

「劣化地の再生」 ことはじめ

北海道大学大学院農学研究院教授 森本 淳子

はじめに

世界全体の生態系の劣化地面積は、推定手法により 1000 万km²未満から 6000 万km²以上の開きがあり、その空間的分布も大きく異なるが、衛星画像で地球全体のセンサスが可能になった 1980 年代以降は増加し続けていることが明らかになっている (Gibbs ら, 2015)。日本の劣化地のうち、たとえば、耕作放棄地は統計をとり始めた 1993 年以降増加、金属鉱山跡地は 1970 年代から 1990 年代まで増加、マツ枯れ被害林は記録のある 1905 年から現在まで拡大している。近年では気候変動による生態系の劣化も深刻化している。

「生物多様性地域連携促進法 (2010 年 12 月制定)」が「生物多様性増進活動促進法 (2024 年 4 月公布)」に衣替えし、「生物多様性国家戦略 2023-2030」の目標である、ネイチャーポジティブ (劣化し続ける自然を回復軌道に乗せるため、生物多様性の損失を止め、反転させる) を 2030 年までに達成する、に一步近づいた。新法は、生物多様性の維持のみならず、回復・創出を図るための活動を認定する制度である。したがって、劣化地が生物多様性豊かな土地に蘇り、生物多様性保全面積の純増につながる事が期待できる。うまく機能すれば、生物多様性に関する世界目標である、「昆明・モントリオール生物多様性枠組」(2022 年 12 月採択) のターゲット 3「30 by 30 (陸と海のそれぞれ 30% を保全)」だけでなく、ターゲット 2「劣化した生態系の 30%を再生」にもつながる。劣化地の再生に取り組むにあたり、

基礎となる学術分野は Restoration Ecology（再生／修復生態学）だが、日本語の書籍はみあたらない。そこで、本稿では、北米の生態学者が中心になり編集した Foundations of Restoration Ecology（Palmer ら, 2016）や近年の研究論文を参考に、重要な概念や枠組みを紹介し、新法を活用した市民・企業・自治体による生態系の再生活動を後押ししたい。

劣化地とは何か

劣化（degradation）は、一般に、砂漠化、塩害、侵食、外来種侵入など、多様な土地の状態を包括した言葉として用いられている（Gibbs ら, 2015）。劣化は、自然の営力（洪水氾濫や地震などの自然撓乱）が引き起こすことも、人間活動（過放牧や採掘などの人為撓乱）が原因となることもある。劣化の進行スピードもさまざまだ。台風による森林倒壊のように急激に変化する（Pulse 撓乱）こともあるし、家畜が草本群落を採食し続けることで徐々

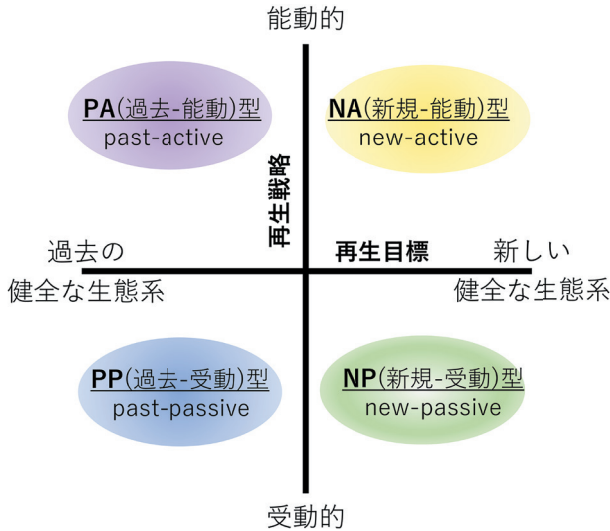


図-1「劣化地の再生」プロジェクトの4類型※

※ 劣化地のレジリエンス（回復力）とプロジェクトの制約要因（予算・労働力・時間枠）をふまえて、利害関係者が採用する型を決定する

に砂漠化が進行する（Press 攪乱）こともある。このように、原因や進行速度はさまざまだが、劣化は、生態的レジリエンス（Ecological resilience：外力の影響をうけ状態が変化した後、自律的に回復する力）が低くなること、と定義できる（Lake, 2012）。生態的レジリエンスを決定づける特質は、個体（～10年）スケールでは「耐性（resistance）」、群集・生態系（～10²年）スケールでは「回復力（recovery）」、地域・ランドスケープ（～10³年）スケールでは「再組織力（reorganization）」、と時空間スケールによって異なり、生態的レジリエンスの大きさを計測するための指標も、対象とする時空間スケールによって異なる（森本ら, 2024; Falk et al., 2019）。

そこで本稿では、原因や進行速度は問わず、何らかの外力で土地被覆の状態が大幅に変化することを「劣化」と呼び、変化した土地を「劣化地」と呼ぶこととする。また、森林や草地などの生態系の再生に焦点をあて、とくに再生プロジェクトの設計段階で大切なことについて議論する。

再生プロジェクトの設計段階で大切なこと

劣化地の再生プロジェクトは、壮大な野外実験として適切に設計し、実施・評価することで、たて思いうような結果にならなくても、後の再生プロジェクトに役立ち、再生／修復生態学の成熟を促すことができる（Lake, 2001）。

プロジェクトの設計段階で重要な点は、「目標」と「戦略」で整理される4タイプのうちどれを採用するのか、利害関係者で十分に議論することである（図-1）。過去の健全な生態系を目標とするのか、過去にはなかった新しい生態系を目標とするのか。その目標のために、植物材料を積極的に導入する能動的戦略をとるのか、それとも、植物材料は導入せず自然侵入に任せる受動的戦略をとるのか。劣化地のレジリエンス（どの程度の自律的な回復力を有しているか）とプロジェクトの制約要因（使える予算や労働力・目標を達成したい時間枠）に基づいて、理想的には多様な利害関係者で議論し、採用する型を決定することが重要である。

20世紀初頭から明治政府が始めたはげ山の治山事業（太田, 2001）は、山腹の土留めと種苗の植栽を基本とした森林復元を目標にしており、PA（過

去一能動)型にあたるだろう。同時代、飛砂の被害が深刻化していた加賀海岸で14年かけて新たに整備された海岸砂防林の造成(山田,2015)は、飛砂をとめる防風垣とクロマツやニセアカシアの植栽でそれまでにはなかった森林を新たに創出しており、NA(新規一能動)型、の事例といえる。地下資源の採掘跡地のように元の生態系に戻すことがほとんど不可能なほど劣化した場合、劣悪な条件でも生育できるヤシャブシ、ニセアカシア、アキグミなどを導入して新しい生態系への移行を目指すこともあり(Zipperら, 2013; 櫻井,2011)、これもNA(新規一能動)型の例といえる。近年では、気候変動適応の手段として、自然分布域から遠く離れた場所(通常、より高緯度地域)へ種苗を導入する方法が提案されている(Stanturfら,2014)。この方法は、急激な気温上昇による種の絶滅を回避するだけでなく、温暖な気候に適した新しい生態系に徐々に転換していくことができるため生態系サービスの維持に有効とされている(Millar and Stephenson, 2015)。

もう一つ設計段階で重要な点は、可能な限りM-BARCI(Multiple Before-After-Reference-Control-Intervention)デザインを取り入れて経過をモニタリングすることである(Lake, 2001; 中村,2004)(図-2)。人が手を入れる前(Before)と後(After)で、対象地がどのように変化するか。また、人が手を入れる(Intervention)ことで、手を入れない場合(Control: 対照地)よりも、目標(Reference)により早く近づく効果があるのか。こ

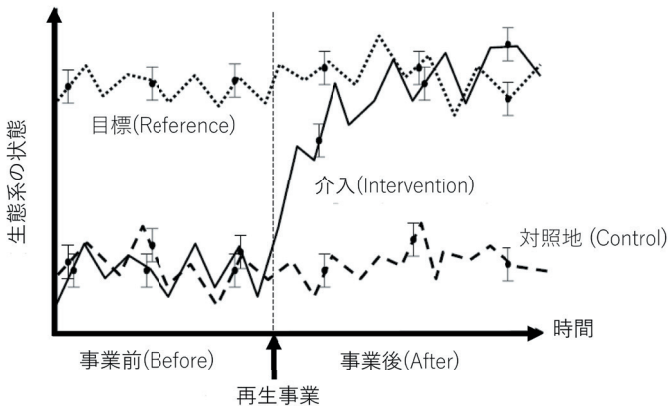


図-2 M-BARCIデザイン ((中村太士, 2004) を一部改変)

れらを、一か所で試すのではなく、いくつかの反復（Multiple）を設けて評価できると結果の信頼性が高まる。目指すべき適切な生態系が残されていない場合は、過去の報告書や論文に残されたデータを目標に設定できることもある。もし十分な面積が確保できない場合は、反復を設けることよりも、対照地を優先して設けた方がよい。対照地と比べることで、はじめて、人が手を入れることの有効性を検証できるからだ。

レガシーを活用した劣化地の再生

地震・山火事・台風といった自然撓乱によって劣化地が出現した場合、ほとんどのケースでは、破壊される前の生態系からの置き土産（レガシー：撓乱レガシーまたは生物学的遺産とよばれる）があり、生態的レジリエンスを高める効果をもっている（森本,2023）。残された実生や稚樹、崩積土、周辺の残存林、といったレガシーを活用する技術が確立できれば、過去の健全な生態系を取り戻す有効な再生手法となる。平成30年北海道胆振東部地震で発生した崩壊地における、能動的再生（PA）と受動的再生（PP）の取り組みを M-BARCI デザインに対応させて紹介する。

安平町はやきた子ども園の森で発生した小規模な崩壊地（0.2 ha 程度）では、崩壊しなかった周辺のミズナラ二次林を再生目標（Reference）とした

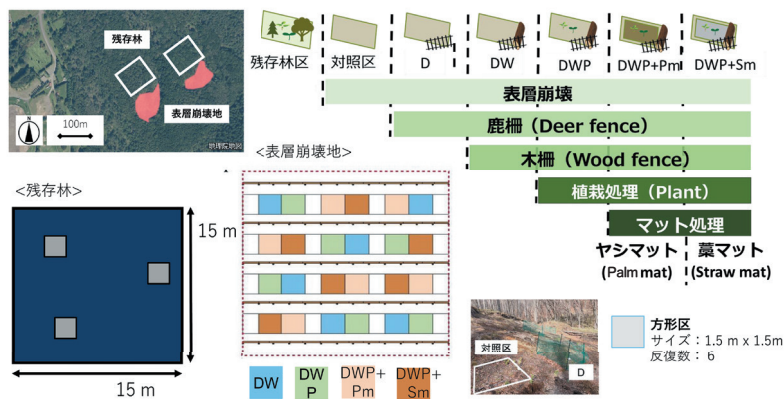


図-3 崩壊地の再生：安平町のレガシー活用緑化（PA型）（資料提供：本郷修夏）

(図 - 3)。

Reference の調査は崩壊地に隣接するミズナラ林に 1.5 m 四方の方形区 6 個で実施 (6 反復)、対照区 (Control) やレガシー活用緑化処理 (倒木を利用した木柵工、周辺の林床から移植した種苗、有機素材の種子受けシート、防鹿柵) の調査はそれぞれ 1.5 m 四方の方形区 6 個で実施 (6 反復) した。厚真町宇隆地区にある町有林の大規模な崩壊地 (1.0 ha 程度) では、尾根筋に残ったミズナラ - ヤマモミジ二次林を再生目標 (Reference) とした (図 - 4)。Reference の調査は 3 m 四方の方形区 6 個で実施 (6 反復)、Control やレガシー活用緑化処理 (土嚢、有機素材の種子受けシート、防鹿柵) の調査は 3 m 四方の方形区 5 個 (5 反復) で実施した。

これらの再生プロジェクトは、まだ開始してから 4 年～5 年だが、既に多くの発見があった (山田ら, 2021; 本郷ら, 2024)。たとえば、崩壊地に植物を導入するとすぐに植被率も種多様性も豊かになるが、2 年目にはなにもしない対照地 (崩壊地) も同程度に追いつくこと。崩壊斜面に木柵工や種子受けシートを敷くことで大型堅果 (どんぐり) を捕捉し、自然に芽生えがでてくること。どうやらネズミが、森からどんぐりを運んできているらしいこと…。数年でこれだけ多くの発見があったのだから、これから先、森と呼べるまでに成長する間、何が起ころののだろうかとわくわくする。劣化地の再生は、楽しみながらできる生物多様性保全と気候変動対策ともいえる。

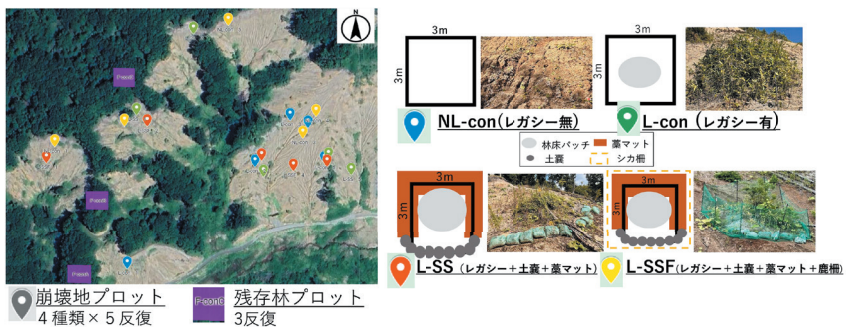


図-4 崩壊地の再生：厚真町のレガシー活用緑化 (PP型) (資料提供：重野真修・春口菜穂)

[参考文献]

- H.K. Gibbs, J.M. Salmon, 2015, Mapping the world's degraded lands, *Applied Geography* 57: 12-21, <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2014.11.024>.
- Margaret A. Palmer, Joy B. Zedler, and Donald A. Falk, 2016, Foundations of Restoration Ecology, <https://doi.org/10.5822/978-1-61091-698-1>
- Philip S. Lake, 2012, Resistance, Resilience and Restoration, *Ecological Management&Restoration*, 14(1):20-24, <https://doi.org/10.1111/emr.12016>
- Falk, D.A., Watts, A.C. and Thode, A.E. , 2019, Scaling Ecological Resilience. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 7: Article 275.
- Philip S. Lake, 2001, On the maturing of restoration: Linking ecological research and restoration, *Ecological Management&Restoration*, 2(2):110-115.
- 中村太士, 2004, 自然再生—地域 (region), 流域 (catchment), 地区 (local site) における分析と復元の考え方, *日本緑化工学会誌* 30 (2) : 391-393, <https://doi.org/10.7211/jjsrt.30.391>
- 森本淳子, 2023, レガシーと生態的レジリエンス—火災・風倒・崩壊からの森林回復—*日本緑化工学会誌* 48 (3) , 499-502.
- 太田猛彦, 2001, 日本の緑の変遷と緑化の評価, *砂防学会誌* 54 巻 4 号 : 107-111, https://doi.org/10.11475/sabo1973.54.4_107
- 山田浩之, 2015, 砂嵐の脅威から地域を保全した「加賀海岸国有林」海岸防災林造成事業 (石川県 加賀市), *水利科学* 59 巻 3 号 : 100-105.
- Zipper, C.E., Burger, J.A., Barton, C.D., Skousen, J.G., 2013, Rebuilding soils on mined land for native forests in Appalachia. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 77 (2) : 337-349.
- 櫻井正明, 2011, 足尾銅山周辺における森林流域の荒廃と復元, *砂防学会誌* 63(6):59-65.
- John A. Stanturf, Brian J. Palik, R. Kasten Dumroese, 2014, Contemporary forest restoration: A review emphasizing function, *Forest Ecology and Management* 331 :292-323, <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2014.07.029>
- Millar, C.I. and Stephenson, N.L., 2015, Temperate forest health in an era of emerging megadisturbance, *Science* 349 (6250):823-826.
- 森本淳子, 岡 浩平, 小林達明, 2024, 緑地管理における気候変動対策—異なる 3 スケールのレジリエンスから考える, *日緑工誌* 49 (3) :301-304.
- 山田夏希, 森本淳子, 中村太士, 孫田敏, 2021, 北海道胆振東部地震で発生した表層崩壊地における初期の植生回復と地域資源活用緑化, *日本緑化工学会誌* 47(1): 3-8, <https://doi.org/10.7211/jjsrt.47.3>
- 本郷悠夏, 森本淳子, 堀田亘, 饗庭正寛, 中村太士, 2024, 表層崩壊後のレガシー活用緑化を植物機能形質に注目して評価する, *日本緑化工学会誌* 50(1): 37-42, <https://doi.org/10.7211/jjsrt.50.37>