

# Chapter 5

2022/11/7 村上

## Chapter 5

### Historical and Biogeographic Perspectives [102]

Fig 5.1 針葉樹(北方林)7種、キクイタダキ属2種、ヤチネズミ属3種の分布域

### Communities and Ecosystems [103]

#### Community organization : Energetic considerations

Fig 5.2 A 基礎代謝量

Fig 5.2 B 体重, エネルギー必要量, 貯蓄可能量

Fig 5.3 哺乳類、鳥類、甲虫目、全ての陸生生物の全長に対する種数。

Fig 5.4 北アメリカにすむ陸生哺乳類の体重と生息範囲の関係

Fig 5.5 ウェールズ川食物網food web

Fig 5.6 様々な地域におけるエネルギーピラミッド

#### Distribution of ecological communities [109]

#### Temporal patterns : Ecological succession [110]

### Mapping Communities : Compositional and Functional Approaches

#### Terrestrial Biomes

Fig 5.10 主要な陸生バイオーム

Fig 5.11 年平均降水量と年平均気温と植生タイプの関係

Table 5.1 土壌タイプと植物群集の関係

Fig 5.12 地球の生物気候を気温を中心に区分

#### Forest

Tropical rainforest

Tropical deciduous forest

Subtropical evergreen forest

Temperate deciduous forest

Temperate rainforest

○種は地理的モデルを通して環境変化に応答するだけでなく、その多くが環境を変え、次々に他の種の分布にも大きな影響を与えている。

### **Historical and Biogeographic Perspectives [102]**

Frederic E. Clements (1916)

群集は超個体である。

個体、個々の種＝細胞、組織

二次遷移＝発生・成長

→互いに密接に関係している

Henry A. Gleason (1917, 1926)

偶然説 fortuitism を唱える。群集は同じ場所、時で比較的独立した個体、種が偶然並置されているものだ。

→互いに関係していない

○一つの地域における種の存在は、主として、地域環境における各種の移入や成長のための収容性に依存している(Gleason、1926)。

**Fig 5.1 針葉樹(北方林)7種、キクイタダキ属2種、ヤチネズミ属3種の分布域**

○針葉樹(北方林)7種、キクイタダキ属2種、ヤチネズミ属3種の分布域が似ている。

→動物の分布が北方林によって制限されている。そのため、分布域が同じになる。

- life zone(生物分布帯)、biomes(バイオーム)、ecoregions(生物地理区より小さな生物学的地域):特有の植生が作られること。特定の複数の動物種や微生物を特色とする傾向がある。

**Communities and Ecosystems [103]**

○communityは、同じ場所に住む生物からなる。分類学的、もしくはlife-form、代謝等の基準で定義される。

○生態学者は主として、コミュニティの二つの基礎的な特徴について研究する。

1. Community structure

多様性、構成、そしてバイオマスの静的な特性を写す。

2. Community function

エネルギー流動、栄養循環などに影響を与える動的な特性や行動を含む。

metacommunity メタ群集:複数の潜在的に相互作用する、種の分散によって繋がる地域群集の集まり

↓+生物学的要因

ecosystem 生態系:そこに生息する全ての生物種+物理学的環境+生物-非生物間相互作用

- microcosms 小宇宙:小さく、比較的自己完結している生態系。テラリウム、小さな池など。
- ⇔biosphere 生物圏:一番大きく完全に独立している生態系。地球。

Community organization : Energetic considerations

**Fig 5.2 A 基礎代謝量**

○基礎代謝量: $m = cM^{0.75}$

(M:体重, c:種によって異なる定数。指数が1以下だと小さい生物の方が1単位量あたりの代謝量が少ない。だから小さい生き物の方が活動的で、生涯の繁殖回数が多く、短命。)

**Fig 5.2 B 体重, エネルギー必要量, 貯蓄可能量**

エネルギー必要量の増加率は、体重の増加に対する代謝率の増加率に比べて小さい。

→体重が大きくなるほど貯蔵容量が大きくなる。

→大きな生物ほど、飢餓、渇水、低温などのストレスに長期間耐えることができる

**Fig 5.3 哺乳類、鳥類、甲虫目、全ての陸生生物の全長に対する種数。**

→昆虫が最多

小さな生物は、小さいエリア・エネルギーしか必要ない。

→環境を分け合うことができる。

大きな生物ほど、分布域が広い。その理由は以下である。

すなわち、大きな生物は、広い空間を必要とし、広いニッチ(貯蔵容量が高いことから、ストレス耐性があるので、代謝率が下がってしまう環境でも生息できる+ベルクマンの法則)を持つ。したがって、**carrying capacity**環境収容力は小さくなる。

c.f. アレンの法則 高緯度の生き物は、付属器官が小さい

大きな生物は、広い空間、広いニッチが必要となるので、**carrying capacity** 環境収容力は小さくなるし、個体群の維持には広い空間が必要

#### Fig 5.4 北アメリカにすむ陸生哺乳類の体重と生息範囲の関係

草食動物(A)も肉食動物(B)も体重が大きくなるほど生息範囲が大きくなっていることが分かるが、この傾向は肉食動物の方がより顕著である。

生物の **trophic status** 栄養ステータス(どのようにしてエネルギーを得るか)は、

1. 群集内の個体の役割
2. 体サイズ

に影響する。

p106

food chain 食物連鎖: 種間、群集間のエネルギーの流れ

trophic levels 栄養段階: 食物連鎖内の違う段階

1. primary producers : 一次生産者
2. herbivores, primary consumers: 草食動物、一次消費者
3. carnivores, secondary consumers: 肉食動物、二次消費者
4. decomposers, detritivores: 腐食者。有機物を無機物へ変換。

#### Fig 5.5 ウェールズ川 の食物網food web

食物網が食物連鎖によって作り上げられている。

p107

熱力学の第一法則: エネルギー保存の法則

熱力学の第二法則: エントロピー増大の法則(転換時のエネルギーの損失)

p107

○有機混合物は、エネルギーを供給するために酸化されるため、多くのエネルギーが熱として失われる。実際、多くの生命現象は驚くほどに非効率である。

○植物は、太陽光エネルギーの5%が化学エネルギーに、同様に動物は、取り入れた内の0.1~10%のエネルギーを体に取り込む。したがって、90~99%は熱として失われる。ただし、分類群によっては、この熱が重要である。

○Lindeman 小さい実験系(小さい湖)からの結論

エネルギー転換効率は、多くが1%で、最大でも10%。

Fig 5.6 様々な地域におけるエネルギーピラミッド

北アメリカや西ヨーロッパでは、植物が作ったエネルギーを少数の比較的大きな木が独占する。一方で、植物食者に配分されるエネルギーは、昆虫や他の無脊椎動物に分配されている。

[A] 大きな木にたくさんの虫がいる例

→biomassピラミッドは逆三角形になっても、熱力学の第一法則(エネルギー保存の法則)によって、energy flowのピラミッドは逆三角形にならない。

○海洋では、しばしばbiomassピラミッドが逆になる。

○海洋の光合成プランクトンは、高いエネルギー転換効率をもつ。したがって、自分たちよりも多いバイオマスを支えることができる [E]。

○消費者の量は、単に生産者のバイオマスに応じるものではなく、転換効率に基づくものである。

p108

○いかなるエリアの収容力は、高い食物レベルになるにつれ、次々に低くなる。そのため、それらのレベルで満たされた生命代謝は、それらの生態学的役割や地理学的分布に作用する予測可能な特性を示す。

○高次捕食者は、種が少ないだけでなく、より広く分布し、ジェネラリストである傾向をもつ。

- 寄生者・・・全ての宿主につく必要がない。宿主の数以上に寄生できる。宿主が死ぬまで一緒にいる。特殊化する。  
→数、分布域の維持が可能。

p108

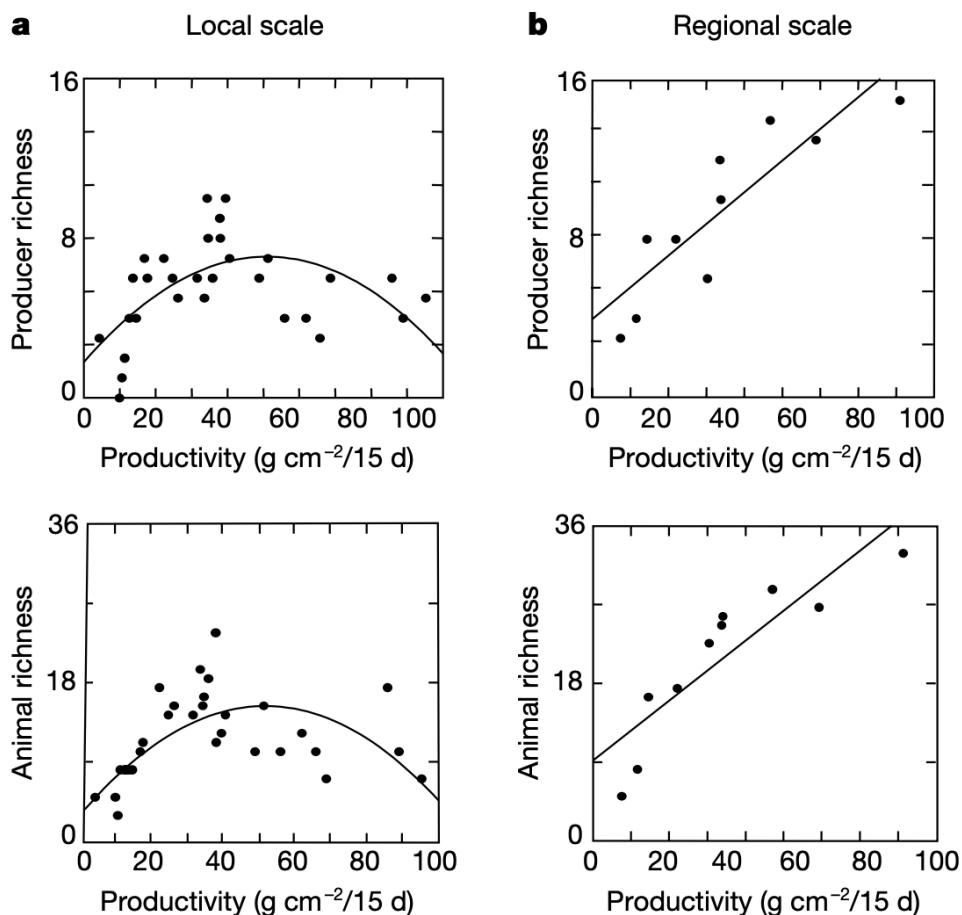
○一般に、粗いスケール分析+広いサンプルエリアを用いた時は、一次生産量と種数に正の相関がある。しかし、群集の小さなサンプル単位を用いた場合には、この相関は崩れ、もっと複雑な関係になる。Mark A. VanderMeulen Three evolutionary hypotheses for the hump-shaped productivity–diversity

**Table 1.** Previously proposed explanations for the hump-shaped curve (Rosenzweig and Abramsky, 1993)

- 
- |   |
|---|
| 1. Environmental heterogeneity is greatest at intermediate productivities   |
| 2. Dynamical stability decreases at high productivities   |
| 3. The ratio of predators to victims increases with productivity  |
| 4. Taxa have optimal productivities and are forced out of productivities above and below that optimum by other taxa |
| 5. Interference competition is most intense at intermediate productivities  |
| 6. Rich habitats are more recent and not yet at equilibrium   |
| 7. Productivity is inversely correlated with disturbance  |
| 8. The covariance of population densities drops as productivity rises   |
| 9. Intermediate productivity habitats occupy greater geographic area  |
- 

Spatial scale dictates the productivity–biodiversity relationship

<https://www.nature.com/articles/416427a>



### Distribution of ecological communities [109]

- 環境が突然変わると、急速な種の入替わりが起こる。
- 2つの異なる環境が似通っていれば、その境界付近ecotone(異なる環境が連続的に接している)でそれぞれの環境に適応している種は共存できる。ecotoneは、環境が単調である場所よりも種の多様性が高い。

coenocline: 局所的な種の量の推移を環境や地理的勾配の変化に沿って示したもの。

Fig 5.7

環境または地理的勾配に対するそれぞれの種の密度の変化についての5つの仮説

[仮説]

A 種たちは勾配にそって同じような範囲を示す。種のグループは、個別の群集として分布し、種たちは明確に分かれている。超生物的(→共倒れ?)。優占種の競争的排除によって起きうる。

B 種たちは、境界に沿って互いを排除するが、多くの種たちは、個別の群集を形成するほど他と密接に関連していない。

C Aと同様であるが、種の入替わりは穏やかである。互いの種が共存するように進化をするが、競争的排除による急速な種の入替わりは起こらない場合に起こる。

D 種たちは、一見他とは無関係に現れたり、消えたりする。種たちは、互いに競争的な排除も行わないし、個別の群集を作るような協力をするわけでもない。種の入替わりはランダムである。

E 多くの種の分布範囲は、勾配に沿って非常に広く分散している優占種の分布範囲の入れ子になっている。従って、地理的スケールで見れば、種の分布は秩序だっているが、局所的に見るとランダムである。

○Whittaker: 二つの山で標高ごとにサンプリングした。

○二つの山の分布域は、種はまるでそれぞれが独立しているように分布しているという仮説を支持した。この仮説は、競争排除や、分離した集団の關係に帰せらる急な置き換わりのどちらも示さない。

○Whittakerの調査は、広いスケールでいくつかの傾斜の結果の平均に関する個体数調査だった。

→局所スケールの置き換わりでは、競争排除を有することや、空間的に異質からなる環境内でのマクロサイトの分布によって媒介されることを見逃す。

○Yeaton: pines(*Pinus*)の標高分布を分析。同様の成長形態の種による急速な置き換わり例をいくつも発見し、明らかな種間競争の結果を見つけた(Fig 5.9)。種の分布の上限は、環境によってではなく種間競争によって決まっている。

### Temporal patterns : Ecological succession [110]

○一次遷移: 土壌の無いところからの遷移

○二次遷移: 攪乱後の遷移

○問題は、群集は、時間的な勾配の中で、相互に依存した1つの単位として入れ替わるか、独立した種の集まりとして入れ替わるのかということである。

○Clements: 遷移は決定論的で、予測可能であり、安定した最終点(極相)へと収束するものである。

○パイオニア種が定着してから相互形成までの間、侵入とより適合した種による入れ替わりが繰り返される。遷移の間は、バイオマス、複雑性、安定性が上昇する。

○極相や遷移の段階の群集は、気候や土壌で決まる。

#### p111 遷移に関する近年の見解

○同様の土壌、気候の地域において、遷移は完全に予測可能ではないものの、構造や機能、そして合成した組織の尺度を有した種の集合の1つの単位の移り行きを示す方向性をもつ過程である。

#### p111 Polyclimax 多極相

##### Gleasonian camp

○遷移はおそらく、クレメンツによって構想されるような順序正しいものではない。むしろ、種間相互作用や地域スケールの自然発生する変化によって流されていくものである。遷移は、単に特定の環境条件の組み合わせとともに生存する独立した種の特異的な収容力を反映したものである。

○地理学の文脈において重要な一貫したことは、集団内における遷移の割合は、緯度の上昇とともに減少しているという観察内容である。これは明らかに、高緯度においての激しい競争の減少と、集団の他の種間相互作用の減少に沿った生産性と多様性の減衰を反映してる。

## Mapping Communities : Compositional and Functional Approaches

20cの群集生態学者の焦点→**phytosociology** 植物社会学(植物群集を単位に分類。なぜ、どのようにしてそこに特定の組み合わせの植物種が共存しているのかを明らかにする学問)ところが、群集は、空間的にも時間的にも種の個別の関連性？を示していない。

⇒植物群集を分類、マッピングするのは難しい

・物理的、環境的変化が急激→分類は簡単

・物理的、環境的変化が連続的→連続的な物(life-formなど、群集の持つ性質)を離散的な数字に直さないといけないので難しい

⇒最近では、多変量解析などを用いて分類できるようになった。科や属など、分類学的視点から、マッピングをする手法もある。その他に、形態(**compositionalist** 構成主義者?)と機能(**functionalist** 機能主義者?)から、分類、マッピングする手法もある。

## Terrestrial Biomes

植生の構造によって分類。気温や降水量と特定の植生タイプは密接に関係している。

似たような気候に似たような植生が起こるのは、**evolutionary convergent** 進化的収斂(分類学的に遠い種同士が、同じような選択圧をかけられたことで、形態や生態学的な役割が似通ること)の結果である。

### Fig 5.10 主要な陸生バイオーム

植生タイプが気候や土壌のタイプと関連している。

### Fig 5.11 年平均降水量と年平均気温と植生タイプの関係

#### 陸上植生の分類

1. Forests 樹木が優占している。林冠が連続している。
2. Woodlands, savanna 樹木が優占しているが、樹木間の間隔は広い。草地や、乾燥した場所での下草も見られる。低木等も。
3. Grasslands 草本が優占している。
4. Desert 地面の大部分がむき出し。ツンドラを含む。

Table 5.1 土壌タイプと植物群集の関係

土壌タイプ	植物群集
ラトソル	常緑熱帯雨林
ラトソル	熱帯落葉樹林またはサバンナ

栗色土	プレーリー
砂漠土	低木又はまばらな草
地中海赤褐色土	硬葉樹林
赤黄色土	針葉樹林及び針葉樹と落葉樹の混合林
褐色森林土と灰褐色ポトゾル	針葉樹
ポトゾル(灰、茶色)	落葉樹及び針葉樹と落葉樹の混合林
ポトゾル	北方林
ツンドラ腐植土	ツンドラ(木なし)

Fig 5.12 地球の生物気候を気温を中心に区分

## Forest

陸地面積の1/3を占める。全植物バイオマスの80%を占め、陸上の一次生産の75%を生み出している。

### Tropical rainforest

熱帯雨林。陸地面積の6%しか覆っていないが、全植物種の50%がいると言われている。昆虫やその他無脊椎動物については地球上で最も多様性が高いと言われている。低緯度帯で標高の低いところに分布する。急速に生長する常緑樹が多く、30～50mの高さに閉じた林冠を形成する。林床は植物が豊富ではない。lianaつる植物、epiphytes着生植物も豊富。高温多湿であるため、遺骸に由来する有機物の分解が早く、栄養がほとんど溜まらない。

### Tropical deciduous forest

落葉性熱帯樹林。北緯10～30度に分布。乾季が特徴。木の高さは低く、開放的な林冠であるため、林床でも植物が育つ。乾季に備えて、多くの樹木が葉を落とす。

- **rain-green forest** 雨緑樹林 乾季に続く最初の豪雨の時に葉を落とす、優占植物。
- **monsoon forest** モンスーン樹林 最も豊かな形態。南アジアでよく発達している。竹なども密集した豊富な下草。

### Subtropical evergreen forest

亜熱帯常緑林。標高のある亜熱帯の山など。日本や中国などで見られる。年間降水量150mm以上を超える。ブナ科、モクレン科等。コケが発達。

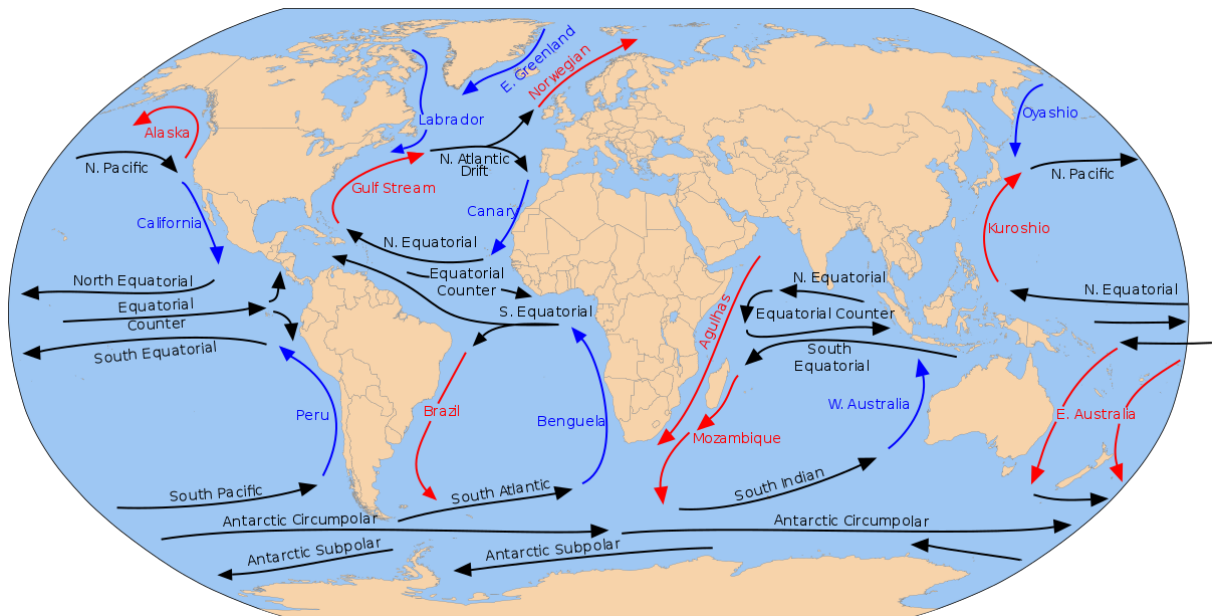
### Temperate deciduous forest

温帯落葉樹林。夏季に、樹木の生長に必要な雨量が確保できるような場所なら、温帯の緯度帯のどこでも発生する。降水量や気温が低下する季節には葉を落とすため、**summer-green forest**夏緑樹林とも。北アメリカ西部、ヨーロッパ西部、東アジアの一部で見られる。構造、構成種は多様。下層植物は、春の前に多様になる(春植物:カタクリ、フキ等。他の樹木が落葉している間に次世代を残す。)。有機物が豊富。保水率が高い。

アメリカ西海岸→カリフォルニア寒流の影響で乾燥。

北アメリカ北西海岸→暖流の影響で多湿。





### Temperate rainforest

温帯雨林。年間降水量150mm以上、1年の中で10か月以上降雨が続くような場所で発生。日本、ニュージーランド、大陸の西海岸沿いで見られる。一年中涼しいが、氷点下を下回ることはない。種の多様性は比較的低い。つる植物は少ないが、その他着生植物が多様。涼しいので成長率が遅い。冷涼で多湿なので、火事が起きにくい。世界的に見ても古い。森林の発達には長期間安定した気候が必要。

例)ニュージーランド、チリ、北米北西海岸沿いでは、海洋気団が大陸に向かって流れ、沿岸の山脈に沿って上昇する過程で冷やされ、降雨をもたらす。