

国営事業地区等フィールド調査 学生支援事業

令和4年度

当協会では協会設立50周年事業として、優れた技術者の育成・確保の観点から、大学において担当教員の指導の下に国営事業地区等をフィールド調査し卒業論文等を作成する学生に対して、旅費、宿泊費等の諸経費を支援する事業を実施しています。今回、令和4年度事業の支援学生から研究成果の報告がありましたので紹介します。

8 AE法によるオゾン処理を施した稲わらの引張強度特性に関する研究

新潟大学 農学部 坪田 到馬
(進学先 新潟大学大学院自然科学研究科)
指導教員 鈴木 哲也 教授

9 多面的機能支払交付金における活動組織の広域化の課題とその対策 —兵庫県を対象にして—

京都大学 農学部地域環境工学科 農村計画学研究室 細川 裕未 (現在 農林水産省 勤務)
指導教員 星野 敏 教授

10 マクロ分散現象に及ぼすランダム不均質場の空間相関性の影響

神戸大学 農学部 竹内 佑衣
(進学先 神戸大学大学院)
指導教員 井上 一哉 教授

11 トレーサ試験を用いた地下ダム止水壁の損傷探査

神戸大学 農学部 牧野 桃子
(進学先 神戸大学大学院)
指導教員 井上 一哉 教授

12 膨張材を混和したコンクリートの拘束試験における作用力管理方法の検討


鳥取大学 農学部 生命環境農学科 篠原 佳太
(現在 内外エンジニアリング(株) 勤務)
指導教員 緒方 英彦 教授

13 サンドブラスト式摩耗試験機の促進倍率に関する研究

島根大学 生物資源科学部 環境共生科学科 地域工学コース 山本 真生
(現在 中部地方整備局 勤務)
指導教員 上野 和広 助教

14 けい酸塩系表面含浸工法を用いた無機系表面被覆工法の長期耐久性評価

高知大学 農林海洋科学部 農林資源環境科学科 岩崎 司
(現在 静岡県庁 勤務)
指導教員 佐藤 周之 教授



1～7の報告は前々号（322号）に掲載しました。

1 北海道に侵入した国内外来カエルの生息分布解明にむけた音声自動判別モデルの構築

帯広畜産大学 新海 萌香
指導教員 中島 直久 助教

2 WRFモデルを用いた八郎潟干拓による流域気象環境の変化推定

秋田県立大学 生物資源科学部 アグリビジネス学科 佐藤 友哉
(現在 東北農政局 勤務)
指導教員 増本 隆夫 教授

3 福島県の国営かんがい排水事業地区における水管理システムの実態分析

福島大学 農学群食農学類生産環境学コース水資源利用研究室 石本 帆乃
(進学先 筑波大学大学院理工情報生命学術院生命地球科学研究群生物資源科学プログラム博士前期課程)
指導教員 申 文浩 教授

4 大規模畑地灌漑地区における従量制水利費賦課方式の節水効果

筑波大学大学院生命地球環境科学研究群 生物資源科学学位プログラム 利水環境工学研究室 2年
長谷部 紫苑
指導教員 石井 敦 教授

5 水稻の低水温害抑制のための水管理法が水田の水温分布に与える影響について

東京大学農学部 生物・環境工学専修4年 白石 和也
(進学先 東京大学大学院農学生命科学研究科修士課程)
指導教員 西田 和弘 准教授

6 渡良瀬川魚道における準リアルタイム水中観測システムの構築

東京農工大学 農学部 地域生態システム学科 4年 水資源計画学研究室 小寺 俊輔
(進学先 東京農工大学大学院農学府農学専攻食農情報工学コース)
指導教員 福田 信二 教授

7 リサイクル炭素繊維の農地還元の可能性の検討

Investigation of the Possibility of Returning Recycled Carbon Fiber to Agricultural Land

東京農工大学 丸山 智也
(現在 東京都 勤務)
指導教員 加藤 亮 教授

AE法によるオゾン処理を施した稲わらの引張強度特性に関する研究



新潟大学 農学部 坪田 到馬
 (進学先 新潟大学大学院自然科学研究科)
 指導教員 鈴木 哲也 教授

1. はじめに

コメは、小麦に次いで世界で2番目に多く生産される穀物であり、毎年3億7000万から5億2000万トンの稲わらが生成され、世界で最も豊富な農業廃棄物となっている。廃棄される稲わらをグリーンコンポジットの強化材として有効活用することが、環境との親和性の高い材料が広く利用される社会構築の実現につながっていく¹⁾。複合材料の開発において繊維と母材との相性の改善が不可欠である。オゾン処理は繊維表面の改質が期待され、母材との付着性の改善が検討されている。実験的検討では、オゾン処理時間と繊維束断面積の大きさとの関係について評価した。本論では、すべてのサンプルを破断モードA、BおよびCの3種類に区別した(図1)。オゾン処理時間および破断モードにおけるAEエネルギーの発生傾向を評価した。

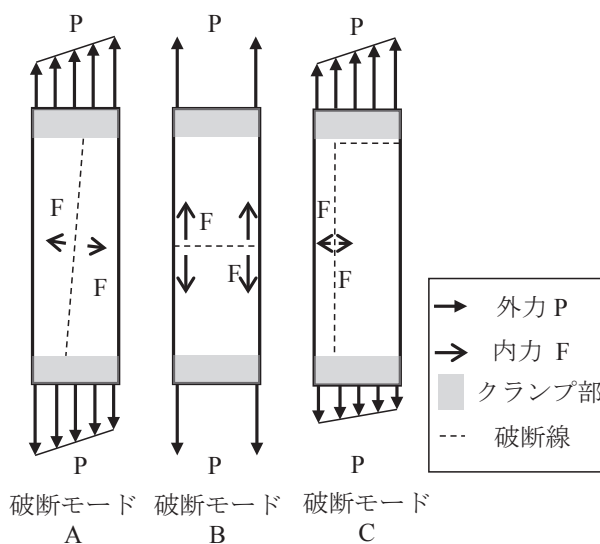


図1 破断モード別の内力と外力の模式図

2. 実験方法

本実験では、新潟県加茂市で収穫された稲わらの第3節間を供試材とした。オゾン発生器とナノバブル発生器を併用したガス溶解法により、供試材のオゾン処理を実施した。処理時間は未処理、2時間、4時間および6時間の計4ケースで区別し、各ケース60本ずつの供試体を用意した。オゾン処理前後における稲わら繊維束の断面積の変化を検討するため、供試材から長さ2mm程度の繊維束を処理前後3つずつ拔出しそれぞれ断面積を計測した。繊維束の切断面の撮影および断面積の計測にはデジタルマイクロスコープを使用した。処理前後において拔出したそれぞれ3つの繊維束断面積の平均を断面積とした。標点距離20mm、試験速度10mm/minで、引張試験機を用いた試験片の引張強度試験を実施した。試験片は厚紙で作製した支持体の中心に接着し、接着部分を標点とした。力学特性では判別できない破断の過程を定量評価するため、AE計測を実施した。AEセンサは350kHz共振型センサM31を用いて、標点直近部に1個ずつ、計2個設置した。変位計測に使用した動ひずみ計はAE計測用PCと同期させた。試験開始前と終了後の動ひずみ計に表示された変位をそれぞれデータシートに記入して各試験における引張の移動量を算出できるようにした。

3. 結果と考察

3.1 オゾン処理と繊維束断面積の関係

オゾン処理を施した試験片27個(2,4および6時間処理において各9個)の断面積について処理前後で差異があるかT検定により検討を行った。表1はT検定の結果を示している。処理後の断面積の平均値は処理前の断面積の平均値と比較して、2時間処理は18%、4時間処理は25%、6時間処理は10%縮小した。検定の結果、処理全体では1%水準において有意差が確認された。2時間処理では10%水準において有意差が確認され、4時間処理では5%水準において有意差が確認された。6時間処理では有意差が確認さ

表1 処理前後の断面積の平均値におけるT検定の結果

ケース	p値
処理前-処理後(全体)	0.006***
2時間処理	0.054*
4時間処理	0.016**
6時間処理	0.194

* $\alpha=0.1$, ** $\alpha=0.05$, *** $\alpha=0.01$

れなかった。既往研究では、オゾン処理を施したジュート繊維を走査電子顕微鏡(SEM)で観察した結果、未処理の繊維は比較的滑らかな表面をしているが、オゾン処理後の繊維には表面に凹凸が確認された²⁾。6時間処理の結果については、サンプルサイズを大きくして再度検討する必要がある。

3.2 オゾン処理および破断モードによるAEエネルギーの評価

代表的なAEエネルギー発生頻度割合とひずみの関係を図2に示す。横軸はひずみ、縦軸はAEエネルギー発生頻度割合の累計値 $F_e(\varepsilon)$ である。1つの折れ線グラフが1つのサンプルにおけるAEエネルギー発生頻度割合とひずみの関係を示す。未処理および6時間処理では载荷後期にAEエネルギーの発生が確認された。2時間処理および4時間処理では载荷中期にAEエネルギーの発生が確認された。6時間処理のサンプルは2時間処理、4時間処理のサンプルと比較して繊維同士が均質になり、最大応力付近でより多くの繊維が破断したと考えられる。オゾン処理が繊維の均質化をもたらすことは明らかにされていない。オゾン処理の時間の違いが繊維質にどのような影響を与えるか明白にすることが今後の課題である。

破断モードA, BおよびCにおいてはAEエネルギーの発生傾向に大きな差異は確認されなかった。このことから、試験片に衝撃荷重が加わっていたと推察される。実際に、1つのサンプルにおける試験時間が4秒から10秒と比較的短時間だった。今後、静荷重下での破断モードによる引張特性およびAEパラメータの差異について検討するため、引張試験における試験速度を検討する必要がある。

引用文献

- 1) 大窪和也, 高木均, 合田公一(2006): グリーンコンポジットとその研究の新展開, 材料, 55(4), pp. 438-444.
- 2) Maqsood, HS., Bashir, U., Wiener, J., Puchalski, M., Sztajnowski, S. and Militky, J.(2017): Ozone treatment of jute fibers, *Cellulose*, 24(3), pp. 1543-1553.

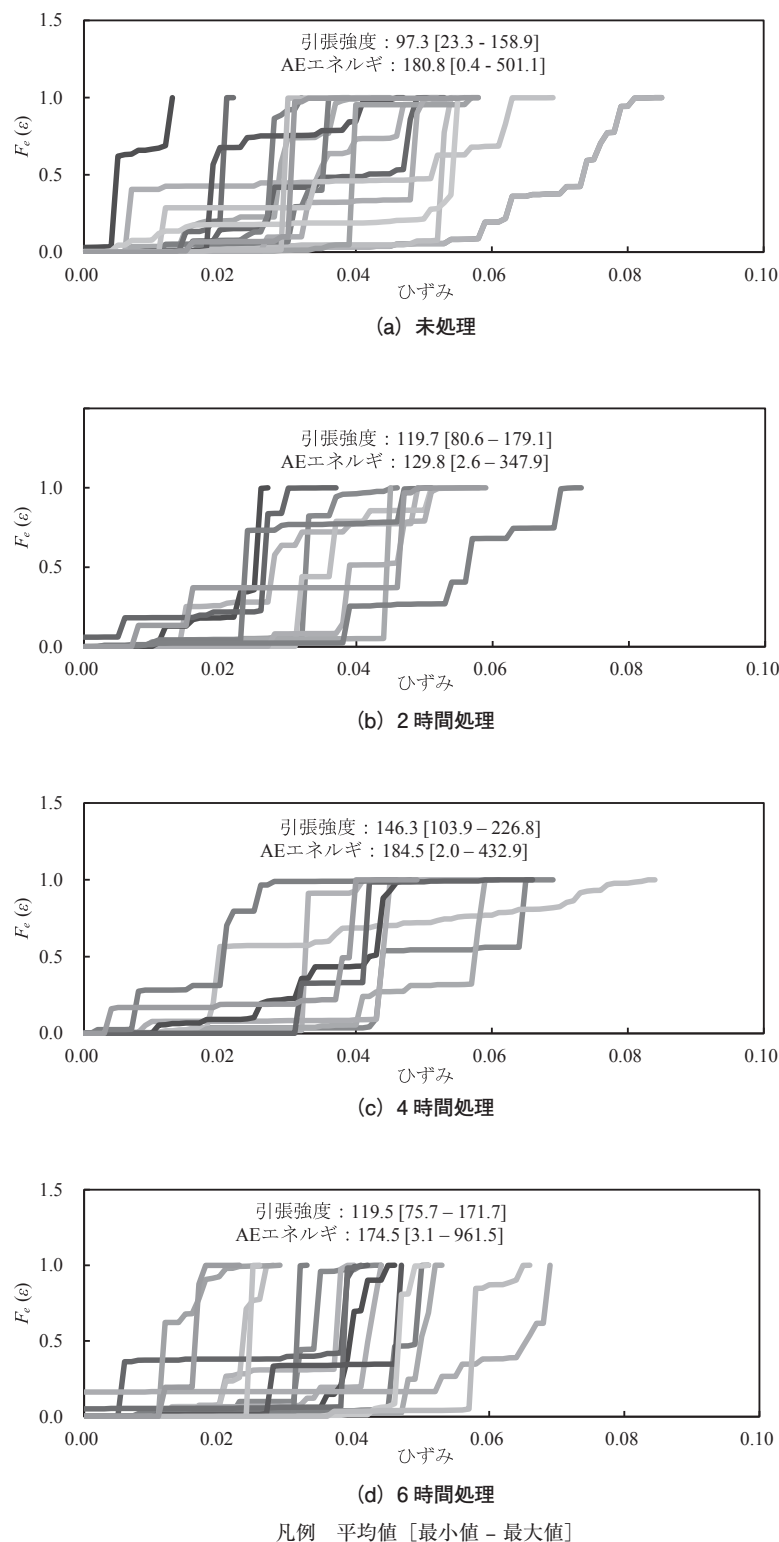


図2 AEエネルギー発生頻度割合とひずみの関係

多面的機能支払交付金における活動組織の広域化の課題とその対策 —兵庫県を対象にして—



京都大学 農学部地域環境工学科 農村計画学研究室 細川 裕未
 (現在 農林水産省 勤務)
 指導教員 星野 敏 教授

1. 研究の背景

平成19年から「農地・水・環境保全向上対策」により、地域共同による農地・農業用水等の資源管理と農村環境の保全向上の取組に対し、支援が行われた。その後、平成26年から「多面的機能支払交付金」によって、農業・農村の有する多面的機能の維持・発揮を図るための地域の共同活動について支援が行われ、地域資源の適切な保全管理が推進されてきた。制度において、農業者の高齢化・減少や事務処理の負担が課題となっている。農林水産省は、こうした状況を改善する手段の一つとして、活動組織の広域化を推進してきた。同じ問題を抱える周辺の集落や活動組織が連携し、事務を集約して効率的に処理したり、各集落等がもつ人材や知識・経験を提供しあったりすることで組織力を強化し、活動を維持・発展させることが期待できる。現在、広域化のカバー率は都道府県によって大きく異なる。兵庫県の認定農用地面積のカバー率は全国でもトップクラスにあるが、対象組織の広域化はあまり進んでいない。

2. 研究の目的と方法

本研究では、兵庫県において、広域化を推進するための方策、広域化以外の活動組織の活動を継続するための方策、広域化の下でさらに活動を発展させるための方策を提案することを目的とする。

まず、兵庫県内の活動組織(広域活動組織と広域化への意向のない組織)、新潟県内の広域化の先進事例に対してヒアリングを行う。ヒアリングの結果から、広域化への意向に関係がある要因、上記の方策について考察する。ヒアリングを行なった活動組織の属性は表1の通りである。

表1 ヒアリングを行なった活動組織の属性

	広域活動組織	広域化の単位	広域化への意向	農業者個人人数(人)	農業者団体数	農業者以外個人人数(人)	農業者以外団体数	最大活動参加人数(人)	認定農用地面積(a)	農業地域類型
見附市広域協定運営委員会(新潟県見附市)	○	市町村単位		868		0	35	881	246686	都市的地域 平地農業地域
新津郷広域協定(新潟県新潟市)	○	土地改良区単位		847	80		216	1687	384243	都市的地域
亀田地区農地・水環境保全管理協定(新潟県新潟市)	○	土地改良区単位		394	0	0	23	46	70712	都市的地域
神河みどり会(兵庫県神崎郡神河町)	○	市町村単位		782	23	1051	103	215	45850	中間農業地域 山間農業地域
コウノトリ育むろっぽう(兵庫県豊岡市)	○	土地改良区単位		302	6	293	26	127	35138	平地農業地域
北野地域活動協議会(兵庫県加東市)			参加するつもりはない	31	1	21	3	179	952	都市的地域
高田保全会(兵庫県朝来市)			参加するつもりはない	58	2	40	3	61	1770	中間農業地域
安井農地・水・環境保全会(兵庫県朝来市)			参加するつもりはない	22	4	61	7	11	1325	中間農業地域
南豊岡地区協議会(兵庫県三木市)			参加するつもりはない	12	0	16	2	25	997	平地農業地域

次に、ヒアリングを行なった数カ所の活動組織に留まらず、兵庫県内全体の活動組織において、広域化への意向に関係している要因を調べるため、令和元年度に兵庫県が活動組織(活動組織の代表者)に向けて行ったアンケート調査のデータ等を用いて分析を行う。ヒアリングから考えた広域化への意向に関係がある要因をアンケート項目から抽出し、広域化への意向との関係性をクロス集計及び χ^2 検定や相関分析により確認する。

最後に、ヒアリング結果とアンケート分析結果を踏まえて、上記した方策を提案する。

3. 結果

(1) ヒアリングによる広域化への意向に関係がある要因の抽出

ヒアリングから考えられる、広域化への意向に関係がある活動組織の属性・項目、広域化への意向がある組織が抱えている課題、広域化(に参加する場合)の課題はそれぞれ表2、表3及び表4のようになった。

表2 広域化への意向に関係がある活動組織の属性

項目	理由
活動参加人数	<ul style="list-style-type: none"> 三木市役所の方は、三木市内では、世帯数が少ない集落多く、集落内のまとまりがあって、広域化したくないという本音がそれぞれの活動組織にあるため、市全体での広域化は難しいと考えられている。活動参加人数が小さいほど、広域化への意向がないと考えられる。
認定農用地面積・農業地域類型	<ul style="list-style-type: none"> 新津郷広域協定、亀田地区農地・水環境保全管理協定では、平地で認定農用地面積が大きく、土地改良区の基盤が強く、土地改良区に事務局の設置をするメリットが大きかったことが広域化に繋がったと考えられる。 コウノトリ育むろっぽうでは、広域化ができた理由を平地で広大な水田が広がっていたからだと考えている。認定農用地面積が大きい活動組織ほど広域化意向が高いと考えられる。また、平地農業地域ほど広域化への意向が高いと考えられる。 北野地域活動協議会は、圃場の区画が不整形で農用地面積が小さく収益が低いと、広域化が難しいと考えた。認定農用地面積が大きく、収益が大きい組織は広域化への意向があると考えられる。 南豊岡地区協議会では、認定農用地面積が少ないため、広域化後、交付金の流用について合意形成が難しいのではないかと考えている。認定農用地面積が小さい活動組織では、広域化への意向がないと考えられる。
広域化の認知度	<ul style="list-style-type: none"> 安井農地・水・環境保全会は、広域化を知らなかった。広域化の認知具合によっても、広域化への意向が変わると考えられる。なお、活動組織は広域化について市町村から説明を受けることになっており、広域化の推進は市町村の裁量によるところがある。

表3 広域化への意向がある活動組織が抱える課題

項目	理由
事務処理負担	<ul style="list-style-type: none"> 見附市広域協定運営委員会、神河みどり会では、広域化によって、活動組織も市、町も事務負担が軽減された。事務に負担を感じている活動組織は広域化への意向があると考えられる。 亀田地区農地・水環境保全管理協定では、広域化したことで活動組織の事務負担が大きく軽減された。事務に問題を抱える組織は広域化への意向が高いと考えられる。 高田保全会、南豊岡地区協議会では、事務について問題を抱えていないため、広域化の必要性はないと感じたと考えられる。そこで、事務について問題を抱えている組織ほど、広域化への意向が高いと考えられる。
農家の減少・高齢化による活動参加者の減少・作業能力の低下	<ul style="list-style-type: none"> 神河みどり会では、規模が小さくて、後継者や人材が少なく、今までと同じ事務作業を後継者ができるかどうか不安を抱えているため、将来を見据えて広域化への参加を決めた活動組織もあった。規模が小さい活動組織、後継者や人材が少ない活動組織では広域化への意向があると考えられる。
パソコンが使用できない	<ul style="list-style-type: none"> 高田保全会、南豊岡地区協議会では、パソコンを使える人材がいて、事務について問題を抱えていないため、広域化の必要性はないと感じたと考えられる。パソコンが使えず事務に問題を抱えている組織ほど、広域化への意向が高いと考えられる。

表4 広域化(に参加する場合)の課題

項目	理由
交付金から事務局経費が引かれて集落交付額が減る	<ul style="list-style-type: none"> 新津郷広域協定では、一部の活動組織には事務局の委託費が発生した。 神河みどり会では、事務局経費によって交付金が減ることに対して、事務局経費を払わなくても、今までの活動組織の中で、会計や書類の作成は行えるため、事務局経費を払って広域化に参加するメリットがないのではないかと理由で、理解が得られないことがあった。
集落間の取り組み姿勢が違うので集落間の調整や合意形成に不安がある	<ul style="list-style-type: none"> 見附市広域協定運営委員会は、組織を立ち上げて統一ルールを作成するまでが大変だった、市内集落全体で合意形成を図ることも大変だったと考えている。 新津郷広域協定では、最初は活動単位のすり合わせの際に反対意見が出た。 神河みどり会では、広域化すると各集落からの代表者が年に何度か集まらなければいけない機会があることに対して、負担が増える、今まで集落単位の時はなかったため煩わしいという理由で、初めは反対が数多くあった。また、長寿命化について、自分の集落で交付金を利用したいという理由で、集落間で調整して交付金を融通することは現段階ではできていない。 コウノトリ育むろっぽうでは、周辺の組織では棚田が多く、施設を管理していく考え方が異なっており、さらに広い範囲で広域化できなかったとしている。集落間の取り組み姿勢が違い、集落間での調整や合意形成に不安がある組織は広域化への意向が低いと考えられる。 北野地域活動協議会のように、広域化したいと思っても近隣の集落に断られる場合がある。 高田保全会のように、広域化への意向がない活動組織には、他の集落との合意形成において、考え方が違い、摩擦が起きると考える活動組織があると考えられる。 南豊岡地区協議会は、認定農用地面積が小さいこと、周辺集落との人間関係により、集落間の調整や合意形成に不安を抱えている。
集落の事務量が本当に減るのか疑問	<ul style="list-style-type: none"> 安井農地・水・環境保全会は、事務負担軽減に対して疑問を抱いていた。
計画変更時に時間がかかる	<ul style="list-style-type: none"> 南豊岡地区協議会は、今の活動組織だと小規模なため、計画の変更にも小回りが効く、融通が効くが、広域化すると計画の変更がスムーズに行えないと考えている。
事務局を誰にするのか	<ul style="list-style-type: none"> ヒアリング全体を通して、広域化された活動組織は事務局となっている方が広域化を周辺の活動組織に呼びかけていた。また、広域化されていない活動組織には、市から広域化を提案されたら広域化を検討すると考えている組織が複数あり、事務局の成り手がいないと考えられる。

(2) アンケート分析結果

(1)で抽出した項目について、広域化への意向とのか関係性をクロス集計・ χ^2 検定や相関分析を用いて分析した(詳細は割愛する)。

その結果、広域化の認知度の低さ、集落間の取り組み姿勢の違いによる集落間の調整や合意形成に対する不安、事務局のなり手に対する不安が広域化への意向を低くしていることが分かった。

4. 考察

前章での結果を踏まえて、兵庫県における活動組織の広域化にかかわる3つの方策について以下に提案する。

(1) 広域化を推進するための方策の提案

まず、広域化の認知度の低さが広域化への意向を低くしていると考えられるため、活動組織に対して広域化の周知を進める必要がある。広域化の周知は市町村に委ねられているため、市町村に広域化を活動組織に周知するように働きかける必要がある。次に、事務局のなり手に対する不安が広域化への意向を低くしているため、事務局の成りそうな組織に広域化を働きかけることが必要だと考えられる。新潟県のように、広域化の事例集を作成し、市町村など事務局になりそうな組織に配布することも検討できる。それでも広域化への意向がない組織は、広域化以外の手段で活動を継続する必要があると考えられる。

(2) 広域化以外の活動組織の活動を継続するための方策の提案

広域化への意向がない活動組織に今後の活動について何うと結果は以下の表のようになった。

表5 今後の活動について(広域化への意向がない活動組織)

北野地域活動協議会 (兵庫県加東市)	高田保全会 (兵庫県朝来市)	安井農地・水・環境保全会 (兵庫県朝来市)	南豊岡地区協議会 (兵庫県三木市)
<ul style="list-style-type: none"> 若くて馬力があって作業できる人を増やす必要がある。活動費があるかぎり非農家を増やしたい。 溜池、水路、農道は地域、地区を巻き込んで運営をしていかなければいけないのではないかと。 小規模な形で管理が回るような体制をとりたい。 協議会を地域の方にもっと発信していきたい。 15年後までは今の農業者がやっつけていけるがその後は先が見えない。 現状維持で精一杯で、今のところ新たにやってみたいことはない。 	<ul style="list-style-type: none"> 農会の運営も今後厳しくなりそう。高田全体で農事係を立ち上げる必要があると考える。農会と保全会を一緒にすることがいいのではないかと。 隣の地区の農業者に半分以上土地を委託している。その方の息子さんが将来の担い手になるだろう。できたらその方に土地の管理をお願いすることになるだろう。 外部から人を呼ぶより自分の区のことをしっかり考えることが大事だと思う。 	<ul style="list-style-type: none"> 活動できなくなると大規模農家に土地全体を委託する予定。 いろんな年代の方がいるもの、昔に比べると交流が少ない。集落作りの活動を盛んにしたい。 地域への移住者が増えている。新しく地域に入ってきた方が保全会に入りにくい。農地の保全管理と切り離してかもしれないが、保全会以外の会を作ることでも検討している。若い人の中に、保全会の活動に興味を持って活動を続けたい人がいれば受け入れたい。 	<ul style="list-style-type: none"> できるだけ自分の地区の水田は自分の地区で管理したい。 耕作できなくなると地区内の人に土地を委託する事になる。 若い人(30代~40代)の次の世代はいない。それ以降は活動が続く心配である。 10年後くらいまでは地区でなんとかやっつけていけるが、その後は広域化しなければいけないのではないかと。

大規模農家など受け皿がない組織は、自分の地域で農業水利施設を管理していきたいと考えていた。農業者の高齢化・減少が進行する中、活動を地域で継続していくためには、非農業者の参加を拡大する必要がある。非農業者が参加しない活動組織の非農業者は、他の活動組織で非農業者も積極的に活動に参加している事例を知らない可能性がある。既往研究を応用すると、このような情報を非農業者に周知することは有効だと考えられ、周知を推進する必要がある。非農業者に参加を働きかける際、兵庫県の活動組織への自治会の参画割合は75%ほどで高いため、自治会に働きかけることや、行政が非農家の参加について働きかけることも検討できる。

(3) 広域化の下でさらに活動を発展させるための方策

ヒアリング内容から、広域化の下で活動を発展させるステップを考察した。

表6 広域化の下で活動を発展させるステップ

	内 容	具 体 例	至るまでの課題	解決策
第1段階	事務負担の軽減	神河みどり会(兵庫県神崎郡神河町) (市町村単位での広域化) 広域化によって、活動組織にとっても事務局にとっても事務負担が大きく軽減された。 亀田地区農地・水環境保全管理協定(新潟県新潟市) (土地改良区単位での広域化) 書類の文面が難しく、書類作成に苦勞していたところ、土地改良区に事務委託できることは助かったとのことで、広域化によって事務の負担が軽減された。	<ul style="list-style-type: none"> 広域化すると運営委員会が設置され、各集落からの代表者が年に何度か集まらなければいけない機会が増えるため、負担が増える。 事務委託費が発生する。 活動単価のすり合わせなど話し合いが必要である。 	<ul style="list-style-type: none"> 広域化を周知する。 広域化によるメリットについて理解を促す。

第2段階	技術・知識などの情報交換	<p>新津郷広域協定（新潟県新潟市） （土地改良区単位での広域化） 土地改良区が技術的なアドバイスや活動に対する指導を行う際に、他集落の取組を紹介し、活動組織の活動の幅や技術が向上した。</p> <p>見附市広域協定運営委員会（新潟県見附市） （市町村単位での広域化） 各活動組織の代表者が集まり、研修会や研修旅行を行う。研修旅行は200人規模で行い、活動のスケールメリットを感じてもらっている。研修会の後は、懇親会を行なっている。参加者は懇親会を楽しみにしている。保全だけでなく営農についても交流が図れ、他集落に興味を持てるようになる。今までの閉鎖的な考え方、人間関係の作り直しに繋がっている。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 集落間で関わりを持つ必要がある。 	<ul style="list-style-type: none"> 強制的に集まらないといけない機会を利用して、集落間で交流する機会を設ける。 事務局が集落間の橋渡しをする。
	交付金の融通、有効活用	<p>亀田地区農地・水環境保全管理協定（新潟県新潟市） （土地改良区単位での広域化） 資源向上支払の長寿化については、全集落から代表者が集まり、現場を見て回り、工事が必要な農業水利施設に優先順位をつけて、交付金を利用して工事を進めている。</p> <p>見附市広域協定運営委員会（新潟県見附市） （市町村単位での広域化） 防草シート等の資材は共同購入することで安価となり経費の削減となった。輸送コストを抑えることもできて、対前年6割ほどに下がった。</p>	<ul style="list-style-type: none"> それぞれの集落は、長寿化について、予め用途を決めているなどしており、自分の集落で交付金を利用したと考えている場合がある。 資材の共同購入、機材の共同利用については、他の活動組織の活動を把握する必要がある。 	<ul style="list-style-type: none"> 長寿化について、長期的な視点で見ると、自分の集落の交付金が減るわけではないことを理解してもらう。 事務局が各活動組織の活動を把握し、資材の共同購入、機材の共同利用について検討する。 集落間で交流する機会を設ける。
第3段階	集落間での協力	<p>コウノトリ育むろっぽう（兵庫県豊岡市） （土地改良区単位での広域化） 広域化することで、市街地化、農家離れ、農会解散などで農地の管理ができていない（水路の泥上げができていない、水路の水が滞水している、農道が通れない）場所について、近隣の組織に面積は広がるがそれぞれの管理を請け負ってもらった。そして増えた面積の分、交付金増やした。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 人手不足を問題に抱える組織は多く、自分の組織の活動で精一杯だと考えられる。 	<ul style="list-style-type: none"> 集落間で仲間意識・信頼関係を構築する。
	広域化のスケールメリットを活かす活動	<p>見附市広域協定運営委員会（新潟県見附市） （市町村単位での広域化） 個別集落だけで行なってもあまり力が発揮できない取り組みも広域化した全ての活動組織で行うと大きな力を発揮する。「田んぼダム」の効果を持続的に発揮させるために「畔」の維持管理活動に取り組んでいる。水田の畦畔を集落の共同管理施設と位置づけ、草刈を共同活動として実施することを協定ルールとしている。 農家組合長が設定する期間内（年2回）に草刈を実施し、完了ごとに報告書を提出する。報告書に基づき、農家組合長は全箇所を確認し、適切な管理がされたものについて、水田の面積に応じた日当（1aあたり100円以内）を算出し代表者に請求する。このルールにより、田んぼダムを実施する農家へのインセンティブとなっている。また、実施率の向上にもつながり、より持続的な取り組みを実現している。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 新たな活動が増え、負担が増える。 活動のリーダーシップを取る人が必要である。 	<ul style="list-style-type: none"> 集落間で仲間意識・信頼関係を構築する。 スケールメリットを生かした活動に取り組む組織やリーダーシップを取る人に対してインセンティブを与える。

広域化のメリットとして、まずは事務負担の軽減が考えられる。次の段階で、交付金の融通、有効活用や技術・知識などの情報交換が考えられる。この段階に移るためには、強制的に代表者が集まる機会などを利用し、集落間で交流すること、事務局が集落間の橋渡しをすることが必要だと考えられる。さらに、集落間で仲間意識や信頼関係が構築されると、次の段階で、集落間での協力やスケールメリット生かした活動ができると考えられる。

謝辞

本研究は、一般社団法人土地改良建設協会「2022年度国営事業地区等フィールド調査学生支援事業」による支援を受けました。また、北陸農政局農村振興部農地整備課、兵庫県農林水産部農地整備課、兵庫県土地改良事業団体連合会、(株)地域計画建築研究所、兵庫県神河町、新潟県農地部農村環境課、(一社)農村振興センターみつけ、新津郷土地改良区、亀田郷土地改良区ならびに各活動組織の皆様には、ヒアリング調査やデータ提供など、様々なご協力をいただきました。ここに記して深謝の意を表します。

マクロ分散現象に及ぼすランダム不均質場の空間相関性の影響



神戸大学 農学部 竹内 佑衣
 (進学先 神戸大学大学院)
 指導教員 井上 一哉 教授

1. はじめに

奄美群島に属する喜界島では農業が活発におこなわれ、特に図1のようにゴマやサトウキビの生産が盛んである。地質的には、多孔質で高透水性な琉球石灰岩で構成されているため、年間降水量は比較的多いものの、地下浸透の度合いが大きく、地表水に乏しい島である。農業活動の活性化に向けて、地中に止水壁を造成して地下水を貯水し、必要に応じてくみ上げて農業用水などに利用する地下ダムが供用されている一方で、地下水流れのせき止めによる良好な水質の維持は大きな課題といえる。



図1 喜界島の農業(ゴマ、サトウキビ)

地下水汚染の対策のためには汚染物質の輸送挙動の把握が必要である。地下水中の汚染物質などの溶質は、移流分散現象によりその存在範囲を広げる。特に、溶質の拡がりに大きく寄与するマクロ分散現象は、不均質透水場における透水係数分布に起因して生じる。地盤の透水係数に関する相関性は距離に応じて指数関数的に減少する傾向にあり、相関の減少傾向のなだらかさは空間相関長により決定される。



図2 喜界島の透水係数分布の一例

マクロ分散現象の程度を推定するためには、実地盤における現地トレーサ試験や、実地盤をモデル化した模擬地盤を用いた溶質輸送実験や数値シミュレーションが実施される。現地トレーサ試験は実地盤における溶質の輸送挙動の把握に有効な一方、物理的・経済的制約が多い。

そのため、実験環境を制御でき、比較的成本の小さいラボレベルの実験や数値シミュレーションは有益な手段である一方で、ランダム性を有する模擬地盤にて実施した実験的アプローチの例は乏しいのが現状である。

そこで本研究では、ランダム性を有する場にて透水係数分布の空間相関長がマクロ分散現象に与える影響について評価するため、模擬地盤を作製し溶質輸送実験を実施した。

2. 溶質輸送実験

本実験では、図3に示す幅200cm、高さ80cm、奥行き3cmの実験水槽を使用した。幅180cm、高さ60cmの空間に不均質場を形成すべく、コレスキー分解を伴う以下の方法¹⁾によりランダム性を有する透水係数分布を決定した。まず、2点*i*、*j*の重心間の距離に関する相関マトリクス*C*を座標*x*と相関長*λ*を用いて

$$C = \exp\left(-\frac{2|x_i - x_j|}{\lambda}\right) \quad (1)$$

により求め、コレスキー分解を用いて

$$S^T S = C \quad (2)$$

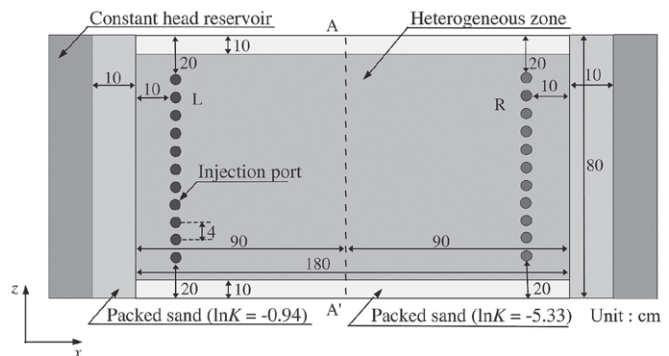


図3 実験装置の概略図

により三角行列 S を求めた。次に標準正規乱数ベクトル W を用いて

$$G = S^T W \quad (3)$$

によりランダムベクトル G を求め、対象場の透水係数の分布割合は対数正規分布に従うと仮定して、透水係数分布 K を作製した。

$$K = \exp(\mu_{\ln K} + \sigma_{\ln K} G) \quad (4)$$

ここに、 $\mu_{\ln K}$ は透水係数分布の幾何平均、 $\sigma_{\ln K}$ は幾何標準偏差である。

このとき、透水係数の相関長 λ は領域サイズを考慮して 5cm および 17cm とした。生成した透水係数分布を図 4 に示す。25種類の土質試料を 1辺 3cm の立方体格子状に 1200個配置して図 2 に示す不均質場透水場を作製した。定水頭タンクを調整して動水勾配 I を 0.025 または 0.050 とした。本実験では、パターン L として図 3 の L 列にある 11 点の注入孔に初期濃度 0.2 mg/cm^3 の Brilliant Blue FCF 水溶液を 1 点あたり 20 cm^3 注入し、溶質挙動を撮影した。また、パターン R として流向を逆流させて R 列に水溶液を注入することでマクロ分散現象の相違を評価した。溶質挙動の一例を図 5 に示す。また、本実験のケース名と実験条件を表 1 に示す。

取得画像のピクセル明度から空間モーメント量 M_{ij} とマクロ縦分散長 A_L をマクロ横分散長 A_T を

$$M_{ij}(t) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} H(x, z) B(x, z, t) x^i z^j dx dz \quad (5)$$

$$A_L = \frac{M_{20} M_{00} - M_{10}^2}{2 \xi_c M_{00}^2}, \quad A_T = \frac{M_{02} M_{00} - M_{01}^2}{2 \xi_c M_{00}^2} \quad (6)$$

により算出した。ここに、 t は時間、 H はピクセル面積、 B はピクセル明度、 i と j は空間次数、 ξ_c は溶質重心の輸送距離である。

3. 結果と考察

マクロ縦分散長の結果を図 6 に示す。マクロ縦分散長は溶質の輸送距離の増加に伴って拡大するスケール依存性²⁾が見られ、同時に相関 5cm のランダム場のパターン L とパターン R のマクロ縦分散長に差異が生じた。相関長 5cm の透水係数分布では、図 3 に示す A-A' 線より左側と右側の不均質度 σ は 0.676 と 0.749 であり、両者の差は 0.073、相関長 17cm では左右の差は 0.014 である。したがって、輸送領域の不均質度は

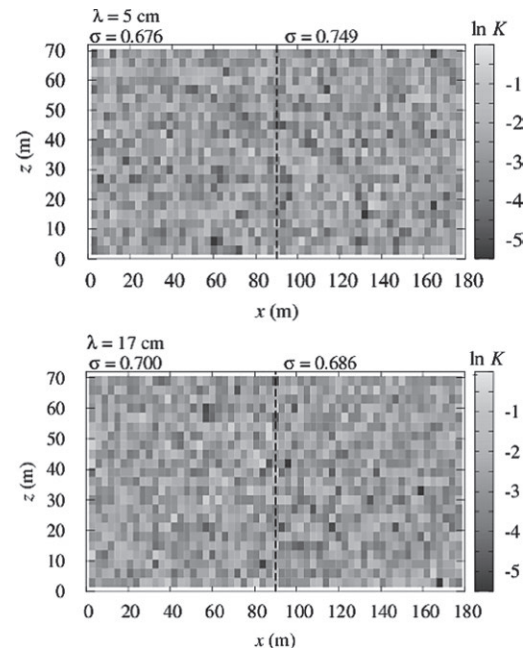


図 4 透水係数分布

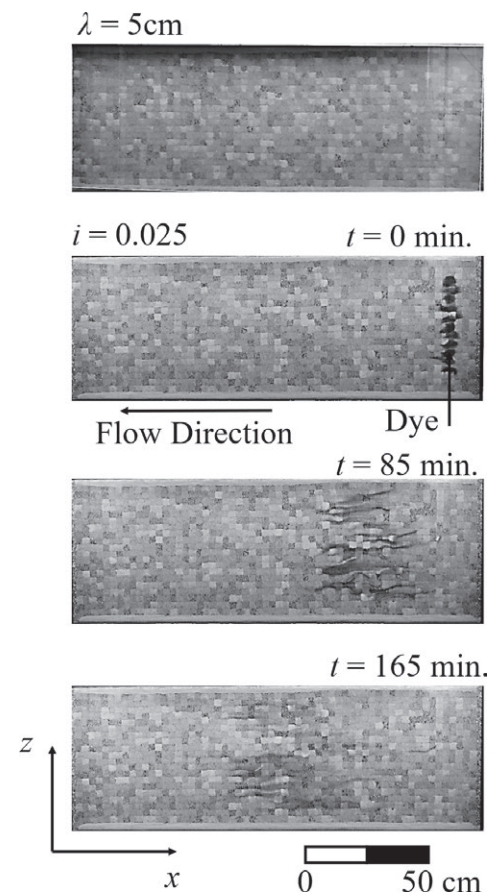


図 5 溶質輸送現象の一例

表 1 ケース名と実験条件

ケース名	相関長	動水勾配	流れ方向	ケース名	相関長	動水勾配	流れ方向
Case A1	5cm	0.025	L	Case B1	17cm	0.025	L
Case A2	5cm	0.025	R	Case B2	17cm	0.025	R
Case A3	5cm	0.050	L	Case B3	17cm	0.050	L
Case A4	5cm	0.050	R	Case B4	17cm	0.050	R

マクロ分散現象への感度の大きい因子と言える。一方、図7にはマクロ横分散長の結果を示す。マクロ横分散長は相関長 λ に依存せず、溶質の輸送距離の増加に伴って減少する。これは、 z 軸方向の流速成分の相対的な小ささに起因した分散性の低さが一要因である。図6、図7より動水勾配に起因するマクロ分散長の差異はいずれの実験ケースにおいても生じていない。マクロ分散現象は間隙構造と透水係数分布に依存し、動水勾配に依らない²⁾点は妥当な結果と言える。

分散長に及ぼす相関長の影響を検討するため、各相関長で得られた4つの分散長の推移を輸送距離に応じてアンサンブル平均した。相関長ごとに得られたアンサンブル平均と輸送距離の関係を図8に示す。相関長5cmと17cmのアンサンブル平均は一致しており、マクロ分散現象に及ぼす空間相関性の影響は小さいと言える。これは、本実験にて採用した透水係数分布のランダム性が高く、空間相関性の効果を弱めていることに起因すると推測される。

4. まとめ

本研究では、溶質輸送実験により透水係数分布の空間相関性とマクロ分散現象の関係を定量化した。その結果、不均質度はマクロ分散現象に強く影響する点、透水係数分布のランダム性は空間相関性の効果を弱める可能性がある点を明らかにした。

謝辞

本研究は、一般社団法人土地改良建設協会「2022年度国営事業地区等フィールド調査学生支援事業」による支援を受けました。また、農林水産省九州農政局喜界島農業水利事業所の皆様には、ダムサイトの調査やデータ提供など、様々なご協力をいただきました。ここに記して深謝の意を表します。

参考文献

- 1) Kasama, K. and Whittle, A. J.: Bearing capacity of spatially random cohesive soil using numerical limit analyses, *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 137(11), pp.989-996. 2011.
- 2) Gelhar, L.W., Welty, C. and Rehfeldt, K.R.: A critical review of data on field-scale dispersion in aquifers, *Water Resources Research*, 28, pp.1955-1974, 1992.

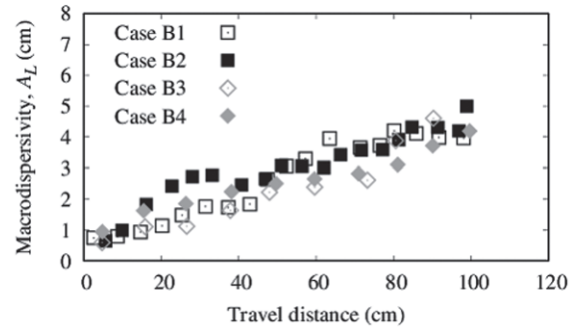
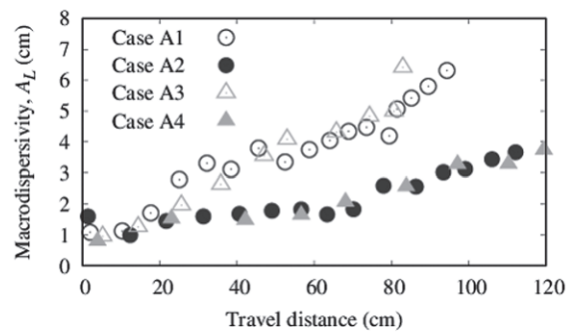


図6 マクロ縦分散長の推定結果

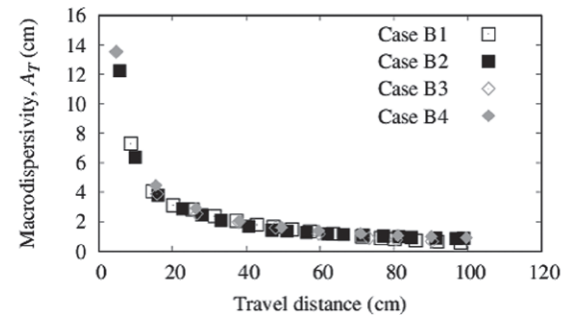
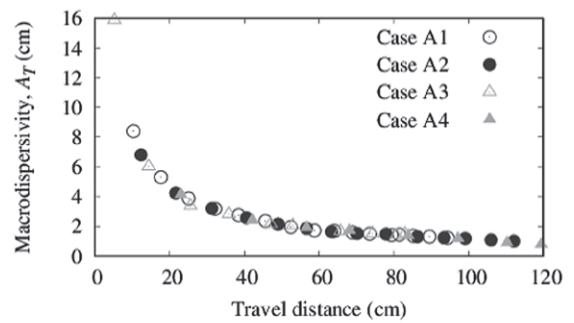


図7 マクロ横分散長の推定結果

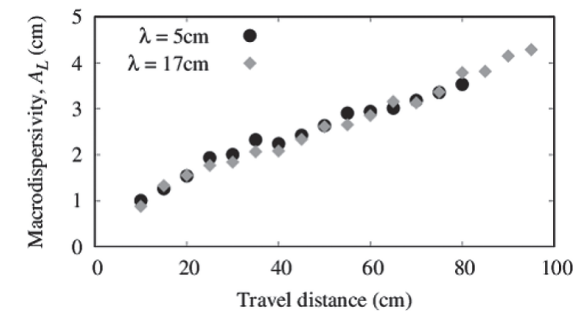


図8 アンサンブル平均結果

トレーサ試験を用いた地下ダム止水壁の損傷探査

神戸大学 農学部 牧野 桃子
(進学先 神戸大学大学院)
指導教員 井上 一哉 教授



1. はじめに

南西諸島の一つである喜界島は、高温多湿で降水量は多いものの、多孔質かつ透水性の高い琉球石灰岩にて地盤が構成されているため地表水に乏しい。そのため、農業用水を確保すべく、国営喜界土地改良事業により喜界地下ダムが整備され、基幹作物であるサトウキビや野菜、果樹、白ごまなどの高収益作物の収量増加が実現している。農業用水のさらなる安定供給を目的として、塩水阻止型の喜界第2地下ダムが新設される予定である。また、喜界第2地下ダム貯留域の一部では帯水層深部に高透水性の石灰藻球石灰岩が存在する¹⁾ものの、塩水阻止型地下ダムに与える高透水層の影響に関する知見は未だ少ない。

また、地下ダム管理では、経年劣化や地震動を受けた止水壁に対する損傷の度合いを早期に探査する手法の確立が望まれている²⁾。本研究では止水壁の機能診断手法の確立を目指して、トレーサ試験の利用可能性を模型実験により検討した。

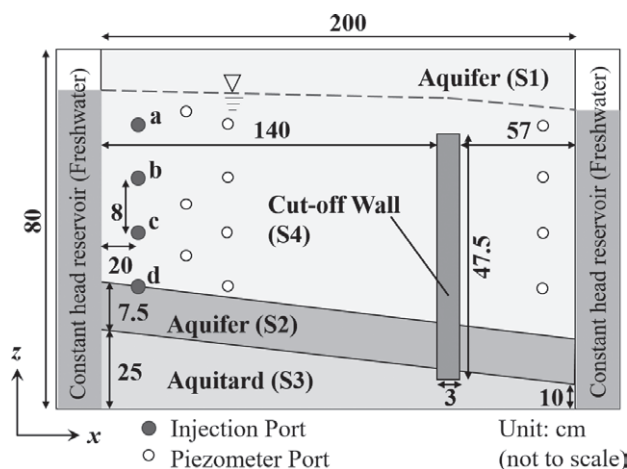


図1 実験装置の概略図

2. トレーサ試験

本実験で使用した実験装置の概略を図1、試料の物理特性を表1に示す。透水係数の異なる5種類の試料S1、S2、S3、S4、S5を用いて、帯水層、高透水層、難透水性基盤、止水壁、止水壁弱部をそれぞれ模擬した。模擬地盤を形成するにあたり、飽和状態の試料を水中落下法により層単位で充填した。止水壁全体を試料S4で形成し、健全状態の止水壁を模擬した場をCase α 、施工過程にて止水壁下部の透水性が高まる可能性を考慮し、止水壁下端から9cm区間を試料S5にて充填した場をCase β 、止水壁内の空隙などによる引張に起因する亀裂などを想定し、止水壁中央の9cm区間を試料S5にて充填した場をCase γ とした。各Caseにおける止水壁の模式図を図2に示す。

模擬地盤の形成後、最上流と最下流の水位差を12mmに設定し、越流状態とした実験ケースをType 1と称す。定常状態を確認後、トレーサ 20cm^3 を点aから点dの1点へ20秒かけてパルス注入した。溶質挙動を可視化するため、色素トレーサとして青系水溶性色素Brilliant Blue FCF³⁾を用い、初期濃度は $0.2\text{mg}/\text{cm}^3$ とし、理想トレーサとした。その後色素トレーサの移行過程をデジタルカメラにて定点撮影し、溶質輸送挙動を捉えた。地下ダム湖内への

表1 試料の透水係数と平均粒径

試料	透水係数 (cm/s)	平均粒径 (cm)
S1	1.9×10^{-1}	1.40×10^0
S2	4.0×10^{-1}	3.38×10^0
S3	4.8×10^{-3}	1.34×10^{-1}
S4	4.2×10^{-3}	9.05×10^{-2}
S5	8.1×10^{-2}	2.40×10^{-1}

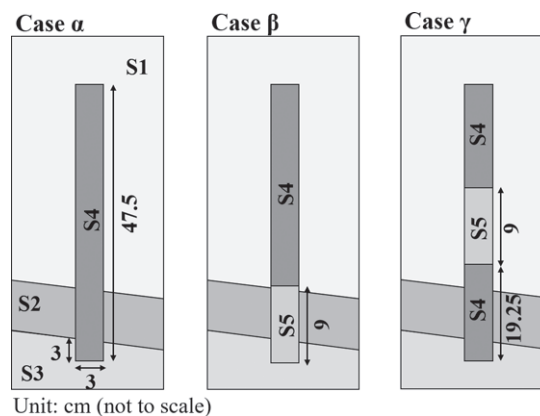


図2 各Caseの概略図

塩水浸入を再現するため、上下流の水位差は変えず下流側タンクを塩水で満たし、地盤内に塩水くさびを形成した実験ケースをType 2とする。下流側タンクに供給する塩水の濃度は3.5%とし、赤系水溶性色素New Coccinにて濃度0.1mg/cm³で着色した。また、Type 1の条件下において、NaCl濃度を4%、8%、12%とした塩水トレーサも実験対象とした。Case aの地盤において、Type 1の条件のもと点aにトレーサを注入したケースをCase a-1-aとし、他の注入点およびCase、Typeについても同様のケース名を与える。

溶質挙動を定量化するため、空間モーメント M_{ij} を

$$M_{ij}(t) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} U(x, z) I(x, z, t) x^i z^j dx dz \quad (1)$$

にて求めた⁴⁾。ここに、 U は1ピクセルの面積、 I はピクセル明度、 t は時間、 i と j は各軸の空間次数である。溶質の重心を

$$x_G = M_{10}/M_{00}, \quad z_G = M_{01}/M_{00}$$

にて算出し、溶質輸送経路を定量的に評価した。

3. 結果と考察

Case a、 β 、 γ について、Type 1の条件における溶質分布の重心位置を図3に示す。凡例のアルファベットはトレーサ注入点を示す。図3より、自由水面近くに注入した溶質は止水壁弱部の影響を受けにくく、帯水層深部の溶質の輸送経路は弱部の有無や位置により大きく変化することがわかる。また、塩水浸入下のType 2における溶質分布の重心位置を図4に示す。図4より、塩水浸入下では、損傷が止水壁下部に存在するCase β では、いずれの注入点に注入した場合でも、溶質は止水壁を越流する。また、止水壁中部に損傷が存在するCase γ では、d点に注入した場合のみ溶質は損傷部を通り抜けるが、図5のように、塩水くさびが損傷部を覆い切っていないためと考えられる。そのため、Case γ における結果は、塩水浸入の状況によって変わると考えられる。以上より、塩水浸入のない貯留型地下ダムにおいては、水と比重の等しい理想トレーサを止水壁の損傷探査に用いる場合、帯水層深部に注入すると効果的であると言える。また、塩水阻止型地下ダムの場合は、トレーサ試験は弱部の損傷探査には不向きであると考えられる。

塩水トレーサを用いた場合のCase β 、 γ における溶質の重心位置をそれぞれ図6、図7に示す。凡例の数字は塩分濃度(%)を表す。両図より、トレーサに塩分を含む場合、止水壁の損傷箇所、トレーサ濃度に関わらず、溶質は注入後に下降し難透水性基

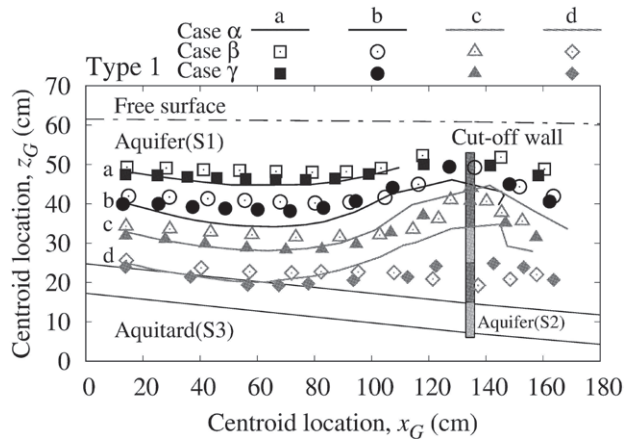


図3 溶質の重心位置(Type 1、理想トレーサ)

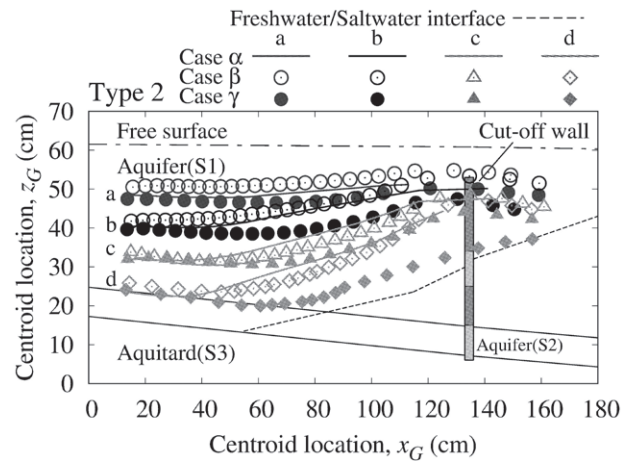


図4 溶質の重心位置(Type 2、理想トレーサ)

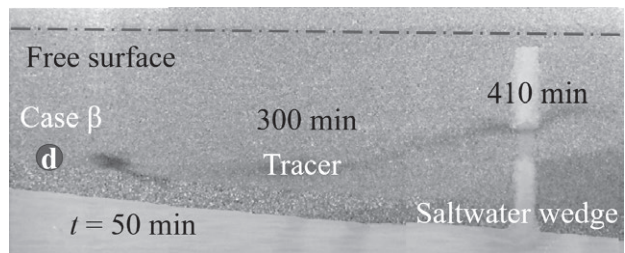


図5 実験画像(Type 2、Case β)

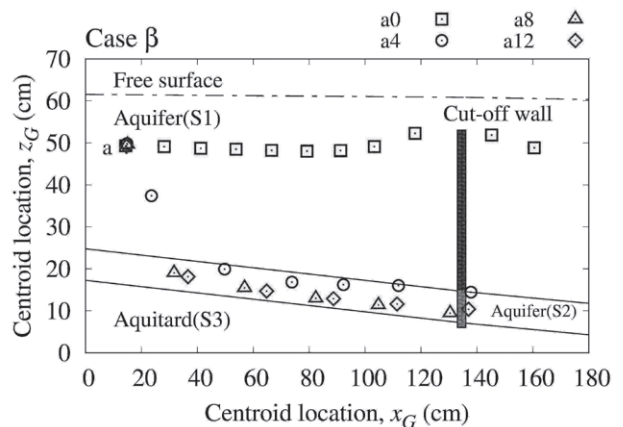


図6 溶質の重心位置(Case β -1、理想トレーサ)

盤に沿って移動する。よって、トレーサの検出という観点では、塩水トレーサを止水壁の損傷探査に用いる場合、塩分濃度の高いトレーサを用いるのは効果的と考えられる。塩水トレーサを用いた場合のCase β, γ の実験画像を図8に表す。実サイトにて、図中に示す観測孔で鉛直濃度を計測することを想定すると、Case β では、トレーサは鉛直方向にあまり拡がらず、止水壁下部の弱部を通過することから、深部にて濃度反応が生じる。一方、Case γ では溶質は止水壁中部の弱部を含めた下部を通過することから、損傷部を含めた深部にて広く濃度反応が生じる。以上のように、損傷箇所に応じてトレーサの検出箇所、検出範囲に差が表れることから、塩水トレーサ試験により地下ダム止水壁の損傷箇所を探査できると言える。

4. まとめ

本研究では、溶質輸送試験により地下ダム止水壁の弱部が溶質輸送に与える影響を評価し、トレーサ試験による止水壁の機能診断手法について検討した。その結果、塩水侵入のない、貯留型の地下ダムでは、トレーサ試験を用いた地下ダム止水壁の損傷探査は可能である一方、塩水阻止型地下ダムの止水壁の損傷探査には、トレーサ試験は不向きであることが示された。

謝辞

本研究は、一般社団法人土地改良建設協会「2022年度国営事業地区等フィールド調査学生支援事業」による支援を受けました。また、農林水産省九州農政局喜界島農業水利事業所の皆様には、ダムサイトの調査やデータ提供など、様々なご協力をいただきました。ここに記して深謝の意を表します。

参考文献

- 1) 九州農政局ダム技術検討委員会資料, 2019.
- 2) 緑資源機構：地下水有効開発技術マニュアル, 297p., 2004.
- 3) Flury, M. and Flühler, H.: Brilliant Blue FCF as a Dye Tracer for Solute Transport Studies - A Toxicological Overview, *Journal of Environmental Quality*, 23(5), pp.1108-1112, 1994.
- 4) Massabó, M., Bellin, A., and Valocchi, A.J.: Spatial moments analysis of kinetically sorbing solutes in aquifer with bimodal permeability distribution, *Water Resour. Res.*, 44, W09424, 2008.

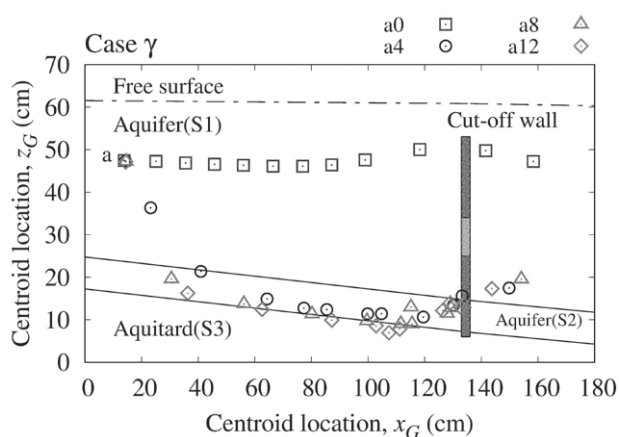


図7 溶質の重心位置 (Case γ -1, 理想トレーサ)

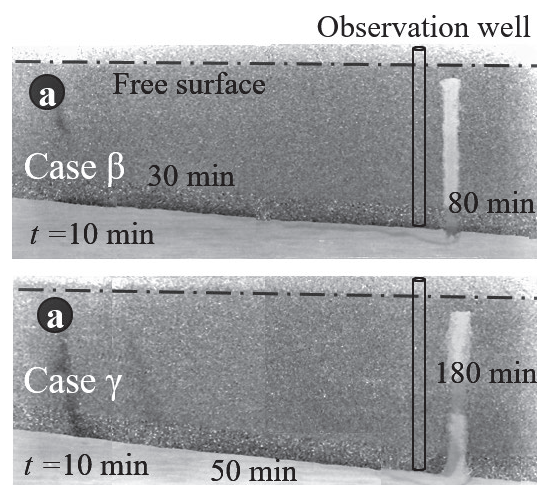


図8 実験画像 (12%塩水トレーサ, Case β, γ)

膨張材を混和したコンクリートの拘束試験における作用力管理方法の検討



鳥取大学 農学部 生命環境農学科 篠原 佳太
 (現在 内外エンジニアリング(株) 勤務)
 指導教員 緒方 英彦 教授

1. はじめに

青森県つがる市に位置する芦野頭首工の堰柱は、プレキャストコンクリート部材(以下、PCa部材)と現場打ちコンクリートにより改修が行われている。堰柱の建造にあたっては、PCa部材を連結する必要があり、各部材はPC鋼材で緊張される。また、PCa部材の中詰となる現場打ちコンクリートには、石灰系膨張材が使用されている。このように芦野頭首工の堰柱コンクリートには、PC鋼材の緊張による影響と膨張材による影響が複合して生じることになる。

当研究室では、堰柱と同じコンクリートで作製したボス供試体(900×900×900mm)(図1)を現地に設置・暴露して各種検討を行っており、本研究はその一環として膨張材を混和したコンクリートの拘束試験について検討したものである。

膨張材に関わる試験としては、JIS A 6202:2017「コンクリート用膨張材」があり、その附属書B(参考)では「膨張コンクリートの拘束膨張及び収縮試験方法」が規定されている。この試験では、コンクリート供試体の中央に拘束棒を通し、拘束端板で拘束するが、拘束棒は再利用してはならないとされており、1供試体に対して1本の拘束棒が必要になる。そこで、拘束棒をコンクリート供試体の中に通さない拘束試験のための治具を試作し、拘束する際の作用力の管理方法を検討した。

2. 拘束治具及び実験の概要

試作した拘束治具の概略図を図2に示す。拘束治具は供試体を拘束端板で挟み、上部のボルトを締めることで供試体へ作用力を加える仕組みである。本研究では、ボルトによる作用力を測定する方法として、ボルトの締め付けトルクから作用力を算出するトルク法(GEK030-R2、KTC)、ボルトの締め付け角度の管理により目標の作用力でボルトを締める角度法(分度器)、超音波ボルト作用力計により締め付け前後のボルトの長さを測定し、長さ変化量から作用力を算出する超音波法(BOLT-MAX II Ver2、ダコタ・ジャパン)、ひずみゲージによりボルトのひずみを直接測定し作用力を算出するひずみゲージ法(KFGS-10-120-C1-11 L3M2R、共和電業)の4つを検討した。

拘束治具の材質は、ボルト及びナットにステンレス、その他の部材は鉄を用いた。ここで、ボルトの弾性係数はステンレスの一般的な値である193kN/mm²とし計算に用いた。また、荷重計(LCK-A-20kN、共和電業)を供試体とともに治具で拘束し、供試体に作用する荷重を直接測定できるようにした。試験に用いたコンクリート供試体は、材齢が1年以上経過したものである。

3. 各手法による作用力の評価結果

トルク法の結果を表1に示す。表より、トルク法は算出した作用力の値が荷重計の値に対してばらつきが大きく、誤差が大きいことが分かった。これはボルトの先端やネジ部における摩擦の影響によるものと推察される。



図1 暴露中のボス供試体

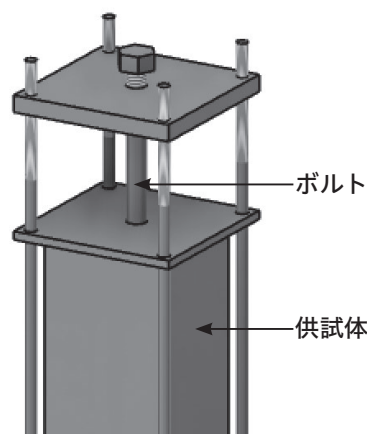


図2 試験治具(拘束部分)

角度法の結果を表2に示す。角度法における荷重計の測定値に対する誤差はおよそ6%であった。しかし、有効長(ボルトの長さのうち応力が生じる部分、本試験においては上部の拘束端板と可動板との距離)を5mm大きくした場合にばらつきが生じる結果が得られた。このことから、角度法を用いる場合は、ボルトの有効長等の条件を正確に揃えておく必要があることを確認できたが、拘束治具の有効長はナットの固定位置や供試体の長さ等に影響を受けるため、複数の治具を用いる場合などには角度法の適応が難しいことが分かった。

超音波法の結果を表3に示す。超音波法では荷重が小さい場合には誤差が大きく、荷重が大きくなるほど誤差が小さくなるという傾向が見られたが、これは荷重が小さい場合にはボルトの長さ変化も小さく、測定の影響が大きくなるためと推察される。また、超音波法では有効長を測定する必要があるが、ここでも測定時の誤差による影響を受けることが考えられる。

ひずみゲージ法の結果を図3に示す。ひずみゲージ法ではボルト軸にひずみゲージを貼り、ひずみの測定を行った。作用力の算出には、ボルトの曲げの影響を無くすため、ボルトの軸に対し対面に貼った2枚のひずみゲージの平均値を計算に用いた。ひずみゲージ法は他の方法に比べ、最も良い精度が得られた。また、ひずみゲージ法は、継続的なモニタリング測定が可能であるという特徴を持つ。

以上の結果から、作用力の管理方法としては、ひずみゲージ法が適当であることがわかった。

4. おわりに

本研究では、膨張材を混和したコンクリートに対して、拘束棒を用いない拘束試験のための治具を試作して、拘束する際の作用力の管理方法の検討を行った。4方法を検討した結果、ひずみゲージを用いる方法が適当であるという結論が得られた。

謝辞

農林水産省東北農政局津軽土地改良建設事務所十三湖農地防災事業建設所には、ボス供試体の経年調査にご協力をいただきました。この場をお借りして深く御礼申し上げます。

表1 トルク法の結果

	荷重測定値 (N)	算出した作用力 (N)	誤差 (%)
1回目	3387.1	4006.4	18.3
2回目	3108.1	3606.2	16.0
3回目	3302.4	2872.6	-13.0

表2 角度法の結果

	荷重 (N)	誤差 (%)
目標値	3008.5	
1回目	2809.3	-6.6
2回目	2804.3	-6.8
3回目	2829.2	-6.0

表3 超音波法の結果

荷重測定値 (N)	算出した作用力 (N)	誤差 (%)
2928.8	3259.2	11.3
3421.9	3580.8	4.6
4059.5	3892.3	-4.1

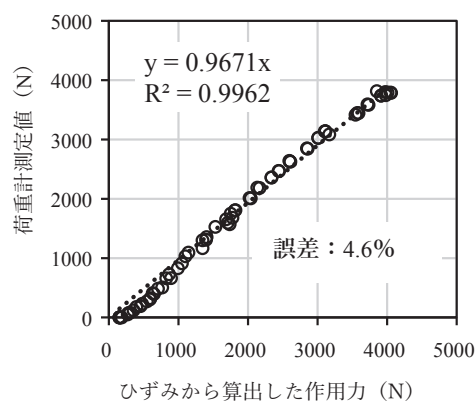


図3 ひずみゲージ法の結果

サンドブラスト式摩耗試験機の促進倍率に関する研究

島根大学 生物資源科学部 環境共生科学科 地域工学コース **山本 真生**
 (現在 中部地方整備局 勤務)
 指導教員 上野 和広 助教



1. 研究の背景および目的

農業水利施設で生じる摩耗において、比較的脆弱なモルタル部分が先行して切削され、粗骨材が露出した状態になる現象は選択的摩耗¹⁾と呼ばれている。選択的摩耗は数多くの農業用排水路で確認されており、耐久性の評価をするにあたって考慮しなければならない現象である。これまでに、耐選択的摩耗性を模擬評価することを目的として、水流摩耗試験機や水砂噴流摩耗試験機などの促進試験方法が開発されてきており、近年では迅速に試験を実施可能なサンドブラストに関する研究も行われている。しかし、サンドブラスト式摩耗試験での試験時間が、実際の供用何年分に相当するのか(促進倍率)が明らかになっていないため、未だ耐摩耗性の評価手法として確立されていない状況にある。摩耗に関する将来的な状態予測や計画供用期間に応じた試験時間の決定を行うには、促進摩耗試験の促進倍率を明確にすることが必要である。本研究では、既往の研究によって設定されたサンドブラスト式摩耗試験機の試験条件^{2),3)}において、その促進倍率について検討を行った。

2. 研究方法と調査地の概要

本研究では、実構造物から流水に曝されていない箇所(健全部)と曝されている箇所(摩耗部)のコンクリートコアを採取し、促進倍率を求めるための検討に用いた。健全部の供試体を用いたサンドブラスト式摩耗試験を実施し、その摩耗状況が摩耗部と同等になるまでの試験時間を求め、その試験時間と実際の供用年数を比較することで促進倍率を評価した。

コンクリートコアを採取した構造物は、岡山県東部に位置する吉井川樋ノ口用水路である。吉井川地区は一級河川吉井川を取水源とする広域の農業地域であり、約300年前から井堰など多くの農業水利施設が造られてきたが、施設の老朽化が著しく、近代的な施設への整備による用水の安定供給が望まれるようになった。そこで、昭和45年度から昭和63年度にかけて国営吉井川農業水利事業により基幹的な施設の整備を実施し、これと併せてため池や天水に依存していた畑作地帯へのかんがい施設整備を実施した。このことにより、国営事業で整備された新田原井堰、坂根合同堰、幹線用水路、畑地かんがい施設等により安定的な用水供給が確保され、現在、本地域では水稻をはじめ、大豆、麦、野菜、果樹等の主要な産地が形成されている。しかし近年、新田原井堰及び幹線用水路等の劣化・損傷、水管理システムの操作・制御に不具合が発生するなど、性能低下が進行しており、その対策として平成25年度から国営事業が実施されている。

吉井川樋ノ口用水路から採取したコンクリートコアは、健全部3体(SU、SC、SD)と摩耗部2体である(図1)。また、実際の供用で生じた摩耗状況を評価するため、水路側壁上部の健全部から下部の摩耗部までに至る連続した表面形状(U、D)の計測を行った。(図1)なお、水路側壁の天端から300mmの地点までを健全部、それ以下を摩耗部とした。

サンドブラストの促進倍率を求めるにあたって必要となる、実際の供用によって生じた摩耗深さは以下のように算出した。

本来、摩耗深さは建設時における初期断面からの断面減少深さとして定義されるものであるが、供試体を採取した水路では建設時の初期断面が不明であったことから真の摩耗深さを求めることが不可能である。そのため、本研究では以下の3つの方法で摩耗深さ(D1、D2、D3)を算出した。D1とD2は、既往の研究⁴⁾で用いられた頂点法によって求めた。図2に示すように、摩耗部で確認できる粗骨材頂点部からの深さには、建設時に表層部へ存在していたモルタル層の厚さが考慮されていない。このモルタル層の厚さを、健全部のサンドブラスト式摩耗試験において粗骨材が露出し始めた際の摩耗深さとする場合と、健全部のコア側面で計測した供試体表面

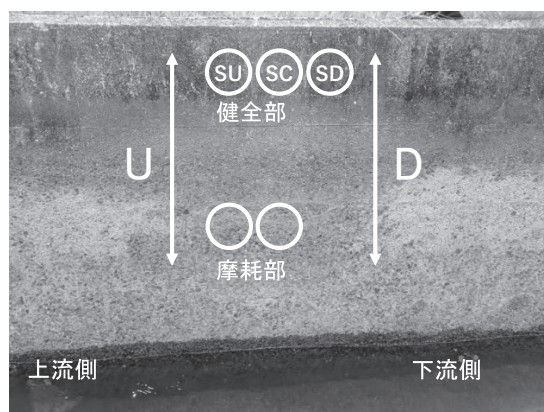


図1 計測箇所

から粗骨材頂点までの深さとする場合の2通りで求めた。それぞれの方法で求めた表層のモルタル層の厚さに粗骨材頂点からの深さを加算した値を、実際の供用によって生じた摩耗深さD1、D2とした。一方、D3は延長法によって算出した。延長法では、健全部から摩耗部までの連続した表面形状(U、D)の計測結果を用い、健全部の壁面を延長した直線から摩耗部の壁面までの距離を摩耗深さD3とした。

サンドブラスト式摩耗試験の試験条件は、既往の研究結果^{2)、3)}に基づき、圧力200kPa、ノズルから供試体までの距離50mmとした。また、研磨材には粒径425~500 μ mの溶融アルミナを用いた。

3. 結果及び考察

本研究で対象とした水路で実際の供用によって生じた摩耗深さを求めた結果、D1は3.16mm、D2は4.19mm、D3は4.99mmとなったことから、50年間の供用で3~5mm程度の摩耗が生じたと推察される。サンドブラスト式摩耗試験による摩耗深さの経時変化を図3に示す。図3にはD1~D3の値も併せて示す。また、ブラストガンのすり減りが摩耗能力へ及ぼす影響を排除するため、図3の結果を補正⁵⁾したものを図4に示す。

次に、サンドブラスト式摩耗試験での摩耗深さの増加傾向を定量的に表すため、図4の結果を式(1)の累乗関数で近似する。

$$D_a = at^b \quad \text{式(1)}$$

ここに、 D_a ：摩耗深さ(mm)、 t ：摩耗時間(min)、 a および b ：パラメータである。

各供試体の累乗関数による近似値を実測値と併せて図5に示す。

上記の近似から求めたパラメータ a と b を用い、式(1)の D_a に摩耗深さD1~D3を代入すると、実際の供用によって生じた摩耗深さへサンドブラストで到達するまでの時間が求められる。このときの t を t_{da} とし、 t_{da} と水路の供用年数から促進倍率を式(2)より算出した。

$$R_d = \frac{P}{t_{da}} \quad \text{式(2)}$$

ここに、 R_d ：促進倍率(year/min)、 P ：供用年数(year)、 t_{da} ：実際の供用によって生じた摩耗深さD1~D3へサンドブラストで到達するまでの摩耗時間(min)である。

求めた促進倍率をまとめると表1のようになり、本研究で用いたサンドブラストは約1~5年程度の供用で受ける摩耗作用を1分で模擬可能であると言える。

4. まとめ

本研究の結果、サンドブラスト式摩耗試験機は約1~5年程度の供用で受ける摩耗作用を1分で模擬可能と言えることが分かった。今後は、他の水路でも同様

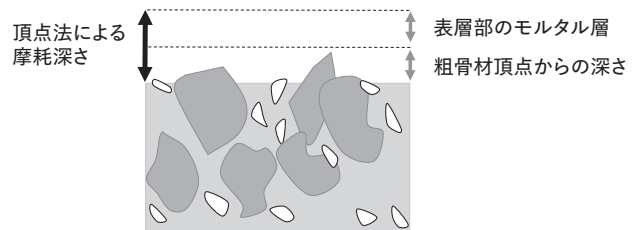


図2 頂点法による摩耗深さ

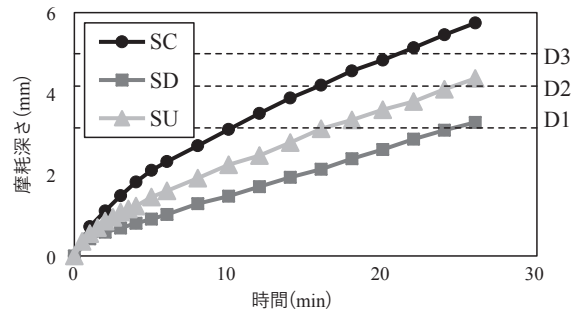


図3 摩耗試験の結果

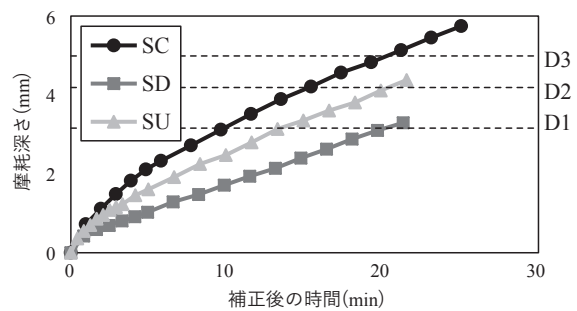


図4 摩耗試験の結果(補正後)

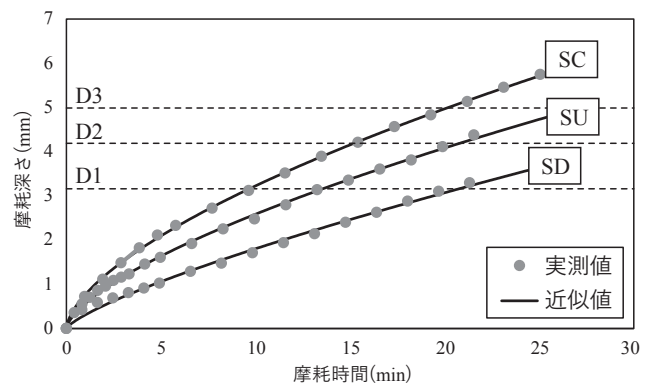


図5 累乗関数による摩耗試験結果の近似

表1 促進倍率まとめ

	R_d (year/min) (D1)	R_d (year/min) (D2)	R_d (year/min) (D3)
SC	3.70	2.40	2.49
SD	5.18	3.29	1.36
SU	2.41	1.67	1.90
平均	3.76	2.45	1.92

の手順で促進倍率を求め、供用環境と促進倍率の関係について検討する必要がある。

参考文献

- 1) 渡嘉敷 勝(2013): 農業用コンクリート水路における摩耗機構および促進摩耗試験に関する研究、農村工学研究所報告、52、1-57
- 2) 山本 真生、高橋 晋、上野和広、石井将幸(2022): 流水環境下での耐摩耗性評価に適するサンドブラストの噴射条件、2022年度(第71回)農業農村工学会大会講演集、3-9.
- 3) K. Ueno, S. Takahashi, M. Yamamoto, T. Kanamori, S. Kawabe, I. Nakajima and M. Ishii (2023): Influences of test conditions of sandblasting on replicability of abrasion pattern of concrete subjected to hydrodynamic action, Case Studies in Construction Materials, 18, e01812.
- 4) 上野和広、長束 勇、石井将幸(2010): 開発した水砂噴流摩耗試験機の促進倍率、農業農村工学会論文集、266、41-47.
- 5) 上野和広、高橋 晋、山本真生、石井将幸(2022): サンドブラストによる摩耗試験結果の補正手法、2022年度(第71回)農業農村工学会大会講演集、3-8.

14

けい酸塩系表面含浸工法を用いた無機系表面被覆工法の長期耐久性評価



高知大学 農林海洋科学部 農林資源環境科学科 **岩崎 司**
 (現在 静岡県庁 勤務)
 指導教員 佐藤 周之 教授

1. はじめに

けい酸塩系表面含浸工法は、農業用水路の補修工法としての適用事例が少なく、農業水利施設の補修・補強工事に関するマニュアル【開水路補修編】において、限定的な記載となっている。

本研究では、無機系表面被覆工法とけい酸塩系表面含浸工法の複合工法によって補修された新潟県長岡市と栃木県那須塩原市の農業用RC開水路の2箇所を対象として目視検査および表層透気試験によって評価を行った。

2. 複合工法の概要

無機系表面被覆工法と微細なひび割れに対して効果を発揮するけい酸塩系表面含浸工法の二つを組み合わせることで、ひび割れ幅を最小限に抑え、かつひび割れが生じた際にけい酸塩系表面含浸材の効果でひび割れ部を充填することが可能である。また、本複合工法では速硬型ポリマーセメントモルタル(PCM)を用いており、施工時・施工後の気象条件に起因する不具合を低減する特徴を有している。

3. 複合工法の施工概要

既設RC開水路に対し、高圧洗浄工を実施した。次に、けい酸塩系表面含浸材を噴霧し、散水養生を行い既設面の表層部の緻密化を図った。その後速硬型PCM使用し、不陸調整+3mmの厚さで無機系表面被覆工法を実施した。最後に、PCMの表層を緻密化することを目的としたけい酸塩系表面含浸材の噴霧と散水養生を行った。

本研究で調査を行った両地区の開水路は共に施工から約6年が経過しており、前回の調査から約4年が経過している。また新潟県長岡市と栃木県那須塩原市は、両地区ともに凍害を受ける寒冷地である。

4. 調査方法の概要

本研究では、補修材表面の変状の有無や種類の確認、表層品質評価のため、目視試験と表層透気試験を実施した。今回実施した表層透気試験はJSCE-K572「けい酸塩系表面含浸材の試験方法(案)」¹⁾を参考に、ダブルチャンバー方式(トレント法)の透気試験機を用いた。

表層透気試験は、補修箇所への緻密性や水密性といった特性を評価できる²⁾とされることから、本調査に適用した。

本研究では、表層透気試験の評価方法として表1に示す基準に従い評価を行った。試験結果で得られた透気係数 $kT(\times 10^{-16}m^2)$ は、その値が小さいほど表層のコンクリートが緻密で良好であることを表している。本試験では、測定位置を開水路の左壁面気中部とし、測定点数は3点とした。

表1 表層透気試験のグレーディング

表層透気係数	優	良	一般	劣	極劣
$kT(\times 10^{-16}m^2)$	0.001~0.01	0.01~0.1	0.1~1	1~10	10~

5. 試験結果

5.1 目視検査によるひび割れや変状の確認

○新潟県長岡市

目視検査によるひび割れや変状の発生は確認できなかった。

○栃木県那須塩原市

目視検査によるひび割れや変状の発生は確認できなかった。

5.2 表層透気試験の試験結果

新潟県長岡市の表層透気試験結果を図1に、栃木県那須塩原市の表層透気試験結果を図2に示す。

○新潟県長岡市

図1より、新潟県長岡市の開水路では、施工後1、2年時と比較して表層透気係数が大幅に上昇し、評価基準において「劣」と評価された。これは、凍結融解作用によって目視では確認できない程度の微細なひび割れが発生していたことによって表層透気係数が増加したと考えられる。しかし、本年度の結果のみで開水路表層部の劣化を判断することは難しく、継続的に試験を実施し、経時変化を確認していく必要があると考えられた。

○栃木県那須塩原市

図2より、栃木県那須塩原市の開水路では、施工後1、2年時に比較して表層透気係数が上昇したが、新潟県長岡市の開水路程の大幅な上昇は見られず、評価基準において「良」と評価された。この評価は、新潟県長岡市での「劣」と2段階の差があり、新潟県長岡市の開水路よりも大幅に優れた結果と言える。しかし、目視検査ではどちらの開水路もひび割れや変状が確認できず、目視による品質の差は確認できなかった。

6. おわりに

今回、寒冷地における無機系表面被覆工法とけい酸塩系表面含浸工法との複合工法の施工後6年時の追跡調査の結果を整理した。補修箇所の緻密性や水密性といった特性を評価できる表層透気試験では、両地区ともに開水路表層部の劣化が確認されたが、目視試験では両地区ともひび割れや変状の発生は確認できなかった。しかし、表層透気試験による表層品質の評価基準では両地区で大きな差が見られたため、定期的に試験を実施し、けい酸塩系表面含浸工法および無機系表面被覆工法により施工された開水路での表層透気試験の調査事例を増やしていくことで、表層透気係数による開水路の品質評価に関するデータの蓄積が必要だと考えられた。

謝辞

本研究は、土地改良建設協会の支援を受けることで、北陸農政局信濃川左岸流域農業水利事務所から国営信濃川左岸流域土地改良事業の概要や計画進行状況について丁寧な説明を受け、本事業地区内の農業水利施設での調査機会を頂きました。これらの方々への支援と御協力に心から感謝申し上げます。

参考文献

- 1) コンクリートライブラリー137 けい酸塩系表面含浸材の設計施工指針(案): 土木学会 (2012)
- 2) 長谷川雄基, 谷村成, 田中基博, 高橋慶吉, 佐藤周之: 無機系表面被覆材による開水路補修工事の追跡調査と性能評価 水士の知 82 (7) PP, 23-26 (2014)



写真1 表層透気試験の様子

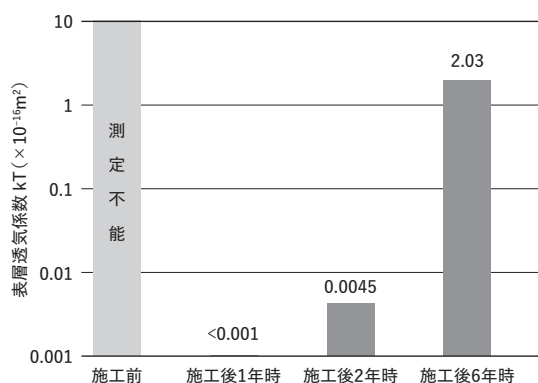


図1 新潟県長岡市の表層透気係数

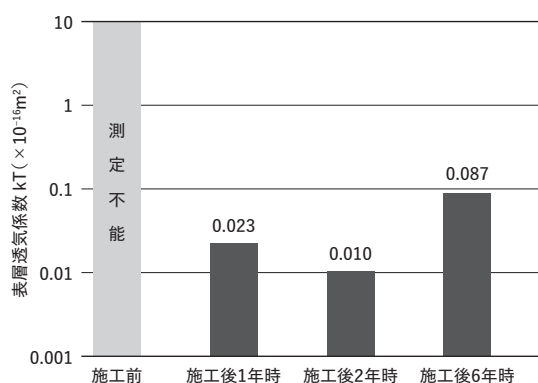


図2 栃木県長岡市の表層透気係数