

# 浅海漁場環境調査

石田俊朗・石元伸一  
中村富夫・伏屋 満

## 目 的

沿岸ノリ漁場環境の変動を把握し、ノリ養殖漁業の指導に資するため、知多事務所普及員および知多のり研究会員と協力し、栄養塩類等の調査を実施した。

## 方 法

知多半島周辺のノリ漁場区域から39測点(図1)を選び、このうち伊勢湾海域の20測点については平成2年9月から平成3年3月の期間において、南知多・知多湾海域の19測点については平成2年10月から平成3年1月の期間において調査を実施した。また、伊勢湾・知多湾沿岸漁場調査が行われた週は本調査は行わなかった。

採水は海表面より行い、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、

$\text{NO}_3\text{-N}$ および $\text{PO}_4\text{-P}$ は昨年度と同様の方法で、pHはpHメーターを用いて測定した。

さらに伊勢湾海域の試水については、クロロフィル $\alpha$ 量および光合成活性を昨年度と同様の方法で、塩分量はサリノメーターを用いて測定した。

## 結 果

調査結果については、即日ノリ養殖漁業関係者に提供した。

知多半島沿岸のノリ漁場を伊勢湾海域、南知多海域、知多湾海域に区別して考え、それぞれ比較的欠測の少ない測点(伊勢湾海域; St.11, 南知多海域; St.23, 知多湾海域; St.37)を選び、無機三態窒素合計(DIN)量およびリン酸態リン量の変動を図2に示した。この3測点は伊勢湾・知多湾沿岸漁場調査とも一致しているため、その結果も一部引用した。

また、伊勢湾海域の3測点(St.1, St.11, St.19)について、クロロフィル $\alpha$ 量および光合成活性の変動を図3に示した。

今年度の調査結果について特徴的であったことについて述べると、栄養塩類量については、12月に特に豊富であり、ほとんどの測点で $100\mu\text{g}/\ell$ を上回ったが、年明け後には例年通り減少し、知多湾海域では特に少なかった。クロロフィル $\alpha$ 量については、10月16日および11月20日の調査時に非常に多い測点が多かった。

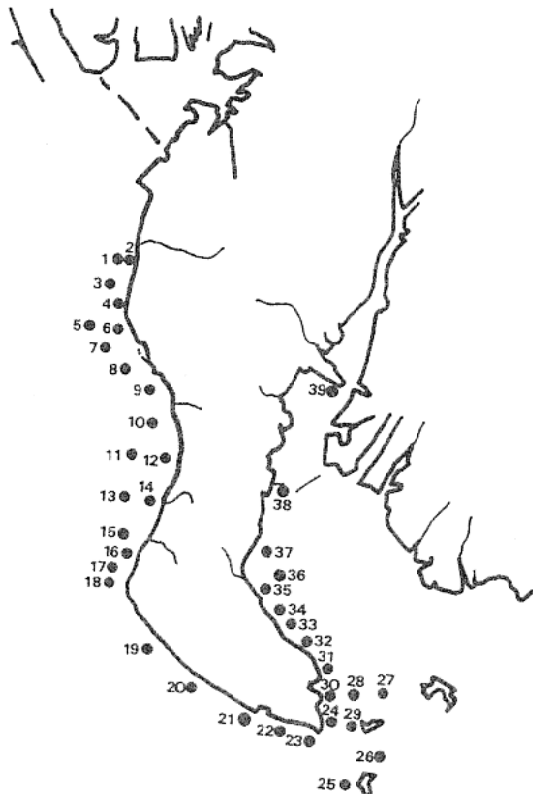
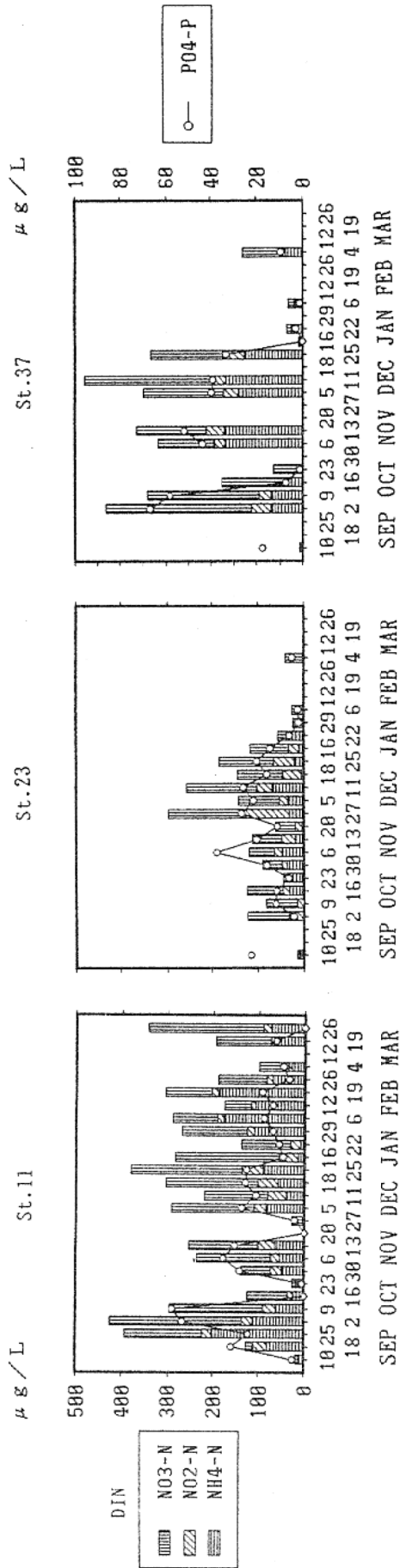
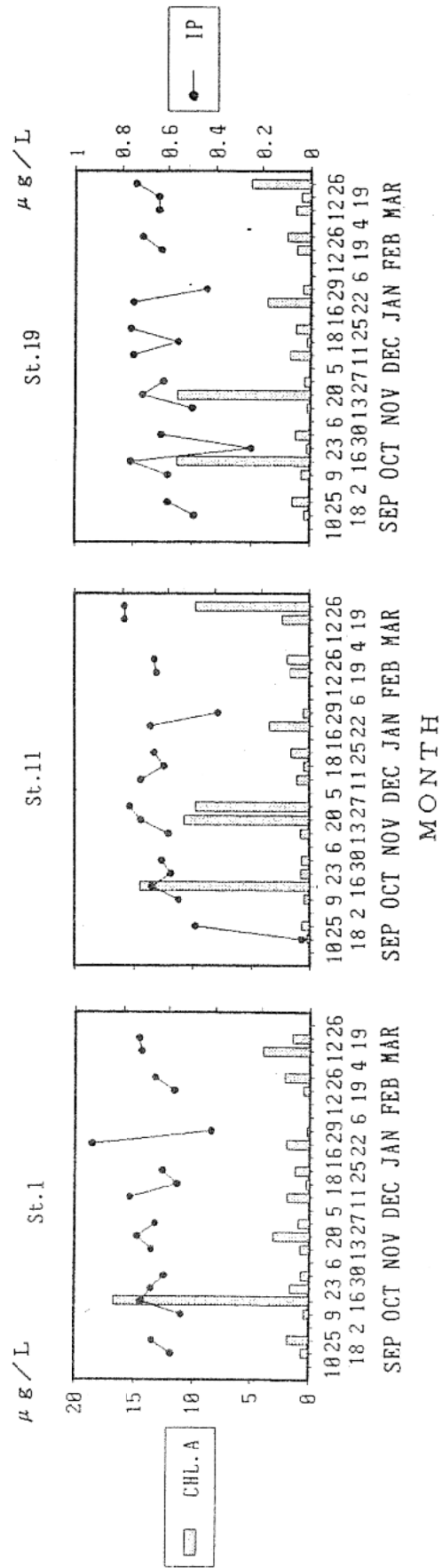


図1 調査地点



MONTH

図2 St. 11, 23 および 37 における栄養塩類の変動



MONTH

図3 St. 1, 11 および 19 における Chl. a および光合成活性 IP の変動

# 苦 潮 発 生 状 況

山本民次・石田基雄

## 目 的

苦潮の発生状況を把握し、その原因究明と水質浄化のための基礎資料とする。

## 結 果

本年度の苦潮の発生は渥美湾と知多湾にみられ、発生件数は11件で、前年度より3件多かった(表1)。

## 方 法

伊勢湾、知多湾及び渥美湾における、平成2年4月～平成3年3月の苦潮発生の規模や水産被害などを観測調査するとともに、県事務所や各漁協からの連絡をとりまとめた。

表1 昭和56年度～平成2年度の苦潮発生件数

年度	S 56	57	58	59	60	61	62	63	H 1	2
件数	13	10	16	17	25	20	18	13	8	11

## (2) 水産公害基礎研究

### 水産生物に対する農薬の体内濃縮試験Ⅱ

蒲原 聡・井野川仲男・黒田伸郎  
しらなみ乗組員

#### 目 的

CNP(2,4,6-トリクロロフェニル4'-ニトロフェニルエーテル)は、ジフェニルエーテル系除草剤の一種で田植え後1週間以内に散布され、河川・海域では5月から6月にかけて検出されている。平澤ら(5)によると河川では0.2~0.4 $\mu\text{g}/\ell$  海域では0.1 $\mu\text{g}/\ell$ 検出されている(昭和60年)。

水産生物は、高濃度の農薬によって、へい死したり奇形が発生したりするが、低濃度でも生物体内に濃縮することが知られている。昭和61年度から農薬CNPに対するクロダイ・アサリの体内濃縮試験が行われてきた。魚類・貝類に続き今回は甲殻類のクルマエビについてCNPに対する試験を行った。

#### 方 法

クルマエビのCNP試験濃度は10 $\mu\text{g}/\ell$ とした。ちなみに、クルマエビの48時間半数致死濃度を測定すると、約4.7 $\text{mg}/\ell$ (25.5 $^{\circ}\text{C}$ )になった。

試験期間：平成2年8月23日~10月4日

供試生物：クルマエビ(全長4.1~8.9cm, 体重0.77~3.78g)を100匹収容し給餌は行った。

供試薬剤：残留農薬試験用CNP標準品を少量のアセトンに溶かし、試験当日に希釈したもの。

飼育水：蒲郡市三谷町地先で取水し、貯蔵したもの。

飼育条件：72 $\ell$ 水槽に海水を36 $\ell$ 入れ、吸収

・排出試験共に連続流水式で飼育した。吸収試験は、1 $\text{mg}/\ell$ のCNP希釈海水を毎分3ml、海水を毎分300ml流し、飼育槽に入る海水中のCNP濃度が10 $\mu\text{g}/\ell$ になるようにした。排出試験は、CNPの流入を打ち切って飼育槽の海水のほとんどをいれかえてから海水だけの流水にした。

サンプリング：吸収試験では、試験開始から0, 2, 8時間後1, 2, 4, 10日後に5~10個体ずつ行った。

排出試験では、1, 2, 4, 8, 16, 32日後に5~10個体ずつ行った。

分析方法：サンプリングしたクルマエビを、常法により有機溶媒で抽出、クリーンアップ、定容後ガスクロマトグラフ分析をした。

#### 結果と考察

クルマエビ体内のCNP濃度の経時変化と飼育排水のCNP濃度を図1に示した。試験に使用したクルマエビには、CNPは含まれていなかった。水温は24.3~28.5 $^{\circ}\text{C}$ の間、塩分は28.27~29.75の間で変化した。

飼育排水のCNP濃度は、3.46~3.80 $\mu\text{g}/\ell$ の範囲で変化した。これによると、水槽中の農薬濃度をほぼ一定に保つことができたが、CNPの6割以上が、空気中への拡散、容器への吸着クルマエビへの吸収などに消費されている。

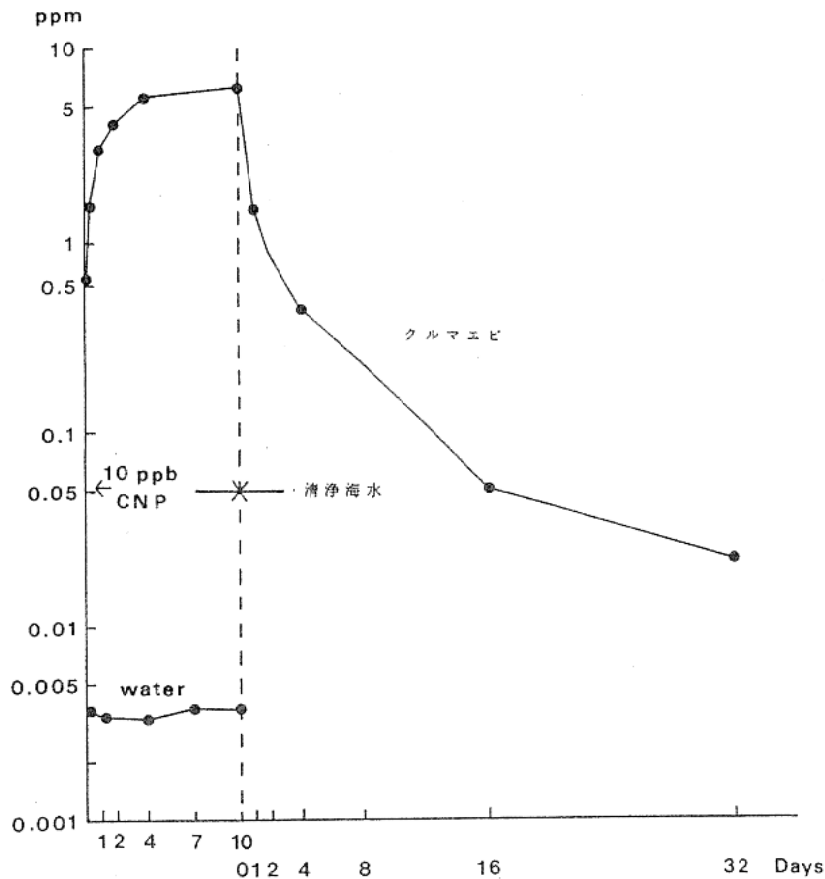


図1 クルマエビ体内と飼育排水のCNP濃度の経時変化

クルマエビ体内のCNP濃度は、4日後でほぼ平衡状態の5673.2 g/kgに達した。クルマエビの生物濃縮係数（環境水と体内濃度の比）は、4日後、10日後には567,633となり平均すると600になった。これは、平澤らが出したCNPに対するクロダイの生物濃縮係数の7120よりもかなり低い。このことから、クルマエビはクロダイよりもCNPの濃縮度が低いと思われる。

また、クルマエビ体中に含有されているCNP濃度が、半減するのに要する時間を生物学的減期とすると、この値は15.8時間となりクロダイの40時間よりもかなり短くなった。これによると、クルマエビはCNPを含んだ海水に触れなくなると、早いCNPの排せつをみせることがわかった。

クルマエビは、重要海産物の1つであり、稚エビの時期は干潟域で過ごすと言われているので、流出農薬に触れる機会が多い。これ

からも、農薬の生物に対する感受性を知って行くことは大切だと考える。

#### 文 献

- 1) 伏脇裕一(1985)：用水と廃水—除草剤CNPによる環境汚染
- 2) 田中二良(1979)：魚病の予防治療薬としての生薬
- 3) 金沢 純(1979)：生態化学—水産生物を用いる農薬の生物濃縮性試験(I)
- 4) 金沢 純(1980)：生態化学—水産生物を用いる農薬の生物濃縮性試験(II)
- 5) 平沢康弘ら(1988)：昭和61年度愛知県水産試験場業務報告, 133 - 139
- 6) 岡田 元ら(1990)：平成元年度愛知県水産試験場業務報告, 134 - 135

# 水産生物に対する有機スズ化合物の毒性試験

黒田伸郎・蒲原 聡・井野川仲男  
しらなみ乗組員

## 目 的

有機スズ化合物は、近年漁網・船底の防汚剤として広く用いられてきたが、人体への影響（血液障害・中枢神経系障害等）<sup>1)</sup>が懸念され、水産生物への影響（急性毒性や成長阻害等）<sup>2~4)</sup>も報告されるようになってきた。水産業界では漁網への使用を自粛し、また行政指導により船底塗料としての使用も大きく制限されるようになってきたが、今までに使用された有機スズ化合物が自然環境に放出された後どのように挙動するかについて詳細な研究は非常に少なく、環境中への蓄積が心配されている。

そこで、伊勢湾・三河湾内で生産される主要水産生物に対し、有機スズがどのような影響を与えるかを把握するため、毒性試験を行うこととした。本年度はクルマエビに対する急性毒性試験を実施した。

試験期間：平成2年9月10日～11月7日

供試生物：クルマエビ。（TBTC毒性試験では平均体重1.6g、TPTC毒性試験では平均体重3.0gのものをを用いた。）

有機スズ：有機スズ化合物にはさまざまな種類があるが、本研究では使用量の高いトリブチルスズ化合物とトリフェニルスズ化合物を選び、それぞれの代表的な誘導体である塩化トリブチルスズ(TBTC)、塩化トリフェニルスズ(TPTC)を用いた。TBTC、TPTC標準品をエ

タノールで希釈して各濃度段階溶液を作成し、これらのエタノール溶液5mlを5lの海水に加えて最終濃度がそれぞれ100~400 $\mu$ g/lの試験海水を調整した。

曝露実験：ガラス水槽に試験海水5lを入れ、通気して10または12尾のクルマエビを曝露し、24時間後、48時間後の死亡数を計数した。

水温は23 $\pm$ 2 $^{\circ}$ Cに保ち、無給餌で実験を行った。

## 結 果

図1にTBTC各濃度に対する24時間後生存率、図2にTPTC各濃度に対する24時間後および48時間後生存率を示した。図よりTBTCに対するクルマエビの24hr LC<sub>50</sub>は120~180 $\mu$ g/l、TPTCに対する24hr LC<sub>50</sub>は1100 $\mu$ g/l、48hr LC<sub>50</sub>は700 $\mu$ g/lと推定された。TBTCとTPTCの分子量に大きな差はないので、TBTCの急性毒性はTPTCのそれよりも約10倍高いと考えられた。

今後さらに、他の水産生物種に対する毒性試験、低濃度における慢性毒性試験を行うとともに有機スズ化合物の汚染の実態と挙動を明らかにする必要があると考えられる。

## 参考文献

- 1) 角埜 彰, 木村関男(1987) メジナに対する酸化トリブチルスズの急性毒性。東海水研報, 123, 41-44.
- 2) 須藤俊造ら(1970) トリブチルティンオキサイドおよびジクロロニトロサリチル

アニリドの海産生物に対する影響. 水産増殖, 18, 163 - 176.

3) 里見至弘 (1985) 有機スズ化合物の水生物に対する毒性. 水産の研究, 19, 54 - 66.

4) Bryan, G. W., P. E. Gibbs, L. G. Hummerstone and G. R. Burt (1986) Decline of the gastropod *Nucella lapillus* around south-west England: Evidence for the effect of tributyltin from antifouling paints. J. mar. biol. Ass. U. K., 66, 611 - 640.

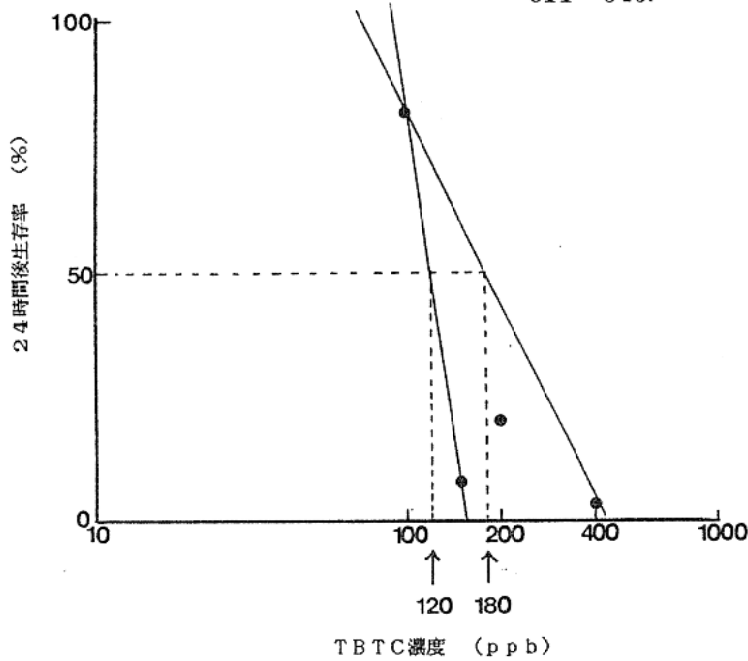


図1 TBTC各濃度におけるクルマエビの24時間後生存率

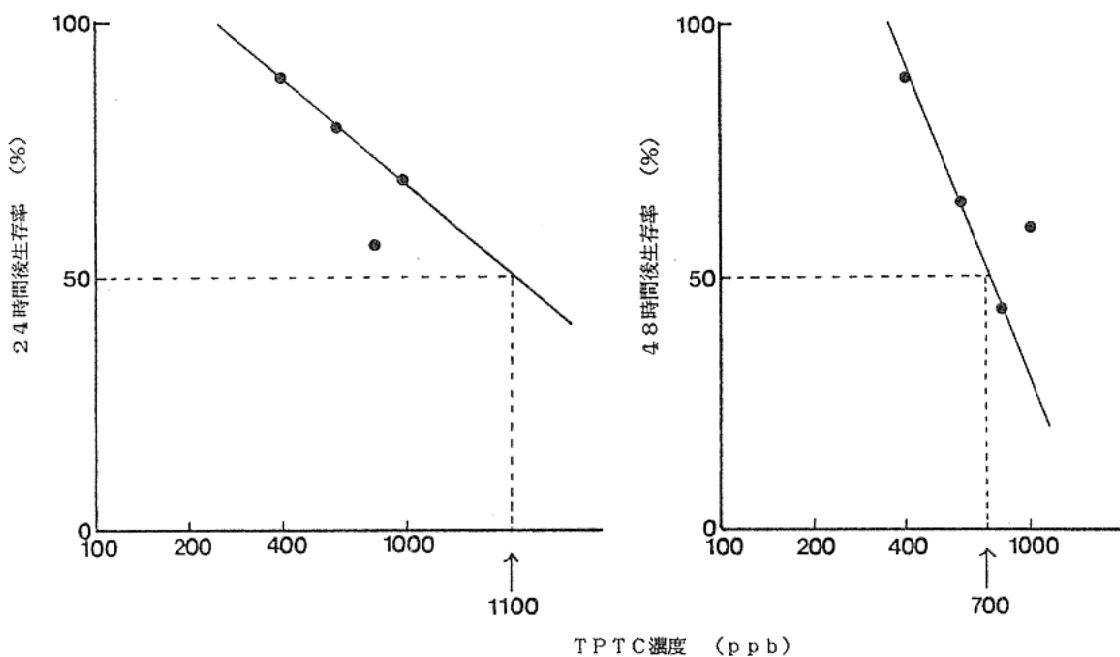


図2 TPTC各濃度におけるクルマエビの24および48時間後生存率

# 沿岸海域への農薬流出実態 - V

蒲原 聡・岡田 元・井野川仲男  
黒田伸郎・しらなみ乗組員

## 目 的

愛知県下における農薬の使用量は近年減少傾向にあるが、まだ目的に応じて多量に使用されており、水産生物への影響が心配されている。そこで、河口域、海域の農薬流出実態調査を行った。

## 方 法

調査期間：昭和63年 5月11日，6月1日  
7月1日，7月29日  
10月12日  
平成元年 7月24日，8月28日  
平成2年 5月18日，6月14日  
7月19日，8月20日  
9月6日

調査地点：昭和63年度は，東三河地区を調査した。

平成元年度と平成2年度は，東三河地区と西三河地区を調査した。東三河地区の調査地点は，図1に示した豊川，音羽川，佐奈川の河口と海域2点とした。西三河地区の調査地点は，図2に示した矢崎川，矢作古川，朝鮮川の河口と海域2点とした。

調査農薬：除草剤：オキサジアゾン，CNP  
クロメトキシニル，モリネート  
シメトリン，ベンチオカーブ  
殺虫剤：ダイアジノン，エチルチオメトン，MEP，MPP  
殺菌剤：IBP

調査方法：河川からの流出が最大となる最干潮時を選び，表層水を採水した。

分析方法：試水はろ過後，常法により濃縮しガスクロマト分析を行った。

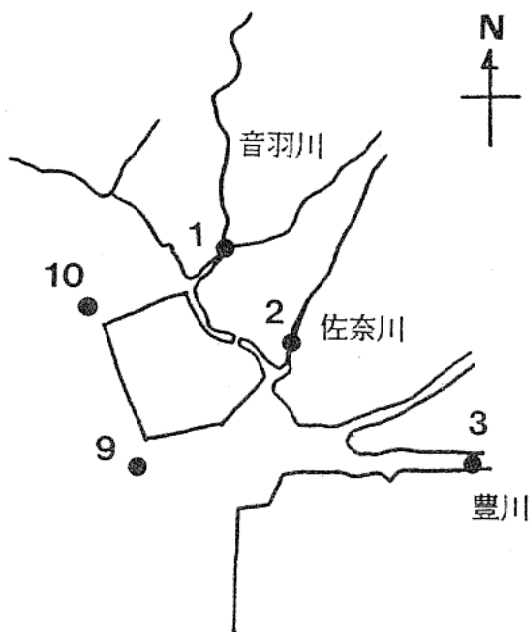


図1 東三河地区採水地点



図2 西三河地区採水地点



## 結果と考察

昭和63年度調査結果を表1（河川）、表2（海域）に、平成元年度の調査結果を表3（河川）、表4（海域）に、平成2年度の調査結果を表5（河川）、表6（河川）、表7（海域）に示した。

〈昭和63年度〉

6月と7月に、河川、海域共にモリネート、ダイアジノン、MPP、IBPが検出された。

〈平成元年度〉

ダイアジノンとIBPは、検出されたが、他の農薬についてはほとんど検出されなかった。

〈平成2年度〉

河川では、除草剤のオキサジアゾンとCNPは、5月から9月にかけてときどき検出され、モリネートとベンチオカーブは、6月から7月あたりに集中して検出された。殺虫剤のダイアジノンは、5月から9月にかけて検出さ

れた。殺菌剤のIBPは、6月から9月にかけて検出された。

海域では、河川に比べて各農薬とも1ヶオーダーが下がるが少量検出された。オキサジアゾン、CNP、モリネートとベンチオカーブは河川と同じような時期に出現した。ダイアジノンとIBPは6月以降9月まで検出された。

各農薬は、今回の調査では、水産生物に直接影響する濃度ではないが、河口海域でも検出されているので、これからも流出実態調査を行っていくことは必要であると思われる。

## 参考文献

- 1) 日本植物防疫協会（1988） 農薬要覧
- 2) 農山漁村文化協会（1985） 農薬要覧 第6版

表1 昭和63年度農薬流出実態（河川）

調査年月日	地点	水温(°C)	オキサジアゾン(草)	CNP(草)	クロメトキシニル(草)	モリネート(草)	シメトリン(草)	ベンチオカーブ(草)	ダイアジノン(虫)	MEP(虫)	MPP(虫)	IBP(菌)
S 63. 5. 11	3	19.6										
	4	18.0										
	5	18.3										
S 63. 6. 1	3	21.9									tr.	tr.
	4	22.2							tr.		0.1	0.1
	5	23.8				0.8						
S 63. 7. 1	3	22.2				1.1			0.1		0.9	tr.
	4	23.8				2.4					0.2	tr.
	5	21.9				1.3			0.5		0.1	tr.
S 63. 7. 29	3	22.8										tr.
	4	22.4							0.1			1.2
	5	22.6							0.1			tr.
S 63. 10. 12	3	21.3										
	4	20.9										
	5	21.2										

単位：ug/l

tr.：<0.1ug/l

(草)：除草剤，(虫)：殺虫剤，(菌)：殺菌剤

表2 昭和63年度農薬流出実態（海域）

調査年月日	地点	水温(°C)	塩分	オキサジアゾン(草)	CNP(草)	クロメトキシニル(草)	モリネート(草)	シメトリン(草)	ベンチオカーブ(草)	ダイアジノン(虫)	MEP(虫)	MPP(虫)	IBP(菌)
S 63. 5. 10	9	16.9	29.6										
	10	16.6	28.4										
S 63. 6. 1	9	21.2	29.6				0.3						
	10	20.9	28.7		tr.		0.1						
S 63. 7. 1	9	22.5	28.0				0.6						0.5
	10	22.3	20.3				0.5					0.3	tr.
S 63. 7. 29	9	23.8	20.4							tr.		0.1	0.1
	10	24.6	18.3				0.1			tr.			0.7
S 63. 10. 12	9	22.5	27.1										
	10	20.7	13.9										

単位：ug/l

tr. : < 0.1 ug/l

(草):除草剤, (虫):殺虫剤, (菌):殺菌剤

表3 平成元年度農薬流出実態（河川）

調査年月日	地点	水温(°C)	オキサジアゾン(草)	CNP(草)	クロメトキシニル(草)	モリネート(草)	シメトリン(草)	ベンチオカーブ(草)	ダイアジノン(虫)	エチルチオメトン(虫)	MEP(虫)	MPP(虫)	IBP(菌)
H1. 7. 24	1	25.3											0.10
	2	27.0											0.10
	3	24.4											0.10
	4	29.8							0.30				2.10
	5	29.8							0.55				5.10
	6	27.6					1.25		0.60				3.90
H1. 8. 28	1	24.1							0.30				1.10
	2	23.2							0.05				0.05
	3	24.8							0.05				0.25
	4	27.0							0.20				1.25
	5	25.3							0.25				1.45
	6	27.1							0.65				2.15

単位：ug/l

tr. : < 0.01 ug/l

(草):除草剤, (虫):殺虫剤, (菌):殺菌剤

表4 平成元年度農薬流出実態（海域）

調査年月日	地点	水温(°C)	塩分	オキサジアゾン(草)	CNP(草)	クロメトキシニル(草)	モネート(草)	シメトリン(草)	ベンチオカーブ(草)	ダイアジノン(虫)	エチルチオメトン(虫)	MEP(虫)	MPP(虫)	IBP(菌)
H1. 8.28	7	26.0	28.21											0.25
	8	25.9	29.55											0.15
	9	24.0	5.35							0.05				0.10
	10	25.8	16.15							0.10				0.40

単位：ug/l

tr. : < 0.01 ug/l

(草):除草剤, (虫):殺虫剤, (菌):殺菌剤

表5 平成2年度農薬流出実態（河川）

調査年月日	地点	水温(°C)	オキサジアゾン(草)	CNP(草)	クロメトキシニル(草)	モネート(草)	シメトリン(草)	ベンチオカーブ(草)	ダイアジノン(虫)	エチルチオメトン(虫)	MEP(虫)	MPP(虫)	IBP(菌)
H2. 5.18	1	18.1	0.57	tr					0.07				0.01
	2	19.7	0.10	0.04					0.01				
	3	18.9	0.07	0.08									
	4	19.8	0.31	0.11					0.01				
	5	20.5	0.30						0.23	0.01			
	6	19.8	0.29						0.49	0.02			
H2. 6.14	1	21.7	0.16			0.42	0.07	8.37	1.72				0.18
	2	23.8		0.44		0.65		20.2					
	3	22.4	0.15			0.75		4.22	0.17				0.28
	4	26.1	0.03			0.31		0.63	0.03				
	5	27.2		0.07		0.61		5.85					
	6	26.1	0.08			0.64		2.37	0.34				
H2. 7.19	1	28.8	0.02	0.06				0.22	0.40				0.75
	2	29.5		0.02					0.05				
	3	28.2				0.05			0.14				0.27
	4	32.2						0.42	0.14				0.27
	5	30.0		0.11				0.37	1.04				1.51
	6	33.1	0.01	0.03				0.21	1.03				2.30

単位：ug/l

tr. : < 0.01 ug/l

(草):除草剤, (虫):殺虫剤, (菌):殺菌剤

表6 平成2年度農薬流出実態（河川）

調査年月日	地点	水温(°C)	オキサジアゾン(草)	CNP(草)	クロメトキシニル(草)	モリネート(草)	シメトリン(草)	ベンチオカーブ(草)	ダイアジノン(虫)	エチルチオメトン(虫)	MEP(虫)	MPP(虫)	IBP(菌)
H2. 8.20	1	28.5		0.93					0.59		0.68		3.18
	2	30.6							0.06				0.09
	3	26.9		0.10					0.31				0.21
	4	29.9							0.61				1.66
	5	27.4							2.06				3.19
	6	31.3							0.84				1.33
H2. 9.6	1	26.9							0.12				0.15
	2	27.6	0.05						0.02				0.06
	3	26.9							0.25		0.19		0.44
	4	28.5										0.08	0.08
	5	26.4							0.26			0.07	1.02
	6	29.5							0.10		0.07		0.30

単位：ug/l

tr. : < 0.01 ug/l

(草):除草剤, (虫):殺虫剤, (菌):殺菌剤

表7 平成2年度農薬流出実態（海域）

調査年月日	地点	水温(°C)	塩分	オキサジアゾン(草)	CNP(草)	クロメトキシニル(草)	モリネート(草)	シメトリン(草)	ベンチオカーブ(草)	ダイアジノン(虫)	エチルチオメトン(虫)	MEP(虫)	MPP(虫)	IBP(菌)
H2. 5.18	7	18.5	29.09											
	8	18.4	29.13		0.05									
	9	18.5	28.39	0.09										
	10	18.0	29.67	0.09	0.04									
H2. 6.14	7	24.5	28.38				0.03		0.10	0.02				
	8	25.5	26.49				0.07		0.26	0.05				0.03
	9	22.0	27.67	0.03					0.30					0.05
	10	22.3	29.03	0.02										
H2. 7.19	7	29.5	29.83	0.02	0.01					0.05				0.13
	8	27.6	30.72							0.04				0.13
	9	30.4	27.32	tr.						0.05				0.16
	10	27.6	28.12							0.05				0.16
H2. 8.20	7	27.3	29.24							0.10				0.30
	8	28.9	30.52		0.02					0.05				0.12
	9	30.3	23.85							0.06				0.18
	10	29.9	28.60							0.05				0.17
H2. 9.6	7	27.3	31.52											0.07
	8	27.4	31.56		0.02					0.02				0.04
	9	28.0	23.85							0.01				0.11
	10	28.7	28.60											0.01

単位：ug/l

tr. : < 0.01 ug/l

(草):除草剤, (虫):殺虫剤, (菌):殺菌剤

### (3) 漁場環境改善基礎研究

## 貧酸素水塊の発生予測

井野川仲男・蒲原 聡・黒田伸郎  
しらなみ乗組員

#### 目 的

貧酸素水塊発生予察実用化技術開発試験(昭和59～63年度)で開発された貧酸素化数値予察モデル(物質循環モデル)を用いて、貧酸素水塊の発生予測を試み、モデルの実用性を見た。

#### 方 法

木村ら<sup>1)</sup>(1987)の物質循環モデルにより平成2年6月～8月の観測データをもとに1か月後のDOを数値計算した。

なお、シミュレーションの諸条件として、日照は日照計の光量子量を熱量に換算したもの、河川流入負荷量はタンクモデルによる推定値、流況は無風平水時の三次元流動シミュレーション結果、日長は理科年表の名古屋におけるデータを用いた。また、計算は、図1に示したように前年度と同様、三河湾を7個のボックスに分け、夏季には一般に成層状態となることから上・下層ごとに行った。

#### 結果および考察

図2に経時変化の一例として、7月上旬から8月上旬までの渥美湾奥部におけるシミュレーション結果を示した。

DOはシミュレーション開始直後に激しく変動するが、その後は定常的な日周変化を繰り返す。日周変化は上層で大きく、下層で小さいが、これはプランクトンによる栄養塩の取り込みや細胞外分泌が上層で大きいためである。

表1に各ボックスの下層におけるDOの計算値及び実測値と両者の差(以下「誤差」という。)を示した。

貧酸素化現象が強く現れるボックス7において7～9月上旬のDOの実測値は、それぞれ6.3、4.3、4.2mg/lで、本年度の貧酸素化現象は強くなかった。一方、予測値は、それぞれ2.9、2.8、2.5mg/lで、実測値との誤差が大きいものの、予測結果は中規模の貧酸素化となり、本年度における貧酸素水塊の動態を一応表している。

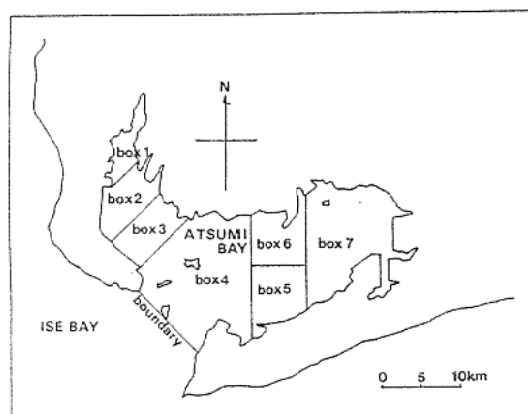


図1 ボックスの位置

ボックス単位の誤差は、ボックス1～4がプラスになることが多く、ボックス5～7は逆にマイナスになる。すなわち、予測結果は実際より衣浦湾では高く、渥美湾では低くである可能性が強いことを示している。

このような傾向は前年度にも見られ、モデルの実用性が不十分と考えざるを得ない。このため物質循環モデルを根本的に見直し、将来的には生態系モデルによる予察手法を開発しなければならない。

### 文 献

- 1) 木村仁美ら(1987): 赤潮対策技術開発試験報告書2-(1), 予察モデル実用化試験(B), 4-14

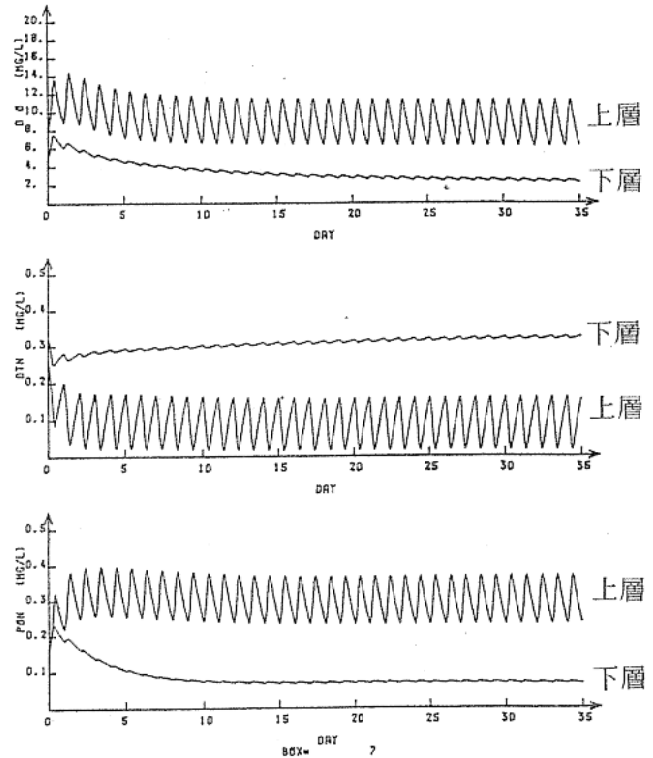


図2 シミュレーション計算例

表1 各ボックスの下層におけるDOの予測値及び実測値

ボックスNo.	D O 濃 度 (mg/l)			
	7月上旬	8月上旬	9月上旬	平均 値
ボックス1	予測値	5.0	4.5	4.1
	実測値	5.9	2.8	4.8
	誤 差	- 0.9	+ 1.7	- 0.7
ボックス2	予測値	6.3	5.8	5.4
	実測値	7.0	4.7	5.3
	誤 差	- 0.7	+ 1.1	+ 0.1
ボックス3	予測値	7.3	6.8	6.4
	実測値	6.9	5.0	6.0
	誤 差	+ 0.4	+ 1.8	- 0.4
ボックス4	予測値	6.9	6.4	6.0
	実測値	7.3	4.9	6.4
	誤 差	- 0.4	+ 1.5	- 0.4
ボックス5	予測値	4.2	4.0	3.7
	実測値	7.3	4.8	6.3
	誤 差	- 3.1	- 0.8	- 2.6
ボックス6	予測値	3.8	3.6	3.1
	実測値	6.8	4.4	4.9
	誤 差	- 3.0	- 0.8	- 1.8
ボックス7	予測値	2.9	2.8	2.5
	実測値	6.3	4.6	4.3
	誤 差	- 3.4	- 1.8	- 1.8

# 環境変動のシミュレーション解析

井野川仲男・蒲原 聡・黒田伸郎  
しらなみ乗組員

## 目 的

貧酸素水塊発生予察実用化技術開発試験(昭和58年～63年度)においてDO予察モデル(物質循環モデル)が開発された。このモデルは、実用上まだまだ問題が残され予察精度も優れたものではないが、貧酸素水塊の空間的分布や汚染物質の循環等を良く具現している。

このモデルを用い、河川からの流入負荷や底質からの溶出、その他について仮定条件を与え貧酸素化現象がどのように変動するかを計算し、今後の環境変動予測や環境改善施策の一助とすることを目的とした。

## 方 法

木村ら<sup>1)</sup>(1987)の物質循環モデルを用い、昭和62年7月中旬の観測データをもとに、8月上旬のDOをシミュレートした。

検討を加えたパラメータは、河川からの流入負荷量(以下「流入負荷」という。)、底質からのDTNの溶出量(以下「溶出」という。)、伊勢湾との境界下層からの流入負荷量(以下「境界条件」という。)及び三河湾の窒素濃度

(以下「窒素濃度」という。)の4種で、流入負荷は鈴木ら<sup>2)</sup>(1985)のタンクモデルによる推定値、溶出は木村ら<sup>3)</sup>(1987)による経験式、境界条件及び窒素濃度は観測データを基準値とし、それぞれ-50～+50%に変化させた。

なお、流況は鈴木ら<sup>4)</sup>(1986)による無風平水時の三次元流動シミュレーションの計算結果、日長は理科年表の名古屋市におけるデータ、日照量は井野川ら<sup>5)</sup>(1988)光量子量からの推定値を条件として与えた。

## 結果および考察

環境変動の評価は、貧酸素化現象が最も顕著に現れる渥美湾奥部(西浦半島～姫島より東部海域)のボックスにおける下層DOによるものとし、図1にボックスの位置を示した。

7月中旬及び8月上旬におけるDOの観測値は、それぞれ4.5mg/l、1.4mg/lであり、シミュレーションによる8月上旬の計算値は1.2mg/lで、計算値と観測値が良く近似していることから、この試験におけるシミュレーションはかなり有効と考えられる。

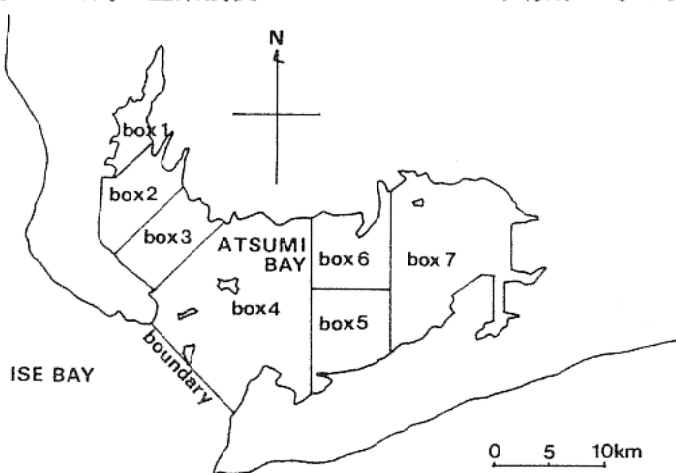


図1 ボックスの位置

パラメータを-50~+50%に変化させた時のボックス7の下層におけるDOを図2に示した。

パラメータを-50~+50%に変えた場合の下層DOは、窒素濃度では4.4~0.8mg/l、境界条件では1.9~1.0mg/l、流入負荷では1.5~1.0mg/l、溶出では1.3~1.1mg/lとなり、パラメータをプラスにすると減少し、マイナスにすると増加する。すなわち、汚濁が進む条件を与えると貧酸素化が進行し、浄化が進めば貧酸素化が進行しないことを表しているが、その応答は、マイナス側でより強くでること、また、パラメータ間に差を生じ、窒素濃度、境界条件、流入負荷、溶出の順に強いことが分かる。

仮に、窒素濃度を現在より20%減らせばDOは2mg/lとなり、生命維持に最小限必要なDO飽和度30%にはほぼ達し、50%減らせば貧酸素水塊の問題はなくなるであろう。

渥美湾奥部における下層DOの規定要素は、その場におけるDO生産速度と消費速度、湾口部との水平フラックス及び上層との鉛直フラックスであり、図3にDO循環の模式図を示した。

図4にパラメータを-50~+50%に変化させた時のボックス7の下層におけるネットのDO生産速度を示した。

下層におけるDO生産速度は、負になることから、その絶対値を消費速度と言い表すことができるが、パラメータを変化させても下層DOの変動に比べ変化が小さい。すなわち、湾奥部の貧酸素化現象がその海域におけるDO消費速度にあまり左右されないことを裏付けるものである。

図5はパラメータを-50~+50%に変化させた時のボックス7の下層におけるボックス5及び6からのDO水平フラックスを示したもので、正となることから流入である。

DO流入量は、パラメータをマイナスにすると増加し、プラスにすると減少する。特に

図2 パラメータを-50~+50%に変化させたときのボックス7下層におけるDO濃度

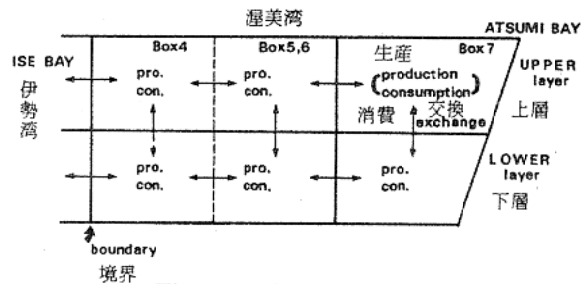
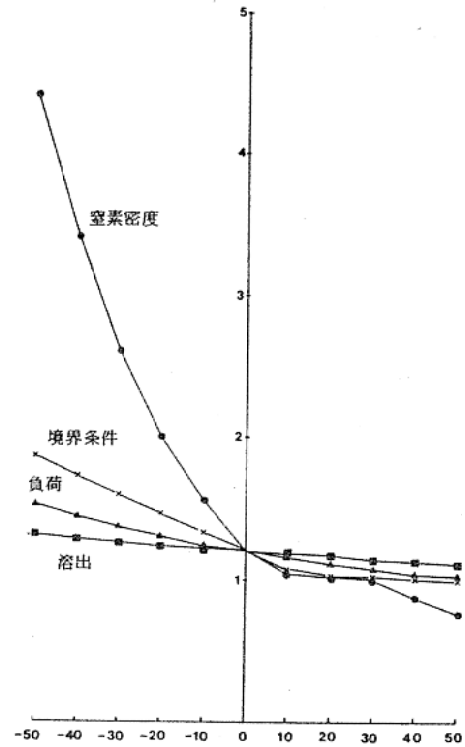


図3 酸素の循環フロー

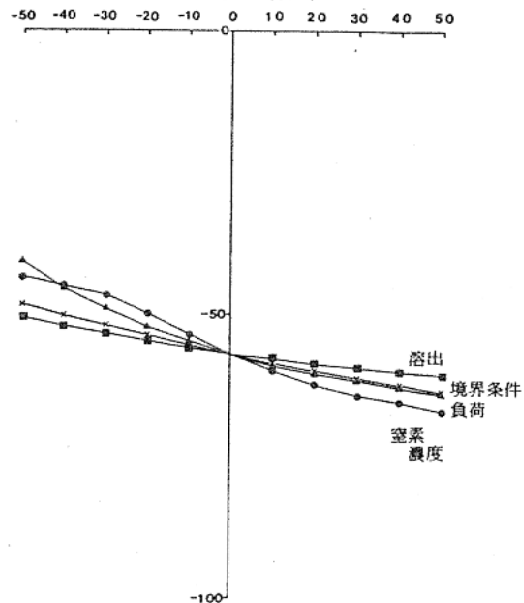


図4 パラメータを-50~+50%に変化させたときのボックス7下層におけるDO生産速度 正は生産、負は消費



窒素濃度の変化が大きく、-50%では2倍以上になる。次いで境界条件の変化が大きく、流入負荷及び溶出の変化は大きくない。この変動は、下層DOの変動と相似するもので、DO流入量が下層DOの制限となっていることを示す。

図6にパラメータを-50~+50%に変化させた時のボックス7の下層におけるDO鉛直フラックスを示した。

DO鉛直フラックスは、沈降流と上昇流によって運搬されるDOを示し、負が上層への流出、正が上層からの流入を表し、パラメータをマイナスにすると流出量が増加し、貧酸素化に対しプラスの要因になる。これは、主に湾口部からDO流入量が増加するためDO濃度が上昇し、結果的に上層への流出が増加するため二次的要素と考えられるが、DO収支に大きなウェイトを占めることに違いはない。その応答は、窒素濃度が顕著で、境界条件や流入負荷、溶出は強くない。また、パラメータをプラスにすると流入になる場合があるが、これは、下層が極度に貧酸素化するため上昇流によって運ばれるDOが沈降流によるものを下まわるからである。

以上から、湾奥部下層における貧酸素化現象を左右するのは湾口部からのDO流入量と考えられる。すなわち、貧酸素化現象を防ぐためにはこのDO流入量を増加させることに留意しなければならない。

一方、湾口部から湾奥部に流入するDOは湾口部下層DOに左右されるが、この湾口部の下層DOは、上層との鉛直フラックスとその海域におけるネットのDO生産速度に規定される。なお、伊勢湾とのDOフラックスは、この試験では固定してあるので影響しない。

湾口部における上層とのDO鉛直フラックスは、鈴木ら<sup>4)</sup>(1986)の三次元流動シミュレーションによると湾口部では沈降流が卓越し、流入となる。このため、上層における植物プランクトンの生産の影響を受け、パラメ

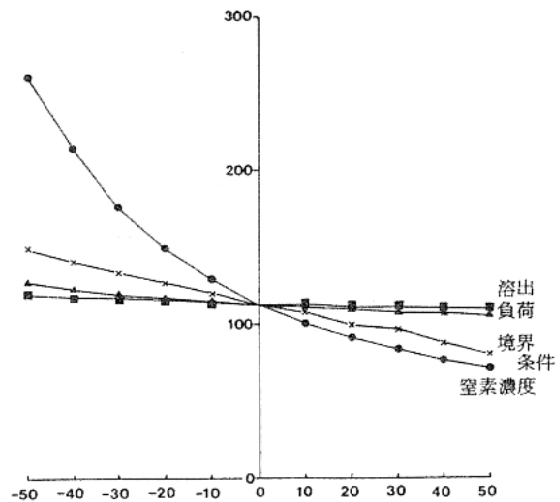


図5 パラメータを-50~+50%に変化させたときのボックス7下層におけるボックス5と6からの水平フラックス 正は流入、負は流出。

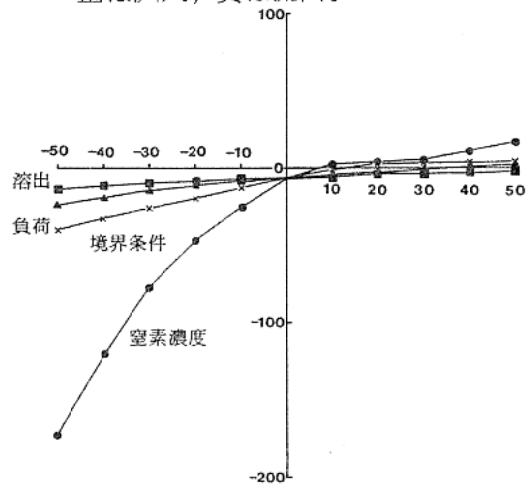


図6 パラメータを-50~+50%に変化させたときのボックス7下層における鉛直フラックス 正は流入、負は流出。

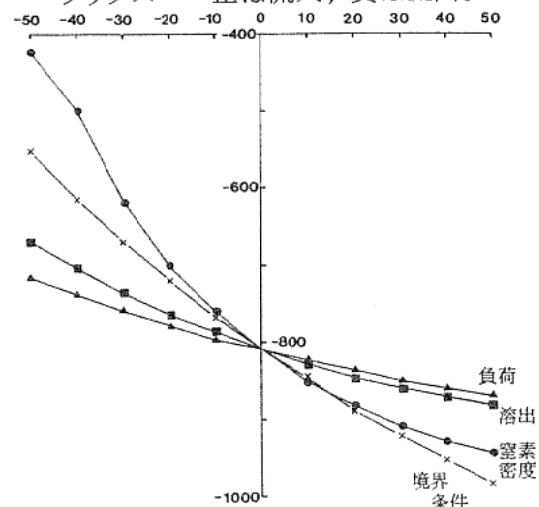


図7 パラメータを-50~+50%に変化させたときのボックス4~6の下層におけるDO生産速度 正は生産、負は消費。

をマイナスにすれば流入量は低下し、プラスにすれば増加することが容易に予想できる。このことは、浄化が進む条件を与えると湾口部下層のDOにマイナスの要素となるため、湾奥部へのDO水平フラックスの増加に寄与しない。よって、上層とのDO鉛直フラックスが湾口部下層DOの制限要因ではないことが分かる。

図7にパラメータを-50~+50%に変化させた時の湾口部(ボックス4~6)の下層におけるネットのDO生産速度を示した。

ネットのDO生産速度は負になることから消費速度を表し、パラメータを低下させると消費速度は減少し、増加させると増大する。特に、窒素濃度の変動が顕著で、-50%では約半分にまで低下する。次いで、境界条件の変動が大きく、溶出、流入負荷の順になる。この変動の大きさからDO消費速度が湾口部下層DOの主な制限要因と考えられる。

貧酸素化現象は、湾口部下層におけるDO消費速度に規定され、結果として湾奥部に運ばれるDO流入量の影響を強く受けることがシミュレーション解析から言え、鈴木ら<sup>6)</sup>(1985)のボックスモデルのDO収支と一致した。

今回検討を加えたパラメータでは、窒素濃度の軽減が貧酸素化現象を防止するために最も著しい効果を表し、次いで、境界条件、流入負荷、溶出の順となった。

しかし、これはあくまでも各パラメータを同次元と考えて単純に変動させた机上論で、しかも、物質循環モデルでは溶出と境界条件を定数としていることから、パラメータ間の相互作用はあまり考慮していないことに注意しなければならない。例えば、仮に窒素濃度が減ると当然底泥への沈降量が減り、底泥からの溶出に影響を及ぼす。また、窒素濃度の減少は、伊勢湾の窒素濃度に影響し、伊勢湾からの汚濁負荷を軽減することも容易に想像できる。

現在のところ海水から窒素を効率的に除去

する方法がないため、窒素濃度を減らすためには、従来から言われている河川 - 特に中小河川の浄化による流入負荷の軽減や底質の浄化を進めることが必須で、更に、三河湾のみならず伊勢湾の保全施策も併せることが流入負荷や溶出より境界条件のパラメータ感度が大きいことから重要と考えられる。

## 文 献

- 1) 木村仁美ら(1987): 赤潮対策技術開発試験報告書2-(1), 予察モデル実用化試験(B), 4-14
- 2) 鈴木輝明ら(1985): 赤潮予察実用化技術開発試験報告書, 2-3
- 3) 木村仁美ら(1987): 赤潮対策技術開発試験報告書2-(1), 予察モデル実用化試験(B), 8
- 4) 鈴木輝明ら(1986): 赤潮対策技術開発試験報告書2-(1), 予察モデル実用化試験(B), 2-25
- 5) 井野川伸男ら(1989): 赤潮対策技術開発試験報告書2-(1), 予察モデル実用化試験(B), 7-8
- 6) 鈴木輝明ら(1985): 赤潮予察実用化技術開発試験報告書11-19