

数種海産植物プランクトンの増殖に及ぼすクロメイト処理排水などの影響

誌名	日本水産學會誌
ISSN	00215392
著者	山田, 真知子 武居, 薫 鶴田, 新生
巻/号	48巻10号
掲載ページ	p. 1457-1461
発行年月	1982年10月

数種海産植物プランクトンの増殖に及ぼすクロメイト
処理排水などの影響*1

山田真知子・武居 薫・鶴田 新生

(1982年3月12日受理)

Effects of Industrial Effluents Containing Inorganic Materials
such as Chromate Treatment Water
on the Growth of Several Species of Marine Phytoplankton

Machiko YAMADA*2, Kaoru TAKESUE*3, and Arao TSURUTA*3

Dokai Bay (Kitakyushu City, Japan) receives the effluents from two different chromate processes of steel, an expensive-nonferrous-metal recovery process of iron sulfide, and an inorganic manure-producing process: these are the main sources of inorganic pollutants.

Among five phytoplankton tested, the growths of the two species, *Skeletonema costatum* and *Olisthodiscus* sp., which cause the red tides in Dokai Bay were stimulated at the early logarithmic phase as well as the stationary phase by the addition of four kinds of effluents, compared with those of their controls. These two species were more tolerant of the inhibitory effects of the effluents than were the other three species and strains: *Chaetoceros curvisetus* which was isolated from Dokai Bay and *S. costatum* and *Olisthodiscus* sp. which were isolated elsewhere. These patterns of the growth response of the five species and strains of plankton to the effluents which mainly contained inorganics were similar to those patterns of the growth response to the the effluents which mainly contained organics reported in previous paper.

These results suggest that the growth specificities of the two kinds of plankton which caused the red tides in Dokai Bay to a variety of industrial effluents discharged into the bay could be sufficient to account for the outbreaks of the red tide here.

洞海湾を取り囲む北九州工業地帯の中心業種は、周知のように鉄鋼業である。この鉄鋼業に関連した排水の洞海湾への流入量はきわめて多く、同湾への無機系汚濁物質の主な放出源となっている。そこで、前報¹⁾にひきつづき、同湾へ流入する工場排水が海産植物プランクトンの増殖に及ぼす影響を調べるため、これらの排水について二・三の実験を行った。また、無機系の物質を主原料とする肥料工場からの排水についても比較のために同様の実験を行い、これらの結果と前報¹⁾で報告した有機系汚濁物質を多量に含有する排水での結果とも総合、検討して、洞海湾の赤潮原因生物の工場排水に対する増殖特性を考察した。

材料と方法

工場排水 実験に用いたクロメイト処理水とは、防錆のため、鋼板をクロム酸に浸漬しこれを洗浄する際に放

出される排水のことで、処理前には排水中にクロムが多量に含まれている。有価非鉄金属回収工程からの排水は、硫化鉄から鉄を取り出す際にそれに不純物として含まれている金、銀、銅、亜鉛、カドミウムなどの有価非鉄金属を塩化物にして回収しようとする時に放出される排水で、処理前にはこれらの金属を多量に含んでいると言われる。肥料排水はアンモニアから硫酸や硝酸などの窒素肥料、さらにこれにリン酸などを加えて化成肥料をつくる際に放出される排水で、処理前には窒素やリンを多量に含んでいると言われる。これらの排水は中和凝集沈殿処理などいろいろな処理過程を終え、希釈放流される直前のものを実験に用いた。

排水の保存、分析方法は前報¹⁾のとおりである。

植物プランクトン種株と培養法 実験には洞海湾産の *Skeletonema costatum*, *Olisthodiscus* sp. (以上同湾の赤潮原因生物), *Chaetoceros curvisetus*, 周防灘産の *S.*

*1 本報の大要は 1981 年 10 月、日本水産学会秋期大会 (三重) で発表した。

*2 北九州市環境衛生研究所 (The Kitakyushu Municipal Institute of Environmental Health Sciences, Kitakyushu 804, Japan)

*3 水産大学校増殖学科 (Department of Aquaculture and Biology, Shimonoseki University of Fisheries, Shimonoseki 759-65, Japan)

Table 1. Water qualities of four kinds of effluents

Effluent*1	pH	Chlorinity (%)	NH ₄ -N (ppm)	(NO ₂ +NO ₃)-N (ppm)	NO ₂ -N	Organic -N (ppm)	Total -N (ppm)	PO ₄ -P (ppm)	Total -P (ppm)	COD (ppm)	Fe**4 (ppm)	Mn**4 (ppm)
A	7.6	0.05	0.28	1.21	—*2	1.60	3.08	0.00	0.01	3.9	0.00	0.14
B	8.3	0.05	109	23.0	—	17.1	149	0.02	1.26	16.2	0.00	0.00
C	10.0	1.92	1.75	79.0	+*3	0.91	81.7	0.16	0.97	45.4	0.06	0.00
D	8.3	14.0	35.2	3.95	+	9.84	49.0	0.92	1.20	361	0.00	0.07

*1 A and B, from the chromate treatment process of steel; C, from the recovery process of expensive-nonferrous-metal of iron sulfide; D, from the producing process of inorganic manure.
 *2 None detected.
 *3 Detected.
 *4 Soluble in water.

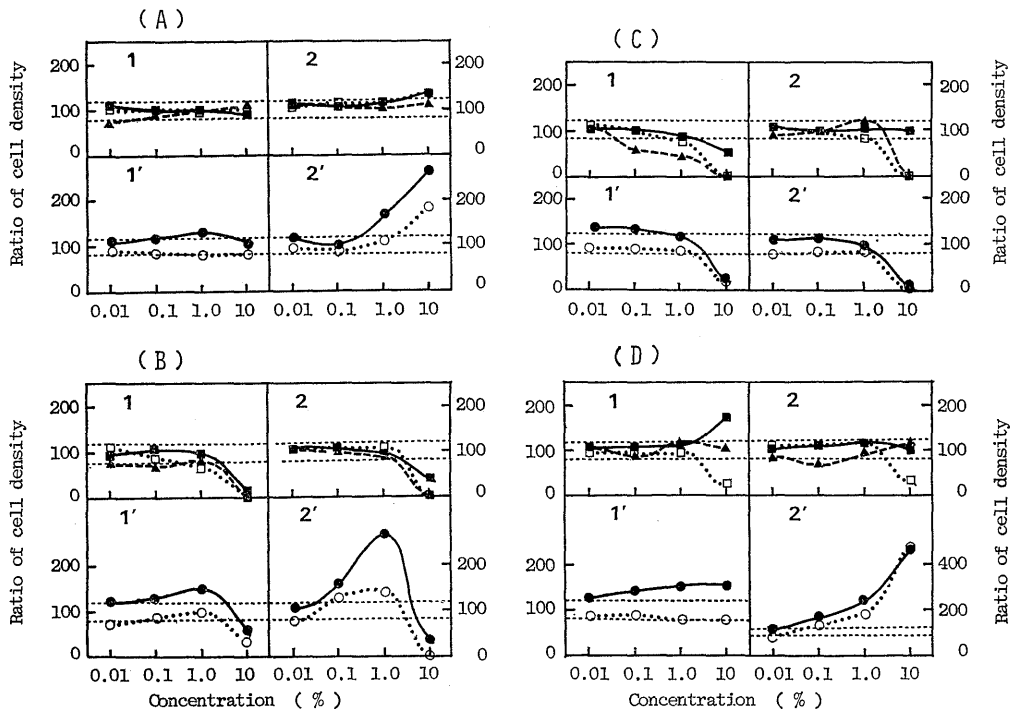


Fig. 1. Relationship between concentration of the effluent and ratio of cell density of phytoplankton. Effluents A, B, C, and D are the same as those in Table 1. 1 and 1' in the figures, measured in terms of cell counts after 48 hours; 2 and 2' in the figures, measured in terms of maximum cell counts through the experiment.
 —■—, *Skeletonema costatum* (Dokai Bay); —●—, *Olithodiscus* sp. (Dokai Bay);
 ...□..., *Skeletonema costatum* (Suho Nada); ...○..., *Olithodiscus* sp. (Tokuyama Bay);
 —▲—, *Chaetoceros curvisetus* (Dokai Bay).
 Data points are the means of counts of triplicates, and are represented in percent of control.

costatum, および徳山湾産の *Olithodiscus* sp. の 5 種株の植物プランクトンを用いた。

プランクトンの培養法, 細胞数の測定法, および排水のプランクトン増殖への影響判定法は前報¹⁾と同様である。

結 果

工場排水の理化学的性状 実験に用いた 4 種類の排水

の水質分析結果を Table 1 に示した。鋼板のクロメイト処理水 A は全窒素量および全リン量がそれぞれ 3.08 ppm, 0.01 ppm と 4 排水の中では最も少く, また COD も 3.9 ppm と低かった。一方, マンガンが 0.14 ppm 検出された。クロメイト処理水 B は, クロメイト処理水 A が採取された工場とは異った工場から採取されたもので, 全窒素量は 149 ppm, 全リン量は 1.26 ppm と高かった。また, この処理水 B には鉄やマンガンは検

出されなかった。クロメイト処理水 A と B との水質のこのような相違は、排水の原水や排水の処理方法が異なることに起因すると言われている。硫化鉄中の有価非鉄金属回収工程からの排水中の溶存鉄は 0.06 ppm で、マンガンは検出されなかった。肥料排水中の全窒素量は 49.0

ppm、全リン量は 1.20 ppm で、また COD が 361 ppm と高い。鉄は検出されず、マンガンは 0.07 ppm であった。

各種排水の増殖促進・阻害作用 植物プランクトンの増殖に及ぼす各種排水の影響について調べた結果を、

Table 2. Growth of the phytoplankton at each concentration of the effluents

Phytoplankton	Effluent*	After 48 hours				Maximum yield			
		Concentration (%)				Concentration (%)			
		0.01	0.1	1.0	10	0.01	0.1	1.0	10
<i>Skeletonema costatum</i> (Dokai Bay)	A	±	±	±	±	±	±	±	+
	B	±	±	±	-	±	±	±	-
	C	±	±	±	-	±	±	±	±
	D	±	±	±	+	±	±	±	±
	E	±	+	++	+	±	±	+	+
	F	±	+	++	-	±	±	+	=
	G	+	+	+	-	±	±	±	+
	H	±	±	+	+	±	±	±	+
<i>Skeletonema costatum</i> (Suho Nada)	A	±	±	±	±	±	±	±	+
	B	±	±	-	-	±	±	±	=
	C	±	±	-	-	±	±	±	=
	D	±	±	±	-	±	±	±	-
	E	±	±	±	-	±	±	+	±
	F	±	±	-	=	±	+	-	=
	G	±	±	-	=	±	+	=	=
	H	±	±	±	±	±	±	±	+
<i>Chaetoceros curvisetus</i> (Dokai Bay)	A	-	±	±	±	±	±	±	±
	B	-	-	±	-	±	±	±	=
	C	±	-	-	-	±	±	±	=
	D	±	±	±	±	±	-	±	±
	E	±	±	±	-	±	±	±	±
	F	±	±	-	=	±	±	=	=
	G	±	±	±	=	±	±	±	=
	H	±	-	±	++	±	±	±	+
<i>Olisthodiscus</i> sp. (Dokai Bay)	A	±	±	+	±	±	±	+	++
	B	+	+	+	-	±	+	++	-
	C	+	+	±	-	±	±	±	-
	D	+	+	+	+	±	+	++	+++
	E	+	+	+	+	+	+	++	+++
	F	±	+	+	-	+	+++	+++	=
	G	+	+	+	-	++	++	+++	+++
	H	+	+	+	+	±	±	+	++
<i>Olisthodiscus</i> sp. (Tokuyama Bay)	A	±	±	±	±	±	±	±	+
	B	±	±	±	-	±	+	+	=
	C	±	±	±	-	±	±	±	-
	D	±	±	±	±	±	+	+	+++
	E	±	±	±	-	±	±	+	+++
	F	±	±	-	-	±	++	+++	=
	G	±	±	±	-	±	++	+++	=
	H	±	±	+	+	±	±	±	+++

* A, B, C, and D are the same as those in Table 1; E, from the dyestuff producing process; F, from the coke oven; G, from the vegetable oil and fat producing process; H, from the secondary treated sewage.
 + ~ +++ , Significant stimulation (+, ++, +++, and +++ are 120~200, 200~400, 400~800, and >800 percent of the control, respectively); ±, no significant effect; - and =, significant inhibition (<80 percent of the control and whole cells are killed).
 Results of the effluents E, F, G, and H are after YAMADA, TAKESUE, and TSURUTA 1982.

Fig. 1 に示した。

洞海湾産の *S. costatum* は、初期増殖の促進は肥料排水によって、最大増殖量の増加はクロメイト処理水 A のみによって起こった。それらはそれぞれ対照区の細胞数より 1.7 倍、1.3 倍増加した。一方、増殖阻害作用はメロメイト処理水 B と有価非鉄金属回収工程からの排水の 10% 添加の濃度のものに認められた。

周防灘産の *S. costatum* の初期増殖はいずれの排水によっても促進されなかったが、最大増殖量はクロメイト処理水 A の 10% 添加の場合のみ増加した。増殖阻害作用はクロメイト処理水 A を除く 3 排水の 1% 以上の添加でみられ、また 10% 添加では増殖できずに死滅する場合もあった。

洞海湾産の *C. curvisetus* の初期増殖の促進および最大増殖量の増加は、いずれの排水の場合も認められなかった。増殖阻害作用はクロメイト処理水 B と有価非鉄金属回収工程からの排水で著しく、とくに両排水の 10% 添加の培養のものでは死滅した。

洞海湾産の *Olisthodiscus* sp. の初期増殖は 4 排水すべてによって促進され、対照区の細胞数の最大 1.3~1.5 倍増加した。最大増殖量は、有価非鉄金属回収工程からの排水を除く 3 排水によって最大 2.6~4.5 倍増加した。一方、増殖阻害作用はクロメイト処理水 B と有価非鉄金属回収工程からの排水の 10% 添加で認められた。

徳山湾産の *Olisthodiscus* sp. は、初期増殖の促進はいずれの排水によっても受けなかったが、最大増殖量は洞海湾産の *Olisthodiscus* sp. と同様に有価非鉄金属回収工程からの排水を除く 3 排水によって増加した。増殖阻害作用は、前記 4 種のプランクトンと同様クロメイト処理水 B と有価非鉄金属回収工程からの排水の 10% 添加のものに認められた。

考 察

洞海湾産の *S. costatum* の初期増殖量と最大増殖量への促進作用は、前報¹⁾ で用いた 4 種の有機系排水ではすべてのものに認められたのに対し、本報の無機系排水ではそれぞれ肥料排水とクロメイト処理水 A のみに効果が認められた。また、洞海湾産の *Olisthodiscus* sp. に対しては、本報で用いた 4 排水はすべて増殖促進作用を示したものの、それらの促進割合は最大で 4.5 倍と前報¹⁾ の 14.6 倍に比べると低かった。このように、本報の 4 排水は前報¹⁾ の 4 排水よりプランクトンへの増殖促進効果が概してやや低かったと言える。排水の以上のような増殖促進効果の相違は、排水中の窒素やリンなどの栄養塩類にかかわらず促進作用が認められたことから推定すれば、排水中のプランクトン増殖刺激物質の種類や量が異なることに起因すると思われる。

前報¹⁾ と本報で用いた計 8 種の排水に対する各種プランクトンの増殖反応を Table 2 にまとめて示した。排水の添加によって増殖を促進されやすいプランクトンを、排水の種類数や添加濃度範囲の広さ、および細胞数の増加割合などから判断して順番に列記すると、初期増殖の場合は *Olisthodiscus* sp. (洞海湾産) > *S. costatum* (洞海湾産) > *Olisthodiscus* sp. (徳山湾産) = *C. curvisetus* (洞海湾産) > *S. costatum* (周防灘産) となり、最大増殖量の場合は *Olisthodiscus* sp. (洞海湾産) > *Olisthodiscus* sp. (徳山湾産) > *S. costatum* (洞海湾産) > *S. costatum* (周防灘産) > *C. curvisetus* (洞海湾産) となった。一方、プランクトンの排水添加による増殖阻害の受け難さは、初期増殖および最大増殖の両段階において、ともに *S. costatum* (洞海湾産) = *Olisthodiscus* sp. (洞海湾産) > *Olisthodiscus* sp. (徳山湾産) > *C. curvisetus* (洞海湾産) > *S. costatum* (周防灘産) となった。

PCB や DDT,²⁻⁴⁾ 油乳化剤,⁵⁾ および亜鉛⁶⁾ などの水質汚濁物質に対する植物プランクトンの抵抗性が種間 (Interspecific) や種内 (Intraspecific) で異なること、また有機窒素化合物などへの栄養要求や利用能も異種間のみでなく同一種でも Strain によって異なること⁷⁾ が近年報告されている。洞海湾の赤潮原因種である *S. costatum* と *Olisthodiscus* sp. の 2 種株は、他の海域から分離された *S. costatum* や *Olisthodiscus* sp. および洞海湾から分離されたものであるが同湾では赤潮を形成したことがない種より、洞海湾に流入する各種工場排水に対して抵抗性が高く、初期増殖が促進されることが異なった。水質汚濁の著しい水域ではこれらの工場排水に対して抵抗性を持つプランクトンの方が生存に有利であり、⁸⁾ またこれらの排水をよりよく利用して増殖を高めることのできるプランクトンの方がその水域で赤潮を形成しやすいと考えられる。したがって、洞海湾の赤潮原因生物種株にみられた工場排水に対するこのような増殖特性は、同湾での赤潮形成に有利であると推察された。

本稿をまとめるにあたり、徳山湾の *Olisthodiscus* sp. をご提供いただいた水産大学校教授小林 博博士およびご助言を賜った京都大学助教授吉田陽一博士に衷心より感謝の意を表す。本研究の実施にあたって、便宜とご援助をいただいた北九州市環境衛生研究所長園田真人博士、宮崎昭夫主査、および同市公害対策局水質騒音課の皆様深く感謝する。

文 献

- 1) 山田真知子・武居 薫・鶴田新生: 日水誌, **48**, 1453-1456 (1982).
- 2) D. W. MENZEL: *Science*, **167**, 1724-1726 (1970).

- 3) J. L. MOSSER, N. S. FISHER, T. C. TENG, and C. F. WURSTER: *Science*, **175**, 191-192 (1972).
- 4) N. S. FISHER, L. B. GRAHAM, and E. J. CARPENTER: *Nature*, **241**, 548-549 (1973).
- 5) 徳田 廣: 日水誌, **43**, 97-102 (1977).
- 6) A. JENSEN and B. RYSTED: *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **15**, 145-157 (1974).
- 7) 上野俊士郎・岩崎英雄・藤山虎也: 日プ学報, **24**, 94-98 (1977).
- 8) 岡市友利: 用水と廃水, **19**, 75-81 (1977).