

# 藻類食者の栄養塩再供給とパッチ形成プロセスは湖沼の藻類多様性にどのような影響を与えるか？

加藤聡史、占部城太郎、河田雅圭  
(東北大院・生命科学)

# 1. 目的

## 藻類食者個体群の集合プロセス・個体の移動パターンが藻類多様性へ与える影響を比較する

- 近年生物多様性に対する空間的な効果について非常に注目されている (Amarasekare, 2003)
- 藻類食者の空間パターンについても、様々なプロセスから説明されている (Folt et al, 1995)

にもかかわらず、

空間パターンの成立プロセスが  
生物多様性にどのように作用するか

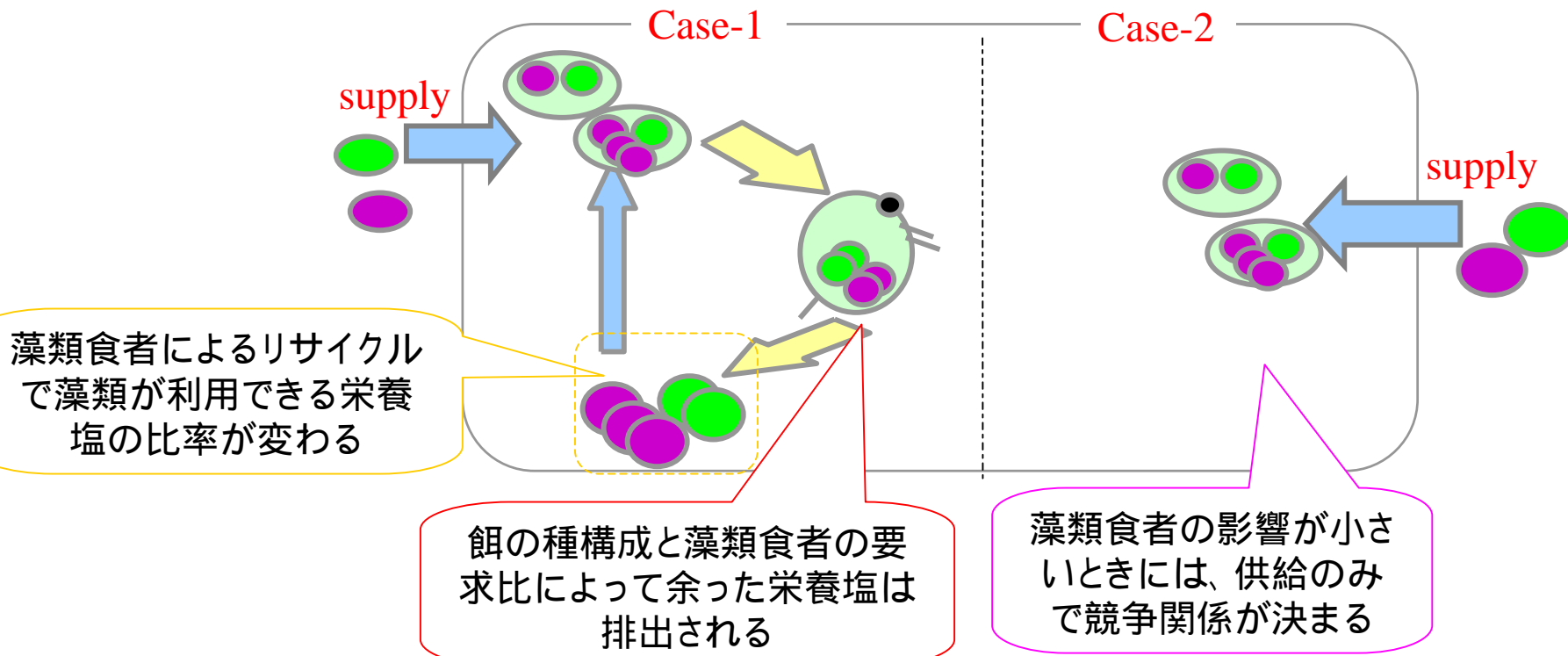
についてはほとんど考えられていない。

## 2. 着眼点:

# 藻類食者の空間構造と栄養塩の再供給

藻類食者の排泄によって、N:Pをめぐる藻類の競争関係が時間的・空間的に変わる

( 利用できる栄養塩量の加算 + 栄養塩比率の変化)



# 3. 湖沼藻類多様性モデル

## • 浅く小さい湖沼における多種藻類の栄養塩競争

### – 藻類食者1種

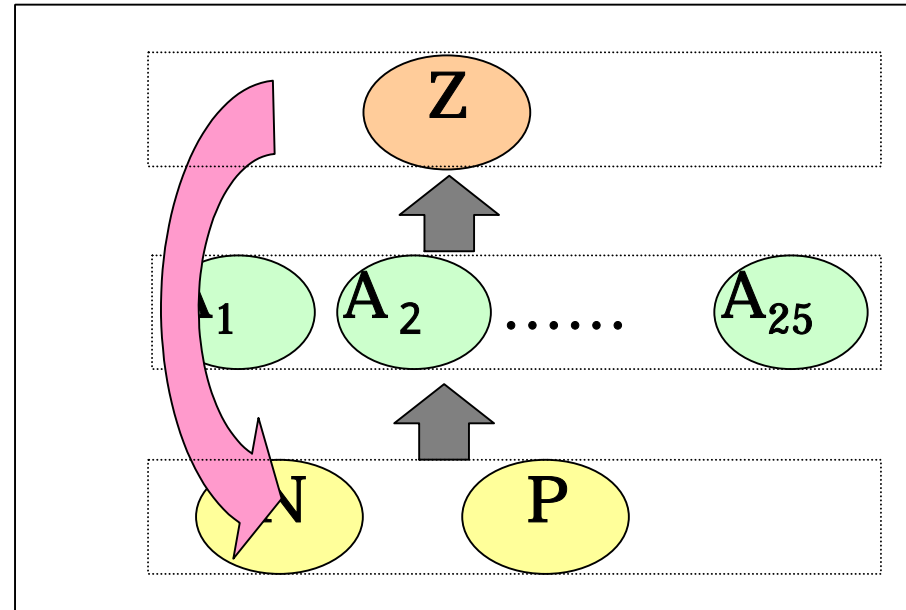
» see Appendix (1)

### – 藻類25種

» see Appendix (2)

### – 栄養塩2種類(N,P)

» see Appendix (2)



– 藻類食者は成長に利用しなかったN,Pを排泄する

– 藻類は栄養塩をめぐる競争能力のみが異なる25種が競争

» see Appendix (3)

## 4. モデルのレイアウト

- 水系を格子モデルによる平面空間とみなす
  - 移動の考慮のために藻類食者を個体ベースモデルで記述
  - 鉛直構造は考えない(30 × 30格子)
  - 藻類・栄養塩は拡散
  - その他の物理的な環境要因は一定・一様と仮定する
- 競争排除が完了するまでの時間(種数 資源数)で藻類の多様性への影響を評価する
  - 25種 2種(以下)になるまでの時間を計る

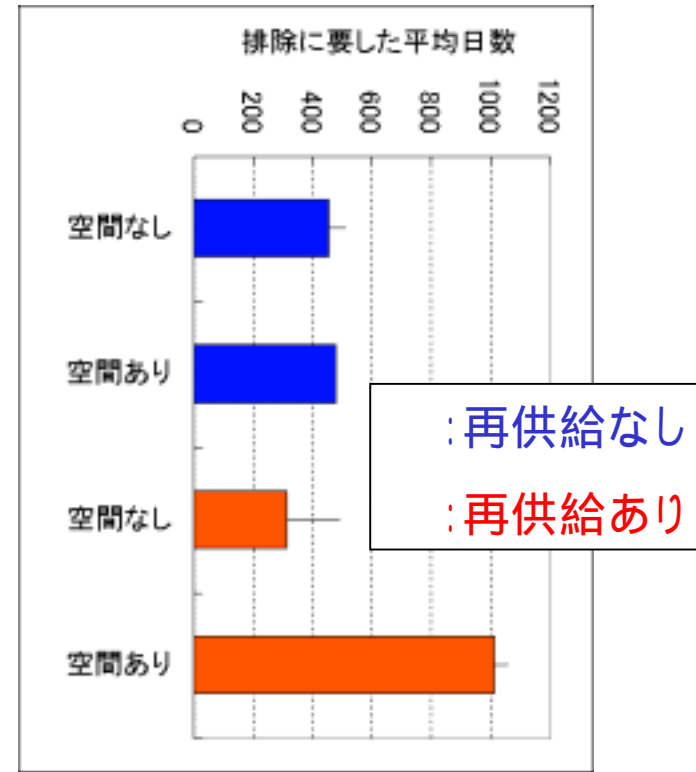
# 5. 前回のあらすじ:

## 藻類食者の排泄が藻類の競争排除時間を変える

### 空間構造を考慮するモデルとしないモデルで比較した

(考慮するモデルでは藻類食者はランダム移動)

- リサイクルがなければ空間構造の有無による違いが無い。
- 空間構造が無いときには、栄養塩再供給によって藻類の競争排除が加速した。
- 空間構造があるときには藻類食者の栄養塩再供給は、藻類の競争排除を遅延する。



5ugN/l/day , 1.5ugP/l/day

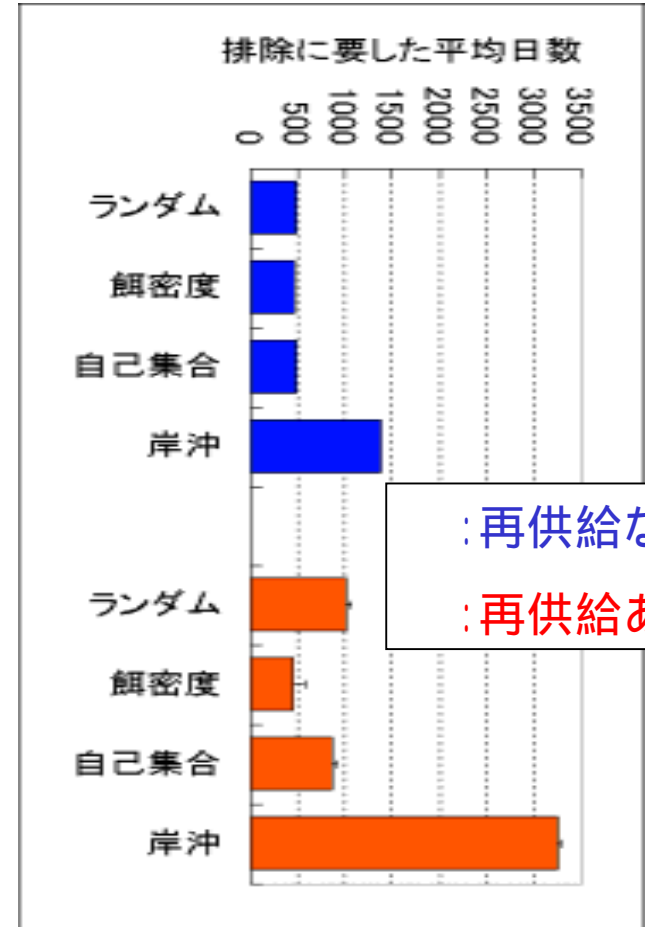
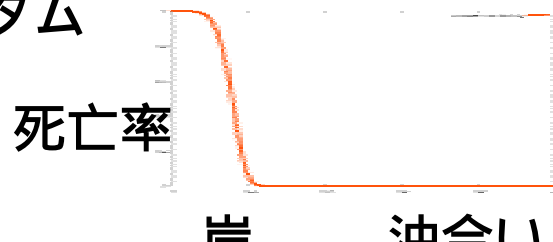
30試行

# 6. 今回の研究内容:

## 藻類食者の空間的構造化プロセスを比較した

### 代表的な4つのプロセス:

- ランダム移動(コントロール)
- 餌密度によって移動
  - 動物プランクトンは餌が高密度の方向へ移動しやすい
- 藻類食者個体同士の集合行動
  - 藻類食者個体同士が互いに集合する
- 局所死亡率の違いを仮定
  - 移動はランダム



5ugN/l/day , 1.5ugP/l/day  
30試行

# 7. 結果と議論

- 餌密度によるパターンでは、藻類 - 藻類食者の空間構造が解消され、栄養塩再供給は競争排除を加速する
- 自己集合プロセスでは、コントロール(ランダム)よりも際立った藻類食者の空間構造は作られなかった。
  - 餌密度が制約となり、密集によって成長率が低下したため。
- 岸 沖パターンでは、空間構造が時間的に安定であるため、飛躍的に排除時間が長くなる
  - その他の3プロセスではいずれも藻類食者個体群の空間的ダイナミクスによって構造化される

## 8. まとめ

- 動物プランクトン個体群の空間パターンが、時間的に変動せず静的に構造化されると、藻類の多様性は飛躍的に増加する可能性がある
- 空間的に構造化していれば藻類食者による栄養塩再供給は、藻類の多様性を維持する働きがある。

# Appendix 1: Model detail (1)

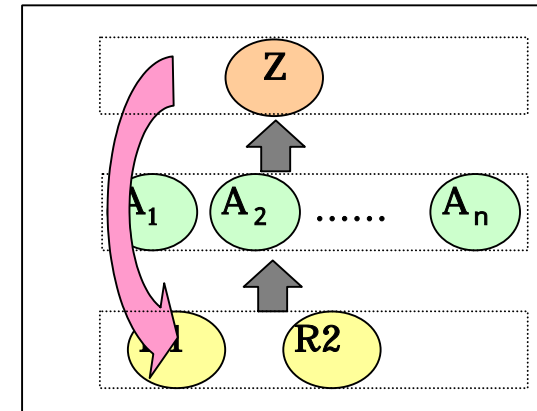
動物プランクトンの成長率 (g) は以下の式で与えられる。

$$g = (eI - r) \cdot \text{Min}(1, F_N, F_P)$$

同化量

呼吸量

制限となる資源の律速効果 (N, P)  
= 必要な資源がどれだけ得られたか



動物プランクトンの栄養塩排出量 ( $\rho_R$ ) は以下の式で与えられる。

$$\rho_R = IQ_R - g\theta_R$$

同化した資源量

成長に消費した資源量

# Appendix 2: Model detail (2)

藻類の成長率 ( $\mu$ ) は最も制限となっている栄養塩の含有率 ( $Q_R$ ) によって律速されると仮定した

$$\mu = \text{Min} \left( \mu_{R,\text{max}} \left( \frac{1 - Q_{R,\text{min}} / Q_R}{1 - Q_{R,\text{min}} / Q_{R,\text{max}}} \right) \right)$$

$Q_R$ が増加すると  $\mu$ が増加

藻類の資源Rの吸収速度 ( $V_R$ ) は栄養塩の含有率 ( $Q_R$ ) と系の資源濃度 ( $S_R$ ) によって変化すると仮定した

$$V_R = V_{R,\text{max}} \left( \frac{Q_{R,\text{max}} - Q_R}{Q_{R,\text{max}} - Q_{R,\text{min}}} \right) \cdot S_R$$

$Q_R$ が増加すると  $V_R$ が減少

系の資源Rの濃度 ( $S_R$ ) は以下の式により与えられる。

$$S_{R,t+1} = D(S_{R,\text{in}} - S_{R,t}) - \sum_{i=1}^n (V_{R,i,t} A_{i,t}) + \beta \sum_{j=1}^{N_t} (\rho_{R,j,t} Z_{j,t})$$

流入・流出

藻類の吸収

捕食者の排出

# Appendix 3: Algal trade-off

## 藻類の競争 trade-off

最大栄養塩吸収速度( $V_{max}$ )と最小栄養塩含有率( $Q_{min}$ ) (図)

成長により多くの栄養塩が必要な種は栄養塩獲得速度が速い

\* 珪藻Si-Pの競争に、このtrade-offがある(Huisman & Weissing, 2000)

リンと窒素の最大栄養塩吸収速度( $V_{P,max} : V_{N,max}$ ) (図)

Nの吸収速度が大きい種は、Pの吸収速度が小さい

