2019.9.5-6
第27回瀬戸内海研究フォーラム in 広島

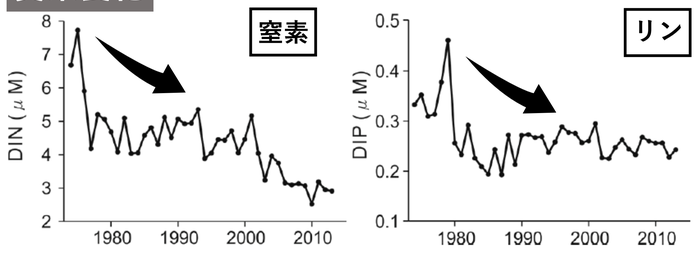
珪藻 *Skeletonema costatum* においてリン制限は顕著な強光阻害を引き起こす

矢野諒子（広島大学大学院・統合生命科学研究科[1]），小原静夏（広島大学大学院・生物圏科学研究科[2]），小池一彦[1]

1．背景・目的

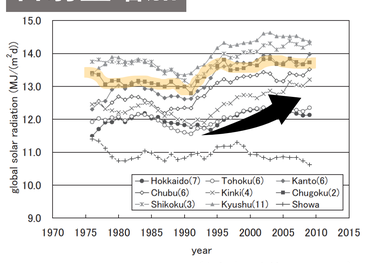
近年の瀬戸内海において，貧栄養化と，夏季の日射量増加，大気清澄化・透明度上昇による強光が顕著

貧栄養化



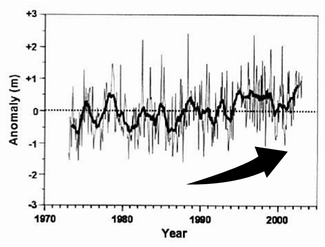
(Abo and Yamamoto 2019)

日射量増加



（池鯉鮒 2012）

透明度上昇



（樽谷 2007）

栄養塩制限と強光イベントの増加は，植物プランクトンに複合的に作用し，基礎生産の低下を引き起こしている可能性がある

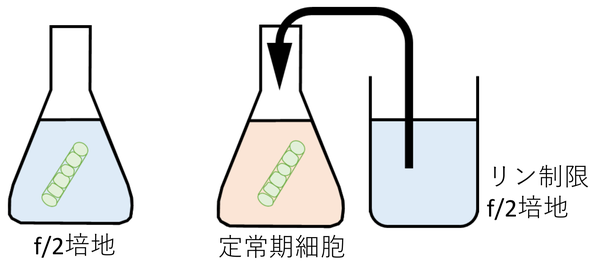
➡ 連続培養を行い，珪藻における栄養塩制限状態と強光阻害の関係について考察する

2．方法

連続培養

- 対象種：珪藻*Skeletonema costatum*
- 培地：f/2培地，リン制限f/2培地 (1/10 NaH_2PO_4)
- 希釈率：0.14/day, 0.53/day
- 温度：20℃
- 光量子束密度：150 μmol-photons m^{-2} s^{-1} (L:D=12h:12h)

通常培養後，リン制限培地を連続的に供給



①短時間強光照射

30秒間ずつ各種光量を照射 (Rapid Light Curves)
(158, 241, 356, 553, 825, 1179, 1648, 2743 μmol-photons m^{-2} s^{-1})

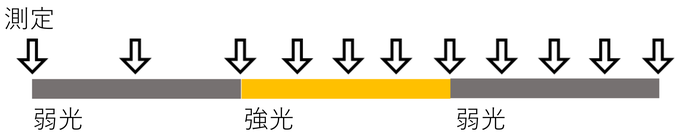
測定

パルス変調型 (PAM) 蛍光光度計
(Water-PAM, Walz社)

②長時間強光照射

平衡状態の際，各種栄養塩 (NH_4Cl 100 μM, NaH_2PO_4 10, 100 μM)を添加し，1時間弱光で馴致した後，1時間強光下に曝し，1時間弱光下に戻した

測定

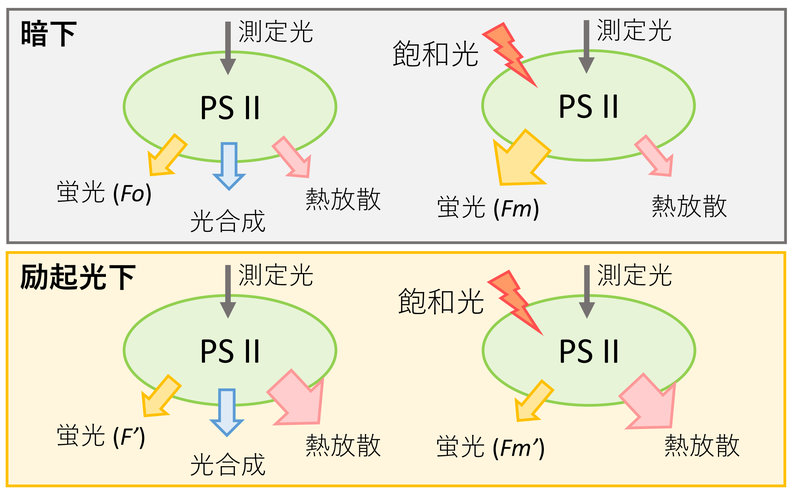


自作光照射装置
温度と光量子束密度を調整可能

③栄養塩添加バッチ培養

連続培養後，control区（栄養塩無添加），窒素添加区 ($NaNO_3$: 882 μM)，リン添加区 (NaH_2PO_4: 36.2 μM)を設け，5日間培養後RLCsを測定

PAM蛍光法

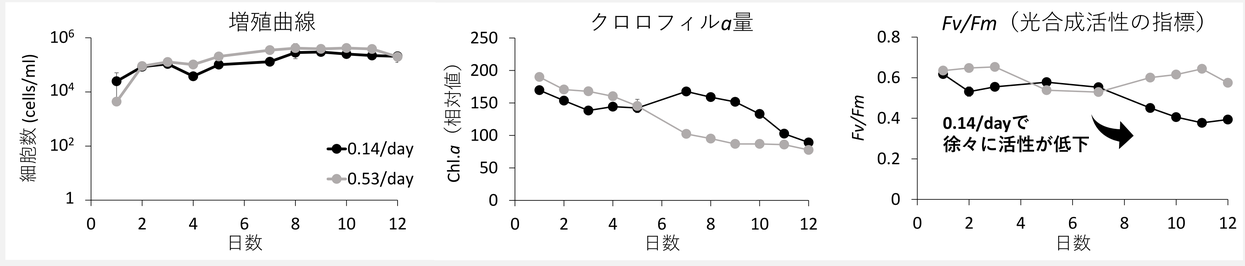


PAM蛍光法で測定するパラメーター

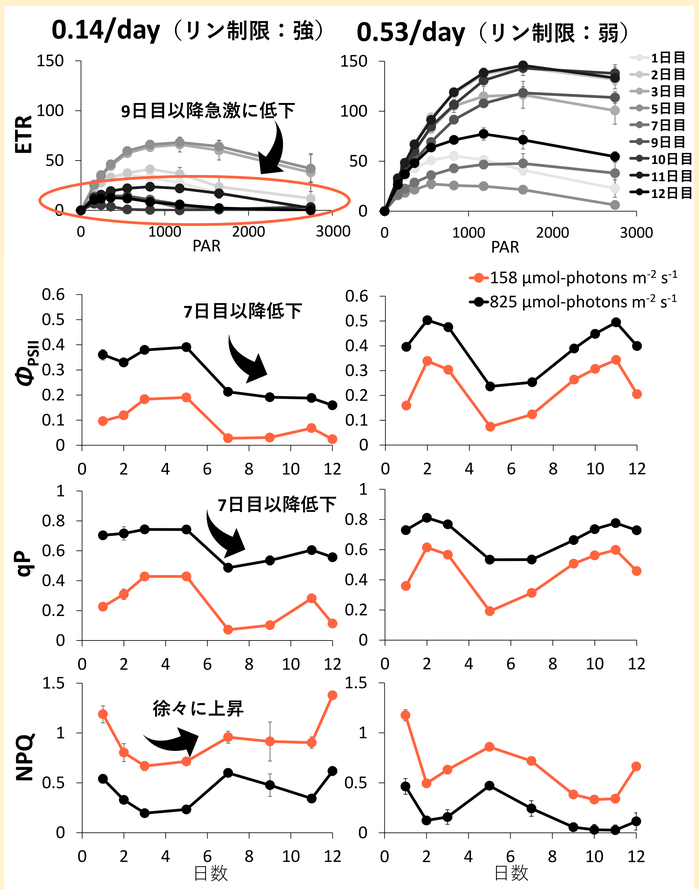
- *Fv/Fm*：光化学系Ⅱの最大量子収率 = (*Fm-Fo*)/*Fm*
- ETR：電子伝達の速度
- Φ_{PSII}：光照射下での実効量子収率
  = (*Fm'-F'*)/*Fm'* = [(*Fm'-Fo'*)/*Fm'*] × [(*Fm'-F'*)/(*Fm'-Fo'*)]
  = (*Fv'/Fm'*) × qP
- qP：光化学消光（Q_A, Q_Bの酸化率）= (*Fm'-F'*)/(*Fm'-Fo'*)
- NPQ：非光化学消光（熱放散による消光）= (*Fm-Fm'*)/*Fm'*

3．結果

連続培養



①短時間強光照射実験



ETR（電子伝達速度）

リン制限が強い0.14/dayでは，
平衡状態において
電子伝達速度が著しく低下
→光合成に電子が使えない状態

Φ_{PSII}（PS II全体の活性）

0.14/day
平衡状態では普通の光強度で低下
0.53/day
培養期間中安定しなかった

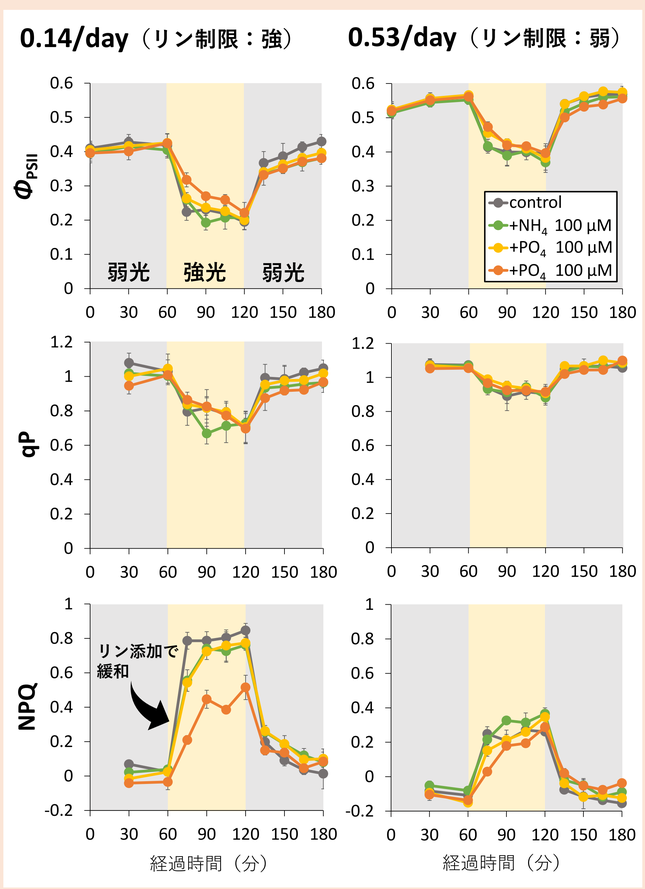
qP（PS II下流の活性）

0.14/day
平衡状態では通常の光強度で低下
0.53/day
培養期間中ほぼ一定

NPQ（熱放散の指標）

0.14/day
平衡状態では通常の光強度で上昇
0.53/day
培養期間中安定しなかった

②長時間強光照射実験



0.14/day

- 強光下でΦ_{PSII}, qPが低下
- 強光下でNPQが著しく上昇
- NPQの上昇はリン添加で緩和

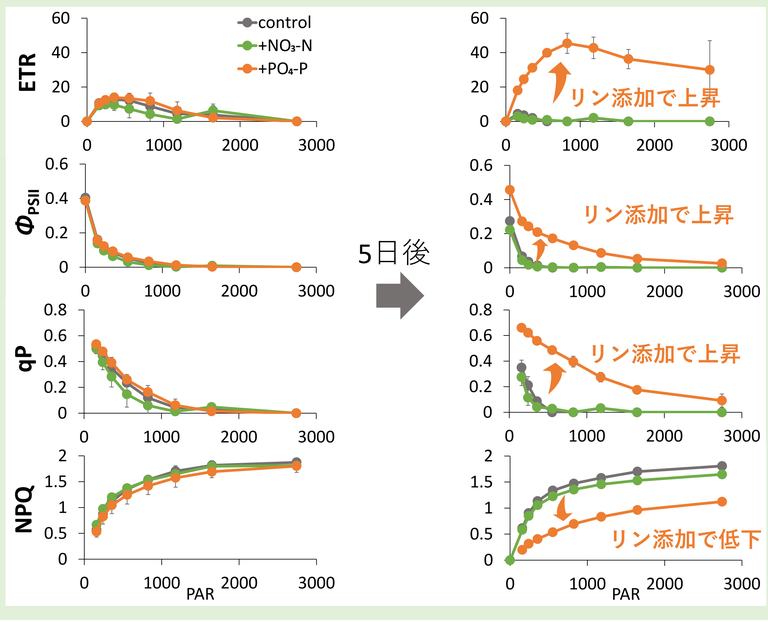
強光によって激しく光合成，
特にPS IIの下流が損傷
→熱放散によって強光を防御
→PO_4 100 μMの添加で活性が回復，
熱放散の働きが緩和

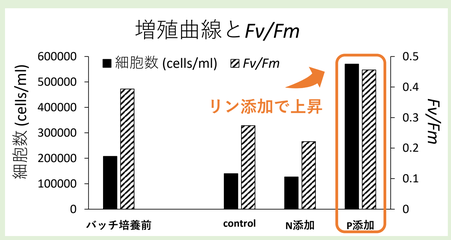
0.53/day

- 強光下でΦ_{PSII}, qPが低下
- 強光下でNPQが上昇
- 0.14/dayよりも変化が少ない

強光によって光合成系が損傷
→しかし，下流までひどく損傷しない
→まだ光を利用できる
（熱放散能を高く発現しなくても対応できる）

バッチ培養 (0.14/day)



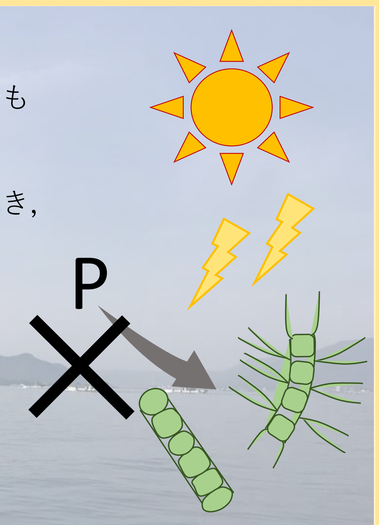


5日後のリン添加区
- ETR, Φ_{PSII}, qP：上昇
- NPQ：低下

リンの再供給によって
PS IIの下流が回復し，
電子伝達が復活
→光を十分に利用可能に！
（＝熱放散を高く発現
しなくても対応できる）

4．まとめ・考察

- リン制限が強い状態が続けば，通常十分に利用できる光強度でも光合成系，特にPS IIの下流部分が激しく損傷を受ける
- 光合成系の下流が損傷を受ければ，光防御機構（熱放散）が働き，強光による，さらなる損傷を抑えようとする
- リン再供給によって素早く下流の回復を図ることが出来，光を十分に利用できるようになる



リン制限下では光照射によって光合成系，特に下流が損傷を受けやすくなり，リンの再供給がない限り，著しい強光阻害を引き起こす
→現場での本種の出現の減退，さらには基礎生産の低下につながるかもしれない