

Ch 6 Local and Regional Community Dynamics in Fragmented Landscapes

--Insights from a Bryophyte-based Natural Microcosm--

Andrew Gonzalez IN : Metacommunities

<<<■理論的予想の簡単なレビュー>>>

■パターンとプロセスとしての生息地の分断

- 生息地の破壊は「断片の大きさの減少と孤立度の上昇」という点は一般的。
- この場合の種数の低下は、まず種数面積の関係に従い、さらに断片化が進むとランダムサンプリングを超えて、よりきつい種数面積関係になる。この変化は時間依存なので、安定状態の期待値より実際には多くの種が観測されることに注意。
- ここで（上記の変化に効く）、負債(debt)として、種の損失、生産性、栄養塩サイクルなどが挙げられる。
- この機能が低下する過程を地域・局所双方のスケールで観測する。

■局所群集の崩壊(disassemblage)

○分断による種の変化

- 分断化した景観はネストした種の部分集合。
- 種が減少する主な原因に1) 分散の減少 2) 生息地の質（攪乱・生産性など）が考えられる。
- 希少種は環境変化や確率的浮動で減る。機能の低下は優占種の減少によるだろう。

○食物網

- 攪乱が増加すると動態の制約により短いチェーンの食物網となる。
- より一般的に攪乱に弱い種が絶滅し、食物網は上から壊れていく。

○時間変化

- 変化の順番は重要で、種（希少か、優占か）に依存するため非線形になる。
- 分散が減ると、局所絶滅と生産性の減少がおこり、入れ替わりは早くなる。
- BD-EF で抜けている時間的変化を考慮することが重要。

○コリドーの効果

- 分断の影響を緩和するが、断片の質の低下を補うとは考えられていない。
例：ソース-シンク系を形成し質の高い場所から低い場所へ移動させる。
- しかし、断片の質に時間変化がある場合、シンクも地域の個体数に貢献する。
- 別の負の側面、として変動が同調してしまうこと、病気の拡散などがある。
- 近年の短期の研究も含め、コリドーは分散を促し、種の損失や群集の機能の低下を遅らせると指摘されている。

■地域群集の崩壊

○地域の多様性

- 島の地理学：外部の種プールを考える
- メタ群集：分散と局所の相互作用を明示的に考慮。
- ソースシンク動態やマスの効果の優占：連結性の減少がレスキュー効果を防ぎ、多様性は減る。
- 分散が非侵入性の一方的ではないメタ群集モデルの場合、
- 群集が混ぜられると、競争種が優占するため地域の多様性は連続性が高いと下がる。

--反対に分断化が進むと地域の多様性は大きくなる。(Forbes&Chaseの実験。)

○地域の分布

- 分断化は分布と個体数に影響すると考えられる。
- 局所の個体数と地域の分布とは正の関係で、分断化の影響を受ける(ハンスキーやガストン)。
- 個体数とパッチ占有率の関係の要因と考えられるもの
- 環境収容量仮説: 種間のKのばらつきが、ある種の侵入率の高さを規定する
- レスキュー効果: 局所絶滅を防ぐために分散が重要。

- メタ個体群の理論では、分断化の時間に従って個体数と占有率の関係がなくなる。
- 種間相互作用がないか弱い時、数が減ってより空間に制約されるようになる。

■これらをまとめた仮説

-局所(各断片)スケール

- 1)分断化は群集の崩壊を引き起こす。その過程は種数、個体数、二次バイオマスの減少で特徴付けられる。
- 2)種が喪失する過程は希少種や希少性に関係した特性をもつ種が優先的な絶滅で特徴付けられる。
- 3)分散が行えるコリドーなどは分断化の効果を緩和する。特に種多様性、存在量、バイオマスの減少を遅くする。

-地域(全景観)スケール

- 4)分断化は地域の種数を減少させる、影響はコリドーによって緩和される。
- 5)分断化は分散を途絶えさせ、全体の種の分布と個体数の減少の拡散を促す。

<<<■実験による仮説へのアプローチ>>>

■対象とする系

- 温帯の岩につくコケの生態系。高密度で多様な動物がいる。
- 生息地の喪失が、ダニ(植食者・捕食者を含む多様で主要な種群)に対して与える影響に焦点を当てる。

■実験の方法 Fig.6

■■実験Ⅰ: 分断化の時間的な影響(仮説1、2、5; 群集の崩壊、偏った絶滅、分断化・分散・種数・個体数)

- 除去による分断化実験を、8つの岩ごとに12の断片を繰り返す。
- 断片のサイズは20cm²から200cm²で15cm以上離す。隣で2500m²以上の対照実験区を設定。
- 12ヶ月間群集の反応を記録。(捕食者のダニの数世代、被食者線虫の数世代。)
- 2ヶ月ごとにランダムに選んだ断片と同じサイズの対照実験区をサンプリング。

■■実験Ⅱ: コリドーの影響(仮説3、4; 影響緩和・時間遅れ・地域の影響)

- 7つの岩で、3つの処理(コリドー、非連結コリドー、断片)と1つの連続部分の調査区を4つ繰り返す。
- 3ヶ月・6ヶ月後にサンプリング。
- 非連結コリドーは面積の増加をコントロールするために入れた。
- このデザインは断片が独立でないのでタイプ1エラーが断片の独立性に依存する点に注意。

■■実験Ⅲ: コリドー実験2(仮説1、3、4; 群集の崩壊、影響緩和・時間遅れ・地域の影響)

- 仮説に合わせてデザインを変えたコリドー実験を6ヶ月実施。
- 対照実験、コリドー、非連結コリドー、断片の4パターン。

■■定義と方法

- 抽出方法：ツルグレン装置による熱・光で節足動物を抽出。
- 多様性の定義：ダニは操作上の特性でわけたため、多様性は形態のタイプの違い(morph species)を見ている。
- 局所絶滅の定義：ツルグレン装置での出現（過大評価だが対照実験でも同条件）
- 平均個体群存在量・バイオマス：重さとサイズから推定
- 応答変数：種数多様性（局所・地域）、個体群の個体数、パッチ占有量、全群集の個体数とバイオマス

■結果

■■局所スケール（断片ごとの値）

■■予想1：群集の崩壊（Fig.6.2；実験1）

Fig.6.2 a：種数の変化は分断化後6ヶ月後に対象区で起きた増加が実験区にはみられない。

Fig.6.2 b, c：バイオマスと個体数は6ヶ月まで有意差はないが、8ヶ月後に遅れて2倍近くの差が出る。

個体数と種数がバイオマスの変化の65%を説明するが、種数だけでは6.7%の説明力しかない。

■■予想2：偏った絶滅（Fig.6.3；実験1）

ロジスティック回帰で、絶滅した種は個体数が少なく、分布率も低いことが明らか。

実験3で、捕食者の割合がコリドーより非連結コリドーで少なく、局所において分断化は捕食者に有意に影響。

■■予想3：コリドーは分断化の影響を遅らせる（Fig.6.4；実験2）

パッチの孤立化による6ヶ月後の変化。どれも面積による差は無関係。（値はプールした値）

Fig.6.4a：種数を平均34%減少させる。

Fig.6.4b：バイオマスは平均62%減少。

Fig.6.4c：全節足動物の個体数は55-80%少ない。

実験3で非連結コリドーの種数がコリドーの30%、個体数が約60%で、コリドーが局所の種数に正の効果。

■■地域スケール（分断化された景観全体の値=断片の総和）

■■予想4：分断化は地域の種数多様性を減らし、コリドーで効果は低減される

実験3では、分断化は4つの断片の種数の積算に対して負の影響があった。

種数は非連結コリドーがコリドーありよりも27%少なかった。

地域全体の個体数(4つの断片の和)もコリドーに対して52%低かった。

■■予想5：分散の途絶が全体の種の分布と存在量の減少を促進（Fig.6.5）

Fig.6.5：パッチ占有率と個体数の正の関係（実験1のデータ）

この関係は非連結コリドーでもあるが個体数が異なる。この個体数は面積の効果。

■議論：地域の動態の短期間の変化は分散が無くなることでおこる。

- 生息地の分断は一般に分散の減少、生息地の質の低下、攪乱の増加に効く。
- 一般的にコリドーの存在が、種数とバイオマスの生産に正の効果があることが示された。
- 一方で、非連結コリドーは群集を断片で別々に変化させるには効果的ではなかった。
- コリドー処理区は捕食性のダニをより高い比率で持ち、トップダウンによる群集の崩壊の理論と一致した。
- 分散の影響が重要だといえる。

■■断片はシンク状態を形成している。

- 実験2のバイオマスの減少から、コリドーによる分散では分断の影響を完全には補えない。
 - 原因は分断により生息地の質が低下し、攪乱が増加したため（乾燥と浸水のサイクル）。
 - コリドー処理内でも個体数と節足動物の種数の減少が生息地の質に対応する変化。
- ⇒この減少はシンクを形成していることを意味する。

■■群集構造と機能の空間的視点

○時間遅れを考慮した群集の評価

- 実験1の遅れた種数の違い=絶滅の負債(extinction debt)の証拠
 - つづくバイオマス・個体数の反応の遅れ=機能的負債(functioning debt)もある
 - はじめ：種数の減少は希少種だけで群集の機能への影響は小。
 - 8ヵ月後：種の平均数は変化なし、だがバイオマスが減少。
- ⇒希少種の減少は機能の変化に対する警告。分断化で非平衡な群集のBD-EF関係は過渡期の動態を追うべき。

- 従属栄養生物のバイオマスに対する分散の効果は、群集の機能の完全な理解に重要。
- 捕食者を含む希少種の存続と、一般種の存在は、近接するパッチからの移動に依存。
- 攪乱を受けていない生息地からの移動がバイオマス減少を防いだ。
- 一般に連続性の破壊が広く群集の崩壊をもたらしている。

■■地域スケールでの反応

○分散の多様性への効果

- コリドーの効果が多様性に正 ⇒ この群集では分散が地域スケールの多様性の維持に効果的。
- 一方、地域スケールの多様性は分断化したほうが異質性によって高まる場合も考えられる。
- ここでは反対の結果。Forbs&Chaseが動物プランクトンの実験で行った先行研究と異なる。
- 分散を制御したさらなる実験が必要。（パッチ動態では単峰型、メタ群集理論では負の線形関係の予想）

○分散のバイオマス・個体数への効果

- 実験3はほとんど全要素で減少し、予想通り。
- 非連結コリドーとの比較からコリドーの連続性のみが影響し、移動による。
- 分散は（安定状態の）個体数と分布の関係の究極要因ではないだろう。
- しかし、群集の確立と維持に重要である。

■■これまでの群集の理論との関係

種間相互作用で予想されるレスキュー効果も環境収容量もなくためメタ個体群の応用で純粋に説明可能。

では、どのエクステントで個体数とパッチ占有率との正の関係をメタ個体群の理論で説明できるのだろうか？

Loreauらの研究から、ソースシンクのメタ群集モデルではレンジと個体数の正の関係は予測できないとしているが、Bell 2001以外にこの疑問には取り組んでいない。

Holtら2002では原生動物を用いた実験から、多数のパッチ環境で個体数-占有率関係が相互作用のあるメタ個体群（群集）で、相互作用のないメタ個体群よりも、より成立することを示した。

このことから、分布と数の関係のような一般的パターンがメタ群集の理論の発達で理解が進むかもしれない。