

平成 30 年 6 月 14 日現在

機関番号：21301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K11955

研究課題名(和文)津波被災地域における農地利用集積の進展に対応した農業用水管理合理化対策の構築

研究課題名(英文) Proposal on countermeasures for streamlining irrigation management corresponding to progress of agricultural land use accumulation in tsunami disaster area

研究代表者

郷古 雅春 (GOKO, Masaharu)

宮城大学・食産学群(部)・教授

研究者番号：80735910

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：農地利用集積の進展に対応した農業用水管理合理化のためには、末端農業水利施設や草刈等の管理時間の削減を可能とする設計面での工夫と設計基準等の見直しが求められる。また、土地改良区とムラによる重層的灌漑管理構造と多面的機能支払交付金制度を活用したムラ間の作業受委託を可能とする相互扶助の仕組みとして、各ムラのローカルルールを尊重した広域的な「緩い」連携・統合が有効であることがわかった。その事務局機能を担うのは、土地改良区やNPO等が適当であり、ICT導入により農業水利管理の合理化と管理ルール等のアーカイブ化、可視化を進め、持続的な農業水利管理に繋げることが必要である。

研究成果の概要(英文)：In order to rationalize irrigation management to cope with the progress of agricultural land use accumulation, it is necessary to devise designs that can reduce management time such as field-level agricultural irrigation facilities and grass cutting, and to review the design standards. In addition, it is necessary to establish a mutual assistance mechanism that enables outsourcing among communities by utilizing the land improvement district and the communities to maintain the multi-layered irrigation management structure and multifunctional payment grant scheme. For that purpose, we found that wide-area "flexible" collaboration and integration, which respects the local rules of each community, is effective. Land improvement districts and NPOs are appropriate for the secretariat function. By introducing ICT, it is necessary to rationalize irrigation management, archive and visualize management rules, and lead to sustainable irrigation management.

研究分野：農業水利、農業土木、農村計画

キーワード：農業用水 土地改良区 東日本大震災 灌漑管理 灌漑排水

1. 研究開始当初の背景

米価の急激な下落や TPP 問題への対応と、東日本大震災からの復興に向けて、津波被災区域では大区画ほ場整備が大規模かつ短期間に進められている。また、ほ場整備を契機として、農地中間管理機構の活用による農業経営体への農地利用集積が急速に進められている。しかし、農地利用集積の急速な進展は、農業経営体の経営規模の拡大に繋がる一方で、離農者の急激な増加を促し、農村部における農家の減少と非農家の増加をもたらすことになる。このことは、現在までムラ(自然村、集落、近世村、自治会等と呼ばれてきた日本の農村社会のコミュニティ)の農家により共同作業が行われてきた江払い(水路に堆積した土砂の浚渫)や草刈り等の共同管理作業の困難化に繋がるだけでなく、一般に耕作者自身の作業とされてきた末端水路等の管理作業も農業経営体に集積されていくこととなり、現場ではこのことが農業経営の大規模化の障害の一つとなっている。すなわち、農地利用集積の進展と比例するように、農業経営体の農業用水管理の負担も増大することとなる。ここに至って、かねてから懸念されていた農家による自主的な農業用水管理システムの崩壊の危機が現実化してきた。また、離農者の増加は、耕作者を組合員とする土地改良区の組合員数の減少に直結し、土地改良区の運営基盤の弱体化を及ぼすこととなり、土地改良区合併の対応が求められることも予想される。しかし、組織の合併は、地域の最大の難問の一つでもあり、計画どおりに合併が進まない事例も多い。

2. 研究の目的

被災地では、事業期間の制約等からハード事業優先で復興が行われており、大区画ほ場整備と農地利用集積が同時並行で進められている。復興はハード事業が完了し直ちに成し遂げられるものではなく、農業用水に関しては、ハード事業(農業水利施設整備)とソフト事業(農業水利管理)が車の両輪のように機能して、初めて成し遂げられるものである。震災によりムラの機能が弱体化し、これまでの共同による農業用水管理が難しくなることに加え、地盤沈下に起因する農業用水の塩害対策などの新たな課題も出てきている。また、農業用水管理は、農業従事者の高齢化等を背景として農地利用集積が進み、TPP 問題や米価の急激な下落で揺れ動く全ての農村地域に当てはまる課題でもある。さらに、途上国への農業協力の柱の一つであり、世界銀行等の援助機関から参加型灌漑管理(PIM: Participatory Irrigation Management)の模範として評価されている我が国の農業用水管理の問題は、今後の日本の国際協力にも影響する。本研究は、これまで具体的な研究事例が少なかった、被災地における農地利用集積の急速な進展が農業用水の管理に及ぼす影響を検証し、整理・体系化

するとともに、これらから導かれる対策を、同様の課題を抱える被災地以外にも適用し、さらに、PIM の視点も踏まえて総合化することによって農業用水管理合理化対策として提案し、農業の持続的発展の社会的要請に備えるものである。

本研究期間内で明らかにするのは次の3点である。これによって、農地利用集積の進展に伴う農業用水管理の変化に対する有効な備えを行うとともに、農業水利組織としての土地改良区運営の合理化・適正化を含めた農業用水管理合理化の対策を構築する。

1) TPP 対策や震災復興による農地利用集積の急速な進展が農業用水管理に及ぼす影響を検証し、整理・体系化するとともに、具体的な検討課題を明らかにする。

2) 課題解決に向けて導かれる対策を、同様の課題を抱える被災地以外への適用と、PIM の視点も踏まえて総合化する。

3) ICT 技術の活用、土地改良区を中心とした農業用水管理体制の整備等による農業用水管理合理化対策を構築する。

3. 研究の方法

本研究では、以下の3課題を検討し、具体的成果として農業用水管理合理化対策を構築する。

課題1: TPP や農地利用集積が農業用水管理に及ぼす影響の調査・整理

課題2: 農業用水管理合理化対策の分類・体系化

課題3: 農業水利組織としての土地改良区運営の課題と解決策の分類・体系化

研究方法は以下のとおりである。農地利用集積が農業用水管理に及ぼす影響については、事例調査が基礎となる。このため、津波被災の最も大きい宮城県を対象に、津波被災地及び被災地以外を対象とした農業用水管理実態の詳細調査(インタビュー、アンケート、文献資料調査)、各課題について研究協力者を含めたチーム制による機動的な研究推進、県・土地改良事業団体連合会(土地連)・土地改良区との検討会による調査方法・結果の検証、PIM の視点からの農業用水管理合理化対策の検証、により研究を行う。

4. 研究成果

【課題1: TPP や農地利用集積が農業用水管理に及ぼす影響の調査・整理】

平成27年夏に、宮城県内の52土地改良区を対象に、維持管理作業等に関するアンケート調査を実施した。そのうち津波被災12土地改良区のアンケート結果からは、ムラの共同維持管理作業のルールや作業範囲の見直しについては、「必要」、「ムラにより必要」とする土地改良区が合わせて36%、「まだ検討していない」とする土地改良区が37%を占めた。また、「不要」としているのは18%であり、被害が比較的軽微な土地改良区だった。

アンケート後のヒヤリング調査では、「まだ検討していない」とする土地改良区については、課題と認識しつつも、未だ復興途上で維持管理の見直しまで手がまわらず、「検討に至っていない」状況であり、今後、見直しが必要となる可能性がうかがわれた。

また、「地先管理の見直し」については、全ての土地改良区において地先管理は耕作者が担っており、その見直しを必要とする土地改良区が18%であり、「まだ検討していない」とする土地改良区が37%を占めた。アンケート後のヒヤリング調査では、こちらでも、「課題と認識しつつも検討に至っていない」状況であることがわかった。また、震災による集落機能の弱体化、担い手経営体への農地利用集積の進展の中で、地先管理を担い手経営体だけで行うことができるのか懸念する土地改良区がほとんどだった。

「土地改良区とムラ管理の分担見直し」については、「必要」、「ムラにより必要」とする土地改良区が合わせて36%、「まだ検討していない」とする土地改良区が46%を占めた。アンケート後のヒヤリング調査では、こちらでも「課題と認識しつつも検討には至っていない」状況であることがわかった。

また、ムラ管理については関知しておらずよくわからないとする土地改良区もあった。土地改良区や地域により状況は様々だが、維持管理体制の見直しの必要なことが明らかとなり、維持管理作業全体を俯瞰する組織の存在と、その組織を中心とした多面的機能支払交付金の活用が必要であることがわかった。

【課題2：農業用水管理合理化対策の分類・体系化】

農業用水管理合理化対策としては、ハード面とソフト面の対策が必要であり、以下その2つに分けて述べる。

(1) ハード面の対策

農業用水管理合理化のハード面の対策としては、農業用水管理システム等のICT活用に加えて、営農面からは、末端農業水利施設に焦点を当てた対策が有効と考えられる。ポイントは管理しなければならない給水栓や排水口等の末端農業水利施設をできるだけ減らすこと、草刈り等の維持管理をしなければならない法面等のボリュームを減らすことにより、管理に係る作業時間をできるだけ減らすことである。

末端農業水利施設に焦点を当てた対策を実施するに当たり、宮城県では、復興農地整備の整備手法として、新たな2ha標準区画を考案し実施した。

以下、新たな標準区画について説明する。

新たな標準区画について

宮城県は1ha大区画による圃場整備への取組は早く、昭和61年に南郷町（現在の美里町）「南八丁地区」に導入されたのが始まり

である。しかしながら導入後約30年が経過し、大規模農業経営体では農業用機械の大型化や、経営規模拡大と併せた農作業の平準化のため、移植栽培と乾田直播栽培を組み合わせた作業体系を導入するなど、生産環境は大きく変化してきている。

これまで標準としていた1ha区画は、移植栽培には適切な区画形状といえるが、乾田直播栽培のように区画形状に対する制約が少ない作業体系の場合は、そのメリットが十分に発揮されない。

新たな標準区画は、新しい営農方式への移行に合わせた「経営体の規模拡大への誘導」と「営農方式、経営状況の変化に対応した区画形状・区画面積の自在化」を目的とし、現在の農業用機械装備に対応しながら、将来の農業用機械の性能向上や乾田直播栽培のような省力的営農技術への移行を見据えて設計したものである。

新たな標準区画のポイント

(区画形状)

これまで標準としていた長辺長100~125mを200~250mに拡大した。これは8条移植機、6条刈コンバイン、乗用管理機の連続作業距離（各々約600m, 800m, 500m）を考慮し、現行機械でも作業可能な長辺長である。従来と比較してターン回数が1/2に減ることから、機械作業時間が短縮される。

耕区両側に支線道路が配置してあることで、初めの排出といった作業距離の制約は解消されている。また長辺長の拡大により「浮き苗」の懸念もあったが、春の最多風向と直角方向に長辺を配置し、短辺は1ha区画と同様の80~100mとすることで影響を最小限としている。

(排水路の管渠化)

排水路を管渠化し農道下へ埋設することとした。排水路を管渠化することで、開水路と比較して草刈面積の約5割が削減される。また給水口と落水口の両方を農道側に設置し、排水管理における畦畔上の徒歩移動（平均距離約300m）が削減される。

(広幅畦畔の配置)

幅2.0~2.5mの広幅畦畔を交互に配置した。水張り面積が減少するものの、トラクタで畦畔上を走行でき、牽引式モアでの草刈作業が可能となる。さらに乗用管理機の移動など短辺方向の作業にも活用できる。

(均平区の設定)

地形や土壌条件を勘案しながら、可能な限り隣接耕区と田面標高を同一にした均平区を設定した。圃区均平の考え方は以前から導入されているが、整備後の区画拡大のためには、畦畔に加えて小排水路を撤去しなければならず、排水系統の変更する必要があり、相当程度の土木工事を伴うことから、実現に至った例は非常に少なかったと思われる。新たな標準区画では用・排水路が農道側に配置され、圃区を分けるのは長辺方向の畦畔のみで

あり、排水路を布設替えるなどの工事の必要がなく、農業者自らが容易に区画を拡大できる。

特に長辺長の制限が少ない乾田直播栽培の場合、畦畔を撤去し4~6ha規模の区画にすることで、低コスト技術の効果を十分に発揮できる圃場となる。経営規模、栽培方式に合わせて区画形状・面積を自在に展開できる、柔軟性の高い区画設計である。

新たな標準区画の効果検証

新たな標準区画の効果を検証するため、宮城県、宮城大学、東北農政局、国・県の研究機関、土地改良区等の産学官民連携による検討チーム「2ha効果検証検討会」を設置した。平成27年度と平成28年度の2年間で実証調査を行い、新たな標準区画の「効果の見える化」を進め、経営体の規模拡大と低コスト営農方式への移行を誘導していくこととした。（実証調査の概要）

調査は、農事組合法人「林ライス」の協力を得て、復興農地整備事業「岩沼地区」の実証圃場で実施した。耕起、代かき、田植え、草刈り、水管理、稲刈りに係る一連の作業時間を測定するものであり、平成27年度は移植栽培を対象に実施した。平成28年度は移植栽培、V溝乾田播種方式および6ha区画でのプラウ耕グレーンドリル体系乾田直播栽培を対象に調査を実施した。

（調査結果）

2ha区画圃場では耕起から稲刈りまでの一連作業において、1haあたりの作業時間が78.2分、8.6%削減される結果が得られた。特にターン時間の割合が多い田植え作業では、1haあたり作業時間が36.7分、21.3%短縮される結果となり、草刈り作業時間は54.2%短縮された。

実証調査結果をもとに機械1台あたりの年間作業可能面積を算出した。年間作業日数は「低コスト大規模水田営農の手引き」を用い、また作業面積は機械能力をもとに算出した。田植え作業では、8条移植機1台を保有する農家の場合、1ha区画圃場では年間71.3haの営農が限界なのに対し、2ha区画圃場では同一機械で最大90.6haまで年間作業面積の拡大が可能となる試算結果が得られた。

水田の畑利用の際の用水対策の必要性

農業用水管理合理化対策を検討するに当たっては、作付体系や水田の畑利用等の土地利用も併せて検討する必要がある。水田の畑利用に際しては、ハード面では特に排水対策が必要とされるが、高品質・高収量・高付加価値の園芸品種等の畑作物を生産するためには、ほ場の排水対策と併せて、土壌特性や気象特性を踏まえた畑の用水対策も講じる必要がある。水田の畑利用に際して、畑の用水対策は重要視されないことが多いが、土壌水分や地下水位をコントロールすることに

より高品質・高収益作物の生産に繋がることから、ICTの活用を含めた対策が必要である。

(2) ソフト面の対策

津波被災地では、従来のムラの枠組みによる維持管理作業を解消しようとする地域や、できるだけ維持しようとする地域など、状況が様々である。また、維持管理作業における出不足金（罰金）の取り扱いなどのローカルルールが存在も問題を複雑化している。換言すれば、維持管理作業の問題には様々なケーススタディがあり、一般化が難しく、対策の検討にあたっては、ケース分類を行うことが有効であることがわかった。

宮城県の被災土地改良区へのアンケートやヒヤリング調査からみえる維持管理作業の今後の方向性を踏まえ、ムラによる維持管理作業を継続するケース、ムラによる維持管理作業を継続しつつ、作業の一部を委託するケース、担い手経営体に維持管理作業を任せるケースの3つに分類した。

津波被災地における維持管理作業の課題は、近い将来の被災地域外の課題でもある。農地利用集積が急速に進み大規模農業経営体が続々と誕生している中で、従来のムラの枠組みによる維持管理作業を維持していくだけでは、問題は解決しないようにみえる。対策の検討にあたっては、土地改良区や市町村単位での広域的な「括り」による多面的機能支払交付金の活用と、様々なローカルルールを包含した柔軟性の高さが鍵となると考える。

亘理土地改良区逢隈地区、仙台東土地改良区荒浜地区におけるGISによる農業用水管理の可視化を試行し、GISを活用した農業水利管理の有用性を確認した。少数の担い手経営体が広域的な地区の全ての農業用水管理（分水ゲートのきめ細かな操作など）を把握するのは現実的ではない。渇水時における通水方法のGISによるシミュレーションなど、GISは農業用水管理の可視化と同時に合理的かつ省力的なストラテジーにも寄与する可能性がある。また、農業用水管理も農地利用集積も土地と人を対象としたものであり、その基礎となる復興農地整備における換地とその際の合意形成が円滑な農地利用集積に繋がることがわかった。換地の合意形成の過程で、農業水利管理の課題認識を共有化できる可能性があり、その際にはGISが有効に活用できる可能性のあることがわかったことから、換地作業を中心とした土地改良区業務支援システムの構築に取り組んだ。亘理土地改良区職員からの聞き取りや作業日報等の調査・分析により、土地改良区職員の換地業務の作業労力が従来の約3分の1に削減できることが明らかとなった。

【課題3：農業水利組織としての土地改良区運営の課題と解決策の分類・体系化】

震災直後、被災土地改良区は経常賦課金収

入が大幅に減少したことから、運営の危機に陥った。一方で復旧・復興に係る業務は山積しており、土地改良区の運営を安定化させることも大きな課題となった。

震災後7年を経過し運営は安定してきているが、被災農地への経常賦課金の賦課ができなかったことに起因する財政的危機にみられるように、土地改良区の運営基盤は脆弱ともいえることから、統合を含めた対策が必要である。しかし組織の合併は合理的な理由に留まらない様々な困難を抱えており、宮城県の被災地における土地改良区合併計画も予定どおりには進んでいない。一方で、農地利用集積が進む中、耕作者主義の面からは組合員の激減も予想されることから、組織合併の手段にこだわらず組織機能の統合等の対策も講じられるべきである。研究代表者らが関わり開発した土地改良区業務支援GISシステムなど、ツールとしてのGISを活用した広域土地改良区共通のシステムや、賦課金システムの共同利用など、合理化・共有化できるところから緩い統合を進め、運営の合理化を図るべきである。

また、組織機能の柔軟な統合による維持管理作業の共助の推進も有効である。仙台東土地改良区において全域での多面的機能支払の導入を決定し、同土地改良区管内の荒浜集落においては多面的機能支払交付金を原資とした旧集落住民参加による維持管理作業の継続など、多面的機能支払が被災地において十分に機能していることがうかがえた。巨理土地改良区の調査では、共同作業に参加しない住民の出不足金（罰金）が従来のまま維持されていることも確認できた。

【まとめ及び農業用水管理合理化対策の構築】

農業用水管理合理化対策を構築するに当たっては、課題2で詳述したとおり、ハード面の対策とソフト面の対策がある。ハード面の対策については、宮城県の2ha標準区画のほ場整備の例のとおり、維持管理のための労力を可能な限り削減するような設計面での工夫が有効である。なお、その効果については継続的な調査が必要と考える。また、2ha標準区画については、まだ宮城県での実施例に留まっているが、将来の土地改良計画設計基準での採用を期待したい。

ソフト面での対策については、土地改良区とムラによる重層的灌漑管理構造の特徴と優位性を活かしつつ、担い手への農地利用集積、農業者の減少、ムラにおける非農家の増加、ムラによるローカルルールが存在等の現状を踏まえ、多面的機能支払交付金制度を活用した広域連携の仕組みの構築が有効と考える。以下、新潟県見附市の事例と多面的機能交付金を活用したムラ管理組織の広域連携の提案について述べる。

新潟県見附市は、多面的機能支払交付金を活用しつつ田んぼダムによる地域防災活動

に取り組んでいる。田んぼダムに関する見附市の取組に特筆すべき点が多いが、特に、市内すべてのムラによる広域協定の手法については、土地改良区とムラによる維持管理作業のこれからの方向性を考える上で有用である。

a. 広域協定事務局直轄の作業部隊の設置

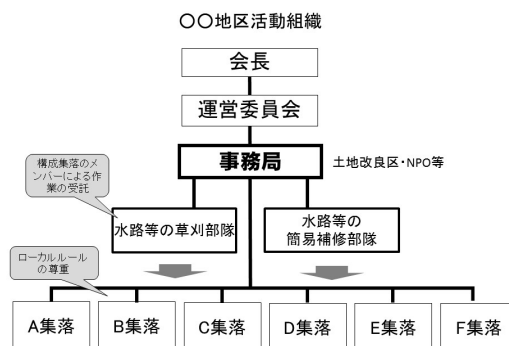
広域協定は見附市内の65のムラ全てが参加し、多面的機能支払交付金の活動の母体となっている。広域協定組織内に事務局直轄の草刈部隊を設置し、高齢化や混住化等により作業の難しくなったムラの草刈作業を実施できる体制を組んでいる。注目すべきは、市全体の広域協定という大きな括りの中で、ムラ間の互助により作業を内部化していることである。草刈作業を含め、活動の原資は主に多面的機能支払交付金が充てられる。維持管理作業の継続性の確保と作業の内部化により、交付金が地域内経済の循環にも役立っている。

b. ムラのローカルルールへの対応

維持管理作業の原点にはムラやムラ間の慣行があり、そこには様々なローカルルールが存在する。例えば、草刈や水路の浚渫作業に参加しない場合の出不足金徴収など、近接するムラでルールが違うことも多い。見附市では、広域協定を締結することにより多面的機能支払交付金の活動組織を1組織としているが、ムラのローカルルールを尊重し、「緩やかな」統合を図っているところに特徴がある。

c. 見附市の事例を踏まえ、非農家が増えるなどして維持管理作業が困難化したムラへの多面的機能支払交付金を活用した扶助と、それらの委託作業の組織内部化を可能とする仕組みとして、各ムラのローカルルールを尊重した「緩い」広域連携を提案する(下図)。広域連携により多面的機能支払活動組織を1組織とし、その事務局機能を土地改良区やNPO等に置くことにより、事務処理の大幅な軽減が期待できる。また、広域化によりGIS等のICTの導入ハードルが下がることも期待できることから、農業水利管理の合理化とこれまでの農業水利管理のルール等のアーカイブ化と可視化が可能となり、持続的な農業水利管理に繋がることが期待できよう。

持続的な農業水利管理に向けた多面的機能活動組織の広域連携の提案
- 多面的機能支払交付金の活用による相互扶助と委託作業の内部化 -



5. 主な発表論文等

(研究代表者, 研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計8件)

- (1) 森田 明 (2017), 東日本大震災大震災からの農業の復旧・復興とその回復力 - 宮城県仙台市東部地区の事例から -, 環境情報科学 46(1), pp.34-39 (査読あり)
- (2) 千葉克己, 郷古雅春 (2017), 農地・農業水利施設の津波被害の特徴と復旧現場の対応, 土地改良の測量と設計 85, pp. 42-46 (査読なし)
- (3) 郷古雅春, 友松貴志, 千葉克己, 高橋信人 (2017), 被災地復興に果たす土地改良区の地域調整力の実情と今後の展望, 農業農村工学会誌 85(11), pp. 15-18 (査読あり)
- (4) 中里 舜, 橋本 禅, 岸岡智也, 有田博之, 郷古雅春 (2017), 宮城県被災農村地域における土地利用秩序化に向けた自治体の組織対応に関わる試みと教訓, 農村計画学会誌 35(4), pp. 514-520 (査読あり)
- (5) 郷古雅春 (2016), 震災の「経験知」, 毎日フォーラム 2016年5月号, pp. 38-39 (査読なし)
- (6) 郷古雅春 (2016), 伝え続けることで次への新たな知恵を生む, JATAFF ジャーナル 4(11), pp. 42-46 (査読なし)
- (7) 郷古雅春, 菅原喜久男, 大場 喬, 千葉克己 (2016), 宮城県の沿岸低平地における復興農地整備の取組と維持管理問題, 農業農村工学会誌 84(7), pp. 11-14 (査読あり)
- (8) 千葉克己, 冠 秀昭, 加藤 幸, 郷古雅春 (2016), 津波被災地域の確実な農地復旧のために必要な塩害対策, 農業農村工学会誌 84(6), pp. 23-26 (査読あり)

〔学会発表〕(計6件)

- (1) 郷古雅春, 友松貴志, 勝又俊博, 三品裕二, 原野三男, 千葉克己, 山本徳司 (2017), 復興農地整備における土地改良区支援GIS換地システム, 農業農村工学会大会講演会
- (2) 千葉克己・加藤 幸・郷古雅春・富樫千之・宮内敏郎 (2017), 復旧後の津波被災農地における淡水レンズの動態, 農業農村工学会大会講演会
- (3) 千葉克己 (2016), 東日本大震災の被害状況から復旧に向けての事例紹介, 農業農村工学会北海道支部第39回研修会(招待講演)
- (4) 千葉克己 (2016), 農地の津波被害と復旧に求められる農業土木の工夫, 農業農村工学会農地保全研究部会第37回農地保全研究集会(招待講演)
- (5) 千葉克己, 宮内敏郎, 加藤 幸 (2016), CTD センサとES-2 センサを用いた津波被災農地の地下水観測(2), 土壤物理学会大

会

- (6) 郷古雅春, 千葉克己, 森田 明, 高橋信人 (2016), 東日本大震災からの復興後の農業水利施設の維持管理問題, 農業農村工学会大会講演会

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

〔その他〕

ホームページ等 なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

郷古 雅春 (GOKO, Masaharu)
宮城大学・食産業学群・教授
研究者番号: 80735910

(2) 研究分担者

千葉 克己 (CHIBA, Katsumi)
宮城大学・食産業学群・准教授
研究者番号: 00352518

森田 明 (MORITA, Akira)
宮城大学・食産業学群・教授
研究者番号: 70292795

高橋 信人 (TAKAHASHI, Nobuto)
宮城大学・食産業学群・准教授
研究者番号: 90422328

(3) 連携研究者

なし

(7) 研究協力者

なし