

植物プランクトンの増殖に必要な窒素とリン、どちらがより重要か？

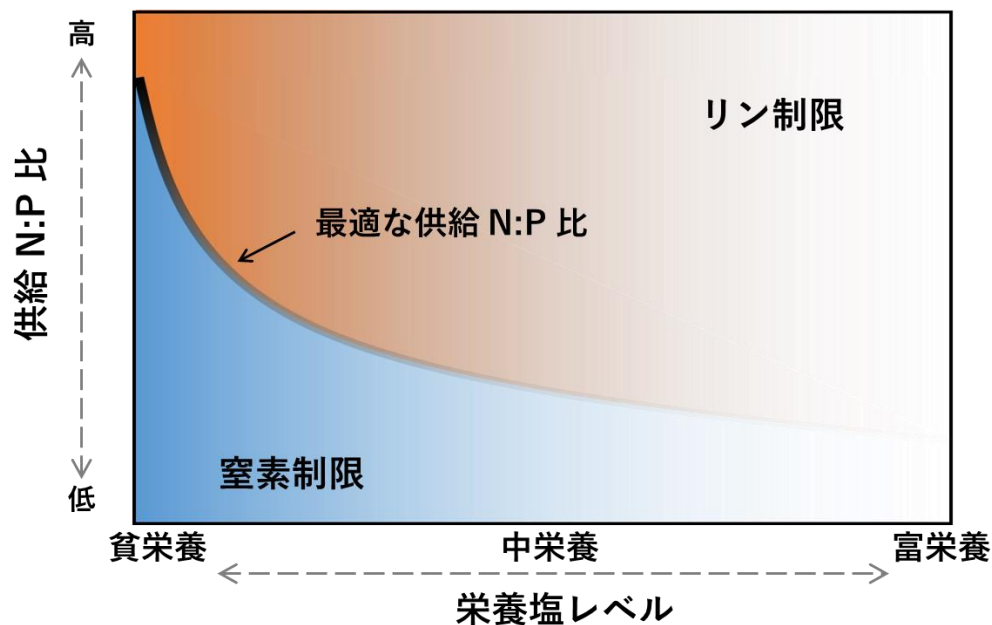
—相対的要求量と環境中の栄養塩の絶対量の関係を明らかに—

概要

植物プランクトンの成長に必要な栄養塩の元となる窒素 (N) とリン (P) の相対要求量 (どちらの元素がより重要か?) は、生態系内の優占植物プランクトン種を決定し、栄養塩の利用可能性に対する植物プランクトンの反応を説明するために重要です。しかし、植物プランクトンの生態と N と P の比率 (N:P) の問題を扱ったこれまでの研究では、これら元素の栄養塩類の絶対量に注目して来なかったため、実際の植物プランクトンの生態について誤解を生むケースが多々ありました。

京都大学大学院理学研究科の Mengqi Jiang 博士課程学生 (同大学生態学研究センターにも所属) と同生態学研究センターの中野伸一 教授は、室内実験と文献情報を用いて、貧栄養 (栄養塩類の量が少ない) から富栄養 (栄養塩類の量が多い) までの異なる栄養レベル下における植物プランクトンの N:P 相対要求量を評価しました。その結果、植物プランクトンの成長に必要な N:P の相対的な要求量は、栄養レベルが高くなるにつれて減少することが分かりました。つまり、N は貧栄養状態での植物プランクトンの成長を促進するために重要である一方、P は富栄養状態での植物プランクトンの成長を制限するために主要な因子である可能性が見えてきました。この研究成果は、富栄養化が生態系に与える負の影響を緩和するための N と P の削減について栄養レベルに応じた相対的重要性を明らかにするのに役立つでしょう。

本研究成果は、2022 年 7 月 14 日に、国際学術誌「Water Research」にオンライン掲載されました。



植物プランクトンの成長に対する相対的な N:P 制限に対する栄養状態の影響のイメージ図

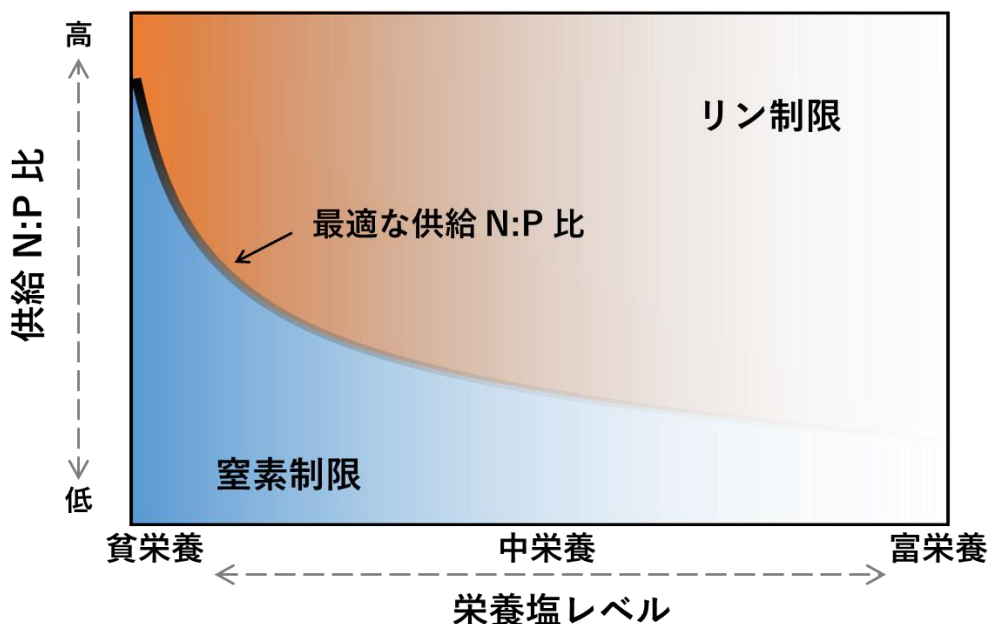
1. 背景

窒素 (N) とリン (P) は、植物プランクトンの生化学的機能に利用される 2 つの重要な栄養元素であり、これらの元素を持つ栄養塩類は水圏生態系における植物プランクトンの成長を制限します。植物プランクトンの成長における N と P の相対的供給量 (N:P 比) は、富栄養水域でのアオコの抑制や、貧栄養水域での一次生産の増加に関する研究など、さまざまな栄養レベルの水域に関する研究で重要な課題となっています。

今までの先行研究のほとんどは、様々な N:P 供給比に対して植物プランクトンがどのように増殖するかのみについて検討してきました。しかし、N や P の栄養塩類がどれくらいあるのか、つまり栄養塩類の絶対量の重要性は、N あるいは P の濃度を固定した単一の供給 N:P 比の実験系では解明できません。本研究では、N と P の栄養塩類の絶対濃度と N:P 供給比の影響を組み合わせ、異なる栄養レベルにおける植物プランクトンの N:P 供給比についての増殖を評価しました。さらに、本研究では、こうして得られた実験のデータと、先行研究で得られた文献データを用いて、異なる栄養レベルにおける植物プランクトンの N:P 相対的要求量を評価しました。

2. 研究手法・成果

本研究は、8 種の植物プランクトンについて、3 種についての実験データ (*Chlorella vulgaris*, *Anabaena variabilis*, *Microcystis aeruginosa*) と 5 種についての文献データ (*Ankistrodesmus* sp., *Chlamydomonas reinhardtii*, *Scenedesmus obliquus*, *Staurastrum* sp., *Scenedesmus dimorphus*; Frank *et al.* [2020] と Kunikane *et al.* [1984]) を用いて、N と P が異なる濃度 (栄養レベル) においてさまざまな N:P 供給比を設定し、それぞれの系における植物プランクトンの増殖を評価しました。その結果、窒素固定シアノバクテリア (*Anabaena variabilis*) を含むほとんどの植物プランクトン種で、「栄養レベルが高い系 (富栄養環境) では、植物プランクトンの増殖に最適な N:P 比が有意に低くなる」(図) という結果が得られました。



植物プランクトンの成長に対する相対的な N:P 制限に対する栄養状態の影響のイメージ図

本研究から、N:P 供給比に対する植物プランクトンの増殖には N 制限から P 制限への移行には明確な境界がなく、植物プランクトンの増殖に必要な N:P 供給比は周りの栄養レベル (貧栄養か富栄養か) によって変化

し、栄養レベルが低い（貧栄養環境である）と N 要求量が P 要求量よりも高くなることが明らかとなりました。

文献データ由来：

- i) Frank, F., Danger, M., Hillebrand, H. & Striebel, M. (2020). Stoichiometric constraints on phytoplankton resource use efficiency in monocultures and mixtures. *Limnology and Oceanography*, 65, 1734-1746.
- ii) Kunikane, S., Kaneko, M. & Maehara, R. (1984). Growth and nutrient uptake of green alga, *Scenedesmus dimorphus*, under a wide range of nitrogen/phosphorus ratio—I. Experimental study. *Water Research*, 18, 1299-1311.

3. 波及効果、今後の予定

本研究は、植物プランクトンの増殖に必要な N:P 供給比に、N と P の栄養塩類の絶対量（栄養レベル）が与える影響について検討した初めての研究です。今後、より複雑な水環境と、より多様な植物プランクトン群集に対して今回の結果が正しいのか、さらなる研究が必要です。

4. 研究プロジェクトについて

本研究の一部は科学研究費補助金（21J15473, 19H03302）の支援を受けて実施されました。

<研究者のコメント>

植物プランクトンが利用する窒素とリンの栄養塩類の影響については、従来の栄養塩類の比率（N:P 比など）に着目した研究では、栄養塩類の濃度の絶対値の重要性が見落とされるケースが先行研究に多々見られました。本研究は、植物プランクトンの増殖に必要な N:P 供給比に、N と P の栄養塩類の絶対量（栄養レベル）が与える影響について検討した点で、高いオリジナリティがあります。私たちは、植物プランクトンに関わる N:P の問題に取り組む際、栄養塩類の絶対量の影響を重要視するよう、研究者に呼びかけています。(Mengqi Jiang)

<論文タイトルと著者>

タイトル：The crucial influence of trophic status on the relative requirement of nitrogen to phosphorus for phytoplankton growth（植物プランクトンの増殖に必要な窒素とリンの相対的要求量に対する栄養状態の決定的な影響）

著者：Mengqi Jiang（理学研究科博士後期課程大学院生、生態学研究センター）、中野伸一（京都大学生態学研究センター・教授）

掲載誌：Water Research DOI： <https://doi.org/10.1016/j.watres.2022.118868>