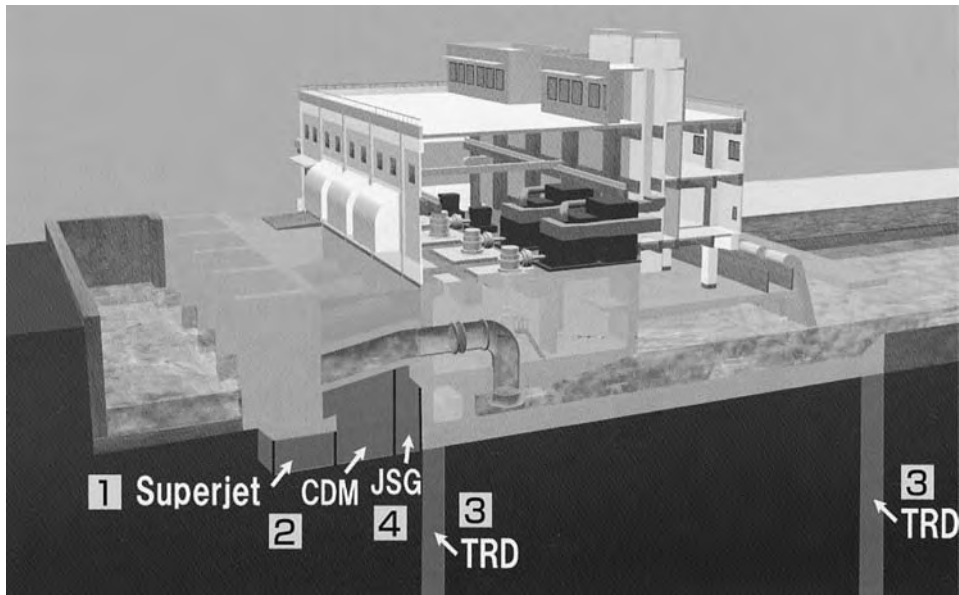


図-6 地盤改良及び地中連続壁施工概念図

- 1 高圧噴射攪拌工（Superjet-Midi工法）
- 2 機械攪拌式深層混合処理工（CDM-LODIC及びTOFT工法）
- 3 地中連続壁工（TRD工法）
- 4 高圧噴射攪拌工（JSG工法）

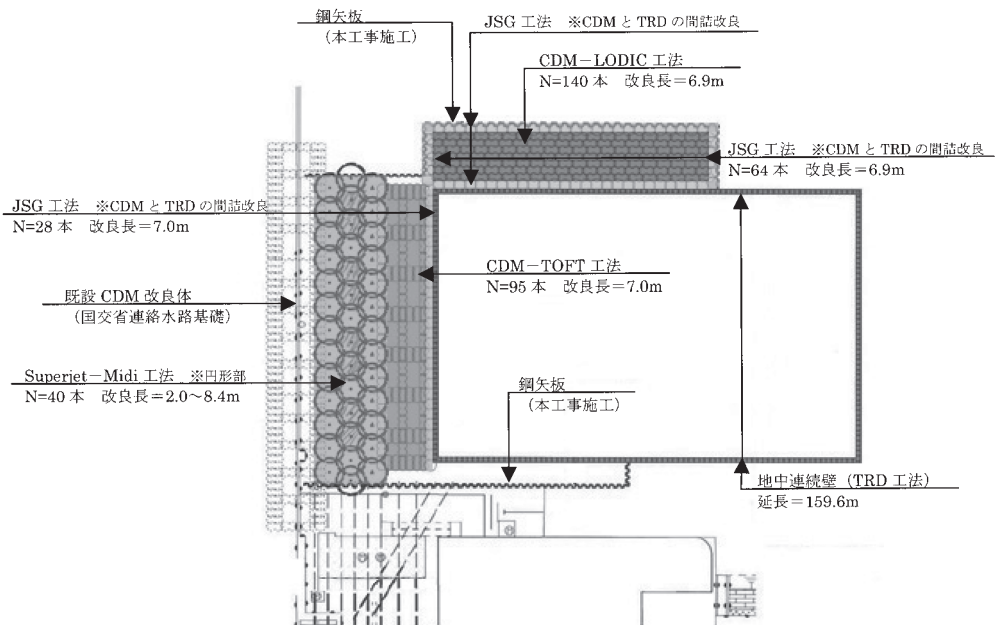


図-7 各工法の施工平面図

6. 施工順序

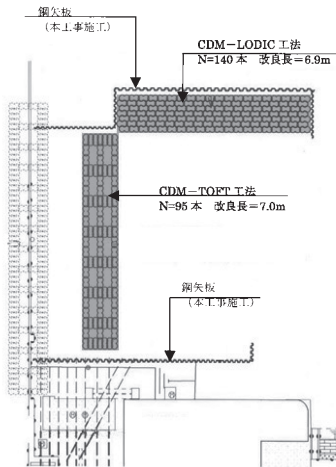
本工事は、隣接する「親松排水機場」及び「国交省鳥屋野潟排水機場」に対する地盤変形の影響を防止するため土留鋼矢板を先行して施工した後、地盤改良施工を以下の順で実施した。(STEP1~4)

- ①深層混合処理工 (CDM-LODIC及びTOFT) の影響が地中連続壁に作用しないようCDM

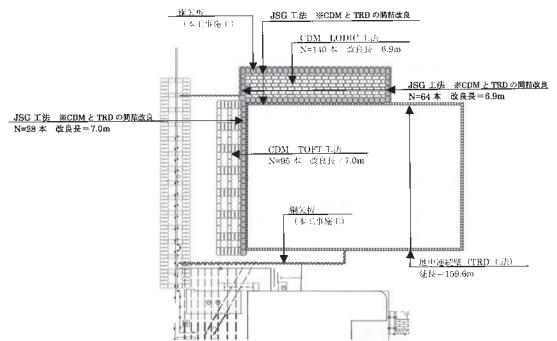
を先発で施工。

- ②次に地中連続壁 (TRD) を施工。
 ③地中連続壁完了後に間詰めめのJSGを施工。
 ④最後に、吐水槽の基礎部にSuperjet-Midiを施工。

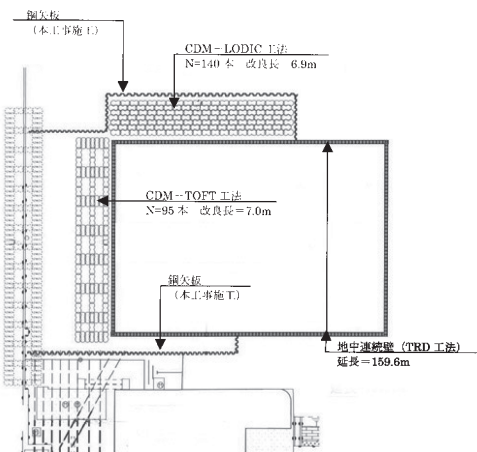
作業ヤードが狭いため、それぞれの工法の工程ラップは最低限とした (図-8, 図-9参照)。



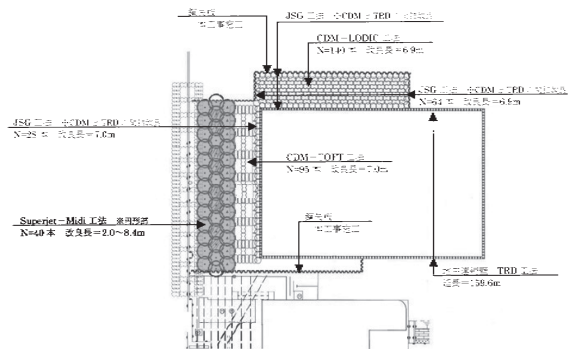
STEP-1 深層混合処理工 (CDM-LODIC工法)
(CDM-TOFT工法)



STEP-3 高圧噴射攪拌工 (JSG工法)



STEP-2 地中連続工 (TRD工法)



STEP-4 高圧噴射攪拌工 (Superjet-Midi工法)

図-8 施工順序



CDM工法



JSG工法



SJM工法



TRD工法

図-9 各地盤改良工法の施工写真

7. まとめ

多くの工法を用いた地盤改良工事及び地中連続壁工事を非常に狭い工事エリア内で施工したが、各工法の特徴を考慮しながら施工したため、大きな問題も発生せずに施工を完了した。

地中連続壁については床付底版からの湧水量(0.34m³/min)も概ね当初設計の通りであり、周辺地下水の低下は観測されていない。土留め内部ではドライアップされた状態で構造物構築を完成することが出来た(図-10参照)。

地中連続壁とJSG及び鋼矢板とJSGのヶ所では地中連続壁及び鋼矢板に許容範囲内のたわみが生じるため、JSGとの間に隙間が発生し湧水が生じた。この湧水(地下水)量については極僅かであったため、簡単に湧水処理(釜場排水)が出来た。

上記の湧水(地下水)については、地盤改良したところを通っているため、PHが高く、そのまま排水したのでは環境法に抵触するため、中和処理し、混ざっている土を沈殿させてから排水路に流した。

どの地盤改良工も改良した時点では目で見えるこ

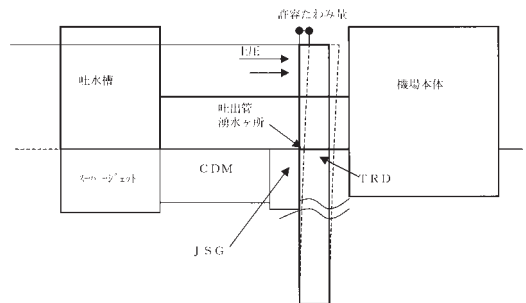


図-10 湧水ヶ所概念図

とが出来ず、改良面まで掘削しなければ確認できない。そのため、それぞれの工法の施工管理は十分行わなければならない。特に位置出し及び垂直管理を行わなければならない。

最後に、この工事場所は2つの排水機場に挟ま

れた場所であるとともに騒音規制法（2種区域）振動規制法（1種区域）に隣接するため、工事は極力騒音の出ないものを使用し、工事期間中は定期的に振動・騒音調査を実施し、地元住民の理解を得て工事を進捗させている。

シールド工事における上下2段施工について

春日井 克 明*
(Katsuaki KASUGAI)

目	次
1. はじめに	47
2. 工事の概要	47
3. 路線の選定	47
4. シールド形式	49
5. 設計	49
6. 施工（掘削）	49
7. 施工（注入圧と注入量）	50
8. 施工（下段掘削）	50
9. 施工（上段掘削）	51
10. おわりに	52

1. はじめに

本工事は、愛知県岡崎市の南西部に位置し、岡崎平野（西三河平野）の東部にあたる。この地区には矢作川や境川によって運ばれた碎屑物が形成した平坦な台地や沖積平野が広がっている。

当該地区の土質の構成は、下部、中部、上部の3層に区分される。下部層は硬い非海成の砂泥互層で、吉田層とも呼ばれ、層厚は約15mである。中部層は海成の泥層からなり、層厚は約15mである。上部層は泥層を挟む砂層からなり、層厚は約10mである。

本工事は、シールドマシン掘削による水路トンネルの工事であるが、ここでは、本工事の特徴である1基のシールドマシンによって上下2本の掘削を実施した事例について紹介する。



写真-1 シールドマシン

2. 工事の概要

本工事は、東海農政局新矢作川用水農業水利事業所で平成13年度に発注した岡崎幹線水路岡北バイパス筒針サイホン建設工事である。

施 工 方 法：泥土圧式シールド工法

仕上がり内径：φ2,400mm

セグメント外径：φ3,000mm

勾 配：i=0.001040

土 被 り：4.90m（上段）11.20m（下段）

セグメント種別：鋼製セグメントSM490A

セグメント延長：L=384.720m×2連

二次覆工管種：FRPM管（内圧薄肉管）

二次覆工延長：L=380.920m×2連

本水路は、上水道と農業用水の共用水路のため、パイプの破裂等の事故が発生した場合、年間を通じて使用する上水道の通水を最低限確保するため、パイプは2連としている。

3. 路線の選定

当初、基本設計では横2連で別のルートを進む予定であったが、そこには一部土地の買収が必要であった。しかし、地主の反対によりルートを変更し現在のルートを選定した。（図-1）

ルート変更には、下記の問題等があった。

1点目は、道路下にNTTの重要ケーブルが埋設されている事であった。仮に、ケーブルのルートを移設した場合、1億円から2億円程度必要であり、コストの面からオープン掘削は不可能であった。

2点目は、道路幅員が4.0mしかなく、直径φ2,400mmのパイプと離隔距離を考慮すると全幅

*整備部設計課（Tel. 052-223-4634）

5.5mで横2連での施工は、民地に入る事から不可能であった。

これらにより地表からの掘削をしない工法での施工を選定しなければならない。施工距離が385m×2連と長く、その前後にカーブが入っている事から、シールド工法を採用した。

しかし、シールド工法は覆工の外径が大きくなり、道路下をルートとしている横2連では民地に係る事が問題であった。また、シールドマシンは他工事から流用という事もあり、基本性能は決定されていた。

よって、上下2連による工法が考えられ採用に至った。

この工法にも難題があり、シールド掘削の上部の土砂がゆるみ沈下が起きやすい事、上下2段のため深い立坑が必要な事である。

設計では、地表からの埋設深とNTTのハンドホール・ケーブル、埋設管等の離隔距離から上段

の埋設深は決まり、最低土被りは4.9m、既設構造物との離隔距離は1.0mとなった。(図-2)

また、上段と下段の離隔距離については、土質状況もそれ程良好とは言えないため、1.0Dと1.5Dの2ケースについてFEM解析により地盤変状等の解析を行った。その結果、いずれの場合も有害な変状はなかった。

一般に、トンネルの離隔距離が小さくなる程その影響は増大するが、本地区の場合、下段シールド下方に介在する粘性土層の影響もあるが、上段シールド施工位置の地盤に比較的硬い層があるため離隔距離1.0Dの方が掘削による変形及び応力変化が少なく、周辺地盤に与える影響も少ない事が判明した。

また、立坑構築においても経済性の面から離隔距離が少ない1.0Dの方が有利であり、上下2段シールドの離隔距離はシールドマシンの直径の1.0Dの3.15mと決定した。

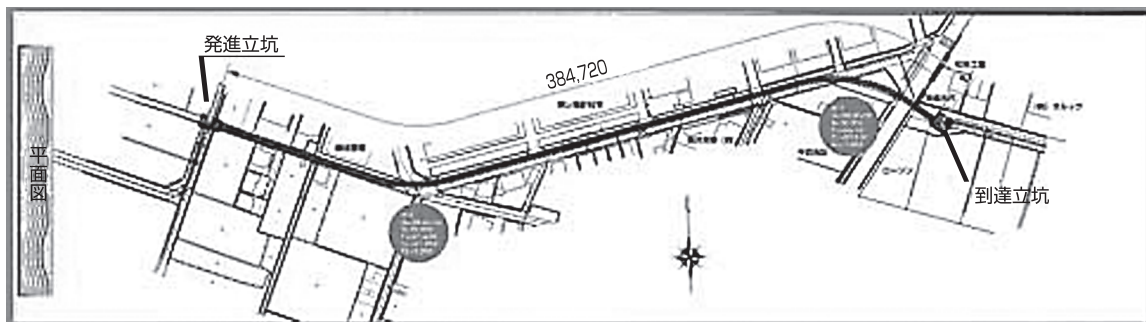


図-1 平面図

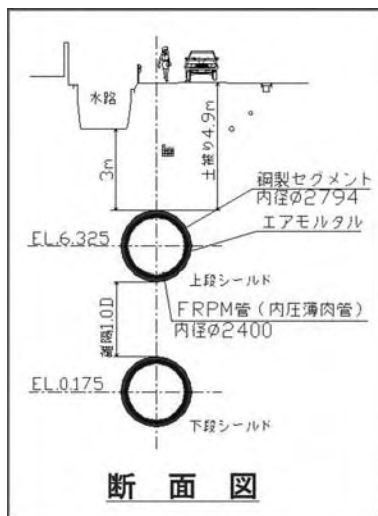


図-2 断面図

4. シールド形式

シールド工法は、各種工法の特徴と現場の計画諸元、地形・地質条件、環境条件及び施工条件等に合致した最適な工法を選定する必要がある。

一般的には

- ・切羽の安定が図れること（地山条件に適合した機種である事）
 - ・近接する構造物及び地下埋設物等に悪影響を及ぼさない事
 - ・施工延長、線形に適した機種である事
 - ・発進基地及び仮設備等の施工設備が機種の施工能力に見合うよう配備できる事
 - ・建設公害が少なく、労働環境に対する配慮が可能な事
- などについて考慮する。

本工事では密閉型の泥土圧シールド形式を採用している。この形式は、添加剤を注入しながら回転カッターヘッドで掘削した土砂と添加剤を強制的に攪拌して土砂を塑性流動化させ、切羽の安定を図りながら、スクリーコンベア等で排土する形式である。

この形式は、砂分が多く流動性を持たない土質に対して水や泥水、添加剤等を加え、切羽土圧をより良く伝達できる。土圧に対応する土砂の取り入れと推進が連動できる機構を有しているため、これらのチェックによって切羽の安定のみならず、周辺地盤への影響を少なくする事が可能である。補助工法が原則的に不要なので地上からの作業を行わなくても良いという利点がある。土質の面からは、固結度が低い軟弱地盤、互層地盤等への適用範囲の広い工法である。

5. 設計

掘削は下段から掘り、次に上段を施工という順にしている。理由は上段を施工し下段を次に施工した場合、上段がゆるみ、沈下の恐れがある事から下段からの施工としている。

FEM解析によるゆるみの結果は地表部で5.16mm、NTTマンホール底部で8.58mmという結果になった。（図-3）

前段にも記載したが、道路にはNTTのハンドホール、ケーブルがあり重要施設という事から許容変位量をNTTに確認したところ20mmまで可能であるという回答を得た。

解析の結果は20mmをクリアし安全であることになるが、あくまでも計算上であること、離隔距離が約1.0mと近接構造物であることから、ハンドホール部については薬液注入工法で地盤を固めた。

工事後の地表部の測定結果は-8mmであった。また、NTT立ち会いによるレベル測定、電線管の貫通試験においても、ハンドホール、ケーブルに異常はなかった。

即時注入時のトンネル上部最大地盤変位量

（応力開放率：40%）

（単位：mm）

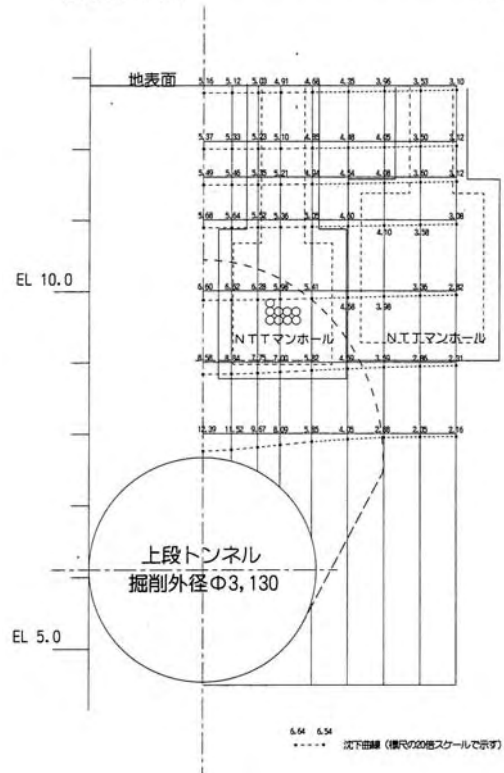


図-3 トンネル上部最大変位量（FEM解析）

6. 施工（掘削）

施工は泥土圧方式のシールド掘削機で外径3,130mm、掘削距離385m×上下2連である。

シールドマシン前面の作泥材は高分子系増粘材を採用、裏込材は二液性可塑状態非エア系スラグ系とした。従来、作泥材はベントナイトを使用しているが、その性質上、一度水分を吸収すると半永久的に脱水せず泥状化し、処理に困難な事及びPH値が10～11と排水濃度に影響を与える事から高分子系の採用となった。

裏込材はモルタル、セメントベントナイトなどの一液性を従来は使用してきたが、最近では流動性あるいはゲルタイムの調整に幅のある二液性の注入材料が主流となり、本工事では特に地山が安定しにくい粘性土層や崩壊性の砂層などでは、推進と同時にテールボイドに裏込め注入材を注入する必要があるため、同時注入が可能な二液性の注入材で施工を行った。

7. 施工（注入圧と注入量）

注入圧は、セグメントの強度、土圧、水圧、泥土圧、使用材料の特性などを考慮し、十分に充填が出来る圧力に設定するとともに、セグメントリング全体に均等に圧力が作用する必要がある。

注入圧は注入口で $100\sim 300\text{kN/m}^2$ が一般的である。注入圧が高すぎると、鋼製セグメントのスキンプレートが過度に変形したり、半径方向挿入型のKセグメントでは継ぎ手ボルトがせん断される

事があるため注意を要する。また、今回使用した二液型可塑状型の注入材料を使用する場合はゲルタイムの選定が重要である。ゲルタイムを極端に短くすると注入圧の上昇や注入管の閉塞が生ずるため注意が必要である。

注入量は、注入材の地山への浸透、加圧による地山への圧入、脱水圧密、余堀、注入材料の種類など、様々な要因に影響されるため明確な設定は難しい。施工実績からの注入率は $130\sim 200\%$ 程度と言われている。

下段の施工では土被りが約 11m 、上段の土被りは約 5m である。裏込材の注入は、注入率 134% で注入量1リング（ 1m ）あたり 0.83m^3 を原則として管理下限値として施工した。

重要ケーブルがあるため隆起させられない事。また、左上方に老朽化している排水路があり注入圧が高すぎた場合、裏込材が排水路に流出する恐れがあるため、注意を要する工事であった。このときの圧力管理は初期注入圧力に $0.15\sim 0.20\text{MPa}$ にて施工を行った。

施工業者は非常にシビアな圧力管理の施工が求められた。そのため、頻繁に地表部の測量、水路の監視を行う必要があった。

8. 施工（下段掘削）

図-4に下段掘削の掘進速度と裏込注入率の関係のグラフを示す。全体的には、所定の注入率を満足している。しかし、個々のデータではばらつきが大きい。その理由としては、掘進速度との相関関係ははっきり表されていないが、掘進速度に応じた注入量及び注入圧の管理が砂泥互層の土質の変化への追従において難しく、注入率にばらつきが生じたためと想定される。

この下段の結果を踏まえ、上段掘進においては、掘進速度を一定にすること、各リングの注入量、注入流量・圧力を確実に管理する事が要求される。

その時の地表部の測定結果を図-5に示す。SP6地点で地表面が約 7mm 沈下しており、これは $R=70\text{m}$ のカーブ施工においてコピーカッターを使用したため、変位量が大きくなったからである。この結果より以降のカーブ区間ではコピーカッターの使用を停止した。

到達付近の曲線区間（ $R=70\text{m}$ ）では、コピーカッターを使用しなくても中折操作のみで線形管理には問題が無く、地盤の変位量も抑えられた。



写真-2 シールドマシン貫通状況



写真-3 発進基地

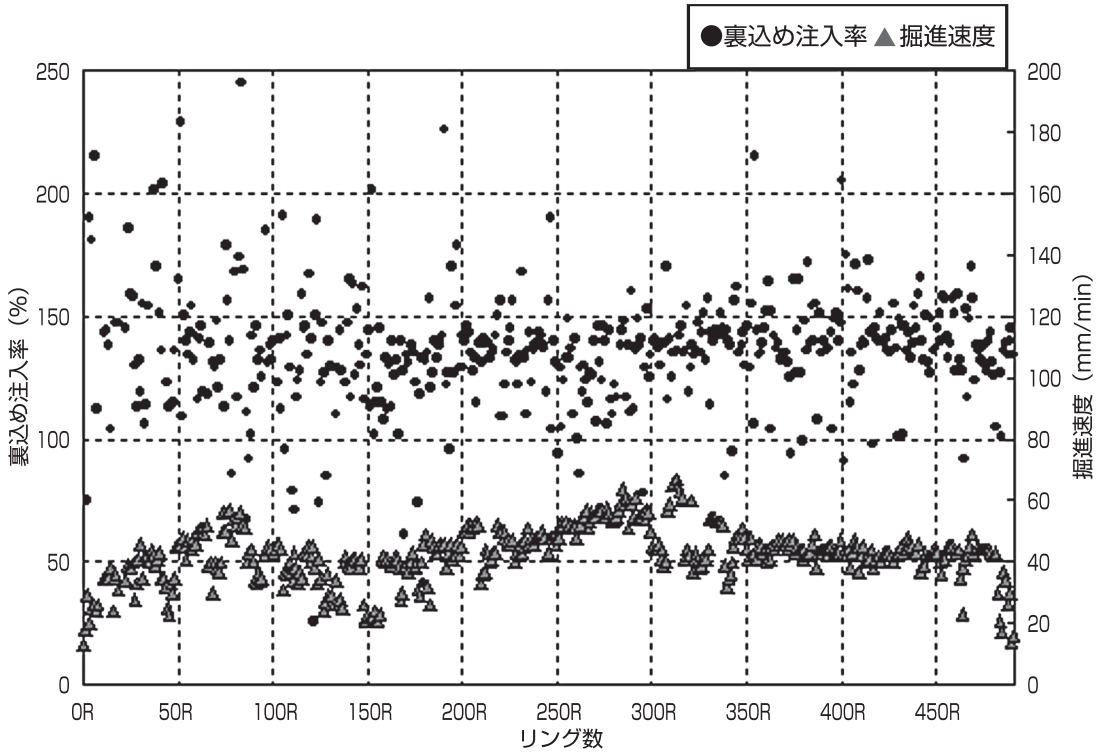


図-4 推進速度と裏込め注入率の分布図（下段）

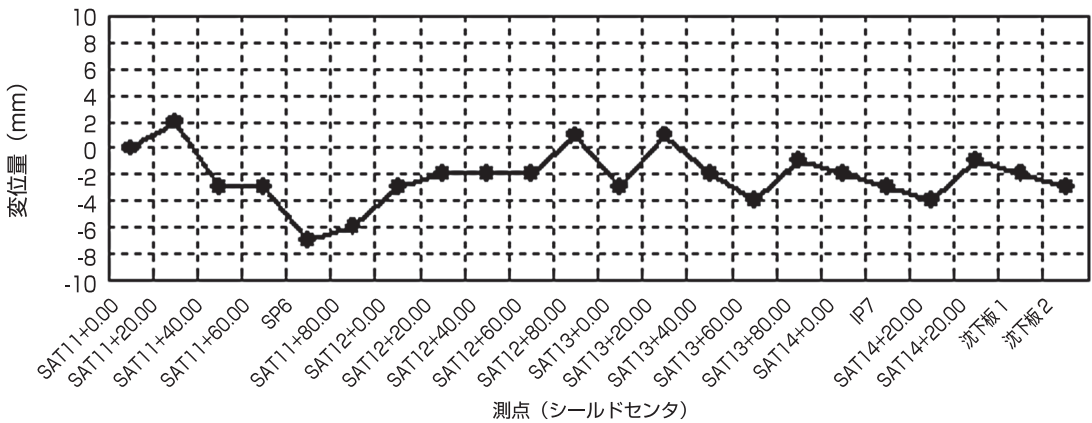


図-5 地表面の変位（下段）

9. 施工（上段掘削）

図-6に上段掘削の掘進速度と裏込め注入率の関数のグラフを示す。上段掘削の裏込め注入率は、下段と同様、計算で求めた注入率134%による1リング（1m）あたりの注入量 0.83m^3 を原則として管理下限値とし、初期注入圧に $0.15\sim 0.20\text{MPa}$ 加圧した場合は、上記の注入量を下回っても注入を止

めるものとした。さらに掘進速度に応じた注入流量の管理を徹底させた。

上段掘削時の地表面の変化を図-7に示す。図中の上段掘削の変位量は下段掘削前からの変位量を示している。上段掘削後は裏込め注入のばらつき等の影響により下段掘削後から若干隆起している箇所が多数見られるが、上段掘削では変位量を最小限に抑えることができたと考えられる。

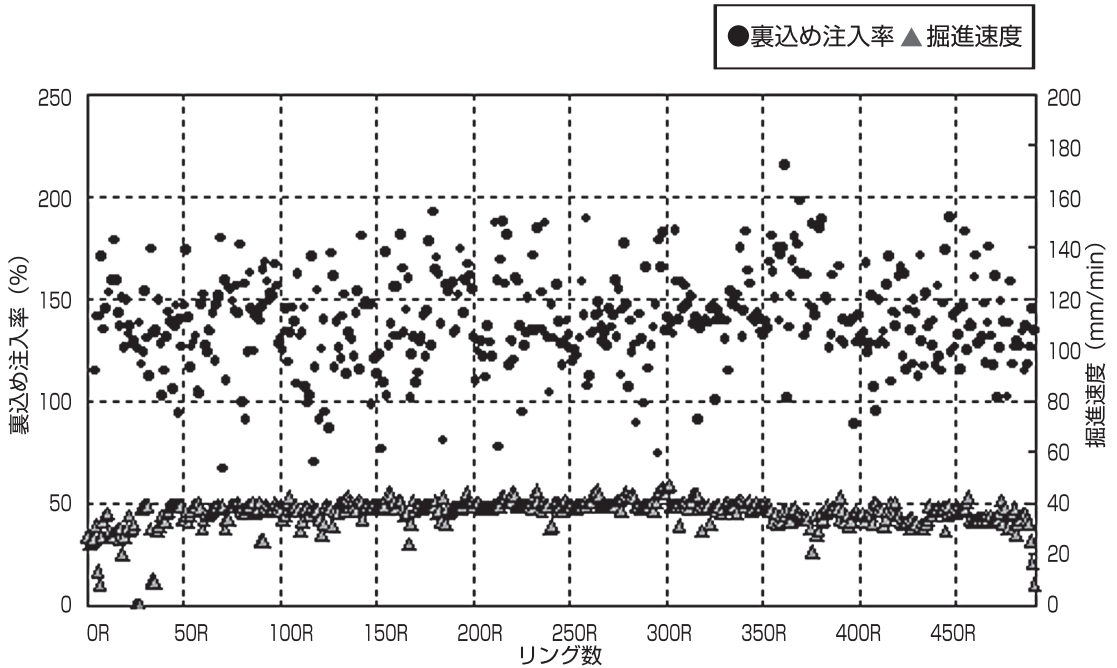


図-6 推進速度と裏込め注入率の分布図（上段）

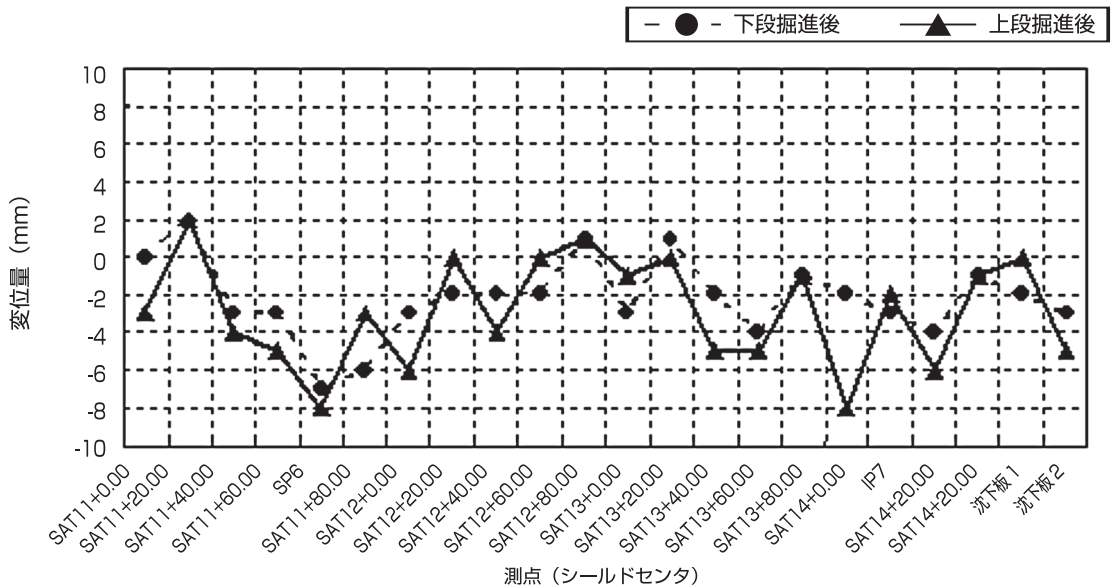


図-7 地表面の変位（上段+下段）

10. おわりに

今回の工事では、地盤の変位が大きな課題となっていた。そこで、施工業者は通常以上に安全対策に気を配った施工を行っていた。

頻繁な地表部のレベル測量、裏込め注入の圧力管理、立坑から発進時及び到達時の施工速度を遅

くするなど慎重な施工、NTTマンホール部の薬液注入で未改良部を作らないための斜め打ちによる施工、湧水対策として、下段から上段への段取り換え時にテールシールド交換、シールドマシン後部からセグメントが抜けるときの即時注入、切羽からの土砂の排出をポンプ圧送及び、土砂ホッパー（切羽からの土砂がシールドマシン内に噴出する

事の防止)などの対策を取った。

その結果、変位量は設計値より小さく完了し、事故もなく無事工事を完了する事が出来た。

本工事のようにシールドマシンで上下2段の施工を行うのはレアケースではあるが、どのシールド工事においても近接する構造物及び地下埋設物等に悪影響を与えてはならない。

シールド工事を実施する上で、注入量、初期注入圧、推進速度、裏込注入率などシビアな管理が要求されるので、発注者、請負者ともに、これらについて十分に検討する必要がある。

参考文献

岡崎幹線水路岡北バイパス筒針サイホン測量設計業務(新矢作川用水農業水利事業所・(株)三祐コンサルタント)

トンネル標準示方書(シールド編)同解説(土木学会)

下水道用設計積算要領-管路施設(シールド工法編)(日本下水道協会)

上下2段泥土圧シールドの推進管理について(西松建設(株) 第7回土木シンポジウム発表資料)

中山間地域総合整備事業北川地区におけるほ場整備工事について

小 野 正 寛*
(Masahiro ONO)

目 次

1. はじめに	54	5. 川坂工区の特徴	55
2. 中山間地域総合整備事業北川地区の概要	54	6. 川坂工区における環境配慮工法等の検討	56
3. ほ場整備工区の概要	55	7. 環境配慮工法の具体的提案例とその実施	57
4. 関連事業	55	8. おわりに	58

1. はじめに

宮崎県東臼杵郡北川町は、県の最北端に位置し、大分県と境を接している。

県境の祖母傾国定公園には、名山として登山家にその名を知られる大崩山を有し、3本の清流、北川本流・支流と祝子川が町を貫く、緑と水に恵まれた地域である。

町全体は山地部が92%を占め、平地部は8%の典型的な山間農業地帯であり、山地部は自然の幸が採れ、平地部は肥沃な土地が広がり、米や野菜の生育がよく、町民の健康と経済を支えている。

本町では、「自然と歴史と文化でおこす農業維新」をキャッチフレーズに宮崎県が事業主体となり町内全域を事業区域として、中山間地域総合整備事業を実施しており、今回は、当事業において実施したほ場整備工事に焦点を当てて報告する。

2. 中山間地域総合整備事業北川地区の概要

中山間地域総合整備事業北川地区は、美しい自然に調和した豊で住みよいふるさとづくりを実現するため、農業生産基盤の整備による農業者の生産意欲や所得の向上、農業生活環境基盤の充実による農業経営者の育成や確保等一体的な整備を図るため、平成8年度に採択された地区である。

総事業費15億9千3百万円で、農業生産基盤（用排水路2箇所、ほ場整備4箇所、農道整備6箇所）及び農村生活環境基盤（営農飲雑用水1箇所、農村公園1箇所）の整備を実施するものであり、平成17年度をもって事業完了する計画である。

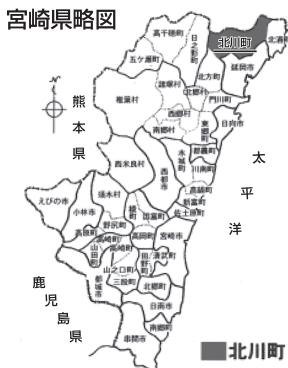


図-1 北川町位置図

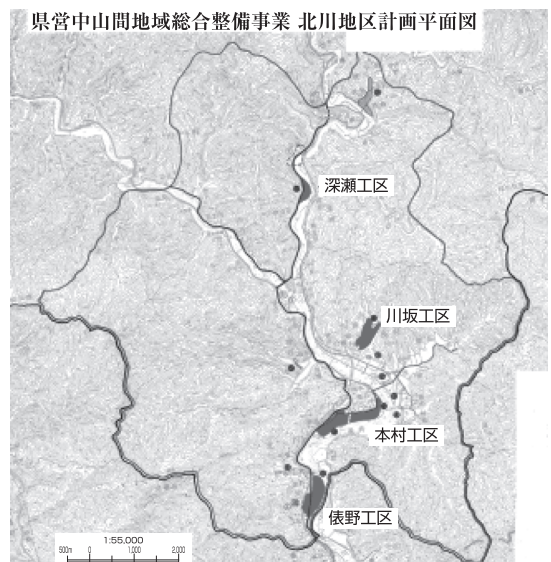


図-2 北川地区計画平面図

*宮崎県東臼杵農林振興局農村建設課 (Tel. 0982-32-6137)

3. ほ場整備工区の概要

本地区により実施したほ場整備工事4箇所（俵野16.9ha、本村26.0ha、川坂14.0ha、深瀬5.4ha）は、いずれも一級河川北川沿いの町中央部地域及び長井地区に散在する農用地であり、これらを総合的に整備して、レタス等の収益性の高い作物を導入することにより、高付加価値農業を推進する環境を整え、活力ある農村社会を形成することを目的として実施したものである。

4. 関連事業

(1)河川激甚災害対策特別緊急事業

平成9年9月に九州地方を縦断した台風19号に伴う豪雨により、北川流域の家屋、事業所等は、倒壊や浸水、交通網の寸断等後広範囲に渡り、莫大な被害が発生した。この出水による大被害が契機となり、再度災害防止の必要性が強く認識され、国土交通省により河川激甚災害対策特別緊急事業が採択された。本事業においては、安全な川づくりに加え北川流域の豊かな河川環境の保全と再生を考慮した川づくりが実施されている。

本地区のほ場整備実施地区は、河川沿いの低湿地にあることから、昔から水害や作業効率の悪さに悩まされ、耕作放棄地化が進んでいる地区もあり、ほ場整備事業への取り組みの要望は強いものがあつたが、地元負担等の関係から、事業着手に二の足を踏んでいたのも事実であつた。

しかしながら、河川激甚災害対策特別緊急事業の実施は、乾田化のための客土材として利用できる残土が大量に発生することにより、コスト縮減

及び事業効果の発現という観点から、ほ場整備に対する取り組みの気運が高まるきっかけとなつた非常に重要な関連事業である。

(2)河川改修・自然再生事業

ほ場整備川坂工区の東側を流れる川坂川とその支流である山ノ内谷川は北川の氾濫水や豊富な湧水も手伝って、年中水が切れることのない豊かな湿地環境を有しており、近接する家田川と併せ、全国的にも大変希少な動植物の生息が多数確認されている。

県土木サイドにおいては、これらのすばらしい環境を次世代に引き継いでいくため、周辺の自然環境、社会環境との調和を図りながら、これらの湿地を保全・復元するべく自然再生事業の実施が計画されている。

現在、事業の実施に向け「家田・川坂川自然再生計画検討委員会」において、自然再生計画の策定に向け検討を行っている最中である。

上記検討委員会においては、良好な河川環境の保全・復元を図ることはもとより、モニタリングや管理を適切に行っていく必要があることから、学識経験者や地域住民の意見を反映させるとともに、町、地元、NPO等と十分な協力をする事としてしている。

5. 川坂工区の特徴

(1)工区概要

川坂工区は、北川町の市街地から3km南東に位置し、北川沿いに展開する水田地帯である。本地区の農業は、近年の農林業の不振や生活の高度化等に伴い労働力の都市流出の煽りを受け、経営の粗放化、農地の遊休化が進み、農業離れが目立っている。

そのため、中山間地域総合整備事業により、農業生産基盤の整備を行い、生産コストの完全を図ることにより、担い手農家の育成、農地の集積と経営規模の拡大を進め、生産性の高い農業を目指すこととしている。

計画区域は、周辺でも最も田面高が低く、北川の増水の度に堪水被害を受ける一歩、山手からの湧水の影響で水田耕作が難しく、計画区域(14.0ha)の約半分近くが不作付けで耕作放棄状態にあつた。

このため、河川激甚災害対策特別緊急事業により発生した残土約10万 m^3 を利用して田面高を平均



写真一 台風19号被災状況

約1m程度嵩上げし、水田の乾田化を図っている。

(2)植生上の特徴

川坂工区においては、特に山ノ内谷川流域において多くの絶滅危惧植物が生育している事が確認されており、このことは本地域における植物相の大きな特徴となっている。

宮崎県版レッドデータブック（2000）による特定種は8種類に及んでおり、特に、オグラコウホネの群落は全国一の規模と言われており、家田湿原と併せ環境省が平成13年10月に選定した重要湿地500箇所の一つにも選定されている。

(3)換地計画の樹立

川坂工区は、平成8年度の地区採択を受け、平成9年度に実施設計、平成10年度に換地配分計画を実施したが、平成13年度に希少植物の保全に関し、地元及び関係機関と協議を重ね、山ノ内谷川左岸の湿地帯については、非農用地として創設換地を行い、県土木事務所が河川用地として買収することとなった。



写真-2 オグラコウホネ

表-2 川坂工区の地目別内訳

(単位：h a)

現況	水田	農地計	その他	計
計画				
輪換耕地	11.0	11.0	0.8	11.8
畑	0.4	0.4	0.1	0.5
農地計	11.4	11.4	0.9	12.3
その他	0.9	0.9	0.8	1.7
計	12.3	12.3	1.7	14.0

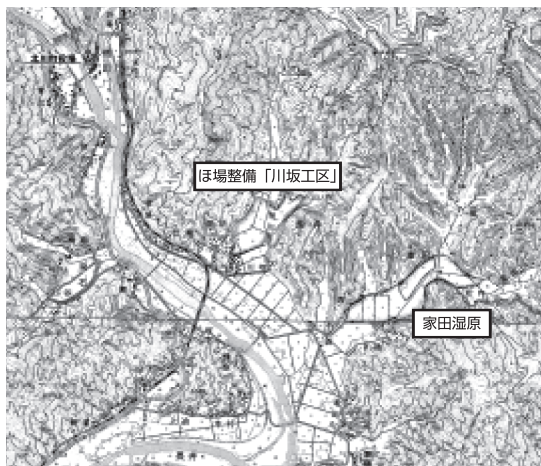


図-3 川坂工区位置図

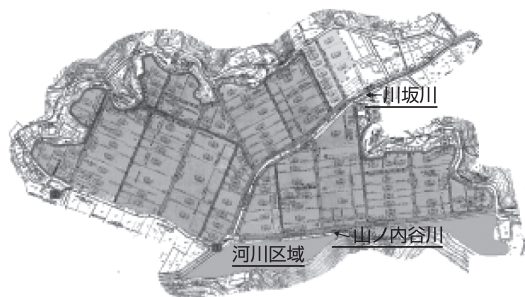


図-4 川坂工区計画平面図

表-1 川坂工区で発見された特定種一覧

特定種選定基準	種類数	科名	和名
絶滅危惧ⅠA種	2	タデ科	ナガハノナナキヅカミ
		ゼリ科	ヌマゼリ
絶滅危惧ⅠB種	1	スイレン科	オグラコウホネ
絶滅危惧Ⅱ種	1	ウリ科	コネツル
準絶滅危惧種	2	コマノハグサ科	ズメノハコベ
		ミクリ科	ナガエミクリ
その他	2	ミソハギ科	ミスマツハ
		カヤクサ科	ハクベカンガレイ

※ 宮崎県版レッドデータブック(2000)

6. 川坂工区における環境配慮工法等の検討

当事務所は、農林水産省の補助を受け、自然共生・環境創造支援調査事業により、当工区の環境調査（生息調査）を行うとともに、環境に配慮した整備計画の検討を行った。

環境に配慮した整備計画の検討にあたっては、地元住民や有識者への聞き取り調査を行い、調査から導き出される環境保全の課題を整理した上で環境配慮方針を検討するとともに環境配慮工法の検討を行った。

(1)環境保全の課題

<地元住民の視点>

- ・効率的な農業を最優先に推進する
- ・希少植物等の存在については浸透しつつあるが、保全活動にまでは至っていない。
- ・今後、地元の重要な資源として地域活性化のためにも保全していく
- ・施設（排水路）の整備に関しては、維持管理や防災面を重視

<有識者の視点>

- ・現況の生息環境を維持することが重要
- ・代かき期の濁水の流入は禁物（植物の光合成を阻害）
- ・水質・水量が最重要課題（生活雑排水の混入防止、冬場の水量確保）

(2)環境配慮工法

①濁水・土砂流出軽減に向けた環境配慮

- ・施工中の濁水流出防止
- ・代かき濁水の防止

②冬季の水量確保に向けた環境配慮

③雑排水の流入防止に向けた環境配慮

7. 環境配慮工法の具体的提案例とその実施

(1)濁水・土砂流出軽減に向けた環境配慮

施工中の濁水処理対策としては、特記仕様書に「施工中の降雨の排水及び水整地時の排水については、沈砂池を設けるなどの濁水防止の対策を図ることとし、詳細については監督員と協議すること」と濁水対策への特記事項を記述し、現場においては濁水の流出が最も懸念される水整地の施工中、排水路末端部に水中ポンプを設置し濁水をくみ上げ、周辺の水整地に再利用するなど、濁水防止に努めた結果、工事中の濁水流入の問題は解決されたと考えられる。

代かき濁水の防止に関しては、代かき時に過剰な水を入れず浅水代かきにするとか、代かき後に入水をしなくて済むような適正水管理の徹底など、農家の工夫により濁水の流出を抑制する方法しかなく、どうしても農家の努力に依存せざるを得ないのが現状であるが、農家によっては濁水の流出を防止するため、排水柵に蓋をかけて代かきを行う農家も見受けられる。

また、ほ場内で濁水の影響を軽減する方法として、ほ場内排水路の最下流部に沈砂池を設置する方法が提案されているが、換地配分の決定後であ

り潰れ地が増加することに対し、地元の同意が得られなかったことや沈砂地内に堆積した土砂の除去など維持管理に関する理解が得られなかったことから実現には至っておらず、排水路底版を詰栗石とする二方張水路により、排水内土砂の流出防止を図る工法を採用する程度にとどまっている。

また、河川で濁水の影響を軽減する対策として、河川内に濁水流入防止壁を設け、濁水と湧水による良水を分離する方法が提案されている。

(2)冬季の水量確保に向けた環境配慮

本工程区では、冬季の水量確保に向け、地区内の現況排水処理工の排出パイプを河川に排出させることで、地表水・地下水の供給を行い河川水量の確保を行った。

その他、今後の水量確保に向けた配慮として、パイプライン化された用水の活用による水量確保案が提案されているが、地元への聞き取り調査からも非かんがい期の用水の活用については特に問



写真-3 濁水防止対策



写真-4 二方張水路

題ないという意見が出ており、必要に応じて対応は可能であると考えられる。

(3) 雑排水の流入防止に向けた環境配慮

本地区においては、設計段階において雑排水が河川へ流出しないような配慮をしているが、今後、周辺集落から雑排水が流入する場合の対策として、接触酸化法やろ過・沈澱法、曝気法などの全国の事例が参考として提示されている。

8. おわりに

平成13年に日本学術会議が試算した農業の多面的効果によると、洪水防止や河川流況安定、地下水かん養効果などがそれぞれ金額ベースで上げられているが、これはまさに農業生産活動を行うことにより得られる国土保全的效果（水田のダム効果等）であると考えられる。

しかしながら、自然保護の観点から農業生産活動を見ると、農薬の使用や水路のライニング、濁水の流出など、むしろ農業生産活動が自然界に悪影響を及ぼしている部分もある。

今回の地元農家に対する意向調査においても、希少植物の存在は認めるものの、効率的な生産活動を行うことが最優先との意見も出ており、特に本地域のような特殊な植生の地域において、環境との調和に配慮した土地改良事業を実施するためには、ワークショップ活動等を利用した希少植物に対する地元の理解や希少植物を地元の貴重な資源として保全しようという意識の醸成等が必要であり、行政に任せるばかりでなく将来に渡って自ら保全管理していく体制づくりが必要であると感じている。

改正土地改良法においては、冒頭で「土地改良事業の施行にあたっては、その事業は、環境との調和に配慮しつつ、国土資源の総合的な開発及び保全に資するとともに国民経済の発展に適合するものでなければならない。」と明記されており、我々農業土木職員としては、苦手ではあるがこれから最も求められる資質ではないかと感じている。



地域内に栽培されているハスの花

小水力発電－七ヶ用水発電所の計画・設計と効果について

池 田 俊 文*
(Toshihumi IKEDA)

目 次

1. はじめに	59	5. 事業の経緯	64
2. 発電所の立地計画と使用水量	60	6. 発電電力の売電	64
3. 発電所の設計	61	7. 発電所の収支と効果	64
4. 発電所の管理と付帯設備	63	8. おわりに	66

1. はじめに

七ヶ用水は、石川県加賀地方中央部の手取川右岸扇状地6,135haを潤す県下有数の農業用水路である。しかし、管理主体である手取川七ヶ用水土地改良区は総延長140kmに及ぶ水路と122もの水門等一連の土地改良施設を管理しており、その維持管理費が重い負担となっていた。また、その幹線水路は昭和37～38年に築造されたブロック積護岸水路で、施設全般にわたり老朽化が著しく、漏水等用水機能に支障を来していること、現況水路勾配が1/500と急なため、落差工により勾配緩和を図ってはいるが、代かき時流速が3.0m/sにもなり取水に苦慮しているなどの問題を抱えていた。

これらの抜本的対策として、代掻き時の流速を2.0m/s以下に抑えるため水路勾配を1/1,000に変更し、既存の落差工を統合することにより6mの遊

休落差が生み出せることから、農業用水の持つ豊かな水資源を有効利用した自家用小水力発電所を建設し、一連の管理体系下にある土地改良施設の操作に必要な電力を供給して維持管理費の低減を図り、併せて既設のブロック積護岸水路をコンクリート三方張水路に改修し、低下した用水機能の回復を図ることとした。

こうして、小水力発電所の建設による土地改良区の維持管理費低減及び低下した農業用水機能の改善を目的として、平成9年度に「県管かんがい排水事業 中島地区」が採択された。その概要は次のとおりである。(図-1)

事業量：水路工L=3,520m、発電所N=1箇所
 総事業費：3,573百万円（発電所；1,453百万円）
 事業期間：平成9年度～平成15年度
 （発電所；平成12年度～平成15年度）

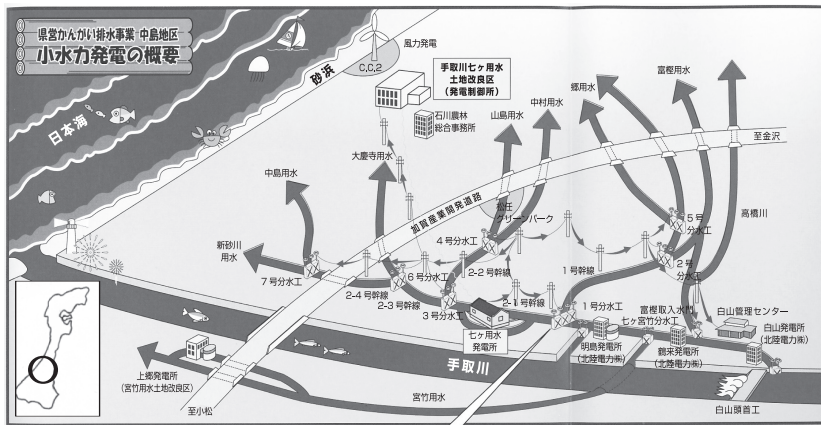


図-1 七ヶ用水の概要図

*石川県農林水産部農業基盤整備課 (Tel. 076-225-1637)



写真-1 現況の2-1号幹線水路

2. 発電所の立地計画と使用水量

七ヶ用水は一級河川手取川の右岸に位置し、白山頭首工より取水し、七ヶ宮竹分木工にて分水後、1号分木工を経て、1号幹線水路及び2-1号幹線水路に導水されている。七ヶ用水発電所の立地位置については、小水力発電の性格上、水量及び落差が最も大きい箇所が最適であるが、七ヶ用水幹線水路には、既に北陸電力㈱の水力発電所が3箇所稼働しており、これらの発電落差に影響を与えない箇所として、1号分木工より下流で、かつ、水量がかんがい期で $20.85\text{m}^3/\text{s}$ と豊富で既存落差が6mと大きい2-1号幹線水路上の川北町字中島地

内に計画した。(図-2, 3)

七ヶ用水発電所は、既存の農業用水水利権量から発電所地点より上流の受益地を差し引いた範囲内で発電する、農業用水従属型の流れ込み式自家発電所として計画した。また河川法においては、農業水の他目的使用に当たるので、新たに河川法第23条の発電にかかる水利使用許可を得る必要があった。

発電所使用水量の決定については、七ヶ用水の農業用水水利権に従属することから、発電所計画地点の期別用水量に有効雨量を考慮して昭和58年～平成4年の過去10カ年の水収支計算を行った。(表-1)

最大使用水量は、流れ込み式発電所の場合70～100日相当流量に設定されることから豊水量付近に絞られる。水力発電所の最適規模は1kw当たりの発電建設総事業費を比較し、最も安価な水量として決定するため、水量 $14.0\text{m}^3/\text{s}$ 、 $15.0\text{m}^3/\text{s}$ 、 $16.0\text{m}^3/\text{s}$ の3ケースについて建設費及び発電電力量を算出し、最も安価な $15.0\text{m}^3/\text{s}$ を最大使用水量に決定した。(表-2)

また、常時使用水量(1年を通じて常時使用する水量)は、流れ込み式発電の場合35日流量(渴水量)に設定することから、 $2.94\text{m}^3/\text{s}$ となる。これらの結果を七ヶ用水の期別用水量からまとめると、発電水利パターンは図-4のとおりとなる。



図-2 七ヶ用水幹線水路及び発電所位置図

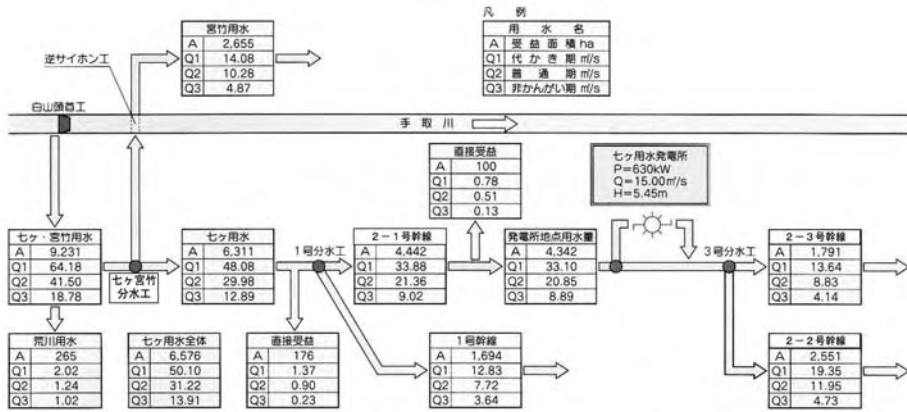


図-3 セケ用水水路模式図

単位: m^3/s

	最大流量	35日流量	豊水量(95日)	平水量(185日)	低水量(275日)	渇水量(355日)	最小流量	平均流量	総量(千 m^3)
昭和58年	33.10	19.94	15.02	8.89	8.89	0.00	0.00	11.27	355,325
昭和59年	33.10	19.94	15.09	8.89	8.89	4.05	0.00	11.54	364,766
昭和60年	33.10	19.94	15.09	8.89	8.89	0.00	0.00	11.21	353,489
昭和61年	33.10	19.94	15.09	8.89	8.89	4.45	0.00	11.57	364,834
昭和62年	30.25	20.39	15.09	8.89	8.89	4.45	0.00	11.71	369,270
昭和63年	33.10	20.39	15.09	8.89	8.89	2.43	0.00	11.41	360,710
平成元年	33.10	20.39	15.09	8.89	8.89	2.90	0.00	11.37	358,538
平成2年	33.10	20.39	15.09	8.89	8.89	4.45	0.00	11.58	365,221
平成3年	33.10	19.94	12.92	8.89	8.89	2.20	0.00	11.28	355,588
平成4年	33.10	20.39	15.09	8.89	8.89	4.45	0.00	11.77	372,273
平均	32.82	20.17	14.87	8.89	8.89	2.94	0.00	11.47	362,001

表-1 使用可能水量流況表

表-2 発電所最適規模比較表

使用水量(m^3/s)	工事費(百万円)	発電電力量(MWh)	建設単価(円/kwh)	順位
14.0	1,514	3,890	389.2	2
15.0	1,538	3,960	388.4	1
16.0	1,569	3,986	393.6	3

3. 発電所の設計

取水位については、落差を得るために極力高い方が有利だが、セケ用水発電所地点直上流の北陸電力(株)明島発電所の放水位に影響を与えないこと、かつ、上流の1号分木工は射流分木工であり分水に水門作業の必要が無い構造であったため、1号分木工下流水位が現況よりも上がらず、分水比に影響を与えないように計画する必要があった。そのためセケ用水発電所からの背水を考慮した不等流水面追跡計算を行い、EL.69.50mとした。

放水位については、発電所放水路とセケ用水2-1号幹線水路との合流水位とし、各水量時の等流水深(マニング式)により決定した。

水車形式については、 $Q_{max} = 15.0m^3/s$ 、 $H_e = 5.45m$ に対して、表-3から低落差、中小水量に最適なチューブラ水車を選定した。

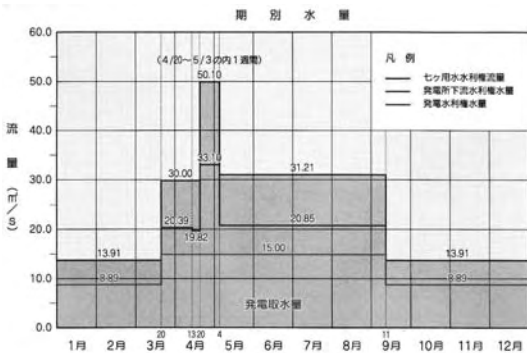


図-4 発電水利パターン

表-3 水車の適用範囲

水車形式	落差 容量	落差He (m)	流量Qmax (m³/s)	出力Pr (kW)
横軸ペルトン	高落差 中小容量	70～以上	0.2～3.0	100～5,000
横軸フランシス	中落差 中小容量	18～200	0.4～20.0	200～5,000
クロスフロー	中低落差 小容量	5～80	0.1～7.0	30～1,000
チューブラ	低落差 中小容量	3～20	4.0～以上	100～4,000

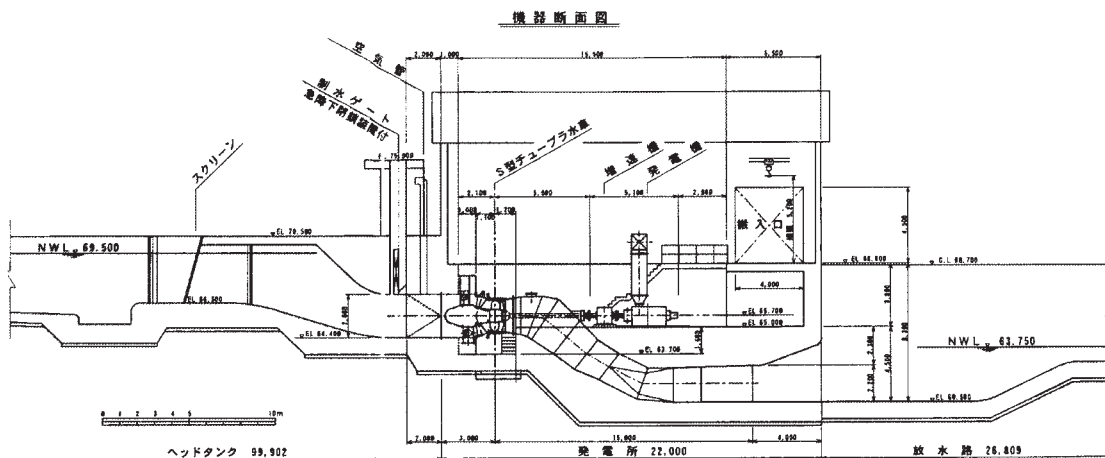


図-5 セケ用水発電所断面図

表-4 発電所の有効落差と出力

	最大出力時	常時出力時
使用水量 (m³/s)	15.00	2.94
取水位 (m)	69.50	69.50
放水位 (m)	63.75	63.20
総落差 (m)	5.75	6.30
損失落差 (m)	0.30	0.05
有効落差 (m)	5.45	6.25
理論水力 (kW)	801	180
合成効率	0.787	0.610
出力 (kW)	630	110

発電機については、標準の横軸三相交流発電機を適用することとしたが、北陸電力(株)との系統連系協議により、近傍の約4km離れた鶴来発電所に隣接する鶴来変電所へ既設の一般送電線を用いて送電することとなったため、系統送電線への投入時に同期化への調節が可能で、過渡的電流が小さく既存系統に影響を与えない同期発電機を採用した。

これらの条件より、次式を用いて計算すると表-4のとおりとなり、最大使用水量時の有効落差は5.45(m)、最大出力は630kWと決定した。(図-5)

理論水力： $P = g \cdot Q \cdot H$ (kW)

出力： $Pr = g \cdot Q \cdot He \cdot \eta$ (kW)

g : 重力加速度 (9.8m/s²)

Q : 使用水量 (m³/s)

H : 総落差 (m)

He : 有効落差 (m)

η : 総合効率

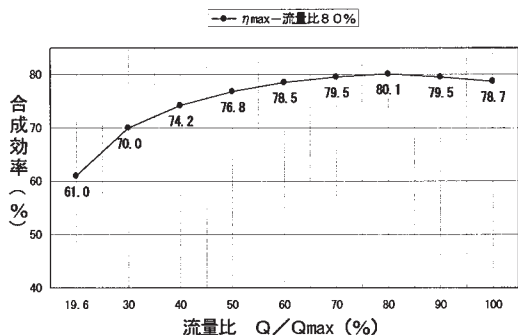


図-6 総合効率曲線 (S形チューブラ水車)

表-5 七ヶ用水発電所電力量調書

項目		(kWh)											合計	
月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
計画分発電可能電力量	昭和58年	287,280	258,480	357,240	397,992	379,632	423,552	326,256	395,256	259,896	297,600	273,240	292,440	3,948,864
	昭和59年	292,440	278,400	362,400	408,936	377,832	390,528	421,584	394,416	261,840	292,440	277,680	282,120	4,040,616
	昭和60年	297,600	263,640	353,208	415,968	354,216	371,400	375,000	421,464	264,336	277,680	251,880	271,800	3,918,192
	昭和61年	292,440	268,800	358,368	406,776	348,504	391,272	418,080	414,288	288,960	297,600	282,840	287,280	4,055,208
	昭和62年	287,280	268,800	353,208	432,960	364,776	403,200	438,504	376,632	300,240	292,440	277,680	292,440	4,088,160
	昭和63年	297,600	278,400	358,368	416,544	353,664	399,312	418,296	363,288	266,904	287,280	248,160	287,280	3,975,096
	平成1年	292,440	258,480	357,240	416,928	381,768	421,992	407,160	360,600	221,352	292,440	257,760	287,280	3,955,440
	平成2年	292,440	258,480	362,400	416,016	368,832	374,184	451,392	400,200	265,512	276,960	272,520	292,440	4,031,376
	平成3年	287,280	263,640	354,336	412,224	387,048	342,192	409,200	369,144	289,416	292,440	273,240	292,440	3,972,600
	平成4年	292,440	278,400	348,048	407,976	378,936	430,200	448,152	389,400	293,976	297,600	272,520	287,280	4,124,928
計画分発電可能電力量 (1)	2,919,240	2,675,520	3,564,816	4,132,320	3,695,208	3,947,832	4,113,624	3,884,688	2,712,432	2,904,480	2,687,520	2,872,800	40,110,480	
年間平均可能電力量 (1)/10 (2)	291,924	267,552	356,482	413,232	369,521	394,783	411,362	388,469	271,243	290,448	268,752	287,280	4,011,048	
停水による減少電力量 (3)	0	0	54,888	0	0	0	0	0	36,852	33,972	0	0	125,712	
発電可能電力量 (2)-(3) (4)	291,924	267,552	301,594	413,232	369,521	394,783	411,362	388,469	234,391	256,476	268,752	287,280	3,885,336	

ここで言う有効落差とは、ヘッドタンク部での流入、除塵機のスクリーン、ドラフトチューブの摩擦、水路の漸縮、放水路部での合流によるエネルギー損失の合計を考慮したものであり、総合効率とは、水車、発電機、増速機によって決まる効率である。(図-6)

また、本発電所の水車はS形チューブラ水車であり、水車回転数が低いために水車と発電機の間増速機を設置することが一般的である。そのため本発電機にも増速機を設置し、水車の回転数200rpmから発電機回転数900rpmの4.5倍に上げている。

発電所計画規模の最適性の判断基準として設備利用率という考え方があり、農業用水の場合かんがい期に比して非かんがい期用水量が少なくなることから、流れ込み水路式発電所の場合45～60%程度とされている。本発電所においては、「年間フル稼働時発電量」= 630 (kW) × 24 (h) × 365 (day) = 5,519 (MWh/年) である。「年間可能発電電力量」については、発電所計画地点の過去10カ年の水収支計算から毎日の発電量を積上げ、表-5のとおり3,885 (MWh/年)と算出されることから、

「設備利用率」= 「可能発電電力量」÷ 「フル稼働時発電量」= 3,885 (MWh/年) ÷ 5,519 (MWh/年) = 70%

であり、効率の高い発電施設と言える。

4. 発電所の管理と付帯設備

発電所の塵芥処理対策としては、ヘッドタンク部にスクリーン及び除塵機を設置している。除塵機は、近傍上流に同じ白山頭首工から取水する既



写真-2 ヘッドタンク取水口部

設水力発電所が3箇所あり、それらで多くの塵芥は取り除かれることから、最大塵芥処理能力は低い建設費が安価なレーキ形可動式除塵機を採用した。除塵機の運転は、スクリーンの上下流で塵芥により発生する水位差に応じて起動する自動運転を行っている。

堆砂対策としては、ヘッドタンク取水口底部を1m切り下げ、排砂ゲートを設けて用水本線部に排出する構造とした。ただし、排砂ゲート開放時はヘッドタンク部水位が底高付近まで落ちて発電不可能となるため、排砂ゲート底部水路部に堆砂検出器を設置して、警告時のみ解放することとしている。また、ゲートで吐ききれない等堆砂量が多い時のため、ヘッドタンク部に隣接して重機械用坂路を設け、停水しての点検時に発電所外へ搬出可能な構造とした。

発電取水量の測定については、発電所ヘッドタンク部及び下流側放水路部に電波式水位計を設置し、その水位データからH-Q演算方式により流

量を自動随時計測を行っている。H-Q演算方式は、単にマニング式や越流堰の計算式で求めるのでは無く、あらかじめ現位置において流量観測を行い、流量と水位の関係を求めている。

本発電所の運転・管理は、約8km下流へ離れた手取川七ヶ用水土地改良区内に併設された発電制御所において遠隔随時監視制御装置により行っており、電気事業法で義務化されているダム水路主任技術者及び電気主任技術者は、資格を持つ土地改良区職員が隣接する事務所に常駐してその管理に当たっている。また、発電所にITVを2台設置し、目視にても常時監視可能となっている。

運転時の出力調整は、自動負荷調整装置（水車ガイドベーンによる水位調整装置）によって流量に応じて自動的に起動、停止及び負荷調整を行い、北陸電力(株)の系統と本発電機との間の単独運転防止のため、単独運転検出装置を備え、自動停止することとなっている。

保安警報については、異常発生時には、昼間の警報音やランプで周知することはもとより、夜間においても上記技術員の携帯電話に自動通報される方式をとっている。

これら日々の運転・管理・点検の詳細については、「保安規定」「運転保守細則」「運転操作要領」を定めている。

5. 事業の経緯

七ヶ用水発電所の事業経緯は次のとおりである。

平成8年	中小水力開発調査
平成9年4月	県営かんがい排水事業 中島地区新規採択 旧通商産業省,旧建設省,北陸電力(株)との事前協議開始
平成10年4月	旧建設省との水利使用に係る本協議開始
平成11年8月	河川法第23条 水利使用許可申請 (旧建設省)
平成12年7月	河川法第23条 水利使用許可 (旧建設省)
8月	電気事業法第48条第1項 工事計画届出 (旧通商産業省)
9月	導水路工事着手 余剰電力供給協定 (北陸電力(株))
平成13年9月	発電所本体の水路工事着手 発電機及び水車等設備製作着手
平成14年6月	発電所基礎及び上屋建築工事着手

平成15年6月 発電機及び水車等設備据付着手
11月 電気事業法第48条第1項 工事計画変更届出 (経済産業省)

平成16年2月 河川法第23条 水利使用変更許可 (国土交通省)

平成16年3月 RPS法第9条第1項認定 (経済産業省) (11日) 国土交通省完成検査 (17日) 電力供給契約 (北陸電力(株)) (30日)

4月 発電所運転開始 (1日)

特に、近年の我国エネルギー需要における石油等の地下資源への依存度の高さや原子力発電所立地の困難さから、環境負荷の低い風力、水力等の新エネルギー利用を促進し、加えて地球温暖化対策に寄与する必要があることから、平成15年3月に「電気事業者による新エネルギー等の利用に関する特別措置法：RPS法」が施行された。本発電所も環境に優しい水力発電エネルギーとして、RPS法の認定を受けている。

6. 発電電力の売電

手取川七ヶ用水土地改良区が管理下におく一連の土地改良施設には、水門47箇所、水管理テレメーター施設44箇所、揚水機場31箇所の計122箇所があり、それらは七ヶ用水140kmのほぼ全線にわたっており、七ヶ用水発電所建設地点と遠く離れていることから、それらと直接結ぶ送電線施設を設置することは膨大な事業費がかかり不利である。そのため、発電所を一般配電線と接続し、発電した電力はその全量を北陸電力(株)に売電し、その売電料を一連の土地改良施設維持管理費及び七ヶ用水発電所本体の管理運用にあてている。

売電単価の決定に関しての必要経費算定根拠は、極力積み上げや近傍箇所の実績等により計上した。その詳細は表-6の計画内容及び額のとおりである。

7. 発電所の収支と効果

昨年度1年間の発電を終え、その収支計画と実績について表-6において比較整理した。

発電電力量については、計画3,710MWhに対し実績3,936MWhで計画に対し106%、送電電力量については、計画3,606MWhに対し実績3,755MWhで計画に対し104%の発電実績となっている。

発電電力の計画量については過去10年間の平均

流況から想定しているものであり、七ヶ用水は、豪雨時には、通常の用水量を流下させると下流域において溢水被害が想定される場合、取水制限を行わねばならないことから、天候により平年よりも取水制限が少なかったためと考えられる。また、まだ運用を開始して1年目であることから、故障等による事故停止等も無く、良好に運転できたことも要因の一つである。

心配された塵芥量についても、手取川左岸において同様に農業用水を利用した既設の小水力発電所である上郷発電所の実績により想定していたが、その範囲内となっている。

初年度は、土地改良施設管理費の通年電力料4,441千円に対し3,179千円を充当することができ、土地改良区の負担軽減目標においては達成率72%と言え、土地改良区負担する維持管理費低減に直

表-6 七ヶ用水発電所の収支計画及び初年度実績

項目		計画内容	計画額	実績額	
発電可能電力量(MWh)		S58~H4の10カ年流況より積み上げた平均年間発電量	3,885		
発電電力量(MWh)		=発電可能電力量×利用率	3,710	3,936	
送電電力量(MWh)		=発電電力量-所内消費-変圧器損失	3,606	3,755	
売電収入料(千円)		送電電力量×売電単価	36,060	37,550	
支	直接費	人件費	点検管理委託費(積上げ)	5,640	4,038
		修繕費	耐用期間中の修繕費を年当たり平均(積上げ)	2,680	2,680
		水利使用料	石川県河川流水占用料等徴収条例施行規則	626	0
		諸費	電話料、消耗品等を積上げ	723	155
		小計		9,669	6,873
出	資本費	減価償却費	発電建設費(地元負担金)×(1-0.1(残存価格率))/耐用年数	10,178	10,930
		借入金利息	借入金×均等化利率	6,114	6,158
		一般管理費	塵芥・土砂処理費(近傍実績値)	2,000	1,281
		小計		18,292	18,369
共用施設維持管理費		共用施設(用水路等)維持管理要員の正職員費	8,100	9,129	
合計		≒36,061	36,060	34,371	
売電差額金			0	3,179	
土地改良施設電力料		土地改良区の一連の管理下にある土地改良施設全電力料	4,441	4,441	

表-7 巡視・点検及び検査に関する基準

設備別	機器設備		点検(検査も含む)			備考
	機器設備	頻度	機器設備	項目	頻度	
水力発電設備	水路工作物 (1号分水工→放水口)	1回/月	水路除塵機水門	外部点検	1回/6ヵ月	<ul style="list-style-type: none"> 地形、地質、点検実績等により、設備保安上問題がないと判断されるものについては、点検の頻度を、導水路は1回/5年、放水路は1回/10年を限度に減少させることができる。 除塵機は塵芥量、稼働率より巡視、点検頻度を見直すことができる。
				内部点検	1回/2年	
	電気工作物 (水路工作物を除く)	1回/月	水車発電機	外部点検	1回/1年	
				測定試験	1回/1年	
				内部点検	1回/10年	
				主要変圧器	外部点検	
	配電盤、制御盤等	1回/月	制御・保護装置盤 直流電源装置 給排水ポンプ盤 補機類制御盤	外部点検	1回/1年	
				外部点検	1回/1年	
				外部点検	1回/1年	
				内部点検	1回/12年	
電線路	1回/月	地中電線路 マンホール	外部点検	1回/1年		
			外部点検	1回/1年		
接地設備	1回/月	接地設備	外部点検	1回/1年		
			測定試験	1回/1年		
受電設備	電気工作物	1回/月	引込電線、支持物	外部点検	1回/1年	
			開閉器	外部点検	1回/1年	
			積算電力計	外部点検	1回/1年	
負荷設備	電気工作物	1回/月	建築分電盤	外部点検	1回/2年	
			照明設備	測定試験	1回/2年	
			計装設備	測定試験	1回/2年	

表-8 発電所計画諸元

項目	諸元	
使用水量	最大出力時	15.00 m ³ /s
	常時	2.94 m ³ /s
有効落差	最大出力時	5.45m
	常時	6.25m
発電所出力	最大出力時	630kW
	常時	110kW
水車	種類	S形チューブラ水車
	出力	694kW
	回転数	200rpm
	台数	1台
発電機	種類	横軸三相交流同期発電機
	容量	670kVA
	電圧	6,600V
	回転数	900rpm
増速機	種類	平行軸ハスバ歯車式
	増速比	1:4.5
	台数	1台
主要変圧器	種類	乾式モールド変圧器
	容量	670kVA
台数	1台	
年間可能発電電力量	3,885MWh	



写真-3 発電所全景（下流側）

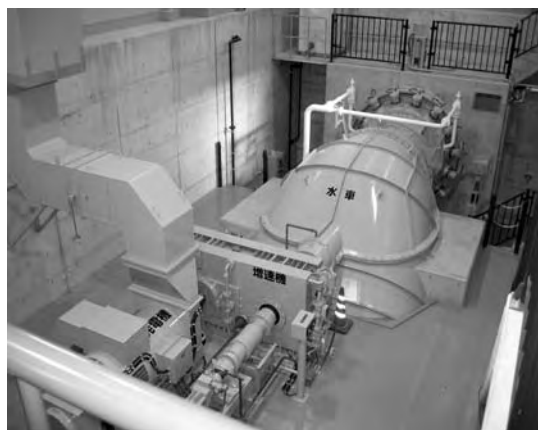


写真-4 発電所内部

接的に寄与している。

また、売電収入額と発電施設の維持運営費等がほぼ同額となっており、バランスの取れた計画である。

ただし、今後の長期運用において、降雨量の多い年にあたっては発電量は当然減少するため、長期的な視野ではまだまだ予断を許さない状況である。今後10年後、20年後に大規模な修繕等も行う必要があり、常日頃から必要額の積立や必要経費の縮減等周到な準備、努力が必要である。今後は発電所の良い管理に努め、故障や事故の未然防止を図っていくことが肝要と考える。その具体的巡視・点検項目については表-7のとおりである。

8. おわりに

七ヶ用水発電所は、平成16年4月に運転を開始し、今日まで順調に運転している。県においても、発電施設が大規模かつ高度であることから、その技術的な指導等求められる責任は重いと考える。最後に、本事業の完成に当たり、先人方の多大な努力やご苦労があったことと、関係機関の方々に多くのご協力を得られたことに対し、深く敬意と感謝の意を表す次第である。

参考文献

- 1) 農林水産省構造改善局：農業用水利施設小水力発電設備計画設計技術マニュアル
- 2) 農林水産省構造改善局：鋼構造物計画設計技術指針（小水力発電設備編）
- 3) 全国土地改良事業団体連合会：小水力発電の手引き
- 4) 農業土木機械化協会：小水力発電事業化へのQ&A
- 5) 新エネルギー財団水力本部：中小水力発電ガイドブック

農村環境整備事業による環境に配慮した農業用排水路の整備について

棚 橋 康 人*
(Yasuhito TANAHASHI)

目 次

1. はじめに	67	7. 野4号排水路の流量・流出量・水温	70
2. 大野地区の概要	67	8. ホタルの生息条件と野4号排水路の設計断面の検討項目	71
3. 事業着手前の自然環境調査	69	9. 野4号排水路の設計概要	72
4. 本地区の排水路整備のポイント	69	10. 施工後の環境調査	74
5. 野4号排水路の整備構想	70	11. おわりに	75
6. 野4号排水路の水棲生物	70		

1. はじめに

岐阜県揖斐郡大野町は、濃尾平野の西北端に位置し、西を揖斐川、東を根尾川に挟まれ、北部に低い山地を抱えた水の豊かな町である。面積3,418ha、人口23,522人、世帯数6,635戸と小さな町ではあるが、日本一の古墳数を数える野古墳群があり、地理的にも恵まれた地域である。

農業の状況は、農家戸数1,487戸、耕地面積1,230haと4割弱ではあるが、ほ場整備率は95%と高い。水田営農と園芸が中心で、第2種兼業自給的農家が84%を占める。富有柿発祥の地、青いバラ「ブルーヘブン（セントレア・スカイローズ）」を生み出したバラ苗の生産地としても名高く、集約的な営農が行われている。

大野町では、平成11年度に農村環境整備計画を策定し、町の中央を南北に貫く三水川を中心とした水系ネットワークの構築を目指している。これは、豊かな水環境を背景にした「サカナネットワーク」と「ホタルネットワーク」を創造するものである。三水川から農業排水路、上流水源地（湿地帯）までを一体的に捉え、水路内外の生態系に配慮し、新たな生息環境を整備するもので、NN事業では県営農村環境整備事業（地域環境整備型）などを導入している。

本報告は、この県営農村環境整備事業で実施している自然環境との調和に配慮した農業用排水路

の整備事例を紹介するとともに、現時点における効果などを考察するものである。

2. 大野地区の概要

県営農村環境整備事業（地域環境整備型）大野地区では、大野町の北部山麓に点在する農業用水の水源となる山際の湧水地や湿地帯、そこから連なる未整備の土羽水路等を、環境に配慮して整備している。農業用排水施設は、水生動植物などの生息環境を維持し、特に、ホタルの生息に適した水路としている。また、これらの水辺空間を、地域住民等の水生動植物などの観察・ふれあいの場、環境保全意識を高める場と位置づけている。

これまでに、環境排水路（農業用排水路5路線、



写真-1 野4号排水路（淀み・幅広部）

*岐阜県西濃地域農山村整備事務所
(Tel. 0585-23-1111 内線410)

約3km) を多種多様な工法で整備しており、その中から、ホタルや魚類などの生息環境に配慮した

「野4号排水路」の計画や取り組み、効果などを中心に紹介する。(図-1, 写真-1, 表-1参照)



図-1 大野地区・位置図

表-1 事業の概要

事業名：県営農村環境整備事業（地域環境整備型）	
地区名：大野（大野町）	
工期：平成12年度～平成18年度（7年間）	
受益面積：31.3ha	
受益戸数：137戸	
事業内容：○環境排水路	L = 2,993.8 m（5路線）
・野4号	L = 1,228.3 m（間伐材＋自然石護岸水路＋置石）
○水辺公園	A = 7,000 m ² （2箇所）

3. 事業着手前の自然環境調査

大野町では、平成11年度の農村環境整備計画策定時に、三水川流域の動植物を調査している。ここでは、魚類11種、昆虫8種、ほ乳類11種、鳥類55種、植物48種、併せて135種を確認した。

また、本地区では、環境排水路（農業用排水路）5路線において、事業着手前の魚類生息調査を平成11年度に実施している（牛洞排水路は、平成15年度にも調査した）。その結果、絶滅危惧種のメダカやスジシマドジョウ、ドンコを含む魚類13種

（表-3）を確認した。

また、トノサマガエル、ツチガエル、クサカメ、ゲンジボタル、カワニナ、アメリカザリガニなどの水生生物も確認した。

4. 本地区の排水路整備のポイント

本地区では、前記の自然環境調査などの結果を踏まえ、環境排水路の各路線毎に保護すべき対象生物を絞り込み、設計に配慮する事項（表-4）を定めた。

表-2 大野町「三水川流域」の動植物（抜粋）

魚類		アユ、ニジマス、シラメ、ドジョウ、カワムツ、アブラハヤカワヨシノボリ、タイリクバラタナゴ、イチモンジタナゴ、タモロコ、 <u>スジシマドジョウ*1</u> 、 <u>メダカ*2</u> 、 <u>ドンコ*3</u> *1：レッド・データブック絶滅危惧ⅠB類－保護 *2：レッド・データブック絶滅危惧Ⅱ－保護 *3：レッド・データブック絶滅危惧－保護
昆虫	蝶類	<u>ギフチョウ*4</u>
	ホタル	<u>ゲンジボタル*5</u>
	トンボ類	オニヤンマ、ギンヤンマ、シオトンボ、 <u>ミヤマサナエ*6</u> <u>カラカネトンボ*7</u> 、 <u>グンバイトンボ*8</u> *4：レッド・データブック危惧種－保護 *5：保全水準－保全A *6：保全水準－保全C *7：レッド・データブック希少種－保全A *8：保全水準－保全C

表-3 環境排水路5路線の魚類

メダカ、スジシマドジョウ、シマドジョウ、ドジョウ、ドンコ、アブラハヤカワムツヨシノボリ、コイ、フナ、タイリクバラタナゴ、タモロコ、オイカワ

表-4 排水路整備における生物に対する配慮・設計のポイント

①野4号排水路

対象：ホタル、カワニナ

- 配慮事項：
- ・水路底部に敷砂利することで、幼虫の隠れ家やカワニナの餌になる藻や水生植物の植生を可能とする。
 - ・空石積にすることで幼虫の上陸を容易にする。
 - ・間伐材護岸の複断面とし、ふ化する場所を広く確保する。
 - ・植物が繁茂することで、カワニナ、幼虫を見えなくする（外敵から守る）又、水温上昇を防ぐ。

5. 野4号排水路の整備構想

野4号排水路は、北部山麓の山際水路である。昭和46年からの県営ほ場整備事業の際にプレハブ水路化されずに取り残されたところで、空石積み水路や土羽水路の状態であった。排水路は断面不足などから年に数回生ずる強雨によって土砂が水田に流入し、点在する各施設も老朽化が著しく、営農に支障を来し維持管理も困難な水路であった。

一方、北部山麓からのきれいな渓流水や湧水が流れ込み、流れが緩やかな水路には、小魚などの様々な水棲生物が生息しており、大野町内の他地域には無い水辺環境があった。

また、大野町は、かつてはホタルが飛び交う自然豊かな農村地域であった。現在では三水川流域や幹線用水路の上流域で希に確認できる程度である。かつてのホタルが飛び交う環境を取り戻そうと、昭和62年に「大野町ホタルの里づくり研究会」が結成され、平成12年に、この排水路沿いにホタルとカワニナの養殖施設やホタルの鑑賞棟を備えた「ホタル野外ミュージアム」が設置された。また、大野町運動公園も整備され、この排水路が公園の外周を取り巻いている。

野4号排水路は、このような背景を考慮し、水路に現有する水棲生物などの生息環境を維持し保

護・保全するために、生態系に配慮した水路として整備を行うこととした。また、ホタルが乱舞していた以前のような農村環境を取り戻すために、現有する水と里山を活用してホタルの生息空間を創設し、自然に触れ合う場、自然環境保全の意識の普及の場とすることとした。

なお、この環境に配慮した水路の構想策定や設計に際しては、「大野町ホタルの里作り研究会」や「川を守る会」などの環境団体の他、地域住民からなる各種団体などとワークショップを行い協働で取り纏めた。

6. 野4号排水路の水棲生物

前記の自然環境調査の内、野4号排水路で確認された水棲生物は、メダカ、アブラハヤ、ヨシノボリの魚類3種と、ゲンジボタルの幼虫、カワニナ、アメリカザリガニなどであった。ここでは「大野町ホタルの里づくり研究会」によるゲンジボタルやカワニナの放流活動が続けられているため、これが含まれているものと思われる。

7. 野4号排水路の流量・流出量・水温

生態系に配慮した環境水路を設計するため、現況水路の常時流量、常時流出量、水温を調査した。その結果（表－5）、現況水路内の流量は、毎秒



写真-2 野4号排水路（現況1）



写真-3 野4号排水路（現況2）

表－5 野4号排水路の流量・流出量・水温

流量調査（常時流量）	0.0002, 0.00062 (m ³ /s)
流出量調査（常時流出量）	105, 2,830, 164, 325, 125, 3,253, 1,375, 157 (ml/s)
水温	平均 20 (°C)

0.20, 0.62リットルと少なく、ホタルの生息には厳しいものであった。また、谷から現況水路へ流入する8箇所の渓流水の常時流出量は、場所により毎秒0.11～3.25リットルと変化に富んでいた。水温は真夏の調査であったが20℃前後で安定しており、ホタルの生息に適していた。

8. ホタルの生息条件と野4号排水路の設計断面の検討項目

ホタルの生息環境に適した水路を整備するためには、「ホタルの一般的な生息条件」(表-6)を満足させる必要がある。この生息条件の各項目について、現況の野4号排水路の適合条件と不適合条件を整理し、設計断面の検討項目を洗い出し、水路構造に必要な条件を抽出(表-7)した。

表-6 ホタルの一般的な生息条件

ホタルの一般的な生息条件

1. 『水の環境』・・・<幼虫期>

- ①水がきれいなところ
 - ・ pH 値 7.0～7.5 (mol/l) で、カワニナの生息条件として中腐水性の方がよい。
- ②流れのあるところ
 - ・ 流速 0.1～0.3 (m/s)。流速の変化は幼虫の生息にとって必要不可欠。
- ③水深 5～15cm くらいのところ
 - ・ 酸素量が多く、魚類(カワニナの天敵)や他の外敵(ホタル幼虫)の侵入の少ない水深。
- ④適当な水温であること
 - ・ 15 (冬季)～25℃(夏季)が良い。25℃以上になると、ホタル幼虫・カワニナとも生息困難になる。

2. 『餌(カワニナ)の環境』・・・<幼虫期>

- ①カワニナの量とゲンジボタルの関係
 - ・ 一匹の幼虫が終齢幼虫に育つまでには 30～50 匹のカワニナを摂取。
- ②カワニナの餌
 - ・ カワニナは、藻、草の根、落ち葉、野菜くず、魚の死骸など何でも食べる。しかし残飯では水質汚染につながる。
- ③カワニナの生息環境
 - ・ カワニナは、酸素量が多く、水面から水中が見えにくく天敵から身を守れるところに多く見られる。

3. 『水辺の環境』・・・<成虫期(さなぎ～卵を産むまで)>

- ①ふ化場所(さなぎ室(土まゆをつくることのできる環境))と護岸
 - ・ 護岸を適度に湿りかつ水はけがよい樹林内の土などで盛土し、地表を樹木・雑草などで覆う。
- ②成虫期の生活環境
 - ・ 飛翔空間として水田などのオープンランドがあるとよい。また、休憩場所として植物の葉(茂み)を確保する。
- ③交尾・産卵場所
 - ・ 尻の光で雌雄が対となり、草むらや木の葉の上で交尾し、水辺の樹木や草、苔などの湿ったところに産卵。

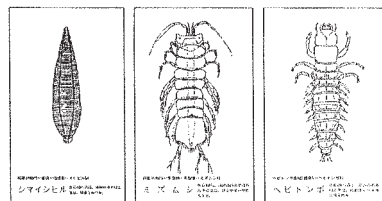
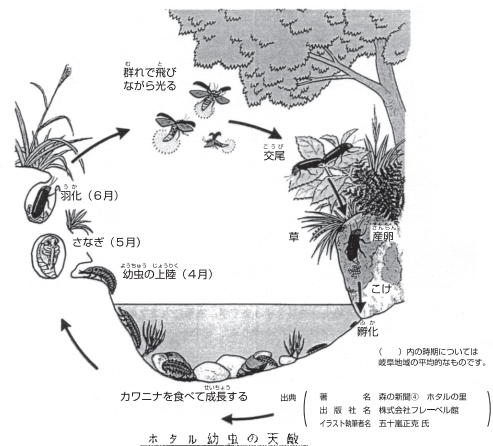


表-7 ホタルの生息条件による野4号排水路の設計断面の検討項目

岐阜県揖斐郡大野町野地区排水路

適合条件		
<p>1. 『水の環境』・・・<幼虫期></p> <p>① 水がきれいなところ 水質・・・現在カワニナを山側からの湧水で養殖しており水質的に問題ない。</p> <p>④ 適当な水温であること 現場調査により湧水、水路の水温を測定。測定時期が7月の真夏時期でも平均20℃前後で良好である。</p>	<p>2. 『餌(カワニナ)の環境』・・・<幼虫期></p> <p>① カワニナの餌とゲンジボタルの関係 現場水路でカワニナの生息を確認。但しホタルを成長させる量には不足である。 現場付近に建設されたカワニナの養殖場で不足量をカバーすることで解決。</p> <p>② カワニナの餌 現場水路は山階水路で、広葉樹も多くその落ち葉が餌となったり、水路内には藻、水路水際にも苔や野草が豊富に自生していることから、カワニナの餌については問題ない。</p>	<p>3. 『水辺の環境』・・・<成虫期></p> <p>① 産卵場所と護岸 片側 山林(山) 土質・環境ともに問題なし。 片側 管理道路 雑草が自生している。土質的に問題なし。</p> <p>② 成虫期の生活環境 片側 山林(山) 広葉樹が多く生えている。日中の休憩場所が豊富にある。 片側 ソフトボール場 飛行空間が十分にある。(オープンランド)</p> <p>③ 交尾・産卵場所 交尾場所・・・山側 広葉樹多く交尾場所は十分にある。 産卵場所・・・山側から樹木や両岸からも草が、水面に張り出している。 水辺の石には苔などの湿ったところも多数確認。これらのことから産卵場所は確保できる。(但し、計画上植栽の件は十分に検討しなければならない。)</p>
不適合条件		
<p>1. 『水の環境』・・・<幼虫期></p> <p>② 流れのあるところ 及び ③ 水深 5～15cmくらいのところ 現場水路は、山からの湧水や雨で流出してきた水を排水している。 ただその湧水量、流出水量が、ホタルの生息条件を満足するには絶対的に少なく、西側計画路線(H-3)の水路は、ほとんど死水域に近くホタルの生息条件にほど遠い。</p>	<p>2. 『餌(カワニナ)の環境』・・・<幼虫期></p> <p>③ カワニナの生息環境 水路底が泥質(ヘドロ状)部分が多く、砂礫部分が少ない。 水路底が泥質でも生息できるが、砂礫のほうが隠れ場所や避難場所の確保の面でメリットが高い。</p>	<p>3. 『水辺の環境』・・・<成虫期></p> <p>③ 交尾・産卵場所 明るさの環境・・・オープンランド側がソフトボール場であり、照明設備が整っている。 ホタルの飛行時期には、照明を落とすなど暗さの確保が必要</p>

設計断面の検討項目

1. 水系の確立

- 1-1 復断面化することで低水敷が幼虫の産卵場所となり、産卵場所を広く長く設けることが出来る。ホタル幼虫が、水中から低水敷天端に簡単に入り出ることができるように余り高くし過ぎないように気をつけねばならない。低水敷天端高は通常水深を10cmと考え、余裕高10cmとして20cmとする。また低水敷天端を植栽することで緑豊かな水路となり、ホタルの生息にあった水路断面となる。
- 1-2 現況は水源が貧弱であり、枯れてしまっている箇所がある。ホタル生息条件である通常時水深 5cm～15cmを維持するために葎水工の検討が必要である。

2. 護岸形式の工夫

- 2-1 高水敷天端は、両岸ともに野草や樹林(山側)であり、産卵場所に非常に適している。山側は用地上の制約も考慮し、現況を極力残す(山側に食い込まない)護岸形式とする。また、護岸機能を持ちながらホタルの生息環境を加味し、植生及び産卵場所を確保できる形式とする。

3. 底版部の改良

- 3-1 現場底版部は、泥質(ヘドロ)状でホタル幼虫・カワニナの生息可能域であるが、砂礫質の方が隠れ家や避難場所となることから、現況底部を砂礫質に改良する。

9. 野4号排水路の設計概要

野4号排水路の設計にあたっては、ホタルの生息条件から抽出した設計に必要な各種の条件をフロー図(図-2)にし、復断面水路(低水敷 両側)、鉛直遮水工(コンクリート水路)、低水敷護岸(置石工)、高水敷護岸(空石積工)、低盤部泥質(砂利敷均し3～10cm)を計画した。

また、ホタルの生息環境に適した流速である0.1～0.3m/sとするため、低水敷の水深を10cmとし、水路勾配1/400とした。地形が急勾配の区間については、間伐材等による落差工を5～10m間隔に多数計画した。この落差工には、水中の溶存酸素量を高める効果も期待している。

さらに、魚類等の生息環境を多様化するため、渓流水の流入部や湧水箇所などには深場・幅広部

を、急流部には魚道工を計画した。

なお、この水路に使用する資材は、原則として自然材料を使うこととした。間伐材や自然石による流入工、木工沈床工、落差工、杭柵工、洗掘防止工を計画した。

水路内や水辺空間に配置する植栽としては、現況の植生に配慮しつつ、サクラ、ハナミズキ、アベリア、ムクゲ、ヤマブキ、ユキヤナギ、レンギョウ、コデマリ、ハナショウブ、セキショウ、フジ、シバザクラを計画した。

一方、管理道路は、遊歩道として位置付け、設計荷重として群集荷重0.5tf/m²を採用し、ウッドチップ舗装や間伐材の階段工、柵工を計画した。さらに、ここを訪れる人々の憩いの場とするため、水上デッキ、四阿、トイレを配置した。

10. 施工後の環境調査

本地区の環境水路5路線は、平成16年度までに全て完成した。このうち野4号排水路は、平成13年度に着工し平成16年度に完成し、平成15年度には、大野町の児童等の総合学習としてメダカなどの放流（写真-6）を行った。また、大野町ホタルの里づくり研究会により、カワニナとホタルの幼虫の放流も続けられている。

施工後の環境調査として、環境に配慮した水路の効果を検証（モニタリング）するため、H17年8月2日に魚類の生息状況調査「田んぼの生き物調査」を実施した。

その調査結果（表-8）は、確認された魚類が18種と従前の数13種を上回った。新たに確認された種は、絶滅危惧種IB類のホトケドジョウの他、ヤリタナゴ、モツゴ、カワヒガイ、カマツカの5種であった。ホトケドジョウが居たことには驚かされた。

種の数は、調査の精度や時期により差異が生ずるため、この1回だけの調査で効果を評価することは難しいが、少なくとも、本地区の環境に配慮した排水路の構造は、魚類の生息環境に負荷をかけておらず、生息に適したものとなっているのではないかと考えられる。

また、今回の調査では、カワニナやホタルの幼虫の生息調査を行わなかったが、目視レベルでは、カワニナが1㎡当たり数十個程確認でき、ホタルの幼虫の生息も想定された。実際、ホタル野外ミュージアムにおいて、平成15年度より毎年6月にホタルまつり（写真-7）が行われており、ホタルが見られるとして徐々に訪れる人も増えてい

る。今年の祭りの日である6月4日にはホタル十数匹が飛び交い、訪れた人々の目を楽しませていた。



写真-6 総合学習でのメダカなどの放流



写真-7 ホタルまつり

表-8 施工後の魚類の生息状況調査「田んぼの生き物調査」

① 野4号排水路：従前の3種から10種と、種が大幅に多様化した。	
H11	メダカ、アブラハヤ、ヨシノボリ
H17	メダカ、アブラハヤ、ヨシノボリ、ホトケドジョウ、ドンコ、オイカワ、ヤリタナゴ、モツゴ、カワムツ、タモロコ
② 野1、2号排水路：今回、水量少なく調査対象から除外した	
H11	メダカ、カワムツ、ドジョウ
H17	調査除外
③ 寺田排水路：種の数は変わらなかったが、新たな種を確認した。（カゴ網）	
H11	コイ、フナ、カワムツ
H17	タモロコ、カワヒガイ、ヨシノボリ
④ 牛洞1号・2号排水路：従前の10から13種と、新たな種も確認した。	
H11	メダカ、スジシヌドジョウ、シマドジョウ、ドジョウ、ドンコ、カワムツ
H15	タイリクバラタナゴ、アブラハヤ、タモロコ、オイカワ
H17	メダカ、スジシヌドジョウ、シマドジョウ、ドジョウ、ドンコ、カワムツ、タイリクバラタナゴ、アブラハヤ、タモロコ、オイカワ、ヤリタナゴ、フナ、ヨシノボリ

11. おわりに

本事業の事業主体である岐阜県は、これまでに紹介したとおり、本地区の環境水路が、当初の目的である自然環境との調和に配慮した農業用排水路として、概ね機能しているものと評価している。

しかし、反省材料や今後の課題もあり、主なものをここに紹介する。

1点目には、事業着手前の自然環境調査が十分でなかったことが挙げられる。魚類の事前調査は、年間を通して、施工箇所を含めた連続した水系で広範囲に調査する必要があると言われている。具体的には、少なくとも年間に四季を通して8回以上調査し、捕獲した成魚、若魚、稚魚の個体数の分布と、水生植物や水路敷などの形態から、そのエリアを餌場、産卵場、回遊の場など、どのように利用しているかをネットワーク的に分析しておく必要があった。カワニナやホタルの調査も同様である。公共事業を推進する上で、環境に配慮することはもはや常識となったが、いわゆる説明責任を果たすためには、用意周到な準備が必要であり、我々は常にこれを念頭に置いて取り組まなければならない。

2点目は、今後、カワニナやホタルの調査も行い、より詳細な調査を継続的に実施することである。ここで採用した工法により、新たに生じたであろう生態系を把握し、工法の妥当性を検証する必要があり、評価を下すのは数年先となろう。また、より対象生物の生息に適した環境に優しい工法、農業用排水路へとフィードバックする必要がある。

3点目は、間伐材の破損の問題である。野4号排水路の管理道路は、大野町がヘルシーロードと認定し、毎日約100人のウォーカーが潤いのある水辺の散策を楽しんでいる。一般に、間伐材は耐用年数が短いとされているが、設置後4年目を迎える階段工のステップにおいて著しい摩耗や割れが発生した。使用材料の選定や施設更新も考慮したトータルコストを如何にすべきかが課題と言える。

4点目は、コスト縮減の課題である。本地区の投資効率は、CVM想定効果を含め1.97である。しかし、各路線の自然環境に配慮した工法と従来工法との1m当たり工費を比較すれば、概ね2~3倍となっている。護岸に発生材の自然石を使用したり、地元の安価なウッドチップ舗装を採用するなどしてコスト縮減を図ったが、これは継続的な課題として念頭に置かねばならない。

最後に、施設管理の課題である。本地区の施設管理は、野4号排水路のみを大野町が管理するが、他は、受益農家や地域住民が維持管理することとしている。農業者の高齢化や担い手不足、混住化が進み、この地域住民による維持管理組織の体制整備についても、ソフト的な支援をしていかねばならないところである。

参考文献

「ホタルの一生」の挿絵の出典

書 名 森の新聞④ ホタルの里
出版 会 社 株式会社フレーベル館
イラスト執筆者名 五十嵐正克氏

自然と共存する環境型水路 —魚類両生類等の生息に適した水路計画—

松崎 祐紀* 中森 祐一郎*
(Yuki MATSUZAKI) (Yuichiro NAKAMORI)

目 次

1. はじめに……………	76	3. 環境配慮計画の評価……………	78
2. 環境配慮計画……………	76	4. まとめ……………	79

1. はじめに

緑資源機構営事業である下閉伊北区域農用地総合整備事業は、岩手県の北東部太平洋沿岸に位置する下閉伊郡岩泉町、田野畑村及び普代村にまたがる農用地2,813haを受益とし、平成14年度に着工した(図-1)。事業の概要は、区画整理128haを含む面的整備160ha及び農業用道路16.5kmを一体的に整備し、農業生産の向上と地域の活性化に資することを目的としている。

食料・農業・農村基本法の制定及び土地改良法の改正により「環境との調和への配慮」が農業農村整備事業実施の基本原則となった。緑資源機構営事業においても、これらの趣旨に沿って「環境との調和」に配慮する事項に関し、その妥当性及客観性を確保するため、有識者から環境にかかる



図-1 位置図

情報を収集し、意見を交換することを目的として「環境に係る情報協議会」を設置し、環境に配慮した施工に努めているところである。

農用地整備区域及び農業用道路の周辺は、良好な自然環境であり、多様な動植物が生息していることから、工事計画にあたっては、沢や水路の寸断による上下流域への影響の回避、橋梁デザインや色等、生態系や景観への負荷の回避・低減に努めている。環境に配慮した事業実施事例として魚類両生類等の生息に適した水路計画を紹介する。

2. 環境配慮計画

事例紹介する場所は、農業用道路新設に伴い沢を埋め立てる必要があり、付替水路を設置することになった(図-2)。

この場所は、事前の一般動植物調査において、イワナ等の魚類、カエル等の両生類をはじめ、ハ虫類や小動物等が多く確認されていることから、それらの生育環境に配慮した計画が求められた。

計画に際し、①魚類等が遡上できる水路構造及び生息域の確保、②両生類等が水路から脱出できる経路の確保の2点について検討を行った。

その結果、①魚類等が遡上できる水路構造の確保として、二面水路を使用して水路底面に現地発生した玉石や石礫を敷並べ、現況水路に近い底質とした。(写真-1及び図-3)。

また生息域の確保のため水路の途中に「淵」や「魚巢」を設けた。魚巢には、二面水路の側壁にスリットの付いた製品を使用し、HF400×500を両サイドに横向きに設置して休息場所を設置した(図-4)。

* (独) 緑資源機構東北北海道整備局下閉伊北建設事業所
(Tel. 0194-22-4761)

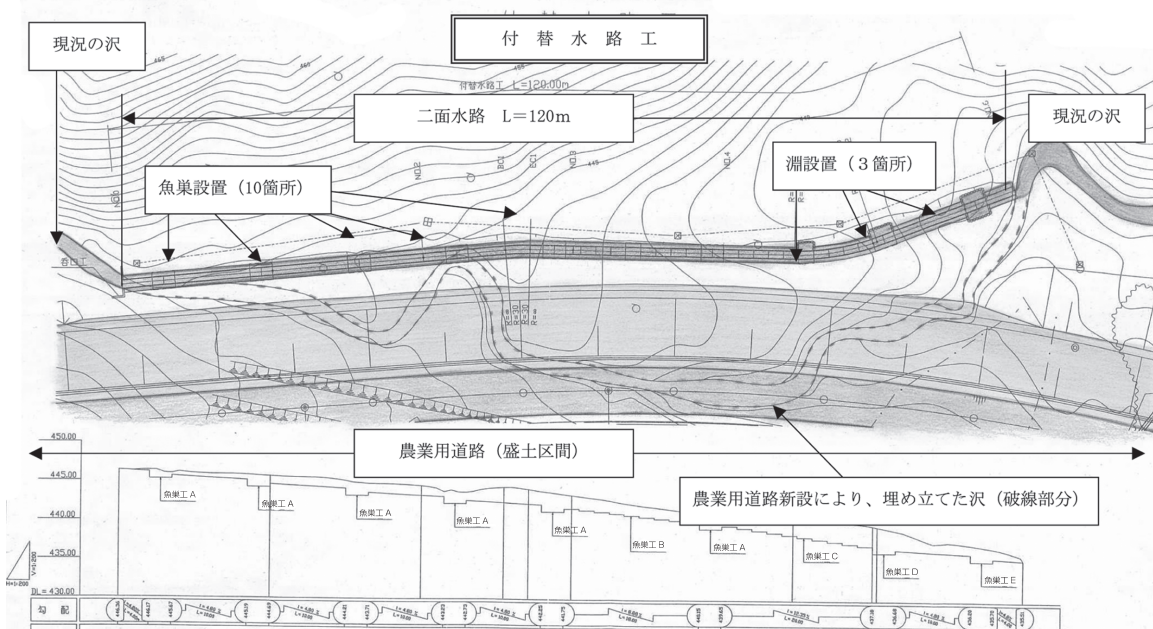


図-2 付替水路工一般図



写真-1 二面水路

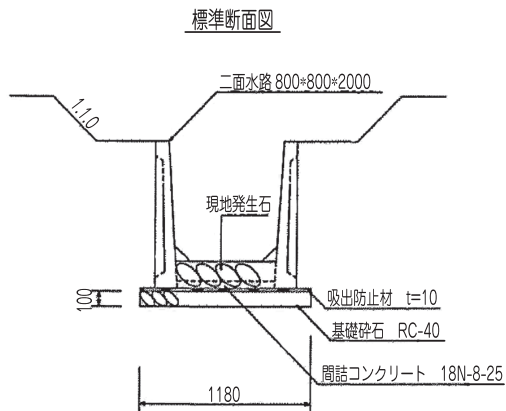


図-3 標準断面図

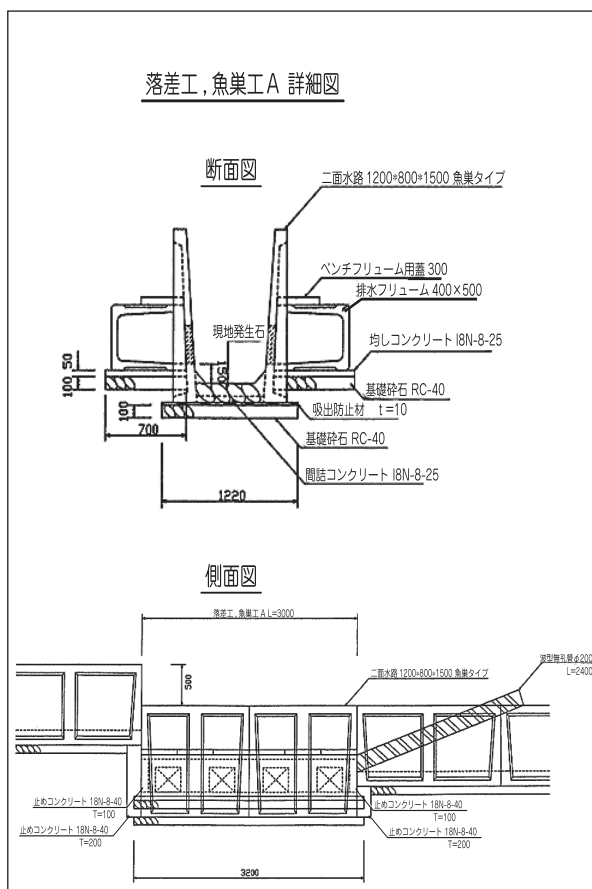


図-4 魚巢工・脱出経路構造図



写真-2 淵設置状況

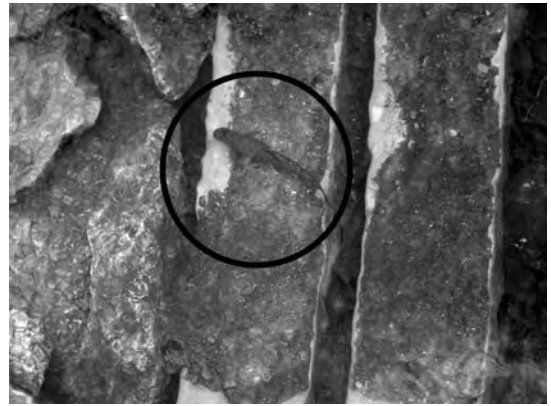


写真-4 イワナ確認状況（水路）



写真-3 波形無孔管設置状況



写真-5 イワナ確認状況（淵）

淵には、二面水路（スリット付き）の脇に転石の現地発生材を使用した淵を設け年中水が溜まるよう工夫をした。（写真-2）

②両生類等の水路からの脱出経路については、両生類や小動物の穴に入る習性や這い上がり易いので、炎天下の照度や気温に影響されない構造を想定し、安価で施工容易な波形無孔管（φ200）を土中に埋設した（写真-3）。

「魚巢」及び「集水桝」は水流が淀む箇所に設置し、両生類等の小動物の行動が流れに制約されない場所とした。

3. 環境配慮計画の評価

(1)魚類等が遡上できる水路構造及び生息域の効果
一般的にイワナは、15℃以下の水温で生活している。また、流水への耐久速度は、体長10cm程度

で20～25cm/sであり、落差によって生じる気泡に向かって遡上行動を起こす特性を踏まえ、付替水路には、底部に転石を千鳥に配置するとともに、落差部については、越流幅10cm程度の厚みを持ったブロックを階段状に設置することで、最大50cmまでの高低差に対応した。

また、付替水路延長120mの内に10箇所の魚巢及び3箇所の淵を設けた。さらに、水路側面の石にコケを植え付けたり、水路周辺に広葉樹を植樹したりして、イワナの餌である水性昆虫や陸生昆虫が繁殖する環境設備に努めた。

施工8ヶ月後の平成17年8月に水路の状態をモニタリングした結果、水温は12.7℃であり、流速は平均25cm/sであった。目視で確認したところ水路内でイワナの遡上を確認し（写真-4）、淵の中でも生息を確認した（写真-5）。

流速が速く遡上困難な条件でも、魚巢や淵といった休息域を設けていることにより、水路の遡上性能が向上すると推測される。このことから、本水路については、イワナが遡上し生息できる環境は、満たされていると考えられる。

(2)両生類等の脱出経路の効果

両生類等の生息域の分断が予測されるが、水路の影響を低減するため、落下した場合に這い出せるよう脱出経路を設置した。

ヘビやカエルは、変温動物であるため、激しい温度変化に弱く、捕食者から身を守るため、穴や岩の下に潜り込む習性がある。その特性を踏まえ、材料費及び設置経費が安価であることに加え、内面に凸凹があり、ヘビやカエルが這い上がりやすい材料として、先に挙げた波形無孔管（φ200）（写真-3）を気温の影響を考慮して土中に埋設した。



写真-6 マムシの脱出状況

さらに、水路に誤って転落したカエルやヘビが、脱出経路の入口に到達することができる条件を整備する必要がある。例えば、ニホンアマガエルは、流速10cm/sでも泳ぐことができなくなる。このことから脱出経路付近に流速を抑える淀みを作る必要がある。水路に設けた魚巢や淵の周辺が淀みとなり流速が低下することから、波形無孔管を魚巢の側面に設置した。

波形無孔管の内部を目視したところ、凸部に泥や落ち葉が堆積して、管内部が自然に近い状態になっており、脱出経路としては非常に良い環境にあると考えられる。

現地をモニタリングした結果、波形無孔管より脱出するマムシやアオダイショウ、カエル等をたびたび確認しており、両生類等の生態を考慮した脱出経路として有効であると考えられる。（写真-6）。

4. まとめ

現地モニタリング調査の結果から、付替水路の施工による魚類や両生類等の生息環境の改変は最小限に抑えられたと考えられる。

今後ともモニタリング調査を継続しながら種々改善を図り、多様な生態系に即した実効性及び経済性の面で有利な環境配慮計画を検討し、環境との調和に配慮した事業実施に努めて参りたいと考えている。

(引用・参考文献)

「床固工附設魚道の機能に関する研究－小泉谷川でのイワナを使った実験をもとに－」…1995年、永井修

宮内原用水路の歴史

前田 公平*
(Kouhei MAEDA)

目	次
1. はじめに	80
2. 隼人町について	80
3. 宮内原用水路	80
4. 昭和以降の用水路改修事業	83
5. 用水路とホテル	83
6. おわりに	84

1. はじめに

鹿児島県始良郡隼人町に流れる宮内原用水路は、現在、隼人町の水田の約50%にあたる318haを潤しています。江戸時代に作られたこの用水路が、明治、大正、昭和、平成と幾たびかの改修工事を経て、用水完成から約290年の間、絶えることなく今も水を運び続け、稲を育て、あるいは防火用水として人々の暮らしに役立っています。鹿児島神宮周辺は用水路の水辺空間を利用した景観の整備や親水施設の整備、散策路の整備が行われ町民の憩いの場となっています。ここに宮内原用水路の現在に至るまでの歴史についてご紹介いたします。

2. 隼人町について

隼人町は、鹿児島県のほぼ中央に位置し、北は霧島連山、南は桜島と錦江湾を望み、自然に囲まれた風光明媚な歴史のある町です。町域は、東西7.2km、南北16.5kmと南北に細長く、町土の面積は66.49km²となっています。町を流れる天降川の流域には、優れた泉質で豊富な湯量を誇る日当山・妙見温泉があり、古くから人々に親しまれています。

また、鹿児島空港や九州縦貫自動車道、東九州自動車道、国道3路線、JR2路線等が整備され、隼人新港の建設が進められるなど陸・海・空の交通体系が整っており、本県中央部における交通の要衝として重要な位置をしめています。さらに、

鹿児島県略図



隼人町

図-1 鹿児島県略図

昭和59年国分隼人テクノポリス地域の指定を受け、高度技術企業等が立地しています。

平成17年11月7日に始良中央地区の1市6町（国分市、溝辺町、横川町、牧園町、霧島町、隼人町、福山町）が合併して新市（霧島市）となります。

3. 宮内原用水路

宮内原用水は、天降川の中流部すいてんぶちを取水口として、妙見（霧島）へ抜ける国道223号線沿いを下り、JR肥薩線が一般国道

*鹿児島県熊毛支庁土地改良課（Tel. 0997-22-1131）

504号線と立体交差する所で西光寺川の川底を横切り、シラス崖の裾を伝いながら、蛭児神社、宮の杜ふれあい公園、鹿児島神宮の下を通り、内山田で二つに分かれています。一つは県営隼人団地、小田を通り、野久美田まで伸びていて、もう一つは隼人塚公園の前を通り、川尻、真孝を通り、浜之市まで伸びています。延長は約13kmです。

宮内原用水は、1716年（享保元年）に完成しました。

この用水開発に先駆けて行われたのが、第2代薩摩藩主島津光久が命じた天降川の川筋を現在の流れに改修した「新川掘り」でした。江戸時代になると戦乱の世もおさまり、人口も増え、経済が発展していくと共に土地の開発が盛んに行われました。当時、武士の給料は、一般に米が基本であったので、とくに米を作る新田の開発にはどの藩も力を入れていました。年貢米の増収は、藩にとって一大目標でした。

薩摩藩でも領内の開発に努め、各地で河川改修、それに伴う新田開発等の農業土木工事を進めました。国分・隼人地方でも1662年（寛文2年）から4年の歳月をかけて「新川掘り」の工事が行われました。今の天降川は、当時、国分の方へ大きく曲がりくねって大雨のたびに氾濫を起こし、被害が

絶えなかったので、大津の参宮橋付近から隼人町住吉の方へ約3km、川筋を新しくまっすぐ掘り直しました。この工事を「新川掘り」といい、新たに開削した川は「新川」と呼ばれていました。天降川の下流に架かる国道10号線の橋梁名は「新川橋」となっています。

この工事より約50年後の1711年（正徳元年）12月から1716年（享保元年）4月まで6年間の歳月を費やし完成したのが「宮内原用水」です。

水天湖にある石碑「大隅国桑原郡西国分郷鑿溝崇水神記」（1717年（享保2年）創築）には、工事の発端から概要が記されており、ほとんど完全なまま残されています。碑文には「宮内原用水工事は時の郡奉行汾陽盛常によって計画された。最初、薩摩藩は、盛常の用水工事の願いを許可しなかった。工事成功の見込みが少なくいたずらに民を使役することを恐れたのである。

ところが、盛常は屈せず、同僚の土師経貞を説き伏せ、経貞が国老種子島久基に取り次いだ。久基は自ら実地検分を行い、盛常の言っていることが正しいとわかり、ついに開発が許可された。後に盛常は、経貞と共に工事奉行に任せられると測量・水路の決定・掘削・築堤等に自ら当たり完成させた。この用水で新田となった土地は六千余石



写真-1 直上流右岸部にある石碑（隼人町嘉例川前坂）
写真左から

改修記念碑（150×60cm）大正5年（1916年）建立
改修碑（150×55cm）明治19年（1886年）建立
大隅国桑原郡西国分郷鑿溝崇水神記
（180×80cm）享保2年（1717年）建立
改修碑（90×80cm）明治36年（1903年）建立



写真-2 直上流右岸部にある石碑
（隼人町嘉例川前坂）

写真左から
宮内原用水路改修記念碑 昭和26年（1951年）建立
汾陽盛常翁領徳碑（200×55cm）昭和12年（1937年）建立

に及んだ。」とあります。

付近の村々から農民が人夫としてかり出され、天降川の中流、水天淵に提長55m、堰高3mの石堰を築き、幅4m、水深1mの用水路を開削し、365haの新田開発が行われました。

用水路を管理している宮内原土地改良区の敷地内にある石碑「汾陽盛常翁領徳碑」（1937年（昭和12年）建立）には、「宮内原用水路が出来たおかげで干ばつの心配がなくなり、昭和9年の未曾有の干ばつにも水は枯れることなく収穫量は平年よりかえって多かった。その偉業に感謝の念を表し、汾陽盛常翁の功德を永遠に伝えたい。」とあります。

宮内原用水完成より80年後の1795年（寛政7年）から1799年（寛政11年）には、住吉の海岸の干拓工事が行われています。住吉の浜と小島の間の遠浅をせき止め、埋め立てて71haの水田を造成していますが、用水は宮内原用水を受けています。

水天淵には石碑「大隅国桑原郡西国分郷鑿溝崇水神記」の他に、1889年（明治19年）、1903年（明治36年）、1916年（大正5年）に建立された頭首工の改修記念碑3基があります。

藩政時代の水利施設の維持管理（井手溝普請）は、各郷の担当役人の監督により、方限単位で農民だけでなく郷士（外城に住む武士）をはじめその他の住民も総出で行うこととされ、その期間、要した人数等は藩庁に届け出る決まりで、おおよそ正月から2月の2ヶ月間に終えることとされていたようです。郷とは村の集まりで、村をいくつかの区域に分けた今でいう町内会単位を方限と呼んでいました。

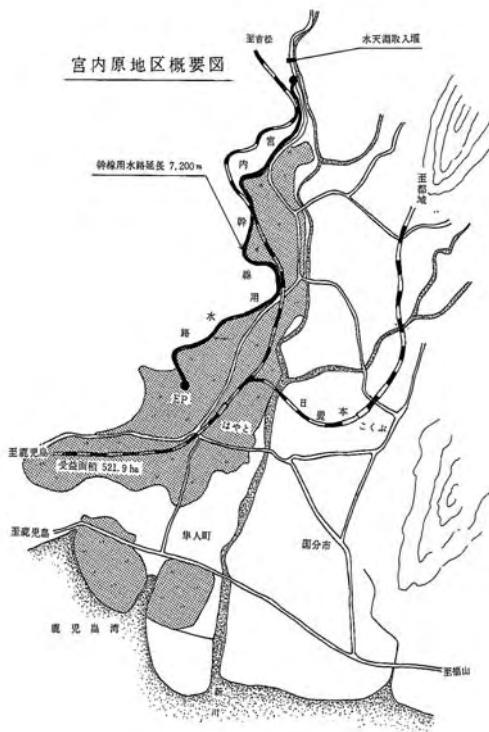


図-2 1回目の県管かんがい排水事業

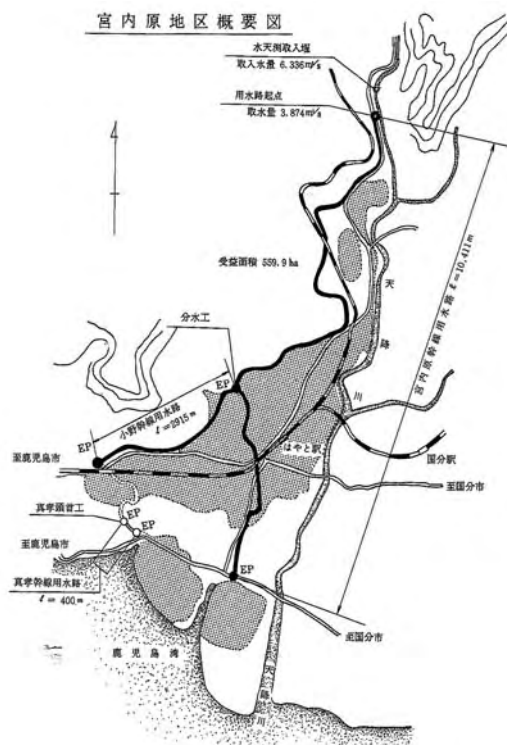


図-3 2回目の県管かんがい排水事業



写真-3 水天淵頭首工

4. 昭和以降の用水路改修事業

昭和以降の宮内原用水路の主な改修工事として、県営かんがい排水事業が2回にわたり実施されています。

1回目の事業は昭和17年度から昭和25年度に8年間かけて行われています。工事は水路の勾配修正を行い、部分的にコンクリート三面張及び石積み護岸に改修していますが、ほとんどが土水路のままだったようです。

2回目の事業は昭和41年度から昭和47年度に7年間かけて行われていますが、この工事で全区間がコンクリート三面張りに改修され、現在に至っています。

また、平成7年度から平成15年度まで、町のほぼ中央に位置し、鹿児島神宮、石体神社、蛭見神社が点在する、周辺の自然林や水田などの緑に恵まれた約1.6kmの区間について、景観護岸や管理用道路、駐車場、休憩所、親水施設等の整備を地域用水環境整備事業で行いました。



写真-6 親水フラワーゾーン

5. 用水路とホタル

蛭見神社付近の用水路にはホタルが多数棲息しています。

地域用水環境整備事業で当該区間の景観護岸工を設計するにあたり、隼人町ホタル愛好会と工法等について打ち合わせを行い、道路側の水路天端部にホタル蛹化溝（既製品ブロック）を設置しました。

工事着工前に、隼人町ホタル愛好会会員、地元小学生や周辺住民の方々が参加して「ホタル幼虫救出作戦」を実施しました。捕獲した幼虫は子供達の手によって上流に放流されました。

工事を完了した年は例年よりホタルの数は少なかったが、2年目からは工事前と変わりなくホタルが飛び交う姿が見られました。現在も隼人町ホタル愛好会会員の方々が中心となって、ホタルの産卵後の孵化や餌となる川ニナの放流を行ったり、ホタル蛹化溝の中に草が繁茂するように草の種を播いたりしてホタルの保護に努めています。



写真-4 内山頭首工及び分水工



写真-5 親水フラワーゾーン



写真-7 ホタルの案内板



写真-8 ホタル蛹化溝

6. おわりに

地域用水環境整備事業の完了年度を含めた3年間事業の実施担当をしていました。事業担当をしている間は、江戸時代に作られた水路だと言う程度の知識しかありませんでした。

今回、原稿を書くに当たり宮内原用水路の歴史について調べてみていろんなことがわかりました。用水開発は当時の薩摩藩の財政を豊かにすることが目的だったこと、汾陽盛常のアイデアと高度な土木技術により飛躍的に新田が開発されたことなどです。隼人町教育委員会発行、小学校3・4年生用社会科副読本「私たちの隼人町」には「用水を開くー宮内原用水と汾陽盛常翁ー」が掲載されていることも知りました。

環境整備というと景観施設・親水施設や生態系保全整備をすぐにイメージしてしまいますが、先人が苦勞して築き上げた土地改良施設を後生に残し、その偉業を伝えるための歴史環境整備も農業土木技術者としてやらなくてはならないことだと考えます。地域土木遺産を広く町民に知ってもらうためにも「天降川の新川掘り」や「宮内原用水路」を紹介する看板がどこかに必要ではないかと思いました。

現在、地域用水環境整備事業で整備した区間は、地域住民の絶好の散策コースとして利用されています。地域総合情報紙にも宮内原用水路の歴史とともに散策路の紹介がされました。また、農林水産省ホームページの水土里の路ウォーキングにも蛭児神社から鹿兒島神宮の区間が写真入りで紹介されています。興味のある方は是非ごらんになって下さい。

平成15年3月には隼人町合併50周年記念事業の一環として、宮内原用水路沿いに桜の苗木の植樹が行われました。今ある桜が老木となり更新の時期になっているためです。苗木・名札プレートを里親に購入してもらい、植樹・管理をしてもらっています。何十年か後、新しい桜がまた用水路沿いに美しい花を咲かせ、ホタル救出作戦にあたった子供達が親となって自分の子供達とこの用水路を歩いてくれたらと思います。

都市化、混住化の中で宮内原用水路がその機能を維持しつつ、いつまでも地域住民に親しまれる存在であることを切に願って終わりにしたいと思います。各種資料を提供して頂いた隼人町耕地課の皆様、誠にありがとうございました。

最後になりましたが、用水路のホタルの保全に取り組んでおられた日当山温泉ホテル洗心閣支配人の永仮浩二さんが今年1月に病で急逝されました。永仮さんは長年に渡って町内外でホタルのふる里づくりや環境教育に取り組んでこられ、用水路工事の際にも気軽に相談に乗って頂き指導助言をいただきました。ここに謹んでご冥福をお祈りいたします。

参考文献

- 隼人町の歴史（隼人町教育委員会）
- 天降川の川筋直し（天降川の川筋直し研究会）
- 鹿兒島の土地改良記念碑（鹿兒島県土地改良事業団体連合会）
- 鹿兒島県の土地改良（鹿兒島県農政部）

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17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に同じ
- ④ その他
 - (1) 応募写真の裏面にタイトル、コメント、住所、氏名、年齢、職業、性別、写真テーマ、撮影場所、撮影年月日を記入して下さい。
 - (2) 原則として応募写真は返却しません。
 - (3) 採用された写真の著作権は、農業土木研究会に属します。
 - (4) 採否は、編集委員会で決定します。
 - (5) 採用された場合は薄謝を進呈いたします。

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 (図表入り完成形) とともに電子データについてはMOディスク等にて提出すること。

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明確に指定しておくこと。写真・図・表は別途, 鮮明な原稿, または電子データにて提出すること。なお, 図表については白黒印刷においても判読できるように極力配慮しておくこと。

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。原図はトレーサーが判断に迷わないよう, はっきりしていて, まぎらわしいところは注記をされたい。

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

たとえば,

C, K, O, P, S, U, V, W, X, Zの大文字と小文字

O (オー) と 0 (ゼロ) a (エー) と α (アルファ)

r (アール) と γ (ガンマ) k (ケイ) と κ (カッパ)

w (ダブルユー) と ω (オメガ) x (エックス) と χ (カイ)

l (イチ) と 1 (エル) g (ジー) と q (キュー)

E (イー) と ε (イプシロン) v (バイ) と ν (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との並載せはさけ, 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文に『 』を付し引用文献を本文中に記載する。孫引きの場合は, 番号を付し, 末尾に原著者名: 原著論文表題, 雑誌名, 巻: 頁~頁, 年号, 又は“引用者氏名, 年・号より引用”と明示すること。

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。

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

「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(143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

「技術」は、限りある資源を有効に活用してするために必要不可欠なものです。また、昨今において、求められる技術は、時代や場所において多様なものとなっています。日本農業の歴史を見ても次のようなことがありました。

江戸時代以前からかんがい排水路、ため池など一連の水田造成に関する工事がはじめられていましたが、封建制度のもとに権力を有していた領主は、自らの勢力拡大のために主要な食糧である米の生産を結びつけ独立した範囲内でできる限りの水利開発を自由に行っていました。しかし、このような方法では、自ずと開発にも限界があり、例えば、水の豊富な河川周辺では、洪水による被害が慢性的に発生することから、実際には開発が遅れていたのです。これは、洪水対策といった河川改修などはごく一部の地域だけで行えるものではないことによるものと考えられます。こうしたなか、江戸時代以降には、ようやく広い範囲での大規模な河川改修が行われ、洪水処理が可能となり、河川周辺における農業生産の基盤が形成されてきました。

上記から、社会的な背景による限界や洪水処理など技術を普及していく前提として、解決すべき課題が存在していたことがわかります。このように、地域の発展段階において、求められる技術やその技術を有効に活用するための条件は、日々変

わってきていることが歴史からも改めて確認させられます。

このようなことを踏まえると、今日においても、新たな課題に立ち向かいそれを解決して行くには、純粋な農業技術の向上にかぎらず、その他に存在する各地域の社会的又は物理的な側面に存在する課題についても配慮することがさらなる発展を目指す上では必要になってきます。幅広い視点を培う上では、「水と土」技術報文はとても参考になります。なぜならその中には、現場の実体験に基づく、一つの課題に対する広範囲な分野に係る試行錯誤のプロセスが読み取れるものがあるからです。

また、個人的な話ですが、先日、とある報告書の内容を説明する機会があり、どのように説明すべきか思い悩んだことがあります。そのとき、ヒントを得ようとして「話す力」(齋藤孝著)を手にしてみました。まず、具体的な内容があることが望ましく(これについては「水と土」の技術報文は申し分ない)、それを更に分かり易く伝えることが必要であり、読み手に発見の楽しさを伝える努力を惜しむべきではないとありました。私が行った説明がそれに叶っていたか否かはわかりませんが、読み手に伝えるといった、いわゆる技術力が向上することによっても、読者の関心が高まり、本報文の存在価値が高まるのではないかと期待しています。(農地整備課 空)

水と土 第143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