

水と土

No. 158
2009
November

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



① 羽鳥ダム



② 除塩ポンプ斜路工 (千原地下ダム地表貯水部)



③ 平山上ため池



④ 鋼管コンクリート複合構造橋脚
(広域農道整備事業 多良岳地区)

◆事務局よりお知らせ

「水と土」本号より変更のお知らせ／平成21年度農業土木技術研究会研修会開催のご案内	2
◆報文内容紹介	3
◆会員向けに「水と土」のWeb検索サービスについて	5

□巻頭文

歴史から食料と水の今を考える	橋本 晃	8
----------------	------	---

□報 文

キーワード

砕・転圧盛土工法	砕・転圧盛土工法による東山池堤体の耐震補強・漏水防止事例 大泉俊充・福島伸二・谷 茂	10
コスト縮減	高橋脚農道橋の設計・施工（広域農道整備事業 多良岳地区） 吉田恭一・片淵隆昭・鶴田 誠	19
コスト縮減	排水機場の基礎杭形式の検討について 西川幸秀・工藤俊隆	24
環境配慮	日影と調和に配慮したファームポンドの設計 篠原政彦・受川美紀・五十嵐優樹・肥後野 淳・嶋本栄治	29
環境配慮	広域農道知多半島地区におけるオオタカの営巣に配慮した工事の施工について 大石恭敬	33
機能診断	簡易振動診断技術を用いたポンプの健全度評価について 末政信夫・中田一茂・米澤 亘	37
機能診断	香川用水地区における施設機能保全の取組みについて 鈴木和也・的場幸男・茂木正史・大森康弘	44
維持管理	羽鳥ダムにおける堤体の安全管理について 菊地淳一	51
塩水進入対策	千原 ^{せんばる} 地下ダム地表貯水部の塩水侵入対策について 伊藤 誠・島袋 進	56
農家直接施工	農業水利施設等の農家施工による機能保全対策の取り組み 飯田憲立・車古宏史・石田栄利・岡村裕司・岩岡兼始・黒川 貴	67

□歴史的土壌改良施設

連続した石張りコンクリートため池（平山，平山上ため池） 倉岡孝幸・鹿子木勝博	77
---	----

□技術情報紹介

ワイヤレス埋設計器の開発 浅野 勇・林田洋一・田頭秀和・増川 晋	83
-------------------------------------	----

◆会告	86
◆入会案内	87
◆投稿規定	89

- 表紙写真● ① 報文「羽鳥ダムにおける堤体の安全管理について」より（P.51）
② 報文「千原地下ダム地表貯水部の塩水侵入対策について」より（P.62）
③ 歴史「連続した石張りコンクリートため池（平山，平山上ため池）」より（P.80）
④ 報文「高橋脚農道橋の設計・施工（広域農道整備事業 多良岳地区）」より（P.20）

**前号でお知らせのとおり、
本号より、以下の点について変更になります。**

- ◆表紙のデザイン
- ◆誌面の大きさ（B5判 → A4判）
- ◆発行回数（年4回（6月，9月，12月，3月） → 年3回（7月，11月，3月））

今後も会員の皆様のニーズにあった技術情報の提供に努めてまいりますので、引き続き、皆様のご支援を宜しく申し上げます。

平成21年度農業土木技術研究会研修会開催のご案内

農業土木技術研究会では「農業水利施設のストックマネジメントの展開」をテーマとして、下記の予定で「平成21年度農業土木技術研究会研修会」を開催します。プログラムなどの詳細については別途案内チラシをご覧ください。

記

1. 日 時 平成22年1月28日（木） 10時～16時30分
2. 場 所 東京都千代田区北の丸公園2-1 科学技術館 地下2階
サイエンスホール TEL. 03-3212-8485
3. 参加費 会 員 5,000円（機関誌「水と土」を毎号購読されている方）
非会員 8,000円
4. 申込方法など ①締め切り 平成22年1月15日（金）
②申込み先 東京都港区新橋五丁目34-4 農業土木技術研究会
TEL. 03-3436-1960/FAX. 03-3578-7176
③申込方法 ファックスまたはハガキなど書面でお申し込みください。
5. そ の 他 この研修会は農業土木技術者継続教育のプログラム認定を受けております。
継続教育機構会員の方は申込みの際に申込書に会員番号を併せてご記入下さい。

砕・転圧盛土工法による東山池堤体の 耐震補強・漏水防止事例

大泉俊充・福島伸二・谷 茂

本稿は、山形県鶴岡市内にある東山池の堤体を砕・転圧盛土工法により耐震補強と漏水防止を目的とした改修を実施した事例を紹介したものである。

東山池は大正14年(1925)に築造された灌漑用ため池で、約80年以上の経過により老朽化が進み、堤体が断面不足や漏水により地震時安定性が不足していた。また、池内には底泥土が堆積して貯水容量回復のための除去処分も必要とされていた。堤体改修は、既設堤体の上流側に堤体補強と漏水防止のためのコアゾーンを、下流側に堤体補強のためのランダムゾーンをそれぞれ砕・転圧盛土工法により築造したものである。砕・転圧盛土工法は原料土として底泥土を含む池敷掘削土と既設堤体の開削土からなる3種類を用いて2種類の築堤土を製造したもので、施工では複雑な材料管理が必要とされた。

(水と土 第158号 2009 P.10 設・施)

高橋脚農道橋の設計・施工 (広域農道整備事業 多良岳地区)

吉田恭一・片渕隆昭・鶴田 誠

広域農道整備事業 多良岳地区の高橋脚建設工事で採用した、鋼管コンクリート複合構造橋脚の構造特性・施工特性及び実際の施工で感じた点などを報告する。

(水と土 第158号 2009 P.19 設・施)

排水機場の基礎杭形式の検討について

西川幸秀・工藤俊隆

国営かんがい排水事業江別南地区は、江別市及び北広島市に位置する畑作野菜を主体とした農業地帯である。地区内の土質は泥炭及びシルト層が分布する軟弱地盤であり、農地の湛水及び過湿被害の解消を目的に排水機場及び排水路の整備を行うものである。

本報では、新設する中央幹線排水機場の設計にあたり、一般的な支持杭形式の他に、下層部に堆積する洪積粘性土層に着目して、摩擦杭形式を検討した結果を報告するものである。

(水と土 第158号 2009 P.24 設・施)

日影と調和に配慮したファームボンドの設計

篠原政彦・受川美紀・五十嵐優樹
肥後野 淳・嶋本栄治

農作物にとって光は植物成長に不可欠であり、ファームボンド建設時には日影の影響を十分に考慮し、農作物への影響を極力少なくすることが必要である。また、国民財産としての環境保全に対する国民の関心は大きく、地域資源保全の中心となる人々が居住する集落とその周辺に対して、景観形成は重要である。北総中央農業水利事業では、農業用水の安定供給を図りつつ、地域に溶け込むファームボンドを計画し、現在整備が行われている。

(水と土 第158号 2009 P.29 企・計)

広域農道知多半島地区におけるオオタカの営巣に 配慮した工事の施工について

大石恭敬

広域営農団地農道整備事業知多半島地区において、計画路線周辺にオオタカの営巣が確認された。オオタカの営巣地に近接して計画された本事業においては、工事実施前より、オオタカの生息状況、営巣状況を確認(モニタリング調査を実施)し、オオタカ営巣地付近工事事業調整会議を通じて、専門家の意見を踏まえながら、オオタカ保全対策の内容と範囲を決定し、保全対策工事を実施した。本地区の施工事例を紹介する。

(水と土 第158号 2009 P.33 設・施)

簡易振動診断技術を用いたポンプの 健全度評価について

末政信夫・中田一茂・米澤 亘

ポンプ設備の有効利用を行うためには、長寿命化や保全コストの低減、更新を合理的・経済的に実施することが必要である。そのためには、現在の設備状態を知ることが重要であり、その把握を行うため機能診断調査が必要となる。機能診断には、人の五感で行う一次診断と専門技術者が行う二次診断があるが、石川県において測定者の個人差が生じる一次診断の結果を補完するために導入している簡易振動診断技術について紹介する。

(水と土 第158号 2009 P.37 企・計)

香川用水地区における施設機能保全の 取組みについて

鈴木和也・的場幸男・茂木正史・大森康弘

香川用水地区では、これまで国営香川用水土地改良事業(S43~55年度)にて造成した全ての農業水利施設(幹線・支線水路、揚水機場及び畑かん施設等)を対象に、ストックマネジメントに基づく機能診断調査と健全度評価を行ってきた。

本稿では、機能診断調査、健全度評価、対策工法の検討等のプロセスと、サイホン・バイブラインに対する詳細調査手法や変状機構の解明及び香川用水地区健全度評価基準の適用、更新事業の計画について紹介する。

(水と土 第158号 2009 P.44 設・施)

羽鳥ダムにおける堤体の安全管理について

菊地淳一

羽鳥ダムは福島県中通り地方にある、農業用水の取水を目的としたゾーン型フィルダムである。

今回、ダム堤体表面に湿潤箇所が見られたため、漏水観測施設と地下水位観測孔の測定結果を基に原因を調査した。

観測値は雨水に連動しており、湿潤部周辺にドレーンを設けた後は湿潤部がなくなったことから、湿潤の原因は、水はけが悪い堤体表面に雨水が残り湿潤していたと考えられる。

(水と土 第158号 2009 P.51 設・施)

せんはる

千原地下ダム地表貯水部の塩水侵入対策について

伊藤 誠・島袋 進

国営伊是名農業水利事業の水源である千原地下ダムは、地下貯水部と地表貯水部で構成されており、地下貯水部はダム天端標高がEL1.0mの塩水侵入阻止型の地下ダム、地表貯水部も貯水池底盤がEL-11.0mの海面下の貯水池であり、計画時から塩水の侵入が懸念されていた。

この報文では、地表貯水部底盤において実施した塩水侵入対策工について紹介する。

(水と土 第158号 2009 P.56 設・施)

農業水利施設等の農家施工による 機能保全対策の取り組み

飯田憲立・車古宏史・石田栄利
岡村裕司・岩岡兼始・黒川 貴

近年、農村の過疎化、高齢化の進行や農家戸数の減少などにより農業用施設の維持管理コストや労力の負担増に対する懸念が広がっている。このような中、行政の技術者と農家が一緒になって問題解決にあたる手法の確立を目指し、まずはきっかけづくりとして、水路の漏水対策について農家に簡易な補修方法（ノウハウ）を習得してもらい、自らが直接施工することで低コストかつ効果的な施設の長寿命化を図る活動を推進している。

(水と土 第158号 2009 P.67 設・施)

<歴史的土壌改良施設>

連続した石張りコンクリートため池 (平山, 平山上ため池)

倉岡孝幸・鹿子木勝博

熊本県天草郡苓北町において、戦前に平山ため池、戦中戦後に平山上ため池が築造された。両ため池は、表面を自然石組で保護したコンクリート重力式である。当時の用水不足の状況、悲願であったため池の築造、現在の歴史的施設の位置づけと保全の方針までを含めて報告する。

(水と土 第158号 2009 P.77)

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21年11月現在、第1号（昭和45年）から第148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。

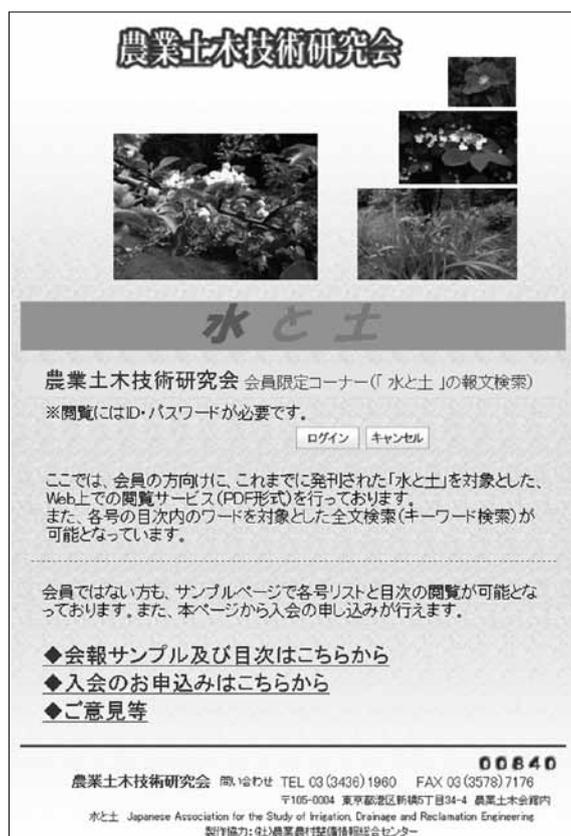


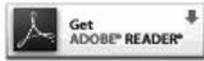
図-1



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へ](#)

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

図-3

3. 検索

(1)一覧からの選択

一覧の「図書名」をクリックすると当該号が全てPDFファイルで表示されます。

また、「目次」をクリックすると、当該号の目次が表示されます。

(2)全文検索

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

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

検索方法は以下のとおりです。

農業土木技術研究会 会員限定コーナー

「水と土」目次内全文検索システム

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

インデックスの最終更新日: 2007-11-22

検索式: [\[検索方法\]](#)

表示件数: ▼ 表示形式: ▼ ソート: ▼

図-4

①単一単語検索

調べたい単語を一つ指定するだけの最も基本的な検索手法です。

例：ダム

②AND検索

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

例：ダム and 工法

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

③OR検索

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

例：ダム or 工法

④NOT検索

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

例：ダム not 工法

4. 会員申し込み

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

ここでは、入会申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）。

農業土木技術研究会 入会申込み

年会費・発行等

- 年会費2300円/1人
- 会誌「水と土」年間4回発行(年度:4~3月)
- 「水と土」バックナンバー閲覧(検索システム)

申込み

農業土木技術研究会への入会申込みは、以下のいずれかの方法でお申込みください

入会申込みフォームにて [申込みフォーム](#)

FAX・郵便にて (PDF) [FAX・郵便](#)

各職場に研究会連絡員等がおられる場合は、連絡員を通してお申込みください

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

[Get ADOBE® READER](#)

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

歴史から食料と水の今を考える

橋本 晃*
(Akira HASHIMOTO)

個人的なことで恐縮だが、働き始めてから異動に伴い国内外10を超える任地で暮らした。中でもエジプトでは人類の歴史や文明について思いを巡らせる機会が多かった。それを促したのはピラミッドなどの歴史的遺産ではなく、悠久のナイルの流れが支え続けてきた「農」の姿であった。エジプトにおける農耕は7千年前に始まったという。以来、絶えることなく営農が続けられ、灌漑農業がエジプトを支えてきたといっても過言でない。ところが今、深刻な水不足に陥っている。その歴史と現在の状況をみてみよう。

周知のとおり、エジプトは年間に数日しか雨が降らない砂漠の国であるが、上流諸国に降った雨が唯一の河川であるナイル川に流出し、毎年夏にナイル川周辺やデルタに洪水をもたらした。その水が引いた秋、氾濫原の窪地に麦の種をまき、春に収穫する年1作の農耕が始まった。やがて、人々は氾濫原を堤防で囲み、用排水路や水門を設けて水を効率よく利用するようになった。灌漑の始まりである。ベイズン灌漑と呼ばれるこの灌漑方法により、ファラオの時代から19世紀まで同じ姿の営農が展開された。

この古代から19世紀初頭までの数千年間、エジプトの人口は、3百万人から5百万人の間で推移しあまり大きな変動はなかったとされている。その人口を支えるだけでなく、穀物を周辺諸国に輸出するほどの、豊かで持続可能な農業が展開されていたといえよう。

ナポレオンのエジプト遠征を契機に19世紀になるとエジプトにも近代化の波が押しよせ、農業も急速にその姿を変えていく。政府は殖産興業にのりだし、輸出産業として夏作である綿花栽培を奨励した。このため、非洪水期にもナイルの水が利用できるよう用水路を掘り下げ、1861年にはデルタの分岐点に取水堰を完成させた。その後、取水量の増加をめざし初の貯留施設としてアスワンダムが1902年に完成。1950年までにはいくつかの堰が建設され、ベイズン灌漑は姿を消し、周年栽培（2毛作）が普及していった。

この間、1900年に1,000万人だったエジプトの人口は、1950年には2,150万人へと2倍に増えた。一方、耕地面積はこの間に230万haから250万haへとわずかな伸びにとどまったが、周年栽培により作付面積は増大した。近代技術による水資源開発が、国民の食と国の成長を支えた時代であった。

エジプトの人口は1940年代以降急増してくる。これに対処するため1950年代に入るとアスワン・ハイダムの建設と砂漠の開拓が計画された。ハイダムは1970年に完成してナイルの洪水がなくなると同時に、エジプトは年間利用可能水量555億 m^3 の大きな水瓶を手に入れた。また、砂漠開発は2005年までの55年間に新たな耕地100万haを生みだし耕地面積は1.4倍の350万haに拡大した。しかし、この間にも人口は増加し、7,720万人（2005年）と3.6倍になった。その結果、先進国並みの穀物の単収を誇る農業国エジプトではあるが、今では主食の小麦の40%を輸入に頼る一大小麦輸入国になってしまった。

エジプトの人口は2050年には1億3千万人と見込まれ、さらなる食料増産が必要で、現在も大規模な砂漠開発に力を注いでいる。しかし、既にダムの水は限界まで利用し尽くされ、国内には新たな水資源開発適地もないことから、開発した農地に対する水手当ができるか疑問視されている。また、既存用水の合理化を進めるとともに上流諸国と合同でナイル川の開発を目論んでいるが、これらは一朝一夕には進まない。問題解決の前に、水資源が支えられる限界を激増する人口が超えてしまいそうである。

21世紀の最大の課題は、食料と水だといわれている。上述のエジプトの状況は、21世紀の世界を予告し、警笛を鳴らしている。百年前に20億人だった世界の人口は、2000年には3倍の60億人を超え、現在は68億人。2050年には92億人になると見込まれている。特に、人口大国の中国とインドでは経済成長に伴い肉を食べる人口が増えることから、膨大な穀物生産が必要となろう。

その一方で、穀物生産を支える用水の現状をみると、世界の主要生産地で水不足が深刻化してきている。アメ

*北陸農政局土地改良技術事務所

(Tel. 076-292-7900)

リカの穀倉地帯グレートプレーンズの水源であるオガララ帯水層では、地下水の過剰な揚水により地下水水位が低下し、用水のくみ上げができず耕作放棄地が拡大している。この水は氷河期に長い間かけて蓄えられた化石水であるから一旦枯渇してしまえば再生できない。中国では小麦の過半を生産する華北平原で同様に地下水低下が著しく、インドでも2,000万台以上の電動ポンプの過剰くみ上げにより、井戸が枯れてきている。今や世界の食料は、自然の摂理を超えた、持続困難な生産により支えられている状況にある。加えて、バイオ燃料向けの穀物需要の増大や地球温暖化の影響などが状況を一層悪くするであろう。

ここで改めてわが国の状況を見ると、今後は人口が減少傾向にあり、用水も今ある水資源をうまく使っていけば問題ないと考える向きもあろう。しかし、低い食料自給率が問題である。需給の逼迫により穀物価格が高騰した一昨年来、農産物の輸出規制を行う国々が現れ、また、食料をめぐる暴動が多くの国で発生した。経済連携協定（EPA）や自由貿易協定（FTA）を結ぶ中で日本への優先的な食料供給を保証してもらえばよいという議論もあるが、世界が食料難に向かう中で日本だけが大量の食料を輸入し続けるわけにはいかないだろう。国民レベルで真剣に食料自給率を上げる努力をしなければならぬ時代が必ず来よう。その時は農産物の輸入量が減少し国内での生産量が増えることとなり、その分だけの農地と用水の手当てが必要となる。そして、その時には農業土木技術者の果たすべき役割はとて大きなものになってくるだろう。その時まで水土里の資産をしっかりと守るとともに、新たな時代に役立つ技術を身につけておくことが大切である。

砕・転圧盛土工法による東山池堤体の耐震補強・漏水防止事例

大 泉 俊 充* 福 島 伸 二** 谷 茂***
 (Toshimitsu OHIZUMI) (Shinji FUKUSHIMA) (Shigeru TANI)

目 次

1. まえがき	10	4. 砕・転圧盛土工法の設計	13
2. 砕・転圧盛土工法の概要	10	5. 砕・転圧盛土工法の施工	17
3. 堤体ゾーニングの決定	11	6. あとがき	18

1. まえがき

東山池は大正14年（1925）に築造された灌漑用ため池で、約80年以上の経過により老朽化がすすみ、堤体が断面不足や漏水により地震時安定性が不足していただけでなく、洪水吐と取水施設も損傷して機能が著しく低下していた。また、池内には底泥土が堆積して貯水容量回復のための除去処分も必要とされていた。そこで、東山池では耐震補強と漏水防止のための堤体改修を行い、併せて洪水吐と取水施設を現行基準に合致するように改築することになった。さらに、東山池は上池をもつ重ねため池であったため、堤体改修に併せて上池の貯水容量代替のために池敷を約20,000m³だけ掘削することになり、大量の土捨て処分が発生することになった。

しかしながら、東山池では堤体改修に必要な強度と遮水性を有する築堤土を池近傍で必要量入手できなかったことや、貯水量拡大による大量の池敷掘削土、特に底泥土の土捨て場を確保できなかった。さらに、既設堤体は底樋改築のために開削と埋戻しを必要とするが、堤体土が火山灰質粘性土であり、開削土をそのまま埋戻すと軟弱化して所要の強度が得られないだけでなく、転圧不能になることが予想された。そこで、堤体改修は砕・転圧盛土工法を採用して、池敷掘削による底泥土Mdと、その下に堆積している火砕流堆積土Gp、開削堤体土Bkを堤体の耐震補強と漏水防止のためのコア・ランダムゾーンと、開削部埋戻しのための築堤土に利用して場外処分量を削減することにした。

本稿は、砕・転圧盛土工法による東山池の堤体改修事例を紹介するもので、コアゾーンとランダムゾーンによる耐震補強と漏水防止のために採用した堤体ゾーニングと、底泥土を含む3種類の掘削発生土を原材料とする砕・転圧盛土工法の設計・施工法について述べる。

2. 砕・転圧盛土工法の概要

ため池は築造年代が古く、老朽化による堤体の断面不足や漏水等により早急な改修を必要とするものが多い。しかしながら、最近ではこの改修に必要な遮水性や強度に適した築堤土を池近傍で入手困難になっている。また、老朽ため池には貯水容量低下や水質悪化の原因になる底泥土が堆積し、その除去処分が必要とされているものの、土捨て場の確保が近年ますます難しくなっている。そこで、底泥土を土捨て処分することなく、築堤土に有効活用できる砕・転圧盛土工法が開発され¹⁾、これまでに数箇所のため池の堤体改修に適用されている²⁾。

砕・転圧盛土工法は、図-1に概念的に示すように、老朽化ため池やフィルダムの堤体改修と池内の底泥土の除去処分を同時に達成するために、底泥土をセメント系固化材により固化処理して所要の強度と遮水性を有する築堤土として製造し、堤体の補強や漏水防止の

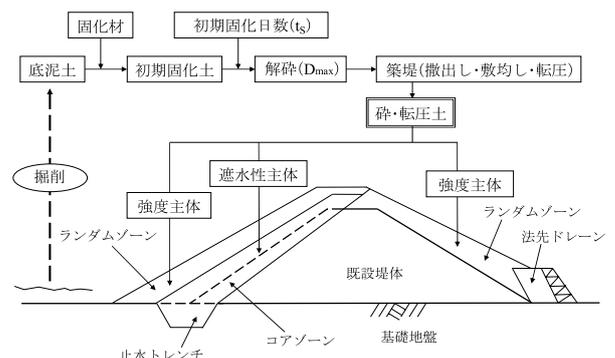


図-1 砕・転圧盛土工法の概念図

* 山形県庄内総合支庁産業経済部農村整備課
 (Tel. 0235-66-5692)

** (株)フジタ建設本部土木エンジニアリングセンター
 (Tel. 03-3796-2297)

*** (独)農業・食品産業技術総合研究機構農村工学研究所
 施設資源部 (Tel. 029-838-7569)

ための築堤を行うものである。築堤は一定の初期固化期間 t_s だけ固化させた底泥土（これを初期固化土という）を規定の最大粒径 D_{max} により解砕して、さらにこれを通常の築堤土と同様に均一に撒出し、一定層厚に敷均してから転圧することで1層毎に行う（これを砕・転圧土という）。

砕・転圧土は t_s と初期固化土の解砕・転圧後の経過期間 t_{cc} を合わせた $t=t_s+t_{cc}$ が全固化期間になり、 t_s は解砕・転圧後の再固化強度の発現に影響する。また、 D_{max} は強度と遮水性の両方に影響し、 D_{max} を大きくした砕・転圧土ほど強度が大きく、透水係数も大きくなる。このため、砕・転圧土によ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 D_{max} を適切に管理する必要があり、このことが一般の土質改良工³⁾と異なる点である。なお、 t_s は解砕・転圧時の強度が施工機械のトラフィカビリティが期待できる $t_s=3$ 日を標準とし、施工上の効率などを考慮して $t_s=4$ 日とすることもある。

従来、単なる底泥土の固化処理土（ここでいう初期固化土）は強度を固化材添加量の加減により容易に制御できるが、通常の築堤土に比較して破壊ひずみが小さく脆性的なひずみ軟化型の応力～ひずみ特性にあるため、既設堤体との間の極端な強度や変形性の相違に起因するクラックが生じやすく貯水用の堤体には使用できなかった。砕・転圧盛土工法は、このような固化処理土を築堤土として使用する場合の問題点を、初期固化させた底泥土を固化途中に解砕して通常の築堤土と同様に転圧して築堤すると、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の密着性（なじみ）を良くしたものである。

3. 堤体ゾーニングの決定

3.1 堤体ゾーニングと掘削発生土の利用計画

通常の築堤土による堤体改修法では、堤体が安全率 $F_s \geq 1.20$ を満足して安定するように、築堤土が有している強度に応じて堤体ゾーニングが決定される。これに対して、砕・転圧盛土工法による堤体改修では、築堤土の強度を固化材添加量の増減により自由に設定で

きるため、堤体ゾーニングを予め決めてから、堤体全体が $F_s \geq 1.20$ を満足するのに必要な砕・転圧土ゾーンの強度を逆算することになる。

東山池では、堤頂部が道路として利用され堤体軸の移動が難しいため、既設堤体の上・下流側にコアあるいはランダムゾーンを腹付けるゾーニングとした。すなわち、図-2に底樋改築のための開削部の標準断面を、図-3に非開削部の標準断面をそれぞれ示すように、堤体上流側には堤体の補強と漏水防止を兼ねたコアゾーンI（1：3.0）と、堤体下流側には既設堤体との間に浸潤面低下のためのフィルターゾーンIIIを挟んでランダムゾーンII（1：2.5）を砕・転圧土により築造することにした。砕・転圧土が強度を固化材添加量の増減により容易に制御できるにもかかわらず、改修後堤体の法面勾配が比較的緩い理由は、工事発生土を可能な限り堤体改修に利用することで場外処分量を少なくした方が経済的に有利であったからである。

なお、既設堤体は高含水比で軟弱な火山灰質粘性土であり、開削部をそのまま堤体開削土 B_k により埋め戻すには施工機械のトラフィカビリティが得られず転圧が難しいと判断されたため、開削部は図-2に示したようにランダムゾーンIII～II4として砕・転圧土により埋戻すことにした。埋戻し部のうち堤体中心付近の土被り圧が高い部分は、砕・転圧土の固結構造が降伏しないように、土被り深さに応じてIII～II4のように強度レベルを変えてゾーニングした。

砕・転圧土による築堤土量は、コアゾーンIが $V_I \approx 15,200\text{m}^3$ 、ランダムゾーンが堤体下流側のゾーンIIと開削部のゾーンIII1～II4の埋戻し土量 $V_{II} \approx 15,200\text{m}^3$ を合せた $30,400\text{m}^3$ となる。全築堤土量は以上の砕・転圧土量に、開削堤体土 B_k を流用する覆土約 $4,900\text{m}^3$ とフィルターゾーンIIIの購入砂 $V_{III} \approx 900\text{m}^3$ を加えた約 $36,200\text{m}^3$ であった。表-1には東山池の改修前・後の堤体仕様をまとめて示す。

東山池の特徴は、図-4の堤体軸における横断面図からわかるように、堤長が堤高に比較して短く、また左右両岸の地山が狭い谷地形を形成しているため、底樋部の開削により既設堤体のかなりの部分がなくなってしまうことである。

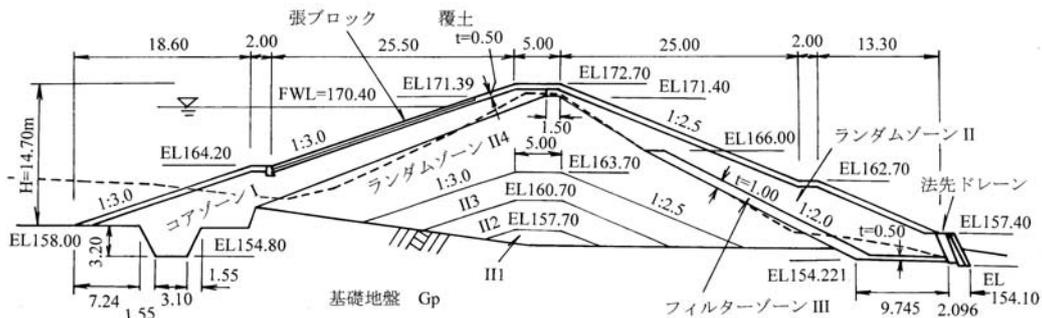


図-2 東山池の改修後堤体の標準断面（開削部A-A'）

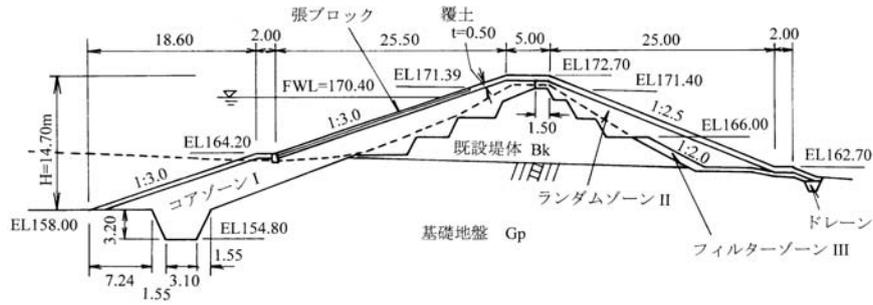


図-3 東山池の改修後堤体の標準断面（非開削部B-B'）

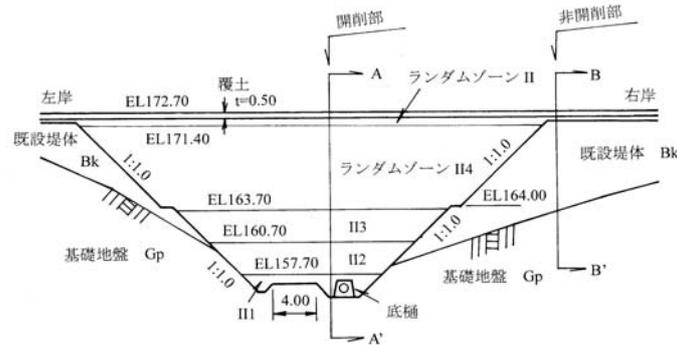


図-4 東山池の改修後堤体の堤体軸横断面

表-1 東山池の改修前・後の堤体仕様

堤体仕様	改修前	改修後
堤体形式	均一型	傾斜コアゾーン型
堤高 (m)	14.0	14.7
堤長 (m)	約 140.0	143.79
堤体積 (m ³)	28,000	45,900
貯水量 (m ³)	85,000	101,000
砕・転圧土量(m ³)	—	30,400 (覆土 4,900)
法面	上流 1 : 平均 2.5	1 : 3.0(小段付)
勾配	下流 1 : 平均 2.0	1 : 2.5
その他の改修	—	洪水吐・底樋・斜樋

3. 2 混合泥土Ⅰ・Ⅱの混合比の決定

池敷と既設堤体からの掘削土は合計約50,800m³で、各掘削土の発生源とその土量を図-5に示す。上流の貯水量代替のための池敷の掘削土は底泥土Md-r約5,400m³と火砕流堆積土Gp-r約16,700m³である。

底樋改築のための堤体の開削や段切りによる発生土Bkは約10,300m³である。また、堤体上流側先部の止水トレンチからの掘削土は底泥土Md-t約2,900m³と火砕流堆積土Gp-t約16,500m³である。

以上のうち砕・転圧土に使用可能な掘削土は、Md材が池敷掘削からの5,400m³ (Md-r) と止水トレンチ掘削からの2,900m³ (Md-t) を合わせた8,300m³から、掘削とストックに伴うロスとして想定した1,000m³を差し引いた

$$V_{Md}=8,300-1,000=7,300\text{m}^3$$

である。Bk材は総発生土量約10,300m³から覆土に使用

する約4,900m³と掘削・ストックロスとした1,000m³を差し引いた

$$V_{Bk}=10,300-(4,900+1,000)=4,400\text{m}^3$$

となる。また、Gp材は池敷の底泥土層下を掘削した16,700m³ (Gp-r) と止水トレンチ部の底泥土層の下の火砕流堆積層の掘削土16,500m³ (Gp-t) を加えた

$$V_{Gp}=16,700+16,500=33,200\text{m}^3$$

となる。

Md材、Bk材、Gp材は軟弱で土捨て処分が困難なものから砕・転圧盛土工法の原料土として利用し、コアゾーンⅠでは強度と遮水性が、ランダムゾーンⅡでは強度がそれぞれ確保できることを考慮して、各原料土の利用区分を決めた。各原料土の粒度特性と物理化学的特性は粒度試験 (JIS A1204) と液性・塑性限界試験 (JIS A1205) により調べ、試験結果を図-6にまとめて示す。図から、各原料土はどれも細粒分含有率F_cが80%以上であり、砕・転圧土の原材料として単独で使用しても十分遮水性が確保できそうである。ただし、池敷のMd層の下に堆積しているGp層は掘削深さの増加により風化 (粘土・土砂化) の程度が低くなり転石や砂礫などの粗粒分が増加することがボーリング調査結果から想定されたため、遮水材として使用するには粗粒分量の変化に注意が必要である。そこで、高含水比で軟弱なために場外処分しにくいMd材とBk材は砕・転圧土の主原料土としてすべて場内で使用し、これらの不足分にGp材を、特に風化度の進んだ粘土化したものから利用することにし、残りを場外処分することにした。各原料土の組み合わせは以下のように決定した。

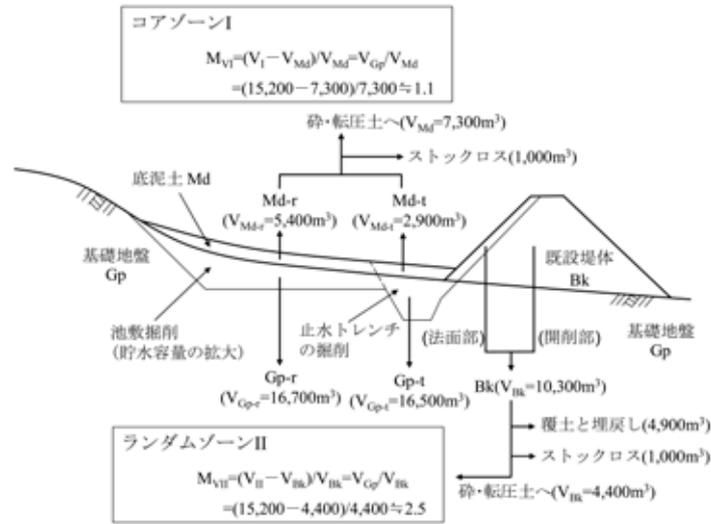


図-5 池敷と既設堤体からの掘削発生土とその利用計画

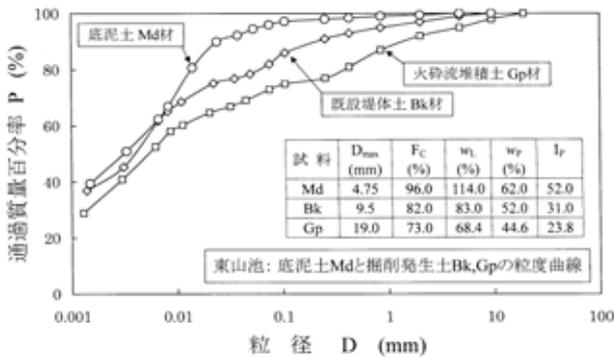


図-6 原料土Md材, Bk材, Gp材粒度曲線

すなわち、コアゾーンIは遮水性を確保しやすいMd材の $V_{Md} = 7,300 \text{ m}^3$ を基本として、コアゾーンIの築堤土量 $V_I = 15,200 \text{ m}^3$ の不足分 $(V_I - V_{Md})$ にGp材のうち掘削深さの浅い部分の相当する粘土・土砂化の進んだ細粒分の多いものを加えて混合泥土I (Md+Gp) として使用する。Md材とGp材の混合比は湿潤状態での体積比 M_{VI} で表示すると

$$M_{VI} = (V_I - V_{Md}) / V_{Md} = V_{Gp} / V_{Md} = (15,200 - 7,300) / 7,300 \approx 1.1$$

となった。ランダムゾーンII, II1~II4はBk材の $V_{Bk} = 4,400 \text{ m}^3$ に、ランダムゾーンの築堤土量 $V_I = 15,200 \text{ m}^3$ の不足分 $(V_{II} - V_{Bk})$ にGp材を加えて混合泥土II (Bk+Gp) として使用する。Bk材とGp材の混合比 M_{VII} は

$$M_{VII} = (V_{II} - V_{Bk}) / V_{Bk} = V_{Gp} / V_{Bk} = (15,200 - 4,400) / 4,400 \approx 2.5$$

となった。以上から、場外処分土量は総発生土量約 $50,800 \text{ m}^3$ のうち、砕・転圧土の原料土の約 $30,400 \text{ m}^3$ と覆土・埋戻しに使用する約 $4,900 \text{ m}^3$ を除いた約 $15,500 \text{ m}^3$ となり、約3割まで削減することができた。

3.3 フィルターゾーンの構成

ランダムゾーンIIと開削部のゾーンIII~II4の築造

に使用する砕・転圧土IIは、遮水性を要求されないものの、原材料の混合泥土IIが後述するように細粒分を多く含むため、ある程度の遮水性が確保されることになる。また、コアゾーンI背面の非開削部の既設堤体は、特定にくい局部的な浸透経路(みずみち)を除けば、ある程度の遮水性を有していると考えられる。したがって、砕・転圧土によるコアゾーンIとランダムゾーンII, 既設堤体からなる改修後の新堤体は、全体的にみると均一型に近い状態にあると考えられる。

改修後の堤体をコアゾーンIとランダムゾーンIIに関係なく均一型とみなして、Casagrande法により浸潤面を推定してみる。法先ドレーンだけを設置する場合の浸潤面は図-7に示す④のように高位置になり法面途中に現れてしまう。東山池は、基礎地盤が傾斜しているため、堤体下流側法先での堤体直高が $H = 18.6 \text{ m}$ と高く、堤体安定上から考えると浸潤面が法面途中に絶対に現れないことが望ましい。水平ドレーンを法先ドレーンから既設堤体まで延ばすと、浸潤面は法先ドレーンだけの場合に比較して図-7に示す⑤のようにやや低くなるものの、まだ法面に近くにありドレーン長がやや不足する。そこで、浸潤面が堤体法面に接近しないように、既設堤体に腹付けるようにフィルターゾーンIIIを配置することにした。フィルターゾーンIIIは、浸潤面⑤が全面的に受け止められるように、天端面をEL166.00にすることにし、傾斜部と水平ドレーン部の厚さをそれぞれ1.0mと0.50mにした。

4. 砕・転圧盛土工法の設計

4.1 混合泥土の粒度特性

室内配合試験におけるMd材, Bk材, Gp材の各原料土の含水比 w は実施工で想定される含水状態を基準含水比 w_0 とするのが理想である。Md材は、落水状態の池敷から採取したので、採取時の含水比 $w = 127.0\%$ を

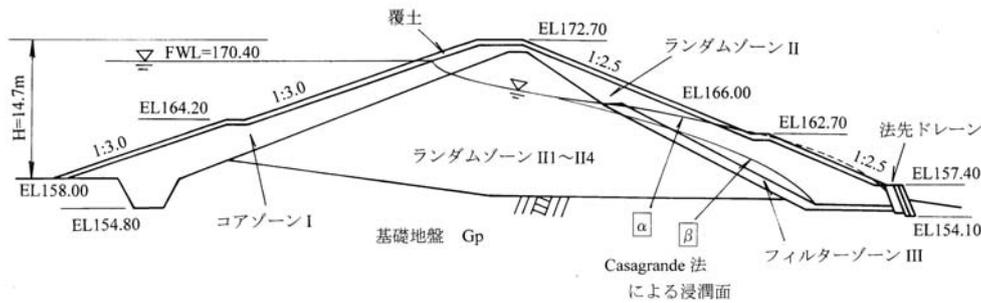


図-7 フィルターゾーンIIIと浸潤面位置

そのまま w_0 とした。また、Bk材とGp材は、Md材に比較して含水比変動が少ない状態で堆積していたことから、採取時の $w=62.8\%$ (Bk), 54.8% (Gp) をそれぞれの w_0 とした。

混合泥土の基準含水比 (w_{Mix})₀ は所定の混合比により2種類の原料土をそれぞれの w_0 状態で合わせた時の値とした。また、混合泥土の密度 ρ_t は各原料土単体の w_0 からヘドロや泥土について提案されている $\rho_t \sim w$ 関係⁴⁾から推定するものとし、Md材では $\rho_{tMd}=1.36\text{g/cm}^3$ ($w_0=127\%$)、Bk材では $\rho_{tBk}=1.62\text{g/cm}^3$ ($w_0=63\%$)、そしてGp材では $\rho_{tGp}=1.67\text{g/cm}^3$ ($w_0=55\%$)として次式

$$\text{混合泥土I: } \rho_{tI} = (\rho_{tMd} + \rho_{tGp} \cdot M_{VI}) / (1 + M_{VI})$$

$$\text{混合泥土II: } \rho_{tII} = (\rho_{tBk} + \rho_{tGp} \cdot M_{VII}) / (1 + M_{VII})$$

によりそれぞれ算定した。

混合泥土の混合比は前述したように体積比 M_{VI} あるいは M_{VII} により表示したが、室内配合試験での試料準備には体積比よりも質量比の方が便利である。そこで、試料の準備は湿潤状態での質量 M と湿潤密度 ρ_t から算定した質量比

$$\text{混合泥土I: } M_{WI} = M_{Gp} / M_{Md} = M_{VI} \cdot (\rho_{tGp} / \rho_{tMd})$$

$$\text{混合泥土II: } M_{WII} = M_{Gp} / M_{Bk} = M_{VII} \cdot (\rho_{tGp} / \rho_{tBk})$$

によりそれぞれ行った。

図-8にはMd材とGp材、これらを $M_{VI}=1.1$ で合わせた混合泥土Iの粒度曲線を示す。図-9にはBk材とGp材、これらを $M_{VII}=2.5$ で合わせた混合泥土IIの粒度曲線を示す。図から、 F_c は混合泥土Iが $F_c \approx 84\%$ 、混合泥土IIが $F_c \approx 75\%$ とどちらも細粒分を多く含んでいるので、混合泥土Iによる砕・転圧土Iと、混合泥土IIによる砕・転圧土IIは遮水性が確保できるものと考えられる。

4.2 目標強度の設定

一般に、底泥土をセメント系固化材により固化処理した初期固化土や砕・転圧土の強度発現特性は養生日数 t とともに増加し、その傾向はおおよそ1週間後まで急増し、それ以降緩やかな増加に転じるようになる。そこで、砕・転圧盛土工法における目標強度は強度の増加傾向が緩やかになり始める $t=10$ 日目の値により設

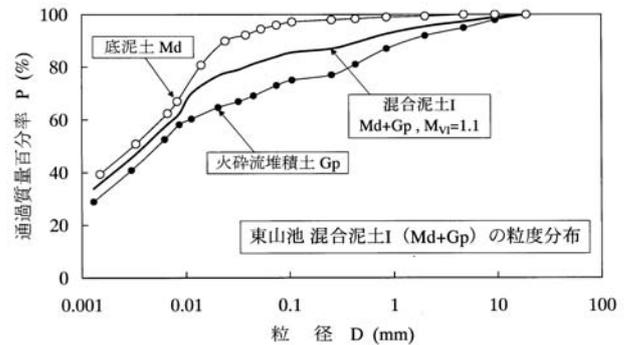


図-8 混合泥土I (Md+Gp) の粒度曲線

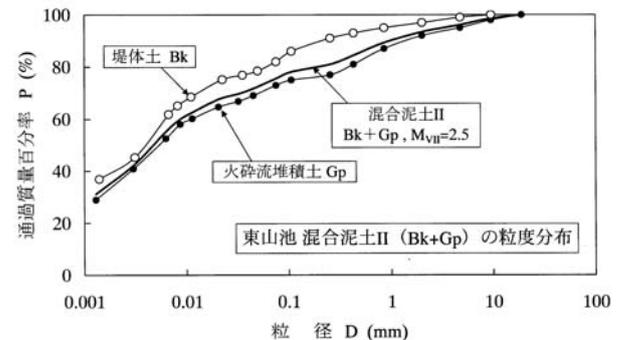


図-9 混合泥土II (Bk+Gp) の粒度曲線

定するものとしている¹⁾。すなわち、初期固化土では固化材を添加してから $t=t_s=10$ 日目の強度 (q_u)_{IS10}で、砕・転圧土では $t=10$ 日から初期固化した日数 t_s を差し引いた解砕・転圧後からの日数 t_{cc} 、 $t_s=3$ 日の場合には $t_{cc}=t-t_s=10-3=7$ 日目の強度 (q_u)_{CC7}により設定する。そして、目標強度は一軸圧縮強さにより表示する場合には初期固化土では (q_u)_{IS*}により、砕・転圧土では (q_u)_{CC*}としている。

(q_u)_{CC*}は、堤体全体の安定計算により所要の $F_s=1.20$ を満足して堤体安定に必要なとされる砕・転圧土ゾーンの強度 (q_u)_{CCStability}と、築堤中の施工機械のトラフィカビリティを確保するのに必要とされる強度 (q_u)_{CCTrafficability}を比較して大きい方の値

$$(q_u)_{CC*} = [(q_u)_{CCStability}, (q_u)_{CCTrafficability}]_{max} \quad (1)$$

として決定する。

1) 堤体安定性に必要な強度

堤体安定に必要な砕・転圧土の強度パラメータは固化材添加量 ΔM_c にほぼ比例して増加する粘着力 $(c')_{cc} = (c')_{ccStability}$ により表示し、これは予め決定された堤体ゾーニングのうち砕・転圧土ゾーンの $(c')_{cc}$ だけをパラメトリックに変えて安定計算を実施して F_s と $(c')_{cc}$ の関係を求め、 $F_s \geq 1.20$ に相当する値として逆算する。図-10は東山池の堤体ゾーニングの上・下流側の各法面で最小の F_s を与える常時満水位 (FWL) に本地区で想定される地震力 $k_H = 0.15$ を加えた状態で、コアゾーンIとランダムゾーンIIの砕・転圧土の粘着力 $(c')_{cc}$ を同時にパラメトリックに変えて実施した安定計算から得られた $F_s \sim (c')_{cc}$ 関係を示す。各ゾーンの土質パラメータは事前に実施した土質調査・試験から求めた値、あるいは推定した値を使用した。砕・転圧土の $(\phi')_{cc}$ は室内配合試験により ΔM_c に関係なく $(\phi')_{cc} \approx 12 \sim 15^\circ$ が発揮されていることが確認されたので、安定計算では一定値 $(\phi')_{cc} = 10.0^\circ$ だけを考慮することにした。また、基礎地盤 G_p 層は $N \geq 30 \sim 50$ で堅牢な基盤を形成しているため、 G_p 層の強度パラメータはすべり面が G_p 層を通らないような値を設定した。

図-10から、 $F_s \sim (c')_{cc}$ 関係は堤体上・下流側で異なり、法先部での直高が大きい下流側が最も危険な状態になり、 $F_s = 1.20$ に相当する $(c')_{ccStability}$ は

$$(c')_{ccStability} \geq 40 \text{ kN/m}^2$$

と読み取れる。 $(c')_{ccStability}$ は、砕・転圧土I・IIについて実施した室内配合試験から得られた $(c')_{cc}$ と $(q_u)_{cc}$ の関係式

$$(c')_{cc} = (q_u)_{cc} / 2.8 \quad (2)$$

により一軸圧縮強さ $(q_u)_{ccStability}$ に

$$(q_u)_{ccStability} = 2.8 \times (c')_{ccStability} = 2.8 \times 40 = 112 \text{ kN/m}^2$$

のように変換した。これまで、 $(c')_{cc} \sim (q_u)_{cc}$ 関係は一

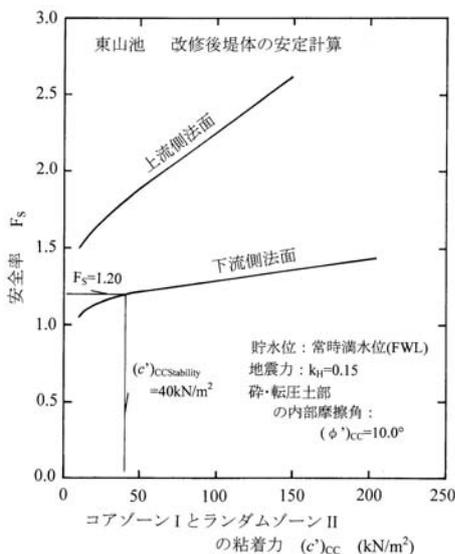


図-10 安全率 F_s と砕・転圧土の粘着力 $(c')_{cc}$ の関係

般の土質改良工での取扱い³⁾の場合と同様に、単に

$$(c')_{cc} = (q_u)_{cc} / 2 \quad (2')$$

が成り立つとしていた。しかし、上式は堤高 H が $H = 10 \text{ m}$ 未満の小規模な場合、あるいは勾配が緩く堤体安定に必要な砕・転圧土の強度レベルが低い場合にほぼ成り立つが、堤高が高く砕・転圧土に要求される強度レベルが高くなると成り立たなくなる。東山池は堤高 $H = 14.7 \text{ m}$ (下流側では直高 $H = 18.6 \text{ m}$) とため池として規模が大きいため、室内配合試験から求めた $(c')_{cc} \sim (q_u)_{cc}$ 関係式(2)を採用することにした。

2) トラフィカビリティーの確保に必要な強度

築堤中の施工機械のトラフィカビリティー確保に必要な強度 $(q_u)_{ccTrafficability}$ は、初期固化土を所定の $t = t_s$ 日目に解砕・転圧してから、直ちに撒出し→敷均し→転圧をして築堤する時の解砕・転圧当日の $t_{cc} = 0$ 日目の強度 $(q_u)_{cc0}$ から設定される。 $(q_u)_{cc0}$ は、土地改良事業設計指針『ため池整備』⁵⁾ に規定されている「ため池の堤体基礎地盤で要求される機械施工が可能な地耐力 (コーン指数 $q_c = 490 \text{ kN/m}^2$ が目安)」を満足しなければならないとすると、 q_c と一軸圧縮強さ q_u の関係式 $(q_u = q_c / 7.5)$ により

$$(q_u)_{cc0} = q_c / 7.5 = 65 \text{ kN/m}^2 \quad (3)$$

と推定される¹⁾。そして、 $(q_u)_{ccTrafficability}$ は $(q_u)_{cc0}$ が目標強度設定日である $t = 10$ 日に相当する砕・転圧土の強度、すなわち $t_s = 3$ 日では $t_{cc} = t - t_s = 10 - 3 = 7$ 日目までに発現される $(q_u)_{cc7}$ 、あるいは $t_s = 4$ 日では $t_{cc} = t - t_s = 10 - 4 = 6$ 日目までに発現される $(q_u)_{cc6}$ となる。

$(q_u)_{cc7}$ あるいは $(q_u)_{cc6}$ と $(q_u)_{cc0}$ の関係は直線近似が可能であり、事前の室内配合試験により求めておく必要がある。砕・転圧土Iでは

$$t_s = 3 \text{ 日}: (q_u)_{cc7} = 18 + 1.80 \cdot (q_u)_{cc0} \quad (4a)$$

$$t_s = 4 \text{ 日}: (q_u)_{cc6} = 4 + 1.55 \cdot (q_u)_{cc0} \quad (4b)$$

となり、また砕・転圧土IIでは

$$t_s = 3 \text{ 日}: (q_u)_{cc7} = 26 + 1.92 \cdot (q_u)_{cc0} \quad (5a)$$

$$t_s = 4 \text{ 日}: (q_u)_{cc6} = 12 + 1.59 \cdot (q_u)_{cc0} \quad (5b)$$

によりそれぞれ近似できた。

砕・転圧土Iと砕・転圧土IIの $(q_u)_{ccTrafficability}$ は、 $(q_u)_{cc0}$ を式(4)~(5)に代入すると、砕・転圧土Iでは式(4a)、式(4b)から

$$t_s = 3 \text{ 日}: (q_u)_{ccTrafficability} = (q_u)_{cc7} = 135 \text{ kN/m}^2$$

$$t_s = 4 \text{ 日}: (q_u)_{ccTrafficability} = (q_u)_{cc6} = 105 \text{ kN/m}^2$$

と推定され、砕・転圧土IIでは式(5a)、式(5b)から

$$t_s = 3 \text{ 日}: (q_u)_{ccTrafficability} = (q_u)_{cc7} = 151 \text{ kN/m}^2$$

$$t_s = 4 \text{ 日}: (q_u)_{ccTrafficability} = (q_u)_{cc6} = 119 \text{ kN/m}^2$$

と推定される。 $(q_u)_{ccTrafficability}$ は t_s (3日と4日) だけでなく、砕・転圧土IとIIにおいても異なっている。

4. 3 目標強度と固化材添加量の決定

コアゾーンIとランダムゾーンIIの $(q_u)_{cc}^*$ は式(1)と以上の結果による $(q_u)_{ccStability}$ と $(q_u)_{ccTrafficability}$ を比較

して決定すると表-2に示すようになる。すなわち、
 砕・転圧土Iでは $t_s=3$ 日において $(q_u)_{CC^*} = (q_u)_{CCTrafficability}$
 となり、 $t_s=4$ 日において $(q_u)_{CC^*} = (q_u)_{CCStability}$ とな
 る。また、砕・転圧土IIでは $t_s=3$ と4日のどちらにおい
 ても $(q_u)_{CC^*} = (q_u)_{CCTrafficability}$ となる。

表-2 コア・ランダムゾーンの $(q_u)_{CC^*}$ と ΔM_C^*

ゾーン	$(q_u)_{CC^S}$ (kN/m ²)	t_s (日)	$(q_u)_{CC^T}$ (kN/m ²)	$(q_u)_{CC^*}$ (kN/m ²)	$(q_u)_{IS^*}$		ΔM_C^* (kg/m ³)
					R	$(q_u)_{IS^*} / \alpha_{FL}$ (kN/m ²)	
コアI	112	3	135	135	0.51	265	100
		4	105	112	0.44	255	98
ランダムII	112	3	151	151	0.50	302	125
		4	119	119	0.47	253	105

・ 堤体安定に必要な強度： $(q_u)_{CC^S} = (q_u)_{CCStability}$
 ・ トラフィックビリティ確保に必要な強度： $(q_u)_{CC^T} = (q_u)_{CCTrafficability}$

目標強度 $(q_u)_{CC^*}$ を現場で達成するために必要な固
 化材添加量 $\Delta M_C = \Delta M_C^*$ は以下のように決定される。

$(q_u)_{CC^*}$ は初期固化土に対する砕・転圧土と強度比R

$$R = (q_u)_{CC^*} / (q_u)_{CC}$$

により初期固化土状態の強度 $(q_u)_{IS^*}$ に変換する必要
 がある。R値は室内配合試験により決定され、表-2の
 表中に示したようになった。

$(q_u)_{IS^*}$ を現場で達成するために必要な ΔM_C^* を求め
 るには、現場と室内配合試験の間における混合条件の
 相違を補正するために現場/室内強度比 α_{FL} (これまで
 の実績から $\alpha_{FL}=1/1.5$ としている) により $(q_u)_{IS^*}$ の強
 度割増しをした室内配合強度

$$(q_u)_{IS^*} / \alpha_{FL}$$

を考える。

ΔM_C^* の決定には事前の室内配合試験により求めら
 れた $\Delta M_C \sim (q_u)_{IS10}$ 関係を直線で近似した

$$\Delta M_C = A + B \cdot (q_u)_{IS10} \quad (w_{Mix} = (w_{Mix})_0) \quad (6)$$

を使用し、 $(q_u)_{IS10}$ に $(q_u)_{IS^*} / \alpha_{FL}$ を代入して算定できる。

東山池では、初期固化土IとIIについて図-11に示す
 ような関係式

$$\text{初期固化土I} : \Delta M_C = 49 + 0.127 \cdot (q_u)_{IS10}$$

$$\text{初期固化土II} : \Delta M_C = 0.277 \cdot (q_u)_{IS10}$$

が得られている。

例として、コアゾーンIを築造する砕・転圧土にお
 ける $t_s=3$ 日の場合の ΔM_C^* は、 $(q_u)_{CC^*}=135\text{kN/m}^2$ 、
 $R=0.51$ であるから

$$(q_u)_{IS^*} = (q_u)_{CC^*} / R = 135 / 0.51 = 265\text{kN/m}^2$$

$$(q_u)_{IS^*} / \alpha_{FL} = 265 \times 1.5 = 398\text{kN/m}^2$$

$$\Delta M_C = 49 + 0.127 \times 398 = 100\text{kg/m}^3$$

のように算定できる。表-2は各ゾーンの $t_s=3$ 日と $t_s=4$
 日における $(q_u)_{CC^*}$ から算定された ΔM_C^* を示す。

なお、 ΔM_C^* は、混合泥土IとIIの各基準含水比
 $(w_{Mix})_0$ に対して設定されているので、固化前含水比
 w_{Mix} が $(w_{Mix})_0$ と差がある場合にはその差に応じて補
 正する必要がある。強度 $(q_u)_{IS10}$ の含水比補正は w_{Mix}
 の影響を表現した近似式である

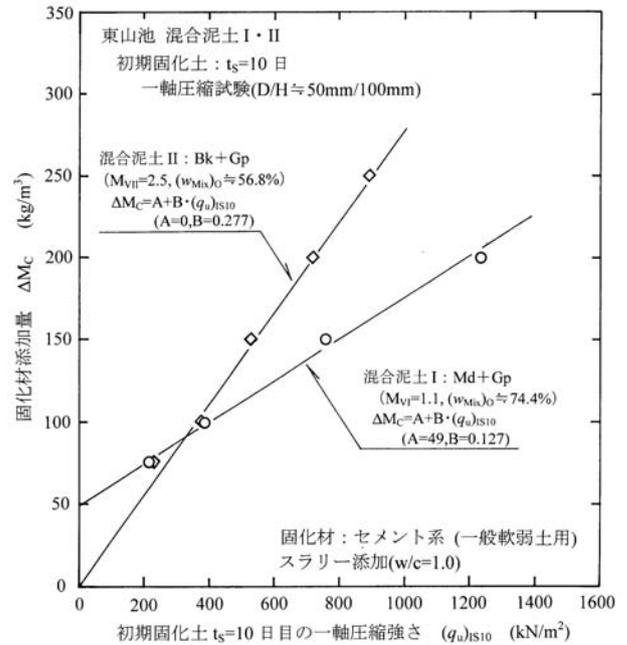


図-11 初期固化土I・IIの $\Delta M_C \sim (q_u)_{IS10}$ 関係

$$(q_u)_{IS10} = a \cdot [w_{Mix} / (w_{Mix})_0]^b \quad (b = -1.37)$$

と式(6)を組み合わせた

$$\Delta M_C = A + B \cdot [(q_u)_{IS^*} / \alpha_{FL}] \cdot [w_{Mix} / (w_{Mix})_0]^b \quad (7)$$

を利用して行うものとする¹⁾。

4. 4 砕・転圧土の沈下に対する目標強度

既設堤体の開削部は、ランダムゾーンIIと同じ砕・転
 圧土IIにより埋戻すことになっているが、堤体中心部
 にあたるため、上・下流側に腹付けたコアゾーンIやラ
 ンダムゾーンIIと比較すると高い土被り圧下に置かれ
 る。堤体中心部の土被り圧 σ_v は、埋戻し部の下層ほ
 ど高い値となる。砕・転圧土により築造した堤体では
 堤体内の土要素が受ける $\sigma_v = \gamma_{icc} \cdot Z$ ($\gamma_{icc} = \rho_{icc} \cdot g$ 、
 ρ_{icc} : 砕・転圧土の密度、 g : 重力加速度、 Z : 土被り
 深さ) により圧縮沈下するが、これが堤体の安定性や
 遮水性に有害な影響を及ぼしてはならない。

通常の築堤土は築堤に伴って増加する σ_v により圧
 縮沈下すると高密度化して強度が増加する。一方、砕
 ・転圧土は化学的に固結しているため、 σ_v の増加によ
 り生じる圧縮沈下は通常の築堤土と比較して小さいも
 のの、ある限度以上の応力レベルを超えると固結構造
 が降伏あるいは破壊することに注意しなければならない。
 砕・転圧土の固結構造が築堤に伴う σ_v により降伏
 しないようにするには、 $(q_u)_{CC^*}$ を土被り圧 σ_v よりも
 高く

$$(q_u)_{CC^*} \geq \sigma_v$$

のように設定することで可能となる。そこで、東山池
 では開削部をランダムゾーンIII~II4として目標強度
 レベル $(q_u)_{CC^*}$ を土被り深さZ毎に変えることにした。
 ランダムゾーンIIの $(q_u)_{CC^*}$ が

$$t_s=3日 : (q_u)_{CC^*} = 151\text{kN/m}^2$$

$$t_s=4日: (q_u)_{cc^*}=119\text{kN/m}^2$$

であるから、許容土被り深さZは湿潤密度を $\gamma_{tcc}=15.9\text{N/m}^3$ (室内配合試験による) とすると

$$t_s=3日: Z \leq (q_u)_{cc^*} / \gamma_{tcc} = 151 / 15.9 \approx 9.5\text{m}$$

$$t_s=4日: Z \leq (q_u)_{cc^*} / \gamma_{tcc} = 119 / 15.9 \approx 7.5\text{m}$$

のように求まる。そこで、土被り深さZが9.0mより浅い部分はゾーンII4として、 $(q_u)_{cc^*}$ はランダムゾーンIIの $t_s=3$ 日における値と同じとした。そして、これより深い部分は3m毎にゾーンII2~II4として、各ゾーンの $(q_u)_{cc^*}$ は

$$(q_u)_{cc^*} = \gamma_{tcc} \cdot Z$$

として段階的に高く設定することにした。表-3にはランダムゾーンIII~II4における $(q_u)_{cc^*}$ と、これを現場で達成するために必要な $\Delta M_c = \Delta M_c^*$ を示している。ゾーンIII~II4の形状は図-2の堤体標準断面に示したように、水平部を堤頂面と同じ位置、同じ5m幅とし、かつ上・下流側を堤体の法面形に相似させてそれぞれ1:3.0と1:2.5の勾配の台形とした。

表-3 ランダムゾーンIII~II4における $(q_u)_{cc^*}$ と ΔM_c^*

ランダムゾーン	t_s (日)	$(q_u)_{cc^*}$ (kN/m ²)	R	$(q_u)_{is}^*$ (kN/m ²)	$(q_u)_{is}^* / \alpha_{FL}$ (kN/m ²)	ΔM_c^* (kg/m ³)
II4 (Z≤9m)	3	151	0.50	302	453	125
	4		0.47	321	482	134
II3 (Z=9~12m)	3	191	0.50	382	573	159
	4		0.47	406	609	169
II2 (Z=12~15m)	3	239	0.50	478	717	199
	4		0.47	509	764	212
III (Z≥15m)	3	270	0.50	540	810	224
	4		0.47	574	861	238

4.5 砕・転圧土の遮水性

東山池では、コアゾーンIが堤体補強だけでなく遮水ゾーンとして機能するものなので、これの築造に用いる砕・転圧土Iは所要の遮水性を満足していなければならない。砕・転圧土の透水特性は堤体内の土要素が受ける築堤に伴って土被り圧 σ_v が増加する応力状態のもとで調べることが望ましく、砕・転圧盛土工法では σ_v に相当する等方応力 σ_c を加えた状態の透水係数 k_{TC} が求められる三軸セルを用いた透水試験 (以下三軸透水試験という) を標準としている¹⁾。

図-12には ΔM_c を変えた砕・転圧土I ($t=t_s+t_{cc}=3+7=10$ 日) の三軸透水試験から得られた $k_{TC} \sim \sigma_c$ 関係を示す。図から、砕・転圧土の k_{TC} は σ_c の影響を強く受け、 σ_c の増加とともに低下すること、そして k_{TC} の σ_c への依存性は ΔM_c が増加するほど緩やかになることがわかる。砕・転圧土の k_{TC} が σ_c に依存するので、代表的な透水係数として $\sigma_c=20\text{kN/m}^2$ における値 $(k_{TC})_{20}$ を採用すると、砕・転圧土Iの $(k_{TC})_{20}$ は ΔM_c に関係なく室内試験における遮水性基準値

$$k_{Lab} \leq 1 \times 10^{-6} \text{cm/s} \quad (9)$$

を満足しており、砕・転圧土Iがコア材として十分な遮水性を有していることがわかる。

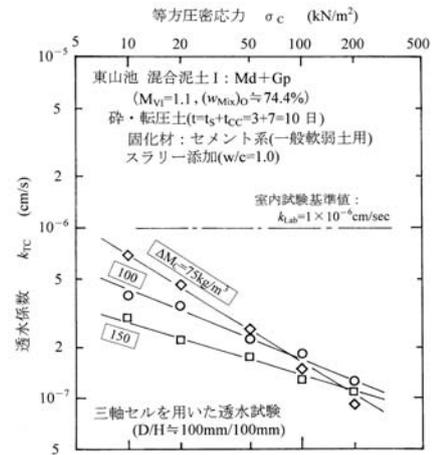


図-12 砕・転圧土Iの $k_{TC} \sim \sigma_c$ 関係

図-13には ΔM_c を変えた砕・転圧土IIについて実施した三軸透水試験による $k_{TC} \sim \sigma_c$ 関係を示す。砕・転圧土IIによるランダムゾーンには遮水性が要求されないものの、図からコア材と同等の遮水性を有していることがわかる。このため、東山池ではコアゾーンIとランダムゾーンIIのようにゾーニングしているものの、設計上の堤体内浸潤面の推定には、前述したように、均一型堤体として扱う必要性が理解できよう。

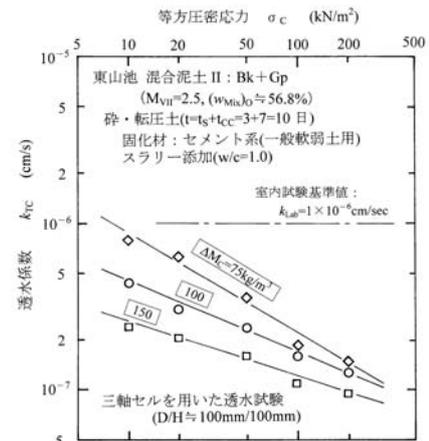


図-13 砕・転圧土IIの $k_{TC} \sim \sigma_c$ 関係

5. 砕・転圧盛土工法の施工

5.1 混合泥土の初期固化のための準備工事

プラントヤードは広さ約 150m^2 (幅10m×長さ15m)を整地してから鉄板を敷いて準備し、ここにスラリープラント、圧送ポンプ、スラリー流量計、20t水タンク、30tセメントサイロ2台からなるプラントを設置した。また、土質試験室(2間×3間)はプラントヤードに隣接して設置し、施工管理に必要な各種の試験装置・器具類を装備した。

混合泥土の初期固化は深さ一定の固化ピット内で行うので、池上流域の平坦部に当日固化分、1日目固化分、2日目固化分、3日目解砕あるいは3日目固化分、4日目解砕あるいは混合泥土投入分の図-14に示すような寸法と形状を持つピット5個を造成した。固化ピット

ト1個の大きさは1日の最大固化量約225m³に相当する幅4.5m×深さ2.5m×長さ約20mとした。混合泥土Iは原料土であるMd材とGp材をそれぞれの層厚Z_{Md}とZ_{Gp}が混合比M_{VI}に相当する割合

$$M_{VI} = Z_{Gp} / Z_{Md}$$

になるように固化ピット内に投入して準備した。同様に、混合泥土IIはBk材とGp材をそれぞれの層厚Z_{Bk}とZ_{Gp}が混合比M_{VII}に相当する割合

$$M_{VII} = Z_{Gp} / Z_{Bk}$$

になるように固化ピット内に投入して準備した。

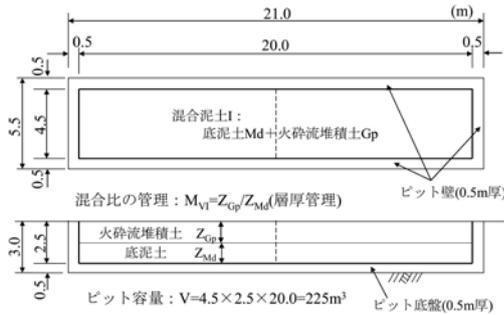


図-14 固化ピットの形状と寸法

5. 2 混合泥土の初期固化工程

初期固化工程は、固化ピット内にある混合泥土の w_{Mix} を午前と午後の各1回測定し、 w_{Mix} と $(w_{Mix})_0$ との差に応じて $(w_{Mix})_0$ における ΔMc^* を式(8)式により加減し、固化材を固化ピット内の混合泥土に添加して初期固化期間 $t_s=3$ あるいは4日だけ固化させる工程である。固化材の添加は、トレンチャー型攪拌混合機により、スラリー化した固化材（水・固化材比 $w/c=1.0$ ）を攪拌部先端から一定流量で混合泥土中に吐き出して一定速度で攪拌することで行った。

5. 3 初期固化土の解砕工程

解砕工程は $t_s=3$ 日あるいは4日だけ固化させた初期固化土をバケット式解砕機により掘削し、規定の D_{max} で解砕しながら不整地運搬車に積込みを行う工程である（この状態の初期固化土を解砕土という）。バケット式解砕機は掘削→解砕→積込みを連続的にできるように、0.7m³級バックホウの格子バケットに最大力200kNの押土プレートを装着したもので、解砕は格子バケットで掘削した初期固化土を押土プレートにより格子空間から押出すことで行う（解砕能力は約50m³/時間）。

D_{max} は解砕バケットの格子間隔を200, 100, 50mmの3種類に変えて設定し、底泥土の細粒分が少なく遮水性を確保しにくい場合ほど小さい D_{max} を採用する。東山池での D_{max} はコアゾーンIの原材料である混合泥土Iが細粒分を多く含んでおり、遮水性を確保しやすいことから200mmとした。

5. 4 解砕土の築堤工程

解砕土の築堤は、固化ピットから運搬されてきた

解砕土をバックホウで撒出し、ブルドーザで一定層厚（ $\Delta H=30$ cm程度）に敷均しをしてから、15^ト級ブルドーザ（乾地）により規定回数N回だけ転圧して1層毎に行う工程である。転圧回数Nは試験施工を実施して所要の強度と遮水性が確保でき、かつ転圧機械により軟弱化しない回数として $N=6$ 回に決定した。ここで、解砕土の撒出しにバックホウを使用するのは、均一な堤体築造のために粒径の大きい粒子が偏在しないように、かつ一定の層厚になるようにするためである。また、転圧にブルドーザを使用したのは、固化途中の状態にある解砕土を転圧する時に築堤面で発揮される強度 $(q_u)_{CC0}$ が低くともトラフィカビリティが確保しやすいからである。

6. あとがき

本稿は、砕・転圧盛土工法を採用して実施した東山池の堤体改修（耐震補強と漏水防止）の事例を紹介したものである。東山池は改修後の堤高が $H=14.7$ mとため池として規模が大きく、また基礎地盤が傾斜して堤体下流側先での直高が $H=18.6$ mと高いことから、堤体の安定性を確保するには慎重な対応が必要とされた事例である。

東山池での砕・転圧盛土工法は底泥土を含む3種類の掘削発生土を用いてコアゾーンとランダムゾーンの2種類の砕・転圧土を製造したもので、発生土の組合せ毎に異なる混合比の管理や、含水比の影響を考慮した固化材添加量の補正など複雑な材料管理が要求された。そして、東山池の事例は堤体改修のための堤体ゾーニングをコアゾーンとランダムゾーンからなるゾーン型堤体としたこと、下流側にフィルターゾーンを配置しているなど多くの点でフィルダムの堤体改修のモデル試験的な意義を有しており、今後の規模の大きいため池、あるいはフィルダムの堤体改修工事に参考になるものと思われる。

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) 谷 茂, 福島伸二, 北島 明, 五ノ井 淳, 西本浩司：砕転圧盛土工法による老朽ため池堤体の補強と漏水防止のためのゾーニングについて、水と土、第151号, pp.92-104, 2007。
- 3) 社セメント協会編：セメント系固化材による地盤改良マニュアル（第三版）、技報堂出版、2003。
- 4) 嘉門雅史：ヘドロの工学的性質について、土と基礎、Vol.26, No.1, pp.19-24, 1978。
- 5) 農林水産省農村振興局整備部設計課：土地改良事業設計指針『ため池整備』、農業土木学会、2006。

高橋脚農道橋の設計・施工

(広域農道整備事業 多良岳地区)

吉田 恭一* 片 渕 隆 昭* 鶴 田 誠*
 (Kyouichi YOSHIDA) (Takaaki KATAFUCHI) (Makoto Tsuruda)

目 次

I. はじめに	19	III. 施工結果と施工上の留意点	23
II. 鋼管コンクリート複合構造橋脚	20	IV. おわりに	23

I. はじめに

広域農道多良岳地区建設地域は、多良岳山系を頂点として有明海に向かって手のひらを広げたように、高低差が100m前後の山と谷が放射状に連続した地形をなしている。そこに広がる農地では、みかん、米麦、施設園芸、畜産等幅広い農業が展開されている。しかし、有明海沿いの幹線である国道207号に向かって縦方向の道路はあるものの、横方向の連絡道路がない状況であり、国道と並行して走るJR長崎本線の狭隘なガードや踏切とともに効率的な農産物流通の障害となっている。このため、広域営農団地内を南北に貫き農業施設間を連携する広域農道を建設することで農産物流通の合理化、農村環境の改善や地域の活性化を図るべく事業を展開している。(図-1)

広域営農団地農道整備事業 多良岳地区の事業概要は、佐賀県鹿島市浜町を起点とし藤津郡太良町今里の長崎県境までを結ぶ全体延長 L=17,450m (うち橋梁21箇所 L=4,312m, トンネル2箇所 L=744m), 事業期間 平成3年度～平成22年度(予定), 平成20年度末進捗率は約90%となっている。当地区においては



図-1 多良岳地区位置図

平成20年度までに橋梁17箇所が完成しているが、今回橋脚高50mを超える多良岳7号橋と20号橋に鋼管コンクリート複合構造橋脚を初めて採用した。ここで、その工法・施工状況について20号橋(図-2) P2橋脚の施工実例の概要を紹介する。

〔橋梁概要〕

- 形式: PC5 径間連続ラーメン橋
- 橋長: 335m
- 全幅: 8.9m
- 橋台: 逆T式橋台(A1, A2)
- 橋脚: 中空断面RC橋脚(P1, P4)
鋼管・コンクリート複合構造橋脚(P2, P3)

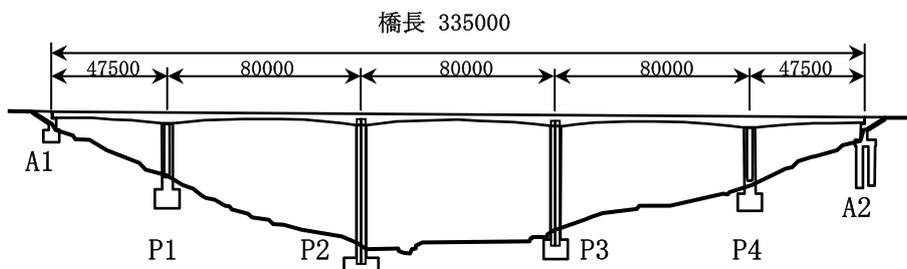


図-2 多良岳20号橋(仮称)側面図

*佐賀県県土づくり本部鹿島農林事務所
 (Tel. 0954-63-5116)

II. 鋼管コンクリート複合構造橋脚

鋼管コンクリート複合構造橋脚（図-3）（写真-1）は、平成4年度に日本道路公団と大林組で共同開発された工法であり、高橋脚工事の省力化・急速施工及び耐震性の向上を目的に開発された鋼管を主体とする鉄骨鉄筋コンクリート構造で、平成5年度に大分自動車道で試験施工が行われた。その後、平成10年度に日

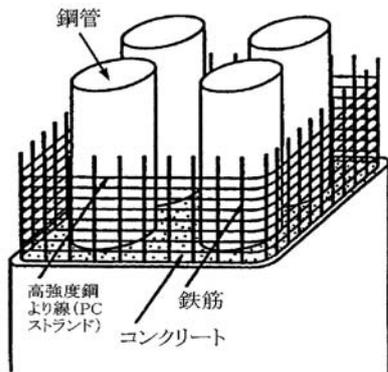


図-3 鋼管コンクリート複合構造橋脚構造図



写真-1

本道路公団より「鋼管・コンクリート複合構造橋脚マニュアル」が出版され、第二東名・名神高速道路の高橋脚（H>30m）に採用、標準化されている。

1 構造特性

- (1)橋脚断面内部に鋼管を配し、帯鉄筋には高強度より線（PCストランド）をらせん巻きにしている。
- (2)帯鉄筋を連続らせん巻きすることで、通常鉄筋に用いられる定着フック部の弱点が無いため、鋼材の全強を發揮でき、せん断補強材として高い性能を發揮する。
- (3)PCストランド帯鉄筋と鋼管でコンクリートを拘束することでじん性向上が期待できる。
- (4)鋼管をコンクリート内部に配置することで、鋼管の局部座屈が防止される。
- (5)鋼管内部は中空断面とすることができ、橋脚の重量軽減が図られる。なお、塑性ヒンジ区間は鋼管内部にもコンクリートを充填し耐震性を高める構造となっている。

2 経済性

- (1)一般的に橋脚高さ約35m以上では（図-4）のように中空RC断面構造に比べて経済的となる。

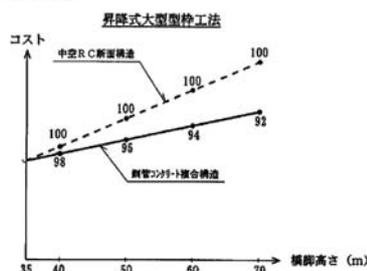
また、ラーメン橋で橋脚高さが著しく異なり断面力が脚高の低い橋脚に集中する場合、レベル2地震動時の比較により35m以下の橋脚でも在来工法より経済的になる場合がある。

3 施工性

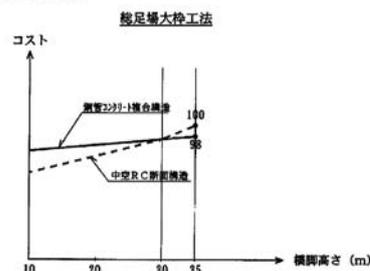
鋼管コンクリート複合構造橋脚の施工特性は、

- (1)鋼管を主鉄筋の一部として用いることで、主鉄筋組み立てのプレハブ効果があり主鉄筋量を大幅に低減することが可能となり現場での作業が軽減される。
- (2)従来の帯鉄筋に代えてPC鋼より線を機械化施工による連続らせん巻きとするため、作業量の大幅な軽減が可能となり施工の迅速化が図られる。
- (3)鋼管を中空部の内型枠として利用することで内型枠の施工を省略できる。
- (4)コンクリート・型枠作業については、鋼管を反力台としたハイブリッド・スリップフォーム（HSF）工

1. 橋脚高さ 35m以上



2. 橋脚高さ 35m未満



※橋脚高さの区切りは、橋脚断面等により5m程度前後する。

図-4 鋼管構造と中空断面の経済比較

（出典：ハイブリッド・スリップフォーム工法技術資料（株大林組））

法を採用することにより、迅速な施工を行うことが可能である。

以上のことから、本地区では経済性、施工性、耐震性を総合的に比較検討した結果、多良岳7号橋・20号橋にHSF工法による鋼管コンクリート複合構造橋脚を採用した。

P2橋脚の型式は、直接基礎、フーチング上面からの柱高 $H=55.0\text{m}$ 、断面は $6.2\times 4.1\text{m}$ の長方形、内部には $\phi 1400\text{mm}$ 、 $t=10\text{mm}$ の鋼管を6本と鉄筋およびPC鋼より線を配したものである。その主な施工手順は以下のとおりである。

①フーチング内埋込鋼管の施工 (写真-2)



写真-2

②2段目以降の鋼管・鉄筋の建て込み (写真-3)
(写真-4)



写真-3



写真-4

③ハイブリッド・スリップフォーム (HSF) 装置の組立・上昇

④コンクリート打設+上昇 (繰り返し)

また、HSF工法の特徴として以下のような点が挙げられる。

①先行して自立させた剛性の高い鋼管に反力を取り、安定した機構で型枠装置と足場を一体で上昇(下降)させることができる。(図-5) (写真-5)

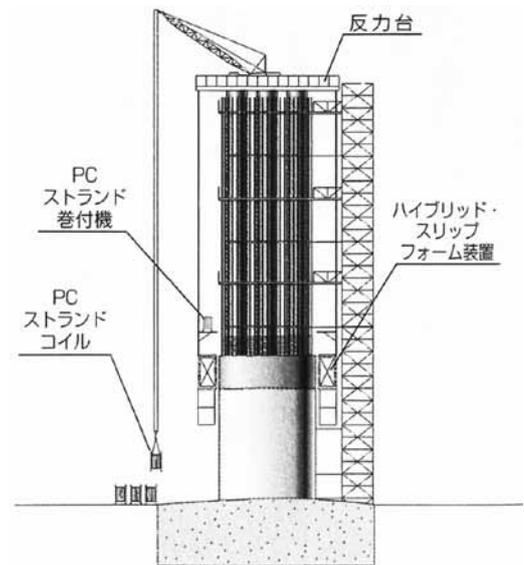


図-5 HSF装置概念図



写真-5



写真-6 PCより線巻付機



写真-7 型枠支保工

- ②PC鋼より線の施工は、装置の上部に搭載された自走式巻き付け機を利用して行うことから鉄筋組立の省力化を図ることができる。(図-6) (写真-6)
- ③型枠支保工は堅固な立体トラスでセパレータが不要なため、型枠組立・解体の省力化を図ることができる。(写真-7)

- ④躯体に接する型枠を存置したまま型枠装置は上昇する。型枠はコンクリート養生後に下部作業床で外し、中央作業床に引き上げ転用する。このため、迅速な施工をしながら確実な養生ときれいな仕上がり面を得ることができる。(写真-8)

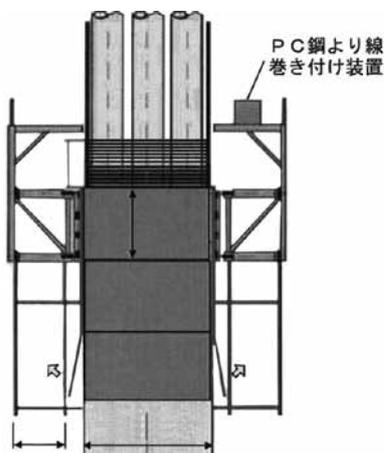


図-6 HSF拡大図



写真-8 型枠取付

- ⑤鋼管・鉄筋を一括で建て込み後、1日1リフトの連続したコンクリート打設を行うことから、本工法は在来工法と比較し1橋脚の工期を短縮できると

ともに1橋脚当たりの型枠装置の設置期間も半分にすることができる。

Ⅲ. 施工結果と施工上の留意点

鋼管複合コンクリート橋脚の施工及びハイブリッド・スリップフォーム（HSF）工法の採用で得た結果や施工上の留意事項等について、以下に要約する。

- (1)本工法の特徴として主鉄筋量を減らすため鋼管を使用しているが、鋼管の建て込み・現場溶接作業の際、日照・気温により部材の伸縮が発生するため、鋼管の鉛直精度の確保に相当の注意を要した。
- (2)鉄筋コンクリートの品質については、躯体表面において0.2mmを超えるような水和熱による内部拘束クラック等は発見されなかった。躯体の温度解析によるとコンクリート打設1日目の躯体表面と躯体中央部の温度差は約10℃ほどであり、コンクリートの水和熱が鋼管により放熱され、躯体中央部の過度な温度上昇が抑えられていると考えられる。また堅固な型枠支保工の使用でセパレータが不要なことからきれいな仕上がり面となり、コンクリートの品質確保の面からも施工結果は良好であったと考えられる。
- (3)施工性においては、脚柱部のコンクリート打設が開

始後約1ヶ月で完了したことから、HSF装置により効率的な作業がすすめられたことが確認できた。

- (4)安全面においては、鋼管コンクリート複合橋脚はHSF装置により作業スペースを広く確保できるため、人員・資材等の落下事故が発生する危険性が従来の工法よりかなり低くなるといえる。また、上部作業床によって主作業が行われる中央作業床が日陰となるため、夏期の施工に際しては熱中症予防等健康管理面でのメリットも高いと思われた。

Ⅳ. おわりに

本工法は在来工法による施工に比べると、ハイブリッド・スリップフォーム（HSF）工法により迅速な施工を行うことができた結果、脚柱部コンクリート打設作業については、工期短縮を図ることができた。しかしHSF装置稼働の前後の工程（鋼管建て込み、HSF装置組立・解体等）に約2ヶ月の期間がかかったことから、全体として見た場合、大きな工期短縮の実現には至らなかった。今後はHSF装置のさらなる改良など新たな技術開発により、より大きな工期短縮が図られることを望みたい。



写真-9 平成20年11月の20号橋施工状況 左からP1, P2, P3

排水機場の基礎杭形式の検討について

西 川 幸 秀* 工 藤 俊 隆**
 (Yukihide NISHIKAWA) (Toshitaka KUDOU)

目 次

1. はじめに	24	6. 調査試験の実施	26
2. 地区の概要	24	7. 杭長の決定	28
3. 中央幹線排水機場の概要	24	8. コスト縮減額の算定	28
4. 機場の地質概要	25	9. あとがき	28
5. 基礎杭形式の選定	25		

1. はじめに

国営かんがい排水事業江別南地区は、北海道石狩支庁管内の江別市及び北広島市に位置する畑作野菜を主体とした農業地帯である。地区内の土質は泥炭及びシルト層が分布する軟弱地盤であり、農地の湛水及び過湿被害が生じているため、その解消を目的に排水機場及び排水路の整備を行うものである。

本報では、新設する中央幹線排水機場の設計にあたり、一般的な支持杭形式の他に、下層部に堆積する洪積粘性土層に着目して、摩擦杭形式を検討した結果を報告するものである。

2. 地区の概要

本地区は、北海道石狩支庁管内の江別市及び北広島市に位置する1,204haの農業地帯である。本地区の排水機場及び排水路は、土地利用の変化による流出形態の変化及び泥炭土に起因する地盤沈下の進行などにより排水能力の不足が生じ、降雨時には農地の湛水、過湿被害が発生している。このため、本事業により排水機場及び排水路を整備し、土地生産性の向上及び農作業の効率化による農業経営の安定を図り、地域農業の振興に資するものである。

3. 中央幹線排水機場の概要

本地区は、千歳川を排水本川とする流域面積23.7km²の区域で、新設する中央幹線排水機場と、既

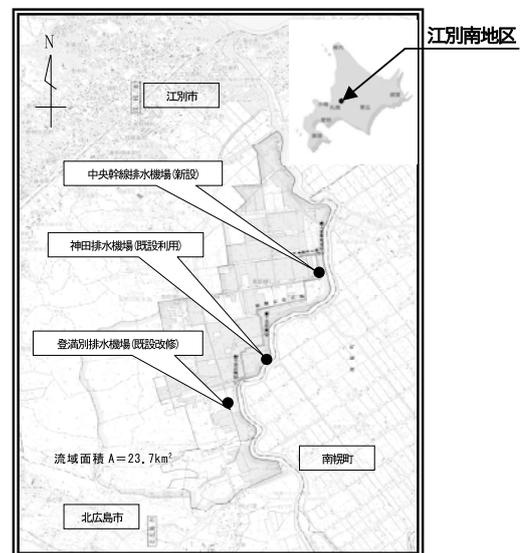


図-1 江別南地区位置図

設改修する登満別排水機場及び既設利用する神田排水機場の合わせて3箇所の排水機場によって排水する計画である。

なお、本機場の計画諸元は表-1に示す通りである。

表-1 中央幹線排水機場の計画諸元

計画基準雨量	2日連続 R=165mm
計画排水量	Q=6.00m ³ /s
ポンプ口径	φ1,200
ポンプ形式	横軸斜流ポンプ
全揚程	H=4.10m
台数	N=2台
原動機仕様	ディーゼルエンジン180kw

*北海道開発局札幌開発建設部札幌北農業事務所
 (Tel. 011-391-0595)

**北海道開発局帯広開発建設部農業開発第1課
 (Tel. 0155-24-4121)

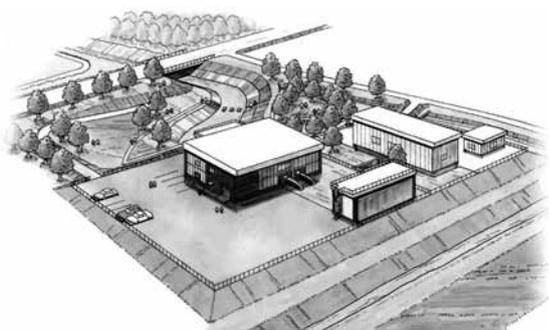


図-2 中央幹線排水機場イメージ図

4. 機場の地質概要

本地区に分布する沖積層は、砂・シルト・粘土・泥炭などで構成され、自然堤防堆積物・後背湿地堆積物・扇状地堆積物に大別される。低平地はその大半を後背湿地堆積物である泥炭、粘土、シルトが野幌層群の堆積層を覆って表層を形成し、千歳川へ向かうに従いその層厚を厚くしている。このうち泥炭はその構成植物から高位・中位・低位の各泥炭に分けられる。また、千歳川沿いには砂・砂質シルトなどによる自然堤防堆積物が带状に分布し、丘陵地帯を源とする小河川

の流域には、砂、シルト、粘土などにより平坦な谷底平野や小規模な扇状地が形成されている。

機場地点の地質縦断図は図-3に示す通りである。特記すべきは、EL-25m付近（概ねEL-20~30m）の有機質土層（Do）、砂質土層1（Ds1）、礫質土層（Dg）層が、既設土質調査データ（市道及び堤防直下）と排水機場建設位置地質調査結果と層厚が大きく異なり、支持層として必要なN値を評価するには、砂及び砂礫層の層厚が薄いことから、吸込水槽取付水路と吐出し水槽地点の追加地質調査（図-3 H19B1-1, 1-2）を行うこととした。

5. 基礎杭形式の選定

「道路橋示方書・同解説 IV編H14.3」（以下、「道示」という。）では、良質な支持層の目安として、砂及び砂礫層においてN値が30程度以上、粘性土ではN値が20程度以上としている。

本機場における支持層の考え方は、「道示」に準拠し、砂及び砂礫層はN値30以上を支持層とした支持杭を基本とするが、次の理由により摩擦杭も念頭において検討を行うこととした。

表-2 地質凡例

地質時代	地層名	土層名	記号	層厚 (m)	N値 (回)	qc値 (kN/m ²)	相対密度 (%)		
新 世	沖積層	表土・盛土	Bs	0.40~0.50	-	315~855 (568)	-		
		泥炭層	Ap	2.40~2.70	0	139~309 (199)	非常に軟らかい		
		有機質粘性土層	Acp	2.40~3.40	0~1 (0.3)	177~778 (325)	非常に軟らかい		
		砂質粘性土層	Asc	-	-	-	-		
		砂質土層	As	1.80~2.30	1~3 (2.0)	1,078~1,528 (1,265)	非常に緩い		
		粘性土層1	Ac1	12.00~14.60	0~1 (0.2)	-	非常に軟らかい		
		粘性土層1'	Ac1'	2.00~2.50	1~4 (2.0)	-	非常に軟らかい 軟らかい		
		粘性土層2	Ac2	3.60~5.45	1~7 (4.4)	-	非常に軟らかい 中位の		
		火山灰質砂層	Avs	-	-	-	-		
		更 世	洪 積層	有機質土層	Do	0.40~1.55	3~8 (6.0)	-	軟らかい 中位の
				砂質土層1	Ds1	1.75~4.90	5~32 (12.7)	-	緩い 密な
				礫質土層	Dg	2.15~3.05	21~50 (42.7)	-	中位の 非常に密な
				粘性土層1	Dc1	8.45~8.70	9~26 (17.0)	-	硬い 非常に硬い
粘性土層1'	Dc1'			0.75~1.15	15~33 (23.0)	-	非常に硬い 固結		
砂質土層2	Ds2			2.30~2.40	27~50 (43.0)	-	中位の 非常に密な		
新 世	沖積層	粘性土層2	Dc2	2.70~3.05	12~27 (19.1)	-	硬い 非常に硬い		
		砂質土層3	Ds3	5.15~6.50	35~50 (48.4)	-	密な 非常に密な		

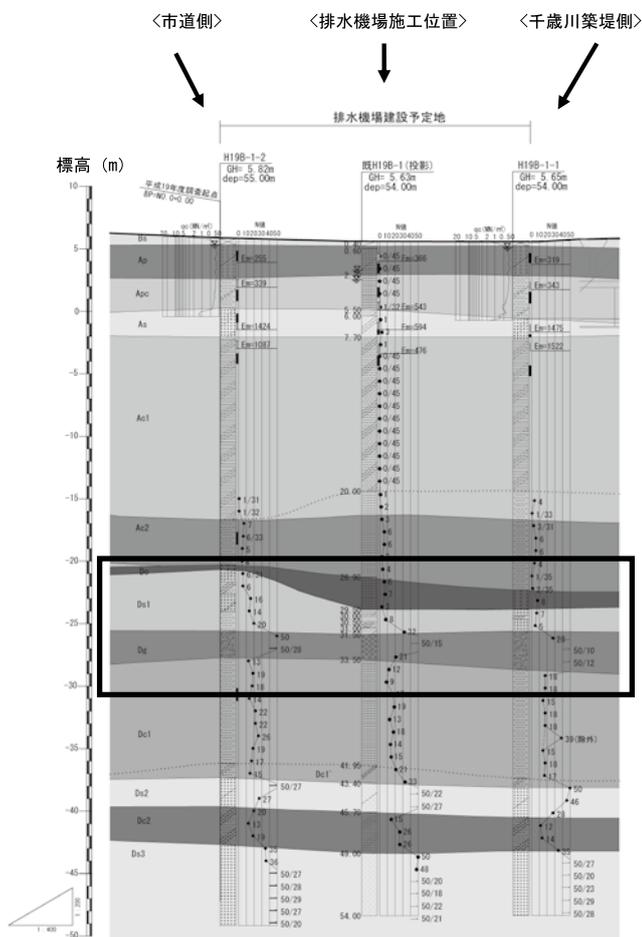


図-3 地質縦断図

- ①EL-28.00～38.00mに堆積するN値9～50の洪積粘性土層Dc1で十分な周面摩擦力が期待できる。
- ②吸込水槽取付水路と吐出し水槽の2地点で追加調査を実施し、上記洪積粘性土層の過圧密状態の把握や三軸試験による粘着力の推定が可能である（図-4参照）。
- ③杭体応力や変位から杭本数が決まる場合は摩擦杭でも支持できる可能性がある。
- ④洪積粘性土地盤の粘着力は、沖積地盤に対しN値推定値が大きくなる。¹⁾

本機場のうち、吸込水槽については、建屋と一体構造となり、建築基準施行令第3章第2節第38条2項には、「建築物には、異なる構造方法による基礎を併用してはならない」と定められていることから、支持杭と摩擦杭の併用は不可と判断し建屋基礎形式に合わせ

て支持杭とした。

6. 調査試験の実施

(1)更に精度を上げるための土質調査試験

当初実施した地質調査（機場地点H19B-1、市道橋地点H19B-2）の結果、GL-30m以深の土層に大きな変化が見られることが判明したため、吸込水槽取付水路流入部（H19B-1-2）と吐出し水槽（H19B-1-1）の2箇所のボーリング調査を追加した。

追加調査に合わせて、深層GL-26m～37mの洪積粘性土層Dc1と、沖積粘性土層Ac2における地盤強度と圧密特性を把握するため、トリプルサンプリングを行い、採取した土から、三軸圧縮試験（UU）、圧密試験（図-6（Ac2、Dc1））を実施した。

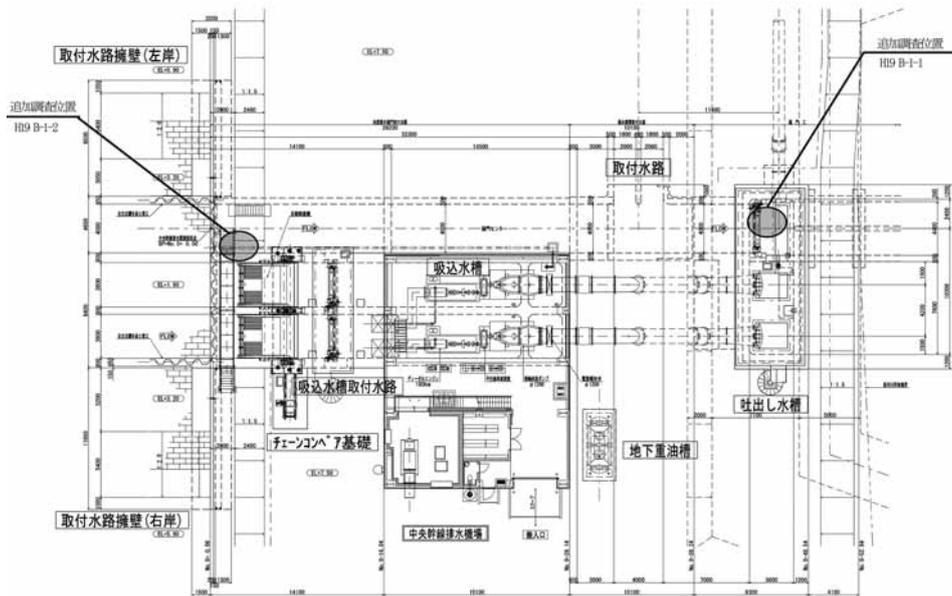


図-4 中央幹線排水機場平面図

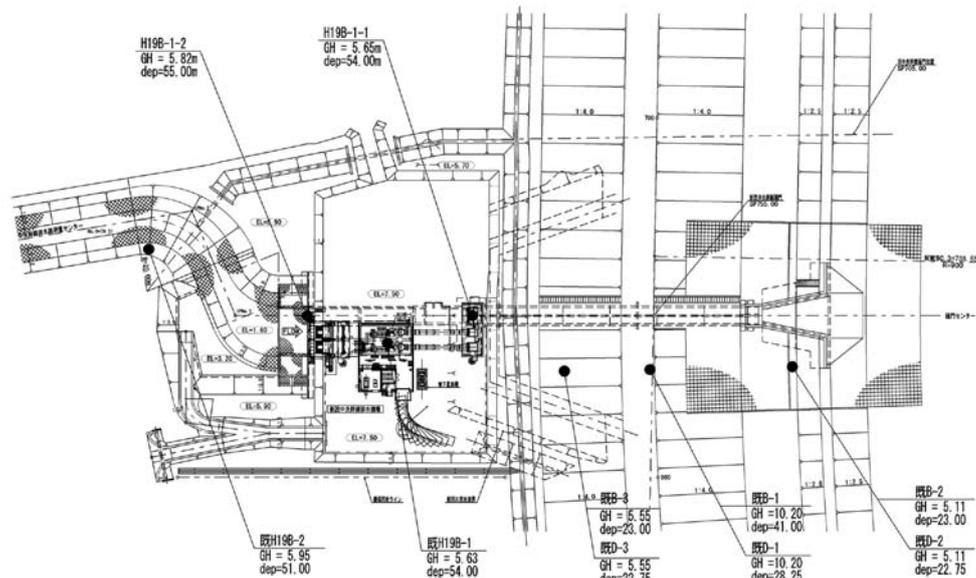


図-5 ボーリング調査位置図

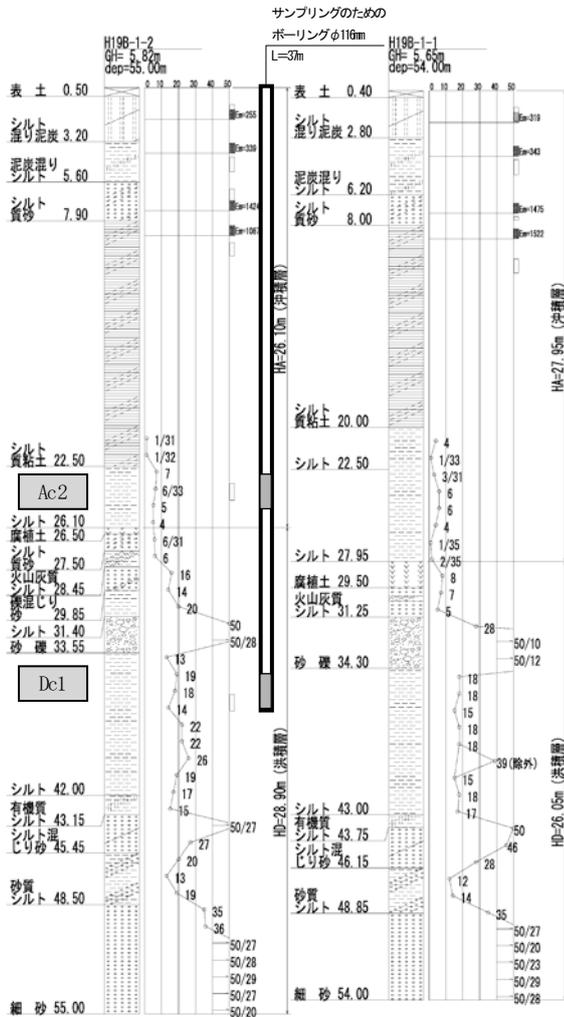


図-6 ボーリング柱状図

追加試験の三軸圧縮試験による粘着力と、通常のN値からの推定式による粘着力を比較するとともに、土質の圧密状態を確認し、より精度の高い検討を行った。

なお、サンプリング方法については、調査対象となるAc2層及びDc1層はN値が高いことからトリプルサンプリングを採用した。

サンプリングに使用するトリプルサンプラーとは、アウターチューブ、インナーチューブ、ライニングチューブの三重構造のことをいい、適用土質はN=4以上の粘性土から砂質土および風化岩までとサンプリングの適用範囲が広いことから、トリプルサンプラーを採用した(図-7)。

(2)三軸圧縮試験の結果

Ac2層とDc1層の三軸圧縮試験による粘着力は、沖積粘性土層Ac2では、N値換算値とほぼ同値であったが、洪積粘性土層であるDc1層では、N値換算値より約2.1倍大きい値を示した(表-3)。

なお、粘性土地盤における周面摩擦力度と非排水せん断強度Cuとの関係は、Cuが大きくなるとバラツキが大きくなることから、「道示」では、周面摩擦力度

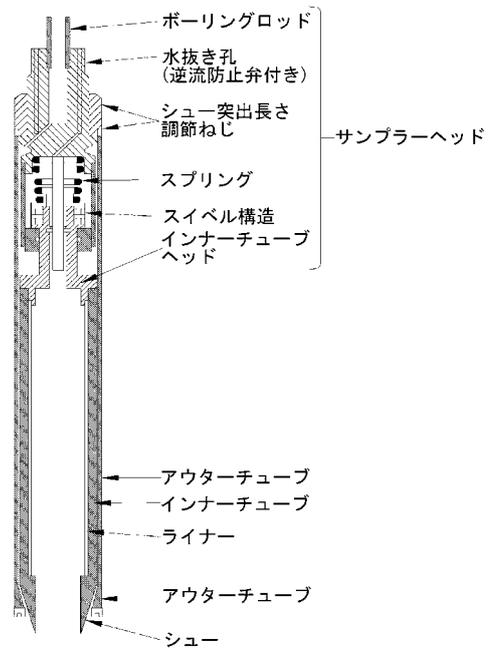


図-7 トリプルサンプラー概念図

表-3 三軸圧縮試験による粘着力 (単位: kN/m²)

土質記号	N値からの推定式による粘着力	三軸圧縮試験による粘着力Cu
Ac2	43	44.9
Dc1	94	169.7

の上限値を打込み杭工法の場合は150kN/m²と定めており、三軸圧縮試験によるDc1層での設計周面摩擦力度は上限値(N値換算値の1.5倍相当)まで見込むことができた。

(3)圧密試験の結果

a)負の周面摩擦力度検討時の中立点

Ac2層とDc1層の圧密試験の結果は表-4に示す通りである。圧密降伏応力(p_c)と有効土被り圧(p₀)の比は過圧密比OCRで示される。

Ac2層の現状は「軽い過圧密状態」にある。また、埋戻土や盛土を想定した増加荷重を加えた後(Ac2層下段の値)も「軽い過圧密状態」にあり、将来的な応力は過圧密域内での変動となる。そのため、Ac2層は負の周面摩擦力度の対象土から除外し、負の周面摩擦力度検討時の中立点はAc2層上端に設定することとした。

表-4 過圧密比OCR (単位: kN/m²)

土質記号	p _c	p ₀	OCR (p _c /p ₀)	履歴状態 ²⁾
Ac2	298.0	157.9	1.89	軽い過圧密
		193.5	1.54	軽い過圧密
Dc1	910.0	274.3	3.32	過圧密

b) 摩擦杭の沈下量

Dc1層の圧密試験の結果を用いて沈下量を算定すると、2~4mmであり（表-5）、許容沈下量10~50mm（杭の許容変位量より、土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「ポンプ場」50mm、建設省河川砂防技術基準（案）同解説設計編[I]10mm）に対し問題ないことが確認できた。

表-5 杭先端の増加応力と沈下量

	P_0	$P_0 + \Delta p$	P_c	沈下量
取付水路擁壁	260.0	267.2	910.0	2mm <50mm
吸込水槽取付水路	353.2	367.7	910.0	2mm <50mm
吐出し水槽	271.9	307.88	910.0	4mm <10mm

7. 杭長の決定

杭長の検討にあたっては、周面摩擦力度などの設計定数は追加試験結果を基に見直しし、N値推定の定数は構造物と位置関係から次のように区分し杭長の検討を行った。

- ①取付水路擁壁：H19B-1-2
- ②吸込水槽取付水路：H19B-1とH19B-1-2を対比して条件の不利な方
- ③吸込水槽，建屋：H19B-1
- ④取付水路：H19B-1とH19B-1-1を対比して条件の不利な方
- ⑤吐出し水槽：H19B-1-1

検討の結果、杭本数は杭体応力度や変位、および配置上の最低本数で決定しているため、支持杭と摩擦杭の杭本数は同じ条件である。

一方、支持杭に対して摩擦杭とした場合の杭長は、2.0~14.5m低減することができた（図-8）。

8. コスト縮減額の算定

摩擦杭を採用した場合のコスト縮減額は、工事費ベースで13,000千円となった。（表-6）

9. あとがき

排水機場では、「道示」で示す砂礫層ではN値が30程度以上、粘性土ではN値が20程度以上を支持層にした支持杭が採用されてきたが、地盤強度のある洪積粘性土層に着目した土質試験を実施し、周面摩擦力の精度を上げ、杭の沈下量を照査することで、吸込水槽及び、取付水路を除く構造物において摩擦杭の採用によるコスト縮減を実現することができた。

最後に、本報告に係わる各種の調査や取りまとめに

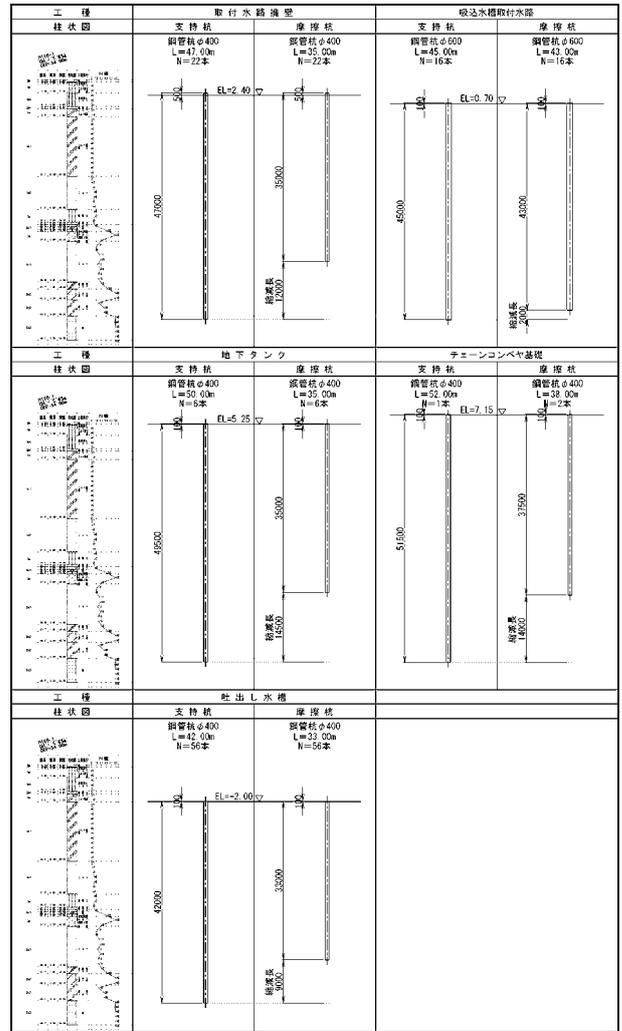


図-8 杭長の対比説明図

表-6 工種毎の基礎工コスト縮減額（単位：千円）

工種	支持杭	摩擦杭	縮減額
取付水路擁壁	19,000	15,000	4,000
吸込水槽取付水路	21,000	20,700	300
吐出し水槽	42,700	35,500	7,200
地下タンク	5,300	4,100	1,200
チェンコンベア基礎	1,800	1,500	300
Σ（諸経費含む）			13,000

あたり、関係者の方々には多くの御教示を頂きました。記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 土と基礎,40-2 報文-2186 洪積粘性土層の工学的特性と摩擦杭の支持力
- 2) (社)地盤工学会編：技術手帳2 実務に役立つ土質用語の解説, p.52, 1991.

日影と調和に配慮したファームポンドの設計

篠原 政彦* 受川 美紀* 五十嵐 優樹*
 (Masahiko SHINOHARA) (Miki UKEGAWA) (Yuki IGARASHI)
 肥後野 淳** 嶋本 栄治**
 (Atsushi HIGONO) (Eiji SHIMAMOTO)

目 次

1. はじめに	29	4. ファームポンド建設後の景観	32
2. 北総中央地区のファームポンドの特徴	29	5. おわりに	32
3. 日影と調和を配慮したファームポンドの設計例	29		

1. はじめに

北総中央地区は、千葉県北部に広がる北総台地において、首都圏近郊の立地条件を活かし、特産である落花生、スイカ、さといも、にんじんなどを中心に首都圏への生鮮野菜の供給地として発展している畑作地帯である。

本地区のかんがい用水は、地下水と天水（雨水）に依存しており、天水に依存している農地では天候に左右され、地下水は近年、その水位の低下も確認され、地盤沈下の防止と地下水の保全のため地下水採取が規制されている。

このため、北総中央農業水利事業では、安定的な用水補給と地下水からの水源転換を行い、農業用水の安定供給と農業経営の安定を図ることを目的に、水源を利根川（利根川河口堰および霞ヶ浦開発）に求め、北総東部用水の幹線水路に取水口を設置し、新たに地区内に導・配水する揚水機場、用水路およびファームポンドを整備している。

2. 北総中央地区のファームポンドの特徴

2.1 概要

ファームポンドは、用水の1日以内の需給関係を調整する目的で計画される¹⁾。北総中央農業水利事業では、受益地における実かんがい時間と幹線用水路における通水時間の差を調整（図-1参照）し、安定的な用水供給が行えるようにするためにファームポンドを19ヶ所新設する計画となっている。

なお、北総中央地区のファームポンドは、かんがい

ブロック毎に設置される末端加圧機場まで、自然流下させる水位を確保するため地上式が採用され、構造タイプは水密性、耐久性、経済性等によりプレストレスコンクリート円形タンクが採用されている。

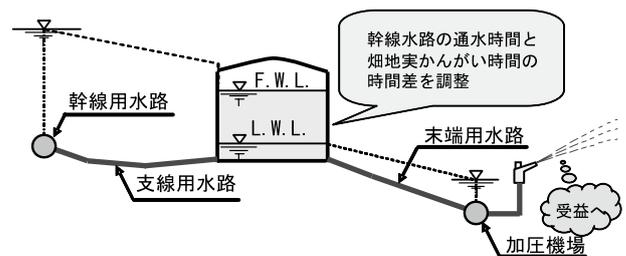


図-1 ファームポンドの役割

2.2 アルミ屋根

北総中央地区は、台地であるために吹き付ける風は強く、また台地上に形成されるローム層の比重が軽いことにより、その風で飛ばされる土ぼこりがファームポンド内に沈殿し、パイプラインを構成する施設に悪影響を及ぼす可能性が大きい。この土ぼこりの進入を防ぐことおよび遮光による有害微生物（アオコ等）の増殖を防止することを目的とし、全ファームポンドに屋根が設置・計画されている。また、屋根形式は耐食性・耐候性に優れるとともに、屋根内外面の防水や防食塗装が不要であることにより、維持管理費が少ないアルミ合金屋根を採用している。

3. 日影と調和を配慮したファームポンドの設計例

3.1 計画位置の特徴

北総中央地区は北総台地上に広がる畑作地帯であることから、ファームポンドの設置にあたり、受益地との高低差を利用した水頭確保に適した地形ではない。また、農村地帯であることから民家が散在し、大きな建築物もない。

* 関東農政局北総中央農業水利事業所
 (Tel. 043-444-5291)

** サンスイコンサルタント(株)本社技術部
 (Tel. 075-342-3181)

このため、ファームポンドは農村地帯に設置することとなり、周囲の畑および散在する民家等に対して、日影、周辺との調和に配慮した位置選定を行う必要がある。

3.2 農作物に対する日影の影響の削減について

農作物にとって光は光合成エネルギー源として植物成長に不可欠であることは言うまでもなく、構造物を施工することによる日照の阻害は、太陽の直射エネルギーによる気温・地温の上昇、日照（光の強さ）、日長（日当たり時間）に影響を与える。このため、程度の差こそあれ農作物の生育、収量、収穫時期の遅れ等の発生を否定することはできない。また、冬期作物においては、日影部に霜が生じ、農作物が枯れてしまう場合もある。このため、ファームポンドの位置の選定においては、日影の影響に十分に配慮し、農作物への影響を極力少なくすることが必要である。

3.3 周辺環境との調和の必要性

ファームポンドは、その構造と大きさにより、農村地帯のなかで、浮いた存在になる可能性をはらんでいる。台地部に単独でそびえ立つ構造は、ちょっとした違和感や圧迫感を生み出しやすいため、少しでも周辺の環境と調和させる必要がある。

また、周辺の宅地に対しても、ファームポンド施工時および建設後の影響に配慮する必要がある。

3.4 基本位置

対象構造物は図-2に示すように、農村地帯の中でも樹木が生い茂っている場所で、ファームポンドが建設された後にファームポンド建設による日影の影響を少なくし、周辺からなるべく見えにくい位置となるように計画した。しかしながら、この図でわかるように、北西部は樹木が生い茂っているが、周辺には民家が近接している。また、北東部には効率的に太陽の光や熱を集め、農作物を栽培するビニールハウス群がある。このため、ファームポンド建設後の日影の影響に配慮し詳細な位置を決定する必要があった。

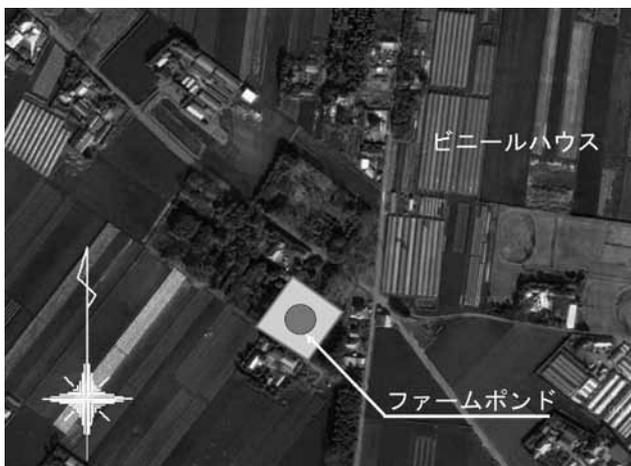


図-2 平面位置図²⁾

3.5 対象ファームポンドの特徴

対象ファームポンドは全容量 $12,868\text{m}^3$ 、流入量 $0.224\text{m}^3/\text{s}$ 、流出量 $0.363\text{m}^3/\text{s}$ （畑）、水槽内径 32.0m 、内高 16.0m 、有効水深 11.7m の現場打ちプレストレストコンクリート円形タンクであり、 $9,393\text{m}^3$ の時間差調整容量を有する。（図-3参照）

構造は、以下のとおりである。

側壁：PCコンクリート構造

底版：鉄筋コンクリート構造

基礎：PHC杭基礎

屋根：アルミ合金製ドーム屋根

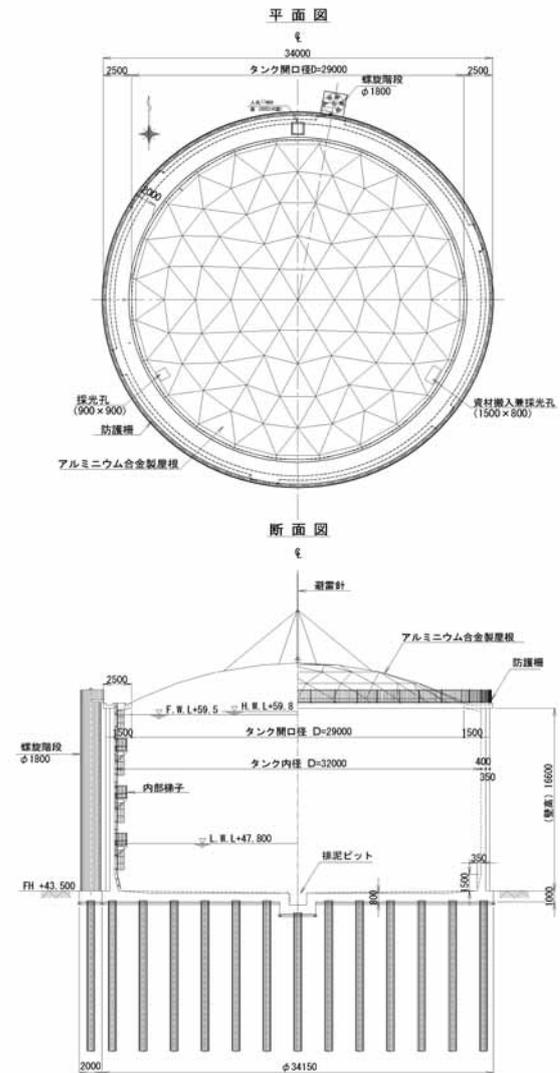


図-3 構造図

3.6 日影を考慮したファームポンドの配置計画

ファームポンドを建設することにより、ファームポンド周辺に対する日影の変化を確認する目的で、ファームポンド敷地周辺の立木を521本調査した（高さ、幹の太さ、木の種類）。木の高さは $2.0\text{m}\sim 18.0\text{m}$ （平均 8.9m ）、胴回りは $0.2\text{m}\sim 3.2\text{m}$ （平均 0.7m ）であった。木の種類を表-1に示す。これらの立木調査

と測量結果をもとに、季節毎（春分・秋分、夏至、冬至）の午前8時から午後4時における日影図を描き、ファームポンドの位置を考察した。

表-1 立木調査結果

樹木名	本数	樹木名	本数
アセボ	3	トウカエデ	14
イチョウ	20	ドウダンツツジ	1
イブキ	5	ナラ	11
ウメ	2	ネズミモチ	16
エノキ	7	ハクウンボク	5
エノキ	7	ヒイラギ	5
カキ	2	ヒイラギモクセイ	3
カシ	39	ヒバ	3
クリ	1	ヒヤクニチコウ	4
ケヤキ	23	ベニカナメモチ	2
コウノテ	1	マキ	2
コウヤマキ	4	マサキ	1
コブシ	17	マツ	2
ゴヨウマツ	1	マデバシイ	8
サクラ	18	ミズキ	10
サザンカ	29	メタセコイフ	56
サザンカ	29	モクセイ	14
シャラ	4	モチ	13
シャラ	4	モチノキ	1
シュロ	1	モッコク	15
ショウノウ	1	モミジ	15
スギ	1	ヤナギ	1
センダン	1	ヤマモモ	2
ツゲ	1	ユズ	1
ツバキ	20	その他	75
		計	521

その他：建設時に伐採の可能性がない木については、立木の種類調査は行っていない

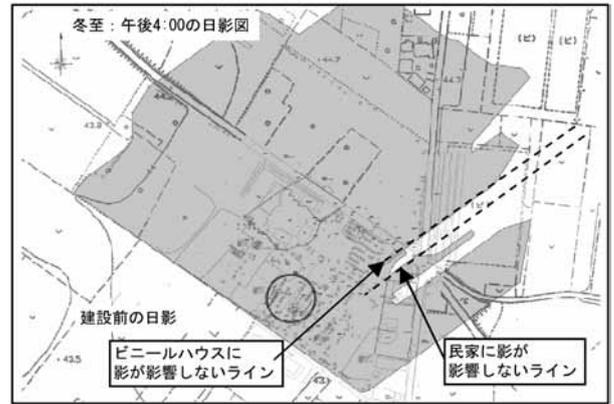


図-4 ファームポンド建設前の日影図



図-5 ファームポンド建設後の日影図

ファームポンド建設時には建設敷地の樹木を伐採する必要がある。このため、建設前の立木の日影を建設後のファームポンドの日影に置き換える（ファームポンドの日影を立木の日影の中に収める）という考えを基本方針とした。

対象ファームポンドの位置選定において最も影響のある冬至における午後4時の日影図を図-4に示す。日影図には2本のコントロールラインを描いている。1本はファームポンド建設時に東側の民家に影響を与えないラインである。基本的な方針は日影の置き換えであるが、民家に対しては影の影響はできるだけ少なくするとともに圧迫感を与えないようにするため、ファームポンドの日影が民家を覆わないラインを設定した。

もう1本は北東部のビニールハウス群に影響をおよぼす立木による日影の境界である。建設時に樹木を伐採してもコントロールラインよりファームポンドの影が西側に収まるように配置すれば、建設前の立木の日影の中に建設後のファームポンドの日影が収まることわかる（図-5参照）。このラインをもとにファームポンドの位置を決定した。

図-6には実際にコントロールラインとなっている立木写真を示す。施工計画時には写真中のメタセコイア群は伐採しない計画とし、ファームポンドが建設された後に周辺からなるべく見えにくくなるように配慮した。

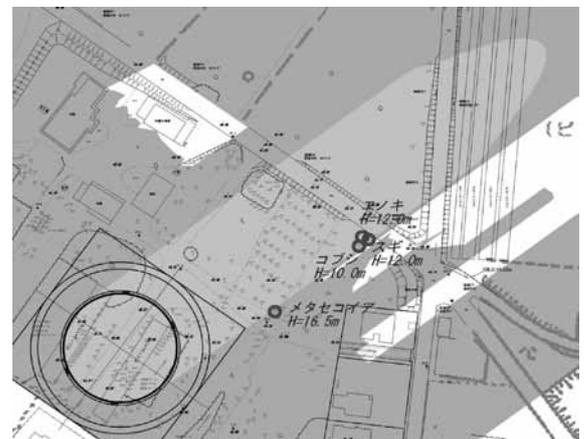
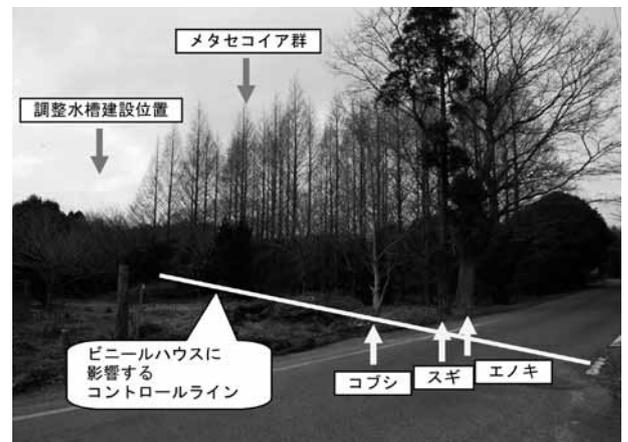


図-6 目標樹木

4. ファームポンド建設後の景観

ファームポンドは、その構造と大きさにより、景観を損なう可能性をはらんでいるため、設計時には鳥瞰図等を作成し、周辺環境との調和を確認する必要がある。

図-7に対象構造物の鳥瞰図を示す。建設後のファームポンドは樹木で覆われることにより周辺と調和し、圧迫感が薄れていることがわかる。

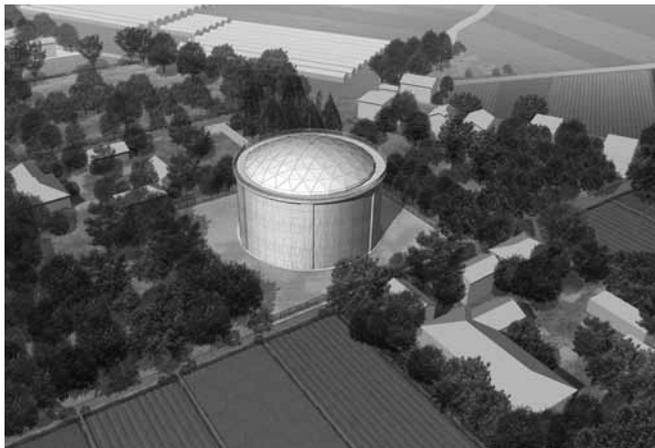


図-7 鳥瞰図

5. おわりに

農作物にとって光は光合成エネルギー源として植物成長に不可欠であることは言うまでもなく、ファームポンド建設時には日影の影響を十分に考慮し、農作物への影響を極力少なくすることが必要である。また、国民財産としての環境保全に対する国民の関心は大きく、地域資源保全の中心となる人々が居住する集落とその周辺に対して、景観形成の視点は重要である。

北総中央農業水利事業では、農業用水の安定供給と農業経営の安定を図りつつ、地域に溶け込むファームポンドを計画し、現在整備が行われている。

参考文献

- 1) 農林水産省構造改善局建設部：土地改良事業設計指針、「ファームポンド」、H11年3月
- 2) <http://maps.google.co.jp/>

広域農道知多半島地区におけるオオタカの営巣に配慮した 工事の施工について

大石 恭 敬*
(Yasuhiro OOISHI)

目 次

1. はじめに	33	4. 排水性舗装, 防音壁について	35
2. 広域農道知多半島地区について	33	5. 供用開始後の状況	36
3. オオタカ保全対策工について	34	6. おわりに	36

1. はじめに

知多半島は愛知県名古屋市の南東部から南に突き出た半島で5市5町からなっている。

昭和36年の愛知用水の完成により、農業の慢性的な用水不足は解消され、また上水、工水が安定して供給されるようになったことにより、知多地域の農業及び産業経済は飛躍的な発展を遂げている。

知多半島は、海岸部に工業地帯、市街地、漁業地帯及び観光地域が、また、半島中央部に県営ほ場整備事業、農地開発事業及び国営農地開発事業などにより整備されたほ場を有する農業地帯となっている。

農業生産は水稻を始め、果樹では「みかん」、露地野菜では「キャベツ」「玉ねぎ」、施設野菜では「ふき」が代表的なものとなっており、その他、花卉、畜産も盛んである。

また、農海産物の産地直売所や観光農園などの施設も多く点在しており、四季を通じ観光客も多く訪れている。

2. 広域農道知多半島地区について

広域営農団地農道整備事業（以下「広域農道」という。）知多半島地区は前記の半島中央部農業地帯を南北に貫く基幹農道を整備するものである。この農道整備により、ほ場から農業集出荷施設、及び農業集出荷施設から市場への流通システムを確立することによって、農産物市場流通の拡大や農産物取引の規格化等に対応し、高生産性農業の展開を図ることを目的とし、県営事業として、昭和62年度に国に事業申請され、昭和63年度に知多半島地区、平成2年度に知多半島2期地区が採択され、平成19年度に完了した。

・計画概要

①道路延長



②事業費（事務費除く）

知多半島地区	3,070,900千円
知多半島2期地区	6,331,300千円
合計	9,402,200千円

③関係市町

愛知県知多市、常滑市、美浜町、南知多町

④受益面積

5,428ha

⑤事業期間

知多半島地区	昭和63年度～平成17年度
知多半島2期地区	平成2年度～平成19年度

⑥計画交通量

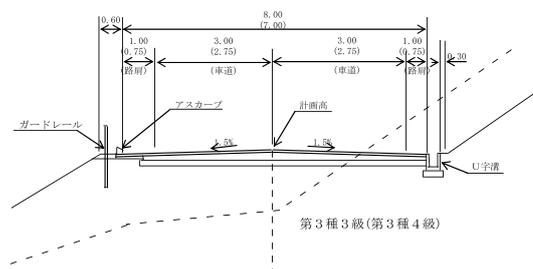
区 分	全体計画(台)	農業関係(台)	同左割合(%)
第3種第3級	3,923	2,302	59
第3種第4級	1,492	910	61

注) 第3種：地方部に存する自動車専用道路以外の道路
第3級：計画交通量1,500台以上4,000台未満
第4級：計画交通量500台以上1,500台未満(南知多町 約3.6km区間)

⑦道路構造

区 分	車道幅員	路肩幅員	交通区分	設計速度
第3種第3級	6.0 m	1.00 m	Ⅲ	50km/h
第3種第4級	5.5 m	0.75 m	I-2	40km/h

⑧標準断面



* (現) 弥富市開発部農政課 (Tel. 0567-65-1111)

* (前) 愛知県農林水産部農林基盤担当農地整備課

3. オオタカ保全対策工について

(1)経緯

中部国際空港（セントレア）へのアクセス道路を築造する計画に伴い、環境影響評価の一環として、平成9～11年度の3繁殖期に渡るオオタカの生息調査が実施され、本地区計画路線周辺でオオタカの営巣が確認された。

オオタカの営巣地に近接して計画されている本事業においては、オオタカの保護対策に関する知見をふまえて、モニタリング調査を実施し、保護対策の検討にフィードバックさせながら、オオタカの生息環境への影響を最小化するための方策を検討し、自然環境と調和のとれた事業推進を図ることとした。

平成11年度から広域農道計画のオオタカに対する影響について調査を開始し、工事中の影響、供用開始後の影響についての検討を始め、平成13年度からは、オオタカ営巣地付近工事事業調整会議を通じて、オオタカ営巣付近で工事予定の事業者が、オオタカへの保全対策について、専門家の意見を踏まえ調整を行ってきた。

(2)モニタリング調査

オオタカが営巣地を移動させることがあることから、工事実施前より、計画路線周辺での生息状況（営巣状況）を確認するため、毎年の繁殖の有無、その状況を調査するもので、調査期間は、オオタカの繁殖状況を調査しつつ、造巣・産卵期間から巣立ち時期（2月～7月）まで実施している。

(3)オオタカの保全方針

前述の基本的な考え方を踏まえ、事業予定地周辺のオオタカの保全に際して、以下の方針に基づくものとした。

①基本方針

オオタカの安定した生息、繁殖が維持できるようにする。

②保全の方向性

- ・営巣木を含む営巣環境の確保・保全
- ・採餌環境等、行動圏内における多様な環境の確保
- ・営巣地周辺の繁殖期の工事等の配慮
- ・密漁などからの保護

(4)保全対策工の範囲

オオタカの行動域は、「猛禽類保護の進め方－特にイヌワシ、クマタカ、オオタカについて－」（環境庁自然保護局野生生物課編集、財団法人日本鳥類保護連盟発行、1996年）によれば以下の考え方が示されている。

①営巣中心域

- 1) 営巣木周辺で、広義の営巣地として一体的に取り扱われるべき区域。目安として約12～36ha程度。

（営巣木から半径200～340m）

- 2) 住宅、工場、鉄塔などの建造物、リゾート施設及び道路の建設、森林の開発は避ける必要がある。
- 3) 営巣期（2月～7月）における人の立ち入りについては、オオタカの生息に支障を来す恐れがある。

②高利用域

- 1) 繁殖期の採餌場所等、繁殖期に利用度の高い区域。目安としては、約300～700ha（営巣木から半径1km～1.5km）
- 2) 市街地、住宅地、工場、ゴルフ場、リゾート施設等、オオタカの餌となる鳥獣の生息不敵地の増加と生息地の分断化、自然環境の単純化に注意する必要がある。
- 3) 道路建設や河川改修にあたっては、自然を損なわない工法を採用し、自然環境及び生物の多様性を維持するように努めることが望ましい。

保全対策工の範囲の決定についての明確な根拠はないが、モニタリング調査結果から推定した営巣中心域を参考として決定した。

モニタリング調査の結果、平成9年の営巣木（以下「H9営巣木」という。）が計画路線に一番近接しており、その他の営巣木は、H9営巣木の東側（図-1の右側）に集中していたことから、H9営巣木を中心とする半径340mの範囲について保全対策を行った。（図-1参照）

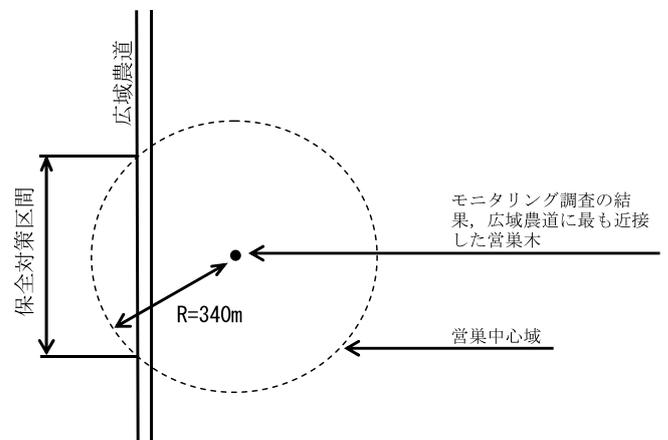


図-1 保全対策工の範囲

(5)保全対策工の概要

①計画及び工事中の保全対策

オオタカの営巣木は、スギ、アカマツ、モミ等が多く、樹高は平均で17～20m、胸高直径は平均30～50cmとされている。また、オオタカは、一度繁殖に使用した巣を補修して再度利用することや、長い期間同じ巣を利用することが知られている。

調査の結果、計画路線周辺で数例の飛行が確認されたが、農道工事で直接改変する区域及びその近傍において古巣を含む営巣は確認されず、休息や獲物の待ち伏せ等、止まり（パーチ）行動も確認されなかった。

以上の結果から、計画路線における伐採範囲はオオタカの行動圏の一部であり、採餌場所の減少等若干の影響は考えられるが、営巣木には直接的な影響を与えないため、営巣木を含めた営巣環境の確保に与える影響は少ないとし、専門家の助言・指導を踏まえながら、以下に示す保全対策を行った。

- 1) 農道新設に伴う樹木の伐採・土工（切盛）を最小限にとどめ、営巣可能木をできる限り回避した路線計画の立案。
- 2) 伐採時に周辺の樹木を損傷しないよう、作業員への教育の徹底。
- 3) オオタカの止まり等に利用される大径木を可能な限り残置。
- 4) 伐採・土工に際しては、改変地域及びその周辺の動物が工事区域外へ移動でき、それらの生息環境への影響を最小限とするように小面積ごとに段階的に実施。
- 5) オオタカの生活サイクル（図-2参照）を踏まえ、営巣期にできる限り配慮した工事工程とし、オオタカの営巣期とされる2月～7月は、仕上げ工事を除き、工事を自粛。

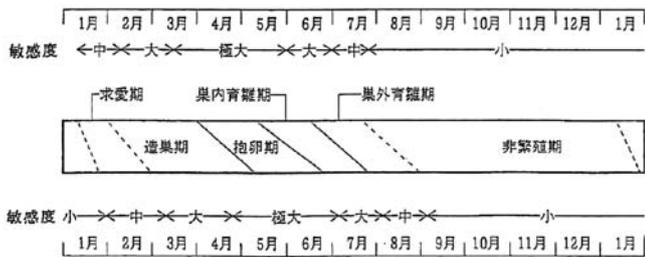


図-2 オオタカの生活サイクル

- 6) 工事中の各種建設機械の騒音に対しては、低公害型建設機械（低騒音、低振動型建設機械）を使用。

② 供用開始後の影響に対する保全対策

計画路線の供用開始後、車両の走行に伴い、騒音が発生する。また、夜間の走行時には車両のヘッドライトによる光が生じる。

このため本地区では、必要に応じて防音施設（防音壁）を設置し、また排水性舗装を採用した。

防音壁については、周辺環境との調和を図るため、間伐材を利用した製品を採用した。

4. 排水性舗装, 防音壁について

(1) 排水性舗装

排水性舗装は、空隙率の高い多孔質なアスファルト混合物（排水機能層）を表層または基層に用い、その下に不透水層を設けることにより、排水機能層に浸透した水が不透水層上を流れ、排水処理施設に速やかに排水され、路盤以下には水が浸透しない構造としたものであり、車両の走行安全性の向上等に効果があることが知られている。

排水性舗装を採用したのは、この舗装が、普通の舗装に比べて車両走行による道路交通騒音が低減されることが、各地の道路交通騒音の測定により検証されているからである。

(2) 防音壁

① 騒音の予測

道路供用後の交通騒音が、オオタカの行動域にどのように影響するかの予測は困難である。また、発生する音源がどのくらいで、どれだけ音を低減すれば効果があるかも判断が難しい。

本地区では一つの方法として次のように道路供用後の営巣地付近での音の大きさを予測して、その値がどのくらいとなるのかを求めた。

音は、発生源の地形や周囲の構造等により複雑な伝

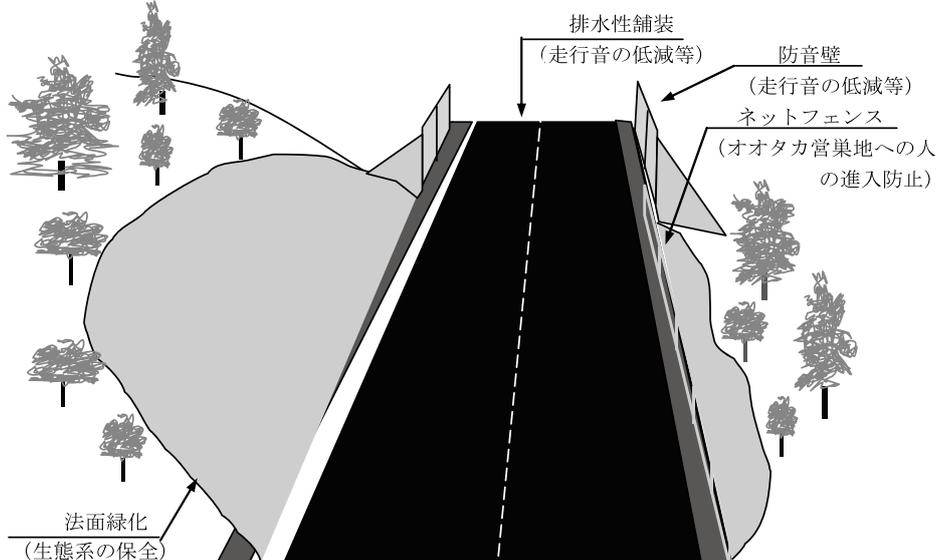


図-3 保全対策工イメージ図

播をするが、地面が平坦で周りに音を遮るものがなければ地面に完全反射し、半球面波として伝播する。

この場合、音源と音源からLm離れた地点の音Lpは次式で求められる。

$$L_p = L_w - 8 - 20 \log_{10} L$$

Lw：自動車のパワーレベル（dB）

$$L_w = 86 + 0.2V + 10 \log_{10} (a_1 + 5a_2)$$

V：自動車の平均速度

a1：小型車の混入率

a2：大型車の混入率

（道路環境整備マニュアルより）

騒音レベルの目標値は、営業木付近で52dBとした。これは他県で行ったオオタカ保全対策工事の事例を参考とし、我々人間が日常生活する上で望ましい範囲（表-1参照）とされている。

オオタカの行動域円と広域農道が最接近となる地点でのLpは上式より59dBとなる。

また、広域農道に最も近接した平成9年の場合、営業木でのLpは42dBである。

排水性舗装による減音効果を考慮すれば特に問題はないと思われるが、これは予測であって、実際の数値は供用後における騒音を実測しなければ、正確な影響がどんなものかの判定は出来ない。

よって、少しでも道路から発生する音の減音効果を期待し、周辺に生息する動物への影響も考慮して防音壁を設けることとした。

表-1 騒音の種類とレベルの目安

騒音レベル	うるささの感じ方（騒音環境の例）	うるささについての感じ
0	聞こえる限界	
10	呼吸の音	きわめて静か
20	ささやき（騒音計の測定限）	
30	深夜の郊外	
40	聞き取れるレベル（ラジオの音等）	静か
	静かな住宅内部	
50	静かな事務所内部	日常生活での望ましい範囲
60	時速40kmで走る自動車の内部	
70	タイプライター等の軽作業音	
80	地下鉄駅構内、楽器演奏（ピアノ等）	うるさい
90	騒々しい工場内、オーディオ	
100	電車が通る時のガード下	きわめてうるさい
110	自動車のクラクション直前	
120	飛行機のプロペラエンジンの直前	聴力機能に障害を来す
130	肉体的な苦痛を感じる限界	
140	ジェットエンジンの近く	

②防音壁の高さ

防音壁の高さは、音源からオオタカ営業木付近の標高へ直線で音が伝播するものとし、その直線と防音壁設置位置から垂直に延ばした線との交点までとした。

また、遮光に対しても音の伝播と同じように考え、交点の高い方を壁高とした。

図示したように、遮光による壁高の方が高くなり、壁高H=2.0mとした。

5. 供用開始後の状況

本事業は平成19年度に完了し、オオタカ営業地付近

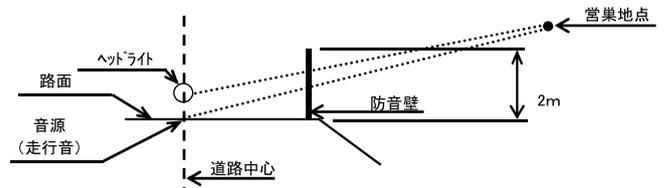
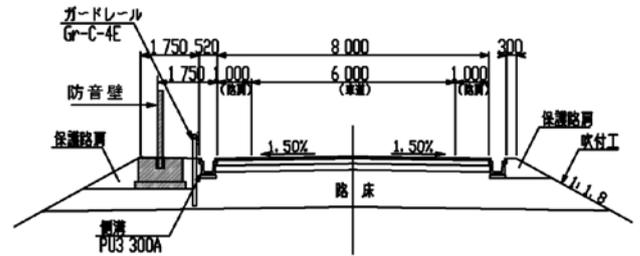


図-4 遮音壁設置高の説明図



標準断面図

の広域農道は供用開始したばかりである。事業完了後は、地元の常滑市がモニタリング調査を引き継いで、調査を継続しており、供用開始後のオオタカの営業状況を確認している。なお、平成20年2月から平成20年7月にかけてのモニタリング調査結果では、オオタカの繁殖は順調に行われている。

今後もしばらくは、モニタリング調査を続け、道路供用開始後のオオタカの営業を調査していく予定である。

6. おわりに

広域農道知多半島地区は、「農道」に愛着をもってもらい、親しまれる道づくりを実施するという事で、県、市町、地元等で構成している「知多広域営農団地農道整備事業促進協議会」が、市町ごとに、市民や町民に農道の愛称を募り、知多市が「知多満作道」、常滑市が「味覚の道」、美浜町が「ふるさとロード」、南知多町が「すいせんロード」と名づけられている。

また、南知多町においては、農道の愛称が発端となって、道路法面に町の花である「すいせん」を植え、住民が一体となって育てており、農道の維持管理にも一役買っている。

今後もこの広域農道が、地元のみなさんをはじめ、この農道を利用する人たちに愛され、かわいがっていただき、利用していただくことを願うものです。

参考文献

- 平成11年度 広域営農団地農道整備事業知多半島2期地区 旧常環境調査委託 報告書
- 広域営農団地農道整備事業知多半島2期地区 旧常工区 オオタカ保全対策工法 打合せ資料（平成13年10月10日）

簡易振動診断技術を用いたポンプの健全度評価について

末 政 信 夫* 中 田 一 茂** 米 澤 巨***
(Nobuo SUEMASA) (Kazushige NAKADA) (Wataru YONEZAWA)

目 次

1. はじめに	37	4. 簡易振動診断調査	39
2. 設備診断の概要	37	5. おわりに	43
3. 一次診断の課題と対策	39		

1. はじめに

土地改良施設（設備）の有効利用を行うには、長寿命化や保全コストの低減、更には更新をいかに合理的・経済的に実施するかがカギとなり、図-1に示す対策フローがとられている。

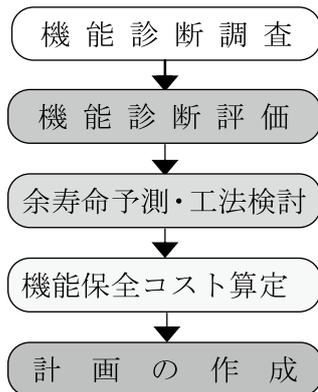


図-1 機能保全対策

石川県では効率的・効果的に農業水利ストックの機能を維持するために、平成20年度から基幹水利施設予防保全対策事業（ストックマネジメント事業）を導入し、水路施設及び用排水機施設において機能診断調査を実施している。

ポンプ設備の調査内容は、事前調査、一次診断であり、さらに調査結果に基づいて専門技術者が行う二次診断の要否を判定するものであるが、以前から一次診断方法の曖昧さが指摘されていたため、石川県ではこ

れを補完する新たな診断技術として「簡易振動診断」が試験的に導入された。

本報文では、ポンプ設備の診断の概要と内外エンジニアリング(株)が技術展開している簡易振動診断技術とその調査結果について紹介する。

2. 設備診断の概要

(1)設備診断の手順

今回の設備診断については、「農業用施設機械設備更新及び保全技術の手引き」平成18年6月全面改訂版を基準として実施を行った。

設備の予防保全は、図-2のように使用時間を基に実施する時間計画保全（TBM）と設備診断による設備状態の観測値を基に実施する状態監視保全（CBM）に分類される。

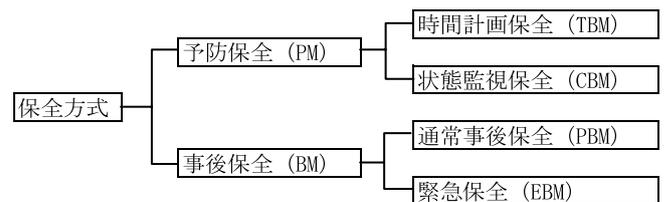


図-2 保全方式

また、設備の診断は、図-3に示す一次診断の結果を基に行う二次診断により、余寿命予測を行い、劣化対策を検討する。

①一次診断

主として、日常・定期点検記録などを基に、目視・触覚・聴覚・臭覚など、人間の五感をフル活動した判断と付属計器類の指示値によって異常の有無の確認を行う。

②二次診断

専門技術者が設備・機器・部材について一次診断の内容に加え、計測機器を用い定量的・定性的調査に

*石川県石川農林総合事務所
(Tel. 076-276-0526)

**石川県土地改良事業団体連合会
(Tel. 076-249-7181)

***内外エンジニアリング(株)
(Tel. 075-933-5111)

よって劣化の程度（原因）の判定を行い余寿命予測を行うもので、ポンプ設備機器の分解を伴う。

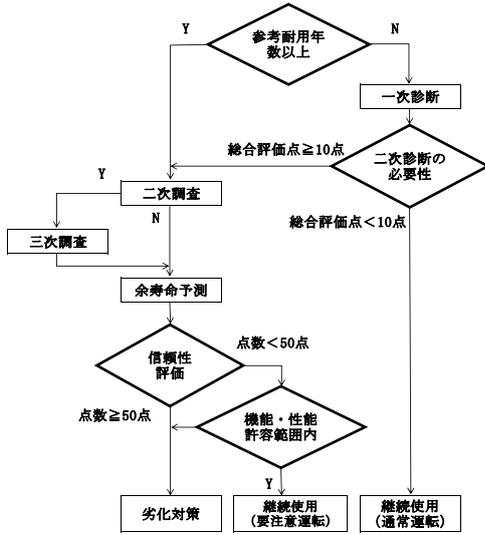


図-3 診断の基本的手順

(2)調査対象施設

石川県では、県内を6地区に分けて調査を行う予定である。今回は、その1地区で対象となっている施設、用排水機16機場、37台であり、施設の諸元は表-1のとおりである。

表-1 農業水利施設【用排水機場】一覧表

施設の利用	ポンプ番号	設置年	型式	口径 (mm)	出力 (kw/ps)	全揚程 (m)	最大排水量 (m³/s)	
排水機場	1	1981	常時	横軸斜流	600	45.0	2.7	0.900
	2	1981	洪水時	横軸軸流	1200	150.0	2.7	3.630
	3	1981	洪水時	横軸軸流	1200	150.0	2.7	3.630
排水機場	1	1985	常時	横軸斜流	600	30.0	1.4	0.280
	2	1993	洪水時	横軸斜流	900	55.0	2.3	1.480
排水機場	1	1990	洪水時	横軸斜流	1350	132.0	2.5	3.640
排水機場	2	1987	常時	横軸斜流	800	45.0	2.4	1.090
排水機場	1	1993	常時	横軸斜流	700	30.0	2.1	0.884
排水機場	2	1993	洪水時	横軸斜流	700	30.0	2.1	0.884
	1	1996	常時	斜流渦巻	300	7.5	2.7	0.152
排水機場	2	1996	洪水時	斜流渦巻	400	22.0	3.6	0.350
	1	1993	常時	横軸斜流	800	120.0	5.9	1.460
排水機場	2	1995	洪水時	横軸斜流	800	120.0	5.9	1.460
	3	1996	洪水時	横軸斜流	900	150.0	5.5	1.870
排水機場	1	1991	常時	横軸斜流	600	30.0	2.7	0.610
排水機場	1	1991	常時	横軸斜流	500	18.5	2.5	0.450
	2	1991	洪水時	横軸斜流	1000	75.0	2.3	1.950
	3	1991	洪水時	横軸斜流	1000	75.0	2.3	1.950
排水機場	1	1991	常時	横軸斜流	500	50.0	5.7	0.570
	2	1991	洪水時	横軸斜流	800	110.0	5.1	1.475
	3	1991	洪水時	横軸斜流	800	110.0	5.1	1.475
	4	1991	洪水時	横軸斜流	1500	310.0	4.9	4.440
排水機場	1	1988	常時	横軸斜流	700	55.0	3.2	1.900
	2	1988	洪水時	横軸斜流	700	55.0	3.2	1.900
排水機場	1	1979	常時	横軸斜流	600	37.0	3.0	0.650
	2	1979	洪水時	横軸斜流	600	37.0	3.0	0.650
用水機場	1	1992		横軸渦巻斜流	400	30.0	1.9	0.553
排水機場	1	1986	常時	横軸斜流	700	37.0	2.4	1.030
	2	1995	洪水時	横軸斜流	1800	280.0	2.8	7.330
	3	1992	洪水時	横軸斜流	1000	110.0	2.8	2.420
排水機場	1	1983	常時	横軸斜流	600	30.0	2.0	0.740
排水機場	2	1990	洪水時	横軸斜流	800	55.0	2.3	1.370
	1	1990	常時	斜流渦巻	300	7.5	2.8	0.180
排水機場	2	1991	洪水時	斜流渦巻	500	30.0	3.2	0.540
	1	1993	洪水時	横軸斜流	1200	132.0	2.3	3.560
	2	1991	洪水時	横軸斜流	800	60.0	2.8	1.500
排水機場	3	1986	常時	横軸斜流	500	22.0	2.6	0.500
16 機場	37 台							

調査対象施設の概要は、常時排水ポンプ15台、用水ポンプ1台、計16台で、設置後20年以上経過した施設は8台、運転時間20,000時間を超えた施設が6台あり、その内オーバーホールされた施設は、4台である。また、洪水時排水ポンプは21台で、20年以上経過した施設は4台であり、その内オーバーホールされた施設は2台である。

運転時間については、最大でも7,183時間である。

(3)一次診断の結果

一次診断を行った結果、図-4、5に示すとおり、二次診断が必要と判定された施設は、常時ポンプで9台、洪水ポンプで10台、合計19台となった。

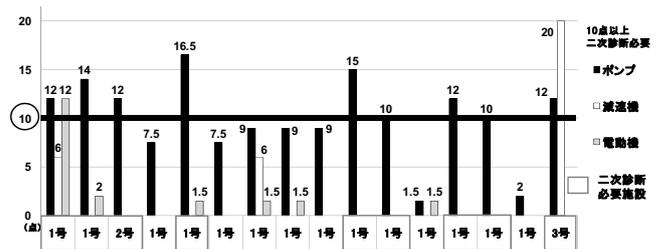


図-4 常時排水、用水ポンプの一次診断結果

図-4 常時排水、用水ポンプの一次診断結果

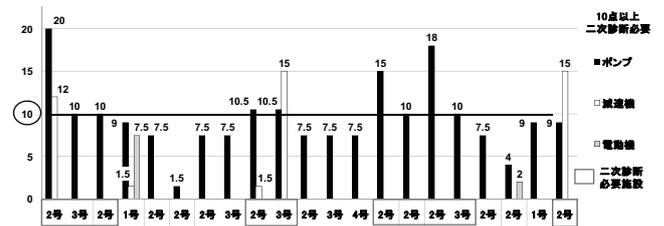


図-5 洪水時排水ポンプの一次診断結果

図-5 洪水時排水ポンプの一次診断結果

一次診断の各部位の調査結果は、図-6～図-8のとおりで、二次診断が必要となった主な要因については、図-6に示すように軸継手部（芯振れ）の基準値外が最も多く32台（86%）であった。

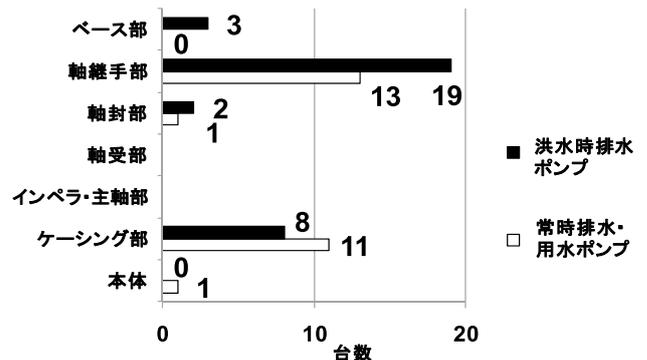


図-6 ポンプ一次診断結果

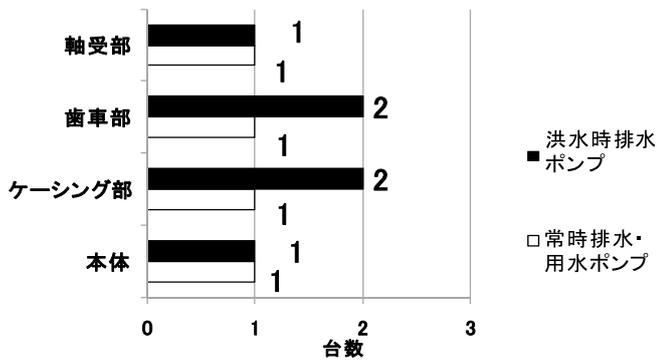


図-7 減速機一次診断結果

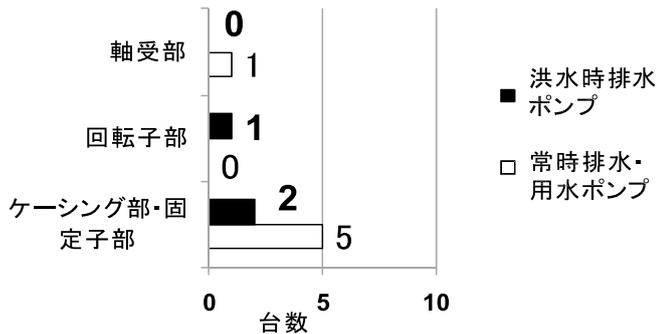


図-8 電動機一次診断結果

3. 一次診断の課題と対策

(1)問題点

基準書では、土地改良事業の経済効果に用いる標準耐用年数（ポンプ設備：20年）を超えた施設の場合、一次診断をせずに二次診断から行うフローになっているが、今回のように排水機などの大口径ポンプでは、いきなり二次診断を行うと費用が嵩み、オーバーメンテナンスとなる可能性もあるため、全てのポンプで一次診断を実施し、二次診断の要否判定を行うこととした。

ここで、今回の一次診断調査の問題点を挙げると、

- 1) H19以前の積算運転時間が分からない。
(H19年度からは改良区でシステム管理されたので把握可能)
- 2) 人の五感では、診断結果に個人差が出る。
- 3) TBM方式の保安全管理では、分解補修の際に使用可能な部品でも交換・修理の傾向にある。

(2)簡易振動診断調査の導入

今回、先に調査した一次診断調査の問題点を踏まえポンプ設備の機能診断を行うにあたり、調査コストの縮減なども視野に入れ、二次診断による機器の分解を伴わず、第三者にも客観的な判断が可能な定量的手法が必要と感じていた。

そんな折、「全国農村振興技術連盟」発行の「農村振興」第699号で掲載された「ポンプの振動診断技

術」に着目し、学識経験者で組織される石川県の「基幹水利施設予防保全対策事業 技術検討委員会」に提案し、承認されたことにより、試験的に導入することとなった。

4. 簡易振動診断調査

(1)概要

この調査技術は前述の状態監視保全（CBM）手法に分類される。

これは運転中の設備を停止や分解することなく、各種センサーからの信号を分析する事で定量的に劣化程度や内部の状態を予測するもので、設備の劣化状態を統計的・科学的に把握する手段として発展してきたものである。

設備診断技術のうち、振動診断技術は設備診断技術の中で最も早くから注目され、測定機器および解析診断ソフトはその機能及び精度の点でほぼ完成域に達している。また、2004年からは社団法人日本機械学会において機械状態監視技術者（振動）の認証資格・試験も行っており、ISOにおいても登録されている技術である。（ISO 13380 性能利用の状態監視）

(2)診断技術の特徴

①非分解による測定

本診断技術ではポンプ設備の調査は非分解により診断が可能である。

分解点検は振動診断において不良と判断された場合に行う手段であり、分解点検を最終手段とする理由は人体と同様、古い設備においても微妙なバランスを保って稼動していることが多く、そのような機器を分解する（メスを入れる）とバランスが崩れることが起こりやすく、診断は極力非分解で行うことが望ましいとの考え方に基づくものである。ただし、修理（治療）は別であり、不良箇所が非分解で特定された場合に関して実施する。

②同一基準にて多様な機器が比較可能

異なる機器を同一の判定基準で評価するため、多様な設備の状態比較が可能。

(3)の測定方法に記すが、回転数の異なる施設に対しても比較を行うことが可能である。

③機器の状態把握

時系列的な状態監視を行うことにより機器の劣化傾向が把握でき、適切な分解整備の時期が予測可能である。

また、突発的な事故が発生した場合は計測値が特異値として現れることから、早急な対応が可能である。

④測定結果の信頼性

目視・触診あるいは聴覚といったような人の五感に頼る測定でなく、測定結果を数値化して定量的に把握するため測定者による個人差が生じず、測定結果の信

頼性が高く、説明が容易である。

(3)測定方法

用排水ポンプで対象機器が若干異なるが、ポンプ・モーター・減速機等の軸受け部で振動値の測定を行う。

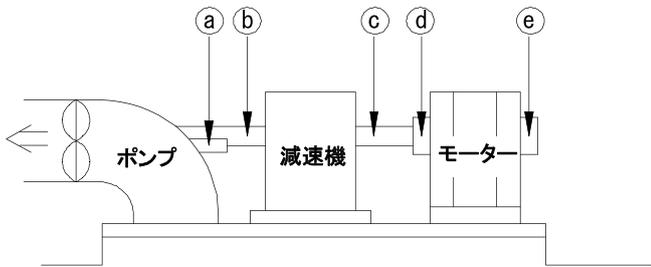
これは、機器の不良による振動が、主軸から軸受けに伝達するためである。振動の大きさを定量的に測定し、測定値のトレンドを把握し設備の状態を判断する。



写真-1 測定状況

①対象部位

対象機器が排水機場の場合はポンプ、電動機、減速機の回転体軸受部が対象部位となる。



- ① a) ポンプ連結側軸受 ③ c) 減速機 電動機側軸受
- ② b) 減速機 ポンプ側軸受 ④ d) 電動機連結側軸受
- ⑤ e) 電動機反連結側軸受

図-9 測定位置

②測定項目

振動速度、振動加速度（加速度はベアリングに適用）を軸（A）・垂直（V）・水平（H）の3方向で測定する。（写真-2参照）

現在まで広く使われてきた振幅ではなく振動速度、振動加速度を測定するのは、回転体の有する固有振動数を考慮するためである。

例えば振動振幅が1mmの2つの回転体があり、一方は回転数 $3,600\text{min}^{-1}$ で、もう一方は 200min^{-1} であった場

合に両者は同振幅であるが回転速度が異なるため、その評価は本来であれば異なるべきである。これらと同じレベルで評価するためには、回転体の持つ固有振動数を加味した振動速度、振動加速度を採用することが有効であり、これにより両者を比較対象とすることが可能となる。

○振動速度 $V=2\pi fD$ (mm/s)

○振動加速度 $A=(2\pi f)^2 D$ (mm/s²)

ここに f : 固有振動数 (周波数) (Hz)

=1/周期 (s)

D: 変位 (mm)

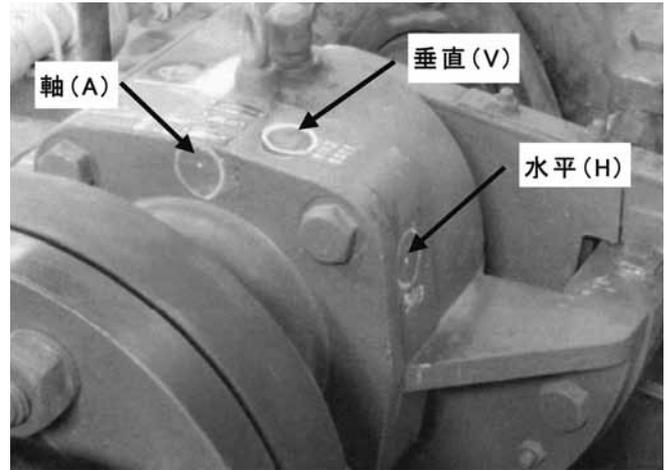


写真-2 aポンプ連結側軸受測定位置

③測定機器

市販の振動測定装置（オートマチェッカ、エレスマートなど）測定値は画面にデジタル表示される。



写真-3 エレスマート

④測定項目と異常内容

1) 振動速度 (測定レンジ: Lo)

強制力による異常振動（アンバランス、ミスアライメント）や、モーターの電氣的な原因で発生する異常振動等を測定。

2) 振動加速度 (測定レンジ: Hi)

主にベアリングの異常 (スポット傷や摩耗等) により発生する振動等を測定。

(4)測定値の評価・判定

各部位の振動速度・振動加速度の値と基準値との比較により評価、及び測定値のトレンド (傾向・相関) の確認を行い、評価を行う。

①振動速度 (Loレンジ) 判定法

1) 絶対値判定基準値は、写真-3に示すエレスマートによる判定基準値を適用し、その値は図-10に示すとおりである。

振動速度 測定値 (mm/S)				危険 12.2
				注意 6.3
	4.5	6.3	9.0	良好
	2.3	3.2	4.5	
クラス	I	II	III	IV
対象設備	小型回転機械 (15kw未満 のモーター)	中型回転機械 15~75kw未満 のモーター)	大型回転機械 75kw以上 のモーター)	基礎の弱い 大型回転機械

図-10 振動速度の絶対値判定基準

- 2) 相互判定法は、同一仕様の設備においては、同一部位を同一条件で測定した測定値を相互比較し、異常の程度を把握する。
- 3) 相対判定法は、定期的に測定したデータを同一測定点毎に時系列でまとめ傾向管理グラフを作成し、劣化状況の予測を行う。図-11に過去に行った傾向管理を行ったグラフを例として示す。

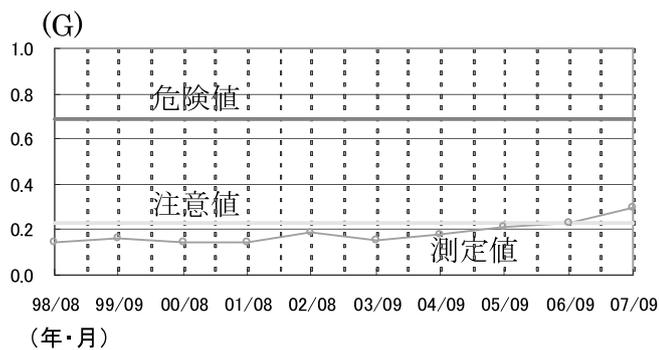


図-11 測定値のトレンドの実例

②振動加速度 (Hiレンジ) 判定法

1) 振動加速度での転がり軸受における絶対値判定基準値は、次式により求める。

注意値 = $0.7 \times 10^{-8} \times N^2 \times D$ 以上

危険値 = $2.1 \times 10^{-8} \times N^2 \times D$ 以上

N: 定格回転数 (min⁻¹)

D: ベアリング内径 (mm)

このような振動判定を行いながら、施設の状態を監

視・把握して行くことが肝要である。

(5)簡易振動診断と一次診断調査との比較

先に行った一次診断調査では芯出しの計測を行っている。この調査を行った排水機場のうちの7機場を対象に簡易振動診断調査を実施した。

一次診断調査における芯出し結果と今回の簡易振動診断結果について考察を示す。

簡易振動診断を行った排水機場は芯振れが発生している機場であり、対象機場の状況は以下のようなものであった。

- 設置 (使用) 年数が長い
- 運転時間が長い (= 常時排水ポンプ)
- 管理者の日常管理に基づく要望

①対象ポンプ

対象となるポンプは過年に一次診断調査の芯出し計測を行ったポンプ施設であり、7機場7施設を対象として行った。

②芯出し調査位置

- 1) ポンプ及び減速機間のカップリング
- 2) 減速機間及び電動機間のカップリング

図-12に芯出し調査位置を示す。

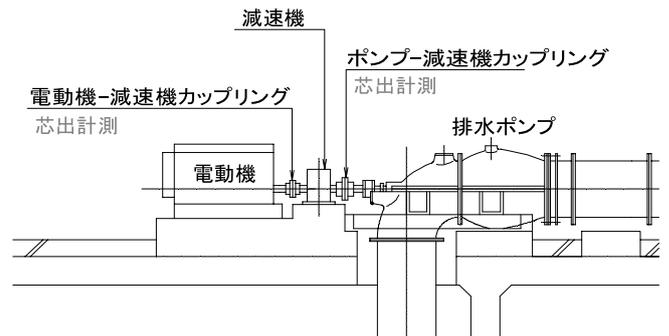


図-12 芯出し調査位置

③芯出し調査方法

一次診断において芯出しの測定は、図-14の様にカップリングにダイヤルゲージを設置し、カップリングの天地左右を図-13の位置で計測を行ったと聞いている。

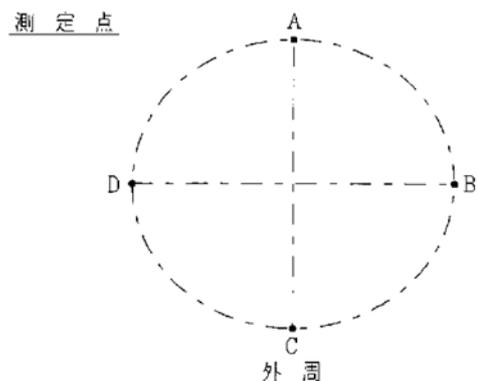


図-13 芯出し測定位置

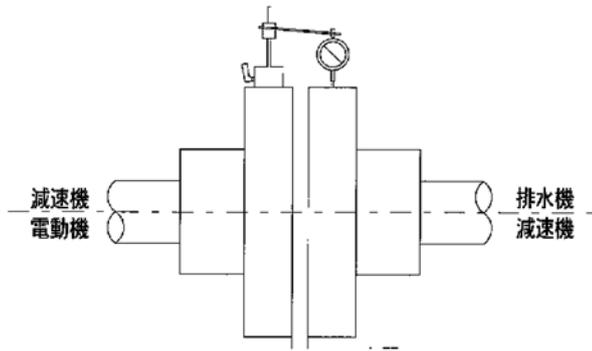


図-14 芯出し測定方法

④芯出し調査及び簡易振動診断結果

芯出し調査結果と簡易振動診断を行った結果を表-2に示す。下記値は芯出し結果・振動測定の結果の各部位の最大値を示す。

表-2 芯出し・振動調査結果

	一次診断 芯出し調査		簡易振動診断調査							
	ポンプ～減速機 単位 D/100mm		ポンプ連結側 単位 mm/s 許容値		減速機ポンプ側 単位 mm/s 許容値		診断判定			
A排水機場	MAX値	13	2次診断要	H方向	0.66	3.2		H方向	0.49	3.2
B排水機場	"	7	"	V方向	0.43	3.2	V方向	1.15	3.2	"
C排水機場	"	64	"	V方向	0.79	3.2	A方向	1.26	3.2	"
D排水機場	"	43	"	H方向	0.28	3.2	H方向	2.52	3.2	"
E排水機場	"	40	"	A方向	0.52	3.2	H方向	0.90	3.2	"
F排水機場	"	165	"	H方向	0.86	3.2	V方向	0.48	3.2	"
G排水機場	"	9	"	V方向	0.65	3.2	V方向	2.01	3.2	"

備考：*1 芯出し管理基準は±5/100mmである。

*2 簡易振動診断結果はA.V.H方向のうち最大値を示す。

	一次診断 芯出し調査		簡易振動診断調査							
	減速機～電動機 単位 D/100mm		減速機電動機側 単位 mm/s 許容値		電動機連結側 単位 mm/s 許容値		診断判定			
A排水機場	MAX値	17	2次診断要	H方向	0.67	3.2		-	-	3.2
B排水機場	"	20	"	A方向	0.80	3.2	H方向	0.45	3.2	"
C排水機場	"	10	"	V方向	1.35	3.2	-	-	3.2	"
D排水機場	"	18	"	H方向	2.29	3.2	H方向	0.54	3.2	"
E排水機場	"	10	"	V方向	1.37	3.2	H方向	1.11	3.2	"
F排水機場	"	9	"	A方向	0.48	3.2	A方向	0.74	3.2	"
G排水機場	"	35	"	V方向	3.02	3.2	H方向	2.17	3.2	"

備考：*1 芯出し管理基準は±5/100mmである。

*2 簡易振動診断結果はA.V.H方向のうち最大値を示す。

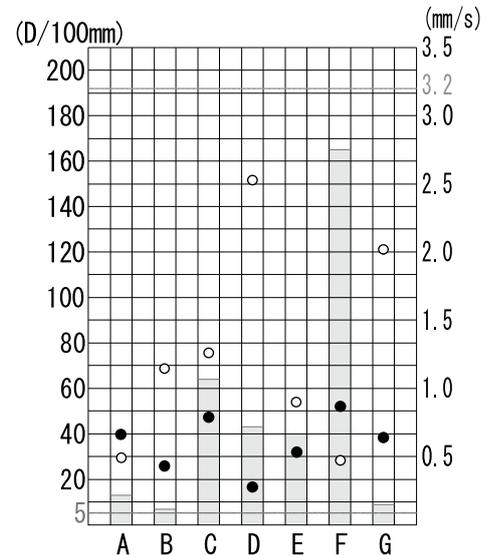
備考：上表-ポンプ・減速機間の芯出し調査及び振動測定の結果の最大値

下表-減速機間・電動機間の芯出し調査及び振動測定の結果の最大値

図-15, 16のように芯出し測定による一次診断調査結果では全ての機場において管理基準を超えるため、分解を伴う二次診断が必要であるとの結果となっている。

一方、簡易振動診断結果においては注意値に近い値を示している機場もあるが、どの施設においても注意値を超過していない、その結果からは早急に分解点検を行うことはなく、今後は暫く経過観察行いつつ、機器の状況を確認していくこととなる。

このように一次診断調査の結果と簡易振動診断の結果が異なる見解となった。



凡例 A～G：機場名

■：芯出し測定結果

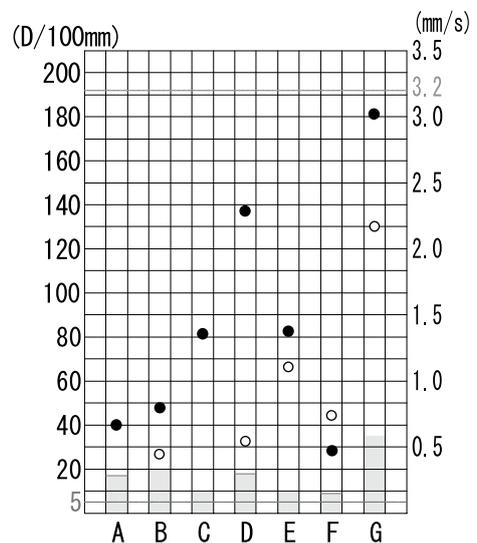
●：ポンプ連結側振動測定結果
図-9のa部

○：減速機ポンプ側振動測定結果
図-9のb部

—：芯出し管理基準 5/100mm

—：振動速度注意値 3.2mm/s

図-15 ポンプ・減速機間測定結果



凡例 A～G：機場名

■：芯出し測定結果

●：ポンプ連結側振動測定結果
図-9のa部

○：減速機ポンプ側振動測定結果
図-9のb部

—：芯出し管理基準 5/100mm

—：振動速度注意値 3.2mm/s

図-16 減速機・電動機間測定結果

これは、一次診断調査は目視調査あるいは芯出し調査のような定量的な調査もあるが、いずれにしても機器の停止時に行う調査である。

一方、簡易振動診断調査はポンプを稼働しないと測定できない調査であり、ポンプ機器のコンディションに沿った診断内容である。

確かに芯出しについては管理規定で規定されており、その値になるように調整を行うべきであるが、運転時の振動が大きいのであれば、機器への影響も小さいのではないかとと思われる。芯振れで機器への影響が発生するような場合には、簡易振動診断においても大きな値が測定されるものと考えられる。

参考として、「(社)農業土木事業協会」発行の「JAGREE NO.77」に記載されている投稿文には芯振れについて以下のような記載があった。芯振れの測定結果では基準値を上回り、二次診断が必要と判断されることが多いが、芯振れは調整などで直るケースがあり、この場合、分解を伴う二次診断の必要がなくなる場合もあるとされている。

このように一次診断の測定結果（芯振れ）は静的な状態での評価であり、それのみに着目するのではなく、簡易振動診断のように動的な状態での評価と合わせて総合的に二次診断の必要性を判断することによって、分解を伴う二次診断に掛かるコスト縮減が可能となるものと思われる。

5. おわりに

今回、機能診断調査で行った簡易振動診断の結果を考慮することにより、二次診断が必要となる施設を減らし調査コストを縮減できた。

また、各施設の状態を定量的に表すことにより、今まで個人差があった判定も客観的でかつ容易に確認することができるとともに、緊急度の高い施設を特定することが可能で、今後の維持管理における有効な技術であると思われる。

留意点としては、補修整備等の時期を予測する上で、劣化傾向の推移など、施設の状態を把握するためには、継続的な振動診断によるデータの蓄積が必要となる。

石川県では、今回の調査結果により簡易振動診断を図-17に示すとおり、基本手順に取入れ、ポンプ設備の機能診断を行うこととした。

そこで、県職員、市町村、施設管理者などを対象に、振動診断の概要・調査内容の把握や、施設管理に携わる職員が個々に観測ができるように、講習会、研修会を実施している。このように、今後のフォローアップや維持管理に備えた体制づくりを確立することにより、さらなる技術の向上を目指すことが非常に重要と考えられる。

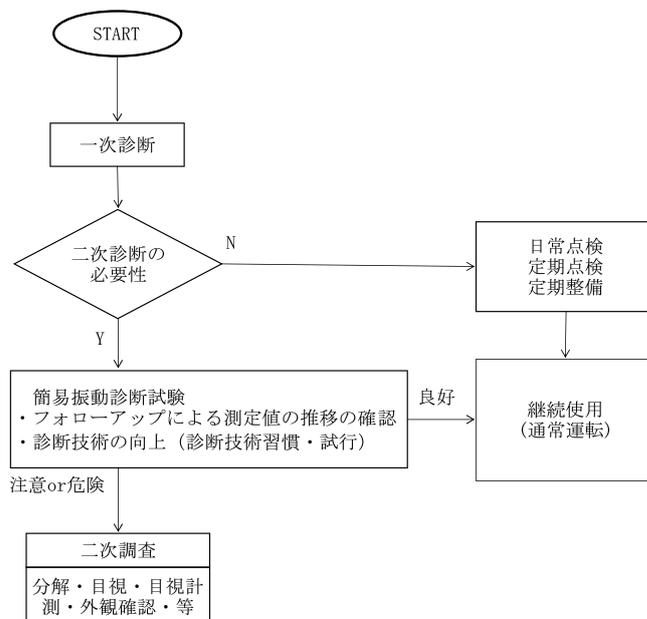


図-17 実施フロー

参考文献

1. 「農業用施設機械設備更新及び保全技術の手引き」
平成18年6月全面改訂版
(社)農業土木事業協会
2. 「JAGREE」NO.77 (2009年4月)
(社)農業土木事業協会
3. 「農村振興」NO.699 (2008年3月)
全国農村振興技術連盟

香川用水地区における施設機能保全の取組みについて

鈴村 和也* 的場 幸男*
(Kazuya SUZUMURA) (Yukio MATOBA)

茂木 正史** 大森 康弘**
(Masashi MOGI) (Yasuhiro Oomori)

目 次

I. はじめに	44	IV. サイホン、パイプラインに関する考察	47
II. 地区の概要	44	V. 更新事業の計画	50
III. スtockマネジメントのプロセス	44	VI. おわりに	50

I. はじめに

香川用水地区では、これまで国営香川用水土地改良事業（S43～55年度）にて造成した全ての農業水利施設（幹線・支線水路、揚水機場及び畑かん施設等）を対象に、ストックマネジメントに基づく機能診断調査と健全度評価を行ってきた。本稿では、機能診断調査、健全度評価、対策工法の検討等のプロセスと、サイホン・パイプラインに対する詳細調査手法や変状機構の解明及び香川用水地区健全度評価基準の適用、更新事業の計画について紹介する。

II. 地区の概要

1. 香川用水地区の概要

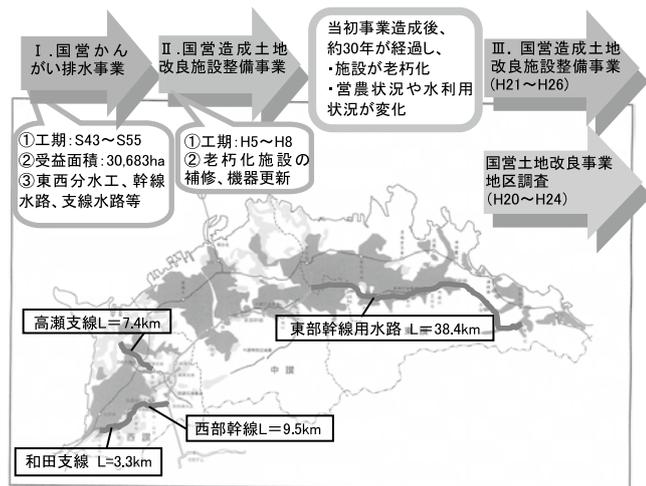


図-1 香川用水地区概要図

香川用水地区は、香川県のほぼ全域にまたがる農地約3万haを対象に、吉野川の水を補給するものである。

農業水利施設は、吉野川から導水した後、東西分水工から東へ東部幹線水路及び高瀬支線、西へ西部幹線水路及び和田支線、また、揚水機場等がある。水路延長98kmのうち、39kmが香川県上水道用水、工業用水及び農業用水との三者共用区間、59kmが農水専用区間である。

共用区間は(独)水資源機構が管理し、農水専用区間は、農林水産省から管理委託された香川用水土地改良区が管理している。

2. 香川用水地区の機能診断調査の経過

香川用水地区の機能診断に係る対象施設等について表-1に示す。

III. スtockマネジメントのプロセス

1. 機能診断調査

ストックマネジメントのプロセスを図-2に示す。本地区では、このプロセスに基づき、機能診断調査、健全度評価、対策工法の検討等を実施した。

(1)事前調査

施設管理者からの聞き取りによると、①管路からの漏水により周辺農地などに漏水が噴出、②管路継ぎ手漏水への内面バンド対策箇所の一部では経年劣化により漏水、また内面バンド未実施箇所からの漏水が発生、③揚水機場において、ベアリング事故や電動機の燃焼事故が発生、といった損傷や事故が発生している。

(2)現地踏査、現地調査

全ての水利施設を対象に表-2に示した「調査項目、調査方法」により、機能診断調査を行った。

* 中国四国農政局四国土地改良調査管理事務所
(Tel. 0877-56-8260)

** 中国四国農政局土地改良技術事務所
(Tel. 086-223-2777)

表-1 香川用水地区の対象施設及び機能診断調査の経過と進め方

施設名	延長	適用基準	機能診断調査の経過と進め方
開水路	5.4km	「農業水利施設の機能保全の手引き」(H19.3) ＊〔H19.2以前までは「施設機能診断マニュアル(案)」(H16.11)〕 「農業用施設機械設備更新及び保全技術の手引き」(H18.6)	①全施設機能診断 (H15~H18) ↓ ②詳細調査 (H19) i PC管体・石綿管体劣化調査(コア管厚測定、中性化試験等) ii サイホン・パイプラインの詳細調査(管体縦断沈下測量等) iii 揚水機場・水管理施設の二次診断 ↓ 変状機構の解明 ↓ ③ランク移行・健全度ランク評価 (S-1:改築、S-2:補強、S-3:補修、S-4:要観察、S-5:対策不要) ↓ ④機能保全対策の検討
暗渠	4.5km		
PC管 石綿管 DCI管	25施設		
	6施設		
	1施設		
トンネル	11km		
水管(路)橋	0.5km		
畑かん施設	3地区		
揚水機場	3箇所		
水管理施設	一式		

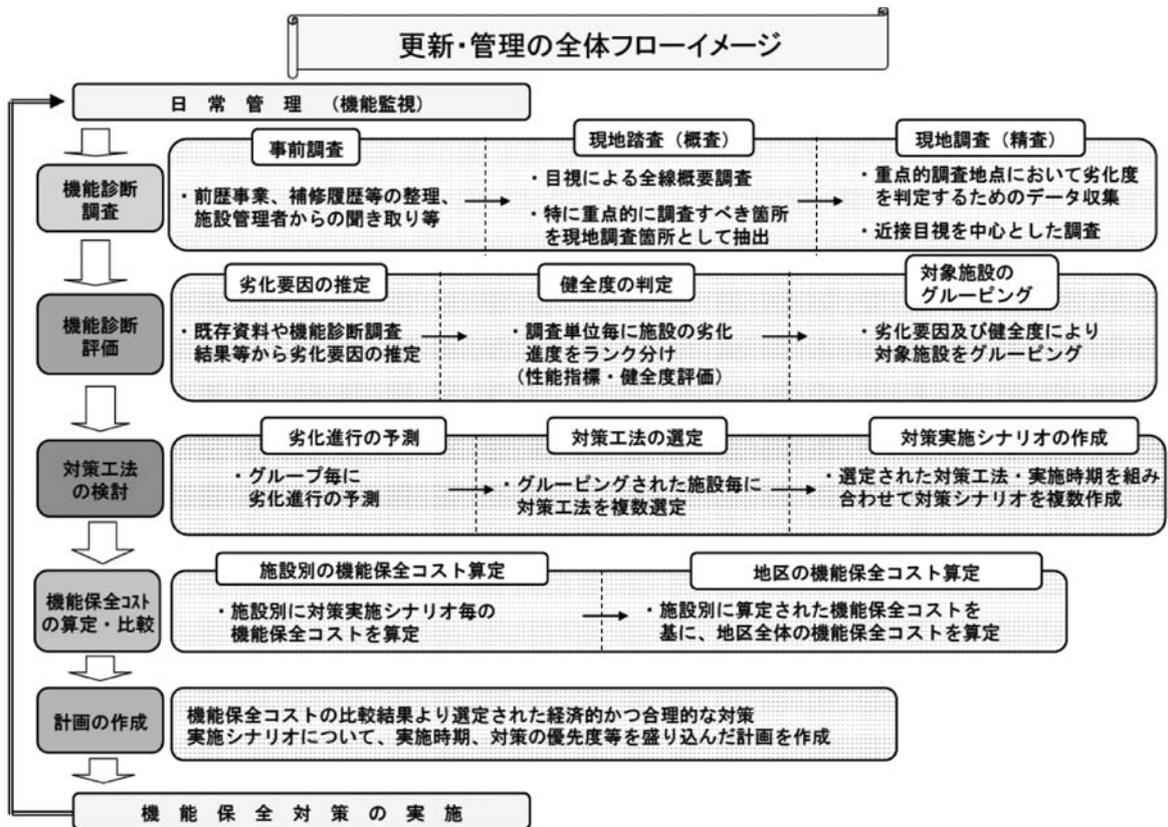


図-2 スtockマネジメントのプロセス (「農業水利施設の機能保全の手引き」より抜粋)



周辺農地から漏水が噴出



揚水機場電動機の燃焼事故

表-2 健全度評価結果

施設名	調査項目, 調査方法	劣化要因等	健全度	
開水路	全バレル目視, シュミットハンマー, アルカリ骨材反応(潜在膨張試験) 等	ひび割れ(アル骨反応) (対策済)	S-4~5	
暗渠	全バレル目視, シュミットハンマー, はつり・中性化試験, 塩分濃度試験, 選択的摩耗試験 等	中性化	S-3~5	
サイホン, パイプライン	PC管	漏水調査, 管内目視, 土壌・水質試験, 中性化・PC鋼線腐食状況目視, 管厚分布測定(衝撃弾性波法), ガーコート溶解試験, 管縦断変位測量, 地上変状調査 等	漏水, 漏水によるパイピング, 不等沈下, ひび割れ	S-1~5
	石綿管	漏水調査, 管内テレビカメラ撮影, 土壌・水質試験, 管体の力学試験(衝撃弾性波法, AE法), ひび割れ測定(超音波法) 等	漏水, 漏水によるパイピング, 不等沈下, 剛性低下	S-1~2
	DCI管	漏水調査, 試掘による管体腐食状況確認, 土壌試験	腐食, 継手漏水	S-5
トンネル	全バレル目視, シュミットハンマー, トンネル覆工厚調査, トンネル背面空洞調査(コアボーリング, レーダー探査) 等	ひび割れ, 背面空洞	S-2~4	
水管(路)橋	目視, 管厚調査	内面摩耗	S-5	
畑かん施設	漏水調査	漏水	S-5	
揚水機場	電気設備診断, ポンプ揚水性能試験	揚水性能低下, 電動機焼損事故(対策済)	S-1	
水管理施設	簡易劣化診断	経年劣化(一部更新済)	S-4	

2. 機能診断評価

各施設の機能診断評価結果を表-2に示す。

土木構造物の健全度評価は「農業水利施設の機能保全の手引き」(以下「手引き」という。)の判定表に基づき行った。

平成18年度以前に「施設機能診断マニュアル(案)」によりA~Cランク評価していた施設についても、バレル毎の調査データをもとに「手引き」に基づきS-1~S-5ランクに見直しを行った。

また、サイホン、パイプラインについては、IV章で詳述する地上変状、不等沈下等の変状機構を評価するため、「手引き」の評価項目に応急補修した継ぎ手率、許容曲げ角度以上の継ぎ手率、基礎砂流出の顕在化等、当地区独自の評価基準を加えて総合的に評価を行った。

揚水機場については、供用年数、事故歴、揚水性能試験結果を考慮し、「農業用施設機械設備更新及び保全技術の手引き」により総合的に評価を行った。

3. 対策工法の検討

(1)劣化進行予測

今回の調査結果より、平成19年度を基準に標準劣化曲線を作成すると図-3のとおりである。

標準劣化曲線によると、現在S-2~S-4にあるものが、今後約10年でS-1~S-3程度まで低下と予測されるが、現地の劣化状況を確認するため、引き続き継続的な監視や精査が必要と考えられる。

(2)対策工法の選定

施設毎、健全度毎に対策工法を選定しており、S-1

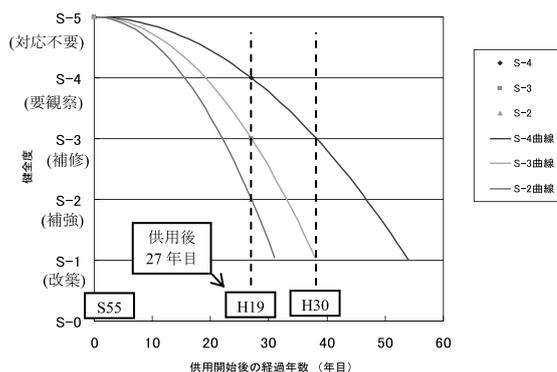


図-3 標準劣化曲線による劣化予測

と評価されたサイホン、パイプラインの一部と、揚水機場の一部施設については、緊急に対応が必要であると判断され、現地条件等も踏まえて対策工法の検討を行った。

サイホン、パイプラインの対策工法の選定は、敷設替えと管更生工法を比較案として、水路の管種や口径などの諸元、施工工期、協議条件、施設の立地・地形条件、家屋等の密集度や土地利用状況、路線毎の断水可能期間、経済性等を勘案して選定した。なお、石綿管は「農業農村事業等におけるアスベスト対応マニュアル」に基づき、計画的に石綿を含有しない製品に代替していく。

サイホン、パイプラインの対策工法の主な検討要素と評価の一例を表-3に示す。

揚水機場の電気施設は、事故歴や耐用年数を踏まえ計画的な更新を図ることとする。

表-3 対策工法の検討要素と評価

施設名	対策工法	管種 評価	適用 口径	施工工期		敷設 ヤード	断水 工期	総合 判定
				用地取得	河川協議			
KS サイホン	敷設替工法*1	○(新管)	○	×	△	×	○	×
	管更正工法	○(PCP)	○	○	○	○	○	○
T 支線	敷設替工法*2	○(新管)	○	△	—	△	○	△
	管更正工法	○(PCP)	○	○	—	○	○	○
W 支線	敷設替工法*2	○(新管)	○	○	△	○	○	○
	管更正工法	×(石綿管)	○	○	○	○	○	×

(*1 迂回路線 *2 現位置を基本とし一部迂回路線)

4. 機能保全コストの算定・比較, 計画の策定

標準劣化曲線による劣化予測と、健全度に応じた対策工法に基づき機能保全コストを比較するとS-3で対策を行うことがもっとも有利な結果となった。これらについては、今後の劣化予測や、一律に与えられている社会的割引率などによる影響が大きいことから、ストックマネジメントの取組みや更新整備計画の策定を進めていく中で、今後、実際の経年劣化の状況と劣化予測との比較、要因分析等による劣化予測の精度向上、評価手法の検討が必要と考えられる。

度、CaとCの濃度減少がみられること、また、浸食性遊離炭酸は1.1~11mg/L (20mg/L以上で他地区浸食報告有)と少ないことから、モルタル表面部からの溶解の進行は可能性が小さく、PC管は製造時の厚さのバラツキが大きいものと推察される。

Ⅳ. サイホン、パイプラインに関する考察

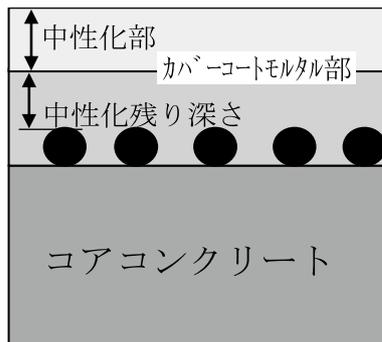
当地区では、PC管、石綿管のサイホン・パイプラインの健全度評価が課題であった。



Sサイホン (PC鋼線は未腐食)

1. PC・石綿管体の劣化因子と劣化性状の検討

管内目視によるひび割れの有無や、カバーコートの中性化とPC鋼線の腐食状況などの構造機能や、漏水量による水利用機能に着目した評価について述べる。



(PC管断面図)

(1)PC管体の劣化因子と劣化性状の検討

中性化試験と水質試験, EPMA (溶解試験), カバーコートモルタルのPH試験を行った。

- ①中性化試験 (調査数20箇所/15施設) のカバーコートモルタル厚さの実測値は6.0mm~33.0mmである。Sサイホン (カバーコートモルタル厚さが17.4mm) において、開削時の管表面に出荷情報の塗装痕跡 (工場名と出荷番号) が確認されており、一方、EPMA (溶解試験) の結果、表面から5mm程

- ②中性化試験 (調査数20箇所/15施設) の結果、中性化深さは0.0~9.8mmである。また中性化残り深さは0.9~24.0mm (11箇所/20箇所中性化残り深さ10mm以下) であるにもかかわらず、調査数20箇所/15施設全てにおいてPC鋼線の腐食は認められない。

(SサイホンのカバーコートモルタルのPH値は、表層11.6~8.8, PC鋼線付近12.8~13.0であった)

- ③漏水調査では、一部の施設で基準を超える漏水がみられる。土地改良区が内面バンドで応急処置を実施したヶ所もある。

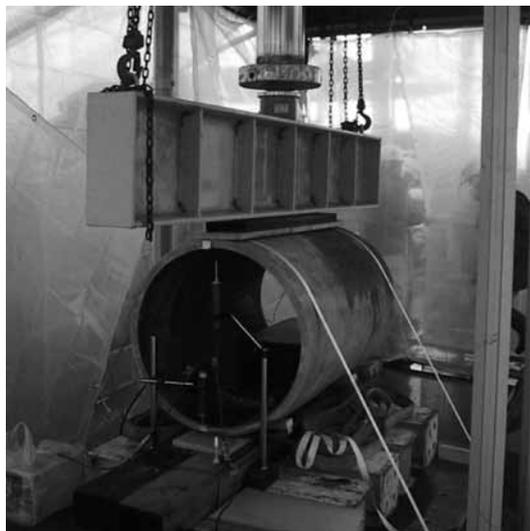
以上より、PC管は経年的な中性化の進行は確認されるものの、緊急に対策が必要という状況にはない。

(2)石綿管体の劣化因子と劣化性状の検討

- ①サイホン (2施設) の土質・水質試験結果からは浸食性因子はみあたらなかった。

- ②W支線農道下埋設地点から掘出した供試管において、AE法 (アコースティック・エミッション) による損傷度評価を行った結果、管体は長期供用に伴う損傷の蓄積が確認された。今後、強度が不足した時点で急激に管体が破損する可能性が高い。

- ③漏水調査では、基準を超える漏水がみられる。



AC供試管AE法試験

以上より、石綿管が直ちに破損するものではないものの、計画的に石綿を含有しない製品に代替するなどの対策が必要となる。

2. サイホン・パイプラインの河川横断構造物及び埋設構造物としての変状機構検討

2.1 香川用水地区特有の変状と想定される要因及び詳細調査手法

「手引き」の施設状態評価（健全度評価）に加えて、香川用水地区のサイホン・パイプラインにみられる特有の変状現象・要因を評価するための詳細調査を実施した。（表-4：※の項目）

詳細調査は、経費等の制約により、表-5に示す着目項目により施設更新の緊急性が高い施設を優先して実施した。

本方針に基づき全サイホン・パイプライン（32施設）の中から15施設を優先的精査対象施設として抽出した。

2.2 変状現象の概要

(1) T支線（パイプライン区間）

①管径（φ900mm）の1/2を超える沈下（最大490mm）がみられ、不等沈下が広範囲にわたっていた。

表-5 優先的精査にあたっての着目項目と適用

優先的精査にあたっての着目項目と適用順位	
①第三者影響度 (地上構造物の状況)	構造物の不等沈下 圃地湧水(漏水噴出)
②補修の実施状況	継目補修率(10%以上)等
③水理状況	漏水量



管径の1/2を越える沈下

②管体の沈下に伴う地上変状が全線にわたっており、さらに管体埋設沿いの道路で噴砂現象や圃地で湧水（漏水の噴出）がみられた。



アスファルト亀裂からの噴砂

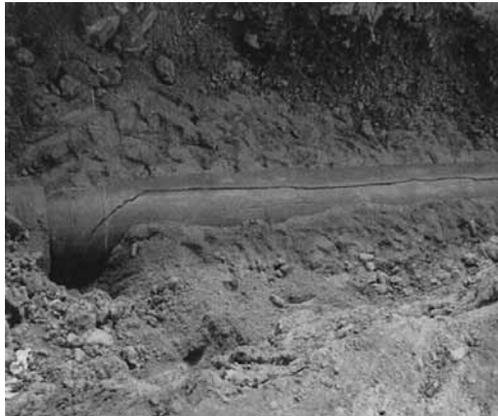
③これまで26件の補修工事（内面バンド120箇所、目地コーキング155箇所）が行われている。

表-4 香川用水地区特有のサイホン・パイプラインの変状と詳細調査手法

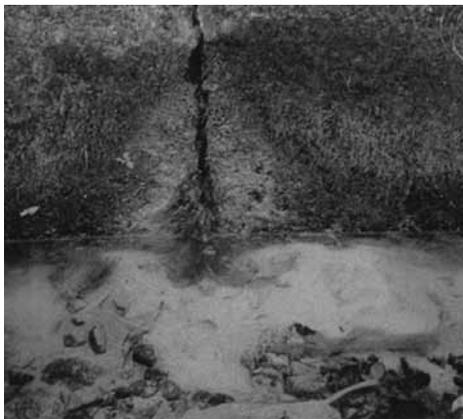
施設の状態	現象	変状の要因	詳細調査手法
管路の変状	漏水	経年劣化, 継目開口	過年度調査結果を参照
	※沈下・管体曲げ角度	※不等沈下	※管体縦断沈下測量, 管底背面空洞調査
	ひび割れ	不等沈下(過大負荷)	管内目視精査
	補修継目漏水	内面バンド緩み	管内目視精査
	継手間隔拡大	不等沈下(過大負荷)	管内縦断沈下測量
地上施設の変状	※圃地湧水(漏水噴出)	※継目漏水, 管体沈下	※地上連続踏査(精査)
	※構造物の不等沈下	※管体砂基礎の流亡	※地上連続踏査(精査)
	※噴砂現象	※パイピング	※河床部等現地精査

(2)W支線 (パイプライン区間)

- ①石綿管のひび割れや圃地湧水、噴砂現象等「構造・水利用機能」の低下や進行がみられた。
- ②目地の開きの大きな箇所 (最大100mm) がみられた。



石綿管ひび割れ



擁壁基礎部からの噴砂現象

2. 3 サイホン管体縦断沈下状況

管水路の縦断形状とバレル毎の変位を確認するため、13施設で管内の縦断測量を実施した。測量は、屈曲部の異形管などコンクリートで全巻されたバレルに変位はないものと仮定して、その間のバレルの相対的な変位を整理した。

その結果、砂基礎の傾斜部や農地下の管路で不等沈下が生じていることや、管路の傾斜部などにおいて許容曲げ角度を超えている箇所があることを確認した。

KSサイホンについて、沈下量及び許容曲げ角度を越える継目を整理した沈下縦断図を図-4に示す。

2. 4 サイホン・パイプラインの変状機構の検討

調査で得られた変状に一連の繋がりがあると考え、図-5のような劣化メカニズムとして整理した。このメカニズムは、管の不等沈下により漏水が増加するという進行性を有するとともに、第三者リスクの拡大につながるものと考えた。

2. 5 サイホン・パイプラインに対する香川用水地区健全度評価基準 (案) の適用

特有の変状機構を有する15施設について、緊急性が高い整備対象施設 (S-1) を判定するため、「手引き」の評価項目に加え、表-6に示す当地区独自の「香川用水地区健全度評価基準」を設け、評価した。

このうち、緊急性が高いと判定されたサイホン・パイプラインは、表-7のとおりである。

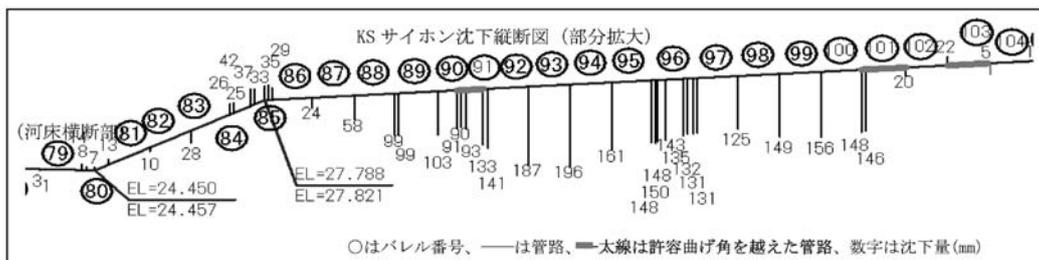


図-4 サイホンの縦断沈下状況図



図-5 サイホン・パイプラインの変状機構

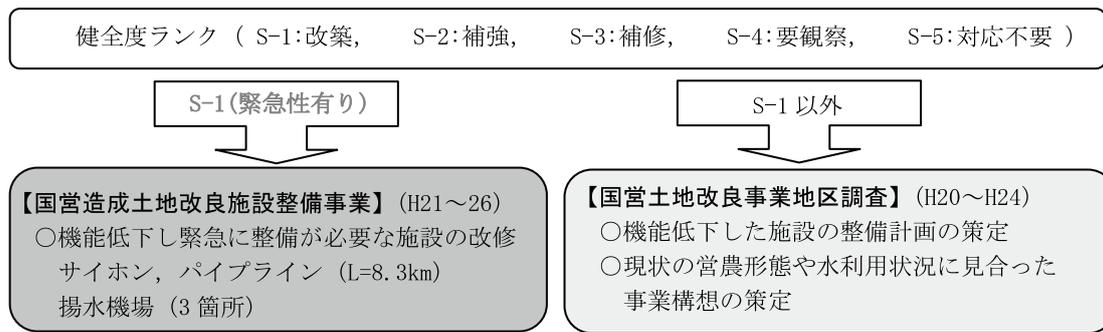
表-6 香川用水地区健全度評価基準

ランク	← (小) 変状進行性・第三者影響度 (大) →				判断
	水理・水利機能		構造機能		
	漏水量と継目補修率	許容曲げ角度以上の率	ひび割れ	パビング・不等沈下	
S-3~5	・ランク S-1, S-2 以外	・10%未満	なし	なし	要注意
S-2	・漏水量 300 以上 (L/日・cm・km) かつ 80%>継目補修率≥50% ・漏水量 150~300 (L/日・cm・km) かつ 継目補修率≥80%	・10%~20%	なし	なし	要対策
S-1	・漏水量 300 以上 (L/日・cm・km) かつ 継目補修率≥80% ・石綿管の場合、許容漏水量以上	・20%以上または特異なア ンジュレーション ・管沈下 (管径 1/2 以上)	有り	・有り ・石綿管の場合、パ イピング有り	緊急 に対策

表-7 緊急性が高い更新対象サイホン・パイプラインとその変状調査

施設名	諸元	水頭	漏水量	沈下量	曲げ角	ひび割れ	継目補修率	圃地湧水	不等沈下	噴砂
KS サイホン	φ1,500	264.9	25	19.9	7.9	複数有	33	有	有	—
KJ サイホン	φ1,350	66.1	バンド部	6.7	5.9	無	89	無	有	有
KW サイホン	φ1,200	141.2	849	29.2	5.9	複数有	19	有	有	有
T 支線	φ900	536.7	395	49	—	無	22	有	有	有
W 支線(石綿管)	φ600	311.4	119	—	—	有	0	有	無	有

諸元 (mm), 水頭 (Kpa), 漏水量 (L/日・cm・km), 沈下量 (cm), 曲げ角 (許容曲げ角度以上の継目率%), 継目補修率 (%)



V. 更新事業の計画

健全度評価結果の中で、緊急に対策が必要な健全度 S-1 の対象施設について、国営造成土地改良施設整備事業 (H21~26年度) を実施することとした。

また、S-2~S-5 については、現在実施中の国営土地改良事業香川用水二期地区調査 (H20~24年度) において、現状の営農、水利用状況に対応し安全、安心な農業用水の確保、供給と効率的、効果的な水管理を目的として事業構想とともに更新、改築等の整備計画を検討している。

VI. おわりに

- ①香川用水地区では、平成15年度より施設機能診断に取り組み、平成19年に作成された「手引き」に沿ったプロセスにより診断、評価、対策検討を行った。
- ②当地区のサイホン・パイプラインについて、埋設ルート上の地上施設の不等沈下調査をはじめ、圃地湧水、管内縦断沈下測量、河床横断部漏水先のパイピング現象調査等、長大埋設構造物としての劣

化現象に着目した独自の視点による調査を行い、経時性・共通性等を有する劣化過程に対して、一連の「変状機構」として整理・解明した。

「変状機構」は、第三者影響度リスクの増大というプロセスを有しており、それらの施設は「香川用水地区健全度評価基準」に基づき緊急性が高い整備対象施設 (S-1) と判断した。

- ③緊急性が高い整備対象施設 (S-1) については、国営造成土地改良施設整備事業「香川用水地区」により、早急に更新するため、平成21年度に着工した。

最後に、施設機能保全の取組みがますます重要となっており、ストックマネジメントの各プロセス、劣化状況に応じた診断技術や対策技術の発展や、実施事例の蓄積・分析、品質管理・確保対策の確立が求められている。今回の事例が、他地区における今後の施設機能保全の参考になれば幸いである。

また、本業務の実施にあたっては「香川用水地区」技術検討委員会及び香川用水土地改良区等関係機関の皆様より、多大なご指導・ご協力を賜りましたことに感謝申し上げます。

羽鳥ダムにおける堤体の安全管理について

菊 地 淳 一*
(Jyunichi KIKUCHI)

目 次

1. はじめに	51	4. 観測施設の状況	53
2. ダム及び貯水池等の諸元	51	5. 測定結果の検証	53
3. ダム堤体の状況	51	6. おわりに	55

1. はじめに

福島県中通り地方の南部に位置する矢吹原一帯は、国営白河矢吹開拓建設事業によって、昭和16年から昭和39年にわたり、開田1,600ha、開畑560haを造成し、羽鳥ダム、用水路65km、道路72kmの建設が行われた。

羽鳥ダムは、これら開田地域の主たるかんがい用水源として、阿賀野川水系鶴沼川の羽鳥地点に築造されたフィルダムで、昭和25年に着工し、昭和31年度に完成した。(写真-1)

その後、昭和49年から昭和54年度までに、国営造成施設整備事業により、洪水吐の補修、取水施設の改良等を行い、施設機能を強化するとともに、ゲート及び観測施設の集中管理システムを導入し、施設管理の合理化を図り、今日に至っている。



写真-1 羽鳥ダムの全景

こうした中、平成12年度に羽鳥ダムの堤体下流表面の一部が湿潤していることが確認されたことから、この湿潤原因を調査し、ダムの安定性について検討したのでその内容を報告する。

2. ダム及び貯水池等の諸元

ダムの主な諸元は、下記のとおりある。

- (1)ダム (ゾーン型フィルダム)
- | | |
|-------------------|----------------------|
| 1) 堤高 | 37.09m |
| 2) 堤長 | 169.48m |
| 3) 堤体積 | 318千m ³ |
| 4) 堤頂の標高 | EL690.30m |
| 5) 洪水吐 (非調節型横越流式) | |
| ①越流堰頂の標高 | EL686.00m |
| ②越流堰の長さ | 113.00m |
| ③設計洪水流量 | 288m ³ /s |
- (2)貯水池
- | | |
|--------------|-----------------------|
| 1) 直接集水区域の面積 | 42.69km ² |
| 2) 湛水区域の面積 | 2.01km ² |
| 3) 最大背水距離 | 5.0km |
| 4) 設計洪水水位標高 | 687.39m |
| 5) 常時満水位標高 | 686.00m |
| 6) 最低有効水位標高 | 664.00m |
| 7) 総貯水容量 | 27,321千m ³ |
| 8) 有効貯水容量 | 25,951千m ³ |
| 9) 設計堆砂量 | 1,370千m ³ |

3. ダム堤体の状況

羽鳥ダム堤体下流表面の湿潤部を図-1に示す。

この湿潤の原因が万が一貯水池からの浸透水であれば、パイピング、内部浸食、堤体の局所的な破壊などの前兆の可能性が考えられ、ダムの安全性に重大な問題が生じていることとなるため、湿潤の原因についてこれまで各種調査を行ってきた。

* (現)東北農政局事業計画課 (Tel. 022-263-1111)
(前)東北農政局阿武隈土地改良調査管理事務所羽鳥ダム管理所

その調査結果は以下のとおりである。

[平成12年度]

- ・高密度電気探査結果によれば、堤体下流内部は不透水層の存在による多層構造が予想され、堤体下流部全体が飽和状態ではないものと考えられる。
- ・堤体下流斜面全体が飽和状態であると仮定して地震力を見込んだとしても、安全率は1.0以上が得られ、早急な安全対策は必要ないものと判断された。

[平成14年度]

- ・地下水位観測孔での測定結果から、堤体下流内部には比較的高い浸潤線、比較的低い浸潤線及びそれよりも更に低い浸潤線（計3本）が存在し、地下水は多層構造であることが明らかとなった。
- ・堤体下流湿潤部の滲出水量は大半が雨水、融雪水の影響を受け、貯水位との相関は少ない。

[平成16年度]

- ・透水試験の結果によれば、堤体下流内部の透水係数は $10^{-3} \sim 10^{-7} \text{cm/s}$ と広い範囲にあり、堤体下流内部の地下水の多層構造がこれからも裏付けられた。
- ・堤体基礎地盤には旧河床堆積物である砂礫が分布しており、これがドレーンの役割をなし、下部の堤体内地下水位を低下させている。

- ・堤体下流内部は明らかに多層構造を示し、多層構造を考慮した安定計算では地震力を0.15見込んでも安全率は1.2以上確保される。このため、湿潤部の対策としては、筋状のドレーンを布設する程度で、安定性上問題はないと判断される。

こうした各種調査を元に、学識経験者を含めて検討した結果、主に次の結論に至った。

- ①貯水位と孔内水位については、必ずしも連動しているものではないと考えられるが、今後も計測を継続し、相関関係を注視していく必要がある。
- ②現在の漏水観測施設は、測定のための三角堰が屋外にあることから、正確な測定ができていないと考えられ、三角堰を屋内に移すなどの改修工事が必要である。改修は、盛土上の操作室、電力放流口の存在等、現場条件を十分に踏まえた設計を行った上で施工すること。
- ③湿潤部対策としてドレーンを設置し、この水量も②同様に屋内の三角堰で観測するように設備を設けることが望ましい。このため、漏水観測施設の改修工事を実施し、観測孔での観測と共に漏水量の観測を実施し、再度ダムの安定性について解析を行っていくこととした。

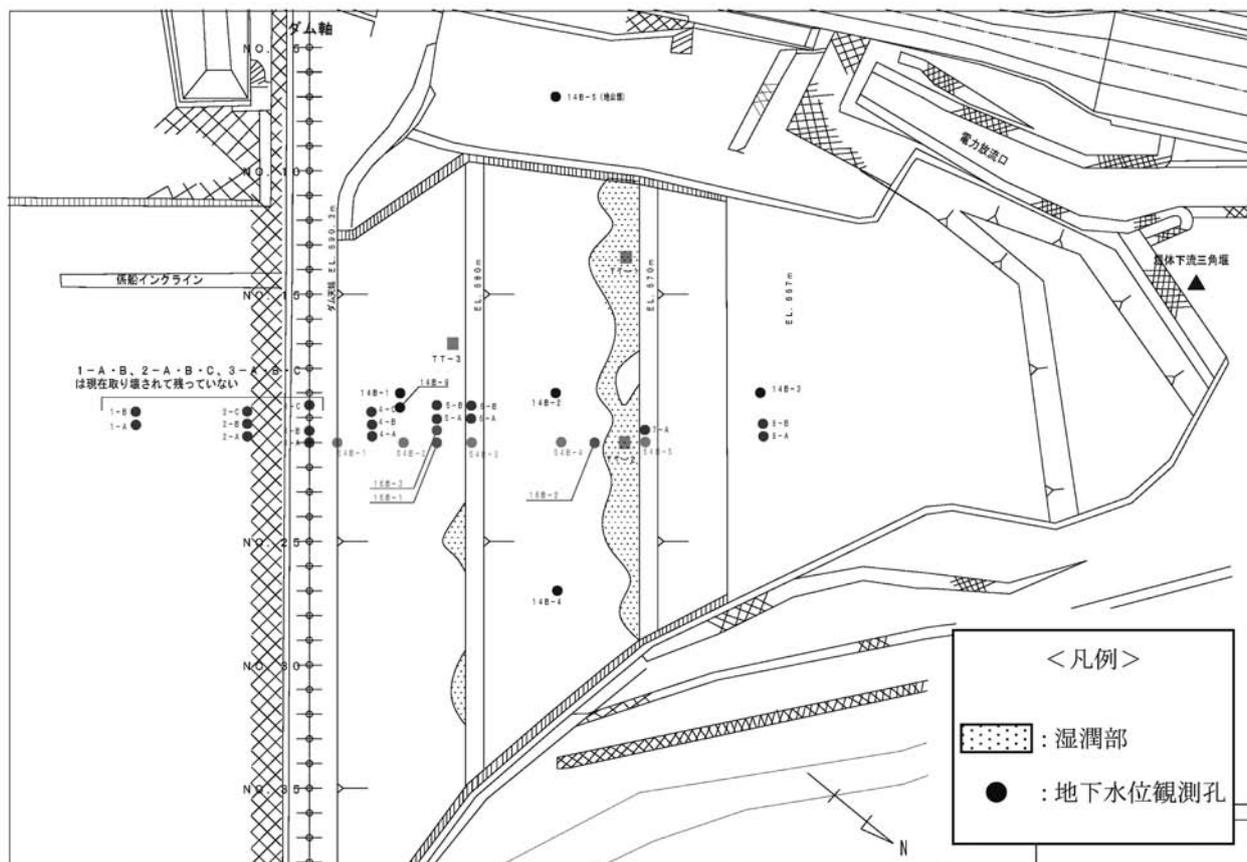


図-1 羽鳥ダム平面図

4. 観測施設の状況

今回の観測対象施設の概要は以下のとおりである。

(1)地下水位観測孔

羽鳥ダムでは、23箇所地下水位観測孔で観測を行っており、1日1回（平日のみ）、管理所の職員が観測孔の水位を観測している。（写真-2、図-1の黒丸部）



写真-2 地下水位観測孔

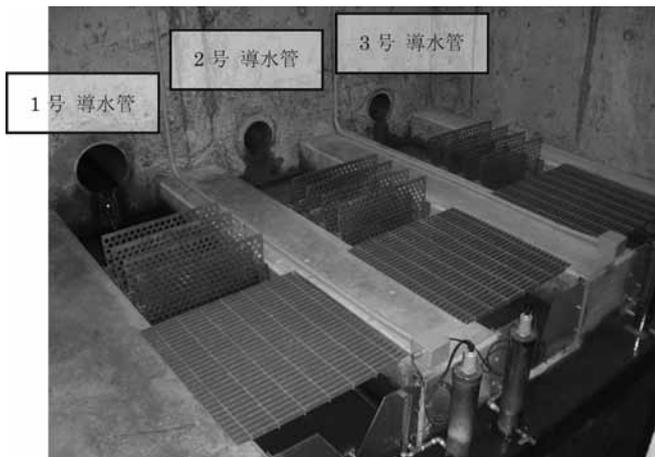


写真-3 漏水観測施設

(2)漏水観測施設

漏水観測施設は、H16年度の学識経験者からの意見を踏まえ、同年度に改修を行っている。改修の内容は以下の通りである。

- ・これまで屋外にあった観測ピットを屋内に設置した。
- ・これまでは堤体内部に設置されたドレーンからの水量のみを計測していたが、浸潤部付近にもドレーンを設け、水量を観測できるようにした。

このことから、今までよりも正確で、多くの観測データの収集が可能となった。

観測施設には1~3号導水管があり、1号導水管は既設の堤体内部に設置されたドレーンで、浸透量を観測するものであり、2号及び3号導水管は、平成16年度に新設した湿潤部付近のドレーンから導水された水量を計測するものである。

水量はデータロガーにて1時間に1回、自動的に計測されている。

5. 測定結果の検証

平成16年度から平成19年度の観測データを基に、データの解析を行い、ダムの安定性についての解析を行った。

(1)地下水位観測孔

表-1は地下水位観測孔の測定結果より、ダム水位と観測孔水位の相関等についてまとめたものである。

このように、ほとんどの観測孔ではダム貯水位と観測孔水位との相関は見られなかった。

一方、貯水位と連動する観測孔も若干ながら存在している。これらの観測孔については、ダム貯水位との相関関係から、満水位時（EL686.0m）の孔内水位を推定し、浸潤線を描くための値を求める。このデータは表-1の常時満水位時の安定水位の列に示す。なお、括弧書きで「宙水」と記載されているものは、その観測孔が宙水の水位を示していると総合的に判断された

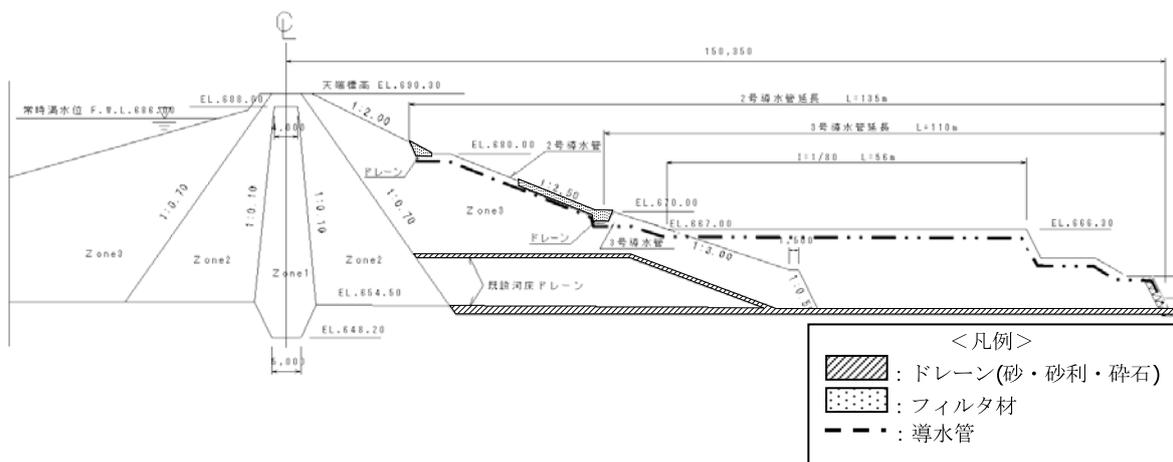


図-2 羽鳥ダム断面図

ものであり、浸潤線を描くデータとしては今回使用していないものである。（「宙水」とは、地下水面より上にある地層中に、局部的に不透水層または半透水層が存在したとき、その上部にある地下水のことである）

この結果より、ダムの浸潤線を図-3のとおり描き、キャサグランデの方法より安定性を検討した。なお、浸潤線の基本放物線を同図に示す。キャサグランデの方法は、この基本放物線よりも浸潤線が低位にあ

れば安定と判定するものである。観測結果及び浸潤線より、ダムの安定性に関しての考察は次のとおりである。

- ・基本放物線よりも観測データによる浸潤線は低位であり、構造安定性に関しては安全側である。
- ・何面かの宙水が分布することが今回の検討結果からも明らかであるが、ほとんどの宙水面は基本放物線よりも低位であるため、構造安定性に関して問題ないと考えられる。
- ・ただし、宙水と評価した14B-1孔の堤内水位は、僅かであるが貯水位との相関が認められるため、今後の継続監視は重要と考える。
- ・観測水位の急上昇や、下流斜面のドレーン（2,3号導水管）流量の急激な変化が生じた場合には、緊急的な対応が必要である。
- ・他の孔に関しても、貯水との相関を継続監視し、堤内の浸透状況に大きな変化が生じていないことを確認することが重要である。

表-1 地下水位観測孔水位の挙動

孔番号	常時満水時の安定水位	貯水位との相関
4-A	EL. 664m	×
4-B	EL. 672m (宙水)	×
4-C	EL. 664m	×
5-A	EL. 658m	×
5-B	不明瞭	×
6-A	EL. 658m	×
6-B	不明瞭	×
7-A	EL. 657m	×
8-A	EL. 658m	×
8-B	不明瞭	×
54B-1	EL. 666m	○
54B-2	EL. 660m	○
54B-3	EL. 658m	×
54B-4	EL. 658m	×
54B-5	EL. 657m	×
14B-1	EL. 672m (宙水)	○
14B-2	EL. 674m (宙水)	×
14B-3	EL. 665m (宙水)	×
14B-4	EL. 667m (宙水)	×
14B-9	EL. 678m (宙水)	×
16B-1	EL. 668m (宙水)	×
16B-2	EL. 655m	○
16B-3	EL. 676m (宙水)	×

○：貯水位との相関あり ×：貯水位との相関なし

(2)漏水観測施設

1～3号の漏水観測施設の測定結果において、貯水位及び雨量との相関をグラフ化したものを図-4に示す。各観測施設の傾向は下記のとおりである。

①1号導水管

貯水位及び降雨量との相関が認められる。

②2号導水管

貯水位との相関は認められないが、降雨量との相関が認められる。

③3号導水管

2号導水管と同様に、貯水位との相関は認められないが、降雨量との相関が認められる。

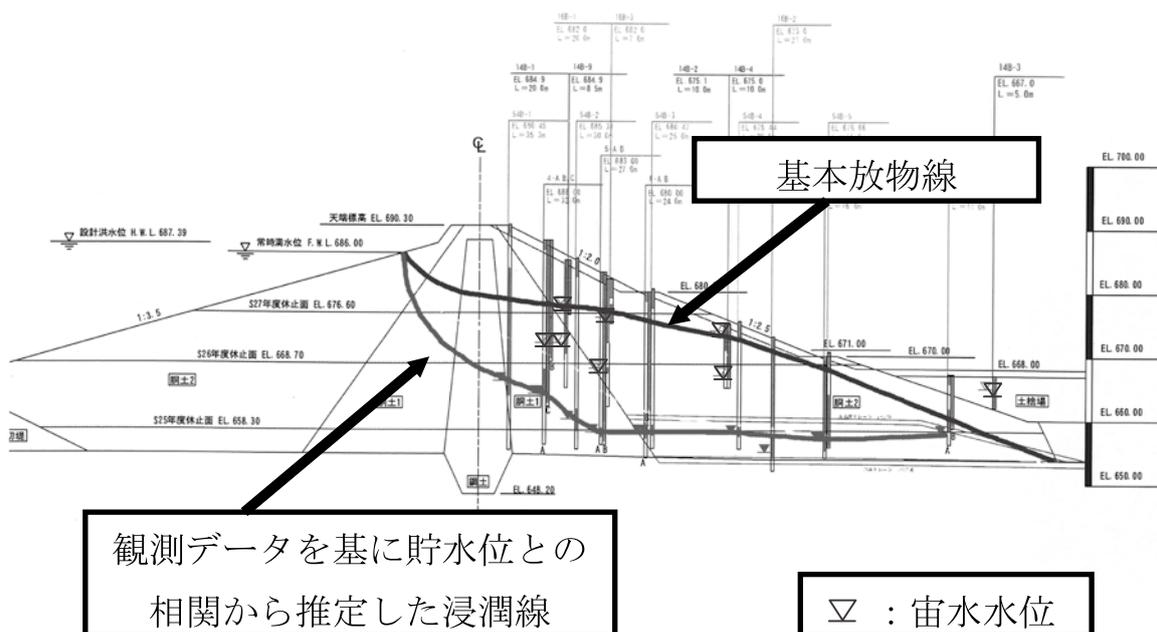
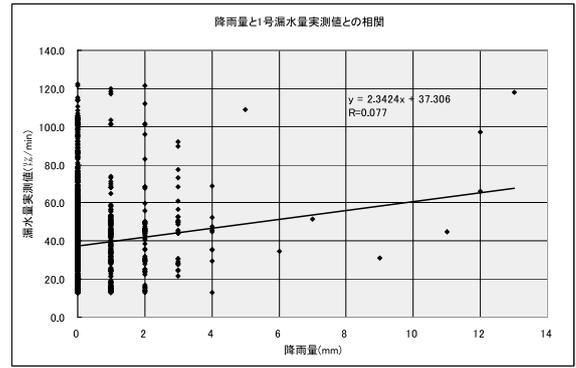
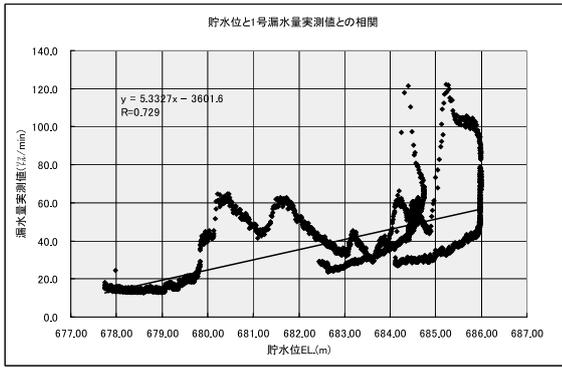
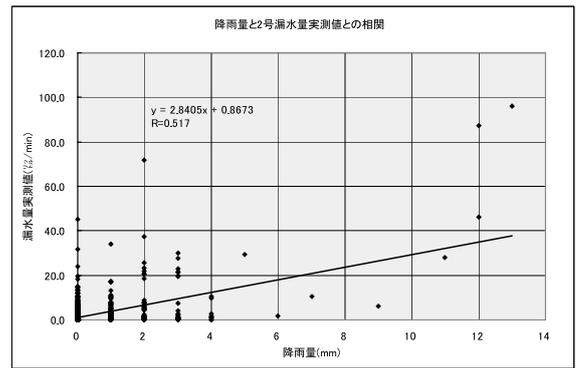
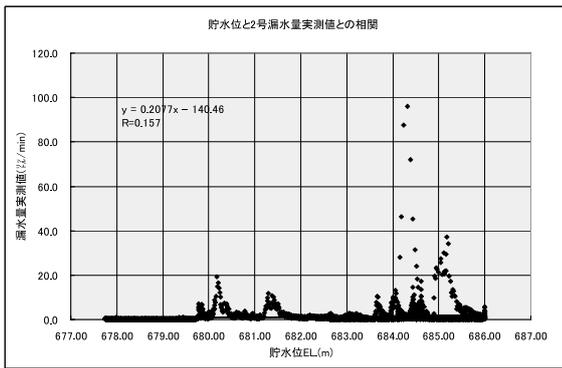


図-3 浸潤線によるダムの安定

<1号導水管>



<2号導水管>



<3号導水管>

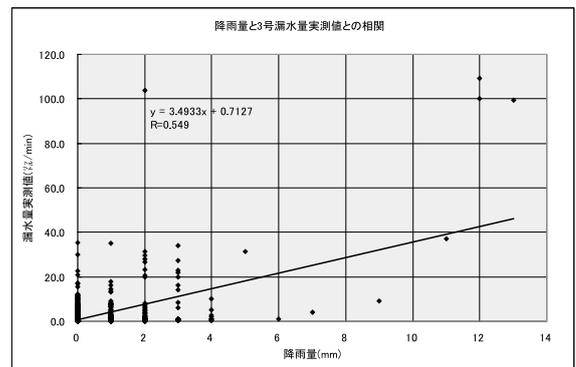
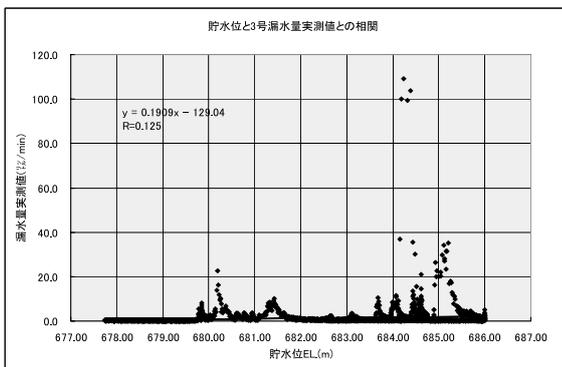


図-4 漏水観測施設 測定結果 (左：貯水位との相関，右：降雨量との相関)

また、漏水観測施設の改修後は、堤体下流表面の湿潤部が無くなったことから、2号及び3号導水管の設置によって、湿潤部の水が漏水観測施設に導水されたものと考えられる。

つまり、2号及び3号導水管で確認されている水は、湿潤部の原因となった水であり、降雨との相関が認められている状況から、降雨による堤体表面の水捌けが悪かったために発生したものではないかと考えられる。

6. おわりに

今回の調査では、湿潤部の原因が雨水であることがほぼ特定でき、観測から描いた浸潤線からもダムは

安定していることが確認できた。加えて、ドレーンの設置により湿潤部が消えたことも、大きな成果と言える。

調査によって得られたデータは、羽鳥ダム堤体の状況を定量的に示し、これまで予想の範疇であった現象を明らかにするものであることから、このデータを適正なダム管理に活用していきたいと考えている。

参考文献

- 1) 農林水産省農村振興局：土地改良事業設計基準 フィルダム編

せんばる
千原地下ダム地表貯水部の塩水侵入対策について

伊 藤 誠* 島 袋 進**
(Makoto ITO) (Susumu SHIMABUKURO)

目 次

I. はじめに	56	VI. 塩水侵入対策工の設計	58
II. 事業概要	56	VII. 塩水侵入対策施設の効果	61
III. 千原地下ダムの概要	56	VIII. 施設運転・維持管理	65
IV. 千原貯水池における塩水侵入の状況	56	IX. 終わりに	66
V. 塩水侵入対策の検討	58		

I. はじめに

国営伊是名農業水利事業は、平成11年度に事業着工し、10年の歳月を経て平成20年度（平成21年3月末日）に完了した。

本事業の水源である千原地下ダムは、地下貯水部と地表貯水部（以下「千原貯水池」という）で構成されており、地下貯水部はダム天端標高がEL1.0mの塩水侵入阻止型の地下ダム、千原貯水池も貯水池底盤がEL-11.0mの海面下の貯水池であり、計画時からある程度の塩水の侵入が想定されていた。

ここでは、千原貯水池底盤において実施した塩水侵入対策工について紹介する。

II. 事業概要

国営伊是名農業水利事業は、沖縄本島北部の伊是名島のさとうきびを中心とした520haの畑地に農業用水を供給し島の農業振興を図ろうとするもので、その水源は国営事業で整備する千原地下ダム、大野山内貯水池と県営・団体営で整備する小規模なため池からなっている。

この他、国営事業では揚水機場、用水路などの基幹的なかんがい施設を平成20年度までに整備、関連事業においても平成20年度末までに約200haの末端かんがい施設の整備を終え、これらの区域では既に農業用水の供給が開始されている。（図-1）

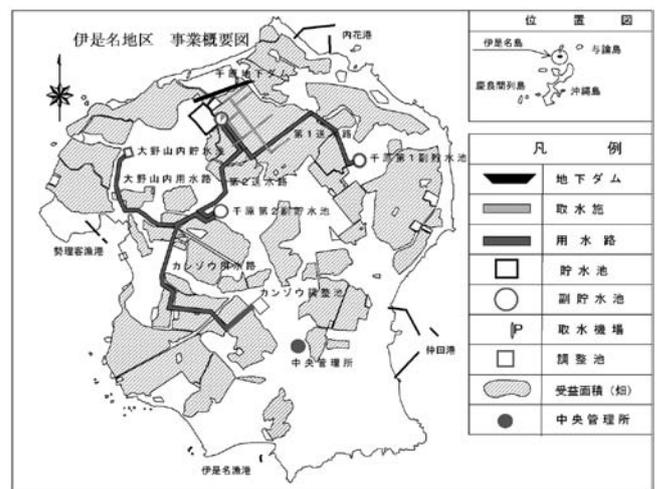


図-1 伊是名地区計画平面図

III. 千原地下ダムの概要

千原地下ダムの地下貯水部は、鋼矢板を止水壁とした地下ダム（ $V=240\text{千m}^3$ 、 $L=479\text{m}$ 、 $H=15.5$ ）で、貯留された地下水は貯留域内に櫛歯状に埋設した取水トレンチにより取水される。千原貯水池は、掘込み式の貯水池（ $V=513\text{千m}^3$ ）で、地表水を集水し貯留する。地下貯水部及び千原貯水池の貯留水は、中継水槽で合流し、第1及び第2副貯水池に揚水された後、ほ場へ配水される。（図-2）

IV. 千原貯水池における塩水侵入の状況

1. 計画時・設計時における塩水侵入の想定について

千原貯水池の位置は、海岸から約400mしか離れておらず、その構造もFWL1.0m～LWL-11.0mと海面下となっていることから、計画時から貯水池内への塩水の侵入が想定されていた。計画段階では、千原貯水

* (現環境省東北地方環境事務所国立公園・保全整備課
(Tel. 022-722-2874)

(前) 沖縄県総合事務局伊是名農業水利事業所

** (現) 沖縄総合事務局土地改良課

(Tel. 098-866-0031)

(前) 沖縄県総合事務局伊是名農業水利事業所



図-2 千原地下ダム概要図

池への塩水侵入は近傍の地下水観測データから推定され、「貯水池へ侵入する塩水は、流入する地表水で希釈され、計画上の許容値である塩分濃度（塩素イオン濃度）500mg/L以下になる」と評価されている。また、事業実施中においても継続的な地下水の塩分濃度観測と、地表貯水部の実施設計時において塩水侵入の

影響を再度検討し、塩分濃度（塩素イオン濃度）が500mg/L以下となるとの結果を受け、営農に支障がないことを確認して千原貯水池の整備を進めてきた。

2. 工事実施後の塩水侵入状況について

千原貯水池の本体工事は、平成13年度から平成17年度まで実施され、平成17年7月から貯水が開始された。その後の定期的な貯水池内の塩分濃度観測において、計画に想定されていない高い塩分濃度が観測されたことを受け（電気伝導度6,000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ \equiv 塩素イオン濃度換算1,200mg/L以上）、平成18年12月に貯水を排水し、貯水池底盤における塩水侵入状況の再調査を実施した。

貯水池底盤内の調査結果から、底盤の一部より電気伝導度20,000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ （ \equiv 塩素イオン濃度4,000mg/L）以上の高い塩分濃度の湧水が観測され、底盤への塩水侵入が確認された。観測した塩分濃度と侵入量より千原貯水池の貯水への影響を再度検討した結果、計画基準年に貯水池内の塩分濃度が許容値の500mg/Lを超える時期があるとの結果から、塩水侵入対策を実施する必要性が生じた。（図-3、4及び写真-1、2）

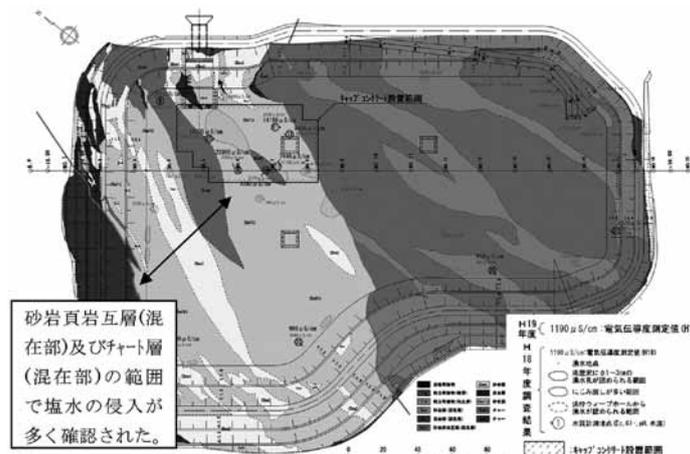


図-3 千原貯水池塩水湧出箇所確認図

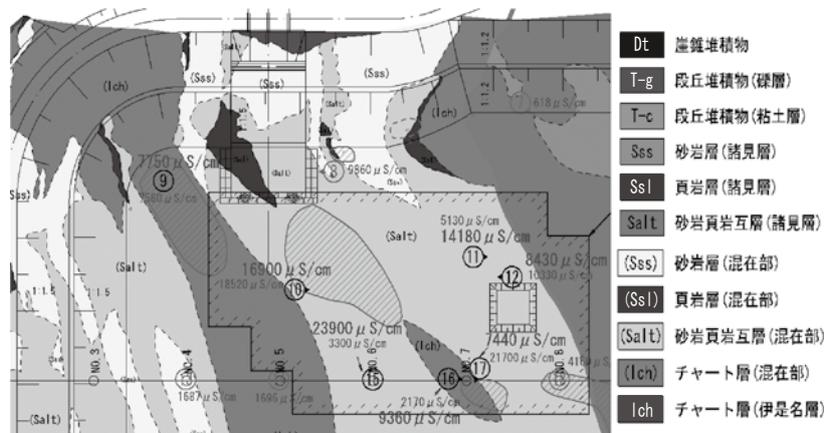


図-4 千原貯水池塩水侵入対策箇所図

* 塩水侵入対策箇所：図-4の四角枠内に高濃度の塩水湧出箇所が集中箇所
 ・電気伝導度10,000~24,000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ を超える塩水湧出箇所が集中している
 ・砂岩頁岩互層（混在部）及びチャート層（混在部）からの湧出で、掘削時にゆるんだ箇所から湧出しているものと考えられる。

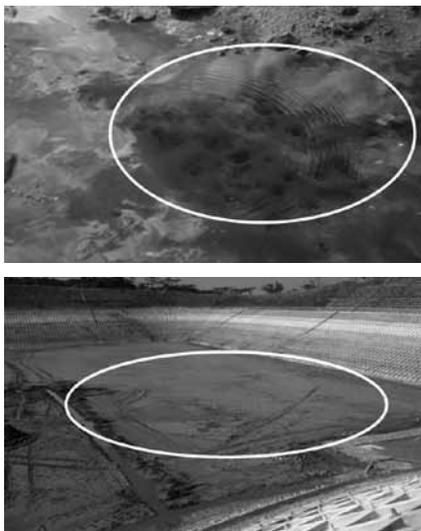


写真-1, 2 塩水侵入湧出状況写真

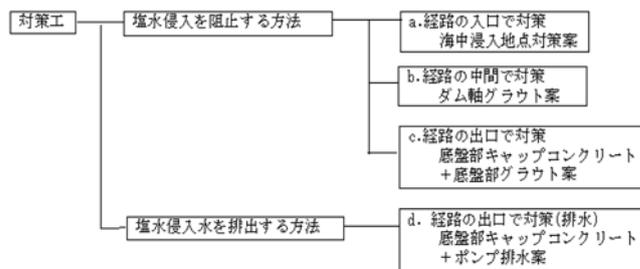


図-5 塩水侵入対策方法の比較図

V. 塩水侵入対策の検討

1. 塩水侵入対策工法について

平成18年度～平成19年度における2回の底盤調査をもとに、千原貯水池の塩水侵入対策工の検討と設計を行い、平成19年度後半からの工事実施を進めていくこととした。

対策工法としては、表-1及び図-5に示すa～dの4案が考えられ、a～cは、侵入自体を阻止する方法であり、dは侵入した塩水を排除する対策工法である。

塩水侵入の基本的な対策の考えとしては、千原貯水池の貯水の水質を確実に事業計画における許容塩分濃度500mg/L以下に下げることとし、一般的なカーテングラウトなどの工法と比較検討した結果、塩水の侵入経路の把握が困難なこともあり、対策工の施工性（工期・経済性）及び確実性（効果の確実性）から、「d案: 侵入水（排除キャップコンクリート+排水ポンプ（除塩）」を採用することとした。

2. 塩水侵入対策の効果の予測

平成18年度の貯水池底盤部における塩水侵入状況の確認調査時に得られた貯水池全体の湧水量・塩分濃度（533m³/day, 2865mg/L），対策工部の湧水量・塩分濃度（301m³/day, 4,148mg/L）から、計画基準年1991年（H3）の用水計画に対して、塩水侵入量及び貯留水の塩素イオン濃度変化を算定した。

その結果、計画基準年のある時期において、無対策のケースで貯水池内の塩分濃度が831mg/Lと許容値の500mg/Lを超え、一方、対策工を設置したケースでは321mg/Lと対策工の効果が十分に得られる結果となった。（表-2）

VI. 塩水侵入対策工の設計

塩水侵入対策工である「キャップコンクリート+排水ポンプ」の設計においては、以下の事項を考慮して設計を行った。

- ・広範囲に侵入した塩水を貯留水と混ぜるこなくキャッチ及び集水できる施設であること。
- ・維持管理（メンテナンス等における利便性）を考慮した施設であること。
- ・塩水に対する耐久性のある施設であること。

上記を踏まえて塩水対策施設を設計、詳細な設計内容はここでは省略するが、施設の構成は下記のとおりとした。（図-6, 7）

表-1 塩水侵入対策工の比較

ケース名	a	b	c	d
対策区分	塩水侵入を阻止する方法			浸入水を排除
	経路の入口で対策	経路の中間で対策	経路の出口で対策	
対策場所	海中	ダム軸	地表貯水部底盤	地表貯水部及び貯水部
対策方法	-	・カーテングラウト	・キャップコンクリート ・ブランケットグラウト	・キャップコンクリート+ 排水ポンプ(除塩)
説明	・浸入地点の特定、海中での施工を考慮すると現実的な案ではない。	・現在の地質情報では施工範囲を特定できない。(追加調査が必要) ・効果および工事量(工事費)が不確定。	・現在の湧水箇所を塞いでも他の弱部へリークする恐れがあり、不確定である。 ・リークを考慮した範囲設定は難しく、工事量(工事費)が不確定。	・主要な湧水箇所は特定されており、効果は確実である。 ・工事量(工事費)の不確定要素はない。
判定	×	×	△	○

表-2 地表貯水部塩素イオン濃度算定結果

対策	最大塩素イオン濃度(mg/L)	判定	発生時期	貯水位(EL.- m)
対策なし	831	>500(許容値)	10月第5半旬	-10.57
対策あり	321	<500(許容値)	〃	〃

*上記の算定方法について、後述の「Ⅶ. 塩水侵入対策施設の効果」を参照

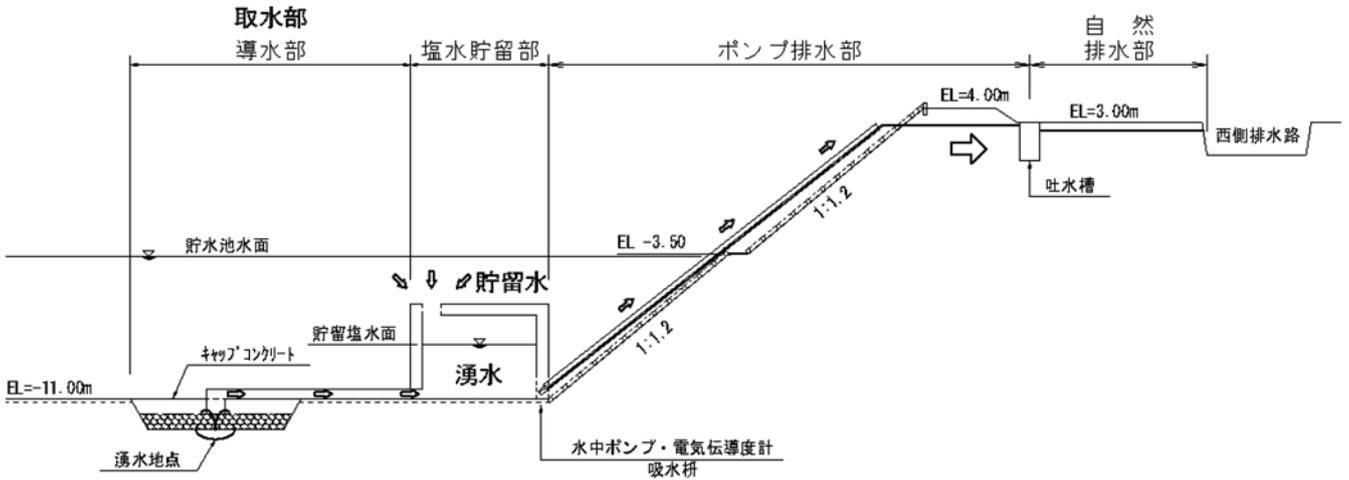


図-6 塩水侵入対策工イメージ図

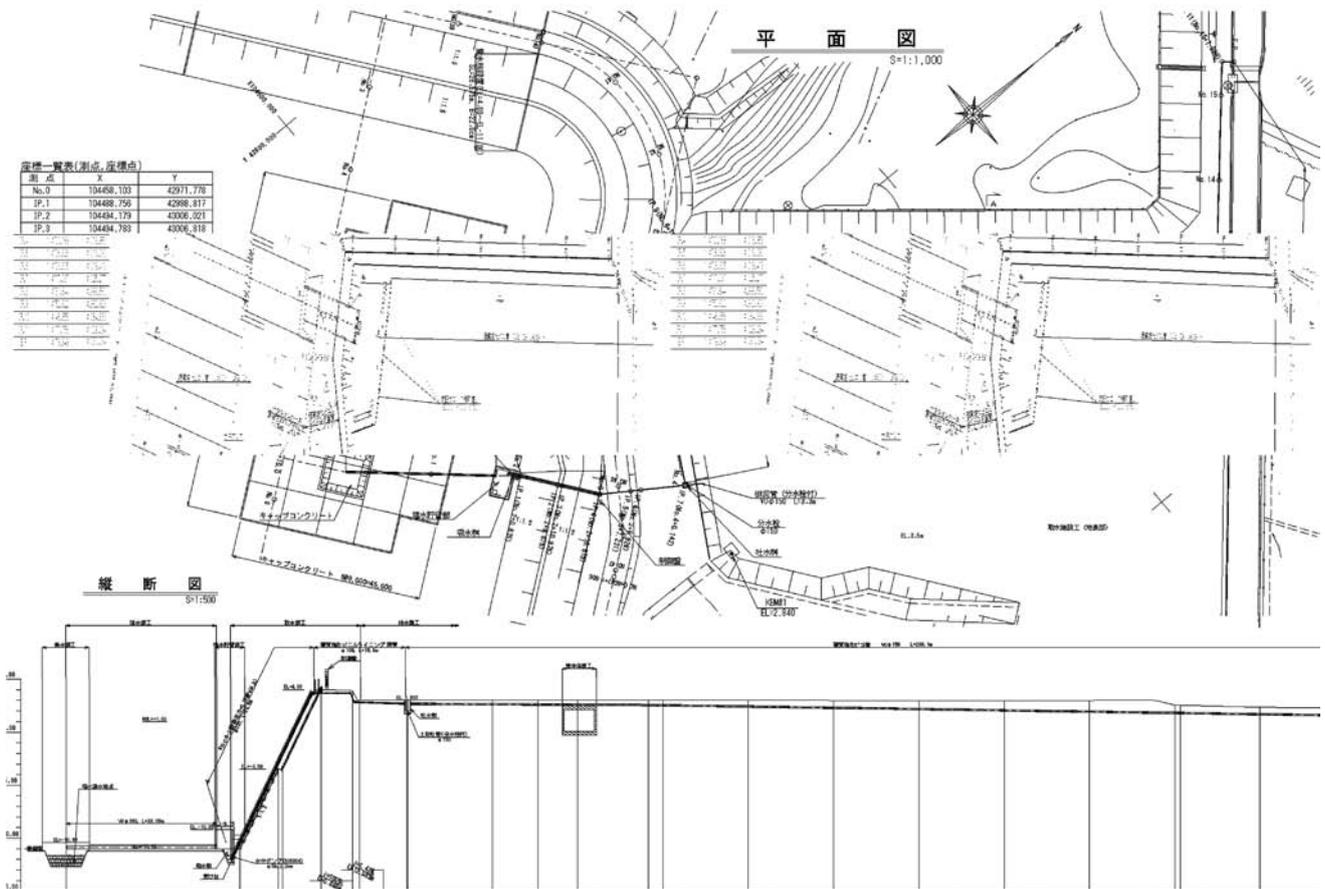


図-7 塩水侵入対策工計画平面縦断図

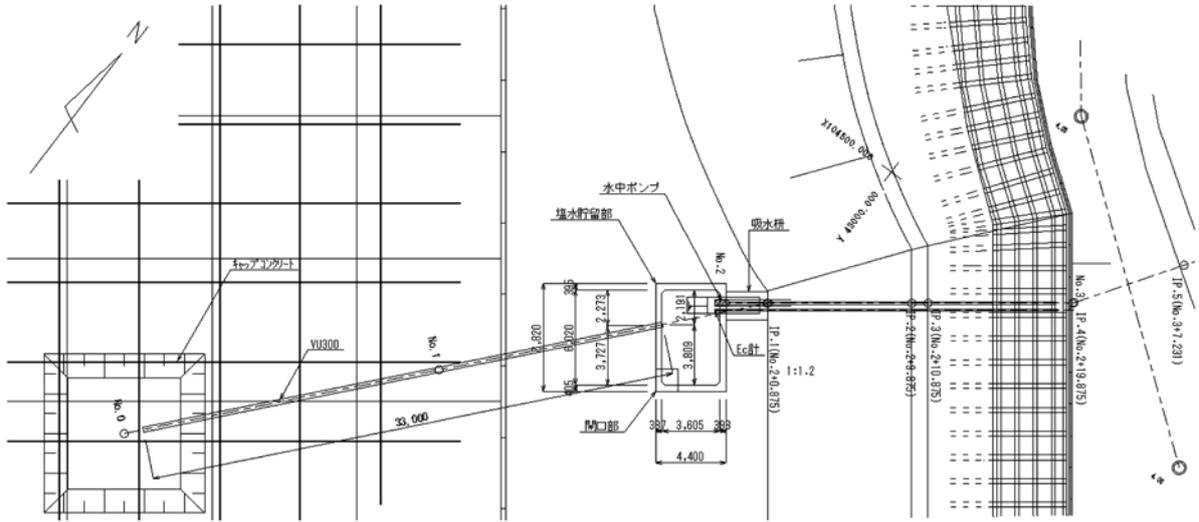


図-11 導水部、塩水貯留部及びポンプ排水部計画平面図

4. ポンプ排水部

ポンプ排水部は、塩水貯留部に貯留された塩水を管理用斜路（排水ポンプ設置及び昇降用）に設置した排水ポンプによって地表部に位置する吐水槽まで揚水する区間である。

排水ポンプは、オールステンレス製の水中ポンプとし（φ50mm, 2.2kw）また、水中ポンプが挿入される管理用斜路管もステンレス管を採用し、耐塩性に考慮した施設とした（図-14, 15）。なお、水中ポンプは定期的なメンテナンスが必要であるため、貯水位に関係なくメンテナンスが可能な施設とした。

5. 自然排水部

本施設は排水ポンプで汲み上げた塩水を、西側排水路下流へ排水する区間である。

なお、排水は自然圧にて、貯水池へ逆流しない防潮ゲート下流へ排水される。

以下の写真-3~5に各施設の整備の状況等を示す。

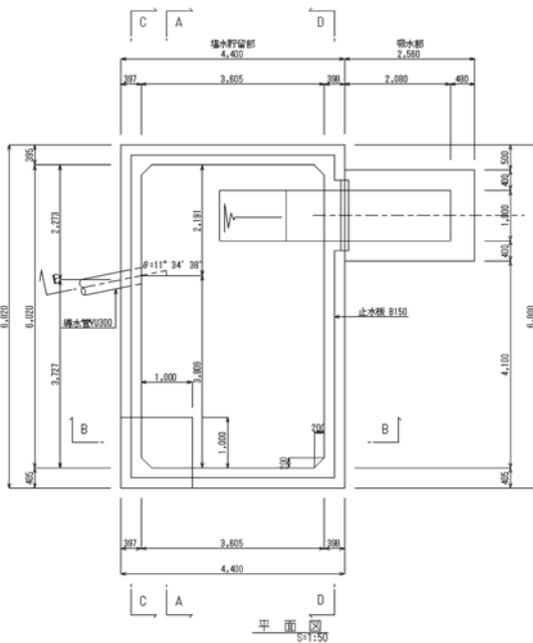


図-12 塩水貯留部平面図

VII. 塩水侵入対策施設の効果

1. 対策施設設置後の塩水侵入状況（図-16）

キャップコンクリート及び塩水貯留槽設置直後において、対策施設範囲内の塩水侵入量（湧水量と塩分濃度）と貯水池全体の湧水量と塩分濃度を測定し、対策施設による塩分除去量を整理した。

その結果、対策工によりキャッチされる塩水は、塩素イオン量の割合で全体の約60~70%となっている。

2. 対策施設の効果の検証

(1)効果の検証

塩水侵入対策工の効果の検証として、「V. 2. 塩水侵入対策の効果の予測」で算定した貯水池内の塩分濃度を、対策工整備直後（表-3）に観測した貯水池内の全体の湧水量・塩分濃度及び対策工でキャッチする湧水量・塩分濃度の調査データを用いて行った。

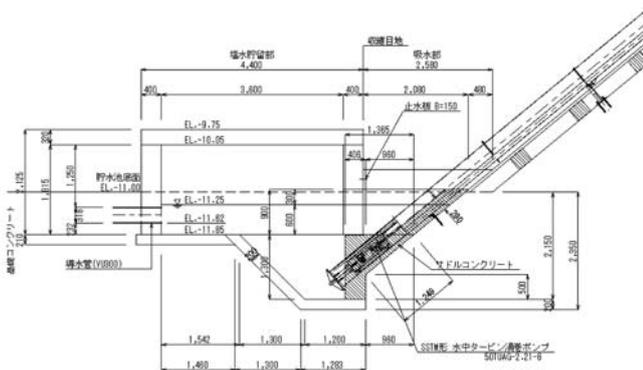


図-13 塩水貯留部断面図

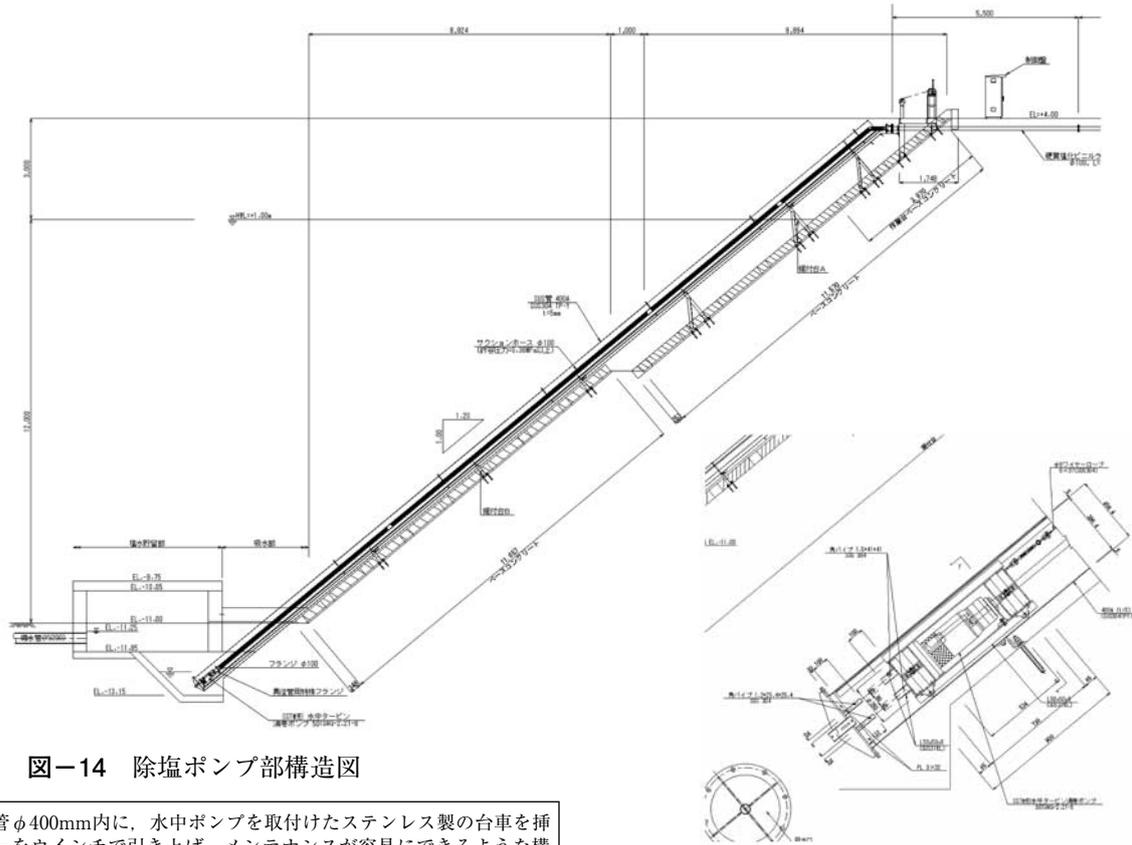


図-14 除塩ポンプ部構造図

※ステンレス管φ400mm内に、水中ポンプを取付けたステンレス製の台車を挿入、ワイヤーをウインチで引き上げ、メンテナンスが容易にできるような構造としている。

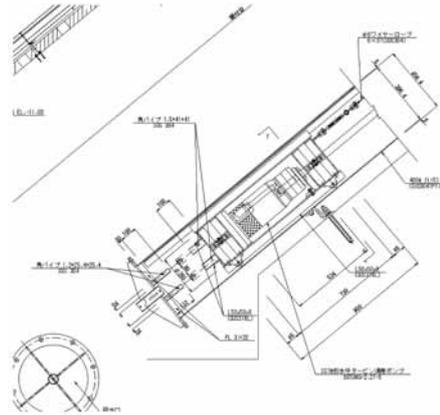


図-15 除塩ポンプ構造図



写真-3 キャップコンクリート打設状況



写真-4 キャップコンクリート・塩水貯留水槽完成



写真-5 除塩ポンプ斜路工

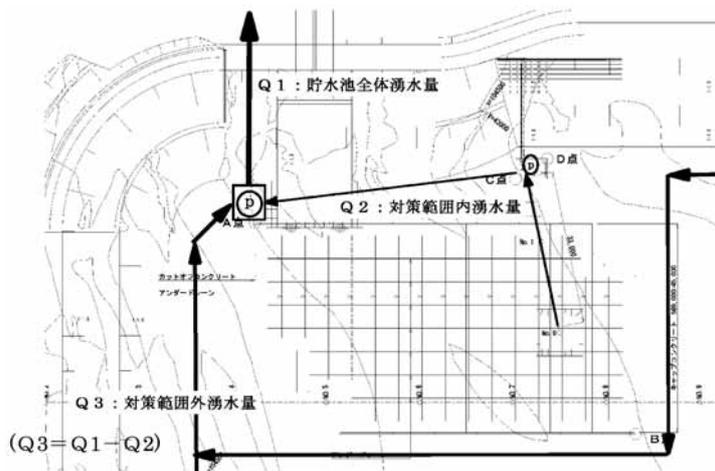


図-16 塩水侵入状況

表-3 塩水侵入対策後の貯水池底盤への塩水侵入状況

観測日時	潮位 (那覇) (m)	貯水位 (m)	水位差 (m)	区分	湧水量 (ℓ /min)	電気 伝導度 (μ s/cm)	塩素イオン 濃度 (mg/ℓ)	塩素イオン 量 (g/min)	全体に対す る塩素イオン 量の割合
平成 20 年 4 月 28 日 14:00~15:00	-0.21	-11.0	10.79	Q1 貯水池全体	328.1	6,130	2,240	735	—
				Q2 対策範囲内	59.8	21,700	7,660	458	62%
				Q3 対策範囲外	268.3	—	1,032	277	38%
平成 20 年 5 月 13 日 14:00~15:00	0.23	-11.0	11.23	Q1 貯水池全体	256.1	8,259	3,520	901	—
				Q2 対策範囲内	68.2	21,600	8,590	586	65%
				Q3 対策範囲外	187.9	—	1,676	315	35%
平成 20 年 5 月 15 日 14:00~15:00	0.25	-11.0	11.25	Q1 貯水池全体	267.5	8,460	3,270	875	—
				Q2 対策範囲内	66.7	21,400	8,720	582	67%
				Q3 対策範囲外	200.8	—	1,459	293	33%

* 「予測」のH18年度時の湧水量と「検証」の対策工整備後の湧水量の差は、今回のデータが降雨の影響を十分に排除できたことによるものと考えている。

1) 貯水位と塩水侵入量の関係式の設定

①対策工なし

・貯水池全体の湧水量
観測の平均：

$$(256.1+267.5)/2 = 261.8 \text{ ℓ /min} \approx 377\text{m}^3/\text{day}$$

ここで、貯水位 = 海面 (≒EL.0.0m) の時、塩水侵入量 = 0と仮定すれば、

$$\text{貯水位と塩水侵入量の関係式：} Q = -34.273x$$

ここに、Q：塩水侵入量 (m³/day) ,

x：貯水位 (EL. m)

・対策範囲外の侵入塩分量
観測の平均：

$$(901+875)/2 = 888\text{g/min} \approx 1,278,720\text{g/day}$$

・対策範囲外侵入塩水の平均塩素イオン濃度
 $1,278,720 \div 377 = 3,392\text{mg/L} \approx 3,400\text{mg/L}$

②対策工あり

・対策範囲外の湧水量
観測の平均：

$$(187.9+200.8)/2 = 194.35 \text{ ℓ /min} \approx 280\text{m}^3/\text{day}$$

ここで、貯水位 = 海面 (≒EL.0.0m) の時、塩水侵入量 = 0と仮定すれば、

$$\text{貯水位と塩水侵入量の関係式：} Q = -25.455x$$

ここに、Q：塩水侵入量 (m³/day) ,

x：貯水位 (EL. m)

・対策範囲外の侵入塩分量 (対策後残留塩分量)
観測の平均：

$$(315+293)/2 = 304\text{g/min} \approx 437,760\text{g/day}$$

・対策範囲外侵入塩水の平均塩素イオン濃度
 $437,760 \div 280 = 1,563\text{mg/L} \approx 1,600\text{mg/L}$

2) 対策工設置後の貯水池塩素イオン濃度の算定

計画基準年1991年の用水計画に対して、①対策工なし、②対策工ありのケースで塩水侵入量及び貯留水の

塩素イオン濃度変化を算定した結果、以下のとおりとなった。(表-4)

表-4 地表貯水部塩素イオン濃度算定結果

	最大塩素イオン濃度(mg/L)	判定
① 対策工なし	766	>500(許容値)
② 対策工あり	396	<500(許容値)

対策工によりキャッチできない貯水池に侵入する塩水が貯水池に残留した場合には、塩素イオン濃度の最大値が396mg/Lとなり、塩素イオン濃度の許容値を満足する結果となった。

[塩素イオン濃度算定式]

表-5、6では⑧貯留水の塩素イオン濃度を次式により算定した。

$$\text{⑧} = \frac{\text{④}' \times \text{⑧}' + \text{②} \times \text{③} + \text{⑥} \times \text{⑦}}{\text{④} + \text{②} + \text{⑥}}$$



(2)効果の確認

塩水侵入対策施設の設置後、千原貯水池の貯水を開始して対策施設の効果を確認するため、対策施設設置以前より実施していた貯水池の水深別電気伝導度測定による実測値を活用して、対策施設の効果の確認を行った。

その結果、対策前では池底で電気伝導度約2,000 μ s/cm~池上面1,000 μ s/cm (塩素イオン濃度換算値約450mg/L~230mg/L)であったが、対策後は約1,600 μ s/cm~池上面600 μ s/cm (塩素イオン濃度換算値約170mg/L~80mg/L)と大幅に低減されており、塩水浸入対策工の効果が確認された。

表-5 対策工設置後の貯水池塩素イオン濃度算定結果（対策工なし）

年	月	半	日	① 日数	② 流入量 m ³	③ ②の塩素 イオン濃度 mg/ℓ	④ 貯水量 m ³	⑤ 貯水位 EL. m	⑥ 塩水浸入量 m ³	⑦ 浸入塩水の平均 塩素イオン濃度 mg/ℓ	⑧ 貯留水の 塩素イオン濃度 mg/ℓ	用水量 m ³	無効放流 m ³
1991	1	1	5		4643.1	210	383,247	-1.71	293	3,400	302	4381.3	0
1991	1	2	5		6759.2	210	383,683	-1.70	291	3,400	303	6322.9	0
1991	1	3	5		6920.2	210	384,992	-1.67	286	3,400	304	5611.3	0
1991	1	4	5		6562.7	210	388,221	-1.60	274	3,400	304	3334	0
1991	1	5	5		9013.7	210	395,377	-1.45	248	3,400	304	1858	0
1991	1	6	6		7080.8	210	399,391	-1.36	280	3,400	304	3066.7	0
1991	2	1	5		7455.6	210	400,176	-1.35	231	3,400	304	6670.3	0
1991	2	2	5		8941.1	210	404,103	-1.26	216	3,400	304	5014.2	0
1991	2	3	5		124176.7	210	493,000	0.59	0	3,400	282	1486.9	33792.9
1991	2	4	5		26790	210	493,000	0.59	0	3,400	278	1486.9	25303.1
1991	2	5	5		1874.2	210	493,000	0.59	0	3,400	278	1874.2	0
1991	2	6	6		1279.4	210	493,000	0.59	0	3,400	278	1279.4	0
1991	9	6	5		5995.7	210	55,034	-9.52	1,631	3,400	500	7719.9	0
1991	10	1	5		5728.6	210	52,173	-9.60	1,645	3,400	550	8589.6	0
1991	10	2	5		5474.4	210	48,660	-9.69	1,661	3,400	599	8987.1	0
1991	10	3	5		5243.8	210	41,448	-9.88	1,693	3,400	647	12456.3	0
1991	10	4	5		5031	210	31,999	-10.14	1,738	3,400	701	14480	0
1991	10	5	5		4824.3	210	15,793	-10.57	1,811	3,400	766	21029.9	0
1991	10	6	6		83377.5	210	96,844	-8.44	1,736	3,400	352	2327.1	0
1991	11	1	5		75047.5	210	118,447	-7.89	1,352	3,400	314	53444.1	0
1991	11	2	5		7776.2	210	126,223	-7.69	1,318	3,400	340	0	0
1991	11	3	5		8911.5	210	135,135	-7.47	1,280	3,400	360	0	0
1991	11	4	5		7457.1	210	142,592	-7.28	1,248	3,400	379	0	0
1991	11	5	5		7151.9	210	149,744	-7.10	1,217	3,400	395	0	0

表-6 対策工設置後の貯水池塩素イオン濃度算定結果（対策工あり）

年	月	半	日	① 日数	② 流入量 m ³	③ ②の塩素 イオン濃度 mg/ℓ	④ 貯水量 m ³	⑤ 貯水位 EL. m	⑥ 塩水浸入量 m ³	⑦ 浸入塩水の平均 塩素イオン濃度 mg/ℓ	⑧ 貯留水の 塩素イオン濃度 mg/ℓ	用水量 m ³	無効放流 m ³
1991	1	1	5		4643.1	210	383,247	-1.71	218	1,600	240	4381.3	0
1991	1	2	5		6759.2	210	383,683	-1.70	216	1,600	240	6322.9	0
1991	1	3	5		6920.2	210	384,992	-1.67	213	1,600	240	5611.3	0
1991	1	4	5		6562.7	210	388,221	-1.60	204	1,600	241	3334	0
1991	1	5	5		9013.7	210	395,377	-1.45	185	1,600	241	1858	0
1991	1	6	6		7080.8	210	399,391	-1.36	208	1,600	241	3066.7	0
1991	2	1	5		7455.6	210	400,176	-1.35	172	1,600	241	6670.3	0
1991	2	2	5		8941.1	210	404,103	-1.26	160	1,600	241	5014.2	0
1991	9	6	5		5995.7	210	55,034	-9.52	1,216	1,600	300	7719.9	0
1991	10	1	5		5728.6	210	52,173	-9.60	1,222	1,600	322	8589.6	0
1991	10	2	5		5474.4	210	48,660	-9.69	1,233	1,600	339	8987.1	0
1991	10	3	5		5243.8	210	41,448	-9.88	1,257	1,600	355	12456.3	0
1991	10	4	5		5031	210	31,999	-10.14	1,291	1,600	373	14480	0
1991	10	5	5		4824.3	210	15,793	-10.57	1,345	1,600	396	21029.9	0
1991	10	6	6		83377.5	210	96,844	-8.44	1,289	1,600	257	2327.1	0
1991	11	1	5		75047.5	210	118,447	-7.89	1,004	1,600	244	53444.1	0
1991	11	2	5		7776.2	210	126,223	-7.69	979	1,600	253	0	0
1991	11	3	5		8911.5	210	135,135	-7.47	951	1,600	259	0	0
1991	11	4	5		7457.1	210	142,592	-7.28	927	1,600	265	0	0
1991	11	5	5		7151.9	210	149,744	-7.10	904	1,600	271	0	0

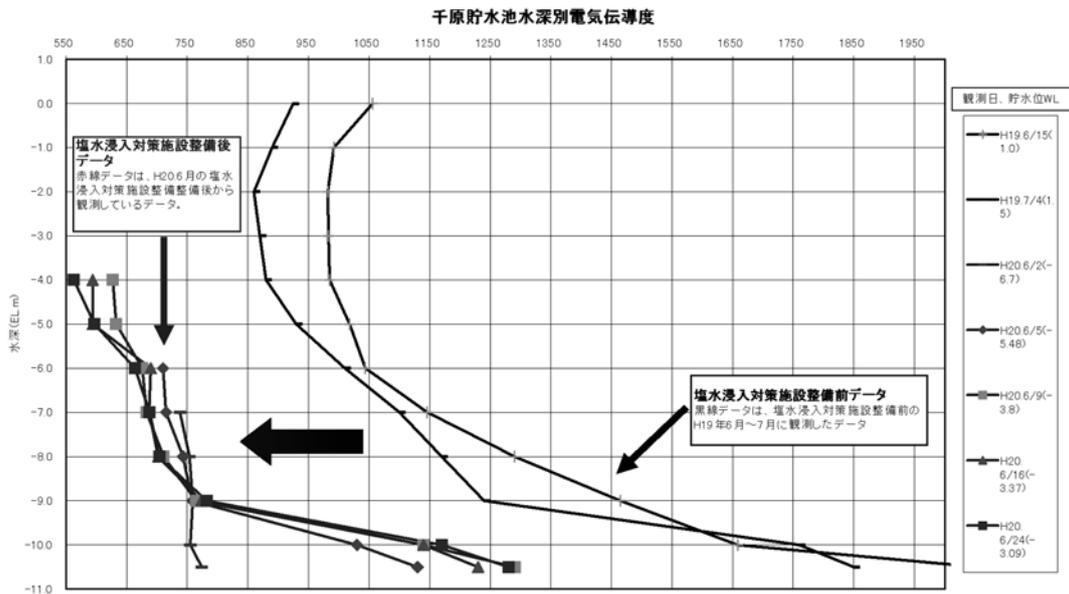


図-17 塩水浸入対策の効果

Ⅷ. 施設運転・維持管理

1. 除塩ポンプの運転制御

除塩ポンプの運転制御は、塩水貯留部に電気伝導度計を設置して塩水上面の電気伝導度を感知して、ポンプを起動させる自動制御方式とし、また、一定時間（任意設定時間T1）運転した後に自動停止させる自動タイマー運転方式とした。

なお、起動設定値である電気伝導度（13,000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ）及びポンプの1回当たり起動時間（60分）は、施設整備後から実施した塩水貯留槽内の水深別塩分濃度変化値の観測結果から、塩水貯留水槽から塩水を貯水池内に溢れ出させないこと及び運転頻度を出来るだけ少なくするように設定した。（図-18）

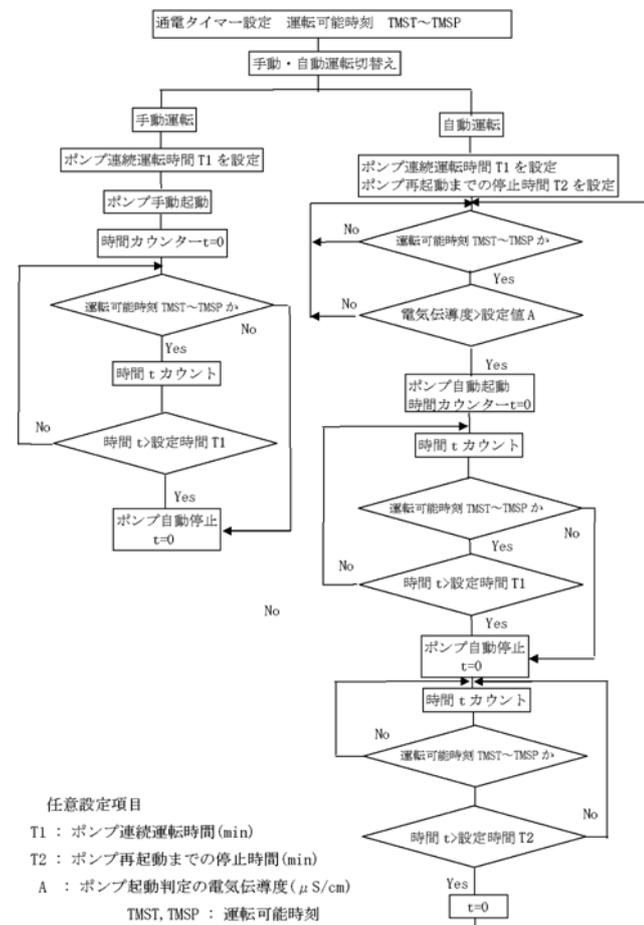


図-18 除塩ポンプ運転フロー

2. 維持管理

千原貯水池への塩水管理については、「千原地下ダム塩水管理マニュアル」に基づき（表-7, 8 図-19），貯水池内の定期的な塩分濃度観測などを実施して塩水の監視するとともに、施設の維持管理についても、同マニュアルに沿って点検整備を行い、施設の劣化を防止し、長寿命化を図ることとしている。

表-7 定期調査内容

項目	調査内容
調査・確認施設	
1) 定期調査A	地表貯水部；A点(塩水湧出部近傍)、B点(取水口近傍)
2) 定期調査B	除塩施設；塩水貯留槽、除塩ポンプ制御盤
調査頻度	通常時：1回/3ヶ月(3月, 6月, 9月, 12月) 塩水浸入対策時：1回/週 地震時：地震直後、地震発生10日後、地震発生1ヶ月後 *地震時とは、伊是名地域において震度4以上の地震を観測した場合
使用機器	
1) 定期調査A	・地表貯水池：携帯用電気伝導時計
2) 定期調査B	・除塩施設：現地据付電気伝導時計
調査項目	
1) 定期調査A	・塩分濃度(鉛直電気伝導度；深度1m毎測定)
2) 定期調査B	・塩分濃度(塩水貯留槽内鉛直電気伝導度；深度30cm毎測定)
記録様式	
1) 定期調査A	様式Ⅲ-1、様式Ⅲ-3、様式Ⅲ-4
2) 定期調査B	様式Ⅲ-2、様式Ⅲ-5
判定検討作業	
1) 定期調査A	・管理レベルの判定、取水調整の必要性の判定
2) 定期調査B	・管理レベル判定、除塩施設起動設定値変更の判定
判定基準	
1) 定期調査A	取水調整及び異常時の対応の必要性を判定 ・地表貯水部 EL. -9.0m 地点の鉛直塩分濃度が 450mg/l (警戒塩分濃度) を超えた時に検討 ・地表貯水部の塩分濃度が 450mg/l (警戒塩分濃度) は超えていないが、上昇傾向になっているかを確認する。 ・上記の2項のいずれかの場合に判定になった場合には、管理レベルを塩水浸入警戒時とする。
2) 定期調査B	除塩施設起動設定値の変更(異常時の対応)の必要性を判定 ・塩水貯留槽の底盤部において塩分濃度(電気伝導度)が 30,000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ を超えた時に検討。 ・除塩施設内の塩水浸入量が管理基準値の50%以上増加した時に検討。 *塩水浸入量の管理基準値 $Y = -3.1617 \times X + 2.4212$ Y：除塩施設内の塩水浸入量 (l/分) X：千原貯水池水位 (m) *除塩施設内の水深別塩水浸入量調査結果より導いた関係式 ・上記の2項のいずれかの場合に判定された場合には、管理レベルを塩水浸入警戒時とする。

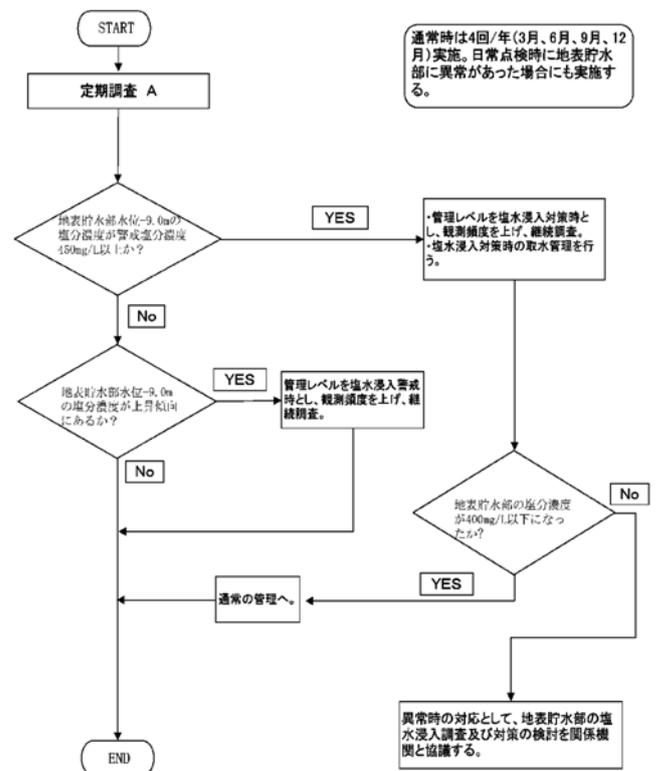


図-19 塩水管理定期調査フロー

表-8 維持管理の管理項目表

機器装置設備	維持管理の内容	頻度	管理場所		異常対応
			現場	管理所	
電気伝導度計	・計測値の確認	日		○	
	・異常表示ランプの確認	日		○	1. 設定の上限値の確認 2. ポータブル水質計による貯留部の電気伝導度の測定 3. 両者に大きな差がある場合は電気伝導度計の取替え等を検討
	・ポータブル水質計による電気伝導度の計測	3ヶ月	○		1. 両者に大きな差がある場合は電気伝導度計の取替え等
	・清掃, 点検	3ヶ月	○		1. センサー故障時は電気伝導度計の取替え
制御設備	・異常表示ランプの確認	日		○	1. 現地にて操作盤の異常内容確認 2. 操作説明書に基づく処置
	・運転状態の確認	日		○	1. 運転方法設定値の確認
	・電源状態の確認 (異常ランプ点灯時)	随時	○		1. ランプが消灯しているときはその原因を明らかにし、電源を供給する
	・運転方法の設定値確認	1月	○		1. 異常の場合は再設定
ポンプ	・洗浄 ・電触防止板の取替え(重要)	1年	○		
台車	・洗浄	1年	○		
巻上げ機	・ウインチ, シープ, ワイヤの整備	1年	○		
管理用斜路	・清掃	1年	○		

Ⅹ. 終わりに

今回、利水範囲（FWL1.0～LWL-11.0m）のほとんどが海面下という掘込み式の貯水池である千原貯水池で行った塩水侵入対策は、過去に事例がないものと推測されるが、対策工施工後の調査においては、事業計画上の許容塩分濃度（塩素イオン濃度）500mg/L以下に抑えることができ、本対策が千原貯水池貯留水を営農において支障をきたさない水質に保つことができることが確認された。上述のとおり当該対策工の効果は十分得られており、本対策は施工性（工期・経済性）及び確実性（効果の確実性）の観点から、当該施設の塩水侵入対策としては適切な対策だと考えている。

なお、今後は千原貯水池の水質を長期的に保全する観点から塩分濃度の監視、当該除塩施設の操作・維持管理を確実にやっていくことが肝要である。

農業水利施設等の農家施工による機能保全対策の取り組み

飯 田 憲 立* 車 古 宏 史** 石 田 栄 利***
 (Noritatsu IIDA) (Hirofumi SHAKO) (Hidetoshi ISHIDA)
 岡 村 裕 司**** 岩 岡 兼 始***** 黒 川 貴*****
 (Yuzi OKAMURA) (Kenzi IWAOKA) (Takashi KUROKAWA)

目 次

1. はじめに …………… 67	4. 農家へのアンケート …………… 71
2. 活動のきっかけ …………… 67	5. 費用対効果の試算 …………… 74
3. 農家からの感想 …………… 71	6. おわりに …………… 76

1. はじめに

ほ場整備が府内各地で実施されるようになり、早期には場整備を行った地区では相当数の年月が経過、施設の老朽化が進む中で様々な不具合が発生し、営農に支障を来しているという相談が農家から寄せられている。

(相談内容)

- ・用水路の目地からの漏水
- ・田が湿潤で麦転作が困難
- ・畦畔の法面が急であり草刈作業が困難

従来、これらへの対応は農家自身が考え解決を図ってきたことであるが、過疎化・高齢化の進行や農家戸数の減少などによる金銭面、労力面の負担が増えていることを背景に自力での不具合の解消を諦めて放置するケースも発生している。

よって、こうした不具合が発生した場合の対処方法や簡単な予防方法を農家自らへ普及していく取り組みが必要と考え、京都府庁の農業土木職員有志でモデル事業に取り組み、農家自らが行いうる簡易な補修方法を提案し、その具体的な「普及策」として、(社)農山漁村文化協会より技術普及ビデオとして販売されるに至ったところである。

また、このモデル事業の取り組みを通じて、集落内の人と人の結びつきが強まり、ひいてはリーダーの育

成に繋がることが実感できたことから、府が土地改良施設の管理方法を現場で農家に伝える「きっかけ作り」に特化した新たな行政サービスを試考中である。

2. 活動のきっかけ

京都府の水利施設を調べてみると、昭和40年頃までに、かんがい排水事業、湛水防除事業及び災害復旧事業でかなりの数の基幹的な水利施設が築造されている。

その後、昭和40年代後半からは場整備事業が府内各地で実施され、現在は整備率が60%を超えるところまで進んでいる。

したがって、基幹水利施設については大部分が40年以上経過し、ほ場整備の用排水路についても、昭和年代に施工した地区では既に20年から30年経過している。

これらの水利施設の機能を保全し少しでも長く利用するため、ストックマネジメント事業による機能保全の取り組みが始まったところであるが、ほ場整備事業で施工した用排水路はコンクリート二次製品を使用したものがほとんどを占め、ゴムやモルタルで施工された水路目地からの漏水が顕著になっているものの、製品としてはまだまだ十分に使用できるものが多い。このため、費用面から工事による補修よりも、農家自身がモルタルやシーリング材で目地補修するなどして当座の水路からの漏水を止める努力をしながら利用をしている。

しかしながら、材料の選び方、作業の仕方においてノウハウを持たないがゆえに漏水を完全に止めることができなかつたり、効果がごく短期間である場合が多く、漏水を止めることを諦めてしまっていたのが現実であった。

さらに、漏水を放置しておくと状況が更に悪化して施設が使えなくなり、もっと大きな費用がかかること

*京都府山城土地改良事務所整備課
(Tel. 0774-63-7840)

**京都府農林水産部農村振興課
(Tel. 075-414-5053)

***京都府丹後広域振興局農林商工部農林整備室
(Tel. 0772-62-4307)

****京都府南丹広域振興局農林商工部農林整備室
(Tel. 0771-22-0286)

*****京都府中丹広域振興局農林商工部農林整備室
(Tel. 0773-62-2505)

も危惧される。そこで、農林水産省利根川水系土地改良調査管理事務所、(独)農村工学研究所において、現況の水利施設の機能を保全し長寿命化するための研究がされており、また、各地で試験施工がされているという情報を学会誌等で得ていたことから、農家がDIYにより簡易補修することを前提に材料、工法、作業手順のノウハウ面で御指導いただき以下の工法を試験的に実施した。

<試験工法>

- ①貼り工法 特殊テープ(写真-1)を使用
※農工研官民共同研究開発品
- ②詰め工法 モルタル(写真-2)又は建築用シーリングカートリッジ(写真-3)を使用
- ③塗り工法 建築用防水塗料(写真-4)を使用

これらの方法が、高度な技術を必要としたり特別な機械を必要とするものでなく、資材が入手しやすいものであり、更に大きな効果が得られるのであれば、農家の人たちの長年の悩みが解消されることが期待できると考えた次第である。



①ウレタン系シーリング材を使用



②厚さは1mmに塗布



③テープの裏面(ザラザラ)をコンクリート面に密着。
テープを引っ張ると四隅が浮くので注意



④最後にマスキングテープをはがす

写真-1 貼り工法



①量りを使用してインスタントモルタル5kgに水650ccを加えて混合する



②団子を作って詰める



③コテで押える



④養生する

写真-2 詰め工法（モルタル）



①バックアップ材を詰める



②マスキングテープを貼る



③シーリングプライマーを塗る



④シーリング材を詰める

写真-3 詰め工法（シーリング材）



①ウレタンプライマーを塗る



②量りを使用して主材と硬化剤を1：1.5の割合で混合



③ウレタンコートを塗る



④最後にマスキングテープをはがす

写真-4 塗り工法

3. 農家からの感想

今まで、水利施設の維持管理等に係る農家意向、意識などの把握確認は行っていなかった。工事完了後は農家へ維持管理等を含め総てを付託してきたところであり、今回の取り組みにより、農家からより具体的にかつきめ細やかな問題提起の機会を得たところである。営農と施設管理が密接な連携のもとに一体となるよう情報共有の必要性が生じている。

これまで、毎年行われている維持管理の共同作業等から『田んぼを干すときに水路からの漏水がネックになる。』との農家発言からも漏水状況の点検、把握は行われているが、実際の補修工法としては、『セメントを使うこともあるが、ビニールを詰めたりすることしかないと思っていた。』などを主流とした対処措置が講じられていたと思われる。

また、『業者に頼んでもどこから水が入ってくるかは、田んぼが乾いた時にしか水漏れはわからないので、全てを把握することはできない。』『自分の田は自分しかわからない。』などから、その多くは、所謂、漏れっぱなしの状況で放置されていたのが現状であった。

今回の取り組みによる農家からの声としては、『今までは、水漏れは、ややもすればほったらかしとなっていた。今後は、人に任せるのではなく、自分の水田をちゃんと管理することが第一。先ずは、自分の田んぼは自分で守ることが地域全体の輪になっていくと思っている。』との感想もあり、平成20年度から始

まった農地・水・環境保全向上対策の活動の取り組みが基礎になっていると思われる。

今後、今まで以上に農家自身で点検、補修が可能となるような診断支援体制の確立が急務であり、「日常的な土地改良相談」に応じられるような診断技術能力の向上に努めるとともに、より機動的な体制整備が必要となるところである。

4. 農家へのアンケート

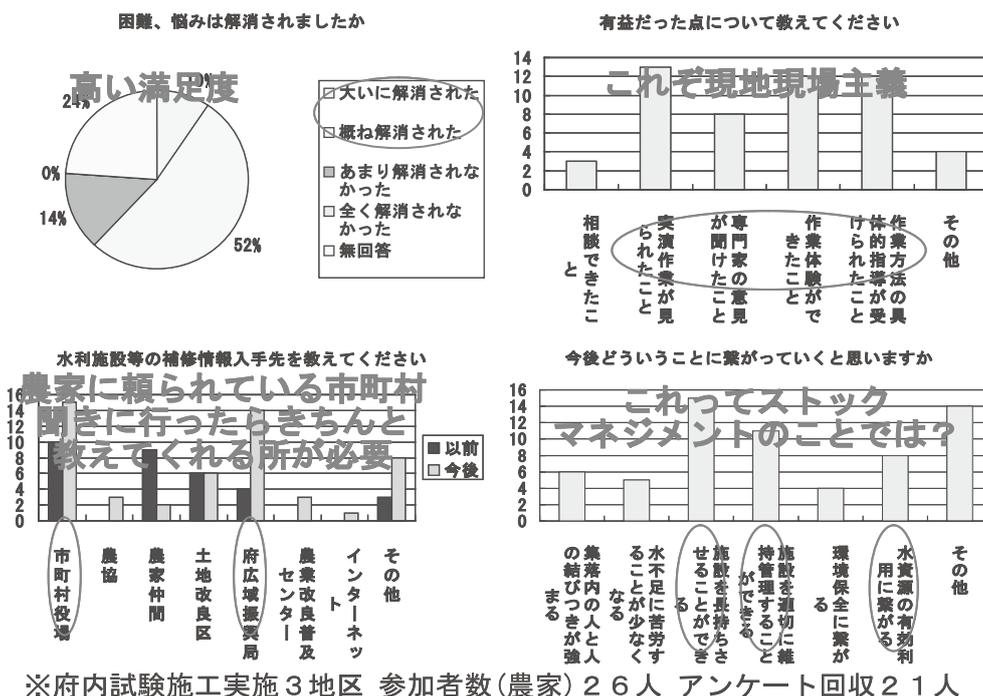
例えば、車の調子が悪くなったら、カーショップや自動車販売店に相談に行く。そうすれば大体のことは片付く。農村での困り事に関してはどうか、その点の実態を聞き出すことを主眼にアンケートを作成した。現代は何でもインターネットで情報収集できる時代であるが、農家においてどこまでインターネットが普及し情報検索能力をどれほど有しているか、技術収集先や相談先はどこなのか、補修費用として「いくら」までなら業者任せにするか、という点について聞き出すべくアンケート内容を練った。補修費用が多額になれば経済負担は重くなり、それだけに日常の維持管理の必要性について意識の向上が必要なことだと感じられるはず。この意識はこれからの展開を目指していく農家施工による水路の簡易補修の存在理由になるものであり、アンケートにおいては重視した点である。

<アンケート結果の要点>

- ①活動をきっかけに参加農家の困難、悩みは解消（表-1）

表-1

政策ベンチャー事業でのアンケート結果（普及面1/2）



- ②農家同士のネットワーク化は機運はあるものの時期早尚（表-1）
- ③インターネットでの情報入手はさほど浸透していない。市町村等に対面での相談を望む声多し（表-1）
- ④「集落内の人と人の結びつきが強まる」との声も（表-1）
- ⑤「ほ場整備で維持管理作業が不要になるといった」との声も（表-2）

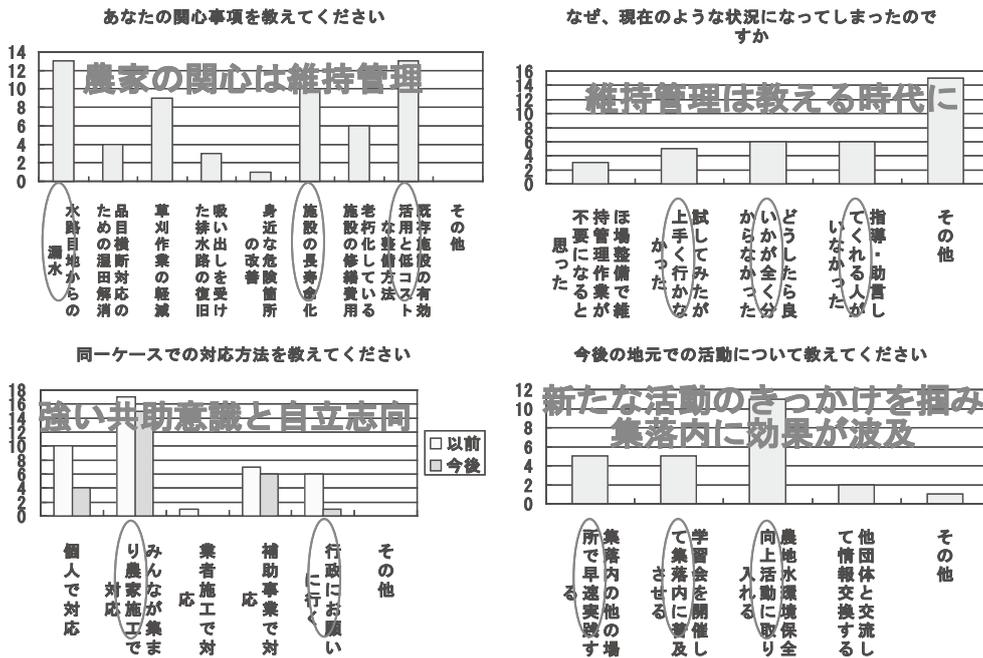
また、当取り組みで得られたノウハウを普及することが大切と考え、アンケート結果等を踏まえて以下を知事に政策提案した。

＜政策提案の要点＞

- ①今までの足りない点を人的支援でフォロー（図-1）
- ②市町村と連携して農家が何に困っているかを聞き、地域の実情を考えてそこにある資源（人、物）でうまく行くようコツをアドバイス（図-2）
- ③きっかけを作ることが目的なので府からの人手や資材の提供は不要（図-3）
- ④誰にでもできるようにしないといけないので材料はどこでも入手できるものを使用（図-4）

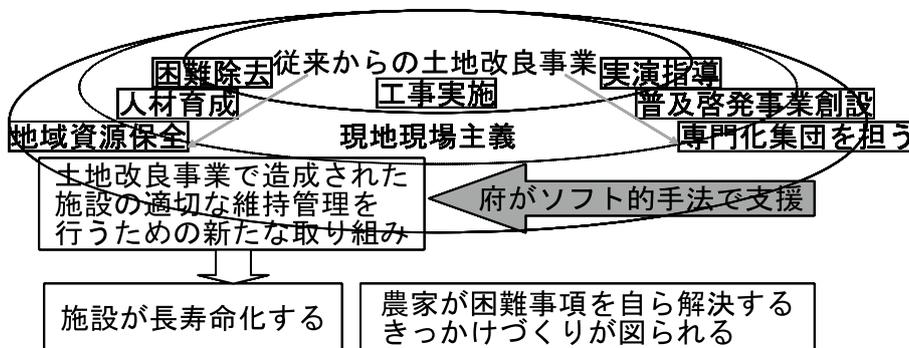
表-2

政策ベンチャー事業でのアンケート結果（普及面2/2）



※府内試験施工実施3地区 参加者数(農家)26人 アンケート回収21人

水土里(みどり)マネジメント戦略



- ・ 今までの足りない点を人的支援でフォロー
- ・ 非常に低コスト
- ・ 現場経験が豊富である農業土木職の得意分野

図-1

土地改良施設の管理面に府が積極的に関与して農家施工を推進

英語で言うところのマネージメントの意味

農家任せの維持管理

農家の好き勝手
→責任を持って農家に求める

これからの維持管理

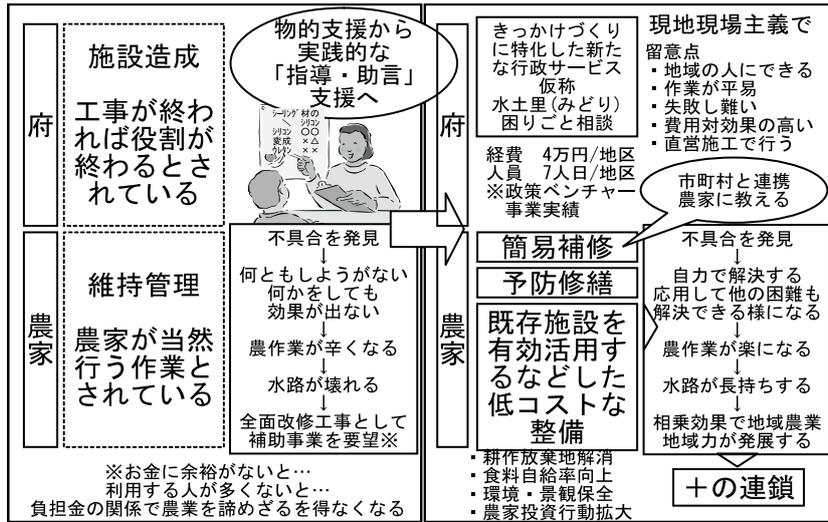


図-2

農家に資材調達～施工方法までを府が具体的に指導・助言



①現地指導



②手順説明

※府からの人手や資材の補助は行いません



③試験施工



④漏水解消

図-3

農家に資材調達～施工方法までを府が具体的に指導・助言



① 詰材



② 塗料

※資材はホームセンター等で普通に購入できるものを使用します



③ 道具



④ 小物

図-4

5. 費用対効果の試算

簡易水路補修の普及にあたっては、中山間地域等直接支払制度や農地・水・環境保全向上対策などの制度の活用が考えられることから、公金を投入するという考えに立って投資効果を明確にし、府民のコンセンサスを得ていくことが必要である。

また、地域協働活動として推進するためには、実施する地域に対しても投資効果について説明責任があることから、簡易水路補修の実例をもとにして、「新たな土地改良の効果算定マニュアル」を簡略化して利用し、費用対効果の検証を行った。

効果の検証については、簡易水路補修を地域協働で施工した場合と業者に外注した場合について、それぞれの費用対効果を算出比較する。

◆ 検証事例

場 所：京都府福知山市田野

日 時：平成21年1月18日～20日

作業内容：UF400の目地補修

(67箇所 L=280m)

工 法：シーリング材による目地詰め+防水塗装

◆ 補修にかかる経費

・地域協働施工の場合 127,159円
(実際にかかった経費：表-3参照)

・外注した場合 367,500円
(検証事例で作業に出役した人数をもとに、土地改良工事積算基準により工事費を積算)

表-3 補修にかかる経費（地域協働施工の場合）

費目	品目	金額
材料費	シーリング材、シーリング材用プライマー	52,047
	バックアップ材	
	トップコート材、トップコート材用プライマー	
	養生用テープ、紙コップ等	
機械リース	軽トラック、発電機、高圧洗浄機、草焼き機	2,000
日当	101人・hr 単価600円	60,600
用具費	ゴムヘラ、刷毛、ワイヤーブラシ、ステンレスヘラ デッキブラシ、ほうき等	12,512
合計		127,159

◆効果算定

簡易水路補修によって発現される効果には、作物生産効果、営農経費節減効果及び維持管理費節減効果とし、効果が発現する面積は、補修した水路の直接受益として効果を算定した結果、以下のとおりとなった。

・作物生産効果

漏水の解消による、畑作物(小豆)の作付け面積の増加

- ①事業ありせば(計画)作付け面積
水稲 1.7ha 小豆 0.7ha
- ②事業なかりせば(現況)作付け面積
水稲 2.0ha 小豆 0.4ha

- ③作付け増減年効果額
(事業ありせば作付け面積－事業なかりせば作付け面積)
×反収×単価×作付け増減の純益率
- 小豆:(0.7ha－0.4ha)×48.4kg/10a×11,296円/10kg×25%
=41,004円
- 水稲:(1.7ha－2.0ha)×512kg/10a×15,753円/60kg×2%
=-8,065円
- 計 =32,939円

・営農経費節減効果

漏水が解消されることにより、水管理にかかる経費が節減される

- ①事業ありせば1ha当たり営農経費(水管理)
水管理に係る労働時間×労務単価
98.0hr×600円/hr=58,800円
※労働時間:府営下六地区の経済効果算定資料の計画数値を引用
※労務単価:当該地域の実績単価を採用
- ②事業なかりせば1ha当たり営農経費(水管理)
127.4hr×600円/hr=76,440円
※漏水により、水管理に係る労働時間が3割増加すると想定
- ③年効果額
(②-①)×効果発生面積
(76,440-58,800)×2.4ha = 42,336円

・維持管理費節減効果

簡易水路補修により、補修に要する経費が節減される

- ①事業ありせば維持管理費 1,817円
- 簡易水路補修の耐用年数(7年)期間中に、一部は再補修する部分があるものと想定し、実際の補修に要した経費の1割を計上
- ②事業なかりせば維持管理費 21,525円
- 最低限必要な維持管理として2年1回程度、水路補修が実施されているものとして、その補修費用を計上
- ③年効果額

なかりせば維持管理費－ありせば維持管理費=19,708円

・年総効果額等

各効果を総括すると表-4となる。

表-4

効果項目	区分	年総効果額	年増加農業所得額	現況年総農業所得額
作物生産効果		33	33	
営農経費節減効果		42	42	
維持管理費節減効果		19	19	
合計		94	94	969

◆総費用(現在価値化)

補修にかかる経費から、総費用(現在価値化)を算定した結果は、表-5のとおり。

表-5

工種	事業着工時点の資産評価額①	当該事業費②	関連事業費③	評価期間における再整備費④	評価期間終了時点の資産評価額⑤	総費用①+②+③+④-⑤
水路補修 地域協働	0	122	0	259	7	374
水路補修 外注	0	353	0	750	19	1,084

◆費用対効果検証結果

総費用総便益比

- ・地域協働で施工した場合
5.02>1.0(表-6参照)
- ・外注した場合
1.73>1.0(表-7参照)

今回の効果検証については、簡略化して算定したものであるが、簡易水路補修を地域協働で施工した場合については、総費用総便益比が5.02となり、検証事例の工法が低コストであることが確認された。

また、外注した場合より総費用総便益比が約3倍となっており、地域協働活動が大幅な低コストを実現、農家投資行動が刺激されることで効果が経済面にも波及するものと考えられる。

表-6 総費用総便益比の総括（地域協働施工の場合）

区 分	算定式	数値	
総費用	③=①-②	374 千円	
当該事業による費用	①	122 千円	
その他費用(関連事業費+資産価額+再整備費)	②	252 千円	
年償還額	④	11 千円/年	
年総効果(便益)額	⑤	94 千円	
現況年総農業所得額	⑥	969 千円	
年増加農業所得額	⑦	94 千円	
評価期間(当該事業の工事期間+40年)		41 年	
割引率		0.04	
総便益額(現在価値化)	⑧	1,879 千円	
総費用総便益比	⑨=⑧÷③	5.02	
総所得償還率	⑩=④÷⑥	1.2 %	判断基準 20%
増加所得償還率	⑪=④÷⑦	12.2 %	判断基準 40%

表-7 総費用総便益比の総括（外注した場合）

区 分	算定式	数値	
総費用	③=①-②	1,084 千円	
当該事業による費用	①	353 千円	
その他費用(関連事業費+資産価額+再整備費)	②	731 千円	
年償還額	④	33 千円/年	
年総効果(便益)額	⑤	94 千円	
現況年総農業所得額	⑥	969 千円	
年増加農業所得額	⑦	94 千円	
評価期間(当該事業の工事期間+40年)		41 年	
割引率		0.04	
総便益額(現在価値化)	⑧	1,879 千円	
総費用総便益比	⑨=⑧÷③	1.73	
総所得償還率	⑩=④÷⑥	3.4 %	判断基準 20%
増加所得償還率	⑪=④÷⑦	35.1 %	判断基準 40%

6. おわりに

農山村地域は、おいしい水や空気、安心・安全な食料を供給するほか、棚田など美しい景観や貴重な伝統文化の提供、さらに洪水抑止などの災害防止にも貢献するなど、府民の生命と生活の維持に欠かせない役割を果たしており、まさに「命の里」とも言うべき大切な地域であり未来へと引き継いでいかなければならない。

そこで、過疎化・高齢化の進む農山村地域の担い手となる人材や組織の育成・支援により地域活動の土台となる組織等をつくり、それらに対して、地域が連携・協働して取り組む活性化活動や、生活・生産・営農の各基盤の整備を支援することで、地域の里力の回復と農山村環境の総合的な整備を促進し、過疎化・高齢化の進む農山村地域を「命の里」として再生するため、京都府では平成21年度に『共に育む「命の里」事業』を創設した。我々の取り組みが影響を与えたものと密かに自負しているところである。

具体的には、『里の人づくり』として、地域農業や農山村の担い手となる人材を確保するため新規就農者の育成を支援。また、地域づくりを担う組織を育成するため、大学やNPO、企業などと集落が一体となって再生活動に取り組む「ふるさと共援組織」や、小学校区などの複数の集落が連携して地域共通の広域的な課

題解決に取り組む「地域連携組織」の設立と活動を支援する。

さらに、『里の基礎づくり』として、生活道路や農道水路、営農施設など、農山村で暮らすために必要な環境基盤の総合的・一体的な整備や、鳥獣被害への集中的な対策、森林整備の強力な推進により、農山村で働き暮らすために必要な基礎づくりを総合的に支援する。

<共に育む「命の里」事業>

(1)『生活環境基盤整備』

1) 事業内容

生活道路・生活用排水路の整備・補修や防災・危険防止設備の設置・改修など、地域の生活環境基盤の整備に関するもの

2) 事業要件

- ①実施する事業が、地域連携組織が策定する里力再生計画に位置づけられていること
- ②事業の全部又は一部に地域連携組織の直接施工による工事が含まれていること

3) 事業主体 市町村他

4) 補助率 3分の2以内

(2)『農業生産基盤整備』

1) 事業内容

劣化等により機能が低下している農道や農業用水路の補修など、地域の農業生産基盤の整備に関するもの

2) 事業要件

- ①複数集落が連携して作成した整備計画書に基づくものであること
- ②整備計画書に住民の直接施工による工事が含まれていること
- ③受益地が原則として農業振興地域の農用地区域内であること

3) 事業主体 市町村他

4) 補助率 3分の2以内

連続した石張りコンクリートため池（平山，平山上ため池）

倉岡孝幸* 鹿子木勝博*
(Takayuki KURAOKA) (Katsuhiko KANAKOGI)

目次

I. はじめに	77	V. 昭和40年代の志岐ダム建設	80
II. ため池築造以前の天草の農業水利	77	VI. ため池施設の位置づけと保全の方針	81
III. 戦前のため池築造（平山ため池）	78	VII. おわりに	81
IV. 戦中戦後のため池築造（平山上ため池）	79		

I. はじめに

荅北町^{れいほくまち}は、天草島原の乱において、天草四郎が敗北した激戦地富岡城がある、歴史をひめた雲仙天草国立公園のなかにある風光明媚な町である。

天草諸島は全人口が13万人で、島としては沖縄本島、淡路島に次ぐ全国3位の人口を擁している。荅北という名前は、「荅」が「甘草」^{あまくさ}を意味し、天草の別名・荅州の北部に位置する町ということで「荅北」と名付けられた。頼山陽の詩「天草灘に泊す」の「雲か山か呉か越か」で有名な雄大な東シナ海に面する町である。長く突き出た富岡半島は陸繋島で、突端の美しい巴崎は小天の橋立とも呼ばれている。

荅北町の位置は九州の西部にあって、おおよそ北緯32°、東経130°に位置する。西に天草灘（東シナ海）を臨み、北は千々石灘をへだてて、長崎半島や雲仙岳（長崎県）に相對している（図-1のとおり）。

町の大半は山地で、南部と東部には500m級の山が連なって海に迫り、西部には海岸段丘がみられ、中央部には平坦な志岐平野が開けている。

年平均気温は17.2℃前後と温暖で、年間降水量は2,000mmを越える多雨地帯である。暖流の影響で夏は比較的涼しく、冬は温暖である。

他の島嶼地域と同じく水利の便に恵まれず、安定した営農が困難な地域であった。人口は平成17年で8,927人、高齢化率32%の農水産業を中心に、九電の石炭火力発電所を有する町である。

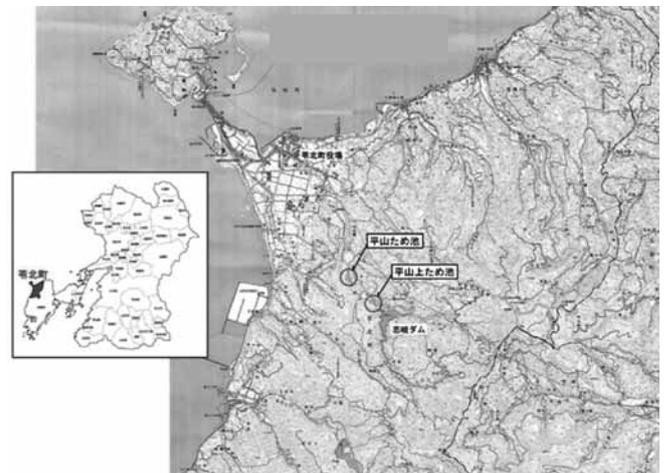


図-1 荅北町位置

II. ため池築造以前の天草の農業水利

古来、天草諸島は水利に乏しく、遺跡は海上交易や漁労製塩を主とした海岸沿いに点在していた。

中世になると、天草五人衆と呼ばれる水運と農業開発を行った武士が台頭した。荅北町でも、谷地田の開発と水運を中心として菊池氏一族の志岐氏が活躍した。しかし、離島で農業生産基盤が零細で農業生産力が低く、干ばつや暴風の自然災害も多かった。このことが天草島原の乱の原因の一つでもある。

天草島原の乱後、天領となった江戸時代は米作が基本であったが、生産量が少なく年貢や地主への支払で余剰がなかった。自家用として麦、サツマイモ、大豆、ソバなどを栽培し主食としていた。特にサツマイモは干害、水害などの天災に強く、天草の地では多くの郡民の餓死を防いだ。

天草は狭い農地面積に対して、キリスト教の生命尊重の影響からか人口が過剰となるため、農家は零細となり、借金を重ね、昔から常に食料不足に見まわられて

*熊本県天草地域振興局農林水産部水利課
(Tel. 0969-22-4296)

いる。

また、天草は台風の通過地域にあってその被害は甚大である。さらに小河川しかなく、その河川も急峻で、保水力のない貢岩層の地形では、降った雨は急激に海に流れ、度重なる洪水と干ばつの被害を受けてきた。江戸時代は、暴風、洪水、干ばつ被害が3~4年に1回ずつ繰り返している（写真-1参照）。

このため、技術が進展していなかった時代は、大きなため池、ダム等の築造は暴風洪水による破堤の恐れがあるため不可能であった。

なお、平山ため池築造以降の主な干ばつは、昭和9年、昭和33年、昭和42年、平成6年と被害回数が減少している。

昭和35年頃から、天草では9月の台風の害と用水不足への対応から、この前に稲を実らせ、刈り取ってしまおうとの考えで水稻早期作が導入されている。



写真-1 動噴による水稻の灌漑風景（干ばつ時）

Ⅲ. 戦前のため池築造（平山ため池）

主流河川「志岐川」は、苓北町と天草市の分水嶺を起点として北へ流れ、志岐平野約100haの水源となっ
てはいるが、流程が短く、勾配が急なため、雨が降れば鉄砲水となって流失し、数日干天が続けば枯渇する
という状況であったため、水田1枚毎に井戸を掘って灌漑するところが多かった。本川延長約6kmに対し15
箇所の井堰、取水口があり、上流の排水を下流の用水として何度も反復利用していた。

このため、志岐平野の水源を確保することは流域住民にとって多年の悲願であった。昭和7年、時局匡救耕地拡張事業が施行されたとき、志岐村は、この事業に申請して認可を受け、志岐川上流の平山地区で志岐川を締切り、ため池を築造した。その概要は表-1に示すとおりである。また、図-2および3に平面図と標準断面図を、写真-2に下流側から見たため池堤体を示す。

築造の経緯は、同所に建立されている記念碑（写真-3参照）に克明に記されているので、後述する。

表-1 平山ため池概要

名称	平山ため池
所在地	熊本県天草郡苓北町志岐字平山 2708
築造年	昭和7~9年
事業名	農村救済土木事業
造成主体	志岐村(志岐水利組合)
管理者	苓北町土地改良区
種別	重力式ため池(自然石組み)
堤高	7.07m
堤長	25.2m
総貯水量	47,680 m ³
底樋	アカマツ製、スライドゲートφ1000
取水樋	鋼製、スライドゲートφ300
受益地	55.0ha

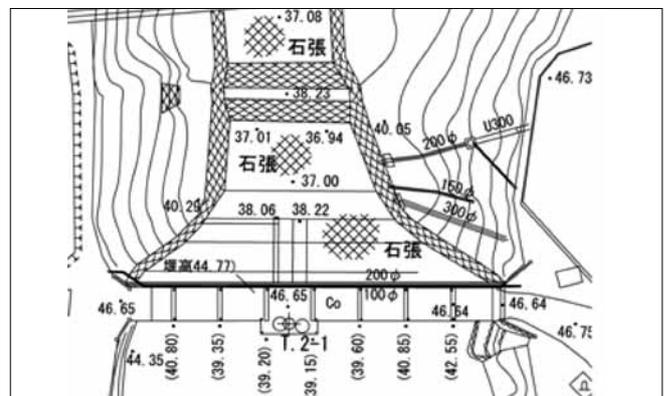


図-2 平面図

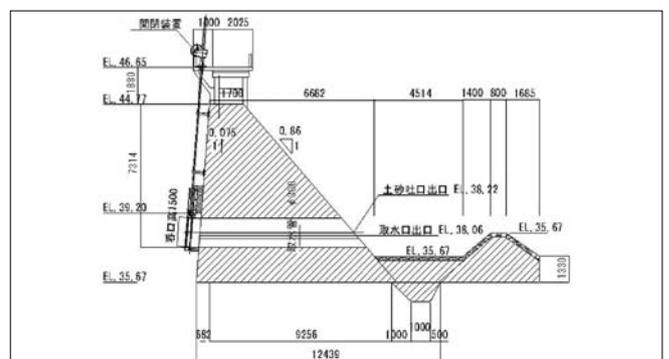


図-3 標準断面図

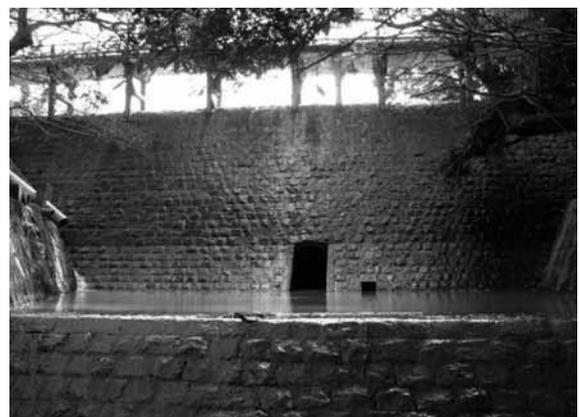


写真-2 ため池下流より下流面を望む



写真-3 平山ため池記念碑

(記念碑文)

志岐田原は面積百町歩にして本村産業の根幹なり、然るに是にかんがいする志岐川は流程僅か二里余剰に当地方は雨量極めて少なく殆ど毎年旱害を蒙らざることなく志岐田原は島内第一の干魃地として知られ灌漑補給用井戸其数数百六十九個に及び水稻季に至れば村民は昼夜給水に奔命し全く他を顧る暇なし、而して尚旱害を免れず労力時間の浪費早魃の被害年々村民の受くる苦痛は実に甚大なり、されば灌漑池の築設は本村数十年來の懸案として幾度か計画せられたるも適當なる場所を発見する能はざりしと築設費の財源難とにより空しく今日に及びたり。然るにたまたま昭和七年政府に於いて農村救済土木事業施行せらるるに当たり幾多の紆余曲折を経て地を此処に相し、工事費の半額を政府の補助に仰ぎ本灌漑池を築設することとしたり。起工以來半年、工を費やすこと六千二百六十九人にしてここにまったく竣成す。数十年間の懸案を解決して歡喜に堪えず、記して以て記念とす。

昭和八年於秋 志岐村長 荒木守孝

平山ため池は小規模ではあるが、堤体上流面が1：0.075、堤体下流面が1：0.86の勾配の重力式全面石張りコンクリートため池である。越流堤頂と管理橋のすき間に堰板を渡すことによって、さらに5千m³程の流量を確保する仕組みがある。

同じ石張りである香川の豊稔池は昭和5年、大分の白水ダムは昭和13年に完成している。石張りの最大の利点は、型枠を使わなくても頑丈な重力式堰堤が建造でき、表面保護が図れることと考えられる。反面、石張りの施工は入念な手間が必要である。

Ⅳ. 戦中戦後のため池築造 (平山上ため池)

平山ため池の築造は、干ばつに悩む志岐平野に恩恵をもたらした。しかし、水量はようやく4、5日を支える程であったので、さらに、平山ため池の上流にため池を築造して、水量を確保したいと計画し、戦時中の

昭和17年2月に着手した。

しかしながら、戦時下物資、労力共に不足の折り柄、工事は難航した。戦時中あらゆる物が不足していた中で、工事のため若干のセメントの特配を受けていたが、昭和20年にいよいよセメントの入手が困難となり、工事は中止した。

戦後米軍占領下、当時の村長荒木守孝氏が占領軍の民政官ピーターセン氏と親しく、このルートから厳しい統制経済下にセメントの特配を受けるなどの苦闘の末、昭和22年によく完成した。その概要は表-2に示すとおりである。また、図-4および5に平面図と標準断面図を、写真-4に下流側から見たため池堤体を示す。

なお、このため池の築造に当たっては一般の住民が動員されたほか、菊池勤皇農兵隊約60名が動員されて、志岐蓮窓寺に宿泊して作業を手伝ったと言われる。これらを記念した記念碑が同所に建立されている(写真-5参照)。

平山上ため池は、堤体上流面が1：0.075のコンクリート打放し、堤体下流面が1：0.86の勾配の石張りの重力式コンクリートため池である。

表-2 平山上ため池概要

名称	平山上ため池
所在地	熊本県天草郡苓北町志岐 字十郎神楽 2964-6
築造年	昭和 17~22 年
事業名	志岐村村営溜池築造事業
造成主体	志岐村(志岐水利組合)
管理者	苓北町土地改良区
種別	重力式ため池(自然石組み)
堤高	14.1m
堤長	71.5m
総貯水量	63,200 m ³
底樋	鋼製, スライドゲートφ1,000
取水樋	鋼製, スライドゲートφ150×2
受益地	65.0ha

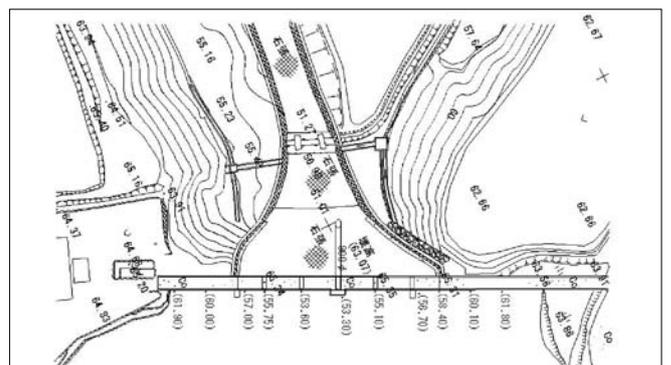


図-4 平面図

堤体上流面をコンクリート打放しにしたのは、型枠技術の進歩と施工の効率化を図ったものであろう。しかし、堤体下流面については、石張りのままであり、斜面型枠の技術が困難だったのか、技術の推移が興味深い。

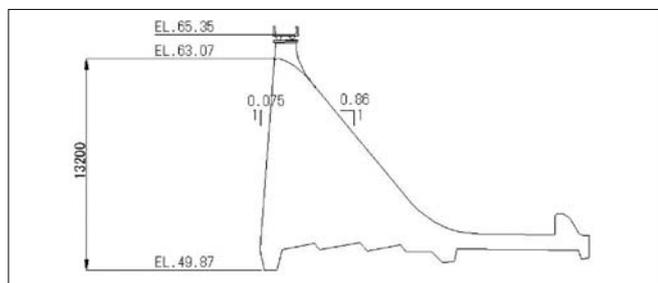


図-5 標準断面図



写真-4 ため池下流より下流面を望む



写真-5 平山上ため池記念碑

V. 昭和40年代の志岐ダム建設

平山ため池、平山上ため池の2カ所を完成したのであったが、これは最終的に有効な時間給水によってかろうじて急場をしのぐ程度であり、それ以上干ばつを防止することはできなかった。さらに別流域の三会川流域にはこれらため池はなく、志岐炭坑の掘進の進捗によって用水被害を生じ始めたのである。

このような状況から志岐川の上流に大型ダムを建設することは志岐地区農民の夢であった。この実現の端緒は昭和28年ごろ志岐村長田中隆安によって計画が立てられ、昭和30年荅北町合併に持ち込まれたものであるが、膨大な資金を要すること、志岐川流域の水田は曲がりなりにも充足していることなどから早急に実現することは困難であった。

この間、昭和33年、昭和34年の大干ばつに遭遇しながら、なおこの事業に踏み切る姿勢を示さなかった。

昭和42年、旧本渡市の楠浦方原ダムの完成などあり、徐々にその必要性は啓蒙されつつあったが、地元負担金の問題で容易に進展しなかった。昭和42年新任の森実町長は、地元負担金は町費で負担しようとする案を議会に提案して波紋を起こしたが、結局議会の同意を得てこの案が議決された。

事業は県営で施行することとなり、昭和42年7月31日に事業計画承認申請書を提出し、翌年1月12日に認可を得た。事業は県が施行するとしても、地元の責任は、土地改良区を設立してこれに当たることになり、翌43年10月31日設立の認可を得た。その事業概要は表-3に示すとおりである。また、志岐ダムを写真-6に示す。

表-3 志岐ダム概要

名称	志岐ダム
所在地	熊本県天草郡荅北町志岐 字十郎神楽 2960
築造年	昭和43～48年
事業名	県営かんがい排水事業
造成主体	熊本県
管理者	荅北町土地改良区
種別	中心コア型ロックフィルダム
堤高	36.0m
堤長	145.0m
総貯水量	803,000 m ³
受益地	347.6ha(水田 162.6 ha, 畑 85.0 ha, 樹園地 100.0 ha)



写真-6 志岐ダム（直下が平山上ため池）

平山，平山上ため池および志岐ダムの完成により，
苓北町の農業水利が安定した。さらに志岐ダムの受益
地347haを第二次農業構造改善事業で昭和40～50年代
に整備し，水稻早期作，レタス，ミカンを中心とした
苓北町中心部の営農の近代化が図られた。

Ⅵ. ため池施設の位置づけと保全の方針

(1)かんがい施設としての両ため池の役割

両ため池は，農業用水確保を目的に築造されたため
池であり，現在においても志岐ダムを補完する農業用
水の水源として利用されている。なお，平山ため池は
「志岐上津深江簡易水道志岐浄水場」の上水源として
現在も利用されている。

(2)文化財としての評価

両ため池は，昭和9年および昭和22年に志岐川をせ
き止めて造られたもので，干ばつに悩んでいた志岐平
野の農業を救い，町の発展に大きく寄与した歴史的農
業水利施設である。堤体は石張りコンクリートを使用し，当時の先進的な技術で造られたもので，管理橋も設置された独特の趣ある景観を創り出して，戦前，戦中の文化財としての価値は高い。この価値が高く評価された結果，両ため池は平成16年10月20日に町指定文化財に指定された。

(3)農村景観形成における施設の役割

両ため池は，表面を自然石組で保護したコンクリー
ト構造であり，周辺の田園景観と調和し，独特の農村
景観を創り出している。特に「平山上ため池」は，天
端橋梁の手すり橋脚が重厚な印象を与えており，下
流側から見た景観は迫力があり，かつ美しい。

(4)教育の場としての役割

両ため池は，小学生向けの教材「わたしたちの町苓
北（苓北町教育委員会）」でも紹介され，子供たちの
郷土学習の場，特に地域の農業の歴史を学ぶ上での重
要な施設である。

(5)住民の憩いの場としての役割

一般住民の利用については，以前は釣りなどで利用
され，子供たちの遊び場ともなっていた。しかし，施
設の老朽化が進んだ現在では安全性が確保できないと
の理由で釣りが禁止されており，農業関係者以外の利
用は少ない。施設の安全性が確保できれば，かつての
ように住民が散策したり釣りを楽しんだりすることが
できるようになり，歴史的農業水利施設への認識や地
域農業への関心が高まることが期待されている。

(6)苓北町の文化財保護行政上の位置づけ

苓北町では「歴史と伝統文化が薫るまちづくり」の
ために，地域における文化活動の振興に努め，町民文
化の発展および文化財の保護と活用を図るため，次の
ような目標が設定されている（苓北町教育要覧）。
「郷土の先人達が残した貴重な文化財を後世に伝えて

いくために，埋蔵文化財の発掘調査，文化財の復元，
修復等を推進し，整備と公開を通してその保存と活用
を図る。」

(7)保全の基本方針

両ため池を保全するにあたっての基本方針は次のと
おりである。

－ ふるさと苓北の農の源を後世に －

「平山ため池」および「平山上ため池」は，戦前・
戦中の物資が不足する時代に先人の知恵と努力によっ
て整備され，苓北町の農業の発展に寄与した重要な施
設である。石積みと管理橋が独特の趣ある景観を創り
出しており，町指定の文化財にも指定され，今日まで
大切に守られてきた。この文化遺産を守り，後世に伝
えていくことによって，重要な農業水利施設の一つと
してこれからも地域の農業を支えていくことを可能に
すると同時に，地域住民の散策や子供たちの学習の場
として利用可能な状況を復元する。そうすることで，
地域の人々の郷土意識を高め，農村社会の維持・継承
につなげていく。

これらを受け，平成20年度から老朽化した施設（管
理橋，ゲート他）の改修および堤体の補修等を県営地
域用水環境整備事業（歴史的施設保全型）にて実施中
である。

今回の地域用水環境整備事業の着手に際し，堤体
ボーリング調査を行った。平山ため池の堤体コアは70
年以上経過しても鮮明で，径10cm程の玉石および砂
利を入念に突き固めた跡がある。平山上ため池は，径
30cm程の玉石も多く混入し，水平の打継目が顕著であ
り，海岸の浜砂利等が露出している。資材と熟練者が
不足する中で，懸命に農業水利の確保を図った先人の
苦勞がしのばれる。

Ⅶ. おわりに

これらの灌漑施設の建設により，苓北町ではレタス
栽培が拡大し，昭和45年に国野菜指定産地の指定を受



写真-7 レタス栽培風景

け、現在では作付面積145haと県下一のレタス産地となっている（写真-7参照）。

11月から3月まで、その7割ほどが関東地方の大都市圏へ向けてブランド名「シャキッと朝食レタス」として出荷されている。レタスは食品の安全を考え、町の畜産農家の堆肥による土作りを徹底し、町内で出た有機物を再び畑に戻し作物を育む地域循環型農業が実践されている。苓北町のレタスは、有機肥料を使いミネラルたっぷり、ボリューム感豊かなレタスである。

また、完熟越冬袋かけみかん「ときめき夢味」は平成17年度に東京市場で全国2位の価格取引となっている。

全国の皆様、JA苓北のレタスを見たら、水の確保に努力した先人の事も思い出して下さい。

参考文献・資料

『私達の町苓北』（苓北町役場 平成14年3月）

『苓北町史』（苓北町役場 昭和58年3月）

『熊本県農業水利誌』（熊本県 昭和49年3月）

『熊本県土地改良史』（熊本県 平成2年3月）

ワイヤレス埋設計器の開発

浅野 勇* 林田 洋一* 田頭 秀和* 増川 晋*
 (Isamu ASANO) (Yoichi HAYASHIDA) (Hidekazu TAGASHIRA) (Susumu MASUKAWA)

ダム用埋設計器の故障の原因は、ケーブルの断線、絶縁低下、誘導雷の侵入などケーブルに起因することが多い。農村工学研究所では、官民連携新技術研究開発組合（坂田電機株式会社、東京電力株式会社）と共同研究（平成13～15年の3年間）を実施し、フィルダム等への埋設が可能なワイヤレス間隙水圧計を開発した^{1)・2)}。ワイヤレス間隙水圧計の第1号機は平成16年1月に九州農政局管内中岳ダムに試験機として設置された。その後、ワイヤレス間隙水圧計は複数のセンサを接続できるマルチワイヤレスセンサへと改良が進んでいる。平成21年4月時点で全国の農林水産省関係のフィルダムに88台のワイヤレス埋設計器が設置されている。本稿では、ワイヤレス埋設計器の特徴及び設置の現状について紹介する。

1. 地中通信とは

ケーブルの代わりに地中を透過する低周波電磁波を用いてデータ搬送を行うことを地中通信と呼ぶ。一例としてフィルダムにおける地中通信システムを図-1に示す。比較のためケーブル付きの従来型計器も表示した。ワイヤレス計測では、地上部の送受信装置と地中部のワイヤレス埋設計器との間で低周波電磁波（8.5kHz）を利用した双方向デジタル無線通信を行う。電磁波には指向性があるため、埋設計器のアンテナコイルと送受信装置のコイルの軸方向が一致するときに最大の通信距離が得られる。このため、両者の位置関係に注意した設置が必要である。また、地中通信は周辺ノイズの影響を受ける。通信可能な条件は受信位置での信号対ノイズ比（S/N比）が2以上である。したがって、送受信装置の設置の際には周辺ノイズの計測とノイズを考慮した位置選択が必要になる。図-1の計器配置から明らかのように、ワイヤレス計測ではケーブル等の異物が少ないため堤体に対する計器設置の影響が小さい。また、ケーブル延長が長くなるほどワイヤレス計測システムの方がコスト面で有利になる。

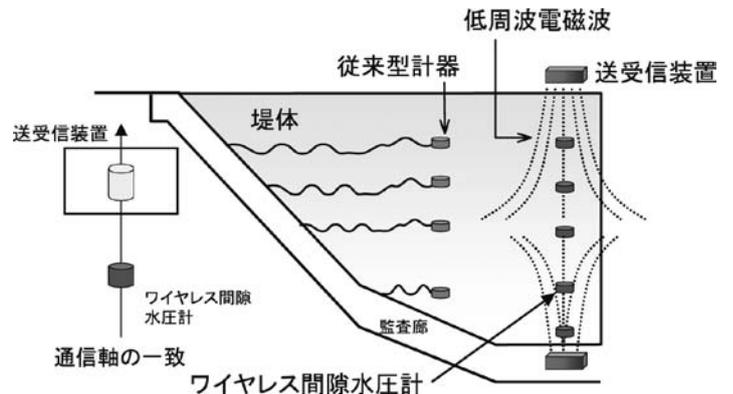


図-1 ワイヤレス計測システムの例

2. ワイヤレス間隙水圧計の構造及び特徴

ワイヤレス間隙水圧計の構造を図-2に示す。ワイヤレス間隙水圧計は、①間隙水圧計、②アンテナコイル、③回路基板、④電池、⑤筐体から構成される。データロガー機能、プロセッサ機能を実装しており、埋設後に計測・通信頻度の変更が可能である。1日1回計測、1週間に1回1週間分の日計測値を地上に送信するという計測条件で、ワイヤレス間隙水圧計の設計寿命は10年と設定されている。設計寿命10年はフィルダムの挙動が10年程度で安定すると

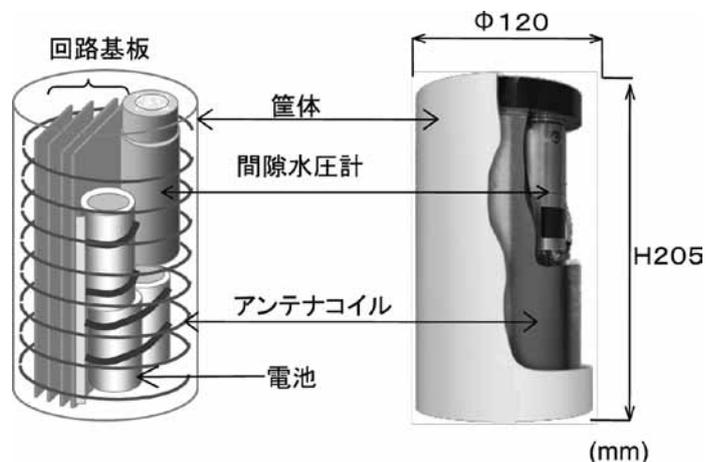


図-2 ワイヤレス間隙水圧計の構造

* 農研機構 農村工学研究所 施設資源部 構造研究室
 (Tel. 029-838-7570)

いう考えに基づく。寸法は若干大きくなるものの、電池の増設で10年以上の計測期間や頻度を高めた計測への対応が可能である。筐体は、堤高100m程度のフィルダムに埋設可能な構造であり、耐水圧性能は3MPa以上である。寸法は、堤体に対して異物とならないよう、フィルダムの遮水材の最大粒径以下とし、密度も同程度としている。間隙水圧計の仕様は従来型センサと同等である。地中通信距離は周辺ノイズ強度に依存するが地中100m程度である。なお、現在では、本体には最大8台のセンサ（差動トランス、摺動抵抗及び直流電圧入力（0~1V））が接続可能なワイヤレスマルチセンサが実用化されている²⁾（図-3）。

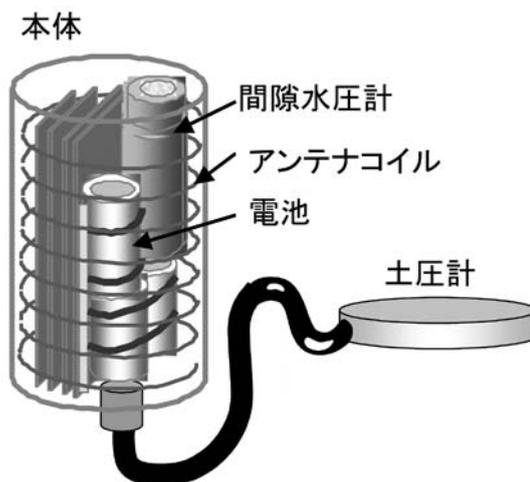


図-3 ワイヤレスマルチセンサの構造
(間隙水圧・土圧同時計測型)

3. 設置方法

ワイヤレス埋設機器の設置方法について図-3のワイヤレスマルチセンサを例に説明する。設置手順を図-4に示す。ケーブル付埋設計器の設置では、ケーブルを敷設するため長大なトレンチを掘削しなければならず多くの労力と時間が必要であった。一方、ワイヤレス埋設計器の設置では、スクリーポイント等を用いて盛土面を穿孔し、穿孔した孔にワイヤレス埋設計器の本体部を据え付け、埋め戻すという方法（「コア抜き法」¹⁾と呼称、図-4の②）を用いるため、設置作業は極めて簡便である。コア抜き法はワイヤレス埋設機器周辺の盛土を必要以上に緩めない点でも優れた方法である。ワイヤレス埋設計器が土中で傾くと通信可能距離が低下する。したがって、計器が土中で傾斜しないように設置孔は締固め作業が可能な範囲でできるだけ小さくし、計器周辺の締固めを十分行うことが重要である。具体的な設置手順は、図-4に示すように、①本体及び土圧計を設置するための3.0×1.2m程度のトレンチを掘削、整形する、②設置盛土面にコア抜き法で設置孔を穿孔、③本体および土圧計を据え付ける、④人力により2mmアンダーのコア材で計器周辺を覆土し、締め固める、⑤コア材を用いてトレンチを三層に別け重機で埋め戻す、⑥各層を人力あるいは振動ローラーにより締め固める、である。一連の作業に要する時間は1時間弱であり、ケーブル付きの従来型計器の作業が8時間以上を要するのに較べると大幅に作業時間を短縮できる。



図-4 ワイヤレス埋設計器の設置手順

4. 設置の現状

平成21年4月現在、農林水産省所管の8フィルダムには合計88台のワイヤレス埋設機器が設置されている。その内訳は、間隙水圧・土圧計マルチセンサが1ダム、ワイヤレス間隙水圧計のみが7ダムである。88台のうち13台は開発当初の回路基板を搭載した試験機であり、試験設置したものである。残りの75台は回路基板の省電力化などの改良を施した実用機である。平成21年7月時点におけるワイヤレス埋設計器の稼働状況は、試験機13台のうち7台が稼働を終了した。試験機を設置した中岳ダムでは設置から5年6ヶ月後の時点で3台中2台が稼働を終了した。稼働終了ま

でのワイヤレス間隙水圧計の電池電圧はモニタリングされており、その測定結果から電池電圧が徐々に低下し稼働終了に至ったことが確認されている。実用機75台のうち故障と想定される通信途絶が2台発生している。残り73台については順調に稼働している。計器が設置されたダムの中には激しい雷雨に遭遇したダムもあるが、雷による故障は皆無であり当初の目標通り高い耐雷性が確認された。なお、実用機の第1号機が設置されてから約4年が経過している。

5. 今後の課題と展望

ワイヤレス埋設機器については、電池寿命が長い小型で安定した電源の探索と回路基板の省電力化に関する検討が引き続き必要である。また、ケーブルが不要で耐雷性が高いというワイヤレス埋設計器の特徴を生かし、浸透水量や貯水位の計測など堤体以外のモニタリングへの活用が期待される。ダムの維持管理の基本は目視をベースにした定期点検であるが、定期点検の頻度ではカバーできない突発的な事態の把握や将来的な補修・補強を視野に入れたダムに発生する物理量の時間的変化の把握にはセンサを利用した自動的かつ継続的なモニタリングが有効である。今後は、ダムに生じる性能低下に応じた定期点検とモニタリングを組み合わせた安全かつ効率的な維持管理が必要と考える。

参考文献

- 1) 向後雄二, 浅野勇, 林田洋一, 遠目塚良一 (2006) : ワイヤレス間隙水圧計の開発とフィルダムにおける観測, ダム工学, Vol.16, No.3, pp.165-176.
- 2) 林田洋一, 向後雄二, 浅野勇, 増川晋, 田頭秀和 (2008) : 低周波電磁波を用いたワイヤレス計測システム, 水土の知 (農業農村工学会誌), No.76, pp.13-1

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21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. 創立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年度は設立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すること。

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

2. 「投稿票」

- ① 表題
- ② 本文枚数, 図枚数, 表枚数, 写真枚数
- ③ 氏名(フリガナ), 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20,000字程度(ワープロで作成の場合, A4版10枚程度)までとする。なお, 写真・図・表はヨコ8.5cm×タテ6cm大を288字分として計算すること。

4. 原稿はなるべくワープロで作成し, 漢字は当用漢字, 仮名づかいは現代仮名づかいを使用, 術語は学会編, 農業土木標準用語辞典に準じられたい。数字はアラビア数字(3単位ごとにカンマ(,)を入れる)を使用のこと。

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MOディスク等にて提出すること。

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

※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すること。

6. 写真・図・表は本文中の挿入個所を明確に指定しておくこと。

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

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おくこと。

たとえば,

C, K, O, P, S, U, V, W, X, Zの大文字と小文字

O(オー)と0(ゼロ) a(エー)と α (アルファ)

r(アール)と γ (ガンマ) k(ケイ)と κ (カップ)

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くこと。

10. 数表とそれをグラフにしたものとの並載せはさげ, どちらかにすること。

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する。孫引きの場合は, 番号を付し, 末尾に原著者名: 原著論文表題, 雑誌名, 巻: 頁~頁. 年号, 又は“引用者氏名, 年・号より引用”と明示すること。

12. 投稿の採否, 掲載順は編集委員会に一任すること。

13. 掲載の分は稿料を呈す。

14. 別刷は, 実費を著者が負担する。

「水と土」通信

FAX 宛先：農業土木技術研究会 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（158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

味覚の秋。食欲の秋。やっぱり秋はいいです。

新米、新そば、さんま、なし……。秋はおいしい食べ物が多いし、空も清々しいなあと思っていたら、ふと、「天高く馬肥ゆる秋」という言葉の意味を間違っていたことを思い出しました。

ずっと、「秋はおいしい食べ物が多くて太ってしまう。」という意味だと何気なしに思っていたのですが、本当は間違っていて……。？そういえばどういう意味だったかな？忘れてしまったのでちょっと調べてみました。

もとは中国の故事で、漢語では「秋高馬肥」。

舞台は大昔の中国北部。その農村では収穫期の作物をねらって、騎馬民族が村を襲いに来ているそうです。せっかく作物が収穫できたのにそれを根こそぎ持って行かれてしまう。農民は、騎馬民族の馬が夏に草をたっ

ぷり食べて肥えてくる秋頃を「そろそろ騎馬民族が太った馬に乗ってやってくるから注意しよう」という気持ちを込めて「天高く馬肥ゆる秋」と呼んだらしいです。

つまり本来の意味は、自然や身の回りの変化を察知して警戒心を呼び覚ますためのもの、注意喚起なんだそうです。

最近では地球温暖化による（ものかどうかよく分かりませんが）ゲリラ豪雨、昨年は岩手・宮城内陸地震、今年の梅雨前線豪雨などといった災害が目につきます。

季節の変わり目や、ふとした時に災害に対する心構えが出来たら、すごく良いことです。

（防災課 田村）

水と土 第158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

ダイプラハウエル管 (高耐圧ポリエチレン管)

φ300~3000

経年劣化が少ない材料により長期寿命を実現!

外圧に強い中空リブ構造で高盛土にも適応!

柔構造物なので軟弱地盤でも適応!

コンクリート基礎不要で工期短縮が可能!

公的機関への認可

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)
 国土交通省 新技術登録 (NETIS CB-980025) カルバート工
 (NETIS CB-980024) 柔構造樋管
 農林水産省 土地改良事業計画設計基準 (農道)
 日本道路公団 設計要領第二集カルバート編

農業用水のパイプラインに!

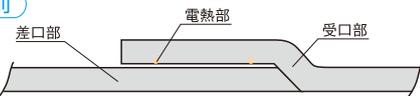
管路の一体化による継手部の信頼性!

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。

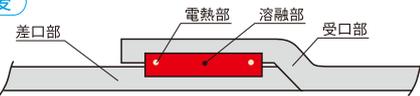
常用使用圧力	0.50 MPa
--------	----------

EF継手 (エレクトロフュージョン)

通電前



通電後



内圧用ダイプラハウエル管



農道下横断管に!

耐圧強度が大きく、
高盛土下に
埋設可能!

カルバート工
として
実績豊富!



ため池の底樋に!

柔軟性に優れ、
地盤沈下にも
対応!

柔構造樋管
として
実績豊富!



大日本プラスチック株式会社

本社: 〒541-0053 大阪市中央区本町2-1-6 (堺筋本町センタービル)
 TEL.06-6267-1338 FAX.06-6271-3003
 東京支社: 〒103-0023 東京都中央区日本橋本町3-8-4 (第2東硝ビル)
 TEL.03-3662-9861 FAX.03-3664-3187

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

札幌(営) 011-221-3053 仙台(営) 022-223-0761
 東京(営) 03-3662-9861 名古屋(営) 052-933-7575
 大阪(営) 06-6267-1338 広島(営) 082-221-9921
 福岡(営) 092-721-5166 鹿児島(営) 099-227-1577