

貝毒プランクトンおよび毒力の挙動による 茨城県浅海域の流動評価

浜田 篤信*・岩崎 順

はじめに

茨城県の海岸線は、南北に伸びてやや湾曲しており、沿岸域は太平洋に開放されている。沿岸域は、比較的速い南流(0.2~0.3 m/s)が存在し、¹⁾波浪も大きく、常に沖合水に洗われている。こうした状況下において、本県沿岸では、環境問題は皆無と云ってよいほど少なかった。しかし最近、赤潮の発生が^{2),3)}見られるなど陸域の人間活動の影響ではないかと疑われる諸現象が認められつつある。陸域起源の物質の沿岸での濃度は、マクロには、陸域からの供給量とそれが流入する水域の海水の流動によって決まるものと考えられる。物質の流入については、ある程度の資料の蓄積があるが、⁴⁾もう一つの要因である浅海域(ここでは、二枚貝類が生息する約10m以浅の水域としておく)の海水の流動については知見にとぼしい。

以上の状況を勘案し、本報告では、下痢性貝毒の原因プランクトンである *Dinophysis fortii* を指標物質として、その密度変化による流動評価を試み、沿岸の環境について若干の考察を行なってみた。

方 法

1. プランクトンと毒力

ここで用いたデータは、1981年の調査結果であり、昭和56年度重要貝類毒化対策事業報告書(茨城県水産試験場、昭和57年3月)で報告したものである。

2. 塩分の分布

1977~1985年の調査結果で、温排水影響調査報告

書(茨城県水産試験場、昭和61年3月)に報告したものをを用いた。

3. 水 質

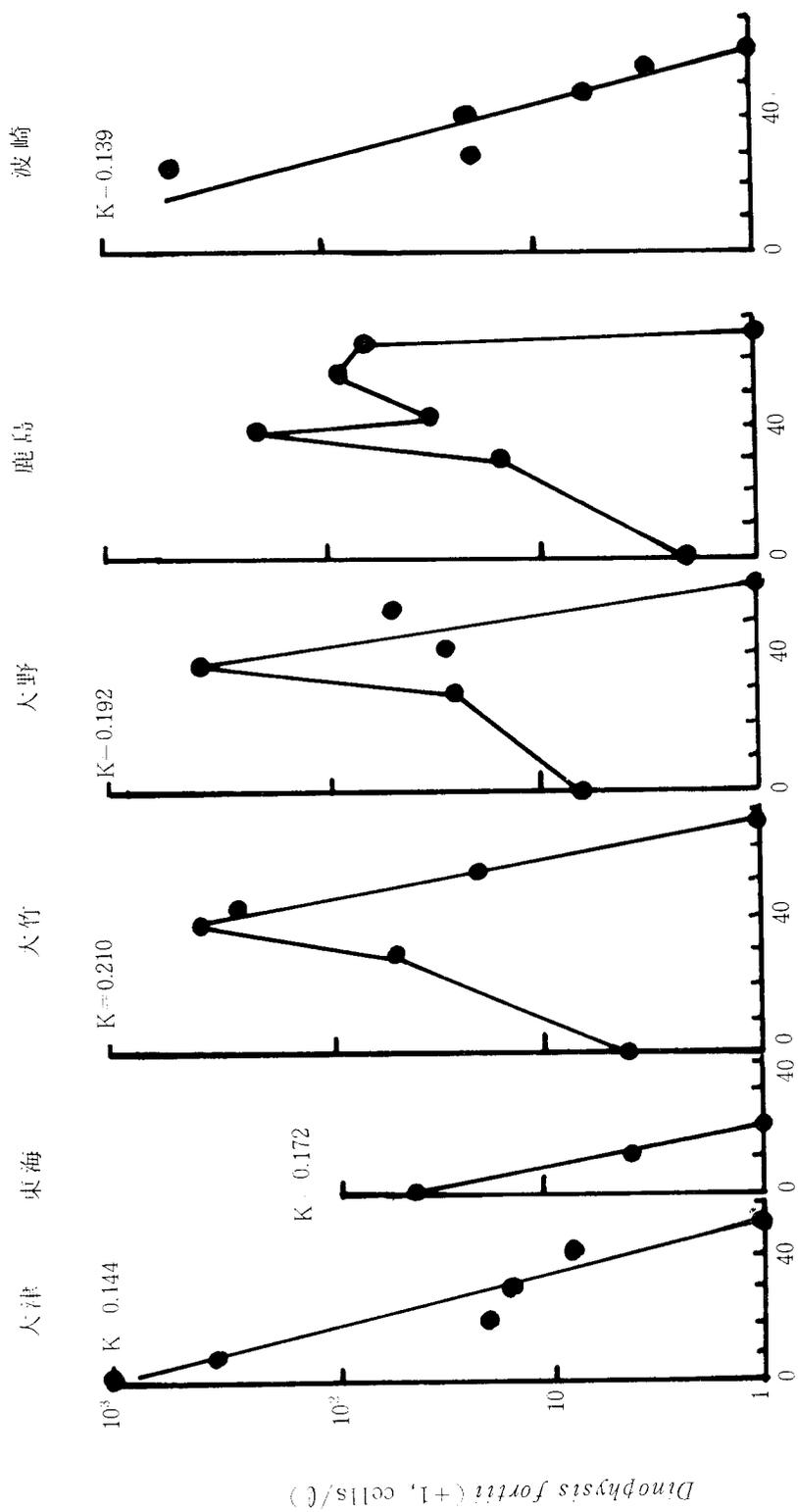
1973~1982年の浅海定線調査の結果を用いた。

結果と考察

1. *Dinophysis fortii* 密度の減衰

本県沿岸における下痢性貝毒は、*D. fortii*によって引き起こされるものと考えられているが、この *D. fortii* は貝毒発生直前は距岸数十マイルの沖合の水平および鉛直方向のフロント付近に濃密(1000 cells/l 以上)に分布していることが普通である。二枚貝類の毒化は、沖合に分布する *D. fortii* が沿岸へ移送されることによって起こるが、その機構として内部波(internal wave)や沿岸湧昇(coastal upwelling)が考えられている。^{1),5)}特に、沿岸湧昇については、1985年8月5~9日の間の台風通過に伴ない南西風の連吹があり、沿岸域に発生した湧昇によって、*D. fortii* が二枚貝漁場へ供給され、それによって毒化が起こったことが確められている。⁵⁾このように、*D. fortii* の浅海域への供給が湧昇現象によって起こるものであれば、それは断続的なものであるから、一度浅海域へ供給された *D. fortii* の密度の減衰に着目すれば、その挙動から、その水域の海水流動を評価することができるものと考えられる。そこでまず、1981~1982年の本県浅海域(水深5 m)の *D. fortii* の変化を示した(図1)。縦軸は細胞数(cells/l)に1を加えたもので、横軸は観測開始からの日数を示している。観測

* 茨城県内水面水産試験場



日数
 図1 *Dinophysis fortii* の時系列変化

下痢性貝毒量 (MU/g 中腸腺)

下痢性貝毒量 (MU/g 中腸腺)

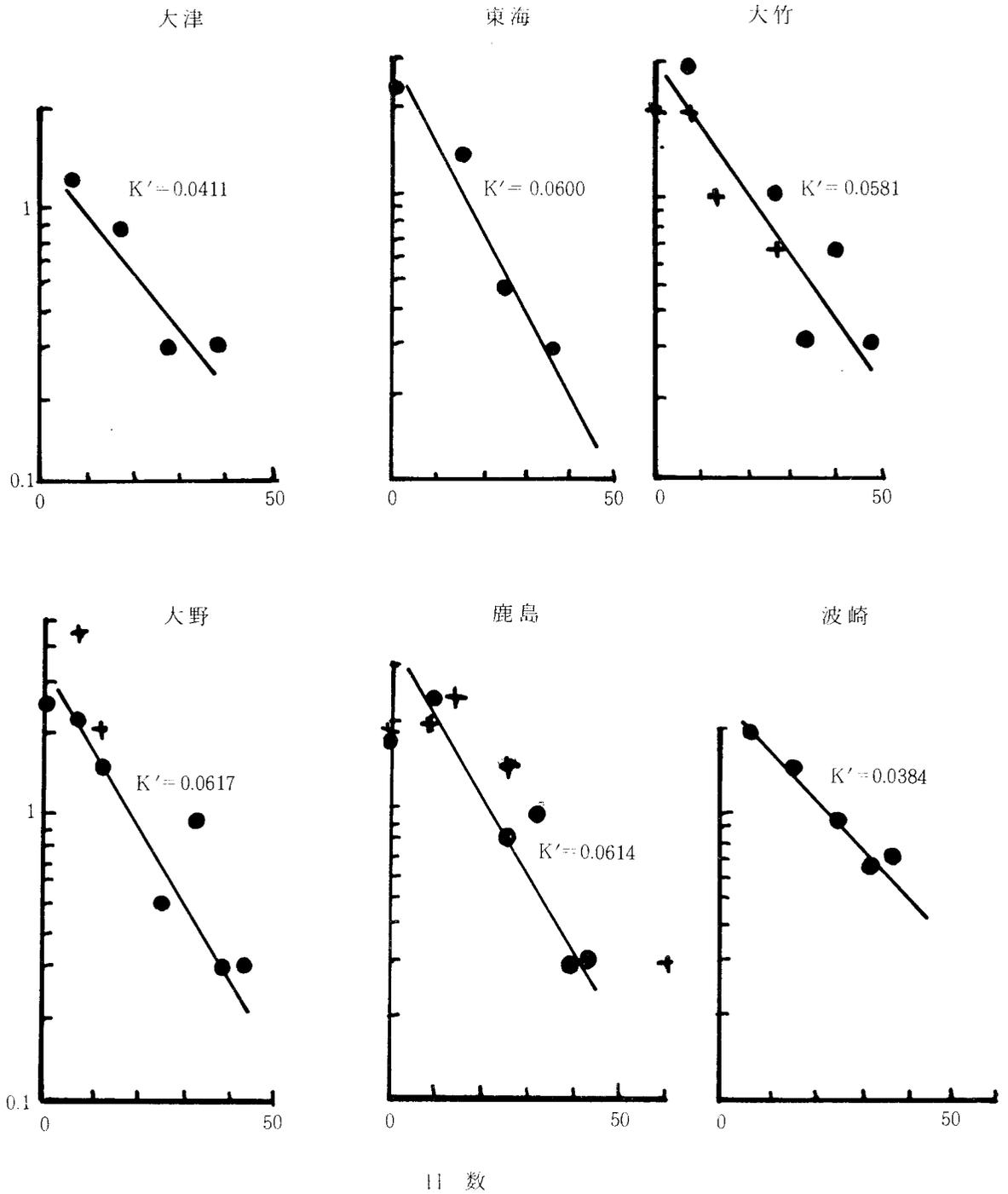


図2 下痢性貝毒量の時系列変化

地点は、大津、東海、大竹、大野、鹿島、波崎地先の水深5mの二枚貝漁場である。*D. fortii*の密度は、ひとたび最大値に達したあとは、直線的に減少する傾向が認められる。ただし、鹿島漁場は例外で、最大値に達したあと、10日で一時若干低下し、再度上昇したあと、突然消失している。他の地点では、直線的である。すなわち、*D. fortii*の密度(N)は

$$N = N_0 \cdot \exp(-K \cdot t) \dots\dots\dots(1)$$

にしたがっている(ただし、 t はH)。

(1)式の微分型(dN/dt)は、

$$\frac{dN}{dt} = -K \cdot N \dots\dots\dots(2)$$

である。(2)式は、完全混合条件下における濃度減少の式である。すなわち、(1)式にしたがって、*D. fortii*の密度が減少していることは、ある水域に、前述のように、湧昇等によって断続的に*D. fortii*が供給されたあと、その水域でよく混合されながら、*D. fortii*を含まない海水の流入によって稀釈されていく過程の存在を示唆している。この水域の水容積を V 、流入水量を Q とおくと $K=Q/V$ となる。すなわち K は、二枚貝漁場付近に形成される独立した水塊とその沖合域との海水交換率に相当する。たとえば、大津では $K=0.144$ であるから、大津地先の二枚貝漁場付近には、その沖合と半ば独立の水塊が存在し、沖合とこの浅海域の海水交換率は、1日に14.4

%であることを示している。同様に大竹では、 $K=0.210$ であるから、海水交換率は1日に21.0%であることを示している。また、*D. fortii*の減少が指数曲線にしたがわず、突然に消失している鹿島では、この時期に以上のような混合域が存在せず、移流によって*D. fortii*が運び去られたことを示唆している。

2. 毒力の減衰

*D. fortii*の観測資料は以上のとおりであるが、時系列的な変動もあり、なお疑問点が残る。この期間には、同時に毒力の測定も行なわれている(図2)。毒力の値も、指数曲線にしたがっており、その勾配も*D. fortii*の密度同様に本県の海岸線の両端で低く、中央部で高い値を示している。毒力の減衰曲線の勾配を求め、図1の*D. fortii*の減衰曲線の勾配と対比させて、表1に示した。この表中には、両者の比(K/K')が示してあるが、両者の間に相関関係が成り立ち、勾配は3.25である。この値を K' 値に乗ずれば、間接的に K を推定することができる。このようにして求めた値を図3に示した。 K の値、すなわち各水域の沖合水との海水交換率(Q/V)は、本県沿岸の南北両端で低く、約13%/day、中央部の大竹~鹿島にかけて高く、20%/dayと推定された。

以上のような推論は、本県浅海域は開放系であるが、同時に閉鎖的性質を兼ねそなえた水域であるこ

表1 各地点の流動評価

地 点	K	K'	K/K'	K'' (推定値) $K'' = 3.25 \times K'$	$(K+K'')/2$
大 津	0.144	0.0411	3.50	0.133	0.138
東 海	0.172	0.0600	2.87	0.195	0.184
大 竹	0.210	0.0581	3.61	0.189	0.200
大 野	0.192	0.0617	3.11	0.200	0.196
鹿 島	—	0.0614	—	0.199	0.199
波 崎	0.139	0.0384	3.62	0.125	0.132
平 均 値	—	—	3.25	—	—

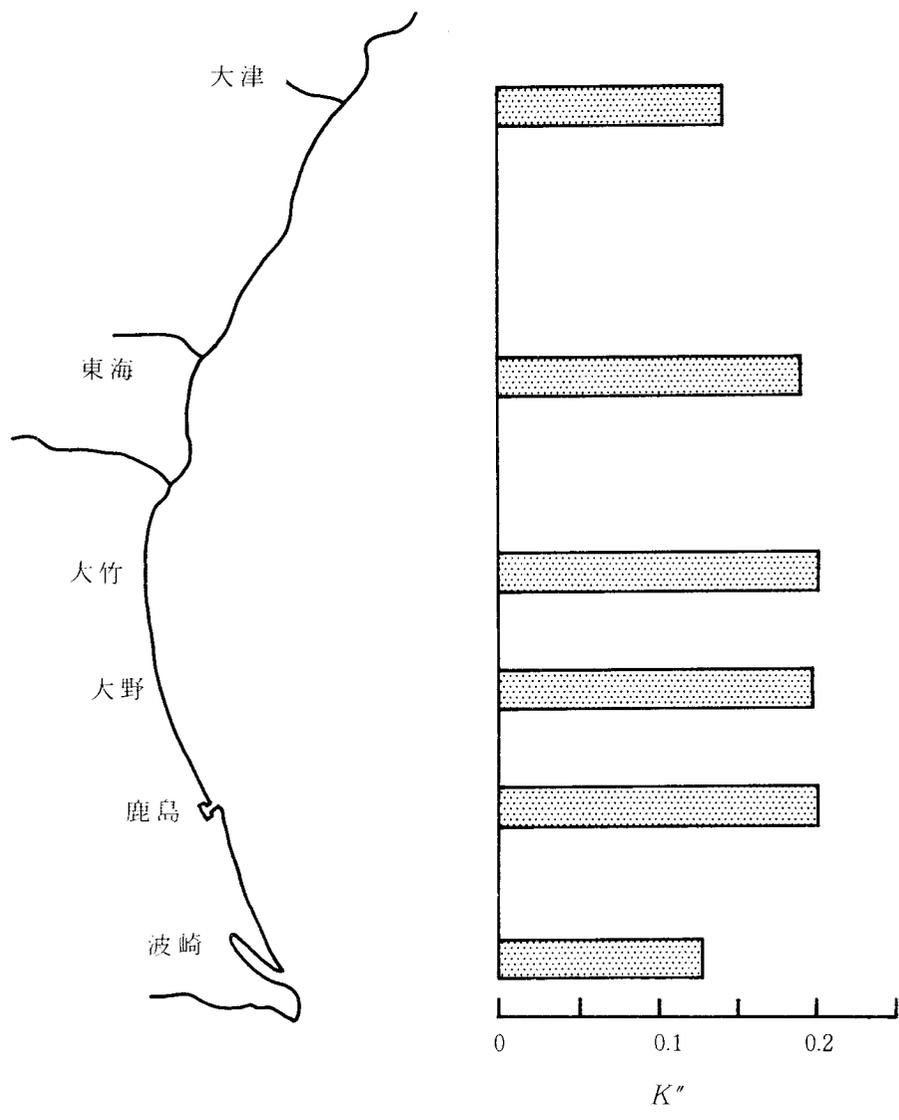


図3 浅海域における流動の大きさ

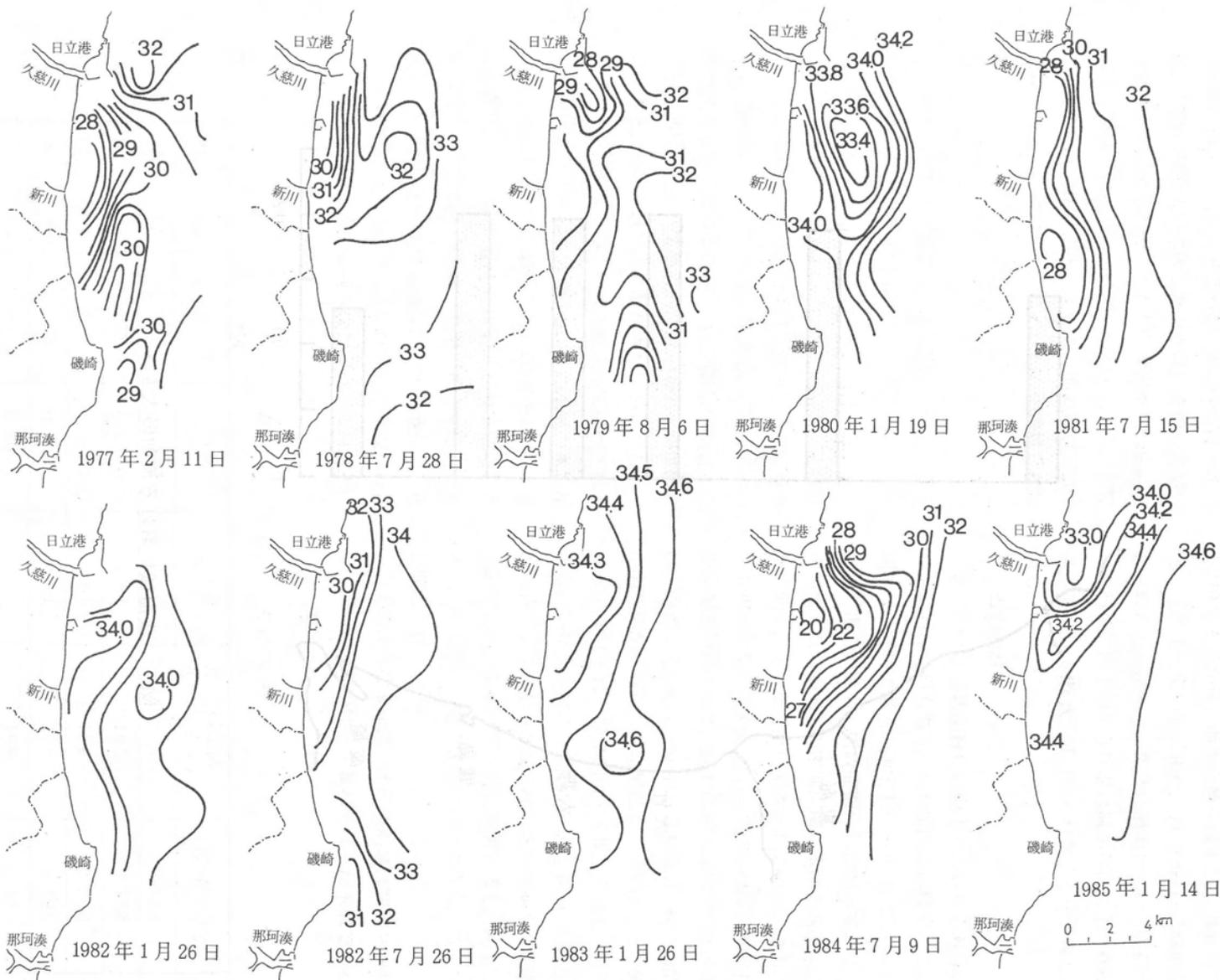


図4 東海沖における塩分の分布(単位:‰)

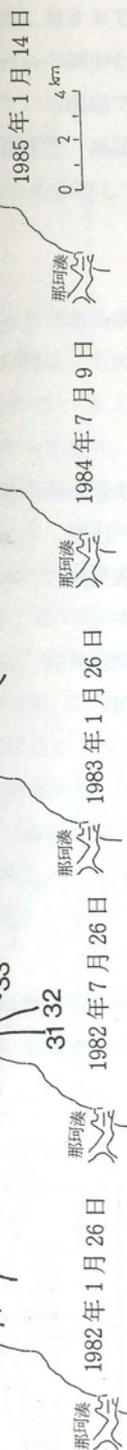


図4 東海沖における塩分の分布(単位:‰)

とを示唆している。この水域の流動の実体は、なお明らかではないが、図4に示した東海沖の塩分の分布を見ると、直径数kmの水塊の存在が認められるところから、いわゆる「渦」ないし「フロント」ではないかと推察される。このことは、浅海域の漁業や環境を考えていく上で重要な視点を与えてくれる。たとえば、従来本県沿岸では、南流が卓越しているから、重要資源の卵・稚仔や幼生は、本県の沿岸域を北から南へ流去するのではないかという考えもある。また、栄養塩類や植物プランクトンの供給も十分であり、それらが生産の制限要因になりえないとする見方もある。同様に陸域からの流入物質も、渦動拡散が大きく、稀釈が卓越し、浅海域に生息する生物への影響は極めて小さいものとする見方もある。しかし、ここで検討してきたように、「開放系の中の閉鎖性」という視点から考えるならば、陸域からの流入物質の影響は、その大きさと浅海各水域の流動あるいは拡散の大きさとのバランスによって決まることになる。すなわち、(2)式に陸水流入量 Q_L 、沖合からの流入水量 Q_0 と流入物質濃度 C を勘案すると、

$$V \frac{dC}{dt} = Q_L \cdot C_L + Q_0 \cdot C_0 - (Q_L + Q_0) \cdot C$$

となる。

ただし、 C_L 、 C_0 は陸域および沖合の物質濃度である。したがって、 Q/V が小さく Q_L が大きい水域では、影響が大きく、逆に Q/V が大きく Q_L が小さい水域では、影響は小さいことになる。前者の代表は大津、波崎であり、後者は大竹、大野、鹿島である。

3. 検証

本県浅海域の水質については、水深15~20mの地点13ヶ所で、1973年以降COD(アルカリ酸化法)の測定が行なわれている。もし以上の流動に関する検討が妥当なものであれば、本県沿岸の南北両端水域では、流動が小さいために、この水域への陸域からの流入の影響が比較的顕著に現われ、中央部では、流動の大きいことが陸域の影響を覆い隠すことにな

表2 浅海域のCOD変化

地点	CODと時間(年)との相関	相関係数
1 川尻	$0.416 + 0.198 \cdot t$	0.840
2 会瀬	$0.731 + 0.0821 \cdot t$	0.643
3 日立	$0.954 + 0.111 \cdot t$	0.600
4 東海	$0.801 + 0.141 \cdot t$	0.567
5 磯崎	$0.728 + 0.0886 \cdot t$	0.606
6 那珂湊	$0.370 + 0.262 \cdot t$	0.667
7 大洗	$0.779 + 0.0619 \cdot t$	0.482
8 京知釜	$0.556 + 0.0607 \cdot t$	0.386
9 大野	$0.790 + 0.0841 \cdot t$	0.469
10 鹿島	$0.809 + 0.103 \cdot t$	0.459
11 "	$0.469 + 0.157 \cdot t$	0.709
12 "	$0.413 + 0.207 \cdot t$	0.775
13 波崎	$0.800 + 0.102 \cdot t$	0.606

のCODの経年変化について、一次回帰を適用し相関関係を求めたものが表2である。また、地点別に勾配を図示したものが図5である。図中、那珂湊の0.262という高値が見られる点と最南端の波崎で予想ほどには高値が認められなかった点を除けば、全体として、本県沿岸中央部で低く、南北両端に向かうにしたがって高値をとる傾向が認められた。

以上、*D. fortii*の密度と二枚貝類の毒力の挙動から本県浅海域の流動評価を行ない、CODの上昇勾配によって、それがおおむね妥当なものであるものと推察した。従来本県沿岸は、太平洋に面し、沖合水が浅海域を洗う開放系と考えられている。地形的には確かに開放系であるが、その中でも、ここで見てきたように、閉鎖性を伴うという一見相反する要素を包含している。そして、その閉鎖性は、沿岸中央部で小さく、南北両端、特に北に向かうにしたがって大きくなる。この閉鎖性の実体は明らかではないが、前述した塩分の分布、漂流板流跡等から考えると、「渦」や「フロント」がそれに相当するのでは

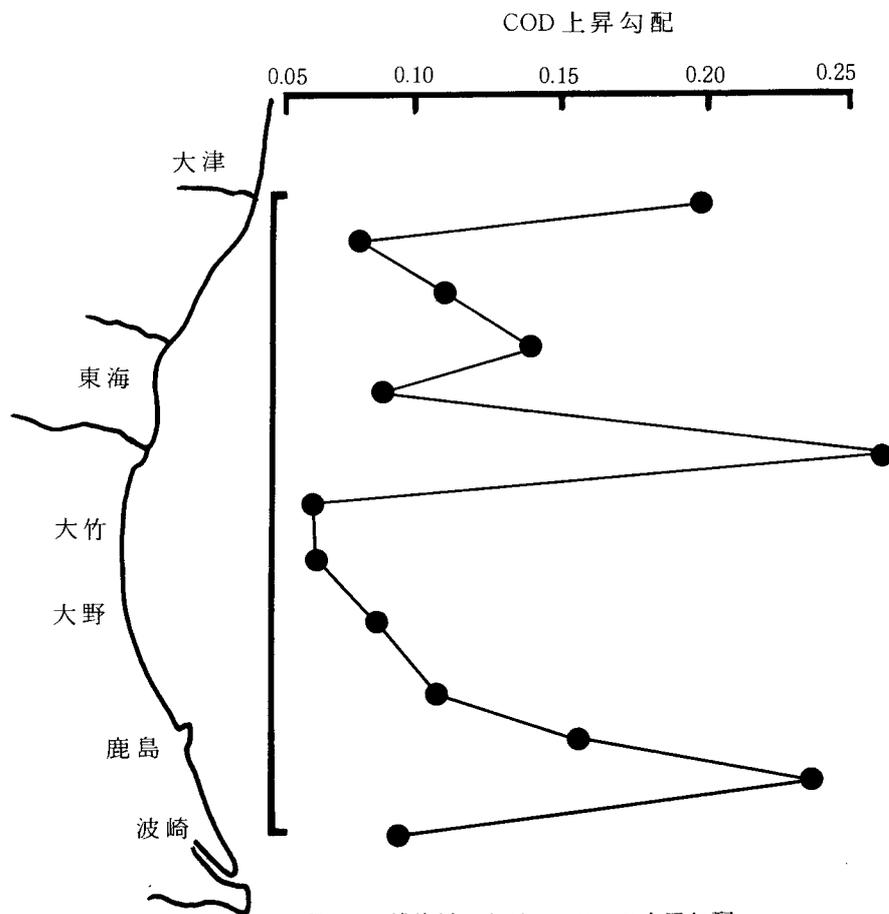


図5 浅海域におけるCODの上昇勾配

従来、本県浅海域では、流動が極めて大きいこともあって環境問題は起こりえないと考えられてきた。しかし、ここで検討してきたように本県浅海域の南北両端で、その兆しが認められるようになってきている。勿論、陸域の開発等の人間活動の大きさもあるが、もう一つの要因、すなわち流動を阻害する何らかの要因が加えられたりすると、その影響は顕著になるものと考えられる。それらの問題に対し、本報告は、従来検討が進んでいなかった浅海域の生産の「場」の解析に手懸りを与えるものではないかと考えられる。今後、その構造解析、定量化へと研究を進めることが重要である。

引用文献

- (1) 草野和之(1983):沿岸と沖合—現象の時間スケールをみなおす. 水産科学 26(2), 21-35.
- (2) 岩崎 順(1986):鹿島灘北部海域に赤潮発生. 茨城水試人工衛星速報. 61-No.22.
- (3) 岩崎 順(1988):麻ひ性貝毒プランクトン *Protogonyaulax catenella* について. 茨城県漁業無線局漁海況速報 63-No.21.
- (4) 茨城県(1986):公共域の水質.
- (5) 岩崎 順(1986):茨城県沿岸域における *Dinophysis fortii* の大量発生機構. 東北水研々報 48, 125-136.
- (6) 草野和之(1985):鹿島灘, 日本海洋学会, 沿岸海洋研究部会編, 日本全国沿岸海洋誌, 305-313. 東京, 東海大学出版会, 1106 pp.
- (7) 岩崎 順他(1987):鹿島灘北部海域総合開発事業調査報告. 昭和61年度茨城県水産試験場事業報告. 1-34.