

水と土

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



① OSJ機全景



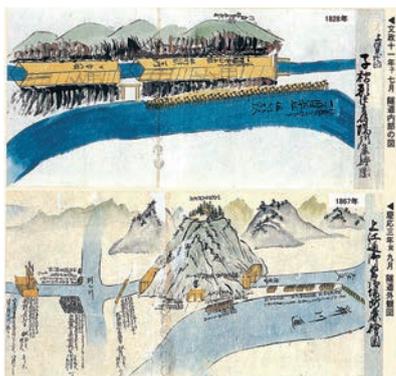
② 庄川放水路 (舟戸口工区)



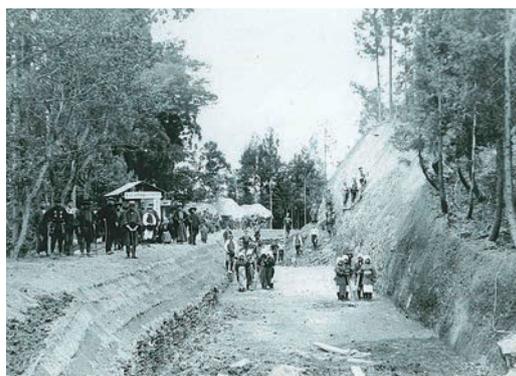
③ 南岸堰全景



④ 南岸堰の損傷状況



⑤ 川上線穴隧道計画絵図 (文化4年)



⑥ 上越市米増地内 (上江用水改修時期)

水と土

Contents

2018 MARCH No.183

◆報文内容紹介	2
◆会員向けに「水と土」のWeb検索サービスについて	4

□巻頭文

ビジョンを意識する	合屋英之	7
-----------	------	---

□報文

キーワード

既設井戸,影響予測評価	排水路整備による地下水位変動について 一 国営かんがい排水事業「兵村地区」について	岩渕雄大・前川和義・荒木美裕	8
耐震設計	天竜川下流二期地区における耐震対策 - 地区調査にて耐震照査を検討 -	福永智雄	14
模型実験,ダム,間接取水	市野新田取水工 ~ 農林水産省「最後のダム」に水を送る	中西大介・皆木和幸・渡部 学	18
幅狭部施工,オープンシールド	庄川放水路(舟戸口工区) その8工事の住宅近接区間における函渠布設について	片山靖志・米田直孝・渡邊幸治	24
水田魚道,脱出ネット	水田魚道およびカエルの脱出ネットによる水田生態系保全の取組	河村年広・佐伯晶子	29
南海トラフ地震,訓練	三重県農業版BCPの策定と大規模地震発生に備えた体制整備	辻上正道	36
耐震,複合ダム,液状化	永源寺ダムフィル部堤体における耐震性能の評価	北園清徳	40
施設更新	南岸堰(固定堰)の機能診断と補修設計について	桑原耕一・木村 良・今上桂輔	44
VVVF制御,湿り空気線図	房総導水路緊急改築事業におけるポンプ速度制御装置 VVVF導入に対応した換気設備設計	藏方一也・小津光生	50

□歴史的土壌改良施設

農民の強い意志が受け継がれてきた「上江用水」の歴史と土木技術的価値	藤井 修	56
-----------------------------------	------	----

□技術情報紹介

露地栽培における点滴かんがい普及の展望	島崎昌彦・樽屋啓之	62
平成29年度農業土木技術研究会研修会レポート 「土地改良法改正を踏まえた農業農村整備と技術の展開」	編集事務局	68

◆会告	76
◆入会案内	77
◆投稿規定	79

●表紙写真● ①② 報文「庄川放水路(舟戸口工区) その8工事の住宅近接区間における函渠布設について」より(P.26, P.28)
③④ 報文「南岸堰(固定堰)の機能診断と補修設計について」より(P.45)
⑤⑥ 歴史「農民の強い意志が受け継がれてきた「上江用水」の歴史と土木技術的価値」より(P.57)

水と土 第183号 報文内容紹介

排水路整備による地下水位変動について —国営かんがい排水事業「兵村地区」について—

岩淵雄大・前川和義・荒木美裕

兵村地区は、紋別郡湧別町の排水設備が未整備な農地の湛水及び過湿被害の解消を目的に排水路を新設する事業を実施中である。事業の実施により既設井戸の枯渇等が懸念されたため、工事に先立ち解析により地下水位変動を予測し、工事の実施による地下水位変動を観測しながら、工事を進めている。

本報では、排水路整備による、地下水位変動の予測値と実測結果を基に、排水路の新設による農地の地下水位変動について報告する。

(水と土 第183号 2018 P.8 設・施)

天竜川下流二期地区における耐震対策 —地区調査にて耐震照査を検討—

福永智雄

当事務所では地区調査にて耐震照査を検討している。

本報告では、国営天竜川下流土地改良事業で造成した土地改良施設について、耐震性能照査手法等の検討を行うために、学識経験者等で構成する「大規模地震対策検討委員会」を設置・運営しており、検討方針や対象施設、耐震性能照査の考え方等についての概要を述べる。

(水と土 第183号 2018 P.14 企・計)

市野新田取水工 ～農林水産省「最後のダム」に水を送る

中西大介・皆木和幸・渡部 学

本施設は、現在建設中である市野新田ダムの間接流域(3.2km²)から間接取水を行うために新設する取水工(最大取水量0.36m³/s)である。

本取水工(市野新田取水工)の設計・施工に際しては、下流水利権者との調整が必要となるとともに、河川維持流量と取水量との適正配分等の検証が必要となったため、本報では模型実験による検証結果に基づき設計改良を行った設計概要等について報告を行うものである。

(水と土 第183号 2018 P.18 設・施)

庄川放水路(舟戸口工区)その8工事の 住宅近接区間における函渠布設について

片山靖志・米田直孝・渡邊幸治

本工事は計画排水量Q=21m³/sを鉄筋コンクリートL形水路、プレキャストボックスカルバート水路の2連水路により流下させる、延長208mの工事である。本工事の現場条件は両岸が住宅地で狭い施工ヤードのなかで騒音・振動を抑制する必要があることから、函渠布設にオープンシールドの一種であるOSJ工法を採用した。

本報ではOSJ工法の採用経過、施工にあたっての留意事項、その効果について報告する。

(水と土 第183号 2018 P.24 設・施)

水田魚道およびカエルの脱出ネットによる 水田生態系保全の取組

河村年広・佐伯晶子

愛知県農業総合試験場は、水田生態系における自然再生と維持管理を地域で実践するための技術開発に取り組んできた。本報では、少流量で遡上する水田魚道、浅くて速い流れの農業水路によどみを形成する魚道付き転倒堰、コンクリート水路に転落したカエルの対策のための脱出ネットを紹介する。また、水田魚道を取り入れ、環境配慮からブランド米の販売へとつなげた取組事例を述べる。

(水と土 第183号 2018 P.29 設・施)

三重県農業版BCPの策定と 大規模地震発生に備えた体制整備

辻上正道

三重県では、平成28年3月に三重県農業版BCPを策定し、これに続いて個別の農業用排水施設のBCP策定を支援している。本稿は、これらのBCP策定の経緯を紹介するとともに、大規模地震発生時に具体的な対応が実施できるように、土地改良施設等BCP協議の設立や、建設業者・測量設計業者との協定締結、更には関係機関が参加した訓練の実施について報告するものである。

(水と土 第183号 2018 P.36 企・計)

永源寺ダムフィル部堤体における耐震性能の評価

北園清徳

国営愛知川農業水利事業により昭和47年に完成した永源寺ダム(複合ダム)については、平成24年度よりレベル2地震動に対する耐震性能照査に着手している。このうち、堤体右岸側のフィル部については、堤体基礎地盤に分布する崖錐堆積層の大規模地震時における液状化の発生、また堤体下流地山斜面の安定性が堤体に影響することが懸念されたことから、これらの課題に対する検討内容及び液状化対策を考慮したフィル部堤体の安定性評価手法の事例について紹介する。

(水と土 第183号 2018 P.40 設・施)

南岸堰(固定堰)の機能診断と補修設計について

桑原耕一・木村 良・今上桂輔

国営総合農地防災事業「那賀川地区」では、災害の未然防止及び農業用水の安定取水を図るために、北岸堰、南岸堰及び吉井大西堰を統合し、南岸堰を補修利用する計画として、事業を進めている。

ここでは、南岸堰について現況の施設劣化状況及び、これら劣化状況を踏まえた補修設計の事例について紹介する。

(水と土 第183号 2018 P.44 設・施)

房総導水路緊急改築事業におけるポンプ速度制御装置 VVVF導入に対応した換気設備設計

藏方一也・小津光生

房総導水路緊急改築事業におけるポンプ設備の改修は、「維持管理費の縮減」「信頼性の向上」「保守作業の軽減」を目標に、機器の高効率化及び機場の無水化を実施するもので、その代表的な取組であるポンプ速度制御装置VVVF導入は、効果のみ取り上げられるが、設置環境の確保に課題があり、空調導入により課題を解決した事例が報告されている。

本稿は、VVVFインバータ制御装置の設置環境を従来の機械換気システムを工夫することで対処した取組を報告するものである。

(水と土 第183号 2018 P.50 設・施)

〈歴史的土壌改良施設〉

農民の強い意志が受け継がれてきた「上江用水」の 歴史と土木技術的価値

藤井 修

本地域では、関川支流の小河川にある既得水利権(取水条件の整っていた上流域)の制約や雨水に頼る不安定な用水源であった。このため、河川流量の豊富な関川本流から取水するための「上江用水」の掘り継ぎ工事が、約450年前の戦国時代終期から始まり、延べ130年に渡る苦難と農民の意志が受け継がれ漸く完成に至った。

現在の上江用水は、建設時の路線(L=26km)がほぼ踏襲されており、当時の線形計画や水頭配分など水理学的にも優れていたものと推察される。

今回、「上江用水」の歴史的背景と当時の土木技術を中心に報告する。

(水と土 第183号 2018 P.56)

〈技術情報紹介〉

露地栽培における点滴かんがい普及の展望

島崎昌彦・樽屋啓之

施設栽培で主に利用されている点滴かんがいについて、省力・軽労化、作物の高品質化、またはICT利用促進などに有用であるが、露地栽培での点滴かんがい利用に関する情報が少なく露地栽培での普及が進みにくい。点滴かんがい全般の情報および活用例として機構で開発したマルドリ方式および日射制御型拍動自動かん水装置を紹介する。

(水と土 第183号 2018 P.62)

会員向けに「水と土」のWeb検索サービスについて

1. Web 検索サービスの開始

農業土木技術研究会の会員サービスの一環として、平成20年6月よりWeb上で「水と土」の検索サービスを行っております。平成29年7月現在、第1号（昭和45年）から第174号までの各号を検索・閲覧することができます。

2. アクセス

全国農村振興技術連盟のホームページ（<http://www.n-renmei.jp/>）の「水と土」のコーナーから、もしくは直接、検索サービスページ（<http://mizutotuti.jp/>）を開いて下さい（図-1）。

以下のトップ画面の「ログイン」をクリックし、ユーザー名（U）及びパスワード（P）を入力（図-2）して「OK」をクリックすれば、検索画面（図-3）が立ち上がります。

なお、パスワード等は、不定期に変更する場合がありますので、入力する際は最新号をご覧下さい。

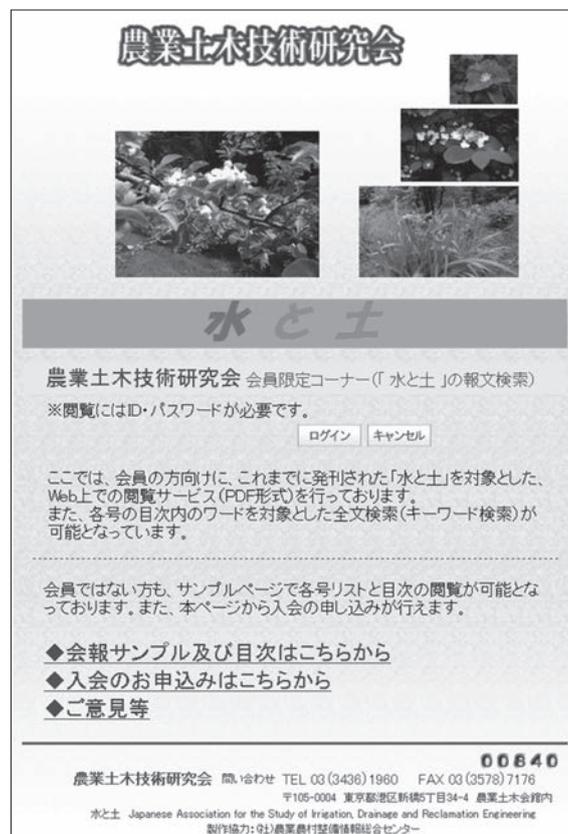


図-1



図-2

水と土

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



年	図書名	項数	PDF(Mb)	目次内検索
平成18年	水と土 第144号	120	14.9	目次
平成17年	水と土 第143号	84	12.9	目次

昭和45年	水と土 第2号	68	6.69	目次
昭和45年	水と土 第1号	80	6.41	目次

[▲ ページTOP ▲](#)

農業土木技術研究会 問い合わせ TEL 03(3436)1960 FAX 03(3578)7176
 〒105-0004 東京都港区新橋5丁目34-4 農業土木会館内
 水と土 Japanese Association for the Study of Irrigation, Drainage and Reclamation Engineering
 製作協力: (社)農業農村整備情報総合センター

図-3

3. 検索

(1)一覧からの選択

一覧の「図書名」をクリックすると当該号が全てPDFファイルで表示されます。

また、「目次」をクリックすると、当該号の目次が表示されます。

(2)全文検索

目次内検索をクリックすると「目次内全文検索」の画面が立ち上がります（図-4）。

ここでは、全文検索機能を使い、各号「水と土」の目次内にあるキーワードを手がかりに、自分が探したい報文などの抽出を行います。

検索方法は以下のとおりです。

農業土木技術研究会 会員限定コーナー

「水と土」目次内全文検索システム

現在、144 の文書がインデックス化され、6,347 個のキーワードが登録されています。

インデックスの最終更新日: 2007-11-22

検索式: [\[検索方法\]](#)

表示件数: ▼ 表示形式: ▼ ソート: ▼

図-4

①単一単語検索

調べたい単語を一つ指定するだけのもっとも基本的な検索手法です。

例：ダム

②AND検索

ある単語とある単語の両方を含む文書を検索します。検索結果を絞り込むのに有効です。3つ以上の単語を指定することも可能です。単語と単語の間に and を挿入します。

例：ダム and 工法

andは省略できます。単語を空白で区切って羅列するとそれらの語すべてを含む文書をAND検索します。

③OR検索

ある単語とある単語のどちらかを含む文書を検索します。3つ以上の単語を指定することも可能です。単語と単語の間に or を挿入します。

例：ダム or 工法

④NOT検索

ある単語を含み、ある単語を含まない文書を検索します。3つ以上の単語を指定することも可能です。単語と単語の間に not を挿入します。

例：ダム not 工法

4. 会員申し込み

トップページの「[入会の申し込みはこちらから](#)」をクリックすると入会案内・手続きのページが表示されます。

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

水と土

農業土木技術研究会 入会申込み

年会費・発行等

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

申込み

農業土木技術研究会への入会申込みは、以下のいずれかの方法でお申込みください

○入会申込みフォームにて

○FAX・郵便にて (PDF)

○各職場に研究会連絡員等がおられる場合は、連絡員を通してお申込みください

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



連絡先・申込み先

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

図-5

ビジョンを意識する

合 屋 英 之*
(Hideyuki GOUYA)

昨年、回覧で回ってきた業界紙で、四半世紀にわたって農業農村整備（NN）の広報に携わってきた方の投稿文が目にとまった。筆者は、さなえマーク導入の仕掛けから始まり、NN関係者であれば誰もが見たことのあるサイトやビデオを手掛けてこられた方である。この投稿文では、行政はなぜ広報が苦手なのかという題目で、我々が広報の本質を理解していないことについて、どのように理解していないのか、なぜそうなったのか、コトの本質は何かといったことを民間と行政の広報業務に携わってきた経験をもとに、分かりやすく解説されていた。

この中で、民間と比較して行政には、職員それぞれがゴールイメージを明確に描けていない、意識していないことがあるのではないかと所見が述べられていた。あるプロジェクトの遂行において、実現すべき姿（ゴールイメージ）である「理念」とそれを具体的数値等で表した「目標」、この二つを併せたものがいわゆる「ビジョン」であるが、このビジョンを具現化し実現させるため、「戦略」をもって、「戦術」（計画）を適切に実行する。ここで、ビジョンが明確な企業は秀逸な広報戦略なり経営戦略をもっており、社員すべてがビジョンを意識しているのだが、NNに当てはめてみると、ビジョンを明確に描き意識している職員はどれだけいるのか、農村のゴールイメージを実現する戦略であるはずのNNにおいて、事業そのもの、あるいは予算獲得が目的化している、とまでは言わないまでも、職員の多数はビジョン不在のまま戦略以下の空間内で動いているだけではないか、といったようなことが述べられていた。

農林水産省では、食料・農業・農村基本法における四つの基本理念の下に、農林水産業・地域の活力創造プランにおいて強い農業と活力ある農村の創出を掲げ、農業競争力強化プログラムにより農業を成長産業とし農業者の所得向上を図ることを目指している。昨年末に決定した概算予算と補正予算は、同計画と同プログラムに定められた施策を着実に実施していくためのものである。この中で競争力強化と国土強靱化を2本柱に施策を展開するNNにおいて、そのビジョンなり目指すものは、同プラン、同プログラムが掲げる農業を成長産業化させ農業者の所得向上を図ることであり、住みやすい農村づくりを通じて農村の活性化を図ることである。したがって、NNはビジョン実現のための戦略として、生産現場と生活空間の基盤整備の推進にあたり、生産コストの縮減に加え、存在する人や地域資源、生産・流通・加工など農村地域で行われている活動全体をみながら、農村地域で儲かる農業をどのように実現していくのかという視点が必要となってくる。もちろん現実をみれば、そのような視点に馴染まない地域もあるので、そこでは別のアプローチも必要となってくるだろうが、地域共同体を継続的に維持していくためには、同様のビジョンはあるべきだろうと思う。

これらについては、昨年度策定された土地改良長期計画において、農村協働力の発揮と深化により、産地の収益力向上あるいは地域特性に応じた新たな価値の創出によって地域経済の発展と所得向上を目指すことが示されており、また予算・制度の対応も図られているため、改めて説明すべきことではないのかもしれないが再認識をしたい。

ビジョンの主役は農業者であり、担い手なくして農業農村整備はありえない。担い手あるいは経営体の確保、育成に対する様々な課題を総合的にとらえ、各施策の適用を検討、提案していくとともに、NNは担い手が存分に力を発揮できる環境を整備し、農業農村の発展に向けた様々な機会を提供する。具体の事例として、様々な報文等で高収益作物や6次産業化の導入、それらを活用した地域活性化の取組など具体の提言がなされているので参考ができると思うし、内容の充実が図られている農村振興プロセス事例集は、ビジョンの実現に向け戦略的かつ計画的に取り組むためのツールとして、農業者の所得向上さらには地域の発展に必要な実践に基づいた貴重なノウハウが詰まっている。

今後、事業評価など対外的に事業の必要性や効果等を説明していく上で、所得向上は誰にも分かりやすい指標としてますます重要になっていくと考える。行政組織にとって予算と事業が重要なものであるがゆえに指標をより意識することが求められる。常にビジョンを意識し、地域営農や地域全体での経済活動、実現のキーワードである協働や連携といったことを視点におきながら、戦略の重要なツールである技術力を日々磨き、業務に取り組んでいきたい。

*東海農政局地方参事官（各省調整）

排水路整備による地下水位変動について

—国営かんがい排水事業「兵村地区」について—

岩 渕 雄 大* 前 川 和 義* 荒 木 美 裕*
 (Yudai IWABUCHI) (Kazuyoshi MAEKAWA) (Yoshihiro ARAKI)

目 次

1. はじめに	8	4. 地下水位変動状況検討結果	13
2. 現況地下水位	9	5. まとめ	13
3. 水理地質解析による予測	9		

1. はじめに

本地区は、北海道オホーツク総合振興局内の紋別郡湧別町に位置し、一級河川湧別川右岸の低平地に拓けた1,313haの農業地帯であり、全国有数の生産量であるタマネギを基幹作物とし、てんさい、小麦等の畑作による複合経営が展開されている。地域では、これまで排水路の整備は行われておらず、農地の湛水及び過湿による作物生産や作業効率の低下が生じているため、新たに排水路を整備し、農業生産性の向上及び農業経営の安定に資するため事業を実施している。本地区の主要工事は第1幹線排水路（柵渠方式）7.1km、第2幹線排水路（管渠方式）5.2km 総延長12.3kmの排水路を新設するものである。平成25年度から工事に着手し、平成30年度完了予定である（図-1）。

事業の実施により既設井戸の枯渇等が懸念されていたことから、工事実施に先立ち、地下水位変動予測を実施した。また、工事に着手する前年の平成24年度以降は地下水位変動を観測しながら事業を進めてきた。



写真-1 砂礫層

地区最上流部で確認された砂層と砂礫層の境界面。砂礫はφ=5~60mm程度の亜円~亜角礫を主体とする。

本報では、工事に先立って実施した地下水位変動予測について述べるとともに、工事実施中の地下水位変動状況及びこれまでの調査結果のとりまとめのために実施する効果検証調査の手法について報告する。



図-1 工事施工進捗状況



写真-2 井戸 (244地点)

兵村地区に見られる典型的な井戸(掘り抜き井戸)。内径は0.6m。

*北海道開発局網走開発建設部北見農業事務所
 (Tel. 0157-36-2371)

2. 現況地下水位

(1) 既存資料について

本地区では、排水路工事により、周辺地下水利用へ影響を及ぼす恐れがあったことから、工事着手に先立って、既存の営農用の井戸などの利用状況調査を行っており、地区の調査・設計時の業務成果のみならず、前歴事業時の調査資料、寒地土木研究所の報文、町の下水道工事資料などの既存資料の収集を行った。

(2) 現地調査について

周辺部を含めた地区内の表層地質調査を実施したほか、排水路の施工済み区間（第1幹線排水路 H25 年度施工区間）の縦断的な流量調査を実施した結果、上流部 R4 (No.8+30 (-830m)) で $6.3\text{m}^3/\text{min}$ の湧水が発生するが、排水流末付近 R1 (No.1+73 (-173m)) では $2.1\text{m}^3/\text{min}$ に減少し、湧いた地下水が再び地下へ還元(涵養)されることなどが確認された(図-2)。

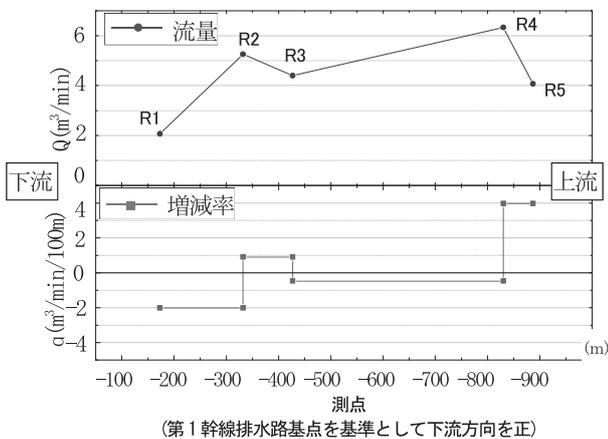


図-2 第1幹線排水路内 流量観測

(3) 観測データ解析について

地下水位の観測データを対象にタンクモデル(図-4)による再現解析を行った結果、水位変動特性は、降雨に対して鋭敏に反応し、湧別川水位と類似した変動傾向を示すグループ1【鋭敏変化型(G1)】、より緩慢な変動を示すグループ2【緩慢変化型(G2)】、及びその中間型に分類でき、それらが主に砂礫層の透水性に関係することを確認した(図-3)。

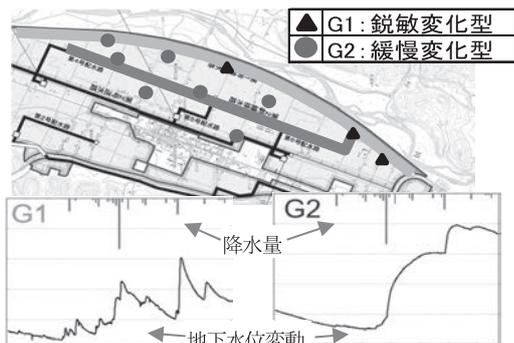


図-3 水位変動特性

タンクモデルの構造

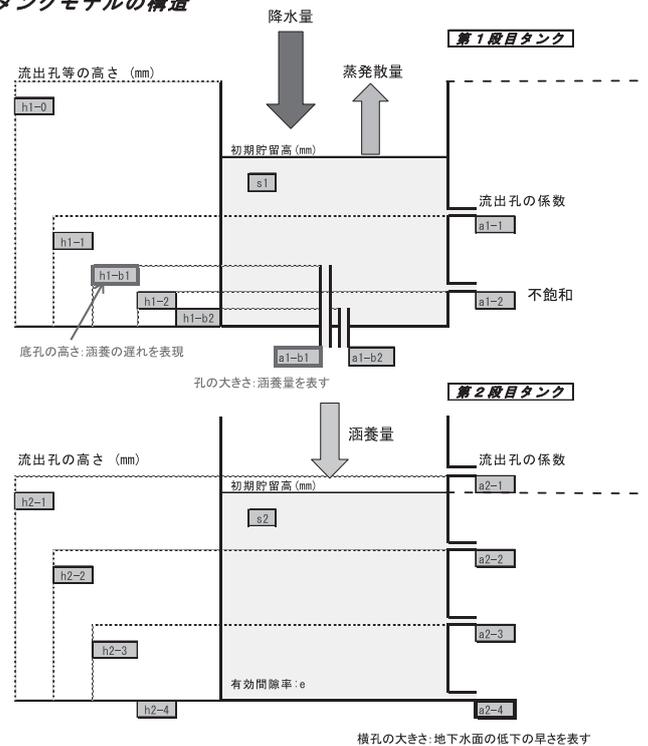


図-4 解析に用いたタンクモデルの構造

3. 水理地質解析による予測

(1) 水理地質構造

水理地質構造は、古第三紀の泥岩を水理地質基盤とし、その上位を覆う砂礫からなる氾濫原堆積物および旧河道堆積物が有力な帯水層を形成する。地下水面は平常時にこれら砂礫層中にある。氾濫原堆積物の透水係数は $1 \times 10^{-3}\text{cm/s}$ を中心としつつ値に幅があり、旧河道堆積物は $1 \times 10^{-2}\text{cm/s}$ 程度と非常に大きい。既往調査の透水係数に加え、井戸揚水量調査からも透水係数を計算し、統計的な評価ができるようにした。

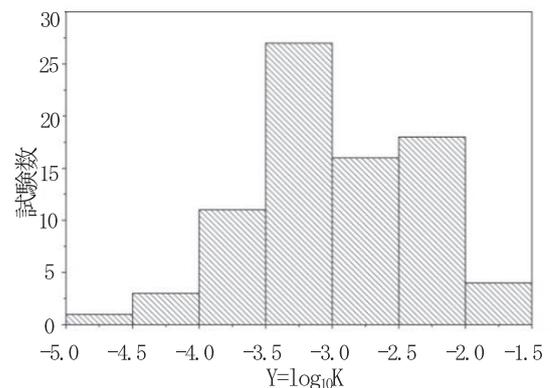


図-5 透水係数の対数ヒストグラム

既往地質調査および井戸揚水量調査結果から透水係数の範囲は、対数区分で-3.5~-3.0 ($3.16 \times 10^{-4} \sim 1.00 \times 10^{-3}\text{cm/s}$) がもっとも多く、次いで対数区分で-2.5~-2.0 ($3.16 \times 10^{-3} \sim 1.00 \times 10^{-2}\text{cm/s}$) となっており、透水係数(K)は対数的に4オーダーで変化し、砂礫層の強い不均質性を反映する。

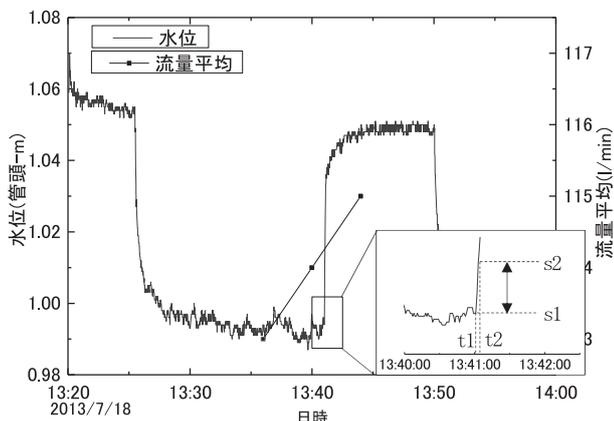


図-6 揚水量調査結果からの透水係数推定方法 (回復法)

(2) 透水係数の分布

解析で得た透水係数を上下流方向にプロットした(図-8)。バラツキは大きいものの、第1幹線排水路の起点を基準として上流方向に750mを中心として上流又は下流側に向い透水係数が小さくなる。また、河川堤防沿いの湧別川の旧河道位置に局所的に大きな透水係数を示す箇所が確認された(図-8でマーカーに○印を付けたプロット)。この透水係数分布を初期分布として三次元解析モデルを作成した。

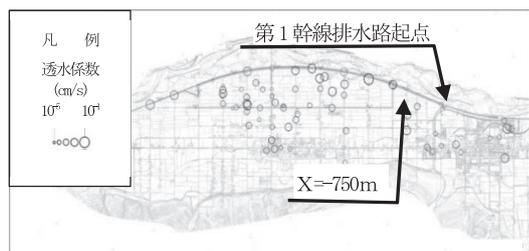


図-7 兵村地区 透水係数分布図

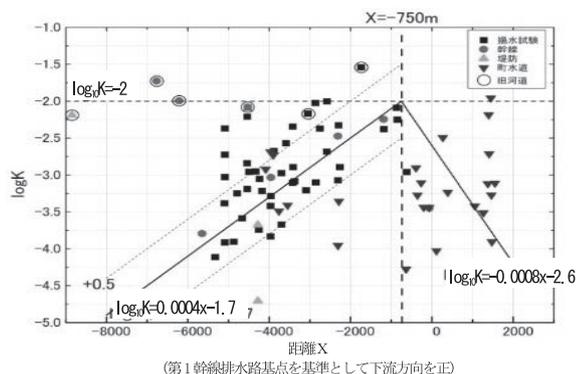


図-8 上下流方向での透水係数分布

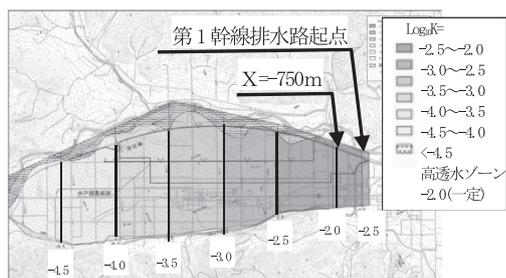


図-9 透水係数分布モデル図

(3) 代表地下水面図

井戸水位の経時変化を分析し、各観測井戸の平水位、濁水位(夏期)、最高水位(秋期)をそれぞれ設定し、各時期での代表地下水位等高線図を作成した。代表水位の決定作業の流れをフロー図(図-10)に示す。

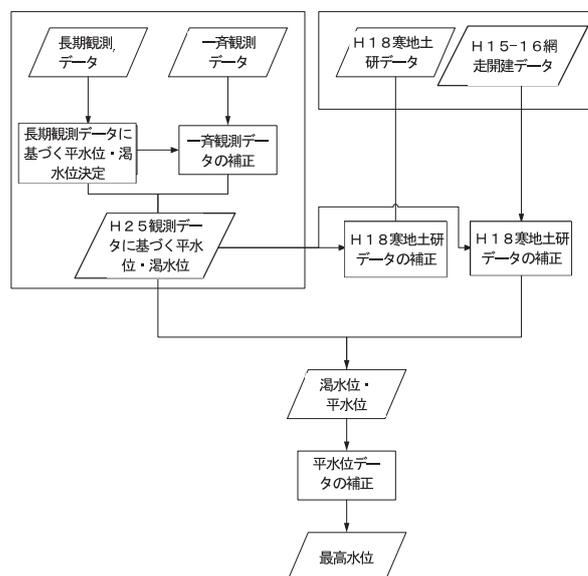


図-10 代表水位決定手順フロー

表-1 代表水位決定の元データと補正量

業務		濁水位 (平成25年7月~8月平均)		平水位 (中央値:平成25年11月平均)		最高水位 (平成18年10月平均)	
		元データ	補正量	元データ	補正量	元データ	補正量
平成25観測調査	長期観測	平成25年7月20日~8月19日 平均水位	-	中央値 平成25年11月13日を含む 11月の平均水位	-	平水位	+0.87
	一斉観測	平成25年8月12日、13日 観測水位	+0.02	11月一斉観測水位 (平成25年11月7.8日)	-0.09	"	"
平成15-16網走開建 (平成18寒地土研)	一斉観測	平成15年10月25日(1回目)の観測水位 (平成18年8月18日の日平均水位)	-0.01 (+0.10)	平成16年6月17日 観測水位 (平成18年9月25日の日平均水位)	-0.07 (+0.03)	"	"

解析例として、夏期濁水位の地下水位等高線図を示す。地下水の流れは主な方向は湧別川の上下流方向(北方向)で、動水勾配は1km当たり2~4m程度(0.2~0.4%)である。水位標高は兵村地区全体で12~42mで分布する、また地表から地下水面までの深度は概ね2~4mで、上流部では地形の高まり(扇状地形)から5m以上となる(図-11)。

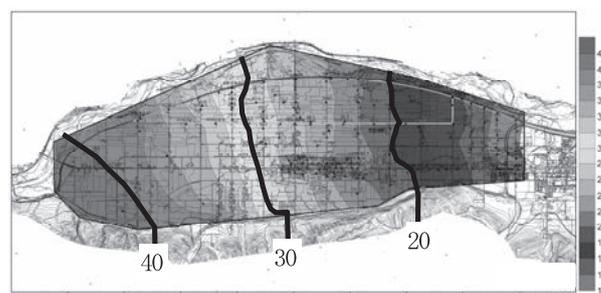


図-11 夏期濁水位 代表地下水位等高線図

(4) 浸透流解析

浸透流解析は、大きく解析モデル作成、現況再現計算、影響予測計算を下記のフロー（図-12）のとおり段階的に実施した。

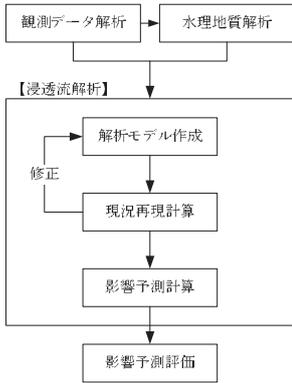


図-12 浸透流解析フロー

設定した解析モデル領域は、水平方向は地区全域（18.3km²）を含む南北約 8.5km、東西約 3.5km の範囲である。鉛直方向は上面を地表面、下面を低透水である水理地質基盤内の地下水流動が境界の影響を受けない十分な深さと考えられる標高 0 m とした。

水平方向のグリッドは、工事の影響を評価する範囲においては、10 m グリッドとし、その他は影響度合いを考慮し 20 ~ 50 m グリッドとした。鉛直方向のレイヤーは、水理地質基盤を為す泥岩などのレイヤーと、その上位を覆う礫質土を 5 レイヤーに細分（1 レイヤー 1 ~ 2 m 程度）した、計 6 レイヤーとした。なお旧河道堆積物と氾濫原堆積物は、深度方向に対しては明瞭な透水性の変化が確認されなかったことから、連続した 1 レイヤーの帯水層中の透水性が異なるゾーンと捉えることができる。

境界条件は、周囲を取り囲む湧別川、中土場川には各々の実測河川水位を設定し、地表面には降雨・融雪による涵養境界（タンクモデル）を設定した。なお、下流側には水路から地下への浸透が確認されるため、浸透量を再現できる水頭を与えた。

第 1 幹線排水路は、開水路構造として、掘削期間中に地下水面より深く掘削した場合には、周辺から排水路へ地下水が流出する。埋め戻し後も排水路底面と帯

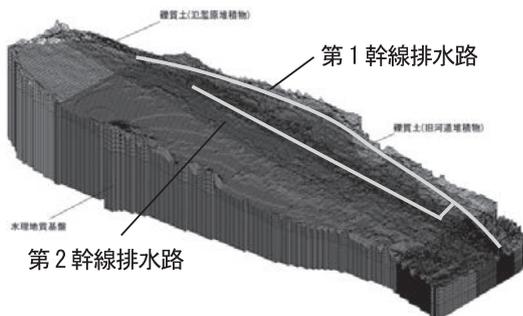


図-13 モデルグリッド図

水層の連続性が保たれるため、地下水面が高い時期には排水路底面から地下水が排出される。

第 2 幹線排水路は、管水路構造として、掘削期間中のみ地下水が流出するが埋め戻し後には帯水層との縁が切れ、地下水面が高い時期においても地下水の流出は抑えられる（図-14）。

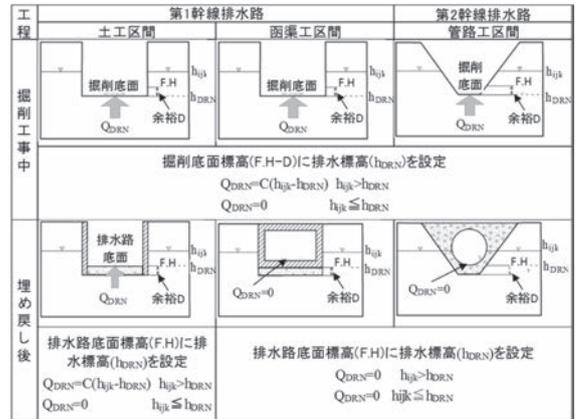


図-14 工事区間の模式横断面

【STEP 1: 地下水面による評価】地下水涵養量をタンクモデルによる平均値（1.55mm/day）として透水係数分布パターン（図-16 に示す K1 ~ K7）を定常解析し、地下水位が地表面以下となる透水係数（K5 ~ K7）を採用した。

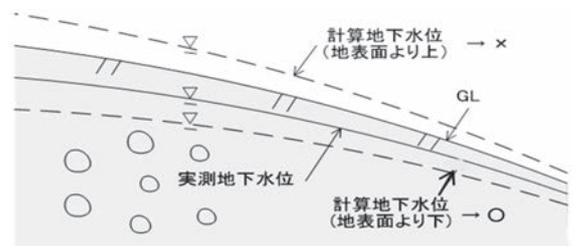


図-15 地下水位による再現性判定 模式図

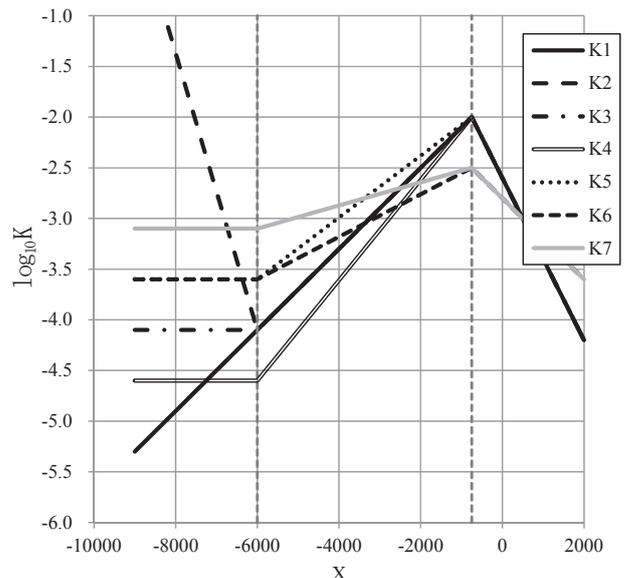


図-16 現況再現計算用 透水係数パターン (K-1 を基本パターンとする。)

【STEP 2：透水性の異方性】透水性の自然地盤の異方性の影響を考慮し、K1（3.（2）で定義した透水係数分布）を基本パターンとして異方性が無い場合、上下流方向が3倍の場合、又は左右岸方向が1/3の場合の3パターンで非定常解析を行った。観測水位との再現誤差^{*}を評価した結果、最も再現性が高かったのは、透水係数パターンK7を採用し、異方性を上下流方向で3倍とした場合であった（図-17）。

※定常解析における再現性の評価には下式に示す平均誤差(ME)と、二乗平均平方根(RMSE)を用いた。

$$R_i = H_{cal} - H_{obs} \quad ME = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_i \quad RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_i^2}$$

R_i : キャリブレーション残差, H_{cal} : 計算値,
H_{obs} : 観測値, n : データ数

透水係数	K5			K6			K7		
	Kx=Ky	Kx×3	Ky×0.3	Kx=Ky	Kx×3	Ky×0.3	Kx=Ky	Kx×3	Ky×0.3
2013/11/7	-0.12	-0.12	-0.12	-0.04	-0.01	-0.04	0.02	0.01	0.02
2013/12/9	0.27	0.07	0.27	0.43	0.28	0.43	0.43	0.22	0.43
2014/1/23	0.4	0.07	0.4	0.63	0.33	0.63	0.57	0.24	0.57
2014/2/27	0.45	0.11	0.45	0.72	0.37	0.72	0.62	0.29	0.62
2014/5/1	-0.08	-0.45	-0.08	0.3	-0.14	0.3	0.29	-0.13	0.29
2014/6/4	0.15	-0.34	0.15	0.61	0.02	0.61	0.55	-0.03	0.55
2014/7/9	0.22	-0.24	0.22	0.71	0.09	0.71	0.59	0.04	0.59
2014/8/8	0.2	-0.36	0.2	0.77	0.04	0.77	0.62	-0.01	0.62
2014/9/2	0.25	-0.32	0.25	0.85	0.06	0.85	0.66	-0.01	0.66
2014/10/9	0.26	-0.3	0.26	0.87	0.07	0.87	0.63	-0.02	0.63
2014/11/6	0.29	-0.2	0.29	0.84	0.11	0.84	0.6	0.04	0.6
2014/12/4	0.26	-0.19	0.26	0.75	0.11	0.75	0.51	0.05	0.51
平均	0.21	-0.19	0.21	0.62	0.11	0.62	0.51	0.06	0.51

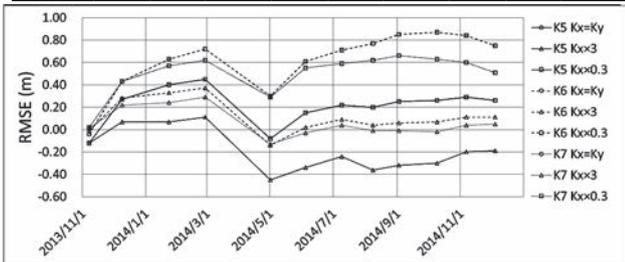


図-17 平均誤差MEの時間分布 (網掛け：最小値)

透水係数	K5			K6			K7		
	Kx=Ky	Kx×3	Ky×0.3	Kx=Ky	Kx×3	Ky×0.3	Kx=Ky	Kx×3	Ky×0.3
2013/11/7	0.39	0.42	0.39	0.27	0.28	0.27	0.23	0.22	0.23
2013/12/9	0.49	0.43	0.49	0.54	0.44	0.54	0.52	0.34	0.52
2014/1/23	0.57	0.35	0.57	0.75	0.47	0.75	0.68	0.37	0.68
2014/2/27	0.6	0.34	0.6	0.83	0.5	0.83	0.73	0.42	0.73
2014/5/1	0.39	0.56	0.39	0.49	0.3	0.49	0.45	0.26	0.45
2014/6/4	0.58	0.56	0.58	0.85	0.36	0.85	0.71	0.23	0.71
2014/7/9	0.71	0.52	0.71	1.03	0.41	1.03	0.77	0.2	0.77
2014/8/8	0.81	0.6	0.81	1.19	0.56	1.19	0.91	0.41	0.91
2014/9/2	0.74	0.52	0.74	1.19	0.4	1.19	0.86	0.21	0.86
2014/10/9	0.88	0.59	0.88	1.32	0.48	1.32	0.88	0.24	0.88
2014/11/6	0.8	0.43	0.8	1.28	0.42	1.28	0.85	0.23	0.85
2014/12/4	0.7	0.37	0.7	1.17	0.37	1.17	0.77	0.27	0.77
平均	0.64	0.47	0.64	0.91	0.42	0.91	0.7	0.26	0.7

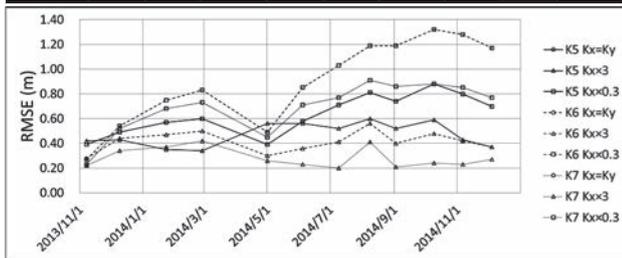


図-18 平均二乗根誤差RMSEの時間分布 (網掛け：最小値)

【STEP 3：貯留係数 (有効間隙率:Sy)】STEP 2で設定した透水係数に対して、沖積砂礫層の一般的な値(表-2)を基に貯留係数(有効間隙率:Sy)を0.1, 0.15及び0.2の3パターンとし、再現性を確認した結果、最も再現性の高かったのは貯留係数(有効間隙率:Sy)を0.1とした場合であった。

表-2 有効間隙率参考値(未固結地盤)⁴⁾

地層	間隙率	有効間隙率	地盤	間隙率	有効間隙率
沖積礫層	35	15	洪積砂礫層	30	15~20
細砂	35	15	砂層	30~40	30
砂丘地層	30~35	20	ローム層	50~70	20
泥粘土質層	45~50	15~20	泥層粘土層	50~70	5~10

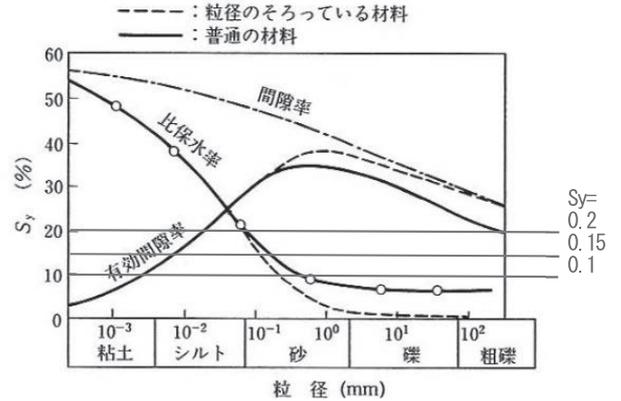


図-19 地層別の有効間隙率の事例

貯留係数	ME			RMSE		
	Sy=0.10	Sy=0.15	Sy=0.20	Sy=0.10	Sy=0.15	Sy=0.20
2013/11/7	0.01	0.05	0.07	0.22	0.23	0.23
2013/12/9	0.22	0.3	0.35	0.34	0.41	0.45
2014/1/23	0.24	0.32	0.38	0.37	0.44	0.49
2014/2/27	0.29	0.38	0.45	0.42	0.5	0.56
2014/5/1	-0.13	-0.28	-0.4	0.26	0.36	0.47
2014/6/4	-0.03	-0.04	-0.07	0.23	0.22	0.23
2014/7/9	0.04	0.13	0.18	0.2	0.25	0.29
2014/8/8	-0.01	-0.12	-0.18	0.41	0.35	0.35

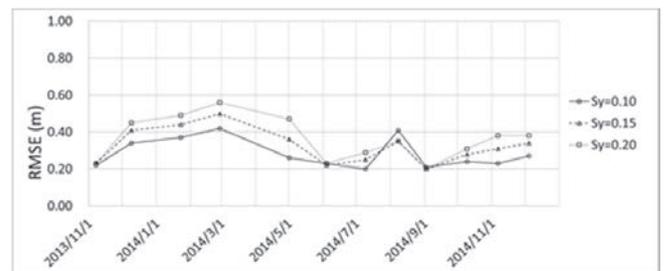
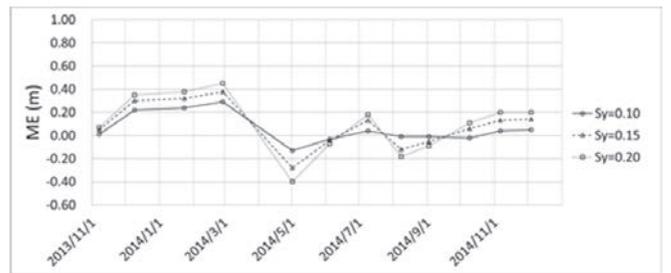


図-20 平均誤差ME(上)と平均二乗根誤差RMSE(下)の時間分布(網掛け：最小値)

(5) 再現性の検証

影響予測の再現性を検証するため、第2幹線排水路の工事を開始した平成25年12月14日時点における観測値と予測値の水位差をコンターマップにより比較した(図-21)。

最小自乗誤差(RMSE)は平均0.28mあるため、完全な一致は見ないが、合流工を中心とした水位低下のピークが広がる範囲は概ね再現できた。

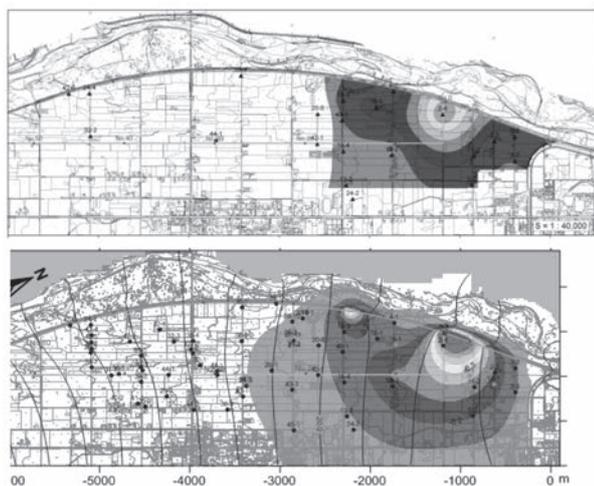
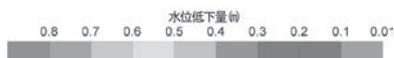


図-21 冬期渇水位を基準とした水位低下分布の比較
(上図:観測値,下図:計算値,平成25年12月14日時点)



(6) 影響予測評価

工事開始後の検証により再現性を確認したモデルを使用し、工事実施による事業完了までの影響を予測した。

第1幹線排水路のNo.31付近の工事施工により、湧別川の河道に近接することから、最大0.5~0.6mの水位低下が、掘削深が深くなる合流工付近では、0.8m程度の水位低下が生じる(図-22)が、影響範囲はピーク時において約100m以内に収まっており、その後、水位低下量及び影響範囲も縮減する(図-23)。

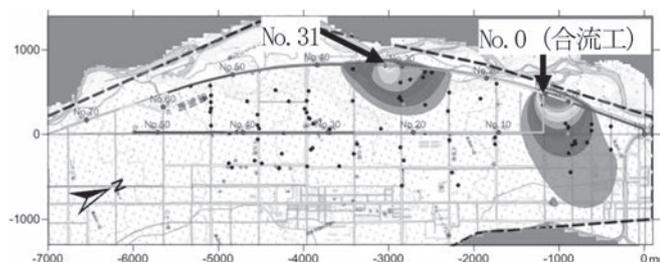


図-22 工事実施による影響予測結果
(No.24~41施工時)

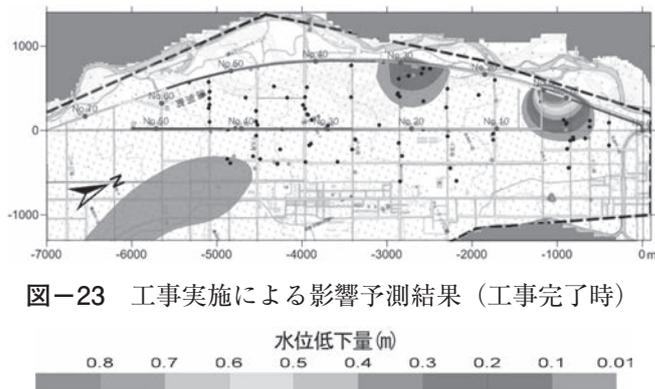


図-23 工事実施による影響予測結果(工事完了時)

4. 地下水位変動状況検討結果

再現性の得られたモデルを使用し、工事実施による事業完了までの影響を予測したところ、湧別川の河道に近接した箇所では最大0.5~0.6mの水位低下が生じるが、影響範囲はピーク時において約100m以内に収まっており、その後、水位低下量及び影響範囲も縮減する。という結果が得られた。既設井戸に与える影響は少なからず有るものの、事業推進、完了後についても深刻な問題が生じる可能性は低いと考えられる。

5. まとめ

平成28年度に簡易的に実施した調査及び検討では、調査期間及び数量も少なく、定量的な結果を得ることはできなかった。

しかし、平成28年8月に最大時間雨量21.0mm(20日12:00~21日17:00雨量105.5mm[湧別地点])を記録する豪雨が発生した際、地区内のは場が冠水したが一兩日中に解消された。また、地域の営農者からも、排水路整備前より1週間以上早く降雨後の防除作業に取りかかれたなどの声が聞かれ、定性的ではあるが、事業の実施による効果が確認されている。

今後は事業完了に向け、地下水位計測など既往の調査を継続するとともに、地下水変動解析又は排水解析などを用いた事業効果の定量的な評価が可能かを検討して行きたい。

【参考文献】

- 1) (財)国土開発技術研究センター：地下水調査及び観測指針(案)
- 2) (公社)日本地下水学会：地下水シミュレーション~これだけは知っておきたい基礎理論
- 3) MARY P. ANDERSON：地下水モデル~実践的シミュレーションの基礎
- 4) (社)土木学会：水理公式集

天竜川下流二期地区における耐震対策

－地区調査にて耐震照査を検討－

福永智雄*
(Tomoo FUKUNAGA)

目 次

1. はじめに	14	6. 設計地震動の設定	16
2. 検討方針と留意事項	14	7. 耐震照査手法の検討	16
3. 検討対象施設	15	8. 耐震照査箇所の検討	16
4. 健全度の確認	15	9. 地質調査	17
5. 重要度区分の決定	15	10. まとめ	17

1. はじめに

関東農政局 西関東土地改良調査管理事務所では、国営天竜川下流農業水利事業（昭和42年度～昭和59年度）で造成された農業水利施設の改修を目的とする「天竜川下流二期地区」の着手に向けて、昨年度より地区調査を開始したところである。

本地区の上流域に位置する天竜川左岸導水路および右岸導水路は、農業用水のみならず上水道・工業用水にも利用され、地域の生活や産業を支える重要な用水施設であるが、本地域は、東海地震や東南海・南海地震により甚大な被害が発生する可能性があるとしており、静岡県では、平成23年に発生した東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）を教訓とし、また、国が実施した「東海」「東南海」「南海」の3連動地震である南海トラフ巨大地震の被害想定を踏まえ、第4次地震被害想定を策定し、大規模地震への対策を講じている。

本地区調査の実施にあたっては、大規模地震に際して農業水利施設本来の機能が失われることに伴う直接的な被害や周辺地域への二次災害を未然に防止し、あるいは最小限にとどめるという対策が重要であり、地元からも大規模地震に対する天竜川下流地区の土地改良施設の安全性向上について、強く求められている。

国営天竜川下流農業水利事業で造成した土地改良施設について、耐震性能照査手法等の検討を行うために、学識経験者等で構成する「大規模地震対策検討委員会」を設置・運営しており、ここでは、検討方針や対象施設、耐震性能照査の考え方等についての概要を述べる。

2. 検討方針と留意事項

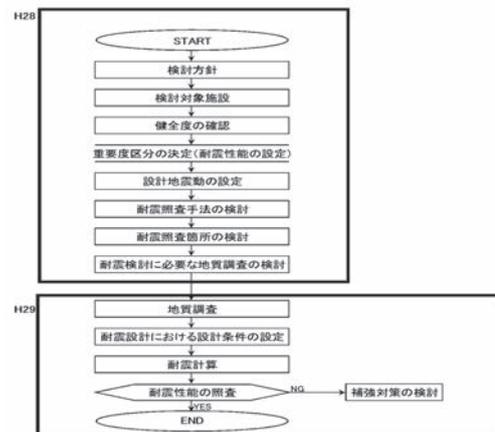
1) 国営土地改良地区調査「天竜川下流二期地区」で策定する事業計画書（案）への反映を目的とした耐震照査を実施する。

2) 検討の元となる基準等は、「土地改良事業計画基準『水路トンネル』」及び「土地改良事業設計指針『耐震設計』」とする。

しかし、土地改良事業設計指針「耐震設計」にはトンネル工に関する耐震設計の考え方が記載されていない。

このため、土地改良事業計画設計基準及び運用・解説「水路トンネル」で土かぶりの小さい坑口等や地質不良区間での対策事例や上工水と共有する水路トンネルは重要度が高いとされていることを踏まえ、委員会を立ち上げ、耐震性能照査を実施している事例を参考に進めることとする。

3) 上・工水の共有区間を検討対象とすることから上・工水の基準等にも留意。



図－1 導水路トンネル部耐震照査の流れ

* 関東農政局西関東土地改良調査管理事務所
(Tel. 0537-35-3449)

3. 検討対象施設

「天竜川下流地区」の基幹施設であり、上・工水と共用施設となっている左右岸導水路を構成するトンネル、暗渠、サイホン、開水路のうち、「水路トンネル」や「耐震設計」に明確な耐震照査手法のないトンネル区間を対象とする。

なお、その他の暗渠、サイホン、開水路については過年度迄の調査で耐震調査を実施している。

対象施設	施設名	工種	規模	延長(m)	備考	
左岸導水路	-	サイフォン	サイホン	φ3600	413.54	
	-	暗渠	暗渠	2r-3r-3r(r=1800)	389.53	
	○	1号トンネル	トンネル	2r-3r-3r(r=1800)	1929.37	
	-	2号暗渠	暗渠	□3500×3500	106.00	
	○	2号トンネル	トンネル	2r-3r-3r(r=1800)	2971.68	
	-	以降、開水路、暗渠、サイホン等			4218.49	
	合計			10028.61		
右岸導水路	○	1号トンネル	トンネル	2r-3r-3r(r=2000)	917.89	
	-	暗渠	暗渠	2r-3r-3r(r=2000)	111.93	
	○	2号トンネル	トンネル	2r-3r-3r(r=2000)	2806.57	
	-	阿多古川サイフォン	サイホン	□3100×3100	180.00	
	○	3号トンネル	トンネル	2r-3r-3r(r=2000)	1107.96	
	-	以降、開水路、暗渠、サイホン等			3067.38	
	合計			8191.73		

図-2 導水路施設一覧表

4. 健全度の確認

1) 導水トンネルと地質

①左岸導水路

左岸導水トンネルは、1号トンネルの上流側約3分の2が右岸導水トンネルと同様の変成岩類であるが、その下流は新第三紀泥岩及び白亜紀混在岩（四万十帯）が主な掘削対象であると推定される。この他、中生代の砂岩・粘板岩・チャートも含まれている可能性もある。

トンネルタイプは、亀裂のあるやや風化した岩または軟岩が約65%、亀裂のあるやや風化した岩・風化岩、破砕体、硬土が約35%である。右岸導水路に比べ良好な地山の比率が少ない。

②右岸導水路

右岸導水トンネルは、変成岩類を掘削対象としている。比較的良好な地質でトンネルタイプは、亀裂のあるやや風化した岩または軟岩が約80%、亀裂のあるやや風化した岩・風化岩、破砕体、硬土が約20%である。

2) 健全性の確認

トンネル区間の耐震照査について、近傍の「三方原用水二期地区」で現況施設の機能診断による健全度評価結果を用いた検討を実施していることから、本地区でも同様に健全度の評価結果により健全度を確認した。

①目視調査による全体の評価

トンネル覆工面の変状についての全体評価としては、全体にジャンカが確認された。また、コー

ルドジョイントを起因とするひび割れが多く、天竜川側面での漏水・ひび割れが目立つ。施工目地には、溶脱物が目立ち、目地の角欠けも多い。以上の変状の進行はないことからトンネルの構造維持に対して大きな問題はないと思われる。

②コア圧縮強度試験及び内部カメラ撮影

圧縮強度 28.9N/mm² 以上であり問題ない。なお、内部カメラ撮影により覆工背面の空洞が確認された。

③トンネルレーダー探査調査

調査対象範囲でほぼ全線に覆工背面に空洞が確認された。また、覆工巻厚調査結果の最小値は、設計巻厚以下であることが確認された。

④結果

現況施設の機能診断でトンネル背面空洞が確認されていることから、耐震性能照査にあたり、影響を考慮する。

5. 重要度区分の決定

重要度区分については、「被災による二次災害」や「被災による本来の機能に与える影響」により、以下のとおり区分し、区分に応じて耐震性能照査の必要の有無を検討する。

極めて重要度が高い施設	A種
重要度の高い施設	B種
被災の影響が少ない施設	C種

図-3 種別分類

なお、重要度区分による耐震照査を検討する。

重要度区分	レベル1	レベル2
A種	実施	実施
B種	実施	必要に応じ実施
C種	実施しない	実施しない

図-4 耐震照査

また、重要度区分による耐震性能を検討する。

重要度区分	レベル1	レベル2
A種	健全性を損なわない	致命的な損傷を防止する
B種	健全性を損なわない	対象外
C種	対象外	対象外

図-5 耐震性能

これにより、導水路について、重要度区分を決定する。

施設名	延長(m)	基幹施設の重要度評価				総合評価	備考
		二次災害への影響	応急復旧の難易度	上水	工水		
サイホン	413.54	A	A	A	A	A	
暗渠	389.53	A	A	A	A	A	
1号トンネル	1929.37	C	A	A	A	A	
2号暗渠	106.00	A	A	A	A	A	
2号トンネル	2971.68	C	A	A	A	A	
1号トンネル	917.89	C	A	A	A	B	A
暗渠	111.93	A	A	A	A	B	A
2号トンネル	2806.57	C	A	A	A	B	A
阿多古川サイホン	180.00	A	A	A	A	B	A
3号トンネル	1107.96	C	A	A	A	B	A

図-6 重要度区分

6. 設計地震動の設定

耐震設計に用いる地震動は、構造物の種別、地域特性、構造物の固有周期、地盤特性を考慮し、適切に設定する必要がある。

1) 耐震設計の地震動

レベル1地震動：施設の供用期間内に1～2回発生する確率を有する地震動

レベル2地震動：発生確率は低いが、地震動強さの大きな地震動

2) 本地域の想定地震動

本地区の受益地域が東南海・南海地震に係る地震防災対策の推進に関する特別措置法、東南海・南海地震防災対策推進地域に指定されていることから、想定地震動は「静岡県第4次地震被害想定」の地震動を利用する。

区分	駿河トラフ、南海トラフ沿いで発生する地震
レベル1の地震・津波	東海地震 東海・東南海地震 東海・東南海・南海地震 (マグニチュード 8.0～8.7)
レベル2の地震・津波	南海トラフ巨大地震 (マグニチュード 9.0程度)

図-7 地震・津波区分

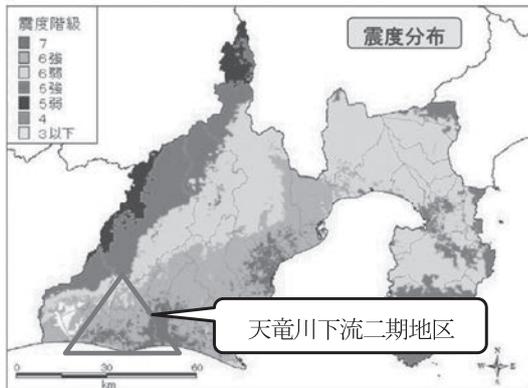


図-8 レベル1深度分布

7. 耐震照査手法の検討

都市部山岳工法トンネルの覆工設計－性能照査型設計への試み－を参考に、トンネルも地下構造物であることから、地下構造物の耐震計算法で検討する方針とした。なお、トンネルの設計法は、トンネルの表層地盤と基盤との位置関係により選定することとした。

トンネルの設計法は、トンネル周辺の地盤が一様及び水平と想定し、トンネルの表層地盤と基盤（せん断弾性波速度 300m/sec）との位置より選定する。

基盤面より上に位置する場合：応答変位法

全体または一部が基盤内：FEM 応答震度法

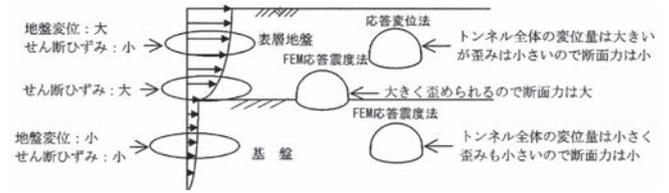


図-9 断面力の関係断面図

8. 耐震照査箇所の検討

1) 箇所選定の基本方針

耐震照査解析には、I地震力、地盤条件（地盤種別）、II構造物種（構造形式）等が解析結果に大きく係わる。構造物（地盤を含む）の揺れは、地震動の大きさ、周期特性や構造物の固有周期に支配される。構造物は固有周期つまり「質量とばね」から決まる特定の周期で震動し、地中構造物の固有周期は地盤種別と相関する。

断面照査は、トンネルの表層地盤と基盤($V_s=300\text{m/s}$)との位置、土かぶり及びトンネルタイプ別にグループ化し、選定した断面の照査によりグループや施設全体の耐震性能を評価することが効率的である。このため、代表地点の選定が重要となり、極力一断面で耐震照査を行うことにより、グループや施設全体を評価できる位置選定を目指すものとする。

2) 耐震照査箇所

①山岳工法トンネルで地震の被害が想定される箇所

トンネル標準示方書「山岳工法・同解説」(2016年制定 土木学会) P.151 によれば、安定した地山に存在する山岳部トンネルにおいては地震の影響を考慮する必要はないとされているが、地震被害事例によれば、トンネルが小土かぶり、未固結地山中、地質不良区間に存在する場合耐震照査箇所とする。

①トンネルが小土かぶり、未固結地山中に存在する場合

一般に、構造物は土かぶりが大きいほど上載荷重が大きくなり、荷重条件は危険な条件となるが、トンネルは土かぶりが大きくなるとグラウンドアーチ作用が働き、地山が安定する方向に働く。すなわち、土かぶりが小さいと地山のバランスが崩れ、地表まで崩壊が生じ、トンネルは過大な荷重を受けて安定を阻害される。したがって、この地山内部応力のバランスを図るために必要な土かぶりが最小土かぶりとして設定されており、「土地改良事業設計基準設計「水路トンネル」基準書 技術書」(H26.7 農林水産省農村振興局) P.17 より以下のおりである。土かぶりが小さくても地山が安定していればグラウンドアーチ作用によりトンネルにかかる荷

重は小さいが、事故事例は土かぶり小さい箇所が多いのも事実であり、この事故事例の多い坑口部のモデル的な断面として、無筋・鉄筋コンクリートライニングのトンネルのグラウンドアーチ作用を考慮しない最小土かぶり厚さDc区間の断面にて検討する。

区 分		岩トンネル	土砂トンネル
表掘り及びコンクリート吹付け断面		10 De、ただし 最小 30m	—
無筋コンクリートライニング断面 (無支保)		3 De	—
無筋コンクリートライニング断面 (有支保)		<u>2 De</u>	<u>3 De</u>
鉄筋コンクリートライニング断面 (有支保)	中間部	<u>1.0 De</u>	<u>1.5 De</u>
	坑口部	2m	3m

(注) ① De：トンネル掘削断面の直径 (m) (余掘りを含む)
② 土かぶり厚さはトンネル本体上端から地表までの高さ

図-10 トンネルの最小土かぶり厚さの標準

②地質不良区間 (Vs=600m/s 以下想定) に存在する場合

本地区の竣工時の資料としての地質縦断図面はなく、工事図面に記載された岩盤想定線のみでありトンネル区間は岩盤内に計画されていると想定される。

既存資料より、本地区の地質不良区間としてⅠ地層境界、ⅡDタイプ及びⅢ特殊な対策工法区間とする。Ⅱ、Ⅲについては機能診断の展開図より変状 (外力によるひび割れ) のある区間を選定する。

③結果

上述の考え方に基づき、地震の被害が想定される箇所 (耐震照査を行う) とする。最終的な照査断面の選定は、地質調査結果 (トンネルの表層地盤と基盤 (Vs=300m/s) との位置確認) 後に行う。

9. 地質調査

耐震照査検討箇所においてトンネル周辺の基盤面や土質定数を確認するため鉛直・水平ボーリング (一軸圧縮強度、変形係数、PS 検層) 及び弾性波探査を行う予定である (または、既存資料により把握)。PS 検層及び弾性波探査では、耐震設計上の基盤面となるVs=300m/s 以上のラインを確認する必要がある。

1) 地質調査位置の検討項目

地質調査の位置を決定するために必要な検討項目は以下のとおりとする。

- ①想定地山の地質
- ②トンネル構造 (無筋・鉄筋)
- ③土かぶり (最小土かぶりとの比較)
- ④トンネルタイプ
- ⑤機能診断結果から変状の有無

⑥施設設置で実施した特殊な対策

⑦地震の被害が想定される箇所

- ・土かぶり
- ・地質境界
- ・外圧によるひび割れの有無

2) 優先すべき調査箇所

優先すべき地質調査箇所の判定に当たっては以下の2点をポイントとする。

- ①トンネル被災 (崩落) による二次被害を与える
と想定される箇所
- ②同様な条件の場合はグループ化し検討箇所を絞る

10. まとめ

本事業の改修対象である天竜川左岸導水路および右岸導水路は、農業用水のみならず上水道・工業用水にも利用され、地域の生活や産業を支える重要な用水施設であるが、本地区の受益地域は、内閣総理大臣が指定した東海地震に関する「地震防災対策強化地域」及び「東南海・南海地震防災対策推進地域」に位置し、さらに、静岡県では、平成23年に発生した東北地方太平洋沖地震 (東日本大震災) を教訓とし、国の上記の流れを踏まえて、静岡県第4次地震被害想定の方策に取り組み、平成25年に第一次報告、第二次報告を公表し、その後も想定結果を補足更新しているところであり、地元からも安全性の向上を強く求められているところである。

こうしたことから、本地区調査の実施にあたって、関東農政局 西関東土地改良調査管理事務所では、大規模地震に対する天竜川下流地区の土地改良施設の安全性の向上に図るため、昨年度に引き続き、本年度も学識経験者等により耐震性能照査等の検討を行う「大規模地震対策検討委員会」において、新たな調査結果等を加えた地質の判定、設計条件の設定、耐震設計等の検討を進めることとしている。

【参考文献】

- 1) 土地改良事業計画基準『水路トンネル』
- 2) 土地改良事業設計指針『耐震設計』
- 3) トンネル標準示方書 山岳工法・同解説 (2016年制定 土木学会) P.151
- 4) 都市部山岳工法トンネルの覆工設計 - 性能照査型設計への試み -
- 5) 静岡県第4次地震被害想定

市野新田取水工 ～農林水産省「最後のダム」に水を送る

中西大介* 皆木和幸* 渡部 学**
 (Daisuke NAKANISHI) (Kazuyuki MINAKI) (Manabu WATANABE)

目 次

1. はじめに	18	4. 模型実験による設計	21
2. 柏崎周辺地区における農業の特徴と歴史	18	5. 市野新田取水工の建設	23
3. 市野新田取水工の概要	19	6. おわりに	23

1. はじめに

国営柏崎周辺土地改良事業は、新潟県中越地方の最西端に位置する刈羽平野において、柏崎市・刈羽村に広がる水田 3,590ha の用水不足等を解消する事業である。新潟県内で4番目の面積を有する刈羽平野は、米の生産が盛んな新潟県の中でも主要な穀倉地帯のひとつとして挙げられる。

本事業は、地区内に3つのダムを新設し、頭首工及び用水路等の新設、改修を行うことで、水需要の安定と合理化を図り、併せて関連事業により末端用水路等の整備及び区画整理を行って、大型機械化体系の導入を促進し、農業経営の近代化と営農の合理化を図るものである。

このうち、柏崎市内の二級河川「鵜川」周辺の970haの水田を用水受益とすべく建設されているもの

が、現時点での農林水産省「最後のダム」と称される市野新田ダムであり、平成32年度からの供用開始を計画している。

2. 柏崎周辺地区における農業の特徴と歴史

(1) 柏崎周辺地区の特徴

まず柏崎周辺地区においては、新潟県内の農業の多くがそうであるように水稲が基幹的作物となっている。米の農業産出額については、県内平均を上回る7割となっている。特に早場米の作付けが盛んなことで有名であり、例年、県内で最も早く田植えや稲刈りを行うことで紙面を賑わせている。

(2) 柏崎周辺地区の歴史と背景

刈羽平野の水田開発の歴史は古く、縄文晩期には稲作が始まり、自然河川や低湿地、湖沼付近で作付けが行われてきた。弥生時代になると鉄器が稲作に利用され始め、古墳時代にはため池を築堤し、水田面積が拡大することとなった。奈良時代には大和朝廷の勢力下に入り、水田開発が促進され、平安時代以降は干潟、低湿地での水田開発が進められた。

一方、これら水田開発が自由に進むにつれ、用水不足の問題が顕在化し、更には水系すべてを掌握できる権力者も存在しなかったことなどから地域としての一体的な新田開発、用水管理を行うことができず、農業用水の取水や配分方法を巡り、上下流間の争いが繰り返されてきた。これは現代においてもなお尾を引いており、用水のために流れた血の歴史と記憶はそれほど根深いものであることを認識させる。

近代の農業用水は、鯖石川、別山川及び鵜川、大小のため池群に依存してきていた。しかし、各河川とも流量が乏しく取水が困難であり、排水路を堰止めての反復利用等により農業用水の確保を図ってきたものの、夏は少雨の傾向であり、たびたび干ばつによる被害を受けてきていた。また、過去20～30年において

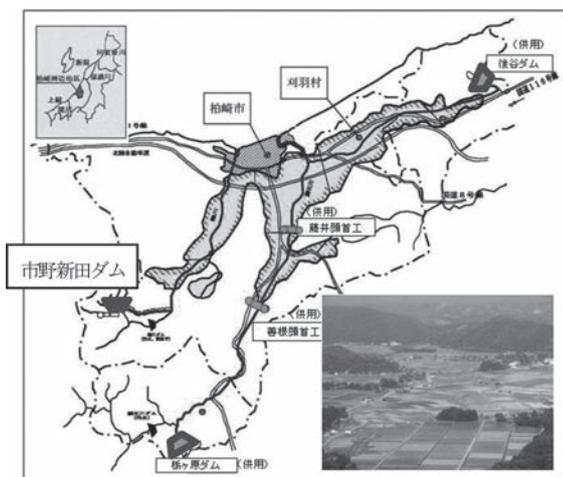


図-1 事業概要図

*北陸農政局柏崎周辺農業水利事業所
 (Tel. 0257-24-5731)

**北陸農政局関川用水農業水利事業所
 (Tel. 025-521-6040)

は米価の低迷に伴い、早生種からコシヒカリへの転換も進み、用水不足に拍車をかけてきた背景もあった。もっとも近年は、より売れる米づくりに向けて、多品種・高品質米の生産が取組まれ、早生種の割合も回復傾向にある。

(3) 国営柏崎周辺農業水利事業の着手

そもそも国営柏崎周辺土地改良事業計画の立案に当たっては、本地区の水源不足に鑑み、新規水源としてダムを基幹施設とした計画が必要であった。

本地区の主要河川は、鯖石川・鵜川に代表される二級河川であるが、いずれも流域が狭小で、かつ上流域は豪雪地帯であるものの、標高が低いといった特徴を有する。このため、効率的な貯水計画をめざし、一級河川である信濃川水系の黒川（現・長岡市）に1基のダムを築造し、地区内河川を横断的につなぐ導水路により、渇水期に不足水量を注水する方法が考えられた。

しかしながら、ダムサイト予定地点において、ダム軸標高より上位に地滑り層が存在したことや、ダム池敷に産業廃棄物処理場や埋め立て処分地の一部がかかることから、受益者の同意が得られず、この黒川でのダムの築造を断念することとなった。そのため、地区調査開始時点で、66箇所のダム候補地点を選定し検討を行ったところ、いずれも貯水量の制約が生じることから、1基のダムにより必要貯水量を確保する計画から、各水系（鯖石川・別山川・鵜川）それぞれにダムを築造する3ダム案の計画へと変更された。

このような背景を経て、生産基盤整備と高付加価値農業の推進により、経営規模の拡大や生産性の向上、コメの品質向上等、ひいては意欲ある農家や農業後継者の確保・育成、おいしい米づくりに寄与すべく、平成9年より国営柏崎周辺農業水利事業及び関連事業が実施されてきている。

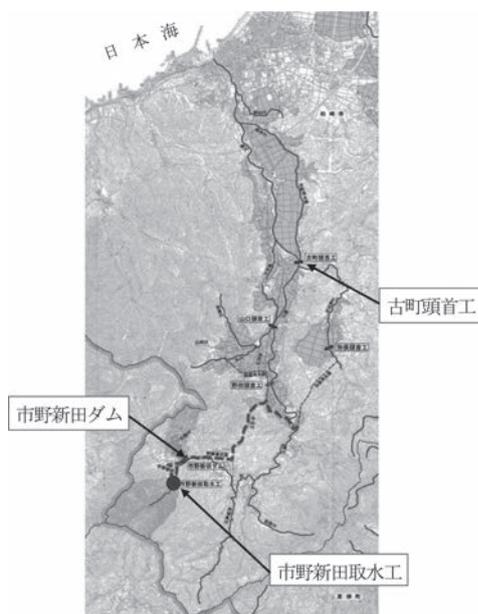


図-2 鵜川の位置関係

(4) 市野新田ダムの必要性

前述のとおり柏崎周辺地区においては、その必要な用水を中小河川やため池等に依存しているものの、各河川とも流量が乏しくひとたび干ばつとなれば取水が困難となる。このことは、市野新田ダムを建設している鵜川においても例外ではなく、慢性的な水不足に見舞われ、効率的な営農と良質米の安定的な生産の支障となっている。

鵜川では、河川流量が少ない夏場においては、河口から3km地点まで塩水遡上が発生し、鵜川最下流の頭首工である古町頭首工の下流にある揚水機場では用水の取水ができなくなる。また、用水確保のため反復利用を行っているものの、降雨待ちの状況になってしまう。

また鵜川は、流域が狭いため河川流量が乏しく、県内一級河川の比流量（※各地域から流れ出る水量を、その流域の面積で除したもの）と比較し、1割程度の比流量しかなく、河川から十分なかんがい用水を取ることができない。

更に、柏崎においては、年間降雨量は2,400mmと多いものの、かんがい期（4～8月）に限るとその降雨は月平均100mm台と年間降雨量の3割を下回り、降雨による必要水量の確保ができないため、非かんがい期にかんがい用水を貯留することが必要となる。実際に古町頭首工では、かんがい期間を通じて水量が不足しており、特に最も農業用水が必要な夏場には、必要水量の半分程度しか取水できない状況にあることが取水実績をみると分かる。

このような状況のため、鵜川流域を含む柏崎周辺地区では慢性的な水不足が発生しており、事業実施前・ダム供用開始前には食味評価においても一等米比率においても県内平均より落ち込む傾向が見られた。また、不足する農業用水を補うため、番水や排水路をせき止めての反復利用を行っており、反復利用を行うポンプの運転経費は年々増加傾向にあった。

このような状況を改善するため、市野新田ダム、そしてダム貯水のための間接取水を行う施設である「市野新田取水工」の建設が進められているところである。

3. 市野新田取水工の概要

(1) ダム建設地の選定

市野新田ダムの建設計画においては、既設ダムの高上げを含め12地点の候補地を選定し、適地としての比較検討を行った。

その結果、基礎地盤や断層の影響、経済性を考慮した結果、「水源開発費が最も安価でダム効率がよい」、「左右岸とも安山岩火砕岩の露頭が見られ、地滑り地形は見られない」、「ダム標高が高く、水利用の利点が高い」等の理由により、現在の市野新田ダムの位置が

選定された。

結果、新潟県柏崎市の南端、標高約 240m に位置する農業利水専用ダムで、二級河川鵜川水系の支川石橋川を直接の水源とした。

(2) 間接取水の必要性

ただし、市野新田ダムは石橋川最下流の鵜川との合流直上流に築堤されることとしたものの、流域が狭小(1.2km²)であり、有効貯水量 160 万トンの貯水池に貯水を行うことが困難である。このため、ダムサイト近傍の鵜川本川流域(3.2km²)を間接流域としてダムに導水することとした。

この施設を「市野新田取水工」と呼び、また取水工からダムまでのパイプライン 0.94km を「市野新田導水路」と呼んでいる。

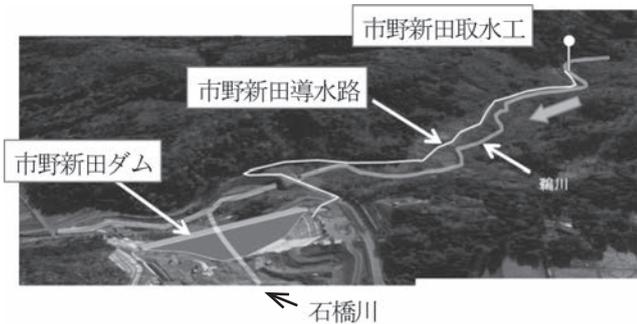


図-3 ダムと取水工の位置関係

なお、この間接取水については柏崎周辺地区では既の実績があり、供用開始済みの後谷ダムにおいても「甲戸(こうど)取水工」が設けられ、ダムへの貯水に一役担っている。

(3) 市野新田取水工にまつわる経緯

取水工を建設する鵜川は、新潟県が管理する二級河川であり、更には下流において新潟県が治水のための鵜川ダムを建設中である。また、取水工は、事実上鵜川の最上流に建設されることとなり、農業用水を中心とした多数の下流水利権者との調整が必要となる。

国営事業所では、平成 18 年頃から地権者、河川管理者である新潟県の他、関係機関と調整を実施してきた。



図-4 取水工建設予定地

当初、国営事業所としては、渓流部での取水となり、また積雪によりアクセスが困難となって予定管理者による管理が冬期間は行えない立地であることなどから、取水工をバースクリーン複合方式(いわゆるチロル型式)とし、取水を行う構造を検討していた。

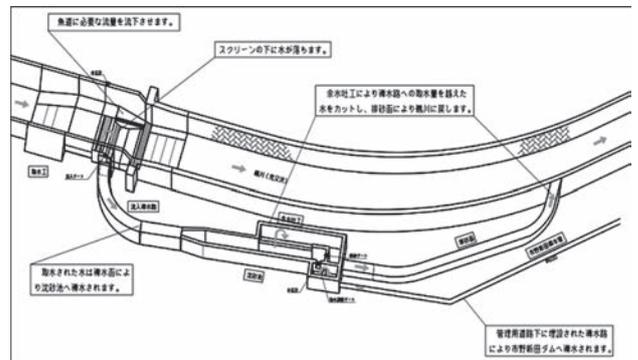


図-5 取水工(当初案)概要図

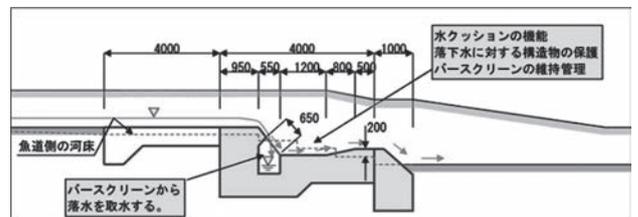


図-6 取水工(当初案)断面図

礫等によるスクリーンの目詰まりへの対応は必要となるものの、取水側からすると河川流量の多寡にかかわらず取水でき、取水可能量を上回る河川水がスクリーン内に落ち、一見すると河川が途切れるようにも見えるが取水量以上の水は下流の余水吐から再び河川に自動的に戻る構造となっている等、これらの点においてチロル型式は優れており、前述の先行した甲戸取水工もチロル型式で建設されている。

しかしながら、元々ダム周辺の地権者・営農者は鵜川にある既存の堰より取水しており、つまり市野新田ダムが建設されるまではダム地点周辺の既得権者が鵜川最上流での水利権者であり、「まず自分達が使って、余っている水をダムに貯めさせ、下流に使わせる」という認識があった。実態としてダムは主に冬期間に貯水を行う一方、下流水利権者は主にかんがい用水として河川水を取水しており、水理計算上も既得権者に影響はないものと計画されていた。

チロル型式では上述の「取水する側」からのメリットが多くあるものの、水量によってはほぼすべての河川水がいったんバースクリーン下に流下し、必要量を取水後、河川に余水が帰ることとなり、またその水量も当然これまでより少ないもの(ただし河川維持流量は満たすもの)となる。

繰り返しになるがダムのための主たる取水時期と、地元のかんがい期は重ならないものの、ダムの受益者

ではない地元集落から「余った水を我々に使わせるのか」「鶴川に水を返すといっても地面下で見えない」「すべてダムに取水されてしまうのではないかとチロル型式に対して、ひいては取水工工事に対して反対意見が出たのは当然とも言える。

そのため、鶴川の水が途切れることの無いよう、下流水利権者の取水に影響がでないよう、主要な流れは下流に流下させ、更には河川流量が一定流量以上の場合にのみ取水でき、特定量かつ一定量までしか取水できない取水構造を検討することとなった。

(4) 取水工の概略設計

まずチロル型式を採用することができないことで、その対案として側方取水方式を採用することとし、下流水利権者との合意を得た。

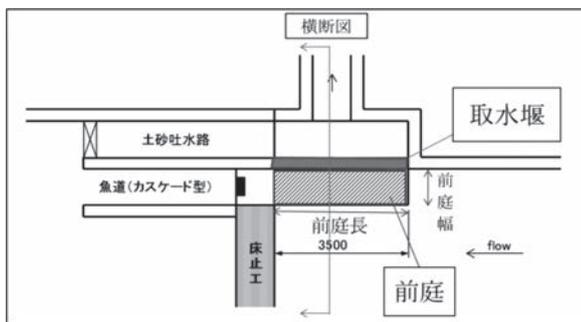


図-7 側方取水方式原案
(右が上流で、上が右岸側の取水口)

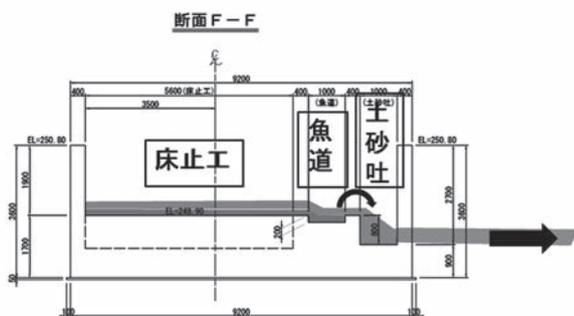


図-8 取水部断面図
(左側が左岸、右側が右岸で余水吐につながる)

しかしながら側方取水方式では、当初計画のチロル型式に比べ、河川流況の変化により必要取水量を確保できるか、そもそも流速の速い溪流で安定的に取水できるかどうかの想定が通常の設計では困難である。

更には「事業計画の最大計画取水量 $0.36\text{m}^3/\text{s}$ の取水」、「河川維持流量である $0.092\text{m}^3/\text{s}$ の流下」がそれぞれ両立可能か検証する必要があった。

このため、取水工付近で想定される水理条件下において、取水工のミニチュア模型を製作し、水理模型実験を実施することとした。

また、模型は(国研)農研機構に協力頂き、農村工学研究所(当時)に製作し、実験を行った。

4. 模型実験による設計

(1) 模型実験の概要

模型は主として河川流量変化時の取水量の確認を行うこととし、取水堰、床止工、土砂吐水路、魚道、沈砂池、余水吐とした。模型縮尺は1/5とした。

取水における条件は以下2点である。

①取水工での計画最大取水量は $0.36\text{m}^3/\text{s}$

②河川維持流量 $0.092\text{m}^3/\text{s}$ 以下では取水しない

また、模型製作にあたっては取水量等の予測が困難であるため基本設計の図面を元に模型を作成した後、必要取水量及び河川維持流量が確保できる構造とするため、トライアル&エラーで改良を加えていくこととした。また模型製作時には、3～4月の融雪期を除くと取水口地点の河川流量が概ね $0.1 \sim 0.6\text{m}^3/\text{s}$ であることから、河川流量 $0.6\text{m}^3/\text{s}$ 時に $0.36\text{m}^3/\text{s}$ を取水できる構造を目指して、模型を製作した。



図-9 模型全体像

(2) 模型実験における模型の改良

実験の結果、河川流量が維持流量である $0.092\text{m}^3/\text{s}$ を超えるまで、河川水はすべて魚道から下流に流下し、取水口へは流入しないことが確認された。



図-10 魚道を流下する河川水

更には、河川流量が $0.2\text{m}^3/\text{s}$ となっても側方へ全く流れず、取水できなかった。河川流量を増加させても取水量は微々たるものとなってしまう、これは河川水が射流となるため、側方への取り入れが困難となるものと判断された。また、魚道流下能力が維持流量

0.092m³/s に比して過大であることが分かった。なお、構造を大きく変えることはせず、取水堰と前庭の延長を伸ばしたものの、水量が大きく増えることはなかった。

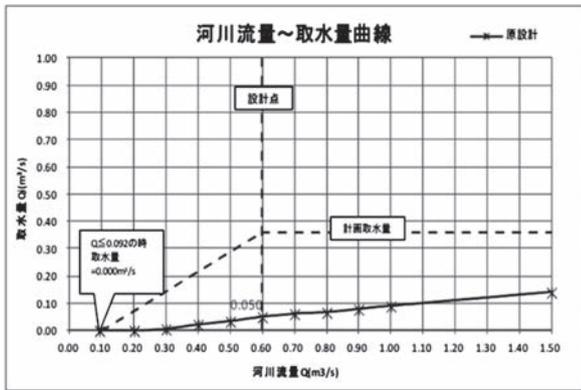


図-11 原設計による取水量

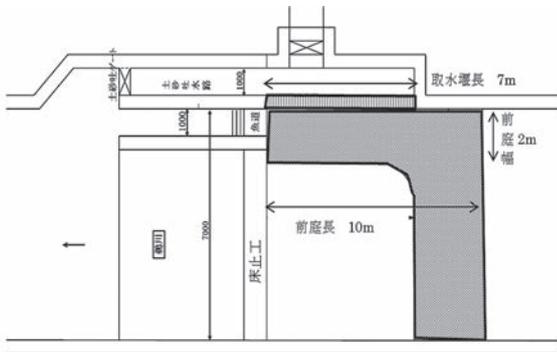


図-12 改良設計案
(アミかけ部分が一段低くなっている)

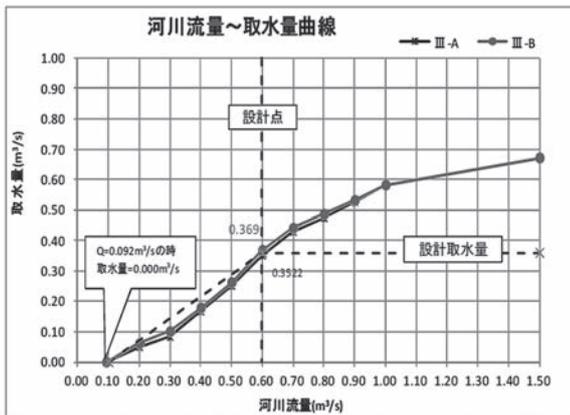


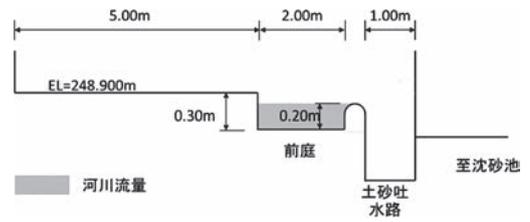
図-13 改良設計案による取水量

このため、改良案として前庭を右岸側、取水堰の前だけではなく、河川を横断させL字とし、水量が少ない時にも取水口側に集水させ、また斜流になった河川水を滞留させる構造とした。

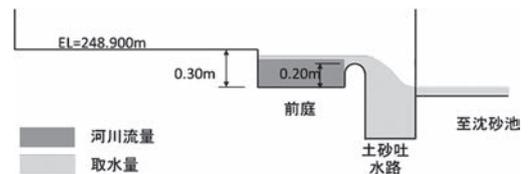
模型の改良結果としては良好となり、河川流量が維持流量 0.092m³/s を越えるまで河川水はすべて魚道から流下し、河川流量 0.6m³/s 時には 0.36m³/s 取水するという目標を達成することができたため、これを取水

工の基本構造とし、地元説明や河川協議の準備に入ることとなった。

①河川流量：少 (0.092m³/s 以下) の場合



②河川流量：中 (0.092m³/s 以上) の場合



③河川流量：多の場合

(余水は余水吐から河川に戻る)

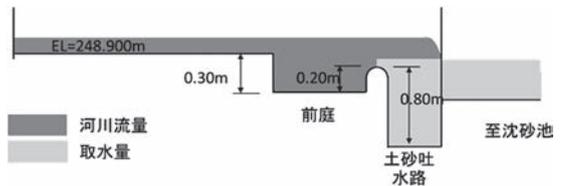


図-14 河川流量によって変化する流況

(3) 下流水利権者への説明

模型実験により最終の改良案となったことを受け、下流水利権者や関係者に農村工学研究所(当時)に足を運んで確認をして頂いた。その際に、取水口が少々大きいのではないかという議論がなされ、これを狭めることとし、微調整を繰り返し何度も地元農家を戸別に周ってご意見とご理解を頂いた。

その結果、下流水利権者からの理解を得、地元の水利組合の総会で取水工建設を認めることが決議され、引き続きダム建設に協力して頂けることとなった。

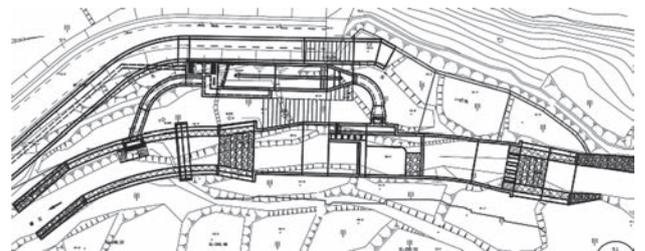


図-15 市野新田取水工の最終図面
(図面右が上流となる)

5. 市野新田取水工の建設

かくしてついに着工へと至った市野新田取水工であるが、平成 28 年度には本体工事中の河川仮廻し用の水路を設置した。

取水工周辺については、鵜川の最上流であることから、1m を超える転石が河川内はもとより、掘削時にも大量に出現することが考えられた（現にそうなる、現場内の仮置き場はさながら庭石が陳列されているようになった）。

河川仮廻しのルートについてボーリング調査だけでなく、弾性波探査による調査を行い、施工性、経済性を十分に検討した上で転石による施工への影響を最小限に抑えながら完了させることができた。

そして、平成 29 年度の雪解けから河川の仮廻しの切替を行い、その後、本体工事に着手しているところである。施工においては、下流水利権者である水利組合及び漁協との調整を行い、可能なかぎり濁水を河川へ流さないよう留意するとともに、模型実験に足を運んで頂いた方々にも、模型のとおり取水工が施工されているか直接確認して頂きながら進めているところである。

そして、取水工の本体工事については平成 29 年度末までに約 7 割の進捗となっている。

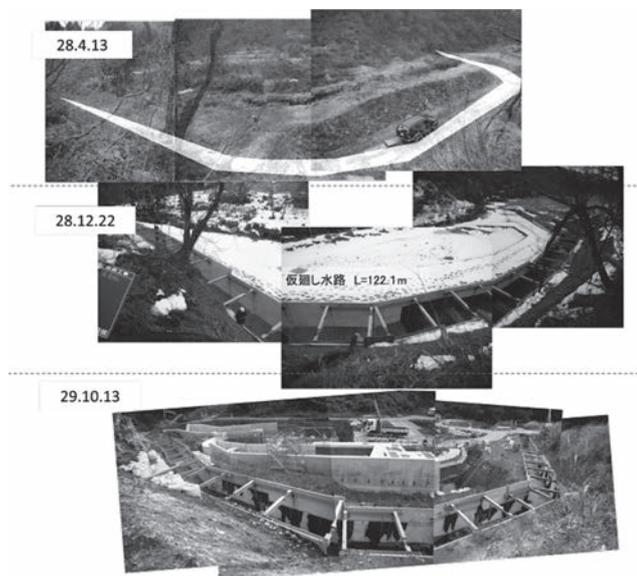


図-16 取水工施工現場

6. おわりに

市野新田ダムは平成 30 年度から試験湛水を開始し、31 年度に完成、翌年度より供用開始の予定である。その取水施設である市野新田取水工及び市野新田導水路も、ダムの試験湛水が始まる 30 年晩秋の前には完成する必要がある。山間部の無人地帯であるため電化が必要であり、また観測機器や通信機器・通信網の整備

も 30 年度中に完了する必要がある。

市野新田ダムの完成を今か今かと待たれている農業者の方々の期待も高く、下流ではまだまだ湿田や担い手・後継者不足に悩まされている地区もあるものの、ダムによる用水確保にあわせて、末端水路やほ場の整備、水田の汎用化、高収益作物への転換の取組等も、急ピッチで進められてきている。

昨年は、市野新田取水工の本体施設とも言える市野新田ダムのダムカードの配布を行った。農業用を含めて柏崎市内 8 基のダムが協力し、スタンプラリーを実施、2 千人以上に参加頂いた。市野新田ダムのカードは「工事中」の期間限定カードで、好評のなか完売となった。このカードの配布に協力して頂いたのが、まさにダムや取水工建設に長年御意見を頂いていた下流水利権者の皆様であり、また工事中ということもあり、配布場所のない市野新田ダムのカードを集落内の「綾子舞会館」で配布して頂いた。今後、新しいダムカードも配布予定であるのでダムマニア・ダムカードマニアの諸兄弟におかれては首を長くして待っていて頂きたい（「水と土」掲載の段階で、既に配布開始している場合は御容赦願いたい）。



図-17 旧「市野新田ダム（工事中）」カードと柏崎ダムマップ（配布終了している）

国営事業としても平成 31 年度の完了まで残すところ 2 年である。農林水産省「最後のダム」として、最後まで事故なく恙なく終わることを祈って結びの挨拶にかえさせて頂く。

※本稿を借りて、本取水工の設計に当初から携わって頂き、しかしながら工事の完成を待たずに亡くなられた(株)葵エンジニアリングの故・松浦昭広様に改めて哀悼の意を表するとともに、謹んで故人の御冥福をお祈り致します。

庄川放水路（舟戸口工区）その8工事の住宅近接区間における函渠布設について

片山 靖志* 米田 直孝* 渡邊 幸治*
 (Yasushi KATAYAMA) (Naotaka YONEDA) (Koji WATANABE)

目 次

1. 庄川左岸地区の概要	24	4. OSJ 工法について	26
2. 工事概要	25	5. OSJ 工法の施工管理	27
3. 函渠布設工法の検討	25	6. おわりに	28

1. 庄川左岸地区の概要

庄川左岸地区は、富山県西部の一級河川庄川と小矢部川に囲まれた砺波平野に位置し、高岡市、砺波市、小矢部市、南砺市にまたがる農地面積約6,200haの稲作を中心とした農業地帯である（図-1参照）。

地区内の水路は用排兼用水路で、庄川用水合口堰堤から取水した用水を農地に供給するとともに流域排水を受けながら樹枝状に分岐・合流を繰り返し、小矢部川へ排水しているが、近年、都市化の進展による流出形態の変化により、農地湛水や農業用排水施設等の被害が増大している。

このため、国営総合農地防災事業及び附帯県営事業により、農業用排水施設の流下能力を本来有する機

能に回復し、農地の湛水、農業用排水施設等の被害を防止することにより、農業生産の維持及び農業経営の安定を図り、併せて国土の保全に資することとしている。

国営事業は、平成21年度に工事に着手して、庄川放水路（新設・改修6.9km）、荒又排水路（新設7.3km）、岸渡排水路（新設・改修4.7km）の3路線を整備してきた。

このうち庄川放水路については、既設水路の改修により流下能力を高めるとともに、各々の水路を新設水路で繋ぐことにより庄川へ流域変更を行い、流域内被害の未然防止を図るものとしている。庄川放水路の工事施工にあたっては、下流より順次整備を進めており、供用開始区間では事業効果を発現している。

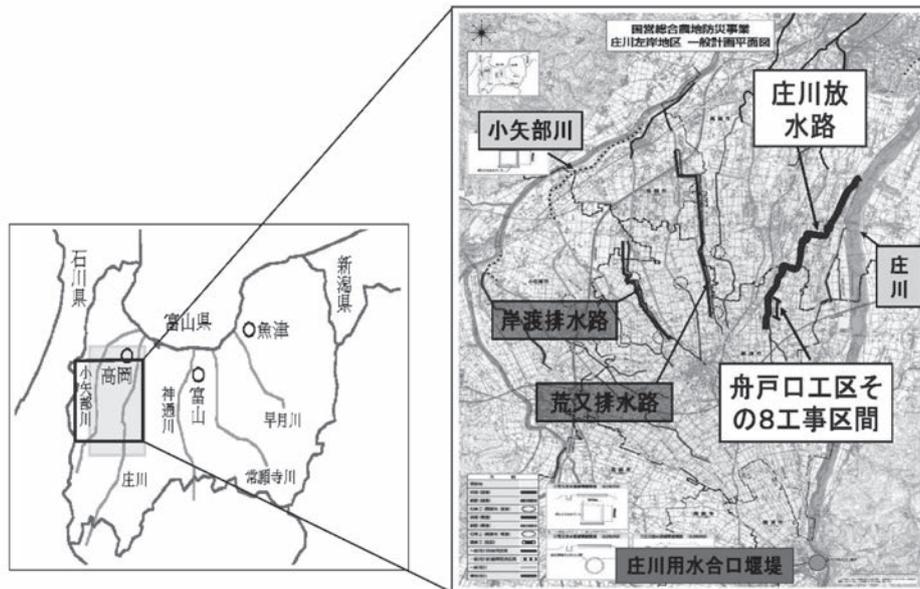


図-1 庄川左岸地区全体図

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

2. 工事概要

庄川左岸農地防災事業庄川放水路（舟戸口工区）その8工事（以下、「当工事」という）は、計画排水量 $Q=21\text{m}^3/\text{s}$ を鉄筋コンクリートL形水路、プレキャストボックスカルバート水路（函渠）の2連水路により流下させる延長208mの工事で、平成28年8月から平成29年3月にかけて工事施工を行った。（図-2、図-3参照）。

当工事では、住宅近接区間62mの函渠布設にオープンシールド工法の一つであるオープンシールドジャッキング工法（以下、「OSJ工法」という）を用いた。本報ではOSJ工法の採用経過、施工管理について報告する。

3. 函渠布設工法の検討

住宅近接区間の函渠布設にあたり、両岸に住宅地が隣接しているため、縦断方向しか施工ヤードが確保できない現場条件より、当初は建て込み簡易土留を行う計画であった。

しかし、施工前の工事説明時に左岸側の団地住民より、盛土による団地造成のため、施工中の振動で盛土地盤が緩むとの意見が出されたことから、低振動の工法とする必要が生じた（図-4参照）。以上の現場条件を踏まえて再度整理し、表-1の①～⑤の施工条件を満たす布設工法を検討した結果OSJ工法を採用した。

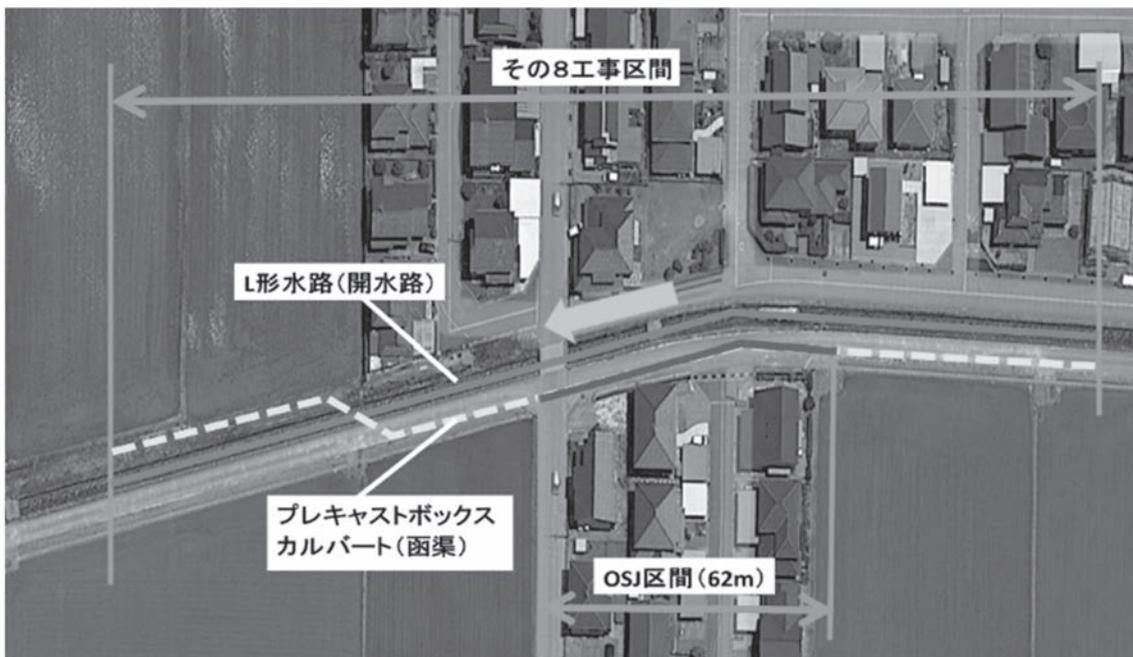


図-2 当工事の位置図

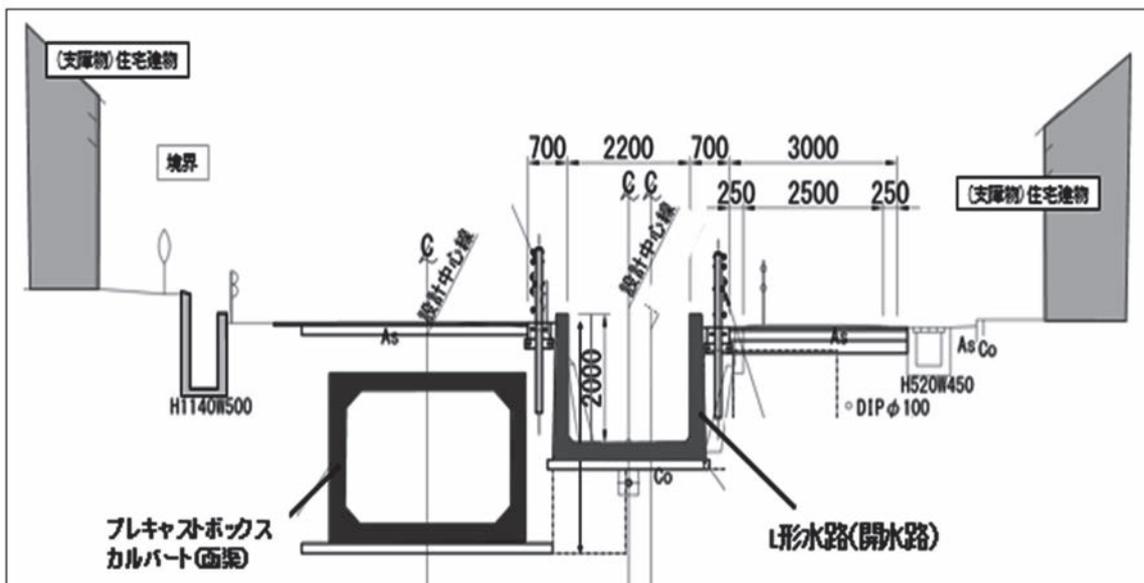


図-3 標準断面図

5. OSJ 工法の施工管理

現地発生土が玉石混じりの砂礫土であるため、(A)埋戻土の十分な締固め、(B)騒音・振動、(C)沈下が懸念されることから、以下の方法で管理することとした。

(A) 埋戻土の十分な締固めについて

当工事の技術提案はプレキャストボックスカルバート水路（函渠）の埋戻部が並行して布設する鉄筋コンクリートL形水路の基礎部となることから、プレキャストボックスカルバート水路（函渠）の埋戻しの品質確保が挙げられた。当工事ではその対策として、十分な締固めが均一にできるよう、現地発生土（最大粒径40cm）を自走式クラッシャで破碎し、粒径40mm以下の土砂を埋戻土として使用した。OSJ工法の埋戻においてもこの破碎土を使用し、ムラなく全体に締固めができるよう入念な施工を行った（図-7参照）。



図-7 OSJ工法による埋戻状況

また、OSJ設計・施工技術マニュアルの実験結果では、OSJ機テール部の引き寄せ幅を短くして締固め頻度を高めると乾燥密度が高まり、締固め度が向上するとの技術情報が紹介されており、引き寄せ幅が30cmの場合、締固め度が90%前後で推移するデータが示されている。このことから当工事においても引き寄せ幅を標準値の50cm以下から30cm以下で管理することにより、締固度の向上を図った（図-8参照）。

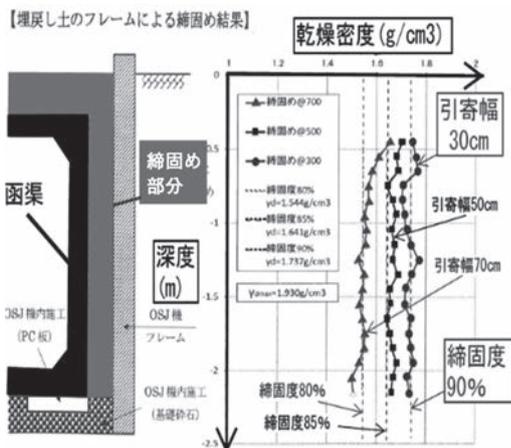


図-8 各深度における埋戻土の乾燥密度（実験値）
（引寄せ幅70cm,50cm,30cm時、碎石40mm-0mmを使用）

(B) 騒音・振動について

図-9に示す住宅近接箇所ではOSJ工法の騒音振動調査を行った。施工中はOSJ機が稼働期間中、1日に30分間の計測を行った。騒音・振動規制法における次の環境基準値を越えた場合は工事を中断することとした。

- 騒音：上端値L5の計測値が85dB以下
- 振動：上端値L10の計測値が75dB以下

（L5：測定時間の5% L10：測定時間の10%）

騒音測定と振動測定の結果（図-10、図-11参照）では環境基準値以下であることが確認でき、団地住民からの苦情もなく、工事を中断することはなかった。

(C) 沈下について

図-9に示す住宅近接箇所においてOSJ工法の沈下観測を行った。函渠の左岸側に並行して位置する既設水路（H1100-W500）の天端に観測点を設け、OSJ機の稼働期間中、作業前と作業後の1日2回変位を観測した。観測の結果、沈下は観測されなかった。

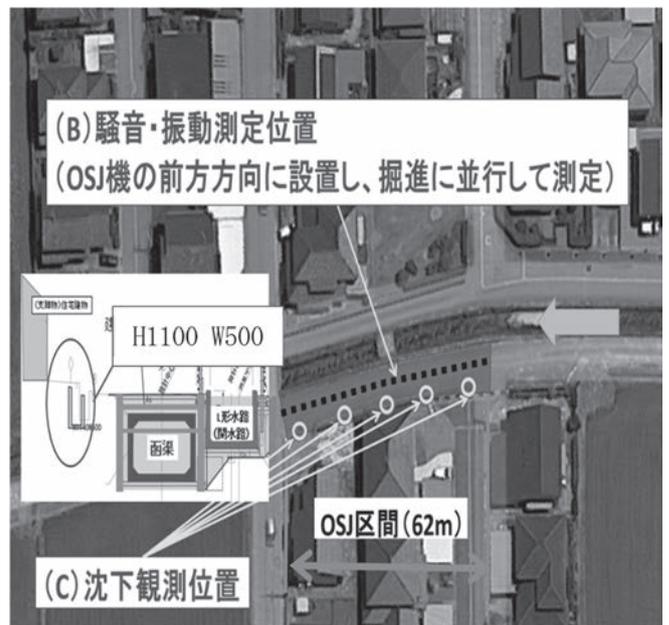
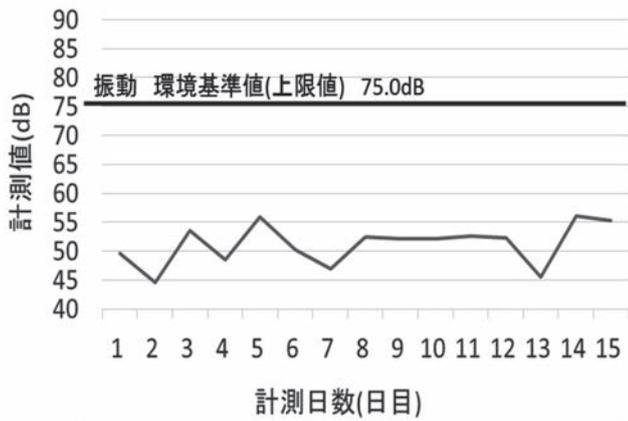


図-9 (B), (C) の測定位置



図-10 騒音調査結果



1 日の測定で、75dB 以上の計測値が合計 180 秒間(30 分間の 10%) ある場合→工事中断

図-11 振動調査結果

6. おわりに

本報告は住宅近接区間における函渠布設工法において OSJ 工法の採用経過、OSJ 工法の留意事項と施工管理について記したものである。受注者との綿密な施工計画の検討を重ね、地元住民への丁寧な説明を経て、無事に函渠布設と工事完了を迎えることができた。今後の同条件下における函渠布設の一助になれば幸いである。

【参考文献】

OSJ 工法設計・施工技術マニュアル(第 5 回改訂版)(平成 27 年 OSJ 協会発行)

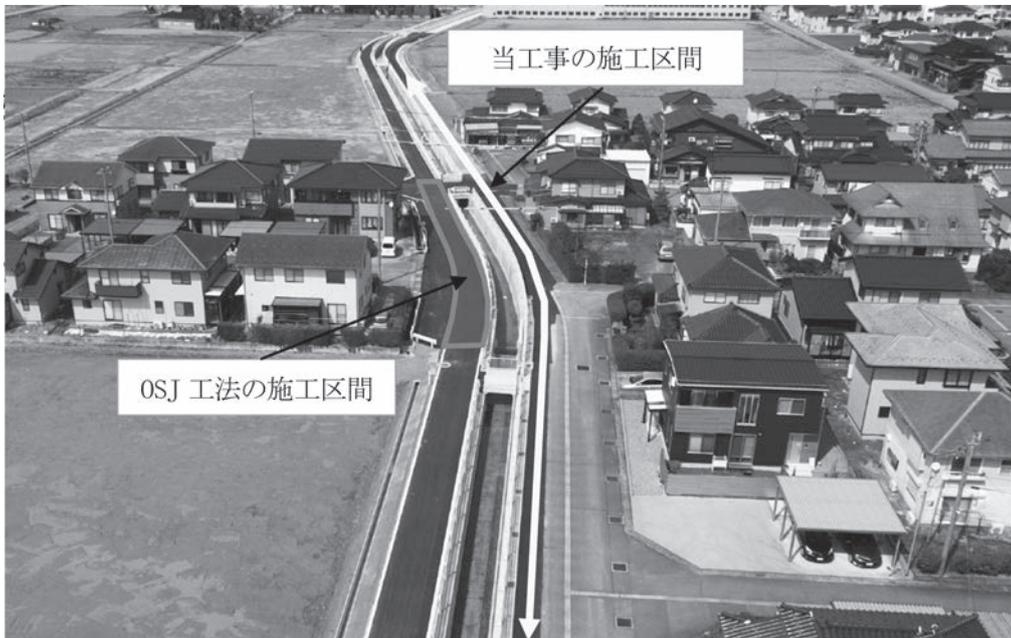


図-12 完成写真

水田魚道およびカエルの脱出ネットによる水田生態系保全の取組

河村年広* 佐伯晶子*
 (Toshihiro KAWAMURA) (Akiko SAEKI)

目 次

1. はじめに	29	4. カエルの脱出ネット	31
2. 水田魚道	29	5. 水田生態系保全の取組事例	33
3. 魚道付き転倒堰	30	6. おわりに	35

1. はじめに

水田生態系は、ドジョウ、メダカやカエル類など我々に馴染み深い多種の生物が生息する生物多様性の高い環境として注目されている。一方、ほ場整備等による乾田化や水路構造の変化が水田生物に大きな影響を与え、生息環境の減少と悪化が問題になっている。農業農村整備事業では、平成13年の土地改良法の改正を契機に「環境との調和への配慮」に関する多種多様な取組が実施されている。しかし、農家の減少や高齢化が進むなか、農業水利施設の維持管理の負担が増加する環境配慮施設の導入は大きな問題となっている。今後は、農家だけでなく地域住民の協働が重要であり、多面的機能支払交付金を活用した農村環境保全活動も期待される。

愛知県農業総合試験場（以下、愛知県農総試）では、水田生態系における自然再生と維持管理を地域で実践するための技術開発に取り組んできた。水田、農業水路や河川からなる水域ネットワークに生息する魚類は、繁殖や成育のためにそのネットワーク内を移動することが知られている^{1)~4)}。ところが農業水路の改修は、農業水路と農業水路間、農業水路と水田間に落差をつくり、魚類の移動の支障となっている（図-1）。特にコンクリートライニングされた水路は、流速が速く、水深が浅くなるため魚類の生息に適さない。そこで、愛知県農総試では、このような落差を解消する「水田魚道」（平成16年）と流速を低減し、深みを創出する「魚道付き転倒堰」（平成17年）を開発した。また、水田間や他の環境を移動して生活するカエル類は、水域と陸域のネットワークが必要である⁵⁾。ところが、改修され壁面が垂直なコンクリート製の水路は、吸

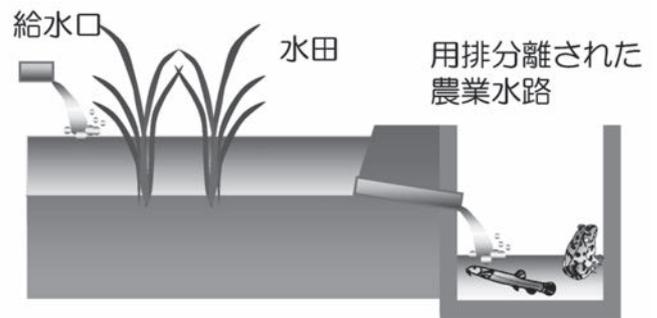


図-1 コンクリート水路に改修されネットワークが分断

盤のないカエル類が転落すると脱出困難となる（図-1）。そこで、「カエルの脱出ネット」（平成28年）を開発した。

本報では、これらの技術の特長と、県内の普及状況を紹介する。現地での取組事例については、水田魚道を取り入れ、環境配慮からブランド米の販売へと発展させた安城市榎前町について述べる。

2. 水田魚道

(1) 水田魚道の特長

開発にあたっては、少流量の通水で遡上効果が高く、施工と管理が容易であることをコンセプトとした。

構造は、ポリエチレン製半円形コルゲート管φ250mmを本体として、脱着可能な扇形様の板（以下、隔壁）をコルゲート管の溝に交互方向に差し込んだものとした（写真-1、図-2）。隔壁は、図-3のように回転することにより隔壁越流（図-2）の流速を任意で調節し、現地で流況を整えることができる。

コルゲート管は、既製品で入手しやすく、切断が容易で、軽量であるなど施工性に優れている。φ250mmのコルゲート管を使用して、隔壁を耐水ベニヤとした場合、1m当たりの材料費は約1万円、重さは3.5kgであった。また、維持管理は隔壁が簡単に

*愛知県農業総合試験場 環境基盤研究部
 (Tel. 0561-62-0085)



写真-1 水田魚道

取り外せるのでゴミや土砂等の除去が容易と考えられた。

このような水田魚道を用いた室内試験では、タモロコ、メダカ、ドジョウに対して遡上効果が高かった⁶⁾。魚類の遊泳能力には、通常の遊泳速度（巡航速度）と水流に向かって遡上する向流性の突進力がある。タモロコでは巡航速度が5～15cm/s、突進力が10～30cm/s、ドジョウではそれぞれ10～20cm/s、100～130cm/sと報告されている⁷⁾。

本水田魚道における通水量100ml/sでの隔壁間の溝部中央の流速は5～8cm/s、水深が5～7cm、隔壁越流部の流速は38.8cm/sであった。タモロコとドジョウの巡航速度と突進力から判断して隔壁間の溝部中央は魚類の待機場所となること（写真-2）、流れの速い隔壁越流部で遡上もできることを確認した。

水田魚道には農業用水を流すため、少流量で魚類が遡上できることが求められる。本水田魚道では通水量50～500ml/sの極めて少量の流水でタモロコ、メダカ、ドジョウが効果的に遡上することが確認された。

(2) マニュアルと普及状況

愛知県農総試では水田魚道の普及を図るため、平成21年に「水田魚道の設置・観察・管理マニュアル」を作成した。本マニュアルには、水田魚道本体の長さ、隔壁の枚数を現地の落差と水平距離から判断できる早見表や遡上魚をモニタリング調査するためのトラップの取り付け方、記録様式も掲載されている。本マニュアルを活用することにより、水田と農業水路の落差に応じて、柔軟に設置可能である。

本水田魚道は、平成18年からの10年間に愛知県内で39か所設置された。設置団体は多面的金機能支助の活動組織を始め、土地改良区、NPO団体と多岐にわたる。また、県外でも設置が進んでいる。

3. 魚道付き転倒堰

(1) 魚道付き転倒堰の特長

開発にあたっては、農業水路内に簡易に設置でき、水利機能を損なわず流速を抑えて深みを創出することをコンセプトとした⁸⁾。構造は、田中ら⁶⁾の半円形コルゲート管魚道を小型化し、転倒堰に付属したものである（写真-3）。降雨時に排水を速やかに下流へ流すため止水板は、水位が上がると水圧により倒れ、水位が下がるとおもりにより自動で復元する仕組みとなっている（図-4）。

現地実証試験では、魚道付き転倒堰の設置前まで生息数の少なかったオイカワやメダカが設置後に増加した。転倒堰の製作工事原価は、農業水路幅60cmの場合、約4万円と安価で、大規模な水路の改修は不要である。維持管理は月に2～3回、止水板に絡みついた塵芥の除去程度である。

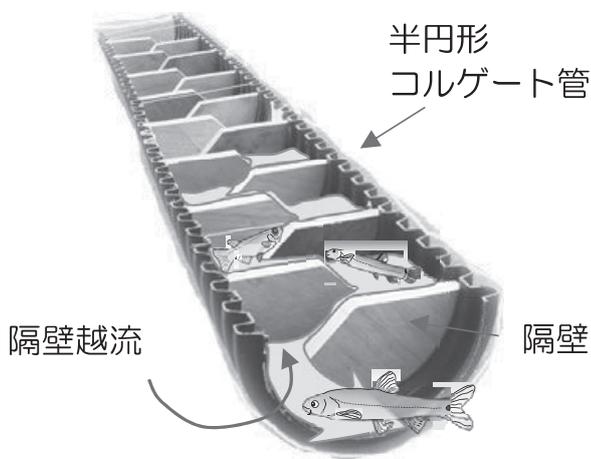


図-2 水田魚道の模式図



図-3 隔壁の回転により水深と流速を調整

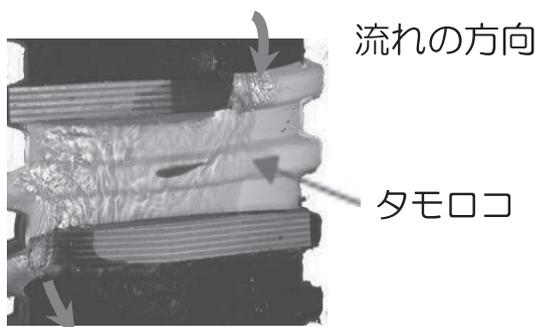


写真-2 隔壁間の溝部中央で待機するタモロコ (上部から撮影)



写真-3 魚道付き転倒堰

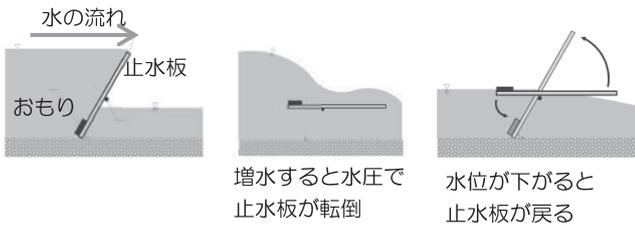


図-4 魚道付き転倒堰作動の仕組み

4. カエルの脱出ネット

(1) 脱出ネットの特長

水田生態系におけるカエル類は、食物網における中間的な捕食者・被食者として重要な地位を占める⁹⁾。

カエル類の減少要因は様々あるが、その1つはコンクリート水路による移動障害が指摘されている⁹⁾ (写真-4)。垂直で表面が滑らかなコンクリート水路は、特に吸盤のない種に影響が大きいとされる。そのため、コンクリート水路に転落したカエルの脱出対策に取り組んだ。

開発にあたっては「カエルの脱出能力」と「対策が必要な水路」を解明した上で、脱出能力が低い種でも効果があり、地域の協働活動で取り組めることをコン



写真-4 水路に転落し脱出できないナゴヤダルマガエル

セプトとした。

愛知県平野部水田に棲む手足に吸盤のない種であるヌマガエル、ツチガエル、ナゴヤダルマガエルおよびトノサマガエルを用いたコンクリートパネルへの登はん試験から、ナゴヤダルマガエルが最も脱出能力が低いことが判明した。摩耗程度の異なるコンクリートパネルに対し、本種は供用年数40年相当の骨材が露出する壁面のみで脱出できた。この時の脱出率は約10%と低かった。

また、登はんには壁面の角に手足を掛けていた。これらのことから、コンクリート水路には供用年数に関わらずカエルの脱出対策が必要で、特に水路壁面に角のない組立水路Ⅱ型などでは必須であることが示唆された¹⁰⁾。

脱出装置のカエルが登はんする箇所の素材としてポリエチレン製ネット（目合い4mm）（以下、ネット）に着目した。ネットは、カエルの手足の引っかかりが良く、前述の試験にネットを追加したところ、脱出率は格段に高まった。

そのため脱出ネットの構造は、このネットを水路の壁面（パネル）に取り付けるものとした。水田地帯の水路として普及している組立水路Ⅰ型用および同Ⅱ型用の2タイプを考案した（写真-5, 6, 図-5~8）。組立水路Ⅰ型用は、上端はペグ、下端はネットをビス留めした角材・鋼製束で固定する（図-5, 6）。組立水路Ⅱ型用脱出ネットは、耐水ベニヤ枠にネットを取り付け、上端および下端をL型金具で固定（底張りコンクリート有り）する（図-7, 8）。いずれも単純構造であり現場の水路高、アームの間隔、法面の状態に応じて設置できる。



写真-5 組立水路Ⅰ型用脱出ネット

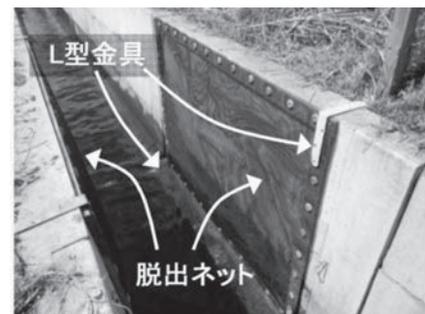


写真-6 組立水路Ⅱ型用脱出ネット

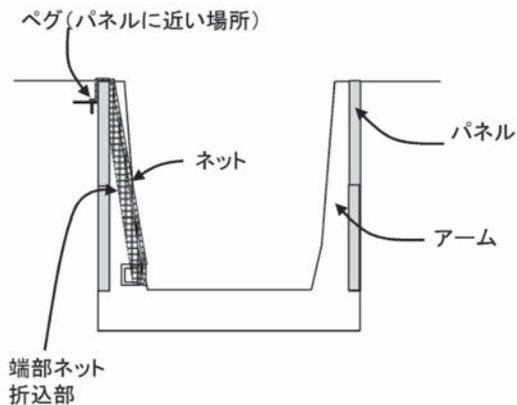


図-5 組立水路Ⅰ型用脱出ネットの断面図

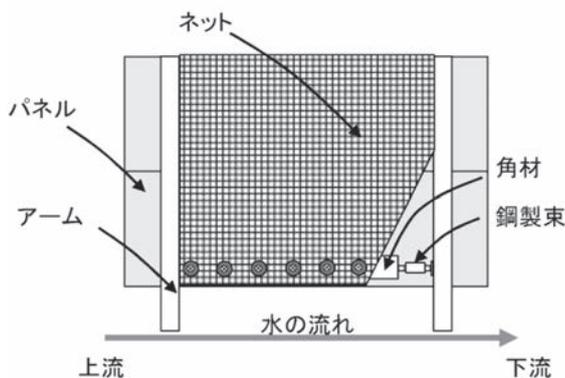


図-6 組立水路Ⅰ型用脱出ネットの側面図

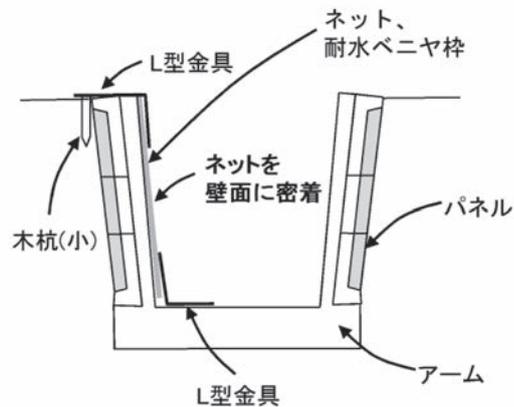


図-7 組立水路Ⅱ型用脱出ネットの断面図

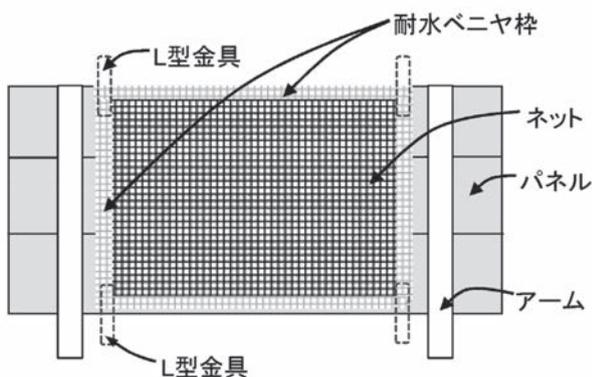


図-8 組立水路Ⅱ型用脱出ネットの側面図

組立水路Ⅰ型用の脱出ネットは、アーム内に収まり、同Ⅱ型用はパネルと密着する構造である。よって、流水の阻害になることは、ほとんどない。また、設置場所は、転落して流されてきたカエルが脱出できるように下流側として(図-9)、カエルの移動経路や水田・畑・草地・樹林等の往来に配慮するが、地域住民が観察しやすい場所を選ぶのも良い。

ネットを含む使用資材および使用工具は全てホームセンター等で容易に入手できる。

設置に掛かるコストとして設置時間、材料費は、組立水路Ⅰ型用の脱出ネットでは、1組(両岸)当たり4人で30分、約6,000円で、同Ⅱ型用では、4人で60分、約13,000円でどちらも少ない労務で、安価である。約2年間の現地調査からは、脱出ネットの設置による維持管理作業の増加はどの設置事例においても、ほとんどなかった(表-1)。

耐久性は、まれにネットのめくれがみられたが、特に問題はなかった。安城市榎前町では、平成29年8月7日の集中豪雨で日雨量117mm、水路水位1,053mmを記録し(図-10)、脱出ネット(高さ500mm)は水没したが、異状はみられなかった。

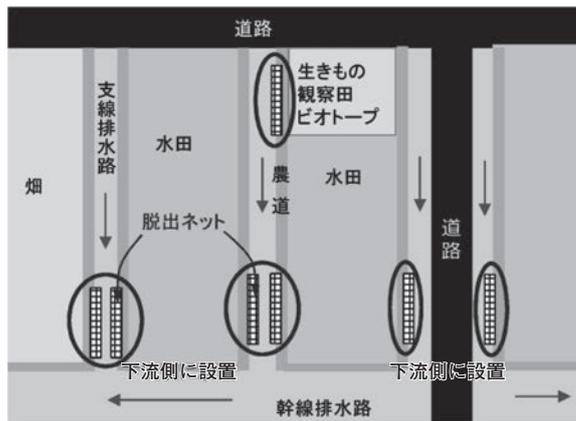


図-9 脱出ネットの設置場所の参考図

表-1 愛知県安城市の水路における維持管理労力(平成28年度)

地区	開水路延長(km)	水路全体				
		脱出ネットの部分の作業		水路の維持管理作業1)		
		延べ時間	延べ人数	延べ時間(h)	延べ人数(人)	延べ時間/km ²
榎前町	14.7	0.3	1	4574	545	311
二本木町	6.1	0	0	330	230	54
東端町	10.3	0	0	340	390	33

1)見回り+草刈+泥浚いの合計 2)延べ時間/km=合計延べ時間/開水路延長

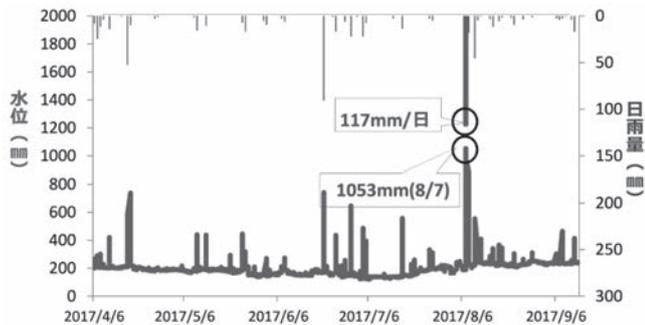


図-10 安城市榎前町の水路での水位と日雨量

(2) ハンドブックと普及状況

愛知県農総試では脱出ネットの普及を図るため、平成 29 年に「田んぼにカエる 脱出ネット ハンドブック (組立水路Ⅰ型用)」および「田んぼにカエる 脱出ネット ハンドブック (組立水路Ⅱ型用)」を作成した (図-11)。

これらのハンドブックは地域での協働活動において取り組めるよう脱出ネットの設置の手順やポイントを豊富な写真と図で解説した (A4 版 10 頁)。

平成 29 年 12 月末現在の県内設置状況は、安城市榎前町 (Ⅰ型 3 か所)、同二本木町 (Ⅰ型 1 か所) (写真-7)、同東端町 (Ⅰ型 2 か所)、豊田市中田町 (Ⅱ型 3 か所)、愛西市鶴多須町 (Ⅰ型 1 か所)、知多郡東浦町 (Ⅰ型 1 か所) の計 11 か所である。



図-11 脱出ネット ハンドブック



写真-7 コンクリート法面への設置

脱出ネットは、既存の水路に地域の協働活動で取り組めることや、水路の断面阻害がほとんどなく、新たな維持管理労力もほぼ発生しないことから、多面的機能支払の活動組織を通じ、今後、広く普及することが期待される (写真-8)。



写真-8 地域の協働による設置

5. 水田生態系保全の取組事例

(1) 安城市榎前町における 10 年のあゆみ

水田魚道を核とした水田生態系保全の取り組みの結果、環境配慮に留まらず地域農業の発展につなげた安城市榎前町の事例を紹介する。

榎前町は、愛知県西三河地方南部で日本デンマークと呼ばれた安城市の南西部に位置する。福祉、防災、環境をモットーにした地域活動が積極的に行われている地域である。水田魚道の設置は、愛知県農総試の現地実証試験 (平成 18、19 年) がきっかけであるが、その後も地域独自に増設して現在 8 か所設置されている。設置にあたっては町内会を中心に、明治用水土地改良区、安城市、愛知県農総試により、住民への説明会とワークショップを開催し地域の合意形成を図った。従来の農法を維持しながら、かつて生息していたドジョウやメダカが水田に戻ってくることが、水田魚道設置への地域住民の理解に繋がった。ワークショップでは、子どもを含めた地域住民が水田魚道を観察しやすいように橋や組み組み状況を伝える掲示板などの要望が出された。水田魚道に関する実行組織である多面的機能支払交付金の活動組織「榎前環境保全会 (以下、保全会)」(平成 19 年設立) が中心となり、順次整備された (写真-9)。

平成 21 年の生物多様性条約第 10 回締約国会議 (COP10) では、水田魚道のモデル地域として全国的に注目を浴びた。水田魚道の魚類調査は、毎年 6～9 月に週 1、2 回の頻度で、子供会も参加して 10 年以上継続されている。膨大な調査結果からは、水田が主にドジョウの繁殖場所になっていることが示されてい

る。そこで水田魚道に接続する水田で栽培される米を平成23年から特別栽培米「どじょうの育み米（写真-10）」として販売（直売所、通信販売）を開始した。栽培面積は、平成23年の2.8haから、水田魚道を増設した平成27年には4.0haに拡大された。現在は、コープあいち、JAあいち中央やあいち経済連を経由して生協コープあいち、ファーマーズマーケットでんまあと安城西部などで販売している。

この地域では希少なナゴヤダルマガエルの生息も確認されており、愛知県農総試の実証試験として平成27年から平成28年にカエルの脱出ネットを3箇所を設置した。水田魚道の魚類調査に集まる地域住民は、同時にカエル脱出ネットを観察し、カエルへの関心も高まった。カエルの脱出効果が高く、施工性に優れ、維持管理がほとんどかからないことから、地域で取り組みやすい技術として、新聞、テレビ等の報道や他県からの視察など注目を浴びている。



写真-9 地域住民との協働の成果

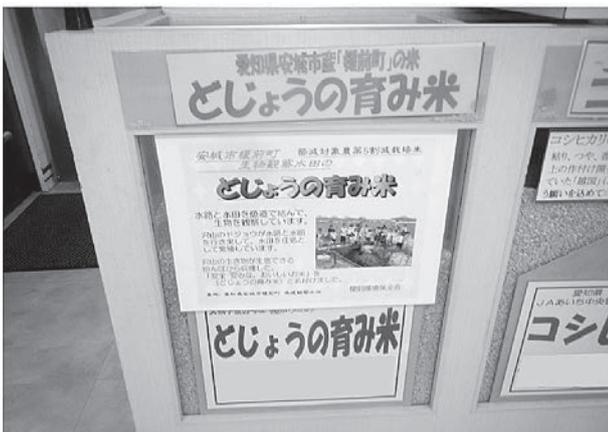


写真-10 どじょうの育み米

(2) 魚類とサギが戻ってきた水田

保全会による平成19年から平成28年までの水田魚道の魚類調査の結果からは、ドジョウ、ギンブナ、ニホンウナギ、ナマズ等の農業水路から水田への遡上が確認されている。ドジョウは多い年で合計6,000個体以上が確認された。水田魚道を遡上した魚類が繁殖・

成長し、それらを餌とするサギ類等も増え、多くの地域住民が自然再生の効果を実感している（写真-11）。



写真-11 サギが集まる水田魚道設置水田

(3) 地域住民と消費者の参画

水田魚道の魚類調査には、子どもたちが集まるので、その親も参加する。それをきっかけに畦畔の草刈り、江^え^さ^らいなどの水路管理や農作業体験にも地域住民が積極的に参加するようになった。特に、若い世代との繋がりが創出されたことは地域にとって大きな成果であった。

「どじょうの育み米」の購入者を主な対象とした「田んぼの生きもの観察会」には、毎年100名以上の都市住民が参加している。水田魚道を遡上・降下する魚類や水田のカエル、水生昆虫等多様な生きものを観察する（写真-12）。



写真-12 生きもの観察会

観察後に「どじょうの育み米」で作ったおにぎりや地元の食材を使った昼食会や観察成果報告会（写真-13）があり、消費者との交流、環境教育、食育の場となっている。水田生態系保全の取り組みが消費者に理解・支援される仕組みが構築され、持続的な地域農業に繋がった。



写真-13 微小な水生昆虫の解説

6. おわりに

愛知県農総試では、保全対象となる魚類の生態解明やカエル類の行動を解析し、それらの知見から新たな工法を開発している。さらに、現地での実証試験を重ねて、自然再生の効果を検証し、設置労力や維持管理負担の少ない施工方法となるように改良している。普及にあたっては、地域の協働活動に取り組みやすいように豊富な写真、図で平易に解説するマニュアルを作成している。

今回、紹介した「水田魚道」と「脱出ネット」のマニュアルは、愛知県農総試のホームページにて公開している (<https://www.pref.aichi.jp/nososi/>)。環境と調和した水田農業の持続的な発展に寄与できれば幸いである。

謝辞：安城市榎前環境保全会の加藤辰雄会長を始め保全会の皆様には、水田魚道を設置してから現在まで多大なるご協力を頂いている。また、カエルの脱出ネットの現地実証に際し、同市東端環境保全会の江坂立美氏、愛知県土地改良事業団体連合会の長坂紀氏、服部厚宣氏にもご協力頂いた。感謝申し上げます。

【引用文献】

- 1) 齊藤憲治, 片野修, 小泉顕雄. 淡水魚の水田周辺における一時的水域への侵入と産卵. 日本生態学会誌. 38(1), 35-47 (1988)
- 2) 齊藤憲治. 淡水魚の繁殖場所としての一時的水域. 日本の希少淡水魚の現状と系統保存 (長田芳和, 細谷和海編, 日本魚類学会監修). 緑書房. 東京. p.194-204 (1997)
- 3) 片野修. 水田・農業水路の魚類群集. 水辺環境の保全-生物群集の視点から- (江崎保男, 田中哲夫編). 朝倉書店. 東京. p.67-79 (1998)

- 4) 中村智幸, 尾田紀夫. 栃木県那珂川水系の農業水路における遡上魚類の季節変化. 魚類学雑誌. 50(1), 25-33 (2002)
- 5) 渡部恵司. コンクリート水路によるカエル類の移動阻害と個体群保全に関する研究. 農工研報. 53, 63~104 (2014)
- 6) 田中雄一, 加藤宏明, 渡部勉, 宮本晃. 水田生態系ネットワークを再生する魚道の開発及び遡上特性の解明. 愛知県農業総合試験場研究報告. 41, 48 (2009)
- 7) 森下郁子, 森下依理子. 共生の自然学 川と湖の博物館8. 山海堂. 東京. pp.69 (1997)
- 8) 渡部勉, 田中雄一, 加藤宏明, 宮本晃. 農業用の用水路の魚類生息環境を改善する魚道付き転倒堰の開発及び効果. 愛知県農業総合試験場研究報告. 40 (2009)
- 9) 渡部恵司, 森淳, 小出水規行, 竹村武士, 西田一也. カエル類のコンクリート水路への転落と脱出工の現状と課題. 農業農村工学会誌. 11, 81 (2013)
- 10) 田中雄一, 河村年広, 佐伯晶子, 加藤久. 摩耗程度の異なるコンクリート壁面に対するカエル類4種の脱出能力の比較. 応用生態工学. (投稿中)

三重県農業版BCPの策定と大規模地震発生に備えた体制整備

辻 上 正 道*
(Masamichi TSUJIKAMI)

目 次

1. 三重県農業版 BCP の策定 ……………	36	4. 大規模地震発生を想定した訓練 ……………	38
2. 農業水利施設の BCP 策定 ……………	37	5. 終わりに ……………	39
3. 土地改良施設等 BCP 協議会の発足 ……………	38		

1. 三重県農業版 BCP の策定

BCP (Business Continuity Plan : 事業継続計画)

(1) 目的

南海トラフ地震が発生した場合、三重県内の大半で震度6弱から6強の揺れが発生すると予測されています。地震による農業への被害は多岐にわたりますが、特に津波によって農地及び農業用施設に大きな被害が発生すると想定されます。このため三重県は、平成28年3月に農業版BCPを策定し、市町や農業関係団体と連携を取りながら災害発生に備えた準備に取り組み、農地及び農業用施設の迅速な復旧と速やかな営農再開につながる体制を構築することとしています。(計画とりまとめ：農林水産総務課)

(2) 想定事象

南海トラフ地震による強振動予測(理論上最大クラス*)では、県土面積の約95%が震度6弱以上に見舞われ(図-1、表-1)、津波による浸水は28,000ha余りに達すると想定されています。

津波の発生により、沿岸部に発達している交通インフラや産業基盤が大きな被害を受けると同時に、農地及び農業用施設も次のとおりの浸水被害を受けると推定されます。

農地	9,060 ha	共同乾燥調製施設	7 箇所
排水機場	128 箇所	共同育苗施設	4 箇所
揚水機場	31 箇所	共同集出荷施設	21 箇所
樋門・樋管	8 箇所	園芸施設	780 箇所
ため池	26 箇所	畜舎	16 箇所

*理論上最大クラス(L2)：あらゆる可能性を科学的見地から考慮し、発生する確率は極めて低いものの、理論上は起こりうる最大クラスの南海トラフ地震

(3) 計画のステージと関係機関

三重県農業の事業継続のために、計画では下記の3つのステージで取組を整理しています。

- ①事前対策…平時
- ②応急業務…災害発生後おおむね2週間程度
- ③復旧・復興業務…応急業務以降



図-1 南海トラフ地震による強振動予測マップ(理論上最大、凡例は表-1)

表-1 南海トラフ地震による強振動予測表(理論上最大)

	南海トラフ地震(理論上最大クラス)						
	3	4	5弱	5強	6弱	6強	7
面積(km ²)	0.00	0.00	44.43	261.44	3,163.97	1,919.29	388.19
面積割合(%)	—	—	0.8%	4.5%	54.8%	33.2%	6.7%

また本計画を活用する主な関係機関を次のとおりとし、計画策定のワークショップ実施や、策定後の訓練参加などを通して、BCPを実効性のあるものにして活用していくことを目指しています。

*三重県松阪農林事務所 (Tel. 0598-50-0571)

表-2 本計画を活用する主な関係機関

- 農地・農業用施設復旧分野
県, 市町, JAグループ三重
土地改良区, 三重県土地改良事業団体連合会 等
- 営農再開及び技術支援分野
県, 市町, JAグループ三重 等

表-3 三重県農業版BCPの概要(平成28年3月策定)

第1章 総則

〈目的〉

津波による被災農地及び農業用施設の速やかな復旧と円滑な営農再開につながる体制整備や対策を構築する考え方を示す。

〈想定事象〉

南海トラフ地震に伴う津波が発生した場合を想定
〈計画のステージと業務継続の基本方針〉
事前対策, 応急業務, 復旧・復興業務の取組みを整理

第2章 被害想定と主要施設

〈前提となる被害想定〉

津波浸水予測の「過去最大クラス」津波を想定
〈浸水区域における農業施設等〉… 前掲

第3章 被災から営農再開までの工程

- 1 農地・農業施設の復旧・復興に向けた体制の整備等
三重県農業復旧・復興本部(仮称)を設置
- 2 発災時の応急業務
農作物の応急業務, 畜産等の応急業務
用水供給に関する応急措置
- 3 農地・農業用施設復旧までの工程
被害が発生した際の対応の流れを整理
・災害発生
・被害状況の把握
・農業用施設のダメージを把握
・排水作業の実施(実施順位の確認)
・がれき除去, 土地改良施設の復旧
・営農再開に向けた取組み
- 4 営農再開までの支援
営農再開・農業復興に向けた体制の整備
農地に混入したゴミ等の撤去
生産に関する技術情報の提供
・水稻品種の耐塩性情報の提供
・安定生産に向けた技術支援

第4章 事前に行う対策

- 1 農業関係施設におけるBCP策定
〈農業関係施設等におけるBCP策定推進〉
〈県農業版BCPと関係団体BCPとの連携〉
〈国, 関係企業, 団体等との協議〉
- 2 その他事前対策
〈復旧に関する考え方の共有〉
〈施設台帳のバックアップ〉
〈情報収集手順の整理〉
〈相談窓口設置の体制整備〉

的に取り組みを始めました。しかし当時は、BCPの必要性を県内の市町や土地改良区にお知らせしていましたが、適当な事例が無いことが課題でした。

そのため、県内初の土地改良施設BCPのケーススタディとして、まずは県管理施設のBCPを策定することとなり、県が国から管理を委託されている安濃ダムを対象に検討を進めることとなりました。



写真-1 安濃ダム全景

安濃ダムは、国営中勢用水農業水利事業で造成され、平成元年12月より県が管理を受託している有効貯水量9,800千 m^3 のコンクリートダムです。安濃ダムでは、洪水時の放流操作や地震後の施設点検に関するマニュアルは整備されていました。しかし既存のマニュアルにはBCPを意識した記載は無く、想像力を膨らませながら内容検討を行うこととなりました。

まず行ったのは、ゲートやバルブ、遠隔操作施設の地震発生後の故障や不具合への対応体制の確認でした。こちらについては、故障が発生した際の工業者への連絡体制は整備していました。しかし、大規模地震で業務拠点が被災した際の協力事業所の有無や、複数の連絡先(国内の他の拠点)の有無についての記述は無かったため、追加の照会を行って連絡体制の強化を図りました。

また、機器の故障や不具合、ダム湖の異常が発生した場合等の対応の優先順位についても検討を行いました。これにより、地震後のダムを取り巻く状況に考慮しながら、何から手を付けるかの目安を定めることができました。

(2) 市町, 土地改良区の土地改良施設BCP

安濃ダムBCPに続き、大規模な水利施設を管理する土地改良区や市町でBCP作成に取り組んできました。これまでの策定状況は、次のとおりです。

ア) 平成26年度策定

- 三重用水土地改良区
- 青蓮寺用水土地改良区

2. 農業水利施設のBCP策定

(1) 安濃ダムBCP

三重県では、平成26年度から農業版BCPの検討に着手するとともに、土地改良施設のBCP策定に本格

- イ) 平成 27 年度策定
 - 宮川用水土地改良区
 - 中勢用水土地改良区

- ウ) 平成 28 年度
 - 紀北町（排水機場）
 - 桑名市、木曾岬町
 - 櫛田川祓川沿岸土地改良区
 - 御浜土地改良区

土地改良施設であれば施設規模の大小を問わず BCP が必要であることから、引き続き関係組織に対して策定を推奨していくこととしています。

3. 土地改良施設等 BCP 協議会の発足

この様に、三重県や土地改良施設を管理する組織が BCP を策定して大規模災害に備える中、BCP に実効性を持たせることや組織間の連携を深めるために、三重県では土地改良施設等 BCP 協議会を立ち上げました。協議会の概要は、次のとおりです。

表－4 三重県土地改良施設等BCP協議会の概要
(平成28年3月11日設立)

(目的)
大規模災害時に早急かつ応急的な対応を行い、被災した土地改良施設等の早期復旧に寄与する。
(事業)
・土地改良施設等のBCP作成の支援に関すること。
・被災した土地改良施設等の応急復旧に関すること。
・土地改良施設等の応急復旧に向けた支援等に関すること。
・協力体制の構築に関すること 他
(協議会の会員)
三重県、県内の全市町、
三重県土地改良事業団体連合会

また、災害時の応急対策業務を円滑に実施することを目的に、三重県土地改良施設等 BCP 協議会は、建設業者や測量設計業者が加入する三重県農業土木振興会と協定を締結しました。協定の概要は、次のとおりです。

表－5 三重県土地改良施設等における災害時の応急対策業務等に関する協定（平成28年3月31日締結）

(目的)	
土地改良施設等の被災の有無及びその情報収集を図り、速やかに応急対策を実施し、機能の確保及び回復を図る。	
(三重県農業土木振興会の会員) (H29.3.1 現在)	
建設業者	126 社
機材（ポンプ、コンクリート）	4 社
調査設計（地質、測量設計）	25 社
計	155 社
(訓練等)	
毎年 1 回以上の訓練等を行います。	

三重県では、既に県土整備部や企業庁が、風水害や大規模地震に備えて建設業者や測量設計業者との協定を締結しています。今回、土地改良施設への地震対応に関する協定を締結したことは、農業農村の復旧・復興に重要なことであり、今後は訓練や研修を通して対応体制の充実を図っていきたいと考えています。なお、訓練に参加した業者は、農業農村整備事業の総合評価方式の入札において一定の評価が得られることとしています。



写真－2 訓練等の状況

※延べ参加者：138社(うち三重県農業土木振興会会員115社)

4. 大規模地震発生を想定した訓練

三重県では、大規模災害に迅速に対応するため、防災対策部を中心として地震対策図上訓練を毎年実施しています。この訓練は、県庁講堂に災害対策本部を設営し、県の各部局以外に国、警察、消防、自衛隊、ライフライン企業等が参加する大規模なものです。また県の総合庁舎においても、防災行政無線電話・FAXを使用し、市町と連携した情報収集、救援対応の訓練を行っています。



写真－3 三重県災害対策本部の図上訓練の様子

農業版 BCP についても、実際に大規模地震が発生した場合を想定し、①災害状況の付与、②対応の検討、決定、③指示、伝達、④更なる対応検討 の各項目について、これまで県内の 2 か所で訓練を行いました。

訓練では、フェーズ1（発災直後5時間：情報が不足する中での対応）とフェーズ2（発災3日後の5時間：ある程度の情報や資材が揃った段階での対応）について、県、市町、土地改良区、三重県土地改良事業団体連合会、JA等の各機関が参加し、約4時間に亘って緊迫した情報収集と対応のシミュレーションを行いました。具体的な内容は、次のとおりです。

表-6 訓練の具体的な進め方

- ・訓練の進行管理者から随時、状況付与票により被害状況等が関連する機関に提供されます。
- ・各機関は、付与された状況に対する対応策を検討、決定します。
- ・決定した対応策については、対応記録カードに記入します。
- ・他機関に対して「報告」「問い合わせ」「伝達」「指示」「要請」等を行う場合は、連絡調整カードを用いています。
- ・訓練参加者以外に連絡調整を行う場合は、進行管理者に対して行います。
- ・連絡調整カードにより、報告、指示、要請等を受けた訓練参加者は、それを受けて実施する対応を検討し、記録対応カード、連絡調整カードを作成します。



写真-4 訓練の概要説明状況



写真-5 各班の検討状況

※各機関はテーブル毎に別れて作業を行います。
連絡調整カードがテーブル間を行き来します。

訓練の状況付与票では、具体的に次のような内容が矢継ぎ早に届けられ、参加者は情報収集や対応に苦慮しながらも、地震発生後を模擬体験しました。

表-7 状況付与票の内容（抜粋）

<p>フェーズ1（発災直後）</p> <p>（県庁からの指示）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・職員の安否、庁舎機能の確認を行うこと。 ・津波が到達すると一般通信手段が使えなくなるので、衛星回線電話や防災無線の準備をすること。 ・沿岸部のかなりの地域が冠水しているため、上流からの用水供給を停止すること。 <p>（外出している職員より）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・電柱や建物の倒壊が多数。交通事故や渋滞により公用車での帰還が困難。 <p>フェーズ2（発災3日経過）</p> <p>（復旧・復興本部からの指示）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・海岸部の冠水個所の排水用に自走式ポンプ車6台を配備するので、配置箇所を報告すること。 <p>（被災生産者からの問い合わせ）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・所有している水田が津波により冠水した。対処法を教えてください。 ・出穂期であるため、農業用水の供給を再開してほしい。 ・収穫時期を迎えたネギを出荷したいので、どのようなルートがあるかを示してほしい。 ・家畜の死骸に対応してほしい。
--

これらの状況付与票は、1件の対応が完了するまでに次の案件が相次いで寄せられ、訓練ながらパニック状態になる場面もありました。また要請に対して県、市、改良区等の関係機関の協議が必要な場面が数多く発生し、情報伝達手段の確保の重要性を再認識しました。



写真-6 松阪農林事務所テーブルでの協議状況

5. 終わりに

BCPを始めとする防災対策は、計画の策定が目的ではありません。三重県では、近い将来に発生する可能性のある大規模地震に備え、定期的に訓練や研修を行い、計画の内容を充実させるとともに組織全体で共有し、課題抽出や見直しを行っていくこととしています。

永源寺ダムフィル部堤体における耐震性能の評価

北 園 清 徳*
(Kiyonori KITAZONO)

目 次

I. はじめに	40	IV. まとめ.....	43
II. 永源寺ダムの概要.....	40	V. おわりに	43
III. フィル部堤体の安定性検討	41		

I. はじめに

農林水産省では、平成23年3月の東北地方太平洋沖地震による被災の教訓を踏まえ、平成24年度から国営造成農業用ダムを対象に設計・施工内容の確認、健全性評価と併せてレベル2地震動（現在から将来にわたって当該地点で考えられる最大級の強さをもつ地震動）に対する耐震性能照査を進めている。永源寺ダムの耐震性能照査では、重力式コンクリートとフィル部の接合部、重力式ダムのダム軸屈曲部、円形翼壁等の照査において様々な手法を検討しながら進めているところであるが、本報文では、永源寺ダムフィル部における照査の検討例について紹介する。

II. 永源寺ダムの概要

1. 概要

本ダムは、昭和34年度から昭和47年度にかけて国営愛知川農業水利事業により、一級河川淀川水系愛知川の滋賀県東近江市永源寺相谷町・高野町に農業用水

及び発電用ダムとして建設されたもので、その構造は、当時としては新しいタイプの重力式コンクリートダムとロックフィルダムを接合した複合ダムであり、昭和47年10月に完成し貯水を開始している。図-1は位置図を表したものである。現在は、昭和58年12月末の国営完了に伴い、滋賀県が管理を行っている。

2. 構造上の特徴

本ダムでは、右岸部の基盤上に30m余りの堆積層があり、これを全て重力ダムに置き換えることは膨大な工費と工期を要することが明らかであった。しかし、この河岸段丘堆積層は比較的緻密で十分な厚みと密度を有し安定しており、幅約2.0m、延長約115m、監査廊を含む最大高さ約35.0mの鉄筋コンクリート止水壁を堆積層内に挿入した構造とした（図-2、図-3）。さらに、この止水壁は重力部に直接接合するのではなく地山部のみとし、重力部と地山の間は中心コア型ロックフィルダムとし、重力部端部の上下流にコンクリート重力式の円形翼壁（図-4）を設け、フィルダム部の盛土の押さえとしている。



図-1 位置図

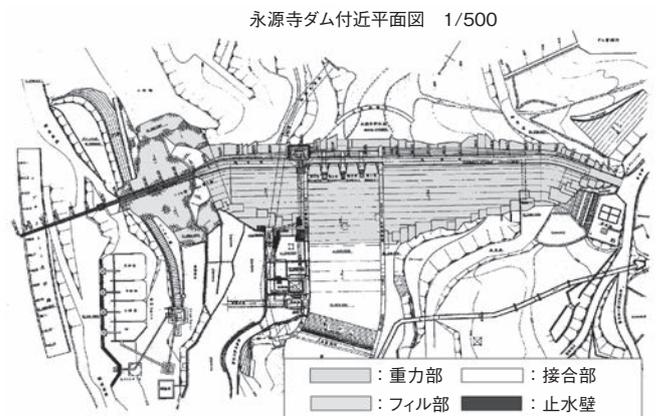


図-2 永源寺ダム平面図

*近畿農政局亀岡中部農地整備事業所
(Tel. 0771-29-0260)

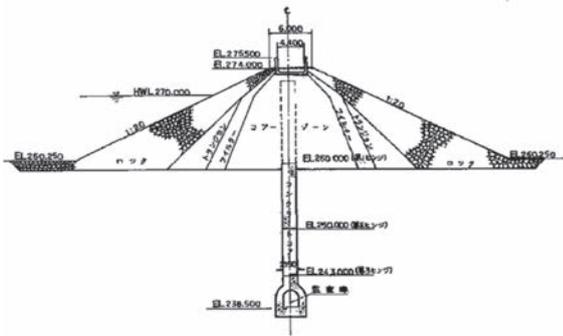


図-3 フィル部標準断面

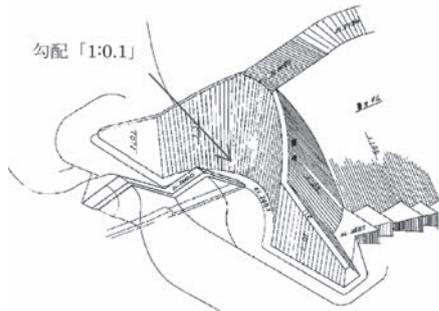


図-4 接合部

Ⅲ. フィル部堤体の安定性検討

1. 耐震設計照査の流れ

フィルダムの耐震設計照査は、通常照査Ⅰから照査Ⅲの流れで行うこととなっている。照査Ⅰ：液状化に対する評価、特殊な条件の判定および動的解析の結果を用いたすべり解析による安全性の評価、照査Ⅱ：照査Ⅰによりすべりが発生すると判断された場合、そのすべり土塊の変位量を評価、照査Ⅲ：すべり土塊の鉛直方向への移動量が1m（ただし、本ダムはゲートを有するダムの余裕高0.5mを加味して1.5mとしている）を超える場合、堤体材料等の材料物性を詳細に調査した上で、より詳細な検証を実施。

2. 本ダムにおける課題

(1) 堤体基礎の液状化

本ダムのフィル部堤体基礎は、図-5のダム軸地質縦断面図に示すように基盤岩である花崗斑岩と、これを覆う堆積層（段丘堆積層、崖錐堆積層）で構成されている。このうち崖錐堆積層であるTg層（N値6～40の粘性土～砂）とTc層（N値6～60以上の砂～礫質

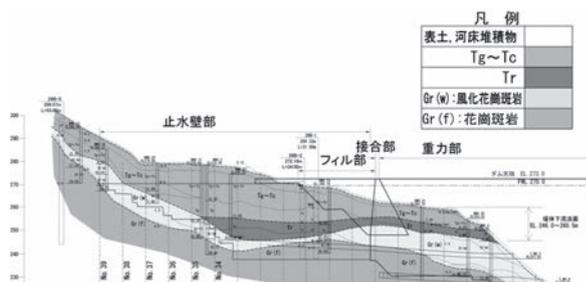


図-5 ダム軸地質縦断面図

土)のマトリクスはN値が小さく(最小N値6)、液状化の検討を行った結果、いずれも液状化する可能性が確認された。

(2) 下流地山の不安定化

本ダムは、写真-1の位置関係で図-6の黒破線の下流地山がフィル部堤体すべり面のカウンターウエイトの機能を有していると考えられる。

しかし、下流地山は、図-7の下流地山地質断面図に示すように崖錐堆積層(Tg層、Tc層)が分布しており、レベル2地震時に液状化し不安定となった場合カウンターウエイトとしての機能を果さなくなり、フィル部堤体への影響が懸念される。

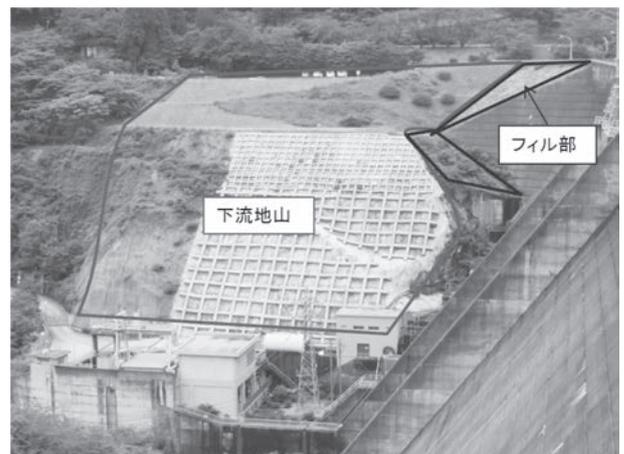


写真-1 フィル部と下流地山の位置

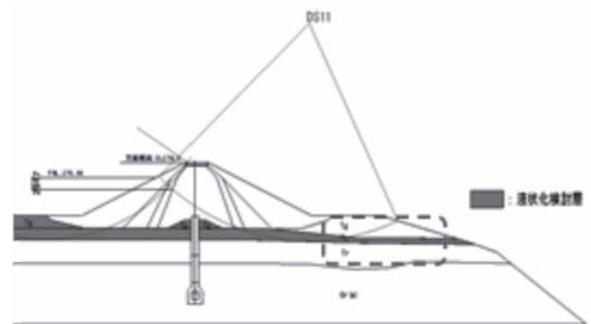


図-6 フィル部堤体安定計算断面図 (図-8のA-A断面)

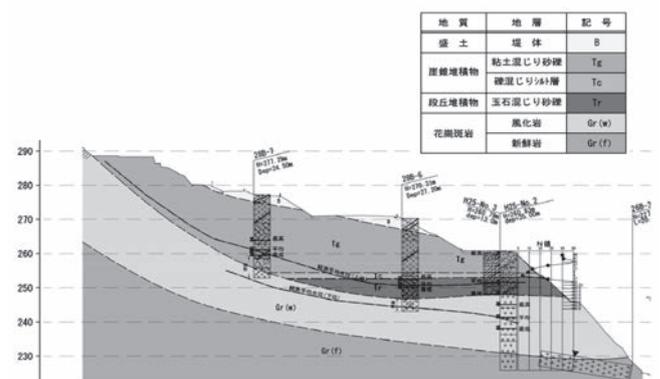


図-7 下流地山地質断面図 (図-8のB-B断面)

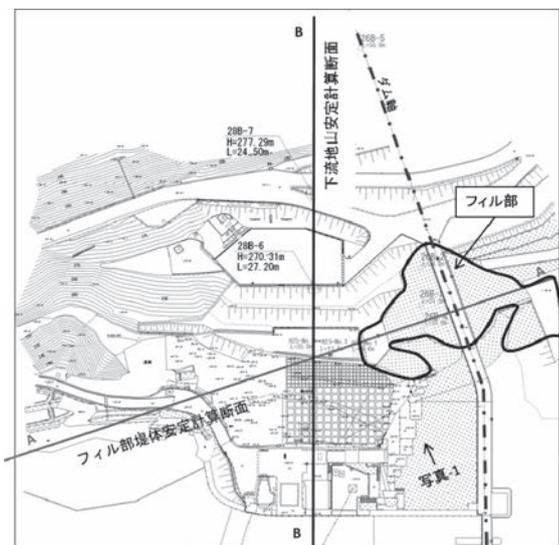


図-8 フィル部堤体と下流地山の安定計算位置

3. 検討手順

本ダムにおいては、図-8のフィル部堤体と下流地山の安定計算位置に示すB-B断面で下流地山のフィル部堤体すべり面におけるカウンターウエイトとしての機能を検討した上で、A-A断面においてフィル部堤体の安定性を確認する。

検討は、順次[検討1]から[検討5]を行う。

(1) 下流地山の安定性の検討(液状化時)[検討1]

下流地山が液状化した場合を想定してB-B断面において複合すべり計算で安全率を算定し、 $F_s < 1.0$ の場合は、すべり変位量を算定しフィル部堤体すべり面のカウンターウエイトとしての機能の有無について評価を行う。

(2) フィル部堤体への影響確認[検討2]

[検討1]の結果より、図-9の検討断面において下流地山がカウンターウエイトとして機能することが困難な場合について、動的解析により安全率及びすべり変位量を算定し、 $F_s < 1.0$ の場合は、フィル部堤体天端の沈下量(本ダムでは、許容沈下量1.50m)を確認する。

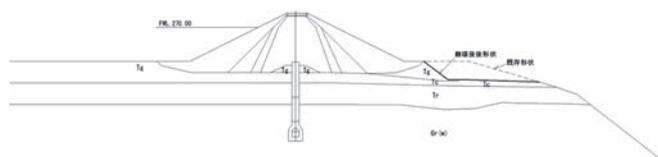


図-9 下流地山がカウンターウエイトとして機能することが困難な場合の検討断面

(3) 液状化対策工の検討(地下水位低下工法)

[検討3]

[検討2]の結果より、フィル部堤体の安定性が確保できない場合は、下流地山の液状化対策について検討する。

(4) 下流地山の安定性の検討(液状化対策後)

[検討4]

液状化対策後の条件で、B-B断面において円弧すべり計算で安全率を算定し、 $F_s < 1.0$ の場合は、すべり変位量を算定し、フィル部堤体すべり面のカウンターウエイトとしての機能の有無について再度評価を行う。

(5) フィル部堤体の安定性の確認(液状化対策後)

[検討5]

下流地山がカウンターウエイトとしての機能を有する場合において、A-A断面において動的解析により安全率及びすべり変位量を算定し、 $F_s < 1.0$ の場合は、フィル部堤体天端の沈下量(本ダムでは、許容沈下量1.5m)を確認する。

4. 検討結果

(1) 下流地山の安定性の検討(液状化時)[検討1]

液状化時の安定計算の結果、安全率は $F_s=0.216$ となり、下流地山はすべりが発生する結果となった。安全率が1.0を下回ったため、すべり変位量を算出すると最大で3.322mとなり、下流地山はフィル部堤体すべり面のカウンターウエイトとしての機能が期待できないものと想定した。

(2) フィル部堤体への影響の検討[検討2]

液状化時の下流地山はカウンターウエイトとして期待できないものとしてフィル部堤体の安定性を検討した結果、安全率は $F_s=0.222$ となりすべりが発生する結果となった。安全率が1.0を下回ったため、フィル部堤体天端の沈下量を算定すると1.942mとなり、許容沈下量1.50mを上回る結果となった。

このことから、フィル部堤体の安定性を確保するためには、下流地山のカウンターウエイトとして機能維持が重要であることが明らかとなった。

(3) 液状化対策工の検討[検討3]

カウンターウエイトとしての機能維持のため、下流地山においては、液状化の可能性のあるTg層、Tc層から地下水を排除する、または、地下水の上昇を抑えることで液状化現象を発生させないことを基本方針とし、下流地山への排水が可能であることから地下水位低下工法(水抜きボーリング工)を計画する。

(4) 下流地山の安定性の検討(液状化対策後)

[検討4]

液状化対策後の安定計算の結果、レベル2地震動($kh=0.585$)においては、安全率が $F_s=0.625$ となりすべりが発生する結果となったが、すべり変位量は0.024mでありひび割れが発生する程度の変位量に留まるとの結果となった。

したがって、液状化対策後の下流地山は、フィル部堤体のすべり面に対するカウンターウエイトとしての機能を期待できるものと評価した。

(5) フィル部堤体の安定性の確認(液状化対策後)

[検討5]

表-1及び図-10はレベル2地震動における計算結果を示す。[検討4]の結果を踏まえ、フィル部堤体の安全率を算定すると $F_s=0.388$ となりすべりが発生する結果となったが、フィル部堤体天端の沈下量を算定すると沈下量は0.157mであり、フィル部堤体天端の許容沈下量1.5mの範囲内となった。

表-1 レベル2地震動における計算結果

入力 地震波	最小安全率				沈下量				
	ニューマーク法		渡辺・馬場法		ニューマーク法		渡辺・馬場法		
	斜面	円弧	最小安全率	斜面	円弧	最小安全率	斜面	円弧	
内陸活断層型	下流	DS16	0.388	下流	DS16	0.440	下流	DS16	0.157
プレート境界型	下流	DS16	0.473	下流	DS13	0.804	下流	DS16	0.071
							下流	DS16	0.154
									0.003

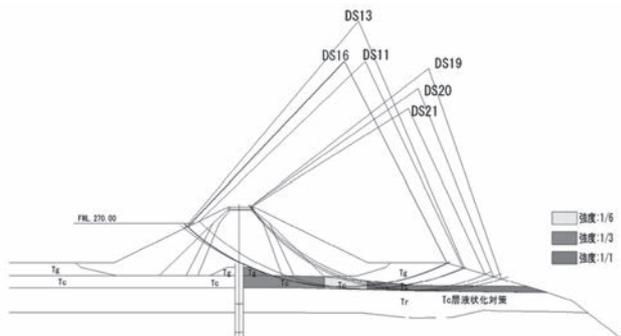


図-10 液状化対策後のレベル2地震動におけるニューマーク法の円弧

IV. まとめ

検討結果よりレベル2地震動に対して、フィル部堤体基礎地盤に残存する崖錐堆積層が液状化をおこし、下流地山がフィル部堤体すべり面のカウンターウエイトとしての機能が期待できない条件下では、フィル部堤体の安定性が確保できないことが判明した。

よって、液状化対策工を実施し、下流地山の液状化現象を発生させないことを計画した。

液状化対策工の実施により、下流地山のカウンターウエイトとしての機能が確保された条件下では、レベル2地震動に対するフィル部堤体天端の許容沈下量1.5mを満足することを確認した。

これらのことから、本ダムのフィル部堤体の安定性を考える上では、堤体周辺の状況を十分確認し、フィル部堤体への影響が考えられる地山等については、それらも含めて検討することが重要であることが分かった。

V. おわりに

本ダムは、複合ダムという特殊な構造型式であることに加え、堤体基礎で大規模地震時に液状化の発生が想定されること、堤体下流地山の安定性がダム堤体に影響すること等、耐震性能照査において解決手法が未確立の課題を有していることから、様々な手法を用いて検討を進めてきたところである。今回報告した評価手法について、今後、類似の課題を有する地区で検討を実施していく上での参考となれば幸いである。

南岸堰（固定堰）の機能診断と補修設計について

桑原 耕一* 木村 良* 今上 桂輔*
 (Koichi KUWABARA) (Ryo KIMURA) (Keisuke IMAJO)

目 次

1. はじめに	44	4. 南岸堰の補修設計	46
2. 南岸堰の概要	44	5. おわりに	49
3. 南岸堰の機能診断調査	45		

1. はじめに

国営総合農地防災事業を実施している那賀川地区は、徳島県南東部の一級河川那賀川の下流域に位置し、小松島市、阿南市にまたがる約3,000haの農業地帯である。

本地区の取水施設である北岸堰は、戦後すぐに着工された国営那賀川北岸農業水利事業（昭和22～30年度）によって整備され、南岸堰は、県営那賀川南岸用水改良事業（昭和13～29年度）により整備された。堰の完成から既に60年が経過し、両堰とも経年劣化による機能低下が生じ、河川管理上の安全性が低下している。このため、本地区では、災害の未然防止及び農業用水の安定取水を図るため、北岸堰、南岸堰及び吉井大西堰を南岸堰に統合して補修利用する計画として、事業を進めている。

ここでは、南岸堰（固定堰）の機能診断及び補修設計の事例について報告する。

2. 南岸堰の概要

南岸堰は、那賀川南岸部一帯の約1,000haの農業用水を取水するため、江戸時代から明治時代に築造された旧堰（一の堰、竹原堰、乙堰）を統合した固定堰で

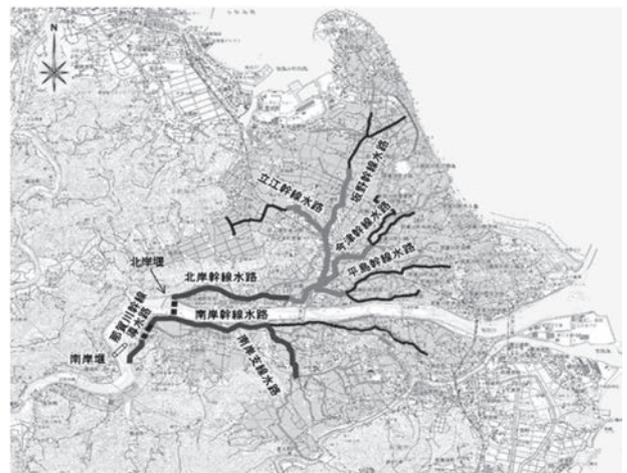


図-1 国営那賀川地区概要図

あり、堰長364.0m、堰高2.7m、最大取水量8.11m³/s（統合後17.78m³/s）となっている。堰の構造は沈床式改良木床工であり、堰の統廃合に伴う下流河川利水者への配慮から、堰内部を流れが通過する透過性の構造であることが特徴である。

図-2は南岸堰の現況断面であり、上流から下流に向かって2号堰、3号堰、1号堰、4～7号堰、護床工（六脚ブロック）の順に並んでおり、右岸側のみ8号堰、9号堰がある。

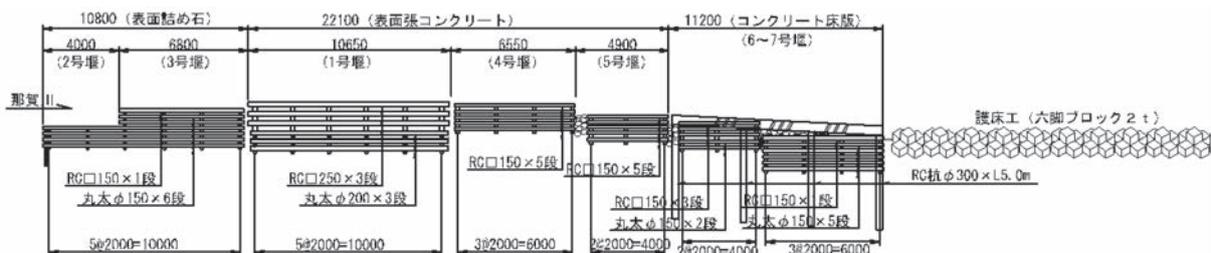


図-2 南岸堰 現況構造図（堰中央部）

*中国四国農政局那賀川農地防災事業所
 (Tel. 0884-23-3833)

これらの堰の機能を説明すると、1号堰、4号堰が南岸堰の堰頂となっており、堰上げにより取水位を確保する堰体の役割を担っている。2号堰、3号堰は、越流水による渦流が河床を洗掘することを防止し、堰体を保護する機能を有する上流エプロンの役割を担っていて、非かんがい期でも常時水没している。5～7号堰は、越流水による堰体下流の洗掘を防止し、堰体を保護する機能を有する下流エプロンの役割を担っていて、7号堰は4号堰より1.8m程度低くなっている。8号堰、9号堰は、下流エプロンを延伸したものであり、最下流の六脚ブロックは、根固め工として河床洗掘防止の役割を担っている。

那賀川は、上流域が台風常襲地帯である四国山地の南東斜面に位置し、特に台風の接近通過時には、集中的に大雨が降る全国有数の多雨地帯である。このため、昭和29年の竣工後、度々の洪水被害により詰石、張石、護床ブロックの流失等が生じ、その都度、流失部へのコンクリート充填、堰体のコンクリート被覆、護床ブロックの再配置等の補修がされてきた（図-3）。

3. 南岸堰の機能診断調査

機能診断調査では、コア採取による①圧縮強度試験、②中性化試験、③コンクリート床版下部の空洞調査、④目視調査による継続的な変状の進行確認調査、⑤ボーリング調査等を行い、健全度評価及び劣化要因の推定を行った。

表面コンクリート、舟通し及び魚道の圧縮強度は、設計基準強度 21N/mm^2 に対して概ね 30N/mm^2 、中性化深さは、最大で9mm程度に収まり中性化に起因して早期に鉄筋腐食に至らないことを確認した。

各区間の変状状況、健全度指標及び劣化要因を取りまとめると表-1のとおりとなる。なお、上流エプロンに相当する2号堰及び3号堰については、常時水没していることから、機能診断調査は行えていない。また、健全度指標については、堰の主たる機能となる堰上げ機能に着目し、堰体と下流エプロンで重要度を分け、「農業水利施設の機能保全の手引き」に基づくS-1～S-5の指標を定めた。

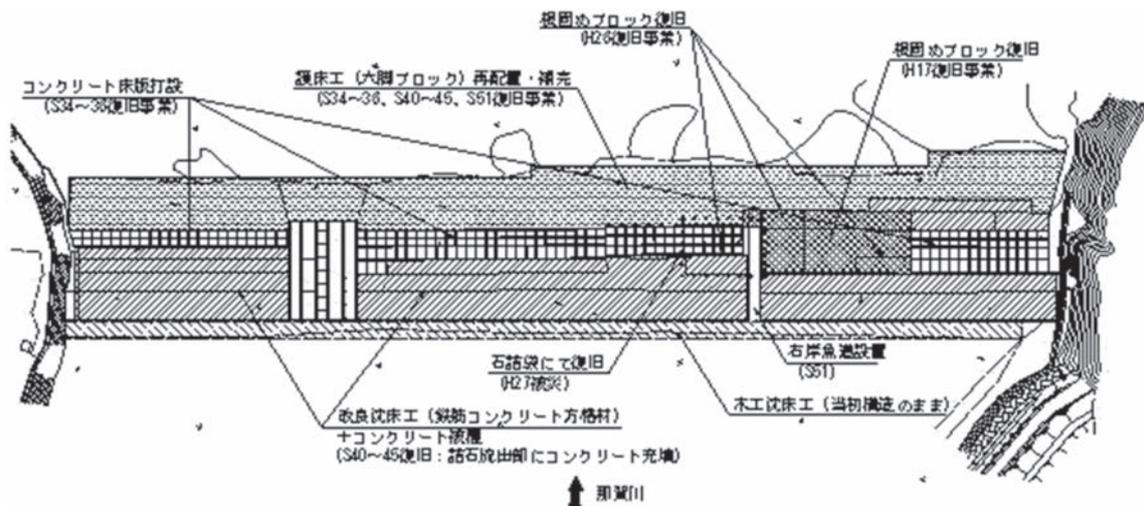
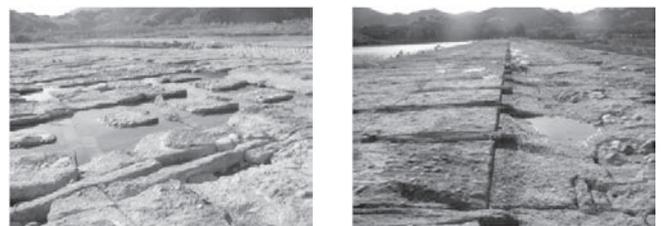


図-3 南岸堰の補修履歴



写真-1 南岸堰全景



右岸部堰体（1号堰） 中央部堰体（1号堰・4号堰の落差）



中央部下流エプロン（下流端）
写真-2 南岸堰の堰体・下流エプロンの損傷状況

表-1 南岸堰の機能診断調査結果

位置 構造	左岸部	中央部	右岸部
堰体 (1号堰、4号堰)	【変状の状況】 ・木床工上面の表面コンクリートに、摩耗による粗骨材の露出が全体的に見られる。 ・木床工枠組材に、欠損・損傷が局所的に見られる。 ・木床工上面の表面コンクリートに、面積20%未満、深さ50cm未満で欠損・損傷が見られる。 ・間詰石材 [*] が面積20～50%、深さ50cm以上で流失している。 ※左岸部の4号堰は築造当時のまま木床工の枠内で詰石構造となっている。	【変状の状況】 ・木床工上面の表面コンクリートに、摩耗による粗骨材の露出が全体的に見られる。また、1号堰直下流の落差部(水衝部)は他の区間と比較して摩耗が著しい。 ・木床工枠組材に、欠損・損傷が局所的に見られる。 ・木床工上面の表面コンクリートに、面積20～50%、深さ50cm以上で欠損・損傷が見られる。	【変状の状況】 ・木床工上面の表面コンクリートに、摩耗による粗骨材の露出が全体的に見られる。 ・木床工枠組材に、欠損・損傷が全体的に見られる。 ・木床工上面の表面コンクリートに、面積50%以上、深さ50cmで欠損・損傷が見られる。
	【健全度指標】 S-2:要補強	【健全度指標】 S-2:要補強	【健全度指標】 S-1:更新検討
	【劣化要因】 ・洪水時のエネルギーの大きい流れや、落下してきた転石等により、表面コンクリート、木床工枠組材の欠損・損傷が生じるとともに、4号堰の詰石が徐々に流失することで、木床工枠組材が欠損したものと推測される。	【劣化要因】 ・洪水時のエネルギーの大きい流れや、落下してきた転石等により、表面コンクリート、木床工枠組材において欠損が生じ、その後、その欠損箇所が弱点となり範囲が大きくなったものと推測される。 ・表面コンクリートについては、施工時の打設継ぎ目で剥がれていることが確認された。	【劣化要因】 ・洪水時のエネルギーの大きい流れや、落下してきた転石等により、表面コンクリート、木床工枠組材において欠損が生じ、その後、その欠損箇所が弱点となり範囲が大きくなったものと推測される。
下流エプロン (5号堰より下流)	【変状の状況】 ・木床工上面の表面コンクリートに、摩耗による粗骨材の露出が全体的に見られる。また、4号堰直下流の落差部(水衝部)は他の区間と比較して摩耗が著しい。 ・木床工枠組材に、欠損・損傷が局所的に見られる。 ・コンクリート床版下部において局所的な空洞が見られる。	【変状の状況】 ・木床工上面の表面コンクリートに、摩耗による粗骨材の露出が全体的に見られる。また、4号堰直下流の落差部(水衝部)は他の区間と比較して摩耗が著しい。 ・木床工枠組材に、欠損・損傷が局所的に見られる。 ・木床工上面の表面コンクリートに、面積20%、深さ50cm以上で欠損・損傷が見られる。 ・堰体コンクリート床版と護床ブロックの境界のうち、法止工が流失している部分等において局所的に床版下部に空洞が見られる。	【変状の状況】 ・木床工上面の表面コンクリートに、摩耗による粗骨材の露出が全体的に見られる。 ・木床工上面の表面コンクリートに、面積20%未満、深さ50cm以上の欠損・損傷が見られる。 ・根固めブロックと床版コンクリートの境界、根固めブロックと魚道の境界において、床版下部に空洞が見られる。
	【健全度指標】 S-3:要補修	【健全度指標】 S-3:要補修	【健全度指標】 S-3:要補修
	【劣化要因】 ・4号堰直下流の落差部は水衝部となり洪水時に落下してくる転石が当たる部分となるため、他の区間と比較して著しい摩耗が発生している。	【劣化要因】 ・4号堰直下流の落差部は水衝部となり洪水時に落下してくる転石が当たる部分となるため、他の区間と比較して著しい摩耗が発生している。 ・法止工が流失している部分は根入れが十分ではなかったと想定されるが、この流失部分において乱流が生じ床版コンクリート下部で洗掘され空洞が発生したと推測される。	【劣化要因】 ・根固めブロックと床版コンクリートの境界において流況が乱れ継ぎ目で洗掘を受け空洞が生じたと推測される。 ・根固めブロックと魚道では粗度・勾配が異なるため、魚道内を流水が下流の護床ブロックに当たることにより流況が乱れ、根固めブロックの一部が流失し、洗掘が進んだものと推測される。

4. 南岸堰の補修設計

(1) 補修設計の基本方針

現状の南岸堰は、1号堰最上流部や各堰間の落差部等での欠損が顕著であるものの、堰体については、基本的な構造及び取水のための堰上げ機能は維持している。したがって、現在の基本構造(方格材+詰石)を残して補修する設計方針とした。なお、この設計方針については、河川管理者と調整を進めるなかで、既存の南岸堰の基本構造を変更しない部分的な補修であれば、既存の南岸堰を継続利用することが可能とされた。

(2) 堰体(1号堰、4号堰)の補修設計

1) 補修方針

1号堰及び4号堰の補修は、堰体部としての機能を維持するため、取水時に必要な水位を維持し、洪水の流下に対して著しい支障を与えず、水理的、構造的に安全な構造として補修する必要がある。

2) 耐磨耗対策

① 高強度コンクリート工法

1号堰及び4号堰は、磨耗・欠損が著しく、耐久性を向上させる必要があるため、エプロンの表面保護に用いられる耐磨耗性、耐衝撃性に効果の

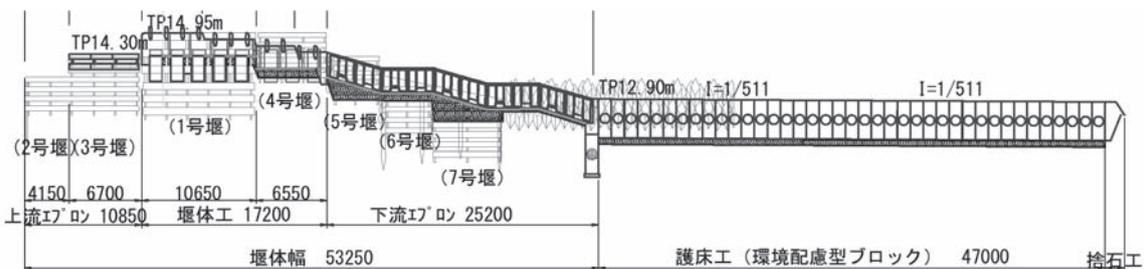


図-4 南岸堰補修計画断面図

ある高強度コンクリート工法を選定した。

現堰体のコンクリート強度は、過年度の調査から概ね $\sigma_{ck}=30\text{N/mm}^2$ 以上となっている。一方、南岸堰の下流に位置する北岸堰の堰体コンクリートの圧縮強度は、 $\sigma_{ck}=46.6\sim 55.5\text{N/mm}^2$ であり、大きな損耗を受けていない。このことから、高強度コンクリートの圧縮強度は、 $\sigma_{ck}=50\text{N/mm}^2$ を確保する。

②最小部材厚

堰体に施工する高強度コンクリートの最小部材厚は、以下の理由により50cmとした。

- ・頭首工の規模、流下転石の状況等によるものの、固定堰エプロン部の厚さは、一般河川の場合、50cmとすることが一般的である。(設計基準「頭首工」p.325)
- ・高強度コンクリートを、薄く施工した場合は、発熱によるひび割れが発生することが想定されることや、エプロン表面保護工としての機能を発揮するため、部材厚50cm以上とすることがよい。(設計基準「頭首工」p.629)
- ・最小部材厚50cmの場合、国土交通省で示されている河川内構造物としての最小部材厚及び「災害復旧事業の解説」での木工沈床表面の被覆コンクリート厚を満足する。

3) 揚圧力対策

透過性の堰のため、揚圧力の軽減が重要であり、堰体には水抜き孔($\phi 150$)を設けるとともに、水抜き孔の透水性を維持するため、堰体下部に単粒度碎石を施工する。単粒度碎石の上面には、水抜き孔からの吸出しを防止するため、吸出し防止材を設置する。

4) 洗掘防止対策

1号堰上流段差部での損傷・洗掘を防止するため、洗掘防止対策として1号堰上流端にカットオフを設ける。カットオフの根入れ深さは、床止め工の取付擁壁で必要となる根入れの深さの考え方を参考に、1号堰天端から1mの長さ確保するものとし、3号堰天端からは0.35m以上の根入れとした。

5) 堰体の安定性照査

堰体の安定性について、①堰全体の安定性、②堰体の浮上、③流体力によるめくれについて照査を行った。

①堰の安定性に対する照査

洪水時(河川整備計画目標流量 $Q=8,500\text{m}^3/\text{s}$)及び地震時における転倒、滑動、地盤支持力について照査し、所要の安全率を確保している。

②浮上に対する照査

浮力に対する安全率は $F_s=1.26 \geq 1.2$ となり、

堰体コンクリートは浮上に対する安定性を有する。

③めくれに対する照査

堰体の表面コンクリートである上流端に位置する1号堰部のコンクリート版については、流れの作用によるめくれによる破壊が懸念される。1号堰部のコンクリート版について「護岸の力学設計法」によるめくれモデルにより照査を実施し、めくれに対する安定性を確認した。

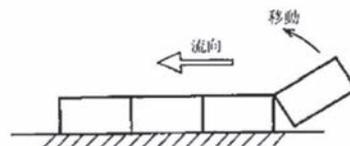


図-5 めくれの現象

(3) 上流エプロン(2号堰、3号堰)の補修設計

南岸堰では、2号堰及び3号堰が上流エプロンの機能を担っており、流水を堰本体(1号堰、4号堰)にスムーズに導水し、洗掘を防止する機能を確保する必要がある。

現況の3号堰は $2\text{m} \times 2\text{m}$ の格子形状の方格材が7段で構成されており、魚道周辺を除き、上部2段目までが全体的に損傷している。河床はこの標高で安定していると見られることから、方格材2段目の高さを計画高とした。

現況の3号堰に使用している方格材は、上部2段目までがコンクリート製であり3段目以下は木製であった。補修に当たり出水時の流木等の衝突等を考慮し、上部2段目までをコンクリート製で補修する。また、方格材の中詰材には玉石を用い、天端表面には流出防止のために現況で用いられている径40cm~60cm程度の被覆石を使用する。

一方、現況の2号堰については、堰体上流の安定したと見られる河床に埋没しており、上流エプロンの機能が確保できていることから、補修の対象外とした。



写真-3 3号堰の方格材の損傷状況(仮締切直後)

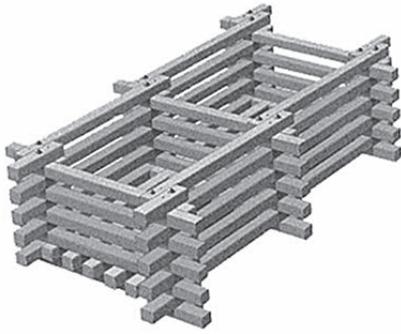


図-6 方格材イメージ図

(4) 下流エプロン（5～7号堰）・護床工の補修設計

1) 補修方針

下流エプロンは、補修で用いられている根固めブロックで補修し、損傷の原因となっている落差を解消する方針とした。下流エプロンの構造は、魚類等の移動のしやすさ等を考慮し、スロープの途中に平場を設けることにより、流れに変化をもたせることとした。水理計算にあたっては、「床止めの構造計算の手引き」の緩傾斜型落差工の考え方を準用し、ベルヌーイの式に斜面上の摩擦損失を考慮して計算を行い、必要な護床工長を確保した。

2) 下流エプロン

下流エプロンに用いる根固めブロックについては、設計基準「頭首工」から必要重量を算出し8t型とした。ブロック形式は、基礎材の吸出しを防止でき、下流エプロン上での流れの乱れを防止し、魚類への影響が少ない平面型ブロックを採用した。

3) 護床ブロック

護床ブロックは、「床止めの構造設計の手引き」の考え方にに基づき重量を算出し、1.14t型ブロックを15個連結する構造とした。ブロック形式は、河床の安定性に加え、周辺の河川環境に類似する構造である立体型ブロック（中空式）を採用した。

4) 耐磨耗対策

現在の根固めブロック（ $\sigma_{ck}=18\text{N}/\text{mm}^2$ （現場製



写真-4 根固めブロック（下流エプロン）の損傷状況

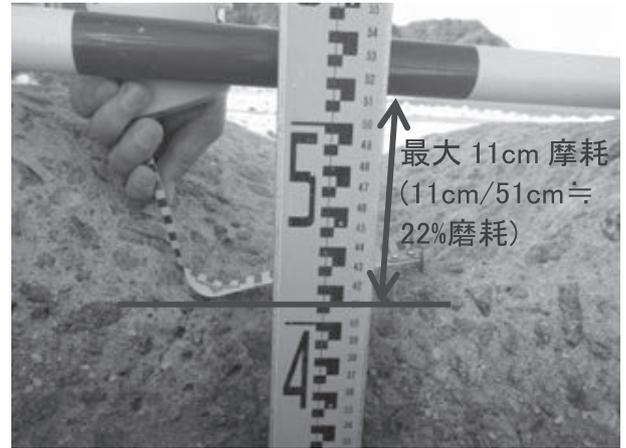


写真-5 根固めブロック（下流エプロン）の磨耗状況

作))は、ブロック全体が波打つように磨耗が生じている状況にあることから、護床工も含めブロックの圧縮強度を $\sigma_{ck}=50\text{N}/\text{mm}^2$ の高強度コンクリートとし、流水磨耗に対し堰体と同等の耐摩耗性を確保する。

5) 揚圧力対策

下流エプロンの基礎については、根固めブロックの据付面を整形するとともに、ブロックの隙間からの透水性を維持するため、下流エプロン下部に単粒度碎石を施工し、その上面には、吸出し防止材を設置する。

護床ブロックの基礎については、南岸堰下流は最大粒径40cm程度の玉石を含む河床であり、敷設にあたり設置基面を均一とするため、単粒度碎石を施工するとともに、その上面には吸出し防止材を設置する。

6) 洗掘防止対策

①設計方針

現在の南岸堰においては、コンクリート床版下面の河床砂利が吸い出され、空洞が発生している。このような状況は、止壁のない箇所を確認されており、止壁が残っている箇所では生じていない。このため、将来的な河床低下に対しても下流エプロン基礎材の流出を防止できるように下流エプロン下端に止壁を設置する。

②止壁構造

止壁構造に求められる条件としては、堰体や根固めブロックの移動を防止し、上流からの浸透流を阻害しないで、流下物による止壁の損壊を防ぐ構造とする必要がある。流水面がコンクリート構造となるL型壁と、約1/2程度の透過性を確保し、上載荷重による変形が懸念されない立体型ブロック（中空式）を組み合わせた構造とした。

必要根入れについては、下流側の護床ブロックが流出して河床洗掘が生じた場合にも、上流側の

根固めブロックに対し影響を与えないよう取付擁壁の考え方に準拠し、止壁は護床ブロック下面から1mの根入れを確保した。

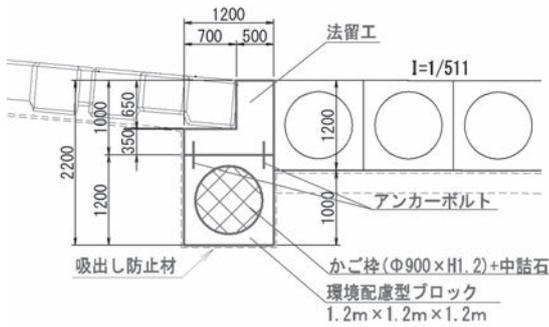


図-7 洗掘防止工（止壁）構造図

(5) 魚道の補修設計

1) 対象魚種

那賀川において確認された魚類のうち、代表魚種としてアユ、アユカケ、ヨシノボリ、ウナギの4種を選定した。

2) 魚道配置と形式

①魚道の配置

南岸堰には、中央に3条の魚道及び1条の舟通し、左右岸に各1条の魚道が設けられている。これらの現況位置に魚道を再配置する。中央部の魚道には、呼び水機能と放流量を確保するため、2条の呼び水水路を配置する。

②魚道形式

南岸堰が被災を繰り返した経緯を有する施設であることから、洪水時でも極力損傷の少ない構造とすることを優先した。このような観点から、隔壁を有する階段式の魚道形式は採用しない方針とした。

河川中央に配置する魚道形式は、下流にある北岸堰の試験魚道で遡上実績のあるハーフコーン型を採用した。左岸側の既設魚道は、良好な遡上実績が確認されている粗石付き斜路型魚道であり、現況と同じ粗石付き斜路型魚道を採用した。右岸側の魚道は、流量調整用としても機能させるため、流下能力を確保しやすい矩形断面となる護床工型魚道ブロックを採用した。

5. おわりに

南岸堰の補修工事は、工事を3期に分割し、平成29年11月から左岸側から工事を実施し、平成32年5月に完成する予定である。

那賀川流域約3,000haを潤すことになる南岸堰が、次世代も安心して取水できる施設となり、後世まで引き継がれるよう、これからの工事推進に努める所存である。

最後に、本工事の計画、設計、施工に当たり多くの方々のご協力、ご理解をいただいたことに感謝の意を表す。

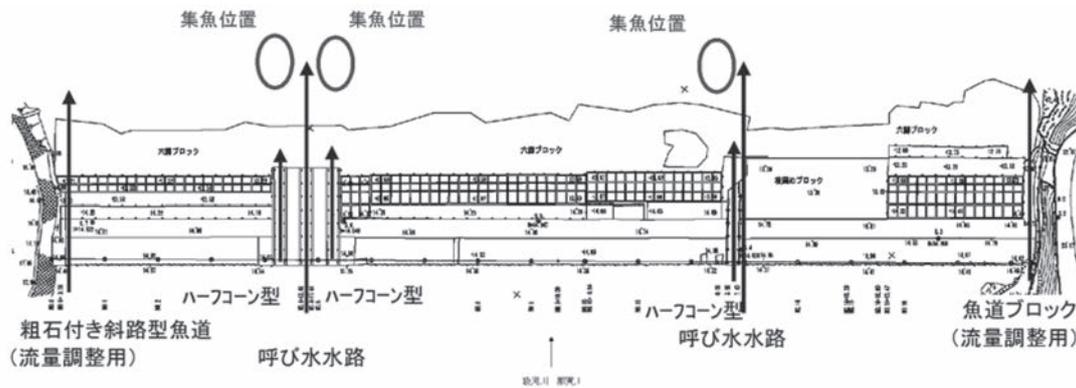


図-8 魚道配置計画

房総導水路緊急改築事業におけるポンプ速度制御装置 VVVF導入に対応した換気設備設計

藏 方 一 也* 小 津 光 生*
(Kazuya KURAKATA) (Mitsuo OZU)

目 次

1. はじめに	50	4. 換気設備改善計画（横芝揚水機場）	51
2. ポンプ設備の改修計画について	50	5. 考察	55
3. VVVF 制御装置導入の課題及び対策	51	6. おわりに	55

1. はじめに

房総導水路は、(図-1)に示すとおり、2ダム、5揚水機場及び約100kmの水路で構成され、利根川から取水した水は、九十九里沿岸地域及び南房総地域の水道用水や千葉県臨海工業地帯等の工業用水として各利水者に供給している。

事業の完成は、平成17年3月と新しいが、建設中の昭和50年代から一部施設を用いた暫定通水を行っており、基幹となる揚水施設（特に速度制御装置などの電気設備）は、老朽化に伴う信頼性の低下、調達可能な補修部品の漸減など、近年はリスクの高い管理運営を行っている。また、導水路は幹線道路や鉄道と交差する箇所が多数あり、近い将来に発生が予想される大規模地震に備えて、被災時の影響を軽減する対策が急務なことから、老朽化対策、耐震補強、地上権再設定を目的とする房総導水路緊急改築事業（工期：平成26年度～32年度、事業費：約150億円）を鋭意実行している。

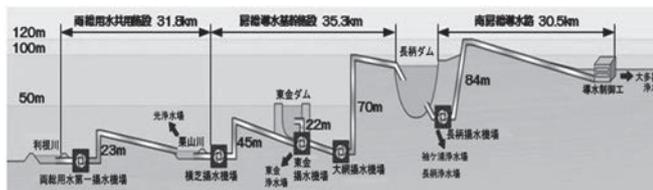


図-1 断面で見る房総導水路

2. ポンプ設備の改修計画について

緊急改築事業においては、横芝、大網、長柄の3揚水機場を対象にポンプ設備の改修を行い、維持管理費の縮減、信頼性の向上、保守作業の軽減を達成する計

* (独)水資源機構 千葉用水総合管理所
房総導水路事業所 (Tel. 0475-72-4121)

画である。その具体的な取組について、本稿に關係する内容を以下に述べる。

2.1 機器の高効率化

機器の高効率化は、使用電力量の縮減が図れ、揚水機場の管理費の大部分を占める電気料金の縮減に大きく寄与する。

横芝機場を例に挙げると、(図-2)に示すように、総合効率は10.8ポイントアップし、電力使用量は、約12.4%の減が見込まれる。

機器の高効率化は、更新する主ポンプ、電動機、速度制御装置に対して、製造メーカーの高い技術力を活用することで設計基準等より高い数値を発注仕様として採用することで達成した。また、総合評価における受注者の技術提案により、効率の更なる上積みが見込まれた。

なお、電動機効率が既設より低下しているのは、総合効率が最も高くなる速度制御装置と電動機の組み合わせを採用したことで生じたものであり、速度制御装置に効率の高いVVVFインバータ制御を採用すると、電動機は巻線形より効率がやや劣るかご形を採用せざるを得ない。

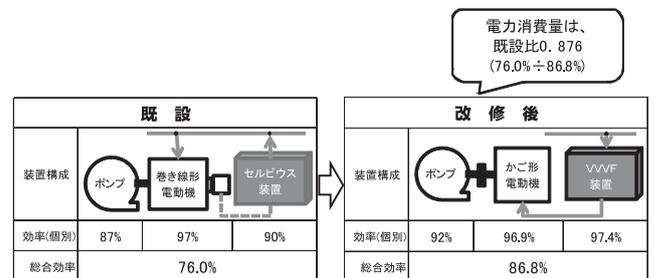


図-2 ポンプ、電動機、速度制御装置 効率比較表

2.2 機場の無水化

機場の無水化は、主ポンプの軸封方式の変更等により、給水ポンプ、オートストレーナー等の給水補機類が不要となり、保守作業の軽減及び信頼性の向上が期待できる。

その反面、各種機器の冷却方式が水冷から空冷に変更されるため、換気設備は発熱量の増加に対応するために能力の増強が必要である。また、当該設備の故障は施設機能（ポンプ送水）に大きく影響するため、改修後は重要設備として維持管理を行う必要がある。

2.3 VVVF+かご形モータ採用

省エネ効果を求める揚水機場における速度制御装置と電動機の組み合わせは、2.1で述べたVVVF+かご形電動機が一般的であり、VVVF制御（Variable Voltage Variable Frequency：交流で動作する電動機などで、電圧と周波数を自由に可変制御することで、電動機回転数を変化させる方式）により、使用電力量（維持管理費）の縮減が図れる。また、液体抵抗器や切換装置などの電動機の始動に必要な装置が不要になることから、信頼性の向上効果も期待できる。

既設のセルビウス装置+巻線形電動機と比べると、電動機は、回転子巻線に流れる電気を外部装置に伝達するのに使用する集電環装置が不要になり、毎月、清掃及び寸法計測が必要であった電動機ブラシのメンテナンスがなくなり、大幅な保守作業の軽減が図れる。

一方、VVVF装置は、電動機の一次電源を制御することから取り扱う電圧が高く、既設セルビウス装置より装置から発生する発生熱量は増加し、換気設備の能力を見直す必要がある。

3. VVVF 制御装置導入の課題及び対策

3.1 過去事例からの課題と対策

VVVF 制御は、低圧機器では導入実績が多数あるが、高圧機器を用いる大型揚水機場における導入実績は少ないため、過去事例からの課題と対策は、設備設計において十分考慮する必要がある。

○課題と対策

VVVF 装置に使用される IGBT（Insulated Gate Bipolar Transistor：高耐圧、大電圧に適した、少ない電流で高電力を制御できる半導体）素子は、粉塵や多湿に弱く、粉塵が多湿な室内環境により基板へ付着することで VVVF 装置が故障した事例が過去に報告されている。その対策として、基板にワニスコーティング処理（粉塵付着防止措置）を行ったが、故障の完全防止は難しく、室内環境の抜本的な改善として、VVVF 装置を設置した電気室に空調の導入が計画されている。

しかしながら、空調の導入は、ランニング、イニシャル共にコストが上がるデメリットが伴う。

3.2 房総導水路における課題と対策

房総導水路では、緊急改築事業において維持管理費の縮減、保守作業の軽減等を目指していることから、VVVF 制御装置導入による空調の増設は、使用電力量の増加や保守作業の増加に繋がることから回避すべき

課題である。

その為、従来の送風機を用いた外気導入による換気設備を改善することで、課題の解決を試みた。

4. 換気設備改善計画（横芝揚水機場）

4.1 換気方式

横芝揚水機場の換気設備は、給気・排気共に送風機により機械換気を行う、第1種機械換気方式（給排気共に送風機を利用する為、最も確実な給気、排気が期待でき、気流方向や静圧の制御が容易な方式）である（図-3）参照。

既設換気設備は、通年で室内温度による送風機の ON-OFF 運転を行っているため、ポンプ運転台数による発生熱量（=必要換気風量）の変化に対応しておらず、換気風量は過不足が生じている。

ポンプ設備改修後の換気設備は、現在と同じ第1種機械換気方式とするが、発生熱量の増加に対応するために換気能力は増強（大型化）を図る計画である。

また、VVVF 制御装置の導入に伴う設置環境に関する課題に対しては、換気風量の適正化や間欠運転による除湿（再熱）など、機械換気設備の改善により、常に良好な設置環境を保つ計画である。

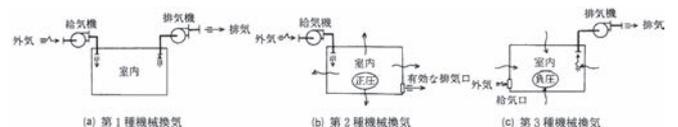


図-3 機械換気方式の種類

4.2 高温多湿環境対策

高温多湿環境への対策については、屋内外の温度・湿度に応じて送風機の運転制御を行うことで対応する。

VVVF 導入時の設置環境条件は、「温度：5℃～40℃、湿度：0%～85%（結露なきこと）」である。

上記条件をクリアすることが可能か検証する為、横芝光町の夏期環境を整理し、空調設備における湿り空気線図を用いて検討を実施した。

○横芝光町の夏期環境

気象庁の記録によると、横芝光町における月平均最高気温は、30.4℃である。

高温・多湿の外気を室内に取り込むことによる結露の発生が心配される、外気温30℃以上湿度85%を超える可能性のある日は、H27年5月～10月の気象記録を整理すると、（図-4）に示すとおり9日と非常に少ない日数であった。年間10日前後の高温多湿日の為に空調（エアコン等）の導入は経済的でない。

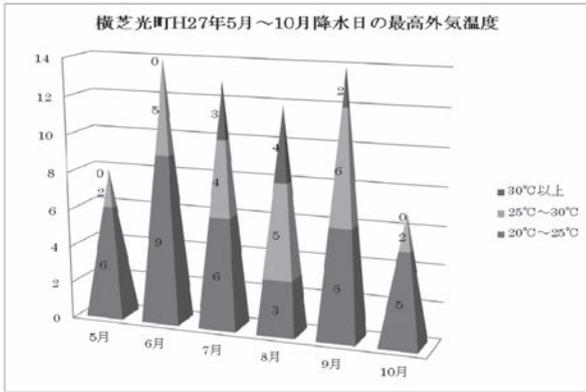


図-4 横芝光町H27年5月～10月降水日最高外気温度

○空調と温湿度の関係

換気による運転方式を検討する前に、湿り空気線図上の温湿度状態変化を、夏期、冬期の一般的な状態を用いて解説をする。冷房、除湿、暖房、加湿...一般時にはこの4つの状態変化がある。

(図-5)に、①夏期30℃ 70%②冬期5℃ 50%から、③24℃ 50%、±2℃±10%の室内環境を目指した時の状態変化について示す。

(図-5)の状態変化を纏めると(表-1)の通りとなる。

(図-5)より、除湿(再熱)は冬期暖房と同じ動きをする事により、相対湿度を下げる事ができる事が判る。

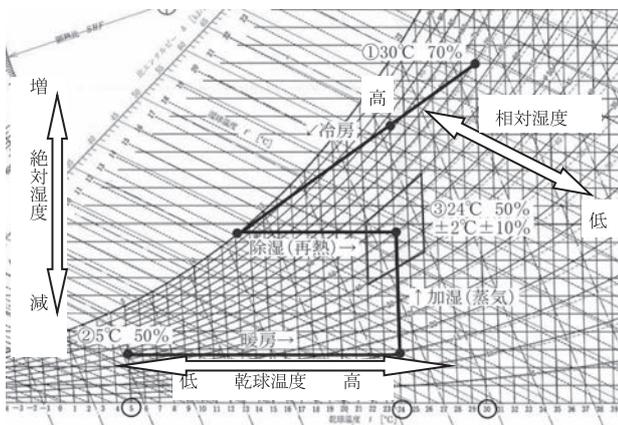


図-5 夏/冬期一般的な湿り空気線図上の状態変化図

表-1 温湿度状態変化集計表

	冷房	除湿	暖房	加湿
乾球温度 °C	下がる	上がる	上がる	変化小
相対湿度 %	上がる	下がる	下がる	上がる
絶対湿度 kg/kg (DA)	減る	変化無	変化無	増える

○給排気送風機間欠運転による除湿

(図-5)における除湿(再熱)の考え方をを用いて、給排気送風機の間欠運転による除湿について検討する。

VVVF装置の室内許容温度は40℃の為、湿り空気線図(図-6)で表すと、40℃に引いた縦線までは温度許容範囲である。(図-6)①の外気環境下におい

ては、室内湿度上昇に応じて給排気送風機の間欠運転を実施することで、室内湿度の調節が可能と考えた。

具体的には、(図-6)③室内相対湿度が85%を超える前に、給排気送風機を停止する。その後、(図-6)⑤機器発熱(VVVFより発生する熱) = 除湿(再熱)により室内温度は40℃方向へ上昇すると共に、相対湿度は低下する。(図-6)②相対湿度が60%以下に低下した時点で給排気送風機の再起動を行う。

湿り空気線図(図-6)によると、給排気送風機停止前の温湿度を30℃,85%と仮定すると、給排気送風機停止後の室内温湿度は、36.5℃,60%に変化し、除湿が行われる。よって(図-6)④VVVF温湿度許容範囲を満足する。

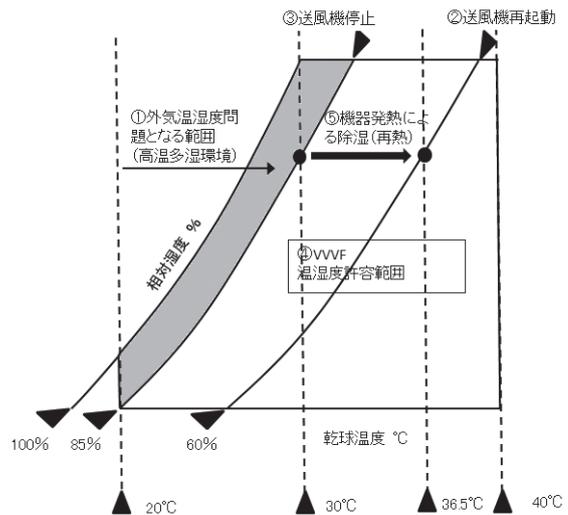


図-6 湿り空気線図を用いた電気室環境図(拡大図)

○発生熱源の重点的な排気

電気室における熱源の大部分はVVVF装置である。VVVF制御装置から排出される高温の排気は、電気室天井部に設置したフードで排気ダクト吸込口へ誘導し、ポンプ運転号機と連動したモーターダンパーを開閉する事で、熱の発生源から局所的に排気することで、換気効率の向上を図るものとする(図-7参照)。

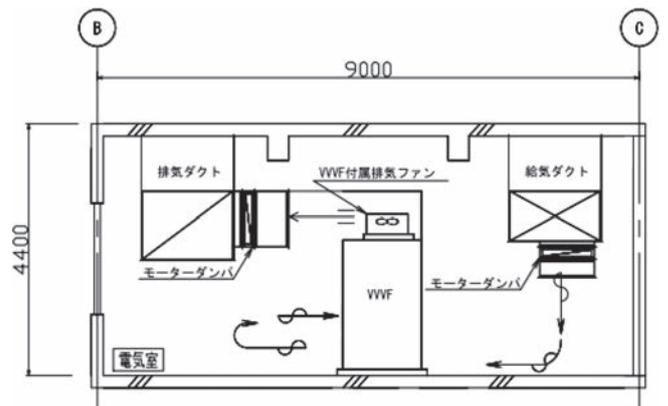


図-7 局所排気イメージ図

4.3 換気風量適正化

換気風量適正化を図る理由は、次の2点が上げられる。

○送風機故障防止

高温多湿対策を実施する上で必要な、送風機の間欠運転を実施する際に、過大風量による運転により、送風機の起動停止間隔が短くなる事による、機器故障の防止。

○運転コスト低減

大型化する換気設備の運転コスト低減。

ここで、大型化する換気設備の台数、能力、運転制御方法について検討した事項を纏める。

・設置台数の検討

ポンプ設備の運転台数が3台であるのに対し、送風機の運転台数は2台である。従って、ポンプ3台運転時以外は、換気に必要な設計風量と送風機による実換気風量に乖離が発生する。給排気送風機の能力をポンプ3台運転時の必要換気風量で設計すると、(表-2)に示すとおりポンプ3台運転時以外は、過大風量となり無駄に電力を消費する。

給排気送風機の台数をポンプと同じ各3台とする案については、既設建屋の機械室に大型化する換気設備(送風機)の設置スペースが確保できず困難である。

2台の送風機能力を大小異なる能力とする案については、常に先発機が固定される為、運転時間が一方に偏り、冗長性を考慮すると望ましくない。

以上より、送風機の設置台数は、同型機各2台とした。

・運転制御方法の検討

ポンプ運転台数毎の設計風量及び送風機運転台数を(表-2)に記す。ポンプ0台運転時は、VVVF制御装置以外の盤発熱等による熱負荷を示している。ポンプ運転台数が1台増加毎に、VVVF制御装置から発生する熱負荷が55KW増加する。

送風機の運転は、ポンプ運転台数毎に設計風量に近い換気風量とするために、ポンプ運転台数に応じた台数制御を行う。また、汎用インバータによる回転速度制御運転を導入し、換気風量の適正化を図ることとした。

表-2 ポンプ運転台数毎の熱負荷変化及び設計風量

ポンプ運転台数	0台	1台	2台	3台
熱負荷 (KW)	31	86	141	196
設計風量 (CMH)	11000	30000	49000	68000
送風機能力 (1台)	34000 (CMH)			
送風機運転台数	1台	1台	2台	2台
周波数設定 (HZ)	25	38	35	49

横芝給気送風機を対象に、汎用インバータを用いた際の周波数毎の送風機性能曲線を(図-8)に示す。

図-8において、ポンプ0台、1台運転時の設計運転点は、送風機1台運転時の静圧曲線に対して運転可能な範囲を外れる。その為、実際には、モーターダンパー等により抵抗を与えて運転を実施する必要がある。ポンプ2台、3台同時運転時には、設計上の運転点が送風機2台運転時の性能曲線上にほぼ一致する為、ダンパー等による抵抗を与えた運転を行う必要は無い事が判る。

ポンプ1台運転時風量 30,000m³/hにおける軸動力について注目すると、適正風量(38Hz)運転時の軸動力は12kW、台数制御のみ運転時の軸動力は20kWとなり、汎用インバータの使用により、送風機使用電力は約40%削減され、運転コストの縮減が図れる。

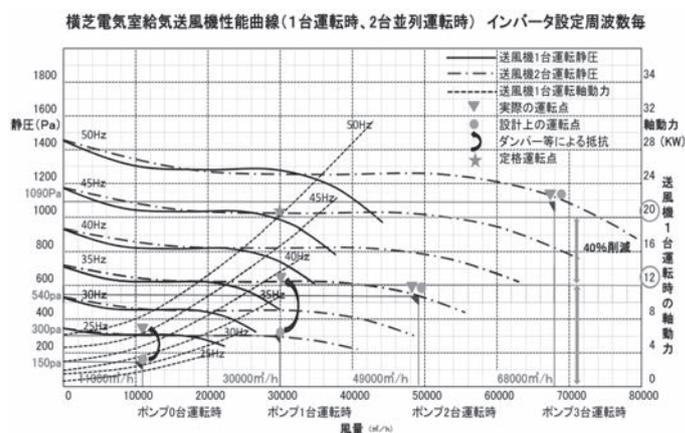


図-8 横芝給気送風機1~2台並列運転時性能曲線図(インバータ周波数毎)

4.4 換気量増大に伴う雨水侵入騒音対策

給排気量増加に伴い外気導入口、排気口においてガラリ通過風速が9m/sを超える。一般的に外壁ガラリの通過風速は建築設備設計基準等では3~4m/sと規定されており、既設外壁ガラリは、雨水侵入、騒音対策が必要である。一般的な外壁ガラリは、雨水の侵入を防止する為、開口率は30~35%で設計されている。

横芝揚水機場は、既設建屋を利用した改修計画であり、新規に外壁開口部を増やすことは、構造体に影響を与える恐れがある為、極力避けるべきである。その為、今回の計画では、高速防水ガラリ又はウェザーカバーに更新する事で改善を検討した。

○高速防水ガラリの特徴

- ・高速防水ガラリ面風速5m/sまで使用可能である。
- ・機械換気に於いて開口率100%である。
- ・意匠上ガラリの為、外壁とフラットである。
- ・縦型ガラリであり、防水性能が高い。
- ・従来品と比較して高額である。
- ・材質はアルミニウム製である。

○ウェザーカバーの特徴

- ・高開口率である（60%～100%程度）。
- ・製作時の、自由度が高い。
- ・防水性を考慮した形状作成も可能である。
- ・意匠上箱型の為、外壁に突出する。
- ・箱型の為大きな開口部への設置は適さない。
- ・材質は選択が可能である。

（ステンレス / ガルバニウム鋼板 / 他各種鋼板等）

写真-1の通り、既設給気ガラリは2.8m × 2.3mのサイズである。ウェザーカバー（写真-2）を設置するには非常に大きく、設置箇所は、高速道路上からも見える場所に面しており、景観を損なう恐れがある。その為、既設同等の景観となる、高速防水ガラリ設置にて進めるものとした。

高速防水ガラリの制限風速は、面風速5m/sであり、最大風量68,000m³/hにおいて、高速防水ガラリの採用により、面風速2.9m/sとなり基準を満たす。

次に、騒音の観点で検証を行う。横芝揚水機場は横芝光町において、用途地域としては「その他地域」に該当する。その為、敷地境界において、夜間50dB（A特性）が1番厳しい騒音規制値となる。（図-9）より高速防水ガラリの2.9m/s（3.3m/s）時オクターブバンドは、1,000Hz周波数帯以外、50dBを既に下回っている。既設給排気ガラリから敷地境界までの距離は20m程度である。1,000Hz周波数帯において、（図-10）より2m程度離れた地点で、既に50dBを下回ることが判る。距離減衰により騒音規制値を十分満足する事が判る。

以上より、高速防水ガラリへの更新により、雨水の侵入、騒音の問題が解消できる見通しである。



写真-1 横芝揚水機場既設給気ガラリ

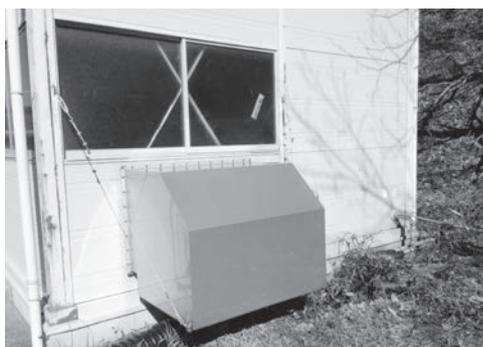


写真-2 ウェザーカバー参考写真

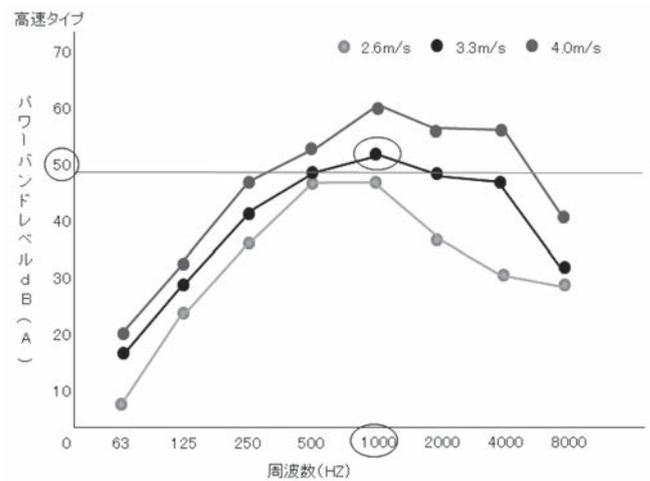


図-9 高速ガラリ騒音性能図

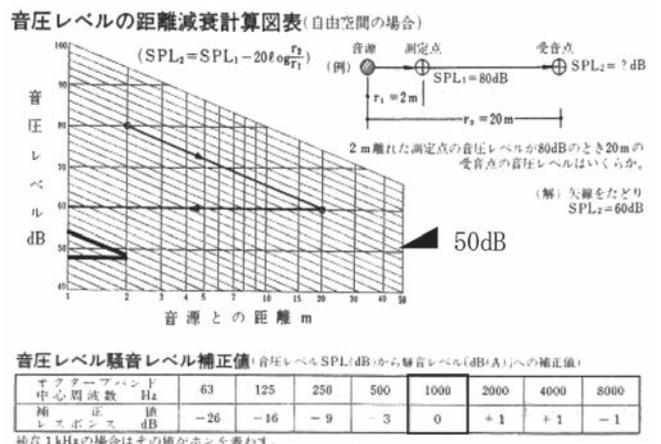


図-10 音圧レベルの距離減衰計算図

4.5 粉塵等抑制への対策

VVVF制御装置の導入により電気室内は清潔な環境をこれまで以上に保持する必要があることから、給気送風機の外気取入口にはオートロールフィルターを設置し、粉塵等の流入を防止する。なお、フィルターの目詰まりは、従来のタイマーによる運転以外に、フィルター間差圧による運転を追加し、粉塵対策を強化する。交換は、予備品を準備し定期的に交換を実施する。

電気室、機械室内は、粉塵を持ち込まないように電気室、機械室内の扉は確実に閉める。

入室者に対して、粉塵は発生させない、持ち込まない、除去する意識を持つようにポスター掲示を行う。

電気室内には、自動床掃除機の導入を検討している。

4.6 将来を見越した対応

VVVF装置は、設計上、換気設備強化により室内環境条件の範囲内で運転制御が問題なく行える計画である。しかしながら、地球温暖化による大気温度の上昇や、100年に1度の異常気象等、不安要素も多々ある。また、水需要の増加による4号機の運用再開など、不確定要素もある。このような将来予測されるリスクを踏まえた上で、予め空調導入時の検討を実施し、将来の拡張性を設計に反映した。

〈検討内容〉

- 電気室内に床置 PAC エアコン室内機配置スペースを確保する。
- 発生熱量に相当する機器を想定する。
- 排気ダクト系上流にダンパーを設置し、空調導入時には、還気ダクトとして使用できるように、切替を実施し、空調用で使用できるようにする。
- 電源については、給排気送風機併用の必要が無い為、夏期空調転用とする。
- 配管、屋外機等については配置検討を行う。

5. 考察

5.1 高温多湿対策についての考察

給排気送風機の間欠運転制御は、湿り空気線図上で示した通り、VVVF インバータ制御装置を運用できる環境を十分確保できる。また、給排気送風機の運転台数制御と電動機インバータ運転導入により、換気風量は適正化され、運転コスト低減の観点からも、効率の良い換気設備である。

懸念材料は、夏期の長雨である。間欠運転の頻度が上がり、送風機の始動停止が多くなり、機器寿命が短くなる恐れがある。

5.2 粉塵対策についての考察

フィルター差圧管理を追加する事で、電気室、室内環境、粉塵の除去には有効である。

課題としては、ハード面で対策を行っていても、実際にフィルターの自動巻き取りが終わった後、濾材交換を怠れば、環境は改善されない為、適正な管理が必要である。

6. おわりに

従来のポンプ設備改修工事における検討は、機器の効率、使い易さ、コスト縮減、施工方法、老朽化対策等に注目したものが多かった。これまでに、技術革新によって、ポンプ設備の効率向上が達成されてきたが、今後成熟分野であるポンプ設備のさらなる高効率化をはかるのは非常に困難である。一方で機構に於いて、建屋全体の空調換気設備を含めたエネルギーコスト縮減についてはまだまだ改善すべき点がある。

VVVF インバータ制御装置にみられるように、近年、制御設備に半導体が多く用いられるようになり、温度対策にとどまらず、湿度対策も必要となるなど、装置毎に求められる設置環境も多様化している。また、機場の無水化により補機類の削減が図られた一方、機場の空冷化が急速に拡大したことも事実である。その為、空調、換気設備の効果的な設計、改善、フィルターや金網の清掃交換など、適正な管理が求められている。

既設設備改修の観点では、高速防水ガラリの採用等は、効果的な製品を既設建屋に上手く利用した例である。

房総導水路は利根川から取水し、総延長約 100km をポンプによる揚水に頼っている。房総同様に、水に恵まれない地域は、維持管理費における運転コストが占める割合が大きく、維持管理費縮減に悩む機場も多い。機場毎に特性が異なる為、換気設備の改善が、全揚水機場に適合するかは不明である。地域、設置場所等により与えられた環境も異なる。しかしながら、本稿が設置環境改善の試金石となり、空調換気設備を見直すきっかけになれば幸いです。

【参考文献】

- ・一般社団法人公共建築協会 建築設備設計基準 H27 年版
- ・一般社団法人日本空調衛生工事業協会 空調工事便覧手帳 2014
- ・空気調和・衛生工学会 空気調和設備計画設計の実務の知識 1995

農民の強い意志が受け継がれてきた「上江用水」の 歴史と土木技術的価値

藤 井 修*
(Osamu FUJII)

目 次

1. はじめに	56	4. 上江用水の保全管理	60
2. 上江用水の歴史的背景と土木技術	56	5. 高田平野の水田農業と用水開発の歴史	61
3. 歴史的・文化的な価値	59	6. おわりに	61

1. はじめに

上江用水（妙高市川上～上越市長岡新田）は、新潟県南西部の妙高市と上越市に位置し、中江用水との二大用水が高田平野を潤している。上江用水の延長は約26km、約2,646haの水田受益を支えている。

中江用水は、上江用水とほぼ同延長の約26kmを高田城主の松平光長時代の藩営事業で5年の短期間（1674～1678）に開削された。一方、上江用水は自費普請で、干ばつ被害を受ける多くの農民の意志と金銭的負担で約450年前の天正元年（1573）から三期約130年にわたり掘り継がれた用水である。

上江用水の掘り継ぎ工事は、資金の目途もなく、山の中腹を縫う地形のため地すべりなど大変難しい工事であったが、清水又左衛門や下鳥富次郎などの偉大な先人達の努力で少しずつ掘り継がれ天明元年（1781）にようやく完成に至った。

その後、昭和時代に入ると、先人達の偉業で開削された用水路の路線計画が踏襲され、国営及び県営事業で改修が施された。現在では、二大用水による安定的な用水供給と大区画ほ場整備の進展で、新潟県有数の食料生産基地となっている。

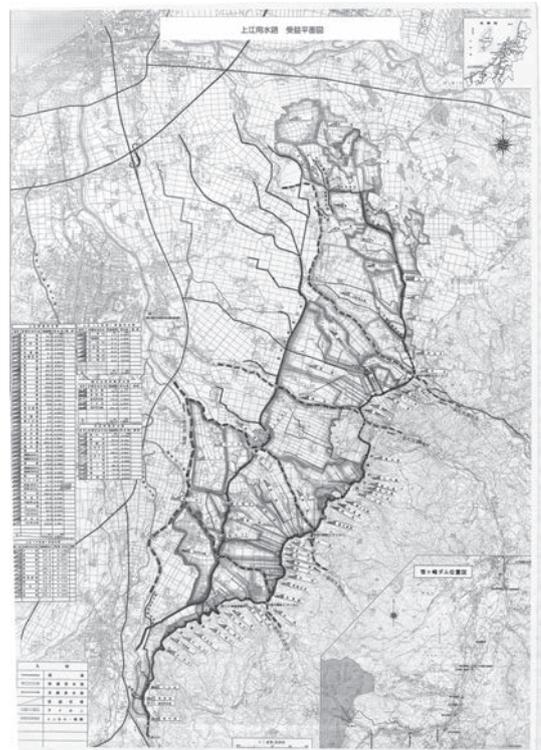


図-1 上江用水受益平面図
(中央が中江用水、右が上江用水)



写真-1 上江用水（山腹の等高線沿いに配置）

2. 上江用水の歴史的背景と土木技術

上江用水の開削が始まった時期は、上杉謙信・景勝の戦国時代と言われている。その後、江戸時代に入ると新田開発が盛んになり、用水開削も一層進められるようになった。

(1) 用水（養水）開削の歴史

第一期（1573～1648：76年） 約6km

吉木村の富里久八郎が中心となり、妙高市川上地内から吉木新田地内までを開削。

第二期（1650～1694：45年） 約10km

*北陸農政局関川用水農業水利事業所
(Tel. 025-521-6040)

統率指導をしたのが清水又左衛門で、上越市米増地内から上深沢地内までを開削。

更に上江用水が届かない下流域の村々では元禄8年(1695)以降、干ばつが続き更なる用水掘り継ぎを幾度となく江戸幕府(川浦代官所)へ要望したが周辺村々の反対もあり認められなかった。



写真-2 上越市米増地内(上江用水改修時期)

第三期(1772~1781:10年) 約10km

その後、80年以上にわたり、干ばつで苦しむ農民の願いを親子三代で受け継いできた下鳥富次郎が中心となり、反対する周辺村々との交渉や江戸幕府への要請、更には自ら土木技術の習得、私財を投げ売っての資金調達を経て、上越市上深沢地内から岡木地内までを開削。

特に、櫛池川の下を掘り抜く三丈掘隧道工事は、上江用水最大の難工事であった。

(2) 神仏として祀られた功労者

上江用水関係村々では、用水掘り継ぎの指導者に対し、死後間もなく功德の碑を建て、神仏として祀り、今日もその功績を称えている。

富里久八郎(第一期)は、吉木村出身であったことから、用水開発によって新たにできた村を、彼の功績を称え出身村名を使用した吉木新田と唱えることとした。

清水又左衛門(第二期)は、没後58年目の宝暦2年(1752年)に農民から清水家に僧形の石仏座像が贈られた。この石仏は、工事中に勘定書役として忙しい日々を送った姿を写し、右手に筆を、左手には帳面を持つ珍しい石仏で、今でも清水家の屋敷内に祀っている。

下鳥富次郎(第三期)は、利害の異なる周辺村々が反対する中、祖父・父とともに三代にわたり上江用水の掘り継ぎを代官所に申請し、約80年の歳月を費やし用水を完成した。富次郎は、北辰大明神を信仰し大事業成就の祈願を毎日怠らなかつたことから、上江北辰大明神として鎮座され守護神として祀り、毎年7月

17日の祭礼には、地域農民は農作業を休み偉業を偲んでいる。

(3) 山をくり貫き・川の下を通す技術

1) 川上線穴隧道

上江用水路の開削当時は、関川取水堰から河川沿いに用水路が建設されていたことから、洪水時には幾度となく流失し、下流への用水が停止する事態が発生していた。

上江用水の全線通水後(1781)から30年後の1810年に当時では革新的な発想で松岡伊右衛門の屋敷の下に隧道を通すことを上江用水組(現在、関川水系土地改良区)の立案で実現した。

当時の隧道概要は、幅3.3m、高さ1.7m、長さ223mであった。また、隧道線形は一樣な直線ではなく複数の屈曲部があり、中央部には「窓」と称する横坑も絵図に描かれている。

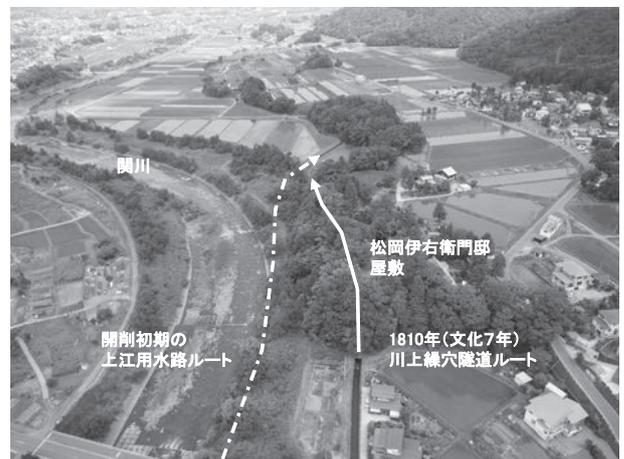


写真-3 川上線穴隧道(新旧路線)

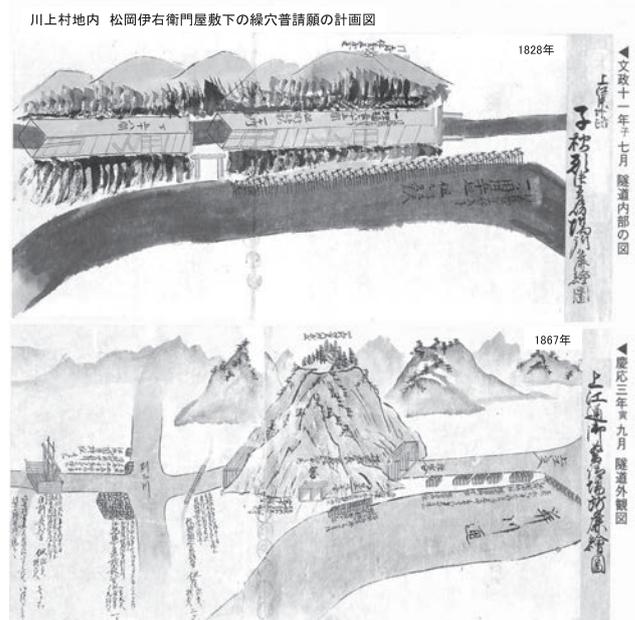


図-2 川上線穴隧道計画絵図 文化4年(1807)
※上江用水組が策定した隧道計画絵図で川浦代官所へ普請願いと共に提出

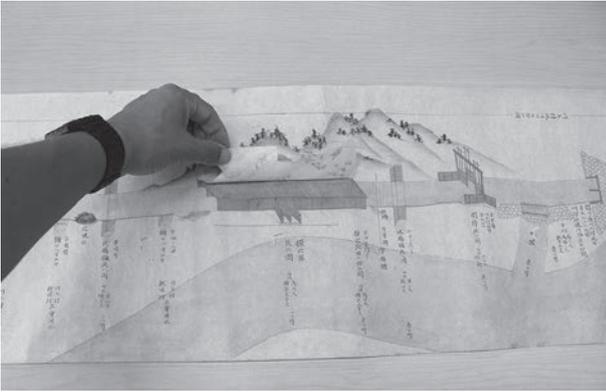


写真-4 上江用水 川上繰穴隧道 絵図



写真-5 川上繰穴隧道 坑口（現在）
※内側のコンクリート覆工は、前歴の国営で施工

[川上繰穴隧道の特徴と考察]

日本のトンネルの発祥は、かんがい用の隧道と言われ、寛永9年（1632）に金沢市の辰巳用水が日本最初のトンネルではないかと推察されている。

①トンネル施工技術

川上繰穴隧道（1808～1810）は、難工事であった三丈掘隧道（1775～1780）の約30年後の施工であり、既に地元土木業者（黒鉄）には隧道工事の設計施工の技術的ノウハウが備わっていたものと考えられる。

②トンネル計画

個人の屋敷下を隧道で通すと言う考えは、江戸時代としては斬新的な発想であった。隧道掘削前は、崖の中腹に沿った用水路（古文書によると関川の水面より上に石枠を組み江丸を築く）であるが故に度重なる洪水流亡や関川のミオ筋（絵図面に水制工が描かれている）を勘案すると、現代の土木技術でも同様な隧道の路線計画を選定するものと思慮する。

③トンネル構造

三丈掘隧道は地山が土砂であるため、崩落を抑制するために側壁を石積み、天端は木製支保工で支えながら掘進している。

一方、川上繰穴隧道では木製支保工（掘削幅が広

いため中心に支柱を設置）である。

このことは、地山が泥岩であること、付近が山林のため資材調達が容易であったなどが考えられる。

また、絵図面から馬蹄形ではなくボックスタイプの二連暗渠形式を採用しており、土圧、内水圧に対する耐力補強への工夫が認められる。

④窓（横坑）

隧道延長約223mを、窓（横坑）を境として上下流に分割し施工されているのが特徴的である。

推測ではあるが、窓、分割施工の理由は以下が考えられ、自ずと隧道中心線を敢えて湾曲させたことも理解できる。

- ・供用している上江用水に早期の通水ができるよう上流を先行し、窓（横坑）から暫定的に迂回通水したバイパスの役割
- ・掘削土砂の搬出、木製支保工の搬入の容易さ
- ・施工期間の短縮など

2) 三丈掘（櫛池川を隧道で通過）

安永4年（1775）、下鳥富次郎が手がけた上江用水最大の難工事で、岡嶺丘陵の最高部から地下三丈（約9m）にある隧道（延長633m）である。

櫛池川の下を掘り継ぐため、工事期間中は、何度となく土砂崩れなどがあったが、下鳥富次郎の強い意志と農民の執念によって5年後の1780年（安永9年）に完成した。

[三丈掘の特徴と考察]

①隧道建設の理由

上江用水の開削時代には、既に櫛池川流域の新田開発が進み、下流には取水堰が存在している。

後発である上江用水は、櫛池川からの注水や平面交差は下流農民からの了解が得られなかった。

更に、上江用水の路線が用水受益外を通過するため、やむを得ず丘陵地側に路線を変更し櫛池川の下を位置エネルギー（自由水面）で通過できるように水理設計に基づき、対象延長633mの三丈掘（隧道）を建設することになったものと推察できる。

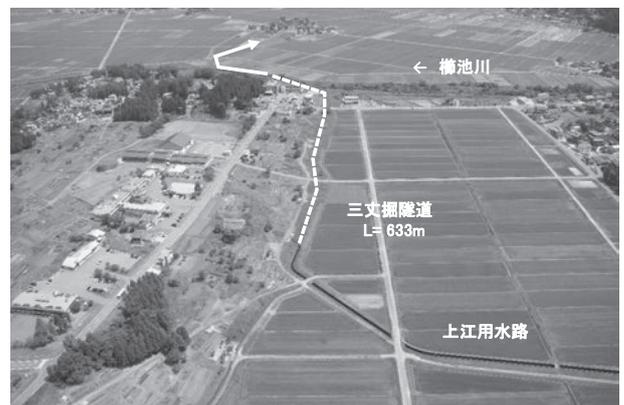


写真-6 三丈掘（隧道）

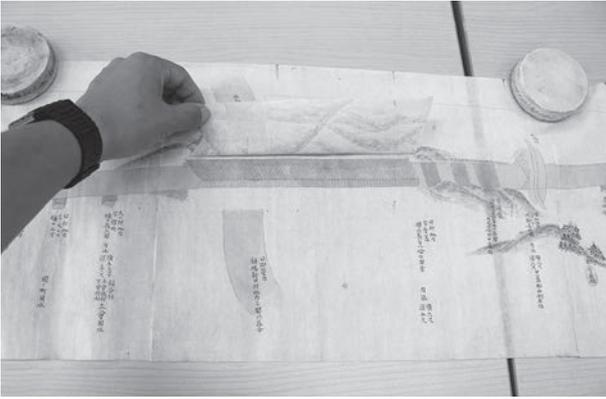


写真-7 三丈掘 絵図面

②トンネル施工技術

トンネル内の測量は、提灯をつけ距離・勾配・方角を決め、現代とは違い重機のない専ら人力による施工で、排水のため下流から上流に向かっての作業であった。

上江用水史によると、三丈掘の掘り継ぎには、延べ1,700人余の農民が携わり、建設費3,455両（現在の金額に換算すると約4億5千万円）と多大な費用がかかっている。

工事は落盤によりいつ命を落とすか分からない難工事であったことから、隧道の入り口に銭箱を置いてその日のうちに労働者に現金を支給したと地元では言い伝えられている。この工事は、そこまでしても水を通したいという農民の命をかけた願いであった。

時代が進み、昭和50年代に国営工事で建設時の石積みトンネル内に鋼管を挿入し、その隙間にモルタルを注入する改修工事が進められた。その際に、水路断面形状など一寸一分の誤差もなく当時の土木技術の高さが証明された。



写真-8 隧道再現模型（戸野目小学校所有）



写真-9 三丈掘隧道側壁部
江戸時代の隧道側壁に使用した石積みが顕在
近傍の菅原古墳群から石を調達

3. 歴史的・文化的な価値

(1) 農業発展及び食料増産への寄与

上江用水開削前は、小河川を堰き止め、池に水を溜めてかんがいしていた。しかし、春先は雪解け水はあるが水量は乏しく勾配が急であったことから、9月まで十分な水量を確保することができず安定した米作りができなかった。

上江用水の開削目的は、新規利水ではなく補給用水としての役割が大きかった。

開削後は、60を超える村々が安定した用水により稲作も盛んになり1万2千石を超える石高となったと言われている。これが礎となり、現在では新潟県有数の穀倉地帯として変貌を遂げた。

(2) 当時の建設技術

上江用水は、高田平野の東方山麓部に沿って用水を通し、また、いくつかの河川を渡る用水である。これほど地形の悪い場所を通り、山をくり貫き川の下を通す難工事の箇所が多い水路で、全長約26kmという大規模な用水は全国的にも珍しいと言われている。

(3) 地域における食料生産の強化と農村発展

上江用水開削後、1800年代の高田藩は15万石で670の村を領地として、うち60を超える村々が上江用水を利用し、1万2千石の米生産量は15万石のうち8%を占め安定した高田藩の運営に貢献してきた。

※石とは米の生産量を示す指標で、1石は大人1人が1年に消費する米の量を示す。上江用水だけで約1万2千人分の食糧を生産していたことになる。

(4) 地域特有の用水管理の歴史

上江用水は、130年以上の歳月と三期に分けて掘り継いだ用水であることから、掘り進むごとに新しい村が増えていった。

当然、多くの用水を下流に届けるには、大きな水路

が必要となり、上流部や関係する村々は土地の提供を余儀なくされることから用水の掘り継ぎには必ずしも賛成ではなかった。

そこで、下流部の村々は、上流部の用水の維持管理費を全額負担するなど特殊な水利運営を行うことにより上江用水全体の管理に努めてきた。これが通称「客水（無出金区域）」と呼ばれ、約200haの水田が費用を負担することなく上江用水を使用することができた。この客水は、昭和24年に土地改良法が制定された後も、江戸時代の契約が優先するとして近年まで続いていた。

(5) 水力発電用水との共存共栄

明治中頃以降、電力会社による電源開発事業が盛んとなり、関川においても明治40年（1907）に水力発電所が建設された。

上江用水開削当時は、関川を堰き止めて上江用水に導水していたが、現在では関川の上流部から中流部にかけて12箇所の水力発電所（東北電力株）があり、発電所経由で上江用水に導水され、農業用水と発電用水とが共存している。

水力発電所の導水管を経由するため、笹ヶ峰ダム（国営）からの取水は、約30kmに及ぶ河川放流への水量ロスがなくなり、かつ安定的に上江用水まで届き、更に関川からの取水堰が不要となるなど農家負担の伴う維持管理費の大幅な軽減が図られている。

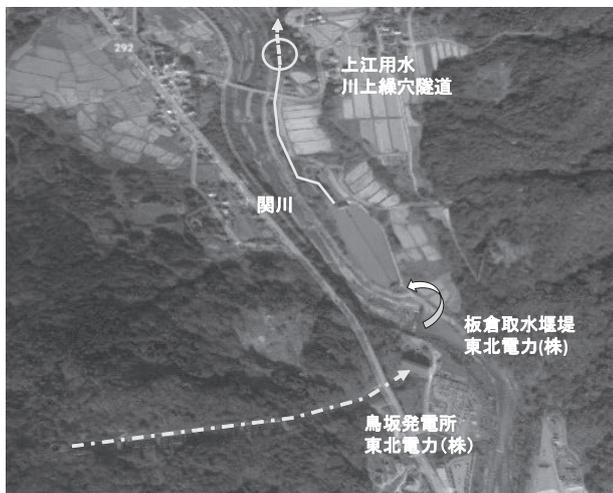


写真-10 水力発電用水との共存

4. 上江用水の保安全管理

(1) 災害からの教訓を活かす

上江用水は山の中腹を縫う地形に配置されているため、土砂崩れ、倒木・洪水流入・積雪・融雪水による溢水に悩まされてきた。そこで、災害復旧工事の際、危険箇所には保安林を整備し、現在でもその役割を果たしている。

(2) 継続的な維持管理

上江用水を継続的に使用可能な状態に保つためには、定期的な修繕や維持管理が重要となる。

上江用水の施設管理者である関川水系土地改良区では、地域の用水組合との共同活動で維持管理体制が整っている。



写真-11 三丈掘の維持管理活動

(3) 上江用水の見学会開催

関川水系土地改良区では、地域住民を対象とした上江用水の歴史と農業用水の役割を学ぶ見学会（参加者は約150名）を開催している。

平成29年10月には、世界かんがい施設遺産に登録された歴史的施設の川上線穴隧道の内部を公開し、参加者から好評を得ている。

また、地元妙高市川上集落では、イベントに合わせて江戸時代に関川を堰き止めて水を取り入れるための「聖」を地元資材を用い再現展示がされた。

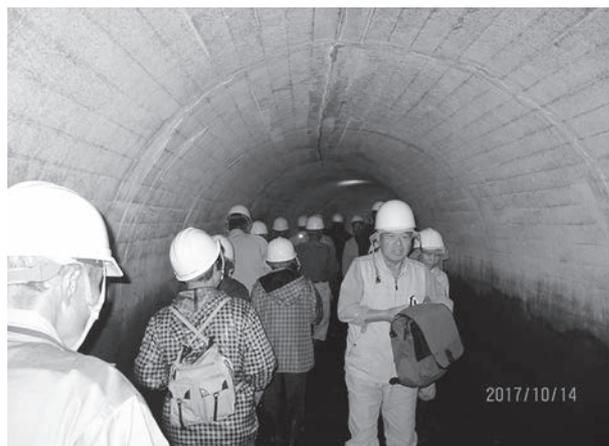


写真-12 川上線穴隧道の内部見学会



写真-13 地元川上集落の有志が「聖」を再現
※「聖」とは、川から用水を取り入れる施設（頭首工）

5. 高田平野の水田農業と用水開発の歴史

高田平野は、新潟県南西部の関川流域に広がる平野で越後の三大沖積平野の一つで頸城平野とも呼ばれている。

南北の長さ20km、面積280km²で三角形を呈し、堆積面は放射状に流出する矢代川、別所川、飯田川、保倉川などによって複合扇状地面を形成している。

越後ではもっとも早く開発の進められた平野で、古代は越後国の国府、国分寺が置かれた久比岐郡の中心地で、里五十公野、高土あたりには条里遺跡も残る。

当時の古墳群は、飯田川、櫛池川の上流域に多く、文化・集落形成は丘陵地から始まった。

このことから、高田平野での新田開発は、関川各支川の扇状地で水利に恵まれた地域から始まり、この新田開発が支川上流から下流に移るに従って用水不足が生じ、新たな水源として関川からの大規模取水と用水路の掘り継ぎが行われていくのである。

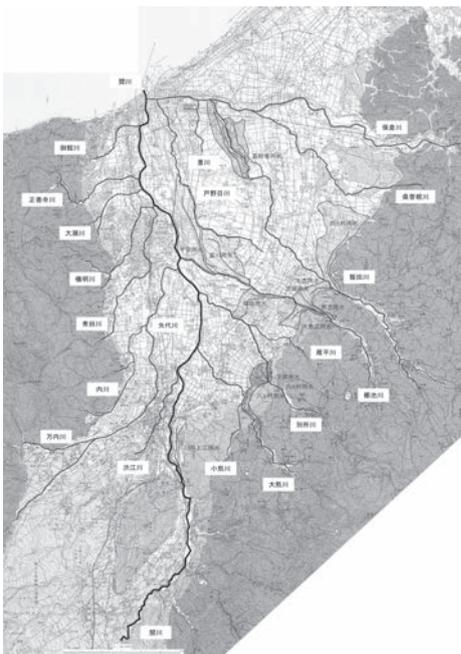


図-3 上江，中江用水 開削以前のの新田開発

[二大用水の生い立ち]

- ・上江用水は、支川流域への補給（養水）水が目的で、水源を関川本流に求めた。
- ・中江用水は、新田開発に伴う新規利水が目的で、水源を関川本流と野尻湖の水利権を取得した。
※野尻湖は長野県（信濃國）であるが、江戸時代当時は高田藩の領地であった。

なお、用水を関川本流に求める両用水の間には、壮絶な水争いが長い時を経て続いていた。

高田平野は江戸時代初期の慶長19年（1614）、徳川家康の六男である松平忠輝が築いた高田城を中心とする高田藩領に属し、天和元年（1681）からは幕府領への移行や度重なる藩主の交代がなされた。

この時代において、大規模な河川改修や用水開発などによる新田開発が進められ、飛躍的に耕地が増加し今日の水田農業の礎が確立された。

頸城郡内で生産された米は、関川（荒川）、矢代川、保倉川、飯田川などの舟運や柿崎などのからの灘廻しによって直江津に運ばれ、上方や江戸、蝦夷地（北海道）へ運ばれた。また、寛文年間（1661～1673）には砂丘裏の大瀬潟湖干拓が進められ、多くの新田村が生まれた。

6. おわりに

平成27年10月に「上江用水路」が歴史的価値の評価を得て新潟県内初の世界かんがい施設遺産として登録がなされた。

先人達が成し遂げた偉業の技を受け継ぎ、以来約450年にも渡り、幾多の災害を乗り越えつつ上江用水を持続的に利用出来ている背景には、施設管理者の関川水系土地改良区を始め、地域農家の方々の並々ならぬ維持管理が功を奏しているものと改めて感謝する次第である。

現在、国営関川用水地区（H26～H35）にて上江用水路の改修（保全対策）を計画しているが、単純な補修・補強による長寿命化対策にはこだわらず、先人達の設計思想を勘案した上で、農業構造の変化に追従でき次世代の担い手農業者へのニーズを反映できるような施設計画を立案したいと考えている。

【参考文献】

- (1) H27 世界かんがい施設遺産申請書（関川水系土地改良区）
- (2) H6 上江用水史（上江土地改良区）
- (3) S61 新潟県土地改良史 第14章 頸城平野（新潟県農地部）
- (4) S36 関川水系地域の水利の発達、特に灌漑を中心として（早稲田大学教育学部 竹内常行）

露地栽培における点滴かんがい普及の展望

島崎 昌彦* 樽屋 啓之*
(Masahiko SHIMAZAKI) (Hiroyuki TARUYA)

目次

1. はじめに	62	4. 露地栽培への活用例	64
2. 点滴かんがいの概要	62	5. さらなる普及拡大に向けて	66
3. 点滴かんがいの資材	63	6. おわりに	67

1. はじめに

日本の農業は、近年、様々な変革を求められている。その背景には、高齢化、就業人口減少、または低収益性などの問題や、消費者ニーズの多様化、さらにはグローバル化や気候の不安定化などがある。そして求められる変革としては、作物の高品質化、農作業の省力・軽労化、または省資源化などがある。また、そのための技術開発の方向性として ICT 利用が目ざされている。

果樹作を含む畑作における前述の変革に有用な技術として、マイクロかんがい、中でも点滴かんがいを挙げたい。作物の高品質化のためには養水分管理の精緻化が有効であり、そのためには点滴かんがいが極めて効果的である。省力・軽労化および省資源化にも有効であるとともに、ICT 利用にも親和性の高いかんがい方法である。カンキツのマルドリ方式^{1), 2)}栽培や、野菜の拍動かん水装置³⁾を導入した栽培など、露地での点滴かんがいを利用した新しい栽培方法も提案され、普及が広がりつつある。今後、さらに普及の拡大が望ましいと考える。

しかし、露地栽培における点滴かんがい利用に必要な技術情報の普及は十分に進んでいない。これまで畑作での点滴かんがいは、養液土耕などの施設栽培で主に利用されている。また、関係する基準や指針は、1994年に「土地改良事業計画指針・マイクロかんがい」⁴⁾が発行され、その内容が2015年に発行された「土地改良事業計画設計基準 計画『農業用水(畑)』技術書」⁵⁾において踏襲されており、実質的に20年以上改訂されていない。新しい技術情報の普及が望まれる。

本報では、点滴かんがいに関する以上の状況に鑑み、近年よく利用される資材や、露地での活用事例の概略を紹介する。

2. 点滴かんがいの概要

(1) 点滴かんがいの特徴

点滴かんがいは、英語の“Drip irrigation”または“Trickle irrigation”の訳語である。点滴かんがいを含むマイクロかんがいは、一般に以下のような長所を有すると言われる。

- ①根群域に集中してかん水することが可能であることから、かんがいの効率がよく、必要水量を他の方式に比べて抑制することができる。
- ②かん水の均一性が高い。
- ③少量頻繁かんがいをを行うことにより、土壤水分を比較的一定に保つことができる。
- ④乾燥地においては塩類集積が起きにくい。
- ⑤かんがいによる土壤侵食が起きにくい。
- ⑥液肥を用水に混入して施肥を行うことができる。
- ⑦施肥を行う場合、肥料の吸収効率が高く、肥料の使用量抑制および低溶脱であるため環境負荷の低減が可能である。
- ⑧施設が比較的小規模であるため、制御に要するエネルギーが小さく、ICT 利用などによる自動化が容易である。

また、短所としては以下のようなものが挙げられる。

- ①比較的導入コストが高い。
- ②他のかんがい方法の資機材に比べて目詰まりしやすい。
- ③スプリンクラーのように防除や凍霜害防止などの多目的に使用できない。
- ④小動物に咬まれたり、草刈り機が接触したりすることにより破損することがある。

*国立研究開発法人 農研機構農村工学研究部門
(Tel. 029-838-7545)

(2) 点滴かんがいの歴史

点滴かんがいの技術発展の歴史は、概ね以下のようである⁶⁾。

1869年にドイツで素焼きの土管を土中に埋め、それに水を満たして染み出させることでかんがいを行おうとした実験に端を発する。その後、1960年頃よりイスラエルで技術開発が進み、1970年頃までにアメリカなど世界各地に広まった。

日本においては、1970年頃に砂丘地でのメロン栽培への適用が検討⁷⁾された他、花卉やサトウキビなどへの導入が進められた。近年では施設園芸における養液土耕栽培や、都市緑化などにおいて普及している。また、カンキツのマルドリ方式栽培や、野菜の拍動かん水装置を導入した栽培において導入が進んでいる。

3. 点滴かんがいの資材

(1) マイクロかんがい方式の分類

「土地改良事業計画指針・マイクロかんがい」(以下、「指針」と呼ぶ)では、マイクロかんがい方式を図-1のように分類⁸⁾している。指針では、マイクロかんがいで使用する、水が滴出または噴出する部材を総称して「エミッター」と呼んでいる。また、エミッターのうち「ドリップエミッター」および「ドリップチューブ」を用いるかんがいを「点滴かんがい方式」と分類している。

「ドリップエミッター」は、水の滴出孔となる小さな部品を、圃場内に敷設したポリエチレンパイプなどに挿入して使用するタイプのエミッターである。なお、指針にはドリップエミッターとして「オリフィス型エミッター」と「長流路型エミッター」が紹介されているが、後者は現在はほとんど販売されていない。

指針では「ドリップチューブ」としては「バイウォール(二重)チューブ」および「湿潤型」が挙げられている⁹⁾。しかし一般によく用いられるのは、図-2に示すような、ポリエチレン管の内側に、水の滴出孔となる円筒形またはカマボコ形のプラスチック製部品が取り付けられた構造のものである。この部品のこと

を「エミッター」と呼ぶこともあるが、ここでは総称としてのエミッターと区別するために「ドリッパー」と呼ぶこととする。ドリップチューブは「点滴チューブ」とも呼ばれ、英語では“Drip line”, “Dripper line”, “Drip tube”, “Drip tubing”などと呼ばれる。

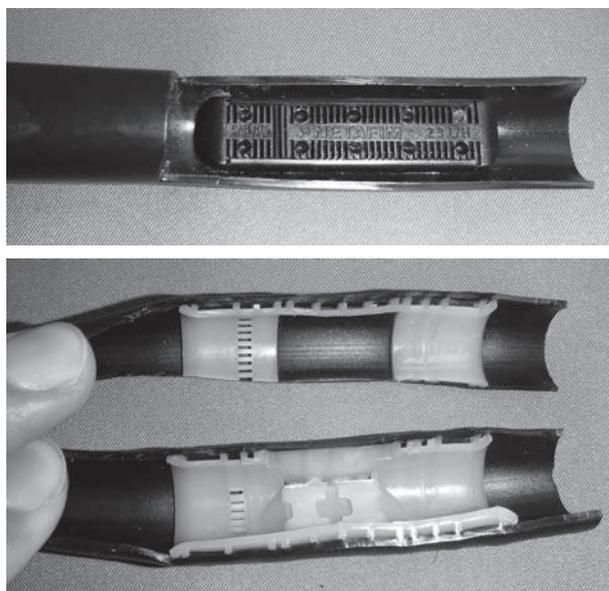


図-2 ドリップチューブの内部

(2) ドリップチューブの分類

ドリップチューブは、パイプの厚みによって肉厚タイプと肉薄タイプに大別される。肉厚タイプは無圧時にも円形の断面が保たれ、耐圧が0.4MPa程度で、湾曲させて設置することができる。肉薄タイプは無圧時には扁平となり、耐圧が0.1～0.2MPa程度で、比較的安価だが直線状にしか設置できない。

ドリッパーは基本的に、減圧する機能と目詰まりや根の侵入を防止する機能を持つ。さらに、減圧を高度に制御して滴出量がチューブ内圧力に関わらず一定となる機能(圧力補正機能, pressure compensatingと呼ばれる)、またはサイホン現象による逆流を防止する機能、一定の圧力以下では滴出が止まりチューブが空になるのを防ぐ機能などを持つ製品もある。

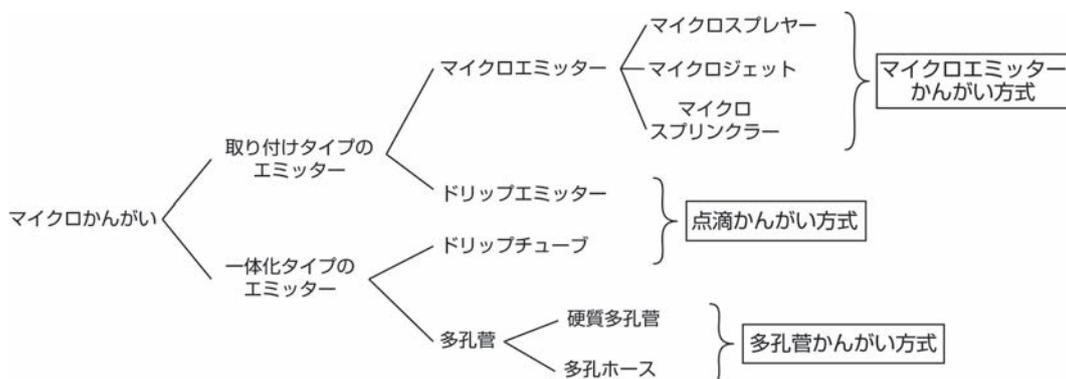


図-1 マイクロかんがい方式の分類⁸⁾

(3) 圧力補正機能

圧力補正機能は、前述のとおり一定の範囲内であればチューブ内圧力に関わらず滴出流量が一定に保たれる機能である。この機能は、製品によって詳細な構造は異なるが、基本的にドリッパー内の軟質樹脂製のダイヤフラムが水圧により変形することにより、ドリッパーにおける減圧量が調整される構造となっている。この圧力補正機能により、2つの大きなメリットが得られる。

ひとつは、かん水量の均一性である。ドリッパーは基本的に、流路を細くしたり長くしたりすることで減圧する構造になっている。そのため、ドリッパー位置におけるチューブ内圧力が大きいほど滴出流量は多くなる。長いチューブでは、チューブに沿って生ずる損失水頭が大きくなり、上流端と下流端の滴出流量の差が大きくなる。また、傾斜地では標高の高いチューブと低いチューブとの圧力差により、滴出流量の差が生ずる。圧力補正機能のあるチューブでは、製品により異なるが0.05～0.1MPa程度以上の圧力があれば、滴出流量は概ね一定になる。

同じ製品の5つのドリッパーについて、圧力と滴出流量の関係を調べた結果¹⁰⁾を図-3に示す。圧力や個体による滴出流量の差は概ね10%以内であることがわかる。

もうひとつのメリットは、水理計算と水理設計が簡単になることである。一般的な点滴かんがい施設の水理設計は、ドリッパーによる滴出流量のバラツキを小さくすることを基本目標として行われる。指針では、ドリッパーの滴出流量について、標準偏差/平均値で定義される変動係数を0.10以下とすることが望ましい¹¹⁾と定められている。圧力補正機能のないドリップチューブを用いる場合、圧力によってドリッパーの滴出流量が変化するため、計算が非常に煩雑になる。

図-3のような特性を持つドリップチューブであれば、水圧が0.5MPa以上、かつメーカーが示すチューブの上限使用圧力である0.35MPa以下の範囲であれ

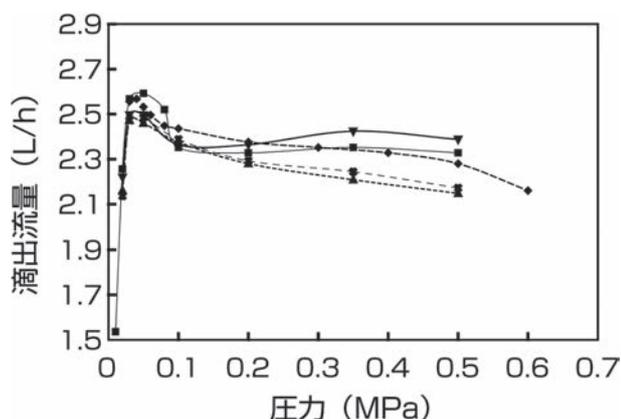


図-3 圧力補正機能付きドリップチューブの流量特性の例¹⁰⁾

ば、敷設状況に関わらず変動係数は0.10以下となると考えてよい。そのため、水理計算はチューブ内の圧力が適切な範囲にあることを確認すればよいことになる。圧力は、各ドリッパーの滴出流量を一定と仮定してチューブ内の流量を算出し、その流量に基づいて損失計算を行うことにより算出する¹²⁾。この手順は、圧力補正機能のないチューブの水理計算に比べて非常に簡単である。

4. 露地栽培への活用例

(1) 日本の露地畑作における点滴かんがい

点滴かんがいは、イスラエル、アメリカやオーストラリアなどの乾燥地において、少ない水資源で、かつ塩類集積を生じさせずにかんがいでいる技術として発展した。降雨量の多い日本では、1970年代より、保水力の小さい砂丘地での高効率のかんがいや、水資源の乏しい島しょ部での節水かんがいのために利用され始めた。しかし近年の一般的な畑作においてはスプリンクラーかんがいが普及している。点滴かんがいは、緻密な養水分管理を自動化して行うことが容易であることを活かして、養液土耕栽培などの施設栽培において主に普及している。

そのような中、2000年頃に、点滴かんがいによる緻密な水管理を活用して高品質なウンシュウミカンを生産するためのマルドリ方式、およびメリットの多い点滴かんがいを低コストで導入するための日射制御型拍動自動かん水装置が開発された。これらの技術の概略を述べる。

(2) カンキツのマルドリ方式栽培¹³⁾

日本におけるウンシュウミカンの栽培面積は果樹の中で長年にわたり最大であり、カンキツは日本の果樹産業において極めて重要である。カンキツ栽培は、西日本の労働環境の厳しい傾斜地を中心に行われている。また、果物の輸入自由化、果物消費量の低下、カンキツ価格の低迷などにより、カンキツ栽培を取り巻く状況は極めて厳しい。そのため、カンキツの栽培面積は減少の一途を辿っている。そのような中、省力・軽労化とともに、高品質果実生産技術の高いニーズに応えるためにマルドリ方式は開発された。

マルドリ方式とは、従来行われていたプラスチックシートによるマルチングを行う栽培方法に点滴かん水施肥を組み合わせ、養水分を高度かつ省力的に制御することにより果実の高品質化を実現しようとする技術である。名称の由来は、「マルチ」と「ドリップ(点滴)」による。

マルドリ方式で用いる一般的な資機材の概要を図-4に示す。防水透湿性のプラスチックシートでマルチングを行い、マルチシートの下に点滴かん水チューブを敷設する。そして、藻やゴミを濾すためのフィルタ、

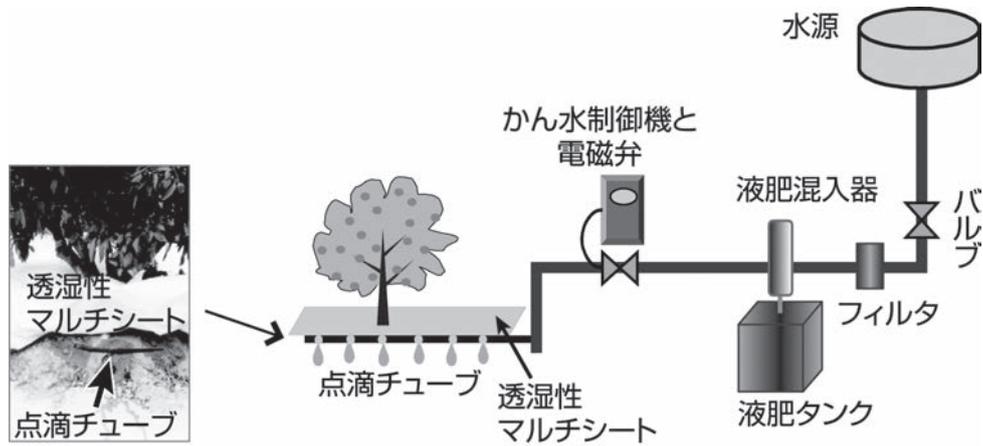


図-4 マルドリ方式の機材構成例

液肥を無動力で混入する混入器，乾電池で自動開閉するバルブなどを利用して，養水分を精緻に制御する。

周年マルチングを行えば，敷設労力や雑草管理労力が軽減され，そのメリットは大きい。しかし，高価なマルチシートの耐用年数を延ばすために冬から春はマルチシートを撤去したり樹の根元に畳んだりしておくのもひとつの方法であり，一般によく行われる。

かん水および施肥の年間スケジュールの基準を農研機構が示している¹⁴⁾。品種によって若干異なるが，マルチングを周年行う場合で，必要水量は年間約170mm程度，施肥量は10a当たり窒素量にして約16kgである。点滴かんがいを用いるため，かん水の効率が高く，樹の周辺だけにかん水するため，かん水量はスプリンクラーで行う場合の約10%となる。また，施肥の効率も高く，施肥量は固形肥料などを用いる場合に比べて約80%とすることができる。ただし，園地条件によってかん水や施肥の適切な量は異なるので，実際の栽培においては栽培者が適切に判断する必要がある。

なお，夏季においては，かん水のタイミングと量の判断が難しい。果実の高品質化のためには，夏季に樹を適切な水分ストレス状態に保つ必要がある。土壌の状態や日照，気温，および樹の状態などにより，かん水の適切なタイミングや量が変わるため，夏季のかん水については一般的な基準がまだ定められていない。栽培者の判断によってかん水を行う必要があるため，適切な水管理には栽培者の熟練が必要である。

また，適切な水理設計を栽培者自身が行うことは一般に困難であるため，水理設計を支援するソフトウェアを筆者らが開発して無償配布している。

マルドリ方式の果実品質への効果について，傾斜地園において極早生温州および普通温州を栽培した場合の試験区（マルドリ区）と対照区との果実品質の比較を図-5に示す。酸度はあまり変わらないのに対して，糖度は3～4%程度マルドリ区の果実の方が高くなっている。その他，β-クリプトキサンチンやβ-カロテン

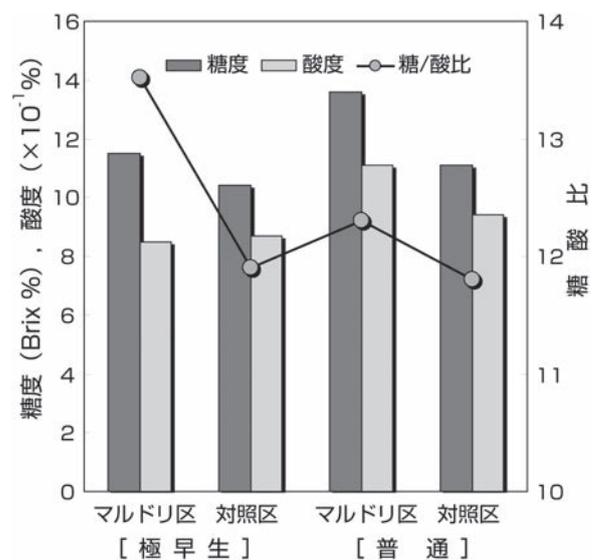
などの機能性成分についても，マルドリ方式により栽培した果実の方が高濃度となることが明らかにされている。

また，マルチングを周年行う場合では，実際に導入した極早生温州園地での調査によると，年間作業時間は，除草作業時間や施肥作業時間の低減により10a当たり17.5時間，従来の約10%の省力効果が確認されている。

マルドリ方式の導入は徐々に増加しつつあり，導入した産地では，販売戦略も工夫することによって，従来の栽培法による果実に比べて2～4倍程度の価格で販売している例もある。

その他，高い施肥効率による環境負荷低減効果，隔年結果を軽減する効果，また，高いかん水効率による幼木の生長を促進する効果も認められている。

マルドリ方式は以上のように，果実の高品質化などに高い効果が認められ，普及も拡大しつつあるが，課



・1999年から4年間の平均値。
 ・極早生品種：'日南1号'，普通品種：'青島温州'。
 ・対照区は年間無マルチ，窒素量20kgの固形肥料施用，無かん水（自然降雨）管理。

図-5 マルドリ方式で栽培した果実の品質

題も多く残されている。まず強く要望されているのが、導入コストの低減である。また、同様に強い要望があるのが、適切な水分ストレスを保つためのかん水の量とタイミングの簡便な決定技術である。これらを始めとした様々な課題を解決するためには、多岐にわたる知見や技術が必要であり、様々な分野の専門家の協力が望まれるところである。

(3) 拍動灌水装置を用いた野菜栽培¹⁵⁾

前述のとおり、施設園芸においては、養液栽培や養液土耕栽培の一部として点滴かんがいの導入が進んでいる。しかし、点滴かんがいの導入には比較的大きなコストとともに、電源や水源が必要となる。そのため、露地や雨よけ栽培でのかんがいは、多孔菅かんがい、スプリンクラーかんがい、畝間かんがい、または手かん水が一般的である。そこで、点滴かんがいの利点を活かして高品質、高収量の生産を行うために、電源や適切な水源がなくても低コストで導入可能な、日射制御型拍動自動かん水装置が開発された。

装置の概略を図-6に示す。この装置は、太陽電池を電源とし、小型ポンプを用いてタンクへ揚水し、水位が規定の上限水位に達するとかん水が開始され、下限水位に達すると停止する仕組みである。

施肥のためにはタンク内に肥効調節型肥料を投入する。日射があればタンクの貯水とかん水を繰り返す動きから拍動かん水と呼ばれ、かん水量は日射により制御されることから日射制御型拍動自動かん水装置と名付けられた。

この装置の特徴は以下のとおりである。

- ①低コストで導入可能である。
- ②畑かん施設や商用電源のない地点でも導入可能である。
- ③操作が簡単である。
- ④施肥量を削減できる。

- ⑤一般的な点滴かんがいよりもさらに低流量のかん水を行う。

適切に利用することで、高品質、高収量の生産が可能で、露地のピーマン栽培において、肥料を3割削減するとともに2割の増収を実現した例などがある¹⁶⁾。

量産化による普及促進のために、実証試験を行いながら改良を重ね、基本的な資機材は市販製品化されている。

この装置は、低コスト化のため、利用者自身が組み立てることを前提としている。利用者の状況により、適切に資機材の組み合わせを変えることができる。

5. さらに普及拡大に向けて

近年、農業において、また農業に対して、作物の高品質化・高付加価値化、作業の省力・軽労化、環境負荷低減、省資源化、そしてICTの活用などのニーズが高まっている。これらのニーズのすべてに対して点滴かんがいは有効である。しかしこれまで、先進的な生産者が小面積に導入するケースが多く、そのような場合は全額自費か市町村の補助などで導入コストが賄われる。そのため、生産者の負担が大きく、普及拡大の阻害要因となることが多い。

それに対して近年、県営畑地帯総合整備事業で点滴かんがい施設を整備する地区が増えてきている。静岡県の新丹谷地区ではカンキツのマルドリ栽培に、また、奈良県の月ヶ瀬桃香野地区では茶園に点滴かんがい施設が整備されている¹⁷⁾。これらのように、農業農村整備事業による整備面積が拡大することが望ましい。

そのためには、点滴かんがいのメリットや機材の知識の普及、養水管理の既往の知見の普及や新たな知見の獲得、または、高品質化を目的とするなどの新たな考え方に適合する用水計画と施設計画の方法などが必要になると考えられる。

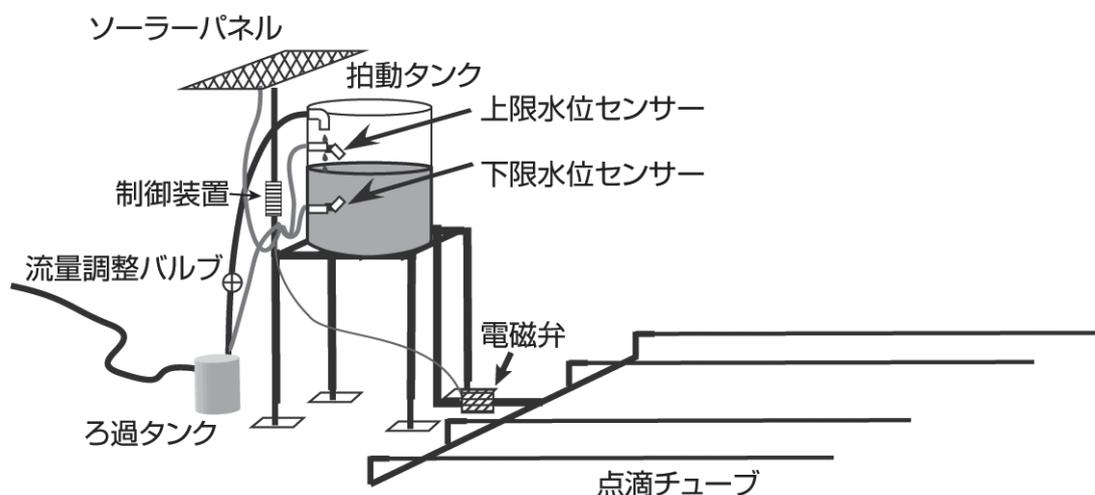


図-6 日射制御型拍動自動かん水装置の機材構成¹⁵⁾

6. おわりに

以上に述べたように、点滴かんがいは様々なメリットを持ち、とりわけ ICT と馴染みやすいかんがい技術である。点滴かんがいの普及により、収益性の高い経営体が増加することを期待したい。

【参考文献】

- 1) 島崎昌彦,草場新之助,根角博久,気象の極端化のウンシュウミカンへの影響を軽減する「マルドリ方式」水土の知(農業農村工学会誌),81(4),285-288,2013.
- 2) 島崎昌彦:果樹栽培の高品質化のための水管理(マルドリ方式).畑地農業,(693),11-19,2016.
- 3) 吉川(山西)弘恭,横田和志,松本由利子:太陽の光で作物に水を与える(1)ソーラーポンプを利用した低コスト日射制御型灌水装置の試作.農業および園芸,80(4),440-445,2005.
- 4) 農林水産省構造改善局:土地改良事業計画指針・マイクロかんがい.農業土木学会,1994.
- 5) 農林水産省農村振興局:土地改良事業計画設計基準及び運用・解説計画「農業用水(畑)」。農業農村工学会,2015.
- 6) 安養寺久男:点滴灌漑の管路系の総合的な設計方法に関する研究.農業土木試験場報告,(27),1-105,1988.
- 7) 畑地農業振興会:トリクルかんがいの研究:砂丘地における実用化.畑地農業振興会,1979.
- 8) 前出5),2.
- 9) 前出5),40.
- 10) 島崎昌彦,星典宏,根角博久:圧力補正型点滴チューブの流量特性試験.農業農村工学会大会講演要旨集,488-489,2011.
- 11) 前出5),55.
- 12) 島崎昌彦:点滴チューブの損失水頭計算における流量係数に関する検討.日本雨水資源化システム学会研究発表会講演要旨集,25th,70-73,2017.
- 13) 島崎昌彦:カンキツの新しい栽培技術「マルドリ方式」の技術と効果.農業農村工学会全国大会講演要旨集,34-35,2009.
- 14) 森永邦久,中尾誠司,吉川弘恭,村松昇,島崎昌彦,草場新之助:周年マルチ点滴灌水同時施肥法(マルドリ方式)マニュアル.農研機構西農研.http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/010815.html,2003.
- 15) 吉川(山西)弘恭,中尾誠司:ソーラーポンプを利用した拍動自動灌水装置の組み立て方法.近畿中国四国農業研究センター研究資料,(7),21-31,2010.
- 16) 吉川弘恭,村口浩,沖本さやか,渡邊修一,吉川省子,中

尾誠司:化学肥料を削減できる低コスト日射制御型拍動自動灌水装置.農業技術大系土壤施肥編,農山漁村文化協会,第6-1巻;原理+112の16-19,2007.

- 17) 小川貴史:茶畑における点滴かんがい施設の設計.水と土,(168),51-54,2013.

平成29年度農業土木技術研究会研修会レポート

「土地改良法改正を踏まえた農業農村整備と技術の展開」

編集事務局

平成29年度の農業土木技術研究会研修会は、平成30年1月25日に東京都千代田区の内幸町ホールにおいて、全国より約120名の参加のもと開催されたので、その概要について以下に報告する。

I. 研修会の概要

1. 研修日時 平成30年1月25日（木） 10：00～16：30

2. 会 場 千代田区立内幸町ホール
東京都千代田区内幸町1-5-1

3. プログラム

- | | | | |
|-------|---|--------------|-------|
| 10：00 | 開会挨拶 | 農業土木技術研究会 会長 | 小林 祐一 |
| 10：10 | 研究会賞授与式 | | 受賞者4名 |
| 10：30 | 機構関連事業への取り組みについて
(公財)しまね農業振興公社 農業振興課 農地集積推進室
主任主事 | | 平塚 亮 |
| 11：15 | ため池の耐震評価と災害情報システム
国研 農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究部門
施設工学研究領域 土構造物ユニット ユニット長 | | 堀 俊和 |
| 12：15 | (昼 食) | | |
| 13：15 | 農業水利施設インターネット監視システム
(株)クボタ 研究開発本部 計測制御技術センター
KSIS 開発グループ長 | | 末吉 康則 |
| 14：15 | 土地改良制度の見直しについて
農林水産省 農村振興局 整備部 農地資源課
課長補佐 | | 増岡 宏司 |
| 15：00 | (休 憩) | | |
| 15：20 | トライボロジーを活用したポンプ設備の機能診断
国研 農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究部門
技術移転部 教授 | | 國枝 正 |
| 16：20 | 閉会挨拶 | 農業土木技術研究会 理事 | 山田 耕士 |

II. 開会

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

農業農村整備事業を巡る状況が大きく変化する中で、昨年5月には、昭和24年の土地改良法制定以来の大改正が行われた。

今回の法改正では、農地中間管理機構が借り入れた農地について、農業者の申請・同意・費用負担によらず、都道府県が基盤整備事業を実施できる制度の創設、農業用排水施設の耐震化等について、原則として、農業者の申請・同意・費用負担によらず、国又は地方公共団体の発意で事業が実施できる制度の創設、一定の機能向上を伴う更新事業について、同意集束手続きの簡素化などの措置が講じられた。こうした状況を踏まえ、本日は、現場において中核を担う農業土木技術者の資質向上を目的として、「土地改良法改正を踏まえた農業農村整備と技術の展開」をテーマとした研修会を開催する。プログラムでは、「土地改良制度の見直し」と題し、土地改良法改正の概要についてご講演いただく。また、土地改良法改正に関する事業制度に即した技術情報として「機構関連事業への取組」「ため池耐震評価と災害情報システム」「農業水利施設インターネット監視システム」「ポンプ設備の機能診断」について、農業農村整備に関わる産・官・学各界の方々から、まさに最先端の講演をいただく。

最後に、本研修会の特徴は、現場の技術者にとって即座に参考となる技術を対象とした研究を進めるものである。限られた時間ではあるが、本研修会が、皆様にとって実り多きものとなるよう祈念するとともに、ご多忙の中、ご講義いただく講師の方々に重ねて御礼を申し上げます。

III. 研究会賞授与式及び記念講演

講演に先立ち、昨年度、会誌『水と土』に掲載された報文のうち、優秀と認められるものについて、第47回農業土木技術研究会賞・奨励賞の表彰を行った。

今年度の研究会賞・奨励賞については、会誌『水と土』179号～181号に掲載された報文29編について、まず、全国より任意に選出された150名の一般会員による投票を行い、次に、その結果を24名の編集委員で構成する編集委員会において、①報文内容が技術情報発信に優れているか、②今後の事業展開に大きく貢献する内容か、等の観点から審査を行った。

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



写真-1 小林会長の開会挨拶

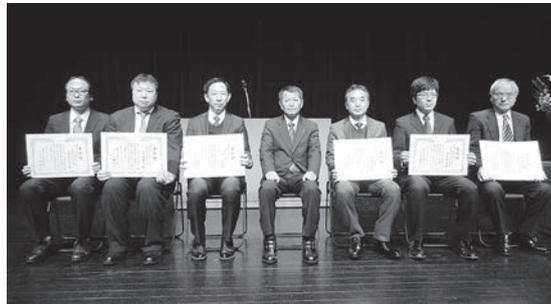


写真-2 受賞者の皆様



写真-3 受賞式の様子

○「企画・計画部門（研究会賞）」

「農業用水について（その3）～農村協働力は水利組合の機能を代替できるか」（第180号掲載）

東 崇史 復興庁 参事官（予算会計担当）付
高野 雅弘 北海道開発局 農業水産部 農業整備課
長尾 貴司 東北農政局 農村振興部 設計課
北林英一郎 農村振興局 農村政策部 農村計画課 農村政策推進室

[選考理由]

本報文は、農業用水の配水管理を巡る課題に対し、地区事例を整理した上で、配水管理の省力化や高度化について農村協働力の視点も交えて検証したものである。

今後、大規模経営体への農地集積が進むとともに、営農形態も変化していく中、全国を対象として、地域全体で水資源を効率的に制御する水理システムやICTなど新たな水利システムを検討する上で参考となることから、本年度の企画・計画部門の研究会賞として選定された。

○「企画・計画部門（奨励賞）」

「御嶽山噴火に伴う対応及び水質に関する影響」（第179号掲載）

河野 俊介 水資源機構 愛知用水総合管理所 牧尾管理所
坂野 和弘 水資源機構 愛知用水総合管理所 牧尾管理所
石黒勇次郎 水資源機構 愛知用水総合管理所 牧尾管理所
小野島広大 水資源機構 水路事業部 事業課

[選考理由]

本報文は、御嶽山の噴火によって発生した濁水による牧尾ダムの貯水池への水質影響やその軽減対策を検討したものである。

貯水池の水質監視体制の構築、下流河川の水質予測モデル及び水質影響の軽減対策などの一連の対応を報告しており、濁水対策に留まらず、大規模自然災害発生時における基幹的な農業水利施設の非常時対応及び復旧工法の検討にも参考となることから、本年度の企画・計画部門の奨励賞として選定した。

○「設計・施工部門（研究会賞）」

「藤沼ダムの復旧について」（第181号掲載）

渡邊 浩樹 福島県 県中農林事務所

[選考理由]

本報文は、東日本大震災で決壊し、下流域で多大な被害をもたらした藤沼ダムにおいて、決壊原因を踏まえた設計から施工までの復旧工法等について検討したものである。

ダムの復旧方針から耐震性能照査、施工についてプロセス毎の留意する点を踏まえて報告しており、今後のフィルダムやため池等の改修工法の検討の参考になる技術情報であることから、本年度の設計・施工部門の研究会賞として選定した。

○「設計・施工部門（奨励賞）」

「犬山頭首工エプロン部における摩耗対策工法の試験施工」（第181号掲載）

清水 啓生 東海農政局 木曾川水系土地改良調査管理事務所
横山 清文 東海農政局 木曾川水系土地改良調査管理事務所
志野 尚司 東海農政局 土地改良技術事務所

[選考理由]

本報文は、犬山頭首工のエプロン部の摩耗対策について供用4年後のモニタリング結果に基づく工法の評価を報告したものである。

モニタリング評価により4試験工法の有効性を検証しており、今後の頭首工の長寿命化対策工法の検討の参考になる技術情報であることから、本年度の設計・施工部門の奨励賞として選定した。

IV. 講演の概要

今回の研修会では、「土地改良法改正を踏まえた農業農村整備と技術の展開」のテーマに即し、5名の講師より、土地改良法改正の概要を紹介するとともに、法改正に関連する新技術情報の研究事例等について、写真や映像を交えて、熱のこもった講演がなされた。

1. 機構関連事業への取り組みについて(平塚講師)

(公財)しまね農業振興公社の平塚講師からは、『機構関連事業への取り組みについて』と題して、農地中間管理事業の概要説明を交え、島根県における農地中間管理機構とほ場整備事業の連携を通じた担い手への農地の集積・集約化の取り組みについて講演された。講演の要旨は、以下のとおり。

島根県では、要件が合致する場合、新規にかかわらず農地中間管理事業の利用を推奨しており、活用実績は、平成28年3月時点で集積率が31.3%、中間管理事業の実施状況は全19市町村中、16市町村で実施している。

島根県では、公益財団法人しまね農業振興公社が、県知事から「農地中間管理機構」の指定を受けて、平成26年4月1日から行っている。

農地中間管理事業は、農用地等を貸したい方には、機構集積協力金の対象となり得ることや、要件を満たせば固定資産税の軽減措置の対象となる、などのメリットがある。

また、制度のメリットとして、①農地の管理、②農地の遊休化の防止、③貸借期間中のトラブル対応がある。

続いて、松江市新庄地区の事例紹介があり、基盤整備の計画、農地中間管理事業の取組、事務等スケジュールについて説明があった。

本地区では、平成29年度採択に向けて、中間管理権の取得時期を事業計画概要の公告までとしたことにより、約3週間という短期間で、130件分の書類作成・確認を行う必要が生じた。

この課題に対して解決できた要因は、県東部農林振興センタースタッフのきめ細やかな現場対応と地元世話人の強力なリーダーシップが大きく貢献した。

最後に、本件を通じた所感としては、時間がかかり、事務が繁雑になるかもしれないが、きめ細やかに対応をすることで逆に事務が円滑に進むことで、結果的には迅速な事業着手が可能になると述べられた。



写真-4 平塚講師による講演

2. ため池の耐震評価と災害情報システム(堀講師)

国研 農業・食品産業技術総合研究機構農村工学研究部門の堀講師からは、『ため池の耐震評価と災害情報システム』と題して、東日本大震災で被災した藤沼ため池について、堤体の強度低下が発生するメカニズムとニューマークD法による耐震評価手法及びそれを用いた災害予測システムについて講演された。講演の要旨は、以下のとおり。

東日本大震災で被災した藤沼ため池では下流域で大きな被害が生じた。藤沼ため池の決壊は、沈下した堤体上を貯水が流下して堤体土のほとんどが浸食されたことによる。藤沼ため池は上部・中部・下部の3層構造で上部と下部は砂質土であり、この上部と下部の層で強度低下が起こったことによると考えられている。現行指針でのため池のレベル1安全性評価では、円形すべり面スライス法による安定解析を行うことになっており、藤沼ため池は、通常の三軸圧縮試験による強度では安全率が1.0以上を確保していた。

排水状態でのせん断では、締固めが密な土は、膨張することになるが、緩い土は収縮することになる。一方、非



写真-5 堀講師による講演

排水状態でのせん断では、密な土は、負の間隙水圧が発生し強度は上がるが、緩い土は、正の間隙水圧が発生し強度が下がる。設計に採用されている ϕ' および c' は排水状態での強度であるが、地震時は短期的には非排水状態で本来は非排水強度で耐震評価すべき。

既存ため池は、既存の築造年代が古いため池は締固め度が不十分なものが多い。締固めが不十分な砂質土では、地震時の本来の強度である全応力表示の強度が有効応力表示の強度より低い場合があり、締固めが不十分な砂質土堤体では、危険側の評価となる可能性がある。

ニューマーク法は地震時に発生する円弧すべりを探索し、残留変位量を求めるものであり、分類としては、

○ニューマーク法：すべり安定解析において安全率が1.0を超える地震動に対して円弧すべりの土塊が回転滑動するときの変位量を求める方法。

○修正ニューマーク法：ニューマーク法において、せん断面の強度がひずみに応じて低下することを考慮した方法。せん断面の強度がひずみに応じて低下することを考慮した方法。強度低下の算定には複数の方法がある。D法は強度低下算定法の一つ。

○詳細ニューマークD法（ため池設計指針）：修正ニューマーク法と基本的には同じ。累積損傷度理論に基づいてせん断面の強度低下を求めてニューマーク法による滑動変位量を求める方法。地震動に伴う堤体内の応力状態をFEMで解析する手法をとっている。

○簡易ニューマークD法（ため池設計指針）：強度低下量を簡易に推定する方法。

詳細ニューマークD法に必要な土質試験は、堤体土の物理・力学特性の把握（レベル1の試験）に加えて、液状化強度曲線として繰返し非排水三軸試験、せん断強度低下曲線として強度低下試験（繰返し+単調載荷）が必要となる。

簡易ニューマークD法は、レベル1の土質試験で得られるデータから液状化強度曲線とせん断強度低下曲線を推定する方法でレベル1の土質試験データから、詳細ニューマークD法と同等の解析が可能。現在、砂質土の推定モデルは完成しており、礫質土、粘性土、シルトの推定モデルについて開発中との情報提供があった。

ため池防災支援システムは、内閣府プロジェクトSIP（戦略的イノベーション創造プログラム）で開発され、地震・豪雨によるため池の決壊、決壊した場合の下流の氾濫域を予測して、リアルタイムに情報提供するシステム。

ため池防災支援システムは海溝型と内陸型の地震波形で解析される。予測方法は、①土質試験結果（物理試験、 C 、 ϕ ）をユーザーが入力し、土質試験データが無い場合、砂か粘土を選択するとデフォルトのデータで解析（現在は砂のデフォルトデータが設定）。②最大加速度を段階的に変えた簡易ニューマークD法の解析を行い、解析結果のテーブルを作成（事前耐震評価完了）。③防災科研のK-NETのリアルタイム地震情報がため池防災支援システムに送られ、自動的に個々のため池の堤体沈下量を算定し、堤体天端が貯水位を下回ると決壊すると判定。

また、九州北部豪雨について被災したため池の写真を交えて講演をいただいた。

福岡県朝倉市のため池の被害数は、被害総数48箇所（うち決壊9箇所）。

ため池の主な被害要因は、想定を上回る降雨量（125mm/h それまでの既往最大75mm/h）→越流破壊、上流の山腹崩壊土砂の貯水池内への流入→越流破壊、上流の山腹崩壊の流木の流入→洪水吐の閉塞、土石流による堤体下流側からの浸食・破損が考えられる。

今回の災害では、設計指針を満足する洪水吐により、土石流を受け止めて、下流域への被害を大きく軽減した。

今後の復旧にあたっては、洪水吐が閉塞しない高さや幅を確保することが重要であり、土石流危険渓流の下流にあるため池の調査・洗い出し、及び砂防や林野部局との連携による砂防ダム等の検討などが必要。また、ソフト対策として、事前の避難対策：「SIPため池防災支援システム」を用いた危険度予測の活用、ハザードマップの周知と防災意識の向上、訓練が必須、土石流+ため池を考慮した避難。

最後に防災重点ため池の見直しの必要性、洪水吐の高さや橋梁の調査を含めた一斉点検の必要性について提言された。

3. 農業水利施設インターネット監視システム（末吉講師）

㈱クボタの末吉講師からは、『農業水利施設インターネット監視システム』と題して、KSAS・KSIS等のクラウドサービスの農業水利施設への導入事例やICTを活用したほ場の遠隔・自動給・排水口の新技术について講演された。講演の要旨は、以下のとおり。

スマート農業のイメージとしては、ロボット技術、ICTを活用して、1 超省力・大規模生産を実現、作物の能力、2 作物の能力を最大限に発揮、3 きつい作業、危険な作業から解放、4 誰もが取り組みやすい農業を実現、5 消費者・実需者に安心と信頼を提供について実現する新たな農業がある。

超省力・大規模生産を実現するために、高精度GPSによる自動走行システム等の導入により、農業機械の夜間走行、複数走行、自動走行などを実現し、これによって土地利用型農業の規模限界を打破。

無人機1台による自動運転作業は、リモコンによる遠隔指示で作業開始・停止の操作が可能となり圃場周辺から監視しながら、自動で耕うん、代かき作業ができるなど作業負担が軽減される。

通常トラクタと無人機との2台同時作業では、無人機を有人機に乗車した作業者が監視しながら自動運転作業を行うことで、2台協調作業ができる。従来、農機1台/作業員1人だったのに対して、農機2台/作業員1人となることから、省人化と高効率化が可能である。本仕様の有人機を購入しなくても、無人機のみで購入で2台同時作業が可能となる。

クボタスマートアグリシステムは、圃場から作業記録、機械・作物情報をクラウドサービスにデータを蓄積して、営農データは農業経営者へ、稼働・位置情報は機械のサービススタッフに提供されることにより、機械のトラブルに迅速・確実に対応する。

現在、㈱クボタでは、上水、下水、雨水排水、ゴミ焼却プラントなど様々な社会基盤となる施設の管理を行っている。これらの製品・サービスをすべてIoTでつなぎ、クボタグループのトータルソリューションを提供している。

クボタインターネット監視システムの特徴としては、①優れたユーザビリティ、②低コストの実現、③万全なセキュリティ、④豊富な導入実績が挙げられる。

開発中の情報として、ICTを活用した圃場の遠隔自動給排水口について講演があり、水田水位などのセンシングデータをクラウドに送り、ユーザーがモバイル端末等で給排水バルブ・落水口を遠隔または自動で制御する。

また、NTTグループとの連携協定、AIによる進化、AI気象情報の利活用による河川水位お予測などについて紹介された。

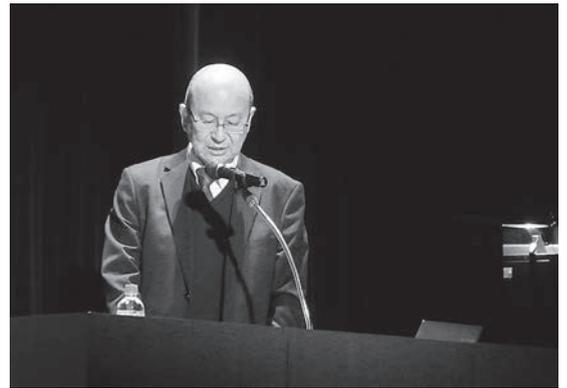


写真-6 末吉講師による講演

4. 土地改良制度の見直しについて（増岡講師）

農林水産省農村振興局農地資源課の増岡講師からは、『土地改良制度の見直しについて』と題して、平成29年9月に施行された土地改良法等の一部を改正する法律の概要について講演された。講演の要旨は、以下のとおり。

土地改良法改正の背景としては、農家の高齢化の進行に伴い、農地中間管理機構への貸付けは増加する見込みであり、その際、基盤整備が十分に行われていない農地については、担い手が借り受けにくいおそれがある。一方、農地中間管理機構に貸し付けた所有者は基盤整備のための費用を負担する用意はなく、このままでは基盤整備が滞り、結果として、担い手への農地の集積・集約化が進まなくなる可能性がある。

また、土地改良施設の突発事故が年々増加する中で、国土強靱化基本法を踏まえ、国・地方公共団体の判断による、農業用排水施設の耐震化事業の迅速な実施が求められてい



写真-7 増岡講師による講演

る状況にある。

このことから、農用地の利用集積の促進、防災・減災対策の強化等に資するよう、土地改良制度の仕組みを見直すことが必要となった。

主な改正内容は次のとおりで参考資料を交えて説明された。

1. 農地中間管理機構と連携した新事業の創設
2. ため池等の耐震化事業に係る新たな仕組みの創設
3. 突発事故対応事業に係る新たな仕組みの創設
4. 除塩事業の創設
5. 申請人数要件の廃止
6. 同意徴集手続の簡素化の範囲の拡大
7. 共有地に係る代表制の導入

最後に土地改良区のあり方について、土地改良区の組織体制が弱体化する中、合併等による事務局体制の強化や、維持管理・運営事務の外部委託の拡大、土地改良施設の高度利用による財政基盤の強化を促進、事業参加資格者及び土地改良区の在り方等について、更に実態を調査すること等を通じて、引き続き検討中との説明があった。

5. トライボロジーを活用したポンプ設備の機能診断（國枝講師）

国研 農業・食品産業技術総合研究機構農村工学研究部門の國枝講師からは、『トライボロジーを活用したポンプ設備の機能診断』と題して、ポンプ設備の劣化が進行する前にその兆候を検出し、非分解かつ定量的に診断評価する新技术について講演された。講演の要旨は、以下のとおり。

トライボロジー(Tribology)とは、1966年、OECDの潤滑技術ワーキンググループ報告書に初めて登場した学術名称であり、「摩擦する」を意味するギリシア語のtribosより派生した技術用語で、直訳すれば、「摩擦学」。

本研究の背景は、基幹的な農業用ポンプ場の68%が耐用年数を超過する中で、施設の老朽化や維持管理費の軽減への対応が必要となっている。

本研究は、農業用ポンプ設備を対象とし、(1)ポンプ設備の突発的な故障を防ぐため故障が顕著となる前に劣化の兆候を検出する技術の適用を図り、問題点を明らかにする。(2)ポンプ設備の劣化状態を定量的な指標で機能診断する技術を確立し、状態監視保全(CBM)の有効性を明らかにする。

潤滑診断の特徴・効果は、機械設備を分解することなく状態診断、傾向管理が可能であり、異常兆候を早期にキャッチし、異常時の原因を推定する。

実機を用いた劣化促進試験では、農業用ポンプ設備でよくみられる切削、凝着及び溶融の摩耗現象を再現するための試験を実施した。

結果、(1)アプレシブ摩耗および凝着摩耗、溶融摩耗の3試験を行い、損傷を起こす要因として想定した現象に対応する金属摩耗粒子とその発生部位をそれぞれ確認、(2)油量に関係なく、潤滑油に含まれる金属摩耗粒子数の増加傾向を時系列で検出できることを確認、(3)潤滑剤に含まれる金属摩耗粒子の個数や形態、サイズが、ポンプ設備の劣化の兆候を検出する監視項目になることを確認、(4)油中の金属摩耗粒子数を計測する手法は、振動法や温度法と比較して設備の劣化の兆候を高感度に検出できることを確認した。

ポンプ設備の劣化兆候検出法とその適用上の課題は、(1)潤滑剤の物理的性状及び汚染状態、機器の摩耗状態の各々の判定を併せて総合的に評価し、機器の劣化状態を診断、(2)油中の金属摩耗粒子を監視項目とする潤滑診断を用いることで劣化兆候を検出し、破損に至る前に異常の原因を判明、(3)運転管理する現場において異常発生に対して適切な処置を行うためには、設備の劣化兆候を検出する潤滑診断を用いて状態監視保全を行うことが有効、(4)潤滑剤に関わるトラブルを未然に防止し、さらに潤滑診断で正確な評価を行い劣化の進行を抑えるためには、オイルマネジメントの手法を取り入れ、ポンプ設備の保守整備において潤滑剤の製品名称と交換日、性状を管理点検記録に残すことが重要となる。

ポンプ設備の新たな機能診断システムについて、(1)携帯型測定装置を用いることで潤滑油の物理的性状および



写真-8 國枝講師による講演

汚染状態、機器の摩耗状態を容易に診断が可能、(2) 携帯型測定装置で適正な評価を行うには、適正な採油、(3) 分解することなく劣化状態を定量的に診断し、致命的な故障にいたる前に異常を検知するための新たな機能診断システムの導入を提案、(4) 新方式は、携帯型測定装置を用いることで効率的かつ効果的にポンプ設備の分解点検や補修の適切なタイミングを判断できる。

最後に今後の展望と活用方法として、潤滑油から得られる情報を常時計測することで劣化兆候を診断することができる。遠隔監視システムから異常通知を受けられることにより、施設管理者は、ポンプ設備が故障する前にその原因を除去するよう対処することが可能となると紹介された。

IV. おわりに

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



写真－9 研修会の様子

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

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30年度の年会費は2,300円です。なお、別紙のPR版を作成しましたので会員の勧誘に活用いただければ幸いです。

2. 報文投稿の募集

「水と土」は会員の皆様からの報文投稿によって支えられています。報文は以下のように様々なテーマが考えられますので、これを参考に皆様が担当されている事業地区の状況を報文にまとめて投稿いただくようお願いいたします。併せて巻末の投稿規定も参照して下さい。

- ① 事業地区の段階は、企画、調査、計画、設計、施工、管理に分けられるので、構造物の施工の有無に関わらず、コスト縮減、創意工夫、新技術導入、環境配慮などの視点から取りまとめた報文
- ② ダム、トンネル、橋梁、揚排水機場等の大規模工事や長期にわたる債務負担行為工事等について、調査、計画、設計、施工の各段階での検討や実績を取りまとめた報文
- ③ 農村工学研究所や県試験場などへの依頼研究の成果について取りまとめた報文(研究依頼先との連名による)
- ④ 土地改良技術事務所、調査管理事務所が対応している技術検討や現場支援業務について取りまとめた報文(当該機関との連名による)
- ⑤ 海外派遣から帰任した職員の派遣先でのプロジェクト等について技術的見地から取りまとめた報文
- ⑥ 建設会社、コンサルタント等の会員について、普及性のある事例や技術検討について取りまとめた報文

農業土木技術研究会 会員の募集

1. 発足40周年を迎えた「農業土木技術研究会」

本研究会は、全国の農業土木技術者の自主的な研究会です。その歴史は、昭和28年の「コンクリートダム研究会」にまでさかのぼり、事業の展開方向に即して変遷してきました。現在の「農業土木技術研究会」としても、平成21年度には発足40周年を迎えた歴史ある研究会です。

〈農業土木技術研究会の変遷〉

- 昭和 28 年 「コンクリートダム研究会」の発足：会誌「コンクリートダム」の発刊
- 昭和 31 年 フィルダムを含めて「ダム研究会」に拡大：会誌「土とコンクリート」に変更
- 昭和 36 年 「水路研究会」の発足：会誌「水路」の発刊
- 昭和 45 年 両研究会の合併
「農業土木技術研究会」の発足：会誌「水と土」の発刊

2. 技術力向上に資する「農業土木技術研究会」

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

研究会では、現場の技術報文を中心とした会誌「水と土」を年間3回発行し会員の皆様にお届けしています。また、時代に即した技術的な情報を提供する研修会も開催しています。

3. 会員が支える「農業土木技術研究会」

本研究会の活動は、皆様の年会費によってまかなわれています。

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

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

申し込み様式は以下を参考にして下さい。

入会申し込み

平成 年 月 日

私は農業土木技術研究会に入会します。

氏名： _____

職場・所属： _____

職場住所（会誌送付先）：〒 _____

電話番号： _____

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

投稿規定

1. 原稿には次の事項を記した「投稿票」を添えて下記に送付して下さい。

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

2. 「投稿票」

- ① 表 題
- ② 本文枚数, 図枚数, 表枚数, 写真枚数
- ③ 氏名 (フリガナおよびローマ字表記), 勤務先と勤務先の電話番号, 職名
- ④ 連絡先 (TEL), (E-mail)
- ⑤ 別刷希望数
- ⑥ 内容紹介 (200字以内)
- ⑦ 対象施設 (報文の対象となっている主な施設を記入: ダム, トンネル, 橋梁, 用排水機場, 開水路, 管水路 等)
- ⑧ キーワード (報文の内容を表すキーワードを記入: 維持管理, コスト縮減, 施工管理, 環境配慮, 機能診断 等)

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

4. 原稿はワープロで作成し, 漢字は当用漢字, 仮名づかいは現代仮名づかいを使用, 術語は学会編, 農業土木標準用語辞典に準じて下さい。数字はアラビア数字 (3単位ごとにカンマ (,) を入れる) を使用して下さい。

5. ワープロで作成した原稿データについては, プリントアウトした原稿 (写真・図・表入り) とともにCDデータ等にて提出して下さい。

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

※データと違いがないかをプリントアウトした原稿で必ず確認して下さい。

6. 写真・図・表は本文中の挿入個所を明確に指定して下さい。

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

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

たとえば,

C, K, O, P, S, U, V, W, X, Zの大文字と小文字

O (オー) と 0 (ゼロ) a (エー) と 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 (ブイ) と ν (ウプロシン)

など

9. 分数式は2行ないし3行にとり余裕をもたせて書いて下さい。

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

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

12. 投稿の採否, 掲載順は編集委員会に一任して下さい。

13. 掲載の分は原稿料が支払われます。

14. 別刷は, 有料になります。

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

「水と土」通信

FAX 宛先：農業土木技術研究会 03 - 3578 - 7176

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

1. 本号（183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

この号がお手元に届く頃は、春の陽気に包まれているのでしょうか？これを書いているのは、2月の初めです。皆さんも記憶に新しいかもしれませんが、1月22日から翌朝にかけて関東地方でまとまった雪が降りました。都内でも23cmの積雪があり、20cm以上の積雪は過去30年間で3度目とのことでした。警報が出ていたことや報道もあり、少し早めに帰路についたのですが、ホームで数本見送り、やっと乗った寿司詰め状態の電車で都内交通網の雪による大きな反応を味わうこととなりました。今も福井県では、130cm以上の積雪で車1,500台が道路で立ち往生とのニュースが、また、和歌山でも熱帯魚が大量凍死しているとのニュースなども流れております。

「カメムシが多い年は雪が多い」と言うそうですが、そう言われてみると今年は、洗濯物にカメムシがついて困っていたような気がします。とはいえ、統計的にはあまり関係ないようです。

8月頃からラニーニャ現象が続いているそうです。

ラニーニャ現象とは、ペルー沖から中部太平洋にかけて海水温が平年より低くなる現象とのこと（エルニーニョはその逆）。夏はより暑く、冬はより寒くなる傾向とのこと、これは、3月まで続いている可能性が高いとのことでした。

さて、冒頭に戻りますが、春の陽気に包まれているのでしょうか？

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

こちらにもご意見・ご感想をお送りいただき、ご協力頂きますようお願いいたします。

（「水と土」編集委員）

水と土 第183号

発行所 〒105-0004 東京都港区新橋5-34-4

農業土木会館内

印刷所 〒161-8558 東京都新宿区下落合2-6-22

農業土木技術研究会

TEL 03(3436)1960 振替口座 00180-5-2891

一世印刷株式会社

TEL 03(3952)5651



大地に刻む農の文化

一般社団法人 土地改良建設協会

Land Improvement Construction Association of Japan

会 長 宮 本 洋 一

専務理事 齊 藤 政 満

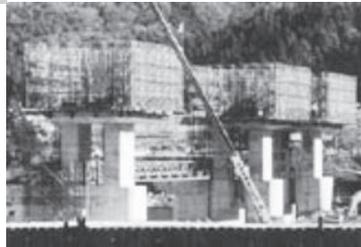


土地改良事業
の推進



土地改良事業の
建設工事に関する
広報活動

工事施工技術に
関する
調査研究



公共事業の
円滑な実施
に関する
調査研究



〒105-0004 東京都港区新橋 5-34-4 (農業土木会館)

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

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

ダイプラハウエル管[®] (高耐圧ポリエチレン管)

信頼性の高い、本埋設管として様々な公的機関で認可されています。

規格

日本工業規格 耐圧ポリエチレンリブ管 (JIS K 6780)
下水道協会規格 下水道用リブ付ポリエチレン管 (JSWAS K-15)

NETIS

国土交通省 新技術登録 (NETIS CB-980025-V) カルバート工
(NETIS CB-980024-A) 柔構造樋管

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

道路基準

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

電気技術規定

J E S C 水力発電設備の樹脂管 (一般市販管) 技術規定

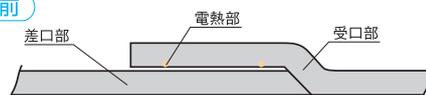
農業用水のパイプラインに！

管路の一体化による継手部の信頼性！

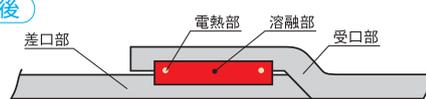
EF継手は電熱線の通電により熔融し、受口、差口を一体化させ、万全の気密性を保持できます。また、融着品質のばらつきがなく、作業が容易なため、工期短縮・コスト縮減が実現出来ます。

EF継手(エレクトロフュージョン)

通電前



通電後



内
圧
用
ダ
イ
プ
ラ
ハ
ウ
エ
ル
管



農道下横断管に！

耐圧強度が大きく、
高盛土下に
埋設可能！

カルバート工
として
実績豊富！



ため池の底樋に！

柔軟性に優れ、
地盤沈下にも
対応！

柔構造樋管
として
実績豊富！



ダ
イ
プ
ラ
ハ
ウ
エ
ル
管

大日本プラスチック株式会社

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

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

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