

第37回日本農業工学会秋季シンポジウム

「地球環境の持続性に向けた人と自然の新たな関係性」

講演要旨集

主 催：日本農業工学会 JAICABE：The Japan Association of International
Commission of Agricultural and Biosystems Engineering
日 時：2022年10月26日（水） 13：30－16：45
開催方式：オンライン配信

目次

- 1 第37回日本農業工学会秋季シンポジウム次第 1

- 2 【基調講演】
『ストックホルム+50 報告～国連人間環境会議から 50 年を振り返りつつ、
Nature の在り方を考える』 藤野 純一（地球環境戦略研究機関） 2

- 3 【個別講演】
ベトナムでの間断灌漑の温室効果ガス排出削減効果と普及に向けた課題
宇野 健一（国際農林水産業研究センター） 4
樹木葬墓地～人-自然、都市-農村の新たな関係性
上田 裕文（北海道大学） 8
農地周辺の水環境保全や水資源の効率的な利用を促進する経済的手法
竹田 麻里（東京大学） 10
社会・生態システムとしての農業・農村
橋本 禪（東京大学） 14

1. 第37回日本農業工学会秋季シンポジウム次第

開催趣旨

1972年にスウェーデンのストックホルムで開催された国連人間環境会議は、地球環境問題への対応、そして食料や資源、野生生物の保護など、人と環境の問題に国際的に取り組む枠組みを示した。それから50年。農業工学分野では、食料生産、資源の循環利用、農村と都市の土地利用や人の移動などについて多くの科学技術や社会技術に関わる研究成果が示されてきたが、最近の国際紛争や国際関係の緊張化により、地球環境を脅かす資源・エネルギーや食料の不足の影響は、コロナ禍もあいまって、世界的にいまだに顕在化している。そこで本シンポジウムでは、2022年6月に開催されたストックホルム+50の報告をもとに、地球環境をめぐる動向を改めて展望する。そして、多様な専門分野を連携・融合する農業工学の特性を活かして、各分野の研究の視点や成果を紹介し、持続可能な地球環境と食料供給システムに貢献する、人と自然の新たな関係性づくりを考える。

プログラム

司会：農業農村工学会事務局：中 達雄

13:30：開会あいさつ 農村計画学会長 一ノ瀬 友博（慶応義塾大学）

趣旨説明 農村計画学会 清水 夏樹（神戸大学）

13:40：基調講演

『ストックホルム+50 報告～国連人間環境会議から50年を振り返りつつ、
Natureの在り方を考える』 藤野 純一（地球環境戦略研究機関）

14:20：個別講演

ベトナムでの間断灌漑の温室効果ガス排出削減効果と普及に向けた課題
宇野 健一（国際農林水産業研究センター）
樹木葬墓地～人-自然、都市-農村の新たな関係性
上田 裕文（北海道大学）

(15:10：休憩)

15:20 農地周辺の水環境保全や水資源の効率的な利用を促進する経済的手法

竹田 麻里（東京大学）

社会・生態システムとしての農業・農村

橋本 禪（東京大学）

16:10 全体質疑 進行 農村計画学会 清水 夏樹（神戸大学）

16:40 閉会あいさつ 農業農村工学会副会長 藤原 正幸（京都大学）

16:45 閉会

—ストックホルム+50 報告—

国連人間環境会議から 50 年を振り返りつつ、Nature の在り方を考える

藤野 純一

公益財団法人 地球環境戦略研究機関 (IGES)

要旨

2015 年 9 月に国連本部で行われた「持続可能な開発サミット」で採択された“Transforming our world: the 2030 agenda for sustainable development”では、経済・社会・環境の統合を目指し、SDGs が決められた。契機の一つは 1972 年に開催された「国連人間環境会議」であり、その 50 周年を記念して開催された「ストックホルム+50」会議を概観し、Nature の在り方について考える。

キーワード

国連人間環境会議, スtockホルム+50, TNFD, 定量化, ルール策定

緒言

筆者は低炭素・脱炭素社会関連の研究・活動を中心に、主に気候変動の COP や SDGs の「国連ハイレベル政治フォーラム」(HLPF) 等に参加してきた。今回「ストックホルム+50」会議に参加する機会を得たため、そこで学んだことと Nature とのつながりについて私見を述べる。

「ストックホルム+50」会議

1972 年 6 月 5 日から 16 日にストックホルムで開催された「国連人間環境会議」(ストックホルム会議) から 50 周年を記念するため、その 50 年後の 2022 年 6 月 2 日および 3 日に同じくストックホルムにて“A healthy planet for the prosperity of all – our responsibility, our opportunity”をテーマに「ストックホルム+50」会議が行われた。ストックホルム会議で設立が決められた国連環境計画 (UNEP) の 50 周年を記念するものでもあった。



図 1 スtockホルム+50 の開催セレモニーの様子

2022 年 3 月 28 日に国連本部で開催した準備会合を皮切りに 3 つの leadership dialogues、地域や国での会合等の準備を重ね、本会合ではコロナ渦にもかかわらず、4000 人以上の参加者、数人の首脳クラス、60 名以上の大任クラスが集まり、3 つの leadership dialogues を中核に 50 以上のサイドイベントが行われ、10 の recommendations がまとめられた (以下、ヘッドラインだけ示す)。

1. Place human well-being at the centre of a healthy planet and prosperity for all,
2. Recognise and implement the right to a clean, healthy and sustainable environment,
3. Adopt system wide change in the way our current economic system works to contribute to a healthy planet,
4. Strengthen national implementation of existing commitments for a healthy planet,
5. Align public and private financial flows with environmental, climate and sustainable development commitments,
6. Accelerate system-wide transformations of high impact sectors, such as food, energy, water, buildings and construction, manufacturing, and mobility,
7. Rebuild relationships of trust for strengthened cooperation and solidarity,
8. Reinforce and reinvigorate the multilateral system,
9. Recognise intergenerational responsibility as a cornerstone of sound policy-making,
10. Take forward the Stockholm+50 outcomes

準備会合から本会合までのすべての文書や動画は「ストックホルム+50」会合の Website から確認できるので、是非ご覧頂きたい。

以下、筆者なりの会合のポイントを提示する。

1. **Mandate** のない国際会合：国連人間環境会議と違って、何かを決める会合ではなかったため、それほど関心を集めることができなかった。一方で、特に環境分野の関係者が久しぶりにリアルに顔を合わせる会合になり、fika (スウェーデンのお茶の時間) 的な交流が進んだ (より詳しくは Sustainability に関するグローバルメディアの IISD のレポートを参照されたい)
2. 国連事務総長が提示した 3 つの **global risk : climate** (気候変動)、**nature** (生物多様性を中心とした自然生態系)、**pollution** (プラスチック汚染等) の早急な解決を呼び掛けた
3. **Youth task force** の設置：世界から集まった 16 歳から 35 歳の 57 名のユースが “The Global Youth Policy Paper” をまとめ、本会合でも常に発言の機会があるなど、ユースの意義ある参画があった
4. 話し合いのプロセスデザイン：2022 年 6 月の本会合を迎えるにあたり、同年 3 月末の国連本部での準備会合、3 つの **leadership dialogues** に対して各 3 回のオンライン会合の開催、地域や国での会合開催など、話し合いを重ねて会合の準備にあたった
5. **Solution** の必要性：国連事務総長が提示した **climate**、**nature**、**pollution** に対して、多くの参加者から早急の解決が求められたが、具体的な解決策の議論は十分ではなかった。1972 年の状況とは異なり、1992 年の「国連環境開発会議」(「地球サミット」) にて、気候変動枠組条約や生物多様性枠組条約が採択され、それぞれの枠組みで議論が進む中、分野横断的な解決策を議論し具体的な検討を行う場が求められる

Nature の在り方を考える

ストックホルムのサステナビリティ先進地域

「ストックホルム+50」会議の参加にあたって、先端的な地域開発が行われている、“Stockholm Royal Seaport” を訪問する機会があった。

中心部から公共交通で 15-20 分ほどの王立国立公園が隣接する港湾地区で、以前は石油やガスの貯蔵地区だったが、最先端の環境技術を導入し 2030 年までにゼロカーボンを目指す地域で、すでに若い家族が多く住んでいた。

それよりも先に開発された “Hammarby Sjöstad” 地域の経験を活かして、デザイン性を多少犠牲しても徹底的に断熱する、ごみの真空輸送方式を活用したごみ清掃車が

住居部に入らない設計、洪水対策を考慮した緑地や公園の設計など、できるだけインフラや設備などのハード側で対応し、住民の行動に過度に期待しない都市開発が行われていた。

佐渡市におけるネイチャーポジティブ宣言

2022 年 10 月 23 日に佐渡市において、「2030 年までに生物多様性の減少傾向を食い止め、回復に向かわせる」ことを目指すネイチャーポジティブ宣言がなされた。

佐渡市は、1981 年に野生絶滅したトキを 2008 年に野生復帰させ、現在 569 羽にするなど、生物多様性の保全の取り組みを進めているが、脱炭素先行地域や SDGs 未来都市にも選定されるなど、より包括的な概念である「地域循環共生圏」の実現に向けて、取組を進めるにあたり、自然への投資や循環型経済の促進を目指しているところである。

特に企業は、TCFD (気候関連財務情報開示タスクフォース) の Nature 版にあたる TNFD (自然関連財務情報開示タスクフォース) への対応について動き出しているところであり、2022 年 12 月に生物多様性枠組条約の COP15 では多くの企業の参画が予想されており、佐渡市としては、さらなる企業との協働を狙っている。

おわりに

筆者は Climate の分野が長く、Nature の分野については初学に近いが、低炭素・脱炭素社会の実現を目指す上で、地域のサステナビリティは欠かせないことから、自然資源がどのように保全され、持続可能な形で活用されていくのか強い関心を持っている (たとえば「脱炭素先行地域」という取組が行われている)。また、グローバルでは、サプライチェーンを通じて、TCFD や TNFD をはじめ企業等のステークホルダーが持続可能な活動を行っているのかを評価する仕組みが作られてきており、それがグローバルなルールになっている。

Climate と Nature の違いは、Climate はどこでも CO2 で計測することができるが、Nature は多様な価値基準があり、その価値も地域に応じて変わることである。

今後、否が応でも地域の自然 (資本) 価値が定量化されることでマーケットに組み込まれていくことになるがよりポジティブな意味での定量化・ルール作りをする上で、学術の貢献がなされることを期待する。

引用文献

「ストックホルム+50」Website, <https://www.stockholm50.global/>
IISDによる各種レポート, <https://enb.iisd.org/stockholm50>

ベトナムでの間断灌漑の温室効果ガス排出削減効果と普及に向けた課題

宇野 健一

進藤 惣治

国立研究開発法人 国際農林水産業研究センター

要旨

メタンガスは二酸化炭素とともに地球規模での気候変動に重大な影響を及ぼす。水田の湛水は多量のメタンガスを放出するが、ベトナム国メコンデルタ地域における実験の結果、間断灌漑を行うことにより、水田からのメタン排出量は常時湛水に比して 40%程度削減されることが明らかにされた。水田農業が盛んな途上国においては間断灌漑が有効な GHG 排出量削減手段となりうる。しかしその実施には頻繁な見回り等、農家に水管理上の負担をかけることとなる。他方、GHG 排出削減の受益者は農家のみならず地球規模全体であるため、間断灌漑の普及に向けては様々なインセンティブの構築や普及支援施策が求められると考えられる。

キーワード

間断灌漑, ベトナム, メタンガス, 気候変動, 水田

緒言

地球規模での気候変動を受け、温室効果ガス（以下、「GHG」という）の排出削減が世界的な課題となっている。2010年の全世界のGHG排出量は49G（10億）tCO₂（二酸化炭素(CO₂)換算量）で、このうち農業・林業・その他土地利用の排出は世界の排出全体の24%（2010年値）を占める。2016年に発効したパリ協定により、各国は国別目標（NDC）を提出し、GHG排出量削減に責任をもって取り組むこととなった。

農作物は、生産の過程で、GHGであるメタン（以下、「CH₄」という）を発生している。CO₂に比した温室効果の程度を倍数で示す地球温暖化係数は、IPCC第5次報告書の100年値でCH₄は28、N₂Oは265である。国内産業における農林水産業の割合が大きい発展途上国においては、農業においても相応の削減努力が求められる。とりわけ、水稲の栽培面積が大きいうえに2~3期作が行われているベトナムでは水田からのGHG排出量は44Mt CO₂で全体の15%を占める。このような状況から、ベトナムのNDCには水田からのGHG削減が明記され、重要な政策課題となっている。水田由来のGHGの95%以上はCH₄であり、嫌気性条件でメタン生成菌の働きにより発生することが知られている。その発生量は圃場の乾田期間を長くすることで相当程度制御が可能であるため、灌漑排水分野のもつ役割は大きい。

本報ではベトナム国南部に位置するメコンデルタ水田地

域におけるGHG削減に向けた研究活動と、普及の実現に向けた課題を紹介する。

メコンデルタにおける間断灌漑の現状

国際稲研究所が提唱する間断灌漑（以下、「IRRI-AWD」という）は、水田水位を表層から地表面下15cm程度まで低下させた後灌漑を再開し、水位が地上5cmに達するまで湛水し、その後灌漑をやめ、地表面下15cmまで水位低下させる作業を繰り返す。水管理は水田土壌中に設置した簡易水位測定パイプなどを用いて行う。これにより水田が乾燥状態となり土壌が酸化され、メタン生成菌の活動が不活性化するため、慣行的に行われていた常時湛水（以下、「CF」という）に比してCH₄排出量削減にも効果があることがわかってきている。

しかしIRRI-AWDの日々の地下水管理は営農者にとって煩雑な作業である。そのため試験対象地のベトナム・アンジャン省の農家は間断灌漑を独自に簡素化し、圃場表面全体が乾燥するまで落水しその後湛水することを繰り返す農家型間断灌漑（以下、「FAWD」という）を実施することが多い。FAWDの地下水水位を検証したところ、-5cmから-10cm程度に浅く設定することになるが、水位測定パイプによる頻繁な水位管理の手間を嫌う農家でも目視や圃場を踏んだ感触など経験により地下水水位を大掴みできるため、運用が容易となる。

アンジャン省において主にFAWDを含む間断灌漑手法によるGHG、収量、灌漑ポンプ運転回数等の変化を測定

した。

調査方法

調査期間と調査圃場

アンジャン省を含むベトナム南部のメコンデルタでの水稲栽培は、冬春、春夏、夏秋の年間3回行われている。本調査は2015年春夏作から2017年冬春作の6作期、計40作を対象とし試験圃場を設置した。調査圃場は沖積土壌または酸性硫酸塩土壌の水田であり、圃場に畦畔を設置し分割するか、または隣接の圃場2枚を1組とし、それぞれCF水管理とFAWD水管理を行った。圃場区画平均面積は0.52haであった。

圃場管理

播種から収穫に至るまで、水田の管理はアンジャン省農業普及員の指示に基づき農家が行った。本地域で一般的である直播方式を採用し、品種はOM5451, IR50404等の長粒種とした。水田の水管理は、水位測定パイプを設置したうえでCF圃場においては常時湛水、FAWD圃場においては地下水位が概ね-5cmから-10cmに到達した時点で灌漑を再開することを目指すものとし、施肥等を含めた営農作業を記録した。当地は揚水ポンプによる灌漑を行うことから、その運転回数、運転時間、運転経費を記録した。水位については水位測定パイプによる目視記録を毎日行うとともに、オートロガーを設置した。

GHG採取と収量調査

ガスサンプリングは、密閉式チャンパー法で実施し、現地作業はアンジャン省農業農村開発局職員が行った。播種後7日目からサンプリングを開始し、各週1回、朝8時より30分以内に2回採取(チャンパー設置後3分及び23分後)する方法とした。採取されたガス試料は日本に持ち帰り、ガスクロマトグラフ(島津社製, GC-14B, FID)による成分分析でCH₄フラックス及びN₂Oフラックスを算出した。収量はガスサンプリング地点付近での坪刈法(1m²)、脱穀後は淡水選の後14%水分量に再計算し相互比較した。

揚水ポンプ運転時間と経費

1作あたりのポンプの運転回数と費用を農家からの聞き取りにより調査した。

調査結果

水管理別水位

上記6作期延べ40作におけるCF区画及びFAWD区画の通期水位の平均と乾田日数(田面水位0cm以下の日数)の平均を表-1に示す。作期中の水位は差別化されており、また標準偏差の差異が示すように、作期を通じて

表-1 通期水位の平均と乾田日数(計40作を対象)

	CF	FAWD
通期水位平均(cm)	5.5 ($\sigma=4.3$)	-1.3 ($\sigma=9.0$)
乾田日数(日)	6.7	32.8

FAWD区画ではCF区画に比して水位が大きく変動した。

GHG排出量

40圃場における二つの水管理方式の各作付け期のCH₄の排出量を図-1に、土壌種類別のCH₄の排出量を図-2に示す。CH₄の地球温暖化係数は、IPCC(国連気候変動に関する政府間パネル)第5次報告書の100年累積値である28を用いた。計40作におけるCF区画からのメタン排出量は1作あたり平均4.55tCO₂/ha、FAWD区画では平均2.72tCO₂/haであり、排出量の全体平均は40%程度減少した。土壌別には沖積土壌で平均23.8%削減(1作あたり0.98tCO₂/haの削減)、酸性硫酸塩土壌では平均55.4%削減(同2.85tCO₂/haの削減)された。また、CH₄に比較して少量ではあるものの、N₂Oも圃場から排出されていた。しかしN₂Oにおいては、FAWDによる有意な改善効果は見られなかった。

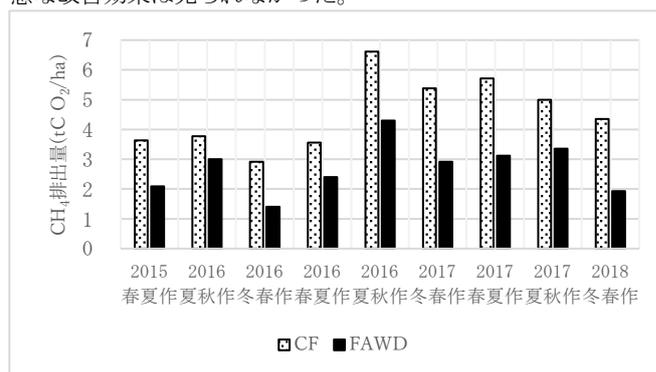


図-1 各作期における水管理別CH₄排出量(1作あたり)

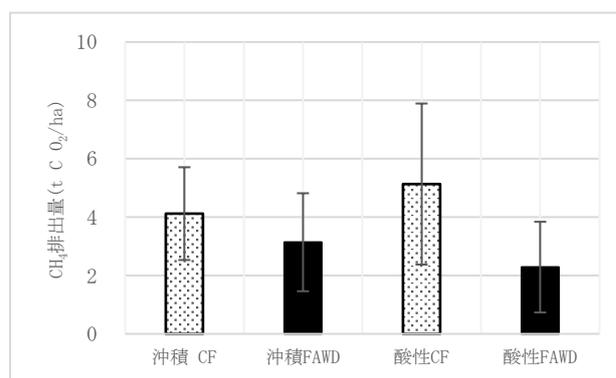


図-2 土壌・水管理別CH₄排出量(1作あたり)

収量

同40作における土壌種類別の収量の状況を図-3に示す。沖積土壌および酸性硫酸塩土壌ともFAWDの収量が多かった。品種にばらつきがあるため単純な比較は難しいが、収量で比較したところ、CFは4.98t/haだったが

FAWDは6.17 t/haで、CFが1.19 t/ha多かった。

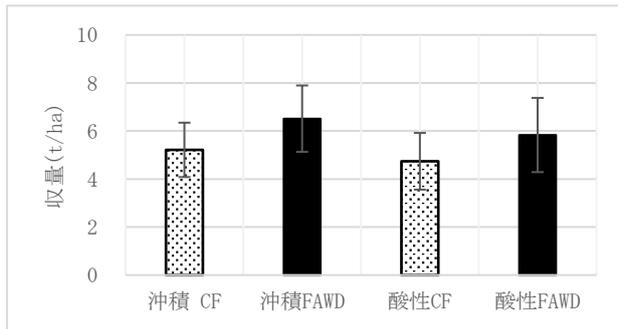


図-3 土壌・水管理別水稲収量(1作あたり)

揚水ポンプ運転時間と経費

2015年春夏作から2018年冬春作までの40調査圃場における用水ポンプ運転回数と経費の比較を図-4、図-5に示す。

ポンプ運転回数は平均でCFが8.97回であるのに対し、FAWDは5.95回であり、約3.02回/ha有意に減少した。ポンプ運転費用は平均でCFが1,013千ベトナム・ドン(以下、「VND」という)/haであるのに対し、FAWDは708千VND/haであり約305千VND/ha有意に減少した。



図-4 各作期におけるポンプ運転回数(1作あたり)

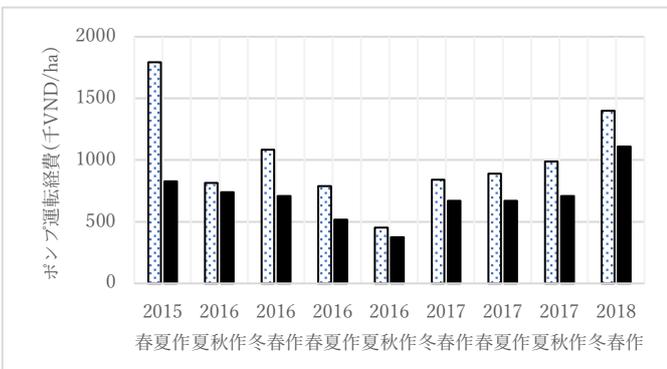


図-5 各作期におけるポンプ運転経費(1作あたり)

間断灌漑の普及施策

間断灌漑普及率と政策提言

今回の調査の結果、FAWDの実施によりCH₄は約40%の削減効果が確認されたばかりではなく、土壌の種類によらず水稲の反収増が確認されたほか、ポンプ運転の回数と運転経費の削減効果が確認された。水管理分野からのSDGsやNDCの達成への貢献において有望な手段であるといえる。

このことを受け、国際農林水産業研究センター(国際農研)では、2019年2月28日、間断灌漑(IRRI-AWD及びFAWD)に関する科学的知見をとりまとめ、ベトナム政府のアンジャン省農業農村開発局幹部に「政策提言」として提出した。

アンジャン省では、節水灌漑を2003年から、3R3G(three reductions, three gains)、2008年からは1M5R(one must do five reductions)と呼ばれる一連の技術普及キャンペーンの中で推進されてきた。1M5Rとは、優良種子の使用、播種量、肥料、農薬、灌漑用水、収穫後ロスの削減であり、間断灌漑技術は灌漑用水削減のための技術の一つとして組み入れられている。農家は、政府等が開催するセミナー等への参加を通じ情報を得ている。一方で、図-6に示すとおり間断灌漑普及率は2010年以降、増加傾向にあるものの、近年では伸び悩みの傾向がみられる。現地調査でのインタビューでも、農家にとって水管理が面倒だとの声が聞かれる。また、水田の用排分離が行われていないことや、田越し灌漑がおこなわれている水田も多く、弾力的な水管理が難しい側面もある。メリットの一つとしてあげられるポンプ経費の削減も、多くの農家はポンプを面積当たりの定額で借りている場合が多く、この場合は経営的な便益を受けることはないという指摘もある。さらなる普及には、用排水路の整備や圃場整備の実施など公共事業としての基盤整備が必要と考えられる旨が政策提言された。



図-6 アンジャン省における間断灌漑普及率

さらなる普及に向けた施策

農家のFAWD導入のもっとも重要なインセンティブは収量の増加であろう。今回の調査で、FAWD導入により

収量の増加が確認されたが、そのメカニズムは必ずしも明確にはなっていない。増収の要因の一つとして、FAWD実施に伴う中干効果により稲の倒伏軽減や分けつ抑制による生産量の増加が指摘されているが、さらなる研究が必要である。

また、単純な増収ではなく単位 GHG 排出量当たり収量に着目することも考えられる。現在のところ GHG 削減を行う農家のメリットは定量化されていないが、例えばカーボン・クレジット等による現金化が叶えば、間断灌漑実施のインセンティブのあり方は大きく変わる可能性がある。

また、ベトナムでは一般的ではない「中干」の導入など栽培技術の試行と農家の水管理労力削減、それに一連のデータの取得を目的とした ICT を活用した水管理技術の現地適用試験などが必要となろう。

さらには、間断灌漑の前提条件として安定的な灌漑用水の供給が挙げられる。どの時期においても確実に灌漑が確保できていなければ、リスク回避で常時湛水方式を継続せざるを得ず、とりわけ途上国においては水源や灌漑排水インフラの開発が望まれるであろう。

水田からの CH₄ 発生抑制は、ベトナムだけの問題ではなく、メコンデルタの他地域（カンボジア、ラオス等）を含め、広くモンスーン・アジア全体の課題であり、上記のような施策は広範に求められる。

おわりに

農林水産省は、2021年5月、「みどりの食料システム戦略」を発表した。この中では、間断灌漑による CH₄ 発生抑制も盛り込まれている。これまで ICT の導入は、自動化を中心とした労力削減を目的にしてきたが、間断灌漑を容易にすることで政策のグリーン化にも活用できる。わが国の水田からの CH₄ 排出量は、2018年値で 12MtCO₂ であるが、冒頭で述べたようにベトナムではその 4 倍近い排出量があるほか、他の東南アジア諸国でも同様の状況である。わが国は早期に農業農村整備事業で ICT を活用した間断灌漑技術を実装して CH₄ 削減効果を実証し、これを広く世界に普及させることを期待している。

引用文献

UNFCCC : The third NATIONAL COMMUNICATION OF VIETNAM TO THE UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE

<https://unfccc.int/documents/192805/2021/1/28>

PCC WG3 : Climate Change 2014, Mitigation of Climate Change: 123, 822-82.

https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_full.pdf, 2020/12/10.

田港朝彦, 松原英治. (2016) メコンデルタにおける 2 種類の節

水灌漑による水田からの温室効果ガス排出削減および収量への影響, 農業農村工学会論文集, 303:1_195-1_200.

宮下昌子, 村松康彦, 川島知之. (2016) ベトナム国アンジャン省における節水灌漑技術の普及実態および AWD 節水灌漑技術普及のための課題の解析, システム農学(J.JASS), 32(2):71-80.

樹木葬墓地～人-自然，都市-農村の新たな関係性

上田 裕文

北海道大学大学院メディア・コミュニケーション研究院

要旨

近年の社会構造の変化に伴う墓地形態のめまぐるしい変化は、確実に将来の異質な国土景観として現れてくると考えられる。本発表では、20年ほど前に誕生し急激に普及拡大した日本の樹木葬墓地の現状をドイツの事例と比較し、人-自然，都市-農村の関係性からその課題を考察する。自然葬としての樹木葬墓地には、増加し続ける遺骨を自然に還すことによる遺骨問題の物理的な解消。そして、死者にとっての終の住処を「場所」として残すとともに、人々に「ふるさと」を提供するといった、日本の墓地問題を解決するうえでの大きな役割が期待される。

キーワード

樹木葬，自然葬，墓地，人口流動，ふるさと

緒言

過疎化が進む地域社会においては、その基盤となる社会インフラの維持が課題となる。そうした社会インフラの一つに墓地がある。墓地は地域の社会構造を直接反映した空間であるため、その土地利用計画には近年新たな枠組みが求められている。

死者の祭祀や墓の維持管理は、明治以降、後継ぎを前提とした「家」「家族」に委ねられてきた歴史があり、これまでは人口増加と共に墓地は増加し続けてきた。しかし、少子化の進展などによって人口減少に転じ、核家族化も進行する中、家族が先祖代々の墓を維持するという前提は既に崩れつつある。一方で、高齢化社会の後に多死社会を迎える日本では、今後も死亡者数が増加するとともに、墓地に対するニーズの多様化により、さらに多くの墓地が必要となることになる。このように、墓地は増加する一方で墓地を管理する世代の人口は減少するという状況において、これまででない墓地のあり方が求められている。

人々の意識も、先祖供養から自分自身の死後設計へと向かい、これまで家族が継承することを前提としていた家族墓は個人化する傾向にある。都市への人口移動などにより、血縁だけでなく地縁も失った墓は、「墓じまい」ブームに代表されるように流動化し、一方では放棄された無縁墓の増加も危惧されている。こうした墓地の循環利用を促進する、墓地の有限化や、さらには墓地の継承すらも必要としない自然葬も増加する一方で、合葬墓や新たなコミュニティでの共同墓も増加している。このように、近年の社会構造の変化に伴う、墓地形態のめま

ぐるしい変化は、確実に将来の異質な国土景観として現れてくると考えられる。

本発表では、20年ほど前に誕生し急激に普及拡大した日本の樹木葬墓地の現状をドイツの事例と比較し、人-自然，都市-農村の関係性からその課題を考察する。

日本の樹木葬墓地の誕生と展開

少子高齢化などの社会構造の変化に共通点があり、ほぼ同時期に樹木葬墓地がスタートしたドイツと日本であるが、その誕生の経緯やその後の展開、管理運営の状況には多くの相違点が見られる。

日本において樹木葬墓地は、当初は里山保全を目的として整備されたものであった。「花に生まれ変わる仏たち」を謳い文句とする樹木葬は、墓域の許可を得た里山に対して間伐や歩道整備を行ったうえで、林床に墓穴を掘り、その中に焼骨を直接埋めて原生植生のツツジなどの低木を植樹する方式である。

こうした合法的な画期的埋蔵形態は全国から注目され、瞬く間に全国に広がった。しかし、普及の過程でそれぞれの墓地の置かれた環境条件や運営形態、市場ニーズに応じて様々なデザインの樹木葬墓地のデザインが試行錯誤された。こうして日本では、墓石の代わりに樹木を用いるお墓の形態として多様な樹木葬が展開していくことになる。

当初は、既存の家族墓のあり方が揺るぎ始め、そこからこぼれ落ちる女性を中心とした利用者が多く、そのほかにいわゆる「あとつぎ」がいない夫婦などが主に購入していた。こうして、都市部のニーズを近郊の農村部で受け止める形で樹木葬墓地は広まっていった。しかし、

次第に樹木葬墓地の知名度が上がるに従い、墓石に比べて安価な墓、管理不要の墓としての側面も注目されるようになり、樹木葬墓地は永代管理の仕組みとも結びついて現代の社会ニーズに合致する埋葬形態として不動の地位を築いたかに見える。そして、戦後都市部に移住し、故郷に墓地を持たない人々の需要に応える形で、樹木葬墓地は都市型の形態を強めていく。すなわち、当初の里山における林内の埋葬ではなく、都市部の狭い区画に多くの埋葬を可能にすることで価格を抑えた、明るい庭園や公園のような空間の都市型樹木葬墓地である。

ドイツでの樹木葬墓地の誕生と展開

ドイツで最初の樹木葬墓地は、当時赤字が深刻化していたヘッセン州の州有林が、林業不振による赤字の補填を目的に樹木葬を導入することを決め実現した。しかも、最初の樹木葬墓地は「グリム街道」沿いに位置する、通称「メルヒェンの森」と呼ばれるラインハルトの森の一角に開設された。こうして一度前例ができることで、ドイツにおいても樹木葬墓地がこの運営会社によって全国に広がり、その他の運営会社も参入しながら現在では、自治体の直営による樹木葬墓地も出現するに至っている。

ドイツの樹木葬墓地の特徴は、既存の森林をそのまま利用し、高木を墓標がわりに用いてその根本に骨壺を埋葬する点である。埋葬者の名前は、その木に取り付けられたネームプレートに記され、それ以外の人工物は見られない。埋葬箇所は次第に落ち葉に覆われ、一見その他の森とは見分けがつかなくなる。この樹木葬墓地の森を訪れる人は、園路だけでなく、自由に木々の間を歩き、自分の大切な人が埋葬された木の前で足を止め、死者に語りかけることができる。

樹木葬はさらに大衆化が進行し、もはやドイツ国内に500箇所以上の樹木葬墓地が開設され、火葬を利用する人の5%が森の中の樹木葬を利用するに至っている。一方で、ドイツにおいても日本に類似する様々な都市型の樹木葬墓地が現在広まりつつある。

このようにみてきた日本とドイツの一般的な樹木葬墓地の違いは、日本が墓石を樹木に代えたものであるのに対し、ドイツでは森を墓地として利用したものであった。日本における樹木葬は、墓の形態が多様化する中での一形態であるに対し、ドイツでは森林経営や公園整備にも新たな選択肢を提供したと言える。また、運営形態についても、ドイツの方がむしろ民間運営会社が当初から利益追求型で、全国の森林を活用したビジネスとして展開、普及した。これによって、ドイツでは、ほぼ同一の形態で同一の価格、サービスの樹木葬を全国の人が利用できる。それに対して、日本では、各墓地経営者が樹木葬を導入し、創意工夫によって思い思いの形態を生み出していき、多様な樹木葬の形が全国に広がった。

人-自然、都市-農村の新たな関係性

日本とドイツの異なる樹木葬墓地の展開は、両国で異なる埋葬ルールとも密接に結びついている。すなわち、土葬・火葬に関わらず埋葬までが義務付けられているドイツと、火葬後の遺骨の取り扱いについて個人の自由に任されている日本との違いである。ドイツでは、人は亡くなったら必ず墓地に埋葬されなければならないが、日本の遺骨は、自宅で保管していても構わない、承継者の所有物となる。つまり、ドイツでは人は死んだら「場所」になるのに対し、日本では「物」になると言ってもよいだろう。このような意識の違いから、ドイツの墓地とは、死者たちと社会が「場所」を共有する空間であり、日本においては「物」を一時的、または半永久的に保管する空間であるとも言える。このことは、墓地の景観としての現れに決定的な違いを生み出すだろう。

日本では遺骨の取り扱いについて自由度が高い一方で、お墓は子孫が引き継いでいかなければならないという家族墓の伝統的な考えも根強く残っている。そのため、少子化や核家族化、さらには流動化が進む社会においては、遺骨の保管場所は残された遺族の都合により移転される、いわゆる「墓じまい」と呼ばれる墓地の解消が見られるようになる。つまり、預けられた遺骨は、将来にわたって常に改葬されるリスクを抱えているのである。それでも遺骨の数は、世代交代が進むごとに増え続けるため、いずれかの代では遺骨を合祀したり、自然に返したりする方法を検討する必要が出てくる。

自然葬としての樹木葬墓地には、こうした遺骨問題としての日本の墓地問題を解決するうえで大きな役割を担うことが期待される。すなわち、増加し続ける遺骨を自然に還すことによる遺骨問題の物理的な解消。そして、死者にとっての終の住処を場所として残すとともに、人々に「ふるさと」を提供することである。このことは、私たちに新たな人と自然のつながりと、都市と農村の空間的なつながりを意識させることによるのではないだろうか。

引用文献

- 槇村久子 (2013) お墓の社会学 -社会が変わるとお墓も変わる、晃洋書房、228pp
- 森謙二 (2000) 墓と葬送の現在 -祖先祭祀から葬送の自由へ、東京堂出版、325pp
- 上田裕文 (2016) ドイツの樹木葬墓地に見る新たな森林利用、ランドスケープ研究、79(5)、537-540
- 上田裕文 (2019) こんな樹木葬で眠りたい、旬報社、117-127
- 上田裕文 (2020) ドイツと日本の樹木葬墓地の展開、公園緑地、80(4)、13-16
- 上田裕文 (2022) 樹木葬墓地の近年の動向と形態変化に関する研究、ランドスケープ研究、85(5)、551-554

農地周辺の水環境保全や水資源の効率的な利用を促進する経済的手法

竹田 麻里

東京大学大学院農学生命科学研究科

要旨

気候変動や資源環境保全の促進において、経済的手法はその1つの方法である。経済的手法が、利用者に資源環境保全のインセンティブを与え、また、適切な制度設計のもとでは、効率的な資源配分を達成することはもはやよく知られていることであるが、社会実装という点では特に一部諸国・一部の分野に限られている面も多い。

そこで、本報告では日本における経済的手法の適用事例から、経済的手法の適用における特徴や課題を明らかにする。特に、歴史的に形成されてきた灌漑管理・稲作生産の共同行動 (Collective Action) と、農地集積による耕作における外部性の消失が制度設計に関わることを議論する。

キーワード

Market-Based Instrument(MBI), 保全契約オークション(Conservation Auction), 灌漑用水の従量課金制(Irrigation Water Pricing), 共同行動(Collective Action)

緒言

気候変動や資源環境保全を促進するための対策の1つとして、経済的な手法は必ず言及されるといってよい。経済的手法は Market-based Instrument (MBI) と表現されることも多く、気候変動対策における炭素税や温室効果ガスの排出許可証取引、生物多様性の保全に対する PES (Payment for Ecosystem Services) や保全契約オークション (Conservation auction) (ハンレーら, 2021)、水資源保全に対する水市場 (water market) やプライシング (water pricing) などがその例である (R.C.Griffin, 2016)。

これらの手法はいずれも、利用者に資源環境保全のインセンティブを与え、また、適切な制度設計のもとでは、効率的な資源配分を達成する。このことは経済学の標準的なテキストなどでも示される「形式知」にもなっている。一方で、MBI の社会実装については、欧米の一部諸国・一部の分野にとどまっている面がある。

そこで、本報告では日本における経済的手法の適用事例から、経済的手法の適用における特徴や課題を議論したい。結論を先に述べると、通常議論される MBI が「個」を基本的単位とするのに対し、日本の稲作灌漑では灌漑管理の共同行動 (Collective Action) との両立可能性が制度設計上の特徴であるとともに、農業構造の変化や集落機能の低下による共同行動のあり方の変化が今後の制度設計に影響を与えると考えられる。

水田周辺の水環境保全契約オークション

滋賀県を対象に、水田周辺水環境の改善を行うプログラムに対する保全契約オークション (Conservation Auction) の社会実験を紹介したい (Takeda et al., 2015)。

環境支払の効率性とオークション

具体的な実験の内容に入る前に、環境保全支払における問題点と保全契約オークションの有効性に関する議論を簡単に紹介する。多くの環境保全プログラムでは、保全行為に対して一律の環境支払 (PES) を実施することが多い。しかし、保全行為にかかる費用は本来、保全者によって異なるため、保全費用のかからない効率的な保全者ほど一律の環境支払と自身の保全コストの差額をレント (超過利潤) として受け取ることができてしまう。このようなレントシーキングは、保全者の真の保全コストは保全者のみが知るところであり、保全政策担当者には不明であるという情報の非対称性により発生する。レントシーキングの抑制、言い換えれば保全者に真の保全費用を表明してもらうことができれば、その分だけ他の保全者への支払いに充てることができ、より少ない環境支払の原資で多くの環境保全行為を支援することができるという点で費用効率的である。政府の財政的制約や政府資金の機会費用を考慮するならば、レントシーキングの抑制は環境支払政策の持続性にとっても重要である。

そこで、保全者に真の保全コストを表明してもらう1つの方法として、オークションが注目されてきた。なぜなら、オークションでは、競争原理を用いて保全者の戦略的行動 (相手がどう行動するかを予想したうえで自分とる最適な行動) の結果として真の保全コストの表明が

自発的に選択されるように導くことができるからである。

保全契約オークションの社会実験

社会実験では、琵琶湖に面した5つの土地改良区を対象に、湖沼・河川の水環境を保全を目的に、排水路の堰上げによる水田からの漏水の節減と田越し灌漑による節水を実際に1灌漑期間中行う保全契約オークションを実施した(図1参照)。滋賀県を対象とした理由は、魚のゆりかご水田プロジェクトなどで水環境保全に対する意識は高く、また、保全行為がどの程度のコストの増大となるかを算定しやすい環境にあると判断したためである。なお、排水路の堰上げは対象区間の耕作者の共同行動が必要であるが、田越し灌漑は連坦する圃場であれば個人での参加が可能という違いがある。

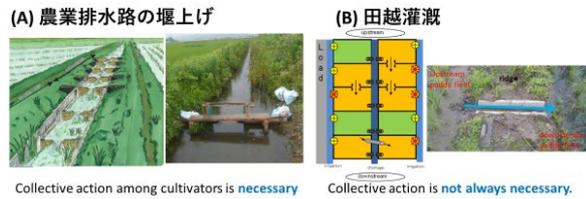


図1 社会実験の内容

Collective Auction(集団参加)のデザイン

社会実験に際し、オークションのデザインに関する土地改良区との意見交換で2点の重要な指摘があった。第1は、オークションへの参加単位を個々の経営体に限定せず、集団も許容する点である。その理由として、仮にオークションの単位を個々の農家に設定すると、農家間の競争が起き、これまで集落を単位に行ってきた灌漑管理の共同行動や営農における協力関係(集落営農等)に負の影響を与え、結果として今後の資源保全にも悪影響を及ぼす懸念があった。また、集団による参加の許容は、参加者を増やし、資源保全の効果やオークションにおける競争性が担保できることにもなる。そのため、入札単位を土地改良区とし、土地改良区内での入札の調整(参加の単位および入札価格)を許容した。

なお、このように集団を単位とした入札は本社会実験にユニークな特徴であり、Collective Auctionとして定義し実施した。その後、Group Contractとして集団的なオークション契約の研究が見られるようになった。団体での参加は、保全プログラムにおける参加面積も大きいこと、環境保全に対するインパクトも大きく重要であること(Bond et al., 2018)、また、グループ内のpeer social pressureにより、レントシーキング行為の抑制や、保全契約のコンプライアンス費用を低下させる可能性があること(Narloch et al., 2017)などが指摘されている。加えて、生態学の分野では近年、空間的に連続する生息地の一体的な保全が有効であり、個々の土地利用者に対して保全行動の協調を促すため、共同参加にボーナスを与えるJoint

Biddingの研究が行われ始めている(Banerjee, 2021)。これは本来「共同行動のない」資源利用者たちをオークションの参加時点でもどのように協調させるか、という点の研究であるが、日本の灌漑稲作の場合、「すでに共同行動がある」資源利用者たちの協調行動に影響を与えないという点に着目した点に相違があるが、共同行動が資源保全に資する点に着目した共通性がある。

第2は落札額の決定方法である。オークションにおける価格付けには大別すると単一価格方式と差別価格方式があり、理論的には単一価格方式において、真の保全費用の表明が支配戦略となることが知られている。一方で、単一価格方式では落札者全員に一律の金額が支払われるため、効率的な保全者に対しては結果的にレントが生じてしまう。本社会実験では、現場での理解のしやすさから予算の総額を非公開とした単一価格方式を採用した。

表1 オークションの結果

土地改良区名	A	B	I	K	S	合計		
(A) 排水路の堰上げ	単位	農家	-	-	0	0	0	
	組織	-	-	-	3 (H) ¹	1 (T) ²	4	
	組織化	-	-	-	2)	2)	-	
	圃場	堰数	-	-	-	14	4	18
	面積(ha)	-	-	-	29.64	1.75	31.39	
	5,000	-	-	-	0	0	0	
	10,000	-	-	-	0	0	0	
	20,000	-	-	-	0	1	1	
	30,000	-	-	-	3	0	3	
	40,000	-	-	-	0	0	0	
入札価格調整	-	-	-	有	有	-		
(B) 田越し灌漑	単位	農家	7	0	10	14	25	56
	組織	2 (H.F) ³	2 (H.F) ³	2)	1)→4)	4)	4)	4
	組織化	2)	2)	1)→4)	4)	4)	-	
	圃場	圃場数	75	43	61	59	167	405
	面積(ha)	19.45	22.44	10.54	16.98	42.54	111.96	
	5,000	0	0	1	0	0	1	
	10,000	0	2	6	14	0	22	
	20,000	9	0	2	0	25	36	
	30,000	0	0	1	0	0	1	
	40,000	0	0	0	0	0	0	
入札価格調整	有	有(非公式)	無	無(集落は実施)	有	-		

資料: Takeda et al. (2015)

注: ハイライトした入札価格の行は落札に成功した入札を示す。Hは集落、Tは堰上げのために組織化された団体、Fは集落営農を示す。また、組織化は、土地改良区による入札者の調整方法を示し、1)は農家に一任、2)は対象者の選定、3)全員で参加、4)1)と2)の組み合わせを示す。

オークションの結果と含意

オークションの結果を表1に記した。落札額は、堰上げでは30,000円/haで、この地域で行われた少し負担の少ない類似のプログラム(魚のゆりかご水田)の40,000円/haよりも低く、少なくともオークションによる費用効率性が大きく疑問視される結果にはならなかった。一方、堰上げよりもより簡便かつ、個人でも参加できる田越し灌漑では個人による参加が多く、入札額も総じて低く、落札額は20,000円/haとなった。

また、collective auctionは、以下に記す取引費用の低下を促したと考えられた。すなわち、すべての土地改良区で、参加適任者を選定し、参加者の特徴から比較的保全費用が小さい傾向にある者を選定していた(Takeda et al., 2015)。また、多くの土地改良区で入札価格調整も実施し

ていた。その理由として、「価格調整によって全員が落札に失敗するよりも、一部の人が落札できたという不公平のほうが受け入れがたい」という落札確率に関する不公平への意見が実験後の聞き取り調査で聞かれた。これらのことから、資源保全や営農活動に関する共同行動の活用や、組織が考える「公平性」への配慮、オークションへの理解と参加を高める可能性が示唆された。

最後に、オークションの活用自体について、実験実施後の土地改良区への聞き取り調査では、農業者が全員必ず実施する営農行為ではなく取り組む自由のある活動についてであれば、オークション方式は受け入れられるという積極的な評価とともに、オークションは落札成功者と失敗者という分断を生むため、落札に失敗したら、入札の推進者（土地改良区職員や集落組織の長など）が組合員から信頼を得られなくなるといった指摘があった。

灌漑用水の従量課金制

あらためて灌漑用水の費用負担を考える

水資源が相対的に希少な半乾燥地域が大部分を占める欧米では、水資源の希少性が強いために、効率的な資源配分が強調される。そのため、資源配分の効率化に経済的インセンティブを付与する必要性が主張され、特に従量課金制の導入が主張されてきた (Tsur, 2004)。一方、現代では経済的効率性のみならず、分配上の課題や水に対する人権といった倫理的な次元を含む課題として水配分を考えるように変化している (Meran et al., 2020)。

一方で、日本を含めた湿潤地域であるアジア・モンスーン稲作地域では、耕作期間中に多量の降雨が期待できることや、圃場が零細で耕作者が多数となるため圃場ごとの水量計測の費用が禁止的に高いこと、灌漑水の利用者が比較的同質的であることなどから、面積当たり一律の課金システムが一般的であるとされてきた。

しかし、近年の日本農業をめぐる以下の大きな変化によって、水利費のあり方を再考する余地もあるかもしれない。すなわち、水資源利用の監視・制御技術の変化によって、圃場単位の使用水量計測の取引費用が低下したことや、農業構造の変化により、大規模農家と小規模自給的農家が併存する異質な構造に変化する中で、両者の水利用はかなり異なる可能性があり、面積当たり一律課金の公平性には検討の余地があるかもしれない。

さらに、大規模農家への農地集積が空間的に進むと、圃場単位でなくとも、用水ブロック等のまとまりでのより簡便な用水計測による従量課金制も考えられる。

電力価格と送水コスト

灌漑用水の費用負担を改めて考えるもう1つの問題は、揚水機場や加圧式パイプラインなどを自由度の高い送水のための電力使用による維持管理費の増大である。特に震災後の電力価格の上昇は農業部門にも打撃であった。そのうえ、近年の電力自由化で、農事用電力に対する規

制が緩和された。電力自由化自体は電力料金を下げる可能性があるが (小西, 2022)、低廉な価格に抑えてきた農事用電力規制の緩和は農事用電力を上昇させる可能性がある。エネルギー転換期かつエネルギーをめぐる地政学リスクが増大する現代は (ヤーギン, 2022)、電力料金之不確実性は無視できないであろう。一般に、土地改良区経営における支出の25%が電力料金、うち揚水機場や加圧送水する土地改良区の場合、30%~40%の費用が電力代であり、水自体よりも送水電力料金の節約意識が高く、結果として節水が進む可能性がある。

日本における従量課金制

竹田(2021)は、日本において灌漑用水の従量課金制を長期間導入している地域における水価格と使用量に関する実証研究を行った。ただし、ここでの従量課金制は、揚水機場の電力料のうち水量に応じて変化する料金のみが対象であり (表2参照)、また、圃場単位ではなく、「用水ブロック単位 (以下、単にブロック)」の従量課金制である。資源配分の効率性の観点からは、水の機会費用を織り込んだフルコストプライシングかつ限界費用に基づいた価格付けが重視されるが、本調査地区ではO&M費用の回収を目的としている。この点で、厳密な意味での資源配分の効率性の観点からの従量課金制ではなく、量に基づいたコスト意識を持たせる意味でのプライシングである点に留意が必要である。また、調査地区ではブロックはほぼ完全に集落の領域と重複しており、集落単位の従量課金制といってもよい。

表2 従量課金制の対象となる費用

費目		計算方法	負担者	
水利費	I 電力料	A 使用料金	取水量割	耕作者
		B 基本料金	面積割	耕作者
	II 電力料以外送水費		面積割	耕作者
	III 事務所費		面積割	地権者

この仕組みではブロックごとに取水量を計測し、その多寡に応じて最終的な水利費 (農家にとっての水料金 (円/10a)) が決まる。そのため、同一ブロック内では、個々の圃場の取水量に関わらず水料金は同じである。

このようなブロック単位の従量課金制が節水にもたらす影響を整理したのが図2である。節水を行わない耕作者によってブロック内の他の耕作者の水利費も増大するが (Negative effect1)、農地集積が進むとこのような他者の影響は小さくなりうる (Positive effect3)。ただし、農地集積が進展している途中の段階では、圃場分散等から水管理労働が増大し、節水が難しくなる可能性もある (Negative effect2)。このように方向性の異なる複数の効果が考えられるため、水価格の上昇が節水につながるかは実証的に検討する必要がある。

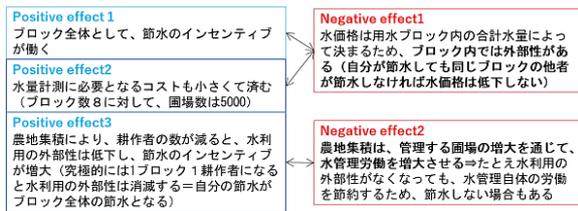


図2 用水ブロック単位の従量課金制と節水

そこで、8ブロックの約20年分のデータを用いた実証分析の結果、農事用電力を水価格としたときの需要の価格弾力性は0.2から0.4であり、水価格が10%上昇するとブロックの取水量は2%~4%程度減少することが明らかとなり、ブロック単位であっても従量課金制は、節水を促す可能性がある(表3参照)。なお、価格弾力性が小さいことから、電力料金の増大ほどには取水量は減らず、農家の電力費用負担の増大が懸念される結果となった。

表3 推計結果(一階差モデルの場合)

被説明変数	10aあたり揚水量(m3, 対数)	1回階差モデル(pooled-OLS)		
		(1)	(2)	(3)
説明変数	農事用電気料金(円/kw, 対数)	-0.372 (0.190)*	-0.389 (0.191)**	-0.407 (0.189)**
	耕作面積のHI(標準化済み)		-7.953 (5.353)	
	耕作面積のHI(標準化済み)の2乗		29.188 (17.324)*	
	CR3			-6.504 (2.751)**
	CR3の2乗			6.604 (3.038)**
	降雨量(mm)	-0.00001 (0.0001)	-0.00001 (0.0001)	-0.00001 (0.0001)
	水田率	0.037 (0.310)	0.085 (0.310)	0.129 (0.309)
定数項		有	有	有
タイムトレンド		無	無	無
crossection fixed effect		無	無	無
サンプルサイズ		144	144	144
決定係数		0.006	0.0122	0.0312

一方、農地集積と節水については、集積率の水準によって影響が異なる可能性が示された。具体的には、集積率が低い時には、農地集積が進むにつれて取水量が減少するが、集積率が一定水準以上で農地集積が進むと、逆に取水量が増加する結果となった。農地集積によって自身の節水がブロック全体の節水につながることで自身の水利費負担が減少する効果と、規模拡大による水管理労働の増大への対応としてのおおらかな水利用の相対的な関係が取水量に影響を与えると考えられる。

むすび

経済的手法の日本での適用事例においては、資源管理や営農活動の共同行動の単位が取り組みの基本的単位となって機能していることが観察された。これはある意味で日本型モデルともいえる特徴であろう。もちろん、保全契約オークションにおける田越し灌漑のように、個別農家のみで可能な取り組みでは「個」が単位となる場合

もあるが、それは耕作地の空間的な集積が生じている場合に可能となる。ブロック単位の従量課金制に対しても、資源保全の共同活動の単位が基礎となって自発的な導入が行われたこと、また農地集積の程度によって水利用が影響を受けることが示唆された。このことから、経済学的手法の今後の制度設計を考える際には、共同活動の程度や範囲と農地集積の進展を考慮することは一考に値すると考えられる。

謝辞

本報告のうち灌漑用水の従量課金制に関する研究は、JSPS 科研費 18K05844 の助成を受けたものです。

引用文献

- Bond, A.J., O'Connor, P.J., and Cavagnaro, T.R. (2018) Who participates in conservation incentive programs? Absentee and group landholders are in the mix, *Land Use Policy*, 72(3): 410-419.
- Burt, C. 2006. Volumetric Water Pricing. Irrigation Training and Research Center. ITRC Report No. 06-002.
- ダニエル・ヤーギン・黒輪篤嗣. (2022) 新しい世界の資源地図—エネルギー・気候変動・国家の衝突, 東洋経済新報社.p.693.
- Griffin, R.C. (2016) *Water Resource Economics*, second edition: The Analysis of Scarcity, Polics, MIT Press, Cambridge, MA, p.496.
- 小西昭文 (2022) 実証ミクロ×脱炭素政策「環境実証」で政策を考える, 経済セミナー編集部編『経済セミナー 気候変動にどう向き合うか』日本評論社: 21-27.
- Meran, G., Siehlow, M., and von Hirschhausen, C. (2020) *The Economics of Water Rules and Institutions*, Springer, Switzerland.p.321.
- Narloch, U., Drucker, A.G., Pascual, U. (2017) What role for cooperation in conservation tenders? Paying farmer groups in the High Andes, *Land Use Policy*, 63: 659-671.
- ニック・ハンレー, ジェイソン・ショグレン, ベン・ホワイト著, 田中勝也 (翻訳) (2021) 環境経済学入門, 昭和堂, 京都, p.480.
- Banerjee, S., Cason, N.T., de Vries, F.P., and Hanley, N. (2021) Spatial Coordination and Joint Bidding in Conservation Auctions, *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists*, 8(5):1013-1049.
- 竹田麻里(2021) 灌漑用水ブロック単位の従量課金制と利水行動に関する実証分析—価格弾力性と農地集積に着目して—, *農業経済研究* 92(4):353-358.
- Takeda, M., Takahashi, D., and Shobayashi, M. (2015) Collective action vs. conservation auction: Lessons from a social experiment of a collective auction of water conservation contracts in Japan, *Land Use Policy*, 46:189-200.
- Tsur, Y. (2004) *Pricing Irrigation Water: Principles and Cases from Developing Countries*, Routledge, New York, p.336.

社会・生態システムとしての農業・農村

橋本 禪

東京大学大学院農学生命科学研究科

要旨

持続可能な社会の実現に向けて、人と自然の関係性や人間社会と自然環境の相互作用に対する理解を深め、より持続可能な形への見直しが必要とされている。本稿では、人間社会と自然環境の相互作用を捉える枠組みとして考案された「社会・生態システム」の概念モデルをもとに、農業・農村や農業農村整備政策の位置づけを検討した。農業農村工学の知識体系である〈水土の知〉はもともと、農業生態系と社会系の相互関係を射程としていたが、農山村における人間活動が縮小し、限界的農地の拡大や野生鳥獣の活動範囲の拡大が続くなかで〈水土の知〉の射程のさらなる拡大が求められている。

キーワード

社会・生態システム, 生態系サービス, 多面的機能, 農業農村整備

緒言

農業農村整備政策の射程は、戦後社会情勢の変化を受け農業の生産基盤の整備から農村の生活環境の整備を含むものへと拡大してきた。また、1999年の食料・農業・農村基本法の成立や2001年の土地改良法改正による環境との調和への配慮の義務づけは、農業農村整備が農業生産基盤や農村生活環境だけでなく自然環境とも広く関わることを明確にした。現在、農業農村整備政策は、従来からの課題に加え、人口減少や高齢化、豪雨水害をはじめとする自然災害の頻発化、激甚化の他に、気候変動枠組条約や生物多様性条約などの多国間環境協定の議論の進展などを踏まえた対応が求められている。

本シンポジウムのテーマでもある「人と自然の関係性」は、持続可能な開発を議論する際の重要なキーワードの一つでもある。先行研究の多くが、経済のグローバル化や都市化が、物質主義や過剰消費の拡大や人と自然との関係を希薄にし、様々な環境問題の根本的な原因になっていることを指摘している (e.g., Cumming et al., 2014, Seppelt & Cumming, 2016; Ives et al., 2018)。それ故に「人と自然の関係性」の見直しや再構築が、持続可能な社会の実現におけるレバレッジ・ポイントであると指摘する論者もいる (e.g., Riechers et al., 2020)。

「人と自然の関係性」には、さまざまな捉え方があるが (例えば, Connectedness to Nature scale, Nature-Relatedness scale), 本稿では「社会・生態システム」(Social-

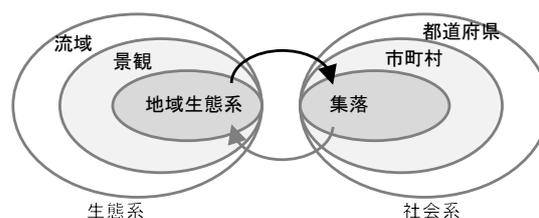


図-1 社会・生態システム概念図

Ecological System) の概念をもとに、農業・農村や農業農村整備政策の位置づけについて検討する。

社会・生態システムの視点

社会・生態システム (Social-Ecological System) の考え方は、人類が抱える環境問題や食料やエネルギーを含む社会問題について、社会系 (Social system) と生態系 (Ecological system) を統合した一つの系として捉える点に特徴がある。社会・生態システム概念は、環境問題や社会問題について、社会系や生態系のいずれかの観点からの研究が多かったこと、それゆえに社会系と生態系の相互関係についての理解が不足しているなどの反省から生み出された。用語そのものは1970年には誕生していたと言われるが、より分析的な枠組みとして再定義され、広く使われるようになったのは1990年代後半以降のことである (Colding & Barhel, 2019)。

社会・生態システムにおける社会系と生態系は、複数

の階層から構成され、相互に複雑に影響を及ぼすことも想定されている。例えば行政管轄を例にすると社会系は、集落や市町村、都道府県、国のような階層関係で捉えることができる。生態系も、比較的狭い地域の生態系もあれば、地域生態系を取り巻く広範囲での景観（ランドスケープ）、さらに広範囲の流域など複数の空間スケールが階層が存在し、相互に影響を及ぼしている（図-1）。

農業生産のために人為的に改変された空間のことを「農業生態系」とも呼ぶ。社会・生態システムに当てはめると農業生態系は、より広い範囲の生態系と社会系の接点に位置づけることができる（図-2）。社会系と生態系の相互関係は、農業を例にとると、社会系は農業基盤整備や生産活動などの形で生態系に働きかけ、その結果として、社会系が農作物を得るという形で表現される。しかし、この働きかけが持続的なものでなければ、生態系は損耗し、生態系が産み出せる農作物の生産量は減少し、社会系の活動を制約づけることになる。また、送粉者による花粉媒介や野生鳥獣による農業被害のように、農業生態系における生産活動は周辺の生態系からも影響を受けることもある。

筆者は、社会・生態システムの中に農業生産や農業農村整備関連施策を位置付けることで、農業生産や農業農村整備関連施策が農業生態系やその周辺の生態系、社会系とどのように関係づけられるかを俯瞰的にとえることが可能になると考えている。

社会・生態システムの視点で農業生産を捉える

生態系と社会系は、農業生産の場である農業生態系を介して、生態系サービスや人間活動（生産・維持管理、農業農村整備、農業施策など）により繋がっている（図-2）。生態系サービスは、供給サービス（食料、木材、繊維、水、など）、調整サービス（洪水制御、土壌流出・土砂崩壊制御、など）、文化的サービス（美観、教育、精神的な安らぎ、レクリエーション機会、など）、基盤サービス（水循環、栄養塩循環、土壌生成、など）に分けられる。このうち基盤サービスは、生態系の機能やプロセスそのものであり、人間が直接的に受益することもないため、生態系サービスとして分類されないこともある。

ところで「生態系サービス」というと、人為的な介入なしに生態系から生まれる便益のみが該当すると思われがちだが、実際には生態系サービスの産出から受益まで様々な人為的な介入が必要な例が多い。例えば、供給サービスの一つである米の生産・消費者への供給には（図-2, ①）、農地の区画や水利施設、農道の整備のほか、農業生産や生産基盤等の維持管理のための労働、栽培方法

に関する知識などが必要である（図-2, ②）。生態系サービスの中には、サービスの発揮や供給にこのような人間的介入が重要なものがあることは国際的にも広く知ら

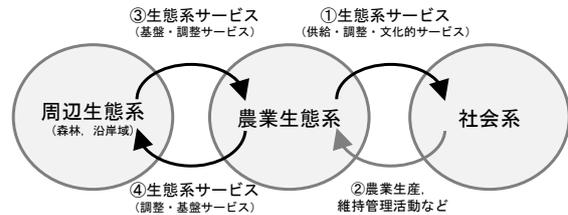


図-2 社会・生態システムにおける農業生産と農業農村整備の位置づけ

れている。

農業の多面的機能として生まれる調整サービス（例えば田んぼダムによる洪水制御）や文化的サービス（美しい田園景観）も（図-2, ①）、農業生産基盤や農業生産や資源管理などの人為的な介入の上に成立する（図-2, ②）。

農業生産はまた、水循環、栄養塩類等の基盤サービスの他にもさまざまな生態系サービスによっても支えられている（図-2-③）。調整サービスの一つである送粉サービスは、送粉者（例えば、マルハナバチ）による農作物の結果・結実に必要な花粉の媒介のことを指すが、わが国の耕種農業産出額の約8%（約5.7兆円）が花粉などを運ぶ送粉者による送粉サービス（昆虫や動物など）に依存しているという推計もある（小沼・大久保, 2015）。

農業生産はその方法によっては水質汚濁や地下水の枯渇、土地劣化などの形で農業生態系の劣化の他に、社会系（図-2, ①）や生態系（図-2, ④）に負の影響をもたらすこともある。また逆に、農業生産は、農業生態系の内部や周辺の生態系から、鳥獣被害や病害虫被害のような形で負の影響を被ることもある（図-2, ③）。これらの生態系からの負の影響は、一般に「生態系ディスプレイサービス」と呼ばれる。また、農業生産活動や生産基盤整備そのものも、その方式によっては生態系の劣化や生物多様性の低下を引き起こす。世界的見ると陸域の生物多様性の低下を引き起こす最大の要因は土地利用の変化であり、これには開墾による農地の拡大も含まれる（IPBES, 2019）。

他方、これは社会系からの人間の働きかけが農業生態系の生物多様性の保全を支えている例もある（図-2, ②）。里地里山のように人との関わりの中で維持管理されてきた生態系には定期的な人為的かく乱に依存する種が多数生息しており、農業生産や維持管理の縮小が生物多様性の低下につながるケースもある。国内の水田の休耕・耕作放棄が引き超す生物多様性影響のメタ分析研究では、乾田や谷津田・棚田や降水量の少ない地域では生物多様性を減少させやすく、逆に湿田や低地や降水量の多い地域においては生物多様性の増加につながる事が知られている（Koshida & Katayama, 2018）。日本の生物多様性国家戦略では、自然に対する働きかけの縮小も、開発行為、

化学物質等による汚染，侵略的外来種，気候変動とならぶ生物多様性低下の要因として認識されている(環境省，2012)。

農業農村整備政策関連施策の位置づけ

社会・生態系の視点から農業農村整備関連施策の位置づけを考えると，これら施策の多くは農業生態系そのものや，農業生態系に対する人間の働きかけ(図-2，②)に作用することがわかる。例えば，農業生産基盤整備は，農業生態系の労働生産性や土地生産性の向上に作用する。基盤整備における環境との調和への配慮は，土地改良事業により生じる農業生態系への影響の緩和を意図している。

次に，多面的機能支払は，農業生態系に組み込まれた農道や水路等の維持管理を促進することで(図-2，②)，農業生態系から産み出される調整サービスや文化的サービスの発揮を(図-2，①)，また中山間地域等直接支払は平地に比べ生産条件の不利な中山間地域の農地の生産性の格差を是正することで，農業生産の継続を促し(図-2，②)，食料など農産物(供給サービス)の生産を支える制度と整理できる。

農業分野におけるバイオマス資源循環の取組の取り組みの一つである家畜糞尿のメタン発酵によるバイオガス生産は供給サービス(図-2，①)に分類できる。また，バイオガスの生産過程で生じる消化液は，未処理のまま水域に排出すれば水質汚濁(生態系ディスサービス，図-2，①)の原因になるが，液肥として農地に還元すれば農産物生産(供給サービス)につながる(図-2，①)。2021年3月に公表された新たな土地改良長期計画にも示された，流域治水への対応として挙げられる田んぼダムの拡大は，農業生態系の物理構造的な特質(水田畦畔，調整装置のついた排水口)により，降雨時の水田からのピーク流出量を抑制することで農地や周辺住宅地への内水氾濫被害を軽減するものであるが，これは水田がもつ貯水・洪水緩和(調整サービス)を増強するものである(図-2，①)。

農業農村整備関連施策には，周辺生態系と農業系との生態系サービスのフロー(図-2，③，④)に作用するものもある。例えば，農業分野の鳥獣被害対策は，周辺生態系から農業生態系に対して及ぼされる生態系ディスサービスを抑制する取組である(図-2，③)。また農業環境政策におけるクロスコンプライアンスの考えは，農業者の責任で実践すべき農業由来の生態系ディスサービス(図-2，④)抑制の責任範囲を示したものである。また，環境保全型農業直接支払は，農業者の責任を超えた生態系サービスの供給(炭素貯留)(図-2，①)や農業生態系そのものの保全を目指すものと理解できる。

みどりの食料システム戦略に示された，農地として維持が困難な土地(以下，限界的農地とする)における緑肥作物の導入は，農業生態系の地力の維持や増進(基盤

サービス)や土壌流出の防止(調整サービス，図-2，①)に貢献するかもしれない。また，放牧等の農地の粗放的利用は，例えば水田に肉用牛が放牧される，または水田の区画が維持される限りは，牛肉(供給サービス，図-2，①)や水源涵養，流況安定，土砂流出防止(調整サービス，図-2，①)にも貢献しうる。同様に，鳥獣緩衝帯の整備は，緩衝帯が適切に整備・維持管理されれば，農作物の鳥獣被害の制御(調整サービス，図-2，③)を通じた農産物の安定供給(図-2，②)につながる。また，この緩衝帯が野生送粉者の生息地としての役割を果たすことができれば，花粉媒介(調整サービス)の増大を通じた周辺農地の農業生産(供給サービス，図-2，①)にも寄与する。食料の安定供給の確保が設置法に規定される農林水産省の任務の一つであれば，農業農村整備政策の対象として，農業生産を支える里地・里山の管理の中に限界的農地を積極的に位置づけられるだろう。この他，限界的農地や耕作放棄地の森林への転換は，農業生態系における農産物やバイオエネルギー生産の可能性(供給サービス)は失われるが，炭素貯留(調整サービス，図-2，①)や木材や特用林産物(供給サービス，図-2，①)の供給の道は保たれる。

このように社会・生態システム的な分析視点から農業農村整備政策に関連する個々の事業や施策を捉え，生態系サービスや外部からの資本・労働等の投入の流れを整理することは，事業や施策が社会・生態システムのどこに焦点をあてているのかや，系のどの要素にプラス(あるいはマイナス)に働くかを整理・理解する手助けになる。

結言-〈水土の知〉の射程の拡大に向けて-

農業農村工学では，農業生産を営む生存の基盤である農業生態系のことを「水土」と呼び，その持続的な維持管理に関わる有形・無形の知識を総称して「水土の知」と呼んできた。「水土の知」根幹にあるのは，水循環や物質循環に対する理解や，制御に関わる知識である。本稿の図-2を用いると，水土の知はおもに，農業生態系を制御するための社会系からの働きかけに関する知識と(図-2，②)，農業生態系から生み出される様々な生態系サービスのフローを制御する知識(図-2，①)とに区分できるだろう。他方で，農業生態系が周辺の生態系とどのような相互依存関係にあるか(図-2，③，④)については，鳥獣害対策のような一部の例を除いては分野「外」として扱われがちであった。本稿で示したように，農業生態系における生産活動は，社会系からの働きかけだけでなく，より広い周辺の生態系の影響下にもある。全国的に進みつつある人口減少と高齢化により，農山村における人間活動が縮小し，限界的農地の拡大や野生鳥獣の活動範囲の拡大が続くなかで，農業生態系と周辺生態系の相

互関係に対する理解を深め、適切な介入を施す必要性がますます向上することだろう。その意味で、水土の知の射程の拡大が今後ますます求められることになるだろう。

引用文献

- Colding, J., and S. Barthel. (2019) Exploring the social-ecological systems discourse 20 years later. *Ecology and Society* 24(1):2.
- Cumming, G., Buerkert, A., Hoffmann, E. et al.(2014) Implications of agricultural transitions and urbanization for ecosystem services. *Nature* 515, 50–57.
- IPBES (2019) Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, IPBES.
- Ives, C.D., Abson, D.J., von Wehrden, H. et al. (2016) Reconnecting with nature for sustainability. *Sustain Sci* 13, 1389–1397.
- 環境省(2012)生物多様性国家戦略 2012-2020,環境省
- 小沼 明弘・大久保 悟 (2015) 日本における送粉サービスの価値評価, 日本生態学会誌, 65 (3), pp. 217-226
- Koshida C. and Katayama N. (2018) Meta-analysis of the effects of rice-field abandonment on biodiversity in Japan, *Conservation Biology*, 32 (6), pp. 1392-1402, 2018
- Riechers, M., Balázs, Á., García-Llorente M. et al. (2021) Human-nature connectedness as leverage point, *Ecosystems and People*, 17:1, 215-221,
- Seppelt, R., Cumming, G.S.(2016) Humanity’s distance to nature: time for environmental austerity?. *Landscape Ecol* 31, 1645–1651 (2016).

※本稿は、橋本禪 (2021) 生物多様性・生態系サービス分野から農業農村整備政策のグリーン化の方向を探る, 水土の知, 89 (11), 833-837 に加筆・修正を加えたものである。