

第30回全国環境研究所  
交流シンポジウム 予稿集

平成27年2月12日・13日



独立行政法人 国立環境研究所



## 第 30 回全国環境研究所交流シンポジウム

# 「湖沼・沿岸海域の水質と生態系の観測・監視・評価」

平成 27 年 2 月 12 日(木)～13 日(金)

於 国立環境研究所 大山記念ホール

2 月 12 日(木)

(司会: 近藤 美則)

14:30～14:35 開会挨拶

国立環境研究所理事長 住 明正

14:35～14:40 来賓挨拶

環境省総合環境政策局 環境研究技術室長 吉川 和身

14:40～16:00 セッション 1: 沿岸海域環境をめぐる最近の動向 座長: 牧 秀明(国立環境研究所)

(1)14:40～15:00 「京都府北部閉鎖性海域における貧酸素水塊発生について」…………… 1

○蒲 敏幸、田邊 義浩、田中 豊稔 (京都府保健環境研究所)

(2)15:00～15:20 「博多湾公共用水域調査地点におけるCODと関連する有機物項目について」……… 3

○上尾 一之、清水 徹也、新田 千穂(福岡市保健環境研究所)

(3)15:20～15:40 「酒田港及び山形県沿岸海域におけるDO鉛直測定とCOD関連項目の測定結果について」…………… 4

○和田 章伸、佐藤 勉(山形県環境科学研究センター)

(4)15:40～16:00 「高知県沿岸海域における多項目水質計を用いた水質測定結果及びCODと関連する有機物項目等について」…………… 6

○田嶋 誠<sup>1</sup>、西山 泰彦<sup>2</sup>(<sup>1</sup>高知県環境研究センター、<sup>2</sup>現高知県衛生研究所)

16:00～16:10 (休憩)

16:10～17:50 セッション 2: 都市から田園に至る藻場・干潟における調査・研究と里海づくり

座長: 矢部 徹(国立環境研究所)

(1)16:10～16:30 「榎野川河口干潟におけるモニタリング調査 ～流域住民による里海づくり～」……… 8

○恵本 佑、上原 智加、山瀬 敬寛、下濃 義弘、佐々木 紀代美、谷村 俊史、堀

切 裕子、田中 克正、藤井 義晴、調 恒明(山口県環境保健センター)

- (2)16:30~16:50 「川崎市における多摩川河口干潟及び東扇島人工海浜での取組」…………… 10  
○小林 弘明<sup>1</sup>、間仲 利樹<sup>1</sup>、古川 功二<sup>1</sup>、原 美由紀<sup>1</sup>、上仲 彩<sup>2</sup>(<sup>1</sup>川崎市環境総合研究所環境リスク調査課、<sup>2</sup>川崎市環境総合研究所事業推進課)
- (3)16:50~17:10 「アマモ場周辺の二枚貝の分布と餌料環境の特徴」…………… 12  
○国分 秀樹(三重県水産研究所)
- (4)17:10~17:30 「北九州市洞海湾における水質汚濁の推移と生物相の変遷」…………… 14  
○江藤 優子、梶原 葉子、松岡 靖史、佐藤 健司(北九州市環境科学研究所)
- (5)17:30~17:50 「太田川市内派川の河川汽水域に形成された干潟の特徴」…………… 15  
○後田 俊直(広島県立総合技術研究所保健環境センター)

18:15~20:00 懇親会 (会場: 国立環境研究所 食堂)

2月13日(金)

9:00~10:30 セッション3: 生物多様性から湖沼生態系の健全性を評価する

座長: 高村 典子(国立環境研究所)

- (1)9:00~9:15 「生物多様性から湖沼生態系の健全性を評価する」…………… 17  
○高村 典子(国立環境研究所)
- (2)9:15~9:35 「鳥取県の湖沼における水生植物モニタリングの実践及び生物多様性評価」…………… 19  
○森 明寛<sup>1</sup>、初田 亜希子<sup>2</sup>、岡本 将揮<sup>1</sup>、前田 晃宏<sup>1</sup>、九鬼 貴弘<sup>1</sup>(<sup>1</sup>鳥取県生活環境部衛生環境研究所、<sup>2</sup>鳥取県生活環境部水・大気環境課)
- (3)9:35~9:55 「三方五湖における生物多様性の現状と保全活用」…………… 21  
○松村 俊幸(福井県海浜自然センター)
- (4)9:55~10:15 「山中湖における水生植物モニタリングについて」…………… 23  
○長谷川 裕弥、吉澤 一家(山梨県衛生環境研究所)
- (5)10:15~10:30 「純淡水魚と水生植物を指標とした全国湖沼の生物多様性評価と必要な保全施策」…………… 25  
○松崎 慎一郎<sup>1</sup>、西廣 淳<sup>2</sup>、高村 典子<sup>1</sup>(<sup>1</sup>国立環境研究所、<sup>2</sup>東邦大学)

10:30~10:40 (休憩)

10:40~12:00 セッション4: 湖沼モニタリングで水環境指標のトレンドを診る

座長: 今井 章雄(国立環境研究所)

- (1)10:40～11:00 「<sup>15</sup>N 標識マイクロシスチンを用いた分析手法の検討と実態調査結果」…………… 27  
○田中 義人<sup>1</sup>、飛石 和大<sup>1</sup>、藤川 和浩<sup>1</sup>、古閑 豊和<sup>1</sup>、清水 明<sup>2</sup>、佐藤 千鶴子<sup>3</sup>、荒堀 康史<sup>4</sup>、龍尾 一俊<sup>5</sup>、玉城 不二美<sup>6</sup>、高木 博夫<sup>7</sup>、佐野 友春<sup>7</sup>(<sup>1</sup>福岡県保健環境研究所、<sup>2</sup>千葉県環境研究センター、<sup>3</sup>宮城県保健環境センター、<sup>4</sup>奈良県景観環境総合センター、<sup>5</sup>佐賀県環境センター、<sup>6</sup>沖縄県衛生環境研究所、<sup>7</sup>国立環境研究所)
- (2)11:00～11:20 「近年の霞ヶ浦における透明度の上昇とその要因について」…………… 29  
○小日向 寿夫<sup>1</sup>、須能 紀之<sup>2</sup>(<sup>1</sup>茨城県霞ヶ浦環境科学センター、<sup>2</sup>茨城県水産試験場内水面支場)
- (3)11:20～11:40 「メコン川流域のダム貯水池、自然湖沼の水質観測と生態系評価」…………… 31  
○富岡 典子<sup>1</sup>、福島 路生<sup>1</sup>、広木 幹也<sup>1</sup>、村田 智吉<sup>1</sup>、今井 章雄<sup>1</sup>、小松 一弘<sup>1</sup>、Tuantong Jutagate<sup>2</sup>(<sup>1</sup>国立環境研究所、<sup>2</sup>ウボンラチャタニ大学)
- (4)11:40～12:00 「霞ヶ浦における底泥環境モニタリング研究について」…………… 33  
○今井 章雄、小松 一弘、高津 文人、佐藤 貴之、霜鳥 孝一、富岡 典子、篠原 隆一郎(国立環境研究所)

12:00～12:15 総合討論

12:15～12:20 閉会挨拶

国立環境研究所理事 原澤 英夫

希望者のみ

13:30～14:30 所内施設見学会を行います。

# 京都府北部閉鎖性海域における貧酸素水塊発生について

○蒲 敏幸・田邊 義浩・田中 豊稔  
(京都府保健環境研究所 水質課)

## 1. はじめに

京都府は北部日本海側に海域を有しており、日本三景の一つである天橋立が観光地として知られている。天橋立は閉鎖性海域である宮津湾内にあり、砂州で宮津湾と阿蘇海を隔てている。この他に、舞鶴湾、久美浜湾などの閉鎖性海域が多く、いずれも観光地であるとともに水産業が盛んである。

これらの閉鎖性海域には COD、全窒素、全燐の環境基準に係る類型指定が行われているが、COD については最近 9 年間で全海域で環境基準非達成が続いている。窒素と燐については平成元年度以降は各海域ともほぼ横ばいで推移しており、阿蘇海の環境基準達成率が低い状況にある。COD については平成 15 年度、16 年度に環境基準を超過する上昇が見られ、その後も緩やかではあるが上昇傾向が続いている。各海域への流入河川の BOD は良好な数値を維持しているにもかかわらず、COD は増加傾向にあり、その原因を究明することが環境基準達成のための課題となっている。

## 2. 調査方法

府内の閉鎖性海域を 3 つに分け、平成 23 年度は久美浜湾、平成 24 年度は宮津湾・阿蘇海、平成 25 年度は舞鶴湾を対象に調査を行った。調査は夏季と冬季に行い、現地で水質測定器により溶存酸素 (DO) 等の垂直分布を測定するとともに、表層の海水を採取した。

垂直分布の調査は、23 年度は国立環境研究所から借用した多項目水質計 HYDROLAB H20 を、24、25 年度は HORIBA 製 U-52G を用いて実施した。採取した海水はろ過を行い、ろ過前原水、ろ過水、フィルター類を冷凍して国立環境研究所に送付し、COD と関連する有機物項目の分析を行った。調査地点名と調査日は表のとおりである。

表 調査地点、調査日及び類型指定状況等

水域	地点名	測定日		類型指定状況		CODに係る環境基準達成状況(H15~H25年度)										
		夏季	冬季	COD	NP	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25
久美浜湾	湾口部	2011.8.2	2012.2.7													
	湾奥部	2011.8.2	2012.2.7	A	II	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
	佐濃谷川流入点*	2011.8.2	2012.2.7													
	神崎地先*	2011.8.2	2012.2.7													
宮津湾	江尻地先	2012.9.4	2013.1.8	A	II	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
	島崎地先	2012.9.4	2013.1.8													
阿蘇海	溝尻地先	2012.9.4	2013.1.8													
	中央部	2012.9.4	2013.1.8	B	II	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
	野田川流入点	2012.9.4	2013.1.8													
	文珠地先*	2012.9.4	2013.1.8													
舞鶴湾(1)	キンギョ鼻地先	2013.9.3	2014.1.14	A	II	×	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×
	恵比須崎地先	2013.9.3	2014.1.14													
舞鶴湾(2)	念仏鼻地先	2013.9.3	2014.1.14	A	II	×	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×
	檜崎地先	2013.9.3	2014.1.14													

注) \*印は環境基準点ではない地点

## 3. 結果と考察

### (1) 水質計測器による DO 等の垂直分布

各海域の DO、水温、塩分濃度の垂直分布のうち久美浜湾の結果を図に示した。

久美浜湾では、夏季の調査において佐濃谷川流入点では 10m、神崎地先では 9m より深くなると DO がゼロとなり、底層の貧酸素状態が確認された。冬季の調査においても湾奥部、佐濃谷川流入点、神崎地先で DO の低下が見られ、4m より深くなると DO が顕著に低下した。冬季の水温は各地点と

も 3m 以深はほぼ一定であり、底層と表層の循環がおこっていると見られるにもかかわらず、4m 以深における貧酸素状態が確認されたことから、今後さらに詳細な調査を行う必要があると考えられる。

宮津湾は比較的海外(若狭湾)に向かって開けていることから、2 地点ともに夏季、冬季とも底層 DO の低下は認められなかった。

阿蘇海は天橋立の砂州により宮津湾と隔てられていることから海水の入れ替わりは非常に少ないことと、有機物を多く含む底泥がたまっており、有機物の分解に酸素が消費されていることなどから、各地点とも底層 DO の低下が見られ、夏季、冬季を通じておよそ 5m 以深では DO はほぼゼロとなっていた。

舞鶴湾は湾奥にあたる念仏鼻地先と檜崎地先で夏季に底層 DO の低下が見られたが、底部でも 2~3mg/L 程度の DO が確保されていた。冬季は各地点とも顕著な DO の低下は見られなかった。

以上から、京都府の海域では久美浜湾と阿蘇海の閉鎖度が非常に高い水域で夏季、冬季を通じて底層の貧酸素状態が確認され、舞鶴湾も湾奥部では夏季の底層 DO の低下が確認された。

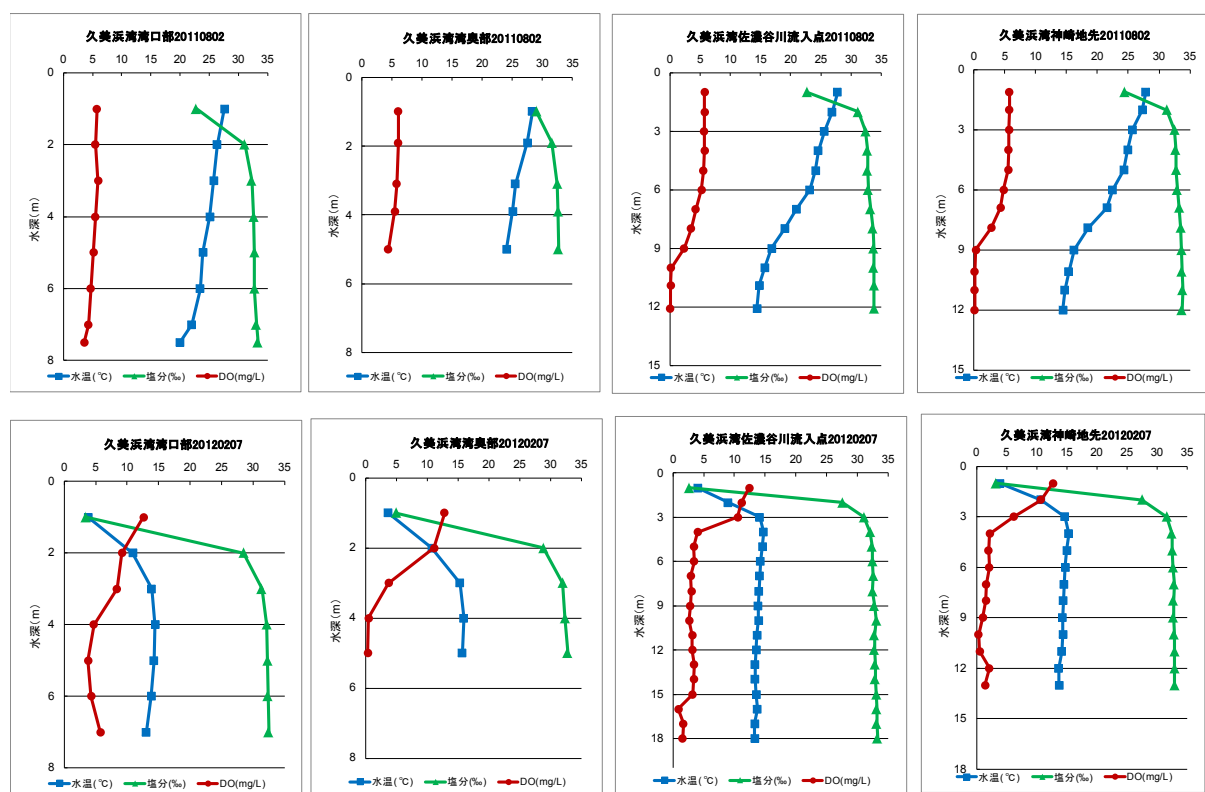


図 久美浜湾の垂直調査結果

## (2) COD 及び関連項目の分析結果について

各地点の COD のうち溶存態 COD の占める比率の平均は 70%強であったが、流入河川の影響が考えられる阿蘇海野田川流入点と、夏季のクロロフィル a が比較的高い舞鶴湾の各地点では溶存態 COD の割合が低くなる傾向があった。阿蘇海と舞鶴湾の各地点は夏季にクロロフィル a が高くなり、プランクトンの繁殖があるものと考えられ、懸濁性の COD が高くなった結果、COD が高値になるものと考えられた。

26 年度は底層の水質調査も含めた追加調査を実施しており、久美浜湾の夏季調査を実施済であるが、23 年度と同様に神崎地先と佐濃谷川流入点では底層の貧酸素状況が確認されるとともに、底層の COD 値は表層より 1.2~1.4mg/L 高い結果が得られた。また、両地点の底層は全窒素と全磷が表層より顕著に高く、底層の無酸素状態が富栄養化に関連していることが示唆された。

# 博多湾公共用水域調査地点における COD と関連する有機物項目について

○上尾 一之・清水 徹也・新田 千穂  
(福岡市保健環境研究所)

## 1. はじめに

博多湾は、東西に約 20km、南北に約 10km、面積約 133k m<sup>2</sup>の内湾で玄界灘とは西浦～玄界島、玄界島～志賀島の 2 か所の開口部を通じてつながり、水深は平均で東部海域 6.6m、中部海域 8.5m、西部海域 13.1m と浅く、東京湾、伊勢湾、瀬戸内海と比べ閉鎖性が強く水の交換が悪い海域である。

湾では例年、夏季に貧酸素水塊が発生し、底質の環境が悪化することによる二枚貝などの底生動物への影響が懸念されており、有機物汚濁の指標である COD の海域平均値は過去 20 年程度横ばい状況にある。

そこで、貧酸素水塊発生状況把握のために多項目水質計による水質の垂直分布の測定を実施するとともに COD の構成要素解明のために関連項目の分析を行った。

## 2. 調査方法と結果

平成 23 年度から平成 25 年度にかけて夏季に中部海域の C-10 (公共用水域常時監視点) 及び東部海域の E-X1 (補助地点) において多項目水質計を用いて貧酸素水塊の発生の確認及び DO、塩分、水温の調査を実施した。また、COD に関連する有機物項目の調査を夏季及び冬季に実施した。なお、湾内の水温成層の発生を確認するため、唐泊に温度ロガーを設置し、表層、中層、底層の温度データを採取した。

DO は 6 月から 9 月にかけて底層の貧酸素水塊が 2 地点とも確認され、E-X1 は底層が 0.5mg/L を下回ることもあり、C-10 よりも DO 低下の度合いが強い傾向にあった。表層と底層の塩分濃度差の最大は C-10 で 12‰、E-X1 で 20‰ と湾奥に位置する E-X1 の濃度差が C-10 に比べ大きかった。また、表層と底層の温度差は最大で C-10 において 3.2℃、E-X1 で 4.6℃と水温成層の形成が示唆された。なお、温度ロガーによる水温測定においても 5 月から 9 月にかけて表層と底層の温度差が広がることもあり、水温成層が形成されたと考えられた。

COD 関連項目の測定結果は、冬季に比べ夏季が高く、表層で顕著であった。COD は溶存性有機炭素 (DOC) + 懸濁性有機炭素 (POC)、POC はクロロフィル a (Chl a) と高い相関を示した。

## 3. まとめ

6 月から 9 月にかけて貧酸素水塊が確認され、表層・底層間での塩分と水温差による影響が示唆された。栄養塩類は冬季に高く、COD と有機態炭素 (DOC+POC)、POC と Chl a が高い相関があることから、COD は有機態炭素を反映した値であり、POC の大部分は植物プランクトンであることが示唆された。今後は貧酸素水塊の確認や栄養塩の分析のほか、有機物の質的把握のため BOD を測定し、有機物の分解に伴う酸素消費 (貧酸素水塊生成) の潜在性について評価・解析する。

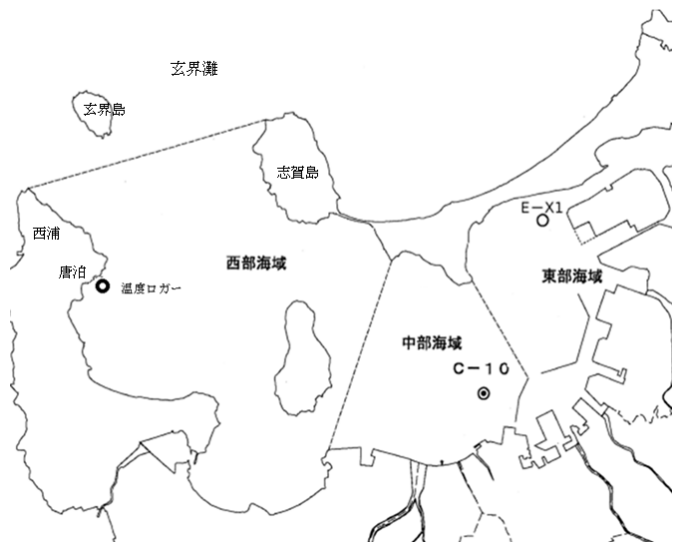


図 1 調査地点 (博多湾)



# 酒田港及び山形県沿岸海域における DO 鉛直測定と COD 関連項目の測定結果について

○和田 章伸・佐藤 勉  
(山形県環境科学研究センター)

## 1. はじめに

山形県北西部にある酒田港は、新井田川の河口に位置し、日本海に面している。平成 16 年頃から防波堤の延伸工事が行われ、港内の閉鎖性が増している。近年、酒田港に流入する河川の BOD は大幅に減少しているにも関わらず、港内で COD の環境基準値を超過する地点が多い。

今回、酒田港内及び沿岸海域における水質の状況を把握するため、国立環境研究所との II 型共同研究の一環として多項目水質計による調査及び COD 関連項目の測定を行い、各項目間の関係について検討した。また、これまでの公共用水域常時監視結果から COD の増減傾向について統計解析した。

## 2. 調査方法

酒田港 No.1、No.5、No.7 及び日本海鼠ヶ関沖、吹浦沖(図1)における塩分、水温、溶存酸素(DO)及びCOD関連項目を測定した。塩分、水温、DOの測定は多項目水質計(HACH社製Hydrolab DataSonde 4a)を船上から海中に垂下して行い、平成24年から26年の8月、10月の計6回実施した。COD関連項目は表層から約0.5mの海水を試料とし、鼠ヶ関沖と吹浦沖では平成23年から25年の8月及び10月の計6回、酒田港内では平成24年から25年の8月及び10月の計4回採水した。試料は保冷下で実験室に搬入し、直ちにWhatman GF/Fガラス繊維フィルターを用いてろ過した。ろ液、フィルター及び未ろ過試料は冷凍して国立環境研究所に送付し、牧の方法<sup>1)</sup>でCOD、溶存性のCOD(D-COD)、溶存性有機炭素(DOC)、懸濁性有機炭素(POC)及びクロロフィルa(Chl a)の分析を行った。なお、多項目水質計による測定と採水は別日に実施した。

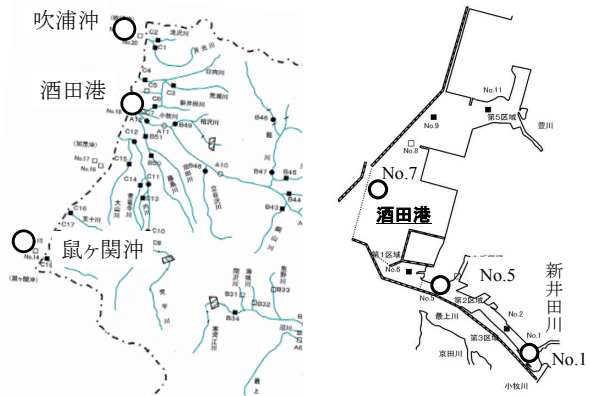


図1. 酒田港, 鼠ヶ関沖, 吹浦沖の位置 (左) 及び酒田港内調査地点 (右)

## 3. 結果および考察

### 3.1 水温, 塩分, DO

水温は、酒田港内及び吹浦沖では水深による大きな変動はなかった。水深が40mを超える鼠ヶ関沖では、水深が下がるにしたがって水温が低下する傾向があったが、水温躍層はみられなかった。酒田港 No.1、No.5 では表層の塩分が低い場合があった。これは新井田川の流入部に近い No.1 で河川の影響が大きく、No.7 は河川から遠いため影響が小さかったと考えられる。また、鼠ヶ関沖、吹浦沖では顕著な塩分の躍層はみられなかった。DO は、酒田港湾奥部の No.1 では底層で低下がみられ、平成24年8月には約2 mg/Lと低い値を示した(図2)。水温の高い夏季には鉛直混合や拡散の影響をあまり受けないため、底層では微生物によるDO消費に伴うDO低下が顕著になったものと考えられる。こうした底層のDO低下は、湾奥部(No.1)から港外側(No.5, No.7)へ進むにつれ解消する傾向がみられた。沖合では、いずれの調査日においても、下層のDOは5 mg/L以上であった。

本調査では、水温躍層とDOの低下がともに現れる貧酸素水塊の発生は確認されなかった。

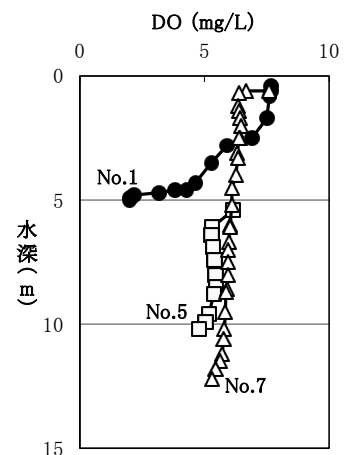


図2. 酒田港内におけるDO鉛直分布(H24年8月)

### 3. 2 COD 関連項目

COD 関連項目の測定結果を表1に示す。なお、COD から D-COD を差し引いたものを懸濁性 COD (P-COD)とした。酒田港内のCODとD-CODは、湾奥部から港外側にかけて減少する傾向であった。COD に占める D-COD の割合及び有機炭素全体(DOC+POC)に占める DOC の割合は 59%から 89%であり、CODと有機炭素の多くは溶存性物質が多くを占めているものと考えられる。また、酒田港内の Chl a の値は港外と比較して高い値を示した。

図3に各 COD 関連項目間の関係を示す。Chl aと POC は正の相関を示し、POC の主な構成成分は植物性プランクトンであると考えられる。この相関は地点による違いがみられ、酒田港内の相関係数は鼠ヶ関沖・吹浦沖と比べて低く、特に酒田港 No.1 について相関が低かった。これは鼠ヶ関沖及び吹浦沖における POC の主な構成成分は植物プランクトンであるのに対し、酒田港内では河川由来の懸濁物質等の影響が大きいためと考えられる。一方、P-COD と Chl a の間には相関がみられず、植物性プランクトン以外の成分の関与が示唆された。

### 3. 3 COD の統計解析

COD の長期的増減傾向を把握するため、公共用水域常時監視の測定結果を常時監視開始以降の COD75%値を Mann-Kendall 検定により解析すると、酒田港では No.1 で減少傾向にあるものの、他の地点は危険率 5%以下で有意な増加傾向がみられた。沿岸海域では、南部の鼠ヶ関沖は増加傾向にあるが、北部の吹浦沖は増減がみられなかった。酒田港 No.1 の COD が減少傾向にあるのは、流入河川の流域において下水道の普及が進むなど生活排水処理率が向上したためと考えられる。

表 1. COD 関連項目測定結果 (平均値, 括弧内は標準偏差)

地点	COD (mg/L)	D-COD (mg/L)	P-COD (COD-D-COD) (mg/L)	DOC (mg/L)	POC (mg/L)	DOC+POC (mg/L)	Chl a ( $\mu$ g/L)
酒田港	3.38	2.70	0.68	1.40	0.95	2.36	13.30
No.1	(0.950)	(0.595)	(0.387)	(0.279)	(0.521)	(0.771)	(12.304)
酒田港	2.95	2.38	0.58	1.28	0.59	1.87	9.57
No.5	(0.311)	(0.576)	(0.403)	(0.265)	(0.269)	(0.534)	(7.260)
酒田港	2.83	1.95	0.88	1.23	0.51	1.74	11.11
No.7	(0.880)	(0.583)	(0.500)	(0.291)	(0.192)	(0.475)	(5.931)
鼠ヶ関沖	2.20	1.77	0.43	1.17	0.15	1.32	1.01
	(0.972)	(0.866)	(0.769)	(0.363)	(0.109)	(0.454)	(0.777)
吹浦沖	2.02	1.54	0.48	1.07	0.17	1.24	1.57
	(0.461)	(0.257)	(0.610)	(0.308)	(0.094)	(0.309)	(1.478)

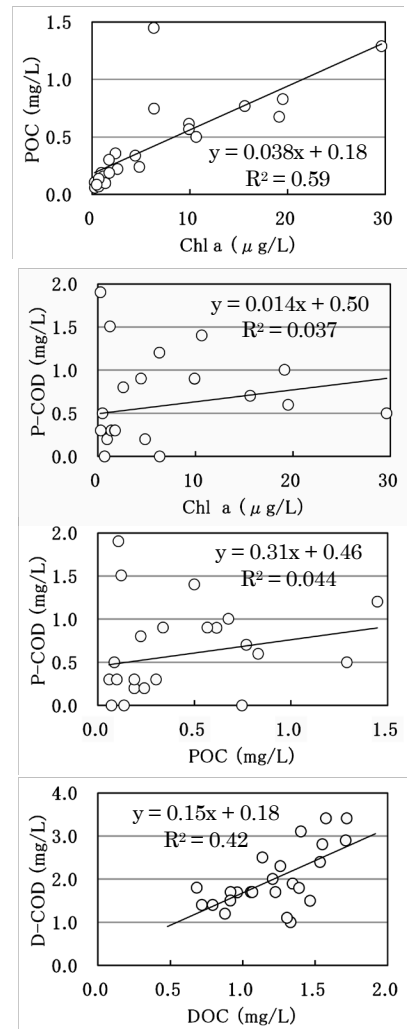


図 3. COD 関連項目間の関係

### 4. まとめ

酒田港内及び鼠ヶ関沖、吹浦沖において多項目水質計による調査及び COD 関連項目の測定を行った。いずれの地点でも貧酸素水塊の発生は確認できなかったが、夏季の湾奥部において底層の DO が約 2 mg/L まで低下しており、微生物による DO 消費が示唆された。各調査地点の有機物指標(COD, 有機炭素)の主成分は溶存性のものであった。また、鼠ヶ関沖及び吹浦沖における POC は Chl a との相関があり、植物プランクトン由来と考えられるが、酒田港内の POC はそれ以外の要因が大きいと考えられた。

さらに、COD の長期的経年変化を解析したところ、酒田港 No.1 は減少傾向、吹浦沖は増減なしであるが、他の 3 地点には増加傾向がみられた。

### 5. 参考文献

- 1) 牧秀明:茨城県沿岸海域公共用水域常時監視点における COD と関連する有機物項目について. 地方公共団体環境研究機関等と国立環境研究所との共同研究(II型)「沿岸海域環境の診断と地球温暖化の影響評価のためのモニタリング手法の提唱」報告書, 11 - 15(2014)

# 高知県沿岸海域における多項目水質計を用いた水質測定結果及び COD と関連する有機物項目等について

○田嶋 誠<sup>1</sup>・西山 泰彦<sup>2</sup>  
(<sup>1</sup>高知県環境研究センター・<sup>2</sup>現高知県衛生研究所)

## 1. はじめに

高知県の南側、土佐湾中央部に位置する浦ノ内湾は水面積 12km<sup>2</sup>、奥行き約 10km、湾幅 400～1000m の東西に細長い湾である。湾口部で湾幅 350m、水深約 5m と最も狭く<sup>1)</sup>、養殖業が行われている湾中央部で最大水深約 20m とやや窪んだ構造の閉鎖性水域である。

閉鎖性水域は外海との海水交換能が低く滞水環境を生じやすいことが知られており、水質汚濁の進行が懸念されている。特に底層部では貧酸素水塊が発生し、水生生物の生育に好ましくない影響を与えることから、環境省において水質汚濁に係る新規環境基準項目として「底層 DO」を導入する準備が進められている。そこで、本県では浦ノ内湾内での貧酸素水塊発生状況を把握することを目的とし、公共用水域常時監視地点において、その調査を実施してきた。

## 2. 調査概要

調査地点を図 1 に示す。2011～2013 年度にかけて、多項目水質計による DO 等の鉛直分布測定を行った。(図 2)

また、湾外部の仁淀川河口沖 st-4 及び湾奥部の st-14、15 の三地点において COD と関連する有機物項目(以下、「COD 関連項目」という。)及び栄養塩類<sup>2)</sup>について調査を行った。(表 1・2)



図 1 調査地点

## 3. 多項目水質計による測定結果

湾内の多項目水質計による測定結果をみると、夏季(7月)に湾中央部から湾奥部にかけて底層部での貧酸素層が確認され、底層に近付くにつれて DO が加速度的に低下する傾向がみられた。また、湾奥部(st-15)では赤潮の発生が認められ、表層部に大量繁殖した植物性プランクトンの存在が過飽和状態の DO により裏付けられた。秋季(11月)になると湾中央部では解消する傾向がみられたが、湾奥部では貧酸素層が残っていた。冬季(1月)になると湾奥部においても貧酸素層の解消がみとめられ、春季(3月)には、再び底層部の DO 低下がみられた。

以上のことから、滞水環境で出現する貧酸素層の形成・消滅という周期的な四季変化の傾向が浦ノ内湾でも確認された。

## 4. COD 関連項目と栄養塩類の測定結果

DO の変化がより顕著に表れている夏季において、湾外部の仁淀川河口沖 st-4 と湾奥部の st-14、15 の比較を行うため、COD 関連項目と栄養塩類の測定を行った。

湾外部 st-4 に比べ、湾奥部 st-14、15 の二地点の方が、表・中層部における P-COD(懸濁性 COD: COD から D-COD(溶解性 COD))

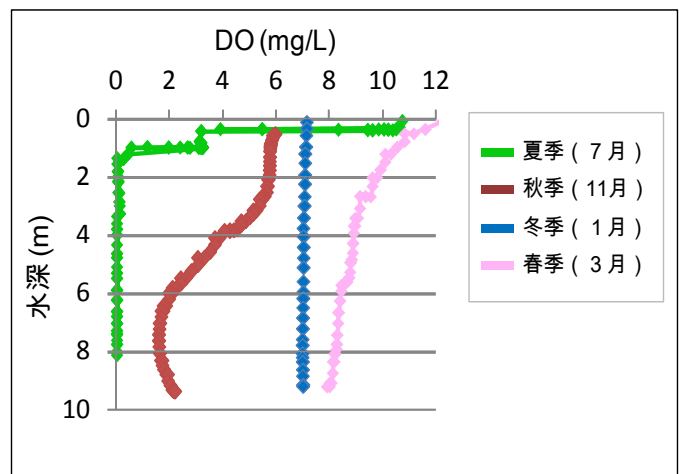


図 2 多項目水質計による測定結果  
(2011年度 地点: st-15)

を差し引いたもの)、POC (懸濁性有機炭素)、Chl *a* の項目において高い傾向を示した。前述のとおり、湾奥部では赤潮の発生が常態化していることが推定されることから、懸濁性有機物の多くを占める植物性プランクトンの繁殖が COD 値上昇の一因であると考えられる。

また、st-14、15 において DT-P (溶存性全リン) 及び珪酸塩が高い傾向にあり、逆に亜硝酸性窒素は低く、硝酸性窒素については検出されなかった。これらは内部生産が原因と推定されるが、水温や DO と併せて継続調査していく予定である。

また、st-4 の表層部では、硝酸性窒素、珪酸塩が高い傾向がみられた。多項目水質計による調査では、表層部において河川水の流入が示唆される低塩分層が確認されており、これらの栄養塩類についても河川由来のものと推定された。

表 1 COD関連項目測定結果 (夏季)

調査日：2013年7月 (有効数字2桁, 単位はChl *a*は $\mu\text{g/L}$ ,他は全て $\text{mg/L}$ .)

地点	採水層	COD	D-COD	P-COD (COD-D-COD)	DOC	POC	DOC+POC	Chl <i>a</i>
湾外部 仁淀川河口沖	st-4 表層	2.0	1.6	0.4	1.0	0.11	1.1	1.6
	中層	2.4	2.2	0.2	1.3	0.15	1.4	1.1
	底層	2.4	1.8	0.6	1.0	0.16	1.2	1.2
湾奥部	st-14 表層	4.1	3.2	0.9	1.5	0.31	1.8	3.9
	中層	4.2	3.0	1.2	1.9	1.3	3.3	17
	底層	2.9	2.2	0.7	1.2	0.31	1.5	1.5
	st-15 表層	5.5	3.2	2.3	1.4	0.52	1.9	5.4
	中層	4.7	3.7	1.0	1.8	1.4	3.3	12
	底層	2.7	2.7	0.0	1.1	0.39	1.5	1.0

表 2 栄養塩類測定結果 (夏季)

調査日：2013年7月 (有効数字2桁, 単位は全ては $\mu\text{g/L}$ .)

地点	採水層	NO <sub>3</sub> -N	NO <sub>2</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N	DTN	PO <sub>4</sub> -P	DTP	SiO <sub>2</sub>
湾外部 仁淀川河口沖	st-4 表層	52	0.96	0.39	150	3.3	6.7	2000
	中層	9.8	0.53	5.9	190	1.6	5.6	600
	底層	N.D.	0.28	0.006	120	0.65	5.0	240
湾奥部	st-14 表層	N.D.	0.27	N.D.	150	2.0	11	1200
	中層	N.D.	0.24	N.D.	180	1.6	12	1200
	底層	N.D.	0.28	6.9	140	13	18	1700
	st-15 表層	N.D.	0.26	N.D.	150	3.0	13	1300
	中層	N.D.	0.28	3.2	160	2.2	13	1300
	底層	N.D.	0.19	80	220	32	36	2100

## 5. おわりに

今回の調査では、DO 鉛直分布の周期的変化をはじめとする、現行の公共用水域常時監視では顕在化しにくい特徴ある傾向がみられた。多項目水質計による水質調査と現行の常時監視体制を組み合わせることで、より詳細な水環境の状態把握が可能性となるため、多様化する環境ニーズに併せて今後益々の発展が期待される。本県では今回の調査結果をもとに、今後、より詳細な調査を行っていく予定である。

## 謝辞

分析・ご助言をいただきました (独) 国立環境研究所の牧秀明様に深く感謝いたします。

## 参考文献

- 1) 白木恭一ら：浦ノ内湾の水質調査 高知県環境研究センター所報 (平成 8 年)
- 2) 牧秀明：茨城県沿岸海域公共用水域常時監視地点における COD と関連する有機物項目について

# 榎野川河口干潟におけるモニタリング調査～流域住民による里海づくり～

○恵本 佑・上原 智加・山瀬 敬寛・下濃 義弘・佐々木 紀代美  
 谷村 俊史・堀切 裕子・田中 克正・藤井 義晴・調 恒明  
 (山口県環境保健センター)

## 1. はじめに

山口湾に位置する榎野川河口干潟では、流域住民がアサリを再生の指標とした「里海づくり」に取り組んでおり、毎年恒例となった春の干潟耕耘イベントには例年 200 人規模のボランティアが参加するなど、流域住民が干潟に足を運ぶ環境体験の場になっている。里海づくりは、地域住民が海の恵みを体感し、沿岸域特有の多面的機能や、陸域からつながる物質循環の仕組みを理解する良いきっかけとなるが、活動を長期的に続けていく為にはアサリのような資源が安定的に漁獲できる等の成果が重要である。

そこで、豊かな里海づくりをより効率的に進めることを目的として、アサリを含む稚貝の着底時期、高密度となる場やその条件を明らかにするための調査を行った。

## 2. 調査方法

モニタリング定点はこれまでの活動を評価することも考慮して、活動エリアの内外に設定した(表 1, 図 1)。

対象とする稚貝はアサリ、ユウシオガイ、ソトオリガイ、ホトトギスガイの 4 種とし、平成 25 年 4 月から平成 26 年 3 月における毎月の個体密度を調べた。アサリについては、発生時期・成長状況を把握する為、全個体の殻長を mm 単位で記録した。

試料の採取はコドラートを用いて採取(15 cm×15 cm×1 cm)し、1 mm メッシュのふるいで分画し、ふるい上に残ったものを試料とした。試料は 0.1%ローズベンガルで染色して計数し、結果は 1 m<sup>2</sup>あたりの個体密度に換算した。また、平成 26 年 1 月に各地点の pH、ORP、貫入抵抗値を測定した。

表 1 各モニタリング地点の特徴

地点	活動による環境変化			底質	近傍の施網状況 ※		備考
	うね耕耘	大型うね	竹柵		被覆網	母貝団地	
St.1				泥			最も岸側の防波堤付近、地盤が高い
St.2				砂泥	○	○	
St.3				砂泥			
St.4				やや泥			
St.5				砂泥	○	○	
St.6		○		砂	○		
St.7			○	砂泥			高さ 1 m ほどの竹が並んでいる
St.8				砂泥	○	○	
St.9				砂泥			
St.10			○	砂泥			竹は朽ち、根元だけ残っている
St.11				泥			砂泥質と泥質の境界にあたる
St.12				泥			沖側、泥質で地盤が低い
St.13				砂			沖側、砂が堆積している
St.14				砂泥	○		活動の場の中心部であるが人手が加わっていない
St.15	○			砂泥	○	○	活動の中心部であり、最も人手が加わっている

※調査地点は網の近傍であり、網の下ではない

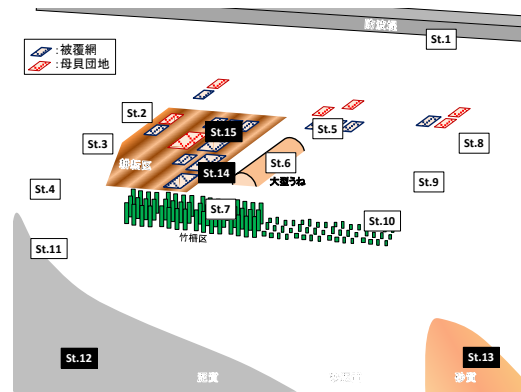


図 1 モニタリング定点の位置図

## 3. 調査結果

### 1) 密度の周年変化

いずれの地点でも 4 種ともに春と冬に密度が高まる点は共通しており、6 月～12 月までは稚貝の着底量は極めて少ない。ホトトギスガイのみ数地点(St.8, St.9, St.10, St.13)で夏季に高密度となる(図 2)。

### 2) アサリ稚貝の発生時期

アサリの殻長から、春・秋の二峰性産卵であると考えられる。5 月、1 月に低殻長個体の密度が高まるが、秋にはそのほとんどが消失する。

### 3) 地点による特徴

地域住民による活動が実施されている地点(St.5, St.6, St.15)はアサリの密度が高い。また、砂が堆積している St.13 には自然に比較的高密度のアサリ稚貝が着底している。アサリの密度が高まる

環境は貫入抵抗値として  $4 \text{ kg/cm}^2 \sim 14 \text{ kg/cm}^2$  であり、底質の酸化還元状態 ( $-126 \text{ mV} \sim 181 \text{ mV}$ ) による影響はみられなかった。各地点における年平均密度として最も高かった種を優占種とした場合、ユウシオガイは貫入抵抗値  $4 \text{ kg/cm}^2$  以下の場合のみ優占がみられ、ソトオリガイ、ホトトギスガイは酸化的環境でのみ優占がみられた。

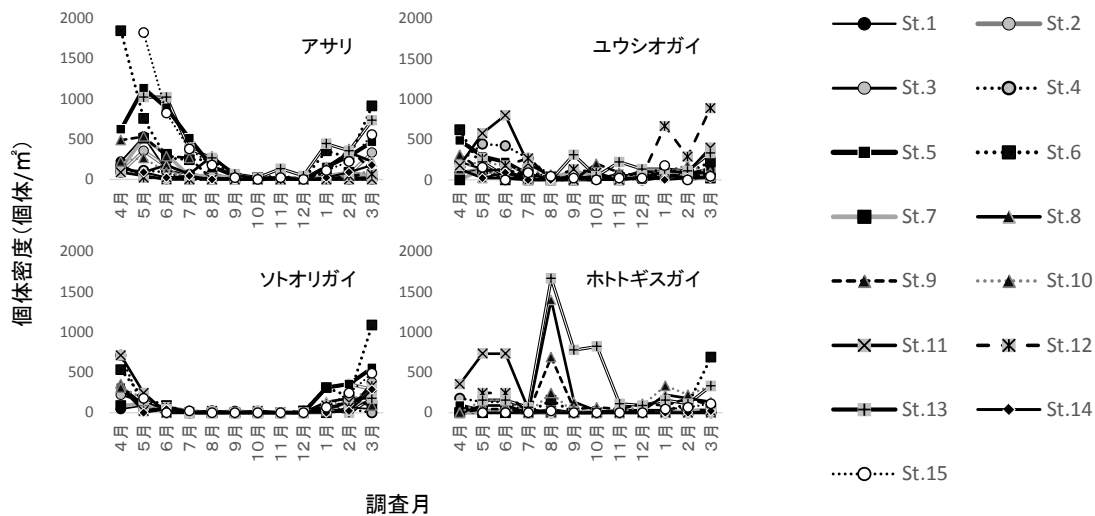


図2 稚貝密度の周年変化

#### 4. 考察

St.14 を対照としたアサリ稚貝の着底状況から、住民参加により実施している干潟人力耕耘、被覆網の設置、母貝団地の設置、大型うねの造成はいずれもアサリ稚貝を増やす効果があったと考えられる。

また、St.13 は比較的高密度なアサリ稚貝が自然に着底しており、新たな活動への展開が期待される。

一方で、どの地点でも着底した稚貝は夏～秋にかけてほとんどが死滅しており、この時期の保護対策について検討が必要である。

夏以降の稚貝消失要因としては、これまでの同干潟における調査結果および既往文献から食害<sup>1)</sup>、夏季の高温<sup>2)</sup>、波浪の可能性が高いと考えられる。

食害・波浪については、被覆網による防御効果が過去の同干潟における調査で明らかになっている<sup>3)</sup>が、被覆網で防御した場合でも一定量のアサリが夏季に死滅する。その原因として夏季日中の5時間半以上におよぶ干出による高温影響が考えられ、対応策の検討も含め、今後の継続調査が必要である。

#### 参考文献

- 1) 関根雅彦, 神野有生, 山本浩一: 山口湾周辺におけるアサリの食害状況, 瀬戸内海研究フォーラム in 山口要旨集, 29(2013)
- 2) 山本正昭: アサリ漁場の物理環境, 水産工学, 33 (3), 193-199(1997)
- 3) 角野浩二, 恵本佑, 下尾和歌子, 谷村俊史, 田中克正, 佐々木紀代美, 神田文雄, 弘中博史, 松原友紀, 下濃義弘, 元永直耕, 斉藤政幸: 榎野川河口干潟における住民参加型アサリ再生活動の被覆網管理手法の検討, 山口県環境保健センター所報, 54, 74-76(2012)

本調査は榎野川河口域・干潟自然再生協議会メンバーおよびボランティア参加者の貴重な活動の場を提供していただくことで実現した。ここに感謝の意を表します。また、様々な情報交換によりサポートして頂いたⅡ型共同研究「藻場・干潟等浅海域と陸水域における生態系機能評価と生息環境修復に関する研究」のメンバーに厚くお礼申し上げます。

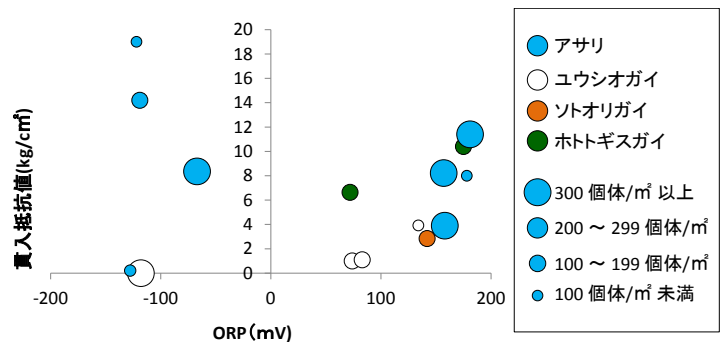


図3 各地点の優占種と底質の関係

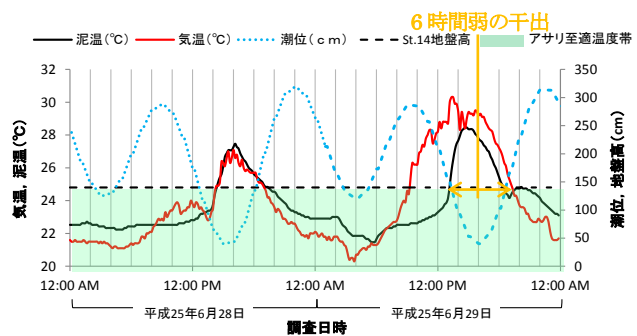


図4 夏季大潮時の干出時間と泥温（地表2cm下）

# 川崎市における多摩川河口干潟及び東扇島人工海浜での取組

○小林 弘明<sup>1</sup>・間仲 利樹<sup>1</sup>・古川 功二<sup>1</sup>・原 美由紀<sup>1</sup>・上仲 彩<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>川崎市環境総合研究所環境リスク調査課・<sup>2</sup>川崎市環境総合研究所事業推進課)

## 1. はじめに

川崎市では、「川崎市環境基本計画」を策定し、「環境を守り 自然と調和した 活気溢れる 持続可能な市民都市 かわさき」を目指している。川崎市は、北側が多摩川、東側が東京湾に接しており、丘陵部、平野部、臨海部があるなど多様な地形を有している。北側に接する多摩川は、東京湾奥部西側に位置しており、その河口には都市部における干潟が広がっている。また、東京湾臨海部基幹的広域防災拠点として国土交通省が東扇島人工海浜を整備した。この様に多様な環境を持つ、川崎市では市内河川や多摩川河口干潟、東扇島人工海浜、湧水地等で生物調査を行い、生物の分布状況を把握している。その結果は環境教育・学習の資料などに活用されている。

## 2. 位置

川崎市は、東京湾奥部西側に位置しており、東京都と横浜市の間立地に立地している。環境総合研究所は、2014年2月に多摩川を望め、眼前に干潟が表出するなど自然溢れる殿町地区に移転してきた(図1)。多摩川河口干潟(図2)は東京湾奥部に残る数少ない天然の干潟であり、水鳥の餌場、渡り鳥の中継地になっているだけでなく、汽水域という特殊な水環境であるため、様々な底生生物が生息している。

また、東扇島人工海浜(図3)は川崎市が保有する東京湾の埋立地の先端に位置している。ここは平時には、市民の憩いの場として供されている。人工海浜には砂浜、磯場があるため、潮干狩りや磯遊びができる親水の場となっている。



図1 市内地図



図2 多摩川河口干潟

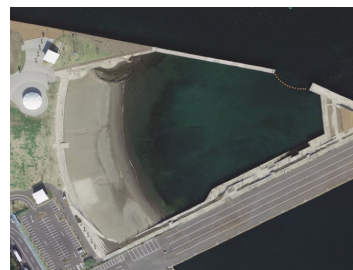


図3 東扇島人工海浜

## 3. 環境教育・学習

### 3.1 多摩川河口干潟

多摩川河口干潟では、2013年度からの試みとしてNPO法人と連携して、殿町地区の豊かな自然に囲まれた立地を利用し、多摩川河口干潟の観察会等を実施している。2014年度は、干潟の生きもの調

査と自然浄化実験を通して、干潟の生物多様性の保全の重要性及び生物の浄化作用による川や海の水質向上を学ぶことを目的とした「干潟の生きもの観察会」を年6回実施し、合計143名の参加を得ている。



図4 干潟の生きもの観察会の様子

### 3.2 東扇島人工海浜

東扇島人工海浜では、「水環境体験ツアー」の一環として観察会等を実施している。当ツアーは湧水地、河川、浄水場、水処理センター、人工海浜、東京湾を巡る体験型の環境教育・学習であり、水環境や水循環を学ぶことを目的としている。2014年度は、約50名の参加を得ている。



図5 水環境体験ツアーの様子

## 4. 環境調査

### 4.1 多摩川河口干潟

多摩川河口干潟では、生物及び底質の調査を2005年度から継続して実施しており、調査範囲は河口上流2kmの範囲である。得られた結果は、水環境保全のための基礎資料としている。

### 4.2 東扇島人工海浜

東扇島人工海浜では、2010年度から生物及び底質調査を実施しており、付着生物や魚類、二枚貝などの生息状況を確認している。これらの結果は、水環境保全のための基礎資料としている。

## 5 環境啓発資料

市民への情報発信として、多摩川河口干潟や東扇島人工海浜、市内河川での生物調査結果を利用し「水辺の生きもの（図6）」を作成している。これらは環境教育・環境学習会、環境イベント等で活用すると共に区役所等でも配布している。また、川崎市HPの「水辺地マップ（図7）」に確認されている生物を掲載する準備を進めている。



図6 水辺の生きもの

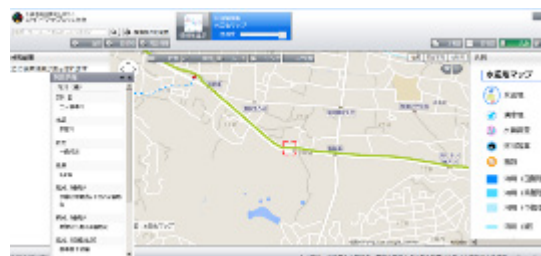


図7 水辺地マップ



# アマモ場周辺の二枚貝の分布と餌料環境の特徴

国分 秀樹（三重県水産研究所 鈴鹿水産研究室）

## 1. はじめに

アマモ場は「海のゆりかご」と呼ばれ、水産生物の餌場、産卵、稚魚の育成場となる重要な場所といわれている。近年、沿岸域の開発や埋立てにより、アマモ場は減少傾向にあり、再生へ向けた研究が全国的に進められている。しかし、アマモ場造成後の生物謂集効果についての研究例は意外に少ない。そこで本研究では、伊勢湾において、造成したアマモ場とその周辺域における二枚貝類の現存量および沈降物量の変化を把握することにより、アマモ場が二枚貝の生息環境に与える影響を検討した。

## 2. 調査方法

### 1. アマモ場周辺域の沈降物量と二枚貝の分布調査

造成より3年以上経過し、10m四方の区画内に被覆度が68%で生育している造成アマモ場 (St.1) と、被覆度72%で生育している天然アマモ場を調査区画として設置した (図1)。アマモ場周辺域の餌料環境を把握するため、アマモ場内 (0m : St.1) およびアマモ場から岸沖方向に5, 10, 20, 50m離れた砂地の海底にセディメントトラップを設置し、24時間沈降物を収集した。収集した沈降物はGF/Fにてろ過した後、沈降物量とクロロフィルa量、TOC、TNについて分析した。また併せて、同じ調査地点について二枚貝の個体数、湿重量および堆積物表層 (0~2cm) のクロロフィルa量、TOC、TNについて分析した。調査は2013年6月、11月に実施した。

### 2. アマモ場周辺域を活用したアサリ資源管理手法の実証

前述の調査結果より、アマモ場周辺域では、二枚貝の餌料条件をはじめ、生育環境が良好であることから、同海域の河口域で毎年大量に発生するアサリ稚貝を用いた放流試験を実施した。稚貝採取及び放流地点を図1に示す。平均殻長17.3mmのアサリ稚貝を約25000個採取し、アマモ場から100m以上離れた対照区 (DL-1m) とアマモ場から5mの実験区 (DL-1m) にそれぞれ500個/m<sup>2</sup>になるように放流した。その後定期的にアサリ稚貝の生残率と成長を調査した。

## 3. 結果と考察

### 1. アマモ場周辺域の沈降物量と二枚貝の分布

2013年6月の御殿場および松名瀬海域の調査におけるアマモ場内から、岸沖方向に50mの範囲内の二枚貝類の分布と全沈降物量、沈降物中のクロロフィルa量を図2に示した。両海域共に共通の傾向として、沈降物量および沈降物中のクロロフィルaはアマモ場内で最も高く、アマモ場から離れるにつれ低くなった。一方、二枚貝類はアマモ場内で最も少なかったが、5m離れたアマモ場近傍で最も多く、以降アマモ場から離れるにつれ少なくなった。この傾向は11月の調査においても同様であった。これはアマモが成育することで、波浪などの影響が抑えられることにより、周辺の堆積環境や物理的環境が安定し、沈降物量が多くなっていることが考えられた。その結果、アマモ場周辺において底質の有機物含有量も増加していることが推察された。また、それに併せて、アマモ場周辺域では二枚貝等の生育も良好であり、

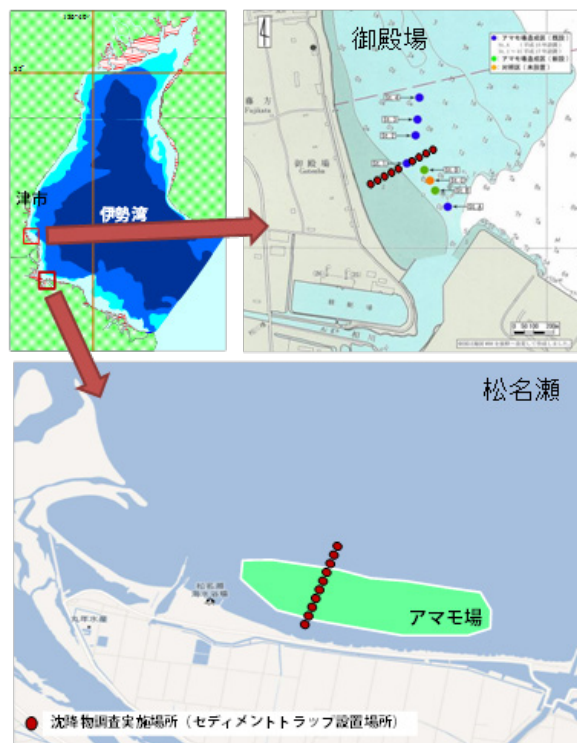


図1 アマモ場調査海域の概要

(津市御殿場および松阪市松名瀬)

沈降物と同様、アサリの定着も良好になる可能性が示唆された。一方、アマモ場内で二枚貝が少なかった原因としては、アマモ場内については、地下茎などが張り巡らされており、潜砂ができないため、餌料環境が良好にもかかわらず、二枚貝の生育に適していないことが推測された。

以上より、アマモ場周辺海域では、アマモによって物理的な影響を穏やかにすることにより、周辺の餌料環境も変化し、アマモの育成しない海底と比較して高い生物量と多様性をもつ生物生息環境が創出されることが推測された。

## 2. アマモ場周辺を活用したアサリ資源管理手法の実証

対照区および実験区に放流したアサリ稚貝の個体密度と殻長の経時変化をそれぞれ、図3に示した。アマモ場から100m以上離れた海底に放流したアサリについては、放流直後より減少し、1年後には約10%しか残存していなかった。それに対し、アマモ場直近の実験区では、放流直後と9月の台風時期に減少したものの、生残率は約62%と比較的良好な生残が確認できた。また、成長についても、対照区では、2013年12月には平均殻長が30.1mmであったのに対し、実験区では、33.2mmと優位に大きくなった。さらにここでは示していないが、肥満度についてもアマモ場直近の実験区で優位に良好な値を示した。以上の結果は、アマモ場の生育していない海底では、波浪などの影響により、散逸や死亡が起こっているため、アマモ場直近と比較し、生残率が悪くなることを示す。さらに、前述したようにアマモ場直近では餌料条件や波浪条件が良好であるため、成長にも影響を与えていることが明らかになった。

以上より、毎年大量に発生するが、成貝になる前に死亡してしまう合川河口域の稚貝を、効率的にアマモ場周辺に放流することにより、30mm以上の漁獲サイズの成貝まで成長させ、漁獲につながる実証された。

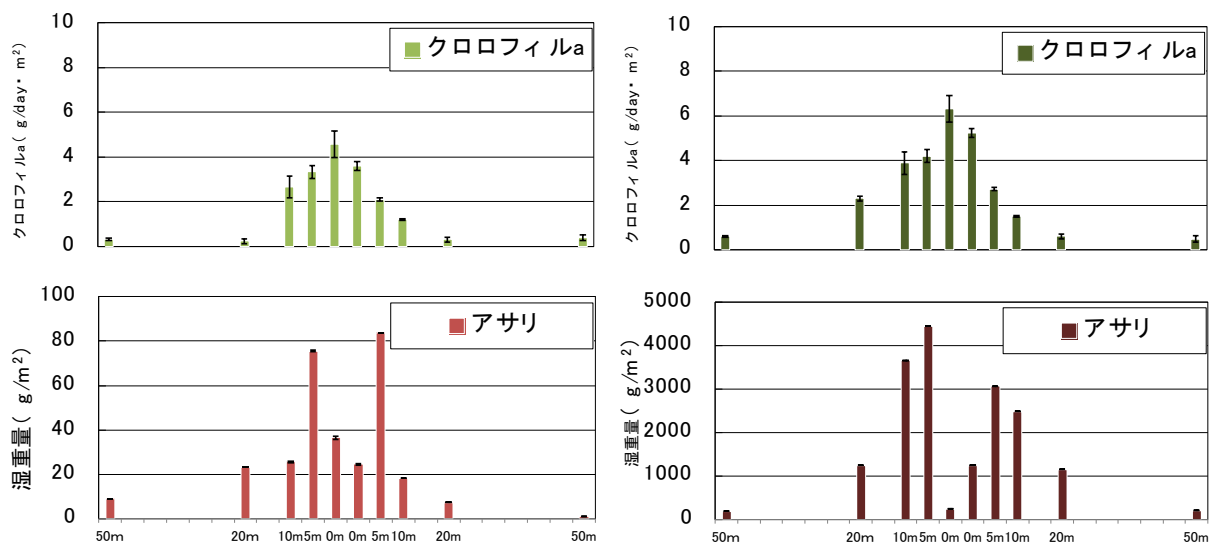


図2 アマモ場周辺の二枚貝類の湿重量と沈降物の特徴（右：御殿場，左：松名瀬）

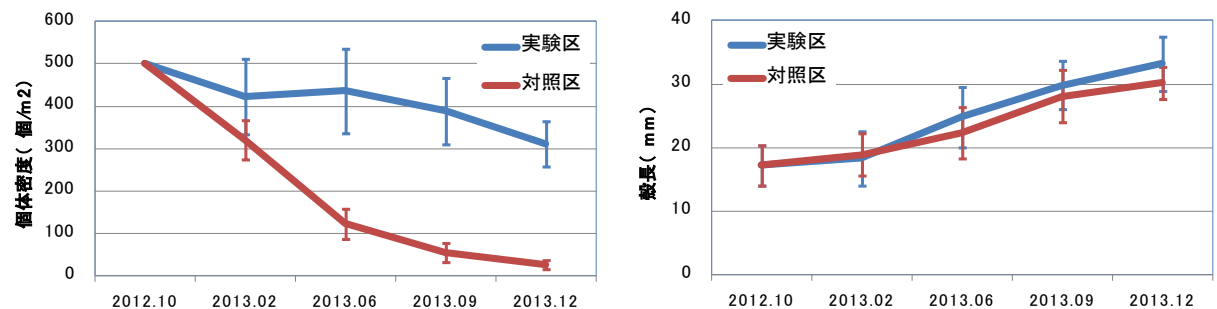


図3 御殿場アマモ場周辺のアサリ稚貝放流試験（右：個体密度変化，左：殻長変化）

# 北九州市洞海湾における水質汚濁の推移と生物相の変遷

○江藤 優子・梶原 葉子・松岡 靖史・佐藤 健司  
(北九州市環境科学研究所)

## 1. はじめに

北九州市のほぼ中央部に位置する洞海湾は全長約13km、湾幅0.5～1.3kmの細長い形をした小規模な閉鎖的内湾で、周囲には鉄鋼業をはじめとする重化学工場が数多く立地している。

かつて激甚な産業公害により水質汚濁が進み、昭和40年代前半には魚もすめない「死の海」と称されたが、規制強化や公共下水道の整備、汚泥の浚渫などさまざまな対策により水質は大きく改善し、平成元年から5年度にかけて実施した「洞海湾総合調査」では、魚類や底生動物、付着動物、海藻など多くの生物の息が確認された。

当時の洞海湾は未だ富栄養化が著しい状況であったが、平成9年の環境基準の類型指定（第IV類型）により窒素・リン濃度は大幅に低減し、水生生物の息状況の変化が推測されたことから、平成22年度から24年度にかけて付着動物調査を行い、富栄養化が解消する前後の組成変化を調査した。付着動物は一生の多くを岩や岸壁などに固着して生活するため、泳ぎ回る魚などに比べると水質の変化を反映しやすく、湾内の水質環境を知る上で重要な生物といえる。さらに、優占種の変化については水質の変化以外の影響も考えられるため、平成26年から目視による追跡調査を実施し、季節変化に伴う優占種の消長を調査した。

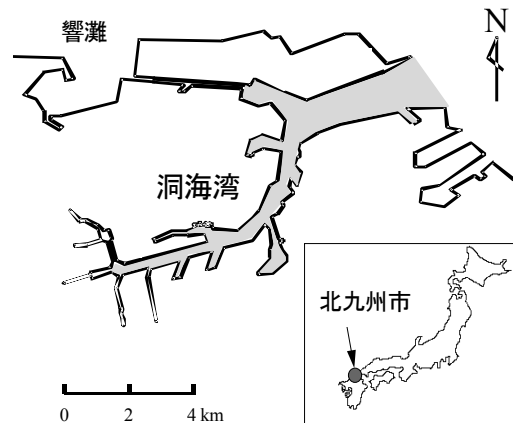


図1 北九州市洞海湾

## 2. 調査方法と結果

付着動物組成について、湾内5地点を調査地点とし、季節ごとに計4回、30cm方形区内の付着動物の同定、個体数及び湿重量の計測、並びに水質について調査を行った。

その結果、水質については、特にDO、T-N、T-Pが改善し、夏季の貧酸素状態は確認されなかった。付着動物については、湾全域の圧倒的な優占種であったムラサキガイやマガキ、コウロエンカワヒバリガイは激減したものの、出現種数は74種から118種へ増加するとともに、ホヤやコケムシ、カイメン、フジツボなど多様な生物が湾全体に分布するようになった。また、湾口を除く4地点で出現量（質重量）は1/5から1/10程度に減少した。

優占種の消長について、湾内2地点を調査地点とし、概ね月1回、30cm方形区内の付着動物の同定及び被度を調査した。その結果、マガキは春から夏にかけて成長したが、その後多くは死滅し、ムラサキガイは期間を通じて確認することが出来ず、組成調査の結果と同様衰退傾向にあることが確認された。コウロエンカワヒバリガイは8月頃から稚貝が出現した。

## 3. まとめ

かつて「死の海」と称された洞海湾は、様々な対策により水質が大きく改善し、水生生物の回復、さらには付着動物の多様化といった生物相の変遷が確認されることとなった。

平成26年の夏季は例年と異なり多雨・低気温であったことから、今後も優占種の消長調査を継続することとしたい。

付着動物組成の調査（平成22-24年度）については、三井物産環境基金の研究助成を受けて実施しました。

# 太田川市内派川の河川汽水域に形成された干潟の特徴

後田 俊直（広島県立総合技術研究所保健環境センター）

## 1. はじめに

広島県の西部に位置する一級河川太田川は、下流デルタ域で太田川放水路と 5 つの市内派川(旧太田川)に分派し、広島湾に注いでいる(図 1)。太田川の河口域は、瀬戸内海特有の大きな干満差の影響を受け、潮位変動に伴い海水が遡上する感潮河川となっており、河岸沿いには干潟が広がっている。広島湾では干拓・埋立てにより干潟の大部分が消失した現在、まとまった干潟がみられるのはほとんどが太田川河口干潟となっており、水質浄化、水産資源育成、生物多様性等の機能を有する場として貴重な干潟となっている。一方、平成 15 年には国、県、市が「水の都ひろしま」構想を策定し、市民が水に親しむことができる水辺空間づくりが進められており、河川底質の改善や生物生息環境の保全が望まれている。本研究では、太田川市内派川のうち広島県管理区間である京橋川を対象とした干潟の物理・化学的環境や有機物浄化能(微生物活性)について実態調査を行い、汽水域区間に形成された干潟の特徴を把握したので報告する。

## 2. 調査方法

### (1)太田川の概要と調査地点

太田川は、放水路と市内派川の分派点にある 2 つの水門により淡水の流入が操作されており、平水時には河川水の約 9 割が市内 5 派川に流れ、出水時には放水路に流される。このため放水路と市内派川の干潟の特徴は異なり、放水路は砂質の良好な干潟が形成されているのに対して市内派川では有機泥の堆積や底泥の黒色化が顕在化している。本調査で対象とした京橋川は広島市街地を流れる都市河川であり、上流では自然護岸のアシ原、中～下流では泥干潟となるなど上流から下流にかけて多種多様な干潟が形成されている。このため干潟の特徴の違いが把握できるように上流(京橋川分岐点)～下流(河口)までの 6 地点を調査地点として選定した。

### (2)調査方法

調査は、2013 年 7～8 月の大潮の干潮時に現地測定(酸化還元電位、泥温等)及びサンプリングを行った。物理・化学的項目(粒度分布, IL, AVS, TOC, TN, TP 等)の測定には表層 5cm を採泥し(n=3)、底質調査方法及び JIS に従い分析を行った。有機物浄化能の指標としての底泥酸素消費速度(SOD)は、柱状コアを採取し、底質調査方法に従った室内試験法で測定した。直上水には、塩分変動を考慮し、河川水、海水及びこれらの混合水を用い、25℃暗条件で行った。

## 3. 結果と考察

### (1)干潟の物理化学的特徴

干潟の粒度組成を図 2 に示す。上流域では泥分(粘土・シルト分)の低い砂質干潟であったが、下流に向かうほど泥分は増加し砂泥質の干潟となった。特に St.2 で泥分率は最大となり 60%を超える泥質の干潟であった。砂質の上流域では底質は好氣的(ORP : 300～400mV)であったが、下流で ORP は低下し、泥干潟の St.2 ではマイナス値を示し還元的となっていた。TOC, TN 及び TP も上流で低く、St.2 で極大となった。図 3 に示すようにこれらと泥分率は高い相関を示し(それぞれ  $r=0.97, 0.90$

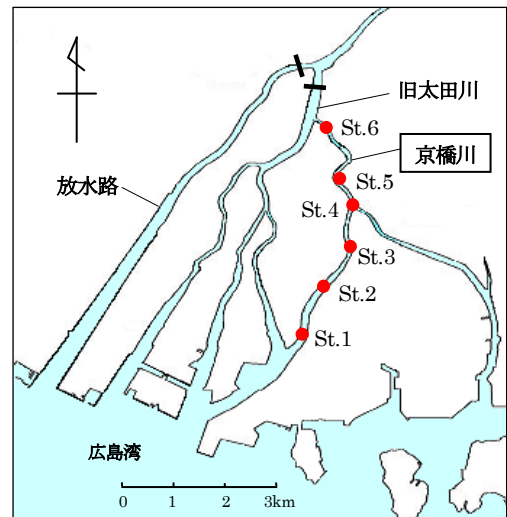


図 1 太田川のデルタ河川と調査地点

及び0.87(n=18))、有機物及び栄養塩類は泥分に由来していた。河川汽水域では、陸域から流入した物質が凝集・沈降し干潟に堆積するとともに海水の遡上により海域起源の浮遊泥も輸送される。これらの堆積は、海水の遡上形態、出水時の影響等種々の要因が絡んでいると考えられるが、京橋川では中～下流域(St.2 付近)が堆積しやすい流況であり、集積域となっているものと考えられた。

## (2) 干潟の有機物浄化能

河口部(St.1)と最上流部(St.6)について河川水と海水の混合割合を変えて SOD を測定した結果を図 4 に示す。河口部では塩分濃度が高いほど SOD は高く、最上流部では混合水で高くなった。この結果は、微生物の活性が塩分の影響を受けており、干潟が曝される塩分濃度の違いを反映しているものと考えられた。各地点において直上水を河川水、混合水(1:1)、海水の 3 通りで試験を行ったところ、SOD は St.1～4 は海水、St.5, 6 は混合水の場合が最大となり、その値は 0.70～0.96 g/m<sup>2</sup>/day であった。この値は過去に調査を行った広島湾内の 19 干潟の結果(平均値 1.4±0.8g/m<sup>2</sup>/day, 試験温度 20℃)と比較して低い値であった。河川汽水域では塩分をはじめとした環境条件が時々刻々と変動し、生物にとっては苛酷な環境といえる。このため河口干潟では環境変動の小さい湾内の干潟と比べて微生物の活性が低いものと考えられた。

## 4. まとめ

京橋川における干潟は、上流では良好な砂質干潟であるが下流にかけて砂泥質へと変化し、特に中～下流域で泥分や有機物及び栄養塩類の著しく蓄積した集積域が存在した。干潟の有機物浄化能は塩分変動の影響を受けており、広島湾内の他の干潟と比較して低い値であった。河口干潟は陸域から流入する負荷を最初に受け止め浄化する場として重要であり、堆積した有機泥の浄化・改善及び自然浄化能力の向上が課題である。

## 謝辞

本研究の一部は、国環研と地環研とのⅡ型共同研究「藻場・干潟等浅海域と陸水域の生態系機能評価と生息環境修復に関する研究」における情報・意見交換を介して実施された。関係各位のご協力に謝意を表す。

## 参考文献

- 1) 太田川放水路河口干潟における生態工学研究-太田川生態工学研究会報告書-。平成 25 年 3 月。太田川生態工学研究会
- 2) 清木徹・伊達悦二・今村賢太郎：県内干潟の特性と水質浄化能について。広島県保健環境センター研究報告,9,13-25(2001)。

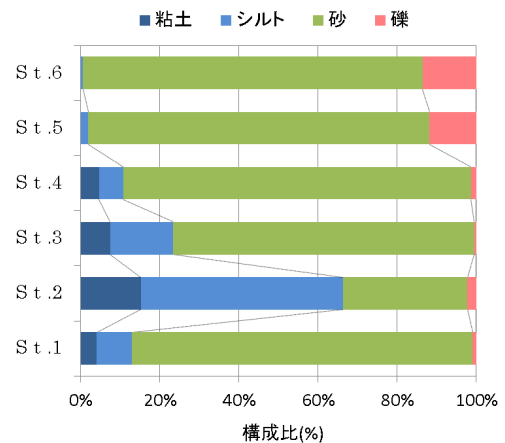


図 2 干潟土壌の粒度組成

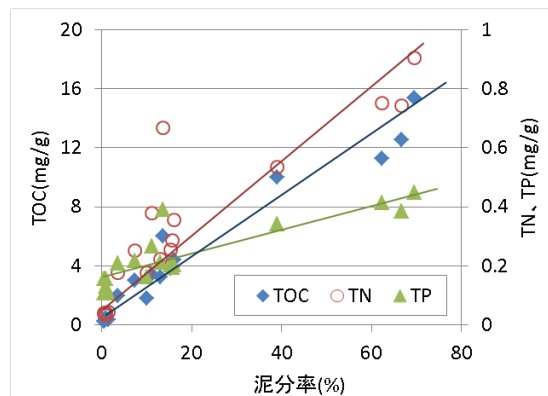


図 3 泥分と TOC, TN 及び TP の関係

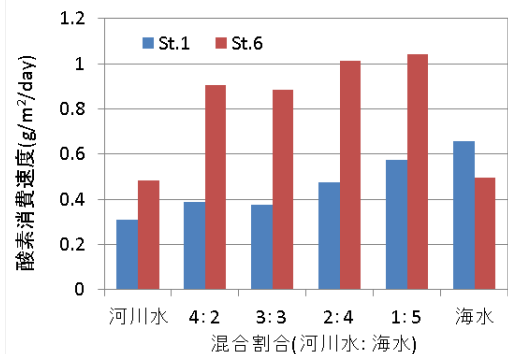


図 4 St.1 及び St.6 の酸素消費速度

# 生物多様性から湖沼生態系の健全性を評価する

高村 典子

(国立環境研究所 生物・生態系環境研究センター)

## 1. 湖沼環境の保全：水質保全から生態系保全へ

水は生命の維持に不可欠な資源である。国土交通省のデータによると日本では毎年 809 億トンの水を使用している。その 89%は湖沼を含む河川から供給されている。20 世紀後半の約 50 年の間には、洪水の調節や水の供給に応じるため、堤高が 15m以上のダムが 2800 基建設された。これらダム湖の全貯水量を積算しても、せいぜい 238 億トンである。一方、日本には表面積が 1ha 以上の自然湖沼が 478 あり、これらの総容積を積算すると約 900 億トンになる。この水資源を有効に活用するため、多くの湖沼では、コンクリート護岸化や水位調節がなされ、自然湖沼の多くは半貯水池的な運用がなされている。アジアモンスーン気候では、多くの湿生植物が芽生える春は低水位になるため、灌漑用水確保のため春に高水位を保つ水位調節や護岸化は、沿岸植生を劣化させ、そこを生活の場とする多様な生物相の劣化を引き起こした。さらに、高度成長の時代、流域からの栄養塩負荷の増加により我が国の湖沼の水質悪化は一気に加速された。特に沿岸帯や砂浜が発達するような多くの潟湖の生態系は、主に、底泥からのリンの内部負荷により駆動される、人間社会には好ましくないアオコが大発生するような別の安定系にシフトしてしまったと考えられる。

我が国の湖沼環境の保全行政は、1970 年に水質汚濁防止法が定められて以降、水質の環境基準値が設けられ、1982 年にリン・窒素の基準値策定、1984 年に湖沼水質保全特別措置法制定、2005 年同法の改正と、基本的に現在もほぼ、水質の保全を基本として実施されている。また、過度な水利用のため、水のない「河川」なども、あちこちで散見される。こうした傾向は、日本に限られるものではない。90 年代後半になると、「淡水資源」は、我々人間が使うためだけでなく、生態系そのものを「健全に」維持するためにも、また多くの動植物の生息・生育のためにも一定の水量を確保すべきである。あるいは、「健全に」維持される生態系からこそ我々の社会は経済的にも価値がある恩恵を受け続けることが可能である。だから、生態系が健全に維持されるように保全することが必要である、といった考え方が広がっていく。

## 2. 「健全な生態系 (healthy ecosystem)」

「健全な生態系 (healthy ecosystem)」や「生態系の健全性 (ecosystem health)」という用語は 88 年～92 年に定義された<sup>1)</sup>。それによると「健全な生態系」とは、持続的なもの、言い換えれば、外圧に抗して長期的に生態系の構造と機能を維持する能力があることで、システム (生態系) の疲弊がなく、システムの「活力」「組織 (機構)」「レジリエンス (回復力)」の 3 つが備わっていることと定義された。当初は、生態系を「健康」の概念に模倣することに大きな抵抗感が示された。なぜなら、生態系は、おのこの構成要素の関係で成り立っている系であり、一体的な関係で成り立つ人体の「健康」という概念とは無関係であるからである。しかし、そうした本質的な違いを踏まえた上で、劣化した生態系の現状やそれらを適切に管理することの重要性をわかりやすく表現することができるという点で役に立つ<sup>2)</sup>と考えられ、広く使われるようになっていく。生態系の劣化が特に著しい淡水生態学の分野では、2003 年にはアメリカ生態学会が「Sustaining healthy freshwater ecosystems」といった委員会を組むなど、しだいに定着してきた。

では、具体的に、目の前の湖沼が「健全な湖沼生態系」を維持しているのかどうかについて、何を基準にして、どんな手法で評価すればいいのだろうか。また、どのようなモニタリングをすればいいのだろうか。Constanza and Mageau (1999) から引用した「生態系の健全性」の要素 (指標) とその評価方法を表 1 に示す。生態系の評価という点で表 1 をみると、どの指標や測定項目も、研究レベ

ルのものも多く、実用という点からは、およそほど遠いように思える。

表1 「生態系の健全性」の要素（指標）とその評価方法<sup>3)</sup> (Constanza and Mageau 1999 を改変)

要素（指標）	関係する概念	関係する測定項目	基盤分野	評価方法
Vigor 活力	Function（機能） Productivity（生産力） Throughput（処理能力）	GPP, NPP GNP Metabolism	生態学 経済学 生物学	測定
Organization 組織	Structure （構造） Biodiversity （生物多様性）	Diversity index （構成要素間の関係数） Average mutual information (Ulanowicz 1986) Predictability (Turner et al. 1989)	生態学	ネットワ ーク解析
Resilience レジリエンス 回復力		Population recovery time (Pimm 1984) Disturbance absorption capacity (Holling 1987)	生態学	シミュレ ーショ ン・モデ リング

### 3. 「生物多様性」は「健全な生態系」を評価する有効な指標

1992年地球サミットで生物多様性条約が提起されて以降、生物多様性に係る研究は大きく進展している。生物多様性と生態系機能の関係の研究や、生物多様性と生態系の安定性や抵抗性・回復力の関係の研究から、概ねこれらには正の関係があるとの研究結果が多く報告されるようになっている。こうした知見は、「生物多様性」を測ることで「活力」や「レジリエンス（回復力）」がある程度、推定できる、代替えできることを意味する（「活力」は、生態系機能のことである。）。「組織（機構）」という点では、生物以外の生態系の構成要素、例えば、地形的、地質的、水文的な要素（物理的、化学的、要因とも言える）についても評価する必要があると思われるが、生物相は、こうした要素の変化にも敏感に反応して影響を受け変化する。そのため、生物多様性は、生態系の健全性を評価するひとつの重要な指標と考えられる。

「湖沼生態系の生物多様性を評価する」は、「その地域の湖沼とその周辺水域に、本来、生息・生育していた生き物が、いるかどうかを調べる」と言い換えることができる。「本来」とは、人間活動の負の影響が、まだ、それほど深刻でなかった戦後まもなくの頃に存在していた生き物の種が、まだ多く残っているかどうか、また、その当時いなかった外来種が侵入していないかどうか、を評価するというように考えることができる。湖沼の生き物は多種多様であり、未だ、種の同定が困難な生物グループも多い。そのため、我々は、親しみやすい、わかりやすい、扱いやすい、調査しやすい、標本が残せる、過去の生物相データが存在するなど、いくつかの点から「純淡水魚」と「水生植物」を生物多様性の指標として用い、約20地方環境研究所等機関の参加を得て、湖沼生態系の生物多様性評価を試みた。（地環研II型平成24-26年度「湖沼の生物多様性・生態系評価のための情報ネットワーク構築」）。結果については本セッションの最後に松崎から報告する。

#### 参考文献

- 1) Rapport,DJ,Constanza,R,McMichael,AJ 1998. Assessing ecosystem health. Trends in Ecology & Evolution, 13, 397-402.
- 2) 鷺谷いづみ 2001.生態系を蘇らせる. NHK ブックス
- 3) Constanza,R,Mageau,M. 1999. What is a healthy ecosystem? Aquatic Ecology,33,105-115.

# 鳥取県の湖沼における水生植物モニタリングの実践及び生物多様性評価

○森 明寛<sup>1</sup>・初田 亜希子<sup>2</sup>・岡本 将揮<sup>1</sup>・前田 晃宏<sup>1</sup>・九鬼 貴弘<sup>1</sup>  
(<sup>1</sup>鳥取県生活環境部衛生環境研究所・<sup>2</sup>鳥取県生活環境部水・大気環境課)

## 1. はじめに

生物多様性の損失は深刻な問題であり、現在においても解決しなければならない大きな課題である。これまで全国の湖沼では、公共水域としての定期的な水質モニタリングは行われてきたが、統一的な生物モニタリングは殆どなく、湖沼の生物多様性に関して広域的な評価が行われてこなかった。そのため、本共同研究では、湖沼の生物多様性の広域評価に向けて、指標性の高い水生植物と魚介類に注目し、モニタリングの共通手法及び指標を検討し、モニタリングの実践及び多様性評価に取り組んできた。ここでは、鳥取県の主な湖沼に生育する水生植物を対象に、文献調査及び現地モニタリングを行い、それらから検討指標による評価を行った結果を報告する。

## 2. 方法

鳥取県内の主要な湖沼（多鯰ヶ池、湖山池、東郷池）を対象に、2013～14年に沈水植物及び浮葉植物の採取及び同定を行った。採取は船上からロープ付きの採取用熊手を5回投げ出し、種類毎に採れた回数を記録した。採取された水草は同定<sup>1)</sup>した後、乾燥標本を作製した。

これらのモニタリング結果を含めて、浮葉植物と沈水植物それぞれについて、生物多様性の状況として、現在の種数（指標1）、多様性の減少率（指標2）及び希少性（指標3）について評価を行った。各湖沼の水生植物の変遷については、既存の文献や報告書等に記載<sup>2)</sup>された種を取り上げ、1999年以前に存在していた種を過去の生育種とし、2000年以降に存在する種を現在の生育種として扱った。希少性に関しては、第4次レッドリスト<sup>3)</sup>の分類に基づいて重み付けした指標値を算出した。

## 3. 結果

2013～14年にかけて行った調査では、多鯰ヶ池では北東部の入江を中心に、クロモ、マツモ、ハゴロモモ、スイレン、ヒシ、ホソバミズヒキモの生育を確認した。東郷池では北側の浅瀬を中心にマツモ、エビモ、ホザキノフサモ、クロモ、セキシヨウモ、ヤナギモ、オオカナダモ、コカナダモの生育を確認した。一方、湖山池では沈水植物及び浮葉植物は確認できなかった。

また、文献調査の結果から、多鯰ヶ池、湖山池、東郷池では、2000年以降に生育記録のあった浮葉植物及び沈水植物は0～6種と少なく、1999年以前と比べて多様性が大きく減少（44～100%）していることが明らかとなった（表1）。

また、2000年以降の生育種の内、レッドリストに記載の希少種は、湖山池のイヌタヌキモのみであった。しかし、本種は2013～14年の調査では確認できず、現時点での希少性は皆無であると考えられる。

表1 鳥取県の湖沼の水生植物の多様性の現状と変化

		指標1	指標2	指標3
		現在の種数	減少率	希少性
多鯰ヶ池	浮葉	2	100%*	0
	沈水	2	—	0
湖山池	浮葉	6	44%*	1
	沈水	3	77%	0
東郷池	浮葉	0	100%	0
	沈水	6	45%	0

(※) 指標1は外来種を除いた種数。また、新たに見つかった種は、在来または国内移入種の判断ができないため、指標2の計算からは除外。



#### 4. 今後の課題

鳥取県内の湖沼では、水生植物の多様性は減少が進んでおり、早急に多様性の減少を食い止め、回復に向けた取り組みが必要である。そのためには、減少に至った駆動因を明らかにし、それらを排除する努力が重要となる。例えば、外来種の定着もそのひとつであると考えられる。今回の現地調査では、数種の外来種が確認されている。特に多鯰ヶ池では、湖岸沿いにスイレンが広がり、その沖合には水深 3.5m までの浅瀬に要注意外来生物に指定されているハゴロモモが高密度に繁茂し、そのエリアにおいて在来植生は殆ど確認できなかった。スイレン、ハゴロモモは繁殖力が強く、在来の水生植物との競合が問題となっており、このまま放置していれば周辺の在来植生が更に衰退する可能性も考えられる。

一方、多様性の回復を目指した取り組みも重要となる。衰退した在来植生を再生させる手法として、湖底に眠った土壌シードバンクの活用<sup>4)</sup>も有効である。現在、土壌シードバンクの発芽試験からセキショウモ等の再生に成功している。現在、これらを湖内に定着させる野外試験に着手し始めたところであり、引き続き取り組みを続けることとしている。

さいごに、湖沼の生物多様性を保全していく上で、統一手法によって長期的な生物モニタリングを行い、広域評価を継続できるかが課題となる。そのためには、地域の各湖沼において長期的な生物モニタリングの継続が不可欠であり、地方環境研究所等の役割は大きいと考える。

#### 参考文献

- 1) 角野康郎：日本水草図鑑。文一総合出版(1994)
- 2) Jun Nishihiro, Munemitsu Akasaka, Mifuyu Ogawa and Noriko Takamura : Aquatic vascular plants in Japanese lakes. *Ecol. Res.*, 29, 369(2014)
- 3) 環境省自然環境局 生物多様性センター：生物多様性情報システム / 絶滅危惧種情報,  
[http://www.biodic.go.jp/rdb/rdb\\_f.html](http://www.biodic.go.jp/rdb/rdb_f.html)
- 4) Jun Nishihiro and Izumi Washitani : Restoration of Lakeshore Vegetation Using Sediment Seed Banks; *Studies and Practices in Lake Kasumigaura, Japan. Global Environ. Res.*, 11,171-177 (2007)

# 三方五湖における生物多様性の現状と保全活用

松村 俊幸 (福井県海浜自然センター)

## 1. はじめに

平成3(1991)年、まだ海浜自然センターが設立されていない頃、白山山系の麓にある「福井県自然保護センター」に勤務していた私は、第4回自然環境保全基礎調査(湖沼調査)を担当し、三方五湖の湖岸の改変状況や魚類の文献および聞き取り調査を行った。この時初めて出会ったある漁業者の言葉は、今も忘れられない。「夏になると鱒川(はずがわ)の橋の上から、川を遡上するハスが見れるんやけど、最近はおろ少のうなった。その内、えんようになるかもしれん。」その言葉に衝撃を受けた私は「せめて標本だけでも残しておきたいので、獲れたら連絡をくださいませんか。」とお願いした。2年後、2個体のハスが届けられ、早速、展示用としてアクリル封入で保存された。しかしその標本は、三方五湖から遠く離れた「福井県自然保護センター」では展示の機会すらなく、地下の収蔵庫で10数年間眠っていた。この標本が脚光を浴びたのは、平成17(2005)年11月、三方五湖が魚類の多様性を育む湿地として、ラムサール条約湿地に登録されてからだ。登録を契機に、福井県はこれまでにない規模で、三方五湖の魚類調査を実施した。それまでの調査は、漁業者が捕獲した魚類を研究者が譲り受け、それを記録として残していく方法が主であった。しかしこの時の調査は、湖内5地点に、1回/月×12ヶ月の頻度で袋網を設置、流入河川の12地点でも、5月から10月にかけて1回/月の頻度で、電気ショッカー、さで網、投網を使用して調査し、捕獲された魚種と個体数を記録するという規模であった。しかし、そんな大規模の調査であっても、平成3年に少なくなったと指摘されていたハスは採集されなかった。漁業者の危惧のとおり、三方五湖からハスは人知れず消えていた…。魚類調査結果の公表に使われた、条約登録のシンボル種ハスの写真は、平成5(1993)年に私が漁業者から譲り受けて作成したアクリル封入標本の写真だった。当時の新聞記事の報道は、「決め手はまぼろし」と皮肉った。確かに人知れず、ハスは湖から消えてしまっていたのだ。県内の九頭竜川水系のダム湖や北潟湖では、琵琶湖からの移入ハスが生息している。他の水域で生きることができるハスが、三方湖ではほぼ消滅した。平成のはじめ頃の三方五湖の環境は、かなり悪かったのかもしれない。

さて当時、ハスが見られなくなりつつあることを知った私は、三方五湖の生物多様性の窮状を、いろんな人に話した。しかし当時は、生物多様性という言葉でさえ、まだ使われていなかった時代。水質悪化対策のみが、湖の自然環境保全上の関心事でしかなかった。自然保護の波は何も起こらなかった。そして、ようやくハスが注目されたのは、ほぼ十年後、三方五湖がラムサール条約湿地に登録されてからだった。残念ながら時代が追いつくのは遅すぎた。日本列島が大陸と陸続きであった時代から、この地に生き続けてきたハスは、我々が三方五湖の生態系に与えた改変を生き抜くことはできなかった。ハスが置かれた状況はかなり厳しいが、この文が後の時代に訂正されることを願いつつ、続けたい。

## 2. 三方五湖の生物多様性の現状

### (1) 魚類

海水の日向湖を除く4つの湖が、異なる塩分濃度を保ち、最奥の三方湖がほぼ淡水であることなどが要因となり、三方五湖の多様な魚類相は残存してきた。これまでに記録された魚類は65種、種数だけなら県内のもう一つの湖、北潟湖とほとんど差がないが、この内34%が在来の純淡水魚で、北潟湖のそれが23%であることと比較すると多い。また、三方五湖の魚類の中には、固有な遺伝子を持つとされるハス、イチモンジタナゴ、タモロコ、フナ類などが含まれており、回遊魚が移動しながら子孫を残すことができる水系の連結に加え、淡水湖も残されてきたことが固有性を残存させたのだろう。

### (2) 両生類

三方五湖の周辺は、ナゴヤダルマガエルの日本海側の最大の生息地である。本種の日本海側の分布

域は、福井県の若狭湾沿岸部の美浜町と旧三方町、小浜市に限定されており、その分布の特異性には何らかの理由があると推察されるが、まだ明らかになっていない。現在の生息地を見る限り、ダルマガエルは低湿地に多く、湖の存在によって、彼らの生息環境が維持されてきた可能性がある。

さらに三方五湖周辺には、絶滅危惧ⅠA類のアベサンショウウオも生息している。この地域の個体群は、福井県越前市から越前町に生息する国内最大個体群と、京都・兵庫の個体群をつなぐ貴重な存在である。分布図を見ると、かつて連続していたアベサンショウウオの分布域が、地殻変動により若狭地方ではそのほとんどが海底に沈み込んでしまったしまったが、わずかに残ったのが、三方五湖周辺のようにも見える。両生類の分布の特異性でも、三方五湖とその周辺はホットスポットである。

### (3) 鳥類

かつて三方五湖は、中部地方では数少ない、越冬にやってくる海ワシ類が確実に見られる場所として、全国的に名が知れた探鳥地であった。今から約30数年前のある冬の朝、民宿の朝飯前に湖岸を探鳥していた私の眼には、上空高く飛翔する3羽のオジロワシの姿が飛び込んできた。それほど、手軽に海ワシを見ることができたウォッチングポイント、それが三方五湖だったのだ。当時は、まだ組織的に飛来個体数を調査する体制などなく、正確な生息数は予測の範囲を出ないが、5~6羽程度越冬していたのではないかと推察している。では、現在はどうか、オオワシは2010年以降記録がなく、オジロワシが1~2羽、約1ヶ月半程度確認されるだけになってしまった。琵琶湖では、今でもオオワシが越冬していることから、決して海ワシ類が、本州中部にまで渡らなくなったわけではない。彼らの主要な餌種である魚類相の衰退が、彼らの採餌環境を悪化させ、定着できる個体数の減少に繋がっているのではないかと推察される。

### (4) 釣り人の視点から見た魚類相

海浜自然センターでは、外来魚駆除活動の普及啓発のために、三方湖で釣りイベントを開催している。参加者は約30人、しかしその釣果は、2013年がフナ1尾とスズキ2尾、2014年がオイカワ2尾とヌマチチブ1尾という寂しいものである。一方、三方湖は1m級の大鯉が釣れるフィッシングポイントとして全国的に知られ、毎年、多くのマニアが泊まり込みで大鯉を狙う。ところがこれらのことを総合すると、大きな魚はまだ釣れるが、小さな魚は釣れないという湖内の魚類の再生産に異変があることに気付く。かつては、釣り糸を垂れば、すぐに適当なサイズのフナやコイが釣れたと聞く。しかし、2014年に湖内で袋網をしかけて調査した結果でも、コイは全く捕れず、捕獲数が3桁に達したのは回遊魚のウキゴリと周縁魚のスズキだけで、純淡水魚は、ブルーギルの46尾が最高という結果であった。また、Ⅱ型共同研究で解析した湖内の純淡水魚の減少率は44%にも達した。

## 3. 三方五湖自然再生協議会

平成23(2011)年、ようやく多様な主体が三方五湖の自然再生を話し合う基盤となる三方五湖自然再生協議会が設立された。現在、6つの部会(護岸再生、外来生物、湖と田んぼのつながり再生、環境教育、環境に優しい農法、シジミのなごさ)に分かれてそれぞれの目標に向かって活動を行っている。この中の湖と田んぼのつながり再生部会は、かつて湖周辺の水田にフナなどが遡上して産卵していたつながりを再生し、純淡水魚類の健全な再生産サイクルを呼び戻そうとするものである。具体的には、水田魚道の設置や、産卵期の水路にシュロを沈め、フナやコイが産卵した後にそれらを協力水田まで搬送し、孵化と稚魚の育成を行うといった活動である。本年度は、5箇所(5箇所)の育成水田において、約7千尾の稚魚が湖に帰って行った。この活動は、今年でほぼ6年目を迎えるが、平成26(2014)年度の湖内調査実績によると、残念ながらその効果が表れているとは言い難い。

今回、湖沼共同研究によって、明らかになった三方湖内の淡水魚類相の衰退は、より一層悪化の方向に向かっているように思う。その現実を常に認識し、一方で自然再生の取組みの効果を検証する上でも、一定の規模で魚類調査を継続していくというモニタリング調査の重要性は明らかである。

さらに、三方五湖自然再生協議会の活動の中心は、生業に深く関与している生物多様性の保全に傾いており、先に述べた両生類や鳥類の多様性の保全については、これからの課題である。

# 山中湖における水生植物モニタリングについて

○長谷川 裕弥・吉澤 一家  
(山梨県衛生環境研究所)

## 1. はじめに

山中湖は富士山北麓に位置しており(北緯 35°25', 東経 138°52'), 2013 年に「富士山—信仰の対象と芸術の源泉」の一部として世界文化遺産に登録された湖沼である。また、標高 980.5m に位置している高山湖沼のひとつであり、富士五湖の中で最大の面積(6.5km<sup>2</sup>)を有している。山中湖の北東エリアには水流の穏やかな平野ワンドが存在し水生植物の多い水域として知られている。

近年、山中湖においては水質環境の悪化によるアオコの発生や外来生物の侵入等により生物多様性の変化が懸念されている。山梨県では、公共用水域調査及び富士五湖補足調査において山中湖の湖心、平野ワンドにおける水質を毎月調査しているが、水生植物や底生動物、魚類等の生物調査はほとんど行っていない。しかし、生物の中でも水生植物については、延原ら(1971)<sup>1)</sup>、早川(1986)<sup>2)</sup>、吉澤ら(2005)<sup>3)</sup>、芹澤ら(2014)<sup>4)</sup>等によって比較的頻繁に調査されている。本調査では、2014 年夏期に山中湖平野ワンドにおける水生植物の水平分布調査を実施したので報告する。

## 2. 調査地点と調査方法

図 1 に示す平野ワンドにおいて、2014年8月20、21日に8観測線・30地点で水生植物調査を実施した。水生植物は自作の採取罫(直径約30cm)を用いて採取した。各観測線の水深1mの位置から罫を湖岸線と平行になるように3回投げ、巻き取られた水生植物を採取した。図 1 の観測線に沿って移動しながら、水深1mごとに水生植物が採取できなくなるまでこの作業を行った。また、水生植物が最も湖面を覆いつくしていた観測線6の水深1mで被度が100%であったと仮定し、水生植物の湿重量から各調査地点の被度を算出した。さらに、各水深で採取した水生植物量を Braun-Blanquet の優占度階級に準ずるよう に+, 1, 2, 3, 4, 5の6段階で評価した。ただし、被度が1%以下の地点では採取したものをすべて+で示した。地点9では、セッキー板を用いて透明度を測定した。

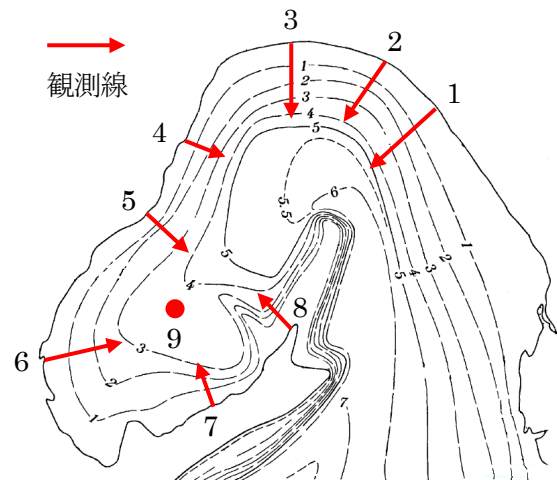


図 1 調査地点 (平野ワンド)

## 3. 結論

平野ワンドにおける水深別の水生植物調査の結果を表 1 に示し、水平分布図を図 2 に示す。被度が 100%であると仮定した観測線 6 の水深 1m の全水生植物の湿重量は 8200g であった。地点 9 の透明度は全透(3.5m)であった。今回の調査において確認された水生植物は 10 種であった(沈水植物 8 種, 浮葉植物 1 種, 車軸藻類 1 種)。平野ワンドではホザキノ

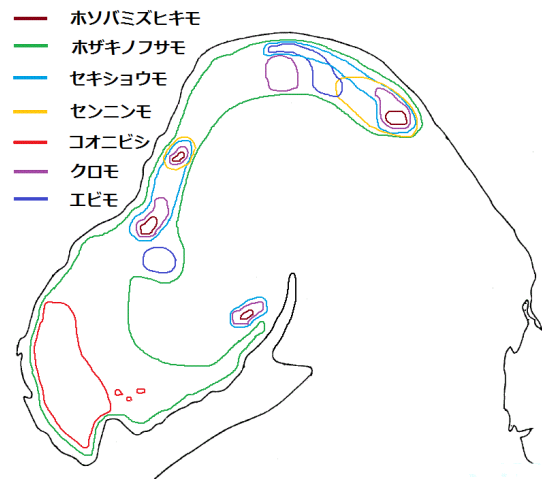


図 2 水生植物の水平分布

表 1 水生植物調査の結果

観測線	1					2				3				4			
	1m	2m	3m	4m	5m	1m	2m	3m	4m	1m	2m	3m	4m	1m	2m	3m	4m
水深	1m	2m	3m	4m	5m	1m	2m	3m	4m	1m	2m	3m	4m	1m	2m	3m	4m
被度 (%)	4	12	58	<1	<1	8	18	19	<1	18	3	<1	<1	<1	7	14	<1
ホザキノフサモ	3	5	5		+	5	5	5		5	5	+	+	+	5	5	+
セキショウモ	4	+	+	+	+	1	+			+					+	+	
クロモ	2	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
センニンモ	+	+	+		+	2	+	+						+			
ホソバミズヒキモ	1	+		+	+	+				+				+	+	+	
エビモ						+	+	+		+							
オオササエビモ										+							
コカナダモ														+	+		
シャジクモ類		+															
コオニビシ																	

観測線	5			6			7			8				9
	1m	2m	3m	1m	2m	3m	1m	2m	3m	1m	2m	3m	4m	3.5m
水深	1m	2m	3m	1m	2m	3m	1m	2m	3m	1m	2m	3m	4m	3.5m
被度 (%)	2	31	32	100	29	40	2	30	34	2	-	<1	<1	1
ホザキノフサモ	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5		+	+	5
セキショウモ	+	+		+			+			2		+		
クロモ	+	+			+		+	+		+		+	+	
センニンモ														
ホソバミズヒキモ		+								+				
エビモ			+							+				
コオニビシ				3										

フサモが優占種であり、全 30 調査地点の中 28 地点で確認された。特に、ワンドの入り江奥(観測線 4～7)ではホザキノフサモが大群落を形成しており、水深 2～3m で被度が 30%を越えた。また、入り江の最も奥まった水域で浮葉植物のコオニビシが確認された(図 2)。1969 年<sup>1)</sup>、2000 年<sup>3)</sup> の調査においても同じ水域でヒシ科の群落が確認されている。また、水深 2m より深い水域では、これらのヒシがほとんど確認されていないことから波浪の影響以外にも分布範囲を決める要因があると考えられた。一方でセキショウモ、クロモ、センニンモは観測線 1～3 の水深 1m で分布量が多く、水深 2m を越すと分布量が減少した。平野ワンドにおけるセキショウモは全長が 30cm 程度の株が多かった。そのため、全長が最大 200cm を越えるホザキノフサモとの繁殖競争に負け、水深の浅い水域で分布量を増やしていると考えられた。ただし、沈水植物の繁殖には光量や底質、波浪の耐久性等の複合的な影響が考えられるため、今後沈水植物種の棲み分けについて調査していきたい。外来種のコカナダモは一部の浅瀬のみで確認された。コカナダモは 1986 年<sup>2)</sup>には湖面を覆いつくすほどの大群落を形成していたが、2000 年<sup>3)</sup>には小規模の群落に縮小し、2008 年<sup>4)</sup>には確認されなくなっていた。

#### 4. 今後の課題

山中湖における水生植物種の調査は近年頻繁に実施されているが、水平分布調査は少ない。今後は、継続して水平分布調査を実施することで水生植物種・量の変遷をモニタリングしていきたい。

なお、本調査は国立環境研究所及び地方環境研究所等との II 型共同研究調査として実施されました。

#### 参考文献

- 1) 延原肇・岩田好宏・生嶋 功：富士五湖の水草の分布. 富士山総合学術調査報告書,559-577(1971)
- 2) 早川亮太：山中湖における最近の水草. 水草研究会報,26,2-5(1986)
- 3) 吉澤一家・有泉和紀・永坂正夫：山中湖の最近の水草. 日本陸水学会甲信越支部会報,31,81-89(2005)
- 4) 芹澤如比古・吉澤一家・高橋一孝・加藤将・野崎久義・芹澤和世：富士北麓、山中湖に生育する水生植物の水平・鉛直分布-2008-. 富士山研究,8,7-14(2014)

# 純淡水魚と水生植物を指標とした全国湖沼の生物多様性評価と必要な保全施策

○松崎 慎一郎<sup>1</sup>・西廣 淳<sup>2</sup>・高村 典子<sup>1</sup>

(<sup>1</sup> 国立環境研究所 生物・生態系環境研究センター・<sup>2</sup> 東邦大学 理学部)

## 1. はじめに

湖沼では、様々な人間活動の影響を受け、生物多様性の損失と生態系の劣化が急速に進行している。これらの損失と劣化を緩和し回復するためには、科学的根拠に基づいた生物多様性の定量的評価を行い、多様性を減少させる主要な駆動因を行うことが第一に必要となる。また、広域的な保全施策の意思決定に結びつけるためには、全国スケールの多様性の現状と変化の把握が不可欠である。

純淡水魚（一生を淡水で過ごす魚類）と水生植物（ここでは沈水植物・浮葉植物・浮遊植物を指す）は、①湖沼生態系の中で重要な生態系機能を担う、②環境変化に特に脆弱な生物群である、③広く知られている生物群である一般の認知度も高いことから、湖沼の生物多様性の指標種として有効である。しかし、これらの生物群の分布情報は離散的であるうえ、アセスメントやモニタリングが近年行われなくなった湖沼も少なくなく、湖沼の生物多様性の実態を把握することは困難であった。

そこで、本研究では、「地方環境研究所と国立環境研究所との共同研究」の枠組みを活用して、過去から現在にわたる純淡水魚・水生植物の種ごとの在・不在情報に関する文献情報や博物館標本情報を収集するとともに、可能な限り、新たにモニタリングを実施し生息状況を調べた。得られた時空間的な種組成情報をもとに、全国湖沼の多様性変化の定量的評価と健全性の評価ならびに駆動因の特定を試みた。

## 2. 調査方法と結果

### ●多様性の時空間的な変化

時系列の分布情報が整備できた湖沼は、純淡水魚では 45 湖沼、水生植物では 46 湖沼であった。過去（1999 年以前、潜在的な種組成と考えられる）と現在（2000 年以降）における在来種の総種数（種多様性）を比較した結果、純淡水魚・水生植物ともに、種多様性が有意に減少していることが明らかになった（図 1）。全国湖沼における純淡水魚の平均減少率は 27.6%、水生植物では 58.6%であった。

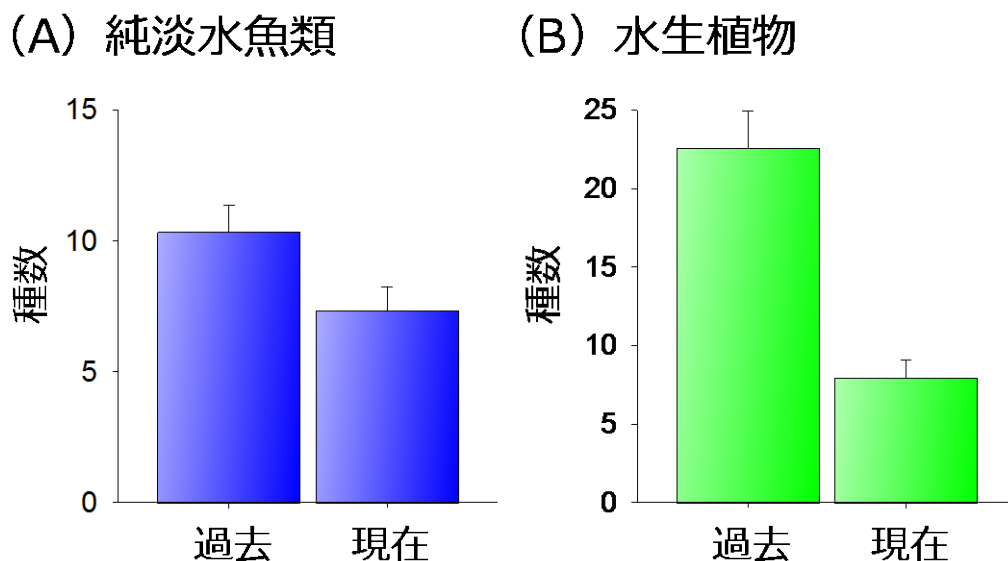


図 1 : 全国湖沼の純淡水魚と水生植物の種数の変化。過去は 1999 年以前、現在は 2000 年以降を指す。

### ●湖沼の健全性ランキング

純淡水魚・水生植物の種数(指標1)、希少性(指標2)、残存性(指標3)の観点から、湖沼の健全性を評価した。種数については、現在の在来種の種数を指標した。希少性については、現在確認された種に環境省全国版レッドリストのランクで重みづけし(絶滅危惧IA類は4点、絶滅危惧IB類は3点、絶滅危惧II類は2点、準絶滅危惧種は1点、その他の種は0点)、総スコアを指標として用いた。残存性については、普通種を含め過去に在記録のある種の残存の程度を評価するものであり、現在の種数から過去の種数への回帰における残差を指標とした。3つの指標のスコアをもとに、湖沼の健全性ランキングを行った。本講演では、そのプリミティブな結果を示したい。

### ●駆動因解析

過去から現在における種数の変化率(残存する種の割合)を応答変数とした駆動因解析を行った。淡水魚類の解析では、湖沼の特性(形状など)および人為的要因としてコンクリート護岸率(湖岸改変の指標)、全リン濃度(富栄養化の指標)、魚食性外来魚の種数(対象種は、ニジマス・ブラウントラウト・カワマス・ブルーギル・オオクチバス・チャネルキャットフィッシュ・カムルチーの7種)を説明変数に用いた。また水生植物の解析では、湖沼の特性(形状・標高・pHなど)および人為的要因として全リン濃度と植食性外来魚ソウギョの導入の有無を説明変数に含めた。一般化線形混合モデルを用いて、AICに基づくモデル選択を行った。

解析の結果、純淡水魚類の種多様性についてのモデル選択では、魚食性外来魚の種数が選択され、魚食性外来魚の種数が増えるほど純淡水魚類の種多様性がより減少していることが明らかとなった。また、水生植物の種多様性についてのモデル選択では、全リン濃度とソウギョの導入の有無が選択され、富栄養化した湖沼とソウギョが導入された湖沼では、種多様性がより減少していることが明らかとなった。

## 3. 必要な保全対策と生物多様性長期モニタリング

本研究は、様々な文献情報をもとに評価しているため、湖沼によって評価精度が異なることに注意が必要であるが、日本の湖沼において、純淡水魚類・水生植物の種多様性は減少している可能性が高い。これらの種の消失は、生態系のプロセスや機能に影響を与える可能性がある。種多様性を維持・回復するためには、純淡水魚については、魚食性外来魚の侵入防止や駆除・低密度管理などの対策が、水生植物については、水質の改善とソウギョの駆除が優先的に講じるべき対策であることが示唆された。

今後、湖沼の生物多様性の評価や予測を行う上で、広域・長期モニタリングの実施・継続が望まれる。環境省自然環境保全基礎調査が行われた年代以降、生物の調査が行われていない湖沼も多かった。保全にかかるコストは限られているため、優先的に保全すべき湖沼に加えて、モニタリングが必要な湖沼についても選定していく必要があるだろう。また、環境省とともに、各自治体による生物多様性モニタリングの実践が強く望まれるが、人手・費用の不足や生物同定技術の習得などの問題もあり、長期的に実施していくためにはこれらの課題を克服していく必要があるだろう。

## <sup>15</sup>N 標識マイクロシスチンを用いた分析手法の検討と実態調査結果

○田中 義人<sup>1</sup>・飛石 和大<sup>1</sup>・藤川 和浩<sup>1</sup>・古閑 豊和<sup>1</sup>・清水 明<sup>2</sup>・佐藤 千鶴子<sup>3</sup>・  
荒堀 康史<sup>4</sup>・龍尾 一俊<sup>5</sup>・玉城 不二美<sup>6</sup>・高木 博夫<sup>7</sup>・佐野 友春<sup>7</sup>

(<sup>1</sup>福岡県保健環境研究所・<sup>2</sup>千葉県環境研究センター・<sup>3</sup>宮城県保健環境センター・  
<sup>4</sup>奈良県景観環境総合センター・<sup>5</sup>佐賀県環境センター・<sup>6</sup>沖縄県衛生環境研究所・  
<sup>7</sup>国立環境研究所)

### 1. はじめに

我が国における湖沼水質の環境基準達成率 (COD) は、河川や海域に比して低いままで推移している。加えて、地球温暖化等の影響による湖沼水温の上昇も報告されており<sup>1)</sup>、この2つの要因からアオコ発生事例の増加や発生期間の長期化が懸念されている。アオコを形成する藍藻類の一部がマイクロシスチン(MCs)やアナトキシンなどの有毒物質を生産することは広く知られており、海外では被害例も多く報告されている。MCsによる被害の多くは家畜や野生動物に対してであるが、人の健康への影響も報告されている。例としては、1995年にブラジルで100人以上に被害が出た例や2014年、米国のオハイオ州で水道水にマイクロシスチンが混入したため広範囲にわたって給水停止となった例などがある。そのため、各国ではMCs汚染の実態把握も広く行われている。WHOはMCsに対する暫定ガイドラインとして1.0 µg/Lを設定している。我が国においても水道法の要検討項目(MC-LR)や環境基準の要調査項目に指定されているが、現在まで全国的な実態調査例は少ない。MCsは現在80種類以上が報告されており、上水試験法では3種類のMCsを対象として分析法が示されている。また、環境基準の要調査項目では個別には定量せずMCsの共通骨格に着目したトータルMCs分析法が示されている。このうちLC/MS/MSによる個別MCsの分析には、これまで有効な内部標準物質がなく、その精度向上には安定同位体の開発が求められていた。このため、佐野らは<sup>15</sup>Nで標識したMCsを作製することにより、高精度な分析手法を開発した<sup>2)</sup>。本II型研究では、開発された分析手法の精度管理を実施し、これによって標準化された手法で、各地域のMCs濃度の実態調査を実施したので報告する。

### 2. 実験方法

#### 2.1 分析方法

本研究では、我が国でよく検出されるMC-RR、MC-LR、MC-YR、MC-WR、MC-FR、MC-7dmLRの6成分を分析の対象とした。

分析方法の概要を図1に示す。水試料50 mLに酢酸2.5 mLと<sup>15</sup>Nで標識した各MCsをサロゲートとして加え、藍藻細胞を破壊するために超音波処理を2回行った。水中に遊離したMCsをあらかじめメタノールと超純水でコンディショニングしたWaters社製OASIS HLBに、20 mL/min.で通水し、20%メタノールで洗浄後、60%アセトニトリルで溶出を行った。得られた溶液は1 mLに定容した後分析に用いた。

LC/MS/MSの分析条件の例を表1に示す。

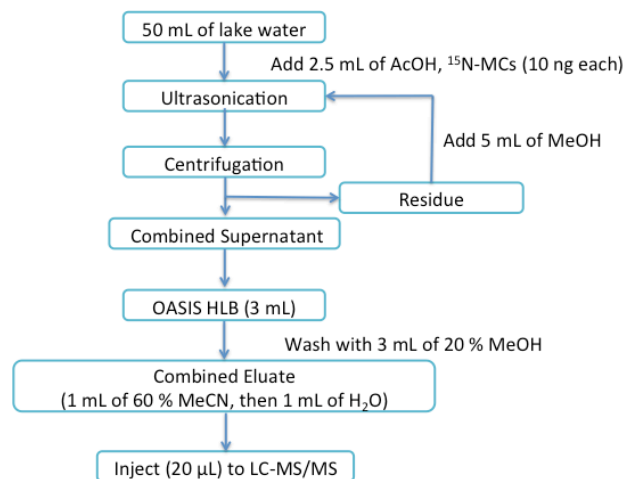


図1 分析方法の概要



## 2. 2 精度管理

本分析方法の妥当性及各機関の分析精度を評価するために、共同研究を実施している4機関で室間精度管理を行った。方法は国立環境研究所によりMCs濃度を1.2 µg/Lに調製された試料を、未知試料として各機関に配布し、前述の方法に準じて分析を行った。分析結果は集計し、調製値に対する真度や精度について検討した。

## 2. 3 実態調査

各共同研究機関は、地域にある富栄養化した池や湖沼などを対象に、MCsの実態調査を行った。福岡県では、県内5地点の大規模な湖沼（1千万立方メートル超）と小規模なため池3地点について調査を行った（図2）。試料は表層水を採取してMCsの濃度を調査した。

## 3. 結果及び考察

精度管理の結果、各機関の室内精度及び室間精度管理についてMC-WR以外で良好な結果が得られた。MC-WRについては、各機関で使用した分析機器によって、感度の差が大きく、感度不足の機関もあったことから変動係数が高くなった（変動係数が10%超）。

各機関において湖沼水等の分析を行った。福岡県では、大規模湖沼とため池を対象に調査を行った。今年度、福岡県の大規模湖沼では藍藻類の大発生が観られなかったことから、MCsが検出されたのは1カ所でMC-RR（0.014 µg/L）のみだった。一方、比較的富栄養化したため池では、初夏のアオコ発生時期（chl-a:14 µg/m<sup>3</sup>～220 µg/m<sup>3</sup>）から継続的にMCsが検出された（Total-MCsとして0.006 µg/L～29 µg/L）。検出された主なMCsはMC-RR及びMC-LRであったが、その他MC-YR及びMC-7dmLRも微量検出された。福岡県以外でもMCsが検出されており、MCsが広く存在することが明らかになった。また、各地で検出されるMCsの組成については地域差がみられた。

## 4. 今後の課題

これまでのII型研究の結果、MCsが、暖かい地域だけでなく広く存在することが懸念された。また、MCsは同族体によって毒性も異なることが報告されている。今回の調査ではMCsの組成に地域差があることが示唆されたため、今後さらにMCsの実態調査を進める必要があると考えられる。

### 参考文献

- 1)中室克彦、奥野智史、前園希、坂崎文俊、田口寛、福永勲、西海暢展、加賀城直哉、服部幸和、琵琶湖における水温上昇の実態把握とその要因解析、水環境学会誌、31(11)、713-718、2008
- 2)Sano T., Takagi H., Nagano K., Nishikawa M., Kaya K., Accurate LC-MS analyses for microcystins using per 15N-labeled microcystins., Analytical and Bioanalytical Chemistry, 399(7), 2511-2516, 2011

表1 分析条件の例

LC/MS/MS	LC:島津 Nexera X2、MS:島津 LCMS-8040		
カラム	Supelco Ascentis Express C18, 2.1 mm×100 mm, 2.7 µm		
移動相	A:10 mM NH <sub>4</sub> HCOO in 0.1 % HCOOH、B:MeOH		
流速	0.3 ml/min		
グラジエント	0-0.5 min B 30% → 0.51-3.6 min B 48% → 3.7-8.0 min B 53% → 8.1-9.7 min B 63% → 9.8-11.0 min B 75% → 11.1-13.0 min B 85% → 13.1 min B 30% → 15 min		
カラム温度	50 °C	注入量	20µL
イオン化モード	ESI positive	ESI Vol.	4500V
乾燥ガス	5 L/min	ネブライザーガス	2L/min
ヒートブロック温度	400 °C	DL温度	250°C

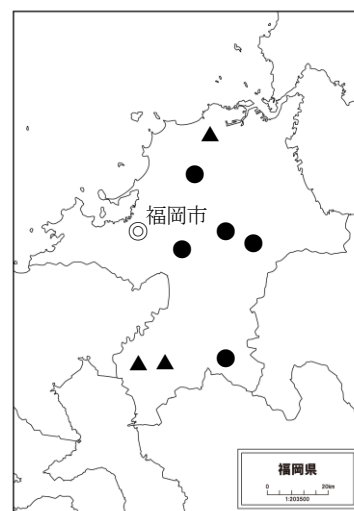


図2 福岡県における調査地点  
大規模湖沼:●、ため池:▲

# 近年の霞ヶ浦における透明度の上昇とその要因について

○小日向 寿夫<sup>1</sup>・須能 紀之<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>茨城県霞ヶ浦環境科学センター・<sup>2</sup>茨城県水産試験場内水面支場)

## 1. はじめに

霞ヶ浦（西浦）の透明度は1990年代始めから著しく低い状態が続いていたが、近年、上昇傾向に転じている。この要因について湖内4地点のモニタリング結果（図1）で検討した。

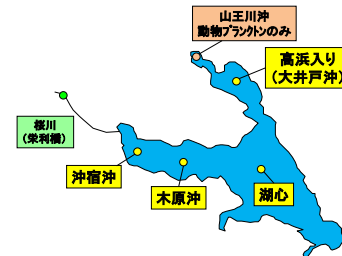


図1. 調査地点

## 2. 結果と考察

### (1) 透明度と懸濁物質量の関係

2002年～2013年の霞ヶ浦（西浦）の透明度の変化を、次の3つの特徴的な期間に分類した（図2）。2003年～2005年までの低い期間（Ⅰ期）、2007年～2009年の若干上昇した期間（Ⅱ期）、2011年～2013年のさらに上昇した期間（Ⅲ期）である。透明度は水中の懸濁物質量（以下、SSと記載）に強く影響を受けて変化する。そこで、SS成分を加熱（450℃、2時間）し、無機態SS（鉱物主体）と有機態SS（植物プランクトン主体）に分け、それらの変動傾向を上記の3期間で比較した。その結果、Ⅰ期では無機態SSは多く、有機態SSは少なかった。Ⅱ期では無機態SSは急減して少なく、有機態SSは増加して多くなった。Ⅲ期では無機態SSは横ばいで、有機態SSは減少して少なくなった（図2）。

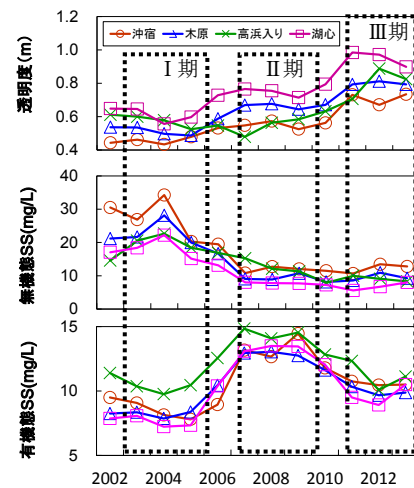


図2. 透明度とSS成分の経年変化

### (2) 無機態SSの急減の要因

Ⅰ期～Ⅱ期にかけて無機態SSが急激に減少した。河川の無機態SS（推定値）と比較した結果、2002年～2005年までは有意に差がみられた。このことから、無機態SSの急減は河川の影響によるものではなく、湖内に原因があると考えられた（図3）。また、この急減した時期と、湖水が褐色～白褐色に濁る白濁現象（1998年～）が見られなくなった時期は一致した。

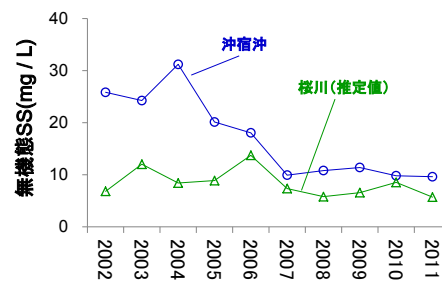


図3. 湖内と河川の無機態SSの経年変化（赤いバーは有意差ありの期間）

### (3) 有機態SSの増加の要因

Ⅰ期～Ⅱ期にかけて有機態SSが増加した。これは無機態SSの急減により湖内の光環境が改善し、一次生産が増大したためと推定される。月別にみると、春季の有機態SSの増大が大きかった（図4）。

#### (4) 有機態 SS の減少の要因

Ⅱ期～Ⅲ期にかけて無機態 SS は少なく推移し、有機態 SS は減少した。月別にみると、Ⅲ期はⅡ期に比べて、1月～6月にかけて無機態 SS、有機態 SS 共に減少しており、光環境が悪化していないにもかかわらず冬季～春季にかけて有機態 SS が減少したことを示している (図 5)。その要因について気象、植物プランクトン、動物プランクトンの 3 つの観点から検討した。

気象は、日照時間と降水量で検討したが、Ⅱ期とⅢ期では明確な差がみられず、有機態 SS の減少の原因をこれに求めることは出来なかった。

植物プランクトンの出現量や組成は、Ⅱ期とⅢ期で著しく異なった。Ⅱ期は藍藻類 (糸状藍藻類が主体) が急増し、植物プランクトン全体に占める割合が著しく高まった。一方で、Ⅲ期では藍藻類は減少し、さらに、1月～6月の珪藻類の出現量がⅡ期に比べて減少した。このことから、Ⅱ期からⅢ期にかけて有機態 SS が減少した原因は、第一に糸状藍藻類の急減で、第二に種間競争の観点から有利になったと推測される珪藻類が増加せず、逆に減少したことが影響したものと考えられる。この期間における土浦入りや湖心の栄養塩濃度は、Ⅱ期に比べてⅢ期は1月～6月にかけて溶存態無機窒素/溶存態無機リンの比率が著しく高く、また、1月～4月にかけて溶存態ケイ素が低く、ほとんど枯渇した場所もあった。このことから、土浦入りや湖心ではⅢ期の冬～春にかけてはリン制限やケイ素制限下であり、珪藻類の増殖が抑制されていた可能性がある。

動物プランクトンはⅡ期からⅢ期にかけて繊毛虫類やワムシ類、枝角類が急増した (図 6)。月別にみると、ワムシ類は1月～5月に著しく増加した。枝角類は1月～6月の霞ヶ浦で最も多く出現する *Bosmina spp.* と *Daphnia galeata* が4月以降に増加した。*Bosmina spp.* と *Daphnia galeata* の一日当たりのろ水量 (filtering rate) を試算したところ、4月以降に著しくろ水量が増加したと推定された。これらのことから、Ⅱ期に比べてⅢ期は珪藻類を主体とする植物プランクトンへの捕食圧が著しく高まり、その結果、有機態 SS の減少に影響したものと推測される。

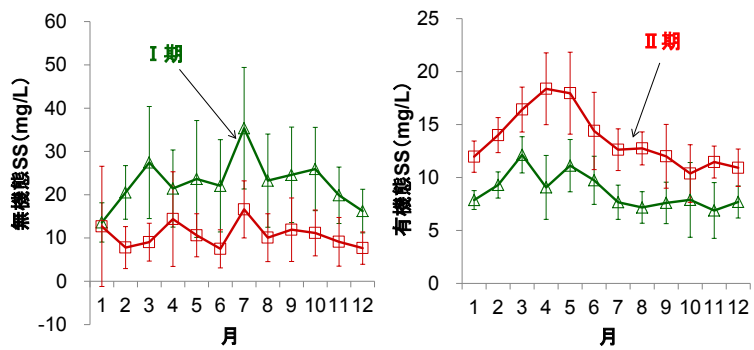


図 4. Ⅰ期とⅡ期における無機態 SS と有機態 SS の経月変化 (左図: 無機態 SS, 右図: 有機態 SS)

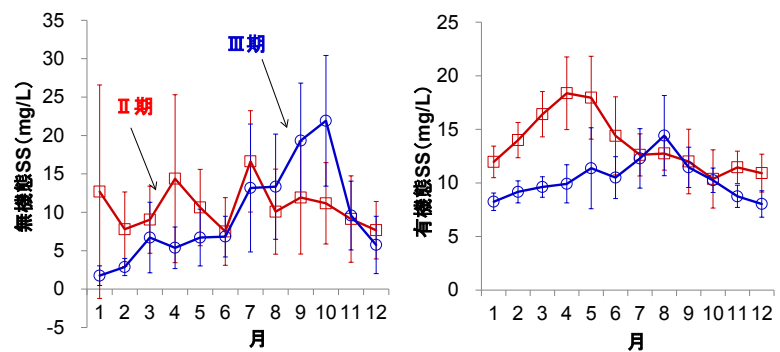


図 5. Ⅱ期とⅢ期における無機態 SS と有機態 SS の経月変化 (左図: 無機態 SS, 右図: 有機態 SS)

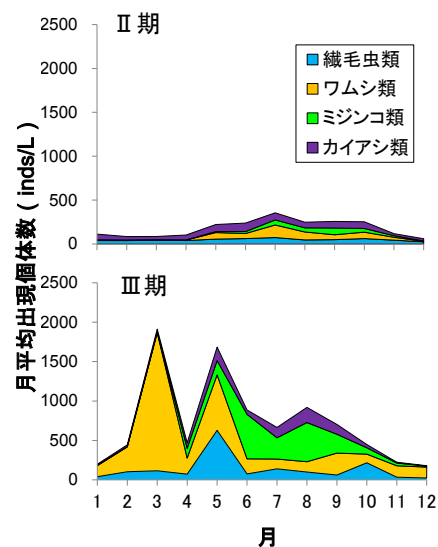


図 6. Ⅱ期とⅢ期における動物プランクトン出現量の経月変化

# メコン川流域のダム貯水池、自然湖沼の水質観測と生態系評価

○富岡 典子<sup>1</sup>・福島 路生<sup>1</sup>・広木 幹也<sup>1</sup>・村田 智吉<sup>1</sup>  
・今井 章雄<sup>1</sup>・小松 一弘<sup>1</sup>・Tuantong Jutagate<sup>2</sup>・  
(<sup>1</sup>国立環境研究所・<sup>2</sup>ウボンラチャタニ大学)

## 1. はじめに

メコン川流域には多くのダム貯水池が建設され、今後も多数のダムが計画されている。これらのダムによって新たにできた水界（ダム貯水池）から得られる魚類生産を適切に評価し、失われる魚類生産を担保できるかどうか判断することは、メコン川及びその支流の水産資源にタンパク質の多くを依存している、ダム立地及び下流の人々の生活の安定を図る上で重要な課題である。温帯域に属する日本や北米大陸におけるダム貯水池の一次生産及びプランクトンの異常増殖、魚類の生存についての研究は20世紀半ばより行われてきたが、熱帯域と温帯域の貯水池では水温（特に底層）や日射量などに大きな違いがあり、メコン川流域の地形等、現地の環境特性を考慮した知見の蓄積が重要である。しかしながら、メコン川流域に建造されたダム貯水池においては、魚類の生産、藻類の挙動、一次生産の研究はほとんど実施されてこなかった。我々は、2012年から、メコン川流域の貯水池において現地調査を行い、水温、栄養塩、光、溶存酸素などの藻類の増殖に関わる因子の測定を実施すると共に、<sup>13</sup>C法に基づく一次生産量の現地での測定、定量PCRを用いた藍藻類の存在量の測定を行った。測定結果から、メコン流域ダム貯水池における、一次生産と藻類の関連、アオコとして最も多くの問題を引き起こしている *M. aeruginosa* の存在量と栄養塩濃度の関連に関して検討を行ったので報告する。併せて、当該流域で最も大きな自然湖沼であるトンレサップの調査結果についても報告予定である。

## 2. 調査方法

### 2.1 調査地点

タイにあるダム貯水池（ウボンラタナ、シリントーン、ナムウン、フェイロン及びランパオ貯水池）、メコン右岸支流上流の自然湖沼由来のノンハン及びブンコンロン貯水池、ラオスにあるナムグム貯水池、カンボジアのメコン下流部天然湖沼トンレサップについて、2012年から2014年までの2年間、3-4か月間隔で各水界3-8回の調査を実施した。調査は可能な限り、冬期・乾期（11月～2月）、暑期（3月～6月）、雨期（7月～10月）を網羅できるように実施した（図1）。

### 2.2 調査方法

ダムサイトまたは湖中央部において機器、ハイドロラボMS5（環境システム）、水中用光子センサーLI-192S(LI-COR)による環境測定を実施した。採水は水中光量が100～5%になるよう5深度から行い、一次生産はNaH<sup>13</sup>CO<sub>3</sub>を添加後、採水深度にそれぞれボトルを設置し、1～2時間経過後の炭素同化量を測定した。水質分析及び藍藻濃度分析も同じ深さの湖水について実施した。

### 2.3 分析方法

ラン藻類の菌体はWhatman GF/Fを用いて捕集した。捕集直後にフィルターに75%エタノールを噴霧してDNAを固定した。捕集菌体からExtrap Soil DNA Kit Plus ver.2(日鉄住金環境)を用いてDNAを抽出し、抽出したDNAに対して *M. aeruginosa* 及びCyanobacteriaに特異的なプライマーを用いて定量PCRを行った。全リン(TP)は試料をペルオキシニ硫酸カリウム分解後、分析を実施した。

## 3. 結果と考察

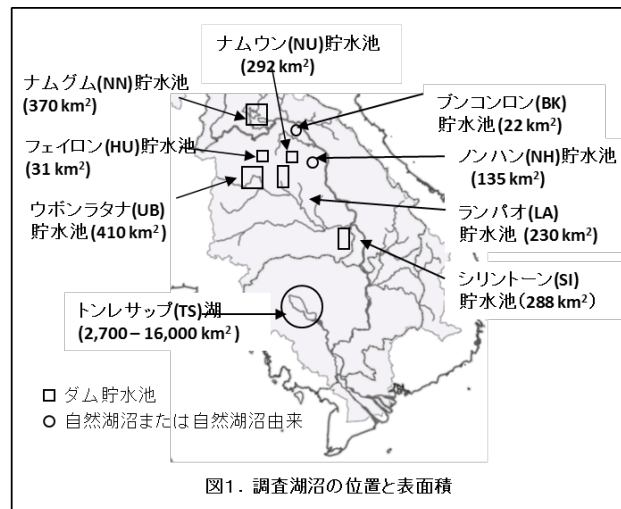


図1. 調査湖沼の位置と表面積

各水界の水深は、冬期・乾期に浅く、雨期に深くなる傾向が認められたが、タイのダム貯水池においては、2012年雨期の水深の増加は認められず、2011年雨期のチャオプラヤ川の洪水を受けての人為的調節の結果と考えられた。メコン川下流部に位置するトンレサップ湖では乾期と雨期で水深は大きく変化した。タイの自然湖沼由来の貯水池（NH・BK）では季節による深さの違いは認められなかった(図2)。また、水温の深さ方向の変化について検討した結果、ダム貯水池では冬期・乾期には上下間で数度の差があり、この期間は上下の水の動きは制限されていると考えられた。一方、ダム貯水池ではNN貯水池を除いて、雨期には水温勾配が消滅しており、湖水が混合しているものと考えられた(図3)。

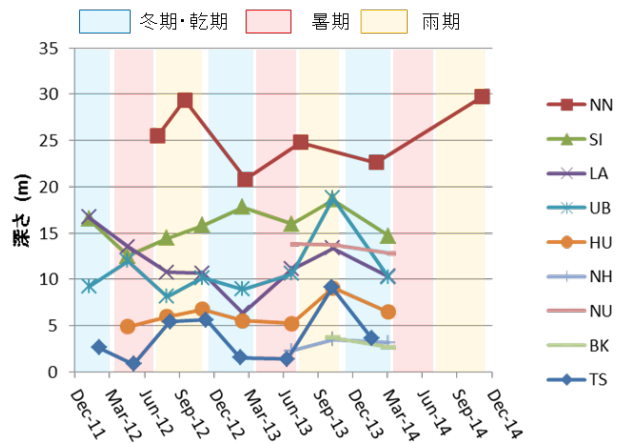


図2. 調査期間の各水界の深さ

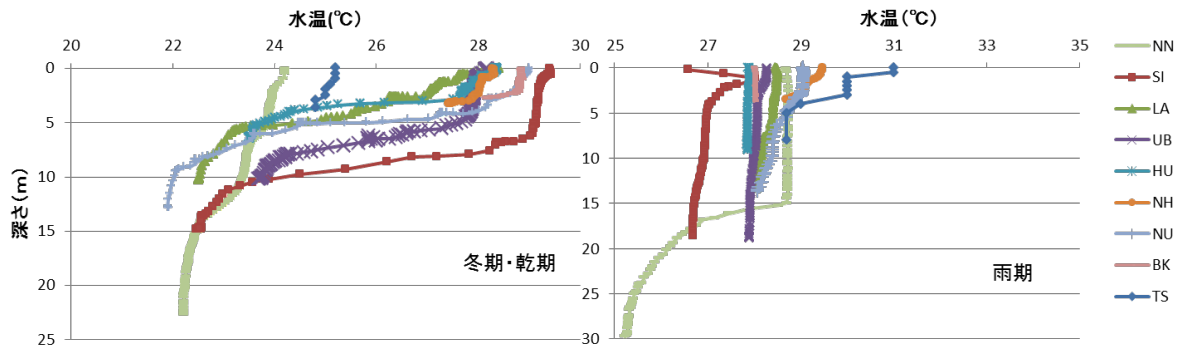


図3. 暑期と雨期における深さ方向水温分布

図4に表層水のTP濃度の常用対数と藍藻類 rDNA 濃度の常用対数の関係及び、藍藻類 rDNA 濃度の常用対数と一次生産速度の常用対数の関係を示した。TP濃度と藍藻類 rDNA 濃度の常用対数との間には傾き 1.0 の相関関係が成り立っており、TP濃度の増加に比例して藍藻類濃度が増加していると考えられた。rDNA濃度と一次生産速度の常用対数の間にも相関関係が認められた。一次生産速度は水温、光環境、無機炭酸濃度等の現場環境にも大きく左右されるが、リン濃度増加に伴う藍藻類の増加が一次生産の増加に寄与することが示された。

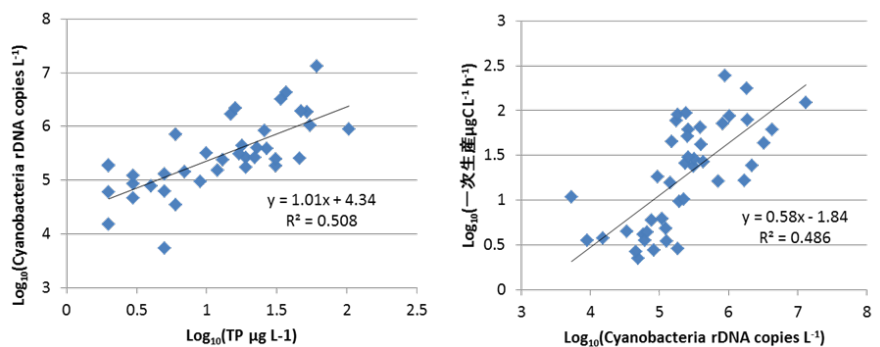


図4. リン濃度、藍藻濃度と一次生産の関係

#### 4. まとめ

以上のことから、メコン流域貯水池は冬期から暑期に浅くなり、成層する。また、雨期には混合することが明らかになった。水深は人為的放流操作の影響を大きく受け、放流操作が生態系に影響を及ぼす可能性も示唆された。さらに、リン濃度が直接的に藍藻濃度及び一次生産速度に影響を及ぼしていることも明らかとなった。今後生活の向上に伴って増加するであろう栄養塩等の流入管理、栄養塩等の貯留場としての底泥の状態把握、及び放流が水温及び水移動に及ぼす影響の把握が貯水池の一次生産（漁業）の持続、有害藍藻の増殖抑止に重要であると考えられる。

# 霞ヶ浦における底泥環境モニタリング研究について

○今井 章雄・小松 一弘・高津 文人・佐藤 貴之・霜鳥 孝一・富岡 典子・篠原 隆一郎  
(国立環境研究所)

## 1. はじめに

湖沼における有機物や栄養塩の供給源として底泥からの溶出は、特に浅い湖沼ではとても重要である。例えば、霞ヶ浦(西浦+北浦、2000年と2005年)の場合、底泥溶出負荷は化学的酸素要求量(COD)で全体負荷の56%と13%、全リンで56%と29%、全窒素で34%と9%を占めたと報告されている。しかし、このような重要な底泥からの溶出を長期に渡ってモニタリングしたとする報告は皆無に近く、間隙水や底泥中の有機物や栄養塩等のトレンドに関する情報は払底している。加えて、溶出メカニズムに関する科学的知見は極めて乏しい。国内外で底泥溶出の実態や底泥環境の変動を的確に把握することが強く求められている。

本研究では、霞ヶ浦(西浦)湖心を対象として、1997年から、毎月、底泥柱状(コア)サンプルを採取して深さ方向に切り分けて、底泥や間隙水中の対象物質・微生物に関する鉛直深さ方向プロフィールを評価している：①底泥間隙水中の栄養塩、有機物やイオン等；②間隙水溶存有機物の分子サイズ；③底泥の炭素、窒素、リン、金属イオン等含量；④底泥中リンの形態；⑤底泥の底生動物巣穴やガス泡構造；⑥底泥中の微生物群集構造、等。本講演では、上記の研究のうち、底泥間隙水中の栄養塩(窒素、リン)に焦点を絞って研究成果を発表する。

## 2. 調査方法

調査対象である霞ヶ浦は、茨城県東南部に位置し、湖面積は220km<sup>2</sup>、流域面積は2,157km<sup>2</sup>に及ぶわが国第2位の大きさの湖である。平均水深は約4mと浅く、湖心での年平均リン濃度は100μg/Lを、クロロフィルaは50μg/Lを軽く越える典型的な富栄養湖である。

霞ヶ浦湖心で、1997年以降、毎月1回底泥コアサンプルをアクリル製コアサンプラー(内径40mm)によって採取した。コアサンプルは実験室に持ち帰り、N<sub>2</sub>ガス雰囲気中でコアを深さ方向に切り(0-1cm, 1-2cm, 2-4cm, 4-6cm, 6-8cm, 8-10cm, 10-15cm)、低温での遠心分離・ろ過操作によって深さ別の間隙水を採取した。間隙水中の栄養塩濃度はオートアナライザー、マクロイオンはイオンクロマトグラフィー、金属イオンはICP-AESおよびICP-MSで測定した。間隙水では溶存態リンとしてPO<sub>4</sub>-P、溶存態窒素としてNH<sub>4</sub>-Nが卓越していた。

## 3. 結果と考察

間隙水中のPO<sub>4</sub>-PとNH<sub>4</sub>-N濃度は経年

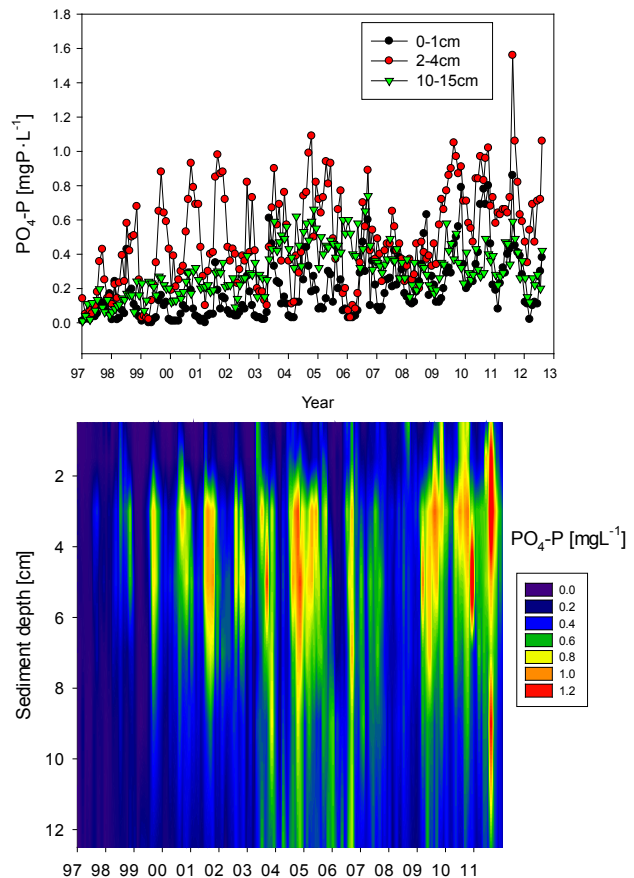


図1. 霞ヶ浦湖心底泥間隙水中のPO<sub>4</sub>-P濃度の長期トレンド：上図、深度別トレンド(代表的深度のみ)；下図 鉛直方向濃度等高線濃度。

的・季節的・深度方向に顕著に、そして特徴的な変動を示した。間隙水  $\text{PO}_4\text{-P}$  濃度は、1997年から2005年まで全深度で単調増大したが、2006年から表層を除いて減少に転じ、再び2009年から増大した(図1)。 $\text{PO}_4\text{-P}$  濃度は、 $\text{NH}_4\text{-N}$  濃度とは異なり、深さ2-6cmに濃度ピークを示した。その最大値は夏季～秋季に出現した。当該ピークの出現は、 $\text{SO}_4^{2-}$  等の酸化物質の侵入、表層底泥有機物の分解、硫酸還元反応、Feの酸化還元反応、Fe沈殿物へのリンの吸着・脱着等に関係していると推察される。

間隙水  $\text{NH}_4\text{-N}$  濃度は2006年に注目値する劇的な変化を示した(図2)。 $\text{NH}_4\text{-N}$  濃度は、1997年～2005年に、 $\text{PO}_4\text{-P}$  濃度とは反対に、底泥全層で年々減少した。ところが2006年5月頃から  $\text{NH}_4\text{-N}$  濃度はV字回復して増大に転じた。それ以降、全層で高い濃度に止まっている。間隙水  $\text{NH}_4\text{-N}$  濃度は2006年を除けば表層から深層に上昇する傾向を示した。観測された  $\text{NH}_4\text{-N}$  濃度の急上昇は、底泥での有機物分解(嫌気性分解、有機物→タンパク質→アミノ酸→ $\text{NH}_4\text{-N}$ )が顕著に進行したためと考えられる。底泥の細菌群集構造解析から、 $\text{NH}_4\text{-N}$  濃度上昇に伴い底泥細菌群集構造が急激に変化して *Firmicutes* 門(ほとんど *Bacillus* 属)が優占することが分かった。また、*Bacillus* 属はタンパク質分解(すなわち  $\text{NH}_4\text{-N}$  生成)に係る中性メタロプロテアーゼ(npr)遺伝子を保持していると示唆された<sup>1)</sup>。

#### 4. 今後の課題

底泥間隙水中の栄養塩等の濃度は、底泥溶出量(フラックス)を評価する際に必要な最も基本的なパラメータである。当該濃度鉛直プロファイルがどのように成り立つのか、すなわち溶出フラックスを制御するメカニズムを明らかにするために、栄養塩、有機物、金属イオン、微生物、巣穴・ガス泡構造等に関するモニタリングに基づいた研究を実施している。加えて、浅い湖では温暖化による気温上昇の影響が出やすいこともあり、底泥温の変化についてのモデル解析も行っている。これらの研究成果をまとめて、霞ヶ浦に限らず浅い湖沼での底泥溶出に係るメカニズムに関する知見を一般化することを目指している。また、底泥溶出現象は底泥表層有機物の分解性に関係するうと考えられるため、当該溶出メカニズムの知見は、今後、湖沼の新たな環境基準として想定されている底層DOを制御する際に大いに役立つものと期待される。

#### 参考文献

- 1) S.Tsuboi, S. Yamamura, A. Imai, T. Satou, K. Iwasaki: Linking temporal changes in bacterial community structures with the detection and phylogenetic analysis of neutral metalloprotease genes in the sediments of a hypereutrophic lake. *Microbes Environ.* 29, 314 (2014).

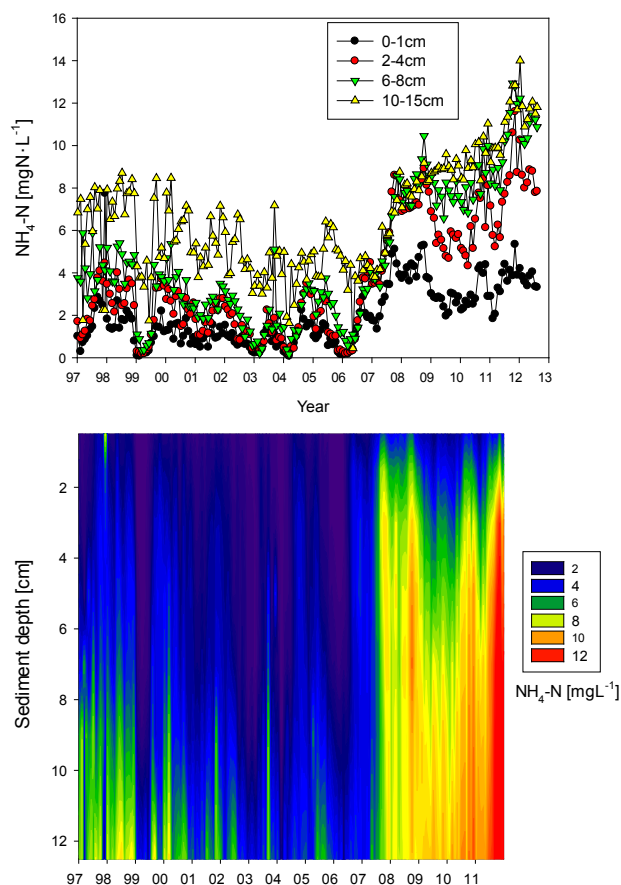


図2. 霞ヶ浦湖心底泥間隙水中の  $\text{NH}_4\text{-N}$  濃度の長期トレンド：上図、深度別トレンド(代表的深度のみ)；下図、鉛直方向濃度等高線濃度。

# *MEMO*