

農業農村整備のための実用新技術成果選集

(2026年)

令和8年6月



農村工学研究部門

はじめに

当方、国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構では、令和8年度から14年度までの7年間を期間とする「第6期中長期計画」がスタートしました。農研機構の組織目標として、

- 食料安全保障と食料自給力の向上
- 農産物・食品・開発技術の輸出拡大と新産業の創出
- 事業性確保と環境保全の両立

の3つを掲げ、基礎から応用に至るまでハイインパクトな成果を創出するため、以下の取組を行っていくこととしています。

- 政策課題に沿った研究開発及び社会実装
- 産学官連携のハブとしての機能の強化
- 研究リソースの戦略的最適化

これらのビジョンのもと、農村工学研究部門では今期、

高効率で強靱な農業インフラの構築による食料供給能力の強化

を大課題とし、以下4つの中課題を設定しました。

1. 高効率な生産基盤の創出促進・フル活用技術の開発
2. 資源循環や再エネ地産地消を推進する空間計画技術の開発による循環経済の構築
3. 保全対策技術の開発による農業水利施設の被災・突発事故の最小化
4. 農業水利施設の操作支援技術の開発による渇水・浸水被害の最小化と管理の超省力化

これまで蓄積してきた技術、知見を存分に活かしながら、食料・農業・農村における諸課題、現場からの様々な要請に対処、お応えできるよう、更なる研究開発、成果の社会実装に取り組んでまいります。

本冊子は、昨年度まで(第5期中長期計画期間まで)にまとめた普及成果や今後実用化が期待される研究成果について、テーマ別に1ページの概要版でご紹介するものです。当機構ホームページや随時開催する講習会などでも当部門の研究情報を随時提供しておりますので、併せて幅広くご活用いただければ幸いです。

令和8年6月

農研機構 農村工学研究部門 技術移転部長

笥 直樹 KAKEI Naoki



農研機構ホームページ「農業農村整備のための実用新技術成果選集」

<https://www.naro.go.jp/org/nire/jituyo/index.html>



農業農村整備のための実用新技術成果選集(2026年)目次

1. 令和7年度の普及成果、研究成果

(1) 農地基盤研究領域

	タイトル	研究グループ	政策課題 番号	頁
NEW【普及】	1) 土量計算・施工手順設定機能を搭載した超効率3次元CADソフトウェア	空間情報	I－1	2
NEW【普及】	2) 3次元農地モデルを活用したロボット農機運用計画シミュレーター(プロトタイプ版)	空間情報	I－1	3
NEW【普及】	3) 多時期の衛星データを用いた水域における侵略的外来植物のモニタリング手法	空間情報	Ⅲ－1	4
NEW【研究】	4) 貝類を対象とする農業水利施設での環境DNA調査法	空間情報	Ⅱ－1	5
NEW【普及】	5) 土壌水分センサを用いた通減イベント解析による定量的な圃場排水性評価手法	農地整備	I－1	6
NEW【普及】	6) 農業農村整備におけるデータ利活用を促進する農業農村デジタルプラットフォームの構築	農地灌漑排水	I－1	7

(2) 資源利用研究領域

	タイトル	研究グループ	政策課題 番号	頁
NEW【普及】	1) 一季成りイチゴ栽培での従来温室とゼロエネルギーグリーンハウス(ZEG)の比較実証	農業施設	I－1	10
NEW【普及】	2) 農地を採熱・蓄熱源として活用する水平型地中熱ヒートポンプシステムと施工技術	農業施設	I－2	11
NEW【研究】	3) 農山漁村地域のRE100に資する農山漁村エネルギーマネジメントシステム(VEMS)	農業施設	Ⅱ－1	12
NEW【研究】	4) 温室内環境を安定して測定可能にするセンサー故障検出アルゴリズム	農業施設	I－2	13
NEW【普及】	5) ヒートポンプシステムによる農業用水路の流水中の熱利用技術	資源循環活用	I－2	14
NEW【研究】	6) 農業集落排水汚泥を原料とする汚泥肥料の製造実態と肥効特性	資源循環活用	Ⅱ－1	15
NEW【研究】	7) メタン発酵消化液の土中施用による作土中の窒素保持特性	資源循環活用	Ⅱ－1	16
NEW【普及】	8) 産地への面的なヒートポンプ導入とJ-クレジット制度参加における営農支援主体の役割	地域計画	I－2	17
NEW【研究】	9) 畑地型酪農地域の畑作における消化液施用と牛糞堆肥施用・化学肥料施用の代替性	地域計画	I－2	18
NEW【研究】	10) 中干し延長にJ-クレジット制度と自動給水栓等を活用する際の経済性評価	地域計画	I－2	19
NEW【研究】	11) 稲作におけるエネルギー投入量の推計とエネルギー消費特性	地域計画	I－2	20

(3) 施設工学研究領域

	タイトル	研究グループ	政策課題 番号	頁
NEW【普及】	1) 農業用貯水池堤体内の浸潤面観測に関するデータ管理・共有パッケージ	施設構造	Ⅲ－2	22
NEW【普及】	2) ため池防災工事のための堤体対策工法選定マニュアル	施設整備	Ⅲ－1	23
NEW【普及】	3) 鋼材によるため池堤体補強工法の設計・施工マニュアル	施設整備	Ⅲ－1	24
NEW【研究】	4) 天端の固化改良による省力的なため池改修工法	施設整備	Ⅲ－1	25
NEW【普及】	5) 階段状放水路との組み合わせによる洪水吐減勢工の小規模化	地中構造物	Ⅲ－1	26

	タイトル	研究グループ	政策課題 番号	頁
NEW【普及】	6) プレキャスト部材による農業用パイプラインのスラスト対策工法	地中構造物	Ⅲ－２	27
NEW【普及】	7) ため池底樋の点検装置	施設機能管理	Ⅲ－２	28
NEW【普及】	8) 農業水利施設の機能診断調査を支援するWebアプリ群	施設機能管理	Ⅲ－２	29
NEW【普及】	9) SLaDEE法：地震時地すべり移動量の簡便な算定手法	地盤防災	Ⅲ－１	30
NEW【研究】	10) ため池に転落した場合の脱出困難度評価手法	地盤防災	Ⅲ－１	31

(4) 水工学研究領域

	タイトル	研究グループ	政策課題 番号	頁
NEW【普及】	1) 地下ダム管理のための新たな技術と農業用地下水管理支援システム	地下水・水質管理	Ⅲ－２	34
NEW【普及】	2) 水位データのみで水利施設・農地の浸水を立体表示するデジタルツイン監視システム	水利制御	Ⅲ－２	35
NEW【普及】	3) 観測値・AI・浸水推定情報が組み込まれた水利施設の操作支援システム	水利制御	Ⅲ－２	36
NEW【普及】	4) 自律航行する水上無人機を用いた低コスト・容易・省力的な堆砂測量技術	水災害減災	Ⅲ－２	37

2. 令和6年度までの普及成果、研究成果

(1) 農地基盤研究領域

	タイトル	研究グループ	政策課題 番号	頁
	1) Googleマイマップを用いた水利施設GIS構築手法マニュアル	空間情報	I－１	40
	2) 小型UAV空撮・三次元形状復元技術を用いた農地の現況地形の把握手法	空間情報	I－１	41
	3) Sentinel-2 衛星データ等を用いた水田の排水性の広域評価手法	空間情報	I－１	42
	4) 圃場整備前後におけるドローンセンシングの活用	空間情報	I－１	43
	5) ドローン等を活用して農地基盤をモニタリングするためのマニュアル	空間情報	I－１	44
	6) Sentinel-2衛星データを用いた水田の取水開始時期の把握手法マニュアル	空間情報	I－２	45
	7) 家畜ふん炭に含まれる肥料成分の濃度と溶出性を調整するための畜種と炭化温度の選定	農地整備	I－１	46
	8) 生産者が使える簡単・迅速でリーズナブルな排水改良技術のラインナップ	農地整備	I－２	47
	9) 石礫圃場でも利用できる低コストな暗渠整備技術	農地整備	I－２	48
	10) ベレット鶏ふん炭は黒ボク土での栽培でリン酸代替肥料として有効	農地整備	Ⅱ－１	49
	11) 携帯情報端末による遠隔・自動制御が可能な圃場水管理システム	農地灌漑排水	I－１	50
	12) 圃場水管理システムを用いた普通期における必要水量の算出法	農地灌漑排水	I－１	51
	13) 暗渠排水のライフサイクルコストを削減する3次元位置情報の取得・活用技術	農地灌漑排水	I－１	52
	14) 深水管理による省力的な有機水稻栽培管理マニュアル	農地灌漑排水	I－１	53

タイトル	研究グループ	政策課題 番号	頁
15) 水田への灌漑時における水位上昇速度の変化を利用した田面不陸高さの推定法	農地灌漑排水	I-1	54
16) ラジコン式草刈機による除草が可能な「三角畦畔」	農地灌漑排水	I-1	55

(2) 資源利用研究領域

タイトル	研究グループ	政策課題 番号	頁
1) フェンロー型温室における室内気温分布の推定	農業施設	I-2	58
2) 農業用ハウスにおける床面のコンクリート化により温熱環境の変動を緩和	農業施設	I-2	59
3) パイプハウスの軒高の増加が耐風性能に及ぼす影響	農業施設	I-2	60
4) 厳寒期でも安定した温室暖房が可能な地下水熱源ヒートポンプ	農業施設	I-2	61
5) 農業用被覆資材の熱貫流係数を簡易的に推定する手法を開発	農業施設	I-2	62
6) 通気性のある農業用被覆資材の保温性能評価手法	農業施設	I-2	63
7) 施設園芸の脱炭素化に資するネット・ゼロ・エネルギー・グリーンハウス (ZEG) の要件定義	農業施設	I-2	64
8) 論文データベース分析から明らかにする国内外の営農型太陽光発電の研究開発動向	農業施設	II-1	65
9) ヒートポンプシステムによる農業用水路の流水熱の安定的かつ効率的な供給技術	資源循環活用	I-2	66
10) 流水中に高い熱交換特性が得られるシート状熱交換器	資源循環活用	II-1	67
11) 畑地におけるメタン発酵消化液の肥料効果と環境影響	資源循環活用	II-1	68
12) 集排汚泥と食品廃棄物のメタン発酵における安定発酵条件の解明、消化液の肥料特性評価	資源循環活用	II-1	69
13) メタン発酵消化液を土中に安定的に施用でき低コストで導入できるスラリーインジェクター	資源循環活用	II-1	70
14) 流水の流速と水温の変化が暖房時のヒートポンプシステムの熱交換特性に与える影響	資源循環活用	II-1	71
15) メタン発酵原料が消化液の肥料成分組成に与える影響	資源循環活用	II-1	72
16) 集排汚泥と食品廃棄物の混合メタン発酵における豆腐製造副産物(おから)の混合可能条件	資源循環活用	II-1	73
17) 農業集落排水汚泥の処理の現状と汚泥肥料の特性	資源循環活用	II-1	74
18) 集中型バイオガスプラントの消化液の畑作利用の効果とその阻害要因	地域計画	I-2	75
19) 流水熱源ヒートポンプを冬春いちご栽培の暖房として導入した際の経済性評価	地域計画	I-2	76
20) モバイルGISを用いた農地一筆調査支援システム	地域計画	II-1	77
21) 営農活動のための経済・環境影響評価ツール	地域計画	II-1	78
22) 中山間地域にある水利施設のための遠隔監視システムがもたらす労力削減効果	地域計画	III-2	79

(3) 施設工学研究領域

タイトル	研究グループ	政策課題 番号	頁
1) 降雨特性を踏まえたため池の洪水調節効果の評価手法	施設整備	Ⅲ－１	82
2) ため池の事前放流を支援する「ため池水位管理情報システム」	施設整備	Ⅲ－１	83
3) ため池への土石流入時の堤体作用荷重の算定手法	施設整備	Ⅲ－１	84
4) 流域治水でのため池の活用に向けたため池洪水調節機能強化マニュアル(案)	施設整備	Ⅲ－１	85
5) 砂と打設丸太による複合地盤の強度と変形の特徴	施設整備	Ⅲ－１	86
6) ため池の耐震診断ソフト「SIP-NewD」	施設整備	Ⅲ－１	87
7) 全国で適用可能なため池ベントナイトシート工法設計・施工マニュアル	施設整備	Ⅲ－１	88
8) ため池データを共有化「ため池デジタルプラットフォーム」	施設整備	Ⅲ－２	89
9) 農業用パイプのスラスト力に対する固結工法を用いた耐震対策技術	地中構造物	Ⅲ－２	90
10) 落差工における落下水騒音の予測方法	地中構造物	Ⅲ－２	91
11) 建設材料の耐摩耗性を相対評価できるサンドブラスト装置	施設機能管理	Ⅲ－２	92
12) デジタル画像からコンクリート開水路の摩耗状況を予測する AI モデル	施設機能管理	Ⅲ－２	93
13) 摩耗作用が激しい水利施設に適用可能な新たな促進摩耗試験「回転式水中摩耗試験」	施設機能管理	Ⅲ－２	94
14) 水路の摩耗調査を省力化する型取りゲージ画像の解析プログラム	施設機能管理	Ⅲ－２	95
15) 軽量の炭素繊維を用いた水路トンネルの覆工コンクリートの補強工法	施設機能管理	Ⅲ－２	96
16) 漏水探査カプセルによる農業用パイプラインの漏水位置特定技術	施設機能管理	Ⅲ－２	97
17) 頭首工エプロンに使用する土木材料の耐衝撃性を評価する鋼球落下式衝撃摩耗試験	施設機能管理	Ⅲ－２	98
18) 潤滑油中の金属摩耗粒子に着目したポンプ設備の劣化兆候の早期診断技術	施設機能管理	Ⅲ－２	99

(4) 水利工学研究領域

タイトル	研究グループ	政策課題 番号	頁
1) 農業用ダムの事前放流による洪水調節効果の簡易推定手法	水資源管理	Ⅲ－１	102
2) 様々な形状の田んぼダム器具が発揮するピークカット機能	水資源管理	Ⅲ－１	103
3) 浸水域のリアルタイム推定に向けた水位データベースの簡易構築手法	水資源管理	Ⅲ－１	104
4) 洪水吐ゲートを有する農業用ダムの事前放流による洪水調節機能の評価手法	水資源管理	Ⅲ－１	105
5) 水稲生産地域における気候変動の複合的な影響を考慮した用水需給バランスの評価手法	水資源管理	Ⅲ－２	106
6) 鎮圧により漏水対策を実施した乾田直播栽培水田からの栄養塩負荷削減効果	地下水・水質管理	I－２	107
7) ラドン濃度などの水質測定と水温の連続観測による河川への地下水流出現象の調査方法	地下水・水質管理	Ⅱ－１	108

	タイトル	研究グループ	政策課題 番号	頁
8)	沿岸域の地下水位時系列観測データの分析による帯水層の透水係数推定手法	地下水・水質管理	Ⅲ－２	109
9)	地下水位の潮汐応答分析による沿岸域の地下ダムの機能監視手法	地下水・水質管理	Ⅲ－２	110
10)	排水機場や排水路の水位をリアルタイムで予測するプログラム	水利制御	Ⅲ－１	111
11)	低平地小河川におけるゲート操作を支援する水位予測の適用	水利制御	Ⅲ－１	112
12)	ICTを活用した圃場-水利施設連携型の配水管理制御システム	水利制御	Ⅲ－２	113
13)	3Dカメラと画像解析を用いた水門開度および水位の遠隔監視システム	水利制御	Ⅲ－２	114
14)	ハザードマップ作成のためのため池浸水想定区域算定マニュアル(案)	水災害減災	Ⅲ－１	115
15)	物理モデルによる仮想データを深層学習に用いる、排水機場調整池の高精度水位予測手法	水災害減災	Ⅲ－１	116
16)	ベイズ推定の代替手法を導入した不確実性を可視化できるAI水位予測モデル	水災害減災	Ⅲ－２	117

- **NEW** とは、令和7年度新規の成果情報であり、次の2つに分類している。

【普及】とは、「普及成果情報」を意味し、行政・普及機関、公立試験研究機関、生産者、民間企業にとって直接的に利用可能で、普及が大いに期待できる成果をいう。

【研究】とは、行政・普及機関、公立試験研究機関、生産者、民間企業にとって直接的に利用可能なものではないが、その内容が非常に有用な基礎・基盤情報になりうる成果、又は改良することにより普及が見込まれる有用な成果をいう。

- 政策課題番号は、土地改良長期計画(令和3年3月閣議決定)の政策課題に対応している。

I 「生産基盤の強化による農業の成長産業化」に資する実用新技術

I－1 担い手への農地の集積・集約化、スマート農業の推進による生産コスト削減を通じた農業競争力の強化のための技術

I－2 高収益作物への転換、産地形成を通じた産地収益力の強化のための技術

II 「多様な人が住み続けられる農村の振興」に資する実用新技術

II－1 所得と雇用機会の確保、農村に人が住み続けるための条件整備、農村を支える新たな動きや活力の創出のための技術

III 「農業・農村の強靱化」に資する実用新技術

III－1 頻発化・激甚化する災害に対応した排水施設整備・ため池対策や流域治水の取組等による農業・農村の強靱化のための技術

III－2 ICTなどの新技術を活用した農業水利施設の戦略的保全管理と柔軟な水管理の推進のための技術

(注)新たな土地改良長期計画(令和7～11年度までを計画期間)が、令和7年9月に閣議決定されている。

1. 令和7年度の普及成果、研究成果

(1) 農地基盤研究領域

土量計算・施工手順設定機能を搭載した 超効率3次元CADソフトウェア

研究のポイント

- ほ場整備事業に特化した超効率3次元CADソフトウェアです。3次元モデリング機能に加えて、土量計算機能および施工手順設定機能を備えており、従来と比較して作業時間を約1/3に短縮することが可能です。また、施工手順に応じた土量の見積もりが可能であり、合理的な施工計画の立案に活用できます。

研究の背景

- ほ場のモデル設定には田面や水路などの標高設計が必要であり、そのためには土量計算機能が必要でした。そこで、空間情報グループでは、R6年度の普及成果として公開した「従来の1/10以下の作図時間で直感的に操作できるほ場3次元モデル自動生成ソフトウェア」に対して、土量計算に係る作業時間を従来に比べて約1/3に短縮可能な土量計算機能と施工手順設定機能を搭載しました。

ソフトウェアの特徴

- 従来の2次元汎用CADソフトウェアを用いて、標高値を含む構造物の骨格線データを作成し、本ソフトウェアに読み込ませることで、瞬時にほ場、農道などを自動的に3次元モデルに変換できます。(図1)
- 土量計算機能は現況地形と計画地形の3Dモデル間の体積差分や法面仕上げ面積などを算出できます。(図2)
- 施工手順設定機能ではユーザーが工種の施工手順を任意に設定できます。設定後はコマ送りで施工順序を視覚的にわかりやすく確認できます。
- 用地境界を設定することでマップ上の任意範囲における土量計算が可能です。さらに、用地境界を複数指定でき、それぞれの土量計算結果をExcel形式で一括エクスポートできます。

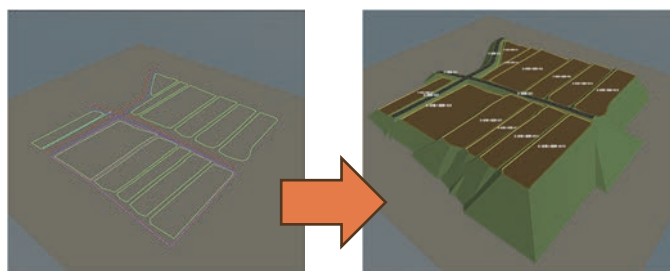


図1 2Dデータから3Dモデルへの変換

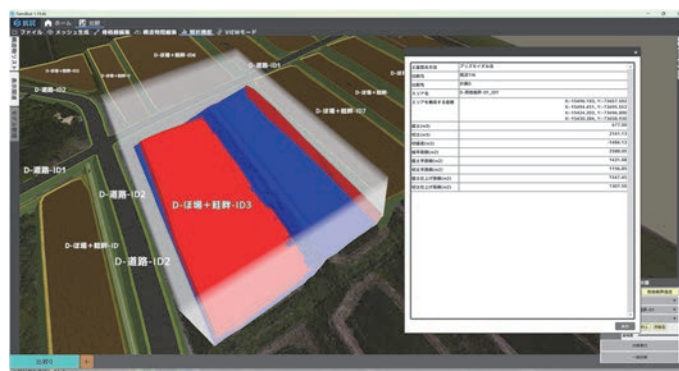


図2 現況地形と計画の3次元データに基づいた土量計算機能

期待される活用例

- 本ソフトウェアはさまざまな規模のほ場モデルに対応しており、ほ場整備事業において、国および地方自治体の担当者をはじめ、設計コンサルタントから施工業者まで、計画・設計段階から施工段階に至るまで幅広い活用が期待されます。

3次元農地モデルを活用した ロボット農機運用計画シミュレーター(プロタイプ版)

研究のポイント

- オープンデータ等をもとに生成した3次元農地モデル上の仮想空間内で経営規模、ロボット運用エリア、作付け計画、作業時期、利用する農機(ロボット農機/有人機)を自由に設定でき、年間を通じた農機の移動と作業をシミュレーションできる機能をもつソフトウェアです。
- 現段階では補給作業や運搬作業を伴わない一部の作業に限られますが、ロボット農機の夜間運用による省人化や、農地集約・大区画化による移動時間や作業時間の短縮効果を評価できます。

研究の背景

- 遠隔監視のもとでロボット農機を活用する新しい農業を進めるには、導入コストに見合った経営計画が必要です。そのため、経営規模に加えて、運用エリアや作付け計画、人手やお金の流れなどを総合的な検討が必要です。そこで全国を対象に、農地集約・集積などの条件を考慮した「仮想農場」を構築し、スマート技術を導入した場合の営農をシミュレーションできるソフトウェアを開発しました。

ロボット農機運用計画シミュレーターの特徴

主要7機能

①簡易3Dマップ

- ・オープンデータを利用した簡易3Dマップを使用(全国どこでも簡易にシミュレーション可能)
- ・ほ場内作業やほ場間移動コストの算出も可



②農地情報の可視化



- ・現況や未来の農地状況を視覚化

③農機シミュレーション



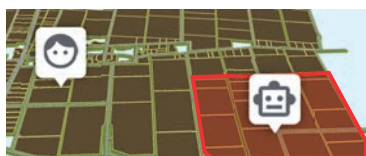
- ・種類別に走行速度・作業速度を再現
- ・サイズによる通行可否等を自動判定

④栽培テンプレートの作成と作付



- ・自由な作業暦・作業時間の作成
- ・視認性の高い作付計画

⑤ロボットエリアの設定



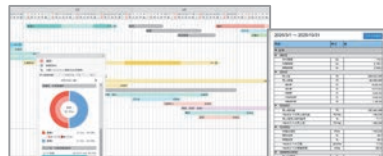
- ・ロボット農機(無人運転)と有人機の作業ほ場の自動判別

⑥シフト管理



- ・作付面積に対する農機の台数や作業時間の過不足を一目で把握

⑦経営評価



- ・具体的な営農データの把握

期待される活用例

- 地域の農地利用計画に関わる関係者が協議の場で活用し、農地の集約や将来の営農体制についての検討や合意形成に役立てることができます。
- 生産者や農業支援サービス事業者が、仮想フィールド上で営農条件に合わせたスマート農業の導入シミュレーションを行い、導入判断や普及促進に活用できます。

多時期の衛星データを用いた 水域における侵略的外来植物のモニタリング手法

研究のポイント

- 農業用排水路等に繁茂する侵略的外来植物のモニタリングを目的として、無料で利用できる Sentinel-2衛星データと水域ポリゴンデータを活用して、植物群落の時空間変化を直感的に捉えられる可視化手法を開発しました。

研究の背景

- 侵略的外来植物が水域に侵入して繁茂すると、生態系の攪乱や通水阻害などの被害が発生します。効果的な管理のためには、分布・拡大傾向を的確に把握することが重要ですが、広域にわたる分布や、過去から現在までの分布変化を把握することは困難です。

モニタリング手法の特徴

- 本手法では、月1回程度の頻度で取得した Sentinel-2衛星データを利用します。Sentinel-2衛星は約5日毎(重複エリアでは約3日毎)に13バンドで地表面反射を観測しており、本研究では赤バンド(Band 4)と近赤外バンド(Band 8)から正規化植生指数(NDVI)画像を作成します。
- 次に、水域ポリゴンデータ(国土数値情報の水涯線等)を10 m間隔で分割し、各ポリゴンごとにNDVIの平均値(区画平均NDVI値)を算出します。複数時期の区画平均NDVI値を用いてKriging法による内挿補間を行い、連続的なNDVI分布画像を作成します。
- さらに、横軸に上流からの距離、縦軸に時間、色でNDVI値を表現した時空間ヒートマップ(図2)を作成し、駆除実績などの属性データと比較することで、群落の消失や再繁茂、繁茂域の移動といった時空間的变化を可視化します。

期待される活用例

- 本手法によって作成される時空間ヒートマップは、農業水利施設管理者や土地改良区等が適切な駆除計画を立案するうえで活用できます。



図1 農地周辺の水域で繁茂する外来植物

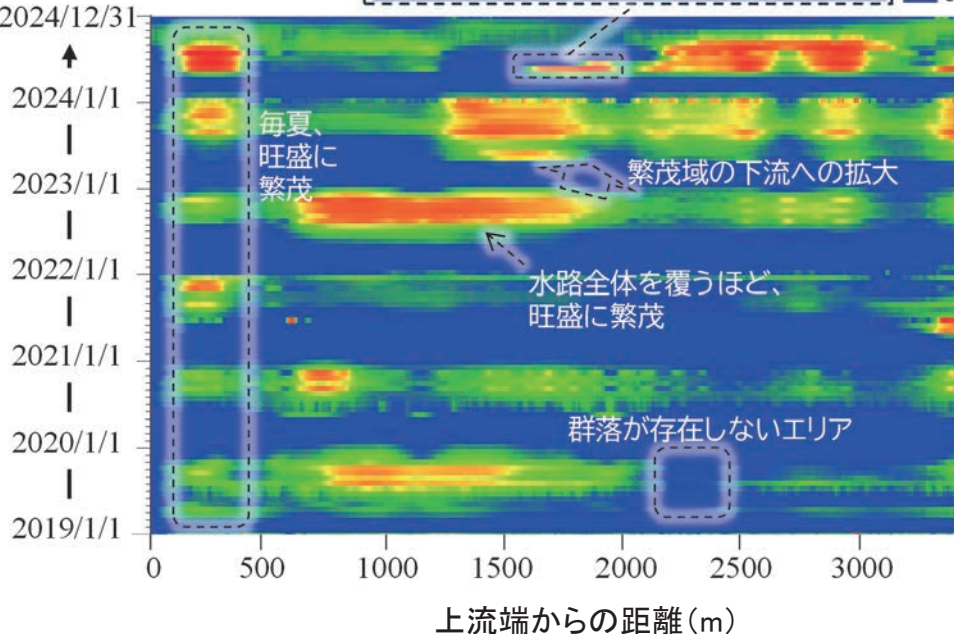
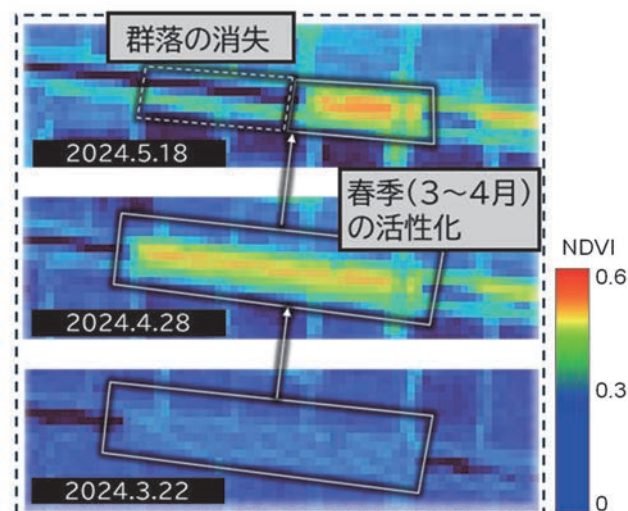


図2 Sentinel-2衛星データを用いた水域のNDVIの時空間ヒートマップ

貝類を対象とする農業水利施設での環境DNA調査法

研究のポイント

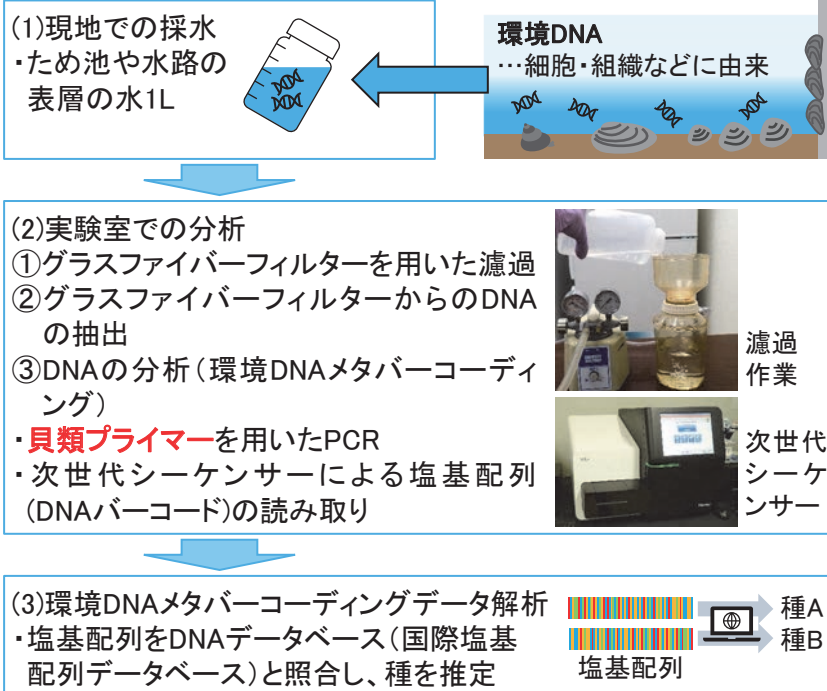
- ため池や水路の水に含まれる環境DNAを分析することにより、貝類の種を網羅的に推定する手法です。

研究の背景

- 農業水利施設の生態系配慮を適切に行うには、地域に生息する生物種の把握が不可欠です。
- その省力的・効率的な調査方法として環境DNA調査が注目されており、既の実績のある魚類や両生類と同様に、新たに貝類を対象とする技術を開発しました。

新技術の特徴

- 貝類の網羅的なDNA分析（環境DNAメタバーコーディング）に用いる「貝類用プライマー」を開発しました。
- 現地では、ため池や水路からサンプル1Lを採水します。実験室では、環境DNA学会の「環境DNA調査・実験マニュアル」の手順に従い、貝類用プライマーを用いてDNA分析を行います。
- 4地区のため池・水路95地点における実証調査の結果、検出種数は最小0～最大22種であり、ほとんどの地点で多種の貝類が検出されました。



調査法の概要

期待される活用例

- 希少種の保全や外来種の駆除等の活動に活用できます。
- DNAの分析には設備の整った実験室環境が必要なため、公設試や受託分析機関による実施が想定されます。

- ・ 希少種を調査
- ・ 通水障害を引き起こすカワヒバリガイ等を監視



砂や泥に潜っている貝は目視や捕獲による発見が困難

- ・ セットで保全対象となる魚類と貝類を一括で調査



タナゴ類はイシガイ類に産卵、イシガイ類の幼生はハゼ類に寄生

活用のイメージ

土壌水分センサを用いた逡減イベント解析による 定量的な圃場排水性評価手法

研究のポイント

- 異なる圃場や年次間でも圃場排水性を比較できる新たな指標を開発しました。

研究の背景

- 畑作物や野菜、果樹の安定生産のためには排水対策が重要(図1)であり、排水対策技術の選択や水田の畑転換の適否を判断するためには、圃場排水性の評価が必要です。
- しかし、従来の評価手法では排水不良圃場を含めた圃場間や年次間比較が困難でした。



図1 湿害による生育不良圃場

新たな評価手法の特徴

- 土壌水分センサの連続観測データから逡減イベントを抽出し(図2)、排水に伴う土壌水分の低下過程を表す逡減曲線を導出します(図3)。
- 短い逡減イベントでも、多数の逡減イベントを重ね合わせることで、逡減曲線を導出できます。
- 飽和に近い状態から過剰水が排水される速さを指標として、圃場排水性を定量的に評価できます。
- 水田転換畑では、耕盤上の土壌水分変動を捉えることで、より実態に近い逡減曲線を得ることができます。

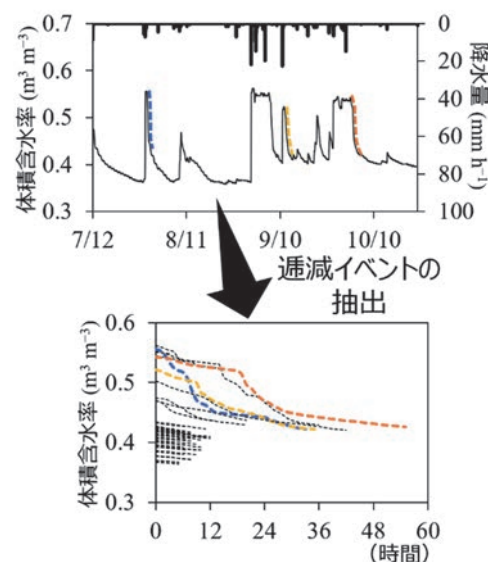


図2 大豆栽培期間中の耕盤上の土壌水分変動と抽出した逡減イベント

期待される活用例

- 排水対策技術の選択や畑転換の適否の判断に利活用できます。

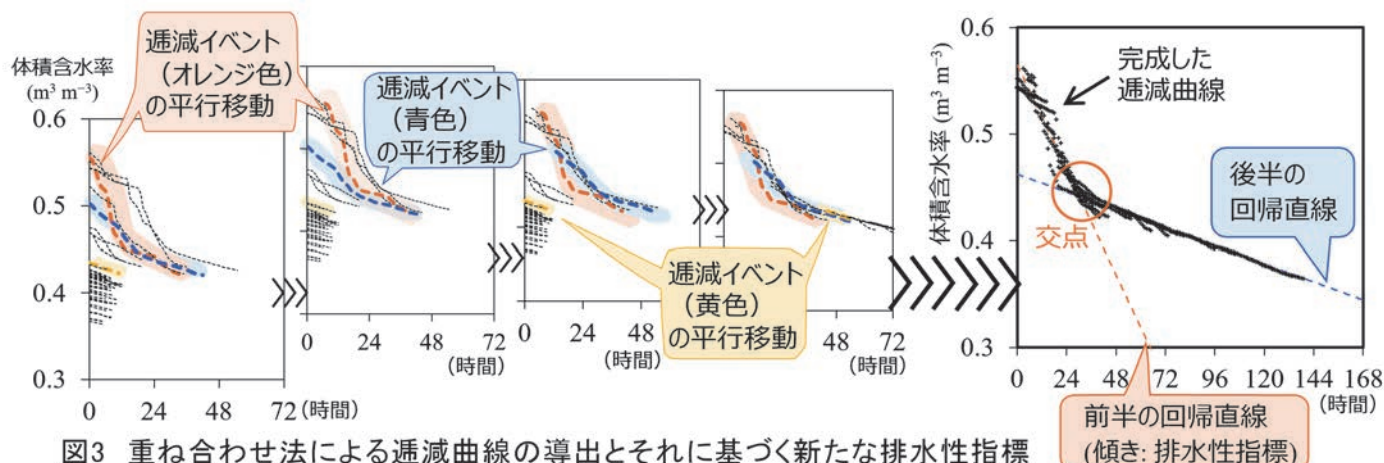


図3 重ね合わせ法による逡減曲線の導出とそれに基づく新たな排水性指標

農業農村整備におけるデータ利活用を促進する 農業農村デジタルプラットフォームの構築

研究のポイント

- 情報化施工技術で取得されたデータや農業インフラの諸元及び維持管理データ等を関係者間で共有できるプラットフォーム(名称:NNDP)を構築しました。
- 農業農村整備事業で利用可能な様々なアプリケーションソフトやデータフォーマットを一元的に完備することで、データ利活用の促進を実現します。

研究の背景

- 農業農村整備事業において、情報化施工技術を普及させるには、得られたデータを計画、設計、施工、維持管理や営農といったプロセス全体で活用することが重要です。
- 農業水利施設等の老朽化も喫緊の課題となっており、限られた人員で管理するには、データを活用した効率的な管理手法を取り入れることが不可欠です。

プラットフォームの特徴

- NNDPは、農業農村整備事業全般において活用可能な**多数のアプリや解析システム**を用意しています。
- その他にも、位置情報をもつデータの表示やアプリによる出力結果をマップ上に表示する**マップサイト**や優良な事例を集めた**マップ集**、システム間のデータ利用を円滑にするための**データフォーマット集**などで構成されています。

期待される活用例

- **国営緊急農地再編整備事業A地区**: 情報化施工技術による暗渠管の埋設位置情報や田面標高、工事の諸元データ、ほ場の排水性評価などを「**農地基盤カルテ**」によって一筆ごとにデータを出力し、農家に共有することで、整備後の営農計画や土づくり、農地の維持管理、暗渠機能の長寿命化などに活用しています。
- **国営かんがい排水事業B地区管内の土地改良区**: 整備時の設計図面、諸元データ、点検履歴、劣化状況などを一元管理することで、点検・補修の優先順位づけや長期的なコスト削減、トラブルへの迅速な対応などに活用しています。



アプリ一覧



農地基盤カルテ



1. 令和7年度の普及成果、研究成果

(2) 資源利用研究領域

一季成りイチゴ栽培での従来温室とゼロエネルギーグリーンハウス(ZEG)の比較実証

研究のポイント

- 「みどりの食料システム戦略」では、施設園芸から排出されるCO₂を2030年までに155万t/年の削減、2050年までに化石燃料を使用しない施設園芸への完全移行が目標となっています。
- 農林水産業で消費される主なエネルギーは、重油、灯油、軽油、ガソリン、電力ですが、施設園芸分野では温室暖房で消費されるA重油や灯油などの化石燃料の削減が課題です。

研究の背景

- A重油で暖房を行う従来温室と、ゼロエネルギーグリーンハウス(ZEG)の要件定義に基づき建設され、地下水熱源ヒートポンプとA重油による燃焼式暖房機を組み合わせたハイブリッド制御で暖房を行うZEG仕様の温室において、一季成りのイチゴ栽培で消費されるA重油と電力消費量を比較しました。

システムの特徴

- 従来温室には1層の保温カーテンを設置、ZEG仕様温室(以下、ZEG)には2層の保温カーテンを設置しています。このことにより、ZEGは従来温室よりも保温性を高めています。
- ZEGには13.7 kWの太陽光発電パネルと5 kWhの蓄電池を組み合わせた再エネ電力が系統電力と連係して供給されています。
- 従来温室では暖房負荷のすべてを燃焼式暖房機が賄い、ZEGでは暖房負荷の1/3を電気式ヒートポンプが、2/3を燃焼式暖房機が賄う設計です。
- 一般的な空空気熱源ヒートポンプで発生しやすいデフロスト運転回避のため、ZEGには農研機構が開発した地下水熱源ヒートポンプを採用しました。

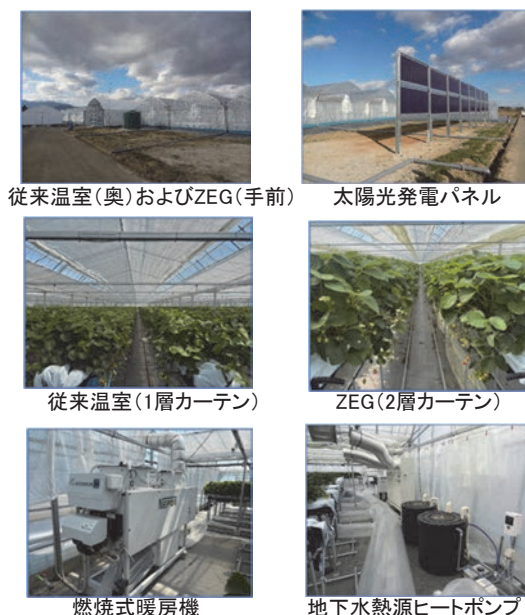


図1 従来温室とZEG仕様温室の概要

期待される活用例

- 暖房を行った2024年11月25日～2025年4月30日の期間に、従来温室とZEGの燃焼式暖房機で燃焼したA重油消費量はそれぞれ、7057 L、336 Lとなり、ZEGは従来温室と比べて重油消費量は約9割減りました。
- ZEGはヒートポンプを中心に暖房するため、電力消費量は10%増えますが、太陽光で発電した自己発電分の3411 kWhを差し引くと、電力会社から購入する電力は6418 kWhとなり、従来温室よりも28%減りました。そのため、ZEGは電力会社の火力発電由来のCO₂排出量を含めても、従来温室よりもCO₂排出量は83%削減されました(表1)。

表1 従来温室およびZEGのエネルギー消費量およびCO₂排出量

	エネルギー消費量および電力発電量		
	重油消費量(L)	電力消費量(kWh)	電力発電量(kWh)
従来温室	7057	8916	—
ZEG	336	9829	3411
	CO ₂ 排出量(kg)		
	重油*	電力**	合計
従来温室	19124	4066	23190
ZEG	911	2927	3838

*: A重油CO₂排出量: 2.710kg-CO₂/L

**：中部電力ミライズの2023年度のCO₂排出係数 0.456kg-CO₂/kWh

農地を採熱・蓄熱源として活用する 水平型地中熱ヒートポンプシステムと施工技術

研究のポイント

- 農地を蓄熱源として使うことで、冬の夜間暖房に使う電力を約10%削減できる水平型地中熱ヒートポンプシステムを開発しました。また地中熱ヒートポンプの導入障壁となっている採熱管施工費用について、暗渠管理設置装置の活用により安価かつ迅速に導入できる施工方法を併せて提案します。

研究の背景

- 園芸施設でのヒートポンプによる冬季暖房において、安定した採熱源を選定することが重要です。しかし水熱源は地下水の立地や水利権などの制約があり、地中熱源は掘削・設置費が高いことが課題でした。そのため、安価に導入でき、運転費用も抑えられる地中熱利用技術が求められています。

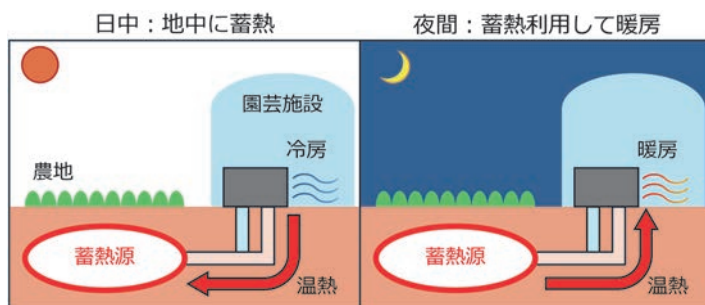


図1 本システムにおける農地蓄熱・採熱の概念

新技術の特徴

- 施工技術：同一構成の従来施工方法と比較して工期を80%短縮し、施工費用も64%削減しました。（900 m²の施工事例において、工期10日間 → 2日間、施工費用194万円 → 69万円）
- 蓄熱運用：蓄熱を併用した場合はCOP（エネルギー消費効率、省エネ性能の指標）が3.5→3.7に向上し、蓄熱なしの場合と比較して夜間暖房時の消費電力を約10%削減しました。
- 設置面積：蓄熱により地中の熱を増やし補うことで、地中からの実質的な採熱量を減らすことが可能となり、採熱地の面積が小さくても安定して冬季暖房が継続できます。



図2 暗渠管理設置装置による採熱管埋設例

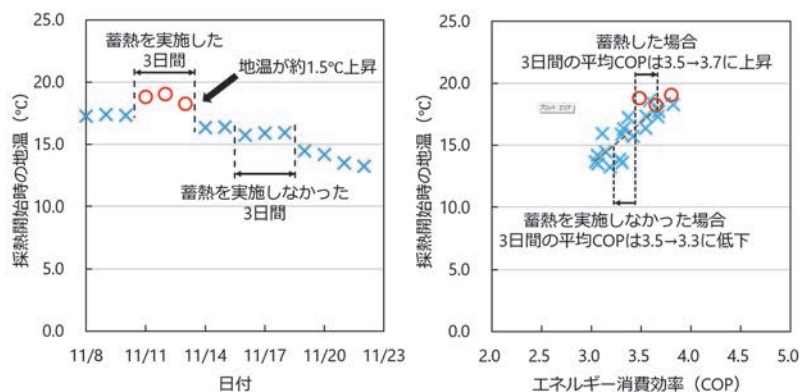


図3 蓄熱による地温上昇（左）とCOPの関係（右）

期待される活用・応用例

- 熱供給先：園芸施設のほか、農産物保管庫や畜舎の暖房など、様々な熱需要にも応用できます。
- 埋設場所：農地に加え、採草放牧地なども地中採熱管の埋設場所として活用できます。
- その他：採熱管施工と同時に保水材などの補助資材を採熱管周辺に加えることができるため、地域の気候や用途に合わせて採熱・蓄熱効率を調整できます。

農山漁村地域のRE100に資する農山漁村エネルギー マネジメントシステム(VEMS)

研究のポイント

- 農山漁村地域には太陽光、水力、風力、地熱、バイオマスによる発電や、地中熱、地下水、農業用水等の未利用熱など多様な再生可能エネルギーがあります。
- VEMSは地域内のエネルギー供給群と需要群の調整により、再生可能エネルギーの地産地消を進め、その対価を地域に還元し経済循環を生み出すものです。

研究の背景

- 地球規模で気候の温暖化が進む中、全世界でGHG削減に向けた取り組みが進められていますが、食料生産を担う農林水産業においてもその対応は喫緊の課題となっています。
- エネルギーを地産地消するための技術として農山漁村エネルギーマネジメントシステム(VEMS: Village Energy Management System)を開発し、地域内のエネルギー自給率向上に資する技術の構築を目指しています。

システムの特徴

- VEMSは左側のエネルギー供給群と右側のエネルギー需要群の需給バランスを、地域全体で計測し、最適に制御、管理を行う仕組みです(図1)。
- VEMSはエリアEMS(A-EMS)とローカルEMS(L-EMS)の2階層で構成されます。温室、畜舎、食品加工場、住宅等に設置するL-EMSから、自家のエネルギー需要量と発電、蓄電、蓄熱の不足量、ヒートポンプの稼働状況等の情報をもとに、上位にあるA-EMSに伝達し、太陽光、小水力、バイオマス等の再エネ電力を供給し、地域内で不足するときは地域外から系統電力を導入します(図2)。

期待される活用例

- VEMSの社会実装を進める上で重要なのがアグリゲーターの存在です。アグリゲーターは地域内のエネルギー需給調整とエネルギー利用に伴う対価の受け渡しを行うとともに、余剰となった再エネ電力を都市・周辺地域に向けて供給します。
- わが国は2030年までに、電源構成の中で再エネの占める割合を36～38%にすることを目指していますが、この目標を達成するには農山漁村地域にエネルギー生産の対価が還元されるビジネスモデルの構築とVEMSの社会実装が重要です。



図1 農山漁村エネルギーマネジメントシステム

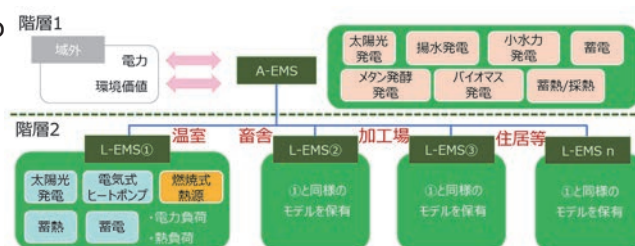


図2 VEMSを構成する2階層モデル



図3 VEMSが社会実装したときのイメージ図

■石井ら(2025)水土の知、93(10):747-750

温室内環境を安定して測定可能にする センサー故障検出アルゴリズム

研究のポイント

- 3つ以上の同一の環境センサーを用いることで、故障などによる測定値のずれを補正する仕組みを考案しました。
- 施設園芸分野で上記の技術を利用すると、センサー故障による温室内の過度な高温化などを防ぎ、栽培環境悪化による作物の収量低下のリスクを緩和することが期待されます。

研究の背景

- 近年、温室内の気温などの環境要素の最適化のために、環境センサーを用いて栽培環境を精密に制御しています。
- センサー故障による温室内の過度な高温化などの大きなリスクが存在します。
- そこで、3つ以上のセンサーを用いて、センサーの故障検知や異常値を除いた補正値の出力を可能とするアルゴリズムを考案しました(図1)。

システムの特徴

- 同一のセンサー1、2、3を搭載した環境測定機器を図1のアルゴリズムに従い動作させると、センサーの1つが故障しても正しい測定値を継続して出力可能です。
- 複数のセンサーの測定値の相互比較の結果から、不具合の発生しているセンサーを特定できます。
- 気温センサーで動作試験を実施すると、1つのセンサーに異常が発生しても、異常な測定値を除いた補正値が出力され、安定した環境計測や制御が可能となります(図2)。

期待される活用例

- 温室栽培に用いられる環境測定・制御機器に、開発したアルゴリズムを組み込むことで、センサー故障による作物の収量低下のリスクが緩和されます。
- センサー故障が検知された際に、不具合のあるセンサーのみ交換もしくはすべてのセンサーを交換することで、記録データの欠損を防ぐと同時に安定した環境計測・制御が可能となります。

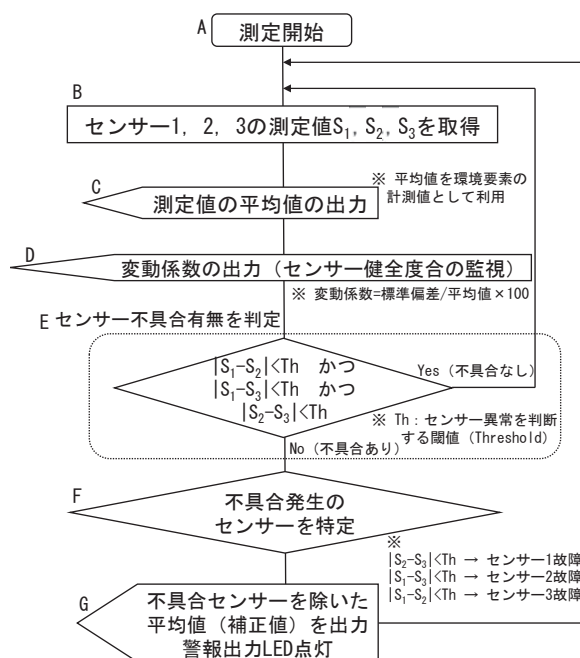


図1 計測プロセスフローチャート

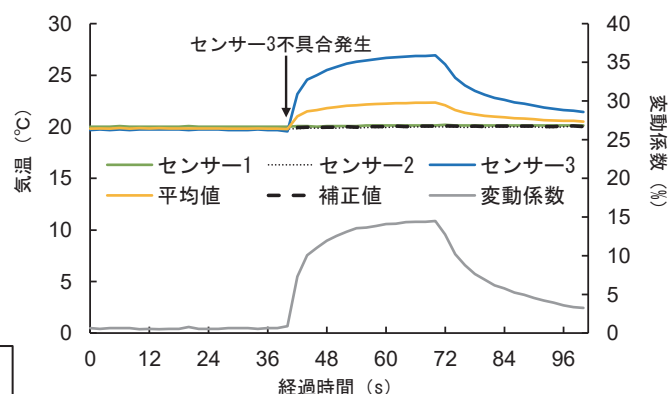


図2 気温センサー動作試験

■大橋ら(2025)農業施設、56(3):1-5.

URL: https://doi.org/10.11449/sasj.56.3_51

ヒートポンプシステムによる 農業用水路の流水中の熱利用技術

研究のポイント

- 農業用水路内に設置した熱交換器とヒートポンプを介して、流水中の熱を利用した冷暖房が可能です。熱交換器が水中に水没し、流速が0.01 m/s以上であれば、厳冬の低水温条件下でもヒートポンプは安定かつ効率的に暖房できます。また、夏季の冷房では高い成績係数を示します。

研究の背景

- 農業用水路の流水をヒートポンプの熱源にする場合、流量、水温、流速および水深の変化等により、ヒートポンプの効率は変化するため、通年で熱供給試験を実施する必要があります。そこで、農業用水路の流水を熱源としたヒートポンプシステムの運用技術の確立を目的として、栃木県那須塩原市内の水路内にシート状熱交換器を設置し、水路に隣接するイチゴを栽培する温室への熱供給試験を、国内で数少ない事例として年間を通して実施しました。

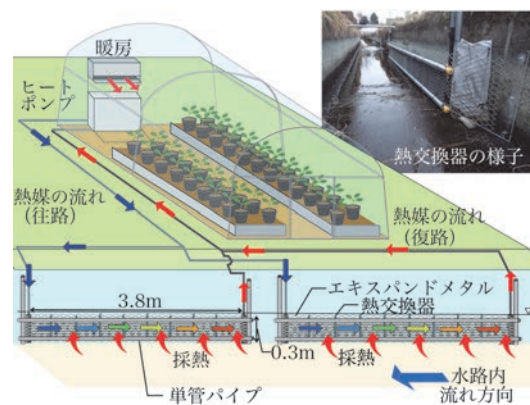


図1 用水路に設置するヒートポンプシステム

流水を熱源としたヒートポンプシステムの性能

<推奨条件>

流速 0.01m/s～

水深 0.34 m～

水温 暖房時 気温より高い

冷房時 気温より低い

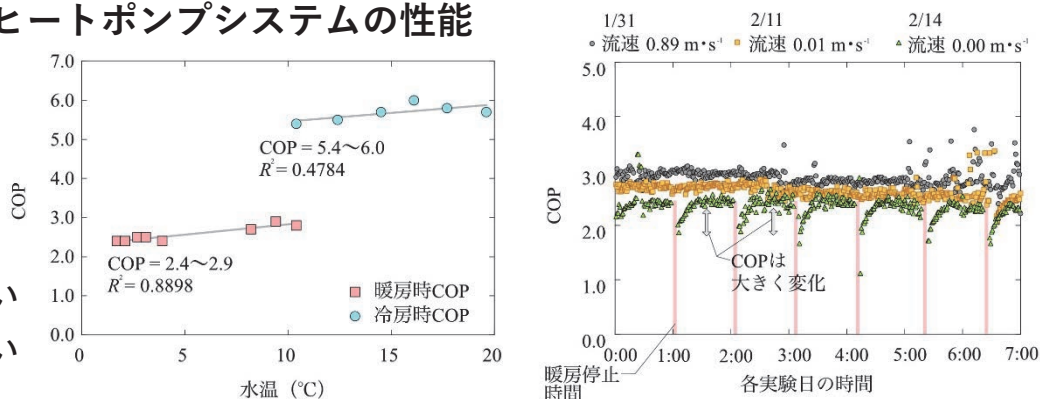


図2 平均COPと暖房時の1分あたりの瞬時COP

- 本試験における暖房時、水路に流水（流速0.01 m/s以上）が生じていれば、厳寒期の水温であっても高い熱通過率を示し、COP（エネルギー消費効率、省エネ性能の指標）は2.6～2.9の効率で利用でき、流速0.01 m/sでは、熱交換器が水没条件下であれば、熱通過率は著しく低下せず、効率的に利用できます。
- 熱交換器が空気中に露出する（水深 0.34 m以下）と、熱通過率とCOPは低下するとともに、デフロスト運転により暖房が停止することが懸念されます。
- 暖房利用時、水温が低くなると、COPは低くなる傾向を示し、水温が2.0℃以下の、流速がない（流速0.00 m/s）条件では、水路内の熱交換器で凍結が生じることが懸念されます。
- 冷房時COPは5.4～6.0であり、外気温よりも低い水温を熱源にして効率的に冷房稼働できます。

活用時の留意点

※熱通過率は、熱の取り出しやすさで、単位面積あたりの熱交換器の性能を表す指標。

- 水路と施設の距離が20 m以上になる場合、循環ポンプの揚程を大きくする必要があります。
- 土嚢や角落としによる簡易の堰の利用などがあると、水深を確保でき、効率を維持しやすいです。

農業集落排水汚泥を原料とする汚泥肥料の製造実態と肥効特性

研究のポイント

- 農業集落排水汚泥(集排汚泥)肥料の製造方法は、発酵槽内を加温・通気させる密閉型コンポスト化が主流です。
- 密閉型コンポスト化で製造された汚泥肥料の易分解性有機物量、窒素肥効の指標である無機態窒素の割合、およびリン酸肥効の指標である可溶性リン酸の割合は他方法よりもばらつきが大きくなります。

研究の背景

- 汚泥肥料は製造方法によって肥効特性が異なるため、集排汚泥肥料の製造実態やその製造条件による肥効特性への影響を整理する必要があります。

集排汚泥肥料の製造実態と肥効特性

- 集排汚泥肥料の製造方法は主に3種類あり、29の集排施設を調査した結果、密閉型コンポスト化が6割(18施設)を占めます(図1)。
- 集排汚泥肥料の肥効特性は各製造方法に由来した特徴を示しています(図2)。
- 開放型コンポスト化で製造された汚泥肥料は長期発酵のため、易分解性有機物量は少なく、窒素肥効の指標である無機態窒素の割合、およびリン酸肥効の指標である可溶性リン酸の割合は高くなります。
- 機械乾燥された汚泥肥料は急速乾燥のため、易分解性有機物量は多く、無機態窒素・可溶性リン酸の割合は低くなります。
- 密閉型コンポスト化は開放型コンポスト化と機械乾燥の中間的な製造方法であり、施設によって製造温度や期間等の製造条件が異なるため、製造された汚泥肥料は他方法よりも易分解性有機物量および無機態窒素・可溶性リン酸の割合のばらつきが大きくなります。

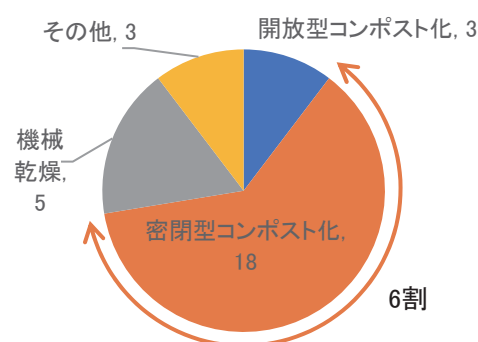


図1 汚泥肥料の製造方法の内訳

期待される活用例

- 肥料化設備の選定や、汚泥肥料の施肥設計に利用可能な情報となります。

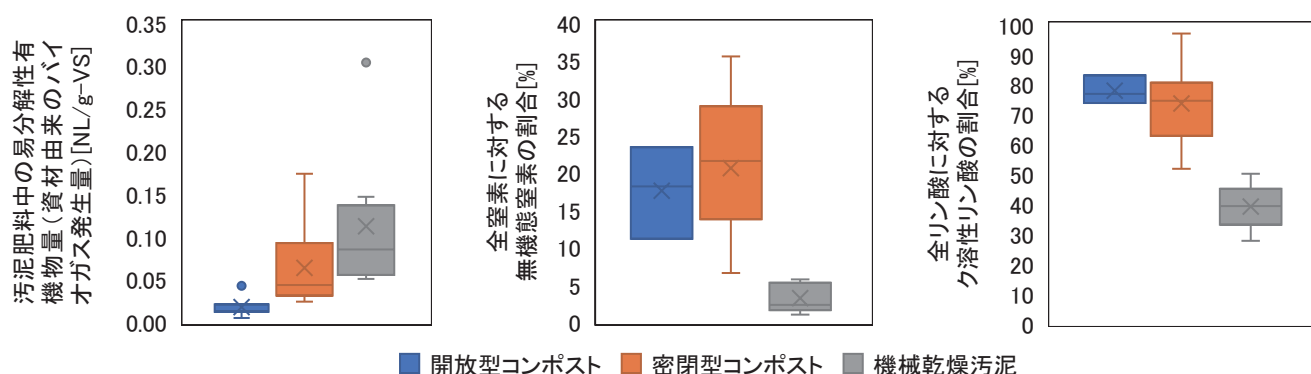


図2 汚泥肥料中の易分解性有機物量、および汚泥肥料の窒素肥効、リン酸肥効

産地への面的なヒートポンプ導入とJ-クレジット制度参加における営農支援主体の役割

研究のポイント

- JAや県普及機関等の営農支援主体が、ヒートポンプ導入とJ-クレジット創出を一体的に推進することで、まとまりのあるJ-クレジット創出が可能となります。また、農業者はJ-クレジット制度への参加が容易になります。

研究の背景

- ヒートポンプは温室効果ガス(以下、GHG)削減技術として期待されていますが、高額な設備投資や既存の暖房機と異なる使い勝手が農業者の導入障壁となります。また、J-クレジット制度申請に当たっては、農業者個々のGHG排出量が少ないため複数農業者を1つに束ねてプロジェクト化することが有効です。
- 農業者へのヒートポンプ導入とJ-クレジット制度参加の推進には支援主体の存在が不可欠であり、先進事例であるJAからつが実施した農業者への支援内容を明らかにしました。

取組の特徴

- 営農支援主体が、①農業者の燃油価格高騰に関する問題意識を醸成させ、②産地に適した技術選択と支援事業活用によって設備投資への費用負担を軽減し、③温度制御技術の確立を支援した結果、JAからつ管内では2014～2015年の2年間でハウスみかん農家101戸が計1,319台のヒートポンプを導入しました。
- JAからつは、ヒートポンプの大規模な導入に併せてJ-クレジットのプログラム型プロジェクトを実施しました。2024年に認証されたCO₂排出削減量は5年分で約4万t-CO₂、J-クレジットの販売収入は約7,200万円でした。これにより、農業者は1戸あたり平均でヒートポンプ設備費の約1割に相当する追加収入を得られる見込みとなりました。
- JAからつはJ-クレジット制度申請の事務局として、ヒートポンプを導入した農業者を束ねて取組みを支援しました。データの取得や管理を同JAが行ったこと(図1)で、農業者はJ-クレジット制度に必要な資料作成のコストをかけずに、J-クレジットの収入を得ることができました。

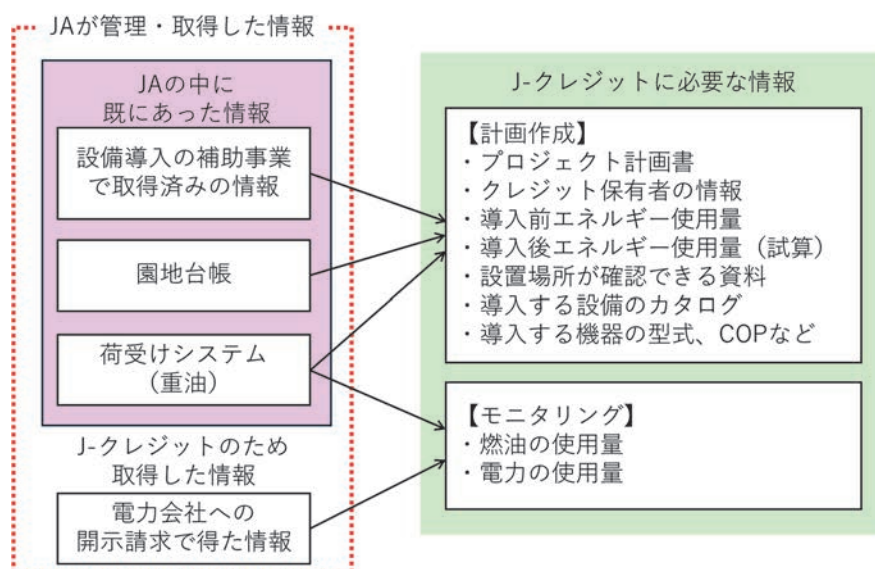


図1 J-クレジットの取組に必要な資料

期待される活用例

- J-クレジットの販売収入や燃油削減の効果は、燃油使用量の多い作目・作型であるほど大きくなります。
- 本成果は、暖房需要の大きな施設園芸産地において、JAや行政といった地域の営農指導や普及に関わる主体の活用を期待しています。

畑地型酪農地域の畑作における 消化液施用と牛糞堆肥施用・化学肥料施用の代替性

研究のポイント

- 畜産糞尿処理施設として集中型バイオガスプラントが稼働する北海道の畑地型酪農地域を対象に、畑作における消化液の施用実態と、牛糞堆肥ならびに化学肥料の施用実態との関係を分析し、消化液施用と牛糞堆肥施用の間の代替性と、消化液施用による肥料費削減効果を明らかにしました。

研究の背景

- バイオガスプラントの運営では、メタン発酵後に副産物として生成する消化液の最終処理が問題となります。地域内に酪農と畑作の両方が存立している畑地型酪農地域では、畑作における消化液の液肥利用の推進が問題解決策として有効です。
- 畑地型酪農地域では従来から牛糞堆肥が畑作利用されていることは知られていますが、消化液施用と牛糞堆肥施用の代替性ならびに消化液施用による化学肥料施用の代替効果の実態検討は、これまで十分ではありませんでした。

成果の特徴

- 対象地域の畑作に施用される有機物は消化液のほか、地域内の酪農家から入手容易な牛糞堆肥、スラリーがあり、畑作経営における投入実態から、対象地域では畑作における牛糞堆肥施用は一般的といえます。
- 対象地域の畑作経営の牛糞堆肥の投入頻度と消化液施用の有無の間に明確な関連は存在しませんでした。消化液の肥効は無機態窒素を多く含むため速効性、堆肥の肥効は有機態窒素を多く含むため遅効性と整理でき、消化液施用は、同様に無機態窒素で構成される化学肥料施用を代替しう一方、肥効が異なる牛糞堆肥施用を代替しにくいと考えられます。
- 対象地域の小麦作において消化液を基肥施用している畑作経営のうち半数以上が、化学肥料を基肥施用しておらず、小麦作の基肥における消化液施用が化学肥料施用を代替している実態を示しています(表1)。
- 対象地域の畑作経営調査から、小麦作における消化液の基肥施用による肥料費削減効果は、標準栽培体系との比較で基肥部分で40～50%、追肥含む全体で25～55%となりました(図1)。

期待される活用例

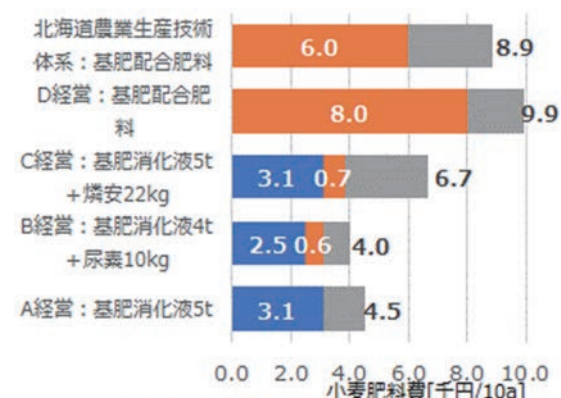
- 本成果は、家畜糞尿由来の資源循環を地域全体に対して積極的に行っている地域の調査事例であり、特にそのような取り組みを推進する地域にとっての参考情報となります。

表1 小麦作における消化液の基肥施用量とその化学肥料施用との代替性

経営No.	消化液 散布面積 (ha)	消化液 散布量 (t/10a)	化学肥料 基肥施用	左 施用量 (kg/10a)	施用窒素 成分合計 (kg/10a)
1	10.9	3	なし	—	4.2
2	9.4	5	なし	—	7
3	8.7	4	なし	—	5.6
4	8.4	4	なし	—	5.6
5	7.2	3～4	なし	—	4.2～5.6
6	6.8	4	なし	—	5.6
7	5.1	5	なし	—	7
8	4.2	5	燐安	22	10.9
9	3.1	5	なし	—	7
10	2.9	4	尿素	10	10.2
11	2.9	3	配合肥料	50	8
12	2.5	4	燐安	35	11.7
13	2.0	5	燐安	20	10.5
14	2.0	5	なし	—	7

出所：2020年度の消化液施用実績データ、2021年産畑作経営別作業履歴（対象地域関係機関提供）より作成

注）対象プラントの消化液を2020年秋の小麦播種前に施用した畑作経営をすべて抽出して表出した。消化液中の窒素成分量は2007～2021年の最小値実績（1.4kg/t）を用いて算出。施用窒素成分合計は、小麦作の基肥窒素成分量の施肥標準4kg/10a（北海道農政部「北海道施肥ガイド2020」）をすべての表出経営で上回っている。



出所：北海道農政部「北海道農業生産技術体系第5版」、農業経営実態調査（2022年度実施）より作成

図1 小麦作基肥への消化液施用による肥料費削減効果

中干し延長にJ-クレジット制度と自動給水栓等を 活用する際の経済性評価

研究のポイント

- 水稲作における中干し延長のJ-クレジット制度方法論に取り組む際に、自動給水栓等のICT機器を導入し、その操作履歴および水位データを生産管理記録として用いる場合において、機器導入による水管理労力軽減効果とJ-クレジット制度による収益増加により、機器導入コストの一部を補填できる割合を試算しました。

研究の背景

- J-クレジット制度(中干し延長)に取り組む際、農業者は取組みの妥当性の証明のために生産管理記録を作成する必要があります。客観的記録の作成と記録作成労力の削減に、自動給水栓等のICT機器の導入と、その操作・水位履歴の活用が期待されますが、自動給水栓等のICT機器の導入には追加コストがかかります。
- そこで、関東地域の水稲作農家を事例とし、J-クレジット制度により中干し期間の延長に取り組む際に自動給水栓等を導入した場合の経済性を、(J-クレジットによる収益増加)+(自動給水栓の活用による水管理コスト削減)-(機器導入による費用増加)から評価しました。

経済性評価の結果

- 自動給水栓導入による追加コストを、水管理コスト削減効果およびJ-クレジット制度による収益増加により補填可能な割合(費用補填率)は、事例農家を対象としていくつかのシナリオを設定した結果、最小15%、最大44%と試算されました(図1)。
- 試算結果は、①経営体の耕作条件、②導入機器の価格(機種)、③水管理時間の削減による費用軽減効果、④J-クレジット収益見込み額の各条件に応じて変動します。
- 費用補填率を高める要素として、①大区画化等により面積当りの自動給水栓の導入台数を削減し、導入・運用費用が低減すること、②慣行の水管理に労力を要しており、経費削減効果の大きい経営体であること、③中干し延長による面積当りのメタン排出削減量が多い条件で取り組むこと、④今後J-クレジット取引価格が上昇すること、の4点を指摘できます。

活用面

- 本成果は、中干し期間延長の取組みを検討している水稲作農家、J-クレジット制度のプロジェクト実施者、中干し延長の取組みを推進する地方公共団体等での活用が期待されます。

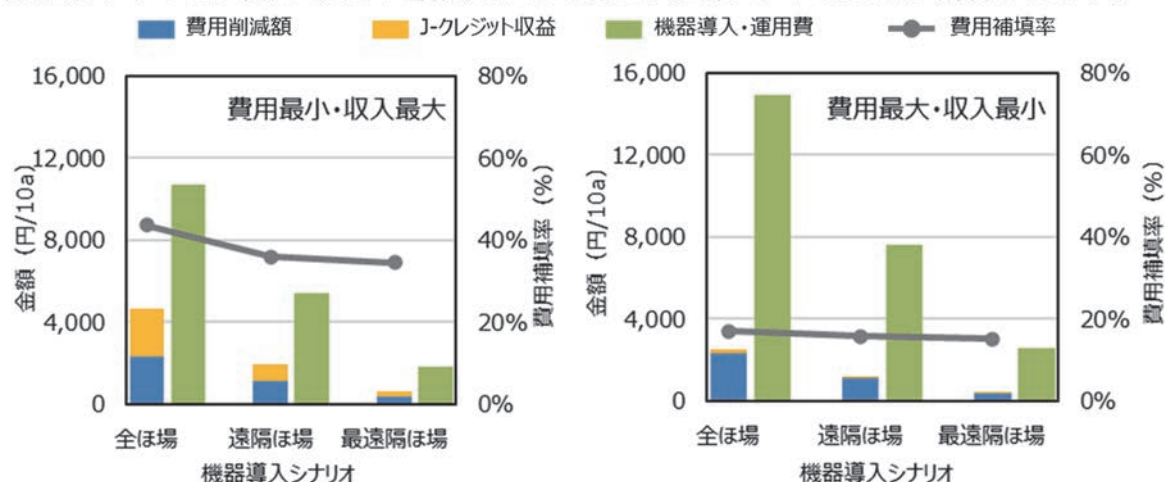


図1 J-クレジット収益および水管理労力軽減による自動給水栓の費用補填率

注) 経営面積10a当たりの値。

注) 機器導入・運用費用は、10年間運用する場合に要する費用の1年あたりの金額。

稲作におけるエネルギー投入量の推計と エネルギー消費特性

研究のポイント

- 産業連関表を用いてわが国の稲作におけるエネルギー投入量を推計し、農業部門全体のエネルギー投入量に占める割合を示しました。
- 稲作のなかで電力消費量が多い乾燥調製作業を中心に電力消費の特性を把握し、稲作におけるエネルギーマネジメントの一例を仮説的に示しました。

研究の背景

- 2050年を達成目標に農林水産業のカーボンニュートラル(脱炭素)の取組が推進されています。
- 稲作においては、水田中干し延長によるCH₄排出量削減の取組が先行していますが、営農時の燃料燃焼によるGHG排出量を削減する観点から、消費エネルギー利用の転換、削減にも目を向ける必要があります。

成果の特徴

- 2020年産業連関表より推計した農業部門全体のエネルギー投入量63.6PJ/年のうち、稲作関連のエネルギー投入量(分類「米」・「農業サービス」の合計)は13.9PJ/年と推計され、農業部門全体の22%を占めます。
- 稲作のエネルギー需要は、灯油、軽油、電力、ガソリンで構成され、このうち灯油・電力の需要の大半は乾燥調製作業に集中する特性を持ちます。
- 乾燥調製施設はピーク消費電力が大きく、その稼働期間は1年間のうち短期間に限定されるため、その電気料金に占める基本料金の割合が極めて大きくなります。事例経営では、施設を含む電力契約系統における年消費量の67%が乾燥調製作業実施期間に集中しています。
- 事例経営の乾燥調製施設を含む電力契約系統の30分デマンド値(30分あたりの消費電力量)の変動から、契約容量にはまだ余裕があり、かつ高負荷の時間帯は限定されるという電力消費特性が確認できます(図1)。
- 稲作におけるエネルギーマネジメントの仮説案として、乾燥調製作業のうち調製作業を乾燥機の稼働が少ない時間に移動することで30分デマンド値のピーク値を下げ、契約容量の見直しによる基本料金の減額により電力コストの削減ができる可能性があります。

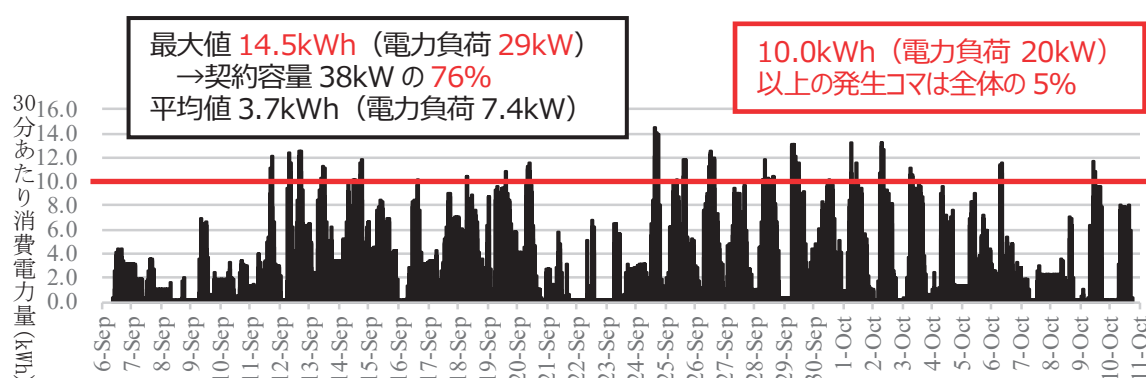


図1 事例経営の乾燥調製施設の動力電力契約系統(200V)における消費電力量の30分デマンド値の推移

期待される活用例

- 稲作経営におけるエネルギーマネジメント、稲作が展開する農村地域におけるエネルギーマネジメントを行うにあたっての参考情報となります。

1. 令和7年度の普及成果、研究成果

(3) 施設工学研究領域

農業用貯水池堤体内の浸潤面観測に関する データ管理・共有パッケージ

研究のポイント

- ため池やアースダム堤体に設置された観測孔の水位を低コストセンサで多点計測し、**観測体制の低コスト化**を図りました。
- 観測データの自動取得・蓄積・転送から**浸潤面を3次元で可視化**し、関係者間で共有することを可能としたパッケージ(図1)です。

研究の背景

- ため池等の堤体の維持管理では、外観調査や浸透量計測が中心ですが、貯水機能の健全性評価には堤体内部の浸透状況の把握も重要です。一方、観測やデータ管理はコストと手間を要します。そこで、低コストで堤体内部の浸潤面を監視・共有できるシステムを開発しました。

開発技術の特徴

- 低コストセンサと通信機能付きデータロガーを組み合わせ、多点水位観測が可能な低コスト観測体制を構築しました(図2)。開発した技術は、観測データを位置および時刻情報と紐づけて自動記録・蓄積・転送を可能としており、データ管理の省力化が可能です。
- 浸潤面を3次元的に可視化することで、水の挙動および時系列データを容易に把握できます。また、Webブラウザ上での表示により、関係者間での情報共有が可能です(図2)。

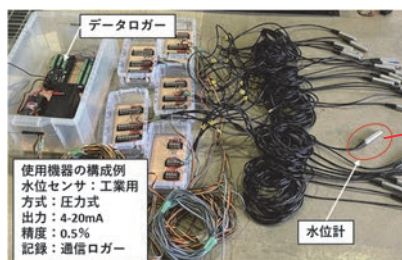


図2 構築した低コスト観測装置とWebアプリケーションによる観測水位の3次元表示

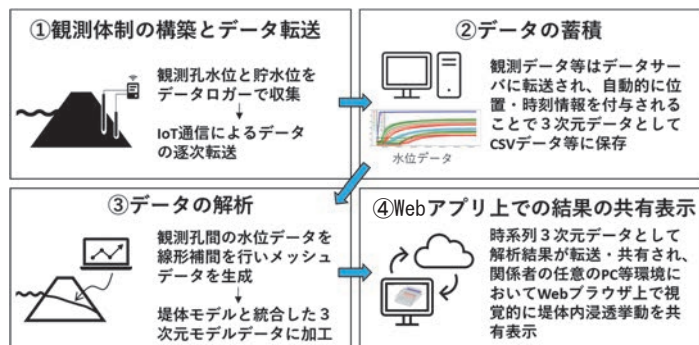
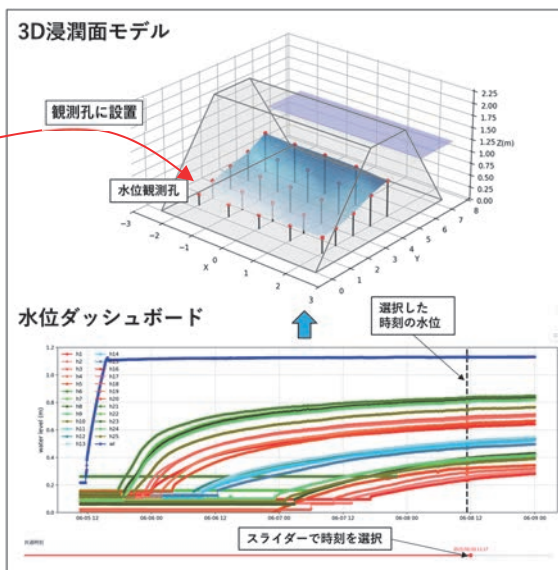


図1 データ取得から共有までのプロセス



期待される活用例

- 日常点検における状況把握および情報共有の効率化、管理判断の補助ツールとしての活用。
- 堤体形状モデル等と組み合わせ、仮想空間上で把握する技術への展開が期待されます(図3)。

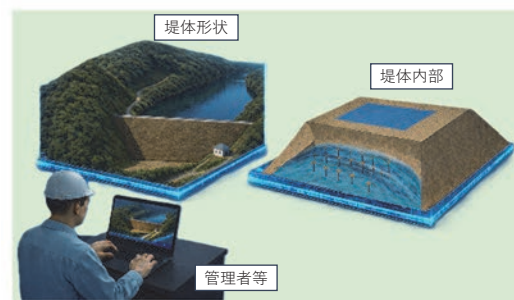


図3 堤体形状モデル(左)と堤体内部の浸潤面モデル(右)の統合イメージ

ため池防災工事のための堤体対策工法選定マニュアル

研究のポイント

- ため池の周辺環境や立地条件を考慮し、工事施工の制約条件を踏まえた工法を合理的かつ効率的に選定するためのマニュアルです。

研究の背景

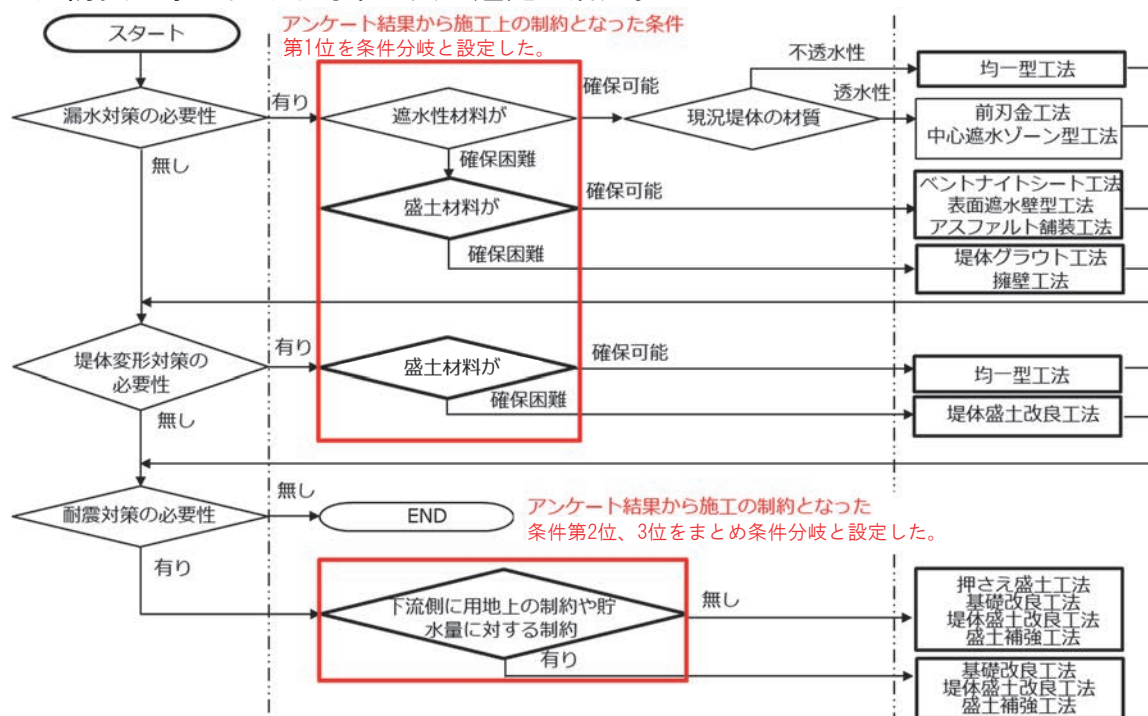
- ため池防災工事における対策工法の選定については、耐震性を確保した上で、ため池の周辺環境や立地条件による工事施工上の制約条件を考慮して、施工性や経済性を加味した総合的な評価によって、ため池ごとに検討されており、効率的な選定方法が求められていました。

マニュアルの特徴

- 本マニュアルは、工事施工の制約条件一覧、対策工法概要、対策工法選定フローおよび巻末資料として施工コスト表等を記載しています。
- 適用範囲は、堤高15m未満の防災重点農業用ため池です。
- 対策工法選定フローでは、全国の自治体のため池担当者に工事施工の制約条件や採用した対策工法について実施したアンケート結果を反映させ、改修の目的と工事施工の制約条件から、適した工法を選定することができます。

期待される活用例

- ため池防災工事における対策工法の選定に活用。



上記フローによって抽出される適した工法以外の工法が総合評価の結果、選定されることをさまたげるものではない。
施工中落水できない等の上記フローが適さない制約条件がある場合、矢板（鋼管）工法を含めて各種工法を検討する。
なお、改修前に漏水が発生していないため池について、耐震補強工法の採用により現況堤体の遮水性が損なわれる場合は、漏水対策工法の検討をする。

鋼材によるため池堤体補強工法の設計・施工マニュアル

研究のポイント

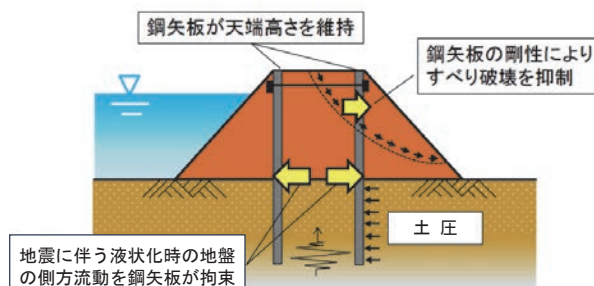
- ため池の改修工法である鋼材を用いた堤体補強工法の設計・施工マニュアルです。
- 鋼矢板を堤体内に2列打設し、鋼材の頭部同士を鋼製部材で連結することで堤体の耐震性を向上させる「鋼矢板二重式工法」の設計および施工方法を取りまとめたマニュアルです。

研究の背景

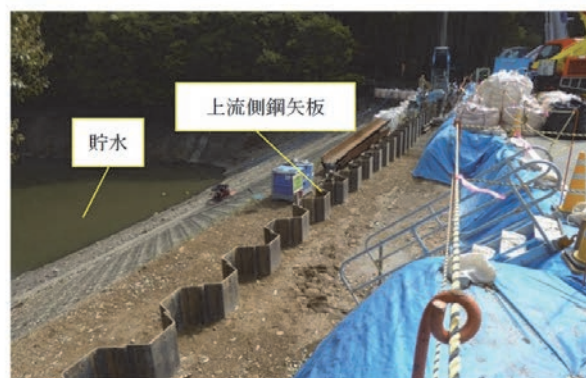
- ため池の改修工事において、鋼材を堤体に打設して改修する工法があります。本工法は、既存堤体の法面を掘削せずに、また、貯水を全く下げることなく施工することができます。一方、ため池ごとに設計・施工方法が検討されており、統一的なマニュアルの整備が求められていました。

マニュアルの特徴

- 本マニュアルは、堤体内に鋼矢板を2列打設し、鋼材の頭部同士をタイ材とよばれる鋼製部材で連結することで遮水性能ならびに耐震性能を向上させる「鋼矢板二重式工法」(図1)に関するものであり、共通編、設計編、施工編で構成されています。
- 共通編では、鋼材を用いた堤体補強工法の概念や特徴、耐震補強効果について記載しています。
- 設計編では、要求される耐震性能に対する設計項目や鋼材および堤体の設計について記載しています。
- 施工編では、鋼矢板および堤体の施工方法や施工後の維持管理方法等について記載しています。
- 全てのため池について適用することができ、レベル1地震動およびレベル2地震動に対して要求される耐震性能を満たしています。



(a) 断面図



(b) 鋼矢板打設の様子

図1 鋼矢板二重式工法の概要

期待される活用例

- 鋼矢板二重式工法の適切な安全性の評価や鋼矢板の規格や長さの決定。
- 適切な施工管理および維持管理。

■ 鋼材によるため池堤体補強工法設計・施工マニュアル（農研機構HP）
URL https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/172380.html



天端の固化改良による省力的なため池改修工法

研究のポイント

- 天端をセメント等による固化改良土を用いて、堤体の耐震性を向上させるため池の改修工法です。
- 本工法は掘削部が天端部に限られるため、省力的な施工が可能です。

研究の背景

- ため池の改修工事の際に、貯水容量の減少が許されない場合や用地上の制約があり堤体下流側が施工できない場合があります。そのため、堤体の天端を固化改良して耐震性を向上させる事例があります。
- しかし、天端を固化改良した場合の地震時における動的な挙動については未解明な点が多く存在します。

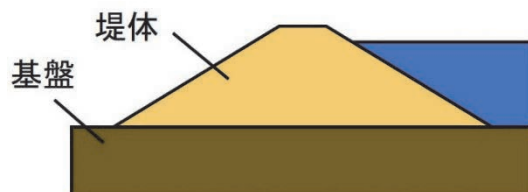
工法の特徴と効果

- 遠心載荷装置を用いて無対策の堤体と天端を固化改良した堤体(図1)を対象に段階加振実験を実施しました。供用期間内に1~2度発生する確率の地震動であるレベル1地震動に相当する 1.5m/s^2 加振時において、固化改良したため池堤体の沈下量(実規模換算)は 0.08m であったのに対し、無対策の沈下量は 0.10m でした(図2上段)。
- 発生確率は低い地震動強さの大きな地震動であるレベル2地震動に相当する 4.5m/s^2 の加振時においても、固化改良したケースの天端沈下量は 0.76m で、無対策の天端沈下量 1.40m と比較すると5割程度に抑制できます(図2下段)。

留意点

- レベル2地震動では、堤体と固化改良部の境界において隙間が生じる可能性があることに留意する必要があります(図3)。

【無対策】



【凸部を設けた天端固化改良形状】

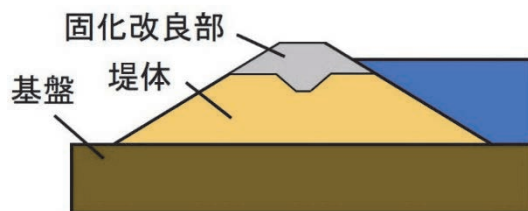


図1 遠心載荷実験ケース

1.5m/s^2 加振時(レベル1地震動相当)

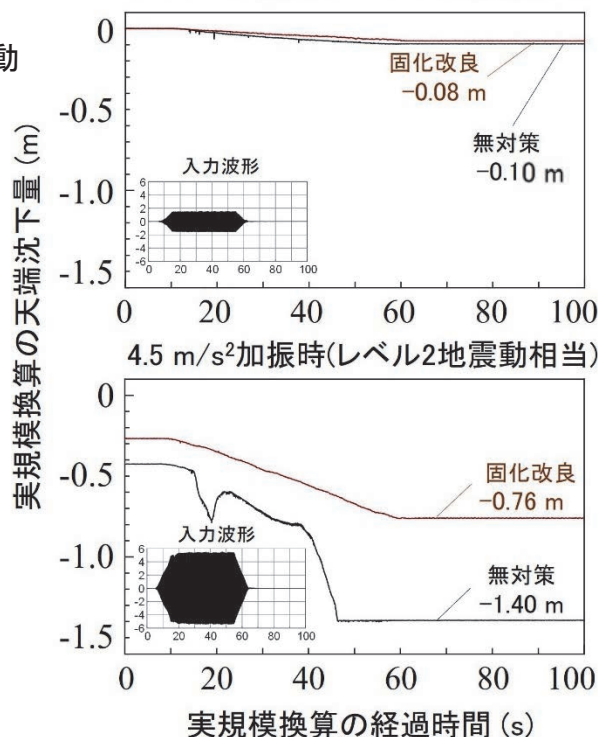


図2 遠心載荷実験による天端を固化したため池の耐震性能に関する検証

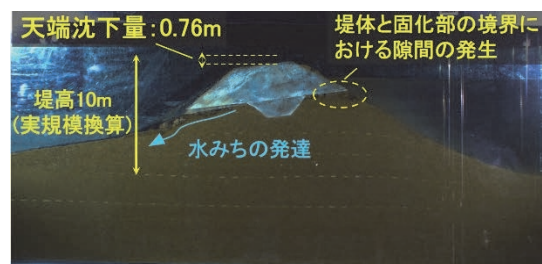


図3 遠心載荷実験終了時の様子

階段状放水路との組み合わせによる 洪水吐減勢工の小規模化

研究のポイント

- ため池の洪水吐の放水路を階段状（階段状放水路）とすることで（図1）、副ダム型減勢工の水叩きの長さを2/3程度に小規模化できることを確認しました。

研究の背景

- 洪水吐の大規模化に伴い、堤体の下流側に設置される減勢工の大規模化も必要になりますが、用地等の問題により、その実施が困難な場合があります。

技術の特徴

- 従来の設計による傾斜状の放水路（傾斜放水路）（図2(a)）を階段状放水路（図2(b)）に変更すると、放流水のエネルギーが階段状放水路で減勢されるため、水深変動は傾斜放水路に比べて36%減少します。ここで水深変動は、減勢工から放流される流れの乱れ、すなわち減勢工における減勢状況を表します。
- 水叩きの長さを図2(b)の2/3程度に短くした場合（図2(c)）でも、水深変動は傾斜放水路に比べて11%減少します。
- 横軸を水叩きの長さ、縦軸を水深変動とした水理模型実験の結果一覧（図3）では、傾斜放水路を階段状放水路に変更することにより、①水叩きの長さが傾斜放水路と同じ場合、減勢工から放流される流れの乱れを著しく低減できること、②水叩きの長さを2/3程度にまで短くしても、従来の設計による傾斜放水路の場合と同程度の減勢効果が発揮されること、が確認できます。

期待される活用例

- 本成果は、防災重点農業用ため池に係る防災工事等において洪水吐を大規模化する際に、用地問題によって減勢工の大規模化が難しい場合に、活用が期待されます。
- 階段状放水路とする場合にのみ有効です。

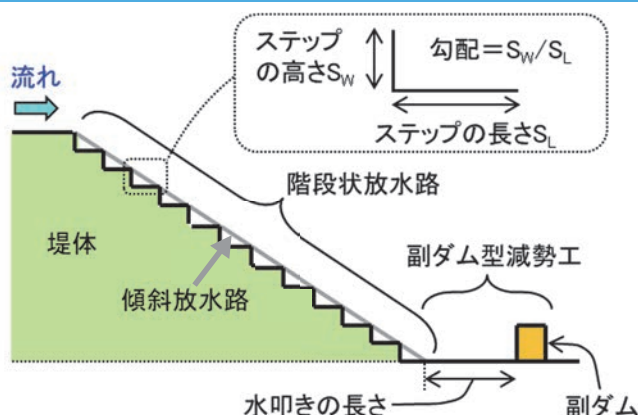
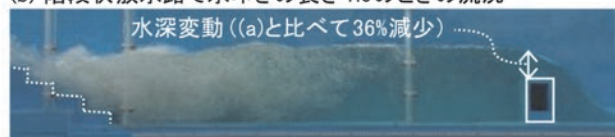


図1 放水路を階段状とした洪水吐の概念図

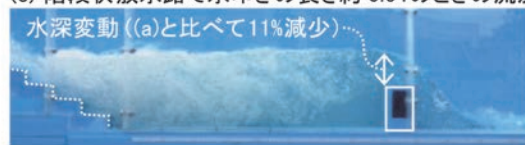
(a) 傾斜放水路で水叩きの長さ1.0のときの流況



(b) 階段状放水路で水叩きの長さ1.0のときの流況

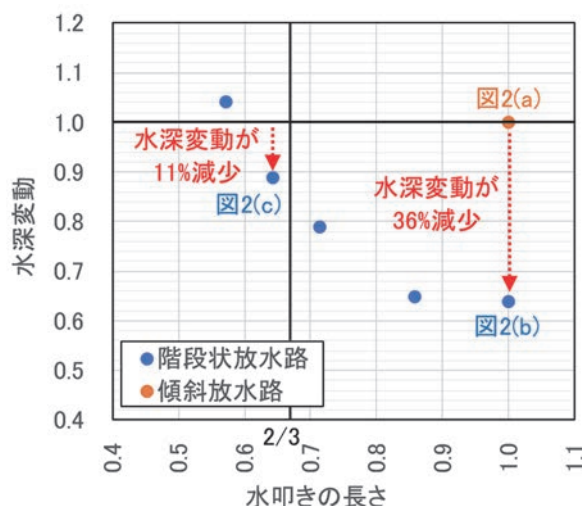


(c) 階段状放水路で水叩きの長さ約0.64のときの流況



※ 水叩きの長さは、設計指針「ため池整備」による値を1.0とした

図2 水理模型実験による減勢工内の流況



※1 実験条件は、単位幅流量=0.512m²/s、

ステップの数15、 $S_W=0.20\text{m}$ 、 $S_L=0.36\text{m}$

※2 水深変動は、図2(a)のときの値を1.0とした

図3 水理模型実験による水深変動

プレキャスト部材による 農業用パイプラインのスラスト対策工法

研究のポイント

- プレキャストのコンクリートブロックと杭を組み合わせたパイプラインのスラスト対策工法です(図1)。現場でのコンクリート打設を必要としないため、早期施工が可能です。

研究の背景

- T字管などで発生する管を動かそうとするスラスト力に対しては、従来、管を現場打ちコンクリートで巻き立てる対策が一般的です。
- しかし、従来工法は施工に時間を要する上、地震時には被害が集中しやすいという課題があり、災害復旧など早期施工が求められる現場への適用が困難でした。
- そこで、プレキャストブロックと杭を組み合わせた、現場でのコンクリート打設を不要とし、短期間で施工可能な工法を開発しました。

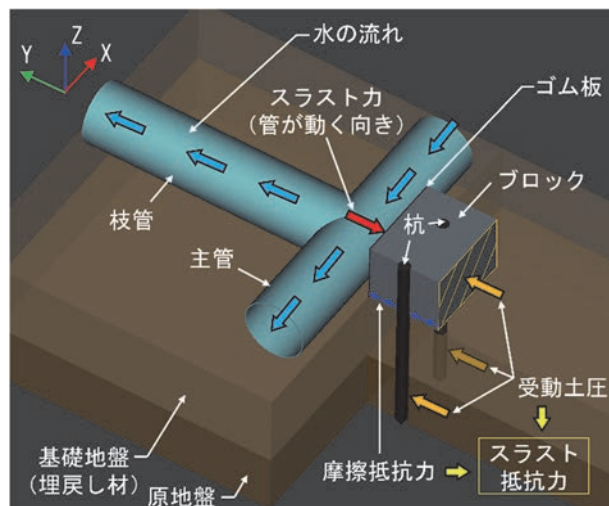


図1 本工法の基本構造

特徴・適用条件

- 主な工程は、管背面へのコンクリートブロック設置と杭打ちのみで、迅速な施工が可能です(図2)。
- 管と対策工が一体化していないため、ブロックが沈下した場合でも管への影響を低減できます。
- ブロック内に杭を配置することで杭の傾きを抑制し、杭の抵抗力を最大限発揮できます。また、杭と管の点接触を防止し、応力集中も防ぎます。
- 杭の活用により、浅埋設で受働土圧が不足する現場にも適用可能です。
- 管種を問わず、口径300mm以下の小口径管に適用できます。
- スラスト力に応じて、コンクリートブロックの大きさ、杭の長さ・本数を設計します。
- 杭の水平抵抗力を確保するためには、原地盤のN値として5以上、または砕石置換が必要です。



図2 本工法の実施例

期待される活用例

- 早期施工が必要な突発事故の応急復旧や、受働土圧が不足する浅埋設現場でも活用できます。

ため池底樋の点検装置

研究のポイント

- 直径250mm以上の底樋内部の状態を360° カメラやレーザー機器で点検する装置です。
- 底樋の縦断勾配を詳細に計測できます。

研究の背景

- ため池の機能診断が進められていますが、人が中に入ることができない不可視部分（底樋など）の点検が困難でした。そこで、底樋内部を調査できる点検装置を開発しました。

底樋点検装置の特徴

- 開発した底樋点検装置は、直径250～400mm用、直径450mm以上用、の2種類があります。後者は、水深50mm程度以下であれば走行可能です。
- 市販の360° カメラを搭載しており、底樋内部の可視画像を記録できます。LiDARセンサーを搭載すれば、断面形状も測定できます。測定精度は、搭載するLiDARセンサーにより決定されます。
- 底樋下流側に設置した回転レーザーからのレーザー受光高さを記録するレーザー受光器により、底樋の縦断勾配の変化を0.5mm分解能で確認できます。
- あるため池底樋の調査事例を図2に示します。矢印で示した5箇所ではひび割れを確認しました。ひび割れは勾配の変化点に集中していることが分かりました。この調査結果を受け、ため池底樋の応急的な補修を行いました。



図1 底樋点検装置（下流から見た写真）

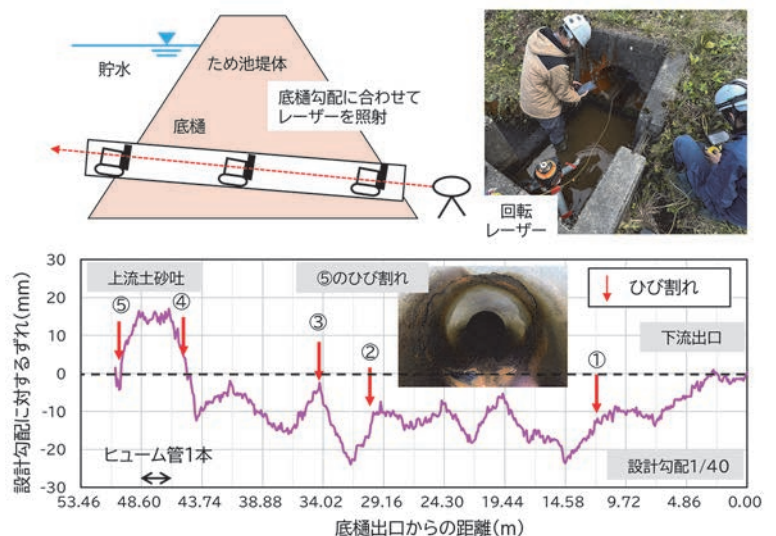


図2 底樋の縦断勾配の測定原理と結果の例

期待される活用例

- 農林水産省が公開している「防災重点農業用ため池の劣化状況評価等の手引き」の施設状態評価表（底樋）の評価項目にある、漏水箇所、堆積泥土の状態の確認に活用できます。また、地震直後等の臨時点検にも活用できます。ケーブルが届く範囲であれば、底樋以外にも、暗渠、パイプライン、取水管などの調査にも応用可能です。

本装置は、農林水産省技術会議委託プロジェクト「ため池の適正な維持管理に向けた機能診断及び補修・補強」によって、（株）ウオールナットと共同で開発したものです。

農業水利施設の機能診断調査を支援するWebアプリ群

研究のポイント

- 農業水利施設の機能診断調査の記録や共有に使えるWebアプリ群です。
- 現地踏査や点検を記録するアプリ、360度カメラ画像共有アプリ、付着試験デジタルデータシートアプリ、摩耗・粗さ定量化アプリが含まれています。
- 写真と一緒にデータを登録するので、自動で位置情報も登録され、WebGISで管理できます。

研究の背景

- 維持管理業務全体の効率化のためには、情報が単なる電子ファイルではなく、デジタルで扱える状態であることが必要です。そこで、点検や調査の効率化、結果の蓄積と共有のためのWebアプリ群を開発しました。

各Webアプリの特徴

- 「点検記録アプリ」と「360度カメラ画像共有アプリ」は点検作業や調査結果の記録として、写真や動画をコメントと共に記録、共有できます(図1左)。
- 「付着試験デジタルデータシートアプリ」は付着試験の結果を写真や試験位置とともに一括管理できます。「摩耗・粗さ定量化アプリ」ではさらに、農林水産省の「農業水利施設の補修・補強工事に関するマニュアル【開水路編】」の摩耗量調査における画像処理作業をクラウドで自動処理し、粗度係数の推定ができます。
- データレコードはフォルダ分けやキーワード検索ができるので、目的のデータや写真の抽出が容易です。
- 記録されたデータレコードは、自動的にWebGIS上に表示されます(図1)。また、表示マーカーの色やデータレコードの期間、フォルダごとに表示するデータレコードを選択できます。

期待される活用例

- 工事や災害時の調査、不具合報告、施設位置の記録や共有にも活用できます。
- 「摩耗・粗さ定量化アプリ」の一部はWebサービス企業から一般提供されています。

(<https://www.suirokanri.jp/>)



SLaDEE法：地震時地すべり移動量の簡便な算定手法

研究のポイント

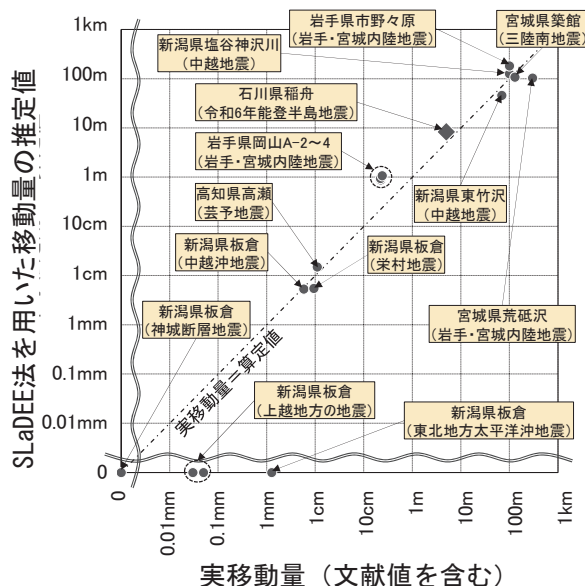
- 地すべりの滑動力と抵抗力との差分に地震時にその地点で推定される加速度を加味することによって、地震による地すべりの移動量を簡便に推定するSLaDEE法（Simple Landslide Displacement Estimation Method during Earthquake）を開発しました。令和6年能登半島地震で発生した稲舟地すべりの災害では、発災後に本手法を用いて地すべりの安定性を迅速に分析し、復旧工事の早期着手につながりました。

研究の背景

- 新潟県中越地震、岩手・宮城内陸地震、東北地方太平洋沖地震、能登半島地震などの大規模地震では地すべり災害が繰り返し発生し、農地や農業用施設、家屋、インフラなどに甚大な被害をもたらしているため、地震時の地すべりの移動量を地震発生前に予測しておくことと発生後に迅速に推定して復旧工事に活かすことが重要となっています。

SLaDEE法の特徴

- SLaDEE法では、滑動力と抵抗力の差分を地すべり土塊の質量で割って、地すべり土塊に働く加速度を推定します。その加速度を積分して速度を求め、さらに積分して単位時間当りの移動量を算定します。これを積算すると最終的な移動量が得られます。専用の解析ソフトウェアを必要とせず、市販の表計算ソフトで算定が可能です。1回の計算は数分以内なので、多くのケースを短時間で比較・検討できます。
- 簡便法の安定解析で用いるパラメータと地震時の加速度だけで、円弧・非円弧・平面のいずれのすべり面をもつ地すべりにも適用が可能です。
- SLaDEE法を用いた複数の事例での算定結果は右図のとおりで、良好な再現性を示しています。



期待される活用例

- ダムやため池などの重要な施設が、地すべり防止区域内や地すべり斜面の下方に位置する場合に、地すべりの地震時の安定性を個別に評価できることから、これまで十分に行われてこなかった地すべりの耐震照査が進むことが期待されます。

詳細な算定の方法と手順はこちらの文献をご参照ください



能登半島地震で滑動した稲舟地すべりの調査状況。手前側が写真右に向かって約5m移動しました。この値とSLaDEE法を使った算定値が図に示すようにおおむね一致しました。

ため池に転落した場合の脱出困難度評価手法

研究のポイント

- ため池に転落した場合に、堤体斜面を這い上がるための脱出困難度を、斜面勾配と斜面材料のすべり抵抗の値から評価する手法です。

研究の背景

- ため池近傍での宅地化の進展等にもよって、水難事故が発生しています。
- ため池に人が転落する水難事故を防止する対策には、どのような斜面ならば這い上がって脱出(水中から抜出すこと)ができるのかを定量的に評価することが重要です。

評価手法の特徴

- 本手法は、ため池の「斜面材料のすべり抵抗係数」および「傾斜角」と「脱出率」の関係から人が堤体斜面を這い上がる時の脱出困難度を算出します。
- 斜面材料のすべり抵抗係数 CSR と傾斜角 θ から、「斜面を滑ろうとする力」と「斜面材料と靴底の摩擦力からなる抵抗する力」の比 $F(CSR/\tan \theta)$ を算出し、実験で得られたグラフに当てはめて脱出困難度を算定します。

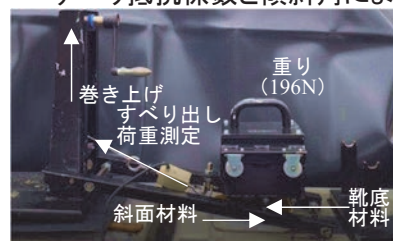
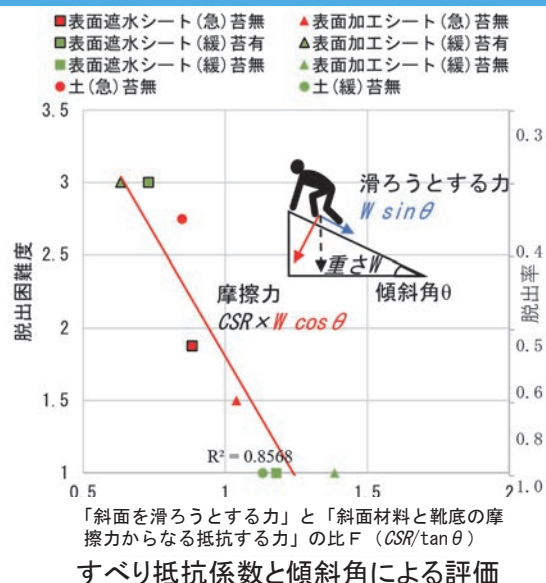
※すべり抵抗係数 CSR は、床や地面のすべり抵抗の評価に用いられる「すべり抵抗試験機」を使って、靴底と斜面との摩擦抵抗として測定します。

※脱出率は、農研機構においてため池の斜面模型を作成して、合計15人の被験者を対象に斜面を這い上がる実験を行って算出したものです。

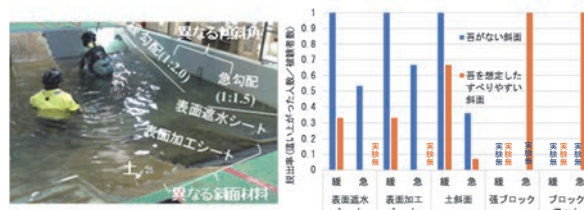
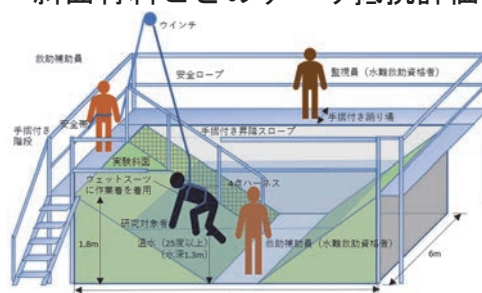
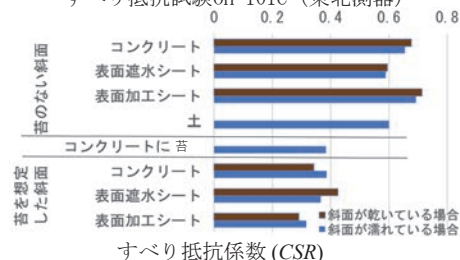
※脱出困難度は、脱出率の逆数で全員が這いあがれる場合は1.0で、這い上がることが困難なほど数字が大きくなります。

期待される活用例

- 本成果は、住宅や小学校が近いなどの立地条件も勘案し、脱出困難度を比較することにより、合理的にため池転落防止対策を検討する場合に活用できます。



すべり抵抗試験OH-101C (東北測器)



脱出率の算定(這い上がり実験)

1. 令和7年度の普及成果、研究成果

(4) 水利工学研究領域

地下ダム管理のための新たな技術と 農業用地下水管理支援システム

研究のポイント

- 地下ダムの止水機能を地下水の水位や水質データを用いて評価する新たな技術を開発するとともに、小型ワイヤレス水位計による遠隔リアルタイム観測システムにそれら技術を実行する機能を組み込み、地下水管理支援システムを開発しました。

研究の背景

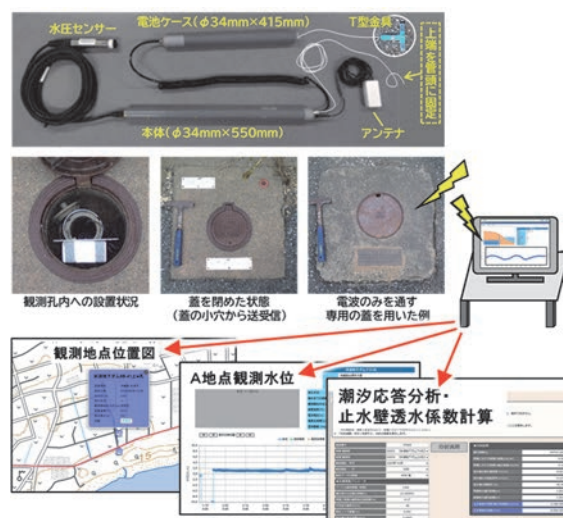
- 地域の貴重な農業用水資源である地下ダムの管理では、地下ダムの止水機能に異常がないことを監視する必要があり、定期的に地下水の水位と水質が測定されています。
- 近年、地下水関連の研究分野で開発された技術を応用することで、地下ダムの管理に役立つ新たな技術を開発しました。

成果の内容・特徴

- 「地下水位の潮汐応答分析による止水機能評価技術」は、開発済みの沿岸域の地下ダムの機能監視手法を基に、止水壁の透水係数の正確な推定技術に進化させたものです。
- 「水質分析による止水機能診断技術」は、止水壁の上下流で異なる水質を利用して、大地震などにより止水壁に亀裂ができるなどで貯水の流出が生じたときに下流側の水質が上流側の水質に近づくことで、止水機能の異常を検知する技術です。
- 小型ワイヤレス水位計は狭小な地下水観測孔でも地表にはみ出す部分がなく全体を孔内に設置でき、地下水管理支援システムの一部としてリアルタイム観測や遠隔データ回収を可能にします。潮汐応答分析による止水機能評価のリアルタイム化、省力化にも役立ちます。



水質分析による地下ダムの止水機能診断の概念図



小型ワイヤレス水位計と地下水管理支援システム
(坂田電機(株)製)

期待される活用例

- 「地下水位の潮汐応答分析による止水機能評価技術」は海に接する帯水層に造られ地下水の塩水化を防ぐ塩水浸入阻止型地下ダムで、「水質分析による止水機能診断技術」は地下水を堰き止め水位を高くする貯留型地下ダムで、活用が期待される技術です。
- 小型ワイヤレス水位計を用いた遠隔観測システムはその特徴を活かし、地下ダム管理での利用に限らず、車が通る道路などでのリアルタイム地下水位観測等への活用が期待されます。

水位データのみで水利施設・農地の浸水を立体表示するデジタルツイン監視システム

研究のポイント

- 排水機場やその周辺の水路、農地などを3Dモデルで表現し、そこにリアルタイムの水位や浸水シミュレーションによる予測結果を重ねて表示します。
- 水位データだけで、排水機場内の浸水下の設備状態や、広域の浸水深を遠隔から立体的に把握することができます。

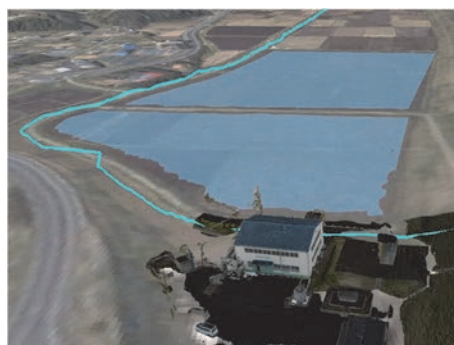
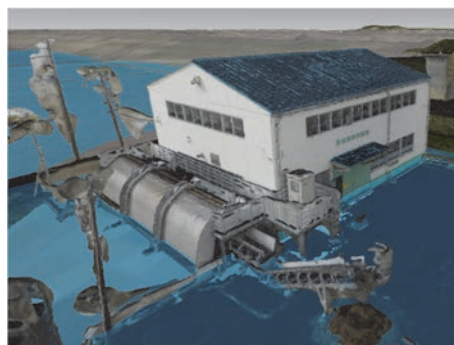
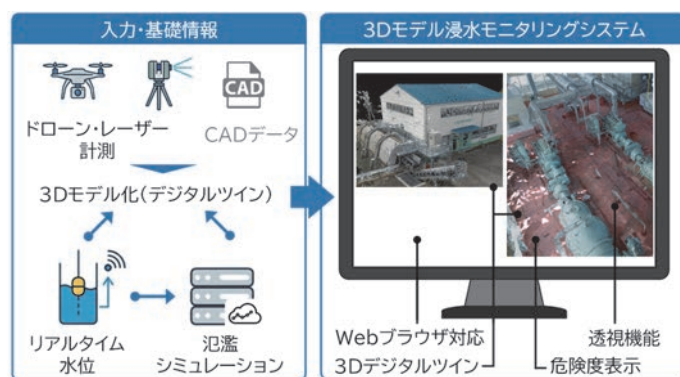


研究の背景

- 中小規模の排水機場や水門の多くは、人が現場で確認して操作する必要があります。このため、的確な操作が難しいだけでなく、夜間の転落事故など作業員の安全上のリスクも抱えています。
- しかし、遠隔監視を可能にする水位計やカメラ等の整備が追いついていない現状にあり、管内に点在する多数の施設の現場の状況を豪雨時に関係者間で共有できないことが課題でした。

評価法の特徴

- 排水機場や水門、周辺農地をSfM/MVS等の解析により精密に3Dデジタルツイン化します。
- リアルタイムの水位に加え、水理解析による予測を3D地図上に重ね合わせて表示します。
- 高価なPTZ（パン・チルト・ズーム）等の監視カメラを設置することなく、水位データのみでカメラと同様に立体可視化しながら、本来は濁水下にある設備状況も精細に把握可能です。
- 東北地方の一級河川沿いの低平な水田地域で実証実験中です。ポンプ軸受などの重要部品の高さに応じた水面の色分け警告機能が、エビデンスに基づく意思決定に有効であると評価されました。



期待される活用例

- 災害リスク想定（BCP：事業継続計画）から、リアルタイム監視までの一体的な運用
- BIM/CIMを援用した3Dモデル構築のさらなる低コスト化・効率化
- 水理シミュレーション×PLATEAU等の「広域浸水予測の先読み」高度化

研究紹介
NAROチャンネル
(YouTube)



観測値・AI・浸水推定情報が組み込まれた 水利施設の操作支援システム

研究のポイント

- 農業用の排水路の水位や浸水範囲等を表示するシステムを開発しました。現在の状況だけでなく、数時間先の状況も表示できるため、農業水利施設の管理者が水利施設を操作する際の判断を支援することができます。

研究の背景

- 小規模な水門やポンプ等の農業水利施設の操作は、その水利施設の側にて手動で実施することが一般的です。その際、管理者は排水路の水位や降水量等の地区内の情報をもとに判断を行っています。しかし、農村では、水位の遠隔監視が可能な地点は極めて少なく、さらに数時間先の予測の情報はほぼありません。

操作支援システムの特徴

- 開発したシステムは、1) AIを活用した水位予測及び異常値を検知する機能、2) 水位データベース(DB)に関連する機能および3) サーバ連携機能を有しています。ユーザーは必要とする情報、機能を選択することができます。
- 遠隔監視する水位計の値は、異常値検知モデルにより、エラーを確認できます。観測した水位と雨の情報をもとに最大6時間先の水位を予測できます(図1、b)。
- 水位DBは、ある地点の水位と浸水危険域などの被害情報の関係を整理したデータ群です。例えば、平面図(図1、e)として出力できます。
- サーバ連携機能により、外部のサービスの情報を取得できます。例えば、カメラの画像や画像解析によって水位・水門の開度等を解析した結果を表示できます(図2)。

期待される活用例

- 水位の遠隔監視や予測値の表示および浸水範囲の表示により、余裕を持った事前の水利施設の操作や、現地を見回る際の安全な移動経路の探索が可能になります。



図1 操作支援システムの表示画面のイメージ



図2 外部のサービスを利用してカメラの画像や水門の開度、水位を表示した例

自律航行する水上無人機を用いた 低コスト・容易・省力的な堆砂測量技術

研究のポイント

- 自律航行する水上無人機に魚群探知機を搭載し、音波を用いて測定した水深データを基に、農業用貯水池の堆砂を3次元の地形図として可視化する堆砂測量技術を開発しました。

研究の背景

- 農業用貯水池では、堆砂が進行すると貯水容量の減少、取水施設の閉塞等の問題が生じるため、堆砂を面的に把握することが重要です。しかし、そのための測量は専門的な技術を要し、装置費や実施コストが非常に高いことが課題です。
- このような課題を踏まえ、施設管理者自らが容易かつ省力的に実施できる堆砂測量技術の開発に取り組みました。

技術の特徴

- 魚群探知機は、振動子から発信した音波の反射を利用し、その往復時間と水中での音速に基づいて水深を算出します。装置一式は約30万円と安価であり、音響測深を低コストで実施できます。
- 水上無人機は、姿勢および位置を自動で制御し、あらかじめ設定した航路に沿って人の操作を伴わずに自律航行します。位置は衛星測位により常時把握され、航路からのずれは自動補正されます。航路の作成や機体の設定は汎用ソフトウェアで容易に行えます。
- 水上無人機を縦横方向に航行させながら音響測深を行い、位置情報付きの水深を取得します。これを、汎用ソフトウェアで処理し、1mグリッドの堆砂高さ（水深）データに変換します。さらに、地理情報システムにより、堆砂の起伏を3次元地形として可視化できます。

期待される活用例

- 堆砂状況に基づき、浚渫工事を計画的に実施することが可能となります。また、最新の貯水容量を把握できるため、洪水時の雨水貯留（流域治水）を実施しやすくなります。

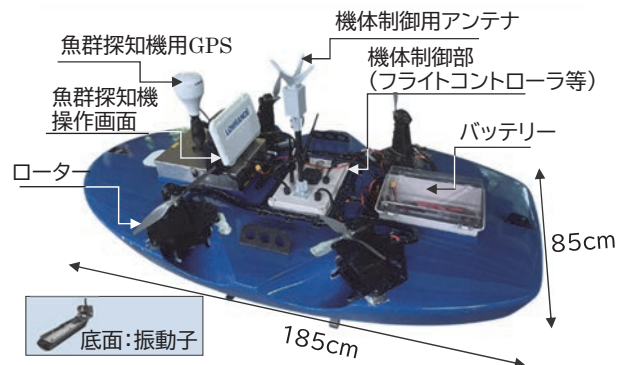


図1 水上無人機の概要

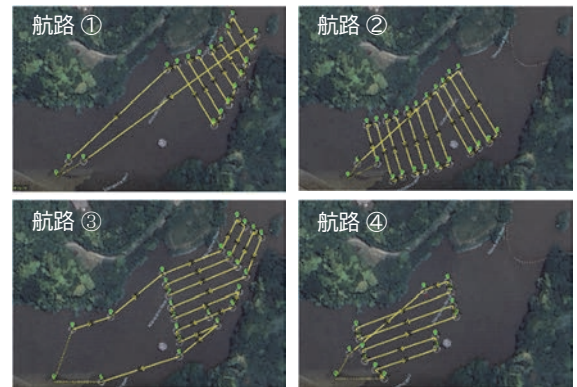


図2 汎用ソフトウェアで作成した航路の表示画面

(a) 2024年3月

(b) 2024年7月

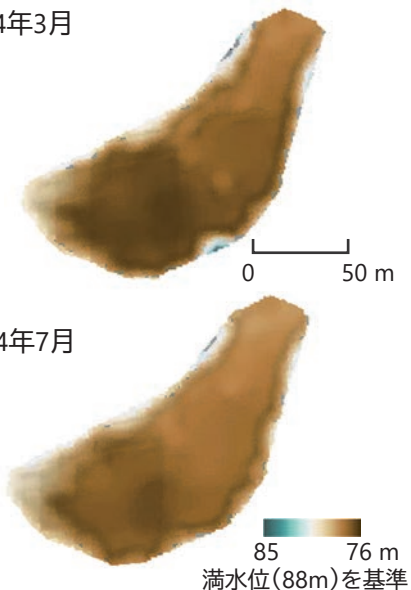


図3 地理情報システムによる堆砂の可視化

2. 令和6年度までの普及成果、研究成果

(1) 農地基盤研究領域

Googleマイマップを用いた水利施設GIS構築手法マニュアル

研究のポイント

- 手軽に利用できるWebアプリ「Googleマイマップ」(Google社)に着目し、土地改良区や地方自治体等の職員がそれを利用して農業水利施設の管理の効率化を図れるように、「Googleマイマップを用いた水利施設GIS構築手法マニュアル」を作成し、インターネットで公開しました。

手法の概要

- GoogleアカウントでログインしてGoogleマイマップを利用すれば、Googleマップ(Google社)に掲載されている航空写真の上に独自のマップ(空間データ)が作成できます。そのマップは、クラウド上に保存され、モバイル端末で利用したり、関係者間で共有したりできます。この仕組みを利用して水利施設GISを構築し(図1)、施設管理や点検で活用します。
- モバイル端末のGoogleマップに水利施設マップを表示すれば(図2の右)、現在地を確認しながら施設に向かったり、施設情報や被災・補修記録を確認したり、水路の劣化地点を記録したりできます。
- 生きもの調査マップや多面的機能支払活動記録マップなど様々な適用が考えられます。

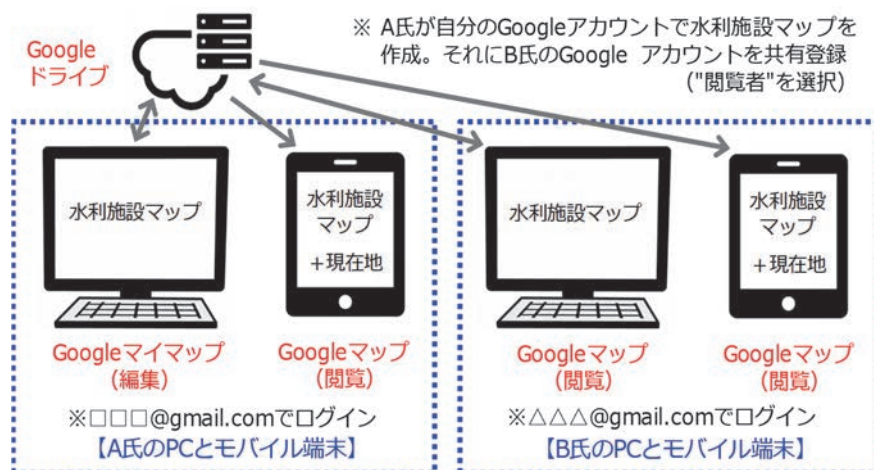


図1 水利施設GISの全体像

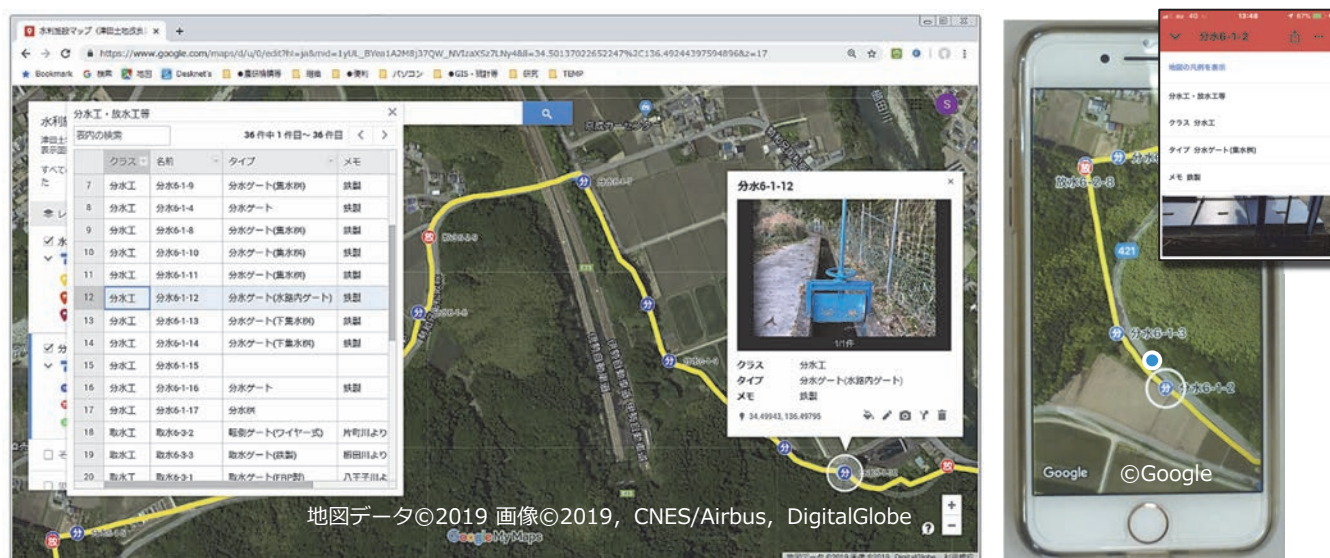


図2 PCのGoogleマイマップ(左)やスマートフォンのGoogleマップ(右)に表示した水利施設マップ

小型UAV空撮・三次元形状復元技術を用いた 農地の現況地形の把握手法

研究のポイント

- 小型UAV(ドローン)による空撮画像を用いて三次元形状復元技術(SfM-MVS)により農地の三次元モデルを生成すれば、三次元モデルから得られる数値表面モデル(DSM)を用いたGISによる地形解析により畦畔法面の勾配など、農地の現況地形を高精度に把握できる。

研究の背景

- 地形などの農地の立地条件が多様な地域において、基盤整備などを通じて耕作・管理の省力・効率化を図っていくためには、現況の農地の特徴(現況地形等)を精緻に把握し、今後の管理や整備に生かしていく必要がある。
- 地形等の把握には、近年、普及が進んでいる小型UAVによる空撮及び空撮画像を用いた三次元形状復元技術が有効である。

手法の概要

- 小型UAVによる空撮により得られた空撮画像を用いて、三次元形状復元技術(SfM-MVS: Structure from Motion, Multi-View Stereo)により農地の三次元モデルを生成する(Agisoft社のPhotoScan Professional Editionを使用)(図1)。
- 三次元モデルから得られた数値表面モデル(DSM: Digital Surface Model)を用いて、GIS(ESRI社のArcGIS 3D Analystを使用)により空撮画像の3D表示や地形解析による勾配分布図の作成を行う。その勾配分布図を用いると、畦畔法面の平均勾配の他、岩石の露出や石積みに起因した畦畔法面の局所的な急勾配部分等が把握できる(図2)。



図1 小型UAV空撮から三次元モデル生成までの流れ

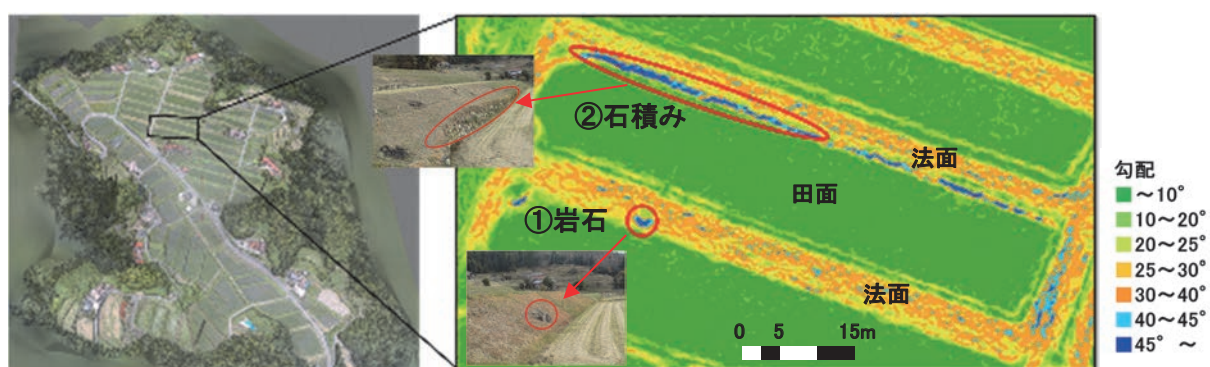


図2 空撮画像(3D表示: 左側)と勾配分布図(右側)

Sentinel-2 衛星データ等を用いた 水田の排水性の広域評価手法

研究のポイント

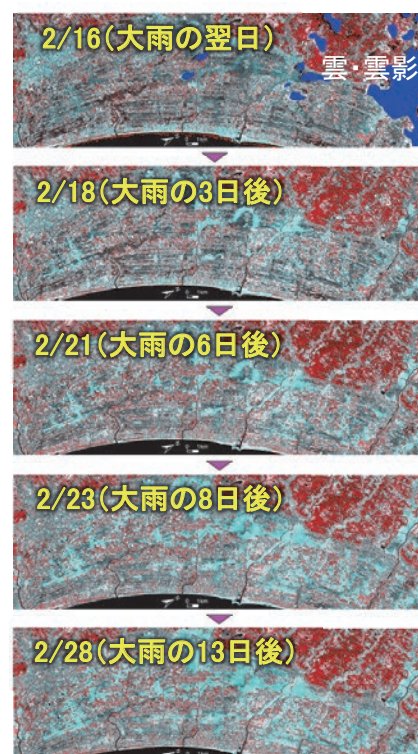
- 排水性の悪い圃場ほど大雨後に田面が乾きにくいことに着目し、大雨後の晴天日（標準的には2～3月、大雨の5～6日後）に観測されたSentinel-2衛星データ（無償）と圃場区画データ（農林水産省の筆ポリゴン；無償）を用いて水田の排水性の良否を圃場毎に判定する手法を開発しました。

研究の背景

- 圃場整備を行う際、暗渠施工の必要性を判断するために検土杖等を用いて土壌調査が行われていますが、そのようなピンポイントの調査では排水性の良否を面的に判定するのは難しいです。

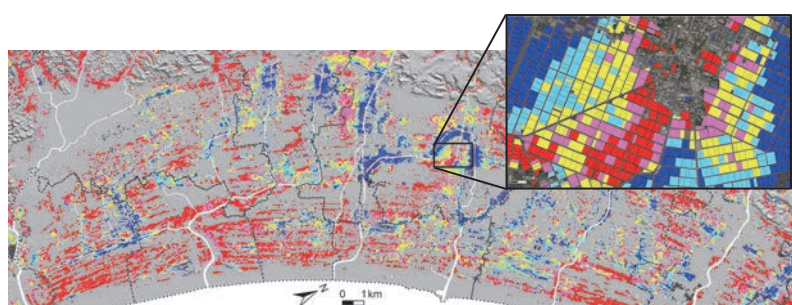
評価手法の概要

- 本手法は、大雨後の晴天日にタイミング良くSentinel-2衛星の観測が行われていた場合に適用できます。Sentinel-2衛星は、5日毎（観測コースの重複エリアでは平均3日毎）に地表面での太陽光の反射を波長帯別（13バンド）に観測しています。その近赤外バンド（Band 8）と短波長赤外バンド（Band 12）の値を利用します。図1は、それらを用いてカラー合成した大雨後の衛星画像です。
- 稲収穫後かつ耕起の行われた裸地状態の圃場を対象とします。まず、近赤外バンドの区画平均（B08；圃場区画データを利用して算出）を用い、B08がある閾値以上の圃場を非対象（田面に稲株・藁が残っている未耕起状態の圃場、秋まき麦が作付けられた圃場、雑草の繁茂した圃場等）として除外します。
- 次に、残った圃場について、短波長赤外バンドの区画平均（B12）がある閾値以上であれば、衛星観測時に田面は乾燥状態だったと判定します。この乾湿の判定結果に基づいて排水性の良否を相対的に判定し、評価マップ（GISデータ；図2）を作成します。



R: Band 8、GとB: Band 12

図1 Sentinel-2衛星画像

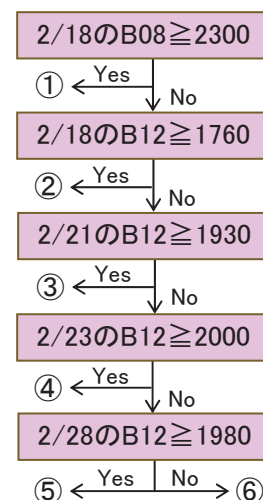


千葉県の内総用水地区（2021年2月15日に日降水量38～51mmの大雨あり）

図2 排水性評価マップ

期待される活用例

- 暗渠排水計画や水田転作の適地判定等において活用できます。



圃場整備前後におけるドローンセンシングの活用

研究の背景

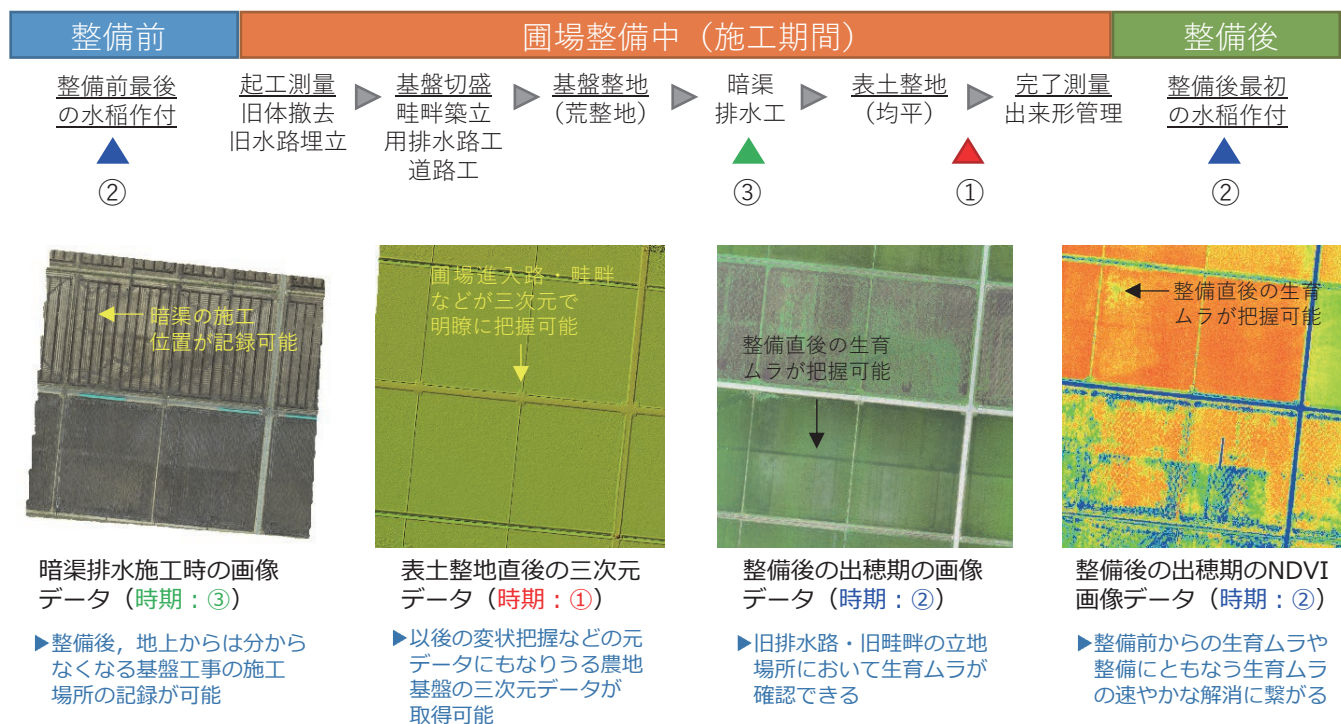
- 圃場整備の前後は、農地の基盤条件が大きく変化する機会です。
- 整備前の農地の区画内の条件の違いや、整備期間中の施工履歴、三次元データなどを以後の営農や維持管理に引き継ぐことができれば、整備の効果はより高まります。
- 一方で、整備前や整備期間中の事象は、機会を逃すと取得が困難なデータでもあり、適切なタイミングで取得する必要があります。

研究のポイント

圃場整備前後において、ドローンセンシングを実施する有効なタイミングは、以下の3つです。

- ① 表土整地の直後：以後の変状把握（維持管理、災害発生時の復旧）などの元データにもなりうる農地基盤の三次元データを取得することができます。
- ② 整備直前・直後の水稻作付けの出穂期：整備前からの生育ムラや整備にともなう生育ムラを把握することができます。マルチスペクトルカメラを用いれば、NDVI（正規化植生指数）で生育ムラを把握することも可能です。
- ③ 客土や暗渠施工など基盤条件を大きく変化させる工事のタイミング：整備後、地上からの把握は困難となる客土の実施場所や暗渠の施工位置などを記録することができます。

圃場整備の流れとドローンセンシングのタイミング



ドローン等を活用して農地基盤を モニタリングするためのマニュアル

研究の背景

- 人手不足、インフラの老朽化、災害の常習化などのなか、農地基盤を健全に維持していくためには、省力的な形で農地基盤をモニタリングする方法が求められています。

研究のポイント

- ドローン空撮技術および三次元化技術を用いた農地基盤モニタリングの考え方・流れをまとめたマニュアルです。
- 圃場整備前後、維持管理、災害発生時などの農地基盤モニタリングが有効な場面を想定し、ドローン等を用いた農地基盤データ取得の流れと危険・変状箇所などの把握の方法をまとめています。
- 土地改良区職員や行政職員（農業土木技術者）が、ドローン等を活用して農地基盤のモニタリング（点検・維持管理の省力化）を実施することができます。
- 長期間、農地基盤をモニタリングしていく上での様々なシチュエーションを想定し、全体の流れを示しつつ、部分ごとでも参照できるように構成しています。



本マニュアルの構成

- ドローン等を用いた農地基盤データの取得の流れをフロー図で示し、各段階ごとに一つずつ解説しています。
- 農地基盤が大きく変化する場合である圃場整備前後における農地基盤モニタリングのタイミングと取得データの活用方法を解説しています。
- ドローン空撮と三次元化技術等を用いた圃場周辺の農地基盤の障害物・危険箇所、変状箇所の把握方法について解説しています。

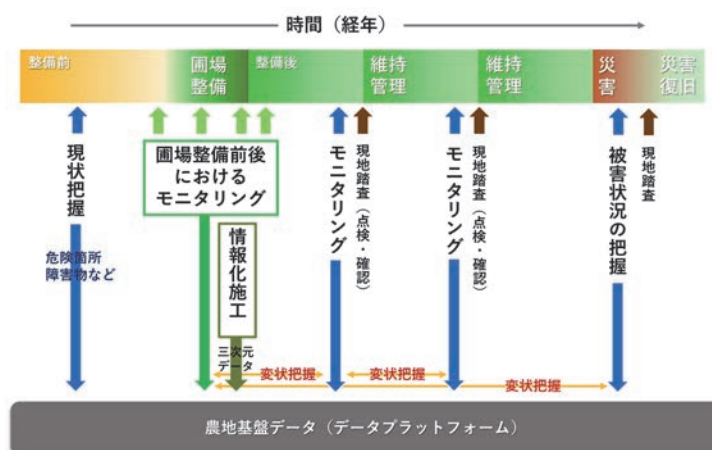


図 農地基盤モニタリングの考え方

Sentinel-2衛星データを用いた水田の取水開始時期の把握手法マニュアル

研究のポイント

- 水田の取水開始時期を複数のSentinel-2衛星データと圃場区画GISデータを用いて圃場単位で広域的に把握する手法を開発し、そのマニュアルをインターネット上で公開しました。

http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/131938.html

研究の背景

- 営農形態の変化に伴って水田の用水需要が変化しており、一部の地域で用水計画の見直しが求められています。その検討にあたり農業用水の利用実態を把握する必要があります。しかし、その調査を広域的に行うのは容易ではありません。

研究の概要

- 同じ年の4～6月の晴天時に観測された複数のSentinel-2衛星データ(欧州宇宙機関、無償)と圃場区画GISデータ(農林水産省の「筆ポリゴン」(無償)など)を用います。Sentinel-2衛星データは、水域の判定に有効な短波長赤外バンドのデータ(解像度20m)を有し、観測頻度が高いです。
- まず、衛星データから各観測日に圃場が湛水状態にあったか否か(湛水有無)を判定します。その判定は、短波長赤外バンドと緑バンドのデータから算出される修正正規化水指数(MNDWI)を指標にして行います。次に、湛水有無の判定結果を用い、各観測日について観測日までに取水が開始されたか否か(取水有無)を判定します。最後に、取水有無の判定結果を用いて取水開始時期を判定します。
- あるエリアで2018年5月15日の取水有無の判定結果を同日の航空写真画像の目視判読結果と照合して精度を検証した結果、面積ベースで98%という高い正答率が得られました。
- マニュアルにはGISソフト「ArcGIS」(ESRI社)を用いた具体的な作業手順が記されています。ArcGISを所有している国の土地改良調査管理事務所などで活用が期待されます。

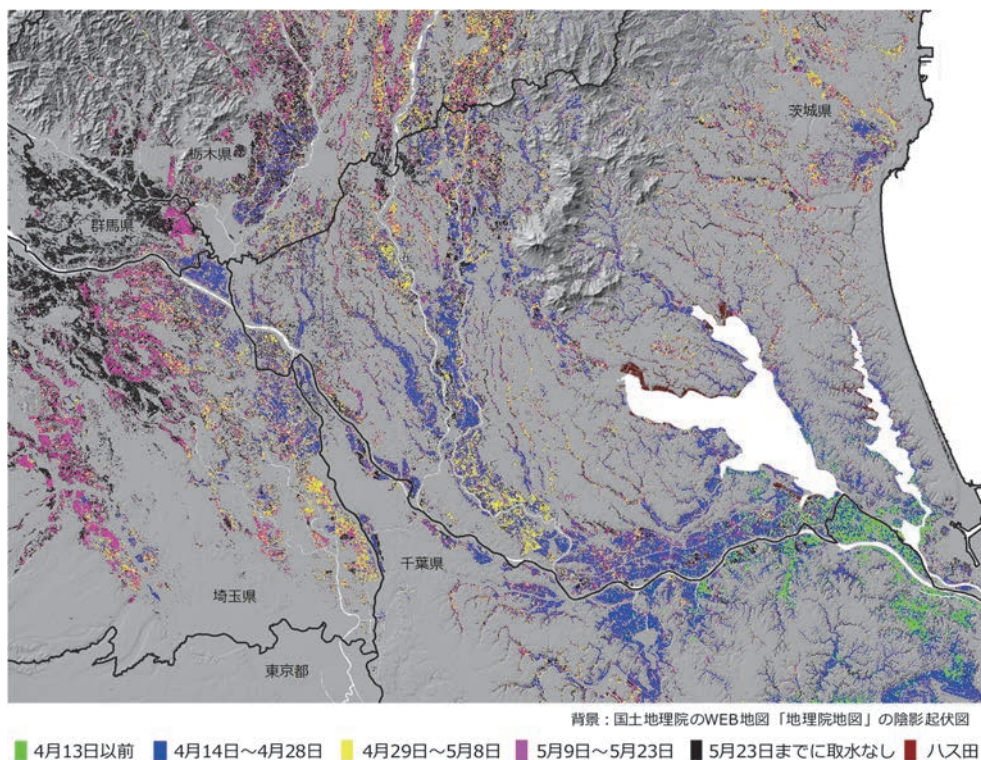


図1 取水開始時期マップ(2019年)

家畜ふん炭に含まれる肥料成分の濃度と溶出性を調整するための畜種と炭化温度の選定

研究のポイント

- 家畜ふんには微量元素を含めた肥料成分が豊富に存在しています。バイオ炭の性質は原料と製造時の炭化温度に依存するため、低温で多量要素の溶出性が高いことや畜種により多く含まれる微量元素が異なることを考慮することで、目的に合わせて炭化温度や畜種を選ぶことが可能です。

研究の背景

- 家畜ふんを原料としてバイオ炭に加工すると、成分の濃縮、臭いの低減、減容化、雑草の種の死滅等の効果が得られます。微量元素は作物生育に必須の栄養素であり、欠乏すると生育不良や稔実不良を起こすことがあります。家畜ふんには多様な肥料成分が含まれるため、主要な多量要素に加え微量元素の供給源としての利用が期待できます。

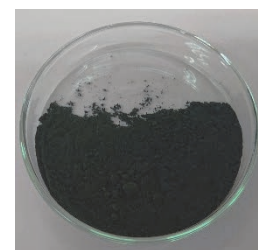


写真1

粉末状の家畜ふん由来バイオ炭

畜種と炭化温度が肥料成分に与える影響

- 多量要素（リン、カリウム、マグネシウム）は炭化温度が高いほど全量濃度も高くなります。
- リンは500℃以上で作物に吸収されやすい形態の可溶性濃度が減少し、徐々に土壌に溶け出す緩効性のク溶性形態の割合が高くなります（図1）。

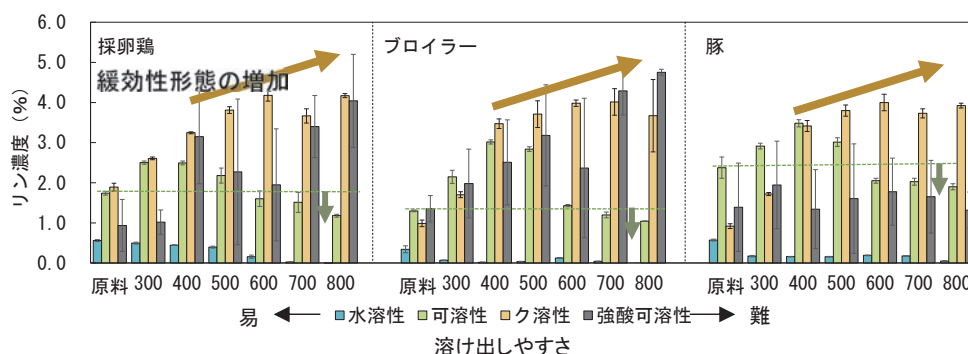


図1 異なる炭化温度条件の家畜ふん由来バイオ炭に含まれるリン濃度

表1 家畜ふん由来バイオ炭の特徴の一覧

畜種	多く含まれる成分	養分が供給されやすい温度帯
採卵鶏	カルシウム、亜鉛	多量要素 400—500℃
ブロイラー	マンガン	微量元素 400—600℃
豚	鉄、銅	微量元素 400—600℃

- 微量元素は畜種によって多く含まれる成分が異なります（表1）。
- 銅、亜鉛は700℃以上の炭化で難溶化あるいは損失するため、作物に利用されやすい可溶性濃度は400—600℃で最も高くなります。

期待される活用例

- 化学肥料との複合肥料及び土壌改良資材の製造過程での活用を想定しています。亜鉛含量が少ない土壌に入れる場合は、亜鉛が多く含まれる採卵鶏ふんを500℃で炭化して使用するなど用途に合わせた製造が可能です。
- 温度に関わらず黒色になるため融雪剤として利用できます。

生産者が使える簡単・迅速でリーズナブルな排水改良技術のラインナップ

研究のポイント

- 生産者が資材を使わず簡単・迅速でリーズナブルに排水改良できる、土壌と栽培条件に対応した4方式・8機種種のトラクター用排水改良機のラインナップを開発して市販化。

「カットシリーズ」を用いた
営農排水施工技術標準作業手順書



研究の背景

- 豪雨が顕在化するなかで野菜作や畑作の安定生産には、排水対策が重要です。しかし、営農作業として実施できる従来の心土破碎やモミガラ心破などの排水改良技術は、十分な効果が期待できない場合や施工に手間がかかる場合があります。

研究の概要

- 従来より多様な土壌条件に対応した排水改良技術のラインナップにより畑作物の生産を支援。

適用 トラクタ	粘土・泥炭土		全土壌		
	穿孔暗渠	明渠ユニット (オプション)	全層心土破碎	有材 補助暗渠	本暗渠機
110～ 150 馬力	 土塊を 持ち上げ 通水溝 通水空洞 土塊を横 に移動 ■ カットドレーン ■ 40～70cm深までに10cm角の 通水空洞を構築	 ■ サーフユニット ■ 40cm深までに 10cm幅の細溝	 V字 破碎溝 山型 未破碎部 ■ カットブレーカー ■ 70cm深までをV字に広幅破碎 ■ ブレーカー-mini-2連 ■ 60cm深までをV字 に広幅破碎	 土塊を 持ち上げ 資材 埋設 溝 ■ カットソイラー ■ 60cm深までに 地表のワラ等 の資材を埋設	 ■ カットドレーナー ■ 80cm深までに 管と疎水材を埋 設し暗渠を構築
60～ 100 馬力					
20～50 馬力	 ■ カットドレーンmini ■ 40～50cm深までに 8cm角の通水空洞を構築	 ■ mini用 ■ 40cm深までに 8cm幅の細溝	 ■ ブレーカー-mini-1連 ■ 60cm深までをV字に 広幅破碎		

図 カットシリーズのラインナップと適用土壌の概要

適用事例

表 カットシリーズの施工費と単年度の増収による経済的効果の事例

工法	対象作物	収量比 (施工/対照)	収益(千円/ha)		施工費 (C)	増益(B) (千円/ha)	投資効果 B/C
			施工区	対照区			
カット ドレーン	ダイズ	108	557	516	8,910	41	4.6
	コムギ	110	775	704		70	7.9
	アズキ	118	906	768		138	15.5
	テンサイ	112	754	673		81	9.1
カット ブレーカー	ジャガイモ	122	1,510	1,237	16,170	272	16.8
	ダイズ	128	661	516		145	8.9
カット ソイラー	テンサイ (直播)	120	1,426	1,189	34,260	236	6.9
	コムギ	110	1,044	955		89	2.6
	アズキ	106	959	903		56	1.6
	子実トウモロコ	122	304	250		55	1.6
心土破碎	ダイズ	108	557	516	12,500	41	3.3

石礫圃場でも利用できる低コストな暗渠整備技術

研究のポイント

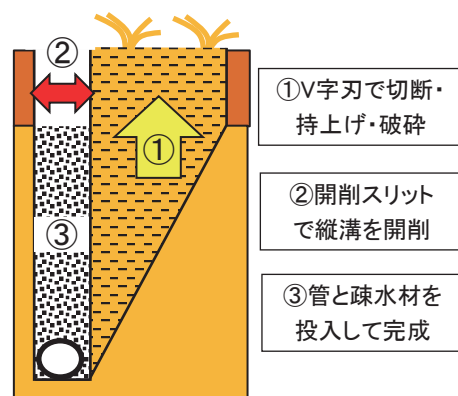
- 石礫の多い土壌でもトラクタだけで暗渠整備できるV字刃を有する施工機を開発（市販機では初）。
- 本機により暗渠整備の低コスト化を達成（バックホウ掘削施工による暗渠の施工費を約6割減）。

研究の背景

- 麦や大豆、野菜などの畑作物の本作化のため、低コストかつ簡単・容易に、本暗渠を整備することにより圃場の排水性を抜本的に改善する技術が求められている。
- 特に水田地帯に多い、石礫のある沖積土や堅密な土層がある土壌の条件でも、深い深度に暗渠管と疎水材を埋設した本暗渠を構築するトラクタ用の本暗渠機の実用化が必要である。

技術の特徴

- 本暗渠機「カットドレーナー」は、①V字刃で土塊を切断・持上げ・破碎して、②深さ80cmまでに、最大60cm幅の破碎溝とその側方に7cm幅の開削溝を作り、③内径50mmの暗渠管とモミガラ等の疎水材を同時に配置して、本暗渠を構築できる。
- 直径30cm未満の石礫があっても施工できる。
- 本機は施工が簡単・容易で、施工速度が早く（約0.6km/h）、本暗渠の施工費用を低減できる。



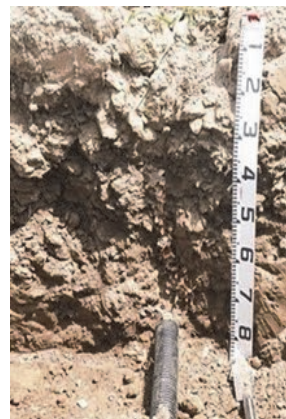
施工方法の概要



本機の外観



施工時の状況



施工後の本暗渠の断面

図 本暗渠機「カットドレーナー」の概要

活用方法

- 本機は、トラクタ販売店等で販売中。価格は308万円（2023年、税込、オプション・送料別）。
- 本機は、生産者やコントラクター等の地域組織、工事請負企業が購入・レンタル等により利用して、本暗渠を施工できる。

ペレット鶏ふん炭は黒ボク土での栽培でリン酸代替肥料として有効

研究のポイント

- ペレット状の鶏ふん炭(炭化温度400℃)は、黒ボク土でのコマツナ栽培において緩効性リン酸肥料、カリ肥料として適している。連用することによりリン肥料代替率の向上、土壌へのリン酸・亜鉛の補給も可能となる。

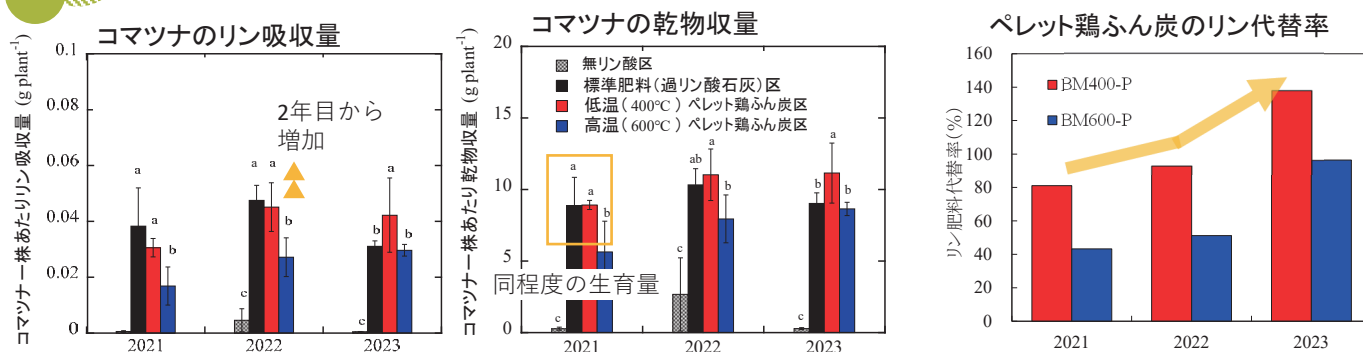


ペレット鶏ふん炭

研究の背景

- 鶏ふんにはリン・カリウムといった多量要素に加え、亜鉛・銅などの微量元素が含まれるため、炭化によって炭素貯留と肥効を両立する資材の開発が期待できる。
- ペレット状の鶏ふん炭を製造することで機械施用を可能にする。

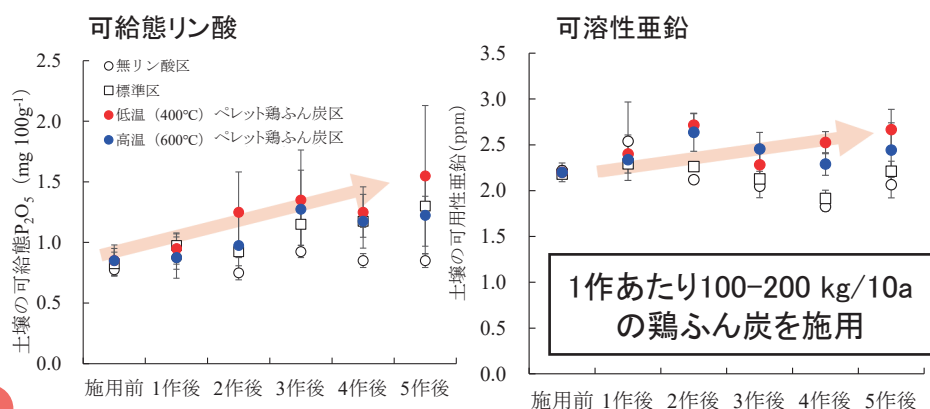
鶏ふん炭のコマツナへの連用効果



- 炭化温度400℃で製造したペレット鶏ふん炭は緩効性リン酸肥料、カリ肥料として適している。
- 1年目のリン吸収量はわずかに低下するが、標準区と変わらない生育量が得られる。
- リン吸収量・代替率は2年目から増加し、連用をすることでリンの残留効果が得られる。

土壌への連用効果

- リンが不足しがちな黒ボク土で土壌中のリンの増加に寄与
- 鶏ふん炭区は標準区より有意に可溶性亜鉛量が高く、亜鉛の補給効果がある



可給化のため、
散布後ロータリー等の
耕起作業を推奨

3年間ペレット鶏ふん炭を連用した土の肥料成分量
(エラーバーはデータのばらつきを表す)

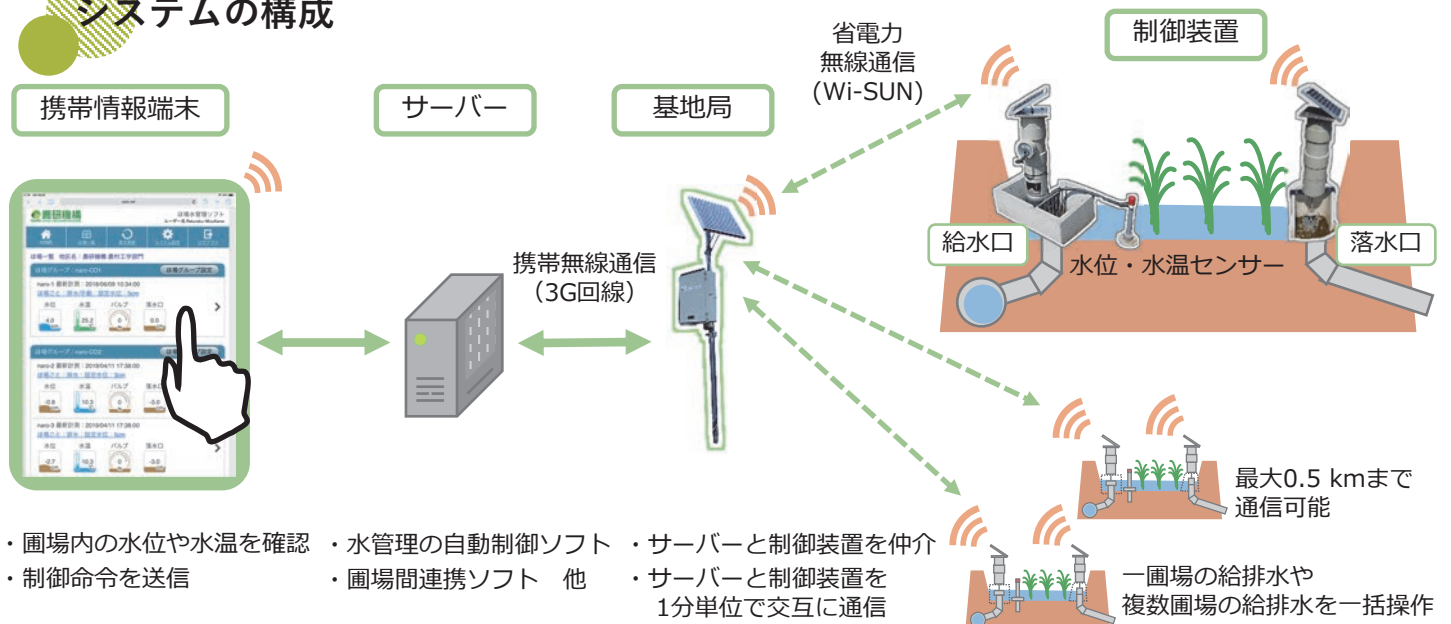
1作あたり100-200 kg/10a
の鶏ふん炭を施用

携帯情報端末による遠隔・自動制御が可能な 圃場水管理システム

研究のポイント

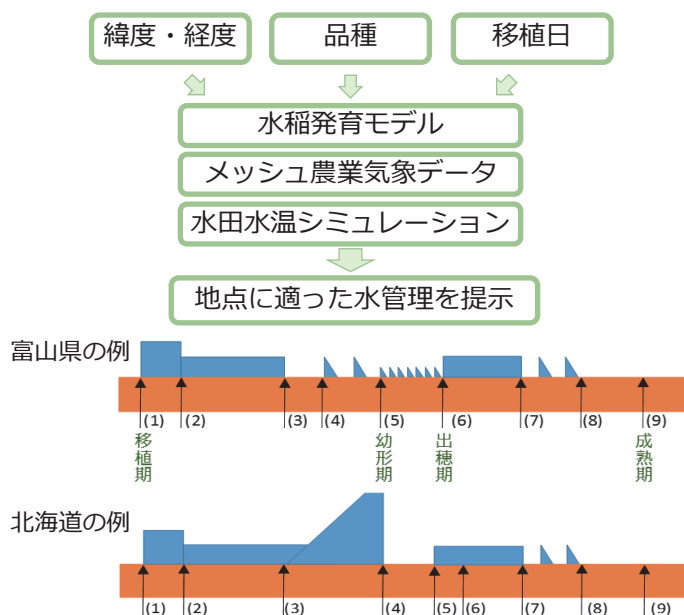
- 水田の水管理は機械化による省力化が遅れていました。⇒経営規模拡大の障害に。
- 水田の水管理を携帯情報端末で監視・操作し、好みの水位になるよう給水と排水を一体的に制御できるシステムを開発しました。
- スマート水管理ソフトを使うことで、栽培期間を通じて自動で水位調整が可能となりました。

システムの構成



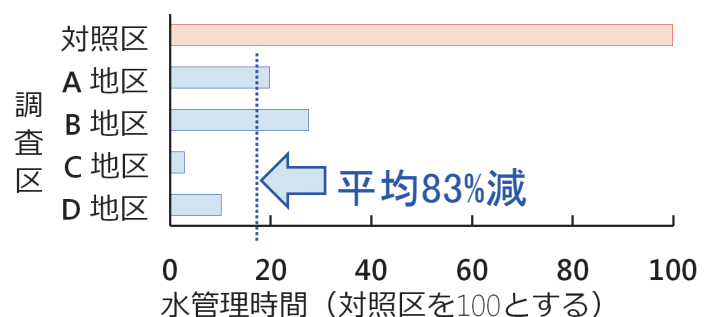
水管理の自動制御

- スマート水管理ソフトにより、地点、品種、移植日から自動で水位を調整する機能を付加しました。



水管理の省力効果

- 全国で現地実証試験を実施。
- 対照区(手動バルブ操作)に比べ、10 aあたりの水管理の時間が7~9 割削減されました。



※ 水管理時間は、調査区では端末操作時間、対照区では手動バルブ操作時間に、それぞれ生育観察等の圃場周辺の見回りに要する時間を加えたもの。

※ 調査日数；A：84日、B：65日、C：42日、D：110日

圃場水管理システムを用いた普通期における必要水量の算出法

研究のポイント

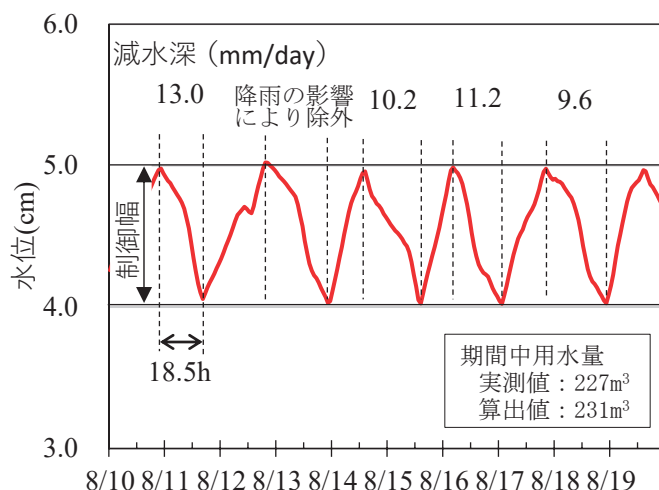
- 圃場水管理システムを導入することで、一定の水位を維持する普通期において圃場ごとの減水深が観測でき、それを元に必要水量の算出が可能となります。

研究の背景

- 農家人口の減少に伴う経営規模拡大などによって営農形態や栽培様式が変化しつつあり、それに伴い水管理労力が増大し、かつ水需要も多様化してきています。
- それらに対応した配水には圃場ごと期別ごとに水需要を把握することが重要ですが、その観測には多大な労力がかかるため、簡易に算出できる方法が必要です。

算出方法とその精度

- 圃場水管理システムによって一定の水位を維持する管理を行う際、省電力と小型化を図るために、設定水位と制御する幅を定めた水位制御を行います。
- 水位が低下するまでの時間と水位差を用いて減水深が算出できます。農工研所内の圃場Aにおける8月11日の減水深は13.0mm/dayとなります(図1)。求めた減水深から10日間分の必要水量を算出すると、231m³となり、実測値と1.7%差でした。
- 新潟県の現地圃場において減水深を算出したところ、実測値との差は小さく、用水量は実測値との差が1割程度の精度で求めることができました(表1)。



場所：農研機構農村工学研究部門、面積：21a、土質：関東ローム土、設定水位：5cm、制御レンジ：1cm

図1 一定湛水期間における減水深の観測

期待される活用例

- 圃場レベルの減水深が把握できることで、代かき回数の調整や転作の適・不適などが数値で判断できるようになります。
- 圃場水管理システムの導入が進むことで、圃場ごとの必要水量から圃区・農区レベルへと範囲を拡大することが可能と考えられます。

	減水深		用水量	
	実測値	算出値	実測値	算出値
圃場C	7.0	7.0	42.2	44.9
圃場D	15.0	15.4	87.7	94.2

各数値の単位は、減水深がmm/day、用水量がm³

場所：新潟県燕市試験圃場、面積：50a、土質：重粘土

表1 現地圃場における減水深と用水量の実測値と算出値との比較

暗渠排水のライフサイクルコストを削減する 3次元位置情報の取得・活用技術

研究のポイント

- 高精度な暗渠掘削溝の位置情報を取得する施工技術確立
- 位置情報をクラウド上に保存し、編集・登録・閲覧等が可能な暗渠施工管理アプリを作成
- 施工時の位置情報を活用し、暗渠機能の長寿命化や再整備時のコストを半減する工法を開発

研究の背景

- 施工現場の労働生産性向上を図るため、情報化施工技術の普及が求められているが、暗渠排水整備で用いられるトレンチにおいて暗渠管の位置情報を取得する技術が不可欠です。また、暗渠排水整備に有機質系の疎水材を使用した場合、疎水材の腐食によって暗渠排水機能が10年程度で低下します。

新技術の特徴

- RTK測位に対応したGNSSレシーバーとスマートフォンを用いた測位システムを活用し、暗渠排水の掘削底面の高精度な位置情報（レーザー測量との差は3cm程度）を取得することが可能です。
- 位置情報は新たに構築した暗渠施工管理アプリによって、暗渠管の施工間隔や標高、勾配を算出することができ、施工日や暗渠管の素材や管径、疎水材の種類等の諸元を別途入力し、出来形管理帳表として出力できます。
- 位置情報を農家や土地改良区等と共有することで、位置情報を活用した効率的な排水改良や暗渠機能の長寿命化、再整備の低コスト化が図れます。



期待される活用例

- 施工時に取得した暗渠位置情報をトラクタのガイダンスにデータ移行し、モミガラ等を地中に投入する補助暗渠施工機で既設暗渠の直上を走行することで、新たな疎水材を的確に補充して暗渠排水機能を長寿命化することが可能です。
- 再整備の際に施工時の暗渠位置情報を活用することで、ドレーンリフレッシュ工法（既設暗渠管を再利用して、疎水材の再充填と暗渠水閘の部分的な補修で暗渠排水の再整備を行う工法）を効率的に適用でき、再整備費を約1/2に削減することが可能です。



暗渠施工の効率化及び機能の長寿命化、さらに暗渠の再整備コストを半減

深水管理による省力的な有機水稻栽培管理マニュアル

研究のポイント

- 有機水稻栽培の普及拡大には、省力的な抑草対策技術が不可欠
- 抑草対策に有効な深水管理技術を構築し、省力的な有機水稻栽培に必要な畦畔・法面整備技術、農地基盤整備技術を確立
- 深水管理を導入した際の栽培管理技術と併せてマニュアル化

研究の背景

- 「みどりの食料システム戦略(2021年)」において、2050年までのKPIとして有機農業の取組面積の割合を25%(100万ha)に拡大
- 有機水稻栽培を拡大する上で、除草のかかる労力が最も大きな課題となっており、圃場内の除草時間は平均 10 時間/10a(慣行栽培の 6.4 倍)、畦畔除草や水管理労力も平均 7 時間/10a(慣行栽培の1.7倍)

深水管理に必要な農地基盤

- 深水を維持するための畦畔整備(高さ30cm、幅30cm)は不可欠 ➡ **ラジコン草刈機に適した畦畔整備により作業効率2.5倍**
- 深水管理を省力かつ確実にを行うため給・排水口の整備 ➡ **ICT水管理システムにより作業効率5倍**
- 効率的な機械除草を行うには、矩形状で大きな区画が必要 ➡ **大区画化により作業効率1.3倍**
- 機械除草を行うには十分な地耐力が求められるため、暗渠排水整備が必要



深水水田
(水深14cm)



対照水田
(水深7cm)

ラジコン草刈機に適した畦畔整備により作業効率2.5倍

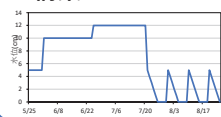
ICT水管理システムにより作業効率5倍

大区画化により作業効率1.3倍

ICT水管理システム



最適な水管理モデルの構築



給水口

・自動給水栓、ICT水管理システムの導入

区画整備

・矩形状、大区画化

排水口

・堰高の調整が可能な落水口の導入

整地工

・不陸が大きいと雑草が繁茂するため、均平度±3.0cm以内

暗渠排水整備

・機械除草を行うためより高い地耐力が必要

畦畔整備

・ラジコン草刈機の走行可能な形状
・幅広畦畔、三角畦畔

法面整備

・ラジコン草刈機の走行可能な形状
・緩傾斜化(35°以下)

三角畦畔の造成



法面の緩傾斜化



深水による栽培管理

- 深水管理により水温が低下するため、C/N比の低い有機質肥料(油かすや鶏糞)を使用
- 苗は中苗から成苗を使用し、栽植密度は多めにする
- 早期湛水と複数代かき(3回)により初期の雑草を抑制
- 移植から7日以内に機械除草を実施し、7~10日ごとに3回実施
➡ 深水管理の導入によって2回に減少し、作業効率1.5倍



水田への灌漑時における水位上昇速度の変化を利用した田面不陸高さの推定法

研究のポイント

- 水田への灌漑による水位変化から田面における凹凸のおおよその大きさ(以下、「田面不陸高さ」)が推定できます。
- 圃場水管理システムに本推定法を導入することで、田面不陸高さを自動で推定できるようになり、その推定値を活用することで更に精密な自動水管理が可能となります。

研究の背景

- 抑草のための深水管理や除草剤散布時、飽水管理などの水管理に精密さが求められる際は田面不陸高さを考慮した水管理が重要です。
- 田面不陸高さは水田ごとに毎年変化しますが、簡便な計測法がないため、全ての水田を把握するのは困難です(図1)。



図1 田面不陸の様子
田面凸部が水面から露出しています

推定法の特徴

- 灌漑時の連続した水位データを使用することで、水位上昇速度の変化を利用して田面不陸高さが推定できます。
- 灌漑の初期は少ない水量で水位が大きく上昇しますが、田面が水面で覆われていくにしたがって、同じ水量に対する水位の上昇が徐々に小さくなります(図2)。その変曲点を田面不陸高さとしています。
- 変曲点は、田面のほとんどを水面が覆う水位です。右図の赤斜線のように、変曲点となる水位は水田ごとに幅があります。
- 解析には、水位データと水量である給水口開度や降雨データが必要ですが、圃場水管理システムを活用すると、これらのデータが簡単に揃います(写真1)。

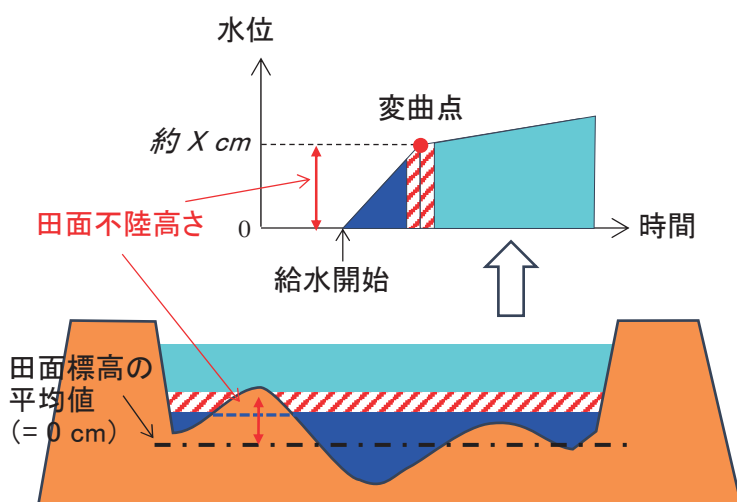


図2 田面不陸高さ推定法の概要
田面不陸高さは田面標高の平均値からの高さで表します

期待される活用例

- 本推定法は、圃場水管理システムに導入することで、田面不陸高さを自動で推定でき、その推定値を用いて自動水管理の精密化に寄与します。
- 自動水管理を精密化することで、適切な栽培管理に貢献し、水稻の収量増加や高品質化につながります。



写真1 圃場水管理システムを用いた灌漑

ラジコン式草刈機による除草が可能な「三角畦畔」

研究のポイント

- ラジコン式草刈機による除草が可能な水田畦畔(「三角畦畔」)を考案

研究の背景

- 水田畦畔の除草は必須だが、肉体的にも時間的にも負担大
- 近年、ラジコン式草刈機が販売され、導入への期待が高まっている
- しかし、標準的な水田畦畔は既存のラジコン式草刈機の幅と比べて小さく、走行困難

三角畦畔の特徴

- 断面形状を三角形とすることで、斜面幅を拡張(図1)、造成はバックホーにより実施
- 合わせて、三角畦畔の両斜面に跨って走行する、三角畦畔向けのラジコン式草刈り機を試作(図2)
- 傾斜角 20° の三角畦畔では、非灌漑期には既存のラジコン式草刈機を用いた除草が可能(図3)
- 既存のラジコン式草刈機を用いることで、刈払機を用いる場合に比べ除草に要する時間が6割程度削減(表1)

期待される活用例

- 歩行頻度の少ない水田畦畔に、三角畦畔とそれに対応したラジコン式草刈機を導入することで、除草に要する負担を削減
- 除草剤使用量の削減により環境保全型農業にも寄与



図1 三角畦畔



図2 三角畦畔に対応した試作ラジコン式草刈機



図3 既存のラジコン式草刈機を用いた除草試験

表1 除草に要した時間の比較

畦畔	機材	20 mあたり 所要時間(秒)
三角畦畔 (20°)	ラジコン式草刈機	163
	刈払機	424
三角畦畔 (30°)	ラジコン式草刈機	178
	刈払機	459

2. 令和6年度までの普及成果、研究成果

(2) 資源利用研究領域

フェンロー型温室における室内気温分布の推定

研究のポイント

- 大規模な温室を建設するケースが増えていますが、温室の連棟数が増えた場合、室内の気流や気温に偏りが発生することが懸念されます。
- コンピューターシミュレーションによる温室内の気温分布の推定は、温室の自然換気特性を解明する一つの有効な手法であると考えられます。

研究の背景

- 夏季にフェンロー型温室で天窓換気をしたときに測定した室内気温の実測値と、数値流体力学(CFD)の手法に自然風および日射モデルを適用して求めた室内気温分布の推定値を比較し、CFDの計算精度を検証しました。

研究の概要

- フェンロー型温室で測定した内外気温差は、風下側のE点が最も低く、風上側のA点が最も高くなりました(図2)。
- 内外気温差の実測値とCFDの推定値の誤差は最大1.7℃であり、CFDは温室内の気温を比較的精度良く推定できました(図2)。
- CFD解析によって室内の気流・気温分布を解析すると、室外の風向きと逆向きの気流が形成され、風上側に気温の高い部分が発生することが示されました(図3)。

期待される活用例

- 規模や様式が異なる温室の換気特性を検討する場合は、別途計算する必要がありますが、施設経営農家や温室関連メーカー等にとって、室内気温や気流分布を検討する際の参考となります。

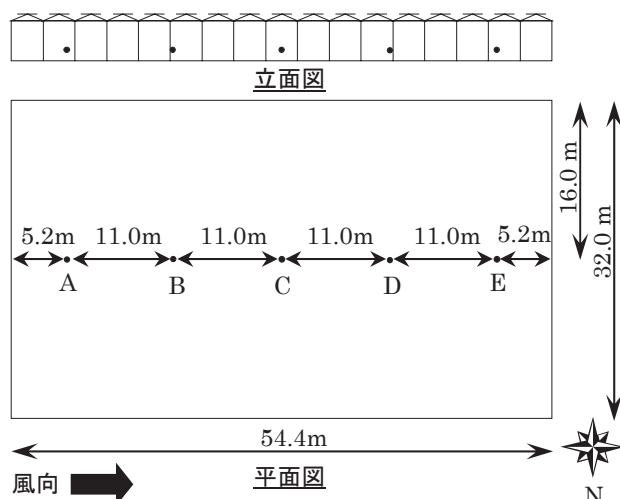


図1 17連棟のフェンロー型温室の平面・立面図および測定点(●)の配置

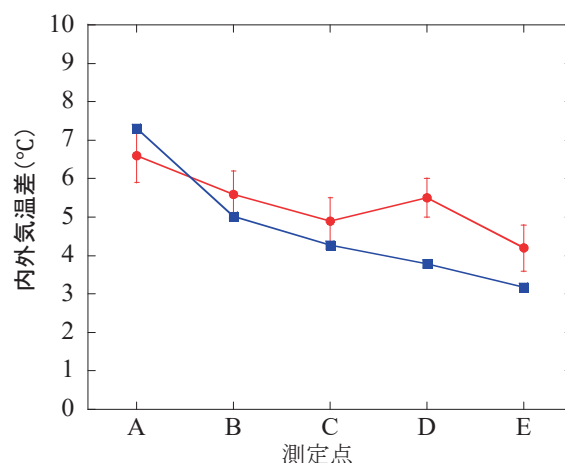


図2 フェンロー型温室内の内外気温差の実測値(●)と計算値(■)の比較
I は標準偏差を示す(n=120)

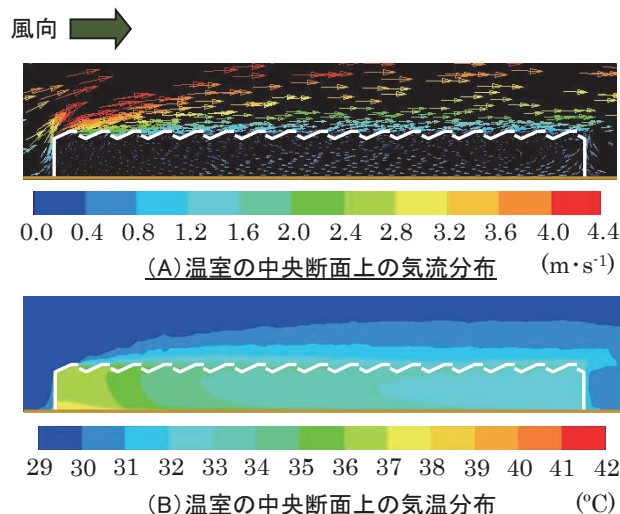


図3 CFD解析によるフェンロー型温室内の気流・気温分布

農業用ハウスにおける床面のコンクリート化により 温熱環境の変動を緩和

研究のポイント

- 農業用ハウスの床面にコンクリートを導入することで、ハウス内温熱環境(気温・湿度)の変動を緩和することができることが微気象計測により明らかになりました。
- これにより、ハウスの冷暖房等の環境制御にかかる消費エネルギーの削減が期待されます。

研究の背景

- 2018年の農地法改正により、コンクリート床を有する農業用ハウス(図1)について、農業委員会への申請により農地として扱うことが可能となりました。
- 一方、農業用ハウスの温熱環境は床面で吸収された日射の熱分配(顕熱・潜熱)により形成されるため、床材が土壌からコンクリートに変わる影響を明らかにする必要があります。



図1 パイプハウスの床面をコンクリート(※)にした場合の内観
(※本研究ではインターロッキングブロックを利用)

研究の概要

- コンクリート床では、日中の気温上昇と夜間の気温低下、日中の水蒸気圧上昇(絶対湿度の変動)が一般のハウスよりも小さく、温熱環境の変動を抑制できることがわかりました(図2)。
- コンクリート床と土壌床の表面での熱の出入り(日中の太陽熱貯留と地中熱の夜間放出)を積算すると、土壌床では貯留と放出がつりあっていたのがコンクリート床では放出が貯留を上回っており(図3)、コンクリートの高い熱伝導性がこの現象の要因と考えられます。

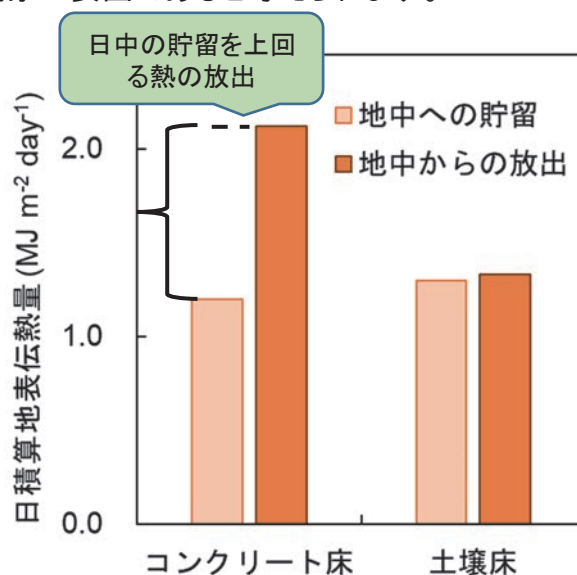
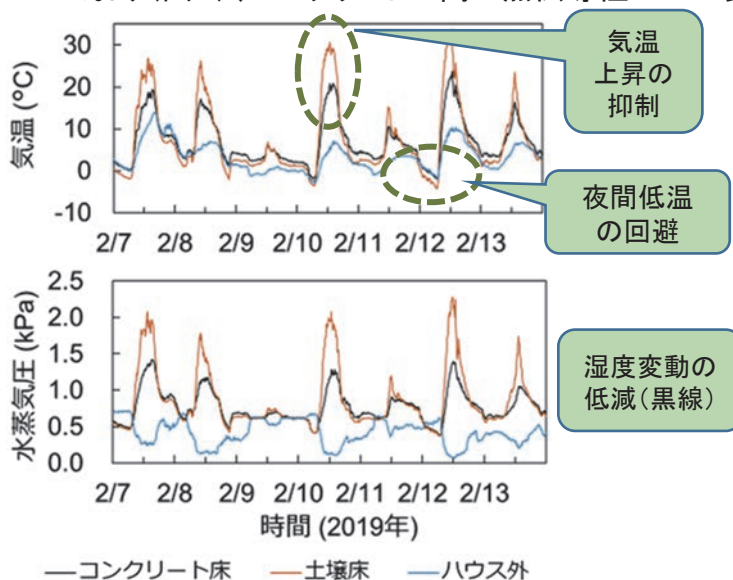


図2 床材の違いによるハウス内の温熱環境変動の違い

図3 各床材表面での熱の貯留・放出

期待される活用例

コンクリート床の導入により、ロボット導入・安定的な養液栽培・GAP対応にも適した高い衛生環境・安定した温熱環境による省エネ環境制御をふまえた新たな施設園芸体系の展開が期待できます。

パイプハウスの軒高の増加が耐風性能に及ぼす影響

研究のポイント

- パイプハウスの軒高が高くなると、周辺気流が変化し、パイプハウスに作用する風圧力分布が影響を受ける可能性があります。

研究の背景

- 室内温度環境の急激な変化を緩和する空間や各種環境制御装置の設置空間を創出するために、温室の高軒高化が進んでいます。パイプハウスについても同様の試みがあります。
- 一方で、パイプハウスの軒高が変化した場合の風圧力分布は定められていないのが現状です。
- パイプハウスの軒高が変化した場合を想定した風洞実験を行い、軒高がパイプハウスの風圧係数に及ぼす影響を明らかにします。

成果の特徴

- 従来のパイプハウス（棟高 3.16m）に対して、棟高を0.25m、1m、2m高くしたパイプハウスを対象に、風洞実験で風圧力分布を求めました。
- 軒高が高くなると、1)風上側側面前から流れてくる気流の増加、および2)基準高さに対する軒の風速の増加が、風圧係数に影響を及ぼしました。

期待される活用例

- パプリカなど地上高の大きな作物の栽培用ハウスや、移動式カーテンを導入した高機能パイプハウスの耐風設計に適用することで、高機能かつ耐風性を有するパイプハウスを建設することが可能になります。

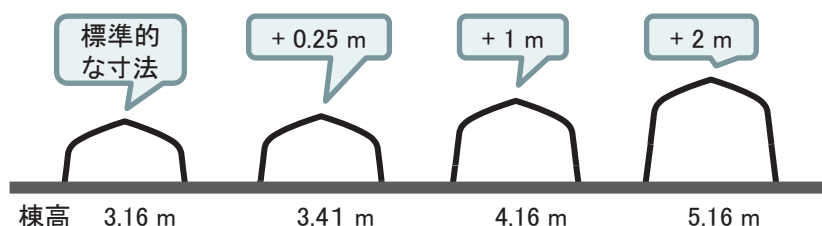


図1 軒高の異なるパイプハウス模型

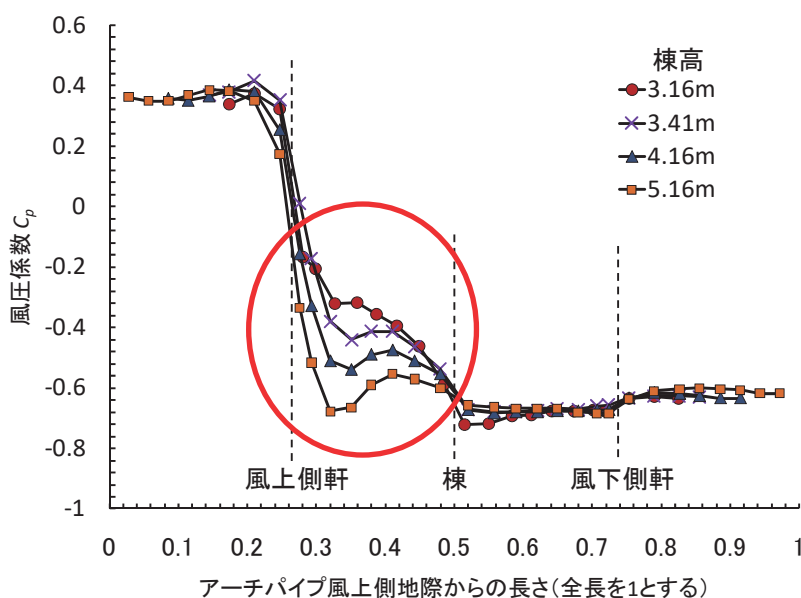


図2 中央断面の風圧係数

厳寒期でも安定した温室暖房が可能な 地下水熱源ヒートポンプ

研究のポイント

- 「みどりの食料システム戦略」では、施設園芸から排出される年間のCO₂を2030年までに155万tの削減(2013年比)、2050年までに化石燃料を使用しない施設園芸への完全移行が目標となっている。
- 温室に設置されている加温設備の多くはA重油や灯油を燃料とする燃焼式暖房装置である。
- 温室暖房に使われる燃焼式暖房機を電気式ヒートポンプに代替するための手法である。
- ヒートポンプは暖房、冷房、除湿にも利用でき、温室の高温対策や病害対策に有効である。

研究の背景

- 温室暖房でヒートポンプが普及しない要因に、空気熱源方式が主流となっていることがある。空気熱源方式は大気から採熱できるところに長所があるが、外気温が低下すると空気中に含まれる水が熱交換器に霜として凝結するという短所がある。熱交換器に霜が付着した時は暖房運転を止めて熱交換器の霜を融かさなければならず、暖房装置としての機能が低下する。
- 地下水は年間を通して水温が一定で、冬季は外気よりも温度が高く、夏季は外気よりも温度が低いので、地下水熱源方式のヒートポンプはエネルギー消費効率が高いことは分かっているが、ヒートポンプの仕組みが複雑で、機器や工事の費用が高く、農業分野では普及していない。

成果の特徴・内容

- 新開発の地下水熱源ヒートポンプは室外機、室内機、貯水タンクに浸水された熱交換器で構成され、既存のものよりもシステム構成を簡略化している(図1)。
- 2020年2月7日8時~2月9日8時の外気の日最低気温は8日の明け方で-1.4℃、9日の明け方で-2.0℃であるが、地下水熱源ヒートポンプは暖房運転が停止することなく、外気が氷点下の条件でも温室内の気温を維持できる(図2)。
- ヒートポンプの省エネルギー性能を示す指標として成績係数(Coefficient Of Performance: COP)があるが、地下水熱源ヒートポンプは外気温が氷点下の条件でもCOPは5.0を上回り、これは1kWの電力から5倍の5kWの熱エネルギーが得られたことを示す(図2)。

期待される活用例

- 地球規模で気候の温暖化が進む中、農林水産業全体でCO₂削減の取り組みを進めなければならないが、ヒートポンプはその中心となる技術である。
- ヒートポンプの熱源は、大気、水、地中などであるが、農村地域にはこれらの未利用熱が大量に賦存する。これらの未利用熱は再生可能エネルギーでもあるので、温室だけではなく、熱エネルギーを多く消費する畜産や農産物加工・流通の現場にも導入することにより、農林水産業全体のCO₂削減に貢献できる。

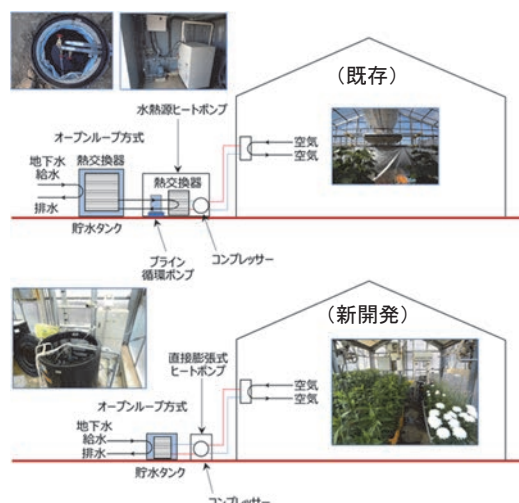


図1 従来の地下水熱源ヒートポンプ(上)と新開発の地下水熱源ヒートポンプ(下)

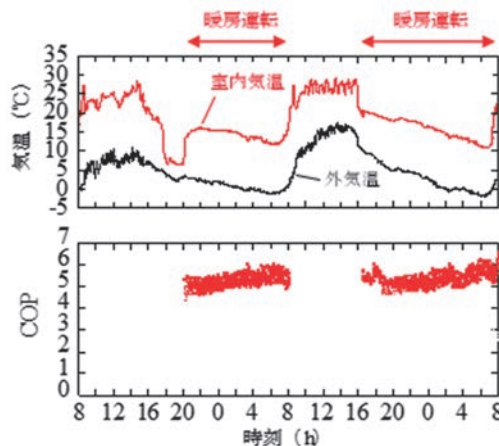


図2 地下水熱源ヒートポンプ稼働時の温室内外の気温(上)と成績係数(COP)(下)

農業用被覆資材の熱貫流係数を簡易的に推定する手法を開発

研究のポイント

- これまで、被覆資材の保温性能を評価する際には、大掛かりな設備と膨大な時間が必要でしたが、開発した手法では、一資材あたり、数分で評価が完了します。
- 本手法では、被覆資材の保温性能に影響する長波放射(3~60 μm)吸収率の測定のみで、異なる気象条件下での、資材の熱貫流係数($\text{W m}^{-2} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$)を簡易的に推定できます。

研究の背景

- 施設園芸分野で使用されるエネルギーの大部分は冬季の暖房であり、冬季の暖房エネルギー消費量を減らすためには、保温性能の高い被覆資材の開発が必要です。
- 本研究では、効率的な被覆資材開発のため、簡単に、短時間で測定できる、被覆資材の長波放射吸収率から、保温性能を簡易的に評価できる手法を開発しました。

評価法の特徴

- 図1の熱貫流係数測定装置で、加熱室は冬季夜間の温室内(15°C)、冷却室は温室外(0°C)、冷却板は、放射冷却(下向き赤外放射量(W m^{-2})条件: 値が小さいほど晴天)を再現します。
- 熱貫流係数測定装置内(図1)に、異なる材質の被覆資材(ガラス、農PO、フッ素樹脂、農ビ、農サクビ、農ポリ)をそれぞれ展張し、熱収支解析を行い、各資材の熱貫流係数を算出します。
- 供試資材の、長波放射吸収率を放射率計を用いて測定します(一資材あたり数分で完了)(図2)。
- 取得した被覆資材の熱貫流係数、長波放射吸収率および下向き赤外放射量のデータを用いて、図3のコンター図を描画します。
- 図3のコンター図を使用すると、被覆資材の長波放射吸収率の測定のみで、任意の下向き赤外放射条件下の、熱貫流係数が推定可能になります。

期待される活用例

- 図3のコンター図を用いることで、一資材あたり、数分で測定できる長波放射吸収率から、熱貫流係数の小さい材料の選定ができ、保温性能の高い被覆資材開発の加速化に寄与します。
- 本研究で作成した、下向き赤外放射量と熱貫流係数の関係式を、温室の温熱環境シミュレーションに組み込むことで、計算精度の向上が期待できます。

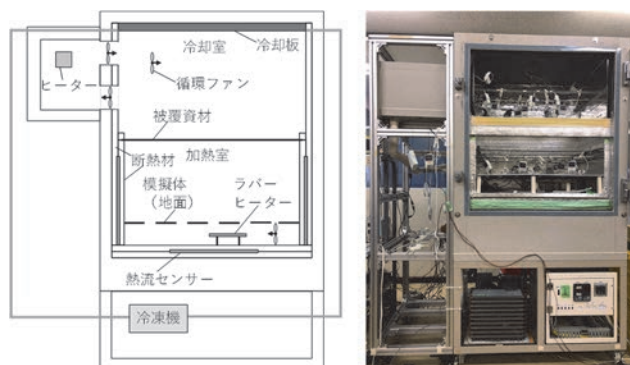


図1 熱貫流係数測定装置の模式図と実物



図2 放射率計を用いた被覆資材の長波放射特性測定

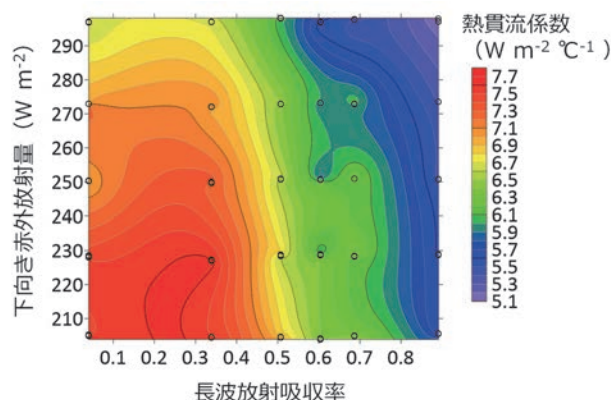


図3 長波放射吸収率、下向き赤外放射量および熱貫流係数の関係を示すコンター図

■大橋ら (2023) 農業施設, 54 (3):57-69 (https://doi.org/10.11449/sasj.54.3_57) .

通気性のある農業用被覆資材の保温性能評価手法

研究のポイント

- 通気性のある農業用被覆資材の保温性能評価を目的に、資材の伝熱係数を算出する際に、通気伝熱係数とそれ以外の伝熱係数に分けて算出する手法を開発しました。
- 資材の通気伝熱係数とそれ以外の伝熱係数をそれぞれ算出できると、資材開発時にどの要素が保温性能の向上に有効かを明らかにできます。

研究の背景

- 施設園芸で利用される一次エネルギーの大部分は、冬季夜間の暖房であるため、暖房エネルギー消費量を減らすことが施設園芸の省エネ化に最も有効です。
- 温室内に展張するカーテン資材は、暖房負荷を大幅に低減させる重要な資材です。
- 一方で、多くのカーテン資材は通気性があり、伝熱形態が複雑であることに加え、標準的な保温性能評価手法がありません。
- 標準的な性能評価手法がないと、メーカーの資材開発効率が低下したり、ユーザーの資材選定が難しくなります。

評価法の特徴

- 通気性のある農業用被覆資材の保温性能を熱収支解析により明らかにする手法です。
- 図1の資材を図2の装置の中に展張し、加熱室15℃、冷却室0℃、冷却板-20℃になるよう制御します。
- 加熱室は冬季夜間の温室内、冷却室は温室外の気温を再現し、冷却板は放射冷却を発生させます。
- 熱収支解析を実施し、資材の通気伝熱係数とそれ以外の伝熱係数を分けて算出します。
- 図3に示すように、通気伝熱係数とそれ以外の伝熱係数をそれぞれ算出可能です。
- 通気伝熱係数が小さい場合は、フィルムの編込みが優れていて、気密性が高いと判断できます。
- 通気以外の伝熱係数が小さい場合は、フィルム自体の保温性能が優れていると判断できます。

期待される活用例

- 本手法を用いると、メーカーが資材開発時に、どの要素を改善すると保温性能向上に有効かを把握できるので、資材開発の加速化に貢献します。
- 本手法により保温性能評価手法が標準化されると、メーカーが異なる資材間でも、ユーザーがデータをもとに性能比較ができ、希望の資材を選定できます。

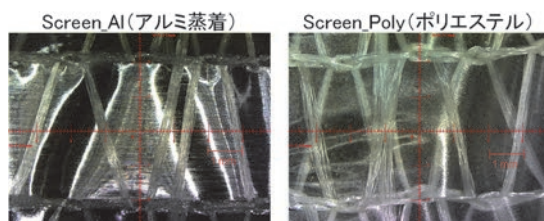


図1 供試保温カーテン拡大図

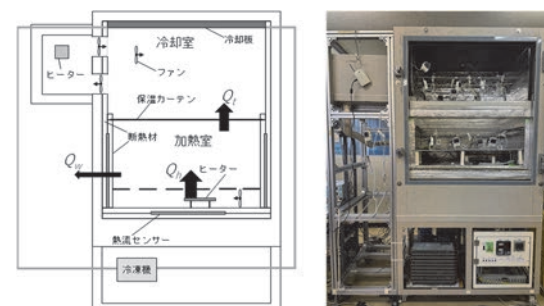


図2 熱貫流係数測定装置

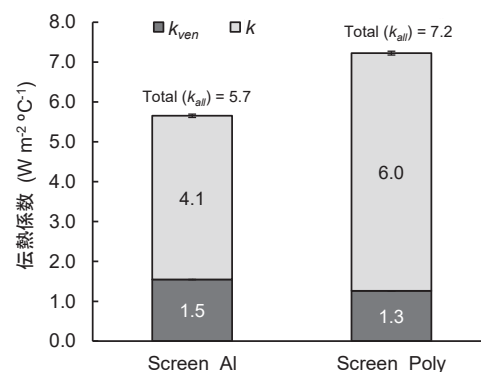


図3 供試資材の伝熱係数

k_{ven} は通気伝熱係数、 k は通気以外の伝熱係数を示す。

■ Ohashi et al. (2024) Journal of Agricultural Meteorology, 80 (2): 62-68.

施設園芸の脱炭素化に資するネット・ゼロ・エネルギー・グリーンハウス(ZEG)の要件定義

研究のポイント

- 「みどりの食料システム戦略」では、施設園芸から排出されるCO₂を2030年までに155万t/年の削減、2050年までに化石燃料を使用しない施設園芸への完全移行が目標となっています。
- 施設園芸からのCO₂排出量削減を進める上で、温室の省エネルギー性能を高めるとともに、化石燃料から再生可能エネルギーに代替することが重要です。

研究の背景

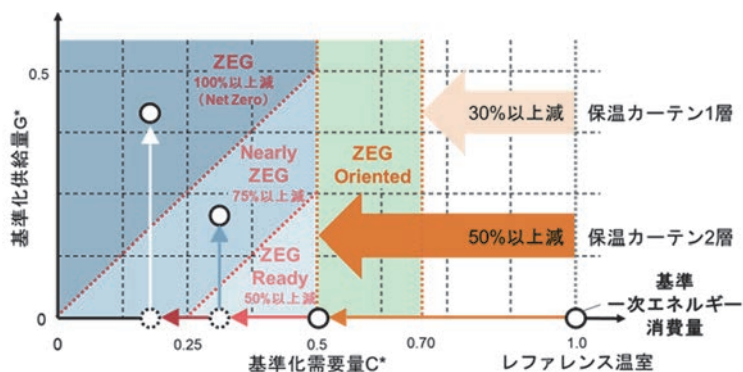
- 住宅・建築分野では、net Zero Energy House(ZEH)、net Zero Energy Building(ZEB)に関する要件定義が定められ、国の施策としてビルや住宅などのゼロエネルギー化が進められています。
- ZEH、ZEBの要件定義に基づき、温室(ZEG: net Zero Energy Greenhouse)と温室を含むその他の設備が集合した農場(ZEF: net Zero Energy Farm)の要件定義と評価方法をまとめました。

評価法の特徴

- ZEGの評価基準として、レファレンス温室の年間一次エネルギー消費量で無次元化した基準化供給量G*及び基準化需要量C*の収支に対し、ZEGの達成度を段階的に評価し、ZEGのラベリングを行います。
- 外皮1重の温室に対し、室内に保温カーテンを1層追加すると放熱量が約3割削減、2層追加すると約5割削減されることから、C*が0.7以下をZEG Oriented、0.5以下をZEG Ready、(C* - G*)が0.25以下をNearly ZEG、0以下をZEGと要件定義します(図1)。
- 埼玉県北本市でコチョウランを生産する農場と敷地内の温室群を評価すると、2層カーテン、電気式ヒートポンプ、太陽光発電設備(PV)等の省エネ/再エネ技術の導入により、ZEGになると評価されました(図2)。

期待される活用例

- 本成果はZEGを導入するための指標であり、その利用者は施設園芸生産者・事業者、普及指導機関、農協、温室製造企業等を想定しています。
- 活用先は環境制御/加温装置を導入している園芸用施設(約15,000ha)です。



G*: 基準化供給量=評価対象温室の生成エネルギー/レファレンス温室の消費エネルギー
C*: 基準化需要量=評価対象温室の消費エネルギー/レファレンス温室の消費エネルギー

図1 ネット・ゼロ・エネルギー・グリーンハウス(ZEG)の評価

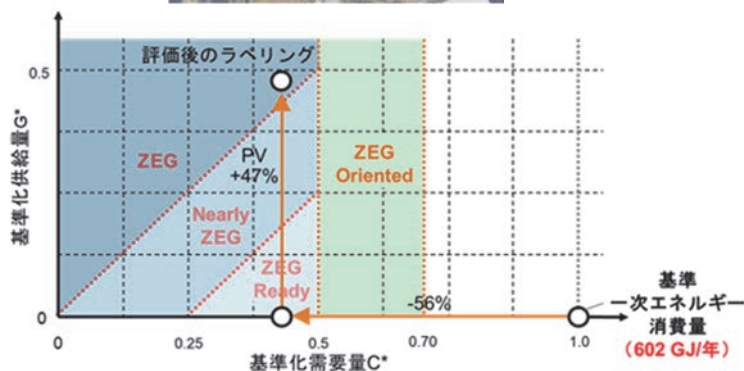


図2 ケーススタディを行った対象温室でのZEG評価

論文データベース分析から明らかにする 国内外の営農型太陽光発電の研究開発動向

研究のポイント

- 営農型太陽光発電施設の面積は拡大傾向にあるが研究論文の公表数は限られています。
- 特に国内論文は2022年までに31件と少なく、国際論文は2020年以降、増加傾向にあります。
- 公表論文のテーマの分析から国際論文は工学系、国内論文は社会系が多く、農学的知見の不足傾向が明らかになりました。

研究の背景

- 営農型太陽光発電は農地上部に太陽光発電パネルを設置し農業と発電を同時に行う取り組み。新たな発電用地の開発が不要で、農業収入に加え発電収入が得られるため、持続的な農地利用にメリットが期待される一方、太陽光発電の比重を不適切に大きくすることで適切な農地利用が行われていない事例もあります。こうした背景には、営農型太陽光発電に関する科学的根拠の不足もあります。本研究では当該技術の2022年までの国内外の研究動向を巨視的に評価しました。

営農型太陽光発電に関する研究動向

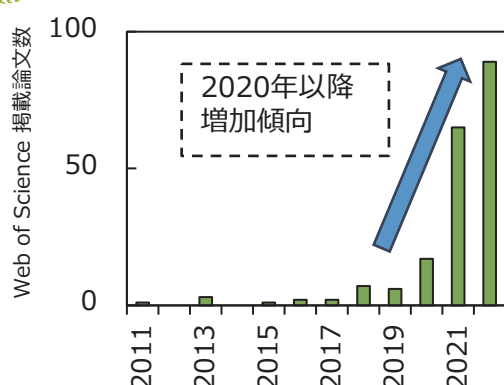


図1 営農型太陽光発電に関する国際論文の発表件数の推移

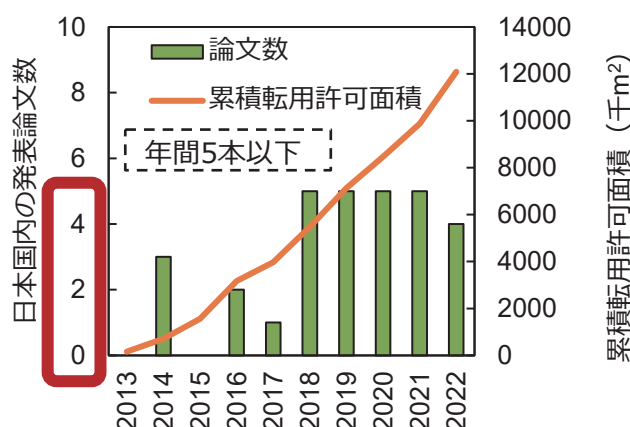
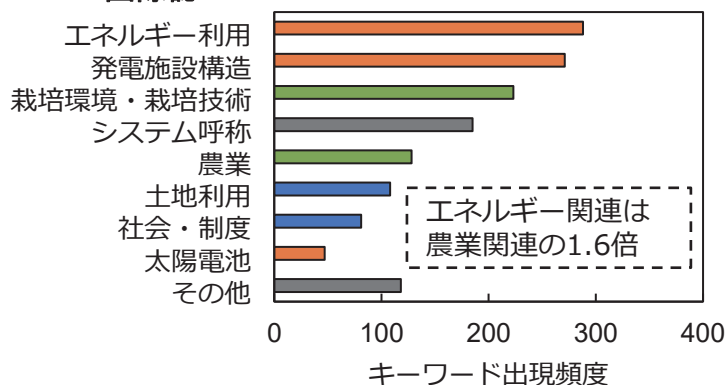


図2 営農型太陽光発電に関する国内論文の発表件数と累積転用許可面積の推移

a.国際誌



b.国内誌

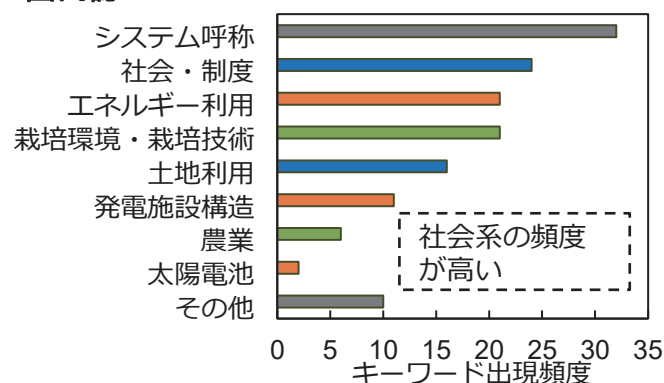


図3 国際論文(左)および国内論文(右)における各キーワード群の出現頻度(それぞれのグラフの色は橙:エネルギー工学関連、緑:農業関連、青:社会科学関連、灰:その他)

ヒートポンプシステムによる農業用水路の流水熱の 安定的かつ効率的な供給技術

研究のポイント

- 水路内に設置したヒートポンプシステムの熱交換器を介して、水温が0℃近い流水中から採熱してヒートポンプを暖房稼働させても、システムは停止することなく、安定的に温熱を供給できます。さらに、夏季の冷房運転では、高いエネルギー消費効率(SCOP)で冷熱を供給できます。

研究の背景

- 農業用水の熱利用(流水熱利用)の評価では、室内の実規模模型水路を利用した水熱源ヒートポンプシステムによる基礎的な熱交換特性の評価に止まっていた。実際の水路の水理条件では、流量の減少や水深の低下、氷点下に近い水温などが生じる懸念があります。用水路の流水熱利用の普及を促進するために、実際の水路において、ヒートポンプシステムの稼働試験を行いました。

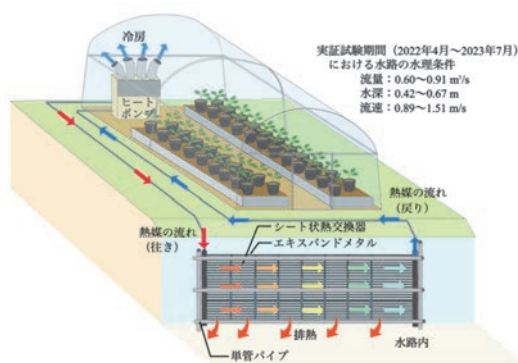


図1 温室とヒートポンプシステム(冷房)

ヒートポンプシステムによる流水中の熱の安定的かつ効率的な供給技術

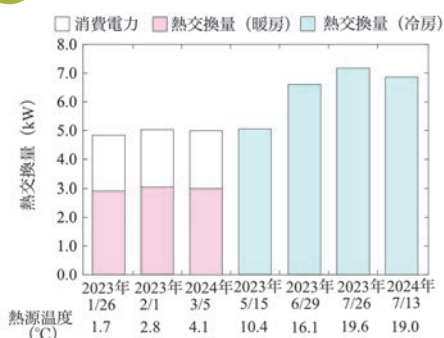


図2 暖房時の供給熱量と冷房時の熱交換量

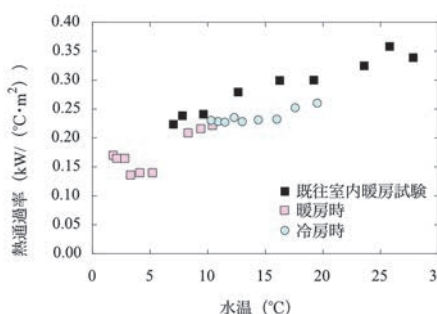


図3 熱通過率

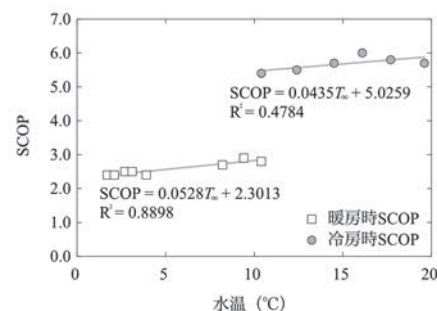


図4 SCOPと水温の関係

- 暖房時の温室への供給熱量を試算すると、ヒートポンプの能力(暖房時5 kW)を満たす熱を供給できます。冷房では、高い熱交換量を示し、夏季の流水は冷熱源として適しています。
- 暖房時の熱通過率は、熱源温度の上昇とともに高くなり、現場の水路でも室内試験と同程度の性能になりました。一方、冷房でも、熱の取り出しやすさは暖房時と大きく変わりません。
- 暖房時のSCOPは2.4～2.9を示すが、熱源温度が0℃近くても、ヒートポンプシステムは停止することなく、稼働できます。一方、冷房時のSCOPは5.4～6.0で比較的高く、冷房に適しています。

期待される活用例

- 熱交換器を完全水没するように水路の水位を確保できれば、温室をはじめとした水路に隣接する施設で、流水中の熱をヒートポンプにより暖房や冷房に利用できます。
- ヒートポンプシステムの熱媒に不凍液を使用すると、冬期の水温が氷点下近くになってもヒートポンプで採熱できます。

流水中に高い熱交換特性が得られる シート状熱交換器

研究のポイント

- 水熱源ヒートポンプのシート状熱交換器を農業用水路など流速10m/min以上の流水中に設置することで、土中設置に比べて約15倍の熱交換性能が得られます。

研究の背景

- 農業施設では、暖房だけでなく冷房や除湿が行え、エネルギー消費とランニングコストを削減する技術として、空気、地中熱や地下水を熱源としたヒートポンプの導入が進められています。現在、空気や土中よりも高い熱交換効率が得られる水中に熱交換器を設置する研究が行われていますが、ため池や井戸などの静水条件よりもさらに効率が良いとされる用水路における流水条件での熱交換特性は明らかになっていません。

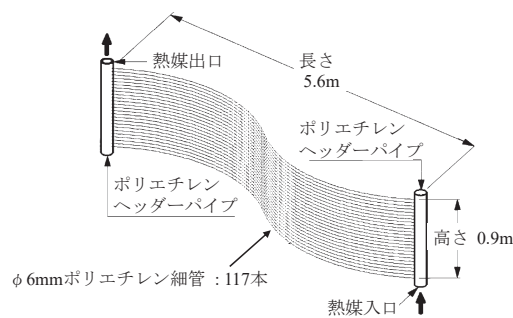


図1 シート状熱交換器

実験の概要

- 農業用水路を模した実規模水理模型（幅0.8m、側壁高1.6m、長さ15m）にシート状熱交換器（高さ0.9m×長さ5.6m、φ6mm細管×117本、図1）を設置して、水理条件や設置方法の違いによる熱交換特性を計測しました（図2）。

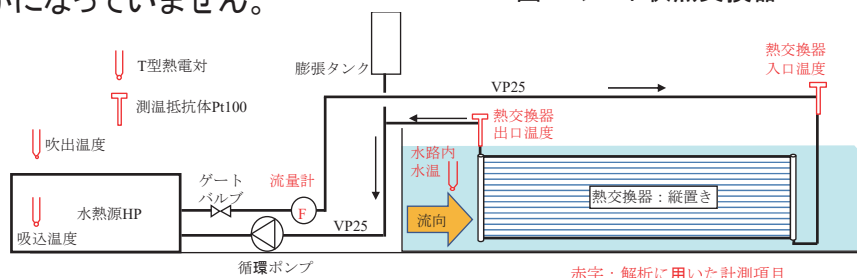


図2 実験システムの概要図

熱交換特性

- 水路内流速10m/min時の熱交換器の熱通過率は $0.255\text{kW}/(\text{K}\cdot\text{m}^2)$ が得られました。静水条件下の約2.5倍、土中設置の約15倍でした。
- 熱交換器を網目状のエキスパンドメタルと一体化すると、流下物から保護でき、かつ撓みなく設置できます（図3左）。熱交換器をエキスパンドメタルと一体化し側壁に沿って設置した時、側壁との間隔110mm、水路流速24m/min以上で熱通過率が $0.21\text{kW}/(\text{K}\cdot\text{m}^2)$ 以上得られました（図4）。さらに、上流端のゴミ流入防止用遮断板（図3右）の有無に関わらず、同程度の熱通過率が得られます（図4）。

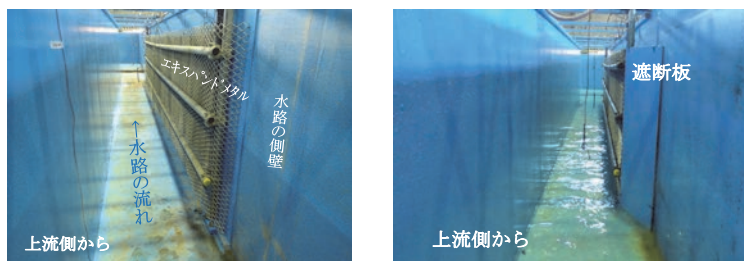


図3 エキスパンドメタルと一体化して水路側壁に設置した状況（左）および上流端に遮断板を設置した状況（右）

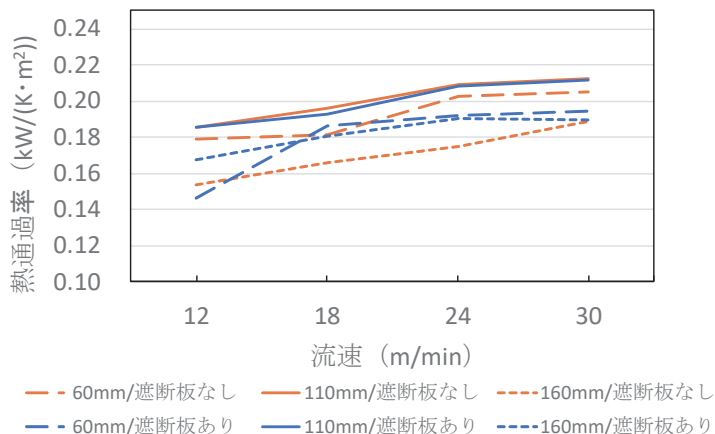


図4 側壁との設置間隔と熱通過率の関係（冷房運転時）

畑地におけるメタン発酵消化液の肥料効果と環境影響

研究のポイント

- メタン発酵消化液を環境保全的に液肥利用するために、アンモニア揮散特性、地下への窒素溶脱特性等の一連の情報を整理したうえで、肥料効果や環境影響の観点から適切な施用方法を提案します。

研究の背景

- メタン発酵は家畜ふん尿などからエネルギーを取り出す技術ですが、メタンを取り出した後に残る液体(メタン発酵消化液、図1および表1)の処理・利用が問題となっています。
- 肥料成分を含んでいる消化液を液肥として利用することにより、資源の有効利用やメタン発酵施設の運転コスト削減(消化液の浄化処理と比較して)が実現できます。
- しかし、消化液を不適切に液肥利用した場合には、肥料効果が発揮できないだけでなく、環境負荷を増大させることになります。消化液の特徴を整理し、適切な施用方法を採用することが重要です。

研究の概要

- 消化液を土壌表面に施用すると、消化液中のアンモニア態窒素の一部が揮散し失われるので、その分を考慮して施肥設計することが重要です。表面施用後放置すると揮散量が多く、消化液に含まれる窒素の35～50%程度しか肥料として利用できません。一方、アンモニア揮散を抑制できる施用方法(施用後速やかな土壌との混和等)を行えば、消化液に含まれる窒素の多く(約60%)を利用できます(図2)。
- 土壌に保持された消化液由来のアンモニア態窒素の動きは、硫安等の化学肥料由来成分と大きな差異はありません。消化液を化学肥料の代わりに使用しても、地下水への負荷は増加しないといえます(図3)。



図1 貯留中のメタン発酵消化液(左), 消化液の散布様子(右)

表1 メタン発酵消化液の成分(原料:乳牛ふん尿)

含水率	95.8%
pH	7.7
全窒素	3,400 mg/L (0.34%)
アンモニア態窒素	1,800 mg/L (0.18%)
硝酸態窒素	<1 mg/L (<0.01%)
リン酸	1,200 mg/L (0.12%)
カリ	3,900 mg/L (0.39%)

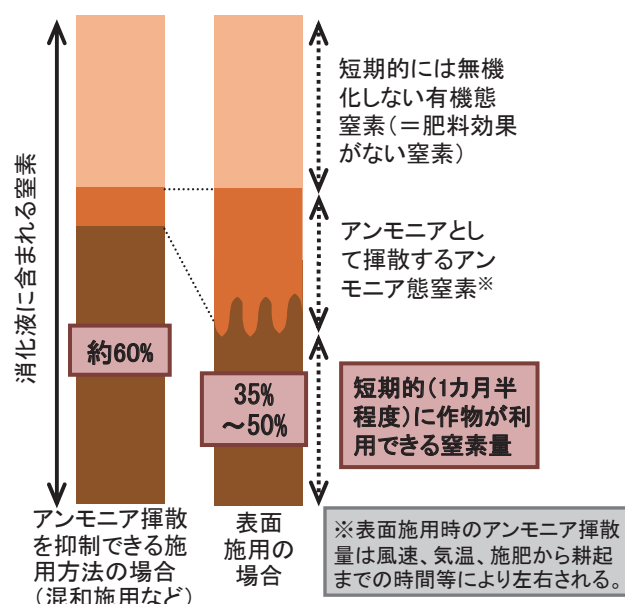


図2 消化液由来窒素の利用可能割合

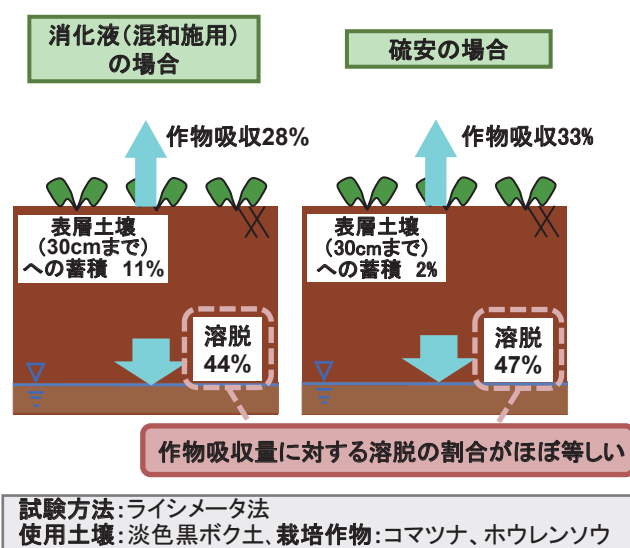


図3 施肥された窒素の動態(4年間の窒素収支)

集排汚泥と食品廃棄物のメタン発酵における安定発酵条件の解明、消化液の肥料特性評価

研究のポイント

- 集排汚泥と食品廃棄物等を原料としてメタン発酵を行ってエネルギーを生産し、消化液を液肥として利用する小規模分散型システムの成立条件を解明しました。
- 原料へのコバルト添加、C/N比を目安とした原料配合により、メタン発酵を安定化でき、消化液はアンモニア態窒素基準での施肥設計により、化学肥料代替肥料として利用できます。

研究の背景

- 集排汚泥と食品廃棄物等との混合メタン発酵システムは、再生可能エネルギー生産、集排施設の維持管理費削減、CO₂排出量削減を同時に実現できます。さらに、発酵残渣である消化液を液肥として利用することにより、化学肥料使用量の削減にも貢献します(図1)。
- このシステムを成立させるためには、安定発酵条件の解明、消化液の肥料特性評価が必要です。

評価法の特徴

- メタン発酵は微生物反応であるため、微生物の基質である原料の組成によっては、ガス発生量の低下等の発酵不良状態となります。メタン発酵の必須微量元素の大部分は集排汚泥から供給されますが、コバルトだけは不足することがあるため、添加が必要です。また、配合された原料のC/N比(窒素に対する炭素の比率)が17程度以下になるように調整することにより、安定した発酵が実現できます(図2)。
- 消化液をアンモニア態窒素を基準として施肥設計した場合、化学肥料の場合と同等の収量となります(図3)。集排汚泥と地域バイオマス为原料とする消化液は、化学肥料代替肥料として利用可能です。

期待される活用例

- 汚泥や地域バイオマス为原料とするメタン発酵施設の設計、消化液の液肥利用計画策定に活用できます。

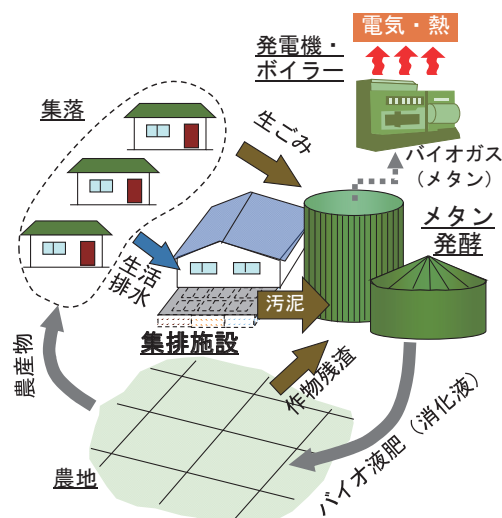


図1 集排汚泥と地域バイオマスのメタン発酵システム

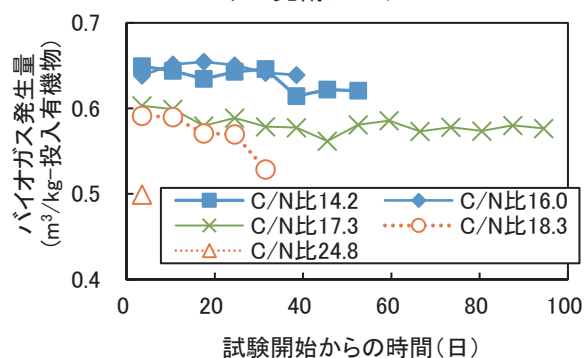


図2 メタン発酵の安定条件(原料C/N比の影響)

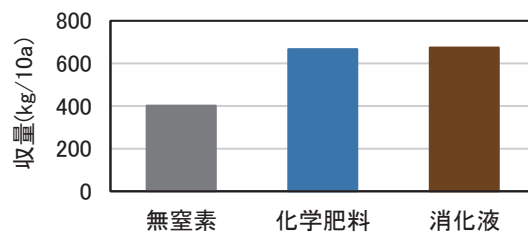


図3 消化液を用いた栽培試験結果(水稻)

■ (一社) 地域環境資源センター、農研機構 (2022)「集排汚泥とバイオ液肥の利活用を伴う小規模メタン発酵システム導入の手引き (案)」
<http://www.jarus.or.jp/biomass/topics/shokibomethanetebiki.htm> (2022年3月公開)

メタン発酵消化液を土中に安定的に施用でき 低コストで導入できるスラリーインジェクター

研究のポイント

- これまで主に草地、水田に表面散布されていたメタン発酵消化液(消化液)や家畜ふん尿スラリー等の液肥を土中に施用でき、既存機械を活用することにより低コストで導入できる2機種のスラリーインジェクターを開発しました。

研究の背景

- 化学肥料使用量低減や地域資源循環の観点から、消化液や家畜ふん尿スラリー等の液肥について、これまで利用が限定的であった畑作での利用を進める必要性が高まっています。
- この状況に対応するためには、液肥施用後のアンモニア揮散を抑制することにより肥料効果を最大化して施肥量の多い畑作に対応しつつ、低コストで導入できるスラリーインジェクターが必要です。

開発したインジェクターの特徴

- 農家規模に対応した2種類(大型機と小型機)のインジェクターを開発しました。
- 大型機は、4～20t容量のスラリータンカーに後付けするタイプのインジェクターです。空洞を形成する刃の種類を変え、土中に大きさや形状の異なる空間を形成することにより、液肥を施用量4～8t/10aの範囲で土壌中に施用することができます(図1)。
- 小型機は、既存の農地排水改良用全層心土破碎機をベースとしたインジェクターです。機械上部に約400～600L容量のタンクを積載し、機械下部に1～3連で配置したV字の心土破碎刃で作成した溝内にタンク内の液肥を注入できる構造を有します(図2)。
- 大型機は畜産農家が既に保有しているスラリータンカーに設置すること、小型機は既存の作業機をベースにすることにより、低コスト化を実現できました。



図1 大型インジェクター



図2 小型インジェクター

期待される活用例

- 本機の活用により、家畜ふん尿スラリーやメタン発酵消化液等の液肥について、周辺地域や環境に配慮しながら有効な肥料資源として循環利用を促進することが期待されます。

流水の流速と水温の変化が暖房時のヒートポンプシステムの熱交換特性に与える影響

研究のポイント

- ヒートポンプシステムによって流水中から採熱すると、流水の流速が速く、水温が高いほど、暖房時のヒートポンプシステムの熱交換特性は高くなります。流速や水温を把握することで、安定的に採熱可能かつ最適な規模で流水熱ヒートポンプシステムの設計に活用できます。

研究の背景

- 農業用水を対象とする流水熱ヒートポンプシステムの設計時に熱交換特性(熱交換器の熱通過率(熱の取り出しやすさ)、ヒートポンプの熱交換量(採熱量)、ヒートポンプシステム全体のエネルギー消費効率(SCOP))の把握が必要です。期別により流速や水温が変化する実際の農業用水を熱源として活用、普及していくには、これまでの研究では、十分な熱交換特性の把握に至っていません。

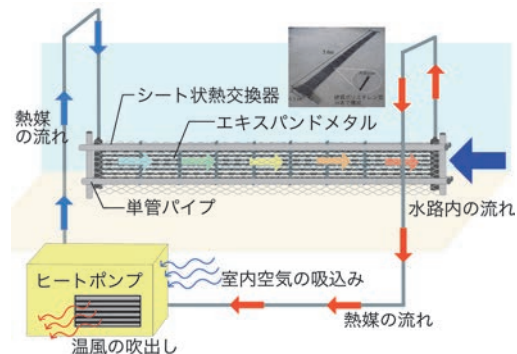


図1 ヒートポンプシステム概要

流水の流速と水温の変化が暖房時のヒートポンプシステムの熱交換特性に与える影響

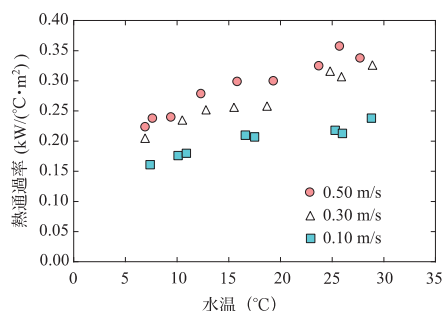


図2 異なる流速における熱通過率と水温の関係

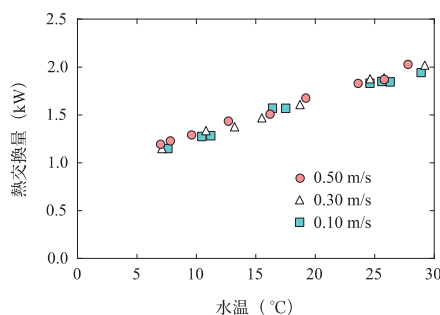


図3 異なる流速における熱交換量と水温の関係

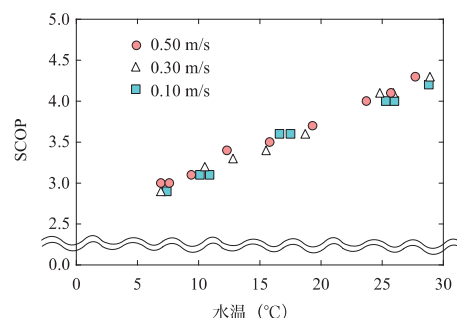


図4 異なる流速におけるSCOPと水温の関係

- 水温が高く、流速が速いほど熱通過率は高くなり、また、水温が高いほど熱交換量(採熱量)とSCOPは高くなります。
- 流速の変化量当たりの熱通過率の増加量は、流速が0.10m/sから0.30m/sに変化した場合で特に大きく、約30～50%増加します。
- SCOPはエアコンの性能評価で用いられる指標の一つです。SCOPが高いほどより小さいエネルギーで熱を取り出せることを示しており、省エネルギーであることを意味します。SCOPは流速によってほとんど変化しませんが、水温が高くなるとともに高くなります。

期待される活用例

- 現場におけるヒートポンプシステムの能力を把握でき、熱通過率、熱交換量、SCOPを通して最適かつ安定的な採熱に必要な構成で設計できます。
- 熱通過率が大きいほど、採熱に必要な熱交換器の面積を小さくできることから、ヒートポンプシステム設計時に必要な熱交換器の数を少なくできます。

メタン発酵原料が消化液の肥料成分組成に与える影響

研究のポイント

- メタン発酵消化液の肥料成分組成は原料の影響を受け、乳牛ふん尿由来の消化液は相対的にカリや有機物の含有量が多いなど、原料による違いがあります。
- 一方、消化液中の窒素の組成や窒素肥効に大きな差はなく、消化液は共通してアンモニア態窒素基準で施肥設計することが可能です。

研究の背景

- 農村地域でメタン発酵を事業として成立させるためには、原料とほぼ同量生成される消化液（バイオ液肥）を肥料として有効利用できることが必要条件です。
- 原料の種類の違いは消化液の肥料成分濃度や肥効に影響しますが、これまで原料別の整理がされておらず、液肥利用計画の検討時に十分な情報がないことが課題でした。そのため、多様な原料（乳牛ふん尿、食品廃棄物、汚泥）の肥料成分等の整理・比較を行う必要があります。

消化液の肥料成分の特徴

- メタン発酵消化液の肥料成分組成は原料の影響を受けます。乳牛ふん尿を原料とする消化液は、窒素に比べてカリが多く、有機物の含有量も多いです。つまり、有機物の施用効果がある一方、カリの過剰施用に留意が必要であると言えます。
- 食品廃棄物を原料とする消化液は、窒素に比べて、リン酸、カリが少なく、有機物の含有量も少ないです。そのため、多量施用してもリン酸、カリの過剰施用にはなりにくいですが、有機物施用効果はほとんどありません。
- 汚泥を原料とする消化液は、他の原料の消化液に比べてリン酸含有量が相対的に多く、カリが少ないです。
- 原料を問わず共通の特徴としては、アンモニア態窒素濃度が0.15-0.2%程度で、有機態窒素の土壌施用後の無機化量が少ないことです。つまり、アンモニア態窒素基準で施肥設計することが可能です。

期待される活用例

- メタン発酵事業者が消化液の利用計画を検討する場面や、普及組織が消化液を利用した栽培の営農指導を行う場面で活用できます。



図1 メタン発酵消化液

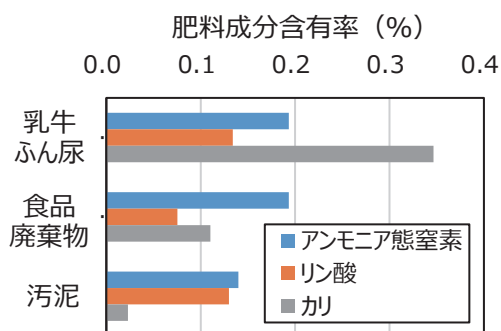


図2 消化液中の肥料成分濃度

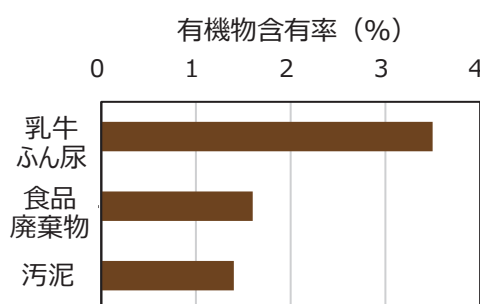


図3 消化液中の有機物濃度

集排汚泥と食品廃棄物の混合メタン発酵における豆腐製造副産物(おから)の混合可能条件

研究のポイント

- 農業集落排水施設から発生する汚泥(集排汚泥)と農村地域で発生する食品廃棄物等との混合メタン発酵において、C/N比が低めの豆腐製造副産物(おから)を原料として用いる場合のおからの混合可能条件を明らかにしました。
- 集排汚泥、生ごみ、おからを原料とする中温条件の混合メタン発酵において、安定的に発酵が可能なおからの混合割合は湿潤重量比で概ね4割以下です。

研究の背景

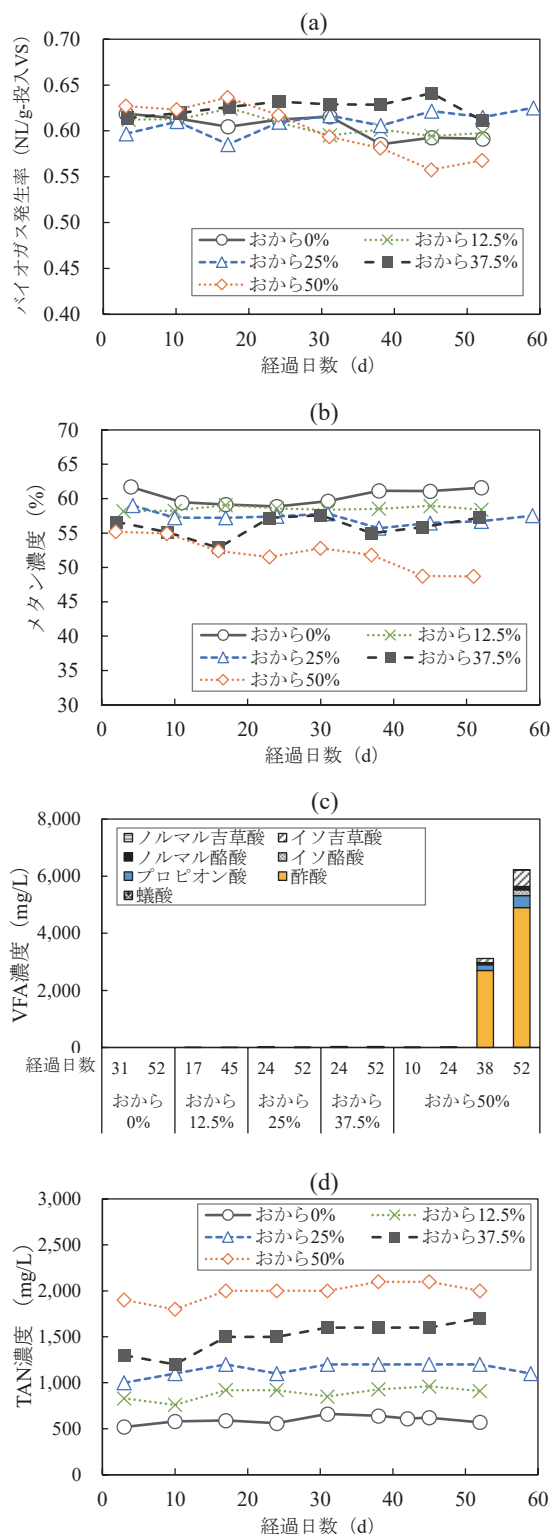
- 集排汚泥と食品廃棄物等との混合メタン発酵および消化液の液肥利用は、再生可能エネルギーの生産と資源循環の同時実現に貢献します。
- 消化液の農地利用の観点からは、窒素含有率が高い、すなわちC/N比が低い原料の利用は有効ですが、混合割合が高くなるとメタン発酵の阻害が生じる懸念があるため、安定的に発酵が可能な条件を明らかにする必要があります。

研究の概要

- 集排汚泥、生ごみ、おからを原料とする中温条件の混合メタン発酵において、おからの混合割合が37.5%までは、バイオガス発生率は概ね一定で(図(a))、メタン濃度は55~60%程度の範囲にあり(図(b))、発酵槽内の有機酸(VFA)濃度は低く(図(c))、安定的な発酵が行われていると考えられますが、おからの混合割合が50%になると、バイオガス発生率およびメタン濃度はともに低下し(図(a)、(b))、VFA(図(c))が高濃度になるなど、発酵阻害が生じている可能性が考えられます。
- 発酵槽内の全アンモニア態窒素(TAN)濃度(図(d))と、既往の研究による知見から、おからの混合割合が50%のときの発酵の不安定化の原因はアンモニアである可能性があります。

期待される活用例

- 農村地域において、消化液の農地利用を想定し、C/N比が低い食品廃棄物等を集排汚泥や生ごみ等との混合メタン発酵の原料に用いる際の参考となります。



農業集落排水汚泥の処理の現状と 汚泥肥料の特性

研究のポイント

- 汚泥肥料は製造期間や加温・通気の有無によって、開放型コンポスト、密閉型コンポスト、乾燥汚泥の3種類に分類できます。
- 無機態窒素の割合や窒素無機化パターンは製造方法によって異なりますが、作物が利用可能な窒素成分は製造方法に関わらず30～40%程度であり、その分の化学肥料を代替できます。

研究の背景

- 汚泥処理プロセスは施設によって異なり、複雑であるため、効果的に農地還元を推進するには処理の現状の整理をする必要があります。
- 汚泥肥料は有機質肥料であり、含有する肥料成分のすべてが作物にとって利用可能な形態ではないため、各成分の肥効特性を把握することが重要です。

農業集落排水汚泥の処理と汚泥肥料の特徴

- 農業集落排水汚泥の処理方法には農地還元、建設資材活用、未利用となる廃棄処分があり、農業集落排水施設内で処理が完結する場合は8%と少なく、農地還元率向上のためには農業集落排水事業以外の外部の事業と連携した取り組みが必要となります。
- 汚泥肥料の製造方法によって肥料成分の特性は異なります(表1)。しかし、汚泥肥料は土壌施用後に窒素の無機化が進み、作物が利用可能な形態である無機態窒素が増加するため、製造方法によって汚泥肥料中の無機態窒素濃度が異なっても、最終的に作物が利用可能な窒素成分は30～40%程度となります。

期待される活用例

- 汚泥肥料の施肥設計に活用でき、汚泥肥料を使用した分の化学肥料の削減が期待できます。

表1 汚泥肥料の製造方法

	開放型コンポスト	密閉型コンポスト	乾燥汚泥
写真			
原料	汚泥 (+もみ殻等の副資材)	汚泥	汚泥
製造方法	開放された空間 副資材混合等による水分調整 発酵熱による乾燥	密閉された空間 発酵槽内で加温、通気させて 発酵を促進	乾燥炉内で熱風を当てて 急激に乾燥 処理槽内の温度は高温
期間	3週間～	数日～1か月	数十分～数時間程度
C/N比	8.13	5.34	5.87
窒素(%)	3.89	5.54	6.66
アンモニア態窒素(%)	<0.01	<0.01	<0.01
硝酸態窒素(%)	0.89	1.21	0.11
12週の窒素無機化率(%)	35	40	42
リン酸(%)	2.90	4.80	3.81
カリ(%)	0.44	0.41	0.45

集中型バイオガスプラントの消化液の 畑作利用の効果とその阻害要因

研究のポイント

- 複数の酪農経営から家畜ふん尿を受け入れる集中型バイオガスプラント（以下：BGプラント）の消化液の散布実態を分析し、消化液の畑作利用の効果とその阻害要因を明らかにしました。

研究の背景

- 大規模酪農経営におけるフリーストール牛舎から排出されるスラリー状のふん尿はたい肥化が困難で、BGプラントにおける処理が解決策とされます。酪農経営のさらなる多頭化が進行し、消化液の有効利用のために、畑作における液肥利用の拡大が求められています。
- 上記の問題意識から、地域内に酪農経営・畑作経営がほぼ同数存立する北海道A町で稼働しているBGプラントを対象に、その消化液散布実態を分析しました。

成果の概要

- 消化液のうち43%が畑作利用され、豆類、ビート、小麦収穫跡、小麦（馬鈴薯栽培跡が多い）、野菜類に利用されています。畑作利用における消化液のhaあたり平均散布量は、草地におけるそれを大きく上回っています（図1）。
- 牧草収穫前の消化液散布が敬遠される時期（5月：一番草、8～9月：二番草・三番草）に消化液の畑作利用を確認できます（図2）。
- 以上から、消化液の最終処理、すなわち地域の酪農経営の家畜糞尿処理において、消化液の畑作利用は大きな貢献となります。
- ビート・馬鈴薯・豆類の播種・植付作業が連続する春の農繁期においては、畑作経営が消化液散布作業を自ら実施することは困難であり、散布作業コストは、消化液の畑作利用の大きな阻害要因となります。対象事例では、作業委託により消化液の散布作業を経営外部化するシステムが構築され、この阻害要因を克服しています。

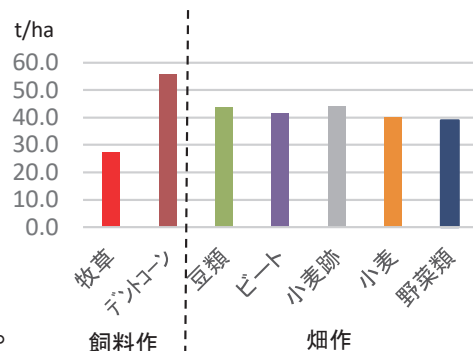


図1 事例BGプラント消化液の利用
作物別haあたり散布量（2020年）

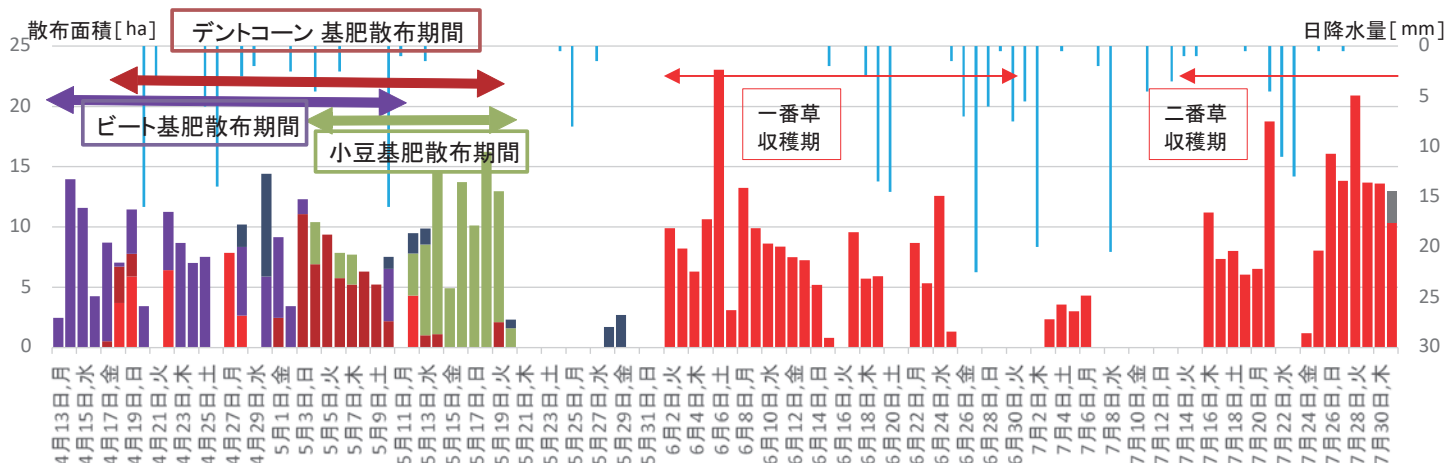


図2 事例BGプラント消化液の日別、作物別散布面積（2020年実績のうち4～7月を抜粋）

期待される活用例

- 集中型バイオガスプラントの消化液利用計画を策定する際の参考情報として活用できます。

流水熱源ヒートポンプを冬春いちご栽培の暖房として導入した際の経済性評価

研究のポイント

- 冬春いちご栽培農業者の温室に流水熱源ヒートポンプを導入し、暖房利用時の効果を算定すると、原油換算エネルギーやCO₂は削減されるものの、暖房費削減効果はA重油や電気料金の単価に左右されます。
- 電気料金の単価を下げる等、農業者の負担を軽減する施策が求められます。

研究の背景

- 「みどりの食料システム戦略」において、施設園芸の脱炭素化の手段の一つにヒートポンプが掲げられています。この技術普及に向け、導入効果と課題を明らかにします。

評価の視点と結果

- 本研究は、いちごを栽培する農業施設(11a)の暖房に流水熱源ヒートポンプ(5kW)を補助的に活用した農業経営を対象とし、GHG排出量やエネルギー使用量、暖房費の変化を評価します。
- 昨今のA重油価格や電気料金の変動・高騰は農業経営を圧迫しています。本評価は、燃油価格と電気料金をパラメーターとして、暖房費削減効果を推計します。
- 評価した結果、CO₂排出量は815kg-CO₂削減する一方で、暖房費はエネルギー単価の影響を受け、化石燃料に対する金銭的な公的支援(セーフティーネット)が発動しても削減効果が得られない恐れがあります。

期待される活用例

- 現状、農業経営で使用する電力に対する金銭的支援はありません。本評価結果は、農業者の負担軽減に結び付く施策の検討材料として活用できます。

写真1. 実証に使用したヒートポンプ



表1. 実証経営体10aあたりの暖房費削減効果の推計結果
(上表: セーフティーネットなし、下: セーフティーネットあり)
(表中の数字の単位: 円)

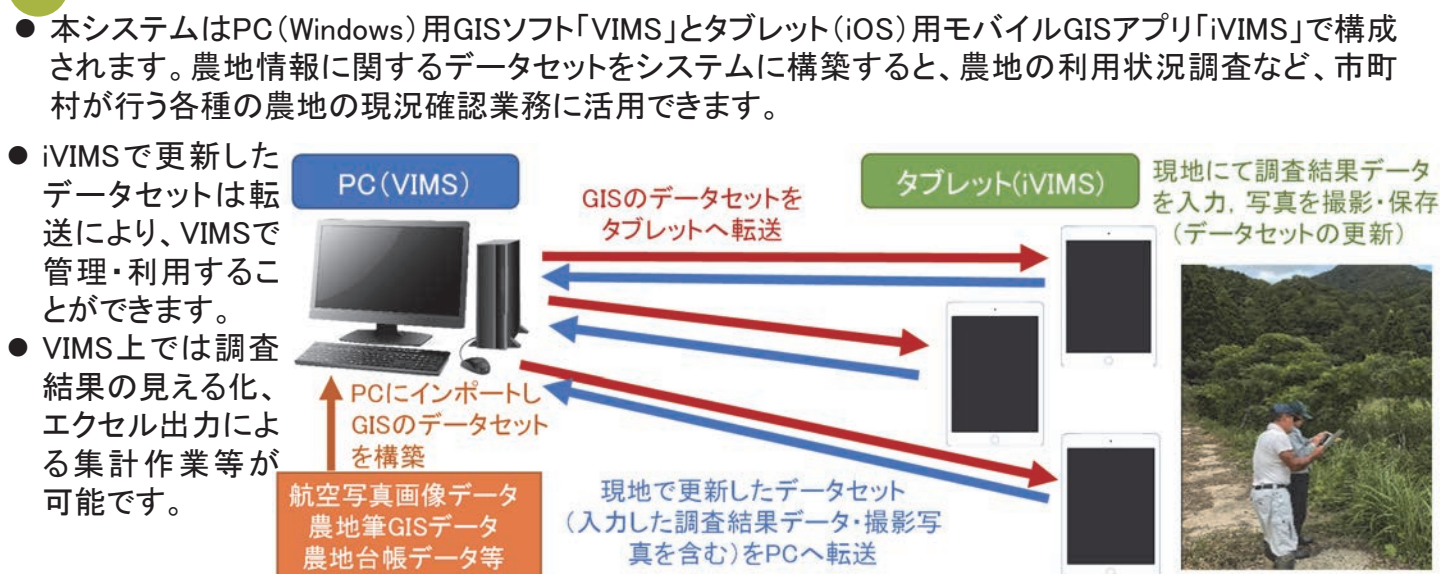
		A重油単価								
		60円/L	65円/L	70円/L	75円/L	80円/L	85円/L	90円/L	95円/L	100円/L
電気単価	20円/kWh	×	2,321	5,089	7,857	10,625	13,394	16,162	18,930	21,698
	25円/kWh	×	×	×	×	2,209	4,977	7,745	10,514	13,282
	30円/kWh	×	×	×	×	×	×	×	2,097	4,865
	35円/kWh	×	×	×	×	×	×	×	×	×
	40円/kWh	×	×	×	×	×	×	×	×	×
	45円/kWh	×	×	×	×	×	×	×	×	×
	50円/kWh	×	×	×	×	×	×	×	×	×

		A重油単価								
		60円/L	65円/L	70円/L	75円/L	80円/L	85円/L	90円/L	95円/L	100円/L
電気単価	20円/kWh	×	2,321	5,089	7,857	10,625	15,672	21,791	27,909	34,028
	25円/kWh	×	×	×	×	2,209	7,256	13,374	19,493	25,611
	30円/kWh	×	×	×	×	×	×	4,958	11,076	17,195
	35円/kWh	×	×	×	×	×	×	×	2,660	8,779
	40円/kWh	×	×	×	×	×	×	×	×	362
	45円/kWh	×	×	×	×	×	×	×	×	×
	50円/kWh	×	×	×	×	×	×	×	×	×

(注) 赤枠内: 本推計においてセーフティーネット(燃料の価格高騰への補填)が発動している範囲です。燃油使用量削減に取り組む農業者が補填の対象となり、農業者と国が1:1で負担します。国の負担額『=燃料調達量×70%×(燃料単価-発動基準価格)÷2』は、セーフティーネット発動下における農業者のヒートポンプ利用による暖房費削減効果として評価しました。

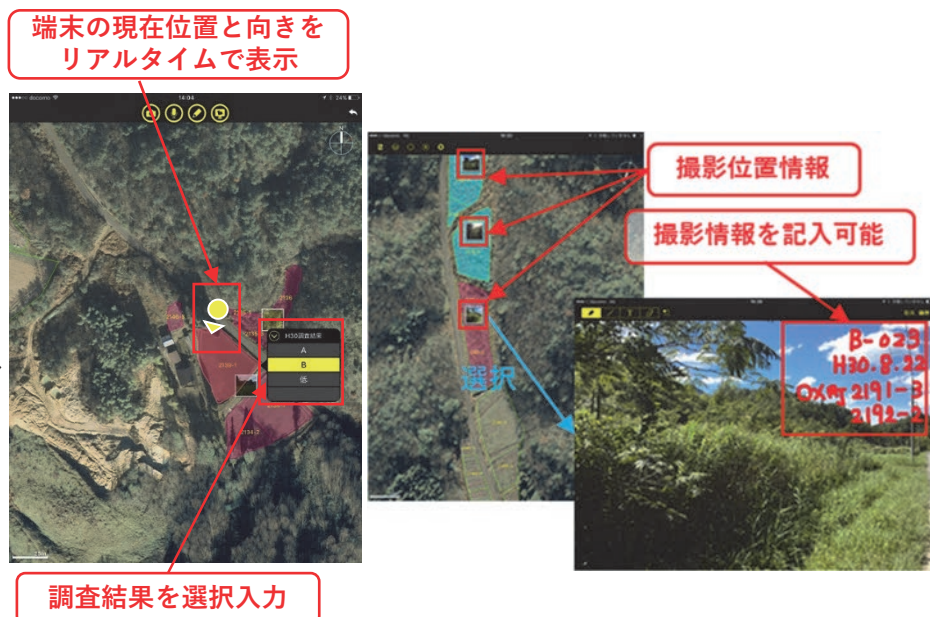
モバイルGISを用いた農地一筆調査支援システム

システム構成と用途



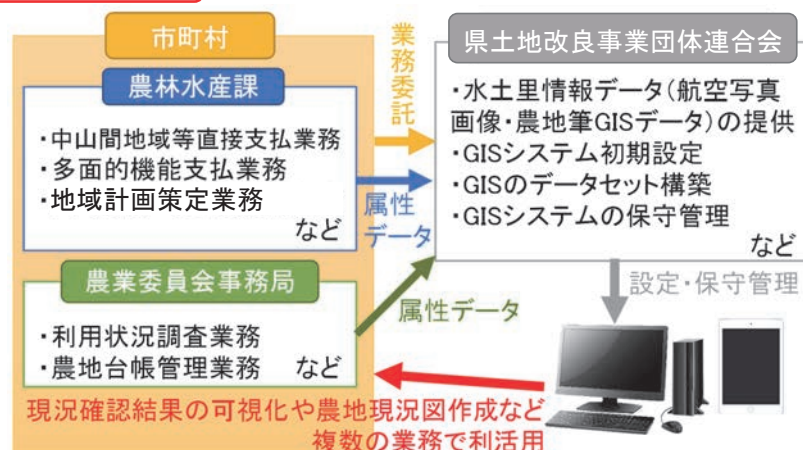
利用状況調査への活用

- 通常、農地の現況確認時に携帯する、紙の地図・調査票、現況撮影用のカメラをタブレット1台で代替し、現地での踏査・調査結果の記録・現況写真の保存を効率的に行うことができます。
- Web GISと比較した優位点として、動作にデータ通信を必要としないため、通信費用が不要(タブレットへのSIMカードの挿入不要)で、山間部など通信電波が届かない現地でも問題なく利用できます。



システムの導入事例

- この事例では、県土地改良事業団体連合会が管理している水土里情報データを、農地情報に関するデータセット構築に活用しました。システム運営も、同連合会を含む体制としています。
- 農業委員会事務局が実施する利用状況調査業務だけではなく、市町村農林水産課の各種業務への活用が可能です。各部署が取り扱う農地情報の共通基盤として、本システムが機能することが期待されます。



営農活動のための経済・環境影響評価ツール

研究のポイント

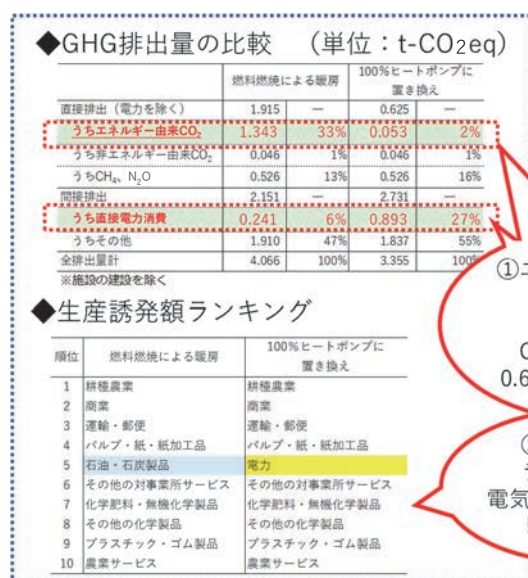
- 本ツールは、営農活動による市町村レベルでの経済波及効果（生産誘発額、付加価値誘発額、雇用誘発者数）と温室効果ガス（以下、GHG）排出量を産業連関分析によって同時に推計できます（図1）。

ツールの特徴

- 本ツールはWeb上で公開しています。①活動を行う地域、②生産する作物を選択し、③就業者数、④エネルギー種別の購入量、⑤用途別の支出額を入力することで計算が実行できます。
- 本ツールのユーザーは脱炭素施策を検討する農林水産や環境の行政担当者等を想定しています。
- ユーザーは専門的な知識を持たずとも、このツールを使うことで産業連関分析ができます。

期待される活用例

- 本ツールは現状の営農活動より生じる経済波及効果やGHG排出量を推計できます。また、技術導入による投入財の違いを把握できる場合、導入前後で推計、結果の比較ができます。



- 本ツールの結果を用いて、地域のステークホルダーが脱炭素に資する地域農業の在り方を議論することを期待しています。

結果からの検討
燃油焚き暖房機からヒートポンプへシフトする際に、大手系統から自然エネルギーを扱う地域新電力へシフトすることで、更なる脱炭素化と地域経済波及効果増が見込めるのではないかと

図2 施策検討例
（一例として、施設園芸におけるヒートポンプ導入を評価）

ツールURL： https://kinohyoka.naro.go.jp/agric_tool



中山間地域にある水利施設のための 遠隔監視システムがもたらす労力削減効果

研究のポイント

- 水利施設の巡回監視に遠隔監視システムを用いることで、ゴミ詰まりの状況、配水状況等を画像で確認できるため、現地作業の予定を立ててから行動することができ、労力削減につながります。

研究の背景・概要

- 中山間地域等の水路では、落葉等の通水を阻害するものが集積しやすく、灌漑期には通水を維持するための巡回が欠かせません。
- 遠隔監視システムはカメラや既設・新設の水位計、流量計、雨量計等で構成され、実証で構築したWebシステム上で、これらのデータを一覧することができます(図1)。



図1 遠隔監視システムの概要図

巡回作業の省力効果

- 遠隔監視システムの導入によって、水位監視、ゴミ除去(確認含む)を行った日数が減少し、草刈りに労力を割けるようになりました(図2)。
- これまでは現地に行かなければわからなかった配水状況、異常の原因、作業の優先順位等を、ある程度Webシステム上で判断できます。
- 作業日数の削減だけでなく、現地作業の要否判断の的確化、情報共有の利便性向上、判断の迅速化による精神的負担の軽減等、作業の質的な向上も把握されました。

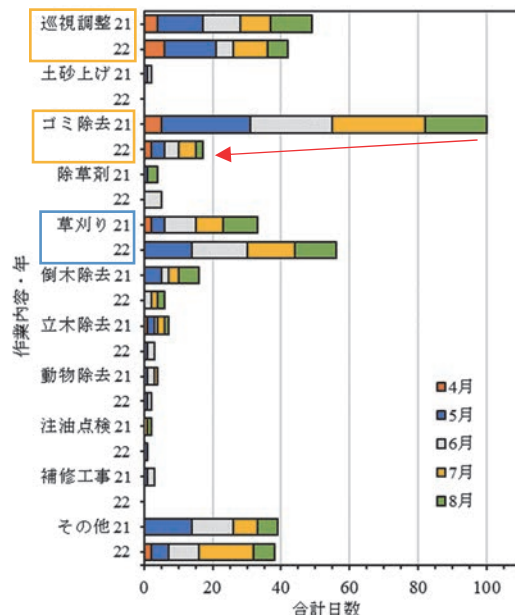


図2 巡回担当者の作業内容と各作業日数

活用面・留意点

- 遠隔監視システムは、中山間地域に限らず、水利施設へのアクセスに困難性を抱えている地域で効果を発揮することが期待されます。
- トレイルカメラはLTE通信を行うため、機器が接続可能なモバイル通信環境が監視地点に整備されているか、確認する必要があります。

2. 令和6年度までの普及成果、研究成果

(3) 施設工学研究領域

降雨特性を踏まえたため池の洪水調節効果の評価手法

研究のポイント

- 豪雨時のため池による洪水調節効果を、洪水の発生確率に対応したため池からのピーク流出量の低減量(ピークカット量)として評価する手法です。

研究の背景

- ため池の洪水調節効果は、ため池の条件(流域面積や満水面積、洪水吐の構造など)や降雨前の空き容量の大きさだけでなく、降雨規模(総雨量、時間あたりの雨量)と降雨特性(降雨継続時間、降雨ピークの出現時刻)の影響を大きく受けます。
- しかし、既往の評価手法は代表的な降雨波形を用いて評価を行うものであり、実降雨に基づく洪水の発生確率を踏まえた洪水調節効果の評価ができませんでした。

評価手法の概要

- 本手法では、まず洪水の再現期間に対応した観測雨量から、ため池へのピーク洪水流入量の年間最大値とこれに対応する下流へのピーク流出量(無対策時、強化対策時)を計算モデルを用いて求めます(図1)。
- 求めたピーク洪水流入量と下流へのピーク流出量により、ピーク洪水流入量の発生確率との間で散布図を作成し、それぞれの平均流量を表す近似曲線を作成します(図1、2)。
- ため池による洪水調節効果は、効果を期待する洪水流入量の発生確率に対応した近似曲線の値の差であるピークカット量(図2中の紫矢印:強化対策時)として把握できます。また、強化対策の効果は無対策時と強化対策時の近似曲線の差(図2中の赤矢印)として把握できます。

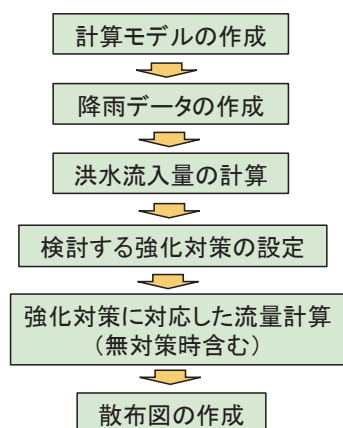


図1 評価の手順

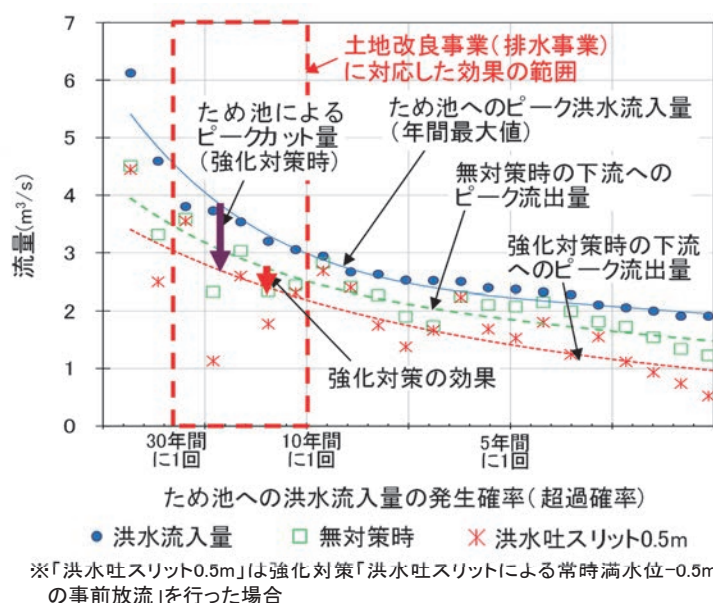


図2 ピークカット量の評価事例(兵庫県A池)

期待される活用例

- ため池が実際の豪雨で発揮する洪水調節効果を評価できます。放流施設の構造や事前放流水位を変えて比較検討を行うことで、効果の高い洪水調節機能の強化策の選定ができます。

ため池の事前放流を支援する 「ため池水位管理情報システム」

研究のポイント

- 気象庁配信の降雨予測データと水位センサによる観測水位に基づいて、豪雨前に「事前放流可能水位」※を計算する手法、ならびにため池の事前放流を支援する「ため池水位管理情報システム」をベジタリア(株)と共同開発しました。
※事前放流後の豪雨によって、かんがいに必要な貯水量まで回復可能な放流後の水位。
- ため池管理者は、「事前放流可能水位」に基づいて豪雨前に事前放流を行うことで、ため池の洪水調節機能を強化できます。

研究の背景

- 河川流域全体のあらゆる関係者が協働し、流域全体で水害を軽減させる取り組みである「流域治水プロジェクト」では、ため池の活用が進められています。
- ため池の洪水調節機能を強化するためには、かんがい用水との両立を前提とした上で、ため池に流入する雨水を貯留する空き容量を豪雨前に設ける必要があります。そこで空き容量の設定のために、事前放流可能水位を計算する手法とシステムを開発しました。

技術の内容と特徴

- 「ため池水位管理情報システム」では、個々のため池において「事前放流可能水位」を計算するとともに、観測水位を時系列のグラフで表示できます。
- 「事前放流可能水位」の計算(図1)は、まず①放流終了時点(1~3日先に設定)から空き容量の回復を見込む時点(4~11日先に設定)までの気象庁配信の予測降雨データを回復貯水量推定式に入力し、「回復貯水量」(降雨による貯水の増加量)を求めます。次に、②当該ため池の豪雨による空き容量の回復後の貯水量として設定する「目標貯水量」から「回復貯水量」を差し引いた貯水量を求め、この貯水量に対応する水位である「事前放流可能水位」を求めます。さらに、③観測水位と「事前放流可能水位」の水位差を求めます。
- 回復貯水量推定式は、ため池ごとに水位・雨量観測データに基づいて一連降雨時の雨量と回復貯水量を集計し、両者の間で回帰式(一次式)を求めることで作成できます。

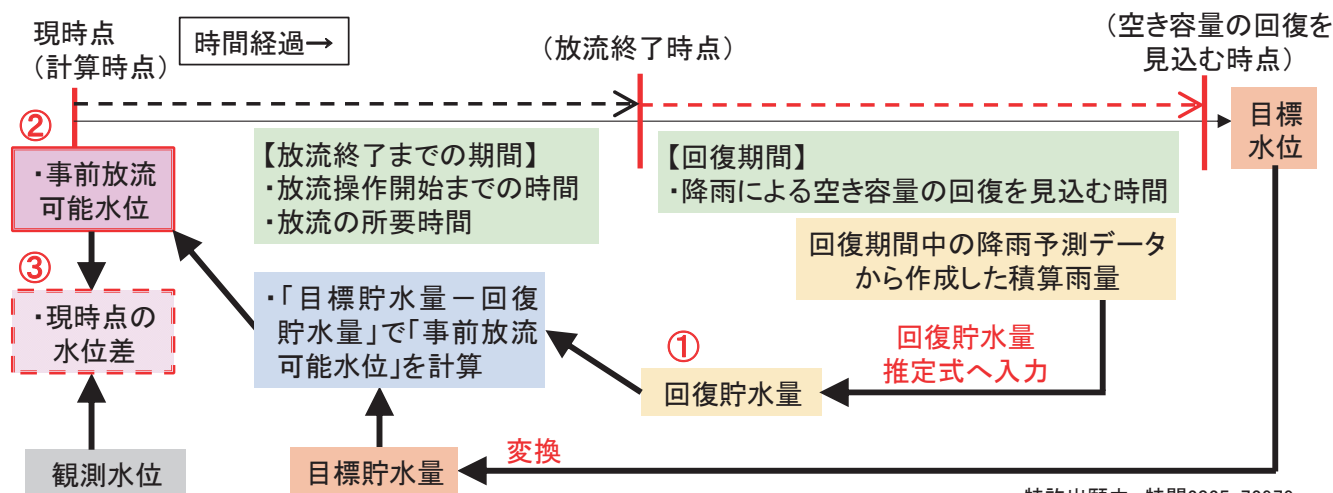


図1 「事前放流可能水位」の計算手法

特許出願中 特開2025-72979

ため池への土石流流入時の堤体作用荷重の算定手法

研究のポイント

- ため池に土石流が流入した場合の、土石流からため池堤体に作用する荷重の算定手法と堤体の安定性の評価手法を提案します。
- 「砂防基本計画策定指針(土石流・流木対策編)解説」(国土交通省)において砂防設備の安定性評価に用いられている土石流流体力の式(1)を実験結果と比較検証しました。

研究の背景

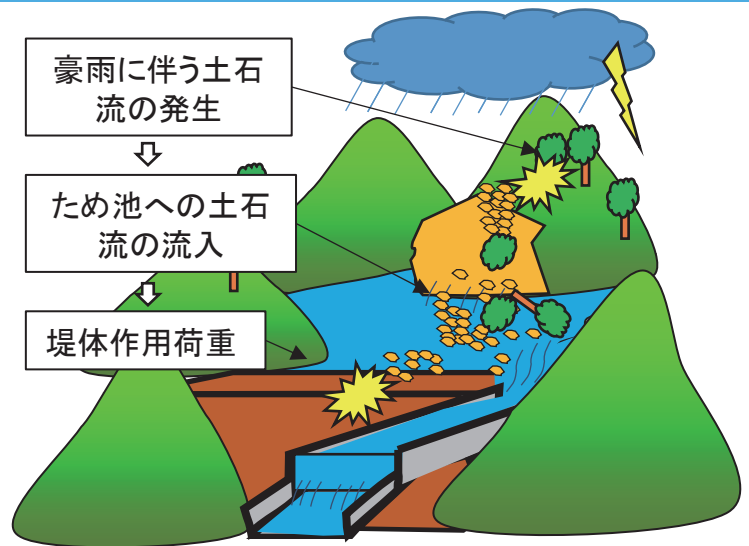
- 平成29年7月九州北部豪雨や平成30年7月豪雨では、ため池の上流部からの土石流や、盛土の崩壊による土砂のため池への流入により、ため池の堤体の決壊が発生する事例(上図)があります。

評価法の特徴

- ため池への土石流流入を再現した実験モデルにより、最大作用荷重の実験値と式(1)により算定した土石流流体力を比較すると相関があります。
- 最大作用荷重は算定流体力よりもやや小さくなり(1:1の線より下側)、式(1)を用いることにより安全側の評価ができます。
- ため池内への土砂の流入により発生した波が堤体を越流する場合(越流有)でも、測定した最大作用荷重は式(1)による算定流体力よりも小さく、安全側に評価でき、実用的であることがわかります。

期待される活用例

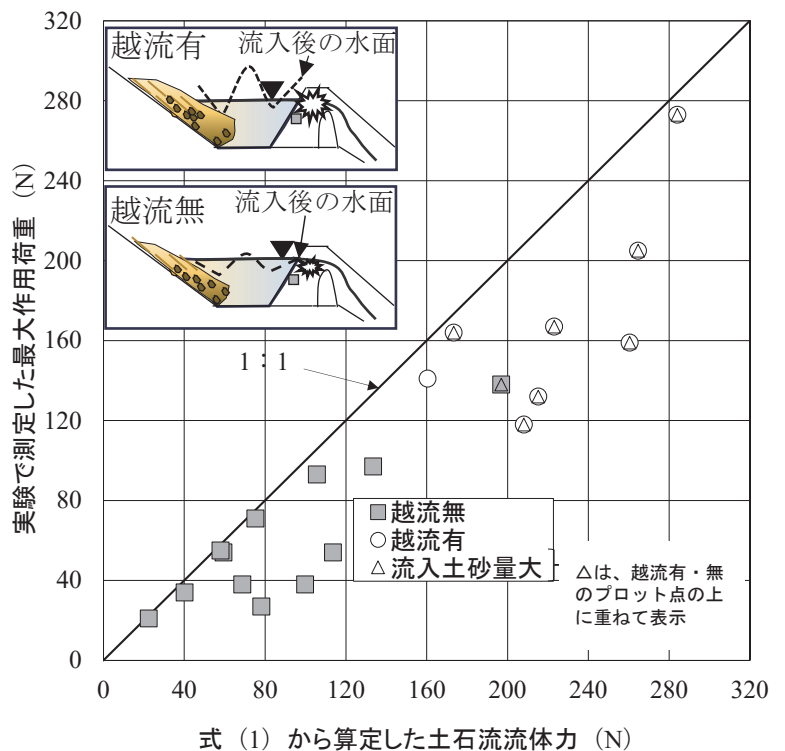
- この式により、「土地改良事業設計指針「ため池整備」」(農林水産省)に示される通常の円形すべり面スライス法に、水平外力として堤体への最大作用荷重を組み込んで安定計算を行うことで、土石流流入に対する堤体の安定性の簡便な評価ができます。



※土石流流体力 F (kN/m)

$$F = K_h \frac{\gamma_d}{g} D_d U^2 \quad \text{式 (1)}$$

K_h : 係数(1.0)、 γ_d : 土石流の単位体積重量 (kN/m³)、 g : 重力加速度 (m/s²)、 D_r : 土石流の径深(m) (ここでは、 $D_r = D_d$ (土石流水深))、 U : 流速(m/s)である。なお、流速を求める際の溪床勾配はため池の上流地点から200m区間の平均値を使用



流域治水でのため池の活用に向けた ため池洪水調節機能強化マニュアル(案)

研究のポイント

- 今まで取りまとめられていなかった、流域治水におけるため池の活用に向けた技術マニュアルを作成しました。

研究の背景

- 河川流域全体のあらゆる関係者が協働し、流域全体で水害を軽減させる取り組みである「流域治水プロジェクト」では、ため池の活用が進められています。
- しかし、ため池の流域治水での活用に向けて、技術的な事項をとりまとめたマニュアル類は作成されていませんでした。

作成したマニュアル

- マニュアルでは、ため池下流河川(流域治水の効果)とため池地点のそれぞれに対して、ため池が洪水調節効果を発揮するメカニズム、ならびに効果に対する評価指標や強化対策を体系的に解説しています。
- ため池下流河川に対する洪水調節効果について、ため池単位で作成した計算モデルで簡便に評価できる、新たな評価指標「貯水増加量」を提案しています。
- 低水位管理や事前放流により、降雨前にため池へ空き容量を設ける強化対策を行った場合に期待できる効果について、解説しています。



低水位管理を実施しているため池
(洪水吐スリットによる放流)

作成したマニュアルの構成(目次)

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none">1. 本マニュアルについて<ul style="list-style-type: none">(1) 本マニュアル作成の目的(2) 関連する手引き類2. ため池の洪水調節機能<ul style="list-style-type: none">(1) ため池が持つ洪水調節機能(2) 洪水調節におけるため池の形態3. 自流域を持つため池における洪水調節効果<ul style="list-style-type: none">(1) 洪水調節機能と洪水調節効果(2) 自流域を持つため池による2つの洪水調節効果 | <ul style="list-style-type: none">(3) ため池地点の洪水調節効果と評価指標(4) ため池下流河川に対する洪水調節効果と評価指標(5) ため池が発揮する洪水調節と強化対策の効果4. 洪水調節機能の強化対策<ul style="list-style-type: none">(1) 強化対策の基本(2) 空き容量の確保－降雨前の事前放流－(3) 空き容量の確保－期別毎の低水位管理－(4) 放流の実施方法資料1 ため池の洪水流出に関する計算モデル資料2 ため池群による洪水調節効果の評価事例 |
|--|---|

期待される活用例

- 流域治水での取り組み等で、ため池の洪水調節機能強化対策を行うため池で活用できます。

砂と打設丸太による複合地盤の強度と変形の特徴

研究のポイント

- 複合地盤「炭素貯留可能な丸太を打設した砂地盤」の強度は、丸太の打設間隔が狭まり、打設本数が増えると大きくなります。それに伴い、複合地盤の安定性評価時の強度パラメータも大きくなります。

研究の背景

- 地域で生産され現地調達可能な丸太(間伐材)を利用した古くからある対策が近年注目されています。
- 丸太は安価かつ地産地消で施工でき、腐朽しない限りは炭素貯留にも貢献できます。補強の必要な層厚が浅い場合の地盤・法面の補強対策として有効であると考えられます(図1)。しかし、本補強効果の評価法は明らかになっていませんでした。
- そこで、複合地盤による法面の安定性を評価するための載荷模型実験(図2)や三軸圧縮試験により、砂地盤に丸太を打設した場合の地盤の強度や変形について明らかにしています。

評価法の特徴

- 図3は、模型実験終了時の地盤状況です。無対策では、地表面が傾き、水平方向に大きく変位するのに対し、丸太を打設すると打設本数が多くなるほど変位が小さくなります。丸太打設本数「少」では地表面が傾くのに対し、打設本数「多」では、ほとんど変位しません。
- 図4は、打設本数「多」「中」「少」と丸太打設無し(以下、無対策)の地盤上面を載荷したときの荷重と変位を測定した結果です。丸太を打設すると、無対策と比べて上載荷重の最大値が増加します。
- 丸太の打設間隔が狭く打設本数が多くなるほど、上載荷重の最大値は大きくなり、強度が増します。さらに、打設本数が増えると、大きく変位しても崩壊に至らず、「粘り強さ」が発揮されます。

期待される活用例

- 複合地盤では、変形係数 E_{50} が無対策と比較して大きくなる傾向があり、変形しにくい地盤となります。また、見かけの粘着力を用いることで本法の簡易な強度設計ができる可能性があります。
- 本成果は、丸太打設による補強効果として、実際の現場を再現する境界やスケールでの検証ができていないため、実スケールでの変形等の検証をする必要があります。

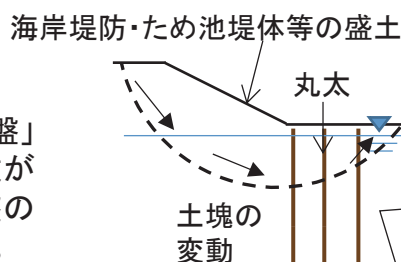


図1 丸太による補強の概略図

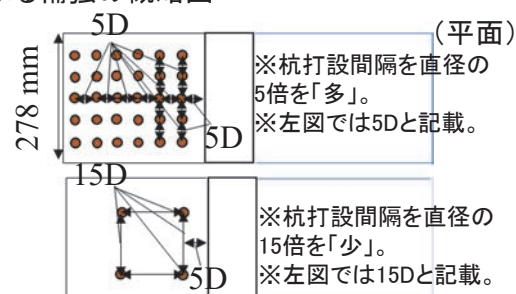
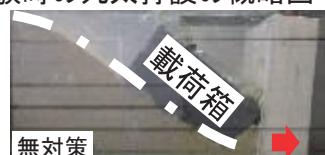
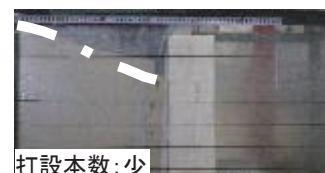


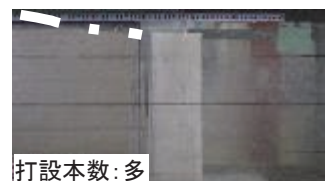
図2 実験時の丸太打設の概略図



無対策
地盤全体が大きく変位する



打設本数:少
地表面が少し変位する



打設本数:多
地表面がほとんど変位しない

図3 実験終了時の地盤状況

大きく変形しても崩壊には至らない
(点線箇所から崩壊)

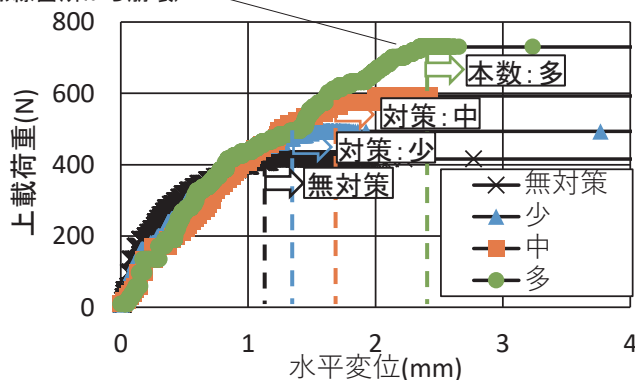


図4 上載荷重と水平変位の関係

ため池の耐震診断ソフト「SIP-NewD」

研究のポイント

- 巨大地震に対するため池の耐震診断の要否を判断するために、地震時のため池耐震診断ソフト「SIP-NewD」を開発しました。一般的な土質試験結果から地震時の繰返し荷重によるため池堤体土の強度が低下する現象（以下、強度低下）を推定し、堤体の沈下量を計算します。

研究の背景

- 巨大地震では、地震中の繰返し荷重によって強度低下が発生し、ため池堤体が大きく沈下することがあります。
- 強度低下を考慮した安全性を診断（以下、詳細診断）するためには、特殊な土質試験が必要であり、「詳細診断」は多大なコストや期間を要します。

ソフトの特徴

- 地震時の強度低下を考慮して、「詳細診断」より容易に堤体の沈下量を計算します。
- 計算した沈下量と許容される沈下量を比較して、詳細診断の要否を判断することができます（図1）。
- PC用ソフトウェアを購入して利用できます（図2）。
- 対象とする地震動はレベル2地震動です。
- 対象とする土質は、礫質土、砂質土、粘性土です。
- 必要な調査・試験は以下の通りです。
地層構成の確認、原位置試験、
物理試験一式、単調圧密非排水試験

期待される活用例

- ため池の地震耐性評価を実施するために詳細診断の要否の判断
- ため池の地震補強工法の概略的な耐震診断

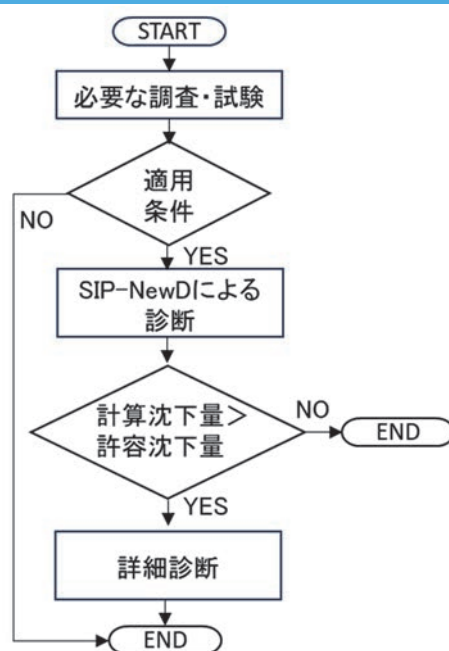


図1 ため池の耐震診断フロー

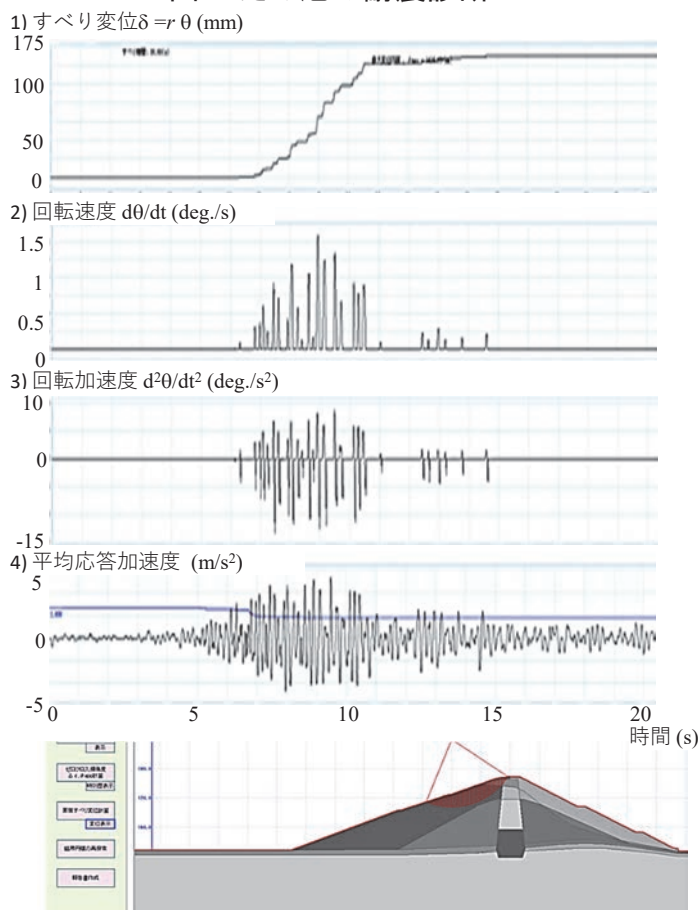


図2 SIP-NewDの画面（計算結果及びすべり円弧）

■SIP-NewDの製品紹介（五大開発株式会社HP）

URL <https://soft.godai.co.jp/soft/product/products/SIP-NewD/index.htm>



全国で適用可能なため池ベントナイトシート工法 設計・施工マニュアル

研究のポイント

- ため池の改修工法であるベントナイトシート工法の設計・施工マニュアルです。
- ベントナイト系遮水シートの敷設位置を安定計算により決定することができ、施工方法および維持管理方法を基準化しており、全国で適用可能なマニュアルです。

研究の背景

- ため池の改修工事において、従来工法である押さえ盛土工法や前刃金工法に必要な良質な土質材料の調達が困難となっています。そのため、代替工法としてベントナイト系遮水シートを堤体内に敷設するベントナイトシート工法の採用が増加していますが、ため池ごとに設計・施工方法を検討しており、統一的なマニュアルの整備が求められていました。

マニュアルの特徴

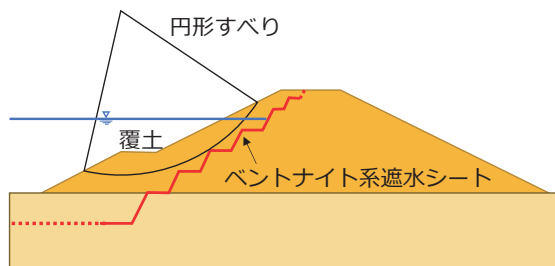
- 本マニュアルは、堤体内にベントナイト系遮水シートを敷設することにより堤体の安定性を向上させる工法(図1)に関するものであり、共通編、設計編、施工編で構成されています。
- 適用範囲は、堤高10m以下のため池のうちレベル1地震動を対象とするため池改修工事としています。
- ベントナイト系遮水シートの敷設位置や上流側の土被り厚(覆土の厚さ)等については、レベル1地震動に対する堤体全体の安定計算に加えて、覆土の円形すべり面スライス法による安定計算とシート面を境界としたすべり安定計算(図2)等の安全計算を実施して決定できます。
- 施工手順を示すとともに、施工時の写真や図により詳細に記載しています。

期待される活用例

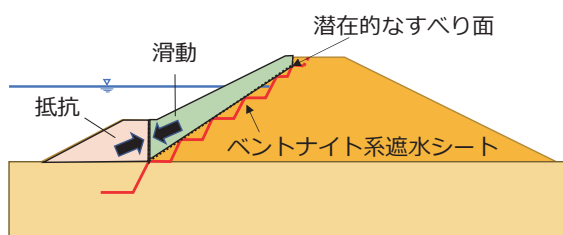
- ベントナイトシート工法の適切な安全性の評価やベントナイト系遮水シートの敷設位置の決定
- 適切な施工管理および維持管理



図1 ベントナイト系遮水シートの敷設状況



(a) 覆土の円形すべり安定計算



(b) 覆土のシートに沿ったすべり安定計算

図2 覆土の円形すべりとシートに沿ったすべりの安定計算

■ため池ベントナイトシート工法設計・施工マニュアル(農研機構HP)
URL https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/169198.html



ため池データを共有化「ため池デジタルプラットフォーム」

研究のポイント

- 全国のため池の写真、日常点検結果、監視カメラの画像、水位データなど各種データを格納し閲覧できる「ため池デジタルプラットフォーム」(以下、ため池DP)を構築しました。ため池の管理状況を集約・共有することで、ため池の経年変化を把握することができ、地震や豪雨の災害時にため池の被災前の情報を迅速に把握することができます。

研究の背景

- ため池の管理情報の写真や管理状況は自治体ごとに管理されています。そのため、豪雨や地震によってため池が被災した場合、被災前の管理状況や堤体の様子を把握するためには、市町村、都道府県、国とメール等で情報を伝達する必要があり、時間を要することが課題でした。

ため池DPの特徴

- WEBブラウザを用いて利用することができます。
- 全国約15万箇所のため池が登録されています。
- ため池の写真登録や日常点検結果閲覧、監視カメラの画像、水位計のデータ閲覧、劣化状況調査結果登録、情報化施工支援機能の利用は、国や自治体のため池担当者を対象としています。
- ユーザーは、担当地域のため池の写真(図1)や監視カメラの画像、水位計の水位データ(図2)を登録することができます。
- 「ため池管理アプリ」を用いて実施した日常点検結果はため池DPに格納されます。
- 「ため池防災支援システム」と認証連携しており、「ため池防災支援システム」のユーザーアカウントを用いて「ため池DP」にアクセスすることができます。

期待される活用例

- ため池管理アプリを用いた日常点検報告の閲覧によるため池の経年的な劣化の確認
- 監視カメラの画像データや、水位データをため池DPに送信してため池の遠隔監視
- 災害時における被災ため池の被災前の管理状況、堤体形状の迅速な把握



図1 写真閲覧画面

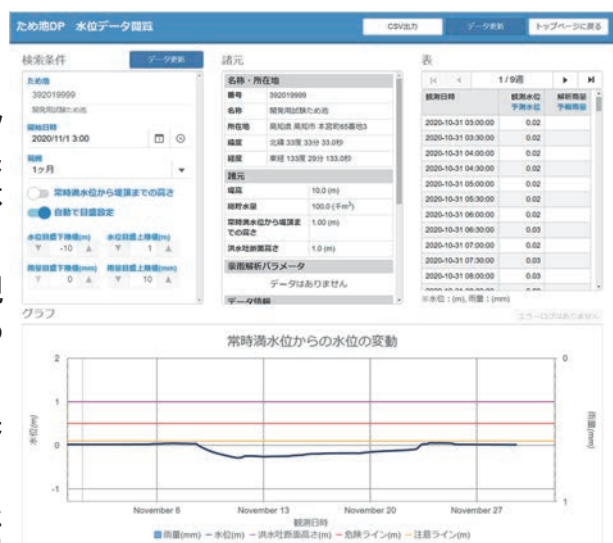


図2 水位データ閲覧画面

■ ため池DPの
操作マニュアル



■ ため池防災支援
システムの研究情報



■ ため池管理アプリの
研究情報



農業用パイプのスラスト力に対する 固結工法を用いた耐震対策技術

研究のポイント

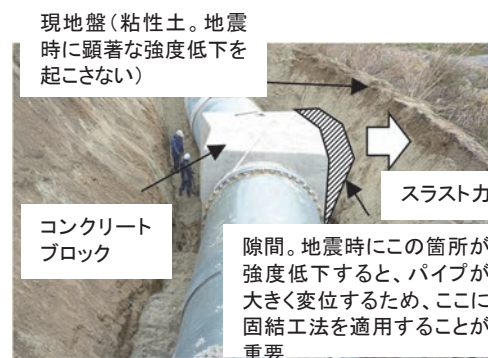
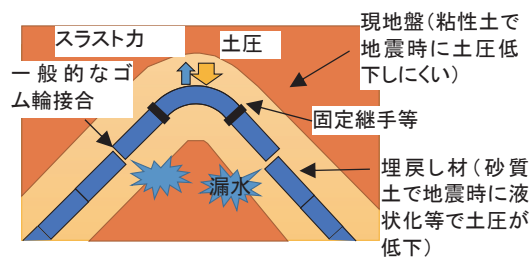
- 農業用パイプラインの地震時の被害を軽減する技術です。固結工法を用いて、曲管や分岐管等のスラスト力が作用する箇所での継手の離脱を防止します。

研究の背景

- 東日本大震災、胆振東部地震等の大規模な地震の際には、曲管や分岐管等の異形管周辺で継手が離脱する被害が発生しています。
- 漏水による周辺地域への二次被害もあり、同様な被害を防ぐために、固結工法を用いた対策方法を検討しました。

技術の内容

- 地震時に継手離脱に伴う漏水被害の多い箇所は、曲管、片落管、T字管等の異形管部周辺です。これらの箇所では、内水圧により管を動かそうとするスラスト力が作用しています。
- 被害の原因には、スラスト力に抵抗する管背面の土圧の低下や、水圧上昇によるスラスト力の増加等があります。特に、地震により強度低下しやすい砂等の地盤材料を埋戻し材に用いていると、被害が生じやすくなります。
- そのため、現地盤が粘性土の場合には、屈曲管やT字管周辺の管背面の埋戻し材に、地震時に強度低下しない固結工法を用いることで、管の変位を抑え、継手離脱の被害を軽減できます。
- 新しく埋設する管には固化処理土、既に埋設された管にはグラウトを注入することで効果が得られます。
- 振動実験や遠心実験により、効果があることを確認しました。



期待される活用例

- パイプラインの耐震性向上には、屈曲部等の被害の多い箇所を優先的に耐震化することが重要です。新しく埋設する管や既設管の耐震化を効率的に行う際などに活用できます。

T字管は現地盤に接触した箇所では停止



埋戻し材が砂のみの場合



管背面にグラウトがある場合

振動実験後に地盤を開削した状況

落差工における落下水騒音の予測方法

研究のポイント

- 落差工(図1)における落下水によって発生する騒音を流れの数値解析の結果から予測する技術を開発しました。

研究の背景

- 落差工における落下水音が周辺住民の方々に騒音として認識されるようになる可能性がある場合に、騒音を十分な精度で予測できる方法が確立されていないため、その開発が求められています。

評価法の特徴

- 本方法は、落差工の3次元流れの数値解析の結果のうち、中央縦断面(図1)における乱流エネルギー散逸率の最大値(図2)を、A特性およびG特性の予測式(図3)に当てはめるものです。
- 図3の予測式は、形状が異なる三つの落差工(1)~(3)において代かき期と普通期に計測したA特性およびG特性と、同じ条件で行った3次元流れの数値解析から得られた乱流エネルギー散逸率の最大値の関係を、直線近似することで作成しました。 R^2 (決定係数)は従来の予測方法よりも高い値になっています。

期待される活用例

- 本成果は、施設の統廃合や改修によって水路の流量が増加する落差工や、周辺に住民がいらっしゃるところに新たに設置される落差工等において、騒音の発生の事前チェックへの活用が期待されます。

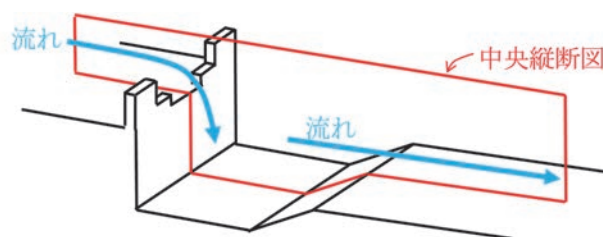


図1 落差工のイメージ

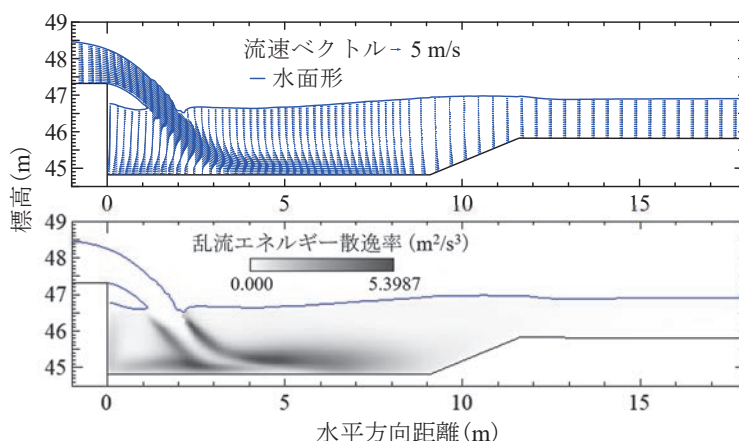


図2 流れの数値解析による中央縦断面における流速ベクトルと乱流エネルギー散逸率※1の分布

※1 乱流の運動エネルギーが消えていく早さ

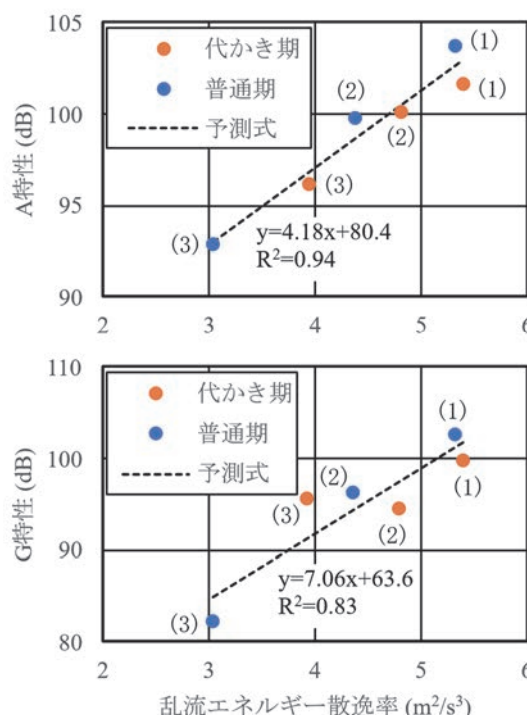


図3 乱流エネルギー散逸率とA特性※2およびG特性※3との関係

※2 可聴音域(20Hz~20kHz)の騒音の評価指標

※3 超低周波音域(1Hz~20Hz)の騒音の評価指標

建設材料の耐摩耗性を相対評価できる サンドブラスト装置

研究のポイント

- モルタル等の建設材料の耐摩耗性を、簡便かつ短時間で相対評価することができます。
- 本装置は、市販の規格品を組み合わせることで安価に製作することができます。
- 「圧力」や「ノズルから試験面までの距離」を調整することで、試験力を任意に制御できます。

研究の背景

- 建設材料の耐摩耗性を評価する方法として、促進摩耗試験が活用されています。
- しかし、既存の試験では、試験装置が特殊または高価であること、試験に長時間を要すること、原位置試験への適用は困難であること等の課題がありました。

成果の内容・特徴

- 試験に必要な資機材は、ブラストガン、研磨材（珪砂5号）、コンプレッサー、バッファータンクであり、一式の導入コストは10万円以下です。
- ブラストガンは規格品の継手などを組み合わせて製作することができます。圧縮空気の供給によってブラストガン上部のタンクに收容された研磨材が吸引され、ノズルから噴射されます。
- 試験では、ブラストガンのノズルと直交するように試験面を配置して研磨材を噴射します。供試体にはすり鉢状の摩耗痕が生じ、その深さを計測することで耐摩耗性を相対評価します。
- コンプレッサーの圧力およびノズルから試験面までの距離を変化させることによって、試験力を調整することができます。

期待される活用例

- コンクリート水路で用いる補修材など、耐摩耗性が要求される建設材料の品質照査に活用できます。
- 本装置は軽量で可搬性に優れるため、施工時の完了検査や供用中のモニタリングなど、原位置試験への応用も可能です。

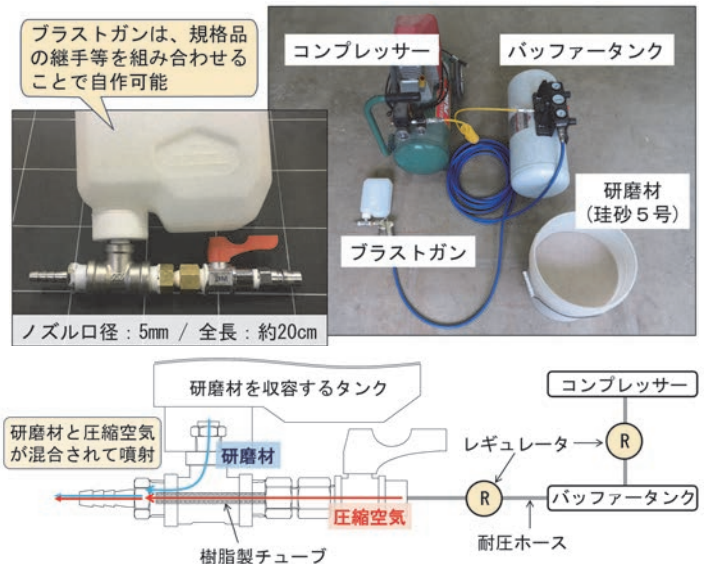


図1 サンドブラスト装置の構成と仕組み

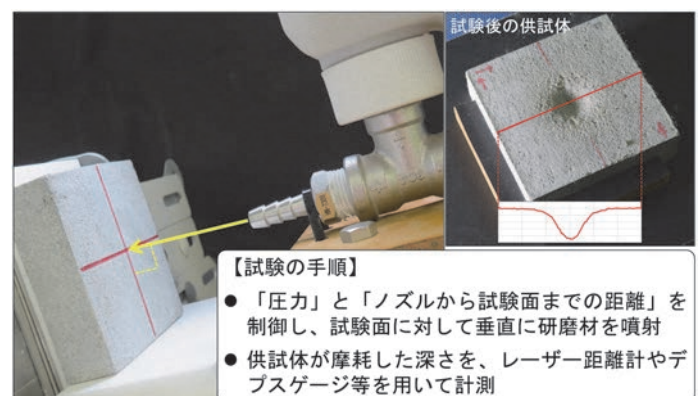


図2 試験の手順および供試体に生じる摩耗形態

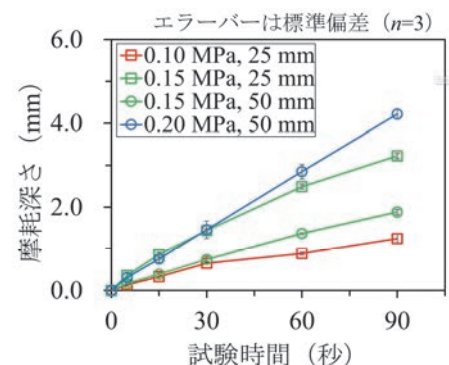


図3 試験結果の一例

(W/C50%、S/C3のモルタル)

デジタル画像から コンクリート開水路の摩耗状況を予測する AI モデル

研究のポイント

- コンクリート開水路の主要な劣化のひとつである「摩耗」について、その評価指標である算術平均粗さ(R_a)を、デジタル画像のみから予測するAIモデルを開発しました。
- 専用の機器や技術が不要であり、水路表面を撮影するだけで、躯体表面の粗さを数値化できるため、手軽に点検を実施できます。

評価手法の特徴

- デジタルカメラやスマートフォン等で撮影した画像をAIモデルで解析することで、躯体表面の粗さを数値として予測します(図1)。
- 4地区の現地水路で収集したデータを使用し、外観と表面粗さ(R_a)の関係を学習させました(図2)。
- 開発したAIモデルの予測値(R_a)と、型取りゲージによる計測値とを比較した結果では、データの80%が誤差 $\pm 0.15\text{mm}$ に収まりました(図3)。粗度係数に換算すると82.9%が ± 0.0005 に収まります。
※ 実測値から換算した粗度係数:0.0122~0.0162

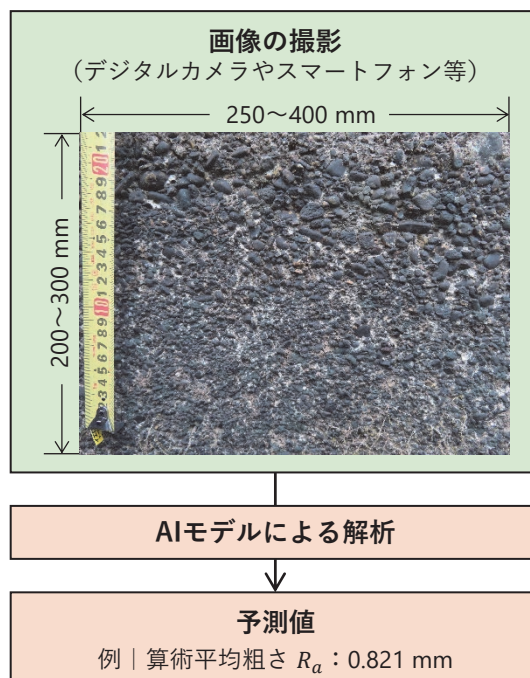


図1 AIモデルを用いた粗さ予測の流れ

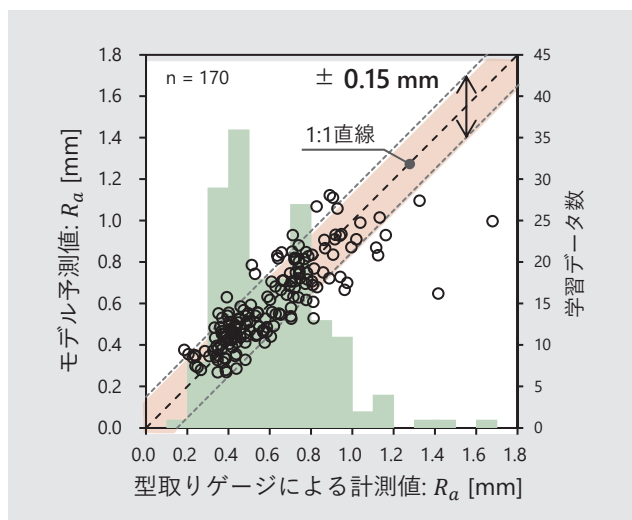


図3 予測精度の検証結果

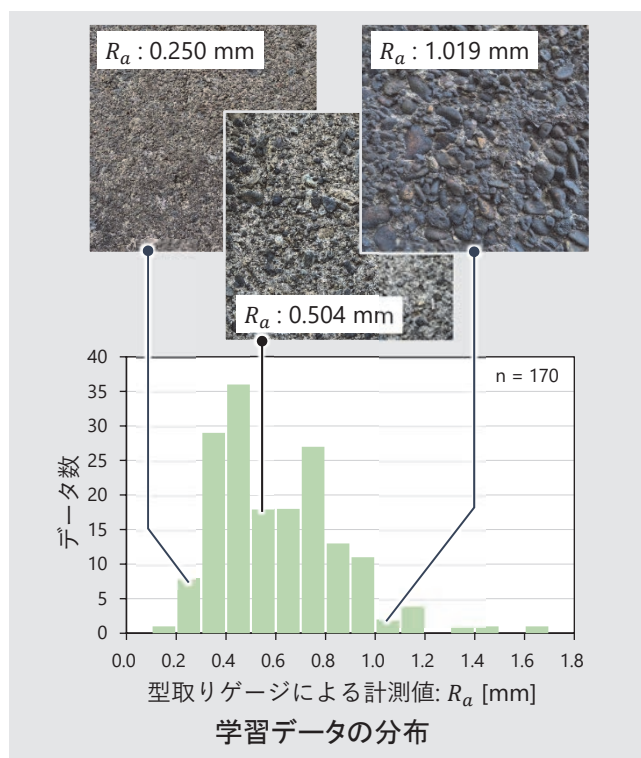


図2 学習に使用したデータ

摩耗作用が激しい水利施設に適用可能な 新たな促進摩耗試験「回転式水中摩耗試験」

研究のポイント

- 頭首工などの水利施設で発生する「レキの掃流摩耗」を再現する促進摩耗試験です。
- 複数の材料を同時に試験することができ、また、粗骨材を含むコンクリートにも対応可能です。
- レキの掃流が生じる施設で使用される、コンクリートや補修材の耐摩耗性評価に利用できます。

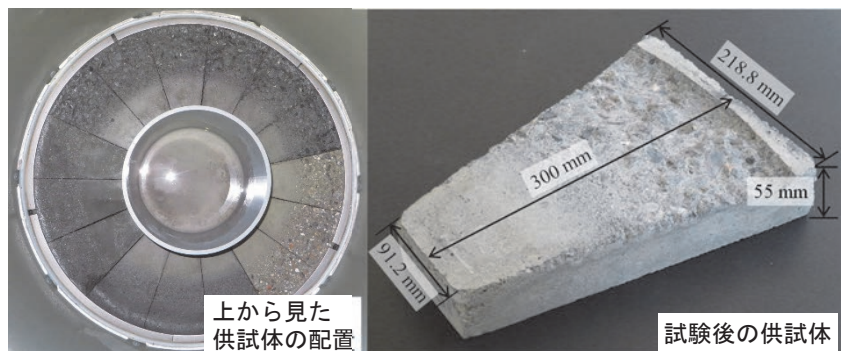
研究の背景

- 頭首工などの水利施設では、水とともにレキが表面を流れることで、激しい摩耗作用が生じます。
- このようなレキの掃流摩耗を再現できる促進摩耗試験は確立されておらず、現場の実態に合った条件で材料の耐摩耗性を評価する方法がありませんでした。

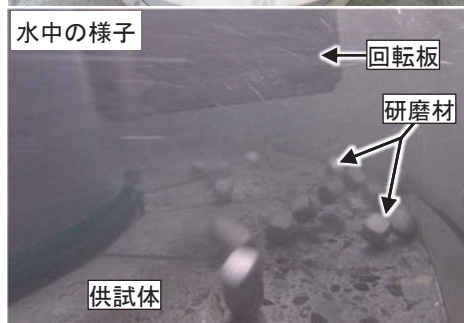
試験の概要

- 試験装置は直径1,100mm、高さ720mmのドラム形状で、装置内側には水をかき混ぜるための回転板が90度ごとに4枚配置されています。
- 試験の手順は、まず装置の底に15枚の供試体を円環状に並べます。その上にレキに見立てた角柱状の鋼材と水を投入し、回転板を回転させることで装置内に水流を発生させます。水流に伴い、鋼材が供試体の表面を転がることで供試体を摩耗させます。
- 試験後は、供試体に発生した摩耗形状をレーザー変位計によって計測し、摩耗した深さを求めることで材料の耐摩耗性を評価します。

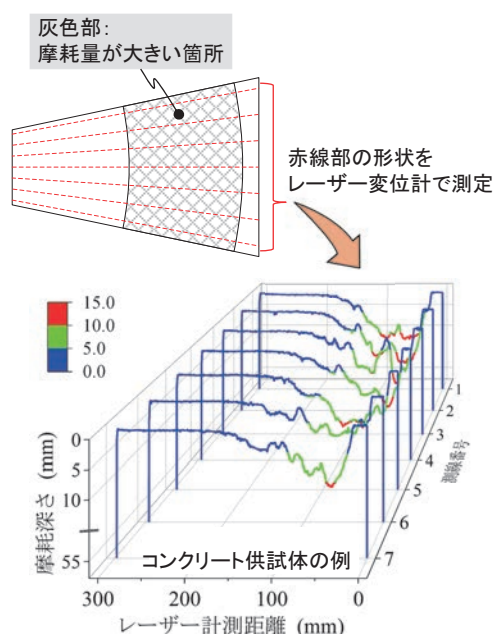
農林水産省のホームページで公表されている「農業水利施設の補修・補強工事に関するマニュアル【頭首工編】」巻末資料にある「回転式水中摩耗試験法(角柱研磨式)(案)」に準拠しています。



- ✓ 15枚の供試体を設置可能
- ✓ 供試体は台形型
- ✓ 複数材料を同時に試験する場合は、同一材料の供試体を連続して並べます。
- ✓ 供試体寸法が大きいので、粗骨材を含むコンクリートにも対応できます。



- ✓ 研磨材には、大きさの異なる2種類の角柱鋼材を使用します。
- ✓ 角柱鋼材の大きさは、19×19×20mm(60個)、19×19×40mm(20個)です。



水路の摩耗調査を省力化する 型取りゲージ画像の解析プログラム

研究のポイント

- 水路の摩耗量や表面の凹凸状態のモニタリング調査を支援する画像解析プログラムです。
- 農林水産省のマニュアルに掲載されている調査手法における画像解析作業を自動化でき、解析時間の大幅な縮減と調査精度の向上に貢献します。

研究の背景

- 農研機構では、水路に設置した2つの標点を基準に経年的な摩耗量を定量評価する、型取りゲージを用いた測定手法を提案しています(図1)。本手法は、器具が安価で現場作業も容易である一方、その後の画像解析に多大な労力を要することが課題でした。

成果の内容・特徴

- 本手法では、①標点の中心を通るように型取りゲージを水路に押し当て、②水路の表面形状を写し取った型取りゲージを撮影し、③その画像を解析することで基準線から水路表面までの平均距離を求めます(図2)。
- 開発プログラムを用いることで、従来は測定者が手作業で行っていた各種補正や針形状のトレースなどの処理がすべて自動化されます。
- 画像解析の自動化により、従来は30分以上要していた解析時間がほぼゼロになることに加えて、人為的誤差の排除による調査精度の向上が期待できます。

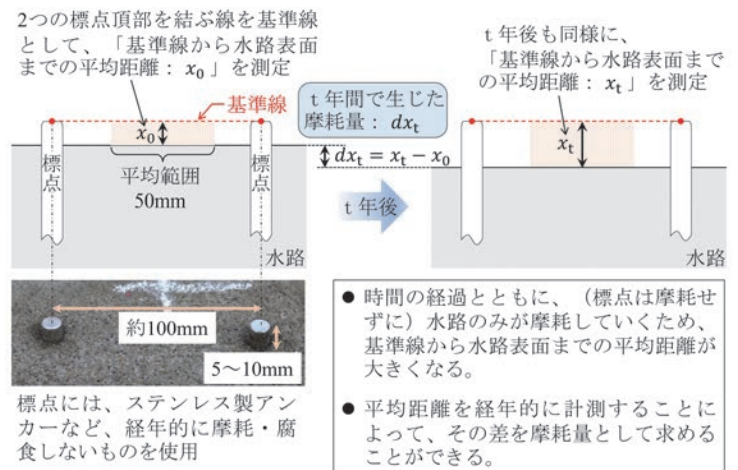
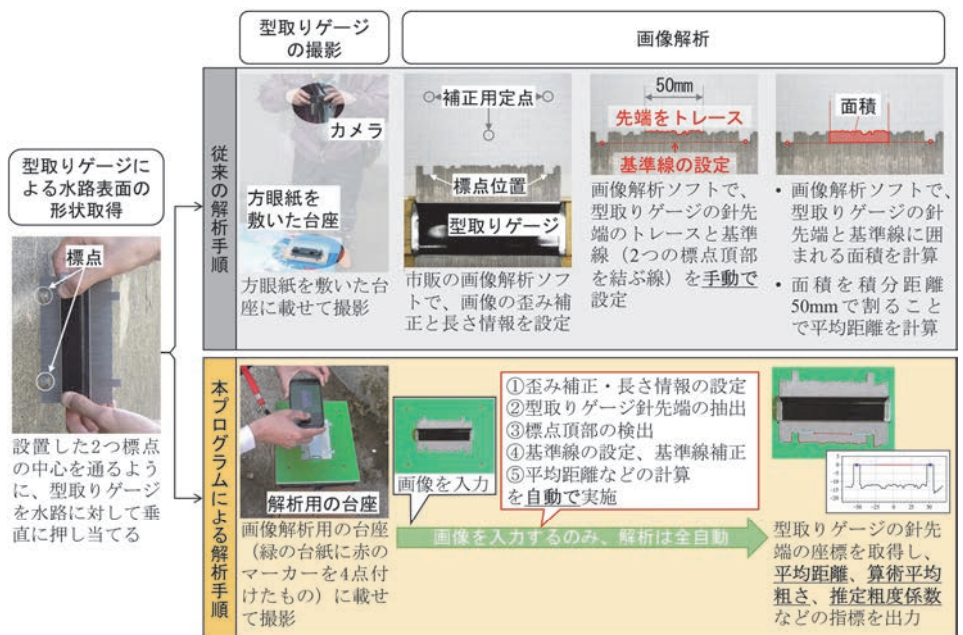


図1 摩耗量の測定原理



※)上段(従来の解析手順)の図は、『農業水利施設の補修・補強工事に関するマニュアル【開水路編】』を再編成したものである。

図2 型取りゲージを用いた摩耗測定手法の手順
(上段：従来、下段：本プログラムによる解析)

期待される活用例

- 水路等の摩耗が問題となるコンクリート施設において、摩耗深さや表面粗さ(推定粗度係数)のモニタリングに活用できます。標点の設置がない場合でも、表面粗さを計測することは可能です。

プログラムは農研機構の許諾を受けることで利用できます。(https://www.naro.go.jp/inquiry/program.html)
また、Webサービス企業から一般提供されています。(https://www.suirokanri.jp/)

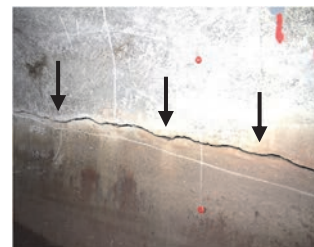
軽量の炭素繊維を用いた 水路トンネルの覆工コンクリートの補強工法

研究のポイント

- 軽量かつ高強度の炭素繊維ストランドシートを用いた水路トンネルの補強工法です。資材の運搬等に大型の重機を必要とせず、接着作業も左官作業で行えるため、施工性に優れます。

研究の背景

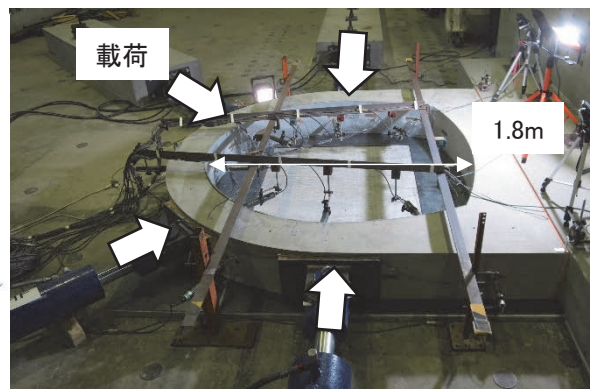
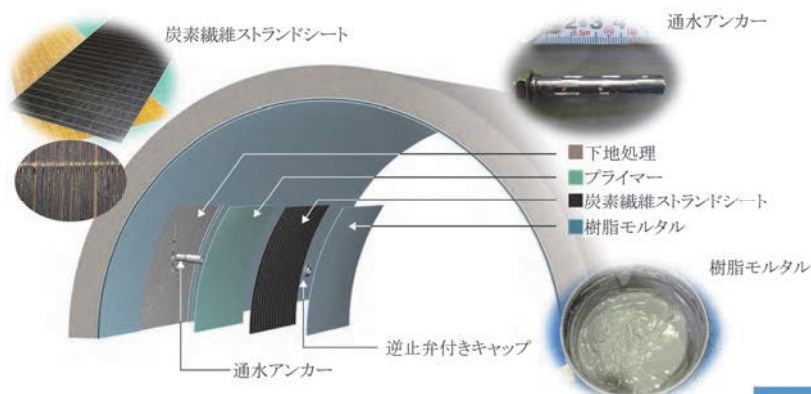
- 全国に約2,000km以上整備されている水路トンネルの中には、長期間の供用により、覆工コンクリートにひび割れなどの変状が見られるものもあります。小規模な水路トンネルに適用できる対策技術の開発が急務です。



水路トンネルに見られる
ひび割れの例

工法の特徴と性能確認試験

- 炭素繊維ストランドシート(引張強度 $3,400\text{N}/\text{mm}^2$)を通水アンカーで既設コンクリートに仮固定した後、厚さ7mmの樹脂モルタルで接着する補強工法です。樹脂モルタルの粗度係数は0.0104、耐摩耗性はJISモルタルの14倍であり、通水性、耐摩耗性に優れます。
- 2R=1.8mの実物大模型実験により、補強性能を確認しています。新設の無筋コンクリート覆工に本工法を適用すると、破壊荷重、変形追従性能が2倍以上に向上します。ひび割れ発生後に本工法を適用した場合にも、同様の効果が確認できています。



活用における留意点

- 本工法適用に当たっては、覆工背面の空洞充填を行うことを前提としています。また、水路トンネル内に湧水がある場合には、適用前に止水や導水等の作業が必要です。
- 技術の詳細は、農林水産省官民連携新技術研究開発事業の報告書をご参照ください。

	補強なし	補強		初期ひび割れ後 補強※1)	
覆工にひび割れが発生した荷重(kN)	80	100	1.3倍	90	1.1倍
破壊荷重(kN)	98	216	2.2倍	283	2.9倍
側面変位量※2(mm)	1.31	2.76	2.1倍	5.28	4.0倍
頂部変位量※2(mm)	-2.57	-6.02	2.3倍	-10.8	4.2倍

※1) 新設の未補強覆工を載荷し、ひび割れが発生した時に載荷を停止。ひび割れ補修および本工法を実施し、その後、再度載荷した結果。

※2) 変位量は、内側への変形を+、外側への変形を-で表記している。



報告書

(農林水産省HP)

本工法は、農林水産省官民連携新技術研究開発事業により、島根大学、日鉄ケミカル&マテリアル(株)、オリエンタル白石(株)と共同で開発したものです。第4回インフラメンテナンス大賞農林水産省優秀賞を受賞しました。

漏水探査カプセルによる 農業用パイプラインの漏水位置特定技術

研究のポイント

- 通水中のパイプラインに、漏水音を記録できるカプセルを流下させることによって漏水の位置を特定する技術です。

研究の背景

- 農業用パイプラインの漏水事故は年間で約1,500件発生しています。しかし、管種が混在していること、パイプラインに直接アクセスできる空気弁、制水弁等の附帯施設が少ないこと、などの理由から、水道分野で利用されている漏水探査技術の適用が困難です。

技術の概要

- 空気弁や開水路とのトランジション部分からカプセルを投入し、下流側でカプセルを回収します。流下中に記録した管内音から、漏水音を抽出します。
- 発射時刻、回収時刻、流下距離から、カプセルの平均的な移動速度を求め、漏水音を検知した時刻情報をもとに、漏水位置を特定します。カプセルから発信される超音波信号を途中の空気弁で受信することにより、通過時刻が精度よく求まります。

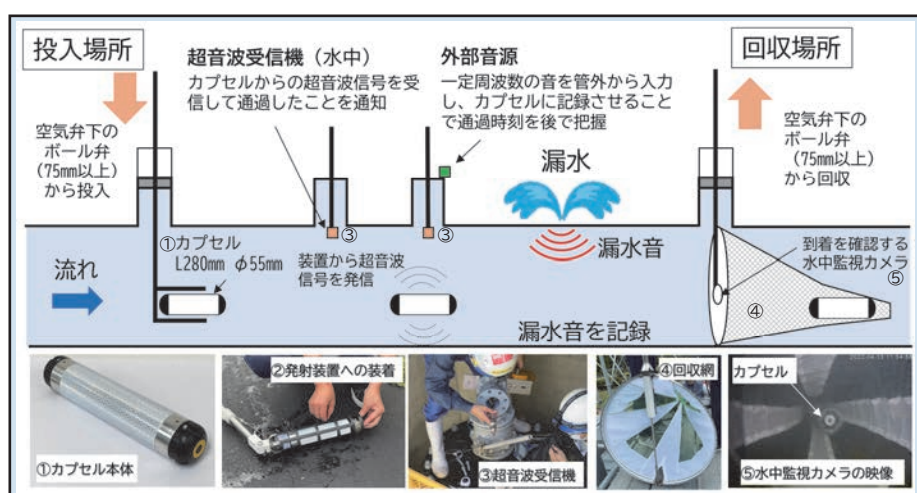


図1 漏水位置特定技術の概要

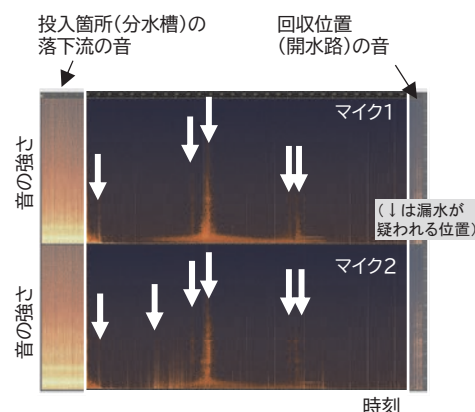


図2 調査結果の一例

【適用のための主な条件】

- ◆ 水圧が0.1MPa以上作用していること
- ◆ パイプラインにおいては管径がφ800mm未満であること
- ◆ 流速を0.3～0.6m/s程度に制御できること
- ◆ 調査路線に分岐管がない、もしくは制水弁で分岐管への迷い込みを防止できること
- ◆ 空気弁直下の補修弁がφ75mm以上のボールバルブであり、その直上に投入・回収装置を設置できる空間があること

適用における留意点・その他情報

- 適用のための主な条件を右表に示します。管径800mm以上への対応等、さらなる適用性の拡大に向けて開発を継続しています。
- カプセルの投入・回収が可能であれば、サイフォンの調査などにも活用できます。
- 利用許諾をいただいた企業様に向けて、調査の手順書を公開しています。

本技術は、内閣府SIP、農林水産省官民連携新技術研究開発事業、資金提供型共同研究により、吉佳エンジニアリング(株)、(株)ウオールナット、ジャパンライフ(株)、東亜グラウト工業(株)と共同で開発した技術です。



手順書
サンプル



実証試験動画
(NARO Channel)

頭首工エプロンに使用する土木材料の耐衝撃性を評価する鋼球落下式衝撃摩耗試験

研究のポイント

- 頭首工エプロンに使用する材料の耐衝撃性を評価する試験方法です。
- 装置の構成は非常に単純で、どなたでも試験機を製作し、試験を実施することができます。



図1 固定堰直下の摩耗の例

研究の背景

- 頭首工エプロンには、砂礫の流下による掃流摩耗、転石による衝撃摩耗(図1)に対する高い耐摩耗性が要求されます。しかし、エプロンの耐摩耗性を評価できる試験がありませんでした。

評価法の特徴

- 高さ1mから重さ1,041.7gの鋼球(高炭素クロム軸受け鋼鋼材SUJ2、60等級、呼び径2-1/2(63.5mm))を供試体に自由落下させ、衝撃に対する抵抗性を評価します。
- 供試体の大きさは150×150×150mmの立方体です。水平面に対して10°傾けて設置し、その中心部に鋼球を落下させます。規定回数ごとにレーザー距離計により表面から最も削れた部分までの距離(最大摩耗深さ)を計測します。
- 圧縮強さを3段階に調整したコンクリート供試体の試験では、圧縮強さが大きいほど、摩耗深さが小さくなります(図3)。
- 厚さが150mmに満たない土木材料を評価する場合には、圧縮強さ40N/mm²以上のコンクリートにより嵩上げし、高さを150mmに調整して試験することにより、厚さの影響はほとんどないことを確認しています。

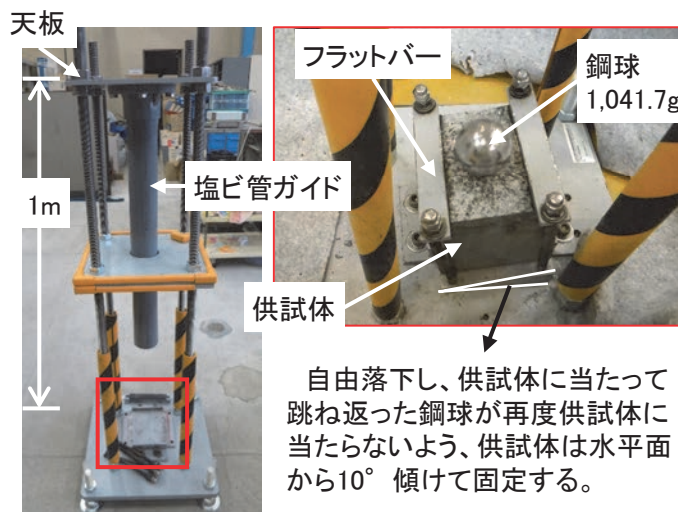
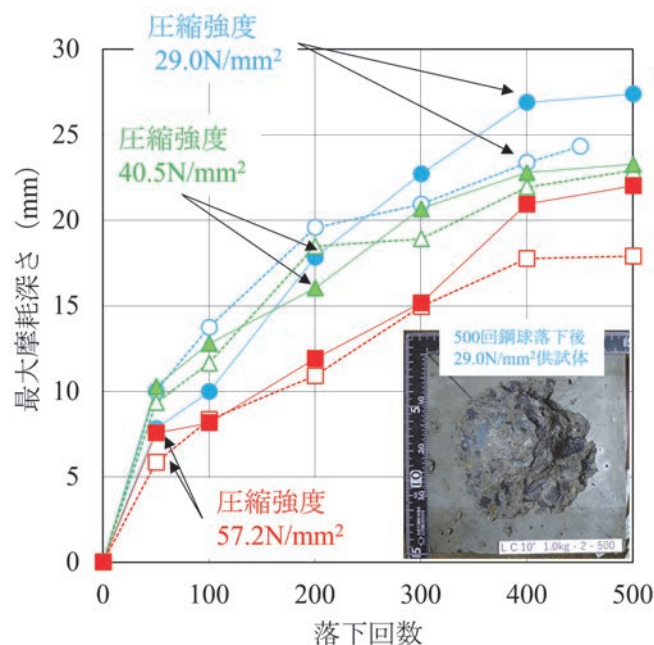


図2 鋼球落下式衝撃摩耗試験装置



(圧縮強度毎にそれぞれ2つの供試体により試験を実施)

図3 強度の異なるコンクリートの試験結果

期待される活用例

- 農林水産省のホームページで公表されている「農業水利施設の補修・補強工事に関するマニュアル【頭首工編】」巻末資料にある「鋼球落下式衝撃摩耗試験法(案)」に準拠しています。

潤滑油中の金属摩耗粒子に着目した ポンプ設備の劣化兆候の早期診断技術

研究のポイント

- ポンプ設備に利用されている潤滑油中の金属摩耗粒子の数と大きさが、ポンプ軸受等の回転体の劣化兆候を早期に診断できる指標であることを実機の過酷摩耗試験で解明しました。

研究の背景

- ポンプ設備の劣化を診断する様々な状態監視技術が提案されています。これらの有効性を検証するため、ポンプ設備の実機を人為的に過酷摩耗状態にしたときの温度、加速度、金属摩耗粒子数の変化を計測しました。

実機の過酷摩耗試験による検証

- 廃棄予定のポンプ設備を借用し、潤滑油供給を少しずつ減らして人為的に摩耗状態を再現する過酷摩耗試験を実施しました(図1)。
- 過酷摩耗試験中、加速度、温度はなだらかに上昇しました。一方、金属摩耗粒子数は、一定時間経過後に急増し、劣化の兆候を早期に発見できることが分かりました。(図2)
- 試験後に分解した結果、軸受メタルの一部に損傷が確認されました。
- 2箇所のポンプ設備で過酷摩耗の程度を変えて試験を行いました。その結果、通常運転時に発生している金属摩耗粒子数に比べて、1.25倍以上の金属摩耗粒子数が観測された場合には、軸受の損傷が見られることが分かりました。

活用の留意点

- 1回の潤滑油の採油・分析による劣化度の評価は難しいと考えられます。定期的に採油し、その潤滑油に含まれる金属摩耗粒子数や粒径の大きさを監視することにより、早期に劣化の兆候を捉えることができます。

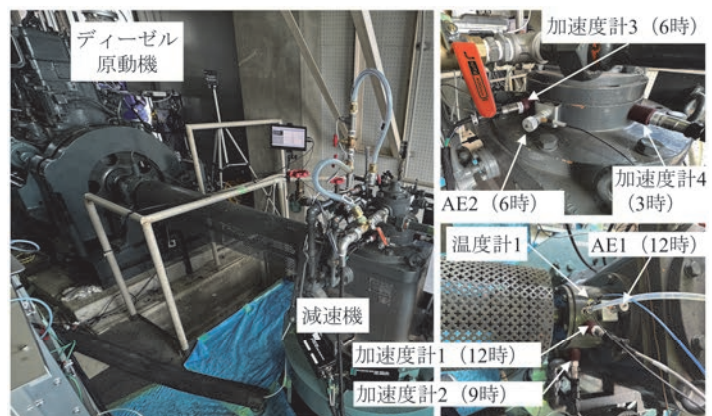


図1 ポンプ実機による過酷摩耗試験の状況

温度計、加速度計、AEセンサーなども設置し、潤滑油の供給圧力を低減させたときの変化を常時監視した。

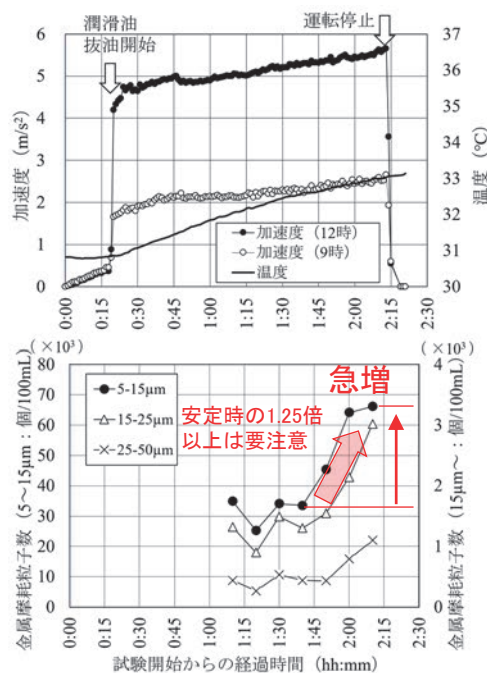
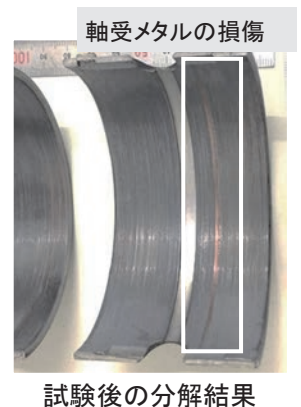


図2 試験中の加速度、温度、金属摩耗粒子数の変化

潤滑油中の金属摩耗粒子数は、試験開始から1時間45分を経過して急増
↓
摩耗異常を早期に検出



2. 令和6年度までの普及成果、研究成果

(4) 水利工学研究領域

農業用ダムของ事前放流による洪水調節効果の簡易推定手法

研究のポイント

- 農業用ダムの事前放流によって、ダム下流河川の洪水ピーク時の流量を低減する効果を、ダムに確保した空き容量と流域の集水面積に基づく2つの指標により簡易に推定します。

研究の背景

- 近年の水害の激甚化を受けた流域治水の取り組みの一環として、農業用ダムでも豪雨の前に放流を行って洪水を貯留する運用(事前放流)が開始されました。
- ダム下流域の洪水軽減に対する事前放流の効果は、流域の地形や降雨によって異なるため、効果の推定には詳細なモデルによる計算が必要で、多大な労力と時間を要します。事前放流の効果を定量的かつ簡易に推定する手法が求められていました。

手法の特徴

- 農業用ダムの事前放流によって、洪水ピーク時の河川流量が低減する割合(ピークカット率)を、「相当雨量」と「ダム集水面積比」の2つの指標によって推定します(図1)。
- ダム地点のピークカット率(図2)は、相当雨量とともにS字型の曲線状に増加します。24時間降水量の条件別の曲線と、各ダムの相当雨量の交点を読み取ることで、想定される降雨量に対して期待されるピークカット率を概算できます。
- ダム下流河川のピークカット率(図3)は、ダム集水面積比とともにほぼ線形に減少します。ダム地点のピークカット率に、下流の評価地点におけるダム集水面積比を乗じることで、その場所の河川流量のピークカット率を概算できます。

期待される活用例

- 各地の農業用ダムの事前放流の効果や、効果が期待できる降雨規模を迅速に推定でき、農業用ダムを位置づけた流域治水の計画立案を支援します。

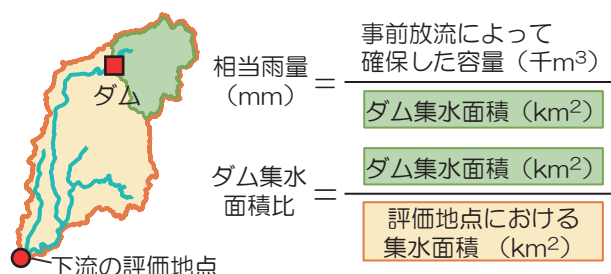
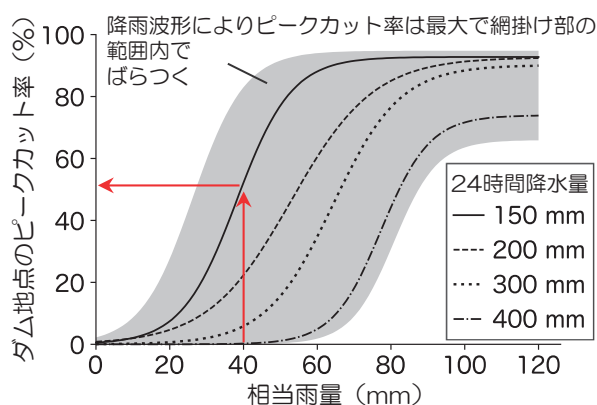
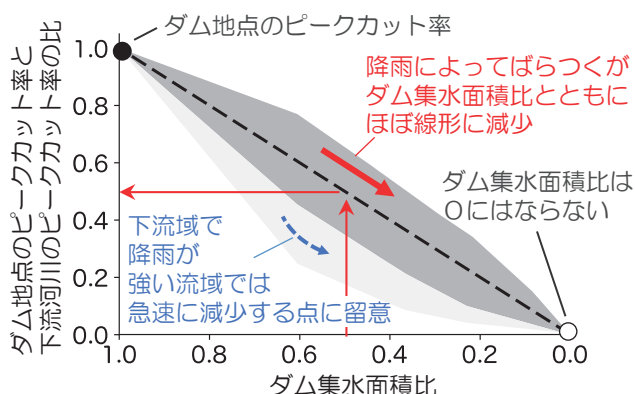


図1 洪水調節効果の推定指標



例) 相当雨量40 mmのダムの総雨量150 mmの降雨に対するピークカット効果 → 約50%

図2 ダム地点のピークカット率



例) ダム集水面積比0.5の地点における河川流量のピークカット率 → ダム地点のピークカット率の0.5倍

図3 ダム下流域の河川流量のピークカット率

様々な形状の田んぼダム器具が発揮する ピークカット機能

研究のポイント

- 様々な形状の田んぼダム器具が発揮する水田流出量のピークカット効果を算定したり、田面水深への影響を判定するための情報です。
- 田んぼダムの取組みを始める団体が落水柵や畦畔の整備状況、農家の意向に応じて適切な器具を選定することが可能になります。

研究の背景

- 近年、気候変動の影響や流域治水の取組み等により、水田の雨水貯留機能を一時的に高めて流出を抑制し、下流側の洪水被害軽減に貢献する田んぼダムが注目されています。
- 田んぼダム器具は大きく2タイプ（機能分離型と機能一体型、図1）に分けられ、特徴が異なります。この特徴は器具選択の判断材料になります。
- そこで、器具のタイプ別に、効果が発揮されやすい雨量規模や効果を実験や計算によって明らかにし、結果をわかりやすく整理しました。

評価法の特徴

- 模型実験で器具あり・なし状態でそれぞれ田面側の水深と排水路側の流出量を観測し、両者の関係を計算で再現しました（図2）。
- 様々な雨量規模（100～500mm/3日）の雨を入力した計算を実施し、田んぼダム器具あり・なしの場合を比較して、流出量ピークカット効果と田面水深の上昇に注目して、特徴を整理しました。
- 一体型は比較的小さな雨量で効果が大きく、分離型は300mm程度で効果が最大化します（図3）。
- ただし、大きな雨量の場合は分離型の方が田面水深が上昇する傾向がみられます。

期待される活用例

- 水田の整備状況や農家の水管理の意向に合った器具を選択する際の参考になります。

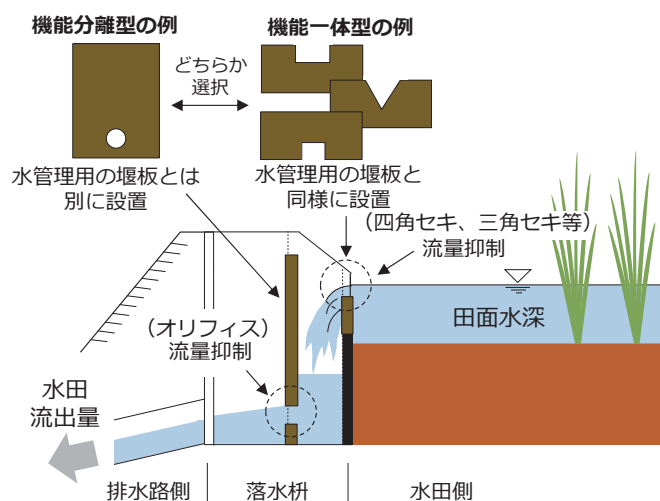


図1 田んぼダム器具のタイプと設置方法

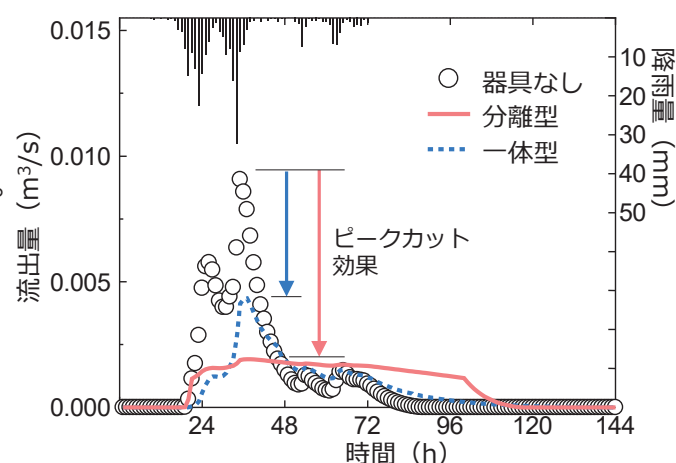


図2 田んぼダム器具による流出量ピークカット効果の算定（総雨量250mmの例）

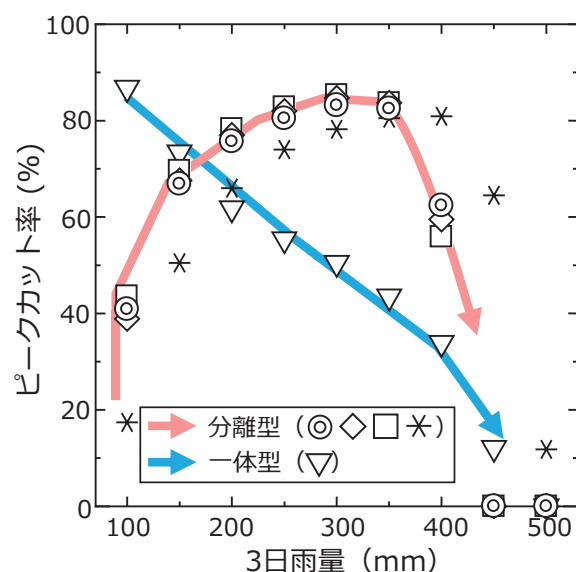


図3 雨量規模と流出量ピークカット率の関係

浸水域のリアルタイム推定に向けた 水位データベースの簡易構築手法

研究のポイント

- ある地点の水位と浸水の危険範囲の関係を予め整理した情報群である水位データベース(DB)を簡易に構築する手法です(図1)。
- 使用者が接続可能なPC・サーバー等にDBを格納しておくと、リアルタイム水位に対応する被害推定情報を瞬時に提示する辞書的な活用が可能となります。

研究の背景

- 農業用施設の操作時は水位が重要な判断材料になりますが、水位計だけでは内水氾濫等の被害発生状況を把握するのは困難です。
- 被害の有無や状況は関係者の見回り等で確認しますが、マンパワーに限られる現状や、現地作業時のリスクを考えると、地区内の状況を簡易に把握する仕組みができれば有用と考えられます。
- 被害状況の把握には、様々な状況を想定した水位DBを事前に構築しておくことが有効と考えられます。

手法の特徴

- 水位DB構築の核となるHAV解析(図2)は、地区内の詳細な標高情報を活用します。基準点の水位(H)よりも標高が低いエリアは潜在的に排水が困難な浸水危険域と仮定し、その範囲を示す位置情報を抽出します。同時に、浸水面積(A)や氾濫量(V)を土地利用別に集計した浸水被害の推定情報を表形式で出力します。
- 浸水氾濫を計算可能なシミュレーションモデルを有さない地区でも、通常時～過去に経験していない極端な水位時の被害状況をリーズナブルに想定できます。
- ただし、水位と被害の関係は一律に設定されるため、詳細なシミュレーション結果と比較すると結果が過大／過小評価になる可能性があります(例えば図3)。事前に利用者が水位DBの内容をチェックし、必要に応じて修正することもできます。

期待される活用例

- 水位DBで現地状況を推定できると、施設操作の早期判断、見回り回数の削減、現地での安全な移動経路の確保等に参考となる情報を得ることができます。

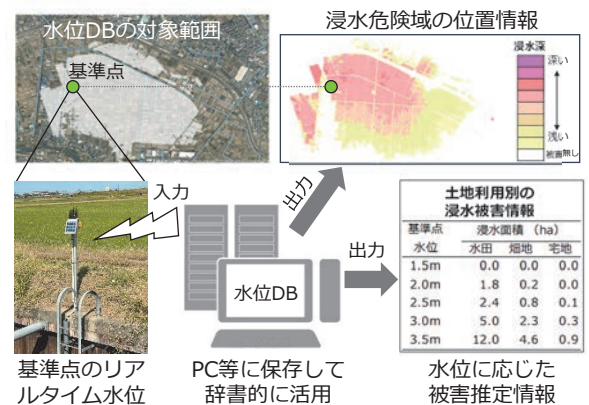


図1 水位DBとその活用イメージ

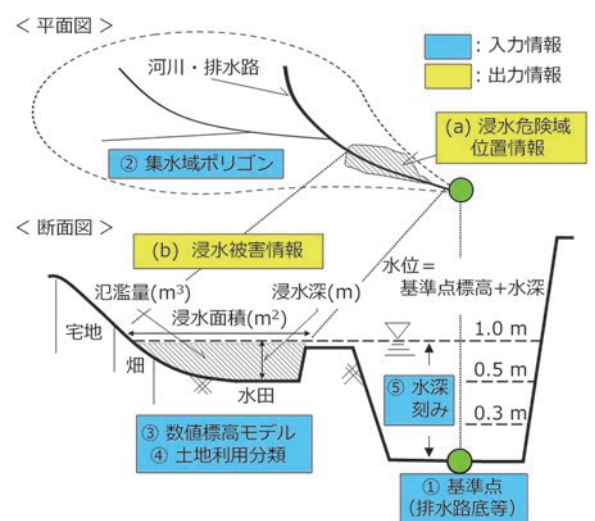


図2 HAV解析の概要

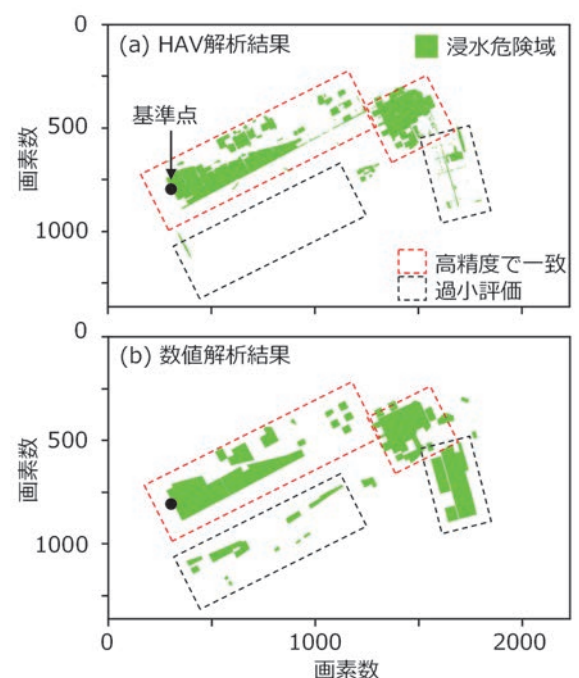


図3 推定された浸水危険範囲の検証例

洪水吐ゲートを有する農業用ダムの事前放流による洪水調節機能の評価手法

研究のポイント

- 洪水吐ゲートのある農業用ダムにおいて、治水協定に規定された空き容量が事前放流により確保された場合に、操作規程の範囲で放流操作を行うことで発揮する洪水調節機能を評価する手法です。

研究の背景

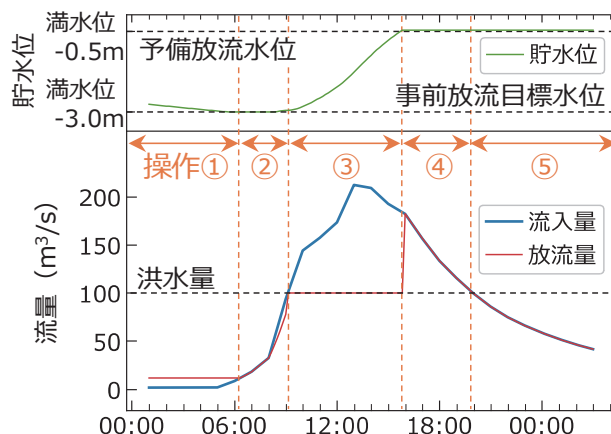
- 農業用ダムの約8割は洪水吐ゲートがなく、事前放流による洪水調節機能は、相当雨量(ダムの空き容量を集水面積で割った値)をもとに推定できます。しかし、洪水吐ゲートのあるダムは、ゲートの操作方法によってその効果が異なります。
- 洪水吐ゲートのある農業用ダムにおいて、操作規程の範囲で洪水吐ゲートを操作した場合に、発揮する洪水調節機能を定量的に評価できる手法が必要でした。

手法の特徴

- 洪水調節機能を、放流量のピークカット率で評価する手法です。洪水吐ゲートのある農業用ダムであるSダムを事例とします。
- Sダムへの流入量が洪水量(100m³/s)以上の場合に、一定量を放流する操作(一定量放流型操作)によるピークカット率を評価します(図1)。降雨条件は、3種の降雨波形(前方・中央・後方集中型)、6段階の24時間降雨量(150~400mm)を対象とします。
- ピークカット率(図2)は、事前放流で確保した空き容量とほぼ同量の流入量をもたらす降雨量で最大値を示し、それ以上に降雨量が多い場合は減少します。Sダムでは、24時間雨量が200mmの場合にピークカット率は最大値を示し、24時間雨量が350mmまで効果を発揮すると推定できます。

期待される活用例

- 洪水量を各ダムの値に置き換えることで、洪水吐ゲートを有する農業用ダムの洪水調節機能を定量的に評価できるため、流域治水の取り組みに資することが期待されます。



- 操作①：貯水位が事前放流目標水位となるまで事前放流
操作②：流入量が洪水量以上となるまでは、流入量と等量の放流
操作③：流入量が洪水量以上、かつ貯水位が予備放流水位未満の場合には、洪水量での一定量放流
操作④：貯水位が予備放流水位以上の場合には、流入量と等量の放流
操作⑤：流入量が洪水量未満に減少した後は、貯水位を予備放流水位まで回復

図1 一定量放流型操作

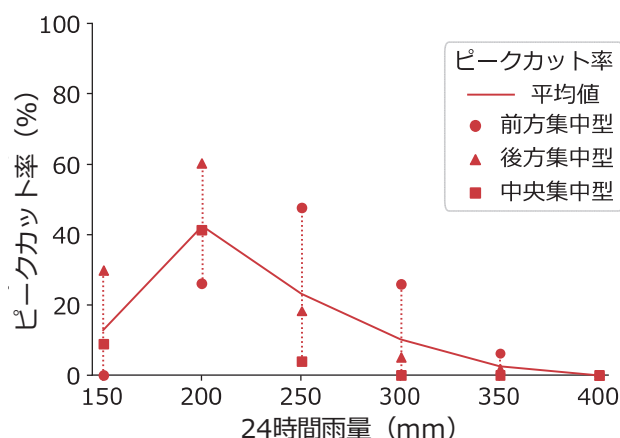


図2 ピークカット率と降雨量の関係

水稻生産地域における気候変動の複合的な影響を考慮した用水需給バランスの評価手法

研究のポイント

- 気候変動によって水資源や水稻の生育期間が変化すると、農業用水の需要と供給のバランスが変化します。この影響を、水稻生産による「便益」と水資源が不足する「リスク」の関係をもとに評価する手法を開発しました。

研究の背景

- 気候変動によって融雪の早期化や蒸発散量の増加等による水資源の変化が予測されています。また、一部の地域では、水稻の高温障害を避けるための適応策として、生育期間を遅らせることが検討されています。この場合、想定を超えるような水不足が生じる可能性があるため、これを評価する手法の開発が求められていました。

手法の特徴

- 農研機構が開発した予測モデルを用いて、現在と将来の気候変動のシナリオにおいて、水稻の生育期間を変更した場合のリスクと便益を計算します。
- リスクと便益の関係は、生育期間の変更が便益の向上とリスクの低下に繋がる「調和型」と、便益の向上がリスクの増大に繋がる「競合型」に大別できます(図1)。
- 調和型の地域では生育期間の変更によって用水の需要と供給のバランスが改善するため、適応計画としての実現性が高いこと、一方、競合型の地域ではその実現に向けて利水者間の調整等の追加的な対策が必要になること、を意味します。
- 事例とした信濃川の下流域では、便益(コメの外観の品質)とリスク(水不足量の累積値)の関係が競合型に分類されました(図2)。また、将来の気候変動のシナリオにおいて生育期間を変更する(外観の品質を最大化する生育期間を選択する)場合には、リスクが更に高まることが予測されました(図3)。

期待される活用例

- 特定の地域を対象にしたリスク・便益の評価結果は、地方自治体が気候変動適応計画を策定する際の指針として活用できます。

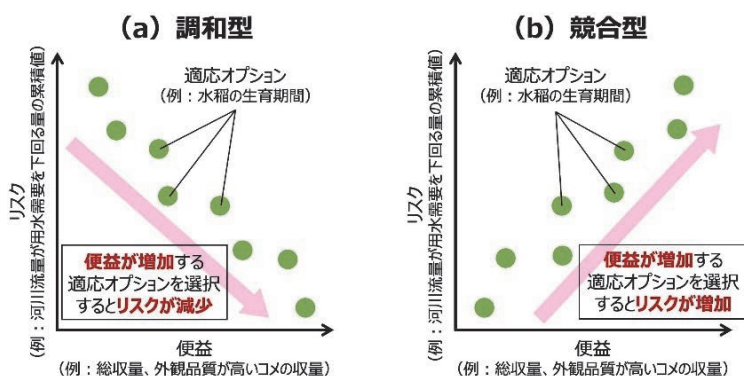


図1 評価手法の概要

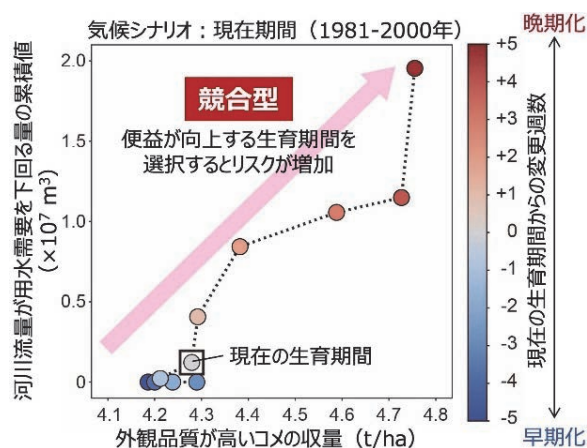


図2 信濃川下流域における評価結果

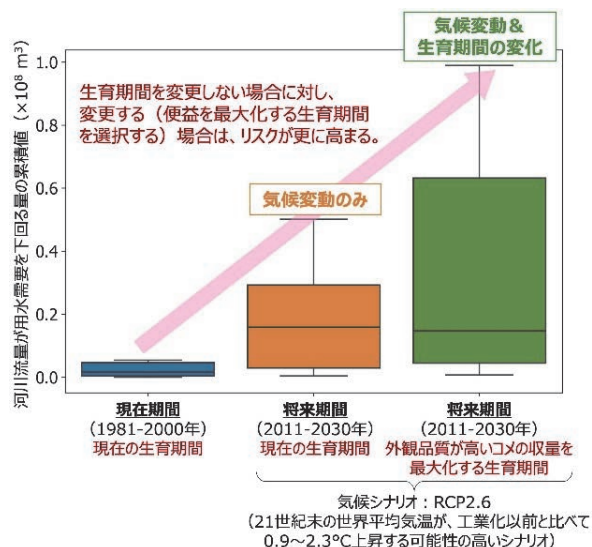


図3 将来期間でのリスクの評価結果

鎮圧により漏水対策を実施した乾田直播栽培水田からの栄養塩負荷削減効果

研究のポイント

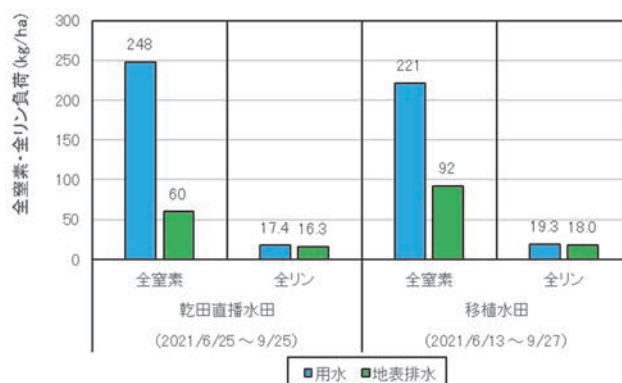
- 乾田直播栽培は代かき・田植えを実施しないため濁水排出を抑制する効果があります。
- 鎮圧による漏水対策を実施した乾田直播水田は、代かき時の表面排水抑制による濁水の流出抑制対策を実施した移植水田と同等、またはそれ以上に、環境負荷となる栄養塩の地表排水の削減効果を有することが分かりました。

研究の背景

- 農地から流出する汚濁物質を削減することは重要な課題です。代かきをしない乾田直播栽培では、代かきに伴う水田からの濁水や栄養塩といった環境への負荷が抑えられると考えられます。また、乾田直播栽培は育苗の必要がなく、省力的な栽培法であるため、労働力不足を補いながら水質負荷削減にもつながる有効な栽培法として期待されています。
- そこで、水田の用水と地表排水に含まれる負荷を比較して、振動ローラ式の鎮圧による漏水防止対策を実施した乾田直播栽培の栄養塩削減対策としての効果を明らかにしました。

効果の特徴

- 移植水田では代かき時に高濁度の表面排水がみられますが、乾田直播水田では、移植水田で田植え直前に実施する代かきを実施しないため、入水時に水田内での濁度の大きな上昇がみられず、栽培初期における濁水流出の抑制につながります。
- 乾田直播栽培水田での入水時期、移植水田での入水～代かき～田植えの時期において、全窒素、全リンそれぞれの、用水と地表排水における負荷の差を比較すると、代かき濁水の流出抑制対策を実施した移植水田と同等でした。
- 灌漑期間を通じて用水と地表排水の負荷の差を比較すると、全窒素については乾田直播栽培水田の負荷削減効果が高く、全リンについては乾田直播水田と移植水田とで大きな違いはみられませんでした。



期待される活用例

- 乾田直播栽培は、栽培初期における全窒素の水田からの地表排水を削減する対策として有効です。また、乾田直播栽培は省力的な栽培法であるため、水田における省力的な水質負荷削減対策手法としても期待されます。

灌漑期間全体における用水・地表排水負荷

ラドン濃度などの水質測定と水温の連続観測による 河川への地下水流出現象の調査方法

研究のポイント

- 河川水のラドン濃度などの水質測定と河川水中への自記ロガー設置による水温の連続観測によって河川への地下水の流出状況を把握する方法です。
- 地下水が河川に流出する区間と時期による流出状況の変化を把握することができます。

研究の背景

- 農業・農村が有する多面的機能のうち、農地かんがいによる地下水涵養機能は、地域の水循環ならびに水域生態系（特に湧水に依存して生息する冷水魚など）に関与している点で重要です。保全のためには、適切な生態系配慮対策や施策を講じることが求められます。

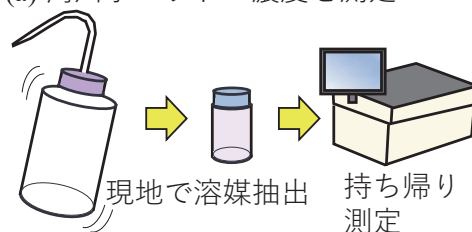
評価法の特徴

- 河川で採取した河川水のラドン濃度の測定と、河川水中に設置した自記水温センサによる水温観測が主な手段です（図1）。
- 一般に、地下水は地表水に比べてラドン（ ^{222}Rn ）濃度が高いため、地下水が流出している区間の河川水は相対的にラドン濃度が高くなります（図2）。
- また、一般に、地下水は地表水に比べて水温変動が小さいため、地下水が流出しているときは水温変化が比較的小さくなります（図3）。

期待される活用例

- 水路の更新・補修における効果的な生態系配慮対策の検討に利用することができます。
- 冬期湛水などの農地水管理による多面的機能が河川の水域環境に与える影響の評価に利用することができます。

(a) 河川水のラドン濃度を測定



(b) 自記水温センサを河川水中に設置

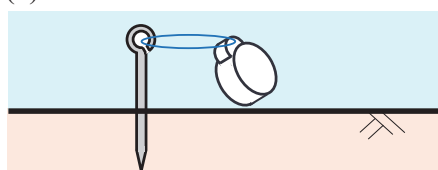


図1 調査の手段

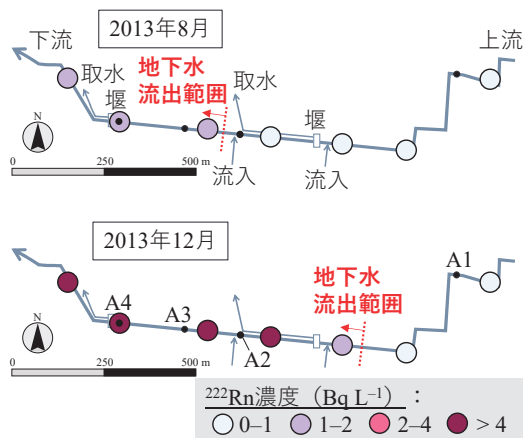


図2 河川水のラドン濃度分布

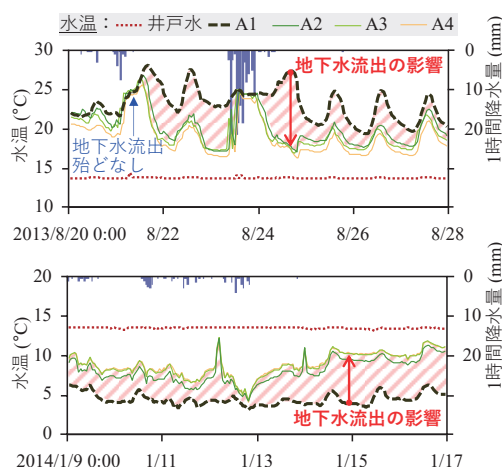


図3 河床での自記観測による水温変化
(地点A1～A4の位置は図2に表示)

沿岸域の地下水位時系列観測データの分析による 帯水層の透水係数推定手法

研究のポイント

- 沿岸域で海洋潮汐の伝播による地下水位の周期的振動を観測して分析することにより、地下水の適切な開発・保全に必要な帯水層の水理的性質（透水係数）を推定する手法を開発しました。

研究の背景

- 地表水が少ない沿岸域や島嶼の貴重な水資源である地下水を適切に開発または保全するためには、帯水層の透水係数等の水理的性質を知る必要があります。
- 一般的に行われるポンプで地下水をくみ上げ水位低下の大きさを分析する方法では周辺の狭い範囲の帯水層の性質が分かりますが、広範囲の性質を簡易に推定できる方法が必要でした。

手法の概要

- 海岸に近い地点とやや内陸の地点の2箇所で地下水観測孔あるいは井戸に自動記録式観測機器を設置し、1時間間隔で一定期間（39日間以上）連続して地下水位を観測します（図1）。
- 各地点の観測データにデジタルフィルタと呼ばれる数列の掛け算による方法を用い、潮汐よりも長い周期をもつ振動成分を取り除きます（図2（1））。
- 短周期成分のみのデータにフーリエ級数展開の式を用い、特定の潮汐周期をもつ単一振動成分を取り出します（図2（2））。
- 2地点間の水位振動の振幅比と時間遅れ（図2（3））を帯水層内の波の伝播を表す式に代入し、帯水層厚さ等の情報と組み合わせて透水係数を計算します。

適用事例

- 農業用水源として地下水の開発が期待されている沖縄県の離島に適用した結果、島内の位置により透水係数が2～3倍異なることが推定されました（図3）。この帯水層の水理的性質の不均質性は同地域の地下水解析モデルの作成に反映されています。

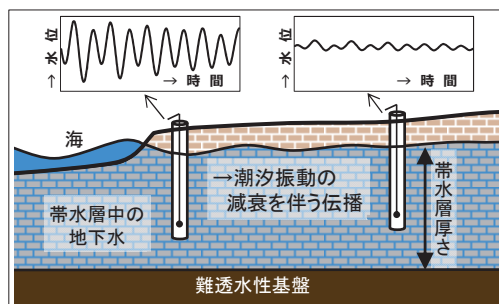


図1 地下水位への潮汐伝播と2地点地下水位観測のイメージ（鉛直模式断面図）

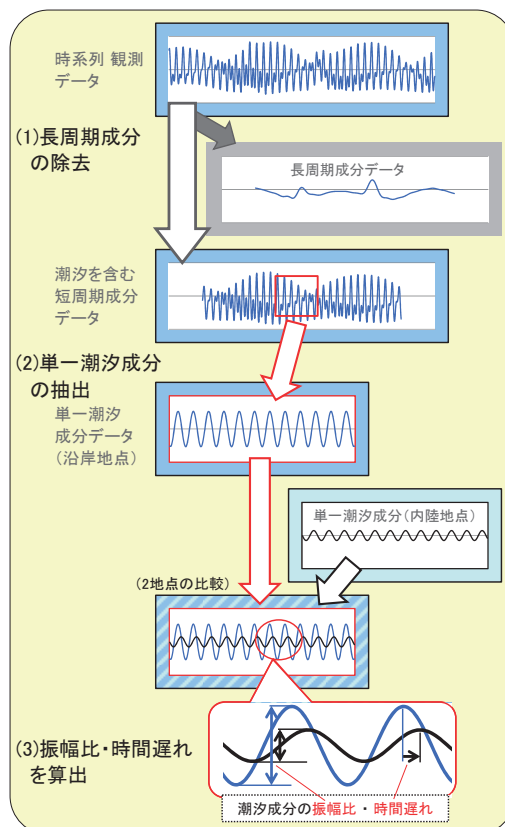


図2 観測データの処理と分析の流れ

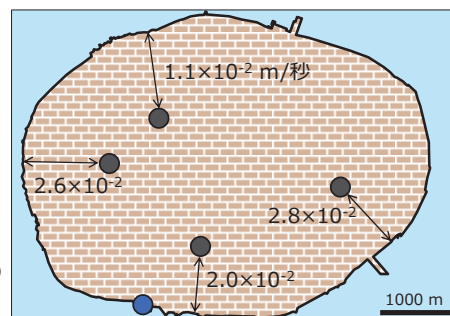


図3 透水係数の広域的不均質性の推定例（面積約20km²の島嶼地域）

地下水位の潮汐応答分析による 沿岸域の地下ダム機能監視手法

研究のポイント

- 沿岸域の地下水資源を塩水化から守るための地下ダムの機能を、潮位の影響によって周期的に変動する地下水位観測データの分析によって監視する手法を開発しました。
- 地下ダムの止水機能の連続的な監視を可能にし、貴重な農業用水源である沿岸域の地下水資源の保全に役立ちます。

研究の背景

- 水資源を地下水に頼る地域で海に接する帯水層に造られ、帯水層中の海水が内陸の地下水貯留域に浸入するのを防ぐための塩水浸入阻止型地下ダムでは、その止水機能を常時連続的に監視する方法がありませんでした。

手法の特徴

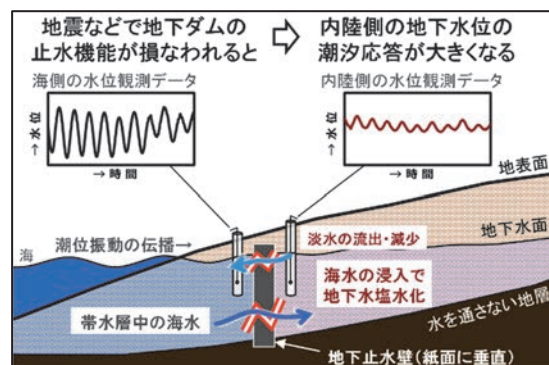
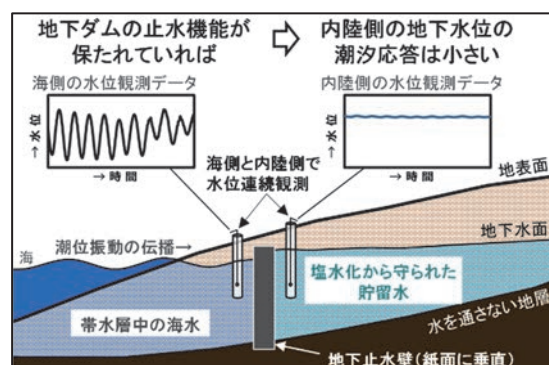
- 止水壁の海側と内陸側の地下水観測孔に自記水位計を設置して同時に観測して得られる、1時間間隔などの地下水位連続データを用います。
- 両地点の水位データについてフーリエ解析を応用して潮位の影響による正弦振動の振幅を算出します。振幅を正確に算出するには、水位が止水壁天端より低く越流していない期間の、決まった長さの時系列データを対象として解析します。
- 内陸側と海側の振幅の比（内陸側振幅÷海側振幅）が止水機能が保たれた状態に比べて大きければ、機能が損なわれている可能性があります。
- これまで難しかった塩水浸入阻止型地下ダムの止水機能の常時連続的な監視を可能にします。

期待される活用例

- 地下ダムの管理を行う土地改良区、管理に関わる行政機関、民間事業者および研究者による活用が期待されます。
- 海側の地下水位に潮位の影響による周期振動がみられ、水位が止水壁天端より低く非越流状態にあるなどの適用条件を満たせば、地下ダムに限らず他の目的で地中に造られた止水壁の機能監視への利用も考えられます。



自記水位計の設置方法と観測配置の例



地下水位の潮汐応答分析による地下ダムの機能監視の概念図

排水機場や排水路の水位をリアルタイムで予測するプログラム

研究のポイント

- 低平地における排水機場と排水路の水位を予測するプログラムです。
- 直近の実測値と気象予報をもとに、数時間先の水位をリアルタイムで予測可能です。
- 水利施設の効率的な操作を支援し、洪水被害の軽減と管理労力の軽減に貢献します。

研究の背景

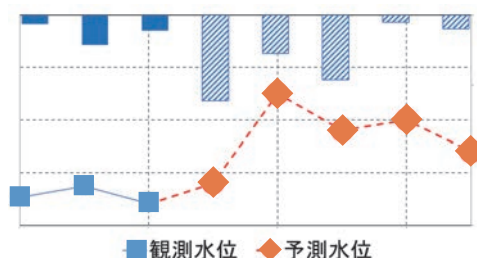
- 豪雨災害が増加する傾向にあり、農地が宅地に転用されると降雨流出の傾向が変わるうえ、浸水が生じた場合の被害が増大するため、排水機場等の水利施設においては、より一層の慎重かつ的確な操作が求められています。

プログラムの特徴

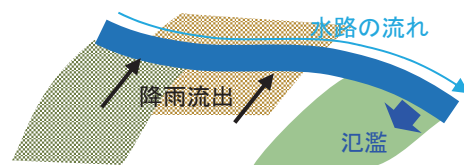
- **排水機場**の水位を対象としたプログラムは、過去の降雨と水位を十分に学習することで、高速かつ高精度な予測計算が可能です。
- **排水路**の水位を対象とした水理プログラムは、網目のように広がる排水路の水位と、その氾濫を安定して計算することができ、面的な予測結果を任意の時間間隔で出力することが可能です。

期待される活用例

- 2つのプログラムは、2020年に開発した地域排水管理・減災情報システムの主たる要素を構成しています。
- 排水機場の**地点**の水位と、排水路の**面**の水位の変化の2つのリアルタイム予測値を表示することで、排水ポンプの効率的な運転や、水門等の水利施設の適切な操作を支援します。



実測水位、降雨の予報をもとに水位を予測



降雨流出と氾濫は局所慣性方程式を基礎式とし、陰解法を適用



①排水機場の水位の予測結果を表示。地点の情報を瞬時に提供。

②排水路の水位の予測結果を表示。面の情報で、水位変化の傾向を提供。

低平地小河川におけるゲート操作を支援する 水位予測の適用

研究のポイント

- 低平地小河川における水位調節ゲートの操作を支援するため、操作の実態を把握し、水位予測の適用について検討しました。
- 管理者は、観測データに基づく水位予測を活用することで、より精度の高いゲート操作を行うことができます。

研究の背景

- 水利施設の操作は、管理者の経験に基づく場合がありますことから、近年の豪雨の激甚化への対応や管理方法の継承が難しくなっています。
- そこで、低平地小河川の水位調節ゲートの操作を支援することを目的として、操作の実態や浸水被害の抑制に及ぼす影響を調査し、操作支援のための簡易な水位予測モデルを構築しました。

成果の概要

- 調査地区では、管理者である土地改良区は、降雨予報等の情報をもとに経験に基づいて水位調節ゲート直上流の水位を予想し、ゲートの操作を判断しています(図1)。
- 水位調節ゲートの操作の有無による浸水域を比較すると、本地区ではゲート操作を行うことで排水ブロックの約5割の浸水が回避されます(図2)。
- パターン認識手法の1つであるNearest-Neighbor法を、水位調節ゲート地点の水位予測に適用すると、リードタイムが4hで概ねゲート直上流の水位を予測することができ(図3)、この予測値を参考にすることで土地改良区の確実なゲート操作が可能となります(図1)。

期待される活用例

- 本成果は、農業地域の浸水被害の低減や水利施設の管理技術の継承に貢献します。
- 水位予測を土地改良区のゲート操作の判断に活用することで、不要なゲート作業や移動のための労力が削減されることが期待できます。

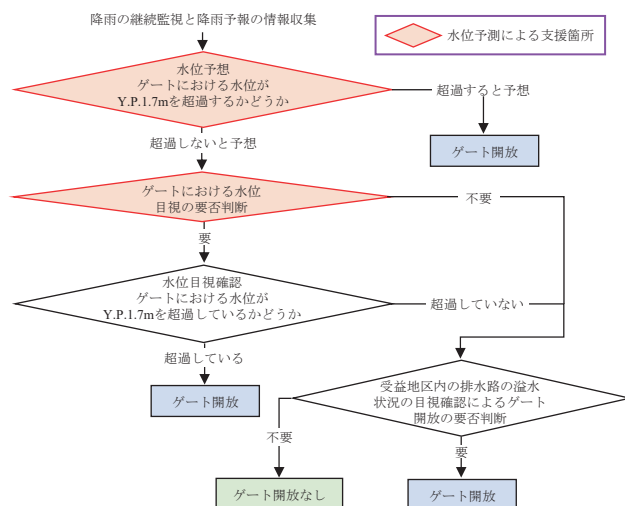


図1 水位調節ゲートの操作フローと水位予測による支援箇所

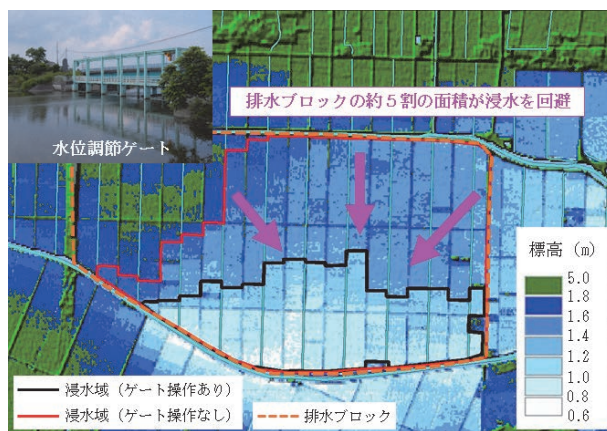


図2 ゲート操作の有無による浸水域の変化

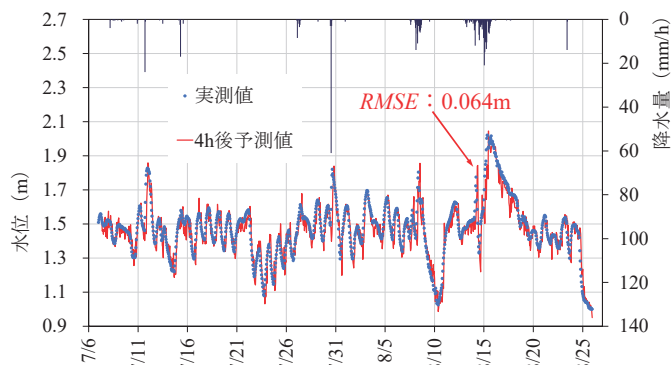


図3 Nearest-Neighbor法による水位予測結果

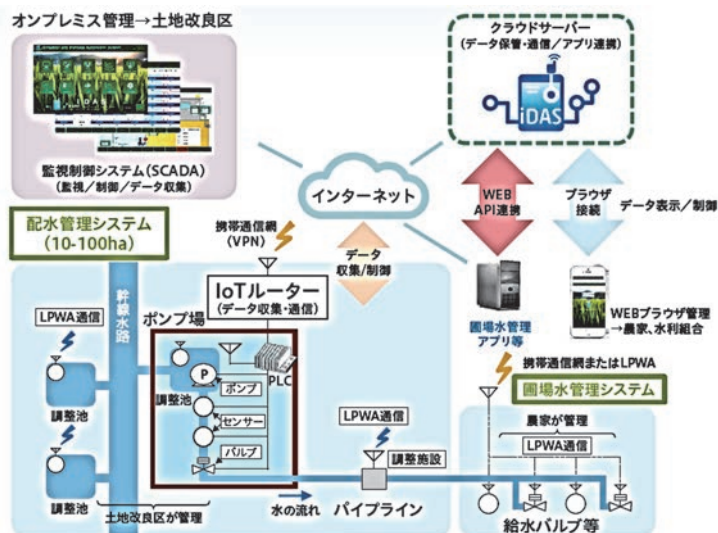
ICTを活用した圃場-水利施設連携型の 配水管理制御システム

研究のポイント

- 土地改良区、担い手農家、双方の利用が可能な配水管理制御システム(iDAS)を開発しました。本システムは、LPWA(低消費電力遠距離通信方式)やクラウドなどのICTを活用した、圃場とポンプ場などの配水施設との連携による流量・圧力の制御により、効率的な水配分と節水・節電が可能です。

開発したシステムの特徴

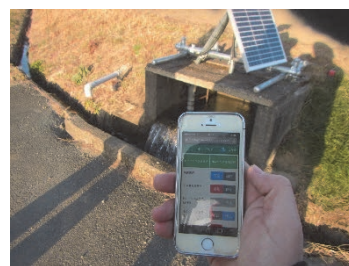
- ① 農家が管理する給水バルブから、取水源のポンプ場までを一つのシステムとして扱え、パソコンやタブレット、スマートフォン上で簡易な水管理・制御が可能。
- ② 水需要に応じたポンプ場からの配水による節水、電気代の削減により、施設維持管理費の低減が可能。
- ③ 汎用性の高い監視制御システム(SCADA、PLC等)で運用するため、拡張性が高いシステム構築が可能。
- ④ LPWAやクラウドによる遠方監視により、パイプラインシステムの広域に配置された複数施設の水位予測機能を含んだ監視、豪雨時の排水管理のための複数排水施設の監視に適用可能。



配水管理制御システム (iDAS) の構成

実証事例 - ポンプ - 配水槽 - 給水バルブの連携制御 -

- 中山間水田パイプライン灌漑地区(愛知県新城市)において、水田での自動給水バルブと、配水槽水位のモニタリングによる使用流量把握、使用量に応じたポンプ運転をICTにより連携することで、需要に応じた配水制御が可能になりました。

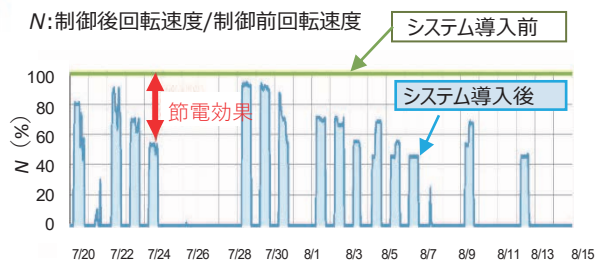


配水槽における水位遠方モニタリング

スマートフォンによる管理
(担い手、施設操作員向け)

実証事例 - 効果の実証 -

- 中小規模のポンプパイプライン灌漑地区2箇所における実証試験では、給水栓と直送ポンプの自動制御化による水管理労力の削減効果と、パイプライン解析に基づいた圧力制御による配水管理により、4割の省エネ・節電効果、計画運転に対する管内圧力低減効果を実証しました。



システム導入後のポンプ出力の変化

iDASの主要機能

圃場における水利用に応じ、ポンプ場から最適な用水量を自動で配水

3Dカメラと画像解析を用いた 水門開度および水位の遠隔監視システム

研究のポイント

- 中小規模の水門を対象とし、カメラ1台で水門とその周囲を撮影し、画像解析によって水門の開度と水位を推定する遠隔監視システムを開発しました。

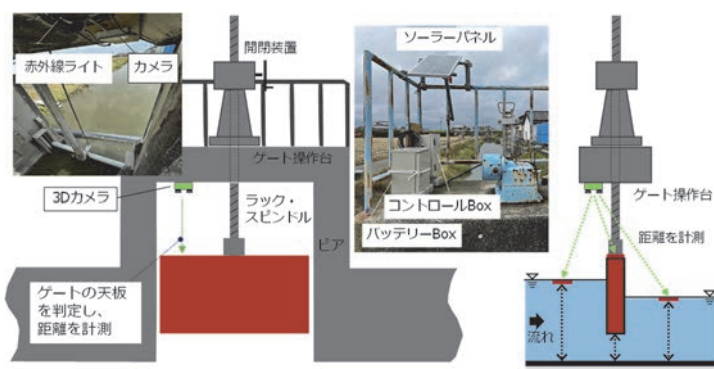


図1 システムの設置・計測イメージ

研究の背景

- 中小規模の農業用の水門の多くは、土地改良区職員や地元農家による巡回（機側操作）によって管理されています。このため、洪水時等の危機に対応する際には、水門の管理者は現場での操作時にリスクにさらされています。
- 水門の管理者から、「遠隔監視の際には、水門近傍の水位のデータだけでなく、周囲の状況を画像で把握したい」というニーズが寄せられました。

手法の特徴

- ゲート操作台の下端に3Dカメラを取り付け、ゲート上面を撮影することで、ゲート開度、およびゲート上流と下流の水面の水位を計測します。3Dカメラは、2眼のレンズの視差により対象物までの距離を求めます。
- ゲートの開閉に伴って撮影画像の中でゲートの位置が変わっても、画像解析（YOLOv3）により計測領域のゲート上面を検出します。
- YOLOv3は、オブジェクト検出に実績のある機械学習ライブラリです。これに50地点以上の水門にて収集した約3千枚の画像を教師データとして機械学習しました。
- 現地での実証試験では、降雨イベントにおける実測値と本システム計測値との平均絶対誤差（MAE）は上流水位2.0 cm、下流水位3.1 cm、ゲート高さ2.1 cmとなり、概算値としては実用的な精度を有しました。

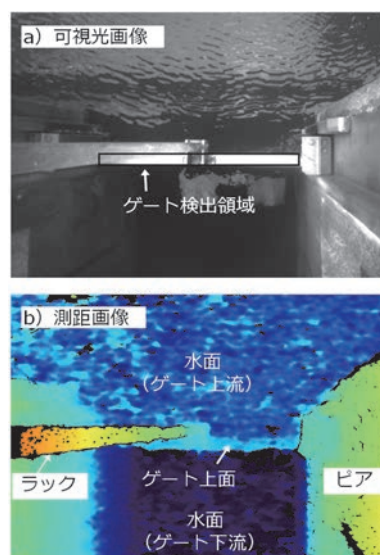


図2 ゲートの撮影画像

期待される活用例

- ソーラー電源で稼働し、セキュリティを確保したモバイル閉域網通信（携帯電話回線）の利用で月額数千円の通信コストで運用可能です。
- 河川、港湾、水産など、管理者の異なる水門の監視システムに接続でき、システムの一元化に対応します。

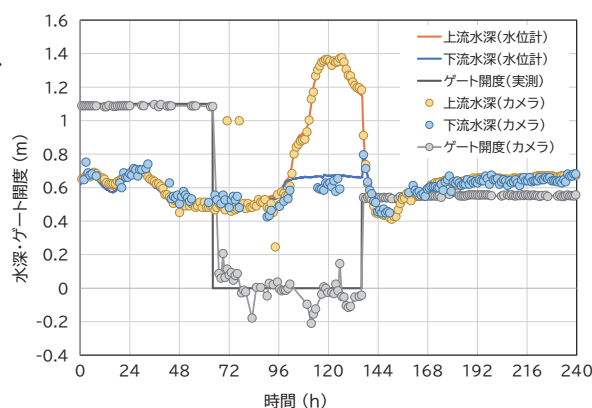


図3 ゲート開度のモニタリング事例

ハザードマップ作成のための ため池浸水想定区域算定マニュアル(案)

研究のポイント

- ため池決壊時の浸水想定区域設定手法である氾濫解析(不定流解析)の条件設定方法に関するマニュアルを作成しました。氾濫解析の基本的な条件設定と留意事項をまとめるとともに、過去の決壊事例での検証結果に基づき、解析結果の妥当性確認のための現地踏査時に着目すべきポイントや、妥当な結果が得られない場合の改善策を示しました。

研究の背景

- ため池決壊時の浸水想定区域の設定手法として、「簡易氾濫解析」が「ため池ハザードマップ作成の手引き(農林水産省)」に例示され、広く使われてきました。
- しかし、ため池決壊時の浸水想定特有の条件(例えば農村部の土地利用や、貯水池の決壊に伴う氾濫の特徴)を踏まえた氾濫解析の条件設定方法について、土地改良技術者が参照できるマニュアルはありませんでした。

成果の特徴

- 本マニュアルでは、まず、「簡易氾濫解析」に対応する基本的な解析条件設定項目(決壊ため池からの流出を表す境界条件、計算メッシュに与える地盤高および粗度係数)について解説しています。
- また、過去の決壊ため池における痕跡浸水深(図1)との比較検証に基づき、「簡易氾濫解析」に対応する基本的な解析条件だけでは妥当な浸水深等が得られない場合の改善策として、家屋やブロック塀等の線状構造物の影響や、降雨の影響を反映する方法と、その留意点をマニュアルに記載しています(図2)。
- 併せて、農研機構が主催する関連研修受講者の傾向から把握した、典型的な解析条件設定ミスの例とそれを防ぐ留意事項について解説しています。
- 氾濫解析を行った後には、その結果の妥当性検討のために現地確認を行うことが必要です。本マニュアルでは、過去の決壊事例で大きな浸水深を生じた箇所の特徴等も踏まえ、浸水想定区域設定時の現地確認において着目すべきポイントを示しています。



図1 決壊ため池における痕跡最大浸水深調査箇所

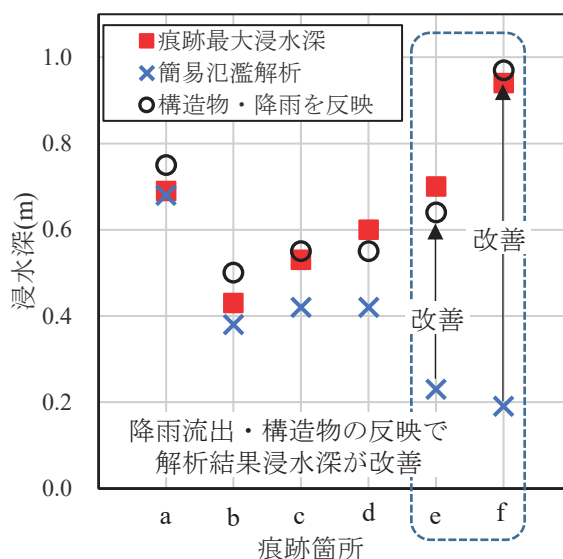


図2 構造物・降雨の反映による改善

物理モデルによる仮想データを深層学習に用いる、排水機場調整池の高精度水位予測手法

研究のポイント

- 排水機場調整池の水位予測を行う深層学習モデルにおいて、物理モデルで生成した大量の仮想データと観測データを用いて転移学習を行うことにより、良好な予測結果を出力する新手法を開発しました。大規模な洪水でも水位の予測精度を高めることが可能になります。

研究の背景

- 近年、水利施設の効率的な操作を支援するため、深層学習モデルを用いた河川や排水路の水位予測が試行されています。しかし、従来の深層学習モデルでは、観測データにほとんど含まれない大規模な洪水を予測することが困難でした。

手法の概要

- 対象地区の特性を考慮し、統計的手法を用いて生成した降雨を内水氾濫解析モデルに入力し、大量の仮想水位データを出力します(図1a)。
- 次に、大量の仮想水位データを深層学習モデルに入力して事前学習を行います(図1b)。
- 事前学習で得られたパラメータを再利用した深層学習モデルに、観測値を入力して再学習(転移学習)することで、観測値の特徴を反映させた水位予測の結果を出力します(図1c)。

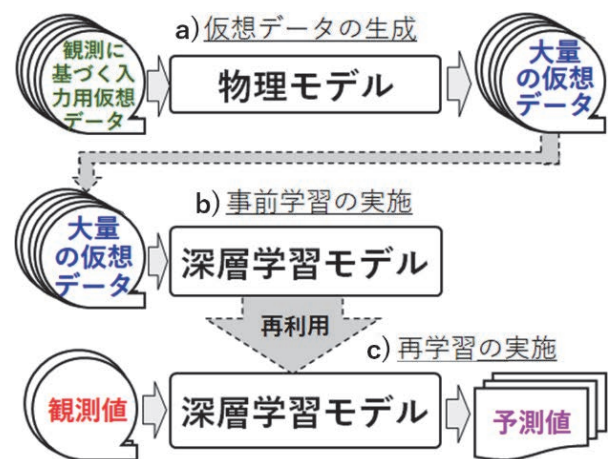


図1 新手法のデータフロー

適用事例

- 対象地区における水位変化を深層学習の新手法(転移学習あり)と従来手法(転移学習なし)で予測し、観測データと比較したところ、誤差が改善しました(図2)。なお、大規模洪水イベントの仮想水位データを1,000個用意し、深層学習モデルに長・短期記憶(LSTM)を用いました。

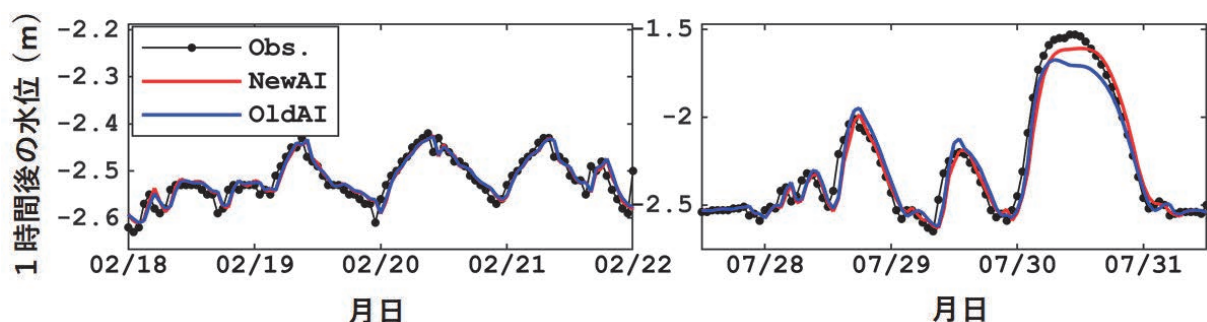


図2 転移学習あり(NewAI)/なし(OldAI)の1時間後の水位予測と観測値(Obs.)の比較
常時排水(左)、洪水時排水(右)

ベイズ推定の代替手法を導入した 不確実性を可視化できるAI水位予測モデル

研究のポイント

- 排水管理に利用される遊水池や排水路の水位の予測は、豪雨や洪水による湛水被害の防止や被害の軽減に役立ち、その予測精度の向上は重要です。
- リアルタイム予測に利点のある長・短期記憶(LSTM)ネットワークモデルを活用したAI水位予測モデルに、ベイズ推定の代替手法を導入することで、予測精度の改善と予測結果の不確実性の表現が可能となりました。

研究の背景

- AIを利用した水位予測は過去のデータを使って事前学習を行うため、観測データが十分に得られない大規模な洪水を対象にする場合は予測精度が低いことが課題です。また、予測結果に含まれる誤差を表現できません。

開発したモデルの特徴

- 予測時間の迅速性などの観点からリアルタイム予測に広く利用されている長・短期記憶(LSTM)ネットワークモデルに、ベイズ推定の代替手法を導入しました(図1)。
- 導入したベイズ推定の代替手法は、ネットワーク内の一部のノードをランダムに不活性化する手法(MC ドロップアウト)です。
- 疑似的なアンサンブル予測を行うことで、予測精度が改善されるうえ、予測結果の不確実性の表現が可能となりました(図2)。
- 検証した事例では、予測のリードタイムが1時間と3時間の場合、従来のモデルより予測精度が約10%改善しました。

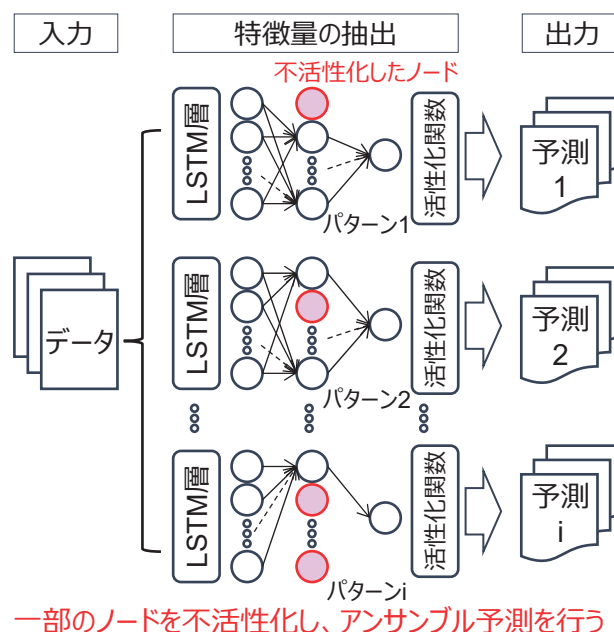


図1 開発したAI水位予測モデルの構造

期待される活用例

- 低平地に位置する排水機場の水位など、水利施設の操作による影響を受ける地点における水位の予測への適用が期待されます。

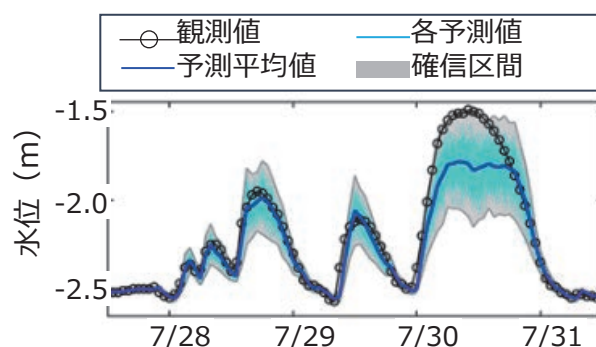


図2 不確実性を表現した予測結果

知りたい技術が ここにあります



メールマガジン

https://www.naro.go.jp/laboratory/nire/mail_magazine



登録フォーム(Microsoft Forms)

農村工学研究部門の最新情報を毎月配信しています。

実用新技術 成果選集

<https://www.naro.go.jp/org/nire/jituyo/>



農村工学研究部門の主な研究成果をまとめて編集したものです。

ホームページ

<https://www.naro.go.jp/laboratory/nire/>



プレスリリースからイベント情報まで。欲しい情報がここにあります。

農工研ニュース

https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/laboratory/nire/news2/



3か月に1回、研究成果を中心にお届けします。

広報誌「NARO」

https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/laboratory/naro/quarterly-newsletter



農研機構の刊行している広報誌です。毎号違うテーマで皆様にお届けします。

NAROchannel

<https://www.youtube.com/@NAROchannel>



農研機構が開発した新しい品種や最新技術などの研究成果を動画で紹介しています。

農業農村整備のための実用新技術成果選集

令和8年6月 発行

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究部門

〒305-8609 茨城県つくば市観音台 2-1-6

(技術移転部 移転推進室)

Tel. : 029-838-8296

「本資料から、転載、複製する場合は、当部門の許可を得てください」



農村工学研究部門 技術移転部