

# 瀬戸内海

Scientific Forum of the Seto Inland Sea

2007



## 特集 青潮と無酸素水塊

(社)瀬戸内海環境保全協会

THE ASSOCIATION FOR ENVIRONMENTAL CONSERVATION  
OF  
THE SETO INLAND SEA

No.50

# もくじ

## 瀬戸内海と私

岡市 友利

2

## 特集 青潮と無酸素水塊

無酸素水塊と青潮	藤原 建紀	4
汽水域と湖沼の無酸素化と青潮現象	西田 修三	11
東京湾の深堀跡の水質等調査	細田 昌広	16
東京湾の青潮	田中 昌宏	22
三河湾における貧酸素水塊と漁業被害	石田 基雄	28
大阪湾の貧酸素水塊	入江 政安	33
別府湾の無酸素水塊と環境化学的な興味	星加 章	39

## 国からの情報

今後の閉鎖性海域対策に関する懇談会報告について	正賀 充	45
-------------------------	------	----

## 研究論文 描かれた瀬戸内海 9

シーボルト『日本』	西田 正憲	48
-----------	-------	----

## シリーズ

魚の話シリーズ⑦ トラフグー50年前のはえ縄漁業—	安江 浩	53
瀬戸内海の沿海文化・7 懸け鯛と島の交流	印南 敏秀	54
魚暮らし瀬戸内海 第27回 明石の海底にタイラギがもどる	鷲尾 圭司	58
瀬戸内海の小動物、その変遷②		
カシパン類・ウミウシもいる須磨海岸（神戸市）	湯浅 一郎	60
H教授のエコ講座 温暖化対策と環境立国戦略	H 教 授	62

## 読者からの便り

69

## ニュースレター

瀬戸内海各地のうごき	67
事務局だより	70
編集後記	72

## トピックス・広報

大阪湾クリーン作戦の実施について	10
「瀬戸内海研究フォーラム in 香川」のお知らせ	66

# 瀬戸内海と私

瀬戸内海研究会議顧問  
岡 市 友 利



瀬戸内海と私の係わり合いを述べるのは、私の人生をところどころ破れている絵巻物の一部として曝していく思いがする。私は昭和4年、神戸市兵庫区の会下山のふもとで生まれた。会下山は楠正成が湊川の戦いで本陣をおいた場所で、小高い山であっても兵庫の沖を通る白い外航船などが良く見えた。海水浴には須磨から一の谷、境浜まで歩いて行き、その度に敦盛塚に詣でていた。西神戸の少年時代は白砂青松の浜辺と空しく消えていった源平、南北朝の英雄の姿に囲まれていた。昭和15年（1940）に親の都合で東京に移り、昭和39年（1964）夏に香川大学に赴任するまで24年が過ぎていた。この間に、東大農学部水産化学研究室で、魚介類の毒の研究、魚類・飼料学、淡水赤潮研究など、その後の瀬戸内海での研究に必要なある程度の学問の基礎を学ぶことができた。

赴任した香川大学農学部海水利用学講座の私の研究室にはピペット1本もなく、当分は東大から持ち込んだ文献類をもとに「魚類の栄養と養魚飼料」を執筆することと、瀬戸内海沿岸の各県を回って、ぼつぼつ発生し始めていた赤潮の発生地図を作成することにした。香川県の各地の養魚場を回り、多くの漁業者や、各県の水産担当者と知りあえたのは大きな収穫であった。当時はまだ環境庁もできていなかった。魚類の栄養と養魚飼料は、39年末に脱稿し、日本水産資源保護協会から研究叢書として「魚類の栄養」「養魚飼料」の2分冊で刊行された。魚類栄養学の分野が確立されていなかった当時、教科書としても利用され、後に改訂版がだされた。研究者として一人立ちしたときの著書として今でも自ら誇りにしている仕事の一つである。

そのうち、赤潮発生を連絡してくれる漁業組合もあり、一人で採水器、プランクトンネット、アイスボックスをさげて、予讃線の普通列車でかけつけた。ある組合では学者が赤潮退治なんかできるものかといわれる一方、調査がすんだ時にカキ氷をご馳走してくれた組合長もいた。その頃は、私にとって目の前の海は全く研究のためのフィールドで、漁業者達との付き合いとプランクトンの培養で精一杯の日々であった。

IBP-PM（国際生物学計画—海洋）のphase-1が瀬戸内海燧灘で始まったのは1966年で、1967年から1973年までPhase-2として本格的に海洋生態系の研究が進められた。九州大学教授花岡資研究班長は生態系の研究は構造と機能の解明にあると方向性を明確に示され、瀬戸内海の理解は海の生態系の研究から始まることを教えられた。バクテリア班、プランクトン班の共同研究者は鹿児島大学野沢治治教授、広島大学小山治行助教授、遠藤拓郎助手（当時）、三重大学上野福三教授、弘田礼一郎熊本大学助教授、飯塚昭二長崎大学助教

授、畠幸彦高知大学教授、吉田陽一京都大学助教授と私で、皆、気鋭の良い意味で学問的野心に燃えていた。それだけに燧灘の生態系を組み立てる生物現存量を我々の調査結果で割り切ってよいかどうかなど議論が白熱し、花岡先生が止めに入ることもあった。まさに瀬戸内海研究の青春時代で、研究費は僅かであったが、実り豊かな6年間であった。学問研究だけではない友情で結びあわされていた。

数年後、弘田礼一郎熊本大学教授に2泊3日の予定で熊本へ行くので、動物プランクトンの分類を教えてくれと願ったところ、「そんな無茶な」といしながら気持ちよく受けてくれた。1日目は本などで勉強しても無理だから飲み行こうということになった。次の日、熊本大学の天草実験所で弘田さんが私の持参したサンプルから約20種を管壜により分けて、持ち帰って検鏡して覚えることといわれ、また飲んで帰ってきた。このようにして覚えた動物プランクトンの分類はその後も私の瀬戸内海研究の支えとなり、アミノ酸組成による浅海生態系の化学的連鎖機構解明の論文を書く契機を与えてくれた。

その頃から沿岸の人間活動の深刻な影響が現れて、赤潮が頻発し始めたが、IBP-PMの研究以来の研究者の絆を強めて、広島大学の豊潮丸を中心として利用させてもらった共同調査により、初期の赤潮研究を国際的レベルまで高めることができた。調査、観測の終わった後のキャビンでのアルコールのはいった語らいの時間は研究者冥利につきる瀬戸内海上の至福のひと時であった。40年を経て、当時の共同研究者のなかには亡くなつておられる人もあり、その人達のご冥福を祈るばかりである。

この間、十数度の外国での調査の経験から、瀬戸内海の美しい風景は多島美とともに島に住んでいる人達の文化的、社会的活動によって支えられていることに気づきはじめた。今、香川県直島での現代美術を中心とした島の活性化は目を見張るものがある。どこの島でもまねるわけには行かないが、固有の文化・文化財などを活用して島の人達自身により将来の発展を図ることは決して無理ではなく大いに期待したいところである。瀬戸内海の美しさを保つために、島の人達とどのように協働していくのか、夜の浜辺で海ホタルの美しい輝きに見とれながら、最近の社会の現実との対応に考え込むことが多い。このところ、さぬき瀬戸塾の塾長として、また福武学術文化振興財団の瀬戸内海文化研究・活動支援委員会の一員として、備讃瀬戸を中心とした島を巡り歩いている。



# 無酸素水塊と青潮



京都大学大学院農学研究科  
教授 藤原建紀

## 1. はじめに

閉鎖性内湾の下層水の溶存酸素濃度が低下し、そこに棲む生物に悪影響を及ぼすような状態になることを貧酸素化といふ。日本の多くの内湾で貧酸素化現象が起きており、大きな水質問題となっている。また貧酸素化がさらに進むと無酸素化し、硫化水素が発生するようになる。硫化水素を含んだ無酸素水塊が海面に現れると青潮となり、沿岸の生物に深刻な悪影響を及ぼす。

青潮は、近年内湾で問題となっているが、湖では古くから知られた現象である。無酸素水塊と青潮については、今までまとめた報告がないので、湖沼・汽水域・海域にわたって広く話題を選び、本特集を組んだ。本報は、これらを読む上で必要となる基礎的な知識についてまとめたものである。

一般に、溶存酸素濃度は、記号 DO (Dissolved Oxygen) で表される。その単位には mg/L, mL/L, m mol/L がある。また酸素飽和度 (%) で表示されることもある。mg/L は 1 リットルの海水中に溶けている酸素量を重量で表したものであり、おもに水環

境の分野で用いられる。mL/L は 1 リットルの海水中に溶けている酸素量を体積で表したものであり、おもに水産系で用いられる。m mol/L (ミリ モル／リットル) は mM (ミリ モラー) と同じであり、1 リットルの海水中に溶けている酸素量をモルで表したものであり、おもに海洋化学で用いられる。これらの単位の間では

$$\begin{aligned} \text{DO : } 1 \text{ mL/L} &= 1.428 \text{ mg/L} \\ \text{DO : } 1 \text{ m mol/L (ミリ モル／リットル)} &= 1 \text{ mM (ミリ モラー)} \\ &= 32.0 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

によって換算される。

酸素飽和度は、飽和溶存酸素濃度に対する溶存酸素濃度の比をパーセントで表したものである。飽和溶存酸素濃度 (mg/L) と水温・塩分の関係を表-1 に示す。飽和溶存酸素濃度は低温ほど大きい。潮流が速く鉛直混合が強い海域では、酸素飽和度は表層から底層まで 70~100% であることが多い。一方、成層した海域の表層では昼間、光合成による酸素生成により酸素濃度は過飽和になり、酸素飽和度は 100% 以上となっていることが多い。

●略歴	1949年	岡山県生まれ（ふじわら たてき）
	1971年	大阪大学理学部物理学卒業
	1973年	大阪大学理学研究科物理学専攻修士課程修了
	1973年	通商産業省中国工業技術試験所研究員
	1992年	京都大学農学部助教授
	2003年	現職

一方、底層では、有機物の呼吸分解で酸素が消費され、酸素飽和度は100%以下となっていることが多い。

表-1 鮑和酸素濃度 (mg/L)

水温 (°C) \ 塩分	10	20	30
5	12.12	11.34	10.57
10	10.79	10.14	9.48
15	9.74	9.18	8.61
20	8.89	8.39	7.89
25	8.17	7.72	7.26
30	7.52	7.08	6.65

溶存酸素濃度が低下し、生物に悪影響が生じ出す濃度は、その影響の程度によって幅があるが、3 mg/Lあるいは酸素飽和度30%程度と考えられる。このため、貧酸素状態は、溶存酸素濃度がこれらの値以下の状態することが多い。また、溶存酸素濃度が1 mg/L以下となると、無酸素状態(0 mg/L)で表される種々の現象が生じるようになる。

## 2. 貧酸素化の二つの形

海水中の溶存酸素濃度の低下は、その水塊での酸素消費が、その水塊への酸素供給を上回ることによって起きる。酸素消費は主に生物化学過程によって起きる。水中の有機物のバクテリアによる分解(呼吸)によって酸素が消費される。この呼吸は、上層で起きる光

合成の逆過程であり、有機物と酸素から、無機窒素・リン(栄養塩)と二酸化炭素が生じる。

一方、酸素供給は流れと拡散によって行われる物理過程である。この酸素供給には、古くから知られている「湖形」(窪地形)の酸素供給と、近年になって分かってきた「内湾形」(非窪地形)の酸素供給がある。

湖では、夏になって上層水が暖かくなり成層が強くなって水面から下層に拡散する酸素輸送量が減る。このため下層は貧酸素化する。秋になって水面が冷却され対流混合が起きると下層に酸素が供給され、下層の貧酸素化が解消する。つまり湖形では、酸素供給が鉛直的に行われる。図-1は琵琶湖の水温の鉛直分布の季節変動を表している。3月の水温は、一年の内で最も冷たく、湖面から湖底までほぼ一様に7°Cとなる。春から夏になって加熱が進むと、表層の水温は28°C近くまで上昇していくが、この水温上昇が起きるのは水深40mより浅いところに限られている。水深40m以深には、水温10°C以下の冬の水が夏でも残っている。また、秋になって湖面が冷やされると鉛直対流が起こり混合層がだんだん厚くなり、1月になって初めて対流が底層にまで及ぶ。つまり、水面から湖底に酸素が供給されるのは、年に1回である。

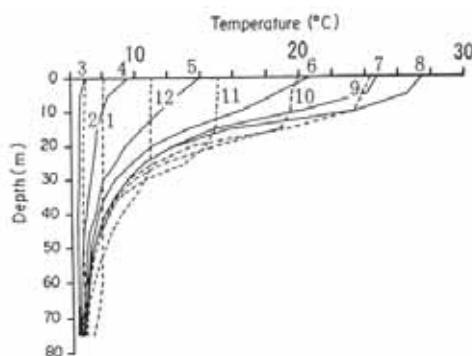


図-1 湖形の上層から下層への輸送。

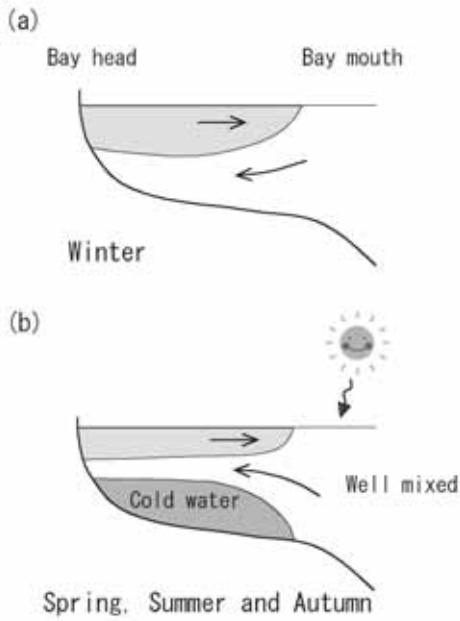


図-2 内湾のエスチュアリー循環流。

内湾形の酸素供給を大阪湾を例として図-2に示す。図の左側が湾奥（大阪）であり、ここには淀川・大和川からの河川水が流入する。図の右側は湾西部（湾口部）であり、この潮流は速く、鉛直的によく攪拌され強混合となっている。ここでは溶存酸素濃度がほぼ100%である。内湾での酸素輸送においてはエスチュアリー循環流が主な役割を果たす。エスチュアリー循環流は、低塩分の上層水が湾奥から湾口に向かって流れるのに対し、下層では、湾口部の混合水が湾奥に向かって流れる流れである。混合水には酸素が豊富に含まれておらず、下層への酸素供給は、湾口からの水平流によって行われる。特にエスチュアリー循環流による湧昇海域（河口付近）では上層から下層への酸素輸送はほとんどない（藤原, 2007）。

湾口水の湾内への進入には、底層進入と中層進入がある。伊勢湾や大阪湾のように湾口部が強混合であると、冬季に底層進入があり、底層に酸素が供給される。一方、春から夏に

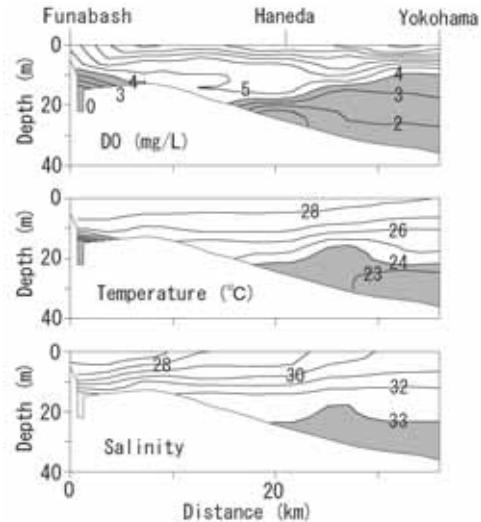


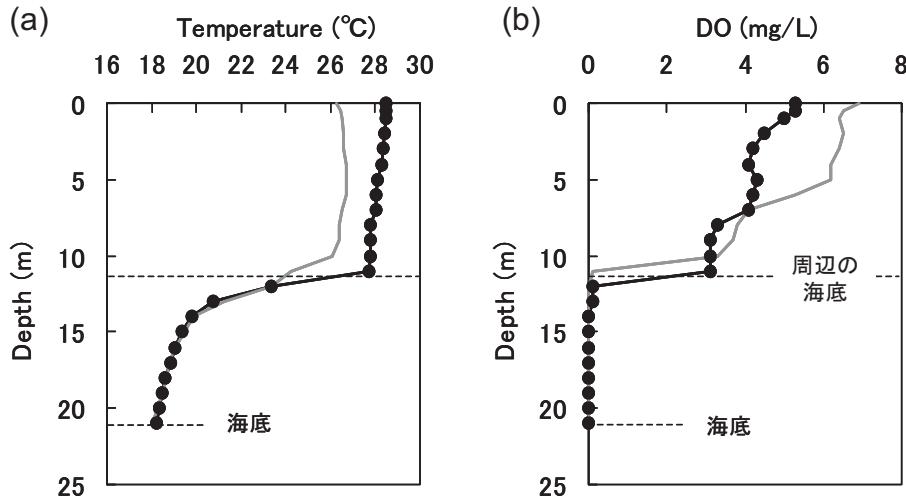
図-3 東京湾奥（船橋）から横浜沖に至る縦断線における溶存酸素濃度、水温、塩分の分布。1990年8月25日（環境庁調査）。

なると中層進入が多くなり、中層進入水の下に孤立水塊ができる、これが貧酸素水塊となる（藤原, 2007；中嶋・藤原, 2007）。ただし、大阪湾では、この孤立水塊の滞留時間は約5日である。このタイプの貧酸素水塊（非窪地形の孤立水塊）の形成においては、地球自転効果が重要な役割を果たす。

一般に、湖形の貧酸素水塊の滞留時間は数ヶ月から1年近くにおよぶのに対し、内湾形の滞留時間は、大阪湾の5日から、伊勢湾の約2ヶ月と短い。このため、酸素消費が進み、無酸素水塊となるのは主に湖形の貧酸素水塊である。

### 3. 内湾にある無酸素水塊

湖で湖底に無酸素水塊ができるることは古くから知られているが、内湾でも無酸素水塊ができる場所がある。図-3は、東京湾奥の船橋から横浜沖に至る湾の縦断線における溶存酸素濃度、水温、塩分の分布である（1990年8月25日、環境庁調査）。低温で溶存酸素濃度の低い水塊（灰色部）が横浜沖の下層にあ



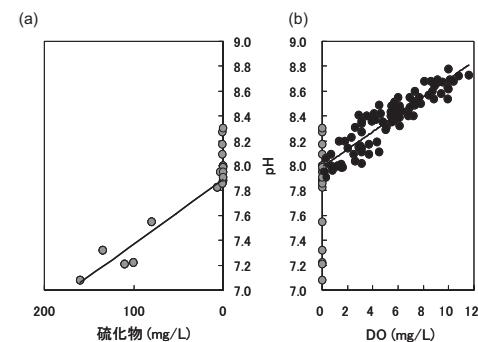
図－4 東京湾奥部における深堀跡の(a)水温および(b)溶存酸素濃度(DO)の鉛直分布(環境庁調査).  
黒丸線: 1990年8月25日, 細線: 9月14日. 深堀部の水深22m, 深堀の外(周囲)の水深12m.

るが、これが内湾形の貧酸素水塊である。一方、湾奥部、船橋沖には窪地地形があり、この窪地の中には低温で無酸素の海水が入っている。この窪地は、海岸に埋立地を作るときに、埋立用の土砂を採取(浚渫)した跡である。このような窪地は東京湾奥部に多くあり、深堀跡と呼ばれている。

この深堀跡における水温と溶存酸素濃度(DO)の鉛直分布を図－4に示す。深堀の中の水温は8月25日から9月14日までの間、ほとんど変わらず、6月の水温を保ったままである。つまり、3ヶ月近く外部との交換なく孤立していたと考えられる。この深堀の中のDOは0 mg/Lである。

#### 4. 無酸素水塊中の硫化水素

無酸素水塊中には硫化水素が生じる。硫化水素は生物に対する毒性が強く、急激な被害を生物に与える。1990年の8、9月における東京湾の底層(深堀跡および深堀のないところ)のDOとpHの関係を図－5 bに示す。水中および海底のバクテリアが有機物を呼吸分解するとき、溶存酸素を消費し、かわりに



図－5 東京湾奥部における底層海水の(a)硫化物濃度とpHの散布図, (b)DOとpHの散布図. 1990年8, 9月(環境庁調査).

$\text{CO}_2$ (二酸化炭素)を放出する。この $\text{CO}_2$ が海水を酸性化する(pHを下げる)。海水はもともとアルカリ性( $\text{pH} > 7$ )であるので、 $\text{pH} < 7$ とはならなくても、pHが低下することを「海の酸性化」と呼ぶ。DOが0 mg/Lとなったとき、pHは8.0まで低下している。

DOが0 mg/Lとなったデータについて、海水中の硫化物濃度とpHの散布図を描いた(図－5 a)。DOが0 mg/Lであっても、硫化物量が増えるとともにpHが下がっている。これはDOがなくなった状態で、硫酸還元

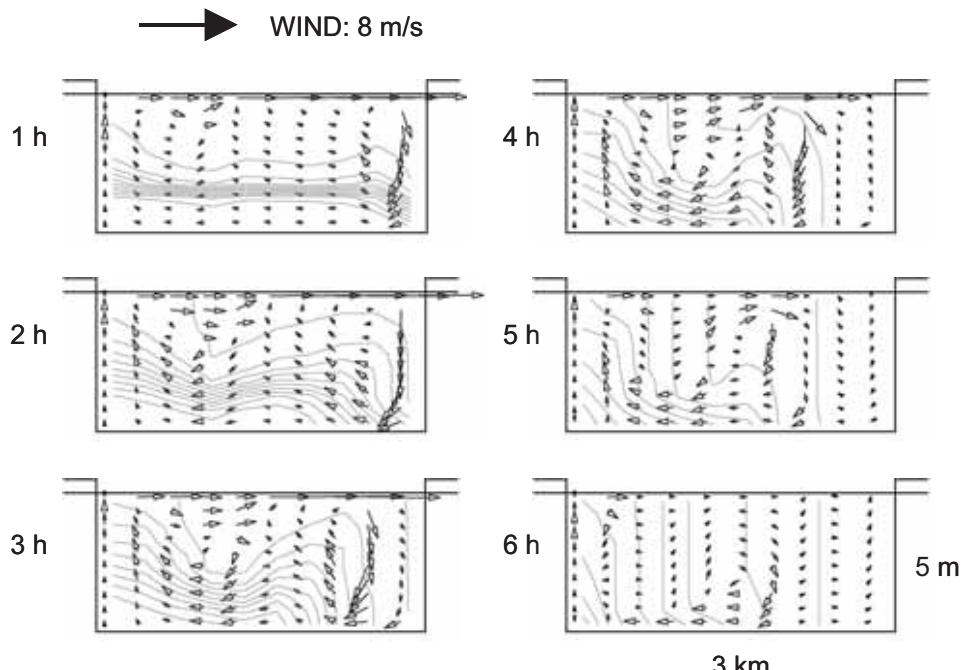


図-6 成層した湖の上を吹く風（8 m/s）によって起きる湧昇。湖の水深：5 m, 風下方向の長さ：3 km. 底上1.5mまでの下層水は、上層水よりも1 kg/m<sup>3</sup>重い。等值線間隔は0.1kg/m<sup>3</sup>。

菌が硫酸基 ( $\text{SO}_4$ ) から酸素をとって（嫌気）呼吸し,  $\text{CO}_2$  を放出するからである（有機物 +  $\text{SO}_4 \rightarrow \text{H}_2\text{S} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ）。このような状態では、かりにエアレーションで酸素を水中に供給しても、酸素は硫化水素の酸化に使われ、DO は 0 mg/L のままである。このため、この状態を「負の溶存酸素濃度」と呼ぶ。東京湾の深堀跡では、硫化物濃度が100mg/L を超え、きわめて高濃度となっている。

## 5. 青潮の発生

ほとんどの場合、無酸素水塊は底層にあり、この水塊は上層水よりも重い（密度が大きい）。この、海底にあった無酸素水塊が海面に現れることがある。このとき、無酸素水塊中の硫化水素が空気中の酸素と出会い、酸化されて硫黄の微粒子となる ( $\text{H}_2\text{S} + \text{O}_2 \rightarrow \text{S} + \text{H}_2\text{O}$ )。このため海面が白っぽい青色となり、また硫化水素臭がする。この現象が「青潮」である。硫黄の微粒子による青白い着色は、硫黄性の

火山湖の青白い色と共通するものである。三河湾では青白い色と同時にピンク色がかかった着色もみられ、無酸素水中の溶存マンガンが酸化されて粒状態マンガンとなり着色している現象も同時に起きている可能性がある。青潮は、三河湾では「苦潮」と呼ばれ、諏訪湖では「ススミズ」と呼ばれている。

もともと海底にあった重い無酸素水塊が海面まで上がって来るには、海面に力が働くことが必要となる。図-6は、水深5 mの成層した湖の上を風速8 m/sの風が吹いたときの、底層水の湧昇を数値モデルで求めたものである。風が吹くと、上層水は風下に運ばれる。また、風上側の湖岸では下層水の上昇（湧昇）が起きる（1 h～）。さらに、重い下層水が海面に達し、風下に運ばれると、密度逆転が起こり、鉛直対流が起きる（2 h～）。このとき、大気からの酸素と、下層からきた硫化水素を含む海水が混ざり合い、硫黄粒子が生成される（青潮）。さらに時間が経つと、鉛

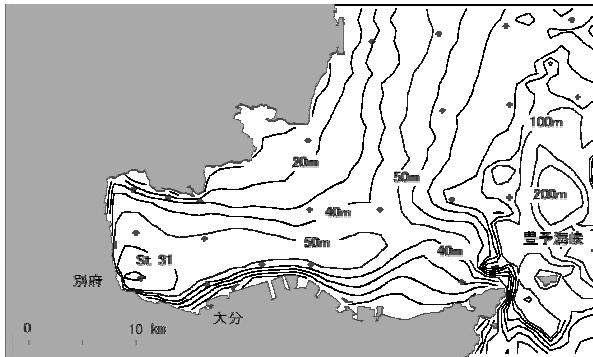


図-7 別府湾の海底地形。

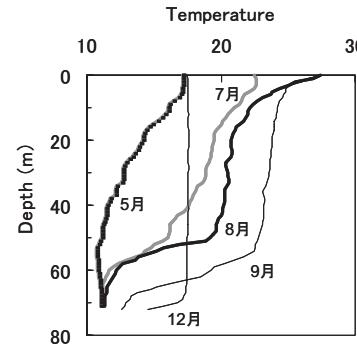


図-8 別府湾の測点31における水温の鉛直分布。2005年。(大分県農林水産研究センター水産試験場のデータ)

直的に一様だが水平的には密度勾配のある状態へと変わっていく(6 h).

風の強さおよび持続時間、成層の強さから、どのような成層状態まで進むのかを算出する方法は藤原ら(1989a, 1989b)に示されている。底層水が海面へ表れる(surfacing)のは、一般に、水域が浅く、風が強く、表底の密度差が小さいときに起きる。深い海域でsurfacingが起きることは希である。

## 6. 無酸素水塊形成における窪地の重要性

海底の窪地に重い海水がたまり、孤立水塊となって貧酸素化・無酸素化していくことは先に述べた。ここでは、きわめて緩やかな傾斜を持った窪地でも、無酸素水塊のたまり場になっていることを別府湾の例で示す。図-7に別府湾の海底地形を示す。豊予海峡は潮流が速く、強混合の海域である。一方、別府湾は閉鎖性であり潮流も弱い。別府湾奥部の水深は72m(測点31)であり、より深い豊予海峡との間には水深52mの鞍部(浅いところ)がある。測点31と鞍部点の間の水平距離は25kmであり、海底の水深差が20mであるので、両者間の海底の傾きは1250分の1である。つまり1km水平に進んで高度が約1m高くなるほどの極めて緩やかな傾斜である。

測点31における水温鉛直分布を図-8に示

す。窪みの中の海水の温度は5月から8月までの間、5月の水温のままであり、溶存酸素濃度は8月から11月までほぼ0mg/Lである。ここで着目したいのは、非常にゆるやかな窪地(へこみ)であるのに、長い間重い海水をトラップしていることである(亀田・藤原, 1995)。貧酸素・無酸素水塊の形成において、海底地形のわずかな窪みが大きな影響を与えていることは、一般的に見られることである。大阪湾北部においても、傾き~1000分の1、高度差1から2mのへこみが貧酸素水塊の分布に影響を与えている。

## 7. まとめ

貧酸素水塊の発生には湖形(窪地形)と内湾形(非窪地形)があることを述べた。貧酸素水塊が無酸素水塊まで発達するのは窪地形である。海底地形のほんのわずかな「へこみ」が無酸素化を起こす。このことは、港湾等での無酸素水塊の発生を防ぐには、海底面を滑らかな斜面とし、へこみを作らないことが重要であることを示している。無酸素水塊中には硫化水素が含まれており、この無酸素水塊が海面に上がってくると青潮となる。青潮が起きるのは、浅い海の海底に無酸素水塊があり、そこに風が吹いたときである。

## 謝 辞

無酸素水塊と青潮について特集を組む機会を与えていただいた瀬戸内海環境保全協会の中嶋國勝常務理事および貴重な原稿を寄せて頂いた各著者に感謝する。

## 参考文献

- 藤原建紀・高杉由夫・肥後竹彦（1989a）：成層状態の内湾に風が起こす現象、沿岸海洋研究ノート，27，38-46.
- 藤原建紀・高杉由夫・肥後竹彦（1989b）：風に

よる成層崩壊現象の発生頻度と発生限界風速、沿岸海洋研究ノート，27，70-75.

亀田卓彦・藤原建紀（1995）：別府湾底層冷水の海水交換時間と貧酸素化、沿岸海洋研究，33(1)，59-68.

中嶋昌紀・藤原建紀（2007）：大阪湾のエスチュアリー循環流と貧酸素水塊、沿岸海洋研究，44(2)，157-163.

藤原建紀（2007）：河口域および内湾域におけるエスチュアリー循環流、沿岸海洋研究，44(2)，95-106.

## 『大阪湾クリーン作戦』（第24回）の実施について

### 第五管区海上保安本部

第五管区海上保安本部は、国の環境月間にあわせ、国、地方公共団体、環境団体、漁業協同組合連合会等の各機関・団体が連携して、大阪湾のごみを削減するため、ポスター、横断幕の提示、広報誌への掲載等により広く市民の環境保全意識を啓発し、河川・海岸・海域へのごみ等廃棄物の投棄を防止するとともに、河川敷、海岸等のごみ、廃棄物の回収を推進し、もって大阪湾の良好な環境保全に資することを目的として実施します。

本活動は、大阪湾の水質改善を目標とする「大阪湾再生行動計画」の市民参加型のごみ削減活動の一環として推進しています。

期間：6月1日～6月30日　区域：大阪湾の海域及び沿岸並びに流入河川地域

### 1. クリーン作戦の内容

#### (1) 周知広告活動

ポスター、看板、広報誌等を活用して「大阪湾クリーン作戦」の周知広報活動を積極的に実施し、「大阪湾再生行動計画」によるごみ削減活動の一環であることを併せて行うこととする。

#### (2) ごみ等廃棄物の回収

各機関は、相互に連携し、一般市民、環境ボランティア団体等、幅広い参加を求め、大阪湾の海岸、大阪湾に流入する河川周辺、大阪湾の海面及び海底のごみ等廃棄物を回収する。

#### (3) 一斉清掃の実施

6月3日（日）を一斉清掃に設定して、可能な限り同日にごみ回収活動を実施する。

### 2. 実施機関

国土交通省近畿地方整備局関係  
港湾管理者関係  
大阪市建設局下水道河川部  
大阪府海域美化安全協会  
清港会関係

### 大阪湾環境保全協議会

漁業協同組合連合会関係

(社)瀬戸内海環境保全協会

(社)神戸港振興協会

(財)ひょうご環境創造協会

(財)海上保安協会関係

海上保安庁関係  
(順不同)

### 3. 協力機関（48団体）



# 汽水域と湖沼の無酸素化と青潮現象



大阪大学大学院工学研究科  
准教授 西田修三

## 1. はじめに

水域の無酸素化の要件として、有機物の供給または生産と成層化による鉛直混合の抑制が挙げられる。汽水域では、陸域からの栄養塩の供給とともに、塩淡水による強固な成層化により、貧酸素化が生じやすい状況にある。さらに、硫酸イオンや還元菌の存在により青潮の発生も見られる。また、淡水湖沼においても、夏季に強い水温躍層が形成され底層部では貧酸素化が進行する。本報で紹介する深大な汽水湖においては、その傾向はより強く現れる。ここでは、汽水域や湖沼における貧酸素化・無酸素化と青潮現象について、発生事例を紹介する（図-1）。

## 2. 無酸素化と青潮現象

### (1) 河口部汽水域

内湾沿岸域の貧酸素化や青潮については、本特集において別著者が詳細に報告しているので、ここでは河道部に絞った事例報告を行う。塩水の週上と滞留に伴う底層の貧酸素化は、低流量河川や河口堰周辺において見られる。また、単に沿岸海域において発生した貧酸素塩水の移流により河道部底層が潮汐に呼応して貧酸素化することもある。河口堰では、堰上流側では緩流により有機物が沈降堆積し、その分解過程で酸素消費が進むとともに、堰下流においても塩水の週上と堰の存在により有機物の堆積と貧酸素化が生じる。さらに、河口堰直近の深みや塩水溜（除塩ポケット）においては、滞留により無酸素化が生じやす

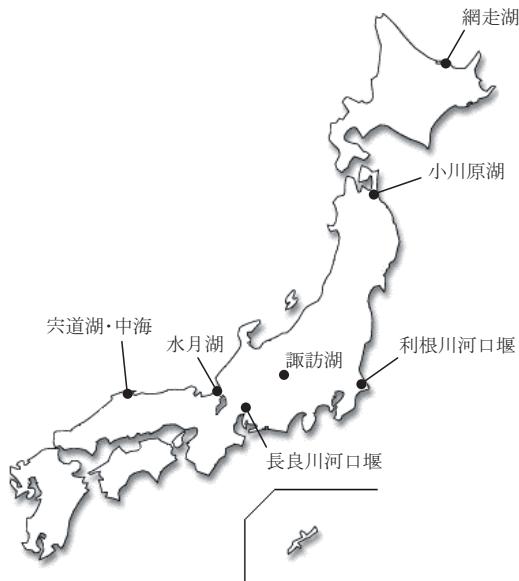


図-1 事例水域

●略歴	1955年	東京都生まれ（にしだ しゅうぞう）
	1984年	北海道大学大学院工学研究科博士課程修了
	1984年	八戸工業大学講師、助教授
	1998年	大阪大学大学院工学研究科助教授
	2007年	現職

い。利根川河口堰（鈴木ら, 2000）や長良川河口堰（図-2：中村ら, 2002），また，事業の中止に伴い撤去された中海中浦水門跡（宇野ら, 2001）においても貧酸素化現象が報告されている。

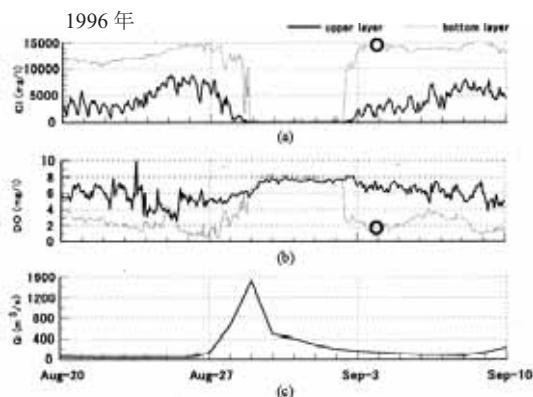


図-2 長良川河口堰下流部のCl, DO, 流量の変化（中村ら）

## (2) 汽水湖沼

沿岸に位置する汽水湖では，塩水の流入により淡水湖沼に見られる水温成層に加え，強固な塩分成層が形成される。冬期の循環期においても塩分成層が残り，一年を通じて鉛直混合が抑制される。とくに深大な湖では流動と交換率の低さから，有機物の沈降堆積が生じ，底層の貧酸素化や無酸素化が進行する。

大橋川で連結された中海（鳥取県・島根県，湖面積87km<sup>2</sup>，最大水深16m）と宍道湖（島根県，湖面積79km<sup>2</sup>，最大水深6.4m）は，サロマ湖に匹敵する日本最大規模の汽水域を形成している。中海は境水道から流入する海水により下層で約30psu，表層で10~20psuの高塩分を示し，また水深も深く強い成層構造を有している。一方，宍道湖は上流に位置する斐伊川からの淡水流入により，5 psu以下の低塩分であるが，大橋川を介して中海から間欠的に供給される塩水により，底層部には5

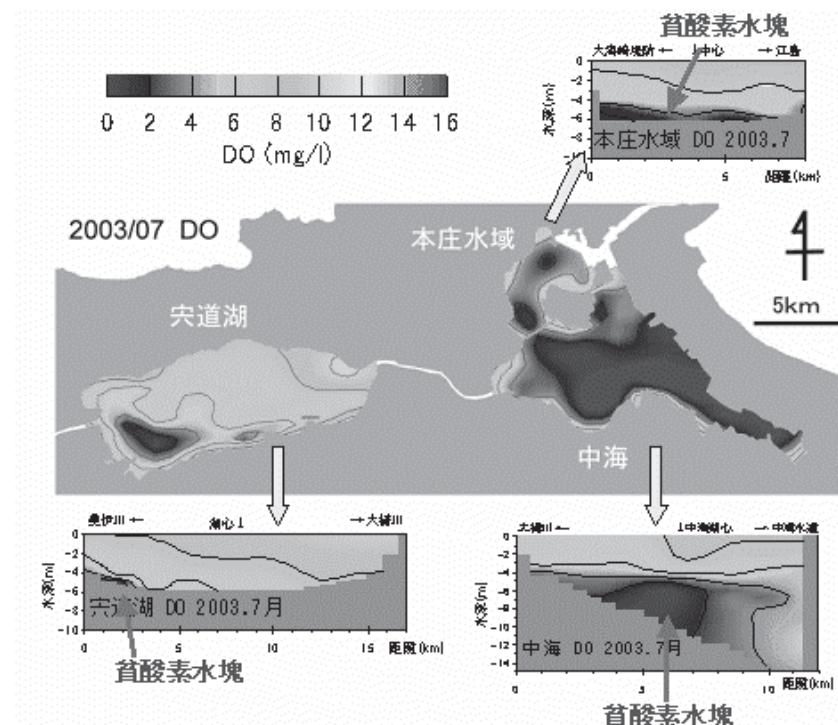


図-3 宍道湖・中海の底層DO（島根県水産技術センター）

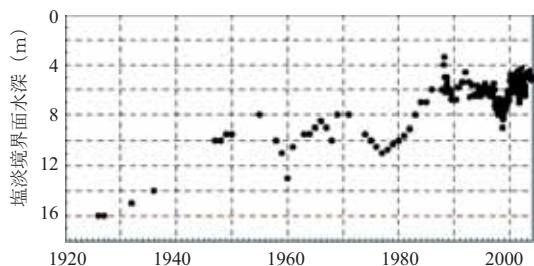


図-4 網走湖の塩淡境界面水深の経年変化  
(網走湖環境保全対策推進協議会)

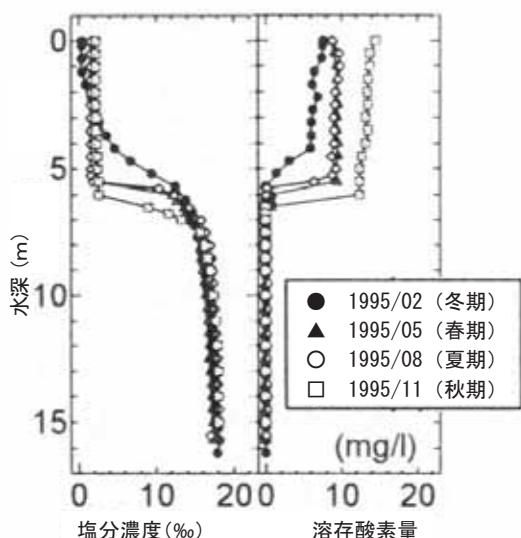


図-5 網走湖の塩分・DO分布 (池永ら)

~10psu程度塩水が滞留している。どちらの湖においても、底層部の貧酸素化が問題となっており、宍道湖においては底層僅か数10cmの貧酸素層ではあるが、シジミの斃死など水産被害が問題となっている。一方、中海では貧酸素化の規模は大きく夏季には湖容量の40%に及ぶこともある。底層部では無酸素化が生じ、中海の本庄水域においては青潮の発生が確認されている(図-3:島根県水産技術センター)。また、溶出した鉄やマンガンの酸化によって表層水が赤褐色化する現象(苦潮とも言われる)も見られる。(「青潮」を「苦潮」と呼ぶ地方もある。)

同じく日本海に面する福井県の水月湖(湖

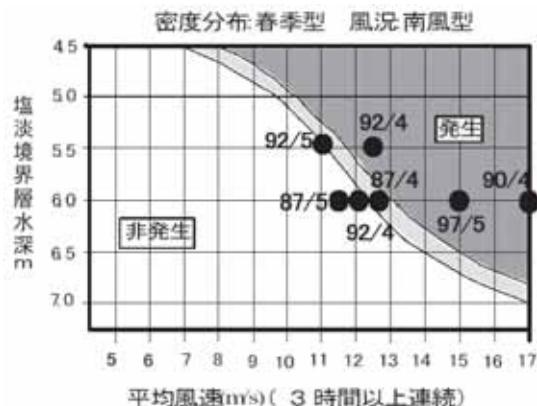


図-6 網走湖の青潮発生状況  
(網走湖環境保全対策推進協議会)

面積4.2km<sup>2</sup>, 最大水深34m)も貧酸素化が進行し、水深約6m以深には硫化物が豊富な無酸素水が存在する汽水湖である。

青潮現象は、北海道の網走湖(湖面積31km<sup>2</sup>, 最大水深16m)においても観測されている。網走湖は、近年塩水流入量の増加にともない塩淡境界面が上昇し(図-4), 無酸素水の湧昇により青潮が度々発生するようになった。1920年代まで淡水性の湖であった網走湖は、湖下流部の河道改修により塩水週上量が増加し急激に汽水湖へと移行していった。さらに、流域降水量の長期的な減少も要因の一つと言われている。現在、塩淡境界面は水深約6mに位置し、界面下には約15~20psuの塩水が無酸素状態で存在している(図-5)。湖軸に沿った強い南北風が連吹した時に青潮の発生が見られる(図-6)。その頻度は塩淡境界面の位置に大きく依存し、5m以浅に上昇したときは年数回の発生が、また、水深7m以深にとどまった年にはほとんど青潮の発生は見られず、最近は2~3年に一回程度の発生頻度となっている。網走湖では、上述の塩淡境界面の上昇と富栄養化の進行が相俟って、1980年代には既に青潮の発生が見られ、魚介類の斃死被害も報告されている。また、青潮

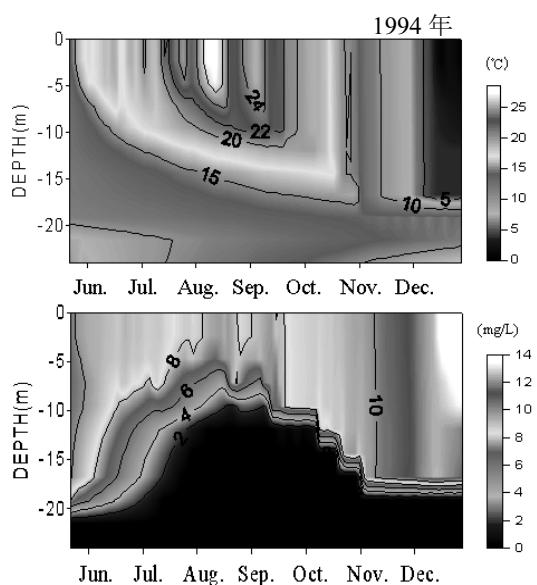


図-7 小川原湖の水温・DO構造の季節変動  
(西田ら)

被害とあわせてアオコの発生による被害も頻発し、国土交通省では網走川の水環境改善計画（清流ルネッサンスⅡ）を策定し、網走湖の水質改善に取り組んでいる。青潮とアオコの発生頻度の低下を目標の一つに掲げ、河道部にゲートを設けて塩水遡上量を低減させる現地実験も行われている。

青森県の小川原湖（湖面積64km<sup>2</sup>、最大水深25m）も網走湖と同様の汽水性の湖である。観測結果を基に水質の季節変動を再現した結果を図-7（西田ら、2001）に示す。上層は約1psu、20m以深の底層では約12psuの塩分界面層を有し、夏季には水深5～10mに水温躍層が形成される。深水域の底泥は黒色化し硫化物臭を放ち、底層水は無酸素状態にある。水温成層が発達する7月から9月にかけて中層（水温躍層～塩淡界面）において貧酸素化が生じる。この貧酸素水塊の発達と湧昇により、しばしばシジミの大量死が起こっている。また、小川原湖はリン制限の湖であるが、塩水層には多量の窒素やリンが存在し、鉛直混合が強まる1月～4月にこの高濃度の

栄養塩が塩淡界面より上層に取り込まれ春のブルーミングが生じる。このように、小川原湖では無酸素化した塩水層が、栄養塩とくにリンの重要な供給源となり、植物プランクトンの増殖に支配的な役割を果たしている。無酸素層の発生要因となっている塩水流入は、湖水位と河口潮位に依存し間欠的に生じる。通常、流入は大潮期や低気圧通過時に限られ、実質的な塩水流入量はそれほど多くはない。そのため、塩淡界面は上述のように約20mと深く、風の連吹時にも水温躍層下の中層に形成される貧酸素水塊の湧昇にとどまり、硫化物を含んだ無酸素底層水の湧昇には至らず、青潮の発生も報告されていない。

成層湖沼における底層水の湧昇現象は湖盆形状や成層構造、風況に依存し、一般にWedderburn数やLake数によって支配される。網走湖と同様に底層に無酸素層が形成されているにも拘わらず、小川原湖で青潮の発生がみられないのは、湖容量に比して塩水流入量が少なく塩淡界面が深いことに加え、湧昇する中層貧酸素水の硫化物濃度が低いことによるものと考えられる。

### (3) ダム湖・淡水湖沼

ダム湖や淡水湖沼においても、底層水の貧酸素化や無酸素化現象が見られる。中海の苦潮と同様の現象は諏訪湖においても1970年頃から観測されており、底層貧酸素水の湧昇により水域が茶色化し、魚の死滅が発生している（長野県諏訪建設事務所「諏訪湖のあゆみ」）。諏訪湖ではこの現象は「スヌ水」と呼ばれている。

また、貯水池やダム湖においても夏季に水温躍層の形成により水交換能が低下し、底層水が無酸素化されて各種塩類の溶出が見られる。この強い嫌気的環境下で溶出した塩類は、底層密度流となって湖盆地形に沿って湖底へ

と流下しながら熱を輸送することもあり（道奥ら, 2003), 化学的過程とともに力学的過程をともなって無酸素層の性状を決定している。水温躍層下に形成される貧酸素層は風の作用により湧昇を起こし、汽水湖と同様にプランクトンの異常発生を生じさせる。

ダム湖においては水質改善の一手法として深層ばっ気による強制的な酸素供給と鉛直混合がなされるようになってきた。海域の貧酸素水塊や青潮の発生抑制に向けた同様のばっ気システムの検討もなされているが、潮流の影響等により湖沼のような効果はあまり期待できない（佐々木ら, 2003）。

### 3. おわりに

河口域や湖沼における無酸素化と青潮現象について、幾つかの事例を紹介した。汽水湖においては、海水の遡上と河川水の供給により強固な塩分成層が形成され、沿岸域の無酸素化現象に比しても規模は決して小さくない。むしろ海域に比べ流動が弱く停滯性が強いために、無酸素化が著しい。しかし、その一方で青潮の発生頻度はそれほど高くはない。これは、半開放性の海域と異なり、水域のスケールが湧昇現象に大きく関わるためである。つまり、硫化物を含んだ無酸素塩水層が比較的浅い水深に位置することに加え、湖がある程度の空間スケールを有することが青潮の発生条件となるためである。

### 参考文献

- 網走湖環境保全対策推進協議会：網走川水系網走川水環境改善緊急行動計画, 2004.
- 池永 均, 他：網走湖における青潮発生に関する現地観測と数値解析の比較, 土木学会論文集, No.775, pp.11-27, 2004.
- 宇野誠高, 他：中海中浦水道における水質変動, 汽水域研究, Vol.8, pp.15-22, 2001.

佐々木 淳, 他：東京湾三番瀬における微細気泡発生装置を用いた青潮水改善効果の数値的検討, 海岸工学論文集, Vol.50, pp.981-985, 2003.

島根県水産技術センターH P : 宮道湖・中海の湖底貧酸素化現象について.

鈴木伴征, 他：利根川河口堰下流部における貧酸素水塊の発生と流動, 水環境学会誌, Vol.23, pp.624-637, 2000.

中村由行, 他：河口域における溶存酸素濃度の動態－長良川河口堰下流部におけるモニタリングデータの解析, 港湾空港技術研究所報告, Vol.41, pp.19-48, 2002.

西田修三, 他：汽水湖における流動構造と物質循環過程, 海岸工学論文集, Vol.48, pp.1116-1120, 2001.

道奥康治, 他：貯水池の有機汚濁と深水層における逆転水温層・高塩分水塊の消長について, 土木学会論文集, No.740, pp.45-62, 2003.

# 東京湾の深掘跡の水質等調査



いであ株式会社 國土環境研究所  
所長 細田昌広

## 1. はじめに

東京湾のように後背地に都市部を擁する閉鎖的な内湾域では、夏季に貧酸素水塊や青潮が発生しており、とくに生物や漁業および海域の物質循環に大きな影響を及ぼしている。この問題に対して、これまで流入負荷の削減等の様々な対策が講じられてきたが、近年、底層の貧酸素化に関連して、深掘部の存在が注目されてきている。

深掘部は、沿岸部の埋め立てを行う際に、埋め立て用土砂を採取した跡が窪地として残っているものであり、東京湾・幕張沖には周辺水深約10mに対して水深30m程度の埋立用土砂採取跡（風呂田、1997）が確認されている。この深掘部は、周辺との海水交換が悪いことから恒常に無酸素状態となっており、底層の貧酸素化等に関係している可能性が指摘されている。

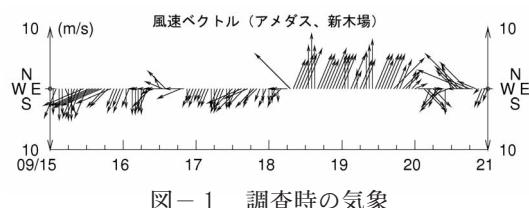
我々は、閉鎖性海域の環境改善対策等を検討しており、その中で陸域からの汚濁負荷のほか有機物の内部生産、底泥からの溶出、干潟における水質浄化機能等が水質に及ぼす影響について考慮できるような水質予測モデル

の開発を行っており、とくに貧酸素化のメカニズムの把握と、例えば深掘部の埋め戻し等の改善対策を実施した場合の効果検討を重要な目的と考えている。

そこでモデル構築の際の知見収集を目的として、東京湾奥部の深掘跡とその周辺の各1地点を対象に水質、底質等を調査するとともに、同時に柱状採泥した試料を用いて底泥の溶出速度実験および酸素消費速度の室内実験を実施したので紹介する。

## 2. 現地調査時の気象

現地調査は平成18年9月19日に実施した。調査時は台風から変わった低気圧が日本海を通過したため前日より強い風が連吹していた（図-1）。そのため調査海域周辺はやや波が高く、海水が比較的攪拌された状況であった。



●略歴	1953年	埼玉県生まれ（ほそだ まさひろ）
	1979年	東京水産大学大学院水産学研究科修士課程修了
	1979年	新日本気象海洋株式会社入社
	2001年	国土環境株式会社に社名変更
	2006年	いであ株式会社に社名変更
	2007年	現職

### 3. 現地調査の概要

東京湾湾奥部の深掘部を対象に、深掘跡とその周辺で深掘されていない場所の2地点で調査を行いそれらの比較を行うこととした。

調査に先立って、調査地点周辺で魚探による測深を行って窪地の形状を簡易的に確認した上で、水質、底質等の調査を実施し、試料を持ち帰って分析を行った。

深掘跡は、図-2に示すとおり、周辺と比べて急激に深くなってしまっており、その差は約20mにも達する。その中でも最も深いあたりを「深掘り地点」とし、一方、深掘跡の近傍で、水深が10mに満たないところを「周辺部地点」とした。

まず現地において、気温、風向、風速、水色、水深、透明度、水温等の観測を行った。

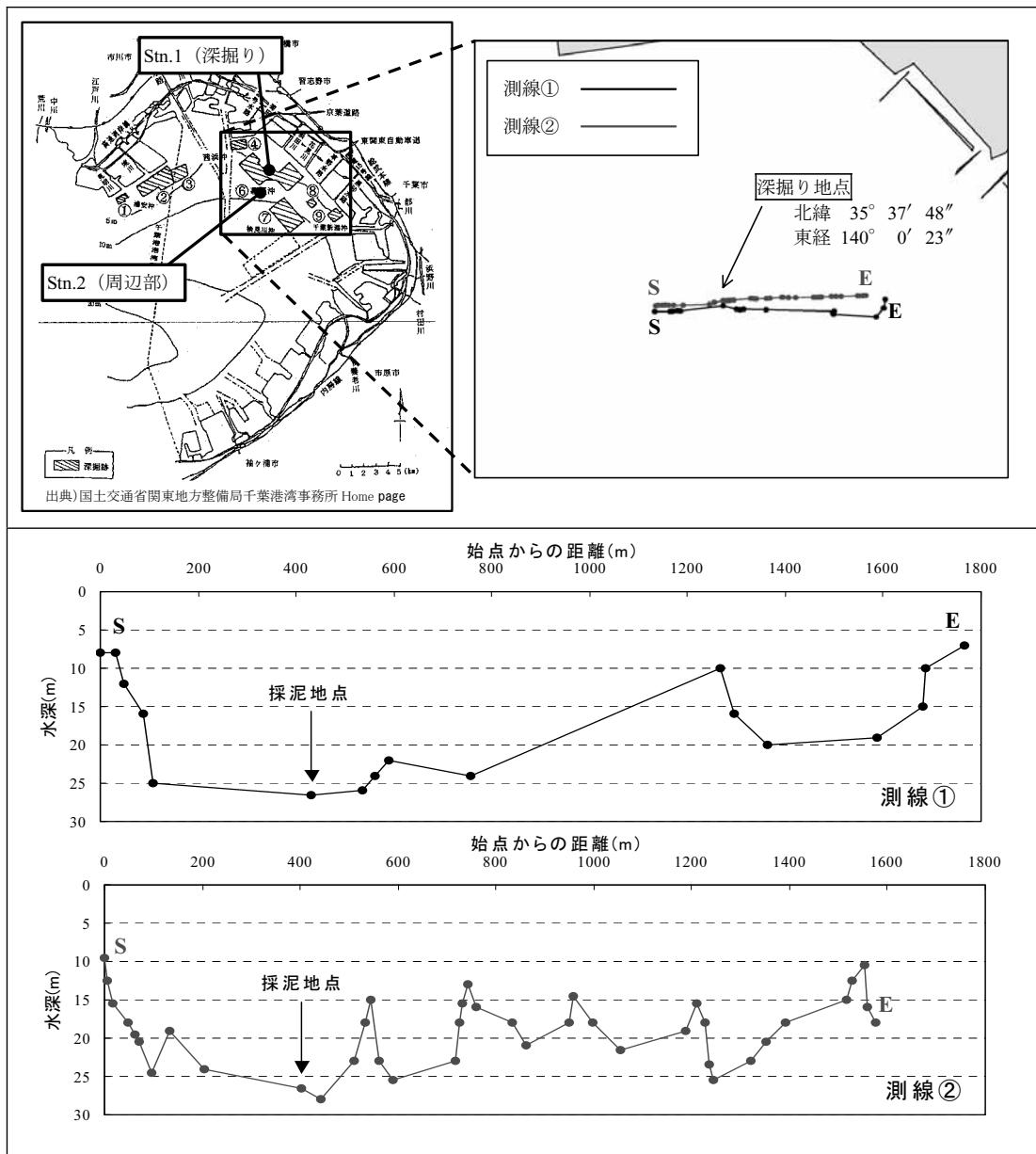


図-2 調査地点位置および深掘り地点周辺の水深断面

水質については、水面から水深0.5m毎に自記式多項目水質計を用いて水温、塩分、クロロフィルa、濁度の計器測定を行った。また、水中光量子計を用いて水面から水深0.5m毎に水中光量を、溶存酸素（DO）についてはDO計を用いて水深1m毎に測定した。ダイバーにより採水器を用いて底泥直上水を採水した上で、溶存酸素（DO）、栄養塩類、有機物等について分析を実施した。

底質については、ダイバーにより20cm径のアクリルコア（採泥面積：0.03m<sup>2</sup>）を用いて表層から20cmの深さまでを採泥し、実験室に持ち帰った後に4層（0-2, 2-5, 5-10, 10-20cm）に分取してそれぞれを分析試料とした。底泥間隙水については、20cm径もしくは10cm径のアクリルコアを用いて4層に分取した底泥を、遠心分離器により抽出し、分析した。

また、採泥時に底質の泥温、外観、色相、臭気について現地観測を行うとともに、底泥の堆積状況をビデオカメラにより記録した。

#### 4. 室内実験の概要

現地観測および採泥と同時に底泥の深さが30cm程度となるように不搅乱柱状泥を採取し、パイプの両側をアクリル栓によって密封したものを実験試料とした。また、実験直上水とするために採泥地点にて現場海水の採水を行った。これらの試料を用いて、底泥からの栄養塩類等の溶出速度試験と底泥による酸素消費速度試験を行った。

#### 5. 調査および実験結果

##### 5. 1 現地観測結果

各調査地点における海底の様子を図-3に示す。深掘り地点は柔らかいシルトからなり、周辺部地点は比較的硬く締まった砂泥質の底泥で貝殻片や海藻類が点在している。

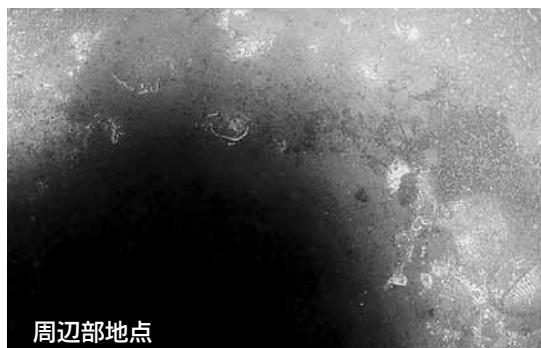
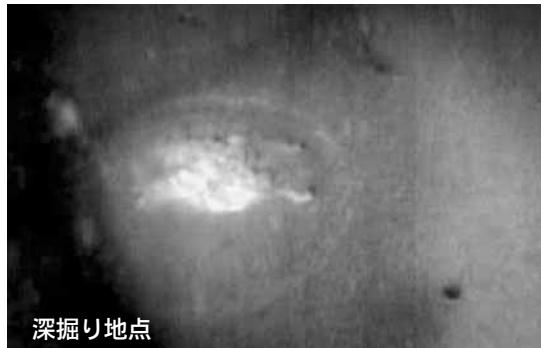


図-3 調査地点海底の状況

また深掘り地点を撮影したビデオには図-3（上）に示すような硝酸還元菌のコロニーと思われる白い斑点が多数点在していることが確認された。

##### 5. 2 水質の機器観測結果

各調査地点における機器観測結果を図-4に示す。周辺部地点及び深掘り地点の10m程度までは概ね同様な水質であり、クロロフィルaを除くと鉛直方向に一様な状態であった。

深掘り地点は、水深約10m以深から塩分を除いて急激に水質が変化している。DOは水深約12m以深ではほぼ無酸素状態であった。クロロフィルaも同様に急激に濃度が低下していた。また、水温は水深約10m以深で徐々に低下して水深約16m以深ではおよそ15°Cで安定していた。ちなみにこの水温は、周辺の浅海定線調査によると5月ごろの底層水温であった。

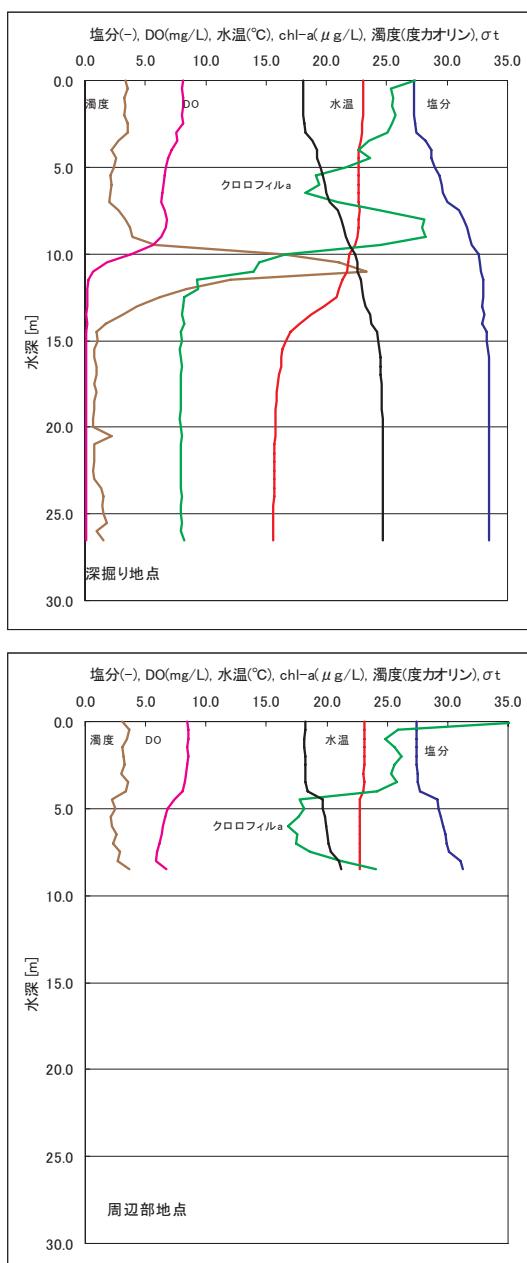


図-4 機器観測結果

一方、濁度は水深 9 m 程度から急激に値が上昇したのち再び速やかに低下して、約 14 m 以深ではほぼ一定となっており、水温躍層に濃度のピークが見られた。

濁度については、別府湾で有酸素水と無酸素水との境界付近で同様な層の薄い高濁度層

が観測された事例があり、その原因はマンガンの酸化還元反応に伴う沈殿物の生成であった（藤原、私信）。本調査においてもこの高濁度層付近が酸化還元反応の界面になっている可能性が考えられる。

### 5. 3 分析結果

#### (1) 水質

表-1 に直上水水質濃度を示す。

深掘り地点の底泥直上水の DO 濃度は、検出限界を下回っており、一方、周辺部地点では約 6 mg/L であった。これらの酸素濃度の違いが直上水水質にも影響を及ぼしており、嫌気的な深掘り地点では NH<sub>4</sub>-N, PO<sub>4</sub>-P 濃度が高くなっていたが、好気的な周辺部地点では NO<sub>2</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N 濃度が高くなっていた。

DOC, DON, DOP 濃度はいずれも深掘り地点が高く、とくに DON 濃度については周辺部地点と比べて高い値を示しているが、DOC 濃度については地点間での差は比較的小なものであった。また、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 濃度は、両地点でほぼ同程度であった。

表-1 底泥直上水濃度 (mg/L)

	深掘部	周辺部
DO	<0.5	6.1
NO <sub>2</sub> -N	0.001	0.027
NO <sub>3</sub> -N	0.06	0.13
NH <sub>4</sub> -N	3.42	0.1
PO <sub>4</sub> -P	0.574	0.065
DOC	1.6	1.3
DON	3.74	0.62
DOP	0.055	0.019
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	2430	2290

#### (2) 底質

##### 1) 底質

深掘り地点の底質は、非常に還元的であり、植物プランクトン等に由来する有機物が大量

の水分を含んだ状態で存在しているものと考えられる。また、深掘り地点では TOC, TON, TOP はいずれも高いが、直上水と同様にとくに深掘り地点で TON が高く、C : N : P 比が 2 地点で異なる結果（深度別濃度の単純平均から求めた C : N : P 比は、深掘り地点=171 : 29 : 1, 周辺部地点=205 : 24 : 1 (モル比)）となった。

## 2) 底泥間隙水の水質

図-5 に底泥間隙水濃度の鉛直分布を示す。

直上水水質や底質と同様に深掘り地点では間隙水 NH<sub>4</sub>-N, PO<sub>4</sub>-P 濃度が高くなっていたが、NO<sub>2</sub>-N はいずれの地点においてもほ

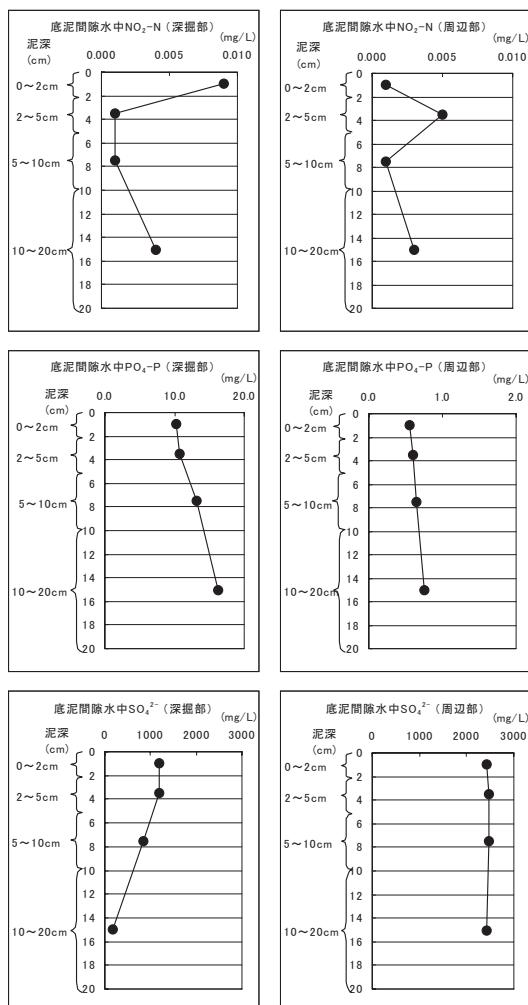


図-5 底泥間隙水濃度の鉛直分布

とんど検出されなかった。DOC, DON, DOP 濃度は深掘り地点が高いが、DOC 濃度については DON, DOP 濃度ほど地点間の差は大きくなかった。SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 濃度は、深掘り地点では泥深が深くなるにつれて減少していくが、周辺部地点で鉛直的な変化はほとんどみられなかった。

## 5. 4 室内実験結果

### (1) 溶出速度実験

各調査地点で採取したコア試料中の実験開始後24時間目までの経過時間と溶存物質存在量との回帰直線を求め、各調査地点の底泥からの溶出速度とした。得られた溶出速度を表-2 に示す。

ここで、周辺部地点における PO<sub>4</sub>-P 溶出速度が負の値を示しているが、周辺部地点では貧酸素状態が解消された直後のため、直上の溶存酸素濃度に対して底泥内のリン酸態リンは吸着平衡状態に至っておらず、底泥表層に酸化層が形成されることによって直上水中のリン酸態リンが底泥表層に吸着された可能性が推測される。

これらの溶出速度は、夏季の東京湾湾奥部における既往事例 (NH<sub>4</sub>-N : 22.0~249.2 mg N / m<sup>2</sup>/day, NO<sub>3</sub>-N : -32.9~1.3 mg N / m<sup>2</sup>/day, PO<sub>4</sub>-P : -1.72~72.77 mg P / m<sup>2</sup>/day) と概ね同程度の値であった (国土技術政策総合研究所, 2002)。

表-2 溶出速度 (mg/m<sup>2</sup>/day)

	深掘部	周辺部
NO <sub>2</sub> -N	-0.06	1.29
NO <sub>3</sub> -N	-1.65	-11.78
NH <sub>4</sub> -N	447.58	22.11
PO <sub>4</sub> -P	74.47	-7.84
DOC	257.92	58.66

## (2) 酸素消費速度実験

深掘り地点は急速に酸素が消費されたため実験開始後10時間目まで、周辺部地点は24時間目までの海水のみの場合の溶存酸素消費速度を除いた溶存酸素量と経過時間との回帰直線を求め、各調査地点の底泥による酸素消費速度とした。その結果、深掘り地点における酸素消費速度は $1848.0\text{mgO}_2/\text{m}^2/\text{day}$ （実験水温： $15.0^\circ\text{C}$ ）、周辺部地点では $470.0\text{mgO}_2/\text{m}^2/\text{day}$ （実験水温： $20.0^\circ\text{C}$ ）となった。

これらの溶出速度は、前出の夏季の東京湾における既往事例（ $585.6\sim1740.0\text{mgO}_2/\text{m}^2/\text{day}$ ）と概ね同程度の値であった。

## 6. まとめ

東京湾奥部の深掘跡とその周辺の各1地点を対象に水質、底質等を調査するとともに、同時に柱状採泥した試料を用いて底泥の溶出速度実験および酸素消費速度の室内実験を実施した。

その結果、東京湾奥部の深掘部は、その周辺と比較して以下のような特徴が見られた。

- ・深掘部はほとんど無酸素状態であり、9月においても、周辺部の5月頃の底層水温であった。
- ・深掘跡の海底には硝酸還元菌のコロニーと思われる白い斑点が多数点在していることが確認された。
- ・酸素環境が物質循環に影響を及ぼしており、嫌気的な深掘り地点では  $\text{NH}_4\text{-N}$ ,  $\text{PO}_4\text{-P}$  濃度が高い一方、 $\text{NO}_2\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3\text{-N}$  はほとんど検出されなかった。
- ・栄養塩類等の溶出速度および底泥による酸素消費速度は、夏季の東京湾奥部における既往事例の最も高い値と同程度の値であった。

本調査結果をモデルの初期値や再現目標値として用いて、浮遊系と底生系を結合させた

水質予測モデルの開発を銳意進めているところである。このモデルを用いて底層の貧酸素化メカニズムの把握と、深掘跡の埋め戻し等の各種改善対策の効果検討を行い、ひいては環境改善施策を提案していきたいと考えている。

## 謝 辞

本調査は、経済産業省委託業務・環境負荷物質対策調査（閉鎖性海域水質環境対策検討調査）において検討委員会（委員長 小池勲夫 東京大学教授）のご指導の基で実施した。ここに記して謝意を示す。

また社内では水環境解析グループの阿部恵子君、芳川忍君、永尾謙太郎君を中心となって解析・検討したことを記す。

## 参考文献

- 風呂田利夫（1997）：東京湾の生態系と現状. 東京湾の生物誌（沼田 真、風呂田利夫 編），pp.3-23.
- 国土技術政策総合研究所（2005）：「港湾環境情報」，www公開データ（<http://www.milim.go.jp>）。

# 東京湾の青潮



鹿島建設(株)技術研究所  
上席研究員 田 中 昌 宏

## 1. はじめに

内湾の環境は、人間の健康に例えられる事が多いが、東京湾を始めとする大都市に面する内湾は、“富栄養化”という生活習慣病から一向に抜けきれないままである。著者も生活習慣病の一つである痛風にかかり、その発作の痛さを痛感している。青潮は、突発的に内湾の生態系を襲う痛風のような病気といえる。突然、無酸素で硫化水素を含む水が、浅場に押し寄せ、平和に暮らしていたアサリなどの二枚貝や稚魚を斃死させる。この無酸素の水は、海が栄養を取りすぎた（富栄養化）結果、生じたものであり、この根本原因を絶つためには、対処療法的な対策では効果が無く、人間の生活習慣を改め、海への負荷を低減するしかない。しかし青潮が人間の痛風と違うのは、青潮の発作が起こる条件が物理的には明確で、予測が可能なことである。本報では、東京湾を例に、主にその物理過程を解説する。

## 2. 東京湾の青潮の発生状況

図-1は東京湾で発生した青潮の位置を示

しており、湾の北から東の千葉県沿岸に集中していることがわかる。このデータは少し古いが、東京湾では現在も年数回青潮が発生しており、その発生場所はあまり変化していない（小倉ら、2000）。これは次のような青潮の発生メカニズムによって説明される。

図-2は青潮の基本的な発生メカニズムを

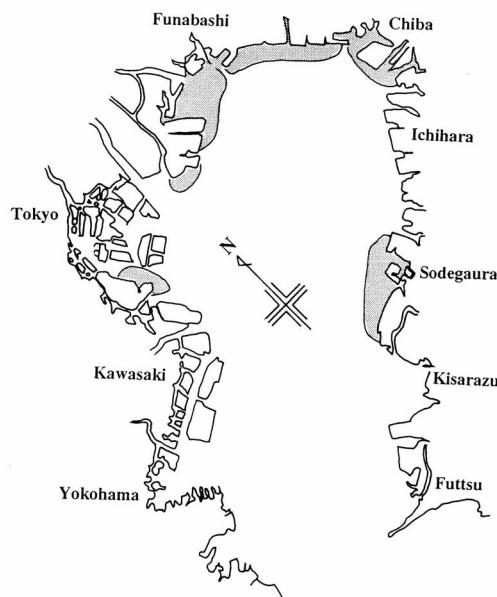


図-1 東京湾に発生した青潮の領域  
(環境庁, 1987)

### ●略歴

- 1960年1月 山梨県生まれ (たなか まさひろ)
- 1984年3月 埼玉大学大学院理工学研究科建設基礎工学専攻修士課程修了
- 1984年4月～1991年4月 東京工業大学工学部土木工学科助手
- 1991年5月～現在 鹿島建設(株)技術研究所  
工学博士 (1990年1月 東京工業大学)

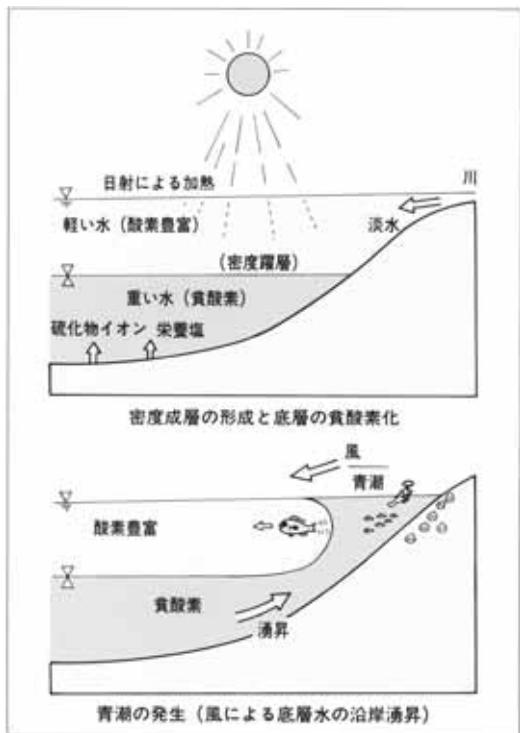


図-2 青潮発生の模式図

模式的に示してものである。まず、富栄養化した湾では、植物プランクトンの増殖（内部生産）が活発であり、その死骸（デトリタス）が水中あるいは海底に堆積した後、分解する際多量の酸素を消費する。表層から十分酸素が供給されれば貧酸素水塊は生じないが、内湾では初夏から秋にかけて密度成層が発達するため、鉛直混合が抑制され、酸素の供給が遮断される。この密度成層は、淡水の流入による塩分の変化と日射による水温上昇により形成され、表層が軽く底層が重いため、重力に対して安定となる。この密度成層の形成は、極自然の現象であるが、後で述べるように、富栄養化による透明度の減少と埋立などによる海岸線の人工化が、その安定の度合いを強めていると考えられる。こうして形成された底層の貧酸素水には、さらに底泥から硫化物イオンや栄養塩が溶出する。この状態で、風によって引き起こされる沿岸湧昇流に乗って、

底層水が浅海部に流れ込み、アサリなどの二枚貝や稚魚の斃死を引き起こす。海水が白色から青緑白色に変化するのは、硫化物イオンが大気と接触してコロイド状イオウが形成され、それが乱反射するためと考えられている（風呂田, 1987）。

東京湾では、6月～9月にかけて湾奥部底層一体が貧酸素状態となるが、これが北よりの風により湾の北から東沿岸、すなわち千葉沿岸に湧昇すると、青潮が発生する。これに加え、東京湾の湾奥には浚渫窪地が多数あり、そこでは無酸素状態となるため、青潮の発生を助長する。（この詳細については、本特集の細田（2007）に譲る。）すなわち、湾奥底層の貧酸素水塊の形成と北寄りの風の連吹が青潮発生の一般的な条件である。青潮の規模や被害の大きさは、密度成層の強さと貧酸素の度合いに依存する。ただし、2004年8月には、湾西岸の横浜港から金沢八景にかけての沿岸でかつてない大規模な青潮が発生し、驚かされた。後で説明するように、青潮の発生は底層に形成された無酸素水塊の、風による沿岸湧昇現象であり、条件が整えば、湾のどこでも、どの風向でも、発生しうる現象である。

### 3. 青潮の物理

上記の様に、青潮の発生で重要な物理過程は、風による沿岸湧昇と密度成層である。そこで、ここではそれぞれの物理過程について説明する。

#### (1) 風による沿岸湧昇

風による沿岸湧昇は、大きく二つのタイプがある。一つは、図-3に示すように、風の吹く方向の軸上で生じる湧昇である。これは、岸から沖に向かって風が吹くと、表層は沖に向かい水位が下がり、その水面勾配による圧力勾配にバランスするため、密度海面は水面

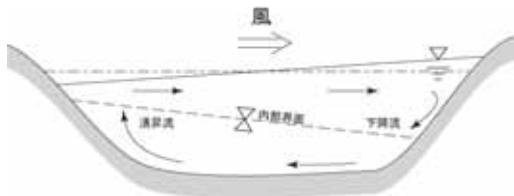


図-3 風向方向の湧昇現象

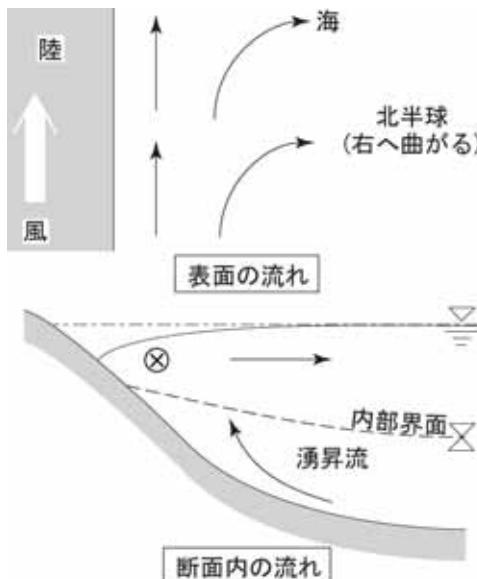


図-4 地球時点の効果（コリオリ力）がある場合の沿岸湧昇



図-5 東京湾の青潮発生時の模式図

と逆勾配に傾く。湖のような比較的小さな閉鎖水域の湧昇現象は、このタイプである。密度海面の勾配は、水面の勾配に対して、概ね表層と底層の密度差の逆数倍になる。つまり、水面の勾配はわずかでも密度界面の傾きは非常に大きくなり、風上側の沿岸で湧昇が生じる。逆に風下側の沿岸では、密度界面が下降

する。東京湾で南寄りの風が吹いた場合には、湾奥でこのような状況が生じる。

二つ目は、現象のスケールが大きくなり地球の自転の効果（コリオリ力）が影響してくれる場合の湧昇である。この場合には、図-4に示すように、北半球では、陸を左に見て風が吹くと、表層水はエックマン輸送により風向より右の沖に運ばれ、それによって生じた水面勾配によって底層水は岸に運ばれ、沿岸湧昇が生じる。東京湾の場合、北寄りの風の場合は、東岸の千葉県沿岸に湧昇が起こり、逆に南寄りの風の場合には西岸の神奈川県沿岸で湧昇する。コリオリ力が影響するかどうかは、湾のスケールと次式で示される内部変形半径の大小関係で判断できる（2層の場合）。

$$\lambda = C/f, \quad C = \sqrt{\frac{\Delta\rho}{\rho} g \frac{h_1 h_2}{h_1 + h_2}} \quad (1)$$

ここに、 $\lambda$ ；内部変形半径、 $C$ ；内部（ケルビン）波の位相速度、 $f$ ；コリコリパラメータ、 $\rho$ ；海水の密度（下層）、 $\Delta\rho$ ；上層と下層の密度差、 $g$ ；重力加速度、 $h_1$ ；上層の厚さ、 $h_2$ ；下層の厚さ、である。東京湾湾奥の夏季の条件を当てはめると、3～4 km程度となり、東京湾の短軸方向（東西）の幅が約20kmであることから、明らかに地球自転の効果が影響している。

東京湾の湾奥の青潮は、図-5のように、両者が混在した湧昇現象と考えられる。風向軸方向の湧昇は比較的小規模でも生じるため、東京湾の青潮の発生頻度は明らかに北寄りの風で高くなる。これにコリオリ力が影響した沿岸湧昇が重なると、大規模な青潮が発生する。しかし2004年8月のように、東岸でもコリオリ力が影響した大規模な沿岸湧昇により南寄りの風でも青潮が生じうる。この青潮の発生条件については、鯉淵・磯部（2005）が詳細な検討を行っている。

東京湾の青潮が、地球の自転の効果に影響されていることを始めて指摘したのは松山ら(1990)であり、さらに風によって上昇した界面が、内部波（内部ケルビン波）として伝播することを指摘した。これは、風が止んだ後も、内部ケルビン波が北岸に沿って反時計回りに伝播し、界面の上昇（湧昇）が長期に亘って断続的に生じ、青潮を長期化させる原因と考えられる。

## (2) 密度成層

上記のように青潮は風によって引き起こされるが、風は同時に鉛直混合を引き起こす。もし鉛直混合が底層まで達すれば、沿岸湧昇前に貧酸素化した底層水に酸素が供給され、青潮は生じない。逆に密度成層の表層と底層の密度差が非常に大きい（重力に対する安定度が大）場合には、相対的に非常に重い水を表層まで引っ張り上げるエネルギーが必要であり、湧昇は起き難くなる。つまり、青潮は生じるかどうかは、風が吹き出す前の密度成層の強さに依存している（中辻ら、1995）。通常の気象条件では、密度成層が強いほど、貧酸素化が進行し、青潮が起き易くなる。なお、渡辺ら（1998）は詳細なシミュレーションによる検討から、風による混合に加え、水面冷却に伴う鉛直混合の重要性も指摘している。

内湾の密度成層は、塩分と水温の変化で形成されるが、湾全体としては淡水流入による塩分成層が支配的である。したがって、梅雨から秋の河川流入の多い時期に密度成層が強くなる。一方日射による水温成層も初夏から秋にかけて発達するが、浅海部では熱容量が小さいため、水温成層が相対的に重要な。

塩分成層は淡水の流入量によって規定されるが、水温成層は、日射量だけではなく、次のように透明度の変化と海岸線の人工化によっ

てその強度が変化していると考えられる。

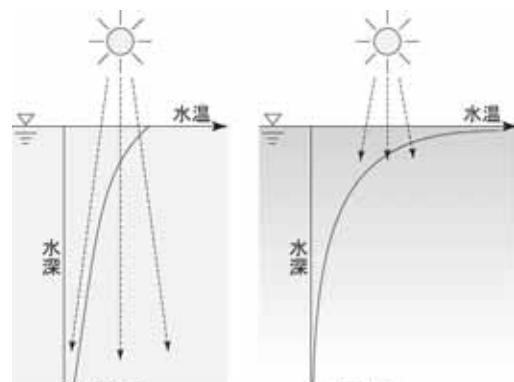


図-6 透明度と水温成層

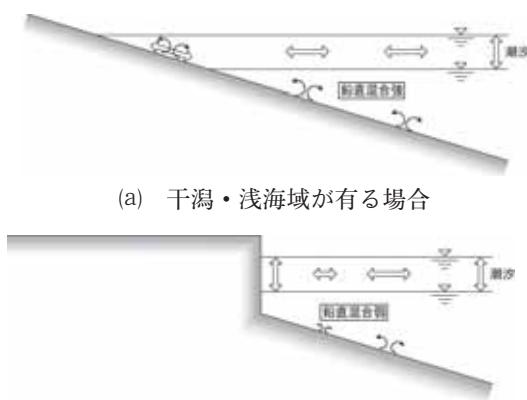


図-7 干潟・浅海域の減少による鉛直混合の減少

富栄養化した内湾では、一次生産が増大し、透明度が減少する。透明度が減少すると、図-6に示すように、太陽光の吸収による水温上昇が表層に集中するために密度成層が強化される。次に海岸線の人工化は次のように密度成層に影響する。図-7に示すように、かつての内湾のように遠浅の海岸では潮汐の運動は水平運動に近く、海底面の摩擦によって乱れが発生し激しい鉛直混合を生み出す。一方埋立等によって海岸が直線化され水深が急に深くなる地形では、潮汐波は鉛直運動となり、鉛直混合は小さい。このように人工化された沿岸では、鉛直混合が減少し、密度成層が強化されると考えられる。

#### 4. 青潮の数値シミュレーション

上記したように、青潮の発生メカニズムはかなり明確であり、数値モデルにより再現・予測が可能である。

ここでは、少し古いが、著者ら（1997）が行った青潮の再現シミュレーションを紹介する。対象とした青潮は1994年9月12日頃から19日にかけて千葉県沿岸に発生したもので、小倉ら（1995）は、このときの状況を次のように報告している。9月12日ごろから北風が吹き始め、13日になって千葉中央港、幕張西浜、船橋～浦安に青潮が発生した。14日には範囲が拡大し、市川航路の東側全域及び行徳漁場全域が青潮状態となった。この青潮は9月19日によく終息し、約10日間継続した。この結果、アサリが2,700 t 勝死したほか、スズキ、ボラ等の魚類も被害を受けた。

数値モデルは、3次元の流動モデルと底次生態系モデルに青潮の硫化物に関する化学反応を組み込んだモデルから成っている。計算はまず、東京湾夏季の底層貧酸素などの典型的な状況を再現した後、それを初期条件として、青潮が発生した期間の数日前から、実際の気象条件を時系列で与える計算を実施した。

計算結果の一例を、環境庁（1995）が実施した水温の湾奥での連続観測結果と共に図-8に示す。上記したように初期条件に、夏季の平均的な気象・海象条件の下での計算結果用いているため、絶対値には違いがあるが、相対的な水温変化が良くシミュレートされている。計算開始の9月7日から11日まで南風が卓越しているため、上層と下層の水温差が広がり、成層が強まっている。12日に入ると東北東の風に変わり、水温が低下しあはじめ、13～15日は北風になったため急激に水温が下降している。この水温変化は、上層水温が急激に下層水温まで下降していることから、風による鉛直混合ではなく、底層水の沿岸湧昇

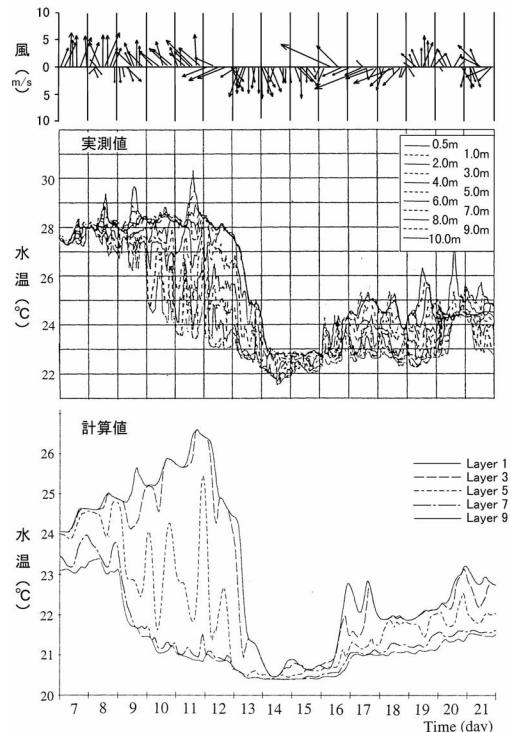


図-8 青潮の再現シミュレーション結果の一例  
(湾奥観測点における水温時系列)

に伴うものであることがわかる。16日に一時的に南寄りの風に変わったため、水温が若干上昇するが、再び東北東の風が18日まで継続し、水温の上昇は押さえられている。このように、今回対象とした青潮は風に敏感に対応して生じた青潮と考えられる。図-9(a)に、11日から14日の各12時の時点の表層DOの平面分布の変化を示す。11日に既に湾東岸の市原沖で、 $3 \text{ mg/l}$  以下の湧昇域が現れている。これは南東風による局所的な湧昇と考えられる。12日には、東北東の風に変わり、千葉中央港の奥から幕張まで貧酸素水域が拡がる。13日～15日にかけて北風が連吹し、より低酸素の水が北岸全体に湧昇している。こうした状況は小倉らの報告と良く対応しており、モデルが実際の青潮を良く再現しているといえる。

一方、図-10には栄養塩のひとつであるリ

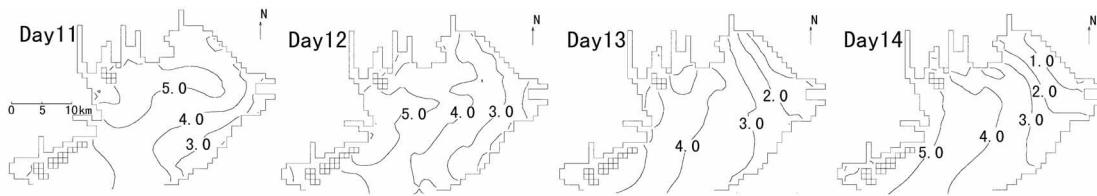


図-9 DO の表層分布の変化

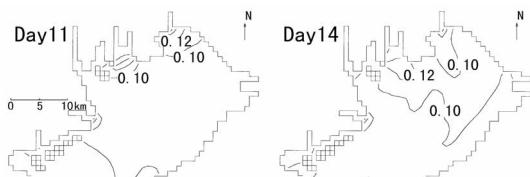


図-10 リン酸の表層分布

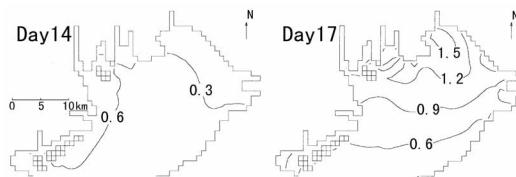


図-11 植物プランクトンの表層分布

ン酸態リンの11日と14日表層の平面分布を示す。青潮発生前の11日は低濃度だったリンが、沿岸湧昇によって底層から運ばれ、14日には湾奥表層全体で高濃度となっている。図-11には植物プランクトンの分布が示されており、青潮の発生後、リンが底層から供給され、一次生産が急激に増加したことが分かる。このように、青潮と赤潮は連関しており、赤潮後はプランクトンの死骸が再び貧酸素化を招くという、悪循環系を形成している（山岡、1986）。

## 5. おわりに

風による沿岸湧昇は、本来は底層の栄養塩を表層に供給し、プランクトンの増殖を促し、良い漁場（例えばペルー沖）を作ってくれる現象である。要は何事もバランスが大切である。東京湾の栄養の取り過ぎを早く是正し、長生きできる健康な体にする必要がある。

## 参考文献

- 小倉久子・飯村 晃・相坂清子（1995）：東京湾の青潮発生状況（1994年），千葉県水保研年報，平成6年度，63-67。  
小倉久子・高橋宏美・飯村 晃（2001）：東京湾の青潮の発生状況（2000年），千葉県水保研

年報，平成12年度，53-58.

環境庁（1987）：青潮の発生機構の解明等に関する調査，環境庁委託業務結果報告書.

環境庁（1995）：青潮発生予測手法の確立調査報告書（総括編），p.105.

鯉淵幸生・磯部雅彦（2005）：2004年の東京湾西岸横浜港周辺における青潮の発生原因，海岸論文集，第52巻，pp.896-900.

田中昌宏・A.Markus・阪東浩造（1997）：青潮の生化学反応を含む数値モデルの開発，海岸論文集，第44巻，pp.1096-1100.

中辻啓二・尹 鍾星・湯浅泰三・村岡浩爾（1995）：東京湾における吹送密度流と青潮の発生機構との関連，海岸論文集，第42巻，pp.1071-1075.

松山優治・当麻一良・大協 厚（1990）：東京湾の湧昇に関する数値実験－青潮に関連して，沿岸海洋研究ノート，第28巻，pp.63-74.

風呂田利夫（1987）：東京湾における青潮の発生，水質汚濁研究，Vol.10，No.8，pp.14-18.

山岡到保（1986）：赤潮と青潮，環境と測定技術，Vol.13，No.1，pp.78-82.

渡辺正孝・天野邦彦・石川裕二・小幡邦男（1998）：秋期の東京湾奥部における風による成層破壊と底層の無酸素水塊の湧昇過程，土木学会論文集，No.608/VII-9，pp.13-29.

# 三河湾における貧酸素水塊と漁業被害



愛知県水産試験場  
漁場環境研究部長 石田 基雄

## 1. はじめに

三河湾は、知多半島と渥美半島に抱かれる形の面積604km<sup>2</sup>、平均水深9.2m<sup>(1)</sup>の閉鎖的な内湾である。湾は、南西方向を向いて伊勢湾に開口しており（図-1）、外海とは直接つながっていない。湾口域には、島嶼部があつて狭く浅いため、伊勢湾側との海水交換は制限されている。さらに、三河湾は、西側の知多湾（面積149km<sup>2</sup>、平均水深7.1m）と東側の渥美湾（面積455km<sup>2</sup>、平均水深9.9m）<sup>(1)</sup>に分かれています。渥美湾奥には豊川が、知多湾には矢作川が流れ込んでいる。

三河湾では、周年赤潮が発生し、夏期に底層の貧酸素水塊が広がる。特に渥美湾では、酸素低下が著しく、無酸素となる事も多い。一方、これら酸素欠乏の底層水が浅場に湧昇して起こる苦潮は、発生件数が近年やや減少傾向にあるものの、しばしば大きな漁業被害を引き起こしている（図-2）。貧酸素水塊が漁業に及ぼす被害としては、苦潮で引き起こされる直接被害以外にも、渥美湾で夏期の漁場がほとんど消失すること、多くの漁業生物の再生産が阻害されることが考えられるが、

これらは評価が困難であるため数量的な取りまとめはされていない。



図-1 三河湾の地形

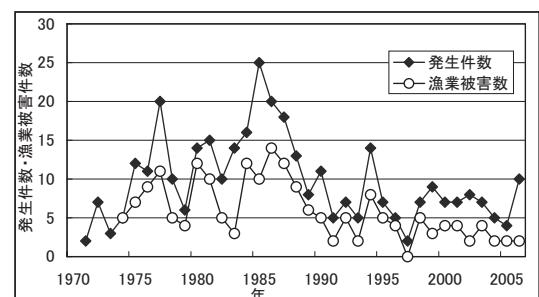


図-2 三河湾における苦潮の発生と漁業被害

●略歴	1952年 愛知県生まれ（いしだ もとお）
	1974年 東海大学海洋学部水産学科卒業
	1974年 愛知県水産試験場勤務 （漁海況、栽培、漁場環境等担当）
	2007年 現職

## 2. 三河湾の貧酸素水塊

図-3に、2006年の三河湾における貧酸素水塊の発達状況を示した。

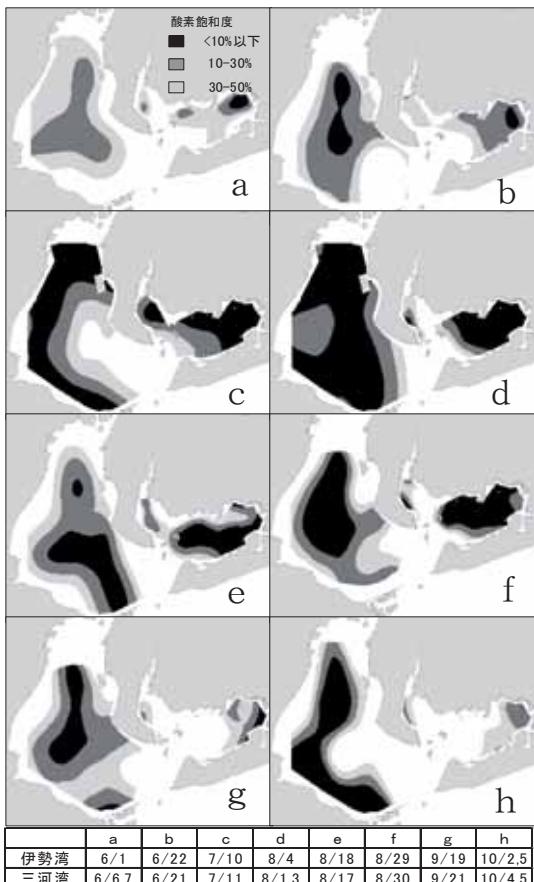


図-3 2006年夏期の貧酸素水塊の動向

2006年は、5, 6月の降雨の後赤潮が発生して、底層の貧酸素化が一気に進んだ。一方、この時期風による擾乱がなかったため貧酸素水塊は大きく広がって、最大規模を維持したまま8月に至っている。三河湾では例年、6月下旬から7月初めに貧酸素化が始まり、9月末から10月上旬に解消する。したがって、2006年の貧酸素水塊は、例年より一月近く早い時期に発生したことになる。9月に至っても大規模であったことを含め、2006年の三河湾の貧酸素水塊は過去有数の規模であった。これら年毎の貧酸素水塊の分布図から黒田・

藤田<sup>(2)</sup>は、貧酸素水塊の面積の長期変動を取りまとめた。図-4には、黒田・藤田の取りまとめたものにさらに2006年の結果を追加し、面積比の変動として示した。

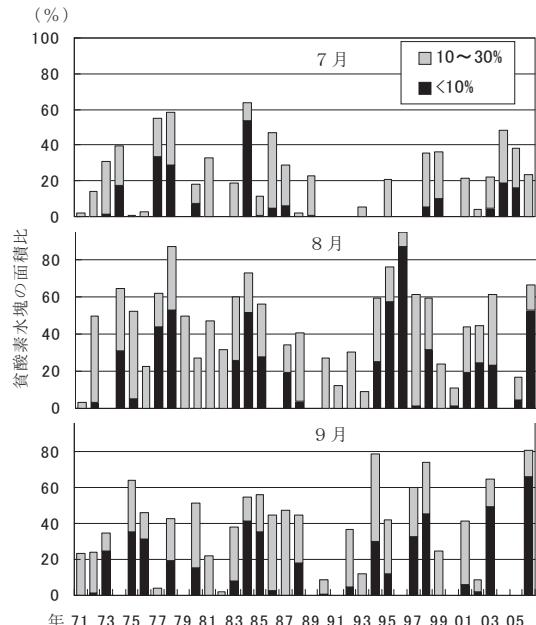


図-4 貧酸素水塊面積比の変動

三河湾の貧酸素水塊は、1970年から1980年が拡大期であり、この拡大が渥美湾における干潟、浅場の埋め立て面積の増加と同調していることが明らかにされている<sup>(3)</sup>。1990年前後には一旦縮小して極小期となっているが、この極小期の出現原因は不明である。その後は、年による違いが大きいが、横ばいもしくはやや縮小傾向とみられる。時期としては8月が発達の盛期であり、7月には規模が小さい。9月は、7, 8月と異なり長期的には、やや拡大傾向とみることができる。三河湾における貧酸素水塊の発達は図-4が示すように、年変動が大きい。黒田・藤田<sup>(2)</sup>は、さまざまな要素との関連を解析しており、特に、河川流量とは逆の変動パターンを認めており、また、三河湾は水深が浅く、密度躍層が強固な夏期においても、台風等の強風による鉛直

混合が海底にまで達する。これら気象条件で大きな影響を受けることが、貧酸素水塊の短期的な縮小、拡大をもたらしており、同時に年変動を大きくしていると推定される。

### 3. 苦潮と漁業被害

貧酸素水塊は、海底付近に形成されるが、三河湾では平均水深が浅い事もあって、頻繁に浅海に湧昇してくる。東京湾で「青潮」と呼ばれているこの現象を三河湾では「苦潮；にがしお」と呼んでいる。青潮でなく苦潮と呼ぶ理由としては、三河湾におけるこの湧昇による変色が必ずしも青白くではなく、むしろ赤みを帯びる事が多い他、古い記録に「苦潮」との呼称があることによる。

苦潮は、古くは蒲郡市三谷町の「若宮神社」の棟札に記載されている<sup>(4)</sup>。1746年の記録で、発生の日付までは明らかでないが、棟札が納められた9月12日までの夏期に、苦潮が発生して、「つなし」、「このしろ」がたくさん獲れたとある。「つなし」については、コノシロの若魚もしくはサッパと解釈される。この年の夏が干ばつであったこと、子供まで出て拾ったこと、結構な現金収入になったことが記されている。気候が干ばつであったことは、荒天による密度躍層の破壊が起こりにくいことをうかがわせるし、湾奥への淡水流入が少ないことは、貧酸素化促進の条件である。また、この時代には小魚類は「ほしか」(乾物)として出荷されており、価値が高かったことがわかる。特に異変との表現は見られないことから、衆知の現象であったのかもしれない。しかし、近年三谷地先で発生する苦潮では、魚がろくに獲れないとと思うと、あらためてその時代の海の豊かさが偲ばれる。

苦潮の発生は、1980年代をピークに近年減少傾向にある(図-2)。苦潮が発生すれば、大なり小なり、魚介類がへい死することから、

すべての発生で何らかの影響が生じたと考えるべきであるが、ここでは漁業生物のへい死、もしくは多数の表層浮遊魚（いわゆる鼻揚げ魚）が確認された場合を漁業被害件数として示した。三河湾における苦潮の発生は、多くの場合変色水域の発生から始まり、スズキ幼魚、アイナメ幼魚、メバル幼魚、マハゼ、ネズッポ類、カレイ類幼魚などの表層浮遊へと続く。表層浮遊している魚類は、苦潮が短期間で終息すれば、特に死亡することはない。しかし、苦潮が長期化すればやがて死亡して、海底に多数の死魚が散逸する状況となる。貝類のうちアサリ、サルボウは、比較的酸素欠乏に強く、苦潮が発生しても死亡しないことが多い。しかし、一旦死に始めると死貝が死を招くようで、まとまった量の死滅となる。近年の漁業被害の中で特に大規模となったのが2001年、2002年の六条潟におけるアサリの大量死である。渥美湾奥の豊川河口に位置する六条潟は、全国でも貴重なアサリ稚貝大量発生域となっており、特別採捕許可を得たアサリ漁業者は、ここで採捕した稚貝を県内のそれぞれの地先漁場に放流している。ちなみに近年の稚貝採捕量は、年間3,000トンを超えており、全国一を誇る愛知県のアサリ漁獲量が近年1万トン前後であることを考えれば、六条潟での稚貝採捕量が、いかに多いかがわかる。2001年9月の例では、殻長13~18mm程度のアサリ稚貝2,400トンが死滅した<sup>(5)</sup>。苦潮は、台風が接近した3日には湾奥南部の渥美半島沿いで発生し、台風が通過した4日には、湾奥北部の蒲郡市沿岸域から六条潟付近まで、大規模に発生した。この苦潮は、蒲郡市沿岸域では4日のみで終息したが、六条潟付近では小規模ながら8日頃まで断続的に続き、4日の時点では異常が見られなかったアサリ稚貝が、8日までに死滅した。また、2002年8月にも同様の発生経過をたどった苦潮により

約4,000トンのアサリ稚貝がつい死した<sup>(6)</sup>。

#### 4. 浚渫窪地とすす水

2001年の大量死は、苦潮が広範であったにも関わらず六条潟でのみアサリが大量死したこと、六条潟付近では断続的に小規模な苦潮が続いたことから、六条潟近傍の二つの浚渫窪地（図-5、御津地区浚渫窪地46.8ha、140万m<sup>3</sup>、大塚地区浚渫窪地69.4ha、180万m<sup>3</sup>）が、アサリの死滅に関与した可能性が浮上した。

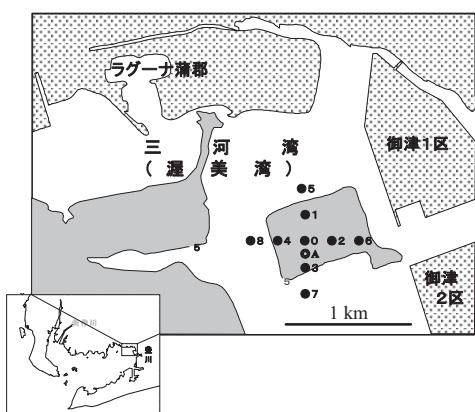


図-5 三河湾奥部の浚渫窪地

このような窪地は、港湾開発等に伴う用地造成のための土採り跡で、全国に分布している事が明らかにされている<sup>(7)</sup>。中村<sup>(7)</sup>は、これら土採り跡を瀬戸内海に見られるような平滑化タイプと東京湾、三河湾に見られるような窪地タイプに分類し、平滑化タイプの修復については慎重な検討が必要であるとしている。窪地タイプの土採り跡は、一般に浚渫窪地と呼ばれ、三河湾における連続観測結果から、短期間で無酸素となることが明らかにされている<sup>(8)</sup>。東京湾における浚渫窪地は、三河湾のそれと比べて、桁違いに大きく、深い。

図-5に示した三河湾の浚渫窪地は、たしかに、320万m<sup>3</sup>にすぎず、水平垂直方向を同縮尺で模型化した場合、広い水平面にわずか

なへこみがあるに過ぎない。しかし、このような窪地であっても貧酸素化が著しく、武田・石田<sup>(8)</sup>は、連続観測の結果から、浚渫窪地内では2、3日で無酸素となり、それが長期間継続すること、渥美湾央の深部と比べても酸素低下がひどく、回復も遅れたことを報告している。

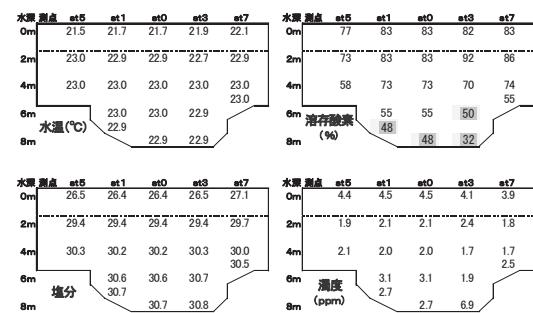


図-6 浚渫窪地の水質断面

また、図-6には、2002年8月の定点観測時の断面図を示した。海底面と同一の高さに密度躍層が形成されており、浚渫窪地内の海水が孤立している事が分かる。水温が低く、塩分が高く、溶存酸素濃度が極めて低い。濁度は、通常三河湾では2~4程度、赤潮が発生しても10程度であるのに、浚渫窪地内では40~50と異常に高い値が観測されている。これは、もちろん河川等から流入した鉱物質の濁りではない。潜水調査では、この密度躍層を通過する時に明確な水温低下を感じできる。水温が下がる層が複数である場合もある。さらに浚渫窪地での潜水調査では、この水温の低下とともに突然暗くなる。暗い中をさらに下降すると突然ヘドロの海底に行き当たる。暗くなるのは、光が透りにくくなっているからで、その原因物質が濁度をも上昇させていく。船上から採水器を用いて、この高濁度水を採水し、ビーカーに移すと、黒い浮遊物を多数確認できる。この黒い浮遊物は、酸素がない海水中に見られることが特徴である。お

そらく無酸素で生成される硫化物のうち黒色を呈する硫化鉄等が浮遊懸濁物に付着したものと推定される。これら黒色浮遊物は、見た目がまさに煙突内に発生する「すす」のようであることから、これを含む海水は「すす水」と呼ばれている。このようなすす水は、閉鎖的な内湾では、比較的容易に発生し得るが、私たちは、病める三河湾の痛々しい病変のように思えてならない。

## 5. 三河湾の回復に向けて

ここまで、病める三河湾ばかりを示してきた。しかし、著者は一方で三河湾における生物生産能力の高さを30年以上にわたって、至る所で見てきた。例えば、2001, 2002年と続いてアサリ稚貝の大量死が発生した六条潟では、その後も毎年アサリが大量に発生し、所によっては1 m<sup>2</sup>当たり2万個体を超える稚貝が育つ。また、湾奥で試験的に造成した小さな浅場では、1 m<sup>2</sup>当たり20尾ものカレイ稚魚の着底を確認した。このことは、病める部分を治療することで、極めて豊かな三河湾がよみがえることを予感させる。先に示したように三河湾のガンである貧酸素水塊の面積は、湾奥の干潟、浅場の喪失と同調して拡大している。三河湾では、この事実から干潟、浅場の水質浄化能の研究が進められ、その成果を元に全国に先駆けて大規模な干潟、浅場造成事業が進められている<sup>(9)</sup>。人工的な場の造成は、それ自体では湾全体に及ぶ大きな効果を発揮しないかもしれない。しかし、著者らはそれが小さな力であっても、やがて三河湾が本来持っている水質浄化能を呼び起こし、湾全体が自立的に回復し始める相信している。

## 参考文献

- (1) 西條八束・宇野木早苗 (1977) 伊勢湾・三河湾の海況特徴と生産力, 沿岸海洋研究ノート, 16, 57-64.
- (2) 黒田伸郎・藤田弘一 (2006) 伊勢湾と三河湾の貧酸素水塊の短期変動および長期変動の比較, 愛知水試研報, 12, 5-12.
- (3) 鈴木輝明 (1995) VII. 三河湾の環境, 三河湾の生きものと自然, 三河湾利用研究会, 109-126.
- (4) 田代秀明 (2007) 伊勢湾と三河湾の貧酸素水塊の短期変動および長期変動の比較, 愛知水試研報, (投稿中).
- (5) 愛知県水産試験場 (2002) 平成13年 伊勢湾・三河湾の赤潮発生状況, 愛知水試研究業績集 C-127, p14.
- (6) 愛知県水産試験場 (2003) 平成14年 伊勢湾・三河湾の赤潮発生状況, 愛知水試研究業績集 C-136, p14.
- (7) 中村由行 (2007) 我が国における浚渫跡地の現状と修復, 海洋理工学会 (投稿中)
- (8) 武田和也・石田基雄 (2003) 土砂採取に伴う浚渫窪地における顕著な貧酸素化減少について, 愛知水試研報, 10, 7-14.
- (9) 鈴木輝明・武田和也・本田是人・石田基雄 (2003) 三河湾における環境修復事業の現状と課題. 海洋と生物, 146, 187-199.

# 大阪湾の貧酸素水塊



大阪大学大学院工学研究科  
助教 入江政安

## 1. はじめに

最近、大阪湾でも青潮が発生しているという事実が知られ、改めて青潮の原因となる貧酸素水塊が注目されている。しかし、青潮の発生が一般に広く知られるにしたがって、事実とは異なった捉えられ方も増えてきたようである。大阪湾の貧酸素水塊に関する調査・研究は長く行われてきて、多くの知見が得られている。また、近年は調査頻度の多い観測や、港湾域に着目した観測、青潮を対象とした観測も実施されている。その中から、本報では、大阪湾の貧酸素水塊のこれまでと、その特徴、港湾域における貧酸素・無酸素状態、大阪湾での青潮について、若干の整理を加えつつ、述べてみたい。

## 2. 大阪湾の貧酸素水塊のこれまでの変化

大阪湾での貧酸素水塊の調査のうち、継続的に行われてきたのは大阪府環境農林水産総合研究所（旧大阪府立水産試験場）による浅海定線調査、国土交通省近畿地方整備局（旧運輸省第三港湾建設局）によるモニタリング、水質汚濁防止法に基づき各府県が行っている

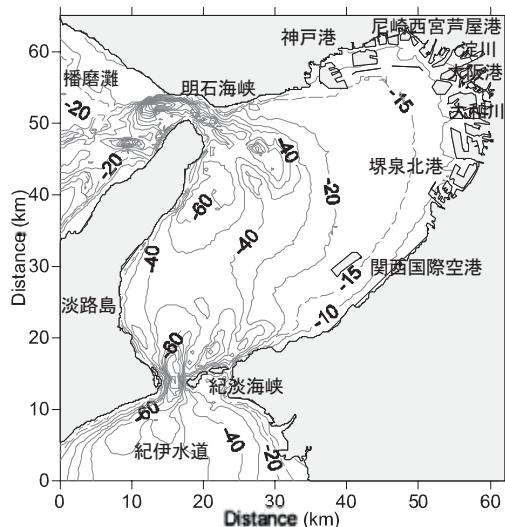
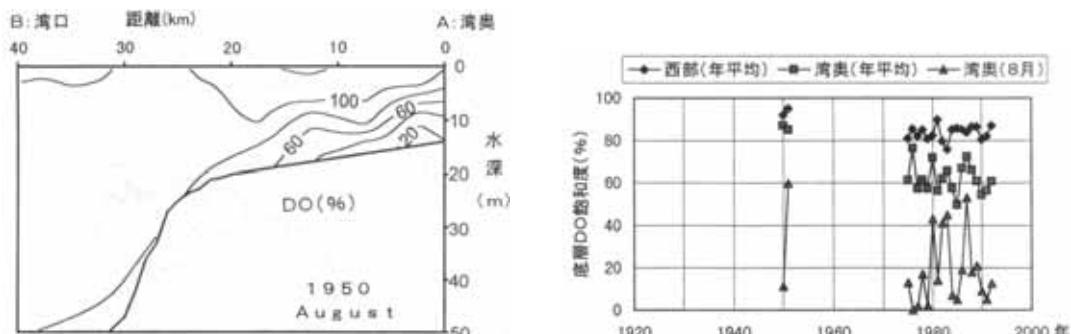


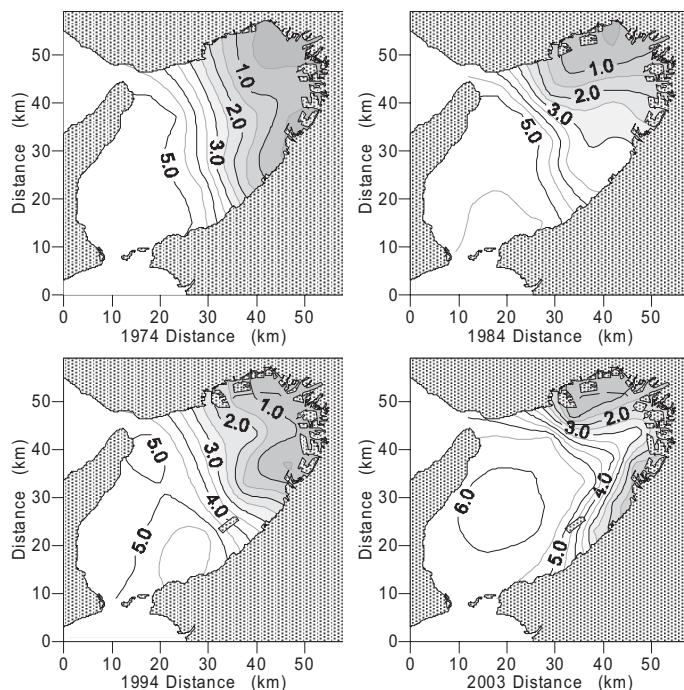
図-1 大阪湾の地形

公共用水域水質調査である。なかでも、浅海定線調査は1972年から実施されており、経年的な変化を見ることができる。城（1989）は、大阪湾の貧酸素水塊は昭和30年代にはすでに発生していた、としている。また、1970年代の最盛期には、底層（底面上1 m）のDO分布で見て、湾全体の3分の1が貧酸素状態となったと報告している。神戸海洋気象台が1950年に実施した大阪湾定期海洋観測は、

●略歴	1974年	兵庫県生まれ（いりえ まさやす）
	1997年	大阪大学工学部土木工学科卒業
	1999年	大阪大学大学院工学研究科土木工学専攻 博士前期課程修了
	1999～2000年	パシフィックコンサルタンツ株式会社勤務
	2004年	大阪大学大学院工学研究科土木工学専攻 博士後期課程修了
	2004年	大阪大学大学院工学研究科助手 現在に至る



図－2 1950年における夏季のDOの縦断面分布（左）と底層DOの経年変化（右）（山根ら, 1997）



図－3 浅海定線調査による夏季の底層DOの水平分布（1974年, 1984年, 1994年, 2003年）

「観測開始当初航路筋以外では未だ掃海が完了していないため（神戸海洋気象台, 1950）」航路筋のみでの太平洋戦争後初の観測であった。このような状況下でも、大阪港沖で、6月下旬から貧酸素化し、8月下旬には無酸素化する様子、また、8月下旬には貧酸素水塊は神戸沖まで発達している様子が捉えられている（図－2）。数少ない観測結果だけを見ると、1950年頃の水質は戦前とも大きな違いが認められない（山根ら, 1997）。したがって、控えめに見ても、貧酸素水塊は昭和30年

頃には発生していたであろうし、戦前からもすでに発生していた可能性も完全には否定できない。

城（1989）では、1980年代に入っての数年間は底層の貧酸素水塊分布面積は減少しているとされていたが、1990年代以降も変わらず貧酸素化している。DO濃度が $3\text{ mg/l}$ 以下となる水域面積には大きな変化は認められない。しかし、湾奥の西宮沖での観測点では1970年代には $1.0\text{ mg/l}$ 以下であったが、1980年度以降は $0.5\text{ mg/l}$ 程度改善するなど、濃度と

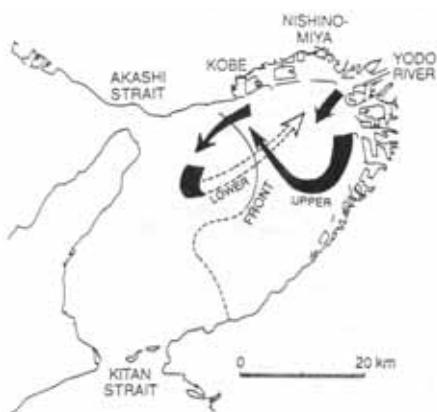


図-4 大阪湾におけるエスチュアリー循環  
(Nakatsuji and Fujiwara, 1997)

してはやや改善している。2003年の水平分布のように、年度によっては、貧酸素水塊分布が大幅に縮小しているように見えることがあるが、近年の調査・解析により、貧酸素水塊が減退しているのではなく、気象擾乱などによる一時的な水塊の移動であると推測されている。

以上はあくまでも底層上1mの水平分布を見た場合の話であり、鉛直構造も考慮して、どのように空間的に拡大してきたかについては不明のままである。城(1989)による1980年におけるDOの鉛直分布と、著者らが2002年以降に実施している観測とを比較すると、尼崎西宮芦屋港沖の測点では、いずれの結果も、水深約2m以浅の過飽和の上層と水深10m以深の貧酸素層とそれ以外の中層の3層に分けることができる。その鉛直構造はほぼ同じで、大きな変化は認められていない。

### 3. 大阪湾の貧酸素水塊の特徴

大阪湾の貧酸素水塊は図-3に示すように、湾奥港湾域に沿って発生する。神戸港東部から阪南港にいたるまで貧酸素化し、特に貧酸素化が進むのは尼崎西宮芦屋港と堺泉北港である。貧酸素水塊の消長の季節変化を見ても、これらの港湾から最初に貧酸素化し、最後に

貧酸素水塊が消滅する。

大阪湾の貧酸素水塊が湾奥に形成される原因は水深20mの等深線上に位置する潮汐フロントとそれに伴う湾東部の水質・底質悪化である。図-4に示すように、河口が西に向いた淀川からの河川水の一部は尼崎西宮芦屋港内に流入し、その他の多くは湾に流入後、南下し、堺泉北港沖で反転し、北上する。河川水は須磨沖で下層に潜り込み混合する。一方、湾西部では、明石海峡における潮流の非対称性に起因した沖の瀬環流という時計回りの循環がある。この両者の間に潮汐フロントが形成される。この潮汐フロントは神戸港から関西空港を結ぶ線上にあり、潮汐フロントより東側の湾東部では、表層で活発な内部生産が行われ、懸濁態有機物が発生する。これが沈降中に分解する過程で酸素消費が行われるとともに、沈降中に分解されなかった有機物について海底下に堆積し、酸素消費の原因となる。

一方で、底層では、エスチュアリー循環に伴い、沖側から酸素が供給される。このエスチュアリー循環は淀川や大和川の河川水の流出によるもので、上層では密度の小さい河川水が沖へ流出し、下層では密度の大きい湾央水が湾奥へ流入するという流动構造をもつ。上下層の密度差が大きくなることにより、鉛直方向の混合が少なくなり、下層での酸素消費はなお一層進む。したがって、鉛直混合が阻害される夏季においては、湾奥への下層水の流入が湾奥の酸素供給源として重要な役割を果たす。

夏季の湾奥の貧酸素化を助けるものとして、夏季の卓越風とその風向が挙げられる。ここで、図-5に夏季の貧酸素水塊についての数値シミュレーション結果を示す(入江ら, 2004)。これは図に示す計算領域で、3次元流动水質モデルにより、無風と南西風3m/s

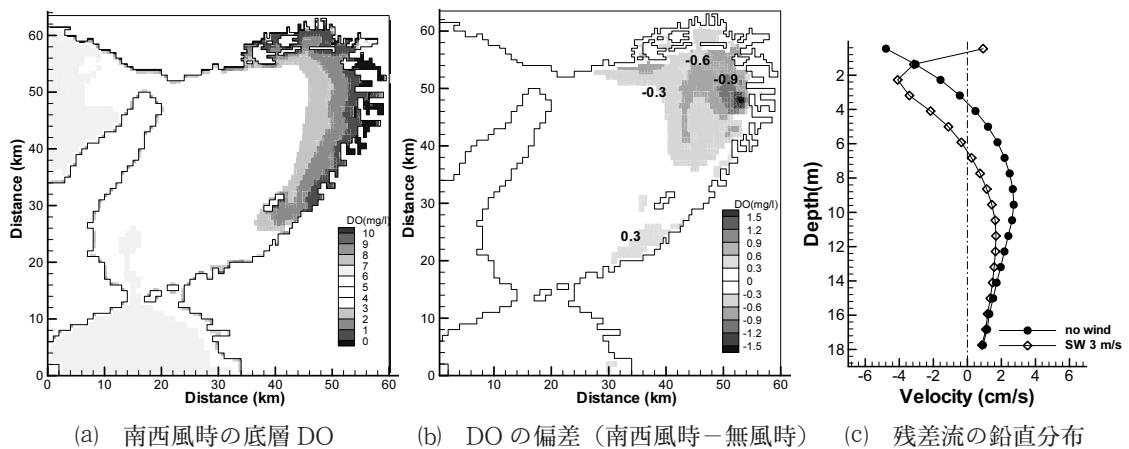
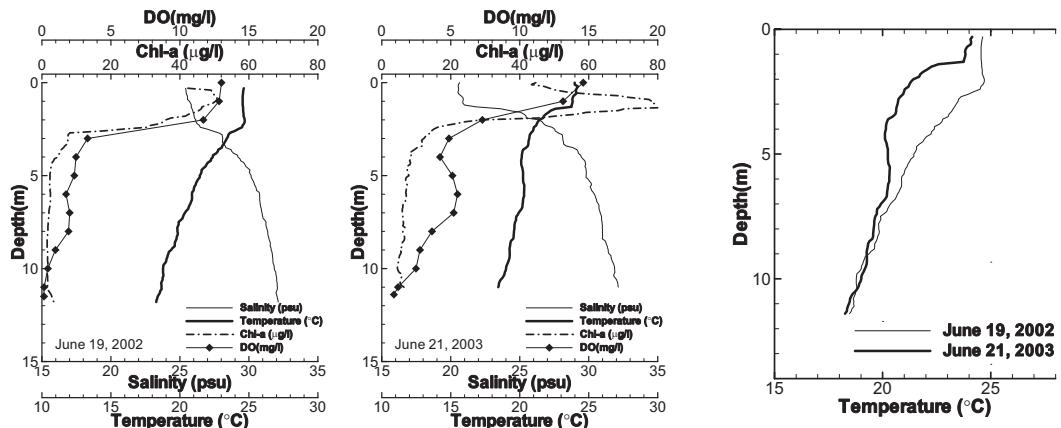


図-5 DOの数値シミュレーション結果



の2つの条件で計算を実施したものである。3 m/sの南西風は夏季の卓越風向とその平均風速である。図-5 (b)に南西風吹送時の底層のDOから無風時の底層のDOを差し引いた偏差の水平分布を示す。これを見ると、湾奥部で大和川河口付近を中心として、南西風吹送時の底層のDOは0.3~1.0mg/l低くなっていることが分かる。この原因是流動構造の変化によるものである。図-5 (c)は神戸港沖の一地点における残差流の東西成分の鉛直分布（東向きを正）である。無風時には表層が西（沖）へ、底層が東（湾奥）への流れを示す典型的なエスチュアリー循環が見られる。

一方で南西風吹送時には底層の東向き流れが弱まっていることが分かる。つまり、夏季の卓越風はエスチュアリー循環による湾央からの酸素供給を妨げ、湾奥での貧酸素化を助けていることが分かる。

#### 4. 港湾域の貧酸素水塊

港湾域内の貧酸素水塊は湾奥部全域のそれと、様相を異にする。港外では、底層付近のみが貧酸素化する3層構造となっているが、港内では、最盛期には、貧酸素状態の水塊は密度躍層にまで達し、上層過飽和・下層貧酸素の2層構造となっている（図-6左）。尼崎

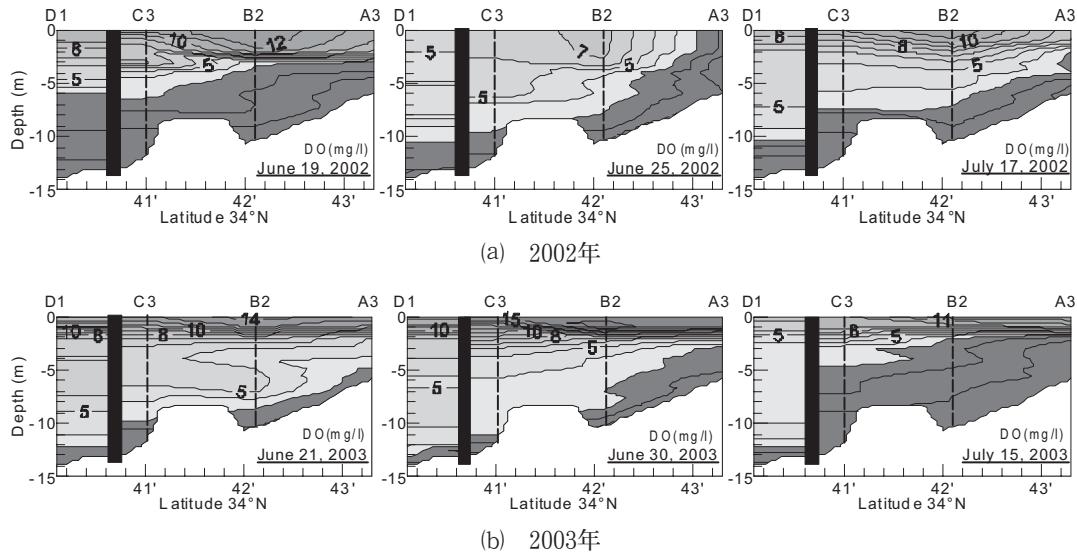


図-8 尼崎西宮芦屋港内のDOの縦断分布（底層灰色部が貧酸素水塊を示す）  
測点D1は港外、測点A3は港奥（御前浜前面）の測点となっている。

西宮芦屋港内の貧酸素水塊は5月にはすでに発生し、11月末によく消滅する。最盛期には、底面直上のDOは港内全域においてほぼ0 mg/lの無酸素状態となる。

底層のDOは鉛直混合の阻害要因となる表底水温差（表層と底層の水温の偏差）との相関が良いとされるが、港湾域に限ってみると、必ずしもそうではない。一例として、図-6に2002年および2003年の6月のほぼ同日における水温・塩分・クロロフィルa・DOの鉛直分布を示す。2002年の6月は晴天が続き、貧酸素化が顕著となった年で、この観測の6日後には2002年初めての青潮が発生している。DOは水深3m以深で3 mg/l以下となっている。一方で、2003年6月は逆に気温が低く、日照時間も短かった。貧酸素化しているのは底層に限られていることが分かる。図-7は図-6の水温だけを抜き出し、両年の水温の鉛直分布を比較したものであるが、表底水温差は大きな違いが無く、むしろ、中層の水温が大きく異なっていることが分かる。したがって、貧酸素水塊の発達には、水温成層の発達により鉛直混合が阻害されることよりも水温

の上昇に因るところが大きい。表中層での水温の上昇は、表層での内部生産を活発化させるだけでなく、懸濁態有機物の沈降過程での分解を速めており、この影響が顕著に現れるのが湾奥港湾域であると言える。

## 5. 青潮との関連

大阪湾における青潮は、東京湾のそれと比べて、規模も期間も小さい。青潮の発生する地域は尼崎西宮芦屋港、大阪港、堺泉北港など湾奥の港湾域に限られる。多くは港湾内で発生するが、港外との境界となる防波堤沿いに港外で発生する場合もある。

大阪湾の青潮がいつ頃から発生しているのかは不明である。著者らが2002年の夏季に確認して学会で報告（中辻ら、2003）する以前の報告例は寡聞にして知らない。最近は様々に報告されるようになっている。著者自身が最初に目撲したのは、1993年の初夏の尼崎西宮芦屋湾内のことであり、当時は大学1年生であったため、「青潮の知識もなく、『台風が来ると海の色が沖縄っぽくなるな』と感じていただけである。

青潮の発生規模は大きくても  $1\text{ km} \times 1\text{ km}$  程度である。発生するタイミングは台風が本州南岸を通過するときもしくは大阪湾周辺を通過するときである。これは青潮の発生が台風による強風とその風向に起因することを意味する。青潮は北から北東風が吹くときには尼崎西宮芦屋港等、湾奥部の北岸側で、北東から東風が吹くときには堺泉北港等、湾奥部の東岸側で発生する。無論、貧酸素水塊中に硫化水素が滞留していなければ、ただの貧酸素水塊の湧昇で終わることも多々ある。

最近、新聞やテレビでも大阪湾の青潮について報道されることが増えてきて、高度経済成長の負の遺産たる浚渫窪地（人工島造成の際の浚渫によるもの）との関連性を示唆するものが多い。しかし、大阪湾に限って言えば、浚渫窪地と青潮の発生位置は異なることが多く、簡単に関連づけることは難しい。浚渫窪地は港外、青潮の発生位置は港内の中でも港奥にある。また、緩勾配の海底面をもつ水域前面でも発生している。青潮の発生位置の特徴は極度に停滯性の強い小水域で、先ほど述べたように、「DO の 2 層構造」をもった、水表面下 2 m ぐらいまで貧酸素化した水域ということが挙げられる。これらの海域ではたかだか全水深 7 m 前後の底層水中においても硫化物が確認されているので、その場の底層水中における硫化水素の蓄積が原因となっているものと考えられる。尼崎西宮芦屋港における貧酸素水塊の湧昇現象を良く表しているのが図-8 である。2002年 6月 19 日密度躍層まで貧酸素化した水塊が、強風が連吹した後の 25 日には港最奥部（図中右側）で表出しておらず、この日に青潮が発生している。青潮の規模は小規模・短時間で、これらの点において、大阪湾における青潮の発生機構は三河湾や東京湾の事例とは異なっている。

## 6.まとめと今後

本報では、大阪湾の貧酸素水塊について、これまでの経過と特徴を述べた。貧酸素水塊の早期からの発達と強固に残存する様子を見ると、その解消策はたやすく講じられるものではない。貧酸素水塊が発生している水域は過栄養状態の供給過多な熱エネルギーが集積しているところである。海域の栄養塩の陸域への取り上げや高次生産への利用、窒素・リン循環の陸域内での高度化、熱エネルギーの利用といった海陸一体の諸施策・諸技術の開発が待たれるところである。また、浚渫窪地は大阪湾での青潮との関連性が薄いとはいえ、依然として貧酸素化しやすく、底質が最も汚濁している水域のひとつであるから、貧酸素水塊対策が最初に必要な水域であると言える。個別の施策についても進展を期待したい。

## 参考文献

- 入江政安, 中辻啓二, 西田修三: 大阪湾における貧酸素水塊の挙動に関する数値シミュレーション, 海岸工学論文集, 第51巻, pp.926-930, 2004  
 神戸海洋気象台: 大阪湾定期海洋観測, 1950  
 城久: 大阪湾の貧酸素水塊, 沿岸海洋研究ノート, 第26巻, 第 2 号, pp.87-98, 1989  
 中辻啓二, 入江政安, 西田修三, 湯浅楠勝: 大阪湾奥部閉鎖性海域における貧酸素水塊の現地調査, 水工学論文集, 第47巻, pp.1285-1290, 2003  
 Nakatsuji, Keiji and Tateki Fujiwara: Residual baroclinic circulations in semienclosed coastal seas, J. Hydraulic Engineering, 123(4), pp.362-373, 1997  
 山根伸之, 寺口貴康, 中辻啓二, 村岡浩爾: 長期観測データのクラスター分析による大阪湾の水質分布特性, 海岸工学論文集, 第44巻, pp.1106-1110, 1997

# 別府湾の無酸素水塊と環境化学的な興味



産業技術総合研究所 地質情報研究部門  
瀬戸内海沿岸環境技術連携研究体長

星 加 章

## 1. はじめに

我が国の沿岸部は、古くから漁業、産業活動、海上交通、レクリエーションなどの場として利用されてきた。しかし、多くの海域では人間活動による負荷が高まり、未だに富栄養化、赤潮や貧酸素水塊の発生など環境保全上の問題が続いている。

本稿では、夏季に底層水に無酸素水塊が形成される別府湾を例にして、無酸素水塊の形成や、それに伴う物質の化学的な変化過程について報告する。いささか古いデータに基づいた内容になるが、酸化・還元環境の消長を繰り返す環境下での物質の挙動を知るうえで良いフィールドであるので、あらためてここに紹介する。

## 2. 別府湾の水質環境

### 2. 1 水温躍層の形成

別府湾（図-1）は瀬戸内海西部に位置し、たて約10km、横約30kmの矩形に近い湾である。その湾口は豊後水道に向かって開き、湾口部の水深は50mより浅く、一方湾奥南部は沿岸から急激な深みに続く水深約60mから73

mにわたる窪地となっている。この窪地には夏季に水深50～60mにかけて温度差10°C前後の大きな水温躍層が形成され、底層水は無酸素で硫化水素を含み冬季には消滅するといった、季節的な水質変動がみられる特徴的な湾である（塩沢ら、1977）。

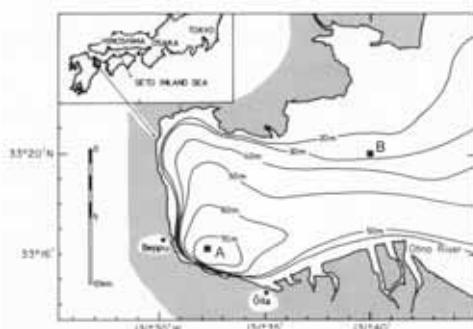


図-1 別府湾

別府湾奥部（A）における8月の水温、溶存酸素、Eh、PH、硫化水素、マンガン濃度などの鉛直分布を図-2に示す。水深50mから66mにかけて、水温で23°Cから10°Cにわたる大きな水温躍層が存在している。この躍層は少なくとも12月まで続くが、1月には水温は約10°Cで鉛直的にほぼ一定になり水温躍層

#### ●略歴

- |       |                             |
|-------|-----------------------------|
| 1947年 | 広島県生まれ（ほしか あきら）             |
| 1972年 | 同志社大学工学部工学研究科博士課程前期修了       |
| 1972年 | 通産省工業技術院中国工業試験所入所           |
| 2001年 | （独）産業技術総合研究所海洋資源環境研究部門に組織改組 |
| 2004年 | 地質情報研究部門に再編                 |
|       | 現在に至る                       |

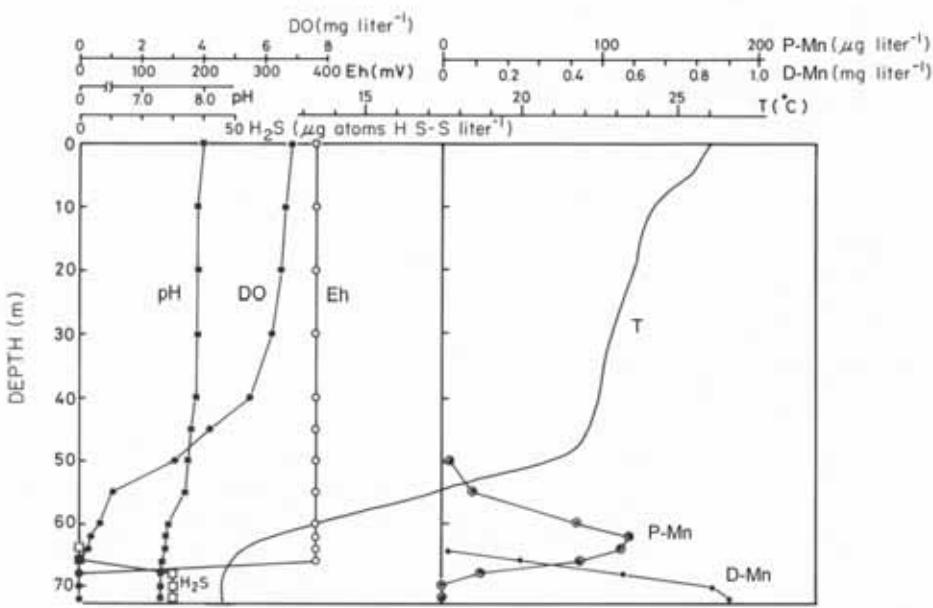


図-2 別府湾奥部における水質の鉛直分布（1981年8月）

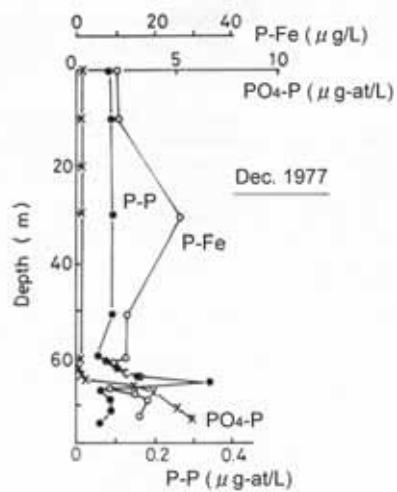


図-3 リンと鉄の鉛直分布 (Yamaoka ら, 1983)

は消滅している。この水温躍層は、春季から夏季にかけて浅い湾口部（最大で50m程度）を通って湾外から上層部に暖かい海水がゆっくり流入し、冬季の冷たい底層の水は窪地内にとじ込められたまま、ちょうど窪地内の水塊と上層の暖かい海水の境となるような水深50m～60m位のところに形成される。成層期における窪地内の流速はかなり遅いため(<2 cm/sec)，安定した躍層が長期間維持

されると思われる。

溶存酸素は、非常に急勾配をもつ水温躍層にそって4.02mg/Lから0.0mg/Lまで急激に減少し、それ以下の底層水中は無酸素状態で硫化水素の発生が認められる。そのためEhは+380mVから0mVまで急激に減少し、pHも8.30から7.65まで低下している。さらに、底層水中には海底から溶出した高濃度の溶存態のマンガンや鉄、溶存態の無機窒素やリン等の栄養塩類がみられる（図-2および図-3）。

図-4に示すように、底層水中の溶存酸素濃度は3～4月頃から減少し始め、9月頃に無酸素状態となる。無酸素状態は11月頃まで約2～3ヶ月続き、12月から翌年の1月のわずか1～2ヶ月で飽和状態まで回復している（大分県水産試験場, 1974～1984）。このように別府湾奥部は一年の約3/4近くが酸化的環境にあり、約1/4近くが還元的環境にある。ただし、図-4からわかるように、底層の無酸素状態は一時的に解消することがある（例えば、1976年、1979年、1983年）。これは、

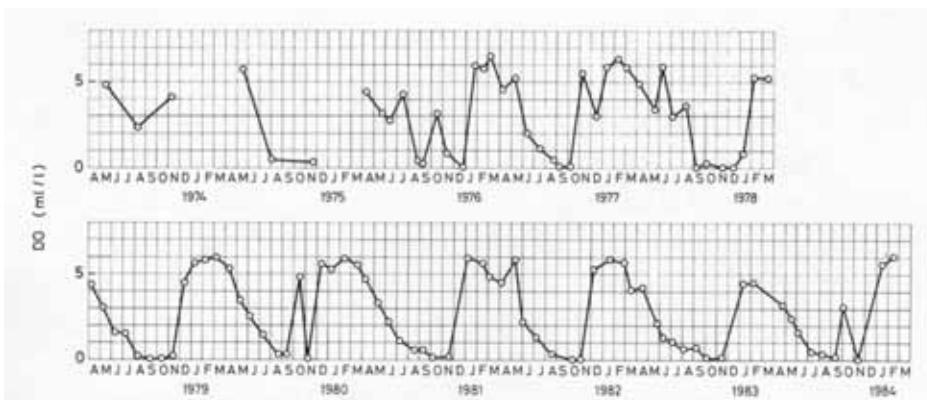


図-4 別府湾底層水中の溶存酸素濃度の季節変動

台風による強風の影響が底層水まで及び、一時的な混合を引き起こすためである（亀田・藤原, 1995）。

## 2. 2 海水中のマンガンと鉄の挙動

別府湾の水質変動にともなうマンガンと鉄の挙動は大変興味深い。マンガンと鉄の化学的性質には似かよった点が多い。たとえば、天然における還元的水中ではいずれも2価の溶存態として存在し、高い溶解度をもつ。一方、酸化的水中ではそれぞれ4価、3価となってしましばしば不溶性の酸化物（粒子態）として存在する。別府湾では、夏季の底層水中には1 mg/Lを超える高濃度の溶存態マンガン(D-Mn)が存在している（図-2）。これは、堆積物表層部のマンガン酸化物や水和酸化物が還元され、溶出したためである。一方、成層期には、硫化水素を含む底層水と溶存酸素を含む上層海水との境界面直上数mの層に100  $\mu\text{g/L}$ を超える高濃度の粒子態マンガン(P-Mn)がみられる。これは、底層水中のD-Mnが上方に拡散し、境界面上で酸化されて粒子態になったためである。このP-Mnは、濁度計により別府湾底層近傍での強い濁りの層として観察されることで知られている（Kawana, et. Al., 1980）。同じような現象は鉄についても観察されるが、マンガンと異

なる点は、底層水中で鉄の一部は硫化水素と容易に反応して粒子態のFeSとなることがある。そのため、この時期の底層水を濾過すると、濾紙の表面はFeSの存在によるグレー色を呈する。さらに、詳細なサンプリング調査によって、P-Mnと鉄酸化物(P-Fe)のピークがそれぞれ55mおよび58mと異なった水深で認められている（Hoshika et., al., 1978, 図-5）。

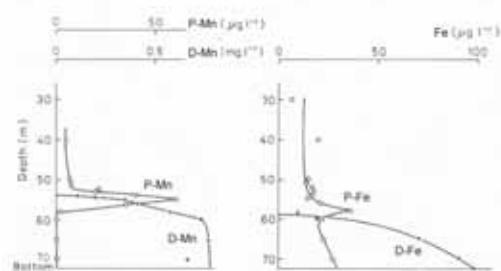


図-5 マンガンと鉄の鉛直分布

これは、2価の鉄(D-Fe)が酸化されるpHはD-Mnが酸化されるpHより低いこと、さらに酸化還元レベルも鉄の方がマンガンよりも低いため、pHやEhの強い勾配が存在する躍層内をD-MnやD-Feが上方に拡散し酸化される過程でP-MnとP-Feの分離が起るためである。また、このP-Feにはリンが吸着され易いため、躍層内のP-FeピークとともにP-P(吸着態)のピークが認められている（図-3）。

### 3. 別府湾の堆積環境について

#### 3. 1 環境変遷

別府湾々奥部で酸化的・還元的環境の出現が季節的に繰り返されるに至った原因について、柱状堆積物のデータをもとに述べる。

湾奥部で採取した柱状堆積物は、表層から35cmの深さまで空隙率が0.90以上で非常に流動的であり、かつ強い硫化水素臭のする黒色還元泥で、それ以深の暗緑灰色の泥とはっきり区分できた。堆積速度を求めるため<sup>210</sup>Pbを測定すると、<sup>210</sup>Pbの鉛直分布は約27cmの探さを境に二つの異なった直線関係を示す(図-6)。上層部は還元層であることから底生生物による攪乱は考えにくいため、約27cmを境に他の何らかの理由で堆積速度が速くなつたと考えると、上層部と下層部の堆積速度はそれぞれ0.27g/cm<sup>2</sup>/yr, 0.09g/cm<sup>2</sup>/yrとなり、27cmの深さは1967年と推定された。

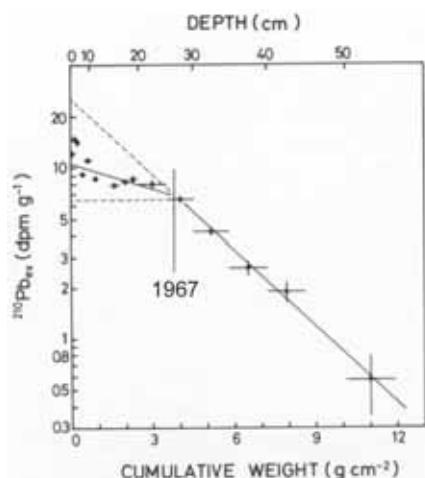


図-6 堆積物中の<sup>210</sup>Pbの鉛直分布

別府湾々奥部最深部では、1940年当時二枚貝(*Lucinoma annulata*:つきがいもどき;写真-1)の生息が確認されている(Miyadi, 1941)。しかし、1975~1977年の調査ではすでに非生息域となっており、この30年の間に環境を変えた急激な堆積変動があったことが指摘された(玉井, 1980)。柱状堆

積物からは、35~40, 45~50, 55~60, 70~75, 80~90cmの各層で本種の殻が見つかったが(写真-1), 0~35cmの表層部では見つからなかった。



写真-1 つきがいもどき

本種は種間の競合には弱いが低酸素には強い抵抗力を示し、また年間を通じて18°C以下の低水温が生息条件といわれている(Miyadi, 1941)。別府湾奥部海域は本種の生息に必要とされる物理的あるいは化学的因素を満足しており、本来低酸素化が起こりやすい海域であったことが容易に理解できる。しかも本種の出現層の年代から考えると、少なくとも1960年以前の百年以上もの間湾奥部で夏季に低酸素化が起っていたと推測される。別府湾の西~南部の沿岸部では20年前から埋め立てや護岸整備が盛んに行なわれ、また富栄養化が進み赤潮も多発するようになった(大分県水産試験場, 1976)。流れの非常に弱い湾奥部では、このような影響によって、湾奥部では無機物や有機物の負荷が急増し、低酸素化が加速され、1960年代中頃からは硫化水素の発生がみられる程の還元環境が出現するようになった(Hoshika et. Al., 1988)。

#### 3. 2 堆積物中のマンガンと鉄の挙動

別府湾の環境下における堆積物中のマンガンと鉄の挙動について、化学的分別溶解法による結果から概観する。分析法の詳細につい

ては省略するが、堆積物を10%酢酸(HAC), 0.1M塩酸(HCl), 30%過酸化水素( $H_2O_2$ ), フッ化水素酸(HF)・濃硝酸( $HNO_3$ )・過塩素酸( $HClO_4$ )の混合溶液(Mix)の順に分別的に溶解し、各フラクション中の元素濃度を測定する方法である。10%HACにはマンガンや鉄の水和酸化物や不安定な酸化物、炭酸塩などが、0.1MHClにはやや不安定な酸化物や硫化物などが抽出される。30% $H_2O_2$ には主に有機物と結びついた重金属元素や安定な硫化鉄( $FeS_2$ )、安定なマンガンの酸化物などと共に存する重金属元素が抽出される。混合溶液にはケイ酸塩鉱物の格子中に位置する比較的安定な重金属元素が抽出される。

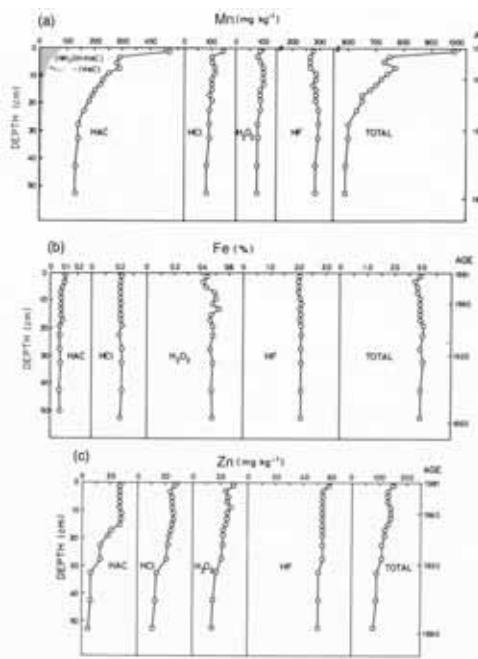


図-7 湾口部(B)における柱状堆積物中の重金属元素分布

図-7および図-8に、酸化的環境にある湾口部および湾奥部のマンガンと鉄の分布をそれぞれ示す。図-7からわかるように、湾口部(B)では、HCl,  $H_2O_2$ およびMix可溶性マンガンは鉛直的にほとんど一定である。一方HAC可溶性マンガンは表層部で上方に向

かって増加し、表層0~2cmで特に著しい濃縮がみられる。全マンガンの分布は、主にHAC可溶性マンガンの分布に支配されている。この分布は酸化的な堆積環境での続成過程におけるマンガンの再分配によるものである。鉄濃度については鉛直的にほぼ一定である。

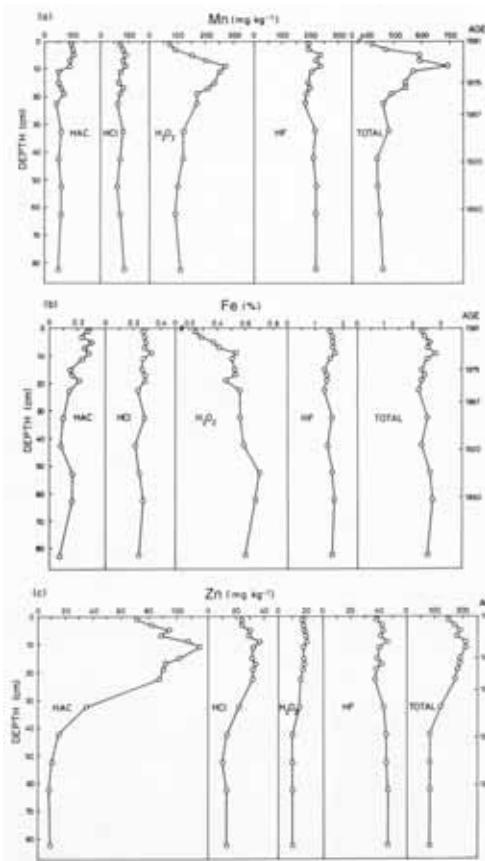


図-8 湾奥部(A)における柱状堆積物中の重金属元素分布

一方、図-8に示すように、湾奥部(A)ではHClおよびMix可溶性マンガンはほぼ一定値を示す。ここでの大きな特徴は、 $H_2O_2$ 可溶性マンガンが10cmの深さでピークをもち(270mg/kg), 全マンガンの分布が主に $H_2O_2$ 可溶性マンガンの分布に支配されている点である。これは、湾口部(B)の分布と大きく異なっている。

全鉄はほぼ一定であるが、HAC可溶性鉄

は表層部でわずかに増加している。一方、 $H_2O_2$  可溶性鉄は表層10cmの間で表層に向かって減少している。このように、湾奥部(A)では、鉄の分布もまた湾口部(B)の結果と異なっている。

表層20cmの泥は黒色であるので、表層部における HAC 可溶性鉄はおそらく硫化鉄(FeS)である。すなわち、酸化的な水質から堆積物へと移行した鉄酸化物(FeOOH)が、還元的な堆積物中で硫化水素と反応して FeS になったものである。FeS の活発な生成は堆積物の表層部で起こっているようである。一方、この FeS は続成過程で安定なパイライト( $FeS_2$ )になる。 $H_2O_2$  可溶性フラクションには  $FeS_2$  や有機物と結合した鉄が抽出されるが、この堆積物での鉄の大部分は  $FeS_2$  で、 $FeS_2$  は約15cmの深さで活発に形成されている。 $FeS_2$  の形成は、還元環境におけるマンガンとの共沈に重要な意味をもつと考えられている。別府湾湾奥部では1960年代中頃から還元環境が出現したとみられ、それ以来、安定な  $FeS_2$  が生成される過程でマンガンは  $FeS_2$  に取り込まれ、濃縮されたと思われる。

亜鉛や銅(銅は図示していない)は45cm以深でほぼ一定値を示す。この値は堆積年代からほぼバックグラウンド値と考えられる。一方上層部では約10cmの深さでピークがみられるが、これは堆積後の続成ではなく人間活動による汚染の変遷を記録したものである。

#### 4.まとめ

別府湾奥部海域には、1960年代以前には二枚貝“つきがいもどき”が生息していた。本種の特徴からすると、本来低酸素化がみられるような海域であったと思われる。しかし、その後の高度経済成長による活発な人間活動によって負荷が増大し、底層では無酸素・還元状態が出現するに至った。

別府湾の底層には非常に安定した躍層が形成され、酸化・還元環境のシャープな境界がみられるため、酸化・還元をめぐる物質の挙動がはっきりと見える良いフィールドである。さらにいろいろな分野からの調査・研究が広がることを期待したい。

#### 参考文献

- (1) Hoshika et. al., (1978) Vertical distribution of particulate manganese and iron in the Beppu Bay, J. Oceanogr. Soc., Japan, 34, 261-264.
- (2) Hoshika et., al., (1988) Manganese, Iron, Copper, and Zinc in Sediment Cores from Seasonally Stratified Beppu Bay, the Seto Inland Sea, Japan, in “Oceanic Processes In Marine Pollution” (Ed. D. A. Wolf and T. P. O’Connor), 5, pp.219-233, Robert E. Krieger Publishing Company, Florida, USA.
- (3) 亀田ら (1995) 別府湾底層冷水の海水交換時間と貧酸素化、沿岸海洋研究, 33, 59-68.
- (4) Miyadi, D. (1941) Marine benthic communities of the Beppu-Wan, Mem. Imp. Mar. Obs., 7, 483-502.
- (5) 大分県水産試験場事業報告 (1978~1984).
- (6) 塩沢ら (1977) 別府湾海水中の重金属の鉛直分布と季節変動, J. Oceanogr. Soc., Japan, 33, 350-356.
- (7) 玉井恭一 (1980) 別府湾奥深部域に特徴的に生息する 2 種のベントス, *Lucinoma annulata* (二枚貝)と *Aricidea sp.* (多毛類) の分布, 南西海区水産研究所報告, 12, 105-114.
- (8) Yamaoka et. al., (1983) Vertical distribution of nitrogen, phosphorus and iron in Beppu Bay, 39, 301-304.

# 今後の閉鎖性海域対策に関する懇談会報告について

環境省水・大気環境局水環境課閉鎖性海域対策室  
室長補佐 正賀 充

## 1. はじめに

東京湾をはじめとする閉鎖性海域は、全体的には依然として水環境の改善が十分には進んでおらず、貧酸素水塊や赤潮等の問題が生じている水域が依然存在する。また、水利用や水生生物等の生育・生息に障害を生じており生態系の劣化が進行しつつある。環境省としては、平成21年を目標年度とする第6次水質総量規制を着実に実施するとともに、中央環境審議会答申（「第6次水質総量規制の在り方について」平成17年5月）を踏まえ、今後の閉鎖性海域対策の総合的な推進について検討することが課題となっている。

このため、平成18年度に学識経験者及び関係省庁の参加を得て「今後の閉鎖性海域対策に関する懇談会」を設置し幅広い見地から議論を行った。この議論を踏まえ、今後の対策に向けた論点をこの度報告書にとりまとめた。

## 2. 閉鎖性海域の水環境の現状

### (1) 実海域で発生している利水障害等

#### ア 水質汚濁の著しい海域での課題

東京湾、大阪湾等水質汚濁が激しい海域においては、夏期を中心として、貧酸素水塊が発生するなど生物の生息にとって好ましくない状態が継続している。さらに、貧酸素水塊は、気象条件により青潮（苦潮）と呼ばれる現象を引き起こし、貝類の死滅などの被害が発生することがある。また、生物の生息及び再生産、また水質浄化にとって重要な場である干潟・藻場・浅場等が減少してきた。なお、東京湾では、近年大規模な埋立はないにもかかわらず、引き続き干潟生態系の劣化が進ん

でいるとの指摘がなされている。これらの影響が漁獲量の大幅な減少や魚種の変化という形で現ってきたとの指摘がある。

#### イ 水質の改善が見られる海域での課題

瀬戸内海等では水質が改善してきたものの、赤潮の発生が続いているほか、漁獲量の減少が見られるように、生物の生息環境に異変が起きている可能性がある。その要因として、干潟・藻場・浅場等の喪失や過去に実施されていた海砂利の採取による生息地の減少など、場の変化が指摘されている。

### (2) 対策を講じる上での課題

#### ア 目指すべき水環境の目標設定について

CODやBODを指標とする排水規制は、水質汚濁あるいは悪臭等の改善に一定の成果を挙げてきたが、水環境全体の改善には長い時間を要することが考えられる。また、底層の生物生息環境との関連性について説明が困難となっている。一方、CODなどは一般市民にとって直感的に理解が難しい指標もある。一般市民に理解と協力を得るためにも、海域ごとの特徴的な生物のようなわかりやすい指標の設定が求められるとともに、比較的短期間で効果が実感できる指標も必要である。

#### イ 目標達成のための手法について

モニタリングは、実海域の定量的な把握や施策検討の上で不可欠である。しかし、生物生息環境に直結すると考えられる底層溶存酸素量や透明度のデータ、また生息状況に関するデータの蓄積が不十分であり、更なる充実とともに、モニリングデータを活用した水質環境の変化要因の検証が必要である。

水質汚濁が著しい海域では、当面は負荷量

削減対策を推進する必要がある。瀬戸内海等水質の改善が見られる海域でも赤潮等の発生している海域では、今後とも各種施策を総合的に進める必要があるが、一方で健全な生態系を維持するためには、適切な量の無機栄養塩類が必要であり、季節毎の栄養塩類の管理という観点から形態を考慮したモニタリングが求められている。

また、干潟・藻場・浅場は、水質浄化機能あるいは生物生息のための場として重要であり、保全及び再生の取組が求められている。底質の悪化している海域では、汚泥の除去や覆砂等による底質改善対策を推進する必要がある。田畠等土地に由来する面源負荷は水質への影響が大きいと言われているが、季節変動等未解明な点も多く、負荷量算定の精度向上が重要である。水環境の改善には、負荷削減だけでなく、複数の手法を組合せた効率的な対策の実施が求められる。

### 3. 閉鎖性海域水環境改善のための検討事項

#### (1) 閉鎖性海域の水環境改善に向けたロード

##### マップの提示

閉鎖性海域の水環境改善には長い時間を要することを踏まえ、国民の合意形成を図るために、各海域の特性や利用形態に応じた目指すべき海域環境の将来像の提示とロードマップの提示が必要である。

#### (2) 目指すべき水環境の目標について

水環境の改善のための施策を展開する上で、地理的な特性や利用形態を考慮し、中長期に目指すべき目標を設定することが必要である。目標を具体的に表すための指標の設定にあたっては、①生物生息環境との関連性、②将来予測が可能である、③定量的な評価が可能である、④市民へのわりやすさ、⑤施策の判断基準という各観点からの検討が必要がある。

### 4. 引き続き議論が必要な事項

#### (1) 水環境の目標の設定

## ア 状態指標

現在の環境基準である COD、全窒素、全燐については、汚濁負荷量で制御できる指標（「制御指標」）であるが、生物生息環境を直接的に表現する指標とは言い難い。生物生息環境を表現する「状態指標」としては、広く水生生物（特に底生生物）の生息に影響を与える主要な要素の一つと考えられる「底層の溶存酸素量」（底層 DO）と景観的な要素も併せて示す「透明度」を挙げることができる。また、気象等による擾乱が少なく改善の取組みが着実に把握可能であると考えられる例えば、SOD（底質酸素要求量）など底質に着目した指標も候補として考えられる。一方、水質が改善された海域では、全窒素、全燐に加えて、生物生息環境に直接影響を及ぼす無機栄養塩類レベルについても状態指標となりうるか検討する必要がある。市民へのわかりやすさという観点では、赤潮・青潮の発生状況や、悪臭といった指標についても状態指標となりうるか検討する必要がある。

## イ 制御指標

制御指標については、状態指標との関連性を説明できる項目を候補として検討し、その上で、制御指標項目の許容負荷量を算定する作業の必要がある。

## ウ 目標検討の際の留意事項

これらを検討する際には、望ましい生物生息環境の定義を十分に議論する必要がある。また、①検討のためのデータ等の制約、②外洋のバックグラウンドの考慮、③シミュレーションによる将来予測の可能性、④継続したモニタリングの可能性等に留意し、これらの指標を水環境の目標とすることが適切か判断する必要がある。さらに、目標値を設定する場合には、地理的特性や海域の利用目的を踏まえ、海域を適切に区分し検討する必要がある。

#### (2) 水環境改善施策の効果の予測に必要なツールの検討

施策を展開する上で、国民に対して「施策効果」と「目的の達成可能性」を示す必要があるため、その過程と最終の姿を明らかにするシミュレーションモデルが必要である。そのモデルの要件は、①現存するデータで駆動できること、②実海域での事後検証が可能であること、③時間的に改善効果が再現可能であること、④長期間の将来予測計算に耐えうる構造を有すること、⑤長期的な気候変動・人口変動等のシナリオが入力可能であること、⑥フラッシュ対策など想定しうる施策の効果が評価できることなどが考えられる。

### (3) 目標を達成するための中長期的なシナリオ

シミュレーションモデルによる将来予測は、適切なシナリオの設定が必要である。具体的には海域での環境改善で実施可能な手法をシナリオとして設定するとともに、汚濁負荷が著しい海域では効率的な汚濁負荷量削減手法を、水質が改善された海域においては汚濁負荷量の管理も含め検討の上、シナリオとして設定する必要がある。また、①社会経済動態及び人口動態、②地球温暖化の影響、③各海域の利用形態などに考慮する必要がある。

また、シミュレーションモデルを駆動させる上で、面源負荷の算定精度向上や外洋の影

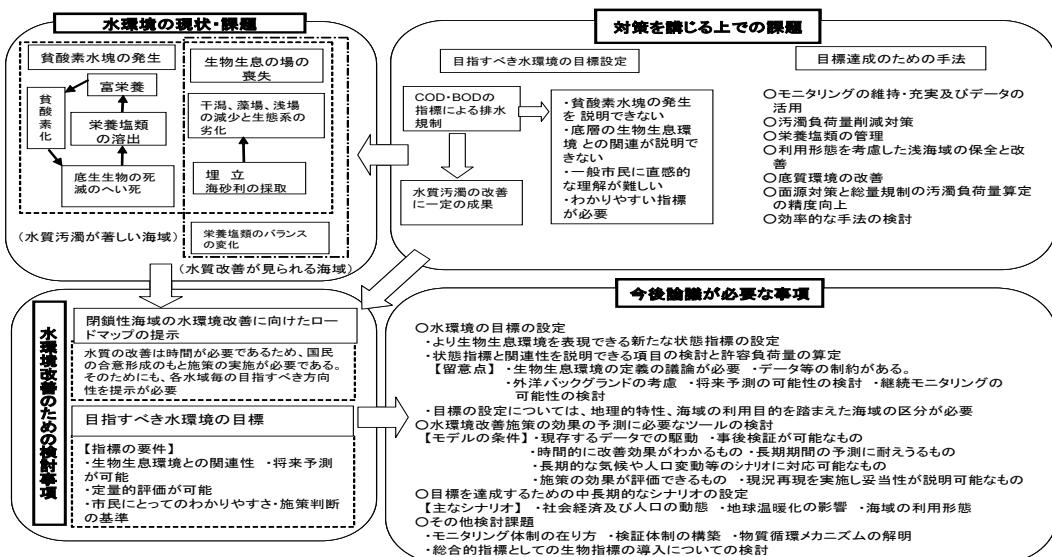
響及び地下水経由による負荷、生物生息環境の保全効果を可能な範囲で把握する必要がある。

### (4) その他検討課題

モニタリングについては、その実施目的を明確にした上で、必要な観測項目やモニタリング頻度及び効果的な実施体制（国、地方、民間）について検討が必要である。また、シミュレーション結果の不確実性を認識し、モニタリングにはシミュレーション結果の検証という観点も必要である。沿岸域に流入した物質が水質や生物生産に与える影響等について知見の充実を図る必要がある。長期的には、施策の評価のための総合的な指標として、生物指標の導入の可能性を検討する必要がある。

### 【懇談会有識者名簿】（五十音順、敬称略）

磯部 雅彦	東京大学大学院新領域創成科学研究科長
大塚 直	早稲田大学教授
岡田 光正	広島大学副学長
小池 獻夫	東京大学海洋研究所教授
木幡 邦男	国立環境研究所水土壌圈環境研究領域長
清水 誠	東京大学名誉教授
灘岡 和夫	東京工業大学大学院教授
藤原 建紀	京都大学大学院教授
風呂田利夫	東邦大学教授
山本 民次	広島大学大学院教授
渡辺 正孝	慶應義塾大学教授



今後の閉鎖性海域対策を検討する上で現状と課題

## シーボルト『日本』

奈良県立大学

教授 西田正憲

### はじめに

瀬戸内海は近世から近代にかけて名所絵、真景図、風景画などに描かれ、名所図会、案内書、画集などとして、<描かれた瀬戸内海>が普及していく。一方、瀬戸内海を訪れた欧米人の地誌、旅行記などにも、銅版画、写真版などの挿図が掲載され、<描かれた瀬戸内海>が普及していく。このシリーズは、図絵、図版などがまとまって載っている書物をとりあげ、風景論の視点から<描かれた瀬戸内海>について論じるものである。

### 1. シーボルトの『日本』

日本学に偉大な業績をうちたて、日本にも多くの足跡を残したドイツ人のフィリップ・フランツ・フォン・シーボルト（1796－1866）は、瀬戸内海の風景を近代的な風景観で記述した最初の人であった。シーボルトの紀行文には、のちに欧米人が賞賛する瀬戸内海の風景の原型が表れている。地理的概念で捉えた内海多島海の風景、科学的に見つめた地形地質や植物、光の輝きとあふれる色彩、さまざまな人文景や生活景、ユートピア観の投影、船から眺める動く島々、のちの幕末から明治にかけての欧米人は、これらをさらにより広

く深く、より豊かに表現していったにすぎない。

シーボルトはオランダ商館付きの医師として、1823年（文政6）年、日本の長崎出島に赴任し、1829（文政12）年までの6年余りを日本に滞在した。医学、植物学、地理学、民族学等の近代科学を身につけたシーボルトは、東洋研究を志し、オランダの陸軍の軍医となって、ファン・デル・カペレン東インド総督に日本の総合的な調査研究を命じられ、日本に赴任したものであった。シーボルトはのちにこの派遣の恩義に報いるため関門海峡をファン・デル・カペレン海峡と名付けている。シーボルトはモンタヌス、ペルーズ、クルーゼンシュテルン等それまでの日本に関する文献について徹底した研究を行い、ケンペルとツンベルクについても長崎の出島の植物園に彼らの業績をたたえる碑を建てるほどであった。国禁違反により日本退去を命じられたシーボルトは、1830（天保元）年、オランダのライデンにもどり、『日本』『日本植物誌』『日本動物誌』の三大著作を資金難のなか分冊形式で自費出版をはじめた。

シーボルトは1826年（文政9）にオランダ商館長スチュルレルの江戸参府に秘書ビュル

#### ●略歴

- |       |   |
|-------|---|
| 1951年 | 京都府生まれ（にしだまさのり）   |
| 1975年 | 京都大学大学院農学研究科修士課程修了。環境庁入庁。<br>北海道、山陰、東京、九州、山陽、京都の勤務を経て退職 |
| 2000年 | 現職、農学博士   |



図－1 下関

ガーとともに随行し、瀬戸内海を船で往復する。オランダ商館員は3人であったが、シーボルトは動植物採集などのために数人の日本人助手を首尾よく同行させることができた。彼の日本研究が周到に計画されたものであることがわかる。このときの紀行文を、1832(天保3)年から51(嘉永4)年にかけて20分冊の著作として出版した大著『日本』の第4編に「1826年の江戸参府紀行」として著している。この大著はヨーロッパで高く評価され日本観形成に大きな影響力をもったものであり、瀬戸内海観、瀬戸内海の風景観についても、のちにわが国を訪れた欧米人に大きな影響を与えたものと推測される。

## 2. 川原慶賀の風景画

『日本』に収録されている風景や風俗の図版は、日本の実像を捉えた写実性をもつてゐる反面、どこかに稚拙さや不自然さを残している。シーボルトの豊かな文章に比べ、図版

には落差を感じざるをえない。この時代、ヨーロッパでは絵画の描写力はすでに高く、ロマン主義絵画など芸術性も高い風景画を生みだしていた。これらのレベルの高さに比べ、科学の書とはいえ、『日本』の図版は見劣りする。その理由は、図版が日本の当時の名所図会などをもとに描き直したこと、また、素描を石版画に描き直すときに誤った解釈が入ったことなどによるであろう。そして、さらに大きな理由は、素描画や写生画の原画を描いた画家が日本人であったことであろう。この日本人は天才ではあったが、残念ながら時代の大きな制約があった。

シーボルトはこの天才画家をトヨスケと呼び、全幅の信頼をおいていた。登与助こと川原慶賀(1786—没年不明)である。シーボルトが出島に着任したとき、慶賀はすでに商館長プロムホフに認められていた出島出入りの町絵師であった。当時、長崎には、石崎・渡辺・広渡・荒木の4家の世襲となっていた御



図－2 下関竹崎付近

用絵師の唐絵目利がいたが、それとは異なる民間の絵師であった。

慶賀はブロムホフらの注文をうけて動植物画や肖像画などを描き、やがてシーボルトの注文もうけるようになった。慶賀は、オランダ商館員フィッセルの注文もうけ、彼の1932（文政5）年の著書『日本風俗備考』にも登場していた。1825（文政8）年、オランダ東インド総督府は、シーボルトの要請をうけ、画家のフィレネーフェ（ヴィルヌーヴ）と薬剤師のビュルガー（ビュルゲル）を出島に送り込んでくる。二人はシーボルトを助け、その後の出版にも協力するが、慶賀もこのフィレネーフェから西洋画法を学んでいた。ビュルガーは江戸参府にも同行し、シーボルト離日後は彼の後任医師の役目も果たしていた。慶賀に多数の動植物画を描かせていたシーボルトは、江戸参府に慶賀を同行させる。彼の技量に惚れこみ、風俗、風景なども描かせるいわば絵による記録係として雇ったのであった。シーボルトが慶賀をいかに信頼していたかは、『日本』の文章のはしばしに表れる。

「画家としては登与助が私に随行した。彼は長崎出身の非常にすぐれた芸術家で、とくに植物の写生に特異な腕をもち、人物画や風景画にもすでにヨーロッパの手法をとり入れはじめていた。彼が描いた数百枚の絵は、私の著作の中で彼の功績が真実であることを証明



図－3 ファン・デル・カペレン海峡（関門海峡）

している。」

また、シーボルトは「登与助は見取図を描いたが、その図は彼が熟練した技術をもっていることを証明していた」とも褒めている。

『日本』には名所図会の類を写しとった実景とは思えない図版があるが、「登与助が当地に滞在中二、三の原画を写して描き上げた下関の全景」とあるように、慶賀もまた写生ではなく、既存の図絵などからも合成して制作していた。これは図－1にあたる。

しかし、慶賀はシーボルトの細かい指示をうけて実景の写生をしていたのであろう。シーボルトは図－2の図版について次のようにしるしている。

「夕方、日本人の画家登与助が竹崎からもどってきた。私は下関の西の地区の景色を写すために、彼をそこへ行かせたのであった。たいへんすばらしいその絵はⅡ第14図（d）に掲げてある。」

さらに、図－3の説明とも推測できる次のような文章がある。

「登与助は前景に漁師の小屋をいれて海峡をスケッチし、その間われわれはコンパス測量の仕事をし（後略）」

だが慶賀のスケッチには限界があった。彼のわが国に残されている絵の多くが伝統的な俯瞰図法によっていることからすると、透視図法と明暗法による西洋画は必ずしも十全に



図-4 上関（上段） 沖の家室（2段） 輛（3段右） 阿伏兎（3段左） 兵庫（下段）

はこなしきれなかったであろう。

慶賀には不明な点が多いが、1836（天保7）年に学術的価値の高い植物図譜『慶賀写真草』を刊行している。1828（文政11）年のシーボルト事件、42（天保13）年の筆禍事件と2度の処罰の記録があるが、チャーチンを描いた絵画や75歳に描いた肖像画の記録が残っていることなどから、どうやら慶応年間（1865—67）まで長崎辺りで画家として長寿を全うしたらしい。

### 3. ロマン主義と近代地理学の開花

なぜ、瀬戸内海の風景を賞賛した最初の人がシーボルトなのであろうか。そこには、シーボルトの風景を捉える科学的なまなざしと豊かな文章を紡ぐ教養などの個人的資質をみなければならないだろう。しかし、本質的に重要なことは、19世紀という時代であった。瀬戸内海を訪れた16世紀のフロイス、17世紀のケンペル、18世紀のツンベルクでは風景の賞

賛は難しかった。風景賞賛の機が熟してきたところにシーボルトが現れたのだ。

18世紀後半のイギリスで、自然景に関して、イタリアの古典美にかわる新たな美の規範が確立されていく。崇高（サブライム）とピクチャレスクである。その言葉は新たな美的概念を表すものであるが、その背景には、当時、そのような新たな自然景に感應する新たな感性が生まれていたことを示している。崇高の美的規範は、それまで見向きもしなかった山岳、海洋、森林などへ眼を向けさせ、自然へのまなざしを拡大した。ピクチャレスクの美的規範もまた自然景を見ることを意識させ、眺望の探求をうながし、自然へのまなざしを深めた。崇高とピクチャレスクはその後のロマン主義の自然賛美へと道を開いていく。

18世紀は、ヨーロッパで市民社会の進展が自由な個人のまなざしを生み、産業革命の進展が反動として人々の自然崇拜を強めた時代であった。18世紀末から19世紀にかけて文学、



図－5 日比の製塩所

美術、音楽、哲学などでおこるロマン主義は、均整と調和を重んじた古典主義に反し、自由な感情や想像の発露を謳歌し、人間の内面の心の動きに眼を向けたが、同時に自然に対しても、内面を投影する対象として広く深く眼を向け、自然崇拜ともいべき自然賛美を押し進めた。ウェルギリウス的風景からワーズワース的風景へと称されているところである。イギリスのワーズワースとコールリッジは1798年に詩集『抒情民謡集』を著すが、バイロン、シェリー、キーツらのロマン主義の詩人たちとは風景に内的感情を投影し、自然へのまなざしを強め、自然を賛美していた。イギリス・ロマン主義の風景画家たちも、自然風景への関心を強め、アルプス、湖水地方などの風景を捉えていた。

自然賛美は19世紀前半の近代地理学によってさらに大きく進展していく。自然地理学と植物生態学の基礎を確立した近代地理学の祖、ドイツの地理学者フンボルトは、1814-25年の『1799-1804年新大陸の赤道地方旅行記』、1845-62年の『コスマス』、1849年の『自然の眺望』と19世紀前半に著書を残していくが、アンデス山脈の大自然を文と図で紹介し、科学と芸術の融合を果たすことによって、ヨーロッパの人々に新たな理想的風景のイメージを与えた。フンボルトの影響をうけて、地理学・地質学を学んでいたドイツ・ロマン主義



図－6 室明神の社（室津賀茂神社）

風景画の画家たちは、19世紀前半にアルプスやフィヨルドの風景を神秘的に美しく描いていた。風景へのまなざしは科学のまなざしに裏付けられていた。

シーボルトが瀬戸内海を賞賛し、生きて活躍した時代は、このロマン主義と地理学が大きく開花して自然の風景へのまなざしを深めた19世紀前半であった。

#### 引用・参考文献

- 1) フィリップ・フランツ・フォン・シーボルト、中井晶夫他訳（1978）『日本』第2巻・図録 第2巻、雄松堂書店
- 2) ヴォルフガング・ゲンショレク 真岩啓子訳（1993）『評伝シーボルト』講談社
- 3) 山口隆男（2007）「シーボルトのカメラマン」『NHK知るを楽しむ 歴史に好奇心』第2巻第24号、日本放送出版協会
- 4) 陰里鉄郎（1993）『日本の美術第329号 川原慶賀と長崎派』至文堂
- 5) 椎名節編集（1980）『みづゑNO903 出島絵師・川原慶賀』美術出版社
- 6) 図版は国際日本文化研究センター所蔵の原書によった。

# トラフグ　－50年前のはえ縄漁業－

広島県立総合技術研究所水産海洋技術センター  
技術支援部担当部長 安江 浩

広島とトラフグといつてもピンと来ない向きも多いかと思うが、広島県の尾道には全国でも有数のトラフグ産卵場がある。毎年ほぼ正確に八十八夜（5月2日頃）には、因島大橋のかかる布刈（めかり）瀬戸へ産卵に訪れるトラフグの群れがみられる。もともと、地元ではこの時期のフグをナタネフグと呼び価値の低いものであった。ところが、1970年代になると冷凍保存技術の発達でにわかに価格が上がり、多くの漁業者がトラフグ漁に参入した。最盛期の1980年代には300トンを越える漁獲もあって浜も賑わったが、現在では10トン前後まで減り、資源枯渇の危機にさらされている。

一方、瀬戸内海を広く回遊し、一部は東シナ海へ至るとされるトラフグの生態には現在でも謎が多い。かつて、尾道には南西海区水産研究所（現水産総合研究センター瀬戸内海区水産研究所）の分室があり、ここを拠点にトラフグの研究が進められていた。当時普及員であった私も、研究官の方たちと親しく交流させてもらう中でトラフグの回遊に強いロマンと興味を抱いたものである。

そこで今回は、当時聞き取りをした尾道吉和漁民のはえ縄漁について紹介をしてみたい。但し、この漁業は戦後から1960年頃まで行われていたもので、聞き取り当時には既に廃れていた。とはいえたが、資源であったトラフグの動きやそれを追う漁民の生活は大変興味深いものがあった。

はえ縄漁は冬漁と春漁の区別があった。冬漁というのは瀬戸内海を西へ下る若いフグを追いかけた。春漁は4月からいわゆる産卵回遊してくる親フグを漁獲した。冬漁は11月に燧灘で始まり、12月には安芸灘、伊予灘と下

るフグに合わせて漁場を移動した。大きさは前年生まれの700～800gで、それに当歳魚が混ざった。3～5隻で船団を組み、ある程度魚が溜まると1隻が広島の草津まで売りに行った。冬の伊予灘は遮るものもなく、季節風が吹くと瀬渡りは命がけであった。



1月に入ると豊後水道が漁場となった。旧正月まで、大分県の臼杵や蒲江町畠野浦が生活の拠点であった。但し、このフグは1.2～1.3kgと一回り大きく、それまで追いかけてきた群れとは明らかに異なるものであった。その後、旧正月を境に漁場を愛媛県の宇和海に移して2月一杯で冬漁を終えたそうである。

吉和漁民はかつて漁船で1年の大半を生活することから、「家船」（えぶね）と称してその習俗は研究対象でもあった。しかし、魚の成長や季節移動にあわせた漁のあり方は、彼らにとってごく自然のことであり、瀬戸内海漁業の原点であるように思えるのである。



1951年 神奈川県藤沢市生まれ  
1975年 農林水産省水産大学校卒業  
広島県入庁、広島、呉、  
尾道、福山農林事務所、  
水産漁港課等で主に水産  
振興業務に従事  
2004年 水産試験場水圈環境部長  
2007年 現 職

## 懸け鯛と島の交流

愛知大学経済学部  
教授 印 南 敏 秀

### 二つの漁民文化

これまでの6回は、瀬戸内海の藻場にはえるアマモやホンダワラの利用についてみてきた。地先の海草や海藻は移動しないので、だれでも簡単に採ることができる。採草地がとぼしい海辺の村では、農民が肥料として利用した。ただし採る場所を限定したり、口開けと口留めの期間をきめて規制してきた。一番効率のよい時期を選んで採り、地域資源として持続的な利用をはかってきた。

今回は、地先と沖を移動する底魚をとりあげる。高級魚の鯛が瀬戸内海を代表し、網漁から釣漁まで一番漁法の種類が多い。なかで一本釣は技が高度で、子供からはじめないと一人前になれなかった。それだけに瀬戸

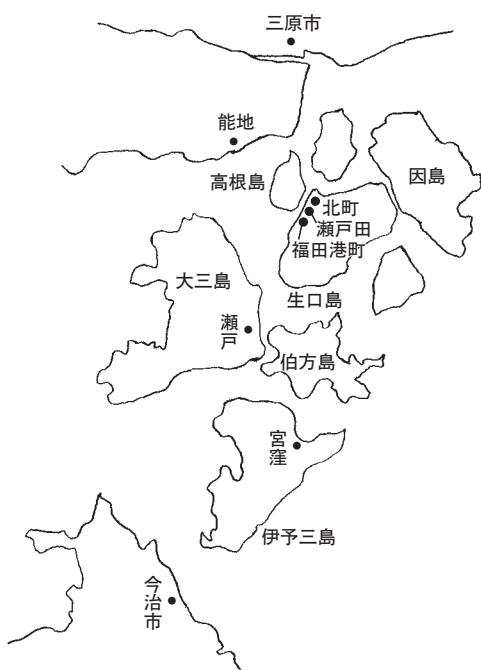
内漁民にとって鯛の一本釣は、あこがれであり目標だった。

瀬戸内海には一本釣の漁民集落が点在する。芸予諸島の生口島の尾道市瀬戸田町は中世からひらけた港町である。その瀬戸田の町場をはさんで、南北に二つの漁民集落があった。北側の北町は一本釣、南側の福田港町はテグリ（手縄り網）が中心だった。北町の漁民は生口氏に仕え、近世初期には鯛網漁もしていたが、一本釣漁にかわったという。福田港町は、近くの三原市幸崎町能地の家船が定住した集落という。船住まいする家船は夜間にテグリで雑魚とり、翌日婦人が農村で穀物や芋と交換して生活した。港町瀬戸田には、一本釣とテグリ、鯛と雑魚、儀礼食と日常食二つの漁民文化が並存していた。

### 「懸け鯛」の奉納

北町の漁民は、県境を越えた大三島の今治市上浦町瀬戸に鯛を奉納していた。北町からの鯛を神前に供えないと、瀬戸八幡宮の秋祭りがはじまらないという。それを知ったのは尾道市と合併する前に、わたしが瀬戸田町で祭りの調査をしていたときだった。すでに本州と四国を結ぶしまなみ街道の工事は着工していたが、生口島と大三島は橋で結ばれていた。定期航路は通っていても、島民の交流は限られていた。それなのに一番大事な神に供える神饌を通して、古くから漁民と農民が地域をあげて交流している。瀬戸内海の島相互の交流に興味があったわたしは、北町の漁民について瀬戸の秋祭りにいった。

秋祭りは旧暦8月14・15日で、平成7年は



懸け鯛と島の交流関連地図

9月8・9日にあたっていた。鯛を入れた箱を持った瀬戸田漁協の理事2人と、垂水から井口行きのフェリーに乗った。瀬戸田漁協は北町と福田港町から各2人、島の南部から1人の計5人の理事と、3地区から各1人の幹事を選ぶ。北町では漁民だけでエビス講をつくり、講の世話人が1人いる。本来はこの4人で行くが、この年は理事2人だけになった。

井口港には瀬戸から2人の組長が車で迎えに来ていた。海岸道路から八幡社への入口には、「平成元年 瀬戸田漁業協同組合北町氏子中」と書いた幟が立っていた。

定期航路が通う前は、北町から手漕ぎの船で渡った。北町の幟が立つ海岸から少し北に波止場と回漕店があり、そこに船をつけた。櫓を漕いだ青年にも酒と肴が振舞われた。

### 瀬戸と北町の祭り

八幡宮への石段を登ると、着飾った瀬戸の人達が鯛の到着を待ちかねていた。出御祭には、御神幸の主役ともいえる奴と神輿、獅子役の大入や子供がみな参列する。すぐに大きな2枚の鯛を、神主が腹合わせの「懸け鯛」に麻紐でしばる（写真-1）。懸け鯛と一緒に甘酒が入った一升瓶を蓋をあけて神前に供える。甘酒は北町の漁民が持ち帰るため、瀬戸の部落総代の婦人がわざわざつくって用意する。神職の笛と太鼓のあと、修祓、御戸開き、祝詞に続く玉串奉奠では、部落総代、神社総代、次いで北町の漁民、町会議員、神輿責任者、子供神輿責任者、奴責任者、宮守代表、青年OBと続けた。

出御祭が終わり御神幸の準備がはじまると、北町の漁民は2本の甘酒と木札、各戸へ配布する神札と饅頭をうけとる（写真-2）。そして組長の案内で残った鯛とともに集会所にむかった。集会所では田舎豆腐を肴に酒の接待をうける。祭り準備のシメオロシ（注連縄ない）や幟立ての酒の肴も、田舎豆腐と決まっていた。集会所の前は部落総代、さらに前は



写真-1 瀬戸八幡宮の神前に供える懸け鯛



写真-2 手前の組長から甘酒を渡される

オオトウヤの家で接待した。瀬戸は14組あり、14人の組長が祭りの役を分担する。以前は「酒の強い人が来るんじゃ」といって、酒が強い組長を接待役にした。実際に北町の漁民は一人で一升は飲んだ。この日は地元の祭りに間に合うように、昼すぎのフェリーで帰った。

現在、瀬戸田町の町場は瀬戸田区となり、各町内ごとに小祠小堂を祀る。北町の漁民が祀るのは、海岸のジュンゴン（龍神）さんと瀬戸田区の氏神生口神社本殿横のドロボウさんである。ドロボウさんに祀る石のご神体は瀬戸から持ち帰ったという。

午後4時、沢八幡宮の神主をむかえ、瀬戸から持ち帰った2本の甘酒をドロボウさんに



写真-3 ドロボウさんでの北町漁民の祭り



写真-4 スヤの壁にはった行事日程表

供えて、漁民が参列して祭りをおこなう（写真-3）。漁民が多かったときは60、70人も参列者がいた。この日の参列者は10人で、甘酒で直会したあと、北町のエビス社横のスヤ（集会所）で日本酒の後宴がはじまる（写真-4）。壁には瀬戸八幡宮からうけてきた木札を祀っていた。

### なぜ鯛を奉納したのか

『上浦町史』には、北町が鯛を奉納する理由を2つのせる。

1つ目は、瀬戸の前の海は鯛の好漁場で、北町と伊予大島の宮窪の漁民が漁場をめぐって争った。それを瀬戸村の庄屋近藤五郎次が仲裁してから、北町がお礼に鯛を奉納しはじめた。

『瀬戸田町史資料編』には、明治17（1884）年の「他管下漁民所轄内へ入漁取調書」（愛媛県立図書館所蔵）がのる。近世の松山藩は

他藩領漁民の入漁に対して、巡視船を出すなど警戒していた。近代になり制度がなくなり、愛媛県越智郡に他県から入漁する漁民が増えて地元漁民は困る。そこで愛媛県は、他府県にたいしてこれまでの入会慣行を照会した。この調書には漁場ごとの入漁期間や入漁料、漁法などが書いてある。

生口島からは、釣は瀬戸田（北町）、小網（手繰り網）は福田村（福田港町）が中心で、越智郡瀬戸村字ハナグリ（鼻栗）漁場へ入漁していた。入漁料は1年で、小網が60銭、縄網は1帖で3円、鰯網は1帖で2円、雑魚釣は1具で30銭である。さらに北町の漁業者は50年前から入漁し、瀬戸の氏神の祭日に中鯛48枚を毎年差し出すとある。50年前は、近世末の天保5（1834）年にあたる。

2つ目は、瀬戸の沖合いで北町の漁民が台風にあい、瀬戸の人々が助けたお礼にはじまるという。

生口島の漁民が越智郡の大三島や伯方島方面に入漁したのは好漁場だからである。ただし手漕ぎの時代は、村に帰らず漁場の近くで船で寝ることも多かった。瀬戸の沖は浅海で停泊するのに都合がよく、海岸近くの商店や民家ともなじみで井戸水などを使わせてもらった。ちなみに海上で暮らす漁民は錢湯をよく利用した。わたしが調査をはじめたころまで福田港町に錢湯があり、他所からきて瀬戸田で泊まる漁民が入りにきていた。

地先に好漁場があり、停泊しやすい浅海がある瀬戸と、北町の漁民の間で交流が始まり、深かまでも不思議はなかった。陸としてみると島と島は離れているが、海からみると島と島はつながっていた。

さらに瀬戸の人々には漁はなぐさみ（遊漁）でしかなかった。大三島や伯方島には専業の漁業者がいなかった。第二次世界大戦後も、瀬戸では福田港町の婦人が雑魚を入れた桶をかべって（頭上運搬）まわっていた。食料難なので雑魚はサツマイモなど食料と交換した。

瀬戸では神饌の鯛も、他所の漁民に頼らざるをえなかった。北町の漁民も、漁場近くの神社に奉納することで豊漁が期待できた。生口島南岸には、他所の漁民が豊漁を願って祀ったエビス社が多くいた。一時期北町の漁民が鯛の奉納を止めた。すると不漁になったので、すぐに再開したという。

### 海民文化の継承と中断

平成19年春に、瀬戸田漁業協同組合に川原組合長をたずねた。川原組合長は12年に瀬戸八幡宮へ一緒にいった北町の理事の1人だった。そこで瀬戸田町中野の荒木神社の祭りにも、瀬戸八幡宮と同じ懸け鯛を奉納していたと教えられた。すぐに荒木神社を訪ね、藤本武彦宮司から「明治42年4月 縁起書 荒木神社」と表紙にある書類をみせてもらった。

「北町掛鯛現今氏子区域外ナル瀬戸田町字北町漁夫七〇戸、毎歳當社大祭日ニ当リ戸毎ニ掛鯛ト称シテ七八寸ノ小鯛二尾宛ヲ献スルノ例アリ。其ノ所以ハ口碑ニ存スルモノアリ。曰ク生口氏茶臼山落城後全氏ノ遺臣等瀬戸田町ニ居住シ漁業ヲ以テ業トナセリト。其ノ產土神タルノ故ヲ以テ毎歳怠ラスト云ヒ傳フ」

生口氏は小早川氏からでて、生口島で勢力を拡大した中世の武将で、荒木神社背後の茶臼山城がその居城と考えられている。永享4年（1432）完成の国宝三重塔が建つ向上寺の大檀那で、天正4年（1576）の荒木神社隨神像にも大檀那として生口氏の名をのこす。生口氏は瀬戸田港の海上交通を掌握し、村上水軍と行動を共にするなど海民の頭領でもあった。ただし天正15年、小早川隆景が九州に移封したとき一緒に移っていた。記録の茶臼山落城の意味は不明だが、港町に接して好漁場がある北町で、海民が漁民として暮し始めたとしても不思議ではない。北町の漁業者は自ら生口氏の家臣といい、氏神の荒木神社に奉納するという意識が残っている。ここからは仮説だが、瀬戸への懸け鯛の奉納は荒木神

社を手本としたのではなかろうか。とすれば瀬戸に奉納した小鯛48枚は天保5年ころの北町の漁戸数だったことになる。

現在瀬戸田漁協組合員で、鯛の一本釣漁民は3人で、通年となると川原組合長1人しかいない。最近は、養殖技術の向上と、消費者の嗜好が脂好みに変化し、養殖鯛のほうが天然鯛より価格が安定して一年で平均すると高くなる。こうした社会変化を反映して、平成11年から、北町の瀬戸八幡宮と荒木神社への懸け鯛の奉納は中断している。中断した年に生口島と大三島が、橋で結ばれたのも皮肉である。

川原組合長の、時間はかかっても、懸け鯛は復活させるという思いに期待したい。

### 謝 辞

瀬戸の曾我信弘・曾我尚邦・金子敏雄氏、北町の川原国弘・八木静義氏、中野の藤本武彦氏、尾道市教育委員会、同瀬戸田支所植原宗哉氏に感謝したい。

### 参考文献

- ・『瀬戸田町史民俗編』1998, 『瀬戸田町史資料編』1997, 『瀬戸田町史地理編』2003, 『瀬戸田町史通史編』2004, 共に瀬戸田町教育委員会.
- ・宮本常一『海に生きる人びと』未来社, 1964.

# 明石の海底にタイラギがもどる

京都精華大学 鷺尾圭司

3年前には明石の海底には貝類がいなくなつたと書いたが、一昨年あたりから少しずつ様子が変わってきた。そして今年はタイラギがもどってきて、久しぶりにおいしい貝柱をいただけたことになった。

明石市の沿岸には、共同漁業権でタイラギ、ミルクイを対象とした潜水器漁業が設定されており、40年前まではかなりの数の漁業者が潜水器をつけて貝類の採取を営みにしていた。春から秋はイワシ網や手縄り網などの漁船漁業を行なうが、冬は時化と魚が動かないことから休漁期に入ってしまう。その冬場の仕事として貝類の採取がうってつけだったようだ。

その後、瀬戸内海の水質汚染が深刻化し、海底のヘドロ化による貧酸素水塊の発生によって貝類の繁殖が思わしくなくなつていった。このため、明石の漁業者は貝類採取からノリ養殖へと転換して、この時代を乗り切ってきた。

一部残った潜水器漁業の漁師たちは、少なくなったタイラギなどの高価格な貝類から、ウチムラサキやアサリ、ナマコなど、より低価格の水産物の採取で細々と生計を維持してきた。それも、数年前には二軒しか残っていないというさびしい状況になっていた。これが3年前までの明石の海底の状況であった。

それが3年前のこと、例年なら明石海峡を中心に分布するマダコが、西に20キロほど離れた二見沖という漁場で大量に水揚げされるという漁模様になった。漁獲されたマダコの多くがアケガイという貝を食っていたようで、その場に繁殖した貝を目当てにマダコが寄っ

てきたものではないかと考えられた。

その前後は、大阪湾の地形改変が大幅に進み、大阪湾全体の栄養循環が分断されてきた時期だ。湾奥が過栄養の青潮の海になった一方で、明石海峡は貧栄養化が進み、ノリの色落ちやイカナゴは細るなど、マダコのエサ不足も心配されるようになっていた。そんな折に、少し離れた漁場に貝類が繁殖したものだからマダコもつられて移動したのではないだろうか。

2005年のアケガイの発生の後、2006年春にはタイラギの稚貝がぱらぱらと見つかった。殻長10センチ以下だからまだ1年生だと思われたが、どこからか流れ着いたタイラギの幼生が、前の年に明石の海で着底に成功したのだろう。タイラギの他にもハボウキガイやアサリの稚貝も分布を広げており、明石の海底が貝類の生息に適した状況になって来たことをうかがわせた。

そして2007年1月、目星をつけた調査ポイントにダイバーを潜らせると、殻長27センチの立派なタイラギが3枚採取された。

タイラギは大きな貝殻をもつ貝だが、食べられるところは貝柱だけで、内臓部分やひもと呼ばれる外套膜などはおいしくないので捨てられる。採取されたタイラギを調査のための計測を終えた後、貝柱を取り出してみると長径が6センチの一人前の立派なものだった。

ポイントを移しながら調査を進めたところ、タイラギが繁殖しているところは、潮の流れが速くて、岩盤の上に砂ばかりが積もっているようなところではなく、またヘドロが堆積しているような流れの停滞したところでもな

い、ちょうど中間的な砂泥質の海底で、二見沖から江井ヶ島漁港の沖辺に帶状に広がっていることがわかった。

こうした情報は瞬く間に広がり、今漁期の当初には1隻しか出漁していなかった潜水器漁業の漁船が数隻に増え、たくさんのタイラギの貝柱が水揚げされるに至った。ただ、姿かたちがよく、鮨屋などで貝殻ごとの姿をお客さんに見せてネタにするお店には、採ってきたままの貝を提供すればよいが、一般小売用には貝殻や内臓をむきとて、貝柱だけの状態にしないと買ってもらえない。海底からとってくる作業だけならまだしも、その後の貝むき作業が結構な重労働になる。

市場には、国産では有明海産などが見かけられるが、輸入の中国産などが高級食材ではあるが比較的安く出回っており、見た目のサイズだけでは「安い」という価格でしか売れていない。食べてみると違いがあるのに、水産物の小売業者も消費者も、ものの値打ちをもっと考えて味わって欲しいと思う。

また一方で、タイラギが発生したからといって群がるように乱獲しては、漁業の方も失格になる。来年育ってくる稚貝を傷めないことや、その先の繁殖を維持させるためにも、一部の親貝を取り残しておくことも大切だ。潜水器漁業者の申し合わせや漁業協同組合による指導が問われてくるだろう。

貝柱と一口にいうが、貝の種類によって口当たりに違いがある。ホタテの貝柱は、タイラギよりやわらかい口当たりだ。また、ハマグリの貝柱をお吸い物の中から取り出して食べてみると歯切れが悪く、食べ難い。

ハマグリといえば、貝合わせの遊びがあつたくらい二枚の貝殻がぴったりくっつくのが特徴といわれる。生きている蛤の殻を開こうとしても、なかなか容易ではない。これは、殻が硬質であるということと、貝柱がしっかりと働いて貝殻を閉じきっているからだ。これは、タコやヒトデに襲われたとき、殻に閉

じこもって身を守る方法で生き残って来られたためだろう。ハマグリの筋肉は、一度収縮すると容易にはもどらない性質を持っているわけだ。そのため、ハマグリの貝柱を食べると、かたくて繊維が歯に挟まりそうになるわけだ。

一方、ホタテといえば大きな貝柱が貝の中央を占めている。しかし、敵に襲われそうになったとき、空に閉じこもるという戦略はとらなかった。貝殻をパクパクと開閉することによってジェット水流を噴出し、泳いでしまうのだ。これを可能にするには、貝柱の素早い収縮と弛緩（筋肉のもどり）が繰り返せなければならない。そのためホタテの貝柱は、運動選手の筋肉のように柔軟性を持っていて、食べるとやわらかく感じるわけだ。

では、タイラギの貝柱は、どんな生き残り戦略で出来上がったのだろう。タイラギは、砂泥の海底に三角形のとがった方を突き刺すように半身をうずめ、上半分だけを水中に立ち上げている。だから、敵が来たからといって泳いで逃げ出すわけではない。また、ハマグリのように殻が硬くないので、殻を閉じているだけでも守りきれないのではないだろうか。しかし、そんな海底で生き延びてきているわけだ。

ここからは想像でしかないのだが、タコやヒトデがのしかかってきたときに、急に口を閉じ、その際にジェット水流を吹き付けて驚かすという手立てではないだろうか。そんな中間的な生態のため、ホタテよりややかたい肉質で、ハマグリより歯ざわりのよい味わいになるのではないだろうか。

# カシパン類・ウミウシもいる須磨海岸（神戸市）

独立行政法人産業技術総合研究所  
沿岸海洋研究グループ

湯 浅 一 郎

古来より白砂青松の美しい砂浜を持つ海岸であり、『源氏物語』や源平合戦での「一ノ谷の合戦」の舞台などとして著名な須磨海岸は六甲山系西端の鉢伏山が海近くまで迫り、また平地の端にもあたる風光明媚の地である（写真－1）。六甲山系の花崗岩が風化した白いきめの細かな砂浜と鉢伏山のスカイラインは、万葉人から今日まで同じ容姿を見せていく。近年は阪神間随一の海水浴場でもあり、多くの行楽客が訪れている。

ここには、「山、海に行く」政策で知られる神戸市が、北部の住宅地開拓において取り出した山麓の大量の土砂を埋立て用に積みだす14.5kmにも及ぶベルトコンベアの終点があり、つい最近まで積み出す桟橋があった。柵周辺では海浜植物の群落が見られる。土砂は、2005年9月まで運搬船で神戸沖へと輸送され続け、埋立地の礎になってきた。

地理的には、神戸の最も西に位置するが、明石海峡に近いため、大阪湾奥部の水質が悪化した海水が明石海峡系の水塊と接する位置にある。写真－2は、須磨海岸から大阪湾を臨んだ航空写真であるが、明石海峡から入ってきた冲合系水が、湾奥部に向けて突っ込み、湾奥部の水塊との境界にフロントが形成されている様子がはっきりとわかる。

海岸の地形は、養浜によって人工海岸化した須磨浦海岸（写真－2）と、その西側の一ノ谷側の半自然海岸に二分されている。西側は、本来の砂浜と、一部石垣護岸や転石帶があり、カメノテ、イボニシ、クロフジツボなど岩礁性の生物が生息している。筆者は、1995年、阪神淡路大震災の直後に須磨から岩



写真－1 鉢伏山をバックにした一の谷海岸（須磨）



写真－2 須磨海岸から大阪湾を臨む  
(1992年8月)

屋、垂水へと観察をしながら海岸線を踏査した。そのときは、カメノテなどを多數目視し、ハスノハカシパンの殻を収集した。以来、何度か訪れているが、07年5月、久しぶりに訪問した。ベルトコンベアの桟橋が撤去されてからは初めてである。一の谷側では、アメフラシとその卵塊が多數見られた。突堤の岸壁には、マガキの殻がついているが、斃死しているものが目立った。満潮線のごみの中に

は、ザラカイメンの端切れ、カメノテが複数集まった殻なども発見された。

大阪湾北部海岸で、カメノテが観察できる場としては、最も東に位置しているであろう。

須磨の東側は、神戸の垂直護岸地帯に入り、南は、尾崎付近（大阪府）までいかないとカメノテを見ることはできない。

その須磨では、「すまはまの会」が2002年から毎年、カメノテ、イボニシの観察を行っている。その一部を引用する。測点の位置関係が不明であるが、一の谷海岸の岩礁側では、安定してカメノテが見られ、西に行くに連れて、個体数が増えていくことがわかる。

#### 一の谷海岸におけるカメノテ、イボニシ

2003年8月30日	カメノテ	イボニシ
須磨養浜海岸A	0	15
須磨一ノ谷海岸B	136	0
須磨一ノ谷海岸C	206	0
須磨一ノ谷海岸D	209	985
須磨一ノ谷海岸E	415	1,235

2005年8月7日	カメノテ	イボニシ
須磨 海岸A	0	68
須磨一ノ谷ベルコン東	103	280
須磨一ノ谷ベルコン西	276	1,250

更に2004年9月～10月に須磨海浜水族園で行われた企画展「浜辺で見つけた不思議なモノ～須磨海岸の漂着物」に以下の記録がある。「ウミソウメン」と呼ばれるアメフラシの卵塊の写真、モミジガイ、サンショウウニ、ハスノハカシパン、タコノマクラなど様々な形態のウニの仲間の殻、更に少し前までは天然スポンジとして利用されていたカイメン。これらは、今年、筆者が見たものと共に通している。

そのほかにも、兵庫県立兵庫高校生物研究部（神戸市）の調査が、動物学会高校生ポスター発表として報告されている。2002年から2004年にかけて毎年8月、須磨海水浴場西の端でスノーケリングによる採集・観察を行っ

ている。調査地域はL字形の砂防堤と人工的に作られた港との間の部分である。港の防波堤の間際には直径50cmほどの捨石が2mほどの幅で敷きつめられている。この調査で観察されたものを列挙すると、以下の通りである。

シロボヤ、エボヤ、マボヤ、バフンウニ、ムラサキウニ、ハスノハカシパン、イトマキヒトデ、ヒトデ、クモヒトデ、マナマコ、ムラサキイガイ、ケハダヒザラガイ、ヒザラガイ、コシダカガンガラ、マツバガイ、トコブシ、イボニシ、オオヘビガイ、マガキ、アサリ、ツメタガイ、アカニシ、アメフラシ、フレリトゲウミウシ、クロシタナシウミウシ、イソガニ、ヒライソガニ、シロスジフジツボ、ホンヤドカリ、ケアシホンヤドカリ、フナムシ、イシガニ、ウズマキゴカイ、タテジマイソギンチャク、ミドリイソギンチャク、アカクラゲ、ウリクラゲ、ミズクラゲ、ダイダイイソカイメン、クロイソカイメン。

大阪湾沿岸にもかかわらず、多様な底生生物が観察されている。神戸港が間近で、かつ人工的な砂浜であるが、ムラサキウニ、ハスノハカシパン、クモヒトデ、トコブシ、オオヘビガイ、アカニシ、フレリトゲウミウシ、クロシタナシウミウシ、イシガニなど、海水がきれいな海域で見られたり、アマモ場があるところに生息している種が発見されていることは重要である。

#### 参考文献

- 1.『すま・はまだより』75号（2003年）、すま・はまの会刊
2. 第75回動物学会大会高校生ポスター要旨（2004年）

# 温暖化対策と環境立国戦略

K学院大学総合政策学部 H 教 授

(何をなすべきか？－IPCC 報告書と気候変動問題の今)

Aくんー センセイ、前号で IPCC の第四次報告書第一作業部会の報告書要約版の話をしましたが、そのご第二作業部会、第三作業部会も報告書要約版を発表しましたね。

H教授ー うん、IPCC では、第四次評価報告書（AR4）に向けた新体制を2002年4月の第19回総会で成立していて、各作業部会が連続的に報告書をまとめ、統合報告書に取りまとめることにしている。

3つの作業部会は、「自然科学的根拠（The Physical Science Basis）」について評価する第一作業部会（WGI）、「影響、適応、脆弱性（Impacts, Adaptation and Vulnerability）」について評価する第二作業部会（WGII）、「緩和策（Mitigation of Climate Change）」についての評価と横断的事項の方法論的側面の評価を行う第三作業部会（WGIII）だ。

これらの三つの部会の統合報告書が秋にはまとまり、COP13の議論にもおおきな影響を与えることになるだろう

Aくんー 一言で言うと気候変動は確かに起きており、その原因は人為的な温室効果ガスの放出にほぼ間違いない、そしてその影響も出だした。このまま放置しておくと大変なことになるということですね。

H教授ー うん、で、いくつかのシナリオを明記しているんだけど、大事なことは、そういう悪影響はまず途上国が受けるだろう正在することだ。

つまり加害者が先進国で被害者が途上国だ

という、加害ー被害関係が明確なかつての産業公害型の構造と同じというわけだ。

いずれにせよ2050年には温室効果ガスの排出を半減させる目標をEUなんかは言っているけど、このIPCC 第四次報告はその根拠となりうるだろう。

Aくんー で、第二作業部会要約の発表とほとんど時を同じくして米国連邦最高裁の重大な判決がでましたね。

H教授ー うん、連邦政府がCO<sub>2</sub>規制をしないのは違憲であると判決を出した。米国の自治体でもCO<sub>2</sub>規制をしようというところが続出しているみたいだし、愚かなイラク戦争のツケに苦しんでいるブッシュさんは年頭教書でガソリンの20%をバイオエタノールに転換するという方針を打ち出すなど遅まきながら気候変動問題に取り組むパフォーマンスを示したけど、とてもそれではおっつかない情勢だ。

Aくんー 任期中に大転向して、CO<sub>2</sub>の規制導入や京都議定書復帰を宣言するここまで行っちゃうんじゃないですか。

H教授ー 訪米した安倍サンとの共同声明でも温室効果ガス濃度の安定化を目指すとまで言い切った。

でも、ボクはやはり任期中は京都議定書復帰はダメだと思うな。最高裁判決も無視を決め込むんじゃないかな。日本の水俣病の判断基準みたいに。

ただ、次期大統領がオバマさんになるにしてもヒラリー夫人になるにしても、米国の政策大転換が起きるのは必至だと思う。

Aくんー 米国初の黒人系大統領か、初の女性

大統領ってわけですね。いずれにせよ米国の歴史に新しい1ページができそうですね。

でもその反面、お隣のカナダでは早々と京都議定書目標の達成は不可能との判断を明確にしました。

H教授－カナダは日本と同じ90年比△6%が京都議定書の割当目標。だが実際には04年で90年比27%増加となっている。だから到底不可能と居直っちゃったんだろうな。

その代わり2020年までには06年比で△20%にするといってるけど、それだとそれが達成されたとしても90年より増えてしまう。まあ、正直といえば正直なんだろうけど、ちょっとねえ。

Aくん－日本は達成可能だといまだに言っていますが…

H教授－現実には達成は困難だと思うから、達成不可能と言い切っちゃってもいいと思うけど、居直っちゃダメだな。

ペナルティを受け入れ、ポスト京都議定書がどうなろうとも2020年とか2030年をターゲットして90年比2割とか3割カットとかのハイレベルの目標を明示し、そのための政策手段を同時に明らかにするってのなら話は別だが。Aくん－それとも関連するんですが、経済産業省は大企業が支援して中小企業の温室効果ガス排出削減を達成した場合、その削減分を大企業の削減量にカウントするなんて言い出しました。

でも、そもそもが日本の場合、EUとちがい国内排出権取引制度を構築してませんし、個々の企業の排出可能量、つまりキャップを決めていないのに、なんですか。

H教授－経団連の自主行動計画というのがあって、業種ごとの排出削減目標というのを決めていて、その業種の団体では加盟企業に自主的に或る程度割り振っているんじゃないかな。

ま、いかにも日本的だけど、そんなのじゃ間に合わないよ。

なんとしても国内排出権取引制度をきちっ

と作り、厳しいキャップも決めることが必要だと思う。

ま、でも経済産業省がそういう国内CDMめいたことを言い出したのはいいことだと思うよ。

Aくん－そういえばドイツで開かれるサミットで日本が2050年CO<sub>2</sub>半減を提言することを決めたって朝日新聞が報道してましたね。

H教授－うん、あれにはボクもびっくりしたけど、どうやら誤報のようだ。もしやるとしても、来年の洞爺湖サミットじゃないかな。

#### (安倍サンの「環境立国戦略」雑考)

Aくん－ま、それはともかくとして、年度替りの頃に安倍サンの言い出した「環境立国戦略」の論点整理ペーパーが出されましたね。読まれました？

H教授－うん、環境省のHPに出てる。

そもそもがあれじゃあ「立国戦略」というものと違うんじゃないかなあという思いが拭えなかった。

立国戦略って言えば、どうやって環境でメシを食っていくかという処方箋だろう。

論点が総花的すぎて、とてもそういう処方箋づくりには思えなかった。

処方箋作りだったら<一点突破・全面展開>みたいな強烈なものが必要だと思うけどなあ。

Aくん－どういうやりかたでその環境立国戦略とやらを作ろうとしているんですか。

H教授－中央環境審議会に26名の特別部会を設置し、委員の意見をもとに事務局が案を取りまとめたものだと思うけど、そうなるとどうしても総花的なものになってしまふし、おまけに審議会メンバーには各省推薦枠があって、各省から環境省が暴走しないようお目付け役も入ってくる。

Aくん－え、そうなんですか。そんなことどこに書いてあるんですか。

H教授－マル秘の覚書のようなものがあるは

ずだ。

ただ逆に言うと審議会の答申がだからこそ実効性を持ってくるんだともいえる。各省協議を事実上先行してやってるようなものだからな。

だから、だれか強烈なカリスマが独断と偏見で処方箋を書くのでない限り、総花的になってしまい、抽象的なビジョンとそれに向けての定性的な方針だけしか書けないんじゃないかな。

だったらいいっそのことコンペ方式にすると面白いと思うけどねえ。

Aくんーそれはともかくとして、じゃ結局はビジョン作りのようなものに終わってしまうってことですね。

ビジョン作りといえば第三次環境基本計画では2050年をターゲットにした超長期ビジョンをつくると言ってましたよねえ。

そのビジョンも現在の延長ではなく、在るべき姿を論じて、そこから現在を斬るバックキャスト方式だって。確か本誌45号でそんなことをセンセイ言ってましたよ。

その話とはどう関わってくるんですか。

H教授ー知らない。ボクの勝手な推測だけど、その前哨戦のようなものじゃないかなあ。

Aくんーふうん、で、ビジョンとしてはどういうことを言ってるんですか。

H教授ー日本の21世紀中に目指す社会は低炭素社会、自然共生社会、循環型社会であるべきだということのようだ。

まあ、このことには異論はないし、産業界だって、経済官庁だって反対はしない。

ただ具体的なビジョンとして低炭素社会を言うなら、現在よりどの程度低炭素化させるかってことぐらいは言わなきゃいけないけど、そうなると論点整理ペーパーを見る限り、両論併記、つまりEUのような半分カットというような意見と、実現可能かどうかわからないことは言うべきでないという意見が併記されてしまう。

「立国」はともかくとして「戦略」というからは、じゃポスト京都議定書の枠組みはどうするのか、国内排出権取引制度はどうするのか、環境税はどうするのか、という部分をクリアにしなければいけないけど、そうしたところはすべて両論併記になっている。

各省の合意を得てのビジョンなんて言ってたらいつまでたってもダメなような気がするなあ。

Aくんーなんだか随分悲観的ですね。

H教授ー結局呉越同舟なんだろうなあ。

官邸や永田町にすればとにかく参院選挙に向けてPRできるようなものを作ればいいということだろう。

だが環境省としてはこれになんとしてでも環境省の悲願、例えば将来社会は50%低炭素社会だとかの定量的な事項や、EPR原則を明記したいだとか思うだろうし、各省としても自省でやりたいことを盛り込むとともに、やりたくないことはなんとか抽象的な美辞麗句でとどめたいだろうし。

結局は安倍サンのリーダーシップにかかると思うんだけど、このまま行けば一見積極的だけど、なんとでも読めそうな美辞麗句の羅列に終わりそうな予感がしないでもない。

例えば自然共生社会を謳うなら、もはや人口が減少しだしたんだから、新規の埋立やゴルフ場の原則禁止だとか、パンチのある政策を打ち出してほしいけど、それにはよほど強力なトップのリーダーシップがないとダメだと思うよ。

Aくんーセンセイはなにかご意見はありますか。

H教授ーさっき、気候変動は待ったなし、しかもその影響はまず途上国に現れるといっただろう。

一方じゃ、中国やインドなどが豊かになりたいと思うのは当然だし、そのためひとりあたりのGHG排出量を先進国と同レベルに

したっていいじゃないかと思うのもこれまた当然だと思う。

例え先進国が GHG 排出量を減らしたとしても、それ以上に中国やインドなどが GHG 排出量を増やしてトータルでは GHG 排出量が増えるのを当面仕方がない。

Aくんーそんなあ。じゃあ、どうすればいいというんですか。

H教授ーだからこそ将来ビジョンが必要なんだ。

途上国の目標は現在の先進国だ。

現在の先進国は化石燃料起源のエネルギーをじゃぶじゃぶ消費して豊かな社会を形成している。

だから途上国の目標とする先進国像をなんとしてでも変える。50年先には先進国では人口も減少するんだからか国全体では化石燃料起源のものは1/3にすることを目標とし、エネルギーそのものの需要も大幅に減らすことを明言する。

つまり将来の目標の上位概念はエネルギー総需要抑制社会にする。その具体化が低炭素社会であり自然共生社会であり循環型社会ということになる。

Aくんーそのビジョンを実現させるための政策はどうなるんですか。全体主義国家はいやですよ。

H教授ーつまり毎年対前年X%の化石燃料起源エネルギーのカットという国家の大枠だけを決める。

とはいっても全体主義国家じゃないんだから、その制約内で思いっきり各自が豊かさを追求すればいいんだ。

そうすれば50年先には2度上昇で食い止め安定化させることが出来るんじゃないかな。

Aくんーでもそんなことができるんですか。

H教授ー直接的なカットがムリなら、それと同じ効果を生み出すような環境税なり、キャップを設けることを考えりゃいいんだ。

2050年は温室効果ガス排出半減とか1/3を

大原則として打ち出す。

そうしてこそ本当のコーネーカイカクだと思うけどなあ。

Aくんーでもそんなラジカルなことができるのかなあ。

H教授ーいまはラジカルと思うかもしれないけど、5年先、10年先だったら、常識と思うようになってるかもしれない。

それだけ時代が激動しているってことだ。

そうだ、どこかモデル地区を設定してやればどうだろう。「特区」なんて制度もあることだし。

そうだ！わが瀬戸内海地域を特区として取り組むというのはどうだろう。知事市長会議や瀬戸内協会、瀬戸内海研究会議が一丸となって取り組むんだ。

Aくんー…

(平成19年4月20日執筆)

註：拙稿「H教授の環境行政時評第52講」(EICネット)に加筆修正したものです。

追記：本稿脱稿後、安倍ソーリは「美しい星50」構想を打ち出し、2050年には世界のCO<sub>2</sub>排出量半減を提唱した。また、「21世紀環境立国戦略」も閣議決定された。これらについては後日稿を改めて論じたい。

## 「瀬戸内海研究フォーラム in 香川」のお知らせ

### 豊かな海と島づくり－里海を守り育てる人と法－

#### 趣 旨

「里海」を実現するためには、第1に、「太く・長く・滑らかな物質循環」を瀬戸内海で実現しなければなりません。そのためには、第2に、山に発し海に到る流域全体の環境管理を一体的に行う必要があります。そして、第3に、住民・漁民、事業者、地方自治体及び国が、それぞれの立場で自己の役割を果していくことが必要です。里海の今後の展望を求め、里海を守り育てるために、議論をしたいと考えております。

日 時 平成19年9月6日（木）13：00～18：15  
7日（金）9：30～16：30

会 場 サンポートホール高松（香川県高松市サンポート2番1号 TEL 087-825-5000）  
フォーラム会場：第1小ホール（4階）  
懇親会会場：第2小ホール（5階）

参加料 ○フォーラム：無料 資料代：1,000円  
○懇親会：4,000円

~~~~~ プログラム ~~~~

#### 9月6日（木）

13：00～13：30 開会

13：30～15：30 第1セッション

- テーマ：生物環境と水産資源 座長：多田邦尚（香川大学農学部教授）  
①赤潮の歴史と現状 吉松定昭（香川県水産試験場次長・赤潮研究所長）  
②サワラー資源回復の成功例 竹森弘征（香川県水産課漁業振興グループ副主幹）  
③地域ブランドを創る－タケノコメバ 翠野元秀（香川県水産試験場主席研究員）  
④生物環境としての浅海域 山本民次（広島大学大学院生物圏科学研究科教授）

15：45～18：15 第2セッション

環境保全・創造に関する研究・活動報告

司会・進行：一見和彦（香川大学農学部准教授）

17：30～18：15 瀬戸内海研究会議総会

18：30～20：00 懇親会

#### 9月7日（金）

9：30～11：30 第3セッション

- 島の現状を見つめ、未来の発展をはかる  
①日本の原風景としての瀬戸内海の島々  
②現代アートによる島おこし  
③花彩島を取り戻すために  
④瀬戸内海の島嶼部の発展に向けて

- 座長：岡市友利（香川大学名誉教授）  
多田亜佐美（フリーカメラマン）  
笠原良二（株）ベネッセコーポレーション直島事業部長  
井原 縁（奈良県立大学専任講師）  
戸田常一（広島大学大学院社会科学研究科教授）

13：00～15：00 第4セッション

- 瀬戸内海の環境・資源の管理と瀬戸内法  
①「里海」と住民・漁民の権利  
②瀬戸内法の見直し  
③東京湾、伊勢湾、三河湾及び琵琶湖の環境と法的対応  
④外国の閉鎖性水域の環境・資源管理法制との比較

- 座長：中山 充（香川大学大学院連合法務研究科教授）  
中山 充  
荏原明則（関西学院大学大学院司法研究科教授）  
廣瀬 肇（吳大学社会情報学部教授）  
横山信二（香川大学大学院連合法務研究科）

15：10～16：00 総合討論

豊かな里海の実現を目指して

16：00～16：30ポスター賞発表・閉会

<お問い合わせ先> 瀬戸内海研究会議事務局  
〒651-0073 兵庫県神戸市中央区臨浜海岸通1-5-1  
国際健康開発センター3階 (社)瀬戸内海環境保全協会内  
TEL 078-241-7720 FAX 078-241-7730

# 瀬戸内海各地のうごき

## 神戸において

### 「兵庫運河 真珠貝プロジェクト」設立準備会

#### 兵庫運河 真珠貝プロジェクト

平成17年から18年にかけて、神戸市環境局が兵庫運河浜山レガッタコースにてアコヤ貝生息実験を行った。その結果、アコヤ貝が生育し、真珠を形成できることがわかった。

平成18年12月に真珠を取り上げたところ、これを見た兵庫区内の小学校PTA会長の有志が「子供たちの環境学習にもなり、情操を育むことになることから、親子を中心とした市民の手でこの活動を行おう」と発起人になり、「兵庫運河 真珠貝プロジェクト」を設立することとなった。

準備会では、兵庫区内の小学校の全校児童及び保護者を対象に会員募集を行い、本年6月30日に兵庫運河浜山レガッタコースにてアコヤ貝の移植式を行うことを決めた。

移植式の後は、定期的に（週1回）貝殻の清掃等の手入れや水質測定を行い、年末にアコヤ貝から真珠を取り出す。これらの活動に親子で取り組むことを通じて身近な運河の水環境保全に対する関心を深めるとともに、子供たちの豊かな情操を育む。

## 松山市において開催

### お散歩観察会 4月のゆるりん歩き

#### 松山市環境部環境事業推進課

松山市では、都市環境学習センター（環境学習施設）の事業運営をNPO法人に委託し、毎月1回程度、松山市内の山や川を会場に自然観察会や、エネルギー実験教室など各種イベントを開催している。

4月28日には、春の松山市総合公園の植栽された木々を楽しみながら観察すること目的とした『お散歩観察会 4月のゆるりん歩き』を開催し、市民20名が参加した。

参加者は、都市環境学習センターのスタッフが作成した『自然みどころマップ』を手に持ち、総合公園内の植物の観察や土壌生物を虫眼鏡で観察した。

今後も、総合公園の自然や植生についての情報を写真や地図、簡単な解説を使って市民に発信していく予定です。



## 別府市で実施

### ポイ捨て禁止キャンペーン

#### 別府市

別府市では、5月26日に「ポイ捨て禁止キャンペーン」を実施した。

別府市では観光客の玄関口となる個所について「空き缶・吸い殻等散乱防止地域」に指定しており、今回キャンペーンを行った別府駅前通りは、そのうちのひとつとなっている。

当日は、JR別府駅前通りとその周辺のゴミを拾う作業を行った。各種団体・事業者の参加もあり、合計約250名が汗を流した。

## 国東市で実施

### 海岸清掃事業

#### 国東市生活福祉部環境衛生課

企業、小中学校、県立高校、他ボランティア団体によって、6月～7月の海水浴期に併せて国東市内一円の海岸を清掃日を決めて行う。

漂着物等を回収し、市担当課（環境衛生課）が、国東市クリーンセンター（焼却施設）に持込んで、資源ゴミリサイクル事業を行っている。

## 山口県で開催

### 防府さかな祭り

#### 山口県漁業協同組合（吉佐統括事業部） 魚の消費拡大を図るため、生産・販売の6

団体が一緒になり魚食の普及と啓蒙を4月15日に防府市内新築地町の防府地域水産物拠点市場において行った。

国府中学校生徒のブラスバンド演奏、誠英高校バトン部演舞、牟礼小学校・牟礼南小学校児童のマーチングバンド披露した。

豊漁祈願祭（神事及び稚魚の放流）、活魚鮮魚・刺身寿司の販売、蒲鉾竹輪の実演販売等盛りだくさんの内容で、漁協女性部による野島角寿司、うどんの販売、フグ汁の無料提供を行った。

## 大分県で開催

平成18年度農林水産研究センター水産試験場研究成果発表会「豊前海漁業のさらなる発展をめざして」

大分県農林水産研究センター水産試験場

2月10日に「豊前海漁業のさらなる発展をめざして」をサブテーマに水産試験場浅海研究所の研究員が研究の成果を発表した。



### <プログラム>

1. アサリ資源の復活をめざして
  - 1) アサリ資源と漁獲の現況
  - 2) 人工飼料を用いたアサリ種苗生産の可能性
  - 3) アサリ人工種苗の放流  
—被覆ネットを用いた効果的な方法の検討—
  - 4) 豊前海に出現するナルトビエイ  
—その生態と食害の現状—
2. 減少する漁船漁業生産量とその対策
  - 1) どのカニかごが一番もうかったか  
—カニかご目合比較試験操業の結果—
3. 干潟・浅海域の増養殖
  - 1) 豊前海の「ノリ養殖」と新しい海藻「ヒ

ジキ養殖」の可能性

2) 新規二枚貝養殖の可能性

—豊前海におけるイワガキ養殖の試み—

## 4. 総合討論

水産試験場のホームページで発表会の写真や要旨を見ることができます。

<http://www.mfs.pref.oita.jp/>

## 神戸において開催

めざせ100万人！瀬戸内海再生大署名キャンペーン

瀬戸内海環境保全知事・市長会議

豊で美しい瀬戸内海再生に向けた法整備の実現を目指して、瀬戸内海再生大署名活動を展開している。このたび、活動の趣旨を広く県民等にPRし、署名協力を呼びかけるため、「めざせ100万人！瀬戸内海再生大署名キャンペーン～あなたの『サイン』が必要です～」を4月28日に開催した。

三田市立藍中学校マーチングバンドや兵庫県の環境学習のマスコット「はばタン」（「のじぎく兵庫固体」のマスコット）などによりオープニングパレードを行ったあと、ステージでは観客も参加して、藍中学校マーチングバンドの演奏による「はばタンダンス」を披露した。

会場では、瀬戸内海環境保全等の普及啓発パネルの展示を行ったほか、来場者に瀬戸内海再生署名への協力をお願いしたところ、約2,000人の署名が集まるなど、大署名キャンペーンの効果を上げることができた。



## 読者からの便り

本誌のように「瀬戸内海」を対象とした雑誌は他にないと思いますので、瀬戸内海の環境保全をアピールする上で、貴重な雑誌だと思います。また、学会誌のような専門的な内容でなく、一般の人でも読みやすくかつ、投稿しやすい内容であることが良いと思います。

最近の瀬戸内海地域では、埋立ての進行や自然護岸の減少により、生物の生息場が喪失したり、市民と海との関わりの希薄化などが課題となっています。

瀬戸内海地域の環境保全、しいては地球環境の保全を考えていくためには、人々の関心を、瀬戸内海などの身近な環境に向けてもらうことが非常に重要だと思います。

そのためには、関係する行政機関だけではなく、住民・市民やNPO、学識者、企業等の多様な主体の連携が重要になってくるものと思います。このような意味から、身近な地域活動を行っているNPOなどの団体や住民の活動についても、本誌の中で、さらに取り上げても良いのではないかと思います。

私は、奈良県に住んでおりますが、仕事の関係で瀬戸内海に関わっております。最近では、海岸に漂着するごみを拾う活動に参加した経験があります。普段、奈良に住んでいると、海（瀬戸内海）への関心は低いのですが、このような体験から、私自身、自然環境の大切さを知り、自分で出来ることを考え始めております。こういった関心が瀬戸内海地域に住む皆さんに拡がれば、瀬戸内海の環境保全・再生を考えいく上で大きな意味を持ってくると思います。是非とも、今後とも、「瀬戸内海」の雑誌の中で、瀬戸内海をより多くの人に知ってもらうよう情報発信をし続けて欲しいと思っております。

（奈良県在住、会社員）



## 社会基盤の形成と環境保全の 総合コンサルタント

IDEA Consultants, Inc.

当社は、新しい総合コンサルタントとして、  
お客様のニーズに常に最適で付加価値の高い  
サービスを提供しております。  
社名の「いであ」(I-D-E-A)は、  
「Infrastructure(社会基盤整備)」  
「Disaster(災害)」  
「Environment(環境)」  
「Amenity(快適性)」  
の頭文字を合わせたもので、業務分野を表現しており、  
安全・安心で快適な社会の持続的発展と、  
健全で恵み豊かな環境の保全と継承を  
支えることを象徴しています。

平成18年6月、「国土環境株式会社」と「日本建設コンサルタント株式会社」は合併し「いであ株式会社」となりました。



人と地球の未来のために――

いであ株式会社  
<http://ideacon.jp/>

大阪支社 〒553-0003 大阪府大阪市福島区福島 7-20-1 (KM西梅田ビル) 電話：06-6453-3033

大阪支社 〒550-0002 大阪府大阪市西区江戸堀 3-2-23 電話：06-6448-2551

本社 〒154-8585 東京都世田谷区駒沢3-15-1 電話：03-4544-7600

東京支社 〒105-0004 東京都港区新橋 6-17-19 (新御成門ビル) 電話：03-5405-8150

研究所／支店 環境創造研究所、国土環境研究所／札幌、東北、名古屋、広島、九州、沖縄

# 協会だより

(2007. 3. 1 ~ 5. 31)

## 底質サンプル評価方法検討調査 第3回検討作業会議

平成19年3月6日（火）、RCC文化センター（広島市）において、第3回検討作業会議を開催し、平成18年度底質サンプル評価方法検討調査結果について検討した。

## 平成19年度瀬戸内海環境保全月間 ポスター選定委員会

平成19年3月8日（木）、国際健康開発センター（神戸市）において、瀬戸内海環境保全月間ポスター選定委員会を開催し、瀬戸内海環境保全月間ポスター選定について協議し、最優秀賞（環境大臣賞）、優秀賞（協会会长賞）、並びに佳作（協会会长賞）の計10点を選定した。

## 参事・事務局長並びに担当課長会議

平成19年3月15日（木）、メルパルク岡山（岡山市）において、平成18年度参事・事務局長並びに担当課長会議を開催した。

①平成18年度事業実施状況、②平成19年度事業計画（案）、③平成19年度瀬戸内海環境保全普及活動推進事業の進め方、について検討し、会員相互の情報交換を行った。

## 第81回理事会

平成19年3月22日（木）、ラッセホール（神戸市）において、第81回理事会を開催した。

会議の議長に岡田孝裕副会長を選任し、①事務局組織規則の一部改正、②職員就業規則の一部改正、③職員給与規則の一部改正、④平成18年度収支補正予算、について上程し、決定された。

また、協議事項として、①平成18年度事業実施状況、②平成19年度事業計画案及び収支予算案、について協議し、了承された。

## 監査

平成19年4月27日（金）、国際健康開発センター（神戸市）において予備監査の後、同年5月7日（月）に監事の真鍋武紀香川県知事及び上ノ内幸子（社）エイフボランタリーネットワーク代表による本監査を実施し、平成18年度事業の説明後、平成18年度決算について監事監査が行われ、適正に処理されている旨認定された。

## 第82回理事会

平成19年5月15日（火）、兵庫県民会館（神戸市）において、第82回理事会を開催した。

会議の議長に垣内秀敏常務理事を選任し、①専門委員の委嘱、②顧問の委嘱、③平成18年度事業報告並びに収支決算、④平成19年度会費、⑤平成19年度事業計画、⑥平成19年度収支予算、⑦国に対する要望、⑧役員の改選、について審議し、平成19年度総会に付議することが了承された。

また、事務局から①瀬戸内海研究会議、②瀬戸内オリーブ基金、について報告した。

## 平成19年度通常総会

平成19年5月22日（火）、ラッセホール（神戸市）において、平成19年度通常総会を開催した。

瀬戸内海環境保全月間ポスター入選者の表



ポスター受賞者と記念撮影

彰を行った。（最優秀作品はうら表紙に掲載）

総会では、会議の議長に近光 章副会長を選任し、①平成18年度事業報告並びに収支決算、②平成19年度会費、③平成19年度事業計画、④平成19年度収支予算、⑤国に対する要望、⑥理事及び監事の選任、についていずれ

も原案どおり議決承認された。

また、事務局から①瀬戸内海研究会議、②瀬戸内オリーブ基金、について報告した。

総会後、岡山大学文学部 倉地克直教授による「朝鮮通信使400年と瀬戸内」と題して特別講演を行った。

## 瀬戸内海研究会議だより

(2007. 3. 1～5. 31)

### 第3回企画委員会

平成19年3月14日（水）、兵庫県民会館（神戸市）において、第3回企画委員会を開催した。

①平成18年度事業実施状況、②平成19年度事業計画（案）、③平成19年度「瀬戸内海研究フォーラムin香川」、④平成19年度「瀬戸内海研究会議ワークショップ」（案）、⑤平成19年度「瀬戸内海の環境保全・創造に係る研究助成」予備審査、について検討した。

### 瀬戸内海研究会議ワークショップ

平成19年3月14日（水）、兵庫県民会館（神戸市）において、「瀬戸内海を里海に－新たな視点による再生方策－」をテーマにワークショップを開催した。

○趣旨説明

○個別発表

- ・「里海」構想－瀬戸内海再生の基本理念  
柳 哲雄 九州大学応用力学研究所教授
- ・瀬戸内海の水質と生物生産過程の変遷  
上 真一 広島大学大学院生物圏科学研究中心教授
- ・水産資源の再生を考える  
山下 洋 京都大学フィールド科学教育研究センター教授

- ・水産の多面的機能を環境再生に生かす  
松田 治 瀬戸内海研究会議会長
- ・住民参加と環境教育による里海づくり  
柳 哲雄 九州大学応用力学研究所教授
- ・森・川・海をつなげる自然再生

浮田正夫 山口大学工学部教授

・沿岸域の総合的管理に向けて

荏原明則 関西学院大学大学院司法研究科教授

・瀬戸内海再生のための試論

戸田常一 広島大学大学院社会科学研究科教授

○総合討論



### 第29回正・副会長会

平成19年3月28日（水）、兵庫県民会館（神戸市）において、第29回正・副会長会を開催し、平成19年度「瀬戸内海の環境保全創造に係る研究助成」の本審査を行い、瀬戸内海研究会議の企画委員及び役員について検討した。

### 第21回理事会

平成19年3月28日（水）、兵庫県民会館（神戸市）において、第21回理事会を開催した。

会議の議長に松田 治会長を選任し、①平成18年度収支予算の補正、②企画委員の委嘱、について審議し決定された。

また、協議事項として、①平成18年度事業

の実施状況，②平成19年度事業計画及び収支予算案，③平成19年度「瀬戸内海研究フォーラム in 香川」の開催，④役員の改選，について審議し，了承された。

報告事項として，①平成19年度「瀬戸内海の環境保全・創造に係る研究助成」，②「瀬戸内海を里海に」の発刊，③新規入会者の承認の報告を行った。

## 瀬戸内海研究フォーラム運営委員会

平成19年4月17日（火），高松国際会議場（高松市）において，第1回運営委員会を開催した。

①「瀬戸内海研究フォーラム in 香川」の運営，②全体のスケジュール，について検討した。その後，フォーラム会場を見学した。

## 第30回正・副会長会

平成19年5月28日（月），兵庫県民会館（神戸市）において，第30回正・副会長会を

## 編集後記

お気づきのように，本号から表紙が変わりました。48号にぼく（久野）がちょっと書いていますが，編集委員会のなかで本誌のリニューアル委員会を設け，50号からリニューアルすべく，さまざまな検討を行ってきました。

表紙に関しても事務局が準備してくれたいいくつかの案をみなで議論し，そのなかの一つの案にさらに注文をつけ，事務局がかけずりまわってできた表紙です。「瀬戸内海」が鮮明に浮かび上がってくる表紙だと思われませんか？

もちろん表紙だけリニューアルしたわけではありません。紙質やページのレイアウトなども微妙に変えていまますし，内容的にもいくつかの新機軸があります。

いま瀬戸内海を里海にという声が挙がり，そのために新たな法制化を求める署名運動がはじまっていますが，じつは瀬戸内海に求める里海のイメージは万華鏡のようによつてさまざまです。そこで毎号の冒頭にさまざまな人士に「私にとっての瀬戸内海」を書いてもらうことにしました。多様な瀬戸内海の在り様を考えるよですがになればと思います。

また更なる読者との交流を求めて，読者の欄も設けました。ぜひ読者の方からの投稿を待っています。

本誌の体裁や内容を変えただけでなく，本誌をより広く知ってもらうためのいくつかのアイデアもこれから実行に移していくことにしました。皆様方の支援をお願いします。

ということで，今号の編集後記は事務局でなく，ぼくが書きましたが，次号からはこの編集後記も事務局の人間としての息遣いがより聞こえるようなものにしてほしいと願っています。

（編集委員長 久野 武）

開催した。

①平成19年度事業の具体的推進方策，②平成18年度「瀬戸内海の環境保全・創造に係る研究」報告，③平成20年度「瀬戸内海の環境保全・創造に係る研究」，について検討した。

また，5月19日に開催された「福武文化研究・活動助成報告会」の結果を報告した。

## 第1回企画委員会

平成19年5月29日（火），兵庫県民会館（神戸市）において，第1回企画委員会を開催した。

①平成19年度事業計画，②平成19年度「瀬戸内海研究会議ワークショップ」，③平成19年度「瀬戸内海研究フォーラム in 香川」，④平成18年度「瀬戸内海の環境保全・創造に係る研究」の成果報告，⑤平成20年度「瀬戸内海の環境保全・創造に係る研究」，について検討した。

## 平成19年度瀬戸内海環境保全月間ポスター一般公募入選結果

### ☆ポスター募集概要

1. 作品受付期間：平成18年7月11日～11月30日
2. 応募総数：321点（一般部門 252点、子供部門 69点）
3. 選定方法：平成19年3月8日、選考委員会を開催し、審査の上決定

### 最優秀賞（環境大臣賞）

双田泰子（37歳 鹿児島県鹿児島市 主婦）

#### ■製作意図

テーマ「美しく楽しかった故郷がいつまでもありますようにと、願いを込めて描きました。網の目のような用水路が懐かしく、その先に注がれる瀬戸内海も懐かしく、離れてわかるその土地の良さを再認識しました。」

### 優秀賞

#### 〔子供部門〕

柏谷浩平（10歳 徳島県吉野川市 吉野川市立鴨島小学校4年生）

#### 〔一般部門〕

坂上大介（30歳 大阪府豊中市 自営業）

### 佳作

#### 〔子供部門〕

伊藤優（11歳 三重県桑名市 桑名市立長島中部小学校5年生）

伊藤美結（8歳 香川県高松市 高松市立栗林小学校2年生）

臼井大視（8歳 岡山県倉敷市 倉敷市立乙島小学校2年生）

松本彩佳（10歳 香川県高松市 高松市立花園小学校4年生）

#### 〔一般部門〕

永野誉玲（12歳 兵庫県神戸市 神戸市立兵庫中学校1年生）

道上祐季（17歳 香川県高松市 香川県立高松工芸高等学校2年生）

山内愛菜（16歳 香川県高松市 香川県立高松工芸高等学校1年生）

※佳作受賞作品は順不同  
(敬称略)

快適な都市環境を守り新しい大地を造る事業



# 大阪湾フェニックス計画

フェニックス計画は、近畿の自治体、港湾管理者が出資する事業であり、大阪湾の埋立てにより、近畿圏から発生する廃棄物の最終処分を行い、埋め立てた土地を活用して、港湾機能の整備を図るものであります。

廃棄物の適正処理と都市の活性化。この2つの社会的要請に応え、快適な都市環境を守り新しい大地を造る画期的な事業です。



## 大阪湾広域臨海環境整備センター

〒530-0005 大阪市北区中之島2丁目2番2号  
ニチメンビル9階  
TEL (06)6204-1721(代) / FAX (06)6204-1728  
<http://www.osakawan-center.or.jp/>

人と自然が共生する  
21世紀の環境づくり



美しい兵庫の環境づくりにあなた  
もご参加ください！

会員募集

事業所会員／団体会員／県民会員  
(1口3万円) (1口1万円) (1口1千円)

- ご加入をお待ちしています。
- お問い合わせは下記まで。

ISO9001:2000 認証取得

財団法人 ひょうご環境創造協会  
Hyogo Environmental Advancement Association

〒654-0037 神戸市須磨区行平町3丁目1-31 TEL.(078)735-2737 / FAX.(078)735-2292  
くわしくはホームページで… <http://www.eco-hyogo.jp>

### 環境保全創造事業

- 環境学習の推進
- 事業所の環境管理の促進支援
- 地球温暖化防止活動の促進
- 循環型社会形成の推進
- 国際協力事業の推進

### 環境コンサルタント事業

- 循環型社会形成コンサルタント事業
- 地球環境保全コンサルタント事業
- 環境アセスメント事業
- 環境に関する総合評価策定事業

### 環境測定・分析事業

- 排ガス及び大気環境の測定
- 騒音・振動・悪臭物質の測定
- 作業環境の測定
- 排出水・環境水・水道水の分析
- 生物相調査
- ダイオキシン類等微量物質の測定・分析
- ご依頼をお待ちしております。