

令和5年度 連携研究スキームによる研究（委託研究課題）
研究成果等最終報告書

I 最終報告書（簡易版）

1. 研究課題総括表

	課題番号	21477838
研究テーマ名	環境に配慮した農業生産活動による生態系及び社会経済等持続可能性の総合的評価手法の開発に関する研究	
委託研究課題名	環境保全型農業管理における生態系サービスの評価に向けた地理空間データベースの構築と解析の研究	
研究実施期間（西暦）	2021年度 ～ 2023年度（3年間）	
中核機関・研究総括者	国立大学法人東京農工大学 教授 加藤 亮	
共同機関	東京大学、新潟大学、京都大学、東京都立大学	

2. 研究の目的・達成目標

農村域における生態系サービスの評価と、各サービス項目間の相乗効果や二律背反の関係を明らかにするため、空間データベースを構築することを目的とする。主要な農村生態系に関する調査結果をデジタル化し、空間分析から生態系サービス評価を可視化することが達成目標である。

3. 研究課題を構成する研究項目及び年次計画

研究項目	2021年度	2022年度	2023年度
① 水・土壌環境の分析	(東京農工大学) 		
② 里地・里山の生態系サービス評価を通じた農業生産の貢献解明	(東京大学) 		
③ 農地利用形態の変化が流域の水文環境に与える影響の分析	(新潟大学) 		
④ DNA分析による生物多様性評価の手法検討	(京都大学) 		
⑤ 基盤情報整備、生態系サービスの潜在量推定	(東京都立大学) 		
所要経費（円）	9,880,000	9,880,000	9,880,000

4. 研究分担者一覧

研 究 項 目	研究者氏名 (研究者番号コード)	所属機関・部署・役職名	エフォート (%)
① 研究統括及び水・土壌環境の分析	◎加藤亮 (10302332)	東京農工大学大学院・農学研究 院・教授	15
	○杉原創 (30594238)	東京農工大学大学院・農学研究 院・准教授	5
② 里地・里山の生態系サービス評価を通じた農業生産の貢献解明	○橋本禪 (20462492)	東京大学・大学院農学生命科学 研究科・准教授	5
③ 農地利用形態の変化が流域の水 文環境に与える影響の分析	○吉川夏樹 (90447615)	新潟大学・自然科学系・教授	5
④ DNA分析による生物多様性評 価の手法検討	○東樹宏和 (60585024)	京都大学・生態学研究センター・ 准教授	5
⑤ 基盤情報整備、生態系サービス の潜在量推定	○大澤剛士 (40554332)	東京都立大学・都市環境科学研 究科・准教授	5

(注) 研究総括者には◎、研究項目主担当者には○を付すこと。

5. 研究結果等

研究チームを統括し、福井県池田町を対象に生態系サービスのデータの収集と解析を実施した。各チームの成果を下記に示す。全体的に、池田町の豊かな生態系は現時点では保全されており、調整サービスを良く発揮していると考えられる。特に池田町が存在する足羽川上流域での生態系サービスは、福井市を含む足羽川下流域に貢献しており、サービスの供給側として機能していると考えられる。一方で、その発現メカニズムや、サービス間のトレードオフといった関連性については未解明の点が残し、引き続きデータの収集とその解析を続ける必要がある。

① 水・土壌環境の分析

(1) 研究目的

生態系サービスの基盤的な要因である、土壌と水環境について定量的な計測を行う。特に、空間的な環境データの池田町内の分布状況を把握する。また、水田域の慣行栽培と有機栽培の分布が、土壌や水質へどのように影響を与えうるかについて検討する。

(2) 研究成果

福井県・池田町内の水田を対象に、慣行(68地点)と有機(82地点)で流域別及び全体で土壌理化学性を比較・検討した。その結果、土壌全炭素および全窒素量に関して、最上流の魚見地区でのみ有機>慣行となった。一方で、全体および下流域(足羽・水海地区)では顕著な差はみられなかった。これらの結果は、堆積・沖積の影響が少ない最上流部で有機農法を導入すると、その導入効果が土壌理化学性の観点から大きいことを示唆している。また、全地点を通して土壌中の可給態リン量が推奨値よりも高く推移しており、富栄養化(リン酸による水質汚染)への懸念も示された。

また、水質については、池田町内の足羽川、魚見川、水海川の3水系の21点について調査を行った。2021年度から2023年度まで計7回の調査を実施した。結果として、肥料成分由来である窒素、リン濃度とも低濃度であり、現時点では水田農業が環境負荷を与えているということは無いと考えられる。一方で、土壌に蓄積された量が今後どのように流出するかといった課題は残されている。

(3) 政策研究への示唆、情報提供等

化学肥料のかわりに堆肥を利用する有機農法を導入することで、特に上流域におい

て顕著な差異がみられる可能性が示された。このことは新規保全型農法の導入効果は、地理的特性によって変わること示しており、今後の政策立案時に重要な情報である。また、情報提供として、当該地域の水田一帯のリン肥沃度が過剰といってもいい程に高かったことから、あくまでも池田町では、ということであるが、減肥を推奨することで、収量を維持しつつ、より環境にやさしい農業を推進することが充分可能であることも判った。

また、生態系サービス支払いに対しては、池田町という限定的な環境下ではあるが水田農業が調整サービスに果たす機能を解明することができた。山林が主体となる中山間地農業という場ではあるが、今後の日本国内の水田農業に展開するための基礎的な知見を得ることができた。

（４）今後の課題

現時点では、中山間地における水田農業の調整サービスを中心に検討を進めているが、今後平場の水田地帯や、担い手を中心とする大規模化水田等へ展開する必要がある。また、水田圃場における有機農業が持つ供給サービス、あるいは収量といった面での検討が、担い手としての農家の関心事であるが、いまだ未解明な部分が多い。今後のデータの収集が必要と考えられる。

② 里地・里山の生態系サービス評価を通じた農業生産の貢献解明

（１）研究目的

池田町の行政担当者との打ち合わせをもとに、2040 年をタイムホライズンとする農地利用の将来シナリオの作成

（２）研究成果

シナリオは農地の区画レベルで水田（慣行，認証 A, B），畑，粗放的管理，植林の空間的な組み合わせを示すものである。作成したシナリオは①ベースライン，②環境保全型農業，③植林，④混合の４種類である。いずれのシナリオも 2040 年には耕作面積が現況より 78ha 減少するとした。ベースラインシナリオは、耕作を継続する農地では 2021 年と同様の作付けを行い、その他の農地（78ha）は粗放的管理に転換した。環境保全型農業シナリオは、ベースラインにおける認証 B を認証 A に転換した。植林シナリオは、ベースラインにおける粗放的管理の一部（78ha）をスギの生産地に転換した。混合シナリオでは、環境保全型農業の推進と植林の両方が行われた場合を想定した。本シナリオについて、InVEST の NDR, Carbon Storage & Sequestration, Annual Water Yield をもとに栄養塩（窒素・リン）流出，炭素貯留，水供給を評価した。このうち炭素貯留の土壤中炭素量の算定には改良 Roth C モデルも用いた。分析の結果，農業の担い手の減少に伴う粗放的管理の拡大により，水質浄化や水供給は向上することが示唆された。一方で，炭素貯留は低下することがわかった。また，環境保全型農業を推進することで栄養塩流出量が減少，植林を行うことで，さらに炭素貯留の向上が見られる一方で，水供給の低下が確認された。

（３）政策研究への示唆、情報提供等

本分析は、植林は、樹木へ炭素貯留を増加させるが、蒸発散量の増加にもつながるため、炭素貯留と水供給にはトレードオフの関係があること，他方で粗放的管理や植林面積の増加は、窒素保持能力の向上だけでなく樹木の炭素固定による炭素貯留量の増加にもつながるため，水質浄化と炭素貯留の間にはシナジーの関係があることが示唆された。

（４）今後の課題

トレードオフおよびシナジーの解析が必要と考えられる。

③ 農地利用形態の変化が流域の水文環境に与える影響の分析

(1) 研究目的

農地の利用形態（耕作放棄、粗放的管理、林地への転用など）毎の雨水流出特性を分析し、農業従事者の減少に伴う農地利用の変化が流域スケールの調整サービスに与える影響を評価する。

(2) 研究成果

透水試験および現地踏査によって、耕作放棄水田からの流出形態は圃場の乾湿が、流出形態に影響を与えることが、明らかとなった。また、圃場の乾湿は放棄後の経過年数のみならず、その立地条件、特に地下水位によって異なるため、これを判別する手法が必要であった。本研究では放棄後の圃場内の植生が比較的長期的な土壌水分の状態を反映することに着目し、現地踏査および UAV による植生調査を実施した結果、植生と土壌水分に関係が示唆された。この結果を用いて地形湿潤指数 (TWI) と衛星画像を用いて、より広域な判別を試みた結果、水田がもつ水害抑制のサービスを定量化できる可能性が示唆された。

(3) 政策研究への示唆、情報提供等

耕作放棄地が水文環境に与える影響を放棄水田の植生と関連付けて把握する手法の基礎を確立したことで、全国で急速に広がることが予想される耕作放棄地に対し解析が行える可能性を示した。耕作放棄によって水害抑制に寄与する水田と水害を助長する水田の判別し、今後の土地利用のあり方の検討をする際の評価材料を提供することが期待できる。

(4) 今後の課題

本研究では解析対象地およびサンプル数が限定的であったため、構築した手法の確立を目指し、他の対象地において引き続き調査を継続する。

④ DNA 分析による生物多様性評価の手法検討

(1) 研究目的

ハイ・スループット DNA 分析装置を用いることで得られるデータを基に、農地の生物多様性を評価する手法を検討する。

(2) 研究成果

農法の異なる水田土壌から採取されたサンプルを対象として、DNA メタバーコーディング分析を行い、原核生物・真菌・線虫類のそれぞれについて、生物多様性および生物群集構造の違いを明らかにした。この成果により、膨大な生物多様性情報をもとにして農地環境の評価を行う基礎が構築された。

(3) 政策研究への示唆、情報提供等

生物多様性に関する膨大な情報を、農地土壌サンプルの DNA メタバーコーディングによって取得する手法を確立することができた。農地の状態を診断するこうした手法が定着することで、環境保全型農業が拡大するための情報基盤が構築されると期待される。

(4) 今後の課題

今回のプロジェクトで行った農地内の分析だけでなく、農地を取り巻く環境を対象とした分析が生物多様性保全の観点で重要である。DNA メタバーコーディング技術は土壌だけでなく、水環境のサンプルも対象とすることができるので、水田周辺の用水路内の水生昆虫や魚類・両生類の多様性を評価する形での拡張が望まれる。

⑤ 基盤情報整備、生態系サービスの潜在量推定

(1) 研究目的

地形、土地被覆、作付け等の広域的な地図データおよび他テーマによって観測された各種生態系情報を利用し、池田町全域における生態系サービスの潜在量を推定する。

(2) 研究成果

過去5年間の農法（池田町独自の栽培認証）履歴および筆ポリゴンデータを利用し、過去から現在にわたる農法履歴を類型化した結果、1) 基本的に慣行農法を継続、2) 基本的に匠を継続、3) 基本的に真を継続という3クラスに分けることができた。さらにこれらクラスと土壌の化学性、生物性の関係を検討したところ、クラスごとに特性があることが示唆された。

(3) 政策研究への示唆、情報提供等

認証を受けられる有機農法を単年実施しても土壌の性質にはあまり影響しないが、3年以上継続することで明らかに土壌の性質には違いが検出された。そして認証栽培を継続した圃場における土壌は、土壌管理という観点から良い状態に変化していると解釈できた。すなわち、農家に対して、認証農法を複数年継続することを推奨する根拠になる可能性がある。

(4) 今後の課題

今回は認証農法が土壌の性質に及ぼす影響の評価に留まったが、認証農法を農家に推奨するためには、それにかかる労力、収穫物の価格といった経営面、経済面での評価も必要となる。この評価を加えることで、認証農法の取り入れを検討する農家に対して、生態系サービスという観点を含めた上で、具体的な判断基準を提示することが可能になる。この課題が本成果を政策等に反映させる上で最も重要である。

(注1) 5.研究結果等は、全研究期間をとおしての研究全体の研究結果を5行程度簡潔に記載してから、研究項目ごとの研究結果等を簡潔に記載すること。

(注2) 学会発表、論文発表等成果等公表の状況を e-Rad で報告するとともに、リストを添付すること。

(注3) 研究成果概要図を添付すること。

(注4) 農林水産政策研究所のホームページにて公表するため、未公表データや知的財産等に関する事項については、十分に注意して作成すること。また、公表できる内容のみを記載すること。

<研究成果概要図>

表1 水田生態系サービス（特に調整サービス）のメカニズムと
池田町における環境保全型農業の生態系サービスへの効果

一般的な水田の持つ生態系サービス	水田の生態系サービスのメカニズム（Matsuno et.al.2006, Natsuhara 2013）	中山間地（池田町）の水田生態系サービスの特徴	環境保全型農業による生態系サービスの強化
洪水緩和	田面や灌漑設備による雨水貯留	森林域と隣接することから表面流出が抑制（雪解け時には流量が増加）	左記と同様
地下水涵養	湛水貯留による浸透	森林域の隣接のため地下水が豊富	－
土壌侵食防除	田面の均平，土壌の団粒化	見受けられず	－
斜面崩壊防除	棚田法面の安定化	見受けられず	－
水質浄化	微生物による脱窒や土壌への吸着	データを見る限り窒素濃度は低いまま	土壌のリン含有量が多い堆肥の受け入れ過多の可能性
有機物分解	有機資源（廃棄物）の投入	環境保全型農業において堆肥の投入	有機物の投入とその分解
気象緩和	蒸発散による冷却	現行問題ない	－
生物多様性	圃場と水路の連続による水系生態系の維持	水系生態系は未観測だが，土壌微生物を測定	

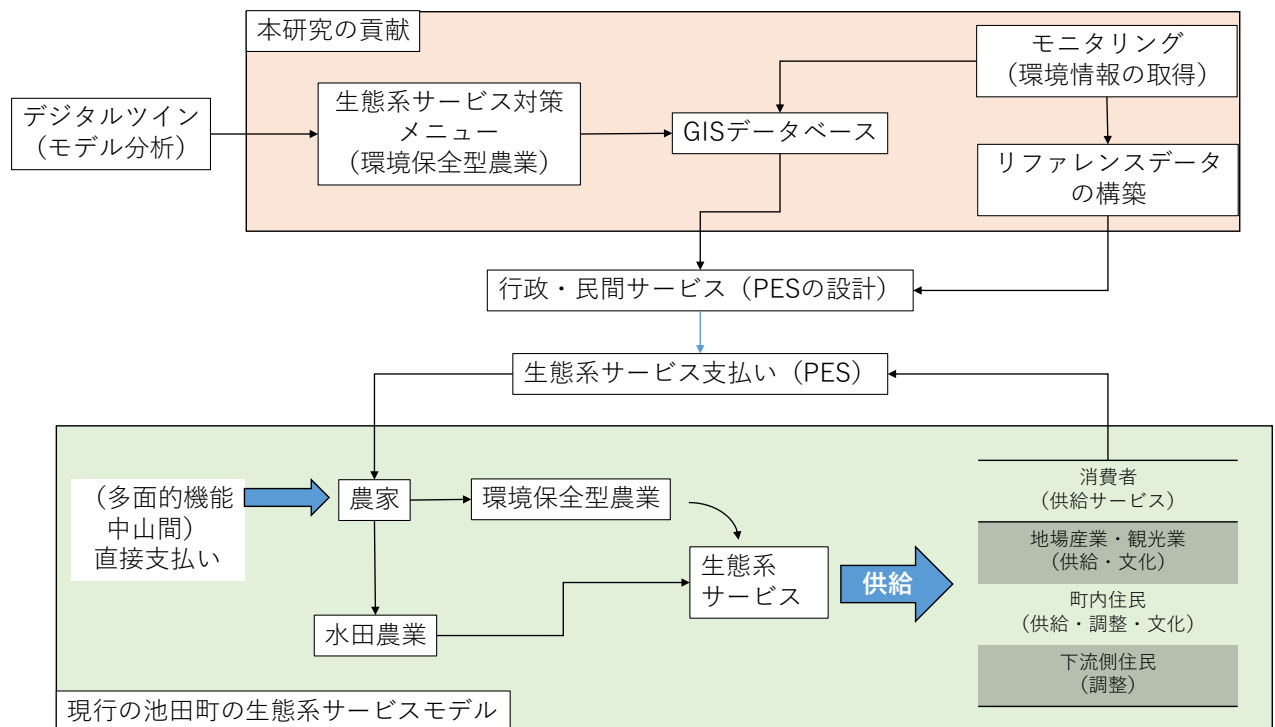


図1 調査より判明した現行の生態系サービスモデルと本研究を通じた生態系サービス支払い（PES）の貢献