

Chapter 9

Applied (meta)community ecology: diversity and ecosystem services at the intersection of local and regional processes.

Janne Bengtsson

9.1 Introduction

生物多様性や生態系サービスの保全を考える上で、人間に攪乱されたシステムを無視することは出来ない。この章ではメタ群集理論の枠組みを用いて、陸上の農地生態系に着目し、生物多様性と生態系サービスを管理するためのガイドラインを提言する。

9.2 A theoretical background

9.2.1 A simplified historical narrative

- ・ 島モデル、メタ個体群理論→メタ群集理論
- ・ 局所群集の多様性を説明するニッチ理論：多様性と生態系機能の正の関係を説明する上で重要
- ・ ニッチ理論がメタ群集の枠組みに統合

質の異なる局所パッチ間が分散を介して相互作用する概念が発展した。実際、多くの実証研究が局所パッチの多様性は局所プロセスのみでは十分に説明できないこと、また景観プロセスの影響が時に局所プロセスより大きいことを示した。

9.2.2 Implications of metacommunity theory

保全管理には理論的予測だけでなく、対象システムの自然史の理解が必要であり、人間を含む社会－生態システムとして見るべきではあるが、メタ群集理論が農地景観の多様性及び生態系サービスを予測できるか、検証することは有効である。

メタ群集の4つの視点(Species sorting、Patch dynamics、Dispersal-driven、Neutral Table 9.1)

群集は一つの栄養段階、資源を巡る競争関係にあり、競争と分散能力にトレードオフを仮定する

Species sorting: 局所管理が重要、最も効率的な競争者がパッチを優占するため、局所多様性ととも
に生態系機能も高まる

Patch dynamics: 各パッチは地域の種プールから構成され、局所環境によって選別される、中程度以
上の分散が(局所、広域)多様性と生態系サービスの維持に必要

Dispersal-driven: 島嶼生物地理学が土台、地域多様性は異なるソース群集をもつ局所パッチによっ
て維持される、分散は局所適応を妨げサービスを低下させるかもしれないが、局所
環境が時間変動する場合にはむしろ高めるかもしれない(環境のトラッキング)

Neutral: 主に長期スケールの進化動態を考えるので、短期の生態プロセスは不明瞭

多様性及び生態系サービスの維持条件 (Box9.1)

- (1) 生息地のパッチだけでなく景観スケールでの管理
- (2) 多様な環境及び管理方法、そしてパッチ間の連結の維持
- (3) 自然に近い攪乱、また景観モザイクの維持(進化的、生態的適応のため)

9.2.3 Metacommunities in human-dominated landscapes: effects of habitat loss and fragmentation

異なるメタ群集シナリオの元での土地利用変化の影響

- ・均質な景観

群集構造は neutral または dispersal-driven に近く、分散の制約はあるが、好適パッチ間が近いために高い局所及び地域多様性が維持される。分断化が生じると、patch dynamics に近づき、種が分散能力によって選別される。さらに進むと、類似した群集構造を持つパッチが散在し、地域内には分散能力の高い種、または集約化に強い種が優占する、つまり再び dispersal-driven に近づくが、多様性及びサービスは低い。

- ・異質なモザイク景観

species sorting(及び patch dynamics)に近く、ニッチ及び環境の違いによって高い多様性をもつ。分断化が生じると、様々な質及び組成のメタ群集が残存するが、さらに分断化が進むと、残存する質の高いパッチでは、局所環境に適応した競争能力の高い種が生き残る(species sorting)。しかし、もし局所絶滅率が高ければ、むしろ dispersal-driven に近づく。

- ・モザイク景観において、火や風等の攪乱が局所絶滅の主要因である場合

攪乱頻度が中～高頻度の時、species sorting の役割は弱まり、分散能力の高さが重要になる(dispersal または patch-dynamics)。ただし dormant stage(休眠、冬眠等の潜伏ステージ)を持つ種は次の攪乱まで耐えられるかもしれない。

どのような場合でも、人間活動(分断化、集約化、均一化、攪乱頻度の増加)は多くの種にとって生息地の量と質を低下させる。しかし、分散能力が高くジェネラリストまたは monoculture のスペシャリストの種は人工的景観から恩恵を受ける。

集約化がメタ群集にもたらす影響 (Box9.1b, Fig9.2)

- ・異質性及び連結性が高いと局所及び地域多様性が高まるが、連結性が高すぎると景観が均質化され多様性が下がる
- ・景観(連結性)タイプがメタ群集に与える影響は、種の分散能力に左右される
- ・景観の均質化及び集約化に伴う攪乱の増加は、高い分散能力、生息地または資源のジェネラリスト及び内的増加率の高い種を選抜する
→均質景観は'a weedy world'(多様性の低下した世界、という意味)を創出する
- ・種ごとに生息地の消失や分断化、集約化の影響は異なるため、異なる景観では異なる種組成のメタ群集が形成され、パッチ内の trophic interaction の強さも異なる
- ・均質景観では多様性が下がり、多くの機能群のバイオマスも低下する

9.3 A selection of empirical studies

9.3.1 Applied questions allow experimental studies of management scales

- ・研究のスケールを考慮する必要がある（実験：小スケール⇔野外の管理：大スケール）
- ・大スケールでは景観構造（自然生息地の量や種類など）も生物多様性に影響する。見たいプロセス（例えば農法システムの違い）と景観構造の影響を分離する必要がある。
- ・計測が容易な景観変数（生息地の割合、景観やエッジの異質性など）だけではなく、本来は生物の移動分散、マトリクスとパッチ間の利用様式などを含めた景観要因も考慮する必要がある。

9.3.2 Biodiversity in human-dominated landscapes: local or landscape management?

近代農法による生物多様性への負の影響から、近年は有機農法を生物多様性維持のために奨励している。本当に有機農法は生物多様性を高めるのか？

スウェーデンのモザイク農地景観の例 (蝶、オサムシ、畔の植物、クモの種多様性 Tab.9.2)

- ・多様性は有機農法による正の効果は認められず、農場スケールの景観異質性は正の効果があった
- ・局所の生息地タイプが景観要因よりも重要であり、局所生息地及び景観の種組成への影響は、3つの生物グループごとに異なり、移動性が高いほど景観要因が重要であった（メタ群集理論の予測と一致）。同様のパターンは異なる景観でもみられた。

この結果はこれまでの多くの研究結果(有機農法で種多様性増加)とは異なる結果であるが、この要因は、農地システムの効果と景観構造には相互作用があるためである (Appendix)。

←連結性が低いほど局所要因が重要になり、中程度では景観が重要

有機農法は多様性が低い均質及び集約化景観でのみ行なわれるべき？

- ・均質化した景観ほど有機農法の効果が高いと言えるが、そうでない景観はそもそも利益が低く、農業が放棄されるリスクがある。そこで有機農法を進める政策を行なうことは重要。
- ・景観が植物や昆虫の多様性または種組成に与える影響は、個々の農場などの管理スケールで重要かもしれない(25 平方 km スケールの景観変数は有意でなく、0.5-2 平方 km スケールの農場及び複数圃場の異質性変数が有意だった)。農家が農地保全の鍵を握っているといえるので、今後、多様性を高めるような土地管理を行う農家ほど高い利益を得るようにする必要がある。

9.3.3 Local and regional effects on ecosystem services

有機農法などの集約化を抑えるスキームから恩恵を受ける種：'the common diversity'

生態系サービスに直接影響するほど一般的であり、例えば害虫の捕食者、花粉媒介の昆虫、土壌を豊かにする虫などがあるが、その価値はあまり知られず、生態系管理を考える際の経済的計算には考慮されていない。

作物の害虫防除は、メタ群集理論の応用的課題への有効性の検証にも有効かつ農家にとっても直接的経済的利益

二種類の生物的防除

- ・スペシャリスト捕食者による害虫抑制（温室など）
- ・ジェネラリスト捕食者による抑制（畑地、その周辺両方を利用 Fig9.3）

ジェネラリスト捕食者の経済的価値 (アブラムシとそのジェネラリスト捕食者排除実験 Fig 9.4, 9.5)

- ・捕食圧は異質景観及び有機農場ほど高かった
- ・捕食者排除サイトではアブラムシ数が多かった
- ・アブラムシ数が多いほど収量が減ることが知られているので、捕食者の経済効果は確か
- ・捕食者であるオサムシの種多様性と捕食圧に関係は見られなかった
- ・防除には捕食者種数よりもアバンダンスが重要か、またはこの地域では、どのサイトも種数が十分に多くて (15-35 spp.) 効果が見えなかったかもしれない
- ・穀物価格を用いた試算では、捕食者の経済効果は 1999 年ではヘクタールあたり 40 ユーロまたは 37 ドルだった (これが一般化できる値段かどうかは不明)
- ・有機農家は自然の捕食者に害虫管理を依存するため、捕食者は経済的価値があり、景観管理は経済的に持続可能な農場を達成するため重要なツールであると言える

経済学者と生態学者間の経済価値試算における認識の差異 (Fig 9.5)

- ・経済学者: 現在のサービス下における限界収量 = 市場価値
この関係は一般的に飽和曲線のため、生態系サービスが十分に機能しているときほど、そのサービスに価値がない、となってしまう
- ・生態学者: 捕食者の総効果であり、排除実験等によって計測される

経済学者と群集生態学者の、生態系サービスの価値への認識は大きく異なる。

9.3.4 What have we learned in the context of metacommunity theory?

- ・群集理論は隣接する生息地間の種間相互作用 (例えば農地、畔、半自然地草地) を理解するための重要なツールであり、生物的防除や花粉媒介等の応用的問題の理解に必須
- ・農地景観において生物多様性及び生態系サービスを維持するための生態プロセスは、しばしば個々の圃場より大きなスケールで作用する
昆虫などの多くの生物にとっては、農場や複数圃場-マトリクスモザイクのスケールが重要であり、これは鳥類とは異なる。また、林業では攪乱レジームを含むより大きな景観で管理する必要がある。
- ・この章で、局所と地域動態の相互作用を考えるメタ群集理論の有効性が、農地景観の事例によって示された。メタ群集理論は、人工的景観における管理戦略のガイドとして有効であるといえる。
- ・このような応用研究はメタ群集理論 (景観と局所要因が多様性と生態系サービスに果たす役割) と、空間的異質システムにおける栄養段階間相互作用の理論の検証が可能な場となる
- ・農地景観では場所毎に異なる管理が行なわれている。このようなばらつきは、完全にコントロールできるものではないにしろ、このような検証を行なう際の処理とみなすことが可能であるかもしれない

Appendix

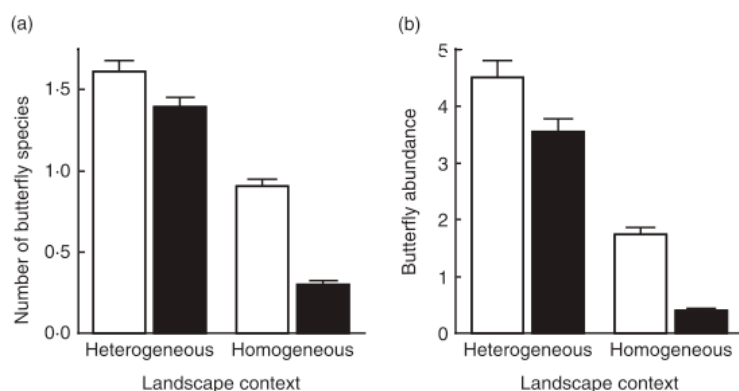


Fig. 2. Number of butterfly species and butterfly abundance in relation to farming practice (organic, open bars; conventional, filled bars) and landscape context. (a) Mean number of butterfly species per 50-m transect, visit and year. (b) Mean butterfly abundance (individuals per 50-m transect) per visit and year. Error bars show SEM and *n* equals six farms per regime and landscape type.

RUNDLÖF_and
 SMITH(2006)

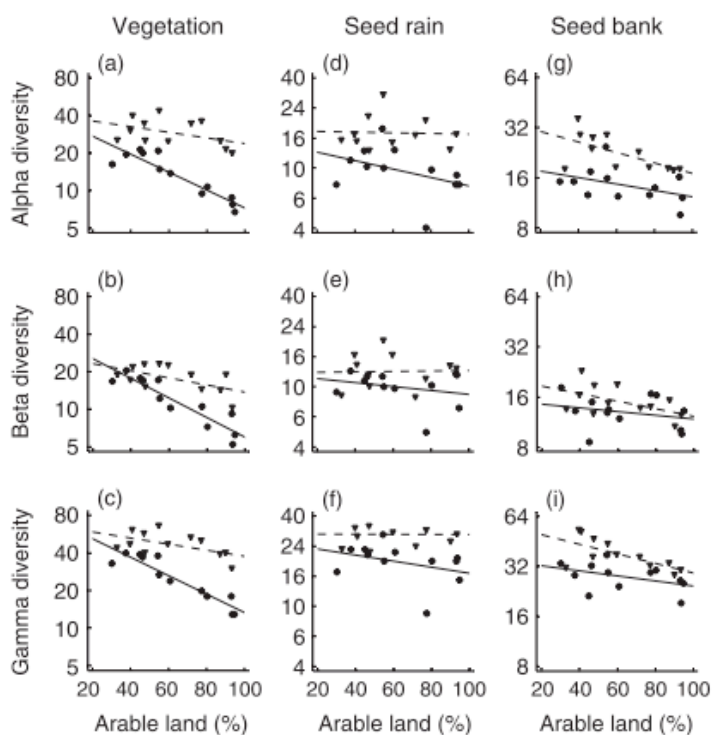


Fig. 1. The field-scale alpha, beta and gamma diversities of weeds in the vegetation (a, b, c), seed rain (d, e, f) and seed bank (g, h, i) in relation to percentage arable land and farming system (organic vs. conventional). Results from mixed effect models (see Table 3). Organic fields, triangles and dashed regression lines; conventional fields, points and solid regression lines.

Roschewitz
 et al.(2005)