

海産樹枝状群体珪藻 *Berkeleya rutilans* の季節的消長と大きさの変化

水 野 真

道都大学教養部生物学教室 (094 北海道紋別市落石町7)

MIZUNO, M. 1984. Phenology and seasonal size change of the marine tube-dwelling diatom *Berkeleya rutilans*. Jap. J. Phycol. 32: 262-268.

Standing crop and cell size (valve length) of *Berkeleya rutilans* (TRENT.) GRUN. were measured monthly from January 1976 to April 1979 at the various sites of Charatsunai shore, Muroran. This diatom abundantly occurred on rocks, shells and algae from middle autumn to early summer and poorly from middle summer to early autumn. Among the environmental factors, high temperature (30°C or more) during tidal exposure might cause a decrease in the standing crop during summer. This diatom usually occurred in the upper littoral zone, but it also appeared in the lower littoral zone from spring to early summer. Strong solar radiation from spring to summer seemed to allow the occurrence in the lower littoral zone.

Seasonal size change was observed. Size restitution took place only at the period between autumn and winter. This restitution seemed to be due to auxospore formation. The mean of cell size gradually decreased from winter to summer and it reached its annual minimum in early autumn.

Key Index Words: *Berkeleya rutilans*; marine tube-dwelling diatom; phenology; seasonal size change; standing crop.

Makoto Mizuno, Biological Laboratory, General Education, Dohto University, Mombetsu, Hokkaido, 094 Japan

Berkeleya rutilans (TRENT.) GRUN. (= *Amphipleura rutilans* (TRENT.) CLEVE) は粘液質を分泌し、大きな樹枝状群体を形成する海産珪藻で、岩・貝殻・海藻等に附着し生育する (HENDEY 1964)。本種は世界中に広く分布し (MCINTIRE and MOORE 1977)、これまで多くの研究者によってその生態が報告されてきた (ALEEM 1949 1950, CASTENHOLZ 1963 1967, HENDEY 1964, DRUM 1969, MAIN and MCINTIRE 1974, COX 1977)。しかし地域によって出現時期や生育帯が異なっていることが知られている。

筆者は以前北海道小樽市忍路海岸の *B. rutilans* の生態について報告した (水野 1977) が、今回室蘭市チャラツナイ浜においてより詳細な生態学的研究を行ない、季節的消長、垂直分布並びに細胞の大きさの季節的变化についていくつかの見解が得られたので報告する。

なお本研究は北海道大学理学部附属海藻研究施設において同大学大学院在籍中に行なわれた。

材 料 と 方 法

室蘭市チャラツナイ浜を調査地とした。室蘭市の潮間帯は潮位基準面上 +172 cm から -8 cm の範囲である (気象庁 1977)。Pool-4 (潮位基準面上 +160 cm)、Pool-3 (+80 cm)、Pool-2 (+60 cm) 及び +40 cm から +50 cm に生育する ウミトラノオ (*Sargassum thunbergii* (MERT.) O. KUNTZE) 集団から2ヶ所の計5ヶ所を *B. rutilans* の採集地点とした。Pool 2-4 は前報の環境観測を行なった地点である (MIZUNO 1984)。Pool-4 は大きさが 2×1.5 m、深さが 0.1 m、底にはピリヒバ (*Corallina pilulifera* POST. et RUPR.)、ウミトラノオ、イガイ等が生育していた。Pool-3 は大きさが 0.6×0.4 m、深さ 0.1 m、裸の岩盤上に出来るプールであった。Pool-2 は大きさが 1.5×1 m、深さが 0.15 m、底は砂がたい積していたがフジマツモ (*Neorhodomela aculeata* (PEREST.) MASUDA) が生育していた。Pool-4 はピリヒバ、ウミトラノオ、イガイ上に、Pool-3 は岩盤上に、Pool-

2 はフジマツモまたは岩盤上に生育する *B. rutilans* を 25×25 cm あるいは 10×10 cm のコードラートを用い採集した。ウミトラノオについては各採集地点から5個体のウミトラノオを採集した。採集後濃硝酸を少量加え熱して群体の粘液質を溶かした。冷却後一定量まで純水を加えた。採集物中には *B. rutilans* 以外の珪藻も含まれているのでまず最初に血球計算盤を用いて全珪藻細胞数を求めた。次に材料の一部を遠沈管にとり、濃硝酸と濃塩酸を加え熱した。酸処理し水洗した材料を Pleurax に封入し、1000 倍の倍率下

で200殻について種類を調べ、*B. rutilans* の出現頻度を求めた。全珪藻細胞数にその出現頻度を乗じて求められた *B. rutilans* の細胞数をコードラートの面積 (cm²) あるいはウミトラノオ5個体の合計主軸長 (cm) で除した値を現存量とした。採集は1976年1月から1979年4月まで毎月1回行った。

B. rutilans の細胞の大きさの季節的变化を調べるため1サンプルあたり100殻の殻長をスクリー式マイクロメーター (オリンパス光学製) で計測した。

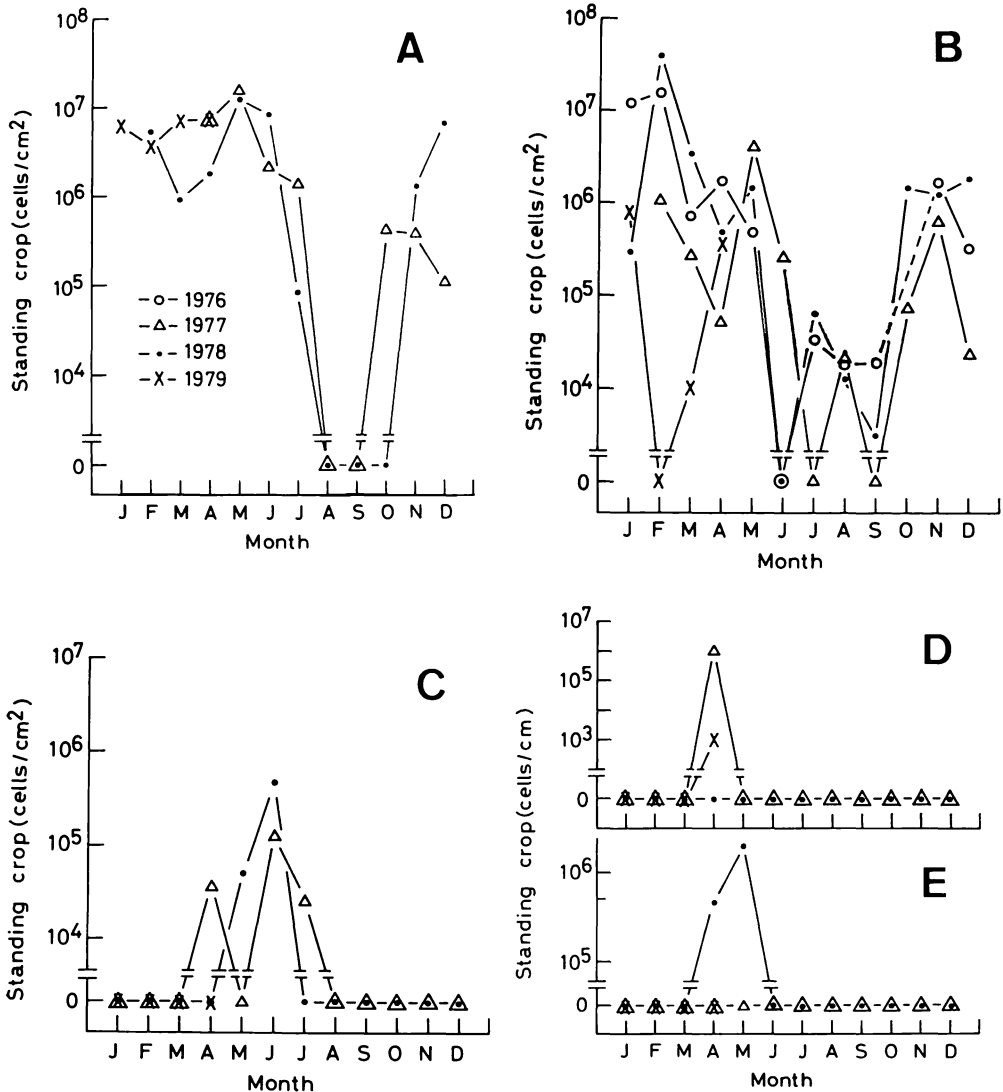


Fig. 1. Standing crop of *Berkeleya rutilans* at various sites of Charatsunai shore from January 1976 to April 1979. A: Pool-4 (+160 cm of the tidal datum line). B: Pool-3 (+80 cm). C: Pool-2 (+60 cm). D: *Sargassum thunbergii*-1 sampling point (+40-50 cm). E: *S. thunbergii*-2 sampling point (+40-50 cm).

結 果

現存量

Fig. 1 にチャラツナイ浜での *B. rutilans* の現存量の月別変化を示した。Pool-4 (+160 cm) (Fig. 1-A) では冬から初夏に高い現存量を示し、7月に減少し8月から9月(-10月)にかけ消失した。そして10月から再び高い現存量を示した。繁茂期の現存量は 10^6 - 10^7 細胞/cm² であった。Pool-3 (+80 cm) (Fig. 1-B) では冬から春まで高い現存量を示し、6月(1977年を除く)から9月は低い現存量を示した。時おりその間に消失することもあった。そして10月から再び高い現存量を示した。繁茂期の現存量は Pool-4 と同程度であった。1976年と1978年の2月は年間最高の現存量を示したが1979年の2月にはまったく消失していた。Pool-2 (+60 cm) (Fig. 1-C) では4月から7月のみ出現した。6月に最高の現存量 (1.3 - 2.0×10^6 細胞/cm²) を示した。この値は Pool 3-4 の年間最高値より小さかった。ウミトラノオ採集地点では毎年ではなかったが4-5月に出現した (Fig. 1-D, E)。その現存量は 1.1 - 2.0×10^6 細胞/cm であった。

細胞の大きさ

Fig. 2-A に Pool-3 での *B. rutilans* の殻長の月別変化を示した。1976年4月の平均値は $23.8 \mu\text{m}$ であったが、バイモーダルな分布を示し、一つのモードは $26.5 \mu\text{m}$ であり他方は $14.5 \mu\text{m}$ であった。5月は平均値が $20.7 \mu\text{m}$ に減少し、その減少は9月まで続いた。9月の平均値は $16.7 \mu\text{m}$ でモードは $17.5 \mu\text{m}$ であった。11月のモードはさらに減少し $14.5 \mu\text{m}$ となったが、大きな細胞が現われたため平均値は $18.7 \mu\text{m}$ と9月より大きくなった。分布は大きな細胞の出現によりバイモーダル分布を示した。12月もバイモーダル分布であったが、大きな細胞が多くなり平均値も $23.1 \mu\text{m}$ と11月より大きくなった。1977年2月の平均値は $24.6 \mu\text{m}$ で小さな細胞は見られなくなった。3月、4月は平均値がそれぞれ $22.1 \mu\text{m}$ $24.2 \mu\text{m}$ でありモードはともに $23.5 \mu\text{m}$ であった。4月は前年の同じ月と比べ、顕著なバイモーダル分布を示さなかったが、平均値はほぼ同じであった。1977年6月から1978年4月までの殻長の変化は1976年4月から1977年4月のそれとほぼ同じパターンを示した。

Fig. 2-B に Pool-4 での殻長の月別変化を示した。Pool-3 と同様に夏から秋にかけて平均値が減少してゆき、冬に大きさが回復した。また両 Pool の同一時期における平均値及び頻度分布はほぼ同じであった。

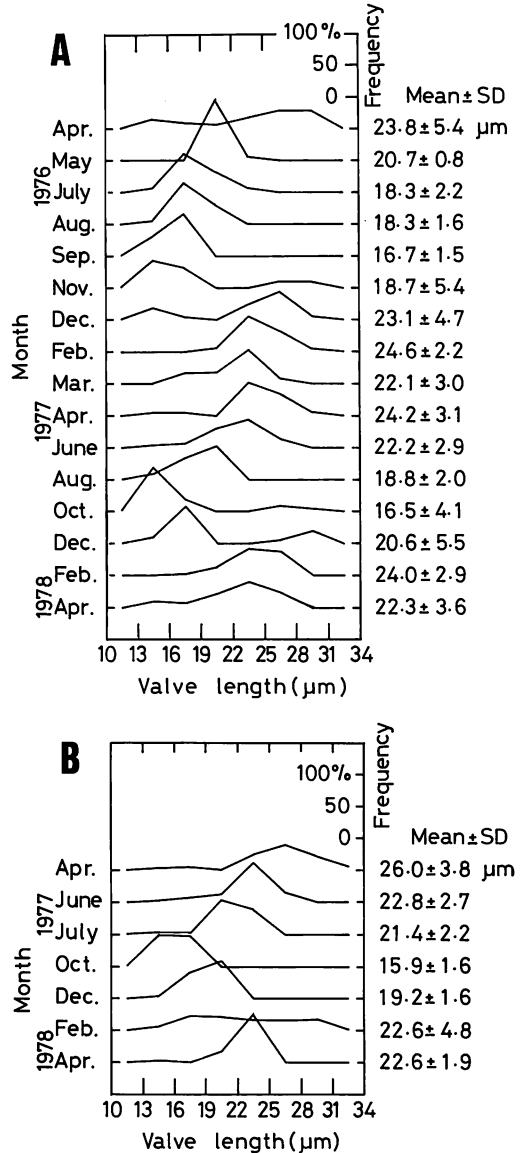


Fig. 2. Seasonal size distribution of *Berkeleya rutilans* collected from two tide pools of Charatsunai shore from April 1976 to April 1978 (number examined=100 valves). A: Pool-3, B: Pool-4.

Pool-2 (1977年4月), ウミトラノオ-1 (1977年4月) 及び-2 (1978年4月) の平均値 (±標準偏差) はそれぞれ $24.5 \pm 2.0 \mu\text{m}$, $24.3 \pm 3.1 \mu\text{m}$ と $18.2 \pm 2.2 \mu\text{m}$ であった。これらの値を同時期の Pool-3 の平均値と比較したところ、ウミトラノオ-2 の平均値が Pool-3 より小さかった。しかしウミトラノオ-2 上には *B. rutilans* は一時的にしか出現せず、また出現しなかった年もあった (Fig. 1-E)。さらに Pool-2 とウ

ミトラノオ-1 は Pool-3 と同様な頻度分布を示し、平均値もほぼ一致していた。また主な生育場所である Pool-3 と Pool-4 での大きさは同様の季節的变化を示していた。これらの事からチャラツナイ浜の *B. rutilans* は夏から秋にかけ小さな細胞が多く、晩秋から初冬にかけ大きな細胞が現われ出し、冬から春に大きな細胞が多くなるという大きさの季節的变化が認められた。

考 察

ALEEM (1949 1950) (イギリス), HENDEY (1964) (イギリス), DRUM (1969) (北米大西洋岸) は *B. rutilans* は冬に繁茂する 冬型珪藻であると報告している。一方, CASTENHOLZ (1963) や MAIN and MCINTIRE (1974) は北米太平洋岸では本種は春から夏に出現すると報告している。また CASTENHOLZ (1967) (ノルウェー) や COX (1977) (イギリス) は本種は夏に量的に少なくなるが一年中出现すると述べている。生育帯に関しては潮間帯最上部から飛沫帯に生育するという報告 (ALEEM 1950) や潮間帯全域に

生育するという報告 (MAIN and MCINTIRE 1974) がある。以上述べたように *B. rutilans* は地域により出現時期や生育帯に大きな違いがみられる種である。本研究のチャラツナイ浜では本種は一年中出现したが、中秋から初夏まで繁茂し、盛夏から初秋の間は量的に少なかった。また高い地点 (Pool-4) では忍路 (水野 1977) 同様盛夏から初秋までまったく消失した。主な生育帯は潮間帯中央より上部であったが季節によって変化した。即ち 3 月まで潮間帯の上部にのみ生育していたが、4 月になると潮間帯中央より下部でも生育するようになり、6-7 月までこの帯でも生育がみられた。

本種の現存量とチャラツナイ浜の環境 (MIZUNO 1984) との考察から、本種は冬期の海水温が氷点下となったり、春の水温が 20°C を越える tide pool でも繁茂しているように広温性を有し、Pool-4 のような大きな pH 値変動 (pH 7.5-10) に対しても繁茂を維持できる広水素イオン濃度性を有する珪藻であることがわかった。本種は低い塩分濃度下でも生育できる (MAIN and MCINTIRE 1974) が高塩分 (S=41‰) 下でも繁茂できることがわかった。

次にチャラツナイ浜での本種の衰退要因について考

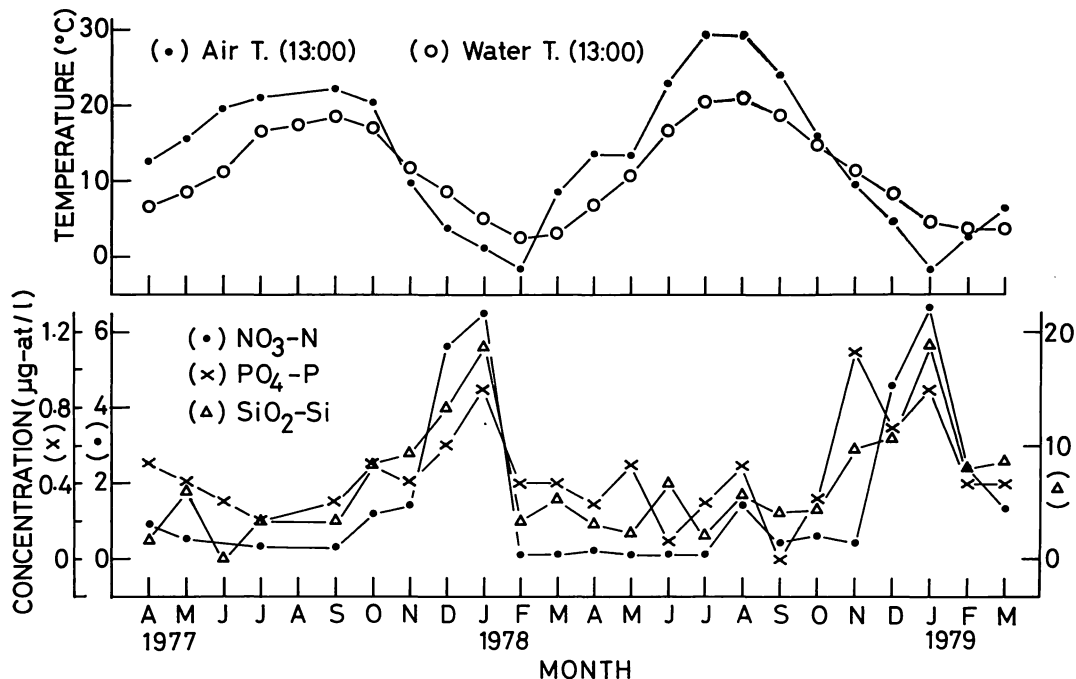


Fig. 3. Physico-chemical conditions of Charatsunai shore from April 1977 to March 1979 (from MIZUNO 1984, air temperature, water temperature and nutrients were measured at the open place near the shore, the Cleft-1 and the Point-B, respectively, number measured per month=6-15 for temperature and=1 for nutrient, water temperature at 10: 00 of August 1977 was given by the Institute of Algological Research, Hokkaido University).

察する。海水中の栄養塩濃度が低い春から初夏 (Fig. 3) にかけても繁茂している事から栄養塩の変動が本種の衰退要因とは考えられない。日射露光の強弱が珪藻の季節の変遷を左右するという報告がある (CASTENHOLZ 1967) が、室蘭では春と夏の1日当りの日射量はほぼ同じであり (UCHIDA 1981), 夏の衰退は日射露光が原因しているとは考えられない。北米太平洋岸では本種は平均水温が 17.3-18.5°C の時にも生育している (MAIN and McINTIRE 1974)。また 16°C の条件下でよく生育するという報告 (TSCHERMAK-WOESS 1973) もある。チャラツナイ浜での本種の衰退期間の平均海水温は 1977年は 16.5-18.5°C であった。これらの事からチャラツナイ浜での夏の衰退は平均水温が原因しているとは考え難い。室蘭では大潮時の低低潮は3月下旬から9月上旬までは昼間に起き、他の時期は夜間に起こる (気象庁 1977)。夏季の昼間干出時には高温の大气にさらされ tide pool 中の海水温は 30°C あるいはそれ以上になる (Table 1)。本種の衰退は干出時にこの高温に長時間さらされることが主原因と考えられる。しかしながら Pool-4 では1978年6月の干出時に水温は 30°C 近くになっていたが、7月にも消失していなかった。また Pool-3 では夏の間も量的には少ないが出現していたことから本種は長時間の高温に対してもかなり強い耐性があると考えられる。Pool-2 と -4 では1977年7月にもかなりの現存量がみられたが、6・7月の平均気温が低く tide pool 中の水温もあまり高くならなかった (MIZUNO 1984)

ためだと考えられる。9月の平均気温は夏と比べ少し低くなり (Fig. 3), Pool 3-4 の水温も夏期より低下した (Table 1)。だが現存量は夏と同様少なかった。この時期は夏の間不利な条件にさらされていた細胞が新たに生育するための準備期間ではないだろうか。

Cox (1977) は繁茂期と考えられる時期に時おり本種が消失することを報告しているが、本研究でも1976年と1978年の6月, 1979年2月に Pool-3 で同様の現象が観察された。Pool-3 はしけの後に砂で埋もれてしまうことがあったがそのことがこの突然の消失の要因かもしれない。

CASTENHOLZ (1967) はノルウェーの西海岸において着生珪藻の増殖率を調べ、本種は春に増殖率が高いことを示した。そしてこの原因は春になると日射量が強くなるためであろうと推察している。また WULFF and McINTIRE (1972) は培養実験により本種は増殖のために強い光を要求することを示した。室蘭では春の日射量は冬の3-4倍強くなる (UCHIDA 1981)。春に生育帯を下方に広げるのは、その強い光によって増殖・細胞活動が活発になり深所まで移動することと、生育に好適な強い光がより深い所まで到達するようになるためであろう。ウミトラノオ上の本種は他の地点ではまだ繁茂期である6月にはすでに消失していたが、この原因の一つとして、大型海藻の生長が活発となり、ウミトラノオをおおうように生長し、光の通過を妨げることが考えられる。

プランクトン及び底生珪藻の細胞の大きさが季節に

Table 1. Seawater temperature (°C) of tide pools during tidal exposure of spring tide at Charatsunai shore from January 1978 to December 1978 (from MIZUNO 1984)

Measurement time	Pool-2	Pool-3	Pool-4
Jan. 23 20: 00	1.7	1.2	-0.5
Feb. 22 20: 00	-0.6	-0.6	-1.4
Mar. 27 13: 00	17.1	17.6	17.6
Apr. 25 13: 00	17.6	18.3	18.3
May 25 13: 00	26.9	25.9	23.9
June 23 13: 00	31.4	—	29.1
July 24 13: 00	31.7	31.9	30.1
Aug. 18 10: 00	29.0	26.7	28.1
Sep. 18 10: 00	20.2	22.1	21.6
Oct. 17 20: 00	12.5	12.2	10.4
Nov. 15 20: 00	10.8	9.4	8.8
Dec. 14 20: 00	9.2	8.8	8.5

より変化することが知られている (SCHÜTT 1886, BACHMANN 1904, 赤塚 1914, 松江 1936, 江草 1949, 右田 1967 1969, BELLINGER 1977)。チャラツナイ浜の *B. rutilans* の細胞の大きさ (殻長) も季節的に変化し, その変化周期が1年であることがわかった。本種の有性化し得る細胞の長さは (8-) 10-21 μm であり, 水温が約 16°C で有性生殖が起き, その結果, 増大胞子が形成される (TSCHERMAK-WOESS 1973)。チャラツナイ浜の大きさの変化をみると秋から冬にかけて平均値が大きくなっている。これは大きな細胞が現われるからである。秋は有性化し得る大きさの細胞が多く, 水温も適していることから大きな細胞は増大胞子由来の細胞であろう。このような大きさの回復は一年を通じて秋から冬にかけての時期にだけ起こる。チャラツナイ浜では本種の増大胞子形成はもっぱらこの時期に起きている可能性が強い。珪藻の大きさの季節的变化を考える場合, 浮遊適応の面からだけでなく, 増大胞子形成条件をも考慮しなければならないという意見がある (江草 1949)。右田 (1967 1969) は野外観察と室内実験により増大胞子形成が特定の条件下でのみ起こることが大きさの季節的变化の一つの原因であることを示した。チャラツナイ浜の本種の場合も同様の原因により大きさの季節的变化が起こっていると考えられる。

BELLINGER (1977) は珪藻の細胞が繁茂前に大きく繁茂中しだいに小さくすると報告している。チャラツナイ浜の *B. rutilans* も繁茂前あるいは初期の中秋から初冬にかけて大きな細胞が現われ出し, 繁茂期に細胞の大きさは減少を続け, 衰退期の夏-初秋に有性化し得る大きさにまでなり, 繁茂前あるいは初期に再び大きくなることがわかった。

本研究をすすめるにあたり御指導を賜った北海道大学理学部附属海藻研究施設長阪井與志雄教授に感謝いたします。

引用文献

- 赤塚孝三 1914. 高島近海に於ける浮藻珪藻. 北海道水産試験場, 水産調査報文第8号.
- ALEEM, A. A. 1949. Distribution and ecology of marine littoral diatoms. *Bot. Notiser* 4: 414-440.
- ALEEM, A. A. 1950. Distribution and ecology of British marine littoral diatoms. *J. Ecol.* 38: 75-106.
- BACHMANN, H. 1904. *Cyclotella bodanica* var. *lemanica* O. MÜLLER im Vierwaldstättersee und ihre Auxosporenbildung. *Jb. Wiss. Bot.* 39: 106-133.
- BELLINGER, E. G. 1977. Seasonal size changes in certain diatoms and their possible significance. *Br. phycol. J.* 12: 233-239.
- CASTENHOLZ, R. W. 1963. An experimental study of the vertical distribution of littoral diatoms. *Limnol. Oceanogr.* 8: 450-462.
- CASTENHOLZ, R. W. 1967. Seasonal ecology of non-planktonic marine diatoms on the Western Coast of Norway. *Sarsia* 29: 237-256.
- COX, E. J. 1977. The tube-dwelling diatom flora at two sites in the Severn Estuary. *Botanica Marina* 20: 111-119.
- DRUM, R. W. 1969. Light and electron microscope observations on the tube-dwelling diatom *Amphipleura rutilans* (TRENTEPOHL) CLEVE. *J. Phycol.* 5: 21-26.
- 江草周三 1949. 浮遊珪藻の大きさの変化と其の生態学的意義に関する若干の考察 I. *Skeletonema costatum* と *Biddulphia sinensis*. *日水誌* 15: 332-336.
- HENDEY, N. I. 1964. An introductory account of the smaller algae of British coastal waters. Part V. Bacillariophyceae (Diatoms). HMSO, London.
- 気象庁 1977. 潮位表 (昭和53年用). 東京.
- MAIN, S. P. and MCINTIRE, C. D. 1974. The distribution of epiphytic diatoms in Yaquina estuary, Oregon (U.S.A.). *Botanica Marina* 17: 88-99.
- 松江吉行 1936. 浮遊珪藻 *Skeletonema costatum* (GREV.) GRUN. の季節に依る形態変化. *海と空* 16: 225-230.
- MCINTIRE, C. D. and MOORE, W. W. 1977. Marine littoral diatoms: Ecological considerations, p. 333-371. In D. WERNER [ed.] *The biology of diatoms*. Blackwell Sci. Pub., London.
- 右田清治 1967. 中心珪藻目2種の有性生殖とその生態. *日プ研連報* 14: 13-22.
- 右田清治 1969. 珪藻 *Skeletonema costatum* と *Melosira moniliformis* の大きさの季節的变化. *長崎大学水産学部研究報告* 27: 9-17.
- 水野 真 1977. 樹枝状群体珪藻 *Berkeleya rutilans* (TRENTEPOHL) GRUN. について. *藻類* 25: 143-149.
- MIZUNO, M. 1984. Environment at the front shore of the Institute of Algological Research of Hokkaido University. *Sci. Pap. Inst. Algol. Res., Fac. Sci., Hokkaido Univ.* 7: 263-292.
- SCHÜTT, F. 1886. Auxosporenbildung von *Rhizosolenia alata*. *Ber. Deutsch. Bot. Ges. Jahrg.* 4: 8-14.
- TSCHERMAK-WOESS, E. 1973. Die geschlechtliche Fortpflanzung von *Amphipleura rutilans* und

- das verschiedene Verhalten der Erstlingszellen von Diatomeen in Gallertschläuchen. Österr. Bot. Z. 122: 21-34.
- UCHIDA, T. 1981. The relationships between *Prorocentrum micans*-growth and its ecological environment. Sci. Pap. Inst. Algal. Res., Fac. Sci., Hokkaido Univ. 7: 17-76.
- WULFF, B.L. and MCINTIRE, C.D. 1972. Laboratory studies of assemblages of attached estuarine diatoms. Limnol. Oceanogr. 17: 200-214.