

水と土

No. 169

2013
JULY

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



① 流動化処理工法の施工状況



② 地震による管水路の被災状況



③ カエルの登坂実験状況



④ 幹線水路に設置された取水堰



⑤ 泥圧式シールド掘削土の分離処理状況



⑥ 小淵防災ダム

□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

地方農政局50年の歩みの中で	川合規史	8
----------------	------	---

□報文

キーワード

パイプライン	流動化処理工法を用いた浦臼幹線用水路の改修	下川昇大・内田典邦	10
補修工法	寒冷地におけるコンクリート水路橋補修工法の検討 - 補修工法の評価 -	安田俊一・加藤太吾	15
減災対策	GISを用いた農業用管水路の減災対策優先度評価の検討 <i>A Study on Priority Evaluation Method on Disaster Mitigation Measures for Irrigation Pipeline using GIS</i>	玉手純子	21
補修工法	中群馬用水路における補修・補強工事について	光安香里	26
環境配慮	小貝川沿岸2期地区における生物多様性よどみ型柵渠について	田村 薫・渡邊憲一	32
用水計画	手取川扇状地における水田用水地区内還元水の分析	吉田 匡・丸山利輔・能登史和	36
通水試験	小倉幹線用水路の通水試験について	網本恵介	43
パイプライン	巨玉石混じり砂礫層でのシールドトンネル掘削と環境配慮の結果について	深谷 康	49
長寿命化対策	滋賀県農業水利施設アセットマネジメントの推進について ～平成23年度までの取り組みと今後の目標～	東 崇史・伊藤哲生・西村 誠・川端浩司	53
擁壁	ブロック積擁壁等の裏込材の選定について	白井謙二	60
流域開発	集水域開発によるインドネシア・ジェパラ湖水収支への影響	中村義文	63

□歴史的土壌改良施設

日本初のロックフィルダム「小淵 ^{こぶち} 防災ダム」	水野守孝	68
--------------------------------------	------	----

□技術情報紹介

畑地におけるメタン発酵消化液の液肥利用 - 肥料としての特徴と利用に伴う環境影響 -	中村真人・柚山義人・山岡 賢・折立文子	72
---	---------------------	----

□会告	80
□入会案内	81
□投稿規定	83

- 表紙写真●
- ① 報文「流動化処理工法を用いた浦臼幹線用水路の改修」より (P.14)
 - ② 報文「GISを用いた農業用管水路の減災対策優先度評価の検討」より (P.21)
 - ③ 報文「小貝川沿岸2期地区における生物多様性よどみ型柵渠について」より (P.33)
 - ④ 報文「手取川扇状地における水田用水地区内還元水の分析」より (P.38)
 - ⑤ 報文「巨玉石混じり砂礫層でのシールドトンネル掘削と環境配慮の結果について」より (P.51)
 - ⑥ 歴史「日本初のロックフィルダム「小淵^{こぶち}防災ダム」」より (P.68)

水と土 第169号 報文内容紹介

流動化処理工法を用いた浦臼幹線用水路の改修

下川昇大・内田典邦

既設フレーム水路の改修にあたり、周辺条件やコスト縮減等の観点から、フレーム水路内への管水路布設を行った。埋戻し土は施工性・安全性より流動化処理土（現地発生土に泥水と固化材を加えて混練り）とした。既設水路の利用と流動化処理工法の採用により、建設発生土の抑制、工期の短縮、工事費の軽減が図られたので、本稿で紹介する。

（水と土 第169号 2013 P.10 設・施）

寒冷地におけるコンクリート水路橋補修工法の検討 —補修工法の評価—

安田俊一・加藤太吾

本報は、積雪寒冷地において、剥離等の劣化を受けているコンクリート開水路の補修技術の有効性を検証、開発するため、直轄かんがい排水事業北松山左岸地区（昭和41年着工）及び国営かんがい排水事業利別川地区（平成7年着工）で整備、改修したコンクリート水路橋において実施した試験施工とモニタリング調査経過について報告するものである。

（水と土 第169号 2013 P.15 設・施）

GISを用いた農業用管水路の減災対策優先度評価の検討 *A Study on Priority Evaluation Method on Disaster Mitigation Measures for Irrigation Pipeline using GIS*

玉手純子

我が国は自然的条件から災害が発生しやすい国土となっており、農業水利施設も多大な被害を受けている。このような中、災害が発生した場合でも被害を最小化する「減災対策」を図ることが重視されている。

本稿では、長大な農業用管水路に対し、減災対策を効果的に実施するための優先度評価（リスク評価）手法についてGISを利用した検討事例を紹介する。

（水と土 第169号 2013 P.21 企・計）

中群馬用水路における補修・補強工事について

光安香里

農業水利施設における施設機能診断調査や補修・補強工事を実施した施設について、施設の老朽化状況調査、その調査結果に応じた対策工法の選定、補修・補強工事を行った。本稿では、具体的に暗渠での施工例について紹介する。

（水と土 第169号 2013 P.26 設・施）

小貝川沿岸2期地区における生物多様性 よどみ型柵渠について

田村 薫・渡邊憲一

県営経営体基盤整備事業「小貝川沿岸2期地区」では『環境との調和に配慮するため生態系保全のための様々な取り組み』を行っている。本稿では、その取り組みの1つで水路内に転落したカエルや蛇などの脱出を容易にしたり、水生動物などが水路底部に設けたよどみ内で棲息することを目的に開発された生態系保全型よどみ柵渠における実証実験結果について報告する。

（水と土 第169号 2013 P.32 企・計）

手取川扇状地における水田用水地区内還元水の分析

吉田 匡・丸山利輔・能登史和

石川県手取川扇状地内の水田用水は、幹線水路から取水し複雑な用排水組織を持つ水田用排水ブロックを経た後、幹線水路に還元されている。この複雑な用水の反復利用システムを解析し、今後の用水計画に役立たせることを目的に研究したので、ここに紹介する。

（水と土 第169号 2013 P.36 企・計）

小倉幹線用水路の通水試験について

網本恵介

小倉幹線用水路は、小倉ダムを水源とする国営区間16.6kmのバイパス用水路であり、平成22年12月に全線が完成した。すでに平成22年3月にダム取水口から調圧水槽までの区間（0.3km）、さらに平成22年12月～23年3月に調圧水槽から国営末端まで（16.3kmのうち14.0km）について通水試験を行っている。本稿では、小倉幹線用水路の通水試験計画及び実施状況について報告する。

（水と土 第169号 2013 P.43 設・施）

巨玉石混じり砂礫層でのシールドトンネル掘削と 環境配慮の結果について

深谷 康

宮田導水路に係るシールドトンネル工事は巨玉石混じり砂礫層を掘進するため、その掘削残土の処理について検討及び対策を行った。シールド掘削土は、添加材により泥土化しているため必要な処理を行い他工事に流用する等の有効利用を図った。このため、建設汚泥の発生量を最小限にとどめることができ環境への負荷も軽減されたので、その概要について紹介する。

（水と土 第169号 2013 P.49 設・施）

滋賀県農業水利施設アセットマネジメントの推進について ～平成23年度までの取り組みと今後の目標～

東 崇史・伊藤哲生・西村 誠・川端浩司

滋賀県では平成19年度から農業水利施設の適切な維持管理により施設の長寿命化等を図る「アセットマネジメント」の取組を開始している。その一環として、関係者が一丸となって取り組むための協議会の立ち上げ、中長期計画の策定を計画している。現在、関係者間で議論し情報共有できる体制整備を進めているところであり、本報ではその取組状況と今後の目標について紹介する。

(水と土 第169号 2013 P.53 企・計)

ブロック積擁壁等の裏込材の選定について

白井謙二

ブロック積擁壁の裏込材は、コスト削減の観点から再生クラッシューラン(RC)が多く使用されている。本報では、一般材に比べてRC材は透水性に劣ることを現場透水試験により明らかにするとともに、ブロック積擁壁の安定性の向上及び建設工事費のコスト削減の観点から、新たな裏込材を提言する。

(水と土 第169号 2013 P.60 設・施)

集水域開発によるインドネシア・ ジェバラ湖水収支への影響

中村義文

インドネシアのジェバラ湖下流では、かんがい用水が末端水路まで到達しないことから支線水路の改修を政府が進めているが、施設管理者や下流農家は上流域の開発によるダムの利用可能水量の減少が原因と懸念をもっている。本報では、28年間のダム水位等のデータを基にジェバラ湖の流入量や利用水量の変化について分析した結果を紹介する。

(水と土 第169号 2013 P.63 企・計)

<歴史的土壌改良施設>

日本初のロックフィルダム「^{こぶち}小淵防災ダム」

水野守孝

小淵防災ダムは、岐阜県可児市に日本初のロックフィルダムとして、昭和27年3月31日に完成した。目的は、農地防災ダムである。ダムの形式は、コンクリート表面遮水壁型であり、海外からの文献を取り寄せての設計で苦勞が大きかった。また、当時地元では反対運動があり、関係者の理解を得るため多大な努力が必要であった。現在は、下流農村地域の防災に大変貢献しており、普段は住民の憩いの場としても有効活用されている。

(水と土 第169号 2013 P.68)

<技術情報紹介>

畑地におけるメタン発酵消化液の液肥利用 －肥料としての特徴と利用に伴う環境影響－

中村真人・柚山義人・山岡 賢・折立文子

メタン発酵消化液は速効性の液肥として利用できるが、施用後の窒素の動態が化学肥料とは異なり、肥料効果の発揮と環境負荷低減に考慮する必要がある。本報では、液肥利用に関する試験結果をもとに、消化液含有成分の施用後の動態の特徴を整理した結果、消化液は化学肥料と比較してアンモニア揮散量が多く、その点を考慮した施肥設計が重要であることが示されたので紹介する。

(水と土 第169号 2013 P.72)

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25年3月現在、第1号（昭和45年）から第159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ください。

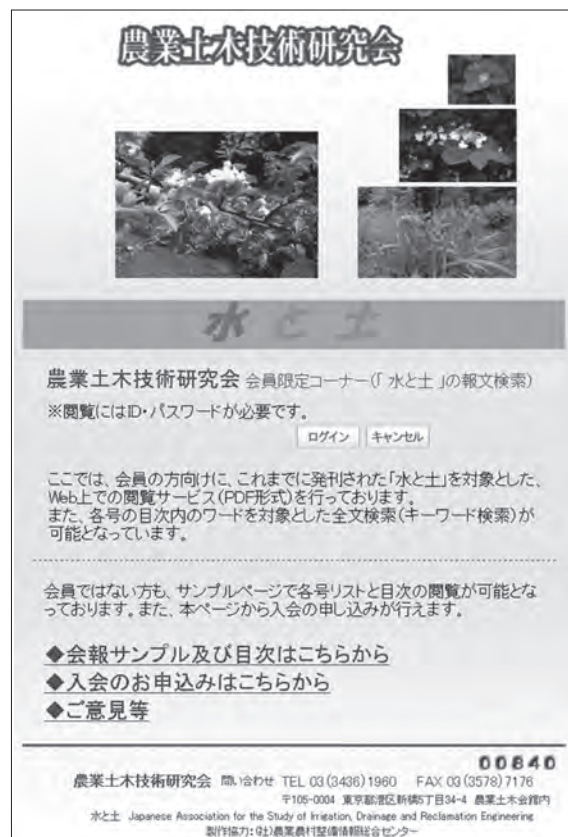


図-1

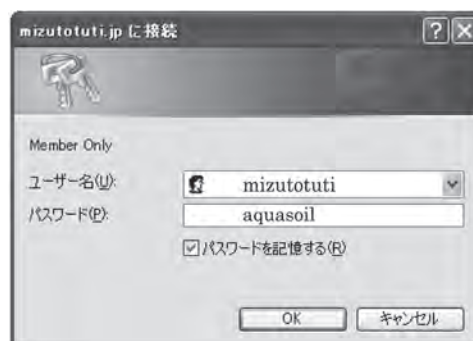


図-2

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	<a href="#">水と土 第2号</a>	68	6.69	<a href="#">目次</a>
昭和45年	<a href="#">水と土 第1号</a>	80	6.41	<a href="#">目次</a>

[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）。

図-5

## 地方農政局50年の歩みの中で

川合規史*  
(Tadafumi KAWAI)

昭和38年、農林水産省の地方支分部局である地方農政局が全国7ヶ所に設置されて、今年で50年になる。その前年に農業基本法が施行され、農業生産の選択的拡大、農業の生産性の向上と農業総生産の拡大、農業構造の改善等の8項目について、国は総合的な施策を講じていくものとされた。地方農政局は、戦後の農地改革や農地開拓を推進するため昭和21年に設置された農地事務局を改組する形で設置され、農業基本法に示された考え方の下、各種施策を現場段階において推進していく機関として重要な任務を負っての船出となった。

生産基盤整備については、戦後の食糧増産対策の中で、旧農地事務局の時代から取り組まれた重要課題であったが、農政局開設の後も、農業基本法に謳われた総合的な施策展開の方向性の中で、一層重要なものとなった。

先頃行われた地方農政局長等会議において、各地方農政局は、設立以降50年の歩みを振り返り、管内における農政10大トピックスとして取りまとめ、報告を行った*。

いずれの局からも生産基盤整備の推進に関連する話題が報告されたが、ここ関東農政局でも3つの案件を挙げたところである。

1つ目は「大規模基盤整備事業による関東農業の基礎づくり」、2つ目は「農地開発により夏秋キャベツ（婦恋高原キャベツ）出荷量全国一」、そして3つ目が「地域資源を活用した再生可能エネルギーの導入」。

それぞれの項目について少しずつ振り返ってみたい。

まず、1つ目と2つ目の農業水利と農地開発に関する整備。関東地方の基盤整備と言えば、歴史的には江戸時代に行われた新田開発などが有名であるが、近年に至るまで多くの地域において慢性的な水不足や排水不良に悩まされてきた。このような中で、霞ヶ浦や利根川などの水を導水するための大規模なかんがい排水事業、高原地域の冷涼な気候をいかした大規模営農なども可能とすることとなった農地開発事業、そしてこれらと関連する各種の基盤整備事業等を順次実施してきた。

このことにより、今日全国でもトップクラスの農業産出額を誇る茨城県、千葉県をはじめとする各地において農業生産基地を形成する礎が築かれた。戦後の高度経済成長に伴う首都圏への人口集中の中、関東農政局管内の1都9県の農業は、その産出額が平成23年時点で全国のほぼ25%を占めるなど、文字通り大消費地の台所を支えている。さかのぼって、特に昭和54年に、管内の野菜産出額が米産出額を上回るに至ったことは、一連の基盤整備事業等が、水田農業はもとより、畑地農業の振興にも大きく寄与し、大消費地への生鮮野菜の供給を支える条件を整えてきたことの現れであると言えよう。

時代は移ろうとも、それぞれの産地における安全でより品質の高い農産物の生産体制を維持しながらブランド化の発展を図るとともに、農業の6次産業化を実現していくことは、生産農家にとって重要であることは言うまでもない。またそのことは、消費者にとっても健康面、嗜好面など様々な面におけるニーズを満たすという観点からも大きな価値のあることである。

その意味でも、これまで着々と整備・蓄積してきた生産基盤について、その老朽化にも対応しながら、確実に所

---

*農林水産省関東農政局整備部設計課



要の整備・保全を図っていくことが一層重要となっていくことは論を待たない。

次に、トピックスの3つ目に掲げた再生可能エネルギーの導入に関する整備。東日本大震災の発生以降、固定価格買取制度の創設とともにその利活用の促進が図られているが、元々は化石燃料の枯渇、地球温暖化といった問題の中で注目されてきた。

栃木県的那須野ヶ原土地改良区連合の管内では、平成4年、国営土地改良事業の中で、調整池につながる水路の落差を利用した小水力発電所が設置され、全国の先駆けとなったほか、今年3月には補助事業を活用して整備が進められてきた太陽光発電所が完成した。このほかにも、国営事業として、昨年度は^{かながわ}神流川地区、今年度は^{ちゅうしんだいら}中信平地区や大井川用水地区において、それぞれ小水力発電施設の整備が進められるなど、再生可能エネルギーの一層の活用に向けた取組が行われている。

これらの再生可能エネルギーの導入は、土地改良区等にとっては施設の維持管理コスト低減につながる面も大きい。これまでの整備地区における技術面、管理面、運用面等での課題や対応策について整理しつつ、今後、各地域での設置可能箇所や費用対効果面を踏まえた実現の可能性を洗い出しながら、積極的な対応を進めていくことが重要である。

以上、関東農政局におけるこれまでの基盤整備に関する3つのトピックスについて、それらの内容を概観するとともに、考えるところを簡単に述べた。

農業農村を巡り、正にいろいろな意味で時代の転換点を迎えている中での農政局設置50年の節目である。震災からの復興、国土強靱化、TPP交渉への参加——。次なる50年に向け果たしていくべき地方農政局の役割は大きい。

※会議に提出された資料は、農林水産省HP上 ([http://www.maff.go.jp/j/kanbo/tiho/tihou_kaigi/250419/](http://www.maff.go.jp/j/kanbo/tiho/tihou_kaigi/250419/)) でご覧いただけます。

# 流動化処理工法を用いた浦臼幹線用水路の改修

下川昇大* 内田典邦**  
 (Shota SHIMOKAWA) (Norikuni UCHIDA)

## 目 次

1. はじめに	10	4. 浦臼幹線用水路の改修	10
2. 地区概要	10	5. 流動化処理工法適用の留意点	14
3. 現況用水施設の概要	10	6. おわりに	14

## 1. はじめに

昨今の農業農村整備事業の実施にあつては、社会経済情勢の変化や環境への関心の高まりから、農業用水利施設としての基本性能の確保と、併せて、建設コスト縮減や環境保全への配慮が求められている。

平成22年に施工した浦臼幹線用水路改修工事の特徴は、①既設揚水機の統合に伴い水路形式を開水路から管水路へ変更したこと、②既設開水路の内空断面へ管水路を埋設したこと、③管の埋戻しに新技術（NETIS登録）の流動化処理工法を採用したこと、である。本報では、これらの特徴について紹介する。

## 2. 地区概要

浦臼地区は、空知管内の樺戸郡浦臼町及び同郡新十津川町の水稲作を中心とした農業地帯に位置する。（図-1）

基幹的な農業用水施設である浦臼第1揚水機、浦臼第2揚水機及び浦臼幹線用水路は、建設以来30年以上経過していることから、老朽化に伴う施設機能の低下に伴う、ポンプの停止や回転数不足により、取水不能となる事態が発生するなど、農業用水の供給に支障を来している状況にあった。

このため、事業実施により、現況の浦臼第2揚水機の機能を浦臼第1揚水機に統合し、浦臼第1揚水機及び浦臼幹線用水路を改修し、施設機能を回復させることにより、農業用水の安定供給と維持管理費の軽減を図り、農業経営の安定に資するものである。



図-1 地区概要図

## 3. 現況用水施設の概要

本地区の現況用水施設は、国営総合かんがい排水事業浦臼地区（S41～S46、以下「前歴事業」という）により整備された。その水源は、空知川上流の特定多目的ダムの金山ダムに依存し、石狩川より最大3.476m³/sの取水を行っている。

前歴事業時では、取水地点において揚程約18mを確保可能な揚水機は存在するものの、1段揚水方式で水路形式を管水路とする案と、2段揚水方式で水路形式を開水路とする案との経済比較を行った結果、後者を採用し、浦臼第1及び第2揚水機を建設することとした。（自然流下する約2.1kmのフルーム水路を含む。）（図-2）

## 4. 浦臼幹線用水路の改修

### （1）設計計画

#### 1) 用水路形式

揚水機の改修は、現時点における技術水準、建設費及び運転・整備等にかかる維持管理費の経済性などを指標に総合的な評価を行った結果、現況2箇所の手水

*（現）農林水産省農村振興局整備部設計課  
 （Tel. 03-3502-4167）

（前）札幌開発建設部樺戸農業開発事業所

**（現）釧路開発建設部根室農業事務所  
 （Tel. 0153-79-5155）

（前）札幌開発建設部樺戸農業開発事業所

機を1箇所（浦臼第1揚水機）に統合する計画とした。これに伴い、浦臼第1揚水機から浦臼第2揚水機までの用水路は、自然流下のフルーム水路を含む現況の水路形式に替えて、全線を管水路とした。（図-3）

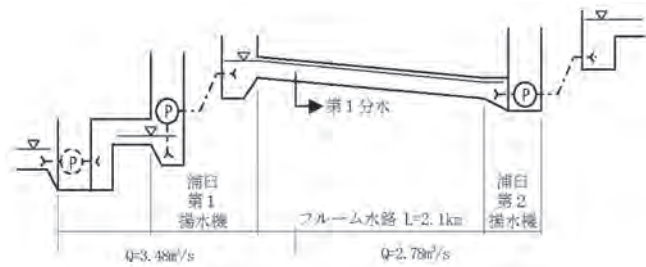


図-2 浦臼幹線用水路 現況概念図

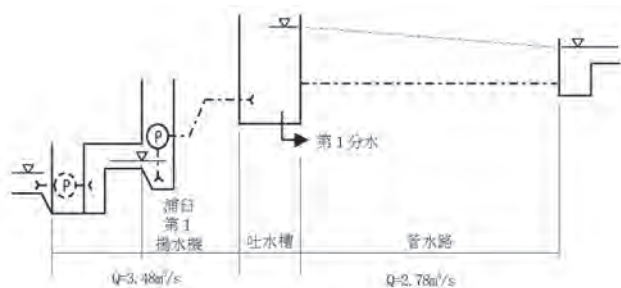


図-3 浦臼幹線用水路 計画概念図

## 2) 水路の改修断面

管水路のルートは、受益区域の配置、周辺土地利用の状況及び経済性などを指標に、新規用地確保に比して有利となる既設用水路を踏襲するルートとした。

改修工法の選定では、既設フルーム水路を取り壊し、開削した上で管水路を埋設する従来工法と、フルーム水路内に管水路を布設する工法について比較検討を行い、揚水機を含めた総工事費で有利となる、後者を採用した。（表-1）

表-1 管水路改修断面の比較

	既設水路撤去案	既設水路利用案
布設断面		
管種	FRPM管	FRPM管
管径	φ1350	φ1350
※当り工事費比率	1.04	1.00
評価	×	○

※比較は事業計画時（H17）

## 3) 管水路の布設方法

フルーム水路内への管水路の布設は、実施設計において、フルーム水路の規模及び基礎地盤の強度などを勘案し、表-2に示す3案を検討した。

受台基礎による工法は、フルーム水路幅が矢板施工

におけるFRPM管のB値より小さいため、土・モルタル等の締固めを必要とする埋戻し材を用いない工法で、フルーム水路内にコンクリート受台を設け、固定バンドにより管体を受台に固定する。

一方、締固めを必要としない埋戻し材を用いる工法は、埋戻し材にエアモルタルまたは流動化処理土を利用する2案を検討した。

浦臼地区では、経済性や施工後の維持管理性に加え、建設発生土の再利用を可能とする点に着目し、流動化処理工法を採用する計画とした。

なお、流動化処理土の凍上について、凍上圧は浅い部分で上向きに作用し、損傷を与えるほど管体に作用しないものとし、考慮していない。また、浮上についても、流動化処理土に浮力が働くほど、フルーム水路内に浸水しないと判断し、考慮していない。

また、本工法では、硬化後の流動化処理土に対する乾燥などの影響が懸念されるため、上部表面を保護材で被覆することとし、保護材は、安価で補修が容易な舗装材（アスコン）を採用することとした。（図-4）

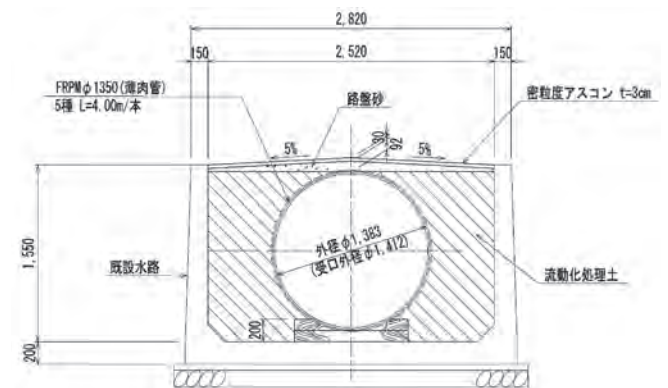


図-4 流動化処理土を用いた水路改修断面

## 4) 流動化処理工法の特徴

流動化処理土は、建設現場などから発生する残土を主材料として、泥水（あるいは水）と固化材を加えて混練することで流動化させたものである。高含水比の粘性土やシルトなどの細粒分、泥土（建設汚泥を含む）などを含め、礫や高有機質土を除く、あらゆる土質の発生土が原料として利用できる¹⁾。

硬化前は高い流動性をもち、狭い空間や形状が複雑な箇所でも埋戻し充填が可能で、また、ポンプによる圧送・打設が可能であることや締固めを必要としないことから、施工性に優れている。また、水や固化材の投入量の調整により、強度や流動性を任意に設定することが可能である。

硬化後は、一軸圧縮強度で100～10,000kN/m²の高い強度を発揮することに加え、砂質土基礎の2倍の基礎反力係数e'が期待でき、基礎材料としての安全性が高い。また、『打設後の体積収縮や圧縮が小さい』ことや、『粘着力が高いため、地震時に液状化しない』

表-2 管水路布設工法の比較

工法名称	①受台基礎	②エアモルタル	③流動化処理土
断面図	<p>管路標準断面図 コンクリート受台</p>	<p>管路標準断面図 基礎材：エアモルタル</p>	<p>管路標準断面図 基礎材：流動化処理土</p>
工法概要	<p>既設フルーム水路内にパイプを設置する断面形状である。水路敷幅が「矢板施工におけるFRPM管のB値」より小であり、土・モルタル等の基礎材を不要としたコンクリート受台基礎・固定バンドを採用している。コンクリート受台基礎の管直下部厚さは単鉄筋の最小部材厚18cmが必要であるため、水路側壁を10cm嵩上げる。また、既設水路内への枯葉やゴミ浸入を防止するため、軽量なFRP製蓋を布設する。</p>	<p>既設フルーム水路内にパイプを設置する断面形状である。水路敷幅が「矢板施工におけるFRPM管のB値」より小であり、管側部締固めが不要なエアモルタルを基礎材として採用している。【水路敷幅 2.52m &lt; 矢板施工 B値 2.75m】 また、エアモルタルの単位重量が軽いため、施工時の管浮上防止として固定バンドを採用している。さらに、エアモルタル保護のため、管頂15cmを切込砂利で覆土しており、水路側壁の嵩上げを必要としている。(10cm嵩上げ)</p>	<p>締固めが困難な狭隘な埋戻し箇所に対する工法として流動化処理工法 (NETIS KT-990318) を採用した断面形状である。水路敷幅が「矢板施工におけるFRPM管のB値」より小であり、締固めが不要な流動化処理土を基礎材として採用している。さらに、硬化後は砂質土基礎の2倍の基準反力係数$e' = 7000\text{kN/m}^2$が期待できるため基礎材料として安全性が高く、締固めを必要としないので施工性が非常に良い。また、管体保護及び既設水路内への水の浸入を防止するため、アスファルト舗装を布設する。</p>
既設水路の側壁嵩上げ	10cmの嵩上げが必要である。	10cmの嵩上げが必要である。	必要なし。
既設水路に対する影響	なし。	エアモルタル硬化後は既設水路に影響ない。	流動化処理土硬化後は既設水路に影響は無い。
管体保護 既設水路内へ水の浸入	FRP製蓋の継ぎ目部 (幅600mmのため継ぎ目が多い) から水の浸入が予想される。	無筋コンクリート蓋継目部からの水の浸入が予想される。	アスファルト処理を行い、既設水路内は流動化処理土で緊密 (軟岩状) となるため水の浸入は無い。
維持管理・冬期劣化	無筋コンクリート嵩上げ部について、経年的な凍害劣化・ひび割れが予想される。固定バンドの金物が経年的に腐食 (サビ) することが予想される。	無筋コンクリート蓋 (T=10cm) と無筋コンクリート嵩上げ部について、経年的な凍害劣化・ひび割れが予想される。エアモルタルの気泡内部や管とエアモルタルの隙間に水が浸入し、凍結融解現象によってエアモルタルの劣化が進行する恐れが予想される。	アスファルト舗装及び流動化処理土により水が浸入する恐れは無い。流動化処理土が経年的に変形しても、アスファルトは追従性がある。アスファルト舗装にひび割れ等が発生しても、補修材パッチ等で補修が容易。アスファルトは凍害劣化が発生しない。
経済性 (m当り概算金額)	3位 344千円/m	2位 258千円/m	1位 237千円/m
評価 △~1点 ○~2点 ◎~3点	【6点】 経済性、嵩上げに対する施工性・経年的な維持管理性で劣る。	【7点】 経年的な劣化・維持管理性で劣る。エアモルタルの劣化は管の沈下や管体への集中荷重の発生が懸念される。	【12点】 経済性、施工性、経年的な維持管理性で優れている。 <b>採用</b>

点なども、埋設管の埋戻し材として適している。

(2) 流動化処理工法の施工

1) 工事期間

浦臼幹線用水路改修の工事期間は、平成22年8月から平成23年2月である。

2) 配合調整

埋戻しに用いる流動化処理土の配合は、現地発生土を用いた配合試験を行い決定した。(図-5)

配合設計における物性値は、大口径埋設管の埋戻し¹⁾の場合を参考として決定し、これを達成する配合を表-3のとおり設定した。このとき、容積比率は、発生土44%、水51%、固化材5%である。

発生土の土質・性状把握のため、現地発生土量500m³ごとに1検体をサンプリングして、土粒子の密度、含水比、粒度、液性限界・塑性限界について土質

試験を行った。

室内の配合試験における一軸圧縮強さは、原料土のばらつきや実機による攪拌の度合いの差などを考慮し、流動化処理土利用技術マニュアルを基に、必要強度に安全率3を乗じて設定した。

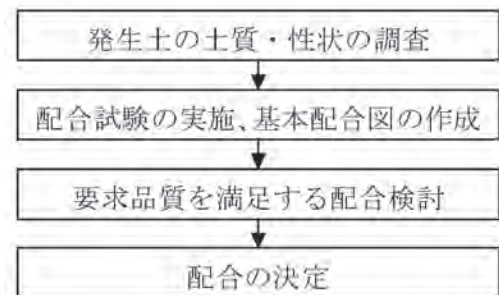


図-5 配合設計手順

表-3 流動化処理土の配合表（砂質土主体の場合）

流動化処理土1m ³ 当たり	
単位セメント量	150kg
セメント容積	48.1L
泥水容積	951.9L
泥水単位量	1,332kg
処理土密度	1.48t

3) 製造

流動化処理土の製造は、現場仮設プラント（ポンプ圧送）方式とした。製造の工程は、大別して原材料投入、解泥、篩分け、混練の工程を経る（図-6）。

解泥は、発生土を解きほぐす作業であり、泥の状況や比重を確認しながら加水して泥水密度を調整する。解泥後は、不要な礫やゴミなどを取り除くふるい分けを行うとともに、解泥後の泥水の性状を均一化するため、貯泥槽に移して攪拌する。攪拌が不十分な場合は、上部と下部で泥水の比重に差を生じ、流動化処理土の性状が不安定となるので留意する。貯泥槽からは、サンドポンプで泥水をプラントへ送り、セメントサイロより固化材を投入し、混練して流動化処理土となる。本工事では、一連の製造工程を図-7と写真-1に示す現場仮設プラントの設置により一括して行った。

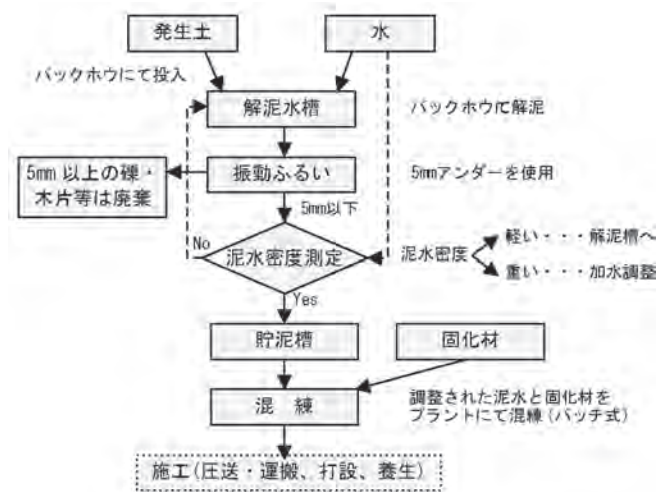


図-6 流動化処理土の製造工程

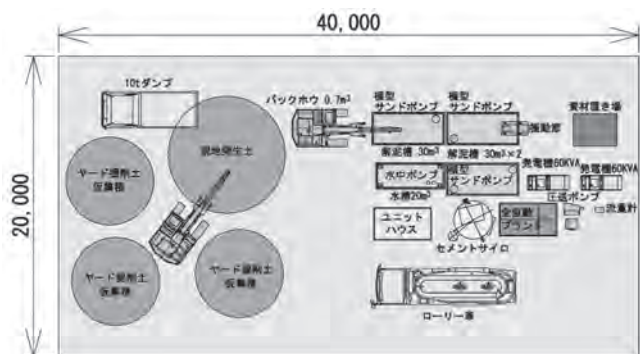


図-7 流動化処理土製造プラント機材配置図



写真-1 流動化処理土製造プラント設置状況

4) 品質管理

流動化処理土は、原材料である発生土の性状の変動にとまらぬ、品質が変動する。このため、一定の品質を確保するための管理が重要となる。

本工事では、表-4に示す品質管理基準を適用し、流動化処理土の品質管理を行った。フロー値・ブリージング率については、流動化処理土利用技術マニュアルを基に設定した。一軸圧縮強さは、基礎反力係数  $e' = 7,000 \text{ kN/m}^2$  に相当する  $200 \text{ kN/m}^2$  と設定した。

表-4 流動化処理土の品質管理項目

試験項目	測定頻度	管理値	試験方法
処理土密度	1回/d	設計値 $\pm 0.1 \text{ t/m}^3$	
フロー値	1回/d	110mm以上	JHS A 313-1999
ブリージング率	1回/d	1%以下	JSCE F 522-1999
一軸圧縮強さ	3本/d	$200 \text{ kN/m}^2$ 以上	JIS A 1216

5) 施工管理

流動化処理土は、ポンプ圧送により打設を行った。一度の打設高さは、埋設管の浮上防止として30cm/層を管理目標値とした。打設高さは、左右均等に調整するとともに、2層打設完了まで埋設管の左右をパイプサポートで固定し、管芯のズレを防止した。また、埋設管の鉛直及び水平方向の変形に対応するため、管体の中央部及び継手部に、管内部からパイプサポートを配置した。（図-8、写真-2、写真-3）

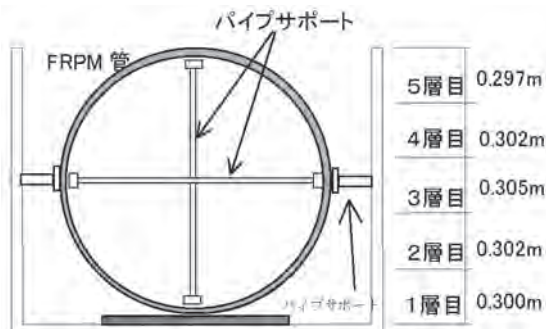


図-8 流動化処理土埋戻し施工の概念図

写真-4, 写真-5には流動化処理土の打設状況を示す。



写真-2 パイプサポート設置状況1



写真-3 パイプサポート設置状況2



写真-4 流動化処理土打設状況1



写真-5 流動化処理土打設状況2

## 5. 流動化処理工法適用の留意点

既設のフルーム水路を利用した管水路の布設に、埋戻し材として流動化処理工法を用いる場合の留意点について、本工事の実績から次のとおり考察した。

- ①現地発生土の土質は、当初想定していた砂質土の他に、粘性土やシルトなども含まれていたことから、必要強度  $200\text{kN/m}^2$  以上を確保するために、土質試験を行い、物性を把握した上で固化剤の添加量等を変更し、配合調整を行うことが必要であった。流動化処理土の品質安定には、発生土の土質変化の都度、配合設計を行うことが重要である。
- ②流動化処理土の打設による管体の浮上防止対策として、計画当初は1回あたりの打設厚の目安を  $H=30\text{cm}$  以下とした。しかし、実際の現場では、浮上の危険性が懸念されることから、管体の浮上を継続的に計測し、安全を確認しながら、適宜、打設厚を調整する施工管理が重要である。
- ③表面保護工の舗装及び路床砂の施工は、人力転圧とすることが重要である。なお、施工機種についてはプレートコンパクターを使用した転圧が管体への影響が少なく、安全で有効である。

## 6. おわりに

国営造成土地改良施設整備事業浦臼地区における、本取り組みを通じた建設コスト縮減と地域資源の有効利用の実績を纏めると以下のとおりである。

- ①既設水路の利用と流動化処理工法の採用により、既設水路の取壊しに伴うコンクリート廃材約  $120\text{m}^3/100\text{m}$  の発生を抑制するとともに、約  $700\text{t}$  の建設発生土の再利用を実現した。
- ②開削による管水路布設に比して、一時仮置土などに必要な工事使用地の縮減が可能となった。
- ③既設水路と管水路は、固化した充填材により一体的な構造となり、全体として強度が増す。このため、埋設管の管種を下げる事が可能となった。(FRPM管→FRPM薄肉管)
- ④既設開水路の撤去と開削、埋設を行う従来工法に比して、施工日数の約  $2/3$  の短縮を可能とした。
- ⑤以上により、従来工法に比して、10%程度の工事費を軽減した。

## 【参考文献】

- 1) (独)土木研究所, (株)流動化処理後方総合管理: 流動化処理土利用技術マニュアル, (平成19年)
- 2) 農林水産省農村振興局整備部設計課: 土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「パイプライン」(平成21年)

# 寒冷地におけるコンクリート水路橋補修工法の検討

## —補修工法の評価—

安田 俊一* 加藤 太吾*  
(Syunnichi YASUDA) (Daigo KATOU)

### 目 次

1. はじめに	15	5. 補修後の状況	17
2. 地区の概要	15	6. 補修工法の評価	18
3. 施工箇所	15	7. 今後に向けて	19
4. 補修工法	16	8. おわりに	20

### 1. はじめに

北海道において、農業水利ストックの中でも、開水路（用水路）はその施設構造から直接的に積雪寒冷地の影響を受けることから、施設の維持管理に加えて、北海道特有の寒冷環境下に適応した補修・補強技術の検証及び確立が望まれている。

本報では、直轄かんがい排水事業北松山左岸地区で建設され、その後、国営かんがい排水事業利別川地区で改修（表面被覆工法で補修）されたコンクリート水路橋において、再補修技術の有効性を検証するため、平成21年度に実施した試験施工に係わる、モニタリング調査経過について報告するものである。

### 2. 地区の概要

本地区は、北海道の南西部に位置する瀬棚郡今金町、久遠郡せたな町（図-1）にわたる1,920ha（水田1,749ha、畑171ha）の受益面積を有し、地区中央部を流下する一級河川後志利別川沿いに形成された低



平地となっており、水稻耕作に好適な道南有数の米作地帯である。地区内の農業水利施設は、北松山左岸地区で昭和41～55年度に建設され、その後、利別川地区において平成7～18年度において改修事業（補修）が行われた。

### 3. 施工箇所

平成21年度に試験施工を行った第1幹線用水路の2カ所の水路橋は、地区の東部に1号水路橋、中央部に3号水路橋が位置し、地区内の施設としては古く、昭和55年以前に整備されたRC構造水路橋で、その後、1号水路橋は、老朽化のため平成11～12年度に表面被覆工による補修が行われた。（表-1）

試験施工前の水路橋では、底版における表面被覆材の剥離や側壁の摩耗が顕著であった。（写真-1）

表-1 水路橋現況諸元

	1号水路橋	3号水路橋
形 式	RC-U型	RC-BOX型
構 造	1スパン鋼桁支持	2スパン単純梁
スパン	9.15m	S=23.55+20.15m
断面形	B2.25m×H1.57m	B1.85m×H1.49m
表面被覆	ガラスクロスライニング	エポキシ樹脂塗装
整備地区	利別川地区	北松山左岸地区
[整備年度]	[平成12年度]	[昭和55年度以前]
(経過年)	(11年)	(30年以上)
主な変状	ひび割れ、剥がれ、はく離	ひび割れ、はく離、たわみ
変状要因	凍害、流水、施工不良	凍害、流水、追従不足
対策目標	耐用年数15～20年	長寿命化、維持管理軽減

*北海道開発局函館開発建設部農業開発課  
(Tel. 0138-42-7647)

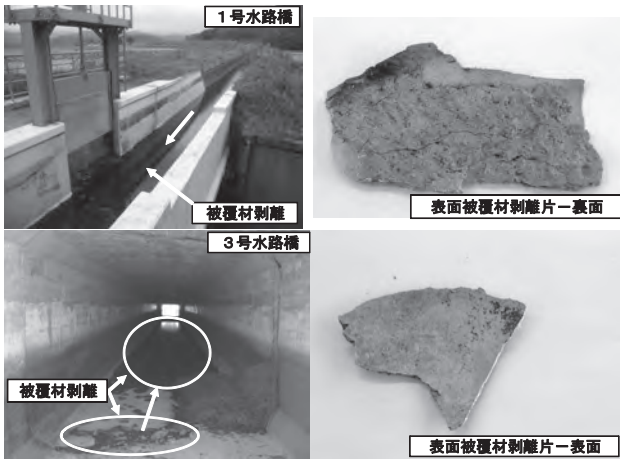


写真-1 剥離・磨耗の劣化

#### 4. 補修工法

試験施工の工法は再補修技術に着目し、変状とその要因から耐久性、たわみ追従性、防水性の3点を確保する方針に基づき選定した。

特に、底版と側壁に作用する環境作用の違いに着目し、無機系と有機系を使い分ける他、健全度の高い既存部分の工法を有効利用した。また、母材のたわみや脆弱化が被覆材のひび割れや劣化に影響を与えているものと考えられるため、たわみ追従性や付着性能の確保を図った。(表-2, 図-2)

表-2 側壁底版の再補修工法選定の考え方

区分	側壁 有機系	底版 無機系
選 定 工 法	1号 水路橋 上流側:有機系 高 耐久性 上塗材薄 膜再塗装 下流側:有機系 標 準耐久性 上塗材 厚膜再塗装	部分撤去および織 維補強高耐久性無 機系表面保護工再 被覆
3号 水路橋	シート材との一体 化による有機系再 補修	部分撤去およびた わみ変動への対応 から高じん性歪み 硬化型の無機系 ¹⁾
長所	水分、塩分、二酸 化炭素等、コンクリ ート構造物の劣化 因子の外部からの 侵入を遮断する可 能性が高い。	コンクリート中の水 分の移動に起因す る表面被覆の膨れ や剥がれが発生し 難い。
短所	コンクリート中の水 分を外部に発散さ せにくくする。	ひび割れ追従性に 劣るものもある。

各部の側壁、底版に対する補修工法は、以下の通りである。

##### ① 1号水路橋側壁

現施設は、ガラスクロスライニングで被覆されており、中塗り材と上塗り材に標準型ポリウレタン（柔軟型ポリウレタン樹脂）が塗布されている。表面被覆材は、流水によるすり減り摩耗等で中塗り材と上塗り材の厚みが減り、部分的にガラスクロスが露出している箇所がある。

しかしながら、剥離箇所以外の被覆材は健全な状態であるため、既設部分を再利用し、上塗材を再塗装する工法を選定することとした。

再塗装をするうえで、有機系の標準型ポリウレタンの上塗材の耐用年数は5～8年とされていることから、耐用年数を底版と同じ15～20年に長寿命化するため、高耐久性材（アクリルシリコン系高耐候性塗料）を用いて薄膜塗布する部分（上流側）と、標準耐久性材料（ポリウレタン系標準耐候性塗料）を標準の2倍厚で厚膜塗布する部分（下流側）に分けて補修を行い、耐久性の比較をすることとした。

##### ② 1号水路橋底版

現施設は、側壁と同様の表面被覆材が塗布されている。

底版については、現在の有機系工法に変え、流水の影響を受けてもまくれあおり作用や引っ掻き作用を受けにくい、耐凍害性と耐摩耗性の耐久性を有する無機系の被覆工法を選定することとした。

凍害による母材コンクリートの脆弱化により、ガラスクロスが剥離してきているため、脆弱化した箇所を撤去して、耐摩耗・耐凍害・耐中性化に優れた高耐久性無機系表面保護工を行うことで、15～20年の耐用年数を確保することとし、施工方法の違う高耐久性ポリマーセメントモルタルライニング工法（上流側）と吹き付け施工用高耐久性ポリマーセメントモルタルライニング工法（下流側）で、施工性を比較することとした。

##### ③ 3号水路橋側壁

現施設は、エポキシ樹脂塗装によって被覆されている。表面被覆材は、流水による摩耗等で厚みが減っており、母材コンクリートが露出している状態で縦方向のひび割れが見られる。

この表面被覆材の耐用年数は既に超過しているた

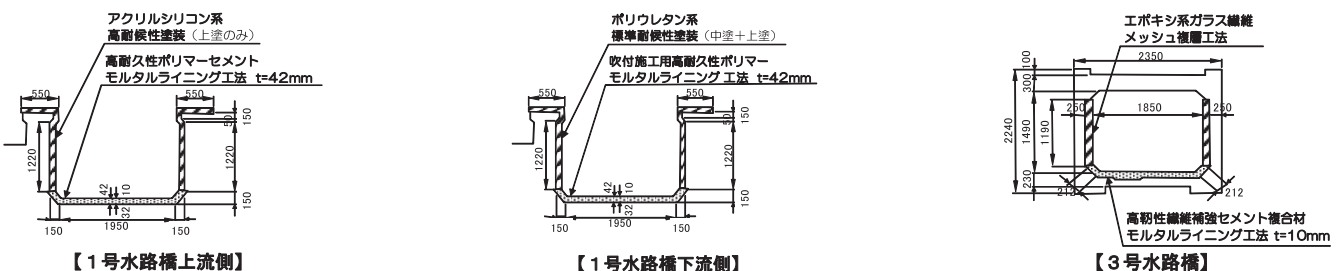


図-2 試験施工補修工法



表-3 水路橋の補修工法監視計画

項目	観測項目	観測対象	測定頻度
近接目視	割れ、剥がれ、ふくれ、錆汁、白亜化、光沢低下、変退色、摩耗	各補修区間 (側壁・底版)	中間測定 ^{※1} (通水前) 定期測定 ^{※2}
歪み測定	縦横断方向定点高さ測定によるたわみ量測定 外面全体双眼目視によるひび割れ・漏水監視	3号水路橋	中間測定 ^{※1} (最大流量通水時) 定期測定 ^{※2}
すり減り 膜厚測定	有機系塗膜の膜圧測定・付着力試験 ^{※3} 無機系被覆材のすり減り測定	各補修区間 (側壁・底版)	定期測定 ^{※2}
母材調査	表面強度測定 ^{※3} 、中性化測定 ^{※3} 超音波伝播速度試験 ^{※3}	各補修区間 (側壁・底版)	定期測定 ^{※2}

※1:中間測定:0.5年, 1.5年, ※2:定期測定:1.0, 3.0, 5.0, 10.0, 15.0年, ※3:定期測定の3.0年後以降に実施

め、既設のエポキシ樹脂系塗装を全撤去し、ひび割れ抵抗性、耐摩耗性を考慮したシート材との一体化による有機系再補修（エポキシ系ガラス繊維メッシュ複層工法）で機能回復を図ることとした。

④ 3号水路橋底版

現施設は、側壁と同様にエポキシ樹脂塗装によって被覆されており、表面被覆材については、たわみによる凍結融解で剥離し母材コンクリートの粗骨材が露出しており、底版裏面もひび割れが多く見られる。底版も側壁と同様に、既設のエポキシ樹脂系塗装を撤去するとともに、歪みが顕著であるため、引張強度歪み硬化型の無機系材料で内面被覆（高韌性繊維補強セメント複合材モルタルライニング工法）を行うこととした。

5. 補修後の状況

1) 観測項目

経過観察は、施工後の劣化状況について監視評価を行い、再補修による表面被覆工の有効性を確認するために行う。(表-3)

また、施工後、補修工法の流水による磨耗量測定は、工法の耐久性評価に資するほか、今後の長寿命化に向けた補修工法に対する機能診断手法を検討するうえでも有用であり、測定精度の確保と容易な測定方法の開発が求められている。

このため、平成23年度から可搬式高精度レーザー測定器を用いた凹凸測定と固定SUSプレートを用いた固定点からの減耗量測定による併用測定を行い、測定方法の有効性の検証を進めている。(図-3, 写真-2)

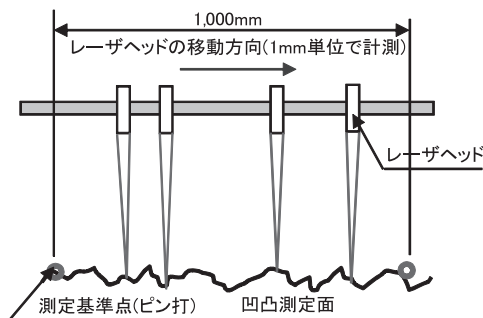


図-3 レーザー凹凸計測法

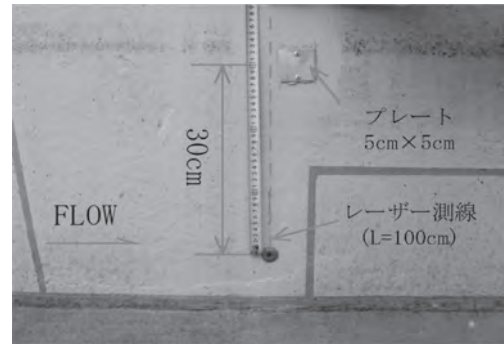


写真-2 摩耗量測定位置

本施設では2つの測定方法を底版（無機系）と側壁（有機系）に適用し、測定時の補修面状況や人為的な機器測定誤差が測定精度に与える影響を調べ、有効な測定方法を検討することとした。

2) 建設～2.0年までの監視結果

水路橋の監視にあたっては、夏場の通水時や落水期の空虚状態のほか冬期の積雪状態を踏まえ、環境の変化作用が補修工法に与える影響を調査し、現時点で以下の結果を得た。(写真-3)

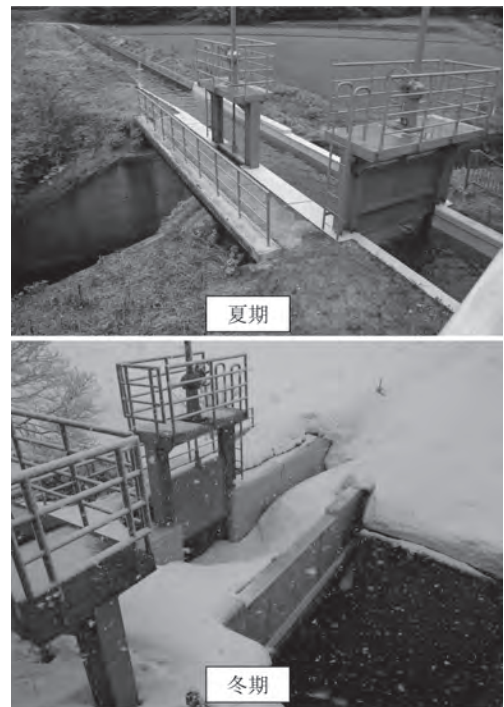


写真-3 1号水路橋補修後の夏期・冬期状況

①全ての試験工法で大きな変状は見られないが、1号水路橋右岸側壁再塗装面では下地処理の作業において上塗材除去をサンダーにて除去出来なかったことによる施工不良等と思われる「剥がれ」が部分的に発生している。

この塗装剥がれは、2.0年落水後には、河川原水の微粒土砂付着により、目視による詳細な変状は確認出来ない状況にあるが1.5年通水前と比べて剥がれの変状の進行が停滞している。(写真-4)

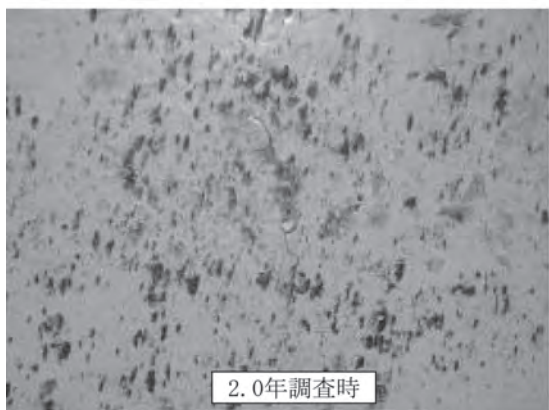
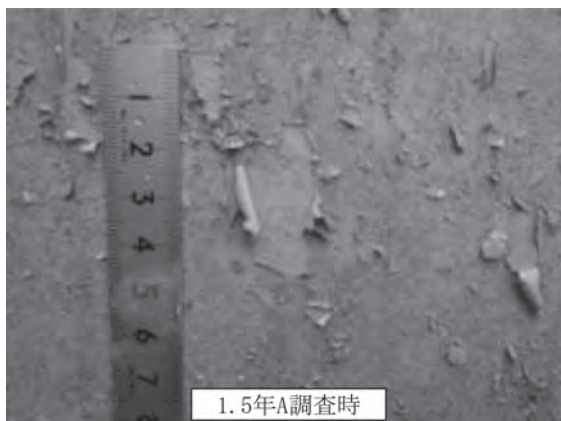


写真-4 1号水路橋側壁の塗装剥がれ部の変化

②ゲート取付部では渦流れによる巻き込み作用、通水面ハンチ部では小さなラセン流による巻き上げ作用が発生していると考えられ、これらの水理的作用が目地や補修材に作用していると推測される流跡や痕跡が確認された。(写真-5)

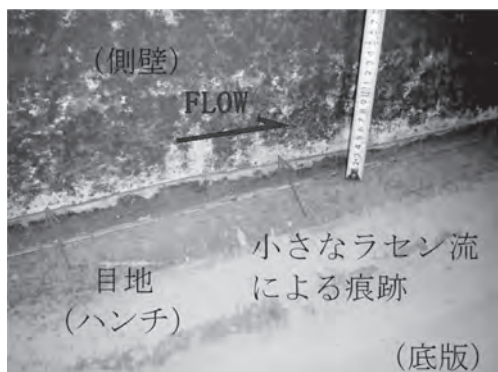


写真-5 移行部と端部の目地周りの状況(3号水路橋)

③変状誘因となりやすい目地部は、流水の作用方向を考え側壁と底版の移行部の縦断目地を  $t=10\text{mm}$  幅で重ね接合とし、端部を伸縮目地に  $H=20\text{mm}$  補修材折込みを行っているが、現地では剥がれ等の変状は見られない。(図-4、写真-6)

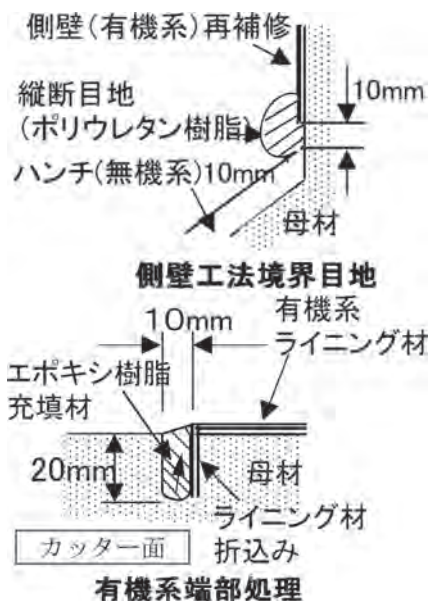


図-4 目地・移行部処理の例(有機系)

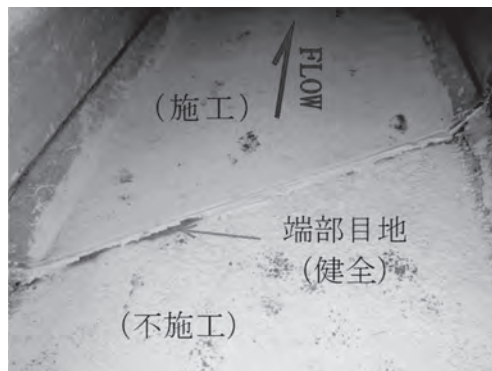


写真-6 移行部と端部の目地周りの状況(3号水路橋)

④3号水路橋は、母材の脆弱化と構造たわみに対して底版を高靱性無機系、側壁をシート併用有機系の補修材を使用し、底版で付着強度  $0.7\text{N}/\text{mm}^2$  以上の品質基準で施工したが、床板下面のエフロッセンスは乾き躯体からの漏水や補修材のひび割れや剥がれはない。また、母材コンクリートの外表面が乾燥化傾向に推移していることが目視触診で確認された。

## 6. 補修工法の評価

### 初期欠陥に着目した補修工法の評価

工事後2年が経過した水路橋補修工法において、初期欠陥による微細な変状(剥がれ)が見られたが停滞状態であり一時的に安定していると思われるため、初期欠陥の評価は行わない。

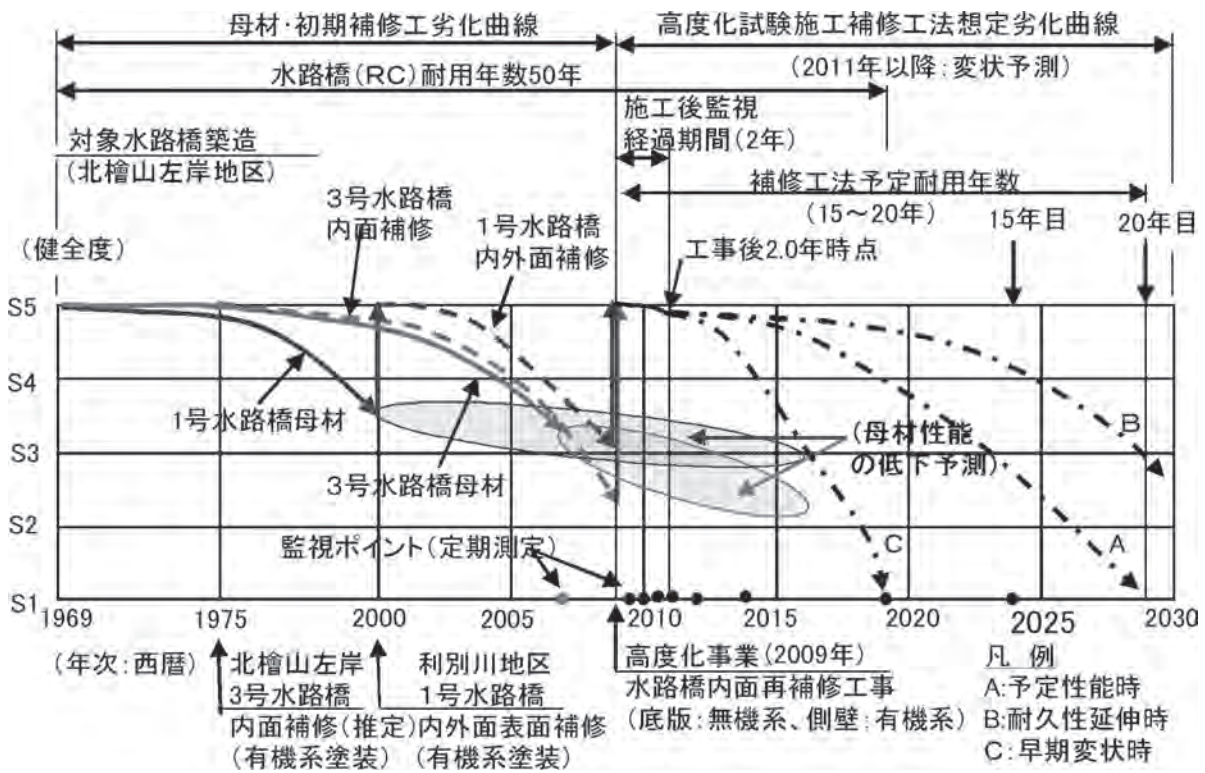


図-5 水路橋及び補修工法の劣化傾向とその予測

一方、対象の水路橋は築造後40年以上が経過する施設であり、今後、補修工法の劣化が顕在化する時期に入るため、水路橋構造本体（母材）と表面補修工法の経年変化を基に、性能低下予測を概括的に推定した。（図-5）

今後の監視作業では、この推定性能予測を基に水路橋本体（母材）と補修工法の変状を早期に発見し、段階的な評価を適時行い、施設の長寿命化を図っていく。

## 7. 今後に向けて

### 1) 設計施工上の留意点

コンクリート水路橋における長寿命化対策で表面補修工法を導入するにあたり、設計施工面で次に示すことに留意する必要がある。

①無機系補修工法では、素地境界面へ水の侵入が発生すると、早期に凍結融解作用や流水の作用を受け連続的な剥がれを誘発するため（図-6）、工法変更部や端部の境界処理で行うカッター面は（図-4）、材

料の密着と付着力のアップを図るためにウォータージェット工法等にて目荒しを行う。

②有機系補修工法では、下地処理²⁾の作業において上塗除去をサンダーにて除去出来ないことによる不具合や目地や端部での密着不良により、施工後間もなく剥がれやひび割れが発生することが多い。このため、設計施工³⁾に際しては、母材や既存補修材の下地調査を十分行い、施工面の状況に適した対処を部位毎に行う。

③放水ゲート付近で渦流れが発生する場所や、ハンチ周りで小さなラセン流が予想される箇所では、局所流れによる引剥がし力が作用する場合がある。このため、工法選定に際しては力学的抵抗力が高い無機系材料や、増厚による断面修復工を選定するとともに、近傍に配置する縦断目地はハンチ上端から10cm程度に設ける。

④母材コンクリートの脆弱化が進んだ区間における表面被覆材の選定では、一体的剥離防止の必要性から高靱性材料やネット併用の工法による付着性能の確保が重要である。このため、調査設計時の付着試験では母材の水分状況も併せて調査し、試験結果の妥当性を検討する。

⑤補修工法の性能を大きく左右する母材との付着性能は、下地処理方法の選定とはつり深さを決定する重要な要素であり工事費への影響が大きい。このため、工事の実施段階（下地露出後）において、補修後の再劣化を起こさないように、母材の部分的な脆弱部やひび

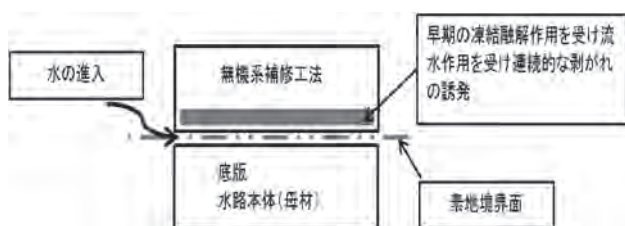


図-6 素地境界面の剥がれの誘発

割れ等の変状を精査したうえで、補修工事を行うことが重要である。

⑥水路橋のように外面が露出し躯体の保温が期待できない場所で、施工時期が適期を外れ初冬となる場合には、施工後の養生が薄膜・薄層の補修材の安定に与える影響も大きい。このため、構造形式や立地条件、施工時期等を総合的に考慮し、初期欠陥の誘発防止に努めた工事管理方法（養生温度と期間、温度分布と温風ダクト配置方法、背面気温の影響等）の検討を行ない、適切な施工管理を行う必要がある。

## 2) 補修工法健全度評価方法の検討

補修工法の健全度評価方法については、これまで事例がほとんどないことから、技術的確立が急がれる。

ここでは、土木学会指針のコンクリートライブラリーで表示されている評価項目を参考に作成した補修工法(表面被覆工法(有機系))の評価マトリックス(案)を作成した。(図-7)

		変状の面積に対する評価					
		健全度	S-5	S-4	S-3	S-2	S-1
健全度	評価基準(有機)	なし	5%未満	5%以上 ~10%未満	10%以上 ~30%未満	30%以上	
変状の状態に対する評価	S-5	なし	S-5	-	-	-	-
	S-4	上塗り材浮き	-	S-4	S-4	S-3	S-3
	S-3	上塗り材剥がれ	-	S-4	S-3	S-2	S-2
	S-2	中塗り材浮き	-	S-3	S-2	S-1	S-1
	S-1	母材露出	-	S-3	S-2	S-1	S-1

図-7 補修工法評価マトリックス案(有機系)

表面被覆工の健全度評価については、変状面積だけでなく変状の状態を加えた2つの項目で評価設定し、マトリックスによる総合的な評価を行うことで、補修工法の健全度を的確に評価出来るものと考えている。

なお、本マトリックスによる評価手法については、試作段階であり表面被覆工の劣化の進行過程等を踏まえ、継続的に検証する必要がある。農業用施設の多くは、河川原水を利用した水利施設のため、今後の評価では流水に含まれる微粒土砂等による影響も考慮したすり減り作用に対する耐久性の検討が課題である。

## 3) 水路橋の長寿命化に向けて

水路橋では内面側の表面補修工法に関する耐久性評価のほか、本体母材コンクリート構造の耐久性評価も併せて行うことが、施設の構造安全性の確保を図り社会的影響リスクを低減する上で必要不可欠である。

このため、今後は、構造本体と補修材の両面について監視を行い、段階的に補強工法の導入の検討も視野においた監視を行っていきたいと考えている。

## 8. おわりに

積雪寒冷地におけるストックマネジメント技術は、気象条件を踏まえた機能診断の実践とともに、再補修工法等の対策後の検証結果を踏まえて更なる向上が図られることが期待される。

次年度以降も、再補修施工後のモニタリング経過を検証するとともに、積雪寒冷地における機能診断と再補修技術に関する調査・試験結果を総合的に検討していきたい考えである。

## 謝辞

国営かんがい排水事業北桧山左岸地区、利別川地区の機能診断および再補修工法等の施工では、関係土地改良区をはじめとする多くの方々のご支援とご協力を頂戴している。末筆ながら、関係者の皆様に対し、深く感謝申し上げます。

## 【参考文献】

- 1) 土木学会：コンクリートライブラリー127 複数微細ひび割れ型繊維補強セメント複合材料 設計施工指針(案),pp.1-2,2007
- 2) 土木学会：コンクリートライブラリー119 表面保護工法 設計施工指針(案) [工種別マニュアル編],pp.48,2005
- 3) 土木学会：コンクリートライブラリー119 表面保護工法 設計施工指針(案) [工種別マニュアル編],pp.26-27,2005

# GISを用いた農業用管水路の減災対策優先度評価の検討

## A Study on Priority Evaluation Method on Disaster Mitigation Measures for Irrigation Pipeline using GIS

玉手 純子*  
(Junko TAMATE)

### 目 次

I. はじめに	21	IV. 評価軸, 評価項目, 評価指標の設定	22
II. 優先度評価 (リスク評価) の基本方針	21	V. GISを用いた減災対策優先箇所の検討	23
III. 事例調査	21	VI. 考察と今後の課題	25

### I. はじめに

我が国は、その位置、地形、地質土、気象などの自然的条件から災害が発生しやすい国土となっており¹⁾、農業水利施設も多大な被害を受けている。(写真-1)

このような中、災害が発生した場合でも被害を最小化する「減災対策」を図ることが重視されている。「減災対策」を推進するためには、施設の耐震化等のハード整備のみならず、施設の被害が地域に重大な影響を及ぼさないよう、地域とのつながりを重視したソフト施策を併せて進めなくてはならない。

農業用水利施設は一般に各地区の土地改良区で管理されていることから、東北農政局土地改良技術事務所では、これらの施設管理者向けに農業用管水路を対象として地震による被害の最小化を図るための管理手法をハード・ソフト両面から検討している。

本報では長大な管路に対し、地震に対する減災対策を効果的に実施するための優先度評価 (リスク評価) に関する検討事例について報告する。



写真-1 地震による管水路上部の被災状況

### II. 優先度評価 (リスク評価) の基本方針

農業用管水路は水源から末端のは場まで、長大な管路を構成しているため²⁾、被災した場合のリスクが高く、優先的対応が必要な箇所を選定する評価手法の構築が課題となった。

このため、定量的な評価を行うこと、また、評価結果は地域住民と施設管理関係者との間で減災対策の取り組みに活用できるようにマップ化することを基本とし、図-1の手順で調査・検討を進めた。

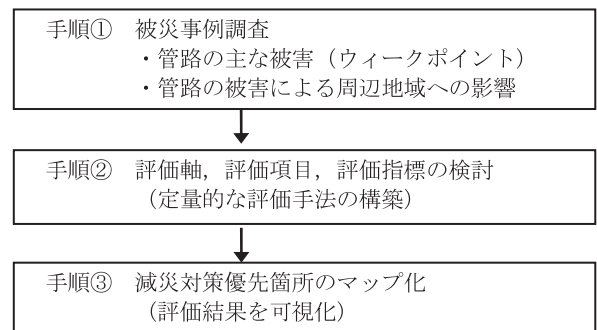


図-1 優先度評価の実施手順

### III. 事例調査

#### 1. 管路の主な被害 (ウィークポイント)

被災事例から管路の主な被害箇所と被害状況を表-1に整理した。また、被害状況から機能・要求性能の損失区分を表-2に整理した。

地震による管路の被害は、地震動に伴う管体の移動や構造物 (付帯施設やスラストブロック) とのズレ、また、液状化による管体や構造物の浮上が要因となる場合が多く、特に屈曲部や異形管部、構造物との接続部、傾斜配管部、地形・地質の変化点での被害が多い。これらの箇所はウィークポイントと考え、優先度評価の対象とした。

*東北農政局土地改良技術事務所建設技術課  
(Tel. 022-295-5546)

表-1 管水路の主な被害状況




区分	状況	
直線部	管路の沈下, 浮上, 水平移動による継目離脱, たわみ, 損傷	
屈曲部	スラストブロック接続部における管体離脱, 損傷	
構造物との接続部	構造物接続部の管体離脱 可とう継ぎ手変位量の許容値超過	
傾斜配管	地すべり, 斜面崩壊に伴う管路の移動	
現地盤, 埋戻し土	液状化による管路, 付帯施設の浮上	
		
管路の沈下・蛇行 (直線部)	スラストブロック部の管体離脱 (屈曲部)	液状化による構造物の浮上

表-2 機能・要求性能による被害区分

機能	要求性能	区分	状況
構造機能	・力学的安全性 ・耐久性 ・安定性	クラック破損	管体のクラック折れ曲がり
		過大なたわみ (とう性管)	基礎地盤の緩みや過大な荷重によるたわみ
		可とう管変異	変位許容値超え
水利用機能	・送水性 ・水密性 ・保全性	継手ズレ 継手離脱	管体移動に伴う継手部のズレ, 離脱により送水困難
		付帯構造物損傷	構造物接合部のズレ, 損傷により送水困難 空気弁室沈下等により管理困難
		縦断勾配の凹凸	排泥・排気機能が低下・損失
水理機能	・通水性 ・水理的 安全性	管体蛇行	管体蛇行により水理損失が増加

2. 地域への影響度の検討

管水路の被害は営農への影響だけでなく、地域へ及ぶ場合がある。特に、道路や鉄道と横断する区間や、公的施設と近接する区間などは、災害発生時の車や人の往来を考慮した対応を考えておく必要があるため地域への影響度についても評価対象項目とした。

IV. 評価軸, 評価項目, 評価指標の設定

優先度評価の検討にあたり、管路が被災するリスクと、その被害が地域へ与えるリスクとに区分し、これ

ら2つを評価軸とした。(表-3)

評価軸を基に評価項目を7つ設定した。(表-4)

表-3 評価軸の区分

評価軸	内容
管水路本体が受けるリスク	被災する可能性として地震のリスクや管路のリスク(設置条件, 健全度)を評価する
施設の被害による地域への影響度	被災した場合に地域に与える影響度を評価する

表-4 評価項目の設定

評価軸	評価項目	評価対象
管水路本体が受けるリスク	①外的要因 (地震のリスク)	地震に由来するリスク
	②内的要因 (管路のリスク)	管路のウィークポイントや機能診断結果
施設の被害による地域への影響度	③人命、交通への影響	主要道路, 指定避難道路, 鉄道, 大型施設
	④公的施設への影響	役場, 病院, 消防, 警察, 指定避難所等
	⑤ライフラインへの影響	上下水道管, ガス管
	⑥用水利用形態 営農への影響	上水等の共用管路や営農への影響が大きい
	⑦復旧に要する期間による影響	特殊工事等復旧までに時間を要する区間

①外的要因 (地震のリスク)

地震発生確率と地震に伴って生じる液状化の危険度を外的要因とした。被災事例より震度5弱以上の地域に被害が集中すること、現地盤の液状化の他に埋戻し土の液状化を考慮する必要があることから、「震度5弱以上の地震発生確率」と「現地盤の液状化危険度」、また、「埋戻し土の液状化危険度」に区分した。

②内的要因 (管水路のリスク)

管路の設置条件に関するリスクを内的要因とし、「耐震化の有無」、「活断層の有無」、「管水路のウィークポイント (屈曲部, 異形管部, 構造物との接続部等)」、「高内圧区間」、「機能診断調査結果」を対象とした。

③人命、交通への影響

道路や鉄道, また, 大型施設と, 管路が被災した場合の影響範囲との位置関係を対象とした。

④公的施設への影響

災害発生時に活動の中核となる役場や病院, 消防や警察, 指定避難動道路と, 管路が被災した場合の影響範囲との位置関係を対象とした。

⑤ライフラインへの影響

上水道, 電気, ガス, 電話等の埋設管との近接や交差区間を対象とした。

⑥用水利用形態, 営農への影響

上水や工業用水, 発電用水等との共用区間や受益面積又は計画最大流量から営農への影響度が大きい区間を対象とした。

⑦復旧に要する期間による影響

特殊工事区間（推進工法、傾斜部配管）や大規模な仮設工事が伴う区間、また、資材の製作に日数を要する区間を対象とした。

これら7つの評価項目から定量的な評価を行うため、評価指標と評価点を設定した（表-5）。

この指標を基に、路線に一定の評価区間を設け、区間毎で重み（点数）付けし、それらを加算して減災対策優先箇所を評価した。

表-5 評価指標と重み

1. 管水路本体が受けるリスク	最大 45 点
①外的要因(地震のリスク)	10 点
・震度 5 弱以上地震発生確率	(5 点)
・現地盤の液化化危険度	(3 点)
・埋戻土の液化化危険度	(2 点)
②内的要因(管路のリスク)	35 点
・耐震化の有無	(7 点)
・活断層の有無	(7 点)
・管路のウィークポイント(特性)	(7 点)
・静水圧	(7 点)
・機能診断調査結果(又は事故歴)	(7 点)
2. 施設の被害による地域への影響	最大 55 点
③人命、交通への影響	10 点
④公的施設への影響	10 点
⑤ライフラインへの影響	10 点
⑥用水利用形態、営農への影響	10 点
⑦復旧に要する期間による影響	15 点
3. 合計(優先度評価点)	最大 100 点

配点方法については、「滋賀県農業水利施設アセットマネジメント全体計画（平成 21 年 3 月）」³⁾の検討手法を参考とした。

このアセットマネジメント全体計画では、施設ごとの対策優先順位を評価する手法として、計画流量の規模や地震リスクなど5つの重要度指標と、機能診断結果からの5つの健全度指標を組み合わせで点数評価を行い、順位付けする方法を提示している。

減災対策優先度評価も、加算による点数評価とし、管水路本体が受けるリスクを45点、施設の被害による地域への影響度を55点の配点で、最大100点とした。

管水路本体が受けるリスクの配点は外的要因を10点とし、内的要因は35点とした。外的要因に区分した液化化は、地震動によって引き起こされる現象であるため、地震発生確率は外的要因の影響の大きい項目として、指標評価点（10点）の1/2を配点し（5点）、残りの評価点を現地盤の液化化危険度と埋戻土の液化化危険度に配分した。内的要因の配点は各指標を同等の評価点（7点）とした。

地域への影響度における配点も、各指標の配点を同

等の評価点（10点）としたが、復旧に時間を要する指標は緊急性を考慮し15点の配点とした。

V. GIS を用いた減災対策優先箇所の検討

1. GIS の利用

GIS は多くの情報を共通の位置情報によって重ね合わせることができ、情報の集約や、集約した情報から新たな評価を付加するなどの作業が容易に行えるという特徴がある。

評価指標から一定の評価区間毎に重み付けをするには、施設管理図に周辺地図等の関連する情報を組み合わせる必要があるため、GIS を用いて作業の効率化を図った。

施設データと各種情報の重ね合わせは次の手順で実施し（図-2）、評価結果は「減災管理マップ」として施設管理の活用を考慮した。

次頁の表-7にGISを用いた減災管理マップの構成を示す。

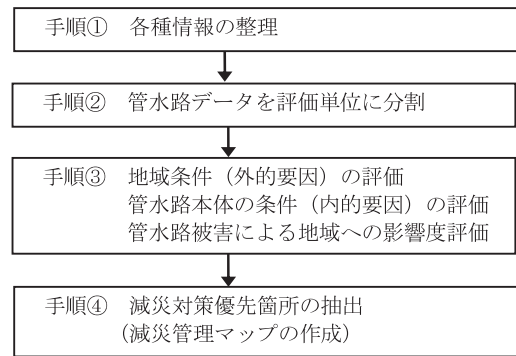


図-2 減災管理マップ作成手順





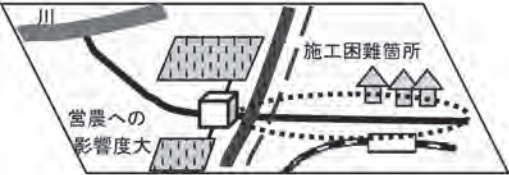
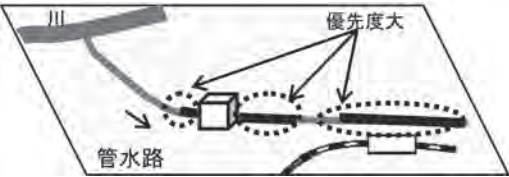
2. 情報の整理

収集する主な情報は、①基盤情報（地形図、農業農村基盤地図）、②施設情報（水路、受益）、③維持管理履歴情報、④関連情報（地震データ、地質データ等）がある。基盤地図や地震発生確率等は無償で入手できるGISデータを利用し、経済的に情報収集を行った。

表-6 各種情報の整理

■基盤情報	備考
基盤地図情報(背景図)	公開
数値地図(地図画像, 空間データ)	公開
国土数値情報(行政区域, 公共施設)	公開
水土里情報(農業農村基盤地図)	非公開
■施設情報	備考
水利施設	作成する又は水
受益情報	土里情報を利用
■関連情報	備考
地震情報	公開
地すべり地形データ	公開
地質データ	公開

表-7 GISを用いた減災管理マップの構成

	施設管理図と各種情報の重ね合わせ	利用データ
施設管理	<p>【<b>基盤図, 路線情報</b>】 管水路の位置, 上部土地利用状況を把握</p> 	<p><b>基盤地図, 施設データ</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・基盤地図情報 (背景図利用)</li> <li>・数値地図 (地図画像, 空間データ)</li> <li>・国土数値情報 (行政区域, 公共施設, 標高)</li> <li>・水土里情報 (農業農村基盤地図)</li> </ul>
本体の被災危険度	<p>【<b>外的要因</b>】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・地震発生確率</li> <li>・液状化危険度</li> </ul>  <p>メッシュデータと管理図の重ね合わせ</p>	<p><b>被災リスクデータ</b></p> <p>①<b>外的要因</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・30年間で震度5弱以上が起こる確率 地震動による危険性 (※確率論的地震予想図*1)</li> <li>・現地盤の液状化危険度 液状化の危険度評価 (※微地形区分図*1)</li> <li>・埋戻し土の液状化危険度 埋戻し材, 基礎工材等の位置情報 (設計図面等)</li> </ul> <p>②<b>内的要因</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・耐震化の有無 耐震検討・未検討区間の位置情報 (設計図面等)</li> <li>・管水路のウィークポイント 屈曲部, 異形管, 傾斜部配管等 (設計図面等) 地質の変化点 (※シームレス地質図*2) 高内圧区間 (設計図面等) 機能診断調査結果 (維持管理情報) 地すべり区間 (※地すべり地形分布図*1)</li> </ul> <p>※Web公表情報であり, 無償で入手・ダウンロード可 *1 (独) 防災科学技術研究所地震ハザードステーション J-SHIS ⁴⁾ <a href="http://www.j-shis.bosai.go.jp/download">http://www.j-shis.bosai.go.jp/download</a> *2 (独) 産業技術総合研究所統合地質図データベース ⁵⁾ <a href="http://riodb02.ibase.aist.go.jp/db084/maps.html">http://riodb02.ibase.aist.go.jp/db084/maps.html</a></p>
	<p>【<b>内的要因</b>】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・耐震化の有無</li> <li>・管水路のウィークポイント</li> </ul> 	
被害の影響度	<p>【<b>人命, 交通への影響</b>】 【<b>公的施設への影響</b>】 【<b>ライフラインへの影響</b>】</p> 	<p><b>被害の影響度</b></p> <p>③<b>人命にかかるもの</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・国道, 主要道路, 鉄道, 大型施設との位置関係 インフラ設備等への影響評価 (※基盤地図情報*3)</li> </ul> <p>④<b>公的施設 (役場, 病院, 消防等)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・災害活動拠点の確保・重要性 (国土数値情報*4)</li> </ul> <p>⑤<b>生活を維持するもの</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ライフライン埋設管の位置情報 (設計図面等)</li> </ul> <p>⑥<b>施設の用途・規模</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・上水等の供用区間の位置情報 (設計図面等)</li> <li>・営農への影響 (受益面積や計画流量)</li> </ul> <p>⑦<b>復旧に要する期間</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・特殊工法等の情報 (設計図面等)</li> </ul> <p>※Web公表情報であり, 無償で入手・ダウンロード可 *3 国土交通省国土地理院: 地図・空中写真・地理調査 ⁶⁾ <a href="http://www.gsi.go.jp/tizu-kutyu.html">http://www.gsi.go.jp/tizu-kutyu.html</a> *4 国土交通省 国土政策局: GIS ホームページ ⁷⁾ <a href="http://nlftp.mlit.go.jp/index.html">http://nlftp.mlit.go.jp/index.html</a></p>
	<p>【<b>用水の利用形態, 営農への影響</b>】 【<b>復旧に要する期間による影響</b>】</p> 	
減災対策優先箇所	<p>【<b>減災対策優先箇所の抽出</b>】 路線で最もリスクが高く優先的対応が必要な箇所</p> 	<p><b>減災管理マップ</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ハード対策の優先順位</li> <li>・施設管理関係者と地域住民とのリスクコミュニケーションへの活用 (危険箇所への標示板設置等)</li> </ul>



### 3. 評価単位の設定

管路の評価単位は、一般管路部、推進工法部、水管橋等に区分した後、同一構造体毎の50m区間を基本評価単位として設定し（図-3）、被災が懸念される箇所や施設が被災することによる地域への影響度に対して点数を与え、それを加算し評価を行った。



図-3 評価区間の単位設定

地域への影響度評価を行う場合は、管路が被災した場合の影響範囲と、道路、鉄道、公的施設等の対象施設との位置関係により、影響の有無を判断した。

図-4に示すとおり、口径と土被りから基本となる被災影響範囲を設定し、重要度評価を行うため、2つのバッファ領域（被災影響範囲×1.5以下、被災影響範囲×2.0以下）を加えた3つの影響範囲を評価対象として設定した。（図-5）

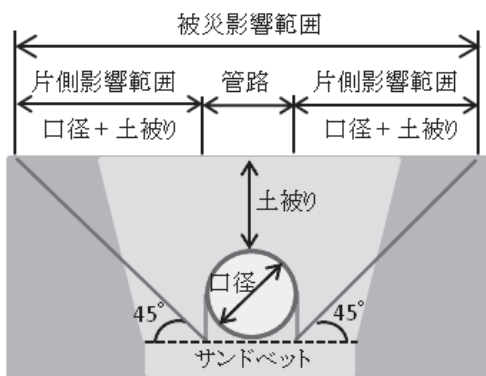


図-4 被災影響範囲（基本）

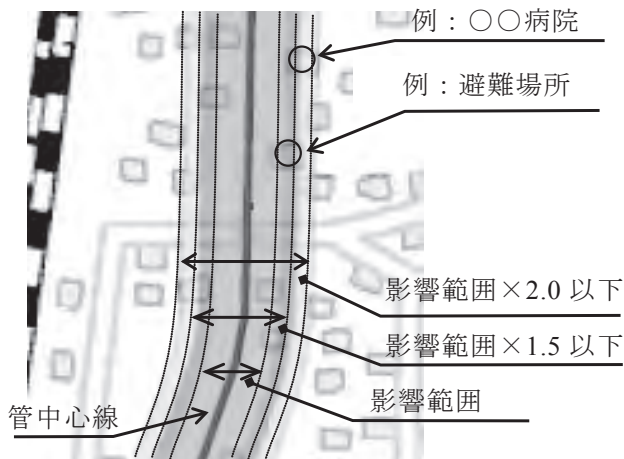


図-5 被災影響領域の設定

## VI. 考察と今後の課題

### 1. 考察

これまでは、既存の農業用管水路のリスク評価について、定量的に評価する手法や手順が定められていなかったため、管理主体（主に土地改良区）が、路線のウィークポイントや、管路の被災による地域への影響度が大きい区間を認識していても、計画的に対策を講じることが容易ではなかった。優先度の高い区間を定量的に評価し、抽出することで、効果的に減災対策を行うことが可能となる。評価結果は「管水路減災管理マップ」として可視化することで、施設管理関係者と地域住民とのリスクコミュニケーションに活用できる。

評価指標には、機能診断調査結果も含まれているため、最新の維持管理情報を用いて評価を行うことは、日常の施設管理の高度化にもつながるものと考えられる。

### 2. 今後の課題

今後の課題として一つはリスクが高い優先対策箇所に対して具体的な減災対策の選定手順を整理することである。例として、「管水路本体が受けるリスク」の評価点が高い区間は、ハード対策を優先すること等が考えられる。

二つ目の課題は、本手法を適用する管路条件の検討である。農業用管水路は口径や内水圧が幅広く、被害の程度が大きく異なる。一概には条件を定められないものの、一定の適用範囲の検討が必要と考える。

今後も施設や地域への被害軽減に貢献できるよう「減災対策」についての検討を進めていきたい。

### 【引用文献】

- 1) 内閣府：平成22年版防災白書
- 2) 毛利栄征：「農業用水路の変状とウィークポイント」、管路更正, No.3, pp.20~25 (2007)
- 3) 滋賀県農政水産部耕地課・農村振興課：滋賀県農業水利施設アセットマネジメント全体計画（平成21年3月）, pp10
- 4) 独立行政法人防災科学技術研究所：地震ハザードステーション（J-SHIS）, <http://www.j-shis.bosai.go.jp/download>
- 5) 独立行政法人産業技術総合研究所：統合地質図データベース, <http://riodb02.ibase.aist.go.jp/db084/maps.html>
- 6) 国土交通省国土地理院：地図・空中写真・地理調査 <http://www.gsi.go.jp/kiban/>
- 7) 国土交通省国土政策局：GISホームページ <http://nlftp.mlit.go.jp/index.html>

# 中群馬用水路における補修・補強工事について

光 安 香 里*  
(Kaori MITSUYASU)

## 目 次

1. 中群馬用水の概要と事業の経緯	26	4. 施工の手順	28
2. 施設の状況と対策方針の決定	27	5. 施工管理・品質管理	31
3. 工法の選定	27	6. 今後の課題	31

### 1. 中群馬用水の概要と事業の経緯

中群馬用水は、群馬県の中央部を北から南に流れる利根川を水源とした天狗岩用水から北群馬郡吉岡町で分水し、最下流の高崎市にいたる総延長 17.4km におよぶ農業用水路で、前橋市及び高崎市の農地約 100ha を受益地としている。

昭和 34 年度の竣工から 50 年以上が経過し、導水路

や幹線水路など各施設の老朽化が進んだため、ストックマネジメント事業による補修・補強を目的とし、平成 21 年度に機能保全計画を策定した。翌平成 22 年度に「中群馬地区」として保全対策が事業化され、3 箇年 91,000 千円の総事業費を費やし、平成 24 年度に完了した。

(図-1, 表-1 参照)

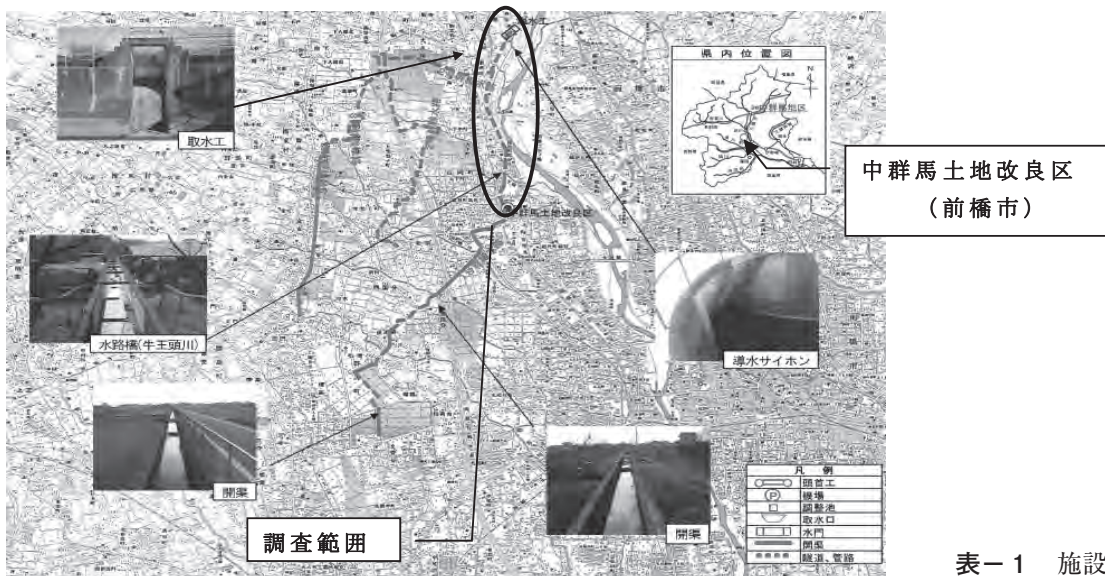


図-1 中群馬用水位置

表-1 施設概要

施設諸元	(1)施設名称	第一幹線水路
	(2)達成経緯	(本体工事) 昭和26年/1951年～昭和34年/1959年 (供用開始年) 昭和35年/1960年 (経過年数) 49年(2009年時点)
	(3)施設受益面積	102 ha ～ 102 ha
	(4)計画最大過水量	0.681 m ³ /s ～ 0.681 m ³ /s
	(5)施設別事業費	441,277 千円
	(6)規模及び主要構造	(延長)L= 3,184.54 m (主要構造) 取水工 1箇所 RC構造・鋼製スライドゲート 導水サイホン 導水サイホン HPΦ1500 L=626.3m 横断面水路 RC三面張 B×H=1.74m×1.80m L=30.5m 大久保隧道A 3R馬蹄形R1.0m L=294.4m 余水吐 鰹形 R=1.45m L=20.1m 大久保隧道B 3R馬蹄形R0.8m L=1001.2m 大久保暗渠 BOXカルバート-B1.45m×H1.2m L=396.2m 水路橋 RC構造 B×H=1.45m×1.0m L=76.1m 2号型開渠 RC三面張 B×H=1.45m×1.20m L=125.6m 1・2号型暗渠 B×H=1.0m×1.5m L=600.9m 3号A型開渠 RC三面張 B×H=1.0m×1.51m L=13.2m

*群馬県中部農業事務所農村整備課  
(Tel. 027-233-0501)

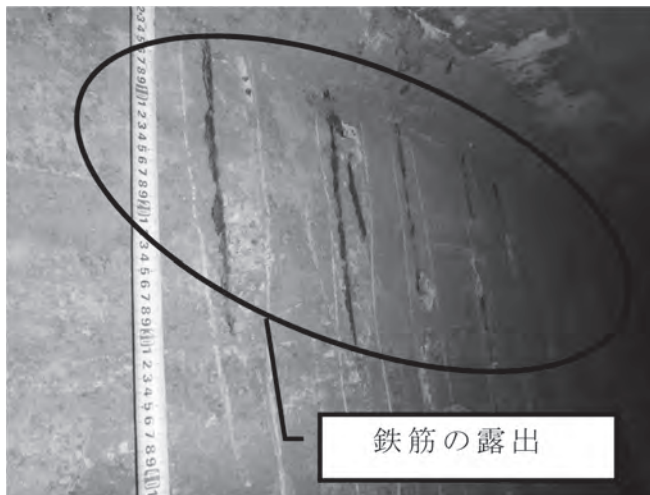
## 2. 施設の状況と対策方針の決定

平成 21 年度に策定した機能保全計画における診断調査（表－2 参照）では、中群馬土地改良区が管理する導水路・第一幹線水路 7.9km のうち、11 施設 3.2km について調査を行った。水路橋の上部工内面については、平成 18 年度に一度補修した経緯もあり、未補修の箇所は老朽化が著しく、緊急度 S－2 判定となっている。その他の施設については、ほぼ S－3 から S－4 で推移しているが、その中でも第 1・2 号暗渠については建設時の立地条件が変化しているため、水路橋と併せて対策工事を行った。

両施設とも、全体的にコンクリートの摩耗がみられ、また部分的に鉄筋の露出が確認された。（写真－1、写真－2 参照）主鉄筋の露出部については、既に腐食が始まっていると判断し、鉄筋を追加する補強工を施工することとした。鉄筋の露出のないところでは、コンクリート面への塗装剤被覆による表面保護工を実施した。本報では、具体的に暗渠での施工例について紹介する。



写真－1 水路橋上部工下面状況



写真－2 1・2号型暗渠内部状況

表－2 健全度ランク説明表

（ストックマネジメントマニュアル開－45 表1.4.1 健全度ランクと機能保全対策）

健全度	機能保全対策の基本的考え方
S-5	・継続使用
S-4	・要観察地点とし、重点的追跡調査を行う。必要に応じて調査間隔を短縮する、あるいは調査項目を増やすなどの検討を行う。 ・S-4は「要観察」を原則とするが、変状・劣化が軽度であっても、劣化要因が明確であり今後確実に劣化の進行が予測される場合には、LCC上比較的早い時期に機能保全対策を実施した方が効果的な場合もある。このような場合は、LCCの検討を前提に、機能保全対策の検討を行うことが望ましい。
S-3	・劣化の原因が明確な場合は、劣化要因に対して効果的な対策工法を検討する。 ・劣化の原因が特定できない場合、あるいは耐久性、耐荷性がはっきりせず、効果的な対策工法の選定が難しい場合には、専門的調査を実施して具体的な工法の検討を行う必要がある。 ・S-3は概ね「補修」を前提とするが、劣化要因やLCC上からはしばらく様子を見る、あるいは「補強」が効果的な場合もあるので、具体的な工法の検討にあたっては、劣化要因、耐久性・耐荷性の精査、及びLCCの検討を行うことが望ましい。
S-2	・劣化の原因に関わらず、早急に専門的調査を実施し、適切な対策を講じる。 ・S-2は概ね「補強」を前提とするが、劣化要因やLCC上からは補修、あるいは更新が効果的な場合もあるので、具体的な工法の検討にあたっては、劣化要因、耐久性・耐荷性の精査、及びLCCの検討を行うことが望ましい。
S-1	・劣化原因に関わらず、早急に専門的調査を実施し、適切な対策を講じる。 ・S-1は概ね「更新」を目安としている。補強では経済的な対応が困難な場合、現地の状況に応じて改築を検討することが望ましい。

## 3. 工法の選定

ひび割れ注入や断面修復等、施工時の形状に修復した後、水路表面の摩耗対策として表面被覆工法による表面保護、鉄筋露出箇所の腐食鉄筋部への対策として、コンクリート増厚による補強工を行うこととした。

補強工の場合、道路下という荷重条件の厳しい中で、極力荷重を増やさず、かつ経済的である工法を選定した。表面保護工については機能保全計画に合わせ、耐用年数が10年以上で、かつ経済的にも有利な工法を選定した。

機能保全計画時は、暗渠施設 600m のうち 400m の対策を行うことで事業採択となったが、高压洗浄後、現状を確認するとすべて S－3 より劣化している状況であることが確認されたため、残りの 200m についても対策工事を実施することとした。

（表－3、表－4 参照）

表-3 劣化要因別対策工法

健全度評価 ※1	主要な劣化等要因・機構	対策工法			対策費 (円/m)	耐用 年数
		対策名	対策工法名	対策目的及び概要		
S-4	内部要因(摩耗・すりへり)		継続使用(無対策)			
S-4	内部要因(ひび割れ・漏水)		継続使用(無対策)			
S-3	内部要因(摩耗・すりへり)	対策①	表面被覆工法	劣化因子を遮断し耐久性を確保するため、ひび割れ・浸透型の有機系ライニング工法による表面被覆工法	・水路橋以外 17300円/m ² ・水路橋(H18年度実績による) 8750円/m ²	10
S-3	内部要因(摩耗 全体的)	対策①	表面被覆工法	劣化因子を遮断し耐久性を確保するため、ひび割れ・浸透型の有機系ライニング工法による表面被覆工法	・水路橋以外 17300円/m ² ・水路橋(H18年度実績による) 8750円/m ²	10
S-3	内部要因(鉄筋露出 部分的)	対策②	断面修復工法	鉄筋の露出防止と腐蝕防止のための軽量ポリマーセメント系モルタルによる断面修復工法(左官工法による)	・水路橋以外47,000円/m ² (t=3cm) ・水路橋(H18年度実績による) 30200円/m ²	10
S-3	内部要因(ひび割れ・漏水)	対策③	ひび割れ補修工法	耐久性を確保するために、ひび割れ部を字型に溝切りし、その部分にコーキング材を充填する工法	トンネル:4,000円/m 水路:2,700円/m	10
S-3	内部要因(初期ひび割れ)	対策④	ひび割れ補修工法	耐荷力の確保と劣化防止の対策としてひび割れ内部までエポキシ樹脂を注入する工法	6,300円/m	10
S-3	内部要因(外力ひび割れ)	対策④	ひび割れ補修工法	耐荷力の確保と劣化防止の対策としてひび割れ内部までエポキシ樹脂を注入する工法	6,300円/m	10
S-3	その他要因(目地漏水)	対策⑤		ワイプホール設置	2500円/本(他地区参考)	40
S-3	外部要因(欠損・損傷)	対策②	断面修復工法	欠損・損傷箇所を軽量ポリマーセメント系モルタルにより補修する断面修復工法(左官工法による)	・水路橋以外47,000円/m ² (t=3cm) ・水路橋(H18年度実績による) 30200円/m ²	10
S-2	内部要因(腐食先行ひび割れ)	対策⑥	表面被覆補修工法	躯体コンクリートにカーボン繊維やガラス繊維製のグリッドを設置し、コンクリート等で被覆する表面被覆工法	鋼梁及び開水路 45,000円/m ² 水路橋底版:55,000円/m ²	40
S-2	内部要因(腐食先行ひび割れ)	対策⑦	更新(補強)	橋梁・隧道部分の更新に準じる程度の補強として、鋼板巻き立てを行なう工法	55,000円/m	40~50
S-1		対策⑧	更新	施設全体の更新		40~50

※1 健全度評価は「橋梁・トンネルの機能保全の手引き」による「S-1」を基準とするが、個別に評価する場合など別の指標を用いている場合は別途説明等を行う。

表-4 機能保全計画におけるコスト比較表

シナリオ	対策時期	グループ番号 又は部位	数量 (m)	対策工法	保全対策 費用	現在価値 した対策費用	稼働期間末 の残存価値	機能保全 コスト	評価	評価概要
1	53年度	2	200	対策⑥	7,660	7,265	0	1	1年目で緊急性の高い4009mの補修・補修を行い、総合的な予防保全を図るシナリオ。機能保全コストが最も安価となる。	
	53年度	2	3809	対策①・②・③・④	45,322	43,582	0			
	63年度	2	4009	対策①・②・③・④	47,707	30,991	0			
	73年度	2	4009	対策①・②・③・④	47,707	20,934	0			
	74年度	1	2000	対策①・②・③・④	23,800	10,044	0			
	83年度	2	4009	対策①・②・③・④	47,707	14,145	1,415			
	84年度	1	2000	対策①・②・③・④	23,800	6,795	992			
	小計				243,708	133,846	2,407			131,439
2	53年度	2	4009	対策⑥	153,545	147,633	800	2	1年目で緊急性の高い施設4009mの補修を行なうシナリオ。	
	91年度	1	2000	対策⑥	76,600	16,592	15,557			
	小計				230,145	164,225	16,356			147,868
	3-1	53年度	2	4009	対策⑦	205,060	197,166			1,068
91年度	1	2000	対策⑦	102,300	22,158	20,776				
小計				307,360	219,324	21,844	197,479			
【総合評価】										
初年度に補強と補修を併せ、保全対策を行い、その後補修を繰り返すシナリオが最も機能保全コストが安価となった。コスト削減額は(197,479千円 - 131,439千円) = 66,040千円										
本施設は、ひび割れが少ないものの、現状の悪い地点ではコンクリート表面から地下水の湧き出し、鉄筋露出と発錆等がみられ、今後構造物性能に影響を及ぼすような劣化が認められ、老朽化が進行している。また、近年の急速な宅地化に伴い埋設条件が変化していることから、構造・機能への影響が懸念される。並びに、本施設には、近隣の住宅からの生活排水が流入していることから、他施設よりも腐食環境下にある可能性が高い。										
本施設は住宅及び公道下に埋設された地下埋設物であり、施設が損壊した場合の周辺への被害のリスクを考慮すると予防保全に対する緊急性が高いと判断される。										
なお、緊急の予防保全は調査結果よりS-3と判断されたL=4009mの区間とする。										

※対策工法①～⑦については表-3を参照。

## 4. 施工の手順

### 4-1 事前調査による方針決定

施工に先立ち、調査設計業務で600mの施設延長のうち、3箇所ではつり調査を行った。この結果、2箇所について、判定は「潜伏期」となり、残る1箇所は「進展期以上」の判定となった。また、目視調査による鉄筋の露出が確認された箇所は施工時のかぶり不足と思われる箇所が多かった。このため、面的にかぶりが不足していると判断し、鉄筋の露出部については補強工を実施することとした。

図-2に示した断面図で鉄筋露出部のある箇所は両側に鉄筋2本分の余裕をもたせて補強工を実施し、それ以外の箇所については、摩耗対策として表面保護工を施工することとした。図-3に当初計画と実際の施工展開図を示した。

### 4-2 下地処理工

既設のコンクリート下地処理としてサンダーケレン、高圧洗浄、ひび割れ注入工、ひび割れ充填工、鉄筋露出部のはつり工を行った。下地処理の適用区分について次に述べる。

注入工：0.2mm以上0.5mm未満において施工した。

ひび割れ内部に補修剤を注入することで、躯体との一体性を回復させることを目的とした。

充填工：0.5mm以上のひび割れに対して実施した。

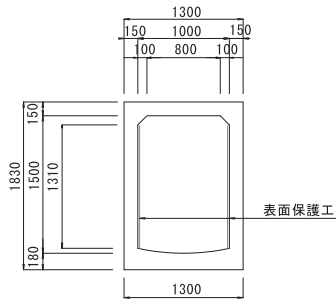
ひび割れに沿ってコンクリートを1cmほどUカットし、補修剤を充填する。注入剤と比べて安価であるため、水路の水密性回復を目的とし採用した。

はつり：既存の鉄筋が露出している部分について5cm深さにはつり、サンダーケレンで錆を落としした後防錆処理を行い、充填剤(ポリマーセメントモルタル)で既存の断面まで修復する。ジャンカ・浮きについても同様の処理を行う。

### 4-3 表面保護工・補強工

表面保護工については、セメント系塗装材料によりコンクリート表面を被覆し、劣化要因を遮断、または進入を抑制する。今回採用した工法は、水路表面からの浸入水を防ぐが、背面からの水蒸気を排出し、コンクリート内に水分をため込まないものを選定した。これにより、摩耗防止・中性化抑制の効果が期待できる。補強工については、網鉄筋を固定させ、ポリマーセメントモルタルの吹き付けにより増厚した。(写真-3参照)

表面被覆工法による表面保護工



コンクリート増厚工法による補強工

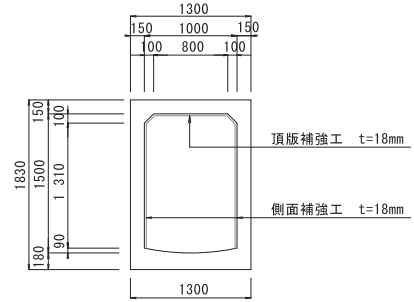
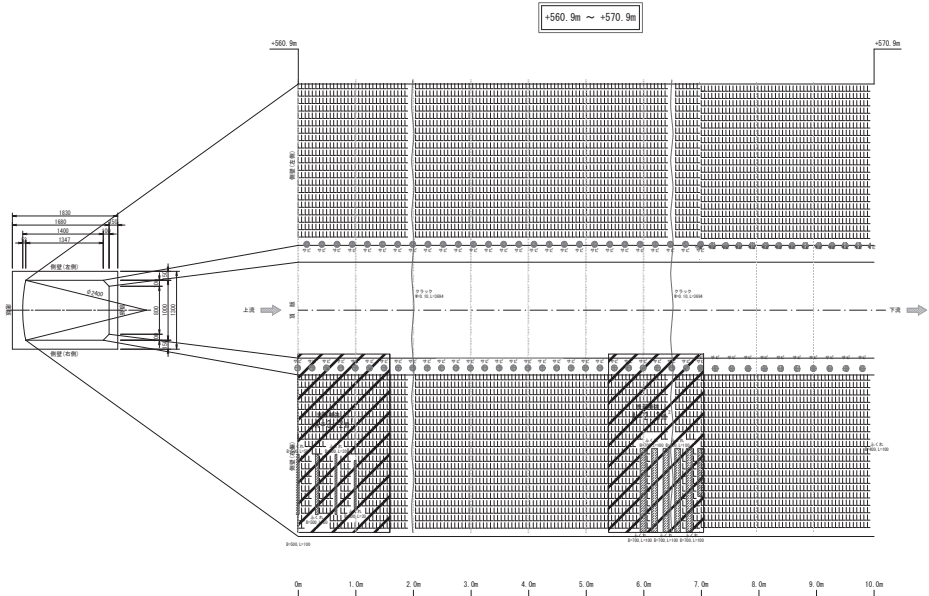
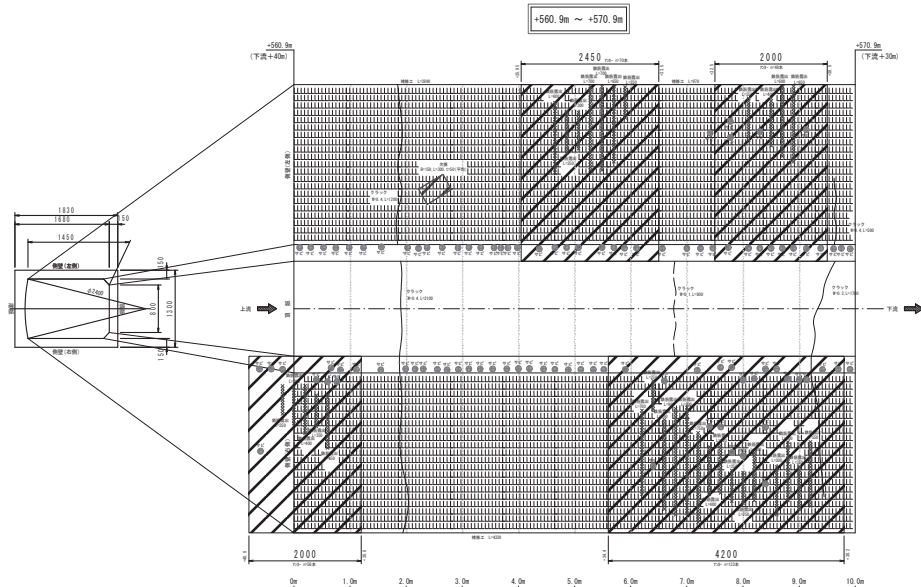


図-2 暗渠施工断面図

当初展開図



変更展開図



数量表 (+560.9 ~ +570.9)

工程	種別	単位	数量
断面修復工	鉄筋小 (t=20)	箇所	51
	鉄筋小 (t=50)	箇所	46
	鉄筋露出 (t=25)	m	14.85
	鉄筋露出 (t=50)	m	0
	ジャンク等	m ³	0.00225
自土工	#15~20, t=15	m	0
注人工	0.3以下	m	1.70
	0.3を超え0.5以下	m	3.80

(0.045m²)

凡例	
	クラック
	浮き
	剥落・欠損
	鉄筋露出
	骨材露出
	粗骨材
	摩耗
	サビ
	ジャンカ
	エフロレッセンス
	析出物
	木跡

□ 区間測定の、本特は施工対象外である。  
 □ 区間測定の、本特は補修対象レベルである。  
 □ 区間測定の、本特は補修対象レベルである。  
 □ 区間の、本ハッチングは補修場所を示す。  
 ハッチング外の場所については補修工を施工する。

図-3 当初展開図 (上段) と変更展開図 (下段)

1.暗渠内清掃



5.注入工



2.はつり



6.目地修復工



3.鉄筋ケレン



7.補強工



4.断面修復工



8.表面保護工



写真-3 施工フロー

## 5. 施工管理・品質管理

コンクリート増厚による補強工，表面被覆による表面保護工の施工管理について述べたいと思う。補強工については，18mmの増厚となることから，写真-4に示すように，あらかじめ印をつけた管理釘を挿しておき，増厚前と増厚後の差し引きにより厚みの管理を



行った。

表面保護工については厚みの規格値がないため，規定の量を確実に施工することで管理を行った。今回は約1,300㎡の施工を行ったため，日作業面積と日材料使用量により，施工量の管理を行った。また，補強工，表面保護工ともに，付着強度試験を行った。（写真-5参照）



写真-4 補強工施工管理



写真-5 表面保護工施工管理

## 6. 今後の課題

当初調査設計の数量を基に発注をしたが，実際の施工にあたって高圧洗浄を行ったところ，当初予定していなかったひび割れ・鉄筋露出などが数多く確認された。機能診断時は定点調査，また実施設計については目視による調査により設計を行ったため，実際のところは洗浄しないと不明な部分も多い。調査内容についても施設が経年変化していく中で，機能保全計画の見直しを

行いつつ最適な対策を実施する難しさを感じた。

様々な補強工法・表面保護工法がある中で，現場状況に即した最適な工法を選定したのかどうかは，今後も経過観察を行い，判断する必要がある。求められる整備水準・経済性・施工方法，また施設を取り巻く環境の変化などを総合的に考え，今後も対策について考えていきたい。

最後に，このような貴重な機会を与えてくださった関係者の皆様に感謝申し上げ，終わりの言葉としたい。

# 小貝川沿岸2期地区における生物多様性よども型柵渠について

田村 薫* 渡邊 憲一*  
(Kaoru TAMURA) (Kenichi WATANABE)

## 目 次

1. はじめに .....	32	4. 底部よども内採捕調査について .....	35
2. 生物多様性よども型柵渠工法について .....	32	5. おわりに .....	35
3. カエル登坂実験について .....	33		

### 1. はじめに

本地区は、栃木県東南部で八溝山系の比較的なだらかな里地・里山に位置している。(図-1参照)豊かな自然と多様で貴重な生態系を有するところであり、景観的にもふるさとがイメージされる良き農村地域である。地区を縦断する小貝川流域の低平水田地帯は、動植物や野鳥、昆虫等の宝庫になっている。

基盤整備事業を実施するに当たっては、それら動植物の保全と親水性に富んだ水辺ネットワークの構築が課題となっていた。

このため地区内3ヶ所に生態系保全池を設置し、その池を中心としたミティゲーションと水路ネットワークにより生態系保全を図る計画である。本稿では、それら水路ネットワーク構成の一端を担うよう考案した「生物多様性よども型柵渠」において2012年7月13日(天候は晴れ、気温は28℃前後)に行ったカエル登坂実験と底部よども内採捕調査結果について報告する。

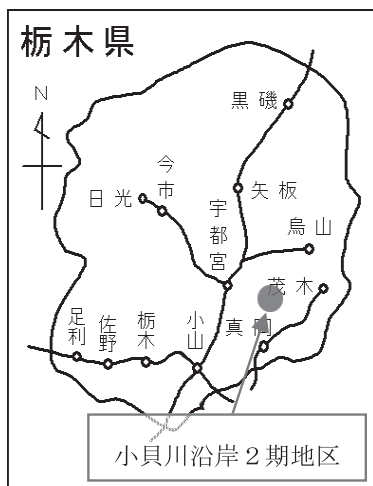


図-1 位置図

### 2. 生物多様性よども型柵渠工法について

生態系保全工法として生物多様性よども型柵渠工法(以下「よども柵渠」という)の構造図を図-2に示す。

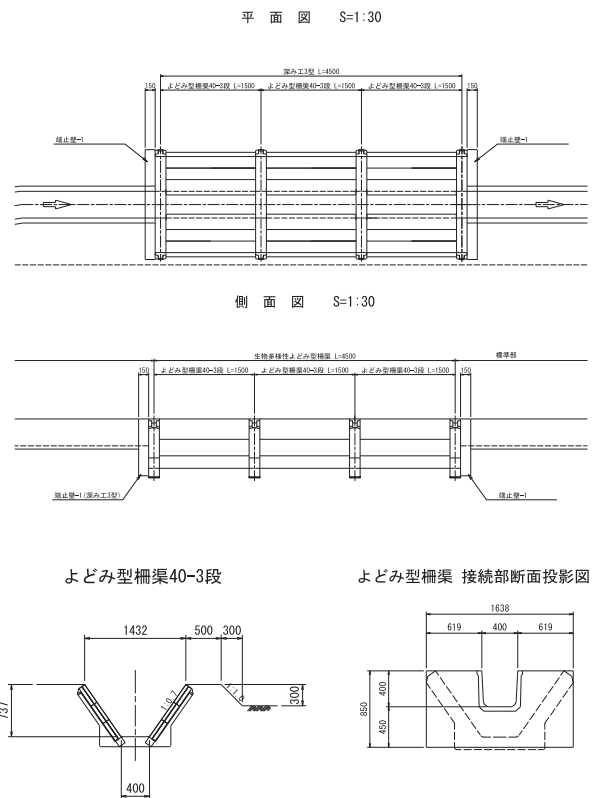


図-2 生物多様性よども型柵渠標準図

コンクリート柵渠は、昔懐かしいV型柵渠をベースとしている。柱2本の間にコンクリート柵板(パネル)を2~3段立込む水路製品である。開発にあたり生態系保全を目的として主に2つの機能を設定している。

1つ目は、水路内に転落したカエルや蛇などが壁面を登って容易に脱出できるようにすること。このため、パネル壁面の勾配は1:0.7になっている。

2つ目は、柵渠底部に段差を設け泥や石が溜まるよ

* 栃木県芳賀農業振興事務所 (Tel. 0285-82-4939)



うにして、水路底部に水棲動植物が生息する「よどみ」や「ふかみ」をつくるよう設計してある。

実証実験を行った箇所は、用水路が排水路に接続する直上流のポイントである。用水路はコンクリートU40型水路でライニングされている。その流末によどみ型柵渠が3スパン、 $\Sigma L = 4.5\text{m}$  設置されている。よどみ型柵渠から下流は既設排水路に約70cm落下する形で接続している。(図-3参照)

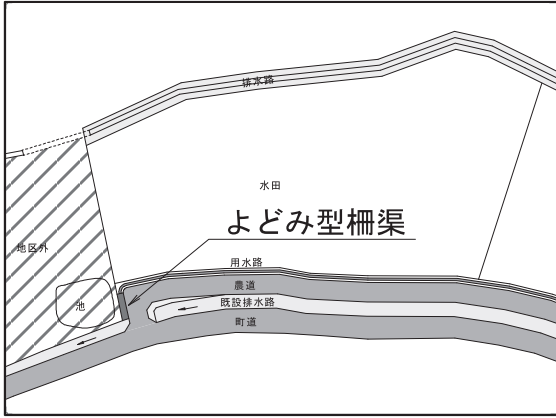


図-3 実証実験平面図

### 3. カエル登坂実験について

前述の設置箇所では、多くのカエルの登坂事例が目視確認されている。また、カエルの登坂を容易にする足掛かりとしてパネル表面に亀甲模様の金網を設置する工夫も施されている。(写真-1参照)



写真-1 コンクリート柵渠 (パネル)

この金網の効果はカエルの脱出に非常に大きいものであったが、「加工や設置に手間がかかる」、「金網にカエルが挟まって死亡する」、「ゴミが引っ掛かり流水の流れを阻害する」などのデメリットも報告されていた。そのため、よどみ型柵渠の普及を考えカエルの脱出機能をより向上させるためにパネル表面に登坂しやすい加工を施すこととなった。今回は、その基礎データを得るため、市販の壁紙から製品化しやすいと思われる3つの模様を選び、その壁紙で疑似パネルを作成しカエルの登坂実験を行っている。

#### (1) 壁紙模様 (パターン) と色

実験に用いた壁紙のパターンと色は以下のとおりである。

A：迷路の様なパターン：グレー色

B：ひし形パターン：黄緑色

C：ピラミッド型パターン：緑色

#### (2) 実験方法

実験の手順を示す。

- ①まず、大きさ1m×1mの3パターンの壁紙を厚さ1cm程度の木製板に貼付けて疑似パネルを作成した。
- ②疑似パネルを、上流側からA：迷路→B：ひし形→C：ピラミッド型の順でよどみ柵渠右岸パネルを覆うように設置した。(写真-2参照)



写真-2 壁紙設置状況

- ③よどみ柵渠内にカエルが多数確認できたので、登坂状況等を対岸などから観察した。9時32分開始。(写真-3参照)



写真-3 観察状況

- ④実験開始から5分後、付近で捕獲したカエル15～20匹を、よどみ柵渠内に放し観察を継続した。
- ⑤9時47分よどみ柵渠内に人間1名が入り、疑似パネル上に止まっている又はよどみ柵渠底部にいるカエルを追い立て、登坂するか否かを確認した。記録は表-1により行ったが、記録方法は以下のとおりである。

- ※1 掴まり登りやジャンプなどの登坂状況は大まかに区分けした。
- ※2 カエルの種類・体長・幼体・成体などは目視により判定した。
- ※3 記録にあたり、よどみ柵渠内に自然に集まっていたカエルと放したカエルの区分は行わなかった。
- ※4 疑似パネル上端まで登り切った個体を「成功」とした。

表-1 登坂実験観察記録用紙

カエル登坂実験 記録用紙

2012年7月13日  
芳賀農業振興事務所・農村整備部

壁の模様パターン: _____

A 登坂成功したカエル

種類	アマガエル		トウキョウダルマガエル		ニホンアカガエル		その他	
	幼体	成体	幼体	成体	幼体	成体	幼体	成体
1 体長5cm以下								
5cm以上								
2 登坂時間など								
(1) 30秒以内								
(2) 30秒～1分								
(3) 1分以上								
3 登坂状況								
(1) 勢いよくジャンプ								
(2) 掴まり登り								
(3) その他								
4 特記事項など								

B 登坂失敗したカエル

種類	アマガエル		トウキョウダルマガエル		ニホンアカガエル		その他	
	幼体	成体	幼体	成体	幼体	成体	幼体	成体
1 体長5cm以下								
5cm以上								
2 失敗状況								
(1) 流下								
(2) 掴まったが登れず								
(3) 坂の途中で落下								
3 特記事項など								

その他気づいたことがありましたら何でも書いておいてください。  
例: この模様は足の保り方がよい、など

### (3) 登坂状況と結果

ア. 観察を開始して早々に、自然に集まっていたカエルたちは右岸側の壁及び左岸側の金網張り柵板の喫水面部にとりつき始めた。(写真-4参照)



写真-4 登坂状況

イ. 実験開始当初の状況を壁紙パターン毎にみると、Cが最も多く6～8匹程度が一度にとりついた。AとBは2～4匹程度で同等にみえた。このあと時間が経過しても、やはりCに集まる傾向が強かった。

カエルは殆どがトウキョウダルマガエルであった。アマガエルはA、Bパターンに幼体が各1匹、Cパターンに幼体が2匹、ニホンアカガエルはCパターンに幼体が1匹確認できた。

観察者の間では「圧倒的にCに集まる傾向がある。カエルには色を識別する能力があり、緑色を好むのではないかと少なくとも緑色を識別する能力があるのではないかと」という意見が出されている。

ウ. 結果概要を表-2に示す。

Cでの登坂成功数(15)が最も多く、かつ登坂成功率(頂上部まで達した個体数/登ろうとした個体数、表-2参照)を比較してもA: 7/7 = 100%, B: 3/9 = 33.3%, C: 15/15 = 100%となり、やはりCの成功率が高いという結果であった。

Bでは登坂途中で落下した個体が複数あり、壁紙の材質が起因しているのかもしれないが、カエルには滑りやすいことが観察された。

Aでは、途中落下もなく登坂を試みたカエルは全数成功したが、数は最も少なく7個体となっている。

表-2 登坂結果

登坂を試みた個体数一覧表							
疑似パネル	アマガエル		トウキョウダルマガエル		ニホンアカガエル		計
	幼体	成体	幼体	成体	幼体	成体	
A	1		3	3			7
B	1		6	2			9
C	2		9	3	1		15

登坂に成功した個体数一覧表							
疑似パネル	アマガエル		トウキョウダルマガエル		ニホンアカガエル		計
	幼体	成体	幼体	成体	幼体	成体	
9時32分～9時47分(人間が追立てを開始するまで)							
A	1		1				2
B			2				2
C	2		4		1		7

9時47分以降(人間が追立てを開始してから9時55分 終了まで)							
疑似パネル	アマガエル		トウキョウダルマガエル		ニホンアカガエル		計
	幼体	成体	幼体	成体	幼体	成体	
A			2	3			5
B			1				1
C			5	3			8

全体							
疑似パネル	アマガエル		トウキョウダルマガエル		ニホンアカガエル		計
	幼体	成体	幼体	成体	幼体	成体	
A	1		3	3			7
B			3				3
C	2		9	3	1		15

登坂成功率一覧表							
疑似パネル	アマガエル		トウキョウダルマガエル		ニホンアカガエル		計
	幼体	成体	幼体	成体	幼体	成体	
A	100%		100%	100%			100%
B	0%		50%	0%			33%
C	100%		100%	100%	100%		100%

### (4) 総評

Cにおける登坂機能の有効性が確認できた。また、カエルの嗜好性なのか? 最も下流側であるにも関わらず緑色であるCに集まる傾向が確認できたのは興味深いものである。

また、登坂に成功したカエルはすべて1分以上の時間を要しており、人間が近づいた時のカエルの逃避行動と比較すると、水路からの脱出は簡単ではないことが視える。

実験前には、人間が指で壁紙を触った時の感触を比較して『小さな凹凸が多いほうがカエルには合っているのではないかと』との意見からA>B>Cの順位を想定していた。特にCについては、3パターンの中で最も凹凸が大きく突起の先端が尖っているためカエルは敬遠するのではないかととの意見もだされていた。

しかし、実際にはカエルが敬遠するような様子は観察されず、かえってその突起が滑り止めとなり登坂途中で滑っても引っかかり、そこから登坂を再開し登坂成功に至った個体も確認できた。

また、今回の実験で注目されるのは擬似パネルに集まってきた個体数に差異が生じていたことである。

最も濃い緑色のC:15匹>黄緑色のB:9匹>グレー色のA:7匹の順となっている。

これは下流の方から順に集まってきた個体数も多いという結果でもあるが、水路内の水量が少なく流速が遅かったことを考えると、水路内流況がカエルの集まりに影響しているとは考えにくい。カエルの様子を観察した限りでは、意識的に最下流のCに向かっているように、緑色を目指しているようにも見えた。

いずれにしても、登坂機能をより向上させるためのパネル表面加工方法については今回の実験結果からピラミッド型模様をベースにすることとした。

また、パネルの色については例えばコンクリートパネル表面に各種のペイントを施してみるなど今後も実験を継続しデータを収集しながら検討していくこととなった。

#### 4. 底部よどみ内採捕調査について

カエル登坂実験の後、同一箇所において柵渠底部よどみ・深み部で採捕調査を行った。

よどみ型柵渠底部には、基盤整備工事時に現地付近で発生した玉石などがランダムに敷かれている。前述のとおり、よどみ型柵渠は底部に泥や石が溜まるようになっており、玉石の間は泥や小石が5~10cm程度堆積している状態であった。流れは穏やかであったが、玉石廻りや柵板近くでは流水方向に変化が生じ、多様な流れ方が確認できた。

採捕に使用した道具は、たも網、さで網などで通常の生き物調査などで使用しているものである。

採捕は玉石などを手で動かしながら約5分間行っている。

その結果確認されたものは表-3及び写真-5,6のとおり。

表-3 採捕調査結果

種類	個体数	体長 (cm)
サワガニ	4	3~4
ヌマエビ	4	1~3
アメリカザリガニ	1	3
ドジョウ	1	6
ヤゴ(種類不明)	2	2
トビケラ	3	3~4
コオイムシ	1	2
不明な虫(この地方ではピンチョロと呼ばれている)	1	5
カワニナ	2	2

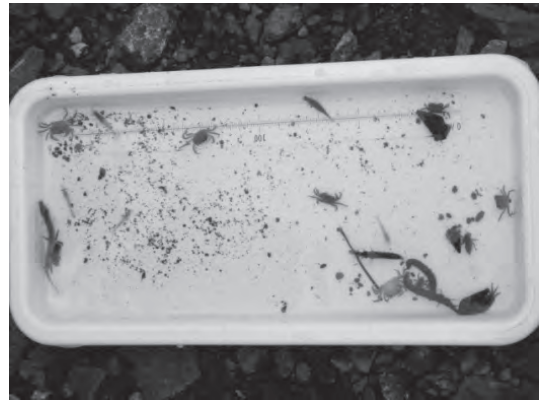


写真-5 採捕した生き物①

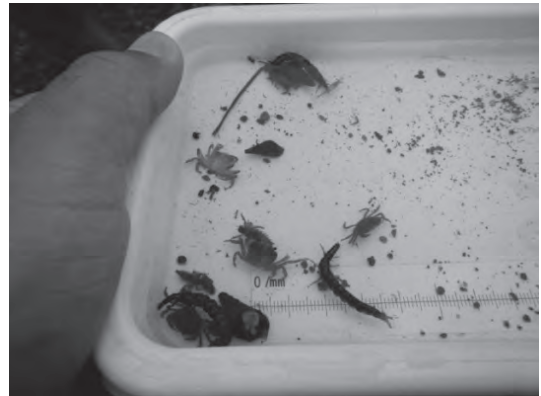


写真-6 採捕した生き物②

柵渠はわずかL=4.5mの区間であるが、底部よどみ内にこれだけの生物が確認できた。もっと、時間をかけ底部よどみ内の隅々まで調査すれば、より多くの生物を確認できたかもしれないが、ミティゲーション機能として十分なものを確認できたので、これ以上の採捕調査は必要ないだろうということで終了している。

#### 5. おわりに

今回の実験でよどみ型柵渠の2つの機能は確認されたものと判断できる。しかし、実験時にカエルが脱出に要した時間を考えると、脱出に要するカエルの負担軽減を図るためにさらなる工夫が必要と感じられた。その中には、色を識別して嗜好性があるなどの生態に関するデータが確認できれば、より機能向上に役立てることも可能であろう。『カエルは緑色に集まる習性があるのか?』今後も継続調査してみたい。

また、底部よどみ内では付近で確認されている水棲生物が多く確認されたことからミティゲーション機能を発揮しているといえる。だが、数百メートルにも及ぶ用水路の中でわずかL=4.5mの区間ではおのずから限界が生じる。水路ネットワーク機能を十分に確保するため、よどみ型柵渠も活用した生態系保全を実践していきたい。

## 手取川扇状地における水田用水地区内還元水の分析

吉 田 匡* 丸 山 利 輔* 能 登 史 和**  
 (Masashi YOSHIDA) (Toshisuke MARUYAMA) (Fumikazu NOTO)

## 目 次

1. はじめに	36	5. 分析結果	40
2. 対象地域の反復利用の考え方と特徴	36	6. 用水全体の還元率算定	40
3. 手取川扇状地の概況と試験流域	37	7. まとめ	42
4. 研究の方法	38		

## 1. はじめに

農業用水（水田灌漑用水）の特徴の一つは自然の中での用水の循環利用（反復利用）にある。この課題は古くて新しい問題で未だに十分な研究が行われているとはいえない。本地区のように、広域用水量が基本的には減水深のみの地区であっても、複雑な用排水組織（システム）に対応して、具体的な用水量を算定し、用水の場所的・時間的な変化を表す方式は確立されているとはいえない。特に、今日のように、集落営農や集団転作が導入されると水利用が場所的・時間的に集中し、水利用形態に変化が発生する。この場合には新たな視点から反復利用の研究が求められる。すなわち、地域全体の総用水量のみでなく、場所的・時間的な用水量の変化を考慮した対応策を立てることが必要となる。本研究の対象とした手取川扇状地は、石川県の穀倉地帯を形成する代表的な平野で、金沢市と小松市に挟まれた地域を流れる手取川は、北陸地方の特有の急流河川で、それによって形成された扇状地もまた急勾配で砂礫質の平野である。このために、水路はもとより末端排水路もコンクリートにより完全にライニングされ（二次製品を含む）、水路からの浸透を防ぐと共に、至る所に落差工を設け、落差工と併設して取水口が設けられているところも多い。この落差工や取水口は海岸近くの幹線水路まで設けられている。水田用水の反復利用の方式も太平洋側の平野や湖沼の周辺に展開する低平地とは異なり、幹線水路を仲介とした特有の地区内反復利用体系を取っている。この体系は、

筆者らの知る限りこれまで指摘されなかった反復利用システムである。

本報告は、この特徴ある水田用水の反復利用に焦点を当て、事例に基づいて、どこの水がどこに排水され、再利用されるか、還元水の特徴を具体的に明らかにする。そして、何故このように用水の豊富な地域で水田用水の反復利用が行われているのかを考察すると共に、還元水の分析方法を提案して、今後の用水計画に役立たせることを目的として研究したものである。

なお、これまでも様々な角度から水田用水の反復利用の研究がなされている。大きな水系を対象とした地区間の反復利用の分析法には、複合タンクモデル法が提案されているが、一地区内での反復利用については、用排水組織が複雑なこともあって、十分に研究されているとはいえない。しかし、用水計画は極めて重要な事項であるため、古くから各地での実績が整理されている。この実績の整理と並行してCB法や線形計画法が提案され、実際に応用されているが、これらの方法は、地域全体の用水量算定法を目的としたものではない。しかし、これらの方法も、本研究で問題としている地区内の複雑な用排水システムを踏まえた反復利用の解析法ではない。

## 2. 対象地域の反復利用の考え方と特徴

これまで、水田用水の反復利用の研究や実績はすでにまとめられており、様々な形態がある。水田に接する末端用水路を堰上げて行う反復利用、支線排水路や幹線排水路を堰上げて行う反復利用などが知られている。末端用水路を使って行うと反復利用は、図-1に示すように、畦区の上流端で用水路を簡単に堰き上げて取水し、畦区の下流端で排水する方法であり、一般によく知られている。

*石川県立大学生物生産資源環境学部 環境科学科  
 (Tel. 076-227-7220)

**石川県農林水産部経営対策課  
 (Tel. 076-225-1632)

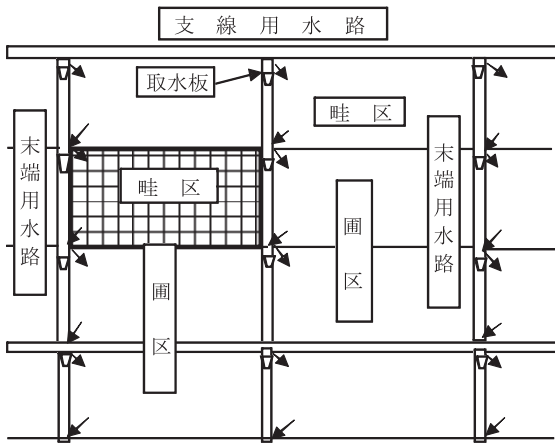


図-1 圃区レベルの反復利用

しかし、本論で取り上げる幹線水路を堰上げて用水の反復利用を図っている例はあまり知られていない。本地区では、地形の傾斜が大きいことを有効に活用して、幹線水路では用水路と排水路を兼用させて用水の反復利用を図っている。すなわち、図-2に示すように、等高線に平行に畦区の長辺を配置し、これと直交するように末端用水路と末端排水路を交互に配置している。一方、幹線水路に取水堰を設けて取水し、灌漑ブロック（水田群、具体的には図-6参照）に配水し、各水田に灌漑した後、灌漑ブロックからの排水を末端排水路で受けて、支線排水路に集め、落差の取れる同一あるいは別の幹線水路に排水している。この排水を下流に放流し、より下流の堰で再び取水して用水の反復利用を図っている。なお、末端用水路と末端排水路の配置は、どこでも見られる普通の用排水システムであるが、幹線水路を用排水兼用に使っているのは、急勾配地形をもつ北陸地方独特のものと考えられる。この方式は、完全に用排水分離の機能を維持しながら、用水の反復利用が行える点、北陸地方のように降水が多く、排水不良が問題となる場合に適した方式といえる。このため、水田一筆ごとの用排水分離は完全に行われ、用排水管理は農家個人の意思に従って自由に行うことができる。

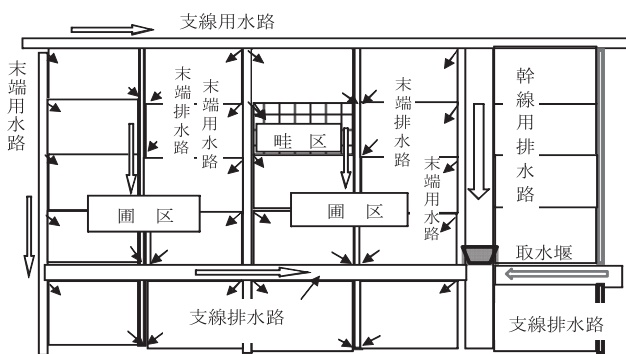


図-2 本地区の水田用水の反復利用

末端排水路・支線排水路は、コンクリートライニングされ、排水路の管理を容易にすると共に、水路からの漏水を防ぎ、還元水が土砂で汚濁されないように配慮され、取水のための堰上げ施設は設けられていない。（写真-1）



写真-1 末端排水路のライニング状況

### 3. 手取川扇状地の概況と試験流域

まず、研究対象地域を含む手取川扇状地の概要とその特徴を述べ、研究対象流域の理解を助ける。

#### 3.1 手取川扇状地の概要

手取川扇状地は、図-3に示すように、南西部は手取川を挟んで能美市を境界に、北東は犀川を境界に日本海に囲まれた、約13,000haの地域である。この地域には白山市を中心として、野々市市、川北町および金沢市の一部（犀川左岸）が含まれている。この地域の農地は、石川県の穀倉地帯の中心をなし、大部分が水田として古くから利用され、畑地・樹園地はわずかである。犀川左岸地域と国道8号線沿いには市街地が展開し、全域に地下水の利用を目的とした会社・工場などが立地している。

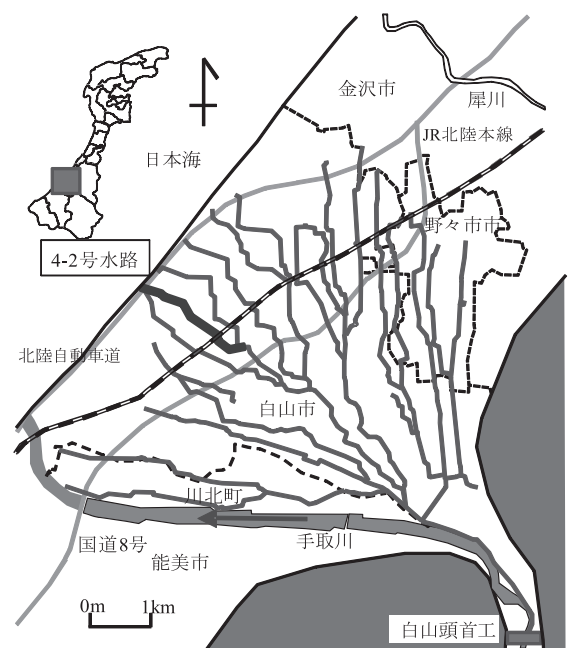


図-3 手取川扇状地の平面図と水路系統

### 3.2 地形と土層断面

この地域は、手取川によって形成された典型的な扇状地で、扇頂部の標高が約80m、扇頂部から扇端部までの距離が約11km、平均地形勾配が約140分の1と北陸地方特有の急勾配地形である。地層は図-4に示すように、表層の作土を除いて、砂礫層からなり、一部に粘土層を挟んでいるが、良好な帯水層を形成している。地下水位は扇頂部で海面上約60m、扇端部で0mであるが、直線の変化でなく、扇中央部で低くなっている。勾配は約180分の1と地表面勾配より緩やかであるが、かなりの急勾配である。灌漑期の地下水位は非灌漑期よりかなり上昇し、灌漑により地表から水が供給されていることが分かる。

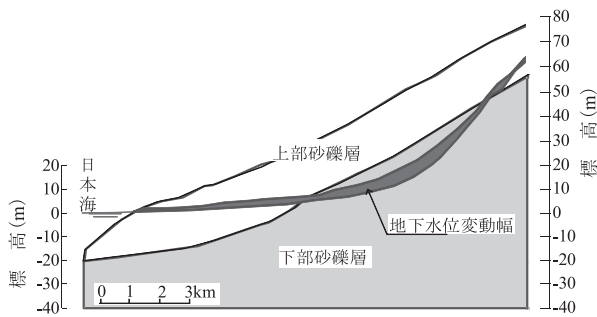


図-4 扇状地の土層と地下水断面

### 3.3 土地利用

扇状地内の農地面積（犀川左岸を除く）は表-1の通りである¹⁾。この表から明らかなように、本地域は大部分が水田で占められていて、典型的な水田地帯であることがわかる。

表-1 調査地区内土地利用別面積

市町名	全面積	水田	普通畑	野菜畑	果樹園
白山市 (ha)	5,075	4,860	215	142	73
川北町 (ha)	801	786	15	3	12
野々市市 (ha)	392	367	25	20	5
合計 (ha)	6,268	6,013	255	165	90
割合 (%)	100	95.9	4.1	2.6	1.4

### 3.4 用排水系統

手取川扇状地内全体の用水系統を図-3に示す。この地区内の用排水は、七ヶ用水土地改良区によって管理されている。扇頂部に設けられた白山頭首工によって取水された用水は、扇状に広がる用水路を通じて扇状地内の水田に供給される。この用水は、灌漑期のみでなく、非灌漑期も水路の管理用水として流されている。減水深として流出する以外の水は還元水として、幹線水路へ戻り、反復利用された後、日本海に排水される。

## 4. 研究の方法

### 4.1 分析の方法と研究対象地域

本研究では、まず研究対象を一つの幹線水路に支配

される地域に絞って検討する。研究対象地域は用排水路の流量が長期にわたって測定されている七ヶ用水4-2号水路系統を選んだ。(図-5)

#### 4.1.1 対象地域の用排水系統と還元水の求め方

対象地域の総面積は、179.2ha、灌漑のための取水堰は14箇所にて設けられ、取水された用水は、その取水堰の用水掛りの水田群（用水ブロック）に配水される。水田群はいくつかに分かれて同一または他の排水路に集まり、やがては幹線水路などに還元される。この水田群の最小単位を排水ブロックと呼ぶ。この排水ブロックと全く同じブロックを灌漑水量算定の必要上、灌漑ブロックと呼ぶ。灌漑ブロックと排水ブロックとは全く同じものであり、還元水算定の必要上定義したものである。したがって、灌漑ブロックと排水ブロックは同数で49個である。灌漑および排水ブロックの面積は0.08haから20.3haに分散し、平均3.7ha、標準偏差3.7haである。試験地区は、図-5に示すように極めて複雑な用排水系統を示し、幹線水路の特定地点に設けられた取水堰（落差工兼用）（写真-2）から取水された用水は、用水系統に従って、各灌漑ブロックに配水される。各水田で使用された用水は、末端排水路によって、排水ブロックごとに集められ、再度下流の幹線水路に流入し、再利用の機会を持つ。

用水ブロックと排水ブロックの実際の関係は複雑であるので、図-5のブロック11を拡大して図-6に示した。

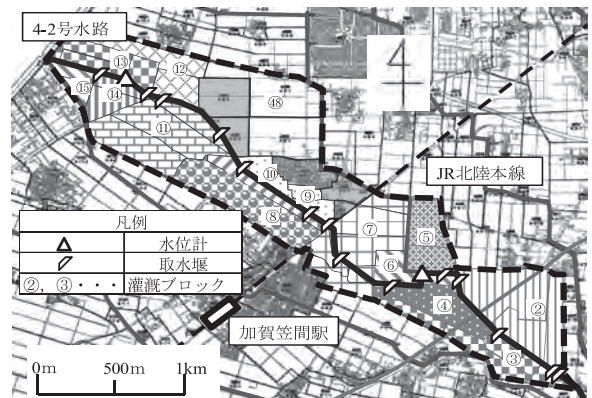


図-5 試験地区内用排水系統平面図



写真-2 幹線水路の取水堰

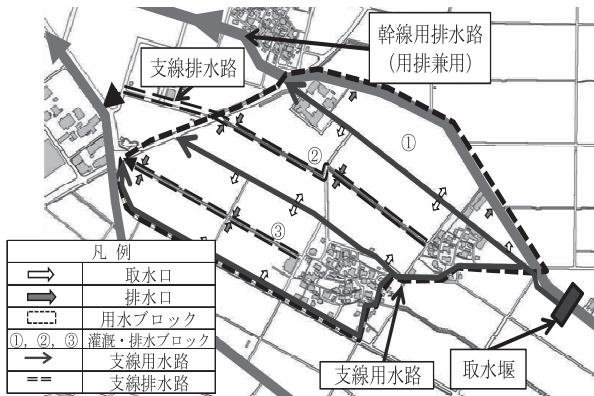


図-6 試験地区内用水ブロック11拡大図

#### 4.1.2 水路流量と減水深の測定

4-2号水路の上流部と下流部に超音波水位計が設置され(図-5, 写真-3), 1時間単位での水位が記録されている。この資料から日平均水位を算出し,  $H-Q$ カーブより日平均流量を求めた。本地区は地形勾配が大きいので, 本ブロックのように海岸に近い下流にあっても, 落差工が設置されており, バックウォーターを受けずに加え, 海岸近くまでライニングされており, 比較的高い精度で流量観測ができています。(写真-4) もちろん, 流量観測の精度は, 実測によって確認している。

試験地区内に12筆の水田を選んで一筆減水深を調査した。その結果は表-2に示すとおりで, 平均12.6mm/日となった。



写真-3 超音波水位計の設置状況



写真-4 海岸近くの幹線水路のライニング状況

表-2 対象地区内の減水深測定結果

測定地点	最上流部	上流部	中流部	下流部
地点平均減水深(mm/日)	17.5	10.2	13.5	9.3
測定箇所数(mm/日)	2	5	2	3
平均(mm/日)	12.6			

※測定期間 2011年7月5日~15日

#### 4.2 末端水田における消費水量

対象地域は, すでに述べたように, 砂礫質の扇状地の上に水田が展開しており, 透水性の小さい作土・心土の下に透水性の大きい砂礫層がある。地下水位は地表から, 海岸に近い一部の地域を除いて5~40mと深く, 大部分の水田では開放浸透を生じていると考えられる。事実, 石川県立大学農場において, 深さ0.5~1.0mの地点では地下水面が見られず, 大気圧以下の状態で浸透していることが確かめられている。したがって, 図-7に示すように, 地域全体の地下水流動は, 水田からの浸透を受けているが, 圧力的には不連続であると考えられる。このようなところでは, 消費される水量は, 単純に減水深(蒸発散量+浸透量)と考えてよい。このような前提に立つと末端水田では各水田(ブロック)ごとに次の水収支式が成立するものと考えられる。ただし, 貯留量変化を無視し, 田面水位が欠口敷高を超えた場合には, その日の内にすべて流出するものとした。

$$(Q_{in}+R) - (Q_{out}+ET+P) = \Delta S \quad (1)$$

定常状態では  $\Delta S = 0$  とみなせるので, 次式が得られる。

$$Q_{out} = Q_{in} + R - ET - P \quad (2)$$

ここに,  $Q_{out}$ : ブロックからの還元水量,  $Q_{in}$ : ブロックの取水量,  $R$ : ブロック内への降水量,  $ET$ : ブロックからの蒸発散量,  $P$ : ブロックからの浸透量,  $\Delta S$ : 湛水深変化量。

(1)式で表現される灌漑水量や還元水量を基本に, 多数の灌漑ブロック, 排水ブロックが複雑に組み合わさった実際の水田地域の用水の反復利用の解析を行う。具体的には(1)式を用い, 灌漑ブロックごとに日々の還元量を求めた。各灌漑ブロックの取水量は各取水堰掛の用水ブロック面積に比例して配分した。また, 浸透量には減水深12.6mm/日からペンマン式²⁾によって算出した蒸発散量の期間平均値4.67mm/日を差し引いた7.93mm/日を用いた。その上で日々計算した蒸発散量を加えて日々の減水深とした。

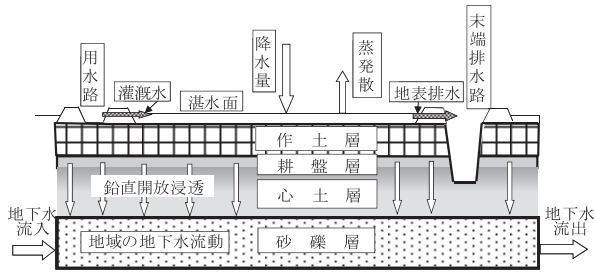


図-7 本地域における水田用水の消費と地下水涵養

4-2号水路(図-5)では、最上流の取水量から各堰での取水量(灌漑水量)を差引き、その堰直上流の還元水量を加え、各日の下流地点の計算流量とした。ただし、本地区内の、白山頭首工地点から日本海までの用水流下時間は2~3時間程度と推定される。したがって、日単位で計算される本研究では、用水到達の遅れ時間は考慮せず、(1)式のみによって日単位で解析を進めた。

### 5. 分析結果

以上の方法によって、対象地域の日単位の還元水量(反復利用可能量)計算を行い、その状況を2008年の灌漑期間について示した。(図-8)この資料は、上流からの取水量に実測流量を与え、灌漑ブロックの面積を使って降水量と減水深を流量に換算し、これを差し引き、さらに途中の還元水量を加えて、本対象地域下流の還元水量を求めた。ただし、本地区では排水路を作土層の高さまでライニングしていることもあり、畦畔の横浸透はほとんど無視できることを確認している。図-8から明らかなように、下流地点流量の実測値と計算値は相対誤差26%、絶対誤差0.050m³/sとなり、これは取水量平均0.45m³/sの約11%であり、よく一致し、ここに提案した反復利用の分析方法の妥当性が検証できた。

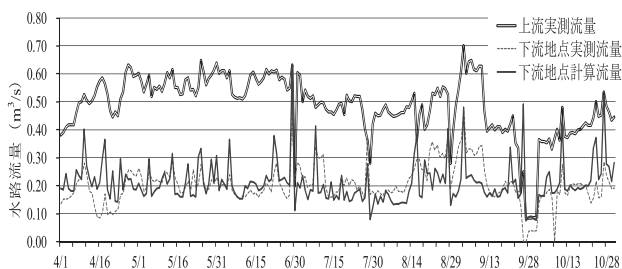


図-8 4-2号水路下流地点流量の実測値と計算値の比較(2008)

なお、本試験地域の幹線用水路、取水堰の個数、灌漑ブロック、幹線排水路、排水先の堰、排水ブロックは表-3に示した通りである。用水システム欄の数字の第1は幹線用水路の番号、第2は取水堰の番号(図-5の用水ブロックと同一)、第3は灌漑ブロックの番号を示す。また、灌漑ブロック欄は灌漑面積(a)

を表し、排水システムの数字の第1は幹線排水路の番号、第2番目は還元水(排水)直下流の取水堰の番号を示す。

表-3 試験地の幹線用水路、取水堰、灌漑ブロック面積(a)、排水先の堰、幹線排水路

番号	用水システム	灌漑ブロック	排水システム	備考
1	42-2-1	453.4	42-4	
2	42-2-2	144.6	42-8	
3	42-2-3	1,059.3	45-11	他
4	42-2-4	423.4	45-11	他
5	42-3-1	321.9	42-5	
6	42-3-2	165.0	44-8	他
7	42-3-3	224.9	44-7	他
8	42-3-4	382.6	44-3	他
9	42-4-1	84.1	42-5	
10	42-4-2	299.8	42-8	
11	42-4-3	744.7	44-8	他
12	42-5-1	329.9	48-1	他
13	42-5-2	308.5	48-1	他
14	42-6-1	155.7	42-9	
15	42-6-2	211.0	42-8	
16	42-6-3	305.9	45-9	他
17	42-7-1	100.6	42-9	
18	42-7-2	32.6	42-8	
19	42-7-3	113.5	44-8	他
20	42-7-4	241.8	42-12	
21	42-7-5	229.6	42-9	
22	42-7-6	26.0	42-8	
23	42-7-7	91.5	48-2	他
24	42-8-1	132.2	42-12	
25	42-8-2	2,032.3	44-15	他
26	42-9-1	71.0	42-16	
27	42-9-2	269.5	42-12	
28	42-9-3	8.5	42-11	
29	42-10-1	203.5	42-11	
30	42-10-2	51.4	44-15	他
31	42-11-1	420.3	42-14	
32	42-11-2	910.8	44-15	他
33	42-11-3	820.5	44-15	他
34	42-12-1	608.3	42-16	
35	42-12-2	340.9	42-15	
36	42-13-1	340.1	42-16	
37	42-13-2	264.8	42-16	
38	42-13-3	191.4	42-15	
39	42-14-1	253.0	42-16	
40	42-14-2	359.6	44-15	他
41	42-15-1	220.8	42-16	
42	42-15-2	134.0	44-15	他
43	48-3-1	264.8	42-16	
44	48-3-2	70.0	42-12	
45	48-4-1	50.1	42-16	
46	48-5-1	1,070.5	42-16	
47	48-5-2	396.0	42-13	
48	48-6-1	1,264.3	42-16	
49	48-6-2	724.8	42-15	
合計		17,923.7		

※他：他の幹線への排水

### 6. 用水全体の還元率算定

#### 6.1 用水系および排水系の資料

次に、七ヶ用水全体の還元率の算定を行う。この分析を行うには幹線水路の受益面積、幹線水路上の堰の位置と数、灌漑ブロックの位置と面積などの詳細な資料が必要であるが、これは七ヶ用水土地改良区から提供を受けた。

この資料の要約を表-4に示す。この表に示したように、幹線水路を28に分割し、日本海に直接流出する水路29と、都市化等により受益面積が無くなった地区に30の番号を割り当てた。実際の幹線水路の番号は、七ヶ用水土地改良区が通常使用している番号(同



表B欄)を使った。例えば幹線水路11は当該土地改良区では、1-1号幹線を示す。各幹線水路の堰の数をC欄に示した。前述のように、堰の数は全体で464個となった。また、各堰によって灌漑されるブロック(排水ブロックと同数)をD欄に示した。全体でブロック数は1,100にのぼった。ブロックの平均面積は、約5.9haとなった。

表-4 対象地区の用排水組織基礎資料

番号	幹線水路番号	堰の数	ブロック数	灌漑面積	
				幹線取水水量 (m ³ /s)	(ha)
A	B	C	D	E	F
1	0	3	34	0.785	176
2	2	13	29	0.773	173
3	11	33	50	1.121	251
4	12	34	66	1.276	285
5	13	20	51	1.396	312
6	21	21	61	1.478	331
7	22	35	95	1.848	414
8	23	11	33	0.966	216
9	24	4	13	0.581	130
10	31	9	26	1.000	224
11	32	18	45	0.776	174
12	33	14	18	0.291	65
13	34	15	42	1.214	272
14	35	20	39	0.802	180
15	41	12	26	0.925	207
16	42	17	44	0.848	190
17	43	17	44	1.280	286
18	44	14	26	0.647	145
19	45	13	25	0.578	129
20	46	13	50	0.799	179
21	48	11	29	0.951	213
22	51	30	73	2.308	516
23	52	4	12	0.301	67
24	53	7	25	0.825	185
25	61	26	67	2.867	641
26	71	15	21	0.446	100
27	72	16	26	0.845	189
28	73	19	30	1.146	257
29	81	日本海に流出			
30	91	受益面積なし			
合計		464	1,100	29.073	6,505
平均				1.038	232

また、幹線水路ごとの普通期の水利権水量は同表E欄に示した通りで、全量では29.07m³/s、平均1.038m³/sとなった。堰ごとの灌漑面積も全体では、6,505ha、平均14haとなった。なお、水利権水量は、水田転作を考慮していないので、本解析も同様とした。

## 6.2 減水深資料

減水深は、七ヶ用水内の12か所の25筆の水田において、村島³⁾により、週2~5日、朝夕2回測定された。場所による差が明確でなかったため、平均値15.9mm/日を全域に適用した。

## 6.3 分析結果と考察

分析した全域の還元状況を表-5に示した。この表に示されるように、幹線水路によって流入する還元水量に大きな差がある。

全域還元水量とはこの路線全体に対する還元水量を

表-5 幹線水路別用水の還元状況(水利権水量の場合)

幹線水路 番号	の取水量 (m ³ /s)	還元水量(m ³ /s)				還元率(%)		
		全域	地区内	地区外	全域	地区内	地区外	
		A	B	C	D	B/A	C/A	D/A
1	0.785	0.000	0.000	0.000	0	0	0	
2	0.773	0.099	0.099	0.000	13	13	0	
3	1.121	0.000	0.000	0.000	0	0	0	
4	1.276	0.627	0.514	0.113	49	40	9	
5	1.396	0.934	0.493	0.441	67	35	32	
6	1.478	0.408	0.408	0.000	28	28	0	
7	1.848	0.841	0.534	0.307	46	29	17	
8	0.966	0.814	0.700	0.114	84	72	12	
9	0.581	0.150	0.134	0.016	26	23	3	
10	1.000	0.538	0.538	0.000	54	54	0	
11	0.776	0.670	0.122	0.548	86	16	71	
12	0.291	0.310	0.310	0.000	107	107	0	
13	1.214	1.318	0.455	0.863	109	37	71	
14	0.802	0.446	0.226	0.220	56	28	27	
15	0.925	0.156	0.156	0.000	17	17	0	
16	0.848	0.533	0.382	0.151	63	45	18	
17	1.280	0.823	0.796	0.027	64	62	2	
18	0.647	0.383	0.198	0.185	59	31	29	
19	0.578	0.750	0.539	0.211	130	93	37	
20	0.799	0.225	0.078	0.146	28	10	18	
21	0.951	0.185	0.146	0.039	19	15	4	
22	2.308	1.113	0.911	0.201	48	39	9	
23	0.301	0.346	0.346	0.000	115	115	0	
24	0.825	1.641	0.417	1.224	199	51	148	
25	2.867	0.425	0.425	0.000	15	15	0	
26	0.446	0.195	0.195	0.000	44	44	0	
27	0.845	0.953	0.345	0.608	113	41	72	
28	1.146	0.697	0.149	0.548	61	13	48	
29		0.901	0.000	0.901				
30		0.626	0.000	0.626				
合計	29.073	17.107	9.616	7.489	59	33	26	

示し、地区内還元水量とは最下流の堰より上流に還元され、用水として再利用が可能な水量を示す。地区外還元水量とは最下流の堰よりさらに下流に排水され、反復利用できない還元水量を示す。また、還元率とは各路線全体で取水される水量(取水量)に対する各路線に還元された水量の合計(還元水量)の割合を示す。この表から明らかなように、29.07m³/sの取水量に対して、全体の還元水量は、17.1m³/sとなり、この差は減水深で、深部浸透して地下水となり、あるいは蒸発散として失われる。取水量に対する全体の還元率は59%である。このうち地区内の還元率は33%、地区外の還元率は26%となった。

幹線水路ごとの反復利用状況を明らかにするため、還元率を20%刻みにして、図-9に全域に対する還元率(B/A)を示し、反復利用が可能な状況を判断するため、地区内還元率(C/A)を図-10に示した。

全域に対する還元率が100%以上ある幹線水路に注目してみる。この水路はNo.12, 13, 19, 23, 24, 27である。

還元率20%以下の幹線水路は、No.1, 2, 3などの山麓や最上流の路線、およびNo.15, 21, 25の路線である。後者の路線は周囲に対して微高地に当たり還元水量の期待できない路線と考えられる。

これに対し、再利用可能な地区内還元率は、全域の場合よりも当然低くなるが、傾向はかなり似通っている。還元率20%以下の路線は増加し、No.11, 20, 28

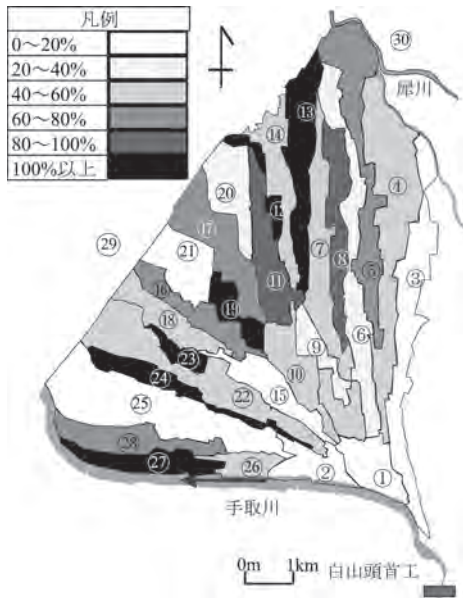


図-9 全域に対する幹線水路ごとの還元率

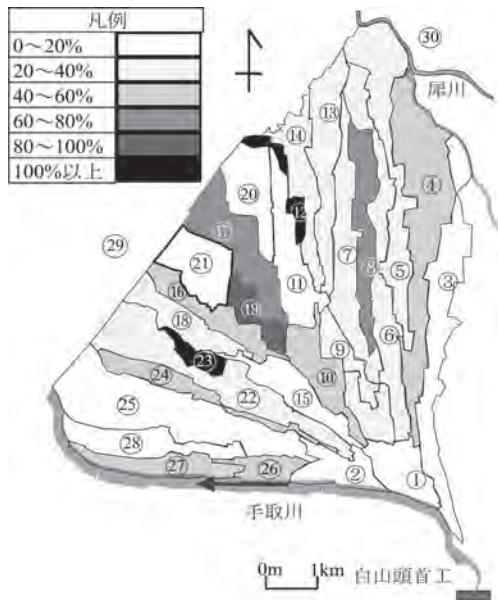


図-10 幹線水路ごとの地区内還元率(反復利用可能割合)

が加わる。100%以上の路線は大幅に減少している。しかしNo.12, 23は依然として100%以上の還元率を保っている。

このように、地区内還元率は場所によって大きな差があり、0%から115%までと大きく変動している。これは用水管理を検討する際の重要な情報と考える。

## 7. まとめ

本研究は、用排水幹線を仲介とした水田用水の還元水を分析し、手取川扇状地、七ヶ用水地区に適用した結果を述べたものである。手取川扇状地では、北陸地方特有の急勾配地形と砂礫質土壌に特徴づけられ、幹線水路を利用した独特の水田用水反復利用の体系をとっている。まず、この扇状地内に展開する約179haの試験流域を選定し、用水の反復利用の実態を分析し、

実測結果と照合して分析方法の妥当性を検証した。その結果複雑な用排水系統からなる用排水ブロックから形成されている水田地域に対して、用水による還元水の分析方法を提案し、その妥当性・有効性を実測資料により確認した。

次に、七ヶ用水地区全体に適用した結果、普通期の水利権水量  $29.07\text{m}^3/\text{s}$  の場合、地区全体の還元水量の割合は、取水量の59%、このうち反復利用可能水量は33%、残りの26%は最下流の堰より下流に流出して、反復利用が不可能なことが見出された。

この状況は、幹線水路によって大きな差があり、全く還元水が期待できない水路から、還元水量が取水量よりも多いものまで見られた。一般に山麓部の幹線水路では還元水量が期待できないのに対し、下流部の周囲より低地の水田ブロックでは100%以上の還元水量が期待できることが推定された。

本方法は、消費水量が減水深であることを前提としているが、ブロックごとの減水深の還元割合が別途算定できればどのような地区でも適用できると考える。また、本研究は、事例として、水利権水量を取水した場合を検討しているが、実際の取水量の場合、各堰での取水量が異なった場合など、実態に合わせた条件で分析を重ねることにより、より有用な水管理のための情報が得られる。

## 謝辞

本研究は地球温暖化を前提とした手取川扇状地における「農業用水を核とした健全な水循環に関する研究」の一環として行ったものであり、共同研究者の各位には有益な助言をいただいた。また、資料の提供や調査にあたっては、手取川七ヶ用水土地改良区、石川県農林水産部には大変お世話になった。ここに、記して感謝の意を表したい。

## 【引用文献】

- 1) 北陸農政局統計部 (2006) : 石川県農林水産統計年報 (農林編) 平成16-平成17年, 12-13.
- 2) 農業土木学会 (2000) : 農業土木ハンドブック改訂六版 本篇, 191-192.
- 3) 村島和男 (2012) : 農業用水を核とした健全な水循環 第3章9節, 石川県立大学出版会, 87-91.
- 4) 吉田匡 丸山利輔 能登史和 高瀬恵次 瀧本裕士 (2012) : 手取川扇状地試験地における水田用水地区内還元水の分析, 農業農村工学会論文集, No.282, 35-42.
- 5) 吉田匡 丸山利輔 高瀬恵次 能登史和 瀧本裕士 (2013) : 水田用水の昇順方式による新しい還元水分析法の提案と適用, 農業農村工学会論文集, No.284, 31-38.

# 小倉幹線用水路の通水試験について

網 本 恵 介*  
(Keisuke AMIMOTO)

## 目 次

1. はじめに	43	5. 試験区間の設定と充水手順	46
2. 佐渡農業水利事業	43	6. 通水試験の実施	47
3. 小倉幹線用水路	44	7. 漏水等への対応	48
4. 通水試験計画基本事項	45	8. おわりに	48

## 1. はじめに

佐渡島は新潟県の西部、日本海に浮かぶ周囲約260kmの離島である。平成16年に市町村合併し、現在は全島が佐渡市となっている。本報文では、島中央に位置する国仲平野に小倉ダムからの水を供給する小倉幹線用水路の通水試験計画及び実施内容について報告する。

## 2. 佐渡農業水利事業

### (1) 事業の目的

本地域では、水田に必要なかんがい用水は中小河川や溜池に依存しているが、十分な水量を確保することが難しく、不安定な農業経営を余儀なくされている。

また、畑地においては、かんがい施設が整備されておらず、その水源を天水等に依存しているという現状がある。

一方、佐渡島最大の穀倉地帯である国仲平野では、地形が平坦である上に田面標高も低く、常襲的な湛水地帯となっていた。

こういった背景を踏まえ、国営佐渡農業水利事業は水田の用水不足の解消と新たな畑地かんがい用水の水源を確保するため、新たにダムを築造し、新設する幹線用水路により水田への用水補給と畑地かんがい用水の供給を行うとともに、国仲平野における湛水被害解消のために、基幹排水施設の能力を高めることを目的としている。(図-1)

### (2) 受益面積

#### ①事業目的別受益面積

・用水改良	A=2,303ha
・排水改良	A=1,300(456)ha
※ ( ) は用水改良との重複	
・畑地かんがい	A= 249ha
計	A=3,396ha
②土地利用区分別受益面積	
・水田	A=3,147ha
・普通畑	A= 70ha
・果樹園	A= 179ha
計	A=3,396ha



図-1 佐渡農業水利事業概要図

*現農林水産省農村振興局整備部農村整備官付  
(Tel. 03-6744-2200)  
(前)北陸農政局佐渡農業水利事業所外山支所

### (3) 事業内容

【一期事業】 工期：平成3年度～平成24年度

○小倉ダム（中心遮水ゾーン型ロックフィルダム）（写真-1）

堤高64.0m, 堤長236.0m, 堤体積1,014千 $m^3$  総貯水量4,450千 $m^3$ , 有効貯水量4,200千 $m^3$

○外山ダム（重力式コンクリートダム [一部フィルの複合ダム]）

堤高46.1m, 堤長161.0 [20.0] m, 堤体積71 [10] 千 $m^3$

総貯水量2,600千 $m^3$ , 有効貯水量2,250千 $m^3$

（[ ] はフィル部）

○水管理施設 一式



写真-1 小倉ダム

【二期事業】 工期：平成7年度～平成25年度

○小倉川頭首工（フローティングタイプ）

堤高1.6m, 堤長24.6m, 取水量0.68 $m^3/s$ （左岸）, 0.65 $m^3/s$ （右岸）

○小倉幹線用水路（パイプライン）

DCIP  $\phi$  800～1,000mm L=16.6km

○外山幹線用水路（パイプライン）

DCIP  $\phi$  800mm L=10.9km

○外山2号幹線用水路（パイプライン）



写真-2 金井排水機場

DCIP  $\phi$  500～700mm L=4.5km

○排水機場 4箇所

（国仲, 皆川, 中興及び金井（写真-2））

○排水路 4路線

（国仲, 皆川, 中興及び金井）

○水管理施設 一式

### 3. 小倉幹線用水路

#### (1) 通水試験の目的と経緯

小倉幹線用水路は小倉ダムを水源とする国営区間16.6kmのパイプライン用水路であり、平成22年11月に全線が完成した。実際の供用を見据え、パイプライン及び付帯施設等からの漏水がないことを、また施設の操作性も確認する必要があるため、平成21年3月にダム取水口から調圧水槽までのL=0.3kmの区間を、平成22年12月からは全線の通水試験を順次行ってきた。（図-2）

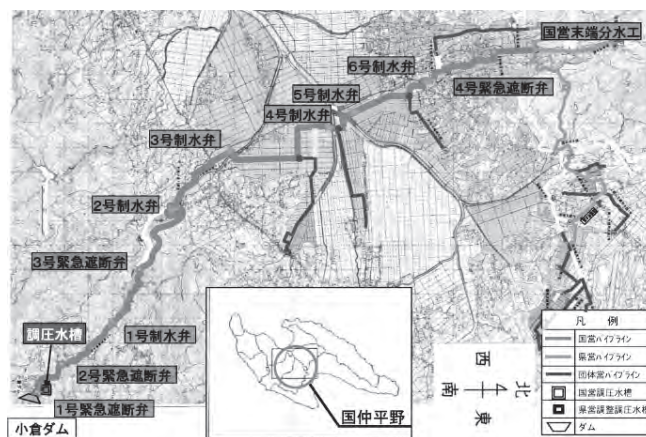


図-2 小倉幹線用水路平面図

#### (2) 施設の概要と特徴

ダム直下に調圧水槽を配し、調圧水槽地点の静水位FWL=190.325mによって国見平という山を越え、最低位部の国仲平野へ駆け下る。そして再び対岸の山腹を駆け上がり国営末端分水工まで到達する、大小二つのお椀をつなげたような縦断線形を持つセミクロズドタイプのパイプラインである。（表-1, 図-3）

表-1 小倉幹線用水路諸元

かんがい面積	1,025 (ha)
計画最大流量	0.96 ( $m^3/s$ )
延長	16.6 (km)
構造	管水路(鋼管) セミクロズドタイプ
管径	$\phi$ 800～ $\phi$ 1,000 (mm)
制水弁	6基
緊急遮断弁	4基
分水工	6箇所
主要構造物	調圧水槽1ヶ所

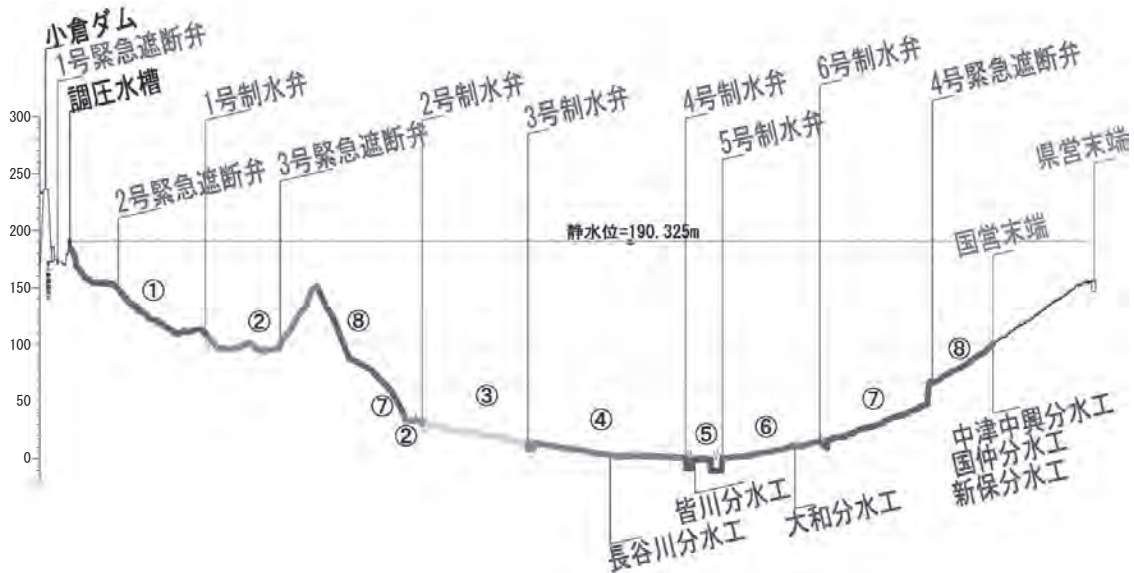


図-3 小倉幹線用水路縦断面図

国仲平野の最低位部では管心標高が海拔以下になり、静水頭が190mを越える「超」高压パイプラインである。「土地改良事業計画設計基準 設計パイプライン」の適用水圧100mを超過しているため、設計基準を基本とし、安全性に留意した応用設計が行われている。

#### 4. 通水試験計画基本事項

##### (1) 注水量

注水量は明確に定められていないが、過大な注水量での試験は空気の混入を招き、思わぬ事故を引き起こす危険性があるため、一般に計画最大流量の1/5～1/10とされている。他地区事例等の収集結果によると、過去の通水試験では安全性を考慮して計画流量の1/10よりも少ない注水量を採用している事例が多かった。

小倉幹線用水路は高压パイプラインであることを考慮し、本通水試験における注水量は、計画流量(0.96m³/s)の1/20(0.045m³/s)を基本とする。何度か作業を繰り返し、試験要員の作業への習熟度が高まったと判断出来た後は、試験の効率化のために、安全に最大限の配慮をしながら流量を徐々に計画最大流量の1/10まで上げることとした。

##### (2) 充水方法

管内への充水作業については、下記事項を基本とする。

- ①異常事態が発生した際の迅速な対応を考慮し、雨天時をなるべく避け、日中に行う。
- ②充水作業前に、下流管路への濁水流下を防止するための排泥作業を順次行う。排泥による流水が設計流量及び設計流速を超えないように排泥弁を中間開度にして使用する。
- ③排泥作業完了後、管内を充水する。なお、排泥弁からの排水の濁りがなくなることをもって、排泥が完了されたと判断する。

④充水作業中は、安全のために空気弁などの各施設を巡回・確認しながら作業を進める。

⑤充水作業完了後、漏水がないか目視確認を行い、制水弁及び排泥弁等の動作確認を行う。

##### (3) 漏水試験(水張り試験)

静水圧を試験水圧とし、管路内に充水した後に漏水量を測定し、許容限度内にあるかどうかを確認するために行う試験である。

漏水量の観測は、管体及び継手部への吸水と残留空気を排除するために、管内への充水完了後、少なくとも24時間が経過してから行う。

「許容漏水量」は「土地改良事業計画設計基準・設計パイプライン」で規定されている許容漏水量に基づいて、24時間当たり、管路延長1km当たり、管径1cm当たりについて算出する。(表-2)

表-2 許容漏水量

管種	許容漏水量(Q)	備考
コンクリート管類	100~150	ソケットタイプ
ダクタイル鋳鉄管、硬質ポリ塩化ビニル管、強化プラスチック複合管	50~100	ソケットタイプ等
鋼管、ポリエチレン管	25	溶接、接着継手等

漏水量の確認方法としては以下の二つが挙げられる。

##### ①調圧水槽の減水深から換算

まず、測定対象区間の上流側の全ての制水弁を開、下流側の制水弁を全閉にした状態で充水し、直後の調圧水槽の水位を測定する(初期値)。そして一定時間(本試験では24時間とした)経過後の水位を再測定し、その水位差に水槽の底面積をかけて漏水量を測定する方法である。(図-4)

この方法の場合、対象区間より上流の区間全ての漏水量を控除する必要があるため、それらが既知であることが条件となるが、測定の精度は高いと考えられる。

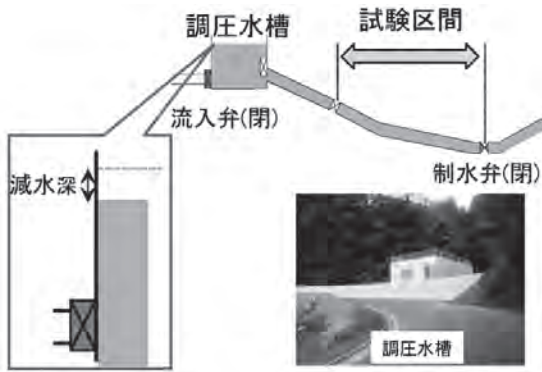


図-4 漏水量測定方法（減水深からの換算）

実際に試験を行うと、充水直後は管の中の水がバネの様に動く揺り戻し現象が長時間発生し、それに伴って調圧水槽の水位もしばらく安定しないことが判明した。漏水試験の精度を向上させるため、初期値は充水後24時間経過した時の値とした。

② 圧力計を設置して換算

本試験のために制水弁及び緊急遮断弁の前後にある空気弁に圧力計を設置した。これは、充水作業及び漏水試験中の水の挙動を把握するためのものである。(図-5) 圧力計の規格(最大測定値)によるが、概ね0.01MPa単位で数値を読み取ることができるため、水面高さを約1m単位で推定することができ、図面と合わせれば自由水面位置をかなり正確に把握することが出来た。

測定方法としては、①と同様で、一定時間経過後の圧力計の値の差から水面位置がどの程度変化したかを求めてどの程度の漏水があったかが推定出来る

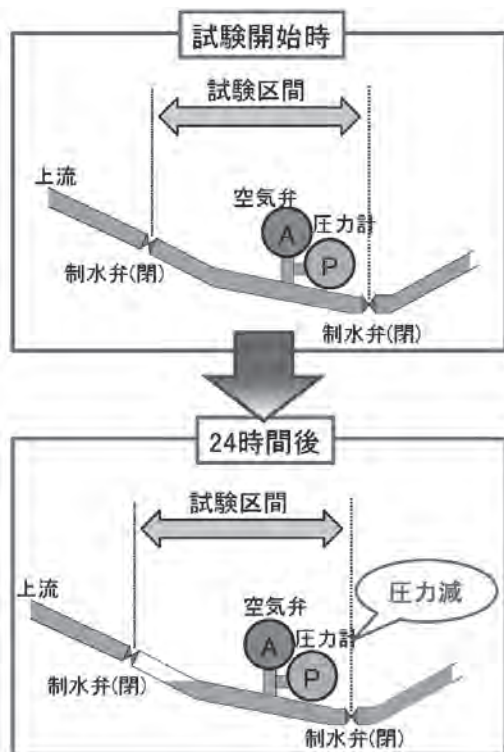


図-5 漏水量測定方法（圧力計による測定）

というものである。

しかし、実際に試験を行うと、この方法での測定が困難であることが判明した。図-5のようにある区間の前後の制水弁を閉めて密閉した状態で試験を行うと、混入していた空気と、空気に連行されて水が空気弁から徐々に排出され、管内の圧力が低下し、空気弁のフロートが下がる現象（一見、漏水があるように見える）が起きた。

また、空気弁のフロート弁体は一定以上の圧力がかからないとフロートがケースに密着せず、微量な漏水を生じることがある。また、砂などの微細なゴミを噛むと、やはり漏水を生じるケースも少なくなかった。

そのため、特に縦断線形が水平に近い最低位部周辺（区間内に自由水面が生じた場合、空気弁に水圧がかかりにくい）ではこの方法を用いての漏水量測定は困難であり、①の方法を用いることで解決した。

5. 試験区間の設定と充水手順

(1) 充水方法と試験区間の設定

管内への充水方法については、図-6のように「(a) 管路の上流区間から充水する方法」と、「(b) 管路の最低部から充水する方法」が考えられる。

充水方法 (a), (b) の適用にあたって一般的な優劣はないと考えられるが、

① (a) の充水方法を採用した場合、閉鎖した制水弁の片側のみ高圧が作用し、通常供用時とは大きく相違した圧力状態になる可能性がある。施設へ

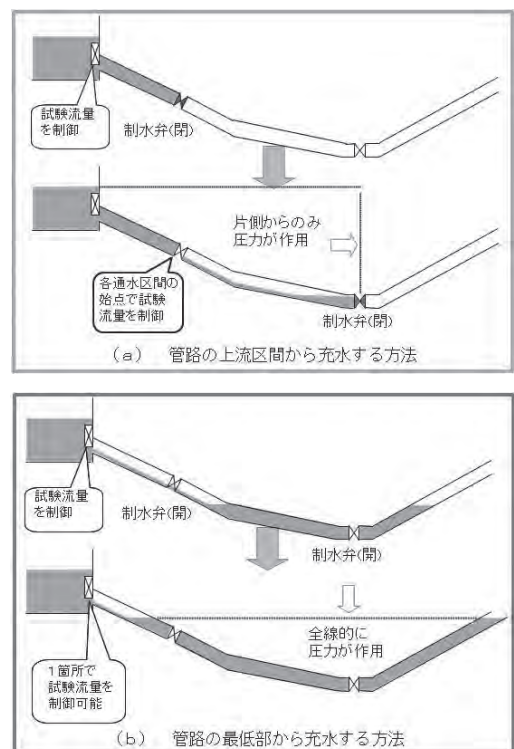


図-6 管内への充水方法

の影響を最小限にするため、通水時と異なる大きな負荷をかけることは極力避ける必要がある。

② (b) の充水方法を採用した場合には、充水範囲が広がるため、試験期間の長期化及び試験要員の分断配置による連絡の不便並びに試験要員の増員が生じる可能性がある。

以上を前提に充水方法 (a), (b) を選択的に用い、図-3のように①～⑧の試験区間を設定した。

## (2) 充水手順

試験は図-3の番号順に行い、区間①, ②下流, ③, ④, ⑤及び⑥は充水方法 (a) によって試験通水を行う。

本試験区間では、一挙に最大静水圧 190m をかけるのではなく、上流区間から順次、まず低圧で施設の安全性を確認することとした。この方法により、試験要員の分断的配置及び人数を極力少なくすることが可能となる。

また、区間②上流, ⑦及び⑧は充水方法 (b) によって試験通水を行う。

本試験計画によって、区間②下流, ③, ④, ⑤及び⑥の通水の安全性を低圧で確認した後に、区間⑦及び⑧の通水時において、徐々に最大静水圧まで加圧することが可能となる。

## 6. 通水試験の実施

ここでは図-7に示す⑧下流区間 (4号緊急遮断弁～国営末端分水工) で実施した試験について順を追って説明する。

### (1) 事前準備

まず、各施設を受け持つ人員の配置を決めた。流量調整を行う1号制水弁を担当する本部と1～3班を含め、全部で4班体制とした。各施設を施工した業者の

配置もここで合わせて決定する。

次に、表-3に示すような手順書を作成する。4号制水弁及び1号制水弁を開けてから各施設が充水されるまでの順序及び大まかな時間を計算した上で、各班が各ステップで何をするのか、それに対して本部はどういった行動を取るのか、といったマニュアルである。この他にも、配車、携行品および充水開始前のチェックリストなどを記載した物を含めて、通水試験マニュアルを作成し、それに則って試験を行った。

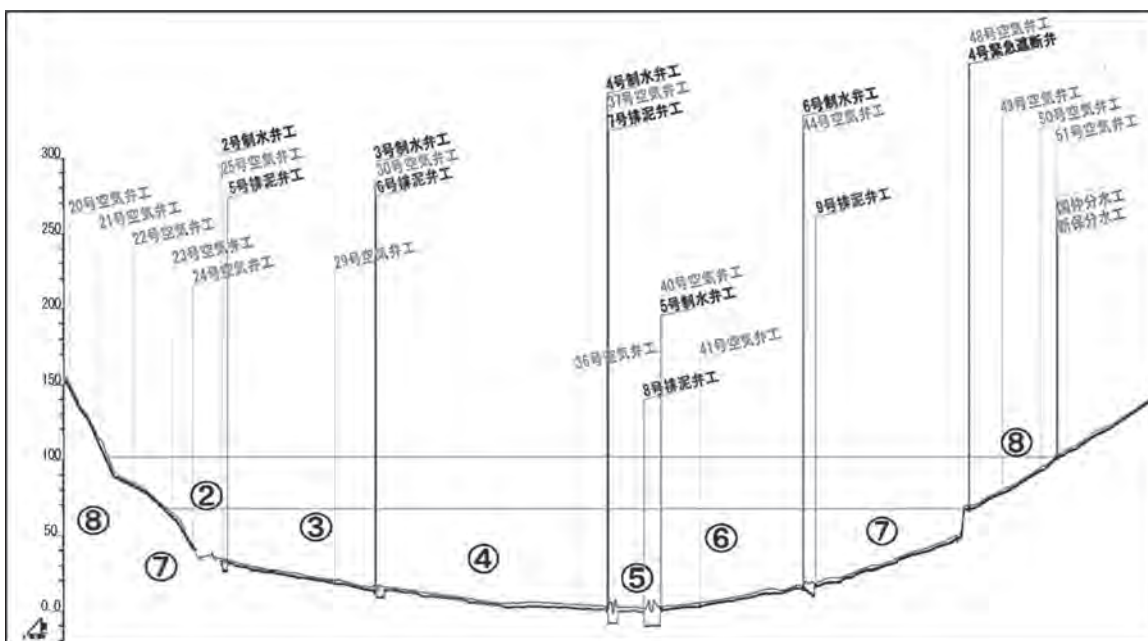
### (2) 通水試験実施

前回までの作業では、⑦区間 (両側) の充水が終わり、経過観察中の安全を図るため、4号制水弁が全閉の状態となっていた。

前回充水作業の直後に4号制水弁を閉めたため、水の揺り戻しが起こり、制水弁前後で圧力差が生じていることが想定される。まずは4号制水弁を微少開度にして、これを解消する必要がある。そして、通水音が小さくなってきたら (圧力差が解消されたと想定されたら) 利水放流バルブ室の電磁流量計を監視している者と連絡を取りながら1号制水弁を中間開度にし、注水量  $0.065\text{m}^3/\text{s}$  で通水を開始した。

その後は標高の関係からマニュアルに示すと通りの順に空気弁が充水されていくため、1班及び3班がそれらを追いながら各施設の状況を確認しながら作業を進めた。

国営末端の分水工には51号空気弁があるため、このフロートが上昇すれば末端まで充水されたことになるが、水の揺り戻し等も考慮して、山の反対側の21号空気弁 (51号より標高が高い) のフロートが上昇したのを確認し (末端までの確実な充水)、作業を終了した。なお、4号緊急遮断弁は開閉操作が容易ではな



く、⑧下流区間を密閉することができないため、6号制水弁を全閉にした。

### (3) 事後監視

通水試験の翌日から次の区間の通水試験の日まで、対象区間の各施設の事後確認を行った。弁室内の漏水、空気弁のフロートからの漏水、排泥升の水位の変化などをチェックして、⑧下流区間の各施設の挙動が安定していることを確認した。

なお、この状態は低圧状態でのチェックとなる。残る⑧上流区間を充水して初めて、この区間に設計静水圧がかかるため、上述の漏水試験は全線充水後のステップとなる。

## 7. 漏水等への対応

上記で報告した⑧下流区間以外の区間での作業中に漏水が確認された事例もあるため、その場合の対応について触れておく。

写真-3で示した漏水は空気弁で起きたものであり、充水作業中に（低圧状態で）漏水が確認された。直ちに上流側の制水弁を全閉にして、通水試験を中断した。その後、空気弁より下流の排泥弁を全開にし、水中ポンプやエンジンポンプを利用して管内の水を速やかに排水した。

原因を検討したところ、フランジ部のボルトの締め付けトルクが不足していることが分かった。補修としてはボルトを締め直すだけでなく、パッキンの劣化等も考えられるので新たなものを取り寄せて交換することとした。このため、この区間の通水試験は大幅に遅れるこ



写真-3 漏水状況

ととなったが、問題が発生した場合は、原因を徹底的に究明し、細心の注意を払って補修を行ってきた。

## 8. おわりに

本稿では、小倉幹線用水路の通水試験計画の概要並びに実施状況について報告した。

本パイプラインは主に農道下に埋設されており、農作業の邪魔になるため、かんがい期には充水及び確認の作業ができない。また、前述のような漏水事案も見受けられたため、当初の予定より遅れての通水開始となった。

平成24年5月からは県営の一部の路線が供用し、送水を開始した。平成25年度からは国営末端の分水工から河川への注水が始まる。本稿が掲載される頃には小倉幹線用水路が本格的に機能し、佐渡の農地を潤していることと思う。

表-3 試験手順書

＜充水区間⑧：4号緊急遮断弁～国営末端＞ 実施手順・連絡体制			（左側）制水弁～	
⑧区間下流の充水				
集合 (8:45)	現地作業班 佐渡農業水利事業所大会議室 (3F) に集合、資料配布等 → 9:00 各自が担当箇所へ移動 →		左に同じ	
充水開始 (10:00)	2班	4号制水弁 本弁 (バタフライ弁) 全開→中間開度 (各班にメール送信) 開度12% (20分間)	受:各班からの準備完了の報告 → 全班に準備完了を確認した上で、充水開始 各班に漏水開始を連絡	
⑧	本部	1号制水弁 本弁 (バタフライ弁) 全開→中間開度 試験流量は0.05m ³ /s、17回転程度 (開度10%) ※「漏水開始」を確認し各班にメール送信	左に同じ	
⑧	3班	40号空気弁	受:漏水状況等の報告を受ける (周知)	
⑧	1班	22号空気弁	受:漏水状況等の報告を受ける (周知)	
⑧	3班	50号空気弁	受:漏水状況等の報告を受ける (周知)	
⑧	3班	中津中継分水工空気弁	受:漏水状況等の報告を受ける (周知)	
		51号空気弁	受:漏水状況等の報告を受ける (周知)	
		各分水工	受:漏水状況等の報告を受ける (周知)	
⑧	1班	23号空気弁 漏水・漏水確認、適正状況を本部へ報告	受:漏水状況等の報告をうける (周知)	
充水終了 (14:30)	本部	1号制水弁 本弁 (バタフライ弁) 全開→全閉 ※各班に「1号制水弁の全閉」を電話、メール送信	受:漏水状況等の報告をうける (周知) 1号制水弁の操作 (全開)→4号制水弁 (全開) の操作指示 左に同じ	
	2班	4号制水弁 本弁 (バタフライ弁) 全開→全閉 ※各班に「4号制水弁の全閉」を電話、メール送信 25号空気弁圧力計を記録 27号空気弁圧力計を記録	各班の作業を確認	
	1班	2号制水弁 本弁 (バタフライ弁) 全開→全閉 24号空気弁圧力計を記録 25号空気弁圧力計を記録	各班の作業を確認	
		3号制水弁 本弁 (バタフライ弁) 全開→全閉 29号空気弁圧力計を記録 30号空気弁圧力計を記録	各班の作業を確認	
	3班	40号空気弁圧力計を記録 41号空気弁圧力計を記録 43号空気弁圧力計を記録 45号空気弁圧力計を記録	各班の作業を確認	
解散 (15:00)	各班は本部の確認を受けた上で解散とする		左に同じ	



# 巨玉石混じり砂礫層でのシールドトンネル掘削と環境配慮の結果について

深 谷 康*  
(Yasushi FUKAYA)

## 目 次

1. はじめに .....	49	5. 分級設備の概要 .....	51
2. 1号サイホン建設工事の概要 .....	49	6. 分級結果 .....	51
3. シールドトンネル掘削土の処理 .....	50	7. 考察 .....	52
4. 掘削土の分級方法 .....	50	8. まとめ .....	52

### 1. はじめに

国営総合農地防災事業「新濃尾地区」は、一級河川木曾川を氾濫原として発達した濃尾平野の中央部に位置し、岐阜県と愛知県にまたがる都市近郊農業地帯である。

本事業は、昭和30年代に国営濃尾用水事業で建設された農業用排水施設が40年以上経過し、集中豪雨の頻発や周辺地域の都市化など自然的及び社会的状況の変化に起因した施設の機能低下による災害を未然に防止することにより、農業生産の維持及び農業経営の安定化を図り、併せて国土の保全に資することを目的で、平成10年度から実施されている。

この事業の一環である宮田導水路は、木曾川左岸の愛知県犬山市で頭首工により取水しているが、水路周辺の宅地化が進行し、家庭雑排水が導水路内に流入

して農業用水の水質が悪化している。また、永年の流水摩耗等で水路表面の粗度係数が大きくなり、用水機能の低下が生じている状況であったため、用排分離等の改修工事を平成20年度から「新濃尾（二期）地区」として行っている。

### 2. 1号サイホン建設工事の概要

「宮田導水路1号サイホン建設工事」は、平成21年度末から平成24年度までの4ヶ年国債工事として発注され、工事規模は泥土圧式シールドトンネルが延長約2km（内径3.5m）と流入水槽（発進立坑）流出水槽（到達立坑）及び上下流の取付水路を施工するものである。（図-1、2参照）平成24年11月にシールドトンネルが貫通したので掘削土の処理結果について、報告するものである。

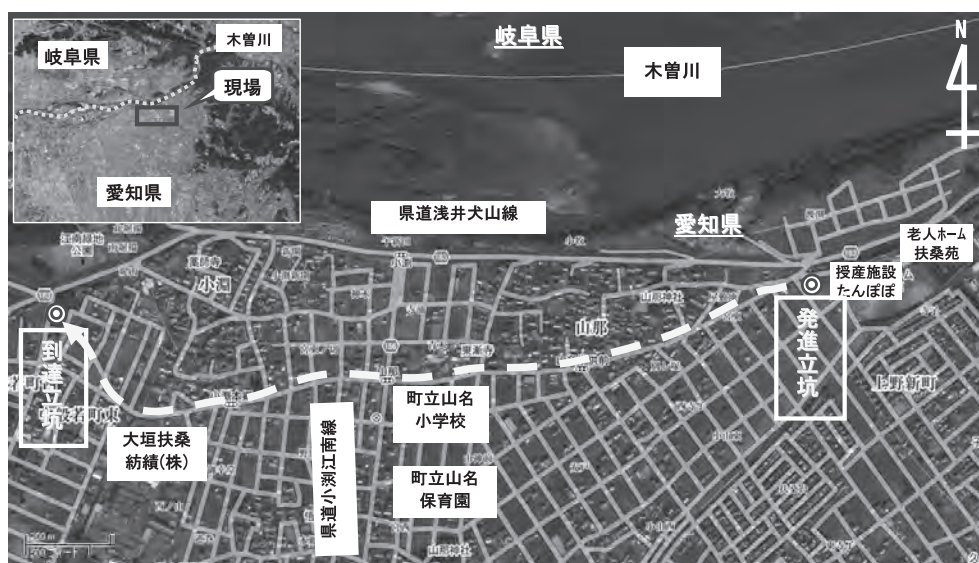


図-1 1号サイホン建設工事位置図

* 東海農政局新濃尾農地防災事業所犬山支所  
(Tel. 0568-62-6201)

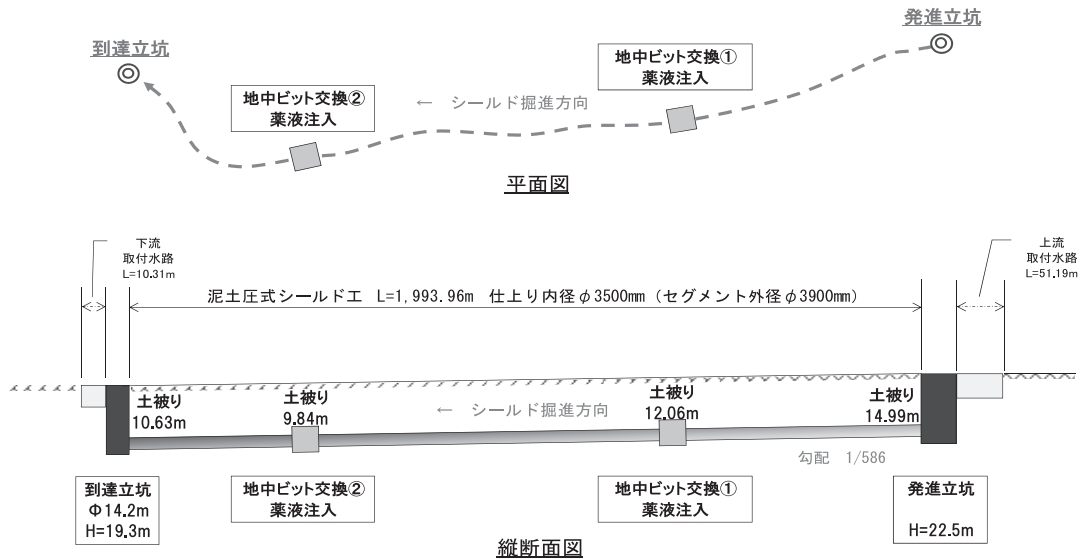


図-2 宮田導水路1号サイホン建設工事概略図

この工事区間の既設宮田導水路は、両側に民家や小学校などの公共施設が立ち並ぶ町道下に設けられており交通量も多く、既設水路を壊し排水路を併設する工事は困難なため、既設水路を排水路として利用し、その下に新たな用水路をサイホン形式で建設することとした。(図-3参照)

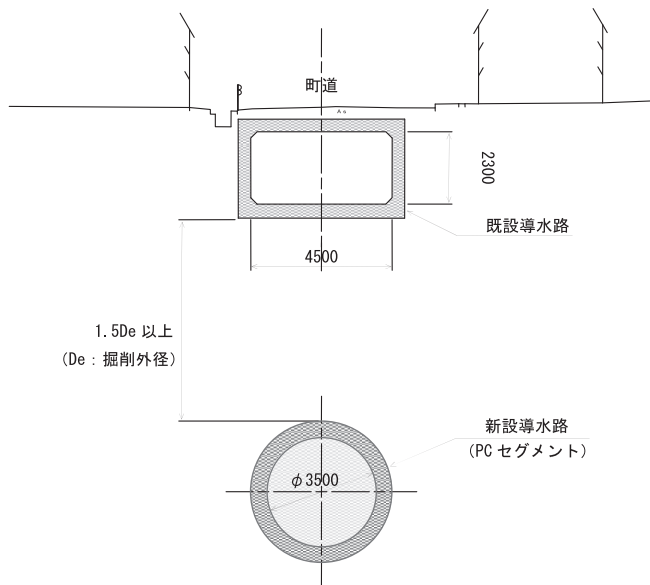


図-3 1号サイホン標準断面図

### 3. シールドトンネル掘削土の処理

工事を発注するにあたり、泥土圧式シールド工法で大量に発生する掘削土の処分について検討を行った。この工法は切羽の安定を図るために掘削土に添加材を注入して泥土化することから、通常は掘削土全てが産業廃棄物扱いとして処理される。本工事ではシールド掘削土が3万3千 $m^3$ 発生する予定で莫大な処理費が必要となる。このため、土質調査(ボーリングデータ等)から発生する掘削土の検討をしたところ、泥土の付着

した玉石・礫が大半を占めることが予想され、洗浄すれば埋め戻し材として流用が可能と判断した。

このことに関して、建設汚泥の抑制・各工事間の利用促進のための東京都の指針を参考に愛知県環境部局と産業廃棄物の減量化に取り組むことを次のとおり確認を行った。

- ①本工事区間の土質状況は、玉石混じりの砂礫であるため、洗浄分級することにより、大半を埋め戻し材へ流用することが可能であること。
- ②泥土圧式シールド工法による掘削土の処理方法については、各地方自治体により差異があるが、今回の処理方式は「東京都建設泥土リサイクル指針」(泥土圧方式による掘削土を分級処理)と同様の方式を採用すること。
- ③分級処理された掘削土の性状は、愛知県環境部局職員により確認する必要があること。

### 4. 掘削土の分級方法

本シールド工事の通過地点の土質は、玉石混じり砂礫層(ボーリング調査による)で、粒度組成は礫分65%、砂分28%、シルト・粘土分7%である。これを基に分級方法の経済性について次のケースを比較して実施した。

ケース1は、掘削土を洗浄してバックホウ(スケルトンバケット)で礫(粒径50mm以上)のみを分級して、残りを全て洗浄水と共に産業廃棄物とする方法。

ケース2は、掘削土を洗浄してバックホウ(スケルトンバケット)で礫(粒径50mm以上)を分級して、残りを更に泥水処理設備(ふるい)にかけて砂・礫(粒径50mm未満~0.075mmまで)に分級し、残りを脱水しシルト・粘土(粒径0.075mm以下)のみを産業廃棄物とし、洗浄水は循環再利用する方法。

計画時の掘削土処理費は、ケース1の場合では分級

経費 27 百万円, 産廃費 822 百万円合計 849 百万円, ケース 2 の場合では分級経費 146 百万円, 産廃費 250 百万円合計 396 百万円となった。

ケース 2 の方が設備の機械経費が高価になるが, ケース 1 の方が建設汚泥量が多くなり産廃費が高価となるため, 全体としてはケース 2 の方が安価として採用した。

### 5. 分級設備の概要

分級処理の概要は, 図-4 の分級処理設備フローのとおりで①シールド掘削土は水の入った土砂ピットに貯留され, スケルトンバケット付バックホウにより攪拌洗浄し粒径 50mm 以上の礫を分級し, ダンプトラックで搬出する。②残った泥水をポンプで汲み上げ一次分離機 (ふるい) にかき 0.075mm までの砂礫に分級し, ダンプトラックで搬出する。③更に残った泥水をスラリー槽に送り凝集剤等を混ぜ浮遊粒子を大きくし, 二

次処理機 (フィルタープレス) で脱水ケーキと水に分け, 脱水ケーキを産業廃棄物運搬車で搬出する。

なお, 脱水した水は洗浄水として再利用する。

現場に設置した分級処理設備は写真-1 に示す。

### 6. 分級結果

分級した後の礫と砂礫と脱水ケーキは写真-2 に示す。分級結果は表-1 に示すとおりとなった。発生した掘削土量の合計は, 33,420m³ で設計に対して 102% となった。その内, 産業廃棄物扱いとなったのは全体量の 20% で 6,680m³ であった。しかし, その中に薬液注入区間の 1,470m³ が含まれているので, この施設により分級された量は, 5,210m³ となる。よって, この施設で分級された割合は 16.3% となる。粒径別に実績を設計と比較すると玉石・礫 (50mm 以上) が多くなり, 砂 (0.075mm ~ 50mm 未満) が減った。粘土 (0.075mm 以下) は, ほぼ予定どおりであった。

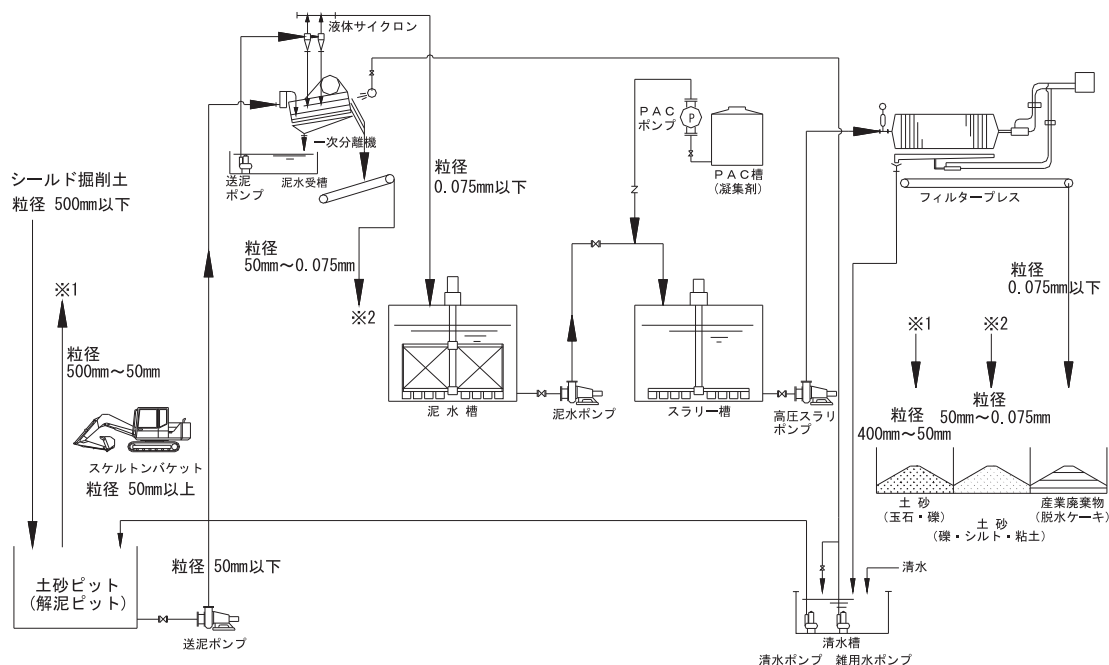
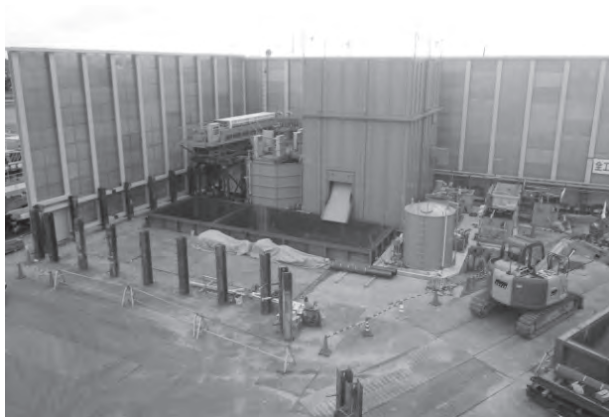


図-4 泥土圧式シールド掘削土の分級処理設備



(一次分離機とフィルタープレス)



(土砂ピット)

写真-1 分級処理施設



(玉石・礫)



(砂)



(脱水ケーキ)

写真-2 礫と砂礫と脱水ケーキの状況

表-1の搬出先に示すとおり発生掘削土の8割(26,740m³)を有効に利用できた。

表-1 シールド掘削残土 集計表

区分 粒徑	設計(A)		実績(B)		差(B-A)		搬出先期内容実績(b)	
	量 (m ³ )	割合 (%)	量 (m ³ )	割合 (%)	量 (m ³ )	割合 (%)	量 (m ³ )	搬出先
50mm以上(玉石・礫)	19,200.0	58.6	23,782.5	71.2	4,582.5	12.6	60.5	次年度以降工用仮置
							7,826.5	砕石処理場(リサイクル)
							15,955.5	市道路整備工事の盛土へ
0.075mm以上(砂)	7,840.0	23.9	2,959.0	8.8	-4,881.0	-15.1	2,959.0	砕石処理場(リサイクル)
0.074mm以下(粘土)	5,720.0	17.5	5,209.5	15.6	-510.5	-1.9	5,209.5	産業廃棄物処理(中間処理)
薬液注入区間全量			1,470.0	4.4	1,470.0	4.4	1,470.0	産業廃棄物処理(中間処理)
【合計】	32,760.0	100.0	33,421.0	100.0	661.0	0.0	33,421.0	

・設計と実績の比率 (B)/(A)= 33,421/32,760= 102%

・分級率 実績 6,679.5/33,421= 16% ⇒ただし、薬液区間は分級せずに廃棄として直接排出している。

※薬液区間を除いた分級率を求めると。

薬液区間は1.7m×16.8m×4箇所+10.5m=84.8mとなり、掘削土量は1.7×4×4.12m×4.12m×84.8m×1.3=1,470m³となる。したがって、分級率は(6,679.5-1,470)/(33,421-1,470)=5,209.5/31,951=16.3%となる。

※設計の分級率は、5,720/32,760=17.5%

砂と同じで無機質無害であり、含水比の低下や安定処理を行うことで土木等の工事材料として利用可能である。特に今回のシールドトンネル工事のように玉石・砂礫が多い場合は、一次分級が多くなり、そのまま建設工事の材料として有効利用することで環境負荷の削減効果が大きい。

この事例が、今後同様な工事実施時の参考となるようになれば、幸いです。

## 7. 考察

砂の量が減り玉石・礫の量が増えているのは、当初想定よりも巨玉石が多かったためと推定する。シールド掘進時の切羽での土質確認はしていないが、発進・到達両立坑掘削時に直径900mmを超える巨玉石が多く掘り出されたこと、当初ボーリングデータから推定した最大玉石の直径は600mmであったことから判断する。また、シールドマシンのビットの破損や摩耗量も想定よりも大きかったことから巨玉石が多かったと思われる。

その他の設計と実績の差は、掘削マシンの構造や掘進速度等が設計と多少異なっていたことによるものと判断される。

## 8. まとめ

公共事業において、経済性・安全性を確保するのは当然のことながら、環境への負荷をかけないことも必要となってきた。建設汚泥の有効利用は、逼迫する最終処分場問題があり、必要不可欠となっている。建設汚泥は、産業廃棄物法で定める「汚泥」として適正な処理が義務づけられているが、本来一般の掘削土

# 滋賀県農業水利施設アセットマネジメントの推進について

～平成23年度までの取り組みと今後の目標～

東 崇 史* 伊 藤 哲 生* 西 村 誠* 川 端 浩 司*  
 (Takashi HIGASHI) (Tetsuo ITO) (Makoto NISHIMURA) (Hiroshi KAWABATA)

## 目 次

1. はじめに ～本県の現状とアセットマネジメント推進の必要性～ ……	53	3. 滋賀県農業水利施設アセットマネジメント推進 協議会の立ち上げ（平成23年度） ……	55
2. 本県でのアセットマネジメントの取り組みの始まり ～全体計画の策定～ ……	54	4. 平成24年度から本格実施までの取り組み ……	56
		5. さいごに ……	59

### 1. はじめに

～本県の現状とアセットマネジメント推進の必要性～

本県の農業水利施設は、その多くが昭和47年から始まった琵琶湖総合開発事業により集中的に整備され、基幹から末端施設まで約13,000km（琵琶湖約55周分）にも及ぶ膨大な水路が張り巡らされ、農業生産を支える欠くことの出来ない社会資本となっている。しかし、この膨大な農業水利施設は集中した時期に更新を迎えるまとまりを持って存在し、厳しい財政状況や農家経営状況等を踏まえると、できる限り施設を長寿命化させる効率的で公平性・透明性の高い計画的な保全更新に取り組むことが不可欠となっている。（図-1）

また、農業水利施設は、農業用水を供給するほかに洪水防止機能、環境への負荷の低減、地域住民へのうるおいとやすらぎの提供などの多面的機能を有している。琵琶湖を抱える本県では、農業排水による琵琶湖への影響が懸念されており、農業水利施設が有している水質浄化機能や生態系保全機能の更なる発揮が期待されている。（写真-1）

本県の農業水利施設はこれまで土地改良区、あるいは集落、農家により良好な管理が行われてきたが（図-2）、農業者の高齢化、農地の利用集積、農村の都市化・混住化の進行等に伴い、施設管理は厳しさを増している。

本報では、滋賀県農業水利施設アセットマネジメントの推進について、これまでの県の取り組みと今後の目標について述べる。

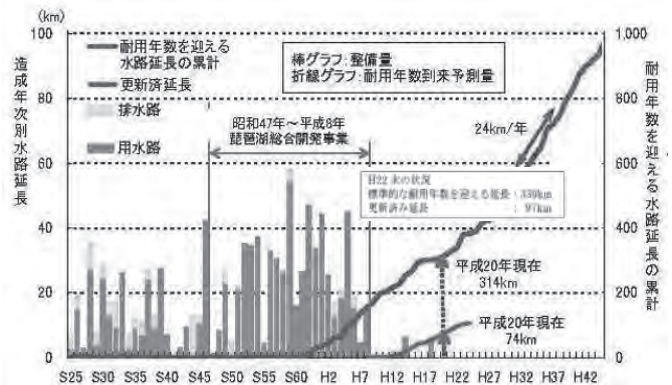


図-1 幹線の水路の整備延長と標準的な耐用年数が到来する延長の推移（県全域）



写真-1 琵琶湖への濁水流入状況

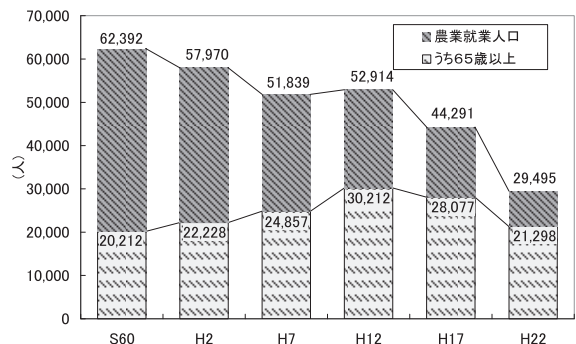


図-2 県内の農業就業人口の推移

* 滋賀県農政水産部耕地課農業基盤管理推進室  
 (Tel. 077-528-3949)

## 2. 本県でのアセットマネジメントの取り組みの始まり ～全体計画の策定～

本県でのアセットマネジメントの取り組みは平成19年度に始まり、平成21年3月に「滋賀県農業水利施設アセットマネジメント全体計画」を策定したところである。

本県では、農業水利施設を資産としてとらえ、適切な維持管理により施設を長持ちさせながら、より経済的な運用を目指す、いわゆる「アセットマネジメント」の考え方を導入し、計画的な対応を目指しているところである。

### (1) 全体計画におけるアセットマネジメントの位置づけ

本県でのアセットマネジメントとは、県内の農業水利施設を基幹水利施設から末端水利施設までを一連の資産としてとらえ、施設の機能診断に基づく機能保全対策を実施することで、既存施設の有効活用や長寿命化を図るといふ農業水利施設の資産としてより効率的・経済的な観点からの維持管理だけでなく、環境への配慮や施設管理の体制整備、維持補修手法までを含めた農業水利施設の維持管理手法の総称として用いており、ライフサイクルコストを低減するための技術並びに管理を示す「ストックマネジメント」とは区分している。

### (2) 本県におけるアセットマネジメント手法

施設の機能が劣化等により致命的な状況となる前に、良好な維持管理のもとに、適切な補修・補強等の対策をすることで施設供用年数を効率的に延伸させるために、下記①から④の取り組みを繰り返し行う。(図-3)

#### ① 日常管理と機能診断調査

適正な日常管理に加え施設の定期的な機能診断調査の実施

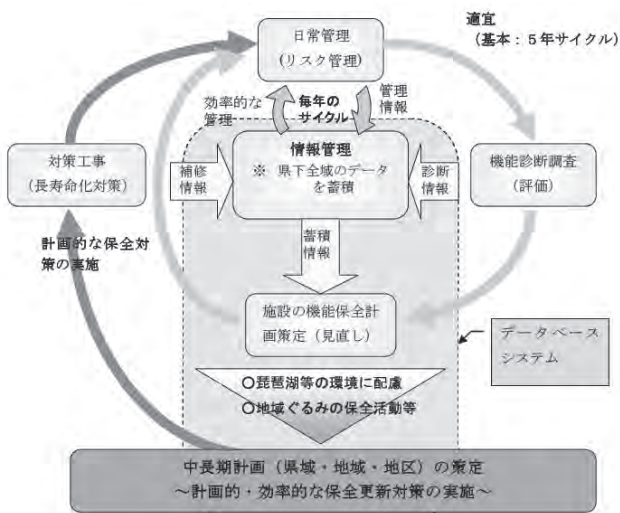


図-3 滋賀県アセットマネジメントのイメージ図

#### ② 機能保全計画の策定

診断に基づく劣化予測による施設機能の保全更新対策を比較検討し、適時・的確な対策を選択

#### ③ 長寿命化対策の実施

機能保全計画を踏まえて、実施可能な中長期計画を策定し、効率的・効果的な保全更新対策を実施

#### ④ データの蓄積

施設に係るデータ（機能保全計画・保全更新履歴・事故歴・対策工法等）の蓄積を図り、日常管理（施設の継続監視）と保全更新対策の選定に活用

### (3) 推進方針

当県独自のアセットマネジメントとして、基幹水利施設から末端水利施設まで、保全更新対策と維持管理対策を一体的に推進することとして全体計画に3つの推進方針を位置づけている。(図-4)

#### ① アセットマネジメント手法による効率的で効果的な保全・更新対策の推進

県内でのアセットマネジメントを推進するための体制を整備するため、土地改良区毎の地区単位、県内の7事務所の地域単位、県全域のそれぞれで推進体制を整備する。(図-5)

基幹水利施設は、機能診断に基づく効率的・効果的な対策を実施する必要がある、施設の機能診断は国が示す機能診断マニュアルを基本とするが、県の施設規模や状況、課題を補う調査手法な

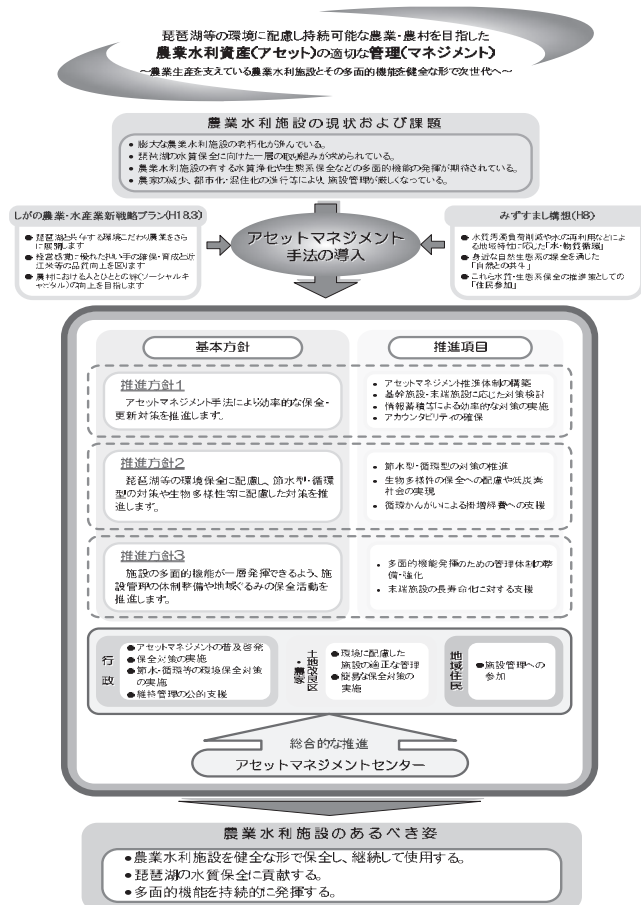


図-4 滋賀県アセットマネジメントの推進方針

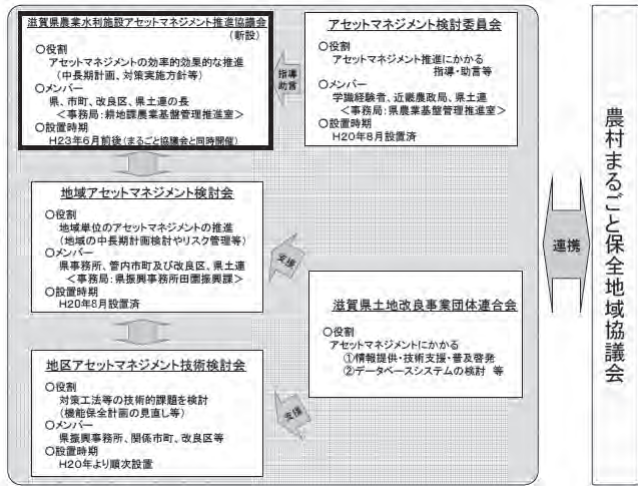


図-5 推進協議会の推進体制

どを整理した県独自の機能診断マニュアルを作成しており、これらに基づいて診断を進める。末端施設については、地域ぐるみの共同活動により長寿命化を図りながら、老朽度に応じて計画的に更新を行う。

また、施設の基本情報や補修履歴、維持管理、機能診断などの情報を蓄積し、効率的な対策の実施を図り、点検（診断）結果や保全対策工法を検証・評価するとともに、機能保全計画へフィードバックし、関係者のアカウントビリティ（説明責任）の確保を図る。

②琵琶湖等の環境保全に配慮した節水型・循環型の対策や生物多様性等に配慮した対策の推進

本県では、農業の生産性を維持しながら環境と調和した農業の推進と琵琶湖等の環境保全に資する取り組みの全体構想として、平成8年度に「みずすまし構想」を策定した。この構想の実現に向けて、流域や地域を単位とする「みずすまし推進協議会」が設置され、それぞれの行動計画に基づいた実践活動が推進されている。

農業排水が特に問題となっている5つの流域では、「流域田園水循環マスタープラン」を策定し、ソフトとハードの一体的な対策を進めている。これらの取り組みをアセットマネジメントにより一層推進することとし、各地区の機能保全計画に「節水型・循環型の対策」を盛り込む。

また、機能保全計画の策定にあたっては、生物生息域の保全や外来種の繁殖・拡散防止など、生態系に配慮するものとする。さらに、琵琶湖からの逆水かんがい施設などでは、多くの電力を使用することから、更なる節水の取り組みを進めることで低炭素社会の実現に貢献するものとしている。

併せて、循環かんがいや反復かんがいをを行う際は、排水路に流入するゴミの除去やポンプの摩擦

が進むなど、従来以上の管理経費が発生する。このため、大規模な施設の掛増し経費に対して支援を行うなど水循環を一層推進する。

③施設の多面的機能が一層発揮できるように施設管理の体制整備や地域ぐるみの保全活動を推進

土地改良区等により管理されている基幹水利施設を取り巻く厳しい状況に対応し、多面的機能の持続的な発揮を図る必要がある。このため、地域住民やNPOなど多様な主体の管理への参画を促進し、管理協定により役割分担を明確にするとともに、多面的機能の発揮に資する施設管理への支援を行うなど、管理体制を整備・強化する。

また、集落等が管理を行う末端水利施設については、子どもたちから高齢者まで幅広い人々が参加する「世代をつなぐ農村まるごと保全向上対策（農地・水保全管理支払交付金）」が、平成23年度は791集落、33,012haで取り組まれている。この取り組みの中で、水路の簡易な修理や目地の補修等が住民施工で行われるなど、施設の長寿命化が図られるとともに、琵琶湖等の環境にも配慮した様々な活動が行われている。これらの取り組みを一層推進するために、ホームページ・メールマガジンなどによる情報提供や研修会などの支援を充実強化する。

3. 滋賀県農業水利施設アセットマネジメント推進協議会の立ち上げ（平成23年度）

(1)協議会設立の背景

アセットマネジメント本格実施に向け、関係機関の役割の明確化や更なる推進体制の充実強化、保全更新にかかる中長期計画の策定、データベースシステムの構築などの重要事項に関する検討が平成23年度から本格化したことで、これら重要事項の検討に当たっては、関係機関の間で合意形成を図りながら順次進めていくことが必要となった。

そこで、市町・関係団体・県が一丸となって農業水利資産のアセットマネジメントに取り組むための推進母体として、滋賀県農業水利施設アセットマネジメント推進協議会を平成23年6月1日に設立した。

(2)協議会の構成員

推進協議会の構成員は、県内19市町の首長、県内の5つの国営土地改良区の理事長並びに県内7地域の代表土地改良区の理事長、滋賀県土地改良事業団体連合会会長、県農政水産部長で構成される。(図-6)

(3)推進協議会の役割

推進協議会の役割として、以下の4つが挙げられる。

- ①滋賀県アセットマネジメントの推進に関すること
- しがの農業・水産新戦略プラン（平成23年3月策定）の重点戦略のひとつとして掲げる「農

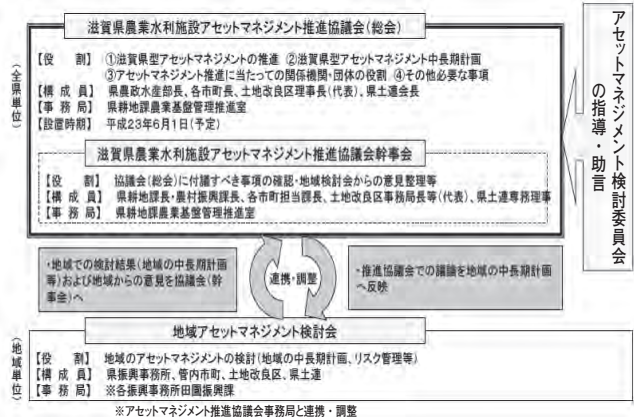


図-6 推進協議会の体制図

業水利資産のアセットマネジメントの推進」における今後の取組方針に沿った具体的な計画を策定し、関係機関・団体間での意志統一のもと、平成26年度からの本格実施に向けて、それぞれの役割に応じて取り組みを推進する。

②滋賀県アセットマネジメント中長期計画に関する こと

平成26年度からの本格実施に向け、農業水利施設の維持管理・保全更新にかかる対策を最も効率的・効果的に組み合わせた中長期計画の策定を目指す。

また、策定された中長期計画に基づく対策実施方針について協議・調整の上、それぞれの役割に応じて対策を実施する。

③アセットマネジメント推進に当たっての関係機関・団体の役割に関する こと

上記①及び②の具体的な取り組み等を進めるに当たって、各関係機関・団体の担うべき役割について、地域主権改革の動向などを踏まえつつ協議・調整するとともに、その役割を踏まえたより効率的・効果的な推進体制を構築する。

④その他アセットマネジメント推進に必要な事項に関する こと

滋賀県アセットマネジメントの更なる推進に必要な事項、例えば、現行制度の見直し方向や各機関・団体の役割に応じた支援のあり方などについて協議・調整を行う。

(4)アセットマネジメント中長期計画の策定について

アセットマネジメントの考え方に基づき、計画的な保全更新対策の実施と地域ぐるみの共同活動での日常管理によるこまめな補修等により、施設の長寿命化を図り、更新時期を大幅に延伸することで必要投資額を大幅に縮減されると想定される。

しかしながら、厳しい財政状況等を背景に、施設の更なる長寿命化とコスト縮減が必要不可欠である。

そこで、各施設の健全度や重要度に着目したリスク管理を行いつつ、施設のライフサイクルコストを低減

し、施設機能の監視・診断・補修・更新を機動的かつ確実に行う「新しい戦略的な保安全管理対策」を目指す今後10年間の実施計画として策定する。

中長期計画は、地区単位で作成するだけでなく、市単位、地域単位、県域単位でも作成を行うこととする。(図-7)

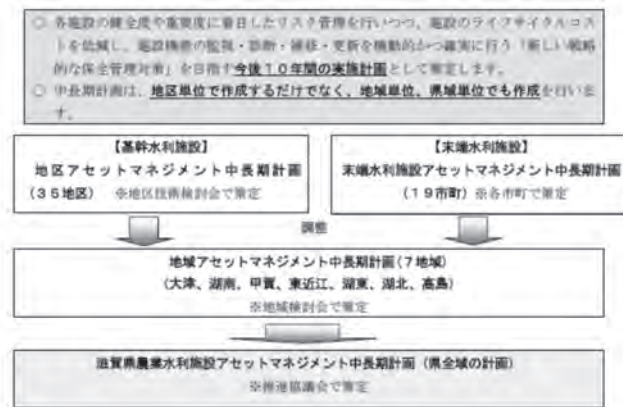


図-7 中長期計画策定フローのイメージ

4. 平成24年度から本格実施までの取り組み

平成26年度の滋賀県アセットマネジメントの本格実施に向けて、平成24年度は、中長期計画(案)の策定、基幹水利施設の機能診断の実施、アセットマネジメントデータベースに必要な追加ツール等の作成を予定しており、平成25年度には、中長期計画を推進協議会で決定し、アセットマネジメントデータベース運用の試行を予定している。

(1)アセットマネジメントデータベースの構成案

滋賀県農業水利施設アセットマネジメントデータベースシステムの構成案は図-8のとおりである。農業水利施設を効率的に保全更新することを目的に本データベースシステムを効果的なものとするために、下記の取り組みと対応が不可欠であると考えられる。

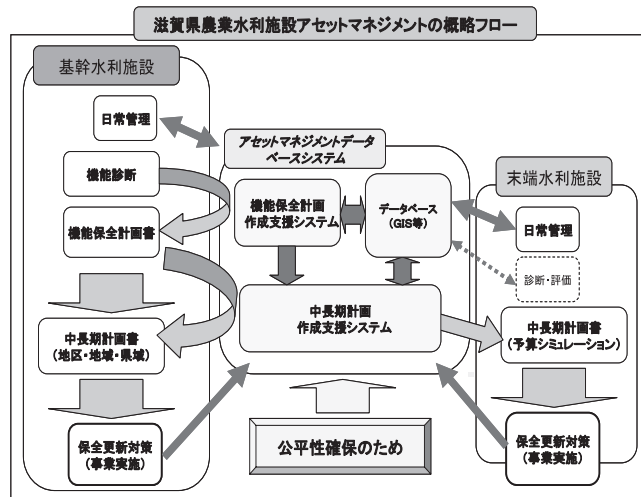


図-8 アセットマネジメントデータベースのシステム構成



- ①施設の機能等の状況を定期的に把握すること
  - ②施設の故障や危険度等を事前に予知できるようにすること
  - ③資金や各組織の運営上からの検討が必要なため、実態に則した形の経費が算出できること
  - ④経済的な保全更新対策にするため、各種工法の研究、実用性の検討
- (2)アセットマネジメントに係るデータベースシステムの活用
- データベースシステムの今後の活用事例として、以下事項が考えられる。
- ①地区単位の地域振興策と施設保全策の調和を図るため、GISシステムの土地利用情報の活用
  - ②維持管理計画や事業計画の策定に必要な基礎資料の蓄積
  - ③管理情報を基にした効率的なリスク管理
  - ④中長期計画から市町負担、土地改良区負担、農家負担の予測と対外的な説明資料
- (3)アセットマネジメントデータベースの整備状況

①構築済みのデータ

基幹水利施設の機能保全計画：国が定める機能診断マニュアルに定められた様式で、施設基本情報、機能診断情報、維持管理情報、補修履歴情報などを保存。

GISデータ：位置情報（施設位置）と規格などの基礎情報については平成22年度から施設情報の整備を開始し、平成24年度末を目途に完成さ

せる予定。

②構築済みのシステム

機能保全計画支援ツール（機能保全計画の作成）：平成22年度までの食料供給基盤保全管理対策支援事業により滋賀県土連で開発済。

③至急、整備が必要なシステム

中長期計画作成支援システム：中長期計画は、資金面と日常管理から判断される施設の優先度等を踏まえ作成する必要がある、シミュレーションにより繰り返し検討が必要なためシステム開発を行う。複数の農業水利施設を対象に、施設管理者や農家の負担等を踏まえた今後10年間の保全更新計画（中長期計画）の作成を支援するシステムで、基幹水利施設については、平成24年度までに実施された機能診断により策定された保全更新対策の最適シナリオをもとに、末端水利施設については、①で構築された末端水利施設のGISデータのうち、構造、規模、整備年度等から算定する。

(4)農業水利施設のGISデータの整備方針と今後の活用事例

基幹水利施設の末端水利施設のGISシステムにおける属性データ整備項目を対比したものを表-1に示す。基本的には「施設名」「管理者」「構造」「規模」「延長」「施工年度」などを整備する。

基幹水利施設と末端水利施設での整備項目に差異があるのは、施設の健全度に関する指標、測点、基礎の有無、今後継続監視を行う定点の位置などとなっている。

表-1 農業水利施設のGISでの属性データ項目  
GISシステムにおける施設情報整備項目の比較

基幹水利施設 属性データ整備項目				末端水利施設 属性データ整備項目			
No.	項目名	入力規則	備考	No.	項目名	入力規則	備考
2	水路施設名	全角文字		1	出典元	全角文字	資料名等
3	施設管理者	全角文字	県の管理表より規定	2	入手先	全角文字	入手機関名
6	測点	半角文字		4	用排別	全角文字	「用水路」「排水路」
7	延長	数字	単位m	6	市町名	全角文字	県の管理表より規定
8	機能診断GR	全角文字		8	大字名	全角文字	県の管理表より規定
9	水路形式	全角文字		13	水路施設名	全角文字	
10	構造	全角文字		14	水路規格	半角文字	
11	上幅	数字	単位m	15	水路断面	半角文字	単位 mm
12	下幅	数字	単位m	16	底幅(B)	数字	単位 mm
13	高さ	数字	単位m	17	高さ(H)	数字	単位 mm
14	施工年度	数字	西暦	18	延長	数字	単位m、GIS上の延長
15	基礎	全角文字		19	勾配	数字	1/100→0.01
16	健全度指標	半角文字	S-1～S-5	20	施設管理者	全角文字	県の管理表より規定
17	定点番号	全角文字		22	事業名	全角文字	
18	劣化予測	半角文字	S-1～S-5	23	地区名	全角文字	県の管理表より規定
19	対策年度	数字	西暦	24	造成年度	数字	西暦
20	県	全角文字	滋賀県	25	事業完了年	数字	西暦
21	市町	全角文字	県の管理表より規定	26	備考1	全角文字	
24	施設形式	全角文字		27	水路の破損	半角文字	A,B,Cの3段階
27	振興事務所	全角文字		28	水路の摩耗	半角文字	A,B,Cの3段階
28	区間コード	半角文字		29	沈下や傾斜	半角文字	A,B,Cの3段階
29	区間名称	全角文字		30	目地の漏水	半角文字	A,B,Cの3段階
				31	備考2	全角文字	

基幹水利施設のための蓄積情報

①基幹水利施設における GIS 活用事例

基幹水利施設における GIS 活用事例は図-9, 10のとおりである。

②末端水利施設における GIS 活用事例

末端水利施設における GIS 活用事例は, 図-11, 12, 13のとおりである。



図-9 GISから機能保全計画書の呼び出し

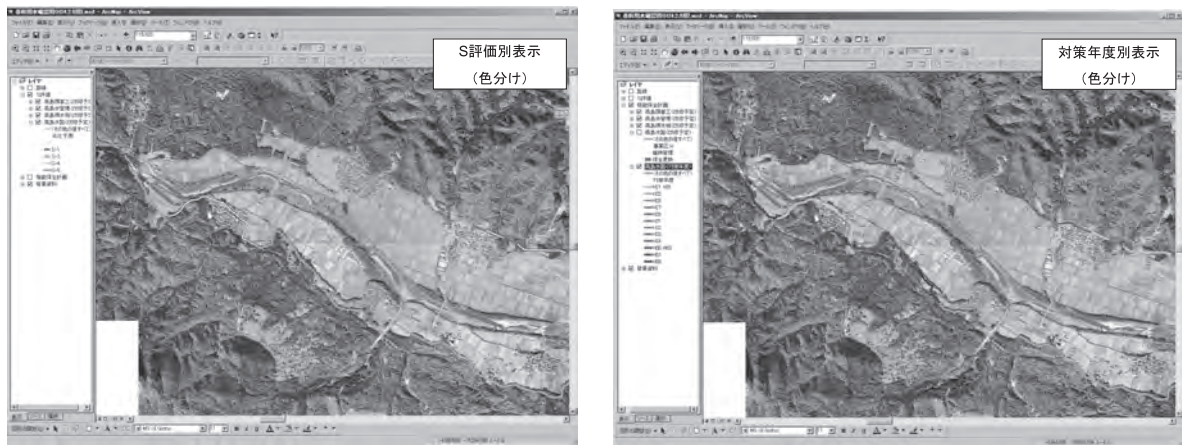


図-10 施設健全度, 対策年度ごとの表示

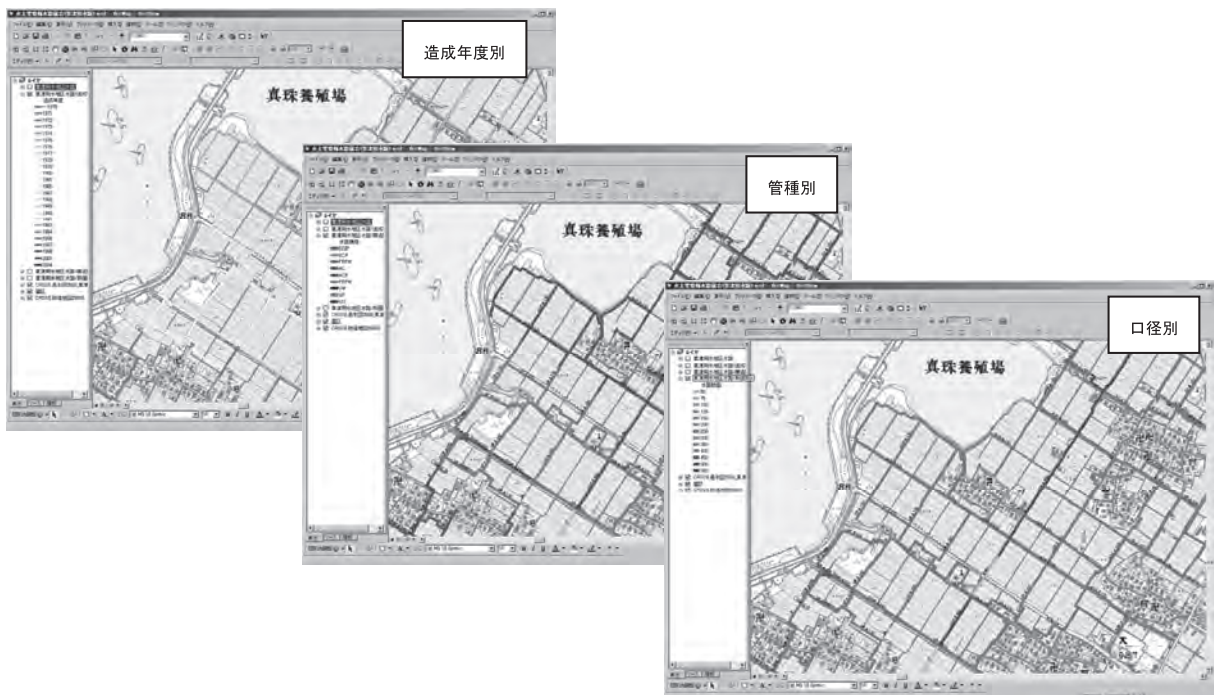


図-11 造成年度, 管種, 口径別の表示



図-12 石綿管の使用状況と造成年度

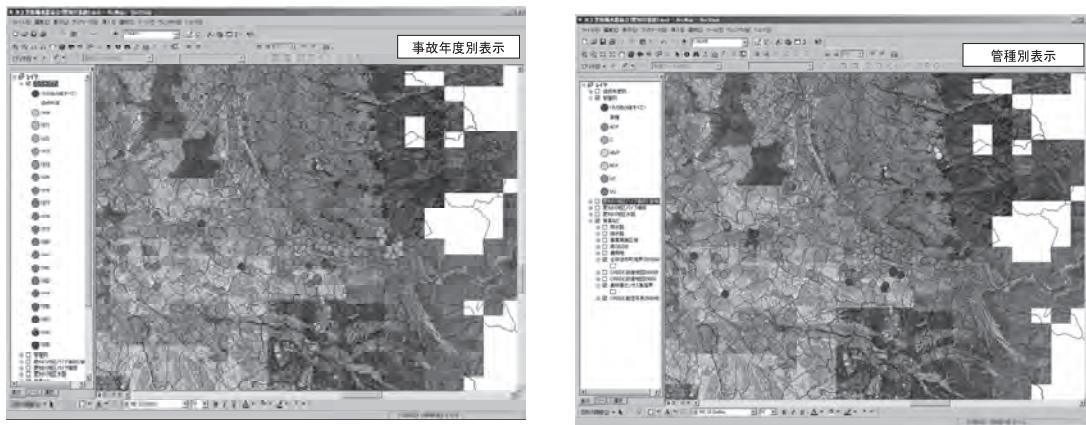


図-13 パイプラインでの事故発生状況について造成年度と管種からの分析

(5)今後アセットマネジメントデータベースに検討が必要な事項

基幹水利施設の劣化状況は機能保全計画の情報と合わせてS-1～S-5の5段階評価としているが、県内の末端水利施設は施設量が膨大であるため、劣化情報については「破損」「摩耗」「沈下」「目地漏水」の4項目で、ABCの3段階評価のみを情報として蓄積することを検討しており、現地の診断については、「滋賀県世代をつなぐ農村まるごと保全向上対策（農地・水保全管理支払交付金）」の活用を検討している。

5. さいごに

農業水利施設のアセットマネジメントの取組を平成26年度から本格実施することとしているが、市町や土地改良区など関係者が一体となって取り組むために、県域の総合的な推進・調整機能を持つ「アセットマネジメントセンター」を核とした推進体制の強化を図っていくことを検討している。このセンターは、県域のアセットマネジメントの円滑な実施を図るための決定機関である「アセットマネジメント推進協議会」の事

務局を担う予定で、アセットマネジメントの総合的な推進、中長期計画に基づく保全更新対策やリスク管理への支援、更にはデータベースの開発や保守管理、施設管理にかかる情報提供や技術支援などの業務を担っていく予定である。

# ブロック積擁壁等の裏込材の選定について

白 井 謙 二*  
(Kenji SHIRAI)

## 目 次

1. はじめに .....	60	4. ブロック積裏込材の新たな提言について...	62
2. 再生クラッシャーランの透水性について ..	60	5. おわりに .....	62
3. ブロック積擁壁の安定性について .....	62		

### 1. はじめに

ブロック積擁壁の裏込材がクラッシャーランになって久しいが、以前は栗石（5～15cm）に目潰材として切込碎石が一般的に使われていた。香川県においては、平成10年度から再生クラッシャーラン（RC）が裏込材の標準となった。現在の基準に変更になった背景には、石材の採掘場所等が少なくなり供給総量が減少傾向にあったことに加え、社会的な建設工事費のコスト縮減意識が高揚するなかで、石材よりコストが安い再生クラッシャーランをブロック積の裏込材料に代替することで、コンクリート廃材の利用拡大を図る目的があった。本県以外でも、コスト縮減等のためブロック裏込材に再生材（RC）を使用しているケースは少ないのではないかと。

本報では、これまで、確かに社会的ニーズに応じてコスト縮減等にも寄与してきた再生クラッシャーランではあるが、果たしてブロック積の裏込材として適した材料といえるのかを検証し、現場感覚で新たな基準を提言したい。

### 2. 再生クラッシャーランの透水性について

ブロック積擁壁の工事を私も幾度となく実施してきたが、再生クラッシャーランの透水性については、個人的に疑問を持ってきた。何故なら、再生材を裏込材に使った現場では、裏込厚さにもよるがブロック積の水抜パイプから水が流れ出ている状況を確認することが少なくなったからだ。

そこで、再生クラッシャーランの透水係数を実際に確認すべく、現場透水試験を実施することとした。試験状況については、図-1及び写真-1～6のとおりである。一般クラッシャーランについては、転圧機械

別の透水試験についても実施した。

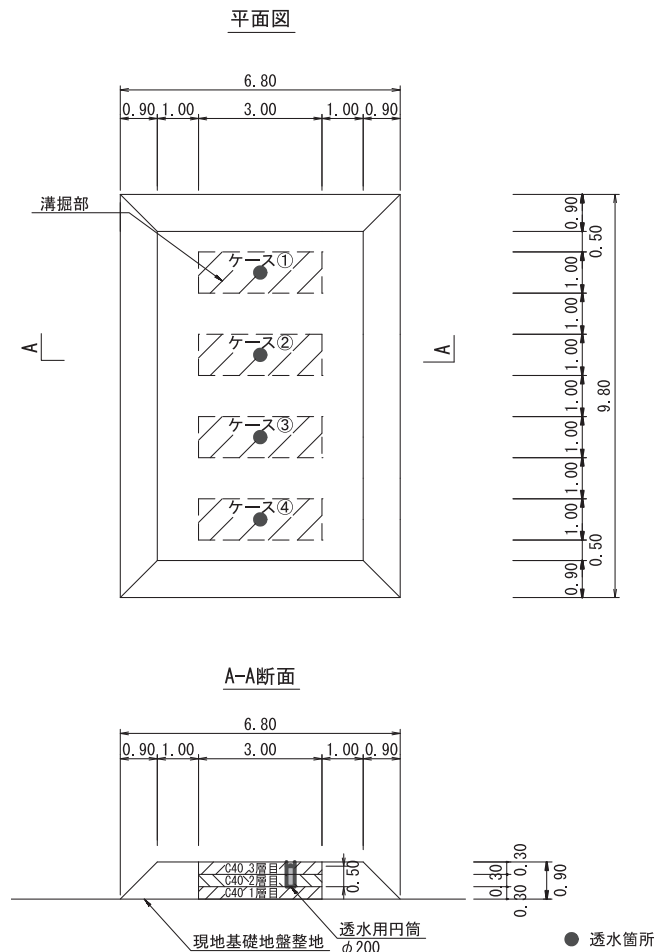


図-1 透水試験の現場施工図

試験結果は、表-1に示すとおりであるが、一般クラッシャーランと比較して、再生クラッシャーランは約  $5 \times 10^{-1}$  ほど透水性が劣る  $1.35 \times 10^{-3}$  であった。  $10^{-4}$  に近いこの値は、透水性にやや難があると言わざるを得ない。一般クラッシャーランとの差は、再生クラッシャーランに含まれる細粒分（コンクリート粉）

*香川県東讃土地改良事務所（Tel. 087-889-8193）



写真-1 まき出し状況



写真-2 一般材のタンパ転圧状況



写真-3 RC材のまき出し状況



写真-4 RC材のタンパ転圧状況



写真-5 一般材の振動ローラ転圧状況



写真-6 RC材の浸水試験状況

の含有率にあることはすぐに予見できる。それを証明するものとして、再生クラッシャーランは路盤材にも利用されており、転圧方法によってはその密度は極めて高い値となり、再生材利用の路盤に、水たまりができていく状況を目にした方は多いのではないかと。同じように、裏込材においても巻き出し厚を薄くして強く転圧すれば、その密度は高まり、それに反比例して透水性が劣ることとなる。

この試験結果から考察すると、30cm巻き出しでタンパー転圧程度であれば裏込材としての機能を維持することはできるが、巻き出し厚を路盤材のように薄くして強い力で転圧した場合、透水性に難のある盛土材

にも変質する。このため、再生クラッシャーランの利用にあたっては、過度な転圧は避けなければ、期待する透水性が得られないことがあるので注意する必要がある。

(※なお、転圧機械別の透水試験結果は表-1のとおりであるので、参考とされたい。)

表一 クラッシャーランの透水試験結果

試験方法：立杭法 削孔径：20cm 測定開始水深：50cm

再生クラッシャーラン

試験番号① (RC-40・タンバ転圧4回)						
経過時間 (秒)	終了時水深 (cm)	減水深 (cm)	平均水深 (cm)	浸透量 (cm ³ )	1秒当りの浸透量 (cm ³ /sec)	透水試験結果 (cm/sec)
60	43.0	7.0	46.5	2199.115	36.6519	3.35E-03
120	39.0	11.0	44.5	3455.752	28.7979	2.77E-03
180	35.0	15.0	42.5	4712.389	26.1799	2.66E-03
240	32.0	18.0	41.0	5654.867	23.5620	2.50E-03
480	22.0	28.0	36.0	8796.459	18.3260	2.23E-03
600	19.0	31.0	34.5	9738.937	16.2316	2.07E-03
1200	8.0	42.0	29.0	13194.689	10.9956	1.64E-03
1800	2.0	48.0	26.0	15079.645	8.3776	1.35E-03

一般クラッシャーラン

試験番号② (C-40・タンバ転圧4回)						
経過時間 (秒)	終了時水深 (cm)	減水深 (cm)	平均水深 (cm)	浸透量 (cm ³ )	1秒当りの浸透量 (cm ³ /sec)	透水試験結果 (cm/sec)
60	25.0	25.0	37.5	7853.982	130.8997	1.53E-02
120	17.0	33.0	33.5	10367.256	86.3938	1.13E-02
180	12.0	38.0	31.0	11938.052	66.3225	9.33E-03
240	9.0	41.0	29.5	12880.530	53.6689	7.88E-03

一般クラッシャーラン

試験番号③ (C-40・タンバ転圧6回)						
経過時間 (秒)	終了時水深 (cm)	減水深 (cm)	平均水深 (cm)	浸透量 (cm ³ )	1秒当りの浸透量 (cm ³ /sec)	透水試験結果 (cm/sec)
60	25.0	25.0	37.5	7853.982	130.8997	1.53E-02
120	21.0	29.0	35.5	9110.619	75.9218	9.39E-03
180	16.0	34.0	33.0	10681.415	59.3412	7.89E-03
240	13.0	37.0	31.5	11623.893	48.4329	6.72E-03

一般クラッシャーラン

試験番号④ (C-40・振動ローランドガイド式 <0.8~1.1 t> 転圧6回)						
経過時間 (秒)	終了時水深 (cm)	減水深 (cm)	平均水深 (cm)	浸透量 (cm ³ )	1秒当りの浸透量 (cm ³ /sec)	透水試験結果 (cm/sec)
60	16.0	34.0	33.0	10681.415	178.0236	2.37E-02
120	9.0	41.0	29.5	12880.530	107.3378	1.58E-02
180	5.0	45.0	27.5	14137.167	78.5398	1.22E-02

3. ブロック積擁壁の安定性について

ブロック積の構造計算は、“示力線法”で行われている。しかし、本来、石積やブロック積は相互のかみ合わせによってその安定を保つとともに、その安定度を増すために裏込材が大きな役割を担っていることが、様々な古代建築や城の石垣等の築造に関する文献に記されている。先人達は経験則的に、基礎や裏込材に玉石や割石を有効に使って構造物を築造し、重力式構造に一層の安全度を付与してきた。今なお残る石垣等の雄姿がその施工技術の高さを証明している。このことから、ブロック積擁壁を重力式擁壁と見立てた重量による安定性のみならず、裏込材を従来工法に近づけることで、さらなる安定性が確保できるものと考えられる。

それでは、なぜ玉石や栗石を構造物の基礎や裏込材に使用すれば安定性が増すのかと言えば、①雨水浸透、流下排出性を促進し浸潤線の上昇を抑える ②石材のかみ合わせにより、圧力を分散させて、本体にかかる荷重を軽減させる ③耐震性に対しては、石材間の接触面積は土相互間の接触面よりも少なくダイラタンシー現象も加わって、吸・防振効果を高めるなどの効果が

あるとされている。

4. ブロック積裏込材の新たな提言について

裏込材に玉石や栗石が適しているとしても、玉石については、昭和42年に続いて昭和49年7月22日に建設省河川局より「河川砂利の用途規制について」、昭和47年「砂利採取法」等が相次いで発令されたことで、その確保も難しくなった。一方、割栗石についても採掘場所等の減少などにより、供給量の減少や価格上昇などとも相俟って、その利用は減少してきている。

そこで提言であるが、割栗石の代替材料としてコンクリート廃材を砕いた5～15cm程度（用途によっては15～30cm程度）の再生割コンクリートに、再生コンクリート碎石（5～6号）を使って従来の割栗石と切込碎石の組み合わせを復活させたいと考えている。また、支持力不足の地盤における基礎処理材としての利用や、ため池等においては、護岸等の洗掘防止を図るための材料としても活用できる。

ただし、コンクリートの劣化が甚だしいものについては、強度不足から石材の代替材として適さない。このため、代替材の製造や現場利用にあたっては一定の判定基準を設けるなどして、所定の目的が達成できる材料を選別しなければならない。

本県においては、まだコンクリートを砕いた割コンクリートは有価物として取り扱われていないが、県の廃棄物行政部局や建設工事の監督官庁並びにリサイクル業者関係者等との協議を進めるなかで、早期に諸問題が解決され、その利用が現実となる日を願うものである。

5. おわりに

わが国の高度成長期に築造された多くのコンクリート構造物が、これから耐用年数を過ぎて更新期を迎えるため、多量のコンクリート廃材が発生することになる。この受け皿として、再生クラッシャーランなどの路盤材としての利用のみならず、不足する石材の代替材として積極的に活用することは、建設工事費のコスト縮減を図るうえでも有益である。また、ブロック積擁壁の裏込材の選定を見直すことで、構造物のさらなる安定強化が図れば幸いと考え、現場からの声を発信させてもらった。

# 集水域開発によるインドネシア・ジェバラ湖水収支への影響

中 村 義 文*  
(Yoshifumi NAKAMURA)

## 目 次

I. はじめに	63	IV. 28年間の流入・流出解析の結果	65
II. ワイジェバラ地区の概要	63	V. 集水域の開発による影響と対策	66
III. 解析の方法と水収支の概念	64	VI. おわりに	67

## I. はじめに

途上国における食料生産基盤を維持するためには、既存施設の適切な維持補修管理が重要であり、その機能が今後とも十分に発揮できるよう、予防保全対策を適切に実施し、施設の長寿命化を図っていく必要がある。

このためには社会経済等の変化を踏まえながら、予防保全計画の策定、その円滑な実施のための体制整備を行うことが重要である。

このことに関して、農林水産省から2007年度に財団法人日本水土総合研究所が調査委託事業を受けてインドネシア国ワイジェバラ地区のジェバラ湖上流集水域の森林開発や土地利用の変化を踏まえた利水状況の検討を行った。現在、用水が地区末端まで到達しないことから、地元政府は2次支線の改修事業を進めているが、上流域の変化によるダムの利用可能水量の減少について灌漑施設管理者・農家は強い懸念を持っており、上流域農家住民との対話が試みられ、保安林事務所も対策を検討している。本稿では、28年間のダム水位等データを基にジェバラ湖流入量、利用水量の変化について分析した結果について述べる。

## II. ワイジェバラ地区の概要

### 1. 事業地区の内容

ワイジェバラ農業灌漑事業地区は、1972年に着工し1980年に完了し、その後ワイジェバラ灌漑修復事業を1987年に開始し1992年に完了した。

(1)主たる施設 図-1に示すように火山の噴火により形成されていたカルデラ湖から流下する狭く急峻な河川に、堤高16m、堤長70m、有効貯水量23.5百万 $m^3$ の前面コア型アースダムを設け、5つの斜樋ゲ-

ートにより最大6.533 $m^3/s$ を取水し、導水路を経て左岸26km、右岸8kmの幹線水路により水田灌漑を行っている。

(2)受益面積 灌漑計画面積は6,651haであったが、現況面積は4,126haで計画の62%である。

(3)計画基準年の有効貯水量³⁾ 1950年から1976年の27年間の年間雨量から1/5渇水年に相当する1953年の年間雨量1,654mmを用い6,651haの農業用水に対するダム需給の水収支計算を行い、農業用水量として年間61百万 $m^3$ を計画した。計画面積の62%である現況面積に対し、38百万 $m^3$ が現況必要農業用水量となる。

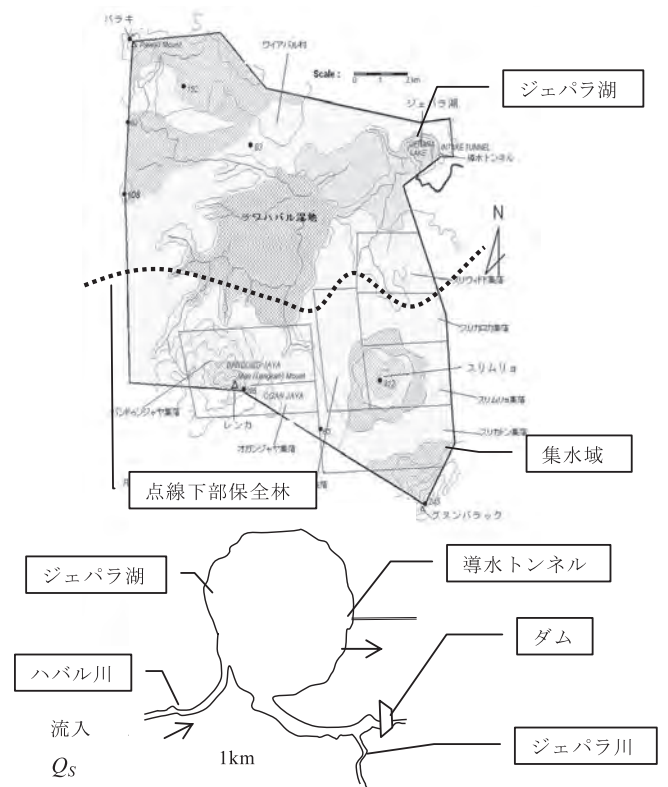


図-1 集水域全図(1975年)¹⁾ 保全林境界(1984年)²⁾ 及びジェバラ湖拡大図

*環境省関東地方環境事務所 (Tel. 048-600-0545)

## 2. 集水域の土地利用の変遷⁴⁾

集水域面積は約 13 千 ha で、大部分がグヌンバラック保全林にあたり、水源の保護等のために木材の伐採が禁止され、副次的な林産物の利用のみが許可されており、現状は保全林と湿地を含めてほとんど全ての集水域が開発されている。

1960 年代に移民によって集水域が最初に開発された。1971 年になって政府は保全林の保全をはかるため、居住者をランボン州南部へ移住させた。1975 年に地域を保全する施策を探ることを目的とする調査が行われ、集落の周辺を中心として約 42% は農地に開発されており、6% が屋敷地として用いられ、また 30% はアランアラン草原、残りの 22% が森林や疎林となっており、未開発のまま残されていた地域であったことが示されている。1980 年代になって陸軍及びランボン州政府が集水域での針葉樹植林を始め 1983～88 年の 5 年間に計 8,785ha の面積で実施され、住民は代替地に再移住させられた。約 10 年以上生育した森林の植生を写真-1 に示す。

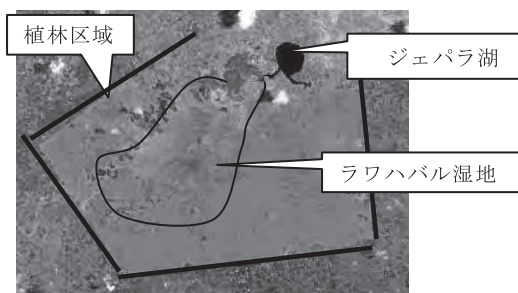


写真-1 植林されている上流域 (1997/10/07)

しかし、1997 年以降の政変による保全林からの陸軍撤退と、地方分権化による保全林の管轄に関する混乱に乗じて、保全林地域ではインフォーマルな形での再開発がはじまり、1980 年代の植林木は殆ど伐採され、写真-2 に示すようにコーン畑を中心とする農地に転換された。さらに 2000 年以降ラウハバル湿地も水田に開墾され、幅約 5 m、全長約 2 km 程度の基幹排水路を設け、また別の近隣住民らが 2 次・3 次の排水路を設置し、2000 年に約 400ha、2004 年に約 800ha の水田を開墾し、2004 年に保全林とその周辺地域における植林プログラムを開始している。

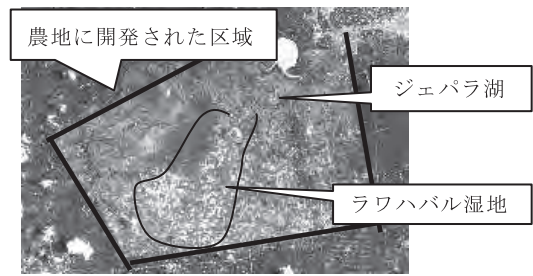


写真-2 農地に開発された上流域 (2007/10/01)

## III. 解析の方法と水収支の概念

### 1. 解析に用いた使用データ

(1)ダム湖水位及び取水量 管理者が測定するのはダム湖水位とゲート操作による取水量のみで、1979 年から 2006 年の 28 年間の表-1 の管理データを用いた。現在、管理者は読み取りや手計算により求めている。

貯水量は H (①) - V (⑤) 曲線、洪水吐越流量 (⑬) はクレスト高 36.62m を越流した水深 (① - 36.62m)、取り入れゲート開度 (⑥~⑩) と取水量 (⑪)、という関係式から、さらに、翌日と当日の貯水量の差に取水量、無効放流となる洪水吐越流量を加えて求める当日の流入量 (③及び⑫) は全てプログラム化が可能である。管理表は読み取り・計算違い及び誤記があるため、プログラム化して出力し、取水量以外の計算結果を採用した。取水量もゲート開度から関係式で求められるが、管理者は取水量を決めて経験的にゲートを操作するため、ゲート開度の記入が不正確な場合が多く、ゲート開度による計算結果は用いず管理者記入の取水量を採用した。

(2)雨量 最も集水域近傍のワイジェバラ観測地点の 1979 年から 2006 年のデータを用いた、平均年雨量は 2,428.1mm であった。

### (3)有効降雨量 (R') 算出のための実蒸発散量 (Ea)

下記に示すソーンスウェイト法⁵⁾は、月の日平均蒸発散量が月平均気温だけの関数として表せる。インドネシアは気温の変化は 1 年を通してわずかであるため、年間を通して平均気温 27℃ で算定した。

$$E_p = 16(10t/I)^a$$

$$I = \sum_{t=1}^{12} (t/5)^{1.514}$$

$$a = (492390 + 17920 \times I - 77.1 \times I^2 + 0.675 \times I^3) \times 10^{-6}$$

表-1 ジェバラ湖水位・貯水量・取水量・流入量・洪水吐越流量の算定

①湖水位	②流入日量 m ³	③取水量日量 m ³	④洪水吐越流日量 m ³	⑤貯水量 m ³	取り入れゲート開度 cm					⑪取水量 m ³ /秒	⑫流入量 m ³ /秒	⑬洪水吐越流量 m ³ /秒
	(⑤の翌日貯水量-⑤の当日貯水量)+③取水量日+④洪水吐越流日量	⑪×86400秒	⑬×86400秒	①湖水位からH-Vカーブで読み取り	⑥ I	⑦ II	⑧ III	⑨ IV	⑩ V	開度により流量を算定するがここでは管理者記入値	②/86400秒	(①-36.62m) ^{3/2} ×85m×2.144



ここに、

$E_p$ :  $i$ 月の月平均可能蒸発散量 (mm/月)

$t_i$ :  $i$ 月の月平均気温 (°C) ここでは、27°C

その結果、可能蒸発散量  $E_p$  142mm/月、1,704mm/年を得、これに実蒸発散量として、 $E_a = 0.7 \times E_p = 0.7 \times 142\text{mm/月} = 99.4\text{mm/月}$ 、1,192.8mm/年を得た。有効降雨量 ( $R'$ ) は、28年間の平均降雨量 ( $R$ ) 2,428.1mm-実蒸発散量 ( $E_a$ ) 1,192.8mm=1,253.3mm (計画書では1,278mm) となり、有効降雨量 ( $R'$ ) は、平均降雨量の51.82%で、約50%と考えられる。なお、ソーンズウェイトは、丈の低い緑草で密に覆われた地表面から、水不足が起こらないように給水した場合に蒸発散量を可能蒸発散量と定義し、それを気温だけの関数として表したものである。計画書¹⁾によると、実験圃場におけるデータでは実蒸発散量が大型蒸発計 (クラス A パン蒸発計) に対し年平均0.69の比率であるため、係数を0.7とした。実際は開発により地表面の状態が変わるので係数は変化するが、ここでは無視した。

## 2. 水収支の概念

(1)かん養域及び流出域の水収支 図-2に本地区における水収支の概念を示す。

(2)集水域の水収支 以下のように示される。

$$P_R + D_R - Q_S - R - E_R = \Delta S_{GR} + \Delta S_{SR}$$

$P_R$ : 降水量,  $Q_S$ : 流入量,  $R$ : 地下水かん養量,  $E_R$ : 蒸発散量,  $\Delta S_{GR}$ : 地下水の貯留量変化,  $\Delta S_{SR}$ : 地表水の貯留量変化,  $D_R$ : 域外部浸透流入量

(3)ジェパラ湖の水収支 以下のように示される。

$$Q_R - Q_S - D_G + E_D - P_D = \Delta S_{GD} + \Delta S_{SD}$$

$Q_R$ : 流出量 (農業用水量  $Q_{R1}$ + 余水吐越流量  $Q_{R2}$ ),  $Q_S$ : 流入量,  $D_G$ : 地下水流入量,  $E_D$ : 蒸発量,  $P_D$ : 降水量,  $\Delta S_{GD}$ : 地下水の貯留量変化,  $\Delta S_{SD}$ : 地表水の貯留量変化: なお、湖面の蒸発量  $E_D$  は、計画書では湖面積を高水位期11月~6月2.4km²、中水位期7月~10月2.0km²とし、186,750m³/月平均を得ている。

ここでは、上記水収支式で、地表水に比べて一般的に影響が比較的小さいと考えられる地下水に関する  $R$ 、 $\Delta S_{GR}$ 、 $D_R$ 、 $D_G$ 、 $\Delta S_{GD}$  は無視することとする。

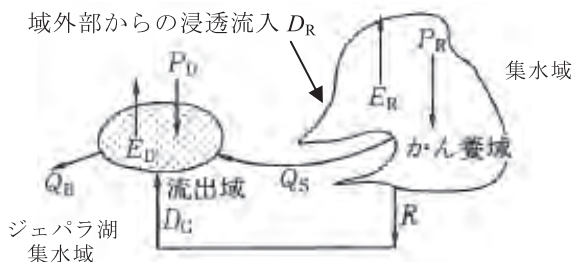


図-2 集水域及びジェパラ湖の水収支⁶⁾

## IV. 28年間の流入・流出解析の結果

### 1. 流入量 $Q_S$ の変化⁷⁾

(1)流入量と降雨量の推移 28年間の年平均流入量は109.8百万m³で、図-3に示す28年間を通した線形近似では降雨量はわずかに低減してきており、流入量は降雨量より大きな低減傾向を示している。1983年の植林開始から減少し、1997年の森林伐採直後は流入量が最も少ない43.6百万m³となり、その後大きく乱高下している。2000年の水田開発以降さらに乱高下の程度が大きくなっている。

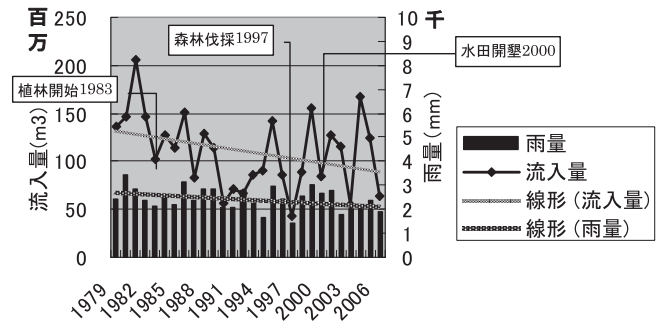


図-3 流入量 (m³) と降雨量 (mm)

(2)有効降雨量 ( $R'$ ) すなわち ( $P_R - E_R$ ) に対する流入量  $Q_S$  の比 域外部からの浸透流入量  $D_R$ 、地下水かん養量  $R$ 、地下水の貯留量変化  $S_{GR}$  及び地表水の貯留量変化  $S_{SR}$  は無視し、蒸発散量を差し引いた有効降雨量 ( $P_R - E_R$ ) に集水面積130km²を乗じた有効降雨換算値に対する流入量  $Q_S$  の比率を求めた。図-4では28年間の平均比率は0.69であり、近年乱高下しており、集水域水田のための強制排水・用水利用の人為的制御の影響が考えられる。なお、比率で1.0を超えているのは1981年と2004年の2カ年のみで、前年度12月降雨量が多く、かつ森林被覆の少ない時期にあたる。

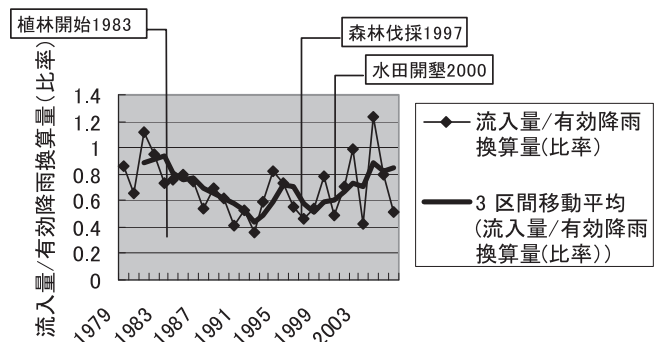


図-4 流入量 (m³) / 有効降雨換算量 (m³) (比率)

(3)流入量  $Q_S$  に対する農業用水  $Q_{R1}$  の比率 図-5に示すかん養域からの流入量  $Q_S$  に対する農業用水実績取水量  $Q_{R1}$  の28年間の平均比率は82.2%で88百万m³であった。3年間移動平均で低下し、かつ乱高下が近年激しくなっていることがわかる。最も比率が低いのは2004年の46.7%、次に1999年50.9%、1998年

53.3%である。農業用水実績取水量が年間計画農業用水利用量 61 百万  $m^3$  に対し下回ったのは 28 年間で 6 回、現況灌漑面積農業用水利用量 38 百万  $m^3$  に対しては 0 回で、年間の農業用水利用量にはあまり影響しない。

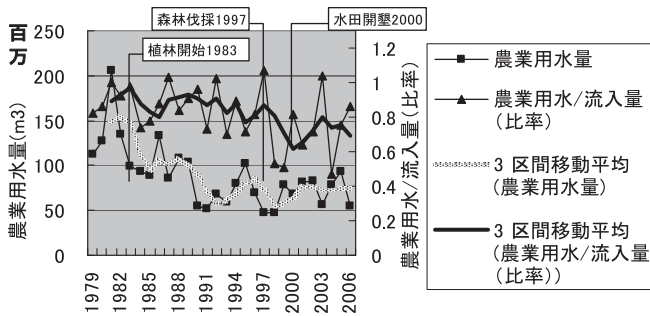


図-5 農業用水量 ( $m^3$ ) と農業用水量 ( $m^3$ ) / 流入量 ( $m^3$ )

## 2. 余水吐越流量 $Q_{R2}$ の変化

図-6の移動平均で示すように、無効放流となる余水吐の越流量は極めて近年大きくなり、28年間で2004年の83.7百万  $m^3$  が最も大きい。

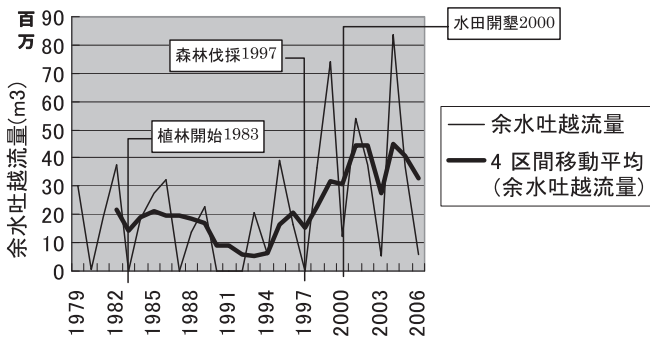


図-6 余水吐越流 ( $m^3$ )

## V. 集水域の開発による影響と対策

### 1. 貯水池水利運用の困難性の増大

(1) 灌漑実績 本地区の乾季は8月、9月及び10月で、雨期は1月、2月、3月及び11月、12月である。表-2に示すように、2004年は乾期畑作(7月作付け準備、8、9月生育期、10月成熟期)ができない水利用実態であったと考えられる。

表-2 近年の実際の灌漑受益⁸⁾

作期 \ 年	2002	2003	2004	2005	2006
雨期米作(11月-3月)h	4,326	4,326	4,258	4,383	4,383
乾期米作(3月-7月)ha	1,762	2,096	2,487	2,153	2,487
乾期畑作(7月-10月)	2,564	2,230	10	3,023	1,896

乾期畑作(Palawaja)とうもろこし、キャッサバ、サツマイモ等

(2) 2004年の水収支 ほぼ同じ降雨パターンである森林伐採水田開発以後の図-7の2004年と以前の図-8の1995年を比較すると、いずれも降雨量PRのピークと流入量  $Q_s$  の立ち上がりは同じであるが、1995年

の流入量の低減が緩やかであり、5百万  $m^3$  / 月を維持している。2004年の余水吐越流量  $Q_{R2}$  すなわち無効放流のピークが極端に大きく有効降雨量に対する無効放流量の率は年間61.8%で過去最も高い。一方、農業用水  $Q_{R1}$  を必要とする時期には貯水量が少なく流入量も少ないため、9月、10月は農業用水の取水していない。また、日単位の図-9は2004年1月計633.5mm、図-10は2006年1月計555.7mmで、ほぼ同じ降雨量ながら、大きな流出量の違いが見られる。2004年1月は前年12月からの集中的な降雨で上流側での排水による流出量が増加し流入量が大きく、2006年1月は間断降雨で人為的な貯留操作がうかがえる。

(3) 有効降雨量に対する余水吐越流量(無効放流量)比率の28年間の推移 表-3の①から⑤について見ると、①の無効放流率は13.6%で、農地42%、森林や疎林22%という1960年からの状態と考えられる。②は植林中で8.9%に減じている。③は植林を実施した後で、森林のかん養機能及び植林期の蒸発散量の増加の

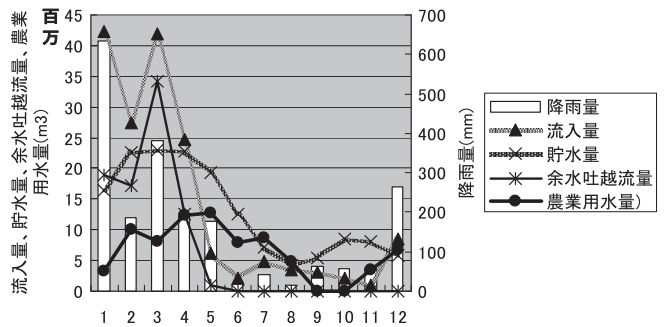


図-7 2004年の月別降雨量(mm), 流入量 ( $m^3$ ), 貯水量 ( $m^3$ ), 余水吐越流量 ( $m^3$ ), 農業用水量 ( $m^3$ )

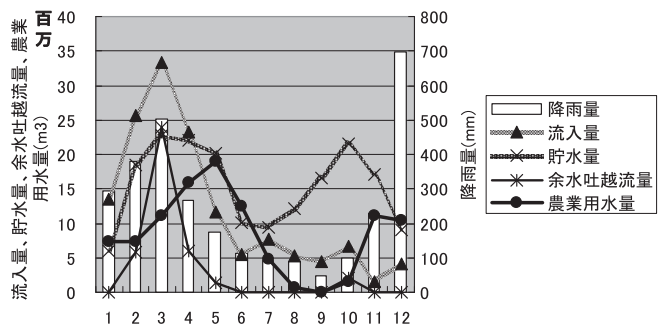


図-8 1995年の月別降雨量(mm), 流入量 ( $m^3$ ), 貯水量 ( $m^3$ ), 余水吐越流量 ( $m^3$ ), 農業用水量 ( $m^3$ )

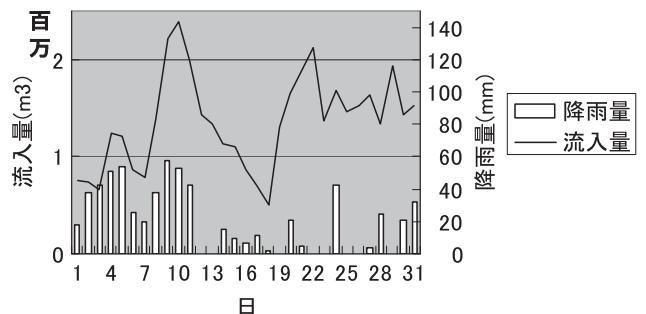


図-9 (2004年1月)日単位の降雨量(mm)と流入量 ( $m^3$ )

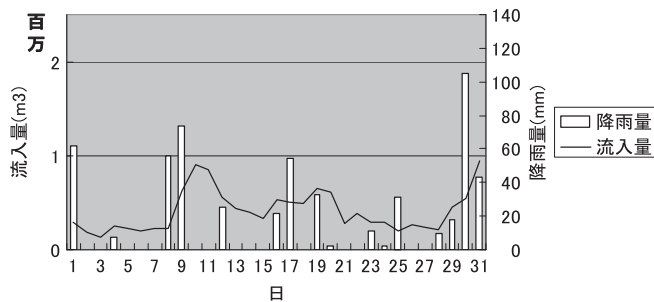


図-10 (2006年1月)日単位の降雨量(mm)と流入量(m³)

表-3 余水吐越流量(m³)/有効降雨換算量(m³)(比率)

① 1979 ~1982	② 1983 ~1988 植林中	③ 1989 ~1997 植林後 森林	④ 1998 ~2000 森林 伐採後	⑤ 2001 ~2006 水田 開墾後
0.1360	0.0892	0.0694	0.2230	0.2613

ため、無効放流率は6.9%にさらに減じている。

④は森林伐採の後で無効放流率は22.3%に増加し、⑤は水田開墾後で26.1%とさらに増加している。

## 2. 影響の要因

(1)蒸発散量の変化 1983年の植林開始から森林の蒸発散量の影響と思われる流入量の減少がある。1997年以降の農地造成により、森林や疎林の多くがコーン畑に変わり森林に比べて保水量が少なくなり、コーン畑の多くが排水路を備え、効率的な排水を図っているため流出率が高くなり、降雨量の多い場合流入量の急激な増加がある。なお、コーン畑と森林の保水機能や蒸散量の差については今後の課題となる。また、さらに2000-2004年に湿地は水田に造成され、蒸発散量が増加し流入量の大きな減少を招いていると考えられる。

(2)無効放流量の増加 ジェパラ湖上流部に位置するラワハバル湿原が水田となり、排水路が整備されたため、流出率が増加し、かん養機能が失われてきた。また、水田の乾期作を行っているため、水が必要な時期に排水路を塞ぎ、水田に湛水することになる。このため乾期に下流に流出する水量が人為的に極端に減少していると考えられる。つまり、これまで予測できたジェパラ湖への自然な流入量や貯留速度が上流側の作付けにより支配され、下流側受益者が必要とする取水時期との不整合が顕著になり、無効放流の増加すなわち不効率的な利水運用を強いられることになっていると思われる。

## 3. 集水域の対策

2004年から実施されている再植林プロジェクトの大半は、畑地の間にカカオ、ココナツ、ドリアンなどの経済樹種を植栽するものであり、土地利用を大きく変えるものではなく、かん養機能の回復に繋がるとは考えられない。ラワハバル湿地について、保安林事務

所では、これまでの農民への説得にも関わらず効果がないため、農民自らが設けたジェパラ湖へ流入する排水路にアースフィルのキャッチダムを設けて堰止め、1,700haの遊水池を設け遊水池としてかん養機能を復元するとともに、水田の米作を糧としていた農民を漁業により生計をたてさせることとしている。

## VI. おわりに

本地区は大規模な植林、伐採、水田開墾と劇的に土地利用が変えられてきた。アンケートを行った下流受益者の8割は近年の水利用の困難は集水域の違法な開発にあると考えている。ここでは、ジェパラ湖への流入量、湖からの流出量、降雨量などの経年変化を、上流の植林、伐採後の畑への造成、湿地の水田開発転換による土地利用の変化に対応させ分析した。これら土地利用は蒸発量の変化、排水路による流出率増加をもたらし、さらに、上流域の作物の栽培のための人為的な流量制御により、湖への流入量が大幅に変化することを示した。つまり、上流域の支配条件により下流側の営農計画に大きな影響が出ており、下流域へ配慮のある上流域対策が必要になるであろう。農林水産省国際協力課、(財)日本水土総合研究所及び関係者各位のご指導ご協力を頂いた。ここに記して謝意を表します。

## 【引用文献】

- 1) INSTITUT PERTANIAN BOGR: LAPORAN SURVEY: DAERAH TAMPUNG (CATCHMENT AREA) WAY JEPARA, (1975)
- 2) The Agrarian Directorate of Lampung Province: Map of Land Catchment Area of Way Jepara, (1984)
- 3) DIRECTORATE GENERAL OF WATER RESOURCES DEVELOPMENT, INDONESIA: WAY JEPARA IRRIGATION PROJECT COMPLETION REPORT, (1979)
- 4) 農林水産省：平成18年度 効率的な農林業経済協力に関する社会経済状況の変動予測に係る検討調査委託事業 報告書 プロマージャパン, (2007)
- 5) Thornthwaite, C. W. An approach toward a rational classification of climate. Geographical Review, Vol. 38, 55-94. (1948)
- 6) 水取支研究グループ(編)：地下水資源・環境論 - その理論と実践. 共立出版 (1993)
- 7) 農林水産省：平成19年度 効率的な農林業経済協力に関する調査委託事業 報告書 (財)日本水土総合研究所, (2008)
- 8) 農林水産省：平成18年度 効率的な農林業経済協力に関する予防保全の適合性に係る検討調査委託事業 報告書 (財)日本水土総合研究所, (2007)

# 日本初のロックフィルダム「小淵防災ダム」^{こぶち}

水野守孝*  
(Moritaka MIZUNO)

## 目次

1. はじめに	68	4. 施設維持運用について	70
2. 可児川防災ため池事業の概要	68	5. 現在の小淵防災ダム多面的利用について	70
3. 小淵防災ダムの建設	69	6. おわりに	71

### 1. はじめに

小淵^{こぶち}防災ダム（写真-1）は、岐阜県中南部の可児^{かに}市を流下する木曾川支流可児川のさらに支流である久々利川上流部（岐阜県可児市久々利地区、図-1）に位置している。この地域は、中小河川によって形成された後背湿地を利用した水田地帯であり、多くは弥生後期から古墳時代にかけて開田されたものと思われる。近年の圃場整備実施まで条里制的遺構が見られ、八世紀頃から、現在とほぼ変わらぬ水田分布を示していたことから、すでに久々利川からの灌漑用水による耕作が行われていたことがわかる。日本書記『景行天皇四年春二月甲子條』に天皇美濃国泳（くくり）行幸記述があることから可児地方は古くから農業の盛んな美濃の先進地域であったと考えられる。



写真-1 小淵防災ダム

日本書記『景行天皇四年春二月甲子條』

景行天皇が美濃に滞在した際、八坂入彦命の娘の弟媛^{おとひめ}を見初め、池を造り、鯉を放って弟媛を呼び寄せた。弟媛は姉の八坂入媛がふさわしいと、姉に後の座を譲ったという。この記述にある池を造り弟媛と出会った場所が可児市久々利地内にある泳宮（くくりのみや、写真-2）と言われている。³⁾



写真-2 泳宮古蹟

### 2. 可児川防災ため池事業の概要

可児市の位置する美濃加茂盆地南部は、可児川・久々利川をはじめとする数多くの中小河川により掌状に丘陵が開析され、その開析洞には細長く水田が分布する。中小河川の多くは、河床が高くかつ屈曲が多いことから、強雨に際しては急激に出水し、田畑に与える被害は毎年莫大なものであった。可児川防災ため池事業は、これらの災害を可児川流域上流に9か所のため池を新設することにより洪水量の大部分を遊泳させ洪水調節するとともに、灌漑期の水不足を補うための補助水源としても活用しようとしたものである。昭和23年10月、県営事業により総工費1億5千万円を以て着工さ

*岐阜県河川環境研究所下呂支所(前可茂農林事務所)  
(Tel. 0576-52-3111)

れ可児市内に小渕ため池、柿下ため池、桜ため池の3か所と瑞浪市に松野ため池、御嵩町に大洞ため池、谷山ため池、真名田ため池、比衣ため池の4か所、多治見市に大藪ため池の合計9か所のため池が新設された。(表-1, 図-1)

表-1 可児川防災ため池事業概要

流域面積	可児川流域 7,280ha		市町
	久々利川流域 3,970ha		
	計 11,250ha		
ため池名称	貯水量(千m ³ )	洪水調節量(千m ³ )	
小渕	552	490	可児市
柿下	156	156	
桜	235	135	
松野	3,313	963	瑞浪市
大洞	43	43	御嵩町
谷山	268	268	
真名田	285	245	
比衣	77	48	
大藪	185	185	多治見市
計	5,114	2,533	

※小渕ため池については、「小渕防災ダム」と表示する。

### 3. 小渕防災ダムの建設

#### 3-1 ダム概要

本ダムは昭和24年2月27日に着工し、完成は同27年3月31日で、日本初のロックフィルダムである。堤高18.38m、堤長53.02m、堤体積1万3,602m³、貯水量55万1,925m³の規模を持つ小渕防災ダムは、総事業費5,646万円で、全額国の補助で建設された。堰堤設計にあたっては、建設用地周辺が節理の甚だしい硬質な頁岩を主体としていることから、コンクリートダムにした場合は莫大な床掘を要し、また、アースダム築堤のための用土が全く周辺より採取されないことからロックフィルダムが計画され、築堤のためのロック材は、県道付け替え及び余水吐築造によって掘り取られる約1万m³の岩を主として使用し、不足分は左岸地山から採取した。我国最初のロックフィルダムということで、海外から文献を取り寄せての設計であり当時の担当事業所所員の苦労は大変なものであったと想像される。建設は岐阜県西濃地区の業者が請け負った。作業には、50人程度の受刑者も従事し、築堤上流約300mの場所より採取した岩をトロッコで運び、30cm程度の大きさに割った後、一段一段積み上げ、その上に10cm程の間詰め岩砕を敷均しロケ車と呼ばれる索引車でローラーを引いて踏み固め築堤した。(写真-



図-1 可児川防災ため池事業計画平面図

3) 堰堤水面側の止水壁は、収縮によるひび割れ防止のため鋼板を使用し、マス目に区切られたコンクリート壁下端部の止水壁は、堰堤の自重による沈下に際して自由に動くような支持構造になっている。このコンクリート表面遮水壁型ロックフィルダム(図-2)は昭和20~40年代に国内で数基の建設事例があるにとどまる。また、県道の付け替えは、ほぼ垂直に切り立った山腹に付け替えたもので、測量をはじめ困難な事業であった。

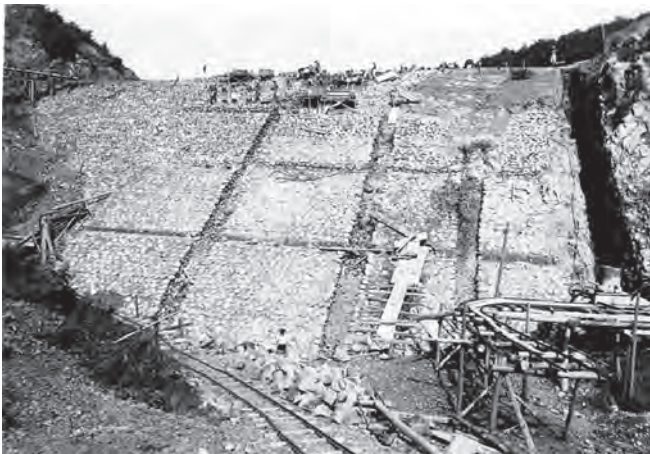


写真-3 建設中の小淵防災ダム堰堤(昭和26年)

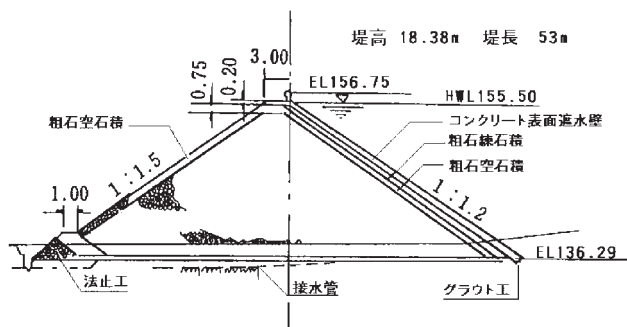


図-2 標準断面図

### 3-2 反対運動

小淵防災ダム完成に伴い、下流の農地約35haが洪水被害から救われることになったが、当ダム建設に対し初めはかなりの反対運動があった。小淵ダム建設計画は、すでに第2次世界大戦中、ダム下流3km地点にあった柿下地区の地下軍事工場へ水を引くためのダムとして計画され、導水管等一部の建設資材も搬入されていたが、終戦とともに立ち消えとなってしまった。戦後、可児川防災ため池事業として再び計画が持ち上がると、当時の久々利村長・浅井正は県道付け替えのため、坂路は増し、林業の経営、交通の大きな支障を来し、堰堤崩壊の時には、久々利はむろん下流町村にまで未曾有の悲惨な災害をこうむるとして反対した。そして、170名程度の署名を集め県知事、農林省に提出し、さらには上京して農林大臣、同次官等に面談し

建設反対の陳情を行った。一方、久々利村議会は、早期着工の議決をなし、可児郡町村会も期成同盟を組織し、大挙上京して陳情、反対運動に対抗した。昭和23年秋には京都農地事務局長を招いて、久々利天理教教会で村民大会が開かれている。しかし、反対運動に対する積極的な説得により地元民も理解するところとなり、当初の計画通り、昭和24年8月24日には、武藤嘉門岐阜県知事及び国関係者出席のもとで起工式が行われ、同25年4月県道の付け替えが完了、同27年3月31日小淵防災ダムは完成した。なお、第3回(昭和29年)の農業土木学会賞を「岐阜県可児川石塊堰堤の設計及び施行について」の題目で受賞している。

### 4. 施設維持運用について

県営可児川防災ため池事業が完了した昭和29年に関係する5町6村(当時)が集まり可児川防災ため池一部事務組合を設立した。(現在は『可児川防災ため池組合』構成市町は多治見市、可児市、御嵩町)この組合は、毎年7月1日から9月30日を洪水期とし、事前に小淵防災ダムを含む9か所のため池水位を下げるにより大雨による洪水を一時ため池に貯留し、可児川等の河川水位が安定した後、少量ずつ放流を行い、ピーク時間を遅らせることにより洪水調節して下流域の水害を防止している。(写真-4)



写真-4 堤体及び取水施設

受益地においては近年、大きな農地・農業用施設災害が発生しておらず、これも関係者の御努力の賜物と紙面をお借りして感謝申し上げます。また、非洪水期の10月から6月までの間はこれらのため池を満水にし、地区内750haの灌漑用水としても利用され、地域の農業振興に大きな貢献を果たしている。

### 5. 現在の小淵防災ダム多面的利用について

#### 5-1 内水面漁業の振興

ダム湖(写真-5)には、可児漁業協同組合がコイ、

ヘラブナ等を放流している。入漁料を払えば、年中だれでも釣りをすることができ、休日には多くの市民が利用している。



写真-5 ダム湖

#### 5-2 地域住民の交流の場の提供

ダム湖には周囲約1.5kmの遊歩道及び桜並木、公園、駐車場等(写真-6, 7)が整備されている。水と緑、花が年中調和し、訪れる人に憩いの場を提供している。また、ダム湖下流の久々利地区には、前述の泳宮や可児郷土歴史館等があり小渕防災ダム周辺と一体で東海自然歩道に指定されている。



写真-6 公園



写真-7 記念碑

#### 6. おわりに

小渕防災ダムは建設後50年以上経過し老朽化に伴う性能低下や維持管理費の増大等による問題が発生している。このため、昭和63年度から県営老朽ため池等整備事業により取水施設工事を、また可児川防災のため池組合は継続的に土地改良施設維持管理適正化事業、県単独農業農村整備事業等により施設の維持補修整備を行っている。さらには、周辺地域の都市化、混住化に伴い農業土木施設に求められる機能が多様化している中、本来の防災機能を地域住民に広く啓発していく必要があると考えている。その中で、小渕防災ダムは、日本初のロックフィルダムであり、先人の努力により完成したこの歴史的建造物により、現在の安全で安心な生活をもたらされていることを後世にも伝えていかなければならないと思っている。

#### 【引用・参考文献】

- 1) 可児町史 通史編(可児町 昭和55年2月)
- 2) 岐阜県土地改良史(岐阜県農政部 昭和58年3月)
- 3) 可児市史 第一巻 通史編 考古・文化財(可児市 平成17年3月)

#### 【写真提供】

- 1) 可児市教育委員会(写真-3)

# 畑地におけるメタン発酵消化液の液肥利用

－肥料としての特徴と利用に伴う環境影響－

中村 真人* 柚山 義人* 山岡 賢* 折立 文子*  
(Masato NAKAMURA) (Yoshito YUYAMA) (Masaru YAMAOKA) (Fumiko ORITATE)

## 目次

1. はじめに	72	5. 消化液の肥料効果と環境負荷	75
2. 消化液の液肥利用	72	6. 消化液施用後の土壌での動態	77
3. 消化液の成分	73	7. まとめ	78
4. 消化液の農地における動態と環境負荷	74		

## 1. はじめに

近年、風力、太陽光、バイオマス等の再生可能エネルギーの導入が世界的に進められており、日本においても、2012年7月から導入された電力の固定価格買取制度の導入等により、その動きが加速することが予想される。こうした再生可能エネルギーのうち、バイオマスを活用してエネルギーを取り出す技術は種々あるものの、実用化レベルの技術としては、メタン発酵や木質バイオマスのガス化などに限られる。メタン発酵は家畜排せつ物や食品廃棄物などの水分の多いバイオマスも原料として利用できるなど、適用範囲が広い。そのため、農林水産省がとりまとめたバイオマス事業化戦略¹⁾では、重点的に活用する実用化技術の一つとして位置づけられている。

メタン発酵とは、嫌気条件下においてメタン発酵微生物の代謝作用により、家畜排せつ物や食品廃棄物等の有機物から再生可能エネルギーであるメタン(CH₄)を回収する技術であり、バイオガス技術とも呼ばれている²⁾。現在、原料投入量が1t/日以下の小規模なものから、100t/日以上の大規模なものまで、多様なメタン発酵施設が稼働している。こうした施設では、原料である家畜排せつ物や食品廃棄物等からメタンを回収した後に、原料とほぼ同量のメタン発酵消化液(以下、「消化液」という)が生成される。生成された消化液は、排水処理を行った上で放流する場合と、肥料成分が多く含まれる特長を活かして液肥として利用する場合がある。このうち、後者の液肥利用を採用した場合、前者の排水処理の場合と比べ施設の運転コスト削減、肥料代替による化学肥料使用量の削減、温室効

果ガス排出量の削減などの面で効果がある。メタン発酵と消化液の液肥利用の組み合わせは、再生可能エネルギーの生産、地球温暖化対策、肥料資源の有効利用等を同時に実現できる可能性を持っている。しかしながら、液肥利用の方法により生じる効果が異なり、あらゆる条件下で十分な効果が発揮されるわけではないため、消化液の特徴を把握した上で、より効率的で環境負荷の少ない利用方法を追求することが重要である。

消化液は、無機態の肥料成分を含むなど化学肥料と似ている部分がある反面、消化液の施用後における動態など化学肥料とは異なる部分もある。肥料効果を発揮し、かつ環境負荷を最小化するためには、その点を考慮した使用方法を考える必要がある。消化液の液肥利用についてはここ数年、各地で研究が進められ、様々な観点からとりまとめられている^{3), 4), 5), 6)}が、本報では、消化液を畑地において液肥利用した場合の肥料としての特徴と利用に伴う環境影響を中心に述べる。

## 2. 消化液の液肥利用

### 2-1. 消化液の液肥利用を採用するための前提条件

前述のとおり、消化液の液肥利用は排水処理を行う場合と比較して利点が多いが、当然のことながら、消化液を散布するための農地面積が確保できない地域にメタン発酵施設が立地している場合には液肥利用を採用できない。また、消化液の成分が液肥利用に適するものである必要がある。消化液の肥料成分が一定濃度以上であること、消化液に含まれる重金属や塩分等の成分含有量が作物の生育やそれを食べる人間の健康に有害な影響を与えない程度に少ないことなどが、液肥利用採用のための必須要素となる。

* (独)農業・食品産業技術総合研究機構農村工学研究所  
資源循環工学研究領域 (Tel. 029-838-7513)





図-1 消化液の液肥利用プロセス

## 2-2. 消化液の液肥利用プロセス

メタン発酵施設で生成された消化液は、一時的に貯留槽で貯留された後、バキューム車等で圃場まで運ばれ、液肥散布車で散布される場合が多い。(図-1)なお、クローラタイプの液肥散布車は走行スピードが遅く、公道を自走できない場合も多いため、回送車やトラックに積載され圃場まで運ばれる。

## 2-3. 液肥利用の利点

### 2-3-1. メタン発酵施設運転管理者にとっての利点

消化液を排水処理した場合、薬品に要するコストや消費電力が大きいたことが報告されている^{7), 8)}。そのため、メタン発酵施設の運転管理者にとっては、液肥利用の導入により施設の運転コストを削減できるという利点がある。

### 2-3-2. 耕種農家にとっての利点

現在、液肥利用が採用されている地区では、消化液は化学肥料より安価で提供され、消化液の輸送・散布作業もメタン発酵施設側が担う事例が多い。そのため、耕種農家にとっては、肥料に要する経費の節約や肥料散布労力の節減ができるといえる。また、消化液は、速効性の窒素成分を多く含むため、減化学肥料栽培に利用できる。

### 2-3-3. 地域環境にとっての利点

家畜排せつ物を処理する過程で生じるアンモニアは、悪臭物質であるとともに、呼吸器疾患の原因物質や水域の富栄養化・酸性化を引き起こす環境負荷物質でもある⁹⁾。家畜排せつ物は、どのような処理を行ったとしても、含有するアンモニア態窒素の一部がアンモニアとして揮散する。メタン発酵の場合、消化液の貯留時や散布時にアンモニア揮散が生じるが、堆肥化や好気性排水処理に比べて同等かそれ以下であり¹⁰⁾、メタン発酵は、アンモニア揮散量を抑制するという観点で、環境負荷の少ない処理方法であるといえる。

また、前述のとおり、消化液を排水処理した場合には消費電力が多く、薬品使用量も多いため、それに伴って温室効果ガス排出量も多くなる。液肥利用の場合に

おいても輸送・散布車両に伴う温室効果ガス排出はあるものの、排水処理を行った場合に比べると少ない¹¹⁾。さらに、消化液は速効性の肥料成分を多く含むため、地域内の化学肥料使用量を削減でき、地域への窒素流入量を削減できる。なお、消化液を化学肥料の代替として使用した時の窒素の地下への溶脱による地下水質への影響については後述する通りとなっている。

## 2-4. 液肥利用の課題

液肥利用の課題として、消化液の輸送・散布作業量が多いこと、農家は消化液使用の経験がなく慣れていないこと¹⁰⁾が挙げられる。ここ数年間で、福岡、熊本、京都、千葉の先進事例において、効率的な作業手順、耕種農家への普及のためのノウハウの蓄積が進み、消化液の輸送・散布計画を支援するモデルの開発も進んでいる¹²⁾。また、消化液の液肥研究については、従来、牧草地への散布を中心として取り組まれている例が多く、水田や畑地を対象とした研究は十分行われているとはいえない。

## 3. 消化液の成分

様々な原料由来のメタン発酵消化液の成分を表-1に示す。これは著者らが全国9施設のメタン発酵施設において消化液を採取し、分析を行ったものであるが、すべての施設で液肥利用が行われているわけではなく、排水処理されているものも含んでいる。また、消化液の固液分離装置を有している施設もあるが、表-1に示す結果はすべて、固液分離する前の消化液についてのものである。

消化液成分の特徴としては、含有窒素のうち、約半分が速効性の肥料成分であるアンモニア態窒素であることがあげられる。このため、硫酸などの速効性の化学肥料と同様の利用が可能である。これに対し、堆肥は、同じ家畜排せつ物を原料とした場合であっても、アンモニア態窒素の割合が低く、窒素肥料の効きが遅いことから、使用方法が化学肥料とは異なる。

なお、メタン発酵において、原料に含まれる肥料成分の窒素、リン、カリウムは、ほぼ全量が消化液に移

表-1 様々な原料のメタン発酵消化液の成分

	単位	施設 A	施設 B	施設 C	施設 D	施設 E	施設 F	施設 G	施設 H	施設 I
主な原料		乳牛ふん尿	乳牛ふん尿	豚ふん尿 (洗浄水含む)	生ごみ	食品加工残渣・生ごみ	野菜加工残渣・乳牛ふん尿	浄化槽汚泥, し尿, 生ごみ	し尿, 浄化槽汚泥	し尿・浄化槽汚泥
含水率	%	93.9	95.9	98.3	98.2	97.4	97.5	98.4	99.5	96.9
pH		8.03	7.66	7.79	8.04	8.08	7.48	8.55	9.60	8.38
EC	S/m	1.97	1.96	0.82	2.05	1.49	1.43	1.68	1.00	0.78
SS	mg/L	33,900	26,700	9,630	10,500	15,900	14,900	830	1,250	27,600
VSS	mg/L	22,300	17,900	7,510	6,340	10,600	11,000	460	860	13,800
TS	mg/L	61,200	41,300	17,200	17,800	26,200	24,600	6,650	5,070	31,000
VS	mg/L	40,500	24,200	11,600	8,730	14,800	14,300	2,820	1,800	15,200
COD _{Mn}	mg/L	17,800	14,100	3,290	4,200	8,010	7,880	1,350	1,040	7,930
COD _{Cr}	mg/L	-	-	-	12,900	18,000	-	1,300	3,570	-
BOD	mg/L	2,710	2,320	1,150	1,890	2,430	1,640	716	254	810
TOC	mg/L	6,250	6,220	738	406	1,860	3,840	-	768	1,060
全炭素	mg/L	17,000	9,790	3,620	4,930	3,900	8,180	3,410	1,640	5,020
塩化物イオン	mg/L	1,100	1,390	307	1,520	1,030	786	1,330	1,110	667
アンモニア態窒素	mg/L	1,480	1,740	731	1,550	961	798	1,570	1,060	671
亜硝酸態窒素	mg/L	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
硝酸態窒素	mg/L	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
全窒素	mg/L	3,270	3,390	1,290	2,710	1,640	1,820	1,900	1,330	1,770
全リン	mg/L	949	536	267	320	238	404	82.6	143	505
リン酸態リン	mg/L	7.08	169	8.71	35.2	6.90	55.7	36.0	53.5	0.54
カリウム	mg/L	2,940	3,210	490	1,190	1,900	2,570	924	397	383
ナトリウム	mg/L	-	850	-	1,480	1,120	-	-	802	-
カルシウム	mg/L	-	1,600	-	40.4	24.6	-	-	10.4	-
マグネシウム	mg/L	-	661	-	7.7	42.8	-	-	1.15	-
粗脂肪 (油分)	mg/L	-	-	-	17.8	26.2	24.6	-	<5	-

行する¹³⁾ため、その成分はメタン発酵原料の成分組成を反映する。例えば、乳牛ふん尿が主原料の場合、消化液成分は乳牛ふん尿の成分を反映して、窒素やカリウムに対してリンの含有量が少なくなる、し尿が主原料の場合にはカリウムが相対的に少なくなる、などである。3要素のいずれかが相対的に高濃度となる場合には、過剰施用を防ぐために、その要素が施用量の上限値を定める制限要因となる。

また、原料の含水率は、消化液の肥料成分濃度に影響する。原料が含水率の高い野菜残渣や汚泥の場合(表-1の施設E, 施設F, 施設H, 施設I)や、畜舎の洗浄水などを家畜排せつ物と一緒にメタン発酵槽に投入している場合(表-1の施設C)には、消化液の肥料成分濃度は低くなる。したがって、液肥利用を行うのであれば、高含水率原料を避けることや洗浄水の混入を避けることが望ましい。家畜排せつ物や生ごみを主原料とする場合(表-1の施設A, 施設B, 施設D)は全窒素が3,000mg/L程度と比較的高濃度の消化液が得られ、液肥利用に有利である。

生ごみを原料とする堆肥では、塩分や油分の含有率が議論となる場合がある。竹本¹⁴⁾は、作物の生育に影響を及ぼさない塩分(NaCl)施用量の上限値は、1m²あたり約50gと算定している。この上限値をその

まま適用すると、消化液施用量3t/10aの場合ではナトリウム濃度が6,600mg/L以下、5t/10aの場合では同3,900mg/L以下であれば、作物に影響を及ぼさないことになる。表-1に示したように、塩分濃度の高さが懸念される生ごみを原料とした消化液でも、上限値を大きく下回っており、液肥利用に支障がないといえる。油分(粗脂肪)についてのデータ数が少ないが、いずれも低濃度であり、液肥利用に支障がないといえる。

#### 4. 消化液の農地における動態と環境負荷

畑地に施用された窒素の動態を図-2に示す。施用された窒素は、そのすべてが作物へ吸収されるわけではなく、作物に吸収されなかった窒素には、ガスとして大気への揮散するもの(ガス揮散)、地下へ溶脱するもの(溶脱)、移動せずに土壤に蓄積するもの(土壤蓄積)等がある。これらの割合は、土壤の種類、温度や降水量等の環境条件、肥料の施用方法やその後の土壤管理、作物の窒素吸収特性により異なるが、施用された窒素の形態によっても大きく異なる。堆肥や消化液等の有機質資材はそれぞれ窒素の組成が異なるため、施用後の動態を把握した上で、作物の収量を維持しつつ、環境負荷を最小化する利用方法を採用するこ

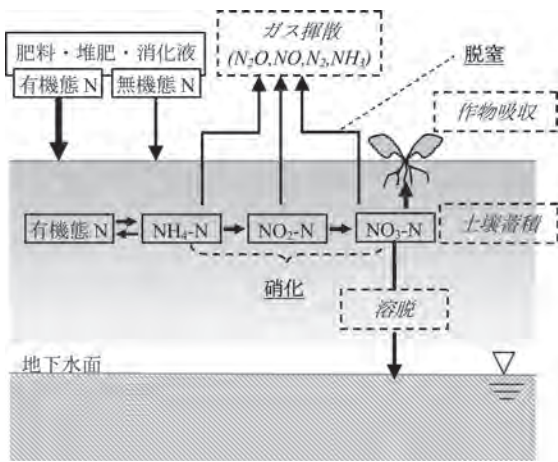


図-2 畑地における窒素の動態

とが重要である。

消化液の場合、含まれる窒素の約半分がアンモニア態窒素、残りが有機態窒素である。消化液中のアンモニア態窒素は、圃場施用後、その一部がアンモニアとして揮散する。アンモニア揮散とは、液相（土壌溶液、地表水、あるいは固形物に含まれる水分）中のアンモニア態窒素の一部が水素イオンとアンモニアに解離し、そのアンモニアが界面を通じて液相から気相に拡散する現象である。消化液のようなアンモニア態窒素を含む液体を土壌に施用する場合にはアンモニア揮散が起こりやすい。アンモニア揮散速度は、液相のアンモニア態窒素濃度、液相のpH、温度、風速等多くの因子の影響を受ける¹⁰⁾。消化液のように、アンモニア態窒素を多く含み、pHがやや高い液体は、アンモニアとして揮散しやすくなる。多量揮散すると、2-3-3.で述べたように、環境に負荷を与えるとともに、肥料成分である窒素分のロスにつながる。

一方、有機態窒素の中には農地への施用後速やかに無機化する易分解性のものと、長期的に分解しない難分解性のものがある。有機態窒素のうち、速やかに無機化する成分は作物が利用しやすい速効性成分であり、施肥設計をする上で重要である。消化液の場合、含有するアンモニア態窒素と短期間に無機化する有機態窒素の量が、短期間に効く窒素肥料成分量の目安となる。畑地では、アンモニア態窒素や有機態窒素由来

の無機態窒素は、最終的に硝酸態窒素（畑地において作物が主に吸収利用する形態）になり作物に利用される。

畑地において、作物要求量以上に窒素を過剰に施用した場合には、地下水の硝酸態窒素汚染を引き起こす。土壌中の粘土鉱物や腐植物質はマイナスの電荷を持っているため、同じマイナスの電荷を持つ硝酸態窒素は土壌にほとんど吸着されない。そのため、作物に吸収されなかった硝酸態窒素は浸透水に溶けて溶脱し、地下水の硝酸態窒素汚染につながる。水田においても、過剰に施用された場合には、地表流出や地下浸透により、水域への負荷が増加する。

## 5. 消化液の肥料効果と環境負荷

### 5-1. 検討項目

消化液の肥料効果や環境負荷に関して、表-2に示す項目についてとりまとめる。以下に示す結果は、大部分が山田バイオマスプラント（表-1の施設B）¹⁵⁾の消化液を用いて、黒ボク土の畑土壌を対象に行った試験結果である。

### 5-2. 消化液に含まれる有機態窒素の無機化量

前述のとおり、消化液に含まれる窒素の約半分が有機態窒素（ここでは、無機態窒素以外の窒素と定義する）である。著者らは、消化液に含まれる有機態窒素の無機化特性やアンモニア態窒素の硝化特性を把握するため、畑地条件での培養試験（30℃）を行った。試験は、アンモニア揮散を抑制するため、施用後土壌と混和した条件で行った¹⁶⁾。消化液に含まれる有機態窒素の一部が無機化とアンモニア態窒素の硝化により、消化液に含まれる窒素の6割から7割程度が施用後約1ヶ月間に硝酸態窒素となり、速効性の窒素肥料として利用できると判断された。（図-3）地域資源循環技術センター⁶⁾は、シラス土を対象に同様の試験を行い、ほぼ同様の結果を得ている。また、石岡・木村¹⁷⁾は消化液中の窒素成分組成について報告している。それによると、アンモニア態窒素以外の窒素の中でも、0.5M塩酸で溶解しアンモニア態窒素となる成分については速効性の窒素成分としてカウントでき、その成

表-2 消化液の肥料効果や環境負荷に関する検討項目

検討項目	評価のポイント
有機態窒素の無機化量	消化液に含まれる有機態窒素のうち、どの程度が無機化するか。
アンモニア揮散量	消化液に含まれる有機態窒素のうち、施用後にどの程度がアンモニアとして揮散するか。
消化液の施用可能量	施用直後に表面流出が生じない施用量はどの程度か。
地下への窒素溶脱量	作物に吸収されずに下方へ移動する割合はどの程度、地下水質に及ぼす影響はどの程度か。
連用による土壌への影響	消化液の連用により、消化液に含有する炭素や窒素はどの程度蓄積するか。土壌の物理性は変化するか。

分量は消化液中に元々含まれているアンモニア態窒素量の1.2倍程度であると報告している。

これらを踏まえると、消化液に含まれる有機態窒素の2～3割程度は、速やかに無機化し、アンモニア揮散等により損失がなければ、含有する窒素の6～7割程度が速効性の窒素成分として利用できるといえる。

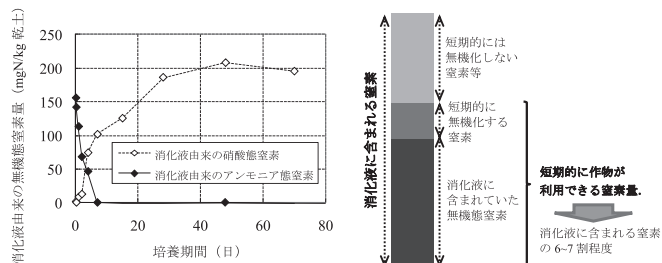


図-3 消化液由来の有機態窒素の無機化特性 (30°C, 畑地条件)¹⁶⁾

### 5-3. 消化液を施用した土壌におけるアンモニア揮散量

著者らは、消化液を表面施用（消化液を土壌表面に施用し、そのまま放置）した場合と、混和施用（消化液を表面施用後30分後に土壌と混ぜる）した場合、化学肥料（硫酸アンモニウム（以下、「硫安」という）を施用）を施用した場合のアンモニア揮散量の違いを図-4に示す試験装置を用いて、室内試験により調査した¹⁸⁾。

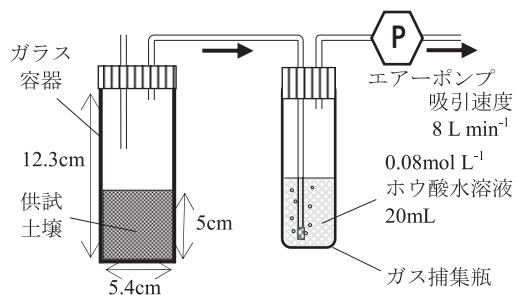


図-4 土壌からのアンモニア揮散測定装置

その結果、硫安を施用した場合にはアンモニア揮散がほとんどなかったのに対し、消化液を施用した場合、施用後にアンモニア揮散が生じた。特に、消化液を表面施用し、そのまま放置した場合、施用後3時間以内におけるアンモニア揮散量が多く、土壌との混和を行わなければ、施用後1日間で施用したアンモニア態窒素の多くが揮散した。一方、土壌と混和すれば、その時点でアンモニア揮散量が抑制され、揮散量はほぼ0まで低減した。つまり、消化液に含まれるアンモニア態窒素を最大限利用し、アンモニアによる大気環境への負荷を削減するためには、施用後速やかに土壌を混和することが望ましいことが示唆された。(図-5)

アンモニア揮散を抑制する方法として、混和施用の他に、溝切り散布法¹⁹⁾、スラリーインジェクタによる

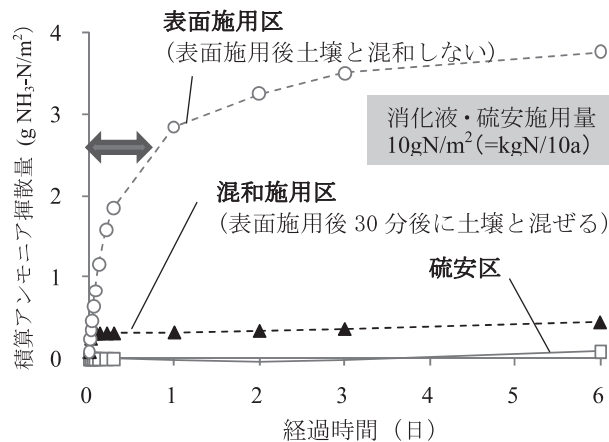


図-5 積算アンモニア揮散量¹⁸⁾

土中施用²⁰⁾、消化液に酸を添加してpHを下げる方法²¹⁾等がある。

一方、消化液施用直後の混和や酸添加を行わない場合には、揮散による窒素の損失が多いことを考慮した施肥設計が必要である。ただし、アンモニア揮散量は、液相のpH、温度、風速等多くの因子の影響を受けるため、揮散量の予測が難しい。Matsunaka et al.²²⁾は、乳牛スラリーを対象として、圃場の土壌水分、気温、施用量、スラリーのpH等の条件を変化させた時の施用土壌からのアンモニア揮散量を測定し、条件によりアンモニア揮散率（施用されたアンモニア態窒素に対するアンモニアとして揮散した窒素量の割合）が大きく変動（22%～61%）することを報告している。このことは、消化液施用後しばらく放置した場合のアンモニア揮散量を予測することは困難であり、揮散量を考慮に入れて適正に施肥設計を行うことの難しさを示している。

以上より、消化液施用後すぐの土壌との混和や消化液への酸添加によりアンモニア揮散を抑制する施用方法は、消化液に含有するアンモニア態窒素の有効利用という観点と揮散量を正確に予測し、無駄のない施肥設計が行えるという観点から望ましいと言える。一方、それらの方法を採用することが難しい場合には、環境条件によりアンモニア揮散量の変動するため、肥料効果も一定しないことが予想される。作物の生育状況から肥料の効き具合を判断して、追肥で過不足を補う対応が求められる。

### 5-4. 消化液の施用可能量

消化液は水分が多いため、施用量が多いと一部が土壌に浸透せず、土壌表面を流れ、施肥ムラを引き起こすおそれがある。そのため、施用直後に表面流出が生じない施用量を把握した。黒ボク土の畑地に消化液をそれぞれ4t/10a、8t/10a施用して、表面流出を観察した。

その結果、4t/10aの場合、施用した消化液はほぼ

土壌に浸透し、表面流出は起こらなかった。一方、8 t/10a では消化液の一部が土壌に浸透せず、土壌に消化液の液面ができ、表面流出が生じ、施肥ムラが生じた。

以上より、消化液を均一に施用するためには、5 t/10a 程度が1回の施用量の限界であると考えられる。また、施用量の決定にあたっては、施用畑の土壌診断結果や地域の施肥基準に基づき、カリなどの養分過剰に留意することも重要である。

### 5-5. 地下への窒素溶脱量と連用による土壌への影響

消化液を施用した時の窒素の溶脱特性を化学肥料の場合と比較するため、ライシメータという試験装置(図-6)を用いて調査を行った^{23),24)}。ライシメータとは、土壌から浸透する水を採取できるように設計された土壌槽のことである。ライシメータで施肥・作物栽培を行い、その間の浸透水の水量と成分濃度を測定することにより、消化液等の施用が地下水の水質に及ぼす影響をモニタリングできる。このライシメータを6基使い、消化液区、硫安区、無施肥区を設定し、年3作(春作:コマツナ, 秋作:ホウレンソウ)の作付けで、4年間試験を行った。

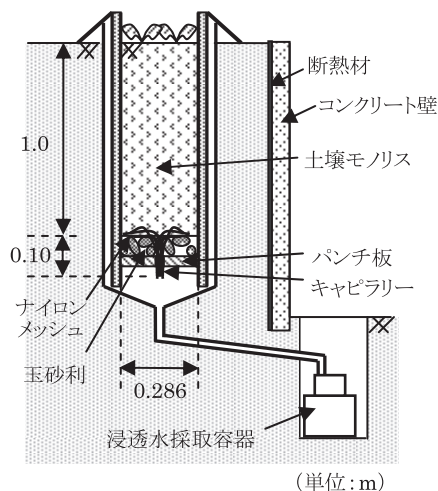


図-6 モノリスライシメータ

消化液・硫安を施用した畑地における4年間の窒素収支を図-7に示す。消化液区の作物の窒素吸収量は4年間を通じて硫安区よりやや少ない程度であり、消化液は硫安に近い窒素肥料として、化学肥料の代替利用ができることが示唆された。浸透水の窒素濃度の時期的な変動は、消化液区と化学肥料区ではほぼ同様であったが、窒素溶脱量(浸透水量と浸透水の窒素濃度の積)は、作物への吸収量と同様に消化液区でやや少なかった。作物への窒素吸収量に対する窒素溶脱量は、消化液と硫安ではほぼ等しいことを示唆している。このことから、消化液で化学肥料を代替しても、適切な施用量であれば、地下水質への影響は小さいといえる。

また、消化液には難分解性の有機態窒素が1割程度含まれており、作物に吸収されたり、溶脱したりせず、土壌の表層に蓄積されることが示された。

以上より、農地に施用され、土壌との混和などによって土壌に保持された消化液由来のアンモニア態窒素の動きは、硫安等の化学肥料由来成分と大きな差異はなく、化学肥料を消化液に代替しても地下水への負荷は増加しないことが示唆された。

### 消化液(混和施用)の場合

### 硫安の場合

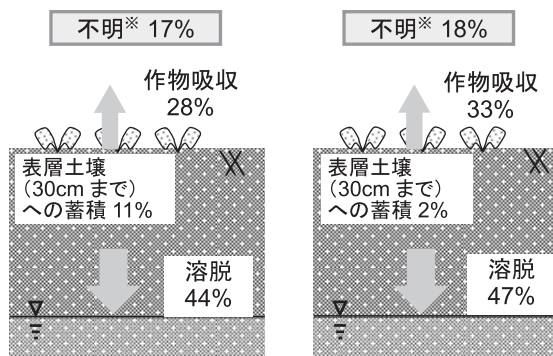


図-7 施肥された窒素の動態(4年間の窒素収支)

## 6. 消化液施用後の土壌での動態

前章までに述べたことを踏まえ、消化液を施用した土壌における窒素の動態を以下にまとめる。

消化液を土壌表面に施用すると、消化液に含まれる速効性の肥料成分であるアンモニア態窒素の一部が揮散し、速効性の肥料成分が損失する。アンモニア揮散の抑制のためには、①施用後速やかに土壌と混和する、②スラリーインジェクタにより土中施用する、③消化液に酸を添加してpH調整する、などの対策が有効である。これらの対策を行うことにより、アンモニア揮散量を少量にすることができ、消化液中のアンモニア態窒素の多くを肥料として利用することができる。それらの対策により、有機態窒素の無機化分(アンモニア態窒素の2割程度)を含めて、消化液に含まれる窒素の約6割程度は速効性成分として利用できる。しかし、それらの対策を行うことが困難な場合には消化液に含まれるアンモニア態窒素の多く(30%~60%)が揮散により失われることになる。しかも、その量は環境条件に左右され、予測が難しい。(図-8)

農地に施用した後、土壌との混和などによって土壌に吸着された消化液由来のアンモニア態窒素は、硫安等の化学肥料由来成分と比べ土壌での動態に関して大きな差異はない。したがって消化液を施用する場合は、アンモニア揮散を考慮に入れて施肥設計を行うことで、化学肥料同等の肥料効果を発揮でき、かつ化学肥料を施用した場合と同等に抑えられることが分かる。

施用量を決定するにあたり、アンモニア揮散量は施用方法による変動が相対的に大きくその影響も大きい

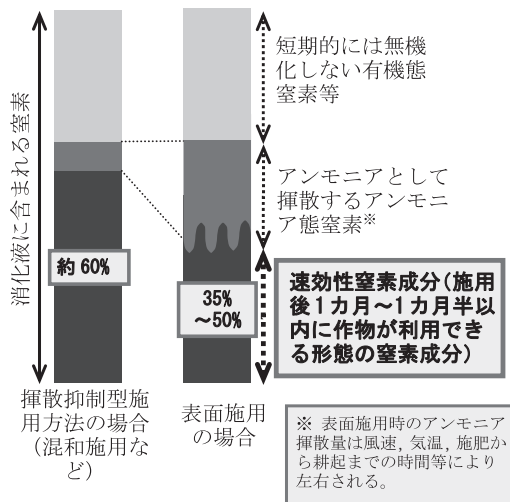


図-8 施用方法による消化液由来窒素の利用可能割合

ため、適正な施肥設計のためのポイントはアンモニア揮散であるといえる。

## 7. まとめ

本研究では、消化液施用の場合における土壌での窒素動態が、化学肥料施用の場合とは異なる部分に着目し、肥料効果を発揮し、かつ環境負荷を最小化するための適正な消化液の液肥利用技術について検討した。

消化液は速効性の肥料成分を含むため、化学肥料の代わりに利用できるものの、化学肥料施用の場合とは施用後のアンモニア揮散特性が大きく異なる。そのため、適正な施肥設計のためには、アンモニア揮散量を考慮に入れる必要がある。適切な施用量であれば、消化液で化学肥料を代替しても、地下水質への影響は小さい。

このように、消化液は環境負荷を増加させることなく、速効性の肥料として利用することが可能である。メタン発酵と消化液の液肥利用を組み合わせることにより、エネルギーの生産、地球温暖化緩和、肥料資源の有効利用、及び資源循環等を通じ地域資源の有効活用を実現できる可能性を持っている。

## 謝辞

本研究の一部は、農林水産省農林水産技術会議事務局の委託プロジェクト研究「農林水産バイオリサイクル研究」および「地域活性化のためのバイオマス利用技術の開発 (バイオマス利用モデルの構築・実証・評価) (Cm3200)」の成果である。また、全国のメタン発酵施設の管理を担当されているみなさまには、消化液の提供に関してご配慮いただいた。ここに感謝の意を表す。

## 【参考文献】

- 1) 農林水産省 (2012) : バイオマス事業化戦略 <http://www.maff.go.jp/j/press/shokusan/bioi/120906.html>
- 2) 李 玉友 (2005) : バイオマス利活用 (その3) -メタン発酵技術-, 農業土木学会誌, 73 (8), 77-82
- 3) 畜産環境整備機構 (2011) : メタン発酵消化液の水田利用および堆肥の燃焼利用マニュアル [http://www.chikusan-kankyo.jp/osuiss/syouka_taihi/syouka_taihi.htm](http://www.chikusan-kankyo.jp/osuiss/syouka_taihi/syouka_taihi.htm)
- 4) 畜産環境整備機構 (2013) : メタン発酵消化液の濃縮・改質による野菜栽培利用マニュアル [http://www.chikusan-kankyo.jp/osuiss/syouka_yasai/syouka_yasai.htm](http://www.chikusan-kankyo.jp/osuiss/syouka_yasai/syouka_yasai.htm)
- 5) 農村工学研究所 (2012) : メタン発酵消化液の畑地における液肥利用 <http://www.naro.affrc.go.jp/nkk/introduction/files/ekihiriyou.pdf>
- 6) 地域資源循環技術センター (2010) : メタン発酵消化液の液肥利用マニュアル, 61-64
- 7) 中川悦光 (2003) : ふん尿とエネルギー利用による循環型社会を目指して-八木バイオエコロジーセンターの稼働状況の報告-, システム農学, 19 (1), 9-20
- 8) 独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (2008) : 新エネルギー等地域集中実証研究京都エコエネルギープロジェクト 平成15年度~平成19年度成果報告書, p. 83
- 9) 林健太郎 (2011) : アンモニアの環境科学と農業のかかわり, 日本土壤肥料学会編 農業由来のアンモニア負荷-その環境影響と対策, 博友社, 13-38
- 10) 畜産環境整備機構 (2001) : 家畜排せつ物を中心としたメタン発酵処理施設に関する手引き, p.12
- 11) 中村真人, 柚山義人, 山岡 賢, 清水夏樹 (2012a) : メタン発酵消化液の液肥利用過程におけるエネルギー消費量および温室効果ガス排出量, バイオマス科学会議論文集, 7, 212-213
- 12) 山岡 賢, 中村真人, 相原秀基, 清水夏樹, 柚山義人 (2011) : メタン発酵消化液の輸送・散布計画支援モデルの開発, 農業農村工学会論文集, 273, 89-96
- 13) 中村真人, 柚山義人, 山岡 賢, 藤川智紀 (2007) : メタン発酵プラントにおける物質収支と消化液及び消化液脱水ろ液の肥料特性, 農業土木学会論文集, 75(3), 107-113
- 14) 竹本 稔 (2005) : 食品廃棄物の堆肥化とその農業利用に関する研究, 農業技術センター研究報告, 148, 1-121

- 15) 中村真人, 柚山義人, 山岡 賢, 折立文子, 藤川智紀, 清水夏樹, 阿部邦夫, 相原秀基 (2010) : メタン発酵プラントのトラブル記録と長期運転データの解析—山田バイオマスプラントを事例として—, 農村工学研究所技報, 210, 11-36
- 16) 中村真人, 藤川智紀, 柚山義人, 山岡 賢, 清水夏樹, 阿部邦夫, 相原秀基 (2011a) : メタン発酵消化液の畑地における液肥利用とその環境影響, 平成23年度農業農村工学会大会講演会講演要旨集, 12-13
- 17) 石岡 巖, 木村 武 (2006) : メタン消化液中の速効性窒素成分は0.5M塩酸抽出で測定できる, 平成17年度「関東東海北陸農業」研究成果情報 [http://www.naro.affrc.go.jp/org/narc/seika/kanto17/12/17_12_20.html](http://www.naro.affrc.go.jp/org/narc/seika/kanto17/12/17_12_20.html)
- 18) 中村真人, 藤川智紀, 柚山義人, 山岡 賢, 折立文子 (2012b) : メタン発酵消化液の施用方法がアンモニア揮散および亜酸化窒素の発生に及ぼす影響, 日本土壤肥科学雑誌, 83(2), 139-146
- 19) 徳田進一, 田中康男, 東尾久雄, 村上健二, 相澤証子, 浦上敦子, 國久美由紀 (2010) : キャベツの露地栽培におけるメタン発酵消化液の効果的な施用方法, 日本土壤肥科学雑誌, 81(2), 105-111
- 20) 住田憲俊, 澤村 篤 (2003) : 液肥 (スラリー) の施用技術, 畜産の研究, 106-110
- 21) 斎藤元也, 木村 武, 倉島健次 (1989) : 圃場還元液状きゅう肥からのアンモニア揮散量の推定と酸添加による揮散の低減法, 草地試験場研究報告, 41, 1-9
- 22) MATSUNAKA, T., SENTOKU, A., MORI, K., and SATOH, S. (2008) : Ammonia volatilization factors following the surface application of dairy cattle slurry to grassland in Japan: Results from pot and field experiments, *Soil Science and Plant Nutrition*, 54, 627-637
- 23) 中村真人, 藤川智紀, 柚山義人, 前田守弘, 山岡賢 (2009) : メタン発酵消化液の施用が畑地土壌からの温室効果ガス発生と窒素溶脱に及ぼす影響, 農業農村工学会論文集, 77(6), 17-26
- 24) 中村真人, 藤川智紀, 柚山義人, 山岡 賢, 清水夏樹, 折立文子 (2011b) : メタン発酵消化液の長期連用が畑地土壌の窒素収支と土壌炭素蓄積に及ぼす影響, 平成23年度農業農村工学会大会講演会講演要旨集, 646-647

## 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25年度の年会費は2,300円です。なお、別紙のPR版を作成しましたので会員の勧誘に活用いただければ幸いです。

## 2. 報文投稿の募集

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

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



# 農業土木技術研究会 会員の募集

## 1. 発足40周年を迎えた「農業土木技術研究会」

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

### 〈農業土木技術研究会の変遷〉

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

## 2. 技術力向上に資する「農業土木技術研究会」

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

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

## 3. 会員が支える「農業土木技術研究会」

本研究会の活動は、皆様の年会費によってまかなわれています。

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

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

申し込み様式は以下を参考にして下さい。

### 入会申し込み

平成 年 月 日

私は農業土木技術研究会に入会します。

氏名： _____

職場・所属： _____

職場住所（会誌送付先）：〒 _____

電話番号： _____

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

# 投稿規定

1. 原稿には次の事項を記した「投稿票」を添えて下記に送付すること。

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

3. 1回の原稿の長さは原則として写真・図・表を含め18,000字程度 (ワープロで作成の場合, A4版8枚程度) 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CDデータ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  $\alpha$  (アルファ)

r (アール) と  $\gamma$  (ガンマ)                k (ケイ) と  $\kappa$  (カッパ)

w (ダブルユー) と  $\omega$  (オメガ)        x (エックス) と  $\chi$  (カイ)

l (イチ) と 1 (エル)                      g (ジー) と q (キュー)

E (イー) と  $\varepsilon$  (イプシロン)        v (ブイ) と  $\nu$  (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。

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（169号）で興味をもたれた報文について記載下さい

(1) 報文タイトル：_____

(2) 興味を持たれた具体的内容  
_____  
_____  
_____

2. 本号の編集についてご意見をお聞かせ下さい

_____  
_____

3. とりあげて欲しいテーマなど本誌に対するご意見やご要望をお書き下さい

_____  
_____

所属：_____ 氏名：_____

## 編集後記

本省勤務となって2年、私事ではありますが週末にお金と時間に余裕がある時は、家族を引き連れ最近話題となっている観光地巡りをしています。

人の多さや渋滞などに巻き込まれ、家族からは評判が悪い時もありますが、これまで主に中国四国地方を転々としてきた私にとって、特に東日本の地名は知らないところも多く、驚きの日々です。

先日世界遺産となりました富士山へも登りましたし（車で五合目まで）、今年中には朝の連続ドラマで有名な岩手県をはじめ、東北各方面へも足を運んでみたいと思っています。

初めて行く所へは、カーナビが頼りです。指示されるがままに右折、左折を繰り返し、何とか目的地へ到着しますが、最近のカーナビの情報量・性能はすごいなど改めて感心させられます。

本誌についても、昭和45年の発刊以来、先輩方の取り組んでこられた研究結果や設計施工事例など、膨大な情報が蓄積されており、これからも全国各地の農業土木技術者の貴重な情報を共有できる参考書として活用できるような編集に努めたいと考えております。

会員の皆様の「じえじえじえ」と驚くような投稿、お待ちしております。

(防災課災害対策室 鋼鉄幸博)

## 水と土 第169号

発行所 〒105-0004 東京都港区新橋5-34-4

農業土木会館内

印刷所 〒161-8558 東京都新宿区下落合2-6-22

農業土木技術研究会

TEL 03(3436)1960 振替口座 00180-5-2891

一世印刷株式会社

TEL 03(3952)5651



大地に刻む農の文化

# 一般社団法人 土地改良建設協会

*Land Improvement Construction Association of Japan*

会 長 宮 本 洋 一

専務理事 松 本 政 嗣



土地改良事業  
の推進



土地改良事業の  
建設工事に関する  
広報活動

工事施工技術に  
関する  
調査研究



公共事業の  
円滑な実施  
に関する  
調査研究



〒105-0004 東京都港区新橋 5-34-4 (農業土木会館)

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

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

# ダイプラハウエル管 (高耐圧ポリエチレン管)

**信頼性の高い、本埋設管として様々な公的機関で認可されています。**

## 規格

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

## NETIS

国土交通省 新技術登録 (NETIS CB-980025-V) カルバート工  
(NETIS CB-980024-A) 柔構造涵管  
22年度・23年度 準推奨技術 新技術活用システム検討会議 (国土交通省)  
「ダイプラハウエル管による道路下カルバート工の設計・施工方法」

## 道路基準

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

## 電気技術規定

J E S C 水力発電設備の樹脂管 (一般市販管) 技術規定

## 農業用水のパイプラインに!

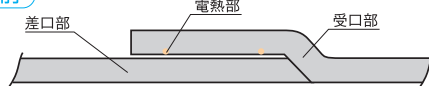
### 管路の一体化による継手部の信頼性!

EF継手は電熱線の通電により熔融し、受口、差口を一体化させ、万全の気密性を保持できます。

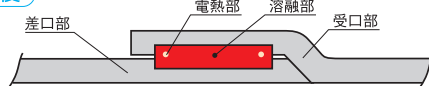
常用使用圧力	0.50 MPa
--------	----------

## 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!

柔構造涵管  
として  
実績豊富!



ダイプラハウエル管

## 大日本プラスチック株式会社

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

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

札幌(営) 011-221-3053 仙台(営) 022-223-0761  
東京(営) 03-5463-8501 名古屋(営) 052-933-7575  
大阪(営) 06-6453-9285 広島(営) 082-221-9921  
福岡(営) 092-721-5166 鹿児島(営) 099-227-1577