

令和4年度
農業農村工学会九州沖縄支部大会
講演要旨集



Kyushu Okinawa 2022

令和4年10月27・28日

佐賀市
グランデはがくれ

農業農村工学会九州沖縄支部

令和4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4年10月27日（木） 9:30～10:20

会 場：グランデはがくれ 2F フラワーホール

〒840-0815 佐賀市天神2-1-36 TEL：0952-25-2212

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103回講演会

日 時：令和4年10月27日（木）

オーラルセッション : 13:00～17:00

ポスターセッション : 12:00～14:00

会 場：第1会場 2Fフラワーホール

第2会場 1FハーモニーホールA

第3会場 1FハーモニーホールB

第4会場 2Fシンフォニーホール

ポスターセッション会場 1F黒髪の間

3. シンポジウム

講演題目：佐賀市におけるスマート農業への取組について

日 時：令和4年10月27日（木） 10:30～11:00

会 場：2F フラワーホール

講演題目：AI・IoT・ロボットを活用したスマート農業の取り組み

日 時：令和4年10月27日（木） 11:00～11:30

会 場：2F フラワーホール

4. 講習会

講習課題：土地改良法の一部改正について

日 時：令和4年10月28日（金）10：00～11:00

会 場：2F フラワーホール

5. 現地見学会

伊万里地域コース

日 時：令和4年10月28日（金）12:30～16：35

集合時間：12:20

集合場所：グランデはがくれ正面玄関前

コ ー ス：グランデはがくれ→(株)アグリジャパン(キウイフルーツ農園整備) →松浦の里(休憩)→東山代干拓地区(農地の大区画化)→佐賀駅(解散)

※ 途中、休憩あり。現場状況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 32 回農業農村工学会九州沖縄支部 支部賞

優 秀 賞

○現地状況に即したため池氾濫解析についての一考察

沖縄 NTC 株式会社 永吉 功治

沖縄 NTC 株式会社 川満 真也

沖縄 NTC 株式会社 仲間 雄一

○三次元点群データ作成手法の相違による精度への影響

アジアプランニング株式会社 田島 英樹

○特殊条件下における擁壁選定手法

若鈴コンサルタンツ株式会社 大前 壽人

研 鑽 賞

○株式会社三浜測量設計社

兼子 健男

特 別 賞

○(第 1 号) 種子島サトウキビ圃場の土壌水分動態解析に基づく消費水量の評価

鹿児島大学大学院 西國原 音羽

○(第 2 号) 水害緩和機能における諫早湾干拓事業と韓国セマングム干拓事業の比較

佐賀県立佐賀農業高等学校 貞松 遼大

※ 特別賞は、令和 3 年度農業農村工学会九州沖縄支部大会はオンライン開催でポスター発表が実施できなかったため、ポスター賞の代替となる賞です。

第 32 回支部賞選考委員

委員長	伊藤 祐二	鹿児島大学農学部
副委員長	篠原 慶規	宮崎大学農学部
委員	木村 匠	琉球大学農学部
〃	小泉 亘司	九州農政局事業計画課
〃	島 武男	九州沖縄農業研究センター 畑作研究領域・上級研究員
〃	山本 泰彦	長崎県農村整備課
〃	戸高 久吉	宮崎県農村計画課
〃	服部 寛	アジアプランニング株式会社
〃	田村 和彦	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) 現地状況に即したため池氾濫解析についての一考察

沖縄 NTC 株式会社 ながよし 永吉 こうじ 功治
沖縄 NTC 株式会社 かわみつ 川満 しんや 真也
沖縄 NTC 株式会社 なかま 仲間 ゆういち 雄一

本講演は、使用するメッシュデータがため池の氾濫解析に及ぼす影響を検討したものである。解析には、農研機構開発のソフトウェアと国土地理院の基盤地図情報が用いられており、汎用性の高い手法が採用されている。老朽化が進むため池のハザードマップの作成を前提に、メッシュサイズの違いの影響に加え、現地調査または UAV の空撮による土地利用状況等のデータ補正効果も調べられ、多角的で有用性の高い検討結果が示されている。メッシュデータは農業農村整備事業を進めるうえで多用される数値解析の基礎資料となることから、本講演内容は、適切な事業計画・実施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) 三次元点群データ作成手法の相違による精度への影響

アジアプランニング株式会社 たしま 田島 ひでき 英樹

本講演は、災害調査や構造物の点検などに広く活用される 3 次元座標測定について、測定法の違いがその精度に及ぼす影響を調べたものである。測定法には、近年、急速に普及している地上レーザースキャナ、UAV 搭載型レーザースキャナ、UAV 写真測量が用いられ、各測定方法が分かりやすく整理されている。また、測定した 3 次元座標値の精度は GNSS 測定値との比較によって定量的に評価されており、信頼性の高い検証結果が示されている。今後、益々活用されることが想定される新しい測量技術による座標測定精度を比較した本講演内容は、農業農村工学分野の技術的進展に貢献する貴重な成果であり、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) 特殊条件下における擁壁選定手法

若鈴コンサルタンツ株式会社 おおまえ 大前 ひさと 壽人

本講演は、資材及び作業員の確保が困難な離島で、かつ重機等のアクセスが困難な場所において、ため池法面の対策を行う際、様々な工法を多角的な視点で比較検討した中で、軽量資材を用いるジオセル工法が、最も安価に施工できることを明らかにしたものである。現地発生土が利用可能なこと、塩害対策が不要なこと、作業員の熟練技術が不要なことなどのメリットだけでなく、ジオセル工法の欠点についても言及しており、今後の法面施工の参考となることが大いに期待される。以上から、本講演内容は、農業農村工学分野の技術的進展に貢献する貴重な成果であり、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) 株式会社三浜測量設計社 かねこ たけお 兼子 健男

- ・ 第 91 回 (H22) 暗渠排水機能診断技術
- ・ 第 101 回 (R2) 水田の暗渠清掃にパイプクリーナーブラシを利用した技術の開発
- ・ 第 102 回 (R3) 三角堰を備えた水田の用水位調節器の開発

お 願 い

支部賞のうち研鑽賞は H24 年度から自己申告制とされました。H28 年度の発表で 3 回に達する方(あるいは、H28 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を(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かれます。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。なお、R2 年度(2020)は新型コロナ感染防止対策のため口頭発表はない年でしたが、研鑽賞の口頭発表の対象となります。

農業農村工学会九州沖縄支部事務局

事務局長：郡山 益実

佐賀大学農学部 生物資源科学科

〒840-8502 佐賀県佐賀市本庄 1 番地

TEL : 0952-28-8760

講演プログラム

シンポジウム(10月27日)

会場:2F フラワーホール

テーマ:『官民が取り組むスマート農業』

司会:黒田 彩

<時刻>	<番号>	<講演題目>	<所属>	<講演者>
10:30 ~ 11:00	S-1	佐賀市におけるスマート農業への取組について	佐賀市農林水産部	原口 謙一郎
11:00 ~ 11:30	S-2	AI・IoT・ロボットを活用したスマート農業の取組み	株式会社オプティム	休坂 健志
11:30 ~ 12:00		質疑応答		

ポスターセッション(10月27日)

会場:1F黒髪の間,

ポスター賞授賞式:14:20~ (1F黒髪の間)

<時刻>	<番号>	<頁>	<講演題目>	<所属>	<講演者>
12:00~14:00	P-1	160	東よか干潟におけるカニ類の生物活動に及ぼす環境因子の解析	佐賀大学大学院農学研究科 佐賀大学農学部	○ 千北 拓 郡山 益実
	P-2	162	永池ため池の集水可能量の推定と治水機能の評価	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	○ 前田 翔吾 淵上 幹太 世戸 直明
	P-3	164	機械学習を利用した干拓土中の水分予測	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	○ 升田 直希 平嶋 雄太 宮本 英揮
	P-4	166	泉山粘土と天草粘土の液性限界および沈降様式の違いについて	佐賀大学大学院農学研究科 佐賀大学大学院農学研究科 佐賀大学全学教育機構	○ 平井 誠 瀨野 龍太 近藤 文義
	P-5	170	自立式鋼矢板設計に用いる変形係数の評価における孔内水平載荷試験と一軸圧縮試験の比較検討	佐賀大学大学院農学研究科 佐賀大学大学院農学研究科 佐賀大学全学教育機構 (株)技術開発コンサルタント (株)技術開発コンサルタント	○ 瀨野 龍太 平井 誠 近藤 文義 山崎 拓治 住吉 和彦
	P-6	174	自然流下取入方式頭首工に設置可能な新しい渓流取水工の開発	宮崎大学農学部 宮崎大学農学部 宮崎県東臼杵農林振興局 宮崎県東臼杵農林振興局 (株)国土開発コンサルタント	○ 谷口 凌 竹下 伸一 成松 克彦 臼杵 竜也 有田 勉

オーラルセッション(10月27日):第1会場 (2F フラワーホール)

【セッション1-A】						座長:久富 輝良(福岡県)
<時刻>	<番号>	<頁>	<講演題目>	<所属>	<講演者>	
13:00 ~ 13:12	1-1	2	ため池工事でのコンタクトクレイ含水比簡易決定方法の提案	株式会社 キョウワ 株式会社 キョウワ 株式会社 キョウワ 株式会社 末宗組	○ 山田 有一 熊本 智之 塚本 浩士 佐々木 武彦	
13:12 ~ 13:24	1-2	4	中部管内のため池改修事業について	宮崎県西諸県農林振興局	○ 永井 俊吉	
13:24 ~ 13:36	1-3	6	県営ため池等整備事業におけるため池設計について～河ヶ迫地区の事例～	宮崎県 南那珂農林振興局 農村整備課	○ 福元 千賀	
13:36 ~ 13:48	1-4	8	佐賀県ため池保全管理サポートセンターの取組み - ため池の適正な保全管理に向けて -	佐賀県土地改良事業団体連合会 総務部 会員支援課 佐賀県土地改良事業団体連合会 総務部 会員支援課 佐賀県土地改良事業団体連合会 総務部 会員支援課	○ 坂口 誠治 山口 和博 下平 諒	
13:48 ~ 14:00	1-5	12	ため池整備工事におけるICT活用事例について	長崎県 杵岐振興局 農林水産部 農林整備課 長崎県 島原振興局 農林水産部 土地改良課	○ 桑原 省吾 中嶋 和成	
14:00 ~ 14:12	1-6	16	ICTの利用によるため池整備工事の施工について	長崎県県央振興局農村整備課	○ 山口 真歩	
14:12 ~ 14:24	1-7	20	ため池整備における底樋改修工法について	長崎県島原振興局農林水産部土地改良課	○ 西山 慶	

14:24 ~ 14:45 休憩

【セッション1-B】						座長:澤田 達也(大分県)
<時刻>	<番号>	<頁>	<講演題目>	<所属>	<講演者>	
14:45 ~ 14:57	1-8	24	筑後川下流右岸地域の地理的条件が降雨流出に及ぼす影響	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	○ 原 初花 阿南 光政 弓削 こずえ	
14:57 ~ 15:09	1-9	26	六角川流域水田地帯における田んぼダム機能の実証調査	佐賀大学農学部 佐賀大学農学部 佐賀大学農学部	○ 野田 泰史 阿南 光政 弓削 こずえ	
15:09 ~ 15:21	1-10	28	多波長励起蛍光光度計を用いた階層型ニューラルネットワークによる富栄養化指標の推定	九州大学大学院生物資源環境科学府 九州大学大学院農学研究科 九州大学大学院農学研究科 九州大学大学院農学研究科	○ 長谷川 佳苗 原田 昌佳 平松 和昭 田畑 俊範	
15:21 ~ 15:33	1-11	30	排水能力の増強と無水化に向けた排水機場の整備計画	NTCコンサルタンツ株式会社九州支社 NTCコンサルタンツ株式会社九州支社 NTCコンサルタンツ株式会社九州支社 宮崎県 児湯農林振興局 宮崎県 児湯農林振興局 宮崎県 児湯農林振興局	○ 渡邊 亮 河下 知美 阿部 龍雄 内村 雄三 鴫 公誠 相良 道臣	
15:33 ~ 15:45	1-12	34	羽地大川地区で発生している圧力脈動について～圧力脈動発生要因の推定及び抑制工の効果検討～	沖縄総合事務局 土地改良事務所 沖縄総合事務局 土地改良事務所 (株)三祐コンサルタンツ	田港 朝彦 ○ 嶺井 志麻 福田 寛	
15:45 ~ 15:57	1-13	38	県営地盤沈下対策事業で造成した排水機場における操作員の安全管理について	佐賀県 農林水産部 佐賀中部農林事務所 水利課 佐賀県 農林水産部 佐賀中部農林事務所 水利課	○ 仁戸田 司郎 小石 孝浩	
15:57 ~ 16:09	1-14	40	簡易算定手法による排水設計からの見直しの取組	鹿児島県農政部農村振興課	○ 前田 勉	

オーラルセッション(10月27日):第2会場 (1F ハーモニーホールA)

【セッション2-A】						座長:大崎 雄次(長崎県)
<時刻>	<番号>	<頁>	<講演題目>	<所属>	<講演者>	
13:00 ~ 13:12	2-1	46	農地防災事業における作業機械の振動について	佐賀大学農学部 佐賀大学全学教育機構	○ 稲葉 繁樹 近藤 文義	
13:12 ~ 13:24	2-2	48	大杉(4期)地区県営地すべり対策事業について-地域条件や発生要因に関する考察-	佐賀県 唐津農林事務所 佐賀県 唐津農林事務所 佐賀県 唐津農林事務所 株式会社 共和テック 株式会社 共和テック	○ 陣内 文仁 下 哲也 深川 慶一郎 中島 篤司 山口 輝喜	
13:24 ~ 13:36	2-3	52	「地すべり対策事業 船ノ原第二地区」における対策工について	佐賀県 農林水産部 杵藤農林事務所	○ 山崎 浩一郎	
13:36 ~ 13:48	2-4	54	「県営経営体育成基盤整備事業 東山代干拓地区」における大区画化と水田の汎用化について - 基盤整備を契機に新たな展開へ -	佐賀県伊万里農林事務所 佐賀県伊万里農林事務所 佐賀県伊万里農林事務所	岸川 晋児 坂口 治 ○ 山口 欣偉	
13:48 ~ 14:00	2-5	58	大規模多収生産茶園の造成手法と営農における取り組みについて	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 生産流通部	○ 行村 岳哲 佐藤 幸生	
14:00 ~ 14:12	2-6	62	笠野原地区 高隈ダム堆砂対策の検討について	九州農政局 南部九州土地改良調査管理事務所 計画課 九州農政局 南部九州土地改良調査管理事務所 計画課 九州農政局 南部九州土地改良調査管理事務所 計画課	園田 和記 龍山 英一 ○ 末本 崇	
14:12 ~ 14:35 休憩						
【セッション2-B】						座長:園田 高史(熊本県)
14:35 ~ 14:47	2-7	66	土水路のり面の安定性検証	若鈴コンサルタンツ株式会社 九州支店	○ 大前 壽人	
14:47 ~ 14:59	2-8	68	弾塑性有限要素法による盛土築造過程を考慮した盛土基礎地盤の挙動解析	九州大学大学院生物資源環境科学府 九州大学大学院生物資源環境科学府 九州大学大学院生物資源環境科学府	○ 青木 拓磨 東 孝寛 中野 晶子	
14:59 ~ 15:11	2-9	70	有明粘土(新明試料)の強度特性	九州大学大学院生物資源環境科学府 九州大学大学院生物資源環境科学府 九州大学大学院生物資源環境科学府	○ 神川 光 東 孝寛 中野 晶子	
15:11 ~ 15:23	2-10	72	粘性土地盤における鋼矢板護岸工でのコスト縮減に向けた検討について	九州農政局筑後川下流右岸農地防災事業所 佐賀大学全学教育機構 佐賀大学名誉教授	○ 西尾 徹 近藤 文義 甲本 達也	
15:23 ~ 15:35	2-11	76	水平方向に切り出した供試体を使用した一軸圧縮試験による変形係数について	佐賀大学全学教育機構 佐賀大学農学部 (株)技術開発コンサルタント (株)技術開発コンサルタント	○ 近藤 文義 阿南 光政 山崎 拓治 住吉 和彦	
15:35 ~ 15:47	2-12	80	竹繊維からなる法面緑化基盤材の乾燥に伴う材料の不可逆的硬化のメカニズムについて	九州大学名誉教授 (株)グリーン有機資材 武巳建設(株) 武巳建設(株) (株)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	
15:47 ~ 15:59	2-13	84	ジオポリマー材料の化学的・物理的特性について	佐賀大学名誉教授 沖縄科学技術大学院大学 沖縄科学技術大学院大学 沖縄科学技術大学院大学	○ 甲本 達也 Hyung-Been Kang 高橋 愛 甲本 真也	

オーラルセッション(10月27日):第3会場 (1F ハーモニーホールB)

【セッション3-A】					座長:中村 一成(沖縄県)	
<時刻>	<番号>	<頁>	<講演題目>	<所属>	<講演者>	
13:00 ~ 13:12	3-1	90	海岸樋門の閉塞に伴う機能回復工法の検討について	熊本県天草広域本部農林水産部農地整備課 熊本県県央広域本部農林部農地整備課	○立石 和宏 ○廣田 晃大	
13:12 ~ 13:24	3-2	92	地元におけるクリーク事前放流への取り組みについて	佐賀県佐賀中部農林事務所 佐賀県佐賀中部農林事務所	○井上 賢二 ○佐藤 聡子	
13:24 ~ 13:36	3-3	94	白石平野における洪水貯留機能について	佐賀県 農林水産部 杵藤農林事務所	○片淵 政貴	
13:36 ~ 13:48	3-4	96	農業水路等長寿命化・防災減災事業 頭首工の機能診断・機能保全計画策定について	鹿児島県 鹿児島地域振興局 農村整備課 株式会社 サタコンサルタンツ	○田中 響太郎 ○安田 憲司	
13:48 ~ 14:00	3-5	98	百枝頭首工(川辺ダム)の排砂ゲート改修の施工事例について	大分県 中部振興局 農林基盤部	○池上 正人	
14:00 ~ 14:12	3-6	100	コンクリート製農業用水路の環境用水としての可能性について	宮崎大学農学部	○中園 健文	

14:12 ~ 14:35 休憩

【セッション3-B】					座長:川内 芳信(宮崎県)	
<時刻>	<番号>	<頁>	<講演題目>	<所属>	<講演者>	
14:35 ~ 14:47	3-7	102	宇城海岸における大口樋門の樋管補修工法の検討について	熊本県県北広域本部阿蘇地域振興局農林部農地整備課	○玉利 侑誠	
14:47 ~ 14:59	3-8	104	パイプライン(異形管)における防食調査について	鹿児島県大島支庁徳之島事務所農村整備課	○時吉 達也	
14:59 ~ 15:11	3-9	106	反転工法(INS工法)による管更生工事	九州農政局北部九州土地改良調査管理事務所 九州農政局北部九州土地改良調査管理事務所 九州農政局北部九州土地改良調査管理事務所	○内村 三信 ○山田 啓介 ○森 隼人	
15:11 ~ 15:23	3-10	108	様々な地中障害物を考慮した推進工法の選定	若鈴コンサルタンツ 九州支店	○太田 俊英	
15:23 ~ 15:35	3-11	110	小断面の隧道改修に推進工法を適用する際の留意点	若鈴コンサルタンツ 九州支店	○鈴木 稔人	
15:35 ~ 15:47	3-12	112	湛水防除事業による排水機場の築造事例について-基礎杭の施工-	福岡県飯塚農林事務所農村整備第2課	○溝上 直紀	
15:47 ~ 15:59	3-13	116	SR合成起伏堰合成起伏(ゴム袋体支持)方式の堰改修について-雷山川(福岡県糸島市泊ほか)における事例-	福岡県福岡農林事務所 福岡県福岡農林事務所	○瀬口 優子 ○中村 篤史	

オーラルセッション(10月27日):第4会場 (2F シンフォニーホール)

【セッション4-A】						座長:原口 博昭(鹿児島県)
<時刻>	<番号>	<頁>	<講演題目>	<所属>	<講演者>	
13:00 ~ 13:12	4-1	122	陸上養殖施設の沈殿固形物の循環システムの構築についての展望	琉球大学 琉球大学 琉球大学 琉球大学 琉球大学 琉球大学 琉球大学 琉球大学 東京海洋大学	○山岡 賢 仲村 一郎 金城 和俊 赤嶺 光 平良 東紀 諏訪 竜一 伊村 嘉美 竹村 明洋 遠藤 雅人	
13:12 ~ 13:24	4-2	124	博多湾和白干潟周辺海域における湧昇ブロックを用いた底質改善の可能性検討	(一財)九州環境管理協会 (一財)九州環境管理協会 (一財)九州環境管理協会 (一財)九州環境管理協会	○横山 佳裕 望月 祐一 山津 浩紀 藤井 暁彦	
13:24 ~ 13:36	4-3	128	HSIモデルによる希少淡水藻類オキテモズクへの生育環境評価	(一財)九州環境管理協会 北海道大学名誉教授	○城内 智行 吉田 忠夫	
13:36 ~ 13:48	4-4	130	工事から13年が経過した多自然水路の現状と問題点	(一財)九州環境管理協会	○林田 創	
13:48 ~ 14:00	4-5	132	多久市西多久地区における活性化の取組 ~棚田を守り・未来につなぐために~	佐賀県 佐賀中部農林事務所 佐賀県 佐賀中部農林事務所 佐賀県 佐賀中部農林事務所	○瀬戸 和善 荒木 梨奈 川崎 唯生	
14:00 ~ 14:12	4-6	134	さが農村のよさ発掘・醸成事業について	佐賀県東部農林事務所 佐賀県東部農林事務所	山本 壮介 ○平 慎太郎	

14:12 ~ 14:35 休憩

【セッション4-B】						座長:真崎 嘉隆(佐賀県)
<時刻>	<番号>	<頁>	<講演題目>	<所属>	<講演者>	
14:35 ~ 14:47	4-7	136	ドローンの安全飛行について	沖縄NTC株式会社 沖縄NTC株式会社 沖縄NTC株式会社 一般社団法人 国際ドローン協会	○永吉 功治 川満 真也 仲間 雄一 榎本 幸太郎	
14:47 ~ 14:59	4-8	140	情報化施工技術の活用ガイドライン(土工編)の検討	九州農政局土地改良技術事務所 九州農政局土地改良技術事務所 九州農政局土地改良技術事務所 九州農政局土地改良技術事務所 九州農政局土地改良技術事務所	○山下 貴生 岡村 政廣 財津 卓弥 中山 忍 小浮 正敬	
14:59 ~ 15:11	4-9	142	地下灌漑システムの石垣島への施工とその研究展開について	国際農林水産業研究センター 国際農林水産業研究センター 国際農林水産業研究センター 国際農林水産業研究センター 国際農林水産業研究センター 琉球大学農学部 Paddy研究所	○岡本 健 安西 俊彦 識名 安輝 前津 雅英 波照間 雄人 酒井 一人 小野寺 恒雄	
15:11 ~ 15:23	4-10	146	最新技術の導入による省力化事例について~農業土木技術職員の業務効率化の取組み~	沖縄総合事務局 石垣島農業水利事業所 沖縄総合事務局 石垣島農業水利事業所 沖縄総合事務局 石垣島農業水利事業所 沖縄総合事務局 石垣島農業水利事業所 沖縄総合事務局 石垣島農業水利事業所 沖縄総合事務局 石垣島農業水利事業所 沖縄総合事務局 石垣島農業水利事業所	今別府 純一 大熊 和博 親川 和人 段 安幸 岡本 真実 親泊 愛 ○土井 正樹	
15:23 ~ 15:35	4-11	148	ほ場整備事業の確定測量における効率的な手法	熊本県南広域本部農林水産部農地整備課	○井手 照公	
15:35 ~ 15:47	4-12	150	音響測深法による農業用ため池堆砂測量手法の検討	アジアプランニング株式会社 アジアプランニング株式会社 アジアプランニング株式会社 アジアプランニング株式会社	○田島 英樹 上原 淳史 田畑 智廣 江原 実里	
15:47 ~ 15:59	4-13	154	水田におけるICT水管理に関する調査結果と今後の展望	鹿児島県土地改良事業団体連合会 事業部 農村整備課	○飯田 健吾	

講習会(10月28日) (2F フラワーホール)

<時刻>	<番号>	<講習課題>	<講師>
10:00 ~ 11:00	L-1	土地改良法の一部改正について	樋口 崇 農林水産省農村振興局整備部土地改良企画課

オーラルセッション

第1会場

水理, 水文・水質・気象,
材料・施工

ため池工事でのコンタクトクレイ含水比簡易決定方法の提案

株式会社キョウワ ○ (正) 山田有一 (非) 熊本智之
 (非) 塚本浩士
 株式会社末宗組 (正) 佐々木武彦

1. はじめに

ダムでは、漏水防止にコンタクトクレイを地山底部、掘削側壁部、構造物壁面等に使用している。大規模ダムでは、設計上の思想が各ダムで異なり、コンタクトクレイ仕様も各ダム実施設計で決定されている。各ダムの仕様では、厚さ、含水比、施工機械、転圧方法等に、ダム特有値がある。コンタクトスラリーの使用の場合もある。しかし、ため池では、小規模ダムとしてのコンタクトクレイ取り扱いが、詳細には定められていない。ため池の多くは、各県の特記仕様書の使用記載と、ため池設計指針の記載基準の2点が根拠として見受けられるが、施工方法・含水比決定方法が不明確である¹⁾。

2. 今後のため池のコンタクトクレイの必要性

建設産業の担い手不足から、ため池工事でも生産性向上の面からコンクリート2次製品底樋使用²⁾、盛土接着面とコンクリート処理の省略等を行う方向性にある。ため池漏水原因の1つに、大ダムと同じく構造物、地山等の接着不良がある。特にため池では、底樋コンクリート等の構造物と盛土接合部の遮水部転圧不十分で漏水が発生した事例がある。その対策では、盛土の締め固め密度向上で対応する方法もある。しかし、転圧だけでは、土とコンクリートの接着が不十分の可能性はある。今後、施工が容易で、漏水に対して安全であるコンタクトクレイ施工を適切に管理して施工することが非常に重要になると思われる。

3. 現行コンタクトクレイの決定基準の状況

ため池設計指針記載例³⁾ (P112.115)「なお、コンタクトクレイ材を用いる場合は表-3.5.8と同等の材料とする。」(表-1)と記載されている。

又、一般的なダムにおけるコンタクトクレイ含水比決定規準は(表-2)となっていることが多い。この2つの基準のみでは、各ため池のコンタクトクレイの含水比決定までは、手順が不明確である。このため、遮水に効果的な工法を容易に取組める状況がないのではないかと懸念している。

4. コンタクトクレイ管理含水比の決定方法の手順

地方自治体施工規模のため池工事での、施工の安心感(遮水性能確保)、施工管理の容易さを兼ね備えた簡易な、ため池工事のコンタクトクレイ含水比決定方法を提案したい。手順は図-1に示すとおりで概要は以下になる。

- ① 刃金土使用土を W_{opt} 以上で、5含水比変化させる。
- ② ~⑥ 現地プレキャスト製品に接着後に、手で引っ張り接着状況を確認する。原始的な方法だが、手で引張ると、接着の程度を十分に確認できる。(表-3)

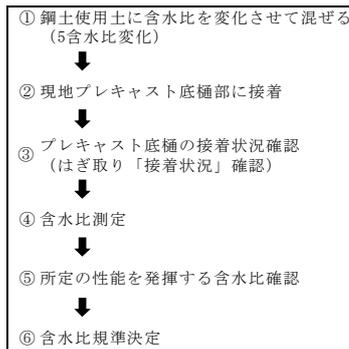
表-1 ため池設計指針記載例

[表-3.5.8 土質材料の標準的な品質(参考)]

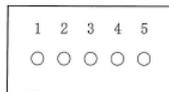
品質項目	標準値
粒度	(75 μ m以下)50%以上
最大粒径	20mm
含水比	60~70%
塑性指数 IP	15以上

表-2 一般的ダムのコンタクトクレイ材料基準

品質項目	コンタクトクレイ材料
IP(塑性指数)	≥ 15 (粘土分が多い場合大)
最大粒径	≤ 10 mm 団子状になる柔らかさ



(図-1) コンタクトクレイ 含水比決定手順



[供試 5 本接着状況]

表-3 コンタクトクレイ 含水比接着状況

供試体番号	プレキャスト接着状況	含水比(%)	接着状況確認
①	接着力 小	42.9	△
②	接着力 大	45.5	○
③	接着力 大	44.8	○
④	接着力 中	45.4	○
⑤	接着力 小	50.4	△



2次製品底樋側面図

5. コンタクトクレイ施工事例

今回の簡易施工管理方法で、ため池改修工事のコンタクトクレイ含水比決定(表-4)を行い、工事を実施した。施工者の判断は以下(表-5)のとおりである。

表-4 今回ため池の物理特性とコンタクトクレイ含水比

最適含水比	決定含水比	設定管理値幅	施工時含水比	液性限界
38.8%	45%	±5%	45%~48%	78.0%



コンタクトクレイ作成状況



コンタクトクレイ施工状況



表-5 コンタクトクレイ 施工者の判断

コンタクトクレイ施工者の判断	
①含水比調整の難易:	加水を行うだけなので調整は難しくない。
②施工の難易	含水比が高ただけに、締まりのよい最適含水比より難しい。
③遮水に効果的の感触	2次製品によく付着できている感覚があった。

6. まとめ

最適含水比の刃金土でも、コンクリート構造物に対して塑性の異質構造材であるため、コンタクトクレイに比すると接着状況には留意を要する。しかし、含水比を上げる調整を行うと、刃金土の粘着力が大きくなり両者の接着状況はかなり良くなる。生産性向上の状況の中でも確実に遮水性能を発揮させるには、コンタクトクレイを適切に容易に使いこなせる手順が必要であると考えます。

ため池特措法で、多くのため池改修が計画されている。施工の主役である若手技術者達に十分な資料、管理基準を与え、安全なため池工事を実施できる環境として、コンタクトクレイの具体的基準を文書化する時代が来ていると考える。

参考文献

- 1)ため池整備工事におけるコンタクトクレイの施工について：長崎県島原振興局農林水産部農村整備課(非)本田廉人 2020年
- 2)プレキャスト底樋管によるため池改修事例：門脇裕 2010年
- 3)農林水産省農村振興局：土地改良事業設計指針「ため池整備」2015年

宮崎県中部農林振興局管内のため池改修事業について

現 宮崎県西諸県農林振興局（非）永井 俊吉
前 宮崎県中部農林振興局

1 はじめに

宮崎県中部農林振興局管内(以下、中部管内)は、宮崎県宮崎市、国富町、綾町の3市町で構成されており、宮崎県内の約5割のため池が中部管内に位置している。

県では、「防災重点農業用ため池に係る防災工事等の推進に関する特別措置法」に基づき、防災重点農業用ため池の防災工事等を集中的かつ計画的に推進しており、現在、中部管内では県営事業で10地区の改修工事を行っているところである。

今回は、都市近郊のため池の地盤改良施工事例、ため池底樋の構造事例、ため池洪水吐の構造事例を紹介する。



図1 位置図



(代表的な) 谷池



(代表的な) 皿池

写真1 代表的なため池の形態

2 ため池堤体地盤改良について

中部管内におけるため池堤体盛土については、現場条件や施工性を考慮し含水比の高い現場発生土のままでは使用せず、石灰系固化材を添加して、盛土材に使用している。

これまで、一般的な粉末状の石灰系固化材を使用していたため、隣接家屋への飛散防止が最大の課題となっていたが、今回、極めて飛散の少ない防塵型の石灰系固化材を使用することで粉塵による生活環境への影響を最小限に抑えることができた。

なお、防塵型の場合、資材価格が高くなるが、施工業者の攪拌作業の負担軽減等施工性における効果や飛散防止によってため池及び周辺の生態系の保護にも期待ができると考える。



一般的な石灰系固化材

防塵型石灰系固化材

写真2 固化材飛散状況

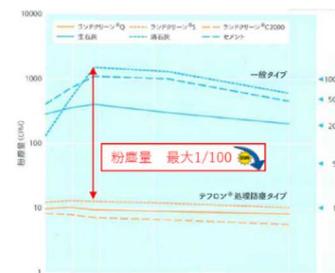


図2 防塵性能比較図

3 底樋構造について

宮崎県内のため池底樋改修では、これまで経済性を重視し遠心力鉄筋コンクリート管での施工事例が多かったが、コンクリート管布設後に鉄筋コンクリートで巻立てを行うことから、施工性が悪く、施工期間を要していた。

ため池工事については、他の工事に比べ、天候に左右される部分が大きく、施工期間が長期になる場合も多く、施工性についても

十分検討を行い、高耐圧ポリエチレンリブ管での底樋管施工を行ったところ、従来の遠心力鉄筋コンクリート管の施工期間と比較し、約20日間短縮できたことから、今後は施工性も考慮したため池工事の設計を行う必要があると考える。

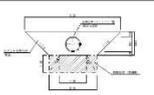
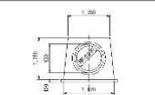
高耐圧ポリエチレンリブ管	遠心力鉄筋コンクリート管
	
○施工期間…約20日(1箇所当たり)	○施工期間…約40日(1箇所当たり)
○特徴 ・軽量であるため運搬・施工性に優れている	○特徴 ・鉄筋、型枠等の施工に手間がかかる
○概算工事費…2,520千円(1箇所当たり)	○概算工事費…2,150千円(1箇所当たり)
◎(施工性、経済性に良い)	○(施工性が劣る、経済性は良い)

図3 底樋比較表

4 洪水吐構造について

中部管内の瓜生野大池では、平成12年度にため池本体改修を行っていたため、洪水吐のみの改修を行った。

洪水吐の設置位置や断面に制約が課されていたため、越流堰型のラビリンス堰を採用した。ラビリンス堰の特徴は、従来の平面的で直線型の堰よりも越流長を長くすることができ、同一幅での放流量を大きくできるとともに、直線型の堰に比べ、堰高を下げることができ、コストを縮減できる。

本地区では、ラビリンス堰にしたことで、現況洪水吐の排水能力20.00m³/secが33.93m³/secになり、13.93m³/sec排水能力が増加したことで計画排水能力を満たすことができた。



写真3 現況洪水吐



写真4 ラビリンス堰

5 おわりに

宮崎県内の防災重点農業用ため池424箇所のうち、中部管内には213箇所が選定されている。

このため、今後も引き続き、ため池の改修事業を集中的かつ計画的に行っていく必要があることから、周辺環境状況に応じ、周辺住民の要望・経済性・施工性・工事環境面を考慮した工法を検討することや管理者である土地改良区、水利組合及び地元自治会との調整が事業の円滑な推進に不可欠であると考えます。

県営ため池等整備事業におけるため池設計について ～河ヶ迫地区の事例～

宮崎県南那珂農林振興局（非）福元 千賀

1 はじめに

河ヶ迫ため池は、宮崎県日南市西部に位置し、稲作を中心とした受益地 10.9 haへ灌漑する重要な取水源の農業用ため池である。

本ため池は、明治時代に築造されたもので、施設の脆弱化により、維持管理及び用水管理に多大な労力を要している。また、ため池改修の必要性を判断する堤体の変形・変状や取水施設及び安全管理施設の機能低下又は不備などといった項目のほとんどに該当しているため、ため池施設機能が損なわれることによる下流域の被害及び危険性が非常に高く、早急な改修を必要としている。



図1 位置図

2 河ヶ迫地区の事業概要について

- 1) 事業名：農村地域防災減災事業
県営ため池等整備事業（危険ため池）
- 2) 工期：令和3年度～令和5年度
- 3) 受益面積：10.9 ha（水田）
- 4) 総事業費：1億2千万円
- 5) 事業内容：堤体工 L=50.0m 取水工 L=25.1m
洪水吐工 L=27.4m



写真1 河ヶ迫ため池

3 「防災重点ため池」及び「防災重点農業用ため池」について

「防災重点ため池」とは、決壊した場合の浸水想定区域に家屋や公共施設が存在し、人的被害を与える恐れのあるため池として、平成30年7月豪雨災害を受けて選定されたため池であり、本ため池も令和元年度に防災重点ため池に位置づけられている。また、「防災重点農業用ため池に係る防災工事等の推進に関する特別措置法（以下、特措法）」に基づき都道府県知事が指定する「防災重点農業用ため池」にも指定されており、集中的かつ計画的に防災工事を実施する必要がある。

4 ため池の設計について

ため池の改修設計にあたっては、そのため池の目的、規模、地形及びその他の条件の実情に即し、技術的そして経済的検討を行う必要がある。

まず、設計をする上で重要となる「ため池の重要度区分」であるが、重要度区分によって

液状化に対する検討や耐震性能の設定が異なる。本ため池は B 種に区分されることから、レベル 1 地震動に対して健全性を損なわない耐震性能を保持し、レベル 2 地震動に対する耐震設計は行わないこととなる。

次に、ため池及び周辺の地盤状況を把握し、工学的性質を明らかにするために地質調査及び土質試験を行った。

本地区では底樋部で 3 箇所、洪水吐部で 2 箇所の計 5 箇所の地盤状況を確認し、その結果、基礎地盤に透水層となり得る「砂質土層」及び圧密沈下を起こす可能性のある「粘性土層」で構成されていた。よって、砂質土層では現場透水試験、粘性土層では圧密試験を実施し、それら土質試験の結果を基に、ため池の所要機能及び安全性の確保を図るための設計を行った。

ため池の設計には、堤体、洪水吐、底樋や斜樋などの取水施設、緊急放流施設などがある。

貯水位の異常な上昇を防止する「洪水吐」については、越流堰の平面形状が直線形である標準堰型が主流であるが、本ため池では、堤体幅が狭いことや改修後の管理を考慮し、堰幅を縮小でき、また越流水深を小さくできるラビリンス堰を採用した。

また、ため池の維持管理や工事中の排水として利用する「底樋」については、ヒューム管をコンク

リートで巻立てる現場打ち鉄筋コンクリート工法が一般的であるが、本ため池では、施工期間の短縮を図るため、軽量かつ可撓性に富む耐圧ポリエチレンリブ管工法を採用した。

このように、河ヶ迫地区の条件や今後の維持管理のしやすさ、施工性、経済性などを総合的に判断し、ため池改修の設計を行った。

5 おわりに

ため池の改修は各施設が必要な機能と安全性を有し、かつ、経済的でなければならないため、その地区の条件や特性に応じた設計及び工法を十分に検討する必要がある。

特措法の制定により、今後ため池整備事業が増えることが予想される。管内の 2 市にはそれぞれ 40 箇所以上の防災重点農業用ため池が存在し、そのほとんどが築造されて以来、未改修の状態である。ため池の定期的な点検かつ防災工事の推進により、災害に強い持続可能な生産基盤を確立することが急がれる。

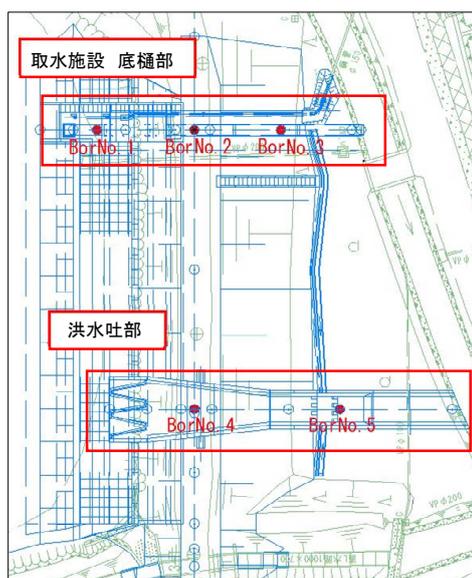


図 2 地質調査位置平面図

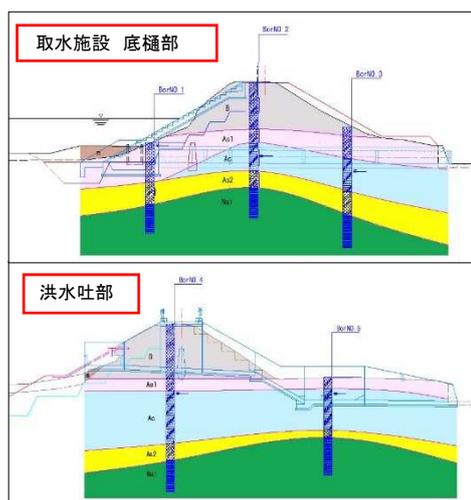


図 3 地質調査結果

佐賀県ため池保全管理サポートセンターの取組み

—ため池の適正な保全管理に向けて—

佐賀県ため池保全管理サポートセンター

(佐賀県土地改良事業団体連合会)

○(正)坂口 誠治, (正)山口 和博, (非)下平 諒

1. はじめに

近年の集中豪雨や大規模地震の発生等により、ため池の決壊による下流域への甚大な被害が危惧されている。このため、農業用ため池※の適正な管理と保全を図り、決壊等による災害を未然に防止することを目的に、県では佐賀県土地改良事業団体連合会内に「佐賀県ため池保全管理サポートセンター」を令和3年6月1日に開設し、農業用ため池の点検・管理方法等の相談や応急対策の指導・助言等の技術的支援を、ため池管理者へきめ細かく行っている。

本報では、令和3年度における佐賀県ため池保全管理サポートセンターの取組みについて報告する。

2. ため池管理に関する相談

2-1 取組み状況及び報告

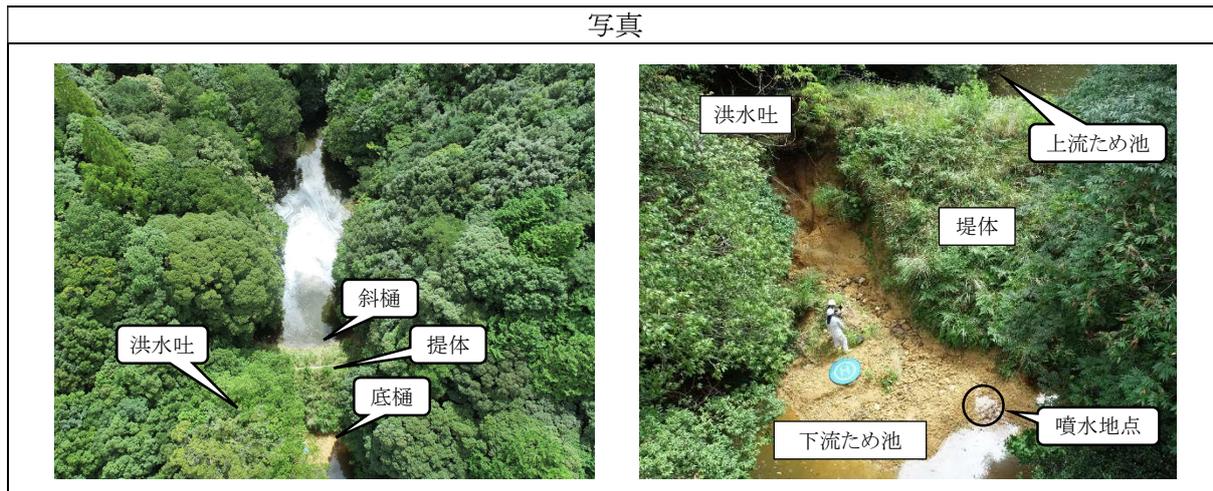
農業用ため池に関する応急対策、補修、廃止、点検・管理方法や地元の管理体制づくり等について、窓口相談及び必要に応じて現場対応を実施した。なお、現場対応した実施事例を下記に示す。

表-1 相談記録票(抜粋)

受付方法	電話・メール・ その他 (現地パトロール)
相談内容	近年使用していないため池が被災しているため、現地状況の確認をお願いしたい
概要	聞き取り <ul style="list-style-type: none"> ・立会者: 地元役員1名 ・当該ため池は近年使用していない。 ・令和元年度及び令和3年度の大雨にて、堤体が被災している。
	現地状況 <ul style="list-style-type: none"> ・当該ため池は、下流ため池との親子ため池である。 ・洪水吐を越流、若しくは漏水等により、堤体が被災したと推測される。 ・上記被災による土砂崩壊により、底樋出口が埋没し貯水位を低下させることが困難である。(斜樋栓は開栓されており、底樋埋没箇所から少量の噴水が見られる。) ・堤体の背面が流出し、脆弱な状態である。
指導・助言内容	当面の対策 <ul style="list-style-type: none"> ・大雨や地震等の自然災害に備えて、埋没した底樋出口を復旧する。 ・当該ため池は、近年使用していないことから、貯水位を出来るだけ低下させる。(底樋より貯水を放流) ・堤体被災箇所は、応急処置としてブルーシート等で覆って保護する。
	今後の検討 <ul style="list-style-type: none"> ・このまま放置すれば、堤体が破堤し下流ため池へ直接土砂流入し、甚大な被害を及ぼす可能性があることから、早急な対策が必要である。 ・当該ため池は、近年使用されていないため、ため池の廃止の検討も必要である。但し、ため池の廃止については、貯水機能を喪失させるため、受益者等の意向及び将来の必要性等を十分に検討する必要がある。

※本報での「農業用ため池」とは、防災重点農業用ため池のことをいう。

写真



2-2 取組み実績

相談者の内訳(図-1)では、相談総数45件であり、市町や水利組合等のため池管理者が全体の93%を占めている。

一方、ため池管理者ではない一般住民からの相談が3件あった。



図-1 相談者の内訳

相談内容の内訳(図-2)では、堤体の変状である浸食・陥没、漏水や安全性に関する相談が25件(40%)であり、最多であった。

また、対策工事や応急措置に関する相談が18件(29%)であった。

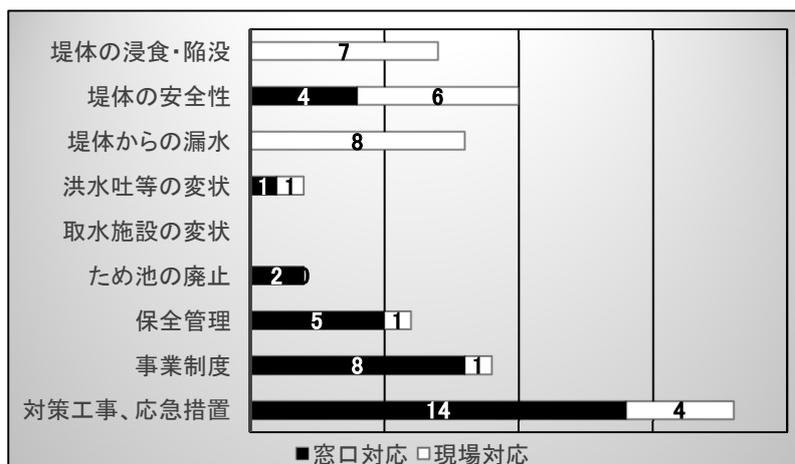


図-2 相談内容の内訳

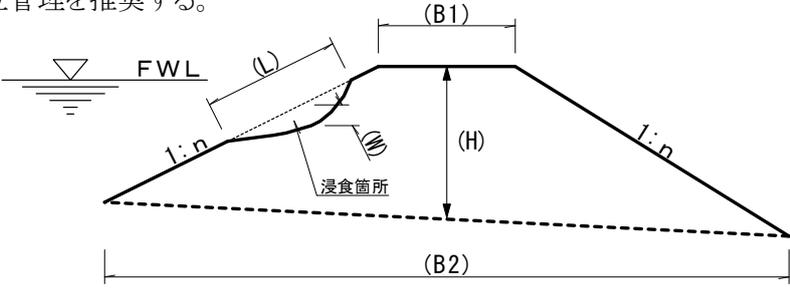
3. 現地パトロール

3-1 取組み状況及び報告

巡視が必要な農業用ため池について、専門技術者による現地点検を行い、現地パトロールの結果をため池管理者等へ通知を行った。また、その結果に基づき必要に応じて、技術的な指導・助言等を実施した。なお、現地パトロールの実施事例を下記に示す。

表-2 現地パトロールの結果票(抜粋)

項目	現地パトロール結果
現地概要	<ul style="list-style-type: none"> ・堤体表側法面が、著しく浸食している。 (L=4.0m, W=0.5m) ・洪水吐の前面には、局所的に陥没が見られる。 ・取水施設では、斜樋が露出し堤体との間に隙間が生じている。

項目	現地パトロール結果																				
指導・助言 内容	<p>(1) 堤体法面の浸食 変形率(概算)の算定では、ため池改修工事の目安(判定値 5.0%)に対し、現況の変形率は 3.8%である。このため、早急に対策を行う必要はないが日常管理において継続的な監視が必要である。また、法面浸食の進行を抑制するため、土のう等の設置や低水位管理を推奨する。</p>  <table border="1" data-bbox="1204 459 1380 705"> <thead> <tr> <th colspan="2">凡例</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>B1</td> <td>1.5m</td> </tr> <tr> <td>B2</td> <td>14.5m</td> </tr> <tr> <td>H</td> <td>4.4m</td> </tr> <tr> <td>L</td> <td>4.0m</td> </tr> <tr> <td>W</td> <td>0.5m</td> </tr> </tbody> </table> <p>ため池台帳より</p> <table border="1" data-bbox="446 705 1173 862"> <thead> <tr> <th>区分</th> <th>計算式</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>堤体断面積</td> <td>$(1.5 + 14.5) \times 1/2 \times 4.4 = 35.20\text{m}^2$</td> </tr> <tr> <td>浸食断面積</td> <td>$2/3 \times 4.0 \times 0.5 = 1.33\text{m}^2$ [放物形面積]</td> </tr> <tr> <td>変形率</td> <td>$1.33 \div 35.20 = 0.038 = 3.8\%$</td> </tr> </tbody> </table> <p>(2) 洪水吐の陥没 洪水吐前面部の法面陥没は、洪水吐の構造に影響を及ぼすとともに、パイピング(水みち)を起因することが考えられるため、早めの補修が必要である。</p> <p>(3) 斜樋の露出 斜樋の露出は、斜樋の破損及びパイピング(水みち)を起因することから、土のう等にて早めの補修が必要である。</p>	凡例		B1	1.5m	B2	14.5m	H	4.4m	L	4.0m	W	0.5m	区分	計算式	堤体断面積	$(1.5 + 14.5) \times 1/2 \times 4.4 = 35.20\text{m}^2$	浸食断面積	$2/3 \times 4.0 \times 0.5 = 1.33\text{m}^2$ [放物形面積]	変形率	$1.33 \div 35.20 = 0.038 = 3.8\%$
凡例																					
B1	1.5m																				
B2	14.5m																				
H	4.4m																				
L	4.0m																				
W	0.5m																				
区分	計算式																				
堤体断面積	$(1.5 + 14.5) \times 1/2 \times 4.4 = 35.20\text{m}^2$																				
浸食断面積	$2/3 \times 4.0 \times 0.5 = 1.33\text{m}^2$ [放物形面積]																				
変形率	$1.33 \div 35.20 = 0.038 = 3.8\%$																				

写真



3-2 取組み実績

現地パトロールにおいて、対策を必要とする施設が 45 件(38%)であった。また、受益農地の荒廃等により既に利用されていない施設、ため池管理者からの廃止希望等により、廃止の検討が必要な施設が 9 件(7%)あった。

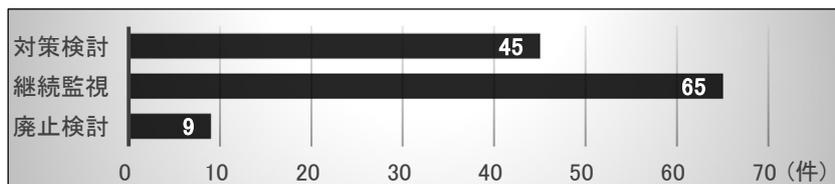


図-3 現地パトロールの結果(対策の要否)

堤体に関する変状(陥没・浸食・樹木の繁茂、漏水)は、176件(53%)と半数以上を占めた。多くの変状箇所は、既にため池管理者で把握されていたが、新たな漏水やパイピング、構造物の変状が今回の現地パトロールで判明した。また、堤体表側で浸食が見られる施設は、堤体変形率を概算で算定し数値化することで、今後の対策の一助とした。

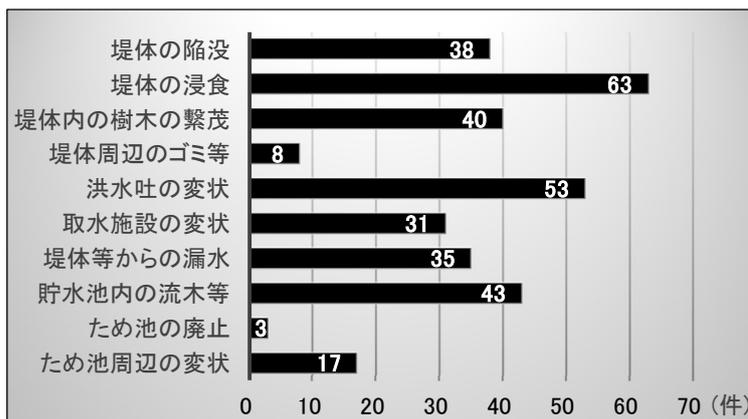


図-4 現地パトロールの結果(変状別)

4. 普及啓発活動

ため池管理者等を対象に、日常管理や定期点検の方法、緊急時の対応等のため池管理に必要な技術習得を目的として技術研修会を予定していたが、新型コロナウイルス感染症の動向及び豪雨災害の状況を鑑みて開催を中止した。そこで、ため池管理者向けに作成した「ため池点検マニュアル」を配布した。

5. アンケート調査

ため池管理に関する相談及び現地パトロールを実施したため池管理者を対象に、アンケート調査を実施した。調査結果では、サポートセンターの開設について、チラシ(リーフレット)の配布、新聞等の報道機関を活用した広報活動に取り組んできたが、その他の事項に該当する「立会時に知った」や「全く知らなかった」との回答が18%を占めた。

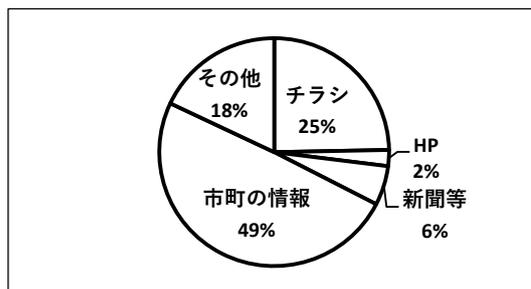


図-5 サポートセンターの開設について

次に、サポートセンターの活動については、集中豪雨の頻発化・激甚化する中、農業従事者の減少による施設の保全管理に要する労力の増大等により、管理体制が脆弱化しているため、「指導・助言がありがたい」「他地区も依頼したい」「今後も相談をお願いしたい」等の声が寄せられている。

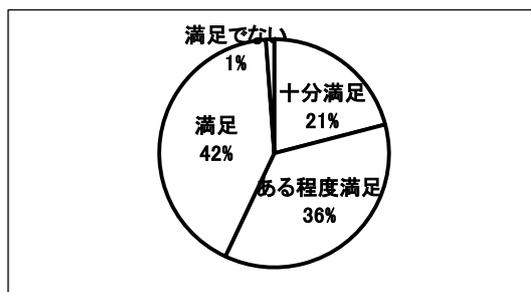


図-6 サポートセンターの活動について

6. 最後に

農業用ため池の老朽化の進行や災害リスクが高まる中で、施設の適切な保全管理により、ため池の災害を未然に防止することが大きな課題となっている。

佐賀県ため池保全管理サポートセンターでは、現場対応を含む相談窓口の開設、現地パトロール、持続性のある普及・啓発活動としての研修会等を通じて、ため池管理者が抱えるため池の保全管理に関する不安を取り除くとともに、ため池の保全管理に関する技術力の向上及び、適正な保全管理に資することとしている。また、施設の長寿命化、災害の未然防止及び事故の防止等のリスク管理に資する取組みを支援することで、農業の持続的な発展に寄与できると考える。

ため池整備工事における ICT 活用事例について

長崎県壱岐振興局農林水産部農林整備課 ○(非)桑原省吾
長崎県島原振興局農林水産部土地改良課 (非)中嶋和成

1. はじめに

ため池整備工事は、天候に左右されやすい土工事が主である。また、営農の関係で工期が制約される場合があるため工程管理が難しい。さらに築堤工の施工では、各層での出来高管理、施工日毎の含水比管理、進捗状況に応じた現場密度・透水試験による品質管理を行う必要がある。管理回数が多いため、経験豊富な技術者や労働者を確保する必要がある。しかし、建設業界全体で技術者・労務者の不足が深刻な状況である。そのため、ため池整備工事では度々不調不落が発生する。

近年、工事の測量、施工、出来高管理に情報通信技術情（ICT）を活用することで、従来の施工技術と比較して高い生産性と施工品質の実現が期待される。今回、ため池整備工事の不調不落対策の1つとして、試行的にICT活用工事に取り組んだ長崎県壱岐島の貝畑ため池整備工事（以下、「当該工事」という）の事例を紹介する。

2. 芦辺地区の概要

事業名：農村地域防災減災事業
工期：平成28年度～令和5年度
総事業費：285,000千円
負担区分：国60%、県31%、市7%、
 地元2%（令和2年度まで）
ため池数：4ため池

3. 貝畑ため池の概要

所在地：壱岐市芦辺町箱崎江角触
受益：11.4ha、52戸
工事費：57,885,300円
工期：令和2年8月17日
 ～令和3年3月25日

改修施設：

堤体	傾斜遮水ゾーン型	
	堤高	4.2m
	堤長	43.5m
	貯水量	11千m ³
洪水吐	正面越流型	22.6m
取水施設	斜樋工	6.9m
	底樋工	15.2m



図1. 貝畑ため池位置図



図2. 貝畑ため池 着工前写真

4. ICT活用内容

ICT活用工事とは施工プロセスでICTを活用する工事である。当該工事で実施した内容は以下のとおりである。

1) 3次元起工測量

- ・地上型レーザースキャナーを用いて3次元起工測量を実施し、3次元点群データを取得した(図3)。

2) 3次元設計データ作成

- ・3次元起工測量で取得した点群データに3D画像データを反映し、3次元設計データを作成した(図4)。

3) ICT建設機械による施工(掘削・盛土)

- ・MG(マシンガイド)機能付バックホウを用いて、運転席に備え付けたモニターで画像を確認しながら掘削・敷均し・法面整形を実施した(図5)。
- ・転圧管理システムを導入した振動ローラの運転席に備え付けたモニターで転圧の範囲と回数を確認しながら、締固め作業を実施した(図6)。

4) 3次元出来形管理等の施工管理

- ・施工後、地上型レーザースキャナーを用いて、完成断面の3次元点群データを取得した(図7)。
- ・出来形測定箇所は3次元設計データの管理断面の始点から終点までの全ての範囲で10cmメッシュ毎に1点以上の出来形座標値を取得し、3次元出来形管理を行った。

5) 3次元データの納品

- ・3次元施工管理データを工事完成図書として電子納品した(表1、2)。



図3. 3次元起工測量結果

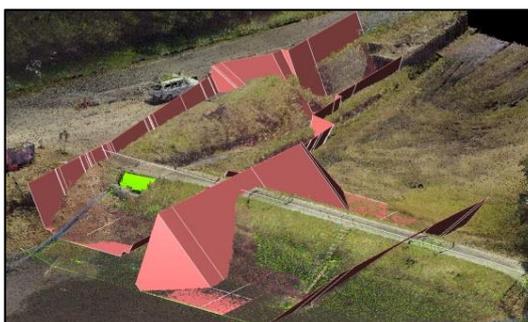


図4. 3次元設計データ



図5. ICT建設機械による掘削状況



図6. ICT建設機械による締固め状況

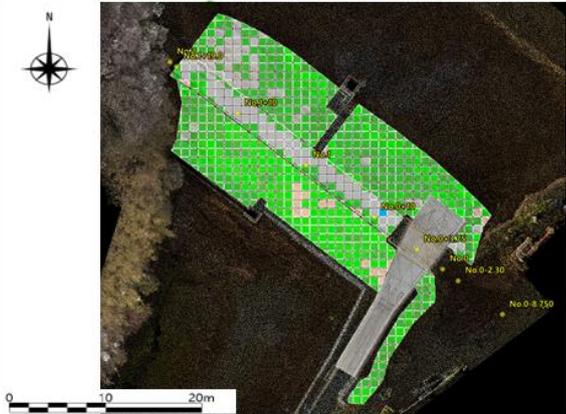


図7. 完成断面の点群データ

表 1. 出来形管理図表

工事名	芦辺地区貝畑ため池整備工事	工種	築堤工
測点	No.0-2.30 ~ No.1+19.0	合否判定結果	合格

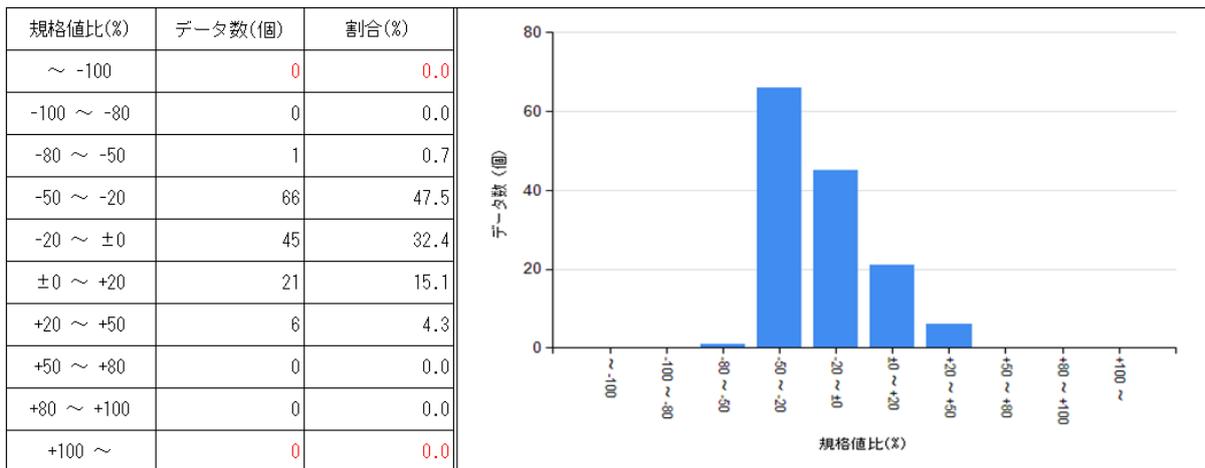
測定項目		規格値	判定
天端 標高較差	平均値	-16.2mm ±100mm	○
	最大値(差)	41mm ±100mm	○
	最小値(差)	-52mm ±100mm	○
	データ数	139 1点/m ² 以上 (97点以上)	○
	評価面積	96.2m ²	
	棄却点数	0 0.3%以内 (0点以下)	○
法面 標高較差	平均値	-4.7mm ±80mm	○
	最大値(差)	66mm ±190mm	○
	最小値(差)	-53mm ±190mm	○
	データ数	617 1点/m ² 以上 (482点以上)	○
	評価面積	481.4m ²	
	棄却点数	0 0.3%以内 (1点以下)	○



天端の ばらつき	規格値の±80% 以内のデータ数	139 (100.0%)	法面の ばらつき	規格値の±80% 以内のデータ数	617 (100.0%)
	規格値の±50% 以内のデータ数	138 (99.3%)		規格値の±50% 以内のデータ数	617 (100.0%)

表 2. 分布表 (天端標高較差)

工事名	芦辺地区貝畑ため池整備工事	測定項目	天端
工種	築堤工		



5. ICT活用効果の考察

当該工事でのICT活用効果について、生産性（作業日数と総作業人員数）と施工品質の観点から考察を行う。ICT建設機械による施工を掘削と盛土（築堤）を対象に実施しているが、対象となる掘削数量が少量であるため築堤工のみをICT活用効果の考察対象とする。

5-1. 生産性（作業日数と総作業人員数）

生産性に関するICT活用効果の考察については、従来の工法で築堤工（刃金土・靴土）に必要となる作業日数と総作業人員数に対し、ICTを活用した築堤工の実績作業日数と実績総作業人員数を比較することで行う。

平成31年度土地改良工事積算基準（土木工事）に記載の作業日当り標準作業量から、従来の工法で築堤工に必要となる施工日数を算出した結果、築堤工に必要となる作業

日数は30日間と算出された。ICTを活用した当該工事の実績数量は作業日数23日間であったため、従来の工法と比較しICTを活用することで7日間（23%）短縮できた。

過年度のため池整備工事の施工状況から、従来の工法では築堤工にため池機械運転手（1人）、ため池作業員（3人）、土取場機械運転手（1人）、土砂運搬運転手（1人）の6人/日が必要と仮定した。よって、従来の工法で築堤工に必要な総作業人員数を算出すると6人/日×30日＝180人となる。ICTを活用した当該工事の実績総作業人員数は111人であり、従来の工法と比較しICTを活用することで69人（38%）の総作業人員数を減らすことができた。

6-2. 施工品質

表1、2に記載のとおり、築堤工における天端・法面の出来形のばらつきが規格値の概ね50%以内に収まり、精度の高い施工を行うことができた。また、法面の出来高については切土・盛土に関係なく精度の高い施工を行うことができた。

築堤工の品質管理項目である現場密度・現場透水試験の結果も規格値を満たす結果となり、発注者が求める品質を満たすことができた。

6. おわりに

芦辺地区貝畑ため池整備工事にICTを活用することで築堤工において作業日数、総作業人員数を減らし、従来の工法と比較して生産性の高い工事を行うことができた。ため池整備工事の不調不落の原因である工程管理の難しさ・技術者や労務者の不足に対応できたと考えられることから、ICT活用工事はため池整備工事の不調不落の対策の1つになり得ると考える。また、ICTを活用することで当該工事では精度の高い施工を行うことができた。

しかし、ICT活用工事を実施することで3次元起工測量経費、3次元設計データ作成経費、ICT建設機械経費、ICT施工用機器のシステム初期費などの追加費用が別途生じ、その額は当該工事では工事費の1割程度となった。ICT活用工事の対象工事として受注者希望型でため池整備工事を発注した場合、受注者のICT活用次第で発注後に工事費用が大きく増額となる可能性があり、予算管理が非常に難しくなる上、事業計画の重要な変更の要因になることが懸念される。また、費用対効果においては総費用総便益比が1.0を下回る可能性がある。さらに地元負担を伴うNN事業の場合、ICT活用に伴う工事費用の増額について、地元への説明が課題となる。

ため池整備工事にICTを活用することで得られる利点は多いが、ICT活用に伴う追加の費用が事業に及ぼす影響については事前に考慮する必要がある。また、今後、新規でため池整備事業を行う地区については、ICT活用の費用も考慮した上で事業計画を立てる必要があると考える。



図8. 貝畑ため池 完成写真

1-6

ICT の利用によるため池整備工事の施工について

長崎県県北振興局 農林部 土地改良課 (非)山口真歩

1. はじめに

佐世保2期地区二反田ため池は、大正時代に築造された、貯水量 2 千 m³、堤長 100.4m、堤高 4.00m、受益面積 5.3ha の防災重点ため池である。

本ため池下流側の腰石垣にはパイピング孔及び漏水が確認されており、他の水源にも乏しく、下流には多くの人家があることから地元住民からも早期改修が望まれていた。

しかしながら、工事の発注において、近年の建設業界における技術者不足により不調・不落が続いていた中、年度末によりやく契約することができたものである。

限られた工期のなかで、現場の施工や管理を円滑に進めるため、施工計画の段階で、受注者側からの提案により ICT を活用した施工を実施することとなったため、今回、その施工等について検証を行なった。

2. 工事概要

工事番号:2 農防第 18 号

工 事 名:佐世保 2 期地区二反田ため池
整備工事

施工業者:株式会社 平成建設

工事箇所:長崎県佐世保市松原町

工事期間:令和 3 年 2 月 8 日

～令和 3 年 11 月 30 日



写真-1 二反田ため池 着工前写真

3. 課題と取り組み

土工工事がメインであるため池工事については、降雨の影響を受けやすく、晴天が続く日に労務や機械を集中させる必要がある。また、施工管理者や作業員のスキルによって、出来形や品質が左右されやすく、熟練した重機オペレーターの確保が必要である。

しかしながら、業界全体で労働者が不足し高齢化が進んでいる中、従来のような労働者の確保は厳しい状況であり、現場において少ない労力で施工可能で、かつ一定の品質を保つ仕組みを構築し、今後、施工業者が受注しやすい環境を整えていくことが課題である。

そのため、今回、ICT の活用により、現場における少人数での施工、及びオペレーターの経験年数に左右されない出来形・品質の確保を目指し取り組みを行った。

4. ICT を活用した取り組み紹介

二反田ため池では、重機の経験年数 2 年目の若手オペレーターが ICT 重機を利用して土工工事を行った。今回は国のガイドラインに基づき、

- (1) 3次元起工測量(地上波レーザースキャナー/ドローン)
- (2) 3次元設計データ作成
- (3) ICT 建設機械による施工(MG/MC)
- (4) 3次元出来形管理などの施工管理

(5) 3次元データの納品

これら5つの全ての項目について、受注者側からの申し出により設計変更の対象として取り組んだ。測量はドローン測量、機械はMG(マシンガイダンス)で行った。

●オペレーター(経験2年)より

ICTのおかげで熟練オペレーター並の作業が可能となった。もし無ければ今回のような迅速かつ正確な作業はできなかった。

ICTの扱いについては、1日目は苦戦したが2日目から慣れた。管理面では、手元の画面を見れば現在位置や図面が全て分かるので、丁張を確認するための重機の乗り降りが無くなり、丁張が無いことで重機を動かしやすくなる等、作業がスムーズになった。

●現場代理人より

丁張をかける作業は段切り1段につき1日かかるが、丁張が不要になったため、作業手間が減り、他の作業に効率的に取り組めた。

5. ICTを利用した取り組み検証

●メリット

- ・経験の浅いオペレーターでも熟練オペレーター並の作業速度・精度が出せる。
- ・丁張が不要なため、設置手間、確認手間がなくなるとともに、重機と作業員の接触リスクが減り、安全性が向上する
- ・施工途中の座標や地盤高の確認は、移動局と専用端末を使いその場で一人が可能。
- ・施工前後測量についてもドローンで行うため早い。

●デメリット

- ・3次元データは施工業者側で作る必要があり、ソフトの操作に一定のスキルが必要。現場技術者に負担がかかる。
- ・データ作成を専門業者に外注する場合、手間とコストがかかる。



写真-2 オペレーターが確認する画面



写真-3 移動極を用いて地盤高を確認



写真-4 移動極の手元画面

- ・作成した図面どおりに機械がガイドするので、細かな変更も逐一 3次元データ化して取り込む必要があるため、現場合わせには不向きである。
- ・ICT 導入にかかるコストが大きい。(今回の工事では当初設計額 43,367 千円(税抜)に対して ICT にかかる費用が 5,240 千円かかり、1 割以上増額となった。)

6. 人材不足の解消にかかる効果

業者への聞き取りを行い、従来の施工と ICT を活用した施工で何人分の人員を削減できたか試算を行った。(表-1)その結果、ICT 活用工事では従来無かった3D 図面の作成作業が増えたものの、土工や丁張設置、日々の施工管理で大幅な人員削減ができ、工事期間中のトータルでは75人分の削減ができた。

表-1 人員削減効果の算出

項目	従来			今回			比較結果
	必要日数	必要人員/日	のべ稼働人数	必要日数	必要人員/日	のべ稼働人数	のべ稼働人数
着工前測量	2日	2人	4人	1日	1人	1人	-3人
3D図面の作成	0日	0人	0人	3日	1人	3人	3人
丁張設置	6日	2人	12人	0日	0人	0人	-12人
土工	28日	2人	56人	25日	1人	25人	-31人
施工管理	11日	3人	33人	6日	1人	6人	-27人
出来形測定	2日	3人	6人	1日	1人	1人	-5人
集計			111人			36人	-75人

7. 土量の計算について

ICT 機器による測量で切土量・盛土量が算出できるが、本工事では従来通りの平均断面法を用いて算出を行った。今回できなかった理由は、土量計算を行うには着工前、着工後のほかに途中経過として全掘削後のデータが必要であるが、本工事では工程上すべての範囲の掘削を行う前に一部埋戻・盛土をしたため、正しい土量が出せないと判断したこと、ドローン測量の回数が増えるためコスト増であること、これらの理由から従来通り平均断面法での算出を行った。算出するメッシュは 50cm×50cm、標高は mm 単位で出して計算できるため、掘削・盛土の工程がうまく組める現場では正確な土量が算出できる。

表-2 ICT 測量による土量計算表(本地区のデータを用いたサンプル)

メッシュ数	メッシュ番号(X)	メッシュ番号(Y)	中心座標(X)	中心座標(Y)	基準高	比較高	標高差	面積	切土	盛土	切盛差
1	3	7	22451.25	22504.25	235.729	235.728	-0.001	0.25	0.00025	0	-0.00025
2	3	8	22451.25	22504.75	235.667	235.684	0.017	0.25	0	0.00425	0.00425
3	3	9	22451.25	22505.25	235.603	235.642	0.039	0.25	0	0.00975	0.00975
4	4	6	22451.75	22503.75	235.779	235.845	0.066	0.25	0	0.0165	0.0165
5	4	7	22451.75	22504.25	235.718	235.808	0.09	0.25	0	0.0225	0.0225
...
4839	186	64	22542.75	22532.75	235.388	235.649	0.261	0.25	0	0.06525	0.06525
							合計	1209.5	415.14	394.453	-20.687

8. おわりに

技術者不足から、今後、建設業界において ICT を活用した工事は増えてゆくと考えられる。

しかし、工事に ICT を用いた場合、事業費の増額が大きいため、工事費の負担が生じる受益者に対しては、工事を取り巻く状況を丁寧に説明し、理解を得る必要がある。

一方でため池工事の中でも防災重点農業用ため池にかかるものは、令和 3 年度より地元負担金が 0%となったため、ICT 工事に取り組みやすい環境となっている。

まずはため池工事で積極的な ICT の活用を推進し、発注者・受注者ともに ICT 施工の知識を身に付け、ため池以外の工事でも施工業者の意向を踏まえ積極的に ICT を活用していきたい。

ため池整備における底樋改修工法について

長崎県島原振興局農林水産部土地改良課（非）西山慶

1 はじめに

本地区は、決壊の危険性が高いため池を整備することで、地域で発生する災害から農村住民の生命、財産及び生活を守るとともに、農業用施設等の防災機能の継続的な発揮を目的としており、ため池整備N=3箇所を実施している。

今回は、3ため池のうち赤松ため池における、底樋改修の工法検討および採用工法を紹介する。

2 地区の概要

【雲仙地区】

工 期：平成30年度～令和6年度（予定）

総事業費：461,000千円

主要工種：ため池整備 N=3箇所

【赤松ため池】

工 事 費：162,250千円

工 期：令和3年1月18日

～令和4年3月23日

工事内容：堤体工 L=81.6m

斜樋工 L=39.9m

底樋工 L=59.3m

洪水吐工 L=140.4m



図1 位置図

3 赤松ため池の現状

赤松ため池の底樋について、底樋内に入り現地調査を実施している。これにより、現況底樋として設置されている鉄筋コンクリート管φ1350の継手部より一定の漏水及び底樋周辺からの一部吸出しによる土砂体積を確認した。

また、底樋出口部で漏水調査を行った結果、104ℓ/minもの漏水量も確認している。

このため、今回整備により底樋を全面改修することとした。



写真1 底樋漏水状況



写真2 底樋継手漏水状況

4 工法検討

本ため池の堤高は、12.5mであり10m以上の堤高となるため、底樋改修で通常採用されている「開削工法」とあわせて、「推進工法」による改修案を検討する。また、現況の底樋管は、管径がφ1350と大きく、取水及び仮排水流量を流下させるには十分な管径であることから、「管更生工法」も比較案として検討する。

各案、施工条件が異なるため適用管径はそれぞれ以下のとおり設定する。また、本ため池は、昭和30年代に築造されており、底樋の耐用年数は過ぎており、耐久性は期待できない。

工法	開削工法	推進工法	管更生工法
設計流量	5.590m ³ /s	0.241m ³ /s	2.000m ³ /s
適用管径	φ1350	φ800	φ900
施工条件	通年の仮排水量を対象とする。	仮排水は既設管にて対応。緊急放流量のみを対象とする。	かんがい期は既設管にて仮排水を対応。非かんがい期の仮排水量を対象。

表1 各工法の設定条件

(1) 開削工法

底樋改修では一般的な工法であり、既設底樋と同じ位置にオープン掘削を行い、底樋管を新設する工法。既設底樋は撤去。

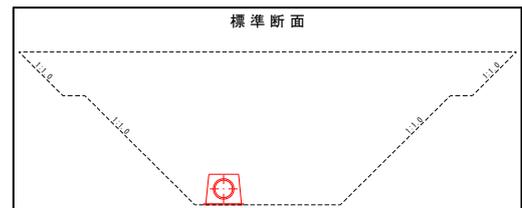


図2 開削工法イメージ

(2) 推進工法(刃口推進工法)

先端に刃口を装着した推進管を、元押ジャッキの推進力により地中に圧入し管を構築する工法。また、施工区間に一部砂礫層が存在し地下水が存在するため補助工法(薬液注入工法)が必要。既設底樋は閉塞。

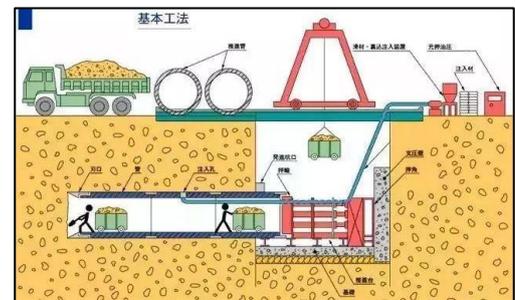


図3 推進工法イメージ

(3) 管更生工法(製管工法)

管更生工法には、「反転工法」「形成工法」「製管工法」「鞘管工法」の4種類がある。

①反転工法

熱または光等で硬化する樹脂を含浸させた材料を、既設マンホールから既設管内に反転加圧させながら挿入し、既設管内で加圧状態のまま樹脂が硬化することで管を構築するもの。

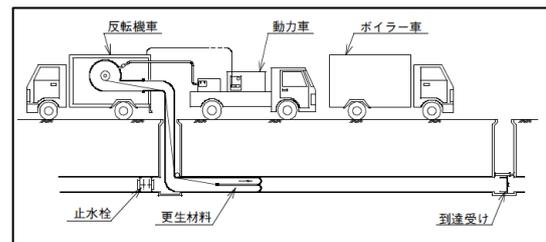


図4 反転工法イメージ

②形成工法

熱または光等で硬化する樹脂を含浸させた材料や、熱可塑性樹脂の連続パイプを既設管内に引込み、水圧または蒸気圧等で拡張・圧着させた後に硬化することで管を構築するもの。

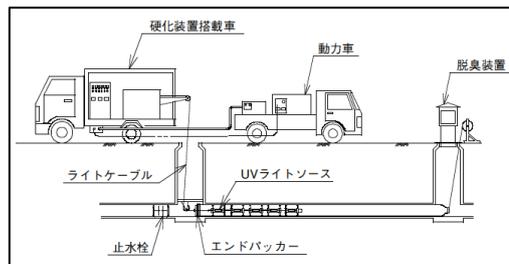


図5 形成工法イメージ

③製管工法

既設管内に硬質塩化ビニル材等を嵌合させながら製管し、既設管との間隙にモルタル等を充填することで管を構築するもの。

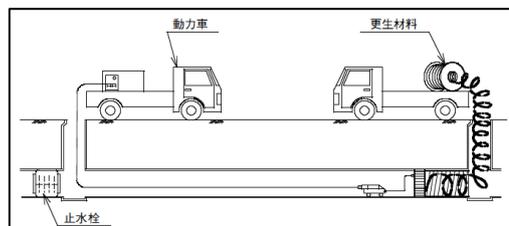


図6 製管工法イメージ

④鞘管工法

既設管内径より小さな外径で製作された管を推進もしくは搬送組み立てにより既設管内に敷設し、隙間に充填材を注入することで管を構築するもの。

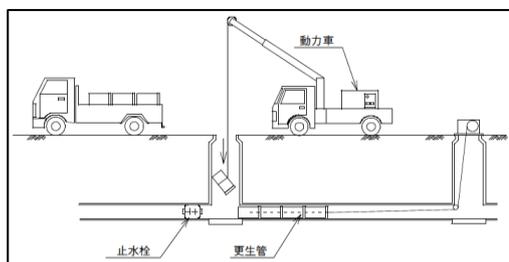


図7 鞘管工法イメージ

○管更生工法の上記に記載の各工法を検討した結果、適用可否・経済性から「製管工法(パルテムフローリング工法)」を、菅更生工法の検討工法として採用する。

工法	反転・形成工法	製管工法		鞘管工法
	インスチフォーム工法 ホースライニング工法等	パルテムフローリング工法	SPR工法	鋼管PIP工法
適用可否	土被りが深く自立管では製作不可	可	可	可
形状	—	φ 1130	φ 1120	φ 900 × 14mm
概算工事費	—	21,600千円	38,300千円	22,000千円
採用	×	○	×	×

表2 管更生工法における各工法検討結果

上記(1)～(3)の各工法を比較検討した結果、施工性および経済性より「管更生工法(製管工法_パルテムフローリング工法)」を採用する。

	第1案 開削工法			第2案 推進工法			第3案 管更生工法		
	概要	オープン掘削にて堤体を掘削し、底樋管を埋設する案。扱ひ土量が多くまた、仮置き場まで土砂を運搬する費用がかかる。			既設管の横に推進工法にて新設管を埋設し、既設の吐出樹につなげる案。土砂の掘削は必要ないが、底樋管埋設位置の一部には、砂礫層を挟んでいるため、止水及び、切羽の安定のため補助工法(薬液注入工)が必要となる。			既設管を利用して、既設管内に新たな新設管を埋設する案。自立管で最大土被りが大きいため、工法に制限がある。	
規格	底樋管 止水壁	HPφ1.350 1箇所	L=60m	底樋管 吐出樹 止水壁	推進用HPφ800 HPφ800 1箇所 2箇所	L=56m L=8m	底樋管 底樋管 止水壁	更生管φ1.130 HPφ1350	L=56m L=4m 1箇所
概算工事費	27,000千円			25,900千円			21,600千円		
総合評価	従来工法であり、信頼性が高いが、土被りが大きく、土量及び巻き立てコンクリート量が大きくなり、経済性で最も不利となる。			堤内部での作業が少なく、施工性はいいが、補助工法が必要であり高価である。			既設管を利用するため、施設が最も少なく、施工性もいい。また経済面でも有利となるため採用案とする。		
判定	×			△			○		

表3 底樋改修工法検討一覧表

5 管更生工法の施工

本ため池で現在実施中である管更生工法のうち製管工法（パルテムフローリング工法）について、施工状況等を以下のとおり紹介する。

(1) 工法説明

既設構造物内で組立てた鋼製リングに高密度ポリエチレン製の嵌合部材と表面部材を嵌合させ、既設構造物の内壁と表面部材の間に高流動・高強度充填材を充填することにより管を構築する。

(2) 施工状況

鋼製リング組立

管きよ内へ搬入中の鋼製リング

組み立てられた鋼製リング

組み立て中の鋼製リング

ポリエチレン部材のかん合

鋼製リング

PEかん合部材

PE表面部材

充てん

充てん材注入ポンプ

充てん材注入中間口

充てん材注入管端口

工事名 雲仙地区赤松ため池維持工事
工種 管更生工 地点
鋼製リング組立

工事名 雲仙地区赤松ため池維持工事
工種 管更生工 地点
かん合・表面部材組付

工事名 雲仙地区赤松ため池維持工事
工種 管更生工 地点
かん合・表面部材組付完了 (10.5m)

6 まとめ

今後、ため池特措法が昨年度制定され、防災重点農業用ため池の整備が加速化していき、ため池を改修する機会が増えてくると想定される。特に、長崎県は中山間地域であり、ため池の整備において、現場へのアクセスやため池周辺の施工ヤードが狭く施工に苦慮することが多い。

このため、各地のため池整備を検討するなかで、今回の工法紹介が今後のため池整備において、参考になれば幸いである。

筑後川下流右岸地域の地理的条件が降雨流出に及ぼす影響

佐賀大学大学院農学研究科 ○(学)原 初花
佐賀大学農学部 (正)阿南光政, (正)弓削こずえ

1. はじめに

近年, 全国各地で大雨による洪水被害が頻発しており, 2017 年に起こった九州北部豪雨では土地改良事業実施地区においても甚大な被害が生じている. 農地や農業水利施設の持つ洪水緩和機能を発揮するための方策を検討するうえで, 降雨流出過程の現状を適切に把握することが重要である. 本研究では, 国営筑後川下流事業右岸地域を対象に, 豪雨時の降雨量を実測し, 現況の土地利用状況を考慮した降雨流出量を推定することで, 当域の降雨特性と流出過程を評価した.

2. 対象地区の概要と調査方法

図 1 に本研究の対象地域と調査地点の位置を示す. 対象地域の降雨特性を評価するために, 気象庁の観測所データに加えて地域内 3 か所に雨量計を設置した (図 1). また国営筑後川下流農業水利事業の末端排水ブロックにあたる佐賀市川副地内 (排水受益面積 22 km²) を流出量の算定対象地区とし, 灌漑期および非灌漑期における作付け状況を調査した.

3. 降雨流出量の算定

本研究では, 豪雨発生時の直接流出量に注目し, 計画洪水時排水量の算定に用いられる合理式より, 降雨流出量を算定する.

$$Q_p = \frac{1}{3.6} \cdot f_p \cdot r \cdot A \quad (1)$$

ここで Q_p : 洪水ピーク流出量 (m³/s), f_p : ピーク流出係数 (-), r : 降雨強度 (mm/h), A : 流域面積 (km²) である. 流出計算は GIS を用いて一筆ごとに算出集計した.

4. 結果と考察

対象地域の降雨特性を検証するため, 佐賀観測所の観測値を基準として, 各地点の観測データを比較した. 図 2 は 2022 年 8 月 1 日から 22 日の 1 時間雨量の差分 (佐賀観測所データ - 他地点データ) を示す. 佐賀観測所は他の地点より降水量が比較的多い傾向がうかがえる.

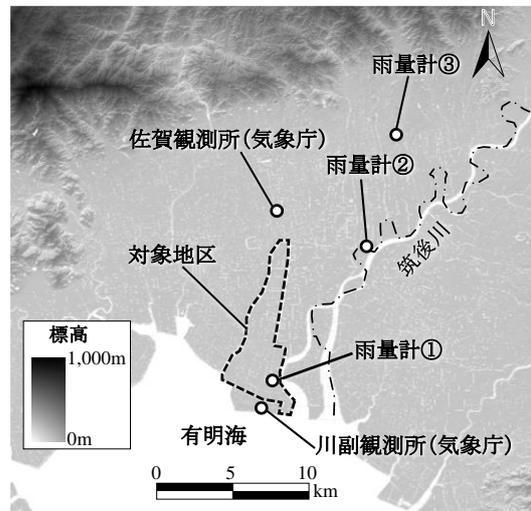


図 1 対象地区および調査地点位置

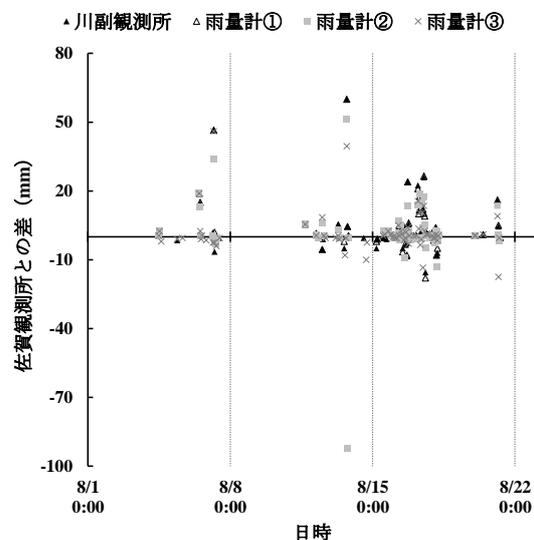


図 2 佐賀観測所と他地点の時間雨量の差

また、13日18時には、雨量計②で97mmの差が確認された。このことは、筑後川下流右岸地域は局所降雨が発生しやすく、佐賀観測所の観測値が必ずしも同地域を包括するものではないことを示唆している。

図3に灌漑期の作付け状況を示す。南側の水田地帯において集団転作が実施されたことが確認できる。次に8月16日から18日の1時間雨量を用いた流出解析による3日間積算流出量を図4に示す。なお、計算対象地区をティーセン分割し、2か所の気象台観測データを使い分けて与えた場合の計算結果も合わせて示す。用いる観測地点によって流出量が大きく左右されており、特に佐賀観測所の値は流出量を過大評価している可能性が考えられる。

図5は、作付け状況について現況(図3)をCASE1、施設畑と転作畑をすべて水田に戻した場合(旧況)をCASE2とし、図4と同様に佐賀観測所データと雨量計データを用いて算出したピーク流出量を示す。CASE2は1と比べてどちらも約6.3%流出量が減少した。このことから、施設畑や転作畑が増加することによって水田のもつ洪水緩和機能の効果が小さくなると考えられる。また、雨量計①の実測値で計算したピーク流出量は佐賀観測所の値と比較してCASE1、2ともに約1.9%少なかった。流出計算に用いる雨量データは地域の降雨特性を踏まえて慎重に選択する必要がある。

5. おわりに

本研究で、降雨特性を考慮した降雨量の採用と土地利用状況の現況把握が流出解析において重要であることが確認できた。また、農業農村の持つ洪水緩和機能を数値的に評価することができた。

謝辞

本研究の調査にあたって九州農政局筑後川下流右岸農地防災事業所、川副土地改良区および佐賀東部土地改良区の協力をいただいた。関係各位に謝意を表します。

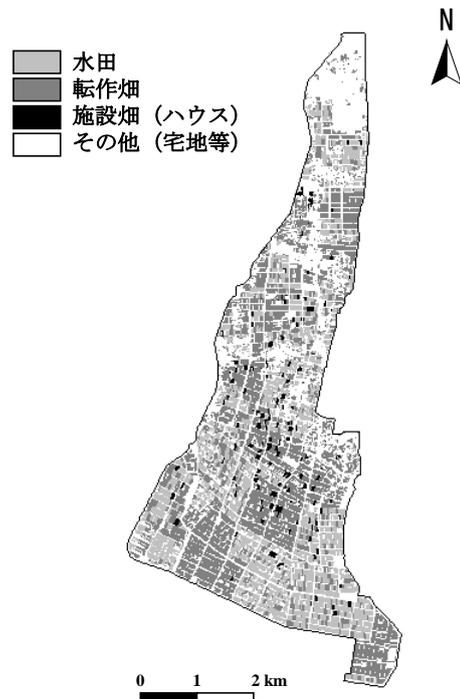


図3 作付け状況図(灌漑期)

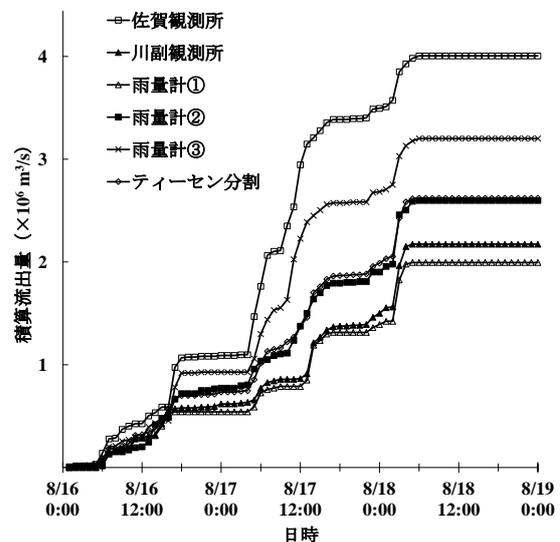


図4 3日間積算流出量

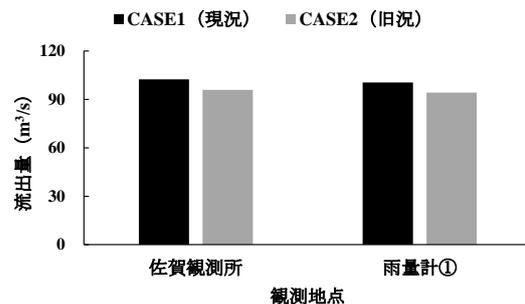


図5 ピーク流出量の比較

六角川流域水田地帯における田んぼダム機能の実証調査

佐賀大学農学部 ○(学)野田泰史,(正)阿南光政,(正)弓削こずえ

1. はじめに

近年、全国各地で大雨による自然災害が頻発しており、2019年と2021年には集中豪雨によって佐賀県武雄市に甚大な被害が生じている。当時の主な被害として、大雨による急激な河川水位の上昇で氾濫が起きたことによる洪水被害が挙げられる。そのため、大雨時には圃場で一時的に雨水を貯留し、河川への流出を抑制して被害を軽減するというような農地の持つ洪水緩和機能を発揮することが重要である。本研究では、佐賀県内の圃場を対象に、水田排水口に堰板を設置し、流出を抑制する田んぼダムの機能について、実証調査を行った。

2. 対象地区の概要と調査方法

図1に本研究の対象圃場と調査機器の位置を示す。田んぼダムの特性を評価するために、対照圃場を定め、それぞれの取水側と排水側に田面水位計を設置した。また、圃場からの流出量を測定するために排水路上流側と下流側に水位計を設置し、対象圃区内に雨量計を設置した。さらに排水路の水位計設置地点において流量観測を行った。実証圃場では三角形に型取った堰板を排水口に設置し、対照圃場には通常の堰板を設置した。

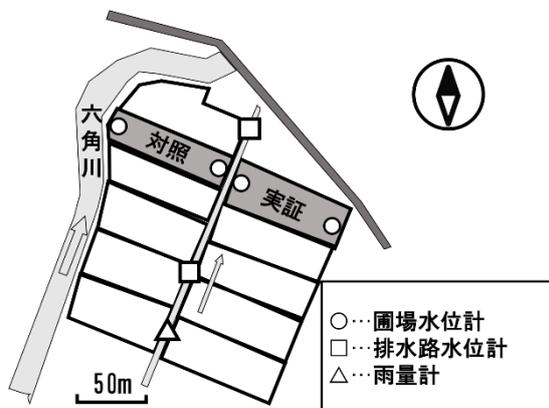


図1 調査対象地区の模式図

3. 水田湛水深の推定方法

本研究では、田んぼダムの機能を評価するために豪雨時における水田湛水深と排水口からの流出量を流出解析により推定する。流出解析には次式に示す水田欠口流出法を用いる。

$$A_p \frac{dh}{dt} = I_r - Q \quad (1)$$

$$Q = C \cdot B \cdot H^{1.5} \quad (2)$$

ここで A_p : 水田の水面積, h : 水田の水位, I_r : 水田への流入(降雨)量, Q : 水田欠口からの越流量, C : 越流係数, B : 水田欠口幅, H : 越流水深である。解析対象期間は8月16日から18日の3日間とした。

対照圃場において、上記の基礎式によって算出した数値と実測値との比較を行い、田んぼダム機能の有効性を評価する。

4. 結果と考察

調査は田植え後の苗が定着した7月21日から開始した。調査は継続中だが、本報告では途中経過として8月19日までの結果を整理した。なお調査期間中では、特に8月16日から18日の3日間にまとまった雨が降っており、3日間の合計雨量が213.5mmであった。

排水路の水位変動と降雨量を比較したグラフを図2に示す。降雨に伴って水位も変動していることが分かる。1時間あたり15mmを超えるような雨が降った場合、水位が30cm以上まで上昇し、特に8月16日からの降雨では排水路水位の急激な上昇が確認された。また降雨がない期間においても、排水路の水位は常時5cm前後を推移している。対象地区は用排分離がなされており、地区外からの流れ込みもないことから、これらの流水は栽培管理上の強制排水や畦畔浸透流出と考えられる。

次に実証圃場および対照圃場の湛水深の変動と降雨量を比較したグラフをそれぞれ図 3 及び図 4 に示す。降雨量に伴って湛水深も変動していることが分かる。また両圃場とも取水側と排水側で同じような水位の動きとなっていることが分かる。降雨による水位上昇の他に、営農上の水管理で行われた取水によって湛水深の変動が起こっていることも測定結果から把握することができた。なお 8 月 18 日に湛水深が最大となった直後に顕著な水位の低下が観測されている。これらは、8 月 16 日から 18 日にかけて降った雨水を排水するために農家の方が堰板を外したためであると考えられる。

水田による雨水貯留効果を検証するため、実測降雨を用いて水田欠口流出法により降雨流出計算を行った。対照圃場湛水深の計算値と実測値を比較した結果を図 5 に示す。図から計算値は湛水深の変動をよく再現できていることが確認できる。8 月 18 日の午後あたりから誤差が大きくなっているが、これは降雨によって上昇した圃場湛水を、堰板を外して強制排水したことによって水位が一気に低下したことによるものであると考えられる。

おわりに

本研究では、六角川流域の平地水田地帯において、圃場や排水路の水位変動と降雨量の現地調査を行った。その結果、降雨に伴う水田の貯留効果と流出過程を確認することができた。また、水田欠口流出法によって計算した圃場湛水深の計算値は実測値の水位変動を捉えることができた。引き続きデータの収集に取り組み、流出計算の精度向上を図るとともに、模型実験による田んぼダム機能の堰板形状の適正を検証する予定である。

謝辞

本研究で多大なるご支援を頂いた佐賀県農林水産部農山漁村課及び武雄市の関係各位に心からお礼申し上げます。

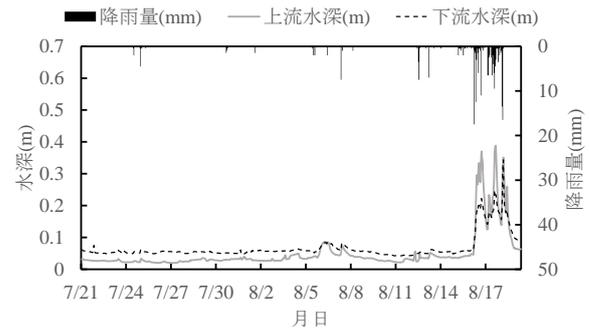


図 2 排水路水深と時間雨量

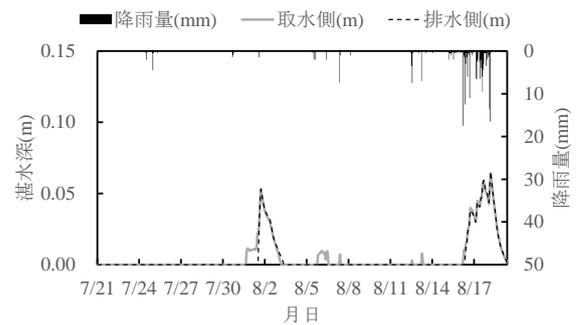


図 3 対照圃場の湛水深と時間雨量

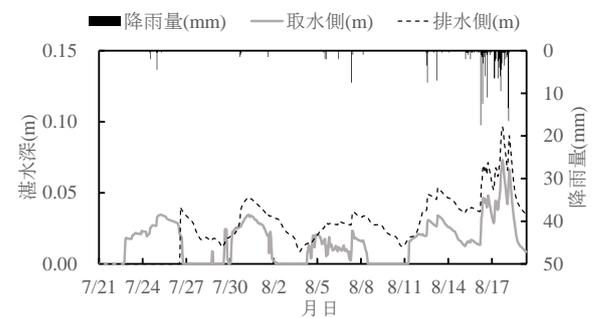


図 4 実証圃場の湛水深と時間雨量

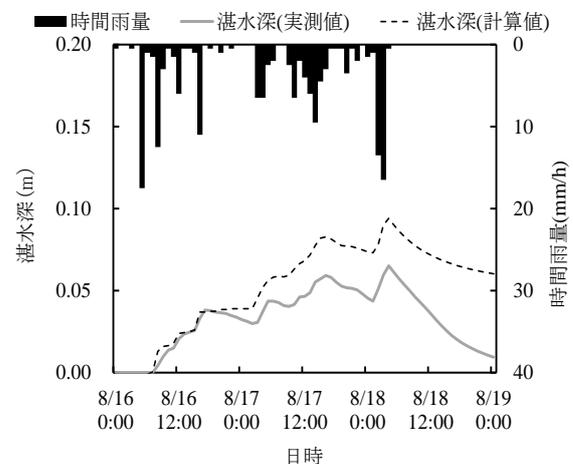


図 5 対照圃場湛水深の計算値と実測値

多波長励起蛍光光度計を用いた階層型ニューラルネットワークによる 富栄養化指標の推定

九州大学大学院生物資源環境科学府 ○(学) 長谷川佳苗
九州大学大学院農学研究院 (正)原田昌佳, (正)平松和昭, (正)田畑俊範

1. はじめに アオコに代表される富栄養化問題を抱える水域の環境修復に向けて、藍藻類の発生状況などの水環境の実態把握は必要不可欠である。特に、Chl.a, TN, TP に藻類の種構成を加えた富栄養化指標の時空間的変動に関する現地観測が求められ、それを簡易的に行える計測手法の確立が重要な課題となる。本研究では、実現可能な現地計測手法として、励起蛍光スペクトルに基づいた階層型ニューラルネットワーク（以下、FFANN）による富栄養化指標の推定方法を検討した。

2. 観測概要 近年、多波長励起蛍光光度計を用いることで、緑藻類、藍藻類、珪藻／渦鞭毛藻類、クリプト藻類に大別された藻類綱別の生体内 (*in vivo*) Chl.a の計測が可能である。富栄養化水域の炭素、窒素、リンの多くは浮遊性藻類を由来とし、C:N:P 比はその種類によって特徴付けられる。したがって、同測定器で得られる励起蛍光スペクトルは、Chl.a に加えて TN, TP, TOC の各濃度が反映された情報として見なされる。浮遊性藻類の現存量は、溶媒抽出法で測定される Chl.a (抽出 Chl.a) で評価され、*in vivo* Chl.a と比べて信頼性は高い。そのため、励起蛍光スペクトルに基づいた抽出 Chl.a の推定の可能性を検討することは、富栄養化水域の実態把握において大きな意義をもつ。本研究では、多点観測や定点連続観測への応用を見据え、軽量で利便性が高く比較的安価な Multi-Exciter (JFE アドバンテック社製、以下 MEX) に着目した。MEX では 375~590 nm の 9 波長の各励起光に対する 640~1100 nm の蛍光強度が測定される。励起蛍光スペクトルに基づいた富栄養化指標の推定を検討するために、九州大学伊

都キャンパス内の 7 号調整池 (満水時の最大水深 4.5 m, 表面積 2 700 m², 貯水量 12 200 m³) を対象に 2019 年, 2020 年の春季から秋季の期間に週 2 回の現地観測を実施した。対象池は、過剰なリン酸の流入負荷によって窒素制限的な過栄養状態の農業用貯水池であり、2020 年では 9 月~12 月上旬の長期にわたってアオコが観測された。対象水域は南北方向に長いことから、北側, 中央, 南側の 3 地点にて MEX による計測と TN, TP, TOC, 抽出 Chl.a の水質分析を行った。ここで、MEX は励起蛍光スペクトルから *in vivo* Chl.a の算定に必要な校正曲線が備えられていない。そこで、別途、FluoroProbe (bbe Moldanke 社製) を用いて藻類綱別 *in vivo* Chl.a を測定した。

3. 結果と考察 本研究では、入力層・中間層・出力層からなる 3 層型 FFANN を用いた。入力ユニットは、MEX による 9 波長の各励起光に対する蛍光強度と水温の計 10 個とした。過学習対策としてモデルのスケールダウンを図るために、出力ユニットを TN, TP, TOC, 抽出 Chl.a の計 4 個とする場合と、4 つの藻類綱別 *in vivo* Chl.a とその総和の計 5 個とする場合の 2 つの FFANN を考えた。なお、中間層のユニット数は入力層と同数とした。定期観測により各観測点で約 100 個のデータセットを得た。ネットワークの学習に用いた教師データは [0,1] で規格化し、学習規則は誤差逆伝播法、学習回数は 100 000 回とした。過学習の抑制のために、Dropout を適用し、このときのユニットの存在確率を 0.9 に設定した。また、モデルの汎化性能が良好となるように検討した結果、ユニットからの出力信号の計算に用いたシグモイド関数のゲインを 0.5 とし

た. 本手法の妥当性を2つの交差検定により検討し, 推定精度を次式で定義される決定係数 (R^2) で評価した.

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{m=1}^{np} (x_m^{\text{Data}} - x_m^{\text{Cal}})^2}{\sum_{m=1}^{np} (x_m^{\text{Data}} - \overline{x_m^{\text{Data}}})^2} \quad (1)$$

ここで, np はデータセット数, x_m^{Data} と $\overline{x_m^{\text{Data}}}$ は観測データとその平均値, x_m^{Cal} は計算出力である. まず, ある一つの観測点を対象とした場合の推定精度を検討した. 交差検証の際のデータ分割による教師データの寡少性を考慮し, Leave-one-out 法を採用した. 中央と南側の2地点での藍藻類 *in vivo* Chl.a, TN, TP, 抽出 Chl.a の推定結果と観測値の比較を図1に示し, 併せて1:1直線と R^2 値を記した. 特に藍藻類と TN で, 極めて高濃度も含む全範囲で良好な推定結果を得た. TP, 抽出 Chl.a では, TP が 2 mg/L 以上や抽出 Chl.a が 300 $\mu\text{g/L}$ 以上の高濃度域で過大・過小評価が見られた. R^2 値より, 4項目とも概ね良好な推定精度であったことから, 本手法による富栄養化指標の定点連続観測の可能性が示された. 次に, ある一つの観測点の教師データで学習した FFANN を他地点の富栄養化指標の推定に用いた場合を検討した. 北側・中央・南側の観測データを用いた交差検定結果の一例を図2に示す. TN, TP では, 高濃度も含む全範囲で良好な推定結果を得た. 藍藻類と抽出 Chl.a については, 高濃度域で過小評価が見られたが, データが多数を占める範囲で推定結果は観測値と概ね一致した. 図2より, ある1地点の限定的な観測データで学習した FFANN を他地点の推定にも適用できることから, 多点観測による富栄養化指標の面的分布を把握できることが示された. 図1, 2において, 高濃度域で推定結果と観測値の誤差が大きい傾向にあった. この高濃度域は, マット状のアオコにより抽出 Chl.a が 400 $\mu\text{g/L}$ を超える場合に該当し, 稀な観測結果である. このような観

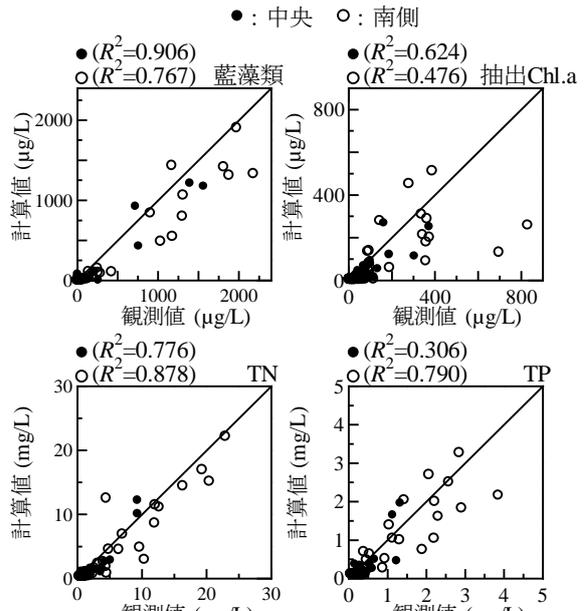


図1 各観測点での Leave-one-out 交差検定

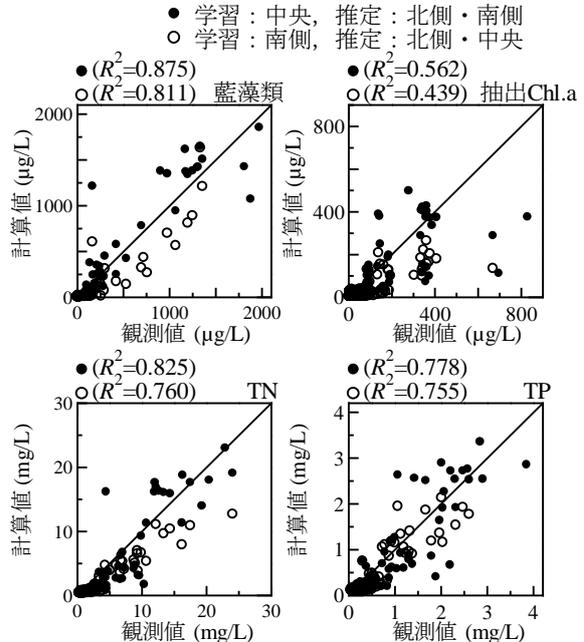


図2 3観測点のデータを用いた交差検定

測結果が少ない教師データを用いたことで, 高濃度域での入出力関係のパターン認識が不十分となり, 大きな誤差が生じた.

4. おわりに 励起蛍光スペクトルに基づいた富栄養化指標の推定に FFANN を導入することで, アオコの時空間的変動が顕著な過栄養状態の貯水池においても, 多点観測や定点連続観測による水環境の評価は可能となる. 過栄養化水域を対象に推定精度を高めるためには, 極めて高濃度に集積されたアオコ発生時の観測データの十分な蓄積が求められる.

排水能力の増強と無水化に向けた排水機場の整備計画

NTCコンサルタンツ株式会社 ○(正)渡邊亮, (正)河下知美, (非)阿部龍雄
宮崎県児湯農林振興局 (正)内村雄三, (非)嶋公誠, (非)相良道臣

1. はじめに

わが国の基幹的農業水利施設は、戦後から高度経済成長期に掛けて建設されたものが多く、そのほとんどが耐用年数を迎えようとしている。基幹的農業水利施設のうち、2029年までに耐用年数を超過する施設は全体の41%、再建費ベースで8兆円(「農業基盤情報基礎調査(H31.3時点)」)に相当する。これらの施設の突発事故件数は増加傾向であり、施設の経年的な劣化や局所的な劣化が主な要因となっている。一方、施設全体の状態が把握できていない状況では、事後保全的な対応となり、計画的な整備による施設の機能維持に支障をきたしている。また、わが国の地形、地質的特徴から大規模地震が発生する確率の高い地域に多くの農業水利施設が集中している。特に南海トラフ地震の被害想定範囲内には、全国の農業水利ストックの約3割が存在し、耐震対策の推進が急務となっている。

九州・沖縄地方では、気候変動に伴う降雨特性の変化から局雨化、豪雨化の傾向を呈しており、湛水被害増加の一因となっている。このような将来リスクを低減するため、管理者の維持管理労力の低減及び維持管理費のコスト縮減に配慮した施設機能の見直しが求められている。ここでは、現在、実施中の既設機場の改修設計について、排水能力向上への対応方針と検討課題等について紹介する。

2. 大湍地区の事業概要

2.1 大湍地区概要

大湍地区は宮崎県宮崎市から北側約17km地点の新富町南部、二級河川一ツ瀬川の左岸側に位置する。地区の東部は国道10号を境とし、標高は約6m以下、平均傾斜は1/1000程度であり、後背地は新田原台地となり、流域(図-1青枠内)の一部に航空自衛隊新田原基地が含まれる。

大湍地区の営農は、受益面積113haで水田を主体とした農業地帯であり、近年、流通機構の整備に伴い、施設園芸、露地野菜が定着しつつある。地区の排水は、小河川及び幹線排水路を通じて猿ヶ瀬川及び大和排水樋門により自然排水されていた。しかし、排水先である一ツ瀬川の流況変化並びに流域の開発に伴う流出量の増加に対して

排水能力が不足し、湛水被害が発生していた。そのため、県営湛水防除事業により大湍排水機場が建設(昭和58年度～63年度)され、平成元年度より供用開始された。



図-1 大湍排水機場位置図

2. 2大渕排水機場改修の必要性

本地区の排水流域諸元は表-1 のとおりである。20 年確率 3 日連続雨量は当初事業計画時(S56 年時)に比べて 15%、ピーク流出量は 36%増加している。

本機場は、竣工後 30 年以上経過し、施設の老朽化に伴う機器の故障に加え、降雨特性の変化に対して排水量が不足している。流域の市街化や高収益作物の導入が進む中、本施設は防災上も重要な施設であるため、ポンプ設備を改修する計画である。また、本機場は重要な防災施設であることから、今後想定される地震動に対する耐震性能が求められている。

表-1 大渕地区計画諸元

項目	当初事業	今回事業
流域面積	921ha	921ha
基準年確率	20年	20年
3日連続雨量	399mm	462mm
ピーク流出量	36.9m ³ /s	50.2m ³ /s

2. 3大渕排水機場の概要

大渕排水機場改修前の諸元を表-2 に示す。流量制御は操作が容易で効率的な台数制御とし、地形的要因から遊水池面積が小さく、地区内排水路の勾配も緩やかであるため、小洪水に対応できるよう 3 台設置されている。主ポンプは横軸斜流形式で、原動機は洪水時排水用であることから、ディーゼルエンジンが採用されている。ディーゼルエンジンの冷却方式は効率的な水冷式が採用されており、吸込み水槽背面側の空間を冷却水槽として利用し、この水を循環させて各機器の冷却を行っている。

表-2 排水機場諸元(改修前)

ポンプ形式	横軸斜流
ポンプ台数	3 台
吐出量	55m ³ /min/台
全揚程	3.3m
原動機形式	ディーゼルエンジン
冷却方式	水冷式(冷却水槽)

機場本体は、鉄筋コンクリート構造で、基礎は鉄筋コンクリート杭基礎である。吸込み水槽直下の基礎地盤には N 値 10 未満の緩い砂層が分布する。耐震照査の結果、緩い砂層は液状化の可能性があるため、杭基礎及び吸込み水槽の一部に耐震補強が必要である。

3. 排水機場の改修計画

3. 1排水能力不足への対応

(1) 排水能力増強方策

本地区の排水解析の結果、排水機場の排水能力不足が確認された。このため、ポンプ設備の排水能力の増強方策を検討した。ポンプ設備の設計流量は、既設 12.0m³/s に対し、解析結果では 12.5m³/s 必要となった。ポンプ設備は標準耐用年数を超過しているが、機能診断調査の結果、主ポンプ設備の健全度は S-3(計画的対策が必要な段階)で、分解整備等で継続使用が可能な状態と判定された。一方、既設の原動機は、旧型で生産が中止されており、部品調達が困難なため、今後の維持管理も考慮し更新が必要と判断した。

以上の状況を踏まえ、排水能力不足への対策として、「第 1 案:ポンプ台数の増加」、「第 2 案:原動機出力増加」の比較検討を行った。

(2) 比較検討結果

第 1 案は、排水量の増加分を補うためのポンプ設備を追加設置する案である。本機場においては、敷地及び建屋が狭いことから、機場敷地内で新たにポンプを追加することは難しい。また、新たにポンプ場を建設した場合には建設費が高価となり、管理施設も増えることになる。このため、既設の自然排水樋門をポンプゲートとして改修する方針とした。

第 2 案は、増加した排水量に対して主ポンプ口径で排水可能であることから、主ポンプは継続使用とし、原動機出力を向上することで排水量の増加を行う案である。排水量が増

加することにより、エネルギー損失が増加するため、既設の主ポンプ形式、据付高等の吸込み性能を確認した。さらに、原動機出力が増加することに伴い減速比も変化することから、減速機も更新する方針とした。

第1案と第2案について、比較検討を行った結果、工事費と機能保全コスト等の経済性、維持管理に優れる第2案を採用した（表-3 参照）。

表-3 排水能力増強案

計画案	第1案(ポンプ台数の増加)	第2案(原動機主力の増加)
改修施設	(ポンプゲート追加) ポンプ φ500×2、出力:30kW	(既設機場) 原動機(ラジエータ式)出力:190kW → 200kW
維持管理	排水機場と自然排水樋門のポンプゲートで、運転管理するポンプ台数は5台となる。 △	排水機場の運転管理はこれまで通りである。 ○
排水管理	規模が異なるポンプが増えるため、細かな排水管理が可能となる。 ○	排水管理はこれまでと同じである。 ○
経済性	1. 工事費 :109% 2. 機能保全コスト(40年間):123% △	1. 工事費 :100% 2. 機能保全コスト(40年間):100% ○
その他課題	既設機場まで通信制御線の敷設が必要となる。 自然排水樋門に電気室が必要となる。	原動機周りのスペースが狭くなる。

3. 2 冷却水システムの故障への対応

(1) 冷却水システム改修案の検討

本機場の冷却方式は水冷式で、冷却水槽を活用して循環利用し、冷却水を一定の温度以下で管理するため、冷却水の一部に水道水を併用する方式である。これまでの運用の中で、経年劣化等により温調弁が故障した際には、冷却水の温度が上昇し、冷却水の送水が停止したため、ポンプの運転ができなくなる現象が発生した。また、ポンプの運転時間が長くなると運転時に使用する水道水も多くなる。さらに、吸込み水槽の背面を冷却水槽として使用するため、冷却水ポンプ等の補機類の維持管理が必要であった。

本排水機場では、以上のことからポンプ運転の確実性、維持管理の省力化対策が求められた。そのため、原動機の更新において、冷却方式を「第1案：水冷式（既設仕様）」と「第2案：ラジエータ式」について、経済性、維持管理等の比較検討を行った。

(2) 比較検討結果

第1案の冷却方式(図-2 参照)は、既設と同じ水冷式で、冷却水槽の水と水道水の併用である。これ以外の冷却方式である管内クーラー式は機場建屋の規模から設置できない。また、クーリングタワー方式は、現方式より冷却効果に優れるが、敷地が狭隘であるため、設置場所が機場の屋上となり、管理施設及び冷却水システムの増加や騒音対策が必要となる。

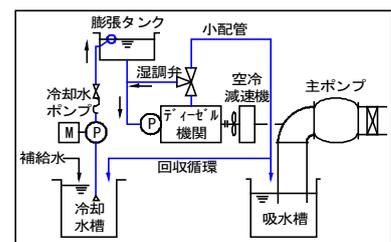


図-2 既設フロー

第2案の冷却方式(図-3 参照)は、冷却水をラジエータで冷却することで補給水量の削減、補機類、冷却水システムの配管を不要とし、施設の簡素化を図る案である。ラジエータ式には、原動機本体にラジエータを取付けた機付ラジエータ式と、ラジエータを別の場所に設置する別置きラジエータ式がある。出力が比較的小さい場合(300

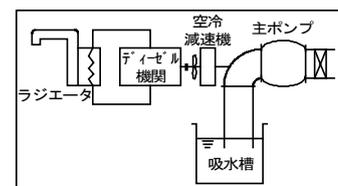


図-3 改修後フロー

~400kW 程度以下)には一般的に機付ラジエータ式が採用される。本機場では原動機背面の通路が狭くなるものの、設置可能であることから機付ラジエータ式とした。また、原動機冷却方式の変更に合わせて、主ポンプ軸封部についても注水型グランドパッキン方式か

ら無注水型メカニカルシール方式に変更することで機場全体の使用水量の削減を図る。

第1案と第2案について、比較検討を行った結果、運転経費、機能保全コスト等の経済性、維持管理に優れる第2案を採用した。これにより、運転中に必要な補給水を全て水道水で賄うことが可能となり、確実なポンプの運転が実現される。また、原動機背面はやや狭くなるものの、冷却水系統の小配管や膨張タンク等の補機類、冷却水槽内の水が不要となるため、機場全体の設備はコンパクトとなり、維持管理の低減も期待できる。

表-4 冷却方式の比較検討案

計画案	第1案(水槽水冷式)	第2案(ラジエータ式)
使用水量	約 630m ³ /運転1回分(水道水70%使用)	約 50m ³ /運転1回分(水道水 100%使用)
維持管理	これまでと同じである。 <input type="checkbox"/>	冷却水関係の機器類が不要となり維持管理が低減される。 <input checked="" type="checkbox"/>
概算費用 (40年間)	1. 工事費 :100% 2. 機能保全コスト(40年間):103% 3. 電気代削減費 : - <input type="checkbox"/>	1. 工事費 :105% 2. 機能保全コスト(40年間):100% 3. 電気代・水道代削減費 :50~100 千円/年 <input checked="" type="checkbox"/>
その他課題	特になし。	建屋の壁に排風口を開ける必要がある。 原動機背面の通路が狭くなる。

4. 今後の検討課題

排水能力の増強及び冷却方式を機付ラジエータ式で改修することにより、以下の課題が発生する。

①原動機規模が大きくなり、機付ラジエータに接続する排風ダクトの設置スペースの確保に伴い、補機類の配置を見直す必要がある。既設の補機類は、耐用年数を超過し、故障や性能低下等が発生しており、更新する計画である。そのため、更新時の配置を見直す。

②ラジエータ式とすることで、冷却に使用する給気量を確保する必要がある。このため、本排水機場の換気能力を再計算し、給気量に応じた換気扇の更新や窓等の開口を利用する。

③機場建屋、吸込み水槽の耐震性能照査の見直しである。原動機冷却方式の見直しに伴い排風ダクト等の開口が新たに必要となる可能性がある。基本的には既設の換気扇、窓等の開口を利用するが、新たに開口を設ける場合には建屋の耐震照査が必要となる。また、吸込み水槽については、原動機規模が大きくなることから床板に作用する荷重が増加する。一方、吸込み水槽の背面を冷却水槽として利用していたが、冷却水槽が不要となるため、静水圧、動水圧等の荷重が軽減される。冷却水槽の荷重は比較的大きいため、耐震補強が必要とされていた杭基礎について、対策規模の縮小が期待される。

5. おわりに

近年は、気候変動の影響に伴う災害の激甚化、頻発化により、各地で湛水被害を生じている中で、施設の長寿命化を図りつつ、変化する自然現象に対して柔軟に対応できる施設計画が求められている。また、脱炭素等の環境配慮に対する関心も高まっており、コスト削減や維持管理の省力化と環境との調和の両立も求められている。

本機場においても、地区の特徴や既存施設を十分に把握し、必要な機能を満足するため、全体最適化を図るように今後の検討を進めていく必要がある。

最後に、宮崎県、新富町、新富土地改良区、ポンプ設備等メーカーの各担当者には、本検討にあたって多大なご助言、ご協力頂きました。ここに感謝の意を表します。

羽地大川地区で発生している圧力脈動について

一 圧力脈動発生要因の推定及び抑制工の効果検討一

沖縄総合事務局土地改良総合事務所 ○(非)嶺井志麻, (正)田港朝彦
(株)三祐コンサルタンツ (正)福田寛

1. はじめに

(1) 羽地大川地区の概要

羽地大川地区は、沖縄本島北部の名護市及び今帰仁村に位置し、羽地大川、真喜屋大川の流域に広がる 142ha の水田と羽地内海周辺を取囲む丘陵地に広がる 1,184ha の畑地及び未墾地を合わせた 1,326ha の農業地帯である。平成 18 年度に完了した国営環境保全型かんがい排水事業において、真喜屋ダム、揚水機、用水路等のかんがい施設を新設し、併せて関連事業による末端用水路等の整備を実施したことで、菊等の花卉・施設野菜・果樹等の園芸作物への転換を促進し、高付加価値型農業の振興と農業経営の安定化等が図られている。

(2) 圧力脈動発生状況等

本地区では施設管理者より、今帰仁東部支線水路(図 2.)において、減圧弁上流側で 2MPa のアナログ圧力計が振り切れるほどの圧力が発生し、弁室内のフランジから水が噴き出していると報告があった。これは、水路末端における水使用により管内の流量が急激に変化し、管内水流の慣性力により水の弾性変化による圧力波が往復振動する圧力脈動が発生していると考え、研究論文等の検索や学識経験者への相談の結果、以下の点が確認された。



写真 1. 圧力脈動発生状況

- ① 末端給水栓の水使用で発生した圧力波が、減圧弁地点で、通過する波形と反射する波形に分かれ、本線、支線それぞれの路線端部で反射して減圧弁地点に再度到達した際に、波形が合うと減圧弁上流側の圧力波が増幅し、これを繰り返すことで成長すると想定されている。

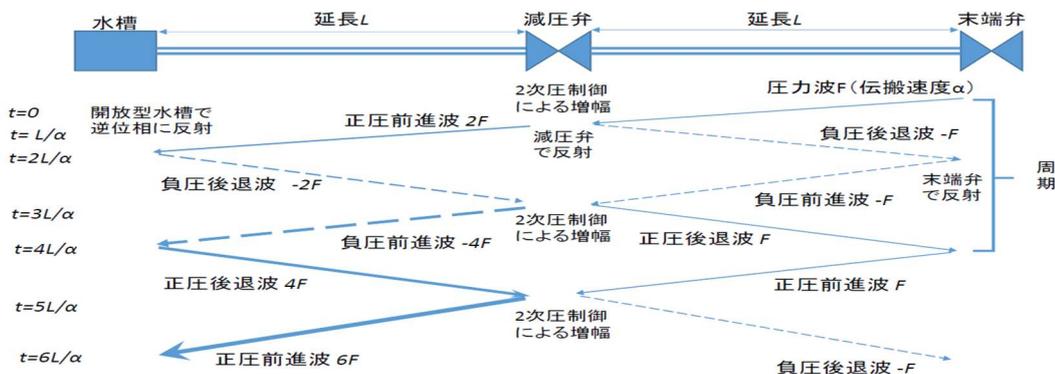


図 1. 他地区における圧力脈動発生メカニズム

- ②自励振動的な圧力脈動の発生は、管路の固有振動周期(圧力波が t 秒間に 2 回往復する時間)と減圧弁設置位置に起因し、減圧弁上下流双方の管路の固有振動周期が奇数倍の関係にあると、減圧弁地点に上下流の波形がお互い高い圧力で到達して合成されることで発生する場合があるとされている。
- ③自励振動的な圧力脈動は、主に減圧弁と下流側圃場地点にある定流量停止弁、電磁弁、スプリンクラー等の機材との組み合わせが発生要因となっている。
- ④圧力脈動の抑制工として、他地区では減圧弁上流側に安全弁を追加設置することで、脈動時の圧力を低減した事例がある。

これらの点を踏まえ、今帰仁東部支線水路において、圧力計測や、水理解析による圧力脈動の発生要因の推定と、圧力脈動抑制工の検討等を実施することとした。

2. 圧力脈動発生要因の推定、抑制工検討・効果検証等の実施

2-1. 令和 2 年度検討結果

(1) 現地調査結果

今帰仁東部支線水路は、DCIPφ200～φ350、延長約 6.7km であり、国営事業で造成された 1～9 号減圧弁室(道路下埋設タイプ)と、村営事業で造成された 10～11 号減圧弁室(建屋タイプ)が各分水工地点に設置されている。

これらの各減圧弁上下流地点において、デジタル圧力計を設置し、圧力を 7 日間計測した結果、以下の点等が確認された。

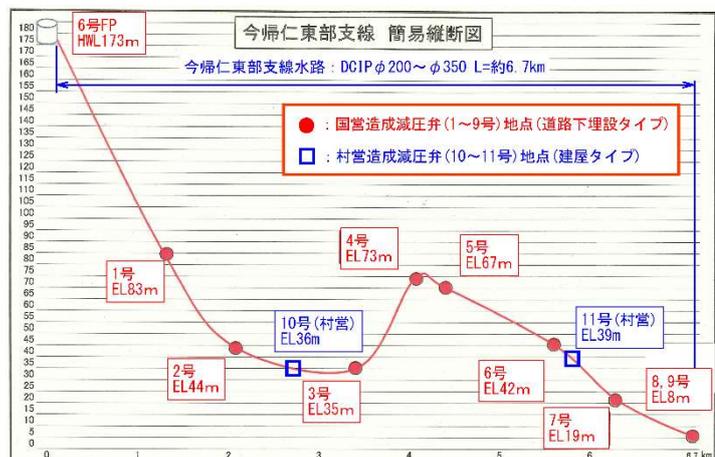


図 2. 今帰仁東部支線水路 簡易縦断面図

- ①末端圃場での散水時間帯である 6 時から 20 時までの間において、毎日圧力脈動が発生しており、減圧弁上流側の圧力脈動周期は 18～19 秒程度である。
- ②デジタル圧力計の計測上限が 2.0MPa までのため、直接計測されていないが、最下流の 9 号減圧弁等の地点では、後述する水理解析結果等より 2.5MPa 以上の圧力脈動が発生していたと想定される。
- ③減圧弁下流側では、通常水使用時に圧力が低下するが、上流側の圧力脈動の影響を受け、下流側においても圧力脈動が発生している。下流側の圧力脈動は、変動幅が上流側よりも小さいが、圧力変動周期は上流側と同程度の 18～19 秒程度が確認されている。

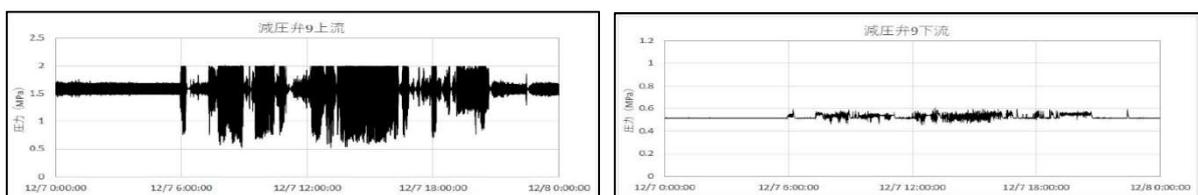


図 3. 9 号減圧弁上下流地点における圧力計測結果

(2) 水理解析結果

水理解析では、竣工図を基に今帰仁東部支線水路全体の水理モデルを作成し、現地調査で計測した圧力脈動と同程度の圧力変動状況の再現を行った。その解析結果を用いて、圧力脈動抑制工として減圧弁上流側への安全弁の設置を行った。

安全弁の設置は、道路下に弁室が埋設されている1～9号減圧弁室内において、設置スペースの確保が困難であったため、安全弁の追加設置が可能な建屋タイプの10号、11号減圧弁室において、管径φ50、80、100mmの安全弁を設置した際の水理解析を行ったところ、10号、11号減圧弁地点両方に、φ80mmの安全弁を設置するケースが、最も圧力脈動発生時の最大圧力を低減する結果となった。

表1.10号、11号減圧弁地点に安全弁を設置した場合の最大圧力標高(EL.m)

安全弁口径	1号	2号	10号	3号	4号	5号	6号	11号	7号	8号	9号
対策なし	210.22	220.63	227.65	233.87	246.18	247.65	274.30	276.21	281.13	289.13	289.58
50	205.62	212.36	209.50	217.02	217.56	221.61	224.17	219.90	228.10	240.42	237.53
80	188.77	192.44	192.55	195.82	197.03	196.63	193.32	183.55	201.05	208.44	204.81
100	195.93	197.57	204.62	201.64	202.21	200.44	199.71	192.78	202.80	214.14	210.17

これらの結果を踏まえ、圧力脈動抑制工として、10号、11号減圧弁の上流地点にφ80の安全弁を設置する方針とした。

2-2.令和3年度検討結果

(1) 安全弁の効果検証

令和3年度では、10号、11号減圧弁上流側の空気弁地点において、二又の配管等を用いて、安全弁の追加設置を行うとともに、抑制工の効果を検証するために、各減圧弁上流側の圧力を21日間計測した。その結果、以下の点等が確認された。



写真2. 安全弁設置状況

- ①安全弁の稼働により圧力脈動発生時の減圧弁上流側圧力の変動幅が低減され、最小圧力は稼働前が0.5MPa前後まで低下したのに対し稼働後が管内圧1.0MPa前後となった。
- ②減圧弁下流側も、安全弁稼働により通水時の圧力が安定した。

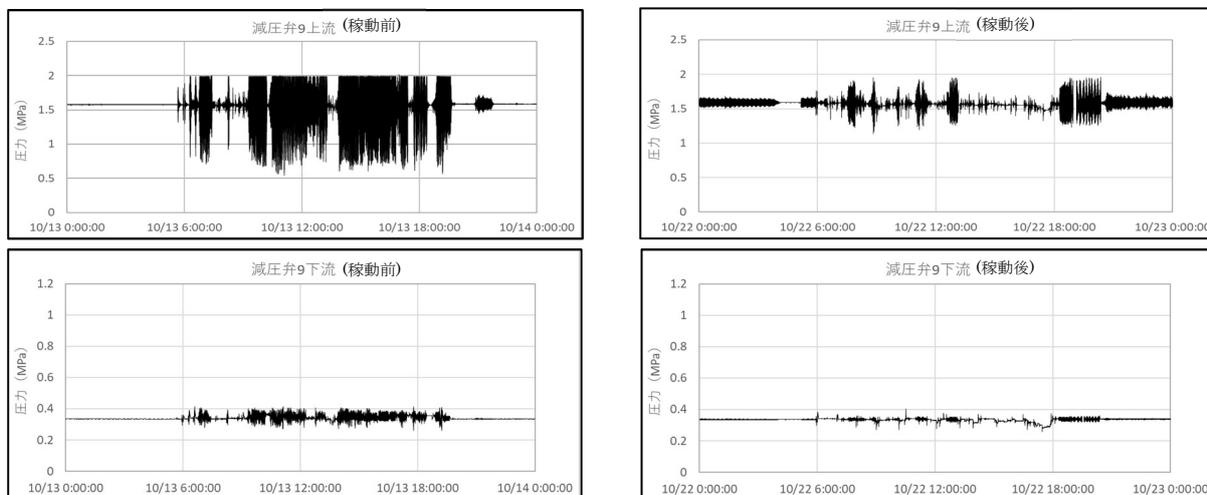


図4. 安全弁稼働前後における9号減圧弁上下流地点における圧力計測結果

(2) 圧力脈動発生要因の推定

今帰仁東部支線水路における圧力脈動発生要因は、今回の圧力調査結果等より、9号減圧弁における自励振動であると想定される。この理由は、主に以下の通りである。

- ① 今回の圧力調査結果において、圧力脈動が発生している際に、常に減圧弁下流側で水使用による圧力変動が生じているのは、9号減圧弁のみであり、その他の減圧弁は圧力脈動発生時に下流側で圧力変動が生じていない時間帯がある。
- ② 早朝等の、9号減圧弁下流側でのみ水使用がある時間帯において、9号減圧弁で水使用を開始すると、減圧弁上流側で圧力脈動が発生し、水使用を停止すると圧力脈動が減衰する傾向が計測期間中に何度も確認された。
- ③ 標高が最も低い位置にある8号、9号減圧弁は、上流側の圧力が大きく、減圧量が100m以上と大きいことから、水使用量が少ない時の減圧弁の開度が狭く、ハンチングによる水撃圧が発生しやすい状況である。
- ④ 8号、9号減圧弁は今帰仁東部支線水路の最末端に位置するため、水路全体の固有周期の圧力波と同期しやすい特性がある。

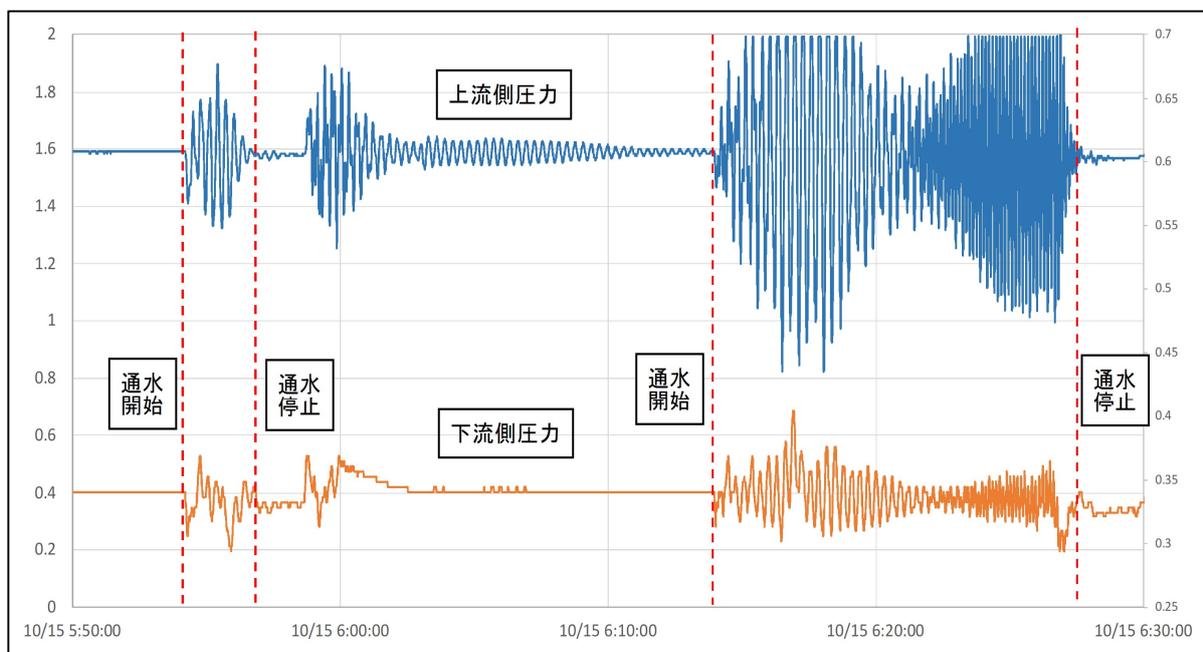


図 5. 早朝の9号減圧弁上下流地点における圧力計測結果

3. おわりに

これまでの調査結果より、安全弁の設置が圧力脈動抑制工としての効果が見られた。また、圧力脈動発生要因として、9号減圧弁地点における自励振動が想定されること等が確認された。

なお、令和4年度は、120日間の圧力、流量計測を通じ、安全弁からの排水量の把握や、より長期間での圧力変動状況と安全弁の効果検証を行うとともに、8号、9号減圧弁地点の末端水使用状況および圧力脈動の観測により脈動発生要因の更なる検討を行う予定である。

県営地盤沈下対策事業佐賀中部地区で造成した排水機場における操作員の安全管理について

佐賀県佐賀中部農林事務所 ○(正)仁戸田司郎、(非)小石孝浩

1 はじめに

佐賀平野は、特徴として排水先の有明海の潮汐が大きいことや、流れる大きな河川は天井河川となっていることなどがあげられ、このため大雨時において、満潮時等は自然排水がきかないことから強制排水を組み合わせた排水対策を行っている。

一方、近年の気象状況を見ると、佐賀県では、昨年まで4年連続で大雨特別警報が発令されるなど、記録的な大雨に例年見舞われている状況にある。

現在、小城市には国(国土交通省、農林水産省)、県(県土整備部、農林水産部)などで造成した排水機場は22箇所あるが、ここでは、県営地盤沈下対策事業佐賀中部地区(以下、本事業という)で実施している排水対策のうち、小城市に造成した前満江第二排水機場の状況と安全対策の取組について紹介する。



図1. 小城市位置図

2 県営地盤沈下対策事業 前満江第二排水機場

本事業は、地域の地盤沈下を主な要因とした施設の機能障害、都市開発の進展や有明海沿岸部における干潟の発達等を原因とした排水障害による湛水被害の解消に向け、排水施設の機能強化等を図ることを目的に、国営佐賀中部総合農地防災事業の関連事業として、佐賀市、小城市の約9,400haの広域な水田地帯を受益地とした一級河川嘉瀬川を主な水源とする地域で実施している。

本事業で造成した前満江第二排水機場が位置する小城市牛津町前満江地区においては、六角川水系の牛津川、晴気川、牛津江川に挟まれた水田地帯で、その排水は、用排水路であるクリークが受け持ち、下流域の樋管から河川への自然排水と、昭和60年に鉦害復旧事業で整備された既存の排水機場による強制排水を行っていた。

しかし、低平地帯であること、更に、排水先が感潮河川であることから、広域的な湛水被害が発生していた。

このため、農地の湛水を防止するとともに、流域(宅地、道路等)の浸水被害を軽減することを目的として、既存排水機場に併設させる形で、平成22年度から測量・設計、平成26年



図2. 前満江第二排水機場位置図



写真1. 前満江第二排水機場

度から工事に着手し、令和元年度に前満江第二排水機場は完成した。

- 設置場所:小城市牛津町勝字前満江
- 流域面積:371ha
- 排水能力:3m³/s(1.5m³/s×2台)

3 令和3年8月豪雨時の排水機場の稼働状況

令和3年8月11日から降り始めた降雨は、佐賀地方気象台では11日:117.0mm、12日:194.0mm、13日:306.0mm、14日:214.5mmと記録的な大雨となった。

このようななか、令和3年8月の豪雨災害では、小城市内の国が管理する排水機場で排水操作にあっていた操作員の方が亡くなるという痛ましい事故も発生したところである。

前満江第二排水機場においても11日から稼働を開始し、12日の朝方から15日9時までは、排水先の牛津川の水位上昇による排水ポンプの運転調整や自然排水時(干潮時等)のポンプ停止はあったものの、操作員はこの間は常に排水機場に詰めており、徹夜作業を含めた連日の操作作業にあたられていた。



写真2. 前満江第二排水機場湛水状況

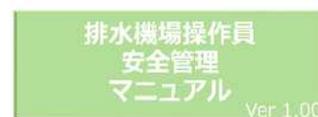
4 排水機場操作員の安全対策

前満江第二排水機場の操作は、県から管理委託され小城市が地元で操作委託を行っている。

令和3年8月豪雨災害等を受け、佐賀県では排水ポンプ操作員の安全確保は取り組むべき重要事項と認識し、ポンプ場操作員の安全確保の重要性を図るため、国と県で操作員の課題等を聞き取り、新たに排水機場内での事故防止マニュアルを作成している。

この事故防止マニュアルは、ポンプ運転中の安全な操作を行うために複数人での操作対応や、疲れや慣れによる禁止行為の徹底など留意事項をはじめ、連絡体制の構築やポンプ稼働前の安全準備確保、ポンプ運転前の安全運転確認、ポンプ運転時・運転終了時・運転調整時といった各状況に応じて注意すべきことの確認などの具体的チェック項目をあげており、排水機場を安全に管理していくためのマニュアルとなっている。

小城市でも排水ポンプ操作員を対象として、排水機場現地でポンプ操作の確認や除塵機の緊急停止等の手順の確認が行われた。その後、小城市内の複数のポンプ場の操作員と合同で事故防止マニュアルの説明が行われ、現在、排水ポンプ操作員の安全確保に向けた取組により、排水機場は安全に管理されている。



令和4年4月
佐賀県
武雄河川事務所

目次

1 気合のこめい	1	工事現場	28
2 排水機場の役割	2	禁止行為	29
3 排水機場の構造	6	水遣り行動	31
4 ポンプ運転の総論	8	方法の確認	31
5 安全に操作するために	11	(3)ポンプ運転前	33
6 チェック項目	17	ア 作業項目	34
チェック項目の項目	17	(4)水遣り中	37
(1)運転体制整備	18	ア 運転体制	38
ア 委託者(国・県)・事業者	18	イ 禁止行為の徹底	39
関係者との連絡	19	ウ 稼働中	40
イ 排水機の稼働	21	(5)ポンプ運転終了後	43
ウ 事故時の連絡	22	ア 稼働中	44
(2)緊急時	23	イ 運転調整時	47
ア 排水機場の稼働	24	ア 運転調整の状況	49
イ 排水機場の稼働	26	7 チェック項目	50
ウ 排水機場への稼働	27	8 マニュアル更新履歴	54
		9 【参考】 現場の工夫	55

図3. 安全管理マニュアル

5 おわりに

排水機場が今後老朽化を迎える中、適切な運転が行われるよう、ストックマネジメント対策などポンプ場の長寿命化を図っていくとともに、今後とも排水ポンプ操作員の更なる安全確保に向けた取組を継続していく必要がある。

簡易算定手法による排水設計からの見直しの取組

鹿児島県農政部農村振興課 ○(正)前田 勉

1. はじめに

鹿児島県は、耕地面積 120,400ha の 67.9%にあたる 81,800ha を畑地が占め、全国の畑地率 45.6%に比べて高いなどの特徴を有している。それらの農地の整備の排水設計については、田の畑利用を含めて、10 年確率雨量、無湛水の条件で行なわれている。

その際、長らくピーク流量の洪水到達時間を 60 分に固定した簡易設計手法が用いられてきた。近年、都市化や混住化の進展、整備によって洪水到達時間が大きく変化し、溢水被害等が生じるなどの影響が出てきた。その一方、長期に渡ってこの手法を用いてきたことから、新たな基準による設計に見直すことは地域内でこれまでの手法で整備された施設との調整が発生するなどし、現在の手法の見直しに消極的であった。

2. 排水設計

2.1 基準書

農業農村整備事業で農村地域の整備を行う際は、土地改良事業計画設計基準に基づいて計画を進めることを原則としており、排水に関する基準は、同「排水」(農林水産省、2006)、同「農道」(農林水産省、2005)等に具体的に記されている。最近の基準書を確認しても大きな変更は見受けられない。基準書において洪水到達時間の算定は角屋・福島式を基本とすると記載の上、東北、近畿、中国、四国、九州の山地丘陵地域の 14 河川(流域面積 $A=0.13\sim 740\text{ km}^2$)での観測結果から導いたもので、流入、流下を問わず算定できるとされている。

2.2 角屋・福島式その他基準での記載

$$t = C \cdot \frac{A^{0.22}}{Re^{0.35}} \quad (1)$$

t : 洪水到達時間(min), C : 流域特性係数

A : 流域面積(km^2), Re : 確率降雨強度($\text{mm}\cdot\text{ha}^{-1}$)

道路や河川といった他分野の基準における角屋・福島式の記載を確認すると、「中小河川計画の手引き」の中に「角屋・福島式は、式中に到達時間内降雨強度を有し、未知数を含むこととなるので、トライアルの計算となり、扱いが煩雑」(中小河川計画検討会、1999)との紹介が見受けられる。

2.3 他分野の基準

道路や河川の基準であるが、「道路土工要綱」において、流入時間はカーベイ式以下 4 式、流下時間はマニング式が紹介されている(日本道路協会、2009)。中小河川の計画で用いられる「中小河川計画の手引き」ではクラーヘン式、土研式等が提示されている(中小河川計画検討会、1999)。

2.4 簡易設計手法の背景

鹿児島県農政部において、排水設計のピーク流量にかかる洪水到達時間の算定を長年 60 分で計算する簡易算定手法が慣例的に用いられてきた背景について追跡調査を試みた。あわせて九州各県における洪水到達時間算定手法の調査も行った。

簡易設計手法については、農業土木各部局の協力により、適用時期やその根拠等の調査を行ったところ、昭和 50 年代からの使用が確認できた。

これを踏まえ平成 30 年度県内農業土木技術者 257 名のうち、排水設計の実務経験がある昭和 40 年以前生まれの 50 代 25 名を対象に聞き取り調査を行った。その結果、全員が「入庁当初から用いていた」と回答した。また具体的な根拠について 6 名から回答があった。根拠資料として全員が鹿児島県農政部農業土木部局編纂の「設計積算参考資料」を挙げた。昭和 55 年発行が保存されており、記載を確認したが、10 年確率 60 分雨量の計算例(洪水到達時間 60 分)はあるものの、洪水到達時間を 60 分固定で行うという明文化したものはなかった。

並行して退職者にも声をかけたところ、80 代の退職者から、シラス対策事業の実施を機に簡易設計手法を用いるようになったとの情報が得られた。

鹿児島県及び宮崎県の一部に分布する特殊土壌のシラスは、浸食に非常に弱く大規模な浸食及び土砂崩壊等災害が発生しやすいことから、昭和 27 年に法整備された特殊土壌地帯対策の一環として、承水路、排水路、集水路を一体的に整備するシラス対策事業が現在まで実施されている。

上記退職者を含めた詳しい聞き取りの結果、シラス対策事業が、防災上早急な整備が求められる一方、広範囲で大規模な実施となることから、簡易算定手法での設計の簡便化を図り整備を進めたとのことであった。適用時期については、時間が経過していることもあり、明確にはできなかった。

あわせて文献等調査も進めたが、関係資料として見つか

ったのは昭和 55 年 4 月発行の「鹿児島県における土地改良事業計画基準雨量」(鹿児島県農政農業土木技術者部, 1980)のみであった。その中に「昭和 50 年 3 月農林水産省において、土地改良事業計画の簡素化、合理化を図るため「降雨配分方式の最妥当方法の決定に関する調査」結果が公表され、これを使用するように指導されている」との記述とともに、その活用にあたって「土地改良事業の排水計画では流域が一般的に洪水到達時間(t)も 1 時間以内であり、これを 1 時間として扱っている」という記載を見つけることができた。しかしそれ以外の具体的な根拠は見つからなかった。

以上から、簡易設計手法は、シラス対策事業が契機となり、整備を早急かつ広範囲に実施するため、設計の簡便化を図ったものと推定された。近年まではこの手法による整備で大きな問題がほとんど生じてこなかったことや設計の簡便さもあって、鹿児島県内の農業農村整備の排水設計において長らく使用されてきたものと考えられる。

2.5 他県の排水設計の状況

県内調査と並行して、九州各県と沖縄県におけるピーク流量の洪水到達時間の算定手法の調査を行った。

その結果、1 県の一部地域で同様の簡易設計手法が使用されていた。その地域はシラスの分布があり、シラス対策事業が実施されていた。県担当者に尋ねたが手法の経緯等は不明とのことであった。その他の県では、基準を基にして、独自細則や流域毎の算定がなされており、簡易算定手法は使用されていなかった。

2.6 (社) 県測量設計業協会との協議

これらの調査を踏まえて、コンサルティング業務を担う(社)鹿児島県測量設計業協会と、農業農村整備における排水設計について今後の協議を行った。協議は、協会側選定の、排水設計に精通した実務者数名と、実務経験が豊富な県職員数名で、7 回の協議を行った。

2.6.1 角屋・福島式適用の課題

「中小河川計画の手引き」の中で煩雑と記載されていた洪水到達時間 t と確率降雨強度 Re のトライアルの計算について協議すると、パソコン上で処理できるために今後の見直し、導入に際しての課題にはならないとのことであった。その一方、農地の流域特性係数 C 値の記載が抽象的で選定が難しく、その判断によって排水設計が異なる結果になるため、多くの実務者が適用の際に不安を感じているとの指摘があった。

また見直しに向けては、現在の簡易設計手法ではどのような問題が生じるのかを具体的に示した方が問題意識が高まること、できればシミュレーションを行い数値で示し、その上

Table 1 流域特性係数 C

流域の地形	C
自然丘陵山地	250~350≒290
放牧地	190~210≒200
ゴルフ場	130~150≒140
開発直後粗造成宅地、舗装道路、水路の密な農地	90~120≒100
市街地	60~90≒70

(参考 下記は基準「排水」における表記)

土地利用の状態	C
自然山地	250~350≒290
放牧地	190~210≒200
ゴルフ場	130~150≒140
粗造成宅地(水路道路整備)	90~120≒100
開畑地(数ha程度の小面積)	50~130≒90
運動場	80
市街地	60~90≒70

で、角屋・福島式の農地の流域特性係数 C 値や、河川等他の分野の設計手法との相違などについても併記して、啓発を進めてほしいとの意見が出された。

これらを受けて、県営事業規模と市町村事業規模を想定し、いくつかの計算手法のシミュレーションを示すこととした。その上で、簡易設計手法の見直しの取組を進めることで協議がまとまった。

2.6.2 農地の流域特性係数 C 値

農地の流域特性係数 C 値について、基準を再確認すると、若干の表記の違いがあるが、Table 1 に示すとおりであった。農地、特に畑地については、「水路の密な農地 90~120」、「開畑地(数 ha 程度の小面積) 50~130」、「放牧地 190~210」といった項目があり、また水路の配置がどれくらいから密というのか具体的な基準はない。

また「開畑地(数 ha 程度の小面積) 50~130」については、基準「排水」(農林水産省, 2006) のみの表記であり、基準「農道」(農林水産省, 2005) や、現時点で制定が一番新しい基準「ため池」(農林水産省, 2015) には表記されていない。

C 値の適用について、基準書の制定・監修を担う農林水産省九州農政局土地改良技術事務所に確認を行ったが、「畑地については 90~120 の項目か、190~210 の項目のどちらかを一般的な目安とし、現状を勘案して適宜判断されたし」との回答であった。

基準「排水」(農林水産省, 2006) には、農地の土地利用係数 2 つを変化させることでピーク流出量の変化が求めた例示があり、 C 値 100 を流域開発の値として示されている。

2.7 シミュレーション

市町村営事業及び都道府県営事業における標準的な流域規模の想定で、角屋・福島式及び、基準等に示された他の算定手法、及び簡易設計手法について試算し、洪水到達時間及びその際のピーク流出量の比較を示すこととした。

2.7.1 試算条件

地域条件は鹿児島地域、土地利用状態は県内の一般的な整備流域、山地と耕地(畑)の割合 1:2、採用降雨確率年 10 年とし、鹿児島県農業農村整備確率降雨強度式を使用した。流域面積 0.24 km²は、市町村営事業の一般的な整備流域を想定しており、また流域面積 2.4 km²は、都道府県営事業の一般的な整備流域を想定した。

流域特性係数の C 値の差についても、C 値 100 を農地整備後、C 値 200 を農地整備前として、農地の整備前後の変化の形として試算を行なった。

Table 2 流域 1

都道府県営規模	流域面積:2.4km ²
上流部	山地(0.6km ²)
下流部	耕地(1.8km ²)
流下長	2,400m
上流部(高低差20m)	溪流600m
下流部 (高低差15m 粗度係数0.014)	B0.9m×H0.8m ライニング水路1,800m
上流勾配	1/30(0.033)
下流勾配	1/120(0.008)
流域全体勾配	1/56(0.018)
流出係数	山地:0.75, 耕地:0.55
面積加重平均流出係数	0.6

Table 3 流域 2

市町村営規模	流域面積:0.24km ²
上流部	山地(0.06km ²)
下流部	耕地(0.18km ²)
流下長	800m
上流部(高低差10m)	溪流300m
下流部 (高低差4.2m 粗度係数0.014)	B0.9m×H0.8m ライニング水路500m
上流勾配	1/30(0.033)
下流勾配	1/120(0.008)
流域全体勾配	1/56(0.018)
流出係数	山地:0.75, 耕地:0.55
面積加重平均流出係数	0.6

2.7.2 降雨強度式

$$10 \text{ 年確率降雨強度式: } R = 1032 / (T^{0.588} + 3.64) \quad (2)$$

R: 降雨強度(mm・ha⁻¹), T: 降雨継続時間(min)

2.7.3 ルチハにおける流入時間 t¹ 式

$$t^1 = l / (20 \cdot (\frac{h}{l})^{0.6}) \quad (3)$$

t¹: 流入時間(min), h: 流路上下端高低差(m)
h: 流路上下端高低差(m), l: 水平距離(m)
(流出時間 t²はマニング式で算定)

2.7.4 カーベイにおける流入時間 t¹ 式

$$t^1 = 1.445 \left(N \cdot \frac{L}{S^{0.5}} \right)^{0.467} \quad (4)$$

t¹: 流入時間(min), N: カーベイ粗度係数
L: 流下長(m) 適用範囲 L ≤ 370m, S: 勾配
(流出時間 t²はマニング式で算定)

2.7.5 クラーヘンにおける流入時間 t¹ 式

$$t^1 = \frac{A^{0.5}}{2^{0.5}} \cdot 30 \quad (5)$$

t¹: 流入時間(min), A: 流域面積(km²)

$$t^2 = \frac{1}{3600} L / W \quad (6)$$

t²: 流出時間(min), L: 流下長(m)
W: 洪水伝播速度(m・s⁻¹)

2.7.6 等流流速における流入時間 t¹ 式

$$t^1 = \frac{A^{0.5}}{2^{0.5}} \cdot 30 \quad (7)$$

t¹: 流入時間(min), A: 流域面積(km²)
(t²はマニング式で算定)

2.7.7 土研における洪水到達時間 t¹ 式

$$\text{都市流域 } t = 2.4 \cdot 10^{-4} \left(\frac{L}{S^{0.5}} \right)^{0.7} \quad (8)$$

$$\text{自然流域 } t = 1.67 \cdot 10^{-3} \left(\frac{L}{S^{0.5}} \right)^{0.7} \quad (9)$$

t: 洪水到達時間(min), L: 流下長(m)

S': 高低差/流路長, 適用範囲 S > 1/300

適用範囲: 都市流域 A < 10 km², 自然流域 A < 50 km²

2.7.8 マニング式(流下時間 t²)

$$t^2 = L / (R^2 \cdot I^{1/2} / n) \quad (10)$$

t²: 流下時間(min), L: 流下長(m)
R: 径深(m)=A/P, I: 水路勾配
n: マニング粗度係数

2.8 試算結果

流域 1, 流域 2 における、それぞれの洪水到達時間及びピーク流出量は Table 4, Table 5 のようになる。角屋・福島式で、流域特性係数については、農地整備前と想定した C 値 200 と、農地整備後の想定した C 値 100 で比較すると、整備

Table 4 洪水到達時間とピーク流量の変化(流域 1)

流域2 (2.4km ²)	洪水到達時間 $t=t_1+t_2$ (min)	有効 降雨強度 (mm・ha ⁻¹)	合理式で推定さ れるピーク流量 (m ³ ・s ⁻¹)
角屋・福島式 (畑地C=100)	47	46	31
角屋・福島式 (畑地C=200)	76	37	28
カーベイ式※	(54+11=65)	(41)	(27)
ルチハ式	4+11=15	72	48
クラーヘン式	33+9=42	49	33
等流流速式	33+11=44	48	32
土研式	95	35	23
簡易設計	60	42	28

Table 5 洪水到達時間とピーク流量の変化(流域 2)

流域1 (0.24km ²)	洪水到達時間 $t=t_1+t_2$ (min)	有効 降雨強度 (mm・ha ⁻¹)	合理式で推定さ れるピーク流量 (m ³ ・s ⁻¹)
角屋・福島式 (畑地C=100)	26	57	3.9
角屋・福島式 (畑地C=200)	42	49	3.2
カーベイ式	39+3=42	49	3.3
ルチハ式	2+3=5	99	6.6
クラーヘン式	10+3=13	76	5.0
等流流速式	10+4=14	75	5.0
土研式	42	49	3.3
簡易設計	60	42	2.8

カーベイ式は適用範囲外(流下長 $L=370\text{m}$ 以下)のため参考値

前後のピーク流出量は市町村営規模の流域 1 で 21.9%増加し、都道府県営規模の流域 2 で 10.7%増加した。

また洪水簡易設計手法との比較では、農地整備前と想定した C 値 200 では、都道府県営規模の流域 2 では同流量となったが、市町村営規模の流域 1 では、整備前の条件でもピーク流出量が 14.3%過小となった。農地整備後と想定した流域特性係数の C 値 100 では、市町村営規模の流域 1 でピーク流出量が 39.3%過小に、都道府県営規模の流域 2 で 10.7%過小となった。

あわせて、基準等にある他の算定手法との比較では、流域 1、流域 2 における、それぞれの洪水到達時間及びピーク流出量は Table 4、Table 5 のようになった。

2.9 文書通知

これらを資料にまとめた上で、角屋・福島式による算定試算用エクセルファイルを作成し、鹿児島県の農業土木部局における各種会議や、(社)鹿児島県測量設計業協会との協議などを通じて啓発を進めた。

その結果、簡易算定手法から基準を踏まえた設計へ見直す機運が高まった。その一方で、県内で長らく簡易算定手法が用いられてきたため、設計及び整備現場に混乱が生じないように移行期間が必要であるという意見も出され、留意点として通知文の中に明記することとした。

最後に、どのような形で通知を出すのかが議論となり、最終的には、鹿児島県の農業農村整備事業を総括する2課の技術補佐の連名とした事務連絡により通知する形となった。

平成 30 年 11 月 9 日付で「排水施設の設計における洪水到達時間の適切な算定について」として、県内農業土木所属宛に通知された文書の内容は以下のとおりである。

「このことについて、会議等を通じて注意喚起を行っているが、算定にあたっては下記事項に留意して適切に整備を行うこと」

- 1 洪水到達時間を 60 分に固定する簡易算定方法については、使用する根拠が乏しいため、基準に基づいた適正な設計を行うこと。また、地区の実状により「排水計画における留意事項について」の通知を遵守すること。
- 2 順次適正な設計へと改めるものとするが、現時点で設計や用地買収が終了しているまたは、上下流等の整備が終了しており接続の関係で修正が困難な場合等については、使用した簡易算定手法の照査を行うなどして施設の安全性の確保に留意すること。
- 3 新規計画、新規地区、未設計工区については、基準に基づき適正な設計を行うこと。
- 4 基準の角屋・福島式における畑地の C 値については、それぞれの現場状況により判断し設計を行うこと。

3. おわりに

鹿児島県農政部における、簡易算定手法による排水設計からの見直しの取り組みについて報告を行った。

取り組みを進めるにあたって、(財)鹿児島県測量設計業協会と連携と協議を重ねたことが、事務連絡での文書通知をより実効性のあるものにしたと感じている。

引用文献

- 中小河川計画検討会(1999):中小河川計画の手引き
 鹿児島県農政部(1980):鹿児島県における土地改良事業計画基準雨量
 日本道路協会(2009):道路土工要綱
 農林水産省農村振興局(2005):土地改良事業計画設計基準 設計「農道」
 農林水産省農村振興局(2006):土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 計画「排水」
 農林水産省農村振興局(2015):土地改良事業設計指針「ため池」

オーラルセッション

第2会場

農地造成・整備・保全, 土質力学

農地防災事業における作業機械の振動について

佐賀大学農学部 ○(非)稲葉繁樹

佐賀大学全学教育機構 (正)近藤文義

1. はじめに 軟弱地盤が広く分布する筑後川下流地区では、大型重機を用いた地盤改良や掘削作業、土砂運搬の際のダンプトラックの通行に際して、通常地盤の地区に比べ周辺の住居や構造物に大きな振動が伝わるとされており、事前調査範囲を越えた隣接家屋等に損傷を与えるケースが出てきている。本報では、農地防災事業において、クレーン改修時の様々な工事過程における重機および運搬車が発生させる振動についての影響および周波数の違いによる振動伝搬状況について調査を行ったものである。

2. 実験方法 振動測定のために振動計（リオン製 VM-55RT 3台もしくは5台）を供試した。これらは、三軸方向の振動を測定できるもので、1/3 オクターブ解析ができるものである。測定結果の解析には振動解析ソフト（リオン製 AS-60）を供試した。個々の計測器は測定対象からおおよそ10mを目安とした場所に設置し、一定時間継続して測定を実施した。ただし、データをまとめる際の対象機体から測定器までの距離については、各計測器の位置をGPSで記録し、映像における機体の位置とともにGoogle Map上で算出した直線距離を使用した。また、ビデオカメラ（Panasonic製 Hi vision ビデオカメラ HC-W580M 3台）で重機の位置・作業内容を記録し、映像から単独の重機が作業を実施している時間を対象として解析を行った。検討にあたっては、1/3 オクターブ解析によって、振動周波数別の大きさ、および距離に対する減衰について解析した。

計測対象の作業は、①暗振動、②固化材散布、③土壌攪拌、④バックホウ移動、⑤ダンプ移動とした。暗振動については、国道から離れた工事区域中心部および一般車両が行き交う国道に面した工事周辺域を測定場所とした。バックホウの各種作業については、工事区域中心部のものを対象とし、ダンプの移動については、路面が滑らかな場合には振動発生が低い可能性があったため、工事路面に敷設した鉄板と鉄板の隙間がある部分を走行する瞬間を対象とした。

3. 実験結果と考察 ①暗振動：工事領域中心部および国道付近のいずれにおいても振動レベルは「屋内にいる人の一部がわずかに揺れを感じ始める55dB」を遙かに下回っており、ほぼ振動がない状態であることが確認された。②固化材散布：固化材の散布作業については、バケットを傾けて固化材を少しずつ落とす方法と、バケットを上下動させて固化材をこぼすように散布する方法の2つの方法が見られた。この2つの方法を比較すると後者の振動が大きい結果となった。また、オクターブ解析の結果において、2.5Hzおよび4Hz付近の振動レベルが高く、計測した40mを超える付近まで55dBに近い値が見られた。特に鉛直方向（Z軸）の振動は水平方向（XY軸）より高い数値であり、振動の主要因がバケットの上下動であることが推察された。2.5Hz～4Hzの周波数領域は、木造家屋の一般的な固有周波数5Hz～10Hzに対して若干低めの領域であるが、人体が感じやすい周波数帯である。③土壌攪拌：バックホウによる攪拌作業においては鉛直方向の

振動が水平方向の振動より若干高い結果となったが、人が振動を感じる目安である 55dB を超える振動はほぼ見られなかった。ただし、攪拌作業の途中で長いロープやビニールなどのゴミが作業機の回転部分に巻き付くことがあり、それらを落とすために空中で「回す」・「急に止める」を繰り返す操作が行われた時に、一部の周波数で 55dB を超える強い振動が約 40m の離れた地点においても記録されていた。④バックホウの移動：1/3 オクターブ解析の結果から、3.15Hz 付近の振動が距離に対する減衰が一番少なく、周波数が高くなると距離に対する減衰が大きかった。この周波数は木造家屋の一般的な固有周波数からは若干離れているものの、機体から約 10m 離れた場所で一部の周波数は人が振動を感じる目安である 55dB を超えていた。水平方向の軸においても鉛直方向と同レベルの振動が認められており、機体の移動でクローラにおいて水平方向の振動も発生していることが確認できた。水平方向の振動は 2 階建て家屋の 2 階など、地面から離れている建築物では振動が大きくなる報告があるため、注意すべき点であると考えられた。⑤ダンプの移動：路面鉄板の間隙で上下動するダンプの振動は、距離に対する減衰が他の作業に対して少なく、より広い範囲に高い周波数領域の振動まで伝えることが判明した。三軸の比較を行うと、鉛直方向の振動が、水平方向の振動より比較的大きな値となっていたことから、鉄板の継ぎ目の間隙による車体の上下動が振動の主要因であることが確認できた。

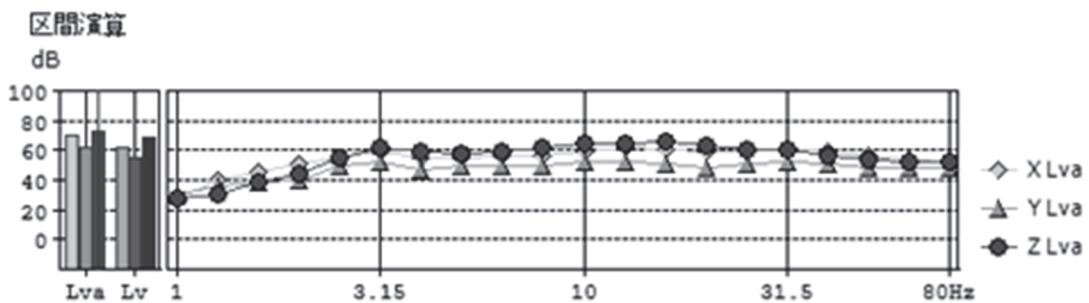


図 1 バックホウ移動時の振動解析結果の一例



図 2 測定対象のバックホウ

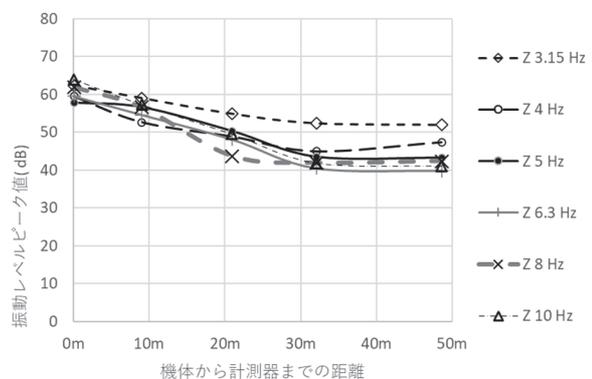


図 3 各周波数別振動伝達状況

大杉(4期)地区県営地すべり対策事業について

— 地域条件や発生要因に関する考察 —

佐賀県唐津農林事務所 農村環境課 ○(正)陣内文仁 (非)下 哲也 (正)深川慶一郎
株式会社共和テック (非)中島篤司 (非)山口輝喜

1. はじめに

唐津市は、佐賀県北部に位置し玄界灘に面している。大杉地すべり区域は唐津市街地から南方約8.4kmの北波多（合併前は東松浦郡北波多村）大杉地区で、地形的には標高209.6mの霧差山の西側山腹、170～200mに位置する。本地区周辺は一級河川松浦川水系徳須恵川が沖積平野を形成し、北方の玄界灘へ流下している。

本地区は勾配10～25度の緩斜地で、霧差山の中腹から山麓にはため池が点在し、等高線の乱れが認められる。土地利用は、主に茶畑やみかん畑の農地と山林で、山麓には集落が市道沿いに分布している。

地すべりについては、一般的によく知られているように（農林水産省⁴⁾2022、高橋⁵⁾2008、青山ら⁶⁾2012）、佐賀県北部の東松浦半島から長崎県北部にかけての一带は、「北松型地すべり」と呼ばれており、本地区は北松型地すべり地帯区分のほぼ中央部に位置する。

2. 大杉地区地すべり対策の経過

大杉地すべり区域については、昭和48年3月に地すべり防止法の指定（A=39.5ha）を受け、昭和48年度～昭和53年度にかけて県営による地すべり対策事業を行い、昭和56年度～平成元年度にかけて2期対策を実施してきた。

平成22年7月の梅雨前線豪雨により、既指定区域に隣接の北部エリア（A=3.8ha）で地すべりが発生し、平成22年度は災害関連緊急地すべり対策工事を、平成23年度～平成26年度にかけて3期対策を行った。

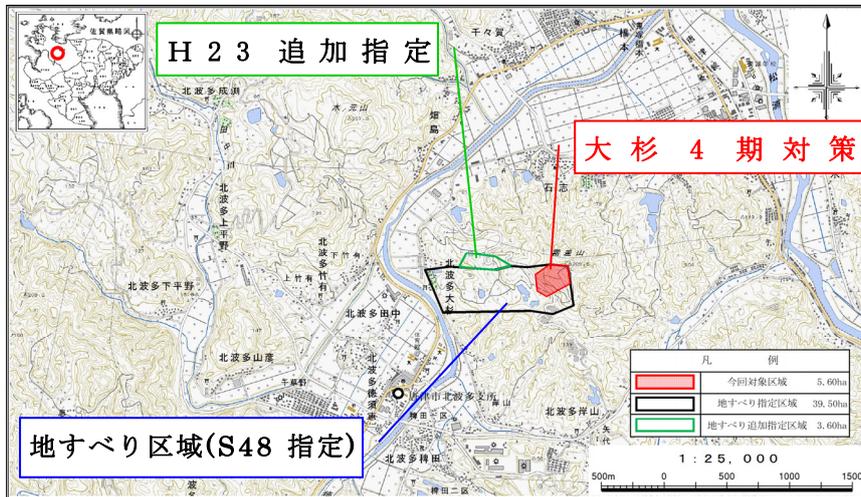


図-1 位置図と大杉地区地すべり防止区域と周辺図

表-1 大杉地区地すべり対策の経過

年次	地すべり対策事業
昭和48～53年度	大杉地区(S48区域指定)
昭和56～平成元年度	大杉2期地区
平成23～26年度	大杉3期地区(H23区域指定)

3. 大杉(4期)地区地すべりの地質

霧差山の西側斜面は、第三系相知層群巖木層で構成され、砂岩、頁岩や凝灰岩等を主体とした地質である。走向・傾斜は概ね斜面（地すべり）に対し「流れ盤」状を呈している。

凡例

第四紀 Quaternary Bensetsu	多環晶質および無環晶質玄武岩 Domeitic and non-porphyrritic basalts	Bp	普通輝石橄欖石玄武岩および橄欖石玄武岩 Augite-olivine basalt and olivine basalt
第三紀 Tertiary Kishima group	津波頁岩層 Hatatsu shale	Hh	シルト岩および泥岩 Siltstone and mudstone
	津波砂岩層 Hatatsu sandstone	Hs	砂岩およびシルト岩 Sandstone and siltstone
	駒崎砂岩層 Komanaki sandstone	KO	礫岩・礫質砂岩および礫質砂岩 Conglomerate, conglomeratic sandstone and tuffaceous sandstone
	行合野砂岩層 Yukisano sandstone	YK	砂岩 Sandstone
	佐里砂岩層 Sari sandstone	SA	砂岩・礫質砂岩および礫質岩 Sandstone, conglomeratic sandstone and tuff
	梓島層 Kishima formation	KI	砂岩・シルト岩・泥岩および礫質砂岩 Sandstone, siltstone, mudstone and conglomeratic sandstone
	芳ノ谷層(上部) Yoshinotani formation(Upper)	YOu	砂岩・シルト岩・泥岩および石灰岩 Sandstone, siltstone, mudstone and coal
	芳ノ谷層(下部) Yoshinotani formation(Lower)	YOl	砂岩・シルト岩・泥岩・礫質岩および石灰岩 Sandstone, siltstone, mudstone, tuff and coal
	芳ノ谷層 Yoshinotani formation	YO	砂岩・シルト岩・泥岩および石灰岩 Sandstone, siltstone, mudstone and coal
	蔵木層 Kuzaki formation	KU	砂岩・礫岩および礫質泥岩 Sandstone, conglomerate and tuffaceous mudstone
花崗閃緑岩類 Granodiorite	gd		

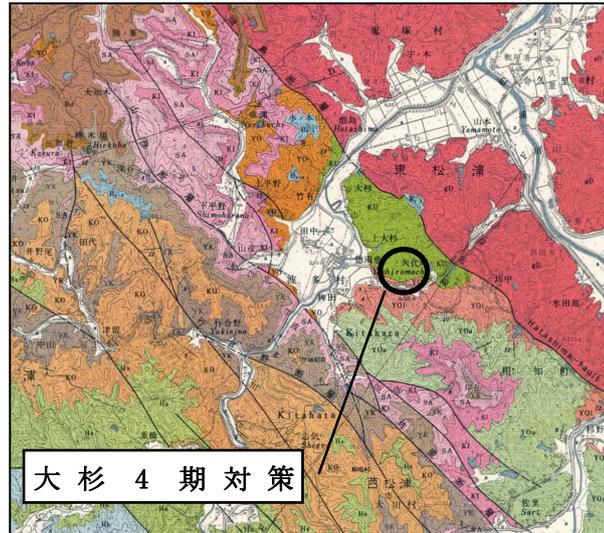


図-2 大杉地区周辺の地質図

一方、霧差山北東側斜面には、中生代の貫入岩体である花崗岩が分布し、大杉地すべり区域の第三紀層とは断層（畑島断層）関係で接している。また、霧差山の山頂部では第四期の火山噴出物である玄武岩が第三紀層及び花崗岩を不整合に被覆している。

4. 令和3年度における大杉4期地区地すべりの調査概要

唐津市では令和3年8月11日～14日にかけて500mmを超える大雨となり、8月8日～14日の総雨量は580mm、日最大雨量は264mm（8月14日）を記録した（気象庁：唐津観測所）。

この豪雨により地すべりが発生し、現在の観測結果としては、①規模は幅約60m、延長約80mに達し、層厚は10m～15m程度、②地すべり末端付近では、農道舗装路面のクラックやブロック積の傾倒等、茶園内での段差を伴うクラック、③中腹部付近では、農道舗装面にクラックや路面のズレ、④頭部付近の茶園や農道舗装路面には明瞭な段差を伴うクラック等が認められる。



写真-1 茶園内の段差（末端）



写真-2 農道舗装路面の破損（末端）



写真-4 茶園内の段差（頭部）



写真-3 農道舗装面のズレ（中腹）

5. 大杉4期地区地すべりの対策工法（令和4年度）

地すべり対策工事について、以下内容で計画している。考え方としては、地すべり要因の地下水を抑制工法で排除し、その後の調査観測により抑止工法（杭工等）で地すべり防止を図ることとしている。

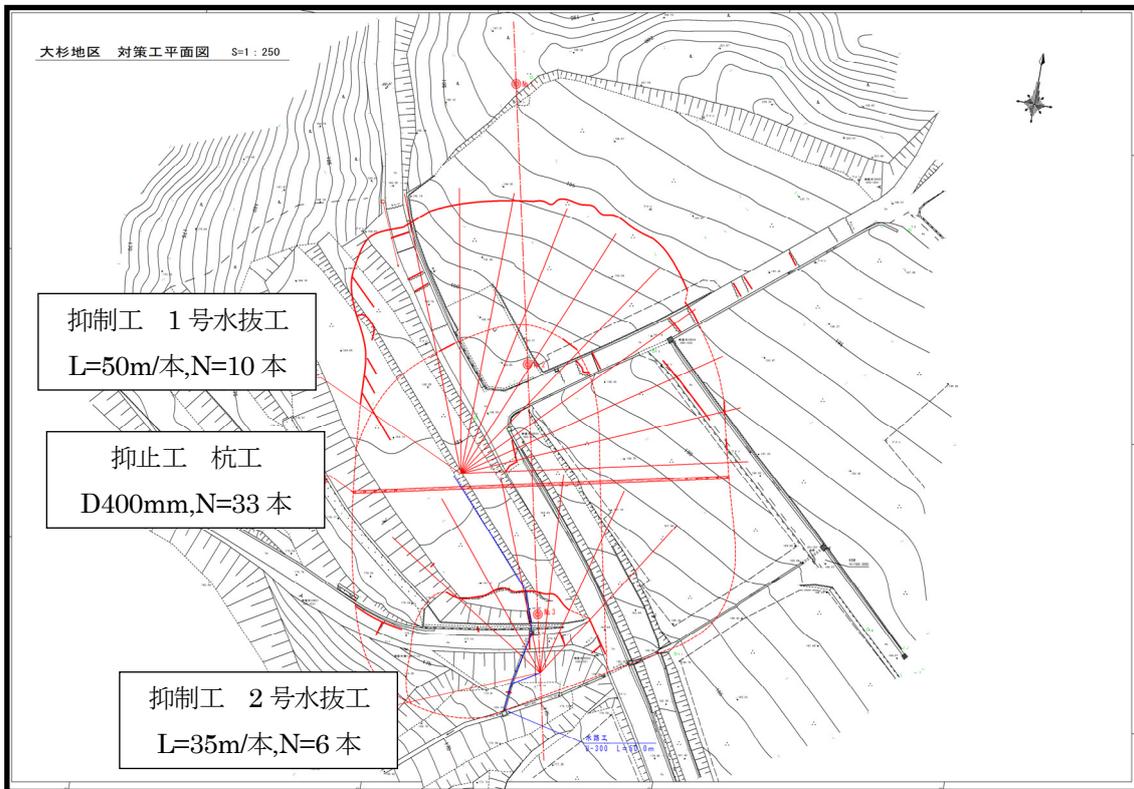


図-3 大杉地区地すべり対策事業平面図

表-2 大杉地区地すべり対策の事業計画（令和4年度）

区 分	1ブロック
保全対象	農地、里道、電波塔等
初期安全率 (R4)	0.98 (R4 : 0.98)
計画安全率	1.15
防止工法	抑制工と抑止工の組合せ
① 抑制工	水抜工 N=16本 (L=35~50m/本)
② 抑止工	抑止杭工 D=400mm, N=33本

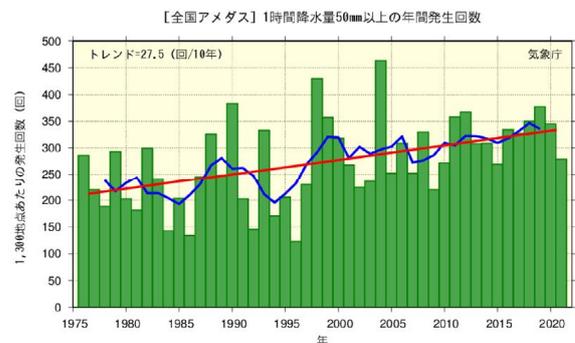


図-4 全国の1時間降水量50mm以上の年間発生回数の
経年変化（1976～2021年）⁷⁾

6. 大杉4期地区地すべりの地域条件や発生要因について

管内の農地地すべりについては、昭和37年度から対策工事を実施しているが、概成後でも、追加の地すべり対策や区域の追加指定を行う事例が多い。しかし、大杉地区のように4期にわたる対策事例は他にはなく、本地区特有の要因があると言わざるをえない。

地質的には、霧差山の西側斜面は、第三紀層で本層は砂岩・礫岩等が主体で「流れ盤」状である。また、霧差山の山頂部では玄武岩が被覆するキャップロック構造で、地下水を貯めやすいことがいえる。

しかし、本地区から東松浦半島部にかけては、このような北松型地すべりタイプが多い。また、近年、気象庁のレポート⁷⁾でも明らかとなっているが、50mm以上の降雨強度や200mmを超える日雨量の集

中豪雨の増加が顕著である。しかしながら、これら地質構造と豪雨増加の2つの理由では、大杉地区で地すべりが繰り返し発生する説明は困難である。

改めて、霧差山北東側斜面は花崗岩が分布し、西側斜面には第三紀層が分布しており、これらは断層(畑島断層)で接していることに注目し考察する。同山頂部では玄武岩が被覆している。これらの構造から、豪雨の際は、節理の多い玄武岩に地下水を貯めこむとともに、一方、多量な雨水は断層部の破碎帯からも容易に地下へ浸透すると推察される。本地区が流れ盤であることから、キャップロックの玄武岩と破碎帯の2つの供給源から第三紀層へ地下水が流入し、浸透先の砂岩・頁岩等の地層では、一部で滑動によるせん断破碎を受けた部分では、地すべり面となる粘土が発達しやすいと考えられる。本地区の調査では、第四紀の崩積土下の砂岩・頁岩層の上部の風化層では新旧の複数の鏡肌も確認されている。これらのことから、本地区は、「キャップロック型地すべり」と斜面上方の断層が地下水供給源という「破碎帯型地すべり」の混合する特異な状況であると思慮される。

7. おわりに

令和3年8月豪雨により唐津市北波多大杉地区で地すべりが発生した。この地すべりは昭和48年に指定の地すべり防止区域内にあり、本地区では過去3回の対策工事を行った。地すべり機構としては、第三紀層と粘土層の介在、流れ盤地形、キャップロックの玄武岩及び斜面上流の断層からの地下水の供給が原因と推定している。対策としては、令和4年度から調査観測と水抜ボーリング等を予定している。また、今後の地すべりの調査観測では、地下水位、水抜工からの排水状況と地盤の変動等の調査を継続し、さらなる効果的な地下水排除計画を検討する必要がある。

管内の北松型地すべり地では、大杉地区以外でも2期地区・3期地区のように対策を行う地区が多いことから、調査観測の継続と地すべり防止施設の管理が大変重要である。一度、地すべりが発生すると、広範囲にわたる農地や営農への影響をはじめ、長期間にわたり人家や道路・河川など公共施設への多大な影響が生じることもある。



写真-5 大浦の棚田と地すべり(公共)

地すべり地では、昔から農耕の場として水田が棚状に広がり、水稻作付けが行われている⁸⁾。管内でも、日本の棚田百選に選定された大浦の棚田や浜の浦の棚田があり、景観保全や都市農村交流の場としてなど、多面的機能を発揮する資源としての貴重な役割を担っている。今後、地すべり防止施設の維持管理に向けた取り組みを行うこととしているが、地すべり防止施設の長寿命化技術の開発や新たな解析手法の導入などが重要になっていると考えられる。

引用文献

- 1)佐賀県唐津農林事務所,唐津地区県単地すべり防止施設管理事業委託報告書(2021)
- 2)佐賀県唐津農林事務所,大杉地区地すべり災害調査委託中間報告書(2022)
- 3)佐賀県唐津農林事務所,平成24年度農業農村工学会九州支部大会講演要旨集,p146-149
- 4)農林水産省,土地改良事業計画設計基準 計画「農地地すべり防止対策」技術書(2022),p423-425
- 5),8)高谷精二,技術者に必要な地すべり山くずれの知識,p118-120,p121-124(2008)
- 6)青山健治,服部二郎,山田幸正,牛谷逸朗,佐賀県の斜面防災,斜面防災技術,p4-6,(2012)
- 7)国土交通省気象庁,全国(アメダス)の1時間降水量50mm以上の年間発生回数(2022),https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/extreme/extreme_p.html

「地すべり対策事業 船ノ原第二地区」における対策工について

佐賀県杵藤農林事務所 ○(非) 山崎 浩一郎

1 はじめに

本地区は武雄市の西部に位置し、標高約 200m～300mに開かれた棚田(約 17ha)において、平成 30 年 7 月豪雨により、農地の段差や亀裂、ブロック積擁壁の割れ、湧水等が広範囲に確認された(写真-1)。

地質は、新生代第三紀佐世保層群であり、軟弱な砂岩・泥岩層の上部に堅固な火山由来の岩層が載るキャップロック状の地質構造であり、本県における代表的な北松型地すべりの地質状況である。

平成 30 年 7 月豪雨の状況は、7 月 6 日に 1 時間最大雨量 50mm を観測し、7 月 3 日に 24 時間最大雨量 138mm を観測、7 月 3 日～6 日までの 4 日間累積雨量は 402mm に達した。断続的な降雨により本地区内に大量の地下水が供給され、このことが誘因となって地すべりが発生したと考えられる。

本地域の斜面下方には保全対象となる民家や市道があり、地すべりが顕在化した場合は大きな被害となることが懸念されたため、地すべり対策事業を行うこととなった。

令和 2 年度に、地すべり滑動が顕著な A ブロックにおいて、集水井や水抜きボーリング工で地すべり対策を行った。

しかし、令和 3 年 8 月豪雨により歪計の変動等が認められたため、対策工事の見直しを行ったところである。今回、この見直した対策工事について紹介する。



写真-1 本地の状況

2 令和 3 年 8 月豪雨の状況

8 月 11～14 日の累積雨量は 961.0mm、24 時間最大雨量は 8 月 14 日の 358.0mm、8 月 16～19 日の累積雨量 208.0mm、8 月 11～19 日までの合計では総雨量が 1169.0mm であり(表-1)、最大累積雨量としては 100～150 年確率雨量、24 時間最大雨量では 60～80 年確率雨量に相当するものであった。

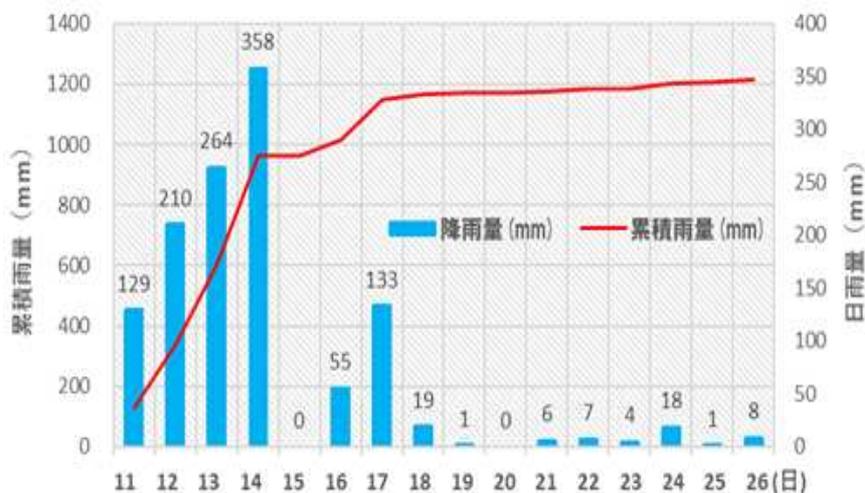


表-1 令和 3 年度 8 月豪雨の状況

3 地下水位の観測結果状況

8月豪雨により、Aブロック内ではBV-2が経年最高水位を更新した(図-1)。

降雨量が多かったにもかかわらず、BV-1、BV-3、BV-4、BV-5で経年最高水位を更新しなかったのは、令和2年度中に施工された集水井や水抜きボーリング工による地下水排除効果と考えられる。

Aブロックは、集水井や水抜きボーリング工の施工によって地下水位の上昇は抑制できているが、地すべり活動による歪変動が確認された。

4 地すべり対策工の計画見直し

観測の結果、地下水排除効果はある程度確認されたが、歪計の変動が確認されたため、初期安全率の再計算を行った。

再計算の結果、両ブロックとも初期安全率が0.952となり、令和2年度に計画された地下水排除工施工後の計画安全率($F1=1.030$)を大きく下回る結果となった。

このことから、地下水排除工を追加し安全率を1.00以上まで上昇させ、地すべり活動を抑制させることとした。

具体的な追加対策として、A-1ブロックは令和2年度に完成した集水井工から集水ボーリングを、A-2ブロックは水抜きボーリングについて追加施工を行う。

5 まとめ

地すべり対策工は、抑制工の対策工事完了後に地下水位等の低下効果を検証し、現状安全率を確認しながら対策工事を進める。

今後、追加施工を行う地下水排除工の施工効果については、継続的な歪及び地下水位の動態観測を行い検証する。

令和3年8月豪雨では、線状降水帯による局所的豪雨などに伴い、想定以上に地下水位が上昇し、当初計画した地すべり対策工事の見直しを行うこととなった。

近年、地球温暖化等に起因する気候変動に伴い、台風や豪雨による災害が激甚化、頻発化している。

このことから地すべり対策工事の継続地区や完了地区においても、豪雨強度の変化に伴い、安全性の再確認が必要な時期に来ているのではないかと考える。

現在、本地区においては、水抜きボーリング等の追加施工を行っているが、今後とも工事の効果及び豪雨時の地下水位の上昇等を確認しながら、地域住民の生命・財産を守るため、本地域の地すべりの抑制・抑止を図っていきたい。

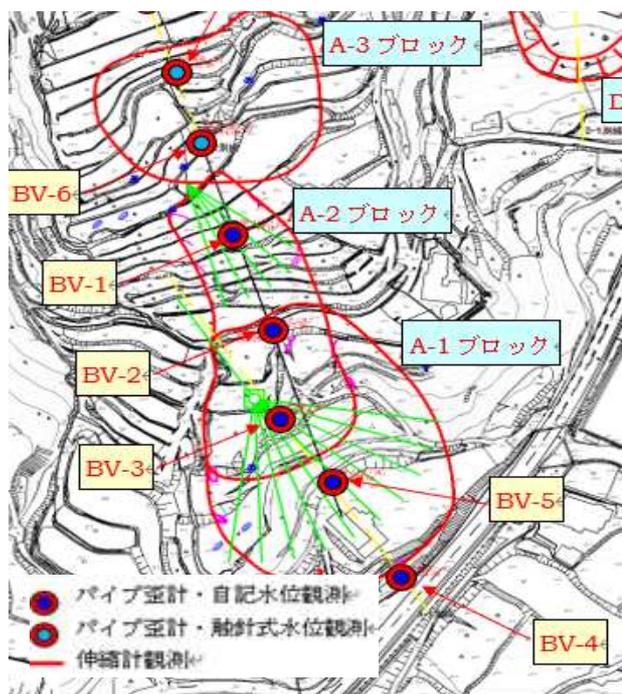


図-1 Aブロックの観測孔状況

2-4

「県営経営体育成基盤整備事業 東山代干拓地区」における大区画化と水田の汎用化について

－ 基盤整備を契機に新たな展開へ －

佐賀県伊万里農林事務所 (正)岸川 晋児
佐賀県伊万里農林事務所 (正)坂口 治
佐賀県伊万里農林事務所 ○(非)山口 欣偉

1 はじめに

佐賀県では、昭和 40 年代から農業生産基盤整備を中心的事業として、これまで 35,000ha に及ぶ水田ではほ場整備事業に取り組んできており、水田面積(41,800ha)の約 85%の整備が完了し全国でもトップクラスの整備率となっている。その結果、耕地利用率は 35 年連続全国一位となっており、米麦はもとより、たまねぎやいちごなどについても全国有数の産地として定着してきており、ほ場整備の効果は極めて大きなものがある。

しかしながら、近年はこれまで整備してきた施設の更新整備が主流となってきており、高齢化や人口減少に伴う担い手不足や耕作放棄地の増大といった問題解決を含め、今後は地域農業の将来像を見据え、施設の再編や整備された農地をさらに高度に活用するなど、稼げる農業の確立に向けた農業農村整備を計画的に実施していく必要がある。

また、当県では、令和元年度から園芸作物の産出額を令和 10 年度までに 888 億円に伸ばす「さが園芸 888 運動」を重要施策として取り組んでおり、園芸団地の整備推進や担い手に集積した農地の基盤整備の推進を図っている。

ここでは、佐賀県伊万里市東山代町において、干拓事業から半世紀を過ぎ、次の世代に農地をしっかりと引き継ぐため、新たな水田の再整備に踏み切った東山代干拓地区について紹介する。(図-1)



図-1 位置図

2 東山代干拓の概要

東山代干拓は、県の北西部にある伊万里湾奥に位置し、昭和 21 年に引揚者有志企業団が農林省委託事業として着工され、その後昭和 23 年に佐賀県が代行干拓として引き継ぎ、昭和 38 年に総延長 2,550mの堤防が完成し、約 63ha の新国土が造成された。かんがい用水は有田川下流の井堰から 3km にわたって埋設した暗渠で導水されている。

干拓地周辺は、低平地であるため、度々冠水被害を受けていたため、昭和 42 年に東山代干拓土地改良区を設立し、これまで大型の排水ポンプの設置や排水路の拡幅など、段階的に整備が行われてきた。(写真-1)



写真-1 整備前の東山代干拓

当地区では、昭和 41 年から水稻を中心に営農が開始され 50 年になるが、施設の老朽化による漏水や破損、水路の法崩れが発生するなど営農の支障になっている。また、農地も狭小の区画が点在しており、作業効率が悪く大型機械の導入や、担い手への農地の集積・集約が困難を極めている。さらに、地下水位が高く、湿田状態にあるため畑作物など裏作の振興が図れない状況である。こうした現状に加え、農業者の高齢化や担い手不足により離農者が増え、将来的な地域農業の持続・発展の課題となっていたことから、県が地域に入り何度も話し合いを重ね、地域が目指す農業の将来像を描き出し、その夢を実現させるため基盤整備を県営事業で実施することとなった。

3 営農構想実現のための基盤整備

(1) 事業概要

当地区では、国の経営体育成基盤整備事業を活用し、令和 3 年 11 月から工事に着手した。

約 180 区画で平均 27a の圃場を令和 7 年度までに 46 区画(1 区画約 1ha から 1.7ha)の大区画化を図り、暗渠排水の整備なども並行して行う。また、老朽化した用・排水路の整備を計画している。(表-1)

今回の大区画化については換地処分を行わず、畦畔除去を行い複数の農地を 1 枚にレーザーレベラーにより均平整地(写真-1)を行うもので、暗渠排水も全ての農地で整備し乾田化を図る計画である。

令和 4 年 6 月までに約 47.6ha で大区画化の整備が完了、12.0ha で暗渠排水の工事を終えている。(写真-2)。なお、今年度は約 47.6ha において田植えが行われ、稲刈り後は、麦などの裏作の作付も予定されており、令和 8 年 3 月までに全ての工事完成を目指し事業を進めている。



写真-1 レーザーレベラー均平整地状況



写真-2 大区画化後の作付状況

表-1 事業概要

事業工期	令和 3～7 年度
総事業費	515, 000 千円
受益面積	49.9ha
事業内容	整地工 A=49.9ha 用水路工 L=2, 457m(U240～U600) 排水路工 L=3,114m(U300～2 面張 2.0×1.3) 暗渠排水工 A=49.9ha(φ 50～75)

(2) 営農構想

当地区の約 50ha は小区画で分散した耕区で、これまで地区内の耕作者が各々で賃借により集積し、規模拡大が図られてきたものの作業効率が悪いことから、経営体育成基盤整備事業により、農地を大区画化し、担い手への集積・集約を図る計画である。

工事完了後は、大区画化、乾田化された農地で水稲の裏作として麦や、高収益作物のたまねぎやブロッコリーなどの作付を計画されており、土壌の塩分濃度など耕作条件を考慮し、今後は、JAや農業振興センターなどと連携し、土づくりや試験栽培などを行い、新たな園芸作物の導入についても検討を行っていく。

(3) 集積・集約計画

当地区は、県の農業土木職員自ら地域のコーディネーター役となり、特に農地の集積・集約の計画づくりが上手といった地区でもあり、具体的な手法とポイントをここでは報告する。

1 つ目のポイントは、ターゲットを担い手に絞って地元調整を行ったことである。アンケート調査や聞き取りにおいて、5年後や10年後に営農を行っているかを調査し、将来的に営農を継続する意向がある担い手に対し、どういった営農をしていく計画か、さらに深掘りして聞き取りを行った。営農を継続する意向のない農家に対しては、集積や集約を勧めていった。農家全員ではなく、対象を絞って調整を行っていくことで、早い段階で各々の思いに寄り添った計画を作ることができた。(図-2)

2 つ目は、スピード感を持って地元調整に足しげく通ったことである。地元で聞き取りを行った後、地元の意向をすぐに図面に起こし、再び意見伺いに地元に入り、その後も幾度となく意見を計画図に反映していき、間を置かず地元調整を行った。継続して何度も地元に入ることで、地元の信頼感を得て、地元も将来の計画に対するやる気が高いまま、話し合いの場を持つことができた。

3 つ目は、農地の集約計画の完成形を見据え、地元で寄り添ったマイルストーン(中間目標)を作成したことである。計画図は事業完了後だけでなく、その途中段階の計画図の完成形を見据えて作成したことにより、計画を受け入れやすい空気ができ、早期に了解を得ることができた。

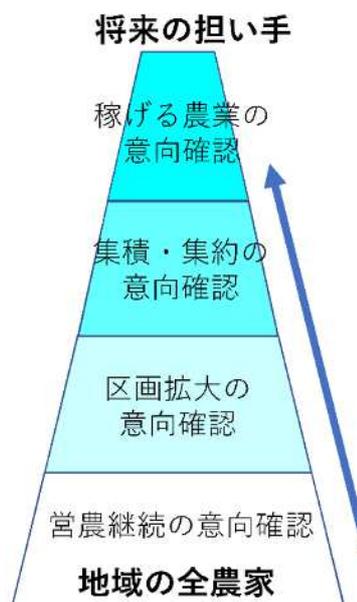


図-2 地元調整フロー

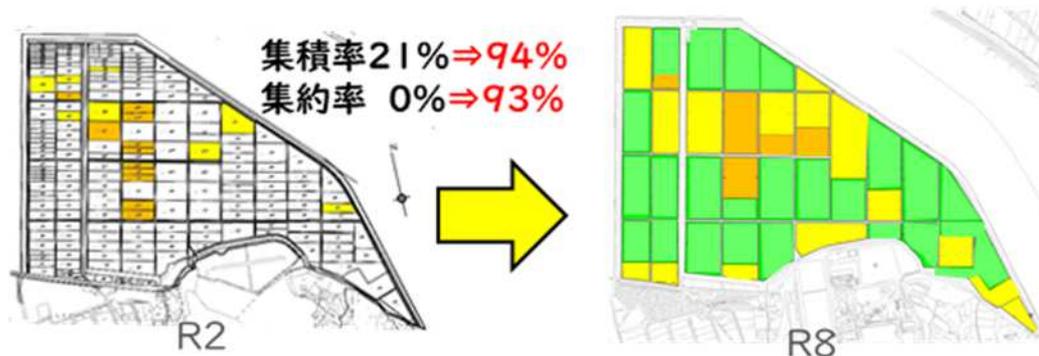


図-3 農地の集積・集約

当地区は、事業着手前は耕作者33名で約 160 ほ場を平均面積 1.5ha 耕作されていたが、令和 4 年 6 月から耕作者22名で 46 ほ場を平均面積 2.3ha 耕作されている。なお、これまで分散したほ場を従来のほ区単位を基本に1区画に区画拡大したことにより労働力の省力化と効率的な営農により生産性の向上が図れるものとなった。

(4)今後の取組

大区画化ほ場により、大型機械化作業が可能となるため、現在、国の農業経営高度化支援事業（中心経営体農地集積促進事業）を活用し、耕作者が共同利用できる大型トラクター及び均平のためレーザレベラーのほか、今後導入する裏作に応じた農業機械の導入が予定されている。

また、将来の後継者不足を見据えて、農業法人の設立に向けて取り組まれるなど、事業計画時に立てられた地域の営農構想実現のため着々と進められている。

4 おわりに

当事業の実施により、令和4年表作から大区画(最大 1.7ha)となった圃場での営農が始まり、裏作が可能な農地も順次拡大することから、この干拓地での営農が始まって以来の新たな展開に耕作者等から高い期待を持たれている。

現在、農業農村を取り巻く情勢は当初建設時に比べ大きく変化しており、今後は、地域の課題を解決する整備から、地域が描く農業の将来像を実現するための整備へと転換していく必要があり、農業生産の基盤を担っている農業土木技術者自らが地域のコーディネーター(農村振興技術者)役となり、農業農村整備を推進していく必要がある。

大規模多収生産茶園の造成手法と営農における取り組みについて

大分県東部振興局日出水利耕地事務所 ○(非)行村 岳哲
大分県東部振興局生産流通部 (非)佐藤 幸生

1. はじめに

南山香地区のある杵築市は、大分県の北東部に位置し、平成 17 年に旧杵築市、山香町、大田村の 3 市町村が合併し誕生した。当地域は、瀬戸内式特有の温暖な気候の恩恵を受け、年間平均気温は 15°C 程度と農耕に適した気候となっている。また、地形は東に伊予灘、南に別府湾の海岸線が広がり、北西部は 200m～600m 級のなだらかな山々に囲まれた山間地を形成し自然豊かな地域である。牡蠣、いちご、ハウスみかんなどが特産品であり、山香町などの中山間部では肉用牛を中心とした畜産が盛んとなっている。

今回は令和元年度から令和 5 年度にかけ整備中の「農地中間管理機構関連農地整備事業 南山香地区」を中心に茶園造成手法及び営農における取り組みを紹介する。



図 1 位置図

2. 南山香地区及び担い手の概要

●ほ場面積 12.3ha (鹿鳴越工区 7.1ha、久木野尾 1 工区 1.4ha、久木野尾 2 工区 3.8ha)

大分県では、耕作放棄地を活用した茶の大規模産地の育成を目指し、平成 18 年に大分県、杵築市、臼杵市、大手緑茶飲料会社の 4 者間で第 1 期茶産地育成協定を締結した。平成 25 年度に当初目標の 100ha の茶園造成が完了する見通しとなったことから、平成 24 年にさらに宇佐市を加えた 5 者間で第 2 期茶産地育成協定を締結し、合計 200ha の茶園造成を実現すべく取り組みを開始した。生産された茶は緑茶飲料原料に加工し、実需へ全量出荷する。緑茶飲料原料はリーフ茶に比べ、渋みと旨みの調和した多収生産の品質が求められるのが特徴である。

南山香地区は、中山間地に位置する畑地帯であり、周囲が山林に囲まれ、標準区画が 20a 程度と狭小かつ形状がいびつな耕作放棄地であった。このほ場において、農作業の効率化と多収生産を実現し安定的な所得向上を目指すことを目的に県事業による基盤整備事業を導入し、茶園造成を行っている。



写真 1 造成前(鹿鳴越工区)



写真 2 造成完了(鹿鳴越工区)

3. 担い手の概要

本地区の担い手である「株式会社 カヤノ農産」(令和 3 年に農事組合法人から組織変更)は、平成 18 年に、1 期協定と時期を同じくして農業生産法人を設立し、地域のタバコ、桑、ミカン園などの耕作放棄地を活用し茶園造成と植栽を行ってきた。1 期・2 期協定合せて 70ha の造成が達成見込みであり、県内トップの農地集積となっている。また、平成 25 年に茶の加工拠点施設を整備し地域の雇用拡大にも貢献している。



写真3 加工施設

4. 施工について

平成 31 年 3 月、大分県では農業普及指導部署と農業土木部署が連携し共同で「茶園の新規造成における土層改良と排水対策マニュアル」を作成した。本地区の茶園は、このマニュアルに基づき施工したものである。特に施工時に重要となるのが有効土層の膨軟性確保と排水対策である。有効土層とは、作物の根が容易に伸長し、そこから養分を吸収し得る範囲を指す。枝葉の重さは根の量に比例するため、有効土層を適切に確保することで茶の収量増が見込める。大分県農業技術センターが平成 7 年に実施した研究によると、バックホウにより約 1.2m 深耕したほ場とトラクターロータリーにより約 0.3m 浅耕したほ場の定植 7 年目の生葉収量を比較したところ、深耕区が浅耕区に比べ約 1.5 倍以上増収していた。また、排水において、茶は過湿に弱い作物であり、降雨時の地表水が排水できない茶園や地下水位が高い茶園は有効土層内が過湿になり生育不良を起こしやすい。このことから、本マニュアルでは、有効土層の深さ 1.0m 以上、地下水位 1.5m 以下と定めた。

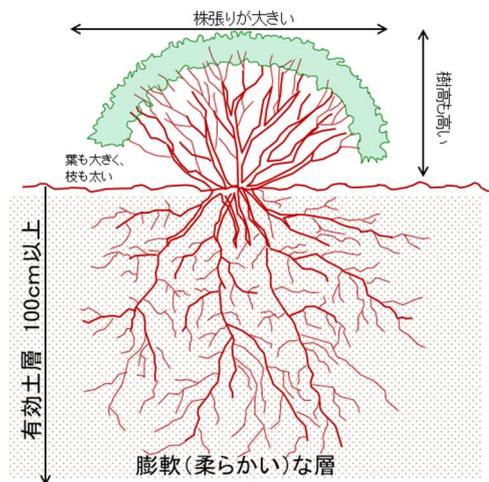


図2 生育の良い茶

この有効土層の確保及び排水対策のため、バックホウにより深さ 1.5m を混層し、混層後に行う整地作業は、機械走行による有効土層内の締固めを防ぐため、設置圧の小さい超々湿地ブルドーザー4t 級[接地圧 0.11kgf/cm²]により実施した。また、ほ場内の地下水を排除するため、深さ 1.5m の位置に暗渠排水を設置し、ほ場外低所の排水路に接続した。



写真4 混層耕施工状況



写真5 整地状況(超々湿地ブルドーザー4t級)

5. 他部署との連携

安定多収な茶園造成事業を円滑に実施するためには、造成工事の他、普及員による指導が不可欠である。そのため、当事業のソフト事業（農業経営高度化支援事業）を活用し、造成前と造成後の計 2 回にわたり農業普及指導部署による土壌診断を実施した。土壌診断では、植生や地形条件をふまえて調査箇所数を定め、土壌断面調査を実施した。造成前の調査では、植物根の分布状況や層位別の土性、礫含量、土壌硬度等、土壌の理化学性を調査し、必要に応じて造成時の土壌改良材の投入を検討した。また、造成後には検土杖を用いた貫入調査を実施し、検土杖の貫入深さを計測することで有効土層（100cm 以上）の膨軟性が適切に確保されているか確認した。

また、茶の定植は 3 月が適期であり、造成工事完了から定植まで約 2 ヶ月の土づくり期間を確保する必要がある。南山香地区は、農地造成から茶の定植までを 1 ヶ年で行う計画であったため、このタスク管理が重要であった。そのため、造成期間中は月に 1 度、担い手、施工業者、県（農業普及指導部署、農業土木部署）及び種苗・堆肥、獣害防止柵等の費用補助事務を行う市（農林水産課）を交えた工程会議を実施し、定植期から遡った進捗の確認、各種事業実施時期のタスク管理を徹底した。



写真 6 土壌診断(断面調査)



写真 7 検土杖貫入状況

6. 営農における取り組み

担い手である(株)カヤノ農産が栽培する茶園面積は、約 69ha、販売額は、約 1 億 5 千万円を達成し、従業員数 10 名の大規模雇用型経営体となった（令和 3 年度実績）。本法人では雇用型経営体を展開させるため、作業の機械化とほ場管理のデジタル化が進められてきた。従来の定植作業は人力によるものであったが、手植えの場合、10 名で 1 日あたり 30a(6000 本)が限界であった。これに対し、茶セル苗の乗用定植機を使用した場合、2 名乗車で 1 日あたり 80a(16,000 本)の定植が可能であり、この定植機の導入により作業負担が大幅に軽減した。また、茶の定植後は各ほ場で防除、施肥、収穫等のほ場管理が必要となる。本法人は約 200 筆の茶園を抱え、ほ場によって生産量のバラツキが大きかった。そこでほ場管理をデジタル化し、各ほ場毎の作業進捗、茶の生育状況等を共有することで「作業の見える化」を実現し、従業員の意思疎通を促した。このデジタル化により経営参画の意識が芽生え、また金額換算して年間 200 万円分の人件費削減効果が得られた。令和 3 年 8 月、本法人は新たな若手後継者へ事業継承し、従業員の人材育成や雇用環境の改善に取り組み、持続可能な農業経営を目指している。



写真8 機械による定植作業



写真9 機械による収穫作業



写真10 圃場管理アプリ(従業員のスマホ画面、事務所の大型モニター画面)

7. まとめ

今回、南山香地区の安定多収な茶園を造成するにあたり、大分県ではマニュアルを作成し施工した。また、本マニュアルの内容は、県内他地域における国営茶園造成事業の施行マニュアルに反映された。今後は造成後の茶の生育や防災対策について農業普及指導部署と考察・見直しを図ることで、さらなる改善を行い、近年増加する耕作放棄地を活用した安定多収な茶園造成に寄与したい。

これまで県は本法人に対し、県内の大規模雇用型経営体育成モデルとして、農地集積から、茶園造成・生産・経営指導まで一貫した支援を行ってきた。今後は本成果を県下へ普及していきたい。

笠野原地区 高隈ダム堆砂対策の検討について

九州農政局南部九州土地改良調査管理事務所 (正)園田 和記
 (非)瀧山 英一
 ○(非)末本 崇

1. はじめに

高隈ダムは、国営笠野原土地改良事業(S34年～S44年度)により築造された農業用ダムで事業完了後50年以上経過しているが、近年の集中豪雨等により土砂等の流入量が急増し、H28年度から計画堆砂量(230万m³)を大きく上回りR3年度末時点の堆砂量は400万m³となっている。なお、近年の堆砂量の増加要因として最も大きいものは、集中的な豪雨を誘因とする表層崩壊であることが示唆されている。今後、更に堆砂が進行すれば貯水機能の低下等による農業用水の安定供給に支障を来すおそれがあるため、本ダムの堆砂対策について、その対策効果を河床変動解析により貯水池内の経年的な堆砂標高を予測する方法で定量的に検証を行った。



2. 堆砂対策工法の適用

高隈ダムの堆砂対策工法の適用については、貯水池への土砂流入の軽減(①貯砂施設)及び土砂の排除(⑥部分排砂、⑦掘削・浚渫)について検討を行った。

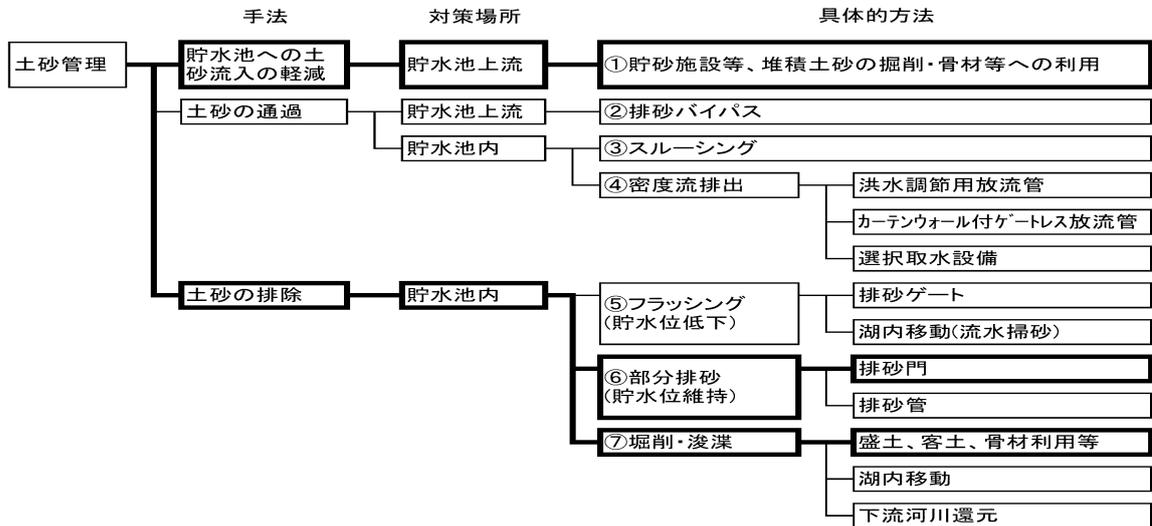


図1 各種堆砂対策選定図 多目的ダムの建設 管理編 ((一財)ダム技術センターを参考に作成)

なお、本ダムにおける堆砂対策工法の選定理由については以下のとおり。

手法	具体的な方法	高隈ダムでの適用について	判定
貯水池への土砂流入の軽減	①貯砂施設等、堆積土砂の掘削・骨材等への利用	・貯砂堤を設置し有効貯水容量内への土砂流入を抑制し、堆積土砂を定期的に排出する。	○
土砂の通過	②排砂バイパス	・上流側に分派堰とバイパストンネル呑口ゲートを設置するが、排砂バイパスの流量設定によってゲート規模並びにトンネル規模が大きくなり工事費に影響を与える。 ・砂礫の流下によって内面に摩耗が生じるため、維持管理(補修工)の負担増が推測される。 ・バイパス運用より利水容量の回復が優先されるため、排砂効率は低くなる。(分派堰に貯めた砂礫を洪水時に流下させるため、運用する際には利水容量が回復しない。)	×
	③スルーシング	・営農用水を確保するため貯水位を下げるできない。また、下流河川への濁水排出の可能性有り。	×
	④密度流排出	・砂分、礫分の排砂は出来ない。洪水時に放流する方法のため排砂タイミングの判断が困難。 ・高隈ダムは貯水池が大規模であるため、貯水池内で流速が大きく低下するため排砂効果が小さい。 ・下流河川への濁水排出の可能性有り。	×
土砂の排除	⑤フラッシング	・営農用水を確保するため貯水位を下げるできない。また、下流河川への濁水排出の可能性有り。	×
	⑥部分排砂(貯水位維持)	・貯水位を維持したままの流速で排砂する方法のため排砂効果が小さい。また、下流河川への濁水排出の可能性有り。	△
	⑦掘削・浚渫	・水位をEL151.0mに低下させて、上流側で陸上掘削し、ダム堤体直上流は、責任放流管及び取水ゲートの埋没を防ぐための浚渫を行う。	○

3. 河床変動解析の選定

解析手法は、河道内における浸食量と堆積量を予測する手法として「一次元河床変動解析」、「二次元河床変動解析」、「三次元河床変動解析」の3種類があるが、以下の理由により「一次元河床変動解析」を採用した。

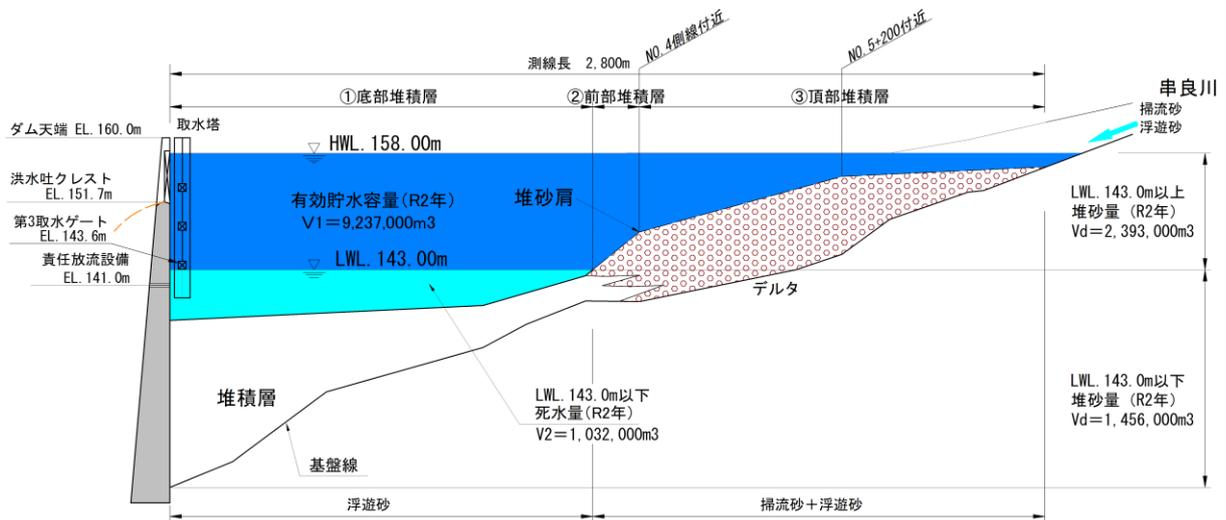
- (1) 貯水池全体における堆砂の移動予測であること。
- (2) 貯水池上流に造成した貯砂堤の効果が堤体直上流に及ぼす影響度合いを確認すること。
- (3) 本ダムの貯水池は一様な形状の貯水池であることから二次元や三次元による解析を行うまでの精度が必要ないこと。

4. 堆砂の形状

貯水池への流入土砂は、一般にさまざまな粒径が混在したものであり粒径毎に沈降特性が異なるため、貯水池内で分級され堆積する。このため下図に示すように貯水池上流から順に①頂部堆積層、②前部堆積層、③底部堆積層に分類される。

①頂部堆積層と②前部堆積層は、デルタと呼ばれるものであり、河床付近を移動する掃流砂・浮遊砂のうち比較的粒径の大きいもので構成される。①頂部堆積層は元河床に比べて緩やかな勾配となるのに対して、②前部堆積層は急勾配となる。これは、急激な流速低減による沈降・堆積により形成されるためである。

③底部堆積層は、濁水流入時の沈降現象により生じる堆積層であるため、比較的小さい粒径成分である浮遊砂で構成されている。「小粒径の浮遊土砂は大部分がデルタ下流へ浮遊を続け、ほぼ現河床に平行に堆積し、さらにダム直上流部では水平に堆積する傾向にある。」(出典:国土交通省「ダム貯水池土砂管理の手引き(案)」(平成30年3月))



5. 堆砂対策の検証

(1) 現況解析

今後、堆砂が進行した場合のダムの耐用年数(80年間)を迎える2049年に(責任放流管等が埋没し)ダム機能への影響を検討した結果、ダム堤体付近の堆砂標高(EL.139.4m.)が、EL.145.6m(2049年)に上昇し、第3取水ゲート及び責任放流管が埋没する結果となった。

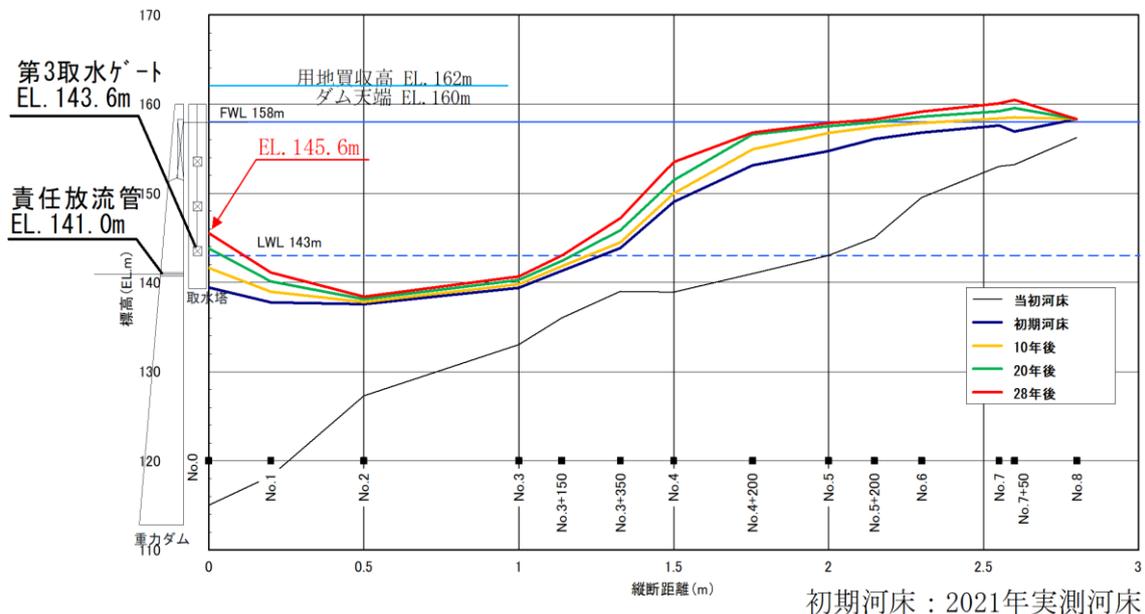


図2 ダム貯水池河床縦断面図(堆砂対策なし)

(2) 貯砂施設による排砂

ダム貯水池上流に貯砂施設を設置することにより貯水池内への流入土砂の約3割を捕捉する計画とし、堆積した土砂は定期的に掘削・搬出することにより、貯水池内への流入土砂量を抑制することができる。

(3) 土砂吐設置による排砂

ダム堤体に責任放流管が設置されており、この責任放流管が埋没しないよう堤体に土砂吐を設置し排砂効果を検証した結果、現況解析と比べ堆砂標高差で0.30mの効果しか得られなかった。効果が得られなかった要因としては、本ダムは通年取水のため水位を低下させて排砂効果を上

土水路のり面の安定性検証

若鈴コンサルタンツ株式会社 (正)大前 壽人

1.はじめに

筑後川下流域の両岸には、福岡・佐賀県に跨る低平地の筑紫平野が広がっている。平野の至る所には、土水路のクリーク(溝渠)網が張り巡らされ、本地域の農業振興と密接に結びついてきた。

当該地域には、「有明粘土」と呼ばれる沖積海成粘土が分布している。有明粘土は、鋭敏比が高いなどの特徴を有する超軟弱な粘土層として知られている。クリーク水路内の水位変化によって、有明粘土の土羽のり面は乾湿が繰り返され、これに起因するスレーキングの発達により、土羽のり面崩壊に伴う道路・電柱等の被害が発生している。また、堆積土砂の増加による排水機能低下や湛水被害の増大が懸念され、クリーク水路改修整備が進められている。

クリーク水路整備では、現地での土質試験結果から土質定数を設定の上、円弧すべり計算等による安定計算を実施し、安全性を確認している。施工範囲内の地山には以下の3点が必要である。

- (1)施工重機が安全に施工可能なトラフィカビリティが確保可能なこと
- (2)盛土材として使用可能な強度($q_c \geq 400 \text{kN/m}^2$)以上であること
- (3)建設発生土の産業廃棄物処理が可能な強度($q_c \geq 200 \text{kN/m}^2$)を有すること

しかし、軟弱な有明粘土層では、上記の地山強度を確保できないケースが大半を占める。そのため、地盤改良を行うことで施工時の安全性確保および発生土利用を可能としている。

2.土水路のり面の安定性検証

2.1 現場条件

クリーク水路のり面設計においては、適切な土質定数の設定と、水路周辺の荷重条件、改良範囲および改良強度設定が重要である。一般的なクリーク水路断面検討は、上記諸条件を適切に設定し、安定計算により必要な安全率を確保できていることが確認できれば、施工時に不安定となった事例はほとんどない。しかし、土水路内に構造物等が存在していた場合、予期せぬ荷重状態が生じ、崩壊を招く危険性がある。



写-1 クリーク水路(両岸木柵設置)

既設クリーク水路には、現状、木柵による護岸工が設置されている区間が多く、既設水路のり面は、この木柵により安定を保った状態である。木柵は、抑止杭としての効果を有してはいるものの、背面の盛土材が吸出しを起こしていること、木柵に緩みが生じているケースがあることなどから、存置した場合、木柵がのり面崩壊を誘発する原因となる可能性がある。そのため、クリーク整備では、木柵を撤去したのちに地盤改良を行い、盛土・整形により新規のり面を構築している。

2.2 木柵を存置した場合に想定される崩壊

木柵を存置した場合、木柵前面(水路内側)に地盤改良した土で盛土し、水路のり面を構築する。この場合、土と木という材質が異なる資材は、境界面で材料同士が馴染みにくく、盛土としての一体化が図れない。また、木柵周辺部では、施工重機等による振動で、木柵に沿った亀裂(テンションクラック)が発生する可能性が高い。

円弧すべり計算上では、クラックが発生した場合、土塊が分離されるものの、木柵背後の土塊は木柵で支持され、木柵前面ののり面土塊も安定した状態となり必要安全率を下回らない結果となる。

しかし、鋭敏比の高い有明粘土では、木杭の打ち込みに伴い杭周辺の地盤は乱れ、緩んでいる可能性がある。また、施工後、数十年が経過している木柵は、経年劣化による緩みや横板の亡失に伴い背面土が吸出されていることが多くあり、緩みや吸出しによる隙間やクラック面には土圧と水圧が生じる。

水路施工に伴い、周辺地盤の地下水位は低下していると推測されるものの、施工期間中の降雨により地下水位が上昇、クラックへの雨水の浸透により、木柵周辺部で水路方向の土塊に土圧と水圧が加わる。

この状態で、(1)木柵背後土塊(図中茶色)、(2)木柵-床掘間土塊(図中緑色)、(3)床掘土塊(図中灰色)の3ブロックに区分した土塊モデルにより、クラックと床掘が与える影響(土塊の滑動)を検証した。

クラックと木柵の緩みにより、木柵周辺で分離された土塊に土圧が発生する。また、地盤改良に伴い不透水となっている改良体に、地下水位の上昇による浮力とクラック面からの水圧が生じる。検討の結果、安定した状態であった水路内の改良体に、床掘による受動抵抗の差が生まれ、かつ水圧が加わることで、土塊は抵抗の減少した水路中心方向(床掘方向)へと滑動する検証結果が得られた。

表-1 滑動安全率

モデル	滑動安全率	滑動安全率許容値	適用
床掘前	1.90	1.50	OK
床掘後	0.52	1.50	OUT

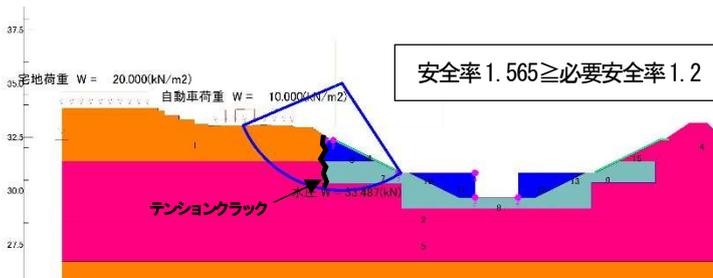


図-1 円弧すべり計算断面

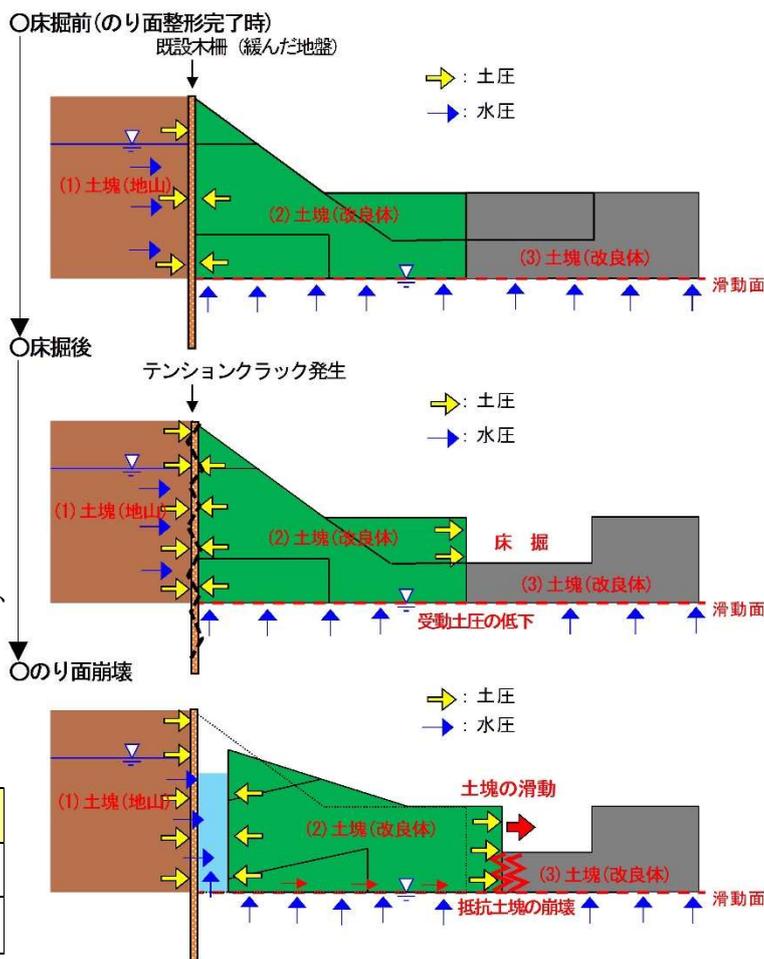


図-2 改良土塊滑動メカニズムイメージ図

3.おわりに

安定計算は、土の単位体積重量、粘着力、内部摩擦角等の土質定数を用いて実施する。一般的なクリーク水路断面においては、円弧すべり計算で安定性が確認された断面で、施工上、不安定となったケースは見られていない。このため、円弧すべり計算を用いた検討手法で問題はないと考えられる。しかし、通常断面ではなく、木柵を考慮する等の特異な条件があった場合は、想定される構造条件に合致した検討手法もあわせて検討する必要がある。今回の検証結果から、有明粘土では、土質定数だけではなく、鋭敏比が高い(乱されることによる強度低下が大きい)という土質特性に着目し、改良底面で滑動が生じる可能性も場合によっては検討する必要があると考える。

弾塑性有限要素法による盛土築造過程を考慮した盛土基礎地盤の挙動解析

九州大学 大学院生物資源環境科学府 ○ (学) 青木拓磨

九州大学 大学院農学研究院

(正) 東 孝寛, (正) 中野晶子

1. はじめに 有限要素法を用いて盛土基礎地盤の挙動解析を行う際、簡易的に盛土部を解析領域に含めず、盛土部の重量のみを分布荷重として作用させることがある。しかし、この方法では盛土部における荷重の分散性、盛土による地盤の変位拘束などが盛土基礎地盤の挙動に及ぼす影響を無視している。本研究では、盛土の築造過程を、順次、層状の盛土部を解析領域に加えることによって考慮した弾塑性有限要素法による盛土基礎地盤の挙動解析（築堤解析）を行い、盛土部の重量を分布荷重として与えた場合の挙動解析（分布荷重解析）結果と比較している。

2. 解析対象地盤と解析手法 解析対象としたのは、自然堆積粘土地盤を想定し、深さ方向に非排水せん断強度が直線的に増加する異方正規圧密粘土地盤である。解析に使用した有限要素モデルを Fig. 1 に示す。解析領域は、対称性から右半分の領域であり、盛土基礎地盤については、水平 (x) 方向 80 m、鉛直 (y) 方向 20 m の領域を 1 次のアソパラメトリック四辺形要素により分割した。盛土部は、斜面部の計算が安定して行える 4 つの三角形から成る四辺形要素で分割した。解析には、Christian 流（赤井・田村の方法）の圧密解析手法と、土の構成式として関口・太田モデルを用いた圧密変形解析プログラム（東・高山, 1998）を一部改良して使用した。なお、解析は微小変形解析である。また、盛土部の透水係数は 1×10^0 m/d（実用上間隙水圧の発生を無視できる）、盛土基礎地盤の透水係数は解析可能かつ実用上不透水となるように 1×10^{-6} m/d とした。

解析においては、盛土部を等方線形弾性体、盛土基礎地盤を弾塑性体とした。解析に必要な盛土基礎地盤の材料定数は、Table 1 の通りである。盛土部のポアソン比は 0.3333 と仮定し、盛土部の弾性係数 E を盛土基礎地盤最上層の初期弾性係数 E_0 (1.81 MPa) の 0.25, 0.5, 1, 5, 10, 50, 100 倍にした解析を行い、盛土部の弾性係数が盛土基礎地盤の挙動に与える影響について検討した。築堤解析では、湿潤密度 2.0 t/m^3 の土を 1 日当たり 20 cm 盛土すると仮定し、 $x = 0 \sim 8 \text{ m}$ の盛土基礎地盤上に高さ 20 cm、法面勾配 1 : 1 で要素を追加した。なお、盛土基礎地盤に作用する y 方向垂直応力 σ'_y を調べるために、解析開始時に盛土最下部に高さ 2 cm の境界要素を挿入した。また、分布荷重解析では、盛土部の重量を台形分布荷重に置き換えて、20 分割して載荷する解析を行った。

Table 1 解析で使用した盛土基礎地盤の材料定数

パラメータ	使用した値
ポアソン比 ν'	0.3333
等方圧密時の圧縮指数 λ	0.4343
等方圧密時の膨張指数 κ	0.04343
限界条件における応力比 M	1.418 ($\phi' = 35^\circ$)
圧密降伏応力 σ'_{v0} (kPa)	$39.2 + 3.92(20 - y)$
静止土圧係数 K_0	0.5
σ'_{v0} で圧密後の間隙比 e_0	$1.6 - \lambda \ln(\sigma'_{v0} / 98)$
間隙比水の単位体積重量 γ_0 (kN/m ³)	9.8

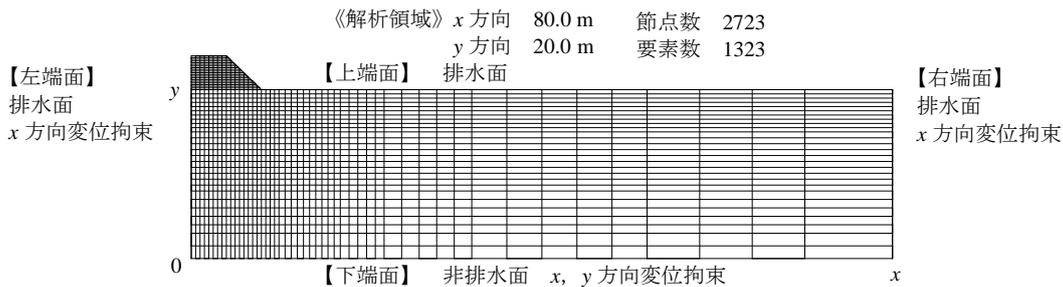


Fig.1 解析に使用した有限要素モデル

3. 解析結果および考察 盛土高 3.2 m の時の築堤解析から得られた地表面に加わる載荷圧（境界要素の y 方向垂直応力 σ'_y として評価）を Fig. 2 に示す。盛土部の弾性係数 E が増加するほど、地表面に加わる載荷圧は、盛土中央からの距離 (x) が 0~6 m の範囲では減少し、6~8 m の範囲では増加している。このことは、盛土の荷重分散に加え、 E が増加するほど盛土による基礎地盤の変位拘束が強くなり、全体的に載荷圧は平滑化されるが、 $E \geq 10E_0$ の場合、斜面先付近では応力集中が生じている。これらの解析結果は、盛土基礎地盤の変形量評価の面からは、盛土材料の変形・破壊特性を考慮する必要があることを示している。

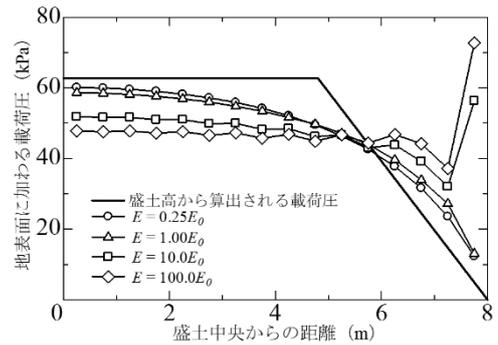


Fig.2 弾性係数変化に伴う載荷圧分布の違い

盛土基礎地盤破壊時における破壊要素の分布、盛土高、極限支持圧 q_f を Figs. 3, 4 に示す。破壊要素とは、限界応力状態に達した要素であり（東・高山, 1998）、破壊要素が盛土面から盛土面以外の地表まで連続して出現した時を盛土基礎地盤の破壊とみなした。Fig. 3 に示す分布荷重解析の場合、破壊域（すべり面）が盛土中央部から地表に向けて発達している。一方、Fig. 4 に示す築堤解析では、 $E = 0.25E_0$ の時は分布荷重解析と同様な破壊要素分布となったが、 E が増加するほど、斜面先下部に破壊域が集中するようになり、破壊域が斜面先付近から発達するような破壊要素分布に変化した。さらに、 E が増加するほど、盛土高から推定される載荷圧より q_f はかなり小さくなっている。このことは、荷重分散や E の増加による載荷圧の平滑化、斜面先付近への応力集中が原因であると考えられる。盛土高から求まる載荷圧と q_f の差は、 $E < 10E_0$ の場合、 E が増加するほど大きくなる傾向があるが、 $E \geq 10E_0$ の場合、その差はほぼ一定になっている。 $E \geq 10E_0$ の場合、破壊域が斜面先付近から発達することから、基礎地盤破壊時における盛土高や q_f がそれぞれほぼ一定になると考えられる。

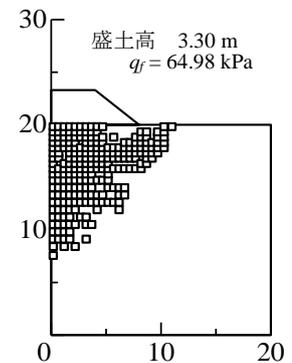


Fig.3 分布荷重解析における盛土基礎地盤破壊時の破壊要素分布

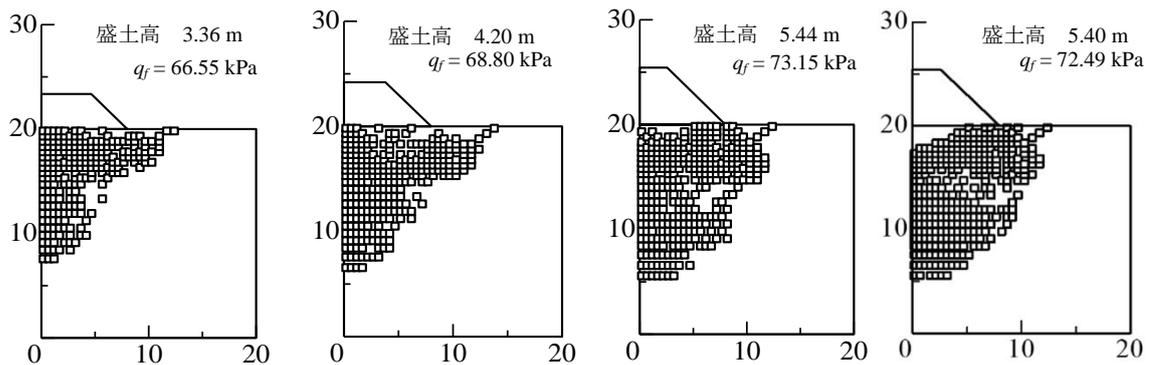


Fig.4 築堤解析における盛土基礎地盤破壊時の破壊要素分布 (左から $E = 0.25E_0, E_0, 10E_0, 100E_0$)

4. まとめ 本研究では、弾塑性有限要素法を用いて、深さ方向に非排水せん断強度が直線的に増加する異方正規圧密粘土地盤上に盛土を層状に築造する際の盛土基礎地盤の挙動解析を実施した。その結果、盛土部の重量のみを分布荷重として与える解析は、安定性（支持力）評価の点では、盛土部を等方線形弾性体として取り扱った解析より、安全側の解析であること、ならびに盛土基礎地盤の変形量評価においては、盛土材料の変形・破壊特性を的確に考慮する必要があることがわかった。今後は、盛土材料の変形・破壊特性を的確に考慮した解析を実施する予定である。
引用文献 東, 高山 (1998) : 有限要素法による地盤の支持力解析 - 圧密変形解析手法による支持力評価手法の一提案と非排水支持力解析への適用 -, 農業土木学会論文集, 第 196 号, 69-78.

有明粘土（新明試料）の強度特性

九州大学 大学院生物資源環境科学府 ○（学）神川 光

九州大学 大学院農学研究院

（正）東 孝寛，（正）中野晶子

1. はじめに 現在の有明海，八代海の沿岸・浅海域には，有明粘土と呼ばれる超鋭敏な粘土からなる厚い粘土層（有明粘土層）が広範囲に分布している。この有明粘土層は，縄文時代に起きた海面上昇期以降に，多くの河川によって運び込まれた土砂が堆積してできた沖積海成層である。本研究では，佐賀県杵島郡白石町新明（有明干拓地）においてシンウォールサンプリングした有明粘土試料（以後，新明試料と呼ぶ）について，圧密定体積一面せん断試験，段階载荷による圧密試験などを実施し，正規・過圧密領域における強度特性について検討している。

2. 試料土の性質と実験方法 本研究で使用している新明試料の採取深さ d は，1.00~16.90 m（標高 EL.-1.70~-17.60 m（仮水準点を基準としている））の範囲である。試料採取地点の土質詳細図を図 1 に示す。ただし，図には実験が終了している $d=1.00\sim 9.90$ m（EL. = -1.70~-10.60 m）の結果のみ記している。新明試料の自然含水比 w_n は 101.4~163.2% の範囲にあり， w_n が液性限界 w_L より高い（液性指数 $I_L > 1$ ）という有明粘土の特徴を有している。粒度組成は，コロイド分（ $< 2\ \mu\text{m}$ ）が 35~50% 程度，粘土分（ $< 5\ \mu\text{m}$ ）が 50~70% 程度，シルト分が 30~40% 程度であり，粘土分含有率が高いという有明粘土の特徴も有している。

圧密定体積一面せん断試験は，地盤工学会基準（JGS）0560 に準拠して行った。供試体は直径 6 cm，高さ 2 cm の直円柱状であり，圧密圧力 σ_{vc} は $\sigma'_{v0}/2$ ， $3\sigma'_{v0}/4$ ， σ'_{v0} ，49，98，147，196 kPa（ σ'_{v0} は有効土被り圧）を基本とし，圧密後に約 0.2 mm/min のせん断変位速度で定体積せん断した。なお，圧密の打ち切り時間は $3t$ 法を用いて決定した。また，段階载荷による圧密試験（JIS A 1217 準拠）も各深さで実施した。

3. 実験結果および考察 一例として採取深さ $d = 8.06\sim 8.80$ m（EL. = -8.76~-9.50 m）の新明試料（T-8）の圧密定体積一面せん断試験結果を図 2，3 に示す。乱さない有明粘土については，圧密降伏応力 σ'_{vy} の 1.5 倍以上の圧密圧力 σ_{vc} で圧密すると，ベクトルカーブは原点に対して相似な

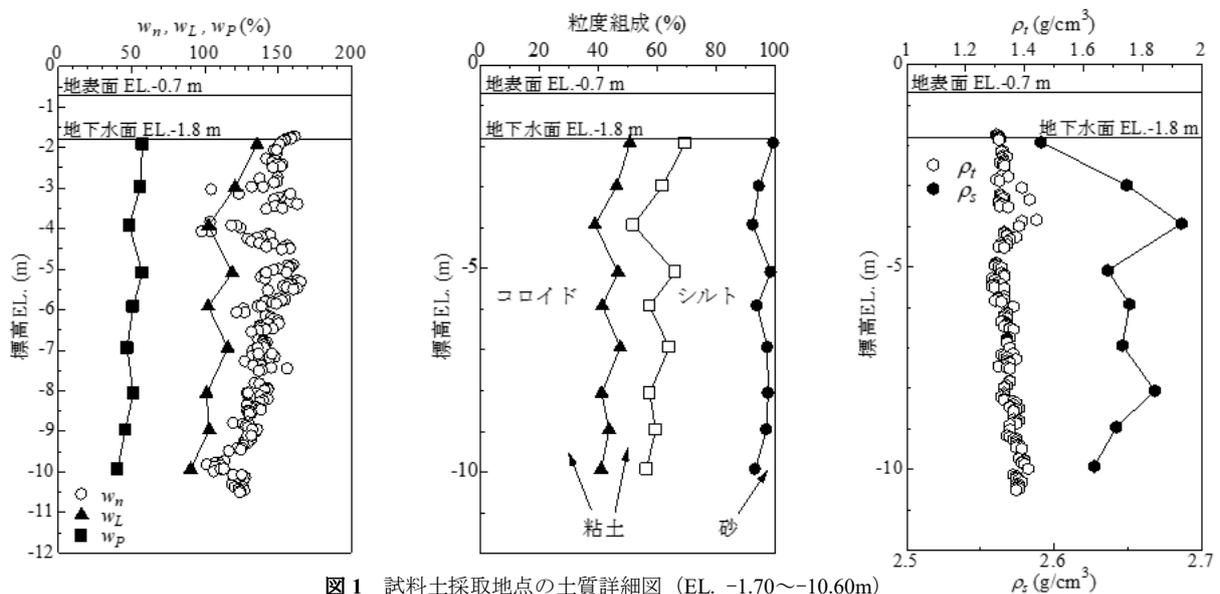


図 1 試料土採取地点の土質詳細図（EL. -1.70~-10.60m）

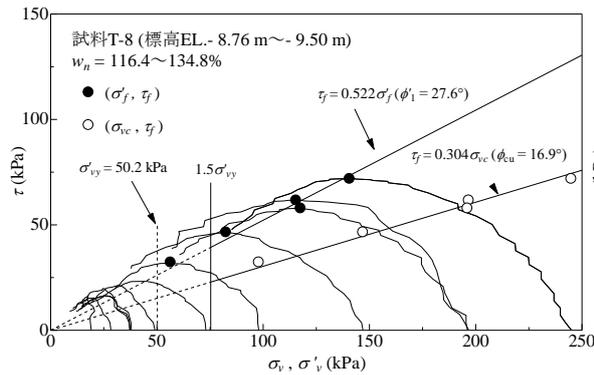


図2 試料 T-8 の圧密定体積一面せん断試験結果

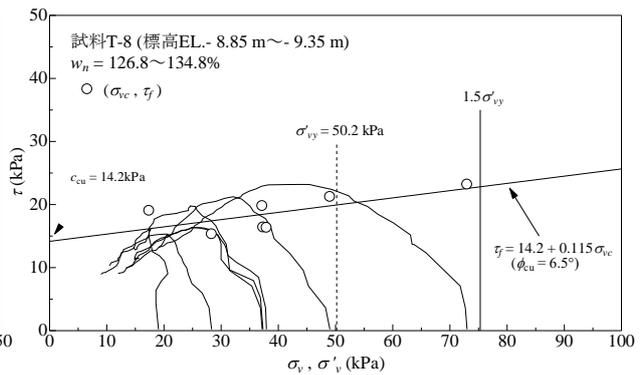


図3 試料 T-8 の圧密定体積一面せん断試験結果 ($\sigma_{vc}/\sigma'_{vy} < 1.5$)

形状となり、せん断強度 τ_f と σ_{vc} の関係、ならびに τ_f と破壊時における有効垂直応力 σ'_{vf} の関係が共に原点を通る直線で近似できる、つまり正規圧密状態の強度特性を示すことが報告されている（東ら（2015））。図2に記す試料 T-8 の実験結果も前述の報告とほぼ一致している。実際に正規圧密領域となる圧密圧力 σ_{vc} が 98 kPa 以上の範囲に対して、最小二乗法を用いて τ_f - σ_{vc} 、 τ_f - σ'_{vf} 関係を求めると、それぞれ $\tau_f = 0.304\sigma_{vc}$ （強度増加率 0.304）、 $\tau_f = 0.522\sigma'_{vf}$ （内部摩擦角 $\phi'_1 = 27.6^\circ$ ）となった。

また、図2, 3に示す通り σ_{vc} が $1.5\sigma'_{vy}$ 未満である過圧密領域のベクトルカーブは、 σ_{vc} が小さいほど立ち上がり急であり、 $\sigma_{vc} \geq 98$ kPa のときのベクトルカーブと相似な形状ではない。試料 T-8 における σ_{vc} が 73.5 kPa 以下のときの τ_f - σ_{vc} 関係は直線で近似でき、最小二乗法を用いて求めると、 $\tau_f = 14.2 + 0.115\sigma_{vc}$ （粘着力 $c_{cu} = 14.2$ kPa、内部摩擦角 $\phi_{cu} = 6.5^\circ$ ）となった。試料 T-1~9 全体では c_{cu} は 4.2~16.4 kPa、 ϕ_{cu} は $6.5 \sim 15.8^\circ$ の範囲にあり、 c_{cu} は 5.0 m 以深では深さに対して増加する傾向を示し、 ϕ_{cu} は多少の変動はあるものの深さに対してほぼ一定である。

図2のようにして求まる試料 T-1~9 の正規圧密領域の強度増加率 τ_f/σ_{vc} 、内部摩擦角 ϕ'_1 は、それぞれ深さに対して多少の変動は認められるがほぼ一定である。そこで、図4には試料 T-1~9 の個々の試験結果から求めた τ_f/σ_{vc} を、圧密圧力 σ_{vc} を圧密降伏応力 σ'_{vy} で規準化した圧密圧力 σ_{vc}/σ'_{vy} に対して示している。規準化圧密圧力 σ_{vc}/σ'_{vy} が 1.5 以上の範囲では、 τ_f/σ_{vc} はほぼ一定（平均値：0.312、変動係数 COV：4.7%、データ数 N ：55）であることがわかる。図2に関する説明と重なるが、新明試料も他地点の有明粘土と同様に σ'_{vy} の 1.5 倍以上の圧密圧力で圧密すると、強度増加率がほぼ一定となる正規圧密状態へ移行するといえる。

4. まとめ 本研究では、有明粘土（新明試料）の強度特性について、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、他地点の有明粘土と同様に圧密降伏応力の 1.5 倍以上の圧密圧力で圧密すると、正規圧密状態の強度特性を示すことを確認した。併せて、圧密圧力が圧密降伏応力の 1.5 倍未満の過圧密領域における定体積せん断強度と圧密圧力の関係は、直線で近似できることも確認した。

引用文献 東, 中野, 大坪 (2015) : 有明粘土 (山脚試料) の強度特性-圧密定体積 (CU) 一面せん断試験結果のまとめ- , 平成 27 年度農業農村工学会九州沖縄支部大会講演要旨集, 84-85

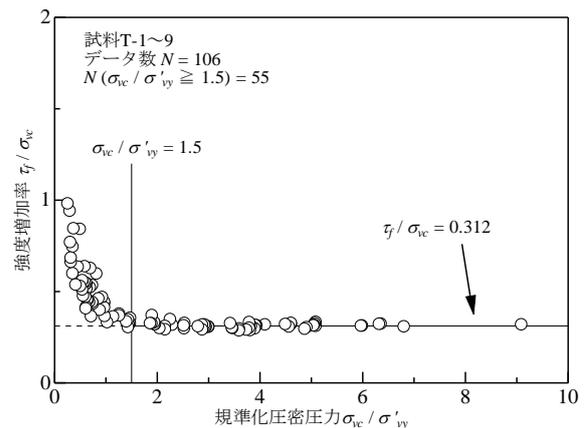


図4 強度増加率 τ_f/σ_{vc} と規準化圧密圧力 σ_{vc}/σ'_{vy} の関係

粘性土地盤における鋼矢板護岸工でのコスト縮減に向けた検討について

九州農政局筑後川下流右岸農地防災事業所 ○(正)西尾 徹
佐賀大学全学教育機構 (正)近藤文義
佐賀大学名誉教授 (名)甲本達也

1. はじめに

国営総合農地防災事業「筑後川下流右岸地区」(以下「本地区」という。)は、筑後川の下流右岸地域に広がる佐賀平野の東部から南部の現況水路(クリーク)173.4km(受益面積10,800ha)の改修を行うものである。

本地区のクリークは、昭和40年代から国営筑後川下流土地改良事業及び関連事業により整備されているが、干天や豪雨の増加など自然環境の変化によるクリークの法面崩壊が多数発生しており、土砂の堆積による排水及び貯水機能の低下が進むことで農地等への広域的な災害が危惧される状況にある。

このため、本地区は、クリークの法面保護工や堆積土砂の除去を行い、広域的な災害を未然に防いで農業生産性の維持及び農業経営を安定させるとともに、国土の保全を図ることを目的としている。

法面保護工については、ブロックマット工による整備を基本としているが、現場条件等により一部の区間において、鋼矢板護岸工による整備を計画しているが、鋼矢板護岸工は、ブロックマット工に比べて高額になることから、鋼矢板護岸工に使用する鋼矢板のコスト縮減に向けた検討を行うものである。



写真-1 ブロックマット工による法面保護工の完成状況

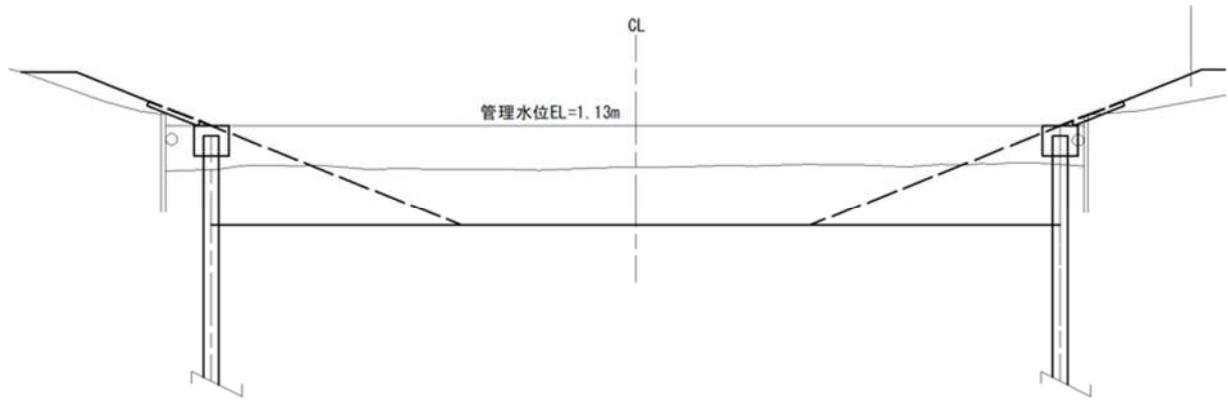


図-1 両岸鋼矢板護岸工断面図



写真-2 鋼矢板護岸工(他地区事例)

2. 検討方針

鋼矢板設計に用いる変形係数については、一般的には孔内水平載荷試験値を使用するが、超軟弱粘性土で行う孔内水平載荷試験(JGS 1421)では、試験時の応力解放の影響を受けて、過小評価される場合があると論文を踏まえて、孔内水平載荷試験及び一軸圧縮試験(JIS A 1216)を同一箇所にて行い検証を行うものである。

通常の一軸圧縮試験は、鉛直方向にシンウォールサンプリングされた試料をそのまま円柱形に整形

して供試体を作成するため、地盤の水平抵抗を必ずしも反映していない問題を有していることから、水平方向に切り出した供試体を用いた一軸圧縮試験(水平)を併せて行うものである。

なお、一軸圧縮試験(水平)の供試体作成及び試験に当たっては、佐賀大学の協力を得て実施している。

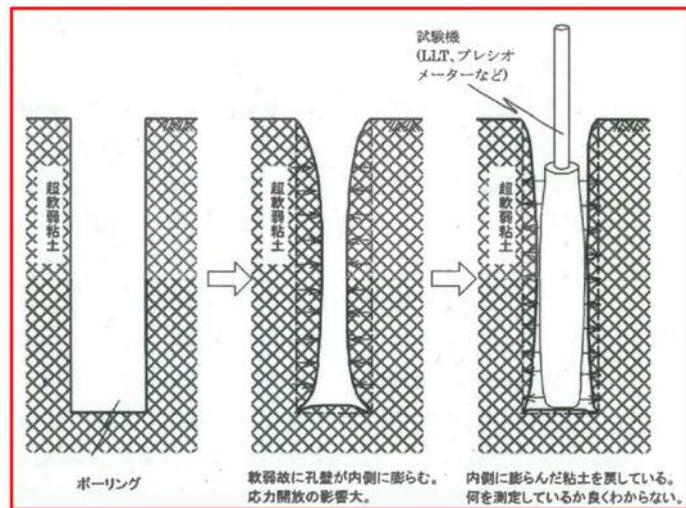


図-2 軟弱地盤での孔内水平載荷試験時の応力解放の概念 1)

3. 試験結果

令和3年度に佐賀市川副町のクリークにおいて、孔内水平載荷試験、一軸圧縮試験(水平)(垂直)を行った。

試験の結果、孔内水平載荷試験の変形係数に対し、一軸圧縮試験(水平)の変形係数は4.6~5.8倍、一軸圧縮試験(垂直)の変形係数は5.3~6.4倍となり、孔内水平載荷試験の変形係数は過小評価されることを確認することが出来た。

なお、試験値の採用に当たっては、佐賀大学の指導を得て実施している。

表-1 変形係数の対比 (抜粋版) (kN/m²)

深度	①	②	②/①	③	③/①
	孔内水平 載荷試験	一軸圧縮 試験(水平)		一軸圧縮 試験(垂直)	
GI,2.50~3.40m	234	1,219	5.2	1,408	6.0
GI,4.50~5.40m	341	1,582	4.6	2,137	6.3
GI,7.50~8.40m	322	1,680	5.2	1,704	5.3
GI,10.50~11.40m	467	2,351	5.0	3,006	6.4
GI,13.50~14.40m	541	3,153	5.8	3,382	6.3

4.6~5.8倍 (②/①の範囲)
5.3~6.4倍 (③/①の範囲)

4. 鋼矢板の検討

鋼矢板の設計計算に用いる変形係数は、試験で得られた孔内水平載荷試験、一軸圧縮試験(水平)(垂直)の測定値を層毎に不偏標準偏差計算にて処理し、下限値を採用して変形係数の設定を行っている。

表-2 鋼矢板の設計に用いる地盤定数

地層	N値	単位 体積 重量 (kN/m ³)	粘着力 (kN/m ³)		内部 摩擦 角 (°)	変形係数(kN/m ²)				
						孔内水 平載荷 試験	一軸圧 縮試験 (水平)	一軸圧 縮試験 (垂直)		
盛土	-	18.0	14.0		0	1,024				
有明 粘土層	上部 粘土	0	14.2	T-1	21.8	0	T-1	243	924	1,210
				T-2	24.9		T-2	322	1,281	1,162
				T-3	21.8		T-3	312	1,359	1,042
	下部 粘土	0	15.0	T-4	24.3	0	T-4	408	1,756	2,070
				T-5	41.2		T-5	495	2,821	2,961
三田川層	砂質土	18	-		33	50,400				

表-2の地盤定数を用いて、鋼矢板Ⅲ型、Ⅲw型、Ⅳ型及びⅣw型の規格にて設計を行い、許容曲げ応力度及び許容変位量を満足する鋼矢板の長さを算出した。

設計の結果、孔内水平載荷試験の変形係数ではIV型の鋼矢板長19.5m、一軸圧縮試験(水平)(垂直)の変形係数ではIII型の鋼矢板長12.0mとなり、一軸圧縮試験(水平)(垂直)の変形係数を採用することで、鋼矢板の規格及び長さにおいてコスト削減が図れる結果が得られた。

表-3 鋼矢板構造計算結果

鋼矢板	孔内水平載荷試験の変形係数	一軸圧縮試験(水平)の変形係数	一軸圧縮試験(垂直)の変形係数
III型	許容変位量がNG	鋼矢板長 12.0m	鋼矢板長 12.0m
IIIw型	許容変位量がNG	鋼矢板長 14.0m	鋼矢板長 14.0m
IV型	鋼矢板長 19.5m	鋼矢板長 14.5m	鋼矢板長 14.5m
IVw型	鋼矢板長 21.0m	鋼矢板長 15.5m	鋼矢板長 15.5m

5. 試験鋼矢板による検証

令和4年3月に佐賀市川副町のクリークにおいて、試験鋼矢板を設置し、その後、挿入式傾斜計を用いた実測変位量(以下「実測変位量」という。)と孔内水平載荷試験、一軸圧縮試験(水平)(垂直)により得られた変形係数を用いた設計変位量との比較にて、試験の検証を行った結果、実測変位量14.3mmに対して、設計変位量が近似した試験は、一軸圧縮試験(垂直)の結果であった。

表-4 試験鋼矢板による変形係数の検証結果

変形係数の試験	設計変位量①	実測変位量②	①と②の差
孔内水平載荷試験	34.7mm	14.3mm	20.4mm
一軸圧縮試験(水平)	18.1mm		3.8mm
一軸圧縮試験(垂直)	15.9mm		1.6mm

条件:背面水位最大時(背面水位0.81m、水位差0.43m)



図-3 試験鋼矢板概念断面図

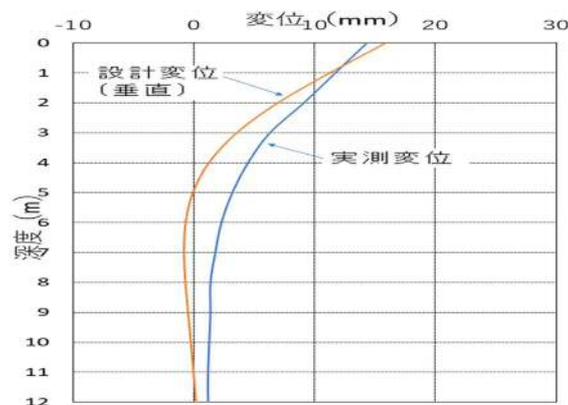


図-4 変位図

【参考文献】

- 1) 田上裕:基礎の計画と選定に必要な地盤調査 (調査と設計が一体となって機能するには),基礎工 30-7,pp35-39,2002.7

水平方向に切り出した供試体を使用した一軸圧縮試験による変形係数について

佐賀大学全学教育機構 ○(正) 近藤文義
 佐賀大学農学部 (正) 阿南光政
 (株) 技術開発コンサルタント (正) 山崎拓治
 (株) 技術開発コンサルタント (正) 住吉和彦

1. はじめに 粘性土地盤に基礎杭や鋼矢板等を設置する場合、これらの構造材料に作用する水平抵抗によって杭の本数や矢板の選定に関する事前設計が行われる。この場合、地盤の水平抵抗を反映する指標値として、変形係数 (E_{50}) が重要な諸元となる。これを決定するための原位置試験として孔内水平載荷試験 (JGS 1421)、または室内試験として一軸圧縮試験 (JIS A 1216) が行われる。

この場合、孔内水平載荷試験はボーリング孔を利用した現地試験であるため応力解放や試料採取時の乱れの影響を受けやすく、変形係数が過小評価され設計上は不経済な結果となる傾向にあることが知られている (田上ら, 2010)。一方、一軸圧縮試験は応力とひずみを同時に測定する室内試験であるため乱れの影響を直接把握することが可能であるが、通常は鉛直方向にシンウォールサンプリングされた試料をそのまま円柱形に成形して供試体を作成するため、地盤の水平抵抗を必ずしも反映していない問題を有している。

本報は、このような原地盤の実態を正確には反映していない現状の孔内水平載荷試験と一軸圧縮試験の方法を改良し、水平抵抗を精度よく求めるための試験方法として考案した粘性土の水平一軸圧縮試験の方法および試験結果についてとりまとめたものである。

2. 自立式鋼矢板を使用したクリーク改修工法について 北部九州の筑後川下流地域に広がる水田農業地帯において、「クリーク」と呼ばれる農業用の水路は貯水機能や用排水兼用機能を有し、用水の安定供給や洪水調節機能など重要な役割を担ってきた。しかし、近年では法面の崩壊や、長年にわたる土砂の堆積によりクリークとしての機能低下が問題となっている。このため、国営総合農地防災事業として、クリークの法面護岸整備が広域的に実施されている (例えば, 近藤ら, 2021)。

クリークの法面整備は、一般に工区内の上流側と下流側を大型の土のう設置や制水門の閉鎖によって仮締切を行った後、水路内の地盤改良や掘削、法肩盛土による法面成形、ブロックマット敷設を行った後、再通水することによって行われる。仮締切の際には、工区への流入水は支線水路に迂回させるため、通常は水路全線を締切ったドライワークとなる。しかし、実施工区において迂回可能な支線水路がない場合や、灌漑期のように通水量が多い場合には水路機能を有した状況で施工する半川締切工法が採用されることが多い (合屋・津曲, 2021; 田中ら, 2021)。

半川締切工法 (Fig.1) においては、水路中央部の縦断方向に自立式鋼矢板を打設し、片側を通水しながらもう片側を施工するため非灌漑期の



Fig.1 半川締切工法による施工状況

制約なしに通年施工できる長所を有している。しかし、この場合の施工に採用する鋼矢板の型式（等級）が大きくなるほど断面係数が大きくなり、水平抵抗に優れた性能を発揮できる一方で、コストの上昇が避けられないという問題がある。このため、鋼矢板を支持する地盤の水平抵抗を適切に評価し、原地盤の実態を反映した変形係数（ E_{50} ）の算定方法が課題となっている。

3. 水平一軸圧縮試験用供試体の作成方法 通常行われる鉛直方向のシンウォールサンプリングは、ブロックサンプリングと比較して試料の乱れが少なく、また10mを超えるような深い地層からのサンプリングにも有効な方法として、これまでに豊富な実績を有している。一方、地盤内の水平反力を精度よく求めるためには、地盤の水平方向にシンウォールサンプリングを行い、これから切り出した供試体を使用した一軸圧縮試験を行うのが理想ではあるが、実際の現場においては設備や労力および経費の問題から手軽に実施できるサンプリング方法ではなく、特に基礎杭や鋼矢板等が関係する深い地盤の試料を水平方向に採取するには困難を極めるため、通常の業務で実施されることはない。このため、通常行われる鉛直方向のシンウォールサンプリング試料からの供試体の切り出し方法を工夫することによって対処するのが現実的である。

供試体の作成方法は、**Fig.2**の通りである。円盤形の切り出し試料は設置時の底面が不安定であるため、試料成形時（トリミング）に供試体の欠損を防止するための工夫として、最初に前面と背面のトリミングを行い、側面のトリミングの際には楔状のゴム板を挟み込んで底面を安定させるための工夫を行う。これによって、側面のトリミングの際に試料が崩れやすい問題を解消した。これ以降の円柱形供試体作成の手順はJIS A 1216に準拠した。なお、シンウォールサンプリングされた試料の直径は75mmであるため、トリミング完成後の供試体寸法は直径35mmであるが、高さは63mmとするのが限界であった。

4. 実験結果と考察 調査地区として、佐賀市諸富町の国営クリーク改修現場を対象とした。当工区内においては3個所の地点において、各地点3本（ノンコア1本、オールコア2本）の合計9本のボーリング調査を行っているが、紙面の制約上ここでは中央地点（T2）での結果のみを示す。**Fig.3**が一軸圧縮試験結果の一例（垂直、水平）であり、**Table 1**が q_u （一軸圧縮強さ）、 ϵ_r （破壊ひずみ）、 E_{50} （変形係数）および別途実施された孔内水平載荷試験（LLT）から求まる変形係数（ E_m ）をそれぞれ示したものである。

通常の一軸圧縮試験（垂直）は、一本のシンウォールチューブから切り出した3個の供試体について実施されているが、水平一軸圧縮試験では基本的に5個の供試体を使用して行った。 ϵ_r が5%を超える試験結果については、乱れの影響が大きいと判断し棄却した（軟

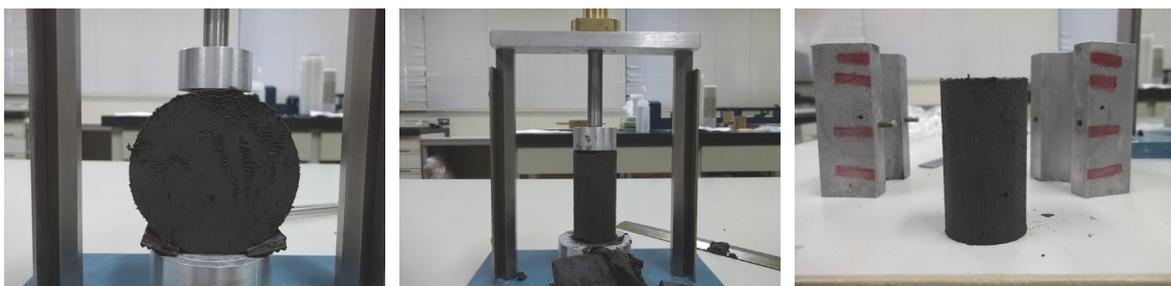


Fig.2 水平一軸圧縮試験用供試体の作成手順

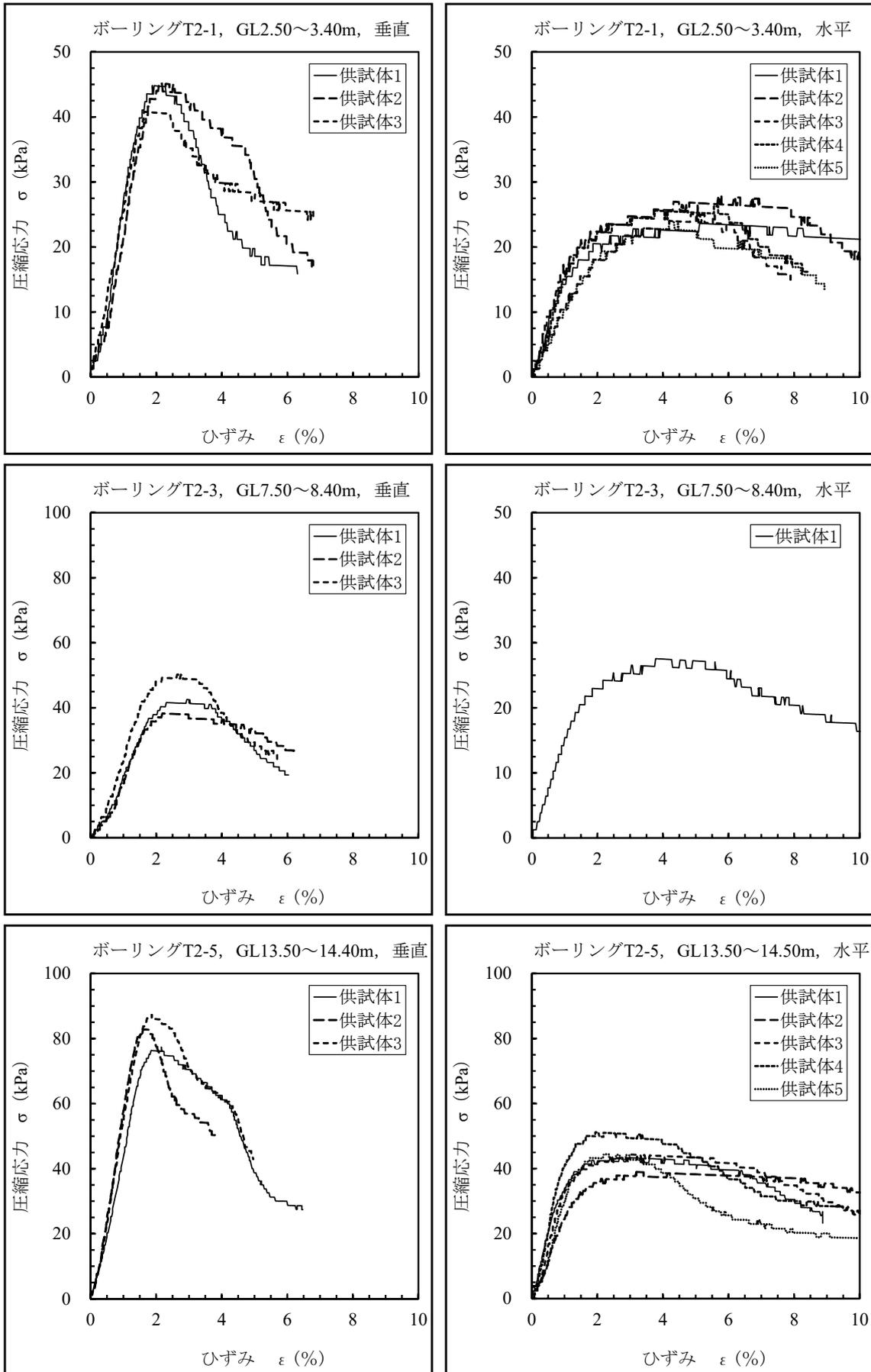


Fig.3 一軸圧縮試験結果の一例 (左列：垂直，右列：水平)

Table 1 実験結果の一覧

深さ m	供試体	通常の垂直一軸圧縮試験			水平一軸圧縮試験			孔内水平載荷試験
		q_u (V) kN/m ²	ε_f (V) %	E_{50} (V) kN/m ²	q_u (H) kN/m ²	ε_f (H) %	E_{50} (H) kN/m ²	E_m (LLT) kN/m ²
GL2.50~ 3.40m	No.1	44.8	1.88	2699	23.6	5.11	1661	391.3
	No.2	45.2	2.09	2137	27.8	5.68	1595	
	No.3	40.8	1.62	2473	25.0	4.85	907	
	No.4				26.5	4.58	1432	
	No.5				24.0	4.20	1064	
GL7.50~ 8.40m	No.1	42.5	2.93	1826	27.5	3.78	1414	472.5
	No.2	38.2	2.19	1730	貝殻および砂分過多により実施不能			
	No.3	50.2	2.64	2351				
	No.4							
	No.5							
GL13.50~ 14.40m	No.1	77.4	2.16	4167	43.5	2.39	4094	615.8
	No.2	82.8	1.60	5286	38.9	3.19	2610	
	No.3	87.3	1.86	5381	44.3	2.99	3444	
	No.4				51.1	1.93	4240	
	No.5				44.4	2.19	3024	

弱地盤ハンドブック編集委員会，1981)。

q_u と E_{50} は共に異方性の影響により垂直試験の結果の方が水平試験の場合よりやや大きい値を示している。また、孔内水平載荷試験から得られた変形係数の結果と比較すると、垂直試験の平均値で約4~8倍、水平試験の平均値で約3~6倍の違いが認められる。この結果、 E_m を使用して鋼矢板の事前設計を行う場合、不経済な等級選定となる可能性がある。なお、 ε_f については大半の結果で5%以下ではあるが、水平試験では垂直試験の場合に比べて全体的にやや大きい結果を示した。これは、水平試験では供試体のトリミング時に試料土の不均一性（砂分、貝殻、木片、石などを含む場合など）の影響を敏感に受けるため、供試体品質の良否が関係しているものと考えられる。

今回考案した水平一軸圧縮試験は、土質試験法の規格外の方法ではあるが、地盤の実態を反映した水平載荷試験法である。また、成形時に乱れの影響を受けやすい欠点はあるが、一本のシンウォールチューブから切り出せる供試体数が通常の一軸圧縮試験の約2倍の本数を確保できる長所を有しており、今後の実績を積み重ねていきたいと考えている。

謝辞 本研究の遂行に際し、孔内水平載荷試験には（株）カミナガの吉田竜治氏にご協力を頂いた。また、一軸圧縮試験には佐賀大学農学部卒業生の古賀優希氏、樋口綜一郎氏、平井 誠氏、淵野龍太氏、八尋理子氏のご協力を頂いた。付記して謝意を表します。

引用文献 1)合屋英之・津曲信吾（2021）：土地改良，312，33-38. 2)近藤文義・浅野将太郎・小塩祥平・村岡洋美・大庭春花（2021）：農業農村工学会論文集，II_61-II_67. 3)軟弱地盤ハンドブック編集委員会（1981）：軟弱地盤ハンドブック，73. 4)田上 裕，落合英俊，安田 進，前田良刀，安福規之，右田隆雄，白井康夫（2010）：第1回地質リスクマネジメント事例研究発表会講演論文集，29-34. 5)田中善幸・川崎良人・新谷奈津光（2021）：令和3年度農業農村工学会九州沖縄支部大会講演要旨集，45-48.

竹繊維からなる法面緑化基盤材の乾燥に伴う材料の不可逆的硬化のメカニズムについて

元九州大学農学研究院 ○(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

近年、放置竹林の里山への拡大が深刻になりつつある中で、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¹⁾。従来工法のバーク基盤材は、法面が植物に被われる前にしばしば侵食を受けるが、竹繊維基盤材は乾燥により硬化し、浸水によっても弱体化せず硬化状態は維持され、ほとんど侵食を受けない²⁾。本報告では、屋外での小型の模擬法面の侵食試験結果²⁾を概説し、竹繊維基盤材の不可逆的な硬化のメカニズムを竹繊維の組成、繊維間の物理的、化学的な相互作用をもとに考察する。

2. 植生基材吹付工

植生基材吹付工の模式図を図1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%)に化学肥料、種子、接合剤を混合したものである。ラス金網が地山表面に設置されている。竹繊維基盤材の組成は、竹繊維70%、バーク30%である。竹繊維基盤材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。

3. 侵食試験の方法

基盤材の侵食試験の状況を図2に示す。基盤材供試体は、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。バーク基盤材のラス金網は育苗箱の底から2.5cmの位置に設置した。供試体は1:0.5の勾配で壁に立てかけ、侵食試験は3連で行った。試験期間は8カ月間(2018年8月8日~2019年4月11日)である。期間中の総降雨量は688mmであった。

4. 侵食試験の結果

侵食試験の結果を表1に示す²⁾。試験期間は、夏季を含め8カ月の間、供試体は繰り返し乾湿作用を受けたと考えられる。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。

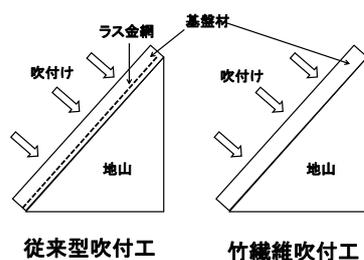


図1 植生基材吹付工の模式図



図2 基盤材の吹付けと侵食試験の要領

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%

5. 竹繊維の不可逆的硬化についての考察

(1) 竹繊維の構造と成分

図3は、竹の内部構造をマクロからミクロの順に示したものである³⁴⁾。竹の断面の一部(図 a)を拡大した図 b では、花びら状のものが散在しており維管束と呼ばれる。1つの維管束は4つの維管束鞘(いかんそくしょう)と複数の導管と篩管から構成されている(図 c)。維管束鞘(図 d)は単繊維の集合体(繊維の束)である。これを拡大すると、五角形あるいは六角形の短繊維が観察される(図 e)。これは玉ねぎ状の構造をもち(図 f) ミクロフィブリルと呼ばれる。この繊維細胞は1次壁と2次壁からなり、それぞれの壁は主にセルロース、ヘミセルロース、リグニンから構成される。結晶性のセルロースは、1次壁内ではランダムに配列されているが、2次壁内では多数のセルロースが集まって繊維軸にほぼ平行に配列している。

セルロース、ヘミセルロース、リグニン、その他の構成比率は、竹全体では74%、12%、10%、4%である。

セルロース分子 $[(C_6H_{10}O_5)_n]$ は、グルコース(ブドウ糖) $[(C_6H_{12}O_6)]$ が連結(重合)した長い鎖状の高分子である(図4)。セルロース分子を構成する2番目のグルコース分子は、1番目の分子が上下に反転したものであり、この二つの分子が1セットとなって鎖状に連結している。この鎖状のセルロース分子が30~40本集合して直径10~20 μ mの糸状のミクロフィブリル(図3eとfに相当)を形成する。

(2) 竹繊維の物理的特性

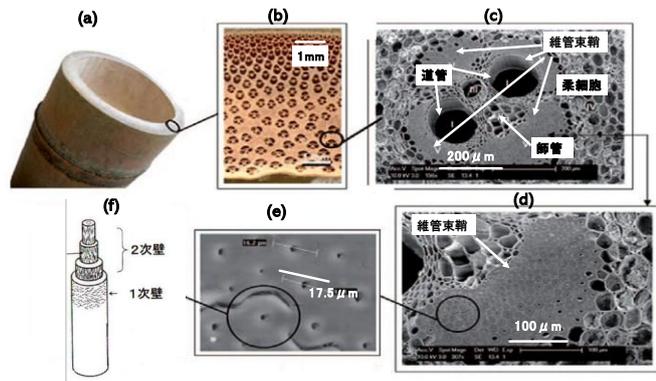


図3 竹の構造

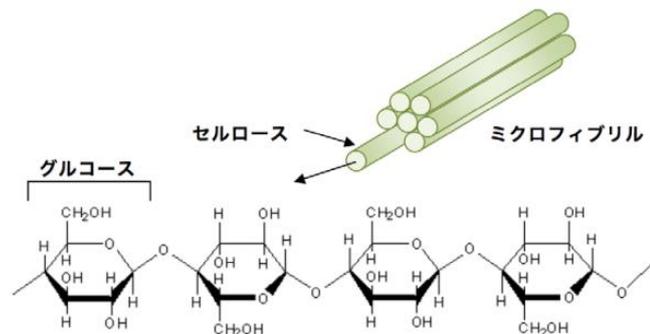


図4 セルロースの化学構造とミクロフィブリル⁵⁾

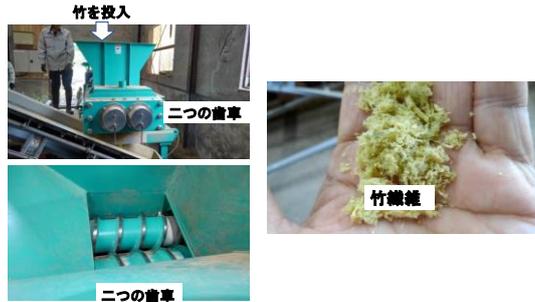


図5 2軸白植栽機と竹繊維の取り出し

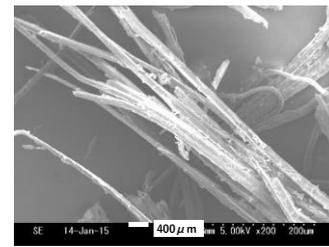


図6 竹繊維の電子顕微鏡写真

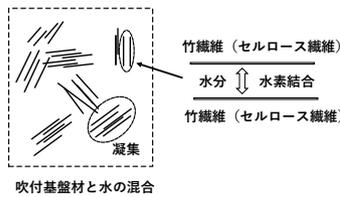


図7 竹繊維(セルロース繊維)の凝集

本工法で使われる竹繊維の取り出しは、2軸白植栽機で行った(図5)。植栽機の上部から生竹を投入すると竹は二つの歯車によってすり潰され竹繊維が下部から出てくる。竹繊維の電子顕微鏡写真(図6)によると、単繊維の径は $100\mu\text{m}$ 前後の範囲にあり、図3dの維管束鞘の径より小さい。このことから生竹は、植栽機により維管束鞘の径より小さい、複数のミクルフィブリルからなる繊維のレベルまで細分化されることがわかる。

(3) 竹繊維間の相互作用

植栽機で取り出した竹繊維は、すり潰しにより繊維の内部には空隙ができ、表面はけば立っている⁷⁾。吹付のために竹繊維を水と混合すると水が容易に繊維

となじむので、水分子を介してセルロース繊維間に水素結合が発生し、繊維は凝集する(図7)。凝集のメカニズムは以下のように説明できる(図8)。セルロースはグルコースからなり、各グルコース基は三つの水酸基(OH)をもつので(図4)、竹繊維の表面は無数の水酸基を有することになる。水酸基は極性をもつので水素は正に酸素は負に荷電している。水分子も極性により水素は正に酸素は負に荷電している。竹繊維表面近傍では、セルロースあるいは水のOH基と、水あるいはセルロースのO基の間に水素結合(-O-H \cdots O<)が生じる。平行に並んだセルロースは多点で水素結合を有するので、数ミリから数センチの細長いセルロース繊維間には全体として水分子を介して強力な水素

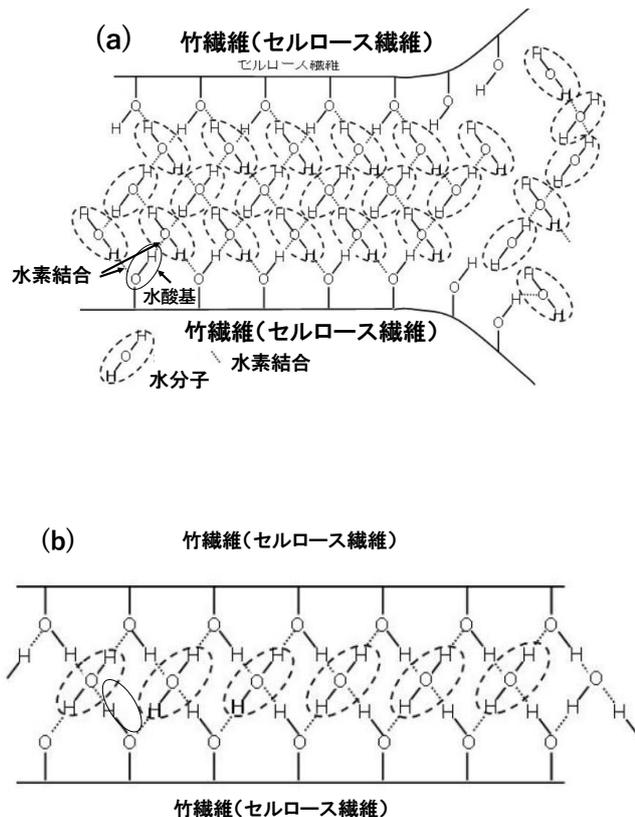


図8 水分子を介したセルロース分子間の水素結合⁶⁾

(a)吹付け直後 (b)基盤材の乾燥後

結合が形成される。その結果繊維は凝集体を形成する。

水と混合した基盤材を高圧で法面に吹き付けると繊維同士はより接近し、凝集体の水素結合は強くなり、凝集体間にも新たな水素結合が生じる(図9)。竹繊維は平行配列の集合体を作り、それが複雑に絡み合っている。竹繊維基盤材が侵食を受けにくいのは、竹繊維の優れた靱性(じんせい:壊れにくい)と展延性(こわれずに変形する)、繊維同士が水素結合により強く引き合っていること、繊維が絡み合いによる骨組構造による。竹繊維の乾燥が始まると表面張力が発生する。乾燥が進むと表面張力が増加して繊維塊は収縮する(図9)。それに伴い繊維が接近して水素結合による繊維間の引力は増加する(図8(b))。

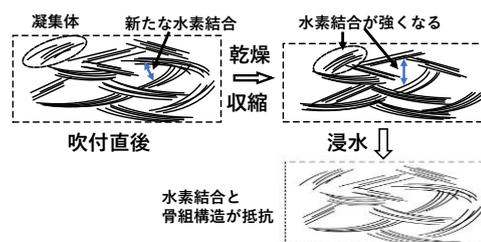


図9 吹付竹繊維の骨組構造

乾燥したバークに水が浸入すると沸化作用⁸⁾により内部の空気圧が高まり、バーク塊は分離し侵食が進行する(表1)。これに対し竹繊維では、乾燥により一旦形成されたセルロース分子間の強固な水素結合は維持され⁹⁾、竹繊維の絡み合いによる骨組構造が、沸化作用によって発生する空気圧に抵抗するので竹繊維塊は細分化せず、竹繊維基盤材はほとんど侵食を受けない(表1)。

6. まとめ

竹繊維が侵食を受けにくいのは、繊維の靱性、展延性、セルロースの水素結合、繊維の絡み合いによる。竹繊維の不可逆な硬化は、乾燥により形成されたセルロース分子間の強力な水素結合が加水後も維持されるとともに、竹繊維の絡み合いが沸化作用で発生する空気圧に抵抗することによる。

謝辞 竹繊維の化学的性質について助言を頂いた九州大学大学院農学研究院、高分子材料学研究室の近藤哲男教授に感謝します。

引用文献

- 1) R100 ソイル工学研究会 www.r100soil.com
- 2) 大坪政美、杉本晃、辻博基、野地訓弘、奥田俊文：竹繊維からなる法面緑化基盤材の耐浸食性、農業農村工学会九州沖縄支部大会講演要旨集、108-111 (2019)
- 3) Osorio L., Trujillo E. Van Vuure AW. Verpoest I. Morphological aspects and mechanical properties of single bamboo fibres and flexural characterization of bamboo/ epoxy composites. J Reinf Plast Compos 30, 396-408 (2011)
- 4) 合田公一：天然のガラス繊維—竹繊維の取り出しとその特性—、竹の基礎科学と高度利用技術、シーエムシー出版、藤井透監修、91-105 (2013)
- 5) Chemistry for Biologists / the Royal Society of Chemistry, <http://www.asajo-kasei.co.jp/arc/>
- 6) 紙の構造 <https://www.ipc.shimane-u.ac.jp/food/kobayasi/paperstructure.html>
- 7) 磯貝明：セルロースの材料科学、東京大学出版会、68-69 (2001)
- 8) 喜田大三、中田禮喜：シンガポール用海岸埋立土の土質化学的検討、大林組技術研究所報、No.1、87-95 (1966)
- 9) 遠藤貴士、北川良一、広津孝弘、細川純：機械的粉碎によるセルロース繊維の微粒子形成挙動、高分子論文集、56(3)、166-173 (1999)

ジオポリマー材料の化学的・物理的特性について

○佐賀大学名誉教授 (名) 甲本 達也

沖縄科学技術大学院大学 エンジニアリングセクション Kang Hyung-Been

沖縄科学技術大学院大学 イメージングセクション 高橋 愛

沖縄科学技術大学院大学 イメージングセクション 甲本 真也

1. はじめに

ジオポリマーは石炭火力発電所から産出される石炭灰（フライアッシュ）や製鉄所やごみ処理溶融炉から産出されるスラグなどの産業副産物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てアルミノシリカ反応（ジオポリマー反応¹⁾）により作製されるコンクリート状の固化物をいう。近年、CO₂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。ジオポリマーの圧縮強さや引っ張り強さなどの力学的性質は石炭灰や各種スラグなどのジオポリマー材料の化学組成や物理的性質の影響を大きく受ける。

本報告は、ジオポリマー材料としての石炭火力発電所産のフライアッシュ、製鉄所やステンレス製鋼所からのスラグ、ごみ溶融炉からのスラグおよび耐酸性セメントの化学的・物理学的特性を走査型電子顕微鏡（SEM）観察やX線回析（XRD）法を併用して検討したものである²⁾。

ジオポリマー材料の粒度は小さいほど化学反応が良くなり従って圧縮強さは大きくなる³⁾のでジオポリマー材料の粒度は風乾後最大粒径 0.106mm とした。

2. ジオポリマー材料の化学組成

実験に用いたジオポリマー材料の化学組成を表-1に示す。表にはジオポリマー材料を4種類分類し、夫々についてフライアッシュ3種類、スラグ1に2種類、スラグ2に2種類及び耐酸性セメントとして1種類の計8種類のジオポリマー材料を示している。

表-1 実験に用いたジオポリマー材料の化学組成

ジオポリマー 材料分類	ジオポリマー 材料名	化学組成 (%)					
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Fe ₂ O ₃	MgO	SO ₃
フライアッシュ	松浦	63.3	22.8	3.8	3.7	0.8	0.5
	苓北	55.0	21.1	9.1	5.3	1.1	0.9
	荏田	38.8	24.3	19.5	1.5	0.5	6.6
スラグ1	高炉	34.6	14.8	42.7	0.4	5.7	0.0
	ステンレス	26.7	5.3	48.2	1.0	5.5	0.4
スラグ2	上総	34.2	13.2	42.0	2.6	1.9	0.7
	習志野	34.2	13.9	39.3	3.7	1.8	0.6
耐酸性セメント	セラメント	49.8	13.6	26.7	2.6	—	—

3. SEM 観察及び結果

図-1 は実験に用いたジオポリマー材料の走査型電子顕微鏡 (SEM) 観察結果 (拡大率 x2000) である。これらによれば典型的なセノスフェアが松浦灰と荅北灰に見られるが苧田灰には見られない。苧田灰は他の CaO を多く含むスラグ材料と同様の微細構造をしている。これは苧田灰が石炭と石灰岩を混合して燃焼して発電する加圧流動床複合発電プラントからの産出灰 (PFBC 灰) であり、松浦灰や荅北灰 (JIS 灰) に比べて CaO を多く含んでいるからである。

図-2 は松浦灰と荅北灰についてそれぞれ拡大率 2000 倍と 5000 倍の SEM 図を対にして示したものである。セノスフェアだけでなくプレロスフェア (小球体を内包した球体) が松浦灰や荅北灰に存在するのが明確にみられるがこれらは苧田灰には見られないものである。これまでセノスフェアは中空の球体であると思われていたが今回球体の中にさらに多くの小球体が存在することが発見された。さらに松浦灰は荅北灰と異なりセノスフェアの表面が滑らかなものだけではなく荒くかつ中には穿孔付きのセノスフェアが見られるものがある。これは松浦灰が磁気を帯びたセノスフェアとプレロスフェアの混合物であることを意味している。

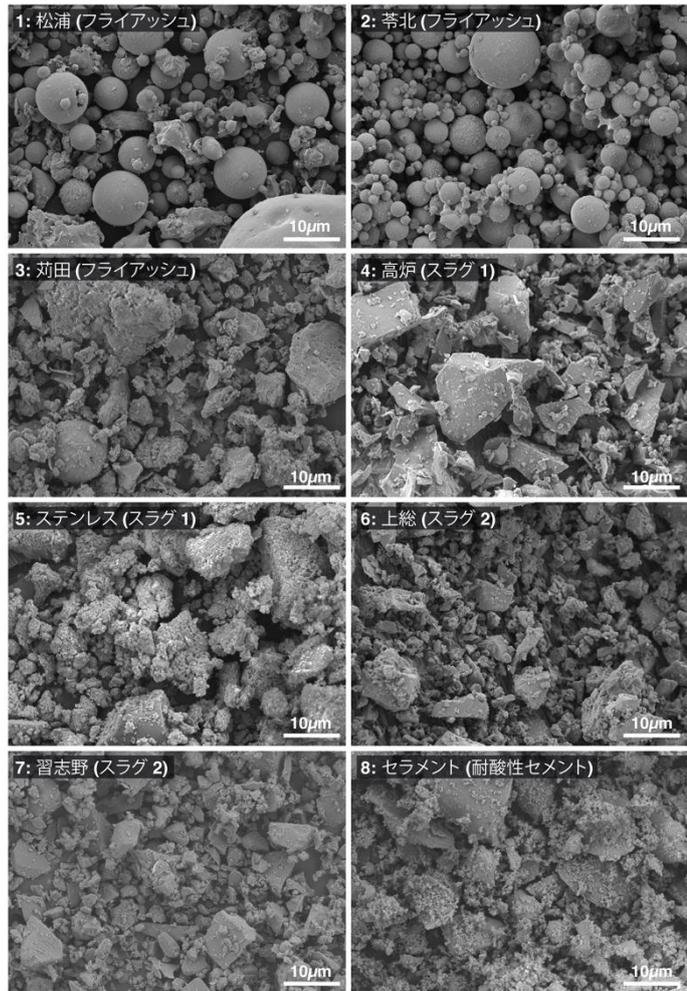


図-1 実験に用いたジオポリマー材料の SEM 図²⁾
(拡大率 x2000)

4. XRD 観察および結果

図-4 は実験に用いたジオポリマー材料の X 線回折 (XRD) 結果を示したものである。図によれば、フライアッシュはいずれも一定の結晶体であることを示している。高炉スラグや上総スラグ、習志野スラグおよびセラメントは典型的な急冷されたスラグで非晶質体でありこれによりかなり反応性を有する性質を有している。これに対し、ステンレススラグは結晶体であり、したがって、反応性の低いものとなっている⁴⁾。

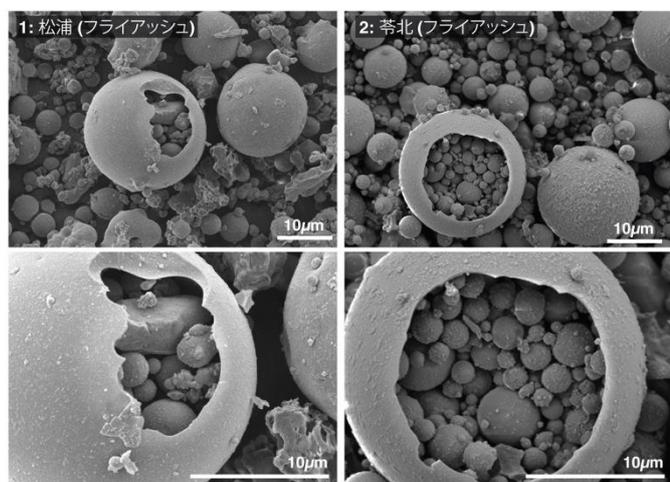


図-2 松浦灰及び荅北灰に見られるプレロスフェア²⁾
(上:x2000, 下:x5000)

松浦灰や荅北灰には非晶質な部分が見え、一方、スラグは全て幾つかのピークが重なった非常に複雑な形式をとっているがこれは材料中の多くの鉱物が混ざり合っている結果であろう⁵⁾。

5. ジオポリマー材料の物理的性質

表-2は実験に用いたジオポリマー材料の粒子密度 ρ_s 、強熱減量及びブレン値(比表面積)を示したものである。

図-4は表-2中の ρ_s と表-1中の各化学組成(a) SiO_2 , (b) Al_2O_3 及び(c) CaO との関係を示したものである。図によれば、 ρ_s は SiO_2 や Al_2O_3 が増加するにつれて大きく減少する。これは図-3にガラスのもととなる SiO_2 からなる多くのプレロスフェアが見られることから松浦灰や荅北灰の ρ_s は比較的小さいことが理解される。

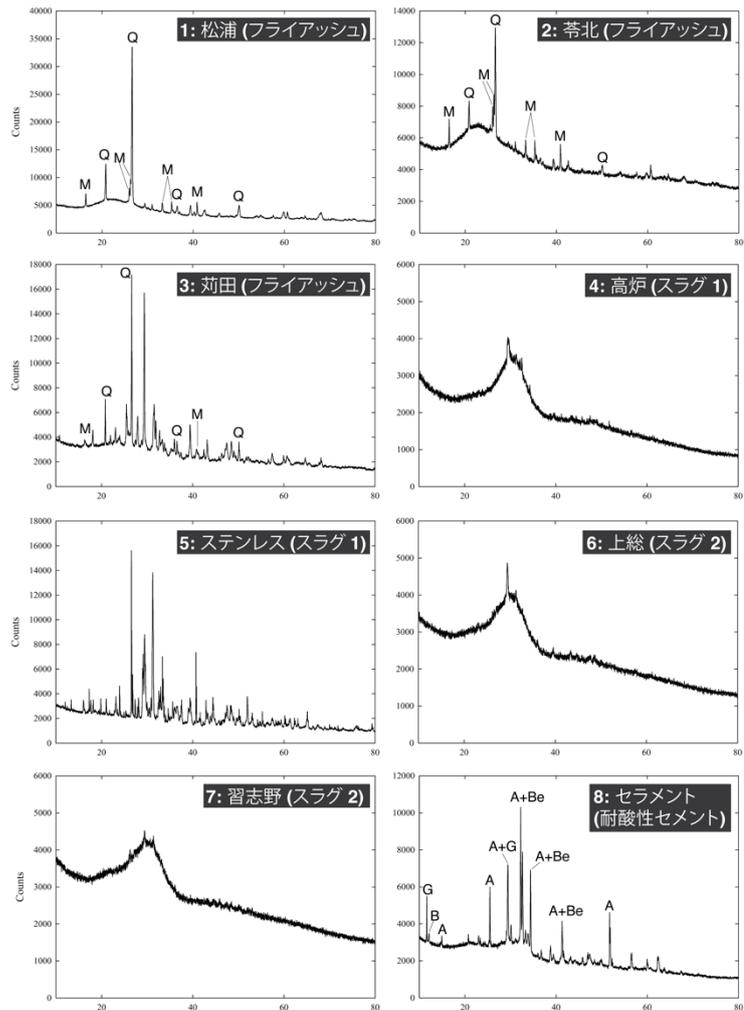


図-3 実験に用いたジオポリマー材料のXRD 図²⁾

表-2 実験に用いたジオポリマー材料の物理的性質

ジオポリマー材料分類	ジオポリマー材料名	粒子密度 (g/cm ³)	強熱減量 (%)	ブレン値 (cm ² /g)	比表面積 (m ² /g)
フライアッシュ	松浦	2.22	2.6	4,130	—
	荅北	2.40	1.3	4,020	—
	荻田	2.66	6.6	5,160	—
スラグ 1	高炉	2.91	0.09	4,180	—
	ステンレス	3.05	5.0	5,868	—
スラグ 2	上総	2.84	0.28	—	1.55
	習志野	2.88	0.23	—	0.83
耐酸性セメント	セラメント	2.82	1.39	—	3.33

注) 荻田及びステンレスのデータは夫々近藤,ら⁶⁾及び高海,ら⁷⁾による。ブレン値及び比表面積は夫々ブレン法及びBET法による。

一方、 ρ_s はCaOの含量に比例して大きくなっており、これよりジオポリマー材料の粒子密度はCaOの含有量によって決定されていると言えよう。

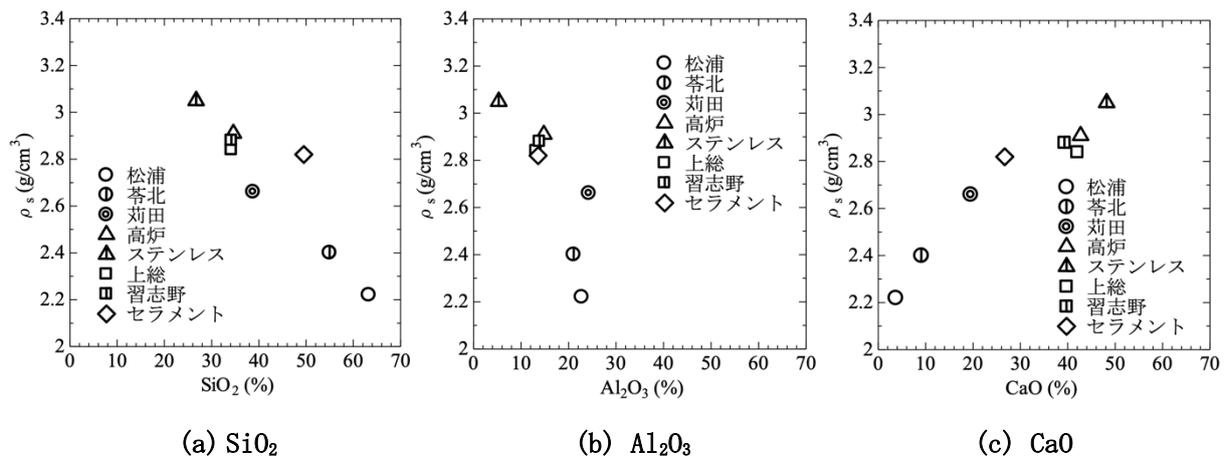


図-4 実験に用いたジオポリマー材料の粒子密度 ρ_s と各化学組成との関係²⁾

おわりに

ジオポリマー材料の、①SEM観察によれば、JIS灰はセノスフェア（中空球体）のみならずブレロスフェア（微細球体を含む球体）の存在が確認され、JIS灰の粒子密度が小さくなる原因と認められた。PFBC灰は比較的に多量のCaOを含み他のスラグ材料と同様である、②XRD観察によればフライアッシュやステンレススラグは活性の低い材料であることが明らかとなった。

謝辞

丸和技研、九電産業、日新スチール周南工場、日本スチール&住金には夫々焼却灰の粉碎試料、フライアッシュ、ステンレススラグ及び高炉スラグを提供頂いた。付して謝意を表する。

文献

- 1) Davidovitz, J.: Geopolymers, inorganic polymeric new materials, J. Therm. Anal. 37(8), 1991.
- 2) Koumoto, ち: Prediction of the Maximum Compressive Strength Using the Method of Weighted Chemical Compositions of Binders, J. Mater. Civ. Eng., ASCE (印刷中)
- 3) Koumoto, T.: 2019 “Production of High Compressive Strength Geopolymers Considering Fly Ash or Slag Chemical Composition, J. Mater. Civ. Eng., ASCE, 31(8)0, 2019.
- 4) Das, P., ち: Mathematical Modeling of Geopolymer Reactions”, Chapter I and Chapter II, AMBERT Academic Publishing, 2020.
- 5) Yildirim, I.Z. and Prezzi, M.: Chemical, Mineralogical, and Morphological Properties of Steel Slag” Advances in Civil Engineering, doi:10.1155/2011/463638, 2011.
- 6) 近藤, ち: PFBCおよびJISフライアッシュを使用したジオポリマー硬化体の強度特性の比較、農業農村工学会論文集, 294, 101-107, 2014.
- 7) 高海, ち; ステンレススラグの高流動コンクリート用材料としての有効利用に関する研究, 日本コンクリート工学年次論文集, vol. 38(1), 1431-1436, 2016.

オーラルセッション

第3会場

農村計画, 灌漑排水

海岸樋門の閉塞に伴う機能回復工法の検討について

熊本県天草広域本部 ○(非) 立石 和宏
熊本県県央広域本部 (非) 廣田 晃大

1. はじめに

熊本海岸他地区のコンクリート被覆式堤防は、築造後相当年数を経過していることから損傷や機能低下が進行し、破堤による被害発生が懸念されるため、海岸堤防等の老朽化対策に取り組んでいる。

その中で今回、飽託海岸の高砂樋門において海側フラップゲートの閉塞で排水能力が機能していないことから、原因の究明及び機能回復工法の検討を行った。

2. 概況及び現地調査結果

本地区は、熊本市西区沖新町に位置する農地海岸で、一級河川(白川、緑川)及びその他中小河川の堆積作用と海浜堆積物により形成された干潟や干拓によって形成された低平地である。



有明海は、閉鎖性水域で潮位変動が大きく、流入河川からの土砂流入量が多いこともあり、堆積傾向にある海岸特性を有している。

樋門樋管の近傍に一級河川である白川、緑川が流下し、熊本港による静穏域・遮蔽域の形成で、動的平衡状態としての干潟形成により、当該樋管築造時に比べて、干潟地盤高が高くなった状況である。

このため現在は、海岸樋門前面の土砂堆積が顕著で、フラップは埋塞し、干潮時でも潮遊池からの樋門による自然流下が困難なため、湛水防除事業により設置した高砂排水機場の強制排水で、地区内排水を担っている状況にある。

また、設置されている導流堤の内外での堆積状況の違いは不明瞭で、むしろ静穏域・遮蔽域となっている導流堤の内側(対象樋管直前面)の堆積が促進されている懸念がある。これは、干潟を構成する土砂の移動域内に導流堤が配置されているためと考えられる。

3. 樋門閉塞対策の基本的な考え方

当該樋門で適用可能な閉塞対策の基本的な考え方は“樋門樋管の延長上に土砂が堆積しないようにする”または“堆積しても自己流でフラッシュできるようにする”であり、滞筋を正常に維持管理することができる効果を示す対策が必要となる。

参考文献※1によると、有効な排水対策としては、「①水門操作によるフラッシュ対策」、「②機械排水と自然排水兼用の樋門案」、「③導流堤」が記載され、「③導流堤」は干潟の発達している湾奥部においては、「基礎地盤が軟弱なこと」、「滞筋が長くなるため導流堤の延長が長くなること」、「常時の流量が少ないため沈降・堆積する量が多く、効果が得られ難い」として整理されている。

当該資料は、八代海北部海域を焦点にしたものであるが、当地区概況と類似性が高いことから、本資料を参考として、検討を進めることとした。

4. 考えられる対策案

以下、本地区で採用可能と思われる樋管閉塞対策について列記する。

1) 海岸暗渠の延伸

前面の干潟地盤高等を考慮すると、熊本港の浚渫等の対策を踏まえた対応が効率的であるため、熊本港の防波堤内側など水深が確保される箇所まで、樋管を延伸して設置する案。(図-1)



2) 強制排水の活用

樋門前面に柵を設置し、隣接する排水機場の強制排水を樋管前面まで導水して、樋管前面に設置した柵内の土砂をフラッシュさせることで、樋門の排水を促す案。(図-2)



ただし、前面干潟の地盤高の問題は解決出来ないため、滞筋の形成による排水流路の維持、定期的な浚渫が必要になることが想定される。

3) 堤外調整池によるフラッシュ対策

現在の前面干潟において、潮が満ちた際に海水を矢板で囲んだプールに溜め、干満差を利用し、1日に2回、フラッシングする案。(図-3)



5. 対策案の方向性

上記4の対策の内、確実性を基本に考えると、「暗渠海岸の延伸」が最も優れているものと考えられる。

しかし、本対策は、「管の埋設にあたり、ドライ施工が必要で、仮設等が大掛かりで樋管本体と併せて費用が高額になること」、「工事が長期間になり、周辺を通過する舟等の運航に大きな影響を与えること」など、施工性・経済性の点で採用が難しく、また、関係機関との協議・調整が相当難航し、運用後の管理も非常に困難となることが想定される。

こうしたことから、現実的な対応案として、「堤外調整池の設置」と、「鋼矢板による作滞、定期的な浚渫・掻き出し」を軸とした案が有力と考えられる。

今後は、この対応案を軸に、最終的な選定工法の基本設計を行うとともに、堤外調整池の管理方法等、運用面も含めた具体的な検討を進めていきたい。

【参考文献】※1:「平成19年度社会資本整備事業調整費 浅海化・干潟化による影響緩和のための一体的な基盤整備方策検討調査(八代海北部海域の環境保全及び改善のための基盤の一体的整備方策検討調査)報告書」

3-2

地元におけるクリーク事前放流への取り組みについて

佐賀県佐賀中部農林事務所 ○(正)井上賢二、(非)佐藤聡子

1 はじめに

有明海に面する佐賀平野では、自然陸化や干拓により拡大されてきた低平地な地形と日本一の干満差がある有明海の潮位の影響を大きく受けることから、内水排水対策は非常に重要な取り組みの一つである。この対策の中で最も効果を発揮していると言えるクリーク(農業用排水路)の事前放流の地元における取組について令和3年8月豪雨時に行った実証実験と併せて紹介する。

今回対象とした地区は佐賀平野の最下流付近となる佐賀市川副町早津江地内で地元の樋門操作人による事前放流を実施している中津地区(地区面積約45ha、クリーク延長約2.9km、B:12.0~7.0m、H:2.5~2.0m)である。



図1. 位置図

2 クリークの洪水調節機能について

県営圃場整備事業や国営かんがい排水事業等において整備されたクリークは、かんがい期の農業用水の送水や貯水はもちろんのこと、大雨時には管理水位(田面下1m)上の空き容量に一時的に雨水を貯留し干潮時に排水させるという機能を持ち、平野部におけるダム役割を果たしている。豪雨が予想される時には事前放流を行い、更なる空き容量を確保することにより洪水調節機能を十分に発揮している。

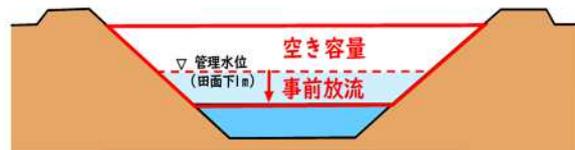


図2. 事前放流イメージ図

参考までに佐賀平野のクリークは約1,270kmで空き容量は約1,260万 m^3 と佐賀市の上流山間部に位置する北山ダム(貯水量2,200万 m^3)の約6割に相当する。

3 佐賀市川副町における事前放流の取組状況

佐賀市で最下流に位置し有明海に面している川副町では県営圃場整備事業(S44~H11)と国営筑後川下流土地改良事業(S51~H30)によりクリークの再編整備(統廃合)が行われ、その後、佐賀市や土地改良区、地元樋門操作人等により事前放流の取組が昼夜を問わず行われており、流域治水において大きな役割をはたしている。



写真1. 事前放流実施状況

4 令和3年8月豪雨時の地元における事前放流と実証実験結果

佐賀県では平成30年から4年連続で「大雨特別警報」が発表され、昨年の令和3年8月豪雨

においては対象としている中津地区付近の 8/12～14 の3日間の降水量は 533mm に上った。

地元樋門操作人の方は 8/11 の 17 時位より事前放流を開始され、雨の降り方をみながら、順次、制水門ゲートの開度を調整されていった。県においては現地に設置した水位計によりクリーク水位の変化を観測するとともに落水時及び満水時に現地に出向き状況確認を行った。その結果等については下記のグラフ及び写真のとおりである。

今回の豪雨では操作人の方による長年の経験に基づく降雨及び潮位状況に応じた適切な事前放流により対象地区においては湛水被害が発生することはなかった。

- ・8月11日17時 ⇒ 事前放流開始(水位 0.3m)
- ・8月12日6時30分 ⇒ 水位約 0.9m 低下(洪水貯留容量を約 25 千 m³確保)
- ・8月12日13時 ⇒ 水位約 1.3m 上昇(湛水被害なし)

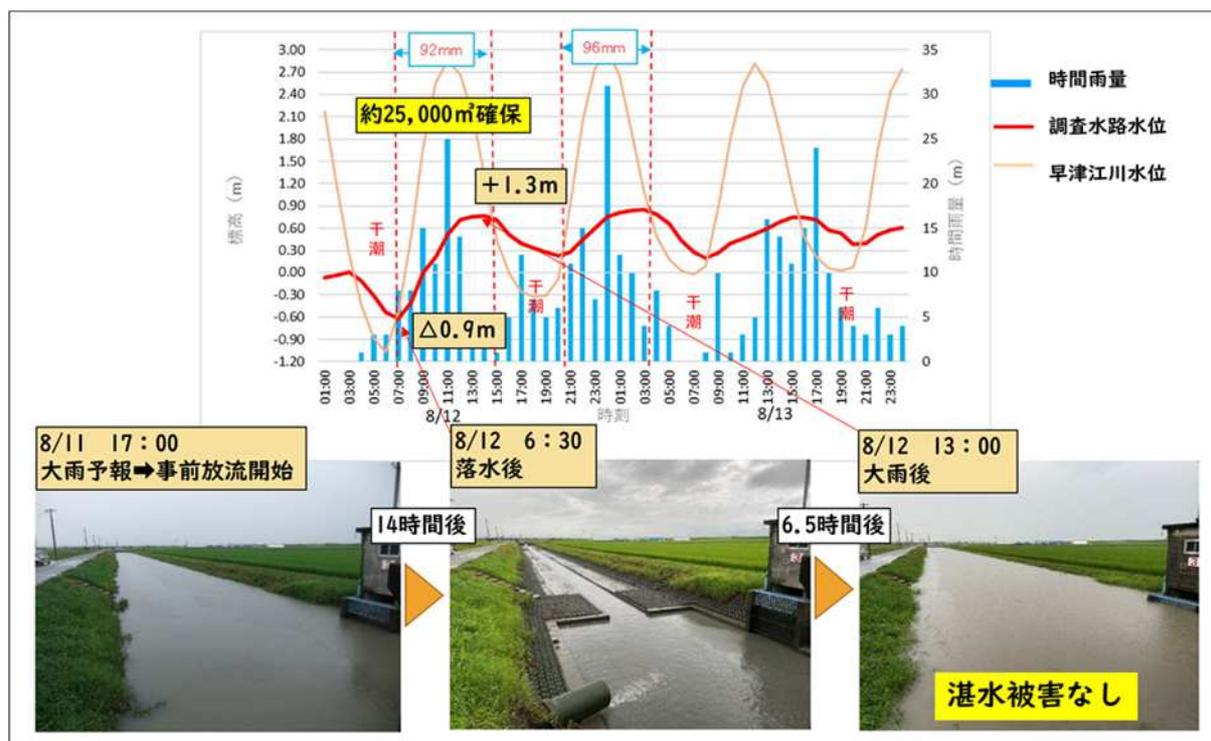


図 3. 水位・雨量グラフ、写真 2. 事前放流経過写真

5 おわりに

今回の実証実験後に操作人の方へ聞き取りを行ったところ、事前放流は水路のみでなく水田も行うべきとの考えを示された。これは少しでも貯留容量を確保することのみならず、水路への負荷を軽減し未整備水路の法面崩壊防止に寄与するためである。また、大雨の恐れがある時は宴会の席では飲酒は控え、状況によっては途中退席し、また夜間も寝ることなく事前放流に備えているとのことであった。今後は後継者の育成及び経験に基づくマニュアルの作成が必要であると言われていた。

佐賀市全体を見ても樋門操作人は実働が増している一方で平均年齢が約 70 歳と高齢化しており、次を任せる人が見つからないなど後継者不足も課題となっている。こういった状況を少しでも解消するために主要なクリークでの監視システム構築、樋門の遠隔操作化や操作マニュアルの作成等を進めていく必要があると思われる。

最後に、昼夜を問わず事前放流や排水作業を行い、地域を湛水被害から守る役目をはたしている市町、土地改良区、地元操作人等の方々にあらためて感謝したいと思う。

白石平野における洪水貯留機能について

佐賀県杵藤農林事務所 ○(非) 片渕 政貴

1 はじめに

白石平野は佐賀県の南西部に位置し、六角川、塩田川、有明海に囲まれた水田地帯である。

県営地盤沈下対策事業により昭和 51 年～平成 30 年にかけて、幹線的な用排水路を約 135 km、県営ほ場整備事業により支線用排水路や支線排水路を 360 km 整備している。このほか、国営筑後川下流白石土地改良事業により幹線排水路の有明水路約 13 km、鉱害復旧事業により約 100 kmが整備されている(写真-1)。

水路整備から数十年が経過し、近年は頻繁に発生する大雨による洪水時の水位変動、波浪による法面崩壊が進み水路内に堆積した土砂により、断面が阻害され湛水被害が拡大している。このため、クリークが持つ洪水調節等の機能を保全することを目的としたクリークの整備(堆積土砂の撤去、法面保護:張りコンクリート、法止めブロック)に令和 4 年度から着手した。今回は、クリーク防災機能保全対策事業(白石地区)および白石町で実施されているクリーク事前放流の取組について紹介する。



写真-1 白石平野のクリーク

2 クリーク防災機能保全対策事業(白石地区)

白石平野地区のクリークは、機能診断調査を実施した結果、崩壊した法面から流出した土砂により水路断面の 30%以上が阻害されているなど経年劣化による貯留機能の低下だけでなく、排水にも支障をきたしている状況である。

そこで、クリークを整備する必要が生じたことから、令和 4 年度より県営クリーク防災機能保全対策事業に着手した。

事業効果として、クリークが持つ農業用水の貯留機能や防災機能を回復させ、農業用水の確保や農作物への湛水被害

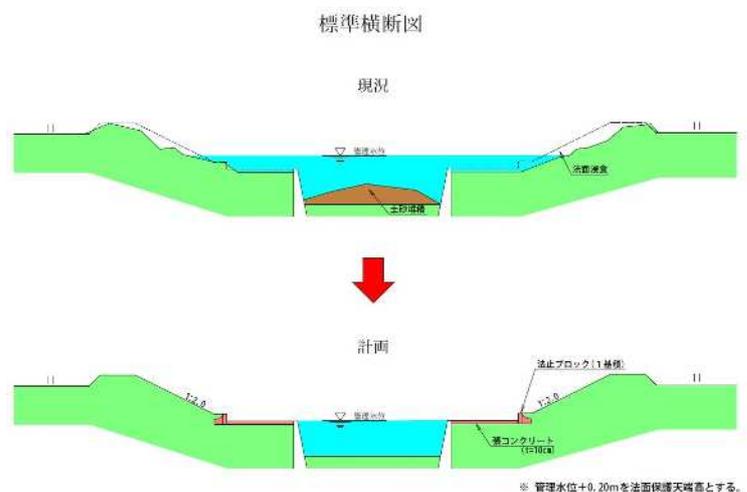


図-1 クリーク防災機能保全対策事業 標準横断面図

を軽減させる狙いがある。

具体的な整備内容は、堆積した土砂の撤去、崩壊した法面の復旧と保護である。法面の保護には、整備コストを考慮し、張りコンクリートを採用した。これにより事前放流が円滑に実施できるとともに管理水位の低下による暗渠排水機能の回復が図られ、作物の生育環境改善に寄与する。

3 クリーク事前放流の取組

白石町(白石平野を管轄)では、令和3年度から大雨が予想される際に行政放送でクリークの農業用水を放流するよう呼びかけ、クリークの水位を田面高から1.0m以下に低下させ、洪水貯留容量(貯水ポケット)を確保する事前放流の取組を実施している。

事前放流の効果として、地区全体で約540万 m^3 の貯水ポケットを確保することが可能となり、効率的な事前放流によるこれまで以上の洪水貯留容量を確保が可能となったことから、浸水や湛水被害の軽減に繋がっている。

実際に事前放流を行った一例として、これまで豪雨後に田面高より高く上昇していたクリークの水位(写真-2)が框高以下(写真-3)で収まっていることがわかる。

被害軽減効果がある一方で、この取組の実施にあたり、想定降雨がなかった場合の農業用水の迅速な補給が課題となっている。

また、今後は内水氾濫シミュレーションを活用し、効率的・効果的な事前放流のゲート操作方法等を検討していくことが求められる。

図-2 事前放流イメージ

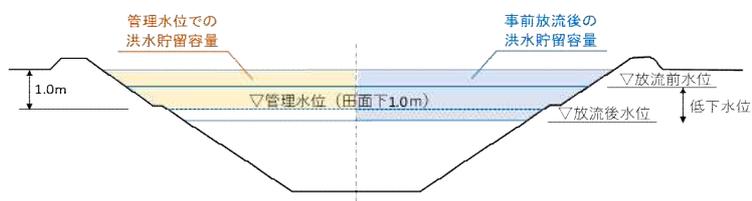


写真-2 事前放流をしない場合



写真-3 事前放流をした場合

4 まとめ

白石平野のクリークは、農業用水の確保と地域の排水といった2つの大きな機能を持っている。また、このクリークを流域全体の治水対策として捉えた事前放流は、激甚化する豪雨や台風による災害に対し、湛水や浸水被害を軽減に大きく貢献するものである。

前述のとおり事前放流は、農業用水確保のリスクを伴いながら実施するため、農業者や地元住民の理解と協力を得ることが不可欠である。これに伴い、白石地区のクリーク整備を計画的に進めるとともに事前放流の効果を周知していく必要があると考える。

これからも事前放流の取組を広げ、防災・減災はもとより、地域全体における営農の発展に繋がっていききたい。

農業水路等長寿命化・防災減災事業

頭首工の機能診断・機能保全計画策定について

鹿児島県 鹿児島地域振興局 農村整備課 ○(非)田中 響太郎
株式会社サタコンサルタンツ (非) 安田 憲司

1. はじめに

本業務は、日置市伊集院町の北東部に位置し、二級河川野田川流域に設置されている井手下頭首工、岩坂頭首工、竹下頭首工の機能診断および機能保全計画策定を行うものである。3 頭首工は造成から 20 年以上経過しており、水密ゴムの劣化や操作施設等の老朽化が進み維持管理に苦慮している状況である。そこで、施設の機能診断及び整備を実施し、施設の長寿命化を図るとともに維持管理の効率化を目的として、事業に取り組んでいる。今回は、3 頭首工のうち、竹下頭首工の内容について報告する。



図-1: 業務位置図

2. 施設概要 (竹下頭首工)

造成年: 1999 年(平成 11 年) 21 年経過 (R3 時点)
鋼製起伏ゲート H=1.2m, B=11.3m
土砂吐ゲート 1 基, 取水ゲート 2 基



写真-1: 施設状況写真

3. 機能診断および機能保全計画の方針

(1)事前調査・現地踏査・機能診断調査
事前調査(聞き取り調査・資料収集)および現地踏査・機能診断調査(現地調査)を実施した。

(2)健全度評価

(1)の結果に基づき、施設状態評価票による健全度評価を行った。健全度が高いものを S-5、軽微な劣化を S-4、機能に支障がでる状態を S-3、著しい性能低下が見られ至急対策が必要な状態を S-2、機能損失リスクが高い状態を S-1 として評価を行った。

(3)機能保全計画

本頭首工では、検討の結果施設の重要度区分を B とし損壊や機能停止が発生した場合の影響が大きいことから管理水準を S-2 とした。よって施設の機能が失われる状態(施設の更新)を許容しないこととし、補修主体(シナリオ 1)・補強主体(シナリオ 2)によるシナリオ比較を行った。

4. 健全度評価結果と問題点

コンクリート施設(土木構造物):健全度 S-4

<理由>コンクリート試験の調査結果が S-4 で、構造機能に異常は無い。全体的には流水によるコンクリート表面の摩耗や初期ひび割れが見られるが、機能に支障が無いため S-4 とした。

ゲート本体(施設機械設備):健全度 S-2

<理由>地元水利組合からの聞き取り調査によれば、ゲート倒伏の不具合があるとのことであった。

現地調査では、倒伏操作を数回行うと倒伏途中で異常停止し、完全倒伏しない場合も発生した。この結果を踏まえ、ゲート施設本体の健全性は、著しい性能低下状態と判断し S-2 とした。

問題点:洪水時に越流被害(堰本体・護岸・水田)を招く恐れがあることが問題であった。

表-1: 健全度評価結果総括

種別	施設状態評価表に基づく健全度評価						健全度(総合評価)
	内部要因		外部要因		その他		
コンクリート施設(土木構造物)	ひび割れ	ひび割れ以外	圧縮強度	中性化	主要因別評価	主要因別評価	S-4
	S-4	S-4	S-5	S-5	S-5	S-4	
ゲート本体(施設機械設備)	扉体		戸当り		開閉装置		S-2
	S-4		S-4		S-2		S-2

5. 課題および対策方針

(1) 課題

前述の結果から、ゲートが完全倒伏しないので、このメカニズムの解明が課題となった。このため地元水利組合および施工メーカーに立ち合いを依頼し、多面的視点で原因究明にあたった。

(2) 不完全倒伏のメカニズム

原因究明では、シリンダー部の不具合に着目し、起立・倒伏操作を行ったところ、シリンダー構成部材が倒伏時に干渉することが確認された。

ローラ部は水平方向に自由回転するため、インボリュート板に対しローラケースはある程度の余裕幅があるのが本来の形である。しかし、本ゲートではインボリュート板に対して余裕幅が無くなっており、倒伏時にインボリュート板とローラケースが干渉し停止するため、ゲートが倒伏しない状態であることが分かった。



写真-2: ゲート全景(下流より)



写真-3: 干渉部詳細



写真-4: 干渉部詳細



写真-5: 干渉部詳細



写真-6: 干渉部詳細

〈インボリュート板とローラ部の役割〉

- ・扉体に固定されたインボリュート板とそれを受けるシリンダー上部に設置されたローラ部から構成。
- ・インボリュート板は扉体に固定されておりインボリュート曲線により常にローラに対して力を均一に伝達するための部材。

(3) 対策方針

インボリュート板とローラケースの余裕幅の確保を目的とし、インボリュート板の改良(更新)とした。

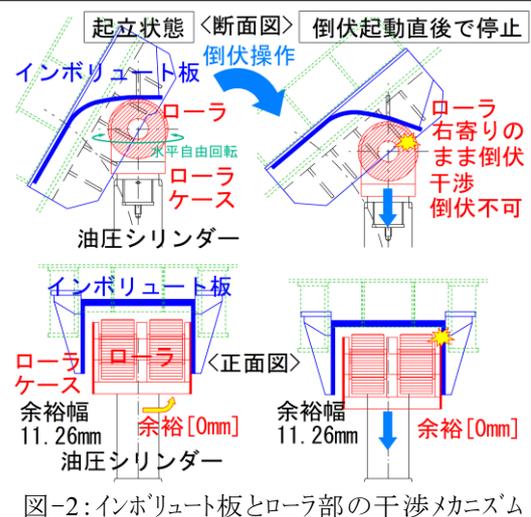


図-2: インボリュート板とローラ部の干渉メカニズム

6. 機能保全計画(シナリオの策定)

健全度評価結果に基づく性能低下予測をもとに対策シナリオを比較した結果、

コンクリート施設(土木構造物)は、健全度評価が S-3 に達した時点で補修を繰返すシナリオ 1 を、また、ゲート本体(施設機械設備)は、インボリュート板の改良を前提に、水密ゴムや塗装補修を繰返すシナリオ 1 を採用した。

7. おわりに

今回の報告内容を踏まえ、地元の方の声や専門業者の意見などを聞き入れながら、令和 3 年度より 3 年間で施設の整備工事に着手している状況である。

最後に、営農用水の安定供給が損なわれず、操作施設等を安全に使用してもらえるように、今後とも地元へ寄り添った発注および業務遂行に心がけていきたい。

百枝頭首工(川辺ダム)の排砂ゲート改修の施工事例について

大分県 中部振興局 農林基盤部 ○(正)池上 正人

1. はじめに

百枝頭首工は、大分市に隣接する豊後大野市三重町に位置しており、九州を代表する祖母・傾山、久住連山等を水源とする一級河川 大野川から取水し、大分市の東南部約 1,300ha の農地に用水を供給する施設(第一幹線・第二幹線)である。

大正時代に起こった大干ばつを起源として、昭和16年から農業用水の確保や発電事業を一本化した大野川河水統制事業として旧犬飼町に建設した大分県営発電所の共同事業で昭和井路開鑿国営事業に着工、戦中戦後の財政難・労働者不足・資材入手の困難を乗り越え、昭和26年に完成し昭和27年通水を開始した施設である。造成後70年が経過しており、近年頻繁する地震等により施設が倒壊すれば、農業生産活動の中断や発電事業の休止に追い込まれ社会的影響が広範囲に及ぶことが懸念されることから最重要施設として位置付けられている。

百枝頭首工より大野川発電所までの区間は、昭和井路土地改良区と大分県企業局の共同管理区間として維持管理が行われている。

今回改修を行った排砂ゲートについては、経年的な劣化が進行し、戸当たりの腐食や躯体コンクリートの剥離、閉鎖時に漏水があり、所定の用水量が確保できない状況となっており、施設の管理にも支障を来していることがわかった。

よって、発電施設の建設後初の大規模リニューアル事業と併せて排砂ゲートの改修を実施し、施設の回復等を行うことにより、農業生産の維持や農家経営の安定、地域経済活動の継続・発展を目指すものであった。



図1 位置図

2. 昭和井路土地改良区の概要

1. 地区面積 1,341.1ha
2. 管理施設

【共同】百枝頭首工(取水量:24.50m³/s)、導水路(12,360m)、調圧水槽(分水量:5.287m³/s)
(用排水路) 83,429.82m、(揚水機場) 3ヶ所

3. 組織構成 組合員 : 2,958人(総代:43人、理事:9人、幹事:3人、職員:6人)

3. 大野川発電所(リニューアル事業)の概要

運転開始から70年が経過し、発電所建屋や水車・発電機など主要施設の老朽化・耐震強度不足が課

題となり、将来にわたりクリーンな電力の供給を継続するため全面更新を計画し、経営基盤の強化を行い「再生可能エネルギー固定価格買取制度(FIT)」を活用しリニューアル事業を実施した。



写真1 着工前 現地状況



写真2 着工後 現地状況

4. 事業実施の状況

1. 実施工程表

	H27			H28			H29			H30			R1			R2			R3			R4		
	7	10	1	7	10	1	7	10	1	7	10	1	7	10	1	7	10	1	7	10	1	7	10	1
取水状況	発電+かんがい(最大24.5m ³ /s)									発電取水停止 (かんがい取水 5/10~10/15 20m ³ /s)						発電+かんがい								
大野川発電所 リニューアル事業 約70億円																								
実施設計	実施設計																							
協議(国交省・企業局・漁協・地元)	協議																							
百枝頭首工 魚道工事 約2.5億円																								
本体工事 約2.6億円																								
排砂門ゲート工事 約1.7億円																								

図2 実施工程表

2. 課題・問題点等

- ・関係機関との調整(企業局・昭和井路土地改良区・大野川漁協の役員及び組合員)
- ・工事発注・工事工程・予算管理
- ・河川法許可申請
- ・河川内工事での工期制約の難しさ
- ・締切土確保及び処分、大型土のうによる締切の困難さ
- ・旧扉体の撤去

5. おわりに

今回の事例発表について、関係資料を確認する中で、当時の担当者は河川内工事であり工期制約・河川状況の変化を注視し、関係機関の協議などの大変な苦勞して、無事に完成させた事を本稿の締めとします。

コンクリート製農業用水路の環境用水としての可能性について

宮崎大学農学部 ○(正) 中園健文

1. はじめに 市街化区域内にある生産緑地とは、農林漁業と調和した都市環境の保全等、良好な生活環境の確保に相当の効用がある土地や、用排水その他の状況を勘案して農林漁業の継続が可能な条件を備えていると認められるものが該当し、その生産緑地に必要な農業用水路は市街化区域内に位置するため、水路が単に農業生産力を維持するためだけに存在するものでなく、動植物の生息・生育環境を保護・保全する環境用水としての機能を持つことが期待される。

これまで、著者は宮崎市内にあるコンクリート製の農業用水路内で水生生物の定点調査を行い、コンクリート水路でも水生生物が生息できることを明らかにしてきた¹⁾。そこで、本研究では同じコンクリート水路を対象に、これまでの調査地点とは異なる水環境を有する地点を新たに加えた4点で水生生物の定点調査を行い、環境用水としての可能性を検討した。

2. 水環境や水生生物調査の概要 (1) 調査対象地 本研究で実施した水生生物調査は図

1に示すように、宮崎市内にある松井用水路（東用水路区間）内の次に述べる4地点で行った。地点1は周辺が水田に囲まれた日向であり、普段は水深が浅い。地点2は右岸側にある丘に自生している樹々が水路を覆うように繁茂しているため常に日陰であり、水路内・近辺に落葉が多く堆積している。地点3は人力により可動する堰があり、堰上げの高さにより水深が変化する地点である。地点4は他の地点と異なり河床に大小の礫が大量に堆積している。なお、地点3や地点4付近では毎年春頃、ホタルが飛び交う様子が見られ、ホタルを見る多くの地域住民が集う場所にもなっている。



図1 水生生物や水環境の調査地点
(Google Mapを加工して作成)

(2) 調査方法 調査方法については、農林水産省農村振興局作成のマニュアル「田んぼの生きもの調査 2009」²⁾を参考に調査を実施した。調査時期については水路が環境用水としての機能が期待できる非灌漑期に行った。水路環境の調査項目は流速、水温、水深、堆積物および植生の5項目とした。水生生物調査はタモ網を用いて採取を行い、各調査地点での調査の質を均一化するため、調査にかかる努力量を「調査人数4名・調査時間15分・調査距離20m」に設定し、雨天以外で水路内の水の流れが比較的穏やかな状態を調査条件とし2週間間隔を基準に実施しようとしたが、新型コロナウイルス感染症予防のため地点1は2回、他の地点では1回ずつしか調査が実施できなかった。

3. 各種調査結果と考察 (1) 水環境調査結果と考察 各地点で調査した水環境データを表1に示すが、流速についてはすべての地点でほぼ0.0m/sであった。まず、地点1は2回の調査とも水深が他の地点に比べ平均で約5.8cmと小さくなり、12/22は3cmにも満たなかった。地点2は水深が13.8cmで少量の泥や砂と大量の落葉が堆積しており、直下流にある橋の下では大量の砂礫が堆積しており、流水は確認できるが湛水している状況ではなかった。地点3の調査日は可動堰が立ち上がった状態であったため堰上げ背水の影響で上流

表 1 4 地点における水環境データ

調査地点	調査日	水温(°C)	水深(cm)	堆積物の種類や有無	植生の有無
地点 1	2020/11/10	16.1	9.0	泥：有，砂：有，礫：無	苔
	2020/12/22	8.3	2.5		
地点 2	2020/11/24	15.5	13.8		
地点 3	2020/12/1	10.3	45.0	泥：有，砂：有，礫：有	苔，水草，藻
地点 4	2020/12/9	12.9	11.0 ^{※)}		

※) 河床に堆積した土砂礫層から水面までの高さ (堆積厚：16.0cm)

側の水深が 45.0cm と深くなっていた。本稿で新たに追加した地点 4 は大量の土砂礫が 16.0cm 堆積しており，その上を深さ 11.0cm の水が流下していた。因みに，現場で湿潤状態のまま粒径別に礫のふるい分けを行った結果，1m² あたり 10mm ふるいに留まる礫は約 209kg ， 5mm ふるいに留まる礫は約 43kg であった。植生については地点 4 に水草や藻類が確認できたが，その他の地点は苔のみが水際と水中に確認できた程度であった。

(2) 水生生物調査結果と考察 表 2 に今回の調査で採取した水生生物を示す。魚類は地点 3 以外では採取できなかったことから，魚類は水深が深い場所にしか生息できないと考えられる。貝類のカワニナとマシジミは全ての地点で採取されたが，カワニナは藻や分解の進んだ落ち葉などを捕食し，マシジミは淡水域の砂礫や砂泥底に生息することから，今回の調査でも落ち葉の多い地点 2 ではカワニナの採取数が，土砂礫の多い地点 4 ではマシジミの採取数が最も多い結果となった。甲殻類は地点 4 以外で採取されたが，地点 3 は他の地点よりも水深が深く湛水域も広いことから，種類や採取数が多くなったと考えられる。

表 2 コンクリート水路内で採取した水生生物

地点	調査日	魚類	貝類	甲殻類	水生昆虫
1	2020/11/10	—	カワニナ：670，マシジミ：31	ミナミヌマエビ：135	ヤゴ：3，モンキマメゲンゴロウ：4
	2020/12/22	—	カワニナ：133，マシジミ：12	ミナミヌマエビ：2	ミズムシ：1
2	2020/11/24	—	カワニナ：1349，マシジミ：44	ミナミヌマエビ：212，アメリカザリガニ：16，モクズガニ：5	ヤゴ：3
3	2020/12/1	オイカワ：54，カマツカ：2	カワニナ：243，マシジミ：4	ミナミヌマエビ：980，アメリカザリガニ：1，モクズガニ：16，スジエビ：53	ヤゴ：1
4	2020/12/9	—	カワニナ：369，マシジミ：2829	—	—

4. まとめ ①コンクリート水路内に多彩な水環境を有すれば多種多様な水生生物が生息できると考えられる。②水路内の水環境を構成する要素が水生生物の生息数に大きな影響を与えることが明らかになった。③水深や堆積物，植生の条件を整えばコンクリート水路が環境用水として機能を果たすことが可能になる。〈参考文献〉1) 中園健文 他(2015): 宮崎市内のコンクリート製農業用水路における生き物調査，平成 27 年度九州沖縄支部大会要旨集，186-187. 2) 農林水産省 田んぼの生きもの調査 2009 調査マニュアル (http://www.maff.go.jp/j/nousin/keityo/tanbo/pdf/tanbo_manual.pdf)

宇城海岸における大口樋門の樋管補修工法の検討について

熊本県北広域本部阿蘇地域振興局農林部農地整備課 ○(非)玉利侑誠

1. はじめに

本地区における大口海岸に設置されている大口樋門は、昭和58年に国道266号の設置と同時に築造された樋門であり、完成から約40年が経過しているため、老朽化に伴う機能低下が懸念された。このため機能診断を行ったところ、樋管のひび割れ補修及び表面処理工法が必要と判明したものである。本文では、令和3年9月に樋管の補修工事が完了したことから、これまでの設計及び補修方法について論述する。



写真1 現況写真(施工前)

2. 補修工法の検討における課題

補修工事を行うに当たって、仮締切工を行う必要があるが、地元住民からの了承を得ることができなかった。主な理由としては、1. 背後地である農地が大雨時に湛水しやすいことを理由とした地元要望により、潮遊池側での二重式仮締切鋼矢板や大型土のう等による仮締切が実施できない、2. 海側の仮締切には必要とする大型土のうが5段積みの設置撤去は吃水が浅いため、陸上から100t級のクレーンを使用する必要があるが、国道266号の全面通行止めは困難、3. 9月～3月は海苔の養殖時期であるため、コンクリート打設関係の工事は実施できない、といった3つであった。

3. 対策工法の検討及び決定

補修工法の検討における課題から、樋管補修は、潮遊池側の排水を流下させながら、水位があり通水状態で施工可能な工法を選定する必要がある。

以上のことを踏まえ、農業水利施設保全補修ガイドブック(平成30年度版)に掲載されている管路更生工(製管工法)で検討比較を行った。比較検討の内容は表1のとおりである。

表1 比較検討

	第1案	第2案
工法	SPR工法	サンエスセグメント工法
特徴	<ul style="list-style-type: none"> ・プロファイル(硬質塩化ビニル樹脂を材質としたIビームの連続体)を用いて既設管内に製管し、モルタルを既設管との間に注入する。 ・長距離施行が可能。 ・耐震性に優れる。 ・塩ビ製のため、耐食、耐摩耗性に優れる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・更正用プラスチック製セグメント(硬質塩化ビニルを材質としたプラスチック成形品)を用いて既設管内に製管し、充填剤を既設管との間に注入する。 ・高強度で延命可能。 ・プラスチック製で軽量。 ・勾配が調節でき、部分補修も可能。

以上の2点で検討した結果、安価であった第1案を採用した。

また、本樋門の4連ある樋管(1連あたり 12.2m)のうちの1連は隣接している大口西部排水機場とボックスカルバートで接続されている。第1案の採用に併せて排水機場の強制排水時の水圧検討を行い、別途

補強施工等は不要を判断した。併せて、SPR工法を採用するにあたり、樋管の断面積が 3.92m² から 3.51m² に減少することによる水利計算を行い、問題ないことを確認した。(樋門周辺の位置関係は図1参照)

4. 補修工事(施行方法)

本工事は、樋管4連の施工になるため、1連ずつの施工を行った。施工手順は、洗浄工→製管工→裏込注入工になり、施工期間は2ヶ月半であった。

(1) 洗浄工

始めに、高圧洗浄車によるガンタイプ洗浄機とブラシを用いて、人力で既設樋管の洗浄及び土砂等の堆積物除去を行った。

(2) 製管工

今回施行したSPR工法は、管路内で製管機を自走させることでプロファイルを螺旋状にかん合させて製管するものである。(構造は図2参照)

製管については、今回の現場では、発電機を地上に設置し、管内で製管を行う作業員の手元のスイッチにより製管機を操作し施工した。

(3) 裏込注入工

(2)で製管したプロファイルに型枠、浮上防止の支保及び塩ビキャップを取り付け、既設管とプロファイルの間にモルタル(4週強度 55.0N/mm²)を圧送し、複合管を形成した。

通常は上流側(潮遊池)からモルタルを注入して下流側(海)から溢流させる。しかし、今回は溢流口の取り付けが海側になり、樋門のスイングゲートやフラップゲートを全開にした状態での施工になってしまい、課題で挙げた仮締切ができないため、今回の施工では下流側から上流側へモルタルを注入した。なお、溢流したモルタルは潮遊池に流ることがないように、溢流口に缶を設置した。

また、モルタルの充填状況の確認は、直接樋管の中に入り、金槌を用いて複合管の内側から叩いた音で判断した。併せて、樋管とローラーゲートとの水密性の確認及び調整を行った。

5. おわりに

本工事は、コンクリート補修工事に比べると非常に高価であったが、仮設工事を含めると安価であった。今後も現場状況に即した工法の検討を行い、円滑な工事実施に繋げたい。

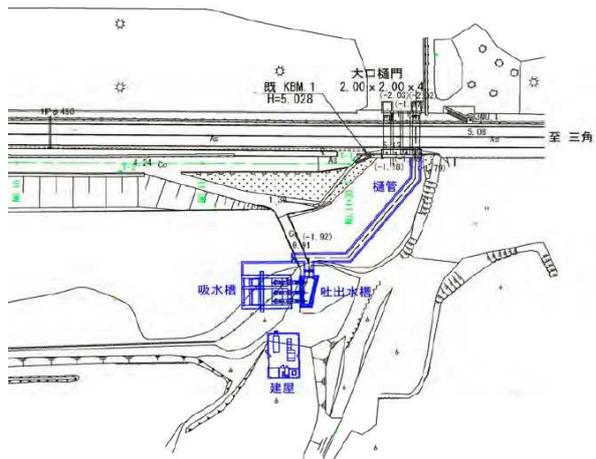


図1 樋管周辺状況

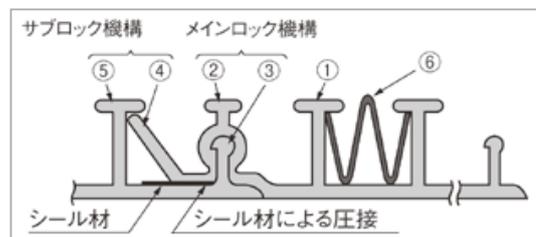


図2 SPR工法かん合構造



写真3 着工前



写真4 しゅん工

パイプライン(異形管)における防食調査について

鹿児島県 大島支庁 徳之島事務所 農村整備課 (非)時吉 達也

1. はじめに

徳之島事務所管内では、写真-1のように従来からパイプラインの鋳鉄製異形管部に、腐食・防食対策として腐食防止シート(ポリエチレンスリーブ)による被覆を行っている。

令和3年度から、スラスト力対策は離脱防止機能付き異形管が標準となり、鋳鉄製異形管の使用頻度が増えたことから、腐食防止シート(ポリエチレンスリーブ)の必要性を検証することとした。

今回は、土地改良事業計画設計基準「パイプライン」に基づき、パイプライン保護部に使用する良質土の防食調査を行ったものである。



写真-1 施工状況

2. 腐食の概要

土壌中における鉄鋼系材料の腐食の種類は、図-1のように分類される。

管内の施工現場について、この分類に現場条件を照らし合わせてみると、周辺に電食を起す要因は無いことから自然腐食となる。また、鉄筋を用いたコンクリート中ではなく、異種金属の接触や土質差などの通気差条件も無いことから、マクロセル腐食も考え難い。従って、残る腐食要因としてマイクロセル腐食の可能性が高く、腐食性評価として土壌調査が必要となる。

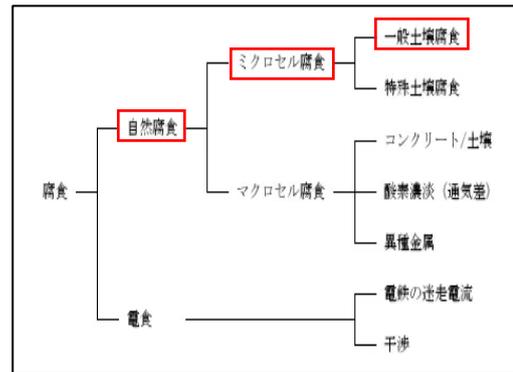


図-1 腐食の分類

3. 腐食・防食調査

土壌環境を要因とするマイクロセル腐食において、土壌の腐食・防食調査は、表-1の調査項目から選択して行われる。なお、ダクタイル鋳鉄管の場合は、主に①、②の調査を行うと示されていることから、アメリカ国家規格(American National Standard Institute)による評価基準(以下、略して「ANSI」という。表-2参照)を採用し、土壌調査の測定結果を点数化し、総合得点で評

表-1 腐食・防食調査項目

調査項目	新設管	既設管	評価方法
① 土質・地下水調査 ② 土壌採取・分析	特に腐食性強いと思われる場所で行う		DIN 50929 part3 及び ANSI A21.5 を参照
③ 土壌抵抗率	200~500mごと	200~500mごと	新版 電食・土壌腐食ハンドブック参照
④ 土壌 pH	600~1,000mごと	600~1,000mごと	金属防食技術便覧参照。酸性土壌: pH<4
⑤ 管対地電位(P/S)	—	200~500mごと	水道用網管腐食調査及び電気防食調査・設計マニュアル参照
⑥ 地表面電位勾配(S/S)	電鉄から1km以内の数箇所で行う	—	新版電食・土壌腐食ハンドブック参照
⑦ レール対地電位(R/S)	電鉄横断平行部で行う	電鉄平行部で行う	新版電食防止対策の手びき参照 同上
⑧ レール対管電位差(R/P)	—	電鉄横断部で行う	水道用網管腐食調査及び電気防食調査・設計マニュアル参照
⑨ 仮通電テスト	—	1~2か所	—
⑩ 仮排流テスト	—	必要に応じ電鉄横断部で行う	新版電気防食の手びき参照
⑪ 他構造物の電位 ⑫ 干渉調査	近接地点で行う 必要に応じて行う	近接地点で行う 必要に応じて行う	⑤、⑫参照 新版電食防止対策の手びき参照

価を行う。

評価した合計点数が10点以上になれば、土壌が、腐食性土壌と判定され、特殊防食法(ポリエチレンスリーブ法による防食対策)を採用すべきと勧告されている。

表-2 ANSI A21.5 による土壌の腐食性評価基準

項目	測定結果	点数	項目	測定結果	点数	
土壌の比抵抗 (Ω・cm)	1500 >	10	酸化還元電位 (mV)	100 <	0	
	1500 ~ 1800	8		50 ~ 100	3.5	
	1800 ~ 2100	5		0 ~ 50	4	
	2100 ~ 2500	2		マイナス	5	
	2500 ~ 3000	1		排水悪い	2	
	3000 <	0		常に湿潤		
pH値	2 >	5	水分	排水かなり良好	1	
	2 ~ 4	3		一般に湿っている		
	4 ~ 6.5	0		排水良好	0	
	6.5 ~ 7.5	0		一般に乾燥している		
	7.5 ~ 8.5	0		硫化物	あり	3.5
	8.5 <	3			微量	2
		なし	0			

備考 pH値が6.5~7.5の場合で硫化物が存在し、かつ酸化還元電位が低い場合は、3点を加算する。

出典:日本水道協会「水道施設設計指針 2012」

4. 調査結果及び考察

上記で述べた、ANSI 評価によるサンプルの試験結果が表-3 であり、評価点数については10点未満(2点)であった。

防食方法の選定に当たっては、図-2 の手順により、A,B,C の3ケースを検討するものであるが、今回のケースでは、A の一般路線に該当するものと考えられ防食対策としては、合成樹脂塗覆装による対策が記載されている。当該製品には、合成樹脂塗料(JWWA K 139)が施されており、今回調査結果から、腐食防止シート(ポリエチレンスリーブ法)による被覆は必要ないものと推測される。

表-3 試験結果

項目(単位)	試料名 大島郡天城町大字天城 字佐奈美田1985番地	ANSI/AWWA 土壌腐食性評価点数
土壌比抵抗(飽和状態)(Ω・cm)	28400	0
pH値(-)	6.3	0
酸化還元電位Eh(mV)	484	0
含水率(%)	11.7	0
硫化物定性	痕跡(微量)	2
腐食性評価点合計	-	2

腐食防止基準	腐食防止対策の手順	
	一般路線	ダクタイル鋼管の場合
①管の腐食状態	①一般路線 (B, Cを除く)	ダクタイル鋼管の場合 合成樹脂塗覆装を行う。 (JWWA K 139 水適用ダクタイル 鋼管合成樹脂塗覆装)
②管の腐食状態の調査 ・コンクリート管継ぎ ・鋼管継ぎ ・伸縮継ぎの腐食 ・その他	①選定電流地所通過 腐食 ②部分的にメンテナンス ができない箇所 ・埋設工所箇所 ・河川敷箇所 ・その他	①管の腐食状態は以下から選択する。 a. 管の対地電位 (P/S) を +900mV (Cu/CuSO4 電極基準) 以下にすることを目標とする。 b. マクロセル腐食の改善を目的 とする場合は、P/S の電位値 を自然電位に等しくして200V 300mA 電流にすることを目標と する。
③周囲の環境 ・土質 ・地下水位、水管 ・その他	③コンクリート/土 管マクロセル腐食 のおそれのある箇 所 ④その他の特種環境	①管の腐食状態は以下から選択する。 a. 管の対地電位 (P/S) を +900mV (Cu/CuSO4 電極基準) 以下にすることを目標とする。 b. マクロセル腐食の改善を目的 とする場合は、P/S の電位値 を自然電位に等しくして200V 300mA 電流にすることを目標と する。
④近接配管の位置 ・土質 ・地下水位、水管 ・その他	④メンテナンスがで きない、過水の換 気停止で重大な腐 食が予想される等 の箇所	①管の腐食状態は以下から選択する。 a. 管の対地電位 (P/S) を +900mV (Cu/CuSO4 電極基準) 以下にすることを目標とする。
⑤近接電線との位置関係	⑤メンテナンスがで きない、過水の換 気停止で重大な腐 食が予想される等 の箇所	①管の腐食状態は以下から選択する。 a. 管の対地電位 (P/S) を +900mV (Cu/CuSO4 電極基準) 以下にすることを目標とする。

図-2 腐食防止対策の手順

5. あとがき

今回、土地改良事業計画設計基準「パイプライン」に基づきマイクロセル腐食による防食調査を行ったものであるが、基準書による腐食・防食はその他に、配管が土壌とコンクリートの境界部で腐食するコンクリート/土壌マクロセル腐食、土質の差、地中から地上に立ち上がるなど通気差のある箇所で起こる通気差マクロセル腐食、金属の自然電位差による異種金属接触腐食などの自然腐食に加え、迷走電流の影響による電食がある。

土壌中における管の耐食性と腐食発生のメカニズムは、管種、環境によって異なることから、管種の特性と腐食の種類を十分に把握した上で検討する必要がある。

参考文献

- ・土地改良事業計画設計基準・設計「パイプライン」
- ・日本ダクタイル鉄管協会「埋設管路の腐食原因とその防食について」

反転工法 (INS 工法) による管更生工事

九州農政局北部九州土地改良調査管理事務所
(正)内村三信, ○(非)山田啓介, (非)森隼人

1.はじめに

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。本地区の基幹的な農業水利施設は、国営筑後川下流土地改良事業により平成 21 年度までに造成されたが、経年的な劣化による性能低下が生じている。このため、平成 29 年度より国営施設機能保全事業を実施し、農業水利施設の機能を保全するための整備を行っている。

本事業の改修対象施設である幹線水路岩神線は、管径 1,500mm～900mm、全長約 5.4km、FRPM 管を主とした管水路である(図-1)。本施設は、完成から 24 年が経過しており、管材にたわみの進行が確認されている。このことから、管路の性能低下の進行を防ぐため管更生工事を実施している。

本施設では管更生工法として「鞘管工法」及び「反転工法」を採用している。本講演では、反転工法熱硬化型の「INS 工法」について紹介する。

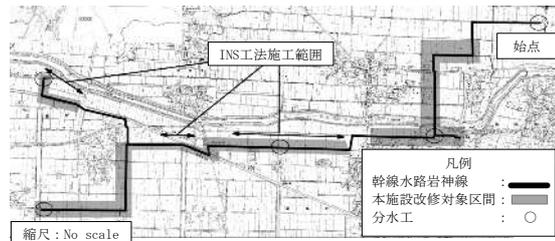


図-1 幹線水路岩神線全体位置図

2.工法選定

本施設の改修にあたっては、施工可能時期が非灌漑期の 3 ヶ月間に限定されること、住宅などがパイプライン路線に近接し、開削工法では現実的に施工が困難な区間も存在することから、非開削工法で適用可能な管更生工法を検討した。本施設における管更生工法の比較検討については、水理性、経済性、施工能力、維持管理を総合的に比較した。このとき、通常であれば比較した工法の中で現場条件に適応可能で、かつ、最も経済的な鞘管工法を基本の工法として採用する。しかし、管更生工法は既設管より口径が小さくなるため、鞘管工法のみでは各分水工での必要水位を確保できなかった。そこで、口径の縮小を抑えることができ、水理性が有利となる INS 工法を採用し、区間毎に工法を決定した。

3.INS 工法 (インシチュフォーム工法)

(1)INS 工法の概要

INS (Insituform) 工法の語源は、ラテン語の「本来の場所で・元の場所に」という意味の「In-situ」と「形成する」という英語の「form」であり、「元の形に戻す、元の場所で形成する」という意味の造語である。

INS 工法では、ライナーバックというガラス繊維と樹脂及びフィルムで構成される材料を用いる。既設管内に熱硬化性樹脂を染みこませたライナーバックを水圧にて反転挿入させる。

ライナーバックには工場で熱硬化性樹脂を染みこませており、挿入までは硬化を押しやるため温度を15℃以下で保持する必要がある。そこで、ライナーバックは氷水で満たした水槽に収納し、現場搬入する。次に、反転挿入に使用した水を温水にし、ライナーバックを硬化させることで、既設管内にまったく新しい管路を構築する(図-2)。

(2) INS 工法の施工手順

1) 反転タワー・ストッパーの設置

発進側立坑に、ライナーバックを挿入するための反転タワーを単管で組み立てる。次に、到達側に挿入したライナーバックを止めるストッパーを設置する。

2) 反転挿入

反転タワーにライナーバックを固定する。その後、固定したライナーバックへ水を徐々に注水し、反転を開始する。反転挿入は、水頭差を利用して既設管内に挿入させるため、所定の水頭高さまで反転水を注水し、クレーンでライナーバックを吊上げ、反転挿入を行う(写真-1)。ストッパーにライナーバックが到達したことを管内のTVカメラで確認し、反転を終了する(写真-2)。

3) 加熱硬化

温水循環ポンプをライナーバック内に設置し、ライナーバック内の水を温水にする(図-3)。この温水を循環させ、ライナーバック全体を均一に硬化させる。硬化温度及び硬化時間は、本現場では、60℃以上保持を4.0時間、70℃以上保持を3.0時間の計7時間で設定した。

4) 冷却・排水・完了

硬化完了後、ライナーバックの養生を行うため、管内温水が40℃以下になるまで冷却し、管内水を排水する。施工実績として、既設管φ1,350mm、延長109m区間において、反転挿入から加熱硬化完了まで約2日間で終了した(写真-3)。

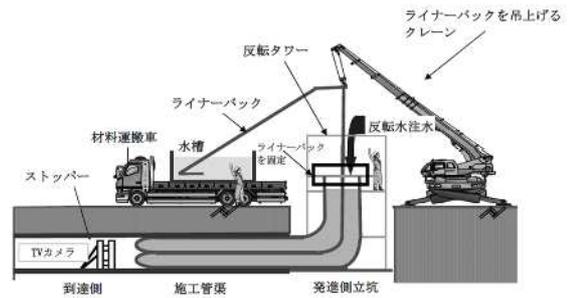


図-2 反転工法作業図



写真-1 反転挿入状況



写真-2 反転中の管内状況

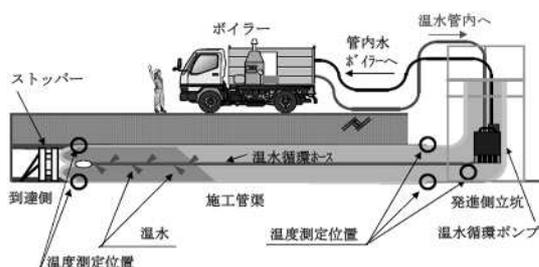


図-3 加熱硬化作業図

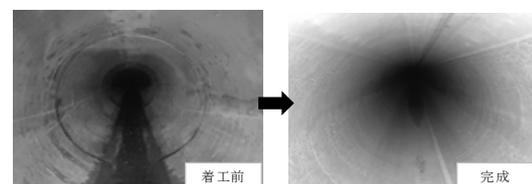


写真-3 着工前・完成写真(既設管φ1,350mm)

4. おわりに

全国的に農業水利施設は、老朽化の進行とともに更新時期を迎えるものが増加傾向にあり、施設の長寿命化対策が求められている。

本講演が今後の同種工事の参考となれば幸いである。

3-10

様々な地中障害物等を考慮した推進工法の選定

若鈴コンサルタンツ株式会社 (正) 太田俊英

1. はじめに

推進工法は「非開削工法」とも呼ばれ、地中で掘削した穴に掘進機と推進管を押し進めることで管路を敷設する方法である。地上における工事の占用面積を最小限に抑えたり、騒音や振動等周辺に対する影響を軽減したい場合などに有力な仮設方法である。特に、道路や市街地での工事に適しており、採用実績も近年増加傾向にある。一方で、推進工法は地中での作業となるため、予期しない地中障害物に遭遇した場合には、掘進不能となる可能性がある。そのため、推進工法を採用する際は、事前にボーリング調査等により、地質や地下水位状況等を把握する必要がある。

本稿は、ボーリング調査や現地踏査により確認した様々な地中の障害物や地下水位に対して、安全かつ確実な推進工法の選定事例を紹介するものである。

2. 設計概要

推進工計画区間は開削施工が困難な県道横断部である。推進工の概要は表-1 に示すとおりである。当該地は旧地形図や地質図より、旧河川支流が堆積土により閉塞して形成された地層と推測されるため、計画路線沿線には当該地域特有の地質である琉球石灰岩に加え、砂礫や転石、流木等の出現が予想される。また、降雨時には隣接する洪水調節池の貯水位と連動し、地下水位が高く上昇することが想定される。



図-1 計画平面図

表-1 推進工概要

管種	下水道推進工法用 鉄筋コンクリート管
口径	φ800
延長	L=129m
線形	直線～曲線～直線

3. 検討課題

推進工計画区間の上下流地点(発進側及び到達側)で各1箇所、ボーリング調査を実施した。調査結果に基づく推進工法選定上の課題となる障害物は次のとおりである。

(1) 転石 (推定強度 10MN/m²)

ボーリングコアを観察すると 200~400mm の転石が確認された。一般にボーリング調査で円柱状のコアとして採取された場合、そのコア長は短径部分に相当し、長径部分はその3倍程度と言われている。そのため、地中では 600~1,200mm の転石が出現する可能性がある。

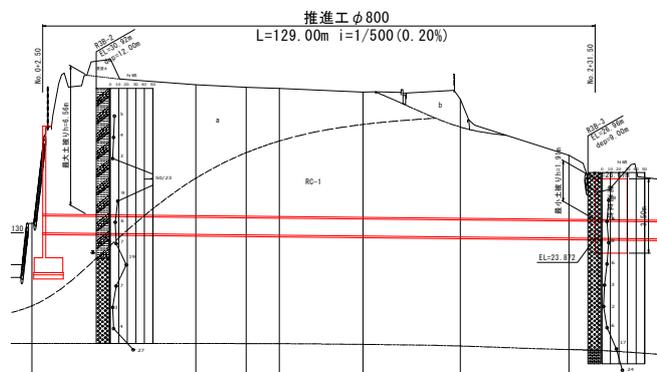


図-2 地質縦断図

(2) 木片 (流木)

推進管の計画標高付近に多量の木片や腐植物の混入が確認された。当該地は旧河川支流が閉塞した地層と推測されるため、推進工区間全線を通して木片や腐植物が出現する可能性がある。

(3)広範囲な土質

推進工沿線で実施したボーリング調査では、礫混じり砂質シルトが主体となった土質が確認された。一方、近傍の既往ボーリング調査結果からは、同標高付近で砂礫や粘土、また、N 値 50 以上の硬質石灰岩が確認されている。そのため、推進計画区間では、軟質なシルトから硬質石灰岩まで広範囲な土質の分布が推測される。

(4)地下水位の上昇

地下水位は推進管の計画標高以下で確認されたが、降雨時には隣接する洪水調節池の貯水位と連動し、上昇する可能性がある。なお、透水係数は上下流で実施した現場透水試験の結果、低い値を示していた。

4. 推進工法の選定

本推進工の口径は φ800 のため、大口径管推進工法となる。大口径管推進工法は図-3 に示すとおり、開放型の「刃口式推進工法」、密閉型の推進工法（「泥水式推進工法」、「土圧式推進工法」、「泥濃式推進工法」）に区分される。

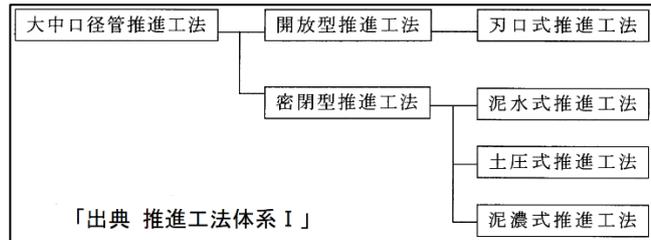


図-3 推進工法の区分

このうち、「刃口式推進工法」は推進計画区間の地下水位が推進工計画標高以上に上昇することが想定されるため、安全性の観点から工法比較検討対象外とし、「土圧式推進工法」については近年 φ800 の施工実績が無いため、比較検討対象外とした。本推進工法として、「泥水式推進工法」及び「泥濃式推進工法」の 2 工法が考えられるが、ボーリング調査で確認された地中障害物に対しては、表-2 に示すとおり、いずれの工法も適用が困難であった。そこで、岩盤対応型の「複合推進(CMT)工法」を採用することで、地中障害物に対する全ての課題を解消し、県道を開削することなく、確実に施工する設計が可能となった。

表-2 推進工法比較選定表

工法種別	泥水式推進工法	泥濃式推進工法	複合推進(CMT)工法
工法概要	泥水式掘進機のカッタチャンパ内に満たされた泥水の圧力を掘進機前面の土圧及び地下水圧に見合う圧力に保持することにより切羽を安定させる方式である。	泥濃式掘進機のカッタチャンパ内に高濃度の泥水を圧送充填し、切羽の安定を図りながらカッタにより掘削する方式である。	カッターヘッドに取り付けた面版で切羽を加圧して切羽の崩壊を防ぐ方式である。岩盤用に開発された掘進機で、岩盤での施工実績は最も多い。
本工事への適用性	<ul style="list-style-type: none"> 地下水面より上の掘進となる場合、切羽の土圧に対抗させる泥水が地盤中に逸水し、流体輸送が困難になる場合がある。 管外径の1/3(1/3*0.951=0.317m)を超える礫(1.2m)の出現が予想されるため、掘進不能になる場合がある。 流木による掘進障害が発生した場合、掘進機内からの撤去が不可能なため、推進工事を中断して薬液注入し、開削して流木を除去することになるが、県道下で発生した場合は対処不能。 	<ul style="list-style-type: none"> 掘削した土砂を高濃度泥水と攪拌し、土圧に対抗する圧力を高めるため、透水性の高い琉球石灰岩が出現した場合はチャンパー内に土砂だけが残り、土砂の搬出が困難になる。 管外径の1/3(1/3*0.951=0.317m)を超える礫(1.2m)の出現が予想されるため、掘進不能になる場合がある。 流木による掘進障害が発生した場合、掘進機内からの撤去が不可能なため、推進工事を中断して薬液注入し、開削して流木を除去することになるが、県道下で発生した場合は対処不能。 	<ul style="list-style-type: none"> 広範囲な土質に対応が可能である。 切羽の土圧は面版で押さえるため、低水圧を掛ければ良いので、高透水性の砂層や石灰岩でも逸泥水の心配はない。 流木による掘進障害が発生した場合、掘進機内からの流木撤去が可能。 琉球石灰岩地盤での施工実績を有する。
評価	×	×	○

5. おわりに

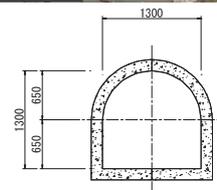
複合推進(CMT)工法は土質に対する制約条件が少なく、特に岩盤地盤での有効性が高い。本件は推進口径が φ800 と小さく、地中障害物等、制約条件の多い使用条件下であった。類似条件における推進工法選定の際に参考にしていただければ幸いです。

小断面の隧道改修に推進工法を適用する際の留意点

若鈴コンサルタンツ株式会社 (正) 鈴木稔人

1. はじめに

既設隧道は農業用で、築造後 80 年を経過した隧道断面 3r ほろ形 ($r=0.65\text{m}$)、延長 $L=350\text{m}$ 、隧道勾配 $i=1/3000$ 、土被り $D=2.0\text{m}\sim 18.0\text{m}$ の無圧トンネルである。隧道上部の地形は、隧道上部は山林が主体の丘陵地であり、地質はボーリング調査結果から隧道区間は泥岩で、地表面下 $\sim 5.0\text{m}$ 間は風化が進行した亀裂の多い岩盤である。隧道現地踏査の結果、土砂流入による閉塞、老朽化が著しく、断面が狭小(直径 1.3m の円形断面相当)なことより、機能回復のため隧道内部の作業員安全確保が可能な密閉式推進工法を採用した。その際に留意すべき点を以降に示すものである。



【 既設隧道断面図 】

2. 既設隧道改修に至った経緯

隧道を改修する経緯は、既設隧道上部の地表面凹部(上流側 100m 地点・下流側 50m 地点各 1 箇所)地点で隧道上部の土砂が流入して隧道内部を約 50m 閉塞し通水機能を喪失したことによる。現地の隧道上部の地形状況から、降雨により地表凹部の滞留水が地盤内に浸透し、亀裂の多い岩盤の風化進行を助長させ、その結果、隧道上部の岩盤が土砂化し、土砂重量がアーチ部分に上載荷重として作用したことで、ゆるみ土圧以上の土圧が覆工コンクリート天端部に作用し発生応力度が増大し崩落して、土砂流入・閉塞に繋がったと考えられた。



【 隧道内部閉塞写真 】

3. 改修工法の選定

隧道閉塞部分だけの土砂除去を行えば通水機能は回復させられる。しかし、老朽化した小断面の隧道内部で閉塞地点まで隧道坑口部から作業員が隧道内部に進入して行き、土砂撤去作業及び土砂搬出作業を行う際には、隧道坑口部付近 \sim 閉塞部までの区間において既設隧道の別箇所の崩落が懸念され、作業員の安全性が確保できないと考えられた。そのため隧道改修工法として機械掘削及び管体敷設のできる推進工法を改修工法として採用した。

4. 推進工法の概要

改修後の既設隧道の流下能力と同等な円形断面は、経済性に配慮し水理計算上粗度係数の向上も加味した最小断面とし推進用ヒューム管で直径 1.20m となった。推進用ヒューム管の外径は直径 1.43m のため、既設隧道(B1.30m-H1.30m)の側壁・底版コンクリートを一部分切削しながら掘進することになる。側壁と底版の既設コンクリートの切削が可能な工法を検討した結果、既設ヒューム管を取り壊しながら新設管を入れ替えることのできる密閉式泥土圧推進工法(改築推進工法)が、コンクリートを一部切削しながらの推進工事となる当該現場に適用できた。安価な工法として刃口推進工法も検討したが、掘削断面で一部の側壁・底版コンクリートの掘進をするために人力で側壁・底版コンクリートを事前に破砕しておく必要があり切羽前面より前方での人力作業となることから崩落被害のリスクを避け作業員の安全性確保の観点から不採用とした。

5. 推進工法の施工時の問題点

密閉式泥土圧式推進工の施工に際しては既設隧道内部が空洞であり、切羽前面を密閉するため事前に空洞充填しておく必要がある。充填材料は、推進工事施工前に既設コンクリートと同種類の充填材料として施工延長が350mと長いこともあり充填時の施工性に配慮しエアモルタル(施工能力:1スパン50m/日)を採用した。改築推進工法の場合でもエアモルタルで実施している施工実績を参考に決定した。推進工の施工は空洞部のエアモルタル充填材料と側壁・底版コンクリートを一部切削掘進し、排土は配管による流体輸送する方式であった。

施工上の問題点として、エアモルタル自体の施工性は良いものの、推進工の掘削地盤として取り扱う際には、小さな気泡が無数に含まれている地盤となることに留意する必要があった。人工的な地盤を対象とした推進工事のため、切羽部から発進坑口部まで排土を流体輸送する際に、気泡が混入した還流水となる。施工時の影響として発進坑口部に設置した還流水を水槽へ排土した際に多量の気泡が水槽内部に発生する事態となり、循環水を再送水する作業時に気泡による影響で作業工程に遅延を生じることとなった。このような事態を解決するため、現場では水槽内部の気泡の発生を抑制する消泡剤を水槽内に投入して対応した。



【 泡発生状況写真例 】

6. おわりに

硬化したエアモルタルを掘削等にて取り扱う際には、気泡が混入されている土木材料ということを念頭に置き対処していくことが重要である。本事例では気泡の存在により泥水比重が低下して、流体輸送する際に配管内で土砂の沈降が発生し閉塞する事態が発生した。また、気泡の影響を抑制するためには、対策工として(a)消泡剤種類、使用量、使用頻度の設計、(b)充填材料(モルタル、流動化充填材等)の選定検討により対処できると考えるが、現時点での概略検討では下記のとおりとなり、消泡剤の適用は妥当と考えられた。

(a)使用する消泡剤型式は一般的にエマルジョン型が適用され、使用量は処理水槽規模が15m³より、50g/m³×15 m³=750g(平均値)、1回の使用量は材料費0.750×11,000円/100=825円/回である。使用頻度は、1日2回とすると推進工事期間が350m÷3.62m/日=97日より、消泡剤使用に係る材料費は、2回/日×97日×825円/回=160,050円相当と推測される。

(b)充填材料はモルタルの場合、1スパンの施工延長が10m/日程度のため充填に要する施工期間は350m÷10m/日=35日間を要することから、工事工期に対して影響が大きい。流動化充填材は、セメント・流動化材・水を加えたもので、流動化材はベントナイト、発泡剤、硬化遅延材で構成される。材料に発泡剤が含まれることから気泡による影響が想定される。

推進工事に際しては、施工上の問題は生じたもののエアモルタルの掘進は、材料強度が低いこともあり標準日進量が歩掛では3.62m/日だが稼働した施工実績90日から逆算すると350m÷90日=3.89m/日となり、工期短縮が図られた。また、右写真のように既設隧道内部が推進管により改修され通水機能が回復されたことを確認できた。

エマルジョン型消泡剤
エマルジョン型消泡剤は、シリコン分が10~30%のものがほとんどです。発泡系への添加量はシリコン分で1~200ppm程度ですから、あらかじめ水で希釈して用いる方が分散性が向上し、より効果的で経済的です。
希釈倍率は、2~10倍が一般的で、これ以上希釈すると、オイル浮きなどの希釈不良が発生することがあります。また、希釈後はできるだけ速やかにご使用ください。保存中に液層が分離した場合、ゆっくり攪拌し、均一な状態にして使用すれば、消泡効果には影響ありません。

使用方法

排水処理槽容量に対して 20~80g/m³ の濃度になるように添加

【 消泡剤型式・使用方法 】



【 改修後隧道写真 】

湛水防除事業による排水機場の築造事例について

－基礎杭の施工－

福岡県飯塚農林事務所 農村整備第2課 ○(非)溝上 直紀

1. はじめに

本地区は、柳川市の南部に位置し、東は矢部川、西は塩塚川、南は有明海に囲まれた水田地帯です。

有明海に面するこの地域の大部分は古からの沖積作用による陸化と干拓事業によって造成された低平地であるため、満潮時には自然排水が出来ず、強制排水が必要な地域であり、排水機場等多くの排水施設が整備されてきました。

本地区においても、昭和 50 年代に県営湛水防除事業大和地区として、第1～3排水機場が整備されましたが、その後の地盤沈下や流域開発等による流出量の増加及び施設の老朽化に伴う機能低下により、湛水被害が拡大している状況でした。

そこで、20 年確率雨量における湛水状況を従前の事業完了時の状態まで回復させるため、排水機場の更新及び幹線水路の護岸整備を行うことで、農業生産性の向上及び農業経営の安定化を図り、併せて農村環境の改善、国土の保全に資することを目的とし、事業着手したものです。

事業概要は以下の2記載のとおりであり、今回、本事業のうち、最初に着手した第1排水機場の更新に伴う「基礎杭工事」を紹介します。

2. 事業概要

事業名：湛水防除事業(大規模)

地区名：大坪地区

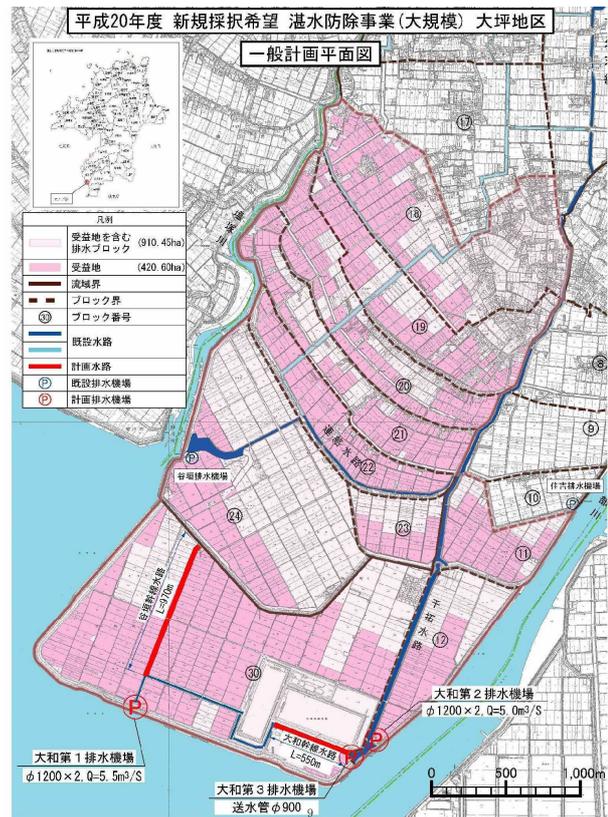
受益面積：A = 421 ha (流域面積 A = 2,785 ha)

事業工期：平成 20 年度～平成 29 年度

受益戸数：農家 552 戸

総事業費：2,431,000 千円

総事業量：排水機場 2 箇所(横軸斜流ポンプ φ 1200 mm * 2 台 * 2 箇所)
導水路 L = 970m(両岸)、550m(片岸)

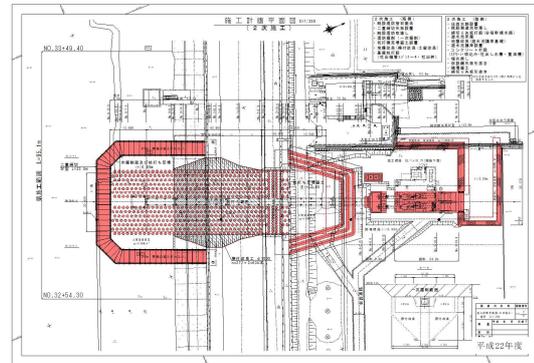
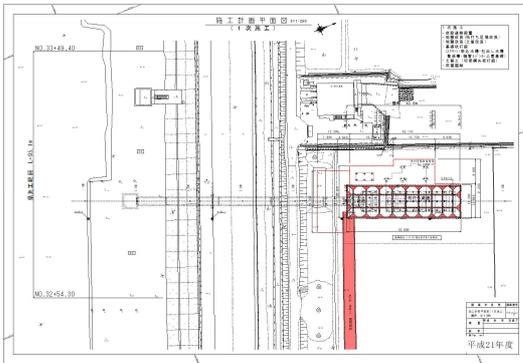


一般計画平面図

3. 施工手順

施工はまず、排水機場下部の基礎杭工事中から着手。(1次施工)

その後、海岸堤防の代替えとなる2重締切工事を施工しながら、排水機場下部工事を施工し、
 樋管工事(基礎杭含む)を施工。(2次施工)



(1次施工)

(2次施工)

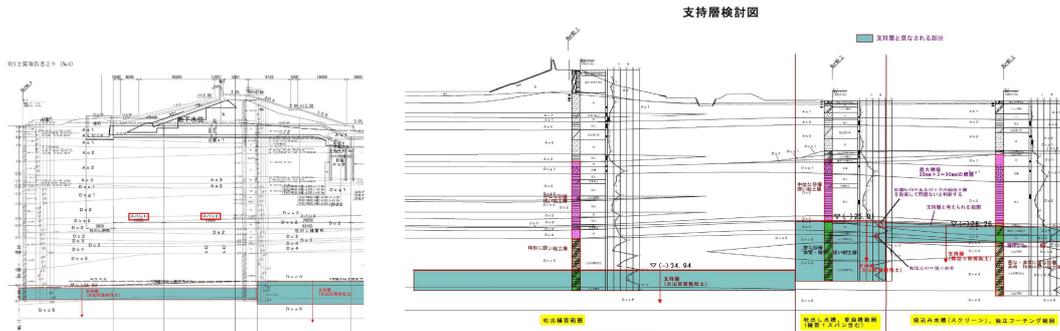
4. 基礎杭の設計と高止まり

本地区の排水機場は有明海の海岸堤防に面した位置(干拓地)に築造することから支持層がかなり深い位置にあります。

構造物直下の基礎地盤は、干拓地の軟弱地盤であり、N値=0付近の粘土層、砂層が10m程度続く。

また、砂層でN値=30以上または粘性土でN値=20以上(ここでは、支持層という)の連続した層が見受けられるのは、標高(-)35m又は(-)26m以深となります。

※0土質調査より (No.1~No.3)



支持層検討図

基礎工(陸側施設)として吐出し水槽や吸込水槽の排水機場下部工、建屋の基礎杭を、杭径 $\phi 300 \sim 450$ の PHC 杭及び SC 杭を2本継の杭長21~27mとしました。

次に、基礎工(海側施設)として樋管(S1~S4)や吐出し柵の基礎杭を、杭径 $\phi 350 \sim 450$ の PHC 杭を3本継の杭長30~34mとしました。

1次、2次施工のいずれも、打込み工法を基本とするものの、支持層に到達する前にN値20前後~30超えの砂層(砂礫層)又は50程度の粘性土層があり、杭長も21~34mと長く、打設面からも深い位置に固い中間層があります。

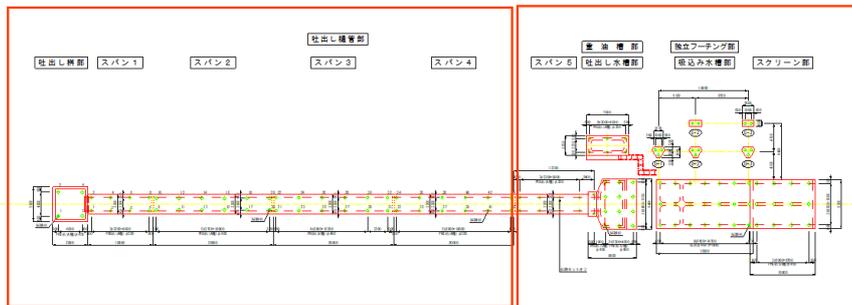
そのことから、杭の破損防止のために杭径より一回り小さい径の先行掘りを行い、その後、打込みを行う工法を採用しました。

1次施工については、PHC杭、SC杭ともに計74本全て、設計深度まで予定どおりの施工ができました。

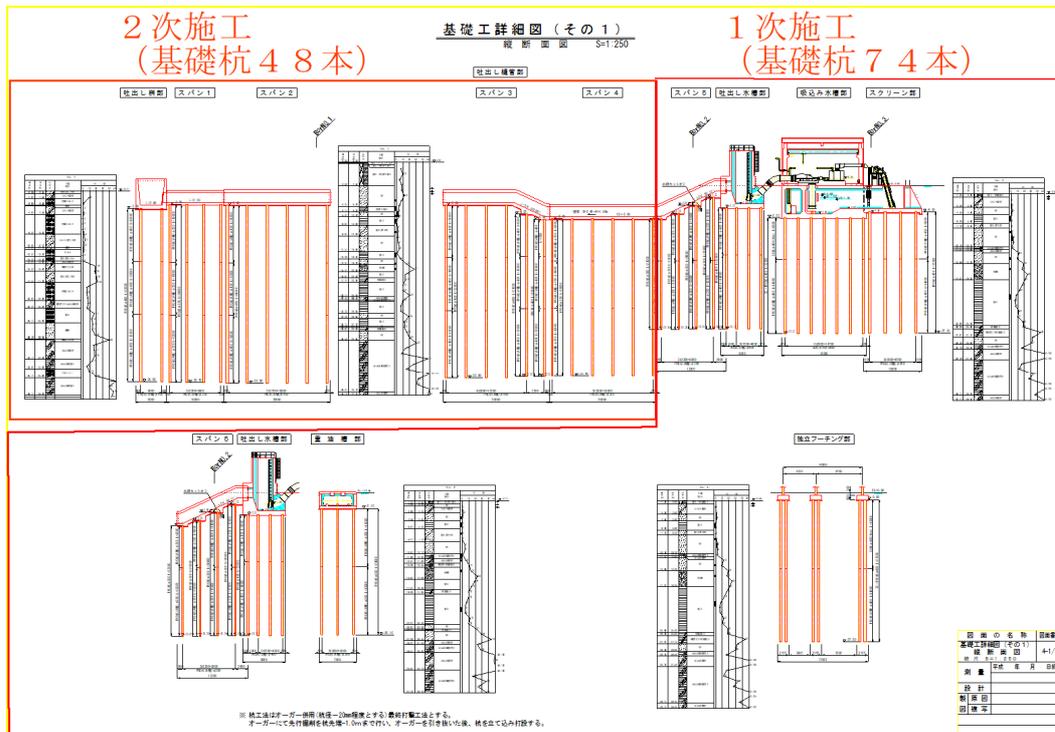
2次施工ではPHC杭計48本のうち、かなりの本数が、設計深度まで打込む事ができず(高止まり)、杭打ちと並行しながら、支持力の確認等を行いながらの施工となりました。

2次施工 (基礎杭48本)

1次施工 (基礎杭74本)



基礎杭平面図



基礎杭縦断面図

5. 支持力の確認

支持力の確認結果は、設計支持力(机上)以上であったものもあれば、以下のものもありましたが、いずれも作用力以上であることを確認しながら進めて行きました。

支持力算定表 (土木)

杭種	杭径	杭深	設計支持力	実測支持力	安全率	杭種	杭径	杭深	設計支持力	実測支持力	安全率		
基礎杭①	φ400	1.700	210	1,293	1,188.58	0.122	基礎杭②	φ300	1.700	210	1,293	1,188.58	0.122
		2.100	210	1,293	1,188.58	0.122			2.100	210	1,293	1,188.58	0.122
		2.500	210	1,293	1,188.58	0.122			2.500	210	1,293	1,188.58	0.122
		2.900	210	1,293	1,188.58	0.122			2.900	210	1,293	1,188.58	0.122
		3.300	210	1,293	1,188.58	0.122			3.300	210	1,293	1,188.58	0.122
		3.700	210	1,293	1,188.58	0.122			3.700	210	1,293	1,188.58	0.122
		4.100	210	1,293	1,188.58	0.122			4.100	210	1,293	1,188.58	0.122
		4.500	210	1,293	1,188.58	0.122			4.500	210	1,293	1,188.58	0.122
		4.900	210	1,293	1,188.58	0.122			4.900	210	1,293	1,188.58	0.122
		5.300	210	1,293	1,188.58	0.122			5.300	210	1,293	1,188.58	0.122

左表が各杭毎のリバウンドによる支持力を確認した結果です。

例えば、設計を求めすぎた場合、杭の破損の可能性が高まります。

現に、施行中、試験杭を含む2本の杭(杭頭)を破損してしまいましたが、破損前、杭の貫入量が小さい等の時点でリバウンドを取っており、支持力の確認を行いながら杭の打設を行っていましたので、支持力は十分あることが確認できます。

破損した杭は本杭のみでなく試験杭もあり、元々、1mのカットオフを予定しており、杭頭処理を行うことで問題はありませんでした。

設計深度を求めすぎた場合、破損部が杭頭だけに収まらないケースも出てくると思われます。

その場合、当該破損杭は無いものとして、別途に新たな杭を打設する必要があり、上部構造の基礎形状等、変更にもせられる可能性もあります。

構造物の品質確保が求められる中、限られた予算や時間の中で最良な施工を選択、判断する必要があります。

そのため、2次施工時、土木式での確認と併せて、念の為、建築式による支持力確認も行っています。それが、下表です。(建築式での実測支持力は土木式に比べ、低く出る傾向があり、安全側に検証)

支持力算定表 (土木+建築)

杭種	杭径	杭深	設計支持力	実測支持力	安全率	杭種	杭径	杭深	設計支持力	実測支持力	安全率		
基礎杭①	φ400	1.700	210	1,293	1,188.58	0.122	基礎杭②	φ300	1.700	210	1,293	1,188.58	0.122
		2.100	210	1,293	1,188.58	0.122			2.100	210	1,293	1,188.58	0.122
		2.500	210	1,293	1,188.58	0.122			2.500	210	1,293	1,188.58	0.122
		2.900	210	1,293	1,188.58	0.122			2.900	210	1,293	1,188.58	0.122
		3.300	210	1,293	1,188.58	0.122			3.300	210	1,293	1,188.58	0.122
		3.700	210	1,293	1,188.58	0.122			3.700	210	1,293	1,188.58	0.122
		4.100	210	1,293	1,188.58	0.122			4.100	210	1,293	1,188.58	0.122
		4.500	210	1,293	1,188.58	0.122			4.500	210	1,293	1,188.58	0.122
		4.900	210	1,293	1,188.58	0.122			4.900	210	1,293	1,188.58	0.122
		5.300	210	1,293	1,188.58	0.122			5.300	210	1,293	1,188.58	0.122

BS式(建築)での取算定

杭種	杭径	杭深	設計支持力	実測支持力	安全率	杭種	杭径	杭深	設計支持力	実測支持力	安全率		
基礎杭①	φ400	1.700	210	1,293	1,188.58	0.122	基礎杭②	φ300	1.700	210	1,293	1,188.58	0.122
		2.100	210	1,293	1,188.58	0.122			2.100	210	1,293	1,188.58	0.122
		2.500	210	1,293	1,188.58	0.122			2.500	210	1,293	1,188.58	0.122
		2.900	210	1,293	1,188.58	0.122			2.900	210	1,293	1,188.58	0.122
		3.300	210	1,293	1,188.58	0.122			3.300	210	1,293	1,188.58	0.122
		3.700	210	1,293	1,188.58	0.122			3.700	210	1,293	1,188.58	0.122
		4.100	210	1,293	1,188.58	0.122			4.100	210	1,293	1,188.58	0.122
		4.500	210	1,293	1,188.58	0.122			4.500	210	1,293	1,188.58	0.122
		4.900	210	1,293	1,188.58	0.122			4.900	210	1,293	1,188.58	0.122
		5.300	210	1,293	1,188.58	0.122			5.300	210	1,293	1,188.58	0.122

6. おわりに

現在では、基礎杭の打込み工法を採用可能な現場は少なくなっていると思いますが、打込み杭を施工する場合、悩ましいのも事実です。

本地区では、試験杭の施工時から、設計コンサルタントと直に連絡、相談しながら進めてきました。

今後、基礎杭(打込み工法)を施工される現場の中で、事例や参考になる地区が見当たらないなど、進め方の参考になれば幸いです。

SR 合成起伏堰合成起伏(ゴム袋体支持)方式の堰改修について

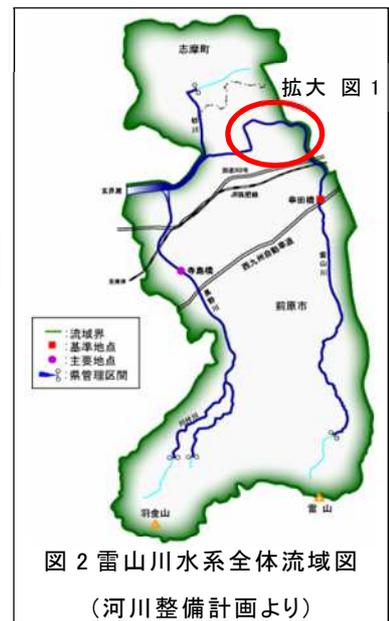
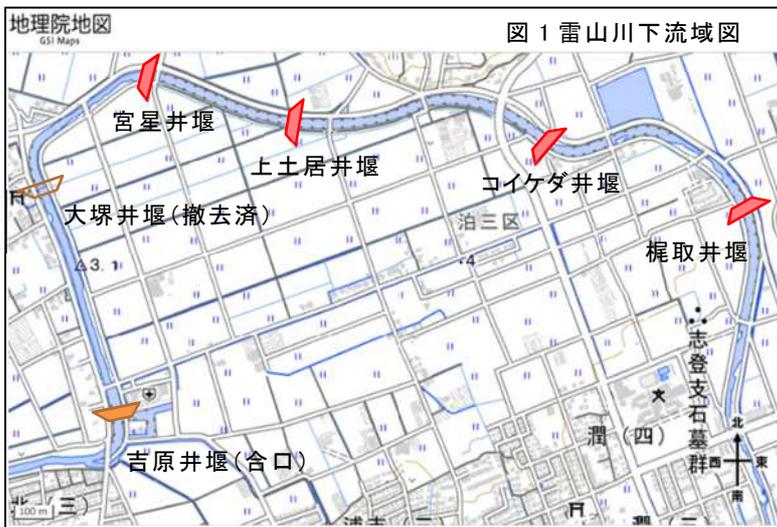
-雷山川(福岡県糸島市泊ほか)における事例-

福岡県福岡農林事務所 ○(非)瀬口 優子、(非)中村 篤史

1. はじめに

本地域のある糸島市は、平成 22 年に前原市、二丈町、志摩町が合併して誕生した市である。施設園芸や畜産も盛んだが、福岡都市圏への通勤、通学が容易なことから人口が増加して発展している市である。

市東部を貫流する二級河川雷山川(流域面積 69.1km²、流路延長 16.16km)は標高 955.4m の雷山に発し、国道 202 号線、JR筑肥線を横切って玄界灘に注いでおり、泊をはじめ流域の農業用水が取水されている。この雷山川下流域での転倒堰改修において、SR 合成起伏(ゴム袋体支持)方式を採用した事例を紹介する。



2. 当該施設の状況

本地域には、下流の吉原井堰から上流の梶取井堰まで6箇所が設置されていた。このうち、下流2堰が平成 11 年度に合口され、大塚井堰は撤去されている(図 1 参照)。

上流の4堰は昭和 40 年代の設置から 50 年以上が経過しており、油圧系統に不具合が生じ不完全倒伏状態になるなど、操作管理に支障を来している。扉体も損傷や腐食等が進行して、取水機能が低下している状況である。また、堰体上流には護床工がないため、洗堀が顕著であり、堰体への影響が懸念されている。



写真1 扉体の腐食状況



写真2 油圧シリンダ(扉体内蔵部)の腐食状況

3. 改修工法の検討について

当該施設はいずれも起伏型鋼製自動転倒堰(横主桁式・背面支持方式)であり、前述のとおり油圧系統や扉体に損傷はあるものの、コンクリート構造物である堰体に大きな損傷はなく、機能診断の結果、全面改修ではなく補修が可能と判断、河川管理者と河川条件を確認し、改修方針を決定した。

- 雷山川河川整備計画では当該箇所の改修計画がなく、河川幅の拡幅は不要
- 河川幅、河床高、堰と取水口の位置を変更しない部分改築・補修であれば魚道は不要
- 堰体は補修とし、ゲート設備(扉体と堰上)更新及び護床工の新設とする



戸当たり周縁の幅1.0mmのひび割れ



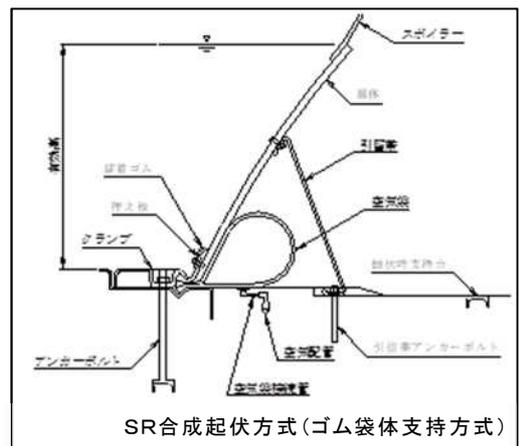
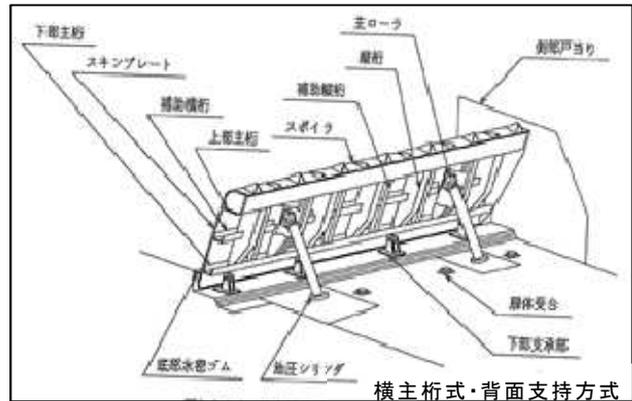
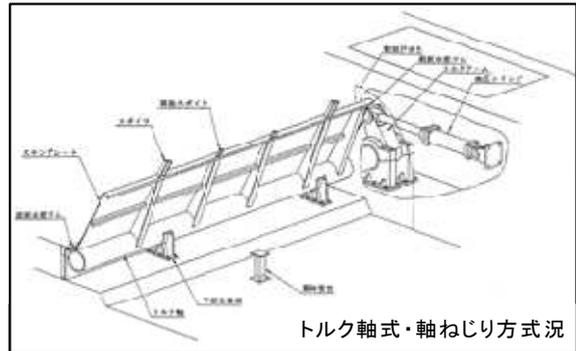
下流側ひび割れ状況

ゲート型式の検討に当たり、①現況が横主桁方式鋼製起伏ゲートであること、②水門設備の基準(「ダム堰施設技術協会基準等」)に準拠していること、③堰体は既設利用すること、④現況施設より重量が小さい型式であること、⑤耐久性が確保されること等から、次の鋼製起伏堰の形式より選定する。

- トルク軸式・軸ねじり方式
- 横主桁式・背面支持方式
- SR合成起伏方式(ゴム袋体支持方式)

しかし、現況の横主桁式は現行基準と異なる構造(扉体内蔵型・写真2参照)で、現行基準に準拠した場合には堰体の床板に油圧ユニットの格納ボックスを設置する必要があるため、選定から除外することとした。

残る2方式の比較は下表のとおりである。上述のとおり、当該地域では4堰の早急な改修が必要なことから、施工性と経済性を踏まえて施設管理者の糸島市と協議した結果、SR合成起伏方式(ゴム袋体支持方式)を採用した。



形式	鋼製起伏堰（トルク軸式方式）	鋼製起伏堰（ゴム袋体支持式）
項目		
改修断面図	<p>正面図 No.3-6,411</p>	<p>正面図 No.3-6,411</p>
施工実績写真		
概略構造	<ol style="list-style-type: none"> 1) 扉体にかかる水圧荷重をスキムプレート、横桁・縦桁を介して下軸に伝達し、そのねじりモーメントを両端ボックス内に設置したトルクアームを介して油圧シリンダで支持する方式である。 2) ゲートの起伏は、油圧シリンダの伸縮をトルクアーム及び扉体の回転に転じて行う。 	<ol style="list-style-type: none"> 1) コンプレッサから空気圧ユニットを介してゴム袋体に給気し、鋼製扉体を起伏させる。 2) 傾斜計にて扉体の角度（高さ）を計測し常時モニタリングをしている。扉体逆転防止用として、扉体留具を取付けている。 3) 増水時には、自動倒伏装置が作動し、ゴム袋体の空気を自然排気して扉体を倒伏させる。
土木構造物の影響	<ol style="list-style-type: none"> 1) 端部にシリンダボックスを必要とするため、用地拡張が必要となるが、魚道を改築することがないため、設置は可能となる。 2) 既設の堰本体の床板下には基礎杭が設置されており、中央堰柱の設置に対する荷重増が懸念される。 3) 増柱を改築する際に、右岸側の渠道へ支障となるため、留意する必要がある。 <p style="text-align: center;">△ (1点)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) 現況施設の土木構造物上に設置は可能である。 2) 現況施設のゲートよりも荷重が軽くなるため、現況施設の床板及び基礎に支障はない。 3) 工事の際に特に支障となる要素がない。 <p style="text-align: center;">◎ (3点)</p>
耐久性	<ol style="list-style-type: none"> 1) 鋼製であるため、耐久性は最も確保される。 2) SIS製による改修が長寿命化的に望まれるが、重量増には留意する必要がある。 3) シリンダがボックス内に格納されるため、耐久性は良い。ただし、シリンダの内に雨水や河川水が入ることがあるため、水抜き孔を設ける必要がある。 <p style="text-align: center;">◎ (3点)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) 水に接する箇所は鋼製の扉体（SIS製）であり、耐久性が若干劣るゴム袋体は鋼製で覆われており、耐久性は確保される。 2) 施設管理者からのゴム袋体へのイメージのみが懸念材料となる。 <p style="text-align: center;">○ (2点)</p>
水位調整	<ol style="list-style-type: none"> 1) cm単位による水位調整が可能である。 <p style="text-align: center;">◎ (3点)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) ゴム袋体を横断的に細分化することで、水位調整はゴム堰に比べ可能であるが、10cmラウンド程度の調整である。 <p style="text-align: center;">○ (2点)</p>
維持管理	<ol style="list-style-type: none"> 1) 油圧シリンダは、シリンダボックス内に内蔵されており、維持管理しやすい。 2) 全国的に鋼製起伏堰の型式としては最も実績が増えているタイプである。 3) 現況施設と同じエンジン式による動力方式を選定可能である。 <p style="text-align: center;">◎ (3点)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) ゴム袋体が損傷した場合、損傷の大きさによりゴムプラグ又はゴム引布貼り合わせにて修復が可能である。 2) 電動による動力によるものとなり、電気代が負担となりやすい。 <p style="text-align: center;">○ (2点)</p>
工事費 (値工費)	<p>¥ 125,200千円 (1.43)</p> <p style="text-align: center;">△ (1点)</p>	<p>¥ 87,500千円 (1.00)</p> <p style="text-align: center;">◎ (3点)</p>
判定	<p style="text-align: center;">11点</p>	<p style="text-align: center;">12点</p> <p style="text-align: center;">◎</p>

4. 終わりに

一昨年にも当学会で紹介しているが、近年は福岡県において農業農村整備事業でSR合成起伏堰の実施事例が増加している。施工から経年経過した事例が少ないため、耐久性への信頼性が未知数であるものの、当地域のように既設施設の利用が可能であり、河川管理者との協議で河川幅・河床高の変更が不要とされた場合には有効な工法であると考えられる。今回の事例がそういった条件での改修方法の一つとして参考になれば幸いである。

今後は施設管理者である市町村と連携して施設の維持管理及び長寿命化対策に取り組んでいきたい。

オーラルセッション

第4会場

環境保全, 生態環境,
情報処理・その他

陸上養殖施設の沈殿固形物の循環システムの構築についての展望

琉球大学 ○(正)山岡 賢, (非)仲村一郎, (非)金城和俊, (非)赤嶺 光, (非)平良東紀,
(非)諏訪竜一, (非)伊村嘉美, (非)竹村明洋, 東京海洋大学 (非)遠藤雅人

1. はじめに 琉球大学を代表機関とした JST 共創の場形成支援プログラム(COI-NEXT)の本格型(最大 10 年間, 研究費 3.2 億円/年度)が採択された。研究テーマは, 資源循環型農水一体型陸上養殖技術の開発(プロジェクトリーダー竹村明洋琉球大学理学部教授, 以下, 琉大 COI-NEXT プロジェクト)である。同プロジェクトは, 2019 年採択の育成型の段階では陸上養殖の開発と陸上養殖施設にエネルギーの供給するための太陽光発電システムの研究の 2 つ課題でスタートとした。今回の本格型への申請に向けては, 陸上養殖技術のスマート化と陸上養殖と農業の連携を図る 2 つの課題を加えた。なお, 養殖と農業の連携は, アクアポニックスとして知られているが, 通常のアクアポニックスは, 淡水魚の養殖と農業の連携であり, 本プロジェクトでは, 海水魚の養殖と農業の連携を図るものである。本報では, 漁業・養殖業や養殖技術の現状をレビューするとともに, 陸上養殖施設から排出される魚の糞や食べ残された餌の沈殿固形物の循環利用システムの構築に向けての既存知見を整理し研究方向を展望する。

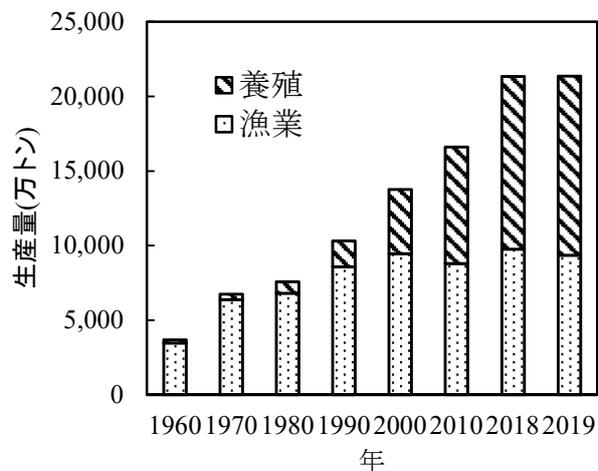


図1 世界の漁業・養殖業生産量の推移¹⁾

2. 漁業・養殖業や養殖技術の現状 世界の漁業・養殖業の生産量の推移は, 図1のとおり増加の一途である。漁業の生産量は, 1980 年代後半以降は横ばい傾向となっている¹⁾。一方, 養殖業の生産量は急激に伸び, 2019年では漁業の生産量の1.2倍以上となっている¹⁾。なお, 養殖業の生産量は世界の牛肉生産量も上回る。世界の海洋資源は, 持続可能なレベルで漁獲されている状態の資源の割合は66%(2017年)とされ, 持続的な漁業・養殖業の生産に向けて, 今後一層養殖の増大が求められる¹⁾。なお, 日本の漁業・養殖業の生産量は世界の生産量の約2%で, 国内では養殖業の生産量は漁業の生産量の約30%で養殖業の生産量は少ない¹⁾。

海水魚の養殖の方法は, 海面養殖と陸上養殖に大別される²⁾。海面養殖は海上に網・筏で隔離した生け簀を設け飼育する。陸上養殖は, 陸上に飼育水槽を設けるもので, 水槽に海水を大量に給排水し飼育するかけ流し式と水槽内の海水をろ過(浄化)して循環利用する閉鎖循環式がある。海藻や貝の海面養殖は, 自然環境中の栄養塩やプランクによって生育するので, 無給餌養殖と呼ばれ, 環境負荷は少ないが, 環境変動の影響を強く受け生産量が変動する³⁾。魚類の養殖は, 人為的に餌を与えなくてはならないことから給餌養殖と呼ばれ³⁾, 養殖工程での窒素収支では, 商品として回収される魚の窒素分は3割で, 7割は生け簀の外に排出されているとされる⁴⁾。このため, 養殖魚の糞や残餌が周辺環境を悪化させ, 赤潮の発生・疾病の蔓延のみならず有用天然資源を減少させる要因にもなりうることを警鐘されている⁴⁾。

陸上養殖は, 海面養殖(給餌)に対するメリット, デメリットとして, 次の点が掲げられて

いる⁵⁾。(メリット)①飼育環境の人為管理により生産性が向上, ②魚種の制約を受けない, ③トレーサビリティへの対応が容易, ④環境負荷の軽減, ⑤区画漁業権等の漁業法の制約がない。⑥作業量の軽減。(デメリット)①施設整備のインシヤルコスト, 電気使用量等のランニングコストが高額, ②複数の機材を使用するため故障等のリスクが相対的に高い, ③ウイルスや魚病等が持ち込まれた場合や停電等のトラブルが発生すると被害が大きくなる可能性がある。

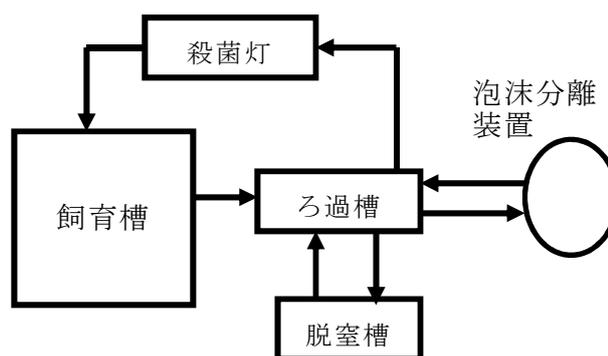


図2 一般的な閉鎖循環式陸上養殖システム⁵⁾

陸上養殖は, 沿岸から取水した海水又は地下水と人工塩で生成された人工海水が利用される⁴⁾。一般的な閉鎖循環式陸上養殖システムは, 図2のように飼育水そのほか殺菌・水質浄化装置が一体となっている⁵⁾。ろ過槽, 脱窒槽及び殺菌灯は, 農業集落排水処理でも用いられている有機物・窒素除去及び殺菌技術である。アンモニア態窒素の水産用水基準(海域)は0.9mg/L(pH=8.0,水温20℃塩分30)⁶⁾とされ, 特にアンモニア態窒素の除去は重要である。泡沫分離装置は気泡に懸濁物が吸着する作用を利用し, 浮上分離させる装置であり, 魚類から排出される有機物の多くが30μm以下の粒子であることから設置される⁴⁾。微細な気泡の形成は, 一定以上の塩分濃度が必要とされ, 海水の陸上養殖独特の装置である。

3. 海水魚の陸上養殖施設の沈殿固形物の循環システムの構築の展望 通常のアクアポニックスでは, 魚の排出物を特に水から分離せず, 微生物が分解し, 植物がそれを栄養として吸収, 浄化された水が再び魚の水槽へと戻す⁷⁾。しかし, 海水による養殖を前提とする本プロジェクトでは, 魚の排出物をできるだけ固形物の状態で回収し, 塩分を除去することで利用用途の汎用化を図ること計画している。海水の塩分濃度は3.5%に対して, 魚の体液の塩分濃度は概ね0.9%とされる⁴⁾。この濃度は, 淡水魚や陸棲の脊椎動物でも同程度とされる⁸⁾。つまり, 海水魚の糞の塩分濃度も基本的には, 家畜ふん尿と大差ないと考えられる。しかし, 海水魚の糞は水槽内に排出されると同時に海水が侵入し塩分濃度は増加すると推測される。海水侵入に伴う塩分は, 従来からある除塩工⁹⁾の考え方を活用して除去することを計画している。

謝辞 本研究は, JST 共創の場形成支援プログラム JPMJPF2012 の支援を受けた。プロジェクト関係者に感謝の意を表す。

引用文献 1)水産庁(2022.4.28 参照):水産白書令和2年度,(オンライン), 入手先 <<https://www.jfa.maff.go.jp/j/kikaku/wpaper/index.html>>. 2)JAT(2022.4.27 参照):陸上養殖について, 入手先 <<https://www.maff.go.jp/j/shokusan/sanki/pdf/251010si3.pdf>>. 3)生田和正(2021):日本領海内の水産資源(海面養殖),日本マリンエンジニアリング学会誌,56(2),40-44. 4)山本義久(2015):水産増養殖での閉鎖循環飼育システムの展開,日本海水学会誌,69(4),225-237. 5)今井 智(2022.5.2 参照):陸上養殖の現状と課題,入手先 <https://www.fra.affrc.go.jp/cooperation/knowledge_platform/salmon_sub/1st_session/files/4.pdf>. 6)日本水産資源保護協会(2020):水産用水基準53)アンモニア態窒素改正. 7)農林水産省(2021):養殖業成長産業化総合戦略,p.22. 8)金子豊二(1997):魚類におけるイオン調節と塩類細胞,化学と生物,35(5),376-382. 9)農村振興局(2011):農地の除塩マニュアル,農林水産省.

博多湾和白干潟周辺海域における湧昇ブロックを用いた 底質改善の可能性検討

(一財)九州環境管理協会 ○(正)横山佳裕, (正)望月佑一, (非)山津浩紀, (正)藤井暁彦

1. はじめに

福岡県北西部の玄界灘に面した博多湾は、沿岸部に都市機能があり、湾奥部には港湾機能を有する一方、西側海域では漁業が営まれ、和白干潟や今津干潟等の干潟を有する等、多様な生物の生息空間となっている(福岡市, 2016)。

博多湾の最湾奥部に位置する和白干潟は、多くの渡り鳥が飛来するなど豊かな自然環境を有しており、福岡市ではこの和白干潟を中心とした海域及び海岸域をエコパークゾーンと位置づけ、「自然と人の共生」をめざし、カニや鳥などの生物の生息環境に配慮した護岸や海とふれ親しめる水辺空間の設備、また自然環境の質の向上をめざして、海の水底質の改善や海草群落「アマモ場」の造成など、自然環境の保全・創造に取り組んでいる(福岡市港湾局, 2010)。

しかし、この和白干潟周辺の海域では、貧酸素水塊の発生がみられるなど、水底質の改善が未だ課題に挙げられている(福岡市環境局, 2021)。

著者らは底質改善に向けた検討として、湧昇ブロックを設置し流況を変えることによって、和白干潟周辺海域の底質が改善できるかを確認するため、水理実験と流況シミュレーションを行った。その結果、湧昇ブロックの設置によって湧昇流が生じることが確認された(Yokoyama et al, 2021)。

本報告では、和白干潟周辺海域における湧昇ブロック設置による底質改善の可能性に関して、この流況モデルに粒子追跡法を組み込んで、数値シミュレーションを行い、海水に浮遊する懸濁物質が海底に沈降する量が、湧昇ブロック設置によってどの程度改善されるか、また設置箇所の違いによる効果の差を解析した結果を報告する。

2. 解析の方法

数値シミュレーションモデルは、流動モデルと Yanagi et al.(1983)の Euler-Lagrange 手法を用いた粒子追跡法のモデル(粒子挙動モデル)から構成される。流動モデルには、潮汐流・密度流等を考慮した既存モデル(Yokoyama et al, 2021)を用いた。栄養塩挙動モデルは、質量を持たせた仮想粒子(マーカー)を懸濁物質に見立てたものである。

計算範囲は和白干潟ゾーン周辺(図 1)とした。水平方向の格子分割は湧昇ブロックの形状(図 2)を表現できるように $5\text{m} \times 5\text{m}$ とし、鉛直方向には、8 層(第 1 層:平均水面下 1m 以浅, 第 2~8 層:1m)に分割した。

計算対象潮汐は中潮期(M_2 潮)とした。

流動モデルの計算条件として、図 1 に示した計算対象範囲の左端を境界とし、図 1 に示す潮流調査地点における調査結果との整合を検証して、潮汐条件を与えた。なお、右下端からの海水の流入出は考慮していない。また、密度流の計算に必要な水温と塩分の計算は行わず、本海域近傍に位置する環境基準点における水面下 0.5m, 水面下 2.5m, 及び海底上 1.0m の年平均値(塩分は塩化物イオンから換算)の年平均値(福岡市, 2022)を参考に、層別に一定値で与えた。

粒子挙動モデルでは、和白干潟ゾーン内(図 1 に示す青線から最湾奥側)において、メッシュ毎・層毎に仮想粒子を 1 つずつ設置し、流況に応じた水平・鉛直移流及び拡散、Stokes に基づく沈

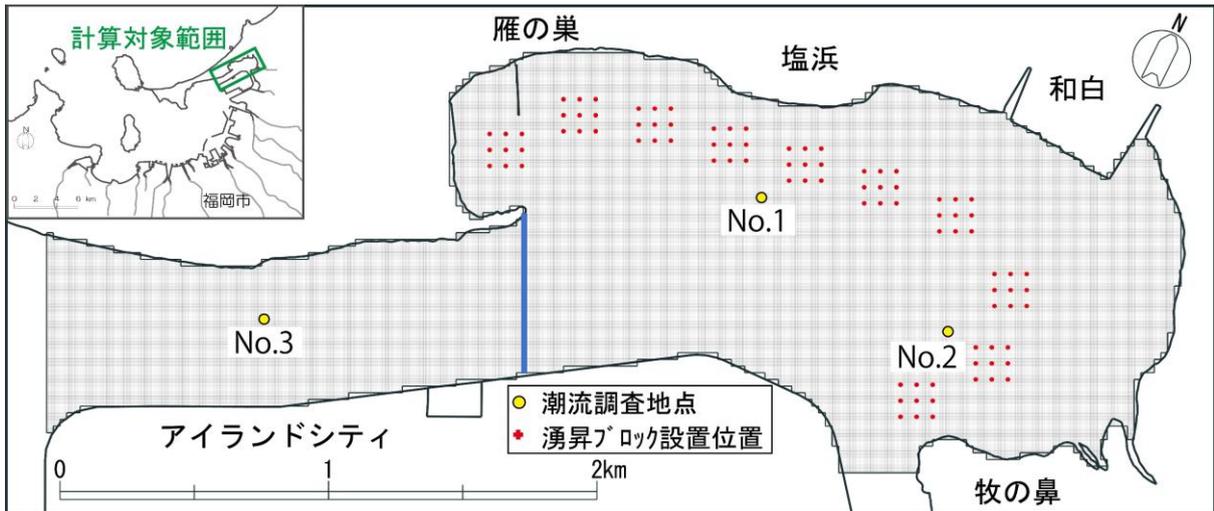


図 1 計算対象範囲及び計算格子

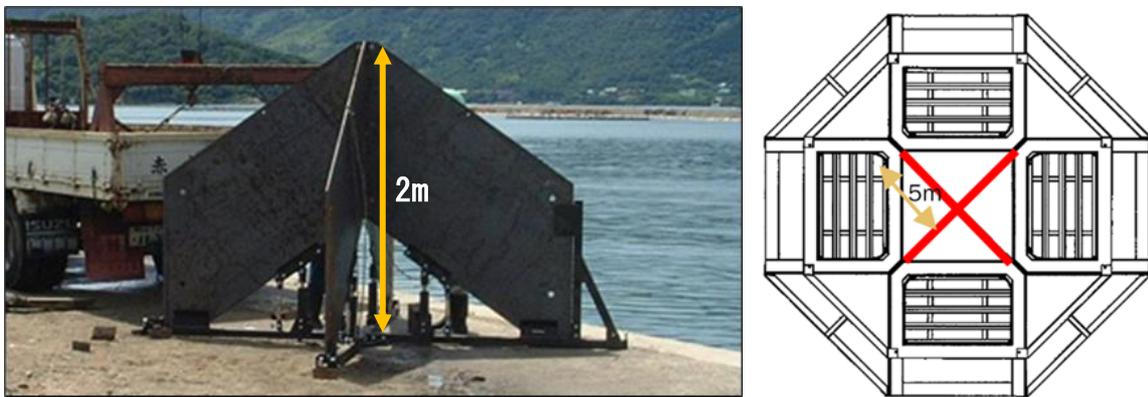


図 2 湧昇ブロックの形状(左)と平面図(右)

降による移動を計算した。Stokes に基づく沈降速度は、シルトの粒径として設定した。

計算期間は 10 日間とし、10 日後に海底に沈降する粒子数をメッシュ毎に集計し、湧昇ブロック設置の有無による沈降粒子数の差から、ブロック設置の効果を考察した。湧昇ブロックの設置箇所は、図 1 に示した 10 箇所であり、1 箇所あたり 3 個×3 個の 9 個のブロック設置とした。

3. 結果及び考察

3.1 流況計算の妥当性検証

図 3 に潮流調査地点における実測値と計算値の潮流楕円の比較を示す。なお、ページの都合上、No.3 のみ示した。これをみると、潮流楕円の長軸の長さや向きなど、計算値は実測値とほぼ類似しており、本流動モデルは和白海域周辺における流況を表現できていると考えられる。

3.2 底質改善の可能性検討

図 4 に湧昇ブロック設置の有無(設置・未設置)それぞれにおけるマーカーの沈降流指数

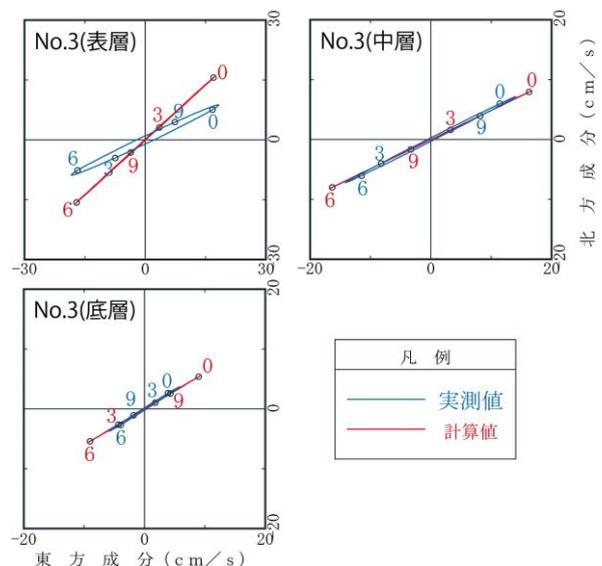


図 3 実測値と計算値の潮流楕円の比較

の比較を示す。これをみると、図 4 の赤枠で示したか所で、沈降粒子数の多少を表す濃淡にわずかな違いが生じているようにみえる。

そこで、図 5 に示す区分に基づき、場所ごとに沈降粒子数を集計し、湧昇ブロックの設置によって沈降する粒子がどの程度改善されるかを確認した。

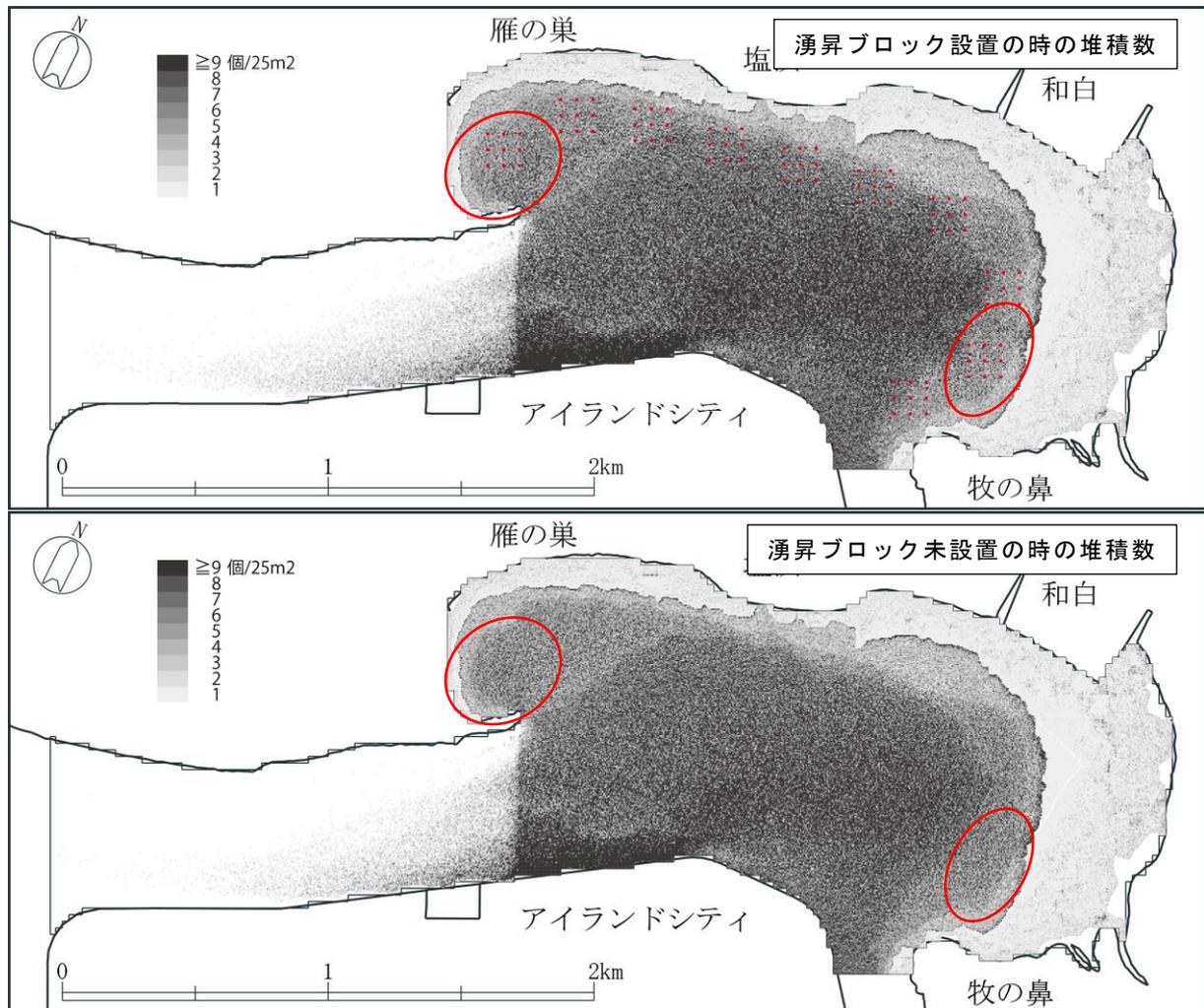


図 4 湧昇ブロック設置の有無による沈降粒子数の分布の比較

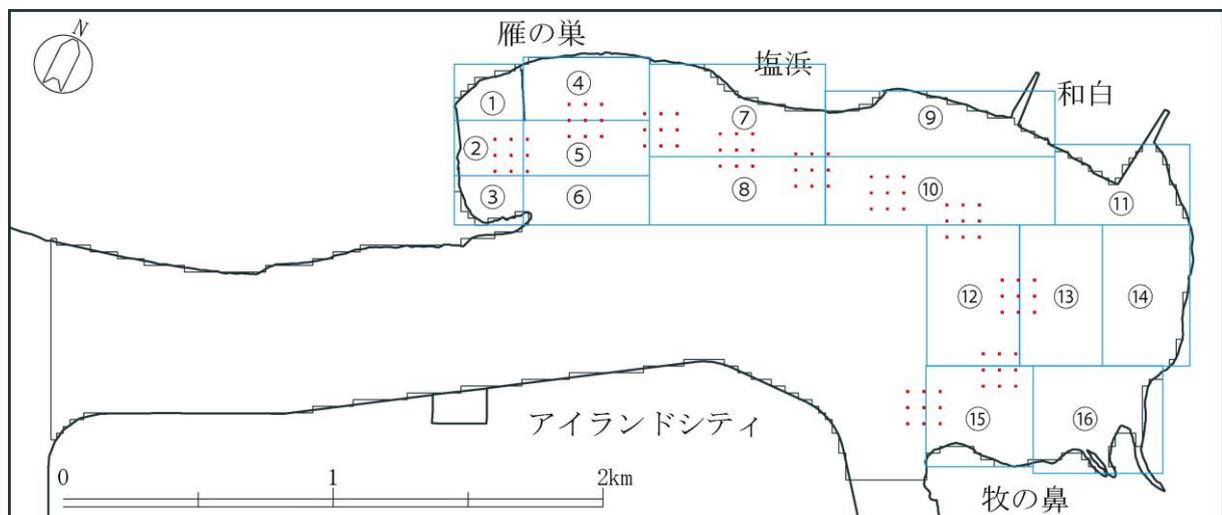


図 5 沈降粒子数の集計区分

その結果を表 1 に示す。これによると、図 4 に示した赤枠近傍の区画 2 (雁の巣沖合) と 13 (和白沖合) において、沈降する粒子数の減少割合 (改善割合) が高いことがわかる。ページの都合上、図は割愛するが、改善割合が高かった雁の巣沖合と和白沖合では、湧昇ブロックの設置に伴って湧昇流が強くなるとともに、海面付近での流れが強くなることで、粒子が堆積することなく表層から流出していると考えられる。

一方、塩浜沖合 (区画 7~10) 付近では、ブロック設置の効果がみられなかった。これは、塩浜周辺では雁の巣からの流れと和白からの流れがぶつかって、流れがよどむことでブロックを設置しても流速が遅く、湧昇流が生じないことが示唆された。

表 1 湧昇ブロック設置の有無による沈降粒子数の比較

区画 No.	沈降粒子数 (個)			改善割合 (%)
	ブロック有	ブロック無	差分 (有-無)	差分/ブロック無
1	3,788	3,832	-44	-1.1
2	8,659	9,172	-513	-5.6
3	6,449	6,530	-81	-1.2
4	13,945	14,093	-148	-1.1
5	22,131	22,093	38	0.2
6	21,756	21,480	276	1.3
7	26,210	25,931	279	1.1
8	47,873	47,990	-117	-0.2
9	12,881	12,804	77	0.6
10	41,612	41,729	-117	-0.3
11	6,240	6,256	-16	-0.3
12	49,497	49,468	29	0.1
13	21,492	22,737	-1,245	-5.5
14	10,052	10,009	43	0.4
15	21,182	21,786	-604	-2.8
16	6,917	6,827	90	1.3

4. おわりに

博多湾和白干潟周辺海域において、湧昇ブロック設置による底質改善の可能性を検討するため、海水中に浮遊する懸濁物質が海底に沈降する量が、湧昇ブロックによってどの程度改善されるか、また設置箇所の違いによる効果の差違を、数値シミュレーションを用いて解析した。その結果、海水の流れがぶつかり、海水がよどむような場所では湧昇ブロックを設置しても湧昇流が生じず改善の効果はみられなかったものの、雁の巣沖や和白干潟沖では、湧昇ブロックの設置によって懸濁物質の沈降量が軽減されることが確認され、湧昇ブロック設置による底質改善の可能性が示された。

【引用文献】

- 福岡市 (2016) : 博多湾環境保全計画 (第二次), <https://www.city.fukuoka.lg.jp/kankyo/k-chosei/hp/keikaku4.html> (確認日: 2022/8/26).
- 福岡市環境局 (2020) : 福岡市水質測定結果報告書 令和元年度 (2019 年度) 版, https://www.city.fukuoka.lg.jp/data/open/cnt/3/25195/1/suishitsu_houkokusyo_2019.pdf?20220818133923 (確認日: 2022/8/26).
- 福岡市環境局 (2021) : 令和 2 年度第 1 回博多湾環境保全計画推進委員会 資料 1 令和元年度博多湾の環境保全に向けて講じた措置およびモニタリング調査結果, <https://www.city.fukuoka.lg.jp/kankyo/k-chosei/hp/hakatawann/hakatawan.html> (確認日: 2022/8/26).
- 福岡市空港局 (2010) : エコパークゾーン環境保全創造計画, https://www.city.fukuoka.lg.jp/kowan/kankyotaisaku/hakata-port/en_con.html (確認日: 2022/8/26).
- Yanagi, T., Tsukamoto, H., Inoue, H. and Okaichi, T. (1983): Numerical simulation of drift cards dispersion, *La mer*, 21, pp.218-224.
- Yokoyama, Y., Salahudin, A. S. B., Honjo, T., Takahashi, S. and Suenaga, Y. (2021): Study on the flow field control technology of semi-enclosed bay, *Journal of Recent Advances in Marine Science and Technology*, 14, pp.32-43.

HSI モデルによる希少淡水藻類オキチモズクへの生育環境評価

一般財団法人九州環境管理協会 ○(正)城内智行
北海道大学名誉教授 (非)吉田忠夫

1. はじめに

オキチモズクは全国で 21 箇所のみ確認されている希少淡水藻類であり、環境省のレッドリスト 2020 において絶滅危惧 I 類に選定されている。朝倉市甘木の農業用水路はオキチモズクの国内最大規模の生育地となっており、生育環境の保全が必要となっている。



写真 1 オキチモズク

本研究では、9 年間に渡り蓄積した調査データをもとにハビタット適性指数モデル(HSI)により生育環境を定量化することを試みた。

2. 方法

(1) HSI モデルの構築

これまでの調査データより、本水路のオキチモズクの生育必須条件として、生育基盤、競合生物、水温、光環境、流況、水質とした。

(2) 生育必須条件

生育基盤は、オキチモズクが付着する三面側溝の底面や側面、転石などで、泥、砂が堆積した箇所には付着できない。生育基盤の有無を変数とした。

競合生物としては、オオカナダモ等の生育基盤で競合関係にある水草等の繁茂、吉田(2007)²⁾において報告されている本水路で大発生した糸状細菌の繁茂を変数とした。

水温としては、幼体の発生に影響する秋季の高水温、成体の生長に影響する冬季の低水温を変数とした。

光環境としては日陰を必要³⁾とするため、護岸植生の

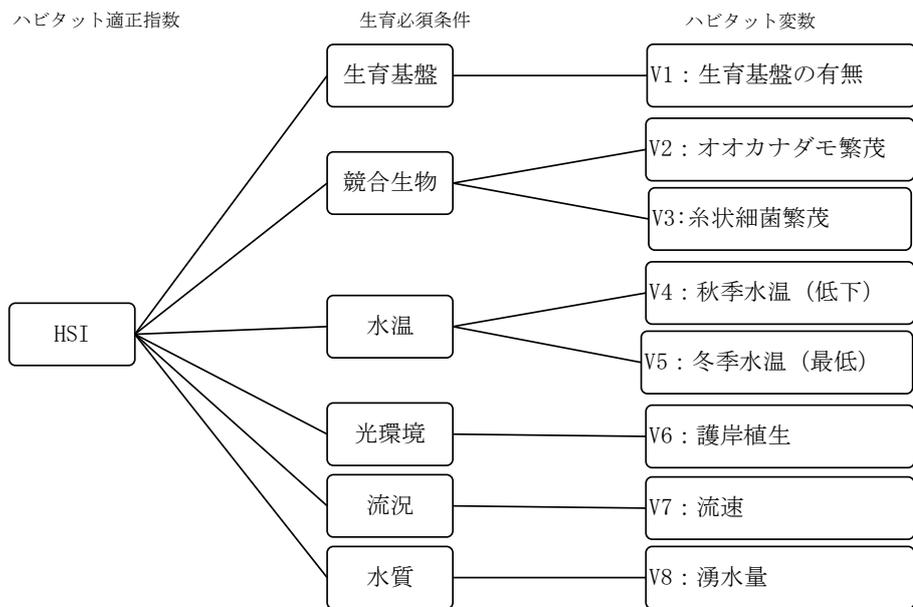


図 1 オキチモズクのハビタット変数と生育必須条件との関係



写真 2 護岸の植生により日陰が多い生育地の農業排水路

多少を変数とした。

流況としては、流速 30~50 cm/秒を最適な環境して変数を与えた。

水質としては湧水を必須とし、本水路では河川に並走する約 1 kmの区間だけに本種が生育可能であることが分かっている。流量調査における湧水比率を変数とした。

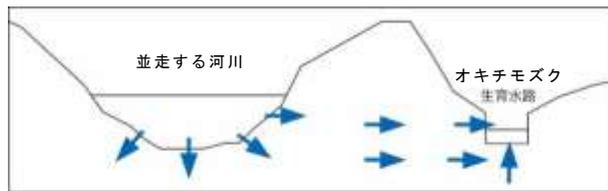


図 2 湧水の概念図

(3) HSI 結合式

ハビタット変数 SI は 0~1 の値で、大きいほど生育に適する。各変数SIの結合式は以下の通りである。

$$\text{ハビタット適正指数} : \text{HSI} = \sqrt[6]{V1 * \sqrt[2]{V2 * V3} * \sqrt[2]{V4 * V5 * V6 * V7 * V8}}$$

(4) 適正指数 HSI と生育量の比較

2007~2015年の10地点での生育環境調査結果から、それぞれの HSI を算出した。同年の2~4月の繁茂期の調査におけるオキチモズクの株数を実際の生育量として、HSI との関係性を調べた。

3. 結果と考察

算出したハビタット適正指数 HSI と株数の関係を図 3 に示す。

各調査区のハビタット適正指数に関しては、ハビタット変数と同様で、0~1 の値であり、大きいほどその調査区がオキチモズクの生育に適する環境であることを示す。ハビタット適正指数とオキチモズク株数の間に

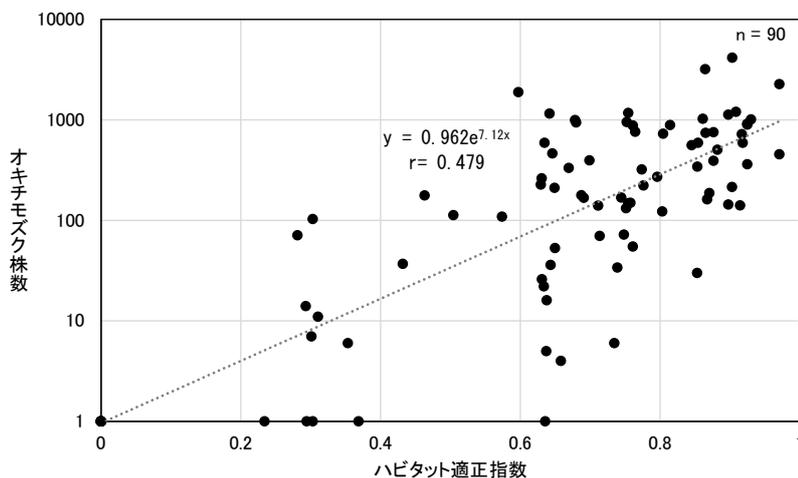


図 3 ハビタット適正指数 HSI とオキチモズク株数の関係

は、 $r=0.479$ と相関関係が認められ、指数が高い環境ほど実際の生育量が多くなっている。本 HSI モデルが実際の環境をよく再現しているものと推察される。

4. おわりに

HSI モデルにより、オキチモズクの生育環境を定量的に評価することが可能となった。これらに、人為的な改変の影響として、生育基盤の消失、濁りの影響などの変数を組み込むことにより、工事等の影響も評価することが可能と考えられる。本モデルでは、詳細なデータ取得が必須となり、他の生育地への適用は困難であることが課題である。

5. 参考文献

- 1) 城内、川越、吉田、飯田、井上、今村 (2015) 福岡県朝倉市甘木におけるオキチモズクの生育環境. 日本藻類学会第 39 回大会要旨集、福岡.
- 2) 吉田 (2007) 福岡県朝倉市 (甘木) のオキチモズクの生育状況. 藻類、55:13-14
- 3) 小園、Nishihara、遠藤、寺田 (2018) 鹿児島県産淡水紅藻オキチモズク *Nemalionopsis tortuosa* の光合成における光阻害と低温の複合作用. 藻類、66:1-6

工事から 13 年が経過した多自然水路の現状と問題点

一般財団法人九州環境管理協会 ○(正)林田 創

1. はじめに

福岡県筑後地方の水田地帯である調査対象地区では、ニッポンバラタナゴ *Rhodeus ocellatus kurumeus* (環境省 絶滅危惧 I A 類, 福岡県 絶滅危惧 I B 類), カゼトゲタナゴ *Rhodeus smithii smithii* (環境省 環境省絶滅危惧 I B 類, 福岡県 絶滅危惧 I B 類), アリアケスジシマドジョウ *Cobitis kaibarai* (環境省 絶滅危惧 I B 類, 福岡県 絶滅危惧 I B 類) などの希少淡水魚類が生息することが知られていた。ここでは、平成 18 年度から 26 年度にかけてほ場整備事業が行われており、工事対象の農業用水路のうちの 1 本(延長約 650m)については、ニッポンバラタナゴやその他の多様な魚類の生息に配慮した多自然水路としての整備が行われた。

工事から 13 年目の令和 3 年に行った簡易な追跡調査結果について報告する。併せて、本水路の計画立案に携わって以来、時間経過とともに気づいた本水路の問題点について考察する。

2. 追跡調査の方法

2.1 調査方法

調査は、保全対象種である魚類およびその産卵基盤となるイシガイ科二枚貝類を対象として、潜水観察により簡易に行った。調査時期は、主要な保全対象種の繁殖期にあたる春(令和 3 年 4 月 30 日/非かんがい期)の 1 回とした。

2.2 調査区間の選定

調査区間は、非かんがい期であっても一定の水深が確保されて魚類が集まりやすく、過去の追跡調査でも魚類や二枚貝類の種数・個体数が多かった小型堰前後の深みを選んだ。(写真1)。

3. 調査結果

魚類・二枚貝類の調査結果を、過去の追跡調査結果も含めて表 1 に示す。アブラボテ、ニッポンバラタナゴ、カゼトゲタナゴなどの魚類 9 種、二枚貝類 2 種の生息を確認した。カゼトゲタナゴについては雌雄のペアがイシガイに産卵する様子が、アブラボテ、ニッポンバラタナゴについてはヌマガイをのぞく様子がそれぞれ観察された。



写真 1 小型堰の環境



写真 2 対象水路で群れるタナゴ類

表 1 魚類・二枚貝類の経年の調査結果

No. 種別	種	平成28～29年			令和3年	希少性の選定カテゴリー
		冬	春	夏	春	
1 魚類	ギンブナ		1	4	○	-
2	アブラボテ			4	○	国：準絶滅危惧，県：準絶滅危惧
3	ニッポンバラタナゴ				○	国：絶滅危惧IA類，県：絶滅危惧IB類
4	カゼトゲタナゴ	6	3	6	○	国：絶滅危惧IB類，県：絶滅危惧IB類
5	オイカワ	23	62	32	○	-
6	ヌマムツ	207	40	2	○	県：準絶滅危惧
7	タカハヤ			1		-
8	モツゴ				○	-
9	ムギツク			2		-
10	ゼゼラ			2		国：絶滅危惧II類，県：準絶滅危惧
11	カマツカ	2		3		-
12	ツチフキ			2		国：絶滅危惧IB類，県：準絶滅危惧
13	イトモロコ		1	9		-
14	ドンコ			1	○	-
15	トウヨシノボリ			1	○	-
16 イシガイ類	ヌマガイ		1	2	○	-
17	イシガイ	1	8	6	○	-
計	種数(種)	4	5	13	11	

※1：平成28～29年は調査で捕獲した個体数を数字で示し，令和3年は潜水観察による目撃種を「○」で示した。

※2：希少性の選定において環境省レッドリスト2020を「国」で，福岡県レッドデータブック2014を「県」で示した。

4. 考察

工事完了から13年が経過した多自然水路においては，9種の魚類と2種の二枚貝類の生息が確認された。少なくともカゼトゲタナゴについては産卵行動がみられた点から，本水路内で繁殖していると考えられる。

これらの結果から，適切に環境配慮を行えば一定の効果が発揮され，生物多様性の保全に寄与できると考えられる。一方で，地区全体に目を向けると，本地区における多自然水路は計3本が整備されたものの，残りの水路はすべて三面護岸水路であり，水深，流速は単調で，生物にとっては厳しい環境である。多自然水路といわずとも，標準的な工法の中により生物の生息・生育に適した要素を組み込むことが望ましく，今後の研究が期待される。

また，時間経過とともに気づいた問題点もあり，以下に挙げるとおりである。①水路内に降りるための階段などがほとんどないことから，草刈りやごみ撤去などの管理作業を行う際に転落の危険がある。②水深確保のために水路内に設けた堰板や魚道の隔壁を木製としたため，割れや洪水時の流失により機能していない。③魚類の隠れ処として蛇籠を横断的に配置した区間では，植物片や漂着ゴミなどが引っかかり，通水の著しい障害となっている(この点は数年前に水路管理者により配置を変更され改善された)。④落差工の一部の落差が大き過ぎて魚類遡上の障害となっている。⑤本水路で水深が最も深く魚類の越冬場となっていた土砂吐が，土砂の除去が行われなくなったことで水深が浅くなり機能していない。

これらは，維持管理作業の安全確保や利水機能の発揮，環境配慮機能の維持のため，計画立案段階で考慮し，あるいは維持管理段階で適切に対応することで解決できると考えられ，今後，他地区での整備計画に携わる際の留意点としたい。

多久市西多久地区における活性化の取組

～棚田を守り・未来につなぐために～

佐賀県佐賀中部農林事務所 ○(正)瀬戸和善, (非)荒木梨奈, (非)川崎唯生

1 地域の概要

佐賀県多久市西部の中山間地域に位置する西多久地区は棚田が多く、棚田米を中心に伝統野菜の女山大根(赤みがかった大根)などを生産している。また、当地区には国重要文化財指定「くど造り民家(川打家住宅)」や地域の新鮮な農産物等を販売する「幡船の里(多久市ふるさと情報館)」があり、豊かな自然に恵まれた歴史ある地区である。



【幡船の里】

しかし、当地区は中山間地域であるため、農地は急峻で狭小不整形、農道も狭く営農に支障を来しており、また、集落道路も狭いことから生活環境の利便性も課題となっていた。

また、当地区でも農家の高齢化や後継者の不足などにより耕作放棄地が増加しており農地の保全が難しい状況であった。

このような状況の中で、農業生産基盤等の整備や中山間地域の特性を活かした多様な保全活動の展開により、地域の活性化が図られている。

2 ハード整備の概要

大型機械等の導入による農作業の省力化や生活環境の利便性の向上、都市住民との交流などによる地域の活性化を図るため、県営中山間地域総合整備事業(H13～H17)を実施し、ほ場整備(20.1ha)、農道整備(3.2 km)、農業集落道(1.6 km)、農村公園(2箇所)等の整備を行った。

3 地域活動の概要

平成23年度に平野地区(西多久地区の一部集落)の棚田を活かした地域の活性化を目的として「平野棚田米保存協議会」が発足したが、活動範囲を西多久地区全体に拡大するため平成27年に「ひらの棚田米振興協議会」に名称を変更して活動を行っている。

当協議会では棚田米のブランド化と販売促進を主な目的としており、棚田米の生産、販売のほか農業体験イベントなども行っている。

1) 棚田米の生産

棚田米の付加価値を高めるため、稲刈後にレンゲ草の種をまき、春にレンゲ草が開花した後に田んぼにすき込むことで元肥として活用し、減農薬・減化学肥料に取り組んでいる。

また、朝晩の気温差が10度以上あることや谷間からの清らかな湧き水を農業用水として利用することで甘みがあり、もっちりとした食感がある美味しい棚田米(夢しずく)が生産されている。



【棚田米作付け状況】

2) 棚田米の販売

棚田米は地元農産物直売所などの店舗だけではなく、ホームページ(ひらの棚田米振興協議会で検索)でも販売し販路を拡大している。近年は、自家用だけでなく、贈答用として人気があり2 kg/袋から30 kg/袋まで販売をしている。また、出荷数(1袋30 kg)は、平成24年に84袋であったが、令和2年では613袋と約7.3倍増加し、年々売り上げを伸ばしている。



【棚田米】

3) 農業体験イベント

棚田米のPRと都市住民との交流を図るため平成26年度から「ひらの棚田の稲刈り体験と散策」を行っており、県内外から多くの方が参加している。また、稲刈り体験後には棚田米のおにぎりとし鍋汁が提供され参加者も美味しそうに食べており、帰りには新米の棚田米(2 kg)のお土産も提供している。

なお、参加者数は平成26年には36人であったが、令和元年には144人になり4倍増加するなど棚田米のPRにつながっている。



【稲刈り体験】

4 ボランティア活動の概要

佐賀県では棚田の維持や保全を支援するため、平成29年度から企業等による棚田ボランティアを推進している。

当地区ではこれまでに4つの企業等と「棚田ボランティアに関する協定書」を締結して、企業等の協力のもと農道やため池等の除草作業などを行っており、毎年約40人がこの活動に参加し、棚田地域の保全に取り組んでいる。



【除草作業】

5 おわりに

これらの取り組みが評価され、当地区では平成29年に第4回「ディスカバー農山漁村の宝」の優良事例に県内で初めて選出された。また、令和2年に平野の棚田が指定棚田地域に指定され、令和3年には「つなぐ棚田遺産」にも選定された。

このような評価は地域のさらなる結束力の強化につながるとともに、棚田を守り、未来につなぐための原動力になっている。現在はコロナ禍によりイベントは休止しているが、引き続き、ホームページによる棚田米の販売や棚田ボランティアと連携した保全活動などを行い、地域活性化を図っている。



【総理大臣官邸での交流会】



【ひらの棚田米振興協議会 HP】

さが農村のよさ発掘・醸成事業について

佐賀県東部農林事務所 (正) 山本 壮介

〇(非) 平 慎太郎

1 はじめに

佐賀県では、平成 15 年から農業・農村の持つ多面的機能や自然豊かな農村空間等の魅力を県民に広く知ってもらうとともに、地域住民等による農地や土地改良施設等をはじめ、農村環境の保全活動の推進を図るため、「さが農村のよさ発掘・醸成事業」に取り組んでいる。当事業は主に、広報啓発活動やこどもの意識の醸成を図る「農業・農村の持つ多面的機能に対する県民意識の醸成」や、ふるさと水と土指導員の資質向上や棚田保全活動の支援を行う「地域住民活動への支援」の 2 つに分けられる。

ここでは、現在、東部農林事務所管内における当事業の主な活動について紹介する。



図-1 東部農林事務所管内図

2 事業概要

(1) 農業・農村の持つ多面的機能に対する県民意識の醸成

・ふるさと水と土指導員の概要

農業・農村の持つ多面的機能を適正に発揮するためには、地域住民活動の活性化を図ることが重要であることから、当県では、地域住民活動を推進し、指導・助言を行う実践リーダーとして「ふるさと水と土指導員」に認定している。令和 4 年 7 月にみやき町で新たに「ふるさと水と土指導員」を認定し、当事務所管内では、10 名の方が認定を受けられている。



写真-1 指導員認定式(みやき町)

・ふるさと「さが」水と土探検支援事業の概要

地域の子どもたちを対象に身近にある土地改良施設や棚田、歴史的施設等の見学やさまざまな農業体験を通じて、その役割や歴史等を学び、地域環境に対する理解やふるさとへの愛着が深まるよう体験学習活動を当事業で支援している。当事業は「ふるさと水と土指導員」が中心となって活動を実施するもので、令和 4 年度は、当事務所管内で、鳥栖市、基山町、神埼市において 3 地区で実施している。

表-1 令和4年度ふるさと「さが」水と土探検支援事業の活動主体及び活動内容

市町名	活動主体	活動内容
鳥栖市	わら遊友会	苗植え・収穫体験(玉ねぎ、じゃがいも他)、しめ縄づくり
基山町	そのべ farmers	収穫体験(アスパラ、イチゴ他)
神崎市	脊振小学校生徒	苗植え・収穫体験、用水路見学、さしみコンニャク作り



写真-2 探検支援事業(基山町)

【子どもの感想】くアスパラ収穫体験

- ・高さが合うアスパラガスを見つけるのが難しかった。
- ・葉がくすぐったかったけど、大きなアスパラが取れて楽しかった。
- ・いっぱいアスパラガスがあつてすごかった。
- ・農業が思ったより楽しかった。
- ・アスパラガスを家に帰って食べたい。

図-2 活動後のアンケート結果(基山町)

(2) 地域住民活動への支援

・指定棚田地域の概要

近年、棚田地域における人口減少や高齢化の進展等などの影響により、棚田が荒廃の危機に直面していることから、令和元年8月16日に棚田地域振興法が施行された。当県では、11の地域が区域指定を受けており、そのうち当事務所管内では、神崎市旧仁比山村地域(三谷の棚田ほか)、みやき町旧中原村地域(山田の棚田)、基山町旧基山町地域(猪の目地区の棚田ほか)の3地域が指定されている。

・指定棚田地域保全活動支援事業の概要

当事業は、指定された棚田地域を対象に農地や土地改良施設等の保全・利活用にかかる都市住民も交えた住民活動の保全活動を支援する事業である。当事務所管内では、神崎市三谷の棚田において、棚田保全の意識が高く、美しい景観形成のための植栽活動や棚田を活用した芋ほり体験イベントなどを行い、棚田の保全に取り組んでいる。



写真-3 三谷の棚田

3 おわりに

今後、農業農村の持つ多面的機能を維持するためにも、県民意識の醸成及び地域住民活動への支援を行い、農村環境の保全活動の推進を図ることが必要である。現在、当事務所管内では、ふるさと水と土指導員10名に対し、ふるさと「さが」水と土探検支援事業は3名のみ実施されていることから、その他の指導員の方に、当事業を実施し県民の意識醸成を推進したい。また、みやき町山田の棚田及び基山町猪の目地区等の棚田においては、新型コロナウイルスまん延防止の観点から地区の集まりなど話し合いの場が確保できていないこともあり、棚田地域振興法に基づく協議会の設立及び活動計画の策定が滞っている状況である。両地区とも適切な棚田保全活動に取り組めるような体制づくりをサポートしたい。

ドローンの安全飛行について

沖縄NTC(株) ○(正)永吉 功治 (正)川満 真也 (正)仲間 雄一
 一社)国際ドローン協会(IDA) (非)榎本 幸太郎

1. はじめに

近年、ドローンの小型化・高性能化により、様々な分野へ利活用(撮影、運搬・散布、データ収集等)が拡大している(図-1)。農業農村工学分野においてもほ場計測(UAV)りやため池のデジタル測量・調査技術(UAV、USV)²⁾などにドローンが活用されている。また、建設コンサルタント業務でも、ため池、地すべり等の現地調査、農業水利施設の機能診断(インフラ点検)等において、ドローン(UAV、ROV等)の活用が増加してきている。

ここでは、飛行許可申請(DIPS)等は取得している前提で、今後のドローン活用の拡大が見込まれる中、ドローン(主に UAV)運用において安全第一が求められることに着目する。そのためには、操縦するパイロットのみではなく管理側に携わる担当技術者もドローンの基本的特性や飛行条件等を把握する必要があると考え、最も重要であると判断した事項について述べる。

2. ドローンに関する動向

図-2 に、無人航空機(UAV)の国に報告されている事故件数を示す(国交省・農水省 HP より)。農水省は農薬散布に関わるもので近年第三者への人身事故も報告されている。国交省は事故全般で、個人、業者、行政、研究機関等と広範囲での事故が報告されている。直近では全体事故数が 150 件近くまで増加しており、ドローンビジネス市場規模予測³⁾を考慮すると(図中併記)、今後のドローン分野の急拡大を示唆しており、事故件数の増加が懸念される。

また、2022年6月にはドローン機体登録義務化(100g以上)、2022年12月には飛行免許の国家資格化が始まり、ドローン業界が大きく変わろうとしている。そのような中、ドローンと関係する省庁は多方面にわたる³⁾(表-1)。

3. マルチコプター(UAV)の運用について

ドローンの高性能化に伴い需要分野は拡大を続け、完全無人飛行を目標に推進している。しかしながら、それまでにクリアしなければならない課題は多い。現時点では手動操作が必要で、空中飛行を伴う UAV の高性能化へ対応できるドローンパイロットの需要は増すばかりであり、その確保が課題となっている。

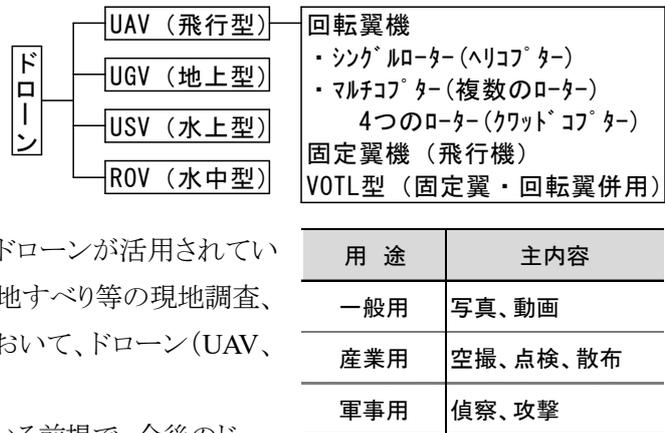


図-1 ドローンの分類と用途

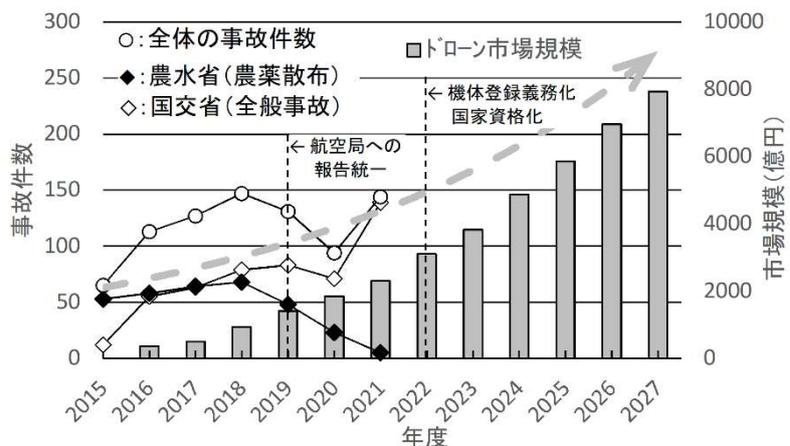


図-2 ドローンの事故と市場規模予測

表-1 関係省庁

各省庁	主内容
内閣府	取りまとめ
国土交通省	航空法関係
農林水産省	農薬散布等
経済産業省	空飛ぶ車
総務省	電波関係

3.1 ドローンパイロット

ドローンパイロットには世代があると言われている。ラジコンから携わってきたパイロットを第一世代、初期ドローンから携わってきたパイロットを第二世代、そして高性能になったドローンから携わってきたパイロットを第三世代としている。第一世代および第二世代は操縦技術が卓越しており、現在ドローン専門プロパイロットとして活躍している。その割合は、全体のドローンパイロットの 1%と言われている。大多数を占める第三世代は、ドローンの飛行性能が著しくアップしたため自己流で飛行してきたパイロットが多く、安全飛行に関しての技術継承が十分なされていない場合があり、飛行中の事故が多発傾向にあるようである。一方で、第一世代はドローンの高性能化、新技術・新規分野への対応に課題があるようである。

3.2 ドローンの飛行特性⁴⁾

プロのドローンパイロットが常識としている重要な飛行性能について、下記に示す。

1) ドローンは安定して飛行していない 表-2 に、ドローンが安定して飛ぶための補助機能を示す。飛行への補助機能が高性能化してきたため、特別な訓練を受けなくてもドローン飛行が可能になってきた。

ただし現場では自然相手に不測の事態が起きる可能性が高く、現に山間部や構造物調査では GNSS (衛星測位システム) 電波が入らなくなることはよくある。補助機能がなくなったドローンの飛行不安定さは顕著で、ホバリングはかなりの操縦技量が必要になる。

2) ドローン飛行の最大の弱点 図-3 に、ドローンのプロペラ構造の概略を示す。ドローンはプロペラの角度が変えられない固定ピッチ構造となっている。一方、ヘリコプターではプロペラの角度が変えられる可変ピッチ構造である。両者の飛行性能を比較すると、プロペラの回転数はそのまま羽の角度を変えて機体の揚力を調整可能な可変ピッチが、プロペラの回転数で揚力を調整する固定ピッチよりも揚力調整の対応が優れている。それゆえに、固定ピッチは、ドローンの飛行安定性にとって最大の弱点となっている。

3) 最も危険な飛行行為 ドローンが固定ピッチであることを踏まえると、急な飛行(急加速、急ブレーキ、急旋回、急上昇、急下降)は危険な行為となる。特に急下降は最もドローンを不安定にさせる行為であり、最悪の場合ボルテックス・リング・ステート(セットリング・ウィズ・パワー)に陥り墜落する(図-4)。

なお、回転翼機で最も飛行性能の高いヘリコプター(実機)では、垂直上昇、垂直下降、ホバリングは緊急時以外行わない危険な飛行行為とされている。

また、急な風向・風速変化や上昇気流等が発生した場合、相対的に急降下状態と同じ状況に陥る危険性があることにも留意する。そのため、垂直上昇、垂直下降は極力行わないようにする。

表-2 飛行補助機能

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ・ジャイロセンサーによる姿勢制御 ・電子コンパスによる方向の特定 ・GNSS(GPS等)による現在位置の特定 ・ビジョンセンサー等による障害物感知 |
|--|

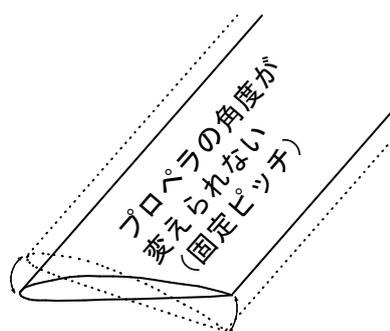


図-3 ドローンプロペラの概略図

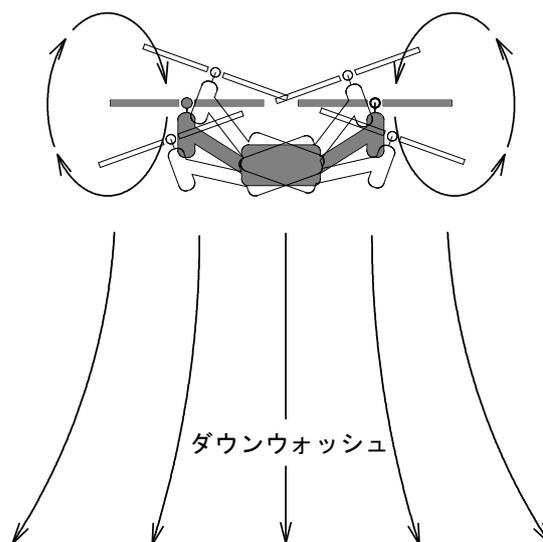


図-4 ボルテックス・リング・ステート

4) ドローンで使用する電波 表-3 に、ドローンで使用する電波の特徴について示す(ドローンレース等除く)。電波に関する免許が不要な周波数帯(2.4GHz)であるため、多くの家電や電子機器にも使われており、電波干渉が起きやすい周波数を使用している。そのため、通信障害による事故も起きている。特に影響を受けるものとして、Wi-Fi や電子レンジが挙げられる。調査現場では、携帯電話・スマートホンやポケット Wi-Fi 等電波を発する機器に注意を払う必要がある。

表-3 ドローンで使用する電波

周波数帯	免許	主な特徴	留意点	注意機器
2.4GHz帯	不要	多くの家電や電子機器で使用	電波干渉を受け易い	Wi-Fi、電子レンジ

5) 安定飛行システムの特性

表-4 に、ドローン飛行を補助し安定化する主なシステムの例(DJI MAVIC3)を示す。機体の安定飛行条件を満足した上で、各安全システムが機能する。万能に思える安定化システムであるが、精度や適応条件に留意し過信しないことが大切である。参考までに、晴れの日には 10 万ルクスであり、ビジョンセンサーの適応範囲外である。一方、国交省標準マニュアル

表-4 安定飛行システムの概要

安全システム	適用条件・精度	留意点
機体条件	最大風圧抵抗: 12m/s以下 動作環境温度: -10~40℃	霧、雨、雷、雪等 視界不良・狭い場所 動いている物体からの離陸
GNSS(GPS等)	精度±0.5m	衛星からの微弱な電波 高い木々や建物の影 反射波によるマルチパス
ビジョンセンサー	精度: ±0.3m 測定範囲: 0.5~20m程度 検知速度: 10m/s程度	明るさ40,000~15ルクス 水面、単一な地表 表面積の小さい障害物 (小枝等)
自動帰還(RTH)	衝突回避はGNSS・センサー 条件による	垂直上昇、垂直降下、 ホバリングを行う

では風速 5m/s 以上は飛行中止となるため、飛行性能以外にも注意が必要である。

なお、風速は地上と上空で異なることにも留意する。また、自動帰還システム(RTH)は、不安定な飛行行為を伴うため安易に使用しないことである。

特にインフラ点検では、鉄筋構造物(電波障害が生じやすい)に接近するため、GNSS や各種センサーのエラーが生じる可能性が非常に高く安定飛行には高度な飛行技術を必要とする。

6) その他周辺知識・技術 ドローンの安全飛行には、機体や航空法に関する知識や技術以外にも必要なものが多岐にわたる。表-5 に、空撮時の安全飛行のための主な周辺知識や技術を示す。特に無人航空機(UAV)では、野外の空中を飛行させるため、常に墜落の危険性があることを意識し、安全対策を十分に取る必要がある。

3.3 監視員の重要性

ラジコンの延長と思われがちだが、ドローンであるが、

表-5 安全飛行のための周辺知識・技術

法律の知識 (航空法以外)	小形無人機等飛行禁止法 都道府県、市区町村の各種条例 自然公園法 道路交通法 河川法 港則法 海上交通安全法 港湾法 民法 電波法
気象の変化	現在及び今後の天気を数値で読む (数値予想天気図等)
上空の風を読む	地上と上空の風の状況は異なる 地形と風の関係、機体の姿勢
撮影技術	飛行時の太陽光への瞬時の対応 搭載カメラの特性把握
バッテリーの特性	リチウムイオン二次電池の特性 充電量、温度や衝撃等からの管理 バッテリー各セルのバランス確認

法律上は航空機と同じ扱いである。すなわち、無人航空機の安全に対して重大な責任を負う。そこで、ドローンにも航空機の安全対策の考えが導入されている⁵⁾。

1) ヒューマンエラー 航空機の安全運航を達成するために開発された CRM(Crew Resource Management)では、人的要因が重要視され「人は間違いをする」を大前提とし、ヒューマンエラーを早い段階から見つけて問題を解決する手法である(表-6)。

2) 求められるスキル ドローンの高性能化に伴い、パイロットの役割とエラーの内容が操縦操作中心からシステム関係へ変化してきた。そのため、ドローンの安全飛行には、飛行の技術的スキル(テクニカルスキル)と人間関係を重視した認知的、社会的スキル(ノンテクニカルスキル)の2つのスキルが求められる。

3) 監視員の必要性 エラーの内容変化に対応するため、パイロットと監視員がダブルでチェックすること(システムの冗長化)が重要になる。そのために、人間特性(無意識の行動)からくるエラーを、意識する行動によって未然に防ぐ必要がある。

4. おわりに

農業農村整備分野に携わる技術者として、今後ドローンと関わってくるが増えることが予想される。その際、実際にドローンを飛行させることよりも管理する側に回ることも多くなると考えられる(図-5)。

一方で、プロドローンパイロットの不足が指摘されている中、安全に業務を遂行するためには、パイロットの技量を適切に評価できることが重要である。また、パイロット不足に対応するため、ドローンが関わる業務の難易度の把握と業務レベルに合わせたパイロットの選定も必要になると考えられる。

そのため、安全第一のドローン運用において、技術者としてドローンの機体特性、飛行条件および関係法令等の基本的な事項は把握しておくべきであると考えられる。

なお、ドローン飛行に関して、航空法上は、全ての責任はパイロットが負うことにも十分配慮することが求められる。

参考文献

- (1) ドローンを用いたほ場計測マニュアル令和3年3月:農研機構
- (2) 中嶋勇:農業農村整備事業における情報化施工および3Dデータの活用の現状と研究開発、地盤工学会誌、Vol.70、N0.8、pp.1-4、2022
- (3) ドローンビジネス調査報告書 2022:インプレス総合研究所
- (4) 榎本幸太郎:ちゃんと上手になりたい人のためのドローンの教科書、一般社団法人国際ドローン協会(2019)
- (5) ドローンバディシステム主任者/DBS-IDA ドローン監視管理資格:一般社団法人国際ドローン協会(2021)

表-6 安全飛行確保への方法

CRMの考え
安全確保はエラーとの戦い エラーは、人間特性の限界で発生
安全を確保する
①人間の特性と限界(セルフマネジメント) ②チーム機能を最大限活用(チームマネジメント)
パイロットの役割の変化(エラーの変化)
操作技術中心(テクニカルスキル) ↓ システム入力・監視・バックアップ中心
エラーの内容変化への対応
システムの冗長化が必要 ↓ パイロットと監視員のダブルチェック
エラーを防ぐ基本の3K
記憶に頼らない 経験に頼らない 感覚(勘)に頼らない

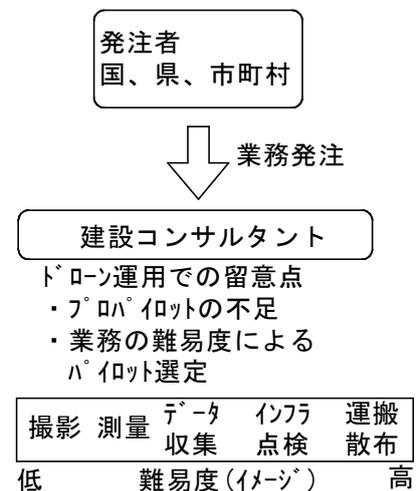


図-5 業務でのドローン運用

情報化施工技術の活用ガイドライン(土工編)の検討

九州農政局土地改良技術事務所 ○(非)山下貴生、(正)岡村政廣、(正)財津卓弥
(正)中山忍、(正)小浮正敬

1. はじめに

農業農村整備の現場を支える建設業界において、建設業就業者の高齢化や労働力不足が急速に進行する一方で、働き方改革関連法(2019.4.1 施行)を受け、建設業では2024年度から時間外労働の上限規制が適用開始されることとされた。また、農業競争力強化のための基盤整備の重要性、農業水利施設の老朽化の進行、自然災害の増加傾向を踏まえると、農業農村整備は今後も地域のニーズに応じ継続的かつ円滑に実施していく必要があり、労働力が減少する中でもその整備量や品質確保に影響を与えない工夫として、農林水産省では、情報化施工技術の導入をはじめとする生産性向上の取組を推進することとしている¹。この取組の一環として、令和3年度、九州農政局土地改良技術事務所では、農林水産本省と連携して「情報化施工技術の活用ガイドライン」(以下、単に「ガイドライン」という。)の土工編の内容充実について検討し、検討結果がガイドラインの改訂版として令和4年3月に反映・公表されたことから、その内容について紹介する。

2. 農業農村整備における情報化施工の推進状況

情報化施工とは、工事の施工段階において施工する建設業者がICTを活用し、「3次元起工測量」「3次元設計データ作成」「ICT建設機械による施工」「3次元出来形管理等の施工管理」「3次元データの納品・検査」の一部又は全部を行うものであり、各工程の概要、効果等は表-1に整理される。2017年3月、農林水産省では国営の農業農村整備事業を対象としてガイドラインを策定し、情報化施工の実施手順や施工管理・積算の方法を定めた。しかしながら、策定当初は対象工種・技術が限定的であり、情報化施工技術の導入件数を拡大するため(参考:図-1)、新たに実用化されている技術の随時反映、農業農村整備独自工種に係る技術を体系化する等の基準整備が必要となっていたことから、九州農政局土地改良技術事務所では、土工編について内容充実の検討を図ることとした。

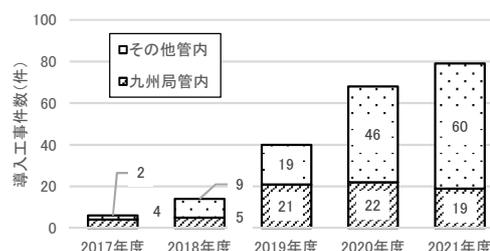


図-1 国営土地改良事業等における情報化施工技術導入工事の推移

表-1 情報化施工の各工程の概要・効果

工程	概要	効果	主な使用機器・技術
1. 3次元起工測量	無人航空機等による撮影・計測で3次元点群データを作成することで、起工時の現況地形測量を行う。	・少人数での作業が可能 ・短時間で高密度の測量が可能	UAV(ドローン等) TLS(地上型レーザースキャナ)
2. 3次元設計データ作成	2次元発注図面や起工測量結果から3次元の設計データを作成する。	・施工手順の確認が容易 ・土工量の算出が容易 ・関係者間の認識共有がスムーズになり、営農者等への説明も効率化	
3. ICT建設機械による施工	自己位置や姿勢をリアルタイムに把握するICT施工機械を用いて施工する。	・丁張り設置や誘導員配置等が不要 ・経験に依らず高品質な施工が可能 ・架空線切断、接触事故等の未然防止	RTK-GNSS マシンコントロール マシンガイダンス
4. 3次元出来形管理等の施工管理	UAVやTLSなどを用いて完成形状を測量し、従来施工とは異なる施工管理基準に則して出来形管理を行う。	・帳票作成が不要、内業の簡略化 ・ヒートマップにより出来形管理結果を視覚的に分かりやすく表示することが可能	UAV TLS 出来形管理用 TS
5. 3次元データの納品・検査	計測した3次元点群データや作成した3次元設計データ、空中写真測量において撮影した画像を工事成果品として発注者に納品する。	・書面、実地検査の効率化 ・検査に向けた準備作業の省力化 ・データ蓄積が容易	

3. ガイドライン土工編の内容充実の検討

ガイドラインは、2017年度の策定以降、2020年度迄に順次改訂を行い、「TS等光波方式」「UAV空中写真測量」「TLS」の各技術について、土工のほかほ場整備工事、舗装工事（「TS等光波方式」には管水路工事の管体基礎工（砂基礎等）含む。）のうち一定程度の施工規模を適用範囲として、出来形管理及び監督・検査の要領を定めてきている。これに対し、国土交通省では、土工を対象に「地上移動体搭載型LS（レーザースカナ）」「UAVレーザー（無人航空機搭載型レーザースカナ）」「TS（ノンプリズム方式）」「RTK-GNSS」の各技術を用いた出来形管理要領²を公開しており、これを参照しつつ、農業農村整備事業への適用性の見地から、ガイドラインの内容充実の検討を行った（表-2）。

表-2 土工で適用可能な新たな情報化施工技術の概要・計測密度等

情報化施工技術（機器）	概要	計測密度・測定精度
TS(ノンプリズム方式)	被計測点からの反射波により測距する TS(ノンプリズム)を用いて計測した点群の3次元座標値から、3次元CAD や同様のソフトウェアを用いて、施工前の現況地形や出来形の面的な把握が可能となる。	【計測密度】 (起工測量・岩線計測) 1点以上/0.25m ² (0.5m×0.5mメッシュ) (出来形計測) 1点以上/1m ² (1m×1mメッシュ) 【測定精度】 鉛直・水平方向 ±20mm 以内 等
UAVレーザー	無人航空機(UAV)に搭載したLSで地上の計測対象をスキャンし、レーザー光の反射により計測点群の座標を取得する UAV レーザーを用いて計測した点群の3次元座標値から、3次元CAD や同様のソフトウェアを用いて、施工前の現況地形や出来形の面的な把握が可能となる。	【計測密度】 (起工測量) 4点以上/1m ² (出来形計測) 100点以上/1m ² 【測定精度】 (起工測量) 鉛直・水平方向 ±100mm 以内 (出来形計測) 鉛直・水平方向 ±50mm 以内 等
地上移動体搭載型LS	地上移動体(台車や車両、建設機械等)に搭載したLSで計測対象をスキャンし、レーザー光の反射により計測点群の座標を取得する地上移動体搭載型LSを用いて計測した点群の3次元座標値から、3次元CAD や同様のソフトウェアを用いて、施工前の現況地形や出来形の面的な把握が可能となる。	【計測密度】 (起工測量・岩線計測) 1点以上/0.25m ² (0.5m×0.5mメッシュ) (出来形計測) 1点以上/0.01m ² (0.1m×0.1mメッシュ) 【測定精度】 (起工測量) 鉛直・水平方向 ±100mm 以内 (出来形計測) 鉛直・水平方向 ±50mm 以内 等
RTK-GNSS	衛星測位から発信される搬送波により、リアルタイムに被計測点の座標を計算することができる RTK-GNSSを用いて、計測した点の3次元座標値から、幅・法長・高さを算出可能(断面管理の場合)、また、計測した点群の3次元座標値から、3次元CAD や同様のソフトウェアを用いて、施工前の現況地形や出来形の面的な把握が可能(面管理の場合)となる。	【計測密度】 (起工測量・岩線計測) 1点以上/0.25m ² (0.5m×0.5mメッシュ) (出来形計測) 1点以上/1m ² (1m×1mメッシュ) 【測定精度】 鉛直方向 ±10mm 以内(断面管理) ±30mm 以内(面管理) 平面方向 ±20mm 以内

4. 情報化施工技術活用の効果・留意点と今後の課題

ガイドライン内容充実の検討により新たに追加された情報化施工技術を活用することで、①広く普及している機器により面的な起工測量や出来形管理を実施できるほか、②計測から出来形帳票をデータの手入力なしに自動的に作成することが可能となり、作業の効率化及び転記ミス防止が図られる、③計測対象の地形を短時間かつ高密度に取得することができるといった効果が期待される。一方で、それぞれの技術に応じて、人力にて点群データを計測するため多点観測が非効率であったり、雨や霧などのレーザーが乱反射する気象や強風や降雨などの天候等により計測できない、そもそも計測間隔が均一とならないといった点にも留意するべきである。

農業農村整備における情報化施工技術の導入は、建設業の生産性向上だけでなく、3次元測量・設計データをスマート農業へ活用することにより農業の生産性向上も期待でき、ひいては農村の振興にも資するものである。地元農家の申請・同意及び費用負担が基本原則である農業農村整備において、情報化施工技術の導入を拡大するためには、ガイドラインをはじめとする基準類の整備を嚆矢とし、今後も継続的に導入工事等の実態を把握することを通じて、各技術の費用対効果が十分見込まれる適用施工規模の分析や施工歩掛の解析を精緻に行っていくことが重要である。

¹ 土地改良長期計画（令和3年3月23日閣議決定）

² 3次元計測技術を用いた出来形管理要領（案）（令和3年3月）

地下灌漑システムの石垣島への施工とその研究展開について

国際農林水産業研究センター ○(正)岡本健
 国際農林水産業研究センター (正)安西俊彦
 国際農林水産業研究センター (非)識名安輝
 国際農林水産業研究センター (非)前津雅英
 国際農林水産業研究センター (非)波照間雄人
 琉球大学農学部 (正)酒井一人
 パディ研究所 (正)小野寺恒雄

1. はじめに

熱帯・亜熱帯の島嶼地域の農地では、気候変動の影響による少雨・干ばつの長期化および短期的集中豪雨の増加といった外的要因に加え、化学肥料の多投入、低い水利用効率や労働力不足といった内的要因によって、生産性の低下および周辺環境への環境負荷の要因になるなどの多くの課題を抱えている。この地域の農業の持続的発展のために、農地における低資源投入型・資源循環型システムの構築が求められる。

亜熱帯島嶼地域である沖縄県では、沖縄島をはじめ、宮古島、石垣島といった中規模以上(20 km²以上)の離島を中心に地表・地下ダム建設による水資源開発が進められてきた。一方で、多良間島のような小規模離島では、ダム建設による水源開発が難しいため、畑面集水貯水池と地下水を利用する灌漑事業が計画されている。しかしながら、これらの水源は降雨特性に強い影響を受けるため、気候変動下での持続的な水利用には、より徹底した節水および地下水の水質保全を達成する新たな灌漑技術の開発が必要である。

熱帯島嶼国のフィリピンでは、年間20回近く通過する台風、エルニーニョ現象に誘発される干ばつといった自然災害による農業生産物の生産量の減少が近年、顕著になってきている。(農畜産業振興機構 調査情報部, 2018)。サトウキビの主要な生産地であるネグロス島では、サトウキビ植付け直後に多量に施用される肥料のほとんどが生育初期のサトウキビに吸収されず (Anzai et al., 2017)、地下へと溶脱して地下水の硝酸汚染負荷源となっていることが指摘されている(後藤ら, 2017)。地下水は農村部では飲料用水源として利用されているため、サトウキビ生産を維持しつつ地下への溶脱を削減するサトウキビ肥培管理方法の開発が現地では強く求められている。さらに、農業従事者の離島部における高齢化および減少、フィリピンにおいては労働人口の農村部から都市部への流入といった状況から、新たに開発する灌漑システムは労働生産性の向上に寄与することが求められている。

地下灌漑システム OPSIS (OPTimal Subsurface Irrigation System) は畑地における節水と灌漑労力削減を目的に日本で開発された。他の地下灌漑と異なり、地下に遮水シート(塩ビシート)と灌漑用パイプ(有孔管)を埋設し、毛管によって作物の根群域に直接灌漑することから、飛散損失などの損失流量を抑えながら、地下に埋設された遮水シートによって降下浸透を抑制し、かつ作付けごとの灌漑チューブなどの敷設と撤去の必要がないため、節水と労力削減の両立を可能としている(小野寺・藤森, 2014)。また、太陽光発電を利用することにより灌漑ポンプのオンオフの自動化による灌漑作業の労力削減とサトウキビの増収の両立が可能であることが確認されている。

(Gunarathna et al., 2018) . しかしながら、太陽光発電のオンオフだけの制御では労働生産性は向上するものの、土壌の過湿状態を考慮していないため、灌漑の有無に土壌水分の状態を考慮する制御を導入することで、圃場スケールで節水が可能であることが実証された(若杉ら, 2018) . また近年問題となっている畑地の湛水化、湿害に対しても、地下に設置された灌漑用パイプが暗渠管の役割も果たすため、排水改善の効果も期待できる.

OP SIS による灌漑の特徴は、作物が水を必要とする時期に必要な量を、土中の飽和点から給水することである。畑地灌漑の圃場レベルでの用水計画では、TRAM, 消費水量, 間断日数等の灌漑諸元が必要であり、OP SIS の設置についても圃場整備の一環として圃場への導入が見込まれる。したがって、OP SIS 導入による下方への浸透損失、降雨時における暗渠排水効果を把握して、OP SIS の水収支を明らかにして、OP SIS 用の灌漑諸元を整理する必要がある。さらに、OP SIS では灌漑用パイプに液肥を投入することが可能であるため、少量多頻度の肥培管理法確立し、労働力および地下水への溶脱削減効果が同時に期待される。そこで、本研究課題では節水、肥料利用効率向上するサトウキビ栽培管理体系開発を目的に、国際農林水産業研究センターの熱帯・島嶼研究拠点のライシメーターおよび試験圃場に OP SIS を施工して、水収支と窒素収支を明らかにする試験を開始したので、その報告を行う。

2. OP SIS に関する研究展開

将来的な OP SIS の社会実装を目指し、以下の方針で研究を展開させる。石垣島にある国際農林水産業研究センター熱帯・島嶼研究拠点(以下、「拠点」)のライシメーターおよび試験圃場に OP SIS を設置する。ライシメーターでは、異なる OP SIS 設置深度による土壌水分・土壌 EC の動態解明、および OP SIS による地中灌漑が作物生育、下方浸透、硝酸態窒素溶脱に及ぼす影響の把握を行う。試験圃場での OP SIS 施工から施工における課題を抽出し、国内外での展開を図るとともに、OP SIS 導入による節水効果・環境負荷低減効果を評価する。以上から OP SIS の有用性と施工の技術的課題を整理することにより、国内外の農家圃場でも OP SIS 施工を目指す。これらの試験で得られるデータを用いて OP SIS 施工条件下における作物モデルおよび二次元の不飽和浸透解析モデルの構築を行い、最終的にはモデルシミュレーションにより、多様な土壌・気象条件を加味した、OP SIS 適用の現状評価、将来計画シナリオを策定する。

3. ライシメーターへの OP SIS 施工と試験内容

試験に用いたライシメーターは、面積 10 m^2 ($3.6 \text{ m} \times 2.8 \text{ m}$)、深さ 2 m の排水型ライシメーターである(図 1)。排水型ライシメーターは有底のコンクリート枠で、ライシメーター底部 (2 m) の排水口に水位計を設置して、下方浸透量の測定を行っている。また、浸透水の一部を定期的にサンプリングし、浸透水中の硝酸態窒素濃度を分析することで、窒素溶脱量を算定している。

異なる OP SIS 設置深度による土壌水分・土壌 EC の動態解明のため、2021 年 11 月 2 基のライシメーターに OP SIS を設置した。遮水シートの敷設面を逆台形型(上辺 30 cm 、底辺 10 cm 、高さ



図 1 熱帯・島嶼研究拠点のライシメーター

15 cm)に整えるため専用のバケットを小型コンボに取り付けて、ライシメーターの長辺部のセンターを台形の底部が地表面から深さ 30 cm と 60 cm となるように掘削した。遮水シートの

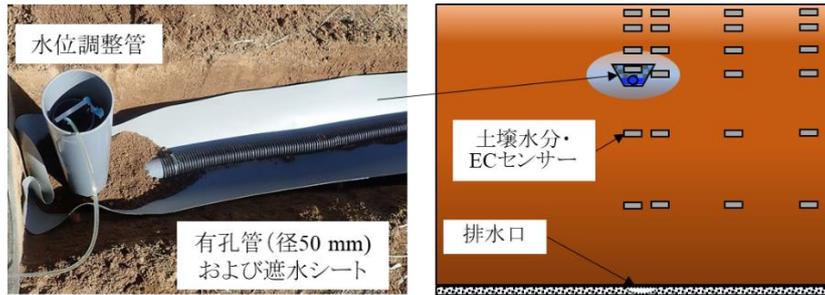


図2 ライシメーターに設置した OPSIS の概要

上に水位調整器を取り付けた口径 50 mm のコルゲート有孔管を設置して、土壌の埋め戻し前に通水試験を行い、シート上の水位が一定に維持されることを確認した(図2)。遮水シートを中心にライシメーターの短辺片側に 150 cm の深さまで格子状(遮水シート中心からの間隔:0, 20, 70, 120 cm, 深さ:5, 15, 35, 55, 95, 145 cm)に 24 本の土壤水分/EC センサー (Teros 12, Meter 社製) を設置した。給水は 2021 年 11 月 5 日から 2022 年 2 月 28 日まで行った。給水量は給水タンクの水位の変化から計算した。本試験から、遮水シートの底を深さ 60 cm に設置しても、給水直後にサトウキビ根群域である深さ 35 cm の土壤水分が上昇し高い状態を維持することを確認した。

4 基の排水型ライシメーターに OPSIS を設置し、無灌漑、地表灌漑、OP SIS の 3 つの灌漑条件 (4 反復) でサトウキビ栽培試験を行った(図3)。遮水シートの設置深さは 40 cm として、有孔管および水位調整管は 10 月に設置したものと同一のものを用いた。OP SIS による給水が作物生育および下方浸透、硝酸態窒素溶脱に及ぼす影響を把握するために、作物生育および土壤水分および窒素溶脱観測を開始した。

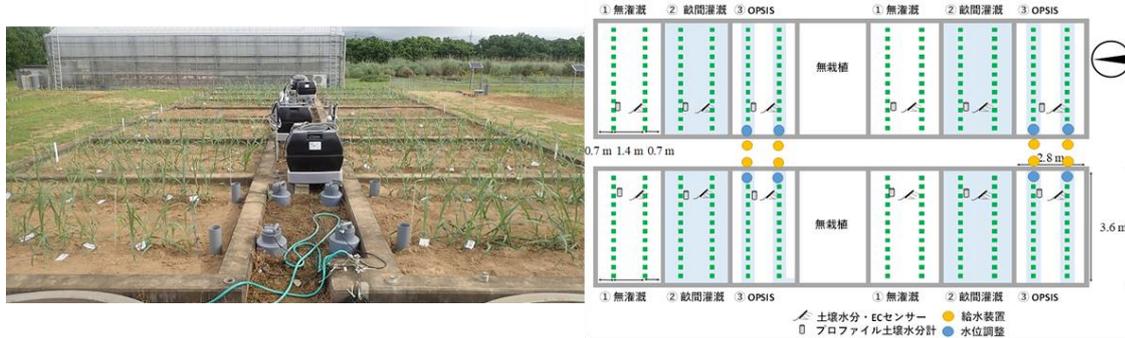


図3 ライシメーター試験の概要

4. 試験圃場への施工と試験設計

2021 年 12 月と 2022 年 2 月に分けて OPSIS を 3 基、4.5 a (18×25 m) 施工し、3 月にサトウキビを植付した(図4)。本試験圃場はほぼ平坦であるが、ソーラー発電とポンプによる循環灌漑を行うために、0.4%の勾配で遮水シートと有孔管を施工した。遮水シートと有孔管設置のための掘削には、ライシメーターでの施工と同様の逆台形のバケットおよび小型コンボを用い、本試験圃場で用いるプラウによる耕耘深さが 30 cm であったため、遮水シートの上端の浅い位置が地下 40 cm となるように、

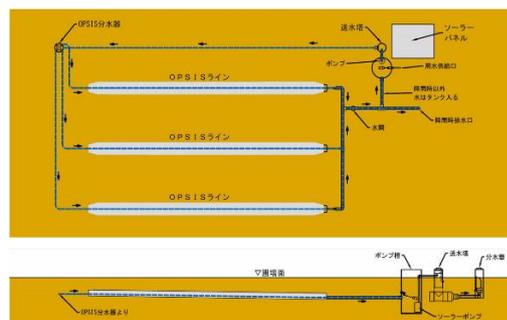


図4 圃場に設置した OPSIS の概要

遮水シートは地下 55 cm から 65 cm に敷設した。灌漑パイプにはより安価な資材である口径 50mm の塩ビパイプを用いた。塩ビパイプに 63 cm 間隔に 10 mm 直径の穴をあけた。塩ビ管にあけた穴を下向きにして、遮水シートから 5 cm 程度浮かせ、シートと管の間に土壌を充填させて施工することで、毛管による地下灌漑よりも早く管内の上流部から下流部に灌漑水が流下してしまうことを防いだ。排水口は OPSIS の下流側より 5 cm 浅い地下 60 cm の深さに設置してある。降雨時にはソーラーポンプによる循環が止まるため、遮水シートより浸透水を収集し、ポンプ槽の水位が上昇し、排水口より上部の水は排出される。排出口には三角堰を設置し、暗渠排水量の測定を行っている。比較対象として、点滴灌漑、畝間灌漑による試験区を設けている。梅雨明け以降の 7 月 13 日以降に灌漑を開始し、OP SIS の灌漑用水量の記録を開始した(図5, 図6)。



図 5 3 月サトウキビ植付け前の OPSIS 設置圃場の状況



図 6 7 月サトウキビ生育旺盛期の OPSIS 設置圃場の状況

5. おわりに

石垣島の国際農林水産業研究センター熱帯・島嶼研究拠点のライシメーターと圃場への OPSIS の施工と現在進行している試験内容について報告した。今後、試験結果を順次報告していく予定である。

【引用文献】

Anzai, T., S. Goto, S. Ando, K. Inosako, B. B. E. Patrick, and S. Ando (2017): Utilization of nitrogen fertilizer in the early growth stage of sugarcane and leaching of nitrate-nitrogen: A case study on Negros Island, the Philippines. *Trop. Agr. Devlop.* 61(4), pp.184-193.

後藤慎吉・安藤象太郎・安西俊彦(2017):フィリピン・ネグロス島北部のサトウキビ栽培地域における窒素負荷の推定, システム農学, 33(2), pp.57-63.

Gunarathna, M. H. J. P., Sakai, K., Nakandakari, T., Momii, K., Onodera, T., Kaneshiro H., Uehara, H. and Wakasugi, K. (2018): Optimized Subsurface Irrigation System: The Future of Sugarcane Irrigation, *Water*,10(3), 314.

農畜産業振興機構 調査情報部(2018):フィリピンにおける砂糖の生産動向, 砂糖類・でんぷん情報, pp.57-70.

小野寺恒雄・藤森新作(2014):畑地用節水型地下灌漑システムの構造と機能, 畑地農業, 670, pp.13~20.

若杉晃介・小野寺恒雄・兼城浩之・上原 浩・鈴木 翔(2017):畑地用地下灌漑システム OPSIS と ICT を活用した遠隔・自動制御による節水技術の開発, 水土の知 85(10), pp.11-14.

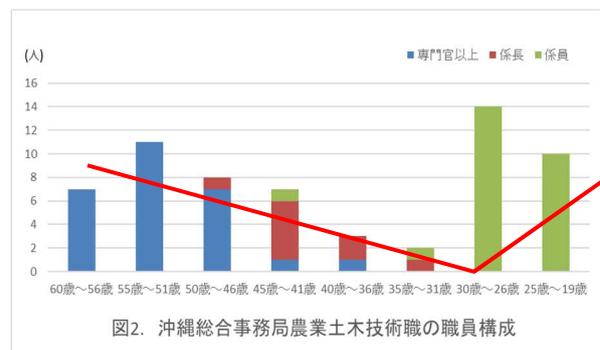
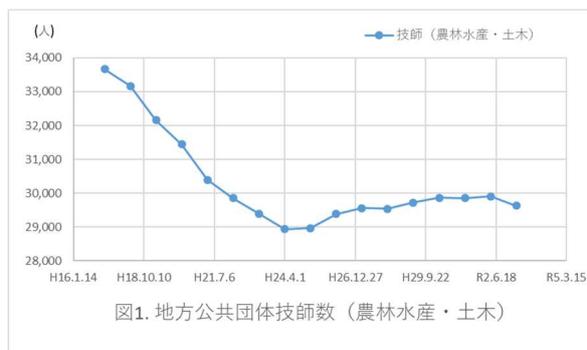
最新技術の導入による省力化事例について ～農業土木技術職員の業務効率化の取組み～

沖縄総合事務局 石垣島農業水利事業所 (正) 今別府純一, (正) 大熊和博
(正) 親川和人, (正) 段安幸, (非) 岡本真実
(非) 親泊 愛, ○ (非) 土井 正樹

1. はじめに

日本の農業分野では、農業従事者の高齢化と減少により、労働力不足に直面しているが、図 1. に示すとおり、農業農村を支える基盤整備や施設管理の発注・監督を担う行政機関（地方自治体）の農業土木技術職の職員（以下「技術系職員」）も同様に高齢化と減少が進んでいる。

これは、行政改革による職員の新規採用抑制に因るものが大きく、特に中堅層（係長級：40歳～31歳）の落ち込みが大きくなっており、沖縄総合事務局の技術系職員の職員構成では、図 2. に示すとおり V 字形となっている。



職員が減少するなか、現場技術業務などのアウトソーシングを進めているものの、多様化・増大する業務を適切に実施していくためには、業務を効率化し、働き方改革を更に促進していくことが課題である。

これらの課題を解決するために、石垣島農業水利事業所では、歪な職員構成で若手職員が多いことを逆手に取って、若手職員のイノベーション力から生まれるアイデアから「事業管理MAP」を具現化するとともに、最新技術である「360°カメラを活用した遠隔確認」を導入し、業務の効率化・省力化を推進している。

2. 事業管理MAP

職員の働き方改革の取組みとして、GoogleMyMAP を活用した事業管理を行っている。事業管理MAPは最大10個のレイヤを使用でき、様々な情報を分けて登録することができる。石垣島地区では、図 3. 及び表 1. に示すとおり、設計済み区間、施工済み区間等のレイヤに分けており、レイヤ表示・非表示の選択、線色を分けて登録できるため、未施工区間及び過年度の施工区間・範囲等を容易に整理・把握することができる。

事業管理MAPを導入することで、現場踏査での活用はもとより、業務・工事計画をまとめて管理することができる。また、会議の資料作成の省力化及び会議参加者の理解促進など、関係者間で情報共有の迅速化を図ることができる。但し、セキュリティーポリシー

の観点から、未公表・機密事項等を登録しないこと、また、情報共有者の範囲を限定するなどの一定のルールを定める必要があることに留意すべきである。



図 3. 事業管理MAPの活用

分類	項目	色
業務 (設計済)	既設管撤去	オレンジ
	更新管新設	赤
	新規施設(管・施設)	
工事 (施工済)	H29年度	紫
	H30年度	緑
	R 1年度	黄
	既設管撤去済	灰

表 1. レイヤの分類

3. 360° カメラと RICOH360 Projects の活用について

360° カメラは、通常のカメラでは収まらない範囲まで撮影でき「死角がない」のが大きな特徴である。これまでは、数枚の写真で現場を確認していたが、360°カメラで撮影した画像では現場を隈なく確認することができ、あたかも現場にいるかのような臨場感が得られる。(図 4.) 360° カメラを活用したソフトウェア「RICOH360 Projects」を併せて利用すれば、画像の比較を行い現場状況の把握・共有が可能であり、タブレット上に図面を表示させ 360° 画像を撮影することで、クラウドへ自動的にアップロードされ、図面と紐付けられた画像を直ちに遠隔地でも確認することも可能である。



図 4. 360° カメラで撮影した写真

工事現場でネット環境が整えば、360° カメラを用いた受発注者間の情報共有が容易であり、PCやタブレット等の端末があれば執務室やテレワーク時などにおいても臨場感のある現場状況を、いつ・どこでも瞬時に把握ができる。

今年度は当事業所で発注する全ての工事において、360° カメラを活用することとしており、遠隔確認による工事監督業務の効率化・省力化を図ることとしている。

4. おわりに

現在、情報化施工技術の活用により、準備作業や機械施工の省力化、施工管理の効率化が図られ、建設現場(受注者)の生産性向上を推進しているが、今回紹介した取組みのように、行政機関(発注者)の技術系職員の業務を効率化・省力化していく方法を職場全体となって模索していくことが重要である。今後は、技術系職員が目先の業務をこなすことだけで手一杯となるような現状を改善し、建設コンサルタントや施工業者の技術者とともに考え、技術力の研鑽を図り、技術者としての使命を達成していく喜びを感じられるような職場環境を整備し、技術系職員の働きが改革を推進していく必要がある。

ほ場整備事業の確定測量における効率的な手法

熊本県県南広域本部農林水産部農地整備課（正） 井手照公

1. はじめに

ほ場整備事業で行う確定測量は、工事後の一筆ごとの筆界点位置を定めて現地に測標し、一筆地の形状および地積を確定する測量作業である。各測量計画機関で定める測量作業規程ならびに測量法・公共測量作業規程（各種マニュアルを含む）、農林水産省確定測量通達に基づき実施される。確定測量成果は、国土調査法第19条5項の指定を受け、所管登記所に送付することで、不動産登記法第14条1項地図として備え付けられる。

現在広く行われている確定測量の手法（以下、「従来法」という）では、まず、衛星から送信される電波を受信解析して測位するGNSS 測量により、計画区域を取り囲むように、地図の作成や測量の基準となる最上位級基準点を測量設置する。その後、作業規程に基づく段階等級ごとの基準点を順次設置しながら、多角路線方式で基準点網を構築する。最後に、視通が広く取れるように最下位級基準点を地区内に多数配置し、トータルステーションにより一筆地測量を行う。

従来法では複数段階における測量を行うため、多大な時間と経費が必要である。本報では、時間と経費双方を削減でき、かつ精度が確保できる効率的な測量手法として、ネットワーク型RTK 法による単点観測法（以下、「新手法」という）を採用した事例を紹介する。

2. 新手法と対象地区の概要

(1) 新手法の概要

新手法はGNSS 測量の1つであり、電子基準点からの情報を解析して座標化したデータを10秒程度アンテナ受信する（図-1）。1人で筆界点座標を直接求めることができるため、基準点の設置は不要となる。

本測位技術は公共測量を始め、地籍調査事業で使用されている。建設工事におけるICT施工技術での活用などで認知度は高いものの、熊本県内の確定測量では今まで採用実績がなかった。これは、従来法で確立された技術面での安定性が重視されてきたことが原因と推察される。

新手法の採用に当たっては、国土調査法第19条5項指定申請の際に疑義が生じないよう、指定認証者（国土交通省不動産・建設経済局地籍整備課）、国土地理院九州地方測量部、県ほ場整備事業所管部局とあらかじめ協議し、承認を得たうえで試行的に実施した。

(2) 対象地区

測量計画段階に応じて、以下の2 地区を対象地区として選定した。

1) ST地区 ST地区は、平地・耕地・精度区分乙1の地区条件で、地区界復元測量A=10.9 ha を実施した。

熊本県では確定測量の第1 段階として、工事前に地区界測量（復元測量）を行うため、地区界測量の段階で前述の各基準点を設置し、それを工事後の一筆地測量でも使用した。そこでST 地区では、従来法と新手法での地区界測量の結果を比較した。

2) KA地区 KA地区は、平地・耕地・精度区分甲3の地区条件で、一筆地測量A=22.8 ha を実施した。

過年度に地区界復元測量を実施済みのため、KA地区では従来法と新手法での一筆地測量結果を比較した。



図-1 従来法（左）と新手法（右）による一筆地調査の比較¹⁾

3. 従来法と新手法の比較

(1)ST 地区の結果

1) **工期** 従来法では、作業計画、各等級基準点測量、基線解析、地区界測量、精度管理などの工程が必要である。過去の実績に基づいて作業期間を算出すると、測量作業の完了までに延べ2カ月を要する。一方、新手法の工程は作業計画、地区界測量、精度管理のみであり、作業は2週間で完了した。

2) **精度** 地籍図根点からトータルステーションで復元した筆界点座標と、新手法で復元した筆界点座標を比較した。その結果、明らかに筆界座標に基づかずに工作物が設置されているなどの現地を除き、ほとんどの筆界点で位置誤差は公差内に収まり、現地状況と合致していることが確認できた(写真-1)。

3) **費用** 新手法では、従来法が必要となる上位級の基準点測量が不要となる。また、従来法のトータルステーションによる境界復元工程が、新手法では簡素化される。その結果、従来法と比較して約6割程度に費用を縮減できた。なお、新手法については標準歩掛りがないため、地籍調査事業歩掛りから配点密度などの歩掛り調整を行って費用を積算した。

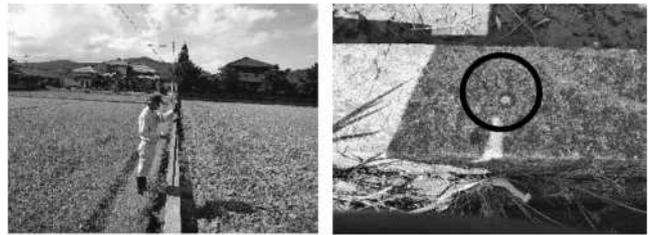


写真-1 新手法による筆界点復元結果（筆界点が畦畔中央に復元された例）

(2)KA 地区の結果

1) **工期** 過去の実績に基づくと、従来法は延3カ月程度の工期が必要だが、新手法では3週間の工期で測量作業を完了することができた。

2) **精度** KA 地区は過年度に設置した基準点が存在するため、同一条件下で従来法と新手法による筆界点座標を比較した。その結果、両手法で辺長、面積ともに大きな差はなく、精度も公差内に収まった。よって、新手法でも従来法と同程度の成果を得られることが確認できた(表-1)。

3) **費用** 従来法は確定測量通達集の一筆地測量標準歩掛りから、また、新手法はST 地区と同様の手法を用いて、それぞれの費用を算出した。その結果、従来法に比べて新手法では費用を約2割縮減できた。

表-1 一筆地測量における比較結果の一例

点番	従来法	新手法	辺長差 (mm)	公差 (mm)
	辺長 (m)			
32-710	42.552	42.545	7	210
32-711	114.602	114.596	6	294
32-703	42.529	42.535	-6	210
32-704	114.644	114.632	12	294
面積 (m ²)	4,876.147	4,875.691	0.61	18.7

(3)その他の対応

新手法は衛星測位であるため、上空視界の確保が必須である。また、周辺障害物や反射物によるマルチパスが生じないかの確認も必須である。筆者が確認したところ、家屋周辺ではその影響が見られたのに対して、ビニルハウスや太陽光パネルでは影響が見られなかった。

また、将来、地区内で測量を実施する際に必要となる基準点を整備するため、新手法で設置できる4級基準点を地区内に配置した。

4. おわりに

確定測量で新手法を採用した結果、従来法に比べ、効率的な測量を行えることが明らかになった。新手法では上空視界の確保が必要であるため、従来法でしか測量できない地区や、従来法と新手法を併用した測量が必要となる地区なども存在する。地区条件はさまざまであるため、条件に沿った入念な測量計画を立てることが重要である。今後は、中山間地や都市部でも新手法を実施し、活用範囲を広めていくことを検討していきたい。

引用文献1) 国土交通省土地・建設産業局地籍整備課：ネットワーク型RTK法による単点観測法マニュアル-改定版-, p.3 (2016)

音響測深法による農業用ため池堆砂測量手法の検証

アジアプランニング株式会社 ○(正)田島英樹、(非)上原淳史
(非)田畑智廣、(非)江原実里

1.はじめに

近年、頻発する豪雨災害を踏まえ、国土交通省は河川管理者等の取組だけではなく、流域治水への転換を発表した。このことで今後田んぼダムやため池は流域治水の一役を担うことになる。一方で、ため池の土砂堆積量は台帳情報にないことから、有効貯水量の信頼性が低いのが現状であり、今後、ため池が流域治水としての役割を果たすうえで、土砂堆積量と有効貯水量の把握が重要である。

これまでため池等の土砂堆積量調査は、船上で深淺測量で実施されてきたが、ため池内への船舶の搬入出や水上作業のリスクが伴うことから、近年は音響測深機を搭載したリモコンボートの活用事例が多い。

本報では、リモコンボートに搭載される音響測深機(シングルビーム、マルチビーム)を用いて、ため池の計測間隔の違いによる底高、土砂堆積量、計測時間などについて比較検証した結果を述べる。

2.検証の目的と概要

(1) 目的

海底や湖底など、目視では確認が困難な水面下の地形を測定する技術として、従来のレッド測深から現在ではより高度な音響測深として、シングルビーム測深およびマルチビーム測深による深淺測量が行われるようになった。マルチビーム測深機はシングルビーム測深機と比べ、より高精度な3次元データを取得することができる。このようにマルチビーム測深機は高性能・高精度の機器である一方で、シングルビーム測深機と比較して調査費用が高価である。

そのため、両機器を用いてため池の深淺測量を行い、計測結果の比較検証を行うものである。

(2) 検証場所

検証の場所は、過年度に弊社で測量・設計を行いデータを有する熊本県熊本市にあるSため池(図1参照)を選定した。ため池概要は以下の通りである。

堤長:289.0m、堤高:6.0m、総貯水量:38千m³

(3) 使用機器と特徴

使用機器は、シングルビーム一体型深淺測量用無人リモコンボート(図2参照)、マルチビーム一体型深淺測量用無人リモコンボート(図3参照)を対象とした。使用機器の特徴は次のとおりである。



図1 ため池の状況



図2 シングルビームリモコンボート



図3 マルチビームリモコンボート

a. シングルビーム一体型深浅測量用無人リモコンボート

船底から音波を発信し、直下水底から反射した音波の時間を計測することで底高を計測する。一体型であるため機器の艀装作業がなく、陸地から無線で操船するため作業の安全性が高い。

b. マルチビーム一体型深浅測量用無人リモコンボート

船底から横断方向に扇状の音波を照射し、水底から反射した音波の往復する時間を面的に計測する。シングルビーム測深に対し広範囲に高精度な3次元データが取得できる。

3. 計測結果

(1) シングルビーム測深結果

シングルビーム測深では、ため池内を東西方向に2.5m間隔で測線を設定し、自動航行で測線上を1m/sで航行して1点ずつ測深した。また、水際は藻が浮いており、プロペラに絡まることが想定され、自由航行で走行可能な範囲を測深した。計測時間は4時間弱であった。図4はシングルビーム測深結果の点群データである。

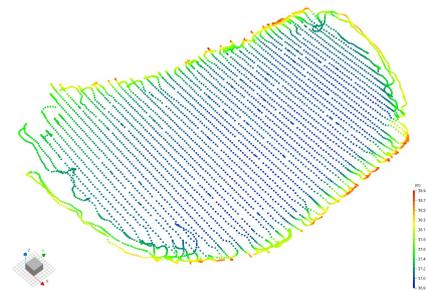


図4 シングルビーム 点群データ

(2) マルチビーム測深結果

マルチビーム測深では、シングルビーム測深と比べ音波を扇状に照射し、自由航行により面として広範囲のデータを取得した。水際はシングルビーム同様、走行可能な範囲を測深した。計測時間は4時間程度であった。図5はマルチビーム測深結果の点群データである。

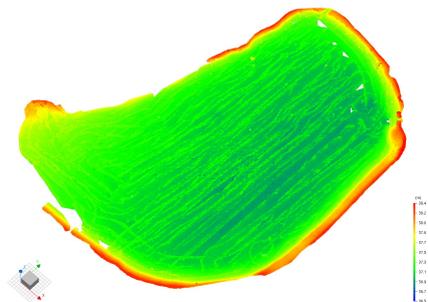


図5 マルチビーム 点群データ

4. 検証データ作成と検証比較

(1) 検証データの作成

検証データの作成は、シングルビーム測深の測線間のデータを補間するたの不等三角網(TIN)データと、マルチビーム測深およびシングルビーム測深の比較をするためのグリッドデータを作成する。

a. 不等三角網(TIN)データの作成

マルチビーム測深の点群データの密度に対して、シングルビーム測深の点群密度が低いため、不等三角網(TIN)データを作成して底高を補間する。(図6参照)

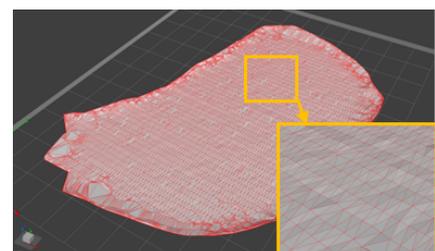


図6 不等三角網(TIN)データ作成

b. グリッドデータの作成

マルチビーム測深およびシングルビーム測深の底高および土砂堆積量データを比較するため、1m×1mのグリッドデータを作成する。(図7参照)

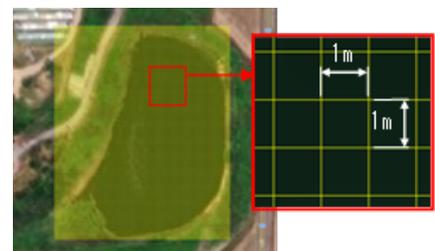


図7 グリッドデータの作成

(2) 検証比較

検証方法は、池底の形状を面で詳細に取得できるマルチビーム測深結果を基本として、シングルビーム測深の測線間隔を2.5m、5.0m、10m、20mに分け、マルチビーム測深結果に対して底高、土砂堆積量、計測時間について比較を行う。

a. 底高の比較

底高の比較は、(1)で作成した1m×1mのグリッドデータを基に、マルチビームおよびシングルビームの底高を取得し、底高の差で比較する。

①シングルビームの底高を取得する

測線間隔は1m以上であるため、底高を補完した三角網(TIN)データを作成し、1m×1mのグリッドデータを重ね合わせ、グリッドの中心で交差する高さをグリッドの底高とした。(図8参照)

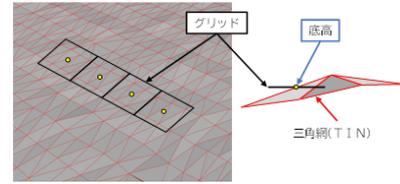


図8 シングルビーム底高取得

②マルチビームの底高を取得する

マルチビーム測深結果は、1m×1mのグリッド内に含まれる点数が膨大であるため、中に含まれる点の平均高さをグリッドの底高とした。(図9参照)

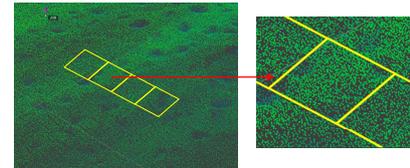


図9 マルチビーム 点群データ

b. 土砂堆積量の比較

土砂堆積量の比較は、a.底高の比較で取得したマルチビームおよびシングルビームの底高から、ため池底樋の取水口高より想定した池底高(本ため池は標高36.1m)を除いた堆砂厚から堆砂量を算出した。マルチビーム測深の堆砂量に対するシングルビーム測深の測線間隔別堆砂量の割合を求めて比較した。

c. 計測時間の比較

マルチビーム測深に対するシングルビーム測深の計測業時間を比較した。シングルビーム測深は測線数で計測時間を割り戻して測線間隔別の計測時間を求めた。

なお、リモコンボート搬入出にかかる時間は変わらないことから計測時間からは除外する。

5. 検証結果

(1)底高の比較

表1はマルチビーム測深の底高とシングルビーム測深の測線間隔別底高の差を5cm刻みでグリッド数で集計した値を示す。図10はマルチビーム測深とシングルビーム測深の底高の差をグリッド毎に色分けしたものである。表1の赤枠内は標高差±0.1m内の範囲であり、2.5m間隔は全体の90.5%、5.0m間隔は89.4%、10m間隔は85.3%、20m間隔は76.1%であった。

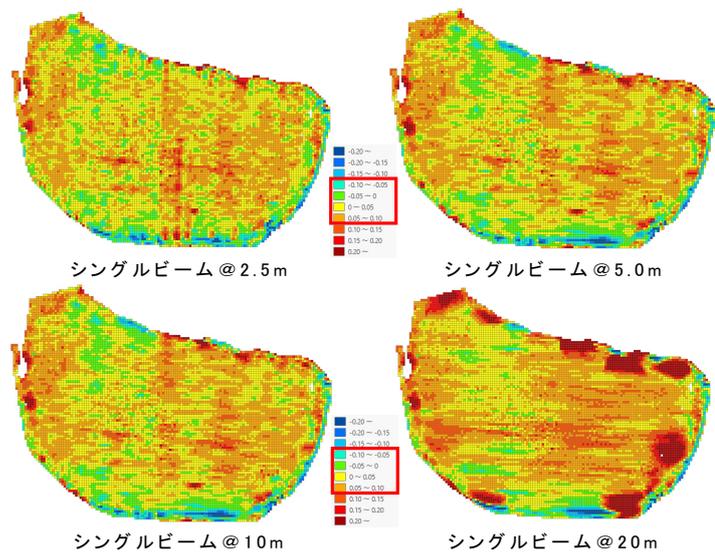


図10 底高の比較

(2)土砂堆積量の比較

土砂堆積量の比較で、マルチビーム測深およびシングルビーム測深の底高から想定池底高までの土砂堆積量を表2に示す。マルチビーム測深の土砂堆積量10,698 m³

表1 底高の比較

範囲	SB@2.5m		SB@5.0m		SB@10m		SB@20m	
	グリッド数	割合	グリッド数	割合	グリッド数	割合	グリッド数	割合
~-0.10	187	1.8%	197	1.9%	196	1.9%	186	1.8%
-0.10~-0.05	297	2.9%	303	3.0%	272	2.7%	195	1.9%
-0.05~0	1,375	13.5%	1,297	12.7%	1,027	10.1%	721	7.1%
0~0.05	4,108	40.3%	3,873	38.0%	3,696	36.3%	2,917	28.6%
0.05~0.10	3,443	33.8%	3,630	35.6%	3,696	36.3%	3,916	38.4%
0.10~	776	7.6%	886	8.7%	1,299	12.8%	2,251	22.1%
計	10,186		10,186		10,186		10,186	

に対して、シングルビーム測深の測線2.5m間隔は11,081 m³ (+384 m³)、5m間隔は11,109 m³ (+411 m³)、10m間隔は11,197 m³ (+500 m³)、20m間隔は11,372 m³ (+675 m³)となり、差分割合は2.5m間隔で4.1%、5m間隔で4.4%、10m間隔で5.3%、20m間隔で7.2%であった。

表2 土砂堆積量の比較

項目	マルチビーム	シングルビーム			
		@2.5m	@5m	@10m	@20m
土砂堆積量	10,698m ³	11,081m ³	11,109m ³	11,197m ³	11,372m ³
マルチビームとの差	—	384m ³	411m ³	500m ³	675m ³
差分割合	—	4.1%	4.4%	5.3%	7.2%

(3) 計測時間の比較

表3はマルチビーム測深およびシングルビーム測深の計測時間を測線間隔毎に比較したものである。マルチビームの計測時間に対し、2.5m間隔で91.7%、5m間隔で45.8%、10m間隔で22.9%、20m間隔で11.5%であった。

表3 計測時間の比較

項目	マルチビーム	シングルビーム			
		@2.5m	@5.0m	@10.0m	@20.0m
計測時間(分)	240	220	110	55	27.5
割合(%)	—	91.7	45.8	22.9	11.5

(4) 考察

本検証により以下のように考察する。

- 底高は、測線間隔2.5mから10mの85%以上がマルチビーム測深の±0.1m内に収まっているが、20m間隔では80%を下回る結果となった。測線間隔2.5mから20mへ間隔が広がるにつれて、ため池周囲(水際部)の底高の差が0.15m以上の箇所が大きく変化している。これは測線間隔が広がるにつれて、測線間のデータ補間による差が影響していると考えられる。
- 土砂堆積量は、マルチビーム測深により求めた土砂堆積量に対する差が、測線間隔10mで5%程度であった。これは、ため池内に貯留された水は流入口近辺を除き、池敷内での水の流れが穏やかであるため、池底の堆積土砂が乱されず起伏がないことが要因の一つであると考えられる。
- 計測時間は、マルチビーム測深の計測時間に対して測線間隔10mでは約1/4程度に時間短縮となり、作業の省力化が図れることが確認できた。

6. おわりに

本稿では、リモコンボートを用いたマルチビーム測深とシングルビーム測深の測線間隔の相違による測定結果をもとに、ため池の土砂堆積量等に関する精度や計測時間の比較を行った。

今回の結果を踏まえ、ため池での土砂堆積量の調査手法として、シングルビーム測深の利活用が広がる可能性を確認できた。国内にある防災重点農業用ため池の数は約54,000箇所へのぼり、防災減災の観点からため池の土砂堆積量を迅速かつ正確に把握することが重要であり、加えて低コストで安全性の高い調査手法を確立する必要があると考える。

今後も同様の調査を行い、シングルビーム測深の活用に向けて、検証を進めていきたい。

最後に、本論文を遂行するにあたり、ご尽力頂いた関係者各位に心より感謝を申し上げます。

水田における ICT 水管理に関する調査結果と今後の展望

鹿児島県土地改良事業団体連合会 事業部 農村整備課 (非)飯田 健吾

1. はじめに

稲作における水管理は、稲作の全作業に占める割合が約 3 割と最も高い作業となっており、耕作者の負担となっている。

令和 3 年に閣議決定された土地改良長期計画においても、水田の大区画化の推進や ICT 水管理等によるスマート農業の推進が明記され、ICT の活用による水管理の省力化の進展が特に期待されている。

また、本県の令和 4 年度新規ほ場整備地区においても、担い手への農地の集団化を図り ICT 水管理システムの導入が検討されている。

本会では、令和元年度から県内での実証実験を行い、データの収集・ICT 水管理システムに係る操作性や利便性等導入に向けた課題整理を行っている。



図1 鹿児島県 ICT 実証地区

表-1 ICT 水管理システム実証地区一覧(令和 4 年 6 月末時点)

番号	地区名	所在地	ICT 水管理機器	実証開始時期
1	吾平東地区	鹿屋市吾平	A 社:5 基, B 社:1 基	令和元年度～
2	第一新富地区	肝付町高山	A 社:1 基	令和元年度～
3	大口東地区	伊佐市大口	A 社:1 基	令和 3 年度～
4	金峰地区	南さつま市金峰	A 社:3 基	令和 3 年度～
5	玉田地区	日置市東市来	A 社:1 基, B 社:1 基	令和 4 年度～
計	5 地区	—	A 社:13 基, B 社:2 基	—

※A 社:株式会社クボタケミックスの「WATARAS」、B 社:積水化学工業株式会社の「水まわりくん」

2. ICT 水管理機器の概要

ICT 水管理機器は、給水栓に水位水温センサー付き制御装置を設置し、自宅などからスマートフォンで給水栓を遠隔で操作できるシステムである。

スマートフォンで給水栓の開閉等の指示をすると、クラウドサーバから通信中継機を通じて給水栓に設置している制御装置に送信され、自動で給水栓の開閉が行われる。

また、水位センサーを設置しているため、水位による制御や、設定した制御内容(制御方法・日時・設定水位等)に基づいて、水管理期間を通して「稲作ごよみ」同様の水管理スケジュールの設定を行い管理することも可能となる。

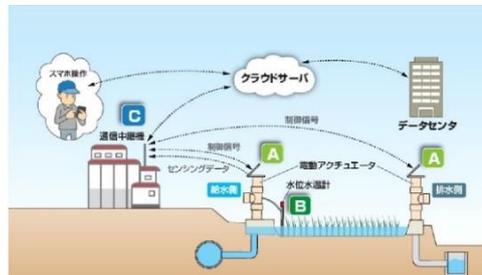


図2 ICT 水管理機器システム

3. 調査内容

調査は主に「水管理に係る労力の調査」、「用水量調査」、「操作性・利便性調査」、「事業導入を視野に入れた課題整理」の4項目について試験区、慣行区を設置し実証を行った。

令和4年6月末時点で、県内5地区に13基のICT水管理機器を設置している。

4. 調査結果

4-1. 水管理に係る労力調査・用水量調査

ICT水管理システムの実証試験は全国各地で行われており、それぞれ水管理労力の削減効果や用水の節水効果などについて有効性が報告されている。今回の実証においても、ほ場の巡回回数が減ったことにより用水管理時間が約60%削減され、また、水位制御によるかん水を行ったことで無効放流が減少し、用水量が慣行区と比べて78%削減されるなどの効果が見られた。

4-2. 操作性・利便性調査

実証農家にスマートフォンでの操作性について聞き取り、ICT水管理機器の設置状況、システムエラーの発生状況等について調査した。

(1) スマートフォンでの操作性

習熟するまでの期間は個人差があるが、数ヶ月経過した後の習熟度では問題なく操作が可能であり、操作性は良好である。

(2) ICT水管理機器の設置状況

令和2年度には草刈りの際に接続ケーブルを切断するなどの問題が発生した。また、水位水温計周りに草が繁茂し、適正な水位が計測できない問題も発生した。制御装置と水位水温計が有線で接続されているため、維持管理作業の際に十分に注意する必要がある。

(3) システムエラーの発生

初期動作不良はほとんどの機器で発生し、その中でも最も多かったものは、給水栓の開閉不良である。主な原因は、ゴミ詰まりによるものが最も多く、このほか既存の給水栓の経年劣化によるもの、高水圧によるものであった。

(ア) ゴミ詰まりによる開閉不良

ゴミ詰まりによる動作不良は、吾平東地区と金峰地区で確認された。いずれも給水栓の弁体部へゴミが詰まったものである。吾平東地区は河川から取水し、幹線用水路で地区内へ導水する際、木の葉や木くずなどが一緒に流下する。ポンプ施設にスクリーンを設置するなどの対策は講じているものの、すべての雑物を除去できず管内に流入し、開閉不良が起こる。



写真1 給水栓弁体部のゴミ詰まり状況

金峰地区では、パイプライン内にシジミが侵入しており、給水開始直後の代かき期には給水栓が全開できない事案が発生した。通水前に配水槽の清掃を行い、給水前には排泥弁を開けシジミの除去に努めているが、3回ほど開閉不良が発生した。

(イ) 既存の給水栓の経年劣化による開閉不良

既存の給水栓に ICT 水管理機器を設置したほ場では、経年劣化によりパッキンが固着し、給水栓が開閉しない動作不良が発生した。従来、手動において給水栓の開度を調整する場合は、給水栓を全開して使用することが少ないため、ある一定の開度位置で固着していると見られる。そのため、給水栓を 10%から 30%の間で開度を設定して給水するなどの対策を行っている。開度調整を行うことで動作不良はある程度解消された。

(ウ) 高水圧による開閉不良

金峰地区は金峰ダムから取水し、減圧水槽を經由して地区内に導水している。減圧水槽と試験区の高差は 50m 程度あり、水田では比較的水圧が高い地区である。開閉不良は、周辺ほ場が除草剤散布後に給水を停止する期間や中干しを行う期間に発生することが多い。代かき期など地区内全域で給水が行われている場合には、ICT 水管理機器は正常に作動した。代かき期に水圧を計測したところ 0.24MPa 程度であったが、中干し期は 0.43MPa と水圧が高い状況にあり、周辺ほ場の給水状況によって水圧は大きく変動することが確認された。このため、現状の制御装置ではエラーが頻発するため、令和 4 年 6 月にモーター部を高圧仕様のものに変更し、実証を継続している。

4.3. 事業導入を視野に入れた課題整理

これまでの実証結果を基に、事業において ICT 水管理機器を導入する際の課題等について整理を行った。

(ア) 自動給水栓の設置方法

実証では、水位水温センサー部に草が繁茂することによって水位計測が不安定になることや制御装置と水位水温計をつなぐ有線コードが切断されるなど設置方法に関する課題が見つかった。また、ICT 水管理機器メーカーでは φ 50mm の給水栓に制御装置を設置する場合には、風や水圧等で制御装置が揺れて給水栓の立ち上り部が破損しないよう単管などで補強を行い固定することを推奨している。

以上の課題を解決するため、水位水温計の設置及び制御装置の固定方法について令和 3 年度から(株)インフラテックと共同で ICT 水管理機器に対応した保護樹の検討を行っている。保護樹は、制御装置と水位水温計のセパレートタイプで固定金具を用いて樹と各機器とを固定している。現在、この保護樹を金峰地区に 3 箇所、吾平東地区に 1 箇所設置し、実証を行っている。



写真 2 ICT 水管理機器用給水栓

(イ) システムエラー

エラーの多くが開閉不良によるものである。ICT 水管理機器は、異物の挟まりや開度の異常を感知すると、バルブが開閉を複数回繰り返し、異物除去動作を行う設定となっている。しかし、すべての異物は除去されず、給水栓内部に異物が残り開閉不良となる。各取水施設の管理者である土地改良区では、パイプライン内に異物が入らないようスクリーン等を設けるなどの対策を講じ

ているものの、全面的な解決には至っていない。そのため、すでにパイプラインの整備が完了している地区で ICT 水管理機器の導入を検討する場合には、除塵機の設置の有無や雑物の流入状況など取水施設に関する調査を十分に行い、必要な施設整備も併せて検討することが必要である。

また、新規のパイプライン計画地区においては、雑物が流入しにくい取水構造とし、ポンプ施設まで導水する水路で雑物が十分に取り除けるような構造を検討するなど、用水ユニット全体で対策を行っていくことが重要である。

次に、既存の給水栓の経年劣化による開閉不良については、既存の給水栓を利用したほとんどの地区で何らかの障害が発生している。そのため、既存の給水栓を利用して ICT 水管理機器を設置する場合は、劣化状況を十分に調査し、慎重に検討する必要があるが、給水栓も一体的に更新することが望ましい。

最後に、水圧による開閉不良については、周辺ほ場の給水状況によって水圧は大きく変動する。そのため、水理計算の結果だけで ICT 水管理機器の導入を決定するのではなく、周辺の作付け状況や給水栓の利用状況等を確認し、各用水区域で水圧試験を行った上で設置を検討することが重要である。

5. 今後の展望

ICT 水管理機器を導入することによる水管理に係る労力の軽減や用水量削減などの効果は非常に大きく、全国でも導入が進んでいる。

ICT 水管理システムは、センサーにより得られた水位水温や水管理の操作履歴をデータとしてクラウド上に残すことで、水管理のデジタル化を行い、気象や水稻生育などのさまざまなデータや営農管理システムと連携することで、品質や収量向上のための最適な水管理を実現することが可能となるため、単に給水栓の自動化が目的ではなく、得られたデータをどう活用するかが重要である。そのためには、営農と連携した取り組みが重要であり、ICT 水管理システムを利用してどのように新たな地域営農を確立していくか考える必要がある。

また、導入にあたっては、地域の営農状況や担い手への集積状況、維持管理体制の確立などについても確認しながら慎重に地区の選定を行うことが重要である。

設置の方法や維持管理、ランニングコストの問題など本格的な導入に向けてまだまだ課題は多いが、今後も、導入に向けてより具体的な課題の抽出・整理を行い、課題に対する解決策を模索していきたい。



写真3 水まわりくん設置状況

ポスターセッション

水理, 水文・水質・気象, 土壌物理,
土質力学, 生態環境

東よか干潟におけるカニ類の生物活動に及ぼす環境因子の解析

佐賀大学大学院農学研究科 ○(学) 千北拓
佐賀大学農学部 (正) 郡山益実

1. はじめに: 有明海の東よか干潟は、ラムサール条約の登録地であると同時に、国内最大規模の泥干潟であり、数多くの貴重な生物の生息地である。泥干潟の表在性ベントスの中でも大型の生物攪拌者であるカニ類の生物活動は、泥干潟の物質循環を考えるうえで重要な物理的要因である。そこで本研究では、年間を通して撮影した定点カメラの画像解析より、東よか干潟高潮間帯域に優占するカニ類の生物活動に及ぼす環境要因を定量的に評価することを目的とした。
2. 使用するデータの概要: 本研究は、佐賀市東よか干潟旧漁港付近の高潮間帯に定点カメラを設置し、2018年1月から2020年9月の撮影した画像データを使用した。定点カメラ(BirrhoTCL200)は干潟上約1.3mの位置に設置し、30分間隔で干潟表面を撮影した。撮影した画像から50cm×50cmの2か所のコドラードに映り込んだカニの個体数をカウントすると同時に、撮影画像から干潟の冠水状況を記録し、干潟表面の水分状態を5段階(湿潤状態大1～乾燥状態大5)に分類した。また、カニの生物活動に及ぼす環境要因として、佐賀市の気象データ(平均気温、最高及び最低気温、日降水量、日平均風速、日照時間、全天日射量)と大浦の潮位データを気象庁HPより入手し、整理解析した。
3. 結果及び考察: 図1は、2018年1月27日から2020年9月2日におけるカニの日積算個体数と日平均気温の経日変化を表したものである。ここで、カニの日積算個体数は、干潟表面に設定した2か所のコドラード内に映り込んだ1日のカニの総数である。図示されるように、カニの日積算個体数は春～夏季に増加し、秋～冬季に減少する季節変化を示し、基本的には日平均気温の季節変化と対応した。このことから、カニの生物活動の主要な環境因子の1つに日平均気温が考えられた。

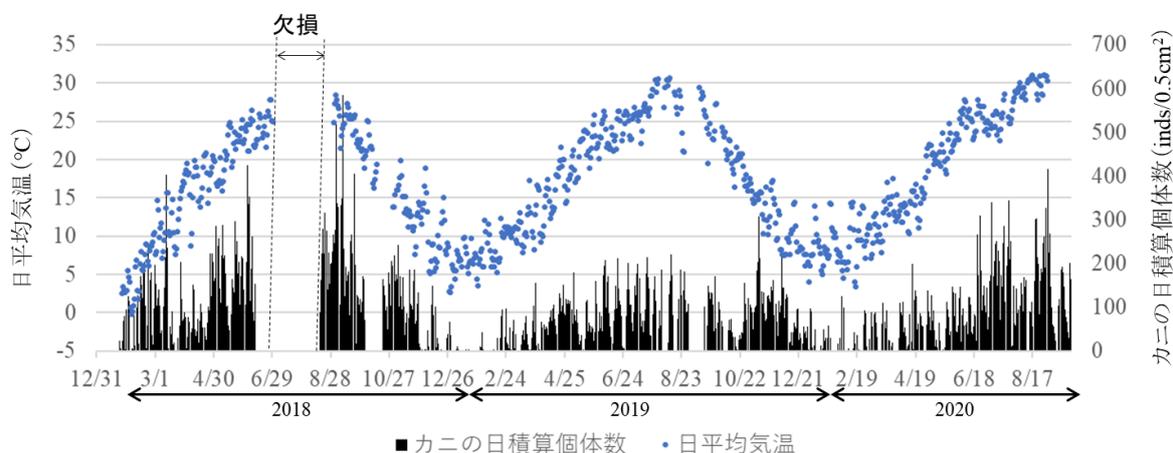


図1 解析期間(2018年1月～2020年9月)における日平均気温及びカニの積算個体数の経日変化

次に、カニの活動と気温との関連性を詳細に検討するため、図2に日積算個体数と日平均気温との関係を表す。図示されるように、日平均気温の増加に伴いカニの日積算個体数も増大する傾向を示した。カニの日積算個体数が0である日数は96日であり、その中の96%(94日)の日平均気温は12°C以下であった。そこで、12°Cを基準にカニの日積算個体数を比較した結果、12°C以上の日積算個体数の平均値は 118.2 ± 82.1 (inds/0.5m²)であり、12°C以下は 27.0 ± 42.2 (inds/0.5m²)

であった。このことから、カニの干潟上での活動の目安となる日平均気温は 12°Cと推定された。東よか干潟の代表的な表在性マクロベントスであるムツゴロウは、外気温が 12°C以下になると干潟表面で活動しないとの報告例があり、カニの活動気温はムツゴロウと同程度と推察された。なお、冬季(1~3月)で日平均気温が 12°C以下にもかかわらずカニの日積算個体数が高い日が多い(図 2 の A)。そこで、日平均気温 < 12°C で日積算個体数 > 30 inds/0.5m² に該当する日数を抽出すると 46 日あり、その 74% は該当年における全天日射量の月平均値の約 1.5 倍高かった。

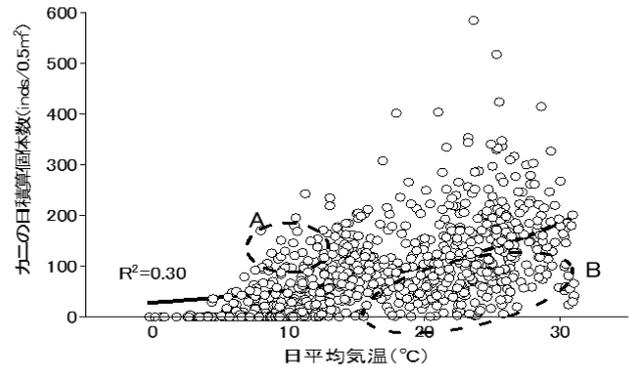


図 2 日平均気温とカニの日積算個体数の関係

このことから、冬季におけるカニの生物活動には日平均気温だけでなく、干潟底泥の熱環境と密接に関連する全天日射量の大小が影響すると考えられた。一方、夏季(6~9月)では、日平均気温が 20~30°C と高くなるにもかかわらず日積算個体数が低い場合が多い(図 2 の B)。そこで、夏季の日積算個体数が 50 inds/0.5m² 以下になる日数を抽出すると 20 日あり、その中の 9 日は日降水量が 16~209mm と多く、残りの 11 日は小潮もしくは中潮で干潟表面の水分状態が 5(乾燥大)であった。対象域のカニ類はシオマネキやアリアケガニが優占しており、シオマネキ類は活動期間中であっても雨の日は活動しないとの報告例があることから、降雨の影響により干潟表面のカニ類の活動が低下したと考えられる。また、潮位が低く長期間干潟が干出すると、干潟表面の乾燥に伴い底泥は硬くなり、干潟表面にクラックが入る。この環境下は、カニ類の摂餌行為や造巣活動などには適さず、その結果カニの活動が低下すると考えられる。以上のことから、カニの生物活動は、基本的には平均気温によりコントロールされるが、平均気温以外にも季節によってカニの活動に影響する環境因子は異なることが推察された。そこで、日平均気温が 12°C 以上をカニの活動期、12°C 以下をカニの不活動期とし、それぞれでステップワイズ法による重回帰分析を行い、各期間におけるカニの日積算個体数の変動に有意に影響する環境因子を検討した。なお、重回帰分析するにあたり目的変数はカニの日積算個体数、説明変数は干潟表面の水分状態、日降水量、日平均気温、日平均湿度、日平均風速、日照時間、日最高潮位である。重回帰分析の結果、(1) 及び (2) 式が得られた。これらの式から明らかのように、カニの活動期に及ぼす環境因子は、*T*、*Soil*、*R*、*W*、*SR*、*TL* であり、その中で *T*、*Soil* 及び *R* の影響度は高く、カニの不活動期の環境因子は、*T*、*SR*、*W*、*TL* であり、その中で *T* と *SR* の影響度が高かった。

(i) カニの活動期

$$Ci = 5.684 \times T - 16.846 \times Soil - 1.057 \times R - 11.128 \times W - 2.994 \times SR - 0.140 \times TL + 162.026 \quad (1)$$

(ii) カニの不活動期

$$Ci = 7.121 \times T + 2.640 \times SR - 5.616 \times W - 0.108 \times TL + 18.683 \quad (2)$$

ここに、*Ci* : カニの日積算個体数、*T* : 日平均気温、*Soil* : 干潟表面の水分状態、*R* : 日降水量、*W* : 日平均風速、*SR* : 日照時間、*TL* : 日最高潮位である。

4. まとめ : 本研究では、重回帰分析よりカニの生物活動に及ぼす環境因子を解析し、カニの活動期と不活動期において環境因子が異なることを明らかにした。今後、干潟の泥温や熱環境を含めた解析を行いカニの生物活動の環境因子を明らかにし、カニの活動と干潟の物質循環の関連性について検討する予定である。

永池ため池の集水可能量の推定と治水機能の評価

佐賀県立佐賀農業高等学校 ○(非)前田翔吾 (非)瀧上幹太 (正)世戸直明

1.はじめに

近年、水害の激甚化および頻発化が進んでいる。佐賀県でも「令和元年 8 月豪雨」の発生時に県内のほとんどの地域で 48 時間降雨量が1ヶ月平均降雨量の約 1.4 倍以上となり、甚大な被害を受けた。さらに、わずか 2 年後に「令和 3 年 8 月豪雨」が発生し、令和元年 8 月豪雨以上の被害をもたらした。この豪雨では、7 日間で合計 1,100mm 以上の降雨を記録し、佐賀県はわずか 3 年の間に何十年に一度と言われるような豪雨を 2 度も経験することとなった。

このような現状から、国土交通省では流域治水対策を推進しており、対策の一つとして、降雨の一次貯留の場所としてため池や水田等の活用が検討されている。そこで本研究では、ため池による一次貯留の課題について検討し、その対策を評価した。

2.課題

図-1 に九州沖縄 8 県のため池数を示す。佐賀県や福岡県は広い流域をもつ河川が少なく、農業用水の確保に多くのため池が利用されてきた。佐賀県は 2,665 個と、九州で 3 番目の数となっている。また、図-2 に、佐賀県の地区別のため池数を示す。「令和元年 8 月豪雨」及び「令和 3 年 8 月豪雨」で大きな被害を受けた武雄地区にも多くのため池が存在していることから、ため池による降雨の一時貯留は、水害の緩和に効果があると考えている。

しかし、ため池本来の用途は、農業用水確保である。治水のために貯水容量を確保することは、農業用水として確保する量を減少させなければならない。そこで、この課題を解決するために、次のような検討条件を考えた。気象情報による予想降水量からため池への降雨流入量を推定し、必要な分だけの水位を下げる。こうすることで、ため池の貯水量を大きく減らすことなく治水に活用することで、農業用水の確保と治水の両立が可能になると考えた。

3.調査方法

武雄市北方町にある永池ため池において調査を行うこととした。永池ため池は上段、中段、下段の三つのため池に区分されており、総貯水量は 1,892 千 m^3 である。また、洪水調整量として 438 千 m^3 が計画されている(大宅,2015)。

最初に、FAO の開発した CROPWAT を用いて、コメの栽培による灌漑要求量を求めた。結果を図-3 に示す。6 月の灌漑要求量を永池ため池の受益面積 1,707ha で求めると 1,536 千 m^3 となる。これは永池ため池総貯水量の 81%を占めている。この地区では 6 月中旬に田植えが行われるため、梅雨とも重なるこの時期に、治水対策のためとはいえ、ため池の水位を下げることは利水権者からの同意は難しいのではないかと考える。

降水量はアメダスのデータを活用した。アメダスは白石町大字福田に設置されており、アメダスと永池ため池との距離は約 6km ある。そこで、永池ため池から約 3.5km の地点で雨量観測を行いアメダスのデータと雨量観測地のデータを比較した。観測には直径 146mm の雨水ますを設置し、24 時間降雨量を重量により測定した。

降雨のため池への流入量を求めるため、ため池の水位変化を測定した。測定場所は下池左岸の洪水吐付近とした。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 2022 年 5 月 10 日から 16 日とし、測定間隔は 1 時間とした。流入量の推定には次式に示す集水可能量の算定式 (農林水産省,1990) を用いた。

$$WS_t = 10 \cdot a \cdot f_r \cdot e \cdot R_i \quad (1)$$

ここで、 WS_t :日集水可能量(m^3 /日)、 a :集水面積(ha)、 f_r :流出率(0.0~1.0)、 e :集水効率(0.8~0.95)、 R_i :日降雨量(mm/日)である。

4.結果と考察

アメダスと雨量観測の比較を表-1 に示す。2021年11月21日から22日の24時間降雨量には大きな差が見られなかった。しかし、2021年11月30日から12月1日の24時間降雨量には大きな差が見られた。これは、まとまった降雨量となる場合は地域差が小さく、少ない降雨量となる場合は地域差が大きくなることから、今回の結果として表れたと考えている。よって、まとまった降雨量が予測される場合は、6km離れた場所に設置されたアメダスのデータも活用できると考えた。

白石町福田のアメダスによると、2022年5月11日に14mm、12日に14mm、13日に22.5mm、合計50.5mmの降雨があった。この降雨量から、推定流入量を算定した結果は7,886 m^3 であった。なお、流出率は沖縄県伊計島における流出率解析の例(農林水産省,1990)を参考に0.05、集水効率は0.90とした。一方、その間に測定した水位の上昇は約80mmであった。この結果から実際の流入量を求めると10,480 m^3 となる。今回の結果では、集水可能量の算定式の流出率を0.15とすることで、実測値に近い値となることがわかった。

5.まとめ

本研究で、激甚化・頻発化する水害に対して、流域対策におけるため池の治水効果を評価した。その結果、集水可能量の算定式における流出率の値を0.05から0.15に補正することで、実測値に近い予測値を求めることができるとわかり、その推定流入量分の水位を事前に低下させることで、洪水調節が可能ではないかと考えた。

今後も調査を続け、予測値の精度を高めることで、予測値に従った水位コントロールが可能となり、田植え時期においても、ため池の利用が可能になると考える。

【参考文献】

大宅 公一郎(2015):永池三段ため池による洪水調整, 水と土,No.175

農林水産省構造改善局計画部(1990):土地改良事業計画指針 畑地帯集水利用

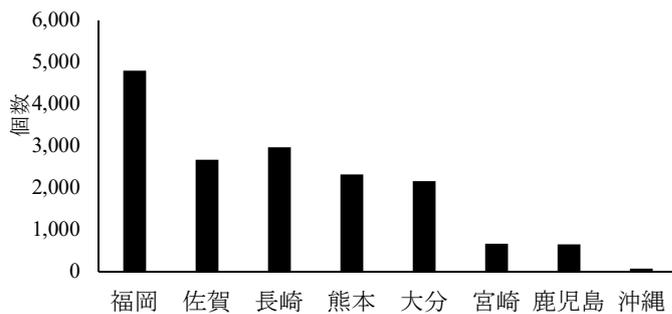


図-1 九州沖縄8県のため池数

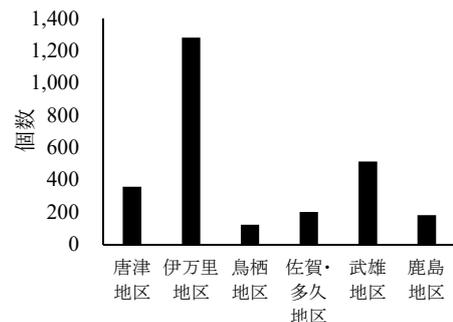


図-2 佐賀県のもて池数

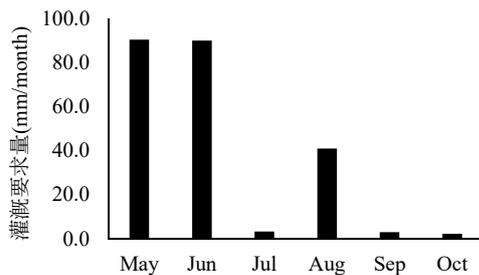


図-3 コメの栽培による灌漑要求量

表-1 アメダスと雨量観測地の降雨量の比較

観測期間	観測場所	降水量(mm)
2021.11.21 21:00	アメダス	20.0
~11.22 21:00	雨量観測値	22.8
2021.11.30 17:00	アメダス	8.5
~12.1 17:00	雨量観測値	2.6

機械学習を利用した干拓土中の水分予測

佐賀大学大学院農学研究科 ○(学)升田 直希
佐賀大学農学部 (正)平嶋 雄太 (正)宮本 英揮

1. はじめに

干拓農地には、一般に、飛来したり下層土から遡上したりする塩分による塩害リスクが存在する。塩分移動予測に多用されてきた従来の数値シミュレーションにより、所定の境界条件下における予測結果を得ることができるものの、IoT や AI 技術の発展に伴い、時々刻々と変化する自然条件に即応できる自律的予測技術の確立が求められるようになった。本研究では、機械学習を利用した干拓土中の水分・塩分環境予測技術開発の前段として、体積含水率との相関性が認められる誘電率の予測を試みた。

2. 実験方法

長崎県農林技術開発センター・畑作営農研究部門内の圃場を調査対象と定めた。圃場の-70 cm, -45 cm, -25 cm, -15 cm, -5 cm(計 5 深度)に埋設した TDR-315 センサ(Acclima)を CR216X データロガー(Campbell sci.)に接続し、見かけの誘電率(ϵ)、地温(T_s)、バルク EC(σ_b) の計 3 項目に加え、同一圃場内の気象観測システムより気温(T)、相対湿度(RH)、風速(WS)、日射量(I)、降水量(Pr)のデータを、1 時間間隔で測定した。これらのデータに基づき、実効雨量(D_M)とそれを決定する減少係数(α)を次の手順で定めた。すなわち、地表面近傍の-5 cm における ϵ を目的変数、 T , RH , WS , I , D_M を説明変数とし、測定された ϵ を最もよく再現する重回帰式を定めることにより α を決定し、この α に基づいて D_M を算定した。

同一圃場における過去の調査結果²⁾を踏まえ、本研究では、干天日が 37 日連続した後、すなわち、2018 年 8 月 15 日~2021 年 12 月 31 日のデータのうち、2020 年 12 月 31 日以前のを学習用データ、2021 年 1 月 1 日以降のを後述する予測モデルの検証用データとそれぞれ定めた。予測実施時刻を起点とし、 P (本研究では $P=6$)時間後の-5 cm における ϵ を目的変数、 K 時間前までの D_M , T , RH , WS , I , DOY をそれぞれ説明変数と定めたうえで、11 条件の $K(K=0, 2, 5, 11, 17, 23, 35, 47, 71, 95, 119)$ における計 11 種類の ϵ 予測モデルを構築することとした (Fig.1)。プログラミング言語として Python, また機械学習用ライブラリとして scikit-learn をそれぞれ利用し、線形回帰による ϵ 予測を行った。検証用データの ϵ に対する予測値の R^2 および RMSE に基づき、全予測モデルの予測精度を評価した。

3. 結果と考察

一部の連続降雨期間を除き、測定された-5 cm の ϵ は、 D_M と概ね連動した。8 月 11 日以降の降雨によって ϵ は最大値(約 37)にまで上昇したが (Fig.3), D_M は ϵ が最大値を示した後も更なる上昇を示すとともに、そのピーク時間は ϵ のそれと比べ遅延した(Fig.2)。このような挙動の差異が部分的に認められたものの、降雨時の D_M の増加に伴って ϵ は上昇し、無降雨期間における D_M の減少とともに低下する傾向が認められた(Fig.2, Fig.3)。このような挙動を示す D_M を、後述する ϵ 予測モデルの説明変数として導入した理由は、 Pr を説明変数としても、 ϵ の増減を効果的に表現できる予測

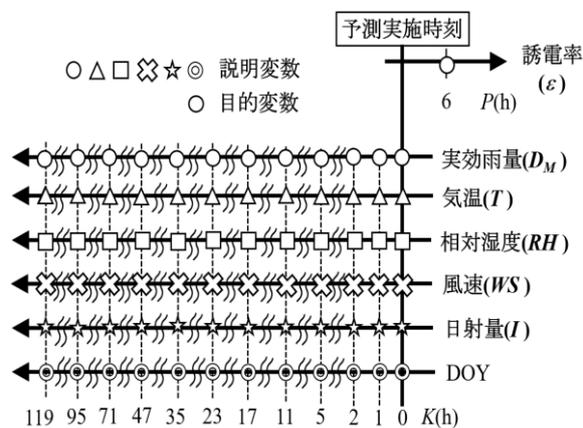


Fig.1 誘電率(ϵ)の予測に供する説明変数

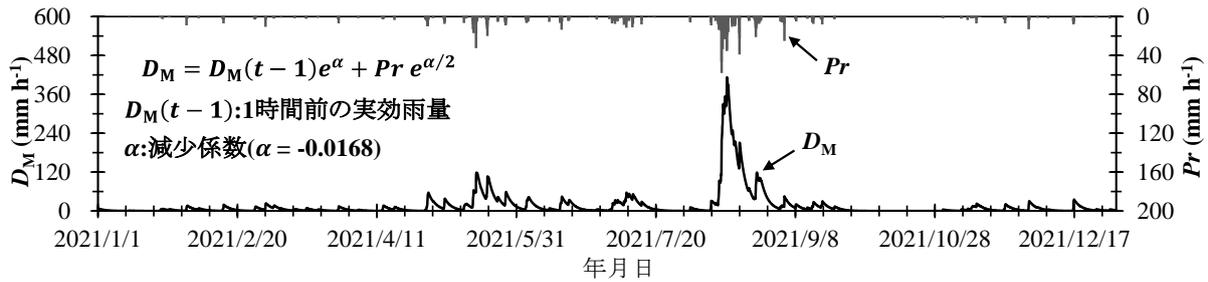


Fig.2 降水量(Pr)と実効雨量(DM)の経日変化

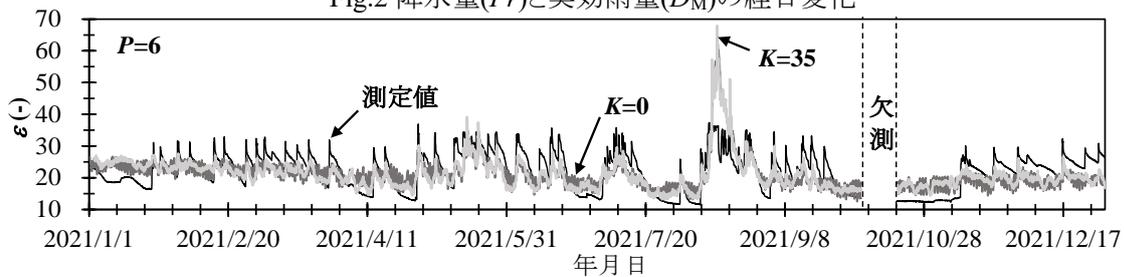


Fig.3 -5 cm における誘電率(ϵ)の測定値, 2 種の予測モデルに基づく ϵ の予測値の経日変化

モデルを構築できないことが判明したためである。

6 時間後($P=6$)の ϵ の予測値は, 測定値と連動した変化を示した。 ϵ の予測値の一例として示した $K=0$ (説明変数は 6 種 $\times 1=6$)における予測値は, 降雨時に上昇し, 無降雨時に低下する一般的な土中の誘電率の変化を示した(Fig.3)。類似した変化は, $K=35$ (説明変数は 6 種 $\times 36=216$)のように K を増大, すなわち, 説明変数を増加させて予測モデルを複雑化させた場合にも認められた(Fig.3)。 R^2 およびRMSEに基づき各予測モデルの精度を比較した結果, $K=35$ の予測精度が最良であり, K をそれより大きくしても, 予測精度の更なる向上は認められなかったことから(Fig.4), $K=35$ の予測モデルを採用することとした。

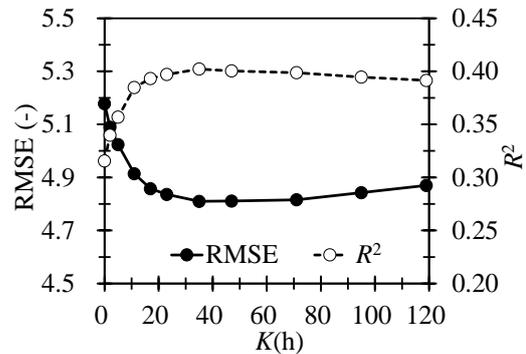


Fig.4 各 K に対する予測精度

$K=35$ の予測モデルにおいても, 連続降雨期間の ϵ を過大評価する可能性があることが判明した。例えば 8 月 12 日~8 月 14 日に, $K=35$ における ϵ の予測値が D_M の上昇に伴って増大し, 測定値の最大値を大きく超える 68 まで上昇した。類似した過大評価現象は, 他の K の条件においても確認された(図は割愛)。これは, D_M と連動する線形回帰モデル特有の現象である。ゆえに, ϵ の予測値が非現実的な上昇を示さないよう, 予測値の上限を設けたり, 異なる回帰モデルを適用したりする更なる改良が必要であると考える。

4. おわりに

機械学習による ϵ 予測の有効性を検討した結果, 一部の連続降雨期間を除き, ϵ の変動傾向を概ね予測できることが明らかになった。今後は, 精度の高い新たな予測モデルの構築を試みるとともに, P をさらに大きくした場合の ϵ の予測についても, 検討する予定である。

4. おわりに

機械学習による ϵ 予測の有効性を検討した結果, 一部の連続降雨期間を除き, ϵ の変動傾向を概ね予測できることが明らかになった。今後は, 精度の高い新たな予測モデルの構築を試みるとともに, P をさらに大きくした場合の ϵ の予測についても, 検討する予定である。

謝辞:長崎県農林技術開発センター・畑作営農研究部門の助力を得て本研究を実施した。ここに記して謝意を表す。

引用文献:1)鈴木・小橋(1981):がけ崩れ発生と降雨の関係について, 砂防学会誌, 34巻, 2号, 16-26.
2)平嶋ら(2020):農業農村工学会論文集, 88(1), I_21-I_28.

泉山粘土と天草粘土の液性限界および沈降様式の違いについて

佐賀大学大学院農学研究科	(非)	平井	誠
佐賀大学大学院農学研究科	(非)	湊野	龍太
佐賀大学全学教育機構	(正)	近藤	文義

1. はじめに

有田焼は現在良質な泉山粘土が不足するようになったため、熊本県の天草粘土を使用して作られている。泉山粘土を有効活用して有田焼のリブランディングを望む声が組合では多く上がっており、泉山粘土を天草の粘土により近づけるため、泉山粘土の品質改善の研究を行っている。本研究は、基礎研究として泉山粘土の品質改善のためには可塑性評価が重要であり、それにまつわる泉山粘土の液性限界に関する化学的要因について検討し、明らかにすることを目的とした研究である。

2. 実験方法

【試料土】 試料土として佐賀県有田町の泉山粘土、熊本県天草市の天草粘土を用いた。泉山粘土について土粒子密度は 2.64g/cm^3 、液性限界は 50%であった。天草粘土について土粒子密度は 2.63g/cm^3 、液性限界は 41%であった。それぞれの特徴としては、泉山粘土は黄色で高膨潤性と予想される。天草粘土は白色で低膨潤性であると予想されている。膨潤性に関しては過去の研究から予測されているものである。両粘土の主要粘土鉱物はカオリナイト、石英、マシコバイトであり、泉山粘土はこれに加えてカリ長石が同定された。試料土は NaCl 塩濃度を 1mol/L (58.5g/L)としてシリンダーの中で攪拌沈降させ静置後上澄み液を取り除いた。その後 NaCl 塩濃度 30g/L の溶液を添加し、さらに攪拌沈降させる洗浄作業を繰り返し、全ての試料土を Na 飽和土とした。

【液性限界試験】 陶磁器粘土では自然含水比と液性限界が低く、粘土の可塑性評価に静的実験が適していることなどから JIS 法（アッターベルグ試験）ではなくフォールコーン法の 11.5mm 貫入量による含水比を液性限界とみなした。

【沈降実験】 沈降実験は粘土の沈降様式が粘土粒子の沈降開始時の凝集性の強弱を表す物理的指標となっている。沈降実験では泉山粘土や天草粘土が2週間の期間中、濃度の変化する NaCl 水溶液中でどのように沈降していくかを記録した。初期含水比と塩濃度は、それぞれ 500~6000%、 $0.3\sim 30\text{g/L}$ の範囲である。懸濁液が均一になるように攪拌したのち2週間静置した。沈降実験に用いた粘土泥水は、Na 飽和試料土に蒸留水と NaCl 溶液を必要量添加して調整した。調整した泥水は、内径 6cm のアクリルシリンダーに高さ 20cm まで充填した。塩濃度は間隙水の電気伝導度から求めた。塩濃度については電気伝導度(mS/cm) $\times 0.64$ で求めた。

3. 結果と考察

【膨潤性】液性限界について、図3のNaCl添加後の含水比より求めた液性限界比より、泉山粘土は高膨潤性、天草粘土は低膨潤性であることが分かった。

【沈降実験の結果】 図1の沈降様式について泉山粘土の場合塩濃度 15～30g/L, 含水比 500～3000%の場合全てにおいて界面沈降を示し、含水比 4000～6000%において凝集性自由沈降を示した。また塩濃度 0.3～8g/L, 含水比 500%で圧密沈降, 含水比 750～3000%で界面沈降, 含水比 4000～6000%において凝集性自由沈降を示した。通常、高膨潤性粘土では最初に圧密沈降が見られ、その後塩分濃度が下がるにつれて界面沈降へと移動するが泉山粘土では界面沈降から圧密沈降へと移行し逆の傾向が見られた。図2の沈降様式について天草粘土の場合圧密沈降は見られず、塩濃度 0.3～30g/L, 含水比 500～3000%において全て界面沈降を示し 4000～6000%で塩濃度 30g/L, 2g/L, 含水比 4000%の場合を除き凝集性自由沈降を示した。塩濃度 0.3～0.5g/L ではほとんどの場合単粒子自由沈降を示した。

【考察】沈降実験についてどちらの粘土においても含水比 500%において塩濃度が下がるにつれてほとんど沈降しない寒天状態が多く見られた。これは粘土粒子の配向構造や綿網構造、またはシリンダー内での土と壁面の摩擦力が関係していると考えられる。さらにシリンダー内の土の量によっても摩擦力に違いが生まれていると考えられる。また塩分濃度が低下した際、天草粘土では上澄み液が曇り始めた。これは塊ではなく細かい粒子となって沈降していると考えられ、泉山粘土では見られなかったため粘土成分のイライト、カオリナイトなどの2次鉱物の含有量や構造の違いが沈降の仕方に影響を与えていると考えられる。

表1 泉山粘土と天草粘土の液性限界の変化

	泉山粘土	天草粘土
① 純水使用	50.2	41.2
② NaCl濃度:30g/L	43.5	47.6
③ NaCl濃度:60g/L	41.6	47.8
④ 液性限界比 (②/①)	0.87	1.16
⑤ 膨潤性の判定	あり	なし

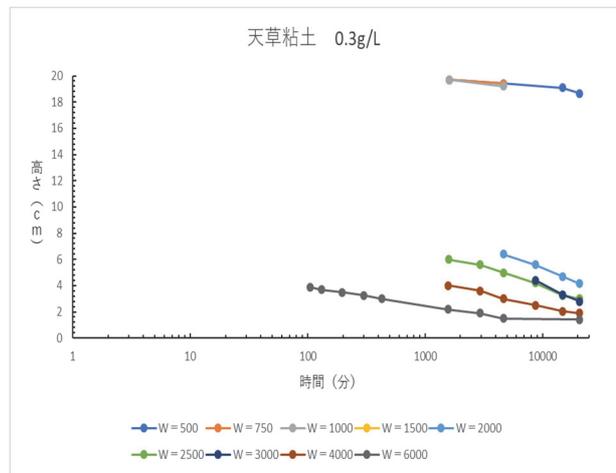
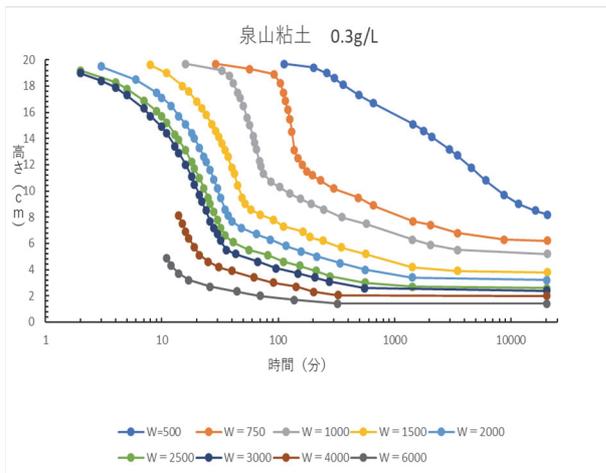
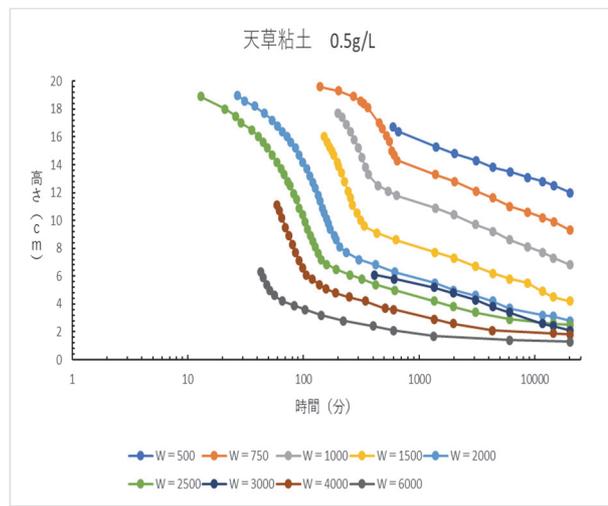
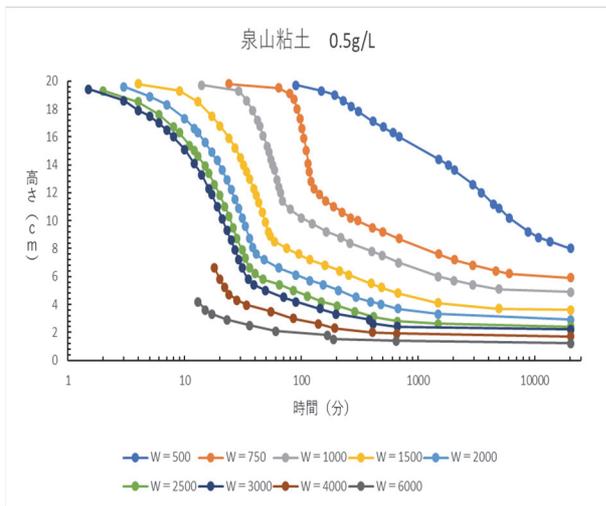
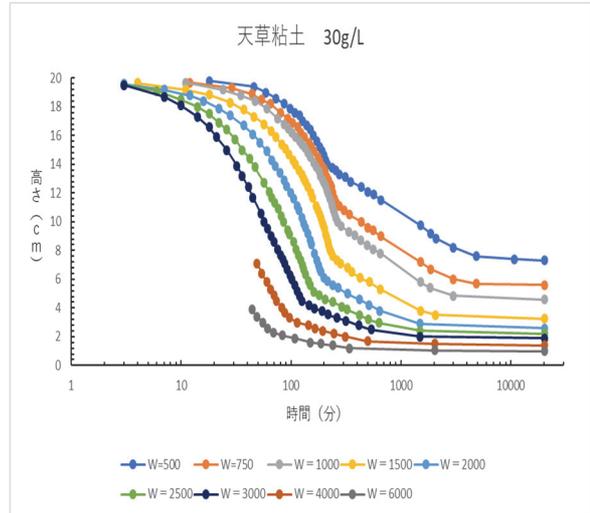
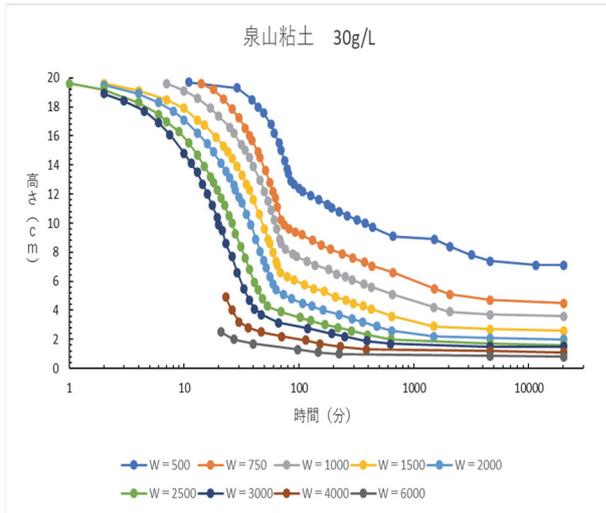


図1 時間-沈降曲線の一例
(NaCl 濃度 30, 0.5, 0.3g/L)

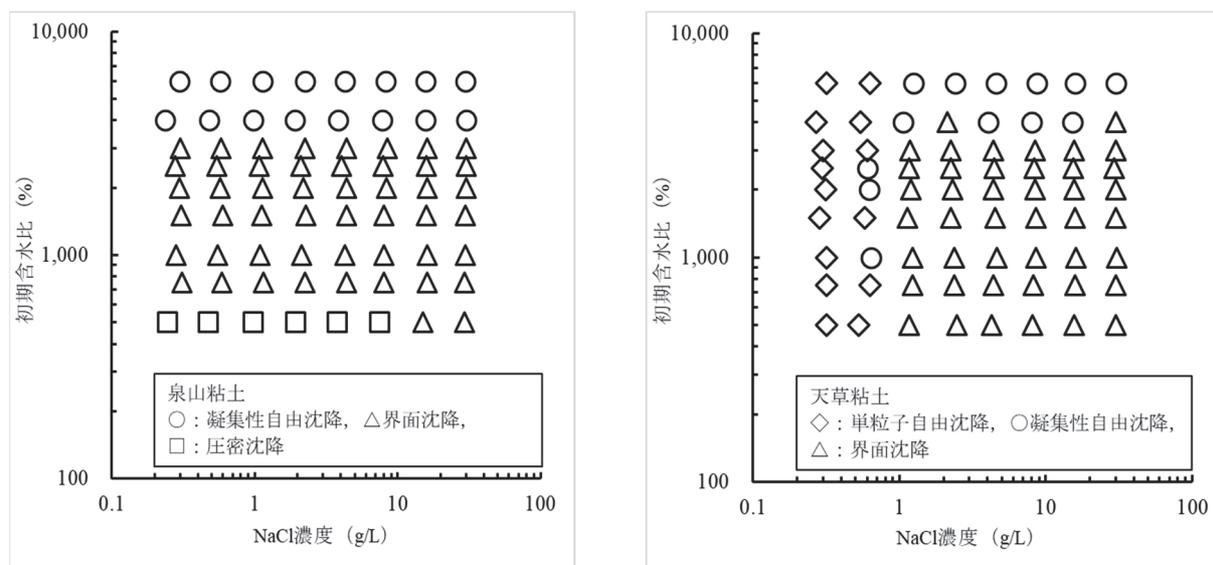


図2 泉山粘土（左）と天草粘土（右）の沈降様式

4. まとめ

通常の陶芸の作業工程（轆轤や鋳込）においては高濃度の塩水を用いることはないため、泉山粘土の方が天草粘土よりも強い粒子間引力が働いているものと推定され、この違いが両粘土の品質の違いに関係しているものと考えられる。なお、粒子間引力だけでなく沈降終了後の堆積物の構造または形態の違いも両粘土の品質に大きく関わっているものと予想されるため、別途検討していきたいと考えている。

謝辞

本研究に使用した2種類の粘土は、碧翠工房（佐賀県西松浦郡有田町）の西原 章氏より提供を受けた。付記して謝意を表します。

引用文献

- 1) 近藤文義・高田佳織（2020）：令和2年度農業農村工学会九州沖縄支部大会講演要旨集，講演番号 4-1.
- 2) 近藤文義・國武昌人・高山昌照・野木芳幸（1996）：農業土木学会論文集，185，73-80.
- 3) 近藤文義・豊満幸雄・武藤 勲（2006）：農業土木学会論文集，242，67-73.

自立式鋼矢板設計に用いる変形係数の評価における孔内水平載荷試験と一軸圧縮試験の比較検討

佐賀大学大学院農学研究科	○ (非) 湊野 龍太
佐賀大学大学院農学研究科	(非) 平井 誠
佐賀大学全学教育機構	(正) 近藤 文義
(株) 技術開発コンサルタント	(正) 山崎 拓治
(株) 技術開発コンサルタント	(正) 住吉 和彦

1. はじめに

粘性土地盤に基礎杭や鋼矢板等を設置する場合、これらの構造物に作用する抵抗によって杭の本数や矢板の選定に関する事前設計が行われる。この場合、地盤の抵抗を表す指標として、変形係数（ヤング率）が用いられる。これを求めるための現地試験として孔内水平載荷試験（地盤工学会基準 JGS 1421）、室内試験として一軸圧縮試験（JISA 1216）が行われる。しかし、孔内水平載荷試験はボーリング孔を利用して行われるため、地盤の乱れの影響を大きく受けており、変形係数が過小評価され設計上は不経済であると考えられている（田上ら、2010）。

本研究は、以上のことを踏まえた上で地盤の変形係数の測定方法として、半川締切工法でのクリーク護岸工事を実施予定の現場の試料土を用いて孔内水平載荷試験と一軸圧縮試験の結果の比較および検討を行ったものである。

2. 試料土の詳細と実験方法

2.1 試料土について

本研究で使用した試料土は、現場からシンウォールサンプリングによって採取した。ここでは3点（T1,T2,T3）において5つの深さ（GL-2.50~3.35m,4.50~5.40m,7.50~8.40m,10.50~11.40m,13.0m~14.40m）を対象にサンプリングを行った。

2.2 供試体の作成

シンウォールチューブから押し出した試料土を切り出し、トリマーに設置して成型を行った。その後、マイターボックスに移して寸法を高さ70mm、直径35mmに調整した。完成した供試体はノギスで寸法を測定し、はかりで質量を測定した。この手順に則り、各深さの試料土に対して3~5本の供試体を作成した。また、供試体成型時に発生した削り屑を利用して含水比の測定を行った。

2.3 一軸圧縮試験

作成した供試体に対して、通常の土質試験の方法に従い一軸圧縮試験を行った。各深さの試料土に関して、試験結果の散らばりから判断して3~5本の供試体に試験を実施した。

2.4 変形係数の算出

一軸圧縮試験で得られた結果をもとに次式から変形係数 E_{50} (kN/m²) を算出した。

$$E_{50} = \frac{q_u/2}{\varepsilon_{50}/100}$$

q_u : 一軸圧縮強さ (kN/m²)

ε_{50} : 圧縮応力が $q_u/2$ 時の圧縮ひずみ (%)

3. 実験結果・考察

3.1 一軸圧縮試験

表1は各地点での一軸圧縮強さおよび破壊ひずみを示している。表より、同地点では基本的に深さが深いほど一軸圧縮強さが大きくなることが分かった。これは、深い地点の土ほど、上方の土による土被り圧が大きくかかっていたためであると考えられる。

また、破壊ひずみに注目すると、深さがGL-4.50~8.40mにかけて比較的大きくなっていった。破壊ひずみは試料土の乱れの程度によって変化し、土が乱されるほど破壊ひずみも大きくなる。このことから、この深さの試料土は乱れが比較的大きかったと考えられる。実際に、供試体作成時には試料土に砂層や貝殻等の混入がみられたため、これらの影響により試料土の一部が乱されていたと考えられる。しかし一般的な土質試験において、乱れの少ない試料土の破壊ひずみは3~5%程度以下であるといわれており、今回の試験から得られた破壊ひずみはほとんど3%以下であった。したがって今回使用した試料土は基本的に乱れが小さかったと考えられる。

図1は、それぞれの深さにおける、実験結果から算出した変形係数と一軸圧縮強さの関係を示したものである。図から一定の相関関係が認められるが、一部にデータの散らばりが見られる。これは、各試料土の状態や供試体作成時の乱れの影響等によるものであると考えられる。

3.2 変形係数の比較

図2は各地点での孔内水平載荷試験と一軸圧縮試験からそれぞれ得られた変形係数を比較したものである。孔内水平載荷試験と一軸圧縮試験での変形係数を比較すると、どの地点においても一軸圧縮試験の結果から算出した変形係数が大きくなっていった。これは、孔内水平載荷試験を実施する地盤と、一軸圧縮試験で用いる試料土の乱れの状態が大きく異なっていたためであると考えられる。前述したように、孔内水平載荷試験は乱れの影響を大きく受けた地盤に対して実施される。一方で、一軸圧縮試験では試料土はサンプリング、トリミング、圧縮試験実施の手順の中で多少の乱れが発生するものの、これは孔内水平載荷試験における乱れよりかなり小さいと考えられる。また、一軸圧縮試験で発生する乱れは圧縮ひずみから評価することができる。したがって、孔内水平載荷試験に比べ、一軸圧縮試験の結果を用いて変形係数の評価を行うほうが、試料土に大きな乱れが発生しにくく、発生した乱れの評価も可能であるため、地盤の強度をより正確に評価することができ、設計上においても経済的であると考えられる。

表1 各地点の一軸圧縮強さ及び破壊ひずみの平均値

地点		GL2.50~	GL4.50~	GL7.50~	GL10.50~	GL13.50~
		3.40m	5.40m	8.40m	11.40m	14.40m
T1	qu (kN/m ²)	32.0	25.8	40.7	52.1	74.1
	εf (%)	3.33	4.68	3.90	2.16	2.33
T2	qu (kN/m ²)	43.6	49.9	43.6	48.6	82.5
	εf (%)	1.86	1.86	2.59	1.70	1.87
T3	qu (kN/m ²)	28.2	37.2	34.4	49.6	64.8
	εf (%)	2.62	1.85	3.21	1.70	2.00

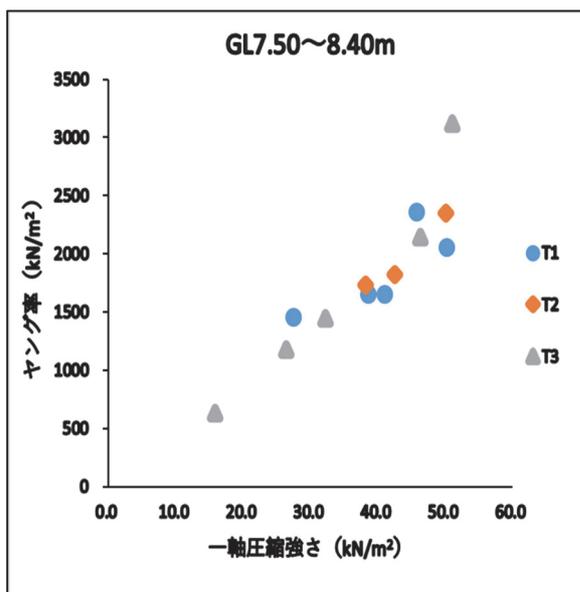
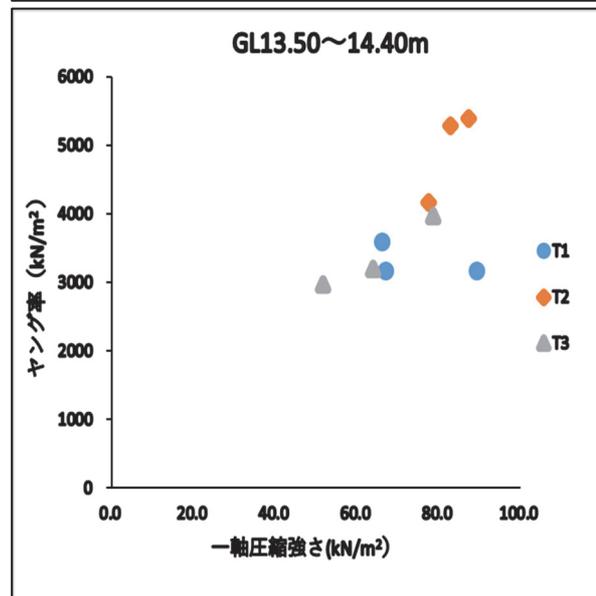
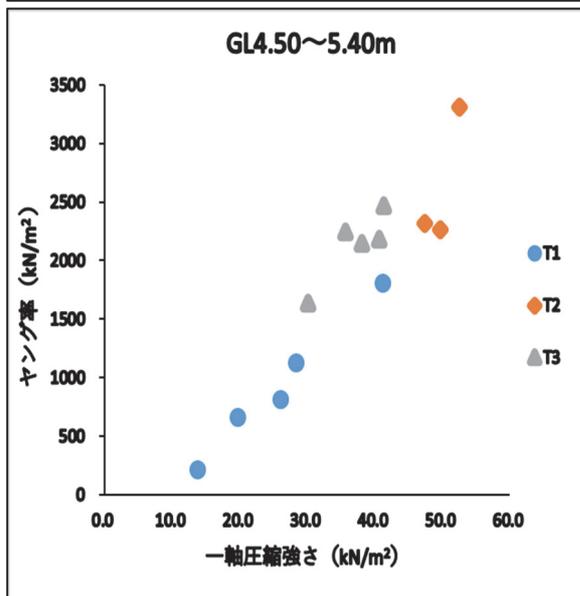
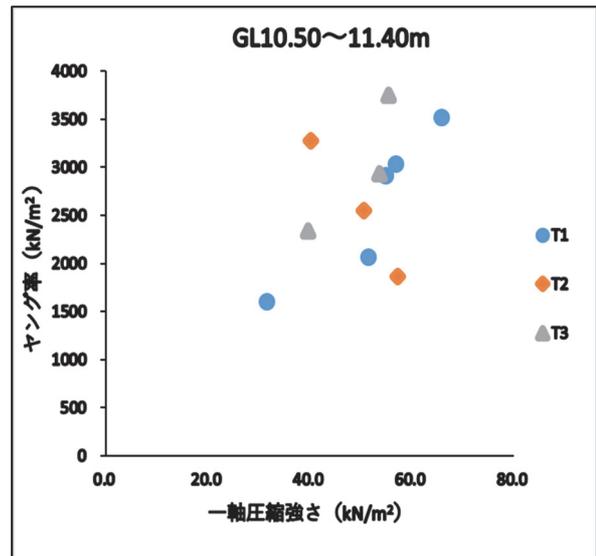
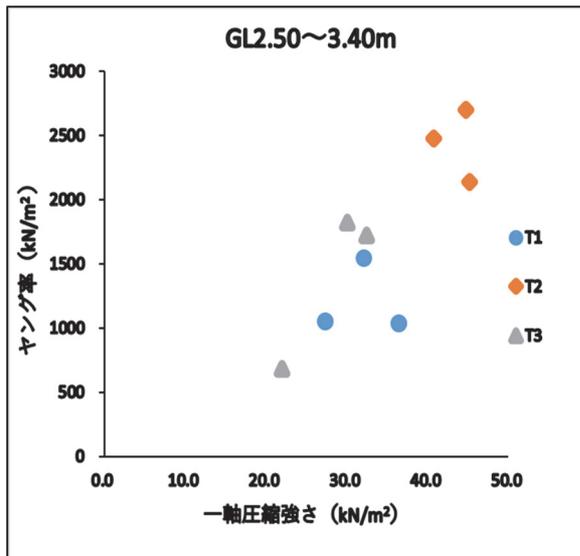


図1 各深さにおける変形係数と一軸圧縮強さ

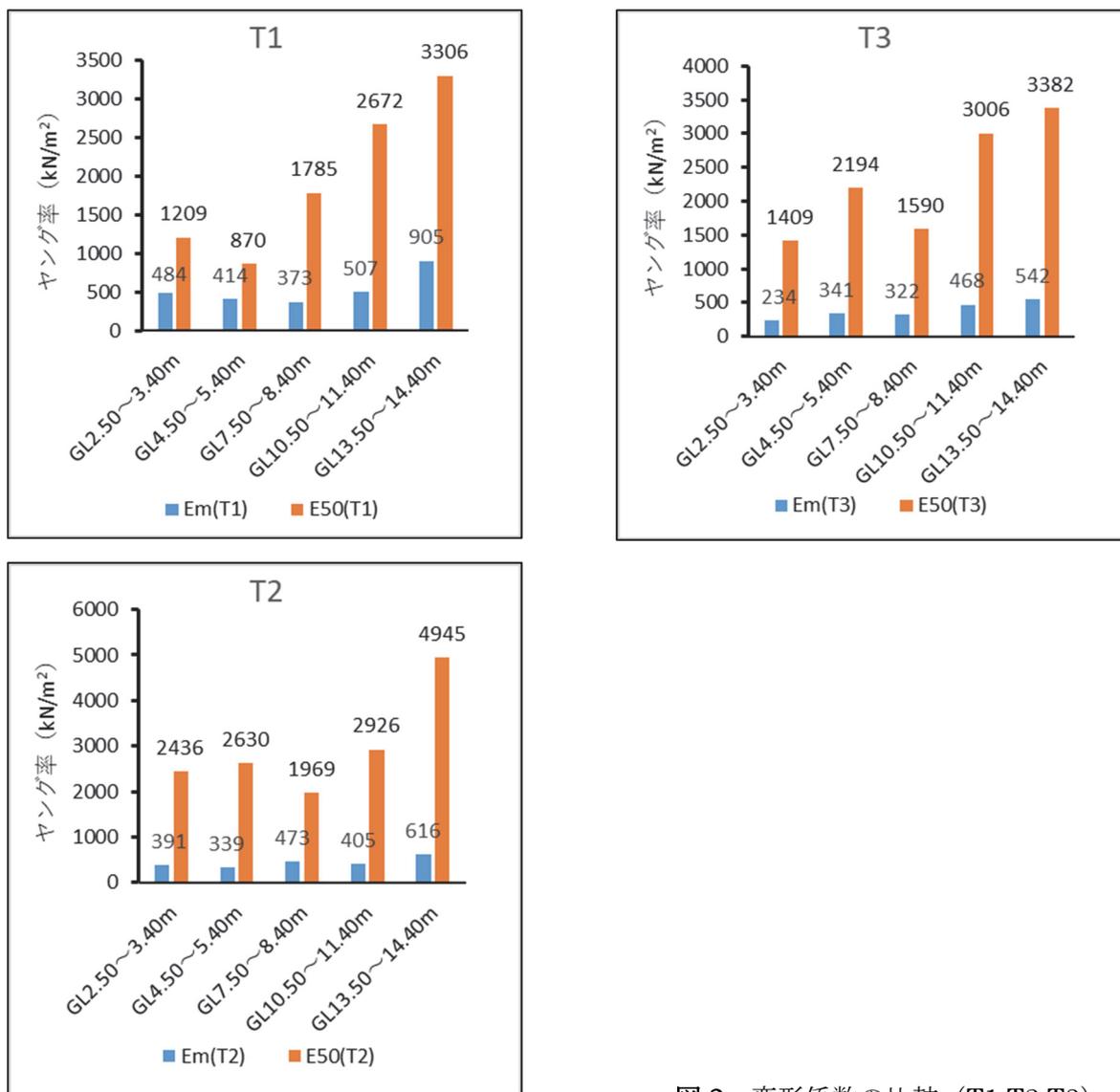


図2 変形係数の比較 (T1,T2,T3)

4. まとめ

粘性土地盤に基礎杭や鋼矢板等を設置する場合、これらの構造物に作用する抵抗によって杭の本数や矢板の選定に関する事前設計が行われる。この場合、地盤の抵抗を表す指標として変形係数（ヤング率）が用いられる。実験結果から、一軸圧縮試験は孔内水平載荷試験と比べ、変形係数の正確な評価が可能であり、設計上においても経済的であると考えられる。

引用文献

- 1) 地盤の特徴にあわせた地盤調査の必要性（地盤リスクは人為的なもの？），地質リスクマネジメント事例発表会（2010）
- 2) 地盤の調査実習書，社団法人地盤工学会（1996），p. 107-114
- 3) 土質試験 基本と手引き，社団法人地盤工学会（2001），p. 151-158
- 4) 粘性土の一軸圧縮強さと各物性値との相関性について，全地連「技術フォーラム 2011」京都（2011）

自然流下取入方式頭首工に設置可能な新しい溪流取水工の開発

宮崎大学農学部 ○(学)谷口 凌, (正)竹下伸一
宮崎県東臼杵農林振興局 (正)成松克彦, (非)臼杵竜也
(株)国土開発コンサルタント (非)有田勉

1. はじめに

山間に点在する中山間地の農地では、近隣の溪流で取水して山腹用水路などで灌漑していることが多い。このような頭首工は、固定堰で水位を堰上げて自然流下取入方式で用水路へ導入していることがほとんどである。そのため溪流を流下してくる枝葉や土砂が用水路に混入することが多く、これを防ぐため取入部にバースクリーン等が設けられる。しかし、この防塵施設に枝葉が詰まると取水量が大きく減少するため、近隣農家が人力でこれらを除去しなければならずその負担は大きいことが問題となっている。

そこで溪流部に多い固定堰自然流下取入方式の頭首工でも設置可能で、防塵除去負担が少なくかつ安定した取水が可能な新しいタイプの溪流取水工を考案した。本報告では、頭首工および溪流取水工を模した模型を製作し、水理模型実験により性能試験をおこなった結果を報告する。

2. 溪流取水工の概要

本研究にて考案した新しいタイプの溪流取水工は、図1に示すような形状である。ボックス状の取水工の底部に大きめのスリットが入っている。スリットの幅は、取水工幅の3分の1程度とした。実際にはここにグレーチングを設置した。取水工上部(天端)は閉じられているが、取水工底部と河床との間に空間があり、この空間にはサイズの大きな礫を敷き詰めた。取水工天端は固定堰天端高と併せ、取水工下流側は固定堰と密着させた。取水工の取入部は、頭首工の取入部と同位置・同サイズの形状でくり抜いた。取水工底部のスリットより内部に入り込んだ水は、取入部へと流れ、用水路へ導水される。

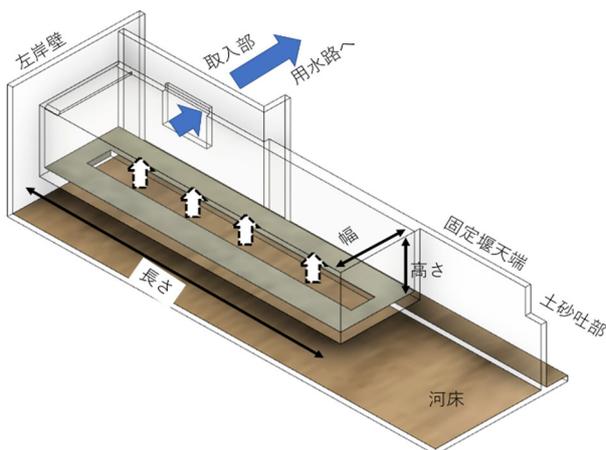


図1 新溪流取水工の模型概要

3. 水理模型の概要と実験条件

新溪流取水工の性能を試験するために、宮崎県東臼杵郡美郷町にある尾園頭首工を対象にフルード相似則 1/3 スケールで再現した模型を製作した。尾園頭首工は、小丸川水系仁久川に設置された固定堰と堤体上の左岸側の切欠から取水する自然流下取入方式となっている。取入口にある水門により、取水量を調整する。灌漑期間は5月から10月で、取水量 $0.0381 \text{ m}^3/\text{s}$ の慣行水利権となっている。用水路は延長 230 m で、受益水田面積は 7.0 ha である。模型は宮崎大学農林水利実験棟内の水路内に図2に示すような頭首工模型を再現した。

水路上端部に四角堰とバルブで調整した水量を流入させ、多孔質材を敷いた導水部で水面の揺れを整えて整流させて流入させた。底部には 2 mm 篩で調整した川砂を敷き詰めて、現地河床を再現した。

現地頭首工には堰中央に2箇所切欠があるが、1箇所は常時閉じていることから、模

型では右岸側 1 箇所を残し，堰板で高さを調整して取水時の状況を再現した．頭首工左岸部切欠より取水した水は，三角堰に導水し圧力式水位計により水位を計測して流量を算出した．加えて，頭首工右岸端でも圧力式水位計にて水位を計測した．

上端部に 5 つのプラスチック容器を並べ，マイコンにて設定時間毎に枝葉を水槽内に投入する装置を作成した．容器には，現地溪流内で採取した枝葉等を乾燥重量で 10 g セットした．投入間隔を 30 分とし，5 つを 3 周させ，計 15 回 (150 g) 枝葉を投入した．枝葉の流下の様子，取水工での詰まりの様子を，4 台のカメラで撮影し動画で記録した．取水に混入した枝葉は，別途採取し，実験終了後に乾燥重量を計測した．

実験流入量は，頭首工調書および現地流量観測結果をもとに，低水：0.0512 m³/s (模型 0.0033 m³/s)，基準：0.0655 m³/s (模型 0.0042 m³/s)，豊水：0.1299 m³/s (模型 0.0083 m³/s)，の 3 通りに設定した．実験中の流入量は一定とし，全枝葉投入終了後 30 分経過を目途に実験を終了した．

実験は，取水工のない現況の頭首工条件と，新取水工を設置した条件で行い，流入量に対する取水量，取水への塵芥混入量，取入部の目詰まり状況を観測して，結果をとりまとめた．

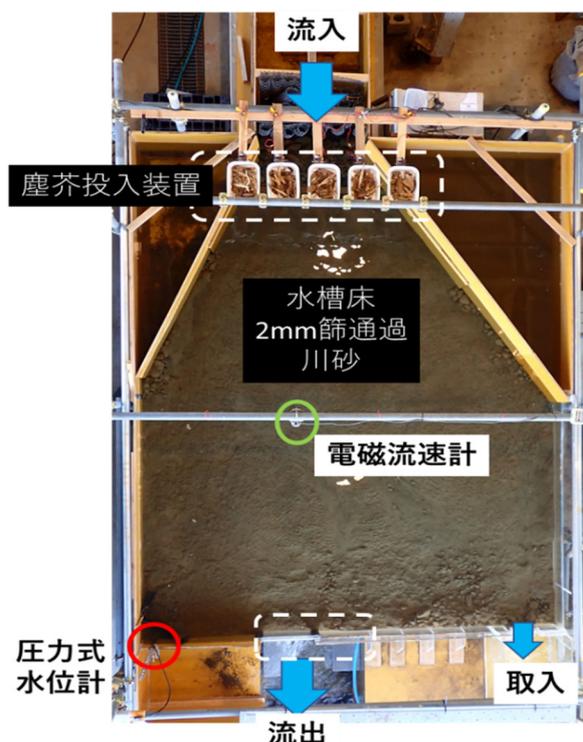


図 2 水理模型実験の概要

4. 実験結果

各実験条件における塵芥混入量と取水量の結果をまとめたものを表 1 に示した．

現況では取水と同時にほとんどの塵芥を取り入れてしまっていたが，新取水工では塵芥の混入は確認されなかった．

取水量についても，新取水工設置に伴う取水量の減少等は確認されなかった．

取入部の目詰まりについても，取水工付近での塵芥の詰まり等は確認されなかった．

5. おわりに

他頭首工で採用されている取水工を模した模型で行った同様の実験報告(切畑ら, 2021)では，取水工設置による取水量の減少，取入部の目詰まりの発生を報告していた．しかし，本研究で考案した新取水工では，取水量の減少や目詰まりは無かった．この点で，新取水工は機能的に優れているといえる．また，中山間地域の山腹用水路で多く確認される固定堰自然流下取入方式の頭首工において，本取水工は容易に増設可能な形状であることから，この点でも有用なものであるといえる．

表 1 塵芥混入量および取水量の実験結果

堰高	流入量	混入量(g)		取水量(m ³ /s)	
		現況	取水工	現況	取水工
100%	豊水量	150.0	0.0	0.0083	0.0083
	基準量	150.0	0.0	0.0042	0.0042
	低水量	150.0	0.0	0.0033	0.0033
85%	豊水量	106.4	0.0	0.0083	0.0083
	基準量	150.0	0.0	0.0042	0.0042
	低水量	150.0	0.0	0.0033	0.0033
75%	豊水量	81.0	0.0	0.0056	0.0056
	基準量	94.6	0.0	0.0032	0.0032
	低水量	99.5	0.0	0.0033	0.0033

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
- 令和3年度事業報告
- 令和3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は、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事務局所在地

所在地：〒840-8502 佐賀県佐賀市本庄町本庄1番地 佐賀大学内
支部長：近藤 文義（佐賀大学全学教育機構教授）Tel: 0952-28-8761
事務局長：郡山 益実（佐賀大学農学部准教授）Tel: 0952-28-8760
会計担当：宮本 英揮（佐賀大学農学部准教授）Tel: 0952-28-8759

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)	2021.11.11	オンライン(ライブ) 発表件数:47件 参加アカウント数:206アカウント 支部賞:優秀賞4件, 研鑽賞3件, 特別賞1件
地方講習会	2021.12.1 ~ 2021.12.24	オンライン(オンデマンド) テーマ:土地改良事業計画設計基準 設計「パイプラインの改定」について 講師 北川 陽介(農林水産省農村振興局整備部設計課) テーマ:新たな土地改良長期計画について 講師:高橋 紀之(農林水産省農村振興局整備部設計課) テーマ:土地改良事業計画設計基準 計画「排水」技術書の解説について 講師:佐藤 秀彦(関東農政局農村振興部地域整備課)
支部研修会		なし
支部シンポジウム	2021.11.11	オンライン(ライブ) 講師数:4人 参加アカウント数:158アカウント テーマ:流域治水における農業農村工学分野の貢献と課題 コーディネーター:渡邊紹裕(熊本大学特任教授) パネリスト:島谷幸宏(熊本県立大学特別教授) 吉川夏樹(新潟大学教授) 広田純一(岩手大学名誉教授)
人材確保・育成・ その他	2021.11.11	オンライン(ライブ) 口頭発表:水害緩和機能における諫早湾干拓事業と韓国セマングム 干拓事業の比較 佐賀県立佐賀農業高等学校環境工学科の生徒3人と教諭1人の連名での発表が支部賞特別賞を受賞した。
支部代表幹事会	2022.3.14	オンライン(ライブ) 議題1 2021年度の活動報告 議題2 次期(2022年6月~2024年5月)事務局について 議題3 2022年度の予算と活動計画 議題4 技術レポートの担当順 議題5 令和4年度の支部名簿更新 他メール会議(随時)
支部賞選考委員会	2021.11.12	オンライン(ライブ) 議題:令和3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	支部諸会議	共 通
収入の部							
繰越金	2,814,790	0	0	0	0	0	2,814,790
本部前渡金	0	0	0	0	0	0	0
参加料(意見交換会等を除く)	0	0	0	0	0	0	0
広告料	0	0	0	0	0	0	0
利息	24	0	0	0	0	0	24
雑収入	0	0	0	0	0	0	0
計	2,814,814	0	0	0	0	0	2,814,814
支出の部							
①原稿料	0	0	0	0	0	0	0
②謝金	100,000	0	0	0	100,000	0	0
③臨時雇用賃金	45,000	45,000	0	0	0	0	0
④副賞費	72,075	72,075	0	0	0	0	0
⑤会議費	110,192	110,192	0	0	0	0	0
⑥旅費交通費	0	0	0	0	0	0	0
⑦通信運搬費	4,954	4,494	0	0	0	0	460
⑧消耗品費	11,300	10,780	0	0	0	0	520
⑨印刷製本費	0	0	0	0	0	0	0
⑩助成金	0	0	0	0	0	0	0
⑪支払手数料	4,766	1,980	0	0	2,786	0	0
⑫雑費	0	0	0	0	0	0	0
計	348,287	244,521	0	0	102,786	0	980
収支差額	2,466,527	-244,521	0	0	-102,786	0	2,813,834

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4年度農業農村工学会九州沖縄支部代表幹事会名簿

令和4年7月1日現在

役名	氏名	所属・役職名
支部長	近藤 文義	佐賀大学全学教育機構教授
代表幹事 (副支部長)	植野 栄治	九州農政局農村振興部長
代表幹事 (事務局長)	郡山 益実	佐賀大学農学部准教授
代表幹事 (会計担当幹事)	宮本 英揮	佐賀大学農学部准教授
代表幹事	小谷 匡	九州農政局農村振興部設計課長
〃	宮袋 友作	九州農政局農村振興部事業計画課長
〃	小浮 正敬	九州農政局土地改良技術事務所所長
〃	武元 将忠	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
〃	因 孝一郎	福岡県農林水産部次長
〃	島内 利昭	佐賀県農林水産部副部長
〃	野口 和弘	長崎県農林部農村整備課課長
〃	清藤 浩文	熊本県農林水産部農村振興局局長
〃	黒垣 圭則	大分県農林水産部農村整備計画課長
〃	戸高 久吉	宮崎県農政水産部農村計画課課長
〃	玉泉 利幸	鹿児島県農政部農業土木技監
〃	長本 正	沖縄県農林水産部村づくり計画課長
〃	原田 昌佳	九州大学大学院農学研究院准教授
〃	原口 智和	佐賀大学農学部准教授
〃	肥山 浩樹	鹿児島大学農学部准教授
〃	中園 健文	宮崎大学農学部准教授
〃	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
〃	平山 周作	水資源機構筑後川局局長

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4年7月1日現在

甲本 達也（佐賀県）
長 裕 幸（福岡県）
凌 祥 之（福岡県）

公益社団法人農業農村工学会代議員名簿

令和4年7月1日現在

任期：令和3年5月29日～令和5年5月代議員選挙終了の日

小谷 匡	九州農政局農村振興部設計課長
島 武男	農研機構九州沖縄農業研究センター 上級研究員
島内 利昭	佐賀県農林水産部副部長
土井 幸寿	長崎県農林部農村整備課課長
渡邊 昌明	熊本県農林水産部農村振興局局長
黒垣 圭則	大分県農林水産部農村整備計画課長
戸高 久吉	宮崎県農政水産部農村計画課長
玉泉 利幸	鹿児島県農政部農業土木技監
長本 正	沖縄県農林水産部村づくり計画課長
原田 昌佳	九州大学大学院農学研究院准教授
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）
木原 泰信	株式会社 技術開発コンサルタント
平山 周作	水資源機構筑後川局局長

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4年7月1日現在

田町正誉	元支部長	高木東	元支部長
高田雄之	元支部長	細川吉晴	元支部長
田辺邦美	元支部長	中野拓治	元支部長
生島芳雄	元支部長	長裕幸	元支部長
吉岡孝雄	元支部長	稲垣仁根	元支部長
藤川武信	元支部長	凌祥之	元支部長
長智男	元支部長		
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		
細山田健三	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		
四ヶ所四男美	元理事		
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		