

# 舞鶴湾における珪質鞭毛藻類 *Dictyocha fibura* EHR. による赤潮の発生機構

西 岡 純

## On the Mechanism of Red Tide due to Silicoflagellates, *Dictyocha fibura* EHR. in Maizuru Bay

Jun NISHIOKA

### Synopsis

Red tides due to *Dictyocha fibura* EHR. were occurred in Maizuru Bay in 1977, 1981 and 1983. Serial surveys were carried out on *D. fibura* blooms in Maizuru Bay during the blooming season from August to October in 1981, 1982 and 1983. *D. fibura* distributed in several cells per milliliter in most area of Maizuru Bay under condition of strong halocline and thermocline until August or early September. They developed to dense patches under conditions of vertical mixing derived from drops of air and water temperature in late August or September. The most dense cell number was observed out the surface with cell number of several thousands per milliliter according to the above result. Generation time of *D. fibura* was estimated 1.18 to 3.34 days in the field. So that red tide succeeded for 13 to 16 days under favourable environmental conditions.

*Dictyocha fibura* は黄金色藻綱 CHRYSOPHYCEAE のディクテオカ目 DIGTYOCHALES に属し、一般に珪質鞭毛藻類の Silico-flagellates と称される仲間の生物で、全世界の海にプランクトンとして広く分布している。しかし、*D. fibura* が赤潮の原因生物となることはあまり多くない。*D. fibura* による赤潮例としては、辻田 (1949) による1947年の大村湾での報告の他には、1970年代以降になって、瀬戸内海の山口県、福岡県、徳島県沿岸や紀伊水道、渥美湾等において *Dictyocha* 属による赤潮が記録されているにすぎない。また、辻田 (1949, 1955) を除いて、他の報告では赤潮発生の要因等について論じたものは見当たらない。京都府舞鶴湾においては、*D. fibura* による赤潮が1977年、1981年および1983年の3回発生している。著者はその中の2回を含め、1981年から1983年の3ヶ年間にわたり *D. fibura* の増殖・減衰の過程を観測することが出来たので、その結果を用いて、地中海沿岸で報告されている *D. fibura* の増殖と海水の鉛直安定度および水温との関係等の *D. fibura* による赤潮発生条件について検討した結果を報告する。

### 材料および方法

1981年には8月27日から9月28日までの32日間に計8回、1982年には8月26日から9月27日までの32日間に計6回、さらに、1983年には8月25日から10月14日までの50日間に計7回にわたり、Fig. 1 に示した Stn. 1~Stn. 61 の計59点 (1983年は Stn. 20 を除く58点) において、バケツを用いた表層の採水調査を行った。試水については直ちに水温および塩分を測定した後、プランクトン計数と相対クロロフィル濃度およびアンモニア態窒素測定用にポリ容器に移し取り実験室へ持ち帰った。また、1981年および1982年には Stn. 36 を、1983年には Stn. 32, 33, 34, 35, 36, 15 の6点を選んで各層別の水温・塩分の測定と北原式採水器を用いた採水を行った。

水温および塩分については EIL 社製 MC-5/2 型サリノメータを用い調査船上で、また、相対クロロフィル濃度についてはインパルスフィジックス社製バリオセンス I 型を用い陸上実験室内でそれぞれ測定した。アンモニア態窒素 ( $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ) の濃度については NIMURA

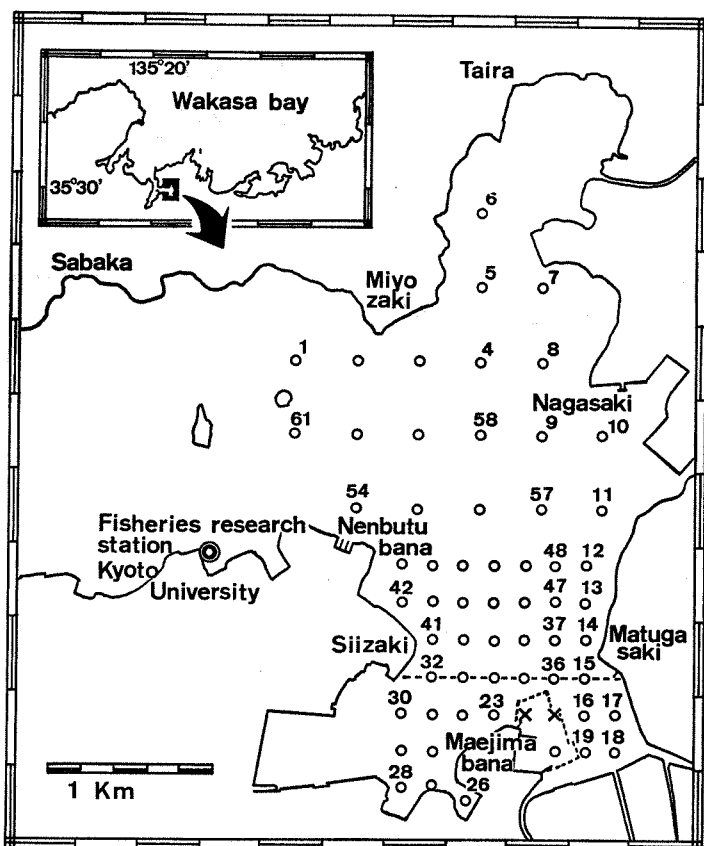


Fig. 1. Eastern part of the Maizuru Bay and location of surveyed stations.

(1973)の方法により測定した。プランクトン細胞数密度については、固定液を加えない状態で試水 0.1~0.5 ml を、あるいはグルタルアルデヒドを最終濃度 1% になるように試水を加え固定したものについて濃縮した後、原海水 1~2 ml に相当する量を計数盤上に取り顕微鏡下で計数した。

気温および降水量については京都気象月報から舞鶴の値を、全天日射量については舞鶴海洋気象台の測定データを、また、表層の日別水温については京都大学農学部水産学科附属水産実験所の測定データをそれぞれ使用した。

## 結 果

水温・塩分・相対クロロフィル濃度および *D. fibura* 細胞数密度の水深断面における日変化

1981年、1982年および1983年の3ヶ年間の Stn. 36 における水温・塩分・相対クロロフィル濃度および *D. fibura* 細胞数密度の水深断面における日変化を Fig. 2-

1, 2, 3 に示した。海水は、1981年 (Fig. 2-1) には9月3日頃まで表層が高温・低塩分となっており、夏型の成層状態を示していたが、9月7日には表層で低温・低塩分となり、変則的成層状態となった。9月17日から9月24日にかけては、海水は表層と底層の水温・塩分差が少なく、水深 0 m と 8 m の  $\sigma_t$  の差は 1.08~1.40 となったが、9月28日には再び表層が低温・低塩分の変則成層状態となった。*D. fibura* は9月17日には 2 m 層で 69 cells/ml と水深 2 m を中心に分布していたが、9月24日には各水深とも急激に増加し、表層で 3,100 cells/ml にまで達した。9月28日には、*D. fibura* は急激に減少し、各水深とも 1 cells/ml 以下となった。

1982年 (Fig. 2-2) には、海水は9月2日頃まで表層が高温・低塩分の夏型成層状態を保っていたが、9月6日には成層が崩れ、表・底層の水温・塩分の差が少なくなった。しかし、9月9日から9月27日頃まで、海水は表層が低温・低塩分の変則成層状態となった。その後、10月5日から10月12日には徐々に表層の低塩分状態も回復

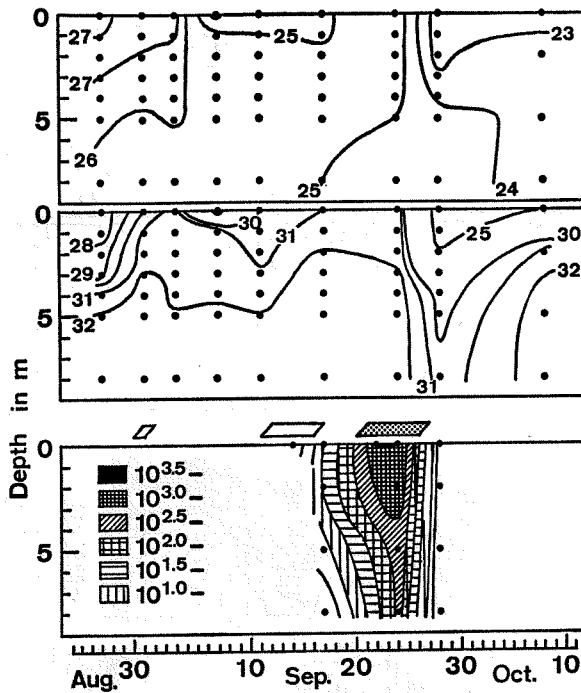


Fig. 2-1. Isoplots of temperature, salinity, abundance of *Dictyocha fibura* in time-depth section, in 1981. (rombuses, red tide occurrences, shadowings due to *Dictyocha fibura*)

し、水温・塩分の表・底層の差は減少していった。相対クロロフィル濃度は、9月9日頃までは水深5m以浅で600 mV以上の高い値となっていた。9月14日には、相対クロロフィル濃度は一時的に減少したが、9月17日以降は水深2m層を中心に700 mV以上、3~5m以浅で600 mV以上の高い値となっていた。*D. fibura*は8月26日には水深5m層で19 cells/ml存在していたものが、9月6日には水深2m層で66 cells/mlまで増加した。しかし、その後*D. fibura*は水深2m層を中心に分布したが、水柱全体ではむしろその細胞数密度を減少していった。10月5日には*D. fibura*は急速に増加し、水深1m層で1,400 cells/mlにまで達したが、10月12日には急激に減少して発見されなくなった。

1983年 (Fig. 2-3)には、海水は9月7日頃まで表層が高温・低塩分の夏型成層状態にあったが、9月16日から9月22日にかけては表・底層の水温・塩分差が減少し、0mと8mの $\sigma_t$ の差は0.93~1.13となった。また、10月3日以降は、海水は表層が低温・低塩分の変則成層状態となった。相対クロロフィル濃度は全期間を通し、表層ないしは2m層を中心に600 mV以上と高い値になっていた。*D. fibura*は9月1日には水深8m

において2 cells/ml見られただけであったが、9月16日から9月22日にかけて急速に増加し、9月22日の表層で1,300 cells/mlにまで達した。しかし、10月3日には*D. fibura*は急激に減少して見られなくなった。10月14日には*D. fibura*は再び2~4 cells/ml見られるようになった。

以上の結果から、*D. fibura*の増殖は、表・底層の水温・塩分差が減少し、 $\sigma_t$ の差が小さくなった時期に、また、*D. fibura*の減少は表層が低水温・低塩分の変則成層状態になった時期に起こる傾向が認められた。

#### *D. fibura*の増殖速度

Fig. 3に1981, 1982, 1983年の3ヶ年間の*D. fibura*細胞数密度の日変化を示した。*D. fibura*の推定分裂速度は、1981年においては9月17日と9月24日の表層38点の細胞数密度平均値の変化から0.69分裂/日、Stn. 36の水柱平均値の変化から0.23分裂/日と計算された。1982年におけるそれは、9月27日と10月5日のStn. 36の水柱平均値の変化から0.81分裂/日と計算された。1983年におけるそれは、9月7日と9月16日のStn. 32, 33, 34, 35, 36, 15の6点の鉛直断面平均値の変化から0.55分裂/日、8月25日から9月22日までの各6点の鉛直断

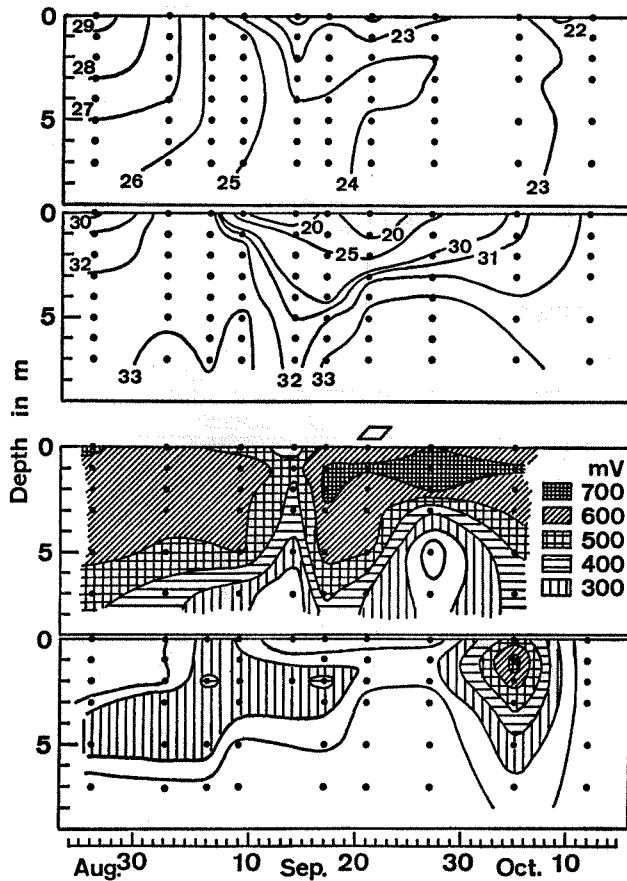


Fig. 2-2. Isoplots of water temperature, salinity, relative chlorophyll density and abundance of *Dictyocha fibura* in time-depth section, in 1982.

面平均値の6回の値の変化から回帰式により求めると0.32分裂/日とそれぞれ計算された。これらの分裂速度から、1回の分裂に要する日数（平均世代日数）を求めると、細胞1分裂当り1.18～3.34日と推定された。

水温・塩分・アンモニア態窒素・相対クロロフィル濃度および *D. fibura* の水平分布

1981年、1982年および1983年の3ヶ年にわたり、Stn. 1～Stn. 61の59点（1983年は58点）において、表層の水温・塩分、アンモニア態窒素および相対クロロフィル濃度を測定した。これらの測定結果の特徴的な傾向としては、舞鶴湾東湾においては湾の東側岸沿いに低水温（あるいは高水温）・低塩分帯の、西南側念仏鼻からシイ崎にかけての岸沿いに高水温（あるいは低水温）・高塩分帯の出現する頻度が高いことがあげられる。また、湾の東側岸沿いに陸水の影響が多く現われており、流入す

る小河川の分布と一致していた。さらに、アンモニア態窒素については湾南東最奥部で最も高濃度となっており、東側岸沿いに反時計廻りで濃度を低下しながら拡って行く傾向にあった。相対クロロフィル濃度の場合は明瞭な傾向は認められなかったが、塩分が極端に低下した時には塩分の比較的高い湾口側で高く、その他の時には塩分の高い湾口側では低くなっていた。

次に、赤潮発生前と発生中の水温・塩分の状況を比較してみる。水温は1981年には Fig. 4 に示したように、赤潮発生前の9月17日には湾南東最奥部で低水温となっていたが、赤潮発生中の9月24日には湾南側から湾中央部へ向って高水温帯が張り出す型となっていた。また、塩分は両日も湾南東最奥部に28～29‰の所も見られたが、全体的には31‰台であり、舞鶴湾東湾表層の値としては高い値となっていた。

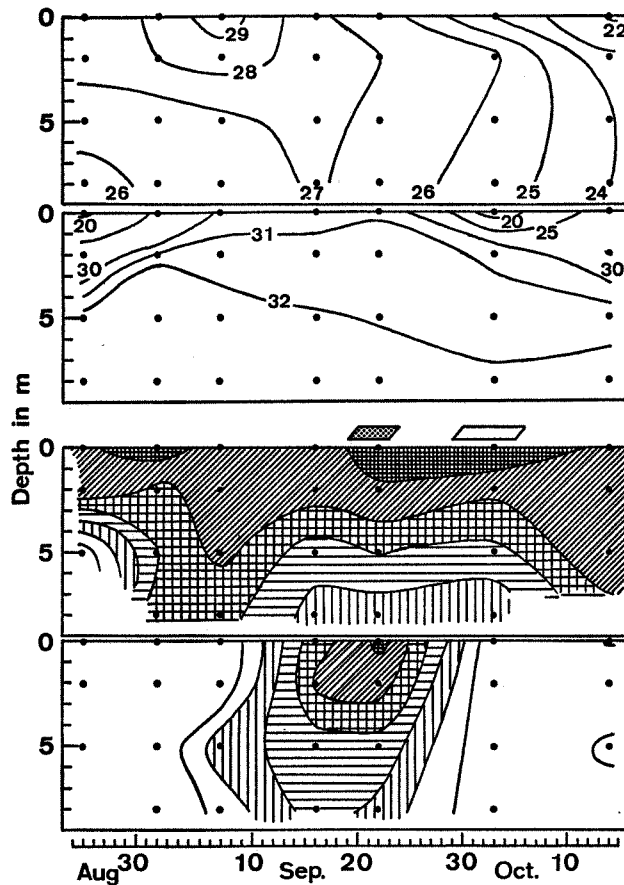


Fig. 2-3. Isoplots of water temperature, salinity, relative chlorophyll density and abundance of *Dicityocha fibura* in time-depth section, in 1983.

1983年には Fig. 5 に示したように、水温は赤潮発生前の9月16日には湾最奥部東側において高くなっていたが、赤潮発生中の9月22日には湾東側が高く、湾西側が低い型となっていた。塩分は9月16日には全体に30‰以上の高い値となっており、特に西側念仏鼻付近で高くなっていた。しかし、9月22日には、逆に湾口方向から北側および南側へ向って岸沿いに低塩分域が張り出しており、塩分の分布パターンは通常と逆の型になっていた。

次に、*D. fibura* の水平分布および水温と本種の細胞数密度との関係について見てみる。*D. fibura* の細胞数密度は、1981年9月17日には湾南側の岸沿いに高く、中央部から北東方向にかけて低い型で分布しており (Fig. 6), 24.8°C 以下の低水温部で  $10^2$  cells/ml 以上と高い傾向が認められた (Fig. 8)。1981年9月24日には、*D. fibura* の細胞数密度は湾南側前島鼻付近で高く、湾中央

部へ向って拡っていく型で分布しており (Fig. 6), 25.9°C 以上の高水温部で  $10^3$  cells/ml と高い傾向が認められた (Fig. 8)。一方、1983年9月22日には、*D. fibura* の細胞数密度は湾北東側で高い型で分布しており (Fig. 7), 26.3°C 以上の高水温部で  $10^3$  cells/ml 以上と高い傾向にあった (Fig. 8)。以上の結果から、*D. fibura* は、1981年には 25.8°C 以上の高水温部に、1983年には 26.3°C 以上の高水温部に  $10^3$  cells/ml 以上の高密度に分布していたことが明らかとなった。

#### *D. fibura* の増殖期間中の気象と表層水温の変化

*D. fibura* による赤潮は、1977年8月22日～24日の3日間、1981年9月21日～26日の6日間、1983年9月20日～23日の4日間発生した。また、本種は1982年10月5日にも準赤潮状態まで増殖した。そこで、1977年、1981年、1982年、1983年の4ヶ年について、各7月29日から

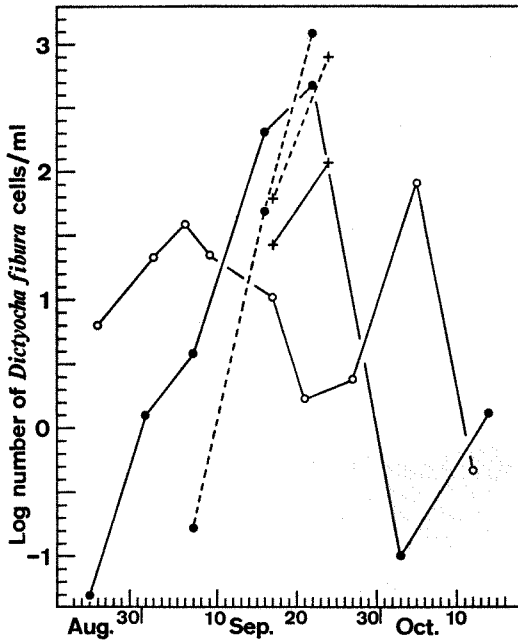


Fig. 3. Changes in cell number of *Dictyocha fibura* in 1981, 1982 and 1983 (cross, 1981; open circle, 1982; solid circle, 1983; broken line, from surface data; solid line, from all depth data).

10月15日までの78日間の日最高気温、全日射量、降水量および表層水温の変化を Fig. 9 に示した。この時期は夏から秋への季節の変わり目に当たっており、各年とも7月29日から10月15日にかけて日最高気温および表層水温は上昇・下降を繰り返しながら、全体として低下していった。この期間の特徴的な現象として、日最高気温の階段状の低下が認められた。すなわち、1977年には8月6日と9月15日の2回、1981年には9月5日と28日の2回、1983年には9月7日と27日の2回、それぞれ前後2日程度の間急激に日最高気温が低下しており、それに伴って表層水温も低下が認められた。1982年の場合は他の3ヶ年と異り、日最高気温は9月2日から9月6日までの4日間かけて比較的緩慢に低下していた。これら4ヶ年における日最高気温のその他の特徴としては、日最高気温が一旦低下したものの、数日後には再び元の状態に戻ったり、一日だけ特異的に日最高気温が低下する現象も認められた。これら一連の気温低下現象は全日射量の減少と関連し、気温低下現象の起った日には降雨を伴う日が多く認められた。*D. fibura* の赤潮発生期間を見ると、日最高気温が大きく低下し、表層水温との差

が殆んど無い時期と一致している傾向が認められた。

## 考 察

*Dictyocha fibura* は、冷水期に出現する例 (MARGALEF, 1951; NIVAL, 1965; TRAVERS and TRAVERS, 1968; IGNATIADIS, 1970) と暖水期に出現する例 (HOVASSE, 1932; 柳沢, 1943; POELCHAU, 1974; NAKAHARA, 1978) とが報告されている。今回観測された *D. fibura* による赤潮時の水温は 26~27°C であり、*D. fibura* は高水温側により高密度に分布していた。したがって、今回観察された *D. fibura* は、後者に属するものと考えられる。また VALKENBERG and NORRIS (1970) は、*D. fibura* の培養実験を行い、本種の最適塩分は24‰であると報告している。しかし、大村湾での赤潮例 (辻田, 1949) では、赤潮発生時の塩分は約32‰であり、今回舞鶴湾で観測された *D. fibura* の赤潮時には31‰前後の塩分であった。したがって、*D. fibura* は現場海水中においては VALKENBERG and NORRIS (1970) の培養結果から得られた最適塩分の24‰よりはむしろ31~32‰の高塩分側で良く増殖するものと考えられる。

舞鶴東湾における栄養塩のレベルを見てみると、磷酸態磷はほぼ周年にわたって検出され (西岡ら, 1977)、1978年9月に発生した *Gymnodinium breve* による赤潮発生時 (4,200 cells/ml) でさえも検出された (西岡ら, 1979)。したがって、舞鶴東湾においては磷が植物プランクトンの増殖の制限要因にはならないものと考えられる。また、窒素についてはアンモニア態窒素の型で多く存在しており (西岡ら, 1977)、今回の観測結果でも、常に湾東南最奥部から湾東側岸沿いに拡散する型で存在していた。したがって、同湾においては、窒素についても植物プランクトンの増殖に充分な量の補給があるものと考えられる。このことは、1982年および1983年の2ヶ年の調査期間中において、特異的に塩分が低下した場合を除き、全て水深 2 m 以浅では 600 mV 以上の高い相対クロロフィル濃度を示していたことから窮える。

*D. fibura* の増殖要因として、NIVAL (1965) は海水の鉛直的な密度差を取り上げ、0 m から 30 m 深までの  $\sigma_t$  の差 0.0~0.50 の範囲が *D. fibura* の増殖に好条件となることを示している。今回の観測結果では、0 m と 8 m の  $\sigma_t$  の差が 1.13~1.40 と小さくなった時に *D. fibura* が増殖して赤潮を形成していた。BRAARUD and HEIMDAL (1970), SAKSHAUG and MYKLESTAD (1973) 等は、一定限度までの海水の攪乱は移動集積能力の高い渦鞭毛藻類等に有利に働くとしている。先に明らかにし

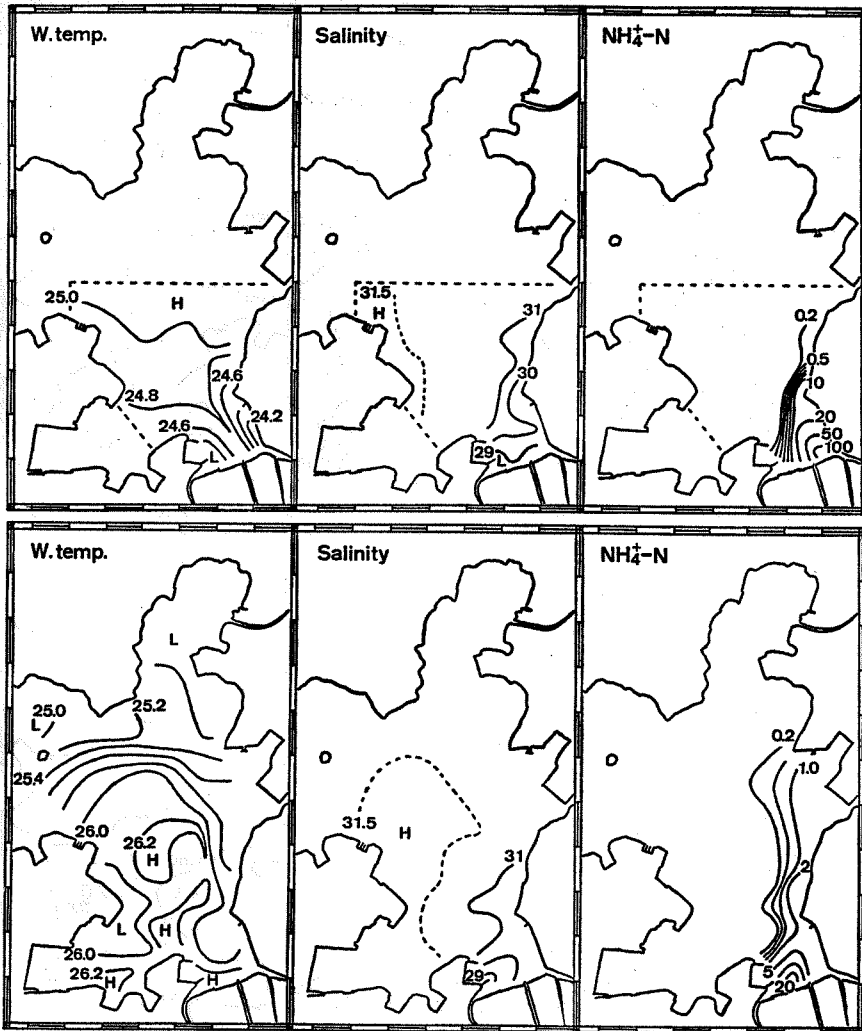


Fig. 4. Distributions of surface temperature, salinity and ammonium-nitrogen in September 17th (upper) and 24th (lower) in 1981 (left, water temp. in °C; middle, salinity in ppt; right, ammonium-N in μg-at/l).

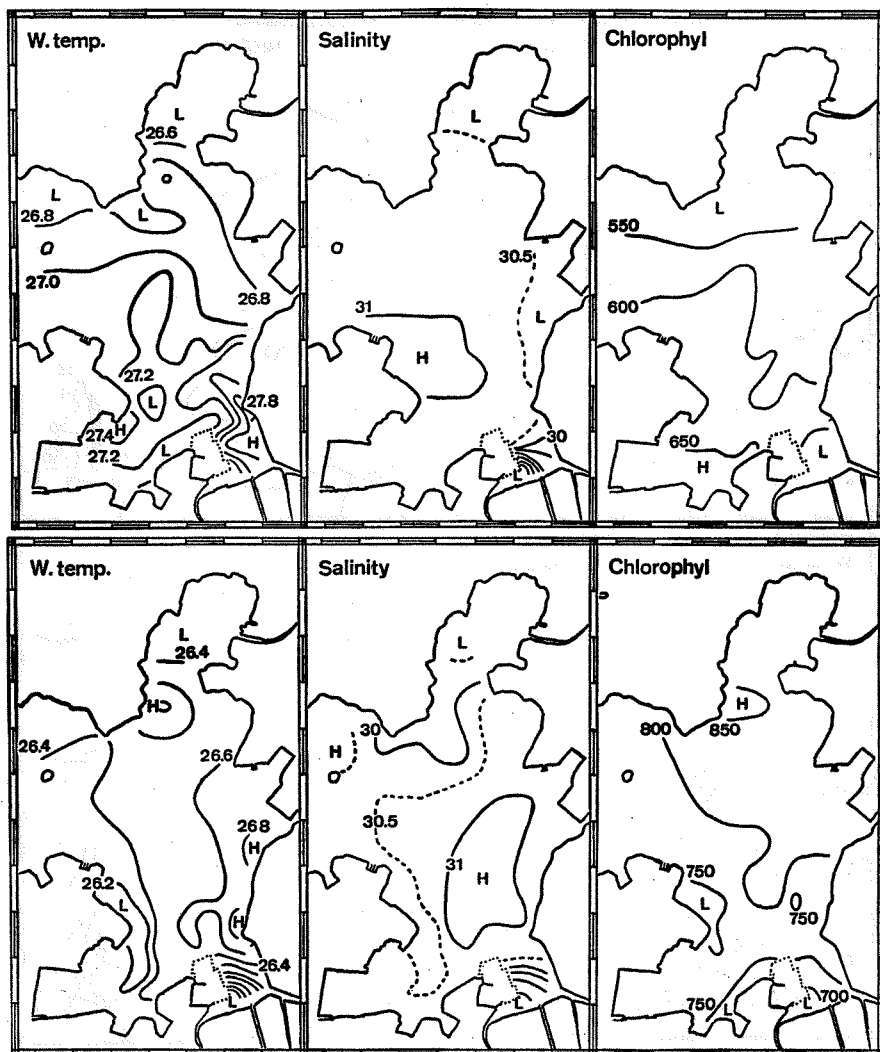


Fig. 5. Distributions of surface water temperature, salinity and relative chlorophyll density in September 16th (upper) and 22th (lower) in 1983 (left, water temp. in °C: middle, salinity in ppt: right, relative chlorophyll in mV).



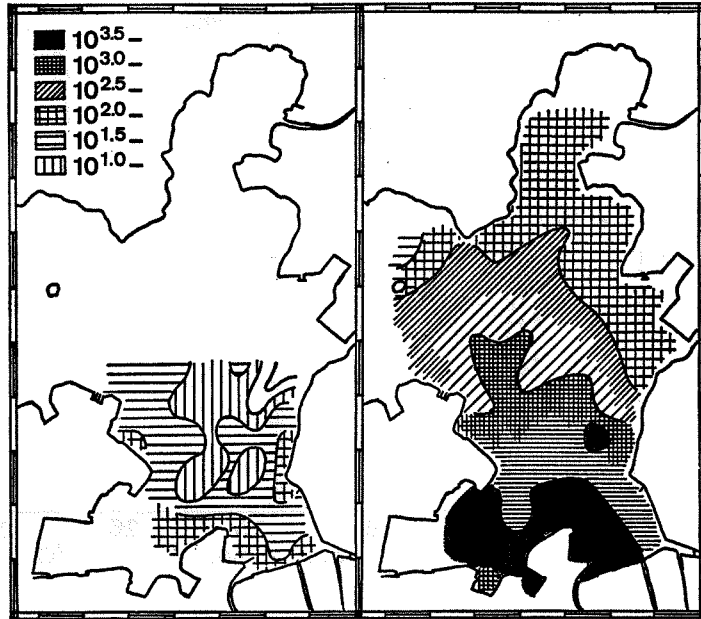


Fig. 6. Distributions of *Dictyocha fibura* in September 17th (left) and 24th (right) in 1981.

たように、*D. fibura* が増殖して赤潮となった時期は、舞鶴地方の1日の最高気温が大きく低下し、舞鶴湾東湾

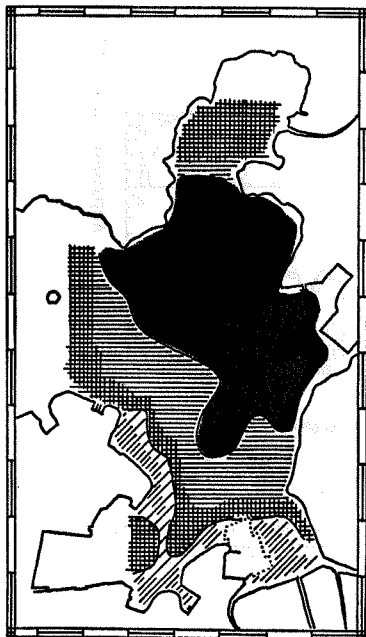


Fig. 7. Distribution of *Dictyocha fibura* in September 22th 1983.

の水温との差が殆んど無い時期と一致している傾向が窺われた (Fig. 2)。そこで、1975年から1985年までの11年間について、舞鶴地方の日最高気温と舞鶴湾東湾の表層水温の差が初めて無くなった日を基準日として、その後の日最高気温と表層水温の差の変化を Fig. 10 に示した。*D. fibura* による赤潮は3例ともこの日最高気温と表層水温との差が初めて無くなった日から13~16日後に発生しており、他種による赤潮もまたこの時期に多く発生していた。日最高気温と表層水温との温度差が初めて無くなった日から14日間の日最高気温、表層水温、日最高気温と表層水温の差および全天日射量の各平均値と標準偏差、さらに、降水量の14日間の合計について Table 1 に示した。*D. fibura* による赤潮が発生した年の表層水温は 24.7~27.6°C、全天日射量は 133~163 MJ/m<sup>2</sup>/day、降水量は 20.5~58.5 mm の範囲であり、3ヶ年とも類似した値を示した。さらに、本種赤潮が発生した年は他の年に比べ、表層水温の標準偏差が小さく、また、日最高気温と表層水温の差およびその標準偏差も小さいという特徴が認められた。一方、先に明らかにしたように、*D. fibura* の増殖期間中は表層と底層の  $\sigma_t$  の差が小さく (Fig. 2)、他の日に比べて鉛直安定度が低くなっている。したがって、日最高気温の急激な低下に伴う表層水温の低下から生じる海水の鉛直混合

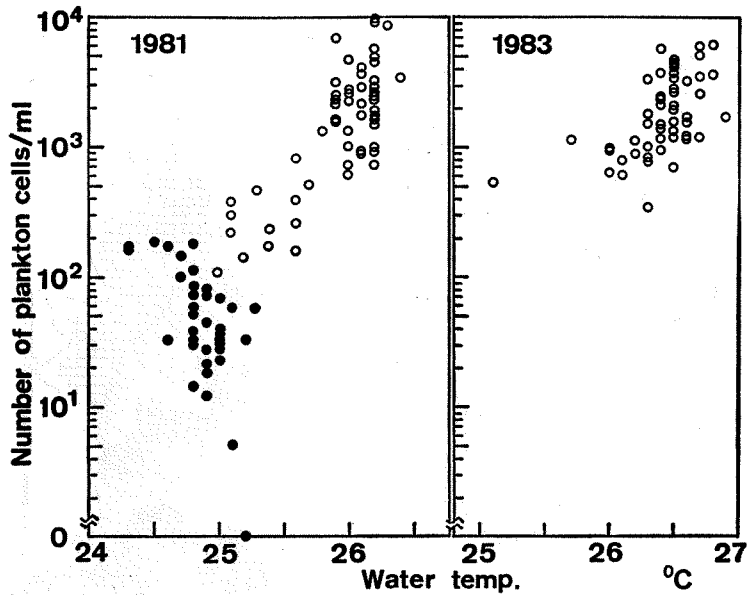


Fig. 8. Relationships between water temperature and cell number of *Dietyocha fibura* in 1981 and 1983 (left, solid circles in Sep. 17th and open circles in Sep. 24th in 1981; right, in Sep. 22th in 1983).

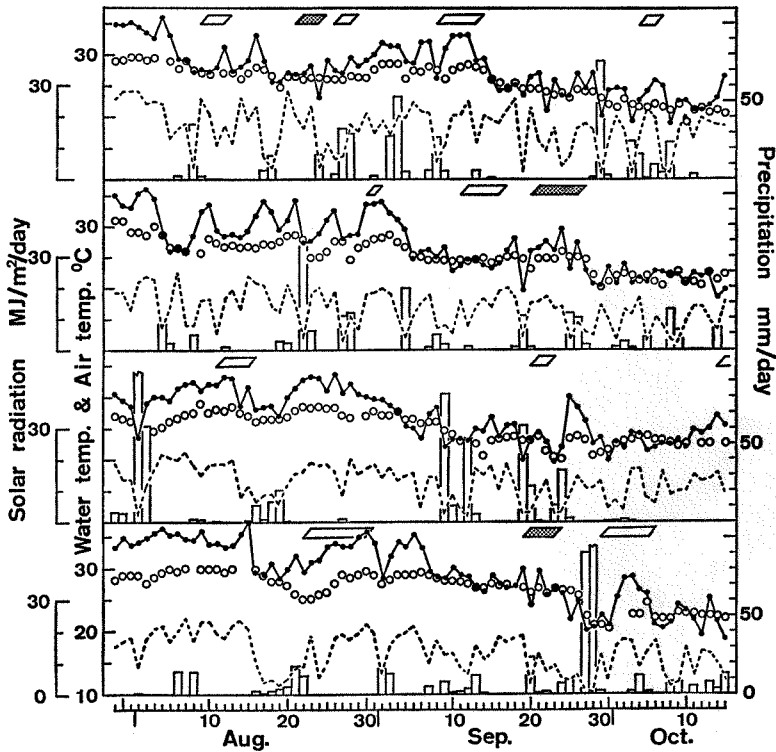


Fig. 9. Changes in maximum air temperature of the day, surface water temperature, solar radiation and precipitation, and red tide occurrences in four years 1977, 1981, 1982 and 1983 (solid circles, air temp.: open circles, water temp.: broken line, radiation: bar, precipitation: rhombuses, red tide occurrences, shadowings due to *Dichyochoa fibura*).

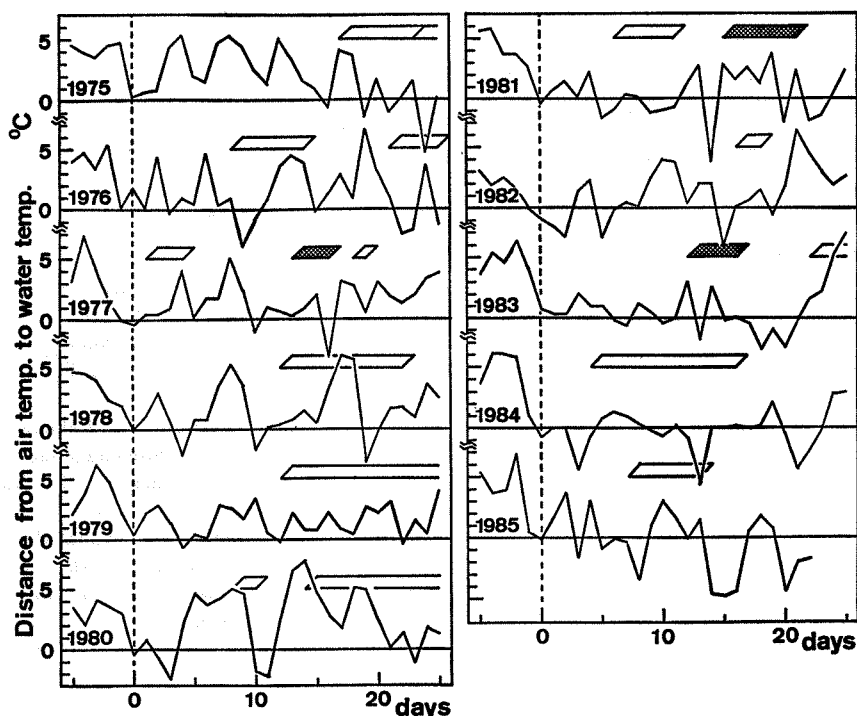


Fig. 10. Changes of distance from maximum air temperature of the day to surface water temperature in 1975 to 1985. Starting is the day when maximum air temperature becomes same or below to surface water temperature. Rhombuses and shadowings are the same shown in Fig. 9.

Table 1. Environmental conditions of the period after 14 days from the day when maximum air temperature becomes same or below to surface water temperature. (Means calculated except for maximum and minimum data as for water temperature, maximum air temperature of the day, distance from air to water temperature, solar radiation.)

Year	Start date	Water temp. °C	Air temp. °C	Distance °C	Radiation MJ/m <sup>2</sup> /day	Precipitation mm/14 days
1977 <sup>1</sup>	08 August	26.9±0.4	27.8±1.4	1.2±1.2	163±73	58.5
1981 <sup>1</sup>	05 September	24.7±0.3	24.8±1.1	0.2±1.0	137±42	20.5
1983 <sup>1</sup>	07 September	27.6±0.5	28.2±1.2	0.5±0.7	133±39	54.5
1982 <sup>2</sup>	04 September	24.3±1.4	24.7±1.4	0.7±1.8	117±55	160.0
1975 <sup>3</sup>	08 September	26.9±0.3	29.9±1.9	3.0±1.7	180±40	47.0
1976 <sup>3</sup>	25 August	25.4±0.6	26.6±1.7	1.4±1.8	170±65	107.5
1978 <sup>3</sup>	01 September	27.1±0.8	28.1±2.2	1.1±1.6	136±52	118.5
1979 <sup>3</sup>	25 August	27.0±0.4	28.5±1.3	1.4±1.1	105±32	57.5
1980 <sup>3</sup>	30 August	24.6±1.3	27.2±3.0	2.8±2.9	95±46	127.5
1984 <sup>3</sup>	05 September	26.1±0.6	25.8±1.2	-0.4±1.1	113±51	38.5
1985 <sup>3</sup>	07 September	27.4±1.3	28.1±1.8	0.6±1.5	112±44	82.0

\*1: Red tide due to *D. fibura* occurred., 2: *D. fibura* abundant., 3: *D. fibura* rare.

が、鉛直安定度の高い時期には中層に分布の中心のある (NAKAHARA, 1978) *D. fibura* を表層で増加させる要因になるものと推察される。以上のことから、*D. fibura* は表層水温の高い鉛直的に安定した夏期には中・底層に低密度で分布するが、気温の急激な低下に伴う海水の鉛直混合を転機として増殖を開始し、その後、気象および海況の大きな変動が無く、適度な鉛直安定度が維持されること、水平的な暖水塊が存在することなどの条件の下に赤潮形成に至るものと推察される。また、上記の物理的条件の他に、*D. fibura* は、その増殖にかかわる生物的要因として、増殖盛期には1.18~1.58日という速い平均世代日数を有しており、このために、13~16日間の短期間に数百倍ないしは数千倍もの細胞数密度の増加に成功することが出来るものと思われる。

以上の考察結果から、*D. fibura* の増殖の契機は、気温の急激な低下から起こる表層水温の冷却に伴う鉛直混合にあると考えられる。これは、MARGALEF (1956, 1967a) が提示した仮説—新たな遷移の出発は海水の上下層の攪乱から起こるとする説を実証した形になっている。ただし、MARGALEF (1967a, 1967b) の仮説は今回論じている対象よりもっと時空間スケールの大きな観点から、小型鞭毛藻類→珪藻類→大型鞭毛藻類へと進む遷移の方向性(極相への過程)について述べたものである。したがって、舞鶴湾のような半閉鎖的な内湾における赤潮発生機構といったような、小規模でかつ短い期間内の優占種の変遷にそのまま、上述の遷移モデルを適用することには無理があるかもしれないが、夏型成層状態時のプランクトン相(今回は *Cerataulia pelagica* や *Phaeopolykrikos* sp. 等)から鉛直混合を転機として生じた新たな生態空間をどの種が占めるのか(今回は *D. fibura* が占めた)という問題には、ある程度適用できるかもしれない。

## 要 約

1. 京都府下の舞鶴湾において、1981年、1982年および1983年の3ヶ年間にわたり、珪質鞭毛藻類 *Dictyocha fibura* の増殖経過を観察した。

2. *D. fibura* による赤潮発生時の水温は26~27°C、塩分は31‰前後であった。また、*D. fibura* は水平分布で見ると、高水温域に高密度で分布していた。

3. *D. fibura* の増殖は、夏季の高温状態が崩れ、日最高気温と表層の海水温との差が無くなり、海水の鉛直混合が起った時を転機として開始された。

4. *D. fibura* は海水の鉛直安定度が低くなっている

期間に増殖しており、その増殖速度は平均世代日数にして1.18~3.34日であった。

5. *D. fibura* の増殖要因として、水温、塩分、栄養塩、鉛直安定度等について文献との比較を行い、若干の考察を加えた。

## 文 献

- BRAARUD, T. and B.R. HEIMDAL. 1970. Brown Water on the Norwegian Coast in Autumn 1966. *Nytt Mag. Bot.*, 17: 91~97.
- HOVASSE, R. 1932. Contribution a l'Etude des Silicoflaelles. *Bull. Biol. Fr. Belg.*, 66: 447~501.
- IGNATIADIS, L. 1970. The Relationship of the Seasonality of Silicoflagellates to Certain Environmental Factors. *Bot. Mar.*, 13: 44~46.
- MARGALEF, R. 1951. Ciclo Anual del Fitoplancton Marino en la Costa NE. de la Peninsula Iberia. *Publ. Inst. Biol. Aply.*, 9: 83~118.
- MARGALEF, R. 1956. Estructura y Dinamica de la <purga de mar> en la Ria de Vigo. *Inv. Pesq.*, 5: 113~134.
- MARGALEF, R. 1967. Some Concepts Relative to the Organization of Plankton. *Oceogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 5: 257~289.
- MARGALEF, R. 1967. The Food Web in the Pelagic Environment. *Helgolender Wiss. Meeresunters.*, 15: 548~559.
- NAKAHARA, H. 1978. Studies on the Phytoplankton in Maizuru Bay. I. *Mem. Coll. Agr. Kyoto Univ.* 112: 49~82.
- NIMURA, Y. 1973. A Direct Estimation of Microgram Amounts of Ammonia in Water without Salt-error. *Bull. Japan Soc. Sci. Fish.*, 39(12): 1315~1324.
- 西岡 純・中西雅幸・杉山元彦・田中俊次. 1977. 舞鶴湾の水質とプランクトンについて. *本報*, 1: 74~93.
- 西岡 純・中西雅幸・杉山元彦・田中俊次・中路 実. 1979. 1978年9月に舞鶴湾で発生した *Gymnodinium* sp. cf. *breve* による赤潮について. *本報*, 3: 83~95.
- NIVAL, P. 1965. Sur le Cycle de *Dictyocha fibura* Ehrenberg dans les Eaux de Surface de la Rade de Villefranche-sur-Mer. *Cah. Biol. Mar.*, 6(1): 67~82.
- POELCHAU, H.S. 1974. Holocene Silicoflagellates of the North Pacific. Ph. D. Thesis of Univ. California, 165pp.
- SAKSHAUG, E. and S. MYKLESTAD. 1973. Studies on the Phytoplankton Ecology of the Trondheimsfjord. *Jour. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 11:

- 137~188.
- TRAVERS, A. and M. TRAVERS. 1968. Les Silicoflagel-  
-les du Golfe de Marseil. Marine Biology,  
1: 285~288.
- 辻田時美. 1949. Silicoflagellata による大村湾の赤潮.  
長崎海洋气象台報告, 2: 18~29.
- 辻田時美. 1955. Plankton の異常繁殖特に赤潮(苦潮)  
の研究. 西水研報, 6: 11~60.
- VALKENBURG, S.D. and R.E NORRIS. 1970. The  
Growth and Morphology of the Silicoflagel-  
late *Dictyocha fibura* Ehrenberg in Culture.  
Jour. Phycol., 6: 48~54.
- 柳沢忠実. 1943. 珪質鞭虫類について. 海と空, 23(1):  
451~469.