

## 燧灘の貧酸素水塊の形成

誌名	愛媛県水産試験場研究報告
ISSN	03882098
著者	矢野, 純
巻/号	1号
掲載ページ	p. 9-17
発行年月	1977年3月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター  
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council  
Secretariat



## 燧灘の貧酸素水塊形成

矢野 純\*

### Occurrence of Dissolved Oxygen Poor Water in Hiuchi—Nada Area, Seto Inland Sea

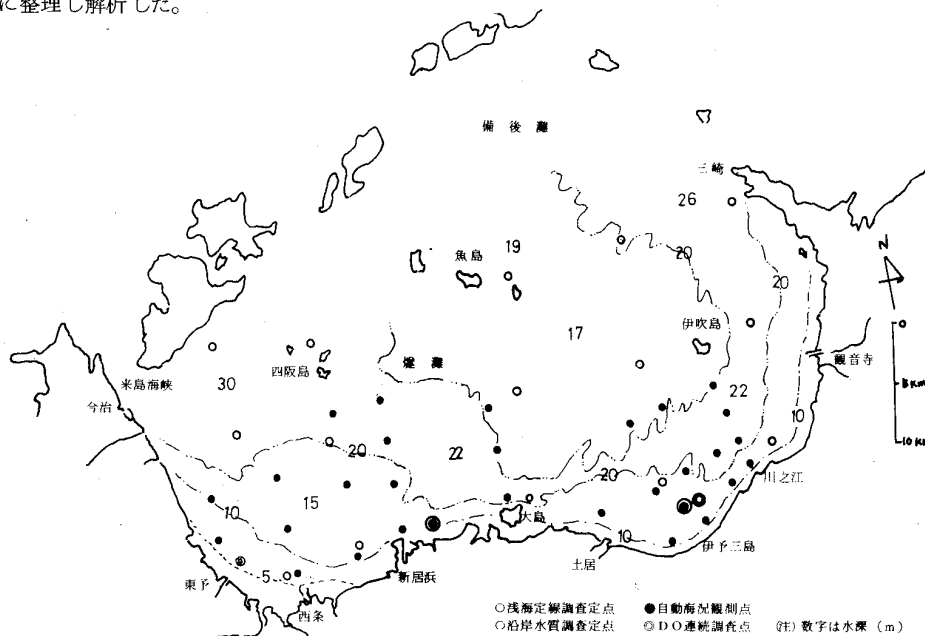
Jun YANO\*

燧灘では1970年以降貧酸素水塊による魚貝類の斃死事例が毎年のように発生している。

特に1972年9月上旬には燧灘沿岸一帯で、クロダイ、カレイ、カニ等の沿岸魚類約900トンとバカガイ、アサリなど貝類約17,000トンが大量に斃死するという事例も発生した<sup>1)</sup>。よって海域の貧酸素水塊形成の実態を把握するため本調査を行なった。

#### 方 法

1973年から1975年の間、第1表に記す各調査を第1図に示す定点で実施し、その結果を総合的に整理し解析した。



第1図 調査海域

\*東予分場 Toyo Branch

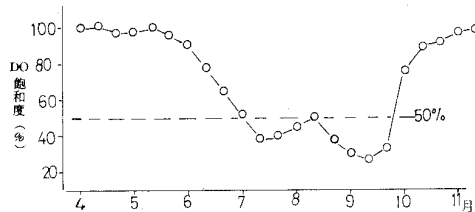
第1表 調査内容

調査名	調査年	定点数	調査月 調査回数	項目	観測層
浅海定線	'73~'74	17	周年 毎月1回	WT, S, DO, PH等	0, 10m, 底
	'75	17	5, 8, 11, 2月	"	0, 底
沿岸水質	'73~'75	31	9月 1回	WT, S, DO, COD 泥 COD	0, 10m, 底
	"	5~10	8~9月 10回	WT, S, DO	0, 5, 10, 15, 17m, 底
DO連続調査	'73~'75	1 (伊予三島)	7~10月 20回	"	"
	'75	1 (東予)	7~10月 12回	"	0, 2, 5, 7m, 底
自動海況観測	'74	1 (新居浜)	周年 6時間隔	"	0, 底
	'75	2 (伊予三島, 新居浜)	"	"	"

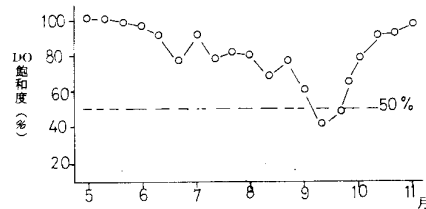
## 結 果

### 1. 底層貧酸素化の進行

燧灘東部と西部の両水域における底層の溶存酸素（以下DOと略記）の経時変化を第2図、第3図に示した。東部水域では7月上旬には飽和度50%を下まわり、8月中旬まで40~50%で推移し8月下旬~9月上旬に貧酸素化の頂点をむかえる。



第2図 DO飽和度の経時変化（1975年）  
（伊予三島地先3 Km地点）



第3図 DO飽和度の経時変化（1975年）  
（東予市地先2 Km地点）

西部水域も6月から低下し始めるが、8月下旬までは50%を割ることは例年みられず、東部水域に比して貧酸素化の程度は低い。これは地形的条件（水深が浅い東部に比較して海水流動が強い等）により、水温、塩分層が東部水域ほど安定せず、上下混合による表層からの酸素補給の機会が多いことによると思われる。

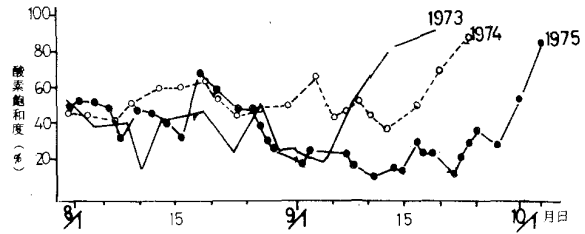
一方、東部水域では成層は7月以降安定的に存在し、底層水温の上昇に伴って、底泥の酸素消費が増加するにしたがい貧酸素化が進行する。

第4図は東部水域の8~9月における底層DO飽和度の年変化を示したもので、年により変化状況に差異がみられるが、例年8月下旬~9月上旬に最も貧酸素化し、飽和度30%以下に低下するこ

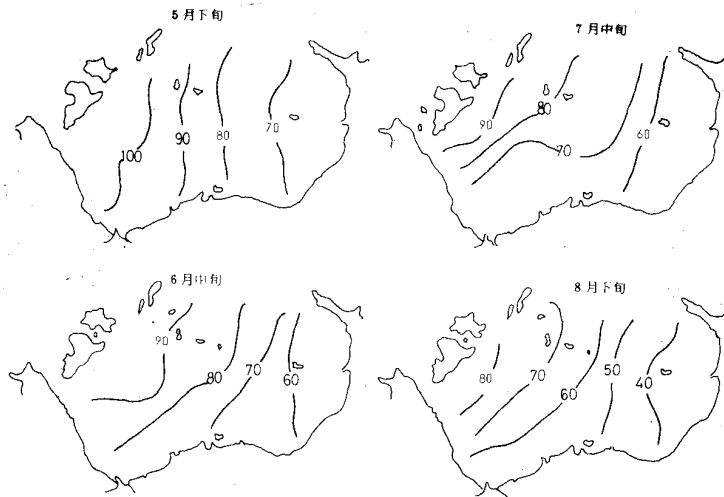
とが多い。

## 2. 貧酸素水域の拡大

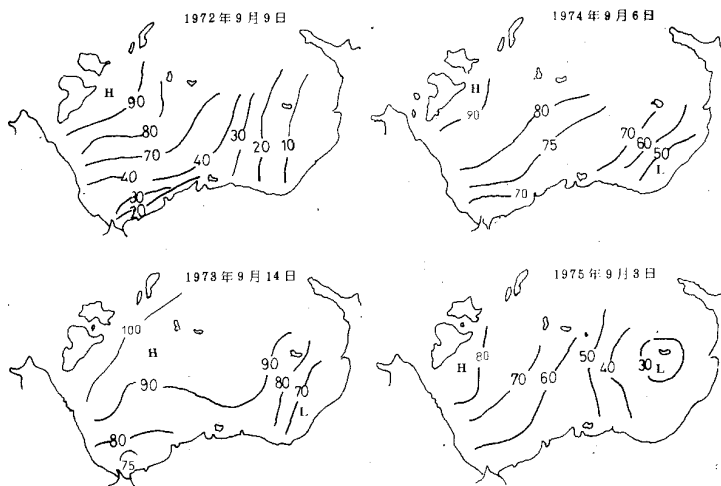
燃灘における底層貧酸素水域の拡大の様相を第5図に示した。5月以降東部水域から西部へと徐々に貧酸素域は拡大し、DO量も減少して(第6図)9月上旬にはそのピークをむかえる。



第4図 底層DO飽和度の年変化(73~75年)  
(伊予三島地先3 Km地点・水深23 m)



第5図 5月~8月の底層DO飽和度分布(%) (1974年)



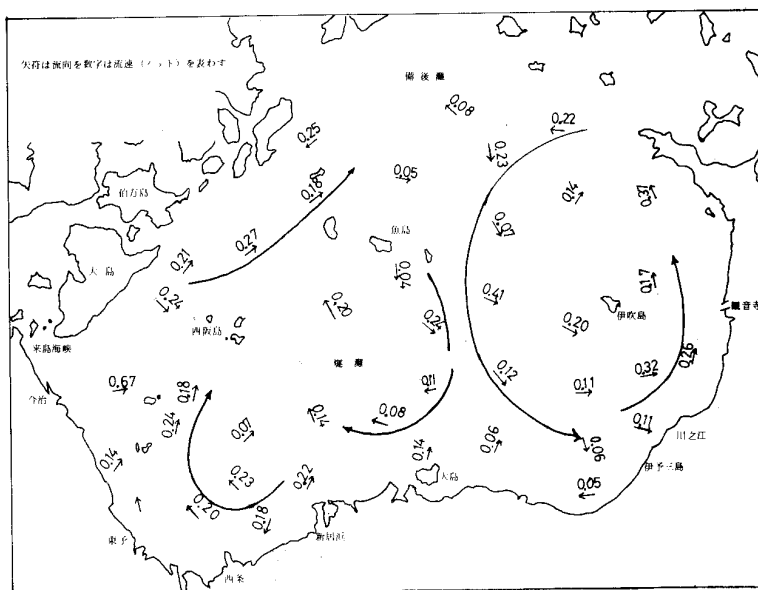
第6図 9月上旬の底層DO飽和度(%)分布

### 3. 貧酸素化の原因

#### (1) 海水の停滞性

燧灘は豊後水道水系と紀伊水道水系との離合する海域であるため、流動は極めて複雑であり、<sup>1)</sup>内海の他の海域にくらべて停滞性が強いといわれている。

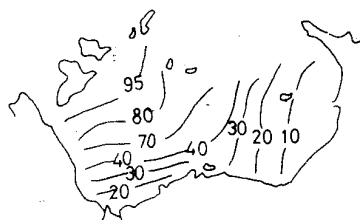
大潮期の平均流況調査<sup>2)</sup>によれば、東部水域は0.3ノット以下、西部沿岸域でも0.6ノット以下と極めて流動に乏しい。



第7図 燧灘の恒流「燧灘の潮流」より引用

そして恒流は第7図に示されるように、東部水域には反時計まわりの環流が、西部には時計まわりの環流が存在し、この海域の流動の複雑さを表わすとともに、海水交換性に乏しいことを示している。

貧酸素水塊が最も発達した1972年9月の底層加飽和度分布(第8図)と流速比分布(第9図)とよく相似していることなどから、海水流動の停滞性が貧酸素化の一因であると考えられる。



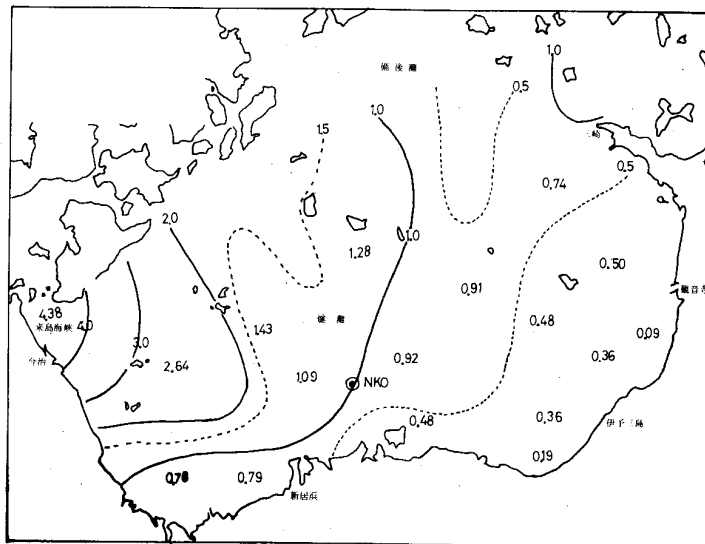
第8図 底層DO飽和度(%)の分布(1972年9月9日)

#### (2) 底泥の汚染

佐藤・佐々木<sup>3)</sup>によれば、底泥のCODと水中の酸素消費速度の関係は、

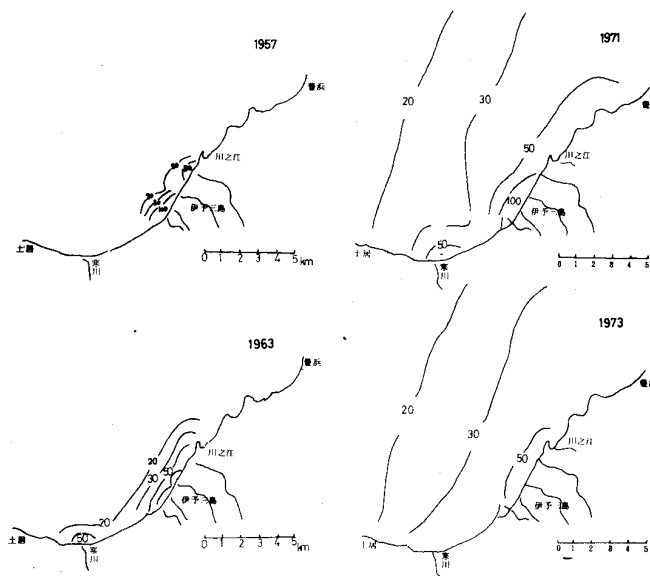
$$\log D = -(0.009 \times \text{COD} - 0.0043) t + 2 \quad (D \text{は溶存酸素飽和度, } t \text{は時間}) \text{で示される。}$$

燧灘東部水域には製紙パルプ工業等の産業排水が日量40万トン流入し、そのSS負荷量は排水



第9図  $\frac{M_2'}{M_2}$  の分布図 {  $M_2'$  は各測点の半日周期 }  
 $M_2$  はNKOの半日周期

規制前には日量 170 トン<sup>4)</sup>に及んでいた。(規制後の負荷量は5分の1以下に減少している) この結果海域の停滞性とあいまって底泥の汚染は第10図に示すように進行したが、その悪化状況とSS負荷量の経年変化(第11図)<sup>5)</sup>はよく対応しており、貧酸素水塊によると思われる魚貝類の被害も1970年以降頻発していることから、底泥の悪化が海水の停滞性と相まって貧酸素化の原因であると考えられる。



第10図 燧灘東部沿岸海域における底泥CODの変化  
(単位  $O_2$  mg/1g 乾泥)

燧灘の底泥COD分布は第12図に示される。東部水域ではCOD30以上の強汚染域が広がっているのに対し、西部ではその範囲が狭く、貧酸素水域図(第5,6,9図)とよく対応している。

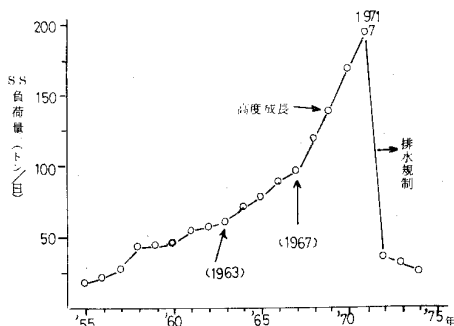
西部水域の汚染源は主として新居浜～東予市に立地する化学工業、食品工業および今治の繊維・

染色工業排水であり、SS負荷量は少ないが、窒素・リンの負荷量が多く、海域を富栄養化してプランクトン等の微生物の増殖を促進し、増殖した微生物が遺骸として推積するので、底泥が悪化したと考えられる。

(3) 水温・塩分成層の関与

5月以降気温の上昇に伴い、表層水温は上昇し、淡水の流入増加とあまって低塩分、高温の軽い表層水と高塩分低温の重い底層水が生じ、中層の密度躍層をはさんで成層し安定するため上下混合は

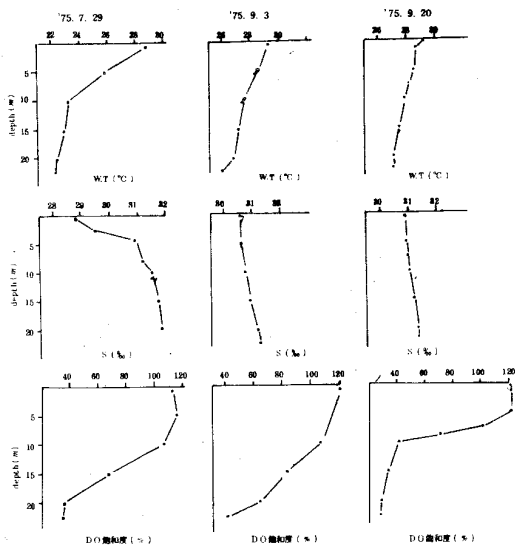
極めて不活発になるので、表層からの酸素補給がなされず、底層は貧酸素化する。密度躍層は第13図、第14図に示すように、通常、東部水域（水深約20m）では10m層に、西部（水深約10m）では5m層に存在するが、東部水域に比較して西部水域では、塩分成層が躍層の形成により強く関与している。



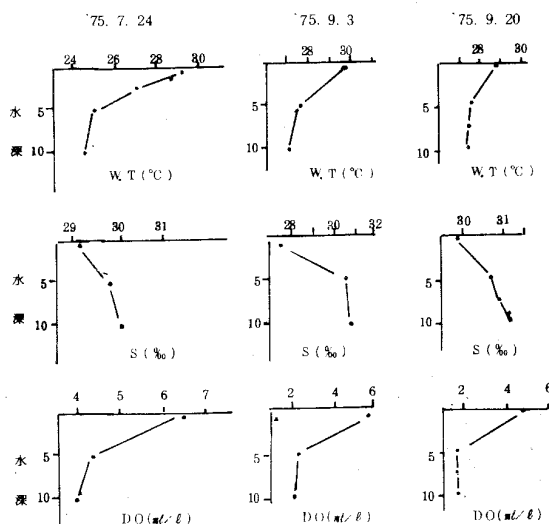
第11図 SS負荷量の経年変化 (燧灘東部海域)



第12図 底泥の汚染状況 (1975年)



第13図 水温、塩分、DO飽和度の鉛直分布例 (伊予三島地先3Km地点)



第14図 水温、塩分、DOの鉛直分布例 (東予地先2Km)

成層の強度および持続期間と貧酸素化との関係は第15図、第16図、第17図に示される。

東部水域に比して、西部水域では成層がくずれやすく、表層からの酸素補給の機会が多い。

東部海域における通常のDOパターンは第18図の(9月3日)の状態であって、飽和度50%以下の貧酸素層は底上3~5mまであり、10m層以浅は100%以上の飽和度をしめすが、第17図に示すように、成層が長期間維持されると、貧酸素層は10m層以上に上昇し第18図の(9月22日)の如き酸素量状態となることが多い。

#### 4. 貧酸素状態の解消

成層が降雨、気温低下および波浪等によりくずれ上下混合が始まるにつれて、底層の貧酸素状態は解消に向かう。

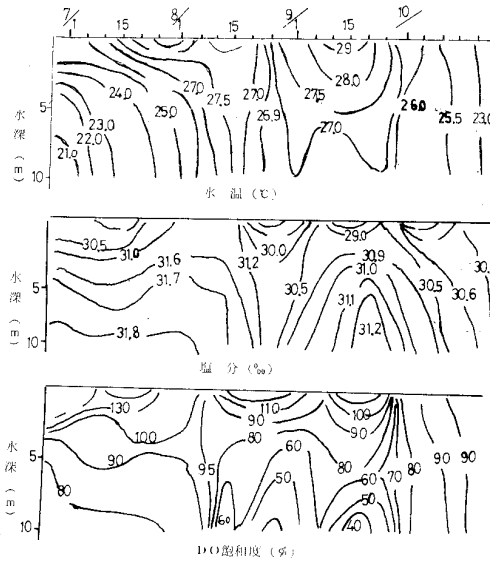
第19図は混合の経過をしめしたもので混合前100%以上の過飽和であった表層にいたるまで、混合の過程で一時的に貧酸素となる。その程度が問題であって、混合前の底層貧酸素化の程度(量、層厚)に左右されるが、通常70~80%である。

表底層の水温が逆転し成層がくずれ始める時期は第20図に示すように例年9月8日前後であるが、1975年のようにこの時期が9月26日までずれこむこともある。

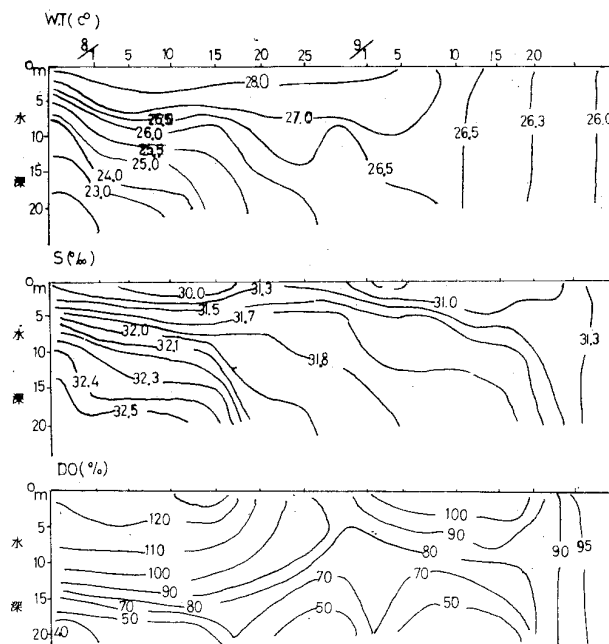
貧酸素状態の完全な解消は成層がくずれ始めてから、水深の浅い西部沿岸域で3~5日後、水深20mの東部沖合域では5~10日後である。

#### 5. 生物への影響

魚貝類に必要な酸素量は種類、生理状態および環境条件により異なるが、致死的な酸素量は魚類



第15図 水温・塩分・DO飽和度の経時変化 (1975年) (東予市地先2Km, 水深10m)



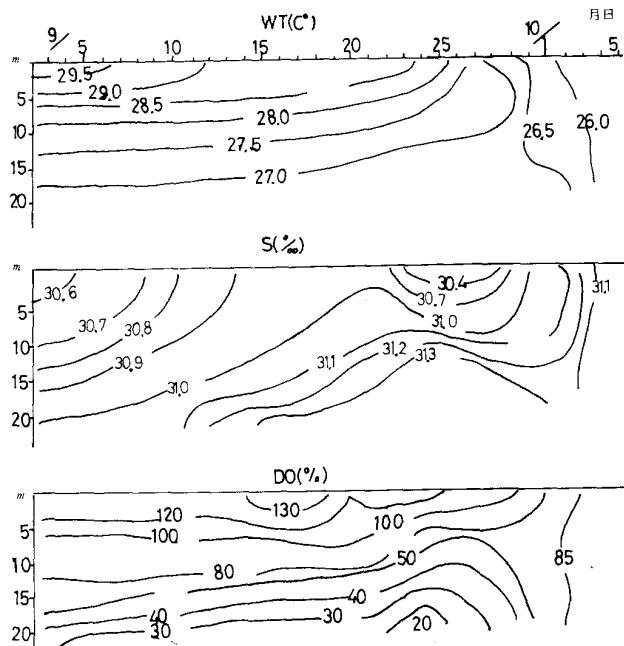
第16図 水温・塩分・DOの経時変化 (1974年) (伊予三島地先3Km地点, 水深23m)



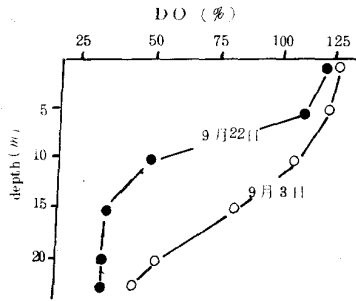
では飽和度 10~20%, 貝類では数% であり, 魚類は酸素飽和度 30~60%, 貝類で 15~30% 程度でも長期間その状態におかれれば致命的影響をうけるといわれている。<sup>1)</sup>

燧灘沿岸において1970年以降, 魚貝類の被害が発生する時期は, 概ね9月上・中旬である。この時期は既述のように, 貧酸素化がその極限に達するとともに, 上下混合が開始され, 底層貧酸素層が上層まで湧昇する時期であることがその理由と考えられる。

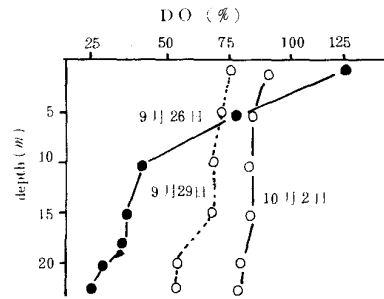
従って魚貝類に被害が発生するかどうかは, 貧酸素化の程度およびその継続期間と混合時に表層にいたるまで貧酸素となるかいなかにかかっている。



第17図 水温・塩分・DOの経時変化 (1975年) (伊予三島地先3km, 水深23m)



第18図 低酸素層の上昇 (1975年) (東部伊予三島沖3km)



第19図 低酸素状態の解消 (1975年)

1973年以降燧灘における貧酸素水塊による魚貝類被害は, 1973年8月下旬の東部海域トリガイ斃死および1974年と1975年9月中旬の東部沿岸域寒川地先における一部魚類斃死にとどまっている。このことは底層の酸素量が飽和度30%以下に低下することが少なく, 上下混合時にも表底層とも70%以上の酸素量を有していたからと考えられる。1972年9月の大量死原因は溶存酸素状況から次のように理解される。

すなわち8月下旬の底層飽和度は10%以下に低下し(その成因は7~8月の集中豪雨による塩分成層の強化), 貧酸素層は10m層まで上昇していたところ, 9月上旬に急激な上下混合が始まり, 表層まで飽和度50%以下に低下し, その期間が7~10日間継続したことによると考えられる。(第21図)

'72年～75年の被害事例から、魚類の異常行動、斃死が起るのは、酸素量が、海域において全層とも飽和度50%（酸素量約2.5 ml/l）以下に低下した場合である。

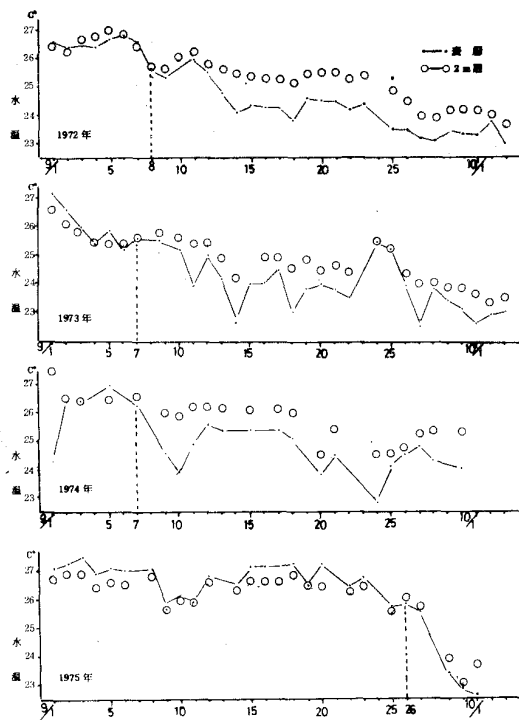
これに対して、トリガイ、アカガイ、アサリ等の底生生物は遊泳力に欠ける反面、貧酸素状態に強く、飽和度10～20%（酸素量約0.5～1 ml/l）でも短期間ならば斃死は少ないが、長期にわたる場合、あるいは飽和度10%以下に低下した場合斃死に至る場合が多い。

### 要 約

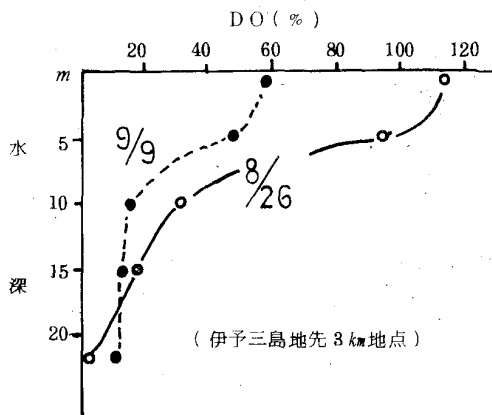
- (1) 燻灘における貧酸素水塊形成現象は、流動の停滞性および底泥の悪化がその原因である。
- (2) 貧酸素化の進行は水温・塩分成層の成立、維持期間およびその強度により規定され、底層水は通常、飽和度30%（酸素量約1.5 ml/l）まで低下するが、異常気象（集中豪雨、異常高温等）の場合は10%以下に低下し、貧酸素層も中層まで拡大する。
- (3) 貧酸素水塊の上昇は通常9月上旬におこり、混合の過程で表層まで一時的に貧酸素となり、同時に生物に被害を与えることが多い。

### 文 献

- 1) 愛媛県：愛媛県燻灘魚貝類大量死亡原因調査報告（1972）
- 2) 第六管区海上保安本部：燻灘の潮流（1973）
- 3) 東海区水産研究所他：農林水産生態系における汚染物質の循環と指標生物に関する研究（1974）
- 4) 愛媛県公害課：伊予三島市および川之江市の工場排水水質調査結果（未発表）
- 5) 愛媛県水産試験場：瀬戸内海汚染負荷調査報告（1975）



第20図 9月水温変化  
 { 1972～1974年西条地先 }  
 { 1975年 東予地先 }



第21図 生物被害時のDO状況（1972年）  
 （伊予三島地先3km地点）