

1966 年長崎県下に発生した赤潮現象と赤潮 プランクトン *Olisthodiscus* の生態観察

飯塚 昭二・入江 春彦

Discoloration phenomena caused by microalgae
in Nagasaki Pref. in 1966 and ecology of
causative organisms, *Olisthodiscus*

Shoji IIZUKA and Haruhiko IRIE

Abstract

The present paper deals with the discoloration phenomena of marine and fresh water caused by microalgae in the southern parts of Nagasaki Pref. and with the ecology of one of these microalgae, namely *Olisthodiscus* population. The major phenomena described were of *Peridinium cunningtonii* occurred in Moto-ike (pond) in Shimabara City, of *Trichodesmium erythraeum* produced in the open sea and accumulated in Tamanoura Bay, Goto Islands and of *Olisthodiscus* sp. frequently occurred in the innermost part of Nagasaki Bay. In respect to the latter species, the following ecology was clarified by field observations.

Olisthodiscus sp. often flourished in the water strata having the optimum environment of water temperature 23-30 °C, chlorinity 17.5-18.0‰ following rainfall and its extreme increase finally caused the vigorous discoloration. The concentration attained to 200 mg/m³ in July (probably 300 mg/m³ in September) in the chlorophyll a content and 11.6 cc/l in the tension of dissolved oxygen in the surrounding water (degree of saturation : 240 %). The organisms did not live at the bottom where chlorinity was unfavorable but in the surface and middle strata less than 5 meters in depth. Because of mobility of the organisms within these strata, the population was concentrated at the surface in the daytime but decreased at night.

緒 言

1966年に長崎県下では、いくつかの赤潮現象があった。そのうち島原市元池に発生したものは淡水産種、五島玉ノ浦での発生は海産外洋種、長崎湾および大村湾でみられたものは海産内湾種である。いずれも下等藻類を原因種とするが、その所属は藍藻類 Cyanophyceae・不等毛類 Heterocontae・黄色鞭毛藻類 Chrysophyceae・珪藻類 Bacillariophyceae・殻鞭毛藻類 Desmocontae・双鞭毛藻類 Dinoflagellata と巾広い。したがって、各赤潮の原因種は異なった環境要求をし、発生・増殖の機構をも異にしたであろうことが当然推測される。

本報は筆者らが接した範囲内での状況は握であり、現象面の記述にとどまったが、長崎湾産 *Olisthodiscus* については、その生態面を野外観察から報告する。

本文に入るに先立ち、*Peridinium cunningtonii* LEMMERMANN, *Olisthodiscus* SP. を同定された三重県立大学水産学部安達六郎氏に深く感謝の意を表す。また調査に便宜を与えられた長崎県水産試験場・長崎県漁業協同組合連合会、ならびに現場の調査に協力された島原市役所農林水産課近藤義昭氏・長崎県水産試験場藤木哲夫氏・玉ノ浦漁業協同組合、および長崎湾調査に従事した本学部学生李秀夫・押方翼・梅崎奉也君に感謝の意を表す。なお、本研究の一部は昭和41年度農林漁業試験研究費補助金でなされたことを付記し、あわせて謝意を表す。

観 察 と 考 察

1966年長崎県下に発生した赤潮現象

1. 島原市元池の *Peridinium cunningtonii* による変色現象

島原市元池は長軸 180m, 短軸70mの偏楕円形の最大水深を 2.5mとする小湧水池であるが、この年の5月22日淡水魚(主としてフナ)の大量死があり、時期を同じくして池水の変色現象が起こったため(池水は赤褐色に着色した)、両者の関連が問題となった。変色の原因種は淡

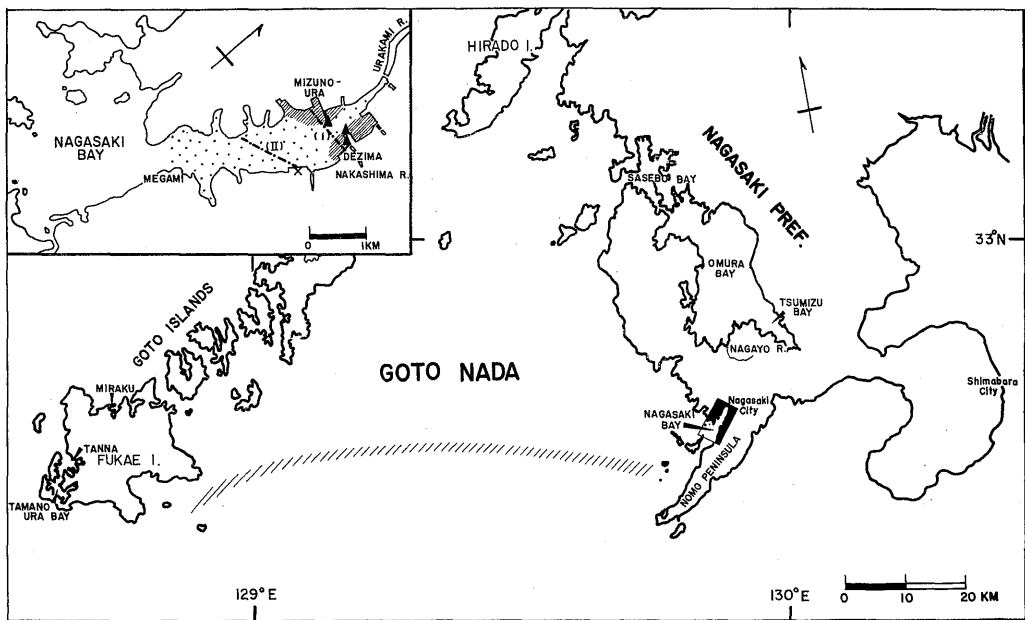


Fig. 1 Map of the southern part of Nagasaki Pref. with localities where discoloration phenomena occurred and inserted map showing the innermost part of Nagasaki Bay

Explanation of main map: At the same time as the occurrence of discoloration in Tamanoura Bay, *Trichodesmium erythraeum* patches occurred throughout Goto Nada. The patches were various in color such as milky white, yellow, orange, pink and red. Shade portion shows the beltlike distribution of the patches accumulated on the convergent line. The patches continued without any break extending 80 kilometers in distance from Fukae I. to the top of Nomo Peninsula (Shaded portion was drawn according to the flying observation).

Explanation of inserted map: Black triangle shows the station for daily observation at fixed time;

cross mark, the station for 24-hour chlorophyll observation situated in front of Nagasaki Pref. Fish. Exp. Station ; (I) and (II), the traversing line of the innermost part. Discoloration in Nagasaki Bay always occurred in the dotted portion and its center was the shaded portion, a stagnant area being enclosed or intercepted by the piers.

水産双鞭毛藻類 *Peridinium cunningtonii* で、その濃度は6月8日の調査時点で、細胞数で 6.8×10^6 細胞/立、クロロフィル a 量 (以下クロロフィルと略称する。定量法は断りない限り RICHARDS with THOMPSON 法¹⁾ に準拠した) で 150mg/m^3 であった。池中央部表面の水温は 22.4°C 、酸素量は 7.5cc/l 、1 m 4.2cc/l 、2.5 m (池底) 0cc/l で、表面水が飽和度で 120%あるのに対し (調査時は雨天であった)、池底水は無酸素状態であり、魚類の大量死は無酸素による窒息によるものであろうと推定された。大量死が明け方に多いこともこの推定を確からしいものとしている。一方、変色現象の原因については不明であるが、これまで変色現象はなかったと言われるこの小湧水池に起こった突発現象について、地元ではいろいろの憶測が飛んでいる。変色は7月まで持続したようである。

2. 五島玉ノ浦の *Trichodesmium erythraeum* EHRENBERG による緑潮

沖合に発生した藍藻類の1種 *Trichodesmium erythraeum* を多量に含んだ潮が、福江島玉ノ浦湾を襲い、その高濃度による海水変色現象 (地方では緑潮と呼ばれた) と、海岸に打ち寄せられたプランクトン群集の腐敗にともなう異ような臭気のため、地元民が騒ぐ事件があった。7月下旬 (盛期は24日から27日まで) のことで、現象の激しかった丹奈・雁泊等の部落では、この種特有のフィコエリスリン色素が多量に溶出して、海水を桃色または赤紫色に着色させたため、近くの鯨解体工場の血液による汚染かと疑わせ、海岸に打ち上げられた藻糸は岩礁あるいは突堤等に付着乾燥して緑変し、突如にアオサ群落が発生したかと錯覚させたほどである。このような現象は、風下に位置する入江にみられる局地性のものであったが、湾全体についてみれば、本種の濃群が襲った水域の海水は乳白色に白濁した。白濁水層で酸素量を測定すると、Table 1のごとくで、群密度の高い割に酸素量は高くないのが特徴である。これは内湾性赤潮の場合といちじるしく異なり、調査時の藻糸群の光合成活力は活発でなかったものと推測された。

一方、湾内漁場では赤潮プランクトン腐敗の過程で消費する酸素量の低下と、それにとまなう水産動物のへい死が心配されたが、アコヤ母貝養殖漁場での酸素量測定結果には異常はなかったし、母貝のへい死もなかった。へい死はわずかに三井楽漁港内に畜養中のアワビ300kg中18kgのへい死が報告されたのみである。畜養中の水産動物は、早目に避難させたこともあって被害のあらわれ方は少なかった。この後、本種は五島灘・平戸島周辺でも多出現し、(Fig.1 参照) 黒潮影響下の西日本各水域に広く出現したことが報告されている。²⁾

Table 1 Dissolved oxygen tension in the strata inhabited by *Trichodesmium erythraeum*

Depth	Dis. O ₂ (cc/ l)
0 m	4.90
1	4.75
2	5.03
3	4.85
5	4.81

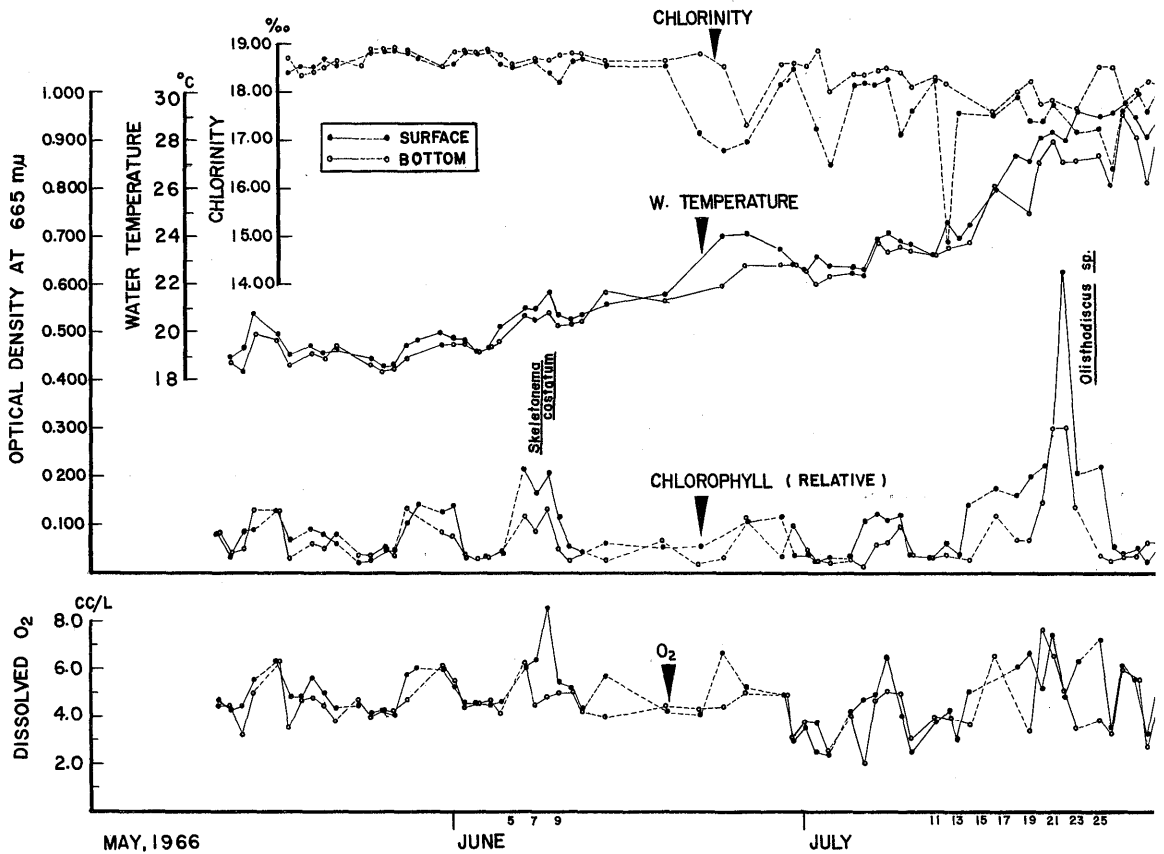
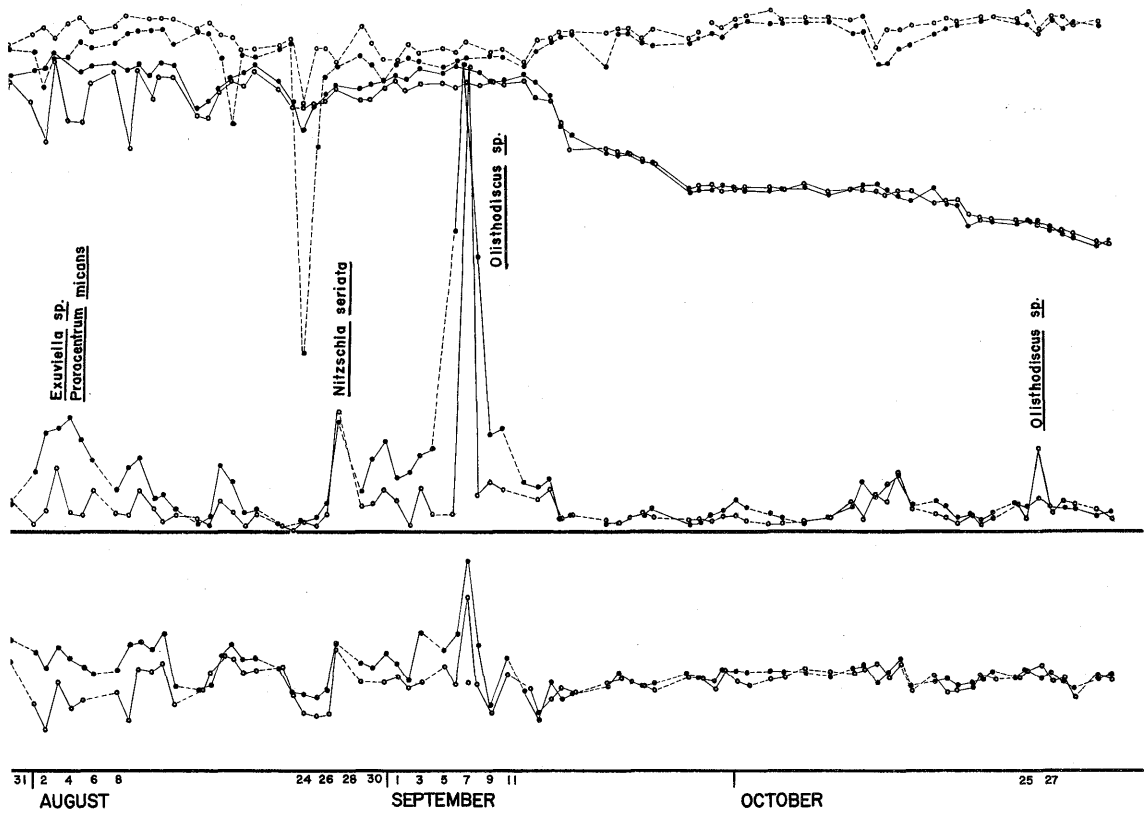


Fig. 2 Daily changes of temperature, chlorinity, dissolved oxygen and chlorophyll in the innermost part of Nagasaki Bay.

Daily observation at fixed time (10:00) was carried out alternately at three stations shown in the inserted map in Fig. 1. The curves were drawn on the basis of the values for each day irrespective of

3. 長崎湾奥部の着色現象

この年の5月から10月に至る間の毎日定時観察の結果、長崎湾奥部では2回の顕著な着色現象と、顕著ではないが3回の着色期間があった。第1回は6月上旬の3日間で、原因種は、*Skeletonema costatum* (GREVILLE) CLEVE によるが、いちじるしい着色現象はみられなかった。最大濃度はクロロフィル量で70mg/m³程度と推定され、現象は表層性であった。第2回は7月下旬の7日間で、7月22日を最盛日とした。原因種は不等毛類 *Olisthodiscus* sp. で、色調は赤褐色、呈色の中心域はとび色(色名表示ではC-14-14)をしたきわめて程度の高い着色現象であった。最大濃度はクロロフィル量で197mg/m³であった。原因種である *Olisthodiscus* は最盛日の8日前から増殖開始したようすがあり、さらにその前日までの5日間に延べ60mmの降雨があった(Table 3参照)。着色は底層までおよんだが表層の方がより強かった(当日の観察点の水深は4mである)。第3回は8月上旬の3日間で、*Olisthodiscus*



the locality of station. Chlorophyll is shown in relative value by optical density measured with use of Shimazu Spectronic-20. Optical density over 0.200 corresponded to a discoloration phenomenon in the field.

群集の衰滅の後を受けて殻鞭毛藻類 *Prorocentrum micans* EHRENBERG, *Exuviella* sp. 等による着色現象であった。しかし前回に比べれば着色の程度は低く、クロロフィル量で第1回目の濃度を上まわる程度であった。着色は表層性である。第4回は8月下旬に1日現われたのみで、珪藻類 *Nitzschia seriata* CLEVE を優因種とした。現象としては小規模である。第5回は9月上旬の6日間で、9月7日を最盛日とした。原因種は第2回と同種であったが、規模はさらに上まわった。最大濃度はクロロフィル量で $300\text{mg}/\text{m}^3$ 程度と推定され、表層から底層におよびわめて顕著な着色現象であった。原因種の群集増加が開始した期日から赤潮発生までの期間の長さとか、その前に降雨があったことなど、2回目の場合と類似している。

以上をふりかえてみると、長崎湾奥部での着色延べ日数は19日間で、特に夏期の3か月間(7・8・9月)に集中しており、この期間は約 $\frac{1}{5}$ に相当する日数が視覚的に着色していたことになる。着色規模は原因種で異なるが、*Olisthodiscus* による場合が最も大きく、殻鞭毛藻類

による場合がそれに次いだ。着色の中心域は浦上川・中島川が流入する最奥部で、なかでも兩岸から突出する突堤に阻害されてできる滞流域や突堤に囲まれた水域 (Fig. 1 そう入図斜線部) で最も激しい。着色の範囲は湾奥部から大体女神までの間で Fig. 1 そう入図では・印で示された水域である。長崎湾のこのようなひん度の高い、しかも濃度の濃い着色現象の発生は、博多湾・大阪湾・東京湾などの赤潮が大都市をひかえた大型湾に発生する場合と機構的には同じとみられ、中都市である長崎市の都市排水とそれにみあった大きさの湾面積、さらに湾口が狭く奥行が長い袋状という湾奥部の型が、この湾の赤潮を規模の大きなものにすると考えられる。

4. 大村湾の小規模増殖現象

詳しいことは別報の予定であるから、簡単に述べると、大村湾ではこの年は赤潮と呼ばれる程の増殖現象はなかった。しかし表面視覚的現象としてはみられなかったが、特定種の小規模な増殖現象はあった。8月中旬の津水湾中央部中層水および長与浦で発生した *Gymnodinium nelsoni* MARTIN, 長与川口で同時期に発生した *Gymnodinium* sp. の場合および黄色鞭毛藻類 *Dictyocha fibula* EHRENBURG の場合で、*Dictyocha* 群集は8月中旬から下旬にかけて湾南部中層以深水で発達した。しかし、いずれの場合も発達して赤潮化することはなかった。

以上を総括して、この年の長崎県下に発生した赤潮状況を示すと、Table 2 のようになる。

Table 2 Discoloration phenomena occurred in Nagasaki Pref. in 1966

Locality	Causative species	Period	Chlorophyll a in mg/m ³	Water temp. °C	Chlorinity ‰	Dis. Oxygen cc/l	Remarks
Moto-ike in Shimabara City	<i>Peridinium cunningtonii</i>	May to July	150	22.4	-	Om-7.5 1 m-4.2 2.5m(Bottom)-0	Fresh water species; dark brown; mass mortality of crucians; pH=8.6; 6.8×10^6 cell/l
Tamanoura Bay in Goto Is.	<i>Trichodesmium erythraeum</i>	July 20-27	-	28.0-30.0	-	4.9-5.9	Oceanic species; patches were various in color (milky-white, yellow, orange, etc.); stained sea water purplish pink; dried filaments on rock turned green; no damage; occurred widely in West Japan under influence of Kuroshio
Innermost part of Nagasaki Bay	<i>Skeletonema costatum</i>	June 6-8	-	20.6-21.6	18.4-18.75	Lowest 4.4	Discoloration slight
	<i>Otisthodiscus</i> sp.	July 19-25	197	27.2-29.2	17.2-18.2	Lowest 1.0	Vigorous discoloration; dark brown; no damage; rainfall 10 days prior to discoloration (pp. 60mm); inner bay species
	<i>Desmocontae</i> (<i>Exuviella</i> sp., <i>Prorocentrum micans</i>)	August 2-4	-	29.4-30.1	17.25-17.95	Lowest 1.7	Discoloration brown
	<i>Nitzschia seriata</i>	August 27	-	27.8	17.7	5.0	Discoloration slight
Southern Part of Omura Bay	<i>Gymnodinium</i> sp.	August 12	-	28.0-29.5	-	4.0	Discoloration slight; occurred in estuary of Nagayo R.
	<i>Gymnodinium nelsoni</i>	August 9-22	-	26.0-29.9	18.0-18.5	Lowest 1.8	Occurred dispersedly in middle strata in southern part of the bay
	<i>Dictyocha fibula</i>	August 13-23	-	26.0-30.0	18.0-18.5	Lowest 0.4	Occurred in middle and deep strata
Innermost part of Nagasaki Bay	<i>Otisthodiscus</i> sp.	September 5-10	300 (estimated value)	29.1-29.7	17.9	Lowest 3.4	Same species as the one in July; vigorous discoloration; 2×10^7 cell/l; no damage; rainfall 12 days prior to discoloration (pp. 60mm)

II 長崎湾産 *Olisthodiscus* の生態観察

松島湾産 *Olisthodiscus* について松平³⁾らは大量培養により(培養濃度はクロロフィル量で1000mg/m³に達したと聞く),生理生態面の実験的観察を行ない,群集の表面集合現象の解析を行なった。ここでは長崎湾産 *Olisthodiscus* について,野外観察結果から,その生態に若干触れてみたい。

1. クロロフィル量変化からみた赤潮プランクトン群集の日周期性

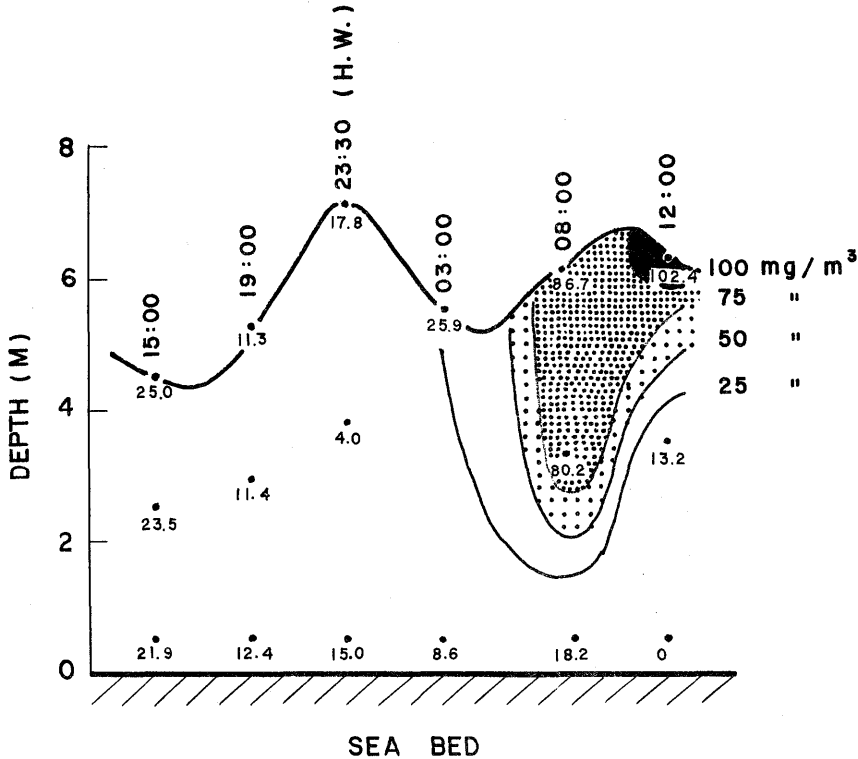


Fig. 3 Chlorophyll changes during 24 hours (July 21-22) at the station shown by cross mark in the inserted map in Fig. 1.

Fig. 3は湾奥部右岸中央部の岸壁(県水試前,水深は高潮時7.1m,低潮時4.5m)における,クロロフィル量24時間の変化を示したもので,変化量は0から102.4mg/m³までである。クロロフィル多出現は,明け方から日中の中層以浅水でみられた。この多出現は,最高値を100mg/m³程度とするものであったから,内湾性赤潮としてはかならずしも高いものではないが,その層の厚さは明け方で4m(この時の水深は6.1m),日中で2m(この時の水深は6.3m)である。その厚さは,日中ほど浅くなるが,一方濃度の方は日中にかけて濃くなるので,原因生物である赤潮プランクトン群集は,日中に表層近くに集中するらしいことが証明されている。この時海底水のクロロフィル量は0であるが,これが表面集中現象のあらわれと見るには疑問があり,むしろ関係がないとする見方が他の状況判断からは正しいようである。いっぽう夜間の海底水への集中現象はうかがえなかった。

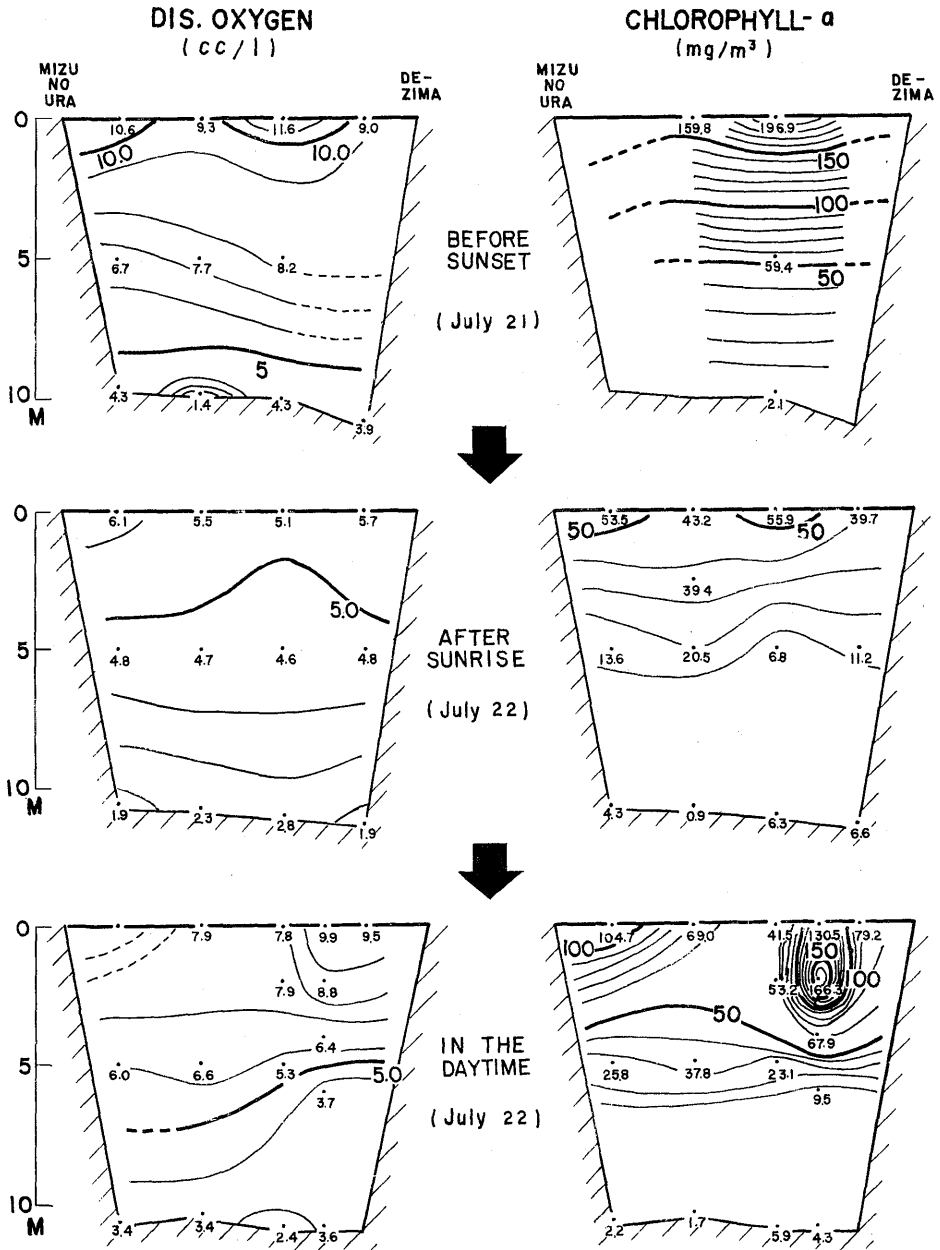


Fig. 4 Changes of chlorophyll and dissolved oxygen on the traversing section (I) in the innermost part of Nagasaki Bay

Fig. 4は、最奥部の横断線 (I) におけるクロロフィル量分布を、前日の日没時と翌日の明け方およびその日の日中の3回について図示したものである。この時のクロロフィル量は日没時最高となり、明け方は最低で、日中ふたたび増加する日周期性らしいものがみられた。クロロ

ファイル多出現層の深さを、 $50\text{mg}/\text{m}^3$ の値を一応の目安としてみて行くと、日中では大体5 m層まで、夜間では（この場合明け方の状況から判断するしかないが）せいぜい1 m層までで、それ以深ではクロロフィル量は少ない。特に海底水では、日中・夜間をとわず少なく、量的には $7\text{mg}/\text{m}^3$ 以下で、 $1\text{mg}/\text{m}^3$ 以下のこともある。明らかにクロロフィル量は日中・日没時には多出現するが、夜間は少ない。夜間の減少は特定の層（例えば海底とか）に集中したためとか、全層に均質に分散したためとかいうことではないようで、また他水域に移流したためでもなさそうである。夜間の低下は、その水域全体のクロロフィルの絶対量の低下によるものと判断される。この判断の主な根拠は、隣接する横断線（II）の状況との比較考慮に基づいている。クロロフィル量の消長は、そのまま赤潮プランクトン群集濃度の消長とかならずしも一致するものではないが、巨視的観点に立ってクロロフィル量から群集量を想定すると、群集量は日中・日没時に多く、夜間は少なかったと判断される。日中・日没時の増加は、個体の分裂増殖と集中行動による群集量の絶対的および見掛け上の増加により、また夜間の減少は、個体の死滅および集中行動の解除等がその理由であろう。

以上の観察の過程で、*Olisthodiscus* 群集は海底水に存在したことはなく、いつも中層以浅水に限られている。この限りにおいて、本群集は生息層を中層以浅とするといえよう。この事実は、海底水の塩分濃度があるいは生息環境として不適であることを意味するのかもしれない。海底水の塩素量は大体18.4‰であった。一方、群集量にも日中増大、夜間減少、翌日の日中にはふたたび増大するという日周性があると考えられ、特に日中の群集量の増大は表面集中現象によるとみられる面が強く、この意味において*Olisthodiscus*の個体は中層と表層の間を自由に遊泳できる運動力を有していたと解釈される。

2. 赤潮プランクトン群集が存在する水域の酸素量の消長

群集量の消長は海水溶在酸素量の消長にもあらわれた。Fig. 4をクロロフィル量と酸素量の関連でみていくと、両者の関係はきわめて密接である。*Olisthodiscus* 群集の存在は、日没時の酸素量を最高へ、また明け方最低へともって行った。酸素量最高値は日没時の表層水で、 $11.6\text{cc}/l$ で、飽和度に換算して実に240%の高値である。明け方の最高値も表層水でみられるが、その値は $6.1\text{cc}/l$ ではるかに低い。この値も飽和量をなお上まわる値であるが、（飽和度で125%である）、前日の日没時と比較していちじるしい低下である。日没時から明け方、さらに日中にかけての酸素量の層別低下・上昇の状況変化はFig. 4に示しているが、これをまとめれば下記のようなになる。下記は酸素量の範囲と平均値（太字）を示したものである。平均

	日 没 前	日 出 後	日 中 時
表層	9.0~ 10.1 ~11.6	→ 5.1~ 5.6 ~6.1	→ 7.8~ 8.8 ~9.9
5 m	6.7~ 7.5 ~ 8.2	→ 4.6~ 4.7 ~4.8	→ 5.0~ 6.0 ~6.6
10m	1.4~ 3.5 ~ 4.3	→ 1.9~ 2.2 ~2.8	→ 2.4~ 3.2 ~3.6

値での低下は表層水で $4.5\text{cc}/l$ 、10mで $1.3\text{cc}/l$ である。前者は赤潮プランクトンの呼吸と一部個体の死後分解による。また後者は分解を主とする酸素消費によるものと解釈される。この時存在した群集量は、クロロフィル量表現で次の通りで、単位は mg/m^3 である。日中表層水で極端な酸素の過生産を示した割には、夜間の海水の酸素量低下が少なくないのは、開放

的海水環境にもよるが、観察時点で群集はまだ増加期にあったためであろう。

	日没前	日出後	日中時
表層	126~161~197	→ 40~40~56	→ 42~85~131
5 m	59	→ 7~13~21	→ 10~32~39
10 m	2	→ 1~5~7	→ 2~4~6

3. *Olisthodiscus* の生息環境および群集増加と降水との関係

観察全期間中、*Olisthodiscus* の存在が他種の出現に優先した時期は実は3回あった (Fig. 2 参照)。そのうち2回については前述したが、3回目は10月26日の海底水でみられ、増殖規模はきわめて小さかった。これらの3期を通じて *Olisthodiscus* 群集が天然で生息環境としている条件を推測してみると、水温では23℃以下での出現は少ない、23℃以上30℃以下の範囲が至適な生息を営み得る温度条件で、この温度条件内なら濃密な増殖も可能である。塩素量についてはやや低塩分を好み、各期の群集量が最高となった時の塩素量は、それぞれ17.5‰、17.9‰ および18.3‰ で、18.0‰ を越えた3期目は生息密度は低い。したがって、至適塩素量の上限は18.0‰ かそれをやや上まわった濃度にあると推測される。増殖規模の大きかった場合についてみると、群集が増殖しはじめる直前に塩素量の急低下があり (それぞれ14.75‰ と11.8‰ を記録した)、それらが前記塩素量に回復するまでの間に群集は漸増し、ついに赤潮状態になるので、降雨が本群集の増殖を刺激したのではないかと推測されると共に、この期間中の塩素量が大体17.5‰ 以上であったことから、17.5‰ と前記18.0‰ の間がこの種の至適塩素量と判断される。なお生息可能な塩素量は、この上下にかなりの巾があると想像される。さきに本群集の生息層が中層以浅に限られることを明らかにし、海底水での不出現は塩素量濃度の不適によるのではないかとすることを示唆してきたが、その示唆は至適塩素量で考える時妥当なものであった。海底水の塩素量はこの種にとっては高すぎたようである。このような環境規制があって、本群集は中層以浅を生息場所としてきたが、塩素量規制が取り除かれた場合は海底水でも生息することは、ごく浅い場所での観察が証明している。本群集は海底水を直接嫌った訳ではない。

Table 3 Relations between discoloration by *Olisthodiscus* and rainfall

Period of rainfall	Duration	Total precipitation	Day of heavy rain	Lowest chlorinity	Period of discoloration	Duration	Day of max. discoloration	Period from the last rainy day to the first day of discoloration
VII/7-11	5 days	60 mm	VII/10 20 mm	14.75 ‰	VII/19-25	7 days	VII/22	8 days
VIII/23-24	2 days	65 mm	VIII/23 47 mm	11.8 ‰	IX/5-10	6 days	IX/7	12 days

増殖と降雨の関係について、その一部はすでに述べて来たが、さらに補足すると60mm前後の降雨のあと10日前後を経過して赤潮状態になった。降雨から赤潮までの期間の長短は、低下塩素量に比例しており、7月の場合で8日後、9月の場合で12日後である (Table 3 参照)。この間に赤潮発生時の表面塩素量は17.5‰ までに回復する。岩崎ら⁴⁾は福山沖の *Entomosigma* sp. の赤潮は降雨による陸水の大量流入が主な原因と考えているが、同種が16.0‰ を至適塩素量とすることを考える時、はるかに高い至適塩素量を持ち、赤潮発生までに降雨後11日前後の日数を要した本種の場合、群集増加の直接原因を降水に求めることは適当ではない。本種の場合降雨は二次的原因としては有効であったと見なすのが妥当であろう。

要 約

1966年長崎県下に発生した赤潮現象と、赤潮プランクトン *Olithodiscus* 群集の野外観察に基づく生態を報告した。ここで報告した赤潮現象の主なもの、島原市元池に発生した淡水産 *Peridinium cunningtonii* によるもの、五島玉ノ浦湾に発生した海産外洋種 *Trichodesmium erythraeum* によるもの、および長崎湾で多発した *Olithodiscus* sp によるもの等である。そのうち後者については、下記のことを明らかにした。

Olithodiscus 群集は、水温23~30°C、塩素量17.5~18.0‰を至適生息環境条件として、降雨のあと多発して赤潮状態となる。赤潮時の最高濃度はクロロフィル a 量で 200mg/m³に達し（9月赤潮では 300mg/m³に達したと推測した）、その時生産した酸素は海水中の溶存量を 11.6cc/l（飽和度 240%）まで高めた。海底水は塩素量規制があつて、群集の生息層は5mの中層以浅に限られたか、この層内で日中は群集量を増大し、夜間は減少する日周性かあるようである。日中の増大は多分に表面集中現象と解釈される面があり、*Olithodiscus* の個体は表層と中層の間を自由に行動できる能力を持つようである。長崎湾では赤潮状態は湾最奥部に最も激しく、特に突堤に囲まれた場所とか突堤のすそにあたる滞溜域での着色が顕著である。降雨との関係については二次的原因としては有効であるか直接原因ではないことが指摘された。

文 献

- 1) RICHARDS with THOMPSON The Estimation and Characterization of Plankton Populations by Pigment Analyses II, *J. Mar. Res.*, 14, 156-172 (1952)
- 2) 永沢祥子 丸茂隆三 赤潮の藍藻, *Trichodesmium* の分種及び分布, 日本プランクトン研究連絡会報, 松江博士還暦記念号, 139~143 (1967),
- 3) 松平近義 川上玲子 赤潮の形成機構とそのモデル実験, 昭和43年度日本海洋学会春季大会講演 (1968)
- 4) 岩崎英雄 藤山虎也 山下栄久 赤潮鞭毛藻に関する研究-I 福山沿岸水域に出現した *Entomosigma* sp について, 広大水産産学部紀要 7, 259~276 (1968)