

序章 農業をめぐる環境問題と環境研究

1. 農業をめぐる環境問題：制御と循環

20世紀における科学・技術の目覚ましい発展による技術開発、技術革新は、利便性と豊かさを実現した。工業部門における生産性の向上、労働と資源の大量投入による生産の拡大、都市と地方の開発、貿易の拡大などによる経済の成長によって実現した豊かな工業化社会は、他方で、大量生産、大量消費、大量廃棄を伴い、肥大化し高度化した人間活動による環境負荷の累積は地球規模での環境問題を生み出すようになった。

急速な工業化のもとで工場がもたらす大気、水質、土壌の汚染など産業公害としての環境問題も、温室効果ガスの排出量の増加による地球の温暖化、化石燃料の燃焼に伴い排出される硫黄酸化物などによる酸性雨、多様な生物の生息地域である森林の開発などによる生物多様性の減少、過放牧による砂漠化の進行など地球規模の環境問題も、K. ボールディング (K. E. Boulding) が「宇宙船地球号」の経済学を論じる中で「循環的生態システム」として把握する地球の複雑なシステムに重大な影響を与えていることから生じている問題である。このシステムは、太陽エネルギーによってもたらされ、空間と時間の種々のスケールの生態システムの中で作用する物質循環によって支えられているので、環境問題はこの循環を損なうことによって生じている問題であるといえることができる。

農業をめぐる環境問題も同様である。

20世紀に発達した近代農業は農業の工業化によるものであった。近代農業は、肥料や農薬などを含め各種の資材を投入し、土壌、水、大気など各種資源を集約的に利用して生産活動を行い、農産物などを産出してきた。それは、化学資材の大量投入と資源の集約的利用による食料等生産の最大化 (High Input, High Return) を特徴としている。こうした農業は生産性の向上と生産の拡大を実現したが、他方で、「循環的生態システム」への負荷を強めるに至った。

表は、農業が循環利用する生態系を資源の視点からとらえて整理し、水、土壌、生物資源など生産条件としての農業資源に対する農業による負荷の可能性を表したものであるが、農業は、生態系への負荷の可能性を常に内包している。

表 資源に対する農業の負荷

資源の種類	農業による負荷の可能性
①非生物的資源	
水	硝酸リン 農薬
土壌	土壌流出 土壌圧縮 機能障害
大気	アンモニア メタン 一酸化二窒素 農薬
②生物的資源	
植物相 動物相 生息圏 個体 個体群 群集 生態系 (エコシステム)	生命力の減退 生物種の減少 生息基盤の奪取
③美的資源	
多様な景観要素 多様な景観像 分割耕地 (小さい圃場) 輪作 農地の畔 道路の端 生け垣 農地の樹木 小川 湖沼 (池、沼)	景観像の単調化 圃場の拡大 輪作の単純化 圃場の整備 小川・湖沼の除去

出典：四方康行ほか訳 (1996)。一部加筆修正。

農業は、周知のように、太陽エネルギーと生態系を繰り返し利用して食料、飼料、代替エネルギーなどを生産する産業であるが、生態系の利用のあり方に再検討が迫られるようになった。農業は、生態系を利用するための農耕において、人間の利益のために生態系の生産力を高めることを目的としてこれを制御することを必然とする。この生態系への能動的な働きかけは、種の選別、品種改良、遺伝子組換え作物の作出、病虫害の防御、除草などのようにたくさんの生物種を制御（生物制御）するとともに、耕耘、加温、被覆、灌漑などのように生態系の物的要素を改変（物理制御）し、また、農作物の収穫によって奪われる土壌中の養分を補給する施肥（窒素、リン、カリ）のように生態系の化学的要素を制御（化学制御）することを通じて、生態系における物質循環の過程に介入する。農業にかかわる環境問題の特徴は、この生態系（生物の生育環境）の制御による物質循環の過程への介入により引き起こされる物質循環の不全問題であるということができる。この不全問題は、循環が破壊されることによって、あるいは阻害されることによって、さらには停滞することによって、または偏在（空間的、時間的）することによって惹起される。したがって、制御が異なれば、生じられる農業の環境問題は異なるし、他方、同一の制御が行われても、その対象となる生態系が異なれば、農業の環境問題は異なるものとなる。

前掲の表において可能性として示されている農業による負荷の多くがすでに顕現していることから分かるように、これらの負荷の顕在化は、近代農業を性格づけている生態系の過度な利用と過度な生態系の制御に起因している。農業の本質であるこの生態系の制御に伴う環境負荷が、生態系の自己修復力（Resilience）を超える時、農業が依拠する生態系に重大な影響を与える。農業による負荷が顕在化する機構の解明、負荷を低減し、さらには削減し除去する技術開発などは、近代農業に関する環境研究の原初のかつ今日的課題である。

上述したような生態系の制御を通じた農業の環境問題のほかに、農業の外的要因によって引き起こされる問題がある。その一つは、食（農産物）の安全確保の視点から、土壌など農業資源（農業の生態系）が汚染されていることが懸念される場合である。産業活動によりもたらされた農耕地土壌の重金属（カドミウム、ヒ素）など有害化学物質による汚染はその一例である。その二つは、生態系の多様性を保全する視点から、侵入外来生物の蔓延が生態系を攪乱し、農業の生態系などに悪影響を及ぼすことが懸念される場合である。交易等によってもたらされた特定外来生物カワヒバリガイの分布拡大によるパイプライン等灌漑施設の機能障害はその一例である。その三は、地球規模の環境問題が農業の生態系に影響を及ぼすことが懸念される場合である。オゾン層の破壊によってもたらされる紫外線量の増大が生態系を損傷する問題、大気中の二酸化炭素の増加や温暖化がイネの生育や収量に影響を及ぼす問題などはその好例である。

これらはいずれも生態系の変化にかかわる問題であり、そうした変化が農業に直接的影響を及ぼすことによって、農業の持続性という問題を惹起する。ただし、先にも述べたように、生態系の変化が自己修復力を超えるとときに問題となる。また、農業の持続性の問題は「循環的生態システム」において行われている物質循環の時間スケールが考慮されることによって認識される問題である。さらには、農業をめぐる社会経済条件も大いに関係する問題であることも付け加えておこう。

地球規模の、あるいは地域規模での農業内外の要因によって生態系に生じる問題は、農業における環境問題であると同時に農業問題でもある。

土が密接な関係を結んでいる外部環境と相互の関係を示した中野政詩による地球表層の物質循環の経路図（中野，1999）を参考に、農業（による生態系の制御）と地球表層における物質循環との関係を整理すると図のように表される。

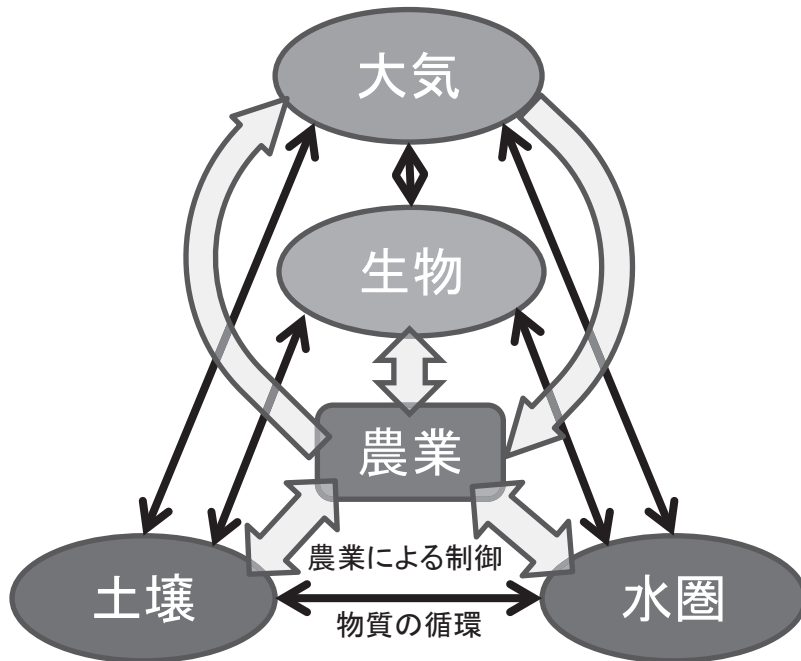


図 地球表層における物質循環と農業との関係

農業が制御の対象とする生態系（農業生態系）は、大気圏、水圏（地表、地下）、土壌圏（地表、地下）、生物圏（地上、地下）によって構成され、このそれぞれの間を太陽エネルギーがもたらす作用によって物質が循環している。ここでは、物質が循環するスケールあるいは生態系のスケールは、取り上げる問題の視点によって変わってくる。農業が営まれる空間で起きている問題を取り上げるならば、その生態系のスケールは、多くの場合、一定地域の広がりであろう。しかし、BSE（牛海綿状脳症）が引き金となって大豆ブームが始まり、アマゾンの熱帯林破壊を進めたように、生産と貿易の国際化が農産物輸出国の農業における生態系の制御のあり方に著しい歪みをもたらす。このように、土地が豊富な国でそれを集約的かつ取奪的に利用するなどによって生産費を低く抑えて得られる農産物の大量・遠距離・一方向の移動は、輸出国の生態系を破壊するばかりでなく、地球規模での循環を攪乱することにもなる。

2. 農業環境研究の枠組み

ここに農業環境研究のあり方についてとりまとめた一つの資料がある。2001年4月の独立行政法人化に向けて農業環境技術研究所内に設けられた「将来検討委員会」のもとに農業環境研究のあり方などについて検討したとりまとめである（西尾道徳，1999）。そこでは、農業生産と環境保全との調和を図りつつ、わが国の食料安全保障を確保し、国民の暮らしと国家社会の基盤である農業・農村の有する多面的機能を維持・向上させることを目的とし、この目的を達成するために、以下の6項目を農業環境研究として掲げている。

- (1) 農業環境資源を維持・保全・活用しつつ、環境への負荷を最小限にするとともに、農業の持つ公益的機能を最大限に発揮させながら、安全・高品質な食料を安定的に生産するための環境管理技術の開発に向けた研究を行う。
- (2) 農業環境資源の状態に関する情報を一元的に収集し、わが国の農業や自然条件等にふさわしい農業環境指標を用いて農業環境資源の変化を評価する。
- (3) 農業にかかわる地域から地球規模までの空間について、食料の流通や消費の側面も含め、農業を軸にして新しい時代のニーズに応える総合的な環境技術の開発戦略を策定する。
- (4) 新たな施策提言に資する研究などを行う。
- (5) これらのために必要な問題については、農地のみならず、林地、水系、都市部等についても研究対象を拡大するとともに、
- (6) 研究実施に際しては経営・経済的側面も重視する。

2001年4月に独立行政法人として再発足した農業環境技術研究所は、その独立行政法人個別法において、前述の「将来検討委員会」で検討された目的および研究の範囲は大幅に縮減され、「農業生産の対象となる生物の生育環境に関する技術上の基礎的な調査及び研究等を行うことにより、その生育環境の保全及び改善に関する技術上の向上に寄与する」ことを目的に与えられた。すなわち、研究の対象となる「農業環境」は、前者のように、「農業生産の対象となる地域」という産業の視点でとらえた広い空間を基底に置く概念から、「農業生産の対象となる生物の生育環境」という狭い空間を基底に置く概念へと転換された。

環境研究は、現在の状態がどうなっているかを解明し、問題を解決するための知識を創造する営為である。農業環境研究もこれと異なるものではない。ただし、対象とする環境が「農業生産の対象となる生物の生育環境」に限定されているに過ぎない。環境研究には、その定義づけから導き出されるように、「問題がある」ことを発見し解明し解決するための研究（第1の研究）と「問題がない」ことを解明し提示する研究（第2の研究）の二つがあることがわかる。第1の研究では、現象を解明し、影響を評価し、必要な対策を導き出すことが研究の出口となる。農業環境研究では、1.で述べたような農業にかかわる環境問題の解決を目指す研究はすべて第1の研究に属する。なお、すでに述べたように、農業の特殊性は、農業が自ら依拠する生態系を制御しつつ繰り返し利用することにある。このことは、農業は一方では1.で見たような環境問題を引き起こす原因となっているが、他方では、国土保全機能、環境保全機能、生物多様性保全機能、居住快適性機能、保健休養機能など生態系が有する多面的な機能を維持し、増進するものともなっている。生態系が有する多面的機能を解明し、評価し、維持し増進するための方策を導き出す研究もここに含めることができる。

第2の研究では現象の解明と影響の評価が重要となる。農業が依拠する生態系をモニターし、その状態や変化を評価する研究である。農業がかかわる環境における放射性同位体の長期モニタリングにより得られるデータのデータベースを構築し、その状態や変化を評価することはこの一例である。

なお、生態系を構成する要素である土壌、植物、昆虫、微生物などを収集し分類し評価すること、気象や大気ガスを観測し評価すること、それらを情報化しデータベースを構築するとともに総合化のための研究を実施すること、情報を収集し解析／分析し処理すること、さらには、リモートセンシング (R/S)、地理情報システム (GIS)、統計解析など手法を開発することは、第1の研究および第2の研究においてともに必要不可欠な基盤的研究である。

生産と貿易の国際化が農産物輸出国の農業による生態系の著しい改変に伴い種々の環境問題を引

き起こしていることが指摘されているが、他方で、農産物の輸入国においては窒素等が蓄積されることによって生態系の富栄養化が進行するという現象も見られる。こうした国際経済社会とかかわる環境問題に対処するために、さらには、農業による環境問題を回避しうる生態系制御のあり方をそれぞれの地域、国において探求するためには、農業環境研究における国際共同研究の推進が重要である。

2001年4月から始まる第1期中期目標期間における中期計画においては、(1)農業生態系の持つ自然循環機能に基づいた食料と環境の安全性の確保、(2)地球規模での環境変化と農業生態系との相互作用の解明、(3)生態学・環境科学を支える基盤技術に関する研究を柱に、22の中課題に研究を重点化した。これに続く2006年4月からの第2期中期目標期間における中期計画では、リスクの評価と管理に研究の焦点を当てて、(1)農業環境のリスクの評価及び管理技術の開発、(2)自然循環機能の発揮に向けた農業生態系の構造・機能の解明と管理技術の開発、(3)農業生態系の機能の解明を支える基盤的研究を柱に、8つの中課題に研究の重点を置いて実施した。独立行政法人化以後の農業環境技術研究所における研究課題を、生態系制御が直接に介入する循環過程の規模をX軸とし、自己修復力の範囲内に収まる程度の制御であるか否かといった生態系の自己修復力を基準とする制御の相対的な強度をY軸とする平面上に位置づけて表すことを試みるならば、循環過程の規模においては、植物の個体といったマイクロなレベルから地球規模のマクロレベルまでの広い範囲にわたり、また生態系制御の相対強度においては残留性有機汚染物質(POPs)のリスクといった高いレベルから昆虫フェロモンのような低いレベルまでの広いレンジにわたる農業環境問題を研究の対象として扱ってきていることがわかる。

3. 本書の構成

本書は、序章およびそれに続く4部から構成されている。序章では、農業をめぐる環境問題を概観し、農業環境研究の枠組みを提示している。農業生産環境の安全性を確保することは安全な食料を生産するための必須要件である。第I部では、農業環境におけるカドミウム、ヒ素、残留性有機汚染物質(POPs)などの有害化学物質や、肥料や有機質資材の施用に由来する窒素・リン等の栄養塩類の農業環境における動態の解明、さらには、リスクあるいは負荷の評価とそれらの低減技術について概説する。地球温暖化がわが国やアジア地域の主要作物であるコメの生産に甚大な影響を及ぼすことが懸念されている。第II部では、そうした懸念の解消に向けて、地球温暖化がもたらすコメの生産変動、イネおよび水田生態系の地球温暖化への応答など地球温暖化の影響評価や対応策などについて述べる。また、農業活動による温室効果ガスの排出、農耕地土壌への炭素蓄積など、農業における排出抑制や緩和策についても論じ、地球温暖化と農業との関係について全体像を明らかにする。農業生態系の適正な管理および生態系の有する機能を活用することは農業の持続性にとって重要な要件である。第III部では、「豊かな生き物を育む場」としての農業生態系を維持し保全することを目指して、そこにおける生物種の構成と動態および機能の解明、生物多様性の客観的評価、侵入外来生物や組換え体作物が生態系に与える影響の評価などを述べる。また、農業生態系では、多様な生物が、様々な生理活性物質を介して、互いに影響を及ぼしたり、環境中に存在する化学物質を分解したりしている。それら情報化学物質とその機能についても述べる。農業生態系の適切な評価と管理にとっては、生態系の長期にわたる継続的なデータの収集と有用なデータベースの構築、さらにはそれらのデータを分析し、解析する手法の開発が重要である。第IV部では、農業生態系におけるガスフラックス、放射性物質など各種モニタリング、リモートセンシング(R/S)や地理情報システム(GIS)の利用、農業生態系に関する統合データベースについて述べる。

引用文献

- 1) 中野政詩 (1999) 学術の動向 12月号, 日本学術会議, pp. 68-71
- 2) 西尾道徳 (1999) 農業環境研究の将来方向 (案), mimeo, pp. 7-8
- 3) 四方康行, 飯国芳明, 谷口憲治 訳 (1996) ドイツにおける農業と環境 (Heissenhuber A., Meusel F., Katzek J., Ring H. Landwirtschaft und Umwelt, Economic Verlag, 1994), 農政研究センター国際部レポート, 食料農業政策研究センター, p.58