

気候変動時代のインフラとしての里山

国立環境研究所 気候変動適応センター室長 西廣 淳

水防災と農地

激甚化・高頻度化する水害への対応として、ダムや堤防といった河川施設のみに頼るのではなく、流域での貯留・浸透能力を高め、河川に流れ込む雨水を減らしたり河川への到達時間を遅延させたりする「流域治水」の重要性が、広く認識されるようになった。2021年には流域治水関連法（特定都市河川浸水被害対策法等の一部を改正する法律）が施行されている。

この潮流は日本だけのものではない。世界各地で流域スケールでの治水対策の重要性が認識され、その適用は、防災のみならず環境、社会、経済にメリットをもたらす効果的な選択肢となるものとして推進されている。たとえばスコットランドで「Natural Flood Management」と呼ばれているアプローチ¹⁾は流域治水と類似したものであり、そこで実践されている農地での雨水の貯留、流出遅延、浸透、土砂流出防止の取り組み²⁾には、日本でも役立ちそうなものが多い。

流域治水における有望な選択肢の一つとして、水田での貯留能力を調整板の設置によって高める「田んぼダム」が注目されている^{3,4)}。広大な面積を占める水田は、畔の高さ分の水を貯めるだけでも、膨大な容積の雨水を貯留することができる。その水はやがて排出されるが、それまでのタイムラグがあるため、ピーク時の河川の流量は低減できる⁵⁾。

水田が流出遅延や貯留といった治水機能を発揮するのは、畔という物理的な構造が存在するためである。逆に、畔や土手があれば、稲作がされていなくても治水機能は期待できる。いうまでもなく水田はコメの生産を第一義と

する場であるが、治水機能の観点から考えれば、コメ生産は畔や土手を維持する動機であり、本質は物理的な構造にある。

日本では耕作放棄地の面積が増加しており、2015年時点で42.3万ha(1975年の約3.2倍、数値は水田だけでなく畑地も含む⁶⁾)。かりに、耕作放棄水田でも畔や土手が維持できれば、治水機能が期待できる。むしろ湛水によるイネへの被害に配慮しなくてもよいため、より治水を重視した管理も検討しうる。問題は、食糧生産という動機・目的を抜きに、畔や土手といった農地の構造を維持できるのか、という点である。

里山グリーンインフラ

筆者らは「里山グリーンインフラ」という概念を提唱し、主に印旛沼流域(千葉県)を対象とした取り組みを進めている。里山グリーンインフラは「かつて里山として利用されてきた台地、谷津、低地の自然環境を、持続可能で魅力的な地域づくりに役立てる工夫」と説明される⁷⁾。ここで里山とは、かつての農業や生活を支えてきた、農地、樹林、草原、湿地、溜池、小規模河川の複合体を指す。なお前述の「谷津」とは、台地の辺縁部に発達する小規模で急峻な浸食谷を指す(図1)。

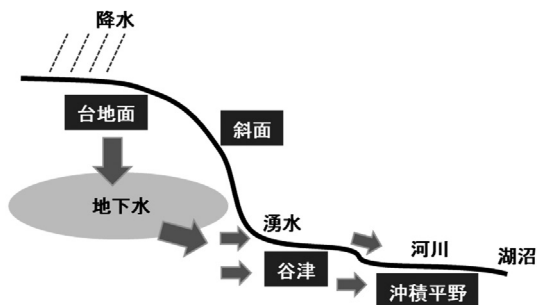


図1 谷津の航空写真(上)と水の動態の模式図(下)。台地面に降った雨が地下水として蓄積し、谷津で湧水となって地表に現れる。

筆者らは、里山の自然がもつ治水、水質浄化、生物多様性保全などの機能に関する研究成果や、それらを向上させる実践的な取り組み、それを継続するための体制などに関する情報を共有するため、「里山グリーンインフラ勉強会」をほぼ毎月開催している。そこには市民、行政官、研究者など、多様な主体が個人として参加している。また勉強会で共有された内容をもとにした実践的な活動も展開されている。この緩やかで互恵的な連携を、「里山グリーンインフラネットワーク」と称している⁸⁾。里山グリーンインフラネットワークは10人程度で事務局を運営しており、ネットワーク参加者の名簿などはつくっていない（メンバー非固定）。あえて言えば、勉強会などの情報を共有するメーリングリストに登録する人どうしが薄くつながる、大規模な井戸端会議のような場である。

里山グリーンインフラの取り組みで、現在とくに力を入れているのが谷津の耕作放棄水田の活用である。谷津の斜面下部では台地の地下水を水源とする湧水が生じており、それを利用し、かつては谷底面で稲作がされてきた。しかし、1960年代からは谷津より下流に位置する広大な平野の干拓と治水が進み、稲作の中心はそちらに移った。同時に、水源地付近の小規模な谷の底である谷津では、水田が大規模化しにくく、耕作放棄が進行した。

さらに、谷津の地形は建設残土や廃棄物を埋めるのに適しており、谷全体を埋め立てる事業も進行した。埋め立てられた後は、宅地や太陽光発電施設などとして活用されたケースが多い。加藤大輝氏（東邦大学）による航空写真の読み取りによると、40年代には印旛沼流域全体で1022カ所に谷津がみとめられ、そのすべてが水田として利用されていたものの、現在では43.7%の谷津が埋め立てなどにより失われ、残された約570カ所のうち77%が耕作放棄水田となっていた。

谷津の耕作放棄水田は、稲作は停止していても、その状態に応じて様々な生態系機能を有していることが期待でき、さらに土手や水路の手入れにより、これらの機能の多くは現状よりも高めることができる（表1）^{7,9)}。たとえば水田のように水が溜まりやすい構造にすることは、治水だけでなく水質浄化にも役立つ。滞留時間が長く、水温の上がりやすい湿地では、脱窒による窒素除去が進みやすいからである。ただし水深を深くし、水の入れ替わりが少なくなると、アメリカザリガニやウシガエルなどの侵略的外来種が増え

表1 谷津の谷底の湿地(耕作放棄水田)が担うグリーンインフラ機能(生態系調整サービス、基盤サービス)の例

機能・サービス	概略	機能が高まる条件
治水	谷底面に雨水が貯留・浸透することで、河川への流出が時間的に遅れたり、流出量が減少したりする。	畔や土手などの構造物があると、貯留機能が高まる。
水質浄化	湧水に含まれる栄養塩(特に窒素)の濃度が湿地を通過する間に低下し、河川への負荷が軽減される。	浅く湛水され、水温が上がりやすい日照条件が実現すると、脱窒能力が高まる。
生物多様性保全 (湧水選好種の保全)	湧水で涵養される湿地・水路があることで、ホトケドジョウやメダカなどが生息できるようになる。	集水域の雨水浸透面の確保は、湧水の維持のために不可欠である。土水路の手入れは生息環境の質を高める。
農地維持 (復田のポテンシャル)	草刈り等の適度な攪乱により樹林化が抑制されることで、再び水田に戻しやすい状態が維持される。	土壌が湿潤に保たれるあるいは冠水することで、樹林化の進行は遅くなる。

やすくなるなどの問題がある。湿地の水深と流速の管理は生物多様性と生態系サービスの状態を左右する重要な要素であり、丁寧なモニタリングと管理をすることで、グリーンインフラとしての機能を効果的に発揮させることができる。

(表1)にまとめたグリーンインフラ機能の多くは、谷底が湿地環境であることで発揮されるものであり、谷底が湿地であるためには湧水が必要である。その湧水は台地の地下水の存在によって維持されるものであり、地下水が維持されるためには台地に降った雨が地下に浸透する必要がある(図1)。したがって、台地上に樹林や草地などの雨水浸透面が確保されていることは、谷津の生態系が様々な機能を発揮する上での必要条件といえる¹⁰⁾。さらに、台地上および斜面の植生の構造(樹木の密度、低木や草本層の発達など)は、雨水の浸透能力や土砂流出の程度に強く影響する。詳細については今後の検討が必要ではあるが、伐採や下草刈りをし、谷津の周辺の台地や斜面に種多

様性の高い植生を成立させることで、雨水浸透機能や土砂流出防止機能を高めることができる可能性がある。このように、谷津の谷底だけでなく、周辺域（特に谷津の集水域）もあわせて生態系管理の対象とすることで、グリーンインフラとしての機能をさらに高めることができる。

気候変動対策としての里山グリーンインフラ

里山グリーンインフラで期待される機能の一部は、気候変動への対策と密接に関わっている。一般論として、気候変動への対策は大気へと放出される温室効果ガスを減らし、気候変動にブレーキをかける「気候変動緩和策」と、気候変動に伴って生じるリスクを軽減する「気候変動適応策」とに分けられる。里山の生態系管理はこれら両方と関係する。

前述した谷津での貯留や流出遅延による流域治水は、気候変動適応策として位置付けることができる。また水質浄化も今後、気温・水温の上昇とともに湖沼や河川下流域でアオコの発生などのリスクが高まることを考えると、重要な気候変動適応策といえる。このように、生態系を活用した気候変動適応策はEbA（Ecosystem-based Adaptation）と呼ばれる。EbAは、複数の社会課題の解決に同時に寄与しうること、生物多様性保全と両立しやすいこと、コストが安くなる場合が多いことなど、多くの利点があることから、気候変動対策と生物多様性保全の両面から重要視されてきた。国際的には、気候変動枠組条約と生物多様性条約の両面で2000年代から議論されてきており、19年には、生物多様性条約事務局（SCBD）から総括的なレポートが発行された¹¹⁾。日本でもEbAの考え方や実例を解説した手引書が22年に環境省から発行されている¹²⁾。

里山の生態系管理は、気候変動緩和策とも深く関わっている。生態系の管理は土壌での炭素蓄積などの様々な面で気候変動緩和に貢献しうる。そのような中、新しい取り組みであるバイオ炭の製造による炭素の隔離の活動¹³⁾は、里山管理の新しい価値と動機につながる可能性がある。近年、千葉県北部では谷津の斜面林など里山でモウソウチクを伐採し、バイオ炭をつくる活動が複数の場所で展開されている。バイオ炭は「燃焼しない水準に管理された酸素濃度の下、350℃超の温度でバイオマスを加熱して作られる固形物」

と定義され、農地や草地土壌にバイオ炭を投入することによる炭素貯留への貢献が、カーボンニュートラルに向けた活動として評価されるようになった(19年改良 IPCC ガイドライン)。日本では、20年から「バイオ炭の農地施用」がJ-クレジット制度(温室効果ガスの排出削減量や吸収量を国が認証する制度)に組み込まれ、クレジットの売買や企業のブランディングでの活用が可能になっている。

モウソウチクは中国大陸原産の竹で、かつては里山の住居付近などで栽培・利用されていた。しかし近年では利用が減少し、斜面林一帯を覆うほどの群落を形成している場所が増えている。竹林の適度な伐採は、生物多様性と生態系機能の回復を目的とする里山の管理として、これまでも実施されてきた。伐採した竹を放置すると、やがて分解され、植物が吸収していた炭素が再び二酸化炭素として大気中に戻ってしまう。しかし、焼いて炭にすることで、長期間にわたって分解されなくなり、脱炭素に貢献できる。モウソウチクを伐採してバイオ炭化する取り組みは、生物多様性・生態系機能の回復とカーボンニュートラルの両方への効果が期待できる。もちろんモウソウチクに限らず、競争力の強い種(湿地におけるヤナギ類など)をバイオ炭化することは、同様の一石二鳥の効果が期待できる。

千葉県では、バイオ炭を活用した有機農業を推進する団体である「北総ク

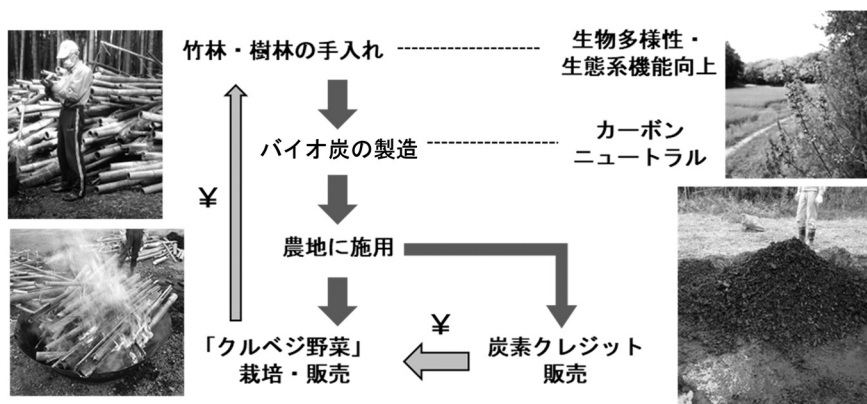


図2 生物多様性・生態系機能向上とカーボンニュートラルへの貢献を同時に実現させる里山管理とバイオ炭の製造・取り組みの概略。

ルベジ」¹⁴⁾と、里山グリーンインフラネットワークに参加している里山保全団体が連携した活動が開始された。管理作業の過程で伐採する植物を活動場所炭化し、北総クルベジのスタッフが回収、参加している農家が堆肥と混合するなどして農地に施用するという取り組みである（図2）。農業を駆動力に、気候変動対策（緩和策・適応策）と生物多様性保全の両面に効果がある活動が促進されるという構造といえる。バイオ炭は買い取られるため、これまで貨幣経済から分離しがちだった里山の竹林や樹林の管理が、経済的な価値を生み出すようになったことの意義も大きい。

里山グリーンインフラの活用のために

防災や水質浄化など、里山の自然が発揮するグリーンインフラとしての機能による恩恵を受けるのは、特定の個人ではなく地域社会である。さらに生物多様性保全や気候変動緩和策に関する機能は、より広域に対して「益」をもたらすものである。しかし、里山の自然を構成する農地や樹林は、多くの場合、個人の所有地である。かりに農業生産を停止していても、税金を支払い、場合によっては用水代なども個人が負担して維持されている。グリーンインフラとして価値が高いからといって、経済的な生産をしなくなった土地

を長期的に維持することは難しい。公益のために個人に負担をかける形は適切ではない。現在でも谷津の埋め立ては進行しているが（写真3）、これは現在の経済の仕組みの中ではやむを得ないものともいえる。グリーンインフラの活用を社会実装していくため



写真3 埋め立てられる谷津＝筆者撮影

には、機能の受益者である「公」と、負担者になりがちな「私」の関係の問題を解決する必要がある。

グリーンインフラとして価値の高い里山の自然を支える仕組みとして、農地の多面的機能支払交付金制度、保安林指定、貯留機能保全区域指定など、いくつか関連する制度は存在する。しかし、それらが適用できる場合は限られており、前述した谷津の最上流部の耕作放棄水田を湿地として維持することなどに、直接活用できる制度はほとんどないようだ。これらの制度の適用範囲やインセンティブの拡充と、公益性のあるグリーンインフラの支援を正面から扱える制度の設定が望まれる。

公的な制度が適用できる場所では活用しつつ、それとは別の仕組みを構築することも重要である。期待のできる選択肢に、企業との連携が挙げられる。近年、環境などに配慮した企業を重視して投資する「ESG 投資」が拡大している。また、ESG 投資で考慮される企業による環境問題対応については、温暖化リスクへの対応だけでなく、生物多様性を含む自然環境のリスクも重視する方向に変化している¹⁵⁾。

この背景には、自然環境の劣化が、材料調達など企業活動に対する直接的なリスク（物理的リスク）をもたらすことに加え、企業が自然環境への配慮を怠ることが社会の評価を下げてしまうリスク（一種の移行リスク）をもたらすという認識がある¹⁶⁾。逆に、自然環境保全に貢献することは、物理的にも社会的にも、安定した企業経営につながる。上記の、グリーンインフラをめぐる公と私の齟齬の解消という「地域課題の解決」と、地域での安定した経営のために自然環境に配慮したあるいはプラスに働く活動を実践したい「企業のニーズ」との重なりを見出す、すなわち CSV（Creating Shared Value）が実現する可能性は、十分にあると考えられる。

「グリーンインフラとして価値がある里山の生態系管理」「それを支える労力や資金の確保」のように、解決が求められている地域課題の存在やその詳細な実状は、その地域と関わりのある企業と必ずしも共有されているとはいえない。企業と地域の CSV のためには、両者の情報共有の場や中間支援の充実が必要になるだろう。地域（住民、行政、NGO など）と企業が、地域の自然環境とその活用の歴史、すなわちグリーンインフラの現状と変遷についての共通認識をもち、過去をリスペクトしつつ、人と自然が新しい形でか

かわる地域の未来を構築する。そのような取り組みが望まれる。

〔謝辞〕

本稿は、環境研究総合推進費 2-2001「気候変動に対応した持続的な流域生態系管理に関する研究」および総合地球環境学研究所「人口減少時代における気候変動適応としての生態系を活用した防災減災(Eco-DRR)の評価と社会実装」の成果を踏まえて執筆しました。共同研究者、現地での実践を進めておられる皆様に感謝申し上げます。

〔参考文献・注〕

- 1) Scottish Environment Protection Agency (2015) “Natural Flood Management Handbook”
<https://www.sepa.org.uk/media/163560/sepa-natural-flood-management-handbook1.pdf>
- 2) Cumbria Strategic Flood Partnership and Catchment Based Approach Partnerships (2017)
“Natural flood Management Measures - a practical guide for farmers”
https://www.westcumbriarivertrust.org/assets/content/projects/downloads/11882_nfm_handbook_web.pdf
- 3) 竹田稔真・朝岡良浩・林誠二 (2021) 田んぼダムの洪水緩和効果による将来的な水害リスク上昇の抑制効果. 水文・水資源学会誌 34: 351-366.
- 4) 皆川裕樹・宮津進 (2022) 模擬豪雨を活用した特徴の異なる田んぼダム器具の機能評価. 農業農村工学会論文集 314: 157-165.
- 5) 吉川夏樹 (2022) グリーンインフラとしての水田の役割と田んぼダムの可能性. ランドスケープ研究 86: 16-19.
- 6) 農林水産省 (2020) 荒廃農地の現状と対策について
https://www.maff.go.jp/j/nousin/tikei/houkiti/Genzyo/PDF/Genzyo_0204.pdf
- 7) 西廣淳・大槻順朗・高津文人・加藤大輝・小笠原奨悟・佐竹康孝・東海林太郎・長谷川雅美・近藤昭彦 (2020) 「里山グリーンインフラ」による気候変動適応：印旛沼流域における谷津の耕作放棄田の多面的活用の可能性. 応用生態工学 22: 175-185.
- 8) 里山グリーンインフラネットワーク <https://gisatoyama.com/>
- 9) 西廣淳 (2021) 水循環健全化とグリーンインフラ推進のための体制－印旛沼流域を例に－. 国づくりと研修 146: 18-21.
- 10) 西廣淳 (2022) 自然を基盤とした解決策 (NbS) と水環境. 水環境学会誌 45: 114-118.
- 11) Secretariat of the Convention on Biological Diversity (2019) Voluntary guidelines for the design and effective implementation of ecosystem-based approaches to climate change adaptation and disaster risk reduction and supplementary information. CBD Technical Series No. 93
<https://www.cbd.int/doc/publications/cbd-ts-93-en.pdf>
- 12) 環境省自然環境局 (2022) 生態系を活用した気候変動適応策 (EbA) 計画と実施の手引き
<https://www.biodic.go.jp/biodiversity/about/library/files/EbA.pdf>
- 13) 岸本(莫)文紅 (2022) バイオ炭の農業利用と脱炭素～国内外の動向と今後の展望. 日本 LCA 学会誌 18: 36-42.
- 14) ゆうきネット. 北総クルベジ. <https://www.youki-takuhai.com/kuruvege.html>
- 15) Taskforce on Nature-related Financial Disclosures <https://tnfd.global/>
- 16) WWF ジャパン. ESG 投資をはじめとする環境と金融の関わり -TNFD- と TCFD-.
<https://www.wwf.or.jp/activities/basicinfo/5152.html>