

令和元年度  
農業農村工学会九州沖縄支部大会  
講演要旨集



Kyushu Okinawa 2019

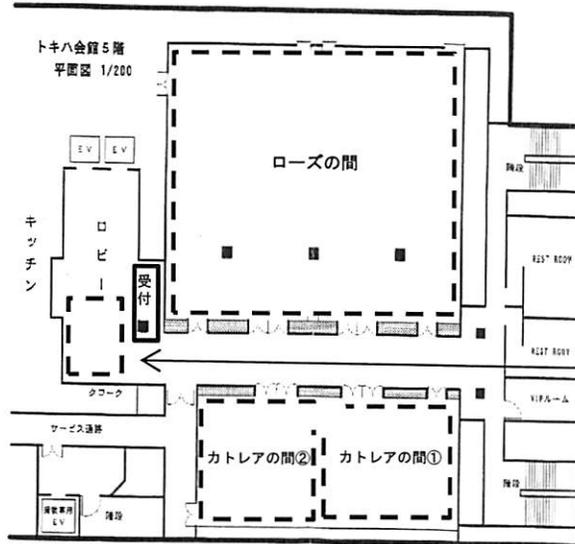
令和元年 11 月 14・15 日

大分市  
トキハ会館

農業農村工学会九州沖縄支部

# トキハ会館会場案内

## 5階フロア



## 【5階】

**14日(木) 開会式・授賞式  
・シンポジウム**

・10時00分～12時00分  
ローズの間

**14日(木) 講演会**

・13時～17時00分  
ローズの間…第一会場  
カトリアの間①…第二会場  
カトリアの間②…第三会場

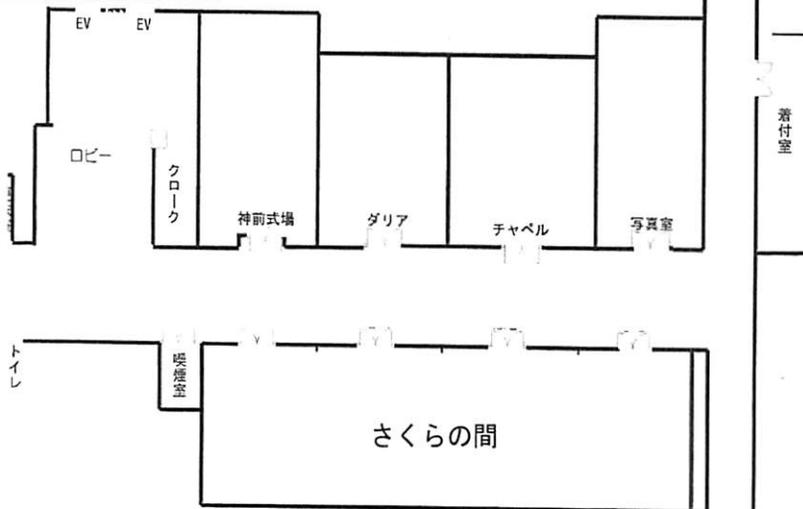
**14日(木) ポスターセッション**

・12時～15時  
5階エレベーター前ロビー

**15日(金) 講習会**

・10時00分～10時50分  
カトリアの間

## 6階フロア



## 【6階】

**14日(木) 講演会**

・13時～17時00分  
さくらの間…第四会場

# 令和元年度 農業農村工学会九州沖縄支部大会

## 1. 開会式・支部賞授賞式

日 時：令和元年 11 月 14 日（木） 10:00～10:50

会 場：トキハ会館 5F ローズの間

〒870-8688 大分市府内町 2-1-4 TEL : 096-387-7777

式 次 第：開会式

- (1) 開会の辞
- (2) 支部長挨拶
- (3) 開催県挨拶
- (4) 来賓祝辞
- (5) 祝電披露
- (6) 閉会の辞

支部賞授賞式

- (1) 選考経過報告（支部賞選考委員会委員長）
- (2) 授賞式（支部長）

## 2. 第 100 回講演会

日 時：令和元年 11 月 14 日（木）

オーラルセッション : 13 : 00～17 : 00

ポスターセッション : 12 : 00～15 : 00

会 場：第1会場 5F ローズの間

第2会場 5F カトレアの間①

第3会場 5F カトレアの間②

第4会場 6F さくらの間

ポスターセッション会場 ・ 12 : 00～15 : 00 5F ロビー

## 3. シンポジウム

講演題目：台湾の水と八田與一

日 時：令和元年 11 月 14 日（木） 11:00～12:00

会 場：5F ローズの間

## 4. 講習会

講習課題：農業用ため池の管理及び保全に関する法律について

日 時：令和元年 11 月 15 日（金） 10:00～10:50

会 場：5F カトレアの間

## 5. 情報交換会

日 時：令和元年 11 月 14 日（木） 18:30～20:30

会 場：アートホテル大分（大分市都町2-1-7）

6. 現地見学会

日 時：令和元年11月15日（金） 11:15～17:00

集合時間：11:10

集合場所：大分駅要町バス乗り場

コース：大分駅要町バス乗り場→安心院葡萄酒工房→国営駅館川地区（農地再編整備）  
→湯布院（自由散策）→大分駅要町バス乗り場

※ 途中、昼食、休憩あり。現場状況等により見学地が変わることがあります。  
また、交通事情により終了時間が前後することがあります。

第 29 回農業農村工学会九州沖縄支部 支部賞

優 秀 賞

- 露地日向夏における凍霜害対策技術の構築について  
宮崎県東臼杵農林振興局 横山 雅敏
- 有明粘土（白川試料）の非排水せん断強度特性  
九州大学大学院生物資源環境科学府 谷 悠生
- 浜ノ瀬ダム地すべり防止の「応急対策工」について  
九州農政局西諸農業水利事業所 野中 夏希
- デジタルカメラによる災害現場の3Dモデルの精度と設計への応用  
鹿児島県農政部農地保全課 前田 勉  
鹿児島県南薩地域振興局農林水産部農村整備課 小野島 英治

研 鑽 賞

- 株式会社 田幸技建コンサルタント 宮里 裕也
- 熊本県県央広域本部農林部農地整備課 松本 久美子

ポ ス タ ー 賞

- (第 27 号) 少量頻繁灌漑圃場における灌漑スケジューリングおよび節水効果の評価  
佐賀大学大学院農学研究科 天野 志桜里
- (第 28 号) GIS を用いた低平地農村地域における土地利用と洪水緩和機能の関係解明  
佐賀大学大学院農学研究科 右川 紗弥加

## 第 29 回支部賞選考委員

委員長	仲村 渠 将	琉球大学農学部
副委員長	郡山 益実	佐賀大学農学部
委員	伊藤 祐二	鹿児島大学農学部
〃	丸田 雅博	九州農政局筑後川下流農業水利事務所
〃	濱井 和博	沖縄総合事務局農林水産部農村振興課
〃	田中 伸二	福岡県筑後農林事務所農村整備第一課
〃	馬場 秀浩	熊本県農林水産部農村振興局技術管理課
〃	服部 寛	アジアプランニング株式会社
〃	木原 泰信	株式会社 技術開発コンサルタント

## < 支部賞選考理由 >

### 1. 優秀賞

#### (1) 露地日向夏における凍霜害対策技術の構築について

宮崎県東臼杵農林振興局 横山 雅敏

本講演は、茶の散水氷結防霜技術を宮崎県特産柑橘の日向夏に応用した事例を報告したものである。日向夏の凍霜害に対する同技術の有効性を評価するために、温度センサーを用いた散水の自動化と間断散水による節水を実施したうえで、散水区と無散水区で果実の品質が比較された。その結果、無散水区では果実の品質低下が認められたが、散水区では品質低下は概ね解消され、同技術の有効性が示された。現状では改善点もあるものの、散水氷結法の応用事例を示した本講演内容は、他の作物への同法の適用可能性を示しただけではなく、畑地灌漑整備事業の有用性や意義の拡大に資するものであり、農業農村工学会九州沖縄支部賞（優秀賞）に相応しいと判断する。

#### (2) 有明粘土（白川試料）の非排水せん断強度特性

九州大学大学院生物資源環境科学府 谷 悠生

本講演は、軟弱地盤地帯において盛土構造物を築造する際の基礎地盤の安定性を検討することを目的として、有明海東岸域で採取した有明粘土の圧密定体積一面せん断試験及び一軸圧縮試験の結果に基づく研究成果を報告したものである。試験に用いた有明粘土は短期安定問題の設計強度として十分採用できる粘着力を有すこと及びせん断強度に異方性が存在することが示された。これらの研究成果は研究対象地のみならず、他の軟弱地盤地帯においても盛土に関する基礎地盤の安定性評価に活用できる貴重な実績となる。以上から、本講演内容は、農業農村整備の技術的進展に大いに貢献できるものであり、農業農村工学会九州沖縄支部賞（優秀賞）に相応しいと判断する。

#### (3) 浜ノ瀬ダム地すべり防止の「応急対策工」について

九州農政局西諸農業水利事業所 野中 夏希

本講演は、浜ノ瀬ダムの試験湛水時に見つかった貯水池斜面の地すべりに対し、河道閉塞による二次災害を回避するための試験湛水を中止する初動判断を適切に下し、状況把握および対策計画のための調査を手際良く行い、応急対策と恒久対策を区別した施工によって斜面を復旧し、試験湛水再開後の完了検査を経て供用を開始するまでの一連の過程を報告したものである。本講演では、農業用ダムの試験湛水の重要性が再認識され、農業用ダムにおける斜面災害への対応の模範となる行動が示された。以上より、本講演内容は、農業農村整備における災害への対応に関する技術の普及に大いに貢献できるものであり、農業農村工学会九州沖縄支部賞（優秀賞）に相応しいと判断する。

#### (4) デジタルカメラによる災害現場の3Dモデルの精度と設計への応用

鹿児島県農政部農地保全課

前田 勉

鹿児島県南薩地域振興局農林水産部農村整備課 小野島 英治

本講演は、農地・農業用施設の災害現場における安全かつ迅速な復旧を目的に、汎用デジタルカメラを用いて作成した3Dモデルの精度及び設計への応用に関する検証を報告したものである。一般的な農地・農業用施設災害箇所を対象にした3Dモデルは、従来測量と比較して十分使用に耐えうる精度であ

ることが実証された。UAV の利用が進む中、汎用デジタルカメラを用いる手法の有用性が示されており、今後の農地・農業用施設の災害復旧の迅速化・省力化を考えるうえで、極めて有用な知見となりうる。以上より、本講演内容は、農業農村地域における災害復旧および技術的進展に大いに貢献できるものであり、農業農村工学会九州沖縄支部賞（優秀賞）に相応しいと判断する。

## 2. 研鑽賞

- (1) 株式会社 田幸技建コンサルタント <sup>みやざと ゆうや</sup> 宮里 裕也
- ・ 第 96 回 (H27) ウッドチップトレンチの赤土等流出削減効果について
  - ・ 第 97 回 (H28) ウッドチップトレンチの赤土等流出削減効果について (2)
  - ・ 第 99 回 (H30) 畑地帯集水利用計画における貯水池規模について～貯水池規模の縮小化の実現に向けて、南大東島を事例として～
- (2) 熊本県県央広域本部農林部農地整備課 <sup>まつもと くみこ</sup> 松本 久美子
- ・ 第 95 回 (H26) 排水不良水田の縦孔暗渠等による部分的な改善効果
  - ・ 第 98 回 (H29) 洗管ノズルを装着した防除用動噴を用いて満水状態で行う暗渠洗浄技術第 2 報凹凸が見えない程度の暗渠排水管での適用性の検討
  - ・ 第 99 回 (H30) 暗渠排水施工後の排水不良原因調査

### お 願 い

支部賞のうち研鑽賞は H24 年度から自己申告制としました。令和元年度の発表で 3 回に達する方(あるいは、令和元年度以前に 3 回以上発表したことがあったが、まだ研鑽賞を授与されていない方)は、下記事務局へ、所属・氏名・学会員番号および上記のような発表年度と講演題目について(控えのない方は、できるだけ分かる範囲で)ご連絡ください。また、研鑽賞は H24 年度から 3 回の口頭発表ごとに受賞できることになりました。ただし、大学教員、独立行政法人関係の研究員は除きます。学会員として自己研鑽はもちろん、支部の活性のため大いに発表して下さい。

農業農村工学会九州沖縄支部事務局

事務局長：中園 健文

宮崎大学農学部 森林緑地環境科学科

TEL & FAX 0985-58-7240

E-mail : nakazono@cc.miyazaki-u.ac.jp

〒889-2192 宮崎市学園木花台西 1 - 1

# 講演プログラム

# シンポジウム(11月14日)

会場：5F ローズの間  
司会：志賀 江梨子

<時刻>	<番号>	<講演題目>	<所属>	<講演者>
11:00 ~ 12:00	S-1	台湾の水と八田與一	トヨタ自動車株式会社	○ 八田 修一

# ポスターセッション(11月14日)

会場：12:00~15:00 5F ロビー

ポスター賞授賞式：16:00~ (5F ロビー)

<時刻>	<番号>	<頁>	<講演題目>	<所属>	<講演者>
12:00~15:00	P-1	190	東よか干潟における底生生物と底質環境	佐賀大学大学院農学研究科 佐賀大学農学部 佐賀大学大学院農学研究科 佐賀大学農学部 佐賀自然史研究会	○ 高木 大地 郡山 益実 石橋 拓也 大塚 諄史 副島 和則
	P-2	192	2018年秋季に発生した東よか干潟保護ヤードにおけるシ チメンソウの大規模な立ち枯れ被害	佐賀大学大学院農学研究科 佐賀大学農学部 佐賀大学農学部 佐賀自然史研究会	○ 石橋 拓也 郡山 益実 藤井 大輔 副島 和則
	P-3	194	夏季の東よか干潟における水質・底質環境の空間分布	佐賀大学大学院農学研究科 佐賀大学農学部 佐賀大学大学院農学研究科 佐賀自然史研究会	○ 大塚 諄史 郡山 益実 石橋 拓也 副島 和則
	P-4	196	ベトナムメコンデルタにおける農業用水資源の実態と課題	佐賀県立佐賀農業高等学校 環境工学科 佐賀県立佐賀農業高等学校 環境工学科 佐賀県立佐賀農業高等学校 環境工学科	○ 古川 真也 福田 航貴 世戸 直明
	P-5	198	多自然型護岸クリークの環境と小型魚の生息	佐賀大学農学部 佐賀大学農学部	○ 大串 覚 原口 智和
	P-6	200	クリークにおけるアサザの保護と適正管理	佐賀大学農学部 佐賀大学農学部	○ 三谷 祐加 原口 智和
	P-7	202	環境緩和型舗装材料としてのシラス混合インターロッキング ブロックの遮熱効果に関する研究	鹿児島大学大学院農学研究科生物環境学専攻 鹿児島大学農学部	○ 渡邊 剛 平 瑞樹

# オーラルセッション(11月14日):第1会場 (5F ローズの間)

【セッション1-A】				座長: 洲上 直人(佐賀県)	
<時刻>	<番号>	<頁>	<講演題目>	<所属>	<講演者>
13:05 ~ 13:17	1-1	2	クレーク整備後の維持管理に関する取組み - 筑後川下流右岸地区を事例として -	筑後川下流右岸農地防災事業所 筑後川下流右岸農地防災事業所	原口 和生 ○ 佐藤 聡太
13:17 ~ 13:29	1-2	4	国営総合農地防災事業「筑後川下流右岸地区」JA水路におけるカワバタモロコへの配慮	九州農政局 筑後川下流右岸農地防災事業所 一般財団法人九州環境管理協会 一般財団法人九州環境管理協会 一般財団法人九州環境管理協会	山内 順也 宇野 潔 ○ 林田 創 望月 佑一
13:29 ~ 13:41	1-3	6	景観に配慮した営農雑用水の整備について	鹿児島県 熊毛支庁 農林水産部 農村整備課	○ 岩崎 隆晴
13:41 ~ 13:53	1-4	8	国営総合農地防災事業「筑後川下流右岸地区」における浮葉植物アサザ保全の取組	九州農政局 筑後川下流右岸農地防災事業所 一般財団法人九州環境管理協会 一般財団法人九州環境管理協会	山内 順也 林田 創 ○ 泉 佑樹
13:53 ~ 14:05	1-5	10	希少野生生物に配慮した施工事例について - 水利施設整備事業福地地区 -	沖縄県農林水産部宮古農林水産振興センター	○ 上田 琢朗
14:05 ~ 14:17	1-6	12	廃材のスギ樹皮を活用したアオコ増殖抑制技術の検討 - アレロパシーによるアオコの防除 -	一般財団法人九州環境管理協会 一般財団法人九州環境管理協会 神奈川県立産業技術総合研究所 山形大学農学部 山形大学農学部	○ 城内 智行 望月 佑一 西條 裕美 鈴木 佑梨 芦谷 竜矢
14:17 ~ 14:29	1-7	14	災害復旧現場における絶滅危惧種のヒラモ移植(モガワ大作戦)	熊本県南広域本部農林水産部農地整備課 熊本県東広域本部上益城地域振興局農林部農地整備課	○ 仲山 隆一 尾崎 展一
14:29 ~ 14:41	1-8	16	簡易潤滑油診断装置を活用した地上ポンプの機能診断	沖縄総合事務局土地改良総合事務所 沖縄総合事務局土地改良総合事務所 沖縄総合事務局農村振興課	○ 玉城 勇人 濱本 和也 嘉数 松彦

14:41 ~ 15:00 休憩

【セッション1-B】				座長: 稲福 大騎(沖縄県)	
<時刻>	<番号>	<頁>	<講演題目>	<所属>	<講演者>
15:00 ~ 15:12	1-9	18	新たな担い手づくりについて - 株式会社瑞穂(福岡県豊前市)の事例 -	福岡県行橋農林事務所農村整備第一課	○ 関 康弘
15:12 ~ 15:24	1-10	22	監視カメラを利用した施設の管理 ~ 農業水利施設の維持管理労力の低減に向けて ~	熊本県土地改良事業団体連合会	○ 藤野 利男
15:24 ~ 15:36	1-11	24	小水力発電事業元治水地区における事業手続きについて	大分県中部振興局農林基盤部	○ 安永 裕和
15:36 ~ 15:48	1-12	28	大中尾ダムにおける遠方監視システムの整備について - ICT技術を活用したダム管理の省力化 -	大分県南部振興局農林基盤部	○ 佐藤 大輔
15:48 ~ 16:00	1-13	30	水土里情報システムとUAV3D点群データの活用例	大分県土地改良事業団体連合会総務部情報管理課	○ 秋吉 克則
16:00 ~ 16:12	1-14	34	有馬2期地区における海岸環境対策について - ヒジキの移設方法の検討 -	長崎県島原振興局土地改良課	○ 小嶋 直樹
16:12 ~ 16:24	1-15	38	阿蘇地域における航空レーザ測量成果の草地管理への活用	熊本県庁 熊本県庁 熊本県庁 アジア航測 株式会社	岩田 長起 園村 道明 ○ 増田 慎也 近藤 幸子
16:24 ~ 16:36	1-16	40	オニバスの生態調査と環境保全措置を考慮したため池改修の検討について	(株)日豊測量設計 岩切環境技研(株) 宮崎県児湯農林振興局 宮崎県児湯農林振興局	村上 信也 岩切 康二 ○ 成松 克彦 立山 裕樹

## オーラルセッション(11月14日):第2会場 (5F カトリアの間①)

【セッション2-A】						座長:園村 道明(熊本県)
<時刻>	<番号>	<頁>	<講演題目>	<所属>	<講演者>	
13:05 ~ 13:17	2-1	46	呼び径600 ALW形ダクタイル鉄管管路における供用1年後の流速係数の測定	株式会社クボタ 株式会社クボタ 株式会社クボタ	○竹谷 和志 前泊 あゆみ 井谷 昌功	
13:17 ~ 13:29	2-2	48	農業用水を用いた高落差における小水力発電施設の整備事例報告	株式会社 技術開発コンサルタント 株式会社 技術開発コンサルタント 株式会社 技術開発コンサルタント	黒谷 透 石井 隆二 ○王 馨寧	
13:29 ~ 13:41	2-3	50	農地再編事業に伴う「水田パイプライン化+ICT導入」の考察ー限られた水資源の有効活用と省力化ー	大分県豊肥振興局大野川上流開発事業事務所	○佐藤 広光	
13:41 ~ 13:53	2-4	54	福岡県における水事情について2ー筑後川下流の農業用水ー	福岡県筑後川水系農地開発事務所	○岩崎 賢吾	
13:53 ~ 14:05	2-5	58	ICT等の活用を含めた水管理システムの構築手順に関する検討ー支線水路レベルを対象としてー	農研機構農村工学研究部門 農研機構農村工学研究部門	○藤山 宗 中矢 哲郎	
14:05 ~ 14:17	2-6	60	地下ダムを水源とした畑作地帯における地下水賦存量と用水需要の評価	鹿島建設株式会社九州支店 佐賀大学農学部 佐賀大学農学部	○坂田 徹 阿南 光政 弓削 こずえ	
14:17 ~ 14:29	2-7	62	既設農業用ダム(ため池)の耐震照査業務について	株式会社 ホープ設計 株式会社 ホープ設計 株式会社 ホープ設計 株式会社 ホープ設計 沖縄県農林水産部 中部農林土木事務所 沖縄県農林水産部 中部農林土木事務所 沖縄県農林水産部 中部農林土木事務所	○宮城 正 高嶺 哲夫 我那覇 忠男 田場 邦夫 桃原 聡 前富里 善信 金城 幸利	
14:29 ~ 14:41	2-8	66	地震時の空気弁案内圧力変動に関する模型振動実験についてー熊本地震による国営かんがい排水池台地地区の被災を受けてー	九州農政局 土地改良技術事務所	○白濱 富久男	

14:41 ~ 15:00 休憩

【セッション2-B】						座長:保利 信広(長崎県)
<時刻>	<番号>	<頁>	<講演題目>	<所属>	<講演者>	
15:00 ~ 15:12	2-9	70	魚群探知機を用いた水底地形調査による新しいダム貯水池土砂管理	中央開発株式会社 中央開発株式会社	○長田 実也 池田 典明	
15:12 ~ 15:24	2-10	72	硫黄山噴火に伴う代替水源可能性調査等について	大福コンサルタント株式会社 コスモコンサルタント株式会社 株式会社萩原技研 株式会社国土技術コンサルタント 鹿児島県始良伊佐地域振興局農村整備課	下尾崎 泰宏 土元 徹也 榮 弘昭 梶原 貴 ○山下 義美	
15:24 ~ 15:36	2-11	76	走行式散水器具(ロールカー)の導入検討についてー地域の実状にあわせた走行式散水器具の改良ー	鹿児島県大隅地域振興局曾於畑かんがい農業推進センター 鹿児島県大隅地域振興局曾於畑かんがい農業推進センター	○濱田 学 東 三郎	
15:36 ~ 15:48	2-12	80	営農で行う赤土流出防止対策をめざしてーウッドチップトレントと補助暗渠の組み合わせー	株式会社 田幸技建コンサルタント 株式会社 田幸技建コンサルタント 株式会社 田幸技建コンサルタント 株式会社 田幸技建コンサルタント 沖縄県農業研究センター 沖縄県農業研究センター	吉永 安俊 湧川 哲雄 ○宮里 裕也 仲本 一喜 與儀 喜代政 比嘉 基晶	
15:48 ~ 16:00	2-13	84	長南砂川排水トンネル建設工事における出水対策	西松建設株式会社 西松建設株式会社 沖縄総合事務局宮古伊良部農業水利事業所 沖縄総合事務局宮古伊良部農業水利事業所 沖縄総合事務局宮古伊良部農業水利事業所	寺西 淳次 大谷 達彦 石原 正一 鈴木 智也 ○大木 崇裕	
16:00 ~ 16:12	2-14	86	粟野名頭首工の改修について	宮崎県東臼杵農林振興局 宮崎県東臼杵農林振興局 宮崎県東臼杵農林振興局 宮崎県中部農林振興局	○横山 雅敏 水城 佳将 田中 哲史 長岡 友里	

# オーラルセッション(11月14日):第3会場 (5F カトリアの間②)

【セッション3-A】						座長:辛島 光彦(大分県)
<時刻>	<番号>	<頁>	<講演題目>	<所属>	<講演者>	
13:05 ~ 13:17	3-1	90	某製紙工場にて発生する石灰灰を用いたジオポリマーの開発	佐賀大学名誉教授	○ 甲本 達也	
13:17 ~ 13:29	3-2	94	ナトリウム系含侵材を用いた新たな表面被覆工法の長期耐久性の評価	西日本コンサルタント 株式会社 株式会社 アストン 株式会社 総合開発 高知大学教育研究部自然科学系	○ 石川 秀之 山本 昌弘 高橋 慶吉 佐藤 周之	
13:29 ~ 13:41	3-3	96	鋼橋の長寿命化対策(塗装塗替工事)	鹿児島県熊毛支庁屋久島事務所農林普及課 鹿児島県熊毛支庁屋久島事務所農林普及課	○ 佐古 陽子 瀬戸口 洋一	
13:41 ~ 13:53	3-4	100	ステンレス製鋼スラグとフライアッシュを混合したジオポリマー硬化体の圧縮強度特性	佐賀大学全学教育機構 佐賀大学農学部 佐賀大学農学部	○ 近藤 文義 溝田 浩太郎 長尾 千尋	
13:53 ~ 14:05	3-5	102	農業水利施設保全合理化事業 第三笠野原地区における既設パイプライン管内充填工法	鹿児島県大隅地域振興局農林水産部農村整備課	○ 蔵満 祐樹	
14:05 ~ 14:17	3-6	104	明辰川地区における幹線排水路の堤防改修について	熊本県 玉名地域振興局 農地整備課 熊本県 玉名地域振興局 農地整備課 熊本県 玉名地域振興局 農地整備課	○ 中原 将秀 一氏 大樹 藤原 竜生	
14:17 ~ 14:29	3-7	106	神宮農道における施工事例ー軽量盛土工法ー	沖縄県農林水産部南部農林土木事務所 沖縄県農林水産部宮古農林水産振興センター	○ 田原迫 健二 宮城 祐菜	
14:29 ~ 14:41	3-8	108	竹繊維からなる法面緑化基盤材の耐侵食性	九州大学名誉教授 株式会社 グリーン有機資材 武巳建設 株式会社 武巳建設 株式会社 株式会社 グリーン有機資材	○ 大坪 政美 杉本 晃 辻 博基 野地 訓弘 奥田 俊文	

14:41 ~ 15:00 休憩

【セッション3-B】						座長:宮原 康隆(福岡県)
<時刻>	<番号>	<頁>	<講演題目>	<所属>	<講演者>	
15:00 ~ 15:12	3-9	112	竹繊維からなる吹付基盤材の一軸圧縮強さ	九州大学名誉教授 株式会社 グリーン有機資材 武巳建設 株式会社 武巳建設 株式会社 株式会社 グリーン有機資材 株式会社 扶桑エンジニアリング	○ 大坪 政美 杉本 晃 辻 博基 野地 訓弘 奥田 俊文 福岡 俊法	
15:12 ~ 15:24	3-10	116	池ノ内地区における農業農村整備事業の取組 ~地域住民とともに考える地域の発展~	大分県東部振興局	○ 黒岩 聡	
15:24 ~ 15:36	3-11	118	水田畑地化モデル地区の取組について	大分県農林水産部農村整備計画課	○ 菅原 貴美	
15:36 ~ 15:48	3-12	122	阿蘇谷地区県営農地等災害復旧事業17工区 -酸性硫酸塩土壌対策-	熊本県県北広域本部阿蘇地域振興局農地整備課 熊本県県北広域本部阿蘇地域振興局農地整備課 佐賀県佐賀中部農林事務所農村環境課 大分県農林水産部農村整備計画課	○ 中村 慶広 田代 憲臣 森 勇二 井形 晃之	
15:48 ~ 16:00	3-13	126	重井田ダム洪水吐改修工事後のコンクリートひび割れ原因について	長崎県 杵岐振興局 農林整備課 長崎県 杵岐振興局 農林整備課	○ 向井 哲也 中嶋 和成	
16:00 ~ 16:12	3-14	130	ため池工事における工事短縮(品質管理)について	長崎県県北振興局農林部土地改良課 長崎県環境部水環境対策課	○ 山下 晃 松浦 清勝	
16:12 ~ 16:24	3-15	134	鬼界アカホヤ火山灰層の一面せん断強度特性 -熊本県白川河口左岸部に位置する白川尻干拓堤防基礎(有明粘土)地盤の場合-	九州大学 大学院農学研究院	○ 東 孝寛	
16:24 ~ 16:36	3-16	136	斜面崩壊地の原位試験のパラメーターを用いた有限要素解析	鹿児島大学農学部 鹿児島大学農学部	○ 平 瑞樹 白川 翔	

## オーラルセッション(11月14日):第4会場 (6F さくらの間)

【セッション4-A】						座長: 請関 八芳(宮崎県)
<時刻>	<番号>	<頁>	<講演題目>	<所属>	<講演者>	
13:05 ~ 13:17	4-1	140	農業水利施設(排水ポンプ設備)における機能保全対策の事例報告	株式会社 技術開発コンサルタント 株式会社 技術開発コンサルタント	黒谷 透 ○宮崎 徹	
13:17 ~ 13:29	4-2	142	パイプインパイプ(PIP)工法について	農林水産省九州農政局北部九州土地改良調査管理事務所 農林水産省九州農政局北部九州土地改良調査管理事務所	江田 範孝 ○大庭 春花	
13:29 ~ 13:41	4-3	144	耕土不足地区における施工事例について(水利施設整備事業イリノソコ地区)	沖縄県農林水産部宮古農林水産振興センター	○瑞慶覧 洋美	
13:41 ~ 13:53	4-4	146	平成29年九州北部豪雨災害からの復旧について - 鎌塚(かまつか)ため池災害復旧工事 -	福岡県朝倉農林事務所 福岡県朝倉農林事務所	○野口 朋宏 宮原 康隆	
13:53 ~ 14:05	4-5	150	大分県の農業用水路トンネル整備事業について	株式会社 技術開発コンサルタント 株式会社 技術開発コンサルタント 株式会社 技術開発コンサルタント 株式会社 技術開発コンサルタント	白濱 博 馬場 裕治 吉松 由希恵 ○牧野 弘樹	
14:05 ~ 14:17	4-6	152	ため池改修工事後の漏水への対応について~大分県 国東市 犬鼻池地区の事例~	大分県 東部振興局	○灘波 悦史	
14:17 ~ 14:29	4-7	156	水中ドローンによるサイホン管内における調査事例	大分県豊肥振興局農林基盤部	○大神 渡	
14:29 ~ 14:41	4-8	160	地すべり綿田地区における農地の復旧について	大分県豊肥振興局豊後大野水利耕地事務所 大分県豊肥振興局豊後大野水利耕地事務所	○宮田 茂 山本 文博	

14:41 ~ 15:00 休憩

【セッション4-B】						座長: 有村 和廣(鹿児島県)
<時刻>	<番号>	<頁>	<講演題目>	<所属>	<講演者>	
15:00 ~ 15:12	4-9	162	水路トンネル工事に関する推進工法活用事例-大分県玖珠町万年井路を事例として-	大分県 西部振興局 大分県 豊肥振興局	○秦 祐二 御手洗 広大	
15:12 ~ 15:24	4-10	166	平成29年九州北部豪雨被災地区の復興について - 大分県 日田市大肥地区の取り組み -	大分県 西部振興局 農林基盤部	○志賀 美樹	
15:24 ~ 15:36	4-11	168	小学生を対象とした土地改良施設の啓発活動-廣瀬久兵衛が開設した小ヶ瀬井路-	大分県 西部振興局 農林基盤部	○時任 寛貴	
15:36 ~ 15:48	4-12	170	宇佐市における農地集積と連携した基盤整備について - 圃場の大区画化と地下水水位制御システムの整備事例 -	大分県北部振興局農林基盤部	○矢野 誠也	
15:48 ~ 16:00	4-13	174	軟弱地盤における構造物の沈下対策について ~原因説明と対策の一例~	長崎県 県央振興局 農村整備課 株式会社アース	○古賀 昌敬 竹ノ内 政宣	
16:00 ~ 16:12	4-14	178	九州の複雑な地質形成の解明	福岡県筑後農林事務所農村整備第一課	○田中 伸二	
16:12 ~ 16:24	4-15	182	地域ため池総合整備事業の実施 - 農村地域に期待されるため池改修 -	大分県東部振興局日出水利耕地事務所 大分県東部振興局日出水利耕地事務所	○藤澤 稔 飯田 照康	
16:24 ~ 16:36	4-16	186	基幹水利施設ストックマネジメント事業 東郷地区について	宮崎県南那珂農林振興局	○臼杵 竜也	

# オーラルセッション

## 第1会場

環境保全，生態環境，情報処理・その他

## クリーク整備後の維持管理に関する取組み —筑後川下流右岸地区を事例として—

農林水産省 九州農政局 筑後川下流右岸農地防災事業所

(正)原口和生, ○(正)佐藤聡太

### 1. はじめに

佐賀平野には昭和 40 年代の土地改良事業で整備された“クリーク”があり、農業用水の安定供給及び洪水調整等の貯水・排水機能、生き物の生息環境等の重要な役割を担っている。しかし、近年の気候変動や地域の土壌特性が相まって、クリーク法面の崩壊が生じている。これが進行した場合、崩壊土砂の堆積による貯水・排水機能の低下、道路や電柱等の損壊の恐れがある。このため、当事業所ではこれらの災害を未然に防ぐとともに、農業生産の維持・推進を図っていることを目的とし、クリークの整備を行っている。また、地域住民に対し、クリークの持つ様々な役割やその大切さを伝え、クリーク整備後の維持管理に繋げることを目的に、環境学習会やワークショップも実施している。本報では、平成 30 年度に実施した環境学習会での取組みを紹介する。

### 2. 環境学習会

#### (1) 対象の選定

筑後川下流右岸地区の内、整備中もしくは整備後のクリーク付近の小学校を対象とし、対象者は総合学習の時間を活用させていただいた 4 年生の児童とした。

#### (2) 実施方法及び内容

室内講義、環境点検、現地見学のプログラム(詳細は下記参照)を提案し、学校側の意見を踏まえて実施方法を決定した。加えて、広報効果を狙い、環境学習会の様子を記載した「学級便り」の配布や地元メディアへの取材依頼も行った。

##### ① 室内講義(約 20 分)

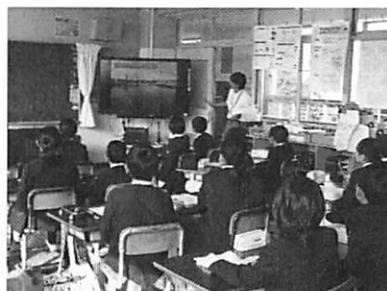
クリークと川の違い、創設された歴史、航空写真から見たクリークの形成過程、貯水・排水といったクリークの様々な役割や洪水を防ぐ機能等を学校周辺の写真を用いながら、講義形式で行う。

##### ② 環境点検(点検:約 60 分、取りまとめ:約 30 分)

5,6 人の班に 1 人引率を付け、学校周辺のクリーク環境を点検し、ポスターへの取まとめを行う。児童には場所の記録、カメラ撮影、内容の記録、発表等の担当を設けて取り組んでもらう。

##### ③ 現地見学(60~80 分)

整備中のクリークを歩きながら、クリーク内の廃棄物の見学、堆積土の調査、クリークに棲む生き物の観測等を行う。現地での説明には専門知識を持った施工業者等に協力いただいた。



Pic1. 室内講義



Pic2. 環境点検



Pic3. ポスターの作成

### 3. 結果と考察

廃棄物の現地見学では、不法投棄されているという地域の現状を説明した。廃棄物を見た瞬間の児童の驚きは非常に大きく、「ゴミがたくさんあって悲しかった」、「ゴミを捨てる人がいたら注意したい」、「クリークを大切にしたい」等の感想を頂いた。洗濯機やオートバイ、ボーリングの玉等の廃棄物とその量が想定外であったからだと思う。人為的行動によっても、クリークの機能が妨げられてしまうことを感じてもらえたのかもしれない。生き物の観測では、クリーク内には外来種とされる生き物がいること、及びその外来種による影響等を説明した。児童からは「外来種は駆除しないとイケない」、「在来種について調べてみたい」等の感想があり、地域の生き物を守っていこうという意識を感じられた。他にも、「ゴミを捨てないようにしたい」、「私たちにできることをしたい」という記載もあり、クリークへの管理に繋がりうる感想も得られた。クリークに対する関心が高まり、自身にできることを考えてもらえたようである。未来の地域を担う児童に対し、この環境学習会はクリークの大切さを理解することに有効であったと考えられる。

広報については、環境学習会の様子は地元メディア計4社による報道、学級だよりの配布も行うことができた。地域の方からは、「こないだテレビ見たよ」、「授業もしているんだね」といった声をかけていただいた。現在の地域を担う住民に対して、改めてクリークについて考えていただけるきっかけになったかと思われる。

### 4. 課題と展望

課題として2つ述べる。1つ目は、時間配分である。環境点検では、児童の移動時間に差が生じ、まとめの時間が短い班があった。引率者にストップウォッチを支給する、点検の時間は長めにとる等、学校に合った対応を検討していきたい。2つ目は、施工業者への配慮である。環境学習会の実施に当たり、施工業者の協力は必要不可欠である。環境学習会をサポートすることにより施工業者としての成績評価は上がるのだが、施工期間中における学習会の実施は施工用の機械・機材のレンタル料の延期、人件費等の負担を強いてしまう。環境学習会での児童の安全性を考慮した上で、整備可能な場所は整備を続ける等、施工業者の負担を減らせるように検討していきたい。

展望としては、最終目標である“整備後のクリークの維持管理にしっかり繋げる”ということである。国営事業所は、単に工期を適切に守り、安全に工事を行うだけではない。クリークの役割や大切さ、維持管理の必要性について、幅広く地域住民に伝えていく重要な役割もある。この学習会を通して、その理解は少しずつ得られていると感じている。今後は環境学習会を行った地域等で、地域資源のクリークを活かした地域目標、実施計画を考えるワークショップを開催する等、この取組を具体的に進めていく手法を取るべきなのかもしれない。

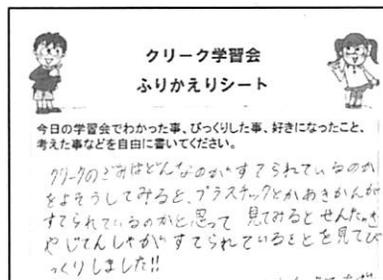
地域の未来を担う子供たちが国営事業の良き理解者となり、地域農業やクリークを活かした更なる地域の発展に繋げてくれることを期待して、これからも国営事業の推進に努めていきたい。



Pic4. 廃棄物の見学



Pic5. 生き物の観測



Pic6. 児童の感想(抜粋)

## 国営総合農地防災事業「筑後川下流右岸地区」A水路における

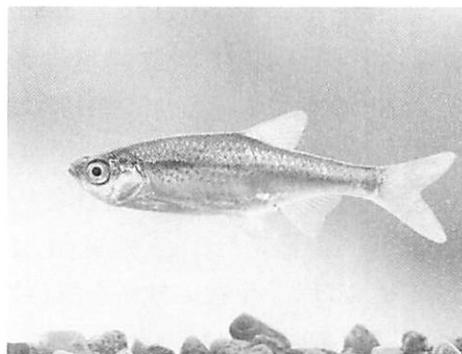
### カワバタモロコへの配慮

九州農政局 筑後川下流右岸農地防災事業所 (非)山内 順也  
一般財団法人 九州環境管理協会 (正)宇野 潔, ○(正)林田 創, (非)望月 佑一

#### 1. はじめに

平成 25 年度に着工した国営総合農地防災事業「筑後川下流右岸地区」では、国営筑後川下流土地改良事業及び佐賀県営ほ場整備事業等により再編整備されたクリーク法面の保護整備を進めている。工事に際しては、希少な水生植物、哺乳類、淡水魚類、昆虫類等の保全対象種を対象に、環境に配慮した工法の採用や工事前の生物移動、環境モニタリング調査など、環境との調和に配慮した事業となるよう様々な取組を行っている。

カワバタモロコは全長 3～6cm の淡水魚であり、静岡県瀬戸川水系以西の本州太平洋側、四国瀬戸内側、九州北西部に分布し、平野部の浅い湖沼、ため池、農業用水路などに生息する。繁殖期は 5～8 月で、冠水した植物などに粘着性の卵を産み、一昼夜でふ化する。環境省レッドリスト 2019 では絶滅危惧 I B 類、佐賀県レッドリスト汽水・淡水魚類編 2016 では絶滅危惧 I 類種に選定され、本地区の保全対象種となっている。また、本種はその産卵環境から、植生が豊かな一時的水域のある環境を指標する生物(モニタリングの指標生物)として、工事前後の生息状況の変化を調べている。



カワバタモロコ

本地区では、平成 28 年度の工事を皮切りに、カワバタモロコに配慮した多自然型護岸工をこれまで 3 箇所を整備しており、工事後のカワバタモロコの生息状況や生息環境の成立状況を調べている。そのうち最初に工事が行われた A 水路の工事後一年目の追跡調査では、予想された水位変化と実際の水位変化にずれが生じ、カワバタモロコの生息環境の成立が不十分であると判断された。今回、A 水路の構造を改善するとともに、以降の工事では多様な水位変化に対応できる構造に変更する等の順応的管理を行ったことを報告する。

#### 2. A水路におけるカワバタモロコへの配慮の取組

##### 2.1 カワバタモロコの生息に配慮した護岸構造

カワバタモロコは産卵場や稚魚の成育場として植物が茂った浅い一時的水域を利用することから、工事前に観測した水位変化を踏まえ、水位が下がる非かんがい期に干上がり、水位が上がるかんがい期に冠水する浅場が形成されるよう、クリーク法面をコンクリート擬木の階段工で護岸し、幅 1.5m の小段を設けた(図 1)。カワバタモロコの産卵床や隠れ処となる水際の植物は、小段にマコモの根茎を埋め戻すとともに、埋土種子の発芽を期待して現地クリークの表土を被せることで定着を図った。また、冬季減水期にカワバタモロコが越冬する深みとなる魚巢柵を設置した。

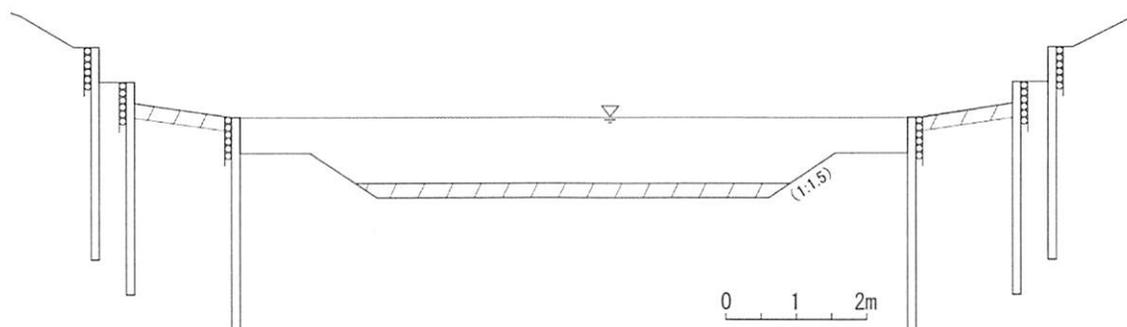


図1 カワバタモロコの生息に配慮した護岸構造(断面図)

## 2.2 工事前の引っ越し

本地区の工事は、クリークを大型土のうで仕切りポンプで水を抜くドライ工法を採用している。このため、水が抜けきる直前のタイミングを見計らって、魚類や二枚貝等の生物を可能な限り捕獲し隣接する工事区域外の水路に移動させた。一方、オオクチバス、ブルーギル、オオフサモ、ブラジルチドメグサ等の侵略的外来生物は、外来生物法や佐賀県環境の保全と創造に関する条例に基づき、拡散防止のための適切な処分に努めた。

## 3. 追跡調査の結果と改善

A水路の工事後一年目には、小段上にマコモ等の植物が定着したものの、クリークの水位は、地域の水門管理により年ごとに微妙な違いがあるため、冠水は断続的であり、カワバタモロコの産卵場や稚魚の成育場となる一時的水域として十分機能していなかった。このため、工事後二年目の春には、小段が連続して冠水するように、小段面の一部を深さ10cm程度掘削することで地盤高を下げる改善を行った。

この改善によりかんがい期の小段は継続して冠水するようになり、夏までには植物が茂った浅い一時的水域が形成された。ここでは、マコモ、チクゴスズメノヒエ等が帯状に繁茂し、ミナミメダカの成魚、フナ類の稚魚、ヌマガエルの幼生等の生物が確認されたことから、一時的水域が一定期間維持されていると推測され、小型魚や稚魚が生息できる環境となりつつあると考えられた。

## 4. 今後の課題

クリークの水位は営農に伴う水門管理の影響を受けるため、事前の観測から得られた水位変化が毎年維持されるとは限らない。その水位変化が予想を超える範囲となった場合でも、小段の地盤高に変化を持たせるなど、カワバタモロコの繁殖に適した一時的水域が形成されるよう予め織り込んでおくことが望ましい。この点については、クリークの様々な環境配慮の取組に際しても前提として留意する必要がある。

なお、A水路においては、工事から1年6カ月が過ぎた平成30年10月時点で、カワバタモロコの生息は確認されていない。このため、同じ水系のクリークで捕獲したカワバタモロコを親魚として導入してはどうかという議論もあったが、生息環境が成立すればカワバタモロコが自然にやってくるという方針を定め、人為的な導入は行わずモニタリングを継続しているところである。今後も生息環境の成立状況を見ながら順応的管理に努める必要がある。

## 景観に配慮した営農雑用水の整備について

鹿児島県熊毛支庁農林水産部農村整備課 ○(非)岩崎隆晴

### 1 はじめに

本地域は、鹿児島県の種子島にある西之表市北部に位置する国上地域太田地内である。当該地区の農地は湊川流域沿いにあり、水稻を基幹作物とした水田地帯であるが、転作作物としてサトウキビ、サツマイモ等を生産している。特に転作作物の防除用水については、夏場の渇水時期と重なり、用水確保に苦慮している状況であることから、県営中山間地域総合整備事業(一般型)にて営農雑用水の整備が計画された。

施工場所は西之表市指定の文化財天然記念物である「ヘゴ群生林」が広がっている地域の中にあることから、施工にあたっては文化財の保存・保護及び活用の観点から周辺環境に影響を及ぼさないように留意する必要がある。そこで、この営農雑用水施設の設置に関し、景観に配慮した施工の内容について報告する。

### 2 概要

#### (1)太田雑用水の整備概要

本検討の対象となった太田雑用水施設は溪流から取水堰(図3)で取水し、道路下に埋設したパイプラインで集落近くまで送水し、共同給水栓(図1)で利用するものである。

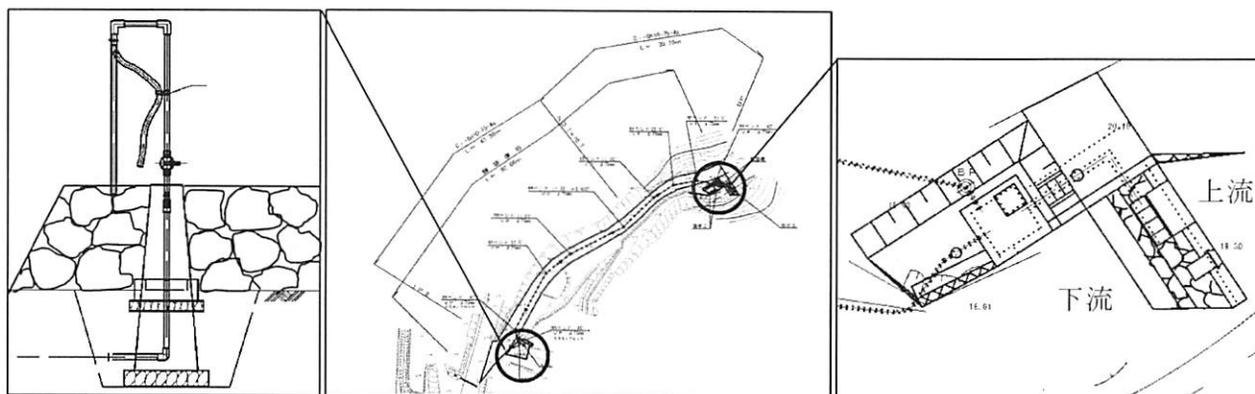


図1 共同給水栓

図2 平面図

図3 取水堰平面図

#### (2)ヘゴ群生林について

ヘゴは常緑で大形の木性シダの一種で、紀伊半島南部や八丈島を北限とし、小笠原諸島、四国、九州南部、種子島、屋久島より南に自生している。湿度の高い山林に生え、茎の直径が50cmになるものもあり、葉柄には鋭い刺が密生している。

この国上太田地区のヘゴは、8ha程度の広大な敷地に群生していて、ヘゴを取り巻く植物景観も大変すばらしいことから、平成22年3月8日に西之表市の天然記念物に指定されている。

### 3 課題及び対策

事業着手にあたり、西之表市と協議を行ったところ、「ヘゴ群生林」は市指定の文化財であるだけでなく、西之表市の北部観光地の重要な場所でもあるため、観光客が見学に訪れた際に違和感を感じないように、「構造物の外観については景観に配慮した施工を行ってほしい。」との意見が出されたことから、設計協議により以下3点の課題と対策について整理した。

表 1 課題及び対策

	課題	対策
(1)	取水堰のコンクリートの色彩を周辺の自然景観の色に合わせられないか。	カラーコンクリートの使用(色彩の調整)
(2)	取水堰のコンクリート打ちっぱなしの見た目(構造)を変更出来ないか。	化粧型枠の使用(形状の変更)
(3)	給水栓が「へゴ群生林」の入り口に設置されるため、目立たない(自然に調和した)構造に出来ないか。	給水栓露出部への対策

4 検討された対策の施工について

施工にあたり、最終的には国上太田地域の保全活動を行っている「ヤクタネゴヨウ保全の会」と協議により決定した。詳細は以下のとおりである。

(1)カラーコンクリートの使用

取水堰の色彩調整は、「コンクリート混和材」のなかから、生コンクリート着色用の顔料を使用した。顔料の種類には「赤、黄、黒、茶、緑、白、青」7種類存在し、添加量も3%、5%が存在するが、色見本を確認しながら、現地の岩の色に近かった「茶色 610」の添加量3%に決定した。

(2)化粧型枠の使用

取水堰表面のコンクリート打ちっぱなしの直線的な形状を景観に馴染ませるため、化粧型枠を利用し(写真1)コンクリート表面を岩が露出した形状のものとした。

化粧型枠についても、4種類準備したものの中から、現地にある転石の大きさに近いものを決定した。



写真1 化粧型枠を利用した取水堰

(3)給水栓露出部への対策

給水栓設置箇所が「へゴ群生林」の入り口にあり、観光客の目に最初にふれる場所であるため人工構造物を感じさせないように配慮した。

第一に給水栓立ち上がり部(写真2)については、現地の風景に溶け込ませるため、現場で採取された石を利用して石積み工を施工した。

次に、給水ホースや給水管については、背景の山や木に同化するように、同系色の材料を使用した。

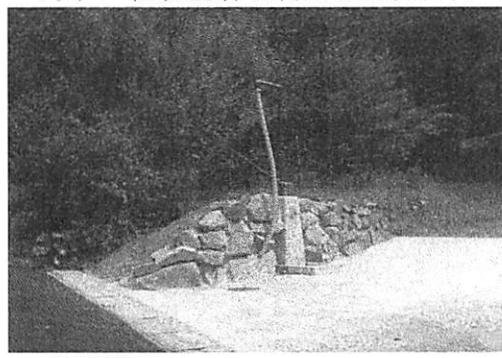


写真2 給水栓露出部の対策

5 おわりに

今回、営農雑用水を整備するなかで、景観にも配慮する必要があり施工業者や「ヤクタネゴヨウ保全の会」の方々と協議を行いながら工事を進め、無事完成することが出来た。地域の方からは、「いつでも水が利用できるようになり便利になった。」と喜ばれており、うれしく感じている。

景観に配慮した施設にはなったものの、完成した施設を改めて見てみると堰の色彩が明るく感じ、イメージしていたものとは若干のズレが生じたものになったと感じている。

今後、同じように景観に配慮する現場があるときは、色見本の提示だけではなく、カラーコンクリートの供試体などサンプル資料を作成し現場で打合せを行うなど、完成後がイメージしやすいような工夫が必要と感じた。

## 国営総合農地防災事業「筑後川下流右岸地区」における

### 浮葉植物アサザ保全の取組

九州農政局 筑後川下流右岸農地防災事業所 (非)山内 順也  
一般財団法人 九州環境管理協会 (正)林田 創, ○(正)泉 佑樹

#### 1. はじめに

平成 25 年度に着工した国営総合農地防災事業「筑後川下流右岸地区」では、国営筑後川下流土地改良事業及び佐賀県営ほ場整備事業等により再編整備されたクリーク法面の保護整備を進めている。工事に際しては、希少な水生植物、哺乳類、淡水魚類、昆虫類等の保全対象種を対象に、環境に配慮した工法の採用や工事前の生物移動、環境モニタリング調査など、環境との調和に配慮した事業となるよう様々な取組を行っている。



アサザの花(平成 23 年 10 月撮影)

アサザは、本州以西の平地の池沼など、浅水中に群生する浮葉性の多年草であり、環境省第 4 次レッドリストで準絶滅危惧、佐賀県レッドデータブック 2010 で準絶滅危惧種に選定されている。本地区では主に水深 0.5~0.7m の水際に生育しており、概ね 5 月から 10 月にかけて水中茎を伸ばし、水面に葉を広げ、それ以降は泥中の根茎で越冬する。佐賀県内では、既知の産地として中地江川、六本松川、佐賀市嘉瀬町~久保田町、鹿島市の 4 つの分布域が知られている。

本発表では、本事業で保全を行ったアサザに関する取組を紹介する。

#### 2. DNA 分析によるアサザ在来株・非在来株の判定

事業範囲のクリーク全線(約 170km)を調査した結果、アサザは既知の産地以外の佐賀市東与賀町、小城市芦刈町でも生育していることが判った。

近年では、園芸用途で多くの水草が本来の産地ではない地区(在来ではない個体群)から持ち込まれている状況がみられる。このような個体群はクリーク等に広がることで在来の個体群との交雑による遺伝的攪乱、競合等を起こすおそれがある。

そこで、調査で確認された各個体群への対応方針を明確にするため、それぞれをマイクロサテライト分析法により遺伝子解析し、佐賀平野在来の個体群かどうか判定を行った。

その結果、既知の産地で確認された個体群は、元々当該地域に生育していた個体群と考えられたが、既知の産地以外の個体群は、国内の他地域から移入された可能性が高いことが分かった。そこで、既知の産地である中地江川周辺のクリーク(曾根線)で確認された個体群を保全対象とし、国内の他地域から移入された可能性がある既知の産地以外の個体群は、遺伝的攪乱を回避するため工事の際に除去することにした。

### 3. 曽根線におけるアサザへの配慮の取組

#### 3.1 アサザの生育に配慮した護岸構造

アサザの生育に配慮した護岸構造として、通常の緩傾斜護岸ではなく、コンクリート擬木でアサザの生育基盤となる幅 1.5m の小段を設け、現地の未改良土を覆土した。実際の護岸構造の検討にあたっては、生育地（曽根線）の現況地形や水位を測定するとともに、他地区の先行事例を参考にして本種の生育に適した環境の把握に努めた。その結果、アサザが葉を水面に伸ばし始める春先に浅い湿地環境となることが望ましいと考えられた。ただし、水路の管理水位は年によって高く維持されることもあり、一定ではないため、多様な水位に対応できるように、水路横断方向に覆土厚を変えて傾斜を作った。

#### 3.2 工事前の株保管と工事後の植え戻し

アサザの移植にあたっては、工事関係者に対して移植手順を示した資料を配布の上、勉強会を開催した。また、アサザの掘り取りと仮置きの際に立ち会い、直接打合せながら作業を進めた。

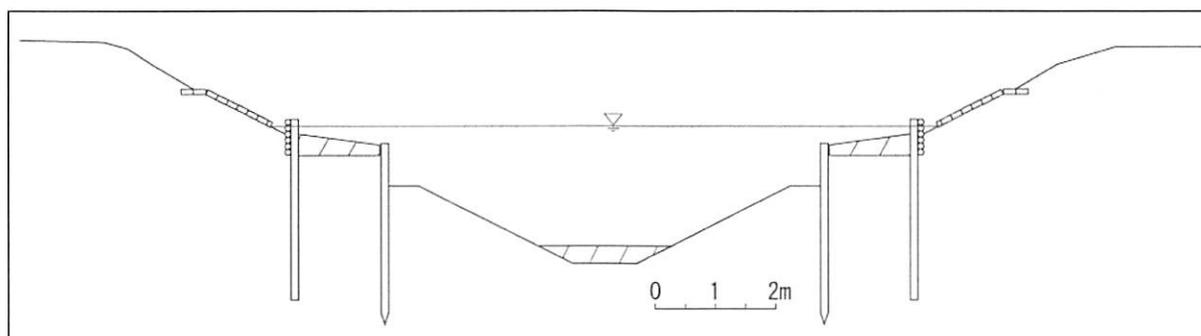
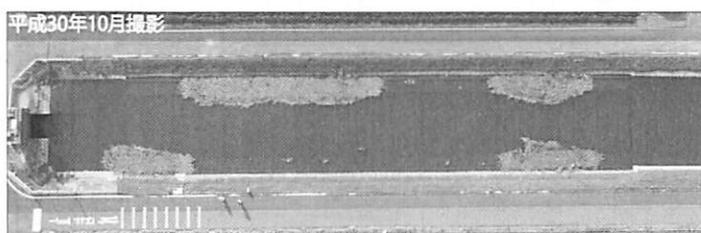
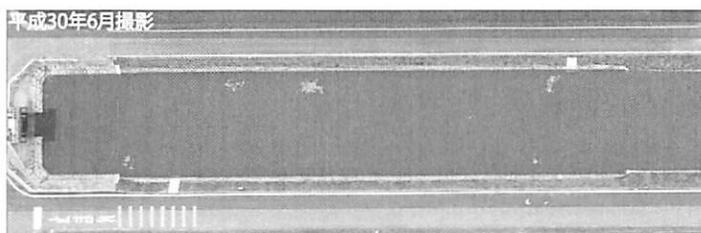


図1 アサザの生育に配慮した護岸構造(断面模式図)

### 4. 追跡調査の結果

多自然型護岸工の工事直後（平成30年6月）には、約 3 m<sup>2</sup> のアサザの生育が確認された。生育面積はその後増加し、同年8月には約 83 m<sup>2</sup>、10月には約 155 m<sup>2</sup> となった。令和元年8月現在、約 164 m<sup>2</sup> まで広がっている。このことから、移植したアサザは、多自然型護岸工に定着したものと考えられる。



アサザの分布写真(上:平成30年6月,下:同年10月)

### 5. おわりに(今後の課題)

アサザ群落を維持する上では、特定外来生物ブラジルチドメグサの

切片がアサザ群落に漂着し、両者が混在することが問題となっている。アサザとブラジルチドメグサは形態が似通っているため、クリーク管理者に対して、両種の違いとブラジルチドメグサの早期除去の必要性を関係機関と協力しながら周知することが課題である。

## 希少野生生物に配慮した施工事例について — 水利施設整備事業福地地区 —

沖縄県宮古農林水産振興センター 農林水産整備課 (非)上田琢朗

### 1. はじめに

#### (1) 地区の概要

本地区は、宮古島の東部に位置し、基幹作物であるサトウキビを主体とした営農を行っている地域である。干ばつ被害の解消、営農労力の軽減、農業所得の向上及び農業経営の安定と改善を図るため、畑かん末端施設を整備、区画整理を行っている。

(図 1.)



図 1. 整備事業範囲

#### (2) ミヤコサワガニについて

本整備事業を実施するに際し、本工程区内において事業計画時である平成 24 年度に環境調査を行ったところ希少生物であるミヤコサワガニを確認した。(写真 1.)

ミヤコサワガニは甲幅約 3~4cm のサワガニ類で、2001 年に宮古島固有の新種であることが確認された。本種は「沖縄県天然記念物」及び環境省の「種の保存法」の国内希少野生動植物種に指定していることから、保全対策が必要となった。

本工程区において平成 27 年度より環境保全対策を実施しており、ミヤコサワガニの保全に努めている。本発表では、これまでの保全対策について紹介する。

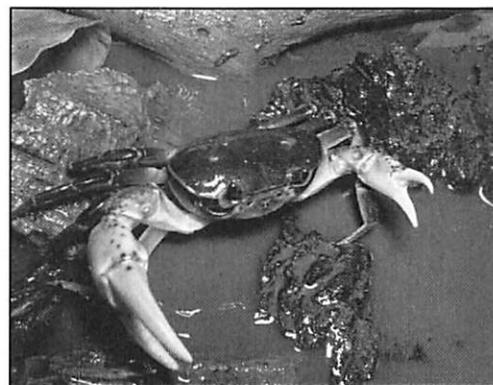


写真 1. ミヤコサワガニ

### 2. 保全対策

本整備工事を実施するに際し、ミヤコサワガニの生息に配慮した工事計画・施工を行った。以下にその概要を示す。

#### (1) 工事計画に合わせたミヤコサワガニの移動

年度ごとに移動先を変更し、地区内で移動を完結させることとした。

#### (2) ミヤコサワガニの生息に配慮した水路・沈砂池の設計・施工

湧水が豊富に流れる水路をそのまま利用し、石積排水路とすることによってミヤコサワガニが生息しやすい環境を創出した。(図 2.)

沈砂地の底面横断方向に勾配を設けることによって浅瀬を確保、植生の繁茂を促す。

#### (3) 工事未実施区域（保護区域）の設定

整備をしない区域を設けることで生息域を担保した。

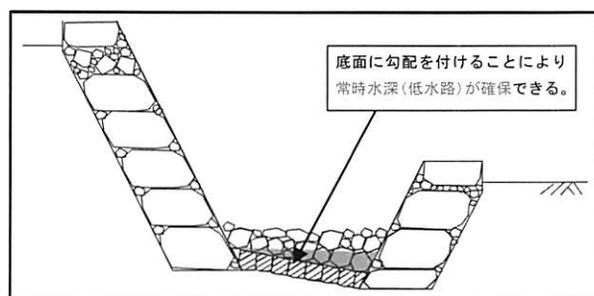


図 2. 石積排水路の模式図

### 3. 移動・モニタリング

事業実施開始の平成27年度よりミヤコサワガニの移動・モニタリングを実施しており、環境保全に努めている。(表1.) (図3.)

ミヤコサワガニの生息する可能性が高い水辺環境において、トラップを用いたミヤコサワガニの採集を行う。トラップには、魚カゴ(フィッシュキラー)を用い、誘引用に市販撒き餌をトラップに入れる。トラップは、日中、翌朝に分けて回収する。トラップにミヤコサワガニが入っていた場合には、いったん競合しないよう隠れ家となる草を入れたバケツに低密度(10個体前後)で収容し、甲長と性別を記録し、速やかに移動先に放逐する。(写真2.)

平成27～平成30年度の移動・モニタリングから、過年度工事区域(AとB)も年々確認個体数も増加し、整備除外区域(F)も工事等の影響も見られないことから保全対策が十分に図られているものと考えられる。なお、工事によるミヤコサワガニの移動数は、総計662個体となっている。

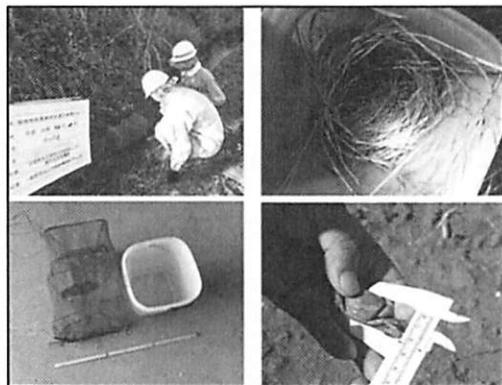


写真2. 調査業務の様子

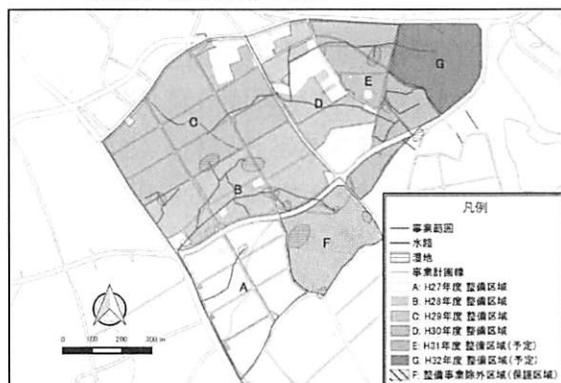


図3. 調査位置図

	H27年度整備区域		H28年度整備区域		H29年度整備区域		H30年度整備区域		H31年度整備区域		整備事業除外区域		H32年度整備区域	
	区域A		区域B		区域C		区域D		区域E		区域F		区域G	
	夏	秋	夏	秋	夏	秋	夏	秋	夏	秋	夏	秋	夏	秋
H27年度	165	218	-	-	-	-	-	-	7	21	-	-	-	-
H28年度	32	38	151	工事中	-	0	-	63	29	77	-	36	-	-
H29年度	28	79	9	23	0	工事中	28	50	29	36	93	249	-	-
H30年度	130	126	24	23	0	0	128	工事中	48	41	199	429	-	0
合計(季節毎)	355	461	184	46	0	0	156	113	113	175	292	714	0	0
合計	816		230		0		269		288		1006		0	

表1. 確認個体数の経時変化

### 4. おわりに

本工区におけるミヤコサワガニの保全対策は、移動・モニタリング結果より十分機能しており評価できるものと考えられる。特に石積排水路は県内の類似の開発事業において例がなく、希少生物の生息に配慮した工法として高く評価できるものと考えられる。特に環境省からの評価が高く、他の市町村にも紹介したいとの要望があった。

本事業完了まで引き続きミヤコサワガニの保全対策に努め、今後も整備事業を進めていく所存である。

## 廃材のスギ樹皮を活用したアオコ増殖抑制技術の検討 —アレロパシーによるアオコの防除—

一般財団法人九州環境管理協会 ○(正)城内智行、(正)望月佑一  
神奈川県立産業技術総合研究所 (非)西條裕美  
山形大学農学部 (非)鈴木佑梨、(非)芦谷竜矢

### 1. はじめに

アオコは、主に夏から秋にかけて多くの水域で発生しており、ダム貯水池、ため池、調整池などの農業用貯水施設でも、多くの施設で発生が確認されている。発生程度が著しい場合には、水利用面での影響や、悪臭の発生や景観面への影響を及ぼす場合もある。様々な対策技術が開発されているが、コスト高や環境負荷などの問題点があり、新たな手法の開発が求められている。

スギは日本国内の建設資材の主体を占めているが、木材の生産過程で排出される樹皮はそのほとんどが廃材として焼却処分されている。平成 15 年の廃棄物処理法の改正により処理法の改善が求められており、近年はその一部が燃料、家畜敷料、農業用資材に利用されているが、依然として多くが焼却処分されている。

そこで本研究では、廃材となっているスギ樹皮のアレロパシー作用による安価で環境負荷の少ない新たなアオコ増殖抑制技術を開発するために、水域に直接投入し溶出した有用成分によるアオコ抑制効果を検討した。

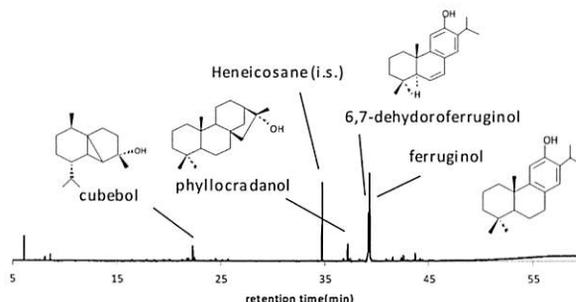


図 1 スギ樹皮の有用成分の一例  
(ヘキサン抽出物の GCMS 分析結果)<sup>1</sup>

### 2. 材料と方法

各試験に使用するスギ樹皮は、長崎県諫早市の県央木材協同組合より提供された。使用した長崎県産のスギ樹皮の有用成分は、樹皮の湿重量に対して約 10% を含有しており、水溶性のタンニン、カテキン、脂溶性のフェルギノールなどを多く含むことが分かっている<sup>1</sup>。

室内培養試験ではアオコを形成する代表種である *Microcystis aeruginosa* NIES-87 を供試生物とした。スギ樹皮を内樹皮、外樹皮に分け粉末状にして、同量を混ぜ合わせた木粉を MA 培地中に有用成分濃度が 0、1、5ppm となるように投入し、7、10、12、14 日後の細胞数の変化を調べた。

現地試験では、(1)1 m<sup>3</sup>、(2)50 m<sup>3</sup>の 2 段階のメソコズム試験を実施した。現地試験(1)は、諫早湾干拓調整池に 1 m<sup>3</sup>のプール 8 基を浮かべ、現地のアオコ (*Arthrospira maxima*, *M. aeruginosa* など)とスギ樹皮を有用成分濃度で 0、1、5、10ppm(各 2 連)となるように投入し、平成 28 年 9 月 9

室内培養試験	現地試験 (1)	現地試験 (2)
 <p>スギ樹皮粉末 0,1,5ppm(成分量) <i>Microcystis aeruginosa</i> 20万細胞/mL 14日間, 25±1℃、 2000Lux, 明12時間</p>	 <p>スギ樹皮 0,1,5,10ppm(成分量) 現地のアオコ 平成28年9月 10日間 1 m<sup>3</sup>、メソコズム</p>	 <p>スギ樹皮 10ppm(成分量) 現地のアオコ 平成29年9～10月 30日間 50 m<sup>3</sup>、メソコズム</p>

図 2 各試験の方法

～19日の10日間の変化を調べた。

現地試験(2)では、長崎県諫早市の小豆崎ため池の浅い箇所を壁で仕切り区画を作り、ため池のアオコ(*M. aeruginosa*、*Oscillatoria* spp.、*Phormidium* spp.など)とスギ樹皮を10ppmとなるように投入し、平成29年9月19日～10月19日の30日間の変化を調べた。

### 3. 結果

#### 3-1室内培養試験

スギ樹皮を投入しない0ppmに比べ、1ppmでは増殖速度が低下し、5ppmはほとんど増殖せずに死滅する場合があった。

#### 3-2現地試験(1)

全試験区で*M. aeruginosa*は減少したものの、濃度が高い10ppmが最も大きく減少した。種によっては結果が異なり、*A. maxima*では効果は不明瞭であった。

#### 3-3現地試験(2)

スギ樹皮を投入した区画では、5～7日で各種の藍藻類(*M. aeruginosa*、*O. spp.*、*P. spp.*)の細胞数が減少した。その他、緑藻のアオミドロも、樹皮を投入した区画では少なかった。しかし、20日目には*O. spp.*に開始時の細胞数と同程度まで再増殖がみられ、溶出成分の分解、希釈による効果の減少の可能性もある。

### 4. 考察

室内培養試験では5ppm、現地試験では10ppmで、アオコの代表種*M. aeruginosa*を含む藍藻類への抑制効果がみられた。室内の単一種の試験に比べ、対策を行う現地では様々な環境要因、生物作用が影響するため、対策では10ppm以上の濃度が必要となる。そのためには、1㎡あたり約0.11kgの樹皮が必要であり、大規模な湖沼では投入量の確保が困難であるが、中小のため池や貯水池での対策には適用が可能と考えられる。

本研究は、農林水産省九州農政局発注の「調整池水質保全対策調査検討業務」の成果の一部である。

- 鈴木、西條、城内、高橋、芦谷(2017)藍藻類*Microcystis aeruginosa*のスギ樹皮による増殖抑制. 第67回日本木材学会大会研究発表要旨集

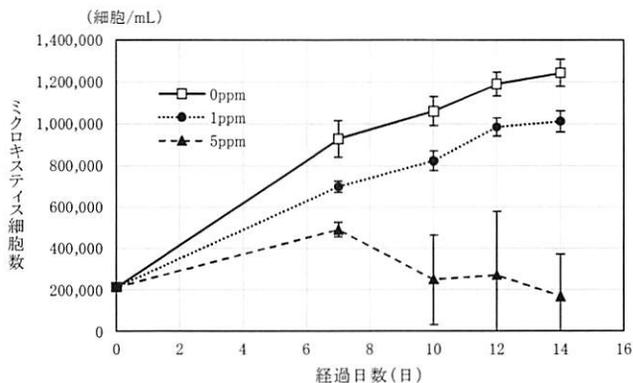


図3 室内試験の結果

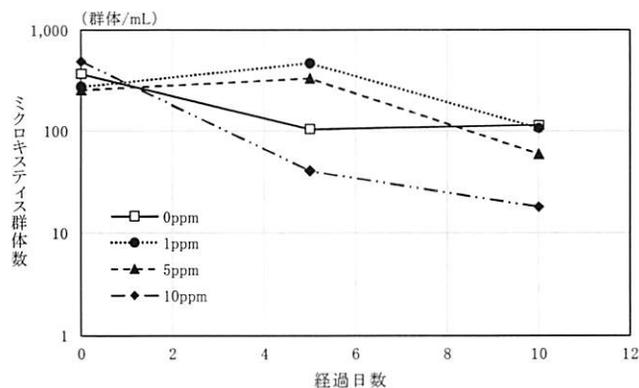


図4 現地試験(1)の結果

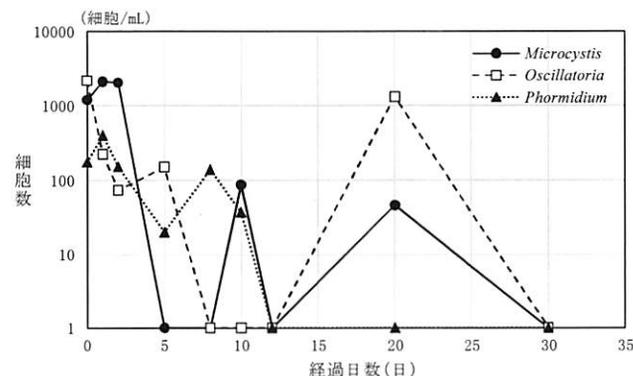


図5 現地試験(2)の結果(すべて10ppm)

## 災害復旧現場における絶滅危惧種のヒラモ移植(モガワ大作戦)

熊本県県南広域本部農地整備課 ○(非)仲山隆一  
 熊本県県央広域本部上益城地域振興局農地整備課(兵庫県派遣) (正)尾崎展一

### 1. はじめに

熊本地震の震源付近で熊本県益城町と熊本県上益城地域振興局が取り組んだ「被災した農業用施設の災害復旧現場において、80人が参加して行った2万株の希少植物の移植作戦」という環境配慮の事例を報告する。



図-1 藻川の位置

### 2. 地区の概要

緑川水系木山川に上益城郡益城町の砥川排水機場付近で合流する藻川の下流区間(写真-1)は、昭和40年代に飯野地区県営ほ場整備事業で造成された農業用水路である(管理者:益城町土地改良区)。事業主体の益城町から熊本県が受託協定を結び、災害復旧工事を代行する。

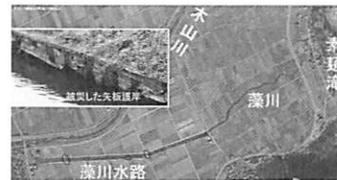


写真-1 藻川水路と被災した矢板護岸

この水路に環境省のレッドデータブックで絶滅のおそれのある生物とされる沈水性多年草「ヒラモ」が群生することが、工事発注後に判明した(写真-2)。また、これを受け熊本県希少野生動植物検討委員会(以下、「希少委員会」)や関係漁業協同組合からヒラモの保護が要請された。

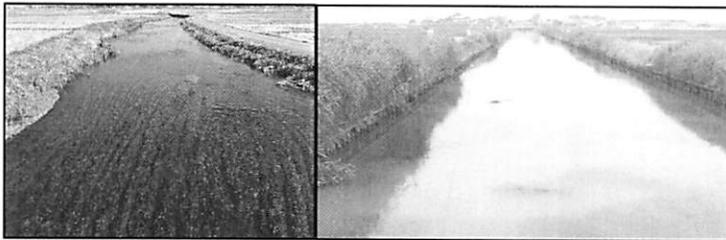


写真-2 一面ヒラモに覆われた藻川上流部(左)と施工区間の藻川水路(右)

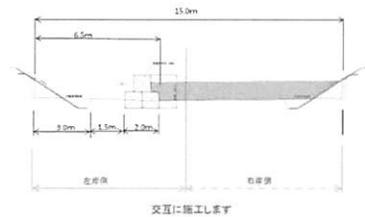


図-2 施工断面

### 3. 保護対策の検討

復旧工事(図-2)によって、ヒラモが群生している水路底面積が減少するだけでなく、床掘によるヒラモの消失及び仮設材(土嚢)設置部のヒラモ死滅の恐れがある。また、水路断面の変化やコンクリート打設等の影響で、工事後にヒラモの群生がどのように変化するか全く予想できない。そのため、工事の影響を受けない区間に工事で消滅する部分のヒラモを移植し、不測の事態に備える方向で検討を進めた。

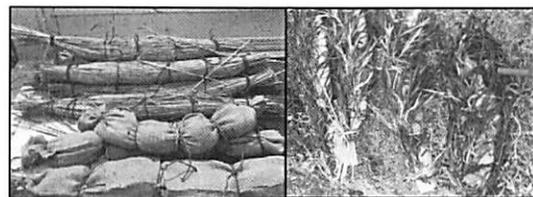


写真-3 移植床(左)にヒラモを設置した様子

表-1 試験条件

移植床	藁コモ		麻袋		
	葉の状態	無加工	短く切断	無加工	短く切断
移A自然河川	1体	2体	1体	2体	2体
移B用水路	1体	2体	1体	1体	2体
移C素麺滝	-	-	-	-	-

ヒラモ移植に関しては、国土交通省熊本河川国道事務所が、嘉瀬川において試行錯誤を繰り返したが、有効な移植方法が見つかっていない。そこで、希少委員会の佐藤千芳委員にアドバイス

を求め、試験移植を実施した。

本移植前に希少委員会において移植方法を諮ることを鑑み、観察期間確保のため、試験移植を6月中に実施した。試験移植は、上流側の自然河川及び集落内水路の2箇所とし、藁コモと麻袋の2種類の移植床を作成した(写真-3)。



写真-4 移植試験後のヒラモ

経過観察と清掃を行い、移植から約7週間後に佐藤委員とともに試験移植の結果を確認した。(写真-4)

表-2 試験移植結果と考察

- ①移植地 A, 移植地 B ともに根やライナーの成長が見られた。
  - ②藁コモ、麻袋ともに根の生長が見られるが、麻袋の方が移植床の山砂への根の進入が良い。
  - ③麻袋の方が、分解が早く進んでいる。
  - ④ヒラモの葉を切断した方が成長は良好。
- <考察> 今回の移植方法は有効で、移植床は両タイプを使用した方が安全であり、ヒラモを切断して固定することで、活発な成長が期待される。移植地は両地点とも有効。

#### 4. 保護対策の決定

これらの結果と移植候補地の植生状況調査結果を8月末の希少委員会に報告し、移植について検討がなされ、協議結果として次の内容での対応を取ることが了解された。

移植先は、リスク分散のため3箇所としたが、移植床がオオカナダモに覆われた場合でも除去作業が容易な集落内の用水路を主要な移植先とし、事前に移植地のオオカナダモを駆除した。

#### 6. 保護対策(モガワ大作戦)

移植作業は、工事期間への影響を最小限とするため落水直後に実施し、短期間で完了することが求められた。そのため、大量動員が必要となった。

あらかじめ、各作業への人員配置と時間を記載したタイムライン(70人の参加として4時間のスケジュール)を作成のうえ、各作業のリーダーを選任し、分業制とした。また、現場での工夫を最大限引き出せるよう、冒頭に全作業工程を参加者全員に説明し、各自がどの部分を担っているのか周知した。

当日は80人の参加があり、各作業リーダーを中心に作業効率を高める工夫が行われ、3時間少々で移植を完了した。



写真-5 モガワ大作戦の様子

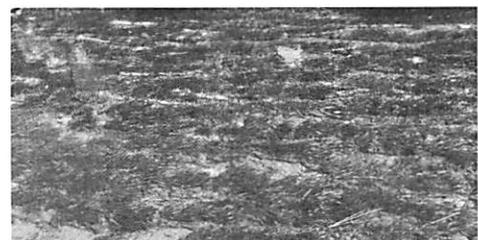


写真-6 移植したヒラモ

#### 6. おわりに

護岸工事は、非灌漑期間に完了し、水路中央部分に残ったヒラモは今の所順調に生息している。また、移植したヒラモは順調に生育を続けているが、外来種オオカナダモの勢いが強く、定期的なオオカナダモ除去が必要となった。今後は、本来の水路管理者である地元改良区の協力も得ながらモニタリングを続け、災害復旧区間のヒラモの群生の復活を期待する。一方で、万が一に備え、移植したヒラモの生育が続くように地元で水路管理と合わせて、その管理もお願いしていきたいと思う。



写真-7 護岸復旧後の藻川

## 簡易潤滑油診断装置を活用した地上ポンプの機能診断

沖縄総合事務局土地改良総合事務所 ○(非)玉城勇人  
 沖縄総合事務局土地改良総合事務所 (非)濱本和也  
 沖縄総合事務局農村振興課 (正)嘉数松彦

### 1. はじめに

沖縄総合事務局管内では国営事業7地区が完了しており、国営完了地区における灌漑用地上ポンプは66台が整備されている。ポンプの分解整備は、県外の工場で行うことが多く、国営完了地区のうち5地区が沖縄県の離島に位置しており、運搬費等が費用の増嵩の要因となっている。

こうした背景から、ポンプ設備の劣化が進行する前にその兆候を検出し、従来の時間計画保全(定期的な保全)から状態監視保全(劣化・状態に応じた保全)に応じた整備へ移行することにより、ポンプ設備にかかる長寿命化及びライフサイクルコストの低減を図ることが必要となっている。

今回は、簡易潤滑油診断装置(トライボロジーを活用した機能診断装置)の概要と沖縄総合事務局管内で実施した機能診断の状況を紹介する。

### 2. 簡易潤滑油診断の概要と特徴

ポンプ設備において、摺動部(主軸、軸受等)の摩耗劣化を低減させることは、設備の健全性を保つこと及び設備の長寿命化に大きく関係するものである。この摩耗劣化の低減にあたっては、潤滑剤(潤滑油及びグリス)の管理が重要となる。

ポンプは、ケーシング内部の状態を監視することは難しく、また、定期的な分解整備は専門的な知識が必要であるため高額な費用が必要である。このため、分解整備は5年～10年毎のサイクルで行う事が多く、状態監視保全とまでは言えないのが現状である。

写真-1に示した簡易潤滑油診断装置は、ポンプを分解せず潤滑剤を分析することでポンプ内部の状況を簡易的に診断評価する技術として農林水産省の官民連携新技術研究開発事業で開発された(2014年)。これを利用することにより状態監視保全に応じた整備が可能となる。

簡易潤滑油診断装置は、農業用ポンプ等の診断のための専門知識が不要で簡易に操作でき、性状(劣化)、汚染、摩耗の3つのカテゴリの装置に分かれており、それぞれの劣化モードを評価している。

装置の構成は以下のとおり。

- (1)劣化簡易診断装置:潤滑剤の物理的性状のうち、水分と酸化劣化を分析し評価する。
- (2)汚染度簡易診断装置:潤滑油の汚染状態のうち、計数汚染度を分析評価する。
- (3)摩耗簡易診断装置:機器の摩耗状態のうち、摩耗粒子を分析評価する。

上述の分析評価は、○(良好)、△(注意)、×(異常)の3段階で表示され簡易に判断が可能である。

また、簡易潤滑油診断装置を使用し、定期的に診断することにより、以下の効果が期待できる。

- ・機械設備を分解することなく状態診断が可能
- ・適切な時期に潤滑剤を交換することが可能

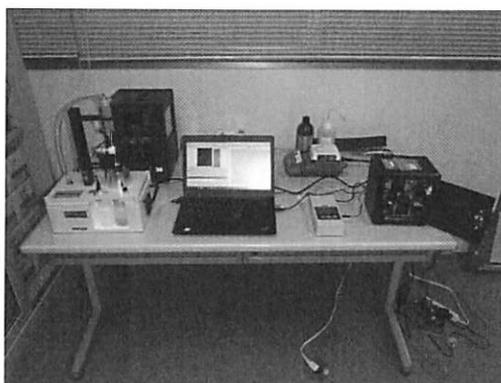


写真-1 簡易潤滑油診断装置

- ・ 早期に機械設備の異常を発見することが可能

### 3. 機能診断の状況

平成 29 年度は沖縄本島内で 24 台実施し、平成 30 年度は石垣島で 14 台実施した。

現地での潤滑剤の採取にあたっては、ポンプを 15 分程度運転し、潤滑剤を攪拌・均質化した後に、負荷側(ポンプと電動機の接続側 2 箇所)、反負荷側(ポンプと電動機の非接続側 2 箇所)でオイルは給油口から採取し、また、グリスは排脂口又は軸受から採取し、潤滑剤の変質を避けるため採取した試料は密閉容器に移した(写真-2)。

潤滑油分析は、劣化簡易診断装置による水分と酸化劣化の状態、汚染度簡易診断装置による汚染状態、摩耗簡易診断装置による摩耗状態の分析を行った(写真-3)。評価基準及び診断結果に関して、以下にそれぞれ紹介する。

#### (1)評価基準(メーカー基準)

##### 1)潤滑剤診断

- ・劣化(酸化、水分)or 汚染度のどちらか一方でも×  
→ 再調査し連続して× → 更油を推奨。
- ・劣化(酸化、水分)or 汚染度のどちらか一方でも△  
→ 傾向監視を継続。
- ・劣化(酸化、水分)and 汚染度がすべて○  
→ 通常保全を継続。

##### 2)摩耗診断(軸受)

- ・摩耗診断が×  
→ 再調査し連続して× → 精密診断を推奨。
- ・摩耗診断が△ → 傾向監視を継続。
- ・摩耗診断が○ → 通常保全を継続。



写真-2 採油状況

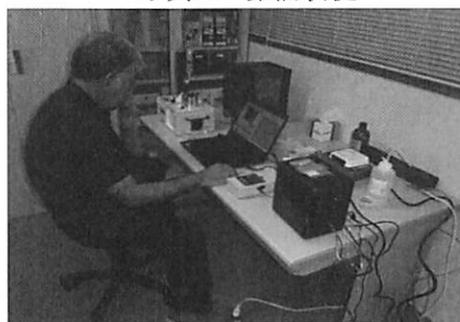


写真-3 分析状況

#### (2)国営かんがい排水事業沖縄本島南部地区の診断結果

平成 29 年度に実施した沖縄本島南部地区のポンプ設備 10 台(ポンプの負荷側・反負荷側と電動機の負荷側・反負荷側で密閉式の機械設備を除く採取可能な潤滑剤計 29 試料)の診断結果は、劣化(酸化、水分)及び汚染度のすべてで良好の潤滑剤が9試料、注意の△が 1 個以上ある潤滑剤は8試料、異常の×が 1 個以上ある潤滑剤は 12 試料であった。また、摩耗では良好が 21 試料、注意は 6 試料、異常は 2 試料との診断結果が得られた。以上の診断結果については、施設管理の参考とするため土地改良区へ情報提供している。なお、摩耗診断で異常の 2 試料については、ポンプの分解整備後に再度調査を行い、正常であることを確認した。

### 4. おわりに

診断の留意点として、分析結果を左右する要因の一つとして潤滑剤の採取である。各ポンプ毎に製造メーカー、型式等が異なり採取場所も異なる。採取口周辺の水分、異物等の混入がないように注意し、採取方法等を工夫する必要を感じた。

潤滑剤の採取から診断まで土地改良総合事務所職員が行っている状況であるが、今後は、施設管理者に潤滑剤の採取を依頼し、土地改良総合事務所において潤滑剤診断調査を行い、データの蓄積と各ポンプ設備の傾向監視することで、施設の長寿命化とライフサイクルコストの低減を行っていきたい。

## 新たな担い手づくりについて

### -株式会社瑞穂(福岡県豊前市)の事例-

福岡県行橋農林事務所 農村整備第一課 ○(非)関康弘

#### 1. はじめに

今回、社会福祉法人から農業に参入した株式会社「瑞穂」(以下「瑞穂」)の活動を異業種との連携(「瑞穂」の場合は農福連携)や新たな担い手づくりの事例として紹介したい。

福岡県では、平成29年3月に本県農林水産業及び農村漁村の持続的な発展に向けて、今後5カ年に実施すべき県の施策を体系的に示した「福岡県農林水産振興基本計画」が策定されました。これを受け、京築地域(行橋農林事務所が管轄する地域)においても「京築地域農林水産振興基本計画」が策定され、担い手の減少を課題の一つとしてとらえ、多様な人材・異業種との連携による魅力的な農山漁村づくり(図1)を目指し就業しやすい条件づくり、幅広い世代や人材による担い手づくりに取り組むとともに、持続性のある担い手づくりを進めるため、経営感覚に優れた多様な担い手を育成することを掲げています。



図1 「京築地域農林水産振興基本計画」における目指す方向のイメージ

#### 2. ほ場整備の計画における担い手の設定について

ほ場整備の計画において、担い手の設定、担い手への経営の集約集中化は必須の条件となっています。土地改良事業計画設計基準・計画「ほ場整備(水田)」基準では、担い手の育成に資するための農地の利用集積や非農用地を含む土地利用の秩序化を一体的に実施することによって、将来の営農形態に適合した農業機械の効率的な利用や合理的な水管理等、生産性の高いほ場条件を整備することをほ場整備の目的の一つとしています。

また、経営体育成計画においては、生産性の高い土地利用型農業の実現のためには、担い手を育成・確保していくことが必要である。換地計画においては、地区の農業を展望し、担い手の育成と換地の定め方等について方向付けを行う必要があると担い手についてふれています。

また、検討すべき事項として以下の通り記述されています。

事業において実施する換地や農地の利用集積に向けた土地利用調整の機会を活用し、個別経営体、農業生産法人、集落営農等の担い手を明確にし、育成・確保と規模拡大を検討しなければならない。

換地関係業務としては、農用地の集団化を図るに当たっての利用権その他農用地に関する使用収益権の取り扱い方針や、地区の農業を担っていく経営体のあり方、育成すべき経営体の選考等に着目した調査検討及び関係権利者の合意形成のための取り組みが重要である。

地区農業の方向付け等に関する調査・検討及び合意形成の活動を進めるに当たっては次の様な点に留意することが必要である。

地区において事業施行後の農業を担ってもらうこととする経営体の構想、そのような経営体の育成方針、そのような経営体への農用地の利用集積の具体的な方法を検討し、関係権利者の合意の形成を図ることになる。具体的には、地区において事業施行後の農業を担うべき経営体については、個別経営体が地区農業を担うとする場合にあっては、担い手農家の具体的な選定を検討し、組織経営体が地区農業を担うとする場合にあっては、当該組織経営体の組織形態及び育成方針を検討する。

地区によっては、例えば、権利者が全て高齢兼業農家で占められていて現状をみた限りでは農業を担っていく経営体が存在しないこともある。そのため、現存する経営体のみならず今後育成すべき経営体にも考慮することが重要である。つまり、個別経営体のみならず組織経営体や法人化をも視野に入れ、さらには利用権の設定だけでなく作業受委託も含めて、具体的な検討を行うことが大切である。

(土地改良事業計画設計基準・計画「ほ場整備(水田)」基準の運用および土地改良事業計画設計基準・計画「ほ場整備(水田)」基準及び運用の解説から抜粋)

### 3. 豊前地区の概要

豊前市(図2)は、福岡県の北東部で行橋市と中津市(大分県)のほぼ中央に位置し、1,611ヘクタールの農地を有し水稻をはじめ冬レタス、みかんなどが主要な農産物である。

豊前地区は豊前市の東部に位置し、農村総合整備事業を活用し、ほ場整備10.7ヘクタール(写真1)を実施しました。

(事業工期平成26年から令和2年度 総事業費1,348百万円)



図2 位置図(福岡県豊前市)

### 4. 豊前地区における担い手について

福岡県のほ場整備率は、85.4%(H31.3.31現在)に達している。しかしながら当管内は79.6%であり整備を要する面積がおよそ1,500ヘクタール残っている。未整備地区は耕作放棄が進んでいる所ばかりではなく、現在、当管内では数地区ほ場整備を計画中です。

しかし、担い手の減少は大きな課題であり、担い手の設定の難しさに直面しています。

今回紹介する株式会社「瑞穂」の取り組みは担い手を考えていくうえで一つのモデルケースとなり得るものと考えます。

豊前地区は事業計画当時(平成25年度)、65名の権利者が全て高齢兼業農家で占められて



写真1 ほ場整備後(豊前地区)

おり農業を担っていく経営体が存在しなかったようです。育成すべき経営体が必要であり、「瑞穂」は地元の社会福祉法人「敬愛会」から農業生産法人として設立され農業へ参入し担い手になったケースです。

## 5. 株式会社「瑞穂」について

社会福祉法人「敬愛会」は、障がい者支援を展開する中で「作業をしたい。」「働きたい。」と思っている障がい者の方が多いことを知り、平成18年10月に障がい者の方々に雇用契約は締結せず作業提供を行う事業を開始しました。しかし作業提供では先方（農家等）都合での受託作業のため、障がい者への安定的な作業提供、工賃支払いが困難で受託契約解除に至った経験を経ており、農業経営を自ら行う農業生産法人「瑞穂」の設立に至っています。

作業するに当たっては、障がい者の方々は単一工程作業を好む傾向があるため作業を細かく分担すること、さらに安全のため全て手作業にするよう配慮している。また個々の能力に応じてほ場、選別作業場、加工場等柔軟に分業している（写真2～4）。農作業は就労作業として適していたと思われます。

また丁寧な作業が地域から信頼を得て、離農者からの経営受託の増加につながっています。

選別作業場が隣接している豊前地区10.7ヘクタールでは6.4ヘクタール（所有2.2ヘクタール、借入4.2ヘクタール）と経営面積を増やしている状況です。

今後、現在借り受けている農地は未整備が多いため、ほ場整備された農地への借り受け変更を進めたい意向です。豊前地区の近隣において、ほ場整備事業の計画中であり、担い手を誰にするのか課題となっており、このような地区の担い手として視野に入れた検討を考えていきたい。

「瑞穂」の農業への参入は、障がい者の所得が向上したことにより生き生きと作業するようになったこと、ほ場での仕事や1次調製・加工で様々な作業が発生し、障がい者が行える「作業の切り出し」がいろいろ出来たことや障害の程度や能力に応じてきめ細かく作業を切り出すことで、幅広い障がい者の参画が可能にしたことなどが成功へつながった点であり、今後もこのような農福連携の動きは広がる可能性があるものと考察します。「瑞穂」の取り組みは、業務用の一次加工をはじめとする選別・皮むき・芽取り等一次処理等の労働力不足の解消にもつながると思われます。

また、高収益作物の導入に必要な生産基盤の整備を検討されている中、ほ場整備を推進する現場では、すでに高収益作物を経営されている方が「作付面積を増やすのは難しい」、米中心で大規模に経営されている方が「高収益作物の導入は難しい」との声をよく耳にします。園芸農家の



写真2 ごぼうの収穫風景(瑞穂)



写真3 選別作業(瑞穂)



写真4 加工作業(瑞穂)

高齢化、減少も進む中、「瑞穂」のような事例は高収益作物が主力作物であることもあり、高収益作物の導入および継続すべき産地でも活躍できる場があるものと思われまます。

表1 株式会社「瑞穂」の経営状況

項目	H26(法人設立当時)	H30(現在)
経営面積	16 ヘクタール	40.9 ヘクタール
販売方法	直売 ごぼう JA ごぼう、南瓜 直売所 ごぼう	直売 ごぼう、スイートコーン JA ごぼう 直売所 ごぼう、南瓜、ブロッコリー、キャベツ その他(契約栽培) 高菜、南瓜、サツマイモ、キャベツ
雇員人数	8人/日	50人/日

#### ・選ばれたごぼう

法人を設立する時、新品種のごぼうが導入されたこととあわせて、ごぼうは周年価格が安定していること、健康食品として注目されており商品価値があること、畝を崩せば容易に収穫できることなどの理由から主力の作物として選ばれました。年間出荷量が17トンであり、福岡県の「福岡エコ農産物認証(化学肥料および農薬を県基準の半分以下で栽培)」を受け、オリジナルブランド「姫かほり」(写真5)として道の駅やJAを通じて販売しています。またチップスや独自の焙煎方法で「ゴボウ茶」を開発し加工・販売まで手がけています。



写真5 ごぼう「姫かほり」

#### 6. おわりに

冒頭にふれたように、意欲ある担い手の育成・確保は施策の重要な展開方向であり、担い手へは経営力の強化、農業経営の複合化、法人化、雇用導入による規模拡大等を通じて経営の安定を促進したいと考えています。また園芸作物については雇用による規模拡大と法人での作付けを推進しています。

「瑞穂」の農業参入は、福祉現場から見ると就労機会の創設、作業内容を増やすことによるリスク回避など利点が揚げられるが、農業現場から見れば確実に担い手づくりにつながっている。また、障がい者以外にも応用し、高齢者など地域の方々が農業で活躍できる環境を作るやり方を示唆していると考えます。

今回「瑞穂」を取材して、改めて農業が本来もっている魅力(作物を育て収穫する喜びや身近で得られる消費者の声など)を再確認しました。

「ほ場整備」の計画において、担い手の設定は重要です。私たちは農業の魅力を伝え、担い手の意欲を引き出すことを忘れることなく、次の時代へつなぐほ場を計画していきたい。

## 監視カメラを利用した施設の管理

### ～ 農業水利施設の維持管理労力の低減に向けて ～

熊本県土地改良事業団体連合会 ○(正)藤野利男

#### 1 はじめに

熊本県大津町にある下井手幹線水路は、昭和61年度に造成され、受益面積274haに配水する水路延長8.9kmの農業水利施設である。この施設に設置されている除塵機(以下、「本除塵機」という。)は、年間を通してほぼ毎日稼働しているが、設置後すでに30年以上経過しており、経年劣化による緊急停止が多発していた。このため、維持管理を行っている土地改良区では、対応に苦慮していた。そこで、土地改良施設維持管理適正化事業により本除塵機を整備することとなった。

本報告は、農業水利施設の整備に併せ、監視装置を付加することで、維持管理労力の低減を図った1事例を紹介するものである。

#### 2 背景

本除塵機の約100m下流はサイフォン構造になっており、その周囲は住宅が立ち並んでいる。大型のゴミや流木等が流れ込めば、サイフオンの呑口でそれらが詰まってしまう、水が溢れて甚大な被害の生じる恐れがあるため、本除塵機の果たす役割は大変重要であり、巡回の優先順位としては最も高くなっている。また、非かんがい期も含め一年を通して稼働(かんがい期には24時間稼働)しており、特に台風や梅雨の大雨時には昼夜問わず巡回する必要がある、土地改良区では維持管理に大変苦勞していた。

土地改良区からは、本除塵機への巡回回数を減らすことで、維持管理労力を低減したいとの要望があり、本除塵機の整備にあたり、このことについても検討することとなった。



写真1: 除塵機下流の状況



写真2: サイフオン呑口の状況

#### 3 対策の検討

本除塵機を整備し機能回復を図っただけでは、巡回回数の低減への根本的な解決には繋がらない。そこで、(1)机上にいても監視できるシステムであり、(2)最低限の機能として“除塵スクリーンのゴミ詰まり等を確認できること”に着目し、視覚的に確認が可能な「監視カメラ」を設置することとした。カメラの選定にあたっては、主要なメーカー4社の製品について比較検討を行い、機能性、拡張性、

施工性、信頼性、経済性について総合的に判断した。

#### 【検討結果】

- ・カメラの映像は通信回線工事の不要な LTE 閉域網回線(携帯電話用通信規格)を用いる。
- ・クラウドサーバーを経由し、土地改良区職員のスマートフォン及び事務所のパソコンで確認できるものとする。
- ・画質は3段階(高画質/標準/低画質)で画像サイズは最大 1,920×1,080、ライブ配信は 320×184、録画機能が付いているもの。
- ・電源は除塵機の機側操作盤より受電する。
- ・カメラに照明器具が付属し、夜間でも確認できるようにする。

#### 4 対策の結果

カメラ設置後は、土地改良区事務所のパソコンや職員のスマートフォンにより、水路の状況が把握できるようになり、巡回の頻度が月に 15 回だったものが 2~3 回へと従来の 1/5 程度に減少した。

カメラ設置前は、本除塵機を巡回する優先順位が一番高く、土地改良区職員の管理負担は著しかったが、遠隔で確認できるようになったため、他地区を優先で巡回できるようになり、効率的な維持管理体制の構築に役立つとともに、職員の精神的不安の軽減にも繋がった。



写真3: 監視カメラ



写真4: 撮影画像

#### 5 今後の展望

本事例で設置した監視カメラは、状況確認のみの機能としている。現在、中小規模な施設向けに様々な機能の搭載された遠隔監視システムが開発されている。将来はパソコンやスマートフォンによる遠隔操作を導入することで、更なる維持管理労力の低減を図ることが可能になる。ただし、遠隔操作を行う場合、映像のみでの判断となるため、施設の近くにいる人の巻き込み事故等が懸念されることから、旋回・ズーム機能を有したカメラや注意喚起できるよう遠隔放送を可能にする等の対策を考慮する必要がある。

#### 6 おわりに

現在土地改良区では、管理している 20 施設全体で遠隔監視システムによる管理体制を構築したいと考えている。構築後は、事故や異常事態の早期発見及び早期対応が可能となり、巡回優先度を合理的かつ効率的に決定付けられる。このことは、維持管理労力の低減のみならず、防災減災対策への期待も持たれる。

## 小水力発電事業元治水地区における 事業手続きについて

大分県中部振興局農林基盤部農村整備第一班 ○(非)安永裕和

### 1. はじめに

由布市は、大分県のほぼ中央に位置し、平成17年に挾間町、庄内町、湯布院町の3町が合併して誕生した。由布市は、恵まれた自然とそれを活かした地域資源の宝庫である。北部から南部にかけては、由布岳や黒岳など1,000m級の標高の高い山々がそびえ、それらを背景にした棚田は田園風景として観光客に人気である。由布岳の麓に標高約450mの由布院盆地があり、そこには旧湯布院町、大分川中流・河岸段丘の左右には旧庄内町、下流平野部に旧挾間町がある。急峻な地形から湧き出る水は、庄内男池や由布川峡谷などを創り出している。複雑な地形のため、湯布院、庄内、挾間の地域ごとに、内陸性と瀬戸内性の気候とで気象条件が大きく異なる。温泉が有名で、湯布院温泉、庄内の「ほのぼの温泉」や、「はさま八湯」など、全域で多様な温泉を楽しめるのが特徴である。



図1 位置図

由布市の産業は、かつては農林業が基幹産業だったが、近年は多様化している。農業では、各地の気象条件に合わせて野菜の栽培や酪農等が行われている。特に庄内地域で栽培されている梨は、県内2位の生産量を誇っている。

由布市の産業は、かつては農林業が基幹産業だったが、近年は多様化している。農業では、各地の気象条件に合わせて野菜の栽培や酪農等が行われている。特に庄内地域で栽培されている梨は、県内2位の生産量を誇っている。

小水力発電事業については、この地域の特性を生かし、化石燃料依存から自然エネルギーへ転換することで国策である再生可能エネルギーの確保と水力により発生する電力をポンプやゲート等の土地改良施設の操作に供給するとともに、余剰分を電力会社へ売電することにより、高齢化に伴う水路維持の負担増の軽減を行うことを目的としている。

### 2. 事業概要

#### (1) 小水力発電施設整備

平成25年から計画し、今現在も事業実施中。

- : 発電所名 元治水井路発電所(仮)
- : 水車型式 横軸フランシス水車
- : 最大出力 330kw
- : 総落差 61.40m
- : 有効落差 59.20m
- : 最大水量 0.75m<sup>3</sup>/s
- : 最小水量 0.35m<sup>3</sup>/s
- : 年間発電量 2,007,330 kwh
- : 総事業費 約7億円

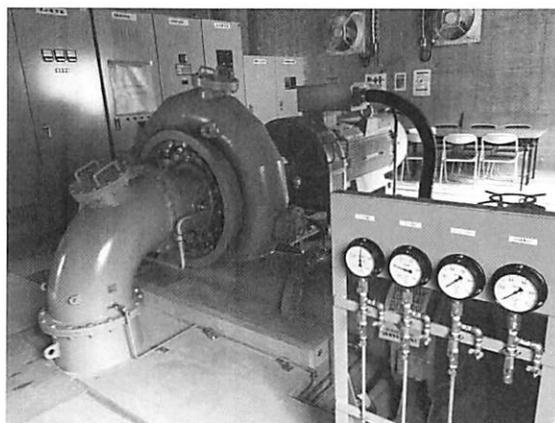


写真1 小水力発電施設(元治水地区)

## (2) 元治水井路の経緯

元治水井路は、馬場渡新井出、馬場渡堀次井路、武宮井路の3井路を合わせ、慶応2年（1864年）に改称したものである。

今から約310年前の宝永6年（1709年）に馬場渡新井出を着手し以降、155年の歳月を経て、元治元年（1864年）に由布市庄内町から大分市野田までの全長約30数キロを完成させ、大分川及び小挾間川より豊富な水を農地に行き渡らせることが出来た。

史料によると当時は、従前の大地主の下人、奉公人による大経営の方式がすたれ小作地が増加し、百姓一揆が続いた時代であったが、そのような中、先人達が偉業を成し遂げたのは素晴らしい功績である。



写真2 改修記念碑

また昭和34年（1959年）には県営事業に着手し、大分川取水口から小挾間川までを大分県電気局及び別府市水道局との共同溝として昭和40年（1965年）に完成させた。

元治水井路は農地に水を供給するのみでなく、別府市での工業用発電や生活用水等、多目的に利用される重要な施設として位置付けられており、元治水井路土地改良区、大分県企業局（旧電気局）及び別府市水道局の3者により共同管理を行い水路の維持に日々、尽力しているところである。

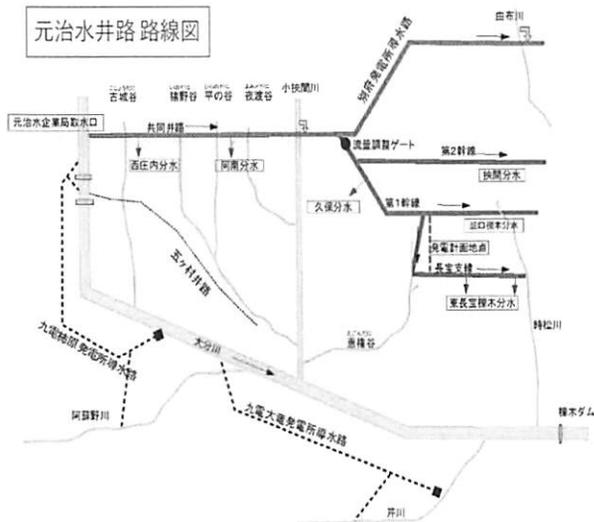


図2 元治水井路 路線模式図

## 3. 元治水井路を取り巻く状況

元治水井路を取り巻く問題点として、井路の老朽化がある。大規模改修から約50年を経過し、漏水や一部欠損等が見られ、維持管理に多大な労力がかかるようになってきた。また長年、井路を管理してきた農家の減少及び高齢化も著しい。



図3 由布市農家数の推移

農林業センサスによると、由布市の農家戸数は、1990年には3437戸であったが、25年後の2015年には2087戸となり、3割も減少している。また農家世帯の65才以上の割合については、1990年には21%であったが、2015年には47%に増加し、農家世帯員数も大きく減少していることがわかる。

このように井路を取り巻く厳しい環境に対し、農家の維持管理等の負担軽減を行うことを目的として、小水力発電施設整備事業 元治水地区を実施することとなった。

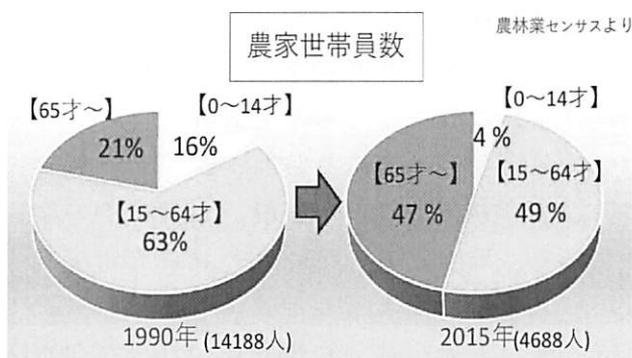


図4 由布市農家世帯員数の割合

#### 4. 小水力発電事業の諸手続について

小水力発電事業の実施にあたり、多くの許認可手続き及び協議が必要となる。そのため関係協議先も多く、許認可までに多大な労力と時間を要するものが多い。下記に今回実施した元治水地区における、主な関係法令と協議先を示す。

- ・河川法：河川管理者（許可権者）大分県土木建築部 河川課  
（認可権者）国土交通省九州地方整備局 水政課  
国土交通省 〃 大分河川国道事務所
- ・電気事業法：経済産業省 九州産業保安監督部 電力安全課
- ・土地改良法：元治水井路土地改良区
- ・電力会社協議：九州電力株式会社
- ・固定価格買取制度：経済産業省 九州経済産業局 資源エネルギー環境部
- ・その他：（共同取水者）大分県企業局（電気局）・別府市水道局  
：（下流関係者）九州電力株式会社・漁業権者・土地改良区  
：（必要に応じ）自然公園法・自然環境保全法・鳥獣保護及び狩猟に関する法律・文化財保護法・農地法・農業振興地域整備に関する法律・森林法  
国有林法・水産資源保護法・国土利用計画法・国有財産法・砂防法・地すべり防止法等

下記に主な実施協議内容を示す。

##### （1）河川法：かんがい水利権と発電水利権

これまで元治水井路は慣行水利権の届出は行っていたが、法定水利権は取得していなかったため、かんがいの準特定水利権と、新たに発電を行うための特定水利権を取得する必要があった。そこで、かんがいの必要用水量を算定したところ、慣行水利権に対し余裕があることが判明し、その枠を発電用水として利用することで共同取水者及び下流水利使用者（漁業権者・九州電力・土地改良区等）の承諾が得られた。

河川管理者との協議においては主に、かんがい必要水量及び発電使用水量の計算方法について審査され、発電用水がかんがい等に使用されないか、発電前後の流量が確認する事が出来るか、また共同取水者である大分県企業局及び別府市水道局との小挾間川における取水量及び取水優先順位についても議論となった。

(2) 電力会社協議

余剰電力を売電するため、九州電力(株)と上位系統連系接続協議を行ってきたが、当時は固定価格買取制度が始まり、大規模な太陽光発電が始まった頃であったため、送電線の空き容量がないことや、バンク逆潮流対策費用に多額の負担金を求められるなど、協議に困難を極めた。個別協議により、発電時間が制限される等のデメリットはあったが、負担金の軽減を行い、事業を進めることが出来た。

5. 今後について

現在、発電所建屋と発電施設は完成したものの、送水管工事については入札不調が続いており、実施できていない状況である。今後も引き続き、発注していくと同時に、経済産業省へ固定価格買取制度の事業計画申請を行い、早期に発電開始が出来るよう元治水井路土地改良区と協力し、事業を実施していく予定である。

また、売電収入の用途や会計について、土地改良区と共に検討し勉強していく必要がある。

6. おわりに

小水力発電事業の実施状況について、大分県内では4地区程度であり、実績も多くないため、経験者が少なく、細かな事務手続きについても各担当者が手探りで行っているのが実情である。小水力発電事業関わらず、新しい事業やその他工法について、九州沖縄各県の実務担当者が事例を持ち寄り、意見交換を行う場があれば、固定観念の払拭により問題解決の突破口を開いたり、実務の流れが把握出来たりと、お互いにメリットが得られるのではないかと思う。

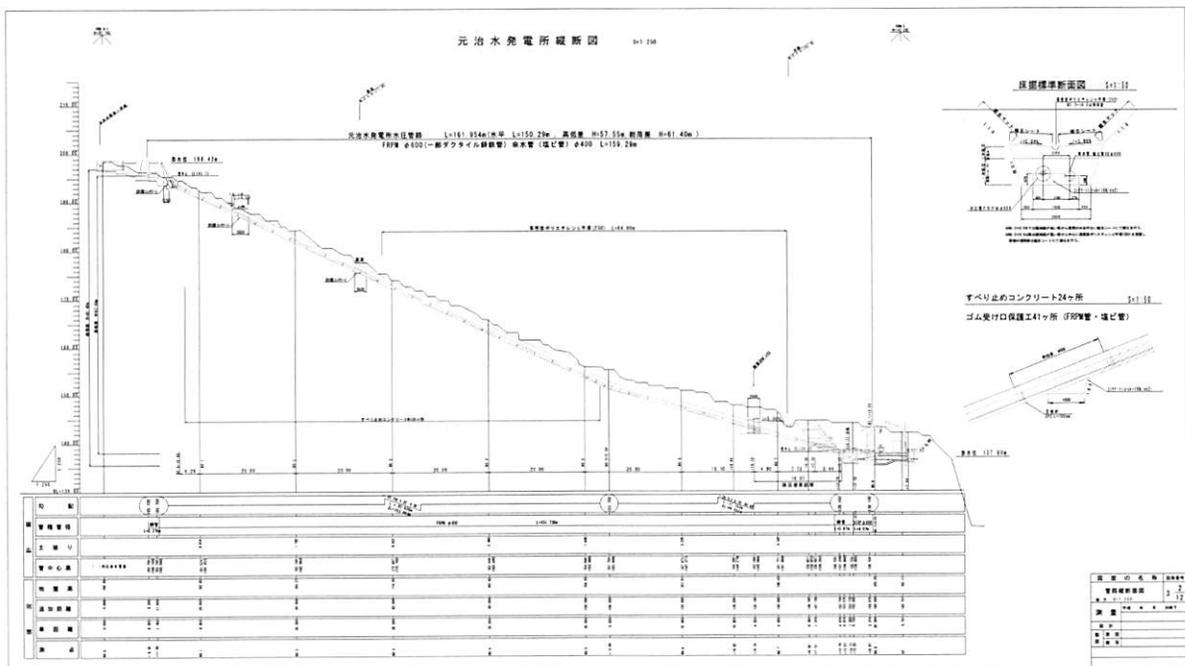


図5 送水管工事の縦断面図

## 大中尾ダムにおける遠方監視システムの整備について —ICT技術を活用したダム管理の省力化—

大分県南部振興局 ○(非)佐藤大輔

### 1. はじめに

佐伯市は、大分県南東部に位置し、平成 17 年に旧佐伯市と南海部郡の 5 町 3 村の合併により、903km<sup>2</sup> という九州一の面積を持つ市となった。清流河川や変化に富んだ自然は、豊富な海・山の幸をもたらし、多種の農産物を育て、海岸は好漁場をなし、古くから佐伯地域の豊かな生活を支えてきた。農業では、温暖な気候を活かした「いちご」、「にら」、「ハウスみかん」等の施設園芸作物や、早期米等が栽培されており、近年、「キク」「トマト」等の栽培が増加している。



図1 位置図

本地域は大分県でも降水量が多く地勢は急峻にして山林の濫伐が多く従って洪水の流出は早く、毎年洪水の被害を受け、農業経営が極めて不安定であった。これらの被害をなくし、農業経営を安定させるため、大中尾ダム及び小中尾ダムの 2 基のアースダムが、大分県として初めての防災ダム事業として採択され、昭和 35 年に着手、昭和 42 年に完成した。

本地域において大規模な洪水や地震が発生した際には、適切な状況把握と、迅速な情報の伝達および共有が求められているが、農業者の高齢化や担い手不足により、ダムの維持管理体制の確保に支障をきたしている。このため、今回大中尾ダム遠方監視システムの整備により、渇水時などの利水調整の省力化と、地震時や洪水時の防災情報の迅速な伝達および共有化を図ったものである。

### 2. 大中尾ダムの概要

提高 25.4m

提長 138.3m

流域面積 2.74km<sup>2</sup>

総貯水容量 416 千 m<sup>3</sup>

有効貯水容量 374 千 m<sup>3</sup>

均一式アースダム



写真1 大中尾ダム全景



図2 大中尾ダム断面図

### 3. 整備当時の問題点

洪水発生時及び基準観測所にて震度 4 以上の地震が観測された場合には、速やかにダムの点検を行い下流域の被害拡大を防止するため迅速な状況確認が必要となる。しかし、大中尾ダムにおいて水位計や監視カメラは設置されておらず、水位および貯水池の状況は現

地にて直接目視で確認しなければならなかった。ダム到着までに時間を要すことから、有事の際に住民への防災情報の伝達に遅れが生じる可能性があることと、管理委託者からの情報伝達手段が電話とFAX

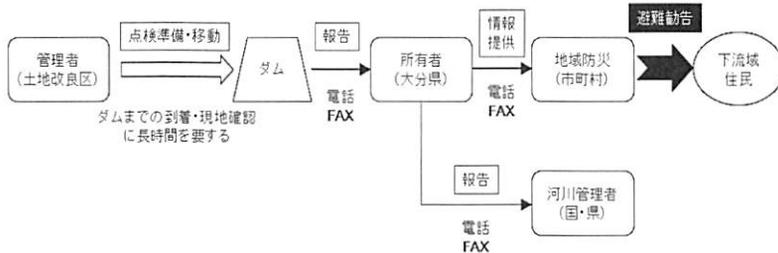


図3 地震時点検報告フローイメージ図

のみのため、ダムの被災状況が伝わりにくい等の問題が挙げられていた。また、大規模地震時には限られた人員では対応が困難であることや、ダムまでの経路が確保出来ない場合も想定する必要があった。

#### 4. 事業経過と実施内容

平成 29 年度に実施設計、平成 30 年度に工事を実施した。

水位計および監視カメラを設置し、観測データ及び画像をクラウド電送装置から携帯無線回線を利用して、クラウドサーバへ送信する。クラウド上でデータを蓄積することにより、携帯・PC 等インターネット環境を備えた端末を通じて、ダムの状況を確認することが可能となった。

水位および現地の状況画像がリアルタイムで取得できるため、関係者間の情報共有および住民への防災情報伝達の迅速化が図られる。また、渇水時の貯水量が遠方監視により確認可能となり、利水調整の省力化が期待される。



写真2 監視カメラ近景



写真3 クラウド映像 (貯水池遠景)

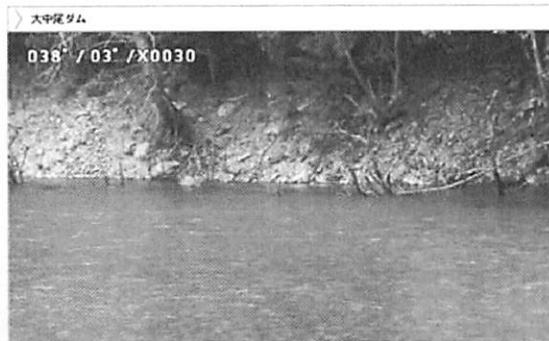


写真4 クラウド映像 (貯水池近景)

#### 5. おわりに

大中尾ダムの監視設備において、現在は運用を開始しており、今年度は小中尾ダムの工事実施を予定している。運用開始後、大規模な地震や洪水は発生していないが、利水調整については一定の成果が発揮されていると言える。

今後懸念される異常洪水や大規模地震などの災害から、地域住民の安全を確保するため、現在の施工事例における運用状況の結果を踏まえ、今後の維持管理に活かしていきたい。

## 水土里情報システムとUAV3D点群データの活用例

大分県土地改良事業団体連合会総務部情報管理課 ○(非)秋吉克則

### 1. はじめに

近年、高齢化や人口減少が著しい中山間地域等の農業生産条件が不利な地域における農業生産活動を継続するため、国及び地方自治体が行う支援制度として、平成12年度から「中山間地域等直接支払制度」が実施されている。

この制度は、集落等を単位に、農用地を維持・管理していくための取決め(協定)を締結し、それに従って行う農業生産活動等に対し対象農用地面積及び地目、傾斜勾配に応じて一定額を交付する仕組みである。大分県内においては平成30年度実績で1,220協定、15,877haがこの制度に取り組んでいる。

この時、GIS(Geographic Information System)である水土里情報システム(以下、「水土里Maps」という)に格納している農地情報を基に、対象面積及び地目を整理し、更にUAV3D点群データを用い傾斜勾配を測定することで集落協定の交付額算定を効率的に行った例を示す。

### 2. 水土里Mapsの活用

水土里Mapsは2DのGISシステムで、背景オルソ・土地ポリゴンが格納されており、この土地ポリゴンは、大字名・小字名・地番・地目・地積が一筆ごとに土地情報(以下、「属性」という)が付加されている。このシステムは利用者により属性を追加することができ、背景オルソを確認しながら対象農用地の属性に「協定名」を入力することで、検索・集計・着色・出力することが可能となった。

次に、交付金の対象農用地の適否(傾斜勾配)を判定する一団地エリア(図1)を作成した。しかし、詳細な標高データがないため傾斜勾配は測定できず、この対象範囲の標高データの入手が必須となった。



図1 集落協定対象農地

### 3. ドローン撮影による写真測量3D点群データ作成と縦断図(地形勾配)作成

今回、ドローン撮影データから3D点群データ(標高)作成した。現地状況及び作業時間、精度を考慮し、DJI社のPhantom4pro ver2.0を用い要求精度10cm以下(地上画素数2cm以下)とするため、オーバーラップ80%、サイドラップ60%、飛行高度70mで撮影を行った。また、撮影範囲内に対空標識(GCP)は、外側5点、内側1点(図2)を現地に設置しGNSS測量(Trinble R10)を行い、基準となる座標および標高値を取得した。これら一連の現地作業は3名で行い、約2時間半で終了した。

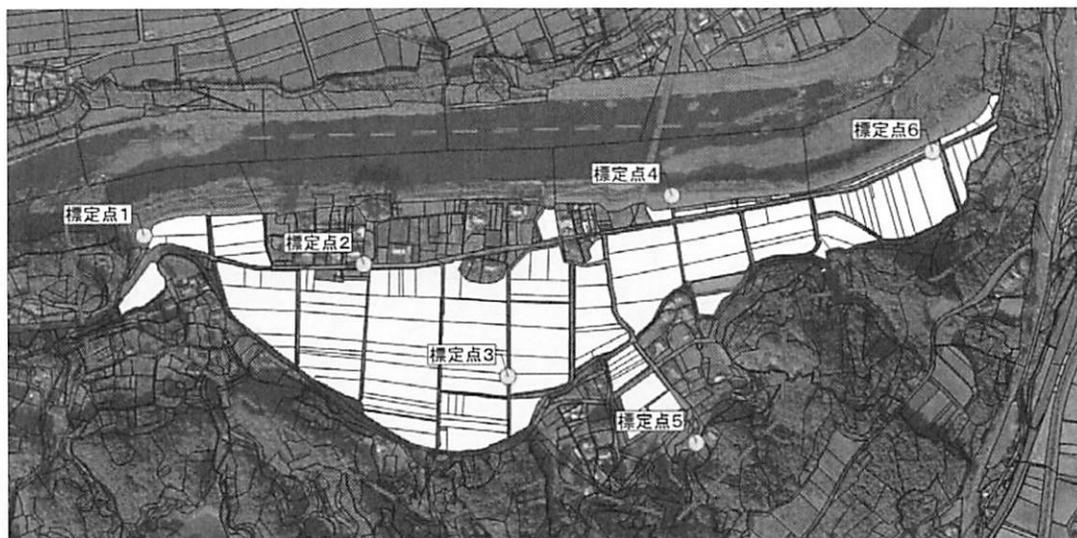


図2 撮影範囲と対空標識(GCP)設置状況

撮影したドローン画像は、1526ファイル12.3GBとなった。この多量な画像データをSfM(Structure from Motion)ソフトを用いて画像処理することで撮影範囲のオルソ写真(TIFF)と標高値を持つ点群データ(LAS)を作成。なお、SfMソフトは「Pix4Dmapper」を用いた。

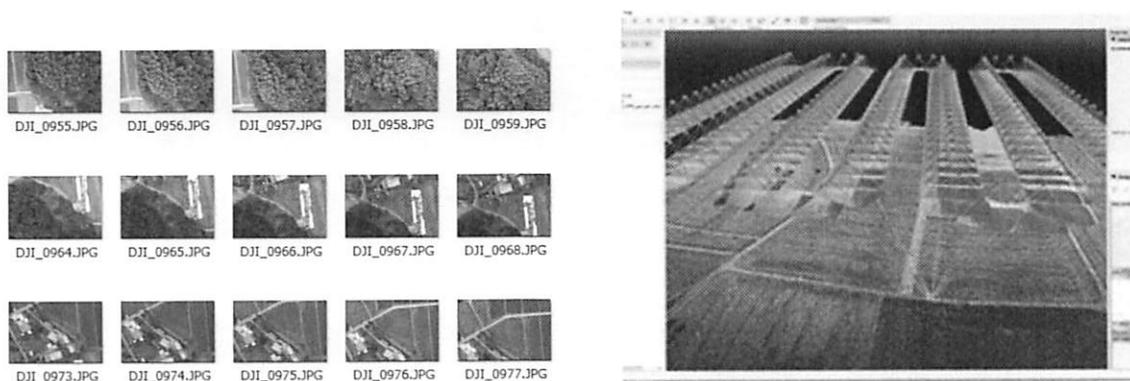


図3 ドローン撮影画像の一部とSfMソフト(Pix4Dmapper)

なお、既存オルソ(レベル1000)と今回生成されたオルソ(TIFF)を水土里Maps背景に設定し同縮尺で表示させた状況を(図4)に示す。ドローン撮影オルソは高解像度かつ現時点であることから、農地状況を判断する有効なものである。また、点群データ(LAS)はそれぞれの点

に XYZ 座標位置と RGB を持っており、3D 化した詳細データの上に線形を決定することで縦断図 (= 地形勾配) の作成が可能である。(図5)

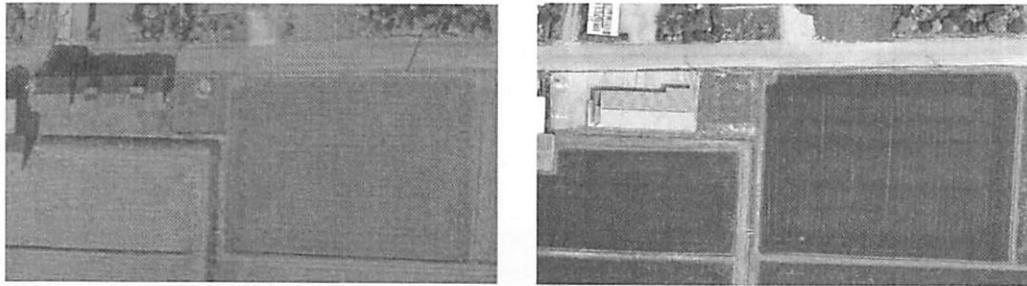


図4 既存背景オルソ(左)とドローン撮影オルソ(右)



図5 点群3D データから縦断図作成

#### 4. 集落協定全体データの整理と交付金算定

各団地の地形勾配(縦断図)を点群3D データから作成し、団地エリアに傾斜勾配(1/n 及び角度 $^{\circ}$ )の値を格納した。(図6-1、図6-2)

このとき、水土里 Maps の「空間解析」機能を用い、対象農用地ポリゴンには団地エリアに格納された傾斜勾配値が「串刺し」で属性値となることから、対象農用地全体の属性を Excel へ出力し(図7)、集落協定の交付金算定を行うことが可能となった。これにより、集落協定(17ha)の整理と交付金算定に要する日数が10日程度から3日と大幅な短縮ができ効率的となった。

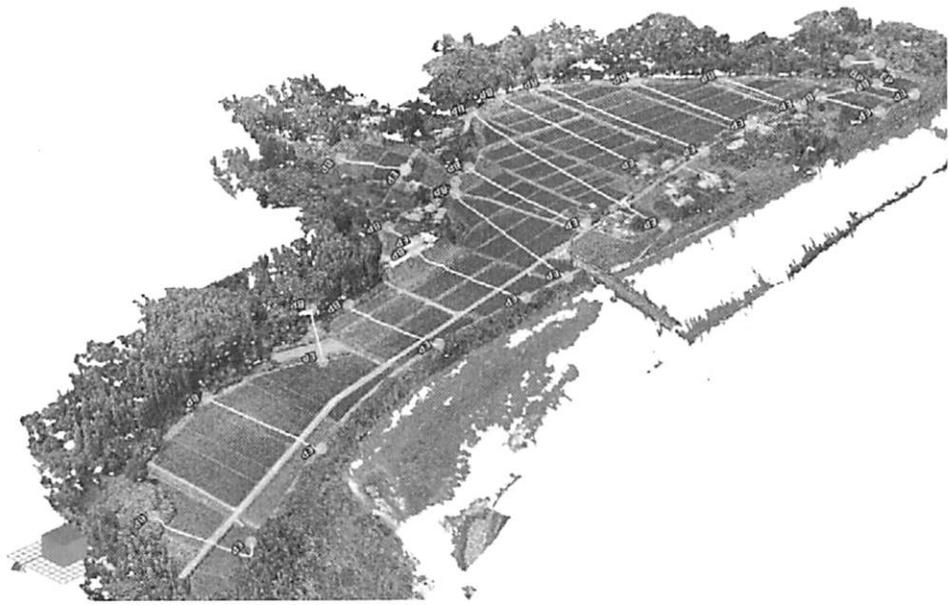


図6-1 点群3Dデータでの傾斜勾配測定

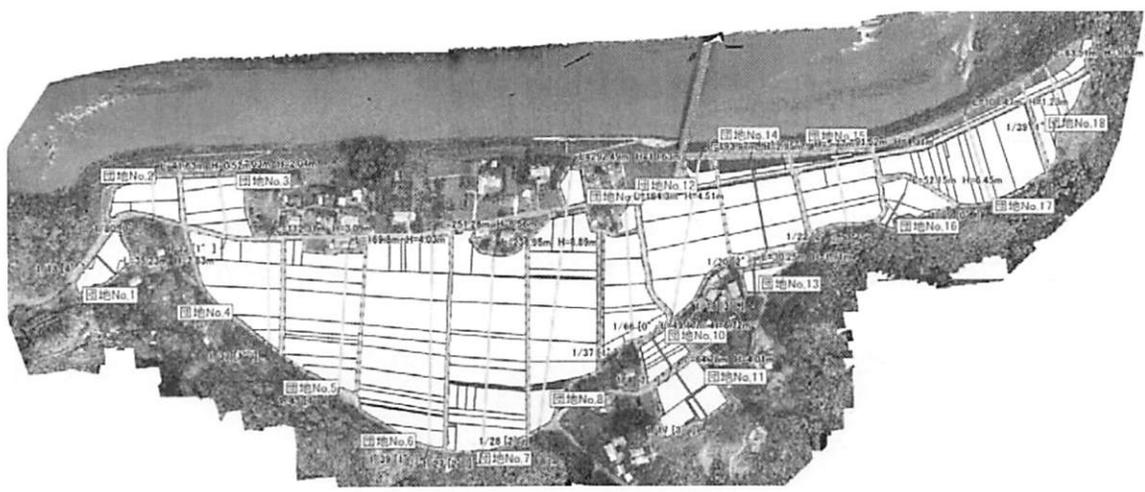


図6-2 団地エリアと傾斜勾配の配置状況

#	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	
1	〇〇地区 勾配および交付金算定表																						
2	ID	大字CD	大字名	小字CD	小字名	地番	登記地目名	現況地目名	登記地積㎡	現況地積㎡	中山間集落協定名	新農排	現農排	団地ID	KEY	傾斜測線L(m)	高低差(m)	勾配(1/n)	角度(°)	単価(円/㎡)	交付金額		
111	109	16	1003	〇〇町〇〇	2	字工内戸	115	田	1007	1007	〇〇	田	田	1017	1003_113	52.15	6.45	8	7	21,000	21,021		
112	110	16	1003	〇〇町〇〇	2	字工内戸	114	田	374	374	〇〇	田	田	1018	1003_114	52.15	6.45	8	7	21,000	7,854		
113	111	17	1003	〇〇町〇〇	2	字工内戸	102	田	1216	1216	〇〇	田	田	848	1002_102	108.47	1.23	89	0	8,000	10,523		
114	112	17	1003	〇〇町〇〇	2	字工内戸	93-1	田	1243	1243	〇〇	田	田	850	1003_93-1	108.47	1.23	89	0	8,000	9,644		
115	113	17	1003	〇〇町〇〇	2	字工内戸	110-2	田	600	600	〇〇	田	田	851	1003_110-2	108.47	1.23	89	0	8,000	4,800		
116	114	17	1003	〇〇町〇〇	2	字工内戸	110-1	田	1400	1400	〇〇	田	田	852	1003_110-1	108.47	1.23	89	0	8,000	11,200		
117	115	17	1003	〇〇町〇〇	2	字工内戸	107	田	1050	1050	〇〇	田	田	853	1003_107	108.47	1.23	89	0	8,000	8,400		
118	116	17	1003	〇〇町〇〇	2	字工内戸	106-3	田	580	580	〇〇	田	田	854	1003_106-3	108.47	1.23	89	0	8,000	4,640		
119	117	17	1003	〇〇町〇〇	2	字工内戸	106-1	田	2820	2820	〇〇	田	田	855	1003_106-1	108.47	1.23	89	0	8,000	22,560		
120	118	17	1003	〇〇町〇〇	2	字工内戸	106-2	田	100	100	〇〇	田	田	856	1003_106-2	108.47	1.23	89	0	8,000	800		
121	119	17	1003	〇〇町〇〇	2	字工内戸	95-1	田	132	132	〇〇	田	田	857	1003_95-1	108.47	1.23	89	0	8,000	1,056		
122	120	17	1003	〇〇町〇〇	2	字工内戸	94-1	田	392	392	〇〇	田	田	858	1003_94-1	108.47	1.23	89	0	8,000	2,896		
123	121	17	1003	〇〇町〇〇	2	字工内戸	100	田	2550	2550	〇〇	田	田	861	1003_100	108.47	1.23	89	0	8,000	20,400		
124	122	17	1003	〇〇町〇〇	2	字工内戸	101	田	1500	1500	〇〇	田	田	862	1003_101	108.47	1.23	89	0	8,000	12,000		
125	123	17	1003	〇〇町〇〇	2	字工内戸	102	田	1500	1500	〇〇	田	田	863	1003_102	108.47	1.23	89	0	8,000	12,000		
126	124	17	1003	〇〇町〇〇	2	字工内戸	111	田	1570	1570	〇〇	田	田	1029	1003_111	108.47	1.23	89	0	8,000	12,560		
127	125	17	1003	〇〇町〇〇	2	字工内戸	96-1	田	794	794	〇〇	田	田	1038	1003_96-1	108.47	1.23	89	0	8,000	6,252		
128	126	18	1003	〇〇町〇〇	2	字工内戸	97-2	田	200	200	〇〇	田	田	767	1003_97-2	63.51	1.64	39	1	8,000	1,600		
129	127	18	1003	〇〇町〇〇	2	字工内戸	97-1	田	400	400	〇〇	田	田	768	1003_97-1	63.51	1.64	39	1	8,000	3,200		
130	128	18	1003	〇〇町〇〇	2	字工内戸	91-1	田	242	242	〇〇	田	田	769	1003_91-1	63.51	1.64	39	1	8,000	1,928		
131	129	18	1003	〇〇町〇〇	2	字工内戸	92-1	田	241	241	〇〇	田	田	770	1003_92-1	63.51	1.64	39	1	8,000	2,228		
132	130	18	1003	〇〇町〇〇	2	字工内戸	91-2	田	499	499	〇〇	田	田	772	1003_91-2	63.51	1.64	39	1	8,000	3,992		
133	131	18	1003	〇〇町〇〇	2	字工内戸	92-2	田	951	951	〇〇	田	田	819	1003_92-2	63.51	1.64	39	1	8,000	7,608		
134	132	18	1003	〇〇町〇〇	2	字工内戸	99	田	1052	1052	〇〇	田	田	819	1003_99	63.51	1.64	39	1	8,000	8,416		
135	133	18	1003	〇〇町〇〇	2	字工内戸	98	田	750	750	〇〇	田	田	820	1003_98	63.51	1.64	39	1	8,000	6,000		
136																							
137	合計																					168130	1633406

図7 集落協定の交付金額算定表

## 有馬2期地区における海岸環境対策について

- ヒジキの移設方法の検討 -

長崎県島原振興局土地改良課 ○(非)小嶋 直樹

## 1. 地区の概要

本地区は、島原半島南東部の南島原市南有馬町に位置し、昭和21年～昭和39年に代行干拓事業にて築造され、土地の温暖な気候や立地条件を生かし、水稻をはじめマトやイチゴなどの施設園芸を主体とした農業が営まれている。

海岸堤防は、昭和41年に海岸保全区域の指定を受けて、現在まで約50年を経過している状況にあり、長年の風波にさらされた影響により、コンクリートの劣化によるひび割れ、剥離、基礎部の露出が多く見受けられ、海岸堤防としての機能低下が生じている。

また、平成18年には、台風13号による高潮の越波により、天端被覆工、裏法被覆工が被災しており、背後の優良農地と家屋等への影響が危惧されている状況にある。

このため、海岸保全施設の整備として、海岸堤防の被覆補強と消波ブロックの設置を行い、海岸背後地にある優良農地の保全と併せて、家屋等への被害防止を図るため、平成23年度より事業を実施している。



越波

被災

## 【事業経過】

- (1) 昭和21年～昭和39年に国の代行干拓事業により築造
- (2) 昭和45年～昭和55年に海岸保全施設整備事業(高潮)で、堤防前面をコンクリート被覆する堤防補強工事を実施
- (3) 平成17年～平成23年に海岸保全施設整備事業(高潮)で、排水機場、排水樋門の改修工事を実施(関連事業:836,980千円)

## 2. 事業概要

海岸名:有明海沿岸・南有馬海岸・有馬地区海岸・北岡浦田地先海岸

工期:平成23年度～平成32年度(10年間)

総事業費:2,572,000千円

負担区分:国50%、県43%、市7%

防護面積:90.0ha(農地83.3ha、宅地等6.7ha)

防護戸数:52戸 155人

主要工事:堤防工 L=2,344m

うち 消波ブロック設置区間 L=1,500m

進捗率:H29まで事業費 1,414,086千円(55%)

H29まで事業量 2,012m (86%)堤防前面部

主要作物:水稲、とまと、いちご

## 3. 環境対策

本地区の海岸については、近隣海域でのワカメの養殖、また、堤防前面はヒジキが生息しており、漁業者が採取していることから、施工に際しては、関係漁協と対応を協議しながら事業を実施している。

## 【対応事項内容】

## (1) 汚濁防止のためのシルトフェンスの設置

- ・堤防基礎部の掘削に伴い発生する汚濁により、沖合いの養殖施設への影響と、汚濁による漁業への影響を懸念し、汚濁防止フェンスを設置する。

## (2) ワカメの種付け時期のコンクリート打設の制限

- ・堤防前面部沖合いにおいて、ワカメの養殖のための育苗が行われており、育苗は10月～12月の間で実施し生育した段階で沖合いの養殖エリアへ移設する。
- ・この際、コンクリート打設に伴い発生する“灰汁”がワカメの種苗に影響を与えるため、育苗期間(10月～12月:要協議)についてはコンクリート打設を行わない。

## (3) ヒジキが定着している現採石の移設

- ・施工範囲内において点在する、ヒジキが定着している石について、前年度までに施工が完了しているエリアに移設し海産資源の保全を行う。

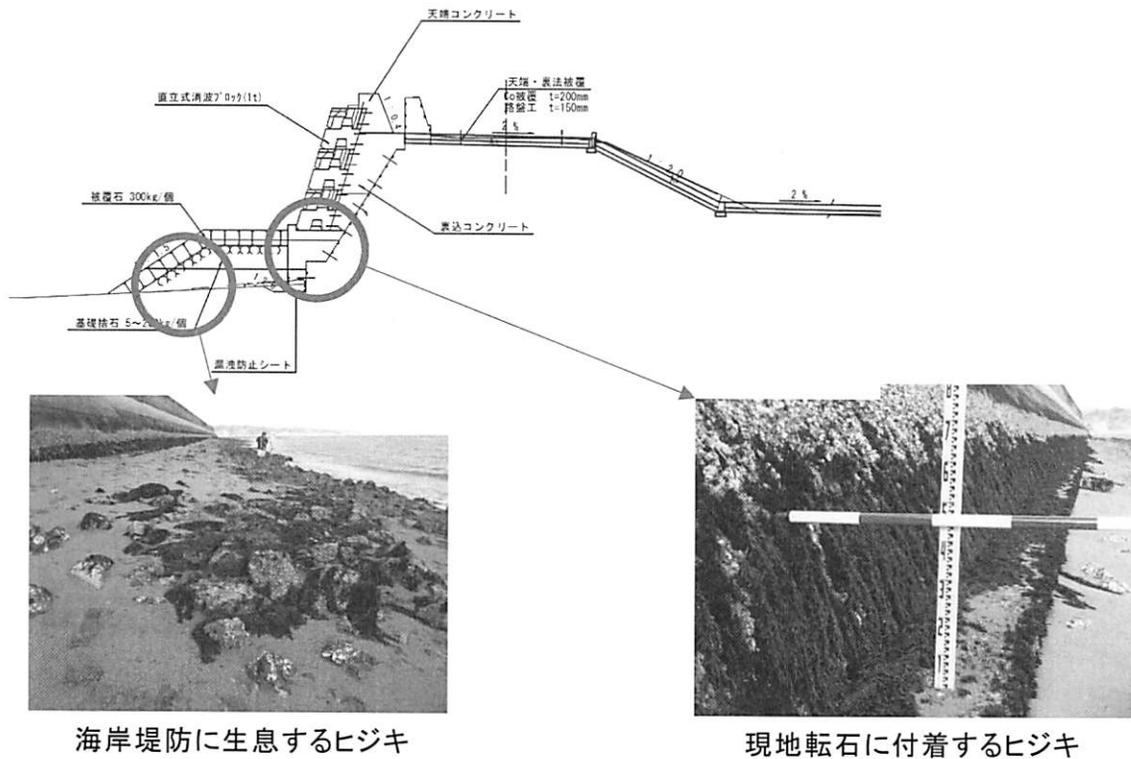
今回、この中でも現地に生息するヒジキの移設に関する事例を報告する。

#### 4. 現地に生息するヒジキの保全

##### ○これまでの対応について

これまで長い年月をかけて現地に根付き、漁業者の収入源として現地に生息してきたヒジキについて、今回の堤防工事に伴い施工範囲内は皆無となる恐れがあるため、対応を検討した。

##### 【ヒジキの生息状況】



##### ー対応1ー

水産業普及指導センターと協議し、張石施工後の隙間にヒジキの種入れた網袋を詰め、張石部へのヒジキの定着を図る。

結果、あまり生育はしていない状況(枯渇)であった。

##### ー対応2ー

張石施工後に、張石の隙間にヒジキが付着した現採石を入れ込み、張石部へのヒジキの定着を図る。

結果、水深が浅い部分は生息せず、張石下部の深い場所に生息が確認された。

##### ー対応3ー

現採石を重機により掘削し、前年度までに施工が終了した区間まで運び、張石前面へ投入する。

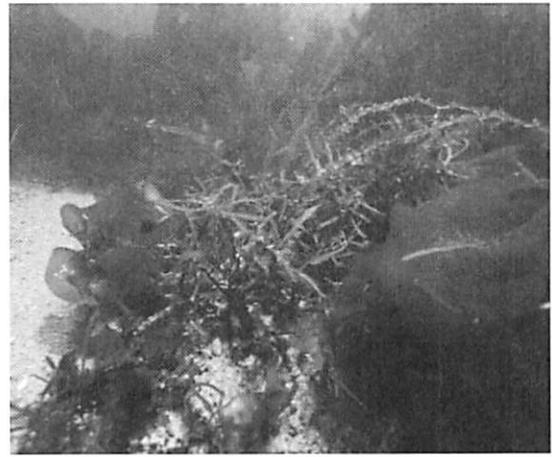
結果、機械施工により石材と石材及び重機のバケットとの擦れが生じ、ヒジキの芽の部分の消失、併せて機械施工であるため、逆さまの設置となり定着が出来ていない。

## —対応4—

現採石を人力により“もっこ(運搬器具)”に入れ、ダンプトラックにより運搬、前年度に施工が完了した区間まで運び、再び“もっこ”により張石前面へ人力により投入する。



人力による減採石の積込



順調にヒジキが生息している

結果、手間は掛かるものの、対応策の中では最も生育しており、もともとの生息状況近くまで回復が見込まれる。

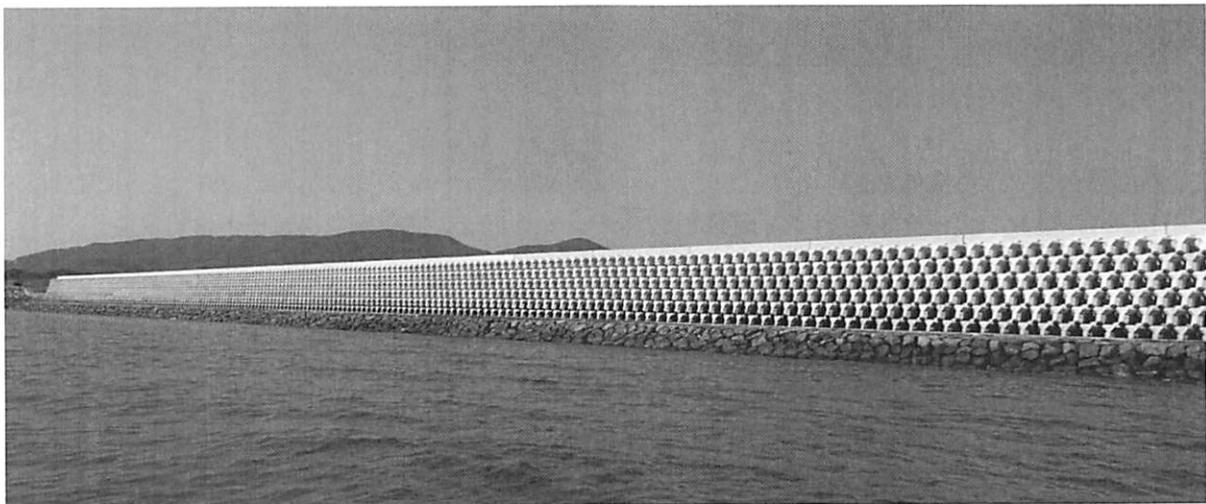
このため、現在は人力による移設を実施している状況。

## 5. まとめ

今回の海岸堤防工事においては、漁協関係者との協議を行い様々な対策の検討を実施し、現採石を人力により移設する方法が最も現地に適応していることがわかった。

海産資源については、ちょっとした環境の変化で生育が悪くなったり、逆に少しの気遣いで思いのほか生育することがあり、環境への配慮の重要性を改めて感じた。

今後、同様の工事を実施する際のひとつの事例として参考にいただければ幸いである。



海岸堤防完成部分写真

## 阿蘇地域における航空レーザ測量成果の草地管理への活用

熊本県球磨振興局農地整備課 岩田 長起

熊本県農林水産部農村振興局技術管理課 園村 道明

熊本県農林水産部農村振興局むらづくり課 ○増田 慎也

アジア航測 株式会社 近藤 幸子

### 1. 阿蘇地域世界農業遺産と熊本地震による草地の被害について

阿蘇地域では、草資源を循環的に利用し、持続的な農業を展開してきたことが評価され、平成25年5月に世界農業遺産(GIAHS:図1)に認定されており、この農業の仕組みを維持するために、草地の利用拡大に向けた取り組みを実施している。

そのさなかの平成28年4月14日及び16日に熊本県を襲った熊本地震では、阿蘇外輪山及び中岳に広く分布する草地においても土砂崩れ・地割れ等の被害が多発し(図2)、草地で農業を行う農家は、採草機械の転倒等の危険にさらされることとなった。

そこで、熊本地震に負けず、草地の利用を促進するため、航空レーザ測量技術を活用して草地被災箇所を可視化し、地元へ情報提供する取り組みを実施することとなったので、本報で紹介する。



図1 阿蘇地域世界農業遺産マーク

### 2. 航空レーザ測量データの収集

阿蘇地域では、熊本地震の直後、国や県が被災状況の速やかな把握等のため、広範囲で航空レーザ測量を実施している。

本手法は航空機からレーザ光を地表に照射し、反射して戻ってくる時間差によって一度に広域の地盤標高を得るものであり、その高さの精度は±15cm程度といわれている。また、本手法の特長として、針葉樹や草地など植生の影響をある程度取り除いて地盤標高を得ることができる(※1)。



図2 震災直後の草地の被災状況

### 3. 斜度区分図、赤色立体地図

国・県の複数のデータを入手して、阿蘇地域の草地 22,000ha の 1m メッシュ標高データに加工した。また、標高データは、地形情報をわかりやすく示すため下記2種類のマップに加工した。

#### (1) 斜度区分図

草地においては、農機が安全に作業できる地形勾配がおおむね $8^{\circ}$ まで、放牧牛の登坂勾配がおおむね $30^{\circ}$ といわれている。そこで、草地の斜度を $5^{\circ}$ 刻みで色を変えて表示する手法を用いた。

#### (2) 赤色立体地図(アジア航測(株)の特許技術(第3670274号等))

赤色立体地図は、数値標高データから傾斜量を赤色の彩度で、尾根谷度を明度にして調製(尾根部を明るく、谷部を暗く表現)した全く新しい地形の立体表現手法で、標高等の地形に関する絶対的な数値を読み取れない代わりに、地形の凹凸を直感的に把握することができる。本手法により阿蘇地域特有

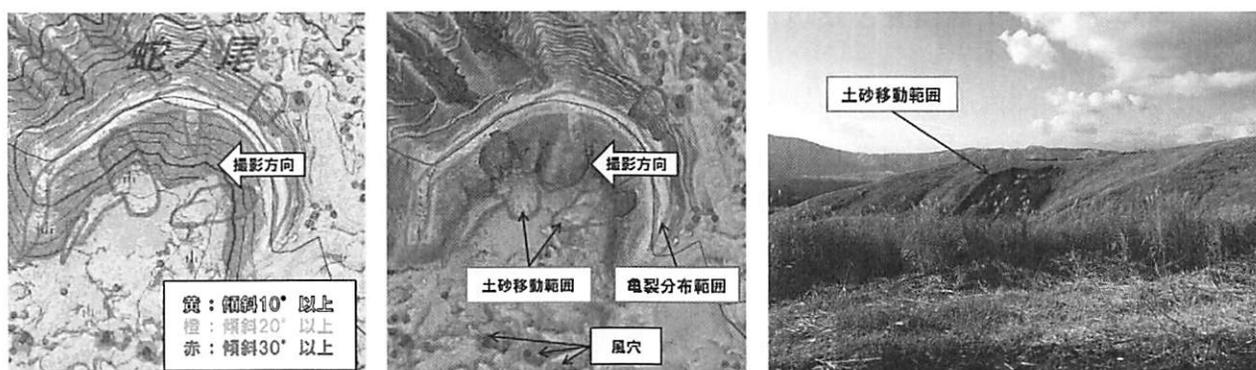


図3 斜度区分図、赤色立体地図と現地状況の比較

の地形である「風穴」の位置を特定することができた。

#### 4. 今後の活用について

作成したマップを、草地を管理する阿蘇管内の牧野組合へ配布を行うとともに、図面の活用について牧野組合や阿蘇地域振興局農業普及・振興課、市町村と意見交換を行った。

牧野組合は、日常管理している自身の牧野について、被災箇所等をすでに熟知しており、高精度の図面があったとしても、採草や放牧へのメリットはあまりないように見受けられた。

その一方、草地の情報を紙面等に取りまとめたものはなく、牧野組合員以外が草地を初めて利用する場合は、草地の危険箇所や農機の作業ルート等、重要な情報を把握できない状況であることが分かった。

このような状況のなか、高齢化等により利用されない草地では、任意組合 A が採草作業を行ったり、定年退職して地元に戻ってくる者が初めて野焼きに出役したりするなど、慣れない作業を行っている。

これらのことから、草地の情報を可視化することで、牧野組合以外と草地の情報を共有し、ひいては、草地の利用向上に寄与できるのではないかと仮説を得ることができた。

また、任意組合 A とも意見交換を行ったところ、採草作業においては、草刈から梱包、積込みまでの作業段階に応じてそれぞれ専門の農機オペレータが作業を行うため、オペレータ間の危険箇所の情報共有が課題であることが判明した。

そこで平成30年度以降、タブレットにマップデータを搭載し、先行して作業するオペレータが、農機作業ルートや作業時における危険箇所等を記録・集積することで、後続のオペレータと円滑に情報共有できるツールを試作し、モニターテストを実施している。このようにして収集した牧野の情報を元に、将来的には阿蘇の草地において、効率的で安全な農作業ができるようになることを期待している。

#### 5. まとめ

本事例のように、各機関が行った航空レーザ測量によって得られた測量成果は土木分野のみならず、幅広い分野に応用できる可能性が考えられる。

また、今回用いたような、赤色立体地図や、斜度区分図の技術を用いることで、普段測量分野との接触が少ない一般県民に対しても、地形情報をわかりやすく伝えることができる。

一方、公共機関の航空レーザ測量の実施情報は国土地理院によって管理され、インターネットで検索することができる(※2)ため、こうした測量成果についてはさらに積極的な活用が期待される。

#### 参考文献等：

※1 国土地理院「航空レーザ測量のしくみ」[http://www.gsi.go.jp/kankyochiri/Laser\\_senmon.html](http://www.gsi.go.jp/kankyochiri/Laser_senmon.html)

※2 国土地理院「公共測量実施情報」

[https://psgsv2.gsi.go.jp/kouhyou/Kouhyou\\_KoukyouSokuryou/Kensaku10.aspx](https://psgsv2.gsi.go.jp/kouhyou/Kouhyou_KoukyouSokuryou/Kensaku10.aspx)

## オニバスの生態調査と環境保全措置を考慮したため池改修の検討について

株式会社 日豊測量設計 (非) 村上 信也  
 岩切環境技研 株式会社 (非) 岩切 康二  
 宮崎県児湯農林振興局 ○ (非) 成松 克彦、(非) 立山 裕樹

## 1 はじめに

岩渕ため池は、宮崎県の中央部に位置する木城町にあり、江戸時代に築造された広さ 3ha ほどの農業用ため池である。本ため池は、現在も 5.7ha の水田を潤す重要な水利施設としての役割を担っている。また、隣接した農村公園に咲く季節の花々が湖面を彩り、休日になれば農村公園や堤体にウォーキングする人々が集うなど、地域住民にとっては営農と生活に欠かせない重要な施設となっている。

さらに、このため池にはオニバスが自生しており、全国的な希少さから昭和 8 年に宮崎県の天然記念物に指定された。

県では、平成 25 年度に県内全域でため池の一斉点検を実施しており、岩渕ため池は地震への耐久性から堤体改修の優先度が高いと判定された。また、洪水吐の断面不足や構造劣化も著しいことから、平成 30 年度に堤体改修を目的としてため池等整備事業の新規採択を受けた。そこで本報では、ため池の堤体改修に先立ち行ったオニバスの生態調査と保全・再生に向けた工法の検討について紹介する。



図 1-1.位置図



写真 1-1.岩渕ため池（背後に農村公園を望む）

## 2 オニバス調査について

(1) オニバス (*Euryale ferox* Salisb)

オニバスは、スイレン科に属する 1 年草の植物であり、葉や茎の全体に鬼の角のようなトゲがあることが名前の由来となっている。オニバスの葉は大きいもので 1.5m 程度あり、8 月～10 月にかけて葉と茎の間から鮮やかな紫色の花が開花する。重要種の基準として、

環境省レッドリストでは絶滅危惧Ⅱ類(VU)、宮崎県レッドリストでは絶滅危惧ⅠA類(CR-g)に位置づけられている。

(2) 岩渚ため池のオニバスの現状

岩渚ため池におけるオニバスの自生株は、昭和50年代から平成17年にかけて、毎年数株から数十株が確認されていた。しかし、平成18年以降、自生株が確認されなかったことから、近年、地元住民がため池から採取した種子を隣接する水田で発芽させ、一定の大きさになった段階でため池に移植して保存に努めている。このような地道な活動の結果、調査を実施した平成30年は11年ぶりに5株の自生株が確認された。

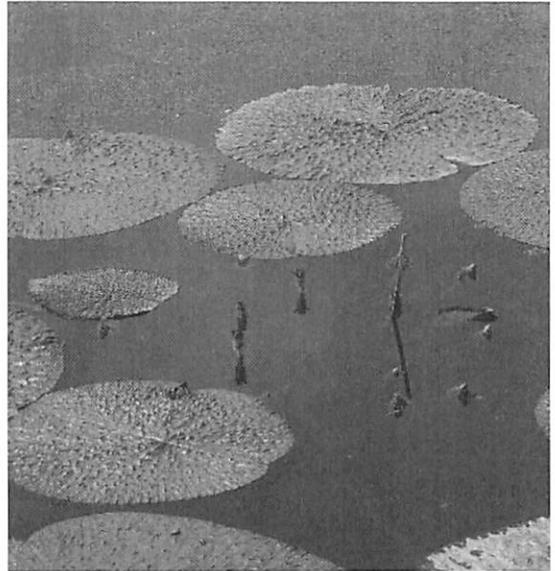


写真 2-1.岩渚ため池のオニバス

(3) 調査概要

平成30年度は約300株が移植され、調査は秋季までに生育した個体をもとに、個体数、結実種子数、埋土種子数の調査を実施した。



写真 2-2.岩渚ため池 上空からの全景

(4) 調査結果

【個体数調査】

140株（移植株135株、自生株5株）

【1株当たりの結実種子数調査】 1,092個（1株抽出）

【埋土種子数調査】 最大 57個(/0.25㎡)

平均 4.5個(/0.25㎡)

（堤体改修直接影響あり 平均 1.3個(/0.25㎡)）

（堤体改修直接影響なし 平均 10.5個(/0.25㎡)）

1株あたりの結実種子数と個体数から平成30年は約15万個の種子が生産されている。埋土種子数調査の結果では、表面から深さ5cmまでの底土内に平均4.5個(0.25㎡あたり)の種子が存在していた。ため池の面積(3.4ha)から計算すると、ため池全体で約60万個の種子が埋土種子として存在している可能性があり、その分布は、堤体改修の直接的な影響があると思われる範囲では平均1.3個、直接的な影響がないと思われる範囲では平均10.5個であった。

このことにより、ため池内には相当数の種子が埋土種子として存在しているものの、生育に至った種子はごく僅かであることが判明した。これは、オニバス自身もつ発芽メカニズムのほか、水深や水中酸素不足などの環境的要因も影響していると考えられた。また、埋土種子は堤体改修工事の直接的な影響のない範囲に多く分布していることも判明した。

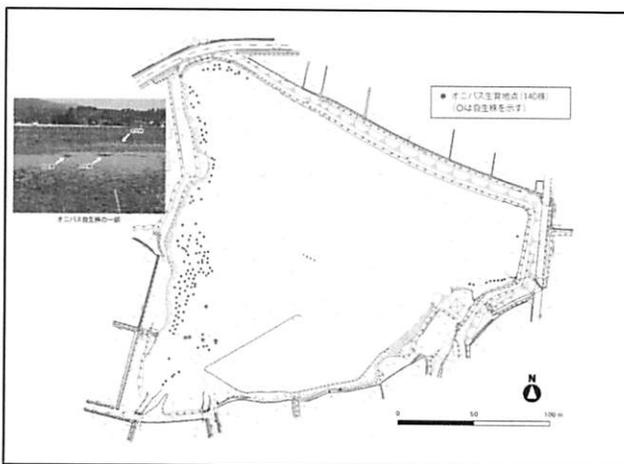


図 2-1.オニバス個体数調査結果

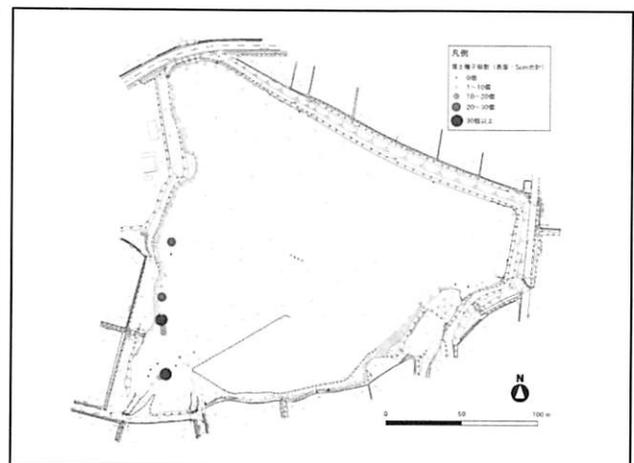


図 2-2.オニバス埋土種子調査結果

### 3 オニバス等の保全・再生への環境保全措置

堤体改修工事がオニバスに与える影響については、工事の排水によって池底が乾燥することによる発芽不良、表面近くの底土の外部への持ち出しによる埋土種子の減少、堤体改修後の水質悪化や水深の変化によるオニバスの将来的な生育不良などが考えられる。

#### (1) 工事中の排水による乾燥化の防止

毎年行われている池干しはオニバスの生育には適しているが、工事が長期に及ぶことによる池底の乾燥はオニバスの埋土種子を傷つける恐れがあり注意が必要である。このため、工事に影響を及ぼさない範囲で仮締築堤等を設け、ため池内に水を溜めることで池底の乾燥を防止することが重要である。

#### (2) 工事に伴い掘り上げられる底土の再利用

オニバスの種子は表面から10cm程度の範囲にその多くが存在しているため、工事の際に影響する堤体付近の池底の表層部をはぎ取って保管し、工事完了後にその表層部を埋め

戻すことでオニバスの再生を促す。

### (3) 堤体改修工事によるオニバス生育環境の復元

ため池全体で個体が確認された高さは標高 17.7m 以上であった。本ため池の常時満水位 (FWL) は標高 18.8m であることから、水深 1.1m 未満の範囲に定着していたことになる。このため、堤体改修工事に合わせて標高 17.7m 以上のエリアを多く作り出すことができれば、オニバスの生育環境を復元できる可能性がある。

## 4 オニバス移植作業と連携した堤体設計

調査結果及び環境保全措置をもとに堤体改修工事に伴うオニバスの生育に適切な水深の箇所を造成するための堤体断面を図 4-2 のように検討した。

堤体の計画小段高は標高 17.88m であり、今年度にオニバス自生が確認された箇所周辺の水深とほぼ同じである。従って、小段を広く取ることでオニバスが生育しやすい水深環境を広く確保し、保管しておいた埋土種子入りの土を拡張小段の表層部に 10cm 程度の厚さに敷くことで、自然発生を促すことができると考えられる。また、移植作業を行う場合であってもブロックマットを 0.5m 延長することで歩きながら移植することが可能となり、作業の負担を軽減することができると考えられる。

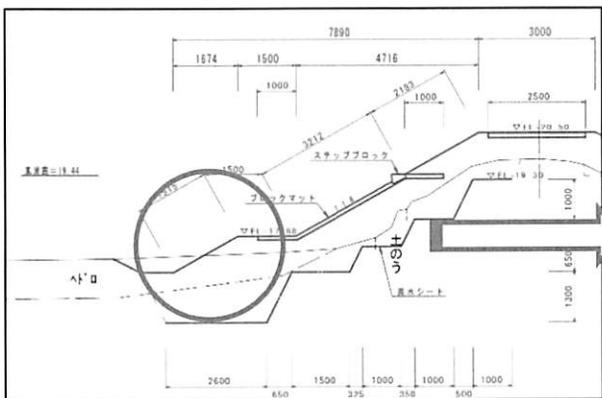


図 4-1.堤体改修標準断面図

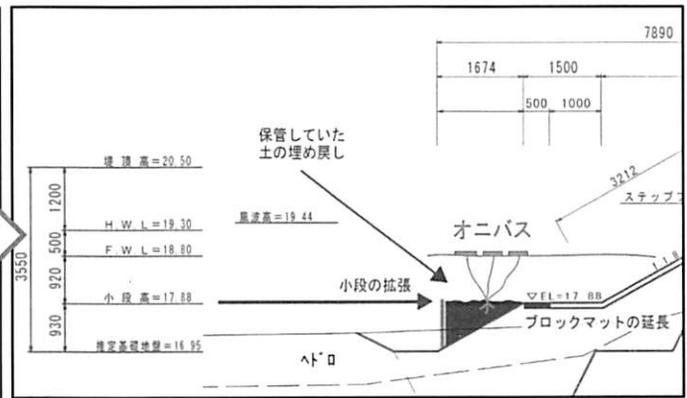


図 4-2.オニバス移植作業と連携した堤体設計

## 5 おわりに

岩渚ため池ではヒシやオニバスなどの浮葉植物が枯死することにより、植物体から大量の栄養分が水中に溶け出し、富栄養化していると考えられる。オニバスの生育するため池の環境を維持するためには、池干しに加えて池底の適度な攪拌を行うことにより、底土を空気にさらして乾燥・酸化させることで富栄養化を抑制することが重要であり、これによって水質の改善や埋土種子からの発芽促進が期待される。

岩渚ため池は、過去には池干しの際に鯉などの魚のつかみ取りや泥の中でのいろいろな競技が地域行事として行われてきた歴史があった。しかし、地元住民の高齢化や担い手不足などにより、これらの地域行事は平成 18 年に終了し、それ以降オニバスの自生株がみられない状況が 11 年間続いた。

今回、ため池の堤体改修にあたってオニバスの自生地保護の観点から生態調査やその保護を目的とした保全措置をハード面から検討を行ったが、堤体の改修を契機に途絶えている地域行事の再開についても今後地域と検討を進めていく計画である。



# オーラルセッション

## 第2会場

水理, 水文・水質・気象, 灌漑排水

## 呼び径 600 ALW 形ダクタイトイル鉄管管路における供用 1 年後の流速係数の測定

株式会社クボタ ○(正)竹谷和志, (非)前泊あゆみ, (正)井谷昌功

## 1. はじめに

鹿児島県笠野原地区 D 幹線水路(呼び径 600)は,平成 30 年(2018 年)2 月,国営施設機能保全事業により老朽 PC 管から ALW 形ダクタイトイル鉄管(以下,ALW 形管という)へ更新された。工事完了約 2 か月後となる平成 30 年(2018 年)4 月 26 日, D 幹線水路の一部区間を対象として測定した ALW 形管の流速係数は 150 以上<sup>1)</sup>であった。令和元年(2019 年)7 月 31 日,供用開始から 1 年以上経過した同一区間を対象に流速係数を再度測定した。以下にその結果を報告する。

## 2. 測定概要

## (1)管内の状況確認

管の内面状況は,流速係数測定前日,写真-1 の不断水管内カメラを管内に挿入し,映し出された画像を目視にて確認した。管内カメラは試験区間上流側の空気弁位置から下流に向かって挿入し,カメラケーブルが挿入できた約 10m 区間を調査対象とした。

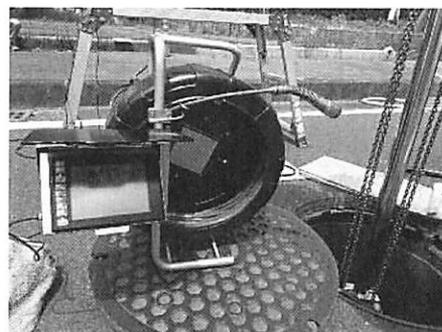


写真-1 不断水管内カメラ

## (2)流速係数の測定

試験区間の上下流の空気弁位置で管内圧力を,その間の流量計で流量を測定し,同時刻におけるそれぞれの値を 10 秒間隔で記録した。流速係数はヘーゼン・ウィリアムス公式に上下流の圧力センサの設置高さの差を考慮した式(1)により算出した。管内圧力および流量には,それぞれ 10 分間の平均値を用いた。

$$h_1 - h_2 + h = 10.67 \cdot C^{-1.85} \cdot D^{-4.87} \cdot Q^{1.85} \cdot L \quad \text{----- (1)}$$

ここで,  $h_1$ : 上流側の管内圧力水頭 (m),  $h_2$ : 下流側の管内圧力水頭 (m),  $h$ : 上下流の圧力センサの設置高さの差 (=2.085m),  $C$ : 流速係数,  $D$ : 管径 (=0.600m),  $Q$ : 流量 ( $\text{m}^3/\text{s}$ ),  $L$ : 管路長 (=166.893m) である。

測定開始直前の流量が  $0.05 \text{ m}^3/\text{s}$  程度と非常に少なかったため,施設を管理されている土地改良区の皆様にご協力いただき,試験区間より下流側の排泥工から強制排水することで流量を確保した。測定中の流量は概ね  $0.2 \text{ m}^3/\text{s}$ , 測定時間は 40 分程度である。

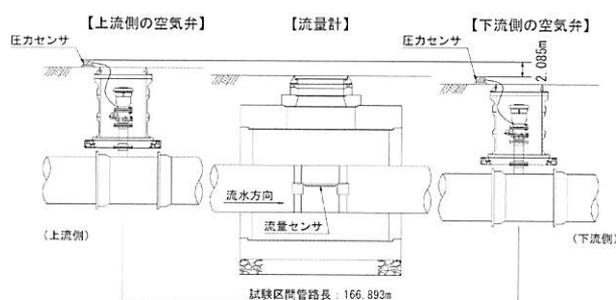


図-1 試験区間の概要

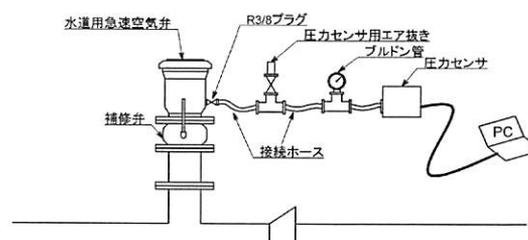


図-2 圧力センサの接続状況

### 3. 測定結果

#### (1) 管内の状況

上流側空気弁から約 6m 下流付近の管内状況を写真-2 に示す。管内カメラが挿入できた約 10m 区間では、前回カメラ調査時と同様に、写真-2 のような付着物が確認された。付着物はカメラ挿入によって、浮遊物として拡散する状況であった。

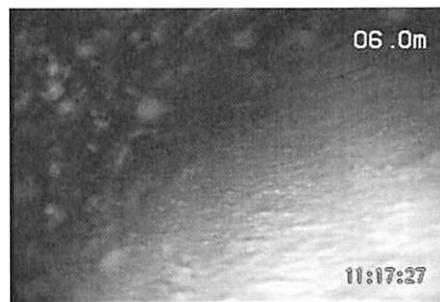


写真-2 管内の状況

#### (2) 流速係数

上下流の空気弁位置での管内圧力および流量の時間推移を図-3 および図-4 に、10 分毎に算出した流速係数を表-1 に示す。測定した 40 分間の管内圧力と流量は概ね安定状態であった。また、10 分毎に算出した 4 つの流速係数はいずれも 150 以上となった。

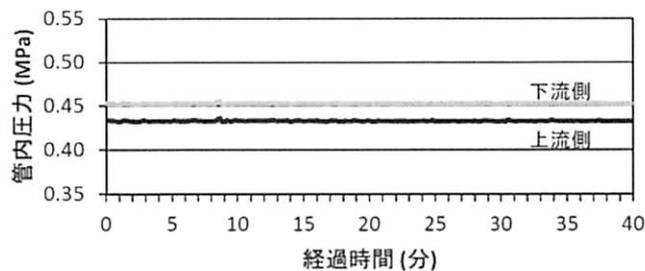


図-3 管内圧力の時間推移

#### 4. おわりに

ALW 形管の流速係数については既に幾つかの測定事例がある。例えば、浪平ら<sup>2)</sup>が他管種も含めて同一条件下で実施した水理実験によると、ALW 形管の流速係数は、通常 150 として設計される樹脂系管と同等以上であることが確認されている。

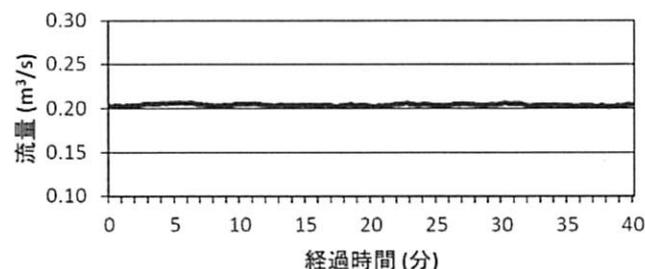


図-4 流量の時間推移

今回測定した供用開始後 1 年以上経過した ALW 形管の流速係数はいずれも 150 以上であり、過去の報告と同様であった。また、その平均値は 158.2 であり、前年度に測定された流速係数 157.7<sup>1)</sup> とほぼ同等であった。現時点において両者の流速係数に顕著な差異は生じておらず、ALW 形管の通水性能は建設当初と変わっていないと評価できる。

表-1 流速係数

経過時間 (分)	流量 (m <sup>3</sup> /s)	損失水頭 (m)	流速係数
0 ~ 10	0.2043	0.0973	157.9
10 ~ 20	0.2038	0.0960	158.6
20 ~ 30	0.2041	0.0977	157.4
30 ~ 40	0.2036	0.0955	158.9
平均	0.2039	0.0966	158.2

注) 測定時の水温は 25℃

最後に、本測定にご協力いただきました関係各位に感謝申し上げます。

[引用文献]

- 1) 竹谷和志ら: 呼び径 600 ALW 形ダクトイル鉄管管路における流速係数の測定, 平成 30 年度農業農村工学会九州沖縄支部大会講演要旨集, pp.2~3 (2018)
- 2) 浪平篤ら: 内面がエポキシ樹脂で塗装されたダクトイル鋳鉄管の流速係数, 第 68 回農業農村工学会関東支部大会講演会講演要旨, pp.54~55 (2017)

## 農業用水を用いた高落差における小水力発電施設の整備事例報告

(株)技術開発コンサルタント (正)黒谷 透 , (非)石井 隆二 , ○(非)王 馨寧

### 1. はじめに

近年、エネルギーを賢く消費する社会の構築に向け、省エネルギー化対策を最大限推進することが課題となっており、地球温暖化防止の観点からも、二酸化炭素の削減の為、低炭素社会づくりを図っている。また、省エネルギーの取組は農業水利施設の中長期的な維持管理負担の軽減にも繋がっている。今回、報告を行う大分県内の用水路は、2級河川の支流より取水する農業用水路であり、流域面積20㎏程度である。可動堰(頭首工)により取水され、水路トンネル1.5km程度を経て、開水路で受益地へ配水される。ここでは、既設の取水堰と水路トンネルを利用し、農業用水に加え発電用水を新たに取水をすることにより、発電を行う計画を報告する。

### 2. 水車形式の検討

発電に利用される水車は、地形により様々な落差や流量がある為、水車もそれに合わせ様々な種類が使われている。また、それぞれの水車は、その回転軸の方向によって、「立軸型(水車回転軸が垂直なもの)」と「横軸型(水車回転が水平なもの)」に大別され、中小水力の場合には横軸型の採用が多く見受けられる。本地区に選定可能(有効落差60m程度、流量0.2m<sup>3</sup>/s弱を用いて選定)な水車は次の3種である。

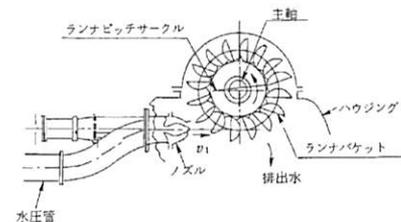
このため、「①ポンプ逆転水車」、「②横軸ペルトン水車」、「③クロスフロー水車」について費用、維持管理等を含んだ総合検討を行った。

「①ポンプ逆転水車」は、一般的に使われているポンプ(渦巻ポンプあるいは軸流ポンプ)に水を逆方向に回転させることで発電に使用する水車である。ランナの羽根形状以外はポンプと同じ部品を使えるので安価であるが、ガイドベーン等の流量を調整する機構を持たない為、効率は他の水車よりも低い。



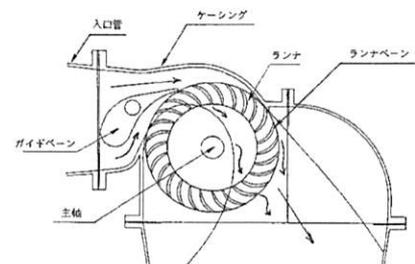
資料1 ポンプ逆転水車

「②ペルトン水車」は、高落差で比較的水量が少ない時に使用されるが、構造上機械体格が大きく設備が高価になる。また、回転数が低いため増速機が必要になり増速機は効率が悪く、総合効率も下がる。



資料2 ペルトン水車

「③クロスフロー水車」は、ガイドベーンの構造上、2分割を行うことにより“灌漑期と非灌漑期の流量の変化”に、効率的に切替対応ができる。また、構造がとてもシンプルであり、コンパクトで部品点数が少ない為、建設コストは一般的な水車と比較すると経済的である。しかし、メンテナンスは専門業者が必要となる。



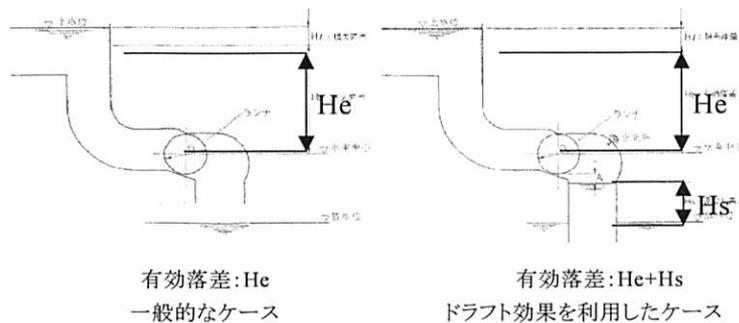
資料3 クロスフロー水車

以上の水車の特性から、本地区は灌漑期と非灌漑期の流量の差が無いこと、発電量は期別で変化しないこと、建設コスト面や、保守(維持管理の容易さ)等を総合的に判断して、

「①ポンプ逆転水車」を選定した。

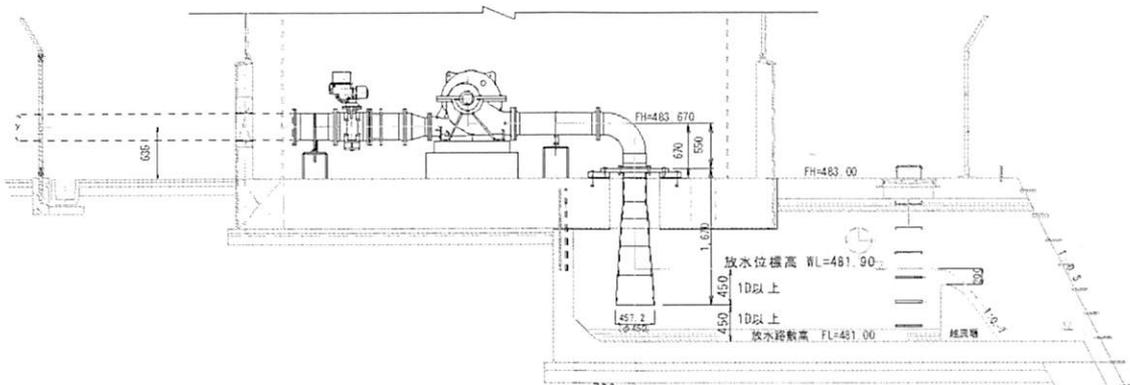
### 3. 河川排水口構造の検討

本地区ではドラフト効果を見込むことができる為、流量が低下した場合等を想定し、越流堰を設ける計画を行う。ドラフト効果とは、吸出し管を放水面下に水没させ、吸出し管内を負圧にすることで吸出し高さ  $H_s$  分を有効落差として利用することが



可能である。この場合、吸出し高さが高すぎるとキャビテーションを発生する為、 $H_s$  は 3m 以内とする。ドラフト効果を得るためには放水路に常時、放水位を満足する水位が無ければならない。このため、放水路出口に越流堰を設置し放水位が越流水深 + 堰高になるように計画をした。

資料4 ドラフト効果について



資料5 計画断面図

河川放流の際に、河川への影響を考慮し穏やかな流れになるよう計画を行う必要がある為、「土地改良設計指針(ため池整備)」より、許容流速  $V=4.0\text{m/s}$ 以下の流速となる放流路断面の決定を行う。本地区の放水最大流量は  $Q=0.150\text{ m}^3/\text{s}$ であり、水路幅は「土地改良事業設計指針(ため池整備)」より維持管理上必要な寸法  $B=0.80\text{m}$ , 放水路水深は越流水深を考慮した  $H=0.90\text{m}$ とする。以上の条件より、最大発電流量吐出し時の流速をマンニングの平均流量公式にて算出した結果  $V'=0.21\text{m/s}$ となる。よって、許容流速  $V=4.0\text{m/s}$ 以下の流速となるので放水路断面を前述のとおり決定した。

### 4. おわりに

現在まで、原子力発電停止に伴う電力供給の不足分は火力発電所の稼働率を増やすことで対応されてきたが、二酸化炭素削減の世界的な動きを鑑み、化石燃料に依存することは困難となってきた。今後、小水力発電等の再生可能エネルギーを大きく拡大していく必要がある。小水力発電は、渇水の問題を除き安定供給性に優れたエネルギー源としての役割を果たしており、省エネルギー化対策の重要な役割を担うものである。このうち一般水力(流れ込み式)については、運転コストが低く、大規模ダム建設による地域開発よりも環境調和的であり、長期にわたる利益が得られる可能性を持っている。また、個々の出力は小さいものであるが、農山村の資源を活用し“分散型エネルギー供給社会”を構築するうえで非常に重要な電力源である。今後、土地改良地区や地域住民が小水力発電に主体的に取り組み小水力発電が全国の農山村に広がっていくことが必要であるとする。



整地工 A=51.3ha、道路工 L=6.3km、用水路工 L=8.2km、排水路工 L=4.4km  
付帯事業（簡易整備）侵入防止策整備 L=6.6km

(2) 農業競争力強化農地整備事業（経営体育成型）高練木地区 総事業費 820 百万円  
区画整理工 A=56.9ha（内水田 A=31.1ha、畑 A=25.8ha）

整地工 A=56.9ha、道路工 L=5.3km、用水路工 L=4.9km、排水路工 L=5.8km  
付帯事業（簡易整備）侵入防止策整備 L=4.0km

### 3. 水利用の問題点・課題

(1) 分水毎配水ブロックローテーションかんがい

表1 水路別受益面積内訳表(大谷ダム)

表1 水路別受益面積内訳表(大谷ダム)  
荻柏原土地改良区(大谷ダム)掛かり水路別受益面積内訳表

第一幹線水路			第二支線水路		
支線水路名	面積(m <sup>2</sup> )	備考	分水分工名	面積(m <sup>2</sup> )	備考
1 樋目支線	98,915		1 1号分水分	8,582	地区外(上流)
2 仏面支線	190,455		2 2号分水分	30,757	地区外(上流)
3 柏原支線	323,600		3 3号分水分	7,934	地区外(上流)
4 第一支線	525,419		4 4号分水分	18,080	沖野地区
5 第二支線	877,841		5 5号分水分	45,511	沖野地区
6 第三支線	364,663		6 北原分水分	84,911	沖野地区
7 臼井迫支線	183,294		7 6号分水分	38,948	沖野地区
8 馬場支線	397,259		8 7号分水分	40,435	沖野地区
9 政所支線	610,807		9 8号分水分	13,410	沖野地区
10 一末支線	289,168		10 9号分水分	61,675	沖野地区
11 一幹直支線	154,556		11 10号分水分	63,300	沖野地区
計	4,015,977		12 11号分水分	21,301	沖野地区
			13 12号分水分	15,138	沖野地区
			14 13-1号分水分	19,353	高練木地区
			15 13-2号分水分	10,015	沖野地区
			16 14号分水分	37,180	高練木地区
			17 15号分水分	93,704	高練木地区
			18 16号分水分	44,634	高練木地区
			19 17号分水分	35,971	高練木地区
			20 18号分水分	26,524	高練木地区
			21 19号分水分	44,983	内10.873m <sup>2</sup> 内14.810m <sup>2</sup>
			22 瓜作分水分	55,315	地区外
			23 末流分水分	62,180	内1,035m <sup>2</sup> 内1,140m <sup>2</sup>
			計	877,841	

現在、水源である大谷ダム→第1幹線水路→第2支線水路(各分水分工)→末端水路→各ほ場へといった水の流れにおいて、各分水分工毎にブロックローテーションかんがい(以下「時間水」という。)を導入している。

ア) 時間水は、2パターン

(18時間若しくは30時間サイクル)

一農家は、18時間または30時間サイクルで各分水分工掛かり団地内でかんがいのタイミングが回ってくる。24時間サイクルにしてしまうとかんがいの時間が固定されてしまい、真夜中ばかり水管理をしないとイケない農家が発生するため、18(30)時間サイクルを導入した。なお、18(30)時間サイクルは、各分水分工掛かり団地の特徴(農家数、ほ場面積、その他の要因)に合わせて最も適当なパターンを導入している。(例:18時間サイクルだと、かんがい頻度は高まるメリットがあるが、1回当りのかんがい時間が短く十分なかんがいができない、かんがいサイクルが早いので高頻度ではほ場への水管理に行かなければならないなどのデメリットがある。)

イ) 農家毎の時間水の算出方法

分水分工掛かり団地内の水田面積で18時間若しくは30時間を按分し、各農家の水利用時間を決定している。

なお、同じ農家が複数の分水分工掛かりの農地を持つ場合は、更に複雑なかんがいスケジュールとなる。

表2 各農家の水利用時間のローテーション

第二支線 6号分水分(18時間サイクルローテーション時間割表)

農家名	面積(m <sup>2</sup> )	持ち時間 時間:分	1サイクル				2サイクル				3サイクル				4サイクル			
			開始時刻	～	終了時刻	開始時刻	～	終了時刻	開始時刻	～	終了時刻	開始時刻	～	終了時刻	開始時刻	～	終了時刻	
A氏	5,336	2:28	2:07	～	4:35	22:07	～	22:35	14:07	～	16:35	8:07	～	10:35				
B氏	3,749	1:44	4:35	～	6:19	22:35	～	0:19	16:35	～	18:19	10:35	～	12:19				
C氏	12,985	6:00	6:19	～	12:19	0:19	～	6:19	18:19	～	0:19	12:19	～	18:19				
D氏	4,902	2:16	12:19	～	14:35	6:19	～	8:35	0:19	～	2:35	18:19	～	20:35				
E氏	7,404	3:25	14:35	～	18:00	8:35	～	12:00	2:35	～	6:00	20:35	～	0:00				
F氏	4,572	2:07	18:00	～	20:07	12:00	～	14:07	6:00	～	8:07	0:00	～	2:07				
計	38,948	18:00																

■ = 夜間～早朝の時間帯

ウ) 時間水の管理方法

農家Aは、自身に割り当てられたかんがい時間になると、同じブロック内上流の水田への取水口を閉塞し、自身の水田の取水口を開けてかんがいます。

次のかんがい機会を持つ農家Bは、自身に割り当てられたかんがい時間になると農家Aと同様な作業を実施するが、農家Aは、農家Bが正しい時間でかんがい開始を実施しているか確認する方もいる。

エ) 時間水の決定方法

それぞれの分水の時間割算定を土地改良区に依頼することもあるが、その分水

独自で決定した時間割を土地改良区が受け取る二通りの方法がある。基本的には時間割どおりにかんがいがするが、同じブロック内で関係者が少ない場合などお互いに融通するケースもあるようであるが、土地改良区としては詳細に把握していない。

本地域の特徴でもある「時間水」は、水源である大谷ダムからの配水量が十分でなく、必然的に各支線水路(11支線)毎への配水量も各受益面積に応じて按分配水するため、限られた水をいかに平等に各ほ場へ配水するための農家の知恵で生まれたものである。

しかし、この配水方式は昼夜を問わずローテーションを回すため、深夜のサイクルに当たることもあるため、水管理に要する労力は相当に厳しいものがある。

(2) 代かき用水量の確保

上記のように時間水による配水をしている状況において、代かき時は更に不足が生じているが、現実には降雨頼みで何とか代かきができている状況にある。逆に言えば、降雨がなければ代かきができず田植えができない状況になる。

(3) 大谷ダムの貯水容量の低下(堆砂の進行)

大谷ダムは昭和15年に築造されており、築後79年が経過している。建設時の総貯水量は2,021千m<sup>3</sup>(有効貯水量1,500千m<sup>3</sup>)であったが、現在(平成30年調査)の貯水量は694千m<sup>3</sup>で、建設時に比べて約1/3程度しか貯水できていない。つまり、1,327千m<sup>3</sup>もの堆砂量を抱えている。有効貯水量(1,500千m<sup>3</sup>)からみても約半分以下(46%)の貯水能力しかなく、このことが下流受益地(水田)への供給能力に大きく影響している。

4. 課題解決に向けた取組み

(1) 農地再編整備事業(農業競争力強化農地整備事業(経営体育成型))の実施

ア) 農作業の効率化(大型化機械への対応)

ほ場の区画拡大(30a → 50 ~ 80a)、耕作道路の拡幅(3m → 5m)

イ) 水田畑地化(ハウス建設)に伴う排水量増加対策(排水路の大型化)

当地区は荻町の中でも先駆的に大蘇ダムの水を活用したトマトハウス栽培が盛ん

表3 農家A氏のローテーション時間割表

A氏のローテーション時間別日割り表							
2:07~	4:35	20:07~	22:35	14:07~	16:35	8:07~	10:35
5月1日		5月1日		5月2日		5月3日	
5月4日		5月4日		5月5日		5月6日	
5月7日		5月7日		5月8日		5月9日	
5月10日		5月10日		5月11日		5月12日	
5月13日		5月13日		5月14日		5月15日	
5月16日		5月16日		5月17日		5月18日	
5月19日		5月19日		5月20日		5月21日	
5月22日		5月22日		5月23日		5月24日	
5月25日		5月25日		5月26日		5月27日	
5月28日		5月28日		5月29日		5月30日	
5月31日		5月31日		6月1日		6月2日	
6月3日		6月3日		6月4日		6月5日	
6月6日		6月6日		6月7日		6月8日	
6月9日		6月9日		6月10日		6月11日	
6月12日		6月12日		6月13日		6月14日	
6月15日		6月15日		6月16日		6月17日	
6月18日		6月18日		6月19日		6月20日	
6月21日		6月21日		6月22日		6月23日	
6月24日		6月24日		6月25日		6月26日	
6月27日		6月27日		6月28日		6月29日	
6月30日		6月30日		7月1日		7月2日	
7月3日		7月3日		7月4日		7月5日	
7月6日		7月6日		7月7日		7月8日	
7月9日		7月9日		7月10日		7月11日	
7月12日		7月12日		7月13日		7月14日	
7月15日		7月15日		7月16日		7月17日	
7月18日		7月18日		7月19日		7月20日	
7月21日		7月21日		7月22日		7月23日	
7月24日		7月24日		7月25日		7月26日	
7月27日		7月27日		7月28日		7月29日	
7月30日		7月30日					

で、旧来水田であった農地にハウス建設を行い、高収益作物であるトマトの栽培に取り組んでいる。ハウス面積増加のため、大雨時には、ほ場から出される排水量が増大し、既設排水路では断面不足により十分に排水を処理できなく、平行する農道の路面を流れ、特に流末付近では隣接（対面）する農地を流亡させるなどの被害が度々生じているため、排水路断面を適切に確保する。

#### ウ) 用水路の（水田）パイプライン化と ICT 技術の導入（水管理の省力化）

上記のように当地区の水利用は「時間水」という独自のルールに基づくものとなっており、農家の大きな負担となっている水管理の省力化が求められている。この課題を解決するために、これまで開水路であった用水路を①水田パイプライン化する。時間水による夜間～早朝の水管理や頻繁な回数となる水管理労力を省力化するための② ICT 技術によるほ場自動給水栓の設置する。この新しい二つの新技術を導入して、課題解決を図りたい。

（※水田パイプライン化にしても元々支線水路の配水量が増加するわけではないので、時間水の解消までには至らない。しかし、従来の掛け流しによる流末の排水がなくなる（無効放流量の減）ので、システム全体としては水の有効利用につながると考えられる。）

### 5. 残された課題

上記の4-(1)ア)及びイ)については、ほ場整備の換地設計、実施設計の中で、十二分な地元関係者との話し合いにより理解・納得が得られれば、技術的・工事実施上問題なく実施できると思われる。ウ)については、これまでの知見・経験がなく理論上可能であったとしても、実際の様々な諸条件（支線水路からの適切な分水方法、上流開水路から流れ込む枝・葉への対策、パイプライン内に流れ込むであろう濁水によるほ場自動給水栓への影響、ICT技術をどのレベルまで取り入れるのか、それに伴うランニングコスト等）について、十分な検討をする必要がある。

また、上記3-(3)大谷ダムの貯水容量の低下（堆砂の進行）対策については、管理する荻柏原土地改良区にとっても長年の大きな課題である。これについては、大規模な事業であり実施すればそれなりの地元負担金も生じることが想定されるため、関係機関（国、県、市、土地改良区）とも十分な協議を重ねて近い将来何らかの事業により、対策を行う予定である。

### 6. おわりに

別の水源である大蘇ダム（熊本県阿蘇郡産山村）の浸透抑制対策工事の完成が令和元年度末で、正式な本格運用が令和2年4月1日より開始されます。大蘇ダムの受益は畑のみでなく水田も含まれており、本格運用日より水田補水としての水利用も始まります。主水源である、大谷ダムの現状は直ちには変わりませんが、農地再整備事業の取り組みにより、農業経営の効率化、所得の向上はもとより、水管理の省力化に少しでも資するよう本年度からより具体的に検討を重ねています。

## 福岡県における水事情について2

### —筑後川下流の農業用水—

福岡県筑後川水系農地開発事務所 ○(非)岩崎賢吾

#### 1. はじめに

福岡県の平均降水量は全国平均とほぼ同程度ですが、昭和53年(福岡大渇水)、平成6年(列島渇水)の大渇水で300日近くの間断水を経験しています。福岡県の水資源についてはダム開発により確保することとし、水資源開発を行ってきましたが、現在試験湛水中や工事中のダムが完成すると福岡県内のダム開発は完了することになります。

このように、福岡県全体の水資源開発を行ってきた結果と令和元年の代掻き、田植え期の渇水状況を含めて、主に筑後川下流の農業用水についてまとめてみた。

#### 2. 筑後川・矢部川の水事情

福岡県の県南地域には、九州一の河川である筑後川が流れており、筑後川の中流域は福岡県、下流域は福岡県、佐賀県が農業用水を取水している。筑後川流域からは、上水、工水等も取水されており、昭和58年から通水が開始された福岡導水は福岡都市圏の3分の1の水道用水を賄っているとされている。

筑後川の中流域は、夜明ダムから筑後大堰までの区間を指し、米、麦の他に果樹栽培も盛んな地域であり、代表的な堰としては上流から大石堰、山田堰、恵利堰(床島用水)があり、3堰合計で約45m<sup>3</sup>/sの水利権がある。山田堰から取水された水は堀川用水で今も三連水車、二連水車2基で汲み上げられて農地をかんがいしており景観形成や観光にも役立っている。その他、夜明ダム上流より取水される袋野、耳納山麓の用水も受益地は福岡県である。その他にも取水量としては少ないが筑後川から農業用水を取水している施設がある。

筑後川中流域には、農業用水の他に、上水、工水、洪水調節、不特定用水などの多目的ダムが国営事業や水資源機構事業で築造され、農業用水は中小河川その他、筑後川、ダムへの依存が大きい。

筑後川下流域は、筑後大堰から有明海に注ぐ区間を指す。筑後川下流域の農業用水は、以前は福岡県側では主に揚水機によりアオ取水(※1)が行われていたが、平成8年度からの試験通水を経て平成12年3月から本水利権に移行し、福岡県側アオ取水16施設(佐賀県176施設)を筑後大堰に合口し農業用水が供給されている。筑後大堰から取水された農業用水は、揚水機により吐水槽にポンプアップされ、パイプラインを通じて各取水口から国で造成された国営水路や県営かんがい排水事業、ほ場整備事業により統廃合されたクリーク水路等を通じて末端の圃場まで配水されている。

国営筑後川下流土地改良事業は、福岡県、佐賀県合せて約4.1万ha、福岡県側約1.5万haに及ぶ広大な水の再編を含む土地改良事業で、昭和51年度事業着手、平成20年3月に筑後大堰掛かり施設完了、平成22年3月筑後大堰掛かりの部分完了、平成30年佐賀県側の完工を持って国営事業については完了した。また、国、県で造成されたクリーク水路は土水路であったため法

面崩壊が生じ、農業用排水施設の機能が低下しこれにより災害の怖れが生じ、機能を回復し災害の未然防止を図るためクリークの護岸を行う防災事業を実施した。平成20年度から国営総合農地防災事業筑後川下流左岸地区を開始し、平成30年度をもって事業が完了した。また、県営のクリーク護岸については、同じく防災事業で平成11年度から開始し、令和2年度までで65地区の整備をほぼ完了する予定である。

筑後川下流域には、矢部川掛かりの地域もあり、筑後導水路より下流側は補水地域(※2)、上流側は濃縮地域(※3)として、筑後川下流土地改良事業の受益範囲となっている。

※1アオ地域:筑後川の干満の差を利用して取水し、かんがいを行っていた地域。

※2補水地域:現存の水源を利用すると共に不足する水量を筑後川からも併せて補給する地域。

※3濃縮地域:筑後川から直接かんがいされない地域。一部地域について筑後川からの直接補給を受け、この地域の水を残受益に増量補給することで受益地全体の水不足を解消する地域。



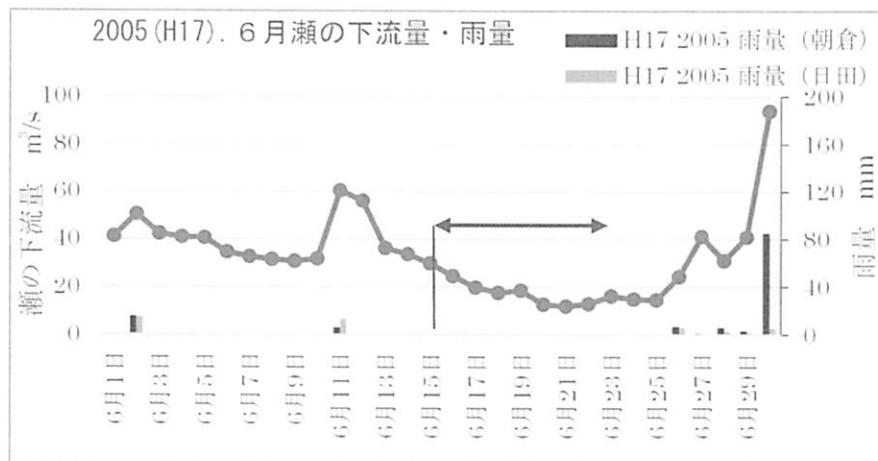
図-1 筑後川中・下流域

### 3. 筑後川下流の農業用水

筑後川下流の筑後大堰に合口された水利権は福岡県、佐賀県合せて最大28.08<sup>m</sup>³/s、この時福岡県13.54<sup>m</sup>³/s、佐賀県18.60<sup>m</sup>³/sであり、単純合計すると32.14<sup>m</sup>³/sとなり兩岸最大水利権量を4<sup>m</sup>³/s以上超えるため、兩岸の要請量が兩岸の水利権量を超える場合は、両県で取水量の調整が必要となっている。

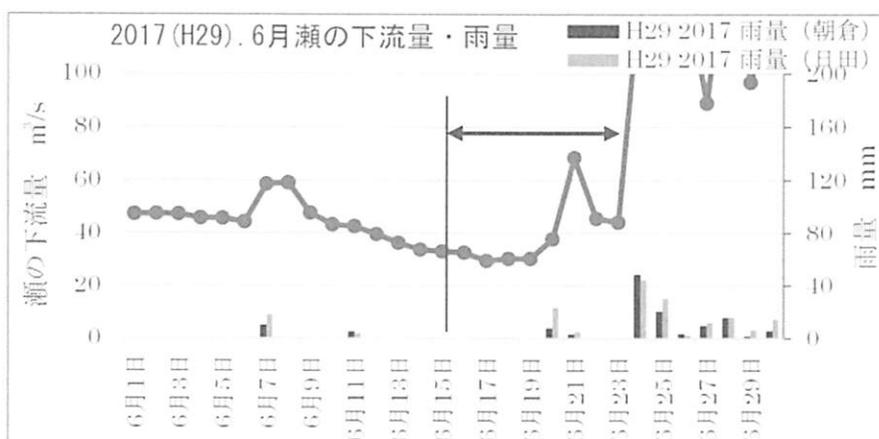
筑後川の正常流量については、夜明地点においてかんがい期でおおむね35～40m<sup>3</sup>/s程度と想定されており、瀬の下地点については開発基準流量40m<sup>3</sup>/sという数値で上流のダム開発及び不特定用水の確保が図られるようになっている。また、筑後大堰直下の流量については、筑後大堰下流の生態系への影響等から一定量の水量が必要とされている。

令和元年の梅雨入りは観測史上最も遅い6月26日となり、それ以前から少雨傾向が続いており、福岡県主要18ダムの平均貯水率は同時期の平均貯水率約80%に対し40%程度と半分程度であり、筑後川下流の農業用水が本格取水開始する6月10日過ぎには瀬の下流量が既に40m<sup>3</sup>/sを下

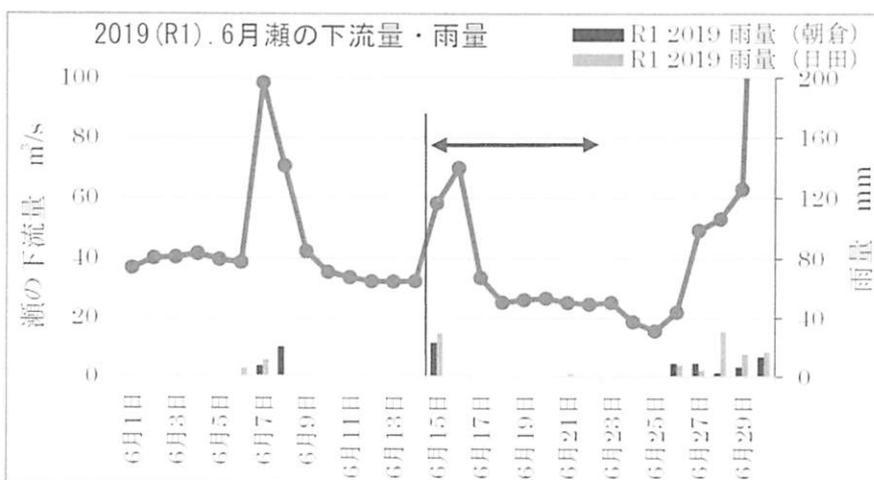


図一2 瀬の下雨量・流量(2005)

回る状況で、筑後川中流の堰がかんがい用水を取水開始する6月15日過ぎには瀬の下流量は30m<sup>3</sup>/sを下回る状況であった。この時の兩岸の取水要請量は20m<sup>3</sup>/sを超えており、水利権量以内ではあるが、筑後大堰上流で20m<sup>3</sup>/s取水した場合、筑後大堰直下流量は10m<sup>3</sup>/s程度となってしまう生体系への影響が危惧される事態となった。筑後川中下流域の代かき、田植えのピークを迎える6月20日以降はさらに筑後川の流況が悪化し、瀬の下流量は最少で15m<sup>3</sup>/s程度まで減少する状況となった。このため、兩岸の農業用水の要請量から大幅な減量調整が必要と



図一3 瀬の下雨量・流量(2017)



図一4 瀬の下雨量・流量(2019)

なり、6月17日から調整を開始し、6月26日の梅雨入りまで兩岸の農業関係者の協力、また上水の取水制限による農業用水への応援等により、なんとか減量した取水量の中で代かき、田植えを乗り切ることができた。

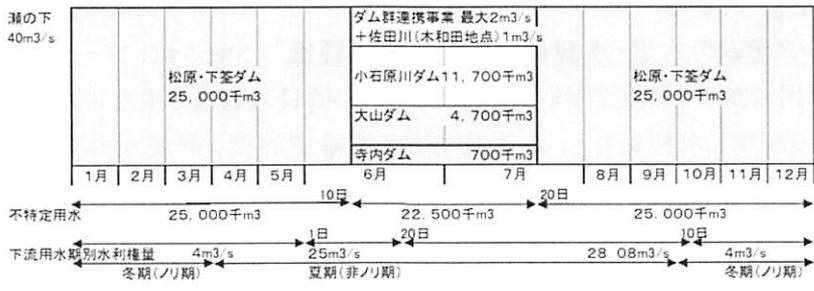
令和元年は平成6年を上回る渇水と言われ農業用水の取水に大幅な制限が掛かることとなったが、筑後川下流の農業用水は近年毎年のように6月10日以降6月20日過ぎまで取水量調整が必要となるような事態が頻発している。これは、梅雨入り後まとまった雨量がない場合に6月15日頃から筑後川中流の堰が最大約45m<sup>3</sup>/sの取水を開始すると瀬の下流量が40m<sup>3</sup>/sを切ることが頻繁に発生するためである。筑後川中流域で取水された農業用水は、一般的には一週間程度で50%から80%程度は筑後川へ水が戻り始めると言われており、6月20日過ぎ頃までが瀬の下流量が最も厳しくなる。瀬の下流量と雨量をグラフにして年度による比較をしているが、遅くとも6月20日過ぎ頃には雨が降り始めることが多く、筑後川中流からの戻り水で瀬の下流量が回復する相関関係を把握するには、筑後川中流域の河川流量等のデータが不足している。

4. 課題とまとめ

令和元年度の渇水は平成6年度以上の渇水と言われながらも、なんとか筑後川下流域の田植えを終えることができたのは、平成6年はまだ筑後大堰に合口されておらず、アオ取水を水稻に影響が出ると言われる1,000ppmの塩分濃度まで揚水していたが、令和元年は筑後大堰から真水を取水し兩岸及び各分水口毎に取水量を調整し配水できたことが大きい。筑後大堰へ合口後20年以上が経過し、水資源機構、両県、市町及び土地改良区等の経験による調整が習熟されてきたものと思われる。

なお、筑後川では松原ダム(6月11日～6月20日6,000千m<sup>3</sup>)、矢部川では日向神ダム(6月1日～6月10日1,000千m<sup>3</sup>)の弾力的運用により、10日間程度の遅落としが行われており、河川の流量の維持に一定の効果は見られるが、筑後川下流域のしろかき期は6月15日から6月23日頃であり農業用水にとっては抜本的な対策とはなり得ていない。

本来、瀬の下地点で40m<sup>3</sup>/sが確保されていれば既得の農業用水の取水及び筑後大堰直下流量の確保に支障を来すものではない。冬期不特定用水25,000千m<sup>3</sup>は松原・下笠ダムにより確保済みであるが、夏期不特定用水22,500千m<sup>3</sup>の確保が急務となっている。筑後川の夏期不特定用水は、現在寺内ダム700千m<sup>3</sup>、大山ダム4,700千m<sup>3</sup>のみしか確保されておらず、現在施工中の小石原川ダムで11,700千m<sup>3</sup>確保されるが、残り不足分5,400千m<sup>3</sup>はダムの新規開発ではなく筑後川ダム群連携事業で確保される予定となっているが、未だに路線が決定されておらず着工の目処が立っていない状態である。農業用水の安定的な取水のためにも、筑後川の早急な不特定用水の確保が待たれるところである。



図一5 瀬の下 流況模式図(不特定用水)

## ICT等の活用を含めた水管理システムの構築手順に関する検討 —支線水路レベルを対象として—

農研機構 農村工学研究部門 ○(正)藤山 宗, (正)中矢哲郎

1. はじめに 農林水産省では、農業農村整備に関する技術開発(H29.4)が策定され、「ICTを活用した農業水利施設整備及び営農・用配水管理技術」等の技術開発が計画されている。水管理施設の設計にかかる基本的な考え方は、水管理制御方式技術指針(計画設計編)(H25.3)をはじめとする既往の指針等に準拠することができる。しかしながら、既設水利システムで生じている現状課題に対する、ICT等を活用した解決策としての水管理システムの適用の手順は整備されておらず、同手順の整備が急務の課題となっている。本研究では、支線水路レベルを対象とし、ICT等の活用を含めた水管理システムの構築手順について検討することを目的とする。また、構築した手順の、既設水利システムへの適用事例について紹介する。

2. ICT等の活用を含めた水管理システムの構築手順の概要 支線水路レベルを対象とした、ICT等の活用を含めた水管理システムの構築手順の概要は、以下のStep1～Step5に示すとおりである(図-1)。

**Step1: 施設管理者の水管理作業(における課題)の把握** Step1は、施設管理者からの聞き取りと現地踏査に基づく、施設管理者の水管理作業の把握と、状況に応じて、水管理作業における課題の抽出を目的とする。本項目における主な視点は、水管理にかかる巡視・操作の頻度、用水配水の調整の有無、用水需要の変化による断続的なポンプ運転の有無などである。

**Step2: 用水地区における現状課題の把握** Step2は、施設管理者からの聞き取り、現地調査、問診調査およびデータ分析(水管理にかかる観測データがすでにある場合)に基づく、用水地区における現状課題の把握を目的とする。本項目における主な視点は、ポンプ運転経費、余水放流、配水不均等などである。

**Step3: 水利システムの水理・水利用にかかる機能評価** Step3は、ツールを用いた、水利システムの水理・水利用にかかる機能評価を目的とする。本項目における主な視点は、施設管理者独自の水管理方法の解釈、水利システムの操作方法(供給主導型、需要主導型)と制御方法(上流制御方式、下流制御方式)などである。なお、本Stepにおける機能評価の結果より、以降のStepを経ることなく、現状での運用に至ることも想定する。

**Step4: 解決策の提案** Step4は、施設操作方法の選択(Step4-1)と、現状課題に対する解決策の検討(Step4-2)に基づき、Step1～3までに明らかにした現状課題に対する解決策の提案を目的

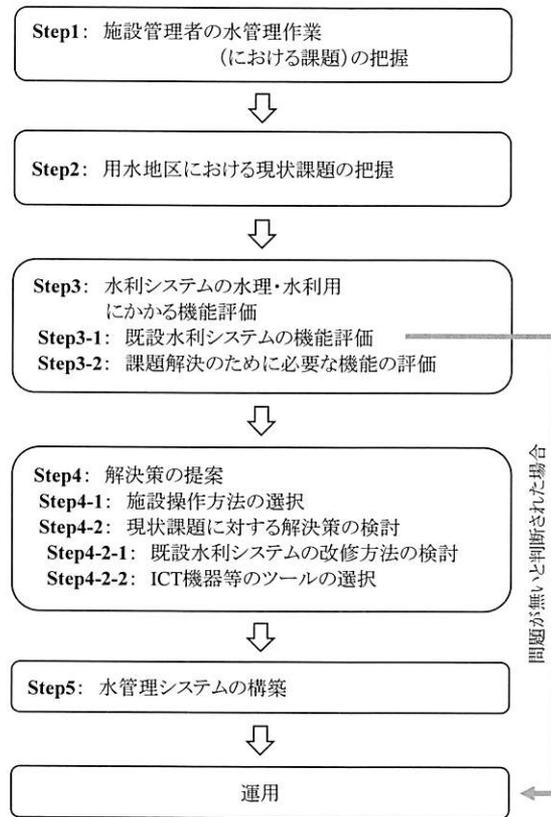


図-1 ICT等の活用を含めた水管理システムの構築手順の概要

とする。Step4-1における主な視点は、監視データに基づく、手動操作と自動操作の選択である。Step4-2における主な視点は、既設水利システムの改修方法の検討(Step4-2-1)と、ICT機器等のツールの選択(Step4-2-2)である。

**Step5: 水管理システムの構築** Step5は、施設操作方法に基づく、水管理システム(監視システム、監視・制御システム)の構築を目的とする。本手順における主な視点は、圃場から水源までの連携を可能とするシステム構成(オンプレミス方式、クラウド方式)の検討、パッケージ化されたシステムの導入を含めた検討などである。

**3. 適用事例 3.1 対象とする水利システムの概要** 対象とする水利システムは、開水路幹線系用水路から分岐する支線ポンプ配水システムである(図-2)。本システムでは、2台のポンプを有する用水機場より、吐出水槽に圧送したのち、自然圧にて、パイプライン地区と開水路地区の2路線に配水される。



図-2 開水路幹線系用水路から分岐する支線水路

**3.2 提案した手順の適用事例** 上述の手順 Step1～Step5に基づく適用事例を、表-1に示す。

表-1 提案した手順に基づく検討概要

手順	検討概要
Step1	施設管理者からの聞き取りと現地踏査の結果より、パイプライン地区の需要の変動に起因した、用水配水の調整(ポンプ運転台数の変更)が行われていることを把握した。
Step2	施設管理者からの聞き取りと現地調査の結果より、余水放流の発生と、ポンプ運転経費の増高にかかる現状課題を把握した。
Step3	水理・水利用機能診断の評価手法の一つである水理機能図 <sup>1)</sup> を用いて、既設水利システムの機能を評価した。開水路地区に配置された配水柵は、パイプライン地区の視点に立てば、供給主導型と需要主導型の接点の調整を行う余水吐の機能を備えており、水利システムにおける流量調整を行うための重要な施設であることを明らかにした。
Step4	パイプライン地区の需要変動に応じたポンプ運転が必要となるため、監視データに基づく自動制御を選択した。また、既設水利システムの改修が最小限となる、配水柵の越流水深(監視データ)に基づく、PLC、インバータを用いたポンプ出力の制御を実施した。なお、施設管理者からの聞き取りの結果より、現在の水管理において、配水柵の越流水深を目安としたポンプ運転が行われていることに着目した。
Step5	低消費電力の遠距離通信方式(LPWA)等のICT機器を活用した、クラウド方式の監視・制御システムを構築した。なお、本システムの構築に際しては、パッケージ化された、圃場-水利施設連携型のPLCをベースとした配水管理システム <sup>2)</sup> を採用した。

**4. おわりに** 支線水路レベルの既設水利システムを対象とした水管理システムの設計においては、水利システムの水理・水利用にかかる機能評価(Step3)によるICTの導入の可否を含む、Step1～Step5の手順を経ることが重要と考える。そのため、今後は、同手順の精査を行うとともに、Step3における水理・水利用機能の評価ツールの整備を行う予定である。【引用文献】1)藤山ら(2014):開水路からパイプラインに移行する水路システムの放水工改修に関する水理機能診断, 農工研技報, 215, 1-16. 2)中矢(2018):土地改良施設の管理におけるICTの活用ー圃場と土地改良施設が連携した水管理制御システムの開発ー, 材料施工研究部会報, 56, 33-41.

## 地下ダムを水源とした畑作地帯における地下水賦存量と用水需要の評価

鹿島建設株式会社九州支店 ○(非)坂田 徹  
佐賀大学農学部 (正)阿南光政 (正)弓削こずえ

### 1. はじめに

鹿児島県の島嶼部や沖縄県では表面水に乏しく恒常的な農業用水不足に陥っていた。そこで地下水を農業用水として活用するために地下ダムが建設され、多品目の収益性の高い作物生産が可能になった(廣瀬ら, 2010)。一方でこれらの地域では夏季の連続干天による灌漑用水需要の集中が起こりやすく、地下ダムからの揚水が不足するケースも存在する。また、台風の後には除塩用水の需要も増大する。こうしたことから、地下水の流動および賦存量を適切に把握し、水源の状況に応じた水利用計画策定のニーズが高まっている。本研究では、地下ダムを水源とする畑作地帯において、地下水の流動および賦存量を明らかにすることを目的とする。さらに、農地における蒸発散量を推定し、用水需要と供給のバランスを評価することを目指す。

### 2. 調査地域の概要と調査方法

本研究の対象地区として選定した鹿児島県喜界島は隆起サンゴ礁からできた平坦な地形である。島全体を透水層である琉球石灰岩が覆っており、基盤層には島尻泥岩と呼ばれる難透水層が広がっている。本地区において図1に示したA~Eの5地点でボーリングを行い、その結果を用いて地質と標高を読み取った。また、各地点における地下水位を確認した。

### 3. 蒸発散位の推定

対象地区における用水需要を評価するためペンマン法によって蒸発散位を算定した。

$$ET_{pen} = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \cdot \frac{S}{l} + \frac{\gamma}{\Delta + \gamma} f(u_2)(e_{sa} - e_a) \quad (1)$$

ここで  $ET_{pen}$ : 蒸発散位 ( $\text{mm d}^{-1}$ ),  $\Delta$ : 気温  $t$  における飽和水蒸気曲線の勾配 ( $\text{hPa } ^\circ\text{C}^{-1}$ ),  $\gamma$ : 乾湿計定数 ( $=0.66\text{hPa } ^\circ\text{C}^{-1}$ ),  $S$ : 純放射量 ( $\text{MJ}$

$\text{m}^{-2}$ ),  $l$ : 水の蒸発潜熱 ( $\text{MJ kg}^{-1}$ ),  $u_2$ : 高さ 2m の日平均風速 ( $\text{m s}^{-1}$ ),  $e_{sa}$ : 気温  $t$  における飽和蒸気圧 ( $\text{hPa}$ ),  $e_a$ : 空気の水蒸気圧 ( $\text{hPa}$ ) である。式(1)で計算した  $ET_{pen}$  に作物係数を乗じることで蒸発散量を求めることができる。

### 4. 結果と考察

図2はボーリングデータから5地点の透水層と難透水層の標高を推定したものである。この結果より透水層の厚さは場所によって大きく異なっており、規則性も見受けられなかった。E地点は透水層である琉球石灰岩層が他よりも格段に厚いことがわかる。また、石灰岩層の中でも間隙が多い箇所と少ない箇所が存在し、その深さもばらつきがある。この結果より、地下水賦存量には空間的な違いがあり、把握にはより多くのサンプリングが必要である。

また、対象地区の地下ダムの受益地における用水需要と供給のバランスを評価するため、式(1)を用いて蒸発散位を求めた。気象データは近傍の測候所の渇水年(2013年)のデータを用いた。蒸発散位から蒸発散量を求め、除塩用水を含めた受益地の消費水量を算出した。除塩用水は最大風速が  $10\text{m s}^{-1}$  以上かつ降水量が  $4\text{mm d}^{-1}$  以下の日に適用されると仮定し、灌漑水量は  $4\text{mm d}^{-1}$  と定義した。図3は受益地の年間消費水量と供給可能水量(降水量と地下ダム容量を合算した値)の比較を示している。この図から通年では消費水量の方が供給可能水量より若干多いが、その差は小さいため農業用水の利用方法を工夫することで現状の水利施設のみで作物生産を行うことは可能であると考えられる。また、地下ダムによって、降水による供給量の不足分が賄われていると判断することができる。次に、季節的な用水需要と供給のバランスを評価するため、月ごとの蒸発散量と降

水量の比較した(図4)。この図より、2013年は降水が3月から6月に集中し、蒸発散量の多い夏季には降水がほとんどない。このことから夏季の灌漑は地下ダムに大きく依存していることが考えられ、水不足のリスクが高い状況にあったと判断することができる。

### 5. まとめ

本研究では、地下ダムを水源とする畑作地帯である喜界島を対象として、地下水の流動および賦存量を明らかにし、さらに用水需要と供給のバランスを評価することを目的として調査を行った。地質は場所によって石灰岩層の厚さが大きく異なり、空隙の分布も違うため、地下水をより多く帯水できる層を特定することは難しいことが明らかとなった。受益内外における地下水賦存量を精度よく把握するためには、ボーリング調査箇所を増やして地質の空間分布を明らかにすることが必要であると判断することができる。また、地下ダム受益地における消費水量と供給可能水量の比較から年間を通して考えると用水需要を賄うことができるものの、蒸発散量が多く用水需要が増大する時期には降水量が小さく、用水需要が少ない時期には多くの降水が生じる結果となった。このことから農業用水の需要には時期的な変動が大きく、これに対する降雨の供給がバランスしていないといえる。以上より、本研究で対象とした喜界島における農業生産を一層向上させるには新規の水資源開発や農業用水利用のさらなる高度化が求められるといえる。

### 謝辞

本研究の実施にあたって、九州農政局南部九州土地改良調査管理事務所、喜界町役場、喜界土地改良区および一般社団法人土地改良建設協会より国営事業地区に関する資料の提供など多大なるご支援をいただきました。ここに記して深甚の謝意を表します。

### 引用文献

廣瀬孝, 野田崇広, 前門 晃(2010): 地下ダム事業による農業用水の安定供給と宮古島のサトウキ

ビ生産, 沖縄地理, 10, 19-24

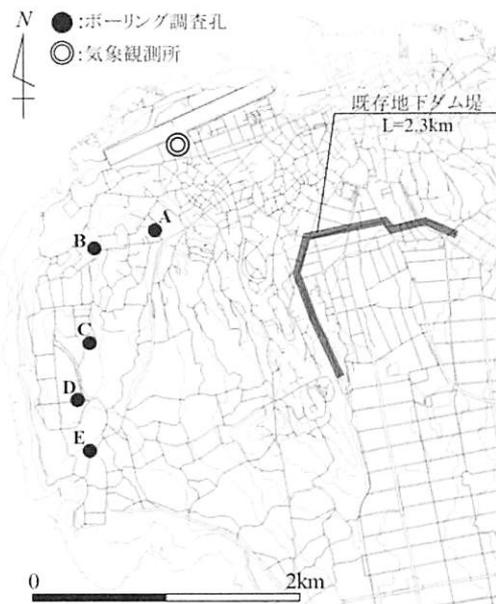


図1 調査位置図

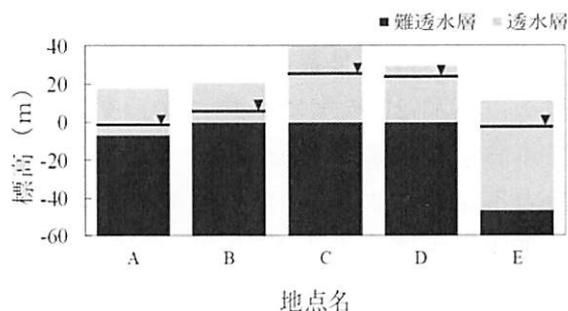


図2 ボーリング地点における地質構造と地下水位

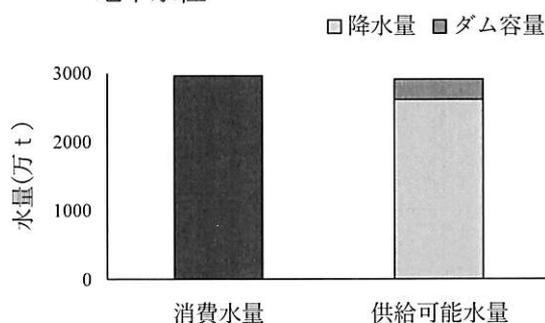


図3 受益地の消費水量と供給可能水量の比較

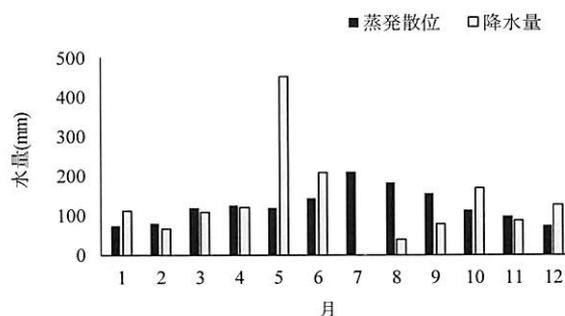


図4 月ごとの蒸発散量と降水量の比較

既設農業用ダム(ため池)の耐震照査業務について

株式会社ホープ設計 ○(非)宮城正、(非)高嶺哲夫、(非)我那覇忠男、(非)田場邦夫  
 沖縄県農林水産部中部農林土木事務所 (非)桃原聡、(非)前富里善信(非)金城幸利

1. はじめに

沖縄県が管理している石川ダム(ため池)は、石川土地改良区の農業を支える基幹的水源施設として、安定的に農業用水の確保・供給する重要な役割を担っている。

2011年東日本大震災では、多数のため池が被災し崩壊しており、近年頻繁に発生する大規模地震や今後予想される「東南海・南海地震」等の自然災害(震災)に対する社会的な関心が高まっている。そうした中、農業用ダム(ため池)が地震により決壊した場合には、ダム下流域(農地、市街地)に甚大な二次被害を引き起こす危険性が高い。そこで、ダム堤体のレベル2地震動に対する耐震性能照査を実施し、その結果を踏まえ耐震性能の評価を行った検討事例を報告する。

2. 石川ダムの概要

石川ダムは、農業用水を確保するために、昭和27年度に築造され、ダム堤体および基礎からの漏水、洪水吐の能力不足等により、「ため池等整備事業(平成元年度～平成15年度)」にて全面的に改修されている。石川ダムの諸元表(表-1)、位置図(図1)、断面図(図2)を以下に示す。



図1. 位置図(Google Earth)

表1. 石川ダム(ため池)施設諸元

名称	規格・規模
堤体	傾斜遮水ゾーン型(右岸側のみ中心遮水ゾーン型)、堤高14.8m、堤頂長285m、堤体積140千m <sup>3</sup>
貯水池	流域面積2.54km <sup>2</sup> 、総貯水量230千m <sup>3</sup> 、有効貯水量216千m <sup>3</sup> 、FWL17.7m、HWL19.2m、LWL11.0m

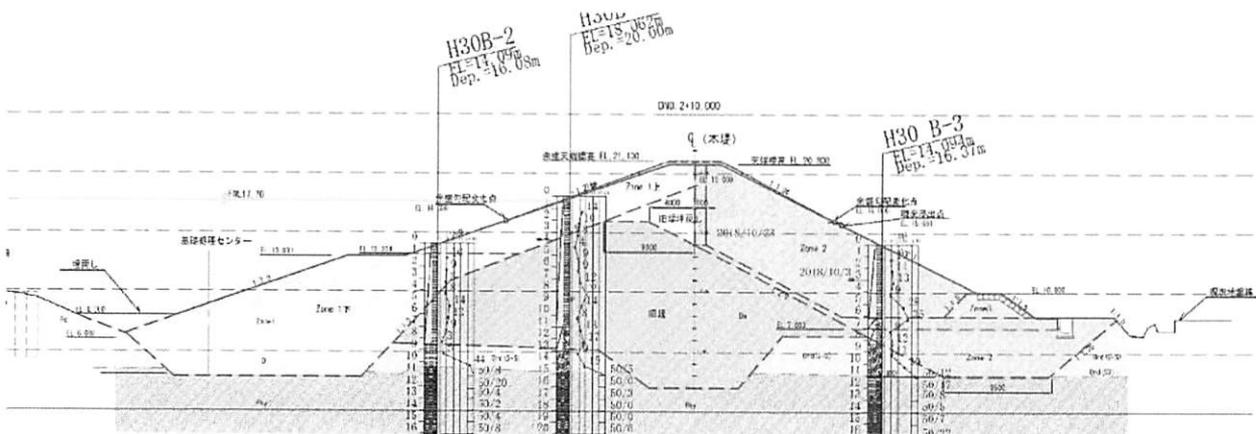


図2. 石川ダム(ため池)標準断面図



### 3.3 堤体（ため池）に求められる解析手法

レベル2地震動の耐震照査の解析手法は以下の方法で検討した。①地震時の繰返し荷重による累積ひずみの算定、②その累積ひずみに応じた強度低下を評価、③堤体変形、あるいは沈下量の算定の基本性能を有している必要がある。解析が近似解析であるニューマーク法から改良されたニューマークD法は、地震動による非排水強度低下を考慮することによって「ため池堤体」に適用できるように修正した手法であるニューマーク法D法の「簡易-D法」を用いて堤体盛土のすべり変位・沈下を検討した。

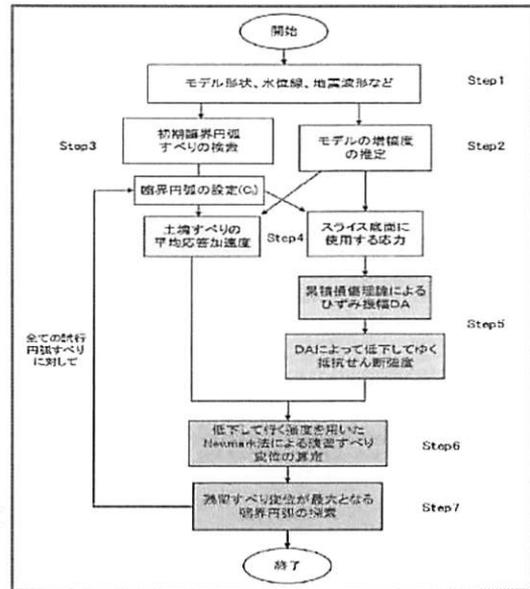


図5. 簡易ニューマークD法の解析フロー

### 3.4 耐震照査入力波形の作成

レベル2地震動の耐震照査に使用する入力地震動は「海洋プレート境界方型地震」と内陸活断層型地震」を使用した。入力地震動の選定にあたっては、位相特性と振幅特性を設定する必要があり、位相特性は地震動の波形状（原種波形選定）を振幅特性は地震動の強さ（目標加速度応答スペクトル）から設定した。

#### 3.4.1 想定地震の選定方法

1次選定した27の地震・断層モデルについてダム距離減衰式（H23式）を用い、照査用下限値加速度応答スペクトルの下限値固有周期  $T=0.02\text{sec}$  で応答加速度を算定した。固有周期  $T=0.02\text{sec}$  にける加速度より「内陸型活断層地震：Aタイプ」と「プレート境界型：Bタイプ」毎に最大加速度が上位となる地震断層を選定した。表3に選定した想定地震を示す。

表3. ダム堤体想定地震（二次選定）

地震時タイプ	地震・断層	最大加速度 (gal)
内陸型活断層	A 金武河西断層	255.51
	A 石川・具志川断層による地震	349.12
	A 沖縄本島南部スラブ内地震	416.04
	A 沖縄本島北部スラブ内地震	401.33
大陸プレート境界型	B 沖縄本島南東沖地震P3	293.33
	B 沖縄本島東方沖地震P4	249.36
	B 久米島北方地震I3	195.36
	B 沖縄本島北西沖地震EX4	171.60
	B 沖縄本島南東沖地震3連動P3	459.22
	B 沖縄本島南東沖地震3連動P4	399.04
	B 沖縄本島南東沖地震NP2	189.52
	B 沖縄本島南東沖地震NP3	210.27

#### 3.4.2 原種波形の収集と加速度応答スペクトル図

原種波形は、石川ダム近傍に地震時の強震記録がないため、石川ダムより半径150km 県内のK-net観測8箇所より最も工学基盤の浅い「K-net 知名」観測所の強震記録が高い原種波形を選定した。照査用波形目標加速度応答スペクトルを検討した結果①内陸型活断層型地震の原種波形「2004年5月20日地震 K-net 知名強震記録(合成波形)」、②プレート境界型断層地震の原種波形は、原種波1「2010年2月27日地震 K-net 知名強震記録(合成波形)」、原種波2「2011年11月8日地震 K-net 知名強震記録(合成波形)」の各波形は地震時の継続時間、ピーク加速度時（50%継続時間）に相違があるため、本検討では、プレート境界型地震は2波形で耐震照査用地震時波形の作成を行った。

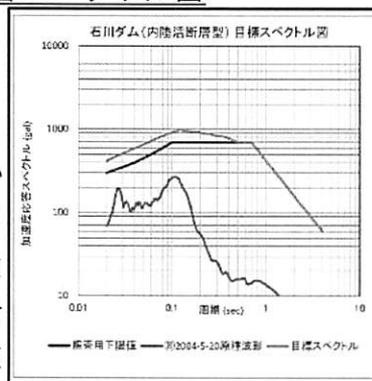


図6. 内陸型活断層型スペクトル図

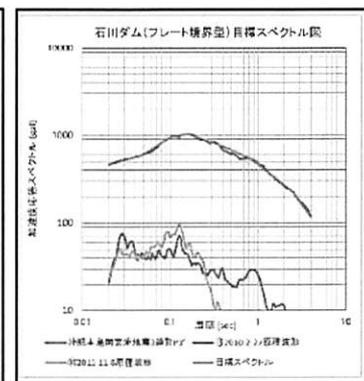


図7. プレート境界型スペクトル図

原種波1「2010年2月27日地震 K-net 知名強震記録(合成波形)」、原種波2「2011年11月8日地震 K-net 知名強震記録(合成波形)」の各波形は地震時の継続時間、ピーク加速度時（50%継続時間）に相違があるため、本検討では、プレート境界型地震は2波形で耐震照査用地震時波形の作成を行った。

### 3.4.3 耐震照査用地震波形

耐震用地震波形は、前項で決定した原種波形の加速応答スペクトルに対し目標加速度応答スペクトルに周波数を調整して目標スペクトルとなるまで調整を繰り返し目標となる入力地震波形を検討し、①内陸型活断層型地震の最大加速度 414.9gal、②プレート境界型地震の最大加速度 459.2gal (タイプ 1)、459.4gal (タイプ 2) を設定した。

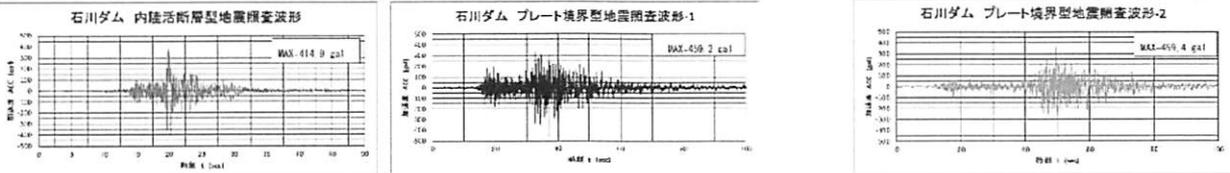


図 7. 内陸型活断層入力波形 図 8. プレート境界型入力波形(タイプ 1) 図 9. プレート境界型入力波形(タイプ 2)

### 3.5 耐震性能照査の結果

レベル 2 地震動の「内陸活断層型地震時」、「大陸プレート境界型地震時」の耐震性能照査の結果、いずれの照査波形条件で①堤体天端沈下量は許容沈下量(1.0m)以下、②浸透破壊の危険性は低い③貯水位は堤体を越流しない、④堤体は決壊に至らない。石川ダムはレベル 2 地震動に対し「耐震性能Ⅱ」(表 4)に分類されるため、耐震性能を有していると判断される。

表 4. フィルダムの耐震性能

区分	耐震性能目標
耐震性能Ⅰ	地震によってダムに構造的な損傷が生じないこと ・ダムにすべり破壊が生じないこと ・ダムに残留変形が生じないこと
耐震性能Ⅱ	地震によりダムに構造的な損傷が生じた場合でも、構造的な損傷が修復可能であり、ダムの貯水機能、放流機能が維持されること ・ダムにすべり破壊が生じないこと ・ダムに浸透破壊が生じないこと ・貯水がダムを越流しないこと ・ダムが決壊に至らないこと ・放流機能が維持されること
耐震性能Ⅲ	構造的に重大な損傷が生じ、貯水機能にも軽微な損傷が生じるが、短期間に決壊するようなくなく、貯水機能が保持されること
限界状態	構造的に非常に大きな損傷を受け、貯水機能が損なわれた場合でも、二次災害の安全性は十分に保持されること

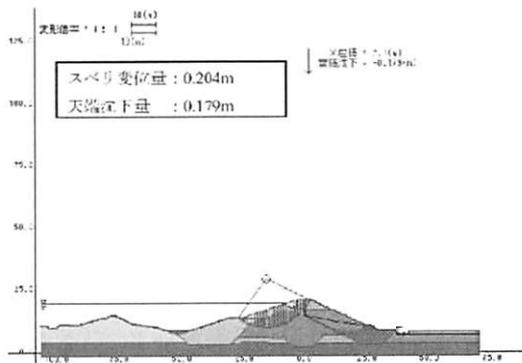


図 10. 上流側の変位図(内陸型地震時)

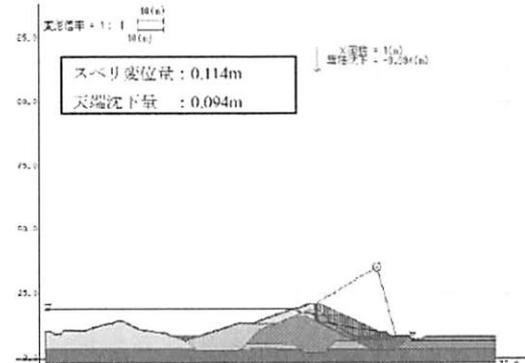
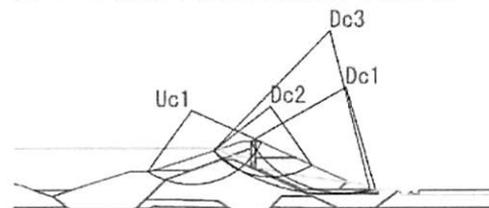


図 11. 下流側の変位図(内陸型地震時)

- ①プレート境界型 1 照査波形
  - 上流法面: Uc1 円弧で 10.6cm < 1.0m
  - 下流法面: Dc1 円弧で 5.4cm < 1.0m
- ②プレート境界型 2 照査波形
  - 上流法面: Uc1 円弧で 4.7cm < 1.0m
  - 下流法面: Dc1 円弧で 2.1cm < 1.0m



スベリ変位量算定円弧図

図 13. スベリ変位量円弧図(大陸プレート型地震時)

### 4. おわりに

石川ダムは、今回の耐震照査業務でダム堤体はレベル 2 地震に対する安全が確認されるため、今後の耐震照査に関する追加調査・再照査検討を行う必要はないものと思われる。但し、ダム堤体内浸透水の排水機能は、堤体の健全性に影響を与えるため、維持管理の一環として下流側の地下水位の監視が必要だと思われる。

## 地震時の空気弁案内圧力変動に関する模型振動実験について -熊本地震による国営かんがい排水菊池台地地区の被災を受けて-

九州農政局 土地改良技術事務所

○(非)白濱富久男

### 1. はじめに

平成 28 年 4 月 14 日、16 日の熊本県益城町では震度 7 を観測する大地震に見舞われた。14 日の地震は日奈久断層帯の北端部の活動、16 日の地震は布田川断層帯の活動によるもので、隣接する二つの断層帯が連動することで発生した連動型地震とみられている。

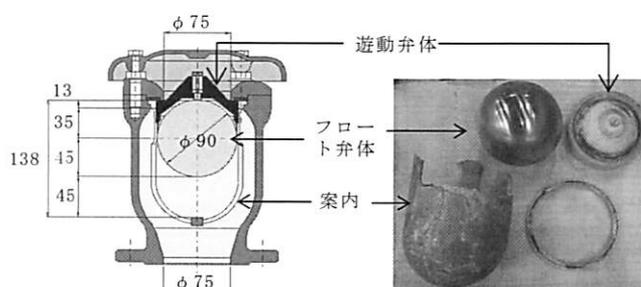


図-1 φ75 空気弁の構造図

写真-1 被災状況写真

この地震による熊本県下の国営かんがい排水事業完了地区である菊池台地地区のパイプラインの空気弁 14 箇所が被災（空気弁案内が破損）した。（図-1，写真-1）

このため、空気弁案内破損のメカニズムの解明のため、振動模型による振動実験と実験結果を再現するシミュレーションモデルによる解析、さらに現地に設置されていた空気弁案内の荷重負荷試験と現地規模（本管口径 φ1,350 mm）を想定した熊本地震の前震レベル以上の地震動に対するシミュレーションによる解析を実施し、解析により荷重負荷試験の破壊荷重と同等の圧力上昇が空気弁内で発生することを確認した。

今回は、地震動による空気弁案内の破損メカニズムを解明するために実施した模型振動実験結果について報告する。

### 2. 空気弁の被災状況

国営かんがい排水事業菊池台地地区は、菊池市ほか 3 市 1 町にまたがる受益面積 4,682ha（水田 1,313ha、畑 3,369ha）で、昭和 54 年度に着工し平成 8 年度に完了している。

地震による本地区被害は、平成 28 年 4 月 16 日の本震（14 日の前震では被害なし）によるもので、国営施設では空気弁案内と呼ばれる球形のフロート弁体を保護する FRP 製部材の破損が 13 箇所、HI-PVC 製が 1 箇所（地区内の全空気弁 266 箇所）、県営施設では塩ビ管の破損が 160 箇所あり、漏水により地震直後の施設点検から施設復旧まで、地区内約 1,600ha の受益で 3 週間程度断水を余儀なくされた。なお、国営施設では、管接続部の離脱、屈曲部の移動、液状化や不同沈下などの被害は確認されなかった。

空気弁の被害の特徴は、被災した水路系が合志幹線に集中していたことと（震源地から 10km（図-2）と近く、他の幹線よりもより大きな地震動を受けていたと想定）、合志幹線の縦断勾配図からみると、被害を受けた空気弁の設置箇所の地形は凸地で、静水頭の比較的低い（0.2MPa～0.8MPa）場所（図-3）であったことである。

破損状況としては、案内において吸気・排気する開口部付近で破断していたものが 13 箇所、案内の破損とフロート弁体の変形が同時に起きていたものが 1 箇所あった。

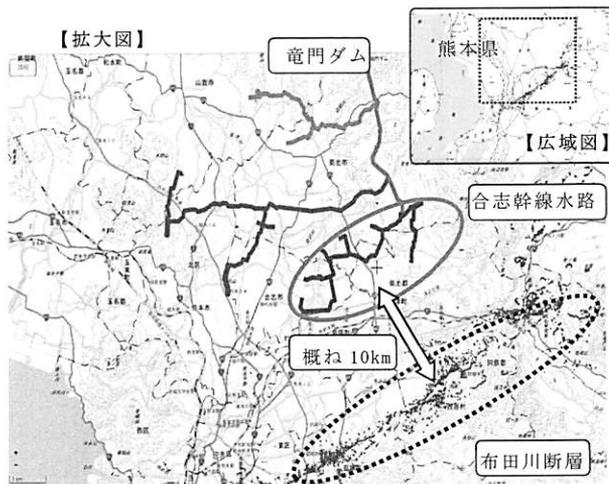


図-2 布田川断層と菊池台地地区の位置関係

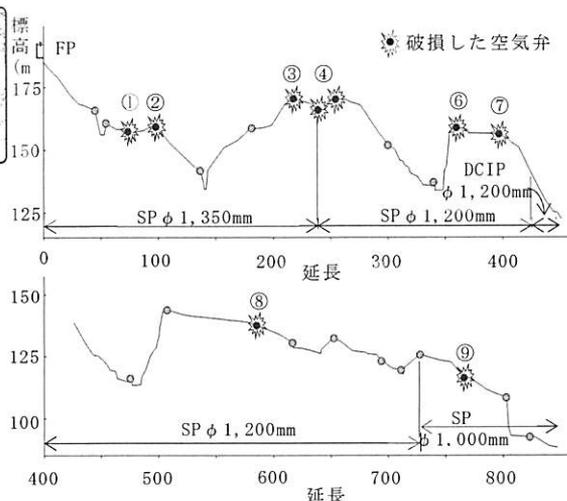


図-3 空気弁被災位置図①～⑨ (縦断面)

### 3. 破損原因の仮説と検証方法

平成 23 年 3 月 12 日発生した東日本大震災でも関東の A 地区でも、今回の空気弁被害と同様に空気弁案内が破損した事例があった。

平成 24 年 9 月の日本水道協会の被害調査報告書では、空気弁案内の破損原因を以下のように報告している。

空気弁内の急激な圧力変動のメカニズムとして、地震により「フロート弁体」が一時的に下がり（吸気）、さらに一瞬のうち「フロート弁体」が上がる（排気）現象が生じた時に、衝撃的な圧力が発生したことが推定（図-4）される。

この仮説を実証するため、地震動により空気弁内が負圧になった時に吸気され、空気弁内のフロート弁体と遊動弁体が一時的に下がるかどうか、さらに、次の圧力上昇によりフロート弁体と遊動弁体上がり、遊動弁体が急閉することで水撃圧が発生するか計測する。

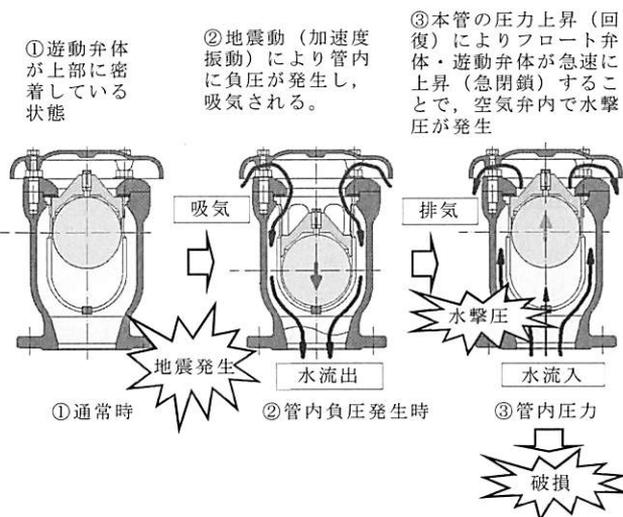


図-4 地震発生時に予想される空気弁内の挙動 (仮説)

### 4. 振動実験

#### (1) 実験の目的及び概要

振動実験は 2 回実施しており、平成 29 年度の振動実験ではフロート弁体がほとんど降下せず、空気弁内の水撃圧が発生しなかった。この結果を踏まえ、加振による空気弁内の水撃圧を再現し、空気弁内の水撃圧発生メカニズムを検討するため、平成 30 年度に振動実験装置を改良して振動実験を再実施した。

振動実験では、2 種類の排気量の空気弁（口径 75 mm）を対象に、振動の加速度・周波数、管内の初期内圧の条件を組み合わせることで実験ケースを設定した。なお、実験は国立

研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究部門で実施した。

## (2) 実験装置

平成 29 年度の実験装置は、両端閉塞した口径 100 mm、延長 10 m の本管 (VP 管) に空気弁を設置して振動台に据え付けたものであった。そのため、加振時に負圧が発生しても空気弁から空気が流入するための水の逃げ場がなく、フロート弁体の降下が発生しにくい状況であった。

このことから、平成 30 年度の振動実験では、本管の片端に自由水面を持つ水槽を設置して圧力を一定に保ち、水の移動を確保して負圧によりフロート弁体が下降しやすくなるように実験装置を改良した (図-5)。また、空気弁の立上り管と本管の口径に差をつけて空気弁で発生した圧力が本管に逃げにくくするため、本管の口径を 200 mm に変更した。

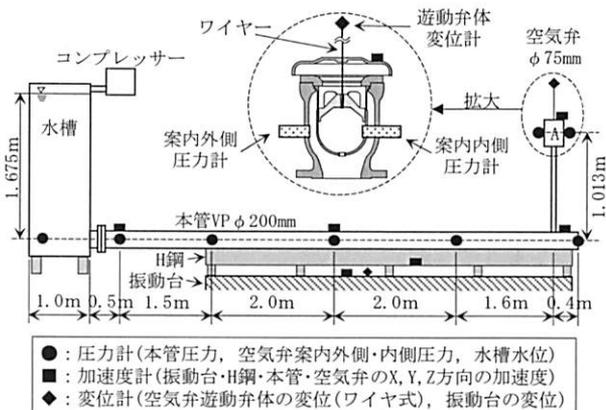


図-5 実験装置模式図

## (3) 実験方法

空気弁及び水槽が設置された本管を振動台に設置し、設定した条件で管軸方向のみに振動を加えて実験を行った。ただし、水槽は振動を加えると圧力が一定に保てないため振動台には載せず、振動による変位を吸収するように水槽と本管を伸縮継手で接続した。

実験ケースは表-1 の条件から振動台の構造上実施できない組合せを除いて 110 ケース (1 種類の空気弁につき 55 ケース) を設定した。初期圧力は水槽上部の空気をコンプレッサーで圧縮して調整した。実験中は下記の項目を 0.002 秒間隔で計測した。なお、③～⑤は設定どおりに実験が行われているか確認するための項目である。

- ①本管 5 箇所、空気弁案内外側・内側の圧力      ②空気弁遊動弁体の変位  
③水槽の水深      ④振動台・H 鋼・本管・空気弁の加速度      ⑤振動台の変位

## (4) 実験結果

振動実験の結果、加振による圧力変動及び遊動弁体の動作に伴い、下記の状況が見られた。なお、実験結果は排気量 23 m<sup>3</sup>/min のものを示す。

- ① 初期内圧・周波数が同条件であれば、振動加速度が大きくなるにつれて本管圧力 (閉塞端側) の最大値は大きくなり、最小値は小さくなる傾向が見られた (図-6(a))。  
② 本管圧力と同様に、初期内圧・周波数が同条件であれば、振動加速度が大きくな

表-1 振動実験条件

項目	条件	備考
空気弁排気量	11 m <sup>3</sup> /min, 23 m <sup>3</sup> /min	2 パターン
初期内圧	0, 20, 40 kPa	3 パターン
振動加速度	50, 100, 200, 300, 400, 600, 800, 980 gal	8 パターン
周波数	0.5, 1, 2, 5, 10 Hz	5 パターン

るにつれて空気弁案内外側・内側圧力の最大値は大きくなる傾向が見られたが、外側と内側の圧力の最大値に大きな差は見られない(図-6(b))。

しかし、0.002秒毎に空気弁案内内外の瞬時的な差圧(内側圧力-外側圧力)を計算し、内外差圧の最大値を整理すると、初期圧力20kPa、振動加速度600gal、周波数2Hzのケースで最大の差圧(260kPa)が見られた(図-6(c))。

### 5. 振動実験の考察(水撃圧発生メカニズム)

空気弁案内の内外差圧の結果から、空気弁内に水撃圧が発生し、空気弁案内の内側と外側の圧力が変動したことが想定された。そのため、空気弁内の水撃圧発生に至る代表的なケースについて空気弁案内の内側・外側の圧力変動状況を整理し、水撃圧発生メカニズムを検討した(図-7)。その結果、遊動弁体が上昇して停止した時に空気弁案内の内側圧力が急上昇し水撃圧が発生していることが確認された(図-7の⑥)。このことから、地震動によって空気弁内に水撃圧が発生し、空気弁案内の破損に至る内外圧差が発生する可能性が考えられる。

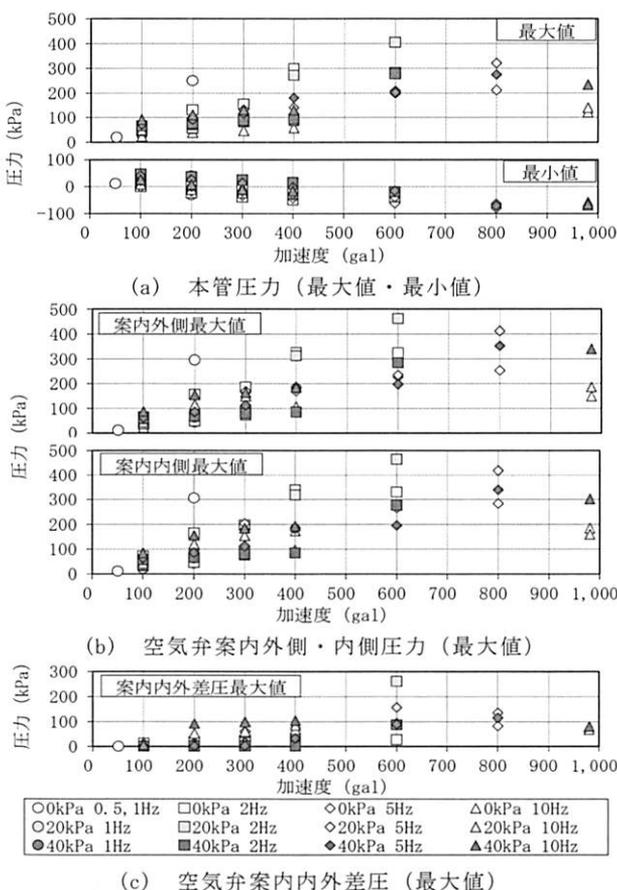


図-6 実験結果(空気弁案内内外差圧)

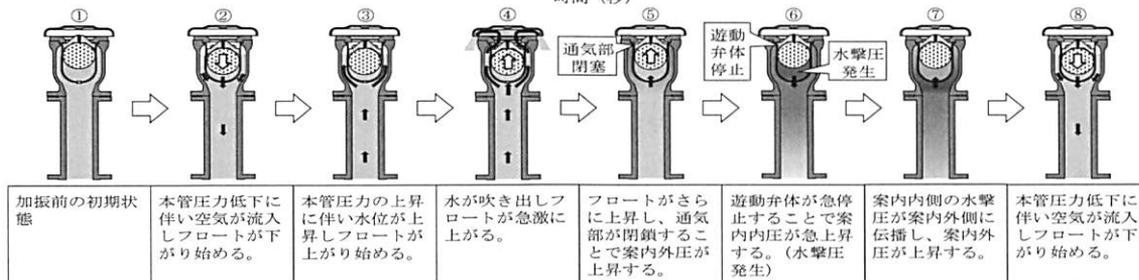
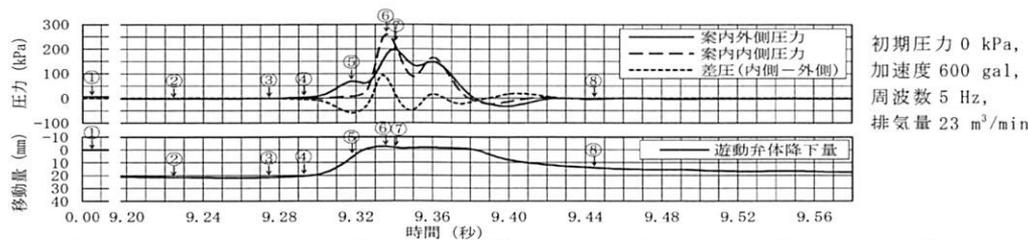


図-7 水撃圧の発生メカニズム概念図

### 6. おわりに

今回は模型振動実験結果について報告したが、空気弁案内破損のメカニズムの解明についての詳細は、後日、本学会において報文として発表する予定である。

## 魚群探知機を用いた水底地形調査による新しいダム貯水池土砂管理

中央開発株式会社 ○(正)長田 実也, (正)池田 典明

### 1. はじめに

全国の多くのダムが築造から長期間経過し、堆砂の増加による貯水機能の低下や取水施設など貯水池内施設の機能障害のリスクが徐々に増大している。堆砂状況の現況把握とそれに応じた対策がダム機能の保全・長寿命化にとって管理上の最重要課題のひとつとなっている。

ダムの堆砂状況の把握は、限られた測線上での深浅測量から堆砂量を見積る手法（シングルビーム音響測深）が採られることが多く、経年的な堆砂状況の動向を評価できる信頼度の高い情報が十分に整備されてはいないのが実状。高性能な音響測深手法（例えば、ナローマルチビーム音響測深）や、レーザ測深といった面的な堆砂形状情報の収集手法も紹介されてはいるが、費用面の制約から全国的にもそれほど実施されてはいない。堆砂の進行に伴うリスクを把握し、低減させるための基礎情報として、確からしい堆砂現況を安価に把握可能な技術が求められている。

近年、レジャーフィッシング分野の要請によって、魚群探知機が飛躍的に高性能化し、安価で小型化して普及が進んでいる。魚群探知機もその原理・機能は音響測深機と同等である。水産資源・環境分野では、こうした魚群探知機を利用した測深調査により高精度な水底地形図を作成する活用事例が増えている。筆者らは、この魚群探知機のダム貯水池堆砂調査への適性を確かめるため、ダム貯水池現場で計測を試行し、貯水池内の堆砂状況を面的に確からしく把握できることを確認したので報告する。

### 2. 魚群探知機を用いた試行調査の概要

筆者らは2018年夏以降、3つのダム貯水池で、魚群探知機を用いた水底地形調査を試行してきた。

船舶免許のいらない可搬型のインフレーターボート（通称、ゴムボート）を用い、これにGNSS魚群探知機（本体（データ処理・表示・操作部）と振動子（センサー/送受波機））を図-1のように艀装し、調査船とした。

貯水池上にあらかじめ設定しておいた測線に沿って時速4~6km（秒速1.1~1.7m）で操船し、貯水池全体をカバーするように航行した。測線は、50m間隔の貯水池横断測線を基本として設定し、計測したが、個々のダムによって、調査目的・必要な精度に応じて航行計画を決定すればよい。

魚群探知機は毎秒3~4点程度の超音波ビームを発信・受信し、毎秒10回程度更新の船のGNSS位置情報と同期させて記録していく。これにより、航路上の約1mに1点以上の測深データが取得できる。表-1に、試行を行った3ダムでの調査概要を掲げた。従前の深浅測量による測点数の少なくとも数十倍以上の測深データが得られた。

このデータを専用の市販ソフトウェア（Reefmaster 2）で処理し、航路（測線）間の未計測部の水深を内挿で与え、貯水池水底全体の地形モデルを作成し、等深線図が出力できる。この作業は極めて簡単で、信頼できるデータが得られてさえいれば、データを取得したその日のうちに作図が完了する。その



図-1 魚群探知機を艀装した調査船

GIS データをこれも市販のソフトで標高に換算すれば、湖底全体の地形等高線図が得られる。笹ヶ峰ダムにおける出力例を図-2 に示す。

表-1 水中ソナーマッピング試行事例

ダム名称	笹ヶ峰(さがみね)	大迫(おおさこ)	川治(かわじ)
所在地	新潟県妙高市杉野沢笹ヶ峰	奈良県吉野郡川上村大迫	栃木県日光市川治温泉川治
事業者	農林水産省北陸農政局	農林水産省近畿農政局	国土交通省
管理者/管理委託	信濃川水系土地改良調査 管理事務所/新潟県	南近畿土地改良調査管理 事務所	関東地方整備局 鬼怒川ダム統合管理事務所
河川	関川水系関川	紀の川水系紀の川	利根川水系鬼怒川
総貯水量(千 $m^3$ )	10,600	27,750	83,000
湛水面積(ha)	92	107	220
現地計測実施日	2018/7/11-12	2018/10/12-13	2019/3/6-8
航路延長(km)	33.5	48.7	47.0
計測所要時間	7° 45'	8° 45'	8° 23'
取得データ数	46,965	56,500	58,000
(参考)深浅測量測点数	約 160 点	500~700 点(推定)	2,000 点弱(推定) (ナローマルチビーム測量実施)

### 3. 水中ソナーマッピング成果の評価

得られた水底地形図からは、これまでおおむね 300~400m 間隔の測量断面から想像していた貯水池全体の水底の様子が、より詳細に把握できているように見える。貯水池のどのあたりで土砂の堆積が進行しているのかを検討するに足る十分な精度であると思われる。

【精度】魚群探知機による測深の深度方向の計測誤差は大きくても 10cm 程度。また、衛星電波の受信状況が不安定な山間部にあるダムでは、測位精度に水平方向最大 3~4m 程度の不確かさはあるだろう。

【コスト】湛水面積 100ha 程度のダム湖で十分な精度での水底地形図を得るためには、チーム 3 名、1 泊 2 日で現地計測は実施可能なため、調査業務費は数十万円程度で済む。

### 4. まとめ 水中ソナーマッピングのダム貯水池管理への適用可能性

堆砂状況の面的な把握を主眼とした利用であれば、特に測量の精度は必要なく、この魚群探知機による水底地形調査手法=水中ソナーマッピングは、管理者のニーズを十分満たすであろう。今後、経年的な変化をより詳細にモニタリングすることで、いつ、どこに、どのような土砂が、どの程度堆積しているのか、堆砂のメカニズムに迫ることができるとと思われる。水文環境に応じて、例えば出水期の前後、融雪期の前後での水底地形変化や、堆積土砂の土質分析、あるいは、流域の土砂崩壊地の調査をあわせ行うなどしていけば、流域の状況に即した適切な土砂管理が行えるのではないだろうか。

さらに、水中ソナーマッピングは、ダム貯水池に限らず、河川や港湾の現場でも水底あるいは水中設置施設管理の新しいツールとして適用性があるものと思われる。

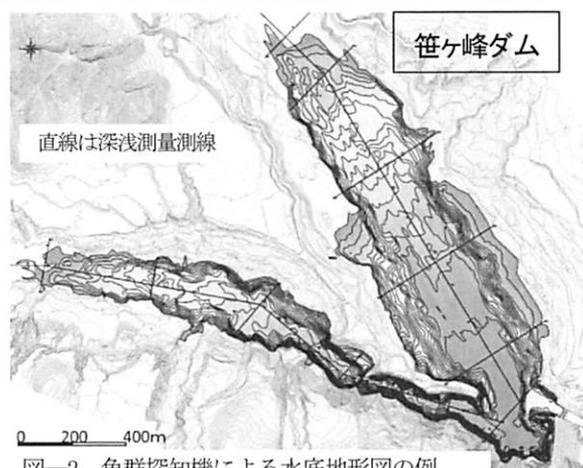


図-2 魚群探知機による水底地形図の例

## 硫黄山噴火に伴う代替水源可能性調査等について

大福コンサルタント(株) (正)下尾崎 泰宏  
 コスモコンサルタント(株) (非)土元 徹也  
 (株)萩原技研 (非)榮 弘昭  
 (株)国土技術コンサルタント (非)梶原 貴  
 始良・伊佐振興局農林水産部農村整備課 ○(非)山下 義美

### 1. 平成30年度経緯

- ・4月19日 硫黄山約250年ぶりに噴火
- ・5月2日 伊佐市農業再生協議会で水稻作付け中止の方針を決める
- ・5月2日 栗野・吉松両土地改良区理事会で、川内川から取水しないことを決定
- ・7月3日 排水不良対策として暗渠排水などの基盤整備へ向けた基礎調査「県単独硫黄山噴火関連農業農村整備基礎調査 伊佐・湧水地区」契約
- ・7月23日 代替水源の確保に向けた調査「農業水路等長寿命化防災減災事業」契約
- ・11月5日 代替水源中間報告(対象:市町首長・幹部、土地改良区理事長・理事等)
- ・12月12日 伊佐市への代替水源最終報告・・・水源毎の概略工法・概略工事費等説明
- ・12月13日 湧水町への代替水源最終報告・・・水源毎の概略工法・概略工事費等説明
- ・12月中旬 取水中止エリアの農家を対象に地元説明会を開催

### 2. 代替水源の確保に向けた基礎調査

#### 2.1 事業名:農業水路等長寿命化防災減災事業

- ・伊佐市:菱刈右岸地区 委託30-1 (菱刈用水路)・・・(株)萩原技研  
 菱刈左岸地区 委託30-1 (太良用水路)・・・(株)国土技術コンサルタント
- ・湧水町:栗野地区 委託30-1 (栗野土地改良区)・・・大福コンサルタント(株)  
 吉松地区 委託30-1 (吉松土地改良区)・・・コスモコンサルタント(株)
- ・工 期:平成30年7月24日～平成30年12月17日 147日間

#### 2.2 業務内容

- ・代替水源可能性箇所の現地調査、用水系統・農地状況等の調査・整理(水量、測量等)
- ・代替水源活用構想の策定(事業の検討)
- (1) 代替水源現況調査(既存資料収集整理(水文・気象データ))、現地調査、現況受益・水源標高・水源水量等の調査
- (2) 可能性調査及び考察等(上記(1)を踏まえ代替水源としての可能性水量の解析、受益エリアの推定)、水源からの取付想定地点の標高等の整理、使用可能水量、取水可能エリアに基づく用水収支の解析)
- (3) 代替水源の活用方法の仕分け・対策検討(簡易な整備、補強・改修整理、用水系統の見直しなどの大幅な改良、代替水源の新設などへの整備内容による仕分け(短中長期対策仕分け))

#### 【短期的取組】

・簡易な整備：仮回し水路等の設置など

【中期的取組】

・補強・改修：ため池の簡易な改修、浚渫による貯水容量の確保などの整備や用水路等の補修など

・大幅改良：用水系統の見直し（パイプライン化等）や用水の反復利用（再利用）や地下水の利用など

【長期的取組】

・大幅な施設整備：既存の湧水・中小河川等を利用した用水系統の大幅な見直しなどに伴う整備、水質浄化施設などの大規模施設の建設など

2.3 委託4工区同時の打合せを複数回実施

・打合せ者：受注コンサル、伊佐市・湧水町、県本庁、始良・伊佐振興局

・打合せ内容：(1)調査内容、今後のスケジュール、(2)現況調査の整理・報告、(3)現況調査結果を踏まえた可能水量、作付可能面積の報告、(4)可能水量・作付可能面積・取水可能エリアの整理、(5)可能性調査検討を踏まえた代替水源としての対策整理（これまでの結果を踏まえた水源の選定、短中長期対策の整理）、(6)代替水源としての短中長期対策の整理（短中長期対策毎の概略工法及び概略費用等の検討）、(7)代替水源としての短中長期対策の最終整理（短中長期対策毎の概略工法及び概略費用最終整理）

3. 代替水源確保に関する調査 最終とりまとめ結果

3.1 調査内容と前提条件

業務報告内容は、地元が選定した「ため池、中小河川、沢・湧水など」47箇所について、水量の把握、水利権の有無などを調査し、利用可能な水源について、短期、中期、長期ごとの作付可能面積及び対策内容を検討。

※利用可能水量の権利調整（関係者との協議、権利の取得）などは行っていない。

※可能水量については、今後詳細調査を実施した場合、変動する場合がある。

3.2 調査結果概要

(1) 利用可能水源の結果

調査水源候補47箇所のうち、利用可能な箇所は15箇所

15箇所の内訳は、中小河川9箇所、沢（湧水）6箇所

(2) 対策別作付可能面積及び概算工事の結果（詳細は別紙参照）

市町村名	中止面積 (ha)	表示	短期対策	中期対策		長期対策	
			作付面積 (ha)	作付面積 (ha)	概算工事費 (百万円)	作付面積 (ha)	概算工事費 (百万円)
伊佐市	545	対策別	56	26	114	283	2,959
		累計	56 (10%)	82 (15%)	114	365 (67%)	3,073
湧水町	226	対策別	69	47	85	95	885
		累計	69 (31%)	116 (51%)	85	211 (93%)	970
合計	771	対策別	125	73	199	378	3,844
		累計	125 (16%)	198 (26%)	199	576 (75%)	4,043

# 農業水路等長寿命化・防災減災事業 【硫黄山噴火関連連代替水源可能性基礎調査】

調査員：伊佐市環境保健センター

● 伊佐市水口庁舎
● 伊佐市水口庁舎
● 伊佐市水口庁舎
● 伊佐市水口庁舎

● 代替水源候補地  
● 代替水源候補地  
● 代替水源候補地

● 代替水源候補地  
● 代替水源候補地  
● 代替水源候補地



## 湯水町

【湯水町】  
調査対象区域：湯水町 湯水町

区分	面積	人口	世帯数	備考
湯水町 湯水町	1,200㎡	100人	20世帯	
湯水町 湯水町	1,200㎡	100人	20世帯	
湯水町 湯水町	1,200㎡	100人	20世帯	

【湯水町】  
調査対象区域：湯水町 湯水町

区分	面積	人口	世帯数	備考
湯水町 湯水町	1,200㎡	100人	20世帯	
湯水町 湯水町	1,200㎡	100人	20世帯	
湯水町 湯水町	1,200㎡	100人	20世帯	

## 伊佐市

【伊佐市】  
調査対象区域：伊佐市 伊佐市

区分	面積	人口	世帯数	備考
伊佐市 伊佐市	1,200㎡	100人	20世帯	
伊佐市 伊佐市	1,200㎡	100人	20世帯	
伊佐市 伊佐市	1,200㎡	100人	20世帯	

【伊佐市】  
調査対象区域：伊佐市 伊佐市

区分	面積	人口	世帯数	備考
伊佐市 伊佐市	1,200㎡	100人	20世帯	
伊佐市 伊佐市	1,200㎡	100人	20世帯	
伊佐市 伊佐市	1,200㎡	100人	20世帯	



## 走行式散水器具(ロールカー)の導入検討について

### ―地域の実状にあわせた走行式散水器具の改良―

鹿児島県大隅地域振興局曾於畑地かんがい農業推進センター ○(非)濱田 学, ○(非)東 三郎

#### 1. はじめに

曾於地域では、大規模畑地かんがい事業が進められ、現在までに国営かんがい排水事業3地区が完了しており、これらの末端施設を附帯県営事業で整備している状況である。

末端散水施設の整備にあたっては、当初全ほ場で地表定置式の散水施設を計画していたが、多様な作付け体系の進行や大規模経営体の増加などにより、一作固定による地表定置式が適応困難となるなどの課題が生じたため、多様なかん水器具導入を検討することとなった。

その中ではレインガンタイプを選択が一般的であったが、特に大規模経営体の農家にとっては、かん水器具の設置及び撤去(特に撤去)において多大な労力を要するという声が多数寄せられたことから、走行式散水器具の導入を検討することとなった。

今回は導入に至る経緯や導入後の改良事例について紹介するものである。

#### 2. 導入に至った経緯

先に述べたように、移動式かん水器具の設置撤去では、特に散水後の撤去時において濡れた散水ホース等に土がからみ、重量がかさんで、多大な労力と時間が必要となっていた。

まずはホースを巻き取ることから検討した。手回しの巻き取り機を試みたが、巻き取りの際にホースに土がこびりつくことで重量がかさむため、人力での巻き取りは困難であることが判明した。

次は、動力によるホースの巻き取り器の導入を検討したが、既存のホースでは耐久性の面から、使用不可であることが判明した。

散水ホース巻き取り機を検討していく中で、北海道で導入が進んでいる走行式散水器具に着目し導入に向けての検討を開始した。

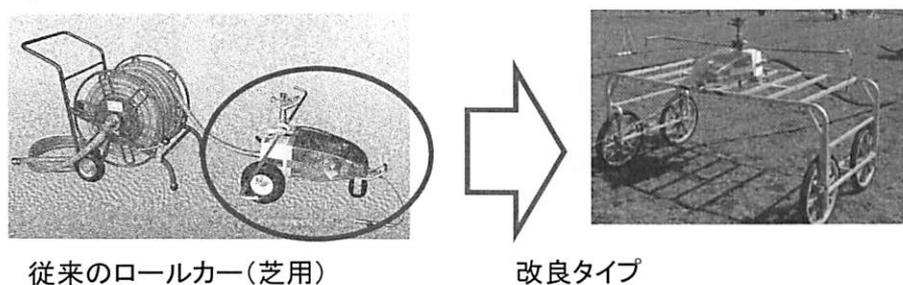


写真1 導入を検討した新たなかん水器具

### 3. 走行式散水器具(ロールカー)改良の検討について

今回は走行式散水器具のうち小型ロールカー(以下、ロールカー)の改良について説明する。

1) ロールカーは、元々ゴルフ場等で使用されているスプリンクラーを参考に、畑の作付けに対応できるように散水高を高くし、また畝を立てたときに走行できるよう車輪の幅を調整できる機能を追加した。



従来のロールカー(芝用)

改良タイプ

写真2 散水台車の改善と改良

2) ロールカーは人力によるホースの巻き取り・移動のタイプであったことから、大規模経営体の農作業におけるかん水器具設置及び回収作業時間の省力化を図るため、軽トラックに搭載できるサイズで本体に動力源を追加するなどの改良を行った。



写真3 動力源設置などの改善と改良

### 3) 導入後の改良

ロールカー導入後、導入農家の意見を参考に現在まで改良を重ねてきている。

・アウトリガーの改良 差し込み式 → 上下スライド式

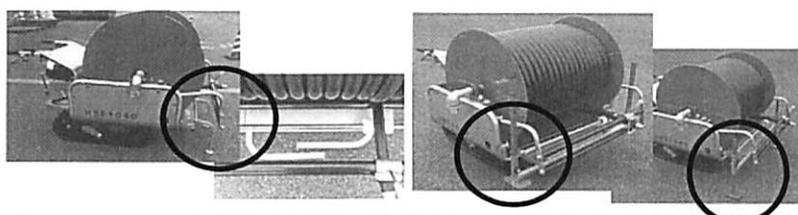
設置高さを調整可能としたことにより、利便性が向上、また設置時の労力の節減。

取り外し忘れ等による差し込み口の破損を防止。

写真4 アウトリガーの改良

改良前

改良後



- ・クローラ長さ延長 60mm 延長  
ほ場内移動時の安定性の向上。

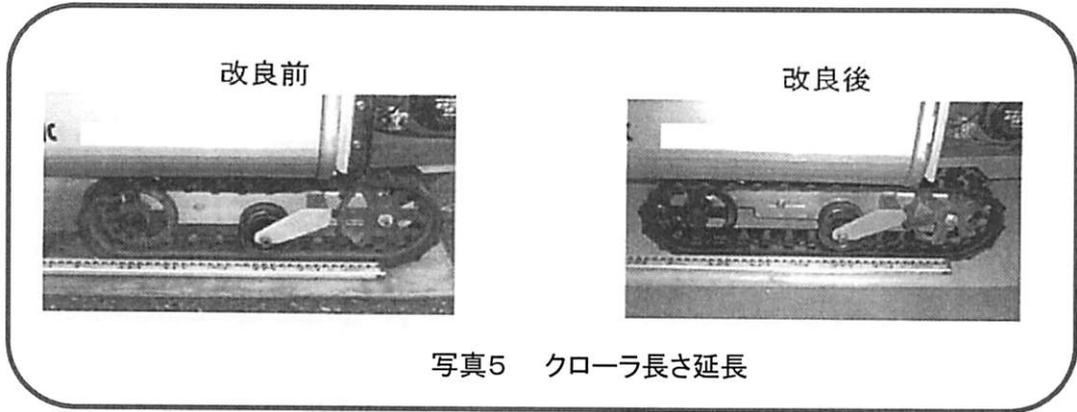


写真5 クローラ長さ延長

- ・アンカー改良 らせん状に改良  
ワイヤロープを固定するアンカーピンをらせん状にして、抜けにくくした。

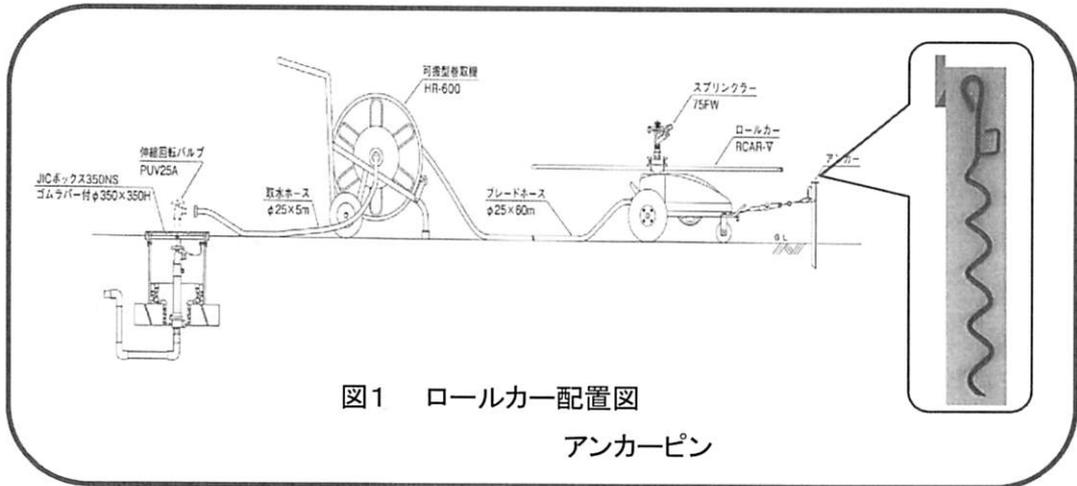


図1 ロールカー配置図  
アンカーピン

- ・車輪のホークの部分の改良 金属製 → 樹脂性  
腐食・変形防止

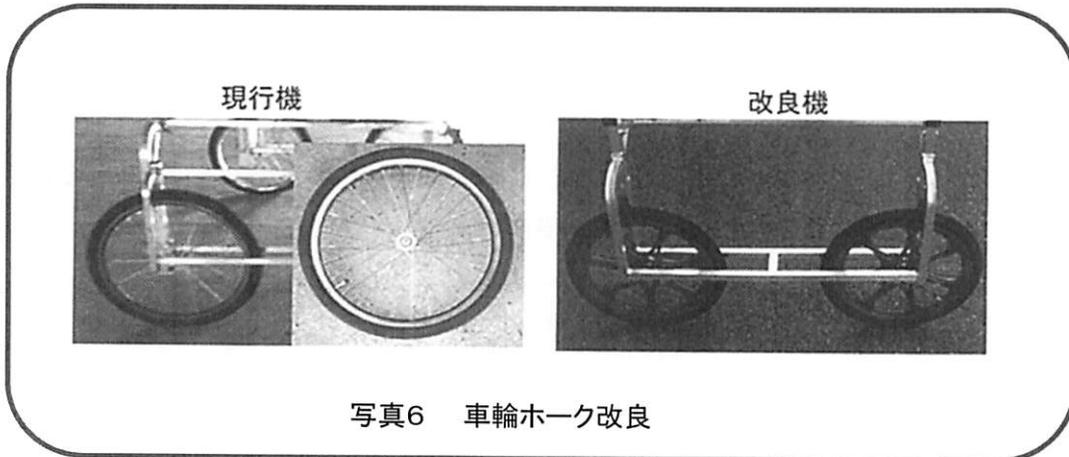


写真6 車輪ホーク改良

- ・散水台車架台追加  
ホース巻き取り機に、散水台車架台を整備  
倉庫～ほ場までの移動回数が半減(一人で作業可能)

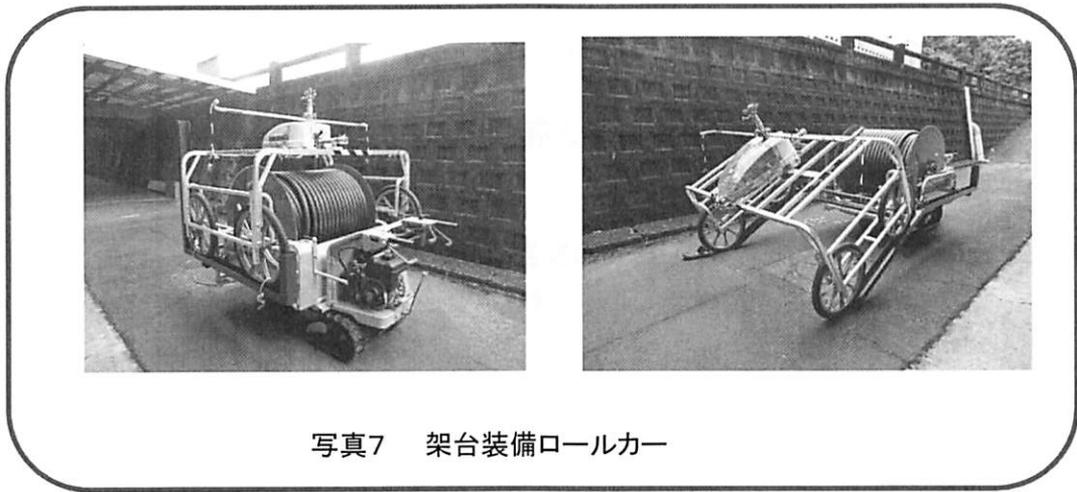


写真7 架台装備ロールカー

4. 検討結果について

図2に示すとおり散水器具の設置回収作業の省力効果について比較すると従来のスプリンクラーは設置台数が多いため作業時間に74分間かかり、またレインガンでも設置するために34分間必要であったが、今回検証したロールカーでは10分間と非常に省力的で、大規模な畑作経営体の要望に応えられるかん水器具と判断できた。

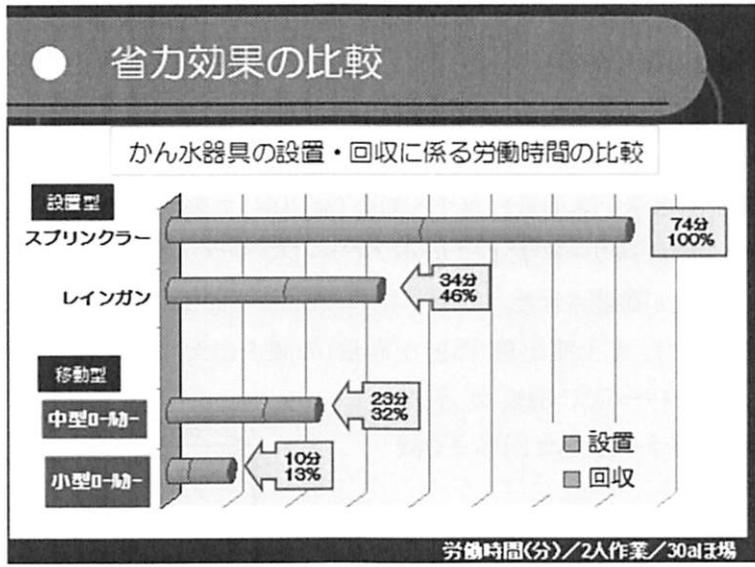


図2 従来のかん水器具と新たなかん水器具の設置及び撤去に係る時間比較

また、地域の実状や農家の声を反映した改良を重ねた結果、現在111台導入されている。曾於畑地かんがい農業推進センターでは各農家の経営に応じた多様な散水器具の導入を進めており、走行式散水器具もその一つとして、水を利用した農業に取り組む一助になればと期待している。今後も普及サイドと一体となり畑かんの推進に努めるとともに、使いやすい散水器具の整備を行っていきたいと考えている。

## 営農で行う赤土流出防止対策をめざして

### ～ウッドチップトレンチと補助暗渠の組み合わせ～

株式会社田幸技建コンサルタント (正)吉永安俊、(正)湧川哲雄、○(正)宮里裕也、(正)仲本一喜  
 沖縄県農業研究センター (非)與儀喜代政、(非)比嘉基晶

#### 1. はじめに

赤土流出防止対策を営農の一環として行うことができれば、農家の負担感も少なく持続性も期待できるのではないかと思う。筆者らはこの思いを実現するために、試験ほ場を使って比較により流出防止対策の効果を明らかにした。防止対策として、ウッドチップトレンチ(以下トレンチと呼ぶ)と補助暗渠の組み合わせを採用した。補助暗渠というのはカットソイラーやサブソイラー等の爪で土壤深くに達する(約0.6m)みず道であり、地表水は速やかに浸透し、連結している本暗渠(ここではトレンチ)からほ場外へ排出される。

この対策は、心土の土壤密度が高く、透水性の低い地域(たとえば、国頭マージやジャーガル地域)では高い効果が期待される。

本研究におけるトレンチはバックホーによる掘削とウッドチップトレンチを疏水材としているが、ほ場地形によっては、補助暗渠のみの対策も有効と考える。なお、トレンチの規模・構造および補助暗渠の深さ、効果の持続性など究明すべきことは多々あり、今後の課題として残る。

本研究で得られた対策の効果は以下の通り。

各試験区の地表流出水量を降雨量に対する割合(流出率)で表すと、対策を行わない対照区では65%であるが、対策を行ったロータリー区およびカットソイラー区、サブソイラー区で、それぞれ50%、33%、18%に大きく低下していることが確認された。

地表水流出率の低下は、赤土流出量(浮遊土砂量)の減少に大きく寄与し、対照区に対する浮遊土砂量の割合でみると、ロータリー区で84%、カットソイラー区で67%、サブソイラー区では34%まで減少することが確認された。

#### 2. 試験方法

##### 1) 試験区

赤土流出防止効果は、それぞれの試験区の流出土砂量を比較して判断するため、次の4種の試験区を設けた。

- (1) 対照区(トレンチなし、補助暗渠なし)
- (2) ロータリー区(トレンチあり、補助暗渠なし)
- (3) カットソイラー区(トレンチあり、補助暗渠あり)、補助暗渠はカットソイラーで作成し、爪痕には有機材(ここではソルゴー

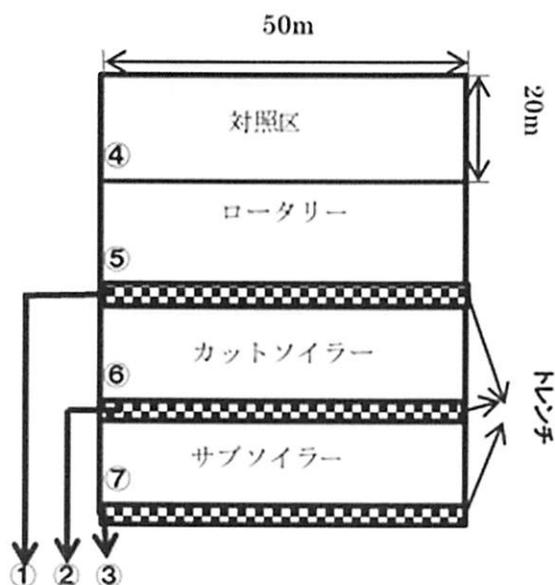


図-1 試験区の概要

の刈り刻み)がすき込まれ疏水材の役割を果たしている。爪間隔は2.0mである。

(4)サブソイラー区(トレンチあり、補助暗渠あり)、補助暗渠はサブソイラーで作成し、爪間隔は1.25mである。

なお、全ての試験区、土壌面はロータリーで仕上げているが、(2)を便宜的にロータリー区と呼ぶことにする。

試験区の勾配は長辺方向が1.0%、短辺方向が1.5%である。試験区の概要を図-1に示す。図-1に付された番号は三角セキを示す。①、②、③はトレンチ流出量を観測するための三角セキであり、④、⑤、⑥、⑦は地表水量を観測するための三角セキである。全てに水位計が設置され、④、⑤、⑥、⑦には濁度計(FTU表示)も設置されている。図-2はトレンチの構造を示す。トレンチ幅は0.3m、深さは1.0mとした。疏水機能を大きくとるため0.7m深さでウッドチップを充填し、耕土として0.3mの土壌を被せた。しかし、トレンチ造成3-4ヶ月後にはウッドチップ表面は土壌面から0.5m付近まで沈下していることが確認された。

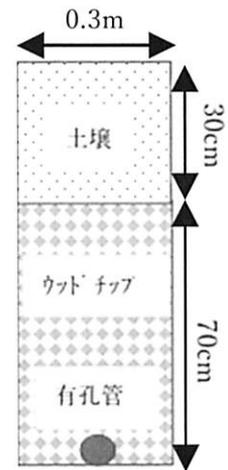


図-2 トレンチの構造

## 2) 観測項目

1) 水位(mm): 水位は水圧式水位計で、mm単位、10分間隔で観測した。

2) 濁度(FTU): 濁度計は散乱光式(観測上限が3,000FTU)を採用し、測定間隔を10分間とした。

3) 雨量(mm): 転倒マス型雨量計を用い、0.1mm単位、10分間隔で観測した。

4) SS濃度(mg/L): 浮遊土砂量は流量と浮遊土砂濃度(以下SS濃度(mg/L)と呼ぶ)の積から算出されるため、観測した濁度はSS濃度に換算する必要がある。したがって、本研究ではセキで採取した濁水のSS濃度と同時刻の観測濁度(FTU)との関係式を変換式とした。また、濁度計の観測上限以上のSS濃度の推定は、流量とSS濃度の関係式から、流量を独立変数としてSS濃度を求めた。

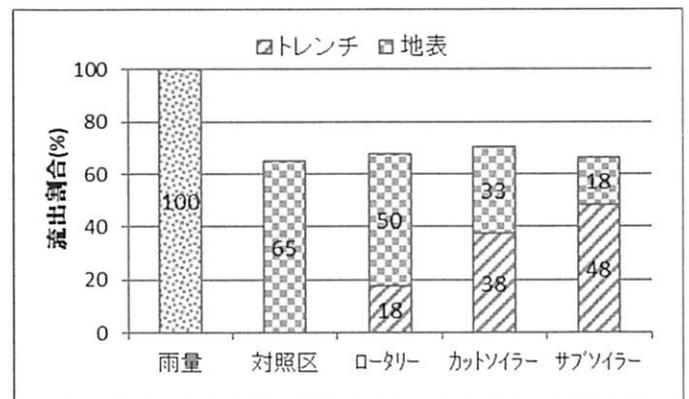


図-3 地表とトレンチの流出割合

## 3. 結果および考察

小雨・少流出水量の場合、水位や濁度が枯れ葉やセキ貯留水の影響を受けるため解析に用いる資料は、一連降雨量40mm以上で得られたものとした。

### 1) 流出水量

各試験区の地表およびトレンチにおける流出水量を雨量に対する割合で示したものが図-3である。雨量を100%とすればトレンチのない対照区で65%が地表から流出することが確認された。

ロータリー区、カットソイラー区、サブソイラー区は、それぞれ50%、33%、18%が地表水となって流出す

る。一方、トレンチからの流出は、ロータリー区、カットソイラー区、サブソイラー区、それぞれ 18%、38%、48%であった。

図-3 から地表水量とトレンチト流出水量は、補完的關係にあることがわかる。つまり、降雨量の 70%前後の流出を地表とトレンチ流出で分け合っている。

このことは、赤土流出の原動力となる地表水の抑制はレンチ流出の増大を図ることで達成されることを示している。

## 2) 浮遊土砂流出

浮遊土砂量は、流出水量とそれに含まれる SS 濃度の積で求められる。図-4 と図-5 は浮遊土砂量と対照区に対する浮遊土砂割合を示した(期間 2017.6-2019.6)。

対照区の浮遊土砂流出量は 3.1t、ロータリー区 2.6t、カットソイラー区 2.1t、サブソイラー区 1.1t であり、各試験区大きく異なる。

対照区に対する割合で見ると、ロータリー区約 84%、カットソイラー区約 67%、サブソイラー区は約 34%まで減少することが確認される。

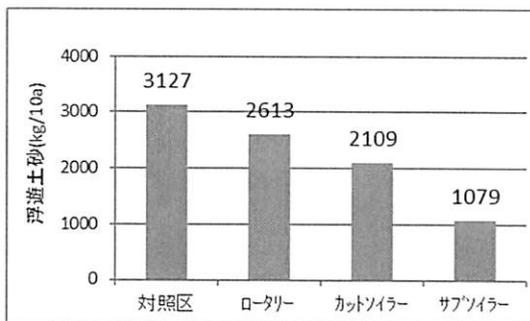


図-4 浮遊土砂量

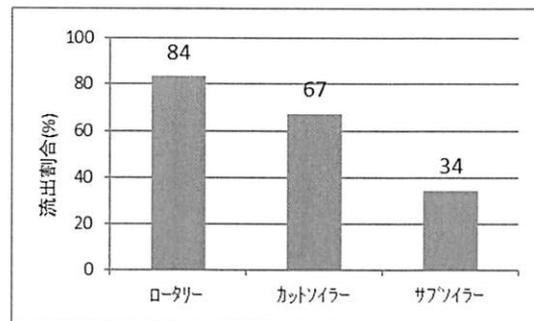


図-5 対照区に対する割合

## 3) 地表水量と浮遊土砂量の関係

浮遊土砂の流出原動力は地表水である。したがって赤土対策の基本は、地表水対策であることは容易に理解できる。ここで本研究における地表水量と赤土(浮遊土砂)量の間を関係を図-6 でみている。

図-6 は各試験区における地表流出水量と浮遊土砂量の間を関係を示している。試験区は裸地と植生被覆(雑草、ソバ)を繰り返しているため、バラツキは大きい、両者の関係の概略は読み取れる。両者の関係を直線で示すと、その傾きは浮遊土砂発生のパテンシャルを示すことになる。傾きは 1.3 から 1.7 の範囲(図-6 に表示)にあり、試験区の違いは小さい。これは同じ量の地表水があれば同じ量の浮遊土砂が発生することを意味する。

各試験区の間で浮遊土砂量に大差ができるのは流出水量の違いによるものである。

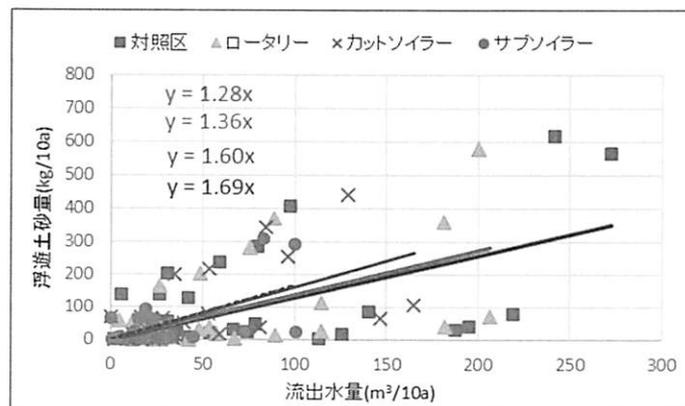


図-6 流出水量と浮遊土砂量の間を関係

### 1) 対策の持続性の検討

対策の持続性、すなわち更新時期の長短は、農家負担の軽重につながるため明らかにしておく必要がある。対策の持続性を左右する因子は、トレンチの疏水材であるウッドチップの風化・分解状態、補助暗渠の有機材の分解状態および爪痕の崩壊である。これら因子の複合的作用の結果がトレンチ流出水量の違い、あるいは地表水量の違いとして表れ、浮遊土砂量に影響を及ぼす。

対策の持続性(寿命)は厳密にはトレンチ流出量がゼロになった時点である。しかし、現実的には効果の観点からの対策の更新時期の判断が必要であろう。そのために本研究では、図-7 に示すトレンチ流出率(雨量に対する割合)と経過日数との関係からの更新時期の判断を試みた。図-7 においてロータリー区およびカットソイラー区は経過日数とともにトレンチ流出率は低下しており、この流出率の低下状況から更新時期を判断する。

ここで更新時期をトレンチ流出率が 10%に低下した時点と仮定し、トレンチ流出率と経過日数の回帰式(ロータリー:  $Y = -0.0118X + 22.5$ 、カットソイラー:  $Y = -0.0154X + 45.6$ )で流出率 10%に対する経過日数は、ロータリー区で 1060 日(2.9 年)、カットソイラー区で 2311 日(6.3 年)が得られる。なお、トレンチ流出率は雨量の影響も受ける。その影響を考慮した解析は今後の課題としたい。

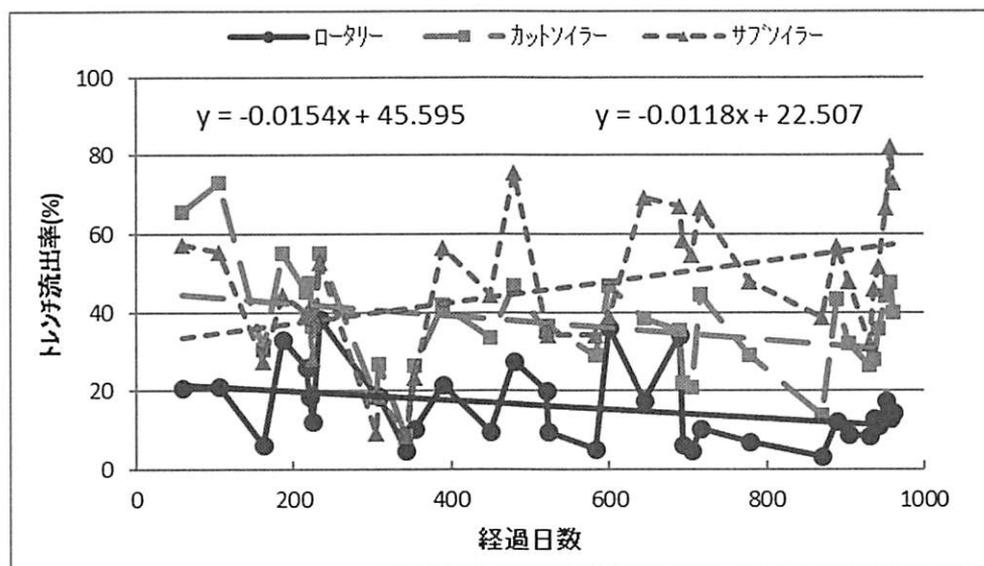


図-7 経過日数とトレンチ流出率

### 4. おわりに

赤土(浮遊土砂量)は、対策のない対照区に比べ、ロータリー区で 84%、カットソイラー区で 67%、サブソイラー区では 34%に抑制されることが確認された。

赤土流出防止対策の持続性はロータリー区で約 3 年間、カットソイラー区で約 6 年と推測された。サブソイラー区は流出率の拡大が継続し、持続性の判断はできなかった。

謝辞:本研究は農林水産省委託プロジェクト研究「豪雨に対応するためのほ場の排水・保水機能活用手法の開発」(平成 27~31 年, 推進リーダー:北川巖)により行われたことを記し謝意を表す。

## 長南砂川排水トンネル建設工事における出水対策

西松建設株式会社 寺西 淳次 大谷 達彦

沖縄総合事務局 宮古伊良部農業水利事業所 (正)石原 正一、(非)鈴木 智也、○(正)大木 崇裕

### 1. はじめに

平成 21 年度から着工している国営かんがい排水事業「宮古伊良部地区」(受益面積 9,156ha、総事業費 523 億円)、以下「本事業」という。)では、農業経営の安定と所得向上に向けて地下ダム等の造成による農業用水の確保及び用水路等の農業水利の整備を行うとともに、地下ダム造成に伴う地下水位の上昇による湛水被害の未然防止に向けて高水排水対策(地下水排水対策・地表水排水対策)を進めているところである。本稿では、地表水排水対策である長南砂川排水トンネル建設工事において発生した大量出水とその対策について報告する。

### 2. 工事概要

長南砂川排水トンネルは地表水排水対策のためのトンネルであり、建設中の仲原地下ダム水源域と運用中の砂川地下ダム水源域を結ぶ、延長 1,230m の小断面水路トンネル(2r 標準馬蹄形 2r=3.10m 掘削断面積 13.9~15.0m<sup>2</sup>)である。本工事では、近年、山岳トンネル工事において NATM 工法が主流となる中で、経済性及び施工条件等を考慮した結果、施工件数が少なくなってきた矢板工法による施工を採用することとなった。

本トンネルの地山は基盤岩となる島尻層群泥岩(以下「泥岩」という。)とそれを覆うように分布する琉球層群琉球石灰岩(以下「琉球石灰岩」という。)で構成されている。図-1の地質縦断面図に示すとおり、トンネル掘削起点となる下流側坑口からは複雑に性状変化する琉球石灰岩層から泥岩との層境の掘削を進めることとなり、この透水係数の大きく異なる層境部の掘削における湧水の発生と水の影響による泥岩の劣化は施工上の課題の一つであった。

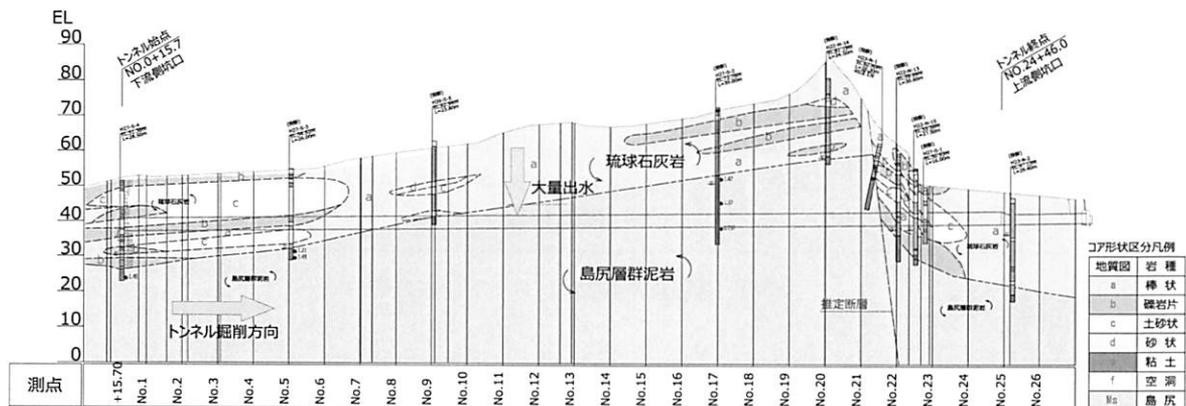


図-1 地質縦断面図

### 3. 大量湧水の発生

琉球石灰岩の区間は、透水性が高いため降雨の影響によりトンネル内に湧水が発生した。その後、泥岩との層境では泥岩が徐々に切羽の下方から出現してきたが、境界から 1.5m 程度は泥岩の風化が進み黄褐色に変色が見られた。層境には滴水程度の地下水が存在し、泥岩が泥濁化する状況が続いた。図-1の地質縦断面図とおり、測点 No. 7+20 付近でトンネル断面下方に出現した泥岩は起伏しながらも徐々に切羽内に占める割合を増やし、No. 8+45 付近でトンネル断面全面が泥岩となった。しかし、それ以降も層境が起伏して切羽天端に琉球石灰岩が繰り返し出現したが、No. 10+30 付近で黄褐色に変色した風化泥岩層を抜けて全面が新鮮色の泥岩となり、湧水量は減少

してきていた。ところがNo. 11+10において再び風化した泥岩が切羽天端に出現すると、風化泥岩は急傾斜で下がり、切羽の半分を占め、天端の風化泥岩が2m程抜け落ちて、泥岩層と琉球石灰岩層の間に大きな空洞が出現することとなった（写真-1）。

空洞は大きく、そのままでは掘削を進められない状況であったため、一旦空洞対策として高発泡ウレタンによる充填を行い、掘削を進めた。しかし、この層境の空洞内には地下水脈といえる水の流れがトンネル天端を横断方向に流れており、その後の台風に伴う大雨時に、切羽から大量出水が発生するにいたった（写真-2）。

#### 4. 出水対策

台風による大量出水により、トンネル掘削区間が水浸しとなり、水による劣化が著しい泥岩路盤は泥濘化を引き起こした。

出水対策は、本トンネルが小断面の矢板工法であるため、使用機械も材料も制限される中、大部分を人力による作業に頼りながらも、大胆に段取り替えを行い実施した。泥岩路盤区間の泥濘化対策として、全線の軌条設備を撤去した後、泥岩路盤のセメント改良とアンダードレーンの増設、仮設排水路を設置することとした（図-2）。また切羽への対策として切羽の手前から導水迂回坑を設置し、切羽の水の切り回しを行った（写真-3、4）。切羽で発生した湧水は琉球石灰岩と泥岩の境目、泥岩の表面を流れていたため、導水坑の掘削は層境の空洞に出るところまで実施し、その後に水脈を導水坑に導くことで、横坑の施工中に湧水を引き込む可能性を低く抑え、安全な施工を行うことにした。また、本トンネルが排水トンネルであること、湧水最大流量2t/min程度に対し本トンネルの計画流量が18.27t/sec（1,096t/min）と十分に上回る排水能力を有することもあり、完成時でも本坑内に水を引き込むこととした（写真-5）。

#### 5. おわりに

本稿では、本事業でも施工事例のない小断面の矢板工法における湧水発生時の対策や完成時の湧水処理方法の一例を紹介した。湧水量や施工条件により対策方法は異なると考えるが今回の施工方法が類似事例の施工の一助となれば幸いである。

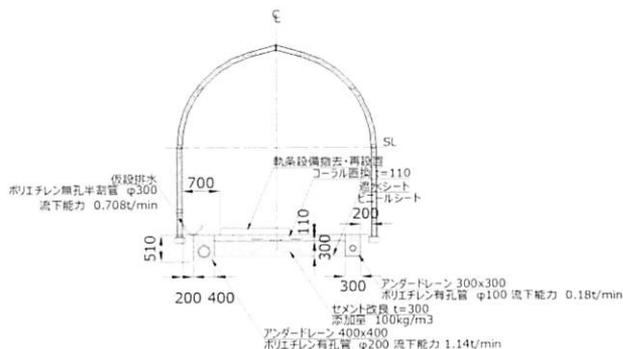


図-2 路盤泥濘化対策・湧水対策

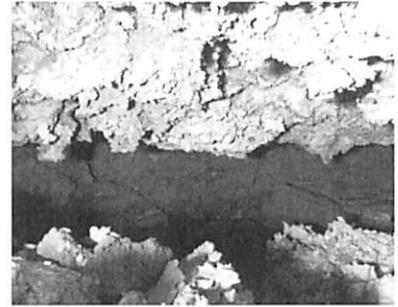


写真-1 空洞発生状況



写真-2 大量出水状況

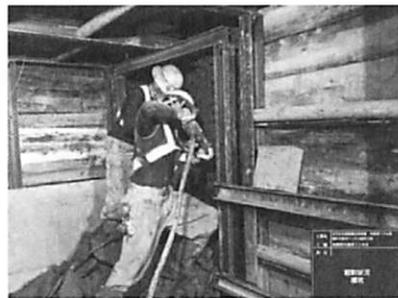


写真-3 導水迂回坑掘削状況

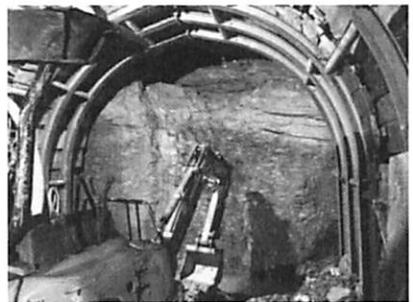


写真-4 導水完了

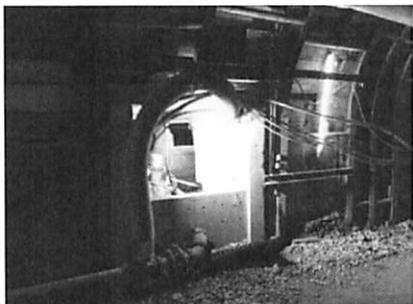


写真-5 導水迂回坑完成

## 粟野名頭首工の改修について

宮崎県東臼杵農林振興局 ○(正)横山雅敏, (非)水城佳将, (非)田中哲史  
宮崎県中部農林振興局 (非)長岡友里

### 1. はじめに

粟野名<sup>あわのみよう</sup>頭首工は、宮崎県延岡市に位置し、1級河川五ヶ瀬川水系<sup>ほうりがわ</sup>祝子川に設置された頭首工で、左岸側から農業用水を、右岸側からは工業用水が取水されている。

現在の頭首工は、昭和2年にコンクリート固定堰(L=176m)として築造され、一部は昭和61年に河川改修工事に伴い改修されたが、大部分は、築造後約90年が経過しているため、堤体からの漏水等も見られるなど、老朽化が著しく構造物として不安定な状態にあり、河川管理者からの改修要請を受けて、平成28年度に事業採択され、その後の実施設計を経て、平成30年度に河川協議が整い、ようやく工事着工の運びとなった。

本報では、事業採択から地元関係機関との各種協議・調整、工事着工までの経緯について紹介する。

### 2. 農業用河川工作物<sup>あわのみよう</sup>応急対策事業粟野名地区について

#### (1) 事業概要について

粟野名地区は、粟野名頭首工(L=176m)のうち、今回、未改修部分であったL=136mが農業用河川工作物<sup>あわのみよう</sup>応急対策事業として採択となった。地区概要については以下のとおりである。

- 1) 地区名: 粟野名地区
- 2) 関係市町村: 延岡市
- 3) 受益面積: 167.4ha
- 4) 受益戸数: 386戸
- 5) 管理主体: 延岡市土地改良区
- 6) 改修施設概要: 頭首工 L=136m コンクリート固定堰 B=76.5m 転倒堰 20m × 2連 土砂吐1箇所 魚道1箇所
- 7) 採択年度: 平成28年度
- 8) 総事業費: 13億5千万円
- 9) 負担割合: 農業負担 56.74% 工業負担 43.26%
- 10) その他: 粟野名頭首工は、右岸側から(株)旭化成が工業用水を、左岸側から延岡市土地改良区が農業用水を取水しており、旭化成と延岡市土地改良区の共用施設である。

このため、両方で改修事業費を負担することとし、負担割合は、年間総使用水量の割合と最大取水量の割合の平均で算出した。

	年間総使用水量		最大取水量		平均
	水量 (m <sup>3</sup> )	割合	水量 (m <sup>3</sup> )	割合	
農業用水	15,332,000	40.64%	1.904	72.84%	56.74%
工業用水	22,390,560	59.36%	0.710	27.16%	43.26%
計	37,722,560	100.00%	2.614	100.00%	100.00%

#### (2) 河川協議について

河川協議については、事業採択前の平成24年度から河川管理者との事前協議に着手し、平成28年度に事業採択を受け、本格的に河川協議を開始した。

農業水利権については、慣行水利権であったが、事業採択前の事前協議の中で許可水利権への切り替えを求められた。

水利権の許可切り替えに伴い取水量報告が新たに求められ、土地改良区としては新たな負担となるが、施設改修のためにはやむを得ないと判断した。

河川協議については、最大取水量が 1.904 m<sup>3</sup>/S であることから、特定水利使用となり、1 級河川指定区間であるので、九州地方整備局と協議を行った。

	代かき期	普通かんがい期
期間	5/25～6/8	6/9～10/10
最大取水量 (m <sup>3</sup> /S)	1.904	1.487
かんがい面積 (h a)	167.4	

協議に際しては、利水者である(株)旭化成との調整はもちろんのこと、頭首工上流にある祝子ダム(県管理)との協議、漁業権のある祝子川漁協との調整など各種協議を行った。

今回、農業用水の水利権申請については、施設の管理者であり、農業用水の利用者である土地改良区が申請を行い、事業主体である県及び地元延岡市が支援・協力を行った。

その結果、河川法 23、24、26 条申請を九州地方整備局へ行い、平成 30 年 10 月に許可となった。

### (3)内水面漁協との協議について

栗野名頭首工が設置されている祝子川には祝子川漁協の漁業権が設定されていることから、設計に際しては、漁協と協議を重ね、漁協の意向を反映させたものとした。

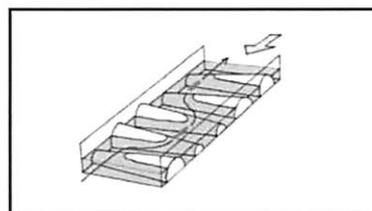


図-1 ハーフコーン型イメージ

特に、魚道の設計においては、生息する魚種に配慮した設計を行った。

また、漁協との協議の中で、特に代表魚種である「鮎」の生態に配慮した工事施工となり、工事に反映していくこととした。

- ・魚道と土砂吐の位置関係を見直し、L字型から直線型に変更
- ・魚道のタイプは、これまでの階段式からハーフコーン型(図-1)に変更
- ・鮎の遡上が始まる3月からの工事を極力避ける

### (4)工事実施について

工事着工初年度は、水利権許可の時期を見極めつつ、発注準備を行い、これまで協議を重ねてきた漁協と工事着工の最終合意を得た後に現地着工するという手順で進め、鮎の遡上等にも極力影響しないよう、岸から最遠部である河川中央部から着手することとした。

工事施工は、河川内工事で限られた施工期間で効果的な施工を行うため、打ち継ぎ目処理にも配慮した結果、連続する2ブロック施工ではなく1ブロックを挟んだ2ブロックの施工とした。工事施工についての詳細については、今後の第2報以降で紹介することとしたい。

## 3. おわりに

今回の事例は、河川協議や漁協との事前調整に相当の期間を要し、工事も河川工事であり、施工期間が極めて限定される工事の紹介である。

農業農村整備事業は、その大部分が受益者は農家であるが、今回は、施設が農業用水と工業用水の取水に利用されていることから、施設が被災すると農家はもちろんのこと、他にも被害を与える危険性がある。このため、限られた工事期間で効率的な工事実施を実現するために、現地施工を踏まえ、現場と机上でのシミュレーションを重ねながら、工事を進めて行くこととしている。

今回は、工事着工初年度に至るまでに苦勞したことの紹介であったが、この事例紹介が、今後の河川工事の参考事例となることを切望したい。



# オーラルセッション

## 第3会場

土壌物理, 土質力学, 応用力学,  
材料・施工, 農村計画

## 某製紙工場にて発生する石炭灰を用いたジオポリマーの開発

○佐賀大学名誉教授 甲本達也

### 1. はじめに

ジオポリマーとは、セメントを用いなくて、火力発電所から産出される石炭灰や製鉄所やごみ処理溶融炉から産出されるスラグにケイ酸ソーダや苛性ソーダ (NaOH) などのアルカリ溶液を混合し、アルミノシリカ反応 (ジオポリマー反応<sup>1)</sup>) により作成されるコンクリート状の固化物をいう。

ジオポリマーはセメントコンクリートに比べて CO<sub>2</sub> を排出せず、圧縮強さや引っ張り強さが大きく、透水性が低い、耐酸性や耐熱性を有する、等の特徴を有している、と言われている。近年、CO<sub>2</sub> 削減や資源の有効利用に資する観点からセメントの代替物としての利用が注目されているものである。

本研究は、製紙工場において発生する石炭灰 (Flyash-PM と称す) の資源化の一貫としてジオポリマーの開発を行ったものである。

### 2. ジオポリマー供試体の作成

#### 2.1 Flyash-P の化学組成

Flyash-PM の化学組成を表-1 に示す。表-1 には比較のため荅北発電所 (熊本県) および苅田発電所 (福岡県) 産の石炭灰 (それぞれ Reihoku, Karita と称す) の化学組成も示している。表によれば、いずれの試料も主要化学成分は SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、CaO、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の 4 種類であり、Flyash-PM の化学成分は Reihoku と Karita のほぼ中間である。なお、表-1 にはジオポリマー供試体作成上の化学的指標となる係数

Cas (=SiO<sub>2</sub>+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) およびジオ

ポリマー供試体の圧縮強さを化学的に評価する指標となる係数 CaO/C<sub>as</sub> をも示している。

#### 2.2 ジオポリマー供試体の作成

一般にジオポリマーの圧縮強度 q<sub>u</sub> は石炭灰やスラグの種類によらず次式のように表される<sup>2)</sup>。

表-1 flyash-p, Reihoku および Karita の化学組成

化学組成 (%)	Flyash-PM (%)	Reihoku (%)	Karita (%)
SiO <sub>2</sub>	43.8	55.5	38.8
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20.5	21.8	24.3
CaO	8.3	7.2	19.5
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.9	8.3	1.6
MgO	1.7	1.1	0.5
SO <sub>3</sub>	1.4	0.9	6.6
C	12.3	0.0	0.0
others	2.7	3.4	2.4
C <sub>as</sub> (%)	64.3	41.8	56.8
CaO/C <sub>as</sub>	0.13	0.79	0.29

$$q_u = f(\eta, w) \dots \dots \dots (1)$$

ここで、 $\eta = \text{NaOH 溶液重量} / \text{ケイ酸ソーダ溶液重量}$ 、 $w = (\text{NaOH 溶液重量} + \text{ケイ酸ソーダ溶液重量}) / \text{石炭灰または焼却灰の重量}$

本研究では、アルカリ溶液として高反応が期待される市販の、48%NaOH(18mol/L)とケイ酸ソーダ3号溶液( $\text{Na}_2 \cdot n\text{SiO}_2, n=3.2$ )を用いた。

いま、(1)式において、最大圧縮強さ  $q_{\text{umax}}$  を与えるときの  $w$  の値を  $w_{\text{opt}}$ 、 $\eta$  の値を  $\eta_{\text{opt}}$  とすると、Koumoto(2019)によれば、 $w_{\text{opt}}=0.4$  と一定であり、 $\eta_{\text{opt}}$  は  $C_{\text{as}}$  と相関良く次式で表される。

$$\eta_{\text{opt}} = 0.0157C_{\text{as}} - 0.414 \quad \dots \dots \dots (2)$$

Flyash-PM の場合、表-1 の  $C_{\text{as}}$  の値と(2)式より、 $\eta_{\text{opt}}=0.6$  となるのでこの値を中心に種々の  $\eta$  の値について供試体を作成した。供試体作成に際しては、 $w=0.4$  を採用した。ジオポリマー作成容器は直径  $\phi=50\text{mm}$ 、高さ  $H=100\text{mm}$ 、体積  $V=196349.5\text{mm}^3$  である。供試体は作成後約 24 時間経過後脱型し室温にて 28 日間養生した。

### 3. ジオポリマー供試体の圧縮試験結果および考察

28 日間養生したジオポリマー供試体を佐賀県建設技術支援機構材料試験センターに依頼してコンクリート圧縮試験機(写真-1)にて試験に供した。

#### 3.1 圧縮強さ $q_u$ と $\eta$ の関係

図-1 は Flyash-PM 供試体の  $q_u$  と  $\eta$  の関係を示したものである。

図には Reihoku および Karita の場合のデータをも示している。図によれば、Flyash-PM の  $q_u \sim \eta$  関係は Reihoku や Karita の場合と同様にピークを持つ曲線となり、ある  $\eta$  の値で最大値  $q_{\text{umax}}$  を示す。

図-1 より得られる  $q_{\text{umax}}$  と  $\eta_{\text{opt}}$  の値を表-2 に示す。表-2 にはジオポリマー供試体の圧縮試験時の密度  $\rho_t$  も示している。(佐賀県建設技術支援機構材料試験センター)

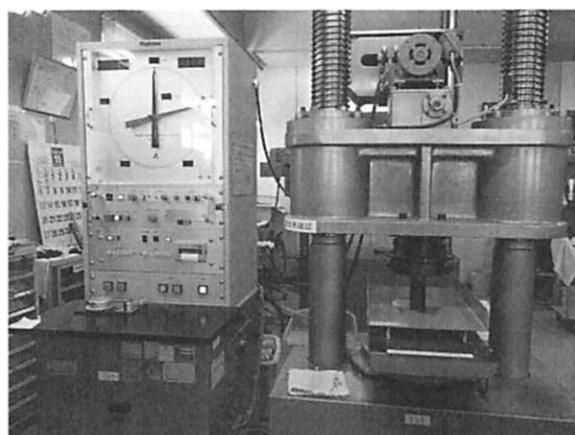


写真-1 コンクリート圧縮試験機

#### 3.2 $\eta_{\text{opt}}$ と $C_{\text{as}}$ の関係

図-2 は表-2 よりの  $\eta_{\text{opt}}$  と  $C_{\text{as}}$  との関係を示したものである。図には比較のため苓北灰および荊田灰についてのデータを示している。また、●印は koumoto<sup>2)</sup> のデータを示したものである。本試験により得られた  $\eta_{\text{opt}} \sim C_{\text{as}}$  関係は(2)式と概ね合っていると見える。

#### 3.3 $q_{\text{umax}}$ と $\text{CaO}/C_{\text{as}}$ の関係

図-3 は表-2 よりの  $q_{\text{umax}}$  と  $\text{CaO}/C_{\text{as}}$  の関係を示したものである。図中の●印は Koumoto<sup>2)</sup> のデータをプロットしたものである。

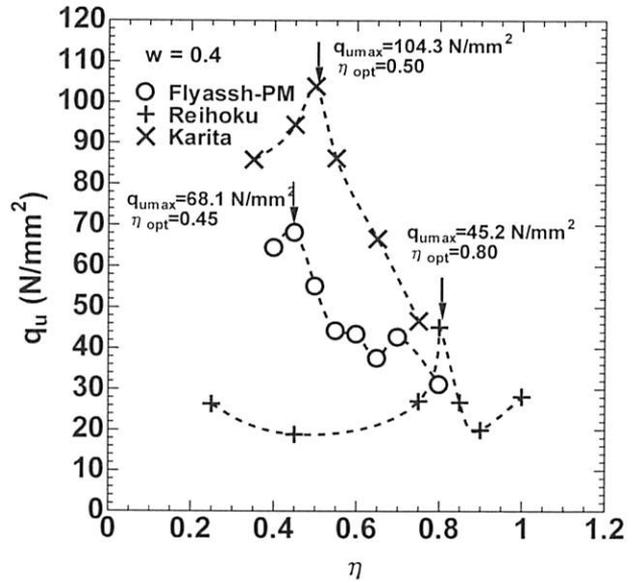
図一3より Flyash-PM の場合  $q_{u\max}$  は Reihoku と Karita の値の中間に位置している。

### 3.4 $\rho_t$ と $CaO/C_{as}$ との関係

図一4は圧縮試験時のジオポリマー供試体の密度  $\rho_t$  と  $CaO/C_{as}$  との関係を示したものである。図中の●印は Koumoto<sup>2)</sup> のデータを示したものである。図より Flyash-PM の場合は  $\rho_t \sim CaO/C_{as}$  関係はよく次式で関係づけられる。

$$\rho_t = 2211.1 + 145.5 \ln(CaO/C_{as})$$

$$(r=0.916) \dots \dots \dots (3)$$



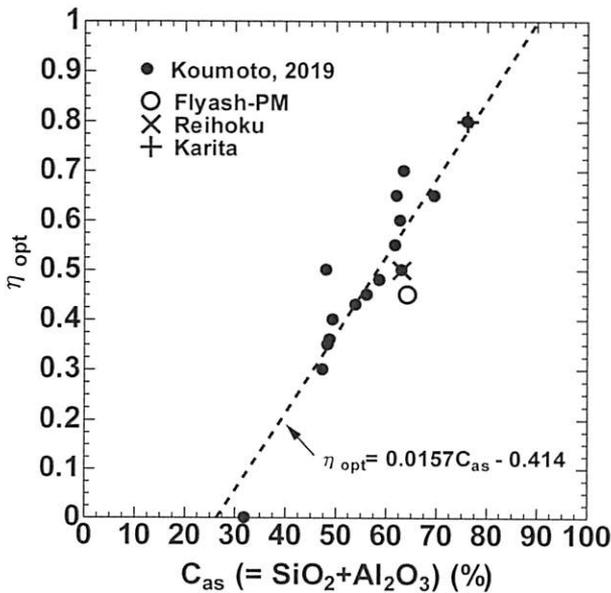
図一1  $q_u$  と  $\eta$  の関係

表一2 圧縮試験結果

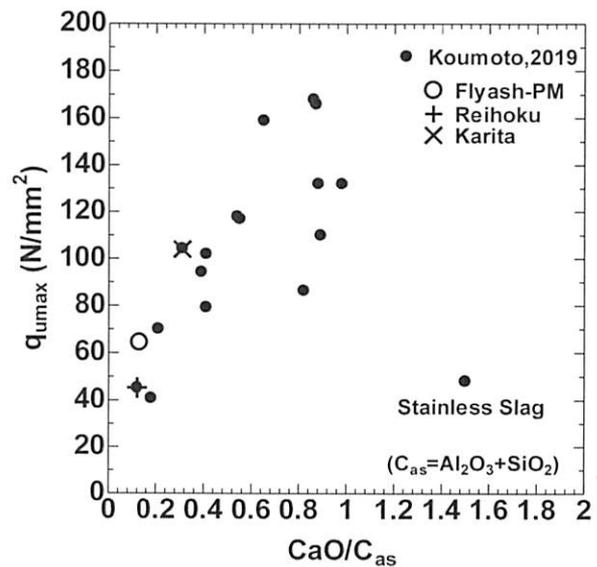
圧縮試験結果	Flyash-PM	Reihoku	Karita
$q_{u\max}$ (N/mm <sup>2</sup> )	68.1	45.2	104.3
$w_{opt}$	0.40	0.40	0.40
$\eta_{opt}$	0.45	0.80	0.50
$\rho_t$ (kg/m <sup>3</sup> )	1872	1868	1985

### 3.5 $q_{u\max}$ と $\rho_t$ との関係

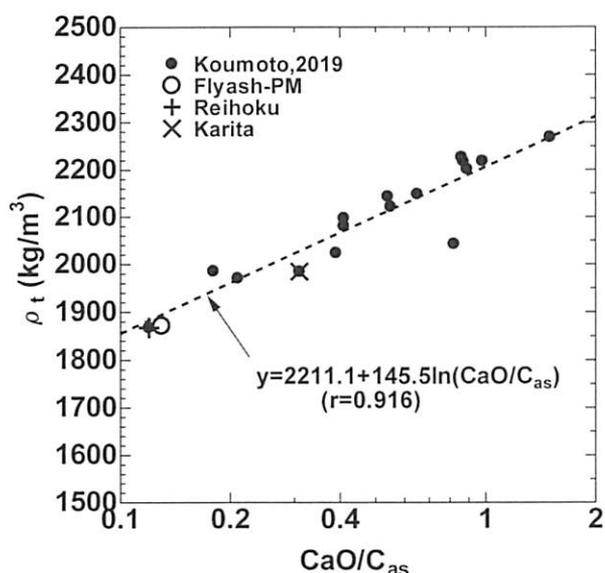
図一5は  $q_{u\max}$  と  $\rho_t$  との関係を示したものである。Flyash-PM の場合 Reihoku と Karita の中間に位置している。



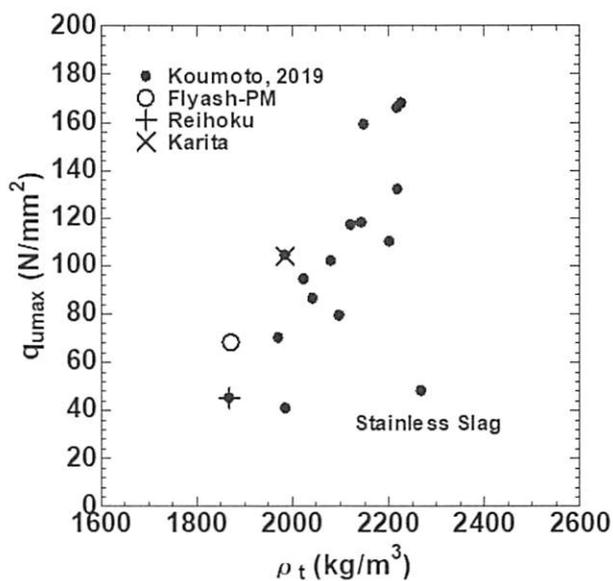
図一2  $\eta_{opt}$  と  $C_{as}$  との関係



図一3  $q_{u\max}$  と  $CaO/C_{as}$  との関係



図一4  $\rho_t$  と  $\text{CaO}/C_{as}$  との関係



図一5  $q_{umax}$  と  $\rho_t$  との関係

#### 4. まとめ

Flyash-PM を用いて作成したジオポリマーの圧縮強さや密度特性は Reihoku や Karita といった電力灰を用いて作成したジオポリマーと同様であった。このことから Flyash-PM の化学組成を考慮すると効率よくジオポリマー化できることが明らかとなった。

#### 参考文献

- 1) Davidovits, J. : Geopolymers, Journal of Thermal analysis, Vol.37, pp.1633-1656, 1991.
- 2) Koumoto, T. : Production of High Compressive Strength Geopolymer Considering Fly Ash or Slag Chemical Composition, J. Mater. Civ. Eng., 31(8), ASCE, 2019.

## 3-2

### ナトリウム系含浸材を用いた新たな表面被覆工法の長期耐久性の評価

西日本コンサルタント株式会社 ○(正)石川秀之  
株式会社アストン (非)山本昌宏、株式会社総合開発 (非)高橋慶吉  
高知大学教育研究部自然科学系 (正)佐藤周之

#### 1. はじめに

老朽化したコンクリート構造物に対して、耐久性や安全性、使用性といった要求性能を所定の水準以上に保つため、補修・補強など対策工法を選定する必要がある。補修・補強について様々な課題がある中、補修工法として新たに開発された表面被覆工法の耐久性の回復や工期の短縮といった現場適用性の向上が、現在の課題の一つである。

本研究では、補修工法として新たに開発された表面被覆工法の長期耐久性を明らかにすることを目的として、現在も進んでいる含浸材を利用した新工法の長期実証試験の結果を報告する。

#### 2. 実証試験の概要

##### 2.1 実験の目的

長期耐久性の評価では、農業農村整備事業の現場適用性に注目した新技術開発を進めている。長期耐久性評価試験として、新潟県長岡市と栃木県那須塩原市の凍害を受ける厳しい自然条件下で、施工条件として多湿な環境下にある既設 RC 開水路の 2 か所を対象に、速硬型ポリマーセメントモルタル(以下、速硬型 PCM とする)とナトリウム系含浸材(以下、含浸材とする)を用いた実証試験を行っている。とくに施工時の気象条件等による不具合の有無や表面の緻密化を確認する、という位置づけである。

##### 2.2 対象地の概要

試験現場である新潟県長岡市の水路は、平成 3 年に施工され RC 構造の水路である。施工部位は両壁面と底版である。現場周辺の環境は寒冷地であり水路内の流水を断水することが可能である。栃木県那須塩原市の水路は、昭和 52 年に竣工され RC 構造の水路である。施工部位は両壁面(ハンチから上部)である。現場周辺の環境は、寒冷地で水路内は断水ができない減水状態である。

##### 2.3 速硬型 PCM の概要

速硬型 PCM は、構成材料が多岐にわたるが、基本的に速硬セメントや粉末樹脂(今回はアクリル系を使用)、細骨材、繊維、特殊混和材から構成されている。強度発現が良好で施工性も改良してある場合が多く、繊維を含んでいるためひび割れや剥離に対して有効とされ、施工時・施工後の気象条件に起因する不具合を低減する特徴を有している。

##### 2.4 含浸材の概要

表面含浸材は、建設材料の中では比較的新しい材料であり、現在も様々な研究が進められている<sup>1)</sup>。今回使用するナトリウム系含浸材は、建築分野では防水機能を目的としており、コンクリートの微細なひび割れを充填し、透水抑制効果を発揮する。空隙の大きいひび割れでも抑制効果は発揮されるが、完全に収束されることはない事例も報告されている<sup>2)</sup>。つまり、ひび割れ充填効果には限界がある、と理解すべきであるが、その適用限界は明確ではない。

##### 2.5 補修工法の概要

まず、既設 RC 開水路に対して超高压洗浄機で汚れやコケを除去した。次に、含浸材を噴霧し散水養生を行い、既設面の表層部の緻密化を図った。その後速硬型 PCM を不陸調整+3mm の厚さでコテ塗り

を行い、躯体実淳状態を維持し接着力を高めるため、コテ押さえを十分に行った。最後に、速硬型 PCM の表層を緻密化することを目的とした、含浸材の噴霧と散水養生を行った。

### 3. 調査方法

調査方法は、目視試験による壁面の浮きや変状の確認。打音法による浮きの確認。表層透気試験による躯体の評価を行った。それをもとに過去のデータと比較し評価を行った。

### 4. 結果と考察

#### 4.1 目視試験によるひび割れや変状

○新潟県長岡市：ひび割れや変状は確認できなかった。

○栃木県那須塩原市：1年目の追跡調査時には0.2mmのひび割れ幅が確認できたが、2年目ではひび割れや変状は確認できなかった。これは含浸材の効果が十分に発揮され塞がれたためと考えられる。

#### 4.2 打音法による浮き

○新潟県長岡市：浮き個所は確認できなかった。

○栃木県那須塩原市：浮き個所は確認できなかった。

#### 4.3 表層透気試験

○新潟県長岡市

新潟県長岡市の表層透気試験の結果を図.1に示す。調査時は、底版に水が残存し測定が不可能であった。左側壁面で値が大きく増加した結果となったが、現状ではどちらのデータがどのような意味を持つのか判断できない。しかし、施工前は表層の不陸が多く、表層透気試験の測定が不能であったものが、補修後1年目2年目とも0.001~0.01kt( $\times 10^{-16}m^2$ )の範囲に収まり、良好な数値となった。

○栃木県那須塩原市

栃木県那須塩原市の表層透気試験の結果を図.2に示す。左側壁面では0.01kt( $\times 10^{-16}m^2$ )と良好な結果となったが、右側壁面が0.05kt( $\times 10^{-16}m^2$ )と値が急増している結果となったため、今後も調査を行い経過の観察を行っていく必要がある。しかし、施工前は測定不能だったものが、1年目と2年目も良好な結果を得ることができた。

#### まとめ

今回の2か所を対象とした複合工法による長期耐久性評価試験は、目視および打音法では異常は確認されなかった。栃木県那須塩原市では1年目にあったひび割れが確認されなかったため、含浸材が効果を発揮したことが確認できた。表層透気試験では、補修前は全体的に不陸が大きく測定不能であった水路躯体が、補修後は表面遮水性が大きく向上し、2年経過後も持続していることが確認できた。ただし、二現場とも透気係数が両岸で異なる値を示したため、今後もこの原因を分析していく予定である。

#### 参考文献

- 1) 野中ら(2015)表面含浸材を塗布したコンクリートの透気性と中性化に関する検討. 日本建築仕上学会, 大会学術講演会研究発表論文集, pp131-134
- 2) 山本ら(2011)けい酸塩系表面含浸材による微細ひび割れの透水防水性に関する検討. コンクリート構造物の補修, 補強, アップグレード論文報告集第11巻 pp349-345

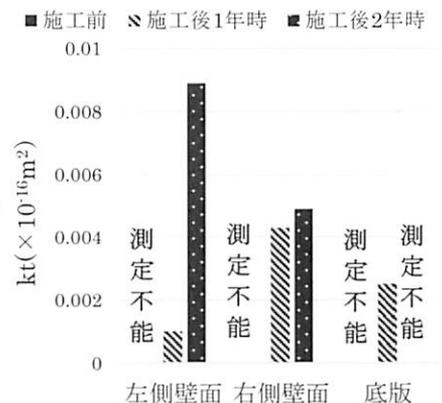


図1.表層透気試験(新潟県長岡市)

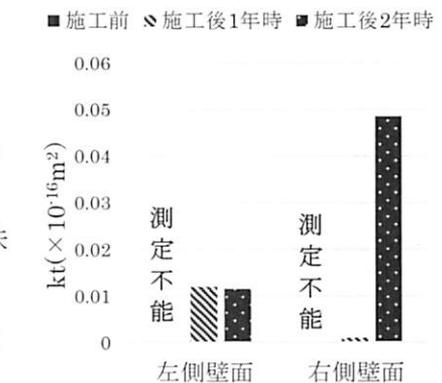


図2.表層透気試験(栃木県那須塩原市)

## 鋼橋の長寿命化対策(塗装塗替工事)

熊毛支庁屋久島事務所農林普及課 ○(非)佐古陽子, (正)瀬戸口 洋一

### 1. はじめに

本報告では、「農道保全計画(橋梁)」に基づき保全対策工事を実施した「松峯大橋」について、設計から工事までの一連の流れに沿いながら、塗装塗替工事の具体的内容について述べる。

### 2. 松峯大橋の現状

「松峯大橋」は、熊毛郡屋久島町安房地内の山間部に位置し、二級河川安房川を渡河する橋梁である。昭和 62 年(1987 年)に架設され、橋長 145.0m、アーチ支間 108.0m の鋼上路式逆ローゼ橋である。供用開始から 30 年以上が経過し、鋼部材の腐食や防食機能の劣化等の老朽化が進行している。橋梁補修により長寿命化を図るとともに、建設当時の機能を回復させ、地域住民や通行車両の安全性を確保する。

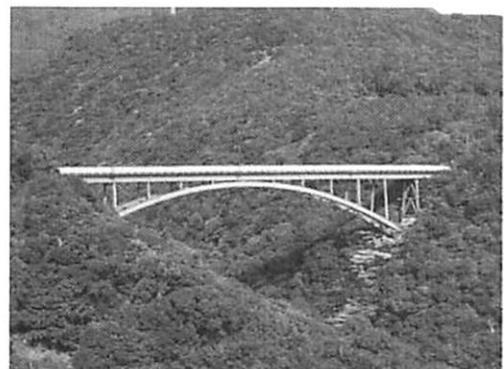


写真-1 松峯大橋全景

### 3. 詳細設計

補修工事の詳細設計では、外観変状調査と詳細品質調査を基に、詳細な補修工法を選定するとともに、施工計画の作成、概算工事費の算定を行った。

調査の結果より、本橋の変状原因は「水」、「経年劣化」によるものと推定し、補修工法を選定した。(図-1)

塗装塗替工は、全体的な腐食や防食機能の劣化等が確認されたことや景観および美観上の配慮を考慮して、「全面塗替え」を選定した。また、工事上制約がなく、プラスト処理は可能と判断し、「重防食塗装系 Rc-I 系」を選定した。

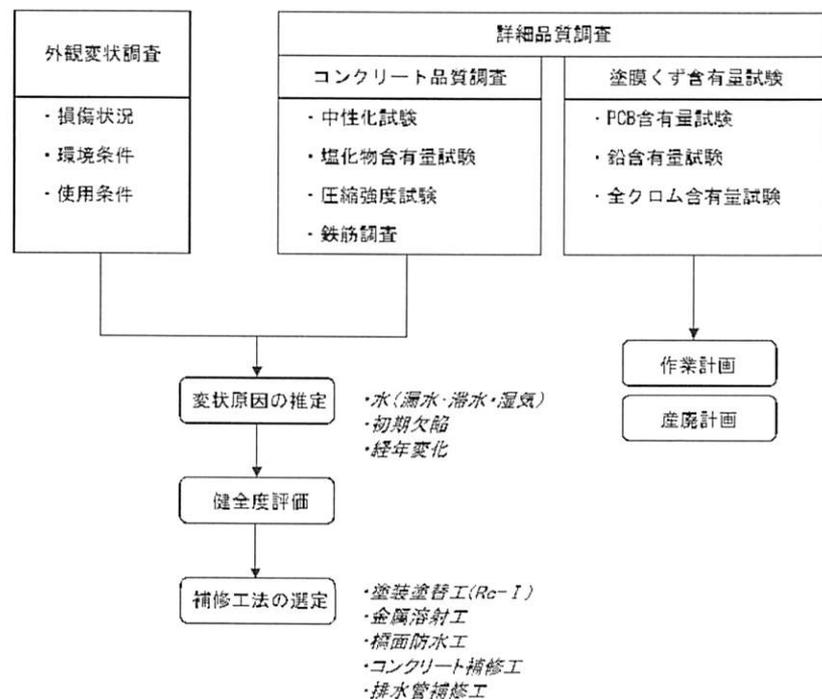


図-1 詳細設計のフロー

支承については鋼製支承であり、腐食状況が他部材よりも深刻であったため、支承部の防食についてはその重要性から、耐久性に優れている「金属溶射(常温金属溶射システム MS 工法)」(NETIS:TH-030026-V)を選定した。

4. 塗装塗替工

(1) 仮設足場工

仮設足場は、補綱桁・アーチリブ部は朝顔を併用した吊足場、支柱部は単管足場とし、作業による粉塵飛散防止のため、防護工を設置した。

着工前に構造計算を行い、風や載荷でできる最大重量を把握した。また、高さ 10m 以上で設置期間 60 日を超えるため労働基準監督署への届出を行った。

(2) 着工前調査

一般に、旧塗膜上の  $50\text{mg}/\text{m}^2$  以上の塩分が付着していると塗装後早期に塗膜欠陥を生じやすい。このため、ガーゼ拭き取り法により旧塗膜の塩分量が  $50\text{mg}/\text{m}^2$  以下であることを確認するとともに、目視により塗膜の腐食状況のグレード判定を行った。

(3) 面取加工

部材の角部は一般部に比べて塗膜厚の確保が困難であり、腐食が進行している箇所があった。このため、主要部材の下フランジ部に半径  $2R$  以上 ( $R=2\text{m}$ ) の面取り加工を行った。(図-3)

(4) 素地調整工

素地調整程度 1 種は、ブラスト法によりさび、旧塗膜を全て除去し鋼材面を露出させる。除錆度が ISO Sa21/2 程度(拡大鏡なしで、表面には目に見えるミルスケール、さび、塗膜、異物、目に見える油、グリースおよび泥土がない。残存するすべての汚れは、その痕跡が斑点またはすじ状のわずかな染みだけとなって認められる程度である。)となるよう、標準写真と目視にて対比し確認した。

素地調整により発生したケレンかすは、手作業またはバキュームにより大型土嚢袋等へ回収し、仮置場へ搬出した。また、ケレンかすは産業廃棄物の種類としては「汚泥」

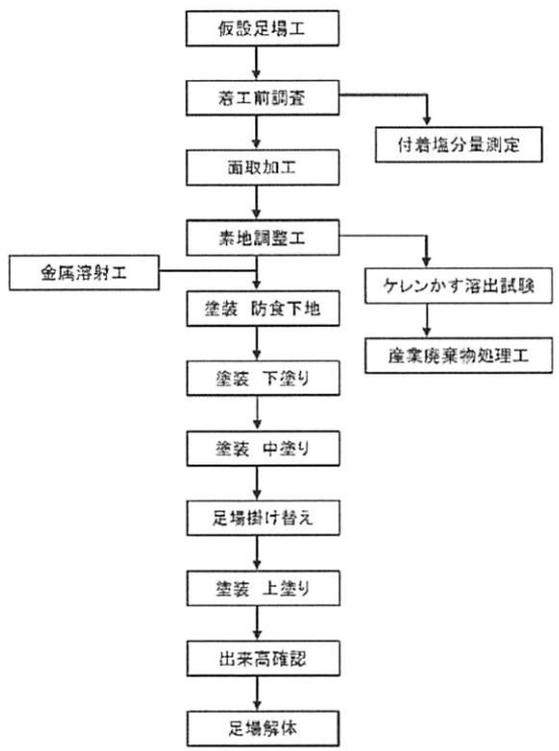


図-2 工事施工フロー

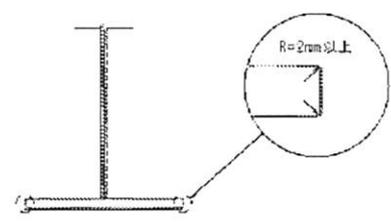


図-3 部材角部面取り加工図



写真-2 ケレンかす回収状況

に該当し、県内の管理型最終処分場への搬出するため、溶出試験により受け入れ基準に適合するか判断した。その結果、「鉛又はその化合物」の分析値が判定基準を大きく上回ったことから、当初の予定を変更し県外の特別管理型処分場へ搬出し、コンクリート固型化により処分した。

### (5) 金属溶射工

常温金属溶射システム(MS 工法)は、亜鉛とアルミニウムを常温で同時に溶射することで防錆皮膜を形成する防食工法であり、この防錆皮膜が水を遮断するとともに電気化学的防食作用により、長期にわたる高い防錆防食機能を発揮する。

素地調整後にエポキシ樹脂系粗面形成材を塗布し、皮膜の密着性を上げるための粗面化形成を行う。次に金属を溶射し、24 時間以内に専用のシーラーにて封孔処理を行った後、2 時間以上の間隔を空け乾燥状態を確認して上塗材を塗布する。作業は、施工資格を有する技術者が行った。

### (6) 塗装工

塗装仕様を表-1 に示す。塗装は、スプレー塗装により実施し、ボルト回りなどの細部については刷毛塗りとした。

防食下地は、金属溶射と同様、亜鉛などの犠牲防食作用によって鋼材の腐食を防ぐ重要な役割も持つ。そのため、素地調整後 4 時間以内に防食下地を塗布することが、塗装

塗装工程	塗料名	使用量 (g/m <sup>2</sup> )	塗装間隔
素地調整			4時間以内
防食下地	有機ジンクリッチペイント	600	1日～16日
下塗	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗	240	1日～16日
下塗	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗	240	1日～16日
中塗	弱溶剤形ふっ素樹脂塗料中塗	170	1日～16日
上塗	弱溶剤形ふっ素樹脂塗料上塗	140	1日～16日

表-1 Rc-1 塗装系(スプレー)塗装仕様

塗装全体の品質を左右する。本工事では、午前中に素地調整を実施した範囲について、午後に防食下地を施工するといった手順で日々の作業を進めた。

天候等の条件により 4 時間以内に防食下地が施工できなかった場合は、再度素地調整をやり直した。また、防食下地を塗布する前に、ケレンかすが塗布面に残存しないよう予め清掃を行うなどして、防食下地の塗装性能を高めた。

足場キャッチクランプの塗装は、中塗が終了した時点で足場の掛け替えを行い、刷毛塗りにより未塗装部分の塗装をする。ケレン専用電動工具により、素地調整～上塗までを行い、掛け替えたクランプ部分の上塗は足場解体時行う。

塗装色については、旧塗膜の塗装色と同色となるように色見本と目視により対比して事前に指定した。

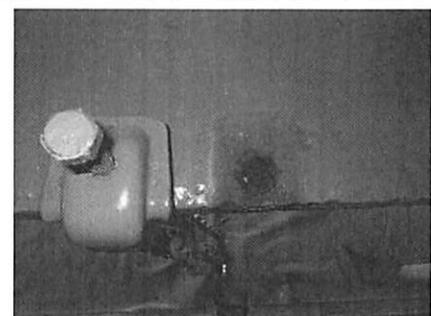


写真-3 クランプ掛け替え箇所

### (7) 施工管理

出来高管理は、土木工事施工管理基準に基づき実施した。1 ロット(200m<sup>2</sup>～500m<sup>2</sup>)当たり 25 点について各層の塗膜厚を測定する。管理基準値は、表-2 のとおり。

管理項目	管理基準値
標準偏差 $S$	$\leq$ 目標膜厚 $\times 20\%$
平均値 $\bar{x}$	$\geq$ 目標膜厚 $\times 90\%$
最小値 $x_i$	$\geq$ 目標膜厚 $\times 70\%$

表-2 塗膜厚管理基準値

塗膜厚の管理は、ウェット状態の塗膜厚をウェット

ゲージにて管理することにより、乾燥状態の塗膜厚に対する目安とした。乾燥状態の塗膜厚は電磁膜厚計により測定した。本工事での管理値を表-3に示す。

品質管理としては、塗装の禁止条件として気温 5℃以下、湿度 85%以上と定められているため、作業時の温湿度管理を行った。

塗装工程	目標膜厚	管理項目	ロッド1	ロッド2	ロッド3	ロッド4	ロッド5	管理基準値
防食下地	75 $\mu$ m	S	5.0	6.4	6.6	4.9	6.0	$\leq 15.0\mu$ m
		$\bar{X}$	99.1	99.3	95.2	93.5	94.8	$\geq 67.5\mu$ m
		Xi	89.0	85.4	85.6	83.0	87.0	$\geq 52.5\mu$ m
下塗1層目	60 $\mu$ m	S	6.4	4.9	9.5	9.7	10.1	$\leq 12.0\mu$ m
		$\bar{X}$	75.5	74.1	85.8	84.6	87.8	$\geq 54.0\mu$ m
		Xi	66.4	66.8	69.8	64.8	70.2	$\geq 42.0\mu$ m
下塗2層目	60 $\mu$ m	S	11.4	9.0	9.9	10.1	10.2	$\leq 12.0\mu$ m
		$\bar{X}$	83.2	83.3	85.6	84.0	88.4	$\geq 54.0\mu$ m
		Xi	66.2	65.8	65.4	66.4	71.0	$\geq 42.0\mu$ m
中塗	30 $\mu$ m	S	6.0	5.3	5.2	5.9	5.2	$\leq 6.0\mu$ m
		$\bar{X}$	46.3	44.1	47.5	47.3	46.4	$\geq 27.0\mu$ m
		Xi	36.4	35.4	38.0	34.8	34.0	$\geq 21.0\mu$ m
上塗	25 $\mu$ m	S	3.1	3.7	4.6	4.9	4.9	$\leq 5.0\mu$ m
		$\bar{X}$	36.0	36.5	38.9	39.7	38.9	$\geq 22.5\mu$ m
		Xi	31.2	30.6	30.2	32.6	29.2	$\geq 17.5\mu$ m

表-3 塗膜厚施工管理値(30-2工区)

#### (8) 安全管理

作業員は、粉塵マスクやゴーグル等の防護服、高所作業であるためフルハーネス型安全帯を着用した。

また、気象情報の把握に努め、最大風速 10m/秒、24 時間雨量が 50mm または 1 時間雨量が 25mm に達した場合は、作業を中止した。

塗料の保管については、消防法で規定されている保管数量を超えないよう管理するとともに、消火器を設置した。



写真-4 フルハーネス着用状況

#### 5. おわりに

本地区は降雨の多い場所であるため、工期の延長について当初より懸念された上、ケレンかすの処分方法の変更にかかる検討に時間を要した。それにも関わらず当初の工期より 2 ヶ月程度早く工事が完了したことは、受注業者の尽力に他ならない。

今後もストックマネジメントによる橋梁補修工事が増加していく中で、鋼橋の防食技術も日々改良されている。本報告が今後実施される鋼橋補修工事の参考になれば幸いである。

#### 参考文献

- 1) 鋼道路橋防食便覧 平成 26 年 3 月 公益社団法人 日本道路協会
- 2) 土木工事施工管理基準 平成 28 年 1 月 鹿児島県 土木部
- 3) 平成 28 年度農地整備事業(通作・保全)屋久島地区委託 28-1 業務報告書

## 3-4

ステンレス製鋼スラグとフライアッシュを混合したジオポリマー硬化体の圧縮強度特性

佐賀大学全学教育機構 ○(正)近藤文義

佐賀大学農学部 (非)溝田浩太郎 (非)長尾千尋

**1. はじめに** 近年、セメント系材料の代替となり得る新しいリサイクル材料として盛んに研究が行われ、実用化が期待されているジオポリマーのベースとなるフィラー材料は石炭火力発電所から排出されるフライアッシュ（微細石炭灰）である。これまで、フライアッシュをジオポリマーのフィラー材料とした研究は多数行われている（例えば引用文献参照）。しかし、一般的なJISフライアッシュはCaOやSO<sub>3</sub>の含有量が少ないため自硬性に乏しく、初期強度の発現も遅いという問題がある。本報は、フライアッシュとは異なり、CaOやSO<sub>3</sub>に富み自硬性を有するフィラー材料であるステンレス製鋼スラグとフライアッシュを混合したジオポリマーの強度特性について実験的に検討したものである。

**2. 実験方法** 実験には、ステンレス製鋼の際に排出されるスラグ（ミルパウダー）およびJIS II種として出荷されているフライアッシュを使用した。ジオポリマーのアクティベーター（活性材）として、珪酸ソーダ3号溶液と48%苛性ソーダ溶液を質量比2:1で混合したものを使用した。モルタル用のフロー試験器で測定したフロー値が約200mmであれば供試体作製に良好なワーカビリティが得られるため、水粉体比については、スラグ・ジオポリマーでは31.7%、フライアッシュ・ジオポリマーでは47.5%とした。練混ぜは手練りまたはミキサー練りで約5分行い、練混ぜたペースト状のジオポリマーを内径50mm、高さ100mmのプラスチック型枠に充填した。供試体の養生は、著者ら（八谷・近藤，2019）の既往の養生方法に準拠し、初期加熱（60℃）と恒温養生（約25℃）にて行った。一軸圧縮試験は土質試験の方法をベースにし、ひずみ速度1mm/minによって行った。

**3. 実験結果と考察** Fig. 1とFig. 2が、実験結果（応力-ひずみ曲線）を示したものである。フィラー材料としてスラグのみを使用したスラグ・ジオポリマーの場合、材齢（d）14日で圧縮強度は最大値を示し、それ以降は低下した。また、圧縮強度自体も低く、材齢14日での平均値は約5,500kPaであり、同一条件下でのフライアッシュ・ジオポリマーの圧縮強度（約14,000kPa）の半分にも及ばなかった。スラグ・ジオポリマーを含め、フィラー材料中にCa分が多く含まれる場合、硬化後の供試体表面に白華（エフロレッセンス）が発生する傾向があることを著者らは既に確認している。しかし、ジオポリマーの強度低下と白華との関わりについては未解明の問題であるため、今後検討していきたい。一方、スラグの半量をフライアッシュ置換した混合ジオポリマーの場合、材齢経過と共に圧縮強度は増加し、材齢28日で約36,000kPaを示した。この値は、同一条件下でのフライアッシュ・ジオポリマーの圧縮強度（約15,000kPa）の約2倍以上である。混合ジオポリマーの場合、フィラー材料としてスラグおよびフライアッシュをそれぞれ単独で使用した場合よりも顕著な強度発現が明らかとなった。この理由は、Ca成分によるセメントと同様の水和反応およびNa成分によるジオポリマー反応（脱水縮重合反応）の相乗効果による強度発現であると推定されるが、そのメカニズムが不明であるため引き続き検討していきたい。

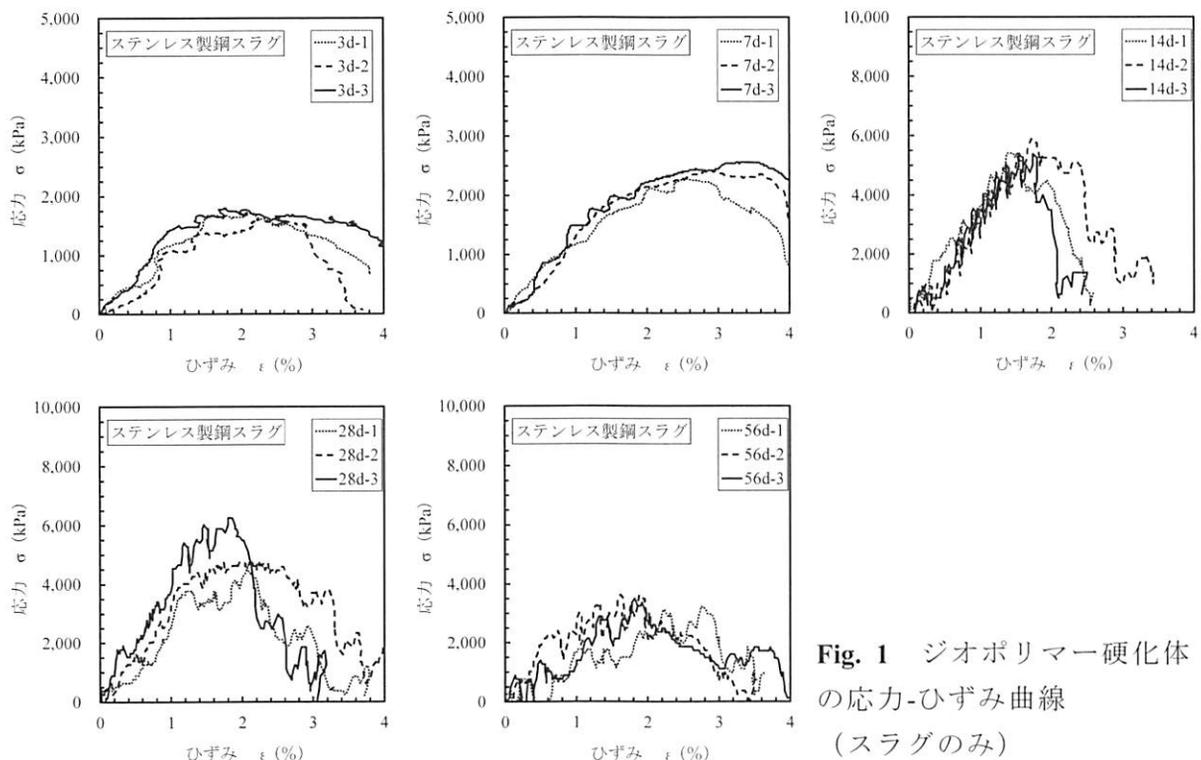


Fig. 1 ジオポリマー硬化体の応力-ひずみ曲線 (スラグのみ)

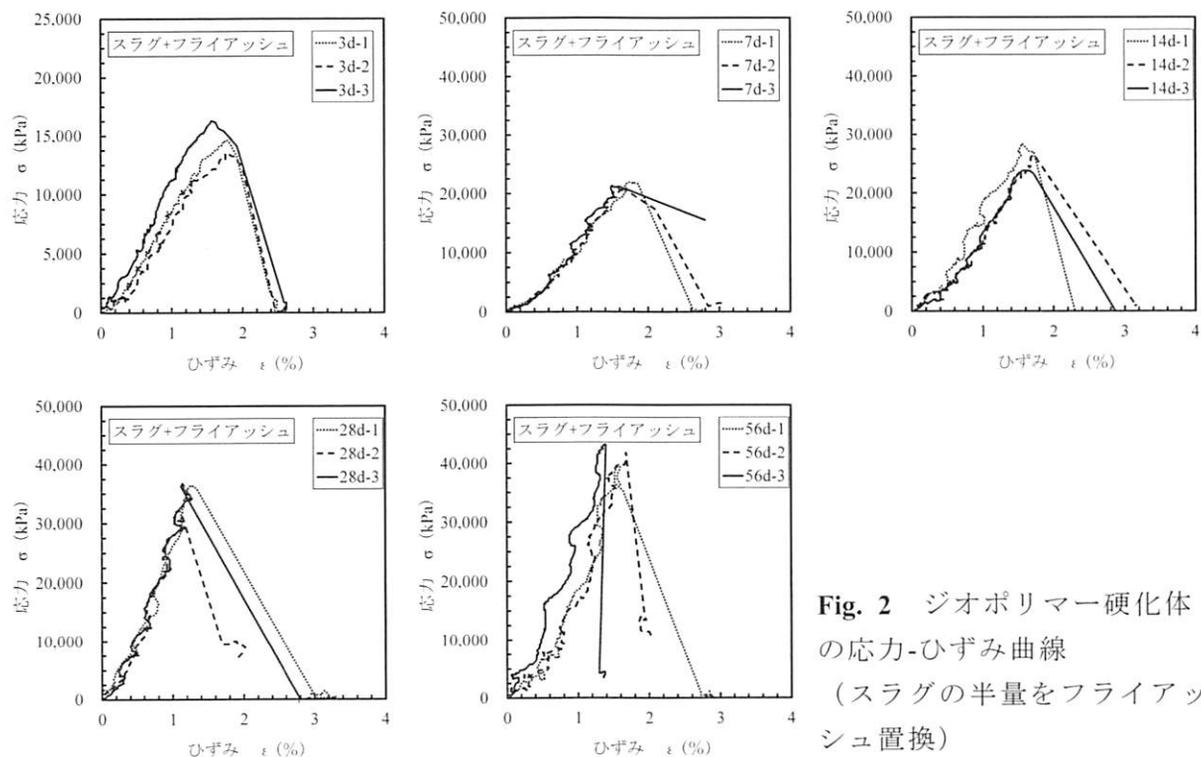


Fig. 2 ジオポリマー硬化体の応力-ひずみ曲線 (スラグの半量をフライアッシュ置換)

**謝辞** 本研究は、JSPS科研費18K05884による助成を受けた。記して謝意を表する。

**引用文献** 1)池田 攻 (1998) : 資源と素材, 114(7), 497-500. 2)八谷英佑・近藤文義 (2019) : 農業農村工学会論文集, 308, II\_39-II\_45.

## 農業水利施設保全合理化事業 第三笠野原地区における

### 既設パイプライン管内充填工法

鹿児島県大隅地域振興局農村整備課 (非)蔵満 祐樹

#### 1 はじめに

本地区は、鹿児島県大隅半島の中央部に位置し、鹿屋市、肝付町の1市1町にまたがる受益地2,452haの畑作地帯であり、畑地かんがい用水を利用した露地野菜、工芸作物や飼料作物を主体とした農業が展開されている。

地区の畑地かんがい施設は昭和55年度に完了して以来、水を利用した農業が営まれているが、近年、施設の老朽化に伴う破損や錆が多発するなどその機能が著しく低下し、農業用水の確保や維持管理等に支障をきたしていることから、早急な改修が必要となっている。

今回、本地区の既設パイプラインからの漏水により国道220号線に変状が生じた箇所における、既設パイプラインの調査・対策工法についての取り組みを紹介する。



図-1 第三笠野原地区 計画平面図

#### 2 事業の目的

本事業は、農業水利施設の合理化整備を行うことにより、農業用水の安定供給及び維持管理の効率化を図るとともに、施設の安全性を高めることで老朽化等に伴う事故発生による住宅、公共施設への被害リスクを解消し、農業生産性の維持及び農業経営の安定化を図ることを目的としているところである。

#### 3 漏水の経緯

平成30年2月17日に国道220号線の路面に変状が発生した。原因を調査するため、国土交通省による下り線の試掘の結果、漏水が確認された。既設パイプラインの給水を止めたところ、水位が急速に下がったことから、既設パイプラインからの漏水が要因であることが確認された。また、国道220号線は国土交通省により緊急工事が行われ交通解放された。以上の経緯を踏まえ既設パイプラインの埋設位置調査及び対策工法の検討を行った。

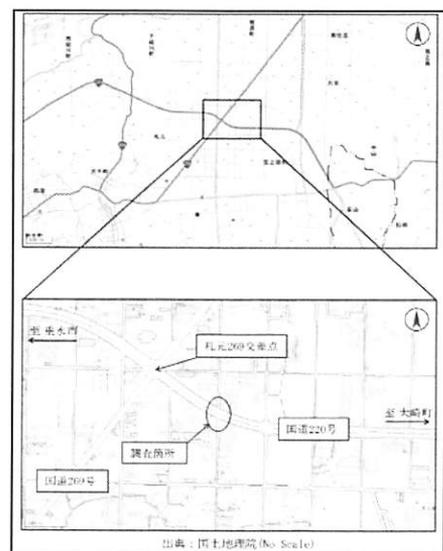


図-2 調査箇所 位置図

#### 4 調査及び対策工法

国土交通省と本復旧に向けた協議を行い、以下の調査を行った。

(1) 定点観測・・・漏水箇所や周辺の沈下状況の観測。

(2) レーダ探査・・・パイプラインの位置及び埋設物(電気・水道等)の確認  
 定点観測の結果、緊急補修工事後の国道220号線の路面に変状は見られなかった。地中レーダ探査により、パイプラインの位置及び近接している上水道2本及び情報ボックスの位置が確認された。また、施工時の図面からパイプラインSGPφ125はヒューム管φ300をさや管とし、昭和59年に埋設されていることが判った。

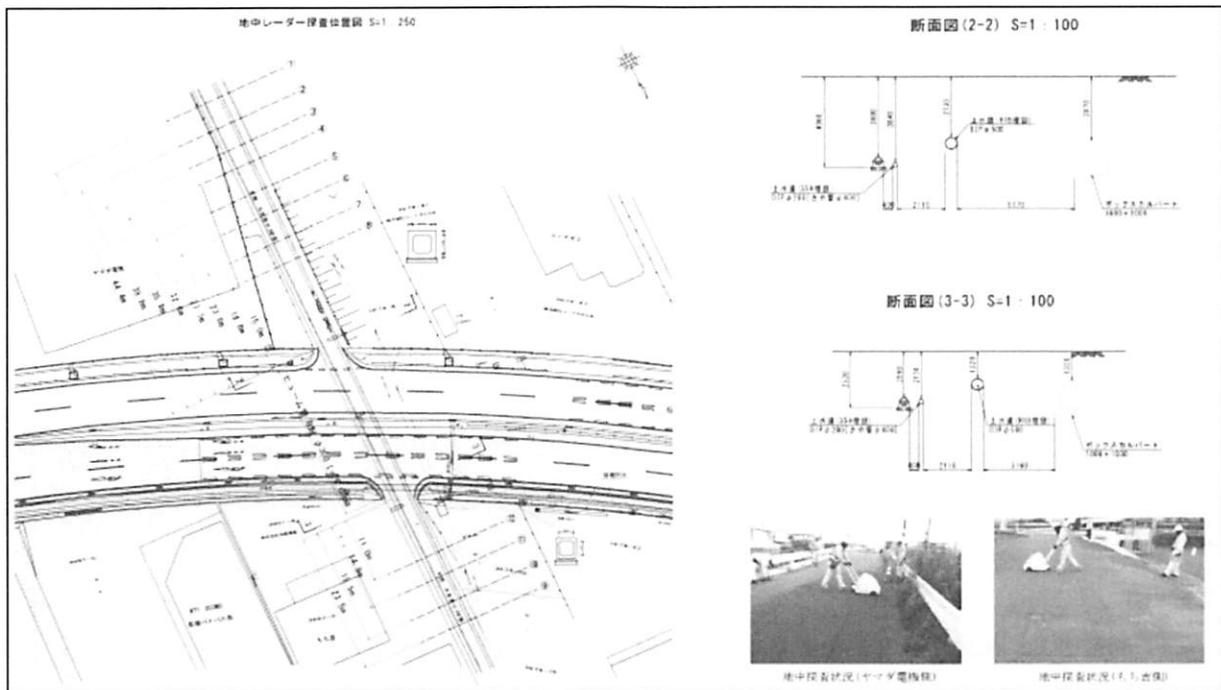


図-3 地中レーダ探査箇所 位置図

#### 5 復旧工法について

調査結果を基に、国土交通省と復旧工事に向けた協議を行った。

(1) 国道220号線は、主要道路となっており開削を行わずに工事を行う。

(2) 既設管を撤去せず工事を行う。

比較検討結果から以上の工事条件について了解が得られたことから、ヒューム管及びSGP管への充填工法により、復旧することとなった。

#### 6 おわりに

今回の検討案を基に国土交通省と詳細協議を行い、今年度パイプライン管内充填工の工事を行う予定としている。

## 明辰川地区における幹線排水路の堤防改修について

熊本県玉名地域振興局農地整備課 (非) 中原将秀、○(非)一氏大樹、(正)藤原竜生

### 1. 地区の概要

本地区は、有明海に隣接する熊本県北西部の玉名市（旧横島町）に位置し、昭和40年代に国営事業で造成された干拓地の幹線排水路である。

この排水路自体は土堤であり、老朽化による破損や浸食のほか、一部では漏水も発生しているため、改修を行ったものである。

今回、「堤体」の機能確保のための工法検討や工事時の土質試験等について報告する。

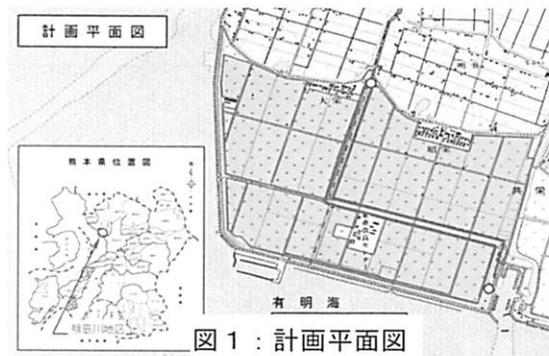


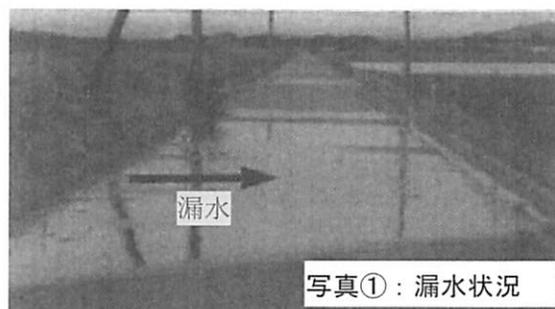
図1：計画平面図

### 2. 工法の検討

本地区は、排水路の堤防断面確保と漏水対策が目的であるが、工法として、①再盛土、②ボーリンググラウト、③鋼矢板工を比較検討し、施工性や経済性から再盛土工法を採用した。

この工法では、現況堤防の土を掘削し、再利用（再盛土）することでコスト縮減を図るため、現況の土を再利用できるか、掘削土が築堤材として適当かを判断する必要があった。

本件は堤体であるため、遮水性の確保が重要であるが、基準書等には堤体の材料品質に関する記載が少なかった。このため、国土交通省九州地方整備局の土木工事設計要領を参考とし、透水係数  $k=2.0 \times 10^{-3} \text{cm/s}$  より小さい土を使用するよう、地区独自の基準を設定した。



写真①：漏水状況

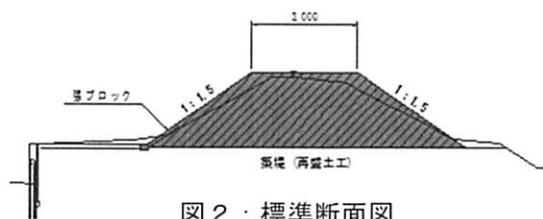


図2：標準断面図

### 3. 現況堤体の土質確認

工事に先立ち、現況堤体からの採取土による室内透水試験と現場密度試験を実施した。この結果、締固め度90%の場合の透水係数は  $2.0 \times 10^{-3} \text{cm/s}$  を満足し、築堤材料としては適当であった。

しかし、現況堤体では現場密度が90%を下回り、透水係数が確保されないため、再盛土を行うこととした。



写真②：試料採取状況

なお、堤体基礎部からの漏水も考えられることから、基礎地盤の土質試験を実施し、現場密度と透水係数を確認し、対策不要とした。

#### 4. 試験盛土

前述のとおり、再盛土においては、最大乾燥密度の90%以上を確保させる必要がある。

通常、盛土における施工管理では、1層の仕上がり厚が30cm以下とする他、現場密度試験を行って品質管理としている場合が多い。

本現場では、上記のほか、試験盛土の結果を基にした「締め回数」による管理も実施した。

これは、実際に施工する転圧機械により、締め密度90%以上となる転圧回数を確認し、その転圧回数で管理を行うものである。

本現場の場合、5回転圧することで必要な密度が確保でき、まき出し厚36cmで仕上がり厚30cmとなることを確認した。

#### 5. 施工

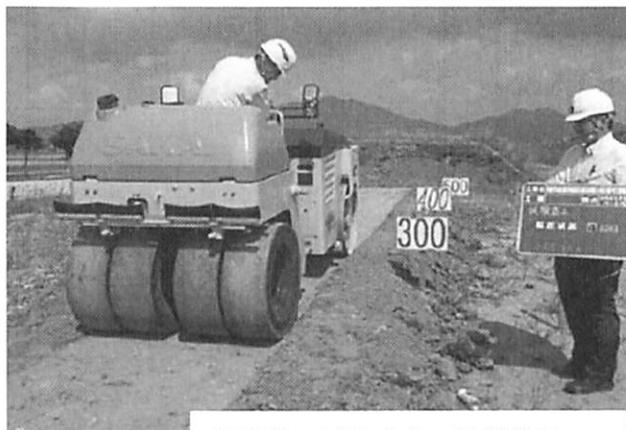
本工事における再盛土の施工では、まき出し厚と転圧回数、現場密度試験による品質管理の他、転圧効果が十分発揮できるよう、含水比や不純物等が混入しないように気を配りながら施工を行った。

#### 6. おわりに

貯水が目的である「ため池」ではなく、「土水路の堤体盛土」の施工であるため、何を参考に透水係数を決めれば、現場で求められる品質を満足できるのか、決定させることに苦労した。

また、施工管理として、一般的な品質規定による方法の現場密度試験に加え、工法規定である転圧回数にて実施したことで、非常に分かりやすくなるとともに、信頼性が上がったと思われる。

今後も、各現場の状況に応じた対策や工法、施工や管理が実施できるようにしていきたい。



写真③：試験盛土の確認状況



写真④：巻出し厚の現地確認 (t=36cm)



写真⑤：転圧回数の現地確認 (5回目)



写真⑥：現場密度試験状況

## 神宮農道における施工事例 — 軽量盛土工法 —

沖縄県南部農林土木事務所 ○(非)田原迫 健二  
沖縄県宮古農林水産振興センター農林水産整備課 (非)宮城 祐菜

### 1. はじめに

神宮農道は、南大東村の北地区から製糖工場のある在所地区までの 3,000m の基幹的な農道である。そのうち 2,280m が未整備であり、路床は軟弱地盤で沈下しており、降雨時には冠水する箇所もある。また、幅員が狭くて車のすれ違いが出来ず、4t 車以上の大型車は通行が不可能(車両制限を実施)なため、サトウキビの収穫時には迂回路を利用している状況であり、農作物の搬出・営農等に支障をきたしている。

そのため、平成 21 年度に「県営一般農道整備事業 神宮地区」(現在は「通作条件整備事業」)として採択され、平成 22 年度に着工し、平成 29 年度に整備を完了している。

本路線には、粘土層及び泥炭層が広く分布しており、その対策として、これまで盛土荷重載荷工法で施工しているが、一部箇所で施工出来ないことが判明した。そこで、本報では当該箇所で検討した軽量盛土工法について報告する。

### 2. 工法の特徴

#### 1) 盛土荷重載荷工法

構造物や表層舗装の施工に先立ってその場所に盛土などによって地盤に圧力をかけて地盤沈下を事前に促進させ、地盤の支持強度を高める工法である。

#### 2) 軽量盛土工法

土砂及びコンクリートの約 1/100 の密度の発泡スチロールブロックを土砂の代わりに盛土し地盤の支持力不足を解消する工法である。使用する資材が軽量のため、人力施工が可能で、また、施工性の良さから工期の短縮も可能である。

本工事では、軽量盛土工法により、現状土と盛土の重さを相殺させ、増加荷重がないように軽量盛土材の厚みを設定する。

### 3. 工法選定の経緯

本路線は、軟弱地盤であるため、全線において圧密沈下されることが予想されることから、対策検討を行った結果、盛土荷重載荷工法を採用していた。しかし、水路に隣接する区間にある既設の間知ブロック擁壁について、盛土荷重載荷工法による荷重の増加に耐えられるか、改めて検討を行ったところ、盛土荷重載荷工法により盛土を行った場合、既設の間知ブロック擁壁が崩壊するという結果が得られた。

そのため、既設の間知ブロックに配慮した3案で施工性や経済性等を比較検討した。

なお、比較検討にあたっては、隣接する水路に生息するイバラモ(沖縄県版 RDB:絶滅危惧 IB 類)への影響についても評価した。

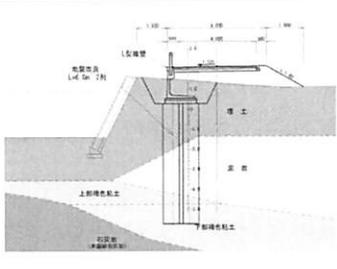
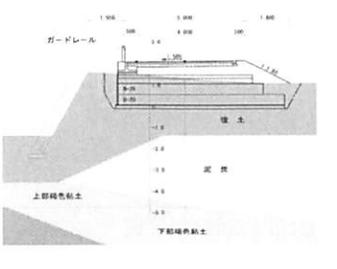
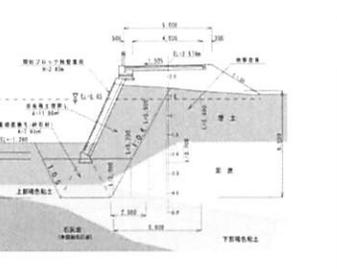
#### 軟弱地盤対策工法案

- 1) 地盤改良工法(セメント系固化剤を使用する)
- 2) 軽量盛土工法(発泡スチロールブロックで盛土する)

3) 置き換え工法(一部または全部を良質土で置き換える)

以下の表の通り、本工事では、軽量盛土工法を採用することとした。

軟弱地盤対策工法比較表

	1) 地盤改良工法		2) 軽量盛土工法		3) 置き換え工法	
略 図						
メ ッ ト	<ul style="list-style-type: none"> <li>既設間知ブロック擁壁はそのまま利用し、道路を盛土することが出来る。</li> <li>軟弱層を改良することにより安定した路体構築が可能である。</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>既設間知ブロック擁壁はそのまま利用し、道路を盛土することが出来る。</li> <li>わずかの切土だけで施工が可能となる。</li> <li>軽量の材料を積んでいく工事なので、施工が容易で早い。</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>泥炭を除去し、置き換えることで、道路部の沈下の抑制も図ることが出来る。</li> <li>道路計画高までの盛土が可能となる。</li> <li>間知ブロック擁壁を新設するため、景観も改善される。</li> </ul>	
デ メ リ ッ ト	<ul style="list-style-type: none"> <li>既設間知ブロック擁壁への影響を考慮し、道路線形を東側に移動したため、村道丸山線での平面交差で段差が生じる。</li> <li>地盤改良工法を行うため、改良機械の運搬が必要となる。</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>既設間知ブロック擁壁への影響を考慮し、道路線形を東側に移動したため、村道丸山線での平面交差で段差が生じる。</li> <li>熱、薬品、紫外線に弱い。</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>広範囲の切土、埋戻しが必要となる。</li> <li>最大掘削深約 10m の区間では、大規模な土留め工が必要となる可能性があるため、施工が煩雑となる。</li> </ul>	
環 境 性	地盤改良にセメント系添加物を使用するため、六価クロムによる土壤汚染・地下水汚染が懸念される。	△ 10	改良材料が発泡スチロールであるため、セメント系改良に比べ、環境に対し安全な工法である。	○ 20	地盤改良材にセメント系添加物を使用するため、六価クロムによる土壤汚染・地下水汚染が懸念される。	△ 10
施 工 性	地盤改良杭の施工に伴う、改良杭の膨張による既設護岸の挙動に留意する必要がある。	△ 10	路床掘削時に既設護岸の倒れ込みに留意する必要があるが改良設置後には、施工はスムーズである。	○ 20	既設護岸を取り壊して復旧するため、地下水の流動に留意し、場合によっては前面止水工法を併用する必要がある。	△ 10
経 済 性	24,079,000	59	23,650,000	60	37,338,000	25
評 価	10+10+59=79	79	20+20+60=100	100	10+10+25=45	45

※配点 環境性:20点、施工性:20点、経済性:60点

4. おわりに

軽量盛土工法で施工後、沈下が収まったことを調査で確認のうえ、アスファルト舗装し、平成29年度に事業完了したところである。今後、南大東村の農業の効率化に貢献することを期待したい。

## 竹繊維からなる法面緑化基盤材の耐侵食性

九州大学名誉教授 (名)大坪政美  
 (株)グリーン有機資材 ○(正)杉本 晃  
 武巳建設(株) (非)辻 博基 (非)野地訓弘  
 (株)グリーン有機資材 (非)奥田俊文

### 1. はじめに

切土や盛土によって形成された法面は雨水侵食や乾湿による風化を受けやすいので、それを防止するために植生工が施工される。植生工の法面は、ある期間が経過すると植物に被われるため、侵食や風化が抑制される。代表的な植生工として植生基材吹付工がある(社団法人日本道路協会, 1999)。これは、ラス金網を張った法面に、基盤材、種子、化学肥料、接合剤、および水を混合した泥状の基盤材をモルタル吹付機により吹付けたものである。従来、基盤材としてはバーク堆肥とピートモスを混合したものが用いられてきた。しかし、近年、放置竹林の里山への拡大が深刻な問題となりつつある中で、生竹を加工し、竹繊維を法面基盤材として利用する植生基材吹付工が開発され、多くの現場で施工されている(R100 ソイル工学研究会)。

本工法の特徴は、従来の吹付工で用いられる接合剤とラス金網を使用することなく、竹繊維基盤材を法面に吹付ける点にある。バークを利用した従来の吹付工では、法面が植物に被われる前にしばしば浸食被害を受けたが、本報告で示すように竹繊維基盤材の吹付け法面は、裸地状態であってもほとんど侵食を受けていない。本研究では、このような竹繊維基盤材の耐侵食性をより詳細に検討するために、小型容器に詰めた基盤材を模擬法面として屋外での侵食実験を行い、耐侵食性に関して竹繊維基盤材が、従来のバーク基盤材に比べて優れていることを実証した。

### 2. 植生基材吹付工

植生基材吹付工(以下吹付工と称す)は、基盤材に水を加えた泥状の混合物をモルタル吹付機により地山に吹付けたものである(図1)。吹付工の模式図を図2に示す。

従来型吹付工のバーク基盤材は、バーク(85%)とピートモス(15%)からなり、それに化学肥料、種子、接合剤を混合したものである。接合剤はポリ酢酸ビニール系、ポリアクリルアミド系の高分子樹脂である。基盤材に水を加えた泥状の混合物を、モルタル吹付機により地山に吹付ける。基盤材を地山に吹付ける前に、ひし形のラス金網を地山表面に敷く。ラス金網設置の目的は、植物根が地山に侵入するまでの間、基盤材を保持し、法面表層部の滑落を防ぎ、基盤と地山のなじみを増加させることである。吹付後の基盤材の体積は、吹付前のおよそ半分になる。吹付後の接合剤の硬化により、ラス金網を芯材とした緑化基盤が形成される。



図1 基盤材の吹付けの状況

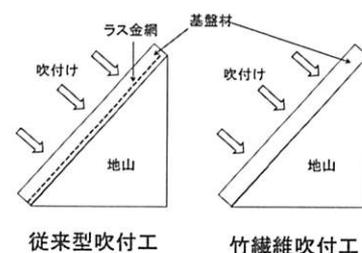
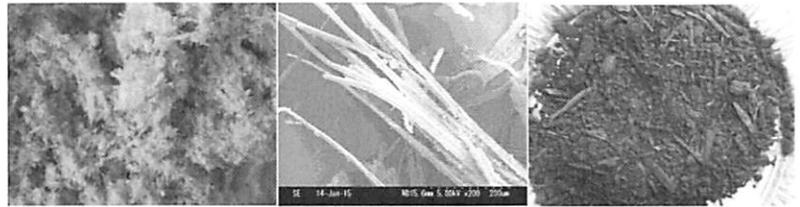


図2 植生基材吹付工の模式図

竹繊維主体の基盤材には、組成の違いにより2つの種類がある：①竹繊維50%、バーク45%、有機肥料5%、②竹繊維70%、バーク30%。竹繊維主体の吹付工には接合剤は添加されず、ラス金網も設置されない。吹付ホース先端のノズル付近から基盤材に水を加えて十分に水を含ませ、それを空気圧により吹付ける。吹付により基盤材の体積は吹付前のおよそ半分になる。

### 3. 基盤材の特性

竹繊維は、孟宗竹を2軸臼式の粉碎機で磨り潰したものであり綿状を呈する(図3(a))。竹の組織は径1 $\mu\text{m}$ 程度の紐状の繊維に崩壊している(図3(b))。バークは樹皮を粉碎したものであり、その外観は土壤に類似している(図3(c))。



(a) 竹繊維 (b)電子顕微鏡写真 (c)バーク

図3 基盤材の形態(電顕写真幅0.1mm)

### 4. 侵食試験の方法

基盤材の侵食試験の状況を図4に示す。侵食試験のための供試体は以下のようにして作成した。竹繊維基盤材については、直方体(縦48cm、横32cm、高さ5cm)の育苗箱を地面に置き、その上から基盤材を吹付機で吹き付けた。バーク基盤材については、ラス金網を育苗箱の底から2.5cmの位置に設置し、その上から高分子接合剤を含むバークを吹き付けた。このように作成した供試体を勾配が1:0.5となるように壁に立てかけた(図4)。いずれの基盤材についても供試体を3個作成し、3連で侵食試験を行った。侵食により箱の下方に流出した基盤材は水を切った後その重量を測定し、それを侵食量とした。試験期間は2018年8月8日~2019年4月11日までの8か月間である。期間中の総降雨量は688mmであった。

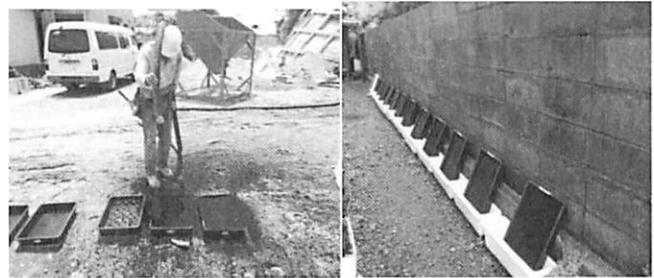


図4 基盤材の吹付けと侵食試験の要領

このように作成した供試体を勾配が1:0.5となるように壁に立てかけた(図4)。いずれの基盤材についても供試体を3個作成し、3連で侵食試験を行った。侵食により箱の下方に流出した基盤材は水を切った後その重量を測定し、それを侵食量とした。試験期間は2018年8月8日~2019年4月11日までの8か月間である。期間中の総降雨量は688mmであった。

### 5. 侵食試験の結果と考察

侵食試験の結果を表1に示す。試験には竹繊維主体の基盤材(竹繊維70%、バーク30%、以下竹繊維と称す)とバーク基盤材(バーク85%、ピートモス15%、以下バークと称す)を用いた。バークには接合剤を添加し、ラス金網を設置したが、竹繊維では接合剤もラス金網も使用していない。竹繊維の侵食量は極めて少なく、供試体重量に対する侵食量の割合(侵食率)はわずか0.1~0.3%であった。これに対しバークの侵食量は、竹繊維の場合に比べてはるかに多く、侵食率は4.1~5.5%に達した。

基盤材の侵食を論じるにあたり土壌侵食の考え方は有用である。図5に土壌侵食の過程を模式的に示す。雨滴が地表面に到達するとその衝撃で土壌構造が破壊され、互いに結合していた土粒子は分離して水中に分散し土壌侵食が起こる(日本粘土学会, 2009)。図6に基盤材の形態を模

表1 吹付け基盤材の侵食試験結果

基盤材	高分子 接合剤	ラス金網	供試体重量 (g)	侵食量 (g)	侵食率 (%)	平均侵食率 (%)
竹繊維	無	無	5,290	9	0.2	0.2
			5,520	5	0.1	
			5,360	16	0.3	
バーク	有	有	4,640	192	4.1	5.0
			4,800	262	5.5	
			4,590	243	5.3	

竹繊維基盤材：竹繊維 70%，バーク 30%

バーク基盤材：バーク 85%，ピートモス 15%

式的に示す。バークはその形態が土壤に類似していることから、バークが侵食されやすいという事実は土壤との形態的類似性に求めることができる。一方、竹繊維は多様な形態の繊維からなる。竹繊維がバークに比べて侵食に強い理由として以下のことが考えられる。①竹繊維が引張りに強い（高橋ら，2010）、②竹繊維同士の接触面積がバークより大きいので総付着力が大きい、③繊維が複雑に絡み合っている。

バーク、竹繊維ともに乾燥すると固くなる。しかし、乾燥した材料に水を加えるとバークはスレーキングにより土壤と同様に小さい塊に分離する。一方、竹繊維は加水後も材料の塊は分離することなくそのままの形を保っている。このことが、竹繊維は侵食に強く、バークは侵食に弱いことに反映している。このような加水後の材料の違いを調

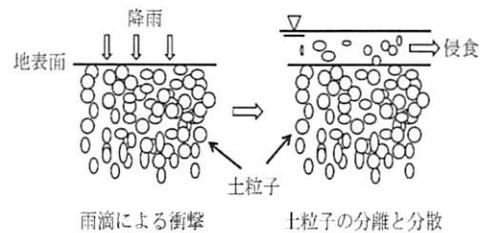


図5 土壌の侵食過程



図6 吹付け基盤材の形態模式図

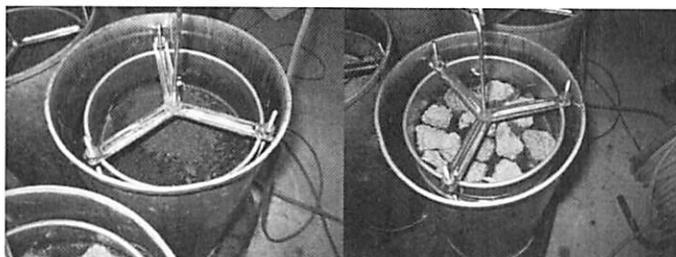


図7 団粒分析試験

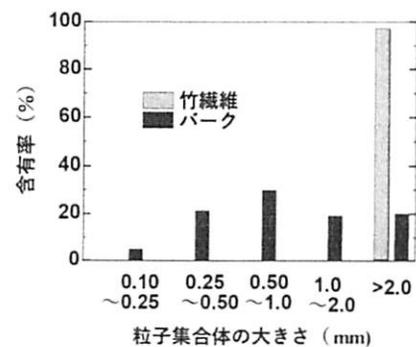


図8 乾燥した基盤材が浸水したときの粒子塊の大きさ

べるために水中団粒試験を行った。材料を乾燥した後5 cm程度の塊に壊し、それを団粒試験器のフルイに移し水中でフルイを上下に移動した(図7)。パークが細粒化しているのに対し、竹繊維は大きい塊を保ち細粒化することはなかった。団粒の大きさを調べた結果(図8)、パークは、2 mm以下の団粒がほとんどを占め、2 mm以上の団粒はわずか20%であった。これに対し竹繊維では2 mm以上の団粒がほぼ100%であった。これは、上述の理由②の大きな付着力によるものと考えられる。乾燥により繊維同士が接触すると加水しても付着力は維持される。繊維は長く、1 $\mu$ mと極細であるため総付着力は大きく、これが、加水に伴って生じる竹繊維を分離させようとする外力に抵抗する。

## 6. 現場における基盤材の状況

施工後数年経過した時点での従来型および竹繊維吹付工の基盤材の状況を図8と図9に示す。パークからなる従来型吹付工では、植生が発達しに状況において、施工後2年が経過すると基盤材のほとんどが侵食されて、地山とラス金網が露出している(図8(a))。施工後5年が経過するとさらに地山の侵食が進み、埋没した石が露出するとともにラス金網の腐食も進み(図8(b))、長期的には浮石が発生して転石の危険性が高まる。一方、竹繊維吹付工では基盤材の侵食量は極めて少なく、施工後3年経過しても埋没している石が露出することはなかった(図9)。将来的には浮石が発生する可能性とそれによる転石の危険性は極めて低い。

## 6. まとめ

パーク基盤材の侵食率が5%に達するのに対し、竹繊維基盤材の侵食率はわずか0.2%である。これは、竹繊維の引張り機能、大きな付着力、複雑な絡み合いに起因する。団粒試験の結果は、竹繊維の付着力が卓越することを実証している。竹繊維吹付法面は、3年経過後も侵食を受けることなく吹付け直後の状態を維持した。

## 引用文献

社団法人日本道路協会(1999) 道路土工—のり面工・斜面安定工指針, 215

高橋勤子, 福田徳生, 山口知宏, 門川泰子(2010) 竹繊維で強化した木質成形体の機械的特性, 愛知県産業技術研究所報告, 14-17

日本粘土学会(2009) 粘土ハンドブック第三版, 技報堂出版, 810-823

R100 ソイル工学研究会(2014) <http://www.r.100soil.com/R100h.htm>



(a) 施工後2年経過



(b) 施工後5年経過

図8 パーク吹付工基盤材の劣化



図9 竹繊維吹付工における3年経過後の基盤材の状況

## 竹繊維からなる吹付基盤材の一軸圧縮強さ

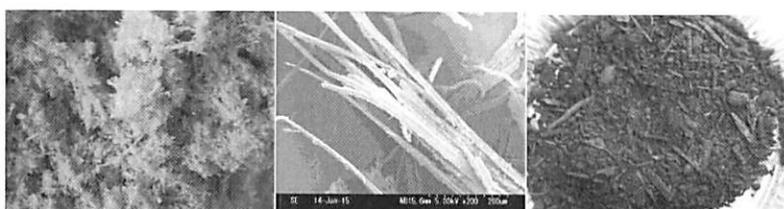
九州大学名誉教授 ○(名)大坪政美  
 (株)グリーン有機資材 (正)杉本 晃  
 武巳建設(株) (非)辻 博基 (非)野地訓弘  
 (株)グリーン有機資材 (非)奥田俊文  
 (株)扶桑エンジニアリング (非)福岡俊法

### 1. はじめに

近年放置竹林が深刻な環境問題となっている中(鈴木, 2008), 竹を有効利用するために竹を繊維状に加工し法面の基盤素材として利用する竹繊維吹付工が開発され, すでに多くの現場で施工されている(R100ソイル工学研究会, 2014; NETIS 新技術情報提供システム, 2014)。本工法の特徴は, 従来の植生基材吹付工(以下従来工法と呼ぶ)で用いられている接合剤とラス金網を使用しない点にある。従来工法では, 法面が植物に被われる前にしばしば侵食被害を受けたが, 竹繊維吹付工の法面は, 裸地状態でもほとんど侵食を受けない(大坪ら, 2014)。また基盤材の侵食試験において, 従来のバーク主体の基盤材に比べて竹繊維主体の基盤材の方がはるかに侵食を受けにくいことが実証された(大坪ら, 2014)。このような竹繊維基盤材の優れた耐侵食性は, その強度特性と密接に関係していると推測される。本報告では, 竹繊維の基盤材と従来のバーク主体の基盤材に対して一軸圧縮試験を行い, その強度特性を把握し, 竹繊維が侵食に強い理由を考察する。

### 2. 基盤材の特性

竹繊維は伐採竹を2軸式の粉砕機で粉砕したものであり綿状を呈する(図1(a))。竹繊維の組織が, 径 $1\mu\text{m}$ 程度の紐状の繊維に崩壊していることがわかる(図1(b))。これに対しバークは粒状体である(図1(c))。



(a) 竹繊維 (b)電子顕微鏡写真 (c)バーク

図1 基盤材の形態(電顕写真幅0.1 mm)

### 3. 試料と実験方法

実験には竹繊維とバークに接合剤を添加したものと同じものを使用した(表1)。添加する接合剤の量は, 基盤材 $1\text{ m}^3$ に対し約 $2.2\text{ kg}$ である。現場では竹繊維吹付工については接合剤を使用しないが, 本実験では竹繊維に対する接合剤の影響をみるために, 接合剤添加の試料も使用した。

基盤材と水混合物をプラスチック容器(径 $10\text{ cm}$ , 高さ $20\text{ cm}$ )に吹付けて40個の供試体を作成した(図2)。これらの供試体を大気中で乾燥して含水比を調整し,

表1 試験用試料の種類

試料の種類	接合剤の有無
① 竹繊維	添加
② 竹繊維	無添加
③ バーク	添加
④ バーク	無添加

一軸圧縮試験に供試した。含水比の範囲は竹繊維では 16～337 %、パークでは 17～134%であった。また、ある含水比の供試体に凍結・融解の履歴を与え、その一軸圧縮強さへの影響も調べた。

#### 4. 結果

##### (1) 接合剤添加・無添加基盤材の一軸圧縮曲線

図 3 は、接着剤無添加でのパークと竹繊維の一軸圧縮曲線を示している。図 3(a)は、吹付直後の高含水比での結果、図 3 (b)は、56 日間風乾した後の低含水比での結果である。高含水比では(図 3(a))、パークの圧縮応力は 8～11%の圧縮ひずみでピークを示すのに対し、竹繊維の圧縮応力は 15%以下の圧縮ひずみでピークを示さず、ひずみが 15%に達しても増加し続けた。一軸圧縮強さは、パーク(7～11 kN/m<sup>2</sup>)より竹繊維(11～15 kN/m<sup>2</sup>)が高い値を示した。低含水比では(図 3(b))、パークでは破壊が 3%と 12%で起こるのに対し、竹繊維では破壊は起こらず、圧縮ひずみが 15%に達しても圧縮応力の増加は続いた。一軸圧縮強さは、パークで 21 kN/m<sup>2</sup>と 25kN/m<sup>2</sup>、竹繊維でより大きな 58～66kN/m<sup>2</sup>を示し、その差は高含水比の場合より拡大した。

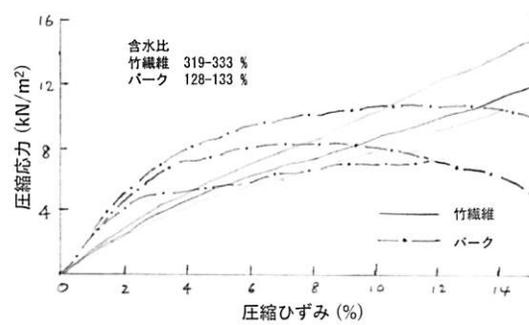
図 4 は接着剤添加でのパークと竹繊維の一軸圧縮曲線を示す。高含水比では、パークが圧縮応力のピークを示すのに対し、竹繊維の圧縮応力は、圧縮ひずみが 15%に達した時点でも増加傾向にあった(図 4(a))。一軸圧縮強さは、パークと竹繊維の間に顕著な違いは見られなかった。低含水比では(図 4(b))、パークの圧縮応力が、6%付近の圧縮ひずみでピークを示し、その後急激に低下し供試体は破壊した。これに対し竹繊維では、圧縮応力は圧縮ひずみの増加とともに上昇しピークを示さなかった。一軸圧縮強さはパークより竹繊維がはるかに大きかった。

##### (2) 凍結・解凍作用を受けた基盤材の一軸圧縮曲線

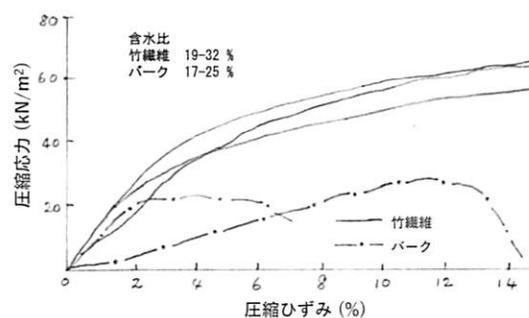
氷点下になると土中の水分が凍り、土は凍



図 2 基盤材吹付けによる供試体の作成



(a) 高含水比



(b) 低含水比

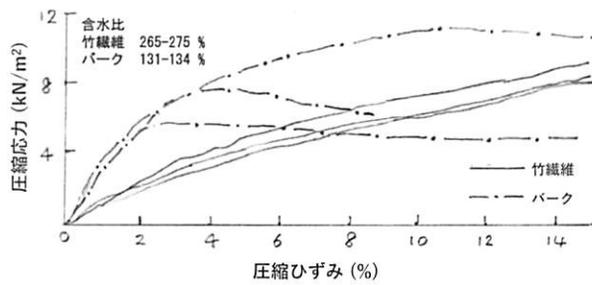
図 3 接合剤無添加試料の一軸圧縮曲線

結状態になることがある。土中に形成された氷はレンズ状であることから、アイスレンズと呼ばれる。複数のアイスレンズができるとそれに起因する体積増加により土の表面が持ち上げられる現象が起こる。これは凍上と呼ばれる。法面吹付が寒冷地や高冷地で行われた場合、吹付基盤材は冬季に凍結する頻度が増し、その結果、凍上も頻繁に起こることになる。凍上は基盤材に変位を引き起こし、それが基盤材の破壊につながる可能性がある。このような観点に立って、凍結・解凍を作用させた基盤材の一軸圧縮試験を行った。図5は、凍結・解凍を施した竹繊維とバークの一軸圧縮曲線を示している。図5(a)と図5(b)は、それぞれ接着剤無添加および添加の試料についての結果である。竹繊維の圧縮応力は、接着剤の無添加、添加のいずれの場合もピークを示すことなく、15%の圧縮ひずみでも増加傾向にあった。これは、凍結を受けていない試料の一軸圧縮曲線(図3, 図4)の傾向と同じであった。一方、バークの圧縮応力は、凍結を受けていない試料の場合と同様ピークを示し、供試体は破壊した。

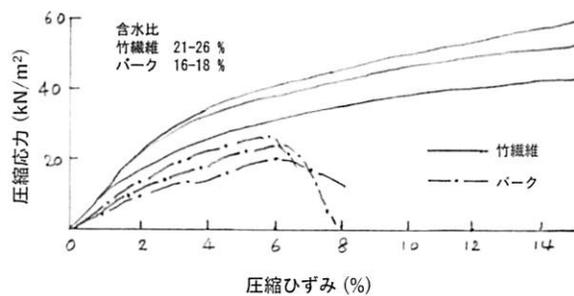
### 5. 考察

竹繊維とバークの破壊様式の違いは、接着剤添加の有無にかかわらず、バーク供試体が破壊するのに対し、竹繊維供試体では、圧縮ひずみが15%に達してもせん断破壊が起こらないことである(図6)。

図7は、基盤材単体の微視的形狀と圧縮に伴う供試体の形状変化を模式的に示している。粒状体のバークはある圧縮ひずみで破壊する。竹繊維供試体が破壊しない理由として、①竹繊維が靱性(じんせい:壊れにくいこと)と展延性(こわれずに変形すること)を有すること(合田ら, 2003; 江村ら, 2012)、②竹繊維同士の間接面積が大きいので総付着力も大きいこと、③繊維が複雑に絡み

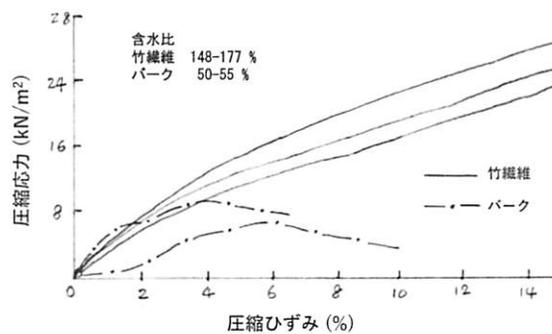


(a) 高含水比

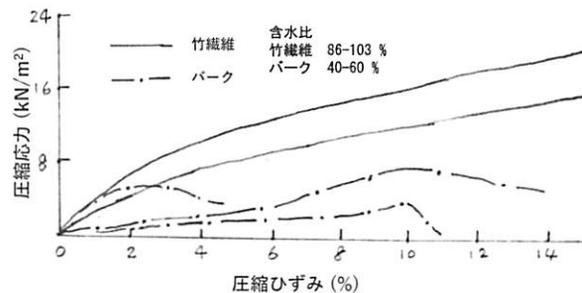


(b) 低含水比

図4 接着剤添加試料の一軸圧縮曲線



(a) 接着剤無添加



(b) 接着剤添加

図5 凍結・解凍試料の一軸圧縮曲線

合っていることなどが考えられる。

バーク基盤材の法面現場では、凍結によりしばしば法面破壊が起こっている。これは凍上により基盤材にひずみが生じ、それが法面破壊につながったと考えられる。一方、竹繊維基盤材の法面の現場では、凍結により法面破壊は起こっていない。これは、図3の一軸圧縮曲線の結果と一致している。

図8は、供試体の含水比と一軸圧縮強度の関係を示す。接着剤無し竹繊維では、乾燥により含水比が340%から20%にまで低下するとき、一軸圧縮強さは11 kN/m<sup>2</sup>から66 kN/m<sup>2</sup>に増加した。接着剤添加により同一含水比での一軸圧縮強さは大幅に低下した。バークの一軸圧縮強さは、130~50%の含水比ではほぼ一定であり、50%以下では最大26 kN/m<sup>2</sup>まで増加した。同一含水比での竹繊維とバークの一軸圧縮強さを比べると、竹繊維がバークよりはるかに大きな値を示す。これは、前述した竹繊維供試体が破壊しない理由の①から③により説明できる。

## 6. まとめ

バーク供試体では破壊は起こるが、竹繊維では起こらない。同一含水比で竹繊維はバークに比べはるかに高い一軸圧縮強さを示す。これは、竹繊維の靱性、展延性、付着力が大きいこと、竹繊維が複雑に絡み合っていることに起因する。

## 引用文献

合田公一, 北村佳之, 大木順司 (2003) プレス成形および射成形による竹繊維グリーンコンポジットの開発, 山口大学工学部研究報告, 54(1), 119-123

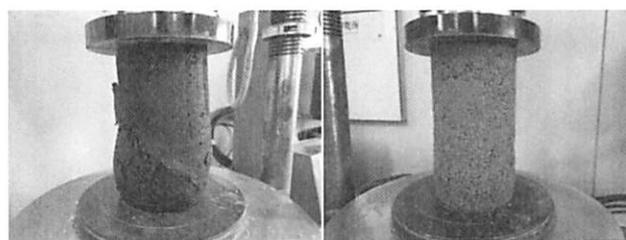
江村和郎, 高橋岩仁, 大沢吉範 (2012) 竹セルロース化方法と有効利用の検討, 日本大学生産工学部第45回学術講演会公演概要, 567-570

大坪政美, 杉本晃, 古野勝久, 辻博基, 東孝寛 (2014) 竹繊維を利用した法面緑化基盤材の耐侵食性, 九州大学農学部学芸雑誌, 69(2), 47-54

鈴木重雄 (2008) 竹林の拡大特性とそれに基づく持続可能な管理手法の開発, 広島大学大学院国際協力研究科博士論文

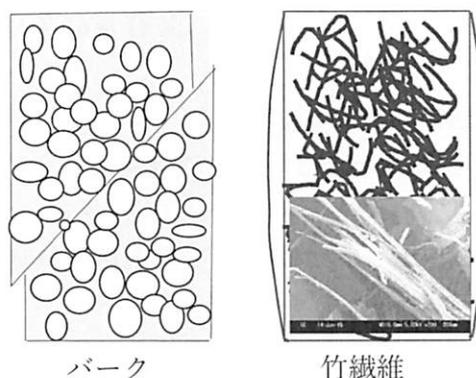
NESTIS 新技術情報システム (2014)

R100 ソイル工学研究会 (2014) <http://www.r100soil.com/R100h.htm>



バーク 竹繊維

図6 圧縮による供試体の形状の変化



バーク 竹繊維

図7 基盤材単体の微視的形狀と圧縮

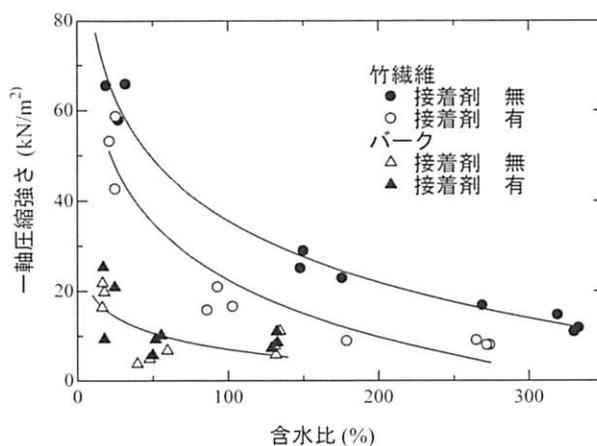


図8 基盤材の含水比と一軸圧縮強さの関係

## 池ノ内地区における農業農村整備事業の取組 ～地域住民とともに考える地域の発展～

大分県東部振興局 ○(正)黒岩 聡

### 1. はじめに

本地区は、大分県の北東部、国東市武蔵町に位置している、ため池を主水源とする水田を中心とした農業集落である。昭和50年代に、国東市内でも4番目と早くから圃場整備を実施した営農意欲のある地区であり、平成17年度には集落営農組織の設立、18年度には農事組合法人「いけのうち」が誕生している。(組合員69名)

### 2. 法人誕生後の課題

#### (1) 主水源となるため池の老朽化

風波により法面浸食が進むとともに、パイピング(水漏穴)が発生しており、堤体の脆弱化の進行が見られ、大規模地震や豪雨時に決壊する恐れがあった。

#### (2) 生産基盤の再整備

法人が誕生し、地域農業の担い手が確保され、農地集積が進んだ一方で、排水不良・区画狭小などの条件の悪い農地も集まり、次世代につなげるためにも、生産基盤の再整備が必要となっていた。

### 3. 取組内容

上記課題に対して、危険ため池緊急整備事業「尻池」地区及び経営体育成基盤整備事業「池ノ内」地区の2地区で県営事業を実施した。

ため池改修の実施設計は、基盤整備事業の計画策定と同じ25年度であり、基盤整備の内容を見据えた設計を行った。

また、地域の発展及び更なる農業振興を図るため、関係機関の情報共有・意見交換を目的に、「池ノ内地域農業デザイン会議(会長:法人組合長、事務局:国東市農政課)」が設立され、集落営農の方向性、人・農地プラン、基盤整備計画について協議検討を重ね、将来構想の策定を進めた。(図-1)

基盤整備の実施により、用水のパイプライン化と自動給水栓による水管理の大幅な省力化が図られた。また、受益地内の30年度末時点での法人への集積率は66.9%となっており、担い手の効率的な作業環境も整ってきているところである。

表-1 経緯及び事業概要

〔 経 緯 〕		
年度	ため池整備事業 尻池 地区	基盤整備事業 池ノ内 地区
22年度	漏水が顕著になる	
23年度	事業化へ向けた 検討・調整	
24年度	詳細調査・計画資料作 成、事業申請	基盤整備の相談、 デザイン会議設立
25年度	事業採択、 調査・測量・設計	詳細調査、 計画資料作成
26年度	用地測量・用地買収、 工事着手	事業申請
27年度	工事	事業採択、 パイプライン測量設計
28年度	工事完成・事業完了	パイプライン工事
29年度 ～		パイプライン工事、区画整 理工事、暗渠排水工事
〔 事業概要 〕		
概要	ため池改修 堤長 L=136m 堤高 H=13.9m	区画整理 A=19.8ha 暗渠排水 A=13.1ha パイプライン L=8,825m
工期	H25～H28	H27～R2
特色	基盤整備での用水パイプ ライン化を見据え、斜樋 管を密閉し導水 (圧力水を確保)	用水のパイプライン化、 自動給水栓 (水管理の省力化)、 平均区画面積 9a→29a、 枚数 250枚→75枚

#### 4. 更なる取組

##### (1) 高収益作物の導入(さといも)

法人の農業収入額は、規模拡大により増加したものの、その殆どが交付金によるものであり、経営安定を図るには高収益作物の導入が必要であった。県普及部局の技術指導のもと、法人による導入品目検討の結果、さといもの導入が決定された。

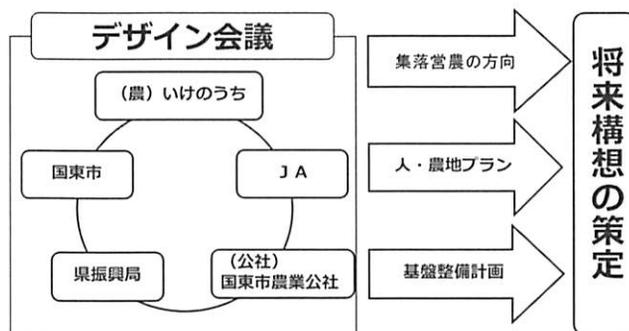


図-1 デザイン会議 模式図

##### (2) 新規就農者の農地確保(こねぎ)

国東市では、昔からこねぎ栽培が盛んであり、市は、国東市農業公社と連携し、こねぎの新規就農者確保のため、就農学校「国東こねぎトレーニングファーム」を設置し、就農時にハウスをリースする取組を行っている。これにより、研修生・卒業生が年々増加する一方、その就農先の農地確保が課題となっていた。リースハウスに適した農地を探すなかで、本地区を就農先にできないかとの協議があり、デザイン会議における意見交換の結果、地区への新規就農者参入の合意形成が図られた。

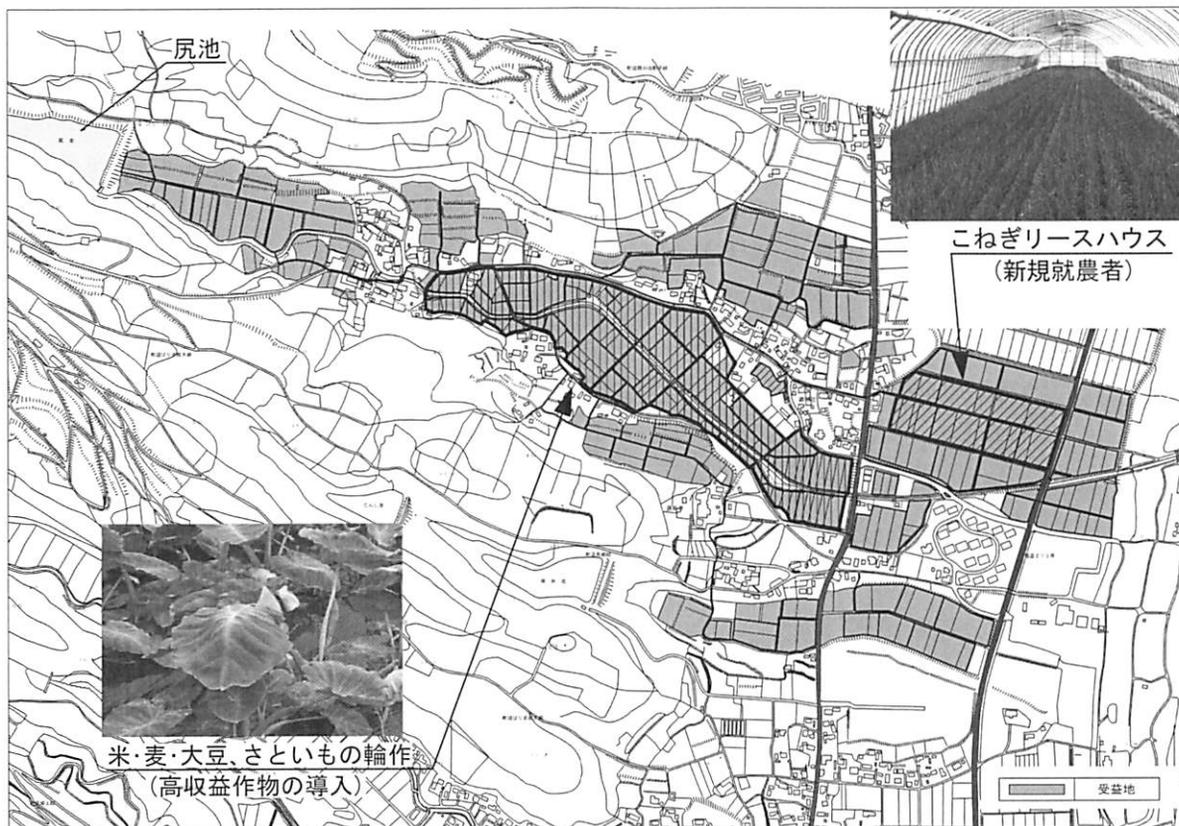


図-2 池ノ内地区平面図

#### 5. おわりに

法人を中心としたデザイン会議により、地元とともに地域の発展について協議・検討した結果、有効な基盤整備の実施はもとより、高収益作物の導入、新たな担い手となる新規就農者の参入が図られた。

策定した将来構想が現実の姿となってきており、今後の地域の更なる発展を期待したい。

## 水田畑地化モデル地区の取組について

大分県農林水産部農村整備計画課 ○(非)菅原貴美

## I. はじめに

農村部では、都市部に比較して先行する高齢化・人口減少が本格化する中、米の生産調整の廃止をはじめとする国の政策転換など、農業を取り巻く環境は大きく変化している。

特に、本県では、耕地面積に占める水田の割合が 71.3%であり、作付け延べ面積に占める水稲作付け面積割合が 41.4%と全国平均 36.1%や九州平均 30.0%に比べ高く、米に依存している。

米の消費量が年々減少し、価格も低迷している中、これからの水田農業は、高品質な米を作るか、低コスト化を進めるか、あるいは水田を畑地化して高収益な園芸作物（以下、高収益作物という。）を導入するかという大きな転換期を迎えている。

今回は、水田畑地化による高収益作物への生産転換を加速するために平成 30 年度から取り組んでいる水田畑地化モデル地区の取組について報告する。

## II. 大分県の水田畑地化の取組

水田の畑地化による高収益作物への転換誘導については、県農政の最重要課題と位置づけている。また、「水田畑地化推進方針」を定め、基本目標として「米からの脱却を目指して 園芸 500 プロ」として、以下の 3 つを目標としている。

- ア、水田への高収益作物の導入面積 500 h a（令和 4 年度）
- イ、ゾーニング等まとまった農地確保による園芸団地化の推進
- ウ、農地、担い手情報を活用したマッチングの加速

この高収益作物の導入面積については、県独自の令和 4 年産の主食用米生産量の目安を 20,100 h a と設定し、平成 28 年産米に国が設定した生産調整数量目標の 21,100 h a との差△ 1,000 h a が、令和 4 年度に余剰水田面積となることから、半分の 500 h a を転換誘導していく目標としている。

同方針では、関係機関の役割分担を明確化し、規模拡大志向農家、新規就農者、企業参入等の担い手が、白ねぎやピーマンなど何の品目をつくるのか等を、具体的に検討しながら高収益作物の導入を進めて行くこととしている。

推進に当たっては、市町村や土地改良区等の関係機関と連携を密にしながら、県の振興局内の営農職員、農業土木職員が一体となったプロジェクトチームを結成し、管内の推進と進捗管理を行っている。

農地整備事業を実施する場合には、水田受益面積により 5 h a 未満は 30 %以上、20 h a 未満は 20 %以上、20 h a 以上は 15 %以上とする畑地化目標率を設定するとともに、導入作物に応じた暗渠排水等による排水対策や土層改良、さらには、現況地形等を考慮し客土などを進めている。

## III. 水田畑地化モデル地区の取組

## 1. 一市町一モデル地区

高収益作物への転換を全県的に広げていくにあたって、農家の皆さんに身近で水田畑地化の状況やその効果を見てもらうことができるよう、平成 30 年度から市町村と連携しながら「一市町一モデル地区の取組」を行っている。

## 2. 基本的な進め方

水田畑地化モデル地区を進めるにあたっては、次の手順で進めている。

- ア、県の振興局ごとに設置している畑地化プロジェクトチームと市町村をはじめとする関係機関が連携し、検討する。
- イ、露地園芸作物で概ね 1 h a 以上、施設園芸作物で概ね 0.3 h a 規模の高収益作物の導入を目安として地域に提案。
- ウ、実施に当たっては、事業主体が、市町村となる団体営農地耕作条件改善事業を活用することで、水田の高収益作物への転換 100 %を条件として、県や市の負担を嵩上げし、地元負担の軽減をすることとしている。
- エ、モデル地区に選定後、原則、1年で基盤整備を完了することとしている。

## 3. モデル地区の事例紹介

平成 30 年度は、表 1 に示すとおり 9 市においてモデル地区を設定した。

高収益作物の導入に当たっては、いつ、誰が、どこに、何を、どのようにするかという「営農計画」やそれを実行する「栽培生産」だけでなく、市場ニーズの把握や集出荷・調整施設などの「流通経営」や「販売加工」の出口対策を一体的に進めていくことが重要である。

今回、平成 30 年度の水田畑地化モデル地区の中から、豊後高田市の呉崎地区と豊後大野市の芦刈地区、中津市の三光西秣原口地区の 3 地区を紹介する。

表 1. 平成 30 年度水田畑地化モデル地区一覧

番号	市町村名	呼称	担い手	工事内容	30年度モデル地区の実績		
					品目	農地面積	作付け面積
1	大分市	カミハンダ 上判田	農業法人2法人	区画整理 3.0ha (うち30年度0.3ha) 用排水施設 1.2km	高菜0.3ha	0.3 ha	0.3 ha
2	中津市	サンコウニシマクサ 三光西秣・ ハルグチ 原口	集落営農法人2法人	暗渠排水 0.8ha	小松菜0.8ha	0.8 ha	0.8 ha
3	佐伯市	ウメセンソク 宇目千束	農業公社	農地造成 0.5ha	栗0.5ha	0.5 ha	0.5 ha
4	竹田市	クラキ 倉木	認定農業者2名	暗渠排水 1.6ha	ニンニク1.3ha ピーマン0.3ha	1.6 ha	1.6 ha
5	豊後高田市	クレサキ 呉崎	規模拡大農家	客土・心土破砕 1.7ha	白ねぎ 1.7ha	1.7 ha	1.7 ha
6	杵築市	ヒガメソイ 東溝井	農業法人	農地造成 用排水 0.4km	いちご0.8ha	1.0 ha	0.8 ha
7	宇佐市	ワマ 和間	規模拡大農家	客土0.5ha	白ねぎ 0.5ha	0.5 ha	0.5 ha
8	豊後大野市	アシカリ 芦刈	集落営農法人	区画整理1.45ha 農道舗装0.31m	かんしょ1.0ha、	1.5 ha	1.0 ha
9	国東市	イケウチ 池ノ内	新規就農者 集落営農法人	暗渠排水3.0ha	小ネギ 2.3ha サトイモ0.7ha	3.0 ha	3.0 ha
計		9地区				10.9 ha	10.2 ha

### (1) 呉崎地区

豊後高田市は、西日本有数の白ねぎの産地である。市内の白ねぎ農家を対象に、規模拡大意向調査を実施し、約 70 h a の規模拡大意向があることを確認した。

そこで、平成 30 年度はモデル地区として 1.4 h a の客土や心土破碎を行い、白ねぎに適した畑に改良した。

### (2) 芦刈地区

芦刈地区は、平成 27 年度から区画整理 9.1 h a と暗渠排水 47.2 h a 等に取り組んでおり、これを契機に、この地域の集落営農法人は、スイートコーンやかんしょ、さといも等の作付け拡大や、女性や高齢者の活躍による加工販売の 6 次産業化に取り組んでいる。

新たに水田の区画整理 1.4 h a に実施し、畑地化によるかんしょの産地の拡大を図った。

### (3) 三光西秣・原口地区

平成 29 年度、近隣に野菜加工工場が稼働し、この地域の小松菜・ほうれん草などを原料とした冷凍野菜の加工及び販売に取り組んでおり、将来的には、小松菜・ほうれん草を 32 h a の産地化目標を掲げている。

しかし、野菜を拡大する上で現況水田の排水不良が課題となっていた。

そこで、H 30 年度から暗渠排水 A = 0.8 h a に着手し、排水不良による根痛みなどの湿害の対策を実施し、栽培面積の拡大に加え、収量の向上を図ることとしている。

## IV. 水田畑地化の課題と解決の方向性について

市場ニーズが高く収益性がよい品目である「白ねぎ」や、加工・販売などにも取り組む集落営農法人などの「担い手」に着目したもの、販売先である「野菜加工工場」を起点とした地区など、園芸作物の栽培では、米ではあまり配慮してこなかった出口対策を含めて取り組むことが重要であるが、担い手が作りたい品目が、必ずしも水田が適地ではないこともある。

### 1. 水田の特徴

水田は、水を貯める仕組み（構造）を持っている。

具体的には、作土厚が、 $t = 15 \text{ cm}$ しかなく、耕盤層により水が地下に抜けない。作土層の土壤が粘土質で、しかも団粒化していない。湧水が出たりすることで地下水位が高いことがある。排水路高が地表面との高低差がないなどの特徴もある。

### 2. 導入品目に応じた対策内容の検討

#### (1) 土壌断面調査

最初に、土壌断面調査を実施し、現況水田の土壌条件を十分把握したうえで、作物別の望ましい土壌条件値を設定し、客土、暗渠排水、混層耕、除礫、心土破碎等の適切な土木的対策を決定する。

具体的には、導入品目に応じた作土厚を確保することから、耕盤土層を破碎して作土厚を確保するとともに水が地下浸透するようにする。作土層の土壌対策については、土壌改良のため堆肥など粗大有機物等を投入して、団粒化を促進する。地下水位と排水路高の問題については、湧水処理や暗渠排水施設の整備、客土や排水路の改修などが必要となる。

#### (2) 作物別の土壌条件値について

土壌条件の項目は、作土について土性、厚さ、礫含量、砕土率等、心土についてち密度、透水性、地下水位等、有効土層について厚さ等としている。

作物別の好適地下水位を表2に示す。

表2. 作物別の好適地下水位

暗渠排水工法の選定に当たっては、作物別の地下水位管理基準による計画地下水位を決定し、土壌類型やグライ層の有無、土壌の透水性、降雨後の地表残留水の状況により排水不良の原因を特定し、暗渠排水工法を決定する。

生育可能な 上限水位	作物名
20 c m	さといも
30 c m	なす、スイートコーン、レタス、小麦 はくさい、カボチャ、サヤインゲン
40 c m	にんじん、たまねぎ、キャベツ ブロッコリー、大豆
50 c m	ニンジン、シュンギク
60 c m	ハウレンソウ、カリフラワー かんしょ、大麦

※大分県農林水産研究指導センター調べ

### (3) 暗渠排水工法の種類と特徴

県内において実施されている暗渠排水工法の種類と特徴を表3に示す。

### 3. 新たな課題への対応

水田を畑地化する場合、品目に応じた、作土厚を確保する必要があるために、客土や混層耕、心土破碎などの工種を選定することとなるが、公共事業等で発生した客土に適した良質土の確保自体が難しいこと。また、耕盤下の心土の破碎や混層による今まで埋没していた石礫の効率的な除去方法の確立されていないことが新たな課題となっている。

表3. 暗渠排水工法の種類と特徴

名称	特徴
本暗渠	・一般的な排水対策で地下60~80cmに埋設 ・耐用年数が長く、埋設深も深いので多くの作物に適用
浅層引込暗渠工法	・地下40cm程度の深さに簡易なパイプを埋設 ・安価なので導入しやすいが、メンテナンスも必要
地下水位制御システム	・地下50cm程度の深さにパイプを埋設し、かん水機能を持たせる ・地下かんがいをを行うことができるため、生育が揃う

課題解決に向けた検討の方向性としては、客土の確保については、公共事業残土に石礫除去や土壌改良材

を投入することにより、客土として利用可能な良質土の割合を向上させる効率的な手法確立すること。十分な作土層を確保するため混層耕深耕や心土耕により混入した石礫除去にかかる経済的工法の選定手法の確立と、除礫に使用するストーンピッカーやストーンクラッシャーなどの特殊建設機械を、建設業者が自由にリースやレンタルができる仕組みづくり等が考えられる。

## V. まとめ

これまで実施されてきた画一的に整備する汎用化水田の整備から、客土や排水対策などの導入品目に応じた基盤整備の実施が求められるようになっており、営農と農業土木の連携に加え、技術者自身の導入品目や除礫、土壌改良に対する理解が必要となっている。

最終的には、高収益作物の導入により、農業経営の安定や農家所得の向上が図られることが目標であることから、今回の水田畑地化モデル地区の取組などにより得られた知見を集めて、指針などの整備を視野に入れて取り組んで行く必要があると考えている。

## 阿蘇谷地区県営農地等災害復旧事業17工区

## —酸性硫酸塩土壌対策—

熊本県北広域本部阿蘇地域振興局農地整備課 (正)中村慶広、(非)田代憲臣  
 佐賀県佐賀中部農林事務所農村環境課 (正)森勇二  
 大分県農林水産部農整備計画課 ○(正)井形晃之

## 1. はじめに

「稲が枯れた。」農家から告げられたこの言葉は熊本地震からの営農再開 100%を目標に掲げ、復興に取り組む担当職員を落胆させた。現場に向かうと待っていたのは水田には不似合な赤く変化した土と枯れた稲であった(写真 1)。

舞台は熊本県阿蘇市大字赤水の農地、通称 17 工区。この呼称は県営圃場整備(S45～H7)のなごりである。

17 工区は平成 28 年熊本地震により農地や農業用施設が甚大な被害を受け営農ができない状況となったが、関係者(熊本県・派遣職員・農家・受注者等)が一丸となり復興に取り組んだことで、平成 30 年には 3 年ぶりの田植えを行っていた。喜びにあふれた営農再開の出鼻をくじいた本問題

は、平成 30 年 7 月当時の阿蘇の復興が道半ばであることを思い知らせるには充分であった。

本稿では、平成 28 年熊本地震の被災から『創造的復興』を掲げ奮闘した災害復旧業務において、災害応援職員として経験した事例を紹介する。



図 1 位置図



写真 1 局所的に稲が枯れた農地(奥は生育している)

## 2. 稲が枯れた原因調査

まず、現地で目視による調査を実施し、稲が枯れた農地で共通した 5 つの特徴を確認した(表 1)。これらの特徴から何らかの原因で、局地的に耕作土が酸性化し稲を枯らしたと仮説を立てた。この仮説を立証するために 2 つの観点から調査を実施することとした。

表 1 稲が枯れた農地の特徴

① 稲が焼けたように枯れている
② 稲だけでなく雑草も生育していない
③ 局所的に稲が枯れている
④ 土が赤く変色している
⑤ 周辺の二次製品が溶け骨材が露出している

### 【調査 1】耕作土の酸性度測定

簡易 pH 測定器を用いて、現場で耕作土の酸性度を測定したところ、ゲージを振り切り pH3.5 未満の強酸性を示す結果となった(写真 2)。このことを受け、分析を熊本県農業研究センターに依頼したところ、土壤環境分析法を踏まえ最低で pH2.48 という結果となった(表 2)。

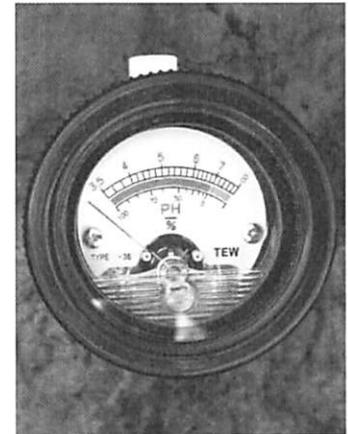


写真 2 測定結果  
(針が左に振り切れている)

### 【調査 2】酸性化のメカニズム分析

次に土壤の酸性化の原因について調査を行ったところ、農家から“昔も酸性被害で大変だった”との情報を得た。この情報を基に阿蘇地域の過去の文献を調べたところ、酸性土壌について語られた文献が多数確認され、内容を整理すると阿蘇地域特有の酸性硫酸塩土壌が関連していることが判明した。

## 3. 酸性硫酸塩土壌

酸性硫酸塩土壌とは、空気に接触すると硫酸塩が生成され強酸性化することからこのように呼称され、強酸性化された土壌では pH3 以下になることもある。主として、東アジアやアフリカの浅海沿岸部やクリーク地帯の低湿地に分布し、分布総面積は 1,200 万 ha にもなる世界的な問題土壌で、その成因から海成酸性硫酸塩土壌と火山性酸性硫酸塩土壌に分類される。多くは海成であるが、本地区では阿蘇山の火山活動の影響を受けたものと考えられ火山性に分類される。

この土壌は硫酸イオン ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) が嫌気条件下で、硫黄還元菌を介して鉄と反応しパイライト(黄鉄鉱  $\text{FeS}_2$ ) が蓄積されることで生成され、その蓄積量は乾燥体積物量当たり 1~4% 程度である。このパイライトを含む土壌は一般的に嫌気条件下では無害である。

この土壌が、隆起や掘削等(17 工区では災害復旧工事)により好気条件下となると、たちまちパイライトの酸化が始まる。

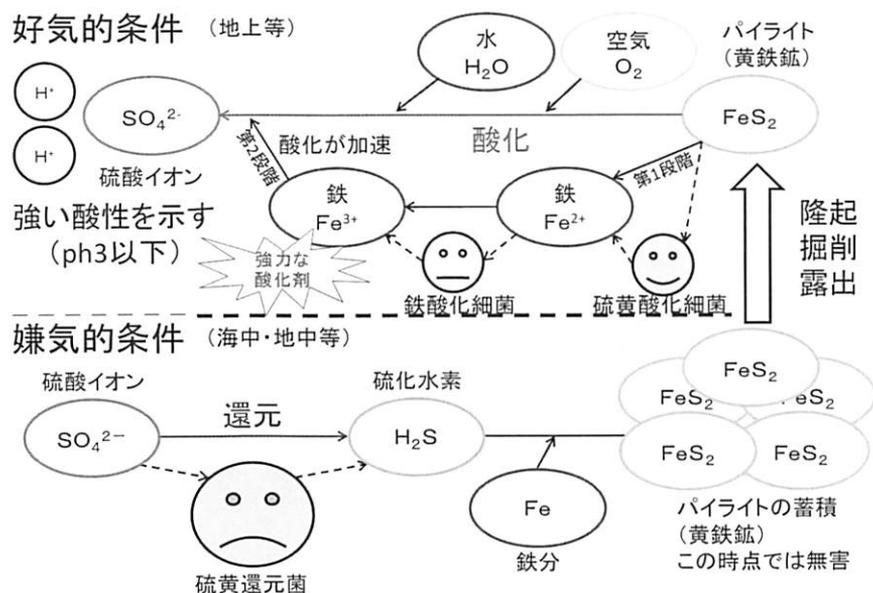


図 2 メカニズムのイメージ

酸化反応は2段階に分かれており、第1段階は極めて遅い酸化反応であるが、一定の土壤水分条件(液性限界から塑性限界まで)になると、鉄酸化細菌が活性化し、 $Fe^{2+}$ を $Fe^{3+}$ へと変化させる。この $Fe^{3+}$ は強力な酸化剤となり反応は第2段階へ移り、以降の酸化が加速する。酸性硫酸塩土壌では、このように微生物の触媒的な働きによって、化学的酸化だけでは到達しない pH3 以下まで酸性化が進行する。反応終期では酸の溶脱や中和反応が進み、特徴的な色彩のジャロサイト等が生成され、現場で本土壌であることを識別する材料の一つとなる。

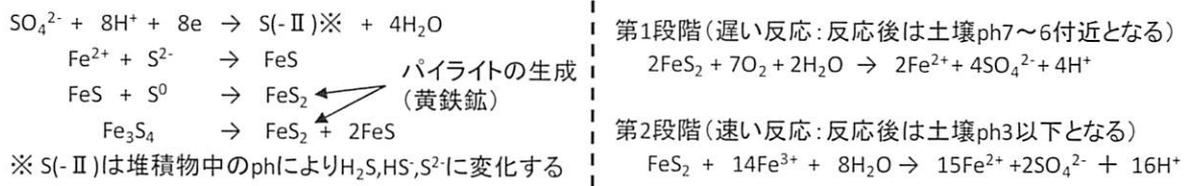


図3 パイライトの生成反応(左)と酸化反応(右)

#### 4. 酸性硫酸塩土壌の対策工法検討

酸化反応で発生した硫酸イオンは蒸発量が浸透量を上回る時(土用干し等)に毛細管現象により地下水と一緒に地表付近まで移動し、地表付近を強酸性化させ稲を枯らしたと考えられる。土が赤くなったのは同時に鉄イオンも地表付近まで移動し、酸化され赤色を示す酸化鉄となったためである。以降、同様の事象を発生させないよう、本地区では次の順番で対策工事を実施した(図5)。

##### ○被災した暗渠排水の復旧工事

毛細管現象による地下水上昇を抑制し、イオン等が地表付近へ移動するのを抑制する目的

##### ○中和材(炭酸カルシウム $CaCO_2$ )の散布

酸性化した土壌を中性化し、無害化する目的

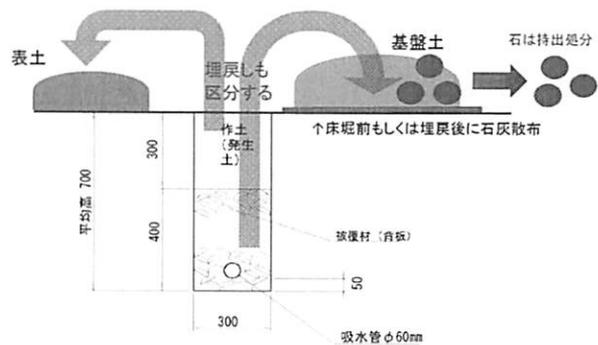


図4 暗渠排水工事について

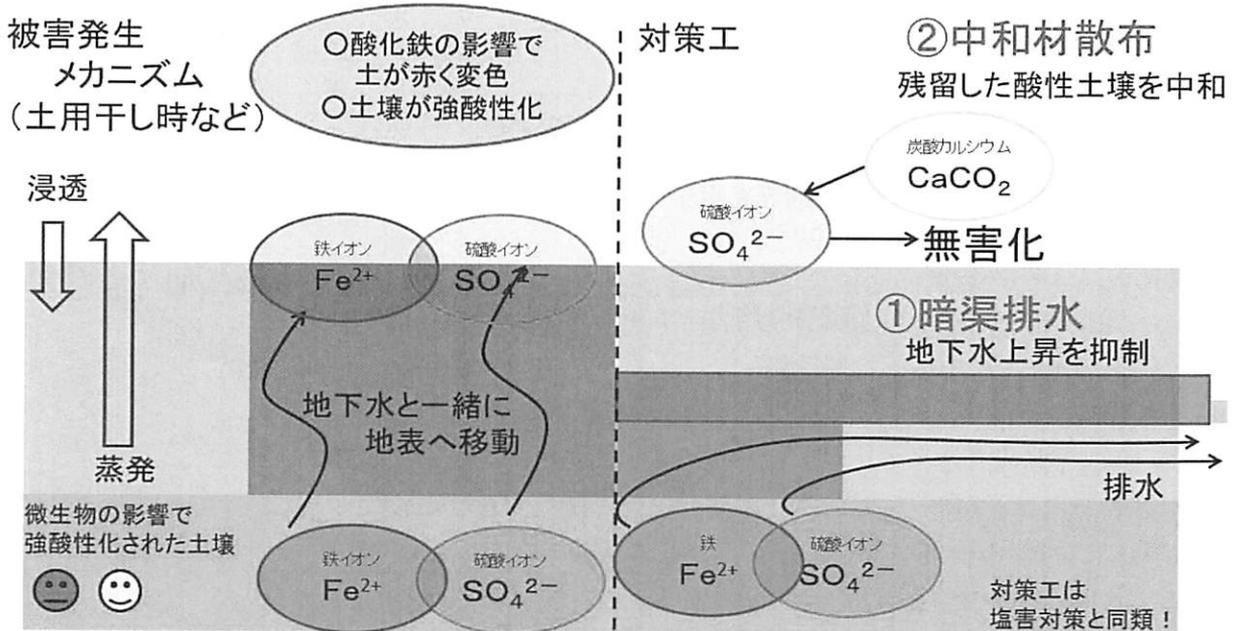


図5 対策工モード図(番号は施工順番を示す)

## 5. 対策工事

暗渠排水工事では掘削土砂が酸性化する可能性があるため、掘削土の管理に細心の注意を要した。具体的には酸性土を仮置きする際の接地面には石灰を散布すること、酸性土と未酸性土を混合しないこと等である。中和材の散布では、中和に必要な添加量(目標 pH6.5)を炭酸カルシウム添加・通気法及び緩衝曲線法を用いて算定した結果、最大約 11t/10a(表 2)となり通常施工が困難な箇所も確認された。そのような箇所については酸性土壌を無害な土壌と置き換える置換え工法、作物根が侵入する厚さまで客土する客土工法を実施した(図 6)。

表2 土壌分析及び石灰改良の添加量算出結果

ほ場No.	風乾土pH	改良深(cm)	添加量(t/10a)
い	3.26	15	4.2
ろ	3.27	15	4.4
は	3.07	15	5.0
に	2.48	15	11.0
ほ	3.31	15	4.0
へ(土羽)	3.42	15	2.6

添加量はpH6.5までCaCO<sub>3</sub>で改良とした場合のもの

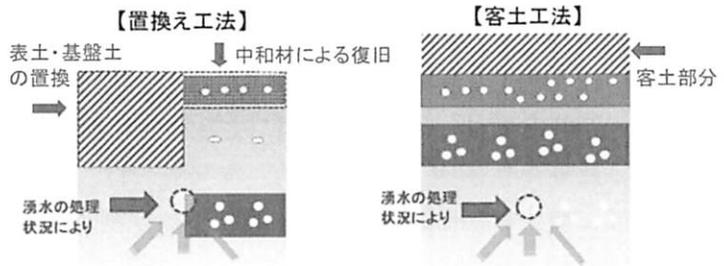


図 6 置換え工法及び客土工法について

対策工事は稲刈り後の平成 30 年 11 月から着手し、翌年 5 月に施工が無事完了した(写真 3)。また、令和元年 8 月時点では被害の再発生は確認されておらず、成果を得られている。

## 6. おわりに

酸性硫酸塩土壌の問題は、昭和 49 年当時の県営ほ場整備の施工の際にも発生し、17 工区において 5 割(24ha/48ha)の農地で稲が枯れ営農不能という甚大な被害が発生した記録が残っている。今回、迅速に対応できたのは、地元農家が当時の苦勞を覚えており、詳しい話を聞くことができたからである。本事例では、問題こそ発生したものの、被害を 5 筆(0.5ha)のみに抑えられたこと、また、対策工事の施工箇所でも再被害が発生しなかったことが大きな成果である。



写真 3 中和剤散布状況

最後に、本事例における成果は、被災した熊本県職員だけでなく、災害応援職員として当時一緒に汗をかいた佐賀県、大分県の職員が一体となり協力して得られたものである。今後、日本各地で想定される大規模災害からの復旧・復興においても、本事例のように県をまたいだ協力体制が重要になると思うため、各県より一層の協力関係を築いていきたい。

### — 参考文献 —

- 農地環境工学(文永堂出版)
- あるいて見る九州の土壌—土壌調査の方法と利活用—(土壌調査研究会)
- 酸性硫酸塩土壌の過酸化水素による簡易 pH 測定法について  
(長谷川・大津・岩永・栗原、日本緑化工学会誌 第 20 巻第 2 号 1994)
- 土地改良事業計画地区における営農調査計画の手引き(熊本県耕地第一課 S59)

重井田ダム洪水吐改修工事後のコンクリートひび割れ原因について

長崎県杵岐振興局農林部農林整備課 (非)向井 哲也  
 ○(非)中嶋 和成

1. はじめに

「重井田ダム」は長崎空港から北東に約10km、長崎県大村市北部の重井田町に位置し、郡川支流佐奈川内川に昭和48年から昭和58年にかけて建設された県営防災ダムである。

平成24・25年度に機能診断を実施した結果、コンクリート構造物の健全度評価が S-1～S-3 となった。この結果を受け、平成26年度に機能保全計画の策定を行い、平成26年度～30年度の対策工期で長寿命化対策に取り組んだ。本発表では、平成27年度に実施した重井田ダム洪水吐改修工事後に発生した改修箇所のコンクリートひび割れ原因についての考察について発表を行う。

2. 地区の概要

- 地区名: 重井田地区
- 所在地: 長崎県大村市重井田町
- 受益面積: 102ha
- 受益戸数: 287戸
- 対象施設: 中心コア型アースダム
  - 堤高 41m
  - 堤長 170.6m
  - 有効貯水量 634千m<sup>3</sup>
  - 洪水吐 256m(側水路型)

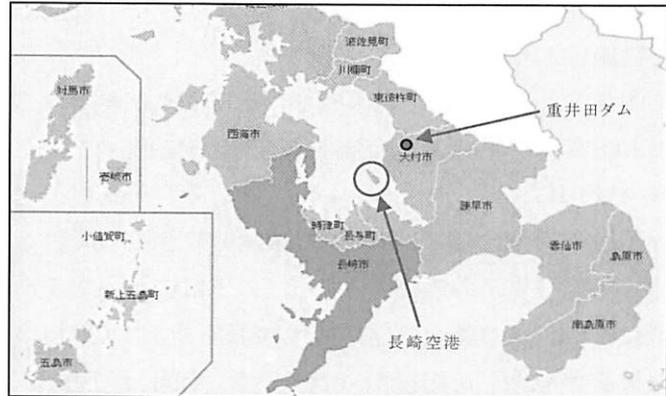


図1. 重井田地区位置図

3. 事業内容

- 事業費 : 365,000千円
- 事業工期 : 平成26年度～平成30年度
- 事業内容 : 洪水吐工 L=256m、調節工 N=1式、付帯工 N=1式

4. 重井田ダム洪水吐改修工事内容(平成27年度実施)

1) 工事内容

- 工事費 : 66,204千円
- 工期 : 平成27年10月1日～平成28年3月25日
- 工事概数 : 洪水吐工 L=66.0m

洪水吐静水地部の底版部および底版から平均直高6.40mにおよぶ側壁部(右岸・左岸)コンクリートの打替え(t=15cm)を施工延長 L=66.0mで実施。

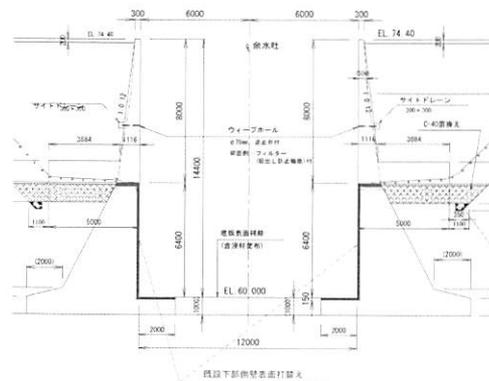


図2. 標準断面図

## 2) 設計内容

右岸側側壁部については、平成26年度調査の結果、鉄筋の腐食が確認され、中性化が水路側鉄筋部まで到達していた。左岸側側壁部については、鉄筋の腐食等は確認されなかったが、側壁部上部が平成25年11月29日に倒壊しており、下部の水路側鉄筋が一部抜け落ちた。また、過年度調査の結果、両側壁とも既設コンクリートにアルカリ骨材反応性物質が認められ、現在も大きな残存膨張率を有しているが、コンクリート圧縮強度は基準強度以上であることが確認された。そのため、劣化を抑制・防止し、構造耐力を確保することを改修方針とした。

改修工法として接着工法、断面修復工法、増厚工法、打替工法の5案を比較し(表1参照)、水路断面が狭窄しない工法の中で最も経済的となる打替工法を実施。打替え厚さは、鉄筋のかぶり60mm、鉄筋径16mm、鉄筋のあき60mmより150mm程度必要となる。また、単鉄筋の最小部材厚は13cm以上必要(設計基準「水路工」)とされることから、15cmはつりを行い、15cm打替えを行うこととした。また、はつり作業に伴い、はつり処理面に脆弱部が生じるため、高圧洗浄により脆弱部を除去する。除去後、アルカリ骨材反応抑制効果と防錆効果の高い亜硝酸リチウム系含浸材を塗布し、マイクロクラックの固化・改質のためケイ酸リチウム系含浸材の塗布を行うこととした(図3参照)。

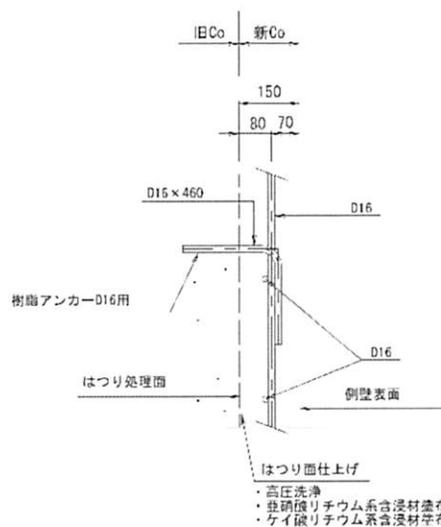


図3. 改修工法模式図

## 3) 工事施工

工事施工は、コンクリートはつり、既設鉄筋切断、はつり面洗浄、含浸材塗布、アンカー設置(鉄筋固定のため)、鉄筋組立、型枠組立、コンクリート打設とし、コンクリート打設は24-8-20H(早強)を用いて平成28年2月15日~平成28年3月11日にかけて行われ、打設時の気温は5℃~10℃、コンクリート温度は11℃~13℃であった。また、コンクリート打設後にジェットヒーターを用いて給熱養生を行い、脱枠後に保水養生テープをコンクリート全面に貼り付けた。

表1. 改修工法の比較表

	接着工法(表面の接着)	接着工法(内面に炭素繊維を設置)	断面修復(高強度モルタル)	増厚工法	打替工法
概要図					
工法概要	FRPM、パネル、鋼板等によりコンクリート表面を補強し劣化速度を抑制し、構造耐力を確保する。	コンクリート表面部に炭素繊維を設置しポリマーセメント等の無収縮材にて保護する。コンクリート強度を確保する。	コンクリート表面に高強度モルタル5cmにて打ち替えを行う。劣化速度を抑制し、構造耐力を確保する。	コンクリート表面にコンクリート15cmの打ち増しを行う。劣化速度を抑制し、構造耐力を確保する。	コンクリート表面を15cm取り壊し、コンクリートの打ち替えを行う。劣化速度を抑制し、構造耐力を確保する。
適応性	・躯体表面を補強するため、劣化速度を抑制し、構造耐力の改善が図れる。 ・取り壊し量が軽減できるが、高価である。	・躯体表面を補強するため、劣化速度を抑制し、構造耐力の改善が図れる。 ・取り壊し量が軽減できるが、高価である。	・躯体表面を高強度モルタルにて補強するため、劣化速度を抑制し、構造耐力の改善が図れる。 ・取り壊し量が軽減できるが、高価である。	・躯体表面にコンクリートを増し打ちし、劣化速度を抑制し、構造耐力の改善が図れる。 ・取り壊し量が軽減でき、安価である。 ・水路内に増厚するため、水路断面が狭窄する。 ・本地区は水路断面に余裕がなく採用出来ない。	・表面が改善し構造耐力の改善が図れる。 ・一般的な工法であり経済性上も安価である。
経済性	32,000~42,000円/m <sup>2</sup> 程度 925円/m <sup>2</sup> /年	27,600~59,200円/m <sup>2</sup> 程度 1,085円/m <sup>2</sup> /年	55,800円/m <sup>2</sup> 程度 1,395円/m <sup>2</sup> /年	12,000円/m <sup>2</sup> 程度 400円/m <sup>2</sup> /年	21,000円/m <sup>2</sup> 程度 700円/m <sup>2</sup> /年
評価	△	△	△	△	◎採用

## 5. ひび割れ発生状況と原因の考察

### 1) ひび割れの発生

確認検査(平成28年3月22日)時点ではひび割れは確認されておらず、平成28年11月15日にひび割れが確認された。ひび割れ発生状況を確認するために近接目視調査とコンクリート供試体採取を実施した。ひび割れは右・左岸の両側に発生しており、特に左岸側に多く見られた。水平方向のひび割れが主であるが、一部鉛直方向のひび割れも見られた。ひび割れ幅は0.1mm~0.3mm程度であり、ひび割れ箇所から漏水・エフロレッセンスも見られた。

コンクリート供試体採取箇所は漏水またはエフロレッセンスが確認された箇所で行った。確認の結果、新旧コンクリートでひび割れ位置が一致していないこと、ひび割れ深さが表面から新旧コンクリートの境界まで達していること、中性化が新コンクリート部で進行していないことを確認した(鉄筋については点錆らしきものが付着している程度)。

### 2) ひび割れ発生原因の考察

ひび割れ発生状況及び工事の施工状況を基にひび割れ発生原因の考察を行った。まず、新旧コンクリートでひび割れ位置が一致していなかったことから、旧コンクリートのひび割れが影響したひび割れではないと考えられる。また、コンクリート打設後に行ったジェットヒーターによる給熱養生は、寒中コンクリート打設時の対応として有効である。脱枠後の保水養生テープは高湿潤状態を保つためのものであり、保温効果は期待できないが、脱枠時に外気温との温度差によるコンクリート表面のひび割れは確認できていない。

水和熱によるひび割れについては「コンクリートのひび割れ調査、補修・補強指針-2013-」において、「水和熱による温度変形が外的(後打ちと先打ちの温度差による)、内的(断面内の温度差による)に拘束されることにより、貫通ひび割れや表面ひび割れが発生する。」とあり、数十日以上後に発生するひび割れにも分類されている。側壁部のコンクリート打設箇所は図4に示す状況と同様であり、実際に新旧コンクリートの境界までひび割れが発生していたことから、水和熱による温度変形の際に外的要因(旧コンクリート)により拘束されたことが今回のひび割れの主たる原因と考える。また、ひび割れ発生が平成28年3月22日以降に発生したことについても矛盾しない。



写真1. 右岸側(H28.5)

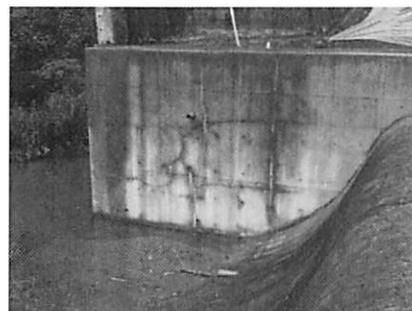


写真2. 右岸側(H28.11)

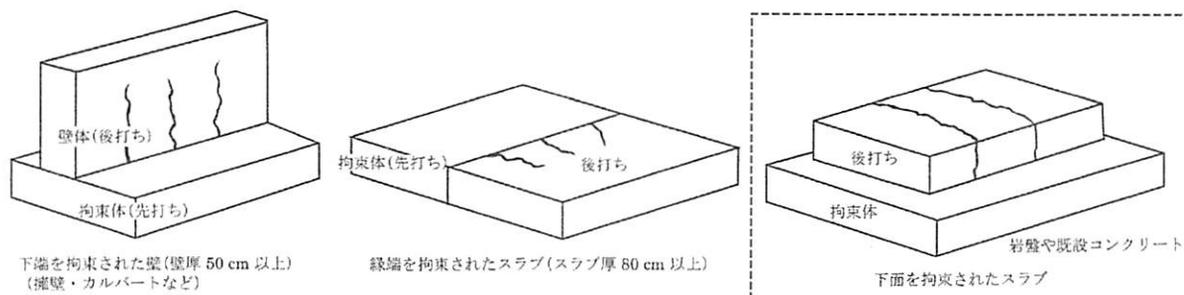
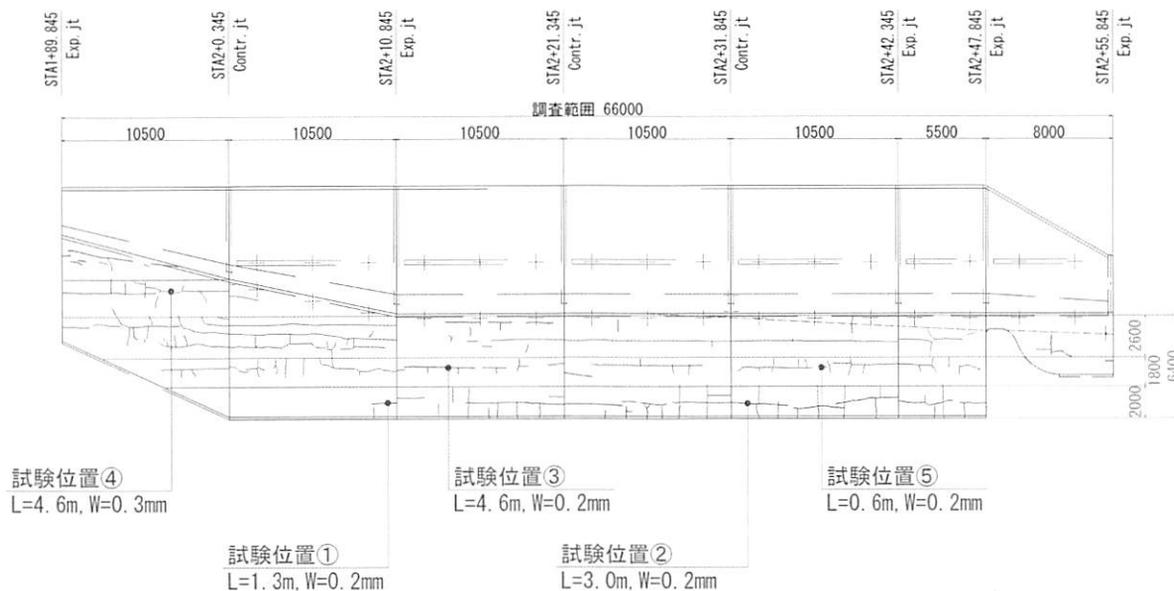


図4. ひび割れのパターン(「コンクリートのひび割れ調査、補修・補強指針-2013-」から引用)



—ひび割れ(0.1mm<W≤0.2mm) —ひび割れ(W=0.3mm) —漏水・エフロを伴うひび割れ  
 —コンクリート打継ぎ位置 ●コア採取(採取前に鉄筋探査実施)

図5. 左岸側側壁部のひび割れ調査結果

水面方向にひび割れが多く発生している原因としては、拘束している旧コンクリートに対し、鉛直方向の鉄筋より水平方向の鉄筋が旧コンクリート側にあるため、水平方向の鉄筋に沿ったひび割れが発生したと考える。

平成29年度に他地区工事で打替え厚さ15cmでコンクリート構造物の改修工事を施工し、ひび割れが発生しなかったという事例がある。コンクリート打設時期は本工事と同時期であるが、本工事では残工期が少なかったこと、早強ポルトランドセメントが寒中コンクリートに適していることから早強ポルトランドセメントを用いたが、他地区工事では高炉セメントB種を用いている。早強ポルトランドセメントは高炉セメントB種より水和熱が大きいため、温度収縮も大きくなる。その結果、本工事ではひび割れが発生したが、他地区工事ではひび割れが発生していないと考える。

## 6. おわりに

本地区で発生したひび割れは水和熱による温度変形の際に発生するひび割れ(初期ひび割れ)が主原因と考えられ、ひび割れの進行は現在収束していると考ええる。今後、コンクリート打設を行う際は、気候条件、現場条件を確認し、セメント特性等を把握した上で、打設計画の検討を行ってきたい。

温度変形によるひび割れ(初期ひび割れ)であり、ひび割れ幅は0.1mm~0.3mm程度であったことから、側壁部のコンクリート健全度評価はS-4となり、対策としては要観察となる。今後、経過観察を行い、状況に応じて対策の要否を検討しなければならないが、今回ひび割れが発生した場所は足場がないと近接目視調査ができないような場所である。足場を用いず遠望からでもひび割れ幅が計測できる方法として、ひび割れ写真の画像解析等があるが、経過観察をいつの時点でどの程度の精度で行うか今後検討を行い、コンクリート構造物に深刻な影響が出る前に必要な対策を行い、コンクリート施設の長寿命化につなげていくことが重要となる。

## ため池工事における工期短縮（品質管理）について

長崎県北振興局 農林部 土地改良課 ○(非)山下 晃, (非)松浦 清勝

## 1. はじめに

本地区は、長崎県北部の松浦市福島町に位置し、農村地域防災減災事業 福島地区（白石ため池、狸岩ため池、計N=2箇所）として平成26年度に着工し、平成30年度完了を目指し、事業を実施している。白石ため池については、昭和48年に改築され、その後も維持管理を実施してきたが、堤体からの漏水が64.9ℓ/min/100m当たり（改修要件（60ℓ/min/100m当たり）と許容漏水量を満足しておらず、必要余裕高1.5mに対し、現況余裕高が0.65mであり、張石部に乱れ・ハラミ・凹みも確認され、維持管理では対処できない状況となっている。これらを打開するための対策として、ため池の全面改修を行う工事である。



## 2. 当工事の課題

白石ため池その1工事については、平成28年度内完了を目指し発注していたが、本工事に必要な刃金土を土取場から採取していたところ、深層部において細粒分を多く含む軟弱な土層に変化したため、採取範囲を広げることで必要量を確保することとしたが、土質調査及び土取場が水田であることから、農地法の申請（農地改良届）に不測の日数を要した事に伴い、やむを得ず工期延長を行った。

このことに伴い、後発発注の白石ため池その2工事の着工が遅れ、土工事が主であったことから、天候が大きく左右し、近年では局地的なゲリラ豪雨も多発することから、工期内完了が難しくなることが見込まれたため、工期短縮を図ることが課題となった。

以下に工事内容の概要を示す。

## 福島地区白石ため池整備工事（その1）

## ○工事内容

1. 洪水吐工 L=69m、2. 底樋工 L=50.4m、3. 仮設道路工 L=126m（5,034m<sup>3</sup>）

## ○工期 当初 H28.9.14～H29.3.24（192日間）

変更 H28.9.14～H29.6.30（290日間）

## 福島地区白石ため池整備工事（その2）

## ○工事内容

1. 堤体工 L=115m（刃金土 V=2,353m<sup>3</sup>、鞘土 V=4,117m<sup>3</sup>、堤外盛土 5,767m<sup>3</sup>）

2. 斜樋工 N=1式、3. 施設機械 N=1式

## ○工期 当初 H29.3.15～H29.12.22（283日間）

変更 H29.3.15～H30.1.31（323日間）

## 3. 課題克服の為の対策検討

先行工事のその1工事完成がずれ込んだことにより、後発のその2工事の工程にも影響があったため、工期短縮に繋がる工種を受注者と検討・協議を行い、下記の2項目について、検討を行った。

① 盛土の現場密度試験（砂置換法→RI法）

現場密度試験はため池工事においては一般的に砂置換法にて実施しているが、土の締固め度計測に時間を要していることから、RI法を採用することで、迅速に試験結果が判明し、盛土作業が行えることから、工期の短縮に繋がる。

② ICT重機の導入

堤体の法面整形や各構造物の床堀において、通常丁張りを設置し、勾配・基準高の確認を行うが、ICT重機を利用することにより、勾配・基準高確認のための人員を削減出来、精度も高まることから、工期の短縮に繋がる。

4. 対策工法の概要

①RI法

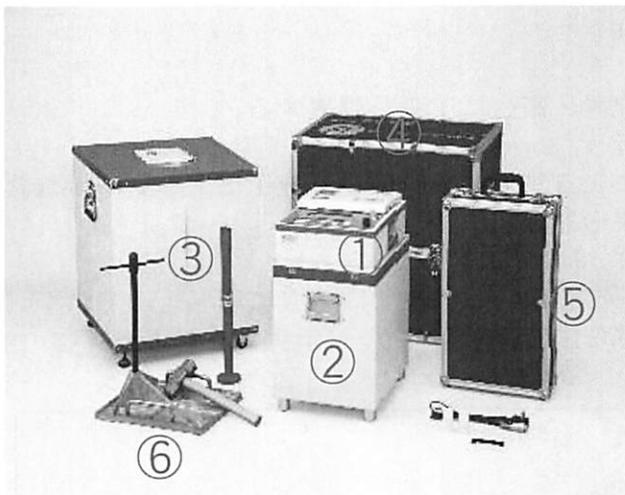
微量のRI（放射性同位元素）を利用して土中の湿潤密度（含水比）や含水量を測定する機器をRI測定器と言ひ、測定方法は従来の砂置換法による現場密度試験に比べ、短時間で測定出来、測定結果の個人的差異が殆ど無い等のメリットがある。

【概要】

- 1) RI※を使用して土中の水分・密度を測定。  
※RI：ラジオアイソトープ（放射性同位元素）
- 2) 測定した値を品質管理にて使用。  
湿潤密度・含水量から締固め度等を算出
- 3) 採用現場  
造成工事/築堤工事/道路工事/高速道路工事 等
- 4) セット内容  
写真の道具一式



実際に使用した RI 計器



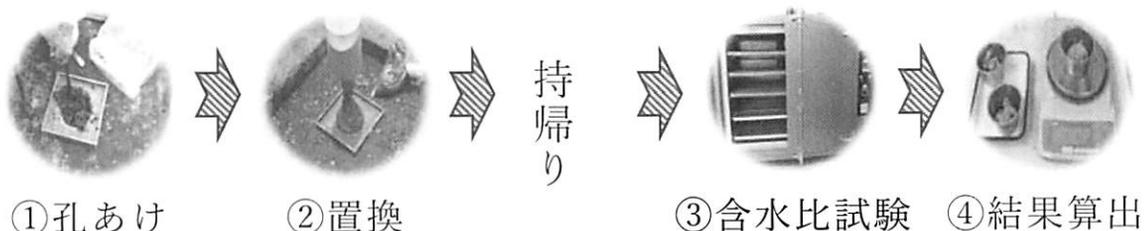
- ①計器本体
- ②標準体
- ③線源棒収納器・線源筒
- ④計器収納トランク
- ⑤付属品収納箱
- ⑥試験孔開孔用道具

※線源棒からは微弱な放射線が常に放出されているが、適切に使用していれば安全上問題はない（RI計器を1年間使用しても、被曝量は腹部撮影1回分より少量である）

【測定の流れ】

1) 砂置換法

所要時間：約1時間（採取土の含水比試験に電子レンジ法を用いた場合）



## 2) R I 法

所要時間：約 5 分



①孔あけ

②設置

③測定(1分)

## ② ICT 重機 (バックホウ)

### (1) マシンガイダンスシステム (MG)

TS, GNSS の計測技術を用いて、施工機械の位置情報・施工情報、及び現場状況 (施工状況) と設計値 (三次元設計データ) との差異を車載モニターへ通じてオペレータに提供し、操作をサポートする技術 (機械操作はオペレータが行う為、ある程度の技術が必要) であり、既存の建設機械に後から設置することが可能。

### (2) マシンコントロールシステム (MC)

マシンガイダンス技術に施工機械の油圧制御技術を組み合わせて、設計値 (3 次元設計データ) に従って機械をリアルタイムに自動制御し施工を行う技術である。MG と違いシステムの後付が難しい。リース費用が MG に比べ高額。

工法を検討した結果、下請会社所有の機械に MG のシステムが搭載されており、オペレータも熟練の方がおられた為、当工事では MG を採用した。

使用工種として、堤体法面整形・盛土材のまき出し・構造物の床掘にて使用した。

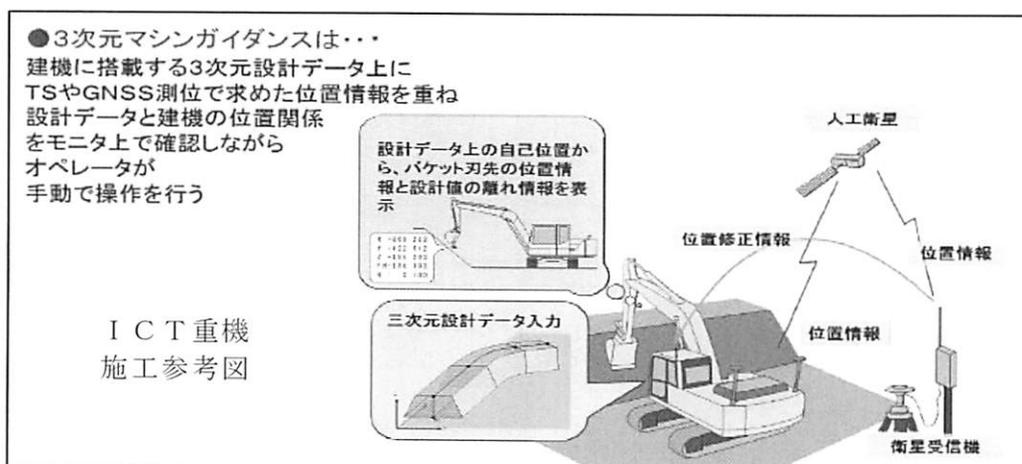
(施工方法：法面整形作業の場合)

#### 【従来】

- ① 測量を行い、設計図面の位置・高さに丁張を設置する。
- ② 丁張を目印に法面整形を行う。
- ③ 途中で勾配定規や、目視による見通しで設計通り施工出来ているか確認。
- ④ ②～③を繰り返す。⑤ 出来形を確認する。

#### 【ICT 重機 (マシンガイダンス) での施工】

- ① 設計図面を基に 3 次元データを作成し、事前に重機に読み込んでおく。
- ② 運転席のモニターを見ながら法面整形を行う。(丁張の設置不要)
- ③ 出来形を確認する。



5. 対策実施の効果

1) RI 法の実施により短縮できた時間を盛土作業に当て、累計で何日間短縮できたかを求める。

a. 現場密度試験実施回数 盛土高 60 cm 毎に 1 回実施  
(刃金土・鞘土→1 層当り 15 cm、堤外盛土→1 層当り 30 cm)

1. 刃金土・鞘土 全盛土層数 72 層の試験回計 35 回  
(刃金土 16 回・鞘土 19 回、それぞれで 60 cm (4 層) 毎に 1 回の試験を実施)
2. 堤外盛土 全盛土層数 32 層の試験回数 16 回

b. 1 日当りの盛土作業量は平均 120 m<sup>3</sup> (ダンプ台数にて管理)

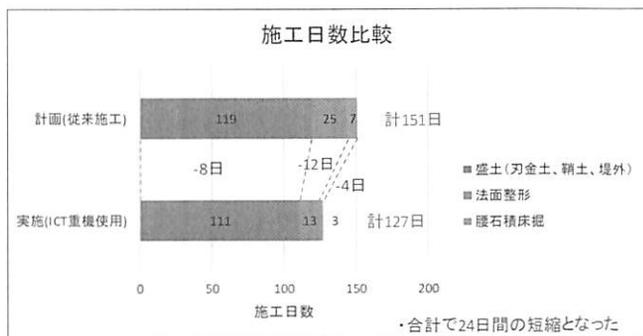
c. 砂置換法測定時間 (1 回当り)  
刃金土→1 時間 (3 孔×1 箇所)  
鞘土→1 時間 (3 孔×1 箇所)  
堤外盛土→1 時間 (3 孔×1 箇所)

採取土の含水比試験に電子レンジ法を用いた場合の時間。

d. RI 法測定時間 (1 回当り)  
刃金土・鞘土→1 箇所 1 分×5 箇所×2 回=10 分  
堤外盛土→1 箇所 1 分×5 箇所=5 分  
※短縮時間はおおよそ刃金土で 1h、鞘土で 1h、堤外盛土で 1h となった。

e. 短縮日数の算出  
・ 1 時間当りの作業量=1 日当り作業量 120 m<sup>3</sup>/8 時間=15 m<sup>3</sup>  
・ 短縮時間での作業量 (1 回当り) =1 時間×15 m<sup>3</sup>=15 m<sup>3</sup>  
・ 短縮時間での累計作業量=15 m<sup>3</sup>×試験回数 50 回 (刃金土 16 回+鞘土 18 回 (鞘土の一番上層の盛土作業はないため 1 回分減) 堤外盛土 16 回) =750 m<sup>3</sup>  
・ 短縮日数=750 m<sup>3</sup>/1 日当り作業量 120 m<sup>3</sup>=6.25 日→約 1 週間の短縮となった。

2) ICT 重機の使用により、腰石積床堀、法面整形、盛土 (敷均し作業) においては当初は 151 日間の予定だったが、127 日間で終わることが出来、24 日間の短縮となり、出来栄も良く施工を完了させることが出来た。



- ※ICT 重機によるメリット
- ① 丁張の人員を他工種へ回せる。
  - ② オペレータの乗降作業が殆ど無い。
  - ③ 作業員が重機周辺に立ち入る機会が減り、より安全な施工が可能。
  - ④ 丁張を目印とした施工よりも、出来映えが格段に良い。

6. まとめ

今回白石ため池工事の工期短縮における対策として、現場密度試験に RI 法採用及び ICT 重機を導入した結果により、工期短縮を図ることができ、工期内に工事を完了させることが出来た。管内のため池工事は、入札不調が度々発生しており、天候に左右され、工期がかかり利益も出にくく、経験がある技術者も少なくなっているなどが要因で不人気工事となっている。

その中、今回の試みは、今後のため池工事の管理が短縮されるひとつの手法として、建設業者へも良い事例になったのではないかと考える。また、ため池の受益関係者にとっても、早期の貯水を望まれるため、工事の早期完成に繋がることは期待にも応えられると考える。今後も受注者に積極的な活用が図られるよう努めていきたい。

## 鬼界アカホヤ火山灰層の一面せん断強度特性

-熊本県白川河口左岸部に位置する白川尻干拓堤防基礎(有明粘土)地盤の場合-

九州大学 大学院農学研究院 (正) 東 孝寛

**1. はじめに** 地層を対比する際に用いられる鍵層の1つとして、鬼界アカホヤ火山灰層(K-Ah)が知られている。この火山灰層は、約7,300年前に鹿児島県薩摩半島南方の硫黄島・竹島付近の鬼界カルデラが大噴火し、上空に噴き上げられた火山灰が地上に降下・堆積してできたものである(九州農政局土地改良技術事務所, 2007)。

熊本県白川河口左岸部(熊本市西区沖新町地内)の白川尻干拓堤防基礎地盤(有明粘土地盤)の強度特性を調べるために、乱さない試料(以後、白川試料と呼ぶ)を採取したところ、有明粘土層に挟まれている層厚15cm程の乱さない鬼界アカホヤ火山灰試料を入手することができた。本文では、鬼界アカホヤ火山灰層の強度特性などについて、主に圧密定体積一面せん断試験結果をもとに検討している。

**2. 試料土の性質と実験方法** 実験に使用した白川試料(S-1-1~26)は、白川河口左岸部に位置する白川尻干拓堤防(パラペット部)より海側へ約30m離れた地点(北緯32°45'31.4", 東経130°36'8.8")(干潟部)においてシンウォールサンプリングした乱さない試料である。試料採取地点の地表(海底)面標高EL.は-0.11mであり、試料の採取深さd(EL.)は、8.0~39.4m(-8.11~-39.51m)である。

試料土採取地点の土質詳細図をFig.1に示す。図

には、土質試験が終了したdが8.00~34.30m(EL.-8.11~-34.41m)のS-1-1~21試料の試験結果を示している。dが26.87~27.02m(EL.-26.98~-27.13m)の範囲には、有明粘土層に挟まれて鬼界アカホヤ火山灰層が存在している。有明粘土層の自然含水比 $w_n$ は、概ね50~110%の範囲にあり、液性限界 $w_L$ より高い。砂分を多く含むdが8.00~9.40m(EL.-8.11~-9.51m)の範囲(S-1-1試料)を除けば、試料土の粘土分(粒径 $d < 5 \mu\text{m}$ )は33~73%の範囲であり、細粒分含有率はほぼ90%以上である。

Fig.2に鬼界アカホヤ火山灰層付近の土質詳細図(EL.-26.00~-28.00)を示す。火山灰層の $w_n$ は概ね60~80%の範囲にあり、その上下端付近の有明粘土層よりかなり低く、層内では深くなるにつれて減少している。アカホヤ火山灰土の土粒子の密度 $\rho_s$ は、2.56~2.60 g/cm<sup>3</sup>の範囲であり、上下位の有明粘土の $\rho_s$ より幾分小さい。湿潤密度 $\rho_t$ は、1.39~1.49 g/cm<sup>3</sup>の範囲にあり、層内では深くなるにつれて小さくなっている。このことは、火山灰層内の $w_n$ の変化とは対応しておらず、層内では、深いほど軽石の様な多孔質粒子を多く含んでいると考えられる。また、アカホヤ火山灰土の粒度組成は、粘土分が31~38%、シルト分が40~53%、砂分が16~22%であり、アカホヤ火山灰土は砂質粘土質シルトに分類される。

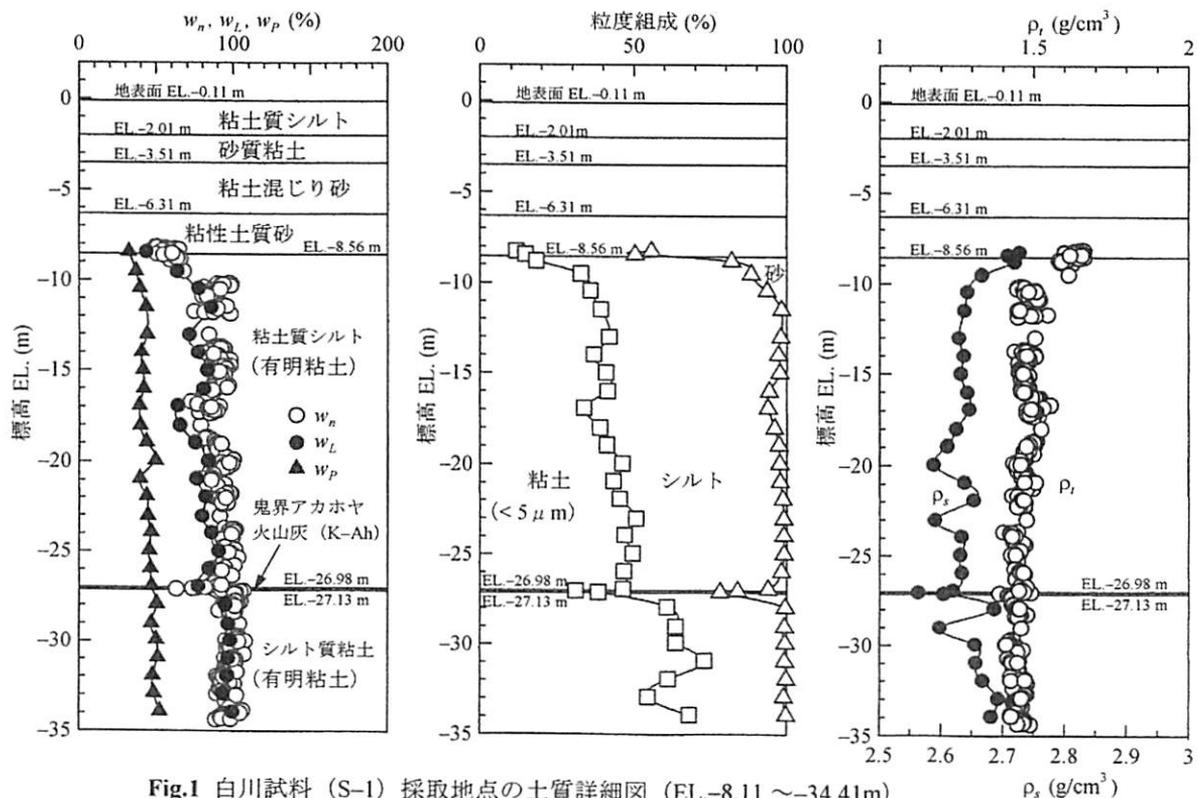


Fig.1 白川試料(S-1)採取地点の土質詳細図(EL.-8.11~-34.41m)

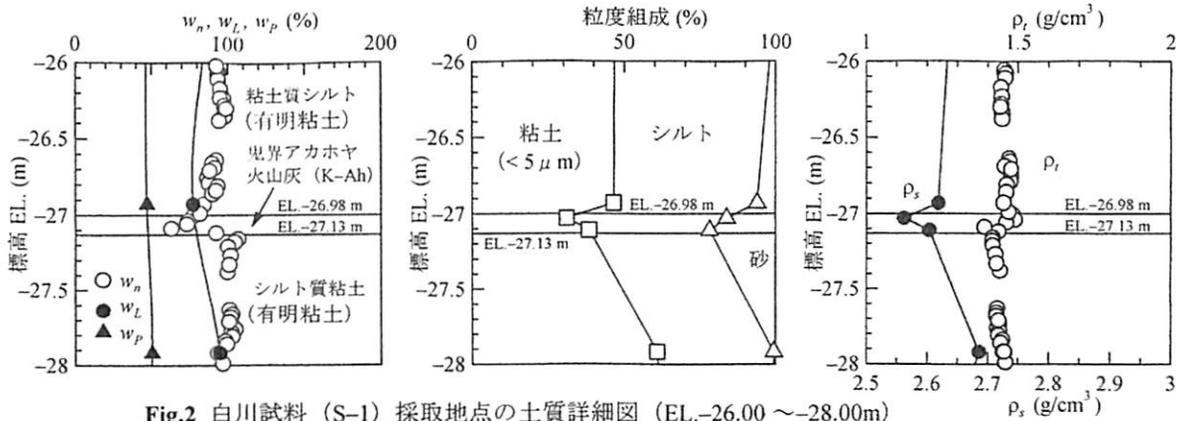


Fig.2 白川試料 (S-1) 採取地点の土質詳細図 (EL.-26.00 ~ -28.00m)

一面せん断試験は、圧密定体積 (CU) 一面せん断試験 (以後、一面 CU 試験と略す) であり、地盤工学会基準 (JGS) 0560 に準拠して行った。使用した供試体は直径 6 cm、高さ 2 cm の直円柱状であり、せん断面と試料土採取地点の地表面 (水平面と仮定) のなす角が  $0^\circ$  になるように切り出した。圧密圧力  $\sigma'_{vc}$  は、有効土被り圧  $\sigma'_{v0}$ 、196、245、294、343 kPa とした。また、せん断変位速度は約 0.2 mm/min であり、圧密の打ち切り時間は 3t 法によって決定したが、求まる打ち切り時間が 30 分未満の場合は 30 分とした。

### 3. 実験結果および考察

Fig.3 には、鬼界アカホヤ火山灰試料 (S-1-15-7~9) の一面 CU 試験結果 (ベクトルカーブ) を示す。アカホヤ火山灰層における有効土被り圧  $\sigma'_{v0}$  は約 145 kPa であるので、圧密圧力  $\sigma'_{vc}$  が 144 kPa のときの供試体の圧密後の応力状態は幾分過圧密状態にあると考え、以下では、ほぼ正規圧密状態にあると見なしうる  $\sigma'_{vc}$  が 196 kPa 以上の場合を検討対象とした。 $\sigma'_{vc} = 196$  kPa の試料 S-1-15-8-1 (代表標高 EL.-27.04 m)、 $\sigma'_{vc} = 245$  kPa の試料 S-1-15-9-1 (EL.-27.09 m) (グループ 1) のベクトルカーブは、共にせん断初期の立ち上がりが急であり、原点に対して互いにほぼ相似な形状となっている。しかも、せん断応力  $\tau$  が最大 ( $\tau_{max}$ ) となるせん断破壊時における  $\tau$  であるせん断強度  $\tau_f$  とせん断破壊時における有効垂直応力  $\sigma'_{vf}$  の比  $\tau_f/\sigma'_{vf}$  はかなり大きい。一方、 $\sigma'_{vc} = 294$  kPa の試料 S-1-15-7-2 (EL.-27.01 m)、 $\sigma'_{vc} = 343$  kPa の試料 S-1-15-8-2 (標高 EL.-27.06 m)、 $\sigma'_{vc} = 196$  kPa の試料 S-1-15-9-2 (EL.-27.12 m) (グループ 2) のベクトルカーブは、何れもグループ 1 の場合よりせん断初期の立ち上がりが緩やかであり、 $\tau_f$  と  $\sigma'_{vf}$  の比  $\tau_f/\sigma'_{vf}$  はかなり小さい。この場合もベクトルカーブは、互いに原点に対してほぼ相似な形状となっている。

グループ 1、2 の  $\tau_f-\sigma'_{vc}$ 、 $\tau_f-\sigma'_{vf}$  関係が何れも原点を通る直線で近似できるとして、最小二乗法を適用して求めると、グループ 1 で  $\tau_f = 0.592\sigma'_{vc}$  (強度増加率: 0.592)、 $\tau_f = 0.934\sigma'_{vf}$  (内部摩擦角  $\phi'_1$ :

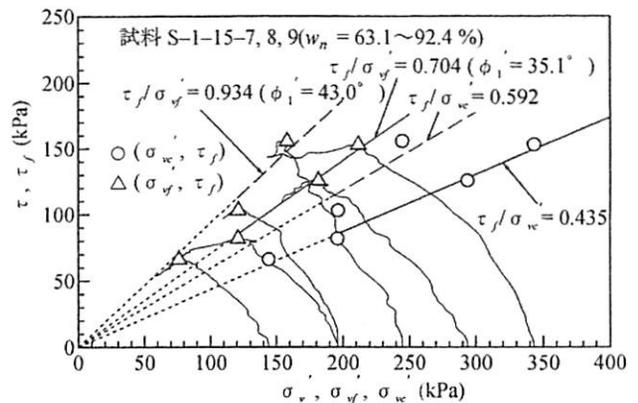


Fig.3 鬼界アカホヤ火山灰試料の一面CU試験結果

43.0°)、グループ 2 で  $\tau_f = 0.435\sigma'_{vc}$  (強度増加率: 0.435)、 $\tau_f = 0.592\sigma'_{vf}$  (内部摩擦角  $\phi'_1$ : 35.1°) となった。また、全試料ともせん断中は有効垂直応力  $\sigma'_v$  が減少し (供試体は収縮傾向 (負のダイレイタンス) を示す)、正規圧密土の破壊時における  $\sigma'_{vf}$  と  $\sigma'_{vc}$  の比  $\sigma'_{vf}/\sigma'_{vc}$  はほぼ一定 (平均: 0.622) である。

4. まとめ 有明粘土層に挟まれている鬼界アカホヤ火山灰層の強度特性などについて、主に圧密定体積一面せん断試験結果をもとに検討した。その結果、アカホヤ火山灰土は砂質粘土質シルトに分類され、層内では、含水比、湿潤密度が共に深くなるに伴い低下傾向にあることが分かった。強度特性については、砂質土の特徴 (強度増加率: 0.592、内部摩擦角: 43.0°) を示す場合、ならびに砂質土と粘性土 (有明粘土) の中間的な特徴 (強度増加率: 0.435、内部摩擦角: 35.1°) を示す場合があることを確認した。

最後に、本研究で使用した土質試験データの一部は、熊本県県央広域本部農林部よりご提供いただきました。また、本研究は平成 26 年度日本学術振興会科学研究費助成事業 (学術研究助成基金助成金) (基盤研究 (C)、課題番号: 24580357) の補助を受けました。付記して、深甚なる謝意を表します。

引用文献 九州農政局土地改良技術事務所 (2007): 特殊土地地帯の工事に関わる技術資料 平成 18 年度版、九州農政局土地改良技術事務所、98-126。

## 斜面崩壊地の原位置試験のパラメーターを用いた有限要素解析

鹿児島大学農学部（正）平 瑞樹

（非）白川 翔

### 1. はじめに

九州の急傾斜地では豪雨による比較的浅い表層崩壊が起こり、大規模崩壊や土石流につながっている危険箇所が多く存在する。そのため、斜面崩壊の生じやすい現場の地形、地質、降雨条件などを予め調査し、斜面の外力による変形やひずみ性状を予測しておくことが重要である。より正確な崩壊箇所の危険度予測を確立することで、斜面災害から市民の命と財産を守るための対策を講じることができる。

ここでは、平成30年7月豪雨による九州北部の災害現場を調査し、現場の地形・地質や地盤の状態と原位置で強度を評価する実験を行い、原位置試験で得られた強度定数等を利用した斜面崩壊数値シミュレーションを試みた。そうして、現場形状に近いモデル地盤を設定し、原位置試験から算定した物性値を導入した有限要素解析から斜面崩壊メカニズムの可視化や崩壊条件について検討した。

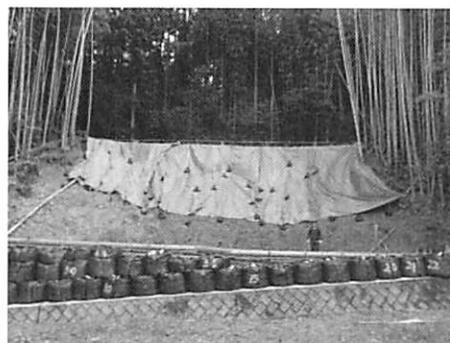


写真-1 斜面災害現場

### 2. 平成30年7月豪雨災害の特徴

平成30年6月28日～7月8日までに台風7号や梅雨前線などの影響による集中豪雨が西日本を中心に全国的に広いエリアで被害を及ぼした。太平洋高気圧の影響で7月2日～5日に北海道に停滞

し、7月の降水量の平均値を超える記録的な豪雨となった。その後、梅雨前線が南下して、九州地方では台風の影響による雨が7月3日頃から降り続き、7月5日～8日にかけて西日本付近に停滞、大量の湿った空気が流れ込んだため西日本から東海にかけて大雨が連続的に発生した。日本各地の広範囲での記録的な大雨となった。

7月6日17時10分に福岡、長崎、佐賀の3県に大雨特別警報が発表され、運用を開始して最多となる11府県で大雨特別警報が発表された。西日本の多くの地域での河川の氾濫や浸水被害、土砂災害が発生して200人を超える死者が出る甚大な被害で、北九州市門司区では崖崩れが発生し住宅が全壊、2人が死亡した。6日には北九州市小倉北区の板櫃川などの複数の河川が氾濫し、久留米市では広範囲で浸水している。北九州市では9日までに土砂崩れなどにより約680棟が被害を受けた。佐賀県2人、宮崎県1人、鹿児島県で2人が死亡している。

### 3. 斜面崩壊現場での原位置試験

調査位置は、福岡県北九州市八幡東区田代町の道路斜面崩壊現場で、露頭観察とベーンコーンせん断試験と簡易動的コーン貫入試験、原位置透水試験を崩壊地の斜面上部と崩壊した斜面の下層を選定しながら実施した。簡易的な原位置試験として、土層強度検査棒（土検棒）を実施した。斜面の崩壊範囲から上部の盛土斜面とその下部の斜面の地盤強度定数としての内部摩擦角（ $\phi$ ）と粘着力（ $c$ ）を算出する。また、ベーンコーンせん断試験から土質定数としての内部摩擦角と粘着力を整理する方法として、経験式法と相関式法がある。

簡易動的コーン貫入試験を斜面崩壊の上部と下部で実施した。簡易動的コーン貫入試験による $N_d$ 値の算定式（1）を以下に示す。ここに、 $N$ ：打撃回数（回）、 $\Delta h$ ：貫入量（cm）である。
$$N_d = 10N/\Delta h \dots (1)$$

さらに、現地での透水係数を算定するために北九州市消防局で開発された原位置透水試験を実施した。試験区内に注水を行う長さ300mmのストレーナを打ち込み、上部に注水時の水頭差を観察できるアクリル製測定パイプとその上部に注水タンクを装備した構造を有している。

### 4. 斜面安定性評価のための有限要素シミュレーション

斜面の局所的な変形挙動を評価するために、地盤解析専用が開発された3次元有限要素法解析アプリケーション PLAXIS 3Dを使用し、斜面崩壊地の現場を想定した数値シミュレーションを実施して、現場で得られた変形係数を導入したケーススタディを行うことで斜面の変形性状を考察した。PLAXIS 3Dは、任意形状のモデル作成をし、複雑な地盤構造でも比較的簡単にモデル化することができ、施工プロセスを考慮した条件設定から変形状態を逐次計算できる機能が備わっている。解析対象地の外形を入力して、斜面の形状を設計する。次に、斜面を形成している地盤の材料データを入力し、設計した地盤モデルに適用する。そうして、変位や荷重などの条件を入力しメッシュの自動生成を行う。最後に、弾・塑性解析や安全率解析等の解析方

法を決定し、計算を実行し出力された変形・強度の結果を評価する。

解析対象は福岡県北九州市八幡東区田代町の斜面崩壊現場をモデル地盤とした。ところが、本解析では植生の現況等を詳細に再現することが困難であるため地盤形状のみモデル化し、外力による変位や降雨による地下水面の移動条件を仮定した解析を行った。

モデル斜面は、地山部分高さ18m、幅114m、斜面勾配20°の斜面とし、モデル中心部に深さ5m、幅22mの盛土を設置、斜面法先部を地山、その下方を基盤岩と仮定した。図-1にモデル斜面の要素分割図を示す。節点数は25,220、要素数は16,509である。表-1に材料パラメータを示す。透水係数は前述の現場透水試験、内部摩擦角と粘着力はペーンコーンせん断試験の結果より求めた値である。また、 $N$ 値は簡易動的コーン貫入試験の結果を式(2)に代入することで決定し、その値を式(3)に代入することで弾性係数 $E$ を求めた。

$$N = 0.75N_d \cdots (2)$$

$C_1$ 、 $C_2$ は係数であり種々の地盤により値が決まっている。せん断弾性係数は、式(4)で求めた。ポアソン比 $\nu$ は0.3と仮定した。

$$E = C_1 + C_2 N \cdots (3), \quad G = E / \{2(1 + \nu)\} \cdots (4)$$

$C_1$ 、 $C_2$ については、盛土がシルト質砂の12、5.8、地山が24、5.3の値を与えている。破壊もしくは降伏基準については、Mohr-Coulombの式を用いた。本解析では、斜面上部に道路地盤を設置し、盛土の頂部に変位10cmを与えた解析と地下水位を与えて、1、3、6、12、24時間まで低下させる計算を行った。盛土と地山の $\gamma_{sat}$ はそれぞれ25.0、23.0kN/m<sup>3</sup>を用いた。

## 5. 結果と考察

図-2は盛土斜面上部に増分変位を与えた際の斜面の変形等値線図である。盛土部分よりも地山部分が大きく変位している。土塊が地山斜面を押し出している現象が見られた。また、断面変位図から盛土の上方で変位が起きていた。図-3は、中心断面のひずみ分布図である。盛土の下部や斜面の法先付近にひずみが集中している。現場は豪雨による崩壊であったため降雨による斜面変形や地下水による間隙水圧の影響も考えられる。図-4は地下水面を徐々に低下させていく解析結果である。法先部分にひずみが集中し、盛土部分が崩落する現象に至る。図-5は24時間後の変位図を示す。地下水面より上側が全体的に変位している状態が表現されている。全体としての計算結果には、地山と盛土の内部摩擦角による弾性係数の違いや透水係数に起因する飽和度の増減やその境界部での水分移動現象が斜面の安定性に影響を及ぼしているのではないかと推測される。

## 6. おわりに

豪雨により斜面崩壊を起した現場を調査し、地形や地質との関係、地盤の状態と原位置での強度や透水性を調べる目的で、ペーンコーンせん断試験、簡易動的コーン貫入試験および原位置透水試験を実施した。また、原位置試験から得られた推定 $N$ 値から算定した粘着力や内部摩擦角などの材料パラメータを導入した有限要素解析を用いて、現地斜面をモデル化した数値シミュレーションを試みた。結果として、盛土上部に変位を与えた条件において、地山との境界部にせん断面が発生し、斜面法先部分にひずみが集中する現象が起こることがわかった。つまり、解析に導入した盛土部と地山部の弾性係数や内部摩擦角、透水係数等の物理的性質の違いが計算結果に影響している。今後は、先行降雨などの影響に伴う地下水位の増減による解析を行うことで、降雨による地盤への浸透が斜面の変形に及ぼす影響について考察し、複雑な地質や地盤の斜面崩壊の発生メカニズムについても検討し、斜面崩壊箇所の危険度の判定やその予測に寄与したい。

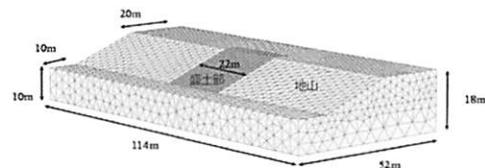


図-1 解析に使用した地盤メッシュ図

表-1 解析に使用した材料パラメータ

材料係数	地山	盛土
$N_d$ 値	7	5
$N$ 値	5	4
弾性係数 $E$ (kN/m <sup>2</sup> )	5,079	3,308
せん断弾性係数 $G$ (kN/m <sup>2</sup> )	1,953	1,272
ポアソン比 $\nu$	0.3	0.3
透水係数 $k$ (m/s)	$2.41 \times 10^{-6}$	$3.66 \times 10^{-7}$
粘着力 $c$ (kN/m <sup>2</sup> )	30.75	39.99
内部摩擦角( $^\circ$ )	20.18	28.97

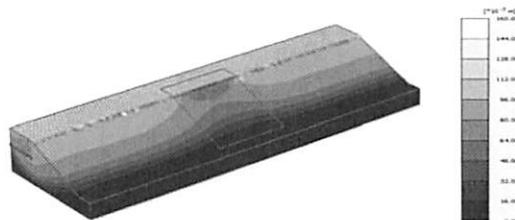


図-2 地盤の変位を表す等値線図

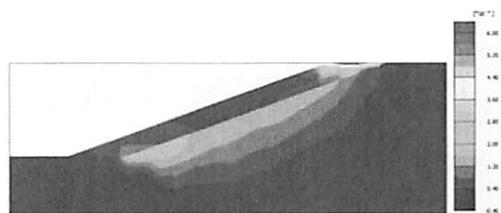


図-3 断面のひずみ分布図

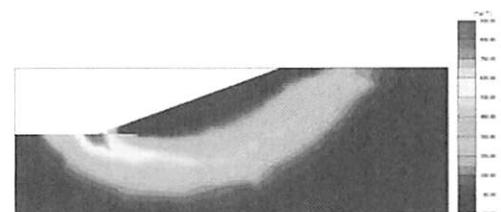


図-4 12時間後のひずみ分布図(地下水低下)

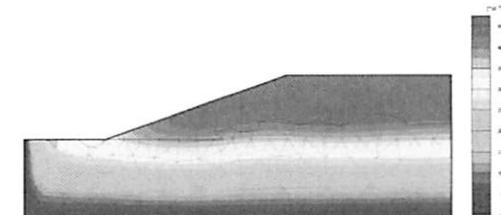


図-5 24時間後の変位図(地下水低下)



# オーラルセッション

## 第4会場

農地造成・整備・保全

## 農業水利施設(排水ポンプ設備)における機能保全対策の事例報告

(株)技術開発コンサルタント (正) 黒谷 透, ○(非) 宮崎 徹

### 1. はじめに

農業水利施設の相当数は、戦後から高度経済成長期にかけて整備されてきたことから、老朽化が進行しており、耐用年数を迎える施設が急増している。今回、報告を行う福岡県みやま市にある「高田排水機場」も昭和57年度に供用が開始されており、ポンプ設備の耐用年数を超過している。

文頭で述べた様に老朽化が進む施設が急増している為、機能保全計画コストの節減が求められており、平成29年度に機能診断を行い、既存のポンプ設備の有効活用を図りつつ、劣化の状況に応じた対策を検討し、機能保全計画を策定したものである。

### 2. 主ポンプ診断調査

高田排水機場は、型式:横軸斜流、口径: $\phi 1500\text{mm}$ 、排水量: $4.30\text{m}^3/\text{s} \times 2$ 台、原動機: $214\text{kW} \times 2$ 台のポンプ設備である。総排水量が $8.60\text{m}^3/\text{s}$ の比較的規模の大きな、かいがい排水用施設である。

今回、ポンプ内部を内視鏡を用い調査した結果、インペラ・シャフト・ケーシング共に表面に軽度の発錆が見られるものの、全体的に目立った塗装のはく離も無く、良好な状態であると判断し、主ポンプの機能保全計画を工場での「整備」に決定した。

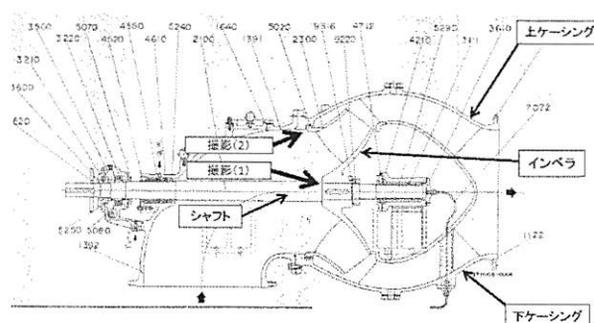
### 3. ポンプ設備工事工程の検討

ポンプ設備工事工程の検討については、経済性、不稼働期間及び、更新機器の緊急性を総合的に判断することが重要である。不稼働期間とはポンプが稼働できない期間であり、主に補機類・操作盤の更新時に発生する。この期間が長くなった場合、近年頻繁に発生している非出水期の大雨による湛水被害が懸念されるため十分な検討が必要となる。

また、補機類、電気設備類の全面更新となるため、ポンプ施設の規模から設備工事を2ヶ年計画とする。

2ヶ年間で機能保全計画を策定するにあたり、「検討案A」として、1ヶ年毎に1台ずつポンプ整備を行う場合と、「検討案B」として、1ヶ年にまとめてポンプ2台分を整備する2案について“経済性”及び工事期間におけるポンプの“不稼働期間”について検討を行った。

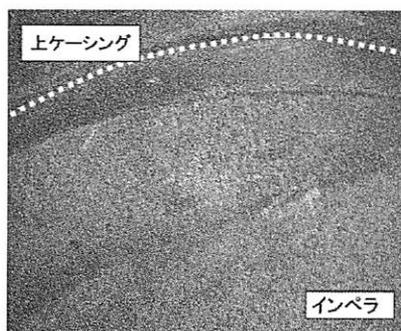
経済性については、「検討案A」については、2ヶ年に工事



資料1 撮影方向位置図



資料2 撮影(1)



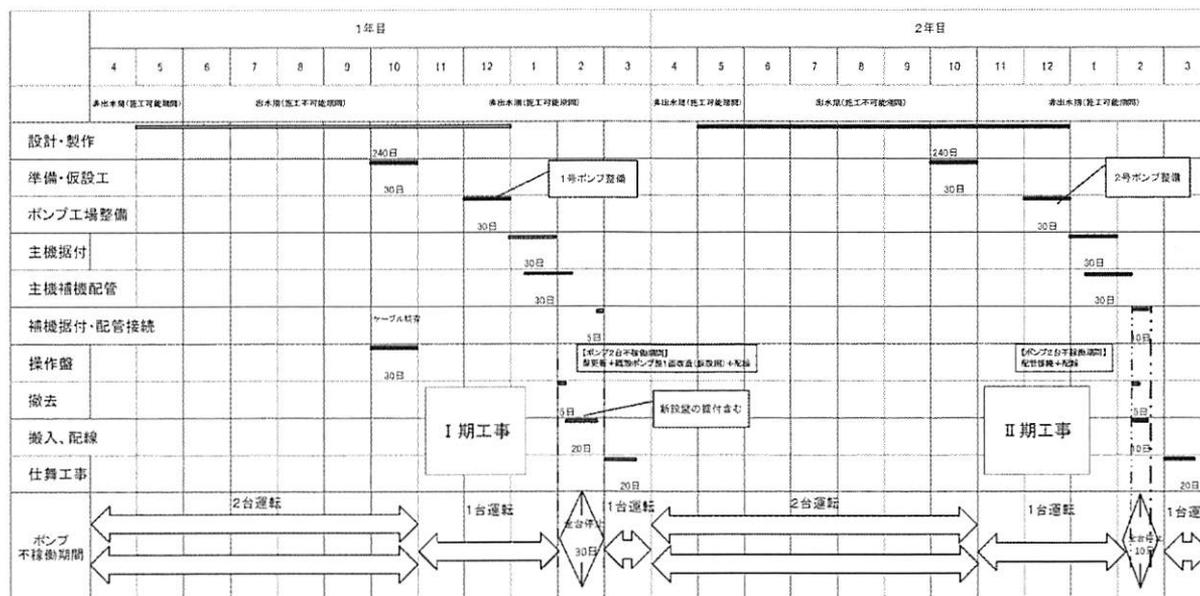
資料3 撮影(2)

を分けることにより、現場管理費・据付け工事等において、電気設備の仮設備費用が発生し、「検討案 B」より割高となる。「検討案 B」については、2年目に2台分全てを整備する為、1年目に2台分の機器を製作することとなる。よって、製作から据付けまでの期間に原動機・減速機等の工場保管費が必要となる。また、1年目に2台分の製作を行うため、1年目に多額の費用を伴うこととなり、費用の平準化は図れない。

ポンプの不稼働期間については、「検討案 A」は1年目に30日間、2年目に10日間の期間が最低必要となり、「検討案 B」については、2年目に40日間が最低必要となる。極力不稼働期間を短く設定することが非出水期の大雨による湛水被害低減に繋がるため、経済性・不稼働期間を総合的に判断し、1ヶ年毎に1台ずつ整備を行う「検討案 A」を採用した。

検討番号	ポンプ設備概要	備考	経済性	不稼働期間	採用案
A	1年目:1号ポンプ関係の整備・製作・据付け 2年目:2号ポンプ関係の整備・製作・据付け	据付けが2ヶ年に渡るため、仮設備費が高くなる。 不稼働期間を分散することができる。	○	1年目:30日 2年目:10日	○ ○
B	1年目:ポンプ2台関係の製作 2年目:ポンプ2台関係の整備・据付け	製作から据付けまでの間に原動機・減速機等の保管費が必要となる。 1年目に2台分の製作を行うため、1年目に多額の費用が伴う。	△	- 2年目:40日	-

資料4 経済性の検討



資料5 ポンプ設備工程表

#### 4. おわりに

今回、みやま地区にある排水機場の機能保全計画を行ったが、対象施設により建設年度や設備等の条件が異なる為、その施設に応じた計画を策定する必要があると実感した。また、本稿は主にポンプ設備の保全を目的とした取組を取り上げているが、建屋・土木・施設機械(除塵設備、ゲート等)等の施設全体を的確に把握し、各作業内容を勘案した適切な対策を実施することが重要である。今後、耐用年数を迎える農業水利施設が年々増加することから、既存ストックを良好な状態で将来に継承していくことが求められており、老朽化した施設の更新や施設の長寿命化のための整備・補修・補強等の計画を効率的に進めていく為、その地域に適した不稼働期間の設定を行うことが必要であると考えます。

## パイプインパイプ(PIP)工法について

農林水産省 九州農政局 北部九州土地改良調査管理事務所  
 筑後川下流福岡農業水利事業建設所 工事課  
 (正)江田範孝、○(非)大庭春花

### 1. 事業の概要

筑後川下流福岡地区は、福岡県南部を流れる一級河川筑後川水系筑後川の下流左岸地域に位置する 13,871ha の水田地帯であり、水稲を中心に水田の畑利用による、麦、大豆及び野菜を組み合わせた農業経営が展開されている。本地区の基幹的な農業水利施設は、前歴事業である国営筑後川下流土地改良事業(昭和 51 年度～平成 21 年度部分完了)により造成されたが、経年的な劣化による性能低下が生じている。このため、国営施設機能保全事業を実施することにより、農業水利施設の機能を保全するための整備を行い、長寿命化による農業用水の安定供給、排水機能の維持及び維持管理の費用と労力の軽減、農業生産性の維持及び農業経営の安定を図ることを目的としている。

### 2. 工事対象路線の概要

幹線水路岩神線は、大部分が FRPM 管、一部が DCIP 管で構成されている。図 1 は、幹線水路岩神線の全体位置図であり、斜線部分が、幹線水路岩神線(下妻工区)他改修工事の施工位置である。過年度に実施した機能診断調査では、FRPM 管において、たわみ、ひび割れ、水泡等が確認され、DCIP 管において、モルタルライニングのひび割れや発錆が確認されている。

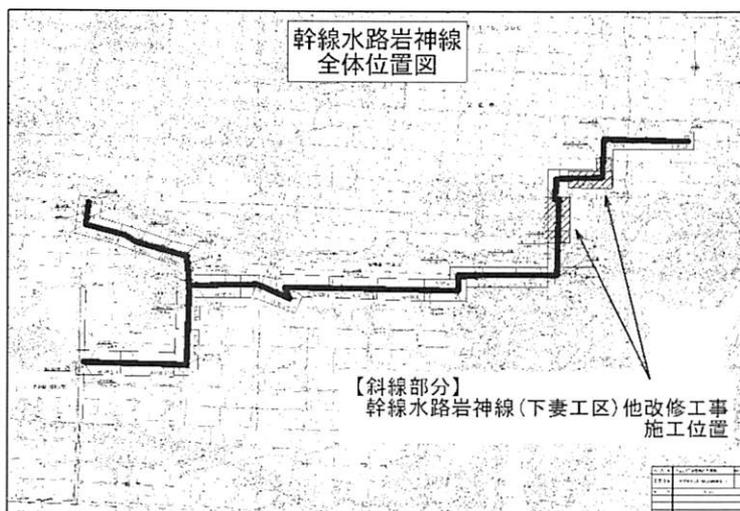


図 1 幹線水路岩神線 全体位置図

また、管の破損による漏水事故が過去に 2 度発生している。

国営施設機能保全事業(筑後川下流福岡地区)では用水路の改修を行うこととしているが、FRPM 管においては、機能診断調査における管のたわみ率を性能管理基準として、健全度評価が S-2 評価である管及び将来性能低下予測により事業期間中(H29 年度～R8 年度)に S-2 評価になると予測される管について対策を行う。その対策としては、FRPM 管については管更生工法(PIP 工法等)、DCIP 管については管内補修(左官工法等)を行う計画である。なお、性能管理基準をたわみ率に設定している理由は、他の変状(ひび割れ、水泡等)と比較して、計測が可能で数値化しやすいためである。

今回は、筑後川下流福岡地区において昨年度から今年度にかけて実施した、幹線水路岩神線(下妻工区)他改修工事について紹介する。

### 3. 工事の概要

本工事の対象である幹線水路岩神線(下妻工区)におけるたわみ率は、平成27年度時点の機能診断調査で、4.0%を超えており健全度評価はS-2である。表1は、本工事の設計及び施工にあたって留意する条件をまとめたものである。

表 1 施工条件

1	耐水性	農業用管路には比較的高い内水圧が作用するため、設計水圧(0.366MPa)以上の耐水性が求められる。
2	管種・管径適合性	既設管は比較的大口径(φ900~1500)であり、不規則にたわんでいるため、内挿する更生管が適用可能かを確認する。
3	自立性	既設管の強度は見込まず更生管自身が、土圧・水圧・その他荷重を負担し自立管として機能すること。
4	施工方法	地下水位が比較的高いため、止水対策を行う。
5	断水期間	毎年3月から5月にかけて、3ヶ月間が断水可能期間である。
6	地形	建設当時と比べ、路線に住宅が近接しており、地形的に施工が困難な区間が存在する。

管路の施工方法は、開削工法と非開削工法に大きく分類される。開削工法は、現況の管路を取り除いて新たに管路を敷設するものであるが、本工事では表1の条件を踏まえ、経済性や施工性から有利である非開削工法(PIP工法)を選定した。PIP工法とは、老朽化した既設管の中に新しい管を挿入する工法であり、加工性に優れた鋼管を更生管として用いることで、他管種に比べて既設管に近い口径を確保でき、既設管の曲がり部にも対応できるという特長がある。

図2は、本工事の大まかな流れを示したものである。本工事において立坑は3箇所設置し、仮設土留工(鋼矢板打設)と併せて、地盤改良工(薬液注入)を行った。地盤改良工(薬液注入)の目的は、鋼矢板打設部の地盤強化と止水である。また、管体工は、管内洗浄→耐熱塗装工→管引込→管据付→管溶接工→エアミルク充填→内面塗装工という流れで行った。管体工において特に留意した点は次の3点である。①耐熱塗装工について、既設管(FRPM管)と更生管の間が20~40mmである場合は、更生管溶接時の熱による既設管の溶融を防ぐため耐熱材を塗布した。②管引込について、立坑内に引込架台を設置し、その上に鋼管を降ろし、引込用ローラーを取り付けた。③管据付工の準備として、酸欠対策のため送風機を稼働させ、酸素濃度を酸素測定器で計測しながら管内での作業を行った。

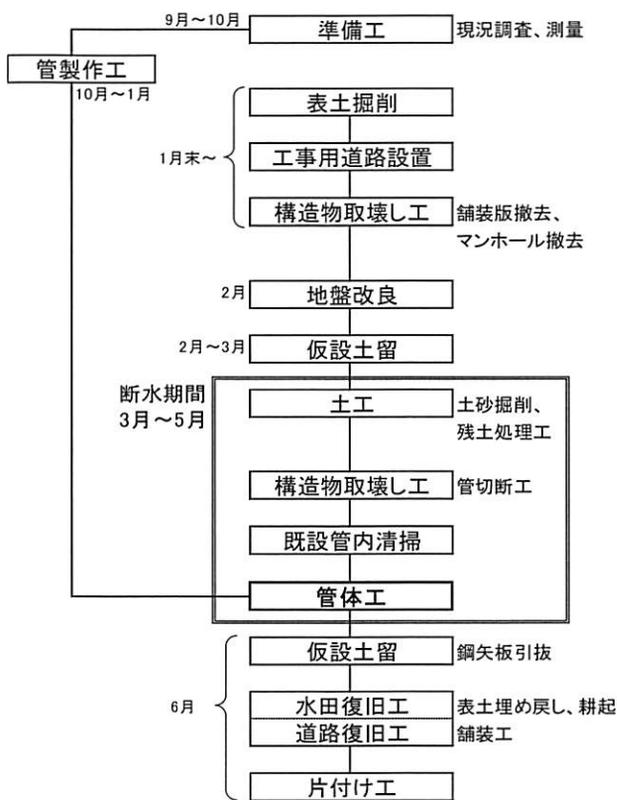


図 2 施工フロー図

### 4. まとめ

本工事は施工後、充水試験を実施し問題がないことを確認し、令和元年6月に無事完了した。今後も非開削での管更生工法による改修工事に携わる機会があれば、本工事で得られた知識や経験を活かしたい。

## 耕土不足地区における施工事例について

### (水利施設整備事業イリノソコ地区)

沖縄県 宮古農林水産振興センター農林水産整備課 ○瑞慶覧洋美(非)

#### 1. 始めに

基盤整備事業においては、作物の生産性向上の為の、区画の整形化、農道の整備、土層改良など圃場整備による基礎的条件を整備しているところであるが、宮古圏域内の基盤整備事業では、客土の為の土取場が不足している状況であり、土層改良における作土の確保が課題となることがある。本発表では、宮古島市(写真 1)南西部に位置するイリノソコ地区で実施した、作土確保の為の施工事例について紹介する。

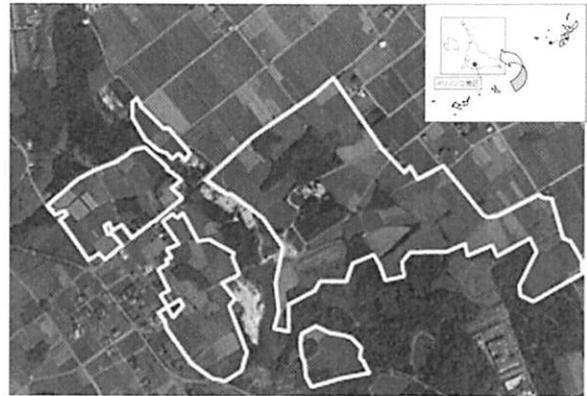


写真 1 イリノソコ地区工区写真

#### 2. イリノソコ地区の課題について

本地区は宮古島本島南西部下地の、旧行政区下地町嘉手苅及び上野村上野地区にまたがって位置し、主に基幹作物のサトウキビを中心として、一部で牧草、たばこやマンゴーを営農している。地区の土壌は琉球石灰岩を母材とする弱アルカリ性の島尻マージが分布している。

平成 25 年度実施設計時において、造成計画の検討のため、20m メッシュごとの鉄筋棒による耕土深調査を行い、結果は図 1 のとおりとなった。耕土深が 0cm~40cm の圃場が



図 1 地区耕土深

全体の 40%を占めており、現状確認できた現況作土深における土量は約 140,000m<sup>3</sup> である。有効土層の施工厚については、沖縄県設計積算要領(H31.4)の定めるところにより 60cm となっており、地区の有効土層を 60cm 確保するために必要な土量は 180,000m<sup>3</sup>(地区面積 30ha×0.6m)である。そのため、約 40,000m<sup>3</sup> の耕土が不足すると予想され、地区全体で有効土層 60cm が確保できないことが判明した。土取り場確保の困難さや事業費の増から土の購入や客土は現実的ではなく、営農及び作物の収量に支障の無い必要最低限の土層を確保する造成計画とするため、有効土層が検討された。

#### 3. 施工厚の検討について

土地改良事業計画基準及び運用解説「H19.4,224p」では『地区の営農計画における主要な作物種を対象に有効土層(中略)深根性の作物も考慮して深めに設定ことが望ましい。』とし、主要根群域を指標とした物理的性質の改善を行う耕土深を参考として掲載している。イリノソコ



## 平成29年九州北部豪雨災害からの復旧について

## —鎌塚(かまつか)ため池災害復旧工事—

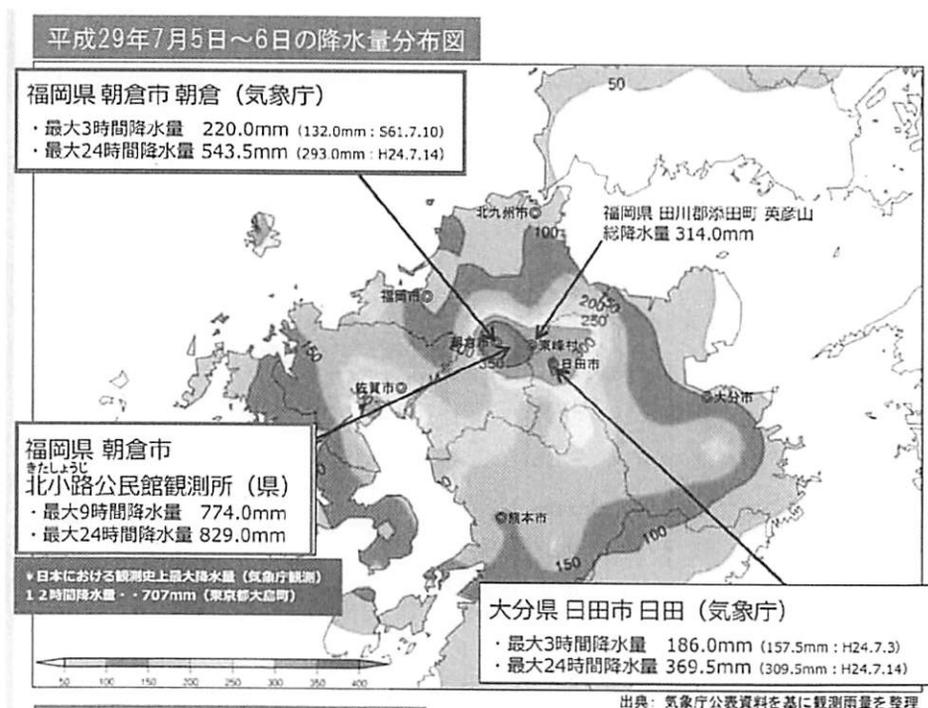
福岡県朝倉農林事務所 ○(非)野口朋宏、(非)宮原康隆

## 1. はじめに

平成29年7月5日、昼頃から夜にかけて朝倉地域で局地的な集中豪雨が発生し、甚大な被害を発生させた。被災発生から3年目を迎える中、九州北部豪雨の特徴、被害状況、県営鎌塚ため池災害復旧工事状況等を紹介する。

## 2. 平成29年九州北部豪雨の特徴

気象庁の公表資料によると、気象庁雨量観測所(朝倉市)で、各観測所最高記録(543.5mm)を更新した他、福岡県雨量観測所(朝倉市北小路(きたしょうじ))で、当時日本における観測史上最大12時間降水量(707mm)を9時間で超過(774mm)する等、記録的豪雨となった。



## 3. 被害状況

朝倉市での被害状況は次のとおり

- 人的被害: 死者・行方不明者35名
- 住宅被害(住家・非住家): 全壊410件 半壊1,361件 床下浸水732件
- 農地・農業用施設災害査定額: 農地733件 農業用施設483件 約115億円

## 4. ため池の被害内容

農業用施設災害のため池は、46箇所で被災し、内9箇所は決壊により甚大な被害を発生させた。

7月13～14日に農研機構、九州農政局、福岡県で被災ため池調査がおこなわれ、ため池の被災パターンや今後の対応について整理された。被災パターンは、①洪水吐周辺の損傷②越流破壊③すべり破壊④浸透破壊に分類され、各ため池の被災パターンを検証する。その中で、豪雨により山間部の土砂災害が発生し、土砂がため池に流入するとともに流木で洪水吐きの越流部をふさいだことで水位が上昇し越流破壊が発生した事例も見受けられた。



三反田ため池（土砂・流木流入）



山の神ため池（越流破壊）

#### 5. 鎌塚ため池復旧内容

県は、防災重点ため池または貯水量5万 m<sup>3</sup> 以上で復旧に高度な技術を要するものについて、管理主体と実施協定を締結し県営工事として実施することになった。鎌塚ため池の復旧内容はつぎのとおり。

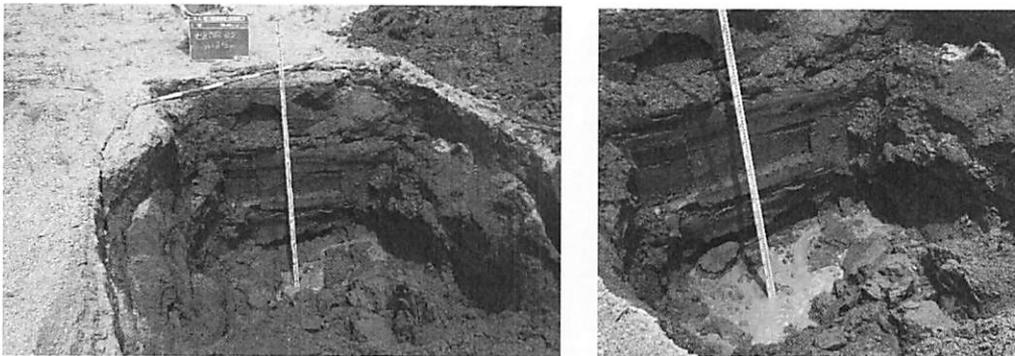
1工区 洪水吐 (7.00×4.50) L=43m、2 工区 法枠工 A=340m<sup>2</sup>、3工区 右岸法面復旧 A=1, 024m<sup>2</sup>、4工区 堤内土砂撤去 V=50, 600m<sup>3</sup> 復旧事業費700, 000千円(計画変更後)



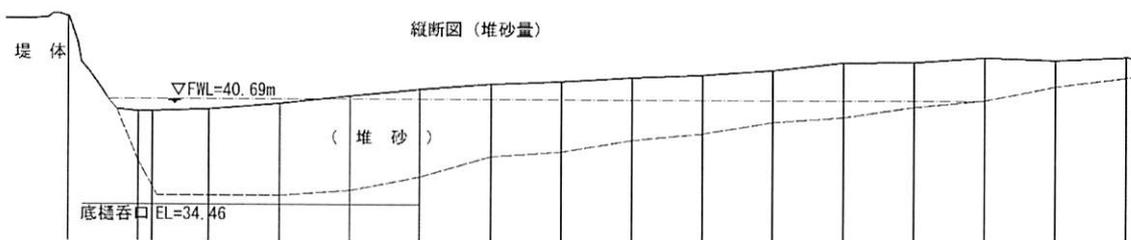
鎌塚ため池（洪水吐崩壊・土砂流入等）

#### 6. 工事上の課題・問題点

今回工事をおこなうにあたり、ため池流入土砂の処理が課題となった。豪雨により多数の土砂災害が発生し家屋、農地、河川、ため池等に流出したため、土砂の受入先を見つけることが急務となった。加えて、流入土砂は、含水比が高く軟弱なため、土壌改良の検討の結果セメント系固化材による処理工法を採用したが、土砂処理周辺住民から地下水への影響を懸念する声もあった。



ため池軟弱状況



堆積縦断面図

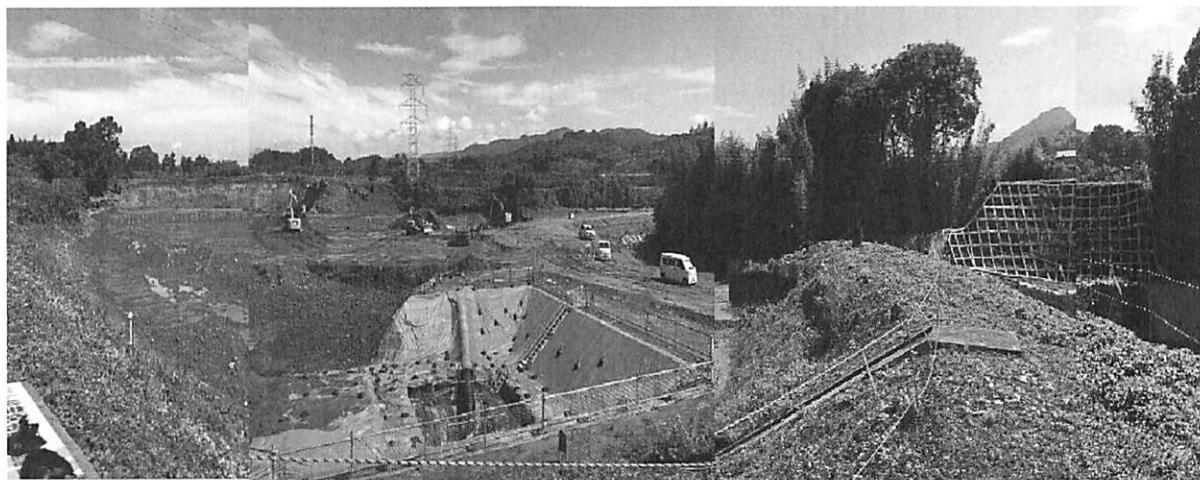
堤内土砂撤去量: 50, 600m<sup>3</sup> (深さ0.5~5.40m 縦断延長200m)

## 7. 解決策

災害復旧工事は、原則3年でおこなうものであるため早期な対応を求められる。今回、朝倉地域（朝倉市・東峰村）で約3、800万 m<sup>3</sup>(福岡ドーム2.2個分)の土砂流出が発生した。通常の処分地では、全体土砂をまかないきれないため、山間部の民地等の協力を得ながら埋め立てるとともに、各関係機関(国交省・林野庁・福岡県・朝倉市)による「土砂連絡調整会議」を発足させ、密に連絡をとりあうことで、土砂捨てスケジュール調整をおこなった。また、周辺住民に対しては、早期に復旧させる必要がある事や施工上、土自体の強度が必要である事を説明するとともに、環境基準値内に収まる工事をおこない、定期的に地下水質検査をおこなうことでセメント系固化材による処理工法に対する理解を得られた。

## 8. 進捗状況

令和元年8月20日時点の鎌塚ため池全体復旧進捗率は、27%で2工区法枠工が完了し1工区洪水吐き、3工区右岸法面復旧を施行中である。



鎌塚ため池進捗状況

## 9. 今後想定される問題

今後想定される問題として、土砂搬出に伴い、狭隘な道路部による他工事との競合や舗装破損の取扱い、ダンプ運搬に伴う粉じん苦情等があげられる。周辺住民の安全安心を確保するため、他工事発注機関と密に連絡を取り施行タイミングを調整することで解決を図っていきたいと考える。

## 10. おわりに

近年、全国各地で甚大な自然災害が発生している。発災後の対応として、技術職員の増員、コンサルタントへの応援等マンパワーの確保が一番である。しかし、平成の大合併により市町村職員の技術者が不足していることや、災害復旧リーダー職員の不在から早期の対応が出来ず、復旧進捗に支障をきたしている。我々農業土木技術者は、平常時から大災害における危機管理、早期に対応できる体制をとっておく事が必要である。

## 大分県の農業用水路トンネル整備事業について

(株)技術開発コンサルタント (正)白濱 博, (非)馬場 裕治, (正)吉松 由希恵, ○(非)牧野 弘樹

### 1.はじめに

大分県の農業用水路トンネルは大半が新生代更新世以降の新しい地質で固結度の低い地盤に掘削されているため、地盤強度が不足する 경우가多く、トンネル建設には補助工法(在来工法)を適用する必要がある。本論では設計に先がけて広域的に地質の分布と性状を明らかにして、設計基準を判定したことと、設計における現状の問題点を抽出し、改善案を検討した事例をまとめて報告する。

### 2.大分県の農業用水路トンネルはどのような地形と地質に掘削されているか

一般的に用水路トンネルは数 km と延長が長いので、地形も多様で、各種の地質を貫通するのが普通である。大分県の用水路で一般的に硬岩ないし中硬岩と評価される強い地盤強度の地質に掘削されたトンネルが分布するのは、取水側上流の高標高山岳地のごく一部に限られ、これは特に問題とはならない。一方、用水路トンネルの大半は受益地に近い山地の裾野から里山にあたる低標高の平坦な地域に設置されている。地形的に火砕流台地や段丘平坦面から下流の沖積平野に遷移する地域にあたっている。地質は主に新生代更新世以降に度々噴出した火砕流起源の火山碎屑岩類や、非海成の固結度の低い堆積岩類(凝灰質泥岩や土石流起源の砂礫岩が多い)および未固結の段丘砂礫層に掘削されている。いずれも地盤強度が不十分な弱固結ないし未固結の地質であるため、トンネルの設計にあたって補助工法(在来工法)を必要とする。

### 3.トンネルタイプの判定

上記の硬岩ないし中硬岩と評価される地質に掘削されたトンネルは、土地改良事業標準設計にある『水路トンネルの設計基準』の無圧トンネルタイプの分類表では、亀裂の少ない新鮮な岩ないし亀裂のあるやや風化した岩または軟岩に相当し、トンネルタイプでは A と B に判定される。このタイプのトンネルでは上部の荷重は周りの地盤に伝達されアーチ状の領域(グランドアーチ)が形成される。その結果上部の土荷重は少ししか支保や覆工に作用しないため、設計は比較的長い支保間隔と無筋コンクリートによる覆工で十分対応でき、特に問題はない。

一方、固結度が低い軟岩や土砂トンネルと評価される地質に掘削されたトンネルは、同上の基準では風化岩、破碎帯、硬土および断層破碎帯や軟質土砂に相当し、トンネルタイプでは C や D に属する。このタイプでは地山が不均質で地盤強度に強弱部分が偏在するため、グランドアーチが形成されず、地盤応力がトンネルの弱い部分に集中して、内部で座屈・崩壊が発生する。このため補助工法(在来工法)が必要となる。大分県の水路トンネルでは地質調査を実施していないため、現地踏査のみでトンネルタイプの判定を行っている。表1に技術開発コンサルタントでトンネルタイプの判定条件となる岩盤(地山)の性状をまとめたものを示す。地盤判定には地下水の有無も重要である。

表 1. トンネルタイプを判定する基準となる岩盤(地山)の性状

トンネル 空洞	地盤応力の 変化	グランドアーチの保持		均質	グランドアーチの再構築		補助工法	
				不均質	偏圧・応力集中	座屈、崩壊		
岩 質	新鮮 岩	風 化 岩	硬 岩	塊 状	金属音	花崗岩、溶岩など		トンネルタイプ A、B
			軟 岩	強固結	濁 音	強固結の第三紀堆積岩など		
			礫 状		基 質	弱固結	肌落ち	
					礫	円 礫	抜け落ち	
			軟質化、粒状化、粘土化					
節 理 亀 裂	面の性状	開 口	酸 化 変 色		地下水 滴水	トンネルタイプ C、D		
			粘 土 介 在					
	幅・頻度	密 着						
破碎帯		幅を持って連続			多方向、数cm	粘土化、剥離	地下水湧出	

#### 4. 内空断面(幅 1.0m × 高さ 1.5m)の変更

(1)現状:大分県の農業用水路トンネルの断面は、これまでは経済性、施工性により、主に幅 1.0m × 高さ 1.5m の断面が採用されてきた。しかし掘削能力の算出において、「農林水産省土地改良工事積算基準(土木工事)(H19)」では“掘削サイクルタイム”による算出であったものが、「同(H29)」では“掘削歩掛”による算出となり、設計掘削断面積が 3.5m<sup>2</sup> 以上でしか適用できなくなった。

(2)課題:幅 1.0m × 高さ 1.5m は設計掘削断面積が 3.013m<sup>2</sup>(C タイプの場合)と 3.5m<sup>2</sup> 未満であり、“新基準”での標準歩掛が適用できず、工事業者への見積を実施すれば、高額の場合が多く、適正な工事価格の判断が困難であった。よって、断面の見直しをした。

(3)断面の決定:“新基準”での歩掛適用を可能にするためには、掘削断面条件のほか、覆工断面積において 2.10m<sup>2</sup> 以上とする必要があり、数パターンを比較検討した結果、幅 1.2m × 高さ 1.7m の断面(図 1)が最も経済的になることが判明した。なお、新断面は、労働安全衛生規則も、但し書きを準用することにより満足する。

(4)その他:トンネル工事においては工事用動力機械や

照明機器に電力を供給するため電気仮設備を計画するが、経済性および周辺環境への影響に対する検討が必要である。新基準での仮設備は電力会社から受電する商用電力が基本であり、商用電力は常時(契約期間 1 年以上)と臨時(契約期間 1 年未満)に大別される。臨時の場合は割高となること、また工事箇所と既設電柱が離れている場合や水路トンネルの延長が短い場合は発動発電機の方が安価となる場合があり、比較検討する必要がある。なお、商用電力を採用する場合は、負荷起動時の瞬時電圧降下、作業時に連続的に発生するフリッカ、軽負荷時(段取り変更、休み時間)に発生するフェラチ、作業時の力率を高い値(100%)で維持するための検討と高調波対策の検討が必要である。

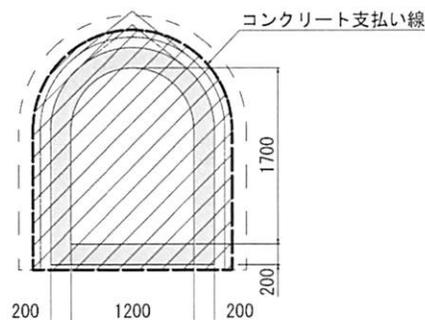
#### 5. 今後の課題

水路トンネル設計に係る問題点を検討してきたが、以下のような課題が残っている。

- (1) 新規トンネル掘削(図 1)は標準歩掛を適用できるが、当たり取り掘削図(図 2)は標準歩掛が適用できないため、工事業者からの見積もりとなる。しかし、当たり取り掘削図(図 2)は新規トンネル掘削(図 1)よりも掘削が少ないにも関わらず、見積もりとなるため、工事価格が高価となる矛盾が生じている。工事価格は直接地元負担に関わってくるため、積算方法の確立が急務である。
- (2) 新基準で人力掘削工法が適用できるトンネルタイプは C,D,E タイプである。サイクルタイムでは B タイプも人力掘削工法が採用できていたが、今後は B タイプ以上のトンネルタイプを判定した場合はレッグ工法、ドリルジャンボ工法、機械掘削工法等の比較によるトンネル工法決定が必要となる。トンネルタイプの判定には地質調査が最も重要で、大分県で実施されることが望まれる。

#### 6. おわりに

水路トンネルの内空断面を幅 1.2m × 高さ 1.7m に変更することで、新規トンネルの場合は新基準による標準歩掛の使用(設計掘削断面積 A=3.5m<sup>2</sup> 以上、覆工断面積 A=2.1m<sup>2</sup> 以上)が可能になり、工事業者からの見積もり依頼の必要がなくなり、適正な工事価格での工事発注が可能となった。今後は残る課題の解決に向けて更に検討を加える必要がある。



: 設計掘削断面積 3.7m<sup>2</sup> > 3.5m<sup>2</sup> 以上...OK  
 : 覆工コンクリート断面積 2.2m<sup>2</sup> > 2.1m<sup>2</sup> 以上...OK

図 1.新規トンネル断面図  
(内空断面 1.2m × 1.7m)

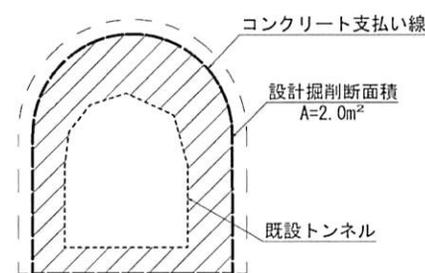


図 2.当たり取り掘削図

## ため池改修工事後の漏水への対応について ～大分県 国東市 犬鼻池地区の事例～

大分県東部振興局 ○(正)灘波 悦史

### 1. はじめに

一般に、ため池改修工事後の漏水は想定外の事象であり、その対応については、緊急性が求められながらも、事例が乏しく対応が難しい。ここでは、改修工事後の漏水に対し、必要な調査・対策を実施した事例を紹介する。

### 2. 地区の概要及び漏水発覚までの経緯

犬鼻池は、国東市国東町の西部に位置し、水田17haを受益地とする農業用ため池である。約140年前の明治時代に築造されたが、上流法面の浸食が進行し堤体が脆弱化しており、下流法尻からの漏水も著しく、堤体決壊等による下流集落への影響が懸念されていた。このような状況から、地域住民の暮らしの安全確保、農地の保全及び農業経営の安定を図ることを目的に、平成20年度から平成22年度までの3ヶ年を事業期間とする県営ため池等整備事業において、全面改修を実施することとした。



図1 位置図

平成20年度に、調査・測量・設計、用地買収補償を実施し、平成21年10月に工事着手、平成23年3月に工事が完成した。工事の概要は以下のとおりである。

#### ・堤体工

堤長 85.4m 堤高 14.0m

貯水量 25,500m<sup>3</sup>

傾斜遮水ゾーン型

盛土 6,400m<sup>3</sup>

#### ・斜樋工

32.6m(取水口φ200)

#### ・底樋工

60.9m(φ800HP)

#### ・洪水吐

47.5m(H=2.8m,B=5.7m)



図2 平面図

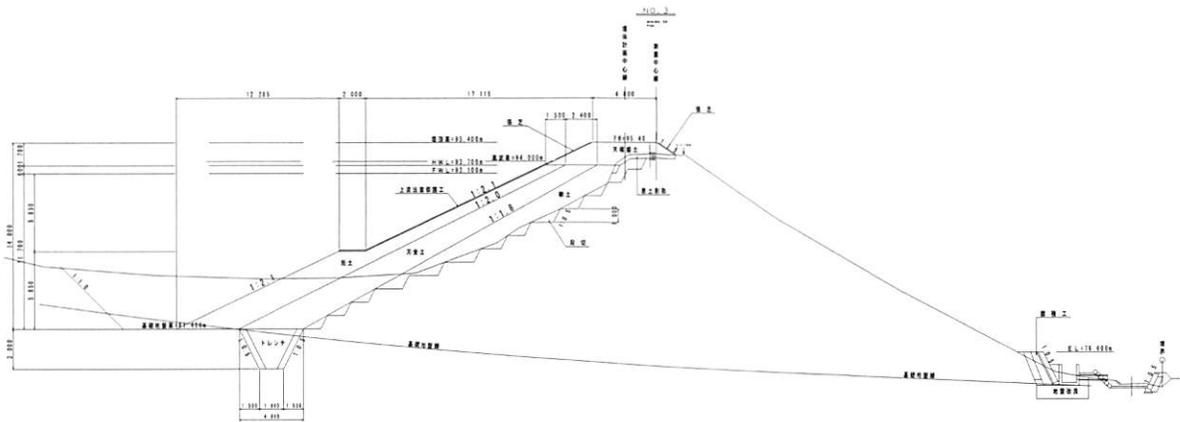


図3 標準断面図

しかしながら、貯水後の同6月に地元の水利組合長から、「ここ数日間、雨は降っていないが、取水もしていないのに、池の水位が下がっている。満水時からもう20～30cm下がった。現地を調査願いたい。」との相談が寄せられた。

### 3. 調査

#### (1) 予備調査

まず、漏水の出入口を確認することを目的に、現地踏査及び、試薬の投入を行った。

その結果、流出箇所は推定されたものの、流入口は特定できなかった。試薬は拡散され、流出推定箇所からは確認できなかった。

次に漏水量と水位の関係把握することを目的に、以後毎日（平成23年6月29日～同年12月6日）、定時に池の水位を測定・記録するとともに、前段階で推定された流出推定箇所の状況を目視確認した。

その結果、ある一定水位を下回ると漏水量が減少することが判明した。

#### (2) 詳細調査

上記で得られた結果を踏まえ、漏水量と水位の状況から、ある一定水位の箇所にパイピングホール（水みち孔）が発生しているものとの仮説を立て、その漏水流入口及び漏水経路を把握することを目的に、比抵抗2次元探査による調査を実施した。また、漏水量の多さから、パイピングホール（水みち孔）は目視確認できるのではないかと考え、前段で把握した一定水位まで水位が落ちた時期に、ボートで堤体まわりの目視点検を行った。

そして、以下の結果が得られた。

- ・漏水経路であろう点が断片的に把握された。
- ・堤体盛土部ではなく、地山に地層亀裂が確認された。



写真1 地山の地層亀裂

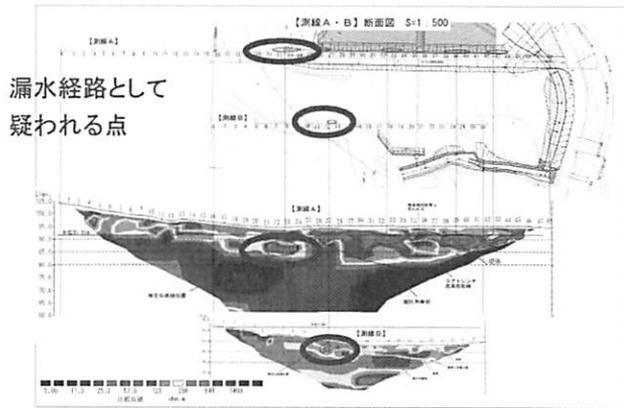


図4 比抵抗2次元探査調査結果

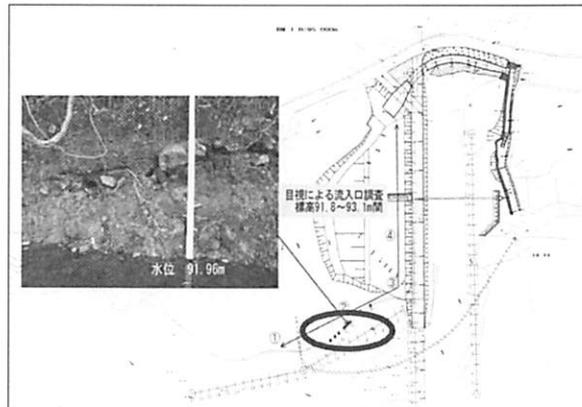


図5 地山の地層亀裂位置

#### 4. 対策工事

対策工事は薬液注入工を実施した。上記の調査で得られた漏水流入推定箇所 延長15mの範囲に千鳥に2列の計29本を削孔し、FWLから漏水減少水位までの2.1mの深さについて薬液を注入し漏水地盤の改良を行った。なお、削孔箇所を試薬を流し込み、調査時に把握した流出口から、検出されるか目視確認を行い、検出された箇所のみ薬液を注入した。

その結果、漏水量は要改修の判定目安（堤体 100m あたり 60L/min）以下に治まった。

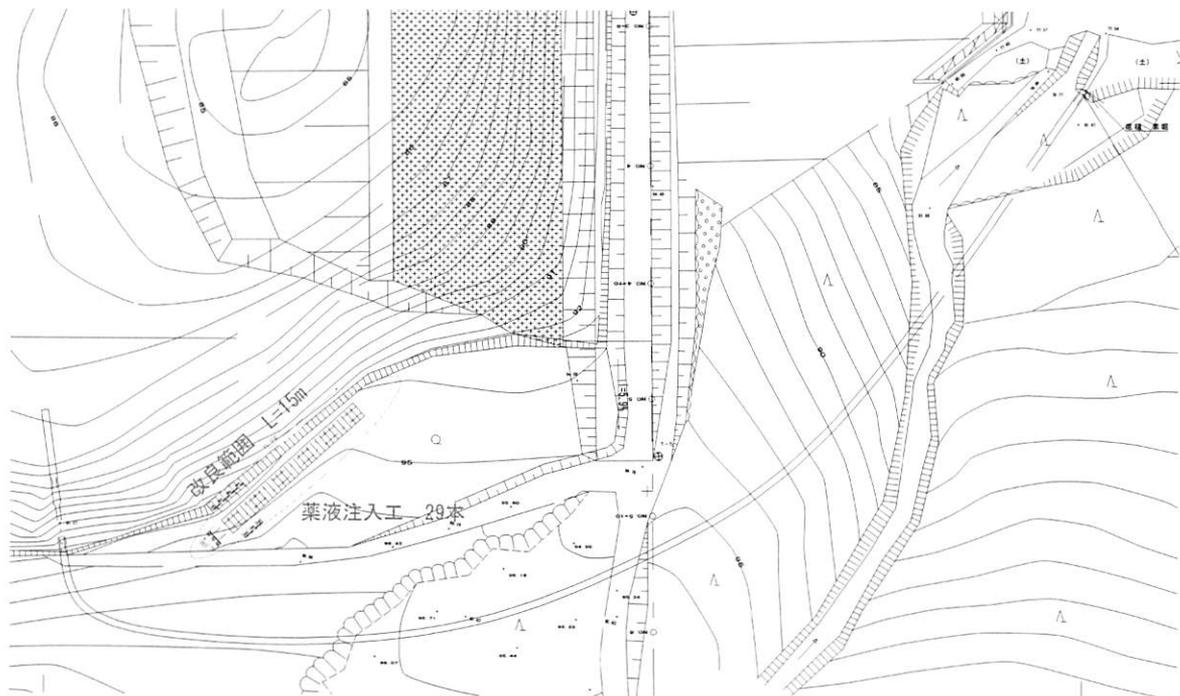


図6 対策工平面図

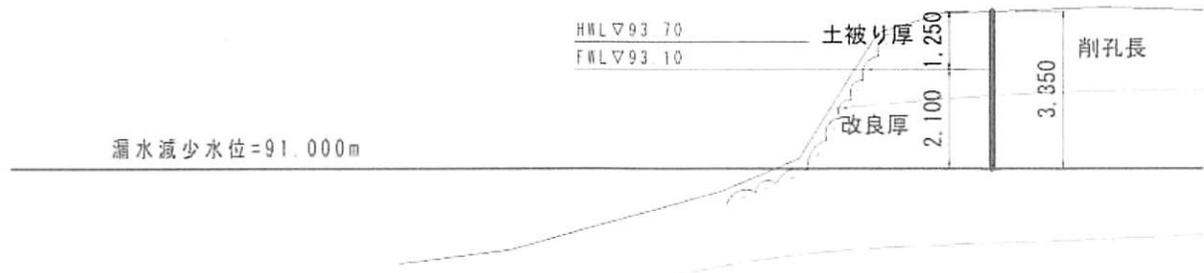


図7 対策工標準断面図

## 5. 漏水原因の考察

堤体改修工事担当者への聞き取りでは、「旧底樋の閉塞については、モルタルのオーバーフローが確認できないままグラウト注入が不能となった。充填状況を開削により確認したところ、上部に数センチの空隙が残っていたが、馬蹄形断面の9割以上の充填及び、上下流端での確実なキャップコンクリートの施工から、問題なしと判断し特段追加の対策は実施していない。」とのことであった。

上記及び、今回の調査・対策工事の結果、漏水原因は、「地山の地層亀裂が旧底樋の上部へ到達し、水みちを形成していた。」のではないかと考察する。

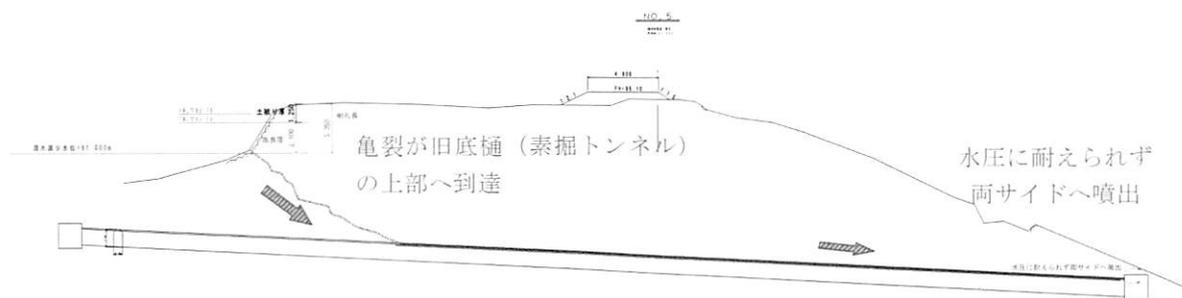


図8 漏水経路考察図

## 6. おわりに

今回の貴重な経験を踏まえて、以下の4点を再認識するとともに、今後のため池改修事業の計画、実施に少しでもお役にたてれば幸いである。

- (1) ため池の漏水は、取水施設の老朽化や堤体からのパイピングのみならず、地山の地層亀裂からのパイピングに起因することもある。
- (2) 旧底樋、特に素掘隧道の閉塞にあたっては、モルタルのオーバーフローを確実に確認できるよう、予備のグラウトパイプ及び空気抜き管を複数設置することが重要。
- (3) 工事実施中（水位がない時期）に、堤体両袖が接続するの地山の地層状況（亀裂や孔がないか等）を目視確認しておくことも重要。
- (4) 事業計画策定にあたっては、貯水後の1年間まで事業期間をとっておくことが重要。

## 水中ドローンによるサイホン管内における調査事例

大分県豊肥振興局 ○(非)大神渡

### 1. はじめに

富士緒井路は、大分県の南西部に位置し、南に祖母傾山、西に阿蘇山、北に久住連山を望む竹田市と豊後大野市の丘陵部を潤している。用水は、大野川を水源とし、上流部の竹田市より取水し豊後大野市まで総延長15kmの幹線水路を経て受益地に配水している。

古来より水利に恵まれず水田は谷間に散在し、しかも天水と少しの湧水に頼っていたため、度重なる干害を受けていたが、慶応3年の大干ばつを契機に井路開墾の気運が高まり、20年間で血のにじむような苦勞で明治41年に工事着工に至り、大正3年に通水することができた。また、通水と同時に2箇所の高台地に揚水するための電力源として幹線水路の落差を利用して発電を行い電力供給した。当時としては、画期的な事業であり今日の改良区の基盤がすでに出来ていた。

その後、水不足対策として昭和13年に白水ため池の竣工、老朽化した幹線水路を昭和28年から昭和54年まで県営事業、団体営業事業等で改修し、現在の水利施設の骨格となっている。

富士緒井路は、幾多の苦難を乗り越え、先覚者より受け継いだ大きな遺産を後世に無事に引き継ぐため維持管理に努め、自然環境を守り、きれいな水があふれた豊かな農村作りを目指している。

### 2. 事業の必要性

富士緒井路の中尾サイホンは、昭和29年に県営かんがい排水事業により築造され現在に至っている。高低差の無い山地の稜線で施工されている。築造より59年経過しているが、通水から現在まで維持補修、不具合等による履歴もなく良好な状態を保たれている。しかし、通常のサイホンにおいては耐用年数が50年程度で、管内面の表面摩耗、目地破損が進行していると考えられる。土地改良区は施設の長寿命化を図る観点から、予防保全対策、または施設の更新が必要と考え、現状の老朽化調査を実施したものである。



図1 位置図



図2 位置詳細図

<中尾サイホン諸元>

延長： L = 500.2 m 管径：  $\phi 1200$  mm

水頭差： H = 0.3 m 埋設深： h = 1.2 m

### 3. 調査概要

- ① 近接目視
- ② コンクリート強度推定調査
- ③ 中性化深さ調査（ドリル法）
- ④ 試掘調査
- ⑤ 管内部調査（水中ドローンによる撮影）
- ⑥ 漏水試験

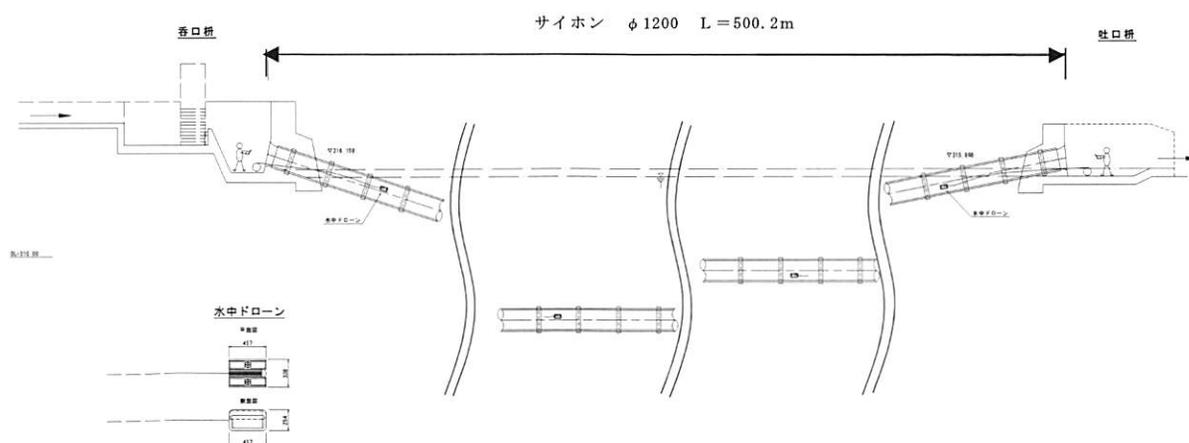


図3 中尾サイホン縦断面図

表1 箇所別調査内容

部 位	近接目視	水中ドローン 調査	コンクリート強度 推定調査	中性化深さ 調査	摘 要
呑口枡	○		○	○	
吐口枡	○		○	○	
管 渠		○	○（呑口壁・ 吐口壁）	○（呑口壁・ 吐口壁）	

呑口枡・吐口枡：近接目視、コンクリート強度推定調査、中性化深さ調査

中間部：試掘調査、漏水試験

管内部：水中ドローン調査

### 4. 水中ドローンの活用

水利施設の老朽化調査は、近接目視やコンクリート強度試験等が一般的であるが、急勾配で延長の長いサイホン構造での内部調査は、非常に危険な作業である。また、サイホン内に溜まった水をすべて抜く作業も必要であるため、調査は極めて困難であると言える。

しかし、この度、水中ドローンを活用することでそれらの懸念を払拭することが可能である。さらに、井路内の止水時間の短縮により、水力発電所からの電力供給の影響も最低限に抑えることが大きなメリットと言える。



写真1 水中ドローン調査状況

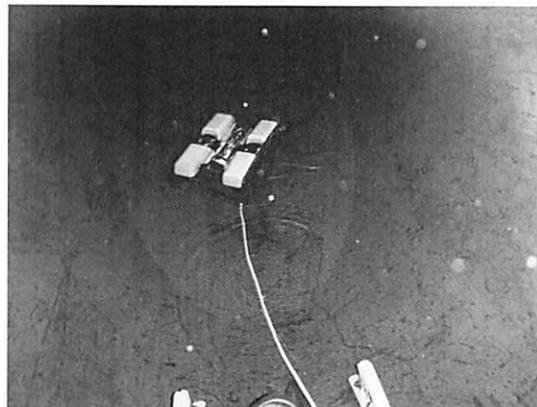


写真2 水中ドローン調査状況

## 5. 調査結果

### < 呑口部・吐口部 >

- ・表面に多少の摩耗があるが、損傷はなく健全な状態。
- ・管渠との接続の目地部にモルタルが剥がれており、漏水が懸念される。

### < 管渠部 >

- ・表面に多少の摩耗があるが、損傷はなく健全な状態。
- ・目地部にモルタルの剥がれまたは抜けが所々にあり、漏水している。
- ・接続部に小石が堆積しているのが確認された。

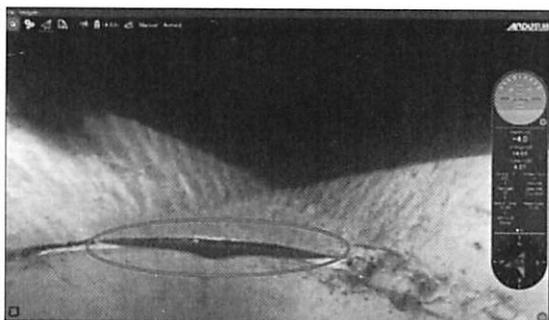


写真3 水中ドローン撮影

(継ぎ目の気泡より、漏水の可能性あり)

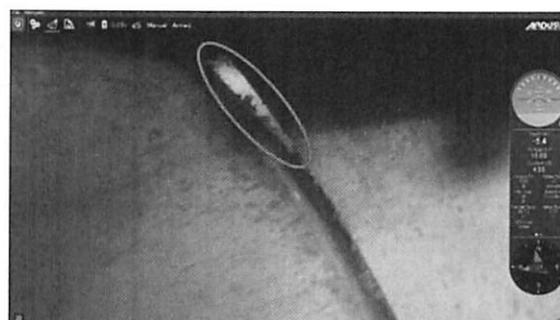


写真4 水中ドローン撮影

(隙間からの異物)

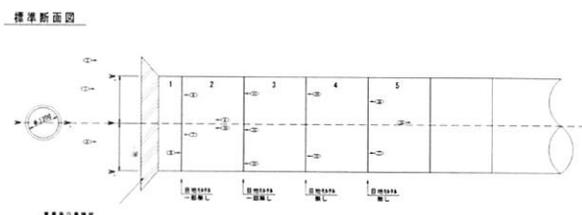


図4 調査内空面展開図

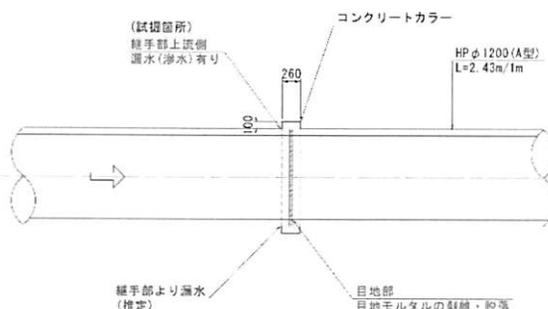


図5 調査内宮面簡易図

## 6. 今後の対策

一般に、コンクリートの耐用年数は50年程度が目安となっているが、本調査箇所の中尾サイホン施設は、1954年（昭和29年）に施工されており65年以上経過しているが、現状は用水路としての機能を十分に果たしている。

調査結果においても、ひび割れ等の損傷はほとんど無く、一部の摩耗・風化が見られる程度であったが、接続部においては目地モルタルの剥離が見られ、そこからの漏水が発生している状況が確認された。

以上のことから、緊急を要する対策は現在のところ必要なしと思われるが、接続部の漏水対策としての補修が求められる。

## 7. さいごに

施設の健全化と長寿命化を目指す上で、定期的な点検と補修対策を行うことは水利等施設に限らず、公共施設等においてもこれからの社会にとって必要なことである。今回、水中ドローンを活用することで、これまで点検が困難であった管渠等においても、危険を伴わずに現況調査が可能となり、今まで見えなかった細かい劣化状況も把握することが可能となった。

また、近年頻繁に起きている地震災害により老朽化した施設が倒壊すれば下流域に甚大な被害となり、さらに通水が遮断されることで農作物へ大きな影響をもたらすことも想定される。

本事業のように施設保全化の観点から改修を行うことにより、農業用施設の自然災害の発生を未然に防止し施設の効用の低下の回復等を行うことによって、農業生産の維持及び農業経営の安定を図られ、持続可能で力強く豊かな農業農村を構築できる。

## 地すべり綿田地区における農地の復旧について

大分県豊肥振興局豊後大野水利耕地事務所 ○(非)宮田 茂, (正)山本文博

### 1. はじめに

豊後大野市朝地町は、大分県の南西部に位置し、総面積の74%を山林原野が占め、多くの耕地が急傾斜地に点在する地域である。その中にある、綿田地区は竹田、旧岡藩の御膳米の産地として重用された歴史を持つ、おいしいお米がとれる歴史ある地域である。しかし、平成29年5月に発生した地すべりにより、農地の地割れや用排水路のズレ、農道の崩壊、住宅の傾き、河川の閉塞などの被害を受け、一時は34haの警戒区域が設定されるなど、現在もおおよそ5haの農地で作付けができない状況が続いている。



### 2. 地区の経過

当地区では、昭和39年6月の梅雨前線による集中豪雨直後に幅80~90m、長さ140mにわたる、地すべりが発生した経過がある。当時、県土木建築部より緊急地すべりの申請が行われ、地下排水ボーリング等を実施、地すべり指定地域とされた後、集水井2基などの対策工事が行われた。



写真1 地すべりブロック(頭部)

その後、県営ほ場整備事業を実施しており、昭和61~平成5年度にかけて朝地地区として、今回の地すべり範囲を含む63haの整備を行っている。

今回の地すべりは、平成29年5月の降雨が引き金となり、5月16日に民家の敷地内に亀裂が発生。以降、周辺の農地や市道にも多数の亀裂が確認されたものである。地すべりのブロックは、既指定区域を含む幅約250m、長さ約400mで、降雨に関係なく、活発に活動し、これまでに5~6mの移動が確認された。

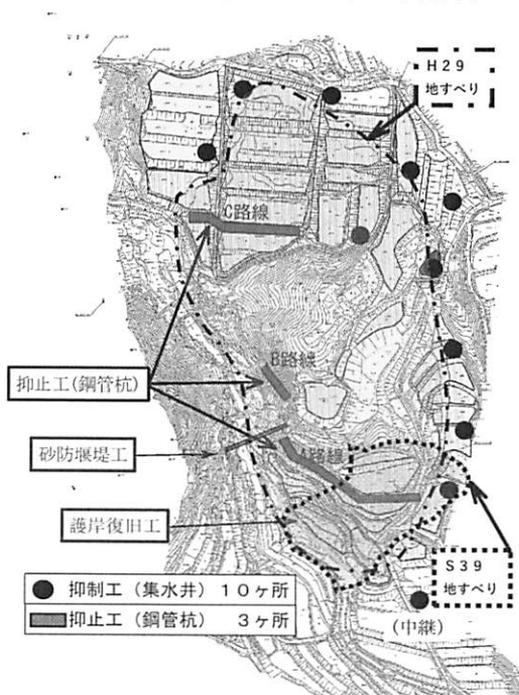


図1 地すべり対策平面図

### 3. 地すべり対策工事の概要

県土木建築部が災害関連緊急地すべり対策事業として申請を行い、集排水ボーリング、強制排水工、集水井(10ヶ所)、鋼管杭(3路線)、堰堤工、流路工などの対策工事を進めている。昨年の12月には警戒区域も全面解除されており、今年度の梅雨

時期にもほとんど移動は観測されていない状況である。

#### 4. 農地の復旧に向けた課題と対策について

地すべりは、大きく見れば元の形のまま南南西に5～6m移動しているが、個々の水田では、歪んで盛り上がったたり、農地の真ん中で滑落するなど、様々な状態となっている。しかし、今回の地すべりにおける登記上の扱いとして

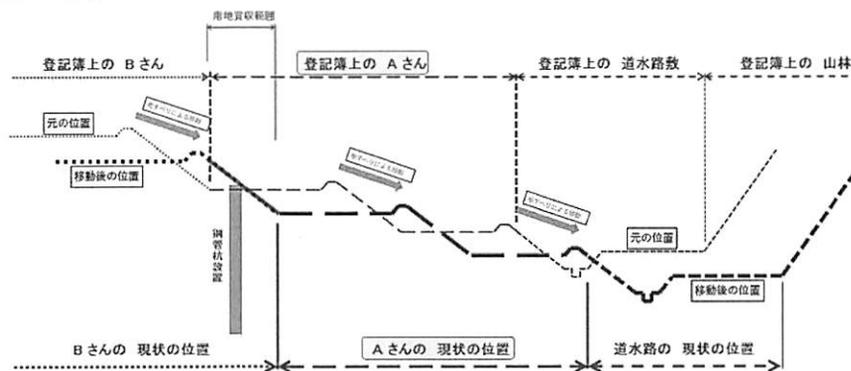


図2 地すべり農地縦断概念図

は、東日本大震災などとは異なり、大規模な地殻変動の際に行われたような登記図の修正の該当とまではならず、平成5年当時のほ場整備による登記図が正と見なされた。これらにより、現地では様々な課題が生まれた。

#### [課題]

##### 1) 登記に関するもの

- 地すべりブロックの周辺部も歪みが出ており、登記図とのすりあわせが必要。
- 地域内には民地のほか、公共用地、地すべり後に買収登記された集水井用地等、民一民、官一民、官一官境界など複数存在し、修正には分筆、合筆を繰り返す必要がある。
- 地区外の山林に隣接する農道の一部は、全幅が登記上の山林区域に入り込んでいる。

##### 2) 設計等に関するもの

- 移動後の地形に合わせて集水井や鋼管杭工事が行われており、農地復旧の障害となる。
- 設計に当たり、地すべり対策の安全率が低下しないように配慮しなければならない。
- 地形がはずんでおり、一般的なほ場一筆毎の高さによる土量計算が使用できない。

#### [対策]

##### 1) 登記に関するもの

- a) b) c) いずれに関しても、通常の方筆・合筆登記による解決は困難であり、換地を伴うほ場整備事業による復旧とし、周辺部の市道や農地、買収済み集水井用地、山林等も換地に取り込み、外周境界の歪み修正や各用地境界のズレなどの解決を図ることとした。

##### 2) 設計等に関するもの

- a) b) に関しては、安全率等の問題から地すべり後の地形を基本とした設計を行う必要があり、対策工事等の進捗とあわせ県土木と共に地元説明会を行い、地権者の理解を求めた。
- c) に関しては、現地盤高の航測図がないため、地すべり後に県土木が作成した現況平面図を元に、各ほ場を細分化したブロックに分け、それ毎に高さを決定し土量計算を行った。

#### 5. 今後の課題

現在、ほ場整備工事に着手したところであり、地すべりの亀裂や歪みが、基盤切盛流用計画や表土の確保などに、どの程度の影響を与えるのか不明なところがあり、区画割りや高さなど、整備しながら対応を行っていく必要があると思われる。今後も、工事の完成に向けた努力を続けていき、一日も早い農地の復旧を目指したい。

## 水路トンネル工事に関する推進工法活用事例 —大分県玖珠町万年井路を事例として—

大分県西部振興局 ○(非)秦祐二  
大分県豊肥振興局 (非)御手洗広大

### 1. はじめに

万年井路のある玖珠町は、大分県の西部に位置し、筑後川水系玖珠川の流域と南に伐株山、万年山、北に耶馬溪に連なる山間地からなる総面積286km<sup>2</sup>、人口19,500人の町である。標高300～1,200mほどの山間部に位置するため、寒暖の差が激しい内陸性気候であり、夏は高温多湿、冬には厳しい寒さとなる。また、玖珠盆地は県内でも有数の稲作地帯であり、本水路の受益地でも、水稻作を行っており、玖珠町の主要な農産品のひとつとなっている。本水路の水利施設の一部は、昭和20年代にかけて県営灌漑排水事業等により整備された施設であり、経年劣化によるクラックや破損が多く発生しているため、今後、十分な水量を確保できない状況や維持管理の増大等が懸念されており、生産性および農業所得向上、生産者の農業意欲への大きな障害となっている。

今回対象とする万年井路については、受益面積119.8haの農地を擁する延長73.7m、幅約1.3m、高さ約1.4mの当時のままの素掘水路トンネルであり、通水断面不足に加え、断面の風化や底面の洗堀といった経年劣化により、利水に支障が生じるおそれがあったため、県営農業水利施設保全合理化事業により改修を行ったものである。

### 2. 工法の選定

#### (1) 矢板工法における課題

水路トンネル改修にあたり、まずは水路トンネルの施工法選定フローに基づき、矢板工法での検討を行った(図2)。既設トンネルを調査した結果、トンネルタイプはB1、坑口付近の土被りが小さい区間はトンネルタイプD1と判定した(表1)。内空断面は、設計流量を満足するとともに、



図1 位置図

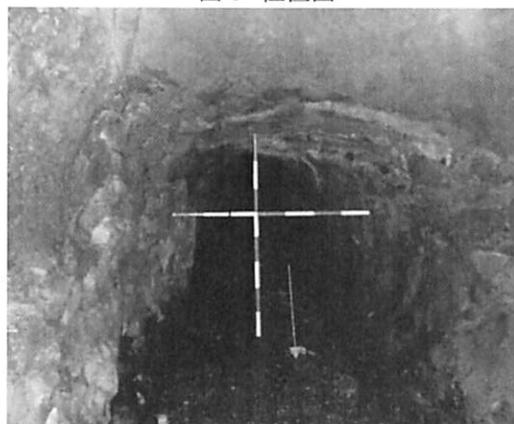


写真1 既設の素掘り水路トンネル

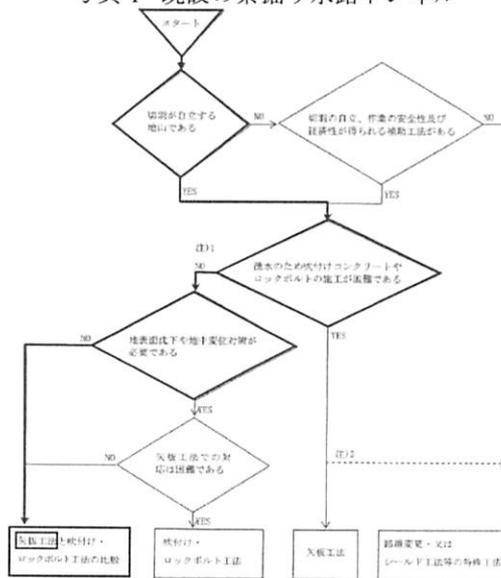


図2 トンネル施工法の選定フロー ※1

施工空間が確保出来る幅として1.0m、高さ1.5mに設定し、B1区間は20cmの無筋コンクリート巻立、D1区間は25cmの鉄筋コンクリート巻立とした。また、支保工については、内空断面が2m以下と小さいことから、曲げ加工が容易で安価な鋼管支保工とした。

矢板工法の課題として、参考歩掛として見積りを徴収したところ、人材不足等により工事費が当初計画時に対して大幅に高騰しているということがあった。

また、トンネル断面が狭小なことから、土工は人力で施工する必要があることや、施工中の地山変化や挙動を観察しながら掘削工法や支保工、覆工の適否を確認する必要があり、施工性および安全性の確保困難が想定されたため、通水断面を確保するために別工法による検討を行った。

## (2) 推進工法の検討

矢板工法における課題を解決するため、推進工法による比較検討を行った。推進工法は、開削工法が難しい都市部の水道工事などで用いられる工法であり、起終点に発進立坑と到達立坑を設け、油圧ジャッキにより推進管の先端に取り付けた掘進機を地中に押し進めていき、後続に既製管を継ぎ足しながら管渠を設置していく工法である。

万年井路では、既設トンネルにコンクリートを充填し閉塞を行った後に推進工法を行うことで、トンネル内の人力施工を不要とし、地山(切羽)の状態変化の影響を受けずに施工が可能であると考えられた。また、坑口起終点の周辺は林となっており、施工における用地上の制約もなかったため、発進立坑と到達立坑を設置するための施工ヤードの確保が可能であったことも、推進工法を選定候補とし得る理由であった。

推進工法における設計条件を把握するため、2箇所ですべて事前ボーリング調査を行った。結果は、図3および表2の通りであり、起点側坑口から約20mまでは、軽石凝灰角礫岩の風化土～風化岩(N=30)、起点から約20m～約40mまでは、軽石凝灰角礫岩の新鮮岩(N=61)、起点から約40mより終点までは、

表1 トンネルタイプの分類 ※1

トンネルタイプ	地質状況	矢板工法による場合		飛行機・ロボット工法による場合				
		主保工	サイディング	掘削径 (m)	掘削深 (m)	掘削高 (m)	掘削幅 (m)	掘削長さ (m)
A	地質の少ない新鮮な岩	無筋コンクリート巻立	無筋コンクリート巻立	9.5以上	-	-	-	無筋コンクリート巻立又は鋼管コンクリート
B	地質のあるや風化した岩、又は軟弱	鋼管支保工(アーチ)・鋼管支保工(直線)	鋼管コンクリート	8	6.4以下	1.5	2.0	鋼管コンクリート
				10	-	1.5	-	
C	軟弱土、砂礫層、硬土	鋼管支保工(アーチ)・鋼管支保工(直線)	鋼管コンクリート	10	6.4以下	1.2~1.5	1.2 (φ100掘削)	鋼管コンクリート
D	美しい地質、地質	鋼管支保工(アーチ)	鋼管コンクリート	15	6.4以下	1.0以下	1.0	鋼管コンクリート
				-	-	-	1.0	鋼管コンクリート
E	地質が不安定な地山	鋼管支保工(アーチ)	鋼管コンクリート	10	6.4以下	1.0以下	0.8 (φ100掘削)	鋼管コンクリート

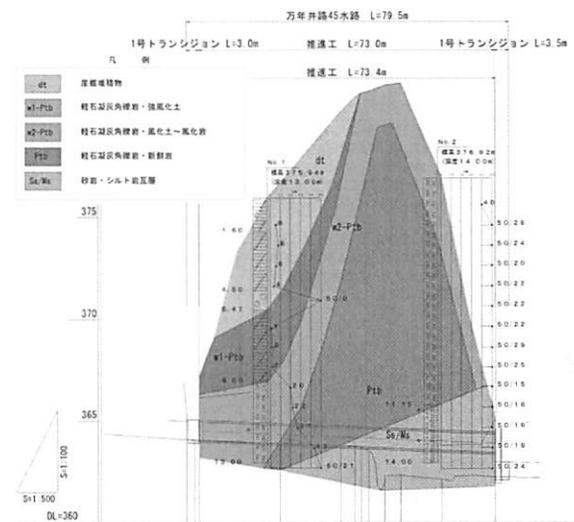


図3 地質調査結果

表2 地質調査結果

地質名	記号	代表N値	単位体積重量 $\gamma_s$ (kN/m <sup>3</sup> )	粘着力 c (kN/m <sup>2</sup> )	内部摩擦角 $\phi$ (°)	設定根拠	
崖麓堆積物	dt	6	16	37	0	$\gamma_t$ : 表5.1.3及び5.1.4の中間値 c: 式5.1.3 $\phi$ : 式5.1.3条件	
軽石 凝灰角礫岩	強化土	w1-Ptb	2	14	12	0	$\gamma_t$ : 表5.1.3及び5.1.4 c: 式5.1.3 $\phi$ : 式5.2.1
	風化土 風化岩	w2-Ptb	30	16.1	1189.7	0	$\gamma_t$ : 試験値 c: 試験値 $\phi$ : 試験値条件
	新鮮岩	Ptb	61	17	1189.7	0	$\gamma_t$ : w2-Ptb試験値 c: w2-Ptb引用 $\phi$ : w2-Ptb引用
砂岩及びシルト岩互層	Ss/Ms	71	16.3	632.5	0	$\gamma_t$ : 試験値 c: 試験値 $\phi$ : 試験値条件	

砂岩およびシルト岩互層 (N=71) であった。また、計画用水量 0.600m<sup>3</sup>/s、計画排水量 1.665m<sup>3</sup>/s を満足するφ 900 のヒューム管を埋設管として選定した。

### (3) 工法の選定

推進工法は、適用土質や切羽の安定方法等によって更に細分化される(図4)が、管径 900 及び軟岩に対して施工可能であることを条件に、開放型推進工法(刃口式)、密閉型推進工法(泥水式、土圧式、泥濃式)を選定し、これに矢板工法を加えた5工法について比較検討を行った。

比較検討の結果(表3)、矢板工法より1割程度安価となり、トンネル内における人土工の必要がなく軟岩でも長距離推進が可能なることから、施工性、経済性に最も優れる泥濃式推進工法を採用とした。

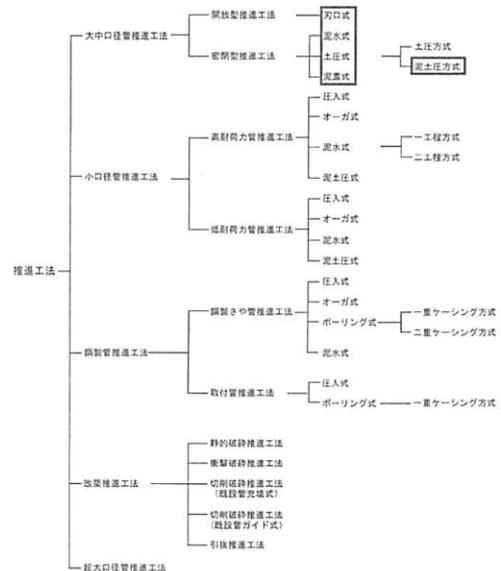


図4 推進工法の種類 ※2

表3 比較検討結果

	トンネル矢板工法	推進工法 (開放型、刃口式)	推進工法 (密閉型、泥水式)	推進工法 (密閉型、土圧式)	推進工法 (密閉型、泥濃式)
工法概要	機械や人力、発破により掘削を行う。地山の安定は矢板類を併用した鋼アーチ支保工と覆工コンクリートを主たる支保構造部材で行う。覆工施工のため、型枠、コンクリート打設を必要とする。 切羽が開放されており、地山の安定が特に重要となる。排土は鋼車等で搬出するため濁水等の処理は不要。	管の先端に刃口を装着し、発進立坑内の管体の後部に設置した元押しジャッキの推進力により管を地山に圧入し、刃口部の土砂を掘削。切羽と作業空間が隔壁で仕切られておらず、人力で地山を掘削する。切羽が開放されており、地山の安定が特に重要となる。	掘進機前面のカッターヘッド後方に隔壁を設け、切羽と隔壁間のチャンバ内に泥水を圧送し切羽の安定を図りながら、カッターヘッドを回転させ掘削、推進する。 掘削した土砂は泥水と攪拌混合して、坑外に設けた泥水処理設備により土砂と泥水に分離され、泥水は比重及び粘性等を調整して再び切羽に送る。排出された排泥水は坑外の泥水処理施設で土砂と泥水に分離する。	掘進機前面のカッターヘッド後方に隔壁を設け、切羽と隔壁間のチャンバ内に掘削土砂又は添加剤を混合した土砂(泥水)を充滿させることにより、切羽の土圧及び地下水圧に見合う圧力を保持し、カッターヘッドで掘削した土砂をスクリュコンベアで排土量を調整しながら掘削、推進する。 泥水工法のような大きな泥水処理プラントは不要。	掘進機前面のカッターヘッド後方に隔壁を設け、切羽と隔壁間のチャンバ内に高濃度泥水を充滿させることにより、切羽の土圧及び地下水圧に見合う泥土の圧力を保持し、切羽の安定を図りながら掘削、推進する。 掘削した土砂は掘進機内の排土バルブの開閉作業により、切羽圧力を安定させながら間欠的に排土する。坑内に排土された掘削土砂は、吸引搬送が基本であり、吸機内からピット交換することができ岩盤層などの長距離搬送が可能。
水理断面等	内空断面 W=1.0m、H=1.5m	HPφ900	HPφ900	HPφ900	HPφ900
施工性	地山の変化に対し、様々な補助工法による対応が可能であるが、人土工となり、苦渋作業が必要となる。 アーチ・サイドの型枠工、コンクリート打設工、インパットのコンクリート打設工を1スパン毎に行う必要がある。 坑門工の施工が必要である。	地山の変化に対し、補助工法の採用が可能だが、補助工法に限りがある。切羽が自立する必要がある。施工に先立ち、既設トンネル充填が必刃口では人土工となり、苦渋作業が必要となる。	カッターの交換により地山の変化に対応可能。施工に先立ち、既設トンネル充填が必要。濁水の処理、その設備が必要。 礫径や岩盤強度により掘削不能となったり、地山の透水性が高いと切羽が保てないなどの問題があるが、本施工箇所においては施工可能と考えられる。	カッターの交換により地山の変化に対応可能。施工に先立ち、既設トンネル充填が必要。濁水の処理、その設備が必要。 礫径や岩盤強度により掘削不能となったり、地山の透水性が高いと切羽が保てないなどの問題があるが、本施工箇所においては施工可能と考えられる。	カッターの交換により地山の変化に対応可能。施工に先立ち、既設トンネル充填が必要。濁水の処理、その設備が必要。 礫径や岩盤強度により掘削不能となったり、地山の透水性が高いと切羽が保てないなどの問題があるが、本施工箇所においては施工可能と考えられる。
経済性	1.11	1.32	1.06	1.17	1.00
安全性	裏込め注入に施工の不備がある場合、突発性の崩壊が生じる場合がある。また、人土工のため、安全対策を行う必要がある。	人土工のため、安全対策を行う必要がある。	掘削には推進機を使用するため、人土工の必要がない。	掘削には推進機を使用するため、人土工の必要がない。	掘削には推進機を使用するため、人土工の必要がない。
維持管理	覆工の鉄筋コンクリート、無筋コンクリート構造としての維持管理が必要。	ヒューム管の鉄筋コンクリート2次製品としての維持管理が必要。	ヒューム管の鉄筋コンクリート2次製品としての維持管理が必要。	ヒューム管の鉄筋コンクリート2次製品としての維持管理が必要。	ヒューム管の鉄筋コンクリート2次製品としての維持管理が必要。
総合判定	△	△	○	△	◎

### 3. 泥濃式推進工法による施工

#### (1) 工法の概要

泥濃式推進工法は、切羽と隔壁間のカッターチャンバ内を掘削土砂と高濃度泥水とをかく拌(攪拌)混合した土砂(泥土)で満たし、切羽面に作用する土圧及び水圧に見合う圧力に、泥土の圧力を保持することにより切羽の安定を図り、カッターヘッドで掘削しながら立坑に設けた元押し

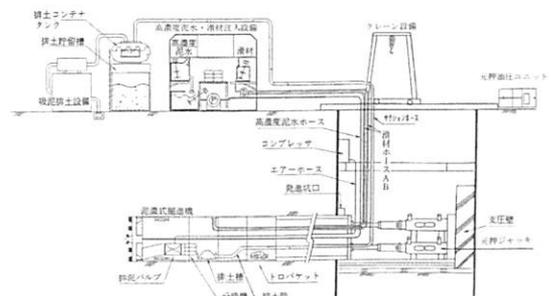


図4 泥濃式推進工法 ※2

ジャッキの推進力により推進管を地中に圧入して管渠を構築する工法である。掘削土は、掘進機内の排泥バルブを開閉することにより間欠的に排土槽に排出され、排土は搬送可能な粒径以下に分級され、吸引力により坑外へ搬出される。坑外に搬出された掘削土砂は、排土貯留槽を経てバキューム車による直接運搬処分または、固化処理後ダンプトラックによる運搬処分が行われる。※2

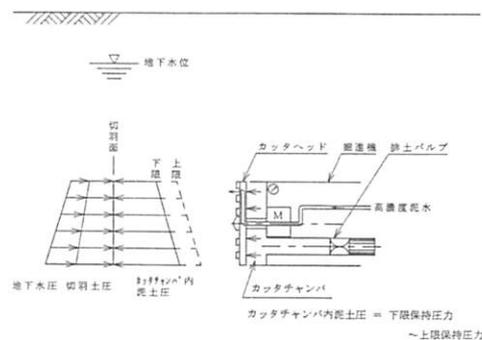


図5 泥濃式の切羽管理方法 ※2

## (2) 工事概要

万年井路における泥濃式推進工法による水路トンネル改修工事の概要は下記のとおりである。

- ・ 工事期間：2018.11.29～2019.6.14
- ・ 工事費：約 58,000 千円
- ・ 主要工種：水路トンネル改修工 73.7m  
仮設道路工 212.3m

施工では、密閉状態を確保するため既設水路トンネルにコンクリートを充填（130m<sup>3</sup>）した上で、推進機による掘削・管渠の埋設を行った。また、管渠埋設後、約 3m ごとに裏込め材を充填したが、水路トンネルと同程度の強度を確保するため、コンクリートを使用した。作泥材には、ベントナイトや粘土等を必要としない泥水加圧推進工法用のものを使用し、掘削土砂（余剰泥水）は約 165t 発生した。支圧壁の設置から推進管撤去まで約 2 ヶ月を要し、うち掘削は約 2 週間で行い、非灌漑期内に水路トンネル改修を竣工することが出来た。



写真2 発進坑口における施工状況

## (3) 工事における問題点

施工にあたり推進機の手配が必要であったが、近隣においてその台数が少なく手配に苦慮したため、工程管理に苦勞した。

## 4. まとめ

万年井路の改修工事において、推進工法（泥濃式推進工法）を採用することで、狭小な素掘水路トンネル内の施工において安全性、施工性の確保及び経済性を向上することが出来、今後も同様の工事における推進工法の活用が期待された。但し、地質条件や用地等の現場条件により、推進工法の採用が難しい現場も考えられるため、推進工法の採用が可能かどうかを十分検討した上で、従来の水路トンネル工法と併せて総合的に採用工法を検討する必要がある。また、施工時期の制約への対応等の努力が必要であるとともに、泥濃式推進工法では泥水の処分方法を事前に確認して適切な処理を行う必要がある。

## ※引用文献

- 1) 農林水産省農村振興局整備部設計課（2018）：土地改良事業計画設計基準及び運用・解説設計「水路トンネル」,公益社団法人農業農村工学会
- 2) 公益社団法人日本推進技術会(2012)：推進工法用設計積算要領－泥濃式推進工法編－



平成 29 年度被災後から、被災地域の復旧・復興方法について県・市と地元農家で検討した結果、度重なる豪雨災により疲弊した地元農家の負担をなるべく低減、できれば「負担ゼロ」での復旧を目指したいという結論になった。被災区域内には前回のほ場整備未実施区域も含まれていたため、今回の被災を契機に地域全体で「農業競争力強化農地整備事業」を利用した再整備を行い、かつ被災地域の農地集積率を 75%以上に引上げることを目標とした。

## (2)再整備実施の利点

- 1) 農業経営高度化支援事業により、地元分担金に対する助成が最大 7.5%あり
- 2) 農地集積率の向上、畑地の立地上の集約等により、地域全体の更なる農地高度利用と低コスト経営の実現

## (3)大肥地区の概要

### 1) 事業名

農業競争力強化農地整備事業

### 2) 事業期間

平成 31 年度(令和元年度)～令和 5 年度

### 3) 総事業費 372,000 千円

### 4) 総事業量 受益面積 A=15.0ha

(区画整理 A=12.4ha 暗渠排水 A=12.2ha

簡易整備 L=5.1km 高付加価値施設 2 棟)

### 5) 補助率 国 55% 県 27.5% 市 10% 地元 7.5%

### 6) 農地集積率(現況)41.7%→(計画)81.3%

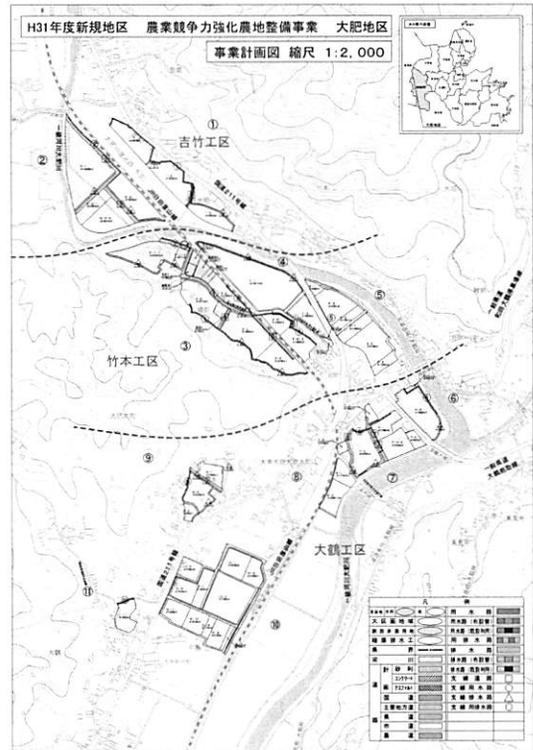


図3 大肥地区 事業計画平面図

## 3. 今後の取り組みと課題

大肥地区では、(農)大肥郷の加工部門である「ももは工房」が製造する味噌、餅など加工品の生産販売や地域内酒造会社への麦の提供、学校給食向けの野菜の提供など地産地消の取組みを実践するとともに、作付けから収穫までの農業体験塾、麦踏み大会、加工体験教室といった都市農村交流事業も地域と協働で開催されている。

これらの先駆的な取組みにより平成 17 年度農林水産祭むらづくり部門で農林水産大臣賞を受賞し、活気に満ち溢れた農業振興が展開されていた地域である。

一方、大肥地区はチンゲンサイが名産であったが、29 年災によりハウスが倒壊し、やむなく生産拠点が地区外に移転されるといったケースも見受けられるため、中心経営体である(農)大肥郷を中心として、県振興局営農部署との連携をはかり、基盤整備と営農の両面で支援をしていくと共に、新たな担い手の育成・支援に注力していきたい。

また、九州北部豪雨のような大規模災害被災地においては、局部的に工事受注者が不足し、不調・不落が多発するケースも多い。大分県では未だ実績がないが、農地・農業用施設災害復旧事業の実施を県営で行うことについては他県では既に事例があるため、今後の課題として、新たな大規模災害が発生する前に大分県全体で検討すべきであると考え。

※引用文献

- 1) 内閣府:平成 30 年度防災白書(2018)
- 2) 大分県日田市:日田市復旧・復興推進計画(2019)

## 小学生を対象とした土地改良施設の啓発活動 — 廣瀬久兵衛が開設した小ヶ瀬井路 —

大分県西部振興局農林基盤部 ○(正)時任寛貴

### 1. はじめに

日田市は大分県の北西部に位置し、福岡県、熊本県との県境を接している。平成 17 年の合併で、天瀬町、大山町、前津江村、中津江村、上津江村を編入した。旧日田市は盆地のため夏と冬の気温差が大きく、夏はその日の国内最高気温を記録するくらい上昇し、冬は氷点下まで気温が下がるほどである。年降水量は 1800mm とやや多く、梅雨末期の豪雨や台風接近により災害が発生する事もあり、近年では平成 24 年と 29 年に大きな被害を受けたところである。



図 1 位置図

日田盆地には多くの河川が流れ込み、市内を網羅する水路と相まって「水郷(すいきょう)」の名を冠して呼ばれることも多い。江戸時代は幕府の直轄地であったことから代官所が置かれ、物流の中心地ともなったことで商人の町として栄えた。

### 2. 廣瀬淡窓・久兵衛兄弟

廣瀬淡窓・久兵衛兄弟は今も日田市民に愛されている存在で、日田の豆田魚町の商家・博多屋に生まれた。仲のよかったとされるこの兄弟、父、三郎右衛門は生まれつき体の弱かった兄の淡窓には学問の道を進ませ、後に淡窓は私塾、咸宜園を開き数多くの門下生を輩出した。塾生には、遠く青森出身者も含まれていたと記録されている。一方、弟の久兵衛を後継者として育て、久兵衛が満 20 歳の時に家督を譲っている。

久兵衛 33 歳となった 1823 年に当時の日田郡代の命を受け、小ヶ瀬井路の開設工事に着手し、5 つの水路トンネルを掘削した後、1825 年に第 1 期工事・L=2,754m を完成させた。この後も 1831 年まで工事を続け、最終的に約 500ha の水田を支配する水路となった。水路開設前は 940 石の取れ高であったが、水路完成後は 2.5 倍の 2360 石まで増えている。また、この農業用水が日田市内の川を運河として利用するきっかけとなった。久兵衛は、この工事の成功を皮切りに、大分県内外で干拓、橋梁架設、農地開発といった農業土木事業に 91 歳で亡くなる間際まで携わった。

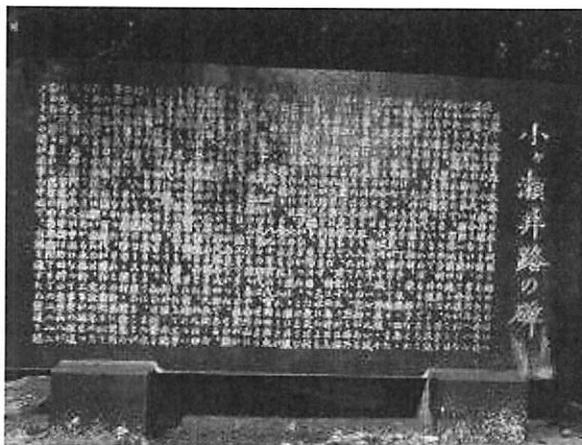


写真 1 小ヶ瀬井路の碑

### 3. 小ヶ瀬井路見学

日田市の小学校では、郷土の偉人について学ぶということで、3年次に廣瀬淡窓、4年次に廣瀬久兵衛について学習しており、秋の運動会が終わった後の10～11月に4年生が久兵衛の足跡を訪ねるため、小ヶ瀬井路を見学している。

当事務所でも「ふるさとの水と土教室」という形で、毎年8校前後と日程調整して現地案内している。

見学は、玖珠川の旧取水口からスタートする。水路建設当時は河川内の玉石を除けて導水していたが、1937年に電力会社が水力発電所を建設することをきっかけに発電用導水路から分水する取水方式に変更した。玖珠川の川底を横断している石造のサイホンは、今も最大1.7m<sup>3</sup>/sの水を水路に送り込んでいる。

続いて、源ヶ鼻の水路トンネル内部に案内する。幅の狭い管理坑に順番に入ってもらい、今も残る掘削時のノミの跡を照らしていく。20日間で2.6m程度しか掘り進めないことがあったほど、固い岩盤に挑む難工事であったことを伝える。

また、水路トンネル近くで小河川と交差する箇所は、柱状に切り出した石を掛け渡して水路橋としており、こちらも建設当時から変わらずに使われている施設として案内する。

この後、別の水路トンネル出口に移動し、小ヶ瀬井路の碑が待つ大原神社境内まで、水路沿いを歩いて目指す。

車移動と徒歩移動を組み合わせ、約2時間の行程を基本としている。

### 4. おわりに

説明対象が小学校中学年ということで、極力専門用語を口に出さないように意識し、廣瀬久兵衛の足跡を絡めつつ、ゆっくりと話したり、置き換えを使うなどして分かりやすい説明を心掛けている。

児童の興味を引く様に説明するのは毎回頭が疲れるが、学校から届く児童の感想に、話した内容が触れていると嬉しくなる。案内した児童のうち何人かでも技術者を目指すきっかけになればと思いつつ、今後も良い案内が出来るよう努めていきたいと思う。



写真2 玖珠川旧取水口



写真3 源ヶ鼻隧道管理坑



写真4 水路橋

## 宇佐市における農地集積と連携した基盤整備について

— 圃場の大区画化と地下水位制御システムの整備事例 —

大分県北部振興局 ○(非)矢野誠也

## 1. はじめに

大分県北部の宇佐市は、県下最大の穀倉地帯である宇佐平野が広がり、気候は瀬戸内気候区に属し年平均気温は16℃前後、冬季も0℃以下になることが少なく年間を通じて比較的温暖な気候で、年間降水量は1,400mm前後である。

大分県では、宇佐平野に位置する畑田・川部・江須賀地区において、経営規模の拡大等による効率化、低コスト化を進め、変化する社会情勢に即応できる経営体を育成するため、農地中間管理事業を活用した農地集積と連携し、水田の大区画化・地下水位制御システムの整備を平成26年度より県営農業競争力強化農地整備事業「宇佐地区」として実施しており、整備効果等について紹介する。



図1 位置図

## 2. 事業概要

事業名：県営農業競争力強化農地整備事業

地区名：宇佐

事業工期：平成26年度～令和2年度（予定）

総事業費：1,256百万円

工事内容：区画整理（平均区画2ha）

A = 51.3ha

地下水位制御システム（フォアス）

A = 51.3ha

道路工 L = 8.0km

用水パイプライン

(φ200～600)

L = 4.6km

排水路工 L = 3.2km



図2 計画平面図



#### 4. 課題に対する対応

##### (1) パイプライン、地下水水位制御システムの除塵対策

本地区の用水は、上流側の開水路からパイプラインに接続しているため、パイプライン及び地下水水位制御システムへのゴミなどの流入を防ぐ必要がある。このため、パイプライン流入部の柵に除塵スクリーンを設置することとし、地元水管理役員、土地改良区と協議を重ね、構造等を決定した。構造は、クワやフォーク等でゴミの引き上げを容易とするため縦目のみとし、引上げたゴミの置き場所となる柵蓋は、水切りのため穴開けした縞鋼板を設置した。また、ゴミの回収を容易にするため、軽トラック等での寄り付きを考慮した設置位置としている。

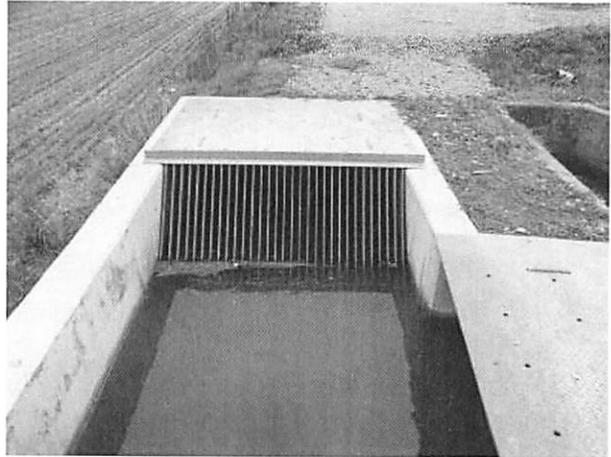


写真3 パイプライン流入部スクリーン

##### (2) 田面高の施工管理

本地区で整備する地下水水位制御システムは、自動給水を制御する機器の動作に必要な動水頭を確保する必要がある。

このため、平野部に位置しパイプライン流入部と田面の高低差が少ない本地区では、計画通りの田面高さに施工することが求められるが、大区画の整地のため、土質の変化等による土量の過不足が懸念されたことから、工事実施中は毎週、発注者と関連工事受注者で合同会議を行い、工事間の土砂流用調整等を緊密に実施した。

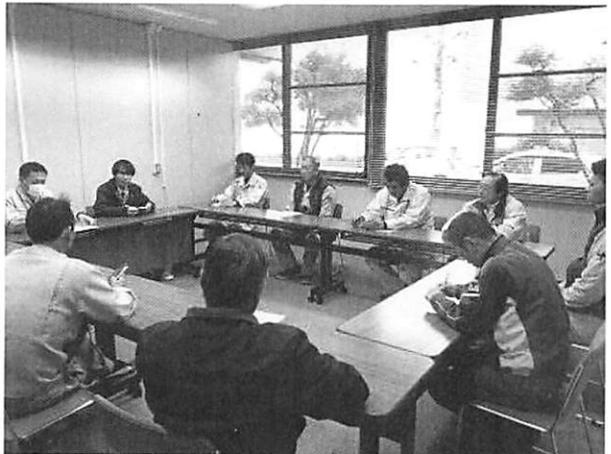


写真4 関連工事合同会議の状況

#### 5. 営農面の取組み

##### (1) スマート農業に係る取組み

大区画化された圃場において、スマート農業研修が開催された。県内で初となるGPS無人自動運転トラクターの実演が行われ、市内外から営農者や関係機関職員約100名が参加し関心の高さが伺えた。

市内の農事組合法人代表からは、農地の整備により広い水田が増え、更に自動運転の技術が進めば導入を考えたいとの発言があり、営農者はスマート農業の推進に基盤整備が必要と考えていることを実感した。

また、稲刈り時期にはGPS自動運転コンバインによる刈り取り実演が行われ、グレンタンクが満たされると、事前に位置登録した運搬用トラック付近まで自動で移動するなど、順調に刈り取りが行われた。



写真5 GPS 無人自動運転トラクター



写真6 GPS 自動運転コンバイン

## (2) 地下水位制御システム整備圃場における調査

地下水位制御システムの整備後に大豆を作付けした圃場において、土壤水分計を設置し土壤水分の定期的な観測を行い、地下水位制御システムの効果を調査した。

調査の結果、近隣の地下水位制御システム未整備圃場が、天候の影響により水分量が大きく変動するのに対し、地下水位制御システムを整備した圃場は、天候の影響による水分量の変化が少なく、土壤水分を一定に保っている事が確認された。

今後は、更なる収量の増、品質の向上のため、各作物に適した設定水位の把握が必要と考える。

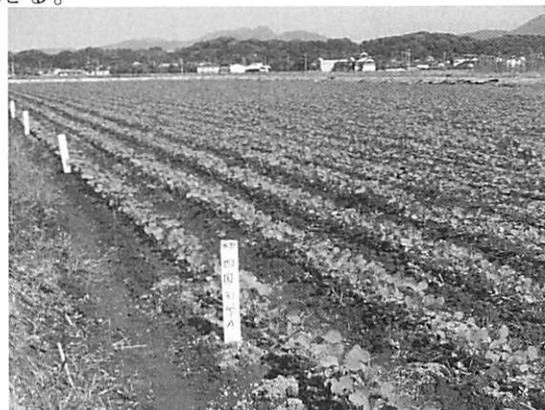


写真7 調査圃場



写真8 土壤水分計

## 6. おわりに

本地区では、中間管理事業を活用した農地集積と連携し、農地の大区画化・地下水位制御システムの整備が進められた結果、農作業の効率化、水管理の省力化が可能となり、生産コストの低減を実現している。

一部の農地では乾田直播栽培に取り組むことで、育苗・移植作業の省力化が図られており、また、GPS自動操舵システムを装備したトラクターや、GPS直進アシスト田植機を導入した担い手もあり、大区画化と地下水位制御システムにより、省力化が図られた圃場において、今後も乾田直播栽培の拡大や、スマート農機の活用が促進することで、更なる省力化と生産コストの低減、経営規模の拡大が期待される。

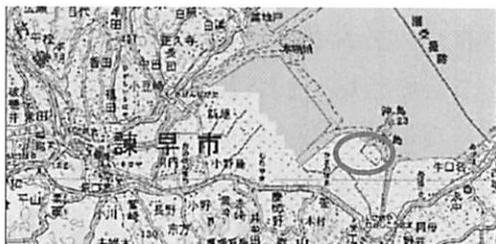
## 軟弱地盤における構造物の沈下対策について ～原因解明と対策の一例～

長崎県県央振興局 ○(非)古賀昌敬  
株式会社アース (非)竹ノ内政宣

### 1. はじめに

長崎県の中央、諫早市の諫早湾干拓地で明治、昭和時代に干拓が行われた区域の湛水被害の軽減を図り、転作作物を取り入れた収益性の高い水田農業を図るため、排水対策工事を実施している。

現地盤は軟弱な沖積層((粘性土(通称有明粘土))が広く分布しており、水路工事で施工した暗渠工、ゲート工(起伏ゲート)が施工中から沈下したことについて原因の解明と今後の対応について発表を行う。



### 1.2 地区の概要

事業名: 水利施設等保全高度化事業(一般型(排水対策特別型))

地区名: 田尻地区

所在地: 長崎県諫早市森山町

受益面積: 403.5ha

事業費: 6,786百万円

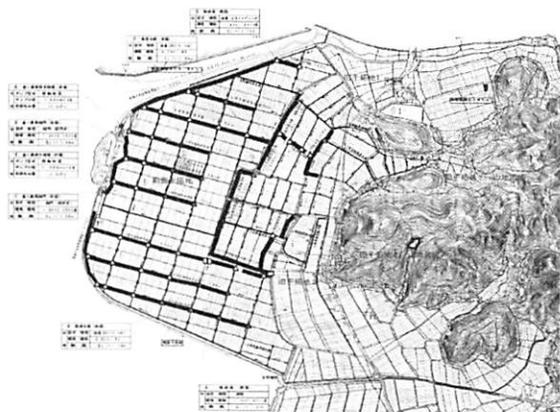
事業工期: 平成22年度～平成31年度

事業内容: 排水機場 2箇所

排水樋門 2箇所

用排水路 15km

主要作物: 水稲・麦・大豆



## 2. 調査・解析手法と解析の結果

### 2.1 構造物沈下の実状

田尻地区の沈下対策は以下のセメント系固化材による地盤改良2種類で行われている。

#### (1) 浮き基礎・・・浅層改良

主に比較的重量が軽い水路(2次製品)部で使用。

#### (2) 直接基礎・・・深層混合改良

主に暗渠工(道路部)、ゲート工(起伏ゲート、制水門)で使用。

(杭基礎等と経済比較し工法採用)

浅層改良については大きな沈下は見られていないが、深層混合改良において10cmを超える構造物沈下が複数個所で発生した。

## 2.2 調査の目的と手法

深層混合改良の基礎は支持地盤まで改良されており、構造物に作用する荷重により改良体の強度を計算し施工を行った。しかし左岸側で13.7cm、右岸側で4.1cmの沈下が発生。起伏ゲートで左右で9.6cmの差が生じた状況となり、対応が必要となった。

この要因を把握し、今後の施工への対策を策定する目的で、調査を行った。

### 2.2.1 沈下原因の想定

沈下の原因について下記理由を想定した。

- (1) 改良体が支持層まで到達していない。・・・a
- (2) 支持層と設定した砂礫層が不適切なため沈下する。・・・b
- (3) 改良体に未改良部があるため圧縮する。・・・c

このことを踏まえ原因説明のため調査を実施した。

### 2.2.2 調査

現地調査としては3種類の調査を行った。

#### (1) 調査ボーリング

オールコアボーリングで改良状況の確認を行うこと、支持層となるN値 $\geq 20$ 程度の砂礫層に達しているかを確認する。

#### (2) キャリパー検層

ボーリング孔壁の凹凸を調査することにより、軟弱で崩壊性を有する区間があるか調査し、改良体の均質性を確認する。

#### (3) PS検層

弾性波(P波、S波)を利用して「ボアソン比」、「せん断弾性係数」等の地盤強度特性を深度方向に連続的に把握し、改良体の均質性を確認する。

## 2.3 解析

### 2.3.1 基準(深層混合処理施工マニュアル)と実施設計(施工)

基準書(深層混合処理施工マニュアル:以下基準書)と実施設計のなかで問題がないのか検討した。検討の結果、下表に基準書と実施設計(施工)の相違点を記す。

(基準書) 杭式：複合地盤の設計手順	田尻地区での実施設計
<ul style="list-style-type: none"> <li>・改良幅と改良深度の比(B/D)=0.5~1.0以上を目安。</li> <li>・改良幅Bが改良深さDに比べて小さく、偏荷重が作用するような場合には改良体に曲げ応力が発生し、滑動や曲げ変形等の円弧すべりによる破壊とは異なった破壊状態となるので、十分な検討が望ましい。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・基礎幅(B)=6.30m、改良長(D)=15.10mから、<math>B/D=6.30/15.10=0.417</math>となり、目安の0.5を下回る。</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・構造物基礎の支持力、沈下対策として深層混合処理工法を採用する場合改良端部の改良体に応力が集中することが知られており、改良体への応力集中を緩和するために地盤改良幅として構造物基礎幅に左右それぞれ1m以上広げるのが良い。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・用地の制約上余裕幅の設定はない。</li> </ul>

表1 基準書比較表

### 2.3.2 FEM解析

実施設計条件で理論上でどの程度沈下するかを検討したが、杭頭(構造物底面)で

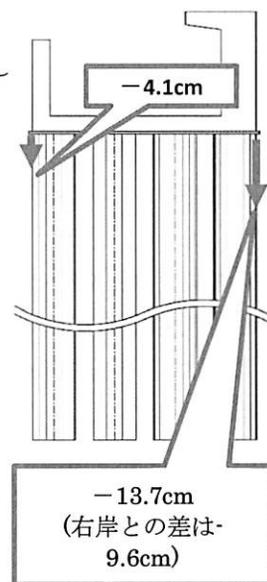


図1 沈下図

最大1.48cmの変位ということで、実際とは大きくかけ離れた数値となった。このことから、実施設計の条件の見直しを行い、検討することとした。

#### (1) 上載荷重

実施設計では、最大荷重を等分布荷重として採用されている。この部分について左端を支点とした回転モーメントを想定し、各杭毎の負担する荷重とした。

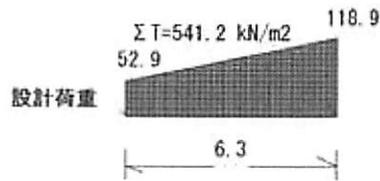


図2 上載荷重(複合)

#### (2) 地盤

実施設計では、改良を行った箇所と未改良部からなる複合地盤で検討していたが、改良杭をそれぞれが独立した杭として検討することとした。

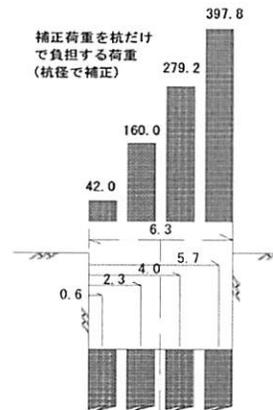


図3 上載荷重(単体)

### 2.4 調査の結果

#### 2.4.1 ボーリング調査の結果

想定した沈下の原因A、Bについてボーリング調査により確認したが、改良の末端が砂礫層まで到達していること、標準貫入試験の結果、N値が20であり特に問題なし。

改良体長 $L=16.54\text{m}$ で施工管理延長 $L=16.53\text{m}$ であった。コアは概ね良好であったが、改良体上部1~2m間に縦方向のクラックが確認された。

#### 2.4.2 キャリパー検層、PS検層の結果

改良体の上部1/3にところどころで口径が広がる箇所があった。(最大:50mm)

P波、S波について改良体の上部1/3に多少の乱れが確認された。(P波:0.36 km/s S波:0.12km/sの減)

しかし、あまり大きな変位でないため、特に問題ないとした。

ここまでの調査結果より、当初想定した原因a、b、cはいずれも沈下原因でないことが確認できた。このため、支持層の下位に軟弱層が存在し、その軟弱層の圧密沈下が原因ではないかと推測した。

### 3. 試験施工

#### 3.1 プレロード

施工中のゲート部(起伏ゲート)の地盤改良のチェックボーリングにおいて、支持層としていた砂礫層が薄く、さらに下方に軟弱な粘土層があることが判明したため、チェックボーリングを更に下方まで掘進した。下層に軟弱な粘土層が出てきたことで、沈下の原因は支持層の下方にある軟弱層の沈下を裏付けるものだと確信した。既に地盤改良を終えていたため、対応方法について検討し、沈下を促進させるプレロードを採用。ウェイトとしてコンクリート方塊ブロックを採用し、実際の荷重の1.2倍程度を地盤に載荷した。沈下の起因箇所を特定させることから、ボーリング孔に層別沈下計を設置し観察を行った。

#### 3.2 プレロード結果

ウェイト載荷後1日で5cmの沈下が生じたが、想定した支持層より深い位置での沈下は見られず、地盤改良杭の長さが短くなっている結果を得た。その後も改良杭の間だけ変化がみられ、沈下を想定した支持層以深の軟弱層に変化はなかった。この結果より沈下の原因は地盤改良杭と判断し、解析について再検討を行った。

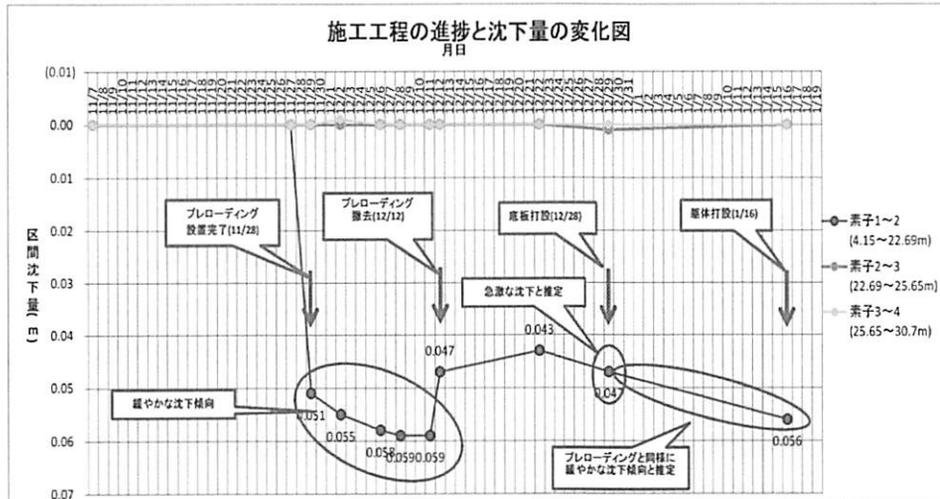


図4 層別沈下計 沈下量—時間

### 3.3 沈下量の想定

地盤改良杭が変形していることが判明したため、地盤改良杭が剛性体でなく弾性体とした場合下記式により沈下量の算定を行った。

$$\Delta L = \sigma / E \times L$$

$\Delta L$  : 沈下量 (cm)  
 $E$  : 変形係数 (kgf/cm<sup>2</sup>)  
 $\sigma$  : 杭反力 (kgf/cm<sup>2</sup>)  
 $L$  : 杭長 (cm)

上記式に今回の地盤改良杭の数値で計算すると沈下量は5.0cm、プレロードの結果5.9cmの沈下で、0.9cmの差があったが概ね推定値として問題ない。

### 3.4 試験施工

今回の試験施工をもとに、沈下量については弾性変形による沈下量を確認し、沈下量が大きい場合はプレロードによる対応を行う。また、沈下量が小さい場合(許容沈下量を5cmと設定)は想定沈下量分を上げて施工することとした。

(地盤改良杭 L=15m以上でプレロードを実施)

ゲート工等の偏荷重の構造物については、FEM解析より地盤改良杭の配置を荷重が大きい方の本数を増やすことで変位量を抑えることがわかった。このことから、設計で等間隔配置になっているものについて見直す。

## 4. まとめ

軟弱地盤で基礎を改良する場合、改良を行ったからといって沈下しないと判断してはならず、改良部分も変位することを認識し対応する。今回現場の制約上短時間で沈下促進を行うためコンクリート方塊によるプレロードを実施したが、今後盛土等による方法や期間についても検討を行っていきたい。

軟弱地盤における構造物の沈下対策について、今回の方法について一定の効果があったが、それぞれの現場の特性を考慮し対策を行っていきたい。

### 参考文献

- 財団法人土木研究センター 陸上工事における深層混合処理工法設計・施工マニュアル改訂版 pp76~77、176~177 1999

## 九州の複雑な地質形成の解明

筑後農林事務所農村整備第一課 ○(正)田中伸二

## 1. はじめに

私は以前から九州の地質の入り組み方は複雑で、これを理解するのは非常に難しいことと考えいたが、近年はインターネットの普及により色々なデータが手軽に入手でき、しかも加工することも容易となってきたため、少しこれを利用して、九州の複雑な地質がどのように形成されたのか私なりに考察するにあたって利用したのは、

日本シームレス地質図火山、構造線 (<https://gbank.gsj.jp/geonavi/geonavi.php#6,38.247,137.000>)  
国土地理院地図を利用し、断面図作成の機能を特に利用した。

(<https://maps.gsi.go.jp/#5/36.104611/140.084556/&base=std&ls=std&disp=1&vs=c1j0h0k0l0u0t0z0r0s0m0f1>)

この機能を利用した結果、私の勤務する筑後農林事務所の近くの黒木町に阿蘇山4回目の火砕流があることを知ったので現地調査に行き、間違いなく阿蘇山4回目の火砕流であることを確認した。

その付近の山にも、それと思われる山間部の地中から真っ黒い石と焼けた木片があるとの報告があったので確認したが、阿蘇4回目の火砕流であることの確認はできなかった。

木片は炭素 14 の半減期が数千年らしく阿蘇山4回目の火砕流は 9 万年前のことであり判定できないことが分かった。同時にそれ以前は鉛などの半減期などで測定することも知った。

阿蘇4回目の火砕流の一部(当事務所の近くの資料)はあとで紹介する。

## 2. 九州の地質が複雑な理由

日本シームレス地質図で見る九州の地質はとても複雑に入り組んでいる。

ランドサットが撮影した写真で見る九州の地形は、何か複雑なものが働いていることを感じる。

ランドサットで撮影されたデータ解析後の写真を見ると、その複雑さが良く判る。

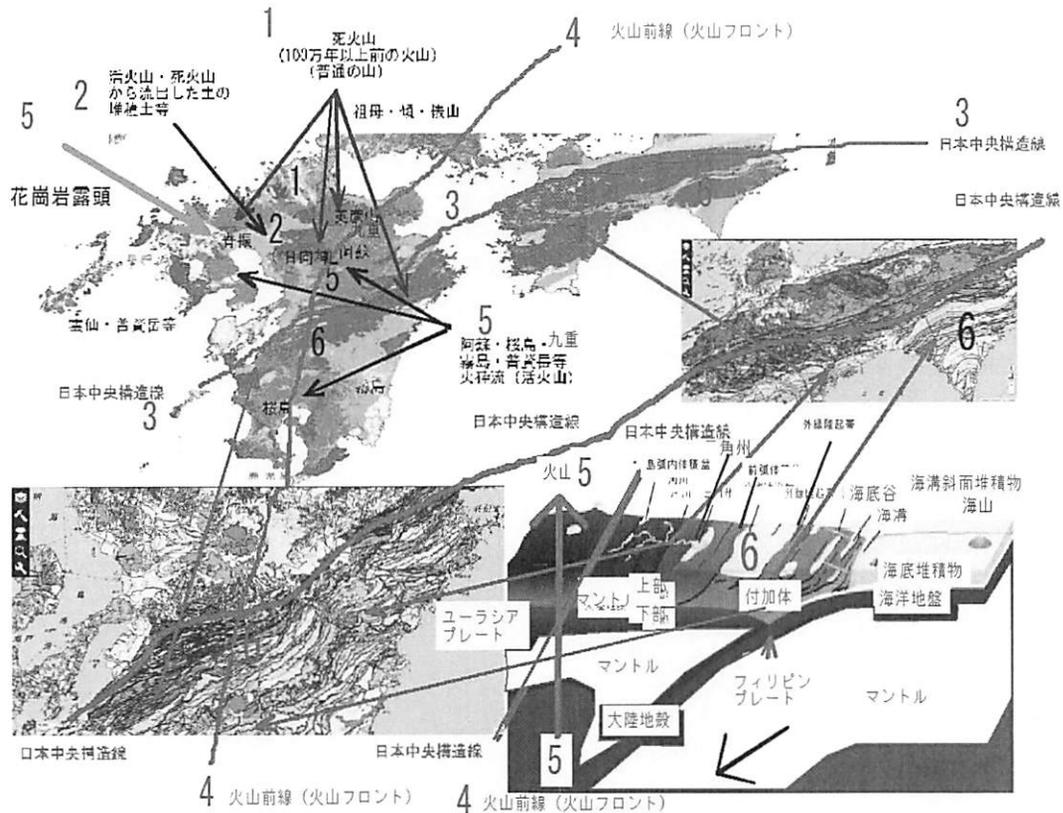
九州の地質が複雑な理由は下記 8 項目の条件からなると私なりに考えた。

- 1) 数百万年前に火山だったが、現在は活動していない山々の地質。
- 2) 1)の山々から風雨などの気象により流出し堆積し平野を形成した地質。
- 3) 日本中央構造線が九州の中央を通過している。
- 4) 火山前線が九州を南北に縦断している。
- 5) 火山前線の活火山から噴出物。
- 6) フィリピンプレートがユーラシアプレートに潜り込む際ユーラシアプレートに堆積する付加体(海底堆積土)がプレートの移動する力により、せり上がった結果地表に現れた地質。
- 7) その他として植物由来の石炭・ピート、生物由来の石灰岩等。
- 8) 地下のマグマがゆっくり冷えて固まった花崗岩が隆起露頭(福岡 宝満山、佐賀 脊振山等)しているもの。

上記 8 つの大きなグループの地質及び条件が、複雑に絡みあい現在の地質となったことについて今回報告する。

### 3. 九州の地質図(日本シームレス地質図を利用)と理由の位置関係図

上記九州の地質が複雑な理由1. 2. 3. 4. 5. 6を図面に示す。

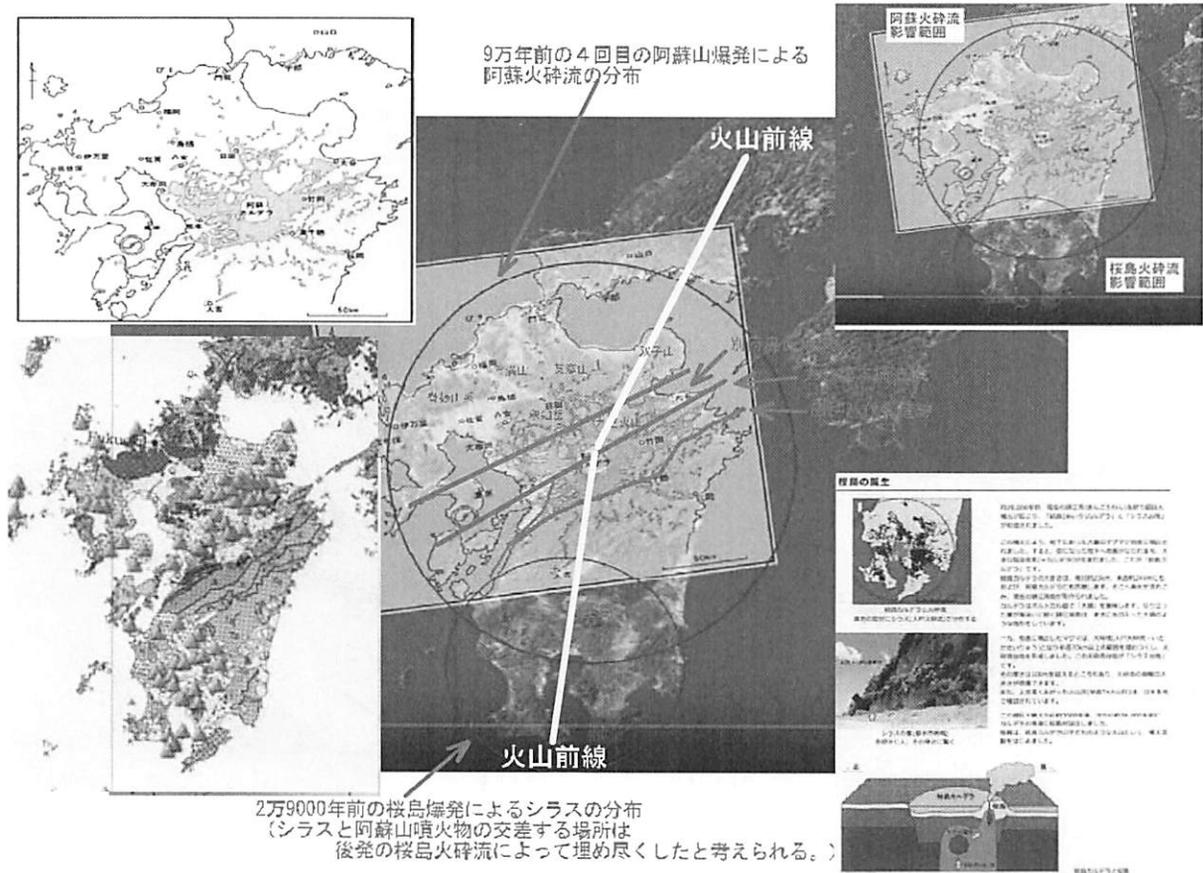


地質説明図 1

#### 4. 理由1～6

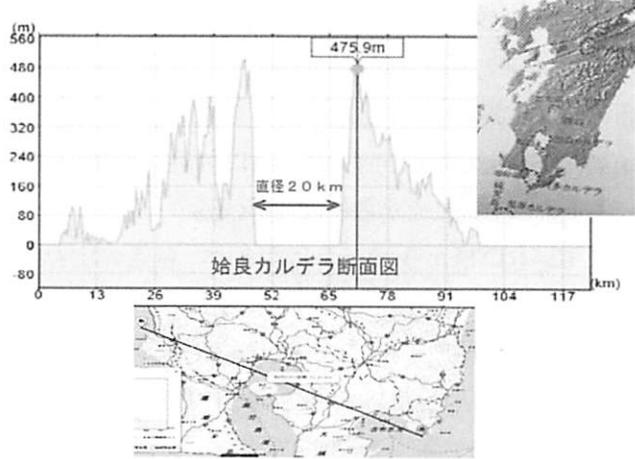
- 1) 数百万年前に火山だったが、現在は普通の山となっている山々が英彦山、祖母山、傾山、俵山等(一部記載)等数多く存在する。
- 2) 九州の山々(活火山、普通の山、石灰岩、石炭)の浸食作用で堆積した平野部の地質。
- 3) 日本中央構造線は三つの地質に関係している。
  - ①ユーラシアプレートの大陸地殻、②阿蘇山等から噴出した火砕流、③付加体である。
 日本中央構造線と火山前線の交差部はマグマが噴出しやすいため火山が多く、阿蘇山など交差部に位置する阿蘇火砕流は九州全域に分布する。
- 4) 始良カルデラから噴出した、桜島の火砕流(29000年前)は70km四方を覆い、その際阿蘇火砕流も覆い尽くしたことが、私が現地調査で確認した水俣インター出口付近水俣市陣内に少なくとも20mはあると思われるシラス台地があることからもうかがえる。  
 実際阿蘇火砕流は人吉までしか確認されていない事から、シラスは付加体、普通の山々、阿蘇火砕流の上に載った形となっている。
- 5) 花崗岩(火成岩の中の1深成岩)が、隆起露頭(福岡 宝満山、佐賀 脊振山等)している。
- 6) ユーラシアプレートの下にフィリピンプレートが沈み込む際に、形成される付加体(海洋地殻は、海嶺で噴出した玄武岩溶岩の上に、深海堆積物や海山を載せています。これらの一部は海洋プレートが沈み込むときに、海溝にたまった土砂とともに大陸側に押しつけられ、はぎ取られてしまいます。これを付加作用といい、はぎ取られた地質体を 付加体 といいます。)が

地表に、せり上がった堆積物である付加体は地球表面の風雨による浸食を受けやすいため、河川がでやすく、表面が堆積物であるため地質平面図には線上に細長く表示される地質。

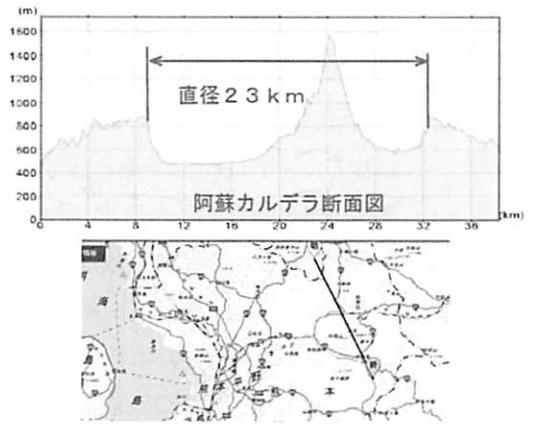


地質説明図2

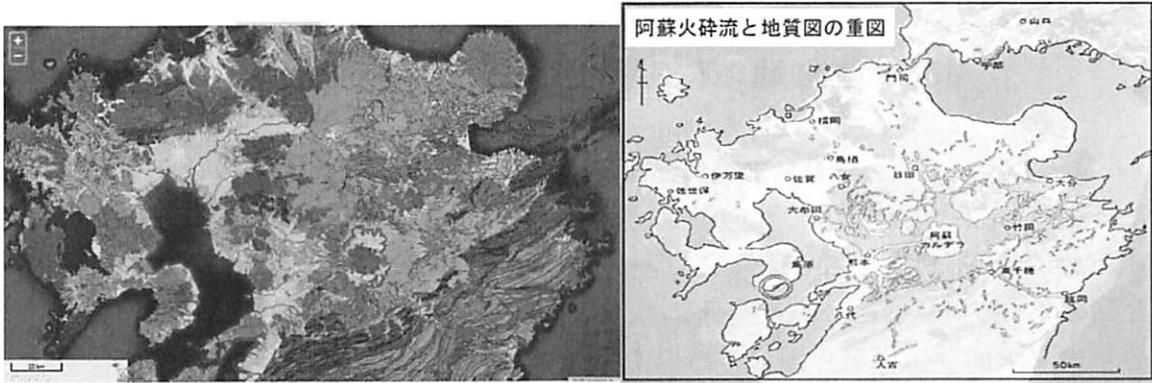
5. 火山前線が南西から南北にかけて走っている。先述3と同じ内容であるがこのライン上に久住山、阿蘇山、霧島、桜島(始良カルデラ)、鬼界カルデラと続く。始良カルデラと鬼界カルデラは阿蘇カルデラと大きく差がないが、始良カルデラだけは国土地理院地図断面図機能を利用することで理解できるのでそれを下図に示す。



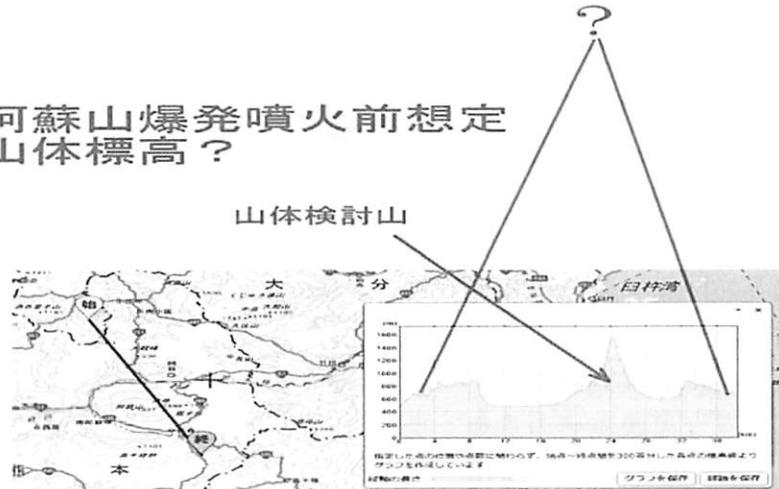
桜島カルデラ計測断面図(任意)



阿蘇カルデラ計測断面図(任意)



### 阿蘇山爆発噴火前想定 山体標高？



阿蘇火砕流分布飛散先範囲図

阿蘇山爆発前山体推定図

### 6. まとめ

九州は火山前線、日本中央構造線、付加体、石炭、石灰岩、ピート、シラス、火砕流等々が複雑に絡み合い現在の地質となっていることが判った。

九州全体の土質を一気に見るとよくわからないが、ひとつひとつ、パソコンの機能などを利用し注意深く見ていくと案外よくわかるものだった。

九州の地質は1)普通の山の地質 2)活火山から浸食流出した堆積土 3)活火山の火砕流(阿蘇・島原火砕流、桜島シラス等) 4)プレート由来の付加体 5)石炭、石灰岩、ピート 6)隆起露頭した花崗岩など6つの大きな土質に分れ、細分され複雑化していくものであることがわかった。



阿蘇山カルデラ遠景



阿蘇山 8月25日立ち入り禁止

以上

## 地域ため池総合整備事業の実施 —農村地域に期待されるため池改修—

大分県東部振興局日出水利耕地事務所 ○(正)藤澤稔, (非)飯田照康

### 1. はじめに

今回紹介する石仏溜池のある杵築市は、大分県の北東部「仏の里」国東半島の南端に位置し、東に伊予灘、南に別府湾と、東南部は眺望の美しい海岸線となっており、北は国東半島の中心にある両子山から連なる山々が、西は鹿鳴越山系雲ヶ岳等、北西部は200mから600m級のなだらかな山々に囲まれた自然豊かな山間地を形成しています。気候は瀬戸内式気候で年間平均気温は15℃程度、年間平均降水量は約1500mmで積雪もほとんど無く、特有な温暖気候の恩恵を受けています。



図1 位置図

農林水産業が産業の中心ですが、大分空港と大分市の中間に位置する好条件により、精密機械、半導体などの先端技術産業企業が立地しています。また、ため池を利用した営農システムは「国東半島宇佐地域世界農業遺産」として認定されています。現在の杵築市は、奈良・平安時代には豊後国8郡中の速見郡、國崎郡の一部で、1394年に木付城が築城され、1712年「木付」を「杵築」と改めました。明治4年の廃藩置県により杵築県、一部が日出県と日田県に分割され、その後明治11年の郡区町村編制法施行に伴い、杵築市及び速見郡となり、昭和28年の町村合併促進法により旧杵築市、旧山香町、旧大田村となりました。さらに平成17年の市町村合併により、この旧3市町村が現在の杵築市となりました。

杵築市をはじめとする国東半島地域は、降雨量が少なく大きな河川も無いため、古くよりため池による農業用水の確保を強いられてきました。このため国東半島地域のため池数は大分県内のため池2168箇所のうち37%にあたる804箇所ものため池が築造されています。これらのため池の殆どが江戸時代以前に築造されており、古くから地域農業用水としての役割を担ってきました。

### 2. 事業概要

#### (1) 地域ため池総合整備事業

老朽化・経年劣化したため池が決壊した場合、周辺及び下流域の農地や農業用施設はもとより、地域住民の生命、財産に甚大な被害を及ぼす危険性があるため、地域に所在する

複数のため池を対象に地域ため池総合整備計画を策定し、防災減災を核とした環境保全や親水面での利活用にも資するハード・ソフト対策を総合的に実施し、地域全体の防災安全度を効率的かつ効果的に向上させ、併せて地域活性化を図ることを目的として、平成26年度から平成30年度にかけ、地域ため池総合整備事業「大久・山中」地区により総事業費4億4千9百万円で、石仏溜池及び山中大池の2つのため池の改修を行った。



図2 大久・山中地区位置図

- 石仏溜池諸元（本堤）：前羽金工法、堤長 93.8m、堤高 10.3m、総貯水量 40.6 千 m<sup>3</sup>  
 （側堤）：前羽金工法、堤長 70.2m、堤高 6.8m、総貯水量 40.6 千 m<sup>3</sup>  
 山中大池諸元：前羽金工法、堤長 104.4m、堤高 11.0m、総貯水量 119.8 千 m<sup>3</sup>

## (2) 石仏溜池、山中大池の改修

石仏溜池は江戸末期に築堤され約160年経過し、堤体法尻からの漏水に加え、洪水吐の余裕高及び洪水能力が不足しているため越流や決壊の危険性があり、また山中大池は大正時代に築堤され約100年が経過し、同様に漏水や洪水吐の能力不足により越流、決壊の危険性がありました。

まず始めに石仏溜池の改修に着手しますが、この溜池は堤体が2つ（本堤と側堤）ある珍しい池で、受益地も違う2つの谷を潤しています。市町村合併以前は受益が別々の市町であったことを想像すると、ため池を築いた先人たちが集落を越えて、農業用水確保のため協働してきたことがうかがえます。平成27年10月に本堤工事に、翌28年3月に側堤工事に着手し、平成29年6月に竣工しました。一方の山中大池は名の通りこの地域には珍しく123千m<sup>3</sup>の大池で、平成28年9月に工事着手し、平成30年10月まで2年越しで竣工となりました。

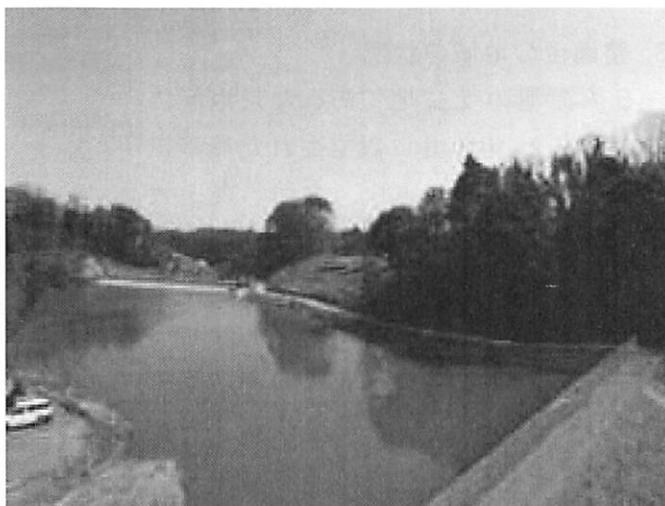


写真1 石仏溜池

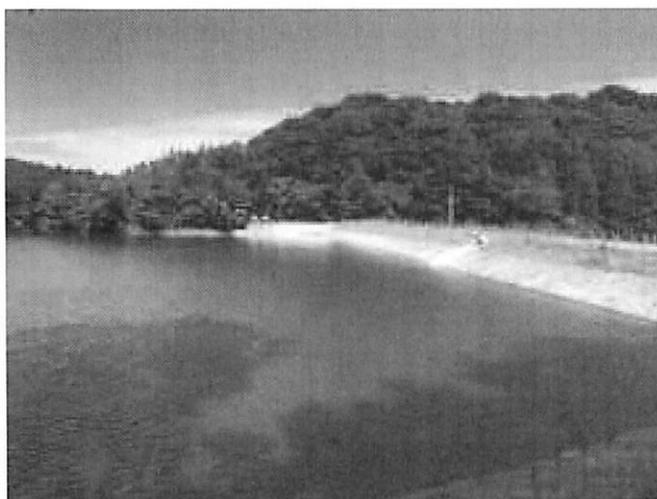


写真2 山中大池

農村地域でのため池改修については、決壊を未然に防止し下流域の人命・人家・農地など財産の安全を確保するとともに、安定した農業用水を確保し、農業経営の安定を図ることでありますが、近年の改修工事には多額の工事費が掛かり、地元負担金の問題で改修したくても出来ない状況が見受けられます。今回の改修工事で、山中大池は1%ではありますが地元負担金が発生します。

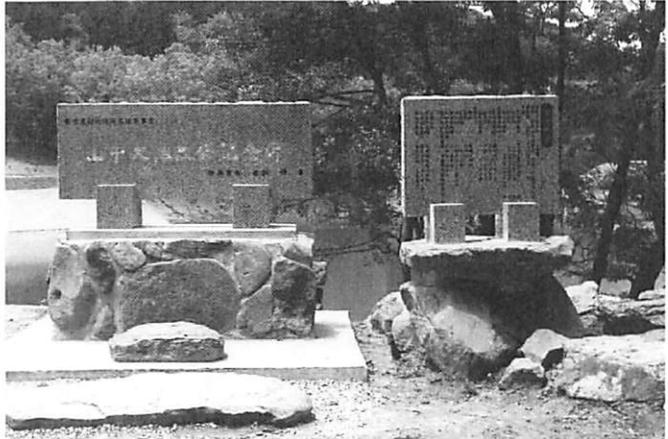


写真3 竣工記念碑

事業主体として工事費の削減を図ること

は、地元負担金の軽減を図ることはできますが、施工業者に無理な負担が掛からないかなどの検討も必要です。国東半島地域には羽金土となる良質な土が少なく、この土探しが改修計画の大きな負担となっていました。地元関係者からの情報提供などにより、結果、近隣で採取することができ大幅に工事費を減額することが出来ました。

### 3. 整備後の地域の状況

石仏溜池の受益地である大久地区には、平成25年1月に設立された農事組合法人「大久」があり、水稲、麦、大豆、飼料用米を経営品目として取り組んでいます。土地利用型作物以外の新規品目を検討する中で、ブロッコリーやニンニクを試作し、最終的に地域で定着しているヤマジノギクに取り組んでいます。ヤマジノギクは大分県オリジナル品種の花で、産地間競争がなく価格が安定しており、農閑期である冬場の収入源になること、そして何よりも出荷調整作業で女性の活躍する場ができることから栽培を開始しました。



写真4 ヤマジノギクの栽培状況

徐々に栽培面積を拡大して17アールに定着し、従事者のやる気と地域の繋がりが密になり、法人の営農活動への理解も深まっています。ため池の改修により、安定した農業用水が確保でき夏はこれまでどおり稲作中心、冬は園芸品目などに取り組み、地域花き振興に貢献しています。



写真5 出荷調整作業中の女性たち

また、大久地区と山中大池のある山中地区では、共同で農村環境の維持・整備を行い、地域住民が参加するため池や周辺の道路や水路の草刈りや、泥上げ作業などの農業用施設の保全活動を行っています。



写真6 地域住民による保全活動

基幹水利施設ストックマネジメント事業 東郷地区について

宮崎県南那珂農林振興局 ○(非) 臼杵 竜也

1 はじめに

宮崎県日南市中心部より北側約 6.0km に位置する東郷地区は、2 級河川広渡川沿いに広がる受益面積 207.3ha の市内でも有数な稲作地帯で基幹作物である水稲の他、トマトなどの野菜やスイートピー等の花きなど施設園芸が営まれており、これらの作物に配水している基幹水利施設は三面水路、水路トンネル、サイホンで構成されている。

これらの施設は供用開始から 50 年が経過しており、平成 24 年度に実施した機能診断において、健全度判定を行なった結果、S-3 (変状が顕著に認められる状態) の判定がされていた。

また、老朽化により亀裂による漏水・農地の陥没が生じ、早急な対策が必要となっている。



図 1 位置図

2 事業概要

基幹水利施設ストックマネジメント事業とは、施設の機能が低下していく中でタイミングよく対策を取ることで、施設の有効活用や長寿命化が図れ、ライフサイクルコストを低減出来るものである。今回、この事業の活用により、当該基幹水利施設の対策を行った。

3 地区の概要

- 事業費：193,500 千円 (老朽化して全面改修を行った場合の事業費：701,581 千円、約 5 億円のコスト縮減)
- 事業内容：L=1,638m (水路トンネル、サイホン)
- 工期：平成 30 年度～令和 2 年度予定

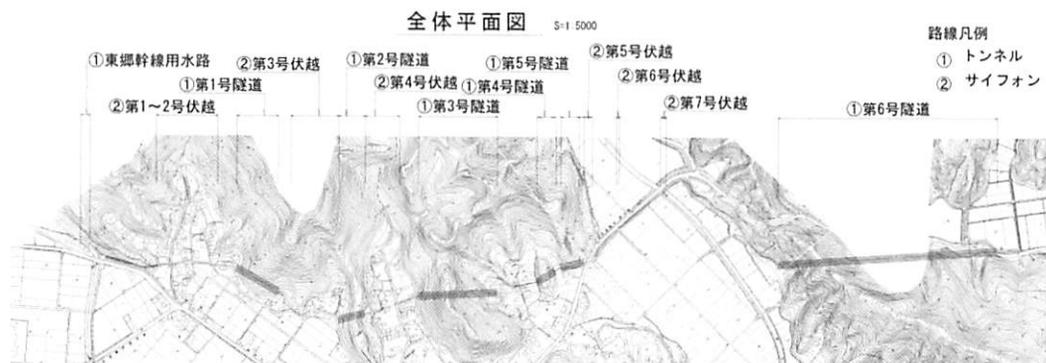


図 2 東郷地区全体平面図

4 実施内容及び課題

・水路トンネル (L=1,143m)

本地区の水路トンネルは、6 箇所あり延長が短いところで 50m、長いところで 620m、標準断面が B1200mm×H1600mm の馬蹄形である。

水路トンネルの主な変状としては、ひび割れ、断面欠損、漏水、摩耗・表面劣化、空洞化が確認されている。

ひび割れについては、今回対象が 1mm 以上としており補修工法は充

裏田支線用水路 (B1200×H1600)

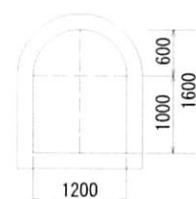


図 3 隧道断面図

填工法を採用している。

覆工コンクリートの欠損部については、脆弱部の除去及び欠損した断面を断面修復工法で施工する。

断面修復工法には、左官工法、吹付工法、充填工法があるが、今回の対象が比較的小規模であるため、左官工法で施工を行う。

摩耗・表面劣化については、床版及び側面は全体的に摩耗が著しく、今回補修を計画している幅が1mm以上のひび割れ以外にも、遊離石灰を伴う幅が1mm以下のひび割れも多数確認されているため、表面被覆工法で施工する。

空洞化については、覆工コンクリートの頂版部の背面に80cm程度の空洞が確認されており、突発性の崩壊が懸念されるため、裏込め注入工で施工を行う。

#### 【施工において苦労した点】

側壁・底版部の付着力強度試験（引っ張り試験）を行った結果、十分な強度が確保されない部分があり、脆弱部の除去等の対策や想定していなかった湧水・漏水により当初の工法ではプライマー（接着剤）の接着が不十分で施工に影響があるため、対策工の検討に時間を要し工期に影響を及ぼした。また、定められた施工管理基準がないため、基準の決定根拠の整理にも苦労した。

#### ・サイホン（L=495m）

本地区のサイホンは7箇所あり、管径はφ700mm～1650mmとなっている。

φ800mm～1650mm（5箇所、L=450m）の施工方法については、施工実績と施工性を考慮して、塗布型ライニング工法と止水バンド工法を比較検討した結果、安価な塗布型ライニング工法を採用したが、φ700mm（L=25m）のサイホンについては人力での施工がφ800mm以上と定められているため管更正工法を採用した。また、県道の下にあるサイホンについては、県道が災害時の緊急輸送道路に指定されており、また、交通量も多いことから耐震性を考慮し、止水バンド工法を採用した。

#### 【懸案事項】

φ700mmの管では管更正工法を採用しているが、この工法が割高なため事業費が増えることで地元負担額に影響がある。（事業費負担率：国55%、県25%、市10%、地元10%）

#### 5 おわりに

当地区での事業期間は令和2年度までとなっており、現在、早期完成に向けて地元土地改良区と協議・調整を行いながら取り組んでいる。

また、地域においても改良区組合員の高齢化や担い手不足等により施設の維持管理が難しくなっている状況であるが今回の施設の改修や多面的機能支払交付金の活動等により維持管理の労力の軽減に期待ができる。

事業の早期完成により営農効果の早期発現に努めていきたい。

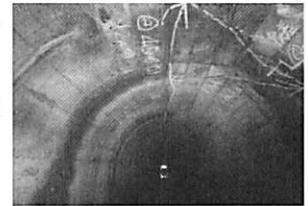


図4 隧道ひび割れ



図5 隧道空洞化

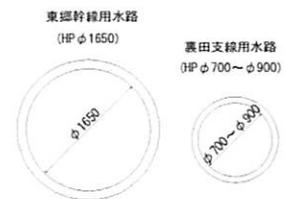


図6 サイホン断面図



図7 サイホンひび割れ



# ポスターセッション

材料・施工，灌漑排水，生態環境

## 東よか干潟における底生生物と底質環境

佐賀大学大学院 農学研究科 ○ (非) 高木 大地  
 佐賀大学 農学部 (正) 郡山 益実  
 佐賀大学大学院 農学研究科 (学) 石橋 拓也  
 佐賀大学 農学部 (非) 大塚 諄史  
 佐賀自然史研究会 (非) 副島 和則

**1. はじめに:** 有明海奥部に位置する東よか干潟は、国内最大の渡り鳥の中継地であることから、平成 27 年 5 月にラムサール条約湿地に登録され、国際的にも重要な干潟として認知されている。東よか干潟の保全・再生およびワイズユースは干潟とその地域環境の将来像を考えるうえで極めて重要な課題であるが、その課題の検討に必要な底生生物群集の分布性やその生息環境の基礎的データは圧倒的に不足している。そこで本調査では、東よか干潟の広域的な底生生物の空間的分布特性を明らかにすることを前提に、備船調査による干潟域及びその縁辺海域の底生生物群集と底質環境を把握することを目的とした。

**2. 調査の概要:** 本調査は、2018 年 9 月 12 日の満潮前後の時間帯 (9:30~11:40) に実施した。東よか干潟潮間帯 (T1~T8) とその周辺海域 (T9) に計 9 地点の調査点を設定し、採泥を実施した。まず、各地点でエクマンバージ採泥器 (15cm 角; 5141、離合社) を用いて、底質分析用と底生生物採取用の泥をそれぞれ採取した。底質分析用の底泥は、底泥硫化物 (AVS) 分析用のサンプルを分取したのち、ポータブル ORP 計 (RM-30P、東亜 DKK) を用いて底

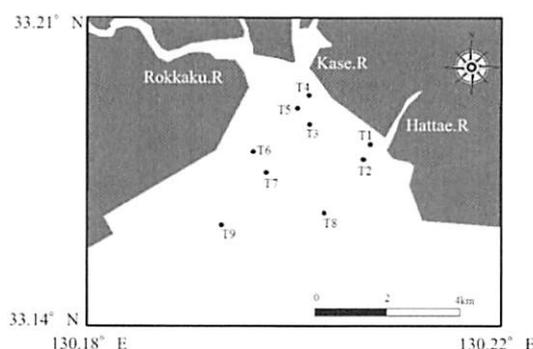


図 1 現地調査地点

泥上層 (0~10cm) の酸化還元電位 (Eh) を測定した。そして、必要量の底泥をジップロックに採取、密栓し、研究室に持ち帰った。その後、速やかに含水率の測定を行い、AVS 分析用のサンプルは冷凍保存した。残りの底質サンプルは炉乾燥後粉碎し、後日底質分析 (含泥率、EC、pH、IL、TN、TP) を行った。底生生物用の採泥は、各地点 3 回ずつ行い、1mm 目のネットでふるい、残渣を試料としてホルマリン 10% で固定して持ち帰り、後日種の同定を行った。

**3. 結果及び考察:** 表 1 は各調査地点における底質の分析結果の一覧である。なお、ここで COD は本調査地点に近接する有明海水質・底質測定及び採水業務 (底質) の調査地点の IL と COD の関係式 ( $COD = 1.0227 \times IL^{1.0884}$ ) より推定した値である。T7 及び T8 の含泥率は、他の軟泥質の地点と比較して砂質分が多く、特に T7 の含泥率は 60.5% と砂が局地的に多く堆積している。また、含泥率と EC、IL、AVS、TN との間には高い正の相関性があり、潮間帯上~中部 (T1~T5) と潮間帯下部~浅海域 (T6~T9) との底質環境において統計的に有意な差異は見られなかった。また、水産用水基準<sup>1)</sup>によると底生生物にとって望ましい底質は  $AVS < 0.20 \text{ mg/g}$ 、 $COD < 20 \text{ mg/g}$  とされているが、本調査地点においては T1、T2、T3、T9 の 4 地点においてこの基準を超えていた。有明海奥部に位置する東よか干潟は、残差流が弱く海水が停滞するため泥分や有機物が蓄積しやすい地形である。このことから、潮間帯上~中部の T1~T3 では堆積した有機物の分解が夏~秋季の温度上昇によって促進され、AVS や COD が増加したと考えられる。浅海域である T9 は夏季に貧酸素水塊が頻発する海域に隣接しており、底層の貧酸素化に伴う底泥の還元化の促進によって AVS 濃度が上昇したと考えられる。

図 2 は、底生生物の種組成のデータから森下の類似度指数 ( $C_d$ ) と群平均法により求めたクラスター解析の結果である。調査地点における底生生物の生息分布は大きく 3 つのクラスターに分類された。すなわち、潮間帯上～中部 (T1～T5) の腹足綱が優占するクラスター I、砂が堆積し砂泥質の生物相が見られるクラスター II (T7)、潮間帯下部～浅海域 (T6、T8、T9) のゴカイ綱が優占するクラスター III である。クラスター I の中でも IL と AVS 濃度が高い T1～T4 では、腹足綱のカワグチツボやトライミズゴマツボ及び二枚貝綱のテリザクラガイなど、軟泥質の干潟表面を好み、底質の有機汚濁に耐えうると考えられている種が多く見られた。一方、クラスター II 及び III は汚濁に強いゴカイ綱が優占し、T6 及び T9 では汚染指標種のシズクガイが見られた。また、砂が堆積している T7 及び T8 では、メナシピンノ、ミドリシャミセンガイ、ヨコナガモドキなど砂泥質に生息する希少種が確認できた。

表 1 調査地点における底質環境

地点	Eh (mV)	含水率 (%)	含泥率 (%)	EC (S/m)	pH	IL (%)	AVS (mg/g)	TN (mg/g)	TP (mg/g)	COD (mg/g)
T1	76	68.7	99.3	1.58	7.97	17.4	0.50	2.06	1.86	22.9
T2	46	64.4	97.1	1.32	8.07	17.7	0.25	1.44	1.92	23.3
T3	23	63.9	97.9	1.40	8.01	17.1	0.20	1.87	1.95	22.4
T4	--	64.9	97.9	1.36	7.86	12.6	0.35	2.13	1.16	16.1
T5	--	58.0	93.4	1.16	7.93	11.9	0.09	1.62	2.05	15.1
T6	19	66.5	97.1	1.49	7.85	15.2	0.15	1.68	1.37	19.7
T7	67	54.7	60.5	1.00	7.84	8.3	0.05	1.05	1.30	10.2
T8	29	67.6	86.7	1.36	8.18	11.4	0.13	1.77	2.18	14.4
T9	6	74.8	99.7	1.69	7.69	18.2	0.35	2.02	2.12	24.1

(-- : データ欠損)

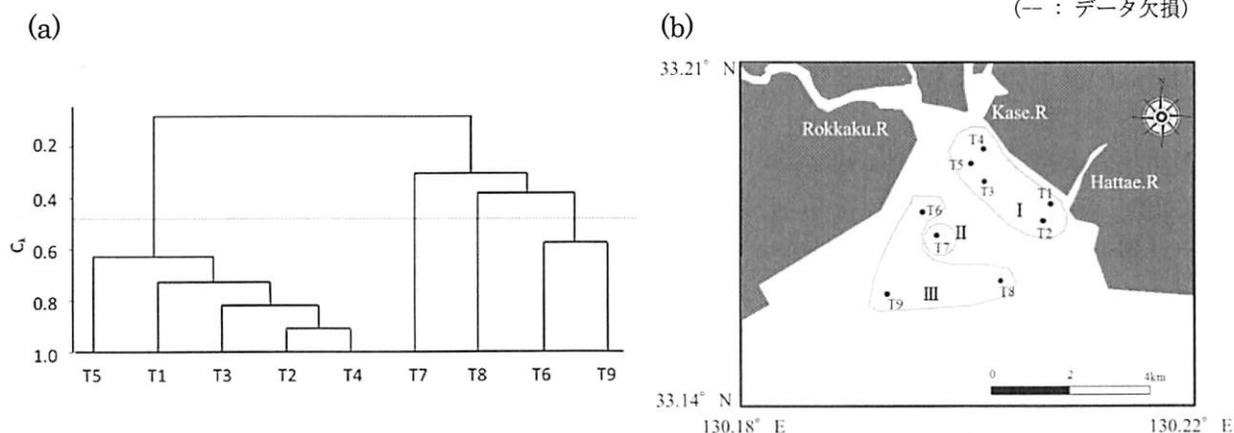


図 2 底生生物の種組成のクラスター解析(a)とクラスター分類図(b)

**4. まとめ** : 本調査により、東よか干潟の底生生物及び底質環境の現状が明らかになった。今後、底生生物とその生息環境データを集積・解析し、東よか干潟 (泥質干潟) における底質環境の健全度評価を確立する必要がある。

**参考文献** : 1) 日本水産資源保護協会 (2005) : 水産用水基準 2005 年版。

**謝辞** : 本研究は、平成 30 年度東よか干潟及び周辺海域における底生生物と底質環境調査の支援を受けた。ここに、記して感謝申し上げます。

## 2018年秋季に発生した東よか干潟保護ヤードにおけるシチメンソウ の大規模な立ち枯れ被害

佐賀大学大学院 農学研究科 ○(学)石橋 拓也  
佐賀大学 農学部 (正)郡山 益実  
佐賀大学 農学部 (非)藤井 大輔  
佐賀自然史研究会 (非)副島 和則

**1. はじめに：** 諫早湾の締め切り以降、佐賀市の東よか干潟は、国内最大のシチメンソウ群生地となっており、11月には「シチメンソウ祭り」が開催されるなどシチメンソウは地域の重要な環境資源を担っている。しかし、現在のシチメンソウの保全対策は、地元のボランティア団体による海岸清掃や種まき程度であり、シチメンソウの基本的な生育環境に関する科学的データの蓄積は不十分である。また、昨年秋季には大規模なシチメンソウの立ち枯れ被害が起これ、その原因究明と対策は喫緊の課題となっている。そこで、本研究では、2017年より年間を通して調査したシチメンソウの生育状況と底質塩分環境のデータをもとに、昨年発生したシチメンソウの立ち枯れ被害について検討、考察した。

**2. 現地調査の概要：** 現地調査は、佐賀市東よか干潟のシチメンソウ保護ヤードにS1～S9の9地点を設定した(図1)。現地調査は、2017年5月より毎月大潮と小潮2回実施し、保護ヤード内の底質塩分環境とシチメンソウの生育状況をモニタリングした。底質塩分環境の分析については、各地点で底質コアを用い未攪乱状態の底泥を採泥し、研究室に持ち帰った。そして、表層から5cmの底泥を切り取り、EC、pH、塩分濃度、含水率、及び強熱減量(IL<sub>600</sub>)の分析に供した。一方、シチメンソウの生育状況について

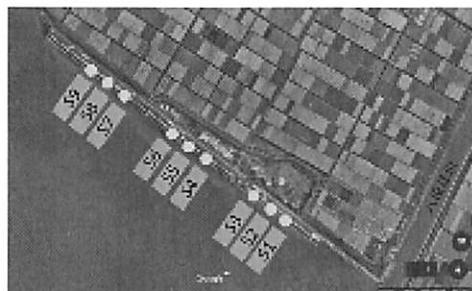


図1 調査地点

は、各地点でシチメンソウをデジタルカメラで複数枚撮影し、ImageJによる画像解析により草丈の計測を行った。また、2018年4～10月に毎月ドローンによる空撮を行い、シチメンソウの植生分布や色づきのモニタリングを行った。

**3. 結果および考察：** 図2は、2017年5月～2018年12月における佐賀市の日降水量とヤード内底泥のEC、pH、含水率及びIL<sub>600</sub>の経時変化を表したものである。ここで、G1、G2及びG3は、それぞれ調査地点(図1)のS1～S3、S4～S6、S7～S9の平均値を表している。図示されるように、pHは2017年5月～11月にかけて増加するが、それ以降は減少し、2018年は年間を通してpHが7.4前後で推移した。IL<sub>600</sub>は、両年共に夏季に増加し、冬季に減少する季節変化が見られた。含水率は、2017年北部九州豪雨と9～10月の長雨のため夏～秋季に60%程度に増加した。2018年は記録的な猛暑が続いたためG1及びG2の夏～秋季における含水率は前年比で10%前後減少したが、干潟西部のG3では大きな減少は見られなかった。ECは、2017年夏～秋季において長雨等の影響のため0.4～1.0S/mであったが、2018年は7/12を除いていずれの地点においても1.1～1.6S/mに増加した。

図3は、2018年9月14日のS9(図1)の一角で撮影されたシチメンソウである。この写真から分かるように、葉や茎の先端が黒く変色し、立ち枯れしている。このような立ち枯れは、その後、急速にヤード全体に広がり、東よか干潟の西部から中央部、東部(図1のS9→S1)に拡大した。

図4は、2018年10月3日にドローンで空撮した画像解析により、S1～S9における立ち枯れ被害の面積割合を算出した結果である。図示されるように、立ち枯れ被害の発生源である西部で被害面積は91～97%と最も高く、次いで中央部(35～88%)、東部(16～50%)であった。中央部の立ち枯れ被害が比較的少ないS5地点は、その両端のヤード(S4及びS6)と比較して、シチメンソウ

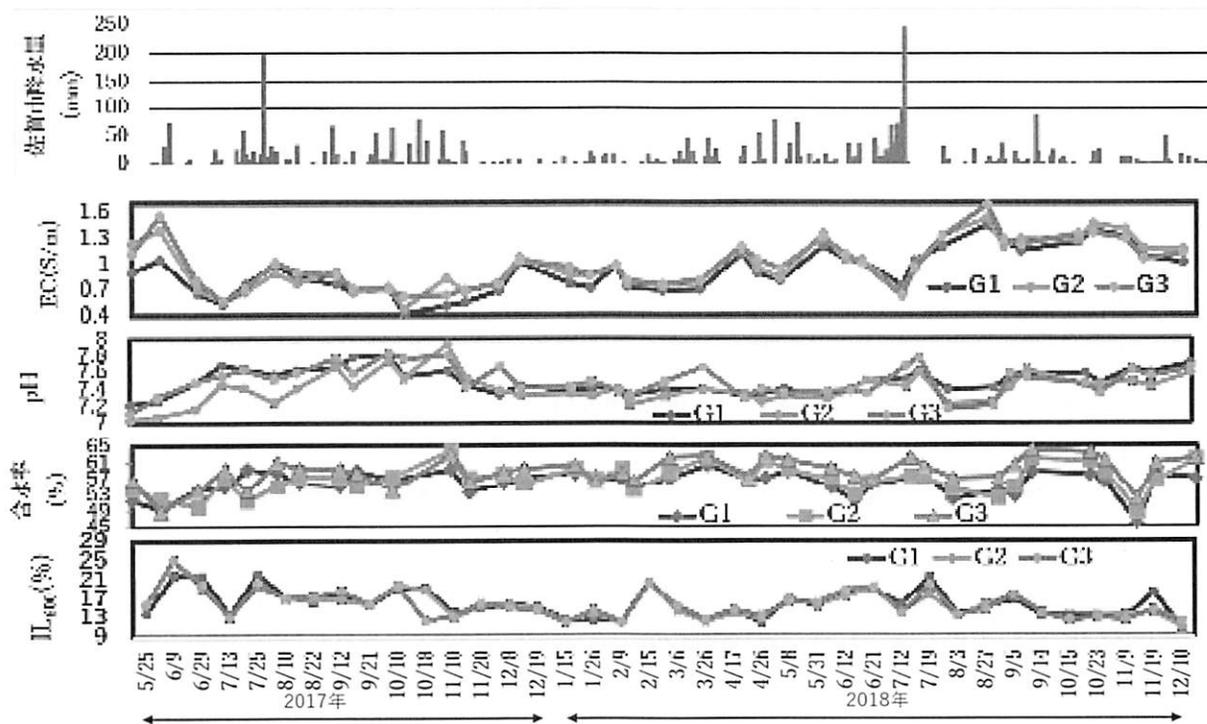


図2 佐賀市の日降水量、EC、pH及び強熱減量の経日変化

の植生密度が低い地点であることから、シチメンソウの植生密度の大小と立ち枯れ被害の拡大に何らかの関連性があるものと推察された。

次に、立ち枯れ被害と底質塩分環境との関連性を検討するために、2017年と2018年における5月～11月のEC、pH、含水率、IL<sub>600</sub>の検定を行った。その結果、ECにおいて統計的に優位な差異が見られ (t-test, P<0.05), 2018年のECは前年のそれより高かった。しかし、2018年のECは最大でも1.65S/mであり、概ねシチメンソウの生育土壌条件 (1.0～1.5S/m) の範囲内であった。したがって、昨年夏季の記録的な猛暑に伴う底質塩分の変化は、シチメンソウの立ち枯れ被害に直結するような変化ではないことが明らかになった。今後、網羅的な底質分析を行い、底質環境の側面からシチメンソウの立ち枯れについて検討する予定である。



図3 シチメンソウの立ち枯れの初期症状 (2018.9.14)

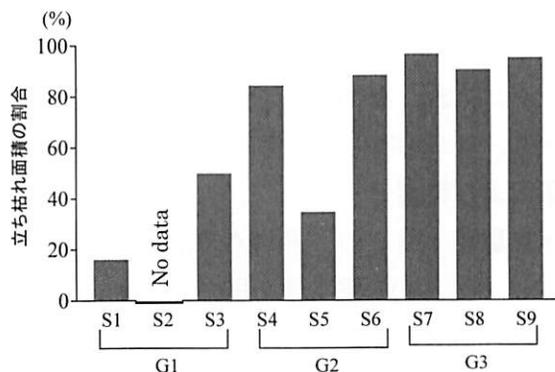


図4 各地点におけるシチメンソウの立ち枯れ被害の面積の割合

**4. まとめ:**本研究から、2018年秋季に発生したシチメンソウの立ち枯れ被害の状況が把握された。また、2017年及び2018年の底質塩分環境データを比較、検討した結果、2018年のECが有意に高いが、シチメンソウの生育土壌条件の範囲内であることから、猛暑に伴うEC上昇が立ち枯れ被害の直接的な原因でないことが明らかになった。今後、より詳細な底質分析を行い、シチメンソウ立ち枯れの原因究明とその対策を検討する予定である。

**謝辞:**本研究の成果の一部は、第1回荏原環境プラント「e-さが基金」の助成事業より支援を受けた。ここに、記して感謝申し上げます。

## 夏季の東よか干潟における水質・底質環境の空間分布

佐賀大学 農学部 ○(非)大塚 諄史  
 佐賀大学 農学部 (正)郡山 益実  
 佐賀大学大学院 農学研究科 (学)石橋 拓也  
 佐賀自然史研究会 (非)副島 和則

**1. はじめに：**有明海の東よか干潟は、平成 27 年 5 月にラムサール条約に登録された国内最大規模の泥質干潟であり、希少な生物の生息地であると同時に、高い水質浄化機能を有する場でもある。しかし、これまで東よか干潟域を網羅する環境調査は実施されておらず、生物の生息環境の基礎情報である水・底質環境の科学的データは圧倒的に不足している。本調査は、中長期的な東よか干潟の保全と有効利用を前提に、備船調査により干潟域と縁辺海域の水質環境と底質環境を把握することを目的とする。

**2. 現地調査の概要：**本調査は、東よか干潟潮間帯(T1~T8)とその周辺海域(T9)の計 9 地点を設定し採水及び採泥を実施した(図 1)。現地調査は、

2018 年 9 月 12 日の満潮前後の時間帯(9:30~11:40)に実施した。水質調査は各地点において、多項目水質計(AAQ1186-H, アレック電子)を用い、塩分、海水温、溶存酸素(DO)濃度、クロロフィル蛍光及び濁度の鉛直分布を測定した。また水質測定後、バンドーン採水器(5026-A, 離合社)を用い採水を行った。採水した海水は、 $0.45\mu\text{m}$  の Dismic フィルターでろ過し、冷凍保存した。後

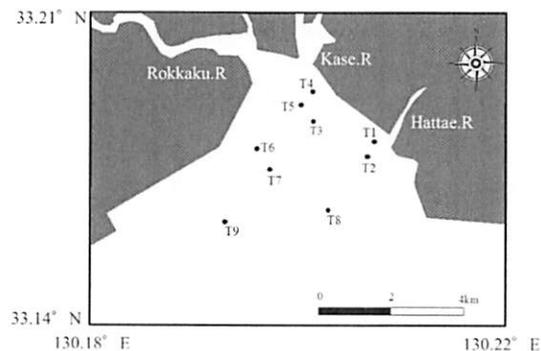


図 1 調査地点

日、これらを解凍し、ポータブル吸光光度計(DR2700, HACH)を用いて、海水中の  $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3^-\text{-N}$  及び  $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$  濃度を測定した。また、底質調査は各地点でエクマンバジ採泥器(15cm 角, 5141, 離合社)を用いて、底質分析用の採泥を行い、ポータブル ORP 計(PM-30P, 東亜 DKK)を用いて底泥上層(0~10cm)の酸化還元電位(Eh)を測定した。その後、底質分析に必要な量の底泥をジップロックに入れ、密封して研究室に持ち帰り、到着後速やかに含水率の測定を行い、残りの試料は冷凍し、後日解凍し、含泥率, TN, TP, Eh, IL, EC, pH, AVS 分析を行った。

### 3. 結果および考察

**3-1. 水質環境：**図 2 は、各地点の海水温、塩分、Chl-a、濁度、DO 濃度、栄養塩濃度( $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3^-\text{-N}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ )の平均値を用いて、ユーグリット距離のウォード法によるクラスター解析結果のテンドログラムとクラスターの分類図を表したものである。図示されるように、対象海域における水質環境は大きく 3 つのクラスターエリアに分類された。すなわち、本庄江、嘉瀬川河口付近の河川水の影響を強く受けるクラスター I (T4)、水深が 1.2m 前後と浅く高濃度の懸濁層が形成され  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  と  $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$  濃度が高いクラスター II (T1, T3, T5)、及び水深が 2.0~5.4m で水質環境が東よか干潟の縁辺海域と同程度であるクラスター III (T2, T6, T7, T8, T9)であった。ここで栄養塩濃度に関して、海水中の  $\text{NO}_3^-\text{-N}$  濃度は、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$  及び  $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$  濃度と比較して低濃度(0.01~0.05 mg/l)であり、空間的に大きな差異は見られなかった。一方、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$  及び  $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$  濃度の空間分布は、海域の水質及び底質環境の空間分布と対応する傾向が見られた。すなわち、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$  濃度は、河口域と潮間帯上部(クラスター I 及び II)で高かった。これは、嘉瀬川河口域における下水

処理施設からの  $\text{NH}_4^+$  排水の流入負荷と、潮間帯上部での激しい底泥の巻き上げに伴う溶存態及び吸着態  $\text{NH}_4^+$  の水柱への拡散・脱離によるものと考えられる。また、 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$  濃度に関しては、濁度の増加に伴い海水中の  $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$  濃度も増大する傾向が見られる一方、濁度の低い T2, T6, T9 で  $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$  濃度が比較的高かった。これは、T2, T6, T9 において底泥の AVS 濃度が比較的高いことから、底泥の還元化の進行に伴う底泥からの  $\text{PO}_4^{3-}$  溶出の影響が大きいものと推察された。これらの結果より、有明海奥部において広大な泥質干潟を有する東よか干潟は、栄養塩、特に  $\text{NH}_4^+$  及び  $\text{PO}_4^{3-}$  の重要な供給源の 1 つであることが示唆された。

**3-2. 底質環境**：図 3 は、含水率、含泥率、AVS、EC、pH、IL、TP、TN の分析値を用いて、ユーグリット距離のウォード法によるクラスター解析結果のテンドログラムとクラスターの分類図を表したものである。図示されるように、調査地点における底質環境は大きく 3 つのクラスターに分類された。クラスター I (T1, T2, T3, T4, T6, T9) は、他のエリアと比較して含泥率がすべて 97% 以上と高く、AVS と IL が比較的高い傾向であった。クラスター II (T5, T8) は、含泥率が 90% 程度で、クラスター I と比較して IL 及び AVS が低く、TP が高い傾向であった。クラスター III (T7) は、含泥率が 60.5% と局所的に砂質が多く堆積しているエリアであった。

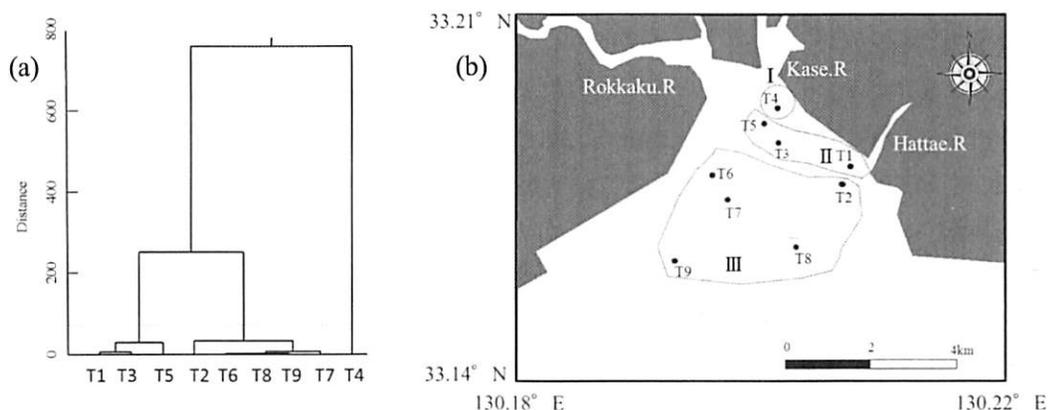


図 2 水質環境のクラスター解析結果(a)とクラスター分類図(b)

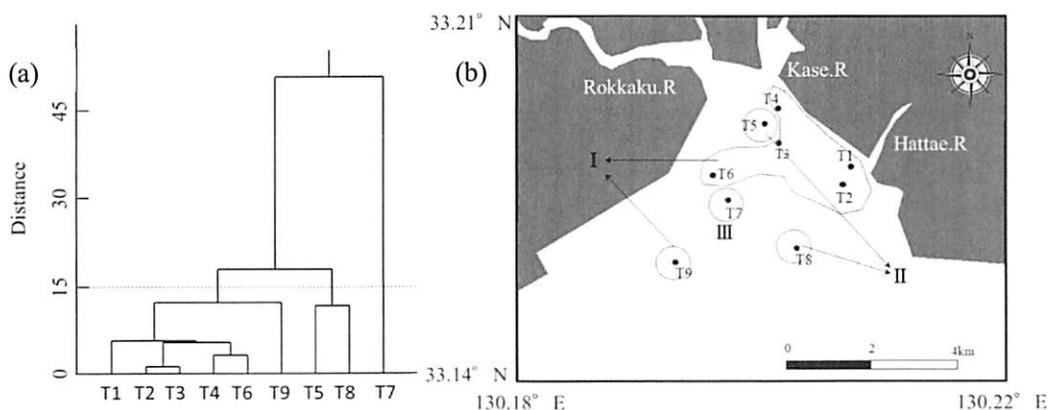


図 3 底質環境のクラスター解析結果(a)とクラスター分類図(b)

**4. まとめ**：本研究により夏季の東よか干潟における水質・底質環境の空間分布が把握され、干潟域は有明海の重要な  $\text{NH}_4^+$  及び  $\text{PO}_4^{3-}$  の供給源の 1 つであることが示唆された。今後、より詳細な現地調査を行い、干潟—浅海域における物質循環を明らかにする予定である。

**謝辞**：本研究は、平成 30 年度東よか干潟及び周辺海域における底生生物と底質環境調査の支援を受けた。ここに、記して感謝申し上げます。

## ベトナムメコンデルタにおける農業用水資源の実態と課題

佐賀農業高等学校 ○(非)古川真也 (非)福田航貴 (正)世戸直明

### 1. はじめに

佐賀農業高校では、スーパーグローバルハイスクール(SGH)の指定校として、当校が位置する白石平野と同じ低平地農業が行われているベトナムメコンデルタ地帯において、持続可能な農業の実現に向けた課題と解決方法の研究に取り組んでいる。

メコンデルタ地帯は低平地であるため、乾季になり河川の水位が下がると内陸に海水が遡上する。このため、この地域の稲作は、雨季のみの栽培であった。しかし、1990年の国の「淡水化プロジェクト」により、用水路から河川への排水口のすべてに水門が設置され、海水の流入を防ぐことで、乾季の稲作を可能とした。現在では、エビの養殖も盛んとなっているが、これにより水の需要量が急激に増加し、水資源不足の問題が昨年度の調査で明らかとなった。そこで、今年度は乾季の稲作に必要な農業用水資源を確保するための課題と対応策の検討に取り組むこととした。

### 2. 調査方法

(1)水門の効果の検証 「淡水化プロジェクト」により設置された水門の効果を検証するため、用水路の水深測定を行った。測定場所は Vinh Chau 市にある水門の上流側とした(図3)。測定は応用地質株式会社の小型絶対圧水位計 S&DL mini を用いた。測定期間は 2018 年8月 23 日 18:00 から 24 日の 16:30 とし、測定間隔は 5 分とした。

(2)灌漑水量の推定 メコンデルタでの稲作に必要な灌漑水量の推定を行うため、FAO が開発した灌漑水量計算プログラム「CROPWAT」を用いて、シミュレーションを行った。

(3)地盤沈下の実態 乾季の農業用水源として地下水の利活用を検討するため、利用状況や地盤沈下の現状と課題について文献調査した。

(4)水質汚濁の現状 昨年度と同様に、水質汚濁の現状を把握するため、今年度も 3 か所の用水路で COD, りん酸態りん, アンモニウム態窒素, 硝酸態窒素の水質調査を行った。

### 3. 結果と考察

図1に用水路の水深変化の結果を示す。この結果から、用水路1m当たり10.8 m<sup>3</sup>の灌漑水が貯水されていることがわかった。算出については、用水路の幅が6m強、水深が約1.8mであったことから、幅6m、深さ1.8mの長方形断面として求めた。これより、水門が海水の流入を防ぐことだけでなく、灌漑水の貯留にも効果があることがわかった。しかし、現地の聞き取り調査から、用水路による灌漑水のみでは水量が不足し、地下水も利用していることがわかった。また、グラフの2か所の山は、潮位変化による水深の上昇を示している。これは、感潮河川を取水源としており、満潮時に用水路内に海水を含んだ河川水が流入していることが考えられる。

図2に稲作の蒸発散量と降雨量の関係について、「CROPWAT」によるシミュレーション結果を示す。雨季には降水量のみで十分な灌漑水量を得ることができるが、乾季には月に約120mmの灌漑水量が必要であるとわかった。現地機関での調査から、メコンデルタでは、乾季になると不足する灌漑水を地下水で補っており、その結果、地盤沈下が起こっていることがわかった。

既往の調査結果(Laura ら, 2014)によると、年間当たりの最大地下水位低下は年間9~78cm、平均で26cmの低下が観測されている。水位低下の地域は帯状に表れており、Ca Mau から Ho Chi Minh までの幅100km程度の広範囲にわたっている。また、圧密による沈下速度は年間0.28~3.1cm、平均で1.6cm

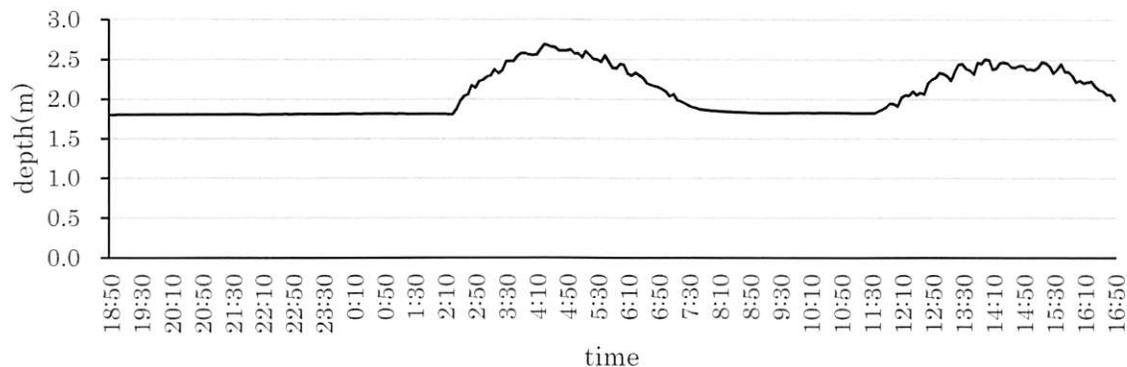


図1 用水路の水深変化

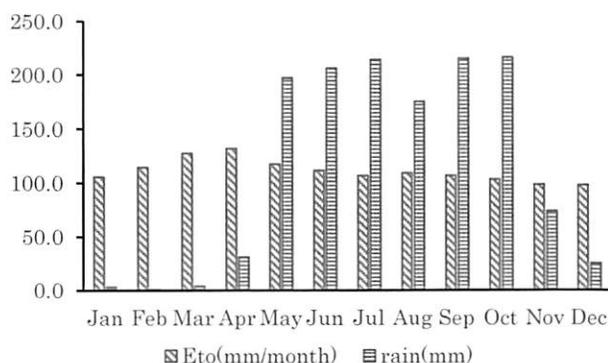


図2 稲作の蒸発散量と降雨量の関係



図3 各調査位置図

の速度で沈下が生じ、地下水位の大きいところで沈下量も大きくなっている。このことは、メコンデルタ地帯の地盤沈下の原因が、地下水の過剰なくみ上げによるものであることを示している。

図3に水質調査場所を示す。3か所の水はいずれも濁った状態であり、どぶのような悪臭が強く感じられた。水質測定の結果は、3か所とも日本の河川基準を大きく上回る結果となった。3つの水路の水源はMekong川支流のSong Hau川であり、その流域に位置する中核都市であるCan Thoの生活排水がその原因であると推測される。このことは生活排水の対策を行わなければ、灌漑水の水質にも影響を及ぼすことを示している。

#### 4. おわりに

ベトナムメコンデルタで地盤沈下が進行していることがわかった。この解決方法として、不足する灌漑水を地下水に依存するのではなく、それ以外の水資源を確保することが極めて重要である。

その方法として、「ため池」の活用を提案する。今回の調査で注目した点は、水位調査で明らかとなった満潮による河川水の流入である。この水を「ため池」に貯留して活用することができれば、新たな水資源の確保が可能となると考えている。今回の調査では、満潮時に流入する河川水の量は、1m当たり2.4 m<sup>3</sup>だった。今後は、満潮時に流入する河川水の塩分濃度を測定し、灌漑水として使用が可能か調査することで、この解決方法が有効であるかを検討していきたいと考えている。

5. 謝辞 本研究にあたり、Can Tho 大学 Tu 先生、佐賀大学農学部 阿南先生、上野先生、九州大学大学院農学研究院 谷口先生にご指導・ご助言いただいた。記して感謝いたします。

#### 【引用文献】

Laura E Erban, Steven M Gorelick, and Howard A Zebker (2014) : Groundwater extraction, land subsidence, and sea-level rise in the Mekong Delta, Vietnam, Environmental Research Letters,

## 多自然型護岸クリークの環境と小型魚の生息

佐賀大学農学部 ○(学, 非)大串 覚, (正)原口智和

### はじめに

筑後川下流右岸の佐賀平野に張り巡らされた農業用水路（クリーク）には豊かな生態系が存在し、様々な希少生物が生息している。魚類では、ニッポンバラタナゴ、カワバタモロコ等が希少種として挙げられるが、近年、環境の変化や外来生物の移入により生息が脅かされている。

この地域においては国営農地防災事業並びに関連の県営事業が実施されており、筑後川下流右岸農地防災事業では工事による環境への影響を軽減するための工法を導入するとともに、その影響を評価するための調査が実施されている。

本研究では、環境との調和へ配慮した多自然型護岸区間における水環境の調査によってタナゴ類をはじめとする小型魚の生息と水環境の関係を明らかにする。そして、これらの調査結果に基づいて、希少な魚類の生息環境の保全と管理方法について検討することを目的としている。

### 調査方法

佐賀市内クリークの多自然型護岸区間（以下、多自然型区間）とその直上流の支線部において、2019年8月1日に現地調査を行った（図1）。多自然型区間は魚類への配慮を目的として2018年度に施工され、ワンドや小段の設置により流速や水深の多様性を確保するほか、小段内に植物（マコモ）を植えることで自然に近い空間が創出されている。本調査時、小段内の植物は小さかった。

支線部の地点①は用水路からの流れ込みに近く、抽水植物（マコモ）が生えていた。地点②は地点①と本線クリークの間であり、コンクリート護岸である。多自然型区間の地点③、⑤、⑦はワンドの内側、地点④、⑥、⑧は小段の直ぐ外側である。

各地点において水深を測定した後、水深 0.2m での流速及び水質（水温、電気伝導度、pH、溶存酸素濃度、濁度）を計測した。その後、小型魚捕獲用の仕掛けを各地点に1個ずつ設置した（設置時間は約90分間）。なお、2019年7月27日から31日の佐賀市の降水量は合計 11.5mm であった。

### 結果

水深は地点①(約1m)を除き、0.4~0.5mであった。水温は地点①と②で約32℃、地点③~⑧では33、34℃であり、多自然型区間では下流ほど高くなる傾向が見られた。流速については、全ての地点におい

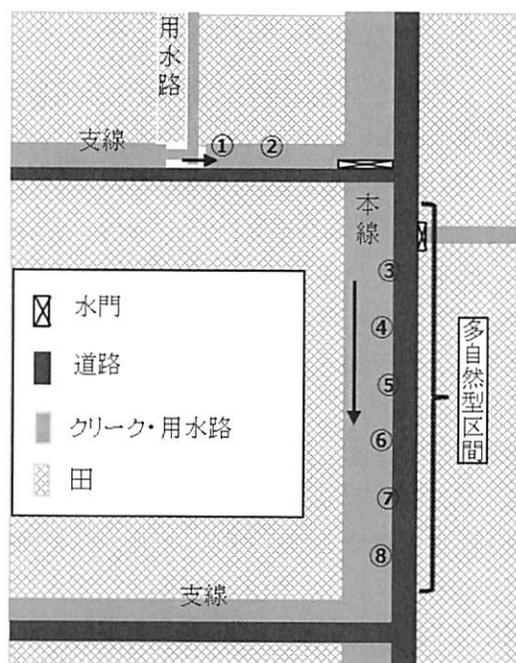


図1 調査地点の概略図

て3.0~3.4cm/s でほとんど差が無かった。多自然型区間の電気伝導度は地点①と②に比べ1mS/mほど高かった(図2a)。pHについては全地点で約9であり、地点①と②に比べ多自然型区間が高く、ワンド内が小段外より高くなる傾向が見られた(図2b)。溶存酸素濃度は、支線部においては流れ込みに近い地点①で13.4mg/L、本線に近い地点②で11.9mg/Lであり、多自然型区間においては、地点⑦を除き、小段外がワンド内より2mg/Lほど高かった(図2c)。濁度については、地点③~⑥が地点①、②や地点⑦、⑧よりも10ppmほど高かった。

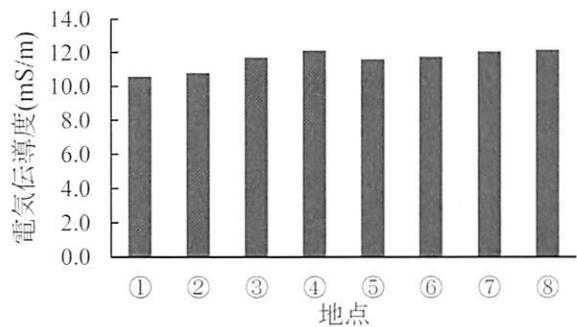
図3に各地点において捕獲した生物毎の個体数を示す。スジエビとモツゴは全地点で捕獲され、カマツカは地点④のみ、ムギツクは地点②のみで捕獲された。

タナゴ類は地点③と⑦以外の地点で捕獲できたが、支線部(地点①と②)は多自然型区間の10倍程度多かった。タナゴ類の捕獲数が多自然型区間より支線部で多くなったのは、身を隠すための植物が多いことが主要因であると推察される。

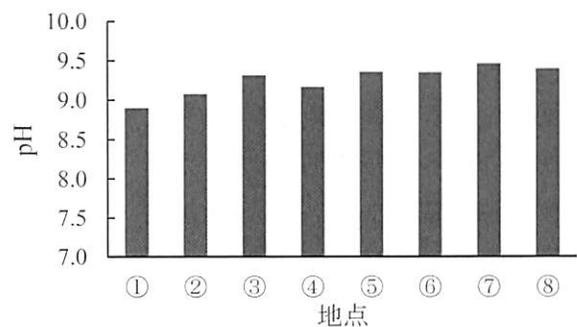
多自然型区間においてはワンド内より小段外でタナゴ類の捕獲数が多くなる傾向が見られたが、ワンド内と小段外において環境因子(調査分)に顕著な差はないことから、タナゴ類の生息や行動に調査項目以外の要因が関与しているのか、様々な環境因子が複合的に関与しているのか、あるいは他の要因が影響しているのかを明らかにするため、更なる調査とデータ解析が必要である。

### 謝辞

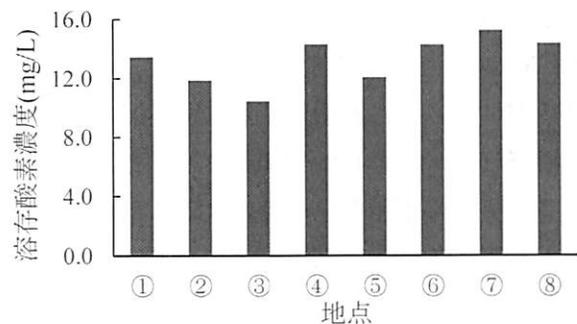
本研究の遂行にあたり、九州農政局筑後川下流右岸農地防災事業所の協力を賜るとともに、(一社)土地改良建設協会の国営事業区等フィールド調査学生支援事業を受けた。ここに謝意を表す。



a) 電気伝導度



b) pH



c) 溶存酸素濃度

図2 各地点の水質

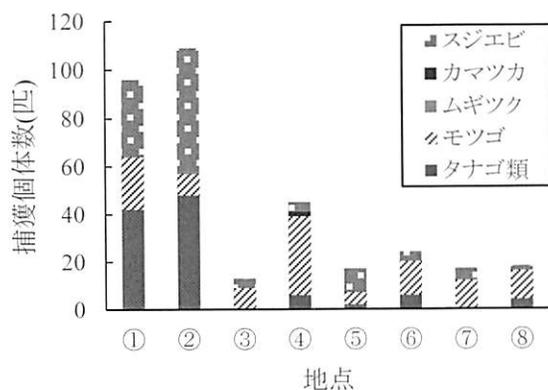


図3 各地点での捕獲生物数

## クリークにおけるアサザの保護と適正管理

佐賀大学農学部 ○(学, 非)三谷祐加, (正)原口智和

## はじめに

筑後川下流右岸の佐賀平野に張り巡らされた農業用水路（クリーク）には豊かな生態系が存在し、様々な希少生物が生息している。浮葉性植物であるアサザは多年草であり、佐賀県のレッドデータブック 2010 では準絶滅危惧種に選定されている。

この地域においては国営農地防災事業並びに関連の県営事業が実施されており、筑後川下流右岸農地防災事業では工事による環境への影響を軽減するための工法を導入するとともに、その影響を評価するための調査が実施されている。本研究では、希少水生植物であるアサザを保全する区間での植生と水環境の調査によって、アサザの存在が水環境に及ぼす影響を明らかにし、水生植物の生息環境の保全と管理方法について検討することを目的としている。

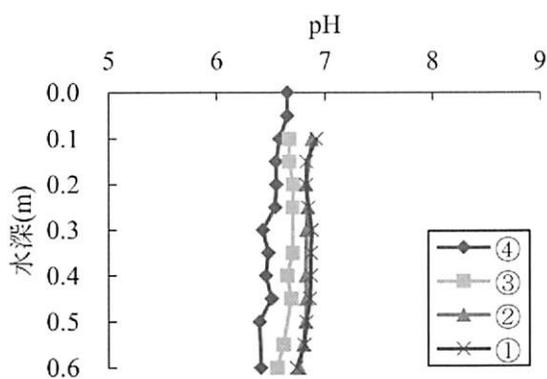
## 調査方法

佐賀県神埼市内クリークのアサザ保護工区（区間長 64m）において、2019 年 7 月 29 日（曇天）、8 月 7 日（晴天）、8 月 19 日（曇天）に現地調査を行った。調査時間は、いずれも正午前後 2 時間である。兩岸の水中にアサザを植え付けるための小段（幅 1.2m, 覆土厚 0.2m）が設けられている（図 1）。工区は 2017 年度冬期に施工された。

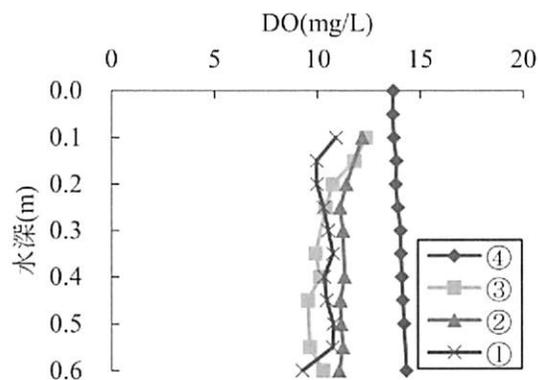
二つのアサザ群落内（地点①, ③）とそれらの中間（地点②）および工区直上流（地点④）の計 4 点において、水深、流速（水深 0.2m）、水質（水温、電気伝導度、pH、溶存酸素濃度、濁度）の鉛直分布、水深 0.2m の浮遊物質濃度（SS）及びクロロフィル a 濃度（Chl.a）を計測した。加えて、地点①と②において、水深 0.2m と 0.4m の日射透過率を測定した。なお、測定地点は、上流から順に④, ③, ②, ①となっている。

## 結果

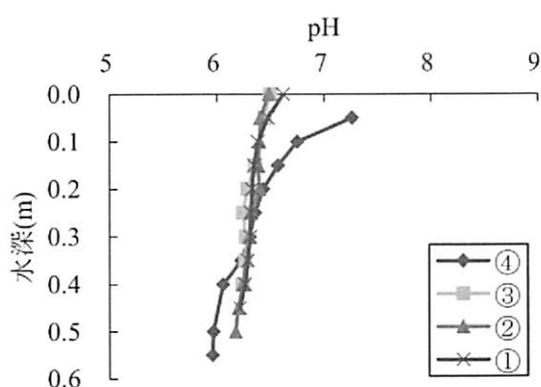
小段上の水深は 7 月 29 日で約 0.7m, 8 月 7 日で約 0.6m, 8 月 19 日で約 0.5m であった。また、流速に関しては、7 月 29 日は地点①3.3cm/s, 地点②3.6cm/s, 地点③3.7cm/s, 地点④4.6cm/s であり、8 月 7 日と 8 月 19 日の調査では、いずれの地点においても測定限界値（3.0cm/s）以下であった。地点②（アサザ被覆なし）の深度 0.2m と 0.4m における日射透過率は、調査期間中、約 40%と約 20%でほぼ一定であったが、地点①（アサザ群落内）においては、群落の生長（葉の繁茂）に伴って日射透過率は低下した。水温に関して、曇天下の 7 月 29 日と 8 月 19 日は深さによる変化はほとんど無かったが、アサザ被覆のある地点（①, ③）が被覆のない地点（②, ④）より高くなる傾向がみられた。また晴天下の 8 月 7 日の水面近くの水温は、アサザに覆われた地点（①, ③）が被覆のない地点（②, ④）より 2°Cほど高かった。電気伝導度は地点や深さによる違いは小さかった。pH に関しては、7 月 29 日では地点により値の大小があるものの、深さ方向の変化は小さく、8 月 7 日と 8 月 19 日では、工区上流の地点④において鉛直方向の変化が大きいのに対し、工区内の 3 地点では鉛直変化は小さかった（図 1）。溶存酸素濃度については、工区内の 3 地点が工区上流（地点④）より低くなる傾向がみられたが、工区内におけるアサザ被覆の有無による明確な違いは確認されなかった（図 2）。SS は、7 月 29 日ではアサザ被覆のある地



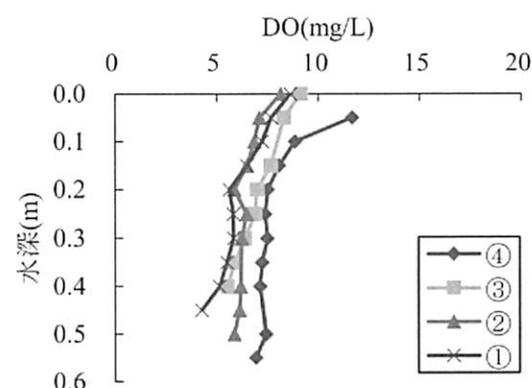
a) 7月29日



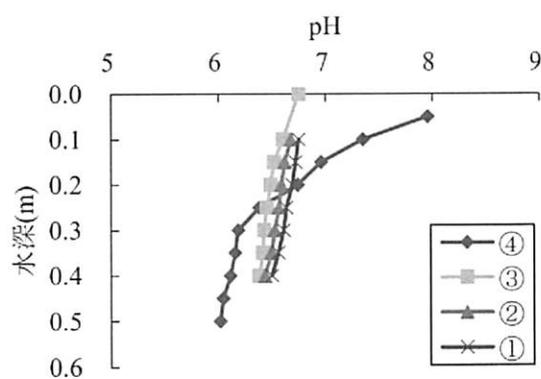
a) 7月29日



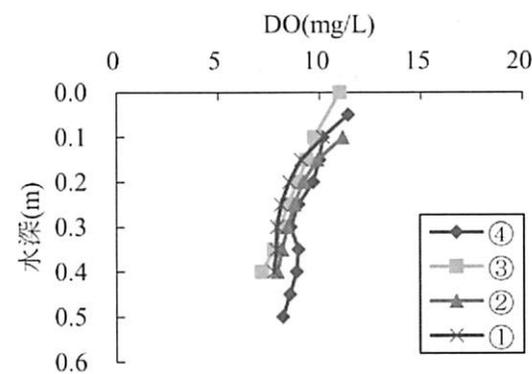
b) 8月7日



b) 8月7日



c) 8月19日



c) 8月19日

図1 pHの鉛直分布

図2 溶存酸素濃度の鉛直分布

点①と③が被覆のない地点②と④より低く、8月7日と8月19日では工区内3地点が工区上流の地点④より大きくなった。Chl.aについては、調査日による変動が大きく、アサザ被覆の有無による影響は確認できなかった。

#### 謝辞

本研究の遂行にあたり、九州農政局筑後川下流右岸農地防災事業所の協力を賜り、(一社)土地改良建設協会の国営事業区等フィールド調査学生支援事業を受けた。ここに謝意を表す。

## 環境緩和型舗装材料としてのシラス混合インターロッキングブロックの遮熱効果に関する研究

鹿児島大学大学院農学研究科（学）渡邊 剛

鹿児島大学農学部（正）平 瑞樹

## 1. はじめに

鹿児島県では、コンクリート製造に使用されてきた海砂の採取を海産資源や環境面への影響を懸念して削減する方針で、代替品として骨材にシラスや砕石の使用を促進している。

本研究では、九州南部に広く分布する多孔質火山噴出物であり、吸水性、透水性、保水性が高いとされるシラスを骨材として用いた ILB（インターロッキングブロック）を用いて近年都市部で問題となっているコンクリートやアスファルトが熱を溜め込むことで発生するヒートアイランド現象や、都市部の地表地盤は水を通しにくく、水を貯えにくいコンクリートな

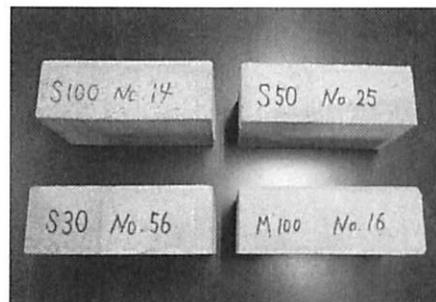


写真1 実験に供した ILB

どで覆われているため、集中豪雨などが起きた場合排水が間に合わずに洪水が発生する都市型洪水の問題を緩和できないかを検討し、また、一般的なセメントブロックとの比較実験を通してシラスを用いたブロックの特性を明らかにすることで、様々な観点からシラスの骨材利用について検討した。

## 2. 実験材料と方法

ILB の大きさは縦 200mm×横 100mm×高さ 60mm で厚さ 5mm の表層部と 55mm の基層部の 2 層構造からなり、表層を構成する骨材がシラスとマサ土で異なる割合で作成した 4 種類で、共通する基層部には砕石を使用した。表層の骨材の配合割合がシラスのみ(100%)を S100、マサ土のみを M100、シラスとマサ土が 1:1 の S50、3:7 のものを S30 と称したものを 20 個ずつ。また、市販のブロックには ILB 協会に認証されている砕石の一層構造で作られた保水 ILB と透水 ILB の 2 種類を 10 個ずつ使用する。

次にそれぞれの ILB の遮熱効果や保水性、吸水性、透水性を評価する実験を行う。

屋外試験:ILB を実際に屋外に敷きつめた場合のブロック表面と底面の温度変化を観察し、遮熱効果を評価する。異なるブロックを同じ気象条件下で比較を行うために夏の良く晴れた日にブロックを 9 個ずつ同時に屋外に並べ、中心のブロック表面と底面に熱電対を設置して温度変化を 10 分おきに記録する。加えて、初期状態については乾燥状態と湿潤状態の 2 パターンで行った。

保水試験:ILB 協会の定める方法(JIPEA-TM-7)に従い、保水試験を行う。

吸水試験:ILB 協会の定める方法(JIPEA-TM-8)に従い、吸水試験を行い、吸上げ高さ(%)を求める。

透水試験:ILB 協会の定める方法(JIPEA-TM-11)に従い、定水位試験で行う。

## 3. 実験結果と考察

平成 29 年から平成 30 年 8 月の天気の良い日に乾燥状態と湿潤状態から測定した S100, S50, M100 の温度変化の屋外試験での結果を図1に示す。S30 の温度が正確に測定出来ていなかったため 3 種類の結果となった。乾燥状態では 3 種の ILB の間に大きな差は現れなかった。一方、図1に示すように湿潤条件下では蒸発による吸熱作用がブロック間で顕著に表れており、温度はともに高い方から S50>S100>M100 となり、M100 の温度上昇が一番小さく、次に S100 が続く形となり、M100 と S50 の間では最大で約 10℃の差が現れる結果となった。乾燥状態と比べ湿潤状態で差が現れたことから遮熱性の違いは保水性、吸水性が大きく関係していると考えられる。

表1に ILB 協会の定めた種類別の規格を示し、表2に今回の保水試験、吸水試験、透水試験の結果と物性をまとめ、比較したところ、市販の保水 ILB と透水 ILB も概ね規格通りであったが、保水 ILB の吸上げ高さの平均が 70%に届かなかった。そして M100, S100, S50, S30 は全て保水 ILB の規格を満たしていたものの、透水係数が小さく、透水 ILB の規格は満たさなかった。4 種類の ILB の結果を比較したところ、保水量は S100 が最大となり、吸上げ高さは M100 が最大で S100 が最小となり、透水係数の平均は S100 が最大で M100 が最小となり、透水性、保水性に関しては期待通りシラスの影響が現れたが、遮熱性と吸水性では M100 が優れていた。このことから遮熱性にはブロックの保水性だけでなく吸水性も大きく影響する可能性がある。これら以外にも表層の骨材の違いは ILB の質量体積に影響し、圧縮され易いシラスの影響で S100 の乾燥質量が一番小さく、S50, S30 と続き M100 が最大となる。また ILB は鉛直方向にプレスして作成されるためシラスを多く含む S100 の高さが規格と比べ低くなり、その影響で体積が比較的小さい傾向にある。

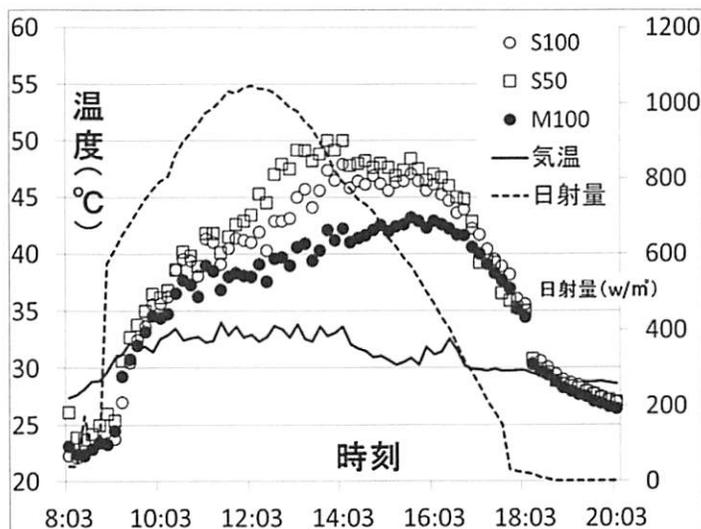


図1 2017/8/29 表面温度 湿潤状態

表1 ILB の規格

		車道	歩道
普通	曲げ強度	5.0MPa以上	3.0MPa以上
透水性	曲げ強度	5.0MPa以上	3.0MPa以上
	透水係数	$1.0 \times 10^{-2} \text{cm/s}$	
保水性	曲げ強度	5.0MPa以上	3.0MPa以上
	保水性	0.15g/cm <sup>3</sup> 以上	
	吸水性	吸上げ高さ70%以上	

表2 実験結果から得られた ILB の物性

	S100	S50	S30	M100	保水ILB	保透水ILB
乾燥質量(g)	2282	2318	2336	2349	2526	2458
保水量 (g/cm <sup>3</sup> )	0.166	0.158	0.166	0.159	0.158	0.182
透水係数k(cm/s)	$3.20 \times 10^{-3}$	$2.88 \times 10^{-3}$	$2.95 \times 10^{-3}$	$2.28 \times 10^{-3}$	$5.43 \times 10^{-3}$	$1.08 \times 10^{-2}$
吸上げ高さ(%)	85.4	89.3	89.9	91.9	62.7	42.7
全体の体積V(cm <sup>3</sup> )	1154	1166	1168	1173	1148	1160

#### 4. おわりに

ILB の表層 5mm にシラスを使用することで、ILB の透水性と保水性が向上し、軽量化の効果が現れた。ただし、湿潤条件下ではマサ土と比べ遮熱効果は小さく、これは吸水性能の違いに起因している可能性がある。シラスを用いた ILB は軽量ブロックとしての活用は期待されるが、ヒートアイランド現象や都市洪水を緩和するには降水をより多くブロック内部にため込むために吸水性能の改良が重要と考えられる。今回作成した ILB はシラスの強度の問題で曲げ強度 3.0MPa 以上の条件を満たすため表層 5mm にシラス、基層 55mm に砕石を使用したため、材料に大きな偏りがあるが、軽量化、透水性、保水性の向上、県内における骨材資源としてのシラスの有効活用のためにも、よりシラスの配合割合を増やした ILB による実験を行いたいと考えており、また比較実験においてもアスファルトやコンクリートなど比較対象を増やして ILB の特徴を具体的に表したいと考えている。



## 公益社団法人農業農村工学会九州沖縄支部

- 支部規定
- 支部所在地
- 支部運営要領
- 2018年度（平成30年度）事業報告
- 2018年度（平成30年度）決算報告
- 支部賞授賞規則・細則
- 別記様式 1～5

# 公益社団法人農業農村工学会支部規程

平成 23 年 3 月 14 日制定

平成 23 年 5 月 19 日一部改正

公益社団法人農業農村工学会の支部の組織及び運営については、農業農村工学会規則（以下「規則」という。）に定めるほか、この規程に定めるところによる。

（代表幹事の数）

第 1 条 規則第 2 条に定める各支部の代表幹事の数、15 名以上 40 名以内とする。

（支部事業計画等案の作成）

第 2 条 支部長は、毎年度当該支部が実施する次年度の事業計画案及び収支予算案を作成し、代表幹事会の承認を得るものとする。

2 支部長は、前項の事業計画案及び収支予算案を当年度の 2 月中旬までに学会事務局に提出するものとする。

（支部事業の実施）

第 3 条 支部長は、代表幹事会に諮り総会において決定された支部の事業計画及び収支予算に基づき、適正に事業を実施するものとする。

（資金の管理等）

第 4 条 支部長は、会長から依頼された資金の管理及び事業実施に伴う収支について、善良なる管理者の注意義務をもってこれを行わなければならない。

2 支部長は、前項の資金の管理及び収支にかかる証拠書類を整備保管し、会長が求めたときは、これに応じなければならない。

第 5 条 支部長は、当年度において支部が実施した事業の実績及び収支決算を取りまとめ、代表幹事会の承認を得るものとする。

2 支部長は、前項により承認された支部の事業の実績及び収支決算を年度終了後直ちに学会事務局に提出するものとする。

3 支部長は、前項の提出に当たっては収支決算に係る証拠書類及び預金先金融機関が発行する当該年度末日現在における「預金残高証明書」を添付するものとする。

（支部の庶務）

第 6 条 代表幹事会の庶務を行う場所は、支部長の指定する機関内に置く。

（支部運営要領）

第 7 条 代表幹事会は、この規程の運用に関し必要な要領を定めることができる。

2 支部長は、前項により要領を定める場合は、理事会の承認を得るものとする。  
当該要領を変更するときも同様とする。

附則

この規程は、平成 23 年 3 月 14 日から施行し、事業計画案及び収支予算案並びに事業報告及び収支決算に係る規定については、平成 23 年度分から適用する。

附則

この規程は、公益社団法人の設立の登記をした日（平成 24 年 4 月 1 日）から施行する。

## 公益社団法人農業農村工学会九州沖縄支部所在地

所在地：〒889-2192 宮崎市学園木花台西1-1 宮崎大学 農学部内  
支部長：稲垣 仁根（宮崎大学農学部教授） Tel. 0985-58-7239  
事務局長：中園 健文（宮崎大学農学部准教授） Tel. 0985-58-7240  
会計担当：篠原 慶規（宮崎大学農学部准教授） Tel. 0985-58-7939

### 九州沖縄支部運営要領

公益社団法人農業農村工学会九州沖縄支部の運営については、定款、規則及び支部規程に定めるほか、この要領に定めるところによる。

#### （代表幹事会の任務）

第1条 本支部の代表幹事会は、次に掲げる事項を処理する。

- (1) 本支部が行う事業計画案及び収支予算案の作成
- (2) 理事会で決定された本支部事業の実施及び経理
- (3) 本支部が実施した事業及び収支決算の本部への報告
- (4) 本支部所属の会員との連絡調整
- (5) 本部から特に依頼のあった業務
- (6) 本部との連絡調整
- (7) その他この法人の目的を達成するために必要な本支部の事業、事務

#### （代表幹事会の開催）

第2条 代表幹事会は、年2回以上開催する。

#### （議長・議決）

第3条 代表幹事会の議長は、支部長とする。

- 2 代表幹事会の議事は、過半数の代表幹事が出席し、出席した者の過半数をもって決する。可否同数のときは、支部長が決する。
- 3 議事の議決に関する委任状を提出した代表幹事は、出席者とみなす。

#### （顧問）

第4条 本支部に必要な応じ顧問若干名を置くことができる。

- 2 顧問は、支部長が代表幹事会に諮って決定し、支部長が委嘱する。
- 3 支部長は、前項により顧問を委嘱したときは、会長に報告する。

#### 附則

この要領は、平成23年10月17日から施行し、遡って平成23年4月1日から適用する。  
平成24年10月2日一部改正。  
平成25年 4月1日支部名称変更。

## 【事業報告】

九州沖縄支部

区分	年月日	開催場所・講師数・参加人数・内容(テーマ)
支部研究発表会 (支部大会)	2018.10.25 ~ 2018.10.26	開催場所: 熊本市、ホテル熊本テルサ 発表者数: 87人(口頭発表80人, ポスター発表7人) 参加人数: 222人 支部賞: 優秀賞4件5名, 研鑽賞4名, ポスター賞2名 支部見学会: 大切畑ダム、阿蘇大橋 他、参加者57人
地方講習会	2018.10.26	開催場所: 熊本市、ホテル熊本テルサ 参加人数: 106人  テーマ: 設計基準及び運用・解説の設計「ポンプ場」の改定 講師: 川部 伸治(関東農政局土地改良技術事務所)
支部研修会		なし
支部シンポジウム	2018.10.25	開催場所: 熊本市、ホテル熊本テルサ 講師数: 2人 参加人数: 222人 テーマ: 熊本地震からの復興  題目: 熊本地震の復旧・復興 講演者: 福島 理仁(熊本県農林水産部農地整備課長)  題目: 九州・沖縄の活断層と地震予測 講演者: 後藤 秀昭(広島大学大学院文学研究科)
人材確保・育成・ その他	2018.10.25	開催場所: 熊本市、ホテル熊本テルサ ポスターセッション: ベトナムメコンデルタにおける生産基盤の実態と課題 佐賀県立佐賀農業高等学校環境工学科の生徒4人と教諭1人の連名 (文部科学省スーパーグローバルハイスクール(SGH)指定校(平成28年度から5年間)) ※)ポスター表彰式の冒頭で、農業農村工学を目指す高校生の活躍に対し感謝状を贈呈
支部代表幹事会	2018.10.24	開催場所: 熊本市, 熊本県庁 議題1: 平成31年度支部大会の開催計画 議題2: 学会誌技術リポート担当  他メール会議(随時)
支部賞選考委員会	2018.10.25	開催場所: 熊本市、ホテル熊本テルサ 議題: 平成30年度講演会における支部賞候補者の選考  他メール会議(随時)

科目	金額	内 訳					
		支部研究発表会	地方講習会	支部見学会	支部シンポジウム	支部役員会	共 通
収入の部							
前期繰越金	1,472,489	0	0	0	0	0	1,472,489
本部前渡金	1,416,000	0	0	0	0	0	1,416,000
参加料(意見交換会等を除く)	1,559,000	1,152,000	196,000	211,000	0	0	0
広告料	0	0	0	0	0	0	0
利息	13	0	2	0	0	0	11
雑収入	100,000	100,000	0	0	0	0	0
計	4,547,502	1,252,000	196,002	211,000	0	0	2,888,500
支出の部							
①原稿料	0	0	0	0	0	0	0
②謝金	12,992	0	0	0	12,992	0	0
③臨時雇用賃金	3,380	0	0	0	0	0	3,380
④副賞費	50,000	50,000	0	0	0	0	0
⑤会議費	1,501,766	1,166,806	0	334,960	0	0	0
⑥旅費交通費	319,188	0	0	186,624	72,084	0	60,480
⑦通信運搬費	14,171	12,311	0	0	0	0	1,860
⑧消耗品費	207,230	197,942	0	0	7,560	0	1,728
⑨印刷製本費	727,742	530,842	56,500	0	140,400	0	0
⑩助成金	0	0	0	0	0	0	0
⑪支払手数料	8,424	4,536	540	702	1,350	0	1,296
⑫雑費	6,480	0	0	6,480	0	0	0
計	2,851,373	1,962,437	57,040	528,766	234,386	0	68,744
収支差額	1,696,129						

## 農業農村工学会九州沖縄支部賞授賞規則

(趣旨)

第1条 農業農村工学会九州沖縄支部（以下「支部」という。）の活動をより活性化し、農業農村工学に関する学問及び技術の発展に寄与するため、支部講演会等において、優れた業績を発表した支部会員（以下「会員」という。）に対し、支部賞を授与し、その功績を称える。

(支部賞の授賞基準)

第2条 支部賞種別及び授賞基準は、次のとおりとする。

- ア 優秀賞：農業農村工学に関する学問又は技術の発展に大きく寄与すると認められる優秀な業績等を発表した会員に授与する。
- イ 研鑽賞：多年にわたり、積極的に価値ある業績等を口頭発表した会員に授与する。
- ウ ポスター賞：支部講演会のポスターセッションにおいて、優れたポスター発表者に授与する。

2 大学及び独立行政法人研究機関に所属する会員は、原則として優秀賞及び研鑽賞の対象から除く。ただし、ポストドクター及び大学院生は、筆頭著者かつ発表者に限り優秀賞の対象とする。また、ポスター賞の授賞対象は、原則として学生会員（学部生、研究生および大学院修士学生）とする。

(支部賞選考委員会)

第3条 前条に定める賞の候補者を選考するため、支部賞選考委員会（以下「委員会」という。）を置く。

- 2 委員会の委員は、支部代表幹事又は支部代表幹事が推薦した者の中から、支部長が委嘱する。
- 3 委員会の委員長は、委員の中から、支部長が委嘱する。
- 4 委員会は、委員長名で支部長に選考結果を報告し、賞の候補者を推薦する。

(賞の決定)

第4条 支部長は、前条第4項により推薦された候補者の中から、受賞者を決定する。支部長は、決定した受賞者について支部代表幹事会に報告する。

(賞の授与)

第5条 前条により決定された受賞者に対し、発表に係る翌年度の授賞式において支部賞を授与する。但し、ポスター賞はこの限りではない。

(実施の細則)

第6条 本規則の運用に必要な細則は、別に定める実施細則による。

(規則の改正)

第7条 この規則の改正については、支部代表幹事会の議を経なければならない。

付則

この規則は、平成2年10月30日より施行する。

平成14年10月22日一部改正。

平成15年10月21日一部改正。

平成16年10月27日一部改正。

平成19年10月18日一部改正。

平成23年10月17日一部改正，平成24年度から適用。

平成24年10月31日一部改正。

平成25年4月1日支部名称の変更。

## 農業農村工学会九州沖縄支部賞授賞規則実施細則

## (目的)

第1条 この細則は農業農村工学会九州沖縄支部賞授賞規則（以下「規則」という。）第6条に基づき、規則の運用に必要な細目を定めるものである。

## (優秀賞の授賞範囲)

第2条 優秀賞は原則として毎年3件以内とする。

- 2 規則第2条第1項アに該当する会員が、同条第2項に該当する会員との連名であり、かつ後者が主要な役割を果たしているときは、本賞の対象としない。
- 3 連名発表の業績等に対する授賞は、原則として規則第2条に該当する連名者全員に対して行うが、その関与の度合いが少ないと判断される場合にはその者を授賞対象から除外するものとする。また、組織による発表の場合もこれに準ずる。
- 4 規則第1条に規定する会員は、原則として該当する支部講演会の実施時点において、本支部に所属していた会員とする。

## (研鑽賞の授賞範囲)

第3条 研鑽賞は、支部講演会において、価値ある業績等を3回口頭発表した会員(単数)に授与する。その後も3回の口頭発表ごとに授与する。ただし、過去15年以上前の口頭発表は含めない。

- 2 会員が、同一年度に2課題以上口頭発表した場合は、これを口頭発表1回とする。
- 3 第1項の口頭発表回数には、全国大会又は他支部における発表を含めない。
- 4 規則第1条に規定する会員は、原則として該当する支部講演会の実施時点において、本支部に所属していた会員とする。

## (ポスター賞の授賞範囲)

第4条 授賞当該学生は、発表者リストの筆頭である必要はない。

- 2 ポスター賞の授賞件数は、若干件とする。

## (委員会)

第5条 委員会の構成は、支部に属する大学等から3名、農政局等から2名、管内の県関係から2名、民間から2名の計9名とする。

- 2 委員の委嘱は、当該支部講演会の1ヵ月以上前に行う。
- 3 委員の任期は、その委嘱を受けた日から当該授賞候補者の授賞式の日までとする。
- 4 委員の再任は、妨げない。
- 5 委員会は、委員長が支部大会当日に招集し、候補者選考方針及び支部講演会発表の聴講分担等について打ち合わせる。その後はメール会議とする。

## (優秀賞の選考)

第6条 支部長は、委員会の選考作業を支援するため支部講演会の座長に対し、当該年度の講演会発表の中から優秀賞に値すると考えられる発表があれば、講演会後2週間以内に支部長に推薦することを依頼する。(別記様式1)

- 2 支部事務局は、委員、座長にプログラム、規則及びこの細則を支部講演会の1週間以上前に送付する。
- 3 委員長は委員と協議して、研究発表をできるだけもれなく聴講し評価できるように各委員の聴講分担を定める。
- 4 会員は、優秀賞に値すると考えられる発表があれば、講演会終了後2週間以内に支部長あて送付し、推薦することができる。(別記様式2)
- 5 支部長は、座長及び会員からの推薦書並びにその他選考に関する資料を委員に送付する。
- 6 委員は上記4及び講演会発表の聴講結果から3件程度の題目を選定し、委員会に諮る。(別

記様式 3)

- 7 委員長は、委員会において選考された候補者について、その選考理由を付して支部長に報告する。(別記様式 4)
- 8 委員長は、その選考結果を授賞式において報告する。

(研鑽賞の選考)

- 第 7 条 研鑽賞は自己申告とする。申告者は、講演の発表年と題目を事務局へ報告する。支部事務局は、この細則第 3 条に基づき、当該年度のこの賞の資格者の氏名、その会員資格取得年月、発表課題、発表年度等の資料を委員会に提出する。
- 2 委員会は、支部事務局から提出された資料をもとに研鑽賞の候補者を定め、支部長に対し委員長名により候補者を報告する。(別記様式 5)

(ポスター賞の選考)

- 第 8 条 ポスター賞の授賞者は、ポスター発表及び講演要旨集を参考にして、講演会出席者の投票によって決定する。
- 2 支部事務局は、投票の集計結果を委員長へ提出する。
  - 3 委員長は、支部事務局から提出された結果をもとにポスター賞の候補者を定め、支部長に対し候補者を報告する。

(賞の授与)

- 第 9 条 受賞者の決定までは、賞の候補者とその課題について公表を行わない。
- 2 支部長は、受賞者を決定した場合、その会員に賞の決定を通知するとともに、授賞式の場所と日時を知らせて出席を要請する。
  - 3 受賞者に対しては、翌年度の授賞式において所定の賞状及び副賞を授与する。但し、ポスター賞については、受賞者の決定後すみやかに受賞者を公表し、受賞者には賞状と副賞を授与する。

(その他)

- 第 10 条 この細則の改正については、支部代表幹事会の議を経るものとする。また、この細則に定めのない事項で、支部賞の授与に関する事項は、別途支部代表幹事会で定めることができる。

付 則

- 1 この細則は、平成 2 年 10 月 30 日から施行する。
- 2 平成 15 年 10 月 21 日一部改正。
- 3 平成 16 年 10 月 27 日一部改正。
- 4 平成 18 年 10 月 23 日一部改正。
- 5 平成 19 年 10 月 18 日一部改正。
- 6 平成 22 年 10 月 20 日一部改正。
- 7 平成 23 年 10 月 17 日一部改正、平成 24 年度から適用。
- 8 平成 24 年 10 月 31 日一部改正。
- 9 平成 25 年 4 月 1 日支部名称の変更。

(別紙様式1)

令和 年 月 日

座長 殿

農業農村工学会九州沖縄支部長

優秀賞の推薦依頼について

農業農村工学会九州沖縄支部賞受賞規則実施細則の第6条第1項の規定に基づき、下記により推薦されるよう依頼します。

記

- 1 令和 年度支部講演会において、農業農村工学に関する学問又は技術の進展に大きく寄与すると認められる発表題目1~2件程度
- 2 大学及び独立行政法人研究機関に所属する会員の発表題目を除く  
ただし、ポストドクターおよび大学院生は、筆頭著者かつ発表者に限り優秀賞の対象とする。
- 3 推薦書提出期限は、支部講演会后2週間以内
- 4 推薦様式

令和 年度 農業農村工学会九州沖縄支部賞（優秀賞）候補推薦書			
令和 年 月 日			
農業農村工学会九州沖縄支部長 殿			
座長 所属			
氏名		印	
講演番号	講演（発表）題目	講演者氏名	推薦理由（具体的に）

(注) 支部賞の規則、実施細則及び推薦書の様式については、講演集に記載しています

(別記様式 2)

第 回 (令和 年度)

農業農村工学会九州沖縄支部賞 (優秀賞) 候補推薦書

農業農村工学会九州沖縄支部長 殿

令和 年 月 日

推薦者 所属  
氏名 印  
住所

下記のとおり、第 回 (令和 年度) 農業農村工学会九州沖縄支部賞候補を推薦します。

記

1. 講演題目

所属  
氏名

2. 推薦要旨 (300字程度)

(別記様式 3)

第 回 (令和 年度)

農業農村工学会九州沖縄支部賞 (優秀賞) 候補推薦書

支部賞選考委員会委員長 殿

令和 年 月 日

推薦者 所属  
氏名 印  
住所

農業農村工学会九州沖縄支部賞規則実施細則第6条第6項の規定に基づき、下記の通り推薦します。

記

1. 講演題目

所属  
氏名

2. 推薦要旨 (300字程度)

(別記様式 4)

第 回 (令和 年度)

農業農村工学会九州沖縄支部賞 (優秀賞) 候補者 (案)

令和 年 月 日

農業農村工学会九州沖縄支部長 殿

支部賞選考委員会委員長

農業農村工学会九州沖縄支部賞規則実施細則第6条第7項の規定に基づき、下記のとおり報告する。

記

1. 講演題目

所属  
氏名

2. 推薦要旨 (300字程度)

(別記様式 5)

第 回 (令和 年度)

農業農村工学会九州沖縄支部賞 (研鑽賞) 候補者 (案)

令和 年 月 日

農業農村工学会九州沖縄支部長 殿

支部賞選考委員会委員長

農業農村工学会九州沖縄支部賞規則実施細則第7条第2項の規定に基づき、下記のとおり報告する。

記

1. 講演題目、発表年度

所属  
氏名



- 代表幹事会名簿
- 顧問名簿
- 代議員名簿
- 歴代支部長名簿

## 令和元年度農業農村工学会九州沖縄支部代表幹事会名簿

令和元年7月1日現在

役名	氏名	所属・役職名
支部長	稲垣 仁根	宮崎大学農学部教授
代表幹事 (副支部長)	鈴木 浩之	九州農政局農村振興部長
代表幹事 (事務局長)	中園 健文	宮崎大学農学部准教授
代表幹事 (会計担当幹事)	篠原 慶規	宮崎大学農学部准教授
代表幹事	野中 振拳	九州農政局農村振興部設計課長
〃	細川 直樹	九州農政局農村振興部事業計画課長
〃	井原 和彦	九州農政局土地改良技術事務所長
〃	濱井 和博	沖縄総合事務局農林水産部農村振興課長
〃	島 武男	農研機構九州沖縄農業研究センター 上級研究員
〃	石松 健一	福岡県朝倉農林事務所長
〃	島内 利昭	佐賀県農林水産部農山漁村課長
〃	土井 幸寿	長崎県農林部農村整備課長
〃	久保田 修	熊本県農林水産部農村振興局長
〃	加藤 正明	大分県農林水産部農村整備計画課長
〃	小野 正寛	宮崎県農政水産部農村計画課長
〃	東郷 清次	鹿児島県農政部農業土木技監
〃	仲村 哲	沖縄県農林水産部村づくり計画課長
〃	凌 祥之	九州大学大学院農学研究院教授
〃	平松 和昭	九州大学大学院農学研究院教授
〃	近藤 文義	佐賀大学全学教育機構教授
〃	肥山 浩樹	鹿児島大学農学部准教授
〃	仲村渠 将	琉球大学農学部准教授
〃	本口 晴年	アジアプランニング(株)
〃	木原 泰信	株式会社 技術開発コンサルタント

## 公益社団法人農業農村工学会九州沖縄支部顧問名簿

令和元年7月1日現在

甲本 達也（佐賀県）  
長 裕幸（佐賀県）

## 公益社団法人農業農村工学会代議員名簿

令和元年7月1日現在

任期：令和元年5月30日～令和3年5月代議員選挙終了の日

野中 振拳	九州農政局農村振興部設計課長
濱井 和博	沖縄総合事務局農林水産部農村振興課長
島 武男	農研機構九州沖縄農業研究センター 上級研究員
石松 健一	福岡県朝倉農林事務所長
島内 利昭	佐賀県農林水産部農山漁村課長
土井 幸寿	長崎県農林部農村整備課長
久保田 修	熊本県農林水産部農村振興局長
加藤 正明	大分県農林水産部農村整備計画課長
小野 正寛	宮崎県農政水産部農村計画課長
東郷 清次	鹿児島県農政部農業土木技監
仲村 哲	沖縄県農林水産部村づくり計画課長
平松 和昭	九州大学大学院農学研究院教授
近藤 文義	佐賀大学全学教育機構教授
中園 健文	宮崎大学農学部准教授
肥山 浩樹	鹿児島大学農学部准教授
仲村渠 将	琉球大学農学部准教授
本口 晴年	アジアプランニング（株）代表取締役社長
木原 泰信	（株）技術開発コンサルタント代表取締役社長

## 公益社団法人農業農村工学会九州沖縄支部歴代支部長他

令和元年7月1日現在

田中宏平	元学会長
河原田禮次郎	元支部長
難波直彦	元支部長
渡邊潔	元支部長
加来研	元支部長
戸原義男	元支部長
高山昌照	元支部長
黒田正治	元学会長・元支部長
三輪晃一	元支部長
藤本昌宜	元支部長
宜保清一	元支部長
中野芳輔	元理事
加藤治	元支部長
秋吉康弘	元支部長
瀬口昌洋	元支部長
森健	元理事
高木東	元支部長
細川吉晴	元支部長
中野拓治	元支部長
長裕幸	元支部長