

17. Ecosystem evolution and conservation

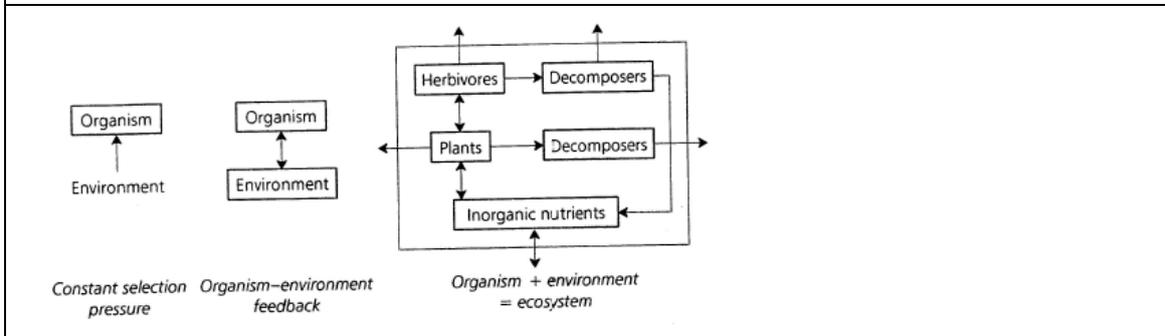
17章 生態系の進化と保全

Michael Loreau, Claire de Mazancourt, and Robert D. Holt

(担当：瀧本)

17.1 はじめに

Box 17.1 自然淘汰の働きの3つの見方



古典的な見方 (Classic view) : 環境は生物にとって外的で一定。理論進化生物学で広くつかわれてきた。

現代的な見方 (Modern view) : 生物は自身の環境を変え、それと相互作用する。生物と環境の間で自然淘汰のフィードバックが生じる。

生態系的な見方 (Ecosystem view) : 生物と環境のフィードバックをより重視。生物の環境を、物理的、化学的、生物学的コンポーネントとそれらの相互作用としてとらえる。ある生物は別の生物の環境を構成しているので、生態系的な見方は、生物-環境の二元論を越えた見方である。

17章で示されること

植物 - 被食者相互作用を対象に、生態系観の潜在的な重要性を明らかにする。

-生物 - 環境間フィードバックを組み込むことによって (古典的→現代的)、進化の方向がどのように変わるか？

-栄養塩循環を考慮することによって (現代的→生態系)、種間相互作用の生態学的・進化的本質がどのように変わって見えるか？

-局所進化と生物学的侵入の関係と、その保全生物学への応用

17.2 生物 - 環境間フィードバックのもとでの進化

植食者にたいする植物の被食防衛の進化を例にとる。植食者は植物を消費するのみで、他の間接的利益を植物に与えることはないとする。

植物の被食防衛の進化

resource availability hypothesis (Coley et al. 1985) : 利用可能資源が少ないところでは成長の遅い植物が好まれ、そのような植物は被食防衛に多く投資する。

前提 : 植物が利用可能資源量を変えない

植物が利用可能資源量を減らす場合 :

均一環境では適応度は、制限資源をどれだけ枯渇できるかによって決まる (Tilman 1982)。

空間的に異質な環境では basic reproduction ratio (Loreau 1998a) によって決まる。

これらの適応度尺度を一般化したものが、adaptive dynamics 理論が扱う invasion fitness。

植物 - 資源動態を考えたシステムで被食防衛への投資の進化を扱うモデル

植物は制限資源を x の割合だけ防衛に投資し、残りの $1 - x$ は成長に投資する。植物のバイオマス N_p の動態は、

$$\frac{dN_p}{dt} = r(N_n, x)N_p \quad (17.1a)$$

$$r(N_n, x) = r_{\max}\Phi(N_n)(1 - x) - \psi(x) - m \quad (17.1b)$$

$r(N_n, x)$: 単位バイオマスあたりの植物個体群の成長速度

r_{\max} : 植物の最大資源接種速度

$\Phi(N_n)$: 資源濃度にたいする植物の機能の反応 ($\Phi(N_n)$ は N_n に対して単調増加し、 $0 \leq \Phi(N_n) \leq 1$ となるようにスケール化されている)。

m : バイオマス消失速度

N_n の動態は必要ないので無視。

十分長い時間がたつと、植物のバイオマスは生態学的平衡に達する。そのとき $r(N_n, x)$ はゼロで、植物による制御の結果、資源量は N_p^* となっている。この生態学的平衡は、自然淘汰が x に働くことにより、ゆっくりと変化する。生態学的平衡における個体群成長速度がそれ以上増えないところで、進化学的平衡に達する。つまり、

$$\left. \frac{\partial r(N_n, x)}{\partial x} \right|_{N_n=N_n^*} = 0 \quad (17.2a)$$

(このとき r が実際に最大となっている)。(17.2a) の解は、進化的に最適な防衛投資 \hat{x} を与える。このとき、(17.1) を使って、(17.2a) は

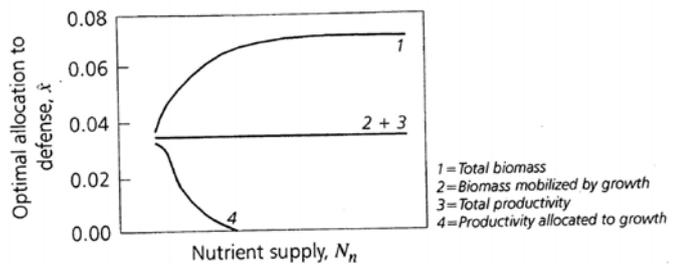
$$\psi'(\hat{x})(1 - \hat{x}) + \psi(\hat{x}) + m = 0 \quad (17.2b)$$

となる。

(17.2b) から、最適防衛投資が、 ψ によって定められる植物 - 植食者相互作用の特徴に依存してきまることが分かる。最適防衛投資は r_{\max} (最大成長速度～利用可能資源量の尺度) に依存しない。

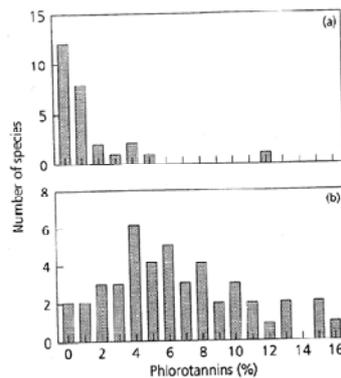
上の場合は、環境が空間的に均一で、植物は制限資源を空間的な制限なく利用できる。均質環境はひとつの極端な場合で、もうひとつの極端な場合は、各植物が 1 個の隔離された場所を占めるような完全に構造化された環境。このような場合のモデルでは、競争は空き場所をめぐる **competitive lottery** に従い、競争の結果は、植物が空き場所を占めることのできる散布体をつくる能力に依存して決まる。栄養塩供給量の増加にたいして、最適防衛投資が増える場合も、減る場合も、一定のままの場合がある。 r_{\max} の最適防衛投資への影響は、栄養塩供給量の影響とさまざまなシナリオのもとで同じ。

Figure 17.1 空間的に構造化された環境のもとでの、進化的に最適な防衛投資の栄養塩供給量に対する応答。適応度をはかる尺度によって応答は異なる。



保全との関係

Figure 17.2 ラッコのいる (カリフォルニア)、いない (オーストラリア) で海草の植食者 (ウニなど) の量と植食圧が変わる。それに対応して、海草の二次代謝防衛物質の量が変わる。Steinberg et al. (1995)より



捕食者の除去と、外来捕食者の導入がもたらす植物への間接効果は非対称的であろう。捕食者が長い間植食者に強い圧力を加えてきた系では、植物は被食防衛を進化させていないので、捕食者の除去は植物に大きな影響を与える。一方、捕食者が長い間いなくて、植物が植食者の植食圧にさらされてきた系では、植物は被食防衛を発達させている。外来捕食

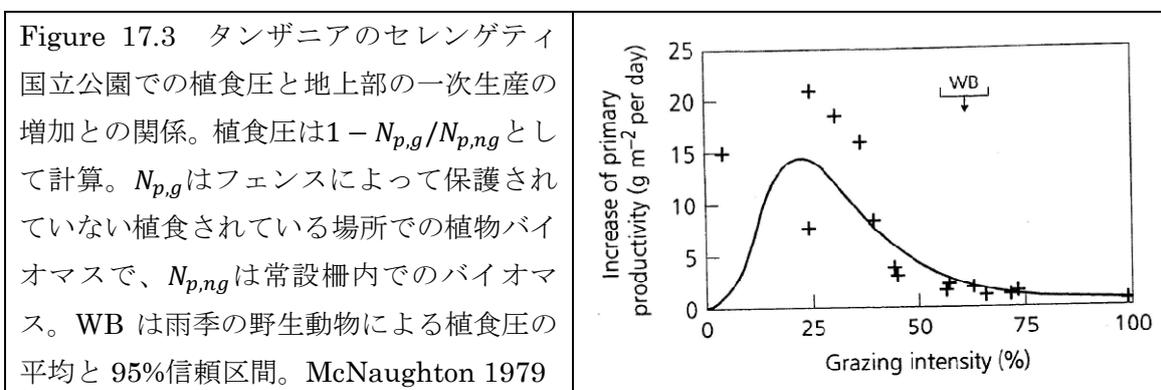
者が導入されて、植食者が激減し植食圧が減ったとしても、植物への影響は少ないかもしれない。その理由は、被食防衛を十分に発達させた植物へは、植食圧はもともと低いだろうから。

17.3 生態系の進化 (evolution in ecosystem context)

物質循環を考えよう。

物質循環の間接効果

従来、植物 - 植食者関係は敵対的だと考えられてきたが、これにチャレンジしているのが、**grazing optimization hypothesis** : 一次生産は植食圧とともに増加し、中程度の植食圧のときに最大化する。セレンゲティの草原生態系が支持。過去 20 年の議論。



数理モデルで解析した (Loreau 1995, de Mazancourt et al. 1998)。制限栄養塩を回帰することによって **grazing optimization** が達成され、植食者が一次生産を増加するための条件を明らかにした。その条件とは：

- 植食者を介した回帰経路を流れる間に失われる栄養塩の割合が、生態系のほかの経路を流れる間に失われる割合より十分少ないこと
- 系への栄養塩流入量がある閾値を越えていること。閾値は、土壌栄養塩量の増加に対する植物の摂取量の感受性に依存。

従来の仮定とは逆に、栄養塩の回転率 (turnover rate) は長期の一次生産に影響しないことが分かった (de Mazancourt et al. 1998)。アフリカの湿潤サバンナで **grazing optimization** が起こりやすい (de Mazancourt et al. 1999)。植食によって、生産性の高い植物が、より生産性の低い植物に取って代わられることがあっても **grazing optimization** は起こる (de Mazancourt and Loreau 2000b)。

grazing optimization の進化的帰結

植食が一次生産に正の間接効果があるからといって、それが直接植物と植食者の相利共生に結び付くわけではない。その理由は2つ。

①植物の生産性が上がったからといって、それが植物の適応度の増加に結び付くわけではない。どの植物形質が適応度を決定するのかはわかっていない。適応度がバイオマスによって決まっていたとしたら（高いバイオマス→高い栄養塩ストック→シーズンの終わりごとの種子生産）、植食者との相利共生はありえない（植食者は常にバイオマスを減らすから）。適応度が生産性によって決まっていたとしたら（生産性が高い→栄養塩流が大きい→それが定常的に種子生産や栄養繁殖に利用される）、植食によって生産性が高くなり植物の適応度が上がる。これらの両極端の中ほどが現実的→植食によって適応度が上がる場合もあるだろう。

②絶対適応度ではなく相対適応度が重要。植食に耐えられる（共生型の）種（あるいは遺伝子型）と植食を受けない（敵対型の）種が混ざっているとすると、植食を受けない種が常に勝つ。なぜなら植食を受けない種は、栄養塩循環の間接的な恩恵を被る一方、植食のダメージを受けないため。つまり植食に耐えられる共生型の種は進化しない。そう考えると、どんな植物 - 植食者の間接的な相利共生は進化しないということになりうる。

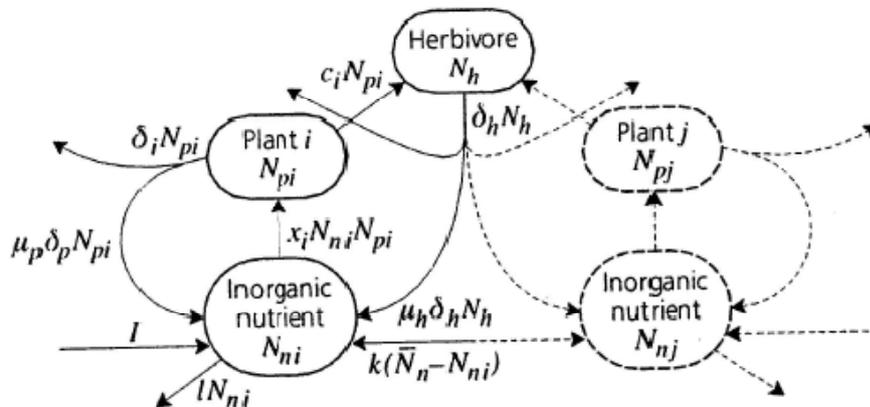
しかし、この結論も未熟。被食防衛の利点と拮抗する要素が2つある。

①空間的異質性。もし植食者が植食した植物の周りに栄養塩を回帰させる、あるいは同じ植物種が固まって生えているとすると、植食をより多く受ける植物の周りにより多く栄養塩が回帰され、より植食を受ける植物の植食されるメリットがより大きくなる。協力の進化と同じ理屈で、パッチ内の個体淘汰（植食されない種が好まれる）と、パッチ間での群淘汰（植食に耐えられる種が好まれる）のバランスによって間接的相利共生の進化は決まる。進化の結果は、空間的集合度とパッチサイズに依存する。植食耐性は集合の程度が十分強いのか、あるいはパッチサイズが十分小さい場合に進化する（de Mazancourt & Loreau 2000a）。

植物 - 植食者の相利共生に向かう進化

②被食防衛にはコストがかかる。被食防衛のコストの実証はなかなか難しいが、被食防衛への資源分配の結果、成長や繁殖にまわせる資源が減ることを考えると、なんらかのコストはあるだろう。被食防衛のコストを考えた、空間的に構造化されたモデルを開発（Box 17.2）。栄養塩摂取能力と被食防衛の間にトレードオフがあり、このトレードオフ上でさまざまな戦略を考える。植物形質の進化は **adaptive dynamics** 理論を使って解析。

Box 17.2 生態系のなかでの植物の被食防衛の進化をモデル化する



生態系内進化モデルの例として、植食が生態系内での制限栄養塩の循環に貢献している場合の、植物のコストを伴う被食防衛の進化の問題を考える。

まず、進化的変化の背景を与える生態学的モデルを構築する。各植物が、その根の周りで無機栄養塩を吸収するような資源摂取域を一つのサイトとして、そのサイトを占めているとする。無機栄養塩は、拡散や運搬などのプロセスを通じて、土壤中を水平移動する。ある資源摂取域への無機栄養塩の流入は、その場の栄養塩濃度と土壤全体の平均濃度の差に移動係数 k をかけた量である。各資源摂取域は一定の栄養塩流入 I を受け、また、一定の消失（速度 l ）がある。占有されたサイトの総数は一定と仮定する。そのうち、戦略 i を取る植物が p_i の割合を占める。植食はドナー制御を仮定し、植物の戦略によってのみ決まり、植食者の密度には依存しない。植物の戦略は、無機栄養塩を吸収する速度と、被食速度の違いによって決まる。栄養塩吸収速度 x_i と被食速度 c_i の間にトレードオフがあるとする。ほかの点では、植物種は同じと仮定する。戦略 i を取る植物の栄養塩ストック N_{pi} は2つの経路（植物と植食者）を通じて回帰される。栄養塩の一部は植食者によって消費されずに植物からの回帰経路に沿って流れる；落葉・落枝は δ_p の速度で作られて、そのうち μ_p の割合が無機化されて、その場の栄養塩プール（ストックを N_{ni} とする）に回帰するのこりの植物の栄養塩ストックは植食者によって消費され（ここでのストックを各植物ごとに N_h とする）、植食者を介した回帰経路に沿って流れる；植食者のデトリタスは δ_h の速度で生産され、そのうち μ_h の割合がすべてのサイトに一様に分配される。

モデルの式はつぎのようになる。

$$\frac{dN_{ni}}{dt} = I - lN_{ni} + k(\bar{N}_n - N_{ni}) - x_i N_{ni} N_{pi} + \mu_p \delta_p N_{pi} + \mu_h \delta_h N_h \quad (a)$$

$$\frac{dN_{pi}}{dt} = x_i N_{ni} N_{pi} - \delta_p N_{pi} - c_i N_{pi} \quad (b)$$

$$\frac{dN_h}{dt} = \sum_i p_i c_i N_{pi} - \delta_h N_h \quad (c)$$

植物戦略*i*の生産性は栄養塩の流入、 $xN_{ni}N_{pi}$ 、によって測っている。

このモデルは比較的短い時間スケールでの生態学的相互作用を記述している。たとえば、植物の空間分布が変わらない 1 年くらいの時間である。より長い時間スケールでは、空間分布は変化する；最も高い繁殖能力を持つ植物戦略が、他の戦略を押しつけて、空間の占有を増やす。 t から $t+1$ 年にかけての、植物戦略*i*により占有されるサイトの割合の動態は、空きサイトをめぐる「competitive lottery」に従う。つまり、

$$p_i(t+1) = (1-\alpha)p_i(t) + \alpha \frac{p_i(t)R_i(t)}{\sum_j p_j(t)R_j(t)} \quad (d)$$

ここで、 α は各年、死亡によってもたらされる空きサイトの割り合いで、 R_i は戦略*i*の繁殖能力である。 R_i を決定する上で、2つのシナリオを想定する。

- バイオマス、つまり植物の栄養塩ストック、に比例
- 生産性、植物への栄養塩流入、に比例

毎年、栄養塩濃度は平衡に達すると仮定する。

植物形質の進化を調べるためには、**adaptive dynamics** の理論的枠組みをつかう。これはまれな突然変異戦略の在来戦略に対する侵入成功に基づくものである。ここで、突然変異戦略が在来戦略に侵入するための条件は、 $p_{mut}(t+1) > p_{mut}(t)$ となり、式(d)にしたがうと、 $R_{mut} > R_{res}$ と同等である。この条件は、 $p_{mut} \rightarrow 0$ と $p_{res} \rightarrow 1$ のもとで評価される。この侵入条件は、単に、在来戦略によって決定される環境で、侵入戦略が在来戦略より高い繁殖能力を持っていることを意味している。

主な結論は2つ (de Mazancourt et al. 2001)。

①生態学的にもっともらしいトレードオフのもとでは、単一の **CSS (continuously stable strategy** : ほかのいかなる戦略によっても侵略を受けない戦略) に至る。生態学的にもっともらしいトレードオフとは、完璧な栄養塩摂取能力や被食防衛能力はありえない (どれだけ資源を分配しても、栄養塩摂取速度には限界があり、また完璧な被食防衛は行えない) 場合を指す。単一の **CSS** の意味合いは興味深い。過去の生態学的時間スケールでの理論研究からは、植食者によって異なる戦略の共存がもたらされる結果が報告されている (Holt et al. 1994) が、そのような共存は進化的にはロバストでないということになる。ただし Holt et al. 1994 のモデルでは植食者の数の反応が考慮されているが、de Mazancourt et al. 2001 のモデルでは、考慮されていないことに注意。

②植物 - 植食者相互作用の本質に関して。このモデルから、植食者の追加や除去の結果の生態学的シナリオと進化学的シナリオが異なることが調べられる。すると相利共生の定義の問題が発生する。相利共生を同定する古典的アプローチは、除去実験やプレス・パタベーションを用いる。一方の種の除去が他方の種に負の影響を与えるという関係が相互に成立していると、相利共生だと考えられる。しかし、除去の結果は、生態学的時間スケールと進化学的時間スケールで異なる。この2つの相利共生を区別すべきだろう。

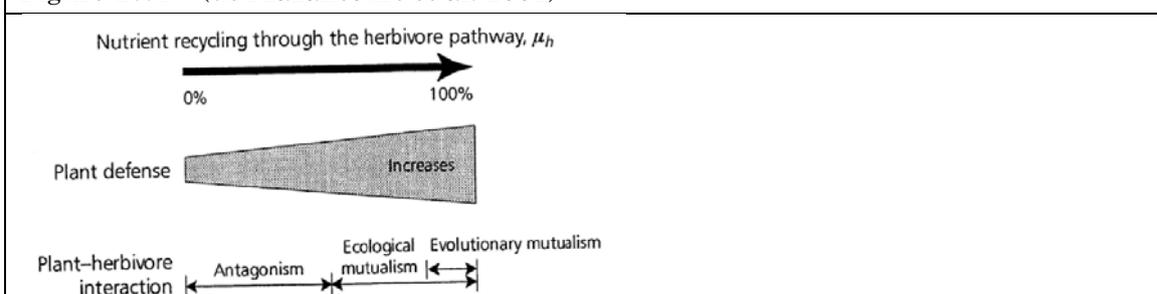
生態学的な相利共生：進化がない状況で、両種が相手のおかげで利益を得る。

進化学的相利共生：進化がある状況でも、相互の利益が維持される。

進化学的相利共生が起こる条件はより厳しいだろう。一方の種がいなくなれば、他方の種は相手がいなくても不利益を被らないような進化を遂げるだろうから。

これがモデルで起こる。バイオマスによって植物の繁殖能力が決まる場合は、植食は植物に正の効果をもたらさない。対照的に、生態学的時間スケールでも、進化的時間スケールでも、植食者の除去が植物の生産性に負の影響を与える時がある。その条件は、植食者を介した回帰効率 μ_h が、植物からの直接の回帰効率 μ_p より十分大きい場合。進化的時間スケールでの相利共生が生じる場合ほど、 μ_h への条件は強い。興味深いのは、 μ_h が大きくなるほど植物 - 植食者相互作用はより相利共生的になっていくが、それとともに植物の被食防衛も強くなること (Figure 17.4)。このような進化的コンフリクトは他の相利共生の相互作用でも見られる。

Figure 17.4 (de Mazancourt et al. 2001)



保全との関係

栄養塩循環のような生態系プロセスを考えることは、生態学的・進化学的意味合いでの種間相互作用の本質的理解に役立つ。この新しい理論的洞察に対応する実証研究の例は見当たらないが、保全生物学にとって重要。たとえば、植食者の絶滅や導入は、異なる生態系や異なる時間スケールによって植物にさまざまな影響をあたえる。植食者を介した栄養塩循環が植物からの直接回帰より効率的でない生態系では、その影響は単純で一義的：つまり植食者の絶滅は植物の生物量や生産性を増加させる。しかし、もし植食者を介した回帰がより効率的な生態系では、植食者の絶滅はいろいろな結果を引き起こす。絶滅直後は、

生理的応答として植物の生産性は上がる。中期スケールでは生態学的応答として生産性が下がる。より長期スケールでは、種の交替や進化適応の結果、生産性は上がることも下がることもあるだろう。その過程で、ある植物種が絶滅したり、また別の植物種が別の形質を進化させたりするだろうから、群集はいろんなふうに変化して、単純に直近の直接的な植物 - 植食者相互作用を考えただけでは予測できないだろう。

17.4 他の exploiter-victim 関係における共進化

上のモデルの欠点として重要なのは、植食者の数的応答や進化応答を考えていないこと。これらを考慮することによってモデル予測は変わりうる。近年、宿主と寄生蜂の関係や、捕食者と被食者の関係における共進化など、他の **exploiter-victim** 関係における共進化の研究が大きく進んだ。しかし、これらを扱うのはこの章の範囲を超えている。また、共進化と生態系プロセス・景観プロセスの関係についての研究はほとんど進んでいない。しかし、すでにある結果を保全との関係で再解釈してみよう。

exploiter-victim の共進化において一般的にみられることの一つに、種間をまたいだ頻度依存淘汰がある。これは相互作用する 2 種がたがいに敵対する戦略をとるときに起こる。たとえば、一方の種の適応が、他方の種の対抗的な適応をもたらす場合 (**gene-for-gene** システム)。種 1 の対立遺伝子 A の増加が、種 2 の対立遺伝子 B の増加をもたらす、それが今度は対立遺伝子 A の淘汰上の利益を解消して、A は減る。さらに、その結果、遺伝子 B が時間遅れを伴って減る。この時間遅れのために敵対的な相互作用をする 2 種間で対立遺伝子頻度の振動が起こる。

このような進化的振動は振幅が大きくなることが大きく、その過程で有限集団では対立遺伝子が失われてしまうことがある。移動の制限があるような空間的な広がりのある集団では、このような問題は生じない。異なる場所で進化動態が同期していなければ、移動分散にとまなう遺伝子流動によって遺伝分散は維持される。しかし、生息地の破壊や分断化は、遺伝分散の維持を損なう。このことの保全にかかわる重要性はすぐに想像できる。菌に感染する植物をかんがえる。この植物の局所集団の有効サイズは小さく、菌のほうは長距離分散がより得意だとする。菌のほうは局所的な遺伝的多様性を維持できるだろうが、植物のほうは遺伝分散を失うだろう。すると、植物のほうは進化的な応答ができなくなるので、植物の伝染病リスクや、その結果としての絶滅リスクが、長期的に高まる。もっと一般的には、共進化はしばしば地理的モザイクを構成することが知られているが、生息地の分断化は空間のつながりを壊して、現在で起こっている共進化を改変してしまうだろう。

Hochberg & van Baalen (1998) は、被害者 (宿主や被食者) の生産性の傾度によって、**exploiter-victim** の共進化を調べた。各種の攻撃、防衛戦略への投資で測った時の相互作用

の強さは、生産性が高くなるほど、強くなった。この理由は、下位の栄養段階の生産性が高いと、上位の栄養段階が増えて、その影響が強くなり、その結果、他の相互作用と比べて、栄養的相互作用 (trophic interactions) にかかわる自然淘汰圧が強くなるからである。また、生産性が異なると異なる遺伝子型が好まれるので、全体としての遺伝的多様性は、生産性の傾度全体で個体群が存続しているときに最大化する。このことから、生産性の高い生息地の中心だけでなく、生産性の低い生息地の端を保全することが大事だと分かる。

生態系プロセスへの人為的な影響が、exploiter-victim 系の共進化にさまざまな結果をもたらすだろうことも示唆される。たとえば、炭素の増加に伴い、植物は C:N 比を増やすと、植食性昆虫にとってまずい餌となる。ほかの条件が同じだと、このことは、植食性昆虫の生産性を下げることになり、その結果、それを専門に攻撃する捕食寄生者や他の天敵が（減って、植食性昆虫への）制限要因として重要でなくなる。すると、攻撃や防御の効率の低下が進化する。

17.5 局所的な進化と生物学的侵入

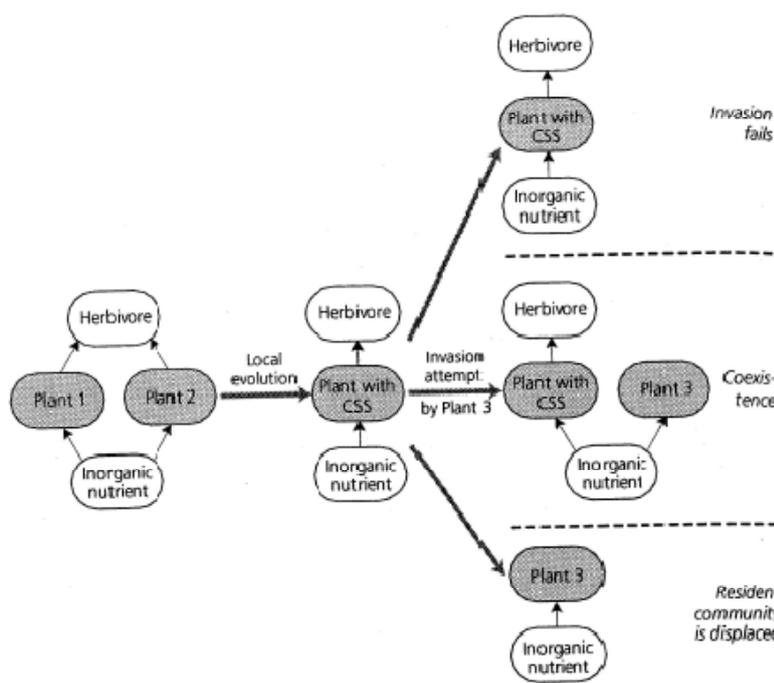
生息地の消失や分断化に加えて、生物学的侵入は生物多様性を脅かしている主要な環境変化のひとつ。ある生態系における局所進化と生物学的侵入は、どのように相互作用するのか？これらの2つのプロセスは、どちらも、局所的でまれな突然変異体や外部からの移入者が次第に群集に侵入していくという点で似ている。しかし、2つを制限している要因は同じではなく、そのために全くちがう結果が生まれることもある。植物の成長と防衛投資にトレードオフがある場合について、われわれの植物 - 植食者相互作用の進化的解析が意味するところを議論してみる。

われわれの解析によれば、植物の進化は通常単一の CSS に行きつくことから、植食者を介した植物間の共存は生態学的には安定かもしれないが、進化的に安定ではない。CSS とは他の似た突然変異体がそれに対して侵入できないような戦略であるため、同じトレードオフに従う他の植物種は、CSS を取る種の群集に侵入できないということになる。同じ地域の種プールから由来する種は、環境の制限や淘汰圧、系統関係の点で同じ歴史を共有しているため、外来種と比べて同じトレードオフに従っていることが多いだろう。そのため、局所進化は、同じ地域の種プールからの種の侵入に対して抵抗性のある群集をつくるといえる。

対照的に、移入者が、在来種と同じトレードオフに従わない外来種である場合、群集の抵抗性はずっと小さいだろう。侵入の失敗や生態学的共存、在来種の競争排除などあらゆるシナリオがありえるだろう (Figure 17.5)。特に、その土地の植食者が、外来種を消費するような適応をしていないために、外来種は植食から逃れられるようなことがあると、外来種はより制限栄養塩を枯渇させることができ、植食による消失分を補うだけの資源を必要

とする在来種との競争に勝つ。在来植物の絶滅はさらに、在来植食者の絶滅を引き起こすかもしれないため、外来種によって群集が置き換わってしまうかもしれない。定着後の外来種の局所適応によって、群集の崩壊はより強まるかもしれない。なぜなら、植食からの淘汰圧から逃れることによって、外来種はすべての資源を栄養塩摂取に振り向ける純粋戦略を取るかもしれない、そうするとその競争能力はさらに高くなる。外来種が侵入に成功した例のいくつかは、このような理論的シナリオと合致している。

Figure 17.5 成長と被食防衛がトレードオフのもとで、植物の局所進化と生物侵入が起こる場合の、栄養塩 - 植物 - 植食者群集の生態・進化動態。外来種が在来種と同じトレードオフに従い被食を受ける場合、侵入は通常失敗する。もし外来種が植食を免れることがあると、3つの場合が可能である。侵入の失敗、外来種と在来種の共存、外来種による在来群集の置き換え。



このことから、局所適応は、歴史的・生物地理学的に起源を同じくする種の侵入に対して抵抗性を高めるが、それは同時に同じ進化的背景を共有しない（特に植食に関する）外来種に対して無力化する働きがある。生物多様性への大きな脅威である外来種による局所群集の崩壊を、局所進化が防ぐような保証はない。

17.6 まとめ

生態系パターンとプロセスの主要な決定要因として植物 - 植食者の相互作用に注目することで、進化が種の形質を形作る適切な文脈として、生態系が機能していることを示した。特に、栄養塩循環は、生態系内での予測可能な間接効果を引き起こすカギとなる生態系プロセスである。これらの生態学的効果は、非常に強く直接効果も凌駕するため、関係する種への有効な淘汰圧となる（そのためには、空間的異質性か、直接効果と間接効果にかかわる形質の間にトレードオフが必要）。そのような効果は、生態学的にも進化的な意味合

いにおいても、予測可能な条件のもとで、植物と植食者の相互作用を敵対的なものから相利共生的なものへと変える。また、生態系内での局所進化は、同じ歴史的・生物地理学的背景をもつ種の侵入に対して抵抗性を増やすが、そのような進化史的共通性のない外来種に対しては無効である。

保全への進化的観点が大切なのは2つの基本理由からである。まず第一に、進化の歴史を理解することは、環境劣化のことなる要素に対して種がどのような応答を示すのかを見極めるための原則を与える。二番目に、進化動態事態が、短い時間スケールで種の生態学的形質の劇的な変化をもたらす。環境とのフィードバックもまた短い時間スケールで重要である。総合的な進化保全生態学が成立するためには、生態系レベルからの観点と個体群レベルからの観点を結合させて、生態システムの環境劣化への応答を予測できるようになるべきである。

このことは保全努力は種の保護にだけ傾けるのではなく、豊かな相互作用網の保護をも目指すべきである。相互作用の網において種は自然の生態系に埋め込まれているし、相互作用によって各種の現在の形質と存続が決定されている。しかし、このことを認識しただけで、生物学的侵入のような環境変化がもたらす種の絶滅や生態系の崩壊を防げる保証はない。