

赤潮生物 *Heterosigma inlandica* HADA, *Hemientreptia antiqua* HADA, *Eutreptiella* sp. がのり幼芽に与える影響について-I

吉 川 浩 二

Effect of *Heterosigma inlandica* HADA, *Hemientreptia antiqua* HADA and *Eutreptiella* sp. on the Growth of Nori (*Porphyra*) in Culture-I

Kôji YOSHIKAWA

Recently, various types of red tide on the coastal area of Japan has occurred and some of them has lasted till autumn. It has been reported that Nori in the culture ground was affected by red tide, especially on the growth of bud of Nori. We have not known about mechanism of them.

In this studies, the author intended to examine the relationships between increase of red tide planktons and time course of change of pH, Eh, DO in culture medium, and the effect of marine plankton, *Heterosigma inlandica* HADA, *Hemientreptia antiqua* HADA and *Eutreptiella* sp. obtained in Hiroshima Bay, in August, 1971.

1. It is assumed that the rise of pH, Eh and DO by *Heterosigma* and *Eutreptiella* more than  $2\sim 3 \times 10^4$  cells/ml and *Hemientreptia* more than  $5 \times 10^2$  cells/ml effected on the growth and injured the cell of Nori.

2. In this studies, the growth of red tide planktons, change of pH, Eh, DO by red tide planktons and growth and injury of bud of Nori was observed in the order of *Heterosigma*, *Eutreptiella*, *Hemientreptia*.

3. The increase of any of three red tide planktons and the effect of red tide planktons on the bud of Nori was observed in the culture in order Aeration, Contorolled-atmospheric exposure, Non-aeration.

From these results, it could be said that if red tide remained longer in the culture ground and if calm and warm weather lasted long, the change of pH and DO was great and the effect of red tide on the bud of Nori was enlarged. When red tide planktons has increased remarkably with other conditions, the growth of bud of Nori seemed to be affected not only the change of pH and DO in the culture medium but also the amount of light, nutrient, mucas and excrete.

近年、赤潮の発生は益々多種多様な形で現われ、その発生時期も拡大して秋にまで及び、のり養殖時、特に採苗・育苗期に被害を及ぼしたと推察される事例がいくつか報告されている<sup>1),2),3)</sup>。しかし、赤潮生物がのりに及ぼす影響の度合およびその被害機構についての実験例も少なく、知見も乏しい。

本研究は室内実験により赤潮生物の増殖と海水の水質の変動およびのり幼芽の生育との関連を明らかにし、赤潮生物がのり幼芽に及ぼす被害機構を究明することを目的とした。著者らは<sup>7)</sup>、1970年に培養フラスコ瓶内における赤潮生物の繁殖状況による培養海水中のpH, Eh, DOの変化を把握し、この変化がのり幼芽の生育に影響を及ぼしていること、特にヘテロシグマが存在し、その濃度が高いほどのがのり幼芽の生育

を阻害することなどの知見を得たので、さらに実験を進めたが、本実験では赤潮生物の増殖にともない pH, Eh が上昇し、のり幼芽の生長阻害や細胞の障害の度合いが強くなること、また赤潮生物の種類によってそれらに違いが現われることを認めたので報告する。

### 実験材料および方法

赤潮生物は秋に発生の頻度が高いとみられるヘテロシグマ (*Heterosigma inlandica* HADA)<sup>4)</sup>、ムカシウミミドリムシ (*Hemientreptia antiqua* HADA)<sup>5)</sup> および岡市が「青潮」と呼んでいる *Eutreptiella* sp<sup>6)</sup> の3種類を用いた (Fig. 1)。これらは1971年夏季に広島湾で発生したものを広島県水試が単種分離したもので、Table 1 に示した赤潮培養海水 B で室内培養したもの (原液) を各々実験開始時に希釈して実験に供した。

本実験では培養フラスコ瓶を用いた実験と水温、光、干出時間を調節して漁場における生育条件に近い条件下でのりを育てる自動干出・水平駆動装置を用いて実験を行なった。培養瓶内での実験は培養ケース内 (ショーケースを改良し、前面に蛍光灯を設置) にセットした 500 ml のり培養フラスコ瓶に赤潮生物原液を培養海水で所定の濃度に希釈した中に、のりの糸状体からクレモナ 5 号単糸に着生させ、Table 1 に示した培養海水 A を用いて通常のフラスコ培養法により生育させたのり幼芽を入れて行なったが、培養フラスコ瓶内で僅かに通気させた場合と BOD 測定用フラン瓶内 (密栓) で無通気とし 3 時間毎にスター

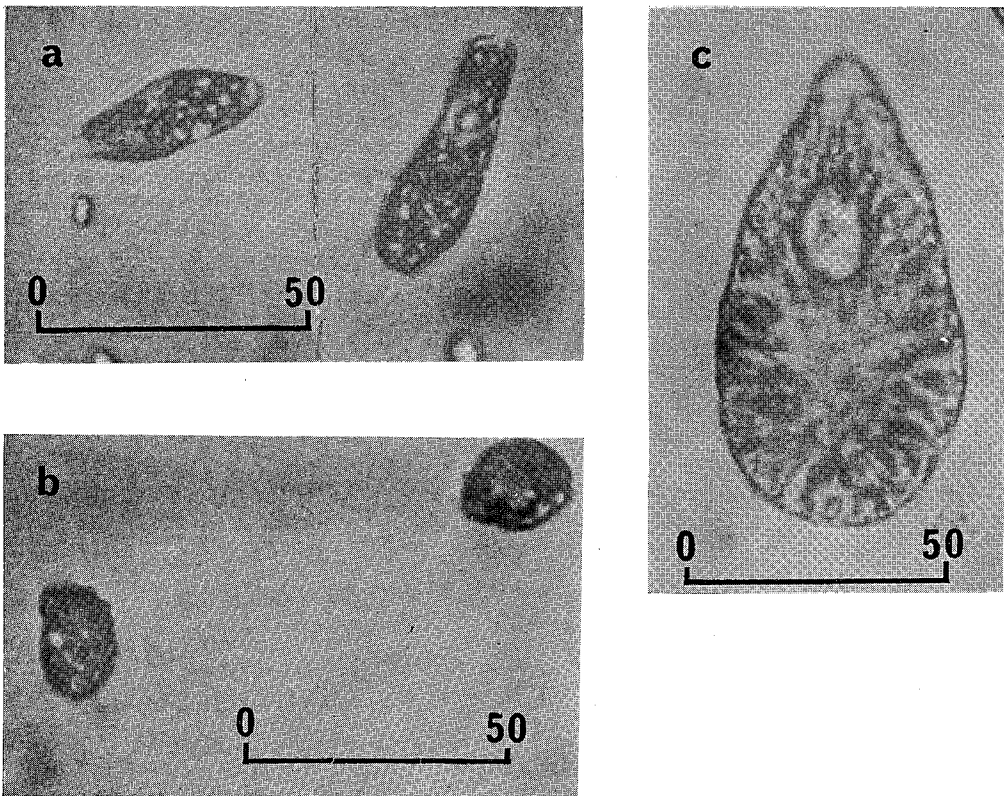


Fig. 1. Microscopical photograph of red tide planktons.

a. *Eutreptiella* Sp.

b. *Heterosigma Inlandica* HADA

c. *Hemientreptia antiqua* HADA ( $\times 600$ )

Table 1. Composition of culture medium.

A			B		
Sea water (boil)	1000	ml	Sea water (boil)	1000	ml
Pl metals	4	ml	Es. metals	10	ml
Vitamin B <sub>12</sub>	1.5	r	Pl metals	5	ml
NaNO <sub>3</sub>	0.2	g	"Tris, buffur	0.1	g
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> 12HO	0.025	g	pH	8.2	
pH	7.9		Eh	+283	mV
Eh	+350	mV			

ラーで攪拌させた場合とに分けて実験した。

水温, 光, 干出時間 (時刻を含む) が調節可能な自動干出・水平駆動装置 (Fig. 2) を用いての実験は, 11月下旬に当研究所沖の漁場で二次芽採苗したのりを網糸のまま切り取り, これを装置に取り付けて各々赤潮生物が存在する培養海水 (65l容, Cl 17.5‰) を用い, 恒温室内で水温を調節, 照明は蛍光灯下 2,200 ~ 2,400lux., 1日9時間照射 (8時~17時, この間を明期それ以外は暗期) とし, 干出は昼夜とも2時間の条件下で実験した。

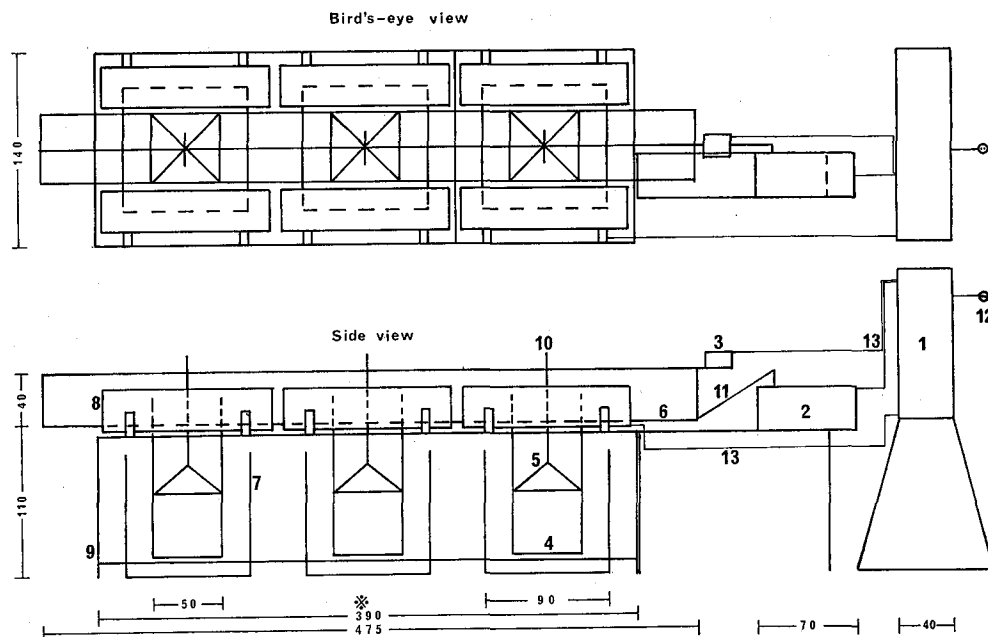


Fig. 2. A shaking culture apparatus of Nori with controlled-atmospheric exposure.

- |                  |                               |                                       |
|------------------|-------------------------------|---------------------------------------|
| 1: switchboard   | 6: rack for horizontal motion | 11: crank shaft for horizontal motion |
| 2: motor         | 7: culture tank               | 12: source of electricity             |
| 3: turning gear  | 8: light                      | 13: wiring cord                       |
| 4: frame         | 9: rack                       |                                       |
| 5: culture frame | 10: turning shaft             |                                       |

\* is shown in cm.

これらの実験において、開始時および3~5日目毎にのり幼芽についての生長および細胞の障害の割合（総個体数の中で異常細胞をもつ個体数の割合を障害率で表わした）の顕微鏡観察を行い、赤潮生物についてはその濃度の増殖、減衰の変化を測定し、さらに10時（照灯後2時間）、16時（消灯前1時間）、19時（消灯後2時間）、22時（消灯後5時間）および翌朝7時（照灯前1時間）に培養海水中のpH, Eh, DOの測定を行なった。なお実験中の培養海水は換水しないまま行なった。

pH, Ehの測定は東芝ベックマン製LAB-M-MATE-pH計（使用電極はpH複合電極39142型, Eh複合電極39186型）で、DOはウインクラー法と給水化学製TP型溶存酸素計を併用して測定し、また、赤潮生物濃度は実験海水からキャピラリー型マイクロペット（CLAY ADAMS社製“Yankee Micropet”精度±0.5%, 5 $\mu$ lまたは10 $\mu$ l）で採水したものを顕微鏡で全量計数して測定を行なった。

### 実験結果および考察

#### 実験 I

培養フラスコ瓶を用いて無通気の場合と通気した場合について数回実験を行なったが、その一例としてのり幼芽の生長および障害の状態をTable 2に、培養海水中のpH, Eh, DOの変化の観測結果をTable 3およびFig. 3に示した。

Table 2. Effect of *Heterosigma*, *Hemientreptia* and *Eutreptiella* on the growth of Nori in culture with culture vase.

			Control	<i>Heterosigma</i>	<i>Hemientreptia</i>	<i>Eutreptiella</i>
Start	Aeration and Non-aeration	Growth	±	±	±	±
		Injury	- 24% A	- 24% A	- 24% A	- 24% A
		Color	+	+	+	+
		Growth, Red Tide Plankton (cells/cc)	None	25800	2700	27000
After 5 days	Non-aeration	Growth	++	-	+	--
		Injury	-- 50% >	-- 89%	-- 55%	-- 83%
	Color	+	±	-	--	
	Growth, Red Tide Plankton (cells/cc)	None	54300	2400	54300	
aeration	Growth	+	-	---	--	
	Injury	- 20%	- 49%	---	---	
		Color	+	±	--	--
		Growth, Red Tide Plankton (cells/cc)	None	249900	3300	87800

Condition: 5 days after seedling, W.T 18.6~19.5°C, Cl. 14.9~16.4‰

Growth:	Injury:	Symptom of injury:	Color:
++ best	+ none	A — shrinkage of cells and chromatophore	+ normal
+ better	± 10~30%	B — vacuole enlargement	± abnormal
± common	- 31~50%	C — color of cell	- failing
- worse	-- >51%	D — cell decay	-- failed
-- worst		E — abnormal of cell	
--- died		F — bud blight or bud injury	

Table 3. Time course of change of pH, Eh and DO in culture medium by using a culture vase.

Time	Control				<i>Heterostigma</i>				<i>Hemiteutrophia</i>				<i>Eutrophiella</i>				
	O <sub>2</sub> ml/l	pH	Eh mV		O <sub>2</sub> ml/l	pH	Eh mV		O <sub>2</sub> ml/l	pH	Eh mV		O <sub>2</sub> ml/l	pH	Eh mV		
Start	10	5.91	7.75	+390~+349	6.00	8.28	+360~+320		5.96	8.28	+311~+290		5.98	8.38	+333~+302		
	Non- Aeration	16	6.48	7.90	+346~+321	7.98	8.28	+325~+310		8.72	8.30	+325~+319		8.96	8.42	+315~+302	
		19	5.95	7.80	+325~+315	7.25	8.35	+320~+309		7.60	8.35	+320~+309		8.33	8.40	+319~+303	
		07	5.36	7.80	+380~+340	5.64	8.25	+283~+294		5.57	8.25	+273~+282		5.95	8.40	+330~+301	
Start	10	5.91	7.75	+390~+349	6.00	8.28	+360~+320		5.96	8.28	+311~+290		5.98	8.38	+333~+302		
	Aeration	16	6.23	7.75	+362~+332	6.65	8.28	+320~+308		6.79	8.20	+316~+307		6.76	8.35	+318~+302	
		19	5.95	7.77	+322~+312	5.71	8.10	+330~+310		6.23	8.20	+320~+305		6.09	8.23	+322~+305	
		07	4.83	7.90	+346~+326	4.90	7.92	+280~+290		5.04	7.95	+268~+290		5.11	8.02	+312~+303	
After 5 days	10	6.16	7.77	+322~+308	>10.50	8.63	+300~+291		8.37	8.30	+326~+300	>10.50	10.50	8.85	+310~+238		
	Non- Aeration	16	6.30	7.80	+344~+321	>10.50	8.65	+333~+309		9.14	8.40	+339~+308	>10.50	10.50	9.00	+310~+228	
		19	5.14	7.80	+344~+327	>10.50	8.60	+329~+304		6.76	8.45	+345~+305	>10.50	10.50	9.00	+323~+230	
		07	5.32	7.85	+350~+329	7.46	8.60	+341~+315		5.15	8.40	+340~+310	6.79	9.00	9.00	+331~+230	
After 5 days	10	6.41	7.80	+354~+326	8.56	8.20	+328~+308		7.03	8.00	+333~+308	6.86	8.08	8.08	+340~+316		
	Aeration	16	6.37	7.90	+341~+319	7.11	8.50	+365~+312		6.65	8.15	+328~+299	6.23	8.20	8.20	+332~+303	
		19	5.43	7.85	+340~+319	5.67	8.40	+348~+312		5.60	8.10	+320~+300	5.39	8.20	8.20	+340~+310	
		07	4.58	8.00	+348~+329	4.76	8.10	+369~+332		4.83	7.98	+330~+309	4.76	8.00	8.00	+336~+315	

The bud of *Nori* were kept during experiment in the culture medium under light intensity from 2200 to 2400 lux., illuminated for 9 hrs. from 8 a.m. to 5 p.m. per day.

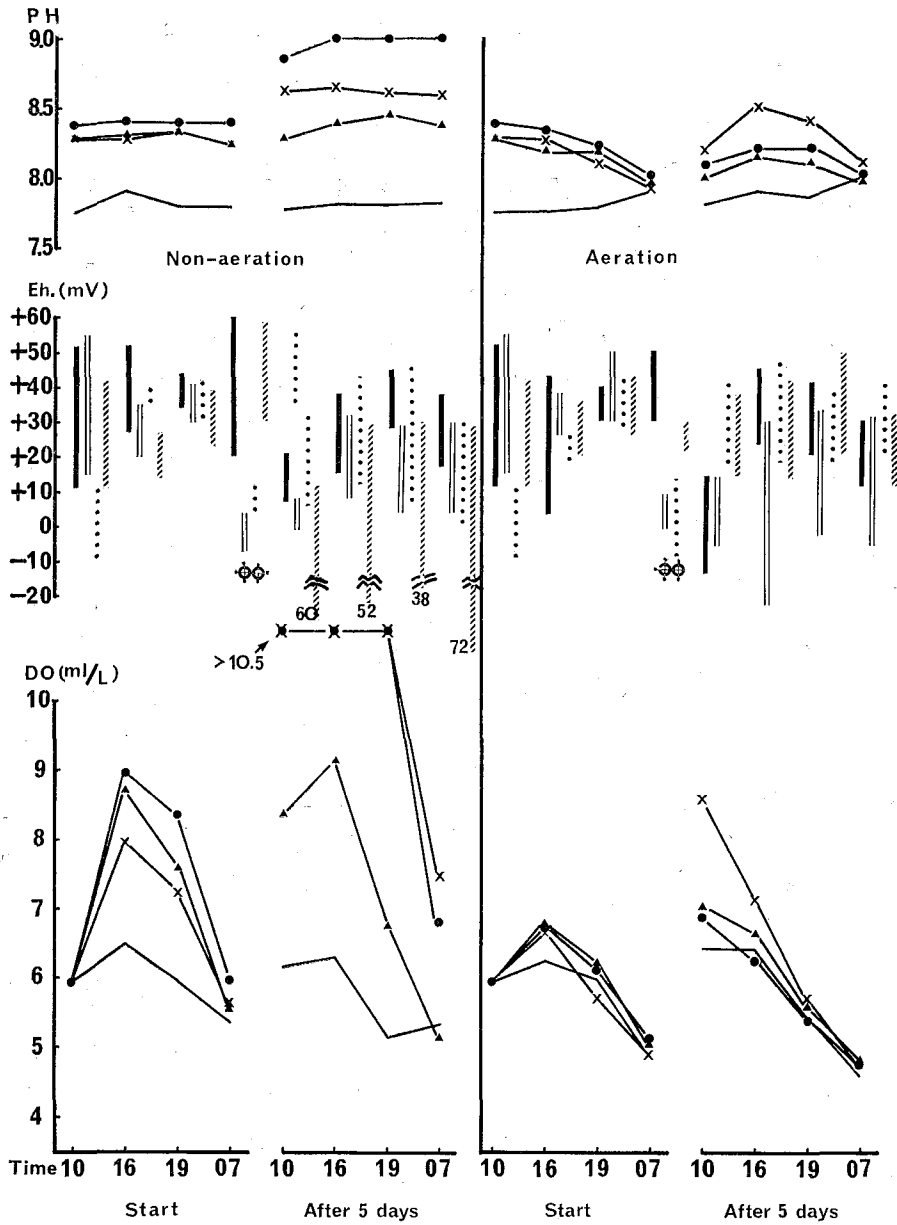


Fig. 3. Time course of change of pH, Eh and DO in culture medium by using a culture vase.

— : — Control  
 x — x : Hemieutreptia  
 ▲ — ▲ : ... Heterosigma  
 ● — ● : /// Eutreptiella

i) 無通気での実験

実験開始時に赤潮生物の存在する培養海水中の pH はヘテロシグマ、ムカシウミドリムシ区で pH 8.25~8.35, 青潮区で8.38~8.42で明暗期によっても変化は少なく, DO は明期中に対照区の 6.48ml/l に

比べてヘテロシグマ区で 7.89 ml/l, ムカシウミミドリムシ区で 8.72 ml/l, 青潮区で 8.96 ml/l になっており, かなりの上昇がみられていた。実験開始 5 日後では, DO はいずれの赤潮生物の存在する培養海水中でも 10 時, 16 時の明期中および 19 時の暗期前半に増加し, pH 値はヘテロシグマ区で pH 8.60~8.65, ムカシウミミドリムシ区で 8.30~8.45, 青潮区で 8.85~9.00 を示してかなりの上昇がみられ, 日中の変化も DO と同様な変化の傾向がみられた。特にヘテロシグマ区, 青潮区では 54,300 cells/ml と赤潮濃度が開始時に比べて約 2 倍と高くなっていったためこの傾向は甚しく, DO の値も 10.5 ml/l 以上という過飽和状態を示した。また Eh の差値\*も赤潮生物の存在しない対照区が比較的变化が小さいのに比べて, 赤潮生物の増殖した海水中ではやや異なった変化を示すようで, その変化が大きくなり, 特に青潮区では著しかった。これら pH, Eh, DO の変化にともなうのり幼芽に対する生長阻害, 細胞に与える障害の度合は, 対照区が実験開始時ののり幼芽の大きさが 10~16 細胞のものや縦 2 分裂であったが, 開始後 5 日目では生長が縦 4~8 分裂の幼芽がほとんどで良好なのに比べて, ヘテロシグマ, 青潮区では, 生長は縦 1~2 分裂の幼芽がほとんどでまれに縦 6 分裂のものがみられる程度で悪く, 縦分裂が遅れるか停止しており, ムカシウミミドリムシ区は縦 2~4 分裂の幼芽がほとんどでまれに縦 8 分裂のものがみられて前 2 種より生長の遅れがやや弱く現われた。また, 細胞の障害の度合は対照区で開始後 5 日目に障害率 50% 以下なのに比べて, ヘテロシグマ区で 89%, ムカシウミミドリムシ区で 55%, 青潮区で 83% で, ヘテロシグマ・青潮の存在する培養海水で特に悪かった。

#### ii) 通気での実験

実験開始時においては, 各々の赤潮生物の存在する培養海水中の DO の一日の変化はヘテロシグマ区で 4.90~6.65 ml/l, ムカシウミミドリムシ区で 5.04~6.79 ml/l, 青潮区で 5.11~6.76 ml/l であり, 対照区のそれは 4.83~6.23 ml/l であり, 対照区に比べて DO の変化の巾および上昇は少なかった。実験開始 5 日後では, 無通気の場合に比較して赤潮生物の増殖が盛んでヘテロシグマ区で 249,900 cells/ml と約 10 倍, ムカシウミミドリムシ区で 3,300 cells/ml と約 1.3 倍, 青潮区で 87,800 cells/ml と約 3 倍の増殖がみられ, この場合の pH 値はヘテロシグマ区で pH 8.10~8.50 で開始時の pH 7.92~8.28 に比べてやや高い値を示したが, ムカシウミミドリムシ区では pH 7.98~8.15 で開始時 pH 7.95~8.28 よりむしろ低い値を示し, 青潮区でも pH 8.00~8.20 で開始時 pH 8.02~8.38 より低い値を示した。DO は光の照射が開始された直後(2 時間後)にいずれも上昇したが明期でも徐々に減少し, 赤潮生物が増加した場合, ヘテロシグマ区で 4.76~8.56 ml/l, ムカシウミミドリムシ区で 4.83~7.03 ml/l, 青潮区で 4.76~6.86 ml/l と過飽和状態のみられた無通気の場合より, 値も低く, 変化も少なく, 無通気の場合とは異なっていた。Eh の差値は赤潮生物の存在する海水中では対照区に比べてやや大きく変化する程度で, ヘテロシグマ区での急激な増殖にもかかわらずその変化の巾が僅かに大きくなる程度であり, それらの変化は無通気の場合に比べて全て小さかった。

このように, 試験区では pH, Eh, DO の水質の変化が少なかったにもかかわらず無通気の場合よりもりのり幼芽の生長はやや悪く, 細胞に与える障害においても, 対照区が実験開始時に比べて 5 日後の方が障害率が低くなったのに, ヘテロシグマ区では 49% の障害率で, 青潮, ムカシウミミドリムシ区では 100% の障害率を示してむしろ強く現われていた。これらのことは, 赤潮生物ののり幼芽に与える影響が pH, Eh, DO などの水質の変化による影響のみではなく赤潮生物の増殖, 特に濃度の増大それ自体による栄養塩の不足, 赤潮生物からの老廃物, あるいは受光量の不足などが影響するのではないかと考えられる。

#### 実験 II

自動干出・水平駆動装置を用いた場合ののり幼芽の生長および障害の状態を Table 4 に, 培養海水中の pH, Eh, DO の変化の観測結果を Table 5 および Fig. 4 に示した。

\* Eh の差値とは, 一般的には絶対値で表わされる例が多いが, 本実験では pH 6.88 のリン酸緩衝液中の 10 分後における指示値を読み, その値から各々実験海水の最初の指示値および 10 分後の指示値を差し引いた値である。ここでは二つの差値とその両者間の巾の変動をもって示した。

Table 4. Effect of *Heterosigma* and *Hemientreptia* on the growth of bud of Nori in culture tank with controlled-atmospheric exposure.

		Control	<i>Heterosigma</i>	<i>Hemientreptia</i>
Start	Growth	+	+	+
	Injury	+	+	+
	Color	+	+	+
	Growth, Red Tide	None	19800	500
	Plankton (cells/cc)			
After 2 days	Growth	+	+	+
	Injury	+	+	± D
	Color	+	+	+
	Growth, Red Tide	None		
	Plankton (cells/cc)			
After 4 days	Growth	++	+	+
	Injury	+	± D	- A, D
	Color	±	±	±
	Growth, Red Tide	None	38700	850
	Plankton (cells/cc)			
After 8 days	Growth	++	+	±
	Injury	±	± D, E	- - A, D
	Color	+	±	±
	Growth, Red Tide	None	57400	2650
	Plankton (cells/cc)			
After 14 days	Growth	++	+	+
	Injury	± 17%	- - 50% D, E, F	- - 50% D, E
	Color		±	-
	Growth, Red Tide	None	133200	3200
	Plankton (cells/cc)			

Condition; 7 days after sporulation from Nori in culture field.

W. T. 16.8~21.6°C Cl. 17.5~18.1‰

培養海水中の DO の変化は対照区が実験開始時 5.95~6.03 ml/l, 実験開始 4 日後で 5.40~5.72 ml/l, 8 日後で 4.94~5.11 ml/l と実験開始後より徐々に値が下がるのに比べて, ヘテロシグマ区では開始時 6.43~7.50 ml/l, 4 日後 5.88~7.85 ml/l, 8 日後 5.52~8.49 ml/l と赤潮生物の増殖にともない DO 値が上昇しており, 特に日変化の巾が大きくなった。ムカシウミドリムシ区ではヘテロシグマ区ほどの変化はみられないが実験開始時 6.14~6.94 ml/l, 4 日後 5.42~6.60 ml/l, 8 日後 5.59~7.43 ml/l と小さな変化がみられた。pH 値もヘテロシグマ区では開始時 pH 8.39~8.42, 4 日後 8.40~8.45, 8 日後 8.40~8.59 を示し, ムカシウミドリムシ区では開始時 pH 8.04~8.15, 4 日後 8.02~8.41, 8 日後 8.20~8.34 と示して DO と同様な傾向がみられた。また Eh の差値は, ヘテロシグマ区, ムカシウミドリムシ区とも対照区に比べてやや変化の巾が小さくなったがあまり明らかではなかった。

これらの水質の変化を受けてのり幼芽の生長および細胞に与える障害の度合は, 生長ではいずれの実験区とも開始時 4~8 細胞の幼芽であったが, 対照区では 4 日後 7~9 細胞の幼芽および縦 2 分裂の生長の速い幼芽もみられ, 8 日後には縦 2~4 分裂になりほぼ順調に生長したのに比べて, ヘテロシグマ区では 4 日後 7~8 細胞や縦 2 分裂でやや対照区に比べて生長は遅くなり, 細胞の障害も細胞のクズレなどが



Table 5. Time course of change of pH, Eh and DO in culture medium by using a culture tank with controlled-atmospheric exposure.

Time	Control			<i>Heterosigma</i>			<i>Hemientrepia</i>			
	O <sub>2</sub> ml/l	pH	Eh mV	O <sub>2</sub> ml/l	pH	Eh mV	O <sub>2</sub> ml/l	pH	Eh mV	
Start	10	5.95	8.07	+403~+340	6.48	8.39	+360~+312	6.29	8.04	+365~+319
	16	5.96	7.96	+385~+332	7.46	8.39	+370~+319	6.94	8.09	+350~+312
	19	5.94	7.90	+362~+320	7.50	8.40	+350~+313	6.79	8.11	+345~+313
	22	5.98	7.90	+360~+320	6.92	8.40	+335~+309	6.57	8.15	+343~+316
	07	6.03	8.00	+375~+330	6.43	8.42	+365~+315	6.14	8.10	+355~+319
After 4 days	10	5.72	7.96	+365~+334	6.56	8.40	+360~+315	6.04	8.15	+349~+315
	16	5.51	7.92	+365~+320	7.85	8.45	+350~+308	6.60	8.20	+340~+310
	19	5.47	7.90	+345~+323	7.56	8.44	+340~+300	6.40	8.41	+335~+300
	22	5.42	7.90	+347~+320	6.86	8.40	+330~+305	6.06	8.15	+340~+307
	07	5.40	7.85	+348~+313	5.88	8.40	+341~+309	5.42	8'02	+334~+310
After 8 days	10									
	16	4.94	7.88	+378~+320	8.49	8.59	+350~+293	7.43	8.34	+340~+294
	19	4.96	7.90	+400~+335	7.85	8.53	+350~+302	7.00	8.31	+350~+312
	22	5.03	7.90	+405~+344	6.88	8.47	+370~+311	6.44	8.30	+355~+315
	07	5.11	7.80	+423~+363	5.52	8.40	+385~+330	5.59	8.20	+370~+330

The bud of Nori were kept during experiment in the culture medium under light intensity from 2200 to 2400 lux., illuminated for 9 hrs. from 8 a.m. to 5 p.m. per day.

現われ始め、8日後には12~14細胞やまれに縦2~4分裂の幼芽もみられたが異形細胞などが観察され、14日後には縦1~2分裂で生長の停止がみられ、一部死んだ幼芽も観察された。またムカシウミドリムシ区では実験開始4日後には生長が6~9細胞がほとんどでまれに縦2分裂の幼芽がみられたが対照区より生長が悪く、細胞の萎縮やクズレなどの障害が観察されるようになり、8日後には生長は9~16細胞がほとんどでまれに縦2~4分裂の幼芽もみられたが生長の遅れがみられ、障害も縦分裂の異常や細胞のクズレなどが観察され、14日後には生長が縦2分裂までの幼芽がほとんどで、まれに縦4~8分裂の幼芽も僅かにみられたが対照区に比べ遅く、障害も異形細胞がかなり増加して障害率も高く悪かった。この実験結果では、ヘテロシグマ区の場合は赤潮生物濃度が開始時19,800 cells/ml, 4日後38,700 cells/ml, 8日後57,400 cells/ml, 14日後133,200 cells/mlとなり赤潮生物の増殖にともなうpH, Eh, DOの上昇がのり幼芽の生長障害や細胞に与える障害の度合を大きくさせた要因と考えられるが、ムカシウミドリムシ区では赤潮生物濃度が開始時500 cells/ml, 4日後850 cells/ml, 8日後2,650 cells/ml, 14日後3,200 cells/mlであり、赤潮生物の増殖速度は遅くヘテロシグマ区に比べてpH, DOの上昇も小さかったが、のり幼芽の生長障害や細胞に障害を与えた度合はかえって大きく現われており、これはpH, DO以外の要因、たとえばムカシウミドリムシの粘液や分解物質などが何らかの影響を与えているのではないかと推察された。

以上これらの結果を総合して考察すると

多くの赤潮生物についての好適pH, 塩素量や増殖促進因子等の栄養生理の研究<sup>4), 8), 9), 10), 11)</sup>は多くなされて実験室内で赤潮現象を再現することが可能となり、一方では天然漁場における赤潮の構成種や発生要因<sup>9), 13), 14)</sup>, 発生機構の解明等もかなりなされ急速に進歩した。しかしながら水産生物を対象とした赤潮生物が与える影響については、魚貝類では調査、研究<sup>12)</sup>が検討され始めたにすぎず、藻類についてはほとんど報告がない。赤潮生物がのり幼芽に及ぼす影響としては、赤潮生物の多量発生後における分解物、腐

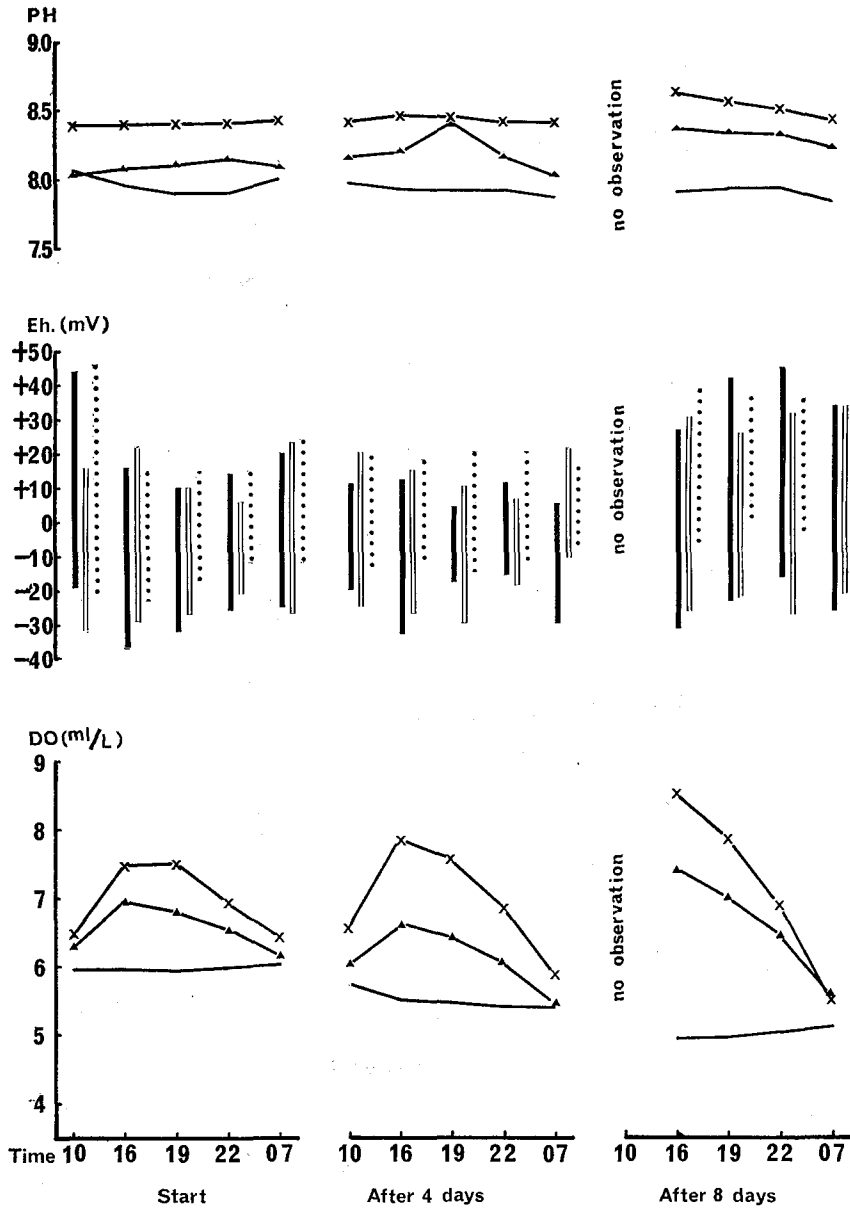


Fig. 4. Time course of change of pH, Eh and DO in culture medium by using a culture tank with controlled-atmospheric exposure.

— : — Control × — × : — Heterosigma ▲ — ▲ : ... Hemieutreptia

敗物などによる  $O_2$  の消費やプトマインのような毒物の発生による漁場環境水の悪化, あるいは赤潮生物のり幼芽への多量付着によるガス交換障害, のり幼芽との栄養塩吸収の競合作用などがあげられよう。しかしながら, これらの予想される各々の要因を実験条件としてのり幼芽に及ぼす影響について一挙に説明することは現状としては甚だ困難である。従って本研究では赤潮生物を好適条件のもとに育てると

もに、のり幼芽の生育好適条件に近い条件下に設定して赤潮生物の増殖濃度（速度）を調べそれに伴う pH, Eh, DO などの諸要因をとりあげ、それらとのり幼芽の生育および細胞に与える障害との関連を検討した。赤潮生物の増殖に伴う pH, Eh, DO の変化のみではのり幼芽に与える影響要因が全てとは言い難いが、尾形<sup>15),17)</sup> はアサクサノリの呼吸に及ぼす pH の影響について高 pH, 特に pH 9.1~10.2 にかけて急激な呼吸の低下をきたし、かつ細胞の傷害の程度を大きくさせる、また光合成についても pH の上昇は低下をまねき、さらには光合成と関連して生長するのに必要な海水中の CO<sub>2</sub>, 光などが不足すると生長を防げると報告<sup>16)</sup> しており、本実験の無通気培養による実験にも赤潮生物の増殖による pH の上昇や DO の過飽和状態がみられており、このことがのり幼芽の光合成作用の抑制に関与しているものと考えられる。さらには個体数密度の高くなるヘテロシグマや青潮の存在する培養海水中には受光量の不足が光合成作用を低下させていよう。また培養海水中の栄養塩に対する変動が生じる、すなわち赤潮生物やのり体の総栄養塩量は多いが、溶存する有効な栄養塩が赤潮生物の増殖により消費され減少することが予想され、このことがのり幼芽の生長阻害や細胞に与える障害の度合をさらに助長させているものと推察される。本実験の中でも無通気にした場合には赤潮生物の増殖は通気培養や干出・駆動培養に比べてやや遅くなるが、のりに与える生長阻害や障害の度合が強く現われていること、実験方法によって赤潮生物の増殖速度が違うことなどの結果から、のり幼芽期に赤潮生物が増殖した後、長期間漁場に停滞し、静穏、温暖な日が続いた時などは pH, DO の日変化の巾が増大してのり幼芽に与える影響は大きいと思われるが、諸条件により赤潮生物濃度が甚しく高くなった場合には、pH, DO の変化のみではなく、受光量の不足、栄養塩の不足、赤潮生物による粘液や老廃物などによる影響が推察される。

上記の実験をも含めて、赤潮生物が増殖した後に減衰した場合の影響、あるいは培養海水中の赤潮の生残した数と死んだ数との割合が変わった場合の影響、また pH, Eh, DO それ自体の変化による影響などについて今後更に検討する必要がある。

## 要 約

赤潮生物がのり幼芽に及ぼす影響について、秋期に発生が多いヘテロシグマ、ムカシウミミドリムシおよび青潮を培養した海水中ののり幼芽を入れ、無通気、通気した場合と、水温、光、干出時間（時刻）が調節可能な自動干出・水平駆動装置を用いて実験した結果、次のことについて知見を得た。

1. ヘテロシグマ、青潮では  $2\sim 3 \times 10^4$  cells/ml 以上、ムカシウミミドリムシでは  $5 \times 10^2$  cells/ml 以上の赤潮生物が存在すれば pH, DO の上昇による水質の変化が現われ、のり幼芽の生長阻害や細胞の障害が表われた。
2. 本実験を通じて赤潮生物の増殖度、pH, Eh, DO の変化の度合およびのり幼芽の生長阻害、細胞に与える度合は実験条件の如何にかかわらず全てヘテロシグマ、青潮、ムカシウミミドリムシの順に強かった。
3. 実験に供した赤潮生物 3 種を通じて赤潮生物の増殖の度合は通気培養、干出・駆動培養、無通気培養の順に大きく、またのり幼芽の生長阻害、細胞に与える障害の度合は通気培養、干出・駆動培養、無通気培養の順に大きかった。

## 謝 辞

本実験を行なうにあたり、研究の御指導ならびに本稿の取りまとめに終始御懇切な助言と校閲を賜った当研究所増殖部長斉藤雄之助博士に、本稿の校閲を賜った当研究所病理研究室長野上和彦技官ならびに月館潤一技官に、また実験に用いた赤潮生物の採集、培養方法等に有益な御教示を頂いた広島県水産試験場高山晴義技師に対して厚く感謝致します。

## 文 献

- 1) 三重県水産試験場, 1972: 昭和47年漁場汚染対策協議会報告資料, 1~2.
- 2) 愛媛県水産試験場, 1970: 漁場環境に関する調査研究報告資料, (昭和37~44年度), 20~21.
- 3) 愛知県水産試験場, 1972: 昭和47年漁場汚染対策協議会報告資料(赤潮調査), 2~5.
- 4) 岩崎英雄, 1969: 赤潮鞭毛藻に関する研究. 日水誌, 35(10), 943~947.
- 5) 高山晴義, 1972: 1969および1970年広島湾に発生した鞭毛藻について. 広島県水産試験場研究報告, 3, 1~7.
- 6) 岡市友利, 1969: 海産 *Eutreptiella* Sp. による青潮について. 日本プランクトン学会報, 16(2), 115~121.
- 7) 水産庁南西海区水産研究所, 農林省水産大学校, 1972: 赤潮生物, ヘテロシグマおよびムカシミドリムシのり幼芽に及ぼす影響について. 瀬戸内海漁場汚染対策研究報告(昭和46年度), 224~229.
- 8) 科学技術庁研究調整局, 1971: 内海水域の赤潮に関する総合研究報告書, 55~158.
- 9) 岩崎英雄, 1971: 赤潮鞭毛藻に関する研究—VI. 日本海洋学会誌, 27(4), 152~157.
- 10) 池田武彦, 1971: 赤潮プランクトンに関する研究—III. 山口県内海水産試験場報告, 2, 4~9.
- 11) 本城凡夫, 花岡 資, 1973: 博多湾における赤潮発生機構に関する研究. 日本プランクトン学会報, 19(2), 4~9.
- 12) 入江春彦, 浜島謙太郎, 飯塚昭二, 森 勇, 1966: 1965年夏季大村湾赤潮時の海況とその被害I~IV, 長崎大学水産学部研究報告, 21, 59~129.
- 13) 岡市友利, 1966: 1965年に瀬戸内海および周辺水域に発生した赤潮について. 香川大学農学部 学術報告, 18(2), 181~185.
- 14) 羽田良末, 1972: 広島県沿岸水域の赤潮プランクトン(鞭毛虫類について). 広島県水産試験場, 1~28.
- 15) 尾形英二, 松井敏夫, 1963: アサクサノリの呼吸に関する研究—II. 日水誌, 29(11), 991~995.
- 16) 松井敏夫, 尾形英二, 1962: アサクサノリの光合成と温度, 炭酸, 光の相互関係および阻害. 日本水産学会口頭発表.
- 17) 尾形英二, 1964: 各種工場廃水がアサクサノリの光合成におよぼす影響. 水処理技術, 5(11), 9~26.