夏季の大阪湾に於ける珪藻群集の遷移と増殖の模式的表現(第1報)*

群集の類別とその量的変動

上 野 福 三**

The Variation of Diatom Communities and the Schematic Explanation of their Increase in Osaka Bay in Summer—I

Classification of Communities and the Fluctuation of their Quantities

Fukuzo UYENO

Abstract: 1. From the present planktonological study, diatom community in Osaka Bay in summer is divided into five types, namely, *Skeletonema* (Sk)-, *Chaetoceros* (Ch)-, *Nitzschia-Leptocylindrus-Thalassionema* (N-L-T)-, *Lauderia-Guinardia-Thalassiosira* (L-G-T)-, and *Coscinodiscus* (Cos)- communities.

2. Negative correlation is found between the quantitative change of Sk-community and the surface chlorinity at the innermost part of the Bay.

3. Type of the correlation of N-L-T-community resembles to that of Sk-community. Comparing the change of N-L-T-community based on net sampling to the change of chlorinity, a lag of one month is observed.

4. Ch-community fluctuates nearly in parallel to temperature, and the decrease of the quantity is caused by the extreme lowering of chlorinity.

5. The distribution of Cos-community correlates to that of chlorinity at the entrance of the bay, because the community is an invader group from the Kii Channel.

1. 緒 言

内湾に於けるプランクトンの分布やその変化については、古くより内外の多くの研究者により、多くの地域に於いて行われて来た。しかし乍らそれらの多くは一時期についての観測であつたり、周年に亘つても組成上の変化を“季節変化”という言葉で以て環境との関係を分離して研究したものが多かつた。内湾では気象条件が海況に著しく影響するので、年によるこの相異は海況やプランクトンの発生にも大きな変動をもたらす。殊に我が国では、梅雨期の降水の多寡による河川水の流入量の多少は、夏季の珪藻の増殖状況や海況に非常に大きく関係する。著者は過去数年間に亘つて

大阪湾を毎月定期的に観測して来た。この結果を解析すると、気象要因の変化の中、降水の影響が大阪湾の塩素量の低下としてあらわれ、その結果夏季には珪藻群集の変遷に大きな影響が及ぶことを知つた。従つてここには珪藻群集の変遷と、水温及び塩素量に現われた海況変動との関係について報告する。

2. 資料及び採集方法

使用した資料は1952年より1955年まで4年間のもののうち6~10月の5ヶ月間の結果である。この中1952, 1953両年は神戸海洋気象台の大阪湾定期海洋観測の一部として、又1954, 1955両年は文部省科学試験研究「沿岸及び内湾に於けるプランクトンの夏期増殖の研究」の一部として行い、観測は神戸海上保安部の援助の下に行つたも

* 1957年2月11日受理、本研究は文部省科学試験研究費によるところが大きい。

** 神戸海洋気象台, Kobe Marine Observatory.

のである。湾内の観測地点数は前者が14点、後者が12点で概ね均一に分布している。

珪藻試料の採集方法は 1952, 1953 年と 1954, 1955 年では異り、前者では北原式定量網（口径 22 cm, 網地 XX 13）の底層より表面までの垂直曳により、後者では表面水 100 cc を採水し、これを放置後遠心器により濃縮し検鏡した。量は総て 1 L 当りの細胞数を以て表わした。採集方法の相異は珪藻量に大きな差となつて現われ、前2年と後2年の細胞数の多寡を直接比較することは出来ない。この相異を 1953 年 11 月に行つた両法の比較結果（神戸海洋気象台海洋課, 1954）¹⁾より推定すれば、*Chaetoceros* 属, *Coscinodiscus* 属等では、ネットは採水の $\frac{1}{10}$ 弱であるが、*Skeletonema costatum* や *Nitzschia* 属ではネットは著しく少く、採水の $\frac{1}{100} \sim \frac{1}{1000}$ である。これは鉛直分布において、各層の細胞数の差が比較的小さい種と、著しく大きい種とがあるためと思われる。又ネットでは小型種の脱落もこの差の原因となつている。しかし乍ら各種の増減の傾向は両法共概ね同様に現われるので、細胞数は修正せず量の変化傾向を相対的につかむ目安として用いた。

1952, 1953 年の珪藻の計数は小川大海氏によるものである。又 1954, 1955 年の観測には小川大海、古橋賢造両氏の御援助を得た他、塩素量の測定には川本彊雄、北村弘行、小長俊二の三氏を煩わした。本稿は広島大学教授松平康雄博士、並びに気象庁海洋課海洋生物係長丸茂隆三博士の御懇切なる御校閲を得た。上記の諸氏及び観測に便宜を供された神戸海上保安部長並びに巡視船関係諸氏に衷心より感謝する次第である。

3. 観測期間中の海況概略

第 1, 2 図に全観測期間中の表面の水温及び塩素量の水平分布を示した。これを神戸に於ける降水量（第 1 表）と比較すると、1952~1954 年は梅雨期（6 月中旬より 7 月中旬）の降水量が平年値を上廻っている。殊に 1952, 1954 年は平年値の 2 倍以上である。この為湾の北半、殊に湾奥部の塩素量低下が目立ち、最低は 4‰ の低きを示している。これに対し 1955 年は平年以下の空梅雨のため、大した低下はおこっていない。梅雨期の

Fig. 1. Distributions of surface temperature ($^{\circ}\text{C}$) in Osaka Bay in the summers from 1952 to 1955.

Fig. 2. Distributions of surface chlorinity (‰) in Osaka Bay in the summers from 1952 to 1955.

Cl 低下は極く表層がいちじるしく、中層以深は 17‰ 以下になることは稀である。従つて梅雨が明けて盛夏になると、漸次混合して表層と中層以深との差は少くなる。一般に梅雨期の表層 Cl 量は、観測直前の大きな流入水に支配されるので、第 2 図に示した Cl 量の高低は、必ずしも前月の観測時よりその観測時までの流入水の多寡をそのままには示さない。9 月に入ると、一般に降水のために再び奥部が低鹹になるが、1953 年の様に降水の少い年には、湾の中央停滞部に 7 月から引続いて低鹹水が残留し、奥部の方が反つて高くなつている場合もある。10 月には全域に互つて Cl 量の高くなることが多いが、1953 年には低下している。

Table 1. The amount of monthly precipitation (mm) at Kobe.

Mon- th Year	June	July	Aug.	Sep.	Oct.
1955	160.5	110.5	106.0	56.7	114.5
1954	435.1	361.0	95.0	236.8	36.2
1953	271.6	195.5	90.8	360.1	24.1
1952	210.6	421.4	68.1	160.4	100.7
Normal	191.4	153.6	127.4	185.5	122.1

外洋に接する湾口部は変化が小さく、7月に17‰を割ることもあるが大体17.5‰前後で、10月には18‰を越えることも多い。

水温の水平傾度は湾の西半が外洋水の影響で大体緩やかなのに対し、東側は陸からの流入水のため急になることが多い。普通最高温度は陸岸の影響を受ける湾奥部において8月に現われ、大凡28℃前後であるが、特に1953年は東部で32℃にも達している。9月に入ると全域に亘って傾度が緩やかになり、10月には湾口から西部の方が湾奥より高温になる。1953年は9月に既に湾口の方が高温になった。

潮流の主軸は湾口より西部の深度の大きい部分を通つて明石瀬戸へ抜け、東部は流れが非常に弱い。このため湾口の高鹹水は西部に分布し、湾奥からの低鹹水は一般に東部に分布する。従つて総ての要因の水平傾度が西部では比較的緩やかであるのに対し、東部では急であることが多い。しかし乍ら急激に多量の出水があつた場合は、低鹹水は表層を湾の主軸に沿つて進出する。環流には潮流の主軸から東側全域を占める右廻りの大きなものがあり、一部洲本附近には小さな反時計廻りのものがある（神戸海洋气象台、1952）²⁾。

4. 珪藻群集の類別と所属代表種

観測の行われた4年間を通じ、分布が広く且優勢を示した種は41種である。この中毎年出現したものは12種で、これに3年続いたもの5種を加えて、17種が概ね分布の主体をなし、その分布期間も比較的長い。これに対し、特定の1年のみにし

* 本稿に於いて使用する群集とは、大体似た分布傾向を持った種によつて構成される珪藻の集団という意味で便宜上用いた。従つて厳密な定義に基づくものではない。

か出現しなかつた様な種は、春に出現したものが残留したり、一時的に紀伊水道より侵入したものが主で、量は少く、出現期間も短い。

プランクトンの分布は厳密には種によつてまちまちであるから、いくつかの種をまとめて論ずることは屢々危険を伴う。しかし本稿では大阪湾の夏季に限定して、出現期間と地理的分布の傾向の双方から便宜上次の5群集*に分けた。もし同一群集内の所属種が異つた現象を示した場合、その個々について述べることにした。この5群集とそれぞれの代表的所属種は次の通りである。

1. Sk 群集 (*Skeletonema costatum*)

2. Ch 群集 (*Chaetoceros affinis*, *C. compressus*, *C. curvisetus*, *C. decipiens*, *C. didymus*, *C. distans*, *Bacteriastrum varians*, *Thalassiothrix frauenfeldii*)

3. N-L-T 群集 (*Nitzschia delicatissima*, *N. seriata*, *Leptocylindrus danicus*, *Thalassionema nitzschioides*)

4. L-G-T 群集 (*Lauderia borealis*, *Guinardia flaccida*, *Thalassiosira nordenskiöldii*)

5. Cos 群集 (*Coscinodiscus radiatus*, *C. marginatus*, *C. gigas*, *Rhizosolenia* spp., *Biddulphia sinensis*)

ここに掲げた種以外の一時的に出現したものも、その分布から見れば概ねこの5群集中のいずれかに含まれる。

5. 各群集の出現時期及び増減傾向と海況との関係

第3図は年別に各群集の分布中心域の量の変動と湾奥部の水温、塩素量との関係を示した。群集の量は群集毎に前掲の所属代表種が示した最高細胞数の和の対数値を以て表わし、その変動を群集の盛衰の尺度とした。従つて一時的な出現種は含んでいない。最高細胞数を基準としたのは次の理由による。一般に内湾の珪藻は環境変動に対する適応力が強く、棲息に好適ではない環境に運ばれても相当期間生存を続ける。従つて生存し得る環境の範囲が非常に広くなつて分布の特徴を引き出し難くなるのに対し、最多分布域は概ね増殖最適域と考えられ、地域的にも狭く、又その地域内

の環境要因の範囲も比較的狭いからである。この様に最多分布域の細胞数を用いると、環境要因としての水温、塩素量もその現場の値を比較すべきであるが、ここでは湾全域に対して影響を与えた大きな海況変動と比較する意味で、便宜上湾奥及び湾口の値を代表として用いた。

i) Sk, N-L-T 群集

Sk 群集は第3図上段に見られる様に湾奥部の Cl 量とその変化傾向がほとんど逆の関係を示す。しかもこの関係は4年間を通じて1回も崩れていない。しかし乍らこの関係は、傾向としては現われているが、定量的に厳密な関係があるとは云え

Fig. 3. Variations of surface temperature ($^{\circ}\text{C}$), surface chlorinity (‰) and quantities of each diatom community.

Cl-I: Cl at the innermost part of the bay. Cl-E: Cl at the entrance of the bay. T: Temp. at the innermost part of the bay.

Quantities of the community are shown on logarithmic values of total cell numbers per litre.

ない。即ち 6~9 月には Cl が低下すれば細胞数は増加し、上昇すれば減少しているが、細胞数は増加の方が減少より多い。又 9~10 月にはこれとは逆に細胞数の減少の方が増加より多くなっている。これは細胞数は単に Cl 変動によつてのみ変動するばかりでなく、水温の変動の影響も受けていることを示すものではないかと思われる。

次に N-L-T 群集についてみると、この群集も Sk 群集と同様に出現期間は殆ど全期に亘り、その増減の傾向も湾奥の Cl 量の変化傾向と密接に関係している。しかし乍ら本群集の Cl との関係は年によつて Cl 群集の場合とは少々異っている。即ち 1954, 1955 の両年は Sk 群集と同様に Cl の変化と逆の関係を示しているが、1952, 1953 の両年は細胞数の変化が Cl の変化より 1 月遅れている。(1953 年 9~10 月は一致する。これは 10 月の観測が遅れたため、観測間隔が延びたのが原因と思われる。) この様に年による相異は次の原因によると考えられる。河川よりの流入水が、湾奥の Cl

量を低下させ、環境が各種特有の増殖に最適な状態に達してから、細胞数が増加したのが観測される迄には種によつて長短があるが、幾らかの時間差がある。しかしこの時間差が Sk 群集の場合は短いので、1 ヶ月間隔の観測でも湾の何処かでは必ずその観測時に現われた Cl 低下に起因する Sk 群集の増殖が観測されると思われる。これに対し N-L-T 群集の場合はこの時間差が大きいので、1 ヶ月間隔の観測では Cl 低下の翌月の観測時に初めて増殖が観測されるものと思われる。

一般に梅雨期の河川水の大量流入は、其の影響が数日間の規模で行われるから、降雨から増殖までの日数は 1 ヶ月間隔の観測では困難である。神戸に於ける降水と珪藻の増減曲線とから極く大略的に推定すれば、降水から増殖までの期間は Sk 群集では約 2 週間弱、N-L-T 群集では 3 週間前後ではないかと思われる。N-L-T 群集での 1952, 1953 年と 1954, 1955 年との細胞数と Cl 変化との関係の相異は採集方法の相異によると考えられ

る。即ち表面採水による場合は反応が早く見られ、ネットによる底層からの垂直採集では遅れることになる。これは流入水は軽いため表層に分布し、従つて珪藻群集の変化も表層からおこることを示していると見られる。

N-L-T群集では所属種によつて多少量変動に差がある。*Nitz. delicatissima*, *Leptocylindrus danicus* は一般に盛夏には少い。これに対し *N. seriata* 及び *Th. nitzschoides* は殆ど全期に互つて出現する。これは恐らく水温に対する特性が異なることに起因すると思われるが、詳細については調査するに到っていない。

ii) Ch, L-G-T, Cos 群集

以上の両群集が Cl 量と密接に関係しているのに対し、Ch 群集は大部分趣を異にしている。出現期間も前2群集より短く、大体8月を中心とした3ヶ月間に多い。第3図中段に Ch 群集の細胞数と湾奥の水温変化とを示した。この双方を比較すると、多少喰い違う所もあるが、変化の傾向は非常によく一致している。従つて本群集は概ね高温期に出現することになる。喰い違いを個々について追求すると、その原因は Cl 量の変化に対応する様である。即ち1953年8~9月間に水温が急降しているが、細胞数減少は非常に小さい。此の間 Cl 量は急昇しており、9月の湾奥は17‰で、湾奥としては全観測中の最高値を示している。これと同様の現象は1955年8~9月にも見られる。又この逆の場合は1954年8~9月及び1955年9~10月で、水温はさほど下降していないのに細胞数は急減している。これらの時の Cl には何れも低下がみられる。この様に本群集に対しても Cl の影響が認められるが、前群集とは逆に湾奥の Cl 量が高い時に多く、低い時に少い様である。湾奥の Cl 量の低下は6~8月の増殖期の方が甚だしく、8~10月の減衰期はさほど大きくない。然るに Cl 量の影響は総て8月以降の減衰期に現われている。これは分布域が6~8月は中央部以南で、9、10月は湾奥に移動するのにに対し、Cl 量は湾奥のみの値を使用したからで、Cl との関係は分布域の変遷と共に統報する。なおこの群集は最も所属種が多いから種によつて多少出現期の相異がある。又1954年7月は前掲の所属種以外の種が多量に現われて

いるが、この原因については詳細に調査するまでに到っていない。

L-G-T 群集は盛夏期のものではなく、9、10月の初秋に出現する群集である。第3図下段に示したが、一般に水温の下降と共に出現する。従つてその変化は9、10月における Ch 群集の変化と逆の傾向が見られる。1952年は8月から Ch 群集が徐々に低下するのに対し、L-G-T 群集は逆に徐々に増加している。1953年の様に Ch 群集が10月まで高い細胞数を示している年には殆ど出現せず、11月になつて現われた。又1954、1955両年は8~9月間に急激に増加しているが、この時には Ch 群集は急激に減少している。

以上述べた4群集は内湾系で、湾内で Cl の低下や、水温の上昇に伴つて著しい増殖をするが、Cos 群集は紀伊水道よりの侵入群集であるから湾口の Cl 量が17.5‰より高い時に現われる。従つて1955年10月の様に本群集が卓越した場合には、他の4群集は著しく減少し、又逆に1953年9、10月の様に全く出現していない場合には他の群集が著しく多い。

6. 要 約

1. 夏季の大阪湾に於ける珪藻群集を出現期及び地理的分布の相似によつて *Skeletonema*, *Chaetoceros*, *Nitzschia-Leptocylindrus-Thalassionema*, *Lauderia-Guinardia-Thalassiosira*, *Coscinodiscus* の5群集に分けた。

2. Sk 群集の増減は湾奥部の Cl 量の変化と逆相関的傾向を示す。

3. N-L-T 群集でも Sk 群集と同様に採水試料では Cl と逆相関的傾向を示すが、ネットによる底層からの採集では Cl より1ヶ月遅れて逆相関的傾向を示す。

4. Ch 群集は水温と並行する変動傾向を示すが、一方 Cl 量が低下すると減少する。

5. L-G-T 群集は9、10月に現われ、Ch群集が減少し始めると増加する。

6. Cos 群集は外洋からの侵入群集であるため、湾口の Cl 量の増減と並行的に変化する。

文 献

- (1) 神戸海洋気象台海洋課, 1954:
“紀伊水道・大阪湾定期海洋観測報告(昭和28
年11月11日~18日)”, 神戸海洋時報, 2, 4, 12.
- (2) 神戸海洋気象台, 1952:
“瀬戸内海の気象と海象”, 神戸海洋気象台
彙報, 161.