

函館学

2014

キャンパス・コンソーシアム函館
合同公開講座

函館学 2014

第3回講座
講義資料

美しい大沼をアオコから守る

今井 一郎 北海道大学大学院水産科学研究院 教授

日時：平成 26 年 7 月 12 日（土）午後 1:30～3:00
会場：函館市国際水産・海洋総合研究センター会議室

主催：キャンパス・コンソーシアム函館



講師略歴

いまい いちろう

今井 一郎

北海道大学大学院 水産科学研究院 教授

専門分野：プランクトン学，海洋環境微生物学（植物プランクトン生理生態学，有害有毒プランクトン，微生物を用いた赤潮や貝毒の発生予防）。

大分県臼杵市出身，大分県立臼杵高等学校を経て，京都大学農学部卒業，同博士課程中退。

水産庁南西海区水産研究所研究員，研究室長，京都大学大学院農学研究科助教授，同地球環境学助教授を経て，現在北海道大学大学院水産科学研究院 教授。日本水産学会評議員，水産環境保全委員会委員長，日本プランクトン学会英文誌編集委員長，副会長，会長，International Society for the Study of Harmful Algae評議員等を歴任。

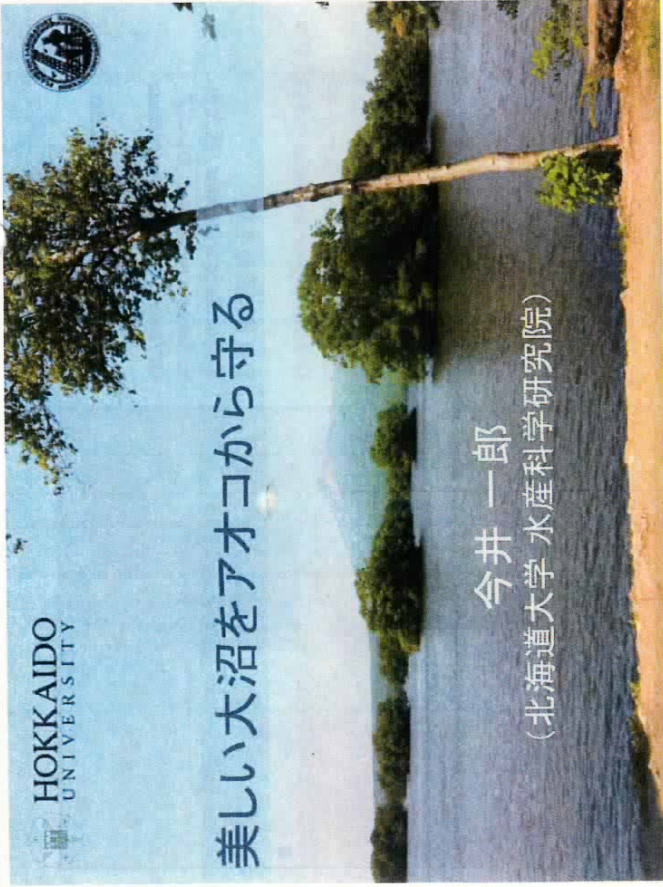
現在，農林水産省の事業において有害赤潮の微生物を用いた防除に関する研究を実施している。また米国ワシントン大学・NOAA（米国海洋大気庁）・ノースウェストインディアンカレッジと共に，アマモ場を活用した有害有毒プランクトンの発生制御に関する共同研究を展開中。

主な著書：Physiological Ecology of Harmful Algal Blooms (Springer, 共著)，有害・有毒赤潮の発生と予知・防除（日本水産資源保護協会，編著），有害・有毒藻類ブルームの予防と駆除（恒星社厚生閣，編著），貝毒研究の最先端（恒星社厚生閣，編著），Ecology of Harmful Algae (Springer, 共著)，シャットネラ赤潮の生物学（生物研究社，単著，2012年）等多数。

趣味：珍しい水産物を日本中から探し出し食べる（時に海外で）。函館はこれにはもってこいの街。ラーメン屋やスープカレー屋巡り等のB~C級グルメ。

美しい大沼をアオコから守る

今井 一郎
(北海道大学 水産科学研究院)



話しの流れ

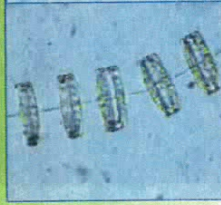
- ◆海とプランクトン
- ◆有害赤潮
- ◆有害赤潮の防除
- ◆大沼のアオコ
- ◆ヨシを活用したアオコの発生予防
- ◆水草を活用したアオコの発生予防
- ◆まとめと展望



大阪湾の赤潮

植物プランクトンと動物プランクトン

植物プランクトン(上段)と
動物プランクトン(下段)



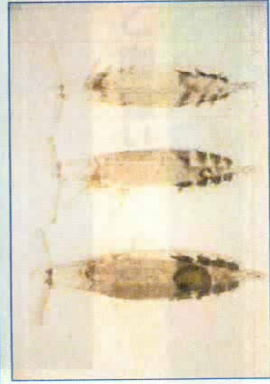
珪藻 (Thalassiosira属)



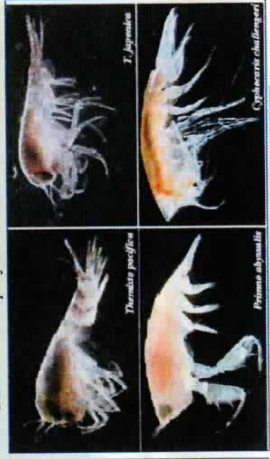
有害渦鞭毛藻
Cochlodinium polykrikoides, *Alexandrium tamarense*



有毒渦鞭毛藻



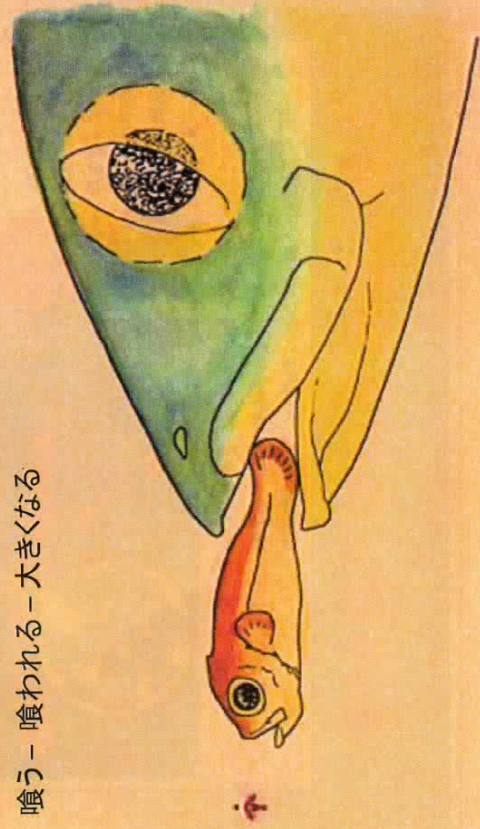
かいあい類 (*Eucalanus*属)



親潮域に優占する端脚類 4種

海洋の食物連鎖

喰う - 喰われる - 大きくなる



赤潮 植物プランクトン等の微生物が大量に増殖して海水が着色する現象



(香川県引田町: 油の夜光中赤潮)

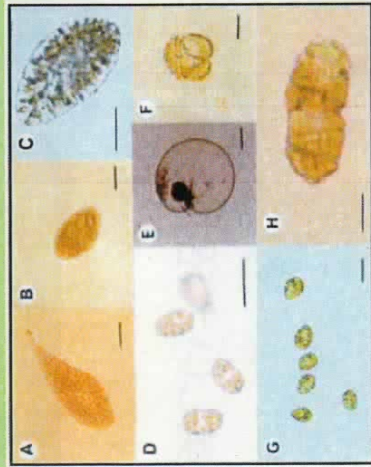
沿岸域における赤潮の発生

●水温が高く、天気のよい日には、植物プランクトンが光合成をおこなって、さかんにふえます。

●海にそそぐ川の
水には、植物プランクトンの養分になるちっ素やリンがふくまれています。

●ちっ素やリンを養分として、植物プランクトンがふえます。

我が国沿岸の代表的な有害プランクトン



- A-D 赤潮ラフィド藻
 A: *Chattonella antiqua* シヤットネラ
 B: *Chattonella marina* シヤットネラ
 C: *Chattonella ovata* シヤットネラ
 D: *Heterosigma akashiwo* ヘテロシグマ
- E-H 赤潮渦鞭毛藻
 E: *Noctiluca scintillans* 夜光虫
 F: *Karenia mikimotoi* カレニア
 G: *Heterocapsa circularisquama* ヘテロカブサ
 H: *Cochlodinium polykrikoides* コクロディニウム
 Bars=20µm, E=100µm

西日本の温暖な海域では有害赤潮が発生し、養殖魚類が大量斃死する。

ブリ、ヒラマサ、トラフグ、など

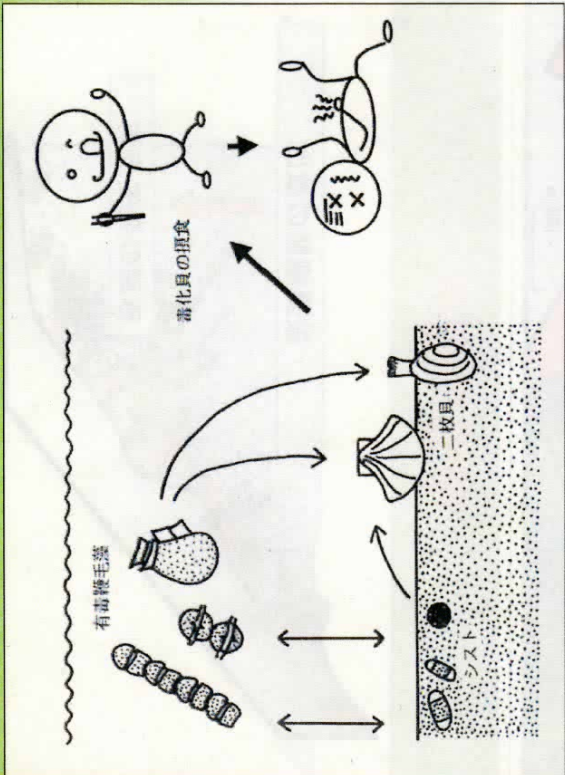
Mass mortality of yellowtail in caged culture

A fish die of *Chattonella antiqua* occurred in Harima-Nada in 1987

Chattonella antiqua

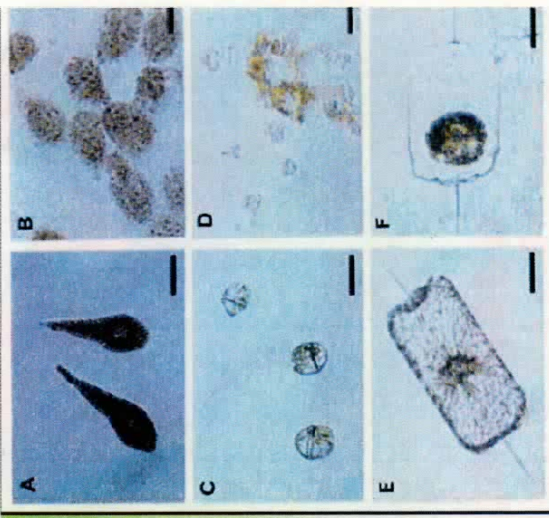
日本農学会シンポ
 2011年10月8日
 東京大学弥生講堂

有毒プランクトンに起因する貝毒



殺藻細菌

左側：生細胞
右側：殺藻細菌によって
殺された細胞



Slide 4. Examples of algalicidal activity of algalicidal bacteria. Bars, 30µm.
A: Live cells of *Chattonella arctica* (Raphidophyceae). B: Killed cells of *C. arctica*. C: Live cells of *Gymnodinium mikimotoi* (Dinophyceae). D: Killed cells of *G. mikimotoi*. E: A live cell of *Ditylum brightwellii* (Bacillariophyceae). F: A killed cell of *D. brightwellii*.

赤潮対策の現状

間接法

- 法的規制
- 水質汚濁防止法
 - 海洋汚染防止法
 - 農薬取締法
- 改善
- 水質：藻類等による栄養塩回収
 - 底質：浚渫、曝気、耕耘、石灰・粘度・砂の散布
 - 養殖技術：餌料の改良、漁場の適正利用

直接法

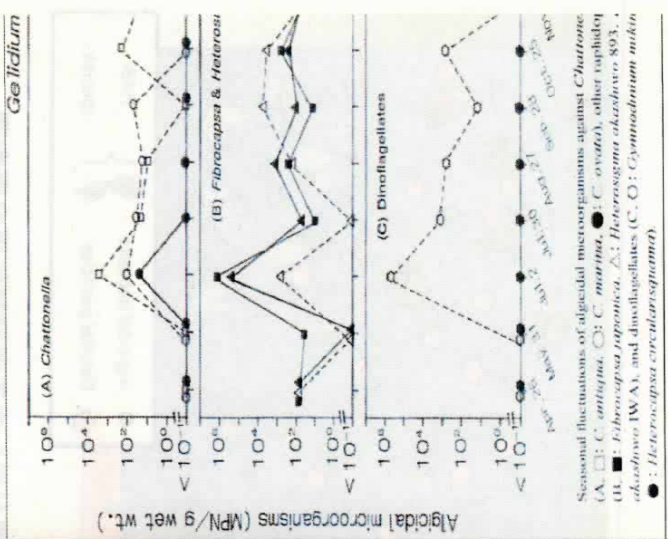
- 物理的
- 物理的衝撃：超音波、電流、発泡
 - 海面回収：吸引、濾過、捕集
 - 凝集沈殿：高分子、粘土、鉄粉
- 化学的
- 化学薬品：過酸化水素、有機酸、界面活性剤、硫酸銅
 - 水酸化マグネシウム
 - 化学反応：オゾン発生

生物的

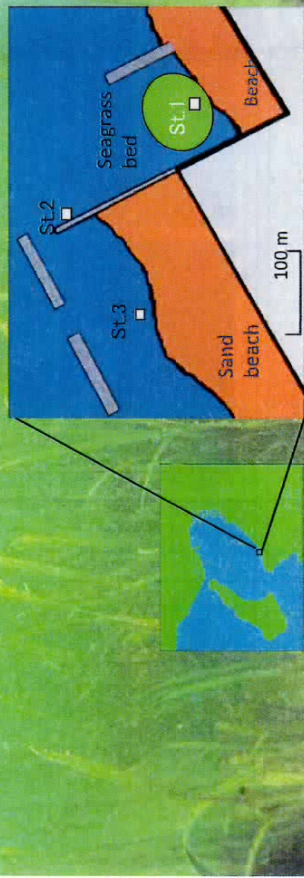
- 捕食：微小動物、原生動物、二枚貝
- 殺藻：ウイルス、細菌、寄生カビ、寄生渦鞭毛藻、放線菌



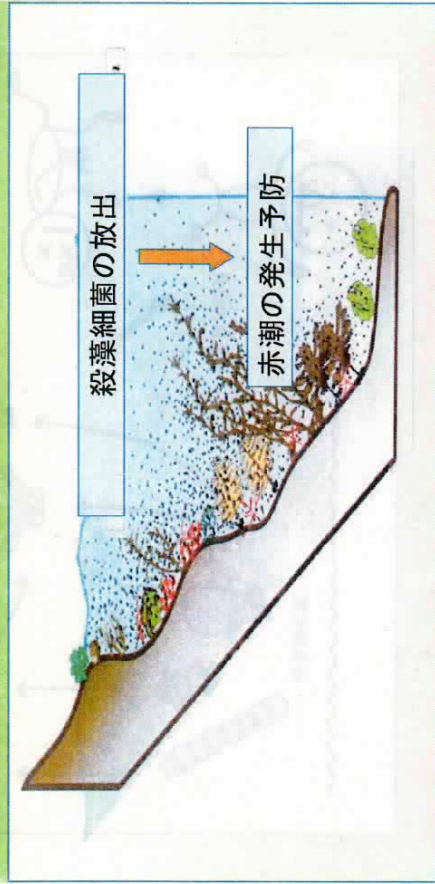
マクサに付着する赤潮藻の殺藻細菌



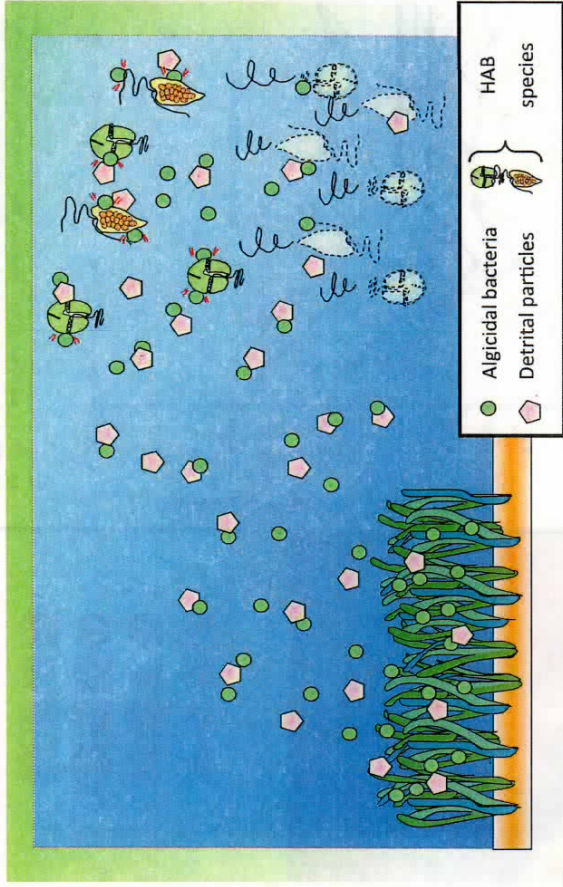
大阪府泉南市箱作海岸のアマモ場における 赤潮藻殺藻細菌の調査研究



藻場の造成

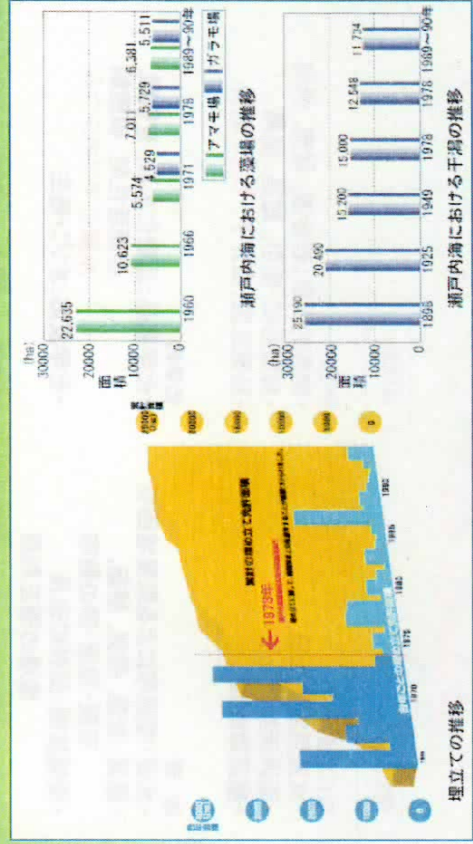


沿岸域における赤潮発生予防対策の提言：計画的な藻場の造成、殺藻細菌の大量供給源とし、貢献する。



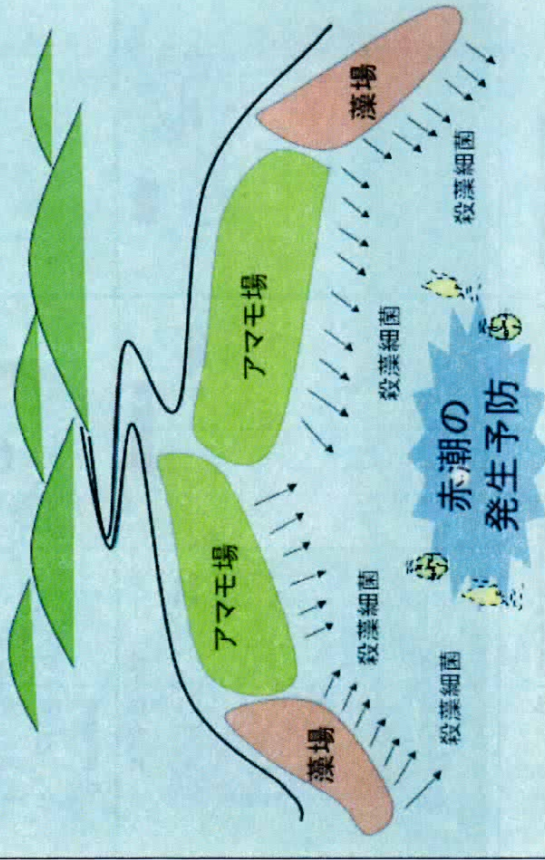
アマモ場の殺藻細菌が果たす赤潮抑制作用の概念図。

瀬戸内海における埋め立てと、藻場・干潟の推移

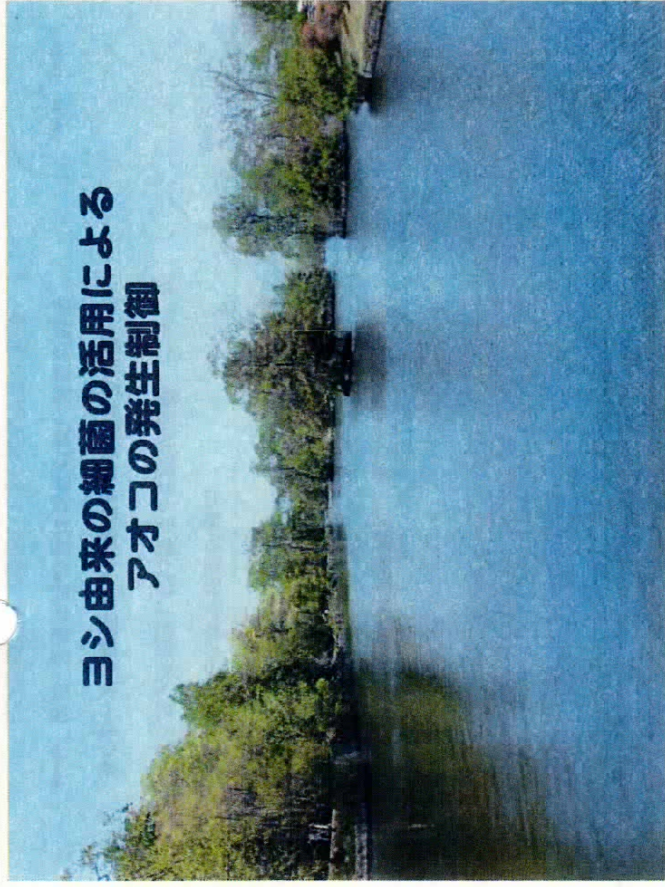


埋立ての推移
(瀬戸内海環境保全 表、「瀬戸内海」より)

里海構想



ヨシ由来の細菌の活用による アオコの発生制御



研究背景：アオコ

世界各地の湖沼で富栄養化が進行

→ 有害有毒藍藻類のブルームによるアオコ

Microcystis sp.

Dolichospermum sp. など

- > 湖水の毒化
- > 異臭
- > 生態系への悪影響

様々な問題を引き起こす

対策：薬品投与, 直接回収など

環境に配慮された有効な手段が確立されていない



左: 琵琶湖におけるアオコ
下: *Microcystis aeruginosa*
(国立環境研究所, 2008 より)



20 μm

研究背景：殺藻細菌

殺藻細菌：植物プランクトンを攻撃・殺滅することにより
有機物を利用して増殖する細菌 (今井, 2011)

ヨシ基表面に形成されるバイオフィルム (BF) に高密度で生息

ヨシ帯が殺藻細菌の供給源である可能性

→ヨシ帯によるアオコ防除が期待

(木原, 2009; 今井, 2010; 扇, 2011)

実用化に向けて知見を
広げる必要がある ↓



渡島大沼において発生したアオコ
(2012年9月26日撮影)

材料と方法：二者培養試験

対象藻類

培養条件
CT培地, 温度25°C
明暗周期14 hL: 10 hD
光強度50-100 $\mu\text{mol photons m}^{-2} \text{s}^{-1}$



50 μm



50 μm

■ *Microcystis aeruginosa*
(MA17株)

■ *Dolichospermum crassum*

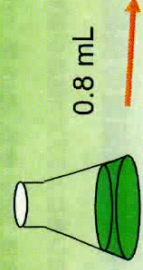
> ミクロキスチン
(肝臓毒)を生産

> アナトキシン
(神経毒)を生産

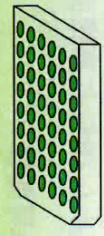
材料と方法：二者培養試験

対象藻類
約 $1.0 \times 10^5 \text{ cells mL}^{-1}$

培養条件
CT培地, 温度25°C
明暗周期14hL: 10hD
光強度50-100 $\mu\text{mol photons m}^{-2} \text{s}^{-1}$



0.8 mL



単離した細菌

二者培養 (2週間)

倒立顕微鏡下で殺藻の有無を確認

$$\text{殺藻・増殖阻害細菌数 (CFU g}^{-1} \text{ wet weight or mL}^{-1}\text{)} = \frac{\text{殺藻・増殖阻害を示した株数}}{\text{二者培養試験に供した細菌株数}} \times \text{培養可能細菌数}$$

材料と方法：二者培養試験

M. aeruginosa



50 μm

コントロール

D. crassum



100 μm

コントロール



50 μm

増殖阻害

殺藻



100 μm

増殖阻害

殺藻

殺藻・増殖阻害細菌

> 大沼湖沼群においてヨシBF中に高密度で生息することが確認

植栽したヨシ (KR) も含む

季節変動は確認されず

調査期間を通じて高密度に生息

D. crassum に対しても高密度に検出

他の藍藻類に対しても、殺藻能を持つ細菌が高密度で生息

> 湖水試料からも殺藻細菌が検出

→ ヨシが植生しない地点と比較が必要

> 多くは一方の藻類のみに殺藻能を発揮する細菌

→ 海洋: 殺藻作用の種特異性が高い細菌が報告

ヨシBFの殺藻細菌においてさらなる調査が必要

(今井, 1998)



水草の活用による アオコの制御

まとめ

殺藻細菌

- 自生、植栽したヨシを問わず、ヨシBF中に殺藻細菌が調査期間を通じて高密度で生息
- 他の有害有毒藍藻類に対しても殺藻能を示す細菌が高密度で生息する可能性
- ヨシ帯: 湖沼において殺藻細菌を供給

ヨシ帯の活用がアオコ防除に有効

ヨシ帯 → 水質浄化や生物の生息場
殺藻細菌という新しい観点を踏まえた
ヨシ帯を活用する水域の保全に期待

研究背景・目的

環境に配慮した防除方法 (生物学的防除法)

→ 殺藻細菌を利用した防除方法

アオコに対する殺藻細菌

湖沼沿岸に生えるヨシの表面に付着する
バイオフィルムから多く検出 (Imai, 2010)

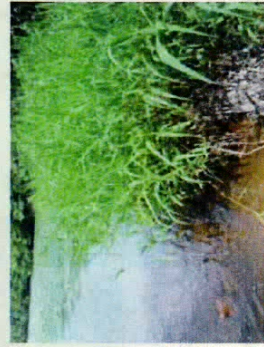
ヨシ以外の水草から殺藻細菌が検出されることが期待

研究目的

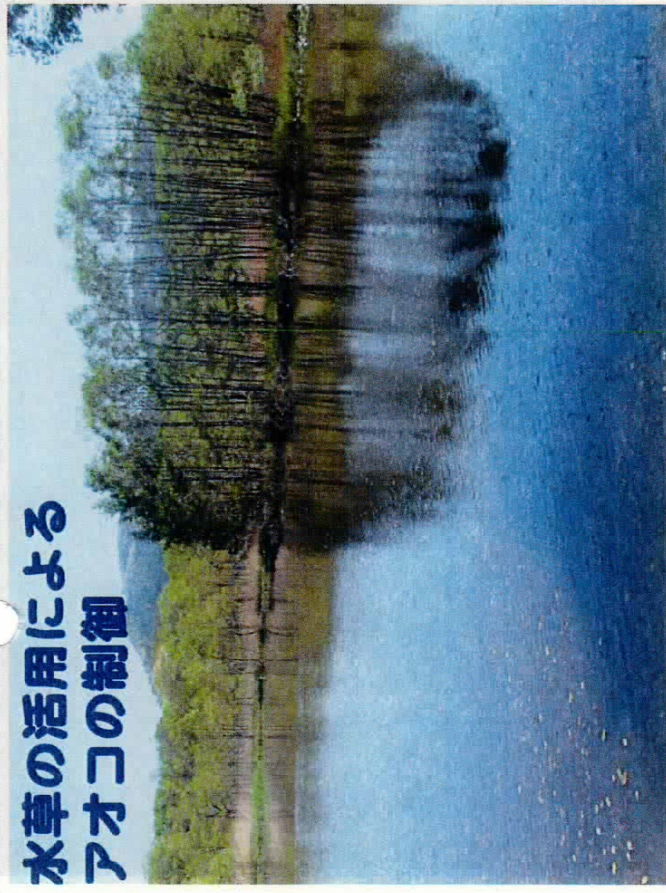
北海道に自生する水草から
殺藻細菌を探索

異なる水草間で
殺藻細菌密度の違いを比較

アオコ防除に有用な水草を検討



湖沼岸辺にみられるヨシ



材料と方法

北海道大沼国定公園

蓴菜沼

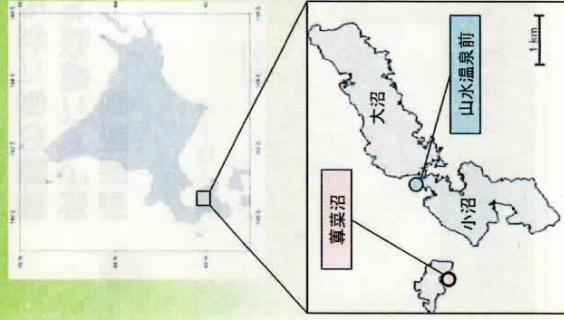


大沼と独立した湖沼
沿岸にヨシが多く繁茂
蓴菜が多く自生

山水温泉前



ヨシ、ヒシ、タヌキモ等
数多くの水草が自生
大沼と用水路で連結
北部から湧水が流入



材料と方法

期間

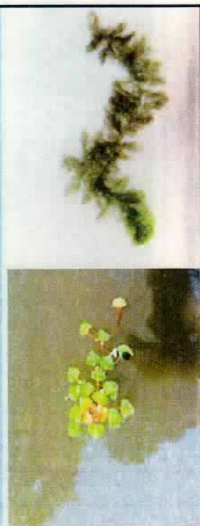
2012年7月-10月



葦菜沼
ヒシ (*Trapa japonica*)
フサモ (*Myriophyllum verticillatum*)



山水温泉前
ヒシ (*Trapa japonica*)
タヌキモ (*Utricularia vulgaris*)



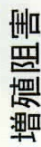
殺藻細菌・増殖阻害細菌



コントロール

増殖阻害

殺藻



増殖阻害

明らかに藻類が減少、
容器の底に沈み増殖が見られない



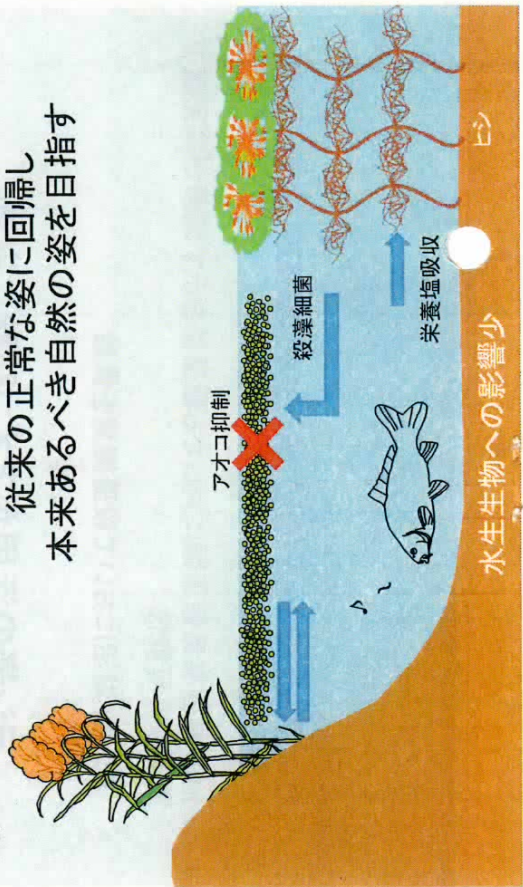
殺藻

M. aeruginosa がおよそ90%以上死滅

沿岸水生植物を用いた新しい環境保全の概念図

ヨシ

従来の正常な姿に回帰し
本来あるべき自然の姿を目指す



水生生物への影響少

ヒシ

Fin.

ご静聴ありがとうございました

謝辞

瀬戸内海勾水産研究所
京都大学大学院農学研究科
北海道大学大学院水産科学研究院
ご協力戴いた多くの皆様

大沼と駒ヶ岳