

地球環境保全と水辺の自然再生

東京大学名誉教授・おおさき宝大使 鷺谷いづみ

1. 地球環境の限界を超えた人間活動

1万年ほど前に始まった地質時代「完新世」は、比較的温暖で安定した温度環境に恵まれ、農耕の開始や文明の発展などが促された。しかし、現代の人間活動はその安定性を大きく損なっている。とくに20世紀半ば以降に「植民地主義に端を発する大規模な工業的な農業」が広がると、地球環境が人間活動によって大きく影響され、完新世から逸脱した「人新世」という地質時代の名称も提案されるようになった。

それは、身近な生物の消失など、日常の感覚で捉えられる地域環境の変化だけでなく、科学的な分析・評価によって把握される地球環境の大きな変化を特徴とする。ロックストロームら30名ちかい欧米の研究者による統合的な科学的分析・評価の結果¹⁾が2009年にNature誌に発表されると、大きな社会的反響を呼んだ。

その研究では、安定な環境の維持にかかわる地球の安全限界(プラネタリー・バンダリー)を現状がどの程度超えているかを指標値を用いて評価し、「気候の安定性」、「富栄養化をもたらす無機窒素量」、「生物多様性の損失」がすでに安全限界を超えていると結論された。人間が作り出した化学物質は、生物圏に多大な影響を与えていると推測されるものの、あまりに多種類の生物にとっての安全性が不明な物質が環境中に放出され続けており、この時点では評価が難しいとされた。

2023年に論文が発表された後継の研究²⁾では、データの蓄積や研究の進展を反映して評価項目と「指標」が若干変更された。ヒトが作った化学物質(人造物質)の影響も評価対象とされ、それも含めて評価対象とした9項目のうちすでに7項目で安全限界を超えていると結論された。それらを安全限界内に戻すことは、「持続可能性」確保のために欠かすことができない人類的課題である。

2. 炭素を隔離して貯める湿地

安全限界からの気候の逸脱を是正するには、化石燃料の大量使用などで大きく変化した炭素循環のバランスを是正しなければならない。生態系における炭素循環を主に駆動しているのは、植物の「光合成」と植物を含めたあらゆる生物の間断のない「呼吸」である。地球規模である程度釣り合いの採れていた有機物への炭素の取り込みと炭素の放出は、ヒトが大量の化石燃料を用いて産業

活動を行い、広大な農地を開発するとそのバランスを崩した。その結果、大気中の二酸化炭素濃度の上昇が人間活動に由来する他の温暖化効果ガスの効果とも相まって「地球温暖化」と呼ばれる年を追う気温上昇がもたらされるようになった。その結果として、極氷や氷河の融解による海面上昇と大雨による洪水、干ばつや森林火災、熱波など、人々の暮らしを脅かす気象災害が世界中で増加している。

近年世界中で頻発するようになった「熱波」が人為的気候変動にどのくらい負っているのか、欧州の研究グループが「災害データ」、「気候モデル」、「二酸化炭素排出量データ」を用いてイベントアトリビューション法で分析したところ、最近頻発している熱波は地球温暖化に大きく依存していることが明らかにされ、それは、1850年から2023年までの炭素排出総量の60%に責任があるカーボンメジャー180社の生産活動に起因するとも結論された³⁾。

光合成と呼吸の温度に対する依存性は大きく異なる。植物の光合成の最適温度よりも高温域で呼吸速度は温度に依存して上昇し続ける。そのため、十分に冷涼な気候帯以外では、温暖化はさらに二酸化炭素濃度を高めていっそう温暖化を促す正のフィードバックをもたらす可能性がある。土壌中の多様な生物の呼吸による有機炭素の分解を抑える何らかの「機構」が働かないと、これまでは二酸化炭素の「吸収源」の役割をはたしてきた森林も「吸収源」から「発生源」に変わることが懸念される。嫌気的条件が呼吸による有機物の分解を抑制する湿地生態系（＝水辺）は、炭素を隔離・貯蔵する吸収源としてはたらし続けることが期待される。

湿地は地表の1%を占めているにすぎないが、生態系の有機炭素の20%を貯蔵していると見積もられており、泥炭地、マングローブ、塩性湿地、海草生態系がもつ高い炭素隔離率と効果的な貯蔵は、海洋生態系や森林生態系のそれを大幅に上回っているとの分析・評価もなされている⁴⁾。

3. 窒素を大気に戻す湿地

窒素循環における大気と生態系間の窒素のやりとりの主要な部分は、微生物による窒素固定と脱窒反応によって担われている。大気中の気体の窒素を生物が利用可能なアンモニア塩や硝酸塩などの無機窒素（植物にとっての肥料分）に固定するのは窒素固定菌である。しかし、ハーバー・ボッシュ法が開発されると、化石燃料由来の大量のエネルギーを使って高压高温下で大気窒素からアンモニアを合成して化学肥料が生産されるようになった。その結果、半世紀ほどの間に生物が利用できる無機窒素は、2倍をはるかに超えて増加した。それは、地下水、陸水、海水の富栄養化がもたらされる一因でもある。

脱窒は、微生物が窒素酸化物を呼吸反応の電子受容体として利用し、 N_2 あるい

は N_2O を生成する過程であり、自然界での生物圏から気圏への窒素移動の主経路となっている⁵⁾。脱窒菌は、酸素のない嫌気条件で硝酸イオン、亜硝酸イオンを異化的に還元し最終的に窒素ガスや若干の亜酸化窒素ガスとして放出するが、それが盛んな生態系は湿地である。脱窒を担う微生物、脱窒菌は、特殊な環境を除いて広く分布するが、嫌气的条件でのみ硝酸呼吸によって脱窒反応が進むからである。

水田は畑とは異なり、湛水中は土壌の嫌气的条件が維持される。有機物が多量に存在し、pH が中性に近く、温度が比較的高ければ、脱窒菌の活動にとって好適な条件がもたらされる。したがってそこに過剰な硝酸塩が存在すれば脱窒がおこる⁵⁾。脱窒菌の活動が盛んな水田を含む湿地が広がっていれば、窒素循環のゆがみを是正して流域の富栄養化を防ぐことが期待される。

4. 湿地の自然再生と水田・ため池

世界の湿地は 1900 年から半分以上が消失し、湿地の生物種は 1/4 が絶滅に危機にさらされている⁶⁾。そのため、生物多様性保全にとってもっとも重要な生態系の一つが湿地・水辺であるといえる。

湿地の保全・再生は、気候変動をもたらしている炭素循環のゆがみと富栄養化の原因となる窒素循環のゆがみを是正し、生物多様性を豊かに保ち、さらに地域にとっては、水を浄化するフィルターとして、また大雨の際に水を貯留する機能により、水利用や治水に役立つ。しかし、生物多様性と多様な機能において「健全な」湿地はすでに大幅に失われており、その「自然再生」が重要な課題となっている。

生物多様性に目配りしながら不健全化した生態系を回復させる「自然再生」は、「国連生態系回復の 10 年 (2021-2030 年)」および生物多様性条約「昆明・モントリオール枠組み」(2022) の個別目標ターゲットの一つとして、今では重要な国際環境政策となっている⁷⁾。

ヨーロッパ連合 (EU) は 2024 年に「自然再生法」を採択し、2030 年までに陸・海域の 20% 以上、2050 年までには回復を必要とする生態系すべてを対象に再生の措置を講じるとしているが、とりわけ、産業革命以来面積にして 70% が失われた湿地の再生はとりわけ重要な課題であるとされている。それに関する科学的な評価・分析が活発に行われている^{8) 9) 10)}。

水田・水路・ため池からなる稲作生態系は、本来は生物多様性豊かな「エコトーン」を伴う湿地である。常時湛水している区画は、炭素の隔離・貯蔵により気候変動の緩和に寄与し、その低酸素環境は脱窒反応を介して過剰な窒素塩をもどす。水田を中心とする自然ベースのソリューション (NBS)、すなわち、湿地としての機能を重視した水田・ため池の管理は、地球環境悪化の緩和に貢

献するだけで無く、安全な食糧生産、生物多様性の保全、気候変化による災害の防止など地域に大きな利点をもたらす。

4. 自然再生のはじまりと生態学

自然再生のはじまりは、科学としての「生態学」のはじまりと重なる。米国では、ウイソコンシン大学農業経済学部で生態学の教授だったアルド・レオポルドが、1930年代に、農地開発で砂嵐地帯と化したプレーリーの放棄農地において、草原の自然再生に取り組んだ。それは科学にもとづく最初の自然再生の試みであった¹⁰⁾。

英国では、東イングランド地方に特有の湿地フェン再生の「グレートフェン」プロジェクトが農業環境政策とも連携して進められている。その端緒は、サー・チャールズ・ロスチャイルドが100年以上前に土地を購入してトラストをつくりウッドウォルトン・フェンの再生に取り組んだことにある。また現在もケンブリッジ大学の研究者が再生計画やモニタリングなどの科学面を支えているウィッケンフェンの自然再生は1930年代に始まったが、初期には「生態系」概念をつくったアーサー・タンズリーもかかわった¹¹⁾。これら100年以上の歴史をもつトラスト地と新たな再生地（農地を湿地に再生）をネットワーク化し拡大する多様な主体が参加する国家プロジェクトである。

5) 自然再生推進法を活用する取り組み

わが国の湿地（ウエットランド）は大幅に失われ、湿地としての役割を十分に発揮しうる水田・ため池システムも今では残念ながらあまり残されていない。生態系の健全性を取り戻し生物多様性を豊かに維持する広い意味での湿地の「自然再生」の取り組みが求められている¹²⁾。

日本では、2004年に自然再生の進め方を定めた自然再生法が議員立法で成立した。現在、27の法定協議会が「自然再生事業」を展開しているが、その多くがラムサール条約湿地を事業地としている。多様な主体が参加し科学的知見を含めた活発な情報交流のもとに進める自然再生事業は、「湿地の賢明な利用」のための有効な社会的なしくみでもある。

三方五湖自然再生協議会の自然再生事業を例としてあげれば、かつて湿地としての構造や機能を保ち淡水魚の増殖の場であった水田の役割を取り戻すための「水田養魚」技術開発と実践、環境に優しい農法とその普及、湖の水質を悪化させる代掻き濁水に対する対策、ブラックバス、ブルーギル等、漁業や生物多様性に悪影響を及ぼす外来生物の排除の方策を実践的に検討するなどの事業を進めている。それは農業者と行政、研究者、学校など、多様な主体が協働で進める事業である。このような自然再生事業が水田を含む湿地システムの重要

性を理解する主体が活動する地域で広く実施されることを願いたい。

引用文献

- 1) Rockström, J. *et al.* (2009) A safe operating space for humanity. *Nature* **461**, 472-475
- 2) Richardson K. (2023) Earth beyond six of nine planetary boundaries. *Science Advances* 13 Vol 9, DOI: [10.1126/sciadv.adh245](https://doi.org/10.1126/sciadv.adh245)
- 3) Quilcaille, Y. *et al.* (2025) Systematic attribution of heatwaves to the emissions of carbon majors. *Nature* **64**, 592-398
<https://doi.org/10.1038/s41586-025-09450-9>
- 4) Temmink, R. *et al.* (2022). Recovering wetland biogeomorphic feedbacks to restore the world's biotic carbon hotspots. *Science*, 376(6593), 1-7. Article eabn1479. <https://doi.org/10.1126/science.abn1479>
https://dspace.library.uu.nl/bitstream/handle/1874/420455/Temmink_et_al_2022_Science_repository.pdf?sequence=2
- 5) 和田英太郎, 上原洋一 (1977) 自然界における脱窒過程 化学と生物 15 (2), 98-110,
- 6) Ramsar Convention. Global wetland outlook: State of the World's Wetlands and Their Services to People. Ramsar Convention on Wetlands: Gland, Switzerland (2018).
- 7) Convention on Biological Diversity(2022)
Final text of Kunming-Montreal Global Biodiversity Framework
<https://www.cbd.int/article/cop15-final-text-kunming-montreal-gbf-221222>
- 8) Bertassello L. E. (2025) The important role of wetland conservation and restoration in nitrogen removal across European river basins *Nature Water* volume 3, 867-880
- 9) Pistocchi, A. (2022) Nature-Based Solutions for Agricultural Water Management (Publications Office of the European Union) <https://doi.org/10.2760/343927>
- 10) Villarreal-Rosas, J. *et al.* (2020) Advancing systematic conservation planning for ecosystem services. *Trends Ecol. Evol.*, 35, 1129-1139
- 11) 鷺谷いづみ (2011) さとやま：生物多様性と生態系模様 岩波ジュニア新書
- 12) Kurechi M. (2021) Restoring Rice Paddy Wetland Environments and the Local Sustainable Society - Project for Achieving Co-existence of Rice

Paddy Agriculture with Waterbirds at Kabukuri-numa, Miyagi Prefecture,
Japan [b-2-1e-x. pdf](#)