

印旛沼における植物プランクトンの成長制限要因：リンか窒素か？

鏡味麻衣子, 廣瀬豊(東邦大・理), 小倉久子(千葉県環境研究センター)



【はじめに】

- 一般に湖沼の植物プランクトンの成長を制限するのはリン(Schindler 1977)。
- 富栄養な湖では植物プランクトンの成長は栄養塩によって制限されるのか？

【目的】 日本で最も富栄養な印旛沼において植物プランクトンの成長を制限する要因を明らかにする。

【方法】

(A) 調査&実験

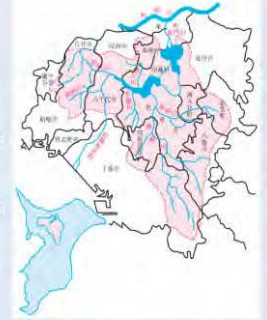
- 2009年5月~11月 (週1回、合計21回) 西印旛沼にて試料を採取
- 栄養塩濃度の測定
- 湖水を用いたバイオアッセイ (培養実験)
- 成長速度と栄養塩濃度との関係を解析

(B) 千葉県データベースの解析

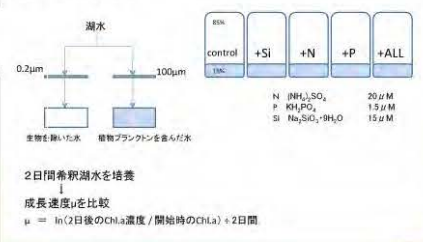
- 植物プランクトンの生物量、種組成
- 水質 (全リン、全窒素)

【印旛沼】

- 富栄養湖
平成23年度水質ワースト1 (COD11mg/L)
- 千葉県最大の湖
面積11.6km², 平均水深1.7m
- 流域人口 日本3位
- 沿岸域の変化
印旛沼開発事業 (1963-1969)

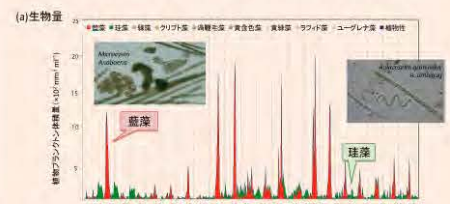


培養実験の詳細



【結果(B) データベースの解析】

＜植物プランクトン生物量(a)と優占種(b)の経年変化(西沼)＞



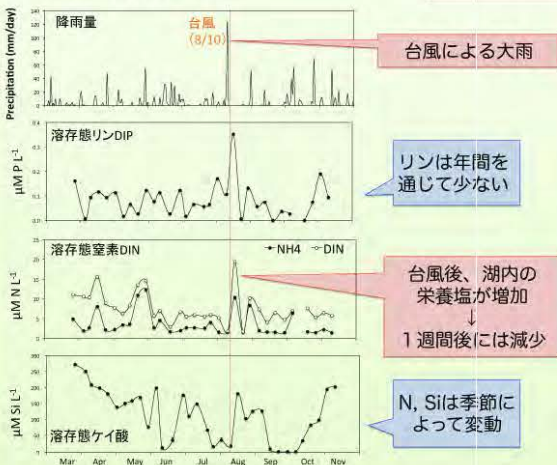
(b) 優占種

Year	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1987	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis
1988	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis
1989	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis
1990	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis
1991	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis
1992	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis
1993	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis
1994	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis
1995	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis
1996	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis
1997	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis
1998	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis
1999	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis
2000	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis
2001	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis
2002	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis
2003	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis
2004	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis
2005	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis
2006	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis
2007	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis
2008	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis
2009	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis
2010	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis
2011	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis
2012	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis
2013	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis
2014	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis
2015	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis
2016	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis
2017	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis	Microcystis

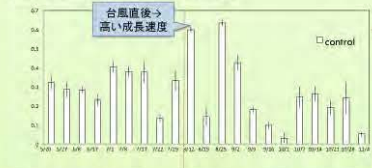
- 1986年から優占種や出現時期に大きな変化はなし。
- 夏は藍藻Microcystis, 冬は珪藻Aulacoseiraが優占
- 藍藻の生物量 (アオコ) は減少傾向。

【結果(A) 調査&実験】

＜栄養塩濃度の変化＞



＜コントロールの成長速度の変動＞



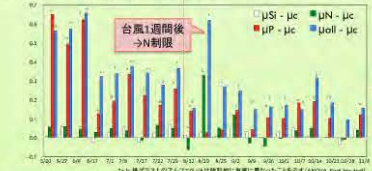
リン、窒素、ケイ素、水温全てが影響

表1. コントロールの成長速度を最も説明するベストモデル (説明変数: リンDIP, 窒素DIN, ケイ酸SRSi, 水温 Temperature)

Model rank	Response variable	Explanatory variable	R	AICc	ΔAICc
1	DIP + SRSi + Temperature	5	-100.48	9.89	
2	DIP + DIP + SRSi + Temperature	6	-99.97	9.94	
3	DIP + SRSi + Temperature	5	-95.65	4.43	
4	SRSi + Temperature	4	-91.92	8.94	
5	DIP + SRSi + Temperature	5	-80.06	19.50	
Null model	DIP + DIP + Temperature	1	-45.21	56.31	

全ての変数が入ったモデル (full model) が最もよく説明

＜栄養塩添加による植物プランクトンの成長促進度合い＞



- +all で成長速度が高い → 全体的に栄養塩制限
- +Pで高い (16/21回) → リン制限の傾向
- 8月19日のみ+Nで高い → 台風後、窒素制限に？
- +allが最も高いこともある → リン&窒素の共制限

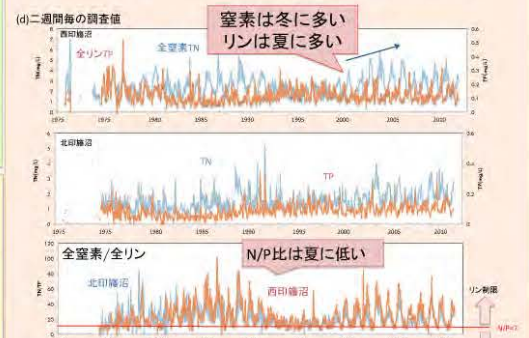
【まとめ】

- ＜調査&培養＞ 印旛沼の植物プランクトンの成長はリンPによって最も制限される。夏場は窒素Nによっても制限される。台風による急激な流入により栄養塩が供給され、窒素とリンのバランスが変化する
- ＜データ解析＞ 全窒素濃度が2000年以降増加が顕著 → ますますリン制限になる？ 窒素は冬に高く、リンは夏に高い → 夏はN/Pが減少し、窒素制限になる傾向

⇒ 窒素負荷量の増加原因を解明し、リンだけでなく窒素も減らす必要がある

＜論文＞ Kagami et al. (2013) *Limnology* 14:51-58 <謝辞> 双葉電子記念財団、千葉県、近藤昭彦教授

＜全窒素、全リンの年平均値(c)と2週間毎の値(b)の経年変化(西&北沼)＞



- 夏場のリン溶出量の増加？
 - TN/TPは夏に低い
- ⇒ 夏の窒素制限がより顕著に？