

13. Mutualisms and community organization

13.1 Introduction

相利共生は多様性を高め、ハビタット変更、食物資源の獲得、分散や保護などのメカニズムによって群集の組織化に影響を与える。相利共生相互作用の崩壊は、植物群集構成を変えさせる。この章では植物群集組織化における相利共生の役割に焦点をあてる。

13.2 Conflicts, cooperation and evolution of mutualism

○共生相互作用で交換される利益

栄養・エネルギー供給・保護・移動

○相利共生—寄生は連続的に表す事ができる。

○寄生から共生への推移

・生物学的要因（同種内の競争、利用できるパートナーの数またはパートナーになり得る他の生物）や非生物的要因によって起こる。

・利益が非対称のとき、

(1)パートナー間の資源獲得能力における相対的差異

(2)パートナー間の資源要求における相対的差異

(3)資源獲得トレードオフの形の違い

によって寄生になるか相利共生になるか決定される。

○伝播

垂直伝播と水平伝播がある。水平伝播は寄生の機会を与えてしまう。

○新しい共生関係をつくる時、どのように協同を始めるかが問題となる

<囚人のジレンマ>

(1)両種が利他的—AもBも適応度（大）

(2)Aが利他的、Bが利己的—Aは適応度（特小）、Bは適応度（特大）

(3)Aが利己的、Bが利他的—Aは適応度（特大）、Bは適応度（特小）

(4)両種が利己的—AもBも適応度（小）

13.2.1 Mutualism can also develop without evolution

○共進化のない場合でも相利共生は起こる

例：侵入したアリ種は、前に在来アリ種を頼っていた在来植物種にいくつかの分散サービスを供給するかもしれない

○相利共生相互作用は第3者による寄生的な搾取を受けやすい。

例：蜜を食べるが送粉サービスを提供しない第3者による寄生(Fig. 13.2)

13.3 Mutualisms in community organization

相利共生は群集の組織化・構造・機能に影響する。この節では植物—送粉者と植物—保護者の相利共生についてとりあげる。

13.3.1 Plant-pollinator interactions

○ 植物—送粉者相互作用は完全なスペシャリストから完全なジェネラリストまで連続的に及ぶ送粉者の機能的多様性は植物群集において多様性を高める。

例：無報酬のランは報酬のある花の近くに位置する事により競争により置き換わった送粉者から利益を得る。

13.3.2 Plant-protector mutualism

○ 保護を含む相利共生は種の多様性を減少させるかもしれない。

例：相利共生によって競争能力が増加し、競争種と入れ替わる。

○ アカシア—アリ相利共生

アカシアは大型草食動物から守ってもらい、アリは蜜と住処をもらう。大型草食動物を除去するとアリに対する投資が減り、アリ種がシフトした。

13.3.1 と 13.3.2 のまとめ

○ ハビタットの分断や送粉者集団のシフトなどは群集組織化における相利共生の重要性を証明する。

例 1：ハビタットが分断されると隣花授粉が増え、適応度が下がる。

例 2：ハチの減少に伴いハチ媒植物も減少。

○ 外来種の侵入は相利共生を分断する。

例：外来送粉者が在来送粉者に置き換わり、その在来送粉者に依存していたスペシャリスト種が置き換わり植物種構成が変化する。

○ 相利共生の分裂は群集において種の衰退や絶滅を加速するかもしれない。

一つの種の喪失は後で、それらに直接または間接的に依存していた他の種の喪失を引き起こす。菌根や共生するバクテリアのような地下の植物相利共生者の関係の分裂は地上の植物群集に重要な効果をもつ

例：外来種のアリアリアはアーバスキュラー菌根との関係を分断した。したがって、低い菌根依存の植生になりやすく、アーバスキュラー菌根(AM)真菌共生に依存した林冠木の再生を抑える事によって、アリアリアは成林群集の構成に影響するかもしれない。

13.3.3 Plant nutrition symbiosis

マメ科—根粒菌・植物—菌根共生が群集の組織化にどのように影響するかについて議論する。根粒菌と菌根菌は制限された栄養を宿主植物に供給し、特に貧栄養生態系で重要である。

13.3.3.1 Legume-rhizobia symbioses

○根粒菌は自由生活または植物に密接な関係を形作っており、たくさんのマメ科において根の根粒のような特別な構造の中で大気中の窒素を固定する。根粒菌はホストの光合成能力を高め、光合成産物へのアクセスが増えるが、窒素固定にかなりのエネルギーを使う。

○「ただ乗り」対策

ホストは典型的に一つ以上の血統の根粒菌に感染しているため、競争が生じている。系統の数が増えると「ただ乗り」の血統が増えると予想される。どうしているのか？

・Bever and Simms (2000)のモデル

根粒での生産利益を根圏にいる自由生活の同血統に運ぶというモデル。

→ホスト植物の周りにいるのは同血統だけではない等の欠点がある

・根粒菌血統への承認（「罰」）

もし、ホスト植物が根粒を区別できれば、根粒菌の血統の繁殖成功は血統のホストへの硝酸塩排出能力に依存する。マメ科のホストにおいて、根粒菌血統への適応度制限（根粒への酸素の供給の減少と考えられている）が見つかっている。

○根粒菌—マメ科共生は土壌の窒素を自由生活窒素固定者に比べ4倍に増やす。生態系機能へのこの共生のインパクトは重要である。

○移入したマメ科は土壌窒素レベルの影響を修正し、群集構成を変えるとされている。ほとんどの陸生生態系の植物種は低窒素土壌に適応し、窒素固定根粒菌は少しずつ、窒素制限生態系において窒素プールと流量を増やす。

例：根粒をつくる *Myrica faya* が窒素制限の森に移入し、窒素の流入によって *Myrica faya* は在来の *Metrosideros polymorpha* と置き換わり、群集再建をもたらした。

○Parker(2001)のモデル (Fig. 13.3)

根粒菌なし R-：両植物は窒素が利用できる限り共存できる。窒素の供給を使いきったとき、非マメ科は群集から下位のマメ科を排除した。

根粒菌あり R+：窒素が激減するにつれ、非マメ科は排除される。

○(1)これらの共生がどのように群集組織化に機能するのか (2)生態系レベルでの植物種構成における固定された窒素の効果について理解する必要がある。

13.3.3.2 Mycorrhizal symbiosis

○菌根菌は病気や干ばつへの抵抗を供給でき、植物の炭素と引き換えに、窒素、リン、銅、鉄、亜鉛を含む様々な制限された栄養を植物へ供給する。土壤に菌糸の広い菌糸体ネットワークを形成し、菌根菌はこれらの栄養を効果的に摂食できる。

○アーバスキュラー菌根(AM)菌は植物群集構成、植物の生産性や植物の多様性を変える。

例 1 : AM 菌はヨーロッパの草地で 30%植物の多様性を増加させた(Fig 13.4)。これは真菌が実生の設立の促進や下位の植物種の競争能力を高めたため。

例 2 : 支配的な植物が高い菌根依存性を持つと逆に植物の多様性を減少させる。

○菌根による栄養吸い上げ能力の向上は、植物間の競争に重要で、植物の共存や群集組織化に影響するかもしれない。

・ van der Heijden (2002) (Fig. 13.5)

AM 菌なし(a) : plant A によって置き換わる

AM 菌あり(b) : plant A のゼロ生長アイソクラインは変わらないが、plant B では減少し、そのため共存が起きる。

○菌根菌は「wood wide webs」とも呼ばれる大きな菌糸体ネットワークを形成し、同じ植物種の個体をつなぐだけでなく、違う植物種個体もつなぐ。

いくつかの研究では、炭素と栄養は菌糸のネットワークを通して一つの植物から他の植物に流れるとさえ示した。しかし、炭素や栄養の重要な量が移動されるのか未だ議論の余地がある。

○植物種は異なった AM 菌に異なった応答をするため、AM 菌群集の多様性は植物の生産性、植物群集の構成や植物の多様性に影響する。

13.4 Conclusions

相利共生は群集の組織化や構造、機能において重要な役割を演じるかもしれない。ハビタットの分断または生物学的な侵入を通じた、相利共生の分裂は群集構造の波及したシフトを引き起こす。相利共生は競争のような異種間の相互作用の結果に影響を与えるかもしれなく、競争種の共存を容易にする。しかし、相利共生相互作用は優占種の競争能力を高める可能性もあり、その結果下位の種の排除を引き起こす。