

水と土

No. 177

2016
MARCH

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



① 東日本大震災から5年（被災直後の排水機場）



② 東日本大震災から5年（復旧した排水機場）



③ 「疏水のある風景」写真コンテスト2015
（農村振興局長賞「用水路を守る」）



④ 「疏水のある風景」写真コンテスト2015
（全国水土里ネット会長賞「悠久の流れ」）



⑤ 子供会が参画した清掃活動



⑥ ロータリーパーカッションによる削孔状況

水と土

Contents

2016 MARCH No.177

- ◆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

- 沖縄の国営事業に関する近況報告 島尾武文 7

□報文

キーワード

- | | | |
|--------|---|------------------------------|
| 農業用水 | 農業用水について（その2） ～農業用水利施設を中心としたストック効果～ | 北林英一郎 8 |
| 維持管理対策 | 東京の農業用水の現状と課題について | 太田純治・兼子真典 16 |
| フィルダム | 市野新田ダムの遮水性材料における施工含水比の設定方法 | 井守 徹 20 |
| 新技術 | 水土保持相談センターによる新技術・工法の啓蒙・普及活動について | 中井 雅・江上博司・槻瀬 誠 26 |
| 小水力発電 | 農業用水路を利用した小水力発電施設の運用上の課題について（加子母清流発電所の事例） | 今瀬誠司 32 |
| 耐震対策 | 香川用水における耐震性能照査手法（重要度評価）と設計事例について | 安永 功・千屋正仁 40 |
| 機能診断 | 塩害により劣化したコンクリートの機能診断事例について
－潮見幹線排水路開渠工の機能診断から設計まで－ | 竹内基裕・吹田勝治 45 |
| 堆砂対策 | ダムの堆砂状況と今後の堆砂対策について | 竹中一行・松永 健・大西慶典 51 |
| 堤体改修 | 砕・転圧盛土工法によるフィルダムやため池の堤体改修での堤頂補強問題 | 福島伸二・谷 茂 56 |
| 水路更正工法 | 寒冷地における水路更生工法の補強効果 | 渡部浩二・竹田 誠・田場一矢・緒方英彦 63 |

□技術情報紹介

- 粘土質転換畑における大型シリンダーを用いた下層土の透水性調査手法 福本昌人 68
- 平成27年度農業土木技術研究会研修会レポート
「農業農村整備の先端」 編集事務局 75

- ◆会告 82
◆入会案内 83
◆投稿規定 85

- 表紙写真● ①東日本大震災から5年（被災直後：二郷堀排水機場）
②東日本大震災から5年（直轄特定災害復旧事業「仙台東地区」二郷堀排水機場）
③「疏水のある風景」写真コンテスト2015（農村振興局長賞「用水路を守る」）（長野県）
④「疏水のある風景」写真コンテスト2015（全国水土里ネット会長賞「悠久の流れ」）（愛媛県）
⑤投稿記事より「子供会が参画した清掃活動」（P18）
⑥投稿記事より「ロータリーパーカッションによる削孔状況」（P44）

水と土 第177号 報文内容紹介

農業用水について（その2） ～農業用水利施設を中心としたストック効果～

北林英一郎

農業用水のもたらすストック効果として、農業用水の供給が経営作物の変化及び生産性の増大をもたらす、バリューチェーンの構築とも相まって、所得の増大が発生していくプロセスについて事例をもとに説明する。さらに、施設の陳腐化等に伴う改修についても、農業用水利施設のリノベーションといった観点からとりあげる。

（水と土 第177号 2016 P. 8 企・計）

東京の農業用水の現状と課題について

太田純治・兼子真典

東京の農業用水は、古いものでは室町時代に開削されたものや、江戸幕府による新田開発や灌漑と生活用水確保されたもの等、様々な歴史を持つ。東京都では、受益となる農地が激減しているが、73の農業用水が現存し、農業生産のみならず都市空間の中の自然環境保全等、地域に欠かせない存在となっている。都市化が進んだ東京における農業用水の現状と管理実態を紹介するとともに、用水維持管理における様々な取組事例を示し、維持管理上の課題を掘り下げていく。

（水と土 第177号 2016 P.16 企・計）

市野新田ダムの遮水性材料における 施工含水比の設定方法

井守 徹

市野新田ダムにおいて、築堤工に先立ち平成26年度に実施した盛立試験において、特に慎重な施工管理が求められる遮水性材料に着目し、その中でも材料特性に大きな影響を与える項目である含水比の施工仕様の決定方法について工夫した点を報告する。

（水と土 第177号 2016 P.20 設・施）

水土保全相談センターによる新技術・工法の 啓蒙・普及活動について

中井 雅・江上博司・槻瀬 誠

東海農政局水土保全相談センターでは、平成23年度からストックマネジメント関係技術等の発展・普及と官民共有を目的に「新技術・工法等説明会」を年間複数回開催し、管内の技術者の技術力向上及び交流の機会を提供している。この説明会をふまえて国、県、県土連、土地改良区の各ユーザーを対象としたアンケートを実施した結果、「今後も参加したい」との意見が多く、ストックマネジメント関係技術への関心が高いことが判った。

（水と土 第177号 2016 P.26 企・計）

農業用用水路を利用した小水力発電施設の 運用上の課題について （加子母清流発電所の事例）

今瀬誠司

平成26年2月10日に岐阜県初の地域用水環境整備事業（県事業名＝県営農村環境整備事業（小水力発電型））加子母小郷地区で整備した「加子母清流発電所」が供用を開始した。今回は発電施設の概要と供用後の維持管理における課題およびその対策について紹介する。

（水と土 第177号 2016 P.32 企・計）

香川用水における耐震性能照査手法（重要度評価）と 設計事例について

安永 功・千屋正仁

香川県では、県全域が南海トラフ地震防災対策推進地域に指定され、今後50年以内にM8～M9の大地震が発生する確率が90%程度以上と耐震対策が喫急の課題となっている。

香川用水地区の土木構造物の耐震照査を実施するうえで、地震規模等を決定するうえで大きなファクターとなる「重要度評価」について、学識経験者による委員会を開催し、香川用水の特徴である広範囲な受益面積、河川・道路横断、建物等との近接などを考慮して重要度を総合的に評価した。

また、本地区の建築構造物（揚水機場）について、建屋及び基礎の耐震照査を行った工事を実施中であり、その耐震設計事例を紹介する。

（水と土 第177号 2016 P.40 設・施）

塩害により劣化したコンクリートの機能診断事例について —潮見幹線排水路開渠工の機能診断から設計まで—

竹内基裕・吹田勝治

潮見幹線排水路は、国営更岸土地改良事業「更岸地区」の基幹排水路であり、河口閉塞防止のために開渠工が昭和51年度から昭和53年度に建設された。潮見幹線排水路は日本海に突出した位置にあり、日本海特有の西風による波浪、波力を直接受けるなど過酷な海象条件と塩害によるコンクリートの劣化が進行しており、排水機能が低下している。

本報では、開渠工の改修に向けての機能診断と、対策方針について報告する。

（水と土 第177号 2016 P.45 設・施）

ダムの堆砂状況と今後の堆砂対策について

竹中一行・松永 健・大西慶典

全国に180基を超える農業用ダムがあるが、近年の集中豪雨の増加等の影響により、当初の想定以上に堆砂が進行しているケースがある。既に計画堆砂量を上回るダムが12基あり、今後もダムの耐用年数100年を経過せずに計画堆砂量を超過するダムが増えると想定される。全国のダムの堆砂状況と堆砂対策を踏まえて、堆砂の問題点やメカニズム、堆砂対策等について発表する。

（水と土 第177号 2016 P.51 企・計）

砕・転圧盛土工法によるフィルダムやため池の 堤体改修での堤頂補強問題

福島伸二・谷 茂

本稿は砕・転圧盛土工法により堤体補強を行う場合に堤体腹付けと堤頂補強を併用することを想定し、全抵抗力に占める堤頂部の補強力の適切な割合についてこれまでの事例をもとに以下の提案を行った。堤頂補強は、既設堤体と一体となって抵抗するように、堤頂部の砕・転圧土による補強力 R_{Top} が全抵抗力 R に占める堤頂補強比 R_{Top}/R をため池（堤高 $H < 15\text{m}$ ）では $R_{\text{Top}}/R \leq 1/4$ 、フィルダム（ $H \geq 15\text{m}$ ）では $R_{\text{Top}}/R \leq 1/10$ 程度とする。

（水と土 第177号 2016 P.56 設・施）

寒冷地における水路更生工法の補強効果

渡部浩二・竹田 誠・田場一矢・緒方英彦

凍害劣化したコンクリート開水路の対策工法として、水路更生工法の開発が進められている。本工法は、既設躯体にFRPM板を固定し、隙間にポーラスコンクリートを充填することで、既設躯体に対する凍害抑制効果および補強効果を目指すものである。本報では、フリウムおよび梁形状の供試体による載荷実験を行うとともに、梁供試体による載荷実験の数値解析を試み、その上で仮想開水路に対する補強効果を検証した。

（水と土 第177号 2016 P.63 設・施）

<技術情報紹介>

粘土質転換畑における大型シリンダーを用いた 下層土の透水性調査手法

福本昌人

集中管理孔方式の地下水位制御システムの普及に資するため、大型シリンダーを用いて下層土の透水性を調査する手法（亀裂の発達の良否を評価する手法）を紹介し、その適用に関して行ったいくつかの調査の結果を述べた。本手法は、シリンダーインタークレート試験を簡略化したものであり、シリンダーを地表面から下層土まで打ち込み、緩衝池を設けず、湛水開始30分後のインタークレートを求める、というものである。

（水と土 第177号 2016 P.68）

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27年7月現在、第1号（昭和45年）から第168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。

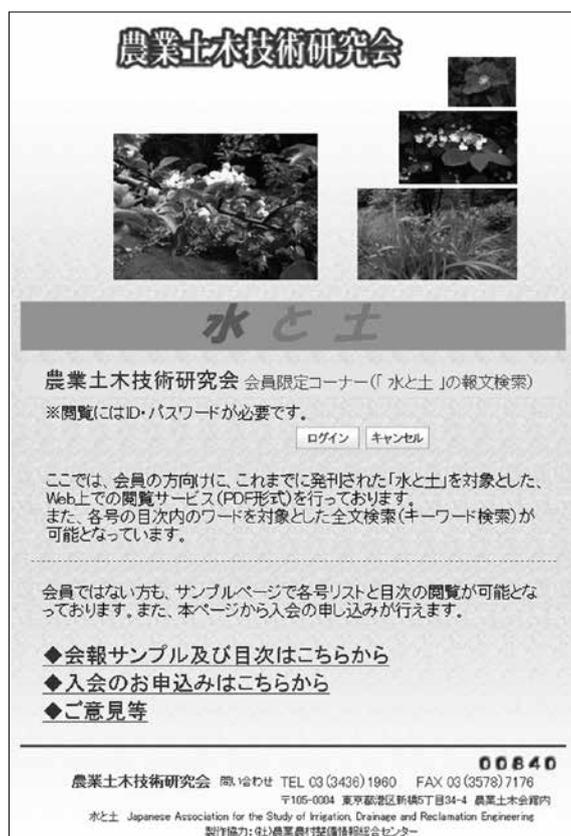


図-1



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](#)」をクリックすると入会案内・手続きのページが表示されます。

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

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

沖縄の国営事業に関する近況報告

島尾 武文*
(Takefumi SHIMAO)

沖縄総合事務局による国営土地改良事業は、昭和47年の本土復帰直後から調査に着手し、これまでに宮良川地区、名蔵川地区、宮古地区、沖縄本島南部地区、羽地大川地区、伊是名地区の6地区を完了し、現在は、伊江地区、宮古伊良部地区、石垣島地区の3地区を実施しています。

伊江地区は、水源として地下ダムを建設する管内4地区目の国営事業です。平成28年度の完了に向け、事業は最終段階に入っています。受益面積668haの国営事業としては小規模な地区ですが、国営施設の供用開始を契機として地域の更なる発展が期待されています。

宮古伊良部地区は、平成12年に完了した宮古地区において営農の多様化が進み、用水不足の懸念があることに加え、伊良部大橋の開通により宮古島から伊良部島へのかんがい用水の送水が可能となったことを受けて、宮古島に新たに2基の地下ダムを建設して水源を確保し、宮古島、来間島、伊良部島の農地に用水を供給する事業です。平成21年度に着工し、これまで仲原地下ダムや伊良部送水路等の整備を進めており、まもなく最盛期を迎える予定です。

石垣島地区は、過去の国営事業（宮良川地区、名蔵川地区）及び県営事業により建設した5ダムのダム間送水による用水再編により、新たな受益地へ用水を供給するとともに、老朽化した管水路等の改修を実施する事業です。平成27年度に事業所を開設し、本格的に事業が動き出しました。沖縄総合事務局では初の更新事業であり、今後の沖縄における更新事業のモデルケースとなることから、丁寧な事業執行が求められます。

石垣島地区の着工により、沖縄の国営事業も更新整備の時代に入りました。沖縄の国営事業は、畑地かんがい事業のみであり、地下ダムを水源とする地区が過半数を占めるといった特徴があります。更新整備の実施に当たっては、先行する他地域の事例を参考にしつつも、気候、土壌、営農等が他地域と異なることを考慮し、沖縄に適した更新整備技術の確立を目指す必要があります。

通常、更新整備を効果的、効率的に実施するためには、供用開始後の施設の状況や発生した課題を把握することが重要と言われます。特に、設計・施工段階で検討を重ねた施設については、供用開始後の状況を観察し、過去の検討結果の適否を明らかにし、更新整備の設計に反映することが必要となります。

沖縄には、全国に先行事例がなく、慎重な検討を重ねて整備してきた施設に地下ダムがあります。現在、供用している国営地下ダムは5基あり、建設中が2基あります。県営地下ダムや九州農政局管内の国営地下ダムを含めても、全国のフィルダムやコンクリートダムの数と比較すると非常に少ない事例しかありません。このため、現在建設中の地下ダムにおいても、過去に経験したことの無い課題に直面し、対応に苦慮することがあります。

過去の各地区の試行錯誤の記録は、事業誌や技術誌に整理されていますが、残すことができる情報量に限りがあることから、ダム毎の設計の考え方や施工方法の違いなどの対比は行われていないようです。また、供用開始後にどのような課題が発生しているのかについても、十分な調査は行われていないのが実情です。

沖縄総合事務局では、学識経験者からのご指摘もあり、地下ダム技術の継承・発展のための取り組みを幅広い関係者の協力を得て実施する予定としています。管内には今後新たに着工する地下ダムも残っており、将来は地下ダムの更新事業が必要となることは確実であるため、現場で活用できる成果が残るように努めたいと考えています。

関係各位のご協力をお願いいたします。

*内閣府沖縄総合事務局農林水産部土地改良課

農業用水について（その2） ～農業水利施設を中心としたストック効果～

北 林 英一郎*
(Eiichiro KITABAYASHI)

目 次

1. はじめに	8	4. 農業水利施設のリノベーション	13
2. 農業用水供給による効果	9	5. おわりに	15
3. 地域経済への波及効果	11		

1. はじめに

森山農林水産大臣は本年の年頭訓示で、世界有数の品質を誇る「奈良県五條市の柿」や「愛媛県八幡浜市の真穴のミカン」が、そもそも国営の農地開発やかんがい排水事業により、生産性の高い農地やかんがい施設が整備されたことに起因すること、そして、農業農村整備事業予算を活用して、このような地域を全国津々浦々に生み出す基礎を創って行くことが必要であることを述べられた。

また、国土交通省では「公共事業は一時的な景気対策としてのイメージが強く、ばらまきとの批判も多い。だが、生活の質や生産性を向上させるストック効果を生み出すことが、公共事業の本質である。」と様々な機会を捉えて発信している。国土交通大臣がたびたび地域のインフラを視察してストック効果について言及されていた。その趣旨は、「公共事業は、これまで、短期的なフロー効果である生産活動の創出、雇用の誘発、所得増加による消費の拡大がクローズアップされがちであった。これからは、①地震、津波、洪水などへの災害安全性を向上、安全安心の確保、②衛生状態の改善、生活の快適な環境の向上などの生活水準の向上への寄与、生活の質の向上、③移動時間の短縮、輸送費の低下などによって、経済活動の生産を拡大するストック効果が重要である。」であったと認識している¹⁾。

この動きと連動して、国土交通省のホームページでは、「くらしと経済を支えるインフラ」として、ストック効果を積極的に発信している。

例えば、北海道の産業を支える交通基盤が紹介されている。まず、十勝港の整備により物流が効率化、こ

の結果、飼料工場等が立地されて、酪農や畜産業に必要な飼料の取扱量が平成20年から25年で約4倍になったこと。さらに、帯広・広尾自動車道等の高規格道が整備されるにつれて、沿線では乳製品などの工場立地が進み、十勝の食料品出荷額が増加し、中でも生乳の生産量が7年連続で増加、平成25年には過去最高の生産量を記録したことが述べられている。

もう一つ事例を紹介しよう。水質改善で松江に新たな観光名所が誕生したとして、昭和40年代には水質汚濁が深刻であった島根県松江市の水路網「堀川」の水質改善を図るため、平成8年から宍道湖の水を堀川へ導水する松江堀川浄化事業が着手された。あわせて、下水道整備や堀川の浚渫が行われ、平成9年には堀川遊覧船が就航し、現在は年間利用者約30万人規模の観光スポットとして定着したことを、水質改善で松江に新たな観光名所が誕生したとして説明されている。

いずれの事例も、「道路や港湾、堤防といったインフラの蓄積はアクセス性の向上や物流コストの低減、水害の防止など経済活動の効率性を高め、投資リスクを低減する。その結果、生産力を拡大させ、工場の立地・雇用の増加などくらしや地域経済に長期にわたって効果をもたらす。」という観点から、そして、特にここが重要なのだが、平明でわかりやすく解説されている。

翻って、土地改良事業の分野ではどうか。食料・農業・農村基本計画や土地改良長期計画の策定に際して、圃場整備などのストック効果が紹介されていることが多いと思う。大区画化や担い手への農地集積等によりダイナミックに生産コストを削減、余剰労働力を活用して収益性を向上するといったストーリーで語られるが、そこに介在しているはずの農業用水については、前面に語られることは少ないのではないかと。

むしろ、農業水利施設については、ストックマネジメントによるライフサイクルコストの削減といった面

*農林水産省農村振興局整備部水資源課
(Tel. 03-3952-6810)

で取り上げられている。これは効果の発生という観点より増大するコストの低減、どちらかというところの観点に立った視点が多いと思う。

攻めの農業への転換や体質強化、高収益作物を中心とした営農体系への転換には農業用水の安定供給、基幹的な農業水利施設の存在が不可欠であろう。

因みに、「土地改良事業の費用対効果分析マニュアル」では、かんがい排水事業に関する効果についておおむね次のように解説されている。

かんがい排水事業は、圃場に対する用水の供給あるいは湛水の排除等、水利施設等の水利条件の整備を内容とするものであり、事業によるストック効果はこのような水利に関する側面から発生する。かんがい排水事業もその事業が新しい機能を創出するものか（新規投資）、あるいは従前の施設機能を維持・存続することを目的（更新投資）としたものかによって区分される。

新規投資としては、ダム、取水施設、用排水路等の新設等が挙げられる。これによって発生する効果は、作物の変化及び生産性の増大をもたらす、所得の増大としてとらえられる。一方、更新投資は、従来の施設機能の維持を目的とするもので施設の老朽化・陳腐化等に伴う施設の改修事業に対する投資であり、その効果は機能低下の回復による所得の維持・安定としてとらえられるとされている。

本稿では、農業用水のもたらすストック効果として、農業用水の供給が経営作物の変化及び生産性の増大をもたらす、所得の増大が発生していくプロセスについて、事例に則して説明したい。さらに、農業水利施設の更新は、老朽化に伴うものだけではない。例えば、農地集積に伴う農業・農村の構造変化に対応するため、水管理の省力化や水利用の高度化が必要となってくる場合がある。施設の陳腐化等に伴う改修について、農業水利施設のリノベーションといった観点からもとりあげてみたい。

具体的には、「2. 農業用水供給による効果」として、国営上場土地改良事業による農業用水の開発、土地改良負担金問題やオレンジ自由化など、必ずしも平坦ではなかった道程、そして、農業用水によって上場台地の農業のいま、がどう変わったかを紹介したい。次に、「3. 地域経済への波及効果」では、畑地かんがいにより、収益が発生する際のプロセス、さらにそれが地域経済へどう波及していくのかについて、宮崎県の国営かんがい排水事業（尾鈴地区、西諸地区）の事例に基づき説明したい。さらに、「4. 農業水利施設のリノベーション」では、国、県や水資源機構によってなされてきた印旛沼開発と農業用水の安定的供給、そして、施設の陳腐化に対応した農業水利施設のあり方について触れる。

2. 農業用水供給による効果

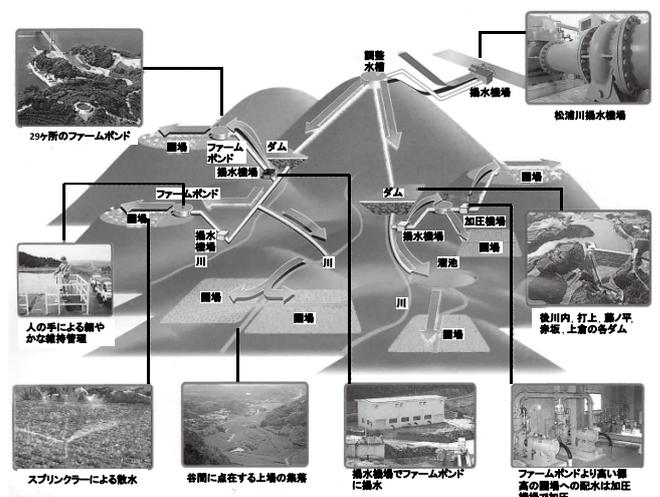
(1) 国営上場土地改良事業とは

国営上場土地改良事業が実施された地域は、佐賀県の西北端、東松浦半島一帯の上場台地にひろがる約4,800haの水田と畑地である。事業が行われる前、域内に大きな河川はなく、水田1,757haのうち約4割が天水田であり、毎年のように干ばつ被害を受けていた。当然、畑の用水手当も十分にされていなかった。

「水と道 上場台地物語²⁾」では、江戸中期享保年間の干ばつと飢饉では、ウンカが^{ハタゲ}島の百草まで食べ尽くし、佐賀県全体で死者の数8万人にもものぼったことが記されている。このため、上場台地では、江戸時代から天水を貯める500ものため池がつくられたものの雨水の農業用水利用には限界もあり、常襲干ばつ地帯であることは変わらなかった。

こうしたことから、県や地元による上場地域を中心とした農業開発へ向けてのさまざまな努力が払われた結果、昭和48年度の国営上場土地改良事業の着手に至るのである。

本事業は、松浦川揚水機場、藤ノ平ダム外4ダムや圃場に農業用水を導水するパイプライン、ポンプ場の建設と農用地造成、農道の建設よりなる。標高100～200mである受益地上場台地へは、水源となる松浦川から、揚水ポンプで調整水槽に一旦揚げられた農業用水を直接圃場や藤ノ平ダムなどの5つのダムへ、さらに、その貯水された農業用水は、圃場に配水する29ヶ所ものファームポンドに送られる。なお、ファームポンドより標高の高い圃場や水圧が足りない圃場へは加圧機場で加圧され、逆に標高の低いところの一部は減圧され、総延長約300km（上場台地から鹿児島までの距離に相当）ものパイプラインで配水されるのだ（図-1参照）。



出典：水と道 上場台地物語

図-1 国営上場土地改良事業の概要

(2) 土地改良建設負担金問題³⁾

しかし、上場土地改良事業が完成するまでの道のりは平坦ではなかった。着工以来、一般会計からの特別会計への振替、事業制度の改正、創設など事業を取り巻く情勢はめまぐるしく変遷した。またオイルショックなどによる度重なる急激な物価の上昇、公共事業の抑制、事業期間の長期化などにより事業費が増高し、事業発足時に比べて地元負担金が大幅に増大したのだ。このため、上場地区が全国に先駆けて、農家の土地改良建設負担金の軽減対策に取り組みねばならなかった。

土地改良建設負担金問題について振り返ってみよう。昭和60年9月のプラザ合意による円の対ドルレート切り下げが実施され、農産物の内外価格差が拡大し、米、小麦、加工原料乳等の行政価格の引き下げが行われ、昭和63年夏には牛乳、柑橘のほか、いわゆる農産物12品目の輸入自由化等が決定された。

このように、農産物価格の低迷や自由化等農業をめぐる諸事情が厳しさを増す中で、物価上昇等を要因として土地改良事業の事業費が増大していることから、事業コストの低減を図るとともに、平成元年度には工種別完了制度、新たな計画償還制度の導入を図り、併せて国営土地改良事業を再編整理することとなった。平成2年度には総額1,000億円になる「土地改良負担金総合償還対策事業」が創設された。対策は無利子融資によりピークの償還金を30%軽減する「土地改良負担金償還平準化事業」や5%を超える利子負担を軽減する「特別型国営事業計画償還助成事業」である。

上場地区に適用された対策は、まず、事業完了後となっている国営土地改良事業の負担金の支払い開始について、事業全体の完了前でもダム、農地造成といった工種別の工事完了に伴い当該工事にかかる負担金の支払いを可能とした工種別完了制度の適用、これにより、建設利息の増高の抑制を図った。5つのダムのうち未着手であった藤ノ平ダムについて、国営上場（二期）事業として分離し、新たな国営事業制度（基幹かん排）で、70%の高率国庫補助を適応し地元負担をゼロとした。この他、償還期間を25年に延長して年償還額を軽減した新計画償還制度及び利子助成制度の適応、そして、佐賀県条例による農地造成の地元負担率軽減など多岐に亘った。これによって地元負担金総額は約30%軽減され、農家の年償還額は10a当たり19,400円と従来制度による規定償還を行う場合と比べると約4分の1になった。

こうして昭和48年度に着手した一期工事は総事業費746億円、後川内ダム、上倉ダム、赤坂ダム、打上ダムやパイプライン、ポンプ場の新設のほか810haの農地造成を実施して平成4年度に完了している。さらに、平成2年度に着手した二期工事の藤ノ平ダムは総

事業費361億円で平成14年度までに完了し、そして県営事業による畑地かんがいも昭和51年度から平成18年度までかけて完成した。

(3) 上場台地のいま

このように紆余曲折はあったが、上場土地改良事業により、農業用水が供給されることになった。この結果、上場台地の農業はどのように変わったのか。平成25年度に実施された国営かんがい排水事業上場二期地区の事後評価データに基づいて紹介してみよう（表-1参照）。

表-1 事業実施による作付面積の変化

作物名	事業実施前	事後評価時 (H24)	増減割合	備考
水稲	1,502	1,457	97%	
二条大麦・裸麦	857	65	8%	
飼料作物	823	792	96%	
温州みかん・いちご (露地)	1,564	261	17%	
温州みかん・いちご (施設)・その他柑橘	0	199	新規導入	みかん・いちご(施設)は県内1位
葉たばこ	156	310	199%	県内1位
ばれいしょ	138	68	49%	県内1位
キャベツ	49	198	404%	県内2位
たまねぎ	22	192	873%	県内2位
茶	35	75	214%	県内2位
ほうれんそう	0	3	新規導入	
冬春キュウリ(施設)	0	38	新規導入	
冬春トマト(施設)	0	5	新規導入	
その他	357	155	43%	
合計	5,503	3,818	69%	

出典：国営土地改良事業事後評価上場（二期）地区評価書基礎資料、九州農政局ホームページ

事業実施前と事後評価時点（平成24年度）の植栽状況を比較してみると、昭和50年代から振興してきたたまねぎの作付面積は22から192haまで約8.7倍に大きく増加、単収も3,720キログラムから6,613キログラムへ約1.8倍となった。しかしながら、単価はキログラム当たり78円から45円と約6割になってしまった。

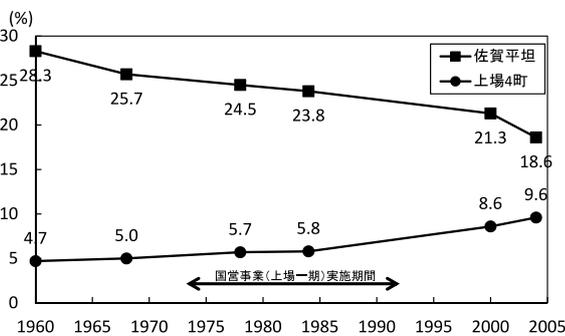
また、温州みかんは高収益のハウス栽培や晩柑類に転換が進んでおり、JA唐津では、昭和55年度の柑橘類販売額は7.6億円で露地栽培が殆どであったが、平成22年度には17.3億円に増加し、ハウス栽培の占める割合が約8割になった。いちごについても平成3年に約600tであった生産量は、平成23年には約1,400tとなり、佐賀県有数の産地となった。一方で、露地ものの温州みかんは輸入自由化による価格低迷から1,489haから261haと大幅に減少してしまった。

この他、かんがい用水を活用して、ハウス栽培のみ

かん、いちご、さらに葉たばこ、ばれいしょは県内第1位、キャベツ、たまねぎ、茶が県内第2位と産地が形成されるとともに、冬春きゅうりなどの新規作物も導入されるなど作物選択の自由度も増している（表-1参照）。

また、平成25年度の事後評価では農家からの聞き取り調査を実施している。個人経営でハウスみかん約1ha、水稲約1.6haを経営している農家は、「水稲は上流水田の水使いがいつも気になっており、水路の掃除や草刈り等の共同作業も多かった。パイプラインで筆毎に水がくるようになったおかげで水管理が楽になった。ハウスみかんについても、かん水や防除をスプリンクラーで行えるため、作業の省力化につながった。もし水がなければ規模拡大が出来なかったし、現在の単収を維持することも難しい。上場がハウスみかんの産地になったのも、水が自由に使えるようになったことが大きい」としている。

いちごを36a栽培している農家は、「以前は甘夏栽培と漁業で生計を立て、農閑期になると県外に出稼ぎに行く状況であった。畑地かんがい用水を活用して現在はいちご専業で生計が立てられている。また、土壤消毒については、以前は化学農薬を使用していたため、散布後にハウスから出てくると強烈な吐き気におそわれていたが、現在はかんがい用水を使って陽熱消毒を行えるようになり、土壤消毒に伴う精神的・肉体的な苦痛から解放された」としている。



出典：地域農業構造変動論 p.45

図-2 佐賀県における佐賀平野と上場台地の農業粗生産額シェア

さらに、佐賀大学農学部的小林恒夫教授は、「地域農業構造変動論-佐賀平野と上場台地-」で、佐賀県における佐賀平野（水田地域）と上場台地⁴⁾の農業粗生産額シェアの推移を比較して、佐賀平野部が1960年代には3割程度であったものが2005年には2割弱にまで低下したのに対し、上場台地は5%程度だったものが10%程度にまで上昇していることを紹介している（図-2参照）。

その上で、1970年以降のコメ生産調整のもとで、佐賀平野の農業が逡巡している一方、野菜、果実、畜産

物の需要の増加、上場台地での農業水利事業の実施や畜産団地の造成などを背景に、農業の前進が確認されるとしている。

このように、かつて上場砂漠とよばれた台地に農業用水が供給され、施設園芸も含む様々な作物が栽培できるようになった。このほか、また単収増や防除作業にかかる労働時間が削減されるなど生産コスト削減にもつながり、地域全体の収益性の向上が実現された。

しかし、整備されてから30年以上経過した施設もあり、幹線水路やディスクバルブなどの破損漏水が年々増加しており維持管理コストも増加傾向にある。また、ファームポンドに蓋がなく落ち葉が入ったり、アオコや巻き貝類の発生により給水栓への目詰まりがしばしば生じており、施設によっては更新や改良が必要となってきている。

3. 地域経済への波及効果

(1) バリューチェーン構築とかんがい用水

「農林水産業・地域の活力創造プラン（H25.12本部決定）」でも強い農業を作り上げる4本柱の一つとして「需要と供給をつなぐバリューチェーンの構築」が掲げられ、「日本再興戦略（H25.6閣議決定）」では6次産業の市場規模を10兆円とすることを成果目標とした。さらに、「新たな食料・農業・農村基本計画（H27.3閣議決定）」でも、「生産・加工・流通過程を通じた新たな価値の創出による需要の開拓」が位置づけられている。

農業者が事業戦略を立て、食品産業事業者などと連携して価値をつなぎ、高めていくバリューチェーン構築とかんがい用水の供給との関係について、国営事業で畑地かんがいを整備している西諸地区、尾鈴地区での事例に基づき説明する（図-3）。

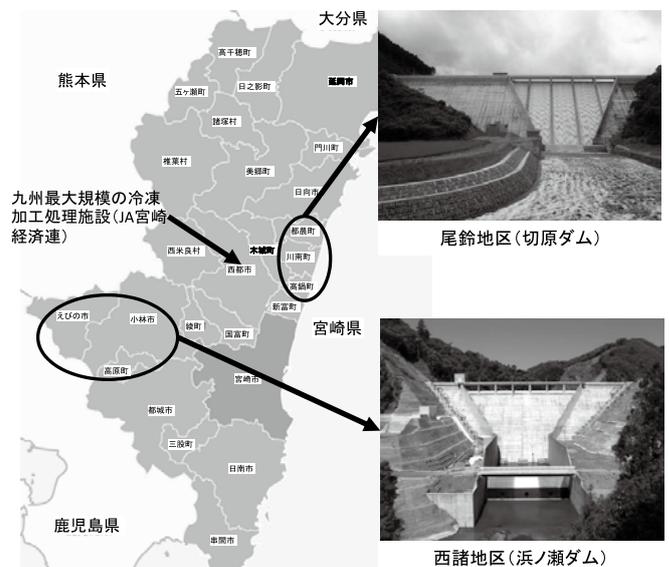
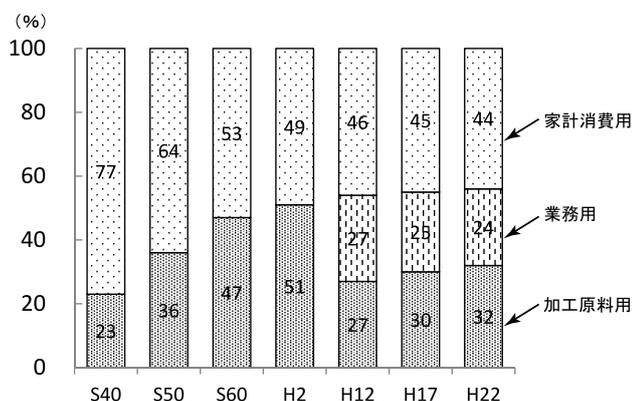


図-3 国営かんがい排水事業尾鈴地区、西諸地区の位置図

国営かんがい排水事業西諸地区は、浜ノ瀬ダムを水源として開発し、宮崎県小林市、えびの市、高原町の約4,150haの畑地にかんがいをおこなうための事業である。現在、ダムは建設中、ファームポンドから畑地までの水路やスプリンクラーは宮崎県が整備を進めている。

西諸地区農業水利総合開発事業促進協議会が平成27年3月に発行した「西諸畑地かんがいだより」に加工業務用野菜に取り組む際の農業用水の効果について、わかりやすく説明されていたので紹介してみたい。

野菜の加工業務用割合は、加工調理食品や外食向けの需要が増えており、平成22年には56%と生食用を上回っている(図-4参照)⁵⁾。また、取引先が加工業務取引で重視するのは、農畜産業振興機構のアンケート⁶⁾によると数量確保82%、栽培履歴50%、品質(サイズ一定)36%であり、加工業務用野菜は、納期、数量、規格を事前に契約する定時定量出荷が必須である。



出典：農林水産政策研究所

図-4 野菜の加工・業務用割合の推移

因みに、西諸地区では加工向けほうれん草の作付面積は平成24年で400haと10年前の倍に拡大している。しかし、ほうれん草などの軟弱野菜は収穫時期の幅が狭く、かつその予測が困難であり、一ヶ月間雨が降らず、一ヶ月分の播種が重なってしまった場合もある。このことから、収穫の平準化をどういうふうに行っていくかが課題となっているようだ。

いかに収穫期を予測しながら、乾燥による発芽率低下を防いで計画的に播種し適期に収穫するのか。かんがい用水を確保すれば、乾燥した天候でも計画的な播種と安定的な発芽が可能になる。また、生育中の乾燥による生育の遅れも防ぐことが出来る。

このように、かんがい用水を使って計画的に播種して、できるだけ収穫期の幅を長くとり、さらに、干ばつでも収量が安定することで、取引先への正確な出荷量・出荷時期の情報提供が可能になり契約取引の安定化につながるとしている。

農業用水の安定供給が品質とロットの均一化をもたらす、加工業務用という安定的な取引先の確保による収益性向上を実現するのだ。

むろん、病虫害の発生や品質低下を防止する圃場の排水性改善や生産コストの低減のための圃場の大区画化と担い手への農地集積とが相まって効果が発現していくのであるが、基幹的な農業水利施設、すなわち、国営かんがい排水事業西諸地区によって建設中の浜ノ瀬ダムやファームポンドがなければこれら効果は発現しない。

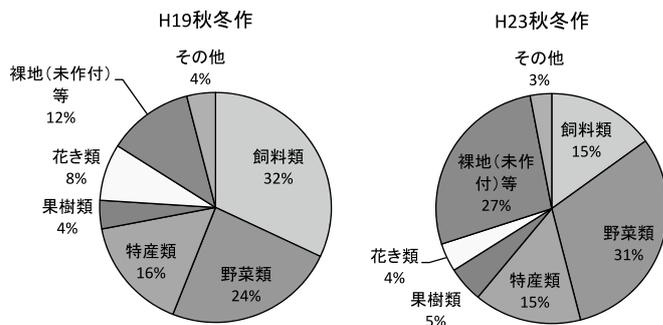
おなじく、宮崎県の国営かんがい排水事業尾鈴地区は、切原ダムやパイプラインを整備して宮崎県高鍋町、川南町、都農町の1,580haの畑地にかんがいを行う事業であり平成25年度に完了している。

また、宮崎県では畑作地帯における加工業務用野菜の振興を積極的に進めており、JA宮崎経済連が平成23年に西都市内に九州最大規模の冷凍加工処理工場を整備している。これは口蹄疫からの復興再生として畜産に過度に依存しないバランスのとれた産地・産業構造への転換や産地で加工処理を行うことによる流通コストの削減が背景にあった。

このような状況下において、尾鈴地区では大規模な経営実証圃を整備して、加工用ほうれん草の生育期のかん水効果を検証するなどして栽培技術の確立を図った。同地区の畑作営農改善推進協議会がつくった畑かん営農ニュース(第18号、平成27年2月発行)にも「畑かんの水は非常時の備えから儲かる農業の必需品へ」とのキャッチフレーズが旗印となっている。

尾鈴地区の受益地の約3分の1を占める県営畑地帯総合整備事業尾鈴北第1地区は582haであり、末端の畑地かんがいが進んでおり、平成19年と23年の結果を比較すると飼料の作付けが32から15%に減少し、逆に、はくさい、だいこん、ほうれん草等の野菜類の作付けが24から31%に増加している(図-5参照)。

なかでもほうれん草は1ha未満から24haにまで増加し、西都市の冷凍加工施設への原料供給のため産地化が急速に進んでいるという。



出典：宮崎県資料

図-5 関連事業(尾鈴北部第1地区)内での作付変化

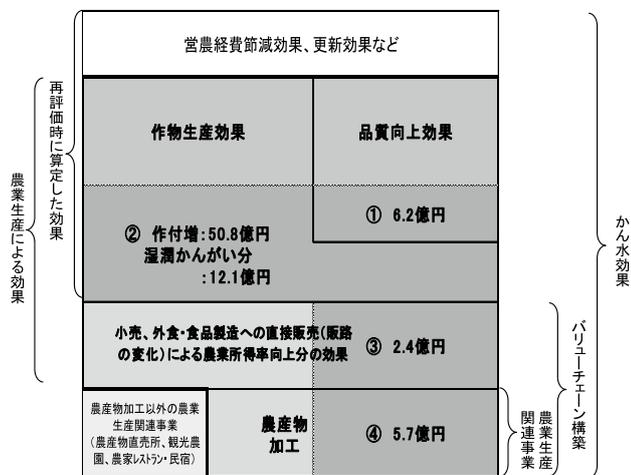
(2) 地域経済波及効果の試算

繰り返すが、農業用水が供給されれば、単収が向上するとともに、作物選択の自由度が高まり農家の収益性向上につながる。さらに、一定の品質、数量を計画的に生産することが可能となり、加工業務用野菜への仕向け等により安定的な収益を確保することが可能になる。

それでは、農業用水の供給（ここでは畑地かんがい）がバリューチェーン構築に貢献し、これにより地域経済すなわち農業・農村全体の売上・所得をどの程度拡大するのか。西諸農業水利事業所が平成26年度に実施した「西諸二期地域経済波及効果検討委託業務⁷⁾」を紹介したい。

本業務では宮崎県西諸地区において進められている畑地かんがい事業が、農業経営体のバリューチェーン構築による収入をどの程度増加させるのかを算定し、それによって、地域経済全体の生産をどの程度誘発するかということを定量的に把握している。

詳しい計算過程は省くが、直接効果について、ア. 生産物の単価向上による効果（図-6の①の部分）、イ. 畑かん事業により増加する農業産出額（図-6の②の部分）、ウ. バリューチェーン構築により増加する農業経営体の売上額のうち畑かん事業の貢献分（図-6の③④の部分）を算出している。



出典：西諸二期地域経済波及効果検討委託業務

図-6 対象とする直接効果の算定対象

この上で、この直接効果を、宮崎県の産業連関表逆行列表に乗じた後、総合耐用年数40年間の地域経済波及効果による便益額を算定したところ2,178億円となり、平成23年度の再評価における西諸地区の総便益額1,197億円の2倍近くの水準に達する潜在力を持っているとしている。

同時に本業務では、宮崎県内の約20の農業経営体及び10の食品メーカー及び農産物流通事業者へヒアリングを行っているが、農業経営体は、「バリューチェー

ン構築には、規模拡大と収量・品質の安定化が必要だが、規模拡大のためには労働力の確保が不可欠で、その確保のためには安定雇用を作らなければならない。つまりは周年営農体制を確立することが不可欠」だと指摘する声が多かったとしている。一方、加工メーカーによると、「収獲量が変動すれば当然ながら設備の稼働率も不安定になることから、入庫の野菜の量にばらつきがあると工場設備の稼働率が低下し効率の悪化につながる」と指摘しており、加工工場の生産計画にあわせて、農業生産にも収獲・出荷の平準化が求められている。

つまり、農業経営体、食品メーカーともに、畑地かんがい事業による安定的な用水供給がバリューチェーン構築のために不可欠な、出荷時期の調整、長期にわたっての安定出荷を支え、計画的な営農が可能となることを評価しており、本業務で実施した宮崎県と鹿児島県曾於地域の畑地かんがい地域の農業経営体へのアンケート結果でも、畑地かんがい事業による農業生産面への効果として「単収」よりむしろ「計画的に作業が進められるようになった」とする効果がより意識されている結果になったとしている（図-7参照）。

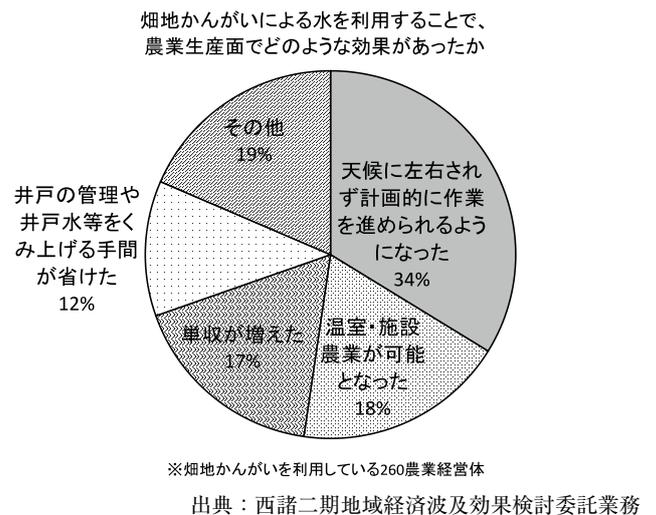


図-7 農業経営体へのアンケート結果

4. 農業水利施設のリノベーション

(1) 印旛沼開発の歴史

「2. 農業用水供給による効果」の最後でも述べたように、上場土地改良事業で造成された施設の一部も老朽化に伴う更新が必要となっていた。農業水利施設の更新においても、性能をただ単に元に戻すリフォームではなく、変化に応じて、用途や機能を変更して性能を向上させ付加価値を与えるリノベーションの観点も重要ではないか。

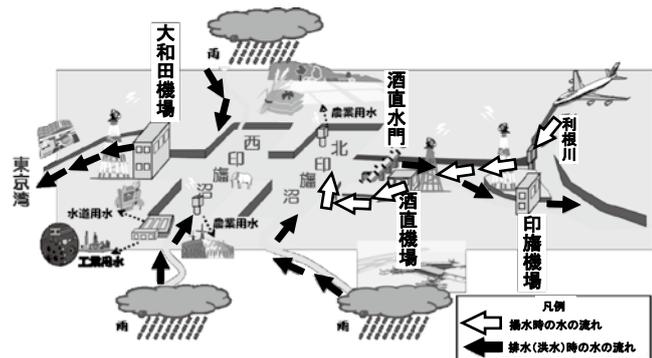
ここでは、戦後の食糧増産対策として開発された印旛沼の基幹的な水利施設が、事業完了から40年以上経過し、施設の老朽化や周辺の都市化、そして農業構造

の変化等に対応してどのように改修されたかを紹介したい。

印旛沼は千葉県北部に位置しており、開発の歴史は江戸時代にまでさかのぼる。利根川の東遷により利根川の水が印旛沼に流れ込むようになると、洪水は3年に一度といわれるほど頻繁に発生し周辺住民に大きな被害を及ぼすようになった。

戦後の昭和21年度に食糧増産対策として、東京湾に放流するための疎水開削を含む国営印旛沼手賀沼干拓事業がスタート、昭和38年度には、工業用水が事業へ参画、事業名も印旛沼開発事業と改められ、水資源開発公団に引き継がれ、昭和44年度に完成した。

印旛沼の水管理を図-4に示した。通常は河川からの流入が多く沼の水位が上昇する場合、酒直水門を開けて利根川へ自然排水する。河川からの流入が少なく沼水位が下降する場合、利根川から沼へ都市用水用の施設である酒直機場のポンプで汲み入れることになっている。さらに沼の水位が上昇する排水時は、印旛機場及び大和田機場のポンプで強制排水することになる。なお、印旛機場は利根川へ、大和田機場は東京湾へ排水されるのだ。



出典：水資源機構営事業「印旛沼開発施設緊急改築事業」事後評価基礎資料

図-8 印旛沼の各機場の流れ

こうして農業用水の供給と洪水時等の排水が安定的に行えることとなり、現在、印旛沼の周囲には約1,000haの干拓地を含めて約6,300haの水田が整備されている。平成25年には、関係する市町の水稲生産量は約4万9千tで千葉県全体の約33万7千tの15%を占めた。

さらに、地域内には約50組織に及ぶ営農組合や法人組織が設立され、佐倉市にはスーパー水田といわれる1区画7.5ha、日本一広い水田があり飼料用稲ホールクローブサイレージが行われている⁸⁾。

(2) 水資源機構によるポンプ場の改修

この印旛沼開発で整備されたポンプ場などの施設は、農業利用だけでなく千葉県内の工業用水、水道水の供給、印旛沼周辺の洪水防止のため管理が行われている。

しかし、電気系統や機械設備を中心とした機能の低

下が激しく、水資源機構では印旛沼開発施設緊急改築事業として、自身が管理する印旛機場、大和田機場、酒直機場の改築を平成13年度から20年度に行った。

この事業では、老朽化したポンプ場の更新とともに中央管理システムや除塵設備の整備を行い、遠方からの監視制御も可能となり、それぞれのポンプ場での運転管理に必要な情報が共有できるようになった。

この結果、平成25年の台風26号では管理が開始されて以来、1日の雨量としては最大となる264mmが記録された。しかし、降雨予測及び雨量・水位データなどから利根川に排水する印旛機場と東京湾に排水する大和田機場を運転し、印旛沼貯水量の3倍に相当する約6,600万 m^3 を排水して印旛沼の水位を低下させた。これにより管理開始以来最高のY.P.⁹⁾ 4.17mを記録したものの、計画洪水位Y.P.4.25mを超過することなく被害を軽減することが出来たのである。

(3) 国営事業によるリノベーション

印旛沼土地改良区と千葉県が管理している機場や水路についても、例えばポンプの破損やゲートからの漏水など、補修や維持管理にかかる費用も年々増加しており、昭和40年代には1億円程度であったが、近年では3.5億円を超えていた。

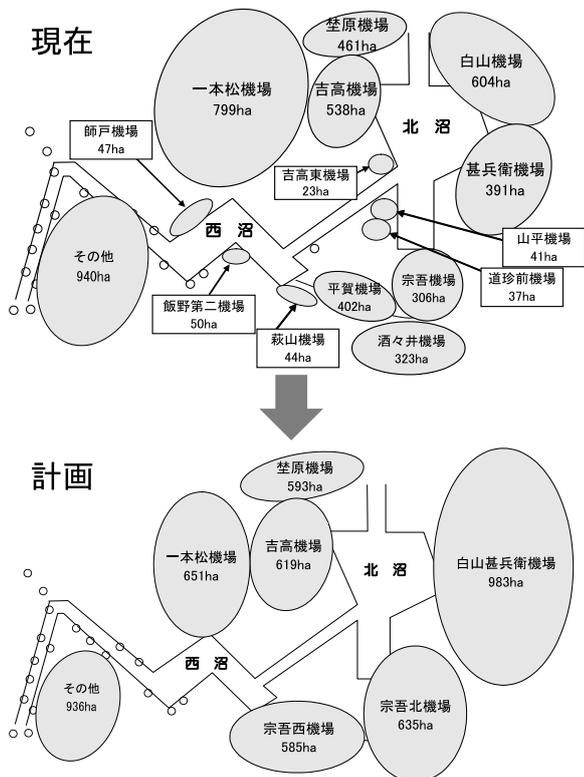
さらに、米価の下落などにより維持管理費用の低減を求める声が大きくなってきた。このことから、施設の単純更新ではなく今の地域にあった新たな施設の再編を行うため、平成22年度から国営かんがい排水事業として印旛沼二期地区に着手した。

これにより、地区内38ヶ所の揚水機場を29ヶ所に統廃合し、維持管理費を軽減することとした(図-9参照)。

さらに、関係市町の経営規模1.5ha以上の農業経営体の占める戸数の割合は44.2%と千葉県平均の36.3%を上回っており大規模化が進んでいる¹⁰⁾。このため、現在の耕作の時期に合った用水の取水や収益性の高い作物の栽培に適した農業用水の再編が必要となっていた。

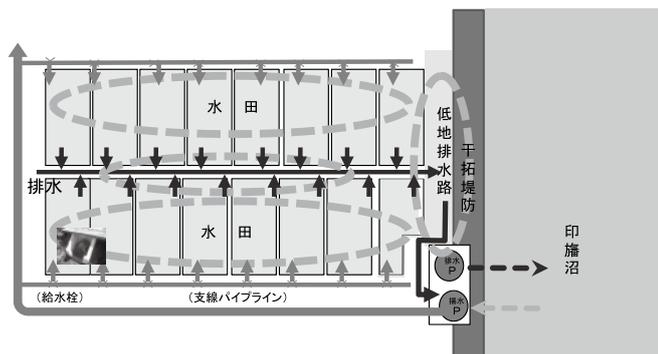
一般的に、担い手への農地集積が進むと労働力を平準化するため、かんがい期間の前倒し、あるいは、後倒しとなる傾向があるが、本地区の以前の水利権が、現在の営農に沿っていない状況となっていた。特に末端で用水が不足し200ヶ所にも及ぶ農業用水を補給するためのポンプ場が設置され、反復水を利用してはいたが、低地排水路から取水して幹線パイプラインに送水することで循環かんがいシステムを整備して、農業用水の反復利用を強化し用水量を確保することとした。

具体的には図-10に示すとおり、低地排水路から取水し幹線パイプラインへ送水し、低地排水路からの取水では足りない場合には、印旛沼から取水し幹線パイプラインへ送水する。水田からの排水を低地排水路へ集水し、再び揚排水機場へ集水することとなっている。



出典：関東農政局印旛沼二期農業水利事業所

図-9 ポンプ場の統合



出典：関東農政局印旛沼二期農業水利事業所

図-10 循環かんがいのイメージ

このように、単純な更新ではなく、ポンプの統廃合という水利システムの単純化・効率化によって維持管理の軽減を図り、農業の構造変化に伴う水利用の変化に対応して循環かんがいによる農業用水の有効利用を図った本事例はリノベーションの一つの典型ではないか。

5. おわりに

参考資料は文末の脚注に明記した。特に、平成26年度の西諸二期地区農業水利事業地域経済波及効果検討委託事業報告書で算定された地域経済波及効果額については計算過程等を詳述できなかったが、農業経済の観点からも検証した上で、広くPRすべき重要な成果だと思っている¹¹⁾。一方で、水田地域における農業用水の供給が地域経済に及ぼす波及効果の事例について、今回は収集できなかった。

また、農業水利施設のリノベーションについては、食料・農業・農村基本計画に記された「新たな農業水利システム」の概念具体化と密接に関係していると思うが、本稿では残念ながら考察不足となった。私個人としては、パイプライン化やICT化をもってすれば全て解決できるということではなく、ソフト対策も含めてもう少し具体的なイメージを示せないか歯がゆい。別の機会に譲りたい。

資料提供とチェックを頂いた多くの関係者に改めて御礼申し上げるとともに、本稿で取り上げた論点について、疑問点や意見があれば是非議論させて頂きたい。

- 1) 今こそ経済を立て直すラストチャンス，太田昭宏国土交通大臣と富山和彦経営共創基盤CEOとの対談（中央公論，平成27年9月号），シンポジウム「インフラの未来を考える」での太田国土交通大臣の基調報告（主催読売新聞社，平成27年9月10日）
- 2) 編集：水と道上場台地物語編集委員会，発行：九州農政局上場農業水利事業所（平成12年1月）
- 3) 国営上場農業水利事業事業誌，第10章総事業費・負担金
- 4) 佐賀平坦（三田川町，千代田町，諸富町，佐賀市，川副町，東与賀町，久保田町，三日月町，牛津町，芦刈町），上場台地（呼子町，鎮西町，玄海町，肥前町）どちらも旧市町村単位
- 5) 農林水産政策研究所レビューNo.48（平成24年7月）
- 6) 加工業務用野菜需要に対する産地の取り組みアンケート（農畜産業振興機構と東京農工大学野見山敏雄教授との共同調査，平成20年度）
- 7) 平成26年度西諸（二期）農業水利事業地域経済波及効果検討委託事業報告書（公益財団法人九州経済調査協会）
- 8) 関東農政局印旛沼二期農業水利事業所ホームページ
- 9) 江戸川の工事基準面（江戸川，利根川，那珂川等の水位の基準高さ）
- 10) 平成27年度水資源機構営事業「印旛沼開発施設緊急改築事業」事後評価資料
- 11) 本成果については，農業経済関係の学会誌に投稿査読中。

東京の農業用水の現状と課題について

太 田 純 治* 兼 子 真 典*
(Junji OTA) (Sadanori KANEKO)

目 次

1. はじめに	16	4. 維持管理の取組事例	18
2. 東京の農業用水の変遷と現状	16	5. おわりに	19
3. 農業用水組織と管理実態	17		

1. はじめに

東京都では、戦後の復興から高度経済成長期～バブル経済期に至る間、急速に都市化が進み多くの農地が消えていった。水田については、昭和40年に5,000ha以上あったものが、平成26年度では264haにまで減少しており、連動して農業用水の利用量も減少しつつあるが、都内には、73の農業用水が存在し、その総延長は幹線水路だけで約105kmにも及ぶ。

取水された用水は主に水田に利用されるほか、東京都にみられる特徴的な灌漑方法で梨の栽培用水としても利用されている。具体的には、稲城市での梨づくりについては、土壌が砂礫沖積低地で耕土が浅く火山灰の影響を受けていることから、透水性が高いため多くの水を使用する果樹栽培では珍しい「湛水灌漑」が行われており、換金性の高い特産品の生産に大きな役割を果たしている。

また、近年では農業用水の多面的機能が見直され、都市空間の中での自然環境保全や美しい景観の提供、防火用水への活用など地域に欠かせない大切な存在と



写真-1 梨の湛水灌漑状況

なっている。特に、生態系保全の面では、「東京都の保護上重要な野生生物種」～東京都レッドリスト～(東京都環境局)により絶滅が危惧される種に分類されるものも確認されており、農業用水が生き物にとって大切な生息域となっている。

この貴重な農業用水の管理者は、土地改良区及び用水組合が主体となっているが、自治体が管理しているものや既に管理組織がない用水も存在する。

本稿では、都市化が進んだ東京都における農業用水の現状と管理実態を紹介するとともに、用水維持管理における様々な取組事例を示し、維持管理上の課題を掘り下げていく。

2. 東京の農業用水の変遷と現状

東京の農業用水は、古いものでは室町時代に開削されたものや、江戸幕府による新田開発や灌漑と生活用水確保のために開削されたもの等、様々な歴史を有する。

地域性で見ると、区部においては江戸幕府による新田開発が進められ、荒川水系から取水する農業用水が発達したが、その後、換金性の高い野菜や果樹・花卉といった畑作が中心となっていった。

北多摩は多摩川の北部で関東ローム層に被われた武蔵野台地上に位置し、羽村の堰から多摩川上水が引かれ開墾・入植が行われた。

南多摩は、多摩川の南東部、多摩川とその支川の浅川に沿った沖積層地帯に水田が広がり、その後、換金性の高い果樹に移行した。谷戸田や傾斜畑も多く、多くの農業用水路が発達した。

西多摩は、古生層の山地で、その東側に関東ローム層の台地に畑が、多摩川とその支川の秋川に水田が広がり、農業用水路が発達した。

どの地域でも、農業用水の開発が農業生産性の向上に重要な意義を持ち、多くの農業用水が地域の農業基

*東京都産業労働局農林水産部農業振興課
(Tel. 03-5320-4824)

盤施設として整備されてきた。

昭和30年ごろから日本経済が高度成長をとげると、都市化と工業化が急進し、昭和50年以降、特に都市近郊においては混住化が激化した。虫食い状に農地が消え受益面積が減少していったのに伴い、農業用水管理の分断状況が進んだほか、下水道普及以前は開水路に生活雑排水が流入し水質悪化を招いたことから開水路を暗渠化した。このため農地への取水が困難となり、多くの農業用水が本来の機能を失っていった。さらに、専業農家が減り、管理者による用水路の清掃や補修等の維持管理が一層困難になっていった。

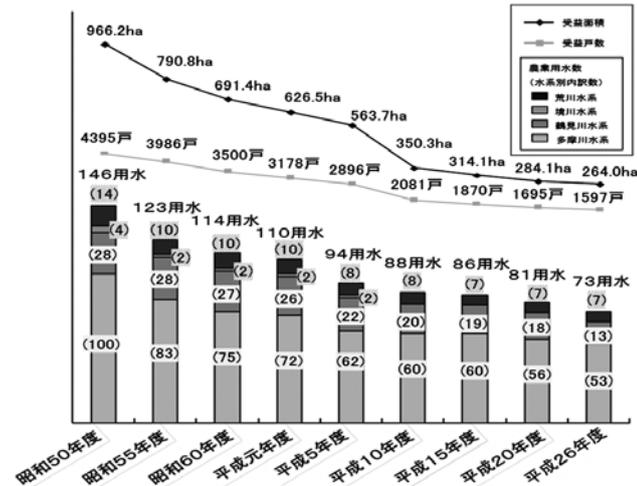


図-1 農業用水数と受益面積等の推移

また、河川法の改正により取水管理が強化され、これまで慣行水利権であったものを法定化することや、受益面積の減少を背景として取水量の削減を河川管理者から求められており、取水施設の維持管理にも支障が出てきている。

このように、多くの農業用水が消えていった一方で、残った農業用水は灌漑といった従来の利用方法に加え、用水の一部を利用した緑道や親水公園が整備される等、多面的機能が発揮され、都会のオアシスとして地域に愛されるようになってきた。



写真-2 親水化された農業用水路 (稲城市)

3. 農業用水組織と管理実態

「1. はじめに」でもふれたが、東京の農業用水の管理主体は、ほとんどが土地改良区及び用水組合となるが、都市化の過程で受益地である水田をはじめとした農地が減少することにより、組合員数が減りマンパワー的にも財政的にも組織が弱体化してきており、組合員の高齢化や担い手不足も加わり、施設維持管理が困難な状況にある。

土地改良区・用水組合に共通していえることは、どの用水管理組織も零細で事務所を持たず固有職員もいないことから、管轄自治体職員が事務局を兼務し組織運営に当たっているのが現状である。

用水管理組織としては、昭島用水・日野用水・府中用水・大丸用水・五日市の5土地改良区及び51の用水組合が現存する。



図-2 東京都の土地改良区位置図

いずれの組織も用水施設管理を主体に運営されており、組織運営や維持管理のための賦課金のみを徴収しているが、組合員数及び受益面積の減に伴う収入減により財政状況が厳しく、衰退の一途を辿っている。

用水組合に至っては、組合員数が一桁のところも多く、組織を維持すること自体が難しい状況にあり、順次消滅していく可能性が高い。

このように組織が弱体化していく中、組合員のみで取水施設や長大な水路を管理していくことは難しく、特に暗渠化してしまった水路の管理は困難といわざるを得ない。加えて、水利権法定化への手続きが事務的にも技術的にも複雑で、許可申請に必要な調査や流量計といった施設整備等、経常的な経費負担が重荷となっている。

このような経費負担に対し、管理組織の財政状況は深刻で、積立金(預金)を年々切り崩して管理・運営している現状にある。このため、管轄自治体が補助金等の支給やボランティア等的人的支援の斡旋等、様々なサポートを行っている。

なお、管轄自治体の用水管理組織に対する積極的関与の理由としては、農業用水が地域の貴重な共有財産

と認識されてきたことや、地方分権一括法の施行を契機に自治体が施設の底地を所有することになったこと等が挙げられる。

4. 維持管理の取組事例

(1) ボランティア等の人的支援

都市化の進んだ東京では、農業用水は水田や畑に利用されるだけでなく、希少な水辺の生態系を保ち、地域に憩いの場を提供する貴重な共有財産であるとの認識が広がり、日常的な維持管理においては地域住民やボランティアが積極的に活動している。

具体的な事例としては、日野市では用水の日常的な管理についても、「用水守」といった登録ボランティア制度を市が創設し、そこに多くの市民ボランティアが登録している。農業用水へのゴミの不法投棄や水路の詰りなど、用水管理者のみならず市民と市が一体となって用水の清浄化を進めているのが特徴である。

また、府中市では用水の多くの区間が暗渠化されているが、開渠部については一般住民との共同による維持管理活動を奨励しており、用水路が小学校の近くを流れる区間では、PTAや子供会が参加して草刈り等の清掃活動や泥上げを行うほか、農業や水辺の生き物に触れ合う学習の場としても用水路が活用されている。



写真－3 子供会が参画した清掃活動（府中市）

その他の多くの用水でも、市民と用水管理者が協働した清掃活動等の用水維持管理が行われており、作業を通じて都会では希薄となっている地域交流の場にもなっている。

(2) 多面的機能支払交付金の活用

東京の農業用水の多くは市街化区域内にあり、国庫補助対象外であったが、平成27年4月に「農業の有する多面的機能の発揮に関する法律」が施行され、多面的機能支払交付金が法制化されたのに伴い、これまで農業振興地域の農地を対象としてきた農地維持支払制度が、要綱基本方針に位置付けることにより、市街化区域を含む農地も対象とすることが可能となった。

そのため、東京都では、府中市・青梅市・羽村市に

おいて、用水管理組合を母体とした活動組織を組織し多面的機能支払交付金を受け、草刈りや泥上げ等の清掃活動や遊休農地の管理に取り組んでいる。



写真－4 多面的機能支払交付金の活動（羽村市）

青梅市及び羽村市の活動組織では、当面、農業者のみの活動で維持管理を行っていく計画であるが、将来的には地域交流を図り、地域住民の参画を得た維持管理活動にシフトしていくことを検討している。

東京都としては、土地改良区や用水管理組合に財政的支援を行っている市町村に、この交付金を広く活用して欲しいと考えているが、支援単価が農地面積当たりとなっていることから交付金額が極めて少額となることや、市街化区域では資源向上支払が対象とならないため活用が難しいことから、別途財源措置についても検討する必要があると考えている。

(3) 自治体との連携

今後、管理者では、取水施設や水路の大規模な修繕や改修は不可能であるため、自治体との連携により計画的に管理していくことが重要である。

例えば、日野市では、昭和51年に「清流保全条例」を制定し水質浄化に取り組み、水路改修、さらには水辺のビオトープや親水公園等、市民が親しめる施設整備を行うなど、農業用水路の管理及び多面的機能発揮へ積極的に関与している。これは、市が農業用水路を市民共通の貴重な財産として捉えていることに他ならない。

また、頭首工の取水ゲートについても市が管理して



写真－5 市による親水公園整備（日野市）

おり、防災面の向上や作業の効率化を図るため、モニター監視及びゲートの開閉等の遠隔操作を行っている。



写真－6 頭首工（日野用水）



写真－7 遠隔化された取水ゲート

このような事例は他市にも見られ、自治体との連携により適正に施設が管理されていくことが期待される。

5. おわりに

東京の農業用水は、混住化の進んだ市街地を流れ、一昔前は水質の悪化やゴミの不法投棄などにより、地域住民の苦情の対象施設であったが、今では、かけがいのない地域の共有財産としての地位を確立しつつある。

しかし、管理者だけでは長大な農業用水路の維持管理は難しく、共助・公助といった支援が必須となっている。

ここまで、ボランティアや自治体の支援の事例を挙げてきたが、東京都はこれまで、大規模な改修や遠隔操作機器設置等の先進的な取り組みについては、直接的・間接的に支援してきたものの、維持管理部分での

支援は行ってこなかった。

しかし、農業用水を守ることは、その水を利用する農業・農地を保全していくことに他ならない。

平成27年4月に施行された「都市農業振興基本法」を足掛かりに、地方計画に農業用水保全のための諸施策を位置付けることを検討するなど、地域の共有財産である農業用水が後世に引き継がれるよう、保全に努めていく所存である。

その上で、土地改良区及び用水組合の将来のあり方や、自治体と連携した用水維持管理の手法を検討して提案できればと考えている。

市野新田ダムの遮水性材料における施工含水比の設定方法

井 守 徹*
(Toru IMORI)

目 次

1. はじめに	20	5. 施工含水比範囲の検討手法	23
2. 市野新田ダムの概要	20	6. 盛立施工仕様の決定	24
3. 遮水性材料の施工管理における課題	21	7. おわりに	25
4. 遮水性材現場転圧試験方法と結果	21		

1. はじめに

国営柏崎周辺農業水利事業は、新潟県中越地方の西端に位置し、東頸城丘陵と刈羽砂丘に囲まれて展開する刈羽平野に広がる水田3,590haを受益としている。

当地区のかんがい用水は、鯖石川、別山川及び鶴川に依存しているが、各河川とも自流に乏しく、夏期渇水時には中小溜め池や排水路を堰き止めての反復利用、輪番制取水の実施等により、必要水量を確保している状況にある。

このため、本事業では各水系にそれぞれダムを築造し、不足水量を賄うとともに、関連事業を含め取水施設や用水路の改修及び区画整理を行って農業経営の近代化と営農の合理化を図ることを目的としている。

事業計画における3ダムの内、鯖石川水系における「栃ヶ原ダム」、別山川水系における「後谷ダム」については既に供用されており、現在、最後となる鶴川水系の「市野新田ダム」を建設中である。

市野新田ダムは平成24年度に着手し、平成26年度に仮排水路が完成、平成27年度春に転流し一部築堤作業を始めているところであり、平成29年度秋の堤体及び洪水吐の完成を目指して鋭意施工中である。

本稿は、この市野新田ダムにおいて、築堤工に先立ち平成26年度に実施した盛立試験において、特に慎重な施工管理が求められる遮水性材料に着目し、その中でも材料特性に大きな影響を与える項目である含水比の施工仕様の決定方法について工夫した点を報告するものである。

2. 市野新田ダムの概要

市野新田ダムは、築堤量156千 m^3 、堤高26.7m、堤頂長199m、有効貯水量1,600千 m^3 と比較的小規模のダムであるが、傾斜遮水ゾーン型フィルダムであることと、間接流域を持つことが特徴のダムである。図-1に堤体標準断面図を示す。

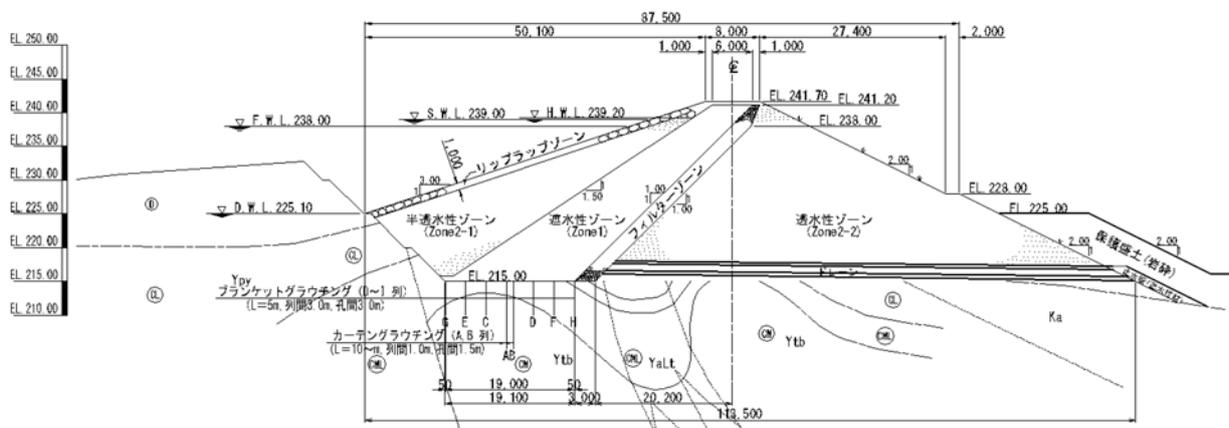


図-1 堤体標準断面図

*北陸農政局柏崎周辺農業水利事業所
(Tel. 0257-24-5731)

3. 遮水性材料の施工管理における課題

遮水性材料に要求される性能は、遮水性及び所要のせん断強度を得るための密度（一般的にはD値で評価される）により評価される。

施工含水比はこれらの条件を満足するために、最適含水比 (ω_{opt}) 付近から最大乾燥密度の95%に対応する湿潤側の含水比 (ω_{wet}) 付近で管理されることが多く、転圧機種や撒き出し厚を変化させ、転圧回数との関係から仕様を決定するのが一般的である。

この時、材料特性に大きな影響を与える含水比条件を変化させて試験を行うことは少ないが、今回の盛立試験においては、2種類の含水比条件を当初から設定することで、施工含水比条件の相違による被転圧、現場透水係数の特性を直接現場で確認するとともに、同じ転圧面においても採取場所によっては含水比が僅かに異なることをも評価することで、より安定した品質を確保するための施工含水比条件を設定することとした。

4. 遮水性材現場転圧試験方法と結果

(1) 転圧仕様

本ダムにおける遮水性材の材料特性から転圧試験仕様は表-1に示すとおり、1機種(16t級振動タンピングローラー)

表-1 転圧試験仕様

転圧機種	16ton級振動タンピングローラー
撒出厚	30cm
転圧回数	6回、8回、10回、12回
含水比	ω_{opt} 付近、 ω_{wet} 付近
材料	土取場材(細粒材)+購入材(山砂)+購入材(安山岩(粗粒材))

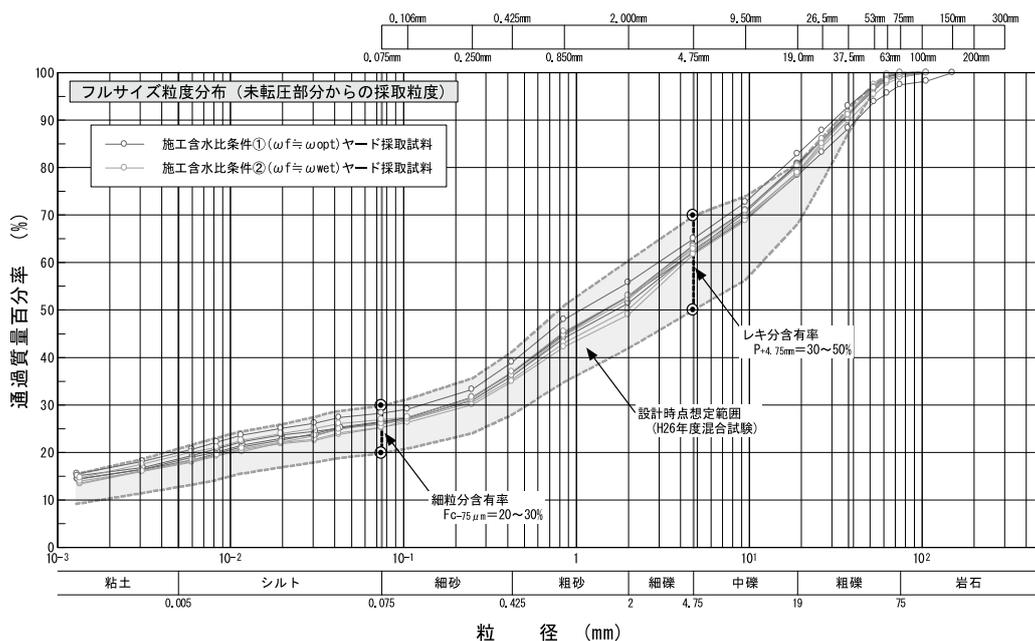


図-2 粒度試験結果

ングローラー), 1撒出厚(30cm), 4転圧回数(6, 8, 10, 12回)を標準として、含水比は2条件(ω_{opt} 付近, ω_{wet} 付近)を設定し試験を実施した。

(2) 現場転圧試験結果

1) 室内試験結果

転圧ヤード毎の室内試験結果を図-2~6に示す。粒度特性については、レキ率($P+4.75mm$)=35~38%程度、細粒分含有率($Fc-75\mu m$)=25~28%程度の狭い範囲内に収まっており、全体のバラツキは小さいと評価される。

混入レキは硬質な安山岩レキで、吸水率 $Q \approx 2 \sim 4\%$ 程度であった。

コンシステンシー特性については、塑性図上で[CH(高塑性粘性土)]に分類される。塑性指数は、一般的な目安値である $I_p \geq 15$ の範囲に入っており、コンシステンシー特性のバラツキも小さいと評価される。

締固め曲線は、最大乾燥密度 $\rho_{dmax} = 1.861 \sim 1.865 t/m^3$ ($\Delta \rho_{dmax} = 0.004 t/m^3$), 最適含水比 $\omega_{opt} = 14.4 \sim 14.6\%$ ($\Delta \omega_{opt} = 0.2\%$)であり、ほぼ均一な締固め特性を示している。

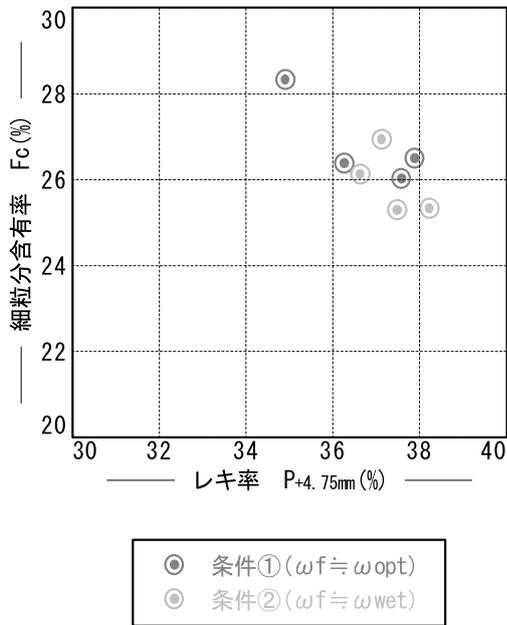


図-3 レキ率-細粒分含有率の関係

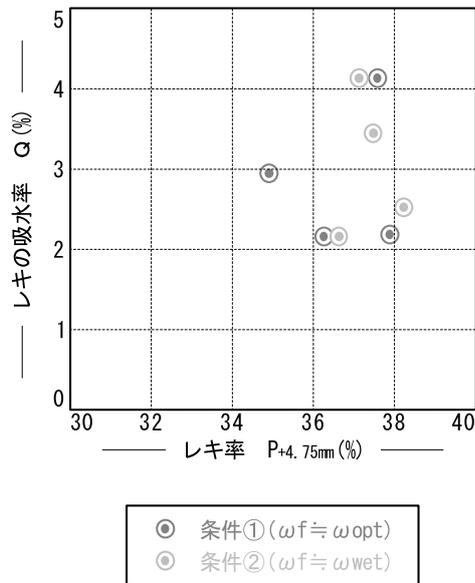


図-4 レキ率-レキの吸水率の関係

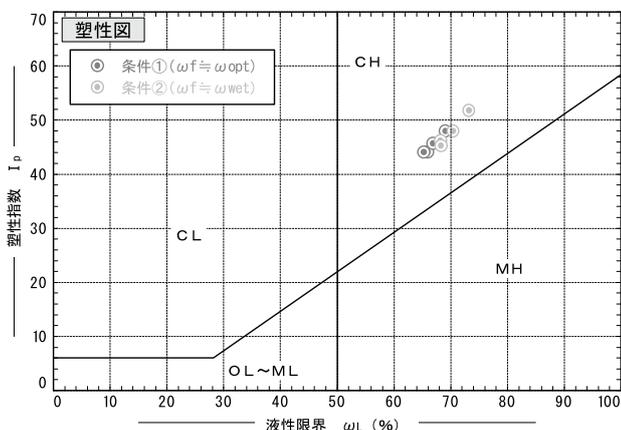


図-5 塑性図

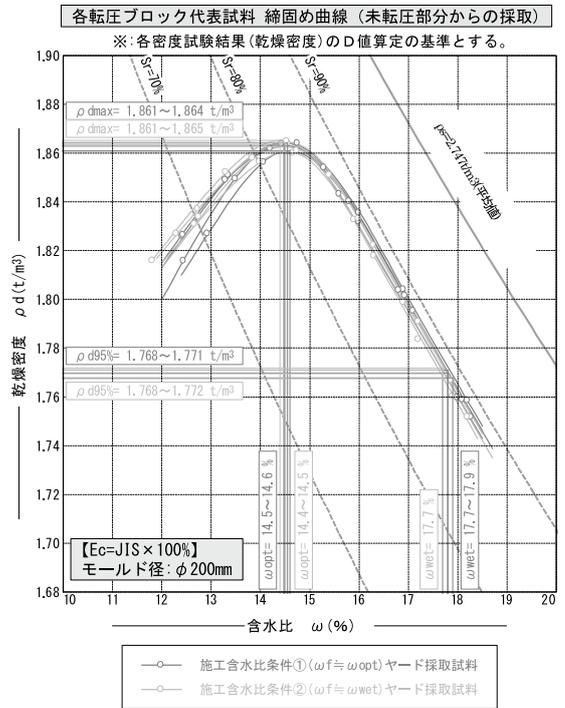


図-6 締めめ曲線

2) 施工含水比状況

現場転圧試験面から転圧前後の試料を採取し含水比を測定した。結果は図-7及び下記のとおりである。

【施工含水比条件①： ω_{opt} 付近ヤード】

・・・ $\omega_f = \omega_{opt} + (-0.1 \sim +2.6) \%$

【施工含水比条件②： ω_{wet} 付近ヤード】

・・・ $\omega_f = \omega_{wet} + (-1.3 \sim +1.4) \%$

ω_{opt} 付近ヤードはストックヤードから撒出しまで間で若干乾燥側に移行する想定であったが、結果的に若干湿潤側での転圧となった。また、 ω_{wet} 付近ヤードは撒出し後も加水を行ったことから計画通り $\omega_f = \omega_{wet}$ での施工となった。

3) 現場密度試験結果

現場密度試験結果を図-8に示す。D値(乾燥密度)は、いずれの施工含水比設定においても、10回転圧までは転圧効果が明瞭に見られ、12回転圧において若干低下する傾向を示している。

それぞれの含水比において、D値 $\geq 95\%$ をクリアする転圧回数は以下に示すとおりであり、比較的少ない転圧回数において所要のD値を満たしている。

【施工含水比条件①： ω_{opt} 付近ヤード】

・・・6回転圧以上

【施工含水比条件②： ω_{wet} 付近ヤード】

・・・8回転圧以上

各転圧ブロック・各撤出し層の施工含水比確認結果

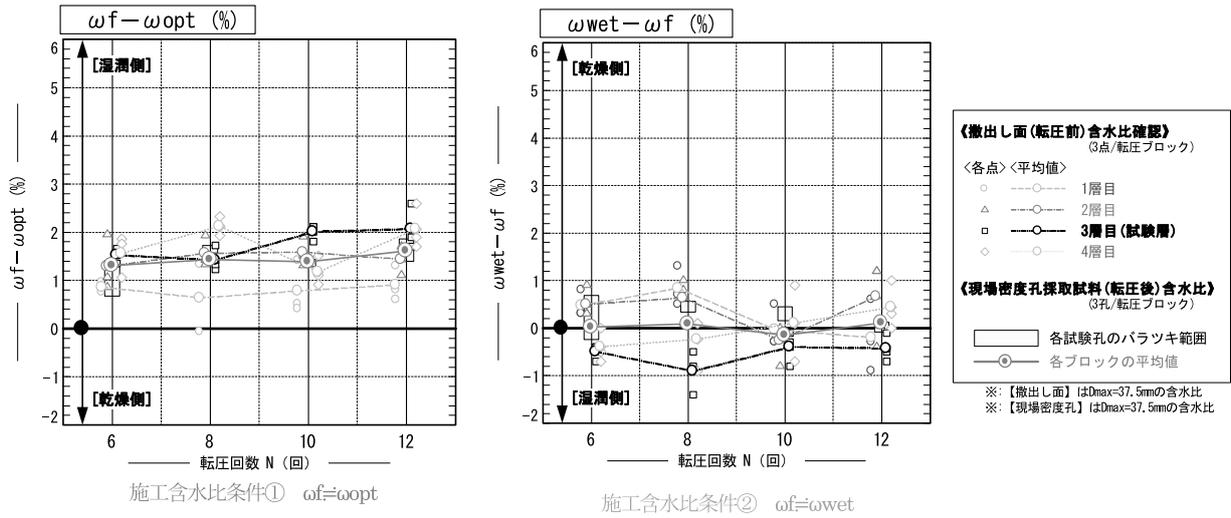


図-7 含水比確認結果

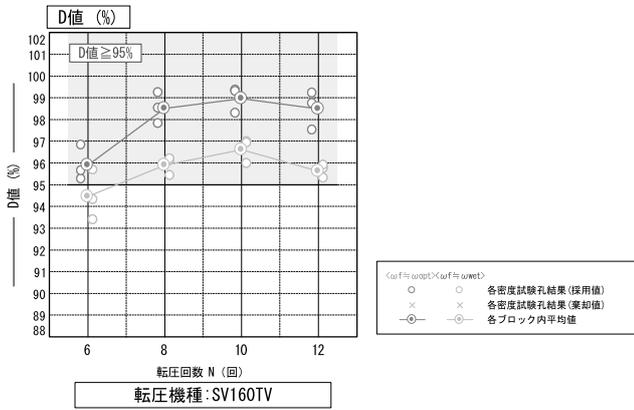


図-8 現場密度試験結果

4) 現場透水試験結果

現場透水試験結果を図-9に示す。要求される透水係数 ($K \leq 1.0 \times 10^{-5} \text{cm/sec}$) を満たさなかった現場透水試験孔は、 ω_{opt} の8回転圧-No.②の1孔のみであったこと。また、この1孔についても透水係数は $k=1.07 \times 10^{-5} \text{cm/sec}$ であり、本材料は遮水性に優れた材料であると評価される。

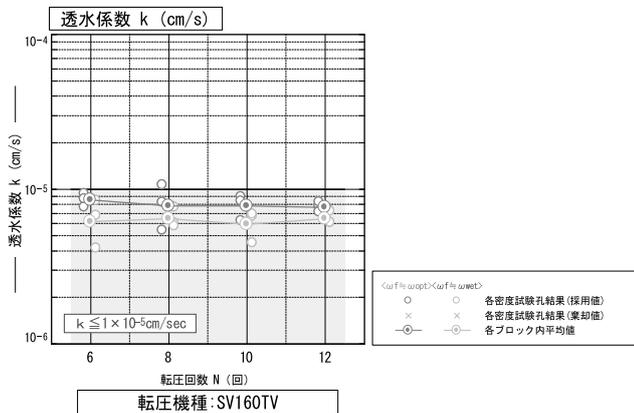


図-9 現場透水試験結果

5. 施工含水比範囲の検討手法

(1) 検討に対する考え方及び検討手法

現場転圧試験結果を基礎資料として、以下の考え方により施工含水比範囲を決定した。

今回の盛立試験では、これまでは施工場所によりややバラツキの生じる含水比に起因する被転圧特性、現場透水係数特性を1条件の含水比としてしか評価されてこなかったものを、独立したデータとして取り扱うことで、含水比の相違による被転圧特性、現場透水係数特性をより厳密に評価することとした。

遮水性材料のような土質材料は、含水比条件によって発現される被転圧特性や透水係数は、含水比の値そのものというよりは、その締固め特性 (ρ_{dmax} , ω_{opt} , ω_{wet}) に対する相対的な位置によって規制される。このような土質材料の特性を考慮し、 ω_{opt} から ω_{wet} の範囲に対する相対的な位置を【盛立相対含水比: ω_{pos} 】として下式により定義するとともに、ここで用いる施工含水比条件については、 ω_{pos} によるものとした。

$$\omega_{pos} = \frac{\omega f - \omega_{opt}}{\omega_{wet} - \omega_{opt}}$$

ここで、

ω_{opt} : 最適含水比

ω_{wet} : 締固め曲線上でD値95%Lineと交差する湿潤側含水比

ωf : 施工含水比

なお、 $\omega_{pos}=0\%$ の場合【 $\omega f = \omega_{opt}$ 】、 $\omega_{pos}=100\%$ の場合【 $\omega f = \omega_{wet}$ 】

(2) 許容施工含水比範囲決定図の作成手順

ω_{opt} 付近及び ω_{wet} 付近ヤードの各転圧回数毎に算定される試験値をプロットし【盛立相対含水比-D

値、飽和度、現場透水係数】の関係について、高い相関性で近似される曲線（包括線）を決定し、試験結果のバラツキを考慮した〔危険側の Line〕を設定した。

危険側の Line が【D 値 $\geq 95\%$ 】【 $k \leq 1.0 \times 10^{-5} \text{cm/sec}$ 】となる盛立相対含水比範囲を图中から読み取り、その転圧回数における『許容施工含水比範囲』とすることとした。施工含水比範囲決定図の作成例を図-10に示す。

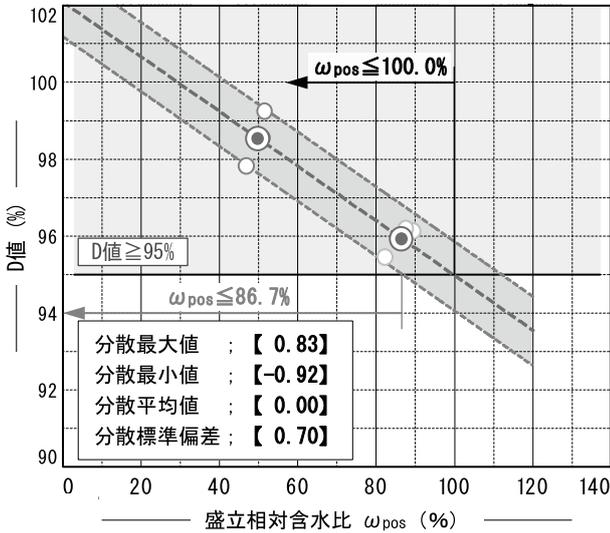


図-10 盛立施工含水比範囲決定図作成例

6. 盛立施工仕様の決定

(1) 盛立施工含水比範囲

図-11に示す【盛立相対含水比—D 値】の関係図では、D 値は湿潤側含水比に規制され、包括線の危険側ラインが示す許容含水比範囲は、転圧回数6回～10回では大きくなるが、12回転圧ではやや狭くなる結果となった。

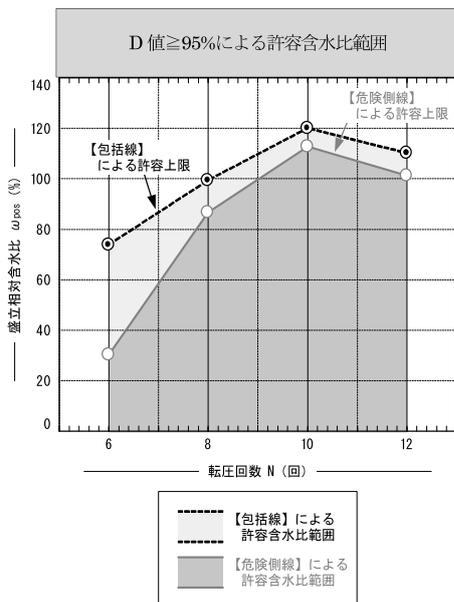


図-11 D 値による許容含水比範囲

一方、図-12に示す【盛立相対含水比—透水係数】の関係図では、透水係数は乾燥側含水比に規制され、包括線の危険側ラインが示す許容含水比範囲は、転圧回数が多くなるに従い広がる結果となった。

盛立相対含水比範囲は、【D 値 $\geq 95\%$ による制限】と【 $k \leq 1.0 \times 10^{-5} \text{cm/sec}$ による制限】の両方を満たす必要があるが、図-13のとおり、6回転圧においては、【D 値 $\geq 95\%$ 】【 $k \leq 1.0 \times 10^{-5} \text{cm/sec}$ 】を同時に満たす盛立相対含水比範囲はない。また、8回→10回→12回転圧で順当に施工含水比の許容範囲は広がる結果となった。

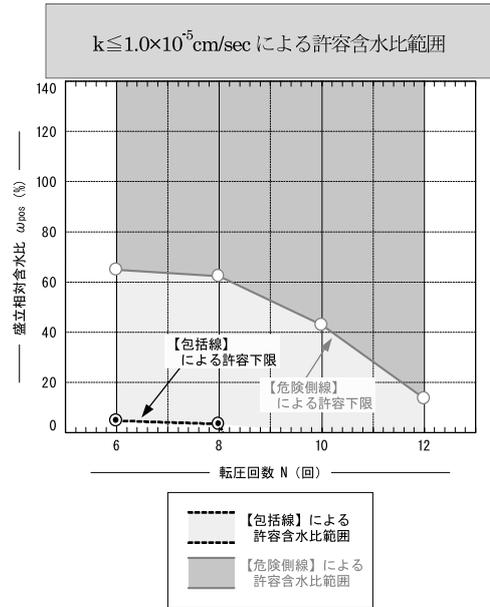


図-12 $k \leq 1.0 \times 10^{-5} \text{cm/sec}$ による許容含水比範囲

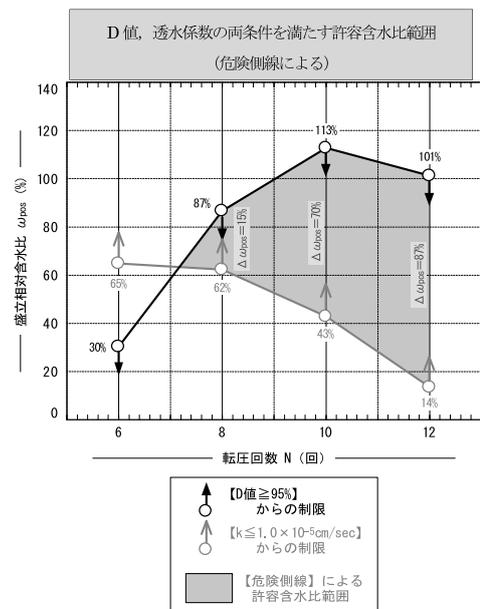


図-13 D 値、透水係数の両条件を満たす含水比範囲

(2) 盛立施工仕様の決定

表-2は【許容盛立相対含水比範囲】から、実際の許容施工含水比範囲を各転圧回数より算出した結果

と、その値について実施工を考慮して【0.5%】単位に整理したものを示している。

【8回転圧】は $[\omega f = \omega opt + 2.5\%]$ と施工含水比に幅が無いため棄却する。

【10回転圧】は $[\omega f = \omega opt + 1.5\% \sim \omega wet]$ までとなる比較的広い許容施工含水幅 $\Delta \omega = 1.8\%$ を設定することができ、現場における含水比のバラツキを考慮すれば有利である。

【12回転圧】は、 $[\omega f = \omega opt + 0.5\% \sim \omega wet]$ まで許容含水比は広がり、【10回転圧】と比較すると $\omega opt + 0.5\% \sim \omega opt + 1.5\%$ の1%の幅が広がることとなる。

ただし、土取場での混合細粒材の材料採取状況や仮置場での材料ストック状況の自然含水比は、湿潤側に位置しており、細粒材を曝気してストックしている状況であることから、実施工では比較的乾燥側の $\omega opt + 0.5\% \sim \omega opt + 1.5\%$ の拡張はメリットが小さいも

のとなる。

よって、転圧回数は【10回転圧】、施工含水比範囲は $[\omega f = \omega opt + 1.5\% \sim \omega wet]$ とする。

7. おわりに

今回の試験では、複数の施工含水比条件を設定することと、試験データをそれぞれ独立したものとして取り扱うことで施工含水比条件の相違による被転圧特性及び現場透水係数特性をより厳密に評価することができ、より明確に施工含水比に関する管理条件を設定出来たと考える。

実施工においても、日々の含水比チェックを続け、高い品質のダム建設に努めつつ、早期のダム完成を望む受益者の期待に応えたい。

表-2 許容施工含水比範囲

転圧回数	各ブロック撤出材代表試料による締固め試験結果 ^{※1}			許容盛立相対含水比範囲	①実際の許容施工含水比範囲 ^{※3}	②実際の許容施工含水比範囲 ^{※4}	
	最大乾燥密度 ρ_{dmax} (g/m ³)	最適含水比 ω_{opt} (%)	湿潤含水比 ω_{wet} (%)				
6回	1.864 1.864	14.5 14.5	17.8 17.7	D値95%及び透水係数を同時に満たす含水比幅無し			
8回	1.863 1.863	14.5 14.5	17.7 17.7	62~87%	$\omega_{opt} + 2.1\% \sim \omega_{opt} + 2.9\%$	$\omega_{opt} + 2.5\% \sim \omega_{opt} + 2.5\%$	$\Delta = 0\%$
10回	1.864 1.865	14.5 14.5	17.7 17.7	43~113%	$\omega_{opt} + 1.4\% \sim \omega_{opt} + 3.7\%$	$\omega_{opt} + 1.5\% \sim \omega_{wet}$	$\Delta = 1.8\%$
12回	1.861 1.865	14.6 14.4	17.9 17.7	14~101%	$\omega_{opt} + 0.4\% \sim \omega_{opt} + 3.3\%$	$\omega_{opt} + 0.5\% \sim \omega_{wet}$	$\Delta = 2.8\%$
平均	1.863	14.5	17.8				
[$\omega_{wet} - \omega_{opt}$] ^{※2}		3.3%					

※1: 今回の盛立試験において、各転圧ブロック代表試料に対して実施した締固め試験結果 ($E_c = JIS \times 100\%$) 【上段数値: opt材, 下段数値: wet材】

※2: 上記※1 締固め試験結果の平均値

※3: 【許容盛立相対含水比範囲】に $[\omega_{wet} - \omega_{opt}]$ を乗じ、 ω_{opt} からの湿潤側範囲を算定

※4: 左欄の①実際の許容施工含水比範囲に対してさらに現場で実管理を考慮し、《乾燥側》《湿潤側》ともに【0.5%】単位で安全側に丸めた数字。ただし、湿潤側の許容範囲が ω_{wet} よりも湿潤側となる場合は、 ω_{wet} を上限とする。

水土保持相談センターによる新技術・工法の啓蒙・普及活動について

中 井 雅* 江 上 博 司* 槻 瀬 誠*
(Masashi NAKAI) (Hiroshi EGAMI) (Makoto TSUKISE)

目 次

I. はじめに	26	IV. 新技術・工法説明会以外の	
II. 新技術・工法説明会の開催内容	26	技術啓蒙・普及に関するセンター活動	29
III. 参加者からの反応	28	V. おわりに	30

I. はじめに

近年、施設の更新事業が増加する等の土地改良事業の変化により、施設の長寿命化技術や機能保全技術の向上やストックマネジメントの必要性が高まっている。このため、民間企業や研究機関、大学ではこれらに関連した新技術・工法の開発が盛んに行われるようになってきた。他方、国、県、市町村や土地改良事業団体連合会、土地改良区等の担当者が新技術や新工法にふれる機会は必ずしも多くないのが現状である。

東海農政局では平成23年度に整備部次長をセンター長に土地改良技術事務所を事務局とし木曾川水系土地改良調査事務所も加わった水土保持相談センターを創設し、機能保全を主体とする農政局と地方自治体等との技術協力関係の強化並びに技術支援の推進を図ってきた。このセンター活動の一環として「新技術・工法説明会」を年数回開催し新技術・工法の普及と発展及び官民共有に努めてきたので、その概要を報告する。

II. 新技術・工法説明会の開催内容

1. 開催状況

新技術・工法説明会は、平成23年度から毎年度5回開催し、毎回3～6課題を1課題40分を目安に発表と質疑応答を行っている。発表者によっては、機材を持ち込んで実演をした場合もある。開催場所はこれまで東海農政局土地改良技術事務所で、全体の開催時間は毎回3時間半から4時間程度である。開催に当たっては、発表を希望する企業からの発表申し込みを随時受け付け、内容を土地改良技術事務所専門技術指導官が審査した上で3～4件集まったところで東海農政局管内の国、県、水資源機構、県土連、土地改良区

等の農業農村整備事業関係機関に連絡の上で開催している。平成27年度途中までの開催状況は表-1に示すとおりで、平成23～26年度の開催状況を最後に表-9で示す。

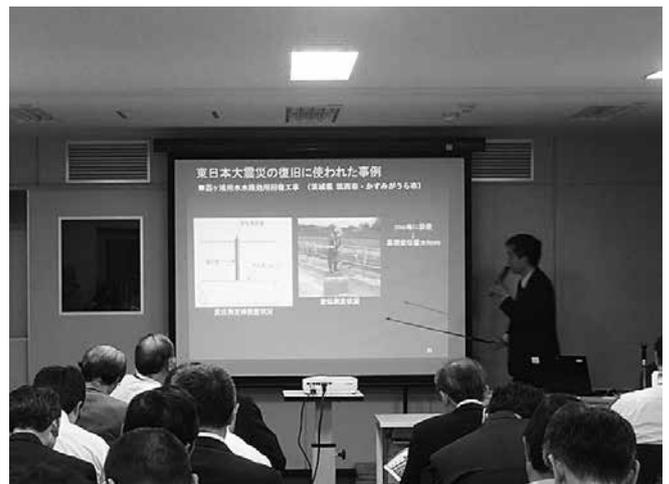


写真-1 新技術・工法説明会での説明実施

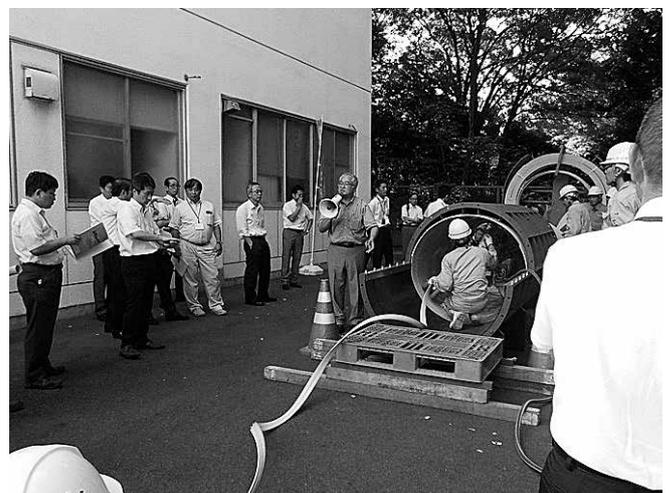


写真-2 説明会での実演状況

*東海農政局土地改良技術事務所
(Tel. 052-232-1057)

表-1 平成27年度（途中まで）開催状況

年月日	紹介テーマ
平成 27 年 6 月 29 日 参加者 計 69 名	①デジカメを用いた災害復旧事業申請業務の効率化(3次CAD V-nasClair及び情報共有システムの紹介)②超速硬化型ウレタン CV スプレー(SQS 工法)(有機系ライニングの有効性と施工10年後の試験について)③農業用水路トンネルの機能(耐圧強度)回復・長寿命化技術(FRT 工法(農業用水路トンネル機能回復加圧式ウレタン充填工法の紹介)④回転式破砕混合工法(ツイスター工法)(各種建設発生土のリサイクルや土壌環境の浄化等への応用)
平成 27 年 9 月 10 日 参加者 計 55 名	①サブテラ工法の紹介(高密度ポリエチレン管による管更正工法)②TS シーラー(コンクリート表面含浸材)の紹介(劣化したコンクリートのモルタル付着性公表及び耐摩耗性向上材料)③減災のための監視システムの紹介(ため池のリアルタイム監視システム)④360° 回転式レーザー測定器の紹介 (コンクリート構造物等に対する360° 回転式測定機器)

2. 参加者の状況

(1) 出席者の状況について

出席者の分布は表-2のとおりであり、国の機関の所属者に加えて管内の水資源機構、県、県土連や土地改良区、市町村からも参加している。最近では、建設会社やコンサルタント、2次製品メーカー等の民間業者からの参加希望者も増えている。コンサルタント会社にとっても、新技術・新工法を知る良い機会と考えているとの意見が後述の表-5に示す参加者アンケート等に見られた。

表-2 参加者の所属区分

所属機関	%	H23	H24	H25	H26	H27
東海農政局本局	10	33	39	27	14	5
国営事業所等	27	98	77	70	48	22
管内県職員	23	23	79	63	67	42
土地改良区、県土連、市町村職員	8	8	33	18	23	7
水資源機構	6	8	25	9	17	6
大学、取材関係者			1		1	
建設業者関係者	13		24	46	59	27
コンサルタント等関係	12		8	41	81	15
合計		170	286	274	310	124

(2) 発表者の状況について

新技術・工法発表会での発表者の所属を分類した結果は、表-3のとおりである。専門会社、建設会社、

二次製品会社の分類される会社の発表が多く、新技術の開発が建設会社や二次製品会社で盛んであることが判る。最近では土地改良建設協会や農業土木事業協会等に属さないそれまで異事業の分野が主だった専門会社からの発表も増えている。数は多くないが、コンサルタント関係会社からの発表もある。

表-3 発表者の所属区分

分類	%	H23	H24	H25	H26	H27
建設会社関係	31	10	7	5	5	
専門会社関係	32	3	7	9	5	4
製品会社関係	23	6	1	3	7	3
機械電気関係	9		5	1	2	
コンサルタント関係	5	1	3			1
計		20	23	18	19	8

3. 発表テーマの分類について

発表されたテーマを分野別に分類した結果は表-4のとおりである。ストックマネジメント等に関連する補修・補強対策技術や機能診断技術に分類される発表が多い。補修・補強対策では開水路とそれに関係するコンクリート関係の技術が一貫して多い。管水路関係の補修補強技術も多いが最近では少なく、地盤改良関係の補修補強技術も多いが最近では見られない。最近、耐震、防災、減災関係分野の発表が増えているが、これは、東海農政局管内で国営総合農地防災事業「大規模地震型」の矢作川総合第2期地区が始まったこととも関係していると思われる。耐震、防災、減災関係に分類したもののなかにも補修・補強対策に関連した技術が存在する。

表-4 発表テーマの内容別分類

	%	H23	H24	H25	H26	H27
機能診断技術	10		6	1	1	1
補修・補強対策	44	13	8	8	6	4
内)開水路コンクリート	21	(4)	(4)	(4)	(5)	(2)
内)パイプライン	11	(6)	(1)	(1)	(1)	(1)
内)トンネル	4	(2)				(1)
内)地盤改良関係	8	(1)	(3)	(3)		
機械・電気・通信	6		2	1	2	
耐震、防災、減災	9			1	5	2
環境保全関係	3		1	1		1
その他施工技術	16	7	1	5	1	
保全管理技術	9		2	2	4	
再生可能エネルギー	3		3			
計		20	23	19	19	8

Ⅲ. 参加者からの反応

1. 全体的な評価

(1) 参加者アンケート結果

各回の参加者アンケートから新技術・工法説明会全体に関する意見を集計した結果が表-5のとおりである。参加希望者の増加に伴い会場が狭くなったことによる要望もあるが、概ね好意的な反応が多い。

表-5 参加者アンケート全体意見結果分類

	%	H24	H25	H26	H27
有意義だった,良かった	28	15	5	11	
次回テーマへの意見要望	40	6	7	31	
運営方法の改善を要望	4	1		3	1
会場設備への要望	13	2	5	6	1
説明方法の改善を要望	7	1	3	4	
説明テーマの改善を要望	5	1	2	2	1
結果の活用を要望	3	2		1	
計		28	22	58	3

(2) 関係機関の反応

当水土保全相談センターでは、毎年、東海農政局管内の国営事業所等、水資源機構、各県、県土連、土地改良区の農業農村整備事業関係機関にアンケートを配布して意見を徴集しているが、平成26年度の関係する新技術・工法説明会を含む技術交流に関する設問の回答結果を図-1に示す。

ストマネ・フォーラム等の後述する他の技術交流も含めた回答になるが、「大変役に立った」「今後も参加したい」との回答が、全体で約80%と高い水準にあった。

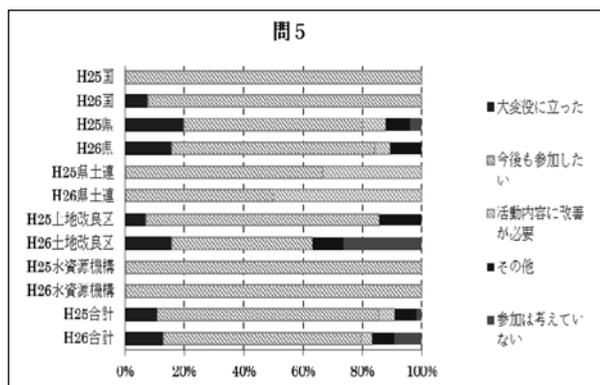


図-1 関係機関からのアンケート結果

2. 個別発表テーマ毎の反応

新技術・工法説明会の参加者から、発表毎に「業務に反映でき有意義であったものは何か」と「もう少し充実・工夫して欲しいものは何か」の2つの項目別に意見・要望を徴集し、発表者に伝えることで双方向の技術力向上と技術交流を図った。個々の発表課題に関する個別の意見・要望の集約として、平成26年度で

は平均して「業務に反映でき有意義であったものは何か」が12件、「もう少し充実・工夫して欲しいものは何か」に8件、合計して発表1件あたり20件の意見、要望が寄せられ、一定の効果があつたと考えている。個々の発表別に意見は様々であったが、全体的に①コストについてもっと詳しく知りたい②他の工法との比較が知りたい。③デメリット面を知りたい。という意見が目立った。

3. 発表テーマに関する要望

(1) 出席者からの要望の分野別分類

表-5で示した参加者からのアンケートで次回に要望するテーマについて集計した結果が表-6のとおりである。具体的なテーマへの要望が増えてくるのが平成26年からで、本説明会の活動が進んできたためと考えられる。このため、データとしては少ないが、耐震、防災、減災技術や補修・補強対策技術への要望が多く、要望数も増加している。全体的に見ると施工技術に関する要望が多く、機能診断技術関係の要望は少ない。補修・補強関係の中では、コンクリートや開水路が要望の多い分野である。関係環境保全や生態環境、再生可能エネルギー技術については、要望に比べ説明会での発表件数は多くないが、IV章に記す当センターの他の活動で対応を図っている。

表-6 出席者からの希望する発表テーマの分類

	%	H24	H25	H26
機能診断技術	3	1		1
補修・補強対策技術	25	1		15
内)ブロック関係補修	(2)			(1)
内)コンクリート関係補修	(9)			(6)
内)開水路関係補修	(8)			(5)
内)管水路関係補修	(5)		(1)	(2)
内)補修補強関係全般	(2)			(1)
機械・電気・通信技術	6	1	1	2
耐震, 防災, 減災技術	26	1	2	14
環境保全・生態環境	9			6
その他施工技術	16	3	5	2
保全管理技術	3			2
再生可能エネルギー等	12			8

(2) 関係機関からの要望

当センターで、毎年実施している東海農政局管内の農業農村整備事業関係機関からのアンケート集約の結果、関係する意見要望としては、以下のものがあつた。参加者アンケートでも見られたが、①新技術・新工法の不具合への対応策を知りたい。②県からは末端工事の事例③県土連や土地改良区からは、漏水対応の補修や水路法面維持管理の省力化、軽減等の彼らにとって身近な内容の工法を求める要望が出ていた。

Ⅳ. 新技術・工法説明会以外の技術啓蒙・普及に関するセンター活動

1. 水士保全センターの各種活動

新技術・工法説明会以外にも当センターでは、①各関係機関からの様々な技術相談への対応②農地・水活動組織等に技術支援③新たな技術分野に着目して地域の関係者が研鑽と交流を深める場の提供等を目指して以下の様々な活動を行っている。

これにより、新技術・工法説明会では対応が十分でなかった要望にある程度は応えていると考えている。

2. 現地説明会

(1) 概要

当センターでは、表-7のとおり平成25年度から毎年1回東海農政局管内の国営事業所の現場で、国、県、県土連、土地改良区からの参加を得て現地説明会を開催した。この2年間は小水力や太陽光発電の再生エネルギー関係の見学に重点を置いた。



写真-3 現地説明会実施状況 (小水力発電施設)

表-7 現地説明会の開催状況

年月日, 場所	紹介テーマ
平成26年1月22日 西濃用水第二期地区 新濃尾農地防災地区 参加者数: 県等13名, 国19名, 計32名	①超高強度繊維補強コンクリートパネル工法(岡島頭首工)②後施工せん断補強耐震対策工法~RMA工法~(岡島頭首工)③小水力発電計画④鋼板内蔵外付RCプレス工法⑤太陽光発電
平成26年1月22日 西濃用水第二期地区 参加者: 県等17, 国10	①西部分水公小水力発電施設②岡島頭首工(施設改修概要, 太陽光発電施設)③揖東幹線小水力発電施設

(2) 参加者アンケート結果

参加者アンケートにより意見・要望を聞いたが、①施工時点、維持管理時点時も見たい②耐震技術の現場を見たい等の意見が寄せられ、今後の開催に活かす予定である。

3. ストマネ・フォーラム技術研究会

東海農政局水士保全センターではストマネ・フォーラム技術研究会各部会を開催し、専門家の方に講師を依頼して、管内の関係者の技術の研鑽と交流の場としてきた。

(1) 新技術・高度化部会

新技術・工法説明会では発表リソースを主に民間企業からの発表に求めているが、東海農政局水士保全相談センターでは、農村工学研究所と共催で新技術・高度化部会として「新技術講習会及び相談会(ストマネフォーラム)」を平成26年12月3日に開催して農業工学研究所の研究成果の紹介に努めた。

(2) 環境配慮・保全部会

環境配慮・保全部会研究会を平成25年11月26日に開催し、環境関係の知識の普及を図った。①農村工学研究所森淳上席研究員「生態系は維持管理で決まる」②岐阜大学平松研教授「魚を中心とする生き物調査について思うこと」の講演を主に実施し、国、県、土地改良区、土連、市町村、水機構、コンサル会社等民間企業から、計100名の参加を得た。

(3) 機能診断部会(水路保全技術)

ストマネ・フォーラム技術研究会水路保全技術を平成25年8月27日、平成27年2月4日に開催し、長寿命化対策に資する技術的手法についての最新の話題提供を行った。

平成25年度は、農水省の「農業水利施設の補修・補強工事に関するマニュアル(案)」と民間業者から「PAE系ポリマーセメントモルタルを用いた補修・補強に関する設計・施工マニュアル(案)」の説明等を行い、国、県、土地改良区等から65名の参加を得た。

平成26年度は、一般社団法人農業土木事業協会と農村工学研究所から農業水利施設の長寿命化技術の体系化について話題を提供して頂き、国、県、土地改良区、水機構、民間業者108名が出席した。

表-8 機能診断部会参加者アンケートの結果

年度	参考になった	普通	参考にならない	その他
H25	26		1	3
H26	65	8		

参加者アンケートの結果、業務の参考になったという回答が多数を占めた。今後についての要望も尋ねたが、新技術・工法説明会同様、補修・補強技術や防災技術等への関心が高かった。

4. 農地・水保全活動組織等への支援

当センターでは、以上の他にも①農地・水保全管理活動組織への技術支援¹⁾や②水路保全対策の事前・事後評価方法書の取り纏め²⁾等の様々な活動³⁾を実施しており、国、水機構、県、市町村、土連、土地改良区

や関連団体に限らず地域の様々な農業農村整備事業関係者への技術支援を行っている。

V. おわりに

国，県，県土連，土地改良区の各ユーザーを対象としたアンケートの結果，「今後も参加したい」との意見が多く新技術・工法説明会への期待がうかがえた。このアンケートでは，内容的には「長寿命化対策への対応」や「簡易な維持管理方法」，「ストックマネジメント業務」に関する要望が高かった。

他方，発表内容の傾向から「長寿命化対策」や「ストックマネジメント」に関係した施設の補修・補強関係の技術や地震対策を含めた防災・減災関係の技術が多く民間企業から発表されており，関係技術の普及と官民共有に本説明会が有効と考えている。

説明会の参加者からのアンケートで要望の多いコンクリート，開水路，管水路の補修・補強技術や耐震，防災，減災関係の発表が多いことから，参加者のニーズという観点からも有効であると考えている。参加者からの要望があるが，新技術・工法説明会での発表が少ない再生エネルギー関係は，現地説明会での見学である程度要望に対応してきた。

一方で，国営事業クラスの工事向けの技術・工法が多いという意見もあったが，土地改良区に対しては別に維持管理講習会等を開催して対応を充実する予定である。

以上より，今後も新技術・工法説明会の開催を継続すると共に，参加者やユーザーからの意見も踏まえて開催場所，開催方法等を検討して内容の充実を図ることとしている。実施に当たっては従来も企業の営業活動の場にならない様に留意してきたが，今後も単なる企業の宣伝の場にならぬ様に注意していく。

なお，東海農政局水土保全相談センターでは，年4回「技術四季報，東海の水土保全」を発刊して関係機関に配布しHPで公開しているが，その中で，新技術・工法説明会の発表内容を適宜紹介することで更なる新技術・工法の啓蒙・普及に努めている。

今後は，大学との連携を如何に高めて大学と現場をどうつなぐかが課題としてあり，東海農政局の他の機関とも連携しながら推進したいと考えている。

表-9 平成23～26年度の新技术・工法説明会開催状況

年月日	紹介テーマ
平成 23 年 6 月 29 日 参加者 計 39 名	①躯体表面の水流阻害改善と目地補修材②耐震・可とう・止水性に優れたジョイント工法③小断面トンネル覆工背面空洞充填工法④SKILLS 超長距離圧送ネオグラウト工法
平成 23 年 7 月 28 日 参加者 計 33 名	①テストバンド及び管継手補強工法(止水バンド工法)②空洞充填対策工法③パワーブレンダー工法(適用事例と新技術の紹介) ④スラリー連続脱水システム(ダム湖・貯水池などの堆積泥土を小面積・低コストで処理)
平成 23 年 8 月 31 日 参加者 計 32 名	①まほうの砂(ビオトップサンド)②管路漏水補修金具(応急措置)③コンクリートの浸水養生工法(アクアカーテン)④回転式破砕混合工法(建設リサイクルの促進，土壌環境浄化及び防災分野への適用事例について)
平成 23 年 9 月 29 日 参加者 計 32 名	①既設構造物のアルカリ骨材反応抑制工法(ASRリチウム工法)②泥水式シールド・推進工事における汚泥の発生抑制とリサイクル③サポートライニング工法④農業用パイプライン等の補修・補強工法(更正工法)
平成 23 年 12 月 6 日 参加者 計 35 名	①冬期用水を確保しながら基幹水路の改修を実施する「三分割プレキャスト製品工法」②管更正による耐震について(スルーリング工法)③維持改修の技術(タフメッシュ工法)④農業用水利施設の改修・補修工法(ダンビー工法等)
平成 24 年 6 月 22 日 参加者 計 69 名	①恒久グラウトによる構造物直下地盤の液状化対策工法②ポンプの潤滑油による診断方法③FRPM 管の機能診断方法④ライジングセクターゲート⑤瓦チップを疎水材に再利用した暗渠排水
平成 24 年 8 月 28 日 参加者 計 63 名	①水中ロボットを用いた管路調査②水理解析による水利機能劣化診断③真空吸引によるダム堆砂処理工法④頭首工などコンクリート耐摩耗対策(ノアモ工法)
平成 24 年 10 月 29 日 参加者 計 57 名	①後施工プレート定着型せん断補強鉄筋(ポストヘッドバー)工法②農業用水を利活用したマイクロ小水力発電(発電規模 20kw 未満)の導入③水路施設の補修・補強工法(環境配慮型 PREE 工法)④コンクリート/土壌マクロセル腐食対策電気防食新工法
平成 24 年 12 月 14 日 参加者 計 57 名	①圧力管路内の漏水量・位置検出手法(自立型管内漏水検知システム)②建設発生土をリサイクルするため池の刃金土製造(回転式破砕混合工法)③管路の非開削更正(耐震補修)工法(SGICP 工法, SS セグメント工法)④災害現場で早期復旧が可能な自然調和型擁壁(プランチブロック工法)

平成 25 年 2 月 22 日 参 加 者 計 56 名	①農村が有する自然エネルギー利用最適化システムについて②小水力開発の現状と課題について③産業廃棄物を活用した環境に優しい防草工法について④最新の薬液注入工法技術について⑤ネット型回転式除塵機及び水質保全設備について⑥農業用・排水路の機能診断と長寿命化工法について
平成 25 年 6 月 25 日 参 加 者 計 44 名	①傾斜角に対応した小規模橋梁代替工法(斜角門形カルバート)②急曲線・内水圧対応管の紹介(合成鋼管, JIPPIPE)③地域性植物を用いた在来種緑化④新しい測量技術の紹介(高精度移動体三次元計測システム)
平成 25 年 7 月 10 日 参 加 者 計 63 名	①土木構造物の劣化要因・メカニズム・変状と診断技術について②土木構造物の劣化を踏まえた補修・補強工法の施工課題について③付着性能, 靱性硬化, 耐久性に優れた責任保証を有するハイグレード(HIG)工法について
平成 25 年 9 月 26 日 参 加 者 計 47 名	①水田への利用に最適な簡易仮設道路資材(プラロード) ②維持管理を低減する環境配慮水路(TK 式ワンド工法等) ③軟弱地盤における発泡樹脂を用いた地盤置換(コロンブス工法) ④住民生活環境に配慮した動く土留め(OSJ工法)
平成 25 年 11 月 15 日 参 加 者 計 55 名	①ため池を地震から守る地盤改良による耐震対策工(中層混合処理工法・浸透固化処理工法) ②コンクリート構造物の長寿命化に寄与する技術(IPH工法) ③コンクリート表面保護工法の動向と新技術の紹介(RCGインナーシール工法) ④あらゆる断面形状に対応する暗渠内組立式の更生工法(パルテム・フローリング工法)
平成 26 年 2 月 28 日 参 加 者 計 55 名	①老朽化するコンクリート構造物を生き返らせる新工法(Sto乾式吹付工法) ②プレキャスト製品を使用した東日本大震災復旧工事現場からの報告③水管理制御システムの機器選定と保全管理④地球環境に貢献する間伐材を用いた液状化対策(丸太打設液状化対策&カーボンストック工法)
平成 26 年 7 月 17 日 参 加 者 計 72 名	①パイプラインの空気排出装置(流水中のパイプラインから確実に空気を排除する装置)②トライボ診断技術(トライボロジーを活用した設備診断技術で農業設備の機能診断)③大断面冬期用水を確保し耐震性を考慮した水路改修事例の紹介④狭小等の現場にも有効な FRP 製農業水路関連製品の紹介 (FRP フリュームカセット工法, ダブルウイング型魚道)

平成 25 年 9 月 9 日 参 加 者 計 71 名	①地盤の液状化対策技術②農業用水管路の非開削更生工法(ダンビー工法) 実機による施工実演 ③地震・津波に対して強靱な三面一体化堤防構造
平成 26 年 11 月 10 日 参 加 者 計 60 名	①施設点検データのデータベース構築について(タブレット端末を活用し施設点検データのデータベース化を推進)②超多点注入工法について(地盤改良対策)(低圧浸透, 多点同時注入により急速施工を可能とする薬液注入工法の紹介) ③地盤改良による液状化対策・耐震補強技術(地盤改良施工機を小型化し, 人が歩行可能な狭隘地でも施工可能な地盤改良工法の紹介)④鋼殻と遠心力締めコンクリートで構成されるセグメント(鉄筋コンクリートを組み込んだ鋼殻構造を採用することにより内水圧, 急曲線施工に対応可能なセグメントの紹介)
平成 26 年 12 月 16 日 参 加 者 計 58 名	①河口堰のリニューアル工事の紹介②コンクリート構造物の耐久性が飛躍的に向上する表面含浸材(マジカルリペラー)の紹介③水路目地材「超耐シーラーTF2000」の紹介(20 年相当の耐久性がある各種水路用シーリング材)④防草対策, 簡易舗装 カタマの紹介(鉄鋼スラグを活用した防草対策に効果がある簡易補償の紹介)
平成 27 年 3 月 18 日 参 加 者 計 49 名	①津波・高潮砂防災のための技術開発(フラップゲート式可動防波堤の紹介)②生物付着防止技術の開発(微弱通電防汚システム・超音波防汚システムにより水門施設等への生物の付着を防ぐ技術)③水門用複合型開度演算器の紹介(開度計と制限開閉器を組み合わせた新しい『水門用複合型開度演算器』の紹介)④鉄筋挿入型後施工せん断補強工法について(既存構造物の片面からしか施工できない部材への耐震補強工法の紹介)

【参考文献】

- 1) 小島康宏, 田中克己: 農地・水保全管理活動組織への技術支援, 農業農村工学会京都支部平成26年度(第71回)研究発表会講演要旨集, pp.36~37, (2014)
- 2) 高木始, 鈴木和成, 堺政弘, 長谷部均: 水路保全対策の事前・事後評価方法書について, 水土の知 82 (11), pp.23~26, (2014)
- 3) 長谷部: 「東海農政局水士保全相談センター」活動の紹介, JAGREE, 85,2013 (5), pp.34~38 (2013)

[2015.10.1]

農業用用水路を利用した小水力発電施設の運用上の課題について (加子母清流発電所の事例)

今 瀬 誠 司*
(Seiji IMASE)

目 次

1. はじめに	32	7. ゴミ詰まり対策（除塵機）	36
2. 発電施設の概要	32	8. ゴミ詰まり対策（頭首工スクリーン）	37
3. 本地区の特徴	33	9. ゴミ詰まりによる売電収益への影響	38
4. 平成26年度の売電収益	33	10. 考察	38
5. 平成26年度の決算	34	11. おわりに	39
6. ゴミ詰まりの現状	35		

1. はじめに

平成26年2月10日に岐阜県初の地域用水環境整備事業（県事業名＝県営農村環境整備事業（小水力発電整備型））加子母小郷地区で整備した「加子母清流発電所」が、供用を開始した。今回はその概要と供用後の課題およびその対策について紹介する。

2. 発電施設の概要

本発電施設は、中津川市の中心部より車で約1時間のところにある小郷区の農地65.1haをかんがいする小郷用水路を利用し発電を行っている。管理、運営は中津川市が行っており、平成26年度の売電収益は48百万円を越えた。加子母清流発電所は、地元加子母小

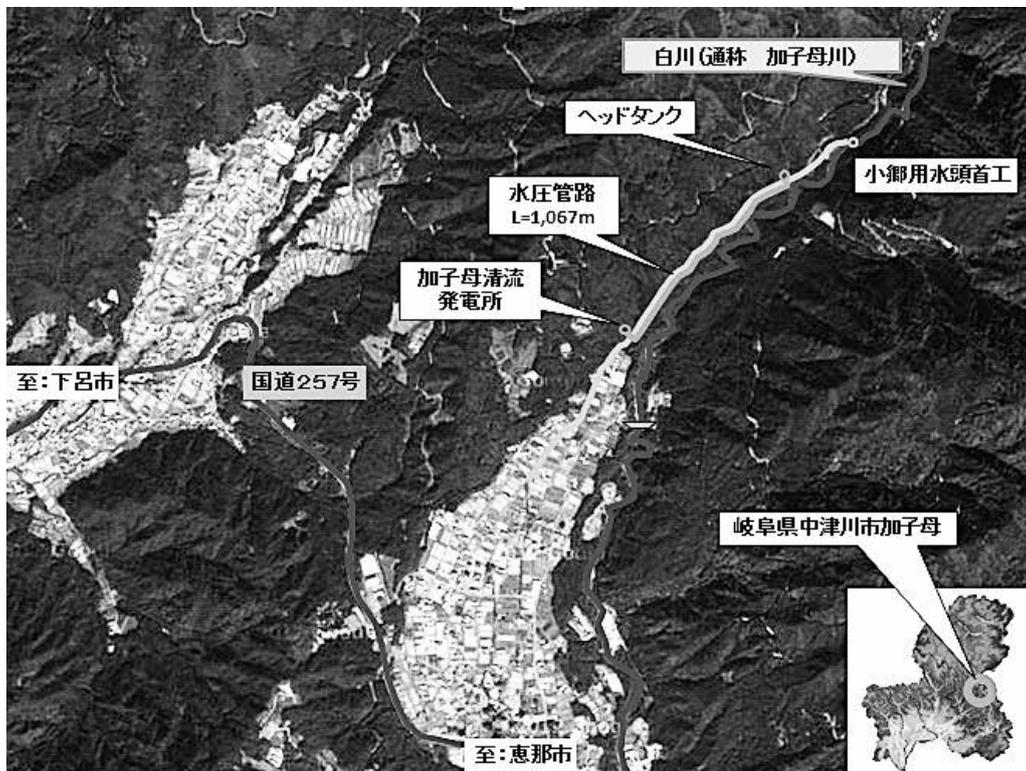


図-1 位置図

*岐阜県恵那農林事務所農地整備課
(Tel. 0573-26-1111)

学校の児童及び保護者からの公募により命名され、地元で愛されている発電所である。

- ・設置場所 岐阜県中津川市加子母
- ・用水名 小郷用水（受益面積 65.3ha）
- ・高低差 64.56m
- ・有効落差 61.55m
- ・最大使用水量 毎秒 0.46m³
- ・最大出力 220kW
- ・年間可能発電量 168 万 kWh/年
- ・CO₂削減効果 約 705t/年
- ・水車形式 横軸フランシス型水車
- ・発電機形式 かご形三相誘導発電機
- ・水圧管路 FRPM 管φ 700
L=1,067m
- ・総事業費 338 百万円
(国 50% 県 25% 市 25%)
- ・事業実施期間 平成 23 ~ 25 年度

3. 本地区の特徴

本地区の特徴を以下に述べる。

第1に本地区への事業導入は東日本震災前に計画されており、いまほど再生可能エネルギーに理解もなく、規制も厳しいなか計画が進んでいた点である。売電単価 15 円 /kWh を想定して算定し、費用対効果を 1.09 としていた。平成 26 年 2 月の完成時には、震災後の再生可能エネルギーの固定価格買取制度の売電単価 29 円 /kWh で契約でき、計画を上回る効果が発揮されている。



写真-1 発電所建屋と小郷用水路

第2に、用水の水をすべて利用できる点である。小郷用水は頭首工から現在の受益地まで導水区間 1.5km ある。過去にはこの区間にも農地があったが、耕作放棄等から数十年前に植林され、現在は林地となっている。このため導水区間で分水する必要なく、この間の流量及び水頭の全てを発電に有効利用が可能であった。

第3に、取水元の普通河川「白川」は豊富な水量を擁し、年間とおして水利権量 0.46m³/秒に近い取水が期待できる。



写真-2 小郷用水頭首工

その他に、比較的大きな沈砂池を持った整備済み頭首工があること、ヘッドタンクまで舗装された市道があること、既設の送電線の空き容量が十分あったこと、民家から離れており騒音等の心配がいらぬこと等好条件がそろっている。

4. 平成 26 年度の売電収益

平成 26 年 2 月供用開始後、順調に稼働している。冬季は河川の水量の低下により、若干発電量が減っているもののほぼ安定的に発電している。計画上の年間可能発電量 168 万 kWh に対し、154 万 kWh と 90% を超える発電をしている。

表-1 加子母清流発電所 売電料金（平成26年度）

	発電量(kwh)	売電単価(円)	売電料金(円)
4月分	128,855	31.32	4,035,738
5月分	133,727	31.32	4,188,329
6月分	128,301	31.32	4,018,387
7月分	144,204	31.32	4,516,469
8月分	131,354	31.32	4,114,007
9月分	129,481	31.32	4,055,344
10月分	142,693	31.32	4,469,144
11月分	106,523	31.32	3,336,300
12月分	116,962	31.32	3,663,249
1月分	135,319	31.32	4,238,191
2月分	86,799	31.32	2,718,544
3月分	153,945	31.32	4,821,557
	1,538,163		48,175,259

売電単価=29円×1.08

表-2 平成26年度 小水力発電施設決算

歳入				単位：円			
款	項	目	節	細 節	決 算 額	積 算 の 根 拠	単 位：円
20	歳	入			48,175,259		
05	雑	入			48,175,259		
04	雑	入			48,175,259		
			07	雑入	48,175,259	小水力発電施設売電収入 1,538,163kwh×29円×1.08(税率加算)	48,175,259

歳出				単位：千円														
款	項	目	節	細 節	決 算 額	積 算 の 根 拠	単 位：円											
34461	小	水	力	発	電	事	業											
	11	需	用	費	965,228													
	001	消	耗	品	費	43,002	小水力発電施設消耗品 12ヶ月 43,002											
	005	光	熱	水	費	479,103	小水力発電所電気料 12ヶ月 479,103											
	006	修	繕	費	343,123	小水力発電所除塵機電気料 12ヶ月 加子母防災ダム電気料 12ヶ月 小水力発電施設修繕料	343,123											
	12	役	務	費	309,039													
	001	通	信	運	搬	費	309,039	小水力発電施設電話料 12ヶ月 加子母防災ダム電話料 12ヶ月										
	008	火	災	保	険	料	0											
	13	委	託	料	2,758,320													
	007	保	守	管	理	委	託	料	544,320	小水力発電施設保守管理委託(電気保安協会) 12ヶ月								
	012	施	設	管	理	委	託	料	2,214,000	定期点検委託 2回 小水力発電施設管理委託								
	15	工	事	請	負	費	16,123,718	土地改良施設維持管理工事業										
	22	積	立	金	22,934,977													
	01	小	水	力	発	電	施	設	建	設	基	金	積	立	金	2,934,977	小水力発電施設建設基金積立金	2,934,977
	02	土	地	改	良	施	設	建	設	基	金	積	立	金	20,000,000	土地改良施設建設基金積立金	20,000,000	
03	農	業	集	落	排	水	整	備	費	5,183,977								
00490	他	会	計	支	出	金	5,183,977											
	28	繰	出	金	5,183,977	農業集落排水事業会計繰出金(その他)	5,183,977											

平成26年度月別発電量では、3月分が最高であり、これは雪解けにより河川流量が安定していたことによるものと考えられる。

一方、最低は2月で、河川の流量が減った上、積雪のため頭首工のごみ取りが十分に行えなかったことによるものと考えられる。

8月には、台風11号や雷雨等による豪雨が多く発生した。豪雨により白川が増水、小郷頭首工にあるスクリーンの目詰まりが発生し、用水路への流入量が減ってしまった。このことにより、ヘッドタンクの水位低下が発生し、発電機が自動停止するという事態が4回記録されている。

なお、発電した電気は、すべて中部電力㈱へ売電されており、売電単価は、29円+消費税の31.32円/kWhで、年間の売電収入は48百万円を超えている。

5. 平成26年度の決算

表-2は、中津川市の小水力発電関係の平成26年度決算書である。歳入は雑収入として中部電力㈱からの売電収入(約48百万円)である。

需用費、役務費は、発電施設の維持に必要な光熱費、消耗品費、通信費等の経費である。この中には、近隣の土地改良施設である加子母防災ダムの電気代も含まれている。

委託料の保守管理委託料は、保安管理業務を電気保安協会へ委託したことによる費用である。なお、ダム

主任技術者は、平成26年度は市の職員より選任していたが、平成27年度からは規制緩和により不要となった。

委託料の施設管理委託料の内、1,781千円は、施設管理費として小郷区(小郷用水組合)へ支払われている。小郷区は、除塵機の目視による点検、清掃、ゴミの処理等を年計314回分(4~12月の毎日1回、それ以外は週3回)委託されている。小郷区は、以前より小郷頭首工の清掃をほぼ毎朝行っており、新たな負担とはなっていない。除塵機から出る枝葉は地元農家が堆肥として有効活用しており、処理費は掛かっていない。頭首工の上流には人家はなく、ゴミのすべてが葉や枝で、生活から出るゴミ等の混入はない。

その他、施設管理委託料として年2回メーカーによる点検(373千円)等を行っている。

工事請負費(16百万円)とは、市内の農業用水路等土地改良施設の簡易な補修等の費用として活用されている。また、発電施設の補修にかかる費用もここから支出されている。

積立金の土地改良施設建設基金積立金とは、市内にある農業用水路等の土地改良施設の改修等を目的とした基金の積立で、この基金を使い計画的に土地改良施設の改修を行っている。小水力発電施設基金積立金とは、将来発生すると思われる発電施設の改修のため積立金である。

また、農業集落排水整備事業費(5百万円)は、集

表-3 維持管理費（平成26年度）

項目		金額(円)	備考	
需用費	消耗品費	43,002	発電所で使う清掃道具等	
	光熱費	198,704	発電所、除塵機の電気代	
	修繕費	清掃費	92,563	ガイドベンの清掃(8回)
		修繕	250,560	結露防水対策、ハンドホール修繕
役務費	通信運搬費	276,166	発電所電話料	
委託料	保守管理委託料	544,320	電気保安協会へ委託料	
	施設管理委託料	点検	372,600	定期点検費
		管理委託	1,780,920	小郷区への委託料
		他	60,480	倒木処理費等
工事請負費		594,000	除塵機改良工事等	
計		4,213,315		

加子母防災ダムの光熱費、通信費を除く

落排水の特別会計に組み込まれ、施設の電気代に充てられている。

これらの会計は、一般会計（単式簿記）としており、農業集落排水事業特別会計のような特別会計ではない。運用開始前に、売電収益の会計を特別会計（複式簿記）として管理すべきではないか議論されたが、農業農村整備事業による小水力発電は、地方公営企業法の適用外であり複式簿記の義務付けはなく、収支状況のわかり易い一般会計とした。

表-3は、決算書の中から平成26年度に発電所の維持管理に必要な経費のみをピックアップして整理したものである。年間4百万円余が、維持管理として必要となっている。なお、市職員による発電機の清掃費用等は計上していない。

6. ゴミ詰まりの現状

ゴミ詰まりの問題は深刻である。枯葉や木切れが発電機の水車のガイドベーン等に詰まり、出力を低下させるばかりでなく、ひどいときは水車が停止するという事態が発生している。このため、月に3～4回は水車の清掃を行っているというのが現状である。

写真-3は、清掃時に水車から出できたゴミである。大量の葉と、直径5cmもあるような木切れ、30cm近くもある長尺の枝がガイドベーンから取り出された。



写真-3 水車内から除去されたゴミ



写真-4 ガイドベーンの開閉

フランスス水車は、ガイドベーン（写真-4の白い部分）の開閉によりヘッドタンクの水位を安定させている。

ガイドベーンの開閉は、ヘッドタンクにあるセンサーで制御されており、ヘッドタンクの水位が下がると（流入水量が減る）とガイドベーンを閉じ水量を絞る。これにより、ヘッドタンクの水位が保たれ、出力を減らしながらも発電を継続する仕組みになっている。

ガイドベーンにゴミを挟み込むと流量調整ができず、サーボモーターに過トルクが発生し水車が停止をしたり、水流が妨げられ発電出力が低下する。

詰まったゴミは、管理孔3か所を開け、手を突っ込んで取り出していく。作業は、2時間から3時間程度

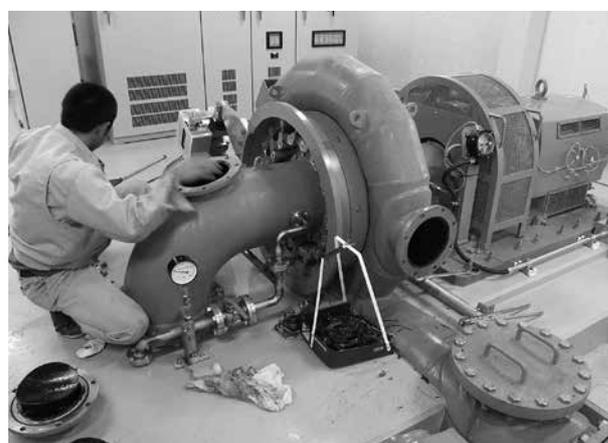


写真-5 水車の清掃状況

要する。高水圧のバルブを扱う作業のため、経験のある市の職員か水道業者が行っている。また、発電機の再稼働前に中部電力(株)の許可を得ることになっているので、この作業には市の職員の立会いが必要である。

ゴミ対策としてヘッドタンクに目幅 25mm のスクリーンの除塵機を設置しているが、①枝葉の団塊② 30cm を超える細長い枝③ 25mm 以上の木端等がスクリーンを通過しているという問題が発生していた。さらに④流下する水量が変動する問題がある。



写真-6 ヘッドタンクにあるスクリーン

これらの原因は下記のとおりと考えられた。

①の枝葉の団塊は除塵機が前面搔上背面降下のため、レーキに付着した枝葉が背面で落下せず、枝葉が水路へ戻ってしまう。

②の長尺の枝は流速が 1 m/s と早いため、水勢でスクリーンの目を通過する

③の木端はスクリーンと水路壁との隙間 (5 cm) を通過する

④の水量変動は、頭首工部にある取水口のスクリーンがゴミにより閉塞し、一気にゴミが抜けた時に発生していた。

7. ゴミ詰まり対策 (除塵機)

除塵機にあるスクリーンを、木葉、枝、木切れ等が通過という問題については、下記のような対策を行っている。

①濡れた枝葉はレーキに付着し背面に回っても自然には落下しないため、レーキに合わせたブラシを設置する。

②細長い枝の通過を抑えることは難しいので、頭首工からヘッドタンクまでの開水路部約 400m に蓋を設置し、山からの枝葉の混入を防止する。

③除塵機のスクリーンと水路壁部の隙間 (5 cm) に、鉄板を溶接し隙間を塞ぐ。

これらの対策は、平成 27 年 8 月現在一部を中津川市が実施しているので状況の報告をする。

①については、ブラシの位置等を検討している。

②については、平成 27 年度の売電収益を用い 8 月に蓋を設置した。効果については、秋の落葉時期に顕著に表れるのではないかと考えている。



写真-7 水路に設置した蓋

③については、平成 26 年 9 月に実施した。写真-8、9 は改良前後であるが、側壁とスクリーンの隙間に鉄板をあて木切れの流入を抑えた。レーキにあるメッシュの網は、せめて浮かんでいる葉だけでもキャッチしようと試みたものである。

これにより 25mm を超える木切れの混入はなくなったが、発電機へのゴミの混入量の変化は認められなかった。メッシュの網もほとんど効果はみられない。



写真-8 除塵機のスクリーン (改修前)



写真-9 除塵機のスクリーン (改修後)

8. ゴミ詰まり対策（頭首工スクリーン）

④の水量変動は、頭首工にあるスクリーンのゴミ詰まりが原因である。頭首工のスクリーンは、小郷水利組合が毎朝ゴミ取りをおこなっており、通常時は特に問題はない。しかし、洪水時（降雨時）は作業が危険であり清掃ができないため、スクリーンのゴミ詰まりにより流入量が減り、発電の停止という事態が発生していた。ゴミ詰まりが原因で平成26年度は6回、発電が停止した。また、時より川の流れにより詰まったゴミが流れ去り、流量が増加していた。これが繰り返されるとヘッドタンクの水位変動が発生し、発電機のガイドベーンが開閉しゴミを挟みこんでしまう。このため、頭首工のスクリーンの改良が必要であった。



写真-10 頭首工スクリーンのゴミ詰まり

目詰まりの防止対策として、スクリーンの目を幅10cmから20cmと粗くし、木切れや葉を通過させることとした。



写真-11 頭首工スクリーン（改修後）

しかし、この改良のみでは多くの枝葉が水路内に入り込んでしまうので、頭首工付近に新たに除塵機を設置した。除塵機には目幅25mmのスクリーンを設置し、前面降下前面掻上式とした。スクリーンと除塵機は平

成27年2月に設置し、これにより頭首工からヘッドタンクの間には3箇所のスクリーンと2機の除塵機が稼働することになった。



写真-12 頭首工付近に設置した除塵機

実施済みの対策工法を検証するため、平成27年4月1日から8月20日の間の停止状況を昨年の同時期と比較してみた。

表-4 発電施設の停止状況（4月1日～8月20日）

停止理由		平成26年度停止回数(回)	平成27年度停止回数(回)
緊急停止	ヘッドタンクの水位低下	5	3
	枝葉のつまり	1	2
	停電(かみなりによる送電の停止)	0	1
	小計	6	6
手動停止	ガイドベーンの清掃	7	8
	点検	1	1
	修繕(除塵機、空気弁)	0	0
	工事のため停止(中電工事等)	5	0
	小計	13	9
計		19	15

清掃回数 26年=14回, 27年=13回

平成26年の発電開始時は、電力会社の調整工事のため5回停止をさせており、それを除くと停止回数は14回で、平成27年度の15回とほぼ同数となっている。昨年とは降雨の状況は同一でないので単純に比較はできないが、残念ながら現時点では新たな除塵対策の効果は確認できない。

しかし、頭首工の除塵機や水路の蓋の設置による効果は落葉時や雪どけ時に現れるものと考えられ、今後も効果を検証していく。

表－５ 発電施設の停止状況（平成26年4月～27年3月）

	停止理由	停止回数 (回)	停止時間 (時間)	平均停止 時間	清掃回数 (回)	清掃費用 (円)	発電ロス (円)※
緊急停止	ヘッドタンクの水位低下	6	39	6.5	5	35,126	222,300
	枝葉のつまり	3	35	11.7	3	0	199,500
	停電(かみなりによる送電の停止)	1	8	8.0	1	0	45,600
	小計	10	82	8.2	9	35,126	467,400
手動停止	ガイドベーン清掃	24	34	1.4	24	57,437	193,800
	点検	6	13	2.2	3	0	74,100
	修繕(除塵機、空気弁)	2	10	5.0	2	0	57,000
	工事のため停止(中電工事等)	6	48	8.0	2	0	273,600
	小計	38	105	2.8	31	57,437	598,500
計		48	187	3.9	40	92,563	1,065,900

※ 発電ロスは、1時間の平均売電収益5700円にて計算

9. ゴミ詰まりによる売電収益への影響

表－5は、平成26年度の発電施設の停止状況と清掃回数、清掃費用、それによる発電ロスを想定しまとめたもので、中津川市が作成している「加子母清流発電所点検日誌」を基に作成している。

表によると、緊急停止が1年間に10回発生している。緊急停止とは、発電施設がなんらかの異常を感知し、自ら発電を停止したものである。緊急停止のうち、6回はヘッドタンクの水位低下によるもので、前述の頭首工部のゴミ詰まりにより流入量が低下し発電水量が確保できず発電が停止したもので、これらはすべて洪水時に発生している。なお、平成26年度には河川流量の低下による発電の停止は発生していない。

また、枝葉の詰まりにより3回緊急停止している。頻繁に水車の清掃を行っており、ゴミ詰まりに起因する緊急停止は比較的発生していない。写真－13は、緊急停止した時の枝葉の量である。この作業に5時間を要したと聞いている。

発電機が緊急停止した場合、その情報は自動的に携帯電話により担当職員へ報告される。しかし市の運用では上下水道等のトラブルに比べ緊急性が低いため、基本的には勤務時間内で対応することになっている。このため、平均停止時間は8時間と長くなり、発電ロ



写真－13 発電機より取り出されたゴミ

スも多くなる。(実際には、土日も清掃を行っている)

平成26年8月22日は雷により付近の送電がストップしたことに伴い発電が停止した。停電は午前1時40分発生したが、発電の開始は手動でしか行えないため、翌日の朝、職員が発電所に出向き、水車を清掃した後、午前10時ごろ発電を再開した。

発電の手動停止は38回実施している。そのうち、ガイドベーン清掃のための停止は24回行っている。清掃時期については、市役所のモニターで水量と出力の関係を見て決めている。十分な水量があるのに、出力が得られない場合は、ゴミが詰まったことによる出力の低下であると判断し、清掃のため現地へ出向いている。発電所の管理は、市の農業土木の関係職員が行っており、通常業務をこなしつつ発電所の管理を行うため、新たな負担となっている。ガイドベーン清掃により清掃前の出力が182kWに対し、清掃後は203kWと平均21kWの出力が増加している。

その他、点検や中部電力(株)の架線の工事、除塵機や空気弁の修繕等で発電が14回停止している。

10. 考察

停止状況を見ると、年間40回、月あたり3～4回の清掃を行ったことになる。

その内、ゴミ詰まりによる発電のロスと清掃費用を計算したところ、発電のロスタイムは枝葉のつまりによる停止時間と清掃による停止時間と合わせて約69時間で、この時間で発電できた金額は40万円程度(1時間の平均売電単価5,700円×69時間)である。清掃費用は、水道業者へ委託した場合のみ計上しているため、市職員が行う場合は費用としては計上されていない。実際には市の職員の人件費もかかっているため、これらをすべて外注したとすれば、31万円程度(1回の標準清掃費用11,560円×27回)となり、ゴミ詰まりによるロスは合計71万円に及ぶ。

もし清掃回数を減らそうとすると、ヘッドタンクにある除塵機の性能をアップする必要がある。目幅25mmのバー状のスクリーンでは、厚さ1mmの葉は通過する。もし葉の流入を止めようとする、メッシュ式除塵機の設置が有効であると考え。メッシュ式除塵機とは、スクリーンにあたる部分がメッシュ状になっており、これがベルト状になって動くようになっている。時間になるとメッシュが動き、背面に回ったところで水流を当て枝葉を落とす。今回設置したバースクリーン式除塵機の設置費は約2千万円に対し、メッシュ式の除塵機は、4千万円程度必要となる。また本地区のような寒冷地では凍結防止対策のため、洗浄水の加熱や上屋の設置が必要となり、大規模な施設となってしまふ。

費用対効果を考えると、メッシュ式除塵機の設置等大がかりな除塵機の設置は、疑問を感じる。除塵機と人力作業による維持管理を比較し、地域に最適な除塵体制の構築を検討しておく必要がある。

私自身の理想像かもしれないが、高価な除塵機を設置し省力化を図ることもひとつの方法ではあるが、地域の資産である農業用水路を活用していくことから、再生可能エネルギーを算出するという意義からも、地域住民が一体となって人の力で管理できるような除塵設備の設置を考えることが良いと思う。発電所を地域住民が主体となって管理することで、より愛着を持ち、地域の絆を深める活動の一つとしていければと思う。

11. おわりに

平成26年度は、運用の初年度でもありいろいろ注目されるなか、手間のかかるゴミ取りに対し敏感であった。昨年度はゴミ等の対応をほとんど市の職員で行っており大変な苦勞であったが、本年度は清掃の多くを業者に委託する等、市の対応も落ち着いてきた。

最後に、さらに「加子母清流発電所」が地域住民との協働で良好に管理され、農村地域の活性化の一助となることを期待する。



写真-14

香川用水における耐震性能照査手法（重要度評価）と設計事例について

安 永 功* 千 屋 正 仁*
(Isao YASUNAGA) (Masahito CHIYA)

目 次

1. はじめに	40	4. 耐震設計事例	42
2. 南海トラフを震源とする主要地震動の概要	40	5. おわりに	44
3. 土木構造物の耐震性能照査	40		

1. はじめに

香川用水は、吉野川総合開発計画の一環として建設された早明浦ダムを水源とし、香川県全域の恒常的な水不足を解消するとともに、産業基盤の強化及び生活環境の整備を図ることを目的に国営事業として昭和43年度に着手し、昭和55年度に事業完了した。

しかしながら、これらの施設は供用開始後約40年が経過し施設の経年的な劣化が進むとともに南海トラフを震源とする大規模地震の発生が懸念されている。

このため、平成26年8月から香川用水二期農業水利事業により老朽化対策及び耐震対策に関する工事を実施している。

今回の報文は、香川用水二期地区における「耐震性能照査手法（重要度評価）」と「東部幹線揚水機場の耐震設計事例」を紹介するものである。特に重要度評価については、長大水路により広大な受益地へ用水供給する本地区の特徴をもとに検討しており、全国の同様な地区の参考となれば幸いである。

2. 南海トラフを震源とする主要地震動の概要

東北地方太平洋沖地震を契機として中央防災会議（内閣府）では、「あらゆる可能性を考慮した最大クラスの巨大な地震・津波を検討していくべきである」との提言がなされるとともに想定すべき最大クラスの対象地震の設定方針の検討が進められた。

また、地震調査研究推進本部（文部科学省）では、表-1のとおり南海トラフの地震活動の長期評価を行っており、平成25年5月に公表された資料では、今後50年以内での地震発生確率は、90%程度以上、地震規模（マグニチュード）はM8～M9となっている。

*中国四国農政局香川用水二期農業水利事業建設所
(Tel. 087-802-2126)

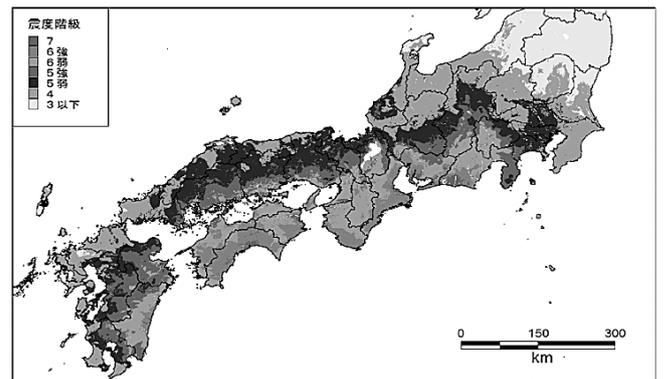
表-1 南海トラフ地震活動の長期評価

領域	長期評価で予想した地震規模 (マグニチュード)	地震発生確率			平均発生間隔
		10年以内	30年以内	50年以内	最新発生時期
南海トラフ	M8～M9クラス	20%程度	70～80%	90%程度以上	次回までの標準的な値 88.2年 67.0年前

(2013. 5. 24公表 地震調査研究推進本部資料より)

一方、中央防災会議に組織された「南海トラフの巨大地震モデル検討会」で示された4つの地震動モデルのうち、香川県への影響が大きい「陸側ケース」での震度分布は、図-1のとおりであり、震度6弱～震度6強が香川県の大半を占めている。

これらを受け、香川県全域が南海トラフ地震防災対策推進地域に指定され、耐震対策が、喫急の課題となっている。



(南海トラフ巨大地震モデル研究会 二次報告資料より)

図-1 陸側ケースの震度分布図

3. 土木構造物の耐震性能照査

本地区の土木構造物における耐震性能照査は、「土地改良施設 耐震設計の手引き」（以下、「耐震の手引き」という。）を基本とし、本地区の特徴を考慮して平成21年度～平成23年度、学識経験者で構成される「香川用水地区技術検討委員会」（以下、「技術検討委

員会」という。)で検討を行った。

3.1 施設の重要度区分

3.1.1 基本方針

施設の重要度区分は、①耐震照査を行うか否か、②耐震照査を行う場合の照査レベル(レベル1地震動、レベル2地震動)を判断することを目的としている。

また、「耐震の手引き」では、①被災による二次被害②被災による本来の機能への影響を評価項目とし、その影響度合いからA種(極めて重要度が高い)、B種(重要度が高い)、C種(被災の影響が少ない)に区分することとしている。

3.1.2 香川用水の特徴を踏まえた評価項目の策定

香川用水は、香川県全域に及ぶ農業用水路であるため、受益面積は23,590haと大きく、施設も59kmと長大である。そのため、道路や河川の横断、住宅地や工場の隣接など、立地条件を踏まえた評価項目の策定が必要である。

本地区での評価項目は、①施設規模、②二次災害危険度、③応急復旧難易度の3項目に区分した。これらの評価項目を適用した根拠は、表-2のとおりである。

表-2 重要度の評価項目と根拠

評価項目	適用の根拠
施設規模	香川用水は、香川県全域に及ぶ幹線用水路であるため、地震により被災した場合の断水、減量は地域の生活機能及び経済活動・生産活動に与える影響が極めて大きい。
二次災害危険度	香川用水の施設は、道路、鉄道、河川などへの近接・交差や住宅密集地の通過など、被災した場合の人命やライフラインへの二次災害が想定される。
応急復旧難易度	施設は、バイパス等の代替施設が無く、被災した場合、復旧に長時間を要することが想定される。

3.1.3 評価項目における判定指標の策定

評価項目における重要度評価は、客観的判断による正確性、透明性を確保する必要があり、表-3のとおり数値等による判定指標を策定した。

(1) 施設規模

施設規模の判定指標の基本的な考え方は、「用水供給の中断あるいは減少が、受益地の農業活動に与える影響度合い」とした。

施設規模の評価には、施設流量や受益面積といった指標があるが、本地区の水源は、香川用水、河川、ため池、湧水等と多様であり、香川用水の施設流量のみでは地域への影響(被害)の広がり度合いが反映されないことから受益面積を指標とした。

(2) 二次被害危険度

二次被害危険度は、「水利施設が破損した場合の人命および重要施設に与える影響度合い」とした。

人命に与える影響としては、水路被災により近接構造物の倒壊等の直接的な影響や浸水による歩行困難が考えられる。近接については、図-2のように崩落角度(45°)内に構造物がある場合と定義し、また、浸水については、床上浸水(歩行困難)、床下浸水(歩行可能)を指標とした。

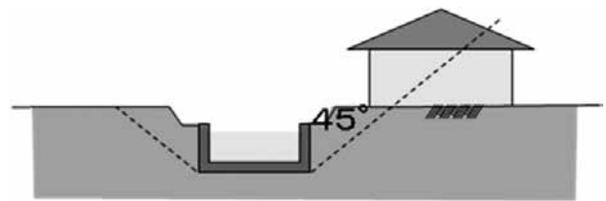


図-2 近接構造物のイメージ

(3) 応急復旧難易度

応急復旧難易度は、「水利施設が破損した場合の応急復旧の施工性の難易度」とした。

その指標としては、復旧に要する日数とし、断水が30日以上続くと水稻の生育に大きな被害をもたらすことより、これを重要度Aとした。また、本地区の水利施設は代替施設(バイパス)を有していないため、代替施設の有無は指標としていない。

表-3 評価項目別の判定基準

評価項目	評価の考え方	判定指標	評価
施設規模	用水供給の中断・減量が受益地の農業活動に与える影響度合い	受益面積1000ha以上	A
		受益面積200~1000ha未満	B
		受益面積200ha未満	C
二次災害危険度	水利施設が破損した場合の人命・重要施設に与える影響度合い	①重要施設の近接・交差がある ②水路崩壊が民家に影響する ③重要施設が床上浸水する可能性が高い	A
		重要施設が床上浸水する可能性が低い	B
		上記の現象がない	C
応急復旧難易度	水利施設が破損した場合の応急復旧の施工性の難易度	施工日数30日以上	A
		施工日数20~30日未満	B
		施工日数20日未満	C

3.1.4 重要度区分の総合評価方法

表-3による判定指標により、香川用水の全ての施設について重要度を評価することとなるが、とりまとめに当たっては総合評価手法を用いて、表-4のとおり重要度区分の判定基準を設定した。

「農業水利施設の機能保全の手引き(開水路)」では、全評価項目のうち1つでもAであれば総合評価でAと判定する考え方が記載されている。

しかしながら、本地区では技術検討委員会での意見を踏まえつつ、社会的な影響に大きく関連する「二次被害危険度」、「応急復旧難易度」がどちらもCとなる場合には、「施設規模」がAの場合でも総合判定をBとした。

これらより、本地区では表-4に示す判定基準に基づいて、設定区間の重要度を総合的に評価した。

表-4 重要度区分の総合判定基準

重要度区分	判定基準	備考
A	3評価項目の内いづれか1つにAがある場合	ただし、施設規模がAで残りの2項目がいずれもCの場合はB評価とする。
B	3評価項目の全てがA以外かつBが1つ以上ある場合	
C	3評価項目の全てがCの場合	

3.1.5 重要度判定結果

(1) 総合判定結果

香川用水の施設 59km について重要度区分を判定すると、図-3のとおり重要度 A が約 74% (44km)、B が約 26% (15km)、C が 0% (0km) となり、全ての施設で耐震照査が必要となった。

また、参考までに評価項目 (3項目) における A 評価の割合を図-4に示す。3項目が A 評価となる施設が半数 (約 50%) あり、さらに2項目以上が A 評価となる施設は 2/3 (約 67%) となり、香川用水が被災した際、地域社会への影響が大きいことが窺える。

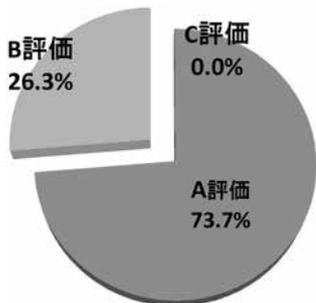


図-3 総合判定結果 (全体)

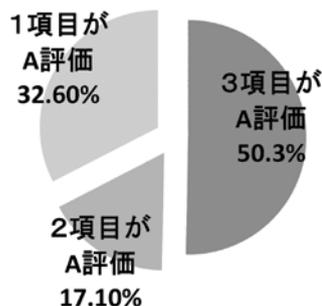


図-4 A評価の割合

4. 耐震設計事例

4.1 概要

前述までは、土木構造物の耐震照査手法について紹介したが、ここでは建築構造物の耐震診断～設計までを紹介する。

東部幹線揚水機場 (写真-1) は、さぬき市及び東かがわ市の 1,200ha の水田等に用水供給する用水施設である。施設は、昭和 52 年度に竣工し、38 年が経過している。



写真-1 東部幹線揚水機場

4.2 建屋 (ポンプ場) の耐震診断

4.2.1 耐震診断結果 (建屋)

ポンプ場は表-5に示すとおり、地上1階、地下1階の鉄筋コンクリート構造で、ラーメン形式である。耐震診断にあたっては、「既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震診断基準・解説」に準拠した。

耐震診断結果は表-6のとおりであり、X (短辺方向)・Y (長辺方向) とともに $I_s \geq I_{s0}$ ($= 0.6$) となっており、耐震性能を有している。

表-5 建物概要及び構造概要

建物概要	施設名称	東部幹線揚水機場		
	所在地	香川県さぬき市大川富田西字寺尾		
	建物用途	揚水機場		
	規模	地上1階地下1階		
	建築面積	149.5m ²	延べ面積	282.01m ²
	竣工時期	1977年 (昭和52年) 竣工 (経年38年)		
	建物長さ	X方向 8.15m	Y方向	17.00m
建物高さ	軒高	5.80m	最高高さ	6.10m
	B1階 階高	5.80m	1階 階高	4.50m
	構造種別	鉄筋コンクリート造		
構造形式	X方向	ラーメン構造 (耐震壁付き)		
	Y方向	ラーメン構造 (耐震壁付き)		
基礎形式	杭基礎 (RC杭 Φ300, L=4.00m)			
使用材料	コンクリート	FC=21N/mm ²		
	鉄筋	(SR24, SD30)		

表-6 建物耐震診断結果

方向	加力	階	E_0	S_0	T	I_s	$C_{T1} \cdot S_0$	判定
X (短辺)	正加力	1階	1.74	0.87	0.93	1.41	1.51	OK
		B1階	0.85	0.80	0.93	0.63	0.68	OK
	負加力	1階	1.44	0.87	0.93	1.16	1.25	OK
		B1階	0.85	0.80	0.93	0.63	0.68	OK
Y (長辺)	正加力	1階	1.14	0.84	0.93	0.89	0.96	OK
		B1階	1.97	0.80	0.93	1.46	1.57	OK
	負加力	1階	1.22	0.84	0.93	0.95	0.80	OK
		B1階	2.00	0.80	0.93	1.48	1.60	OK
備考	※1 I_s (構造耐震指標) = $E_0 \times S_0 \times T$ E_0 : 保有性能基本指標 (別途, 計算による) S_0 : 形状指標 (別途, 計算による) T : 経年指標 (別途, 計算による)							
	※2 I_{s0} (構造耐震評価指標) = $E_s \times Z \times G \times U$ E_s : 耐震判定基本指標 (=0.6) Z : 地域係数 (=1.0) G : 地盤指標 (=1.0) U : 用途指標 (=1.0) よって, $I_{s0} = 0.6 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.0 = 0.6$							
※3 C_{T1} (累積強度指標) と S_0 (形状指標) の積 $C_{T1} \times S_0 \geq 0.3 \times Z (=1.0) \times G (=1.0) \times U (=1.0)$ よって, $C_{T1} \times S_0 \geq 0.3$ を満足している。								

4.2.2 耐震診断結果 (基礎)

揚水機場底面の地層は、図-5のとおりシルト混じり砂 A_{s2} 、シルト混じり砂礫 A_{g2} 、粘土質砂礫 D_{g1} の3層から成っており、RC杭 (A種, $\Phi 300, L=4.00m$) は、底面下端から約 3.0m 以深に分布する N 値 40 以上の良質な支持基盤まで入っている。

しかしながら、建設当時の杭基礎設計には、地震力 (水平力) の概念がなく、今回、建築構造物の基礎として、曲げモーメント及び軸力を求めた。地震動を短辺方向、左→右と設定した場合の結果を図-6に示すが、許容値内に収まらない杭が存在し、耐震性能を有していない結果となった。

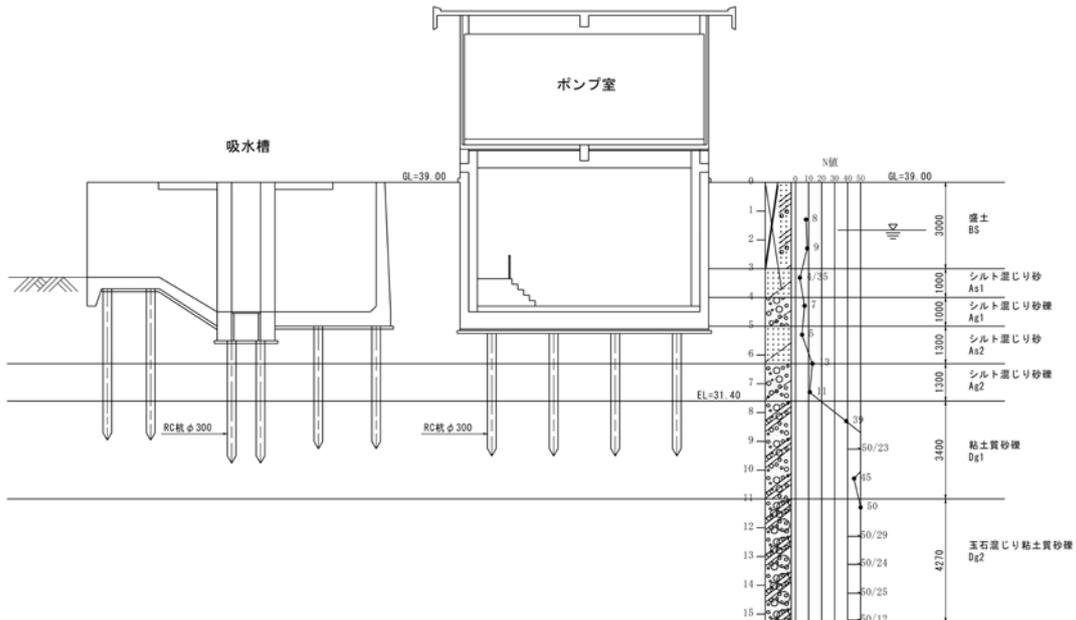


図-5 揚水機場断面図

許容曲げモーメント—許容軸力の相関図(短期) RCパイプ φ300

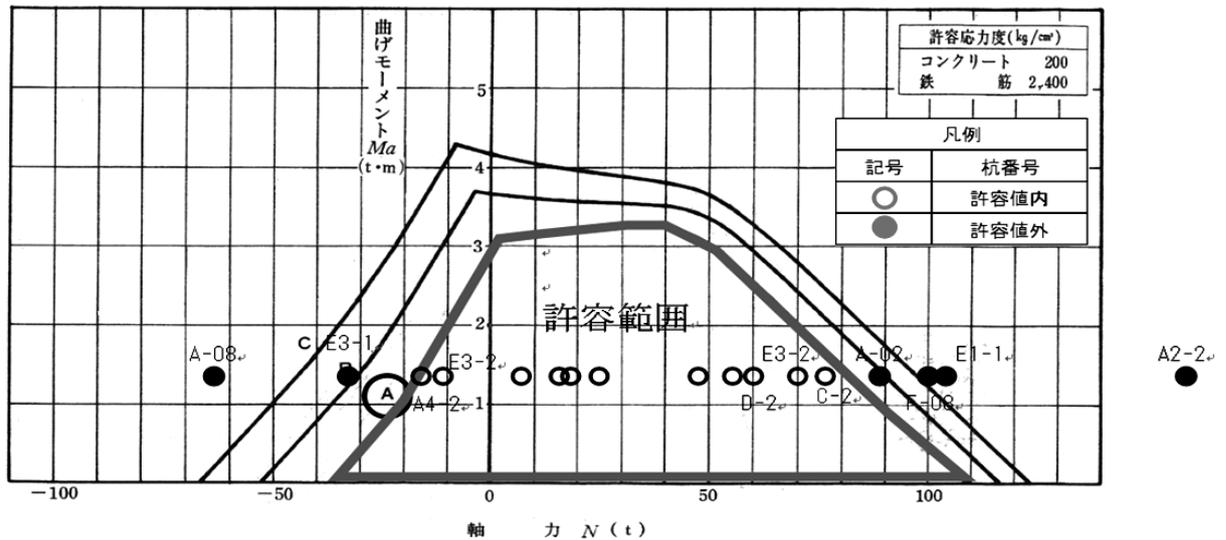


図-6 RC杭における許容曲げモーメント及び軸力

4.2.3 基礎の耐震対策

既設の揚水機場に実施する杭基礎の補強対策としては、①増し杭工法②地盤改良工法③更新工法（既設構造物を撤去し、基礎を新設）が考えられるが、経済性や工期、また液状化対策も含めて実施できる薬液注入（恒久グラウト）による地盤改良工法とした。

(1) 直接基礎の改良範囲

建屋（ポンプ室）を直接基礎とする場合の地盤反力度は、構造計算より常時 79kN/m^2 、地震時 112kN/m^2 が得られている。

ア. シルト混じり砂 As2 (EL=33.90 ~ EL=32.70)

この層 (N 値 5, 内部摩擦角 25°) の許容支持力をテルツァギーの式により求めると、常時 68kN/m^2 、地震時 76kN/m^2 となり、地盤反力度を下回ることから「地盤改良が必要」である。

イ. シルト混じり砂礫 Ag2 (EL=32.70 ~ EL=31.40)

同様に計算すると (N 値 11, 内部摩擦角 30°)、許容支持力は、常時 158kN/m^2 、地震時 176kN/m^2 となり、「地盤改良は不要」である。

(2) 液状化の判定と対策

液状化の判定が必要な土層である、シルト混じり砂層 As2 及びシルト混じり砂礫 Ag2 について、「FL 値法」により判定した結果、レベル 1 地震動、レベル 2 地震動ともに $F_L \leq 1$ となり「液状化する」判定となり、これら 2 層の液状化対策が必要である。

液状化対策としては、①地盤を固結させる②密度を高める③水を抜く等の工法があるが直接基礎の地盤改良との併用も考慮し、薬液注入（恒久グラウト）による固結工法とした。

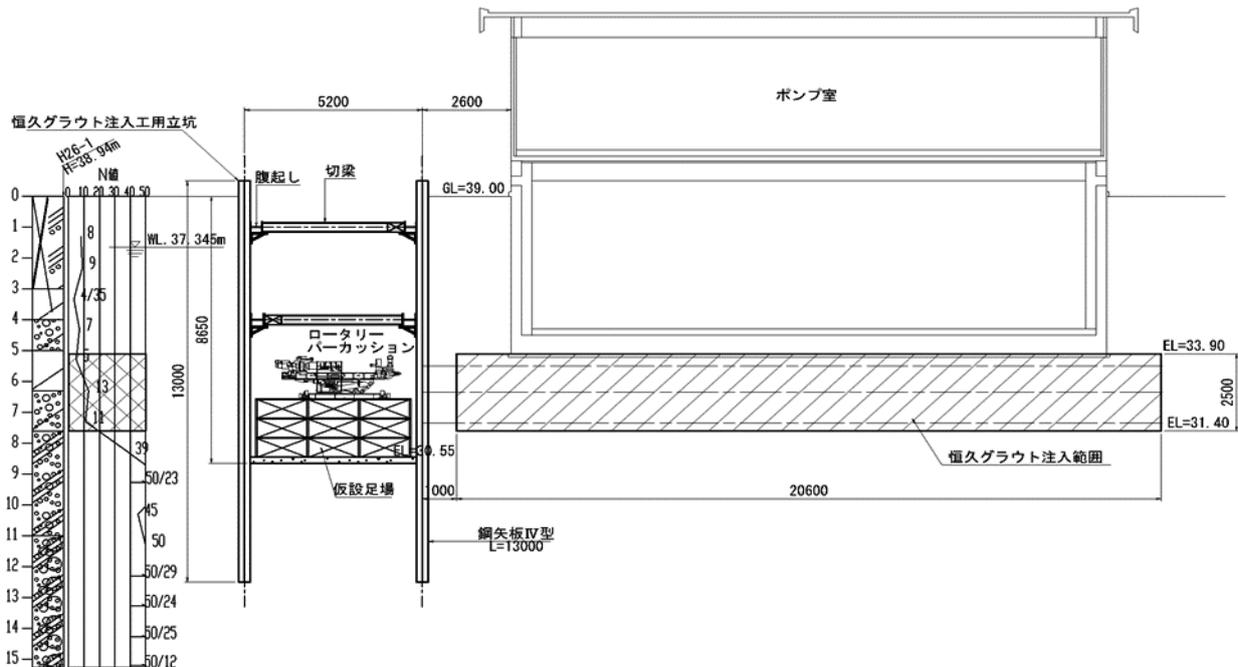


図-7 恒久グラウト注入工断面図

(3) 施工計画

施工にあたっては、揚水機場内にはポンプ、操作盤等の機器類が設置されていることから、図-7に示すとおり、立坑を構築し、水平方向からの削孔及び二重管ダブルパッカ工法での薬液注入を採用した。

(4) 現時点の施工状況

地盤改良工事は、平成27年9月に着手し、平成27年12月時点、鋼矢板による立坑が完成し(写真-2)、順次ロータリーパーカッションによる削孔(写真-3)及び注入用外管の設置を行っている。今後、ダブルパッ

カーで薬液注入を行った後、改良土をコア採取し、一軸圧縮試験による改良強度を確認して完了する予定である。

5. おわりに

全国的に農業水利施設のストックが更新の時期を迎え、さらに「国土強靱化基本計画」を踏まえた農村地域の防災・減災対策、農業水利施設の長寿命化・耐震化対策を推進することが重要課題となっている。

本文にも記述したとおり、香川県は南海トラフを震源とする大規模地震が懸念されており、香川用水二期地区では耐震化対策の優先度を上げて、工事実施に取り組んでいるところである。

一方、香川県においては、平成25年度に「香川県老朽ため池整備促進計画-第10次5か年計画」が策定され、ため池の老朽化整備、耐震化整備、防災対策が積極的に推進されている。

香川用水二期農業水利事業建設所としても県民の財産である香川用水やため池が次世代も安心して利用される施設となるよう関係機関との連携を深め、積極的な事業推進に努める所存である。また国と県の施策がともに推進されることを願いつつ、今後の香川用水の耐震設計・工事事例等についても広く情報提供したい。



写真-2 立坑設置状況

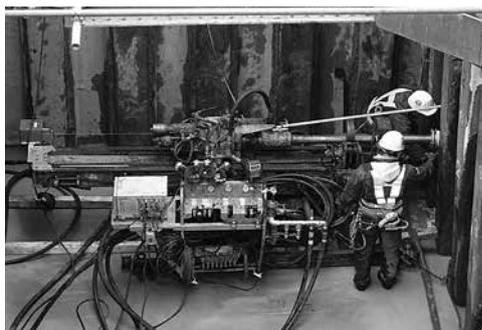


写真-3 削孔状況

塩害により劣化したコンクリートの機能診断事例について

—潮見幹線排水路開渠工の機能診断から設計まで—

竹内基裕* 吹田勝治*
(Motohiro TAKEUCHI) (Katsuji FUKITA)

目 次

1. はじめに	45	4. 開渠工水路部	50
2. 開渠工概要	45	5. おわりに	50
3. 開渠工河口部・取付部	47		

1. はじめに

「更岸地区」は、北海道天塩郡天塩町に位置し、日本海に面した受益面積 1,510ha の酪農を中心とした農業地帯である。地形的には、日本海に面した平坦地と河川上流部の緩傾斜地からなり、平坦地は 3° 以下の殆んど勾配のない低平地であり、上流部の丘陵地帯は、日本海に向かって 3°～15° の緩傾斜地となっている。

戦前には地区中央の沼地の干拓に始まり、戦後の緊急開拓事業（事業工期：S22～S34 年度）による湿地帯の開発が行われてきた。国営更岸土地改良事業【農業用水－明渠排水】（事業工期：S49～S59 年度）の基幹排水路として潮見幹線排水路が建設され、河口閉塞防止のために延長 186 m の開渠工が、昭和 51 年度から昭和 53 年度に建設された。

潮見幹線排水路開渠工は日本海に突出した位置にあり、日本海特有の西風による波浪、波力を直接受けるなど過酷な海象条件と塩害によるコンクリートの劣化が著しく進行しており、排水機能の安全性が低下している。このため、国営更岸土地改良事業【国営造成土地改良施設整備】（事業工期：H24～H31 年度）において潮見幹線排水路開渠工の改修を行い、施設の機能維持させることにより排水機能の安定的な確保及び維持管理の軽減を図り、農業生産の維持及び農業経営の安定に資するものである。

本報では、開渠工の改修に向けての機能診断と、対策方針並びに設計事例について報告する。

2. 開渠工概要

現潮見幹線排水路開渠工は、河口部、取付部、水路部から構成しており、施設形状は、模型実験により現

施設の形状で検証されているため改修にあたって現施設を踏襲する計画となっている。

潮見幹線排水路開渠工

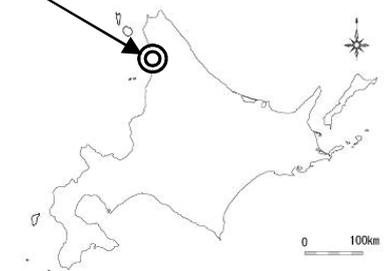


図-1 位置図



写真-1 開渠工全景

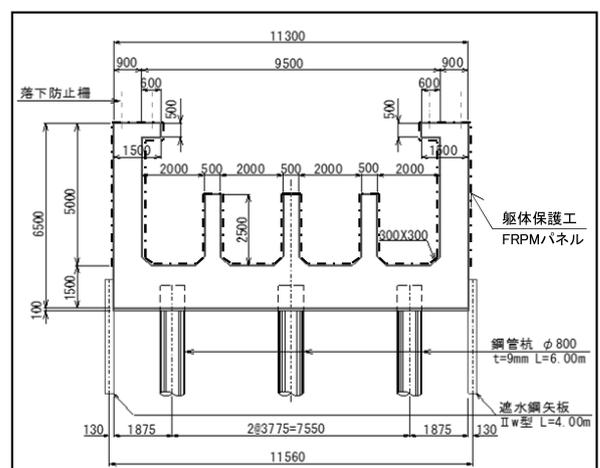


図-2 開渠工 計画断面図

*北海道開発局留萌開発建設部
天塩地域農業開発事業所 (Tel. 01632-2-1424)

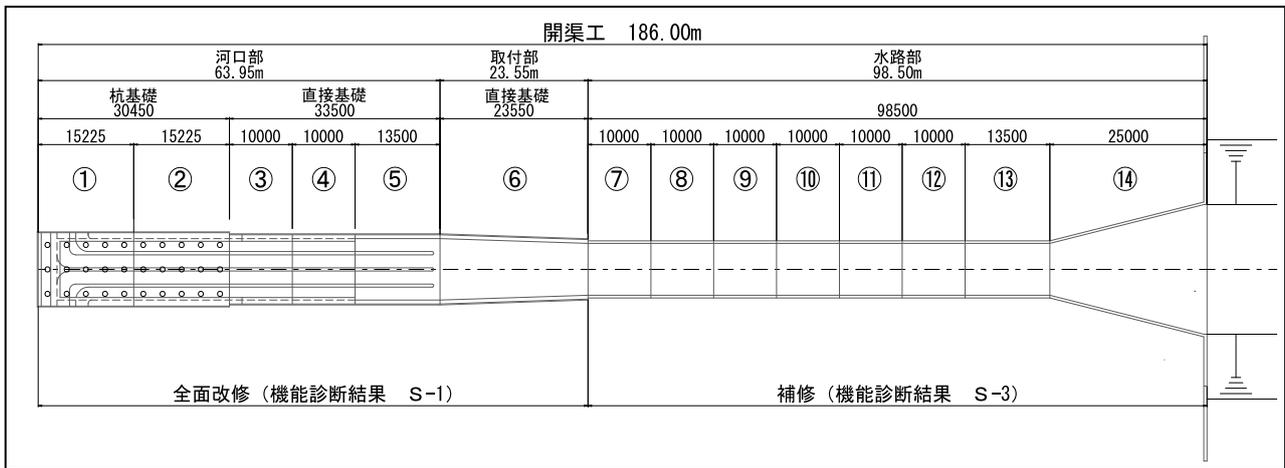


図-3 開渠工 計画平面図

(1) 構造

開渠工の本体は図-2及び図-3に示すようなコンクリート開水路であり、海中へ突き出ている先端部分は4連水路である。4連水路の吐口は直角方向に曲げられていて、右岸側の2連が北側へ向き、左岸側の2連は南側へ向いている。この先端構造によって波浪の直接侵入が防止され、4分割された吐口の掃流力が高められて、片岸で堆砂しても対岸の吐口から排水できるようになっている。汀線からの突き出し延長は建設当時の模型実験で30mに決定され、水路敷から天端までの側壁の高さは排水流下断面と堆砂の掃流を考慮して5mになっている。開渠工先端付近の基礎は鋼管杭であり、基礎保護工(鋼管矢板)で囲まれているが、その上流側は直接基礎である。



写真-2 開渠工河口部全景



写真-3 開渠工河口部鉄筋腐食状況

(2) 現状

塩害によるコンクリートの劣化が顕著であり、露出した鉄筋が腐食している。基礎保護工の腐食・欠損も著しく、開渠工本体に不同沈下が生じている。

(3) 開渠工機能診断調査方法

「ストックマネジメントマニュアル」¹⁾及び「機能保全の手引き」²⁾に基づき、機能診断と健全度評価を行った。その調査項目は表-1のとおりである。

表-1 機能診断の調査項目

調査項目	内容
全般目視調査	構造物全般の目視観察
近接目視調査	目視、打撃、クラックスケールによるひび割れ調査
中性化試験	ドリル法による中性化調査
コア採取	電磁波レーダーによる鉄筋探査、コンクリートコア採取
鉄筋腐食度調査	コンクリートかぶりをはつりとして鉄筋の腐食状況を目視観察
室内試験	コアの中性化状況、圧縮強度、塩化物イオン量測定

(4) 機能診断調査結果

機能診断調査は、開渠工を河口部L=63.95mと取付部L=23.55mをあわせたL=87.50mと、汀線よりも上流区間の水路部L=98.50mに区分して調査を行った。

全般目視調査と継手部の鉛直変位測定の結果、直接基礎である汀線付近の左岸側(南側)には最大箇所100mmの不同沈下が生じていて、目地にクラックが認められ、コンクリートには幅0.2~0.8mmのひび割れが多数発生している。剥離・欠損は開渠工先端左岸側の側壁に集中し、鉄筋が露出している。

ドリル法による中性化深さは最大地点でも2mm程度であったが、コンクリートコアでは開渠工先端から汀線までの区間で、表面からの深さ10~12cmの範囲に塩化物イオンが確認された。また、主鉄筋の深さで発錆限界値³⁾の1.2kg/m³を超えている箇所があり、

開渠工先端付近で行った鉄筋腐食調査でも、はつり出した鉄筋に腐食が確認された。

汀線よりも上流の区間は、コンクリート内部の中性化は認められず、塩化物イオン濃度も少ない。

開渠工先端付近は、基礎保護工の腐食が著しく、外海面は全て欠損し、流出している。そのため、波浪時の引き潮によって基礎地盤の細粒土砂が吸出しを受けていると考えられる。

河口部・取付部は、主鉄筋の腐食や遮水鋼管矢板杭の欠損及び不同沈下から、地盤の脆弱化が考えられる。以上から総合評価はS-1評価となり、河口部・取付部は改修、水路部はひび割れ補修・表面補修によって構造物機能の健全化が図られることから、総合評価がS-3となるため改修を行わず、補修のみとした。

施設の構造、立地条件を踏まえて施設の性能低下に起因する要因と評価区分を設定した施設状態評価表により判定した結果を表-2に示した。

表-2 健全度評価総括表

調査部位	劣化内容	変状別評価	主要因別評価	総合評価	対策
河口部 (L=63.95m) +取付部 (L=23.55m) ①~⑥	ひび割れ	S2	S2	S1	改修
	ひび割れ以外の劣化	S3			
	圧縮強度	S4			
	中性化	S5	S2		
	欠損・損傷	S3			
	不同沈下	S2			
	地盤変形	S5			
目地の変状	S3	S1			
鋼材の腐食・欠損	S1				
水路部 (L=98.50m) ⑦~⑭	ひび割れ	S3	S3	S3	補修
	ひび割れ以外の劣化	S5			
	圧縮強度	S5			
	中性化	S5	S5		
	欠損・損傷	S5			
	不同沈下	S5			
	地盤変形	S5			
	目地の変状	S4	S4		

(5) 劣化要因

潮見幹線排水路は、日本海北部の過酷な海象条件の下、以下の要因により劣化が著しい状況となっている。主な劣化要因については、表-3に示した。

表-3 劣化要因

劣化の状況	劣化要因
ひび割れ (開渠工躯体コンクリート)	<ul style="list-style-type: none"> ・本施設は、海に突出しており、日本海北部の過酷な海象条件にあること、また、前歴事業時には塩害に対するコンクリート配合等の技術が発展途上にあった。 ・平成20年度の施設機能診断でコンクリートの塩化物イオン濃度を測定した結果、主鉄筋位置で最大2.8kg/m³ (発錆限界値: 1.2kg/m³)あり、コンクリート内部に塩化物イオンの浸透が確認された。 以上から開渠工本体は、塩害によりコンクリートの著しい劣化が発生し、鉄筋の露出及び腐食が進行している。
鋼材の腐食・欠損 (基礎保護工(鋼管矢板杭))	<ul style="list-style-type: none"> ・日本海北部の過酷な海象条件にあること、また、前歴事業時は、塩害に対する鋼材の防食技術が発展途上であった。 このことから、現在、排水路基礎保護工(鋼管矢板杭)は塩害により腐食・欠損している。
不同沈下	<ul style="list-style-type: none"> ①~②ブロック(杭基礎部) <ul style="list-style-type: none"> ・排水路基礎保護工の腐食・欠損に伴い、基礎杭(鋼管杭)が腐食し、不同沈下が生じていると想定される。 ③~⑥ブロック(直接基礎部) <ul style="list-style-type: none"> ・直接基礎の地盤が波浪による吸出しにより脆弱化し、不同沈下が生じていると想定される。

(6) 対策方針の概要

a) 河口部・取付部の対策

健全度がS1と評価された河口部・取付部は、既設構造物の取り壊し撤去を行い改修とする。

河口部・取付部は、塩害、凍害、波浪による摩耗など躯体部の劣化が激しく、鉄筋露出による腐食が進行し、遮水鋼管矢板は波浪により躯体工先端部が全て流失、側面の地上部分は著しい腐食により欠損している状況で遮水機能が失われている。また、基礎地盤の吸出しによる脆弱化による不同沈下が確認されている。開渠工の劣化要因を踏まえると塩害による影響が非常に大きく、立地条件から塩害対策が特に重要と考える。そこで躯体工、鉄筋工、基礎工、遮水工について塩害、凍害、摩耗対策を行い、長期に亘り排水機能の保持を図る。

b) 水路部の対策

健全度がS3と評価された水路部は、現時点ではコンクリートの中性化及び塩化物イオンによる鉄筋の腐食は認められないが、海岸に位置することから塩害・凍害対策として既設コンクリートの表面をポリマーセメントモルタルで被覆し耐久性の向上を図る。



図-4 塩害と凍害による複合劣化の可能性がある地域⁴⁾

3. 開渠工河口部・取付部

(1) 躯体工

開渠工の塩害対策として、コンクリート表面からの腐食性物質の侵入防止・劣化因子の遮断を優先することが有効であり、また摩耗や凍害に対しても表面からの水分侵入防止等が重要となる。

開水路が変状、劣化が生じている場合の補修工法を参考にすると、劣化機構に適合する主な対策工法は表-4に示すような工法である。

表-4に示す補修工法のうち新設構造物に適用可能な対策工法は、表面保護工のみである。

表-4 対策工法の比較

劣化機構	補修方針	補修工法	補修水準を満たすために考慮すべき要因
塩害	・侵入したCl ⁻ の除去	・断面修復工	・侵入部除去の程度
	・補修後のCl ⁻ 、水分、酸素の浸入抑制	・表面保護工 ・脱塩工	・鉄筋の防錆処理 ・断面修復材の材質 ・表面処理の材質と厚さ ・Cl ⁻ 量の除去程度
	・鉄筋の電位制御	・陽極材料 ・電源装置	・陽極材の品質 ・分極量
摩耗	・摩耗したコンクリートの除去	・断面修復工	・断面修復材の材質
	・補修後の水分の浸入抑制	・表面保護工	・表面処理の材質と厚さ ・劣化コンクリートの除去程度
凍害	・劣化したコンクリートの除去	・断面修復工	・断面修復材の凍結融解抵抗性
	・補修後の水分の浸入抑制	・ひび割れ注入	・ひび割れ注入材の材質と施工法
	・コンクリートの凍結融解抵抗性の向上	・表面保護工	・表面処理の材質と厚さ

a) 躯体保護工

開渠工躯体の現状は、図-3 開渠工計画平面図の河口部①ブロックから取付部⑥ブロックまでは塩化物イオンにより鉄筋の腐食がかなり進行中であると推定できる。塩害・摩耗対策として、コンクリート表面からの腐食性物質の侵入防止・劣化因子の遮断が重要であり、有効な工法は、表面保護工法である。

この表面保護工法のうち表面被覆工法、含浸材塗布工法が適用可能である。

しかし、表面被覆工法のうち無機系、有機系、含浸材塗布工法は、耐用年数が10年程度と短期であることから改修区間に採用する工法の対象からは除外した。他の対策工法としては、塩害抵抗性、波浪による耐摩耗性、耐用年数等から優位性のあるパネル工法（接着方式とアンカー固定式）及び埋設型枠工法が対象工法となる。両者の経済性について比較検討を行った。

パネル工法のうち接着方式は、開水路表面にパネル板を接着材により貼り付ける方式であり、アンカー固定方式は、開水路表面にパネル板を金属拡張式アンカーまたは、接着系アンカーにより設置し、裏込材等により間隙を充填する方式である。アンカー固定方式のパネル材料としてはFRPM板が、遮塩性、耐候性、耐食性、耐摩耗性、寒冷地での凍結融解抵抗性に優れ、軽量で施工が容易であり、一般的に40年以上の耐久性があるとされ、これまで約25年の使用実績がある。

一方の接着方式には、レジンコンクリート系のパネル板が使用されるが、FRPM板に比較し、強度が1/5と小さく長期的な耐久性が期待できないことから不採用とした。

埋設型枠工法は、遮塩性、耐摩耗性、凍結融解抵抗性、コンクリートとの固着性に優れているが高価であるため、埋設型枠工法に比較して、安価となったパネル工法（アンカー固定方式）を採用した。

表-5 表面保護工の比較

対策工法	工法の概要	工法名	耐用年数	適用	
表面被覆工法	劣化因子の侵入やコンクリート剥落を抑制、または防止する効果を有する被覆をコンクリート構造物の表面に形成させる工法。無機系、有機系、パネルまたはシートの被覆材が用いられる。	無機系	10年	△	
		有機系	10年	△	
		パネル	アンカー固定方式	40年	○
			接着方式	40年	○
補修工法	含浸材塗布工法		10年	△	
	断面修復工法		10年	△	
	ひび割れ補修工法		10年	△	
	埋設型枠工法		50年	○	

また、パネル工法は、躯体コンクリートが所要の強度に達してから、型枠及び支保工を取り外したのちパネル貼り付け作業を行うが、脱型後は時間を置かず緩衝材（PE材）及びパネル貼り付け、アンカー打込み作業を開始してもパネルや緩衝材に影響は無いため、工期に及ぼす影響が少ない。

パネル工法の材料であるFRPM板に使用されているFRPは、耐海水性試験の結果から良好であると報告されている。⁷⁾

パネル工法に用いる目地材の遮塩性については、目地材料を塩化ナトリウム溶液に23℃で1ヶ月間浸漬したのち取り出し、浸漬前との比較を行っており、浸漬した試験片には影響が見られなかったことが、メーカー試験結果から目地材は、遮塩性に問題ないと判断した。

(2) 鉄筋工

a) 鉄筋かぶりの決定

躯体部コンクリートの欠損・剥離は、図-3 開渠工計画平面図の河口部①ブロックから④ブロックに集中しており、その箇所は目地部、安全施設建込部、鉄筋露出部に見られる。この発生状況から欠損・剥離の原因は、厳寒の海象による凍結融解、鉄筋の腐食によるものと考えられ、塩害及び凍結融解作用を受けていると判断される。これより塩害、摩耗、凍害対策については、「コンクリート標準示方書」³⁾ から、塩化物イオン濃度を基準値以下に配合したレディーミクストコンクリート（以下“レミコン”と記す）を使用し、必要なかぶりを確保した鉄筋との組合せによる対策工法とした。

表-6 鉄筋かぶりの決定経緯

参考文献	塩害の影響度合い	必要最少かぶり
土地改良事業計画設計基準「水路工」 ⁵⁾	海水に直接接するか、海水に洗われる部材	70mm
道路橋下部構造編 ⁶⁾	塩害の影響が著しい部材	90mm
最少かぶりは、道路橋下部構造編より90mmとした。		
コンクリート標準示方書 ³⁾ より安全率計算から		100mm
上記のかぶりから、鉄筋かぶりを計算で求めた結果		120mm

鉄筋かぶりは、現行の「コンクリート標準示方書」³⁾等を参考に必要なかぶりを算定した結果、表-6の通りとなることから、鉄筋中心かぶりを120mmとした。

b) 採用鉄筋の決定

塩化物イオンに対し耐食性を有す鉄筋としては、エポキシ樹脂被覆鉄筋、ステンレス鉄筋等がある。経済面には安価な普通異形鉄筋が優位であるが、既設水路の鉄筋の塩化物イオンによる腐食状況及び施工時の防食対策を鑑みて、確実な塩害対策となるエポキシ樹脂被覆鉄筋を採用することにした。但し、エポキシ樹脂塗装鉄筋は、塗膜によって鉄筋を保護しているが、運搬や施工時において塗膜に疵が付きやすいので、施工時には充分注意する必要がある。また、塗膜表面は節やリブにおいても素材表面に比べて滑らかであるため、コンクリートとの付着応力度についても小さく、普通鉄筋より定着長を長くする必要がある。この他ステンレス鉄筋の採用も考慮されたが、経済性を考慮して対象から除外した。

表-7に普通異形鉄筋とエポキシ樹脂塗装鉄筋及びステンレス鉄筋の経済比較表を示した。

表-7 各種鉄筋比較表

鉄筋比較表					
項目	鉄筋種類	ステンレス異形棒鋼 SUS304鉄筋 ※1	ステンレス異形棒鋼 SUS410L鉄筋 SUS410鉄筋 ※2	エポキシ樹脂塗装鉄筋 ※3	普通(異形)鉄筋 ※4
腐食発生限界塩化物イオン濃度		15kg/m ³	9kg/m ³	1.2kg/m ³	1.2kg/m ³
コンクリートの鋼材腐食に対するひび割れ幅の限界値		0.5mm	0.005cあるいは0.5mmのいずれか小さい値	0.0055c	0.0055c
コンクリートとの付着強度		普通鉄筋と同等	普通鉄筋と同等	普通鉄筋の85%	—
施工時および曲げ加工によるキズの補修		補修は不要	補修は不要	補修は必要だが塩害対策は確実	補修は不要
切断部の端面の補修		補修は不要	補修は不要	補修は必要だが塩害対策は確実	補修は不要
継手		原則として溶接継手や圧接継手は適用不可	原則として溶接継手や圧接継手は適用不可	ガス圧接等可能(但し圧接端面の塗膜除去が必要)	ガス圧接等可能
トン当たり単価(円)	D13	1,000,000	450,000	146,000	74,000
	D16	1,000,000	450,000	139,000	72,000
	D19	1,000,000	450,000	134,000	72,000
	D22	1,000,000	450,000	134,000	72,000
	D25	1,000,000	450,000	134,000	72,000
	D29	1,000,000	450,000	130,000	74,000

(3) 躯体工コンクリート

塩害及び摩耗さらに凍結融解作用を受けることを考慮してレミコンの配合を決定する。レミコンに使用する各種セメント類の塩化物イオン濃度は、現行「コンクリート標準示方書」³⁾により規定されている。塩化物イオン濃度を基準値以下とするには、水セメント比55%以下とすること、また凍結融解作用を受けることを考慮すると、さらに値を小さくしたレミコンを使用する対策とした。

以上から躯体工は、計算より求めた鉄筋中心かぶり12cmを確保し、RC-2-1S(b)(c)(高炉B種~海用)のレミコンを使用する。

表-8 躯体工対策のまとめ

項目	塩害対策		摩耗対策		凍害対策	
	評価	対策	評価	対策	評価	対策
劣化因子の遮断	◎	鉄筋かぶり大	◎	鉄筋かぶり大	◎	鉄筋かぶり大
	○	パネル接着	○	パネル接着	○	パネル接着
劣化速度の抑制	◎	適合コンクリート	○	適合コンクリート	◎	適合コンクリート

(4) 基礎工

基礎杭(鋼管杭)の塩害・摩耗防止については、防食対策を行う。代表的な防食の方法は、被覆防食工法や電気防食工法の2通りの方法が考えられ表-9に示す特長がある。

電気防食工法には、流電陽極方式と外部電源方式があるが、流電陽極方式は陽極が消耗し、耐用年数に限度がある。さらに発生電流量に限度があり、防食効果が不十分になる場合がある。これにより比較検討の対象を外外部電源方式と被覆防食工法とした。

外部電源方式は、防食電流を供給する方式のため電源装置の点検や、防食電流の継続的なモニタリングなどの維持管理を必要とし、電気代が高価となる。これに比較して被覆防食法は、工場や現地での防食が可能であり、施工及び施工後の維持管理が容易である。

以上から、被覆防食工法を採用した重防食塗装とした鋼管杭は、耐海水性に優れ接着力も強く、損傷が生じ難いうえに取り扱いやすい。被覆した鋼材を打設する際の打撃にも耐え、長期にわたる耐久性が期待できる。鋼管杭の被覆処理範囲は、全延長(L=6m)被覆を行い、防食材のウレタンエラストマーを厚膜ライニング(2.5mm以上)した製品を採用した。

表-9 鋼管杭防食工法の比較表

工法 項目	被覆防食工法			電気防食工法				
	耐久性	施工性 維持管理	経済性	耐久性	施工性 維持管理	経済性		
工法の特長	・腐食反応に必要な水・酸素等の腐食因子を被覆材で物理的に遮断する。			・腐食電流に打ち勝つ防食電流を外部から流し、鉄のイオン化を防止し、サンドエロージョンのような腐食にも効果がある。				
適用範囲	・一般的には海上大気中～海水中が適用範囲である。			・一般的には干満帯～海底土中が適用範囲である。				
代表的 工法	・塗装工法 ・一般的な工法で施工性が高い。初期コストが抑えられるが耐久性が低い。	△	◎	◎	・流電陽極方式 ・陽極から鋼材へ直接電流を流すことにより防食する。電源は必要無いが、陽極が消耗し、耐用年数に限度あり。	△	○	△
	・重防食工法 ・重防食被覆工法～塗装工法よりは膜厚が厚く初期コストは若干上がるが、耐食性に優れる。	◎	◎	○	・外部電源方式 ・直流電源装置を使用し、防食電流を難溶性電極から鋼材へ強制的に流す。電源装置の点検や継続的なモニタリングが必要で電気代が高価となる。	◎	○	△
	・ペトロラタム工法 ・ペトロラタム系防食材をカバーで保護する構造で耐久性に優れる。現地施工となるためコストは割高。	◎	○	△	/			
	・モルタル被覆・鉄筋コンクリート被覆工法 ・ペトロラタム被覆工法とほぼ同等の耐久性があるが、現地施工のためコストは割高になる。	◎	○	△				
耐用期間	・中長期の防食が可能である。			・長期の防食が可能である。				

(5) 遮水工

開渠工が、波浪の影響を受けると予想される河口部・取付部の①ブロックから⑥ブロックまでの全区間を改修するが、基礎地盤の細粒部分の吸出し防止を目的とした鋼矢板を使用した遮水工を計画する。

遮水工の塩害・摩耗対策は、被覆防食法を採用する。防食鋼矢板は、耐海水性に優れており、長期間の耐久性が期待できる。

防食は、ブラスト処理+タールエポキシ樹脂塗装2回塗り (t=0.4mm以上) とした製品を採用した。

防食の範囲は、鋼矢板の一部分を防食しない場合、防食対策した部位との電位差が生じ、腐食する要因となるため、遮水鋼矢板の両面及び矢板全長 (L=4.00m) を被覆する。

4. 開渠工水路部

(1) 補修工法の決定

水路部⑦～⑭ブロックの機能診断調査の結果、主な劣化は、ひび割れと目地開きであり、補修により健全

化を図る。「農業水利施設のコンクリート構造物調査・評価・対策工法選定マニュアル」⁸⁾の選定フロー図より、対策工法を表-10のとおり決定した。

表-10 対策工法

補修箇所	対策工法
ひび割れ	注入工法及び充填工法
目地部	目地補修工法
表面補修	表面被覆工法
	(有機系, 無機系, 柔軟系)

水路部は、河口部に対して劣化度合いが少ないといえるが、機能診断調査結果からは、ひび割れは0.2mm～最大3.0mmとなる箇所も報告されていることから、工事着手前まで劣化状況を経過観察するなど、詳細な現地調査を行って再度対策工法を確認し、補修を行う。

5. おわりに

今回報告した開渠工は、平成25年度に工事着手し、平成27年度までに仮設備工の設置及び既設開渠工の撤去を完了したので、平成28年度から水路改修の本体工事に着手する予定である。開渠工の改修により、河口閉塞防止等の安定的な排水機能の確保及び維持管理費の軽減を図ることを目的とし、着実に工事を進めていく予定である。

【参考文献】

- 1) 保全対策センター：農業水利施設ストックマネジメントマニュアル (2007)
- 2) (社) 農業土木事業協会：農業水利施設の機能保全の手引き, p.54 (2009)
- 3) 土木学会：コンクリート標準示方書設計編：標準, p.150 (2012)
- 4) 日本コンクリート工学協会：複合劣化コンクリート構造物の評価と維持管理計画研究委員会, p.62
- 5) 農林水産省：土地改良事業計画設計基準 水路工, p.314 (2001)
- 6) 日本道路協会：道路橋示方書下部構造編, p.179 (2012)
- 7) 土木学会：第49回年次学術講演会資料 (1994)
- 8) (社) 農業土木事業協会：農業水利施設のコンクリート構造物調査・評価・対策工法選定マニュアル, p.175

ダムの堆砂状況と今後の堆砂対策について

竹 中 一 行* 松 永 健* 大 西 慶 典**
 (Kazuyuki TAKENAKA) (Ken MATSUNAGA) (Yoshinori ONISHI)

目 次

1. はじめに	51	4. 堆砂対策	53
2. ダムの堆砂メカニズム	51	5. おわりに	54
3. 堆砂状況と堆砂要因	52		

1. はじめに

ダムとは、河川の流水を貯留し、又は取水するため河川法第26条1項の許可を受けて設置される基礎地盤から堤頂までの高さが15m以上の構造物のことを示す。貯水池内には土砂が堆積し、ダム計画段階では、供用期間中の土砂堆積量を想定し、堆砂容量（一般的には100年分の堆砂量）を確保している。しかし、図-1、近年の集中豪雨の増加、山林の荒廃等により、堆砂量が想定以上に増加しているケースが増えてきている。

堆砂が進行すると、有効貯水容量の減少に加え、背砂によるダム上流側の洪水水位上昇、ダム下流側における河床低下、取水設備への支障、放流水の濁り等、利水・治水機能上に影響を及ぼすこととなる。

また、近年、国内で新規のダム建設が見込めない中で、既設ダムの有効活用が重要な課題になっており、水資源の持続的管理やアセットマネジメントの観点からも貯水池の保全・長寿命化が求められている。

本報告では、農業用ダムを中心として、全国のダムの堆砂状況や堆砂メカニズム、要因、対策等について報告する。

2. ダムの堆砂メカニズム

(1) 土砂の分類

ダムに堆砂する土砂は、溪岸浸食や山腹崩壊に起因する上流土砂が運ばれたものである。河川に流れる全流砂量は図-1に示すように、粒径および運搬形態別に分類される。

粒径別に見ると、0.1～0.2mmを境としてウォッシュロードと河床材料に分類され、運搬形態で見ると、前者は全て水中に分散される浮遊砂であるのに対し、後者は転動、躍動、及び滑動状態で運搬される浮遊砂と掃流砂の2種類に分かれる。

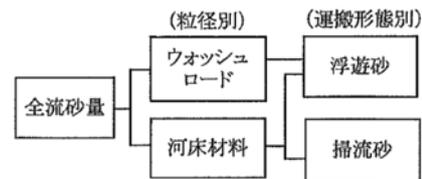


図-1 典型的な堆砂形状¹⁾

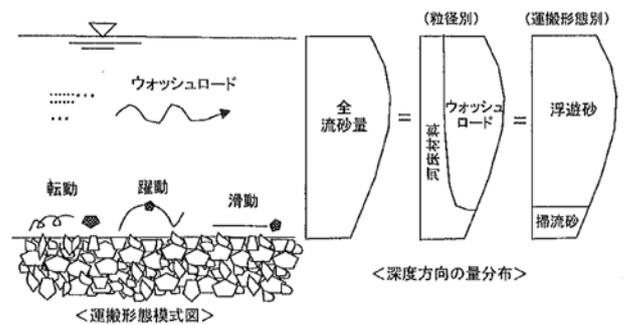


図-2 河川における運搬形態模式図¹⁾

(2) 堆砂形状

上流河川から貯水池に流入した土砂は、その粒度によって分級されて貯水池内に順次堆積していく。このようにして形成されるダムの堆砂形状は、流入土砂の粒度、水位変動、貯水池の形状、上流における他の貯水池の有無、堆砂率等の要因に影響されるが、最も典型的なものは図-3に示すとおりである。通常のダムでは、大部分の土砂が捕捉されるが、ウォッシュロードのうち粒径が概ね0.01mm未満であるものは、下流へ流出する。

堆積する土砂は、図-3に示す①頂部堆積層、②全

*一般財団法人 日本水土総合研究所 調査研究部
 性能設計技術グループ (Tel. 03-3502-1586)
 ** (現西松建設株) 土木事業本部 土木設計部 設計課
 (Tel. 03-3502-7638)
 (前)一般財団法人 日本水土総合研究所 主任研究員

部堆積層，③底部堆積層の3層に大別できる。

①および②はデルタ（段丘）と呼ばれるもので，掃流砂および浮遊砂のうち粒径が比較的粗い部分（0.1～0.2mm以上）から成る。このうち②はデルタの肩を通過した掃流砂がその直下に堆積し，それに浮遊砂による影響が加わって形成される比較的勾配の急な部分である。デルタの肩は，砂の肩と呼ばれる。デルタは一般的に時間経過とともに前進すると同時に，その上流端は上流へ遡上していく。③の領域の堆積物はほとんどが0.1mm以下のウォッシュロードから成り，ダム直上流部には濁水の密度流に起因する堆積層が水平に形成される。

なお，農業用ダムにおいては，一般に年間の水位変動が大きいので，一度形成されたデルタも貯水位が低い場合に洗掘されてダム付近まで再移動し，全域で均一な堆砂分布を示す傾向があり，顕著なデルタが発達しない場合もある。

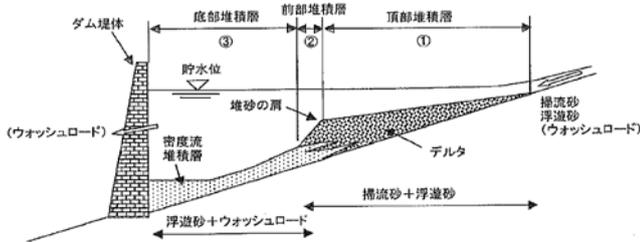


図-3 典型的な堆砂形状¹⁾

3. 堆砂状況と堆砂要因

(1) 堆砂状況

日本には堤高15m以上のダムがこれまで約2,700基建設されているが，国土交通省及び道府県管理の211ダムの内，20ダムで計画年数（一般には100年）が経過していないにもかかわらず，堆砂量が既に設計堆砂量を上回っていた。

また，国が所管する農業用ダムは189基あるが，その内12ダムで同様に堆砂量が既に設計堆砂量を上回っており（図-4），現在の堆砂率から想定される設計

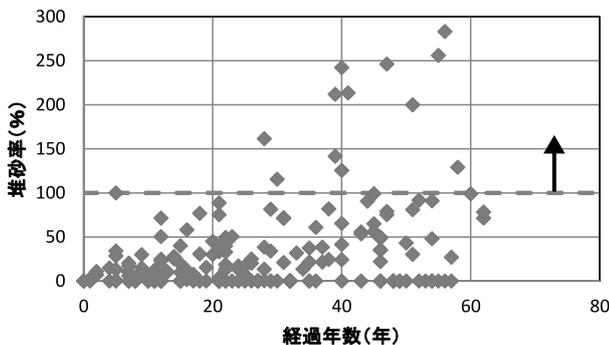


図-4 国営造成農業用ダムの造成完成からの経過年数と堆砂率

耐用年数が100年に満たないダムが78ダムにものぼった（図-5）。

今後の堆砂速度等に関しては，周辺環境や今後の気象等様々な要因の影響を受けるため一概には言えないが，計画より堆砂が大幅に進んでいるダムも多いことから，適切な対策を行わない場合，今後も計画年数を経過せずに堆砂量が設計堆砂量を超過するダムが増えると想定される。

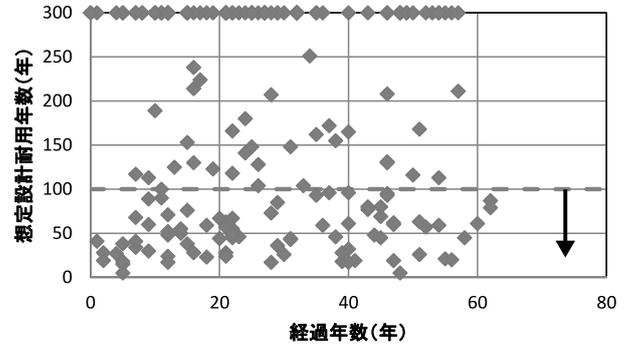


図-5 国営造成農業用ダムの想定設計耐用年数

(2) 堆砂の事例

図-6は，堆砂が急増した事例を示している。仮に排砂をしなければ，供用開始後10数年で計画堆砂量を超えることになった。そこで，計画的に排砂を進め，計画堆砂量内に全堆砂量を抑えていたが，近年の豪雨などにより，ここ数年急激に増加し計画堆砂量の2倍の土砂が堆積している。

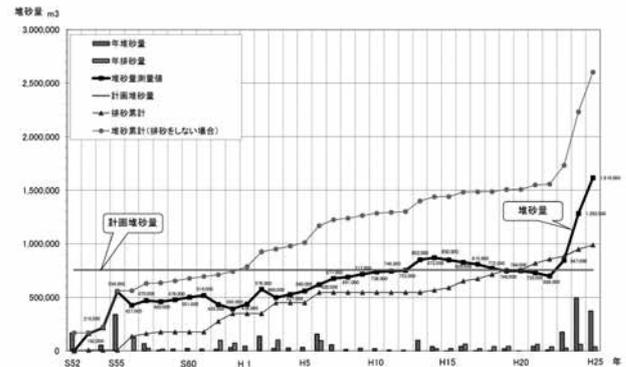


図-6 堆砂が急増した事例

(3) 堆砂要因

ダムの堆砂は多くの因子に支配されており，大きく分けてダム地点に土砂を流入させる堆砂要因の「流域要因」と，ダムを建設し貯水することによって新たに生じた堆砂要因の「貯水池要因」がある（図-7）。

堆砂現象は，因子が多い上に各因子の相互関係を考慮しなければならず，正確な予測が困難である。堆砂量の推定精度の向上を図ることはもちろんであるが，貯水池管理上は適宜堆砂量の現況評価を行い，場合によっては堆砂要因を特定して堆砂対策を講じる必要がある。

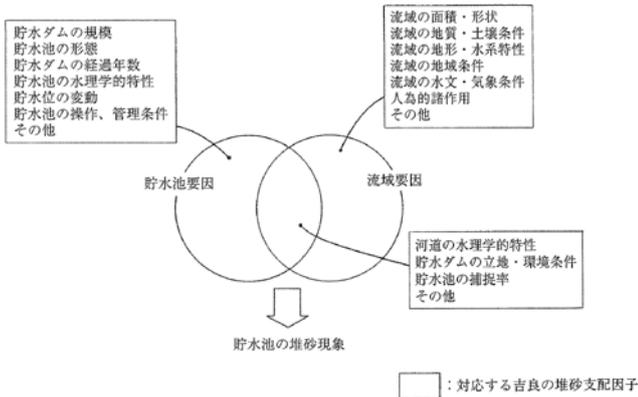


図-7 ダムの堆砂現象と堆砂要因との関係²⁾

また、近年の地球温暖化による海水温の上昇、大気不安定化、蒸発散量の増加など、気候変動による台風の巨大化・大型化、ゲリラ豪雨の増加のため、ダムの堆砂に大きな影響を及ぼす短時間強雨は全国的に見ても増加傾向にある（図-8参照）。また、ダムの堆砂速度は一般的に初期急増期、中期漸増期、終期不変期に区分されて、徐々に減少する傾向があるとされているが、年堆砂量の変動は大きく、近年に堆砂量が急増するケースもある（図-8参照）。このような場合、

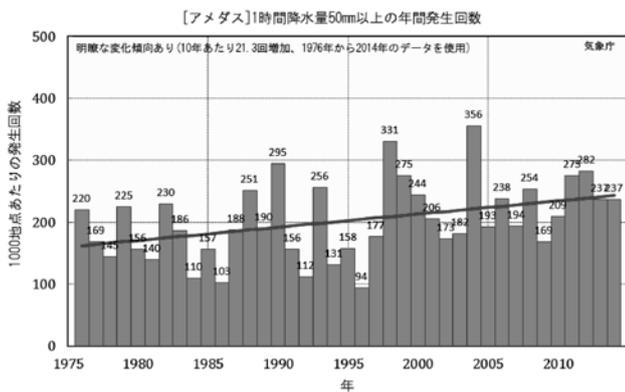


図-8 近年の短時間強雨の増加傾向
出典：気象庁ホームページより

堆砂量の急増が異常値であるのかトレンドの変化であるのかを見極めて、対策を検討・立案する必要がある。

4. 堆砂対策

(1) 調査・検討方法

堆砂対策の検討に要する主な項目・調査方法を以下に示す（表-1）。堆砂測量については、精度が良く測量日数が短い音響測深法による面的な測量が行われることもあるが、従来の手法による堆砂データとの整合が問題となる場合がある。

調査結果より堆砂のメカニズムを分析するとともに今後の土砂流出量を推定し、さらに各ダムの現地条件を考慮して、経済性や環境性も含めて、土砂流入の抑制方法や排砂方法を多角的に検討する必要がある。

堆砂の縦断形状は流入土砂の分級作用によるものが大きく、その推定は粒度毎に、流れの基礎方程式と流砂の連続式を連立して実施される河床変動計算を行なうことが有効である。なお、流砂量式には様々な提案式があるので、当該河川の状況に応じて適当なものを選定する。また、過去の堆砂実績と計算結果を比較することで再現性を確認する必要がある。

(2) ダムの堆砂対策

ダムの堆砂対策は、①貯水池への流入土砂の軽減対策、②貯水池へ流入する土砂そのものを通過させる対策、③貯水池に堆積した土砂の排除の3方法に分けられる（表-2）。

この中で、掘削・浚渫は最も一般的な方法であり、比較的大きな粒径の土砂の掘削を容易にするために貯砂ダムが設けられる場合も多く、経済性から水位の低下する秋から冬における陸上掘削が優先的に行われている。また、堆積土砂の利用方法としては、コンクリート骨材や盛土材、客土材や土壌改良材の農地への有効活用、下流河道に仮置きして出水時にフラッシュさせる下流還元を試み实施されている。

表-1 堆砂対策の検討に要する主な項目・調査方法

目的	項目	調査方法
堆砂のメカニズムの分析	堆砂状況・分布・経年変化	堆砂測量（横断測量・重錘法・音響測深法）
	土質性状	ボーリング調査，土質試験（粒度分布等）
	降雨量の経緯	気象観測資料
今後の土砂流出量の推定	河川流況の経緯	河川資料
	上流域での地滑り・開発等の状況	地形図等
堆砂対策の検討	ダム上下流の河床高・経年変化	河川資料
	仮置場や運搬経路等の地形条件	地形図等
	下流域での河川利用状況	聞き取り等
	近隣における堆砂の需要状況	聞き取り等
	堆砂の理化学的性質	土壌成分の分析（農地有効活用の可能性・有害物質）

表-2 堆砂対策の一覧

目的	具体的対策・方法	主な粒径	実績等
ダム貯水池への流入土砂の軽減	森林整備・治山対策	全て	・実績多数
	貯砂ダム（堰） （+掘削・浚渫）	粗粒土砂	・永源寺ダム，牧尾ダム，美和ダム，小渋ダム，長島ダム，松川ダム，横山ダム等，実績多数
ダム貯水池の流入土砂の通過	排砂バイパス	細粒土砂	・旭ダム，美和ダム，小渋ダム，長島ダム，松川ダム等
	スルーシング	細粒土砂	・宇奈月ダム・出し平ダム連携排砂 ・ゲートレス（自然排砂）：益田川ダム
ダム貯水池の堆積土砂の排除	フラッシング	細粒土砂	・宇奈月ダム・出し平ダム連携排砂
	掘削・浚渫 （陸上・水中）	全て	・骨材・盛土材の利用：大迫ダム，安濃ダム，美和ダム，小渋ダム等 ・下流還元：秋葉ダム，下久保ダム，長島ダム等 ・農地への有効活用：尾白利加ダム，美和ダム，柳瀬ダム等
	水圧吸引土砂排除	細粒土砂	・サイホン：矢作ダム

※ハッチングは農業用ダム

年堆砂量が多いダムでは、中長期的な対策として排砂バイパス、スルーシング・フラッシングも検討される場合がある。森林整備・治山対策は堆砂問題の根源的対応であるが、長期間を要するとともに堆砂対策としての効果予測が困難であり、堆砂対策を直接的な理由として実施される事業ではないことから、扱いが難しい。

なお、農業用ダムでは、この排砂バイパスやスルーシングなどによるダム貯水池の流入土砂の通過による排砂方法を採用した実績は無い。

（3）流砂系総合土砂管理

流砂系総合土砂管理とは、山地における土砂供給域から下流の河道・海岸域までの流砂系全体における広域的な土砂管理の考え方である。戦後以降の砂防ダムや貯水ダムの建設等により、下流河川・海岸に供給される土砂量が減少した結果、下流河道の河床低下や海岸線後退等の問題が顕在化したことから近年注目されており、治水機能の強化と遠州灘までを視野に入れた天竜川ダム再編事業（佐久間ダム，秋葉ダム）等で取り入れられている。流砂系総合土砂管理の概念図を以下に示す（図-9参照）。流砂系総合土砂管理では、土砂生産源、ダム、扇状地部等のポイントごとに基準点を設定して土砂収支を把握し、平常時と洪水時の両面から今後の適切な土砂輸送量が計画されるものであり、土砂の受け渡しバランス調整に関わる対策を個別領域での対策と併せて実施する。

ダムにおいては、土砂の捕捉率を低減して極力下流に流すことが求められ、前述の下流還元、排砂バイパス、スルーシング・フラッシング等の堆砂対策がこの土砂管理方法に該当し、同じ流域における他ダム、河川、海岸の各管理者（国土交通省や都道府県、電力会社等）との連携・協調が特に重要となる。

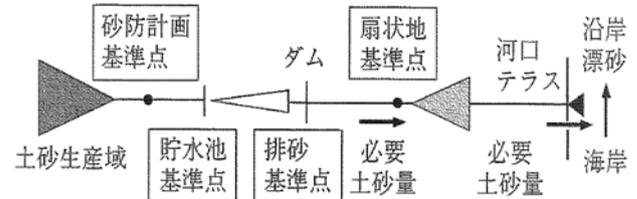


図-9 流砂系総合土砂管理の概念図

5. おわりに

これまでに建設されたダムは、地形・地質条件の比較的良好なダムサイトに建設されており、将来世代にわたり受け継ぐべき貴重な財産である。2003年3月に開催された第三回世界水フォーラムでは、貯水池土砂管理に関する持続可能性の目標として、最低でも500年間、又は堆砂の均衡達成のいずれかを想定すべきことが提案されている。

今後は、ライフサイクルコストの低減だけでなく、適切な操作と維持管理により持続的に利用される循環型のライフサイクル管理アプローチを取り入れることも有効であると考えられる（図-10参照）。

また、近年の気候変動等により計画より堆砂の進行が早いダムに多い現実を認識し、定期的な堆砂状況の把握を表-1に基づき実施し、データを蓄積することが重要である。これにより、現実に即した堆砂シミュレーションを整理することが可能となり、効果的なダムの堆砂対策が実施可能であると考えている。

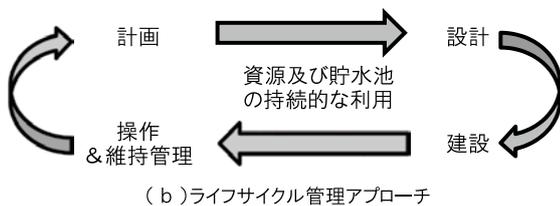
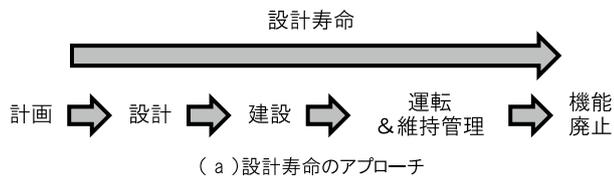


図-10 社会基盤施設の寿命の考え方

【引用・参考文献】

- 1) 大矢通弘, 角哲也, 嘉門雅史: ダム堆砂の性状把握とその利用法: ダム工学, 12 (3), 2002
- 2) 農林水産省農村振興局: 土地改良施設耐震設計の手引き (2004.3)
- 3) 土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「パイプライン」 (2009.3)
- 4) 財日本水士総合研究所: 平成25年度近畿農政局永源寺ダム・大迫ダム堆砂対策検討支援委託事業報告書 (2014.3)
- 5) 財日本水士総合研究所: 平成26年度嘉瀬川上流農地防災事業北山ダム堆砂対策検討委託事業報告書 (2014.12)
- 6) 財日本水士総合研究所: 中勢用水地区安濃ダム堆砂対策検討支援業務報告書 (2015.2)
- 7) 財日本水士総合研究所: 平成26年度近畿農政局永源寺ダム・大迫ダム貯水池対策検討業務委託事業報告書 (2015.3)
- 8) 土木学会地震工学委員会レベル2地震動研究小委員会: HP, レベル2地震動研究小委員会の活動成果報告書 (2000.3)
- 9) 杉戸真太, 合田尚義, 増田民夫: 周波数特性を考慮した等価ひずみによる地盤の地震応答解析法に関する一考察: 土木学会論文集, No493 II - 27 (1994)
- 10) Sugito, M., Y. Furumoto and T. Sugiyama: Strong Motion Prediction on Rock Surface by Superposed Evolutionary Spectra, 12th World Conference on Earthquake Engineering, 2111/4/A, CD-ROM, 2001
- 11) 中央防災会議: 南海トラフの巨大地震モデル検討会において検討された震度分布・浸水域等に係るデータ提供について (2012.12)
- 12) 中央防災会議: 中央防災会議において検討された地震動及び津波に係るデータについて (2007.4)

- 13) 久世益充, 杉戸真太, 能島暢呂, 柳生健司: 強震動加速度記録を用いた1999年台湾集集地震における震源過程のインバージョン: 第26回地震工学研究発表会講演論文集 (2001.8)
- 14) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説V耐震設計編 (2012.3)
- 15) 日本道路協会: 道路土工擁壁工指針 (2012.7)
- 16) 日本水道鋼管協会: 水道用埋設鋼管路耐震設計基準 (2006)
- 17) 日本ガス協会他: 高圧ガス導管耐震設計指針 (2004)
- 18) 日本下水道協会: 下水道施設の耐震対策指針と解説 (2006)
- 19) 国土庁防災局: 液状化地域ゾーニングマニュアル (平成10年度版) (1999.1)
- 20) 国土交通省関東地方整備局, 公益社団法人 地盤工学会: 東北地方太平洋沖地震による関東地方の地盤液状化現象の実態解明報告書 (2011.8)

砕・転圧盛土工法によるフィルダムやため池の 堤体改修での堤頂補強問題

福 島 伸 二* 谷 茂**
(Shinji FUKUSHIMA) (Shigeru TANI)

目 次

1. まえがき	56	4. 堤頂補強比の許容値の提案	57
2. 砕・転圧盛土工法の概要	56	5. 低応力域における砕・転圧土の強度特性 ..	59
3. 砕・転圧土による堤頂補強ゾーニング	57	6. あとがき	62

1. まえがき

砕・転圧盛土工法¹⁾²⁾は老朽化したフィルダムやため池の堤体改修(耐震補強や漏水防止)を、貯水池内に堆積した底泥土を所要の強度や遮水性を有するようにセメント系固化材により固化改良した築堤土、いわゆる砕・転圧土により行うもので、これまでに13箇所に適用されている。特徴は築堤土の強度を固化材添加量の加減により自由に設定できるので、急勾配での補強が可能なことである。

砕・転圧盛土工法による堤体補強は、図-1の上図に概念的に示すように、補強ゾーンを砕・転圧土により腹付け的に築造することが基本となる。けれども、既設堤体に期待できる強度が不足するなどの理由で腹付け盛土だけでは堤体安定性が得られない場合には、図-1の下図のように堤頂部を掘削除去して砕・転圧土ゾーンにより置き換える堤頂補強が考えられる。しかし、堤頂部は応力レベルが低く引張破壊の発生によりすべり抵抗長が減少しやすく、この部分だけに依存した補強は避けなければならない。

本稿は、砕・転圧盛土工法により堤体補強を行う際に堤体腹付けと堤頂補強を併用することを想定し、これまでの事例をもとに全抵抗力に占める堤頂部の補強力の適切な割合について提案するものである。

2. 砕・転圧盛土工法の概要

砕・転圧盛土工法¹⁾²⁾における築堤は、図-2に概念的に示すように、所定の初期固化期間 t_s だけ固化させた底泥土(これを初期固化土という)を規定の最大

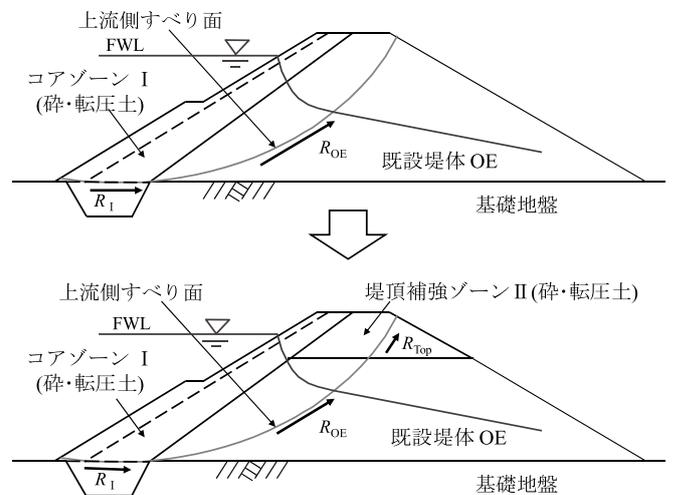


図-1 砕・転圧盛土工法における堤頂補強法

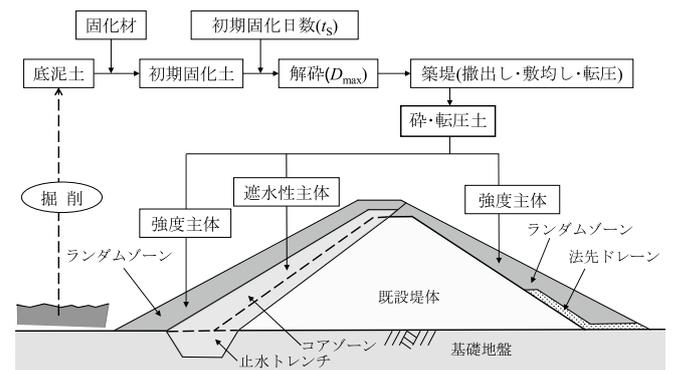


図-2 砕・転圧盛土工法の概念図

粒径 D_{max} により解砕して、通常の築堤土と同様に一層毎に均一に撒出し、一定層厚に敷き均してから転圧して行う(これを砕・転圧土という)。

砕・転圧土の強度は、初期固化土を解砕・転圧するまでの期間 t_s と、その後の経過期間 t_{cc} を合わせた $t=t_s+t_{cc}$ の影響を受ける。また、 D_{max} は強度と遮水性の両方に影響し、 D_{max} が大きいほど強度が高く、かつ透水係数も大きくなる。このため、砕・転圧土によ

* (株)フジタ 建設本部 土木エンジニアリングセンター
(Tel. 03-3796-2299)
** 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構
農村工学研究所フェロー (Tel. 029-838-7513)

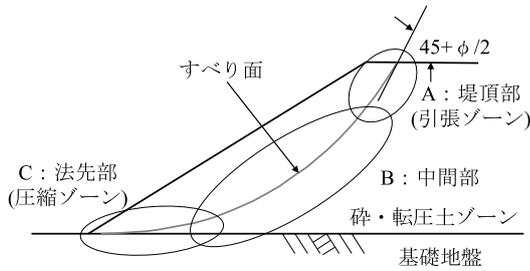


図-3 すべり面に沿った破壊時応力状態

り所要の強度と遮水性を有する堤体を築造するには t_s と t_{cc} , D_{max} を適切に設定して管理する必要がある。なお、砕・転圧盛土工法は、初期固化土を固化途中に解砕・転圧した砕・転圧土の再固化時の応力～ひずみ特性が通常の築堤土と同じひずみ硬化型になる性質を利用して、既設堤体と固化改良土の変形性の相違に起因したクラックを生じにくくしたものである。

3. 砕・転圧土による堤頂補強ゾーニング

フィルダムの堤体補強を砕・転圧盛土工法により効率的に行うには、図-1の下図に示したように、上流側に所要の強度を有する砕・転圧土により傾斜ゾーン（漏水対策が必要な場合には強度とともに遮水性も有するコアゾーンとなる）を腹付け、また堤頂部を掘削除去して砕・転圧土による補強ゾーンを築造してせん断抵抗を付加することが考えられる。堤頂補強は既設堤体に期待できる強度が不足する場合や下流側に堤体補強に必要な新たな用地を確保できない場合には有効な方法であり³⁾、地震時に堤頂部に生じやすい局所的な破壊の防止にも効果がある。

堤頂部のすべり面付近の土要素の応力状態は、図-3に概念的に示すように、応力レベルが低く引張破壊が発生しやすい。すなわち、砕・転圧土による堤体内に生じる斜面のすべり面では、堤頂部Aと法先部Cはともに応力レベルが低い部分となる。そして、法先部Cでは受働状態の圧縮破壊が生じるのに対して、堤頂部Aでは主働応力状態の引張破壊が生じる部分となる。特に、堤頂部は地震力が増幅されやすいので、応力レベルが非常に低くなった場合でも配置された砕・転圧土ゾーンに引張亀裂が生じないようにしなければならない。対策として、堤頂補強は堤頂部だけに依存した補強とせず、堤体全体が一体的に抵抗するように、堤頂部の補強力が全抵抗力に占める割合をある一定以下にする必要がある。

堤体上流側の安定化は砕・転圧土により補強力 R_I

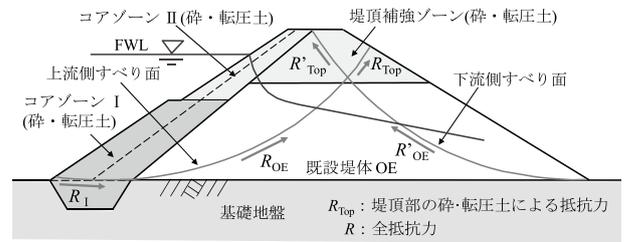


図-4 堤頂補強による上・下流側の安定化

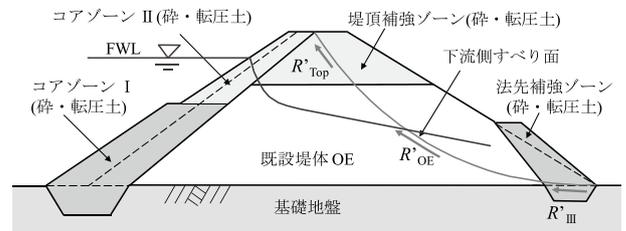


図-5 堤頂補強と法先補強による堤体下流側の安定化

のコアゾーンを腹付けて、既設堤体に期待できる強度が不足するなどの理由で所要の安定性が確保できない場合には、図-4に示すように、堤頂部を掘削除去して砕・転圧土により補強力 R_{Top} のゾーンが築造される。全抵抗力 R は既設堤体による抵抗力 R_{OE} と補強力であるコアゾーン下層部Iの R_I と堤頂補強ゾーンの R_{Top} を加えた

$$R = R_I + R_{OE} + R_{Top}$$

となる。このとき、堤頂補強ゾーンにおける R_{Top} が R に占める割合を堤頂補強比と定義すると、この比

$$R_{Top}/R = R_{Top}/(R_I + R_{OE} + R_{Top})$$

が高い場合には、堤体安定に重要な役割をするコアゾーンの下層部Iを上層部IIよりも高強度の砕・転圧土を採用して R_I を大きくして R_{Top} の割合を小さくすることを考えなければならない。また、堤体下流側の安定化は堤頂部の R'_{Top} を含めた $R' (=R'_{OE} + R'_{Top})$ によりなされ、堤頂補強比は

$$R'_{Top}/R' = R'_{Top}/(R'_{OE} + R'_{Top})$$

となる。 R'_{Top}/R' が大きい場合には、図-5に示すように法先部に砕・転圧土による R_{III} のゾーンIIIを追加配置して

$$R'_{Top}/R' = R'_{Top}/(R'_{OE} + R'_{Top} + R_{III})$$

を小さくすることを検討する。

4. 堤頂補強比の許容値の提案

4.1 堤頂補強法を採用した事例

堤頂補強は、単に安定計算上所定の安全率を確保するための一方法として堤頂部分だけで抵抗させるのではなく、堤頂部の砕・転圧土による補強力 R_{Top} が全抵抗力 R に占める割合 R_{Top}/R をある一定以下にする必要がある。堤頂補強法は砕・転圧盛土工法により改修された事例のうちため池とフィルダムを含めて4事例

あり、以下に事例毎の R_{Top}/R の値について見てみたい。

1) 北谷池 (三重県松阪市)³⁾

北谷池は、図-6に補強後の堤体標準断面を示すように、下流側に用地が確保できなかったことと既設堤体に期待できる強度が低かったため、堤体軸を上流側に移動させたゾーニングを採用している。

堤体上流側は幅広のコアゾーンを砕・転圧土により腹付け、その内部は小段面を境に上・下層で強度レベルを変えている。下層は堤体安定にとって重要な役割をする部分であるため、安定計算により逆算した安全率 $F_s \geq 1.20$ を達成できる強度として粘着力 $(c')_{cc} = 150 \text{ kN/m}^2$ に、上層は施工上必要とされる最低の強度 $(c')_{cc} = 55 \text{ kN/m}^2$ にそれぞれ設定している。コアゾーンを幅広としたのは、図-7に概念的に示すように、砕・転圧土ゾーンと強度的に優れていない既設堤体との間に強度の相違が大きくなるようにするための工夫である。すなわち、腹付けゾーンを幅広としてゾーン内の抵抗長を大きくすることで $(S_{ab} \rightarrow S_{ac})$ 、砕・転圧土の強度レベルを $\tau_{ac} = \tau_{ab} \cdot (S_{ab}/S_{ac})$ のように低く抑えたものである。

堤体下流側は、堤頂部を掘削除去して砕・転圧土により堤頂部を築造して、さらに堤体軸を上流側に移動させて小段的な控えをおくことで平均勾配を緩くして、安定性を確保している。

以上のゾーニングによる R_{Top}/R の値は下流側のすべり面において大きく $R_{Top}/R \approx 1/4$ であった。

2) 長原口池 (三重県度会郡)⁴⁾

長原口池は図-8に補強後の堤体標準断面を示すようなゾーニングを採用している。堤体上流側は堤体軸を約8.5m上流に移動させ、砕・転圧土からなるコアゾーンI・IIと既設堤体からの掘削土によりランダムゾーンIIIを腹付け、堤体下流側は既設堤体を掘削して緩勾配化し、さらに浸潤面を低下させるために法先ドレーンを配置している。

砕・転圧土ゾーンの目標強度は、地震時に大きな変形が生じやすい堤体上層で既設堤体との間に極端な強度の相違が生じないように、築堤面EL44.69を境に上・下層で変えた。下層ゾーンIはすべり面が通り堤体安定上重要な役割をするので安定計算により逆算して $F_s \geq 1.20$ を達成できる $(c')_{cc} = 100 \text{ kN/m}^2$ に、上層ゾーンIIは堤体安定に重要でないため施工上必要とする最低強度に近い $(c')_{cc} = 60 \text{ kN/m}^2$ に設定している。

なお、堤体軸の上流側への移動は、下流側の安定性を得やすいように法面勾配を掘削により緩くするためと、北谷池の場合と同様に幅広コアゾーンとして砕・転圧土の強度と既設堤体の強度に大きな相違が生じないようにするためである。

以上のゾーニングにおける R_{Top}/R の値は下流側すべり面において大きく $R_{Top}/R \approx 1/8.5$ であった。

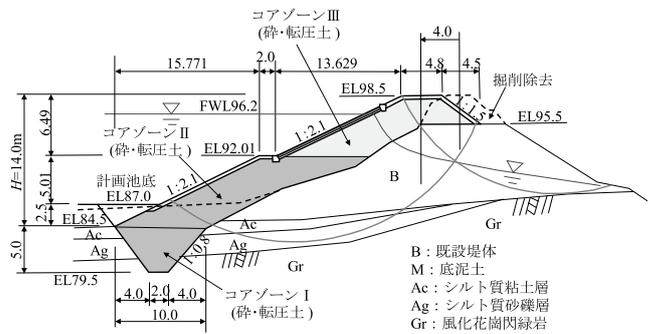


図-6 北谷池の改修後の標準断面³⁾

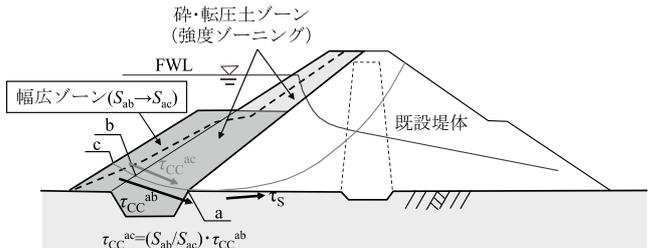


図-7 幅広コアゾーンの効果

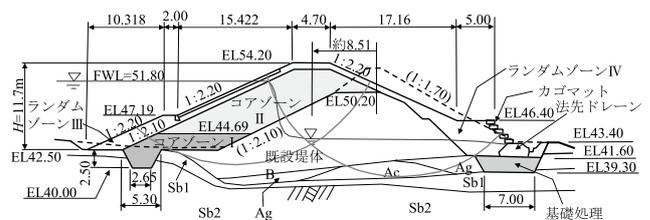


図-8 長原口の改修後の標準断面⁴⁾

3) 大原ダム (滋賀県甲賀市)⁵⁾

大原ダムは中央コア型の本格的な灌漑用ダムであり、図-9に補強後の堤体標準断面を示すようなゾーニングを採用している。

堤体上流側は、既設堤体表層部を掘削し砕・転圧土によりランダムゾーンI・IIを腹付け、その強度レベルは小段面を境に上・下層で変えている。すなわち、下層は堤体の安定上重要な役割をするので安定計算により高強度ゾーンIとして $F_s \geq 1.20$ を達成できる $(c')_{cc} \approx 150 \text{ kN/m}^2$ とし、上層は地震時に大きな変位が生じやすいため低強度ゾーンIIとして砕・転圧土の施工上必要な最低強度に近い $(c')_{cc} = 55 \text{ kN/m}^2$ に設定している。漏水が確認された既設コアゾーンを含む堤頂部は約5m掘削除去して、コアゾーンIIIとしてランダムゾーンIIと同じ強度で、かつ遮水性を持たせた砕・転圧土により築造している。

堤体下流側は法先部にせん断抵抗を付加させるためにゾーンIと同じ強度の砕・転圧土によるランダムゾーンIVを押え盛土的に築造し、さらに浸潤面を低下させるために既設堤体部との間にフィルターゾーンを配置している。また、ランダムゾーンIVの基礎は、幅4mにわたり基礎層Grまでの深さ約2mをセメント

改良してキープロック化し、その強度レベルは安定計算によりすべり面がGr層を通らない条件を満足できる $c=70\text{kN/m}^2$ に設定している。

以上のゾーニングにおける R_{Top}/R の値は上・下流側ともにほぼ同じ $R_{\text{Top}}/R \approx 1/20$ であった。

4) 谷田大池 (静岡県菊川市)⁶⁾

谷田大池はダム便覧に登録された灌漑用ダムであり、図-10に補強後の堤体標準断面を示すようなゾーニングを採用している。

堤体上流側は既設堤体の表層部を掘削し、コアトレンチを止水性のある泥岩層 Mcs まで掘込み、砕・転圧土によりコアトレンチ I とコアゾーン II を築造、さらにその外側にランダムゾーン III を既設堤体からの掘削土により築造された。コアトレンチの幅は軟弱な基礎部分にすべり面が通らないようにせん断抵抗を付加するためにコアゾーンの底面幅より拡大させて 8 m としている。

堤体下流側は、すべり面が軟弱な WMcs 層を通らないようにその下の Mcs 層まで掘り込み、砕・転圧土によるキープロックトレンチ IV を築造し、表層部を掘削してから既設堤体からの掘削土によりランダムゾーン V を押し盛土的に腹付けている。さらに、堤頂部は法面途中に局部的なすべり面が生じないように堤頂面から深さ約 3 m まで除去して、ランダムゾーン VI とし砕・転圧土により築造している。

砕・転圧土の目標強度は計画した堤体ゾーニングについて安定計算を実施して $F_s=1.20$ になるように逆算した $(c')_{cc^*}=103\text{kN/m}^2$ に設定している。キープロックトレンチの幅は砕・転圧土の強度レベルを $(c')_{cc^*}=103\text{kN/m}^2$ に設定した安定計算により $F_s \geq 1.20$ が確保できる長さ 11.5 m としている。

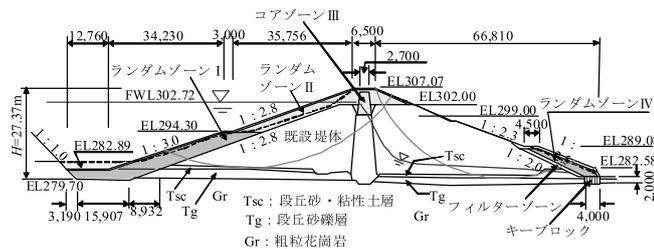


図-9 大原ダムの改修後の標準断面⁵⁾

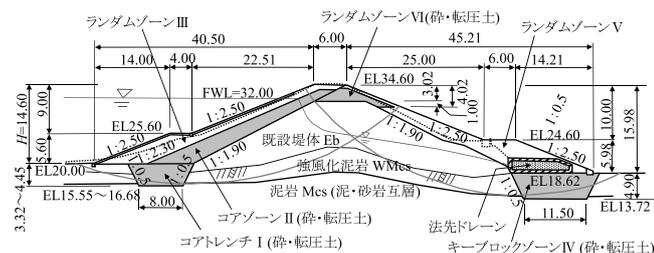


図-10 谷田大池の改修後の標準断面⁶⁾

以上のゾーニングにおける R_{Top}/R の値は下流側すべり面において大きく $R_{\text{Top}}/R \approx 1/14$ であった。

4.2 堤頂補強比の許容値

堤頂補強は既設堤体に期待できる強度が低い場合に採用することになり、 R_{Top}/R の値も高くなりやすい。以上の事例のうちで、北谷池で R_{Top}/R が高い値となっているのは既設堤体に期待できる強度が低いことと、下流側法先に用地境界の関係から砕・転圧土ゾーンが配置されてないためである。一般的に、堤体下流側では既設堤体の強度に期待した補強が基本となるため、 R_{Top}/R は下流側すべり面において大きくなりやすい。これを緩和させるには図-5に示したように法先部に砕・転圧土ゾーンを押し盛土的に配置することが効果的である。法先への砕・転圧土ゾーンの配置は大原ダムと谷田大池において採用されている。

上流側において R_{Top}/R 値が高くなった場合には図-4や図-5に示したような腹付けた砕・転圧土ゾーン下層において高い強度に設定したゾーニングが効果的である。あるいは、既設堤体に期待できる強度が低いと砕・転圧土ゾーンと既設堤体の間に大きな強度の相違が生じやすいので、このような場合には図-7に示したように堤体に腹付ける砕・転圧土ゾーンを幅広として内部の強度レベルを低く抑えることを検討しなければならない。この砕・転圧土ゾーンの強度と既設堤体の強度の相違における許容値は砕・転圧土と突固め土からなる合成土の試験結果から目安とする値が提案されている⁷⁾。

R_{Top}/R の許容値の目安は、堤高 H が高く地震力の増幅が大きいフィルダム ($H \geq 15\text{m}$) と、堤高が低く地震力の増幅が少なく剛体的挙動をするため池 ($H < 15\text{m}$) では分けて考える必要がある。許容できる R_{Top}/R の目安は、以上の実績における値を上限にして、ため池では $R_{\text{Top}}/R \leq 1/4$ 、フィルダムでは $R_{\text{Top}}/R \leq 1/10$ 程度ではないだろうか。

なお、堤頂部が応力レベルの低下により引張応力状態まで移行する可能性がある場合には、引張亀裂を抑制するために、図-11に概念的に示すように砕・転圧土ゾーン内にジオテキスタイルを配置するなどの対策も考慮すべきであろう。注意すべきは、ジオテキスタイルはコアゾーンの遮水機能を損なわないように、想定される浸潤面よりも上に敷設しなければならないことである。

5. 低応力域における砕・転圧土の強度特性

砕・転圧土による堤頂補強ゾーンは、地震時のように大きなせん断応力が作用する場合に応力レベルが低くなりやすく、このような状態にある堤頂部で発揮される粘着力は三軸圧縮試験で求められる値と同じとは限らない。そこで、供試体に引張応力状態に近い応力

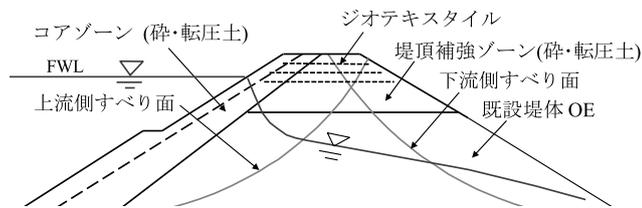


図-11 ジオテキスタイルによる堤頂部引張破壊対策

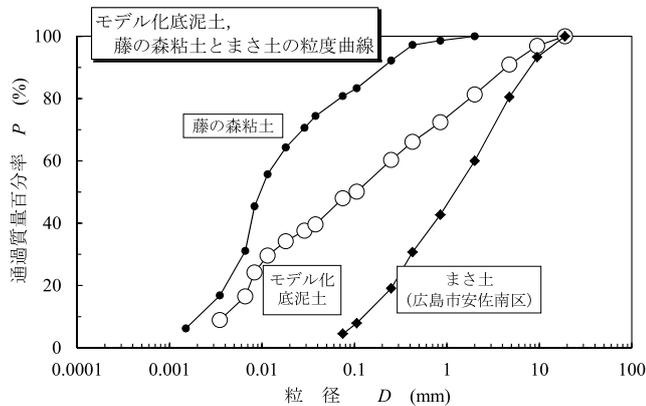


図-12 使用した試料の粒度曲線

状態を再現できる三軸伸張試験により、砕・転圧土の低応力域において発揮される粘着力特性を調べることを試みた⁸⁾。

5.1 試験に使用した試料の準備

試験には藤の森粘土とまさ土（広島市安佐南区産）を体積比1:0.5で混合したモデル化底泥土を用いた。藤の森粘土は、粒度特性が図-12に粒度曲線を示すように最大粒径 $D_{max}=2.0\text{mm}$ 、細粒分含有率 $F_C=80.8\%$ 、均等係数 $U_C=6.5$ にあり、またコンシステンシー特性が塑性指数 $I_P=19.2$ （液性限界 $w_L=46.0\%$ 、塑性限界 $w_P=26.8\%$ ）の状態にあった。試験にはこれを含水比 $w=60\%$ に水分調整して使用した。

まさ土は、図-12に粒度曲線を示すように、 $D_{max}=19.0\text{mm}$ 、 $F_C=4.9\%$ 、 $U_C=16.9$ であり、試験にはこれを $w=8\%$ に含水調整して使用した。

藤の森粘土とまさ土を合わせたモデル化底泥土は $w=35.6\%$ であり、図-12に粒度曲線を示したように、 $D_{max}=19.0\text{mm}$ 、 $F_C=48.0\%$ 、 $U_C=62.5$ 、 $I_P=14.3$ （ $w_L=40.4\%$ 、 $w_P=26.1\%$ ）であった。

砕・転圧土の供試体はモデル化底泥土をセメント系固化材（一般軟弱土用）により $t_S=3$ 日間だけ初期固化させてから、ストレートエッジにより約1.5cm角のサイコロ状になるように砕いて、直径 $D=50\text{mm}$ ×高さ $H=100\text{mm}$ の二つ割りモールド内で3層に分けて「土の突固めによる締固め試験（JIS A1210）」におけるA法で期待された締固めエネルギーになるように小型ランマー（質量1.25kg）により突き固めて $t_{CC}=7$ 日間だけ再固化させて準備した。

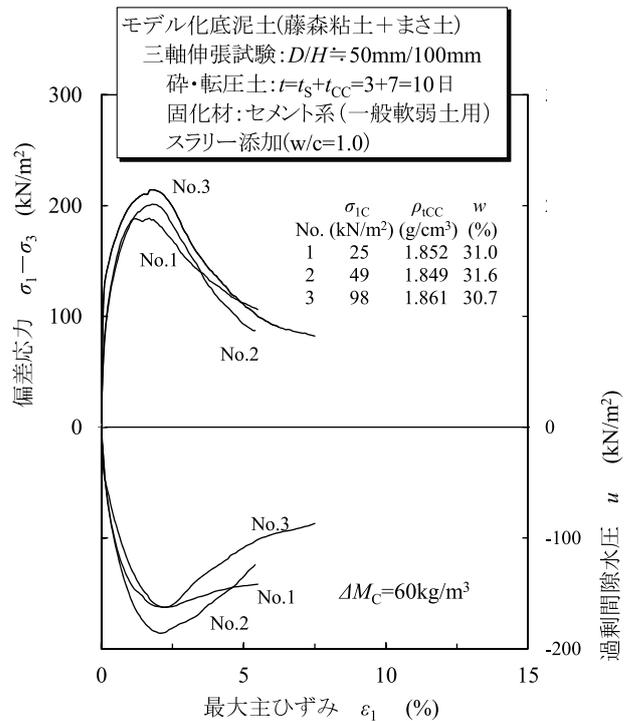


図-13 三軸伸張試験（TE）による応力～ひずみ関係

5.2 三軸伸張試験

三軸伸張試験（TE）は砕・転圧土の供試体を過剰間隙水圧の減少によりキャビテーションが生じないように背圧 $\sigma_{BP}=294\text{kN/m}^2$ にして等方応力 $\sigma_c=25, 49, 98\text{kN/m}^2$ で圧密を終了させてから非排水状態でせん断した。固化改良土の三軸伸張試験では大きな粘着力を有しているため、軸方向応力 σ_a が減少し単純引張状態になる可能性があるため、供試体の上・下両端面とキャップ・ペダスタルの間をエチル2-シアノアクリレートを主成分とするアクリル系瞬間接着剤により接着した。また、比較のために同一の等方圧密条件で砕・転圧土の供試体の $\sigma_{BP}=98\text{kN/m}^2$ における三軸圧縮試験（TC）も実施した。

図-13は固化材添加量 $\Delta M_C=60\text{kg/m}^3$ により準備した砕・転圧土の三軸伸張試験により得られた偏差応力（ $\sigma_1 - \sigma_3$ ）、過剰間隙水圧 u と最大主ひずみ ϵ_1 の関係をそれぞれ示す。三軸伸張試験では供試体の高さ変化として測定される軸ひずみ ϵ_a が最小主ひずみ ϵ_3 となるため、三軸圧縮試験における軸ひずみ $\epsilon_a (= \epsilon_1)$ と対応させるための ϵ_1 は ϵ_a と非排水条件 $\epsilon_v = \epsilon_3 + 2 \cdot \epsilon_1 = 0$ より

$$\epsilon_1 = -\epsilon_3/2$$

から求めた。図-14は三軸圧縮試験による（ $\sigma_1 - \sigma_3$ ）、 $u \sim \epsilon_1$ 関係を示す。図から、三軸伸張試験における応力～ひずみ関係は三軸圧縮試験に比較して（ $\sigma_1 - \sigma_3$ ）が小さいひずみで最大値に達した後に低下する脆的な材料特性を示すこと、また u が低下して非常に大きな負圧になっていることがわかる。

図-15には三軸圧縮試験と三軸伸張試験による最大偏差応力 $(\sigma_1 - \sigma_3)_{max}$ により描いた有効応力表示のMohrの応力円とこれらの包絡線を直線近似して求めた強度パラメータ、すなわち三軸圧縮試験では $(c')_{CC}$ 、 $(\phi')_{CC}$ 、三軸伸張試験では $(c')_{CC}^{TE}$ 、 $(\phi')_{CC}^{TE}$ をそれぞれ示す。三軸伸張試験におけるMohrの応力円は大きな負の u の発生により有効応力によるMohrの応力円が負の領域に至らずに破壊していることがわかる。すなわち、砕・転圧土は非排水条件であれば、せん断応力を受けても負の大きな u の発生により単純引張状態にならないことがわかる。また、三軸伸張試験における粘着力 $(c')_{CC}^{TE}$ は三軸圧縮試験における $(c')_{CC}$ よりやや小さい値となっている。 ΔM_c を変えて準備した砕・転圧土供試体について実施した三軸圧縮試験と三軸伸張試験により求めた $(c')_{CC}$ と $(c')_{CC}^{TE}$ の

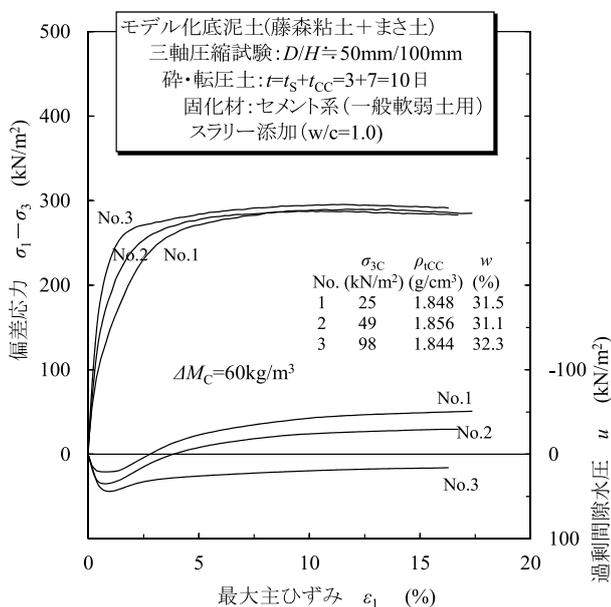


図-14 三軸圧縮試験 (TC) による応力～ひずみ関係

比較を図-16に示す。図から、 $(c')_{CC}^{TE}$ は $(c')_{CC}$ より小さく、平均的に

$$(c')_{CC}^{TE} \approx 0.82 \cdot (c')_{CC}$$

により近似できる。

上述した三軸伸張試験は実際の堤体頂部において想定される水圧よりも高い値の $\sigma_{BP}=294\text{kN/m}^2$ のもとで実施されている。これは、供試体がせん断中に負圧の発生により不飽和状態にならないようにするための措置である。試験時の σ_{BP} を実際の堤体頂部で想定される値のもとで実施した場合には、供試体がせん断中の負圧により不飽和状態になり、破壊時の有効応力表示のMohrの応力円は負圧側に移動することになる。砕・転圧土のような固化改良土では粘着力が卓越し有効応力レベルの影響が小さいので、 $(c')_{CC}^{TE}$ は上述した値より大きくなると考えられる。三軸伸張試験と三軸圧縮試験の間の粘着力の相違は応力レベルによる応力～ひずみ特性によるもの、すなわち低応力レベルにおいては非常に小さいひずみで最大応力に達するためと考えられる。

砕・転圧盛土工法では、砕・転圧土の強度パラメータは三軸圧縮試験を実施して求めることになっている¹⁾²⁾。したがって、応力レベルが低くなりやすい堤頂部の砕・転圧土ゾーンにおいて発揮される粘着力は三軸圧縮試験により得られる値よりも小さくなる可能性があるため、これを低減させる必要がある。

図-17は、図-14に示した三軸圧縮試験における応力～ひずみ曲線から、 ε_1 の大きさに応じて発揮された粘着力 $(c')_{CC}^{Mob}$ を求めて整理した $(c')_{CC}^{Mob} \sim \varepsilon_1$ 関係を示す。図から、三軸伸張試験の応力～ひずみ曲線における $(\sigma_1 - \sigma_3)_{max}$ が現れるひずみレベル $\varepsilon_{If}^{TE} \approx 2.0\%$ と同じ $\varepsilon_{If}=2.0\%$ において発揮された粘着力 $(c')_{CC20}$ を求めると $(c')_{CC20}=76\text{kN/m}^2$ となる。

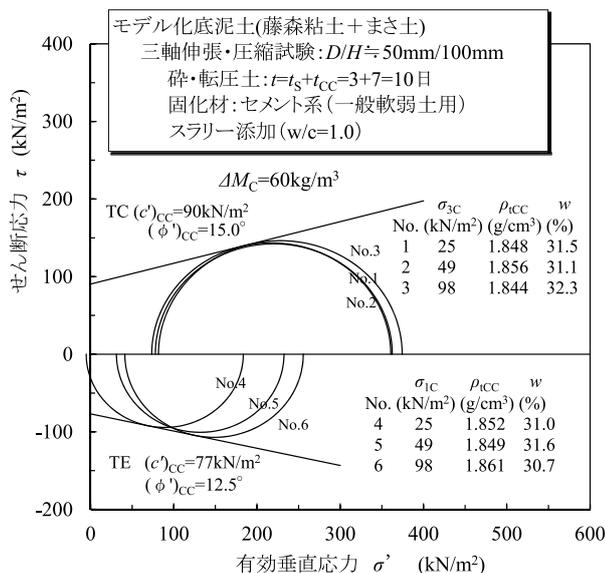


図-15 TC・TE試験における強度パラメータ

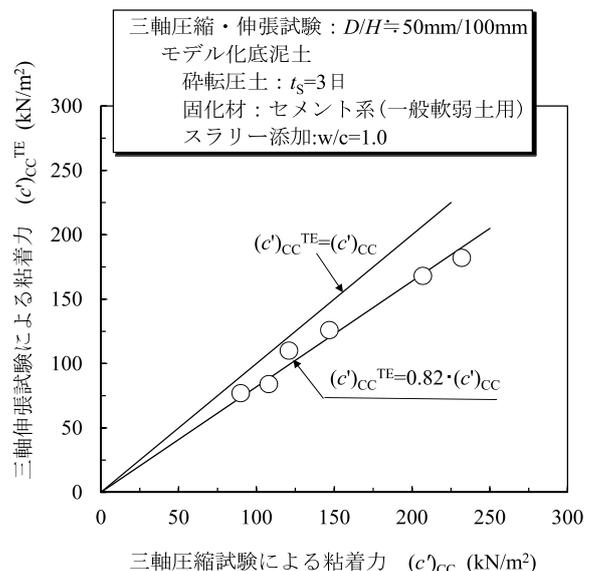


図-16 TC・TE試験による $(c')_{CC}^{TE}$ と $(c')_{CC}^{TC}$

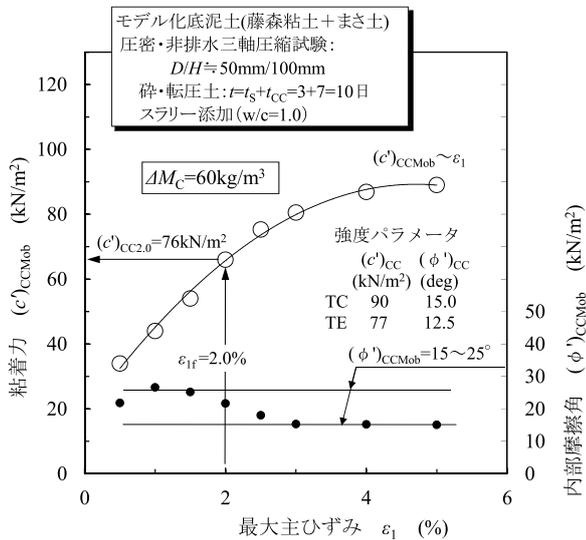


図-17 三軸圧縮試験における $(c')_{CCMob} \sim \varepsilon_1$ 関係

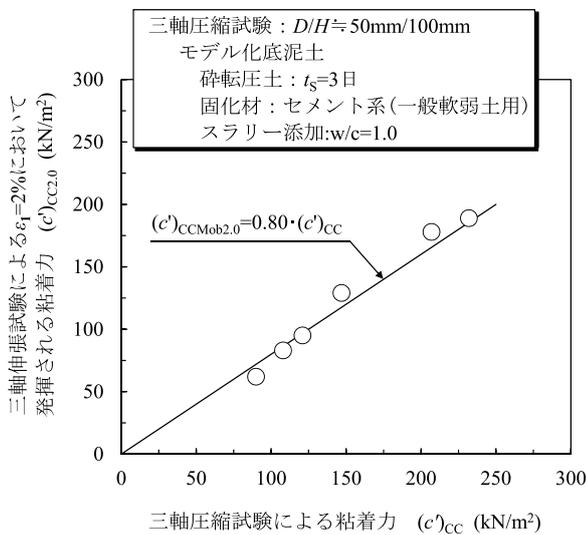


図-18 三軸圧縮試験における $(c')_{CC2.0} \sim (c')_{CC}$ 関係

図-18には ΔM_c を変えて準備した供試体について実施した三軸圧縮試験により同様の手順で求めた $(c')_{CC2.0}$ と $(c')_{CC}$ の関係を示す。図から、 $(c')_{CC2.0}$ の値は $(c')_{CC}$ の8割程度の値に相当する。これは、図-16に示したように、同一条件で準備した供試体について実施した三軸伸張試験から得られる粘着力 $(c')_{CC}^{TE}$ とほぼ同等になる。すなわち、堤頂補強ゾーンで発揮される粘着力 $(c')_{CC}$ は低応力域においては破壊ひずみが小さいことを考慮して、三軸圧縮試験により求められた粘着力 $(c')_{CC}$ を80%程度に低減させて三軸伸張試験による $(c')_{CC}^{TE}$ の代用とすることを提案したい。

6. あとがき

本稿は砕・転圧盛土工法により堤体改修を行う際に堤体腹付けと堤頂補強を併用することを想定し、堤頂部補強力が全抵抗力に占める適切な割合について堤頂補強が採用された事例をもとに検討し、以下に示す提案を行った。

- 1) 堤頂部補強は、安定計算的に安全率を確保できる抵抗力を確保するための一方法とするのではなく、既設堤体も含めて一体として抵抗するように、堤頂部の砕・転圧土による補強力 R_{Top} が全抵抗力 R に占める堤頂補強比 R_{Top}/R をある一定値以下に抑える必要がある。許容できる R_{Top}/R の目安値は堤高が大きく地震応答の影響の大きいフィルダムでは $R_{Top}/R \leq 1/10$ 、堤高が低く剛体的な挙動をして地震応答の影響が小さいため池では $R_{Top}/R \leq 1/4$ とする。
- 2) 堤頂部のように変形集中が生じやすい箇所を固化処理底泥土からなる築堤土により補強した場合を想定すると、堤頂部は局部的に変形集中が生じやすく、低ひずみレベルで最大強度に達する可能性がある。そこで、堤体の安定計算に使用する堤頂補強部の砕・転圧土ゾーンの粘着力として、三軸圧縮試験による値 $(c')_{CC}$ を引張応力状態での破壊時のひずみレベルの影響を考慮して低減させた $0.8 \cdot (c')_{CC}$ を採用する。

【参考文献】

- 1) 社農業農村整備情報総合センター：ため池改修工事の効率化、-砕・転圧盛土工法によるため池堤体改修-、設計・施工・積算指針（案）、2006。
- 2) 社農業農村整備情報総合センター編：砕・転圧盛土工法によるフィルダム堤体改修、-堆積土・発生土を有効活用したフィルダムのリニューアル技術-、設計・施工・積算指針（案）、社農業農村整備情報総合センター、2009。
- 3) 福島伸二、谷 茂、北島 明：固化処理底泥土による急勾配・高堤体ため池の補強事例、土と基礎、Vol.53, No.2, pp.28-30, 2005。
- 4) 福島伸二、谷 茂：固化改良した含水比と粒度が変化する混合泥土を用いた長原口池堤体改修工事、地盤工学会誌、Vol.59, No.9, pp.30-33, 2011。
- 5) 福島伸二、谷 茂：大原ダムの砕・転圧盛土工法による耐震補強の設計・施工法、ダム日本、No.812, pp.9-27, 2012。
- 6) 福島伸二、谷 茂、山崎秀昭、三澤宏司：砕・転圧盛土工法による谷田大池堤体改修工事、水と土、pp.44-52, 2011。
- 7) 福島伸二、北島 明：固化改良土と突固め土からなる複合土の分割載荷型一面せん断試験による強度特性、地盤工学ジャーナル、Vol.10, No.2, 2015。
- 8) 北島 明、福島伸二、五ノ井 淳、谷 茂：固化処理底泥土からなる築堤土の三軸伸張試験による強度特性、土木学会第63回年次学術講演会、第Ⅲ部門、pp.337-338, 2008。

寒冷地における水路更生工法の補強効果

渡部 浩二* 竹田 誠** 田場 一矢*** 緒方 英彦****
 (Koji WATABE) (Makoto TAKEDA) (Kazuya TABA) (Hidehiko OGATA)

目 次

1. はじめに	63	3. 数値解析	65
2. 載荷実験	63	4. おわりに	67

1. はじめに

積雪寒冷地において凍害により劣化したコンクリート開水路の対策工法として、農林水産省官民連携新技術研究開発事業により水路更生工法の開発が進められている¹⁾。本工法は、既設躯体コンクリートにFRPM板を金属拡張アンカーによって固定し、躯体とFRPM板の間にポーラスコンクリートを充填することで、ポーラスコンクリートの透水性や保温性による凍害抑制効果およびコンクリート躯体に対する補強効果（構造的耐力の回復または向上）を目指すものである。

本報では、フリユーム供試体および梁供試体による載荷実験を行うとともに、梁供試体による載荷実験の数値解析を試み、その上で仮想開水路に対する補強効果を検証した結果について示す。

2. 載荷実験

(1) フリユーム供試体による載荷実験

供試体は、プレキャストコンクリート製のフリユーム水路をもとに、中込材として使用するポーラスコンクリートの厚さの違いによる補強効果への影響を検討するため、ポーラスコンクリートの厚さを30mm、50mm、70mmの3種類で作成した（図-1）。なお、FRPM板の厚さは10mmとし、ポーラスコンクリートは、間隙内に浸透した水を速やかに排出するための透水性、側壁内部に凍結融解作用を生じさせないための保温性、そして凍結融解環境下での耐久性を確保するための凍結融解抵抗性を個別に検討した上で配合を決定している（表-1）。また、ポーラスコンクリート

トの最小厚さである30mmは、ポーラスコンクリートの充填性を検討した上で設定した。

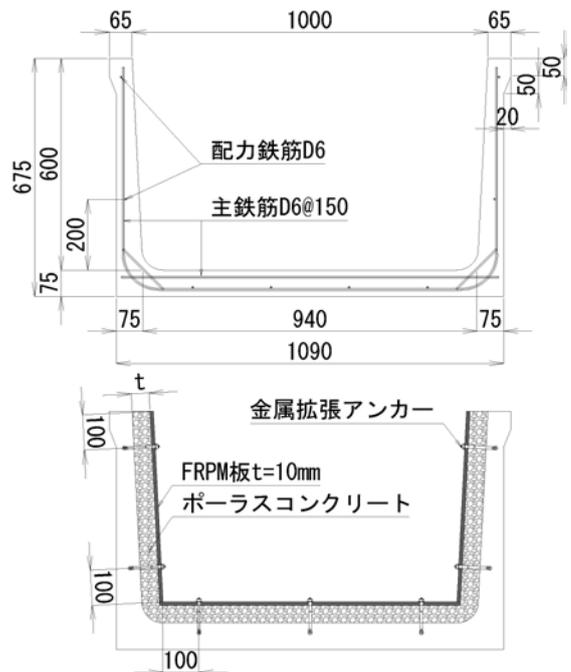


図-1 フリユーム供試体の形状寸法

表-1 ポーラスコンクリートの配合

目標 空隙率 (%)	W/B (%)	Vm/Vg (Vol. %)	Vs/Vm (Vol. %)	単位量 (kg/m ³)				
				W	B		S	G
					C	P		
20	30.0	47.5	17.5	103	322	20	129	1464

Vm/Vg：モルタルと粗骨材の体積比

Vs/Vm：細骨材とモルタルの体積比

W：水道水

C：普通ポルトランドセメント（住友大阪セメント，密度 3.15g/cm³）

P：無機系混和材（住友大阪セメント，密度 2.55g/cm³）

S：細骨材（山口県蓋井島産の海砂，密度 2.865g/cm³，F. M. 2.05）

G：粗骨材（京都府亀岡産の砕石 7号，密度 2.70g/cm³）

* (株)ドーコン 主任技師 (Tel. 011-801-1580)
 ** (株)栗本鐵工所 課長 (Tel. 0749-45-1515)
 *** 寒地土木研究所寒地農業基盤研究グループ 研究員
 (Tel. 011-841-1764)
 **** 鳥取大学農学部 教授 (Tel. 0857-31-5397)

載荷実験は、JIS A 5363²⁾ に準拠して行った。図-2に示すように供試体を設置し、長手方向に一様に負

荷されるよう荷重を加え、ひび割れ発生時および最大時の荷重を記録した。図-3に試験後の供試体状況を示す。

ひび割れの発生順序および発生位置は、補強なしと補強ありで同じであった。第1ひび割れは側壁の配力鉄筋位置で発生したことから、配力鉄筋によるコンクリートの断面減少により、応力集中が生じた影響と考えられる。また、第2・第3ひび割れは曲げモーメントが最大となる側壁と底版の付け根でほぼ同じ荷重時に発生した。

ひび割れ発生時の荷重比較から、ポーラスコンクリートの厚さが増すにつれ、補強効果も大きくなる傾向が見られた(表-2)。これは、ポーラスコンクリートによる断面増加の影響によるものと考えられる。なお、補強効果は第1ひび割れの発生荷重において最も顕著であり、ひび割れ本数が増えるのにつれて、その差は小さくなる傾向が見られた。この要因については次項において考察を加えることとする。

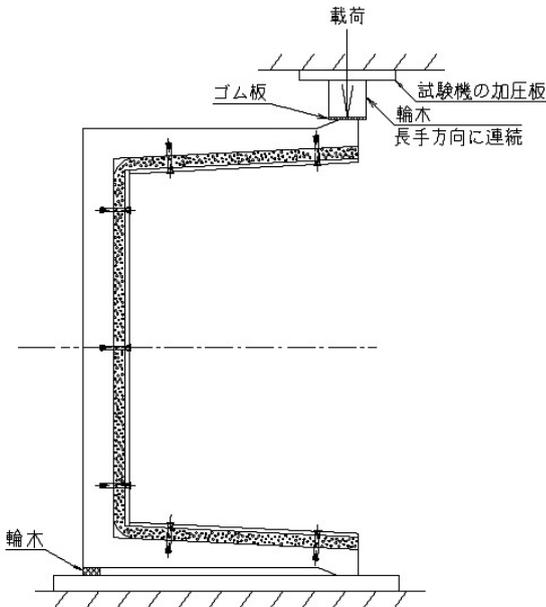


図-2 フリューム供試体による荷重実験方法

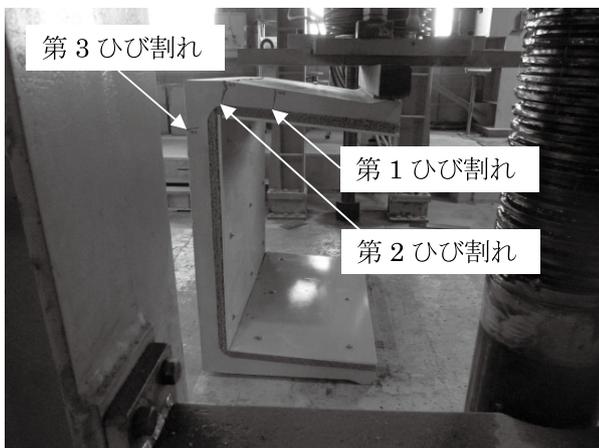


図-3 試験後のフリユーム供試体状況

表-2 フリューム供試体による荷重実験の荷重値比較

測定項目	補強なし	補強あり		
		t=30mm	t=50mm	t=70mm
第1ひび割れ	9.65	11.60 (1.20)	16.25 (1.68)	17.85 (1.85)
第2ひび割れ	11.50	14.55 (1.27)	16.30 (1.42)	18.00 (1.57)
第3ひび割れ	11.80	14.55 (1.23)	16.30 (1.38)	18.30 (1.55)
最大荷重	14.70	17.20 (1.17)	19.35 (1.32)	20.60 (1.40)

※tはポーラスコンクリート厚さを示す

※単位：kN、()内は補強なしを1とした場合の荷重の比率を示す

(2) 梁供試体による荷重実験

フリユーム供試体の荷重実験により、ポーラスコンクリートとFRPM板との合成構造による補強効果が確認された。本工法を凍害劣化したコンクリート開水路に適用した際の補強効果を、数値解析により検証することを目的に、まず単純化した梁の供試体を用いた荷重実験を行い、次に数値解析により同定した部材境界のパラメータを踏まえて、仮想開水路における補強効果を検証した。ここでは、梁供試体による荷重実験の概要を示す。

梁供試体は幅400mm、高さ200mm、スパン2,000mmの矩形RC梁とし、補強した供試体は梁の上面にFRPM板とポーラスコンクリートを配置した。ここで、フリユーム供試体の荷重実験と同様にFRPM板は厚さ10mm、ポーラスコンクリートの厚さは30mm、50mm、70mmの3種類とし、各ケース3体の実験を実施した。荷重実験はスパン中央部の1点に荷重する3点曲げ荷重とし、荷重点位置の鉛直荷重および鉛直変位を計測した(図-4)。

実験の結果、補強ありの供試体において、各部材の境界面で軸方向の滑り、FRPM板-ポーラスコンクリートの境界面で剥離開口が確認された(図-5)。補強ありとなしにおける最大荷重を比較すると、FRPM板とポーラスコンクリートによる合成効果によって最大荷重が約1.3倍向上するが、ポーラスコンクリート厚さを増加しても、最大荷重はほとんど変化しない(表-3)。これは、補強材(FRPM板+ポーラスコンクリート)が金属拡張アンカーを用いて梁と固定されており、ポーラスコンクリート厚さの増加に伴ってアンカーの変形量が大きくなることで合成効果が低減し、その結果として補強材と梁の接触界面におけるせん断剛性が低下するためと考えられる。

この結果は、フリユーム供試体の荷重実験において、ポーラスコンクリート厚さによるひび割れ発生荷重の差が、ひび割れ本数が増えるのにつれて小さくなった結果と一致する。すなわち、ひび割れが発生する荷重初期段階では、躯体とポーラスコンクリートの付着による合成作用が耐力に寄与するが、荷重-変位の増加とひび割れの進展に伴い、躯体とポーラスコンクリートの付着あるいはポーラスコンクリート骨材間の付着

が途切れ、アンカーの変形の影響を受けるようになったと考えられる。

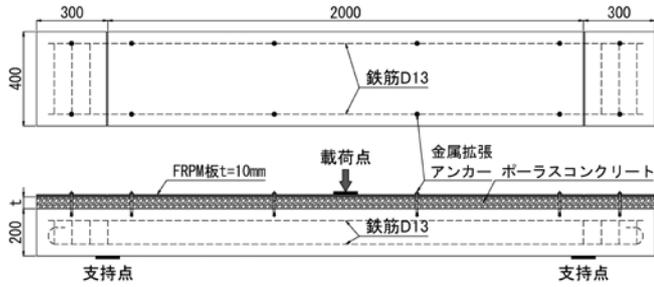


図-4 梁供試体による荷重実験方法

表-3 補強前後の最大荷重値の比較

	補強あり	補強なし		
		t=30mm	t=50mm	t=70mm
実験結果 (比率)	46.2 kN (1.00)	60.6 kN (1.31)	58.9 kN (1.27)	60.0 kN (1.30)

※t はポーラスコンクリート厚さを示す
※実験結果は3体の平均値を示す

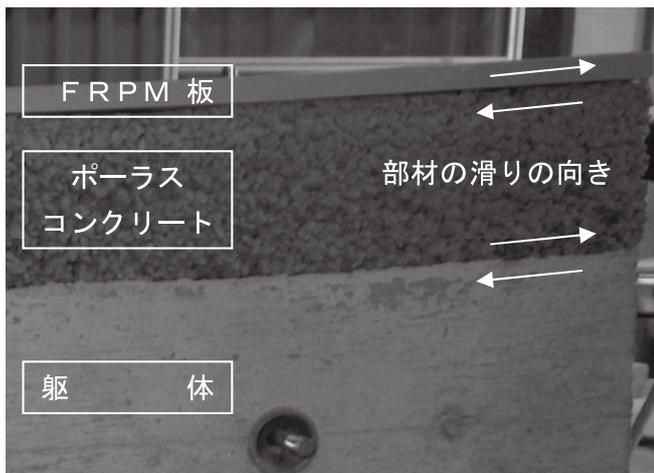


図-5 部材境界面における滑り・開口(ポーラスコンクリート厚さt=70mm)(上:荷重前,下:荷重後)

3. 数値解析

(1) 梁供試体の同定解析

数値解析には2次元非線形有限要素解析コード

WCOMDを用いた。図-6に解析モデル(要素分割図)を示す。適用した有限要素は8節点平面要素とし、FRPM板-ポーラスコンクリート間、ポーラスコンクリート梁上面の要素間には、接触・剥離や滑りを考慮できるジョイント要素を配置した。解析はスパン中央部に単調増加の強制変位を与えた。

材料構成則には、岡村・前川らによって開発された分散ひび割れの仮定に基づく多方向固定ひび割れモデルおよびコンクリートと鉄筋の非線形材料構成モデル³⁾を用い、FRPM板は弾性体とし、数値解析で与えた各構成材料の物性値は、材料試験結果(表-4)とした。

ジョイント要素には接触剛性とせん断剛性を与え、荷重-変位関係、境界面の付着挙動(滑りや剥離)が実験結果と整合するよう、トライアル解析により剛性を決定した。ここで、補強材の有無による差が明瞭な最大荷重を補強効果の評価指標と位置付け、荷重-変位関係の変曲点となる変位20mmから最大荷重となる変位60mmまでの範囲において、実験と解析により得られた荷重値の残差平方和が最小となるよう、ポーラスコンクリート厚さのケース毎にせん断剛性を同定した(表-5)。ポーラスコンクリート厚さ30mmとした場合の荷重点位置の荷重-変位関係を図-7に示す。

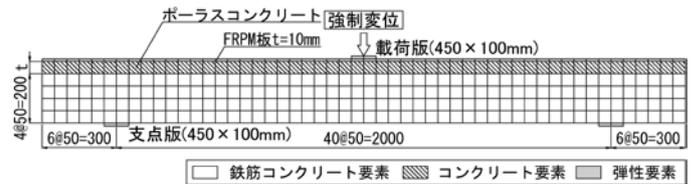


図-6 梁供試体の解析モデル

表-4 構成材料の物性値(梁供試体の同定解析)

コンクリート (普通コンクリート)	単位体積重量	23.2 (kN/m ³)
	圧縮強度	36.0 (N/mm ²)
	弾性係数	30.6 (kN/mm ²)
鉄筋(SD345)	ポアソン比	0.2
	引張降伏強度	398 (N/mm ²)
ポーラスコンクリート	弾性係数	200 (kN/mm ²)
	単位体積重量	20.0 (kN/m ³)
	圧縮強度	33.7 (N/mm ²)
	弾性係数	26.7 (kN/mm ²)
FRPM板	ポアソン比	0.2
	単位体積重量	19.6 (kN/m ³)
	弾性係数	15.9 (kN/mm ²)
	ポアソン比	0.3

表-5 部材境界の剛性設定

		ポーラスコンクリート厚さ	t=30mm	t=50mm	t=70mm
供試体~ ポーラコ ンクリ ト境界	閉口時	せん断	0.15	0.05	0.03
	開口時	接触	0.10	0.10	0.10
ポーラコ ンクリ ト~FRPM 板境界	閉口時	せん断	0.15	0.05	0.03
	開口時	接触	10.00	10.00	10.00
	閉口時	せん断	0.00	0.00	0.00
	開口時	接触	0.00	0.00	0.00

単位:せん断剛性 N/mm²/mm, 接触剛性 kN/mm²/mm

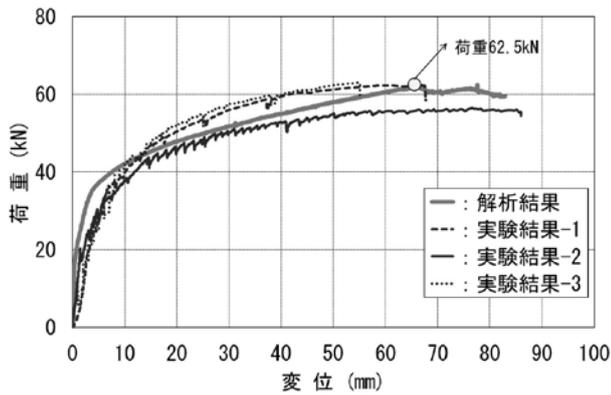


図-7 荷重-変位関係
(ポーラスコンクリート厚さ $t=30\text{mm}$)

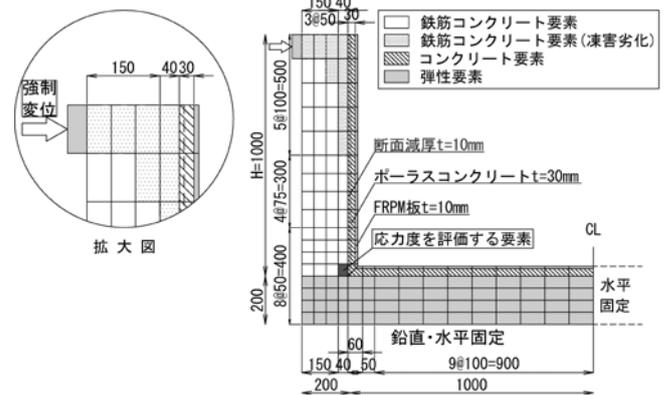


図-8 補強後の開水路を模擬した解析モデル

(2) 仮想開水路における補強効果の検証

梁供試体の同定解析結果をもとに、本工法の仮想コンクリート開水路に対する補強効果を数値解析的に検証した。本検証で想定した水路は内空高 1.0m ×内空幅 2.0m であり、構造物の対称性からモデル化の範囲は $1/2$ とした。補強効果の検証は、側壁天端背面に強制変位を与え、側壁基部(曲げ破壊が生じる構造的弱部)の要素における、健全状態、劣化後、補強後の主応力を比較評価した。

健全状態の躯体におけるコンクリートおよび鉄筋の物性値は、土地改良事業計画設計基準及び運用・解説設計「水路工」⁴⁾における一般値とした。

劣化後は、凍害劣化を想定し、側壁天端から側壁高の $1/2$ の領域で相対動弾性係数が 60% に低下した状態に加え、スケーリングによって側壁内面が 10mm 減厚した状態を仮定した。ここで、凍害劣化した領域の物性値は、既往の研究成果⁵⁾による相対動弾性係数との関係式を用いて設定した。

補強後は、劣化後の状態のコンクリート躯体に、FRPM板厚さ 10mm 、ポーラスコンクリート厚さ 30mm を配したものである。ポーラスコンクリートの物性値は、実験により普通コンクリートと同等の圧縮強度が得られていることから、普通コンクリートの一般値とした。また、各部材境界の剛性は梁供試体の同定解析(ポーラスコンクリート厚さ 30mm)により得たものである。

図-8に補強後の開水路を模擬した解析モデルを、表-6に構成材料の物性値を示す。

図-9に載荷点位置の荷重-側壁基部の最小主応力の関係を比較して示す。

最小主応力ピーク時の荷重は、劣化後は 50.1kN から 45.5kN に 9% 低下する一方、補強後は健全状態と比較して 50.1kN から 51.8kN に 3% 増加した。さらに、応力ピーク以降も補強材が圧縮応力を負担することで、最大荷重の増加が認められた(表-7)。よって、本工法は、凍害劣化が生じたコンクリート開水路に対して、補強効果が見込めるものと考えられる。

表-6 構成材料の物性値
(仮想開水路の補強効果検証)

コンクリート (普通コンクリート)	圧縮強度	21.0 (N/mm ²)
	弾性係数	23.5 (kN/mm ²)
	ポアソン比	0.2
コンクリート (劣化後)	圧縮強度	17.4 (N/mm ²)
	弾性係数	12.0 (kN/mm ²)
	ポアソン比	0.2
鉄筋(SD345)	引張降伏強度	345 (N/mm ²)
	弾性係数	200 (kN/mm ²)
	ポアソン比	0.2
ポーラスコンクリート	圧縮強度	21.0 (N/mm ²)
	弾性係数	23.5 (kN/mm ²)
	ポアソン比	0.2
FRPM板	弾性係数	15.9 (kN/mm ²)
	ポアソン比	0.3

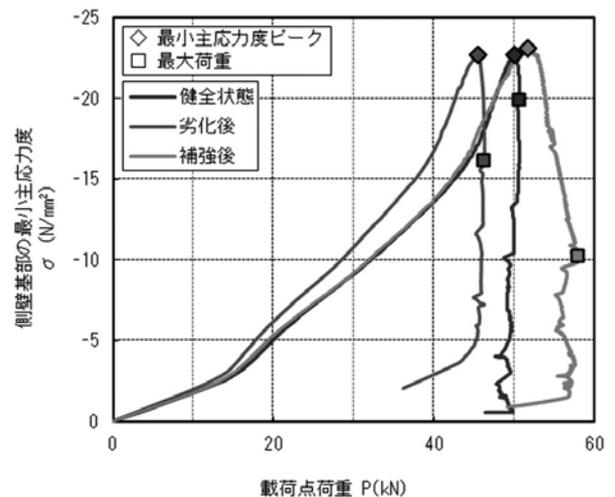


図-9 荷重-側壁基部最小主応力度の比較

表-7 補強前後の荷重値の比較

	健全状態	劣化後	補強後
最小主応力度 ピーク荷重	50.1 kN (1.00)	45.5 kN (0.91)	51.8 kN (1.03)
最大荷重	50.7 kN (1.00)	46.3 kN (0.91)	57.9 kN (1.14)

※0内は健全状態を1とした場合の荷重の比率を示す

4. おわりに

FRPM 板とポーラスコンクリートから構成される水路更生工法は、凍害抑制効果のみならず、著しい凍害劣化が生じたコンクリート開水路の補強にも寄与することが確認された。

【参考文献】

- 1) 石神暁郎ら：寒冷地における開水路の更生工法，
水土の知83 (9) .pp.37-40, 2015
- 2) JIS A 5363：プレキャストコンクリート製品 - 性能試験方法通則，日本規格協会，2010
- 3) 岡村甫，前川宏一：鉄筋コンクリートの非線形解析と構成則，技報堂出版，1991
- 4) 農林水産省農村振興局：土地改良事業計画設計基準 設計「水路工」基準書 技術書，2001
- 5) 周藤将司ら：凍害劣化の生じたコンクリートの力学特性および現地非破壊試験による動弾性係数の評価法に関する研究，農業農村工学会論文集（投稿中）

粘土質転換畑における大型シリンダーを用いた 下層土の透水性調査手法

福本昌人*
(Masato FUKUMOTO)

目次

1. はじめに	68	4. 適用に関する提案	74
2. 下層土の透水性調査手法	69	5. おわりに	74
3. 適用に関する調査	70		

1. はじめに

近年、転換畑での畑作物の生産性向上や、水稻乾田直播栽培での出芽・苗立ちの安定化を図るため、地下水位制御システムの導入が進められている。地下水位制御システムは、主に用水路から暗渠に給水できるようにして、暗渠に地下排水と地下灌漑の両方の機能を持たせたものである。転換畑では地下灌漑は、地下水位を作土あるいは作土近くまで一時的に上昇させる方式（主に正圧状態で根群域に水分を供給）と、地下水位を一定の深さに維持する方式（地下水面からの毛管上昇で根群域に水分を供給）のどちらかで行われている。

地下灌漑は古くからある技術で、1980年代に全国7ヶ所で実証試験が行われ、その成果をもとに1990年に手引書（農林水産省構造改善局計画部資源課、1990）が作られている。筆者が北海道深川市の粘土質転換畑で行った地下灌漑試験（福本ら、1991）の成果もその手引書に引用されている。その手引書には、水位調整型の水閘による地下水位の一定制御や、弾丸暗渠の施行による水移動の促進等、現在普及している地下水位制御システムの原理的な事項は、すべて記されている。

北海道では、集中管理孔方式の地下水位制御システムが普及している。同システムは、暗渠清掃用の「集中管理孔」と呼ばれる施設を地下灌漑に活用したものである（北海道農政部、2008）。前述した筆者の地下灌漑試験における給水設備が「集中管理孔」の原型になっている。同システムでは、図-1に示すように、集中管理孔枡を介して暗渠管の上流端が用水路と接続され、かつ、暗渠管の末端に水位調整型の水閘が取り

付けられている（塚本、2015）。既設の暗渠に設置することができるので、既設の暗渠の有効利用を図ることができる。転換畑において同システムで地下灌漑を行う場合には、主に地下水位を一時的に上昇させる方式がとられている。塚本（2015）は、同システムの利用に関して、地下水位を一定の深さに維持し続けた場合、土壌が還元化して畑作物の生育に悪影響を及ぼしたことから、暗渠に給水して地下水位を設定水位（地表下30cm）まで上昇させ、1日経過後に給水を止めて、水閘を解放して排水する、という方法をとった、と述べている。

さて、地下水位を一時的に上昇させる方式で地下灌漑を行う場合、粘土質転換畑では次のようにして灌漑水が暗渠から渠間部に広がる。まず、暗渠に給水された水は、暗渠の疎水材部を上昇し、次に、乾燥収縮によって生じた下層土（作土の下の土壌；心土ともいう）の亀裂（乾燥亀裂）や、弾丸暗渠の施行によって下層土に形成された孔と切り込み溝（施行亀裂）を水みちとして正圧状態で横方向に移動する。図-2は、前述した筆者による地下灌漑試験の試験圃場（暗色表層灰色低地土；弾丸暗渠を2.5 m間隔で施行）における下層土の亀裂の発達状況（垂直断面）を示したものである（福本ら、1992）。下層土にこのように幅1 mm～3 mmの亀裂が10 cm～20 cm間隔で深さ70 cmまで発達していた地点では、暗渠から離れた測点の地下水位（厳密には亀裂内の自由水面の水位）も暗渠近傍の測点の地下水位に比較的早く追従して上昇した。下層土に亀裂等の水みちが十分に形成されていないと、灌漑水が渠間部に迅速に広がらず、灌水にムラが生じる。そのため、下層土に亀裂（乾燥亀裂、施行亀裂）が良好に発達し、下層土の透水性が高いことが、粘土質転換畑における地下灌漑の適用条件の一つになっている（農林水産省構造改善局計画部資源課、1990）。したがって、粘土質転換畑において地下灌漑の適否判定を行う

* 農研機構農村工学研究所農村基盤研究領域
(Tel. 029-838-7535)

際には、下層土の透水性を調査する必要がある。

そこで、本稿では、集中管理孔方式の地下水位制御システムの普及に資するため、大型シリンダーを用いて下層土の透水性を調査する手法を紹介し、その適用に関して行ったいくつかの調査の結果を述べる。

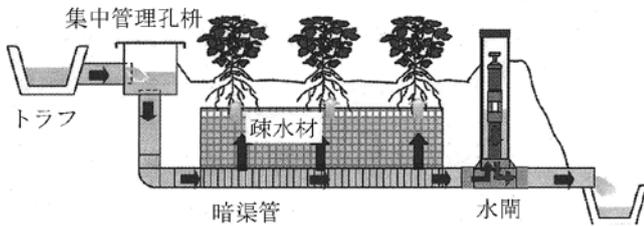


図-1 集中管理孔方式の地下水位制御システムの概要 (塚本, 2015)

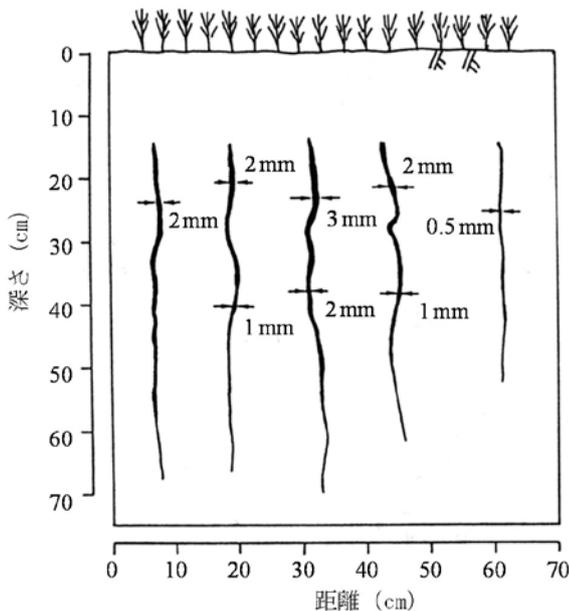


図-2 北海道深川市の地下灌漑の試験圃場（粘土質転換畑）における下層土の亀裂の発達状況（垂直断面；福本ら, 1992）

2. 下層土の透水性調査手法

紹介する下層土の透水性調査手法は、シリンダーインテークレート試験を簡略化したものである（福本, 2013a）。シリンダーインテークレート試験は、土中に打ち込んだシリンダーの内側に湛水してインテークレート（水の浸入速度）を測定する現場透水試験であり、普通畑の畑地灌漑計画の際に行われる試験として一般に知られている。

一般的なシリンダーインテークレート試験（土壌物理性測定法委員会編, 1972）では、①シリンダーの周囲に緩衝池を設け、かつ、②シリンダー内の湛水深を湛水開始直後から1時間程度、経時的に測定する。

①を行う理由は、次の通りである。一般的なシリンダーインテークレート試験では、試験時に水の浸潤が鉛直方向に生じていると仮定しているが、実際には浸

潤水がシリンダーを通過すると水平方向への浸潤も始まる。その水平浸潤を抑えるために、緩衝池を設け、シリンダーの周囲も湛水状態とする。

②を行う理由は、次の通りである。一般にインテークレートは時間の経過とともに小さくなり、やがてほぼ一定になる。インテークレートの変化率がその時のインテークレートの10%となった時のインテークレートは、ベーシックインテークレートと呼ばれ、畑地灌漑の灌漑方式や灌漑強度を決定する指標として用いられている。普通畑ではインテークレートがほぼ一定になるまでに長い時間を要するため、便宜上、湛水開始直後から1時間程度、湛水深の経時的な測定が行われ、次のようにしてベーシックインテークレートが算出されている。まず、湛水深の測定値を積算浸入量の測定値に変換し、その積算浸入量の経時的な測定データを用いて、湛水開始からの経過時間（ T , min）と積算浸入量（ D , mm）の関係を表す次の(1)式の係数 c , n の値を決定する。次にそれらの値を(2)式に代入してベーシックインテークレート（ I_b , mm/h）を算出する。

$$D=cT^n \quad (1)$$

$$I_b=60cn [600 (1-n)]^{n-1} \quad (2)$$

なお、塚本ら（2008）は、このベーシックインテークレートと転換畑の大豆収量との関係を調査している。

一方、本稿で紹介する透水性調査手法では、①も②も行なわない。

本手法では、まず、写真-1のように、ランマーと打ち込み板を用いて直径45cmまたは30cmのシリンダー（鉄製の円筒）を地表面から垂直に打ち込み、シリンダーが下層土に5cm～7cm程度突き刺さった状態にする。例えば、作土の厚さ（ステンレス直定規を地中に突き刺して測定）が16cmであれば、打ち込み深は21cmである。シリンダー、ランマーおよび打ち込み板はすべて市販されている。直径45cmのシリンダー（高さ30cm；大起理化学工業, DIK-4200-51）は、直径30cmのシリンダー（高さ35cm；大起理化学工業, DIK-4200-11）の周囲に緩衝池を設けるためにオプション（外枠シリンダー）として用意されているものである。

次に、緩衝池を設けず、シリンダーの内側のみに一気に注水し、適宜、水を補給しながら一定時間（25分または55分）湛水を続けた後、水の補給を行わず10分間の水位の低下量を測定する。例えば、湛水開始から25分経過した時と35分経過した時に水位を測定し、それらの差（10分間の水位の低下量 W , mm）から湛水開始30分後のインテークレート（ I_{30} , mm/h）を求める（ $I_{30}=W \div 10 \times 60$ ）。なお、水位の低下が速く、23分～24分経過した時に水を補給しても、35分経過した時に水がなくなってしまいそうな場合には、35分経過する前に水位の測定と測定時刻の記録を行い、2

回の水位測定の間隔を計算して、インテークレートを求める。水位は、写真-2に示すように、手作りしたフックゲージ（ノギスに釣り針を取り付けたもの）で測定すると良い。また、シリンダー内に小皿を置き（写真-2）、給水時に作土を攪乱しないように、バケツからの水がそれに当たるようにして給水する。なお、冠ら（2007）も同じような方法で透水性の調査を行っている。彼らは、弾丸暗渠の排水効果の持続性を評価するために、直径30cmのシリンダーを打ち込んで、湛水開始から30分経過した時の水位と60分経過した時の水位を測定し、その間のインテークレートを求めている。

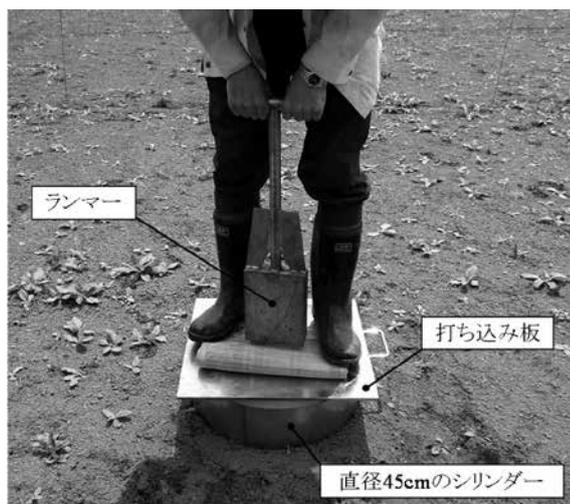


写真-1 シリンダーの設置の状況

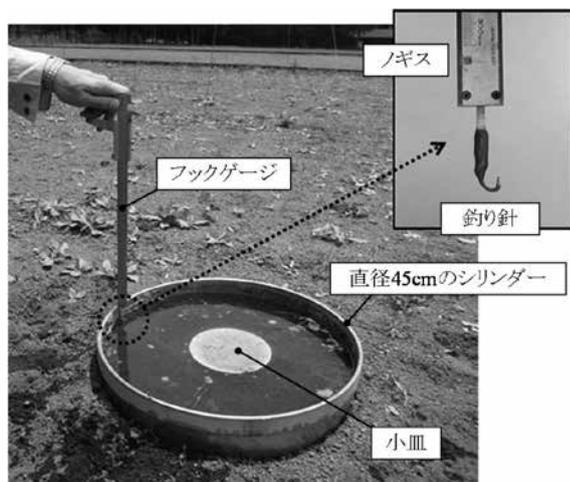


写真-2 フックゲージによる水位測定の様子の状況

図-3に、亀裂が発達した粘土質転換畑における湛水時の浸潤水の流れ（垂直断面）を示す。シリンダーの直下に亀裂が位置し（上から見た時、シリンダーの円が亀裂のラインと交差した状態）、かつ、亀裂が互いにつながってネットワークを形成している場合、作土を通過した浸潤水は、亀裂に入り込み、亀裂の底に達してから亀裂ネットワークを通じて水平方向に移動する。シリンダーが下層土に5cm～7cm程度突き刺

さっているため、シリンダー周囲の作土内で水平浸潤が生じることはない（試験が終わってシリンダーをスコップで掘り出す時にそのことが確認できる）。したがって、湛水開始30分後のインテークレートが大きい値を示せば、亀裂が良く発達していると判断することができる。

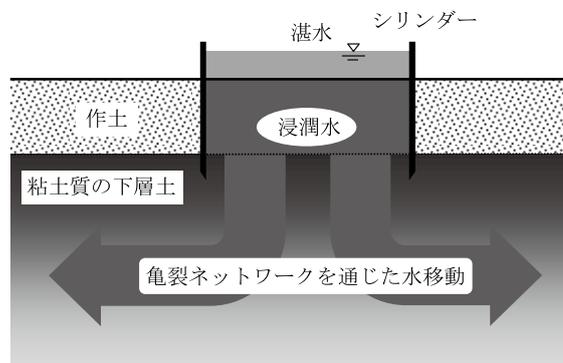


図-3 亀裂が発達した粘土質転換畑における湛水時の浸潤水の流れ

3. 適用に関する調査

3.1 調査圃場の概要

透水性調査手法の適用に関する調査は、農研機構農村工学研究所の構内にある水田ライシメータ圃場（30m × 70m 区画）において2011年～2013年に行った。圃場はコンクリート側壁に囲まれ、ビニールシート（敷設位置は深さ62～65cm）の上に沖積粘土が充填されている。暗渠は施工されているが、施工記録が残っていないため、暗渠の埋設位置は不明である。10年間以上水稲が作付けられた後、2006年～2008年に大豆が作付けられた。それ以降、作付けは行われていない。調査を行った2011年～2013年は畑転換後6年目～8年目にあたり、下層土に亀裂が良く発達していた。毎年、4月～6月に圃場の一部をアップカットロータリーで耕起し、そこを調査エリア（裸地状態）とした。調査エリアの作土の厚さは、約16cmであった。

3.2 調査圃場の土壌の物理性

耕起エリアから土壌を採取し、粒径組成（国際土壌学会法）をピペット法で測定して土性を判定した。また、深さ10cm（作土内）と深さ30cm（下層土内）から土壌を100cc採土円筒に各5点採取し、乾燥密度、飽和透水係数（変水位法）、粗孔隙量・有効水分量（加圧板法）を測定した。その結果を表-1に示す。土性は、重植土（HC）であった。作土の飽和透水係数は、 $4 \times 10^2 \text{cm/s}$ と非常に大きかったが、下層土の飽和透水係数は、 $2 \times 10^7 \text{cm/s}$ と非常に小さかった。この100cc採土円筒による下層土の飽和透水係数は、土壌マトリクス（基質）の透水性を示すものであり、亀裂の影響を反映した値ではない。井上（1988）は、本調査圃場に大型の不攪乱土壌ブロックを設けて透水試験を行

い、その結果、亀裂が良く発達した下層土の飽和透水係数は 10^{-2} cm/s オーダーであったと報告している。粘土質の下層土は、亀裂等の大孔隙がなければ、ほとんど水を通さないが、亀裂等の大孔隙が形成されれば、細砂と同等の透水性を持つようになる。

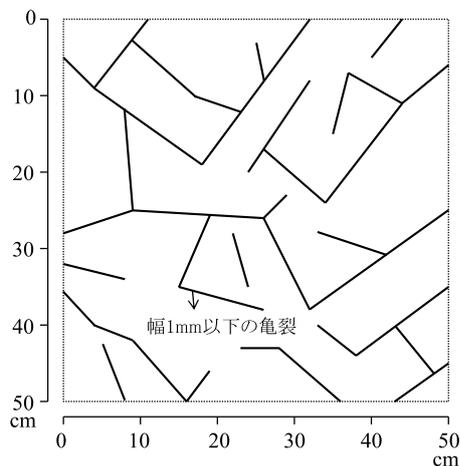
後述する 2013 年の調査において、調査日の 2013 年 7 月 17 日に調査エリア内の 80cm 四方の区画に、作土を 5 cm 程度剥いでから水で薄めた白色ペイントを流し込んだ。そして、1 日放置した後、小さいスコップで下層土の上部を少しずつ掘削して、深さ 25cm における亀裂の発達状況を把握した。図-4 に、その亀裂の発達状況(深さ 25cm の水平断面)を示す。同日には、下層土に幅 1 mm 以下の亀裂が 10cm 前後の間隔で発達していた。

表-1 調査圃場の土壌の物理性

作土の厚さ		約 16 cm
作土の土性 (砂, シルト, 粘土)		HC (35 %, 19 %, 46 %)
乾燥密度	深さ 10cm	1.18 g/cm ³
	深さ 30cm	1.47 g/cm ³
飽和透水係数	深さ 10cm	4×10^{-2} ($3 \times 10^{-2} \sim 6 \times 10^{-2}$) cm/s
	深さ 30cm	2×10^{-7} ($6 \times 10^{-8} \sim 6 \times 10^{-7}$) cm/s
粗孔隙量 (pF1.5以下)	深さ 10cm	13.9 %
	深さ 30cm	3.0 %
有効水分量 (pF1.5~pF3)	深さ 10cm	9.3 %
	深さ 30cm	3.6 %

※ 乾燥密度, 飽和透水係数, 粗孔隙量, 有効水分量は, 100cc 土壌サンプルを用いた 5 点の測定値の平均値

※ 飽和透水係数の () 内は, 5 点の測定値の最小値~最大値



※ 2013年7月18日に観察

図-4 調査圃場における下層土の亀裂の発達状況 (深さ 25cm の水平断面)

3.3 調査の概要

2010 年 11 月に調査圃場の一部に弾丸暗渠 (無材) を深さ 25cm ~ 35cm に施工し, 施工位置を測量した。2011 年と 2012 年の調査では, その弾丸暗渠が施工された場所を耕起し, そこを調査エリアとした。また, 2013 年の調査では, 弾丸暗渠が施工されていない場所

を耕起し, そこを調査エリアとした。

(1) 2011 年と 2012 年の調査

2011 年と 2012 年の調査では, 直径 45cm のシリンダーを用い, 主に下層土の土壌水分状態がインテークレート (湛水開始 60 分後の値) に与える影響を調べた。具体的には, 弾丸暗渠施工ライン上および同ラインから 1.5 m 離れた地点 (3 m 離れた 2 本の同ラインの中間地点) において, 土壌水分状態に応じて適宜, 透水性調査を行った。なお, シリンダーの設置場所は毎回変えた。下層土の土壌水分状態は, 簡易なテンシオメータ (福本, 2013b) で深さ 30cm の土壌水分張力を測定して把握した。

2012 年の調査では, フックゲージ (写真-2) を用いて湛水開始から 55 分経過した時の水位と 65 分経過した時の水位を測定し, 湛水開始 60 分後のインテークレートを求めた。2011 年の調査では, 写真-3 に示すように, シリンダー内にフロート式水位計 (ウイジン, UIZ-GY030) を設置して 30 秒毎に水位を自動計測し, その測定データを用いて, 湛水開始 60 分後のインテークレートの他, 湛水開始 30 分後のインテークレートとベーシックインテークレートも求めた。

2012 年の調査では, 参考までに, オーガーで掘った孔に注水して現場透水係数を測定する, ドライオーガーホール法 (土壌物理性測定法委員会編, 1972) と呼ばれる現場透水試験も行った。

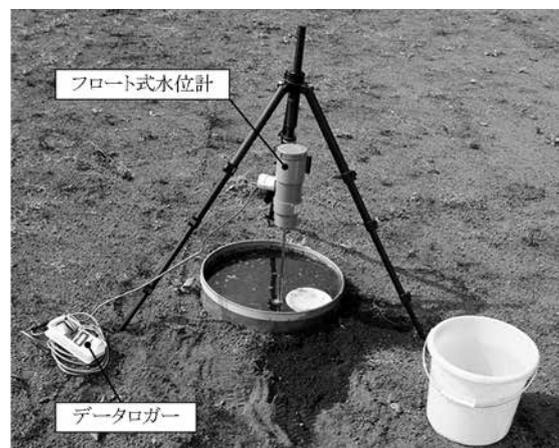


写真-3 フロート式水位計による水位測定状況

(2) 2013 年の調査

2013 年の調査では, 直径 45cm のシリンダーと直径 30cm のシリンダーを用い, シリンダーのサイズ (直径) がインテークレート (湛水開始 30 分後の値) に与える影響を調べた。具体的には, 写真-4 に示すように, 直径 45cm のシリンダーを 6 個, 直径 30cm のシリンダーを 6 個, 1 m 以上離して設置し, 2013 年 7 月 17 日にそれぞれに給水して, フックゲージ (写真-2) を用いて湛水開始から 25 分経過した時の水位と 35 分経過した時の水位を測定し, 湛水開始 30 分後のインテークレートを求めた。

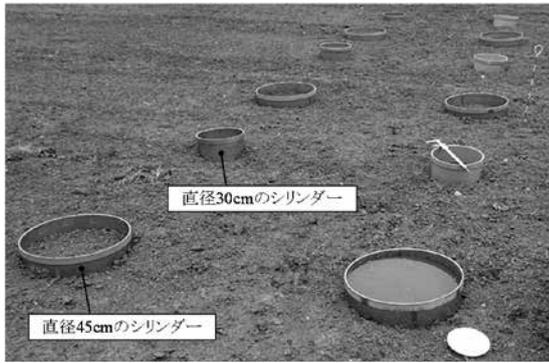


写真-4 2013年の調査の状況

3.4 下層土の土壤水分状態がインタークレートに与える影響

表-2に、2011年と2012年の調査で得られた、深さ30cmの土壤水分張力(pF値)と湛水開始60分後のインタークレートの測定値を示す。2011年は頻繁に雨が降ったため、下層土が十分に乾いた時の測定値を得ることができなかったが、2012年は雨が少なく、下層土が十分に乾いた時に測定値を得ることができた。

図-5は、この測定データを用いて、深さ30cmの土壤水分張力(pF値)と湛水開始60分後のインタークレートの関係を地点別に示したものである。図中にフリーハンドで描いた、両者の関係を表すラインを見ると、同じpF値に対して弾丸暗渠施工ライン上でのインタークレートの方が同ラインから1.5m離れた地点でのインタークレートより大きいことや、両者と

表-2 深さ30cmの土壤水分張力と湛水開始60分後のインタークレートの測定値

測定日	深さ30cmの土壤水分張力(pF)	測定位置	湛水開始60分後のインタークレート(mm/h)	備考	
2011年	7月11日	1.77	離	119	
	7月13日	2.25	直	410	
	9月6日	1.11	離	42	
	9月7日	1.00	直	134	
	9月14日	1.30	離	122	
	9月22日	0.30	離	3	前日に127mmの降雨
	9月26日	1.16	離	28	
	10月7日	0.85	離	2	前々日に74mmの降雨
2012年	7月25日	1.67	離	6	
		1.72	直	107	
	7月26日	1.64	離	4	
		1.70	直	330	
	7月30日	1.77	離	20	
		1.79	直	250	
	8月2日	1.91	離	73	
		1.92	直	614	
	8月6日	2.47	離	232	
		2.47	直	794	
	8月8日	2.48	離	308	
	8月9日	2.52	離	302	
2.52		直	798		
8月20日	2.84	離	485		

※測定位置の「直」は弾丸暗渠施工ライン上、「離」は同ラインから1.5m離れた地点

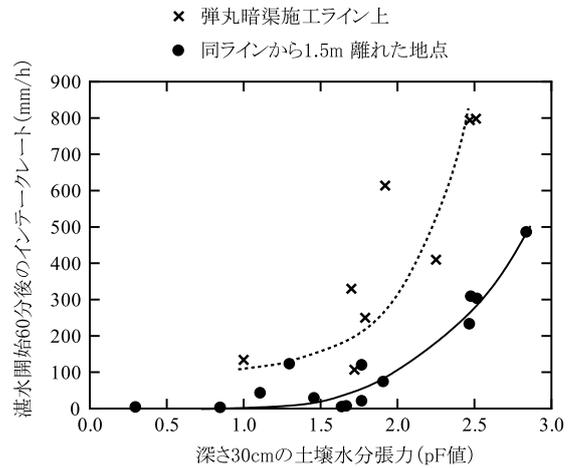


図-5 深さ30cmの土壤水分張力(pF値)と湛水開始60分後のインタークレートの関係

もpF値が大きいほど、つまり下層土が強く乾燥しているほど大きい値を示すことがわかる。例えば、弾丸暗渠施工ラインから1.5m離れた地点でのインタークレートは、下層土がpF0.5の時(飽和に近い状態)には、ほぼ0mm/hであるが、下層土がpF2.0(9.8kPa)以上になると100mm/h以上になる。下層土がpF0.5(0.3kPa)の時に非常に小さな値を示したことは、水の流れの駆動力である動水勾配が小さかったことよりも、1~2日前にあった多量の降雨の影響で、下層土の膨潤に伴って亀裂が閉塞してしまっていたことが強く関係していると考えられた。このことは、下層土の透水性が亀裂の発生・消失に伴って日々変化していることを意味する。地下水位を一時的に上昇させて地下灌漑を行う時には、下層土はある程度乾燥した状態にあるので、透水性調査も下層土がある程度乾燥している時に行う必要がある。

3.5 ベーシックインタークレートとの比較

図-6は、2011年の調査で得られた、湛水開始30分後・60分後のインタークレートとベーシックインタークレートの関係を示したものである。湛水開始30分後のインタークレート、および、湛水開始60分後のインタークレートは、ベーシックインタークレートのそれぞれ1.26倍、1.09倍であった。すなわち、両者ともベーシックインタークレートより少し大きい程度であった。なお、2011年7月13日の弾丸暗渠施工ライン上での測定時には、湛水開始25分後まで水位の低下速度が非常に速く、水の補給が間に合わずに非湛水状態になることがあり、ベーシックインタークレートの計算値を得ることができなかった。そのため、同日の測定データは図にプロットされていない。

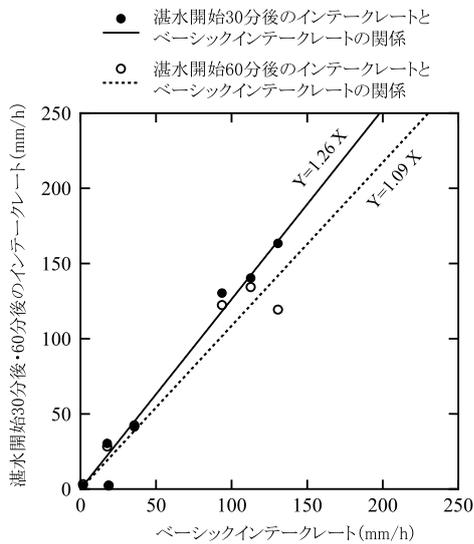


図-6 湛水開始30分後・60分後のインテークレートとベーシックインテークレートの関係

3.6 ドライオーガーホール法による現場透水試験の結果

ドライオーガーホール法による現場透水試験は、孔の直径が一般に10cm程度で測定スケールは小さくなく、かつ、掘孔時に孔壁が練り返されて亀裂の開口部がつぶれてしまうという問題があるため、粘土質転換畑には適用できない、と考えられる。このことを確認するために、湛水開始60分後のインテークレートが485mm/hと大きな値を示した2012年8月20日に、その測定地点（弾丸暗渠施工ラインから1.5m離れた地点）の近傍の3地点において同試験を行った。同試験は直径10cm、深さ50cmのオーガー孔に深さ20cmまで注水して行い、1時間後の水位低下速度の測定値から現場透水係数を算出した。その結果、現場透水係数は、最小値が 9×10^6 cm/s、最大値が 7×10^5 cm/s、平均値が 3×10^5 cm/sであり、小さい値しか得られなかったことから、同試験では亀裂の発達した下層土の透水性を評価することはできない、と判断された。すなわち、同試験は粘土質転換畑には適用できないことが確認された。

3.7 シリンダーのサイズの影響

図-7に、2013年の調査で得られた、直径45cmのシリンダーと直径30cmのシリンダーのそれぞれによる、6地点における湛水開始30分後のインテークレートの測定値を値が小さい順に並べて示す。直径45cmのシリンダーを用いた場合には、5地点で400mm/h以上の値を示したが（残りの1地点は100mm/h）、直径30cmのシリンダーを用いた場合には、3地点しか400mm/h以上の値を示さなかった（残りの3地点は26mm/h～84mm/h）。このことから、直径30cmのシリンダーを用いるよりも直径45cmのシリンダーを用いる方が少ない測定回数で圃場の代表値（この場合、400mm/h以上の値）が得られることがわかる。

湛水開始30分後のインテークレートの測定値がどれほどであれば、地下灌漑時に灌漑水の渠間部への広がり迅速に行われると判断して良いのか、現時点では、その判断基準を示すことはできていない。また、本調査圃場の弾丸暗渠が施工されていない調査エリアでの1事例しかまだ測定データを得ていない。そのため直径45cmのシリンダーを用いる場合と直径30cmのシリンダーを用いる場合のそれぞれについて、必要な測定回数について言及することができない。しかし、仮に、「少なくとも1地点の測定値が100mm/h以上である」ということを判断基準とすれば、本調査圃場について、図-7から次のようなことが言える。直径45cmのシリンダーを用いる場合には、1地点で測定を行うだけでも判断基準を満たしていることが確認できる。しかし、直径30cmのシリンダーを用いる場合には、2地点で測定を行っても20%の確率（6地点から2地点を選ぶ組合せは15個あり、そのうち100mm/h以上の測定値が含まれない組合せは3個で、 $3 \div 15 \times 100 = 20\%$ ）で判断基準を満たしていることが確認できない。2地点の測定で確認できなければ、さらにもう1地点で測定を行うことになる（計3地点で測定を行えば、判断基準を満たしていることがほぼ確認できる）。なお、3地点～4地点で測定を行っても判断基準を満たしていることが確認できなければ、判断基準を満たしていないと最終判断するのが妥当であろう。

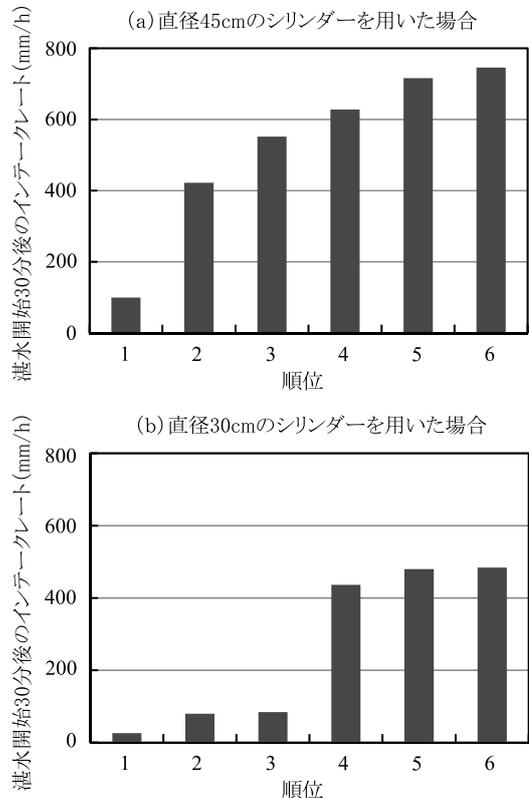


図-7 直径45cmのシリンダーと直径30cmのシリンダーのそれぞれによる、6地点における湛水開始30分後のインテークレートの測定値（値が小さい順）

4. 適用に関する提案

以上の調査結果を踏まえて、透水性調査手法の適用について次のような提案を行う。

- ・湛水開始 30 分後のインタークレートを下層土の透水性の評価指標とし、これを測定する。
- ・調査は下層土がある程度乾燥している時に行う。
- ・直径 45cm のシリンダーを用いる場合には、1～2 地点で測定を行い、直径 30cm のシリンダーを用いる場合には、少なくとも 3 地点で測定を行う。

5. おわりに

直径 45cm または 30cm のシリンダーを用いて下層土の透水性を調査する手法（亀裂の発達の良否を評価する手法）を紹介し、その適用に関して行ったいくつかの調査の結果を述べた後、適用に関していくつかの提案を行った。本手法は、シリンダーインタークレート試験を簡略化したものであり、シリンダーを地表面から下層土まで打ち込み、緩衝池を設けず、湛水開始 30 分後のインタークレートを求める、というものである。本手法は、粘土質転換畑において地下灌漑の適否判定を行う際に活用できる。ただし、湛水開始 30 分後のインタークレートの測定値がどれほどであれば、地下灌漑時に灌漑水の渠間部への広がりが迅速に行われると判断して良いのか、現時点では、その判断基準を示すことはできていない。その判断基準を決定するには、地下灌漑時に渠間部に均一に灌水できた圃場とできなかった圃場において本手法による透水性調査が行われ、多くの調査データが蓄積される必要がある。そのため、今後、地下灌漑の実証試験を行う際に本手法による透水性調査が行われることが望まれる。

【引用文献】

- 1) 土壤物理性測定法委員会編：土壤物理性測定法，pp.168-190，養賢堂，東京，1972
- 2) 福本昌人，深山一弥，小川茂男，富田和正：粘土質転換畑における地下灌漑技術，水と土，86，pp.30-39，1991
- 3) 福本昌人，深山一弥，小川茂男：粘土質転換畑における地下灌漑の適用性，土壤の物理性，64，pp.11-20，1992
- 4) 福本昌人：直径45cmの円筒を用いたシリンダーインタークレート試験による転換畑の排水性評価，農村工学研究所技報，214，pp.209-219，2013a
- 5) 福本昌人：ハンディマノメータを用いた土壌水分張力の測定法，p.4，<http://www.naro.affrc.go.jp/org/nkk/m/34/04-01.pdf>，2013b（確認日 2015/12/15）
- 6) 北海道農政部：集中管理孔を利用した地下かんがいの手引き，p.23，<http://www.pref.hokkaido.lg.jp/ns/nts/grp/06-11tebiki.pdf>，2008（確認日 2015/12/15）
- 7) 井上久義：亀裂が発達した圃場における水の横浸透，農業土木論文集，134，pp.51-59，1988
- 8) 冠秀昭，岩佐郁夫，星信幸，加藤誠：水田輪作における弾丸暗渠の排水効果持続性と施工意義，農業農村工学会論文集，250，pp.107-115，2007
- 9) 農林水産省構造改善局計画部資源課：地下かんがいの手引き－平成元年度営農技術開発調査報告書－，p.126，1990
- 10) 塚本康貴，竹内晴信，北川巖：転換畑におけるダイズの生産力判定のためのシリンダーインタークレート法による土壤物理性評価，農業農村工学会誌，76（2），pp.46-47，2008
- 11) 塚本康貴：転作作物への暗渠清掃用施設「集中管理孔」を利用した地下灌漑技術，農業農村工学会誌，83（12），pp.46-47，2015

平成27年度農業土木技術研究会研修会レポート

「農業農村整備の先端」

編集事務局

平成27年度の農業土木技術研究会研修会は、平成28年1月26日に東京都千代田区内幸町ホールにおいて、全国より約130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28年1月26日（火） 10：00～16：30

2. 場 所 千代田区立内幸町ホール 03 - 3500 - 5578
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 | 中條 康朗 |
| 10：10 | 研究会賞授与式 | | |
| 10：40 | ICTの利活用による近代的農業水利サービスの提供 | 東京大学大学院 農学生命科学研究科
水利環境工学研究室 准教授 | 飯田 俊彰 |
| 11：25 | 地下水位制御システムの特徴・活用・維持管理
(独)農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究所
水田高度利用担当 上席研究員 | | 樽屋 啓之 |
| 12：10 | (昼 食) | | |
| 13：15 | 水土里ネット香川の水土里情報の取組について
～水土里情報を中核とした連携による地域農業の再編～ | 香川県土地改良事業団体連合会 参与
事業課 係長 | 高尾 武司
中井 智美 |
| 14：00 | 農業用水を利活用した小水力発電の最新動向 | 東京発電株式会社 発電サービス事業部
事業戦略グループマネージャー | 富澤 晃 |
| 15：00 | (休 憩) | | |
| 15：20 | 大規模土地改良施設の事業継続計画（BCP）の策定について | 農林水産省 農村振興局 整備部 防災課 災害対策室
災害班 課長補佐 | 林 活歩 |
| 16：20 | 閉会挨拶 | 農業土木技術研究会 理事 | 上潟口芳隆 |

II. 研究会賞授賞式

研修会に先立ち、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45回農業土木技術研究会賞・奨励賞の「企画・計画部門」、「設計・施工部門」における表彰を行った。

今年度の研究会賞・奨励賞については、会誌『水と土』173号～175号に掲載された報文23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執筆者が会員かどうか、②報文内容が技術情報発信に優れているかどうか、③今後の事業展開に大きく貢献する内容かどうか、等について審査を行った。

選考は、一般会員と編集委員の得票総計に基づき、「研究会賞」、「奨励賞」を選定した。



写真-1 受賞者の皆様



写真-2 受賞式の様子

【企画・計画部門】

○研究会賞

『中勢用水地区安濃ダムにおける詳細な堆砂状況の把握手法について』（174号掲載）

中瀬 里志 東海農政局 木曾川水系土地改良調査管理事務所
北出 直人 東海農政局 木曾川水系土地改良調査管理事務所
白石 真 (独)水資源機構 中部支社 事業部 水管理・防災課

〔選考理由〕

本報文は、中勢用水地区安濃ダムにおいて、マルチビーム測探機及び航空レーザー測量等を活用した詳細な堆砂状況の把握を行うための手法について紹介したものであり、堆砂肩の進行や堆砂形状の変化の把握により、ダム機能を保全し、ライフサイクルコストの低減に資する堆砂の計画的な除去へ活用が可能となる事例である。

全国には同様の堆砂問題を抱える農業用ダムも多数あり、今後の堆砂対策の検討に向けて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した。

〔受賞者のコメント〕

今回の報文が、ダムの堆砂対策の検討に係る基礎データ作成に少しでも参考になれば幸いだ。

○奨励賞

『長寿命化技術に関する検証、適用性評価及び普及の課題と留意点について』（175号掲載）

野村 栄作 関東農政局 農村振興部 防災課
新地 圭太 関東農政局 土地改良技術事務所
塩野 智美 関東農政局 農村振興部 事業計画課

〔選考理由〕

本報文は、長寿命化に資する診断技術、施工技術等の検証方法及び普及にかかる課題と留意点について、診断技術として「漏水位置特定技術」、対策工法として「表面被覆工法」を詳細に事例紹介したものであり、適用性評価に係る課題と留意点について提言されており、今後の現場での実証、技術情報へのフィードバックの視点において先行的な考察がなされていることから、本年度の企画・計画部門の奨励賞として選定した。

[受賞者のコメント]

報文を書くのは大変なことだが、この機に報文を読む楽しさや面白さを新たに見つけた気がする。

【設計・施工部門】

○研究会賞

『九頭竜川下流地区における水路内配管工法の事例紹介』（173号掲載）

河原あゆみ 北陸農政局 九頭竜川下流農業水利事業所
井野元裕一 北陸農政局 九頭竜川下流農業水利事業所
針山 裕平 北陸農政局 西北陸土地改良調査管理事務所
末永 隆裕 農村振興局 農村政策部 農村計画課
海老原健二 内閣府 政策統括官付参事官付

[選考理由]

本報文は、九頭竜川下流地区において、老朽化した開水路のパイプライン化を行う水路内配管工法について、事前調査から設計・施工までを紹介したものである。

工法採用に至った経緯や調査、設計、施工の各段階における検討内容や留意事項を紹介しており、他地区においても対策工法の検討過程で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。

[受賞者のコメント]

設計・施工技術に関する知見の蓄積と適切な発信は、国営事業所における責務の一つであり、引き続きその役割を果たしていきたい。

○奨励賞

『水田の汎用化に向けた既設暗渠排水の活用方法について』（175号掲載）

野津 伸行 島根県 松江県土整備事務所

[選考理由]

本報文は、島根県内の暗渠排水機能が低下した水田において、水管理機能の追加と排水機能の回復に向けた整備手法の検討を紹介したものである。

既設暗渠の活用に着目し、補助暗渠の追加による排水機能の回復と既設用水路と既設暗渠を接続した地下かんがいシステムを整備し、フォアシステムとの比較実証栽培試験を行ったものであり、“暗渠の長寿命化”という観点で既設暗渠を活用した本報文の事例は、今後の当該分野の検討の参考となることから、本年度の設計・施工部門の奨励賞として選定した。

[受賞者のコメント]

戦略作物の営農展開を行っていくためには、水田の汎用化は必須であり、それに向けた既設暗渠排水の活用方法という観点で執筆した。少しでもお役にたてれば幸いだ。

Ⅲ. 講演の概要

講演に先立ち、中條農業土木技術研究会会長より開会挨拶がなされた。

昨年3月に閣議決定された『食料・農業・農村基本計画』においても“現場ニーズを踏まえた戦略的な技術開発を推進していく”と明記され、次期土地改良長期計画に向けた検討が、1年前倒しで進められている。これに併せ、『農業農村整備に関する技術開発計画』も検討が進められるなど、多様化する農業農村整備を支える先端技術の開発と活用は急務と考えられている。このような中、今回は、農業農村整備事業の現場において中核を担う会員の意識高揚、技術の向上を目的に『農業農村整備の先端』というテーマで研修会を開催した。



写真-3 中條会長の開会挨拶

今回も、今日各地で必要とされている最先端の技術を産・官・学各界の方々からご講演頂くが、どれも興味を引くテーマばかりであり、現場の技術者にとって即参考となる技術を対象とした研究テーマを取り上げている。本日の研修会がこの趣旨に沿ったものであり、ご参加いただいている皆さんにとって有意義なものとなることを祈念申し上げます。

1. ICTの利活用による近代的農業水利サービスの提供について（飯田講師）

東京大学の飯田講師からは、大規模農家の水管理労力の削減や土地改良区の配水作業の効率化に資するICT技術を活用した農業水利サービスの提供手法について講演が行われた。講演の要旨は以下のとおり。

前段としてわが国における稲作農家を取り巻く背景として後継者不足や高齢化、貿易自由化による外圧などがあげられる。この状況を打開すべく担い手農家の農業経営の大規模化が推進され、人・農地プランや農地中間管理機構などの取組が進められている。

しかしながら、大規模稲作農家が増えることによる問題点について単位面積当たりの耕作者数の大きな減少や分散錯圃による水管理の疎放化の進行し、きめ細かな水管理や高度な水利秩序に従った配水管理が困難な状況になり土地生産性の低下や豪雨災害時等の対応の遅れなどが危惧されている。

また、地域には大規模経営農家のほか多くの小規模農家（兼業農家や高齢専門農家）や非農家も存在し、用水需要時間帯や施設管理など用水に対する個々のニーズは多様化している。

このような多様化するニーズを農業水利サービスと位置づけ、生産資源としての価値、防災・環境・その他の価値と区分して整理した。

農業水利サービスの提供方法の一つとしてほ場でのセンサー類や携帯電話回線（アプリ等）などのICT技術を活用した「農業水利情報サービス提供システム」を提案し、愛知県及び千葉県での試行結果についてアンケート調査も交えながら紹介した。アンケートの結果からは約80%が「使いたい」または「使っても良い」と回答し、支払意思金額としては10a当たり年間1,107円と算出された。

今後の課題としては支払意思金額とも密接に関連するハードウェア等のシステム整備費の低価格化等があげられる。

また、手取川七ヶ用水土地改良区における用水管理の事例紹介を行った。上流側で湛水され昇温した排水を下流側で反復利用する地域であることから温度変化を把握・予測することが重要なニーズとなっており、還流を考慮した水温変動モデルを設定し、水温管理を含めた適切な水管理を行っている。

ICT技術等を導入した農業水利サービス提供システムを導入することによる波及効果として余剰時間の拡大が期待でき、その時間を販路開拓や6次産業化への取組として活用することにより新規就農の促進や耕作放棄地の抑制、良質で安全な米の安定供給につながることを期待できる。



写真－４ 飯田講師による講演

2. 地下水位制御システムの特徴・活用・維持管理について（原口講師）

農村工学研究所の原口講師からは、地下水位制御システム（FOEAS）の概要や導入後の機能低下やその回復方法など導入検討の際のポイントや導入後のメンテナンス技術に関する講演が行われた。講演の要旨は以下のとおり。

地下水位制御システムは地下排水技術の進歩を背景に確立されてきた。

水田には不透水なスキ床があり、雨水はその上に溜まることから暗渠管から離れた場所の排水は不良な状態となっている。これを踏まえ、通常の暗渠管に補助暗渠を加えた組み合わせ暗渠技術が確立し、面的な排水性が向上し、レーザー制御施工技術の導入により無勾配・浅埋設暗渠が実用化されることとなった。地下水位制御システムはこの浅埋設による組み合わせ暗渠を活用した面的な排水機能と面的な地下かんがい機能を組み合わせたシステムである。従来の地下かんがい技術では降雨の際の排水への切り替えが容易ではなく、適当なところで地下かんがいを停止することができなかったが、地下水位制御システムでは「地下水位設定機能」と「かんがいの自動停止・排水への自動切り替え」を組み込むことが可能となった。地下水位制御システムは通常は排水管理が行われ、乾燥時

など必要な時にかんがいを行うことが基本である。

続いて地下かんがいと地下漏水について調査を行った。地下かんがい機能は暗渠管からの漏水に大きく影響され、地下水位と深い土層の透水性が漏水に直接影響を与えることがわかってきた。地下かんがいの難易性は暗渠管の入る深さ約60cmの土の透水性が強く影響し、安定した地下かんがいが可能な深さ60cmの土層の透水性の目安は 10^{-5} cm/sオーダーであることが調査の結果わかってきた。

また、地下水位制御システムの弱点として用水を直接暗渠管に引き込むので、管内に土砂が堆積しやすくなる。管内土砂の堆積は排水機能の低下をもたらす。構造上の工夫として中央の管を太くして、この管内に土砂を堆積しやすくすることで堆積土砂集約し、管内を用水で満水にしフラッシュさせることで容易に清掃が可能である。暗渠管の清掃とともに補助暗渠の再施工も排水機能の回復につながる。

システム運用上の留意点としては、地区排水（広域排水）が不十分な地区では機能が十分に発揮されないことが多いため、地区排水を行う排水機場の運転管理などに留意する必要がある。

3. 水土里ネット香川の水土里情報の取組について（高尾講師・中井講師）

香川県土地改良事業団体連合会の高尾講師・中井講師からは、水土里情報システムに、農地・農業水利施設、各種農業関連情報を付加し、地域農業の再編に資する調整・合意形成に活用している先進的な取組について講演が行われた。講演の要旨は以下のとおり。

香川県では水土里情報システムの活用による担い手育成の連携の取組として、農業経営課（普及センター）、農地中間管理機構・水土里ネット香川が連携して取組を進めている。

水土里ネット香川の役割は水土里情報システムの情報（農地・農業水利・農道など）提供や整備データの追加・更新及びシステムの保全管理を担っている。

整備データは位置情報や農業生産基盤整備状況に加え、農業用水系統や農地情報、多面的機能支払交付金事業など各種事業の取組状況なども整理。

水土里情報データをもとに農地集積の状況を把握し、農地の集積、担い手の決定（法人化等）など地域農業の再編－未来の設計図－への活用が図られている。

水土里情報システムは土地改良施設の管理面においても活用がなされており、ため池の維持管理計画、予防保全対策、改修履歴などの情報を水土里情報で一元管理することで予防保全計画（ストックマネジメント）の策定に活用されている。パイプラインの維持管理や破損時の対応として破損したパイプライン箇所から閉じる弁を特定し、弁を閉じた場合に配水が出来ず影響を受ける農地の特定を把握するなど危機管理に対応した活用も行われている。

また、ほ場整備区域や中山間地域等の直接支払区域、多面的機能支払区域を重ね合わせ可視化することで、取組区域の設定や拡大、施設の維持管理状況の把握などにも活用がなされている。

水土里情報システムは整備データを効果的に整理することで農地流動化の促進、担い手育成はもとより施設の維持管理、長寿命化計画の策定への活用、多面的機能支払等各種事業への推進、耕作放棄地解消対策や農業共済、作付振興計画の策定などへも活用が可能。

4. 農業用水を利活用した小水力発電の最新動向について（富澤講師）

東京発電株式会社の富澤講師からは、農業用水を活用した小水力発電の取組事例や導入後のメンテナンスの話題、今後期待が寄せられる最新の技術情報などについて講演した。講演の要旨は以下のとおり。

農業用水における小水力発電は、落差と使用水量を基本としている。一般的に小水力発電の工事費は土木工事



写真－5 原口講師による講演



写真－6 高尾講師・中井講師による講演

費：6～7割，機会（電気）工事費が3～4割とされているが，農業用水を利用した小水力発電では既に農業用施設として土木工事の一部が出来上がっている事が多く，工事費節減が期待できる。

発電規模（発電電力）は $9.8 \times \text{落差} [\text{m}] \times \text{水量} [\text{m}^3/\text{s}] \times \text{変換効率}$ で表され，概ねどの程度の発電が期待できるかはこの計算式でつかむことが可能であり，候補地選定の参考になる。

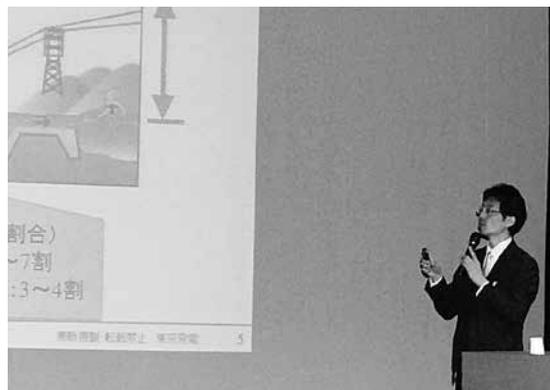
農業用水を利用した発電を検討する上で決め手は「水の扱い」である。適度な『流量』と『落差』，年間を通じての流量の変動が少ない（非灌漑期にも通水がある）など。

あくまでも目安であるが非灌漑期で $0.5\text{m}^3/\text{s}$ 以上の通水，50m以内で7m以上の落差，200m以内に電力会社の電柱（接続），水路脇に管理用道路がある（配管を敷設する際，有利）などが候補地点の条件となる。

農業用水を利用した小水力発電を推進する上での留意点として，事前の検討段階では農業用水はあくまで農業のためであることを忘れないこと（発電のために変な契約は行わない），複数の専門家から意見を聞くといったところが重要。運転開始後は24時間365日愛情を注げば答えてくれる設備，最低でも20年間向き合う（途中で投げ出さない）ことが大事である。

最後に，農業用水を利用した小水力発電設備の事例として大野原発電所（大分県），養沼発電所・既設水路での発電（栃木県），照井発電所（岩手県）が紹介された。

また，今後，農業用開水路等で多くみられる小落差を活用した事例として縦軸プロペラ水車（実証段階）やらせん水車についても紹介された。



写真一七 富澤講師による講演

5. 大規模土地改良施設の事業継続計画（BCP）の策定について（林講師）

農村振興局整備部防災課の林講師からは，地域の安全を守り，営農を継続する上で重要な位置づけとなる事業継続計画（以下，BCP）の策定に係る留意点などについて講演した。講演の要旨は以下のとおり。

まず，近年の農地・農業用施設等の被災状況について農地・農業用施設等の被害額の推移のグラフを提示しながら説明があった。特に東日本大震災による農林水産関係の被害状況やその後の復旧状況と平成27年9月の関東・東北豪雨による農地・農業用施設の被害状況や農林水産省職員の派遣状況，査定前着工の取組について詳細に説明があった。

続いて国土強靱化とBCPの関係について国土強靱化基本法の概要や国土強靱化基本計画や国土強靱化アクションプラン2015における土地改良施設管理者のBCPの位置づけについて説明が行われ，土地改良施設におけるBCPの策定と実地演習の必要性について説明があった。

土地改良施設管理者の災害対応については，災害対策基本法において「指定地方公共機関」とされており，関係機関との連携や民間企業との協定・契約など地域全体を見据えた災害管理・対応にかかるマネジメント体制の確立が必要。加えて，大規模地震等事態の想定は施設管理者として必要不可欠であり，地域防災計画の把握，調整，連携，必要な資源の想定などが施設管理者に求められている。

国営土地改良施設管理者のBCP策定にあたっては，平成25年度に策定したガイドラインを活用し，今農林水産省防災課では，今年度，「業務継続計画（BCP）マニュアル」の策定作業を進めているところ。

BCPマニュアル検討上の留意点がいくつかあげられている。

- ・土地改良区自らが作成し，継続的に更新しうるもの（BCPの簡易化）
- ・土地改良区の新たな負担とならない体制整備（行政・民間との協力・連携）
- ・BCPが教育・訓練等を通じて継続的に更新され，機能（PDCAの適用）
- ・豪雨に対する施設の優先度評価の手法



写真一八 林講師による講演

・豪雨及び地域（常時排水地域）の特徴を踏まえた事前準備 など

また、土地改良施設管理者にBCPへの取組みを広く普及することや職員が不足している土地改良区にも取組みへの参加を促すために簡易版の整備も進めているところ。

最後に矢吹原土地改良区での実地演習取組や東日本大震災における両総農業水利事業における実際の初動対応について紹介がなされた。

IV. おわりに

今回の研修会では、「農業農村整備の先端」のテーマに即し、5組（6名）の講師より、ICT技術や地下水位制御システム、小水力発電など多様化する農業農村整備に対応する先端技術の技術情報や事例紹介など、写真や映像を交えたパワーポイントにより、分かりやすい説明がなされた。

研修参加者からも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、非常に盛会であった。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。

会 告

1. 会員の募集

水と土の発行は皆様の年会費によってまかなわれています。今後とも事業地区の技術情報の交流を図るためには会員の確保が重要となっています。会員の皆様には職場の同僚の方々に農業土木技術研究会の成り立ちや「水と土」をPRしていただき、会員の勧誘をお願いいたします。平成28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（177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

「水と土」に投稿される技術報文は、執筆者が従事された仕事や農業土木技術を紹介するものが多いと思われる。

今回はこの投稿について私なりに少し考えてみました。

投稿される報文はわかりやすく、かつ的確にまとめられており、いつも感心しています。良い報文としてまとめるためには「内容を詳細に理解する力」、「表現する力（作文能力）」が重要です。

投稿する内容に対し、細部にわたり理解していなければ良い報文はかけません。どこが重要か、どこが欠くことの出来ない内容なのかを把握し、細部まで理解していることは読み手に伝える上での基本です。中途半端な理解では全体を的確に伝えることは出来ません。

次はそれを表現する力（作文能力）です。内容を細部にわたり理解していても、限られた文字数の中でそれを表現できるスキルがなければ良い報文はかけません。

我々が普段携わっている業務の中でも多くの場面でこれらのスキルが求められると思います。受益者への説明、会

計検査、上司への説明など。

普段の業務での経験値がまさにこれらの能力向上に直結しますが、「水と土」や学会誌などへの投稿もそれらを養う良い機会かと思えます。

また、投稿は技術情報の発信のみならず、自らの仕事を振り返る良い機会でもあります。ぜひ、みなさんこの「投稿」にチャレンジしてみたいかがでしょうか。

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きますと、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。

今後の本会の発展、「水と土」の活性化のためにも、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。

（農村振興局整備部設計課 吉野英和）

水と土 第177号

発行所 〒105-0004 東京都港区新橋5-34-4

農業土木会館内

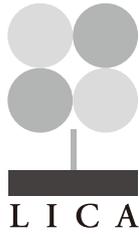
印刷所 〒161-8558 東京都新宿区下落合2-6-22

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

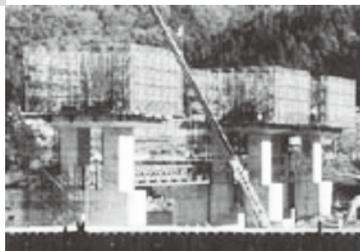


土地改良事業
の推進



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) 柔構造涵管
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

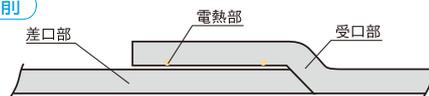
農業用水のパイプラインに！

管路の一体化による継手部の信頼性！

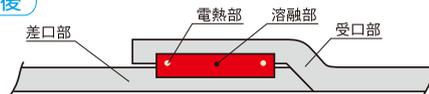
EF継手は電熱線の通電により熔融し、受口、差口を一体化させ、万全の気密性を保持できます。また、融着品質のばらつきがなく、作業が容易なため、工期短縮・コスト縮減が実現出来ます。

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！

柔構造涵管
として
実績豊富！



ダイプラハウエル管

dp 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