

水と土

No. 173

2014
NOVEMBER

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



① バッテリーカーによる運搬



② 集中管理装置



③ ケーシング建込み (ケコム工法)



④ 水路上部空間に設置した太陽光発電 (事例2)



⑤ 大野川幹線用水路 (広幅水路：下流からの全景)



⑥ EM38による土壌塩分の調査結果 (長面地区)

◆報文内容紹介	2
◆事務局よりお知らせ	
平成26年度農業土木技術研究会研修会開催のご案内	3
◆会員向けに「水と土」のWeb検索サービスについて	4

□巻頭文

「40年後の世界」	鈴木浩之	7
-----------	------	---

□報文

キーワード

潜水調査	既設建造物の潜水土による調査について(基幹水利施設ストックマネジメント事業 三島ダム地区)	鈴木奈美子	9
パイプライン	九頭竜川下流地区における水路内配管工法の事例紹介 - 調査・設計から施工まで -	末永隆裕・針山裕平・海老原健二・井野元裕一・河原あゆみ	12
耐震対策	よしざき じんのしんでん 吉前・神野新田地区における浸透固化処理工法による海岸堤防の液状化対策	稲石芳郎	17
国営開発農地	丹後国営開発農地における若手担い手就農を支援するための農場整備工事について	西尾吉生	23
シールド工法	シールド本管から分岐(分土工部)する枝管取付部の補強について	的場孝雄	27
地下ダム	伊江地下ダムにおける揚水試験結果について	中司昇吾・外間 昇・北村知周	34
国際大ダム会議	フランスにおけるダムのリスク評価に関する調査・分析	松尾貴充	41
太陽光発電	水路の上部空間を利用した太陽光発電設備設置の取組み - 水上浮体発電から危機管理対策へ -	綾木浩之	47

□歴史的土壌改良施設

北海道稲作発祥の地「渡島平野」のあゆみ	横沢伸二	52
---------------------	------	----

□技術情報紹介

地盤沈下した津波被災農地の海水侵入状況の調査とその対策	中矢哲郎・桐 博英・友正達美・瑞慶村知佳・成岡道男	56
-----------------------------	---------------------------	----

◆会告	61
◆投稿規定	62
◆入会案内	63

●表紙写真●	① 報文「九頭竜川下流地区における水路内配管工法の事例紹介-調査・設計から施工まで-」より (P.14)
	② 報文「よしざき じんのしんでん 吉前・神野新田地区における浸透固化処理工法による海岸堤防の液状化対策」より (P.21)
	③ 報文「シールド本管から分岐(分土工部)する枝管取付部の補強について」より (P.31)
	④ 報文「水路の上部空間を利用した太陽光発電設備設置の取組み-水上浮体発電から危機管理対策へ-」より (P.50)
	⑤ 歴史「北海道稲作発祥の地「渡島平野」のあゆみ」より (P.55)
	⑥ 技術「地盤沈下した津波被災農地の海水侵入状況の調査とその対策」より (P.58)

水と土 第173号 報文内容紹介

既設構造物の潜水士による調査について (基幹水利施設ストックマネジメント事業 三島ダム地区)

鈴木奈美子

三島ダムの取水施設は築造後約45年を経て、経年変化による機能低下や劣化が顕著である。この度、取水施設を更新、事業化するため機能診断を行うこととしたが、年間を通じダムの水位を確保しておかなければならないことから、不可視部分は潜水調査を実施した。

その調査概要と留意点等について報告する。

(水と土 第173号 2014 P.9 設・施)

九頭竜川下流地区における水路内配管工法の事例紹介 —調査・設計から施工まで—

末永隆裕・針山裕平・海老原健二・井野元裕一・河原あゆみ

九頭竜川下流農業水利事業所では平成11年度から用水路のパイプライン化事業を進めている。当地区では、幹線水路から分水するための管路である副管工事において現況用水路を有効活用した水路内配管工法を採用しており、今後、他地区における更新事業においても既設水路断面を利用する事例が想定されることから、施工技術情報の積極的な発信を目的とし、当地区での施工実績に即した水路内配管工法について紹介する。

(水と土 第173号 2014 P.12 設・施)

よしざき じんのしんでん 吉前・神野新田地区における浸透固化処理工法による 海岸堤防の液状化対策

稲石芳郎

平成23年3月11日に発生した東日本大震災以降、全国的に津波・地震対策に対して注目が集まっており、愛知県では県独自で作成した海岸堤防耐震設計のフローに基づき耐震設計を進めている。

本県の海岸堤防耐震対策の取組み及び吉前・神野新田地区において採用している浸透固化処理工法について紹介するもの。

(水と土 第173号 2014 P.17 設・施)

丹後国営開発農地における若手担い手就農を 支援するための農場整備工事について

西尾吉生

丹後国営開発農地を中心として、大規模畑作農業を行うとともに、加工・商品開発などの農業ビジネスの展開も視野に入れた人材育成の取組みである「丹後農業実践型学舎」の事例を紹介します。

同学舎では、地元京丹後市と京都府が協力し、京丹後市（研修農場確保、就農者の住宅確保）、京都府普及研究部門（農業研修）、京都府土地改良部門（研修農場整備）の役割分担のもと、2年間の実践研修により次世代の京都農業の担い手を育成しています。

(水と土 第173号 2014 P.23 設・施)

シールド本管から分岐(分水工部)する枝管取付部の 補強について

的場孝雄

当事業の水路建設では、主として推進工法、開削工法（矢板併用）、シールド工法が用いられている。今回は、中国四国農政局管内で事例が少ない、「シールド工法により設置された幹線水路本管に枝管を直接取り付けた管渠部の補強」について報告する。

(水と土 第173号 2014 P.27 設・施)

伊江地下ダムにおける揚水試験結果について

中司昇吾・外間 昇・北村知周

国営かんがい排水事業「伊江地区」は、平成16年度に着手し、地下ダムについては平成25年度までの進捗率が97%（ダム軸延長ベース）となっている。本文では、平成25年度に施工した東側2箇所取水井戸を対象とし、揚水試験を実施したので、試験結果を報告する。

(水と土 第173号 2014 P.34 設・施)

フランスにおけるダムのリスク評価に関する 調査・分析

松尾貴充

国際大ダム会議（International Commission on Large Dams：ICOLD）は、世界のダム技術者、研究者が各国の技術や知見を交換する場であり、毎年開催される年次例会では、ダム技術に関する多数の論文が提出される。これら論文のうち、ダムのリスク評価に関するフランス（2012年に京都で開催された第80回年次例会に提出）における基本的考え方について紹介する。

(水と土 第173号 2014 P.41 企・計)

水路の上部空間を利用した太陽光発電設備設置の取組み —水上浮体発電から危機管理対策へ—

綾木浩之

太陽電池モジュールを水面に浮かべる発電の実証実験で使用した太陽光モジュールを、実験終了後に開水路の上部空間に移設して太陽光発電を行っている愛知用水での取り組みを紹介する。移設の目的は、太陽電池モジュールの有効利用のみならず、環境負荷の低減、維持管理費の軽減および危機管理対策である。平成25年度から水路施設の上部空間での発電が始まっている。

(水と土 第173号 2014 P.47 設・施)

<歴史的土壌改良施設>

北海道稲作発祥の地「渡島平野」のあゆみ

横沢伸二

米どころ渡島平野は北海道の稲作発祥の地であり、現在のように豊かな実りをもたらされるようになったのは、多くの先人の苦闘と努力の礎があったからである。

その中でも国定公園大沼から豊富な暖かい水を大野平野に疎水したことは、大野平野の米作りを画期的に変えた。

(水と土 第173号 2014 P.52)

<技術情報紹介>

地盤沈下した津波被災農地の
海水侵入状況の調査とその対策

中矢哲郎・桐 博英・友正達美・瑞慶村知佳・成岡道男

東日本大震災津波による地盤の流出や地盤沈下した農地を対象に、津波被災後の海水再侵入の状況を、電磁探査法を利用した土壌電気伝導度測定器である「EM38」を用いて調査を行った。調査の結果、海に接している農地は表層より下層の塩分濃度が高く、地下からの海水侵入が継続していることが分かった。調査結果を基に、沿岸農地における塩水侵入の対策の一つとして、圃場貯水とブロック排水手法を提案した。

(水と土 第173号 2014 P.56)

事務局よりお知らせ

平成 26 年度農業土木技術研究会研修会開催のご案内

農業土木技術研究会では、時代のニーズを反映した技術力の向上と会員間の交流を目的として、下記の予定で「平成26年度農業土木技術研究会研修会」を開催します。プログラムなどの詳細については全国連盟ホームページ及び別途各都道府県担当者宛に案内チラシを配布致しますのでご覧下さい。

記

1. 日 時 平成27年1月27日(火) 10時～16時30分
2. 場 所 東京都千代田区北の丸公園2-1 科学技術館 地下2階
サイエンスホール TEL. 03-3212-8485
3. 参加費 会 員 5,000円(機関誌「水と土」を毎号購読されている方)
非会員 8,000円
4. 申込方法など ①締め切り 平成27年1月16日(金)
②申込み先
東京都港区新橋五丁目34-4 農業土木技術研究会
TEL. 03-3436-1960/FAX. 03-3578-7176
③申込方法
ファックスまたはハガキなど書面でお申し込みください。
- ④全国連盟ホームページ <http://www.n-renmei.jp>
5. その他 この研修会は農業土木技術者継続教育のプログラム認定を受けております。
継続教育機構会員の方は申込みの際に申込書に会員番号を併せてご記入下さい。

〔案内図〕

科学技術館への案内図・道順

- 地下鉄
 - ・東西線 竹橋駅下車(1B出口)
 - ・半蔵門線・都営新宿線 九段下駅下車(2出口)
 各駅徒歩約7分



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26年3月現在、第1号（昭和45年）から第165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。

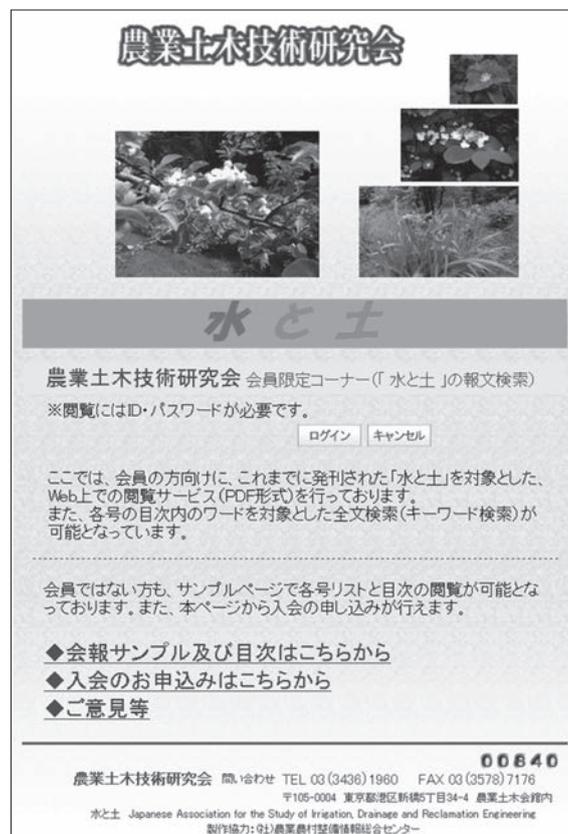


図-1



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最も基本的な検索手法です。

例：ダム

②AND検索

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

例：ダム and 工法

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

③OR検索

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

例：ダム or 工法

④NOT検索

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

例：ダム not 工法

4. 会員申し込み

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

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

水と土

農業土木技術研究会 入会申込み

年会費・発行等

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

申込み

農業土木技術研究会への入会申込みは、以下のいずれかの方法でお申込みください

○入会申込みフォームにて 申込みフォーム

○FAX・郵便にて (PDF) FAX・郵便

○各職場に研究会連絡員等がおられる場合は、連絡員を通してお申込みください

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



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

「40年後の世界」

鈴木 浩之*
(Hiroyuki SUZUKI)

1972年にローマクラブが「成長の限界」を公表し、世界の人々に警告を発した。現状が続けば、人口増加と地球環境の破壊、さらには資源の枯渇などで、人類の成長は限界に達するという警鐘を鳴らしたのである。そのローマクラブの作業に参加していた科学者が、2012年に40年後の世界について予測した「2052」という著作が出版されている。

「2052」では、40年後の世界における二大リスク要因は貧困と気候変動であるとして、以下のような事象を予測している。

- ・資源枯渇、汚染、気候変動、生態系の損失、不公平といった問題を解決するために、GDPのより多くの部分を投資に回す必要が生じる。
- ・資源枯渇と気候変動の問題は、2052年までは壊滅的なものにはならない。しかし、21世紀半ば頃には菌止めの利かない気候変動（気候変動の自己増幅）に人類は大いに苦しむことになる。
- ・気候変動の自己増幅とは、現在の温暖化がさらなる温暖化を招き、その影響でますます温暖化が進むこと。たとえば、ツンドラの南の縁が溶けることで、強力な温室効果ガスであるメタンが放出されて気温が上昇し、さらにツンドラが溶けるというものである。
- ・工業化前の時代（1750年頃）に比べて、平均気温は2052年には約2度上昇する。気温が2度上昇すると、気温と大気中のCO₂濃度が上昇するせいで高緯度地域では食料生産と森林の成長が促進され、生態系は両極方向と標高が高い地域へ移動する。加えて干ばつ多発地域ではさらに干ばつが、降雨量が多い地域ではさらに雨が増え、異常気象（集中豪雨、酷暑）が頻発し、氷河と北極海の海水が溶け、海面は上昇し、また海水の酸性化が進む。

ここで、気候変動に伴う環境破壊や資源枯渇について、わかりやすい指標がある。エコロジカル・フットプリントとバイオキャパシティである。

エコロジカル・フットプリントとは、人間が地球に与える負荷を計測し、人間による資源の消費と汚染の影響を定量化したものであり、

- ①人間の食料を生産するのに必要な土地の面積
- ②牧畜用の面積、漁場の面積
- ③都市や道路などのインフラの建設に必要な木材を育てる土地の面積
- ④エネルギー生産によって排出されるCO₂の吸収に必要な森林の面積

の総量である。

2010年のエコロジカル・フットプリントは1970年から倍増しており、地球のバイオキャパシティ（環境収容力）より40%も高い。

バイオキャパシティとは、人間が必要とする穀物、肉、木材、魚、都市空間、エネルギーを産出するために、地球が提供し得る面積であり、現在はその1.4倍に相当する土地を使用している。しかも、バイオキャパシティには、他の生物が必要とする土地については考慮されていない。

このような、現在のオーバーシュート（需要超過）が成り立っているのは、実際にはCO₂はすべて森林に吸収されていないからであり、残りのCO₂は大気中に蓄積され地球温暖化が進行している。

ではどうすれば良いのか。

具体的には、今後40年間で国際社会は、以下に掲げる課題のために新たな投資をしなければならなくなる。

*東北農政局整備部次長

- ・石油，ガス，リンなど乏しい資源の代わりとなるものを開発し導入する。
- ・フロンガス，二酸化硫黄，窒素酸化物，温室効果ガスなど有害な排出物の解決策を考案し導入する。
- ・氷河の水，地下から汲み上げる農業用水，魚類タンパク質など，かつてはただで手に入れていた自然の恵みの代替となるものを見つける。
- ・原子炉を廃炉にする，沖合の石油掘削施設を撤去するなど，過去の人類の活動によって蓄積されたダメージを修復する。
- ・海面上昇などの対策を講じ，未来の天候被害を抑える。
- ・異常気象によって破壊された不動産やインフラを修復し，インフラの平均耐用年数の短縮を埋め合わせる。

日本のエコロジカルフットプリントは世界平均の1.5倍であり，地球環境に大きな負荷をかけている状況にある。エコロジカル・フットプリントを減らすためには，できるだけ地域の資源を活用してエネルギー・食料を自活することが求められる。その際に，安価なエネルギー・食料を海外から輸入することに比べればコストが高くなることもあるだろうが，持続可能な社会を構築するためのコストとして認識することが必要である。

近視眼的に低コスト，効率化だけを重視して社会制度を構築していると，40年後には気候変動と資源枯渇で大きなリスクに直面することになる。すでに気候変動による集中豪雨の増加と土砂災害の頻発など，日本国内でもそのリスクは一部で顕在化している。課題解決に向けた道筋は多難だが，持続可能な社会制度の構築，気候変動への適応策の検討を，「水と土」のインフラを守る立場として真剣に考える時を迎えている。

既設構造物の潜水土による調査について

(基幹水利施設ストックマネジメント事業 三島ダム地区)

鈴木 奈美子*
(Namiko SUZUKI)

目 次

1. はじめに	9
2. 調査の内容	9
3. おわりに	11

1. はじめに

三島ダム取水施設は築造後45年を経て、経年変化による機能低下や劣化が顕著である。取水施設を更新するため機能診断調査を行ったが、本ダムは、年間を通じて水位を確保しておかなければならないことから、水面下の不可視部分は可視部分と同程度の劣化度と推定し、事業計画を策定した。事業実施にあたり、不可視部分の劣化状況の把握が必要であることから、潜水調査を実施したので、調査概要と留意点等について報告する。

表-1 三島ダム概要

項目	数量
堤長	127.7m
堤高	25.3m
総貯水量	5,400 千 m ³
流域面積	26.14ha



写真-1 三島ダム湖

2. 調査の内容

(1) 施設の概要

三島ダムは、房総半島南部の鋸山、清澄山に連なる房総丘陵から東京湾に注ぐ二級河川小糸川の上流部に、かんがいを目的として造成された中心コア型アースダムである。

ダム施設は、昭和18年から昭和43年に建設され、君津市・富津市の小糸川沿岸に展開する水田地帯1,607haのかんがい用水源として、基幹的な役割を果たしている農業水利施設である。なお、湖面は、湖面利用の協定を結び年間を通して釣り客に利用されている。

取水設備の構造は、コンクリート取水塔型多孔式ゲートで、上部からNo.1, 2, 3孔の取水塔内側にB=1,320×H=1,160のスライドゲート、最下部のNo.4孔にφ1,000mmのバタフライバルブが設置されている。

本施設は、県企業庁(工業用水)との共用による取水量増に伴い、昭和47年に取水塔改良工事として、既設取水塔に新たな取水ゲートが設置された。その後、



図-1 位置図

*千葉県君津農業事務所 (Tel. 0438-22-6250)

開閉装置のオーバーホール及び機側操作盤の更新は実施されているが、経年変化による機能低下や劣化（水密ゴムの摩耗による漏水，鋼材の錆等）が顕著となっている。

表-2 三島ダム地区事業概要

総事業費	380,000 千円	
事業工期	平成 24 年度～ 平成 29 年度	
事業対象施設		事業量
取水設備	取水ゲート	更新 4 門
	導水管	塗装 1 ケ所
	ずい道	Co 吹付 1 式
余水吐	側水路 放水路	補修補強 1 式
ダム観測機器	地震計	更新 2 基
	水圧計	更新 4 基

(2) 調査の必要性

既設取水設備は、平成 21 年度に機能診断調査及び機能保全計画策定時に調査を行ったが、No.2 孔・No.3 孔の取水塔湖面側呑口、スクリーン及び導水管、No.4 ゲート弁体・弁箱は水面下のため調査を実施しなかった。不可視部分の評価について、〔農業水利施設の機能保全の手引き〕では、診断結果から求めるものが、診断コストに見合うものかを検討する必要性を唱えている。

機能診断調査時には、No.1 孔周り、No.2 及び No.3 ゲート本体の調査（調査時は取水塔内部の水位を下げた）が可能であり、可視部分と不可視部分の施工時期が同一であったため、劣化状況も同等と判断し、不可視部分は調査を行わなかった。しかし、実施設計段階においては、不可視部分の施設の状況が、施工計画や工事工程に影響を与えると判断し、未調査箇所の見目視確認として潜水調査を行うこととした。

(3) 潜水調査内容

1) 調査日時：

平成 24 年 10 月 19 日 10 時～16 時

2) 調査時貯水位：

WL.77.63m（満水位から 4.37m 下がり）

3) 調査班体制：

調査員（潜水士）1 名，地上作業員 2，3 名，その他数名

4) 通信状況：

潜水士に装着されたカメラの映像を地上モニターにて確認，潜水士と地上作業員の通話は随時可能

5) 記録撮影：

潜水士が水中カメラにて撮影

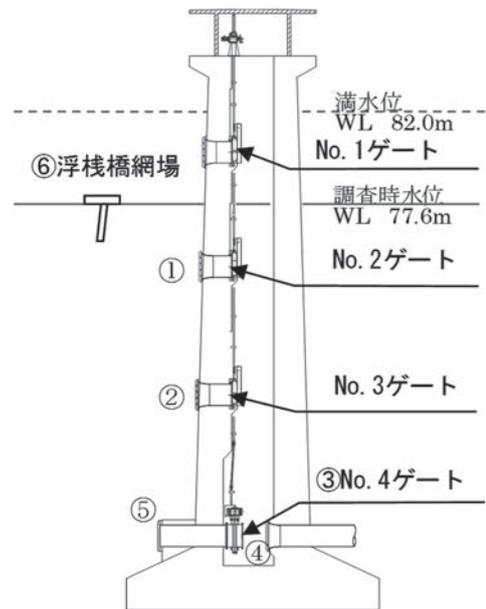


図-2 取水設備断面図
丸数字は調査結果の該当箇所

(4) 潜水調査結果

- 1) 調査地点① No.2 孔呑口周辺部，及び調査地点② No.3 孔呑口周辺部スクリーンは，多少のサビこぼが見られたが破損，変形等はなし。取水塔外側コンクリートは，多少の骨材露出はあったが目立った欠損等もなく問題ない。
- 2) 調査地点③ No.4 ゲートは，ゲートに多少のサビがある。取水塔内側コンクリート状況は，健全な状態。
- 3) 調査地点④取水塔下流側導水管は，スクリーンに多少のサビがある。
- 4) 調査地点⑤堆砂状況は，No.4 孔前に堆砂がある。
- 5) 調査地点⑥浮き棧橋下部の網場は，全体的に損傷はなし。

以上の調査結果より，事業計画どおり，可視部分と同様の更新内容で対応可能であることを確認できた。ただし，No.1，2，3の取水管及びスクリーンは，ステ



写真-2 潜水士

ンレスに更新することになっていたが、今回の調査、並びに機能保全コスト算定により、No.2 取水管は再塗装し継続利用、No.3 取水管及びスクリーンは現況利用可能と判断し、工事を実施しないこととした。さらに、No.4 孔の呑口前には堆積物があることが判明したため、想定堆砂状況から除去方法を検討し、施工時に支障となる堆砂除去工を工事に追加した。



写真-3 スクリーン

3. おわりに

本地区の潜水調査により必要な成果を概ね得られたが、本調査は、水の濁り具合や作業スペースなどによって調査環境が変わりやすいため、事前に十分な現地調査が必要である。

また、実施設計段階での調査は、その結果によって事業費の増減や当初計画にない工事の追加など事業計画の変更が生じ、多くの時間と労力を費やすことになるため、機能保全計画策定時に詳細な調査が必要である。さらに、機能保全計画策定時に既設設備を十分に調査することは、農業水利施設を長寿命化させる効率的な更新整備や維持管理を計画するために欠かせないと考える。

本事案を踏まえ、君津農業事務所管内では、管内の農業用ダム（戸面原ダム）において、機能保全計画策定時に潜水調査を実施した。

九頭竜川下流地区における水路内配管工法の事例紹介

－ 調査・設計から施工まで－

末 永 隆 裕* 針 山 裕 平** 海老原 健 二***
 (Takahiro SUENAGA) (Yuhei HARIYAMA) (Kenji EBIHARA)

井野元 裕 一**** 河 原 あゆみ****
 (Yuichi INOMOTO) (Ayumi KAWAHARA)

目 次

1. はじめに	12	5. 施工手順	15
2. 工法概要と採用経緯	12	6. 施設の維持管理について	16
3. 事前調査	13	7. まとめ	16
4. 基本設計について	14		

1. はじめに

国営九頭竜川下流地区は、福井県九頭竜川下流の福井市外2市1町にまたがる福井・坂井平野に位置し、稲作を中心とした受益面積11,642haに及ぶ大規模で先鋭的な一大穀倉地帯を形成している。しかし、昭和20年代から進められてきた土地改良事業によりコンクリート補修が重ねられてきたコンクリート開水路網では、築造後相当の年数が経過していることから、著しい老朽化が進んでおり、用水の利用や施設の維持管理に支障をきたしている。また、本地区では九頭竜川への塩水遡上による農地塩害や都市化・混住化の進展に伴う生活雑排水の流入による水質の悪化等、施設の老朽化以外にも農業振興を阻害する要因が多数存在しており、安定的な食料供給基地としての機能維持や、今後の地域農業の発展のためにもこれらの課題を解消し、安定した農業用水の供給を確保することが望まれている。このため、老朽化した開水路をパイプライン化し効率的な水配分を可能とすることで、維持管理費の軽減や地域用水機能の増進を図るのが本事業の目的である。(図-1)

本事業は平成26年度時点で主要幹線である河合春近・高椋新江・九頭竜川左岸での工事を進めている。また、十郷・春江北部・芝原路線においては既に一部供用を開始しており、事業効果を早期に発現させつつ、

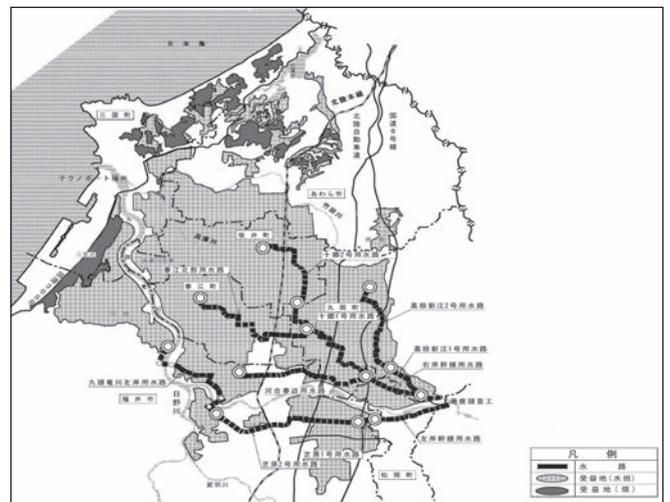


図-1 事業地区概要図

平成28年度の全面供用開始に向けた工事進捗に努めている。また、事業費軽減の視点から施工に係るコスト縮減にも鋭意努めているところである。

ここで、今回紹介する水路内配管工法は、現在主要幹線と共に工事を進めている副管施工の主要工法であり、今後、他地区における更新事業においても既設水路断面を利用する事例が増加していくことが想定されることから、本報では施工技術情報の積極的な発信を目的とし、本地区での施工実績に即した水路内配管工法について紹介する。

2. 工法概要と採用経緯

(1) 工法概要

水路内配管工法は、既設の三面張り用水路内にパイプラインを布設し、用水路天端まで埋め戻しを行う工法である。この工法は、施工断面を決定する際に現況用水路の幅、高さ等に起因する断面制約を満足する必要があるが、現況用水路を有効活用するため、現況用

* 農林水産省農村振興局農村政策部農村計画課
 農村政策班 (Tel. 03-6744-2203)

** 北陸農政局西北陸土地改良調査管理事務所
 (Tel. 0761-21-9911)

*** 農林水産省農村振興局整備部設計課
 計画企画班 (Tel. 03-6744-2201)

**** 北陸農政局 九頭竜川下流農業水利事業所
 (Tel. 0776-68-5500)

水路を取り壊す必要が無く、掘削や土留めに係る土工費用を軽減することが可能なほか、振動・騒音などの周辺環境への影響も小さい。また、資材の運搬などに現況水路内での片押し工法を採用することで開削工法のように管路施工に平行して長距離に及ぶ施工ヤードを必要とせず、宅地化による施工ヤード確保が困難な地域でも施工が可能というメリットがある。(写真-1)



写真-1 住宅地内の現況水路

(2) 九頭竜川下流地区における採用経緯

副管とは、基幹的用水路をパイプライン化した際に、パイプライン線形が既存用水路から外れたことで既設用水路の取水口から用水を供給できなくなる部分について、その機能を確保するため幹線パイプラインから分水し現況の取水口まで接続するための管路である。

副管の施工においては、取水口位置の変更などで現況用水系統を変えないことや、掘削などの土工費用や土留め等の仮設経費等の縮減を図る必要があるほか、現況用水路が宅地化の著しい混住化区間を通過していることから、工事に必要な用地確保が困難かつ騒音振動等による周辺生活環境への配慮が必要な施工条件であり、上記のメリットを鑑みて水路内配管工法を採用することとしたものである。

3. 事前調査

本工法は、既設用水路を利用することから、設計・施工に際して現況水路の状態を事前に確認しておくことが重要である。確認事項は下記のとおりである。

(1) 水路の健全性(老朽化状況)

水路の健全性確認手法として、側壁や底版の損傷の有無を目視確認するほか、打音検査や管体の浮上防止バンドを設置する観点から水路底版の引張強度を確認した。なお、健全性に課題がある場合、事前に補修を行うが損傷が著しい場合には底版部の取り壊しや必要強度を確保するための嵩上げコンクリートを打設することも検討する。(写真-2)



写真-2 既設水路壁の損傷状況

(2) 排水処理

本地区の既設用水路には、農業排水や隣接する宅地排水等が流入しているため、施工後の排水を処理するための手当てが必要となる。地域排水の処理においては、水路が位置する関係自治体等との施工前からの十分な連携が必要であり、整備後の排水路管理についてよく協議した上で施工を行う必要がある。また、個々の排水流入口の位置を調査し、確実に排水路に接続しておかないと近隣関係者との間でトラブルに発展するケースもあるため、十分に留意する必要がある。

(3) 施工ヤードの配置位置

本工法の採用経緯でも述べたとおり、施工においてはヤード用地の確保が困難なことが多く、かつ宅地化が進んでいることから、施工ヤード用地とするため近隣農地の有無や広さ、並びに近接物の状況を確認することが必要である。また、後述のとおり本工法においては流動化処理土を管体基礎材とする埋戻し工法と相性が良いため、流動化処理土打設の施工性の観点からヤード間隔についても十分に検討し、実施工が効率的に行えるよう施工ヤード配置を計画することが求められるほか、製造プラントでは土砂及びセメント系固化材を取り扱うため、飛散防止や振動・騒音に留意し対策を講じる必要がある。(写真-3)



写真-3 流動化処理土製造プラント

4. 基本設計について

水路内配管工法の設計においては、一般的なパイプライン工事と同様に「土地改良事業計画設計基準-パイプライン」に準拠して行うこととするが、以下に本地区での施工における具体例を記載する。

(1) 管体基礎の選定

本地区の水路内配管工法では、流動化処理土という他工事で発生した掘削土に水、固化材（セメント）を練り混ぜた流動性のある材料を採用しており、その採用理由は次のとおりである。

① 施工性

管体基礎材として一般的な砂や碎石を用いた場合、水路内配管工法を選定するような地区では現況水路沿いからの材料投入が不可能であり、運搬においても施工性が悪いが、流動化処理土の場合はポンプ圧送により1箇所から長延長の施工が可能である。ただし適切な品質を確保するための圧送距離は概ね250m程度という限界があり施工ヤードの配置計画には留意が必要である（ただし、この圧送可能距離は流動化処理土の母材によって異なる）。また、水路内への配管は、現況水路断面の制約を受けるため、水路幅によっては管側部の余裕幅が狭くなり、従来の締固め工法では基礎材の転圧が困難な箇所が生じるが、流動化処理土はその材料特性として流動性を有するため管側部のような狭小部にも管体基礎を充填することが可能となる。

さらに、充填後は固化することで自ら強度を発現するため締固めが不要であり、工期を短縮することが可能となるほか、管底部における施工時の転圧不足による管体への局所的な集中応力・ひずみが生じにくくなるというメリットも、本地区における現地実証試験より確認されている。ただし、流動化処理土の基礎材としての品質を確保する観点から母材として利用する土砂については、製造プラントを閉塞させてしまう粒径（概ね40mm以上）の礫混じり土砂は採用しないよう注意が必要である。また、流動化処理土の打設時に管体に浮力が発生するため、浮上対策として浮上防止バンドの設置計画や打設手法等の検討が必要である。

② 経済性

他工事からの現場発生土を流動化処理土の母材として有効活用することで、建設発生土の処分費を軽減することが可能となる。本地区での具体的な取り組みとしては、シールド工法（泥水式シールド）での施工によって発生した脱水ケーキを流動化処理土の母材として活用している。この脱水ケーキは産業廃棄物として通常であれば有価処分するところを、曝気などによって再生可能な状態とした上で流動化処理土の母材に使用している。このことにより、産業廃棄物の処分費用を軽減することが可能となり、本地区では実施工にお

いて基礎材1m³当たりおよそ2.8（千円）のコスト削減を実現している。（図-2）

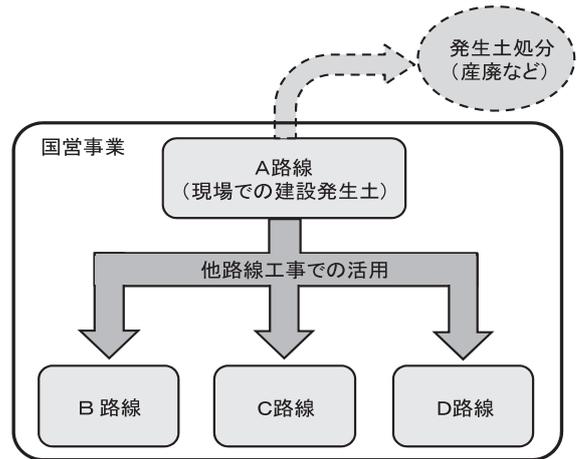


図-2 発生土流用イメージ

③ 構造計算

ここで、基礎材としての流動化処理土は、実証試験による性状評価により「礫質土」相当として扱い、構造計算等は現行の設計基準に基づいて行っているものである。

(2) 管体施工方法の選定

通常の開削工法ではバックホー及びクレーンを使用した施工となるが、現況用水路脇に十分な施工ヤードを確保できないため、現況用水路内部を利用し管体の運搬及び布設を行う工法として「台車付きバッテリーカーによる施工」を採用している。この工法は、あらかじめ水路内に軌条（レール）を設置し運搬する工法と、バッテリーカーと台車に車輪を装着する工法の2通りあるが、周辺が住宅街であるためレール設置時の騒音を考慮し、車輪式の工法を採用している。（写真-4）



写真-4 バッテリーカーによる運搬

ただし、施工ヤード配置や布設する管体の口径が小さい場合においては人力運搬・布設の方が経済的かつ現実的なこともあるため、注意が必要である。なお、

当地区で採用した際の施工口径はφ 1,350mm である。

5. 施工手順

(1) 現況水路内の清掃

施工前に、現況水路内の清掃を行う。この時に現況水路の断面内を確認し、破損が確認された場合は補修を行う。また、設計図書等に記載のない排水流入管などの有無についても確認を行う。

(2) 仮廻し排水管の設置

施工時の雨水や周辺排水を、施工現場内に流入させないよう仮廻し排水管にて下流へ送水する。

(3) 排水路の設置

施工条件、計画排水量、経済性等から検討した排水路を設置する。なお、副管設置後は、仮廻し排水管に接続していた宅地排水管等を新設排水路に切替え、仮廻し排水管を撤去する。

(4) 管体の布設

管体は施工ヤードからバッテリーカーを使用して現況水路内を運搬する。なお、運搬に支障をきたす段差等がある場合はコンクリートにてスロープ等を設置する必要がある。また、管体の水路内運搬時は水路壁へのクッション材（ゴム板等）を設置など、資材を現況水路側壁に当てないように留意する。ここで管接合は施工箇所が狭小であり、外面接合が困難であることから内面接合を行う。

管接合後は浮上防止バンドを設置するが、その際には管底が点支持にならないように管体の既設水路底への直乗せは避ける。実工事では管体基礎と同等の材質（流動化処理土で造成した土のうや碎石）にて調整を行ったり、ゴム板を緩衝材としたりするなど対策を講じた。（写真-5）



写真-5 浮上防止バンド設置状況

(5) 管体基礎の打設

流動化処理土の打設に当たっては、管体の浮上及び偏圧による中心線のズレが生じないように、十分対策をとる必要がある。打設時は管体に偏荷重を与えないよ

う左右均等に打設する必要がある。また、流動化処理土打設後の養生期間中は打設面の雨水排水処理などの対策を行う必要がある。

また、流動化処理土の品質管理について、当地区における流動化処理土の品質管理は（表-1）のとおりであり、ここでは一軸圧縮強度（ σ_{28} ）について記載する。目標とする強度は、「流動化処理土利用技術マニュアル（土木研究所）に基づき基礎材の一軸圧縮強度（ σ_{28} ）が200kN/m²以上となるよう設定しており、基礎材としての要求品質を満足するための配合設計が重要となる。

配合については、現場にて供試体を作成し、一軸圧縮強度等が所定の数値を満足する配合を採用する。ここではセメント系固化材の添加量を変えた供試体を数パターン準備し28日強度を確認することとしているが、流動化処理土の母材によっては発現強度にばらつきが生じることが確認されている。（図-3）

表-1 流動化処理土の要求品質

項目	要求品質
一軸圧縮強度	σ_{28} 200kN/m ² 以上(目標値)
フロー値 ※1	160mm以上
ブリージング率 ※2	3%未満
密度	規定なし

※1 流動化処理土の流動性を表す数値。値が大きい方が流動性がある。

※2 流動化処理土の材料分離抵抗性を表す数値。値が大きい方が分離する割合が大きい。

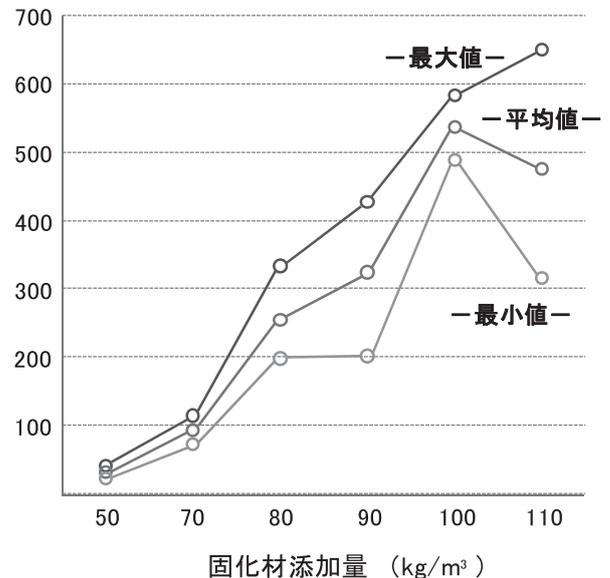


図-3 流動化処理土の配合試験結果

当事業所では、同年度に複数の関連工事を発注していたため、工事間での試験結果を照合し、仮に最低値の強度が発現した場合でも200kN/m²を下回ることのない配合を採用している。ただし、固化材量を多くすると強度が発現し過ぎてしまう場合もあり、とう性管

としての機能が発揮されなくなることや再掘削など将来の維持管理の支障とならないよう最大発現強度を500～600kN/m²程度とすることに注意が必要である。

また施工時においては、管体基礎打設日毎に現地で作成した供試体を作成し、打設した管体基礎の一軸圧縮強度(σ_{28})が所定の数値を満足しているか確認することとしている。ここで供試体は室内ではなく現場と同じ条件で養生を行うのが望ましい。また、ブリージング率及びフロー値、密度についても打設日毎に試験を行い、所定の品質を確保しているか確認する。

続いて管体の浮上防止のための複数層打設について、流動化処理土が固化するまでの浮力及び固化後の管体との隙間へ水が浸入することによって発生する浮力による管体の浮上が懸念される。(写真-6)そこで浮上防止バンドの設置に加え、管体自重が浮力に対抗できるよう1層の打設高さを決定する。(本工事18cm～30cm/層:7層)

なお、施工時には浮上の有無を確認するため管頂高さを測定管理する。



写真-6 複数打設の様子

(6) 天端コンクリートの打設

現況水路内への雨水等の流入防止及び、流動化処理土の風化・劣化を防ぐため上面にコンクリートを打設する。

6. 施設の維持管理について

造成したパイプラインの維持管理については、現況水路沿いに公道などの道路があることが望ましいが、これまで記述したとおり宅地化が進む地区であるため、場所によっては水路沿いに管理用道路が設置できず維持管理及び緊急時の対応が困難となるケースが懸念される。そのため、管を布設した現況水路の上部を管理用道路として利用することで維持管理や緊急時の迅速な対応を可能とした。ただし、このときは維持管理用車両が管直上部を通行できる上載荷重を考慮した構造設計を行うことが必要となる。(写真-7)



写真-7 管理用道路の様子

7. まとめ

本報では本地区で施工した水路内配管工法について、事例紹介の形をとりながら事前調査・設計から施工までを解説した。水路内配管工法については、全国でも実績は少なく施工に係る十分な技術情報の蓄積がなされていない状況ではあるが、農業農村整備事業の在り方が従来の新設から既存施設の更新へと移っていく中で、今後ますますその有用性を発揮するものと考えている。

当事業所では、引き続き有効技術の積極的な活用を通して施設の安全性・機能性を高めていくとともにその施工技術の適切な発信を進めていくこととしており、本事業にて造成した農業用水利施設が今後とも地域から愛され末永く引き継がれていく貴重な地域資産となるよう取り組んでいきたい。

よしざき じんのしんでん
吉前・神野新田地区における浸透固化処理工法による
海岸堤防の液状化対策

稲石 芳郎*
(Yoshiro INAISHI)

目 次

1. はじめに	17	5. 浸透固化処理工法の施工手順	19
2. 愛知県の海岸堤防	17	6. 浸透固化処理工法の施工管理・品質管理	21
3. 海岸堤防の耐震設計	17	7. おわりに	21
4. 工法の選定	18		

1. はじめに

よしざき じんのしんでん
吉前・神野新田地区（以下、本地区とする）は愛知県豊橋市神野新田町に位置する海岸堤防である（図-1 参照）。



図-1 位置図

神野新田町は明治時代に干拓により開発された土地であり、現在でも約800haの農地が広がる農業地帯である。また、国道23号線バイパス（名豊道路）も地区内を走っており、工業・生活交通の要所となっている。しかしながら、昭和34年の伊勢湾台風を始め、たびたび災害に見舞われており、海岸堤防は本地域を守る上で重要な防災施設である。

2. 愛知県の海岸堤防

本県は三河湾、伊勢湾沿岸及び遠州灘沿岸に総延

長666,499mの海岸線を有している（表-1参照）。所管別では国土交通省（港湾局、水管理・国土保全局）、農林水産省（水産庁、農村振興局）及び国土交通省と農林水産省の共管区間があり、本県の土地改良担当部局では、このうちの農村振興局所管及び共管区間の管理を行っている。共管区間とは、国土交通省所管の堤防に、土地改良事業により設置された海岸樋門や排水機場の樋管が存在しているため共同で管理している区間を言う。

表-1 愛知県の海岸延長¹⁾

	国土交通省		共管	農林水産省		合計
	港湾局	水管理・国土保全局		水産庁	農村振興局	
海岸線延長(km)	380.166	152.238	1.767	107.798	24.508	666.499

本県の海岸のうち、本地区（全延長4,839m）は国土交通省水管理・国土保全局の所管が4,639m、農林水産省との共管区間が200mとなっている。

3. 海岸堤防の耐震設計

平成23年3月11日に発生した東日本大震災以降、全国的に津波・地震対策に対して注目が集まっており、本県も県独自で作成した海岸堤防耐震設計のフローに基づき耐震対策を進めているところである（図-2参照）。

本地区の海岸堤防下には砂質土層が広がっており、耐震性評価を行った結果、液状化により堤防が約5.5m沈下し、沈下後の堤防天端高さはTP+1.0m程度と想定されている。本地区海岸における東海・東南海連動地震による想定津波高はTP+2.3mであることから、この地震により津波が到達した場合、津波は堤防を乗り越え、背後地に大きな被害を及ぼす恐れがある。

このため、本地区海岸において、当方農林水産部により耐震対策工事を行っているところである。

*愛知県東三河農林水産事務所建設課
(Tel. 0532-54-5111)

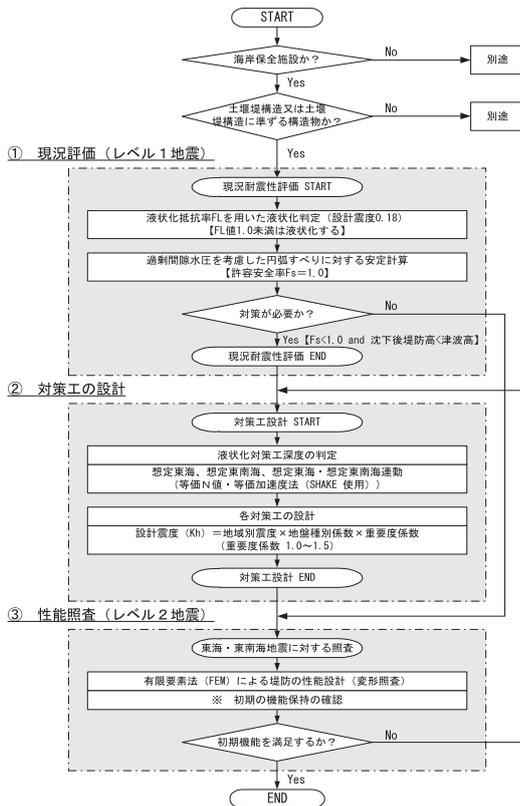


図-2 海岸堤防耐震設計のフロー

4. 工法の選定

本地区は地表直下より約8mの砂質土層があり、この部分が液状化することで堤防が沈下すると想定されている。

本地区の耐震対策工事は、液状化による堤体の沈下を防ぐことを目的としている。耐震対策工としては、サンドコンパクション工法や地盤改良工法、鋼矢板工法などが考えられるが、豊橋海岸においては施工性・経済性を考慮した結果、二重鋼矢板工法を標準工法として選定した。

しかしながら、海岸樋門や排水機場の樋管が設置されている区間では矢板を打設することができないため、耐震対策工を行わなかった場合、構造物部分が沈下し、堤防としての機能を維持することができなくなってしまう。そのため、この区間においては施工性を考慮した結果、薬液注入工（浸透固化処理工法）を選定した。

ア) 二重鋼矢板工法

二重鋼矢板工法とは、2列に打設された鋼矢板頭部をタイロッド等で連結し、砂質土で中詰めを行った構造物を作るものである（図-3参照）。構造物は重力式構造物のように安定性があり、遮水性も優れることから護岸、仮締切、防波堤等に利用されることが多い²⁾。

本地区においては長さ16.5mの鋼矢板を長さ4mのタイロッドで結んでいる。矢板長は波力による転倒に対する抵抗力、及び支持層までの距離により設定して

おり、液状化層を貫いて下部の礫質土層まで根入れするように設計されている。

地震が発生し液状化が生じた場合でも、二重鋼矢板構造物は支持層まで根入れしているため沈下が生じず、堤防天端高を想定津波高よりも高く維持できる設計となっている。

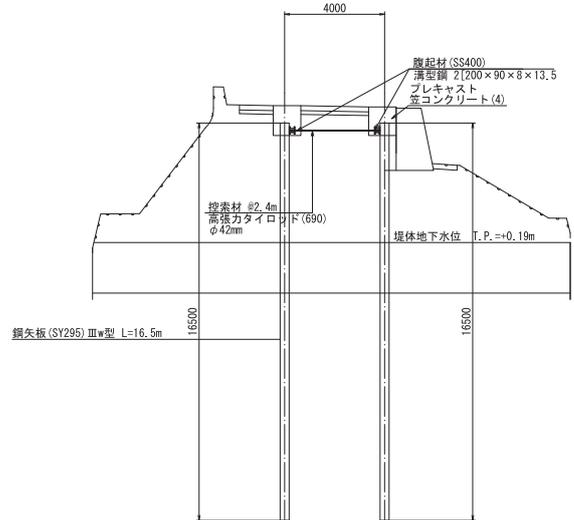


図-3 二重鋼矢板工法断面図

イ) 浸透固化処理工法

浸透固化処理工法（以下、本工法とする）は薬液注入工の一種で、液状化が予想される砂質土層に対して、溶液型の薬液を浸透注入することにより地盤を固化し液状化を防止する地盤改良工である（図-4参照）。本工法の主な特徴としては以下の3点が挙げられる。

- ①薬液が長期的に劣化しない
- ②構造物下でも施工が可能である
- ③環境への影響が小さい

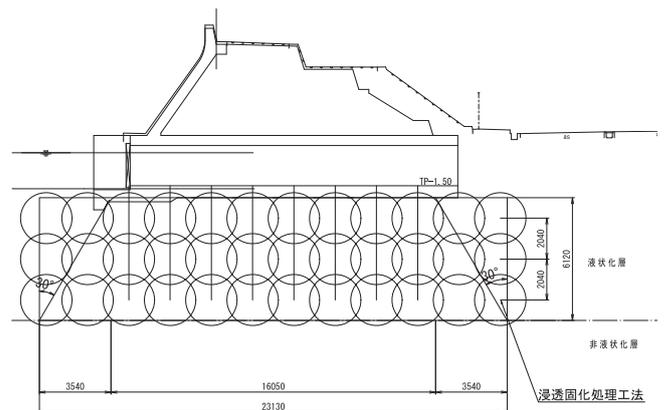


図-4 浸透固化処理工法断面図

一つ目の特徴は、薬液が劣化しないことである。一般的な薬液注入工で使用される薬液は、セメント系等の非薬液型・懸濁型もしくは水ガラス系の溶液型である。かつては高分子系薬液を用いて施工することもあったが、環境汚染が問題となった経緯より現在では

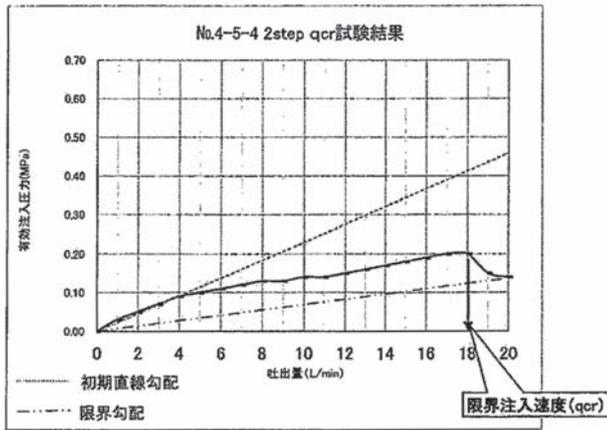


図-7 吉前・神野新田地区における
限界注入速度試験結果

イ) 準備工

浸透固化処理工法では現場にプラントを設置する必要がある。浸透固化処理工法で使用する薬液は、複数の薬液を混合した物であるが、混合した時点から固化が始まってしまうため、施工の直前に現場で混合する必要がある。プラントの設置には標準で約 150m² 程度の用地が必要である（図-8 参照）。プラントには各種薬液タンク・配合設備・圧送用ポンプ・集中管理装置等を設置する。本地区では現地での配合用水の確保ができなかったため、これに加え仮設水道も設置している。

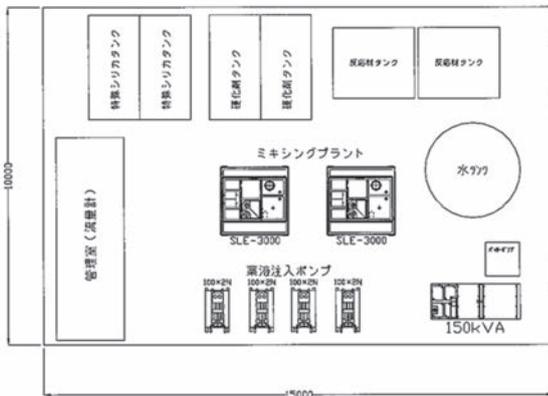


図-8 プラントの標準配置図⁵⁾

ウ) 削孔・薬液注入

削孔から薬液注入までの施工手順は末尾の図に記載したとおりである（図-10 参照）。

a) 削孔

削孔にはロータリーパーカッション式ボーリングマシンを標準として使用するが、現地状況に応じてスキッド型ボーリングマシンやクローラ式ドリリングマシンを使用することも可能である。本地区では、堤体上より施工を行う箇所と樋管の内部で施工を行う箇所が存在するため、堤体上はクローラ式ドリリングマシン・樋管内はスキッド型のボーリングマシンを使用して施工を行った。

法面等の高所や足場の不安定な場所で施工する際は、写真のような単管足場を設置して行う（写真-1 参照）。本地区においても、水上及び堤防の法面部では仮設足場を設置し、その上より削孔を行った。



写真-1 足場上での削孔状況

削孔後は法面の崩落を防止するため、注入外管をケーシング内より建込んでから、ケーシングの引き抜きを行う。

b) 薬液注入

浸透固化処理工法は、準備工としてのスリーブパッカー注入と薬液注入工としての浸透固化注入の2段階に分けて施工を行う。

スリーブパッカー注入は薬液の逸走を防ぐために浸透固化注入に先立ち、布スリーブにセメントベントナイトを注入する作業である。浸透固化処理工法の注入外管には薬液噴出する孔と布スリーブにセメントベントナイトを注入するための孔が互いに設置されている。布スリーブを膨らませることで、布スリーブが地盤に密着し、注入外管に沿って薬液が逸走することを防ぐことが出来る。施工にはダブルパッカー式の注入装置を使用する。ダブルパッカー式注入装置とは二重管ホースの先端にダブルパッカーの付いたもので、二重管ホースには薬液と水を同時に通すことが出来る。施工の際は水圧でダブルパッカーを膨らませ、所定の位置に固定すると共に外管内での薬液の逸走を防ぎながら、もう一方のホースより薬液の注入を行う（図-9 参照）。

浸透固化注入では、限界注入速度試験で設定した注入速度で薬液の注入を行う。施工にはスリーブパッカー注入と同様にダブルパッカー式の注入装置を使用して行う。注入は集中管理装置により、注入速度・注入量・注入圧を自動管理しながら実施する。施工は下層よりステップアップしながら行い、施工後は注入外管を舗装等に支障のない位置で切断し、孔を埋め戻して完了となる。

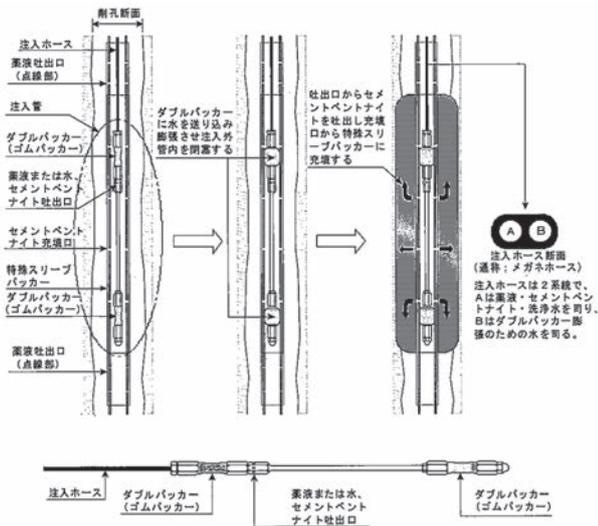


図-9 ダブルパッカー式注入装置¹⁾

エ) 事後調査

浸透固化処理工法の目標強度の確認は、不攪乱採取試料の一軸圧縮強さによって評価を行う。試料の採取位置は改良地盤全体の平均値を示す位置とするのが望ましいため、改良半径の1/2程度の場合より採取する。不攪乱試料が採取できない場合は、シリカ含有量試験や原位置試験によって強度を評価することもできる。

6. 浸透固化処理工法の施工管理・品質管理

浸透固化処理工法において管理すべき項目は施工位置、施工範囲及び使用材料の品質である。

施工位置については、削孔の位置と削孔長で管理を行う。削孔位置は設計位置との誤差を直接測定により管理を行う。削孔長は調査ボーリングと同様に総ケーシング延長と残尺長を確認することで管理を行う。

地盤改良の施工範囲については土中となるため直接測定は不可能である。そのため、所定の位置に設計量の薬液が注入されたことをもって範囲内の施工が完了したと判断する。注入量・注入速度については集中管理装置により常時チャート用紙に記録されているため、これを確認することで評価を行う(写真-2参照)。



写真-2 集中管理装置

材料の品質については、注入外管等の一般資材は品質証明書及びミルシート等により確認を行う。薬液については、搬入時毎に出荷証明書及び比重試験により品質の確認を行う。

7. おわりに

本地区の国土交通省所管区間(4,639 m)については、平成18年度から豊橋海岸高潮対策事業により耐震対策工事が始まっており、共管区間(200 m)についても平成24年度から工事に着手している。

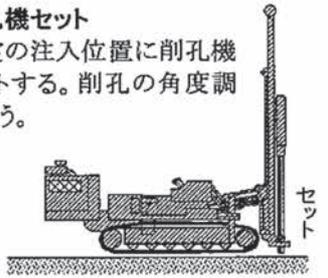
東日本大震災では想定外の規模の津波により、堤防で囲われた地域でも大きな被害が発生している。海岸堤防は背後に生活する人の命や財産を守るために必要な施設である。しかしながら、どれだけ対策を行っても、想定外の事態があるということを忘れてはいけないということが、東日本大震災の大きな教訓の一つだと思う。私たちは、想定内の事態においては被害を出さないよう、想定外の事態においても、少しでも被害を減らせるよう、海岸堤防の耐震対策を進めていきたいと思っている。

【参考文献】

- 1) 国土交通省：海岸統計 (H25)
- 2) 新日本製鐵(株)：鋼矢板 設計から施工まで (H12)
- 3) 助沿岸技術研究センター：浸透固化処理工法技術マニュアル (H22)
- 4) (社)日本グラウト協会：耐久グラウト注入工法施工指針 (H24)
- 5) 浸透固化処理工法研究会：浸透固化処理工法積算資料 (H24)

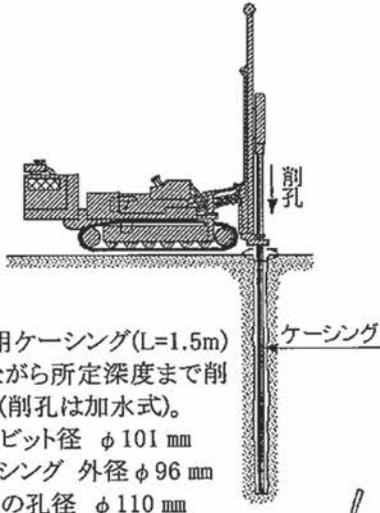
①削孔機セット

所定の注入位置に削孔機をセットする。削孔の角度調整を行う。



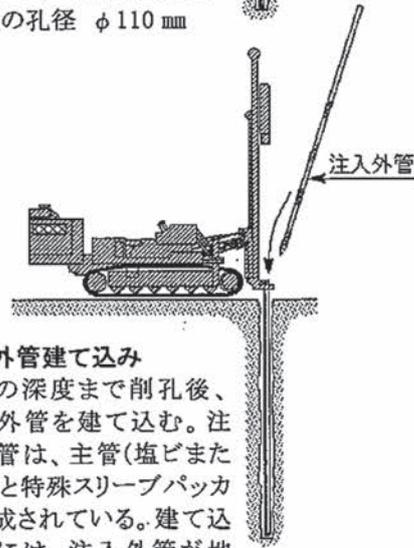
②削孔

削孔用ケーシング(L=1.5m)を継ぎながら所定深度まで削孔を行う(削孔は加水式)。
・削孔ビット径 φ101 mm
・ケーシング 外径φ96 mm
・削孔の孔径 φ110 mm



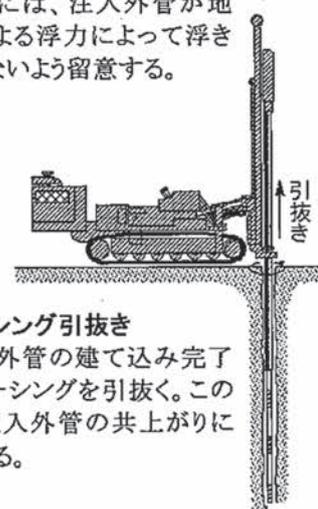
③注入外管建て込み

所定の深度まで削孔後、注入用外管を建て込む。注入用外管は、主管(塩ビまたは鋼製)と特殊スリーブパッカーで構成されている。建て込み初期には、注入外管が地下水による浮力によって浮き上がらないよう留意する。



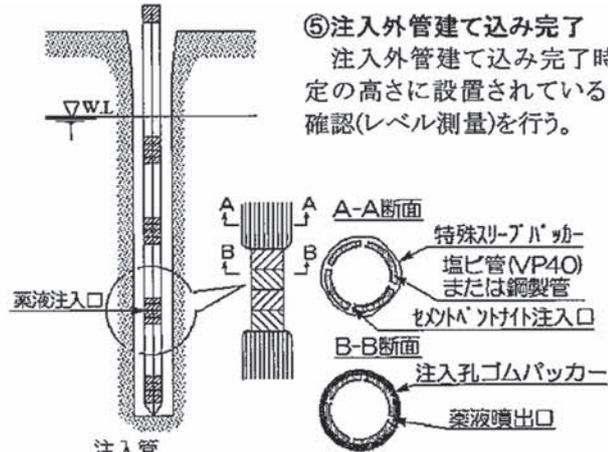
④ケーシング引抜き

注入外管の建て込み完了後、ケーシングを引抜く。このとき、注入外管の共上がりに留意する。



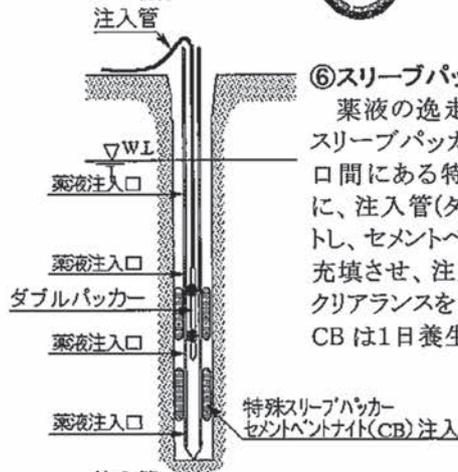
⑤注入外管建て込み完了

注入外管建て込み完了時に、所定の高さに設置されているか最終確認(レベル測量)を行う。



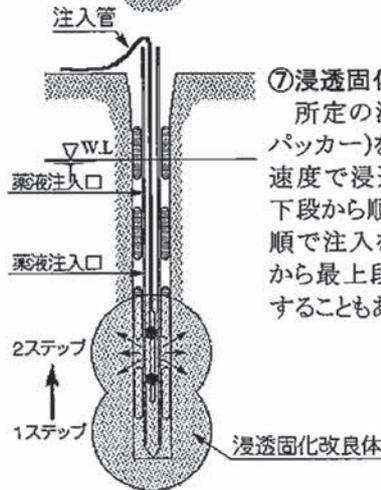
⑥スリーブパッカー注入

薬液の逸走を防止するために、スリーブパッカー注入を行う。注入口間にある特殊スリーブパッカーに、注入管(ダブルパッカー)をセットし、セメントベントナイト(CB)を注入充填させ、注入外管と削孔壁間のクリアランスを閉塞させる。充填したCBは1日養生させる。



⑦浸透固化処理注入

所定の注入口に注入管(ダブルパッカー)をセットし、決定した注入速度で浸透注入を行う。通常、最下段から順次ステップアップする手順で注入を行うが、土質の状況等から最上段より順次ステップダウンすることもある。



⑧浸透固化処理の完了

浸透固化処理注入の完了後、所定の養生を経て事後調査を行う。事後調査で所要の改良強度を確認後、注入外管内にセメントベントナイトを充填し、事後の供用等に支障をきたさない深さで注入外管を切断し埋戻す。

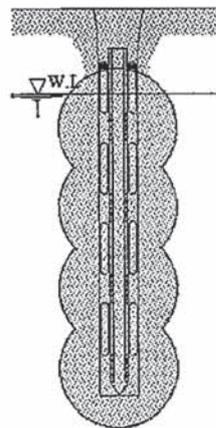


図-10 浸透固化処理工法の施工手順¹⁾

丹後国営開発農地における若手担い手就農を 支援するための農場整備工事について

西尾吉生*
(Yoshio NISHIO)

目 次

1. はじめに	23	3. 農場整備工事について	24
2. 「丹後農業実践型学舎」の概要について	23	4. おわりに	26

1. はじめに

丹後国営開発農地（図-1）は、京都府北端の丹後半島において、国営農地開発事業（表-1）により開発された農地であり、東京ドーム約100個分に当たる512haの面積があり、約300名の農家や農業法人により野菜や茶、果樹などの大規模畑作農業が展開されています。京都府の一大野菜・果樹生産地帯となっています。



図-1 位置図

表-1 丹後国営地区開発事業の概要

地区名	市町村名	着工	完了	団地数	事業内容
丹後東部	宮津市、京丹後市	S58	~ H14	40団地	農地面積(作付) 382ha 区画整理 106ha
丹後西部	京丹後市	S59	~ H12	13団地	農地面積(作付) 130ha 区画整理 28ha

* 京都府丹後広域振興局農林商工部地域づくり推進室
(Tel. 0772-62-4307)

造成後、10～30年が経過しており、担い手農家の高齢化等により営農がされない農地が生じてきていることから、新たに大規模畑作農業（2ha/人程度）に就農する若い担い手を受け入れるための総合的な取組みを平成25年度から開始しました。

その新たな担い手育成の取組みと研修農場整備の工事内容について、本稿でご紹介します。

2. 「丹後農業実践型学舎」の概要について

「丹後農業実践型学舎」（表-2）は、丹後国営開発農地を中心として、大規模畑作農業を行うとともに、加工・商品開発などの農業ビジネスの展開も視野に入れた人材育成の取組みです。

地元京丹後市と京都府が協力し、京丹後市（研修農場確保、就農者の住宅確保）、京都府普及研究部門（農業研修）、京都府土地改良部門（研修農場整備）の役割分担のもと、2年間の実践研修により次世代の京都農業の担い手を育成しています。

表-2 丹後農業実践型学舎の概要

(募集パンフレットから抜粋)	
募集人員 年 限	各年10名程度、修業年限2年
募集対象者	(個人) ・大規模農業経営を目指す概ね40歳未満の就農希望者で丹後地域に定住し、農業に従事する者 (法人) ・丹後国営開発農地を基礎として大規模農業経営を目指し規模拡大を行う農業法人の従業員
研修内容	(栽培技術) ・国営開発農地を利用してブランド京野菜やニンジン、加工野菜などの大規模生産やイチゴなどの施設園芸を実践 (環境にやさしい施肥と土づくり) ・バイオマスタウン京丹後市ならではの環境に配慮した施肥と土づくり (丹後の農産物を使った加工技術) ・農商工連携や6次産業化に繋がる農産加工研修 (農業経営) ・原価計算からマーケティングまでの経営研修や農業法人経営者との交流
特 徴	(充実した研修内容) ・専門スタッフや京都府技術職員、農業法人等による指導 ・生産から加工・流通・販売(6次産業化)までの実践研修 ・農業経営に関する座学 ・研修農地・機械は学舎で準備 (生活面の支援) ・京丹後市内の住宅を紹介、宿舎もあり ・地域にしっかり定着できるよう専門スタッフが地域の方々との交流をサポート ・研修以外の生活環境などに関する相談・質問に対応 (研修終了後のフォローアップ) ・研修用農地(1~2ha/人)でそのまま就農が可能 ・終了後も引き続き京都府技術職員などの指導を受けることが可能 (研修経費の支援) ・青年就農給付金や就農支援資金の活用が可能 ・学舎での研修費は府と市が支援 ※ただし、教科書代や保険代、種苗、肥料代などの資材費、生活費等は自己負担

研修生は第1期生（平成25年度入学）10名、第2期生（平成26年度入学）9名の合計19名、年齢は18歳から45歳までの方々が、京都府内外から京丹後市に移住され実践研修を受けています。

3. 農場整備工事について

(1) 改良の目的

長年の営農による土壌状態の変化や地質条件などから、以下の項目の改良を主目的として整備工事を実施しています。

- ・長期営農による心土の固結による耕土深の不足
- ・風化花崗岩（マサ土）土壌の有機質不足によるリル浸食・ガリ浸食の発生
- ・イノシシ、シカによる獣害発生

(2) 工事内容

ほ場で生産される作物等を考慮して、以下の工事内容としています。

- ア 耕起
- イ 石礫除去
- ウ 土壌改良材投入
- エ 碎土・攪拌
- オ 暗渠排水設置
- カ 獣害防止柵設置

(3) 実施手順

事前の土壌調査を含め、以下の手順で進めています。

①土壌断面調査

各ほ場について、土壌断面調査（写真-1）を実施しています。調査に当たっては研修の一環として研修生も参加し、研修農地の現状を熱心に学習しています。



写真-1 土壌断面調査

②刈払い

耕作が休止されている農地では、雑草が繁茂しているため、機械や手刈り（写真-2）で刈払いを実施しています。



写真-2 刈払い

③耕起

根菜類も栽培するため、60cmの耕土深を確保することとし、心土の耕起を実施しています。リッパードザでの施工を標準としていますが、機械の搬入経路となる道路幅員が狭く機械搬入が困難な工区では、施工業者が排土板に爪を付けたブルドーザ（写真-3）を特別に用意して実施しています。耕起は、縦横とも（写真-4）実施しています。



写真-3 爪付きブルドーザ



写真-4 耕起（縦、横）

④石礫除去

スケルトンバケット（写真-5）及び人力により石礫除去（写真-6）を行っています。



写真-5 スケルトンバケット



写真-6 石礫除去

⑤土壌改良材投入

土壌断面調査の結果から、堆肥投入量は10t/10aとされましたが、経済性を考慮し、堆肥投入（写真-7）は6t/10aとし、残る4t/10a相当分は代替品の腐食酸含有資材としています。



写真-7 土壌改良材（堆肥）投入

⑥碎土・攪拌

土壌改良材の鋤混みを兼ねて、ディスクハローにより碎土（写真-8）を行っています。



写真-8 碎土・攪拌

⑦暗渠排水施工

法面下などの排水不良箇所について、高密度ポリエチレン有孔管で暗渠排水（写真-9）を施工しています。



写真-9 暗渠排水

⑧獣害防止柵設置

シカやイノシシの被害防止のため、柵高1.8mのワイヤメッシュタイプの柵（写真-10）を設置しています。メッシュピッチは15cmですが、地表面近く（地上高50cmまで）はピッチを半分の7.5cmとしてイノシシ被害防止の効果向上を図っています。



写真-10 獣害防止柵

4. おわりに

農場整備について、平成25年度からの2箇年で約40haの整備（表-3）を実施してきました。

表-3 農場整備工事の概要（H25, H26）

工事工区	土層改良工 (ha)	暗渠排水工 (m)	獣害防止柵 (m)	舗装復旧 (㎡)	工事金額 (万円)	10a当り単価 (万円)
H25 農場工事 その1	8.0	234	3,810	46	3,523	44
H25 農場工事 その2	12.9	817	5,331	486	4,628	36
H26 農場工事 その1	4.6		2,208		1,813	39
H26 農場工事 その2	7.9	200	1,259		1,701	21
H26 農場工事 その3(予定)	7.0				2,500	36
合計	40.4	1,251	12,608	532	14,165	35

整備の終わった農地では、様々な研修（写真-11）が行われているところであり、研修用地（1～2ha/人）でそのまま就農が可能で、研修終了後も引き続き指導を受けることができます。

今後も若い担い手の方々が各地からここ京丹後に集い、作物生産・加工など次世代の京都農業の旗手として、丹後国営開発農地を活用いただくことを切望しています。



写真-11 研修生実習状況（ニンジン灌水ホース設置）

シールド本管から分岐（分土工部）する枝管取付部の補強について

的 場 孝 雄*
(Takao MATOBA)

目 次

1. 事業概要	27	3. 北部幹線水路（大寺工区）建設工事の概要	28
2. 北部幹線水路について	28	4. シールド本管から分岐（分土工部）する枝管取付部の補強について	30

1. 事業概要

吉野川下流域農地防災事業は、徳島市他2市5町の農地5,218haを対象とし、約100カ所の農業用取水口を「柿原堰（吉野川）、第十堰（吉野川）、旧吉野川揚水機場（旧吉野川）」（図-1）に統合するとともに、幹線水路の整備と併せて関連事業で末端水路の整備を行うものである。このことにより、農業用水の水質改善を図り、営農上の制約を解消するとともに、機能

低下した用排水施設の機能回復により災害を未然に防止することで、生産性の向上及び農業経営の安定を図ることを事業の目的としている。

当事業の水路建設では、主として推進工法、開削工法（矢板併用）、シールド工法が用いられ、今回は、中国四国農政局管内で事例が少ない、「シールド工法により設置された幹線水路本管に枝管を直接取り付けした管渠部の補強」について報告する。

事業名称	国営総合農地防災事業 「吉野川下流域地区」
関係市町村	徳島県徳島市、鳴門市、阿波市 板野郡松茂町、北島町、藍住町、板野町、上板町
受益面積	5,218ha（水田3,486ha、畑1,418ha、果樹314ha）
事業工期	平成3年度～平成30年度（予定）
事業目的	用水改良
主要作物	水稲、かんしょ、れんこん、にんじん、カリフラワー、だいこん、日本なし 等

主要工事計画

工種	施設名	計画規模	備考
揚水機場	旧吉野川揚水機場	揚水機×4台	
用水路	北部幹線水路	延長：29.3(km)	取水口1カ所含む
	南部幹線水路	延長：16.5(km)	
	第十幹線水路	延長：11.5(km)	取水口1カ所含む
	東部幹線水路	延長：6.0(km)	
	支線水路	延長：0.2(km)	
		総延長：63.5(km)	



図-1 事業計画図

*中国四国農政局四国東部農地防災事務所
(Tel. 088-672-5252)

2. 北部幹線水路について

北部幹線水路は、吉野川のきれいな水を里浦地区（鳴門市）まで供給する全長 29.3km の農業用水路で、6カ所の水位・流量調整施設（以下「1号C」他と記す）を有する暗渠・管渠で構成され、区間最大水頭 10m 以下のセミクローズドタイプである（図-2）。

平成 26 年度は柿原取水口から取水が開始され（図-2）、平成 30 年度事業完成に向け鋭意工事を実施している状況であり、北部幹線水路（大寺工区）建設工事は2号Cと3号Cの間の水路建設の一部を担っている。

3. 北部幹線水路（大寺工区）建設工事の概要

北部幹線水路（大寺工区）建設工事は板野町大寺にて行われ、概要としては総延長 L=912.75m のパイプライン（内径φ 2,200mm）を泥水式シールドにより埋設

するものである。総延長のうち、曲線部は計 449.09m あり、このうち連続カーブが 197.54m（R20 含む）存在する路線（図-3）である。また、河川横断が2ヶ所あること及び路線のほとんどが道路下施工となることから、路面沈下等に注意した丁寧な施工が必要な工事である。

工事概要

シールド工	L=912.75m
シールド掘進延長	L=910.75m
泥水式シールド機	外径φ 2,880mm
一次覆工	外径φ 2,750mm 鋼製セグメント（図-4）
二次覆工	内径φ 2,200mm FRPM 管（内挿用、内圧管5種）、鋼管（図-4）
空気弁工	1カ所
分水工	1カ所

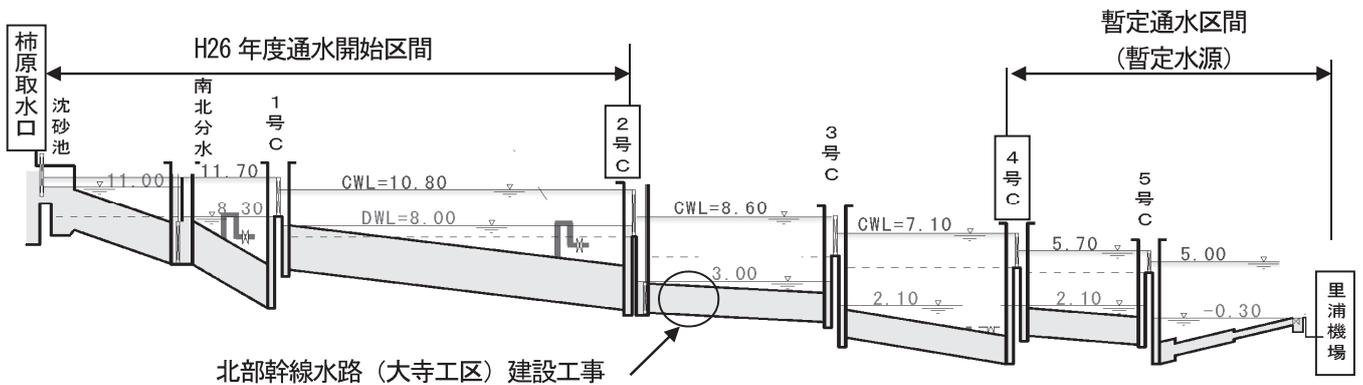


図-2 北部幹線水路模式図



図-3 平面図

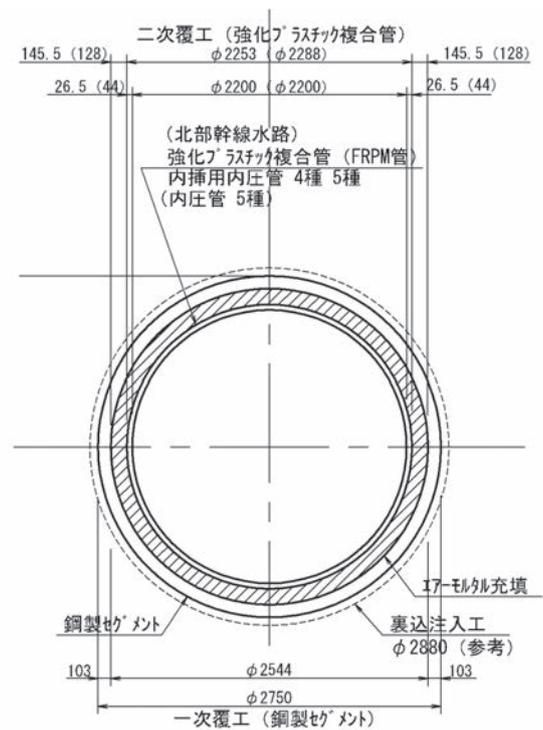


図-4 標準断面図

4. シールド本管から分岐（分水工部）する 枝管取付部の補強について

1) 板野分水工について

北部幹線水路（大寺工区）建設工事で施工する板野分水工は、土被り約10mのシールド本管から分岐する立上鋼管（φ800mm、上端に空気弁（φ150））、ダクタイル管（φ200mm、制水弁（φ200））を経て既設水路に分水する。（図-6、図-7）

板野分水工の管理設深（管頂EL-6.153m）は、2カ所ある河川横断部の管理設深（EL-5.839m、EL-16.453m）と幹線水路の縦断勾配（MAX5%～MIN0.05%）により決定され（図-5）、分岐管立上管部には構造物を設けず、立上管を人間が入れる最小径としタラップを設け、空気弁・制水弁を地表の弁室に設置し分水工敷地面積を必要最小限とした（図-6）。

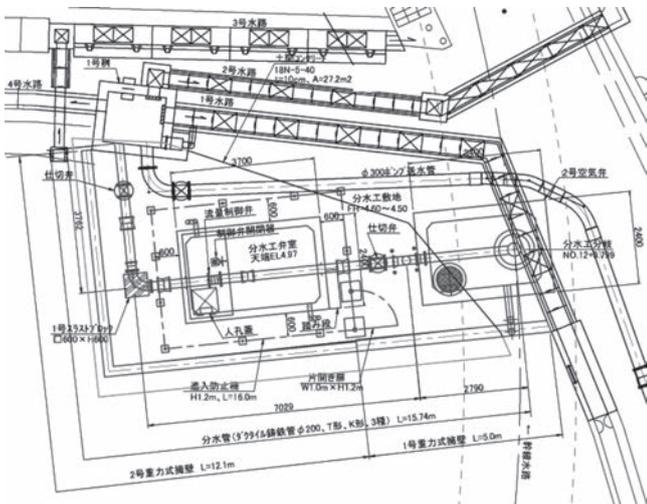
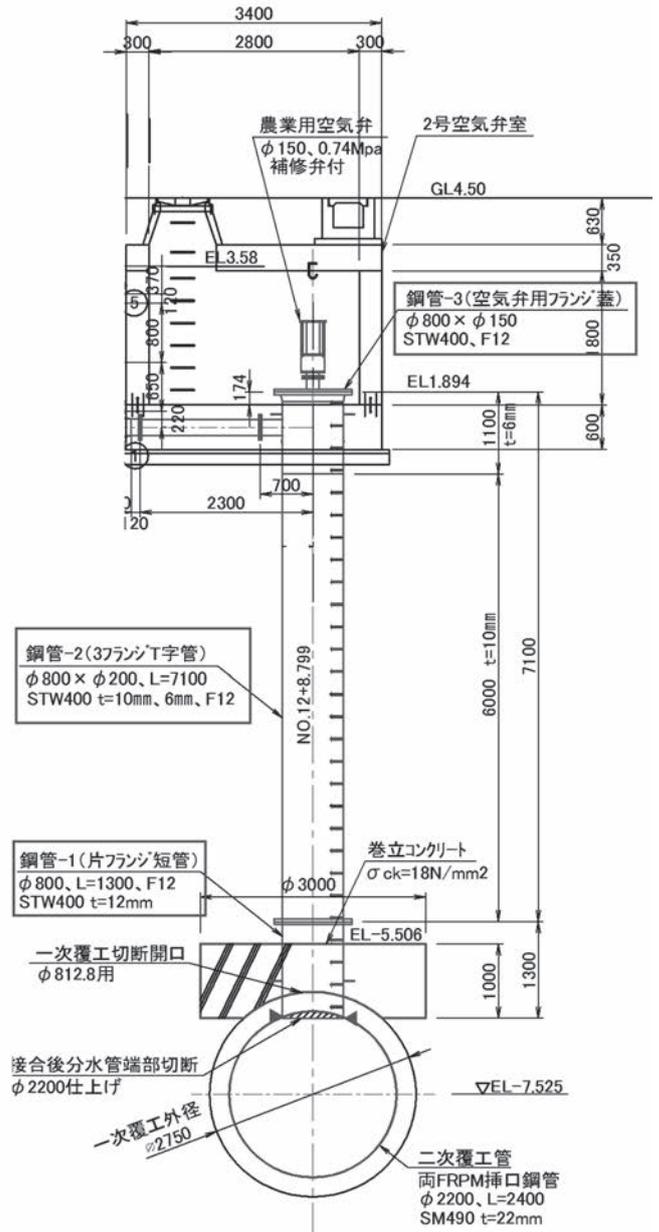


図-6 分水平面図

2) 直接分岐する枝管の構造

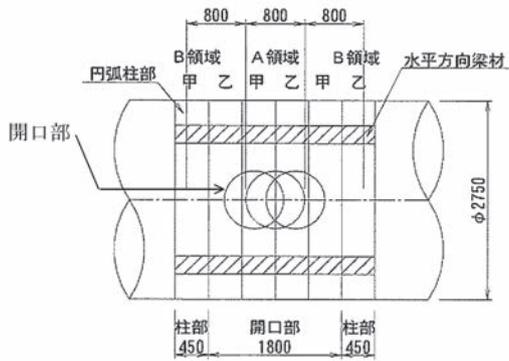
枝管は、図-7のとおり本管（一次覆工：鋼製セグメント外径φ2,750mm、二次覆工：鋼管外径φ2,200mm）から立上鋼管（φ800mm）を直接分岐する構造とし、二次覆工部分は工場製作の開口部付鋼管とし、一次覆工部分は鋼製セグメント・中込材を撤去し開口部を設置した。鋼製セグメントに開口部を設置するにあたり必要となる一次覆工開口部の補強範囲は、「開口径の3倍の範囲（2,400mm=800×3）以上※」及び「セグメント割付計画」を考慮し2,700mmの範囲にセグメント桁内に切梁材を設置する補強を行い、開口部両側セグメント部材が荷重を受け持つ構造とした（図-8）。

※下水道仮設設計マニュアル（東京都下水道サービス株）

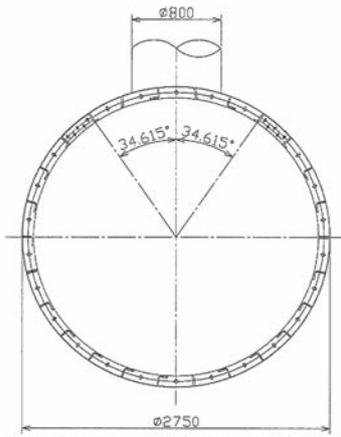


※鋼管2と鋼管3は工場製作の
一体物とした

図-7 分水工断面図



梁部材の設計においては、開口範囲800mmより、スパンを1800mmとする。開口部両端のセグメントは、両側1リングの区間を円弧柱リングとする。
 ※開口部800mmに対し、施工誤差を考慮しセグメント4個分(1800mm=450×4)を補強範囲とする。(曲線部セグメント幅450mm/408mm)



セグメント外径φ2750mmに対し、直上にφ800mmが接続される。梁部材をセグメント桁内に設置し、梁部材からの反力は、開口部両端のセグメントリングで受ける構造とする。

図-8 枝管取付部補強図



写真-1 ケーシング建込み(ケコム工法)



写真-2 掘削状況(ケコム工法)



写真-3 セグメント露出状況(ケコム工法掘削完了)



写真-4 セグメント・中込材撤去状況

3) 施工手順

分水の施工手順は、ケコム工法^{*}(φ3,000ケーシング)による立坑構築後、一次覆工部の鋼製セグメント・中込材を所定の大きさで撤去、二次覆工部の開口部付鋼管(工場製作)に立上管を溶接固定し、溶接完了後接合部分水管端部を切断、現地溶接部の内挿面を塗装するものである(図-9及び写真1~15参照)。

※ケコム工法：下水道工事の立坑構築工法で、専用機で立坑となる呼径φ1,500から呼径φ5,000までの鋼管を地中に圧入し、内部の土砂を掘削して立坑を構築する工法。

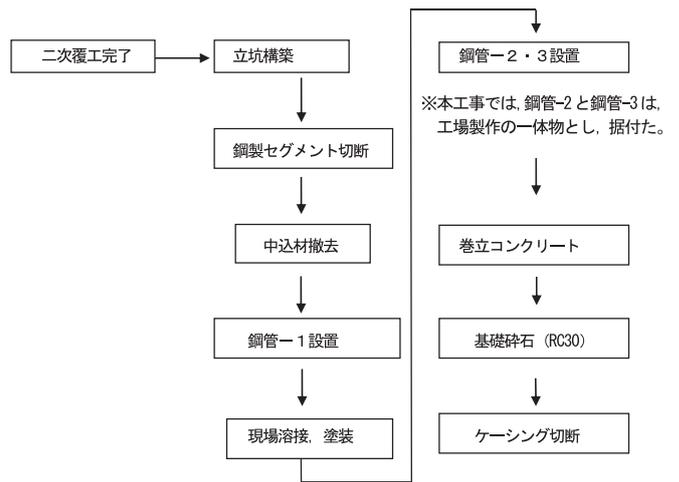


図-9 施工フロー図



写真-5 鋼管1吊込状況



写真-6 鋼管1溶接状況



写真-7 分岐部補強板取付状況



写真-8 本管分岐部溶接状況（本管内側部分）



写真-9 鋼管1設置状況



写真-10 塗装済状況（本管内側部分）



写真-11 鋼管2・3吊込状況



写真-12 巻立コンクリート施工状況



写真-13 立上管設置状況

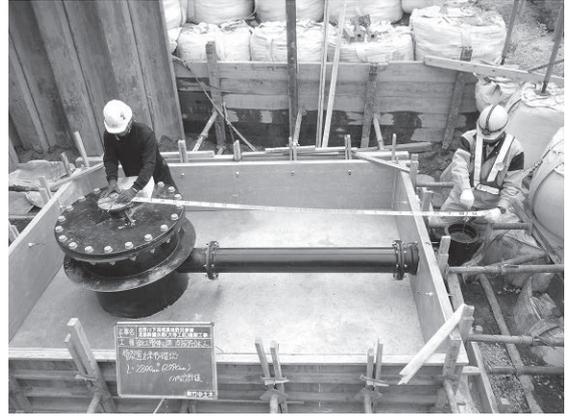


写真-14 空気弁室（ケーシング撤去後）



写真-15 分水工全景

4) おわりに

北部幹線水路は、H26年度のかんがい期においては柿原取水口から2号Cまで通水している。H26年度中には本工事区間を経由し、南北合流工（2号Cと3号Cの中間）までが通水可能となり、H27年度のかんがい期から板野分水工において吉野川（柿原取水口）の水使用を開始し、従来の旧吉野川からのポンプアップかんがいから、幹線水路によるかんがいに切り替わり、ポンプ運転に係る電気代・ポンプメンテ費用が不要となる予定であり、未供用のユーザーの為にも事業の更なる進捗が望まれている。

北部幹線水路（大寺工区）建設工事は、平成23年12月～平成26年8月の約3年をかけて工事を実施した。本工事の施工事例が参考なれば幸いである。

最後に誌面をお借りして、工事にご協力頂いた地元関係者の皆様、工事に携わった受注者の皆様、工事のバックアップをして下さった農政局・事務所の皆様に感謝します。

伊江地下ダムにおける揚水試験結果について

中 司 昇 吾* 外 間 昇* 北 村 知 周*
 (Syogo NAKATSUKASA) (Noboru HOKAMA) (Tomochika KITAMURA)

目 次

1. はじめに	34	4. 試験結果	37
2. 伊江地下ダムの概要	34	5. 考察	40
3. 試験方法	35	6. おわりに	40

1. はじめに

伊江島（伊江村）は、沖縄本島の本部半島より北西約9kmの洋上に浮かぶ周囲約22km、東西に約8.4km、南北は幅の広いところで約3.6km、総面積22.73km²の1島1村の離島である。（図-1）

伊江島は、平坦な地形を利用した畑作地帯であり、収益性の高い花きや葉たばこ、畜産を中心に、野菜、さとうきび等の営農が展開され、農家1戸当たりの農業生産額は、県平均の約1.7倍となっている。

しかしながら、島内には河川が無いため、畑作に必要な用水は、降雨と既設ため池に依存せざるを得なく、県内有数の農業地帯にもかかわらず、十分な用水手当がなされていないことから、農業生産が不安定であり、農業振興の妨げとなっている。

このため、国営かんがい排水事業「伊江地区」は、伊江島の668haの畑を対象に農業用水を供給する伊江地下ダムを築造するとともに、用水路、揚水機場を整備し、併せて関連事業により末端用水路、給水栓等の整備を行うこととしている。

本事業は、平成16年度に着手し、地下ダムについては平成25年度までの進捗率が97%（ダム軸延長ベース）となっている。

地下ダムからの取水は、取水井戸（管井）より揚水するが、琉球石灰岩で構成する貯留層の性状は不均質であり、取水井戸の設置箇所によっては利用水深や透水係数等の取水条件が異なるため、取水井戸設置後、揚水試験を行い、取水量と地下水降下量の関係等を把握し、取水能力を確認することが必要である。

本文では、伊江地下ダム東側取水井戸2箇所において、揚水試験を実施したので、試験結果を報告する。



図-1 位置図

2. 伊江地下ダムの概要

(1) 伊江地下ダムの主要諸元

伊江地下ダムは、国営規模の地下ダムとして、沖縄総合事務局管内で6番目に建設されるものである。

伊江地下ダムの主要諸元は、表-1に示すとおりで、止水壁の規模は、堤長2,612m、堤高55.9m、最大施工深度72.5mである。

表-1 伊江地下ダム主要諸元

区分	項目	単位	諸元
貯水池諸元	流域面積	km ²	1.4
	満水位標高	m	EL 41.0
	低水位標高	m	EL 32.5
	総貯水量	千m ³	1,408
	有効貯水量	千m ³	754
	ダム依存量	千m ³	950
止水壁諸元	貯留率	%	11
	型式	—	地下連続壁攪拌型
	堤高	m	55.9
	堤長	m	2,612
	堤頂幅	m	0.5
	最大施工深度	m	72.5

*内閣府沖縄総合事務局伊江農業水利事業所
 (Tel. 0980-50-6411)

(2) 伊江地下ダムの特徴

これまでの沖縄総合事務局管内の地下ダム建設は、多孔質な琉球石灰岩を貯留層とし、新第三紀の島尻層群泥岩を水理基盤として、断層により明確な地下谷を形成している地下ダムサイトで進められてきた。これらの地下ダムの立地条件としては、良好な貯留層の存在、難透水性な水理基盤の存在、豊富な地下水涵養量に合致するものであり、地質・地下水条件的に恵まれたダムサイトといえる。

一方、伊江地下ダムは、中生代～古生代の緑色岩・粘板岩・凝灰質粘板岩・珪質粘板岩・チャートからなる伊江層と呼ばれる、一部で亀裂性をなす岩盤を水理基盤とし、浸食によって形成された地下谷が貯留域の東西にあり、谷底には基底部層と称する粘土混じり砂礫層が堆積していることなど、これまでの地下ダムにない地質的な特徴がある。(図-2、図-3)

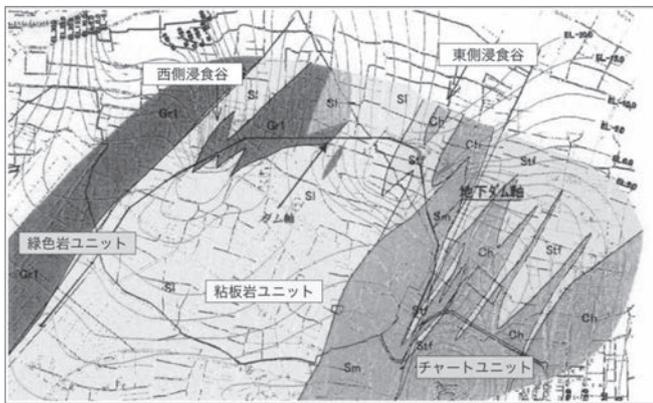


図-2 伊江地下ダム基盤平面図

(3) 取水施設の概要

伊江地下ダム取水施設は、東西地下谷を形成する尾根部を境として、東側に2箇所、西側に5箇所の取水井戸を設置し、ピーク時に0.144m³/s (12,440 m³/d)の用水を取水する計画である。取水施設の主要諸元は、表-2に示すとおりである。

表-2 伊江地下ダム取水施設の主要諸元

項目		単位	諸元
取水	水量	m ³ /s	0.144
		m ³ /d	12,440
東側取水施設	取水量	m ³ /s	0.041
	管井	—	口径400mm 2基
	ポンプ	—	口径125mm 2台
西側取水施設	取水量	m ³ /s	0.103
	管井	—	口径400mm 5基
	ポンプ	—	口径125mm 5台

3. 試験方法

(1) 揚水試験の概要

今回の揚水試験は、平成25年度に施工した東側2箇所の取水井戸を対象とし、予備揚水試験を行った後、平成26年2月5日から平成26年2月27日にかけて、段階揚水試験、連続揚水試験と回復試験、長期連続揚水試験を実施した。

取水井戸、観測井の位置は、図-4に示すとおりである。また、取水井戸の口径は400mmで、井戸の諸元及び構造は、表-3及び図-5に示すとおりである。

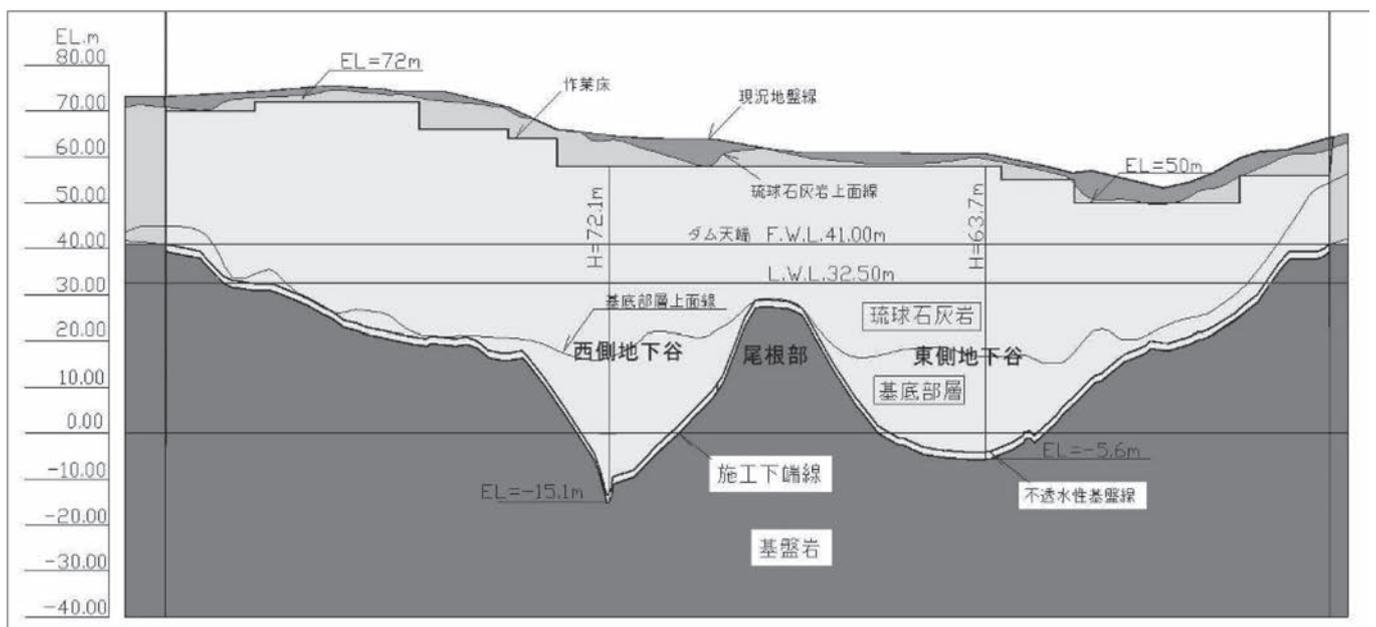


図-3 伊江地下ダムダム軸の基盤縦断面図

なお、揚水試験時の取水井戸付近の貯留域内の地下水位は、EL.35.7mからEL.34.4m程度であり、大部分が琉球石灰岩に相当するが、中央尾根部の上流側では基底部層が分布している。



図-4 揚水試験位置図

表-3 取水井戸諸元

井戸番号	W-1	W-2
地盤高 (EL.m)	59.49	58.17
満水位 (EL. m)	41.0	41.0
低水位 (EL. m)	32.5	32.5
基底部層上面(EL. m)	13.49	11.22
帯水層下限深度(EL. m)	11.22	11.22
井戸径 (mm)	400.0	400.0
深度 (m)	61.10	56.77
井戸下端 (EL. m)	-1.61	1.4
無孔管 (m)	16.6	17.7
スリット型スクリーン (m)	11.0	11.0
巻線型スクリーン (m)	33.0	27.5

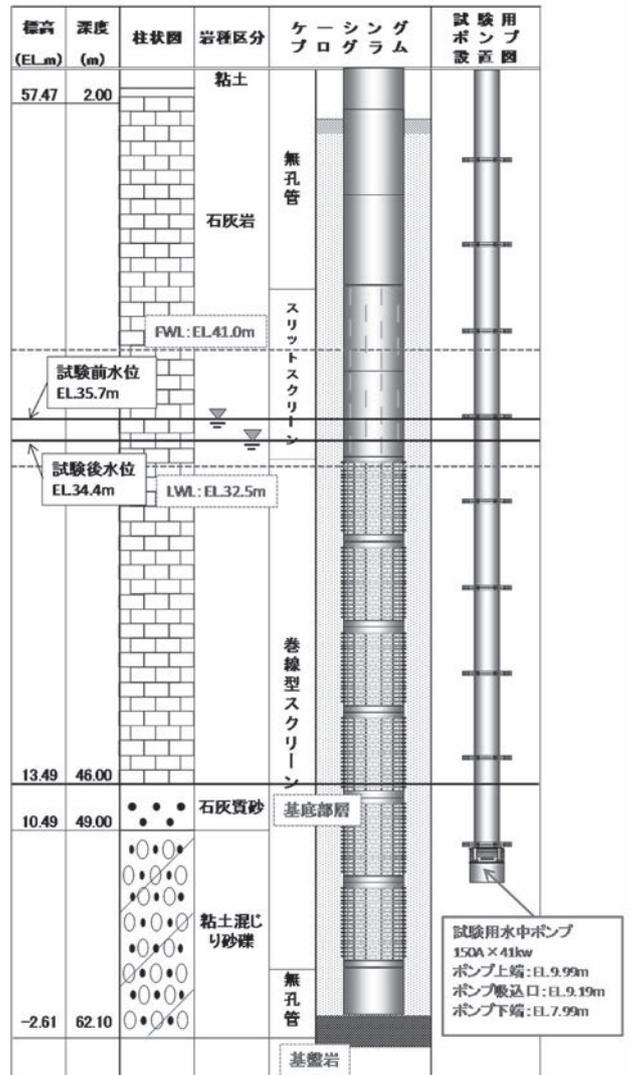


図-5 取水井戸構造図 (W-1 取水井戸)

(2) 段階揚水試験

段階揚水試験は、限界揚水量を求め、井戸能力を評価するために行った。試験は、揚水量を500m³/dから約500m³/d毎に、W-1については6段階、W-2については7段階に分け、各段階2時間揚水し、次の段階へ揚水量を増加させる方法で実施した。試験条件を表-4に示す。

表-4 段階揚水試験の試験条件

取水井戸	W-1	W-2
試験日	H26.2.12	H26.2.5
揚水量 (m ³ /d)	500,1000,1500, 2000,2500,3000 (6段階)	500,1000,1500, 2000,2500,3000, 3500(7段階)
揚水時間	各段階2時間	各段階2時間

(3) 連続揚水試験・回復試験

連続揚水試験は、揚水量を一定に保ち、連続的に水位を測定し、水位降下と揚水時間の関係から揚水の安定性を確認するとともに、揚水井戸付近における帯水層の水理定数を算出するために行った。揚水量は、段階揚水試験の結果より、W-1、W-2ともに2,000m³/d(限界揚水量の80%)とし、48時間の連続取水、ポンプ停止後12時間の水位回復試験を実施した。試験条件を表-5に示す。

表-5 連続揚水試験・回復試験の試験条件

取水井戸	W-1	W-2
試験期間	H26.2.13~15	H26.2.7~9
揚水量 (m ³ /d)	2,000	2,000
揚水時間	48時間	48時間
回復時間	12時間	12時間

(4) 長期連続揚水試験

長期連続揚水試験は、供用開始後の運転を想定し、2井同時に2,000 m³/dを10日間連続で揚水し、水位降下と揚水時間の関係から揚水の安定性及び貯留域内の貯留係数を確認するために実施した。試験条件を表-6に示す。

表-6 長期連続揚水試験の試験条件

取水井戸	W-1	W-2
試験期間	H26.2.17 15:00~H26.2.27 15:00	
揚水量 (m ³ /d)	2,013.1	2,017.3
総取水量 (m ³)	40,304	

4. 試験結果

(1) 段階揚水試験

1) W-1 取水井戸

W-1 取水井戸の揚水量と水位降下量の関係を表-7及び図-6に示す。また、揚水の濁度及び電気伝導度の測定結果を表-8に示す。

水位低下は、揚水量を2,500 m³/dから3,000 m³/dに増加させた際に、低下量が大きくなる傾向が認められた。また、揚水の濁度及び電気伝導度は、揚水量の

表-7 W-1 取水井戸の段階揚水試験結果

段階	揚水量 (m ³ /d)	水位 (EL. m)	水位降下量 (mm)
試験前	—	35.459	—
1	520.0	35.433	26
2	1,011.0	35.408	52
3	1,500.0	35.378	81
4	2,004.0	35.341	118
5	2,510.0	35.292	167
6	3,101.0	35.194	266

増加に伴い、やや増加傾向を示したが、急激な上昇は認められなかった。以上の結果を踏まえ、2,500 m³/dを限界揚水量と考えた。

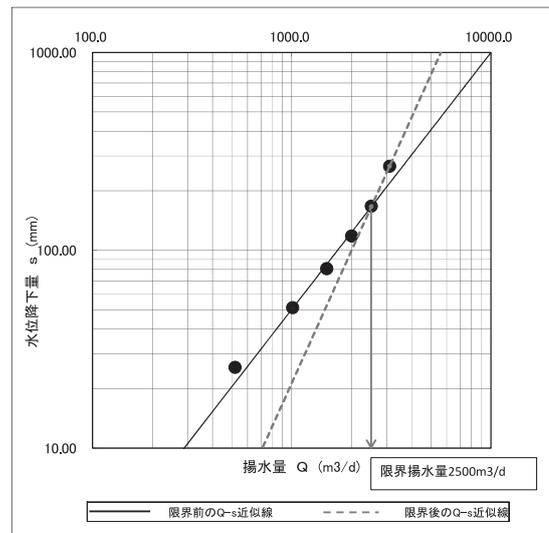


図-6 W-1 取水井戸 揚水量 - 水位低下曲線図

表-8 W-1 取水井戸の段階揚水試験結果

段階	揚水量 (m ³ /d)	濁度		電気伝導度 (mS/m)	
		60min	120min	60min	120min
1	520.0	4	2	53.6	54.8
2	1,011.0	4	3	55.6	57.1
3	1,500.0	5	6	57.5	57.5
4	2,004.0	8	6	58.1	58.1
5	2,510.0	9	9	58.3	58.7
6	3,101.0	12	10	57.9	58.1

2) W-2 取水井戸

W-2 取水井戸の揚水量と水位降下量の関係を表-9及び図-7に示す。また、揚水の濁度及び電気伝導度の測定結果を表-10に示す。

水位低下は、揚水量を2,500 m³/dから3,000 m³/dに増加させた際に、低下量が大きくなる傾向が認められた。また、揚水の濁度は、2,500 m³/d以上の揚水時にやや大きくなる傾向を示した。以上の結果を踏まえ、2,500 m³/dを限界揚水量と考えた。

表-9 W-2 取水井戸の段階揚水試験結果

段階	揚水量 (m ³ /d)	水位 (EL. m)	水位降下量 (mm)
試験前	—	35.648	—
1	479.6	35.629	19
2	1,004.9	35.619	29
3	1,524.2	35.604	44
4	2,005.7	35.588	60
5	2,502.0	35.571	77
6	2,994.2	35.534	115
7	3,480.1	35.495	153

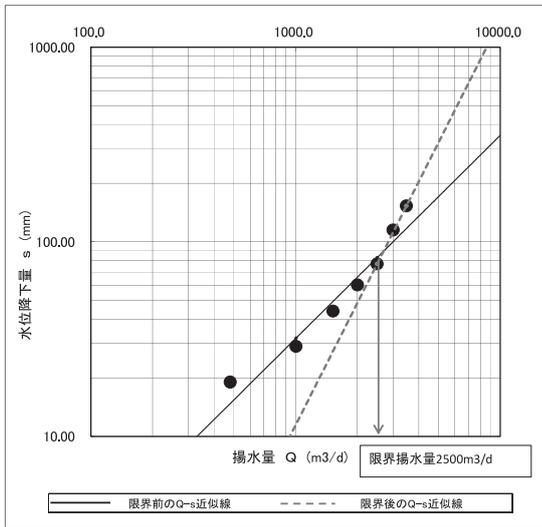


図-7 W-2 取水井戸 揚水量-水位低下曲線図

表-10 W-2 取水井戸の段階揚水試験結果

段階	揚水量 (m³/d)	濁度		電気伝導度 (mS/m)	
		60min	120min	60min	120min
1	479.6	40	0	56.7	47.3
2	1,004.9	0	3	49.5	45.9
3	1,524.2	0	0	46.6	43.7
4	2,005.7	0	2	42.9	42.9
5	2,502.0	1	6	47.1	46.7
6	2,994.2	4	13	47.9	44.4
7	3,480.1	12	10	43.5	42.1

(2) 連続揚水試験・回復試験

1) 水位変動状況

i) W-1 取水井戸

W-1 取水井戸及び観測孔の水位変動状況を表-11及び図-8に示す。

W-1 取水井戸の水位は、試験開始直後に約15cm 降下した後、緩やかな降下を続け、48時間後には29.0cmの低下が確認された。揚水停止12時間後には、W-1 取水井戸の水位は、19.9cm 回復し、回復率は70%程度であった。

表-11 W-1 取水井戸の連続揚水試験結果

孔番号 (距離)	W-1 (0.2m)	21B-1 (4m)	25-W1-2 (10m)	25-W1-3 (20m)
試験前	35.455	35.439	35.450	35.448
揚水後6時間	35.278	35.384	35.402	35.417
揚水後12時間	35.258	35.370	35.378	35.392
揚水後24時間	35.212	35.342	35.354	35.368
揚水後48時間	35.165	35.287	35.335	35.302
回復後12時間	35.364	35.359	35.413	35.382

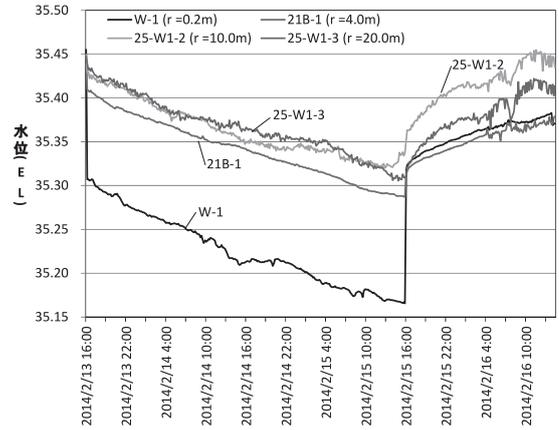


図-8 W-1 取水井戸 連続揚水試験時時間-水位変動図

ii) W-2 取水井戸

W-2 取水井戸及び観測孔の水位変動状況を表-12及び図-9に示す。

W-2 取水井戸の水位は、試験開始直後に約5cm 降下した後、緩やかな降下を続け、48時間後には15.8cmの低下が確認された。揚水停止12時間後には、W-2 取水井戸の水位は、9.0cm 回復し、回復率は60%程度であった。

表-12 W-2 取水井戸の連続揚水試験結果

孔番号 (距離)	W-2 (0.2m)	21B-2 (3.878m)	25-W2-3 (20m)	13B-5 (26.132m)
試験前	35.617	35.630	35.639	35.635
揚水後6時間	35.548	35.587	35.610	35.610
揚水後12時間	35.530	35.572	35.591	35.596
揚水後24時間	35.499	35.544	35.564	35.563
揚水後48時間	35.459	35.506	35.527	35.524
回復後12時間	35.549	35.547	35.561	35.568

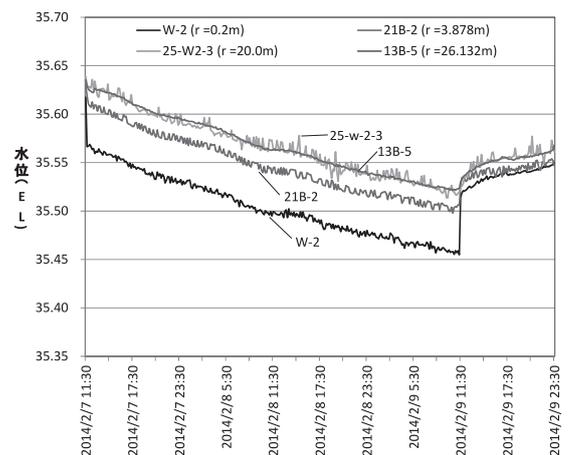


図-9 W-2 取水井戸 連続揚水試験時時間-水位変動図

2) 水理定数

揚水試験で得られた値を用いて、解析式で透水係数及び貯留係数を算出した結果を表-13及び表-14に示す。

帯水層の透水係数は 0.67 ~ 2.60cm/sec の範囲の結果が得られ、貯留係数は、全算出結果を平均すると 12.0% の結果が得られた。

表-13 連続揚水試験・回復試験による透水係数 (cm/sec)

孔番号	タイ式	ヤコブ式	回復式	
W 1	21B-1	9.82×10^{-1}	9.86×10^{-1}	1.30×10^{-0}
	25-W1-2	6.72×10^{-1}	6.89×10^{-1}	1.00×10^{-0}
	25-W1-3	8.09×10^{-1}	8.11×10^{-1}	8.41×10^{-1}
	最大値 1.30×10^{-0} , 最小値 6.72×10^{-1} , 平均値 8.99×10^{-1}			
W 2	21B-2	1.42×10^{-0}	1.43×10^{-0}	1.24×10^{-1}
	25-W2-3	1.66×10^{-0}	1.68×10^{-0}	1.13×10^{-1}
	13B-5	2.47×10^{-0}	2.64×10^{-0}	1.51×10^{-1}
	最大値 2.60×10^{-0} , 最小値 1.13×10^{-0} , 平均値 1.69×10^{-0}			

表-14 連続揚水試験による貯留係数

孔番号	タイ式	ヤコブ式	
W 1	21B-1	1.23×10^{-1}	1.30×10^{-1}
	25-W1-2	1.66×10^{-1}	1.32×10^{-1}
	25-W1-3	6.80×10^{-2}	1.02×10^{-1}
	最大値 1.66×10^{-1} , 最小値 6.80×10^{-2} , 平均値 1.20×10^{-1}		
W 2	21B-2	1.04×10^{-1}	1.37×10^{-1}
	25-W2-3	9.50×10^{-2}	1.29×10^{-1}
	13B-5	1.25×10^{-1}	1.30×10^{-1}
最大値 1.37×10^{-1} , 最小値 9.50×10^{-2} , 平均値 1.20×10^{-1}			

(3) 長期連続揚水試験

1) 水位変動状況

W-1, W-2 取水井戸及び図-10 に示す地下ダム貯留域を 4 ブロックに分割したブロック毎の代表観測孔の水位の変動状況を表-15 及び図-11 に示す。

取水井戸の水位は、0.1m/日前後の速度で降下し続け、試験終了時には、W-1 取水井戸で 0.84m, W-2 取水井戸で 0.75m 降下した。

試験前後の貯留域内の地下水位は、東 1 ブロックで 0.0m ~ 0.6m 程度、東 2 ブロックで 0.3m ~ 0.6m 程度、西 2 ブロックで 0.0m ~ 0.3m 程度、西 3 ブロックで 0.3m ~ 0.4m 程度降下し、揚水試験による水位低下の影響は、西側地下谷まで及んでいることが確認された。(図-12)

なお、試験期間中の揚水の電気伝導度は 55 ~ 60mS/m 間で安定しており、濁度についても 10 以下であった。(図-13)

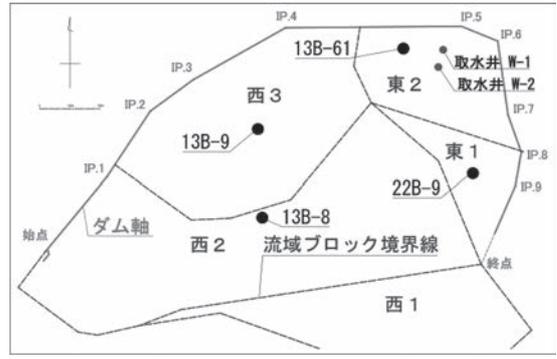


図-10 ブロック代表観測孔位置図

表-15 取水井戸及び代表観測孔における試験前後の地下水位

孔番号	試験前 (EL.m)	試験後 (EL.m)	水位差 (m)
W-1 取水井戸	35.334	34.497	0.84
W-2 取水井戸	35.362	34.610	0.75
22B-9(東1ブロック)	35.492	35.048	0.44
13B-61(東2ブロック)	35.340	34.721	0.62
13B-8(西2ブロック)	35.770	35.570	0.20
13B-9(西3ブロック)	35.700	35.481	0.22

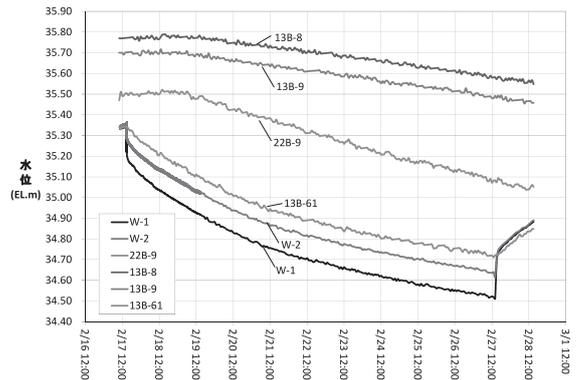


図-11 取水井戸及び代表観測孔 長期連続揚水試験時間-水位変動図

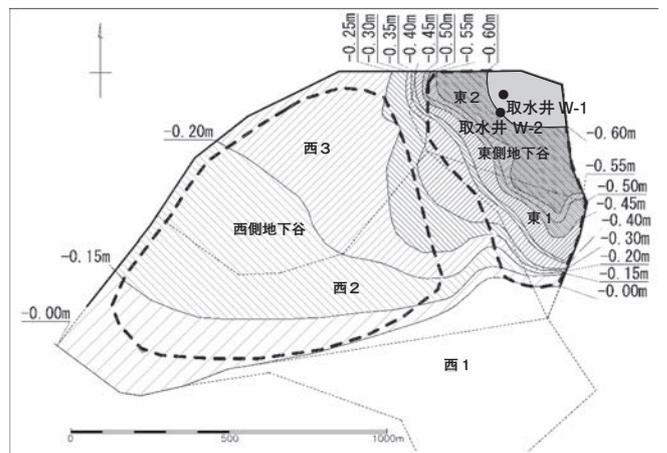


図-12 長期連続揚水試験による水位低下量分布図 (試験終了時点)

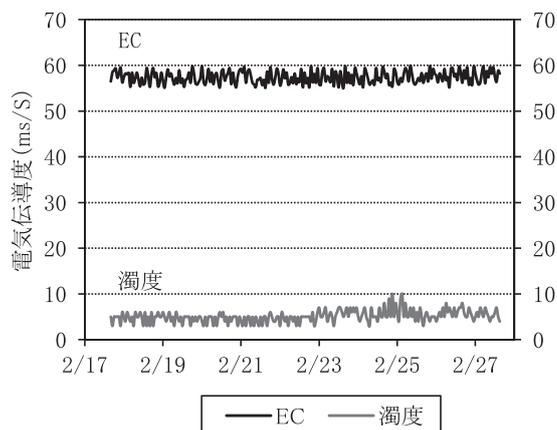


図-13 長期連続揚水試験における揚水の電気伝導度及び濁度の経時変化

2) 貯留係数の算出

i) 算出方法

長期連続揚水試験は、貯留域内の広範囲で水位低下が生じるため、水位低下量分布図から揚水の影響を受けた区間の貯留体積を算出し、揚水量と対比することで、水位低下した区間の貯留係数を精度よく算出することができる。このため、試験期間中の地下水位に影響を及ぼす①降雨による地下水涵養、②工事用井戸による揚水について、次のとおり、補正し貯留係数の算出を行った。

①降雨による地下水涵養

降水量の多寡は、貯留域内の地下水位の経時的な変化に影響を及ぼす。このため、貯留モデルを用いて、降水量から地下ダムへの涵養量を算出し、降雨の影響として補正した。

②工事用井戸による揚水

長期揚水試験期間中、西側地下ダム貯留域内で工事用井戸による取水が行われていた。このため、工事用井戸の取水実績を基に、工事用井戸による揚水の影響として補正した。

ii) 算定結果

水位低下量分布図より、長期連続揚水試験の揚水の貯留体積を算出した結果、揚水の貯留体積は266,479 m³であった。揚水量に、次のとおり補正値を考慮して、貯留係数を算出した結果、水位低下した区間の貯留係数は13.2%と試算された。

$$S (\text{貯留係数}) = (40,304 \text{ m}^3 (\text{揚水量}) - 6,223 \text{ m}^3 (\text{地下水涵養量の補正}) + 1,053 \text{ m}^3 (\text{工事用井戸の補正})) / 266,479 \text{ m}^3 (\text{揚水の貯留体積}) = 0.132$$

5. 考察

(1) 取水井戸能力の評価

本地区では、地下ダムからピーク時に東西7箇所取水井戸で12,440 m³/dのかんがい用水を取水する計画としている。

段階揚水試験の結果より、W-1、W-2取水井戸ともに、適正揚水量は2,000 m³/d（限界揚水量の80%）と考えられ、適正揚水量にて48時間実施した連続揚水試験において、安定的に揚水することが可能であることが確認された。また、長期連続揚水試験では、2井同時に10日間の連続揚水を実施したが、急激な水位低下、濁度の上昇等は確認されなかった。

以上の結果より、今回の試験条件下においては、東側取水井戸について、ピーク取水量の安定的な取水が可能であると評価することができる。

(2) 伊江地下ダム貯留層の特性

本地区の琉球石灰岩及び基底部層を対象に実施した既往の現場透水試験結果及び有効間隙率試験結果を表-16に示す。

帯水層の透水係数については、今回の試験条件下において、0.67～2.60cm/secの値が得られ、既往の現場透水試験の中央値及び算術平均値より高い値を示す結果が得られた。

貯留係数については、段階揚水試験結果より平均で12.0%、長期連続揚水試験時の水位低下区間について13.2%と試算され、揚水の影響を受けた区間の貯留係数は、既往の有効間隙率試験の中央値及び算術平均値と同程度で、地下ダム貯水池諸元の11%と同等以上の結果が得られた。

以上の結果から、限られた範囲の標高における試験結果ではあるものの、伊江地下ダムの貯留層は、比較的透水性がよく取水に適し、地下水を貯留するのに必要な間隙を有することが推定された。

表-16 既往の試験結果

項目	地質	データ数	中央値	算術平均
透水係数	琉球石灰岩	773	3.90×10 ⁻²	1.72×10 ⁻¹
	基底部層	182	8.22×10 ⁻³	1.65×10 ⁻²
有効間隙率	琉球石灰岩	251	12.8%	13.3%
	基底部層	96	10.0%	10.7%

6. おわりに

本地区では、平成27年度から地下ダムより取水したかんがい用水の暫定的な利用を予定しており、更なる農業振興が期待されている。

今回の揚水試験の結果より、東側取水井戸について、必要な能力を有することが確認できた。今後は、西側取水井戸の揚水試験を含め、伊江地下ダムの機能確認を適切に行うとともに、関連事業と連携を図りつつ、かんがい施設の早期完成による効果の発現に努めることが重要であると考えている。

フランスにおけるダムリスク評価に関する調査・分析

松尾 貴 充*
(Takamitsu MATSUO)

目 次

1. はじめに	41	3. フランスの事例	41
2. 国際大ダム会議の活動	41	4. おわりに	46

1. はじめに

国際大ダム会議 (International Commission on Large Dams : ICOLD) は、年次例会を毎年開催し、ダム技術に関するシンポジウムや技術展示会が開かれるとともに、3年に1回開催される大会においては、ダム技術に関する技術的課題についての討論会が開催される。筆者は、2012年(平成24年)に京都で開催された第80回年次例会・第24回大会に出席し、世界のダム事業・技術の最新動向に直接接することができた。

本稿では、国際大ダム会議加盟各国から同年次例会に提出された最新論文のうち、ダムのリスク評価に関するフランスの事例を紹介する。

2. 国際大ダム会議の活動

国際大ダム会議は、ダムの建設・管理技術をはじめ環境問題対応等、幅広い分野の技術委員会(総数22:平成26年時点)を設置し、世界最新・最高レベルの解決策を探求している。その成果はブリテン(技術報告書)としてとりまとめられ、ダム建設・管理の世界的な技術指針となっている。

日本は国際大ダム会議に1931年(昭和6年)より加盟(戦時中に一時脱会し、1953年(昭和28年)に再加盟)している最も古い加盟国の1つであり、現在の河川法の河川管理施設等構造令に基づくダム技術基準の大宗も、国際大ダム会議の基準を踏まえたものとなっている。我が国も国際大ダム会議及びその加盟国により開発された技術及び経験をもとに、ダム建設を行ってきたと言っても過言ではない。

なお、国際大ダム会議には、現在、世界97ヶ国が

*現農林水産省農村振興局整備部水資源課(水資源機構業務班)課長補佐 (Tel. 03-3501-5604)
(前)一般財団法人日本水土総合研究所
主任研究員

加盟しており、本部はフランスのパリに置かれている。

3. フランスの事例¹⁾

3.1 フランスのダム安全規則

フランスの水力施設に関する規則は、2007年(平成19年)の法令改正(No.2077-1735, 2007年12月11日)により変更され、ダムと堤防の安全に関する新しい要件が設定された。水力施設は、その規模や特徴により4つのクラス(A, B, C及びD)に分類される。ダムに関しては、堤高(基盤面からのダムの高さ: H (m))及び総貯水量(V (百万 m³))の2つのパラメータ(指標)により分類される。

本パラメータは、国際大ダム会議の小ダム技術委員会(2005年~2010年)がとりまとめた小ダム技術報告書にも記載がある。その中で、「科学的根拠はないが、ダム決壊時の潜在的な破壊リスクや生命の損失を測るために適用可能な決定的な要素」とされている。²⁾

前述の規則では、A及びBに属するダム所有者に安全報告書の作成を要請している。この安全報告書は、当局によりその妥当性が審査され、妥当でない場合、補足情報の追加が求められる。

表-3-1 フランス規則におけるダムの分類

分類	パラメータ (指標)
A	$H \geq 20$
B	Aクラスでない $H^2 \times \sqrt{V} \geq 200, H \geq 10$
C	A, Bクラスでない $H^2 \times \sqrt{V} \geq 20, H \geq 5$
D	A, B及びCクラスでない $H \geq 2$

3.2 安全報告書の目的

安全報告書の目的の一つは、ダムに起こる可能性のある全てのリスクを把握し、それらを管理することである。例えば、洪水又は地震時のダム決壊リスクが検討されなければならないが、通常時の全ての事故も検討される必要がある。安全報告書には、事故を防止又

は限定的にするための対策や合理的に実現可能な事故最小化 (ALARP:As Low As Reasonably Practical) のための追加対策も明記される。

2008年(平成20年)6月12日に公布された省令には、標準的な作業時刻表や以下に示す11項目からなる安全報告書記載内容が記されている。

- 第0章. 安全報告書の要約
- 第1章. 管理情報
- 第2章. 調査目的
- 第3章. 構造物と周辺環境の機能的分析
- 第4章. 大事故防止に係る方針と安全管理体系の提示
- 第5章. 潜在的な危険の洗い出し
- 第6章. 自然災害の特性
- 第7章. 現場経験とフィードバック
- 第8章. 発生確率, 影響の強度や動的負荷, 重大性に関するリスクの洗い出し
- 第9章. リスク低減
- 第10章. 図化

第8章と第9章の重大性や年間発生確率に関する評価に必要な入力データが第3章から第7章に示されている。図-3-1は、発生する可能性のある全ての危険を確定するリスク評価(第8章)に焦点を絞った検討過程を示している。

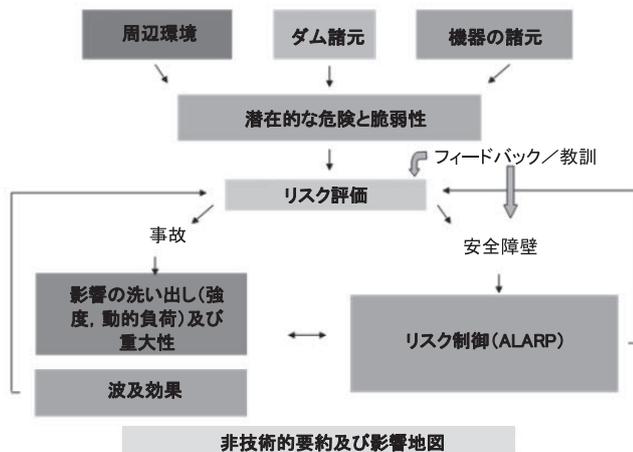


図-3-1 安全報告書の構成

フランスの国立環境工業リスク研究所 (INERIS) が開発した全ての事故を確認し定量化するための方法論は、以下の4章に分けられる。

- リスク分析
- 重大性の評価
- 確率の評価
- 受け入れ可能リスクの判断基準とリスク低減

3.3 リスク分析

3.3.1 枠組み

評価の第一歩として、リスク分析が行われる。新し

いフランスの規則に基づき、ダム所有者はダムに起きる可能性のある全ての大事故シナリオとともに、その影響を限定的にするための安全対策を確認する必要がある。ダム決壊に至るシナリオだけでなく、放流バルブや放水ゲートの損傷を含む全ての破壊形態を考慮しなければならない。これらには、ダムの特徴に基づく外部要因としてのダム周辺環境の把握や現場経験のとりまとめを含む。なお、フランスの規則は、リスク評価に特定の方法を強制しておらず、ダム破壊形態及び関連するシナリオが包括される限り、その他の手法を用いることも可能である。

3.3.2 シナリオ確認のための INERIS の方法論

リスク推定は、専任の作業グループにより行われる。このグループは、ダムやリスク分析方法論に係る高度な知識を有する専門家と実務家で構成されている。作業グループは、表-3-2に示す表に記載することとされている。

表-3-2 シナリオ確認のために使用される表の例

No.	中心事象	損壊形態	原因	安全障壁	動的負荷及び流水	影響を受ける人

この分析では、通常時、保守整備時、ダム空虚時や満水時、洪水時における操作等、すべてのダム使用形態を考慮しなければならない。上流ダム損壊による洪水も考慮する必要がある。本表を要約することで、事故によって引き起こされる動的負荷や流入量を含む包括的な事故リストが導かれる。

本リストは、現在では短縮可能である。一例として、洪水自体の故に、ある洪水において下流で想定されている影響よりも大きな影響を及ぼさない一つの損壊形態に至る可能性がある。このため、リストの残りは、そのダムに関連づけられる推定流入量や動的負荷を伴う重大事故により構成される。これらのいくつか、少なくともダム損壊では、結果に係るデータを入手するためにモデリングが必要である。低水時の重大事故は、モデリングではなく、質的に調査される場合がある。ダム所有者によるダムリスク制御を実際に行うため、これら大事故による結果とそれらの年間発生確率の間の交差分析が行われなければならない。

3.4 影響評価

INERISによるダム重大事故の影響評価は、洪水の影響範囲と被災人口の重ね合わせ図により行われる。

3.4.1 影響評価

重大事故による影響は、局地的な動的負荷や強度で特徴付けられる。局地的な動的負荷は、波による影響が最初に到達した時とその流れが最大になった時の間に発生する。これは、住民が最初の影響が到達した後、

避難できるか否かによって、段階的又は急激なものとなり得る。

3.4.1.1 局地的な動的負荷

局地的な動的負荷は、2つのパラメータで評価される。水位上昇速度に影響をもたらす流速と水深である。フランスの洪水防止指針では、水深が0.5mになると人は流れの中で自由に歩くことができなくなるとされている。また、流速が0.5m/s以上になると流水で運ばれたもので怪我をする又は自身が流される可能性があるとしてされている。

もし、局地的な流速及び水位上昇速度の両方がこれらの速度以下であれば、避難が可能と考えられるので、局地的動的負荷は緩やかなものとなる。そうでない場合、動的負荷は急激なものとなる。速度データがない場合は、慎重に取り扱うものとし、動的負荷は急激なものとする。

3.4.1.2 局地的な強度

強度レベルは、表-3-3に示すように、局地洪水流Qと確率流量(Q10年=10年洪水流量(10年に1回程度の頻度で発生する洪水流量)等)を比較することによって評価される。

表-3-3 INERISで使用されている強度レベル

強度レベル	局地洪水流
非常に強い	$Q \geq Q_{1000}$ 年
強い	Q_{100} 年 $\leq Q < Q_{1000}$ 年
中位	Q_{10} 年 $\leq Q < Q_{100}$ 年
弱い	$Q < Q_{10}$ 年

局地洪水流のデータがない場合は、ダムのレベルにおける波動流に応じた慎重な手法が採用される。この流れが、ダムの10年洪水流量を下回れば、流れが下流で急激に弱まり、河床内に止まる。流れが10年洪水流量を上回れば、その流れは一定の強度で流れ下り、局地的10年洪水流量を下回ったときに移動は止まる。その流れは、いくつかの主要な地点(橋、道路など)を除き、河床内に止まると考えられる。そのような地点では、流れが封じ込められていることを確認する必要がある。検討されている流れは、通常の河川の流れに波動流が加えられたものであるため、この確認には、特別の注意を払うべきである。

3.4.1.3 ゾーニング

局地的な動的負荷と強度で影響地図のゾーニングが行われる。INERISは、フランス緊急計画の策定で使用された方法論に基づき、3つのゾーンを定義することとした。このゾーニングを表-3-4に示す。

表-3-4 強度と動的負荷レベルに基づくゾーニング

	急激な動的負荷	緩やかな動的負荷
非常に強い	A	A
強い	A	B
中位	B	C
弱い	B	C

一つのゾーンは各個人によるが、図-3-2に示すようにゾーン化することができる。



図-3-2 ゾーン区分された影響地図の簡易表示

3.4.2 影響人数調査

影響が明らかにされると、強度レベルの評価を行うための影響を受ける人数の確認が必要となる。INERISの手法は、危険にさらされる人数(PAR - Population At Risk)パラメータに基づき行われる。

波のモデリング地図により、ダム決壊事故による洪水波によって影響を受ける人数が数えられる。本規則では、正確な人数までは必要としないが、人数を数えるためのメッシュは、最大PARの良好な推定値を得るために十分な細かさを求めている。この人数調査は、土地被覆地図を示すクリーン土地被覆データベースに基づいている。これはまた、2010年5月10日付けの回状の「安全報告書の強度レベル評価のための要素」の部分に示されている重要産業社会基盤施設で用いられる計数方法論により行うことができる。これは、安全報告書や発生源におけるリスク低減手法及び技術的リスク防止計画に適用可能な方法論を要約したものである。例えば、この方法論は、各戸の人数を2.5人として建物の全体収容人数を数える等を推奨している。

最大PARが決まれば、事故における全体動的負荷により低減係数が使用できる。全体動的負荷には、事故前動的負荷と事故後動的負荷がある。事故前動的負荷は、事故の前兆が検知されてから事故が起きるまでの時間である。もし、事故の前兆が検知でき、事故前に避難可能となる程度に事故を早く予知できれば、全体最大PARに低減係数が適用される場合がある。事故後動的負荷は、洪水波が影響を受ける人に最初に到達するまでの時間である。低減係数は、最初の洪水波によって影響されるまでの時間が、避難に必要な時間よりも長い、ダムから十分遠い場所に位置する最大PARの一部に適用される場合がある。

しかしながら、緊急避難計画の評価は容易ではなく、また、低減係数は慎重に評価される必要がある。この評価ができない場合や利用可能なデータが多くの不確

定要素によって信頼に足りない場合は、最大 PAR を慎重な手法で考慮する方がより安全である。

3.4.3 強度レベル

ゾーニングと PAR が利用可能となれば、強度レベルは表-3-5 に示す基準により評価できる。

表-3-5 INERISの強度レベル基準(単位:危険に晒される人数)

	ゾーン A	ゾーン B	ゾーン C
SL5	≥1,000	≥10,000	≥100,000
SL4	≥100 及び <1,000	≥1,000 及び <10,000	≥10,000 及び <100,000
SL3	≥10 及び <100	≥100 及び <1,000	≥1,000 及び <10,000
SL2	<10	≥10 及び <100	≥100 及び <1,000
SL1		<10	<100

各ゾーンに、PAR に応じて強度レベル (SL) が与えられる。事故全体の強度レベルは、各ゾーンの最大強度レベルとなる。図-3-3 に示す事故の強度レベルは、SL4 となる。

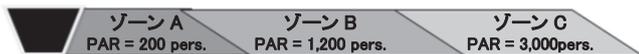


図-3-3 簡易ゾーニングと危険に晒される人数(PAR)

3.5 確率評価

リスク分析は、通常、起こりうる主要事象 (例：構造物の喪失) 及びその結果 (危険現象) だけでなく、それらを引き起こす初期事象を確認する。この確認過程を示すため、国立環境工業リスク研究所 (INERIS) は、系統図を用いている。

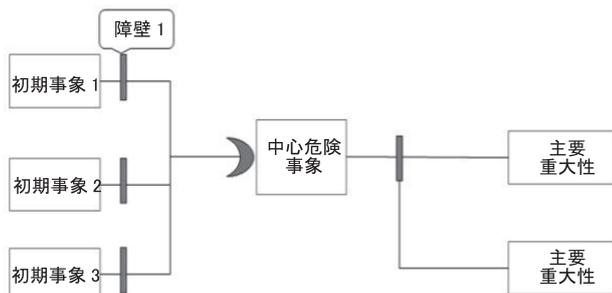


図-3-4 ボウタイ系統図の例

系統図は、単純化された破壊系図と事象系図の組合せである。図表の左側に初期事象が置かれる。初期事象の例として、湛水過程における人為ミス、車両衝突の結果として起こる衝撃等である。これらの初期事象が、構造物の損失につながる中心危険事象を引き起こす。次いで、中心事象がいくつかの危険事象に至る。

初期事象の定性的な確認、中心危険事象、安全障壁の予防と保全、系統図作成で認識される起こりうる結果は、シナリオの確率的定量化に導く安全報告書の主

要な手続きと考えられなければならない。

この定量化のために確認作業が行われ、シナリオ発生を回避し、被害を限定させるための障壁の能力が評価されなければならない。

3.5.1 安全障壁の評価

障壁の分析は、通常、安全システムが ALARP の要件を満たしている裏付けとなるため、リスク制御の実証にあたり主要な論点となる。三種類の安全障壁が確認されてきており、それらは、図-3-5 に示す技術的障壁、人的障壁、技術的及び人的両方の要素を持つ障壁である。

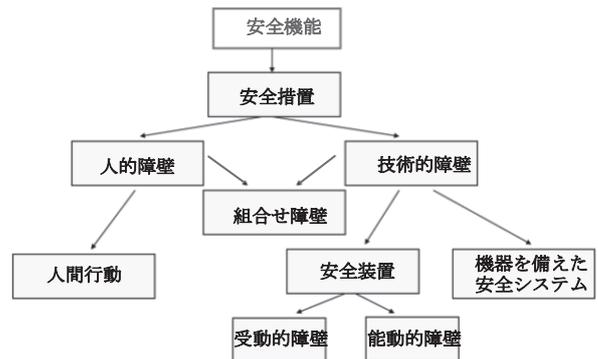


図-3-5 INERIS方法論により開発された安全障壁の類型

フランス規則の枠組み内で考察するには、安全障壁は以下の要件を満たす必要がある。

- 独立：安全障壁はシナリオの原因又はシナリオ自体から独立していなければならない。
- 効果的：その使用状況において供用期間中に他の安全障壁から独立して安全機能を果たすことができる。
- シナリオの動的負荷に基づく応答時間で、
- 試験可能で、
- 性能レベルが長期にわたり維持される予防保全により保証されている。

これらの要件を満たした場合、あるシナリオの発生頻度を低減させるものとして、その安全障壁は、危険現象の確率的定量化において考慮されることが可能となる。次のポイントは、障壁の破壊確率と事故の発生頻度における障壁の影響の評価である。特定の障壁に応じた破壊確率についてのデータはほとんどない。その上、利用可能なデータは、一般的に破壊確率の平均値であり、特定の状況下で特定の施設に利用可能なものではない。

INERIS の方法論は、“確からしさのレベル”に基づいている。能動的障壁のリスク低減係数は、基準 NF EN61 508 及び NF EN 61 511 に定義された安全統合レベル (SIL : Safety Integrity Level) の外挿法により計算される。これらの基準に記載された手法は、すべての能動的障壁に拡大適用されてきた。受動的障壁及

び人的障壁に関して、確からしさの最高レベルが、研究論文を通じて定義されてきた。そして、確からしさのレベルは、異なる判定基準により低減される（詳細は、Ω 10 及び Ω 20 報告書、INERIS2008 年及び 2009 年を参照。これは INERIS ウェブサイト www.ineris.fr で入手可能である）。

確認されている全ての障壁が評価されれば、大事故の頻度を見積もることができる。

3.5.2 危険現象の発生確率

ダム所有者は、危険現象の発生確率を評価するための安全報告書で使用する手法を自由に選択できるが、その手法は著しく異なる可能性がある。2005 年以来、INERIS は「初期事象から危険現象まで」ボウタイ表現に基づく量的評価手法を用いている。初期事象の頻度を推定するために 2 つの主要な方法が使われる。

第一の手法は、信頼性データ又は信頼性データから得られる一般的な頻度を用いる。これらのデータは、機器の故障に利用することができる。しかしながら、人又は組織的不具合に関するデータは非常に限られている。INERIS で使われる第二の手法は、ある作業部会に適用される質問過程を通じた頻度評価である（これは、例えば、施設のリスク管理責任者、維持管理者、操作担当者などから集めることができる）。それぞれの初期事象は、頻度分類を用いて、作業部会により調査される。表-3-6 は、通常使われている頻度分類の基準を示している。

表-3-6 初期事象を定量化するための INERIS の頻度分類

頻度分類	不具合の頻度
F-1	年間 1 から 10 回
F0	年間 10^{-1} から 1 回
F1	年間 10^{-2} から 10^{-1} 回
F2	年間 10^{-3} から 10^{-2} 回
F3	年間 10^{-4} から 10^{-3} 回

通常の中心事象を引き起こす初期事象の頻度は、AND 及び OR ゲートを使って組み合わせられる。

- 初期事象のどれかが中心危険事象の原因になる可能性がある場合は、OR ゲートが使われる。この場合、中心事象の頻度分類は、初期事象の最低頻度分類に等しい。
- 複数の初期事象（そしてこれら事象の頻度は 10^{-1} 以下）により中心危険事象が引き起こされる場合は、AND ゲートが使われる。この場合、中心事象の頻度分類は、必要とされる初期事象の頻度分類の総計に等しい。
- 防止障壁が存在する場合は、障壁のリスク低減要因がその原因となる頻度分類に加えられる。これは中間事象の頻度分類を与える。

この方法論のより明白な長所の一つは、安全と起こり得る事故シナリオ、それらの原因やその発生を防止する障壁についての深い分析の結果から得られるものである。従って、ダムの特定局面（例えば、連鎖応）とリスク防止問題は、確率計算で明らかに考慮される。この枠組みの中で、操作担当者の安全に対する取組みが大いに奨励され、その有効性が質的及び量的に示される。ある事故の主原因は、その頻度の作用により確認され、格付けされる。この基準では、操作担当者は、将来的にその防止システムの実施を目標とすることができる。

頻度分類が使われるとき、この方法ではいくつかの限界がある。それは、この評価が頻度値を使う評価と同じ精度を目指していないことである。これは、異なる危険現象の確率を合計する必要がある場合に、不確実性が増すことを暗示している。さらに、いくつかの初期事象の評価が困難になる。これは、作業部会が彼らの施設又は同様の施設で観察した事のない稀な事象を主に言及している。これらの場合は、初期事象の一般データ及び信頼性データを使うことができる。ただし、これも一般データを特定状況に使うことで不確実性をはらんでいる。これらの事象の頻度を評価する一つの代替手段として、専門家の判断によることも可能である。

3.6 リスク受容基準とリスク低減

結果の重大性や各事故の可能性が確定されれば、この方法論の最終段階は、対象ダムのリスク受容性を評価することである。

まず、各事故をその強度レベル（5 つのレベル）と年間発生確率クラス（5 つのクラス）に対応するマトリックス内に置く。

表-3-7 リスク・マトリックス

強度	年間発生確率 (E = 非常に低い ; A = 非常に高い)				
	10 ⁻⁵	10 ⁻⁴	10 ⁻³	10 ⁻²	
	E	D	C	B	A
5					
4					
3					
2					
1					

次に、リスク低減に関する検討を行うために、マトリックス内の様々な危険の重大性の位置に従って、ダム所有者は受容性の基準を定義する。現在、必須となるマトリックスはないので、ダム所有者は、もう一つのフランス回状に示されたリスク受容マトリックスを考慮することとなる（2010 年 5 月 10 日の回状、これ

は安全報告書に適用可能な、発生源におけるリスク低減手法及び技術的リスクの防止計画についての方法論的規則を要約したものである)。その中では、明確なクラス又は追加の補償措置が実施される。このマトリックスを一例として下記に示す。

表-3-8 リスク受容性マトリックスの例

強度	確率 (E= 非常に低い; A= 非常に高い)				
	E	D	C	B	A
5					
4					
3					
2					
1					

3つのクラスは次のように定義される。

- 高リスクゾーン (濃いグレー)
- 中リスクゾーン (薄いグレー)
- 低リスクゾーン (中間グレー)

この等級づけは、最大のリスクを最初に低減するというリスク低減に与えられる優先度に対応する。

- 高リスク：リスクを発生源で低減させるための追加措置は「高」クラスから出現
- 中リスク：リスクを制御するための対策及びその費用が期待される利益に見合う措置の実施可能性
- 低リスク：リスクを制御するための対策が存在、さらなるリスク低減の義務はないが、提言は可能

「高リスク」又は「中リスク」に入る全ての事故に対して、ダム所有者は、既存の安全障壁を改善し、必要に応じて追加措置を提案しなければならない。その目標は、確率及び/又は強度レベルを低減し、その事故をより安全なゾーンに移すことである。この残存リスクレベルはリスク受容性基準に比較される。リスク(損失及び/又は確率)を低減する、及びALARPが達成できるかどうかを目標として追加措置が設定され得る。

3.7 フランスにおけるダムのリスク評価の課題

新しいフランスの規則に従いダム安全報告書を作成するために、INERISは全ての必要とされる判断基準に対応する方法論を開発した。この方法論は、いくつかの事例研究でテストされてきて、その有効性が証明されている。しかしながら、最大PARの低減と影響を受ける人数の推定の手助けとなる全体の動的負荷に関連した解決すべき課題が存在する。これは、流速と

流水深に関連する基準、また住民への警報と避難させる必要な時間が評価できる基準を定義することであると考えられる。さらにこの評価が行われても、低減係数が決定される必要がある。加えて、もう一つの研究分野は初期事象の確率的評価である。これは自然災害と人的要素のために未だ複雑である。

フランスダム規則は比較的最近のものであり、強度レベル、確率の基準又はリスク受容性マトリックスがまだ定義されていないことに注意する必要がある。いくつかの安全報告書の比較ができるように、これらの基準は将来規則化されると考えられる。この規則が進化され、INERIS方法論が数年のうちに採用されることが望まれる。

4. おわりに

日本においても、ダムのリスク管理(健全性の確認)のために、農業用ダム機能診断マニュアルが整備されている。これらマニュアルには、施設管理者が日常点検を行う際の目視確認の重要な点検ポイントや観測データの整理・分析方法が掲載されており、ダムの変状をいち早く把握し、可能な限り早期に必要な対策を行うことに主眼を置いている。このため、ダムの決壊は想定されていない。

一方、平成24年度からは、各農政局等において①ダム造成時の水理的・力学的安定性に関する設計・施工内容の詳細確認、②現在において設計等により期待されている性能が発揮されていることの確認、③レベル2地震動(施設の供用期間中に発生する可能性は低いものの、極めて激しい地震動)に対する耐震性能照査を行う個別ダムの総合的な安全性評価の取組みが進められているところである。耐震性能照査マニュアルに基づく耐震性能照査の結果、一定の安全性が確保されていることが確認されているが、評価結果は絶対的なものではないため、地震後の対応を検討すべきダムも出てきている。土地改良施設の耐震設計を行う場合は、①被災による二次被害、②被災による本来の機能に与える影響を考慮した施設の重要度区分に応じて地震動レベルを区分し検討することとされている。これら検討にあたり、フランスの事例にあるような、影響評価、ダム下流の影響人口、リスク分析等を考慮した地震後対応の検討も重要であると考えられる。

【引用・参考文献】

- 1) T.Balouin, A.Lahoz, C.Bolvin, Y.Flauw : Risk Assessment Required In The Framework Of New French Regulation On Dams Methodology Developed By INERIS
- 2) 国際大ダム会議ガイドライン (Bulletin No.157) : 小ダム設計、監視と補修

水路の上部空間を利用した太陽光発電設備設置の取組み －水上浮体発電から危機管理対策へ－

綾 木 浩 之*
(Hiroyuki AYAKI)

目 次

1. はじめに	47	4. 設計と施工	49
2. 太陽電池モジュールを水面に浮かべる発電方法とは ..	47	5. 効果	50
3. 水上浮体実証実験から危機管理対策へ	48	6. おわりに	51

1. はじめに

水資源機構では、「再生可能エネルギー発電設備の認定」を受けた太陽電池モジュールを愛知用水および木曾川用水の水路施設の上部空間に設置し、平成25年4月から太陽光発電を稼働している。

太陽光発電をはじめとするクリーンエネルギーは、地球温暖化対策としてCO₂削減の取り組みがなされる中、東日本大震災後にその推進が特に注目を集めている。その中で、太陽光発電は近年太陽電池モジュールの価格が低下傾向であることや、固定価格買い取り制度が始まったことから普及が広がっているが、設置する用地の確保が大きな課題となっている。

本稿は、水資源機構が日本で先駆的に取り組んだ太陽電池モジュールを水面に浮かべる発電方法と水路の上部空間を利用して太陽光発電を行うことで環境負荷の低減、維持管理費の軽減および危機管理対策に有効利用している取り組みを愛知用水の事例で紹介するものである。

なお、いずれの取り組みも太陽電池モジュールを設置する用地問題等にも挑んだものである。

2. 太陽電池モジュールを水面に浮かべる発電方法とは

水資源機構は、平成19年度から24年度にかけて愛知用水の調整池である東郷調整池（愛知県愛知郡東郷町ほか）に総出力90kWの太陽電池モジュールを浮かせ、発電の効果と太陽電池モジュールの劣化進行を確認する実証実験を行った。これは、もともと環境省の「地球温暖化対策技術開発事業」を水資源機構が環境省から受託（平成19年度～20年度）し、『水面を利用した大規模太陽光発電システムの実用化を目指し

た技術開発』として始めたものであり、引き続き水資源機構が長期運用における耐久性と安定性の確認のため、平成24年度まで追跡調査を継続したものである。



図－1 位置図



写真－1 東郷調整池全景

* (現)独水資源機構監査室 (Tel. 048-600-6500)
(前)独水資源機構愛知用水総合管理所

(1) 実証実験の概要

太陽光発電は太陽電池モジュールの温度が上昇するに伴い、発電効率が低下する。上述の水上浮体実証実験（以下、実証実験と称す。）の目的は、水面に浮かべた太陽電池モジュールに散水し、モジュールの表面温度を低下させ、発電効率の向上を図り、このシステムの実用化を検証することである。また、調整池やため池といった未利用空間への設置コストの検証も目的の一つである。

実証実験は、湛水面積が広くかつ水位変動が比較的小さい東郷調整池を太陽光発電設備の設置場所とした。ここには、比較のための陸上設置も含めて、太陽電池モジュールの傾斜角や冷却方法を組み合わせ4ヶ所（総出力90kW）のユニットを次のとおり設けた。

水上浮体ユニット：出力10kW、傾斜角1.3°、水冷
水上浮体ユニット：出力10kW、傾斜角10°、空冷
水上浮体ユニット：出力60kW、傾斜角10°、水冷
陸上設置ユニット：出力10kW、傾斜角30°、空冷



写真-2 水上浮体ユニット全景

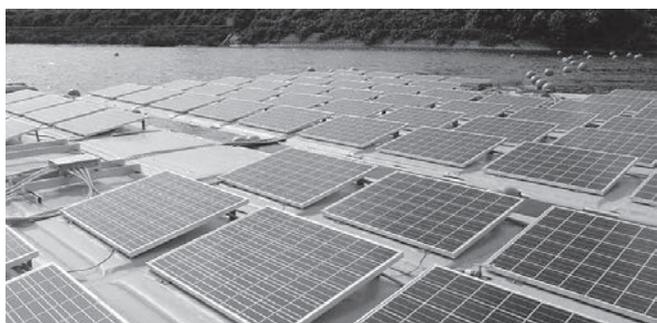


写真-3 水上浮体ユニット近景

(2) 実証実験の結果

実証実験では発電量のほか、太陽電池モジュールの温度、日射量等の計測を行い、SV（Sophisticated Verification）法にて解析を行った。解析結果から、水冷効果により発電効率が改善されたことが認められた。なお、解析方法ならびに解析結果の詳細は本稿では省略する。

(3) 5年間水上曝露させた太陽電池モジュールの劣化

陸上設置、水上浮体（空冷）、水上浮体（水冷）の各ユニットからそれぞれ2枚ずつ太陽電池モジュールを無作為に選定し、外観観察、絶縁性能等の劣化試験を行った。試験の結果から、散水による受光面ガラスの白色化現象により出力低下が確認できたが、それぞれに特徴的な差は認められなかった。このことから、水上曝露による湿度の影響や劣化の著しい進行はなかったと判断している。なお、試験方法ならびに試験結果の詳細は本稿では省略する。

3. 水上浮体実証実験から危機管理対策へ

水上浮体実証実験では、ある程度の成果を得たことから、水上浮体型の太陽電池モジュールを東郷調整池から撤去することになった（平成24年度）。

ただし、劣化試験で太陽電池モジュールに劣化が認められなかったことから、水資源機構はそれらを廃棄するのではなく、愛知用水のほか木曾川用水（愛知県稲沢市ほか）および総合技術センタ（さいたま市）へ分割移設し、有効利用する計画とした。愛知用水には総出力40kW分の太陽電池モジュールが移設された。

愛知用水を管理する愛知用水総合管理所は、不測の事態で電力の供給が途絶えた場合でも愛知用水の水管理設備へ電力を供給できるようにすることを移設の目的とした。なぜなら、地域の生活や産業を支える根幹である愛知用水は常に安定供給が求められるため、愛知用水の主要箇所の水位や流量等の状況を把握することは重要であるためである。ここに不測の事態とは、レベル2相当の地震の発生や落雷等を想定している。

移設箇所は4ヶ所とし、発電出力はそれぞれ10kW

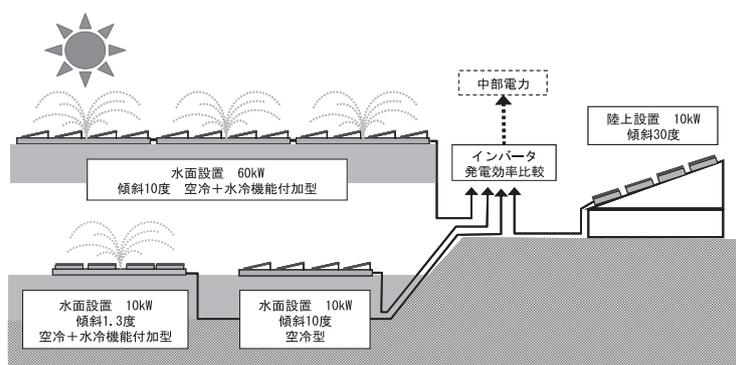


図-2 実証実験イメージ図

(5kW × 2) である。いずれも愛知用水を安定供給させるために必要なデータ収集（流量，水位等）を行う既存の局舎が在る場所であり，危機管理上，重要な地点である。これらの局舎内にある，テレコンテメータ子局の緊急時の電源として使用することとしている。

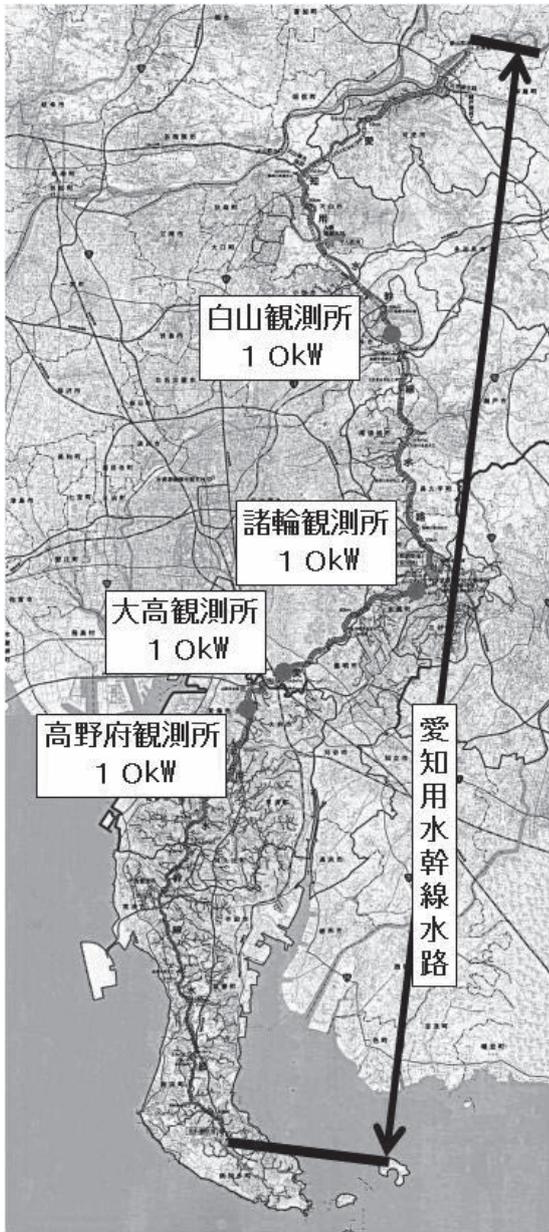


図-3 移設位置図

4. 設計と施工

(1) 設計

上述のとおり移設箇所を決定したが，愛知用水の左右岸は管理用道路（幅は4.0mと2.5mが標準）であるため十分な設置スペースがない。一方，愛知用水は愛知県西部の尾張丘陵地域から知多半島までほぼ南北に貫流している。つまり，水路の横断方向に架台を設ければ，太陽電池モジュールを南向きに並べることができる。そのため，移設予定4箇所のうち3箇所は水路をまたぐ方法で水路の上部へ設置することとした。（残り1箇所は水路をまたがず陸上に十分な設置スペースが確保できた。）

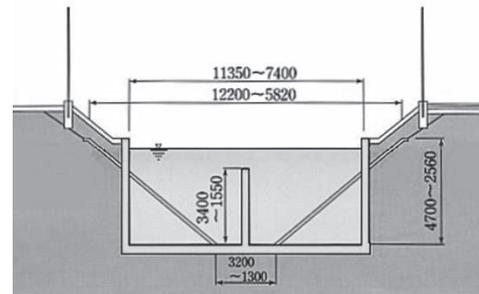


図-4 愛知用水標準断面図

愛知用水は農業用水，水道用水，工業用水を岐阜県から愛知県知多半島まで通水しており，最大通水量 $32.5\text{m}^3/\text{s}$ である。水路幅は最大約11mである。この水路を跨ぐ構造としているため大型の支持架台が必要である。さらに，風速60m/毎秒でも飛ばされない強度とした。基礎は直接基礎とし，水路に直接荷重はかけていない。

系統連系方式等については，連系の逆流あり（蓄電池なし）のシステムとした。停電時にはパワーコンディショナーを自立運転に切り替えることにより，局舎内の電力を補うことが可能である。

また，太陽電池モジュールの傾斜角は日本では最も効率が良いとされる 30° とした。

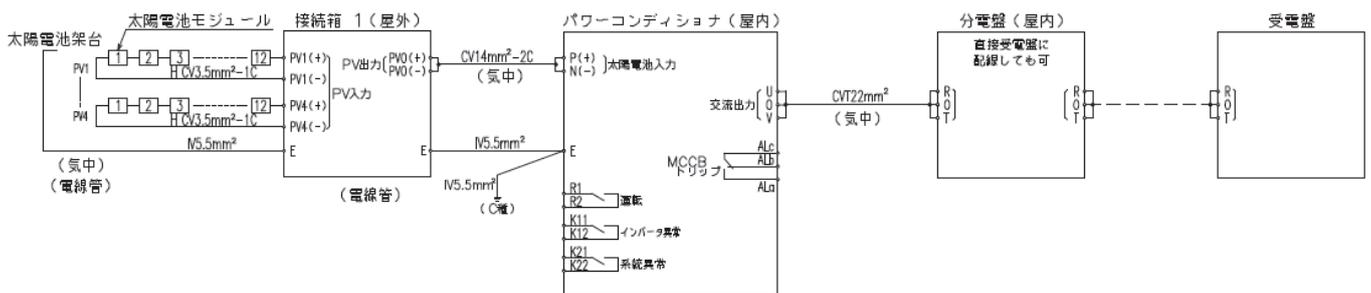


図-5 ケーブル結線図

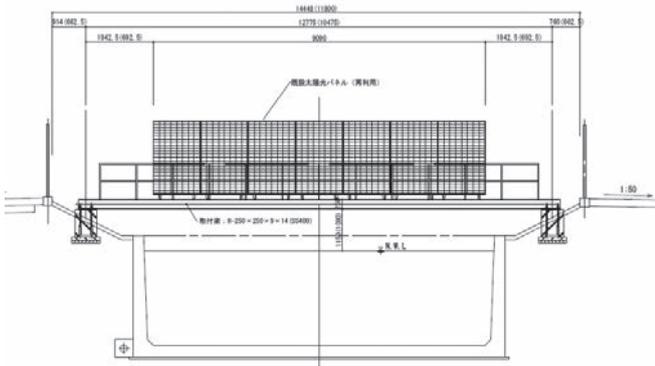


図-6 正面図



図-7 側面図

(2) 施工

平成24年10月に実証実験で使用していた設備の撤去を開始した。平行して移設先の架台等の設置工事に着手した。

移設に要した総費用（4ヶ所の設置の総額）は、次表のとおりである。

表-1 設置総費用

単位: 万円	
設計費	410
設備費	1,460
モジュール	0
架台	770
パワコン	530
付属機器	160
工事費	560
接続費用	40
合計	2,470

(いずれも消費税抜き)



写真-4 架台設置工事中

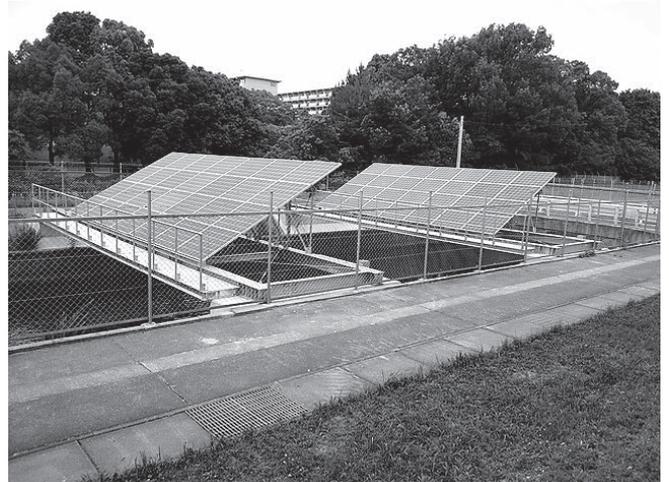


写真-5 水路上部空間に設置した太陽光発電 (事例1)



写真-6 水路上部空間に設置した太陽光発電 (事例2)

5. 効果

移設した太陽光発電設備は種々の準備が整い次第順次稼働を開始し、平成25年6月以降4箇所全てで発電を行っている。平成25年度は4月と5月が一部の箇所で発電がなかったものの、計画総発電電力量約44,000kWh/年を上回る44,214kWhの発電実績であった。今年度も天候に恵まれており順調に発電を続けている。

なお、この発電電力は、通常時は全量を売電している。売電収入は愛知用水の管理に必要な動力のための商用電力の支払いに充てており、管理費用の軽減につながっている。愛知用水の管理費は農業用水、水道用水、工業用水のそれぞれの利水者が負担しているため、結果として利水者の管理費負担軽減に寄与している。

計画総発電電力量（約44,000kWh/年）は、一般家庭の年間消費電力に換算すると約12世帯分（1世帯を4人家族とする）の年間消費電力量に相当する。また、その効果をCO₂削減量に換算すると年間で約23トンであり、原油換算では年間にドラム缶約57本分（約11,300L）を節約することに相当する。

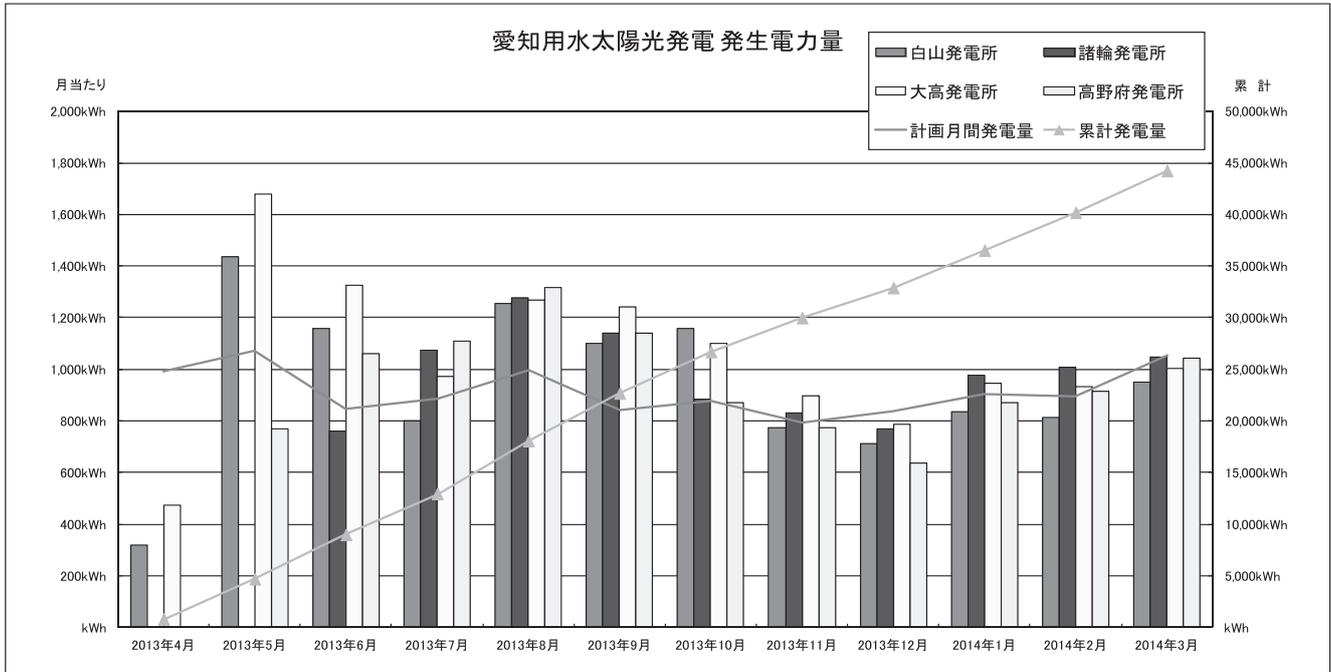


図-8 発生電力量

6. おわりに

今回の取り組みは、実証実験を終えた太陽電池モジュールを環境負荷の低減、維持管理費の軽減および危機管理対策を目的として有効利用したものである。もちろん、太陽光発電適地の調査や用地交渉も不要である。売電により利水者の管理費負担軽減も図れており、有効な移設であった。

ただし、もともと危機管理のために設置したこれらの施設であるが、幸い、緊急時に使用した経験はないため、その効果は未知数である。また、設置に起因した水路施設の管理上の問題があるのかについても検証する必要がある。このようなクリーンエネルギーの取り組みを行いながら、より一層の用水の安定供給に努めていきたいと考えている。

なお、クリーンエネルギーの取り組みといえば、水資源機構愛知用水総合管理所では小水力発電（最大出力1,000kW）も稼働しており、CO₂削減と利水者の管理費負担軽減に努めている。

【参考文献】

「水面を利用した大規模太陽光発電（PV）システムの実用化を目指した技術開発」成果報告書（平成21年3月、水資源機構）

追悼：平成26年9月27日、愛知用水の水がめである牧尾ダムを抱く御嶽山が噴火しました。王滝村をはじめ地域に大きな被害をもたらすと同時に、尊い命も多数奪われました。犠牲になられた方々へのご冥福をお祈り致します。

北海道稲作発祥の地「渡島平野」のあゆみ

横 沢 伸 二*
(Shinji YOKOSAWA)

目 次

1. はじめに	52	4. 渡島平野悲願の大沼疎水の誕生	53
2. 明治初期の開墾と用水路の整備	52	5. 大野川大堰の改修	54
3. 大沼疎水のはじまり	52	6. おわりに	55

1. はじめに

まどころ渡島平野は北海道の稲作発祥の地であり、現在のように豊かな実りがもたらされるようになったのは、多くの先人の苦闘と努力の礎があったからである。

その中でも国定公園大沼から豊富な暖かい水を大野平野に疎水したことは、大野平野の米作りを画期的に変えた。



写真－1 北海道水田発祥の地碑

2. 明治初期の開墾と用水路の整備

元禄5年（1692年）に、450坪を墾田し、10俵の米を収穫したと言われ、この伝承に基づき、「水田発祥の地」の碑が建てられている。その後新田開発が進み、明治6年には島松（現北広島市）の中山久蔵が大野（現北斗市）から米品種「赤毛」を持ち帰り、栽培に成功し、これにより、稲作が道央、道北へと広がり、大野の米が北海道の農業を変えていった。

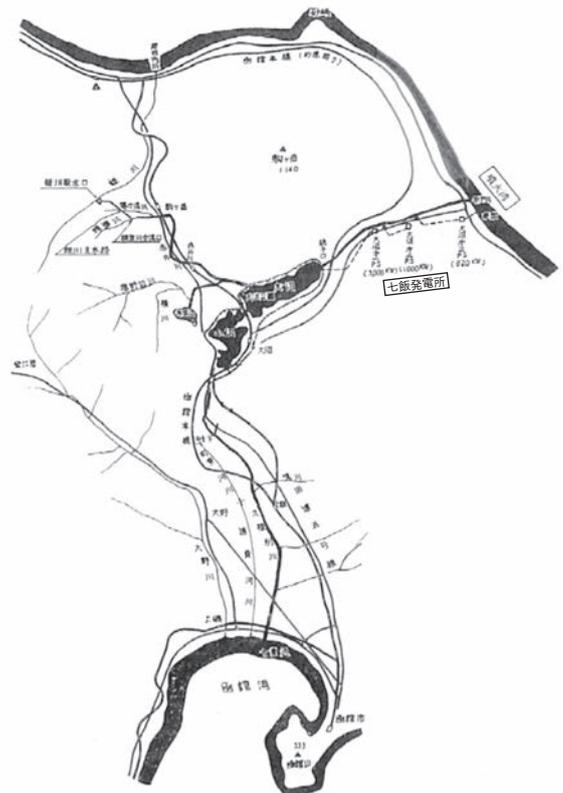
開田が進む一方で、水争いが深刻となり、大野平野を流れる大野川及び久根別川を水源とする堰並びに用水路の整備が進められた。

しかしながら、依然として水不足は解消されず、水源を大沼に求めるほかなくなった。

3. 大沼疎水のはじまり

大沼からの疎水に明治にして多くの先人が着目したという慧眼に敬服するところであり、新たな水田を開発することは渡島農民の悲願でもあった。

しかしながら、大沼の水は、折戸川を經由して噴火湾に注いでいるが、この折戸川筋に明治41年から大



図－1 旧七飯発電所位置図

*北海道開発局函館開発建設部函館農業事務所
(Tel. 0138-42-8831)

正8年にかけて3カ所の七飯発電所が建設されており、当時は渡島水電(株)(現北海道電力)から大野平野に流水する水利調整の同意は得られなかった。

戦後、新しい社会の建設に向けて始動し、政府は食糧増産に向け、土地改良法の制定(昭和24年)、電源開発法(昭和25年)などの法体制が整備された。また、昭和25年に北海道開発法が制定され、北海道開発庁が設置された。

一方北海道電力としても、折戸川に設置した発電所の老朽化と電力量の増強を図るため、新しい発電所の建設が必要となった。

大沼からの疎水に向けた状況が好転し、地元も気運が高まり、昭和26年に国営かんがい排水大野地区として調査費が予算計上された。

4. 渡島平野悲願の大沼疎水の誕生

昭和27年に「国営総合かんがい排水事業大野地区」の事業申請を行い、昭和36年に国営大野かんがい排水事業が着工した。

昭和34年11月に北海道開発局と北海道電力(株)で共同事業に関する協定書を交わし、昭和37年12月から大沼取水口、導水路、放水路等の工事に着手し、昭和39年12月に完成した。

工事が始まった頃は、大沼の水が本当に流れてくるのかと、疑いや事業に異を唱える受益者が多かったが

昭和40年に大沼の水が発電を経て、渡島平野に流れ、水田で利用され始めると今までの用水に比べて、水温・水量とも非常に異なり、事業に対する反対の雰囲気は大きく変わった。

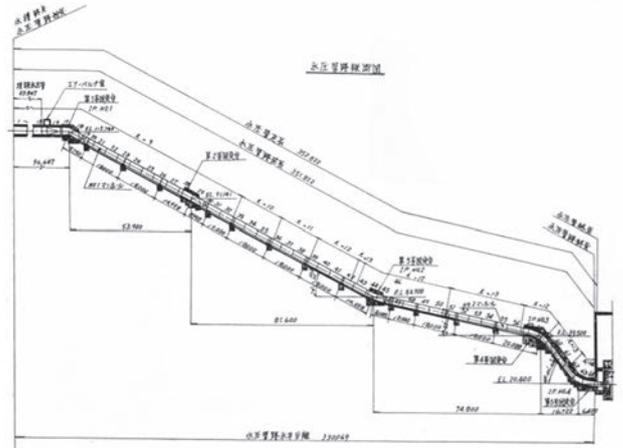


図-3 七飯発電所新設水圧管路縦断面図



水圧鉄管の布設(北海道電力七飯発電所工事記録 昭和39年)

写真-2 水圧鉄管の布設状況

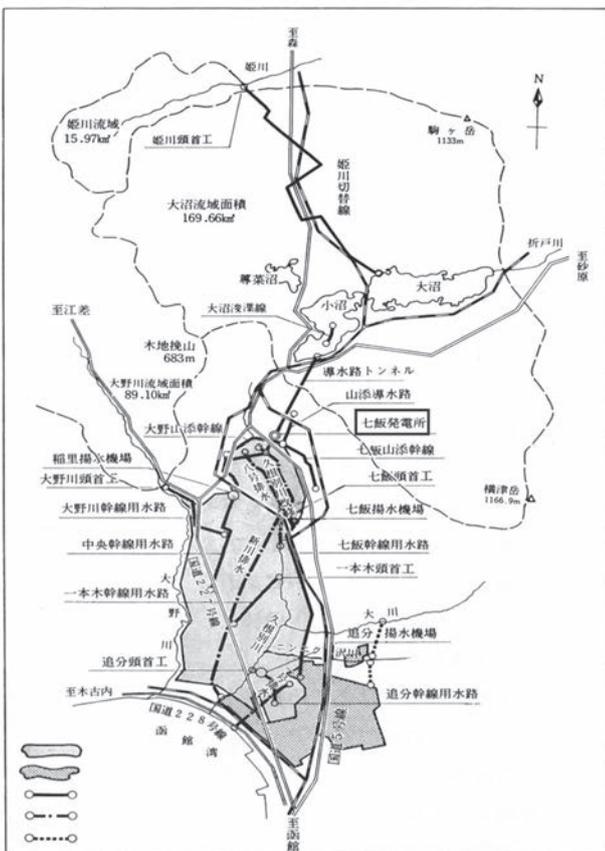


図-2 国営総合かんがい排水事業大野地区一般図(新七飯発電所位置図)



写真-3 新七飯発電所



大沼国立公園
 ○自然公園法に基づき、昭和33年7月に指定。
 ○活火山である駒ヶ岳と、噴火によってできた大沼、小沼、蓴菜沼等、自然豊かなその周辺地域一帯の区域

写真－4 大沼国立公園

表－1 「国営総合かんがい排水事業大野地区」の概要

関係市町村	函館市,大野町,上磯町,七飯町
受益面積	水田 2,940ha
事業工期	着工 昭和 36 年 完了 昭和 53 年
総事業費	国営事業費 5,518,708 千円 農業専用費 4,013,520 千円 共同事業費 1,848,477 千円 国費 1,505,183 千円 (82%) 発電 343,289 千円 (18%)
主要施設	(農業専用事業) ◇大野川頭首工(最大取水量 2.2 m ³ /s) ◇一本木頭首工 (最大取水量 1.5 m ³ /s) ◇七飯頭首工 (最大取水量 1.8 m ³ /s) ◇追分頭首工 (最大取水量 0.7 m ³ /s) ◇稲里・七飯・追分揚水機 3カ所 ◇用水路 6 条 (総延長 31.5km) ◇排水路 3 条 (総延長 14.7km) (共同事業) ◆姫川頭首工(最大取水量 2.4 m ³ /s) ◆大沼導水路 (延長 2.6km) ◆調圧水槽 1カ所 ◆水圧管路 (延長 0.4km) ◆放水路 (延長 1.1km)

5. 大野川大堰の改修

大野平野のもう一つの水源である大野川頭首工は、文化2年(1805年)、当時の箱館奉行が「蝦夷地の開拓はまず米」という建前から大野平野に着目し、大開田に踏み切り、開田が進むにつれ、水不足が生じ、大野川から引水したのが大野川大堰で、現在の大野川頭首工の前身である。

戦後に入り、この大野川大堰は老朽化し、取水が不安定で地元から改修要望を強く求められたが、大沼の



写真－5 大野川大堰 (改修前)



写真－6 大野川頭首工 (昭和47年完成)

疎水計画において、大沼の水だけでは大野平野全域をまかないきれず、大野川の水を取水する必要がある国営大野かんがい排水事業で大野川大堰の改修を行うこととなった。

また、大野川の水を利用するに当たり、大沼の水に比べ水が冷たい問題があり、これを解決するために、水路の幅を広くした温水路の改修計画とした。



写真-7 大野川頭首工（平成24年改修）



写真-8 大野川幹線用水路（広幅水路：上流からの全景）



写真-9 大野川幹線用水路（広幅水路：下流からの全景）

水路延長：3.9km（うち広幅水路1.2km）
 最大通水量：1.99m³/s
 水路縦断勾配：1/1000（壁高0.6m 落差工18箇所）
 水路敷地幅：10～40m（平均22.9m）

6. おわりに

国営大野かんがい排水事業は昭和53年に完了したが、その後さらなる良食味米の開発が進み、平成15年に「ふっくりんこ」が誕生し、良食味米の品質確保のためには、幼穂形成期に水温で穂体を保温するための深水かんがいが必要不可欠であった。一方、施設の老朽化が進んでいた。このため、用水施設の再整備と用水システムの再編を行い、必要な用水を確保するため、平成18年度、国営かんがい排水事業大野平野地区に着手し、農業経営の安定と地域農業の振興に努めているところである。

今後も先人の作り上げてきた大野平野の歴史的土壌改良施設である資産を絶やさないように地域農業と密接に歩んでいく必要がある。



写真-10 地域のブランド米「ふっくりんこ」

【参考文献】

- 七飯発電所工事記録：北海道電力(株)七飯水力発電所建設所（1965）
- 大野かんがい事業誌：函館開発建設部函館農業事務所（1979）
- 水天界：設立50周年記念誌：渡島平野土地改良区（2014）

地盤沈下した津波被災農地の海水侵入状況の調査とその対策

中 矢 哲 郎* 桐 博 英* 友 正 達 美*
(Tetsuo NAKAYA) (Hirohide KIRI) (Tatsumi TOMOSHO)
瑞慶村 知 佳* 成 岡 道 男*
(Chika ZUKEMURA) (Michio NARUOKA)

目 次

1. はじめに	56	4. 塩水侵入抑制対策の考案	59
2. 研究の目的	56	5. まとめ	60
3. 現地調査による塩水侵入状況の把握	56		

1. はじめに

東日本大震災津波により甚大な被害を受けた農地では、被害の少なかった内陸部から除塩工事、瓦礫撤去等の復旧作業が進んでいる。2013年3月の時点での復旧完了面積は38%であり、2014年度までに津波被災農地の約70%で営農再開が可能となる見込みとされている¹⁾。しかし、被害が甚大であった海岸付近の農地は依然として復旧が遅れている。中でも宮城県仙台平野沿岸部、東松島市野蒜地区、石巻市北上川沿岸などの干拓地や海拔0m以下地帯では復旧の進捗が遅れている。こうした地域では、まず広域にわたる排水路網、大型ポンプ、排水ゲート等で構成される排水系統の復旧を行い、常時、豪雨時の排水停滞の解消を行う必要がある。この排水系統の復旧に際して大きな問題となるのが、被災後に海と農地がつながり海水が侵入したままの区域の干陸化や、内外水位差の変化による計画排水量の見直しなど、広域にわたる地盤沈下にもなう被害への対策である。国土交通省は地盤沈下量に応じた計画高水位の補正など²⁾、河川計画への影響について検討を行っている。農業においては、一度排水された海水が地下をとおり再び農地に戻り塩害を引き起こす海水再侵入の対策が早急に必要である。

2. 研究の目的

以上の背景から、宮城県石巻市北上川河口域の地盤沈下した農地を対象に、まず現地調査により、海水再侵入の状況を把握した。調査結果を基に、既存の塩水侵入対策について検証を行った上で、農地への海水侵入対策として、圃場貯水とブロック排水による手法を考案した。

なお、本報文は中矢ら³⁾による既往の報文に新たな

調査結果とその考察を加えて報文としてまとめたものである。

3. 現地調査による塩水侵入状況の把握

(1) 津波被災の概要

北上川河口地域では最大12mの津波浸水高が生じ、防潮堤、用排水機場、パイプライン、排水路は破壊され、農地においては約900haの水田が甚大な被害を受けた。被災した河口域では81cmの地盤沈下が生じた。現在は423haが営農を再開しており、地域の担い手が効率的な営農をできるように関係機関が地域の復旧・復興を行っている⁴⁾。図-1に石巻市北上川河口域の概要と、震災前の地盤標高を示す。震災前の地盤高の表示には国土地理院の基盤地図情報数値標高モデルを使用した。被災前の地盤標高を見ると、0~0.5mの低地が多く、0m以下の地域も拡がっている。このうち、

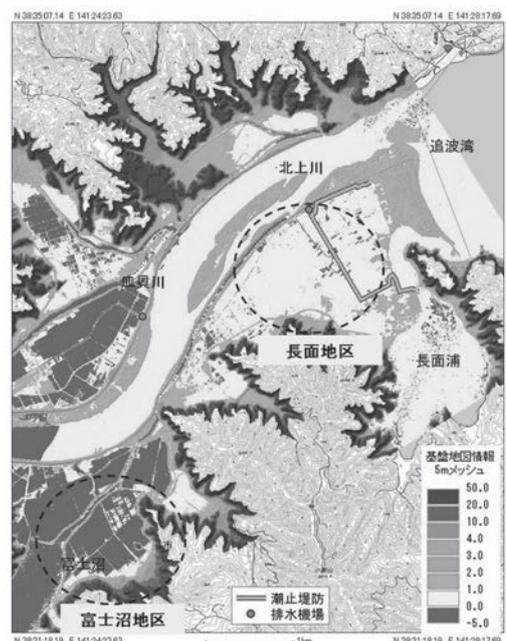


図-1 北上川河口域(震災前)の概要と調査範囲

* (独)農研機構農村工学研究所 (Tel. 029-838-7568)



津波被災前（1995年7月）



津波被災直後（2011年4月）



津波被災一年後（2012年3月）



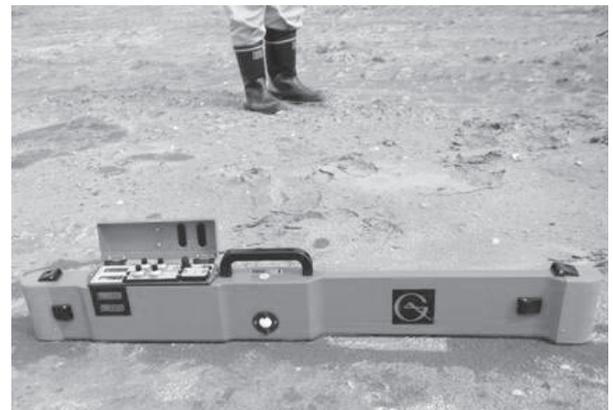
津波被災二年後（2013年6月）

写真－1 北上川河口域（長面地区）津波被災前後の航空写真

長面区域を選定し津波被災前後の状況を航空写真から把握した。写真－1は長面区域を追波湾側から俯瞰したものである。被災前は海岸線には防潮林があり、内陸全体に農地が広がっていた。津波被災後は防潮林や河口突端の砂州部分が流出し、全体的には地盤沈下の影響により海水とつながった状態となり、農地は完全に水没した。被災から一年後にも水没し、海とつながったままの状態であり、対策が進んでいない状況にある。津波被災から2年後の2012年の10月から一部干陸化となり、海側では土盛りと大型土嚢により止水し、農地側には矢板により防潮を実施している。2013年度には農地復旧除塩工事を予定している。このように地盤沈下した農業地域の津波被害は過去に前例のない長期的に継続する複合災害であり、その復旧には広域にわたる大規模な工事を伴うため、早急かつ長期的な見通しのある対策が必要とされている。

(2) 調査方法

図－1の長面地区および富士沼地区の被災農地において、塩水侵入状況の把握を行った。調査は2013年3月に行った。長面地区については5月にも追加調査を行った。塩水侵入状況の把握には、写真－2に示す電磁探査法を利用した土壤電気伝導度測定器である「EM38-MK2」（Geonics社製）を用いた（以下EM38と略す）。EM38は非破壊で作物の根の深さまでの土壤の電気伝導度を測定することが可能であり、測定器は5.4kgと軽量であるため、写真－3に示すように手



写真－2 EM38の外観

に持ちながらの連続計測が可能である。測定レンジは0～10dS/mで、2つの測定モードがあり、それぞれ2種類のコイル間隔で測定できる。今回はそのうちコイル間隔が0.5mと1.0mの水平モードで測定した。測定値としては以下の深さ方向の重み付き平均のEC_a（見かけの電気伝導度）が得られる。

EM_{H0.5}：コイル間隔0.5m，有効深さ0.38m

EM_{H1.0}：コイル間隔1.0m，有効深さ0.75m

FAOがまとめた、作物への塩類の影響の一覧⁵⁾を活用するには、飽和抽出溶液中EC（以下EC_eと記す）に換算することが必要である。この換算にはさまざまな換算式が提案されているが、今回は久米ら⁶⁾による方法により、EM_hを1：5水浸出法で得られたEC（以下EC_(1.5)と記す）の値に換算後、EC_eに算定する手法⁷⁾



写真-3 EM38による土壤EC調査風景

を用いた。以上より EM38 の値から EC_e を直接算定する場合は次式となる。

$$EC_e = 9.7 \times (0.53 \times EM_H - 0.118) \quad (1)$$

$$= 5.141 \times EM_H - 1.14$$

塩類土壌の判定には、一般的に用いられている基準の一つである、以下の判定基準を用いた⁸⁾。

非塩類 ($EC_e < 4dS/m$), 塩類 ($EC_e > 4ds/m$)

(3) 調査結果

(a) 長面地区

長面区域の $EM_{H1.0}$ の調査結果を図-2に示す。重ねて表示している被災後の航空写真は国土地理院の東北地方太平洋沖地震正射画像(撮影,2011年5月~11月)を使用した。

表-1に長面地区における EM38 による測定値の整理結果を示す。3月, 5月ともに平均と最大の EM_H は, 図-2の全ての測点箇所から算定した。また算定値を式(1)により EC_e に換算した。2013年3月の結果を見ると, 海に近くかつ北上川に近い箇所は海水の影響で高濃度になっている。また表層の0.38m深さまでは基準上限である $4dS/m$ をわずかに下回っているが, $0.75m$ 深さにおいては $4dS/m$ を超えている。このことは深部の方により高濃度の塩分が存在することを示す。5月になると, 表層, および深層ともに $4dS/m$ を超えている。5月の黄色点の計測箇所に近い付近の3月の計測値の平均値の比較より, EC 値の変化を調べると, 3月で $EM_{H0.5}$ は 0.52 , $EM_{H1.0}$ は 1.63 となり5月の方がやや高くなっている。このことは調査領域内で高濃度塩分の水たまりが存在しているように, 矢板による塩水侵入対策が十分でなく, 地下からの海

表-1 土壤電気伝導度の計測結果(長面地区)

測定年月	測定項目	有効深さ(m)	平均 EM_H dS/m	最大 EM_H dS/m	EC_e dS/m
2013.3	$EM_{H0.5}$	0.38	0.84	8.31	3.16
	$EM_{H1.0}$	0.75	1.45	5.75	6.29
2013.5	$EM_{H0.5}$	0.38	1.31	3.08	5.59
	$EM_{H1.0}$	0.75	1.78	3.45	7.98

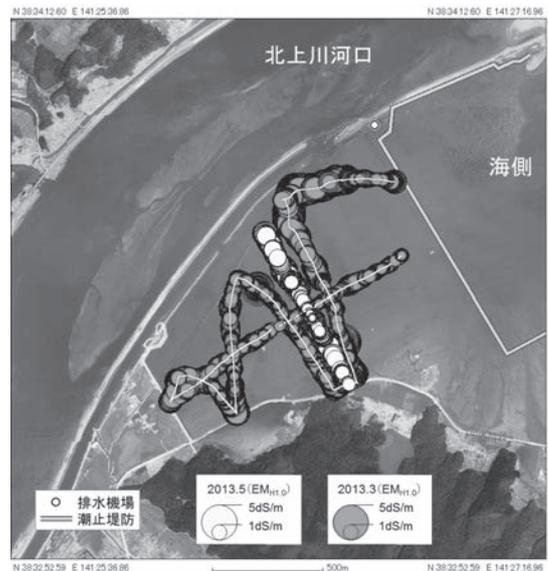


図-2 EM38による土壤塩分の調査結果(長面地区)

水侵入が継続しており, 塩分濃度が時間の経過とともに上昇していることが予想される。この水溜り部分の EC は $20 \sim 30dS/m$ であり, 海水の EC である $40 \sim 50dS/m$ に近い値になっている。調査領域内を掘削したところ, $50cm$ 程度で高濃度塩分を含む地下水が生じることからも, 塩水の侵入が継続している状況が明白であった。

(b) 富士沼地区

表-2に富士沼地区における EM38 による測定値の整理結果を示す。図-3には EM38 による調査の軌跡と EC の測定結果を示す。平均と最大の EM_H は, 図-3の全ての測点箇所から算定した。また算定値を式(1)により EC_e に換算した。結果を見ると, 表層 $0.38m$, 下層 $0.75m$ 深さともに塩害基準上限である $4dS/m$ を下回っている。場所的な分布においても図-3からわかるように, 全体的に低い値になっている。また長面地区と比較すると値は大きく下回っている。また長面地区は表層より下層の塩分濃度が高いが, 富士沼地区は表層の方が高い傾向にある。富士沼地区は図-3の航空写真にあるように, 被災当初は, 農地全体に津波の浸水を受けたが, その後排水され, 周囲からの海水侵水はみられない状況であった。よって, 被災当初に海水の影響で高かった塩分は降雨によりほとんど除去され, その後も地下からの塩水侵入が長面地区ほど大きくないために, 下層の塩分濃度は低く抑えられていることが予想される。

このように, 津波被災農地においては, 津波による被災当初の塩分はほぼ除去されるが, 地盤沈下に伴う $0m$ 地帯の拡がりにより, 地下からの塩水の侵入がある場合は, 表層より下層の塩分濃度が上昇し, 塩害が継続する傾向にあるといえる。よって, 地盤沈下した津波被災農地の塩害対策を行う場合は, 通常行われる

表-2 土壌電気伝導度の計測結果 (富士沼地区)

測定年月	測定項目	有効深さ (m)	平均 EM _H dS/m	最大 EM _H dS/m	ECe dS/m
2013.3	EM _{H0.5}	0.38	0.32	2.87	1.82
	EM _{H1.0}	0.75	0.58	2.21	0.49



図-3 EM38による土壌塩分の調査結果 (富士沼地区)

灌漑水による除塩ではなく、継続する地下からの塩水侵入対策を行う必要がある。

4. 塩水侵入抑制対策の考案

津波被災地での農地除塩復旧事業では除塩水の灌水により塩分を洗い流すリーチングが用いられてきたが、地下からの海水侵入に対する効果は一時的で再び塩分が上昇する恐れがある。地下から農地への海水再侵入に対しては、主に地下ダム開発における止水壁によるものと、干拓地における潮遊池によるものの大きく二つに分けられる。

止水壁設置の効果に関しては、藤山ら⁹⁾や、Luyunら¹⁰⁾により詳細な検討がなされており、不透水層基盤から地表に向けて止水壁を設置した場合には、塩水くさびは消失する効果があることを示している。不透水層基盤が深く地表から地下に向けて止水壁が不透水層に達しない場合、止水壁位置が塩水侵入域内である場合は、貫入深さが大きくなるほど塩水抑制効果は増大するが、塩水侵入域外であれば、逆に塩水侵入が促進する危険性があることを示している。現地では、図-2の潮止堤防部分は鋼矢板で塩水侵入を防いでいるが、写真-4のように十分な貫入深さが得られていないため矢板下部をまわりこんだ塩水が農地に染み出している。実際に塩分濃度ををはかったところ、ほぼ海水を呈す濃度であった。よって、海水の侵入を防止する

には、さらに矢板の貫入深を大きくする必要があり、結果的に対策工事には多額な費用と、施工期間を要することになる。



写真-4 現地の矢板の設置状況 (2013.3)

潮遊池は干拓地の潮止め堤防背後に設置され、ゲートにより海側からの逆流を防止し、池内の淡水水頭を確保し、塩水領域を下げることで、塩水侵入を抑制する手法である。実際の干拓地における潮遊池の状況を写真-5に示す(熊本県八代海干拓地)。この手法で地区全体の塩水領域を下げるには、広範囲の池面積が必要になり、池内の塩分濃度の低下と地区全体の排水のために排水機場と潮止ゲートの設置が必要となる。これらの方法を現地に適用するには、止水壁工法以上に大掛かりになり、工事面積は大きくなる。また農地全体の地下水位が高くなり、畑作を行う場合は排水不良による湿害が懸念される。

これらの結果を基に、潮遊池の代わりに水田や貯水池を圃場内外に配置し、地下に淡水を供給することで塩水侵入を抑制したうえで、畑エリアのみ強制的に暗渠を通じてポンプで排水するブロック排水^{11) 12)}を組み合わせる手法を検討する。この塩水侵入抑制手法の概要を図-3に示す。ブロック排水は、排水機場の大幅な機能向上を伴わずに水田と畑作の混在化を可能とする。また、上記2工法に比較して大掛かりな土木工事



写真-5 潮遊池の現地の配置状況

を必要とせず、コストや工期の面で有効である。しかし、ポンプによる強制排水は下部の塩水領域を引っ張り上げることによる塩害のリスクへの対策が必要となる。

この塩害リスクの検討に関しては中矢ら³⁾の数値解析による検討がある。ここでは、室内実験スケールで海側から陸側への地下からの塩水侵入がある状況を設定した上で、陸側の淡水の給水とポンプによる強制的な排水位置を変化させ、淡塩境界の侵入域の長さ、厚さの変化を検証している。給排水を行わない場合の淡塩境界先端の侵入深さから、強制的に排水を行うことで淡塩境界深さは上昇し農地下層の塩分濃度は上昇するが、水田やため池に相当する陸域の淡水供給を行うことで、塩分の上昇を抑制できた。また給水を行う場合、海側より陸側に給水を行う方が、下向きの流れの領域が長くなるため、淡塩境界の抑制効果が大きくなることが明らかになっている。

このように圃場貯水とブロック排水による対策は、まだ数値解析のみによる検討ではあるが、有効性が検証されている。よって今後簡便かつ農地汎用化も実現可能な対策として、現地の地下塩分濃度のモニタリングを実施しながら、導入可能性を検討してゆくことが期待される。

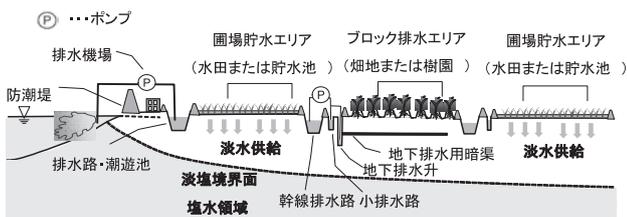


図-4 圃場貯水とブロック排水による塩水対策例

5. まとめ

津波被災農地の海水侵入対策の検討を現地調査より行った結果、以下の事項が明らかになった。

- ①大きく地盤沈下した河口域の農地では、一部干陸がなされているが海水湛水下の農地も多く、津波被害からの復旧が大きく遅れている。
- ②EM38により測定した海側の干陸中の農地内ECは、表層より下層の方が高く、海水侵入の影響が継続している。
- ③地盤沈下地帯であっても海水侵入の影響が小さい場合は、津波被災後の塩分は除去され、営農可能な塩分濃度になっている。
- ④現地への塩水侵入の対策手段の一つとして圃場貯水とブロック排水手法を提案した。

今後は現地の地下も含めた水理条件を反映させた数値解析を行い今回提案した手法の妥当性をさらに検証する。

謝辞：本研究は日本学術振興会科学研究費（若手研究（B）、No.25871100）、および農林水産省委託研究「食料生産地再生のための先端技術展開事業」の補助を受けて行われました。ここに記して謝意を表します。

【参考文献】

- 1) 農林水産省：東日本大震災からの農林水産業の復旧状況，http://www.maff.go.jp/j/kanbo/kihyo02/fukkou/pdf/2606_bun1-1.pdf, 2014.9 閲覧
- 2) 国土交通省 水管理・国土保全局：広域的な地盤沈下に対応した計画高水位の補正に関する資料，http://www.mlit.go.jp/river/basic_info/jigyo_keikaku/gaiyou/seibi/pdf/natori/h241114_3.pdf2013.6., 2013.9 閲覧
- 3) 中矢哲郎，丹治肇，桐博英，友正達美，瑞慶村知佳：地盤沈下した津波被災農地の海水侵入対策の検討，土木学会論文集 B1（水工学）58（4），2014年2月，I_1159～I_1164,2014.
- 4) 宮城県：北上川沿岸土地改良区管内における津波被害の農地復旧について，<http://www.pref.miyagi.jp/uploaded/attachment/210140.pdf>, 2013.9 閲覧
- 5) FAO：The use of saline waters for production, *FAO Irrigation and Drainage Paper*, No.48, pp.27-31,1992.
- 6) 久米崇，長野宇則，渡邊紹裕，三野徹：電磁誘導法による均質土壌の塩分濃度測定法：農業土木学会論文集，No.227,pp.105-111,2003.
- 7) Al-Busaidi, A.,T. Yamamoto, C. Bakheit and P. Cookson: Soil Salinity Assessment by Some Destructive and Non Destructive Methods in Calcareous Soils, *J. Jpn. Soc. Soil Phys.* No. 104, pp.27-40, 2006.
- 8) USDA: The Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils, *Agricultural Handbook 60*, Soil Conservation Service,1954.
- 9) 藤山宗，初井和朗，中川啓，小路順一：海岸帯水層における止水壁設置後の塩分動態に関する研究，H18 農業土木学会大会講演会講演要旨集，PP730-731
- 10) Luyun Jr. Roger, Momii Kazuro, Nakagawa Kei, Fujiyama So.: Saltwater dynamics due to cutoff wall installation in coastal unconfined aquifers: experimental and numerical studies, *International Association of Hydrological Sciences Publication*, Vol.320, pp.214-219,2008.
- 11) 兼子健男，村川雅己，竹本眞悟，穴井浩二：用排水路における汎用農地化のための水管理システム，農業土木学会誌，68-10，pp.1057-1062, 2000.
- 12) 佐野文彦：地下排水分離と圃場貯水，*JAGREE*, 70, pp.64-70, 2005.

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26年度の年会費は2,300円です。なお、別紙のPR版を作成しましたので会員の勧誘に活用いただければ幸いです。

2. 報文投稿の募集

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

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

投稿規定

1. 原稿には次の事項を記した「投稿票」を添えて下記に送付して下さい。

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

2. 「投稿票」

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

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

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

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

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

※データと違いがないかをプリントアウトした原稿で必ず確認して下さい。

6. 写真・図・表は本文中の挿入個所を明確に指定して下さい。

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

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 (バイ) 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げ, 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。

農業土木技術研究会 会員の募集

1. 発足40周年を迎えた「農業土木技術研究会」

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

〈農業土木技術研究会の変遷〉

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

2. 技術力向上に資する「農業土木技術研究会」

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

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

3. 会員が支える「農業土木技術研究会」

本研究会の活動は、皆様の年会費によってまかなわれています。

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

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

申し込み様式は以下を参考にして下さい。

入会申し込み

平成 年 月 日

私は農業土木技術研究会に入会します。

氏名： _____

職場・所属： _____

職場住所（会誌送付先）：〒 _____

電話番号： _____

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

「水と土」通信

FAX 宛先：農業土木技術研究会 03 - 3578 - 7176

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

1. 本号（173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

本年9月に本省農村環境課勤務を拝命し、数ヶ月が経ちました。前任地の国営事業所では、工事の監督等で現場に出る機会が多かったのですが、本省勤務となると現場の雰囲気を感じる機会が少なくなり、多少の寂しさを感じているところです。

仕事面では、前歴事業で造成した農業水利施設を更新する事業を推進する立場にて仕事に携わった後に、今度は事業計画を立てる際の基本となる計画基準の改定に係る仕事に携わることができ、何か不思議な縁を感じております。現場にて経験した技術的な事柄や営農状況等の地域の情勢に触れた機会等を活かしつつ、微力ながら日々業務に励んでいるところです。

また、私生活を比較してみますと、地方で生活していた時は車社会のため、買い物に行く際も遠出する

際にも車が必需品であり、徒歩で移動することはほとんどありませんでした。一方、東京で暮らしてみますと、交通網が発達していることから、車は必要無くなり、歩く機会が増えてきました。社会人になってからは運動不足な状況ですので、歩く機会が増えたことをきっかけに、何か運動を始めてみようかと思い始めた今日この頃です。

まとまりのない文章となりましたが、最後に、本誌のような農業農村整備事業や新技術等に関する情報が掲載されている刊行物は、我々技術者にとって貴重な情報源となりますので、末永く刊行が続くよう、微力ながらお手伝いできればと考えております。

(農村振興局農村政策部農村環境課 松崎真澄)

水と土 第173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

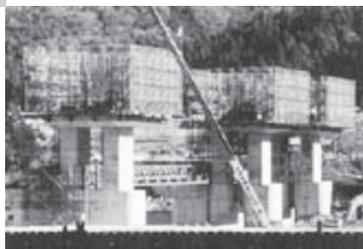


土地改良事業
の推進



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

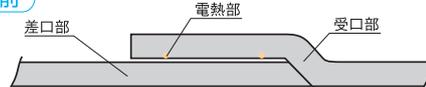
農業用水のパイプラインに！

管路の一体化による継手部の信頼性！

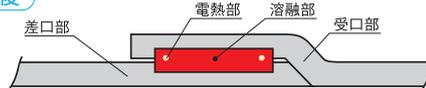
EF継手は電熱線の通電により熔融し、受口、差口を一体化させ、万全の気密性を保持できます。また、融着品質のばらつきがなく、作業が容易なため、工期短縮・コスト縮減が実現出来ます。

EF継手(エレクトロフュージョン)

通電前



通電後



内
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.daip्ला.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