

## 阿蘇海のプランクトンについて

西 岡 純

Plankton in Aso-Kai

Jun NISHIOKA\*

阿蘇海は与謝内海とも呼ばれ、いわゆる「天の橋立」と称される砂嘴により宮津湾から隔離された非常に閉鎖性の強い湾である。その面積は約5 Km<sup>2</sup>で、湾の中央部の水深は12~13 mである。外海(宮津湾)とは2本の浅く狭い水道で連絡されている。この湾では古くから底層での無酸素層の発達と硫化水素の発生が知られている。<sup>1)</sup>しかし、過去には湾内で“金樽イワシ”として知られたマイワシを中心とした漁業も盛んであったが、昭和20年代には漁業不振が問題となり、水路の浚渫やマイワシの放流などが行われた。<sup>2,3)</sup>近年はイワシの漁獲も殆んど無く、小規模に延縄や刺網等の漁業が営まれている他、湾口の水道付近でアサリの採介が行われている程度である。また、更に観光地でもあることから湾の汚染が問題にされるようになった。

京都府公害対策技術者会議内海域部会では昭和53年度より3ヶ年間にわたって阿蘇海の汚濁機構解明の為の調査を行っている。この調査の一環として京都府立海洋センターにおいても、底層の無酸素層の発達と底泥の硫化水素の著積等の調査を行っている。そこで、著者はこの機会を利用して、プランクトン相から阿蘇海の水質汚染の進行状態を見る為に、各月1回植物プランクトンの種類と量について調査を行ったのでこの結果を報告する。

報告に先立ち、調査に多大の協力を惜しまれなかった調査船みさき丸乗組員の方々に厚く御礼申し上げる。さらに、田中俊次元主任研究員\*<sup>1</sup>並びに杉山元彦\*<sup>2</sup>および中西雅幸の諸氏には観測を共にして頂いた。心より謝意を表す。

### 材 料 と 方 法

昭和53年に行った阿蘇海の調査定点を図1に示した。プランクトンの採集は0.5 m層および5 m層より北原式採水器を用いて行った。試水は固定せずに実験室に持ち帰り、0.1 mlを計数盤上に取り、カバーガラスをかけて顕微鏡下で100倍率で植物プランクトンの細胞数を計数した。

調査は昭和53年4月24日から昭和54年5月2日まで各月1回行った。昭和52年度には同じ点で昭和52年3月26日、6月20日、9月7日、12月20日、昭和53年3月6日の

\* Kyoto Institute of Oceanic and Fishery Science, Miyazu, Kyoto  
Japan

\* 1 現在京都府水産課

\* 2 現在水産庁養殖研究所



図1 阿蘇海の位置と調査地点

の5回予備調査を行った。

溶存酸素飽和度(D. O. %)は英国E. I. L.社製D. O.メーターを、また透明度(Tr.)は直径30cmのセッキ板を用いて測定した。

#### 結果および考察

優占種について 阿蘇海での植物プランクトンの優占種は、珪藻類では7月～9月の高水温期を除くと *Skeletonema costatum* で、他に *Chaetoceros* spp. (*Ch. affinis*, *Ch. distans* etc.), *Leptocylindrus danicus* 等が多く、*Nitzschia closterium*, *Cerataulina*

*pelagica*, *Eucampia zoogiacus* も優占種となった。また、*Hemiaulus hauckii* も7月には相当数出現した(表1)。鞭毛藻類ではほぼ周年10 $\mu$ 以下のmicro-flagellatesが大部分を占めていた。1ml中に1 $\times$ 10<sup>2</sup>細胞以上出現したものは表2に示した37種で、そのうち1 $\times$ 10<sup>3</sup>細胞以上出現したものは\*印を附した8種であった。1 $\times$ 10<sup>4</sup>細胞以上出現したものは *Chaetoceros* spp. (昭和53年9月25日), *Leptocylindrus danicus* (昭和53年6月27日), *Skeletonema costatum* (昭和52年3月25日, 昭和53年11月27日, 昭和54年4月9日)の3種であった。

周年変化について 各調査ごとの珪藻類および鞭毛藻類の数について、その年間の変動を図2に示した。珪藻類は、表層では不規則に増減を繰り返す季節的な変化は認められなかった。これは富栄養化した海域で見られる年変動のパターンであった。これに比べ、5m層では比較的安定していた。一方、鞭毛藻類では3月～5月に増加が認められる以外は周年非常に安定した数を示していた。

水深によるプランクトン相の相違について 阿蘇海は水深2m程度までは強く淡水化され、ほぼ周年塩分が低い\*。また、湾口部附近の5m層は宮津湾からの海水の流入の影響を受けていることが考えられるが、今回調査した0.5m層と5m層では出現した種類に大きな違いは認められなかった。しかし、細胞数が大きく異なる場合が見られ、珪藻類では0.5m層での年間の変動は5m層より激しかった。特に *Skeletonema costatum* では明らかに表層の低鹹水でより高密度に出現した。鞭毛藻類の周年の出現量は0.5m層と5m層の間に大きな差は認められなかった。

底層から採水した試料については計数は行わなかったが、約2mlの海水中に数個体～10個

\* 中西雅幸他：阿蘇海における無酸素層ならびに硫化水素の周年変化について、本誌

表1 阿蘇海における珪藻類の優占種(10%以上)

( )内の数字は細胞数の%を示す

	0.5 m	5.0 m
1978. 4.24	<i>Skeletonema costatum</i> (82.3)	<i>Nitzschia closterium</i> (49.5) <i>Leptocylindrus</i> spp. (26.1) <i>Skeletonema costatum</i> (17.0)
1978. 5.22	<i>Skeletonema costatum</i> (32.8) <i>Leptocylindrus</i> spp. (35.3)	<i>Skeletonema costatum</i> (85.2)
1978. 6.27	<i>Leptocylindrus</i> spp. (65.0) <i>Skeletonema costatum</i> (20.0) <i>Chaetoceros</i> spp.* (15.0)	<i>Skeletonema costatum</i> (43.1) <i>Chaetoceros</i> spp.* (29.3) <i>Leptocylindrus</i> spp. (13.3)
1978. 7.26	<i>Chaetoceros</i> spp.* (72.6) <i>Hemiaulus hauckii</i> (15.3)	<i>Chaetoceros</i> spp.* (81.1) <i>Hemiaulus hauckii</i> (11.8)
1978. 8.14	<i>Chaetoceros</i> spp.* (50.7) <i>Cerataulina pelagica</i> (45.2)	<i>Cerataulina pelagica</i> (53.0) <i>Chaetoceros</i> spp.* (42.2)
1978. 9.25	<i>Chaetoceros</i> spp.* (95.3)	<i>Chaetoceros</i> spp.* (92.3)
1978.11. 1	—	—
1978.11.27	<i>Skeletonema costatum</i> (97.1)	<i>Skeletonema costatum</i> (90.8)
197. 12.2	<i>Eucampia zoodiacus</i> (40.7) <i>Chaetoceros</i> spp. (30.6) <i>Leptocylindrus</i> spp. (17.2)	<i>Eucampia zoodiacus</i> (57.1) <i>Chaetoceros</i> spp. (28.2)
1979. 1.23	<i>Skeletonema costatum</i> (50.5) <i>Chaetoceros</i> spp.* (32.0) <i>Chaetoceros</i> spp.** (11.3)	<i>Skeletonema costatum</i> (47.4) <i>Eucampia zoodiacus</i> (22.8)
1979. 3. 5	—	<i>Skeletonema costatum</i> (72.0)
1979. 4. 9	<i>Skeletonema costatum</i> (88.4)	<i>Skeletonema costatum</i> (70.8) <i>Nitzschia closterium</i> (14.3)
1979. 5. 2.	<i>Skeletonema costatum</i> (98.5)	<i>Skeletonema costatum</i> (88.2)

\* 群体種      \*\* 単体種

表2 阿蘇海において 100 Cells/ml 以上出現した植物プランクトン

<p>珪藻類 中心目</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* <i>Cerataulina pelagica</i></li> <li>* <i>Chaetoceros</i> spp.             <ul style="list-style-type: none"> <li><i>affinis</i> form. <i>singularis</i></li> <li><i>affinis</i> var. <i>willei</i></li> <li><i>anastomosus</i></li> <li><i>compressus</i></li> <li><i>crucisetus</i></li> <li><i>decepiens</i> form. <i>singularis</i></li> <li><i>didymus</i></li> <li><i>distans</i></li> <li><i>laciniosus</i></li> <li><i>lorenzianus</i></li> <li>sp.</li> </ul> </li> <li><i>Dactyliosolen antarcticus</i></li> <li><i>Eucampia zoodiacus</i></li> <li><i>Hemiaulus hauckii</i></li> <li>* <i>Leptocylindrus danicus</i></li> <li><i>Lept.</i> <i>minimus</i></li> <li><i>Rhizosolenia fragilissima</i></li> <li>* <i>Skeletonema costatum</i></li> <li>* <i>Thalassiosira</i> sp. (<i>mala</i>-type)</li> <li><i>Thal.</i> sp.</li> </ul>	<p>珪藻類 羽状目</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><i>Navicula</i> sp.</li> <li>* <i>Nitzschia closterium</i></li> <li><i>Nitzschia</i> sp. cf. <i>pungens</i></li> </ul> <p>渦鞭毛藻類</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><i>Ceratium fusus</i></li> <li><i>Gymnodinium</i> sp. <i>chained-form</i>, <i>Iizuka A<sub>3</sub></i></li> <li><i>Gymn.</i> sp.</li> <li><i>Gyrodinium</i> sp.</li> <li>* <i>Katodinium</i> sp. <i>A dachi</i>-type</li> <li><i>Minuscula bipes</i></li> <li><i>Prorocentrum</i> sp. cf. <i>balticum</i></li> <li>* <i>Pror.</i> <i>minimun</i> var. <i>marie-lebourae</i></li> <li><i>Pror.</i> <i>triestinum</i></li> </ul> <p>珪質鞭毛藻類</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><i>Dictyocha fibula</i></li> </ul> <p>ハプト藻類</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><i>Gephyrocapsa oceanica</i></li> </ul> <p>クリプト藻類</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>2 species</li> </ul>
---	---

\* 印を付した種は 1,000 Cells/ml 以上出現した種  
 ○ *Chaetoceros* は纏めて計数した。  
 ○ 淡水性群体黄緑藻類(?) および 10 μ 以下の鞭毛藻類は本表から除外した

体程度の繊毛虫類が 3~4 種類見られた。これらの種は無酸素ないしは貧酸素層に特有の種と考えられ、橋高<sup>4)</sup>も Protozoa が夏季無酸素層の上昇とともに上層に上って来ることを報告している。

プランクトン数と透明度および溶存酸素飽和度との関係  
 プランクトン数(珪藻類 + 10 μ 以上の鞭毛藻類)と透明度の関係について図3に示した。透明度 2 m 以下では両者の相関は弱く、透明度の低下の原因がプランクトン以外にも存在すること

が示唆された。プランクトン数と溶存酸素飽和度の関係を図4に示した。0.5 m 層ではこの両者の相関は強く、溶存酸素飽和度 100% の時の細胞数は概ね  $1 \times 10^3$  Cells/ml 程度であった。5 m 層ではプランクトン数に比べ、溶存酸素飽和度が低かったが、これは補償深度を透明度の 2 倍の水深とすると阿蘇海の場合約 3~8 m となる為、5 m 層で光合成が行われていない時もあり、また、光合成はあっても弱いためと考えられる。さらに、底層の無酸素層からの酸素の消費もあったと考えられる。

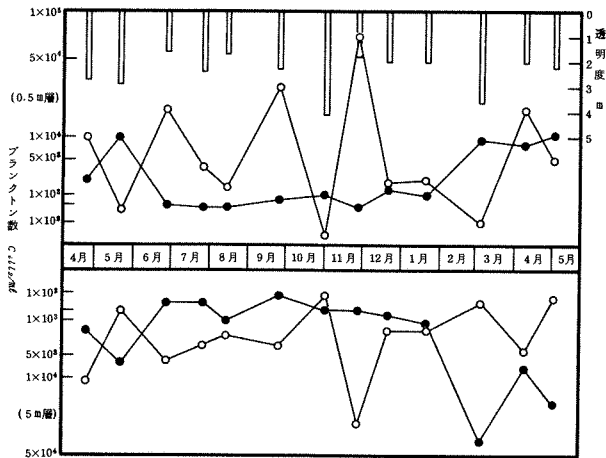


図2 阿蘇海における植物プランクトン数の周年変化

棒は透明度を示す、上段は 0.5 m 層の変化を  
 下段は 5 m 層の変化を示す。  
 ○—○— 珪藻類    ●—●— 鞭毛藻類

変色水について 阿蘇海ではいわゆる赤潮と呼ばれるような著しい海水の変色は認められなかったが、周年正常な海水の色調を示すことは無く、くすんだようなオレンジ系統の色調を呈するか、または、暗い灰色の濁った色調を呈することが多かった。これは、大型の鞭毛藻類が赤潮になる程増えなかった為で、変色の原因が主として珪藻類に依ること起因している。<sup>\*</sup> 珪藻類が少なくして微細な鞭毛藻(虫)類や或いはバクテリアなどが多量に出現した時は白濁した感じに、また、底層の無酸素水が上昇して来た時は黒ずんだ色(苦潮と呼ばれる)になるものと思われる。この様に周年正常な海水とは異なる色調を呈している為と、鞭毛藻類による顕著な赤潮が見られない為に阿蘇海では赤潮発生の報告が無かったものと考えられる。<sup>\*</sup> ただし、*Ceratium fusus* や *Katodinium sp. Adachi-type*, *Prorocentrum minimum* 等は相当多く出現し、赤潮として視認される一歩手前位までは増殖するようである。また、緑色鞭毛藻類の *Chattonella* 属 (*Olisthodiscus sp.* および *Hornellia sp.*) 等も存在したが、これらは少数であった。

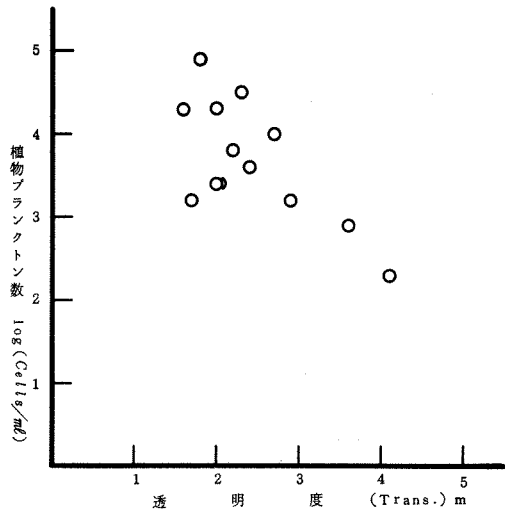


図3 表層のプランクトン数と透明度の関係

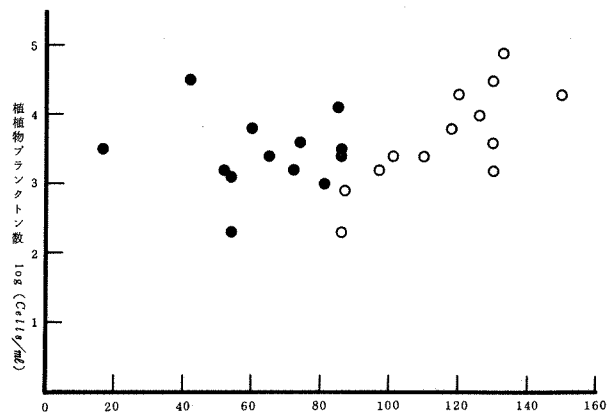


図4 溶存酸素飽和度とプランクトン数の関係  
溶存酸素飽和度 D.O. % ○: 0.5m層 ●: 5m層

プランクトン相から見た阿蘇海の性状について 阿蘇海のプランクトンに関する調査は YAMAZI<sup>6)</sup> によって昭和20年に行われたのが最初で、その後前田<sup>7)</sup> MAEDA,<sup>8)</sup> および橘高<sup>4,5,9)</sup> によって為されている。しかし、その後約25年間にわたって報告は無い。

植物プランクトンについて 25年~30年前の結果と比較してみると、主な出現種は大体同じで、この頃からプランクトン相は余り変化していないものと思われた。橘高<sup>4)</sup> の結果と比較すると幾分 *Skeletonema costatum* の割合が高くなっているようであるが、単年度の比較で

<sup>\*</sup> 珪藻による変色は油水(あぶらみず)と称される<sup>5)</sup>  
<sup>\*</sup> 橘高<sup>5)</sup> は *Euglena sp.* による苦潮を報告している。

は断言出来ない。量については、採水法による橘高<sup>4)</sup>の値では珪藻類の密度は $10^2$  個体/ml程度であるので、今回の調査の方が高かった。

今回の調査結果では珪藻の数が $1 \times 10^4$  Cells/ml を越えることも多かった。この数は明らかに阿蘇海が富栄養の状態にあることを示している。特に、*Skeletonema costatum* が $1 \times 10^4$  Cells/ml を越える海域は舞鶴湾のような富栄養化の進んだ海域で、この種の密度および優占の割合は富栄養化の1つの指標と見做される。他の優占種である *Chaetoceros affinis* var. *willei* 等の *Chaetoceros* 属や、*Leptocylindrus danicus* , *Cerataulina pelagia* および *Nitzschia closterium* 等も内湾に普通に見られる種類である。

底層での夏期における無酸素層の発達と硫化水素の生成、表層での溶存酸素の過飽和および透明度の値などから、阿蘇海は吉田<sup>10)</sup> の分類に従うと“過栄養域”として位置付けられる。そして、出現したプランクトンの数量および構成種もこれを反映して最も富栄養化の進んだ海域であることを示していた。

## 要 約

1. 昭和53年4月より昭和54年5月まで、1年間にわたり、各月1回阿蘇海の植物プランクトンについて種類と量を採水法により調査した。
2. 阿蘇海での優占種は *Skeletonema costatum* で、他に *Chaetoceros* spp. を含む6種の珪藻が挙げられた。
3. *Skeletonema costatum* , *Chaetoceros* spp. *Leptocylindrus danicus* の3種は $1 \times 10^4$  Cells/ml 以上出現した。
4. 表層の珪藻類の数は不規則に増減を繰り返す型であった。鞭毛藻類および5m層の珪藻類では比較的安定していた。
5. 表層ではプランクトン数と溶存酸素飽和度の間に相関が見られたが、5m層ではプランクトン数に比較して溶存酸素飽和度が低かった。
6. 阿蘇海は周年変色していたが、これは主として珪藻類によるものであった。
7. 25年~30年前と比較すると、プランクトン相に大きな変化は認められなかったが、量は増加していた。
8. 阿蘇海は過栄養域として位置付けられるが、プランクトン相もこれを反映していた。

## 文 献

- 1) 吉村信吉：久美浜湾・離湖・与謝内海の湖沼学的研究。日水誌，6(6)，325-326 (1937)。
- 2) 宮地伝三郎・波部忠重・川口正雄・山路 勇：与謝内海の海況の遷移と漁獲減少に就て，動物学雑誌，57(9)，147-151 (1947)。
- 3) 栗田正人・松井瑛賓・橘高二郎・大江庄三：昭和26年度イワシ放流事業報告，京水試事業報告，昭和26，27年度，112-118 (1955)。

- 4) 橋高二郎：久美浜湾及び与謝内海開発調査報告第1報，京水試事業報告，昭和26・27年度，119-130（1955）。
- 5) 橋高二郎：同 上 第2報，同誌，昭和28年度，83-88（1956）。
- 6) YAMAZI, I. : Plankton Investigation in Inlet Waters along the Coast of Japan. XV., Publ. Seto Mar. Biol. Lab., N (1), 127-145 (1954).
- 7) 前田 弘：与謝内海の研究-I，海と空，29(5・6)，89-95（1952）。
- 8) MAEDA, H. : Studies on Yosa-Naikai 4，下関水講研報，4(3)，301-310（1954）。
- 9) 橋高二郎：与謝内海と久美浜湾の海況，日水研創立三周年記念論文集，日水研，新潟，1952，pp. 139-149.
- 10) 吉田陽一：低次生産段階における生物生産の変化，水圏の富栄養化と水産増養殖，恒星社厚生閣，東京，1973，pp. 92-103.