



# 創立六十周年連続市民講座

## 第九回

# 戸田ボートコースの水質浄化作戦

# 淡水産真珠貝を利用して

### 講座概要

戸田ボートコースは日本のボート競漕の中心地の一つですが、特に夏には植物性プランクトンが発生して水質が低下し困っていました。埼玉県ボート協会では真珠貝を利用して水を浄化する試みを行っています。全国でも珍しいこの試みの科学的背景と成果についてお話しします。

### 講師プロフィール



理工学研究科教授  
永澤 明

【生まれ】	1948	宮城県生まれ
【略歴】	1970.3	東北大学理学部卒
	1975.10	東北大学大学院博士課程後期課程単位取得退学
	1976	理学博士
	1976.6	東北大学理学部助手等を経て
	1995.4～	現在 埼玉大学理工学研究科教授

【専門】 無機化学、錯体化学、生物無機化学

- 【主な業績】 M. Kato, T. Fujihara, D. Yano, A. Nagasawa. (共著), Anion influence on the coordination polymer structures of silver(I) complexes with 2-methylisothiazol-3(2H)-one. *Cryst. Eng. Comm.*, **10**, 1460-1466 (2008). (殺藻剤メチルイソチアゾロンの銀イオン錯体の構造に対する陰イオンの影響)
- M. Kakeya, T. Fujihara, T. Kasaya, A. Nagasawa. (共著), Dinuclear niobium(III) complexes  $[\{NbCl_2(L)\}_2(\mu-Cl)_2(\mu-L)]$  (L = tetrahydrothiophene, dimethylsulfide): Preparation, molecular structures, and the catalytic activity for the regioselective cyclotrimerization of alkynes. *Organometallics*, **25**, 4131-4137 (2006). (有機化合物の選択的合成の触媒となるニオブ錯体の合成・構造・触媒活性)
- 「化学 入門編」, 日本化学会編 (化学教育協議会グループ化学の本 21), 化学同人, 京都, 2007. (編集幹事)



Saitama University

埼玉大学 / 読売新聞 共催



## 第9回

# 戸田ボートコースの水質浄化作戦

—淡水産真珠貝を利用して—

配付資料 NO1

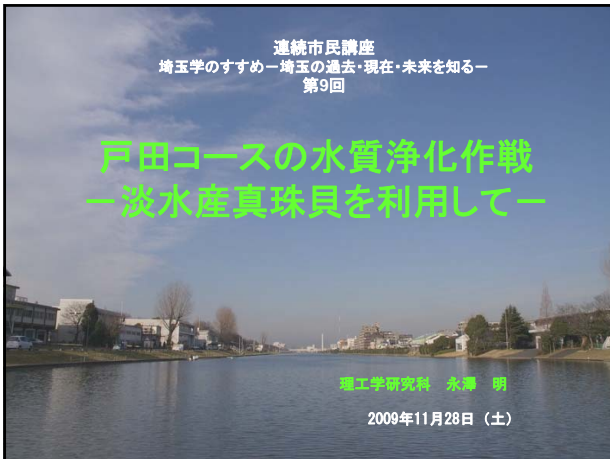
講師：永澤 明

平成21年11月28日

教養教育1号館301教室

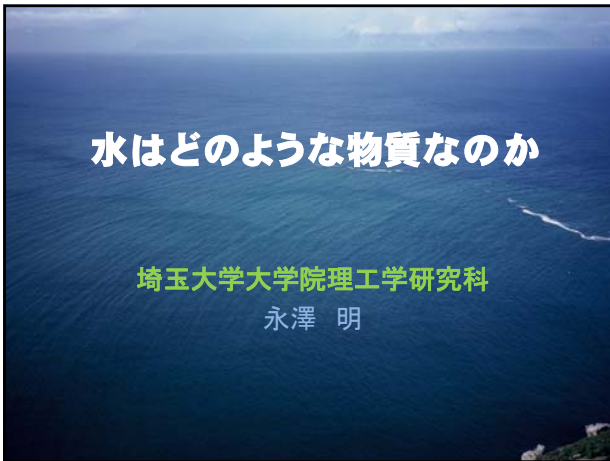
埼玉大学創立60周年記念連続市民講座

埼玉学のすすめ—埼玉の過去・現在・未来を知る—



### 水の化学と環境

1. 水はどのような物質なのか
  - 水の自然科学
  - 生命にとって重要な水
  - 水のかかわる環境
2. 淡水産真珠貝を利用する水質の改善
  - 戸田ボートコースの現状
  - 化学的・生物学的分析
  - 生物を利用する浄化の試み
  - 未来への展開



### 水の特徴

- 地球表面どこにでも存在する
  - 水  $\xrightarrow{0^{\circ}\text{C}}$  氷  $\xrightarrow{100^{\circ}\text{C}}$  水蒸気
  - (月にもある. 火星にもあった. 彗星にも..)
- 液体はいろいろなものを溶かす  $\rightarrow$  溶液
  - 溶かさないものもある ... 油, 鉱石, 金属
  - (生命にとって重要)
- 潜熱・比熱が大きい, 化学反応しやすい
  - 環境を和らげる(緩衝作用・水平化効果)

### 水はどこにあるのか

地球上の水  $4 \times 10^{18}$  kg

- 海水 97% (水素, 塩素はここにある)
- 淡水 3%

↓

淡水は 極地の氷 (3/4) + 地下水 (1/4)

われわれの身近にある水  $6 \times 10^{15}$  kg

↓

淡水の 5% 以下

↓

大気中 + 河川水 + 湖沼水 + 土壌中

### 水はどのくらいあるのか

われわれの身近にある淡水  $6 \times 10^{15}$  kg

世界の人口 66億 ( $6.6 \times 10^9$ ) 人

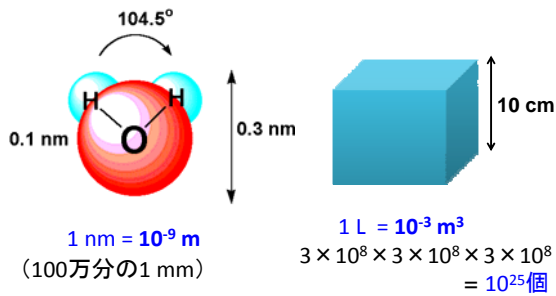
▼

1人あたりの淡水  $0.9 \times 10^6$  kg (= 900トン)

人間が一生80年に飲む水 65トン

排泄	35トン
呼気	17トン
汗	13トン

## 水の分子 H<sub>2</sub>O の形と大きさ



cf. 細胞の大きさ 1 μm (= 1000 nm) 程度

## 水の分子の数

— コップ1杯の水の分子数 —



180 g = 180 mL (一合)

6 × 10<sup>24</sup> 個 (10 mol)

▲ 1000倍

人類が有史以来食べた米粒の数

6 × 10<sup>21</sup> 個 (0.01 mol)

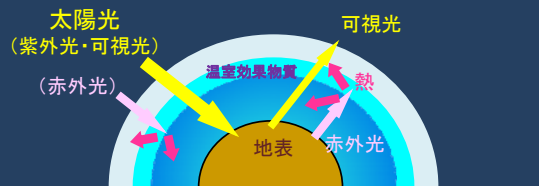
一合 (150 g) ÷ 一粒 (25 mg) = 6000 粒

1人 × 1日三合 × 1年365日 = 660万 粒

人類3万年 × 60億人 ÷ 2 = 6 × 10<sup>21</sup> 粒

(高さ) (底辺)

## 水が地球を温室にした



紫外光, 可視光は吸収しない  
→ 地表から放射される赤外光を吸収  
水蒸気の温室効果は約40°C  
これがないと, 大気温が-20°Cになる

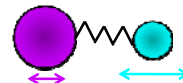
## 温室効果の大きさ

分子が吸収する赤外光のエネルギー

物質	二酸化炭素	メタン	アンモニア	水	フッ化水素
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	NH <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> O	HF
波数	2349	< 3019	< 3414	< 3756	< 4138

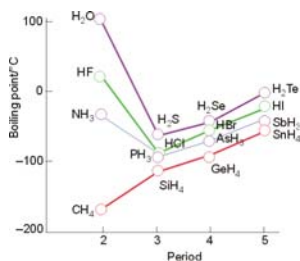
(cm<sup>-1</sup>)

光の波数 (= 1/波長) はエネルギーに比例する  
→ 高波数の光を吸収するほど温室効果が大きい



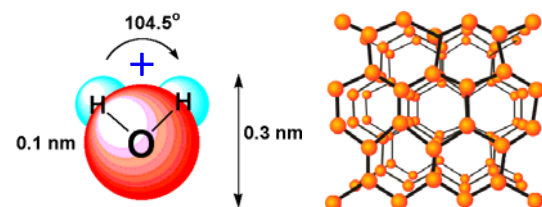
分子の結合のバネの振動となり  
熱に変わる

## 水の融点と沸点は異常に高い



メタン(CH<sub>4</sub>)に比べて,  
アンモニア(NH<sub>3</sub>), 水(H<sub>2</sub>O), フッ化水素(HF)は  
沸点も融点も高い

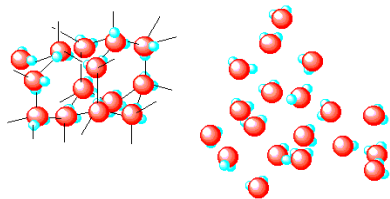
## 水分子 H<sub>2</sub>O は帯電している



静電気の引力や反発力を  
弱める  
(室温で78分の1)

水素結合  
O-H...O 0.28 nm

## 水の固体・液体・気体

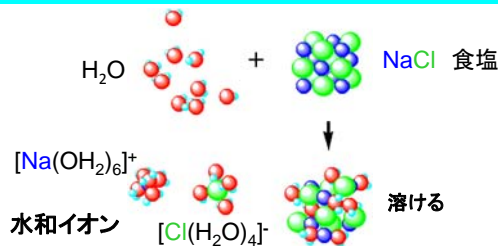


氷の構造 → 水の構造 → 水蒸気  
 0 °C → 100 °C  
 - 6 kJ mol<sup>-1</sup> → - 44 kJ mol<sup>-1</sup>

水の比重 0.9 (液体に浮く固体)

水の中には微小な氷の構造が浮いている(冰山構造)

## イオンとして溶かす



塩 ... 食塩, 硝酸カリウム, 炭酸カルシウム  
 酸 ... 酢酸, 塩酸, 硫酸  
 塩基 ... 水酸化ナトリウム, 石灰, アンモニア, ホウ酸  
 有機物 ... 酢酸, クエン酸, アミン  
 生命活動に関係する物質 ... アミノ酸, タンパク質, DNA, RNA

## そのほかの溶けかた

水と水素結合するもの R-OH, R-CO-R

アルコール, 糖, アルデヒド, ケトン



水素結合した籠が包む

固体 X・5.6H<sub>2</sub>O X・7.67H<sub>2</sub>O Cl<sub>2</sub>・7.3 H<sub>2</sub>O

希ガス Ar, Kr, Xe, 二酸化硫黄 SO<sub>2</sub>, 塩素 Cl<sub>2</sub>

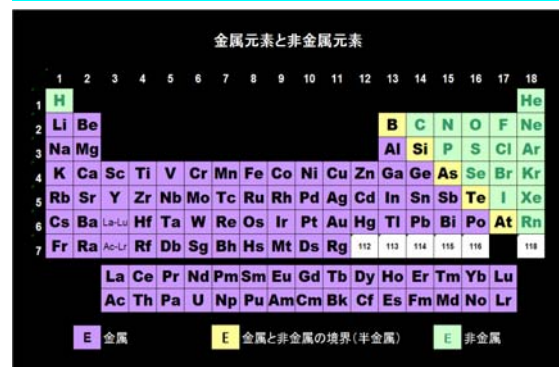
メタン CH<sub>4</sub>, クロロメタン CH<sub>3</sub>Cl, 二酸化炭素 CO<sub>2</sub>

液体内

クロロホルム CHCl<sub>3</sub>, クロロエタン C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>Cl

→ 麻酔作用など生理的機能との関係

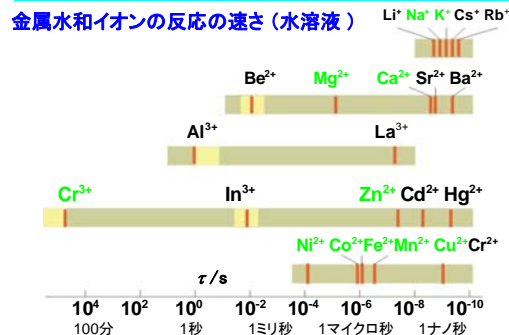
## 元素は117種ある



## 金属イオン水溶液の色

クロム	[Cr(H <sub>2</sub> O) <sub>6</sub> ] <sup>2+</sup>	[Cr(H <sub>2</sub> O) <sub>6</sub> ] <sup>3+</sup>
鉄	[Fe(H <sub>2</sub> O) <sub>6</sub> ] <sup>2+</sup>	[Fe(H <sub>2</sub> O) <sub>6</sub> ] <sup>3+</sup>
コバルト	[Co(H <sub>2</sub> O) <sub>6</sub> ] <sup>2+</sup>	[Co(H <sub>2</sub> O) <sub>6</sub> ] <sup>3+</sup>
ニッケル	[Ni(H <sub>2</sub> O) <sub>6</sub> ] <sup>2+</sup>	
銅	[Cu(H <sub>2</sub> O) <sub>6</sub> ] <sup>2+</sup>	[Cu(H <sub>2</sub> O) <sub>6</sub> ] <sup>+</sup>
アルミニウム		[Al(H <sub>2</sub> O) <sub>6</sub> ] <sup>3+</sup>
ナトリウム, カリウム	[Na(H <sub>2</sub> O) <sub>6</sub> ] <sup>+</sup>	[K(H <sub>2</sub> O) <sub>6</sub> ] <sup>+</sup>
マグネシウム, カルシウム	[Mg(H <sub>2</sub> O) <sub>6</sub> ] <sup>2+</sup>	[Ca(H <sub>2</sub> O) <sub>6</sub> ] <sup>2+</sup>

## イオンを包む水は取り替わるのか



## 生物にはどんな元素が必要か

生物にとって必要な元素

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1	H																He	
2	Li	Be										B	C	N	O	F	Ne	
3	Na	Mg										Al	Si	P	S	Cl	Ar	
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
6	Cs	Ba	La-Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
7	Fr	Ra	Ac-Lr	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	112	113	114		116		118
	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu			
	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr			

■ 生物に必要      ■ 人間にはたぶん必要

## 生体内での元素の機能

**構造形成**  
Na<sup>+</sup> K<sup>+</sup> Mg<sup>2+</sup> Ca<sup>2+</sup>  
C N O P S Cl

**電荷運搬**  
Na<sup>+</sup> K<sup>+</sup> Ca<sup>2+</sup>

**物質形成・分解**  
Mg<sup>2+</sup> Ni<sup>2+</sup> Zn<sup>2+</sup>  
Cr<sup>3+</sup>

**酸化・還元**  
Mn<sup>2+</sup> Fe<sup>2+</sup> Co<sup>2+</sup>  
Ni<sup>2+</sup> Cu<sup>2+</sup> Mo<sup>4+</sup>

**小さい分子の活性化**  
V<sup>3+</sup> Mn<sup>2+</sup> Fe<sup>2+</sup>  
Co<sup>2+</sup> Ni<sup>2+</sup> Cu<sup>2+</sup>

**炭素間結合の形成・分解**  
Co<sup>2+</sup>

## 細胞膜が溶液を隔てる

リン酸 + Mg<sup>2+</sup> + ADP<sup>2-</sup> → H<sub>2</sub>O + Mg<sup>2+</sup> + ADP<sup>4-</sup>

生命のエネルギー貯蔵  
加水分解      縮合

細胞膜はリン脂質の二重膜  
イオンを通さない  
内外のイオン濃度が異なる

K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>
Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>
H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup> HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	RCO <sub>2</sub> <sup>-</sup>

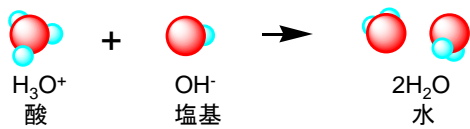
## 核酸(DNAやRNA)が情報を貯蔵

dAMP<sup>2-</sup> + dGMP<sup>2-</sup> + H<sub>2</sub>O → DNA + Mg<sup>2+</sup>

DNAの鎖をつくる・切る  
縮合      加水分解

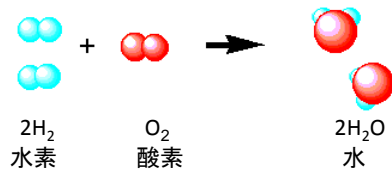
核酸塩基対をつくる  
水素結合  
A = T  
G ≡ C  
T = A  
C ≡ G

## 酸と塩基の中和反応

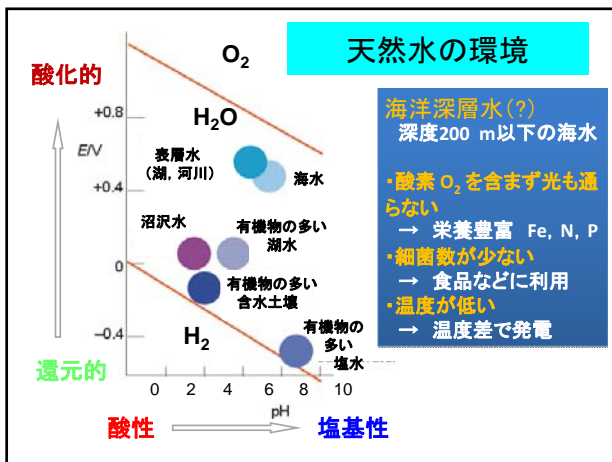
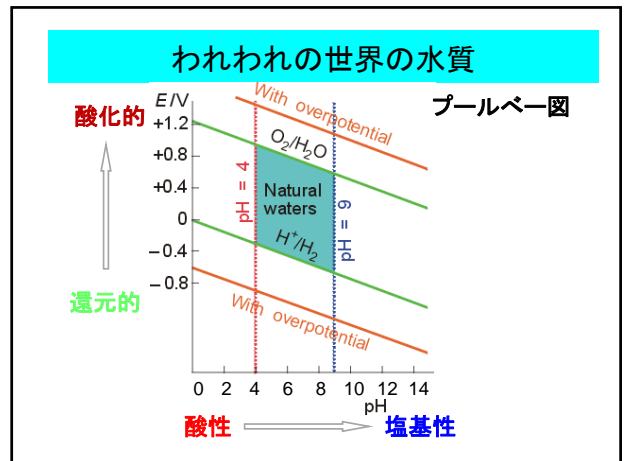
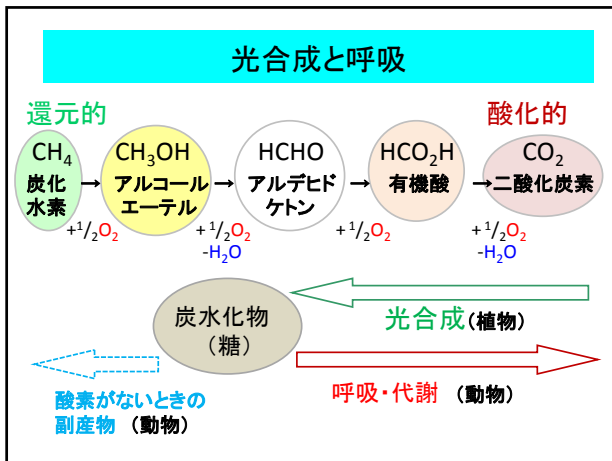


- エネルギーが出る  
水18g あたり 56 kJ (13 kcal)
- 水の中の化学反応で最も速い  
10<sup>-11</sup>秒で完結 (25°C)

## 水素と酸素の酸化還元反応



- 電子(4e<sup>-</sup>)が水素から酸素に移り結合が切断・生成
- エネルギーが出る  
水18g あたり 240 kJ (57kcal)
- 熱が出る → ロケット燃料
- 電気をつくる → 燃料電池



### コバルトを含む物質のいろいろ

- $\text{Co}^{2+}$  コバルトのイオン**  
 $[\text{CoCl}_4]^{2-}$  エタノール溶液 水吸収の検知剤
- Co** コバルトの金属
- $[\text{CoCl}_2(\text{H}_2\text{O})_4]^0$**  塩化コバルトの水和物
- $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$**  コバルトの水和イオン
- $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5(\text{O}_2)\text{Co}(\text{NH}_3)_5]^{14+}$**   
 酸素を吸収し、放出する
- ビタミン $\text{B}_{12}$ の分子**

## 第9回

# 戸田ボートコースの水質浄化作戦

—淡水産真珠貝を利用して—

配付資料 NO2

講師：永澤 明

平成21年11月28日

教養教育1号館301教室

埼玉大学創立60周年記念連続市民講座

埼玉学のすすめ—埼玉の過去・現在・未来を知る—



連続市民講座  
埼玉学のすすめ—埼玉の過去・現在・未来を知る—  
第9回

戸田コースの水質浄化作戦  
—淡水産真珠貝を利用して—

理工学研究科 永澤 明  
2009年11月28日（土）

空から望んだ

戸田ポートコース

東西 約2,500 m  
幅員 約90 m  
深さ 約3 m

戸田ポートコースの東側よりコースをのぞむ  
漕艇競技、練習などのボートで賑わっている

戸田ポートコースの歴史

- ・昭和12年 起工(昭和15年開催予定のオリンピック東京大会のポートコースとなる予定)
- この間オリンピック東京大会開催返上決定(工事は進められた)
- ・昭和15年 完成
- ・昭和38年 改修工事(現状になる)
- ・昭和39年 オリンピック東京大会開催
- ・現在も、全国大会など大きな競技会の開催地となっている

全国で唯一の静水ボート専用コースである

降雨

蒸発

荒川

水の入れ替えは40数年なし。  
生活排水などは流れ込んでいない。

1940年の幻の東京オリンピック(中止)のために掘削

1964年の東京オリンピックのため拡張工事

放流

笹目川

菖蒲川

水質の低下に伴う現象

多摩川の泡:1977年頃

徳島沖の赤潮:1976年頃

諏訪湖のアオコ:1980年

## 戸田コースに発生したアオコ



東側の水門付近  
2008年夏

夏になると、臭いや  
アオコの発生がみられ  
ることもあった。



アオコの顕微鏡写真

## アオコ(青粉)は植物プランクトン

- 植物プランクトン
  - 藍藻(ランソウ)・・・青色 細菌の仲間
  - 渦鞭毛藻類(ウズベンモウソウ)・・・赤褐色
  - 黄緑藻(オウリョクソウ)・・・黄褐色

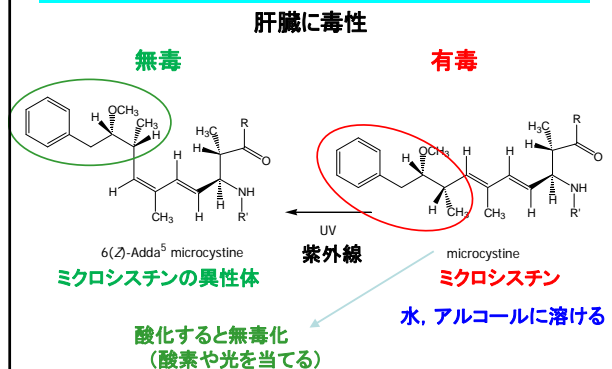
### 生育条件

- 温度(水温), 光強度, 栄養塩の濃度
- 動物プランクトン
- 貝
- 藻類を食べる魚

## 藍藻類に必要な栄養条件

- 光合成のために
  - 窒素, リン酸, カリウム
- 窒素はどこから
  - 水の中の 硝酸やアミノ酸を取り込む
  - 大気中の 窒素をアンモニアにする
- 必須元素
  - カルシウム, マグネシウム, ナトリウム
  - マンガン, 鉄, コバルト, 亜鉛
  - モリブデン
- 最適な酸性度 pH 8~9 (胃液2 河川6.5 海8.1)
- 空気中の 二酸化炭素 → 炭酸水素イオン

## 藍藻のつくる毒はマイクロシスチン



## マイクロシスチンはどうなるか

- 藍藻(植物プランクトン)
- 動物プランクトン
- プランクトンまたはデトリタスを餌とする動物
  - カニ, エビ, ゴカイ, 二枚貝, 巻貝
  - ナマコ, ヒトデ, ウニ,
  - 魚(ボラなど)

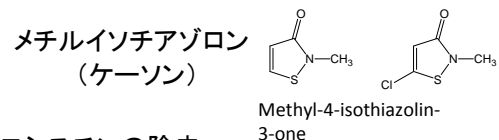
### 関連

フグ毒  
麻痺性貝毒(ホタテ, イ貝)

## 除去

### 藍藻の除去

硫酸銅(II)  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$



### マイクロシスチンの除去

オゾン処理(酸化)  
活性炭でろ過する

### 水質の目安の例

#### 生物化学的酸素要求量 (BOD)

- ・バクテリアが有機物を食べる活動のために消費した溶存酸素の量

#### 化学的酸素要求量 (COD)

- ・酸化されやすい物質 (主に有機物) が、薬品で酸化されるとき消費する薬品の量をそれに相当する酸素の量で表す

#### 溶存酸素 (DO)

- ・酸素の溶解度は、1気圧で20°Cのとき、8.84 mg/L<sup>-1</sup>。
- ・有機物を分解するために酸素が使われるため、有機物が多い水では溶存酸素の量が減る。
- ・2 mg/L<sup>-1</sup>になると、魚が呼吸できなくなり、臭いも強くなる。

#### 懸濁物質 (SS : suspended solid)

- ・試料水1リットル中に含まれる懸濁物質の量。

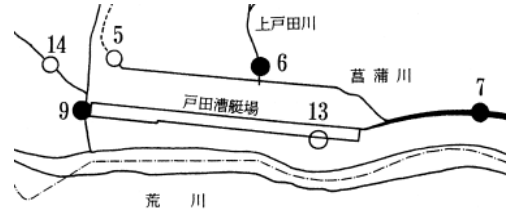
#### MSBA

- ・陰イオン系界面活性剤量：河川水、湖沼水への洗剤の混入の目安

#### NH<sub>4</sub>-N：窒素化合物

- ・水中の窒素は、アンモニウムイオン (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)、亜硝酸イオン (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>)、硝酸イオン (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) などの形で存在し、水中の溶存酸素量によって互いに形態を変える。
- ・酸素の多い水 (酸化的雰囲気) には硝酸イオン、
- ・排水が流入するなど有機物の多い水 (酸素が少ない還元的雰囲気) には窒素を含む有機化合物やアンモニウムイオンが多く含まれている。

### 戸田市による水質検査の位置



戸田市環境クリーン室調査

年・月	気温(°C)			降水量(mm)	天気日数			
	平均気温	最高気温	最低気温		快晴	曇天	雨天	雪
平成8年	15.0	39.6	-3.5	1,015.0	167	162	33	4
9	15.9	39.1	-3.4	1,051.0	197	123	35	0
10	16.2	37.7	-2.7	1,530.5	150	162	50	3
11	16.5	36.2	-3.2	1,484.0	193	133	38	1
12	16.2	39.1	-2.1	1,446.5	186	127	50	2
13	15.8	40.0	-5.2	1,462.0	196	117	46	6
14	16.5	39.2	-1.8	1,252.5	213	116	46	6
15	15.1	36.8	-1.4	1,478.0	203	105	57	0
16	16.4	38.7	-4.6	1,436.5	251	83	30	2
17	15.2	37.0	-2.7	1,273.0	230	102	33	0
18	15.6	36.6	-4.4	1,618.5	180	135	48	1
19	16.2	39.6	-1.3	1,134.5	208	113	44	0
1月	6.3	15.1	-0.9	39.5	20	8	3	0
2月	7.4	16.8	-1.3	50.5	19	6	3	0
3月	9.8	25.1	1.5	65.5	23	8	0	0
4月	12.9	26.3	3.9	120.0	12	11	7	0
5月	19.1	29.6	11.3	86.0	22	5	4	0
6月	22.8	32.3	15.2	52.5	17	8	5	0
7月	23.9	34.5	17.2	221.0	6	20	5	0
8月	28.8	39.6	21.9	50.0	21	8	2	0
9月	24.8	33.6	14.9	230.0	13	13	4	0
10月	18.2	26.8	10.8	102.5	14	14	3	0
11月	12.3	21.4	1.9	40.0	18	8	4	0
12月	7.8	16.7	-0.2	77.0	23	4	4	0

戸田市の気象データ(戸田市による集計)

### 戸田ポートコース水質検査データ(一部)

西暦	BOD (mg/l)	COD (mg/L)	SS (mg/L)	DO (mg/L)	MBAS (mg/L)	NH <sub>4</sub> -N (mg/L)	透視度 (度)
1984	2.2	6.4	6	8.4	0.03	0.2	>30
1986	1.6	4.6	4	7.2	0.02	0.2	>30
1988	2.2	5.6	8	5	0.02	0.1	>30
1990	2.5	5.2	8	6.2	0.01	0.2	>30
1992	3	4.9	10	6.6	0.01	0.2	>30
1994	4.6	7.3	12	9.6	0.01	1.5	29
1996	2.5	6.8	12	12	0.03	0.1	27
1998	3.8	6.8	13	9.4	0.02	0.1	25
2000	3.9	7.7	14	9.8	0.02	0.1	24
2002	3.8	6.7	8	12	0.07	0.1	18
2004	2.7	5.7	7	12	0.01	0.1	30
2006	5.6	8.7	14	13	0.06	1	38



※13の位置でのデータ

### 笹目川水質検査データ(一部)

西暦	BOD (mg/l)	COD (mg/L)	SS (mg/L)	DO (mg/L)	MBAS (mg/L)	NH <sub>4</sub> -N (mg/L)	透視度 (度)
1998	4.4	7.0	32	6.1	0.3	2.6	18
2000	4.8	6.7	24	5.9	0.1	2.6	22
2002	4.1	5.9	21	5.9	0.2	2.2	20
2004	2.6	5.8	15	6.0	0.02	2.2	29
2006	3.6	5.6	12	6.4	0.05	3.1	42



※9の位置でのデータ

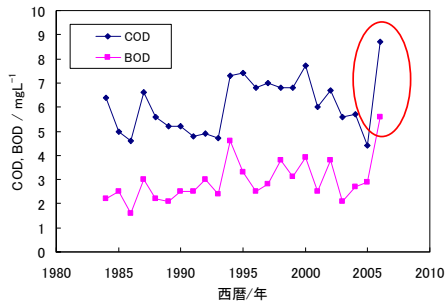
### 菖蒲川水質検査データ(一部)

西暦	BOD (mg/l)	COD (mg/L)	SS (mg/L)	DO (mg/L)	MBAS (mg/L)	NH <sub>4</sub> -N (mg/L)	透視度 (度)
1998	6.0	7.9	18	4.0	0.3	3.7	25
2000	4.9	7.2	20	5.0	0.1	3.8	23
2002	4.1	6.6	14	4.8	0.04	4.3	29
2004	3.6	6.6	10	4.8	0.04	4.0	29
2006	4.8	7.1	16	5.9	0.05	3.7	25.2



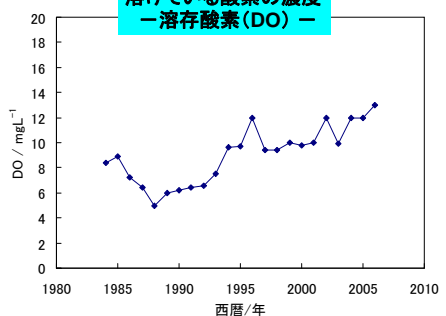
※7の位置でのデータ

**有機物質の濃度**  
**— 生物学的(BOD) 化学的(COD) 酸素要求量 —**



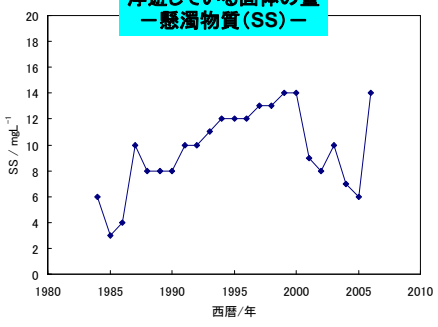
戸田ボートコースの水質データ (COD, BOD)

**溶けている酸素の濃度**  
**— 溶存酸素 (DO) —**



戸田漕艇場の水質データ (DO)

**浮遊している固体の量**  
**— 懸濁物質 (SS) —**



戸田漕艇場の水質データ (SS)

**生活環境の保全に関する環境基準**  
**～ 湖沼 (天然湖沼及び貯水量1,000万立方メートル以上の人工湖) ～**

項目 類型	利用目的の 適応性	基準値				該当水域	
		水素イオン 濃度 (pH)	化学的酸素 要求量 (COD)	浮遊物質 (SS)	溶存酸素量 (DO)		
A	水道1級水産 1級自然環境 保全及び A以下の欄に 掲げるもの	6.5以上 8.5以下	1mg/L 以下	1mg/L 以下	7.5mg/L 以上	50MPN/ 100mL以 下	第1の2の (2)により水 域類型ごと に指定する 水域
A	水道2、3級 水産2級水溶 及びB以下の 欄に掲げるも の	6.5以上 8.5以下	3mg/L 以下	5mg/L 以下	7.5mg/L 以上	1,000MPN / 100mL以 下	
B	水道3級 工業用水1級 農業用水 及びC以下の 欄に掲げるもの	6.5以上 8.5以下	5mg/L 以下	15mg/L 以下	5mg/L 以上	—	
C	工業用水2級 環境保全	6.0以上 8.5以下	8mg/L 以下	ごみ等の浮 遊が認めら れないこと。	2mg/L 以上	—	

項目 類型	利用目的の 適応性	基準値		該当水域
		全窒素	全リン	
I	自然環境保全及びI以下の欄に掲げるもの	0.1mg/L以下	0.005mg/L以下	第1の2の(2)により水域類型ごとに指定する水域
II	水道1、2、3級 (特殊なものを除く。) 水産1級水溶及びII以下の欄に掲げるもの	0.2mg/L以下	0.01mg/L以下	
III	水道3級 (特殊なもの) 及びIV以下の欄に掲げるもの	0.4mg/L以下	0.03mg/L以下	
IV	水産2級及びVの欄に掲げるもの	0.6mg/L以下	0.05mg/L以下	
V	水産3級 工業用水 農業用水 環境保全	1mg/L以下	0.1mg/L以下	

**水質を改善する試み**

**どんな方法があるか**

- 曝気 (空気を吹きこむなど)
- 浚渫
- 水を流入させ放流する
- 化学的に処理する (凝集沈殿剤投入)
- 生物学的処理 (微生物, 植物, 動物)

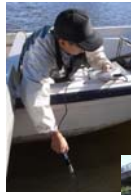
**埼玉県ポート協会は,**

淡水産真珠貝を試験投入して観察

## 水質調査

### 調査項目

- 1) 水温
- 2) 濁度
- 3) 透視度
- 4) 浮遊物量
- 5) pH
- 6) 酸化還元電位 (ORP)
- 7) 溶存酸素 (DO)
- 8) 化学的酸素要求量 (COD)
- 9) 全リン量
- 10) 全窒素量
- 11) 重金属類
- 12) クロロフィル量
- 13) 大腸菌群
- 14) 微生物相調査

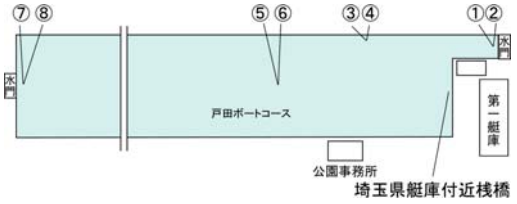


溶存酸素の測定



透視度の測定

### 採水地点



### 平成20年11月25日の採水検査結果

埼玉大学科学分析支援センター

	透明度	濁度	COD	T-P	T-N	ORP	Chl a <sup>2</sup>	Ph/chl a <sup>3</sup>	SS
	cm	NTU	mg/L	mg/L	mg/L	mV	µg/L		mg/L
①	59.5	4.82	6.72	0.064	0.795	193	6.0	1.57	7.11
②	48.8	7.63	6.78	0.066	0.628	199	9.8	1.61	10.9
③	47.5	6.96	6.45	0.095	0.769	183	13.4	1.05	11.3
④	25.4	11.08	5.69	0.055	0.630	193	15.5	0.96	16.1
⑤	39.5	8.74	8.70	0.132	0.897	184	43.6	0.28	12.2
⑥	23.5	21.11	6.61	0.093	0.831	206	19.2	0.96	9.33
⑦	52.2	5.29	5.06	0.072	1.040	208	32.8	0.31	7.41
⑧	41.5	6.71	7.69	0.073	0.726	212	30.3	0.46	11.1



### 微量元素分析結果

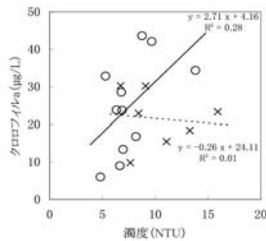
(単位 ppm)

元素	10月27日	11月25日
Al	0.003	0.143
Ba	0.007	0.010
Cd	<0.001	<0.001
Co	<0.001	<0.001
Cr	<0.001	0.004
Cu	0.002	0.051
Fe	0.002	0.004
Li	0.002	0.070
Mn	<0.001	0.001
Mo	0.002	0.002
Ni	<0.001	0.002
Pb	<0.001	<0.001
Sb	0.001	<0.001
Ti	<0.001	0.002
V	<0.001	0.004
Zn	0.003	0.052

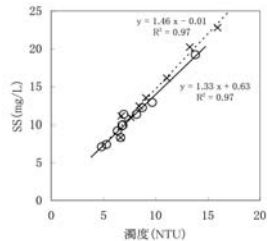
化学的には問題ない

### クロロフィル濃度と濁度の関係

○は表層水、×は底水のデータを示す。



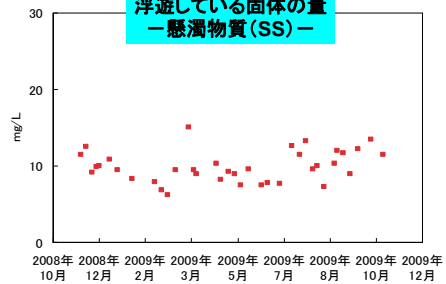
濁度とクロロフィルa濃度 (Chl a)



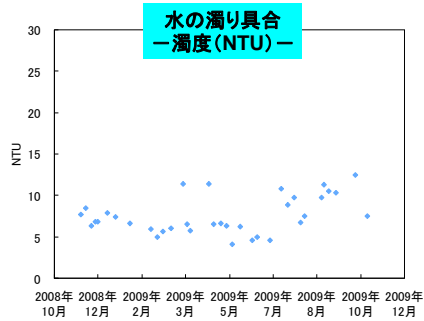
濁度と懸濁物質濃度 (SS)

### 一年間の水質データ

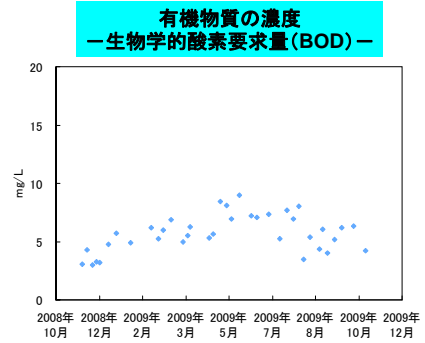
#### 浮遊している固体の量 —懸濁物質(SS)—



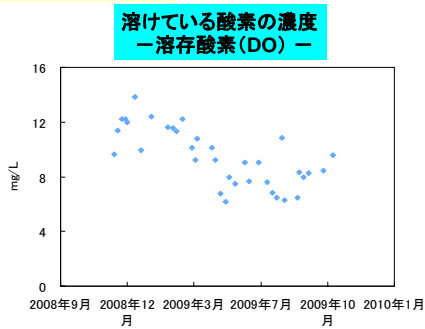
一年間の水質データ



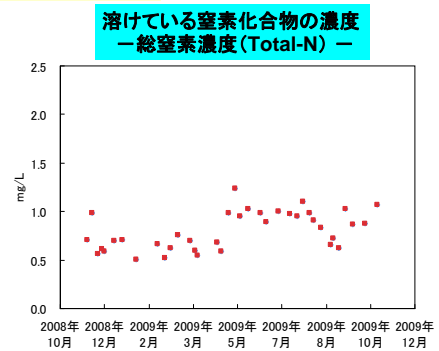
一年間の水質データ



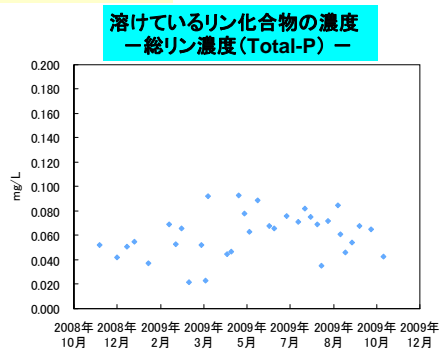
一年間の水質データ



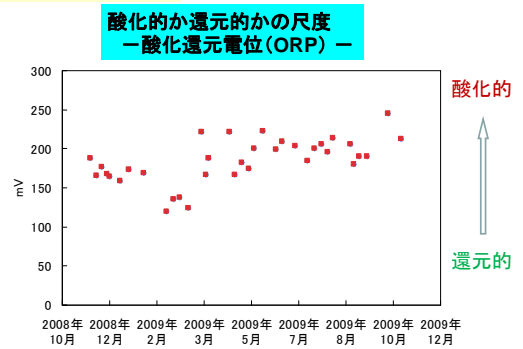
一年間の水質データ



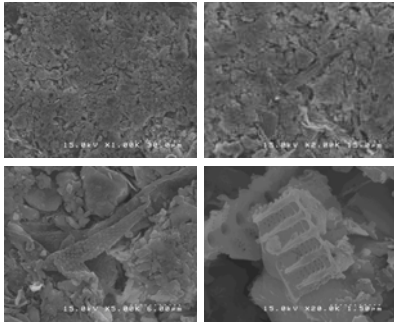
一年間の水質データ



一年間の水質データ

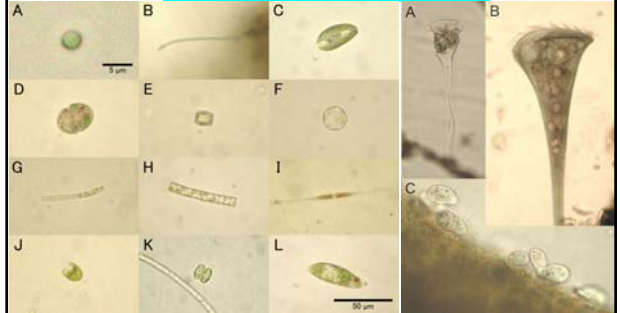


底質の電子顕微鏡写真



微少な粒子(砂、泥)と珪藻被殻(珪藻の死骸)がみられる

ポートコースのプランクトン



植物プランクトン(単細胞藻類)

- AとB. 藍藻類(クロロフィルaのみ)
- C. クリプト藻類、D. 渦鞭毛藻類、E-I. 珪藻類(aとc)
- JとK. 緑藻類、Lはミドリムシ藻類(aとb)

動物プランクトン(原生動物)

- A. ツリガネムシ
- B. ラッパムシ
- C. ソウリムシ

光合成を行う生物

下等

原核生物 (いわゆる細菌の仲間)

- 光合成細菌類(狭義) 紅色細菌類、緑色細菌類
- シアノバクテリア類 ユレモ、スイゼンジノリ、ジュズモ ----- aのみ
- 原核緑藻類 プロクロロン ----- a+b

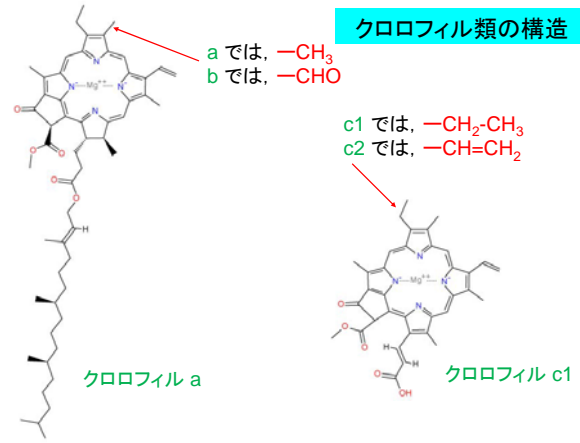
真核生物

- 灰色藻類 キアノフォラ ----- aのみ
- 紅色藻類 アサクサノリ、テングサ ----- aのみ
- クリプト藻類 クリプトモナス ----- aのみ
- 不等毛藻類 コンブ、ホンダワラ、ワカメ(褐藻類など) ----- a+c
- ハプト藻類 プレウロクリス ----- a+c
- 渦鞭毛藻類 プロトケントルム ----- a+c
- ミドリムシ藻類 ミドリムシ ----- a+c
- クロラクニオン藻類 クロラクニオン ----- a+c
- 緑藻類 クロレラ、イカダモ、アオノリ、シャジクモ ----- a+b
- コケ植物 ゼニゴケ ----- a+b
- シダ植物 ワラビ ----- a+b
- 裸子植物類 ソテツ、イチヨウ、アカマツ ----- a+b
- 被子植物類 シロイヌナズナ、ホウレンソウ、イネ ----- a+b

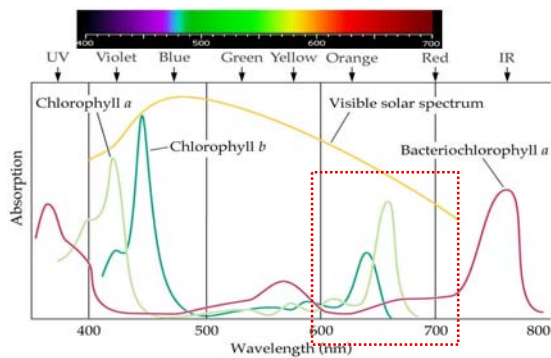
清水建美著、「図説・植物用語辞典」, 八坂書房(2001年)p. 2を改変

高等

クロロフィル類の構造



クロロフィルの吸光曲線と可視光のスペクトル

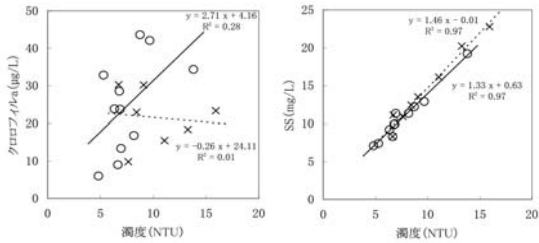


クロロフィル量で植物プランクトンの生息量を推定する

採水日	採水地点	濁度	クロロフィル			
			濃度 Chl a μg/L	存在比		
		NTU	b/a	c/a		
2008.10.27	第一艇庫水門	表層	8.77	115.3	0.07	0.20
		底	8.42	22.9	0.14	0.27
	池蝶貝生け簀(奥)	表層	8.17	16.8	0.18	0.34
		底	13.28	18.4	0.18	0.30
	コース1000M中央	表層	13.80	34.3	0.19	0.18
		底	15.93	23.3	0.23	0.33
2008.11.25	第一艇庫水門	表層	9.67	42.1	0.32	0.19
		底	9.08	30.2	0.34	0.31
	第一艇庫水門	表層	4.82	6.0	0.07	0.27
		底	7.63	9.8	0.09	0.40
	池蝶貝生け簀(奥)	表層	6.96	13.4	0.07	0.38
		底	11.08	15.5	0.07	0.27
コース1000M中央	表層	8.74	43.6	0.00	0.17	
	底	21.11	19.2	0.10	0.34	
競艇場水門	表層	5.29	32.8	0.01	0.18	
	底	6.71	30.3	0.02	0.19	

### クロロフィル濃度と濁度の関係

○は表層水、×は底水のデータを示す。

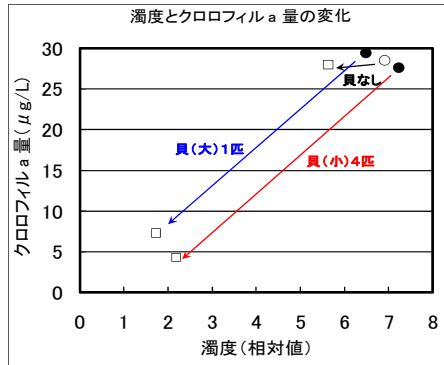


濁度とクロロフィルa濃度 (Chl a)

濁度と懸濁物質濃度 (SS)

表層近くの濁りは植物プランクトンの量と相関がある

### イケチョウガイは植物プランクトンの量を減らす



### イケチョウガイ(池蝶貝, *Hyriopsis schlegelii*)

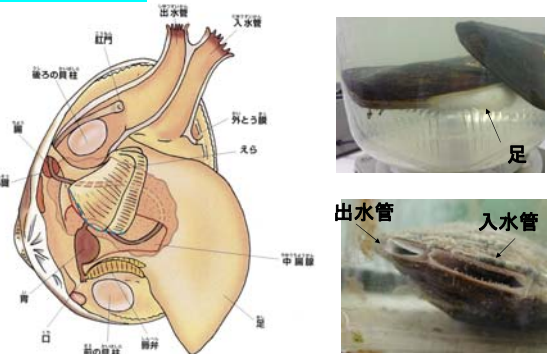
環境省レッドデータブック・絶滅危惧種 I 類



- インガイ科の淡水産大型二枚貝
- 淡水真珠養殖母貝として最も重要な種類
- 長命(〜40年)で大きさは20cm以上になる
- 琵琶湖や淀川水系の一部が自然の生息域(瀬ヶ浦などは移植されたもの)
- 水深1-5mの軟泥を主とした底質の場所に数多く棲息している
- 繁殖には幼生が一時期寄生する宿主(魚)が必要
- 天然のイケチョウガイは数を減らしている  
 乱獲による個体群密度の低下、  
 生息場所の破壊、  
 水質汚濁による環境の悪化、等が原因



### 二枚貝の構造



貝のふしぎ図鑑 おどろきいっぱい! 身近な生きものにしたしよう  
 監修:奥谷喬司 出版社:(株)PHP研究所

### イケチョウガイでの浄化サイクル

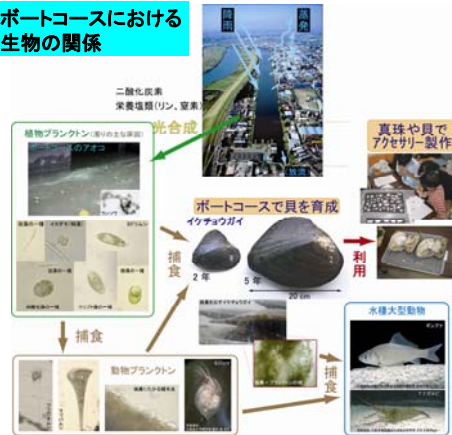
- 貝が水とともに浮遊物質を吸い込むことでプランクトンを捕食する
- 食べないものを「偽糞 = プランクトンの塊」として吐き出す
- エビや小さい魚が捕食する



テナガエビとホンブナ



### 戸田ポートコースにおける水棲生物の関係





稚貝の育成

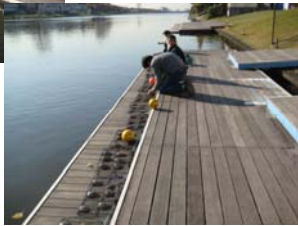


貝の敷設作業



競漕用ボートの艇庫が  
多い戸田コースなので...

ボートの艇庫の  
栈橋を利用する



パールネットに入った  
イケチョウガイ

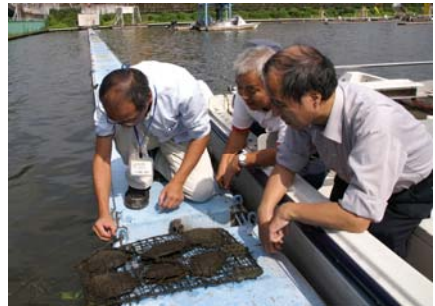
貝は1個数十gのもの

他の生物から守るため  
砂の代わりにネットに入れ  
引き上げやすくする

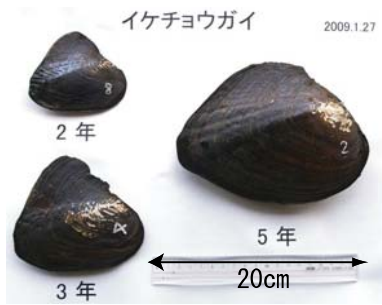


栈橋の側面に吊す

貝の育成状況調査



コースに投入した貝の成長



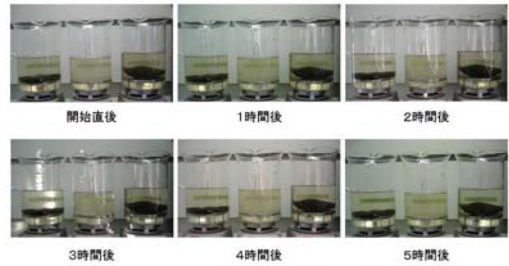
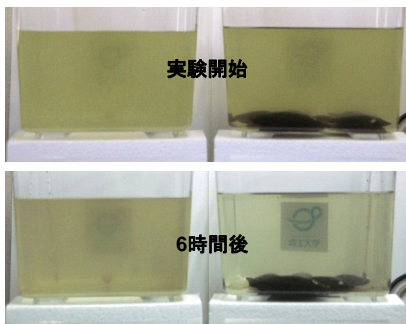
(2年生は約80g、5年生はコースにて約3年飼育したもの:約600g)

斃死した貝



生育率:90%以上(3年) 成長率はかなり良い

イケチョウガイの浄化能力実験

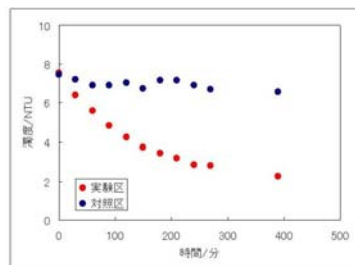


水: 芦田港現場から採取 (各ビーカーには3 L)  
 在: 50g程度の貝4匹、中央: 対照用各種、右: 400g程度の貝1匹

イケチョウガイによるろ過作用の実験  
 (約10時間を1分程度に短縮)



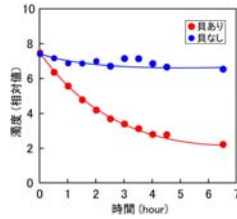
イケチョウガイの浄化能力実験の結果



濁度の経時変化  
 (水温15°C, 貝の湿重量合計150g, 水量3 L)

貝の湿重量100 gあたりのろ過水量(L/h)

温度(°C)	ろ過水量 (L/h・100g)
15	0.28 ± 0.06
20	0.35 ± 0.05
25	0.42 ± 0.07



貝は濾過器

$$\text{濾過速度} = k \times [\text{水を吸い込む速度}] \times [\text{浮遊物質の濃度}]$$

イケチョウガイの濾過能力

貝1個体(100 g)が水をろ過する速度

0.3 リットル/時間 (15~25°C)

戸田コースの濁度を5年で半分にすると、

$$\text{貝の濾過量} = k \times [\text{濾過速度}] \times [\text{時間}]$$

ポートコースの浮遊物量 10 mg/リットル

ポートコースの水量 540,000,000 リットル

∴コース全体の総浮遊物量 5,400 kg

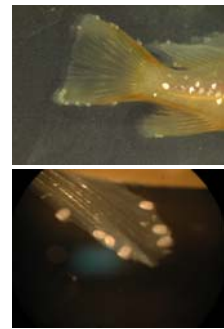
∴5年で総浮遊物を半分にすると

必要な貝(100 g)の個体数は、21,000 個体

土に潜ろうとするイケチョウガイ



繁殖の試み



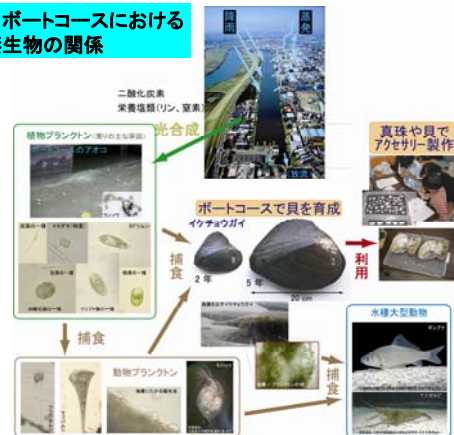
メダカを水槽に入れる

イケチョウガイの繁殖は、幼生(グロキディウム)がいったん魚のエラ、ヒレに寄生した後、水底へ移るため、寄生する魚が必要

グロキディウムの付着したメダカ



戸田ポートコースにおける水棲生物の関係



アクセサリ教室



戸田ボートコース内で育成した貝から採取した真珠



戸田ボートコース内で育成した貝から採取した真珠



戸田ボートコース内で育成した貝から採取した真珠

コースで育った真珠



貝細工



淡水パールのアクセサリ



真珠に穴を開ける加工用ドリル



戸田パール、商品化へ一歩



イケチヨウ館から採取された天然真珠を加工する戸田パールコース、講師説明

携帯ストラップ・ピアス製作

戸田パールコースの講師が、生徒に携帯ストラップやピアスの製作方法を説明している。生徒たちは興味を持って聞いており、実際に製作している様子も写っている。

**戸田パールをピアスに**  
本県アクセサリー教室人気  
本県アクセサリー教室が、12月14日に開催された。講師は、戸田パールコースの講師が担当し、生徒たちは興味を持って聞いており、実際に製作している様子も写っている。

朝日新聞 平成20年12月8日 埼玉新聞 平成20年12月22日

**戸田真珠 生育順調**  
ポートコース水質浄化のイケチヨウ用具  
商品化有望、稚貝追加投入も  
戸田パールコースの講師が、生徒に携帯ストラップやピアスの製作方法を説明している。生徒たちは興味を持って聞いており、実際に製作している様子も写っている。



読売新聞 平成21年1月5日

上田埼玉県知事の「とことん訪問」



上田埼玉県知事、神保戸田市長の見学



ボートを漕ぐ上田埼玉県知事



## まとめ

比較的エネルギーのいらぬ浄化方法であり、生態系のサイクルの活性化にも寄与している。現在の戸田ボートコースの環境には適していると思われる。

今後は、水質の変化を調査するとともに、

- 里親制度の充実
- PRやアクセサリ教室の定期的な開講
- 製品の販売

などを通して資金調達を行い、継続または拡充ができるよう資金サイクルを構築していくことが課題となる。

この事業は政府の平成20年度地方の元気再生事業に採択され、「戸田オリンピックボートコースの水質浄化を目指して」～池鯉鮒を活用した水質浄化と、淡水真珠ブランド化の取り組み～として展開しました。

## 関係者

### 埼玉大学総合研究機構科学分析支援センター

- 藤原隆司准教授 (化学)
- 是枝晋講師 (分子生物学)
- 円谷陽一教授・センター長(分子生物学)
- 三田和義技術職員 (水質分析)

### 埼玉大学大学院理工学研究科

- 大西純一教授 (分子生物学)

### 埼玉県ボート協会

- 和田卓理事長

### 戸田市

### 埼玉県

### 環境省

