

瀬戸内の自然・社会・人文科学の総合誌

瀬戸内海

Scientific Forum of the Seto Inland Sea

特集 瀬戸内海におけるリン・窒素の挙動

(社)瀬戸内海環境保全協会

THE ASSOCIATION FOR ENVIRONMENTAL CONSERVATION
OF
THE SETO INLAND SEA

2004.
No.40

もくじ

● 特集 濑戸内海におけるリン・窒素の挙動

瀬戸内海に存在するリン・窒素の起源	石井 大輔	1
豊後水道から瀬戸内海への栄養塩の流入過程	兼田 淳史	6
紀伊水道からのリン・窒素の流入過程	藤原 建紀	10
紀淡海峡のリン・窒素フラックス	西田 修三	17
紀伊水道の栄養塩・低次生産・高次生産の経年変動	上 真一	22
瀬戸内海の望ましいかつ可能なリン・窒素濃度	浮田 正夫	27

● 国からの情報

総量規制専門委員会における審議状況について	秋山 和裕	33
-----------------------	-------	----

● 研究論文

風景の瀬戸内海33 紀行文に見る風景(13)	西田 正憲	35
------------------------	-------	----

● 濑戸内海誌創刊十年にあたって

久野 武	41
------	----

● 底生微細藻を用いた底質改善

山本 民次	45
-------	----

● 指定70周年を迎えた瀬戸内海国立公園

西田 正憲	50
-------	----

● ベトナムの世界自然遺産、ハロン湾の環境管理とカッバ島の開発

奥野 年秀	55
-------	----

● 会員レポート

モノクローナル抗体法による海洋生物の卵・幼生の同定技術	大西 庸介	60
-----------------------------	-------	----

● シリーズ

魚の話シリーズ⑦ 藻場生態系と魚たち	棚田 教生	63
--------------------	-------	----

瀬戸内海⑥ 濑戸内海と阿波の変遷（下の一）	村上 瑛一	64
-----------------------	-------	----

魚暮らし瀬戸内海～第17回～ 新しい刺身商材への挑戦	鷺尾 圭司	66
----------------------------	-------	----

瀬戸内海の小動物、その変遷⑮ 希少生物の宝庫＝吉名の海辺（竹原市）		
-----------------------------------	--	--

湯浅 一郎	68
-------	----

● ニュースレター

瀬戸内海各地のうごき	71
------------	----

事務局だより	77
--------	----

瀬戸内海に存在するリン・窒素の起源



九州大学応用力学研究所
技術職員 石井 大輔

1. はじめに

東京湾・伊勢湾をはじめとする閉鎖性内湾の代表的海域として名高い瀬戸内海は、同時に富栄養化海域として認識されるようになってから久しいのは周知の通りである。汚濁負荷流入量増大による水質汚染が急激に進行した1970年代の危機的状況からは脱したもの、現在でもなお、年間100件前後の赤潮発生や底層における貧酸素水塊形成などの水質機能障害が各地で見られる^{1) 2)}。このように、水質汚染の回復状況は遅く、瀬戸内海は未だ正常な姿を取り戻しきれていないのが現状である。こういった富栄養な状態から脱却するために、20年以上前から行政指導のもと継続的に実施されている環境汚染物質負荷に対する水質管理施策（総量規制）がある。

1979年度の第1次水質総量規制（COD）を皮切りに、現在（第5次）では今まで削減指導止まりであったリン・窒素についても対象項目として指定され、瀬戸内海における総合的な環境汚染物質削減策が講じられている。

このように長年にわたり水質規制が実施されている背景には、瀬戸内海における富栄養化現象に影響を与えていたり、リン・窒素

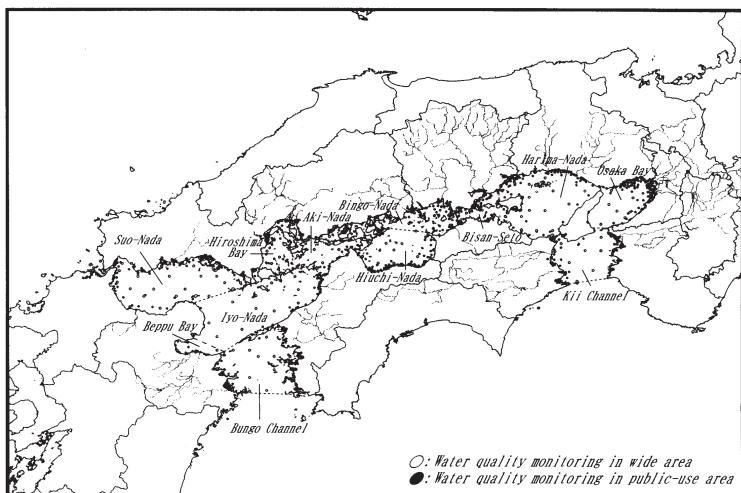


図-1 瀬戸内海におけるTP・TN濃度の調査地点

●略歴	1975年	生まれ（いしい だいすけ）
	1998年	九州工業大学電気工学科卒業
	1998年	東洋通信機株
	2003年	九州大学応用力学研究所

の大部分が陸域起源ではないかという予見があり、陸上における規制を徹底することが富栄養化を含めた諸問題を解決する上で効果的であるという考えがベースにあると思われる。確かに陸域起源が他起源より割合が多くは現状の対策で問題を解決できるであろうが、もし逆の仮定が成り立つ場合には想定しているような負荷削減効果が見えず、現状を開拓するのは容易ではないことが想像できる。いずれにしても、対策実行者はもとより地域に住む瀬戸内海の沿岸住民は、富栄養化対策の一環として実施されてきた一連の栄養物質負荷量削減が、瀬戸内海における水質改善（栄養物質濃度の低下）に反映されることを切望している。

よって今回は、瀬戸内海に存在するリン・窒素の起源を明らかにし、陸域における負荷量削減対策と水質改善状況との関係や、瀬戸内海各灘・湾における水域特性の違いなどについて報告する。

2. 瀬戸内海全域におけるTPおよびTNの起源

図-2に、1979年度から1999年度における5年ごとのTP（全リン）負荷量（a）・TN（全窒素）負荷量（b）、図-1内の○で示す広域総合水質調査（環境省）において観測された冬季平均TP濃度（c）・TN濃度（d）、瀬戸内海に流入する1級河川（21）の年総河川流量（e）の経年変動を示す。同図を概観すると、濃度と負荷量にはあまり相関が見られない反面、濃度と河川流量の増減傾向はほぼ対応している。これは、同図で示す負荷量が原単位法を基に算定された発生量を表すため、この量全てが瀬戸内海に流入している訳ではなく、

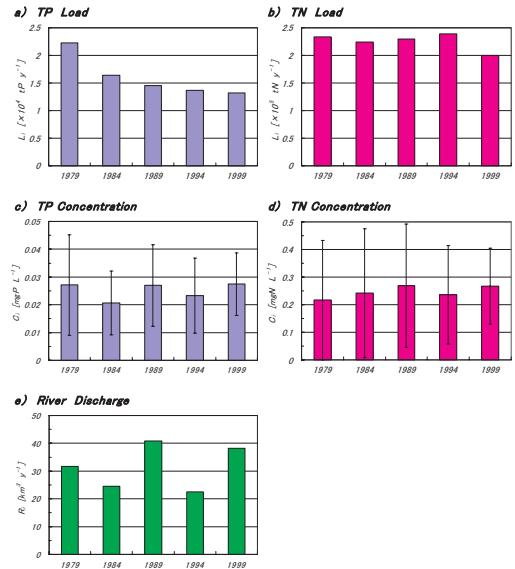


図-2 瀬戸内海における各パラメータ

河川流量に依存して流入していることを示唆している。

瀬戸内海だけに限らず、多くの内湾において存在する栄養物質は、陸域からの流入負荷による影響だけではなく、外洋からの影響を少なからず受けている。特に瀬戸内海は、紀伊水道・豊後水道を主とした太平洋との海水交換があるためにその影響は無視できず、既往の研究においても外洋起源の重要性が指摘されている^{3) 4) 5)}。そのため、瀬戸内海におけるリン・窒素の起源の影響度合いを把握することは、将来に向けた水質管理・保全や水産業などの観点からも重要である。

そこで、瀬戸内海全域平均濃度（C_i）を陸域起源による項と外洋起源による項（C_o）の重ね合わせで表現し、両者の寄与率を見積もってみる。但し、本報では海面や海底を通じた収支（ネット）をゼロと仮定して取り扱った。(1)式は、既述した関係を基に、瀬戸内海の容積（V）と平均滞留

表－1 瀬戸内海におけるTP・TNの τ と C_o および起源寄与率

$$C_i = \left(a \cdot \frac{R_i}{R_m} \cdot L_i \right) \cdot \left(\frac{\tau}{V} \right) + C_o \quad \dots\dots (1)$$

	TP	TN
τ (month)	11.9	8.5
C_o (mg L^{-1})	0.018	0.20
陸域：外洋 (%)	28 : 72	19 : 81

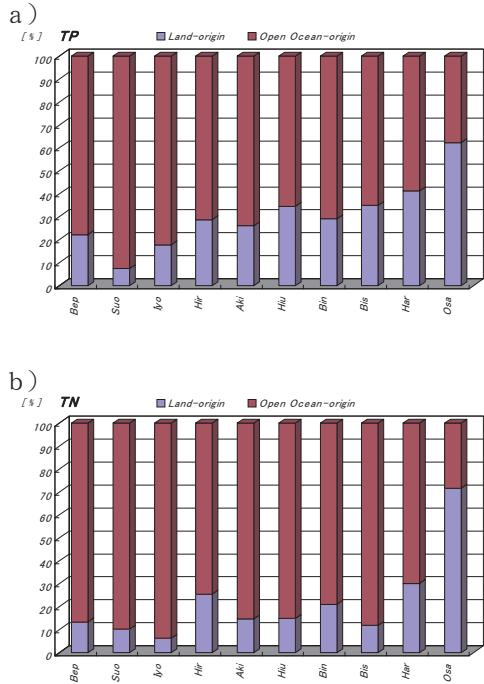
時間 (τ) を用いて定式化したものである。 a は排出率×流達率、 L_i および R_i は*i*年における陸域発生負荷量および1級河川総流量、 R_m は解析年における平均総河川流量を表している。既存データと(1)式から、未知数である C_o と τ を最小二乗法により推定した(表－1)。また、表－1に瀬戸内海におけるTP・TNの陸域起源と外洋起源の寄与率も併記する。その結果、瀬戸内海におけるTPは約7割、TNは約8割が外洋起源であり、陸域からの影響よりも多大であることが判明した⁶⁾。このことは、外洋起源のTP・TNが内海の水質環境に対して支配的であり、陸域における汚濁負荷削減対策による効果が顕著に現れにくいことを示唆している。

3. 瀬戸内海各灘・湾における

TPおよびTNの起源

実際に汚濁物質規制を実施して水質管理を行うのは各水域であるため、瀬戸内海の各灘・湾個別の特性を把握する必要がある。そこで、前章で算出した外洋濃度(C_o)と各水域における平均濃度(C'_i)を使用して陸域起源分となる値($C_{L'}$)を求め、各灘・湾におけるそれぞれの起源の割合($C_{L'}$ ： C_o)を見積もった(外洋隣接水域

である紀伊水道・豊後水道は除く)。その結果を図－3に示す。



図－3 瀬戸内海各灘・湾におけるTP (a) およびTN (b) の起源割合

同図より、陸域からのTP・TN負荷量最大水域である大阪湾は、陸域起源のTPが約6割、TNが約7割と他水域に比べて突出しており、陸域からの汚濁物質負荷の影響が非常に強い水域である反面、周防灘・伊予灘などの西部海域は外洋起源のTP・TNがともに8割以上も存在し、前者と対照的な特徴を有することが判明した⁷⁾。よって、各水域の特性に応じた水質改善手法を適用しなければ、陸域からの負荷量削減対策に対する期待とは相反して、効果が現れない状況が予想される。事実、陸域負荷量削減に対して、TP・TN濃度は横ばい、ないし増加している水域が存在する(図省略)。

4. 沿岸域水質制御指標による

各灘・湾の特性

灘・湾ごとの特性差異はあるものの、平均的には瀬戸内海に存在するTP・TNは外洋起源による影響が支配的であり、陸域からの応答が内海水質環境にさほど現れない可能性があることを既述した。しかし、これらは灘・湾全域スケールでの話であり、陸域から多量の水質汚濁物質が直接流入する河口付近などの灘・湾沿岸域では上述した事情とは若干異なり、一般的には負荷量削減効果が顕著に現れやすそうな水域としてイメージされやすい。

そこで、灘・湾沿岸域（公共用水域水質調査：地方公共団体）と灘・湾全域（広域総合水質調査）におけるTP・TN濃度変動特性から、沿岸域における水質制御指標（C-ratio：灘・湾全域濃度に対する灘・湾沿岸域濃度の比）を設定した。以下は、各水域において陸域からの水質管理対策が沿岸域の水質改善に対してどう反映されるのか、言い換えればリン・窒素の負荷量削減対策による沿岸域での水質改善効果の現れやすさについて、C-ratioを基に考察した（図-4）。ここで、この考察を行うには削減効果の現れやすさの基準が必要であるが、本報では各灘・湾におけるC-ratioの単純平均を瀬戸内海全体の平均基準値（ C_P ・ C_N ）として定義した。

同図より、紀伊水道と大阪湾はTP・TNともに灘・湾沿岸域において陸域からの負荷量削減対策の効果が現れやすく、逆に播磨灘・安芸灘・広島湾・別府湾は、TP・TNとともに陸域における負荷量削減対策によっては、灘・湾沿岸域の水質環境が改善されにくいことが判明した⁸⁾。

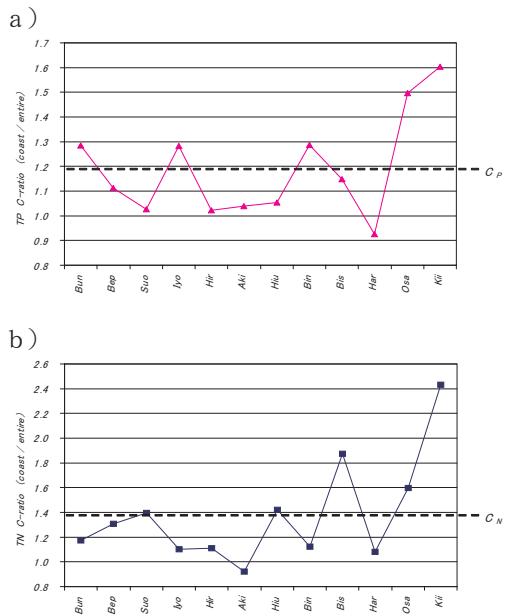


図-4 各灘・湾におけるTP (a) およびTN (b) のC-ratio

表-2 大阪湾・広島湾における負荷量および沿岸域濃度の増減率（1979年度に対する1999年度の割合）

TP	Hiroshima Bay	Osaka Bay
Load Concentration	-23% + 2 %	-47% -29%
TN	Hiroshima Bay	Osaka Bay
Load Concentration	-18% + 5 %	-17% -25%

では具体的に、TP・TNともに陸域からの負荷量削減対策による効果が現れやすいことが示唆された大阪湾と、効果が現れにくいことが示唆された広島湾を例に挙げて、陸域からの富栄養化対策（水質総量規制）が各湾沿岸域における水質環境（TP・TN濃度）に対してどのように反映されているのかを、ここ20年間（1979年度～1999年度）の変遷として追求した（表-2）。その結果、大阪湾は陸域からのTP・TN負荷量削減率（1979年度に対する1999年度の割合、以下同様）に対して沿岸域濃度減少率はほ

ぼ対応しており、陸域からの削減効果が現れている反面、広島湾は負荷量の削減に対して、同湾沿岸域におけるTP・TN濃度は逆に増加しており、負荷量削減に対して沿岸域水質が改善に向かっていないことを示している⁸⁾。このことからも、富栄養化対策として実施されている陸域からのリン・窒素総量規制が、灘・湾沿岸域に対して効果的に現れる水域と必ずしもそうではない水域があることを改めて認識できる。

5. おわりに

以上により、大方の予想に反して、瀬戸内海に存在するリン・窒素の大部分が外洋起源であること、各灘・湾において支配的な起源が異なることが明らかになった。また、各灘・湾における水質制御指標を設定することで、富栄養化対策として実施されている水質総量規制が、灘・湾沿岸域の水質環境改善に功を奏すか否かの判断材料を提示した。本報が、瀬戸内海再生のための今後の施策立案へ有用な情報となれば幸いである。

参考文献

- 1) 神園真人, 江藤拓也, 佐藤博之 (1996) : 周防灘西部における貧酸素水塊形成と気象変動の関係. 沿岸海洋研究ノート, 33, 179-190.
- 2) 高山晴義 (2000) : 広島湾の赤潮・貝毒. 水産海洋研究, 64, 52-54.
- 3) 柳哲雄 (1997) : 瀬戸内海の淡水・窒素・リン収支. 6, 157-161.
- 4) 藤原建紀, 宇野奈津子, 多田光男, 中辻啓二, 笠井亮秀, 坂本亘 (1997) : 外洋から瀬戸内海に流入する窒素・リンの

- 負荷量. 海岸工学論文集, 44, 1061-1065.
- 5) 武岡英隆, 菊池隆展, 速水祐一, 柳原哲郎 (2002) : 瀬戸内海における外洋起源の栄養物質. 月刊海洋, 34, 406-411.
 - 6) Yanagi, T. and D. Ishii (2004): Open ocean originated phosphorus and nitrogen in the Seto Inland Sea, Japan. J. Oceanogr., 60, 1001-1005.
 - 7) 石井大輔, 柳哲雄 (2004) : 瀬戸内海各灘・湾における全リン・全窒素の起源と濃度変動機構. 海の研究, 13, 389-401.
 - 8) 石井大輔, 柳哲雄 (2005) : 瀬戸内海の沿岸域と全域におけるTP・TN濃度変動. 海の研究, 14, 35-45.

豊後水道から瀬戸内海への栄養塩の流入過程



愛媛大学沿岸環境科学研究センター
助手 兼田 淳史

1. はじめに

平成11年度の瀬戸内海研究フォーラムinえひめでは、太平洋から豊後水道への栄養塩流入を担っている主な機構として、陸棚斜面底層からの高栄養塩濃度の低温水の流入現象が紹介された¹⁾。その後の研究で、この低温水の流入現象の基本特性や、この現象が豊後水道の内湾環境、瀬戸内海に与える影響がさらに明らかにされた。ここでは、最近の研究成果から、外洋から豊後水道を経て瀬戸内海内部へ栄養塩が流入する過程について紹介する。

2. 豊後水道の底入り潮

豊後水道では、陸棚斜面底層からの高栄養塩濃度の低温水の流入現象が発生する。この現象は、通常、50~60mより下層で発生するため認識の機会が少なかった。近年、この現象が見いだされ、次第に研究が進むにつれて、この現象は豊後水道の海洋環境を左右する極めて重要な現象であるという認識が高まった。名称をつける必要性が生

じ、「底入り潮（そこいりじお）」と名付けられた^{2) 3)}。

3. 底入り潮の基本特性

Kaneda *et al.*⁴⁾は、底入り潮の基本特性を解明するために、流速計や水温計の係留観測や船舶を用いた調査を実施した。彼らの研究の一例として、図-1には1998年

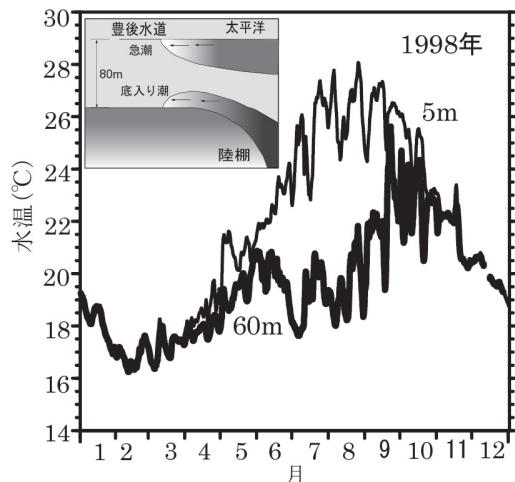


図-1 豊後水道で夏季に発生する現象の模式図（左上）と豊後水道南部の内海（うちうみ）における海面下5m（上）と60m（下）の水温時系列。

●略歴	1971年 生まれ（かねだ あつし）
	1994年 愛媛大学工学部卒業
	1996年 愛媛大学大学院博士課程前期課程修了
	1996年 芙蓉海洋開発㈱
	1997年 愛媛大学工学部助手
	1999年 愛媛大学沿岸環境科学研究センター助手

に豊後水道南部の内海（うちうみ）で実施した水温モニタリングの結果を示した。海面下60mの水温の時系列に注目すると、底層水温は初夏から急激な低下を繰り返し、真夏まで次第に低温化していることがわかる。データ解析の結果から、この夏季の水温低下は底入り潮の発生によって引き起こされていること、そして底入り潮は初夏から晩秋まで繰り返し発生していることが明らかとなった。さらに、兼田ほか⁵⁾は、豊後水道の冲合を流れる黒潮の流軸位置と底入り潮の強弱の関係について検討し、九州東岸の都井岬から黒潮流軸までの距離が小さいほど底入り潮が強くなることを見いだした。

一方で、底入り潮が豊後水道の栄養塩環境に与える影響に関する研究も進められ、これまでに底入り潮として豊後水道内に進

入する冷水には豊富な栄養塩が含まれていること、流入した栄養塩が豊後水道の低次生態系を支えていること等がわかつた^{6) 7)}。

4. 底入り潮が伊予灘の栄養塩濃度に与える影響

底入り潮によって運ばれた栄養塩の一部は、伊予灘に到達している可能性が高い。図-2には、2001年8月28~30日に実施した瀬戸内海の伊予灘から豊後水道南部の陸棚域までの全窒素（TN）の水平分布図を示し、さらに図-3にはこのときの観測データを利用して、速吸瀬戸周辺海域における塩分と栄養塩濃度の関係を示した。豊後水道から伊予灘にかけての分布をみると、伊予灘よりも豊後水道の栄養塩濃度の方が高い。そのため、図-3が示すように、高塩

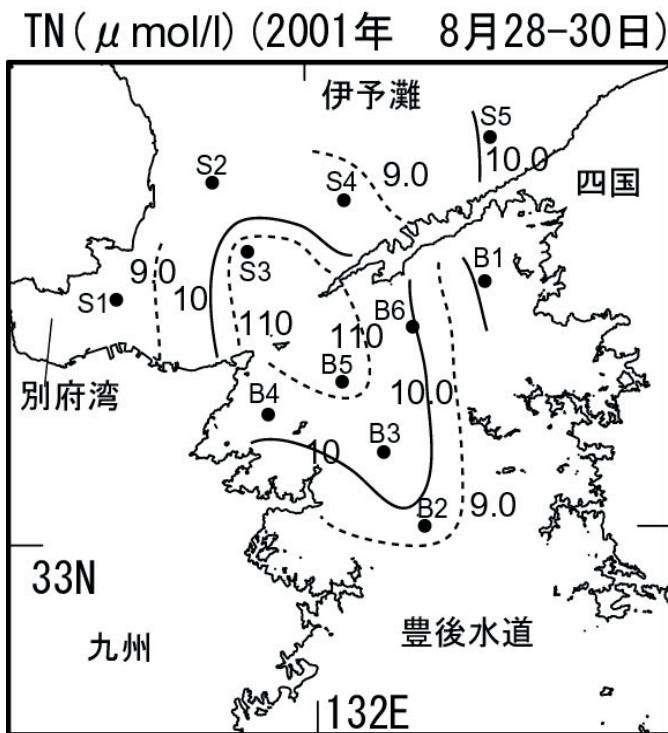


図-2 豊後水道から伊予灘にかけての栄養塩分布（鉛直平均値、2001年8月28~30日）

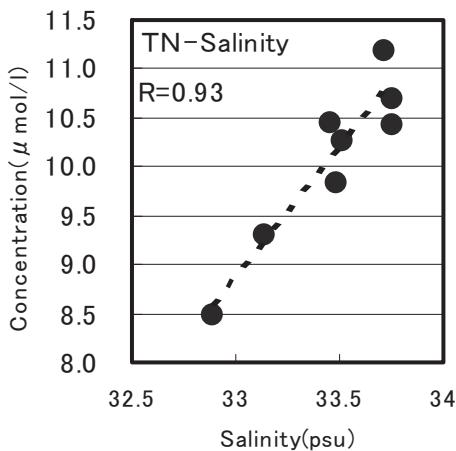


図-3 栄養塩と塩分濃度の関係。
(図-2 の速吸瀬戸付近のデータを利用)

分である豊後水道の方が比較的低塩分の伊予灘よりも窒素の濃度が高い状態であった。高塩分側が高栄養塩となる理由は、河川からの栄養塩供給では説明できず、陸棚域からの栄養塩供給が豊後水道や伊予灘の栄養塩濃度を左右していることを示唆している。底入り潮が繰り返し発生することにより豊後水道内の栄養塩濃度が高められた結果、外洋側の方が瀬戸内海側よりも栄養塩濃度が高い状態が形成されたと推定される。

他の研究においても、底入り潮により流入した栄養塩が伊予灘の栄養塩濃度に影響を与えていていることが報告されている。武岡ほか⁷⁾は、豊後水道底層の水温と伊予灘沖の栄養塩濃度を調べ、豊後水道の底層水温が低いほど、言い換れば底入り潮が強いほど、伊方沖の栄養塩濃度が高くなる傾向があることを示した。これらは、外洋起源の栄養塩が瀬戸内海内部に影響していることを示す重要な結果である。

5. 底入り潮の長期変動

1998年から実施している内海の水温モニ

タリングの結果から、底入り潮の強さは年によって大きな違いがあることがわかつてきた。そこで、愛媛県水産試験場が毎月実施している定点観測や四国沖の海洋データを収集・整理して、底入り潮の強さの長期変動を調べた結果、図-4に示したように、底入り潮の強さは短周期の変動を伴いながら十年程度の時間スケールで変化していることが明らかとなった⁸⁾。このことから、外洋から豊後水道を経て瀬戸内海に供給される栄養塩の量は長期的に変化していると推定される。

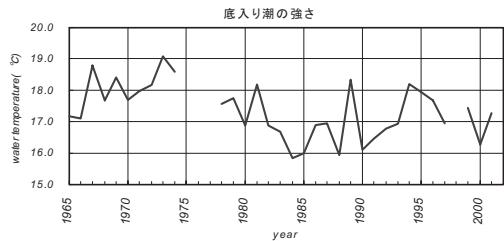


図-4 底入り潮の強さの変化。豊後水道南部の海面下100mにおける5~10月の平均水温を底入り潮の強さの指標とした⁹⁾。低温の方が、底入り潮が強いことを示す。

6. おわりに

以上、陸棚域からの低温・高栄養塩水の流入現象である底入り潮が、豊後水道から瀬戸内海内部への栄養塩輸送過程にとって重要な現象であることを示した。

底入り潮の強さが黒潮の変動に伴って変化すること（2章参照）から、外洋の海洋循環にみられる長期的変動が黒潮の変動を引き起こし、瀬戸内海の栄養塩環境に影響を与えている可能性が考えられる。外洋の海水循環には十年～数十年スケールの長期変動や地球温暖化の影響があることが知られており、4章で示した底入り潮の強さの

長期変動はそのような外洋の長期変動の影響を受けた結果と考えられる。その長期変動は、瀬戸内海の栄養塩濃度に影響を与えている可能性が高い。したがって、瀬戸内海の水質管理を考える上で、陸域からの負荷の削減量だけではなく、外洋起源の栄養塩供給量の変動成分も考慮する必要があるだろう。

参考文献

- 1) 武岡英隆（1999）：外洋から瀬戸内海への栄養塩の流入とその最近の変化。瀬戸内海，19，4-7.
- 2) 武岡英隆（2003）：栄養塩から見る西部瀬戸内海の海水交換。瀬戸内海，35，1-4.
- 3) 宇和海漁場環境調査検討会（2001）：栄養塩供給機構調査。宇和海漁場環境調査報告書，541p.
- 4) Atsushi Kaneda, Hidetaka Takeoka, Eiji Nagaura and Yoshitsugu Koizumi (2002): Periodic intrusion of cold water from the Pacific Ocean into the bottom layer of the Bungo Channel in Japan. Journal of Oceanography, 58, 4, 547-556.
- 5) 兼田淳史・乗松桂輔・渡辺浩三・小泉喜嗣（2002）：黒潮の離接岸が豊後水道の水温に与える影響。
- 6) 小泉喜嗣（1999）：豊後水道東海域における急潮と植物プランクトンの増殖機構に関する研究。東京大学大学院農学生命科学研究科博士論文，145p.
- 7) 武岡英隆・菊池隆展・速水祐一・榎原哲朗（2002）：瀬戸内海における外洋起源の栄養物質。月刊海洋，34，406-411.
- 8) Atsushi Kaneda and Hidetala Takeoka (2004): Long-term variations in the strength of *kyucho* and bottom intrusion in the Bungo Channel, Japan. International Symposium on Long-term Variations in the Coastal Environmental Ecosystems, Ehime University. 44.
- 9) Hidetaka Takeoka, Yoshitsugu Koizumi and Atsushi Kaneda (2000): Year-to-year variation of a *kyucho* and a bottom intrusion in the Bungo Channel, Japan. Interactions between Estuaries, Coastal Seas and Shelf Seas, Tetsuo Yanagi (editor), TERRAPUB, 197-215.

紀伊水道からのリン・窒素の流入過程

—瀬戸内海の水環境管理と生産性維持のための科学的理解—



京都大学大学院農学研究科

教授 藤原建紀

1. はじめに

瀬戸内海では、近年においても赤潮が発生し、貧酸素化も起こっている。とくに貧酸素化は最近になって強くなった海域もある（大阪湾東部・燧灘東部）。また一般に、環境改善が進んだといわれている環境基準C海域においても、CODが上昇している海域が見られ、海域の富栄養化問題は解決しているわけではない。

一方、瀬戸内海全体では、近年、高温化・貧栄養化傾向が顕著であり、漁業生産量も1980年代後半をピークとして著しく減少している。

瀬戸内海のこの10年間は、貧栄養化傾向をベースとし、富栄養化海域が混在するという、水環境管理の難しい局面に入っている。これに対応するにあたっては、海域の栄養レベル変動についての科学的な理解が欠かせない。

2. 窒素・リン循環（フロー）の

陸上生態系と海洋生態系の違い

海域の富栄養化を起こし、また漁業などの生産性を支えているものは、一次生産である。一次生産は、光合成のことであり、光と炭酸ガスとN・Pなどの栄養（肥料）から有機物を作る。一次生産は基礎生産とも呼ばれ、また環境分野では内部生産と呼ばれる。

一次生産を支える栄養（窒素・リン；以下N・Pと書く）などの物質循環は、陸上植物と海の植物（植物プランクトン）では大きく異なっている（図-1）。陸上植物では、光合成でできた植物体が枯れて地上に落ち、そこで分解して無機のN・Pとなり、これはまた栄養として植物に吸収されて光合成に使われ、有機物へと戻る。つまり陸上植物系ではN・Pは循環して使われる。

一方、海ではN・Pの流れは一方方向である。海面に近い光のある層（有光層）では、N・Pは植物プランクトンに取り込まれ

●略歴

1949年	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	京都大学大学院農学研究科教授

れるが、植物プランクトンが死ぬと、その死骸とともに海の深い所（光のない所；無光層）へと沈んでいく。ここで分解されてN・Pは無機の栄養へと戻る。このN・Pは特別な場合を除いて、無光層の中へ留まり、ここに蓄積していく（図-2）。

無光層の中に留まるN・Pが有光層に戻る場所は、下層の水が上層へと湧き上がる場所（湧昇域）と、下層水と上層水がよく混ざり合っている所（強混合域）である。

瀬戸内海へ流入するN・Pの主な源が2

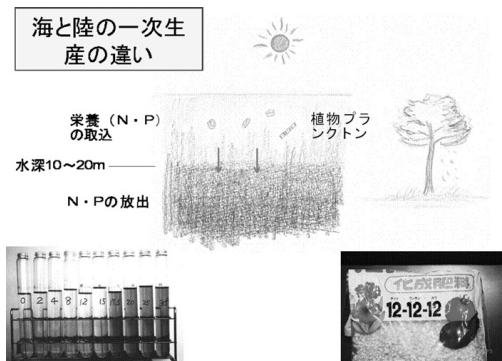


図-1 海と陸の一次生産

つある。ひとつは陸上から河川などを通じて流入するものであり、もうひとつは外海の有光層の下にあるものである。図-3は、太平洋を日本から南方、赤道に至る断面でみた水温・塩分とN・Pの分布である。太平洋の有光層は海面から水深100mほどであり、この層の下には、約2000年の歳月をかけて栄養塩（窒素は主に硝酸態窒素、リンはリン酸態リン）が蓄えられている。黒潮より北の海域では、低温・高栄養塩の海水が浅い所にまで達している。この低温水の上は、極めて貧栄養素な高温の水が占めている。この低温・高栄養塩の海水が瀬

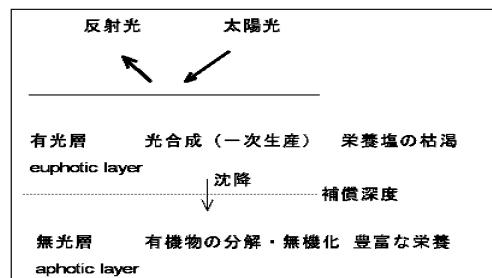


図-2 有光層と無光層

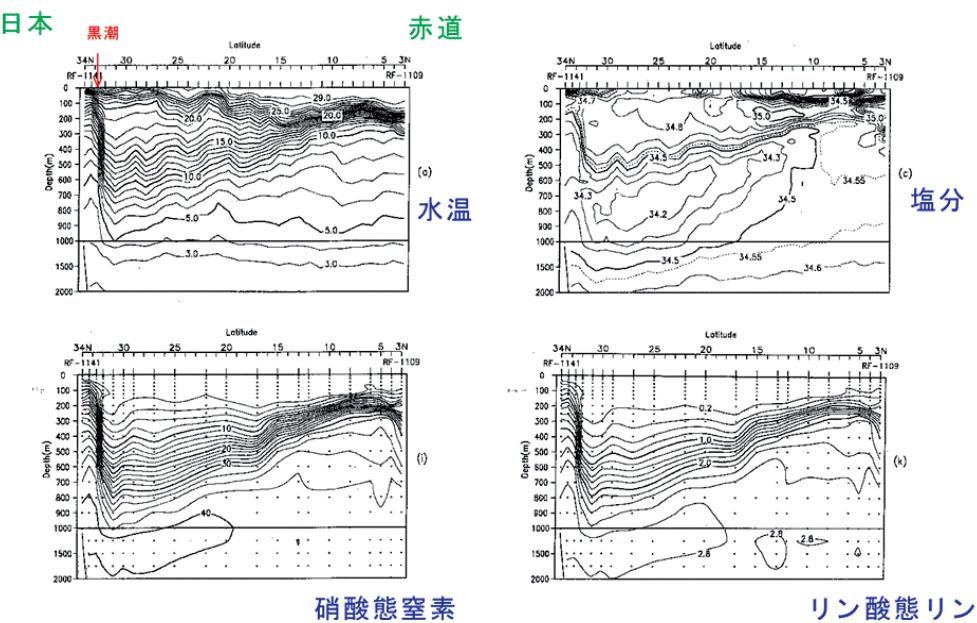


図-3 太平洋の縦断分布

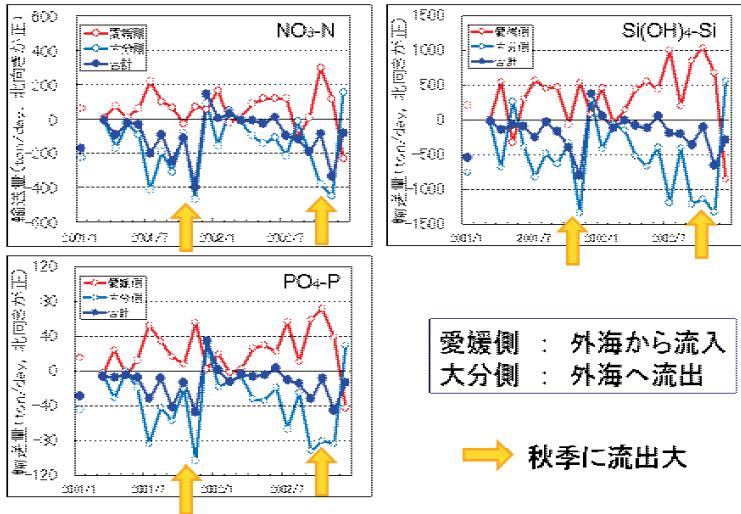


図-4 豊後水道南部横断面の窒素・リン・ケイ素の輸送量. 外海からの流入が正.

表-1 豊後水道南部横断面の年平均輸送量

年平均値	NO ₃ -N	PO ₄ -P	Si(OH) ₄ -Si
(ton/day)	-95	-13	-180

*外海からの流入を+, 外海への流出を-
(2001~2002年平均)

戸内海に流入しており、これによるN・Pの瀬戸内海への流入量（フロー）が陸上負荷量に匹敵する大きさであることが、藤原ら（1997）によってはじめて示された。その後の紀伊水道における研究により、上層の貧栄養水と下層の高栄養塩水が流入する割合は、黒潮の離岸距離のみによってほとんど決まってしまうことが分かってきた。（高志ら、2002；高志ら、2004）。

また、豊後水道南部の横断面では、外海から瀬戸内海に入るN・P・ケイ素の輸送量を月ごとに2年間にわたって測定している（田村ら、2004；宇野ら、2004）。外海の上層水・下層水のどちらも四国側から流入するのに対し、瀬戸内海水は九州側から流出していた。このため、夏季に四国側下層でN・Pが流入するものの、それと同等あるいはそれ以上の量のN・Pが九州側か

愛媛側：外海から流入
大分側：外海へ流出

→ 秋季に流出大

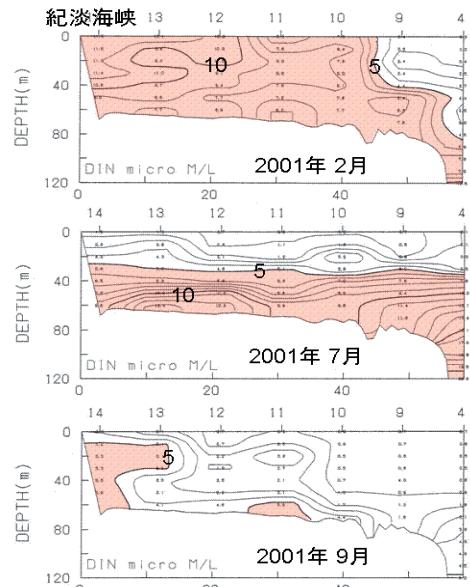


図-5 紀伊水道縦断面の溶存無機窒素の分布

ら流出していた。特に晩秋になって内海のN・P濃度が高くなると、大きな流出となっていた。このため、横断面全体でみると、年平均では内海から外海への流出である（図-4，表-1）。

紀伊水道には夏季下層に外海から高栄養塩水塊が入ってくる（図-5）。しかし、秋になるとこの水塊はなくなり、冬になる

と栄養塩は内海から外海へと出てゆく。

この様に、外海から内海へ流入する、あるいは流出するN・P量は季節動が大きいとともに、年による違いも大きい。

3. ストックとフローは別物；

富栄養化対策はフローの管理

物の動きを考える上ではストック（在庫量、kg）とフロー（流量、kg m/s）がある。両者は別のものであり、分けて考えることが重要である。瀬戸内海における陸起源のN・Pと、外海起源のN・Pの割合を考える上でも、両者は分けて考えることが大切である。内海の富栄養化あるいは生物生産の基礎となる一次生産を取り扱う上で重要なのは、有光層の中に入ってくるN・P量（フロー）である。無光層の中にいくら多量のN・Pの在庫（ストック）をかかえていても、これは生産には加わらない。

例えば、太平洋（図-3）でみれば、無光層に膨大な量のN・Pのストックがあるが、それ自体では、生産に何ら関わらない。これが、有光層に持ち上げられて、はじめて一次生産へとむすびつく。

夏の紀伊水道の無光層には、外海から高濃度N・P水塊が入ってくる（図-5中）。この水塊の一部が紀淡海峡・明石海峡の強混合によって有光層に巻き上げられ、一次生産へとなっていく。一方、大部分のN・Pは有光層に入ることなく、また外海へと戻っていく。

河から入る陸起源のN・Pは、直接有光層（上層）の中へと流入し、一次生産に加わる。今まで30年間にわたって行ってきた瀬戸内海の水質管理は、陸上からの負荷量の削減であり、フローの制御ということが

できる。

紀伊水道・豊後水道の夏の底層には外海起源のN・Pが高濃度で存在することは事実である。しかし、この濃度を瀬戸内海全域のバックグラウンド値として、瀬戸内海のN・P起源（陸起源か外洋起源か）を評価することは適切ではない。水質管理上必要なのは、有光層に流入するN・Pの起源とその流量（フロー）である。

4. 外海から入る窒素・リン

夏季に外海から紀伊水道・豊後水道底層に入ったN・Pの行方については藤原ら（2003）に記述しているので、ここでは簡単に述べる。夏季に外海から紀伊水道底層に入ったN・Pは、紀淡海峡をへて大阪湾西部に入る。この一部は紀淡海峡の混合によって上層へと上り、紀伊水道の上層へと戻る。有光層へ大きく入るのは明石海峡である。ここで上層に達した後、大阪湾・播磨灘の中層へと入っていく。一方、豊後水道底層に入ったN・Pは豊予海峡で有光層に入る（図-6）。

外海から東部瀬戸内海に入るN・Pのフローの長期変化を図-7に示す（相対値）。1980年代後半には大きな流入であり、1990年代は大きく減少し、1980年代後半の約1/2になった。播磨灘の冬季のDIN（無機態窒素）にも同様な年代変化がみられる（図-8）。ただピークの年代は数年遅れている。

5. 河川から入る窒素・リン

日本周辺のクロロフィル量（植物プランクトン濃度に相当）の分布を人工衛星映像（MODIS）でみている。クロロフィルが

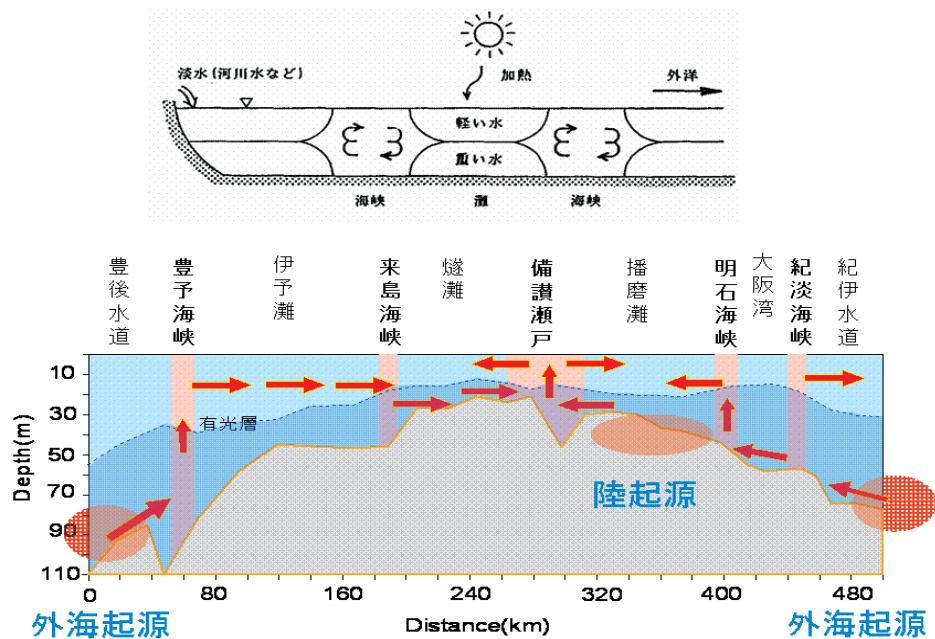
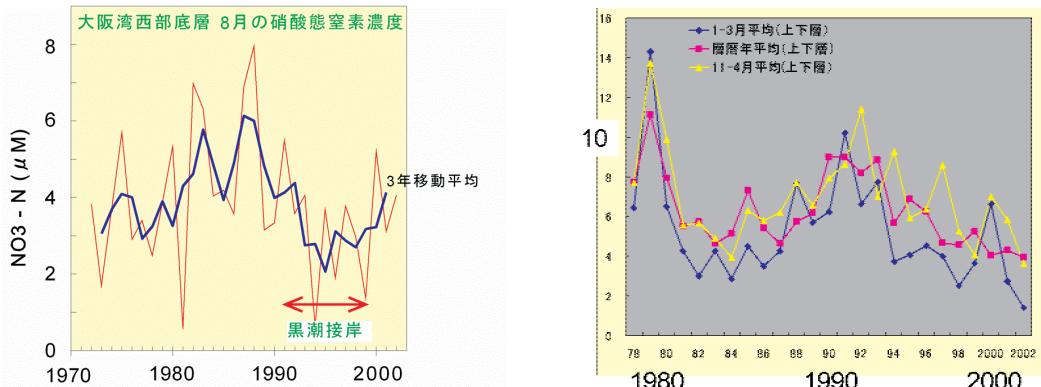


図-6 濑戸内海縦断面におけるN・Pの流れ



・大阪湾には陸起源の他に、外海起源の栄養塩も入ってきている。

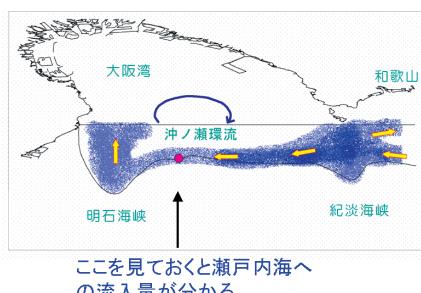
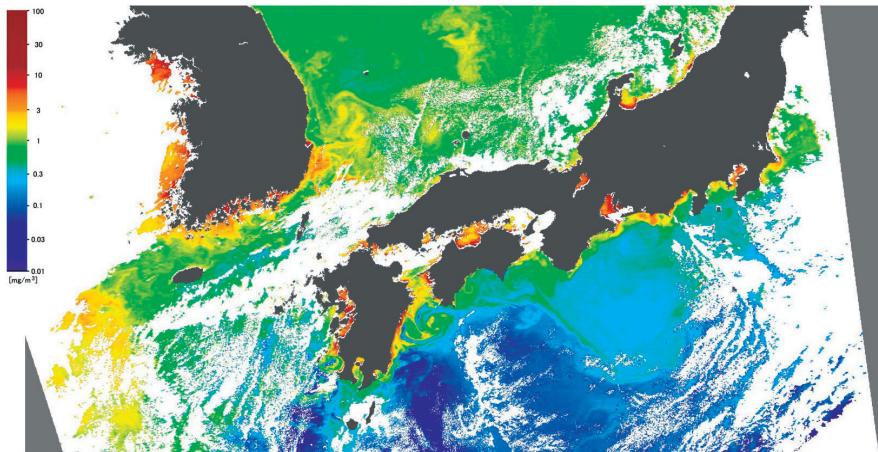


図-7 大阪湾西部を通る窒素量

高いのはやはり河川水の広がる所（河川プレーム域）である（図-9）。

今年（2004年）の春から夏には、瀬戸内海の多くの湾で赤潮が長期間にわたって発生し漁業被害が起きた。本来貧栄養である豊後水道においても赤潮となった。このときの赤潮発生水域は、実測でも衛星写真でも、河川水の注ぐ湾奥である。

朝鮮半島南岸の衛星写真をみてみよう



A2GL10410060417OD1_OCSAQ_03035_03626_chla.jpg

図-9 日本周辺のクロロフィル分布 (MODISによる). 2004年10月 6 日

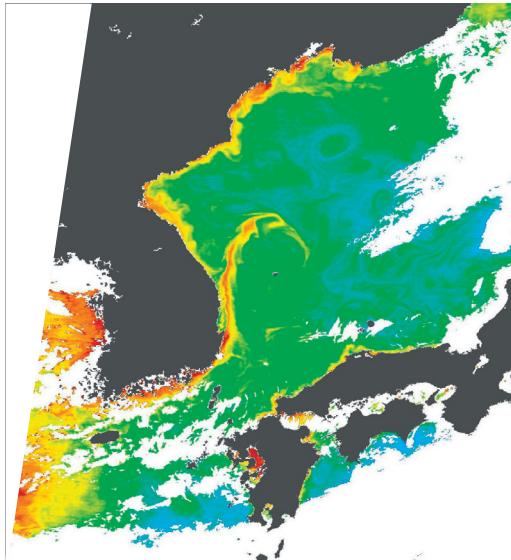


図-10 朝鮮半島南岸から北に伸びる高クロロフィルの帶. 2004年6月 1 日.

(図-10). 南岸の低塩分域でクロロフィル濃度が高くなっている。この高クロロフィル帯は対馬海流に乗って細長いベルトとなって北に伸び、はるかウルルン島の西方にまで達している。その距離は400km以上になっている。この高クロロフィル帯の下には、日本海の高N・P水があるのであるが、この高クロロフィル帯の元となるN・Pはや

はり河川起源であると言えよう。

6.まとめ：元肥と追肥

畑で作物を作るときに施す肥料には2つのものがある。ひとつは元肥であり、これは畑全体に深く広くまく肥料である。もう一方の肥料は追肥であり、これは特定の時期および場所にピンポイントでまく肥料である。

瀬戸内海の生産を支える肥料には、外海起源のものと陸（河川）起源のものがあることは先に述べた。前者は瀬戸内海の元肥にあたり、後者は追肥にあたると著者は考えている。

近年はこの元肥が減って、瀬戸内全体の生産性が下がっている。ノリ養殖場においては栄養不足となり、ノリの色落ちが起きるようになった。

しかしながら、陸からの追肥の集中する大阪湾東部では、富栄養化状態が、改善傾向はあるものの、現在も続いている（佐々倉ら, 2004；藤原ら, 2004）。

我々が元肥にあたる外海からのN・P流入量を変えることはできない。我々にできることは、場所と時期を限って与えられる追肥の量をうまくコントロールすることである（注）。

有光層と無光層の区別がなく、瀬戸内海中央部が浅くなっていることも無視したストックによるN・P起源の推定では、外海起源のN・Pの方が大きな割合を占めることとなる。一方、有光層に入るN・P量（生産に使われるN・P）では、陸起源のN・Pは決して小さなものではないと、衛星によるクロロフィル分布映像をみながら、著者は考えている。

瀬戸内海の20～30年間の水質データが研究に使えるようになり、また瀬戸内海における物質の動きが分かってきたのはこの2年ほどである。今までには、栄養塩濃度の季節変動すら予測できていた。水質の制御を成功させるには、予測が不可欠である。漁業においては、制御そのものではなく、予測のみであっても経済的価値を生む。

我々は、栄養塩濃度の短期予報から季節変動予測、さらには長期予測のできる技術の開発を行っており、そのための研究基盤整備ができ、開発が軌道に乗ってきたところである。

（注）少々複雑になるが、「現在削減対象となっている全窒素・全リンのすべてが、生物生産に参加するN・Pではないだろう」と考えるようになってきている。つまり、無機栄養塩・生物・デトライタス・表層堆積物の間を循環している、生物生産に加わるN・Pと、生物生産に加わらない難分解性有機物中のN・Pがあるのではないかと、

長期間の水質変動データを見て、著者は考えはじめている。

参考文献

- 藤原建紀・宇野奈津子・多田光男・中辻啓二・笠井亮秀・坂本亘：外洋から瀬戸内海に流入する窒素・リンの負荷量。海岸工学論文集, 44, 1061-1065, 1997.
- 藤原建紀・小林志保・高志利宣：瀬戸内海の窒素・リンの輸送と起源の現地観測。海岸工学論文集, 50, 951-955, 2003.
- 藤原建紀・岸本綾夫・中嶋昌紀：大阪湾の貧酸素水塊の短期的および長期的変動。海岸工学論文集, 51, 931-935, 2004.
- 佐々倉諭・野田稔子・石野哲・藤原建紀：瀬戸内海における最近20年間の流入負荷量と海域水質の変遷。海洋気象学会誌・海と空, 80, 99-107, 2004.
- 高志利宣・藤原建紀・住友寿明・竹内淳一：外洋から紀伊水道への窒素・リンの輸送。海岸工学論文集, 49, 1076-1080, 2002.
- 高志利宣・藤原建紀・住友寿明・坂本亘：紀伊水道への陸棚水の進入の定量化。2004年度日本海洋学会秋季大会講演要旨集, 160, 2004.
- 田村勇司・木村聰一郎・宇野奈津子・多田光男・中村登美雄・藤原建紀：豊後水道における瀬戸内海水の流出経路。2004年度日本海洋学会秋季大会講演要旨集, 162, 2004.
- 宇野奈津子・山下亜純・小泉喜嗣・田村勇司・藤原建紀：豊後水道の栄養塩輸送。2004年度日本海洋学会秋季大会講演要旨集, 163, 2004.

紀淡海峡のリン・窒素フラックス

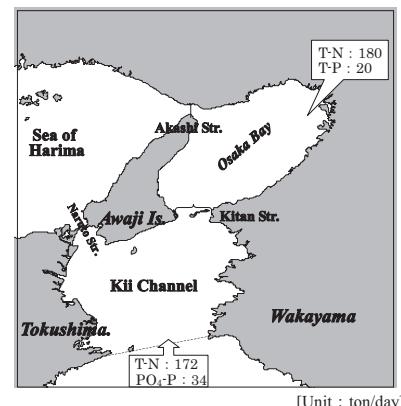


大阪大学大学院工学研究科
わかやま海域環境研究機構
助教授 西田修三

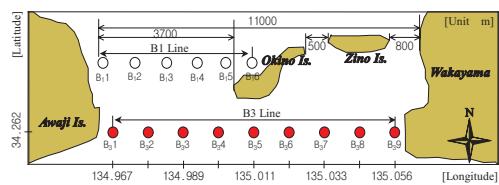
1. はじめに

大阪湾は、紀淡海峡を介して紀伊水道と結ばれている。1995年夏季、紀伊水道において実施された流況と水質の観測から、1日あたり窒素約170トン、リン30トンが外洋から紀伊水道に流入していることが示された（藤原ら、1997）。この量は、大阪湾に流入する陸起源の負荷量（門谷ら、1991）に匹敵する（図-1）。このことは、大阪湾の水質改善を考えるうえで、陸域からの流入負荷や底泥からの栄養塩の溶出以外に、紀淡海峡を通じての外海起源の栄養塩の供給をも考慮する必要があることを示唆している。

紀伊水道における上述の観測結果の普遍性を確認し、さらに、紀淡海峡を通じた物質輸送の定量的評価を行うためには、紀淡海峡における流動と水質構造を明らかにする必要がある。しかし、潮流が速く水深が深い紀淡海峡においては、現地観測がきわめて困難であり、これまで解析に応えうるに十分な観測データは得られていない。そ



(a) 周辺海域と栄養塩流入状況



(b) 観測点と観測線

図-1 紀淡海峡周辺海域の地形と観測点

こで、筆者らは紀淡海峡周辺海域において、1999年から2002年までの毎年夏季に流況と水質の現地観測を実施した（中辻ら、2002；金ら、2003）。ここでは、これまでの現地観測によって得られたデータを基に、紀淡

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

海峡における流動と水質の断面構造と、栄養塩の輸送構造について報告する。

2. 現地観測の概要

現地観測は、1999年8月4日、2000年8月7日、2001年8月10日、2002年9月10日の4回、一潮汐間にわたって実施した。観測項目は表-1に示すように年によって異なるが、流動と水温・塩分の観測は毎年実施し、2000年からはChl-a、2001年からは海峡断面内約30点において採水を行い、栄養塩(T-N, NO₂-N, NO₃-N, NH₄-N, T-P, PO₄-P)の分析も行なった。流速の測定にはADCP(300kHz, 600kHz)、水温、塩分、Chl.aの測定にはクロロフィルセンサー付CTDを用いた。また、2001年の観測は和歌山県水産試験場と共同で実施され、観測船「きのくに」に搭載された多項目測定システムを用いて精度の高い断面観測を実施することができた。図-1に観測位置を、表-1には観測内容をまとめて示す。

3. 観測結果

(1) 流動構造と密度構造

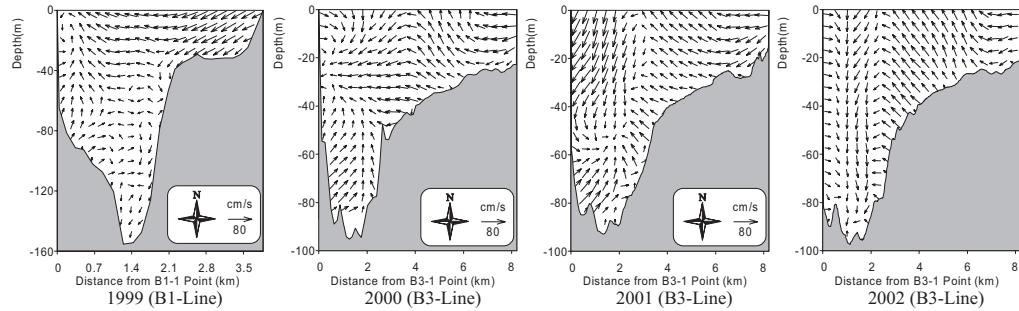
図-2に、各年の紀淡海峡横断面の残差流構造と一潮汐平均した密度構造を示す。各図とも縦軸は水深、横軸は西岸観測点からの距離を示している。各水深の残差流は、北方成分を上向き、東方成分を右向きの合成ベクトルで表示している。毎年同じ時期に実測しているにもかかわらず、断面構造は大きく異なっていることがわかる。

残差流は、水深の浅い東側(和歌山側)で各年ともほぼ同様の構造を示しているが、水深の深い西側(淡路島側)ではその構造は大きく異なっている。特に、2002年には西側の深水域において表層から底層まで流速が一様化し、大阪湾からの流出を示しているのに対し、2000年と2001年には50m以深で流向が反転し、大阪湾への流入を示している。このような流動構造の差異は、同図に示した密度構造と密接に関係しており、密度の成層化がその要因と考えられる。底層部の高密度水塊は、低温・高塩分を有し、外海の亜表層水の底層進入に起因するものと思われる。

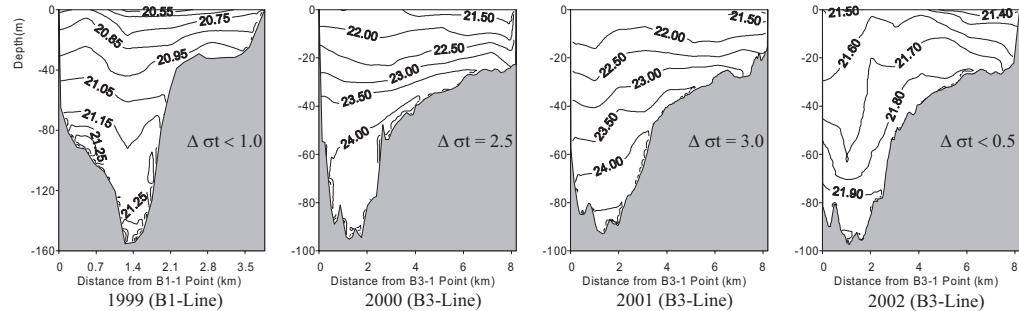
竹内ら(1997)は33年間にわたる定線観

表-1 現地観測の概要

年	1999年	2000年	2001年	2002年
日 時	8月4日 (5:00~18:00)	8月7日 (5:00~18:30)	8月10日 (5:00~18:00)	9月10日 (5:00~18:30)
観測断面	B1測線(8往復)	B3測線 (東側: 5往復, 西側: 6往復)	B3測線(6往復)	B3測線(8往復)
観測項目	流速・水温・塩分	流速・水温・塩分 Chl.a	流速・水温・塩分 Chl.a T-N, NO ₂ -N, NO ₃ -N NH ₄ -N, T-P, PO ₄ -P	流速・水温・塩分 Chl.a, DO T-N, NO ₂ -N, NO ₃ -N NH ₄ -N, T-P, PO ₄ -P
海象条件	小潮	小潮	中潮	中潮
気象条件	晴天・弱風	晴天・弱風	晴天・無風	晴天・無風



(a) 残差流の断面構造



(b) 密度の断面構造

図-2 紀淡海峡における残差流と一潮汐平均した密度の断面構造

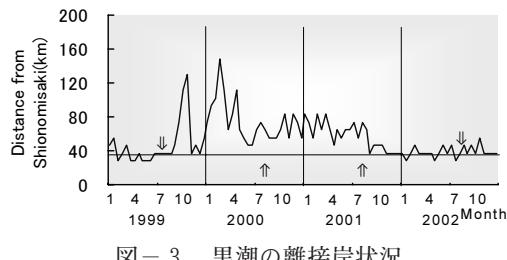


図-3 黒潮の離接岸状況

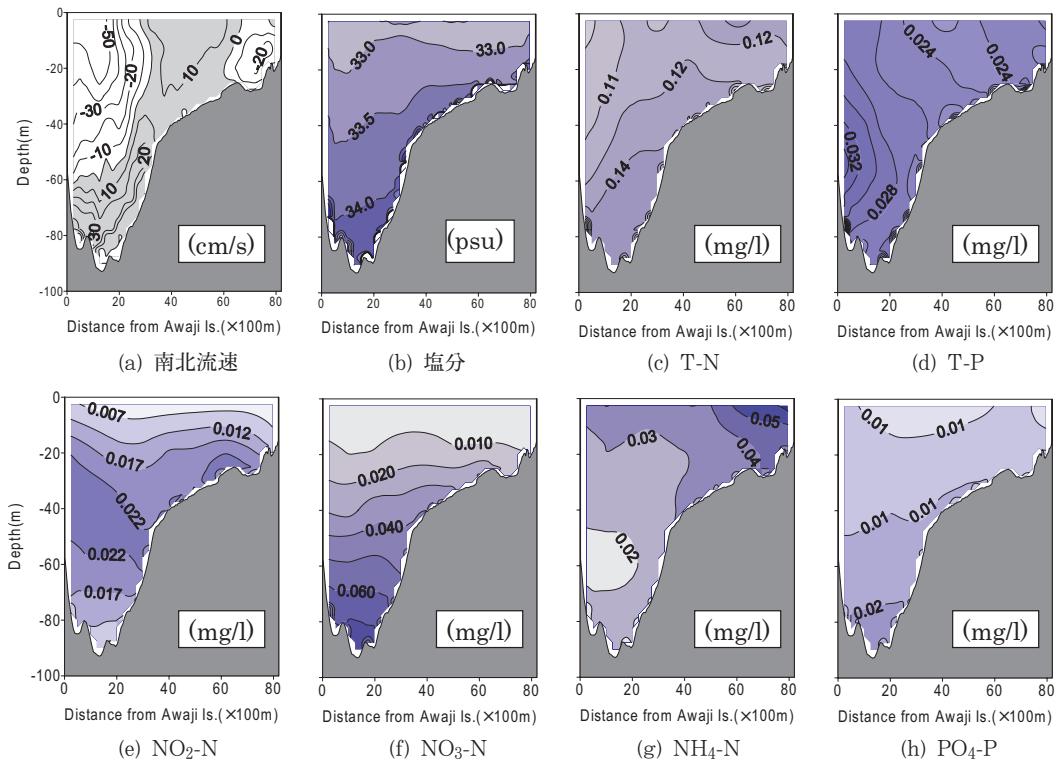
測データから、黒潮が潮岬から20海里（約37km）以遠に離岸している時には、紀伊水道の下層に低温・高栄養塩の水塊が流入することを指摘している。図-3は、海上保安庁による黒潮離接岸距離の観測結果をまとめたものである。図中の矢印は、筆者らの観測実施日を示している。海峡部において成層化が見られた2000年と2001年は離岸状況にあり、密度が一様化していた1999年と2002年は接岸状況にあったことから、亜表層水が進入したものと考えられる。ちなみに、藤原らの1995年の観測データにも成

層構造が見られるが、この時も黒潮は離岸状況にあった。

(2) 断面水質構造

水質の断面構造の一例として、2001年の結果を図-4に示す。図(a)の南北流速において正の値を示す網掛部は、北方流速つまり大阪湾への流入領域を表している。塩分とNO₃-N, PO₄-Pは、底層で高濃度を示し、中層部で等値線が傾斜するなど、同様の構造を有している。水温も塩分と同様の構造を有していることを考えあわせると、紀伊水道に存在する低温・高塩分の底層水は、高いNO₃-N, PO₄-P濃度を有し、外海起源の水塊であることが水質構造からも窺える。

一方、T-Pは西岸の底層で高い値を示している。T-N, T-Pの断面構造は溶存態の断面構造と異なった性状を示しており、粒



図－4 一潮汐平均した平均断面分布（2001年）

表－2 海峡断面における物質収支（2001年）

	流 量	塩 分	Chl.a	T-N	T-P	NO ₂ -N	NO ₃ -N	NH ₄ -N	PO ₄ -P
単 位	m ³ /day	ton/day	ton/day	ton/day	ton/day	ton/day	ton/day	ton/day	ton/day
Total	-2.10E+09	-6.80E+07	-	-3.3	34.1	-57.2	-26.2	-14.7	-34.9

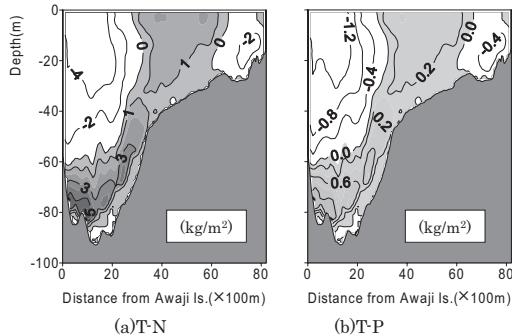
子態や有機態の挙動が断面輸送に大きく作用する可能性が示唆される。

(3) フラックス構造

流動と水質の経時データより、一潮汐間の物質輸送量を算定し、1日あたりの輸送量に換算した結果を表－2に示す。流量は南向き成分、つまり大阪湾から紀伊水道へと流出し、既往の研究結果と一致した傾向を示している。水質の断面内の濃度偏差がそれほど大きくないために、各水質の断面フラックスは流動とほぼ同じ構造を呈し、

T-Nを除き1日あたりの収支も流量と同様に湾外への流出が卓越していた。

このT-N、T-Pの輸送方向の差違について、その要因を明らかにするために、断面内のフラックス構造を示したのが図－5である。図－4に示したように、T-Pは北方流速が卓越する底層部で高い濃度を有している。そのために、底層部で大きな流入フラックスが生じ、1潮汐の積算値は流入成分が卓越する結果となった。一方、リンに関しては、底層で高い値を示すものの、断面内偏差は流速に比して小さく、算出され



図－5 断面フラックス分布（2001年）

た断面フラックス構造は流速構造に依存し、その積算値も流量と同じく流出が卓越したものとなった。

4. おわりに

紀淡海峡の流動と水質構造は紀伊水道沖合いを流れる黒潮の蛇行の影響を受け、海峡を通しての栄養塩等の物質輸送にもその影響が及ぶことがわかった。しかし、2003年より開始した水質観測の結果から、黒潮離岸時に必ずしも海峡底層部に高栄養塩の水塊が存在するとは限らず、海峡部の水質構造は季節的にも大きく変動することがわかつてきた。そのため、紀淡海峡における栄養塩の輸送機構の解明には、黒潮の離接岸状況の他、このような季節変動や気象海象の変化をも考慮した解析が必要と言える。

参考文献

- 石塚正秀・中辻啓二（1999）：紀淡海峡における海水交換と物質輸送過程の解明、海岸工学論文集、第46巻、pp.1036-1040.
 笠井亮秀・藤原建紀・多田光男（2001）：紀伊水道の海洋構造と栄養塩輸送、海岸工学論文集、第48巻、pp.436-440.
 金漢九・西田修三・中辻啓二（2003）：

紀淡海峡における流動構造と物質輸送に及ぼす黒潮蛇行の影響、海岸工学論文集、第50巻、pp.926-930.

高地慶・金漢九・西田修三・中辻啓二（2004）：紀淡海峡における水質構造の季節変動に関する現地観測、土木学会関西支部年次学術講演会講演概要、II-101.
 高志利宣・藤原建紀・住友寿明・竹内淳一（2002）：海洋から紀伊水道への窒素・リンの輸送、海岸工学論文集、第49巻、pp.1076-1080.

竹内淳一・中地良樹・小久保友義（1997）：紀伊水道に侵入する表層暖水と底層冷水、海と空、第73巻、pp.81-92.

中辻啓二・西田修三・金漢九・山中亮一（2002）：紀淡海峡における残差流と物質輸送の現地観測、海岸工学論文集、第49巻、pp.1071-1075.

藤原建紀・宇野奈津子・多田光男・中辻啓二・笠井亮秀・坂本亘（1997）：海洋から瀬戸内海に流入する窒素・リンの負荷量、海岸工学論文集、第44巻、pp.1061-1065.

藤原正幸・大橋行三・藤原建紀（1997）：診断モデルによる8月の紀伊水道における残差流シミュレーション、海岸工学論文集、第44巻、pp.411-415.

Hoshika, A., T. Tanimoto and Y. Mis hima (1999): Current and Material Transport at Tomogashima Strait, Japan, Journal of Oceanography, Vol. 55, pp.427-437.

門谷茂・三島康史・岡市友利（1991）：大阪湾の富栄養化の現状と生物によるNとPの循環、沿岸海洋研究ノート、第29巻、pp.13-27.

紀伊水道の栄養塩・低次生産・高次生産の経年変動



広島大学大学院生物圏科学研究所
教 授 上 真 一

1. はじめに

紀伊水道（面積：1554 km²、平均水深：45.8m）は瀬戸内海の東部に位置し、北部は友が島水道、鳴門海峡を経てそれぞれ大阪湾と播磨灘につながり、南部は太平洋に開いている。紀伊水道は瀬戸内海内部と太平洋をつなぐ出入り口としての地理的特性を持つため、瀬戸内海内部由来の沿岸海水と太平洋起源の外洋海水が混じり合い、季節的に複雑な海洋構造を示す。また、紀伊水道は瀬戸内海の中でも豊かな漁場として知られており、年間漁獲量（3～5万トン）のうち、イワシ類、アジ類、サバ類、イカナゴなどのプランクトン食性魚種が40～60%を占めている。

紀伊水道の水理環境は沖合海水の浸入の影響を受け、特に夏季に低温でしかも高塩の沖合海水が紀伊水道の海底を這うように浸入する現象（これを底層貫入と呼ぶ）がある。底層貫入海水には高濃度の栄養塩（主として硝酸態チッソとリン酸態リン）が含まれることから、外洋起源の栄養塩が

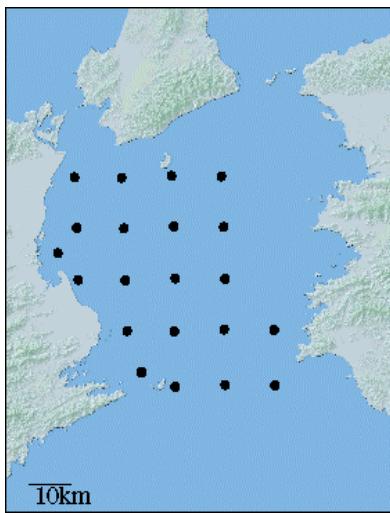
瀬戸内海に輸送されるメカニズムとして重要な役割を果していると予想される。

しかし、底層貫入よりもたらされる栄養塩は、紀伊水道のプランクトンや魚類などの生物生産の増大に寄与しているかどうか、これまで不明であった。そこで本研究は、徳島県水産試験場が12年間に亘って行ってきた紀伊水道での毎月の海洋観測データ、動物プランクトンデータ、漁獲量を解析することにより、年による底層貫入の強弱とプランクトンや魚類の生産の高低の違いを明らかにし、底層貫入が紀伊水道の低次生産、高次生産に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

2. 方 法

本研究の解析には、1987年4月から1999年3月までの期間、徳島県水産試験場が調査船「とくしま」により毎月紀伊水道内の12-21定点（図-1）で行った一般海洋観測データと、変型ノルパックネット（口径：0.45 m、網長：2.0 m、目合：0.3 mm）の鉛

●略歴	1950年	生まれ（うえ しんいち）
	1973年	広島大学水畜産学部卒業
	1976年	広島大学大学院農学研究科修士課程修了
	1978年	広島大学生物生産学部助手、助教授、教授を経て
	2002年	広島大学大学院生物圏科学研究所教授



図－1 徳島県水産試験場が行った海洋観測、動物プランクトン採集の定点を示す地図。

直曳きにより得た動物プランクトン計数データを使用した。一般海洋観測では、各定点における透明度、深度別水温・塩分、表層の溶存態無機チッソ ($\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$)、リン ($\text{PO}_4\text{-P}$) 濃度が得られている。動物プランクトンでは、ヤコウチュウ、ヒドロクラゲ類、カイアシ類成体雌 (*Calanus sinicus*, *Paracalanus parvus* s.l., *Clausocalanus* spp., *Acartia omorii*, *Oithona* spp., *Corycaeus* spp., *Oncaeae* spp.), *Sagitta* 属ヤムシ類, *Oikopleura* 属尾虫類の出現密度が得られている。

3. 結果と考察

1) 環境要因の経年変動

紀伊水道全域の環境要因の平均値を、季節的変動を除去するために12ヶ月の移動平均処理を行った(図-2)。水温は3-4年周期で上下を繰り返し、近年次第に上昇傾向にあった。塩分は吉野川の年間流量と有意な負の相関があったので、降水量の影響を受けていると推定された。透明度は

1991年まで8-9mと低かったが、その後次第に増大し、11mを超えるようになった。透明度とクロロフィル a 濃度は有意な負の相関を示したので、紀伊水道では近年植物プランクトン現存量が低下している。

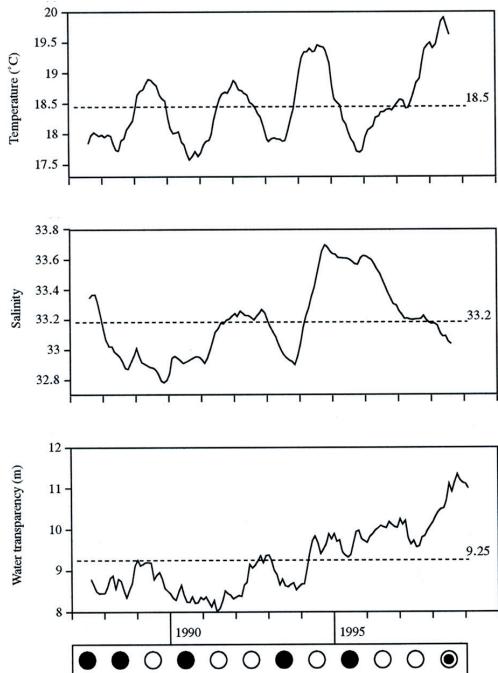


図-2 紀伊水道における水温、塩分、透明度の経年変動。●印は黒潮離岸年(潮岬沖50km以上), ○印は黒潮接岸年(潮岬沖37km以内), ◎印はそれらに当てはまらない例外の年を示す。

溶存態無機チッソとリンの経年変動は不規則であったが、両者の変動はほぼ一致していた。栄養塩濃度が高い年は黒潮離岸年に相当しており、底層貫入が紀伊水道の栄養塩供給に重要な役割を果していると推定される。近年、硝酸態チッソ濃度が低いレベルで推移しているが、アンモニア態チッソ濃度は相対的に増加傾向にある。このことは、紀伊水道では近年底層貫入が弱くなっていること、新生産の比率が低下し、逆に再生産が盛んになっていることを示している。

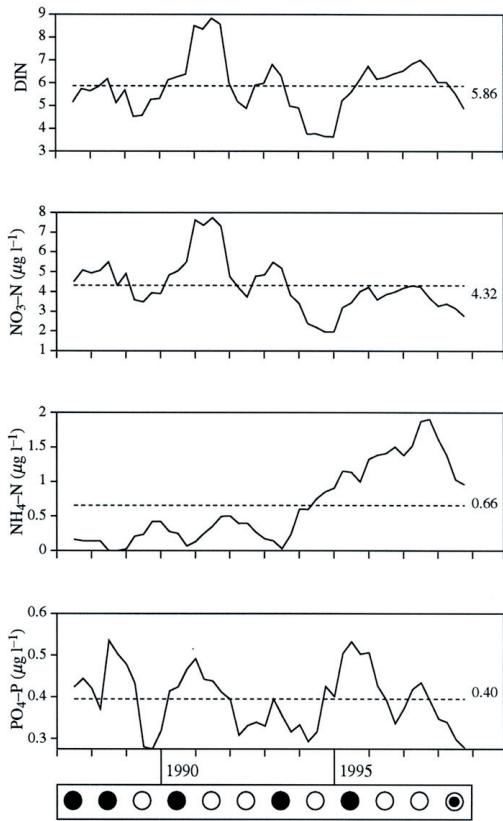


図-3 紀伊水道における溶存無機態チッソ、硝酸態チッソ、アンモニア態チッソ、リン酸態リンの経年変動。

2) 動物プランクトンの出現密度の経年変動

主として植食性を示すカラヌス目カイアシ類4属 (*Calanus sinicus*, *Paracalanus parvus* s.l., *Clausocalanus* spp., *Acartia omorii*) はいずれも1-3年の短周期で増減を繰り返しながら、近年次第に減少している(図-4)。それらの増減の変動はほぼ同時平行的に起っている。現存量において最も優占する大型カイアシ類の*C. sinicus*の年間平均出現密度は、水温並びに透明度と負の相関を示した。このことは、本種個体群は水温が低く、透明度の低い(植物プランクトン現存量が高い)年に増加することを示している。また、*Clausocalanus* spp.の出現密度も透明度

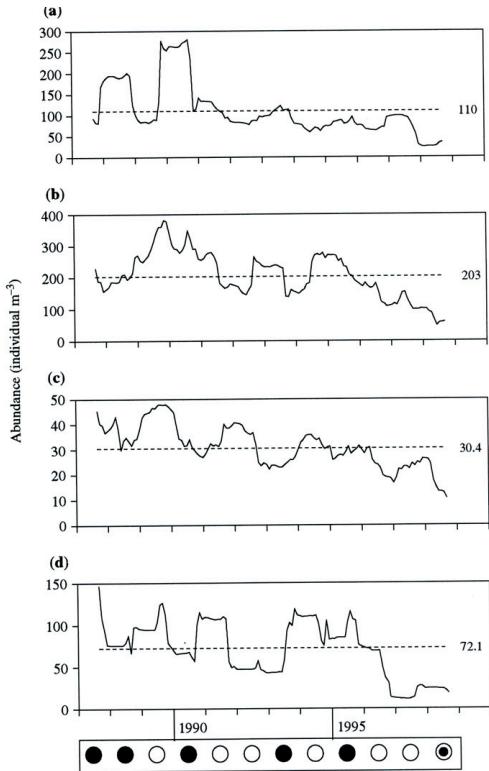


図-4 紀伊水道におけるカイアシ類の出現密度の経年変動。上から*Calanus sinicus*, *Paracalanus parvus* s.l., *Clausocalanus* spp., *Acartia omorii*。

の低い年に高くなることが示された。

雑食性や肉食性の強いカイアシ類3属 (*Oithona* spp., *Corycaeus* spp., *Oncaeae* spp.) は上記のカラノイダ目カイアシ類とは全く異なる変動を示した。主としてナノサイズの微小粒子を摂餌する尾虫類は1995年まで増加し、その後急激に減少した。肉食性のヒドロクラゲ類、ヤムシ類の密度は近年増加傾向を示した(図-5)。

3) 底層貫入と紀伊水道の生物生産

紀伊水道における12年間の底層貫入の強弱、栄養塩濃度、透明度、動物プランクトン出現密度の経年変動結果から、黒潮離岸年は底層貫入が強く、年間平均水温が低く、

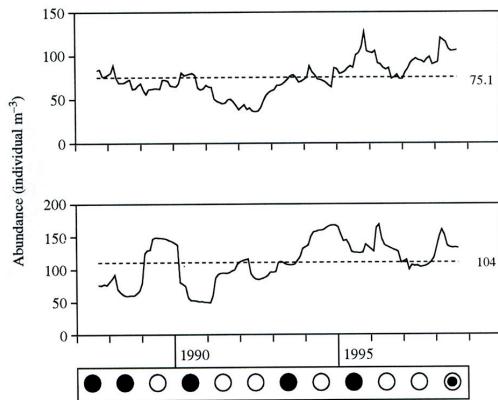


図-5 紀伊水道におけるヒドロクラゲ類、ヤムシ類の出現密度の経年変動。上からヒドロクラゲ類、ヤムシ類

栄養塩濃度が高く、透明度が低く（植物プランクトンの現存量が高く）、植食性カイアシ類個体群が増大することが明らかとなった。代表的なカイアシ類の *C. sinicus* の水温耐性の上限は22–23°Cであるので、水温の低い期間が相対的に長く、しかも餌となる植物プランクトンの豊富な年に個体群が増大する。これらの一連の変動は、底層貫入によってもたらされた外洋起源の栄養塩が紀伊水道の植物プランクトン生産を高め、さらに植食性動物プランクトンの生産を高めたことが原因となっていると説明される。一方、黒潮接岸年は底層貫入が弱く、外洋起源の栄養塩が輸送されないので、紀伊水道の低次生産は相対的に低くなることが明らかとなった。

近年は黒潮が接岸傾向にあり、底層貫入が全般的に弱くなっている。これに伴い、近年紀伊水道では新生産が弱体化し、再生産が優勢となっている。この影響は高次生産にまで及んでおり、年間漁獲量は漸減している。また、亜熱帯性の強いソディカ類の漁獲量が上昇しており、紀伊水道はより貧栄養な亜熱帯外洋的な環境、生態系に

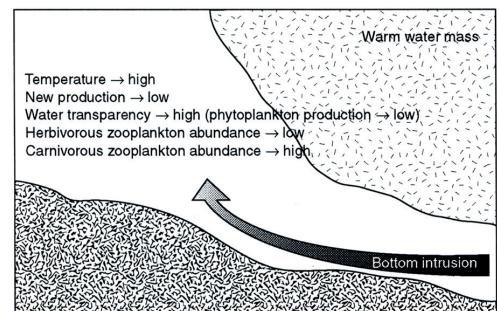
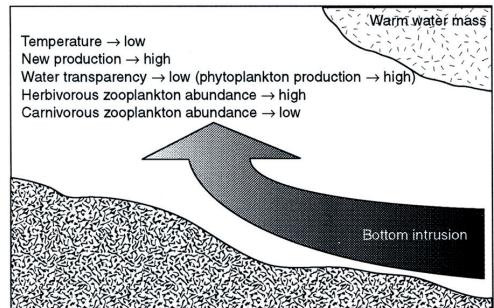


図-6 底層貫入が強い年（上）と弱い年の紀伊水道での環境要因、低次生産過程の違いを示す概念図。

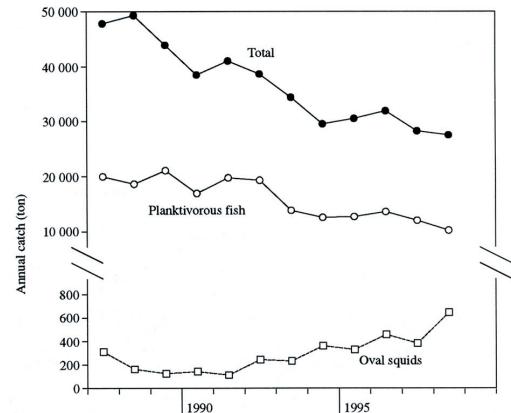


図-7 紀伊水道の年間総漁獲量、プランクトン食性魚類漁獲量、ソディカ類の漁獲量の経年変動。

なりつつある（図-7）。

本邦沿岸域から沖合の黒潮域を横切る定点における動物プランクトン群集構造として、沿岸域ではカラヌス目カイアシ類が優占するが、沖合になるにつれて *Oithona* 属、*Corycaeus* 属カイアシ類やヒドロクラゲ類

が卓越することが知られている。紀伊水道では近年後者が次第に卓越するようになつたことからも、環境はより外洋的な状態になりつつあると推定される。

4. おわりに

本研究を通して、紀伊水道の生物生産には外洋由来の栄養塩の供給が重要な役割を果していることが明らかとなった。その根本原因は黒潮の離接岸にあり、近年の接岸傾向が離岸傾向に変化しない限り、紀伊水道での貧栄養的環境は今後も続くと予測される。外洋由来の栄養塩は紀伊水道を越え

て大阪湾、播磨灘にも侵入する。また、瀬戸内海の西部入口である豊後水道でも同様な底層貫入が起り、外洋由来の栄養塩は伊予灘、周防灘に及ぶ。そうなると、瀬戸内海の相当部分の生物生産は外洋由来の栄養塩の影響を受けていると言つても過言ではない。

また紀伊水道ではこれまで少数しか見ることのなかったハリセンボンなどの熱帯、亜熱帯性魚類が定置網に多く混獲されるようになり、いわゆる地球温暖化現象が顕著となっていることも見のがせない。

「生きてきた瀬戸内海」－瀬戸内法30年－

瀬戸内海を守ろうという住民や漁民の声がおきなうねりとなり、1973年「瀬戸内海環境保全臨時措置法」、1978年には「瀬戸内海環境保全特別措置法」が制定・施行され、それからはや30年の歳月が流れ、2003年に法制定30周年の記念事業の一環として、この30年間に瀬戸内海の環境がどう変わったのか、変わらなかつたのか、そしてそれに瀬戸内法がどういう役割を果たしたのか、果たせなかつたのかを多様な人々の証言により多角的な見地から検証し、次代につなげようとする趣旨で作成しました。

もくじ

はじめに

- 第1章 瀬戸内法の施行前
- 第2章 瀬戸内法の施行
- 第3章 瀬戸内海の環境変遷
- 第4章 各種団体の取組
- 第5章 企業の取組
- 第6章 N G Oの取組
- 第7章 今後の課題・展開

さいごに

資料編

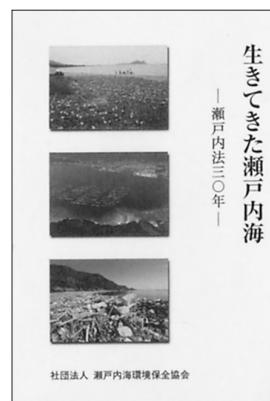
本の規格 A5版 縦書き 300ページ

価 格 (実費) 1,260円 (送料、消費税込み (本体 1,200円))

申込先 (社)瀬戸内海環境保全協会

〒651-0073 神戸市中央区脇浜海岸通1-5-1

TEL 078-241-7720 FAX 078-241-7730



瀬戸内海の望ましいかつ可能なリン・窒素濃度



山口大学工学部
教授 浮田 正夫

1. はじめに

与えられた課題は標題の通りであるが、大変難しい課題であると言わなければならぬ。なぜならば、かつてはリンあるいは窒素が水質汚濁ないし赤潮発生などの過剰な富栄養化を支配する因子として、機能している実感が確かにあったが、最近のすでに20年近く、これらの濃度や負荷量と、沿岸海域のCODや透明度などの有機汚濁の指標や生物生産性との関係が非常に見えにくくなっているからである。

本稿では与えられた課題の答えを出すことはあきらめ、入手しうる情報を利用させていただいて、問題点を整理し、指摘するにとどめたい。

2. 瀬戸内海等内湾水域の水質状況

環境省の資料から、瀬戸内海の赤潮発生の経年変化、COD等水質の経年変化を図-1、図-2に示す。1985年以降、透明度がやや増加し、赤潮が減少の傾向がある。また、この20年、窒素・リンはほとんど横這

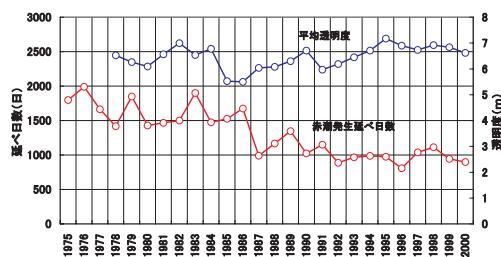


図-1 瀬戸内海の赤潮発生延べ日数と平均透明度の推移

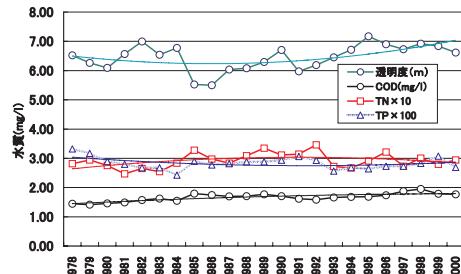


図-2 瀬戸内海の平均水質の推移

い状態であるが、CODは微増傾向にあり、透明度は微減傾向にあってもいいはずであるが、むしろ改善傾向にある。窒素、リンの濃度とCODが正相関の関係を示さないのは、例えば図-3の伊勢湾について示す

●略歴

1943年	生まれ（うきた まさお）
1967年	京都大学農学部農芸化学科卒業
1969年	京都大学大学院農学研究科修士課程修了
1969年	山口大学工学部助手、講師、助教授を経て
1989年	山口大学工学部教授
1991年	山口大学大学院工学研究科博士課程担当
1998年	山口大学大学院理工学研究科環境共生工学専攻兼任

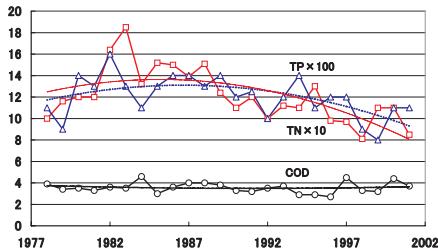


図-3 伊勢湾名古屋港の水質経年変化

ように、他の内湾域でも一般的に見られるようになっている。

瀬戸内海を灘別に見ていくと、東部では例えば、大阪湾北部はCOD, N, Pとも改善傾向であり、CODと透明度の関係も反比例的である。播磨灘北部はN, Pは微増傾向だが、1996年までCODは概ね減少傾向にあった。備讃瀬戸東部はPは微増傾向で、CODも微増傾向である。西部では例えば、広島湾はN, Pはほとんど横ばいだが、CODは微増傾向を示し、周防灘西部はN, Pは減少傾向だが、CODはむしろ微増傾向傾向にあり、伊予灘西部はNは微増、Pは微減で、CODは横ばい状態といったところである。

大阪湾北部は富栄養化レベルが比較的高く、概ね素直な水質経年変化の傾向を示しているといえる。一方、周防灘西部については図-4に示すように、最近の2, 3年を除いて、TPと透明度の間には概ね逆相関の関係が見られる。また1985年以降、CODが微増ないし横這いでも透明度が上昇する傾向が見られた。1982年、1988年にTP濃度が小さく、透明度が高めであり、1985年に逆の傾向を示すが、前者では年降水量が小さめ、後者では大きい(図-5参照)。面源負荷の影響がある可能性がある。また、宇和海の下波地点の夏季海水温が前

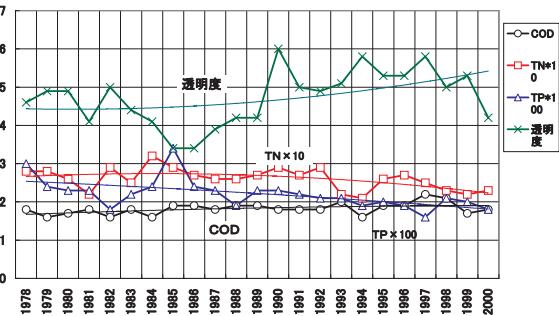


図-4 周防灘西部の水質経年変化

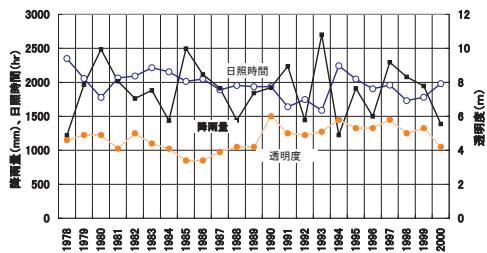


図-5 周防灘山口浅海定線調査透明度と気象データ

者で低め、後者1984や1985年は高めに対応している。外海水の影響があるものと思われる。工業地帯の影響を受ける宇和海の環境モニタリングのデータでは1987年頃からCODと透明度の対応がとれず、1990年前後に透明度が増加したが、その後1997年にかけて低下した。ただC海域のTP濃度とA海域の透明度の間に逆相関の関係が見られるのは興味深い。原因については発生源との対応が定かではなく確定できない。

3. 負荷量の状況

図-6には環境省の発生負荷ベースのデータからThOD (=ThOD = 3COD + 19.7N/2 + 143P/2) を示す。1984年以降、COD, TN, TPとも、わずかに減少が見られる程度で、ほとんど大きな変化がなく推移しているようである。

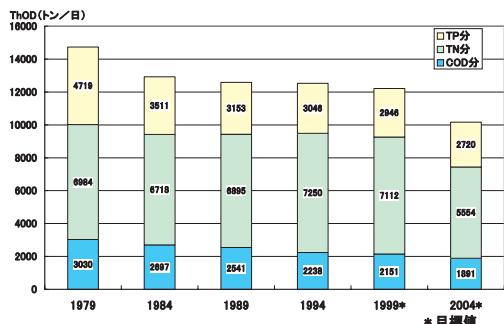


図-6 濑戸内海のThOD負荷の推移と目標値

4. 漁業生産量の状況

1965年から1985年の80万トンまで増加した生産量はその後減少に転じ、2000年には60万トン弱に低下している。中でも海面漁獲、貝類の減少が顕著である（図-7）。

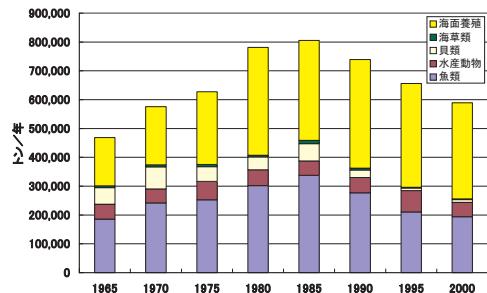


図-7 濑戸内海の水産生産量推移

図-8は瀬戸内海地域における発生負荷量と水産の水揚げによる窒素負荷の回収量を比較したものである。回収率は1980年に最大であったが、現在は再び低下している。山口県瀬戸内海区では1973年をピークにその後減少し、ノリ養殖も1978年の5億枚から2003年には1.4億枚に減少している（図-8）。富栄養化対策が裏目に出た形であり、施肥も再び検討される状況になっている。さらにこのところ深刻なのが、アサリの不漁である。周防灘は干潟面積率が2.5%あり、干潟環境の不調は重大な問題である。1983年の8千トン程度から最近は1千トン

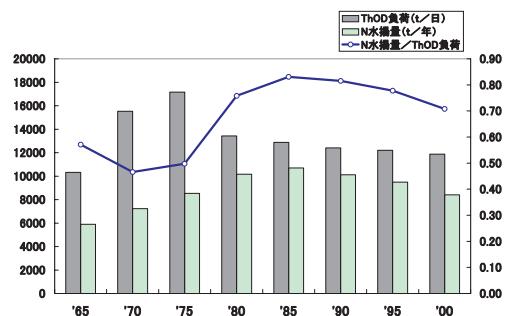


図-8 濑戸内海の有機汚濁負荷と水揚量の推移

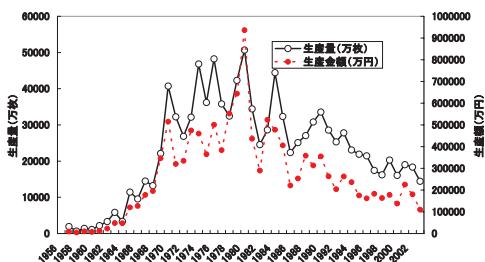


図-9 山口県におけるノリの生産量推移

前後まで落ち込んでいる。

5. 山口湾周辺の取り組みについて

山口湾には2級河川楓野川の河口を中心約344haの干潟があり、かつては豊かな漁場を形成していた。1972年に800トンの生産があったアサリは1991年以来ゼロになっている（図-10）。また干潟前面には広大なアマモ場があったが、現在は東側半島部沖合にごくわずかが現存する状況になって

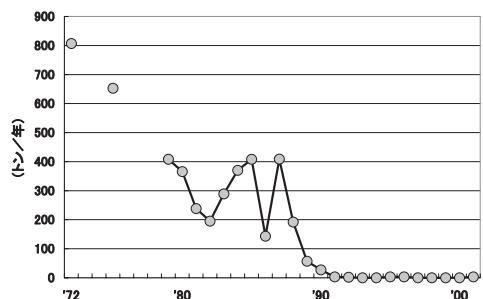


図-10 山口湾におけるアサリの漁獲量

いる。山口県では、2002年度に「やまぐちの豊かな流域づくり構想」を作成し、その実施課題の中で、河口干潟の環境回復を取り上げ、榎野川河口域干潟再生事業として環境省の自然再生事業に申請し、2003年度に採択されている。しかし回復を図るためには、不調の原因究明が不可欠であり、難問に直面している。アサリ不調の原因として、①富栄養化対策が進み、栄養不足になった可能性 ②環境ホルモン等化学物質の影響 ③乱獲の影響 ④その他（埋立や浅海部開発の影響、ダム・河川工事・護岸等の影響、農業形態変化の影響）などが考えられる。①に関しては、河川の栄養塩濃度がむしろ増加の傾向を示していること、地先海水の栄養塩濃度やクロロフィル濃度もわずかに減少の傾向があるもののさほど顕著なものではないことから、主因ではないようと思われる。但し、いま話題になっているケイ酸や鉄に関してはデータがとられていないので言及することはできないが、この点は今後の重要な課題であると考える。

榎野川河口干潟の場合には、干潟泥土の細粒化が顕著であることが確認されている。まず1956年の調査と1982年頃の調査を比較すると、明らかに干潟泥土の泥分率が大きくなっている。図-11に示すように、2003年の調査と1988年の調査と比較してもさらに微細化が進行している。

河口干潟部では、洪水時に浸食された土壤微粒子が、一旦海水の凝集作用により沈降堆積するが、上げ潮時には巻き上げられて、上流方向に移送されるという動きが繰り返されている。もしこのような土壤微粒子が細泥化のために、巻き上がりが大きくなり、當時濁度の多い状況になると、アサ

何らかの原因による
干潟底土の細泥化の
影響が大きいのではないか

↓
底土上層の水の濁りが
大きくなる。

↓
アサリの餌環境の悪化
アマモの光供給の減少

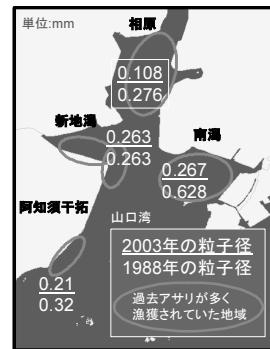


図-11 干潟底土の細泥土の傾向とその影響

リは微細粒子中のクロロフィル量の少ない効率の悪い餌をとることになり、生長できなくなる。また同様にアマモは光を十分に受けることが出来ずに衰退することになる。河口付近で測定した上げ潮から満潮にかけての干潟直上水のSSの粒度はメジアン径で6.7~9.7 μ, モード径8.1~8.3 μであった。直上水のChl.a/SSは120~330ppmで、表面水の660~930ppmに比較して低かった。

なぜ干潟泥土が細粒化したのかの原因については、①ダムや堰等による砂防、治水の影響で粗い砂の流出が少なくなったこと、②農業用水の用排水分離、機械化農業等の変化により細粒成分の流出が多くなったこと、③浚渫等の海岸工事の影響などが考えられる。著者等が降雨時河川水のSS粒度分布を調べた結果では、代掻き後の農業排水中のSSの粒度は10 μ周辺を中心に50~80 μの比較的粗い粒子が混ざるが、流下とともに10 μ以上の粒子は少なくなってくる。農地からの流出を調査した別の研究でも、田畠から降雨時に流出する土壤のメティアン径は概ね10 μ以下の微粒子である。浚渫土を阿知須干拓前に仮置きして、埋立地

に輸送した際の濁りが問題であったとかといふ話もあり、一概に農業排水が細泥化の主因であると結論づけることはできないが、農地からの微細泥の流出が主因の一つではないかと考えている。

6. おわりに

公表されている水質データなどを整理したが、詳細な検討はできなかった。かつて、1982年2月に、宇部地区で漁民や市民に対して、望ましい海域の水質に関するアンケート調査を実施したことがあるが、水産業から見れば、その当時の現状が望ましいレベルであるという結果を得ている。その後の漁業生産量の統計からみれば、1980年が瀬戸内海の生産のピークであったので、この結果はほぼ的を得ていたことになる。

これを図-4の周防灘西部の広域総合調査の年平均値に照らしてみると、窒素では $0.25\text{mg/l} \sim 0.30\text{mg/l}$ 程度、リンでは 0.025mg/l 前後、CODでは 1.7mg/l 程度に対応

する。

海域水質にかかる環境基準はCOD、DO、大腸菌群数等について1971年12月より設定されている。また、窒素・リンについては1995年～1998年に瀬戸内海全域について類型指定がなされている（表-1）。上記の値はほぼ窒素・燐の環境基準のII類型すなわち窒素 0.3mg/l 以下、リン 0.03mg/l 以下、あるいはCOD基準についてはA類型に対応している。しかし沖合でI、II類型あるいはA類型であるということは、排出源に近い沿岸域では当然III類型ないしそれ以上の水域があってよいことになる。

一方、身近な海で海水浴を楽しむことを保証するとすると、CODでは 1.5mg/l 以下、窒素・リンでいうとI類型それぞれ 0.2mg/l 以下、 0.02mg/l 以下に近い水質が望ましいと言うことになる。最近、ノリに施肥をしたいという要請も出てきているが、工場排水や下水処理場の水質を規制して、ベースの水質は改善しながら、必要最

表-1 海域の窒素・リン等水質環境基準

類型 項目	利用目的の適応性	基 準 値		備 考 COD環境基準
		全窒素	全 燐	
I	自然環境保全及びII以下の欄に掲げるもの (水産2種及び3種を除く。)	0.2mg/l 以下	0.02mg/l 以下	A 2 mg/l 以下
II	水産1種 水浴及びIII以下の欄に掲げるもの (水産2種及び3種を除く。)	0.3mg/l 以下	0.03mg/l 以下	
III	水産2種及びIVの欄に掲げるもの (水産3種を除く。)	0.6mg/l 以下	0.05mg/l 以下	B 3 mg/l 以下
IV	水産3種 工業用水 生物生息環境保全	1 mg/l 以下	0.09mg/l 以下	

備考1 基準値は年間平均値とする。

2 水域類型の指定は、海洋植物プランクトンの著しい増殖を生ずるおそれがある海域について行うものと

注1 自然環境保全：自然探勝等の環境保全

注2 水産1種：底生魚介類を含め多様な水産生物がバランス良く、かつ、安定して漁獲される
水産2種：一部の底生魚介類を除き、魚類を中心とした水産生物が多獲される

水産3種：汚濁に強い特定の水産生物が主に漁獲される

注3 生物生息環境保全：年間を通して底生生物が生息できる限度

小限の施肥を行うことは、全く許されないことではないだろう。

海域水質と汚濁負荷量の間の関係については、必ずしもリニアな関係が見られるわけではなく、政策に使われている発生負荷量がかりに一定であっても、降雨量による面源負荷の変動、外海水の影響の変動などの影響で、海域水質は相当大きな変動を示す。これらの研究も重要である。また、重厚長大型から高付加価値型への産業構造の変化があるので、発生源構造と関連づけた負荷量解析も求められるところである。

前章で触れたように、ここ20年以上窒素・リンとCOD、CODと透明度の間の関係はそれまでとは変化しているようで、温暖化の影響による生物種の変化、窒素・リン以外の栄養塩、たとえば鉄やケイ酸などとの相互作用、その他治水防災等開発による細泥化や栄養塩供給阻害の影響などの、他の要因が相対的に重要性を増しており、これらに関連した研究の進展が待たれるところである。

参考資料

- 1) 環境省、瀬別水質の推移など、せとうちネット http://www.seto.or.jp/seto/kankyojoho/sizenkankyo/top-data/01si_hyo4-4.htm
- 2) 山口県水産部、山口県瀬戸内海側の水温・塩分・透明度、うみなりネット http://www.uminari.pref.yamaguchi.jp/html/kansoku_yg.htm
- 3) 下関地方気象台、きのうまでの観測資料、<http://www.data.kishou.go.jp/index81.htm>
- 4) 愛媛県水産試験場、日別水温（5m）、http://www6.ocn.ne.jp/~aisuishi/m1/m1_4/m1_4.htm

総量規制専門委員会における審議状況について

環境省環境管理局水環境部閉鎖性海域対策室
室長補佐 秋山和裕

はじめに

前回（第39号）、「閉鎖性水域の水質保全」と題して、中央環境審議会水環境部会総量規制専門委員会における審議の内容について述べたところである。本編ではその後の専門委員会における審議内容から、水質汚濁メカニズムに関することについて紹介する。

1 指定水域の水域面積当たりの汚濁負荷量と濃度

各指定水域の水域面積当たりのCOD汚濁負荷量と水域の平均COD濃度の関係を図-1に示す。

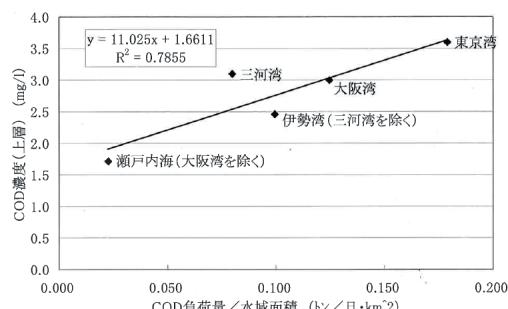


図-1 水域面積当たりのCOD負荷量とCOD濃度

各水域の状況が大きく異なるので、現状から汚濁負荷を削減すれば図の左下に向かうかどうかをこの図のみで語ることはできないが、この図は水域面積当たりの汚濁負荷が多いことが指定水域の汚濁の大きな原因であること、そして各水域によってその状況が異なることを示している。

なお、水域面積の代わりに水域の水容量にとっても、CODではなく窒素、りんについても同様な結果が得られる。

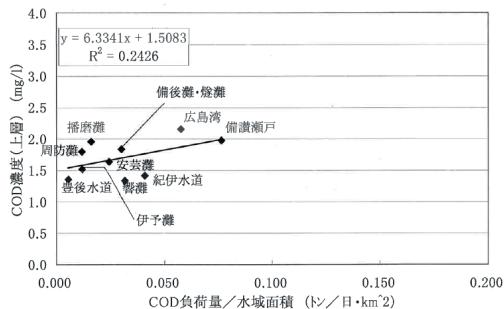
また、瀬戸内海（大阪湾を除く）が図の左下に位置しているが、瀬戸内海（大阪湾を除く）は他の水域に比べ、平均的には汚濁負荷削減の効果が現れにくいことも示している。

試みに瀬戸内海（大阪湾を除く）を湾灘別に整理し、水域面積当たりのCOD負荷量と水域平均COD濃度の関係を見てみると図-2のとおりとなり、それほど高い相関は得られなかった。ただ、回帰直線の下側に位置する水域は外洋に近いものが多く、水域の閉鎖性が閉鎖性水域の水質に影響を及ぼすことが窺えた。

●略歴



1958年 生まれ（あきやま かずひろ）
1981年 神戸学院大学薬学部卒業
同年 兵庫県入庁
2004年 現職



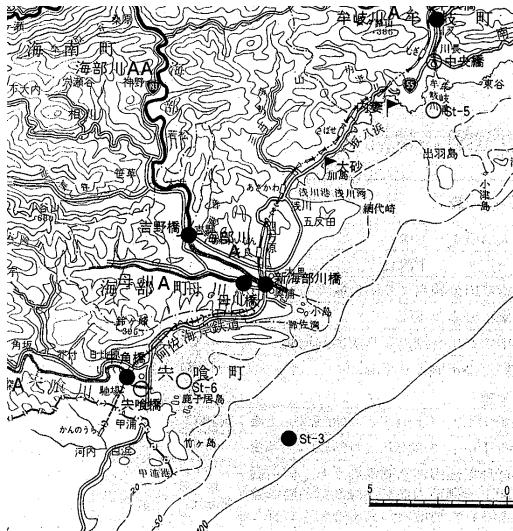
図－2 水域面積当たりのCOD負荷量とCOD濃度（大阪湾を除く瀬戸内海）

2 指定水域の外洋のCOD

瀬戸内海（大阪湾を除く）のCOD濃度レベルは東京湾等に比べると低いため、外洋の濃度変化の影響を受けやすいと考えられた。

そこで、水質汚濁防止法に基づく常時監視における太平洋沿岸の測定データを検討したところ、徳島県南部沿岸域St-3地点が概ね外洋と考えて良いのではないかと思われた。

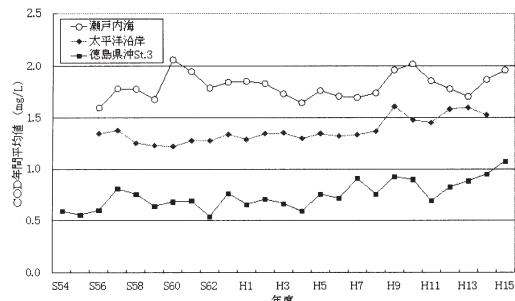
St-3地点は陸岸から3km余り離れており、水深は100m弱ある。また、濃度レベルも



図－3 徳島県南部沿岸域St-3地点の位置
(徳島県水質測定地点図より作成)

低く毎月測定のCOD値等の変動も少ない。位置図は図－3のとおりである。

また、太平洋岸に沿って北上する流路に近接する鹿児島県、宮崎県、大分県、高知県、徳島県、和歌山県、三重県、静岡県及び神奈川県の沿岸の常時監視地点（150地点）のCOD年平均値を整理した。これらのデータと瀬戸内海の平均CODを対比した（図－4）。



図－4 瀬戸内海及び太平洋沿岸のCOD

徳島県St-3地点の年平均CODは昭和50年代半ばには0.6mg/l前後であったが、20年余りの間に0.3～0.4mg/l増加している。また、太平洋沿岸150地点の平均CODも0.3mg/l前後増加しており、外洋のCOD濃度が増加している可能性が認められた。

瀬戸内海全体の平均CODは20年間で0.2mg/l余り増加しており、外洋のCOD濃度上昇が瀬戸内海全体の平均COD増加の一因となっていることが示唆された。

おわりに

今後、非定常モデルによる水質予測シミュレーション（東京湾を対象）の結果を示す等により、水質汚濁メカニズムについてさらにご議論いただき、第6次総量規制の在り方についての報告案をまとめたいと考えている。

研究論文

< 風景の瀬戸内海 33 >

紀行文に見る風景 (13)

奈良県立大学

教授 西田正憲

はじめに

瀬戸内海の旅の記述を残した紀行文は数多い。このシリーズではこれらの紀行文を紹介し、瀬戸内海の風景がどのように捉えられていたかを見てみたい。第13回は近世の『西遊草』『藤井此藏一生記』『塵壺』『上京日記』をとりあげる。（紀行文の番号はシリーズ初回からの通し番号とする。）

今回は、前回に引きつづき、幕末の紀行文の紹介である。前回、川路聖謨が近代の視覚を示していたと述べた。今回紹介する清河八郎もまた、伝統的風景にとらわれながらも、瀬戸内海の新しい近代的風景を堪能していた人であった。1855（安政2）年、清河八郎は、須磨、舞子、明石、加古川、高砂などと歌枕や名所旧跡を一通り訪ねるが、名所というものは実際に見てみると聞いていたより劣るものだという感慨を素直にもらしていた。

この近代の視覚をもった人物はまた一方で開国の嵐に巻きこまれる人物でもあった。この時代、わが国は外には海外列強の脅威にさらされ、内には尊皇攘夷の動乱がうず

まきはじめていた。近代の視覚をもつ人々はそれなりに社会で活躍し、否応なく時代の潮流に飲みこまれていく人々であった。

今回、紹介する紀行文の4人の著者は、幕末の動乱に直接巻き込まれる人や、動乱を現実味をもって記述した人である。『藤井此藏一生記』は厳密には紀行文ではないが、瀬戸内海の幕末期をよく著しているので、ここに紹介することとした。

83. 西遊草（1855 清河八郎）

清河八郎（1830-63）は庄内藩（山形）の郷士の長男として生まれ、18歳で江戸に出て、古学の東条一堂の塾で文を学び、北辰一刀流の千葉周作の道場で剣を学ぶ。この間、長崎、蝦夷地、京都などへ旅行を重ね、見聞を広める。八郎はやがて自ら塾を開くが、熱烈な尊王攘夷論者となり、1863（文久3）年、浪士組編成の中心人物として、上洛を果たす。浪士組はのちの新選組の母体である。八郎はその後近藤勇、土方歳三らと対立し、決別して東帰する。同年江戸に戻り、横浜外国人居留地の焼打ちを

●略歴	1951年	京都府生まれ（にしだまさのり）
	1975年	京都大学農学部大学院造園学修士課程修了。環境庁入庁。 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

計画していたが、幕府の刺客に暗殺される。

八郎は幕末の過激な志士のイメージが強い。しかし、広く学をおさめた俊才であり、また、親孝行な息子でもあった。1855（安政2）年、故郷に帰ったおり、母の願いをかなえて、伊勢参りに連れだすことをいたつ。3月に庄内をたち、信州の善光寺参りをし、4月に伊勢参りをすませ、奈良、京都、大坂の三都をへて、5月に瀬戸内海巡りを行う。その後、再び大坂、京都をへて、6月に天の橋立まで足をのばし、帰路は東海道をとって7月に江戸にいたり、8月に日光、白河をへて、9月に帰郷する。約半年の全国行脚の旅であった。

瀬戸内海は、陸路を大坂、須磨、明石、岡山、瑜伽と進み、そこから海路をとって金毘羅、厳島、岩国へと向かい、岩国から引き返して海路で鞆、牛窓、室津へと航行し、室津で上陸、大坂にもどっている。『西遊草』は現代語に訳されているので、以下それを引用したい。

八郎はまず須磨、舞子、明石、加古川、高砂と名所巡りを行う。この辺りは一大名所遊覧の地であった。

「清盛塚に立ち寄る。それから案内の者を雇って須磨寺の宝物を見る。三の谷の茶店では敦盛蕎麦を商う。その呼び声が面白かった。それから仲哀天皇の陵と伝えられている千壺古墳を見た。この辺を舞子浜といつて景色がよい。明石の人丸神社に参詣し、それから二里半歩いて長池にいたり、明石屋に泊まる。（中略）少し歩み、渡し場を越え、別府（加古川市）の手枕の松を見物する。（中略）半道ばかり行くと、松林の中に天神の宮があり、その傍に加古の松がある。（中略）少し歩み、世に名高い

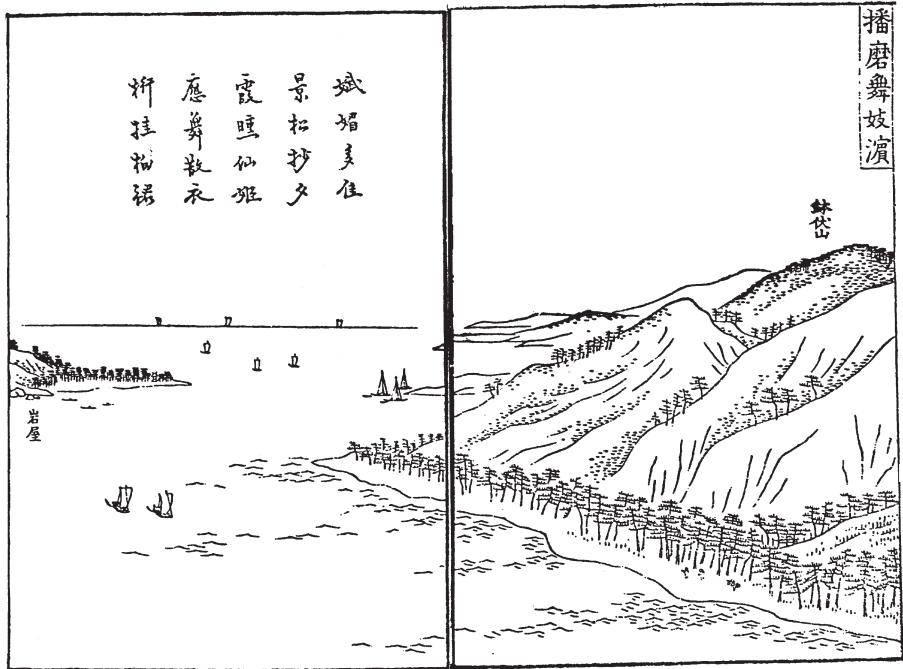
尾上の松を見物する。（中略）社殿の前にある尾上の鐘は古今に珍しいもので、鐘の色といい角星つのぼしといい音響といい、天下無双である。十二、三丁歩み、高砂の津にいたる。（中略）ここに高砂の松がある。（中略）三十丁ばかり北に向って歩み、石の宝殿にいたる。この辺はどこも石山で松の木が茂り、まことに珍しい景色である。（中略）十八丁ばかり左の方に入り、天神社境内の曾根の松を見る。」

八郎はその後、書写山や片上の風景をめで、徐々に瀬戸内海の新しい風景の真髄に迫っていく。瑜伽山蓮台寺に登り、備讃瀬戸の多島海をはじめて眺めて、目が離せないと感動する。

「本殿の左のわきに三重塔がある。ここからは讃岐の金毘羅山や讃岐富士、それに四国の海辺がことごとく見渡される。海の中を白帆が往来し、景色がすぐれてよろしく、目も離されぬ風景である。大坂以来初めて島々が連なっている景色を眺めたので、目を離すことができないのであろう。」

丸亀や金毘羅山からの風景もたたえ、多度津から宮島に至る海路では、芸予諸島がいわゆる瀬戸内であり、天下一の名勝だとしるす。自然景や人文景をほめたたえる。

「また走ること五里ばかり尾道の沖にいたる。これより左右に群島が連なり、いわゆる迫門せとうち内で、天下第一の名勝である。どの島にも村があり田畠がある。大島・小島が相交っている。山や浦の景色はあるいは岩石がそびえ、あるいは松の木がおい茂り、堂塔寺院などの建物も所々にそばだち、呼び声のとどかない島もなく、その間海水が青々と広がり、波は静かでまるで鏡の上を走るようである。往来する白帆または釣舟



舞子浜 (淵上旭江『山水奇觀』1800)

や網舟が点々として海の上に広がり、舟が進むにつれて景色が種々に変化し、まことに珍しい舟の旅である。」

そして、宮島に着き、名所というものは実際に見てみると聞いていたより劣るものだと感慨を素直にもらすが、しかし、宮島だけは別格で、母が喜んでくれて良かったと酔いしれる。

「すべて天下の名所は家に居て話を聞くときはまことに面白いものだが、自分でその場所に行ってみると、どこも聞いていたより劣るものだ。けれども宮島は聞きしにまさる見事な有様だと母が喜んで語られるので、これまで遠く誘って来た甲斐があったと、心中喜んで格別酔ってしまったのである。」

宮島の厳島神社は、海上に浮かぶ楼閣であり、日本三景というのは当然だと絶賛する。

「すべて本社をはじめ回廊・客殿・舞殿ともに砂浜の上に建ててあるから、潮の満ちて来るとときは社殿の床の下まで海水が押し寄せ、まるで波の上に楼閣が浮かんでいるようである。（中略）我が国の三絶景の一といふのももっともある。」

八郎はその後も瀬戸内海の海路を楽しむ。老いた母を連れた船旅でも、おだやかな瀬戸内海では心地よかったです。

「西南から順風が吹いて來るので、未だ明けきらぬうちに白帆を高く引き揚げる。走ること飛ぶようで、まことに快い。迫門うち内のことゆえ、午前中は潮の逆らいのため舟が動搖し、風の力も及ばず、船足もはかどらなかったが、川尻辺からは流れも立ち直り、順風いよいよ盛んになり、帆を半分ばかり揚げて走る。迫門内の海の色もそれを取りかこむ山々の形も、舟の走るにしたがって瞬時に変化し、まことに珍しい境

地となる。」

八郎は、船から見る風景は珍しい境地だと、瀬戸内海の流れる風景を堪能していた。

84. 藤井此蔵一生記

藤井此蔵（1808－76）という愛媛県沖の大三島井口で生涯を送った人物がいた。井口は今ではフェリーの小さな港となっている。此蔵は宮大工もこなす一介の農民であった。しかし、此蔵はこの穏やかな大三島から、激動の維新をしっかりと見つめていた。彼の手記には感動をおぼえざるをえない。

幕末の1854（嘉永7）年、大坂の天保山は震憾する。ロシアの提督プチャーチンひきいる軍艦ディアナ号が摂海（大阪湾）に侵入し天保山沖に停泊したのである。アメリカのペリー艦隊の黒船が浦賀に押しよせた翌年であった。

大阪港の中心地でいまも築港と呼ばれる天保山は、天保年間に安治川河口の浚渫土砂を積み上げてできた場所であったが、天保山百景と名付けられた花見や雪見や遊船ができる行楽地となっていた。天保山は名所として広重の浮世絵版画などにはよく出てくる所であった。

ロシア軍艦侵入のニュースはまたたく間に瀬戸内海を走る。大三島の百姓の此蔵は手記に次のようにしるしている。

「秋大坂川口へ異国船来る。ヲロシイヤ船と申事也。紀州より泉州、摂州、播州、浦々御固め被仰付、並大坂天保山迄陣取に相成、諸国御大名方に騒動有之。是に准して下々も大に騒しく候。」

その後も瀬戸内海は下関事件、英米仏蘭の四国連合艦隊の下関攻撃、大坂開港市と兵庫開港を求める連合艦隊の摂津沖集結と震

憾しつづける。瀬戸内海は近代黎明期の舞台のひとつであった。瀬戸内海という海の道は異国に直接つながる道でもあったのである。

85. 塵壺（1859 河井継之助）

1859（安政6）年、越後（新潟県）長岡の武家の河井継之助（1827－1868）は江戸から備中（岡山県）に遊学し、さらに四国と九州を巡遊し、その記録を日記『塵壺』として残す。

継之助は26歳で江戸に上り、齊藤拙堂、古賀茶溪らの門に入り、また佐久間象山にも一時学び、海外事情にも通じる。33歳にして再び江戸遊学を果たすが、江戸には適當な師が見当たらず、備中松山（岡山県高梁市）藩士の陽明学者山田方谷を頼った。方谷の所で学んでいた松山滞在中、方谷が江戸への旅に出たおり、見分を広めるため、さらに四国と九州の旅についた次第である。

継之助は、その後、長岡藩の奉行、年寄役と昇進し、藩政の大改革を推進する。1868（慶応4）年、家老上席となり、戊辰戦争の北越戦争で幕府派の軍事総督として指揮官となるが、長岡城の攻防で官軍に敗れ、重傷を負って会津塩沢で没する。

備中松山への遊学では、継之助は、江戸をたって、大坂から陸路で瀬戸内海沿岸に入る。有馬、兵庫、高砂と名所遊覧を行い、赤穂、岡山を経て、松山（高梁）に到着する。

その後の四国と九州の旅では、瀬戸内海に関しては、陸路を高梁から玉島へと進み、海路で丸亀に着き金毘羅参りを行い、再び海路で多度津から鞆の浦、三原へと航行し、上陸して途中宮島に立ち寄りながら陸路で

下関に到っている。博多、長崎、熊本などを訪ねたのち、帰路の瀬戸内海では、海路で下関から鞆の浦に到着、鞆の浦から陸路で松山にもどっている。

継之助もまた、兵庫、須磨、舞子、明石、高砂と一通りの名所遊覧を行う。当時のこのような際立った名所が、近現代にはいとも簡単に破壊され、歴史の連續性を裁断されていくわけである。

「兵庫を立って、築島を見、清盛の墓を尋ね、須磨寺を右に見て、敦盛の墓へ謁し、一ノ谷を通り、舞子の浜へ掛り、松林の景、面白き事なり。明石（松平家、十万石の城下町）に到り、忠度（平忠度）の墓を見て、人丸の社に登る。好風景なり。城の堀際へ下る。淡州（淡路島）、前にあり。須磨の浦よりは三里、明石よりは一里、望遠鏡にあらざるも、家並までよく見ゆ。此の辺りの風景、名あるも宜なり。淡州の大なるには、案の外なり。明石より浜辺へ出、始めに手枕松を見、松原を過ぎて浜の松を見、尾上の松と鐘とを見て、高砂に到り、宿す。高砂は姫路領にて、家数も余程あり。舟付（着）故、賑かなり。朝立って松を見、船付の様子を伺い（窺い）石の宝殿を右に見て、曾根の天神を拝し、松を見る。古木は六十年計り前に枯ると。屋根掛りて、其の古き事、實に神代の物かと思わる。播州は實に松の名所なり。名ある松は云うに及ばず、其の外、松林の奇麗、殊に海辺故、別して面白し。」

しかし、継之助もまた、西へ進むにつれて、瀬戸内海の新しい風景に目覚めていく。玉島の円通寺から見る多島海は今までに見たことのない快調の風景だとする。

「円通寺へ行く。右は山の頂にあり。禪

寺にて、庭にて大石、古松、遠く讃州諸山を見、近く諸島、小島を見る。曾て見し富士に、擬す可き程に思う。暫く石上に休う。久しく斯かる快調の風景を見ざる故、別して面白き樂しみなり。」

継之助は芸予諸島を船で走り、多島海に停泊する夜の風景もよいとする。

「潮と、向風との為、さなぎ（佐柳）と云う島に船を掛くる。惣じて此の間、島々多し。何れにても四方島の中に居る様の所多し。尤も夜は好く、風景は愛す可し。」

鞆の浦では福禪寺対潮楼の風景を絶賛し、保命酒を楽しんだりしている。

「海に臨める座敷、対潮楼とて名高き処なり。前に泉州山とて、面白き山あり。此の山の左右より湊に入る。實に庭のごとく、此の樓は絶景なり。対潮樓の額は、朝鮮人の筆なり。堂の額、海岸山の字も唐人の書なり。又、祇園の社へ登る。これ亦、好風景なり。」

その後、継之助は宮島に着き、弥山の山頂に登り、中国、四国、九州を見渡し、広闊な俯瞰景を楽しむ。

「此の山、十八丁にて、寺あり、宮廻りとて更に頂に登り見るに、広島始め古江・五日市・廿日市、地ノ御前、眼下に見下す。此の島隨一の高山故、四方見晴しよく、中国、四国、九州の山かと思う遠山も見え、頂上は大石数々ありて、すこぶる険阻なり。」

継之助の文章は、全体に「風景面白し」「風景好し」などの言葉があふれ、じつに清々しい。

86. 上京日記（1861 野村望東尼）

野村望東尼（1806—1867）は福岡藩士の三女に生まれ、同じ藩士の家に嫁ぎ、歌人

となった人物である。「ぼうとうに」ともいう。本名はもと、号を招月、向陵という。54歳で夫に死別し、尼僧となるが、勤王の志が厚く、波乱の生涯を送る。56歳で上京、都で堂上名家と交わり、帰国後、福岡の自らの山荘に高杉晋作らの志士をかくまう。59歳のおり、勤王弾圧で自らも捕らわれ、玄界灘姫島の座敷牢に幽閉となるが、高杉晋作に助けられて脱出、下関へ逃れ、さらに三田尻へと移り、62歳で病没する。

望東尼の勤王の志は幼少の頃からの都への憧憬に端を発していた。1861（文久1）年、長年の夢であった上京をついに果たす。その紀行文『上京日記』の冒頭に次のとおりしるしている。

「をさなかりし頃より、一度は百敷の大宮を拝し奉り、序に都の花・紅葉・名所・古跡をも見ばやと、常に忘るゝ時もなかりけり。」

福岡からのこの上京で、望東尼は瀬戸内海を海路で下関、沖家室、御手洗、多度津へと進み、金毘羅と善通寺に参り、再び多度津から海路を沙弥島、兵庫へと進み、兵庫で築島、摩耶山、和田岬などをまわって、大坂へといたる。

『上京日記』は歌人の紀行文だけあって、雅文調で随所に歌枕を詠む和歌を入れているが、そんな中で、風景や道中の様子を詳しく捉えてもいる。御手洗から多度津に向かう途中、船中から山並みや島々の風景を捉えて次のとおりしるす。

「さて四国の山々遠く見て、めぐりには小島いくつともなく見ゆれども、名もきゝあへず。大岩をすゑたるやうなり。つくしの鳥帽子机島など思ひてなつかし。おなじく四日のあかつき、はなくりをすぎて、い

はきの港に至る。家あまたあり。追風いやましに吹く。数知らず見ゆる島々国々もきゝあへず、たゞはしりに走れば、きぬ引かづきてねたる間に、二十余里を経て、はや多度津に着くぞといふをきゝて、やをら起出て見る。」

また、沙弥島から備讃瀬戸を進む航海の様子もよくわかる。おだやかな海にこのうえない心地よさを感じている。

「夕ぐれがた、シヤミしまに潮待つ間に、いさゝか追風ふき来て、亥の時ばかり備前の小つちのなだにゆく。明けゆくまゝに風静まり、舟人どもくるしがりて漕ぐ。やうやうあけゆくまゝに、朝日はなやかにさしりて春の如し。やがて追風やはからにふく。すこし帆をひらきてゆくともおぼえず。波のかしら白きところもなく、えもいわず心地よし。」

その後、船中から、高砂、淡路島、須磨などの名所を見て、また、紀伊の吹上浜、玉津島など遠く見えない名所にも思いをはせて、和歌を詠みながら航行していく。

参考文献

- (1) 小山松勝一郎編訳（1969）『西遊草』
平凡社
- (2) 谷川健一編集（1970）『日本庶民生活史料集成第16卷』三一書房
- (3) 安藤英男校注（1974）『塵壺一河井繼之助日記』平凡社
- (4) 古谷知新編輯（1919）『女流文学全集第三卷』文芸書院
- (5) 磯邊實校注（1943）『野村望東尼 上京日記 姫島日記』文友堂書店

瀬戸内海誌創刊十年にあたって －協会機関誌私史－

瀬戸内海編集委員会
委員長 久野 武

今年は本誌設立十年にあたる。十年一昔というが、本稿では本誌発行の意義と成果、そして今後の課題について、その前身時代も含めて筆者なりに総括しておきたい。

市民・住民の湧き上がる熱気の中で（逆にいえばすさまじい瀬戸内海の環境破壊が極限までに達したなかで）誕生した瀬戸内海環境保全臨時措置法（現・特別措置法）やその他の公害諸法による規制、そして企業の努力の結果として、激甚な公害事象が一応は沈静化し、さらにはオイルショックが襲ったことにより、環境熱が退いていった。三年の时限立法だった臨時措置法で定められるはずの瀬戸内海環境保全基本計画もそうした情勢の中で策定は難航し、臨時措置法は二年間の期間延伸となった。

こうした流れに危機感を覚えた自治体の環境部局が、地域で地道な環境保全活動をつづけてきた漁業団体や衛生団体と語らい、環境庁瀬戸内海環境保全室（以下「瀬戸内室」と略す）のバックアップのもと結成されたのが社団法人瀬戸内海環境保全協会

（以下「協会」と略す）であった。

協会の設立総会は1976（昭和51）年12月（1977（昭和52）年1月内閣総理大臣の設立許可）に開催され、以降事務所を神戸市とし、数名ながら専従職員を置き、活発な活動を展開していった。

協会設立の意図を筆者なりに後知恵で解釈しておくと、まず第一は環境庁、自治体環境部局、漁業団体、衛生団体の意思疎通を図るとともに、一致団結して瀬戸内海知事・市長会議とともに恒久法としての臨時措置法後継法制定のため、関係各方面にさまざまな働きかけを行うことであった。そして翌1978（昭和53）年4月に瀬戸内計画は閣議決定され、同年6月に現行瀬戸内法が制定された。

第二に瀬戸内海の重要性を科学的に立証し、瀬戸内海研究を深めていくことであった。協会は環境庁瀬戸内室の委託調査を一手に引き受け研究者をそれに向けてアドホックに組織した。

第三は瀬戸内海の科学的知識を普及啓発し、それにより会員さらには市民・住民の

●略歴



1944年 京都生まれ（ひさの たけし）
1967年 京都大学卒業後厚生省入省（のち環境庁－現・環境省）
1996年 環境庁環境研修センター所長を最後に環境庁退官。
関西学院大学総合政策学部教授に就任し今日に至る。

瀬戸内海の環境保全への思いを醸成することであった。

このためいちはやく刊行されたのが会報「せとのうみ」であり、創刊は1977（昭和52）年11月で、以降年二回のペースで発行された。創刊号の事務局の編集後記には「…この「せとのうみ」は“瀬戸内海はひとつ”というスローガンのもとに設立された（社）瀬戸内海環境保全協会が、各地で活躍されている会員の皆様の現況をお知らせするとともに、一般住民の方々に対しても瀬戸内海の環境保全について一層認識を深めていただるために発行しました…」（強調部分筆者）とあり、漁業団体、衛生団体メンバー等への啓蒙の武器として有効に活用されていった。

また、協会はその翌年には「瀬戸内海の歴史と文化」を皮切りに瀬戸内海文化シリーズの発刊を開始、さらには毎年発行されている「瀬戸内海の環境保全資料集」もこの年にはじめて刊行したが、これらも同じ意図であろう。

さて、以上は筆者が直接かかわっていない草創期のことである。

筆者が瀬戸内室長として在籍した平成前夜から初夜の頃のことに稿を移そう。

当時協会は財政的な苦境に陥っていた。協会の財源は社団法人であるから専ら会費である。バブル景気で物価上昇がつづいているにもかかわらず、環境行政低迷期といわれていた時期であり会費値上げは到底不可能であった。さらには協会の研究活動を支えていたのは環境庁の委託費であったが、実際の調査研究業務を行っていたのは協会のスタッフではなかったことから、そうしたコーディネートのみを行う認可法人への

委託は好ましくないので漸減するよう財政当局からの圧力が強まってきた時期である。

こうした時期に協会に来られたのが故・伊藤光一常務であった。逆境をバネに飛躍を図るべく、獅子奮迅の働きをされ、筆者はそのド迫力に圧倒され幾分かのささやかなお手伝いをさせられた。

氏が構想されたのは瀬戸内海に立地する企業を工場事業場単位で賛助会員とし、広く薄く賛助会費を集めることであり、そのための武器として瀬戸内海に関する科学情報誌を発刊することであった。そのため行政、研究者、企業人（賛助会員）からなる編集委員会を組織し、企業人（賛助会員）も多く執筆陣に加わることにより、産業界にも役に立つ科学情報誌を創刊するというものである。その目論見はあたり、200近い賛助会員を確保し、協会の財源も安定するに至った。編集委員長として藤井正美先生の担ぎ出しに成功、以降氏と藤井先生の二人三脚で機関誌構想は軌道に乗り出した。また、研究にも精通した人材ということで協会に北村弘行博士をスカウトするなどの布陣も敷かれた。

かくて創刊されたのが機関誌「瀬戸内海科学」である。創刊号は1989（平成元）年5月の発行で、筆者も「瀬戸内海環境保全基本計画十年の総括」を寄稿しているが、さまざまな瀬戸内海関連の研究論文が誌面を飾り、伊藤氏と藤井先生の意図が誌面の隅々まで読み取れるものであった。編集後記には「瀬戸内海の環境に関するものは瀬戸内海全域の環境を常に科学的にとらえ、環境保全の目的を達成しながらその科学性が世界の海に貢献することを期待したいと思います。そんな思いを込めて瀬戸内海科

学が発刊されました。（改行）本誌は協会の科学機関誌と位置づけられています。瀬戸内海の環境に関心をもつ人々が色々な立場で参画して会員相互の環境科学知識を交換し合って理解を深め合いたいと思っています。」（強調部分筆者）とあり、以降年三回刊のペースで発行された。

また、この時期、国際的な連携もつよく意識されだされ、世界閉鎖性海域環境保全会議（EMECS）の開催を知事・市長会議が主唱、1990（平成2）年8月、知事・市長会議、環境庁に加えて協会も主催者として成功裏に開催された。

筆者が瀬戸内室にいた二年間は賛助会員制度の導入とEMECSの準備に忙殺されたのである。

さて、「瀬戸内海科学」と「せとのうみ」の関係について、「瀬戸内海科学」時代からの編集委員長として長らく君臨された藤井正美先生は「瀬戸内海」創刊号の「“瀬戸内海”誌の創刊について」のなかで次のように述べておられる。

「本協会機関誌“瀬戸内海科学”は、こうした幅広い協会活動から生まれる科学情報の会員への提供という立場で、賛助会員募集を機に平成元年発行された。この出発点において“せとのうみ”との合併が論議されたが、行政、漁業団体、衛生団体、企業など幅広い会員対象や将来の研究会議発足など学術誌としての役割発生などが考慮され、一般科学誌としてとりあえず併刊されることとなった」

筆者が瀬戸内室を去ったあと、バブル崩壊、地球サミット、気候変動枠組条約批准、環境基本法制定といった環境風が吹き荒れ、その追い風のなか、瀬戸内海関係の研究者

500名（現在180名）を結集し、協会を事務局とする瀬戸内海研究会議が結成され（1992）、それからは毎年大規模な研究フォーラムが開催されるようになった。また、瀬戸内法行政の長年の懸案であった窒素の削減指導についての瀬戸審答申（1994）が出され、さらにEMECSを一回切りのイベントに終わらせないとの固い決意の元、国際的な組織化に向けて、任意団体であるが（現在は財団法人）国際エメックスセンターの設立準備が進むなど、瀬戸内法行政とその関連分野において大きな前進がなされた。そうしたなかで、協会は従前の「せとのうみ」と「瀬戸内海科学」を一本化し、瀬戸内海に関する総合季刊誌としての「瀬戸内海」が発行されることになった。

「せとのうみ」の終刊号（第30号、1994（平成6）年3月）の編集後記には「…20周年を期に協会の広報を充実させるため機関誌「瀬戸内海科学」と合併し、総合誌としてスタートする準備をすすめています」とあり、30号は1号から30号までの表紙を紹介、その足跡をたどっている。また、瀬戸内海科学の終刊号（第16号、1994（平成5）年5月）の永田二朗常務理事執筆にかかる編集後記には「…協会の機関誌として、瀬戸内海を自然、人文、社会科学の分野でとらえ産・官・学が一体になって今日まで育ててきました。そして内外から好評を得てきたところですが、協会の会報「せとのうみ」と一本化させてこれからはより充実し、多様性と企画性に富んだ総合誌として、色々な階層の方々にみていただくよう脱皮することになりました」（強調部分筆者）とある。

満を持して1994（平成6）年11月に総合

誌「瀬戸内海」創刊号が発刊された。翌1995（平成7）年1月には阪神・淡路大震災という未曾有の災害を蒙り、協会の事務所も全壊するなどの打撃を受けたが、ひるむことなく、季刊の発刊体制を維持して、今日に至っている。

「瀬戸内海」は、毎号特集を定め、タイムリーな特定のテーマのもとに立場、切り口の異なる数本の論文と、独立した研究論文数本（なかでもユニークで学術的価値の高い西田氏の「風景の瀬戸内海」は32回の連載、そして会員レポートとして一、二本程度賛助会員からの最新技術レポート、そして肩のこらない興味深い連載記事数本が「シリーズ」として掲載されている。シリーズで長命のものとして「魚の話」が36話、「瀬戸内海」が35話などがあり、いまも連載中である。

ほかに「ニュースレター」として「瀬戸内海各地の動き」や「事務局だより」、官公庁資料などを掲載しており、瀬戸内海関連の科学、文化、行政、産業の総合誌にふさわしいバランスのとれた誌面構成となっている。そして具体的な各号の特集テーマの決定や誌面構成を検討するため産官学をメンバーとする編集委員会を年二回開催している。こうした科学的大が難解でなく読みやすい機関誌とすべくリーダーシップを發揮されたのが前述した藤井正美先生である。先生は「瀬戸内海科学」創刊号以来編集委員長として十余年にわたって辣腕をふるわれた。そして、2003年に至って、筆者にあとを継ぐよう厳命されたのである。

近年、環境保全の面においても、産官学のパートナーシップということがよく言われるようになったが、協会の運営および

「瀬戸内海」の発行体制はそれをとうに先取りしているといつていいであろう。否、漁連、衛連といった団体までも包含しているという意味では、その水準をなお凌駕しているといつていいかもしれない。しかし、住民、市民がどこまで参画し、その声をどこまで代弁しているかという意味ではなお、明らかに不十分であろう。

従来市民運動やNGOは告発型のものが多かったが、近年では提案型やボランティア活動を担うのが一般的になっており、行政とのパートナーシップの一翼を担うことが期待されている。「瀬戸内海」をそうした人々も参加し議論しあえる場とすることが、これから「瀬戸内海」の課題ではないだろうか。そして、今春協会より発行した「生きてきた瀬戸内海」にはこうした人々にも寄稿してもらっており、その芽はでてきたのではないかと期待している。

残念ながら「瀬戸内海」はその内容の豊かさにもかかわらず、ほとんどが協会会員に配布されているだけで、有償配布数は極少にとどまっている。いつの日にか、「瀬戸内海」が書店の店頭に並び、市民住民が容易に購入し投書できるような日が来ないかと夢見ている。

本稿を「瀬戸内海」の発刊を目前に急逝された故・伊藤光一常務と協会の事務局長として「瀬戸内海」の刊行に尽力されているさなかに逝去された故・久保田好信氏の墓前、そして地味な実務を担当し、今まで支えつづけてきた協会の中井、守安の両女史に捧げたい。

底生微細藻を用いた底質改善

広島大学大学院生物圏科学研究科
教 授 山 本 民 次

1. はじめに

瀬戸内海の水質は、瀬戸内海環境保全措置法などの一連の法律によって保全・改善されてきた。とくに富栄養化を引き起こす原因物質の一つであるリンについては、1980年から削減指導がなされ、すでに25年になる。また、窒素についても1995年から削減対象となり、2001年の第5次水質規制からは2元素とも総量規制の対象となった。それらの効果は十分に水質に反映されている(Yamamoto, 2003)。

しかし、一方で底質にはいまだに高濃度の有機物が蓄積している海域が少なくない。水柱内の有機物生産が高いため、常に上層から有機物が負荷され、バクテリアによる酸化速度が負荷速度に追いつかない結果である。酸化分解が盛んに進行すると、底層では貧酸素水塊が発生する。また、海底に有機物が蓄積すると、底質内部での物質の移動速度が小さく制限されるため、酸素の供給速度の低下によって酸化分解速度はすぐに低下する。その結果、還元的環境になり、硫酸還元が卓越する。その産物である

硫化水素は有毒であるため、生物の生息を著しく脅かす。

このような状況から分かるように、現在の瀬戸内海の環境改善において最も求められているのは、内湾奥部に局所的に蓄積した有機汚濁底泥の改善である。有機汚濁底泥の改善策としてこれまで取られてきた手法は、浚渫であったり、覆砂であったり、いずれも土木工学的なものに偏っていた。

一方、ここで紹介するアイデアは、底生性微細藻を現場に投入することで、汚濁の進んだ内湾奥部の底泥を改善しようとするものである。つまり、生物の持つ能力あるいは自然のシステムが有する浄化能を最大限発揮させることにより、自然にやさしい生態工学的手法による底質改善技術の確立を目指とするものである。

2. 底生微細藻とは

ここで注目する「底生微細藻」はもともと太陽光が届く自然海域の底泥表面に生息している藻類で、ほとんどは付着性の珪藻である。現場の底泥表面にはさまざまな種

●略歴



1955年	愛知県生まれ（やまもと たみじ）
1983年	東北大学大学院農学研究科博士課程後期単位取得退学
1985年	愛知県水産試験場技師
1990年	愛知県派遣研修員（米国、ウッズホール海洋研究所他）
1991年	広島大学講師
1995年	広島大学助教授
1998年	文部省派遣研究員（カナダ、ブリティッシュ・コロンビア大学）
2000年	文部省派遣研究員（ニュージーランド、コースロン研究所）
2002年	文部省派遣研究員（カナダ、ダルハウジー大学）
2004年	現 職

の底生性付着珪藻が生息しているが、当然のことながら真性の底生性と見なされる種以外に、上層水柱から沈降してきたと思われる浮遊性藻類も混在している。浮遊珪藻はもともと光強度の強い水柱内の環境に生息しているので、底泥サンプル中に混在するものはすでに光合成活性が低下した休眠期細胞やシストあるいは死んだ細胞の殻などである。浮遊性か底生性か、生細胞か死細胞か、栄養細胞（通常の細胞）か休眠期細胞か、などの識別は専門家でないとなかなか難しい。

海田湾（広島湾奥部の枝湾）の調査において、自然混合群集の中から、真性底生微細藻とみなされるもののうち、優占種であった *Nitzschia* sp. を単離した（図-1）。 「優占種」を単離することの意味は、その種を増やして現場に再投入するという、その後の環境修復試験を行う上で重要である。つまり、「少数種」は現場環境が増殖にあまり適していないので少数種である可能性が高いわけで、ましてや現場で観察されない種を人為的に投入することは自然生態系を大きく改変してしまう危険性も高いし、成果も得られない可能性が高い。

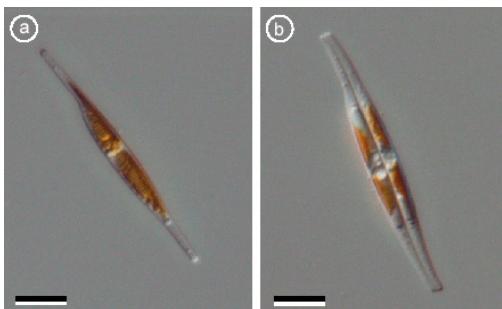


図-1 海田湾底泥表面から単離した底生微細藻 *Nitzschia* sp. (a) 単一細胞、(b)二分裂中の細胞。バーは10ミクロン。山本ほか (2004) より引用。

Nitzschia sp. は羽状目珪藻の一種である。付着性といっても、本種やその仲間は殻の先端にある微小な穴から粘液状の原形質を出し、後端にある別の穴からこれを再び吸い込むことで、戦車のキャタピラのようにして付着基質上を移動するので、同じところに固着しているわけではない。したがって、実際の海底でも底質の鉱物粒子（砂粒）の間を上下左右に移動している。

筆者の研究室では長年にわたり浮遊性珪藻その他の微細藻類の培養を行ってきたが、付着性珪藻を培養するのは今回が初めてであった。最初、浮遊性藻類と同様に試験管に培養液を入れて、そこに株を植え継いだがほとんど増えなかった。いろいろと試みたところ、付着基盤が必要であることが分かり、直径100ミクロンくらい（細胞の長さと同じくらい）のガラスビーズと一緒に入れることで良く増殖することが明らかとなった（図-2）。蔓（ツル）性の陸上植物がつかまるものが必要なように、付着性の微細藻はつかまる基質が無いと育たないようである。

底生性藻類であることから想像されるの



図-2 ガラスビーズと一緒に培養された *Nitzschia* sp. バーは100ミクロン。山本ほか (2004) より引用。

は、弱い光環境で生育しているということであり、弱光環境であるとはいえ、純光合成量（総光合成－呼吸量）が正であるということである。当然のことであるが、自身の呼吸以上の光合成を行わない限り生存是不可能である。つまり、浮遊性藻類に比べると、弱光環境下で高率の光合成を行っているはずであるということである。

3. 底生微細藻の機能的役割

図-3には*Nitzschia* sp.の光に対する増殖の応答（光－増殖曲線）を示した（山本ほか, 2004）。比較のため、浮遊性藻類である渦鞭毛藻*Alexandrium tamarense*の光－増殖曲線（山本・樽谷, 1997）も示した。後者は細胞内に毒を有し、低密度でも貝毒を引き起こす問題の種であり、海田湾において赤潮を形成したこともある。この図の比較から明らかなように、浮遊性の*A. tamarense*に比べると、*Nitzschia* sp.は $100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 以下の光強度において圧倒的に高い増殖速度を示している。増殖速度が大きいということは、純光合成量（総光合成－呼吸量）が大きいということであり、正味の酸素放出量も大きいということである。また、逆に $200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 以上の光強度においては、*Nitzschia* sp.は増殖しにくくなることが分かる。これは「強光阻害」と言われる現象であり、いわゆる陸上植物でも「陰生植物」が直射日光の下では生長できないのと同様、底生性珪藻は海の「陰生植物」であると言える。

すでに述べたように、海底には有機物が多量に存在する。さらに、それらが分解されることによって底泥間隙水中では上層水中に比べて、通常、無機栄養塩類の濃度も

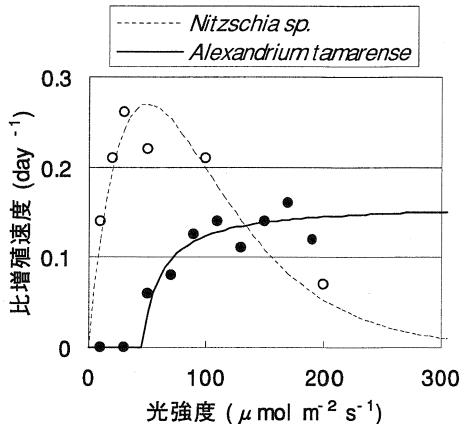


図-3 底生微細藻*Nitzschia* sp.と浮遊性渦鞭毛藻*Alexandrium tamarense*の光－増殖曲線の比較。前者は山本ほか(2004), 後者は山本・樽谷(1997)より引用。

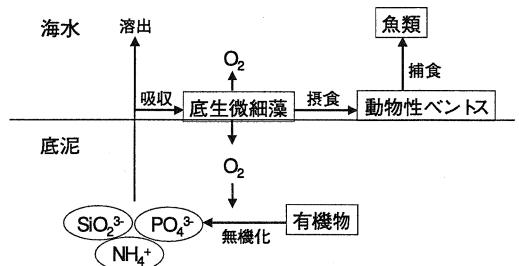


図-4 底生微細藻による底質改善の概念図。

高い。底生微細藻はこれをを利用して増殖しているので、底質からこれらの無機栄養塩を取り上げることにより底質の浄化に一役買っていると考えられる。我々が行ったこれまでの実験では、浮遊性微細藻類の栄養塩取り込み速度に比べて、底生微細藻類のそれは桁違いに大きい。このことは、高濃度栄養塩環境下に適応した結果とも考えられる。

以上、光環境と栄養塩環境に対する底生微細藻の生理学的特徴を一言でまとめると、「高栄養要求・弱光適応型藻類」と言える。つまり、底生微細藻は弱い光環境下でも高率の光合成を行うことで酸素を放出して底泥の酸化分解を促進する。また同時に底泥

中の栄養塩を取り込むことで底質を浄化する作用がある（図-4）。

4. 底生微細藻の散布実験

以上述べてきたように、底生微細藻の機能を利用して底質の改善ができないであろうか？ここには一つ疑問がある。底生微細藻を人工的に投入すること自体、有機物の負荷となり、底質環境はより悪くなってしまわないだろうか、という疑問である。筆者も最初それを心配した。このことは机上の理論や室内実験で理解できることではなく、実際にやってみないと分からぬことである。

幸いなことに、日本財團がこのアイデア「微細藻を用いた瀬戸内海の生態学的底質改善に関する研究」に対して2001-2003年度の3カ年に渡って助成をしてくださった。非常にありがたいことであり、紙面を借りてお礼申し上げる。この研究成果の概要を以下に述べるが、研究論文としてはほとんどが未発表であるため、図表等は省略させて戴く。また、紙面が限られているので、最終年度（2003年度）に行った現場散布実験についてのみ述べる。

海田湾（前出）を対象として*Nitzschia* sp.を散布して試験を行った。それぞれ3m角の散布区と対象区を約13m離して設定した。両区ともその内部をさらに1m角に区切り、底泥のサンプリングは1回ごとにその小区画から順次行った。サンプリング後に培養した*Nitzschia* sp.を残った小区画全体に均一になるように散布した。したがって、散布区において*Nitzschia* sp.を散布する面積は毎回のサンプリングごとに狭くなった。単位面積当たりの散布量は、

培養状況に依存して $10^4 \sim 10^5 \text{ cells cm}^{-2}$ で変動した。底泥サンプルの採取、*Nitzschia* sp.の散布は、ともにダイバーが底泥を乱さないように慎重に行った。

これらの現場実験を2003年8月～2004年1月までの約半年間に渡って行った。試験開始時、表層は赤潮状態で透明度は低く、底層は貧酸素状態であり、底質は還元的で有機物量が多く、明らかに汚濁の進んだ海域であった。実験期間中、対照区ではほとんど変化が無かったのに対して、散布区の底泥は、有意に酸化的で、有機物濃度は減少した。その代わり、底泥間隙水中の無機栄養塩類の濃度は有意に上昇した。

このことは、先に述べた理屈が予想通り、現場底泥で起こったことを物語っている。つまり、散布した*Nitzschia* sp.が光合成を行うことで酸素を放出し、これにより底泥中の好気性バクテリアを活性化し、有機物の酸化分解を促進した。その結果、無機栄養塩類濃度が上昇した。

5. 底質浄化の意味と評価

「底質浄化」という意味では、物質が底泥から正味の量として出て行かねばならない。そう考えると、底生微細藻が増殖して、そこで枯死したのでは何にもならない。つまり、(1)増殖した底生微細藻が動物性ベンチスに摂食され、さらにそれらが浮遊性魚類などによって捕食される。また、(2)有機物の無機化により溶存態無機栄養塩となって溶出する、という2つのルートで系外に出て行かねばならない。

これらの点について観測のみから定量的評価をするのは難しいので、水-泥境界面の物理・化学過程と食物連鎖構造を組み込

んだ数値モデルを用いて評価した。詳細はここでは述べないが、人為的に底生微細藻を大量培養して散布すれば底質浄化されるということが定量的に確認できた。

しかし、まだ疑問は残る。どうして現場の環境状態で底生微細藻自然群集はもっと増えないのであろうか？この疑問には、先の数値モデルを用いて「感度解析」を行うことで答えが得られた。結論を言えば、現場では底生微細藻を食べるベントスの摂食圧が高かったのである。つまり、微細藻が増える片っ端から食べられてしまう状況だったわけである。実際、観測からも小エビの類やゴカイ類など、底生微細藻を食べていると思われる動物性ベントスが多かったことが分かっている。

6. 浅海有光床の重要性

今回の散布実験はパイロット的に行ったものであり、今後はこのような小規模現場実験をもう少し積み重ねて行くことが必要である。なぜなら、底質はローカルに異なるし、散布する微細藻の種類や量、散布時期などの決定は、この技術を広範囲に適用する際に極めて重要であるからである。それらの幾通りかの組み合わせ実験に基づいて数値予測モデルも高度化すれば、時と場所、種類と量などを適正に決定できるであろう。

最近は「藻場」と「干潟」が閉鎖性海域の環境保全のシンボルとなっており、人工藻場や人工干潟の造成がそこかしこで行われている。しかし、これらの浄化能や生産性などに関するデータを整理してみると、プラス・マイナスさまざまである。また、瀬戸内海における藻場と干潟の面積はわず

か1%程度である（これらが埋め立てによって減少してきたことも確かである）。もちろん、生態系の中での重要性は面積だけで判断できるものではないが、これらの修復工事については、安易な事業化をする前にもっと定量的な評価がなされることが望まれる。

一方、太陽の光が届く浅い海底「浅海有光床」は、瀬戸内海全体で約25%，周防灘では65%，英虞湾では約85%もある。そこでは底生微細藻が生息可能であることから、沿岸海洋生態系の物質循環に果たす浅海有光床の役割は非常に大きいと思われる。その役割とは、すでに述べてきたように、底生微細藻による底泥の浄化であり、動物性ベントスの涵養による食物連鎖を通じての生物生産である。この部分の改善をターゲットとして底生微細藻を用いた浄化プロジェクトを進めることが緊要であると考え、現在、中国経済産業局、中国地域ニュービジネス協議会などの支援のもと、「浅海改善研究会」を立ち上げたところである。

参考文献

- Yamamoto, T.: The Seto Inland Sea-Eutrophic or oligotrophic? Mar. Poll. Bull., 47, 37-42 (2003).
山本民次・樽谷賢治：広島湾産有毒渦鞭毛藻 *Alexandrium tamarense* の増殖に及ぼす水温、塩分および光強度の影響。藻類, 45, 95-102 (1997).
山本民次・呉 碩津・後藤郁恵：底生微細藻 *Nitzschia* sp. の増殖に及ぼす水温、塩分及び光強度の影響。藻類, 52, 5-11 (2004)

指定70周年を迎えた瀬戸内海国立公園

奈良県立大学

教 授 西 田 正 憲

1. 瀬戸内海国立公園指定70周年

瀬戸内海国立公園が指定70周年を迎えた。1934年3月16日、瀬戸内海は幸運にも、雲仙、霧島とともに、わが国最初の国立公園の栄誉に輝いた。当時、国立公園は12カ所が内定していたが、他の国立公園は具体的な調整に手間取り、指定がずれ込んでしまった。瀬戸内海国立公園は、この第1次指定の後、大きな追加として、1950年の第2次指定、1956年の第3次指定と拡張される。

瀬戸内海国立公園は、島々の一部や沿岸の展望地、景勝地を飛び地で指定しており、海域も瀬戸内海の約35%を指定しているにすぎない。主な区域は、東から西へ、六甲山、紀淡海峡、鳴門海峡、備讃瀬戸、芸予諸島、防予諸島、関門海峡、豊予海峡、高崎山となっている。現在、国立公園の陸域の面積は62,781ha、海域は約77万haとなっている。

2. 国立公園の3次にわたる拡張

第1次指定の国立公園の区域は、岡山県、広島県、香川県にまたがる備讃瀬戸を中心とした、小豆島から鞆の浦に至る陸域と海

域であった。主に多島海景観を指定理由に、備讃瀬戸の多島海とその展望地を指定したものである。視点と視対象を明確に定め、鷺羽山、屋島、王子が岳などの標高100～300mの展望地から眺めた島々の分散する風景を国立公園にした。国立公園を備讃瀬戸に限定した理由の一つには軍事施設の問題があったと考えられる。鳴門海峡、紀淡海峡、関門海峡、芸予諸島などの展望地には、防備のための要塞が築かれていた。

戦後、瀬戸内海国立公園は東西に拡張され、多島海景観、瀬戸景観、景観展望地、白砂青松、社寺、自然林、シカ・サルの生息地などが編入されていった。1950年の第2次指定では、和歌山県から大分県に至るほぼ全域の陸域主要部が追加され、さらに、1956年の第3次指定では、六甲山、国東半島などが追加されるとともに、海域が現在の区域まで大幅に拡張された。

3. 激動の70年

瀬戸内海国立公園をとりまく環境は、この70年で自然環境にしても社会環境にしても、大きく変わった。瀬戸内海国立公園の

●略歴	1951年	京都府生まれ（にしだまさのり）
	1975年	京都大学農学部大学院造園学修士課程修了、環境庁入庁、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



建設中の瀬戸大橋



架橋前の来島海峡

陸域は小面積の飛び地で指定されているが、それは、古来より人間の営みが活発に行われてきた場所に、エコロジカル・ネットワークのように配置された自然空間であった。瀬戸内海沿岸は都市化工業化で大きく変貌し、国立公園もまたその荒波に巻き込まれざるをえなかった。国立公園にとっても、この70年は激動の時代であった。

わが国は、この瀬戸内海の美しい風景地の一部を高度経済成長の犠牲にして発展をなしつげた。国立公園においても、浅海域の埋立て、港湾を核とした臨海工業地帯の出現、巨大な火力発電所や高圧の送電線鉄塔の建設、本州と四国を結ぶ長大橋の建設、白砂青松などの自然海浜の衰退、島嶼の採石や海砂の採取、産業廃棄物の不法投棄などが進んだ。

国立公園は瀬戸内海全域の環境保全には無力であった。広範な環境問題をうけて1973年、瀬戸内海環境保全臨時措置法が制定され、1988年には瀬戸内海環境保全特別措置法に恒久法化された。2000年、瀬戸内海環境保全基本計画が変更され、自然を保全・回復する創造的観点が打ちだされた。

4. 世界第一ノ景

1930年代に指定された最初の国立公園の

一群12カ所は、山岳景を中心とするものであった。国立公園の手本はアメリカのロッキー山脈などの大自然であり、国立公園誕生時の風景観は山岳景重視であった。海洋景の瀬戸内海が指定されたのは、明治以来、欧米人が絶賛していたからであり、日本人も世界の公園、アジアの公園にしなければと考えていたからである。

明治初年に米国と欧州11カ国を歴訪した岩倉使節団は、瀬戸内海が世界で絶賛されていることに驚く。1878年刊行の久米邦武執筆の報告書『米欧回覧実記』のなかで、「日本瀬戸内ノ景ノ如キハ、世界ニ希ナリ」「西洋ニテ之ヲ世界第一ノ景ト称スルトナリ」としていている。瀬戸内海の風景は明治初年すでに欧米人のあいだで評判になっていたのであり、世界的な名声をえていたのである。今でいえばその評価はさしあたり世界遺産にでも登録されそうな勢いであつたろう。

幕末の1867年には神戸港が開港し、アメリカのパシフィック・メール社はサン・フランシスコー上海間の航路を開設。定期便が多くの外国人を乗せて、横浜、神戸、長崎に寄港し、瀬戸内海を航行していた。船舶は神戸港で六甲山の美味しい水を補給した。欧米人はユートピアのような内海の多



五剣山と屋島



因島の白滝山

島海や瀬戸の風景を絶賛していた。

5. 地位の低下

国立公園は1872年にアメリカで生まれたローカルな文化であった。それを支えていたのは、ウィルダネス（原生自然）、崇高、汎神論というアメリカ独特の思想であった。やがて、国立公園はカナダ、オーストラリア、ニュージーランドと新大陸の移民の国にひろがっていった。旧大陸にはない無垢の大自然が移民たちのナショナリズムを鼓舞していた。アメリカの国立公園とイギリスのナショナルトラストが対比できるように、国立公園は新大陸が産みだしたモデルであったが、やがてグローバルなものとして世界に普及していった。1930年代は、アメリカ発信の国立公園制度が、日本にかぎらず、世界の各国に拡大した時代であった。また、バリやハワイが観光地として本格的に宣伝されはじめた時代でもあった。世界的な不況のなかで国際観光と地域振興が大きな課題となっていた。日本における国立公園制度の受容は、地域制公園、日本の風景観の具現と極めて日本の風土に即したものとなっていた。

アメリカが脈々と培ってきたウィルダネスの思想は、1950年代から60年代にかけて

議論が活発となり、やがて1964年にウィルダネス・アクト（原始地域法）を成立させるまでになった。このアメリカ発信の原生保護思想は、初期の国立公園モデルと同様、瞬く間に世界に伝播した。わが国の国立公園の新規指定もまた、原生林・亜熱帯林などの原生的景観に傾斜していき、原生保護・生態系保護の思想が貫いていく。国立公園にも新たな照射がおこり、知床、南アルプス、西表、小笠原、釧路湿原と新たな国立公園が誕生していった。

瀬戸内海国立公園はこのようななかで地位を低下させていった。

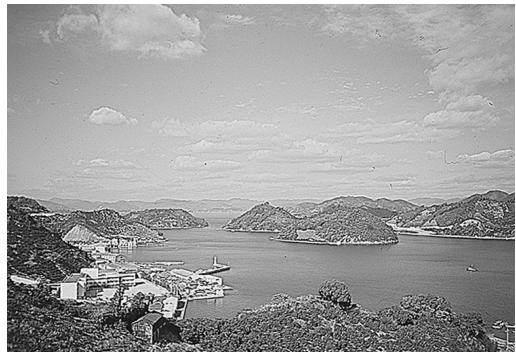
6. 瀬戸内海の風景

瀬戸内海は近代になって伝説の風景、歌枕の風景などの意味の風景を一掃し、内海多島海、白砂青松、瀬戸、港町、段々畑という視覚の風景を浮かびあがらせた。

風景の見方や評価は時代とともに変わる。フランスの感性の歴史家アラン・コルバンは著書『風景と人間』で、「多くの眺望が魅力を失った」とヨーロッパの山や丘からの展望風景が評価されなくなったことを指摘していた。瀬戸内海もそうではないかと思う。鷲羽山、屋島、紫雲出山など、瀬戸内海国立公園指定時にもてはやされた展望



万葉集の沙弥島



歴史のある御手洗

地はことごとく魅力を失っている。われわれは、もっと心をときめかす別のパノラマや上空からの視覚を獲得したのだ。

しかし、瀬戸内海には、海の文化、石の文化、塩の文化、花の文化、遍路の文化、神社の文化など、自然環境と一体となった環境文化が輝いていた。瀬戸内海には原生の大自然はなかったが、纖細な自然と調和して、里海の漁村、里地の農村、里山の山村などの営みが行われていた。また、各地に近世の港町のおもかげが強く残り、独特的の神社仏閣も残している。今もなお、瀬戸内海は自然と歴史と文化が渾然となった重層的で多様な風景を見せている。

7. 新たな風景視点

瀬戸内海は近代の「自然」の尺度では評価できない。それを評価できるのは「風景」の尺度である。自然のみならず、歴史と文化の尺度が重要である。風景は自然史のみならず人類史と深くかかわっている。

風景の政治学でいえば、1960年代以降の国立公園は歴史と文化を捨象し、ひたすら自然を照射した。しかし、実は大半の自然は歴史性と文化性を内包しているのだ。国立公園行政はむしろ対象とする自然を自ら極めて狭く局限する方向に走ってしまった。

瀬戸内海国立公園の70年の衰退の歴史はそれを如実に物語っている。しかし、瀬戸内海が常に注視されつづけてきたのは、まさに「自然の瀬戸内海」ではなく、人々と深くかかわる「風景の瀬戸内海」であったからだ。

自然風景論の観点からは、1990年代以降、新たな風景の視点を示す理論が台頭してきたとみることができる。生物多様性と文化的景観である。

8. 生物多様性と文化的景観

近代の風景評価は、自然科学が先導し、審美的評価を誘導してきた。科学的に貴重な地形や植生が美しい風景となったのである。今、生物多様性の科学的知見が湿地や里地里山という新たな風景を照射はじめている。また、世界遺産の理論のなかで育まれてきた文化的景観の概念は、二次的自然や農林漁業景・生活景という新たな風景を照射するだろう。

瀬戸内海においても、新たな風景が台頭してくるにちがいない。干潟・ため池・藻場などの湿地、二次林・田園などの里地里山、段々畑・漁村・養殖いかだなどの文化的景観である。

特に干潟はこれから光輝を放ちはじめる

にちがいない。干潟の風景とは、失われた水辺風景であり、日本人の原風景である。また、心を癒す生き物の風景であり、営みの風景である。さらに、近代が忘れた移ろう時間の風景である。人々は干潟を、視覚のみならず、身体で楽しみはじめている。風景とは、視覚経験のみならず、身体経験であり、さらに、深層に潜む記憶とも絡む経験なのだ。

9. 西行の物語

平安時代の12世紀、西行は四国に渡り、讃岐の白峰山にある崇徳院の御陵に詣でる。その後、三野津から善通寺にいたり、弘法大師の誕生の地を訪ね、大師が釈迦に出会ったといわれる我拝師山に登る。その近くの山腹の庵でしばらく逗留し、次のような瀬戸内海の歌を詠む。

曇りなき山にて海の月見れば

島ぞ氷のたえまなりける

月光に輝く海面を氷と捉え、光の反映のない島の部分を氷の絶え間だと表現する。現代の映像のような透徹した美を描きだす。現代のわれわれは、この歌に、漆黒の瀬戸内海を照らす神々しいばかりの月光や、思念に沈潜し、独り修行につとめる西行の姿を想起するだろう。武士であった西行は23歳で家族を捨てて出家、その後、高野山、吉野山、熊野、大峰山で修行をつむなど、旅と修行の生涯をおくり、桜や月の美しさを讃え、日本人の美意識をかたちづくった人であった。のちの芭蕉が「和歌は西行」と讃えた人物である。すぐれた歌はイメージの世界をひろげる。この歌は瀬戸内海の荘厳な月夜の風景を彷彿とさせてくれる。

10. 持続する風土の瀬戸内海

しかし、西行という人物は、仏教の普遍的真理を生きられる世界に見ようとした人であり、それを和歌というやまとことばに表現しようとした人であった。この歌には、西行のまなざしに射抜かれた深遠な宗教空間がひろがっていたにちがいない。われわれもまた、西行を通して、瀬戸内海に深遠な風景を垣間見ることができる。

瀬戸内海には自然にとけこむ歴史と文化がある。瀬戸内海の自然は、西行の一例のように、われわれに過去の世界の追体験をまだ可能にしてくれる。そこには近代の世界が断絶してしまった自然・歴史・文化の連続性が連錦と残っている。

瀬戸内海は探勝空間であると同時に生活空間であった。瀬戸内海は繊細な自然と人間の営みが一体となった比類ないおもむきをもっている。瀬戸内海は、ある意味では、自然と共生し、持続可能な発展をとげてきた場所なのだ。わが国の多くの地域が、土地のおもむきを失い、画一化・均質化するなかで、瀬戸内海は強く風土性を持続させてきたところであった。

引用・参考文献

- (1) 久米邦武 田中彰校注 (1985)『特命全權大使米歐回覧実記1巻』岩波書店, p286
- (2) アラン・コルバン 小倉孝誠訳 (2002)『風景と人間』藤原書店, p130, 179
- (3) 西田正憲 (2004)「持続する風土の瀬戸内海」『国立公園621号』財団法人国立公園協会, p18-23

ヴェトナムの世界自然遺産、ハロン湾の環境管理とカッバ島の開発

JICA環境専門家

奥野年秀

2004年4月初旬に約2週間ほど首都ハノイに滞在し、カッバ島(Cat Ba)の環境を見聞する機会を得た。この島は、ハノイ東方の100km地点のハイフォン県に属し国際貿易港、南部のホーチミン港(旧サイゴン港)に対し北部のハイフォン港に隣接する。

1999年下旬にハノイに2ヶ月間ほどJICA専門家として、国立自然科学技術センター(NCST、ヴェトナム科学技術アカデミー：VASTに名称変更)の化学研究所に環境研究センターの設立に係る調査で赴任した経緯がある。本報告は研究センターの現状及びカッバ島の開発計画とハロン湾の環境管理を記載する。

1. 環境技術研究所(VASTコンプレックス：20研究機関の研究所)

5年振りにVASTの化学研究所を訪問した。驚いたことに、化学研究所は6階建てに新築され、環境技術研究所が併設されていた。当時は化学研究所次長であった旧知のドン所長(Dr. Nguyen The Dong)

と再会したが、筆者と意気投合して環境研究センター設立の調査報告書を作成したことを語り合った。しかし、特殊有害物質分析室(ダイオキシン類分析室)の設置の話になると言葉を濁した、“米国が分析室の設置を援助しているため、日本からは分析技術への支援に期待します”とのことであった。米国が供与したダイオキシン類分析に使用する質量分析計(マススペクトルメーター：MS)を調査したが、中古のMS装置(USA, 1992年製)を設置していたのには疑問が残る。

この装置は、超微量($\text{pg レベル} = 10^{-12} \text{ g}$)のダイオキシン類を含む環境試料(大気、水、土壤、生物)が分析できない。米国の専門家は、研究員が超微量分析の技術に達するには長期研修を必要とするため、訓練用に中古の装置を設置したのではと、ドン所長に話した。当時、化学分析の責任者であったタオ室長(Dr. Nguyen Thi Phuong Thao)はジェネラル・マネージャーに昇格していたが“JICA供与の化学物質性ハンドブック「メルク・インデック

●略歴



1938年
1962年
1963年～68年
1968年～99年
1999年～2002年

和歌山県生まれ(おくの としひで)
立命館大学理工学部化学科卒業
兵庫県立工業試験場化学部、公害部研究員
兵庫県立公害研究所研究員、研究部長、参事
ドイツ赴任(1983、兵庫県)、タイ赴任(1992～1994、JICA)
財ひょうご環境創造協会、参与、同協会ひょうご
環境交流センター所長
ベトナム赴任(1999、JICA)、マケドニア赴任(2000～2001、JICA)

ス」(Merck Index, USA) を活用して研究したい”と落胆していた、温和な彼女には“所長候補への経験だから頑張って下さい”といさめた。

現在、JICA専門家がYチームリーダー(技術士:衛生工学), F専門家(水処理技術者), N専門家(機器分析技術者)が当研究所に長期赴任している。Yリーダーの話では、日本大使館及びJICA本部から“ダイオキシン類の分析への技術支援は米国が実施するために傍観せよ”との指令であった。旧兵庫県立公害研究所に派遣されダイオキシン類の分析法を実習した化学研究所のフエ研究員(Dr. Nguyen Thi Hue)らのスタッフは健在であったが、光触媒:酸化チタン(TiO_3)を利用した水・大気浄化研究で名古屋工業大学へ留学など環境化学に関連する研究業務に重点を置いている。彼女にはハノイ市内のベトナム料理店や陶器店を案内して戴きお世話になった。赴任中のJICA専門家は分析研究員の未熟を指摘していたが、機器分析の専門家を育てるには5~10年が必要であり、環境技術研究所の発展と人材育成を根気よく支援することを提言したが、筆者が5年前にJICAに提出した報告書によって環境技術研究所として開花している¹⁾。

2. カッバ島の開発と環境保全

カッバ島の面積は298.8km²であり、淡路島(592km²)の1/2である。一般国民の島への交通は1日に数本出港する高速船のみである、ハイフォン国際港から約30kmを約1時間でカッバ島の港に着く。この島を池辺氏に伴って訪問した、池辺環境研究所ハノイ支所(IIEI)の若いクワン氏

(Mr. Nguyen Thanh Quan)も同行した、日本の大学経済学部に留学して日本語に通じた貴重なスタッフである。

この島を訪問した日は穏やかな波であったが、若い女性が船酔になっていた、ハノイから来た観光客であろうか?。欧州の家族連れも10人ほど乗船し、国際観光地らしい風情である。島の港には、ハイフォン市カッバ地区人民委員会のスタッフが車で出迎えにきていた、オフィスで地区委員長のチュウ氏(Mr. Pham Tri Tue)と会見した後、開発中の海岸リゾートを視察した。ホテルなど宿泊施設が建築中であった。建築作業用水は後部の山から誘導する雨水を使用していた、飲料水、生活用水・排水、し尿廃水、固体廃棄物等のインフラストラクチャー問題がある。IIEIは海水真水化や排水処理や焼却炉を関連企業と共に問題の解決に挑戦している。島の港周辺では、魚介類の養殖が日本の援助で行われていた。カッバ島周辺地図・図-1²⁾及びカッバ島水上生活風景・写真1、参照。

ベトナム政府はカッバ島リゾート開発に5~6億ドルを投資する計画らしい。政



図-1 カッバ島とハロン湾の周辺地図



写真－1 カッバ島の水上生活風景
(Photo: T. Okuno)

府から委託を受けて、最大の開発建築会社：ヴィナコネックス社（VINACONEX）が2003年に作成した「カッバ島リゾート・コミュニティ・マスタープラン」の概略書には、コミュニティを構成する因子が記載されている。住居地区・リゾートビラ・ホテル、カッバ・マリーナ、国際コンベンションセンター・付属施設、国立水族館、河川遊歩道・商店地区、オープンスペース（公園・歩道・車道・交通施設等）である。コミュニティ島観図や展開図や予算なども記載されている、この島にはUNESCO自然保護地域の指定を申請している国立公園の森林地帯があり、北側に展開する国際観光地（世界自然遺産）のハロン湾もあるが、残念ながら、環境汚染の対策には言及していない³⁾。

カッバ島（ハイフォン県）の東側に隣接する少し小さいカッハイ島（Cat Hai：クワンニン県）があり、島のカッハイ市を含む先端部分がハイフォン県に属する。IEIがカッハイ人民委員会から提供されたカッハイ市周辺とカッバ島の開発地図には、水産養殖地、海上森林（マングローブ）、塩生産地、果樹園用地、原生林など水産資源

や農林資源が色分けされていた。年間の風配図から、北東・東・南東風が90%以上であることが推測できる。南シナ海から海南島（中国領）を越えトンキン湾に吹き込む海風は、固体廃棄物（生ゴミ、水産廃棄物等）の処理に焼却炉がカッバ島に設置されると、ベトナム第3番目の都市であるハイフォン市方面に排ガスを拡散させる⁴⁾。

ハノイ市の一般都市廃棄物は一日に1600～1700t／日も排出される、ウレンコ社（URENCO：ハノイ都市環境公社）のラン国際部長（Ms. Nguyen Thi Hoang Lan）の会合ではフライアッシュに含まれるダイオキシン類に関する問題に言及した。カッバ島の固体廃棄物に係るカッハイ人民委員会の報告は、生活廃棄物：40m³／日、工業・海産物加工廃棄物：10m³／日であり、排水は生活排水：1520m³／日、し尿下水：38m³／日、工業・海産加工排水：224m³／日であるが、固体廃棄物や排水の処理システムが急務である。VASTコンプレックスの地質研究所による調査では、カッバ島のボーリング採掘（約30堀穴、深さ12m～70m）からの地下水の採水は、712号（堀穴記号）の約3m³／秒に依存しているが、塩化物の塩素量が約10g／ℓもあり、カッバ島の観光開発計画に関して真水化システムが検討されている。

カッバ島の視察を終了した後は、人民委員会が海上レストランで歓迎の昼食会を開いてくれた。隣のテーブルでも宴会が始まっていた、驚いたことに、高速船で知り合ったホーチミン市（旧サイゴン市）から来ていたタバコ産業の会社員たちであった。ハイフォン市人民委員会の歓迎会であったが、社員の中に日本の大学農学部に留学してい

た人が日本語で話しかけてきた、意気投合しての連続乾杯には閉口する。午後、我々はゲストハウスのベッドルームでの仮眠時間を配慮された。5年前、ハノイに赴任した折に2時間の昼休みを経験したことを思い出しながら、この国の接遇の徹底ぶりには驚嘆した。

3. ハロン湾の資源・環境問題

ハロン湾はヴェトナムを代表する国際観光地区であり多くの観光客で賑わう、1994年にUNESCO世界自然遺産に登録され、無数の島々が点在し風光明媚な景色を展開する。又、貴重な珊瑚類や鍾乳洞や海燕の巣など自然資源が外国人を楽しませる。第2次世界大戦以前のフランス統治時代から、年間1000万t生産の広大な石炭ヤードが設置されている。クワニン県(Quangninh)のハロン市海岸には多くのホテルがあり、ハノイ市内で見る薄黄色のフランス様式建造物や100年の歴史を感じるホテルやキリスト教会がある。遊覧船では魚介類を焼いて食べられる。ハロン湾風景・写真-2、参照。

ハノイ市内で懐かしい人物に再会した。以前に赴任した時には、ハイフォン海洋研



写真-2 ハロン湾に点在する島々風景
(Photo: The Thuc)

究所のチュホイ所長(Prof. Dr. Nguyen Chu Hoi)と意気投合したが、漁業経済計画研究所次長(水産省)に人事異動していた、水産環境の上席研究官であり現在も東南アジア諸国連合(ASEAN)の海洋環境・水産に係る国際会議のヴェトナムを代表する人物である。

ヴェトナムには約3000の海岸島があり、全国61県の都市の50%を含む29県が海浜を持ち、全国人口:約8000万人の25%が海浜地区に生活している重要な経済区である、従って、海岸浸食・生物多様性や海浜生息地の減少等の環境問題に係る総合海浜管理(ICM)が重要であると、チュホイ次長は熱心に語った。ICMに係る最初の国際ワークショップが2年前にハロン市内で開催された、ハイフォン海洋研究所のディンラン研究員(Mr. Tran Dinh Lan)はハロン湾・カッバ島・ドソン海岸等の海浜自然資源や環境のICM計画/地理情報システムデータベース(GIS)が発表された。海洋研究所本部はヴェトナム南部のナチャン市(Nha Trang)にある、ハロン湾の水質測定はハイフォン海洋研究所のモニタリング・ステーション(ドソン海岸)が実施している。チュホイ氏を中心として実施したASEAN-Canada海洋科学共同プログラム(Phase II)にはハロン湾の環境研究結果が報告されているが、紙面の関係で割愛する^{5) 6) 7)}。

[謝 辞]

今回の調査では、池辺環境研究所(ハノイ支所)の池辺孝所長に多くの配慮と資料提供を受けた。又、VAST/環境技術研究所のドン所長と研究員及び漁業省/漁業

経済計画研究所のチュホイ次長にはヴェトナムの海洋環境研究及び総合海浜管理等の情報を得た。忙しい執務の中でも貴重な時間を戴きお礼申し上げます。なお、ハイフォン市カッバ地区人民委員会には、カッバ島視察に破格の歓迎を受け、衷心より感謝する次第です。

参考文献

- 1) 奥野年秀：Vietnam・NCSTの現状と今後の展望に関する報告書（JICA, 1999.12）
- 2) Vietnam-Lao-Campuchia地図部分拡大（ヴェトナム語／2000年版）
- 3) ハイフォン県カッバ島開発マスター

ラン概略（VINACONEX社／Vietnam, 2003）

- 4) カッバ島地区開発計画地図（2020年）／カッハイ市人民委員会提供
- 5) Building Capacity for Integrated Coastal Management in Quang Ninh Province, Vietnam (Proceeding of Kick-off Workshop, 14th～17th October 2002)
- 6) 奥野年秀：世界の海洋研究機関／ヴェトナム海洋学研究所（本誌, 53-54, No.22, 2000）
- 7) Pollution Monitoring Case Study in Halong Bay, Vietnam (Final Report, 1999)

地球の健康 私たちがお手伝いします



環境科学の総合コンサルタント
国土環境株式会社

(旧 新日本気象海洋株式会社)

本 社 〒154-8585 東京都世田谷区駒沢3-15-1
TEL 03-4544-7600 (代表)

西日本支社 TEL 06-6448-2551 (代表)

環境情報研究所 環境創造研究所

支 店 東北 名古屋 大阪 九州 沖縄

営 業 所 秋田 福島 千葉 神奈川 新潟
北陸 金沢 静岡 岐阜 三重
神戸 中国 四国 北九州

事 業 所 釜石 下関 沖縄

<http://www.metocean.co.jp/>

モノクローナル抗体法による 海洋生物の卵・幼生の同定技術

株式会社 環境総合テクノス
研究開発部環境研究グループ

大 西 庸 介

1. はじめに

沿岸域の環境保全あるいは資源管理を行う者にとって、水産資源である魚介類や海洋生物の卵や幼生を同定し、現存量を把握することは重要な業務である。これらの生物群のうち浮遊性のものは遊泳能力が乏しいため、プランクトンネット等による採集が容易であり、この量が明らかになれば資源量や産卵場の推定、あるいは輸送経路の推定が可能となる。また、水温や潮流あるいは化学物質といった周辺環境の影響を直接的に受けるため、環境因子との関係を考察する上でも不可欠な調査項目である。しかし、浮遊性の魚卵や水産生物幼生の多くは外部形態の特徴が乏しいため同定困難な種類が多く、資源の管理や環境保全対策を講じる上で十分な情報が得られていない。

当社では医学や生理学、微生物学等の分野で利用されている分子生物学的同定手法としてのモノクローナル抗体法に着目し、平成7年から11年度までは自主研究として、12年から14年度では(社)マリノフォーラム21

の事業として水産庁の補助金を得て、同法を用いた海洋生物幼生の同定技術の開発を行ってきた。

2. モノクローナル抗体法

哺乳類等の高等動物には、組織内に極微量でも異物（抗原）が侵入するとこれを認識し排除する機能が存在する。これは免疫系と呼ばれ、体内で異物（抗原）に対する抗体が作られ、特異的に反応し排除する生態防御システムである。モノクローナル抗体法とはこの抗原抗体反応を応用したものであり、バイオテクノロジーを利用して人为的に抗体を产生する細胞を作製し、その細胞により特異的で均質な抗体を得、高感度に抗原物質を検出する技術である。

モノクローナル抗体法は1970年代に確立されたのもで、医療、食品衛生、化学分析等の分野で実用されている。また、1980年代後半に入り、細胞が大きい赤潮の原因種である植物プランクトンを識別・同定可能なモノクローナル抗体が開発された。

●略歴



1968年	滋賀県生まれ（おおにし ようすけ）
1991年	近畿大学農学部水産学科卒業
1991年	(株)関西総合環境センター入社
2004年	(株)環境総合テクノス勤務（同年10月社名変更）

3. 開発の概要

モノクローナル抗体の作製と抗体を利用したアッセイ・検出は、ある程度一般化された技術である。しかし、数ミリメートルのサイズである水産生物の卵や幼生を対象とした前例は無かった。そこで、①特異的であること、②試料を非破壊で識別できること（細胞表面の抗原を標的）、③肉眼で識別できること、④ホルマリン固定試料にも適用できることを課題として開発を行った。開発工程を大きく分けると、モノクローナル抗体の作製と得られた抗体の野外試料での検証となる。

(1) 抗体の作製

モノクローナル抗体の作製対象生物は、水産資源として重要でかつ同定が困難な種類とし、魚卵ではマダイ、ヒラメ、カレイ類、ブリ属、甲殻類幼生ではズワイガニ、ガザミ類とした。作製工程は、①免疫、②抗血清（ポリクローナル抗体）産生の確認、③細胞融合、④目的抗体産生細胞のスクリーニング（特異性の確認）とクローニング（クローン化）、⑤大量培養と細胞の凍結保存、⑥抗体が分泌された培養液上清の精製

となる。なお、我々は①および④の工程で前述の課題が達成できるよう、独自の改良を加えた。また、②と④の工程で行うアッセイでは、間接酵素抗体法による免疫組織染色を利用している（図-1）。この結果、マダイ卵（図-2）、ホシガレイ卵、ズワイガニゾエア幼生（図-3）の3種類について、モノクローナル抗体を得た。また、全ての種類でポリクローナル抗体（抗血清）を得た。

(2) 野外試料への適用性

3種類のモノクローナル抗体の内マダイ卵について、野外試料への適用性を調べた。マダイ卵が出現する海域で採取した生試料から、マダイ卵の特徴、すなわち単一油球、卵径1mm前後の分離浮性卵を取り出し、水槽内で飼育して卵の発生を進めた。この特徴を有する卵には、クロダイ卵、ヘダイ卵等のマダイ近縁種やマダイ卵と酷似するヒラメ卵が混在する場合が多い。卵内の組織が発達し、孵化前の胚体の特徴からマダイ卵と同定できた卵と他種の卵に分別した上で各々ホルマリン固定し、それぞれについてマダイ卵のモノクローナル抗体との反応

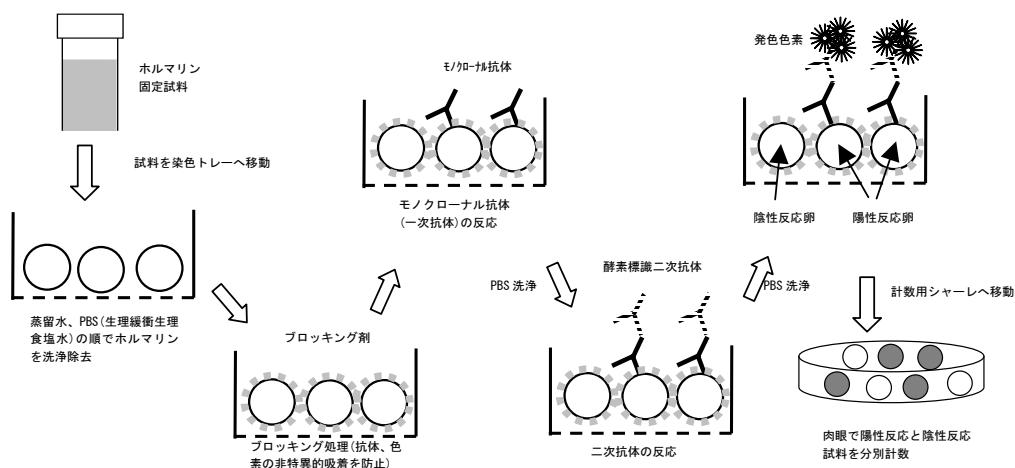


図-1 モノクローナル抗体による免疫組織染色の概要



図-2 モノクローナル抗体によるマダイ卵の識別（矢印が陽性反応＝マダイ卵を示す）

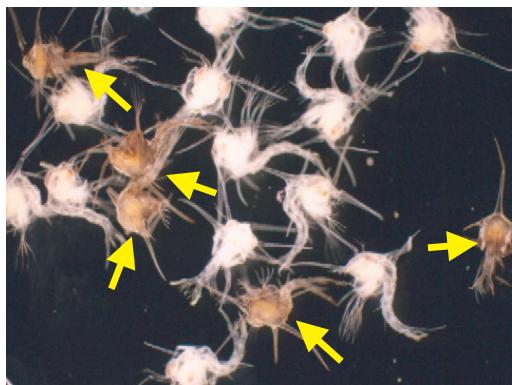


図-3 モノクローナル抗体によるズワイガニ幼生の識別（矢印が陽性反応＝ズワイガニ幼生を示す）

性を調べた。この結果、マダイと同定された卵のみに陽性反応が認められ、野外試料にも適用できることができた。

これまで、水産生物15種について抗体作製を試み、3種類についてモノクローナル抗体が得られた。このようにモノクローナル抗体の作製は容易でなく、1回の試行で必ずしも得られるものでない。ただ、ポリクローナル抗体が得られたということは、スクリーニングやクローニングの工程を改善、効率化することでモノクローナル抗体が得られる可能性がある。

4. モノクローナル抗体法の特徴

モノクローナル抗体法のメリットは、特異的で精度が高くこれまで困難であった生

物の同定が可能となること、2時間程度で迅速に同定できること、同定作業に特別な機器が不要であること、長期保存されたホルマリン固定試料にも適用可能であること、多種多量の卵や幼生が混在する野外試料を非破壊で識別できること、抗体産生細胞を適切に維持することで半永久的に抗体の生産が可能であり、同じ基準で同定できることが挙げられる。デメリットとしてはモノクローナル抗体産生細胞を得ることが容易でないこと、また予め特異性（交差反応）確認のために種が明確な親生物が産卵した卵や幼生を入手しておく必要があることが挙げられる。

近年、より感度の高いDNA解析法による生物同定の研究が行われている。この方法では、卵や幼生1個ずつからDNAの抽出と高価な機器による增幅・解析操作が必要である。卵稚仔調査では、数ミリメートルレベルの魚卵や幼生を大量に処理する必要があり、一度に処理する際には抗体法が便利と考えられる。

5. おわりに

近年、世界的に水産物の需要拡大と環境悪化により資源の減少が危惧されており、水産資源の変動把握や予測は重要な業務である。その基礎技術となる同定技術の高精度化と標準化は、国内および国際的にも非常に重要な課題であり、水産資源の持続的利用を実現する上で不可欠である。

モノクローナル抗体法は、これらの課題をクリアしうる技術であり、今後、多くの研究者あるいは開発者に利用して頂き、水産資源の管理や保護、環境保全の一助となれば幸いである。

藻場生態系と魚たち

徳島県立農林水産総合技術センター
水産研究所 研究員 棚 田 教 生

沿岸域の藻場は、浅海生態系の根幹として極めて重要であり、その機能は、天然の魚礁、餌料礁、産卵礁としてだけではなく、海中における酸素供給装置、水質浄化装置としてまで、非常に多岐に及んでいます。

徳島県北部の瀬戸内海沿岸では、砂泥性のアマモ場と岩礁性のガラモ場が主要な藻場となっています。筆者が徳島県北部沿岸の藻場を調査して2年半になりますが、その間に海中の藻場で実際に観察した魚たちを紹介したいと思います。

まず、アマモ場（一部ウミヒルモを含む）では、メバル、カワハギ、アミメハギ、ウミタナゴ、マダイ、クロダイ、ヒラメ、カレイ、キュウセン、ハオコゼ、アサヒアナハゼ、クサフグ、ニジギンポなどが観察されました。次にガラモ（おもにアカモク・タマハハキモク・ホンダワラ）場では、メバル、アイナメ、クジメ、カサゴ、カワハギ、アミメハギ、クロダイ、ウミタナゴ、キュウセン、ホシササノハベラ、メジナ、イサキ、スズメダイ、アサヒアナハゼ、ハオコゼ、ニジギンポ、チャガラなどが確認されました。さらに、魚ではありませんが、水産動物として、また釣りやダイビングの対象種としても人気の高いアオリイカ（成体・卵）をアマモ場で確認しています。

このように、藻場には水産業上有用な種も含め、多種多様な魚介類が生息しており、これらを海中で目にするとたびに藻場生態系の豊かさや重要性を再認識させられます。

しかし、これら各々の藻場では、周年を通じて豊かな生態系が維持されているわけではないのです。アマモ場は、春から夏にかけて繁茂しますが、秋から冬にかけては草丈が短くなり、密度もまばらになるので、藻場としての機能が

低下し、集まる生物も少なくなります。逆にガラモ場は、秋から春にかけて繁茂しますが、夏にはほとんど枯れなくなってしまいます。そこで、筆者らは、それぞれの藻場の長所を生かし、短所を補完するために、アマモ場とガラモ場を近隣に複合的に配置させて、周年にわたって豊かな藻場を維持させる試験をモデル的に実施しています。アマモ場とガラモ場を利用する魚介類は共通する種も多く、魚種によっては、おもに稚魚～幼魚期をアマモ場で、幼魚～成魚期をガラモ場で生活することが知られています。このような魚にとっては、アマモ場のすぐそばにガラモ場があると、両藻場間の移動の際に外敵から狙われるリスクも軽減されるのではないかと思われます。

多様で持続性の高い藻場生態系を創り出すことにより、これを利用する魚たちも増え、いつ潜っても豊かな藻場と魚たちが目に入ってくる海をつくることを夢見て、今後も藻場に関する研究を続けていきたいと考えています。



天然アマモ（左）と
造成アカモク（右）
の“複合”藻場とメ
バルの成魚（5月初
旬、鳴門地先水深3
m）

● 略歴



1975年	徳島県生まれ
1999年	広島大学大学院生 物圏科学研究所 博士課程前期修了
同年	徳島県水産課
2001年	徳島県水産研究所 現担当（藻場・増 養殖）
2002年	

瀬戸内海と阿波の変遷（下の一）

村 上 瑛 一

〔阿波の武士〕

九世紀中ごろから地方政治は乱れ社会不安が高まっていく。群盜がはびこり海上では瀬戸内やその周囲の海域に海賊が横行した。紀貫之は『土佐日記』にそのままを記している。こうした亂れを官人は鎮めることができず、荘園の名主たちは家の子郎党に武装させて自衛するようになっていった。「武士」の興りである。荘園毎に分散していた武士は有力な豪族を棟梁に仰いで各地に武士団を形成するようになっていく。阿波では桜間の田口成良（しげよし）が力をもつようになった。天慶二年（九三九）藤原純友の乱では、純友勢は讃岐に攻め入り放火掠奪を尽くしたあと阿波にも侵入した。阿波の国司小野保衡（やすひら）は豪族桜間行直や杉尾資宗（すけむね）の助けを得てようやくこれを退けた。三木、飯尾、有持、海部、薬師寺、岩松、秋元などの諸氏が阿波で主要な武士団を形成し、岩松氏は阿波海賊を支配した。田口成良は平家の一族で徳島平野に威を揮い、源氏に組する伊予の河野氏を破り、また瀬戸内海の海賊をも支配した。平家を支えて摂津福原に経ヶ島を築き、のち阿波守に任せられ屋島に行宮を建てるなど、阿波を代表する棟梁となった。

治承元年（一一七七）、藤原成親・同成経・同師光・俊寛・平康頼らは京都鹿ヶ谷において平家打倒の謀議を行った。陰謀は洩れ一同は捕らえられて成親は備前に、俊寛・康頼・成経は鬼界島に流されたが師光は殺された。藤原師光（入道して西光）は阿波柿原の出で元は後白河院の北面の武士であった。田口成良はこのとき西光の本拠である柿原庄を攻め、西光の子広長を自害させている。鬼界島に流された康頼は許されて京に帰り、のちに源氏の世になると頼朝

から麻殖保司に任せられた。頼朝の父義朝の荒廃した墓に寄進して弔ったことがあったからである。康頼が建てたとされる玉林寺や隠棲したと伝えられる地は、麻植郡（現、吉野川市）鴨島町森藤の吉野川の洪積台地にあり、彼を祀った祠の横には樹齢八百年を超える楠の巨木が鬱蒼と枝を広げている。

〔源平瀬戸内の戦いと阿波〕

一ノ谷に平家の軍勢を破った源義経は、讃岐屋島に拠った宗盛の平家勢を追討しようと、摂津渡辺（現、大阪城付近）から船揃いし、僅か五艘の舟、一五〇騎をもって風波を衝いたが、これに流されて阿波の地へと吹き着いた。『平家物語』は、「三日にわたる処を、三時（六時間）ばかりにわたりけり」と書いている。

義経の上陸地は諸本の間に異同があり、勝浦（今の徳島市八万）とも小松島市旗山の付近ともいい、『吾妻鏡』には椿浦と傍書がある。義経は、田口成良に攻められ、板西で時節到来を待っていた西光の第六子近藤六親家の先導を得て、ただちに北に進撃して成良の弟桜間良遠を攻め破り、八万から一宮に出て鮎喰（あくい）川を跨ぎ、国府から中富川（吉野川）を渡って板野へ入り、さらに大坂峠を越えて引田・牟礼から屋島を急襲した。田口成良は源氏にくら替えして、配下の有力な海賊衆を率いて平家方を攻撃したので、平軍は屋島を支えることがかなわず海上を逃げ、内海を西に長門壇ノ浦へ走った。このとき平国盛は讃岐水石莊から阿讃山脈を越えて阿波に逃れ、吉野川を遡って東祖谷山に到ってそこに住んだと伝えられている。阿佐氏はその後裔といわれ、平家の赤旗を現在も護りつづけている。四国山地の奥、木屋平（こや

だいら) や木頭(きとう) 地方には、今も平家落人の伝説をもつ部落が多く残っている。

〔下剋上の時代と阿波〕

平家が滅亡し、鎌倉幕府によってそれまで行われてきた荘園制の中に守護・地頭がおかれたことは、阿波においても種々の摩擦と衝突を生むこととなった。『吾妻鏡』には、地頭の野三成綱(やそうしげつな)が貢物を押さえ命に服さないので、麻殖保司平康頼は二回も鎌倉に訴えた、と書かれている。こうした荘園支配をめぐる朝廷(公家)方と幕府との対立は、やがて承久の乱(一二二一)へと発展していく。

近江源氏の出である佐々木經高(つねたか)は、文治二年(一一八六)幕府から阿波・淡路・土佐の守護に任せられるが、次男高兼を守護代とし、自らは大番として長子高重と共に在京していたが、市中を騒がした罪で所領を没収された。そのため承久の乱では朝廷方に就いたが敗れて山城の鷲尾山中に逃れて自殺、子高重は宇治で捕らえられ殺された。平康頼の子清基も上皇軍に加わったが敗走し保司の職を失った。佐々木氏に替わり阿波の守護となったのは戦功のあった信濃の小笠原長清である。

承久の乱後、幕府は公家(朝廷)方の所領を没収して功のあった将士に地頭職(しき)として分与した(新補地頭)。麻殖の地は地頭野三成綱が公家方に味方して宇治で戦死し、小笠原長清の子長経が地頭となった。長経の子長房は三好郡の平盛隆の乱を平定して美馬・三好を領有し、後池田に移って大西城を築いてここを守護所とした。三好氏の祖である。また伊予の河野通久は幕府につくした功によって富田荘、新田氏の一族岩松時兼は生夷(いくひな)荘(現、勝浦郡勝浦町)、秋本次郎兵衛尉は櫛淵(くしぶち)荘(現、小松島市内)の地頭に補任された。三善(みよし)の一族は麻殖荘西方(西麻植・飯尾)の地頭となり、その地名をとって飯尾(いのお)氏を称した。いずれものち阿波の有力な土豪となった。

承久の乱の後、幕府は後鳥羽上皇を隠岐に、

弟の順徳上皇を佐渡に配流した。土御門上皇も自らすんで土佐に遷られたので、幕府はせめて都に近いところをと貞応二年(一二二三)阿波へ迎えた。そのため上皇を「阿波院」ともいう。上皇の土佐から阿波への道筋には二説がある。吉野川の谷をへて三好郡山城谷を通過したとも、『土佐日記』のように海岸沿いに阿波へ入ったともいう。仮寓を南陽御所(現、板野郡藍住町勝瑞)に定め小笠原の兵が警護したことが『名月記』の嘉禄三年(一二二七)の記載から推察される。阿波における上皇伝説は三好・麻植・海部郡にもあるが、板野郡はとくに多く鳴門市里浦・堀江、また住吉・栄(現、板野町)・御所(現、板野郡土成町)なども、しばしの行在所であったとされている。

瀬戸内の地を基盤とし、内海の重要性に眼をつけていた足利尊氏は、建武元年(一三三四)細川和氏を阿波守に推し、細川定禪を讃岐に置いて四国の經營を図った。阿波と讃岐は畿内に近く、近畿の背後地として内海の東部を扼する枢要の地であった。建武三年(一三三六)、尊氏が新田義貞に敗れ内海を九州に走ったとき、定禪は細川一族を淡路・阿波・讃岐に配置した。細川和氏は阿波に入り、秋月(土成町)に城を築いて吉野川流域を手に入れていく。守護小笠原頼清、守護代頼貞は共に細川に対抗したが利あらず、頼清は沼島に、頼貞は三好郡大西に後退した。大西の小笠原義盛、祖谷山の諸豪、木屋平(こやだいら)の三木氏・松家(まつか:木屋平氏)、また櫟生(いちう)・山城谷の人びとは、阿波山岳武士の誇りを捨てず、南朝党として四国山地の天然の要害に拠り、淡路沼島の党に護られて吉野に通じ、北朝細川方に対抗した。しかし、南朝方の勢力も次第に衰え、正平十七年(一三六二)、阿波山岳党の代表だった一宮城・一宮大宮司(小笠原氏)が細川に下り、その他も次第に北朝に帰順し、細川氏の威勢は全阿波に及ぶこととなった。しかし、守護小笠原氏(のち三次氏)は王朝以来この土地に深く根をおろした存在で、幕府支配下の土豪たちの旗頭となりやがて戦国大名へと成長していく。

新しい刺身商材への挑戦

京都精華大学
鷺尾圭司

この秋になって二回、サワラの刺身を食べる機会に恵まれた。少しグレーがかった背の身とピンクがかった腹の身を味わい比べ、しっとりした脂の乗り具合を楽しんだのは言うまでもない。

元来は身のやわらかなサバ型魚類だから生食の対象としては考えられておらず、塩焼きや味噌漬の材料としては高級だと位置づけられていた。お惣菜魚だから、高級といってキロ千円を越えることはまれだった。

このサワラを刺身で食べるなどということは産地の漁師の特権で、サワラを良く食べることで知られる祭り寿司の岡山県でも、酢で締めてキズシのように利用することはあったが、寿司ネタとして登場することは一般的にはまれなことだったと聞く。全くの生というのは近年のことだ。

何よりも獲り方がサワラ流し網やはなつき網という刺し網形式だから、サワラが網に掛かって暴れるので、皮は擦れ、身は打撲傷を負ったようになって、三枚におろすだけでも身がバラバラになりかねない。だから切り身にするにも細心の注意が必要で、塩をするとか味噌漬にして身を締める必要があったわけだ。

蛇足ながら、塩はタンパク質を溶かして糊状に変化させる働きがあるので、魚の切り口の身が割れそうなところに作用させると、接着剤のように表面をくっつけて身割れを防いでくれる。そのため、味付けだけのために塩を振るのであれば、塩が水分を吸う前に焼いても構わないのだけれど、タンパク質の変成を期待するわけだから、塩をして少し時間を置いてから焼くほうが効果的だ。

こんなサワラだが、海の表層を高速で泳いで

いるから流し網などに突き刺さるように獲れるのだが、釣りでも対応する手段としてトローリングがある。トローリングの釣りといえばカジキなどの大型魚をイメージするが、瀬戸内海でもこのサワラやハマチ、カンパチなどの対象魚種がある。

20年前に明石の漁協勤めを始めたころ、古老の釣師のお供をして鹿之瀬へ連れて行ってもらった。11月半ばまではアジ・サバの一本釣りだったが、木枯らしが吹き始めるとサワラねらいのトローリングに入った。

3トン程度の小型漁船の両舷に長い竿を出し、釣り糸を後方に流して引き釣りだ。海底地形の凹凸に合わせて生じる海面の波立ちや潮の渦にねらいをつけ、船を誘導していくと、後方の仕掛けにあたりが来る。獲物の多くは50センチ程度のサゴシと呼ばれる若魚だが、時折竿が大きくしなって1メートル超のサワラが掛かってくる。

竿はそのままに釣り糸だけを手繰り寄せ、魚を取り込むのだが、何度も言うがサワラは身がやわらかい。船の甲板に下ろしてバタリとでも暴れさせては台無しだ。数キロはある大物でも釣り糸を持ったままぶら下げ、宙吊りのまま手カギを打ち込んで締める。締められたサワラの動きが止まるのを待って発泡スチロールのケースに収める。

もちろん素手ではない。軍手を海水に浸し、海水温と同じ温度で触れる。「何せ、人の手は36°Cもあるって、18°Cの海のサワラに直接触れたらサワラが火傷してしまう」というのだ。なるほど私たちも、体温より10°C以上高い風呂には入りたくない。

こうしてていねいに扱われたサワラは身割れ

することもなく、最高の刺身ネタとなって漁港に届けられるわけだ。

しかし、仕入れをする魚屋さんが「サワラならお惣菜」と決めつけた買い方をされるとこの苦勞も水の泡となる。「釣もののサワラは刺身になる」とあちこちの寿司屋に行っては吹聴し、魚屋の前では「釣もののサワラはないか」と声をかけ続け、ようやくにして商品評価が定着したという思い出がある。数少ない高級商材となった釣サワラは、明石の人々の注目するものとなり、ついには網で獲ったものは評価されなくなるところまで価値観が変わり、釣漁師たちは時代遅れの漁法とあざけられた時代を乗り越え、新たなプライドを持った漁師に立ち直ってきたといえる。

この変化に気を良くして、これもお惣菜魚だったタチウオに目をつけたのが16年前のこと。愛媛や山口に調査旅行に出かけたときに、漁村の民宿で食べさせてもらったタチウオが印象に残っていた。それまで塩焼きやバター焼き、ついには蒲鉾の加工原料にまで扱われていた網で獲るタチウオをもったいないと見るようになった。

タチウオは獰猛な魚で、海の表層を泳ぐイワシの群をめがけて深みから飛び上ってくる。勢い余って海面上に飛び上がるときは、夕立時の水しぶきをさらに大きくしたような迫力がある。

群れをなしているので、大きな網で一網打尽が当たり前のようにされていたが、漁価が安いため獲れても大漁貧乏になりがちだった。そこでサワラに習って刺身商材にしようと試みたわけだ。

しかし獲り方としては、網漁以外では一本釣りしかなく、これではいくら何でも効率が悪い。そこで延縄（はえなわ）のように道糸に枝針を数多くつけた仕掛けを中層に沈めて横に曳いていく引き縄釣りを勧めてみた。餌は折から豊漁だったマイワシを使い、タチウオの群が潜む層を曳くわけだ。

タチウオは銀白色も目映い姿で、水中でも目立ちやすいように思われるが、それは光があっ

てこそだ。海中深くなるにつれ、太陽の光は衰えて、だいたい透明度の深さの倍あたりからは暗闇となる。太刀魚が潜むのはそのあたりで、大阪湾ではだいたい水深が10~20メートルあたりに日星がつく。そこで、水深10メートルあたりを生餌のついた針が通って行くようにすると、タチウオが食いついてくるという算段だ。

一隻の漁船が道糸を流しながら走る。道糸には100本の枝針がつき、長さは200メートル以上になる。うまく群に当ると、ほとんど全部の針にタチウオが掛かって来るという。

これを取り込むときもサワラで習った心得が必要だ。甲板に落としてバタバタさせてはならない。また、見る見るうちに鮮度が落ちて銀色の輝きが鈍ってくるから、いち早く氷水で冷やしてしまう必要もある。ただ、厄介なことにタチウオの歯は非常に鋭く危険だ。宙吊りにして締めるなどという技は使えない。仕方がないので、甲板上に氷水を用意した容器を用意しておき、タチウオを船上に取り込むやいなやその容器に浸けてしまうという手順を練習してもらった。こうするとタチウオも傷まず、怪我もしないというわけだ。

銀色の皮が全くはげていない、文字通り太刀のようなタチウオが水揚げされるようになり、その鮮度と身傷みのない品質から、刺身商材に成るのにはさほど時間はかからなかった。

ついでに紹介すると、サンマの刺身も最近は定番化してきたものだ。ご存知の棒受け網漁の網を引き絞る前に、獲物の上で跳ねている元気なサンマだけを先に取り分けて、鮮度を落とさずに出荷されるようになったからだ。

いずれも、安い惣菜魚にも扱い方次第で価値の出るものがある。それを大切にしたいという情熱が、漁法の工夫を生み、扱い方の工夫となり、新しい商材を生み出していく。漁業もまだまだ捨てたものではないことを、新しい刺身ネタを口に含みながら噛み締めたい。

希少生物の宝庫＝吉名の海辺（竹原市）

独立行政法人産業技術総合研究所
中国センター

主任研究官 湯 浅 一 郎

2004年11月2日の中国新聞に、「カブトガニ何と66センチ 竹原の中学生観察」と題した写真入りの記事が掲載された。かなり大きなカブトガニが竹原市吉名町沖で刺し網にかかり、地元の中学生が観察したというわけである。本連載の第2回で述べたカブトガニが今も自然の状態で維持されている様子は、健在であることがうかがえる。

この状態を維持している背景は、曲がりなりにも、吉名の海が、多様な地形を持つ自然海岸を残しているからである。竜島に象徴されるように砂州で岬とつながった陸繫島があり、干潟と岩場が交互に繋がった地形が維持され、アマモやガラモ場が存在している。

竜島は、たまたまJR呉線や国道から離れた岬の突端にある小島である。1970年代終わりには大型石炭火電の建設予定地になり、島の北側の干潟とアマモ場は埋め立てられるはずであったが、住民運動などによって計画が止まったおかげで、今も昔ながらの風景を見ることができている。砂州のある小島の風景は、広島県内でも相当あったが、今ではほとんどが埋め立てられ、姿を消してしまった。小高い道路から見ると、潮が引いて砂州が見える時間帯になると、カブトガニの容姿によく似た形が浮かび上がる（写真）。

しかしバブル経済がはじけ、リゾート計画は縮小されたにもかかわらず、1993年、隣接した山地側を削るゴルフ場開発が持ち上がり、建設工事による土砂の流出などが起った。これにより、竜島周辺のアマモ場が一部消滅した。陸繫島がそのまま残存してはいるが、他方で自然海岸にも、人の手がじわじわと迫っているのである。吉名漁港の防波堤、精錬所のスラグなどの

廃棄物置き場用の埋め立て、更に海岸の一部がコンクリ護岸になってしまっている面はある。この両面性が生物の生息状況にも反映している。

「カブトガニが住みやすい環境を守る会」の清瀬氏が作成した吉名地域の生物分布図を紹介しよう（私信）。ここでは、この図に沿って吉名の海に暮らす生物について概観してみる。

カブトガニの成体は、アマモ場のやや沖側に近いところで、藻建ての刺し網によくかかる。番でかかる場合も多い。清瀬らは、1993年から観察や聞き取り調査を始め漁業者の証言を集め、従来から多くのカブトガニが生息していたことがわかった。あまりに多くて困っていたようで、港に行けば、刺し網にかかって邪魔者扱いされ、桟橋に放置されていたらしい。いつ頃か明確ではないが、消去法で推測すると1980年代に入った頃から減少し始めたと見られる。それでも1993年には網にかかったという34件の情報が集まつた。

同年8月に、沖辺の河口に近いコンクリート護岸のヘリにたまつた砂地で卵が見つかる。「淡黄色、直径3mm、深さ15cm、数百個」との記録がある。カブトガニが産卵に来るのは、地下から湧き水がある場所ということも分かった。山からの養分が川や伏流水を通じて砂浜、干潟に届けられ、藻場が育ち、自然の巡りの中でたくさんの命がはぐくまれている。更に1998年から幼生が見つかり始めた。地元住民が海岸で1個体見つけ、その後、近くの干潟で、6尾の幼生を確認する。体長は4.7cm-9.7cmと多岐にわたり、以来、毎年、ほぼ同様の幼生の確認が続いている。

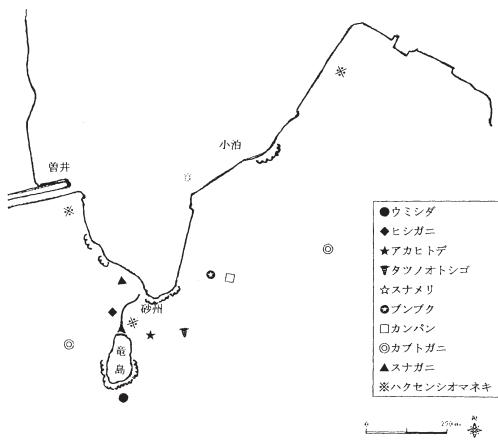
しかし漁業者からの情報が組織的に行われていないので、確たることは言えないが、ここ数

年、網にかかるカブトガニの数は1993年と比べるとかなり減少している。少なくとも増加しているようにはみえない。減少の要因としては、①漁港の防波堤の設置や廃棄物埋め立てなどで、産卵、生育の場そのものがつぶされてきたこと、②農薬、洗剤の使用が増えたこと、③海砂採取により、アマモ場が減少したことなどが重なり合っていると推測される。

カブトガニが住んでいる竜島の周りには、藤岡が調査してきた呉周辺では、1960、1970年代に姿を消してしまった希少な生物が多数、生息している。島の先端部は岩礁海岸で、流れがある程度早く、ガラモ場である。大潮の干潮時に、水深1—2mの転石を観察すると、「生きた化石」といわれるウミユリの仲間のウミシダが数種類は生息している。その他、最近富みに減少しているムラサキウニ、アカウニ、またヌノメイトマキヒトデ、ヤツデヒトデなどが、ほぼ同じ場所で常に観察されている。干潮線付近には、ニホンクモヒトデ、キクメイシモドキ、オオヘビガイなど多様である。

環瀬戸内海議で行っている10m間隔内における個体数調査では、2004年夏、カメノテ126個体、イボニシ99個体で、適度に生息している。それでも、イボニシは、1990年代の前半にはいなかつたものと見られる。

竜島と岬を結ぶ砂州の周辺には、砂場、泥場、アマモ場があり、それぞれに特徴的な生物がい



吉名海岸における小動物群の生息地

る。砂州に近い泥場には長いはさみを持つヒシガニ、干潮線の付近ではアカヒトデが確認されている。共に呉では1960年代に消えた種である。またアマモ場には、タツノオトシゴ、ヨウジウオもおり、いずれも瀬戸内海では激減している生物である。更に東側のアマモ場では、カシパンの仲間やブンブク類も見つかっている。

竜島の砂州、曾井の奥部、小泊海岸などでは、環境省のレッドデータブックで希少種になっているハクセンシオマネキの生息地がある。小泊海岸ではハクセンシオマネキがはさみを振り、アマモではコウイカが卵を生みつけていた。

また1999年頃から、ハクセンシオマネキ、スナガニの生息地が拡大したり、新たに場所が増えたという観察がある。1999年、2000年には吉名港の河口域、2001年にカブトガニ幼生が発見されている海岸、2002年には毛木海岸でと、吉名周辺の各地で新たな生息地が見つかっている。この傾向は、三原から呉にかけての海岸に共通に見られており、1998年に海砂採取を中止したことが関係しているのではないかとの推測もあり、精確な調査が求められる。同様にスナガニも生息地が増えている。

以上見たように、吉名には減少したとは言え、今も自然状態でカブトガニが生息する場が残っている。そのことが、多様で豊かな生物相を維持することにつながっている様子が見えてくる。そして、海砂採取の中止により、アマモ場の面積の回復や、ハクセンシオマネキ、スナガニの生息地の拡大などをもたらしている可能性もあり、今後の監視が必要である。



カブトガニの姿に似た竜島

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、埋立てた土地を活用して、港湾機能の整備を図るもので

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㈹/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.heaa-salon.or.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。

瀬戸内海各地のうごき

岡山県で実施

児島湖流域環境保全フェア

岡山県生活環境部環境管理課

岡山県では、毎年9月を「児島湖流域環境保全推進月間」と定め、県、国、流城市町村、民間団体からなる児島湖流域環境保全推進協議会を中心に各種行事を実施し、児島湖の環境保全を推進している。

9月3日、JR岡山駅で開催された「児島湖流域環境保全フェア」は推進月間のスタートを飾るもので、今年で7回目を迎えた。

当日は、小中学生を対象に実施したポスターコンクールの入賞者に対して表彰を行った。その後、県職員、協議会会員総勢約70名でクリーンネットの配布による街頭キャンペーンを行い、児島湖の汚れの約半分を占める生活排水対策の重要性を訴えた。

ポスターコンクールの応募作品のうち優秀作品100点は、9月3日から7日までの間、岡山駅構内の特設スペースに展示され、通勤・通学客等多くの県民の目を楽しませるだけでなく、「児島湖をきれいに！」という子供たちの思いを伝えるものであった。



平成16年度 岡山県知事賞 濱崎町立七区小学校5年

森永ちひろさんの作品

広島県で開催

せとうち海援隊生物調査指導者研修会

広島県環境創造総室環境対策室、環境調整室

ボランティアで県内の海浜を清掃・生物調査をしている団体を、平成14年度から「せとうち海援隊」として認定している。せとうち海援隊のうち生物調査に取り組んでいる団体の指導者を対象に、生物調査に関する知識・技術の向上を図るため10月15日に研修会を開催した。

せとうち海援隊6団体14名の参加があり、(独)産業技術総合研究所 上嶋英機産学官連携コーディネータを講師に迎え、「自然公園の管理とモニタリング～宮島の自然管理と活用～」をテーマに講義を行った。

講義の後、広島市内でも自然海岸が残る元宇品公園で、上嶋産学官連携コーディネータのほか日本ミクニア株広島事業所からも協力を得て、広島県が宮島で実施している海洋生物等モニタリング調査方法の実施研修を行った。



香川県で開催

第24回全国豊かな海づくり大会

香川県農政水産部水産課

美しい海を守り未来へ託していくために私たちが今考えること、そして実行できることは何だろう？水産業についての理解を深め、

瀬戸内海各地のうごき

かけがえのない海の環境や資源を守り、未来の子ども達により美しい豊かな状態で引き継いでいくために、第24回全国豊かな海づくり大会が10月3日に香川県の海の玄関であるサンポート高松で開催した。

大会では、天皇皇后両陛下のご臨席のもと挙行した式典・放流行事をはじめ、大会前日から開催した関連行事等の全てを、盛会のうちに終了することが出来た。

ご支援、ご協力を頂いた多くの皆さま並びに県内外よりご来場頂いた皆さまに感謝いたしますとともに、厚くお礼申し上げます。



香川県で実施

さぬき瀬戸クリーンリレー2004

香川県環境森林部環境管理課

「みんなで守ろう、美しいふるさとの海辺」を合い言葉に、9月5日白鳥港海岸（東かがわ市）を皮切りにスタートした「さぬき瀬戸クリーンリレー」が、10月末日終了（ゴール）した。

さぬき瀬戸クリーンリレーは、平成14年1月に、国や県、沿岸市町が一体となって海岸等のごみ問題に取り組む「香川県海上散乱ごみ処理対策等推進会議」が設立されたことを受け、平成14年度からスタートした事業であり、3回目となる今年度は、瀬戸内海国立公園指定70周年記念事業の一つとして位置づけ

るとともに、10月3日にサンポート高松で開催された「全国豊かな海づくり大会」と連携して実施した結果、県内の海辺71箇所で、80グループ延べ7,656人の参加によって500トンのごみを回収した。



香川県で 小規模事業場水質浄化事業

香川県環境森林部環境管理課

香川県環境保健研究センター

香川県では、平成16年度から、法律の排水規制を受けない小規模事業場などの排水について、学識経験者等からなる香川県小規模事業場負荷量削減あり方研究会（会長 竹川薰 香川大学農学部教授）を設置し、委員の助言を求めながら、排水の実態把握を行ったうえで、製造工程内対策や低コストで管理が容易な排水処理技術の開発支援など水質浄化対策のあり方の検討を行っている。

このたび、研究会で選定した2件のうどん店排水処理技術を、高松市内のうどん店に仮



瀬戸内海各地のうごき

設置し、11月15日から試験運転を開始した。試験期間は平成16年11月から平成17年3月まで、香川県環境保健研究センターが水質や汚泥発生量、電力消費量、騒音・においなどの調査を行い、期待される効果の検証を行ったうえ、必要に応じ、排水処理施設の改善を行い、普及を目指す。

松山市で開催 エコリーダージュニア干潟観察会

松山市環境部環境事業推進課

11月13日、市内の小学6年生21人（昨年のエコリーダージュニアの中の希望者）を対象に、干潟観察会を行った。水辺の生物や野鳥を観察することで干潟が徐々に無くなりつつある現状や、干潟には多くの栄養が集まり生き物には重要な生息地であることを学び、これから自分たちに出来ることは何かを考える機会とするために、次の内容で行った。



①水質保全や干潟に集まる生き物について、

事前学習をする。

- ②干潟に集まる野鳥の観察をする。
- ③干潟に生息する貝類の観察をする。
- ④「瀬戸内海をきれいにしよう」を表題に発表会を行う。

なお、希望者が多数のため12月にも開催する予定である。

姫路市で開催 ひめじ環境フェスティバル2004

姫路市環境局

各種団体・事業者・市などの環境問題への取り組みをPRし、地球環境の保全・創造やゴミの減量化・リサイクルについて、市民とともに考える場を共有し、楽しみながら体験することにより理解を深め、環境問題への関心と意識を高めることを目的に10月2日、3日の2日間開催し、約31,000人の来場者があった。

- ・第三回全日本エコ川柳大賞表彰式
 - ・環境ポスター優秀作品表彰式
 - ・こどもエコクラブ環境学習発表
 - ・環境啓発パネルの展示
 - ・地球環境クイズなど
- その他、ステージイベントや企業・市民団体等によるブース出展なども行った。

大分市で開催 大分市身近な自然観察会

大分市環境部環境対策課

身近な自然を観察しながら散策することで、自然を守り育てる意識の大切さを考えてもらうことを目的に行っている。

今回は、大分市高尾山自然公園において、10月9日に開催した。

瀬戸内海各地のうごき

大分生物研究会の会員の方々が、植物や昆虫などそれぞれの分野で講師となった。参加者は年齢層が幅広く、それぞれのポイントで分かりやすい説明を受け、熱心に聞いていた。身近な自然の重要性を実感することが出来た。



高槻市で実施

市民実験教室・2004

作ってみよう！身近なリサイクル品

高槻市

高槻市では環境への関心を深めてもらうため、毎年環境科学センターで市民実験教室を実施している。河川水や米のとき汁、しょう油等を使ってCODを測定し、家庭雑排水の河川に与える影響等を市民の方に実験してもらっていたが、最近、リサイクル問題に関心が高まっているため、今年は去年に続いて、家庭内の不要品を使ったリサイクル工作を10月23日に行った。

広報やホームページを通じて市民に呼びかけたところ、15名の参加があり、3つのグループに分かれて職員の指導のもとに工作を行った。

内容は、卵のカラを使っての化粧水づくり、廃油（使用済み天ぷら油）を使ってのキャンドルづくり、食品トレーを使ってのしおりづくりと、小学生でも参加できる内容を行った。

参加者からは、「今までゴミとしてしか見ていなかったものが、いろいろな物に変化し、再利用できるのが大変うれしい。」「家でも作れる内容だったので良かった」と感想を頂いた。来年は、簡単なpH試験紙の作成を考えている。



卵のカラを使っての化粧水づくり

広島県で

祭りのごみダイエット作戦

財団法人広島県環境保健協会

このイベントの主旨は、市町村で実施される各種のお祭り（イベント）などの会場から排出されるごみの分別徹底や排出量の把握などをを行い、減量化の必要性を広く住民に認識してもらうことを目的に行なった。9月～11月にかけては、県内各地でお祭り（イベント）が多く開催されており、「祭りのごみダイエット作戦」を、19市町20会場で実施した。



瀬戸内海各地のうごき

10月17日には、熊野町で筆の都リサイクルフェア2004が開催され、約1300人が来場した。この会場から排出されるごみを公衆衛生推進協議会（公衛協）で7種類（可燃、飲料缶、透明ビン、その他ビン、ペットボトル、廃プラスチック、割り箸）に分別した。

当日は、公衛協の推進委員12名が、参加者に分別の指導を行った。

集めたごみの種類ごとの計量を行った結果、総計23.3kg、そのうち資源化されたものは、7.1kgで、資源化率は30.5%であった。

広島県で実施 井戸水再生プロジェクト

財団法人広島県環境保健協会

能美町公衛協では、今年度「学社融合のまちづくり」をねらいに、公衛協と地元小学校の協働により3つのプロジェクトを開催し、町内の3地区で、1年に1つのプロジェクトを実施する。

10月6日には、その中の一つ「井戸水再生プロジェクト」が能美町鹿川地区で行われ、鹿川小学校4年生と鹿川地区の公衆衛生推進委員が一緒になり、井戸水調査や利用のアンケートを実施した。

手押しポンプを実際に動かしたり、子どもたちにとって新鮮な体験となった。



翌日には、調査した結果をマップにした。

兵庫県で開催

平成16年度中播磨・西播磨ブロック 保健衛生推進委員指導者研修会

(社)兵庫県保健衛生組合連合会宍粟支部

地域社会における保健及び環境の問題は、行政のみによって全てを解決することは困難であり、住民自らによる自主的活動が不可欠であるため、地域ごとに異なる諸問題を、地域の特色を生かしながら解決するための研修会を11月8日に開催した。

今回は、研修を効果的、効率的に実施するため、中播磨地区及び西播磨地区の合同開催とした。

研修内容

- ・リラクゼーション「体と心の健康体操」
衛生会播但連合安富支部
- ・講演「生活環境における有害物質～情報の読み方・聞き方」

元神戸学院大学薬学部教授

医学博士 藤井正美氏

大阪市で開催 水道記念館特別展・講演会 水都大阪淀川めぐり

大阪市水道局

○水道記念館特別展・講演会

「淀川の今と昔、そして未来」

大阪市の水道・水源である琵琶湖・淀川水系で今起こっている様々な水環境問題への関心を深めるとともに、自然豊かな淀川を取り戻し、水源・水質保全を啓発するため開催した。

瀬戸内海各地のうごき

☆特別展：9月22日～11月28日

今の淀川の河川環境やイタセンバラなどの希少淡水魚が見られるパネル展示と、淀川の今と昔の環境を再現した展示水槽を設置。

☆講演会：9月23日

「淀川の今と昔」をテーマに、淀川資料館チーフマネージャー田村輝男氏を招き、淀川の治水の歴史等を振り返り、今後の課題やこれから淀川についての講演を行った。

○水都大阪淀川めぐり

水都大阪淀川めぐりは、水道及びその水源を取り巻く現状と水環境を守る大切さを市民に知ってもらうため、平成10年度から実施している。本年度は、11月11日に実施した。

観光船アクアライナーに乗船し、水道局職員の説明を聞きながら淀川の状況、淀川に設置している水道局の施設を見学した。

その後は柴島浄水場・水道記念館を見学し、水環境について楽しく学んでもらった。

大阪市で実施

クリーンアップキャンペーン～きれいな大阪港からはじめよう～

大阪市港湾局管理部港営課

大阪市港湾局では、未来にきれいな海を引き継ごうと日常的に海面の清掃を行っている。海に浮遊するごみの大半は河川から流れ込むもので、今後は河川流域の清掃やごみを指定場所以外に捨てないよう啓発していくことが必要である。

昨年の世界水フォーラムをきっかけに、今年で3回目となる「クリーンアップキャンペーン」を11月21日に、大阪南港野鳥園で開催した。

午前中に野鳥園に流れ着いたごみの清掃活

動を行い、ごみ袋178袋1.78トンのごみを回収した。

午後、今回初めての試みとして、オズ岸壁において清掃船の見学会と海の清掃業務についてのパネル展を行った。清掃船の見学会は、特に子供達に好評だった。

今後も夏の活動ともども、市民に「海をきれいにする運動」の趣旨を広め活動していきたい。

大阪市で実施

船舶災害総合訓練

大阪市港湾局管理部港営課

毎年、船舶事故を想定した人命救助、消防活動、流出油処理の訓練を実施している。

10月26日午後1時15分、船舶から火災が発生したとの想定のもと、大阪市消防局の参加協力を得て、初の官民合同の訓練を総勢約130名24隻の船舶で実施した。

当日は雨天の中、オイルフェンス80mを引船に積み込み、舞洲緑沖へ出動した。雨天で視界が悪く、予定していた消防ヘリコプターでの人命救助訓練が出来なかった。

今回は、様々な機関の参加が実現し、実際の出動体制に近い状態での訓練となった。

今後もこのような訓練を継続して実施し、大阪港内の水域環境や水産資源を守っていきたい。

協会だより

(2004. 9. 1~11. 30)

第72回企画委員会

平成16年9月3日（金）、ひょうご国際プラザ（神戸市）において、第72回企画委員会を開催し、協会の会費のあり方について、検討・協議した。

瀬戸内海環境保全トレーニングプログラム

平成16年9月15日（水）～17日（金）、国民宿舎良寛荘（倉敷市）において、3日間にわたり開催した。

1. 基調講義

瀬戸内海の環境科学

岡市友利 香川大学名誉教授

2. 瀬戸内海の自然景観と人文景観

西田正憲 奈良県立大学教授

3. 自然再生推進法

岩浅有記 環境省山陽四国地区自然保护
事務所自然保护官

4. 閉鎖性海域における環境保全の取り組み

松田 治 広島大学名誉教授

5. 瀬戸内海環境保全対策の現状

秋山和裕 環境省閉鎖性海域対策室長補佐

6. 自然再生時代の環境修復事例

沖 陽子 児島湖流域エコウェブ会長



全員集合写真

7. 有害化学物質の水圏生態系への影響

青山 勲 岡山大学資源生物科学研究所教授
現地研修として、児島湖試験干潟を見学した。

瀬戸内海の環境保全に関する衛生団体合同研修会

平成16年10月6日（水）～7日（木）、兵庫県民会館（神戸市）において、瀬戸内海環境保全地区組織会議とともに衛生団体合同研修会を開催した。

○ 1日目

・開講式

・体験交流・意見交流

「各府県市連合会の実践活動から」

・全体フォーラム

基調講話 兵庫県知事 井戸敏三

パネルディスカッション

「生きてきた瀬戸内海－瀬戸内法30年－」

コーディネーター

薦田直紀 瀬戸内海環境保全地区組織会議

事務局長

パネリスト

久野 武 関西学院大学教授

英保次郎 瀬戸内海環境保全知事・市長会

議事務局

服部 豊 環瀬戸内海会議幹事



○ 2日目

・情報提供

閉鎖性海域の環境保全に関する取り組み

中嶋國勝 倭国際エメックスセンター専務

理事

瀬戸内海環境保全セミナー 九州ブロック

平成16年10月15日（金），NHK大分放送局（大分市）において、「瀬戸内海の環境を考える」をメインテーマに，瀬戸内海環境保全セミナー九州ブロックを開催した。

○第1部 講演

浮遊・漂着ごみの現状と課題

－海のごみゼロ－

藤枝 繁 鹿児島大学水産学部助教授

○第2部 パネルディスカッション

西端・豊の国から瀬戸内海を考える

コーディネーター

川野田實夫 大分大学教育福祉学部教授

パネリスト

木下通夫 大分県生活環境部環境保全課長

足利由紀子 水辺に遊ぶ会代表

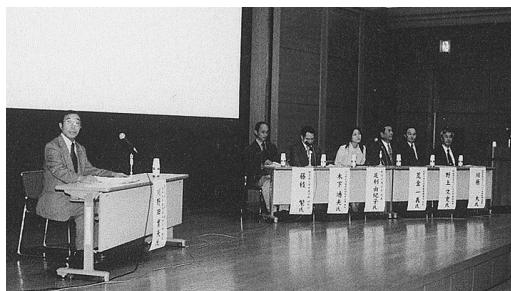
荒金一義 住吉川浄化対策推進協議会長

野上文史 糸別府湾をきれいにする会

常務理事

川原 大 倭マリーンパレス常務取締役館長

藤枝 繁 鹿児島大学水産学部助教授



パネルディスカッション

瀬戸内海水域の地域特性を踏まえた 有機汚濁機構の解明に関する研究

平成16年11月18日（木），兵庫県民会館（神戸市）において，第2回検討委員会を開催した。

①現地調査結果による外洋起源の割合の算定，②数値理論モデルの検証及び沿岸域と全域のTP・TN濃度比較，③湾・灘別水域特性の検討，について検討した。

せとうちネット管理運営委員会 (第1回)

平成16年11月24日（水），兵庫県民会館（神戸市）において，第1回せとうちネット管理運営委員会を開催し，平成16年度せとうちネット拡充計画について，検討した。

浜辺の観察教室テキスト検討委員会（第2回）

平成16年11月24日（水），兵庫県民会館（神戸市）において，平成16年度瀬戸内海沿岸域における浜辺の観察教室テキスト検討委員会を開催し，環境教育テキストの最終検討について，検討した。

瀬戸内海環境保全セミナー（四 国ブロック）運営連絡会

平成16年11月30日（火），香川県庁（高松市）において，瀬戸内海環境保全セミナーフォローアップ会議運営連絡会を開催し，実施計画案について，検討した。

瀬戸内海研究 会議だより

(2004. 9. 1~11. 30)

平成16年度総会

平成16年9月7日（火）、京都市国際交流会館（京都市）において、平成16年度総会を開催した。

- ①平成15年度事業報告並びに収支決算、
- ②平成16年度事業計画並びに収支予算、③役員の選任、について審議し、原案どおり可決した。

また、報告事項として、平成17年度瀬戸内海研究フォーラムを奈良で開催することを報告した。

役員の選任で、新たに2名の理事が承認された。

西田正憲 奈良県立大学教授

吉村幸男 兵庫県立健康環境科学研究所センター所長



瀬戸内海研究フォーラムin京都

平成16年9月7日（火）～8日（水）、京都市国際交流会館（京都市）において、「水環境保全と文化」をメインテーマに開催し、台風にもかかわらず延べ280名の参加を得た。メインテーマに沿った下記のセッションからなる研究発表等があり、それぞれの発表について活発な議論が展開された。

○研究発表等

第1セッション	京都文化と瀬戸内海
第2セッション	水環境保全と文化に関する研究報告（ポスター発表者）
第3セッション	海の環境と再生
第4セッション	琵琶湖－淀川－大阪湾での新たな水環境保全の視点と課題
総合討論	水環境管理と文化の新たな係わり

○ポスター発表

留学生研究交流セッション	11名
一般研究セッション	18名
最優秀賞	
斎藤光代	広島大学大学院生物圈科学研究所

瀬戸内海再生方策検討委員会

平成16年10月2日（土）、兵庫県民会館（神戸市）において、第1回瀬戸内海再生方策検討委員会を開催した。

- ①瀬戸内海再生方策の検討趣旨、②瀬戸内海再生方策検討委員会の設置、③検討のためのスケジュール、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16年11月29日（月）、兵庫県民会館（神戸市）において、「瀬戸内海におけるリン・窒素の挙動－太平洋起源の影響－」をテーマにワークショップを開催した。

○趣旨説明

柳 哲雄 九州大学応用力学研究所教授

瀬戸内海研究 会議だより

(2004. 9. 1~11. 30)

○話題提供

- ・瀬戸内海に存在するリン・窒素の起源

石井大輔 九州大学応用力学研究所技術職員

- ・豊後水道から瀬戸内海への栄養塩の流入過程

兼田淳史 愛媛大学沿岸環境科学研究センター助手

- ・紀伊水道からのリン・窒素の流入過程

藤原建紀 京都大学大学院農学研究科教授

- ・紀淡海峡のリン・窒素フラックス

西田修三 大阪大学大学院工学研究科助教授

- ・紀伊水道の栄養塩・低次生産・高次生産の経年変動

上 真一 広島大学大学院生物圏科学研究科教授

- ・瀬戸内海の望ましいかつ可能なリン・窒素濃度

浮田正夫 山口大学工学部教授

○総合討論



編集後記

2004年も終わろうとしておりますが、今年ほど自然災害の多かった年はなったのではないでしょうか。

まず、6月から台風の当たり年のように次から次へと日本におそってきて、至る所で大災害を起こしました。交通規制ではありませんが、少しは進路を変えてほしいと思いました。

また、10月23日には新潟県中越地震が発生し、その報道をテレビで見ていると、阪神・淡路大震災の時が思い出されました。犠牲となった人々への鎮魂と被災地の復興をお祈り致します。

当協会の会報「せとのうみ」、機関誌「瀬戸内海科学」にかわり、総合誌「瀬戸内海」を発刊して10年になります。本誌に編集委員会の久野 武委員長、「瀬戸内海誌創刊十年にあたって」を執筆頂きました(41ページ)ので、ご一読下さい。

年4回として、40回発刊しているということは、特集も40回掲載したことになります。特集の話題を探すのが大変になってきました。特集についてご提案等ございましたら事務局までご一報頂ければ幸いです。

これからも誌面をよりよくするため、編集委員ならびに事務局は努力して参りますので、ご意見等をお待ちしております。

来年は皆様方にとってよい年でありますようお祈り申し上げます。 (M. M)