

海藻の遷移に及ぼす採食の影響 I¹⁾

新井章吾*・新井朱美**

* (株) 海藻研究所 (108 東京都港区港南 5-1-15)

** 東京水産大学植物学教室 (108 東京都港区港南 4-5-7)

ARAI, S. and ARAI, A. 1984. Effects of grazing on algal succession I. Jap. J. Phycol. 32: 43-51.

The effects of grazing by small snails, *Nerita albicilla*, on algal succession were assessed in four artificial tide pools (75 cm(L) × 25 cm(W) × 75 cm(D) each) on a lower intertidal rocky shore at Kominato, Chiba Prefecture, monthly from June 1979 until June 1980. Snails with a density of 0, 50, 150 and 300 individuals were kept in the tide pools respectively after the pools were completely cleaned and covered with stainless-steel screens. The coverage and number of algae were recorded.

In the tide pool without snails, attached diatoms initially colonized abundantly within the first month and *Enteromorpha intestinalis* dominated in the second month; then *Ulva conglobata* dominated in the fourth month, and finally in the sixth month and later such perennials as Sargassaceans, *Padina arborescens* and Corallinaceans were dominant. In the tide pool with 50 snails, the coverage of attached diatoms and *E. intestinalis* was lower than that in the tide pool without snails; however, the coverage of *U. conglobata*, Sargassaceans and *P. arborescens* was almost the same as that in the tide pool without snails. In the tide pool with 150 snails, attached diatoms and *E. intestinalis* were scarcely observed. As most of *U. conglobata*, Sargassaceans and *P. arborescens* were probably eaten while they were sporelings and germlings, the coverage of these algae in this tide pool was lower than half that in the tide pool without snails; Melobesioideans, however, showed the highest cover percentage all the time. Similarly Melobesioideans dominated all the time in the tide pool with 300 snails; but the coverage of Melobesioideans in this tide pool was lower than that in the tide pool with 150 snails probably due to the excessive grazing by the snails.

Key Index Words: algae; grazing; *Nerita albicilla*; succession; tide pool.

Shogo Arai, Marine Algae Research Co., Ltd., Konan 5-1-15, Minato-ku, Tokyo, 108 Japan; Akemi Arai, Laboratory of Phycology, Tokyo University of Fisheries, Konan 4-5-7, Minato-ku, Tokyo, 108 Japan.

潮間帯の海藻群落の遷移に関する研究は、WILSON (1925) を始めとして HATTON (1932), KITCHING (1937), REES (1940), 片田・松井 (1953, 1954), MURRAY and LITTLER (1978) ら多くの研究者によって行われてきた。しかし、これまでの遷移に関する研究の多くは、藻食動物が遷移の過程に及ぼす影響を考慮せず、植物同士の光、栄養、基質、流動等をめぐる種間関係に重点をおいている。

近年 JONES (1946), DAYTON (1975), NICOTRI

(1977), VANCE (1979) らは藻食動物が海藻植生に及ぼす影響を報告しているが、それらの研究は海藻群落から藻食動物を排除したり、逆に付加した場合に二次的に起こる植生変化を追跡したものが多く、一次遷移に及ぼす藻食動物の影響にはほとんど注意が払われていない。

本研究は潮間帯にある人工タイドプールに網をはり藻食動物を人為的にとじこめるとともに他の大型藻食動物の侵入を防ぐことによって、タイドプール内の一次遷移に及ぼす藻食動物の影響を探ったものである。

1) 本論文は新井章吾の東京水産大学大学院修士論文の一部である。

実験場所と実験方法

実験は千葉県安房小湊 (Fig. 1) の東京水産大学小湊実験場地先の岩礁に作られた4つの人工タイドプール* で行われた。

タイドプールは平均水面より少し低い潮間帯下部のほぼ水平な岩盤にあり、各タイドプールの大きさは縦横75 cm、深さ 25 cm で、側面は正しく東西南北に向けられている。各タイドプール間の距離は 50 cm である (Fig. 2)。

タイドプール周辺の岩盤上では、ヒジキ、ウミトラノオ、ボタンアオサなどが混生し、裸面の部分もあった。周囲に点在するタイドプールにはピリヒバ、マオウカノテなどの有節石灰藻が優占し、マメタワラ、ヤツマタモクなどのホンダワラ類も生育していた。この岩盤上での主な藻食動物はウノアソガイ、ヨメガカサガイなどのカサガイ類と、スガイ、アマオブネガイ、クボガイなどの巻貝類であった。タイドプール内に普通に存在し、同じ大きさの個体を多量に入手しやすいことからアマオブネガイ *Nerita albicilla* を実験に用いた。実験期間は1979年6月から1980年6月までであった。

1979年6月に4つの人工タイドプール内の固着性動物植物を平たがねとワイヤーブラシで削り取り、残ったものを全て塩酸で死滅させた。アマオブネガイはでき

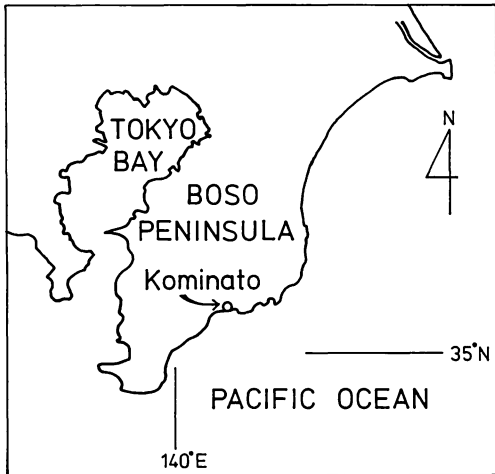


Fig. 1. Map showing the study site at Kominato, Chiba Prefecture.

* 東京水産大学今野敏徳氏がかつて「遷移系列におよぼす出発季節の影響」の研究のため掘られたものである (片田・今野 1977)。

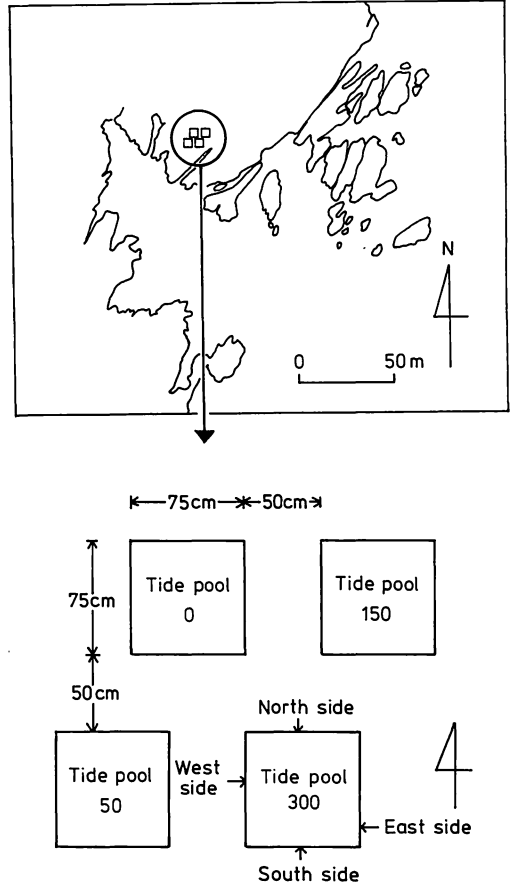


Fig. 2. The plane figure showing arrangement of four tide pools used in the present study.

るだけ大きさを揃え、殻径平均 24 mm (S.D. 1.42 mm) のものを選んだ。それらを3つのタイドプールにそれぞれ50個体、150個体、300個体入れた。アマオブネガイの個体数を一定に保ち、また、他の大型藻食動物の侵入を防ぐために長径 11 mm、短径 9 mm の亀甲網目状のステンレス網を張った枠をかぶせて固定した。網目の大きさはアマオブネガイと他の大型藻食動物が通れず、光条件からみて海藻の生長に支障を与えないと思われるものを選んだ。残る1つのタイドプールには貝を入れないまま同じ網をかぶせた。以後、アマオブネガイの投入個体数に応じて、それぞれのタイドプールをプール 0, 50, 150, 300 と呼ぶ。

タイドプール内で観察された海藻の被度と、数えられるものについてはその個体数を毎月1回調査した。被度の調査は底面においては中央の 50×50 cm、側面については中央の 25×50 cm の部分を対象とし、それぞれの海藻がコードラート内に占める垂直投影面積の

割合で被度を示した。側面はタイドプールの東側にある面を東面と称し、以下同様に西、南、北面と称する。また、網目の大きさより小さい藻食動物がタイドプール内に侵入できるので、それらの個体数も計数した。調査ごとに死亡した数だけアマオブネガイを補充し、網についた動植物を取り除くため2ヶ月に1度網を塩酸で洗った。

結 果

1. 海藻の出現種数

タイドプールには実験期間中に緑藻7種、褐藻18種、紅藻47種が出現した。珪藻類は数種類出現したが、これらはまとめて付着珪藻として取り扱った。

それぞれのタイドプールにおける海藻の種数をFig. 3に示した。海藻の種数は1980年2月頃に最大となり、その後減少した。緑藻の種数は各タイドプール間でほとんど差がなかった。褐藻の種数は実験期間中プール50で最も多く、プール0, 150, 300の順に少なくなっていた。紅藻の種数は、明瞭な傾向は認められないがプール300でやや少なかった。

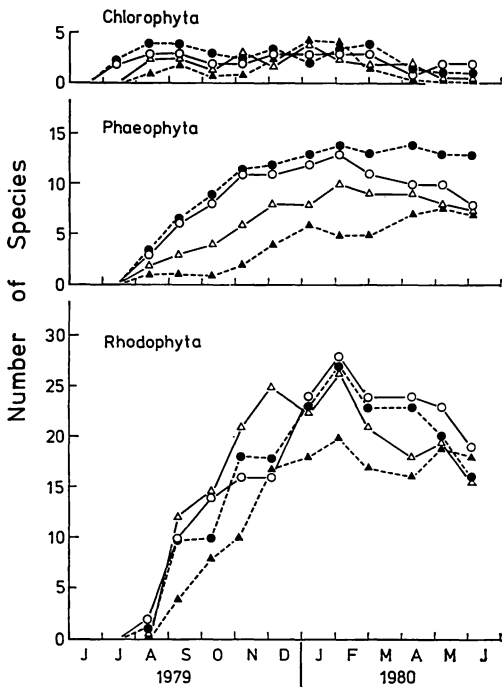


Fig. 3. The number of species of algae recorded monthly in each tide pool from June 1979 until June 1980. ○ Tide pool 0; ● Tide pool 50; △ Tide pool 150; ▲ Tide pool 300.

2. 侵入した藻食動物数

実験期間中にタイドプールに侵入した藻食動物はカサガイ類 Limpets が4種、スガイ、アマオブネガイなどの前鰓亜綱 Prosobranchia (カサガイ類を除く) が10種、アメフランなどの後鰓亜綱 Opisthobranchia が6種、ヒザラガイなどの多板綱 Polyplacophora が2種、ウニ綱 Echinoides が5種であった。これらの藻食動物の個体数の変化をFig. 4に示した。カサガイ類はプール150, 300に多く侵入したが、プール50では少なくプール0には全く侵入しなかった。その他の藻食動物の侵入状況については各タイドプール間で顕著な差異は認められなかった。

3. 海藻の個体数

個体数の計数が容易にでき、いずれかのタイドプールで10個体以上となった海藻についてその個体数をTable 1に示した。1979年6月及び7月は記録すべき海藻が認められなかった。8月には記録されたが個体数は数えていない。算定の対象となる種が出現するのは9月以後であった。

ウミウチワ *Padina arborescens*, ヤツマタモク *Sargassum patens*, ウミトラノオ *Sargassum thunbergii* の個体数は、どの時点でもプール0で最も多く、プール50, 150, 300の順に減少していた。この3種の海藻は近接する天然タイドプールにも普通に生育し

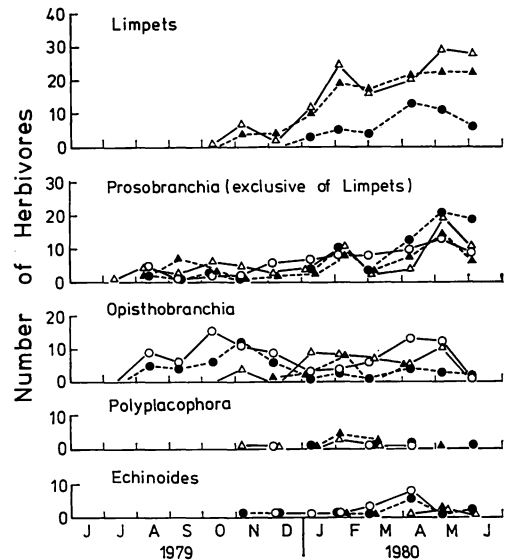


Fig. 4. The number of herbivores invaded each tide pool, recorded monthly from June 1979 until June 1980. Symbols as in Fig. 3.

Table 1. The number of algal individuals observed monthly in each tide pool from June 1979 until June 1980. Tide pool 0, without snails; Tide pool 50, with 50 snails; Tide pool 150, with 150 snails; Tide pool 300, with 300 snails.

	1979					1980					
	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June
<i>Padina arborescens</i>											
Tide pool 0			32	33	52	45	43	41	40	36	35
50			8	16	35	26	28	26	25	21	19
150			1	3	6	7	7	8	8	8	8
300					1	2	2	2	3	2	2
<i>Eisenia bicyclis</i>											
Tide pool 0						2	7	3	1		
50						1	9	10	4	4	1
150						14	16	34	8	13	12
300						9	24	43	35	40	37
<i>Hizikia fusiformis</i>											
Tide pool 0			25	63	67	25	25	12	6	5	5
50			39	55	65	22	20	15	10	9	11
150			2	2	2	2	2	2	2	2	2
300											
<i>Sargassum patens</i>											
Tide pool 0	+	33	59	90	82	76	72	71	71	64	68
50	+	32	25	33	35	33	34	34	33	32	34
150	+	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3
300											
<i>Sargassum thunbergii</i>											
Tide pool 0	+	142	288	940	292	146	138	201	120	146	120
50	+	129	100	243	276	84	102	96	105	99	59
150	+	7	7	22	29	20	23	36	31	45	32
300	+	2	1	1	3	2	6	3	11	18	14
<i>Sargassum muticum</i>											
Tide pool 0				3	2	2	1	1	1	1	1
50		2	2	8	3	3	3	3	3	3	3
150											
300									5	16	36
<i>Gelidium amansii</i>											
Tide pool 0			1		1	6	6	4	6	5	5
50		1	2	4	4	3	2	5	6	5	4
150		12	35	44	56	61	59	63	65	98	60
300		2	10	17	25	27	28	28	41	40	36
<i>Pachymeniopsis elliptica</i>											
Tide pool 0						1	1	1	3	2	2
50											
150		1	8	14	14	14	13	10	13	13	13
300			2	2	2	4	7	8	7	6	7
<i>Grateloupia sparsa</i>											
Tide pool 0										1	2
50										1	
150		1	7	5	5	9	10	9	8	10	12
300							6	5	11	17	17
<i>Grateloupia imbricata</i>											
Tide pool 0		15	2	2	1	4	6	2	2	5	5
50						1	1			2	
150		1	4	17	15	12	13	15	13	13	14
300						2	4	7	8	7	9

+, Species recorded but not counted.

ていた。

これとは逆に、アラメ *Eisenia bicyclis* の個体数は出現初期を除きプール 300 から 0 にかけて順に少なくなっていた。多年生紅藻のマクサ *Gelidium amansii*, タンパノリ *Pachymeniopsis elliptica*, ヒチリメン *Grateloupia sparsa*, サクラノリ *Grateloupia imbricata* はプール 150 で最も多く、次いでプール 300 が多く、プール 0 及び 50 での出現は少なかった。

タマハキモク *Sargassum muticum* (吉田 1978) は 1979 年中にはプール 0 と 50 にのみ出現したが、1980 年 4 月からプール 300 でかなり多くの幼体が観察された。

4. 海藻の被度

タイドプール底面における海藻被度の変化を Fig. 5 に、側面におけるそれを Fig. 6 に示した。ここでは、各面で 20% 以上を占めたことがあり、遷移相の主な構成種であると考えられる種類の被度百分率 (cover percentage) を示した。ただし、ヒジキ、マメタワラ、ヤツマタモクなど 9 種のホンダワラ科植物 Sargassaceans については全種の被度の合計値を用いた。ホンダワラ科植物の被度が 100% を超える場合があるのはこのためである。同様にサンゴモ亜科植物 Corallinoideans はピリヒバ、マオウカニノテなど 6 種の被度の合計である。

底面：プール 0 において 1 ヶ月以内に付着珪藻 attached diatoms が全面を被ったが、次の月には付着珪藻が減少し、ボウアオノリ *Enteromorpha intestinalis* が 96% の被度となった。8 月に出現したホンダワラ科植物は急速に生長して 10 月には優占種となった。ホンダワラ科植物のうち最も被度の高かったのはヤツマタモクで、1980 年 12 月には被度 85% となり、この月のホンダワラ科植物の被度合計の 70% 以上を占めていた。ウミウチワは最初ホンダワラ科植物の下草群落であったが、ホンダワラ科植物が流失した 1980 年 5 月に優占種となった。

プール 50 における付着珪藻の被度は 85% で、プール 0 に比べてやや低く、次の月にはシオグサ属の一種 *Cladophora* sp. が優占し、ボウアオノリの被度は最高 30% であった。遷移系列は、シオグサ属の一種を除けばプール 0 と 50 はよく似ていて、付着珪藻からボウアオノリ、ホンダワラ科植物・ウミウチワへと移行した。ホンダワラ科植物の被度がプール 0 より高いのは、プール 0 ではヤツマタモク以外のホンダワラ科植物の

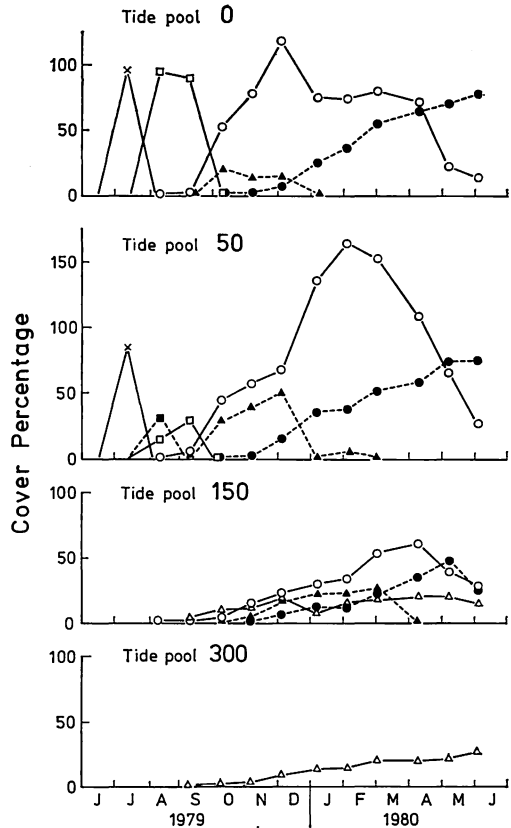


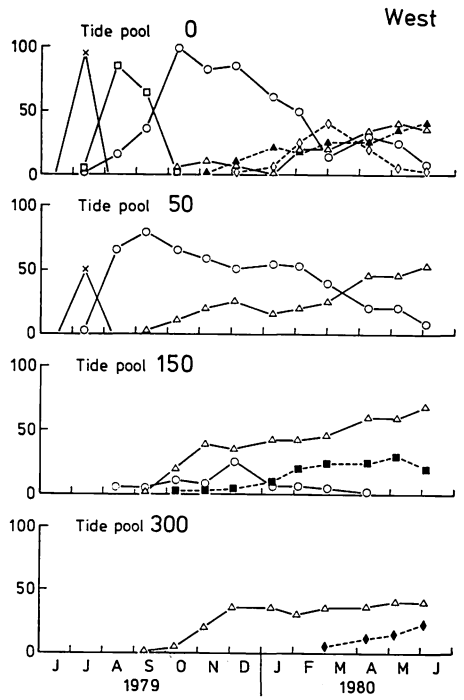
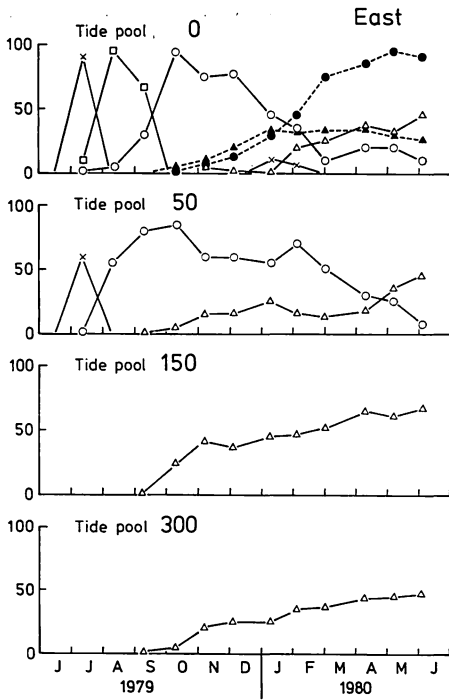
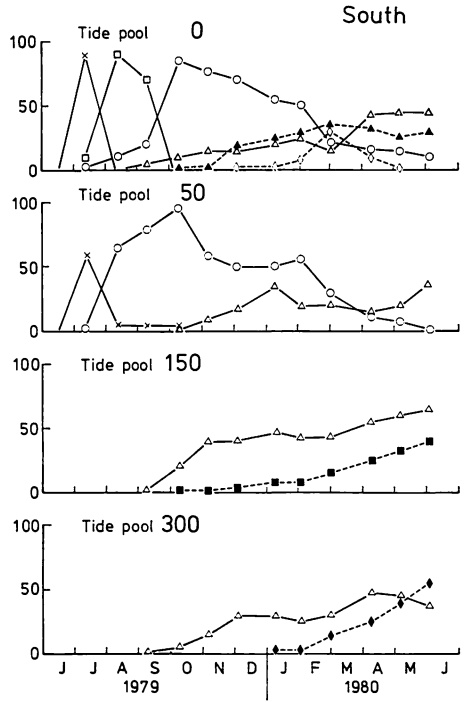
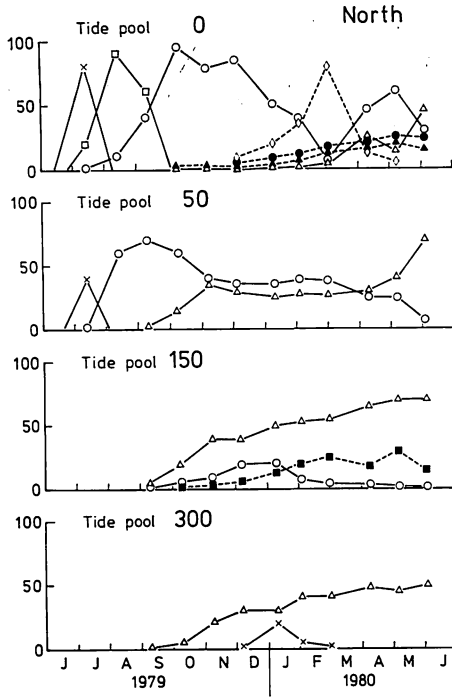
Fig. 5. Cover percentage of abundant algae on the bottom of each tide pool. × attached diatoms; □ *Enteromorpha intestinalis*; ■ *Cladophora* sp.; ● *Padina arborescens*; ○ Sargassaceans; △ Melobesioideans; ▲ *Centroceros clavulatum*.

被度が低かったのに比べ、プール 50 ではヤツマタモクのほかにもタマハキモクの被度が高かったためである。

また、プール 0, 50 とともにサビ亜科植物 Melobesioideans の被度は 20% を越えなかった。

プール 0, 50 に比べて、プール 150, 300 では付着珪藻、ボウアオノリなどの短命海藻からなる遷移初期の海藻が欠落していた。ホンダワラ科植物やウミウチワの被度はプール 150 においてプール 0 および 50 の半分以下で、プール 300 においては 5% 未満であった。しかし、プール 0, 50 で少なかったサビ亜科植物の被度は 20% 以上であった。

側面：プール 0 の側面では、東西南北いずれの面においても削除後 1 ヶ月以内に付着珪藻が、2 ヶ月目にはボウアオノリが優占した。底面に多く着生したホン



ダワラ科植物は側面ではほとんど見られず、ポウアオノリの次にはボタンアオサ *Ulva conglobata* が出現した。その後の遷移は側面の向きによって異なっていた。東面ではウミウチワが50%以上の被度となり、実験終了時まで優占していたが、その他の面では少なかった。サンゴモ亜科植物は周囲の天然タイドプールでの優占種だが、20%以上の被度となったのはこのプールだけであった。

プール50においては、いずれの面でも付着珪藻の被度が60%を越えなかった。ポウアオノリの被度は1%以下で、削除後2ヶ月目からボタンアオサが優占した。

プール150, 300では底面と同様に、付着珪藻、ポウアオノリ、ボタンアオサなどの遷移初期の海藻が非常に少なく、サビ亜科植物の被度が1979年秋から急に高くなり、ほとんどの調査時において最も高い被度となった。

サビ亜科植物の被度はプール150で最も高く、次いでプール300, 50, 0の順に低くなっていた。

プール150ではマクサ、ヒヂリメン、タンバノリなど多年生紅藻の被度が高く、プール150西面、およびプール300西面と南面でアラメの被度が高かった。

考 察

浅海岩礁域で行われた遷移に関する研究の多くは、一次遷移が珪藻類、アオノリ類のような迅速に生長して短命に終わる海藻類から、よりゆっくりと生長する一年生海藻へと進み、最後には多年生海藻になることを示している (NORTHGRAFT 1948, FAHEY and DOTY 1949, 片田 1963, DAYTON 1971, 1975, FOSTER 1975, EMERSON and ZEDLER 1978)。本研究では、プール0における遷移は付着珪藻に始まり、ポウアオノリからボタンアオサへ、さらにホンダワラ科植物・ウミウチワ・サンゴモ亜科植物といった多年生海藻へと進み、既往の遷移の研究結果と似ていた。プール0に比べ、プール50では付着珪藻・ポウアオノリといった遷移初期の短命海藻の被度が低かった。しかし、ボタンアオサ、ホンダワラ科植物、ウミウチワなどの被度は高く、遷移系列はプール0と大差なかった。

すべてのタイドプールは網によってアマオブネガイ程度以上の大きさの藻食動物の侵入が防がれているが、Fig. 4に示したように多くのカサガイ類やアメフラン

類などの藻食動物が侵入した。これら小型藻食動物の侵入数はカサガイ類を除けば、各プール間で顕著な差異がみられず、自然の密度に近いと思われる。カサガイ類の個体数はアマオブネガイの採食圧の高いプールに多く、各プールの採食圧の順序を逆転させることはなかった。また、本実験開始の1年前にも1度当タイドプール内の生物を除去してあり、その後1年間の観察中にこの岩盤上では比較的大型のアマオブネガイ・スガイなどの藻食動物が、1つのタイドプールに10個体以上いることは極めてまれであった。これらのことから、この岩盤における自然状態での採食圧はプール0と50の間にあると思われる。

DAYTON (1975), SOUSA (1979) は潮間帯下部で遷移の研究を行い、自然密度ではカサガイ類のような小型軟体動物が遷移の進行に長期にわたる影響をもつことはほとんどなかったと報告している。これらの藻食動物は主に孢子・発芽体や小型でやわらかい海藻を採食し、遷移初期の種を除去するのに重要な役割を果たしているが、大型の海藻は生長によって藻食動物の採食活動からのがれてしまう (JONES 1946, DAYTON 1975, LUBCHENCHO 1978, SOUSA 1979)。

プール50の採食圧は自然状態よりやや高いものと思われるが、この密度ではボタンアオサ、ホンダワラ科植物、ウミウチワなど比較的大型の海藻は、その孢子、発芽体がアマオブネガイに食べつくされる前に、採食されない大きさにまで生長することができる。プール50におけるホンダワラ科植物、ウミウチワの個体数はプール0の約半分であったが、プールを被うには十分な量であった。1つのタイドプールの面積 1.3 m² にアマオブネガイ50個の採食圧は、遷移初期の海藻を除けばほとんど影響ないものと考えられる。

しかし、プール150, 300では付着珪藻、ポウアオノリなどの遷移初期の海藻やボタンアオサの被度が非常に低かった。ホンダワラ科植物、ウミウチワの被度はプール150の底面において60%以下であり、プール300の底面及び両プールの側面では15%を越えることはなかった。代わりにサビ亜科植物が最も高い被度となり、いわゆる磯焼け状態を示していた。ここではアマオブネガイがあまりに高密度となっているため、多くの海藻は孢子・発芽体のうちに採食されてしまうと考えられる。

Fig. 6. Cover percentage of abundant algae on the north, south, east and west sides of each tide pool. × attached diatoms; □ *Enteromorpha intestinalis*; ○ *Ulva conglobata*; ● *Padina arborescens*; ◇ *Hydroclathrus clathratus*; ◆ *Eisenia bicyclis*; ■ *Gelidium amansii*; △ Melobesioideans; ▲ Corallinoideans.

FORSTER (1959), VANCE (1979) は本実験のアマオブネガイの場合と同様、ウニの採食区では非採食区に比べて直立海藻が少なく、サビ亜科植物が多くなることを報告している。しかし、そのサビ亜科植物もプール150より300において少なく、採食圧が高くなりすぎるとサビ亜科植物さえも制限されることが示された。ただし、プール150, 300においてマクサ、サクラノリなどの多年生紅藻やアラメがプール0, 50より多く出現しているが、その理由は明らかでない。

通常、小湊実験場地先の潮間帯中部から下部に至る岩盤上ではアマオブネガイのような小型軟体動物が海藻植生を制御しているように見受けられず、プール150及び300のような状態になることはない。ニュージーランドの潮間帯下部において実験を行った LUBCHENCO and MENGE (1978) は、本実験と同様にカサガイ類とウニが潜在的にトチャカ *Chondrus crispus* を抑制しうるが、通常大きな影響を与えるほど多くは存在していないことを報告している。しかし、潮間帯中部から上部にかけてはカサガイ類やタマキビガイが (JONES 1946, CASTENHOLZ 1961, SOUTHWARD 1964), 漸深帯においてはウニが (LEIGHTON *et al.* 1965, VANCE 1979), 海藻植生に大きな影響を与えることが報告されている。

以上述べたように、潮間帯中部以深の通常の採食圧のもとでは、一次遷移は短命海藻から多年生海藻へと徐々に進行し、採食圧が少し高くなっても遷移初期の短命海藻が減少するだけで遷移系列は変わらない。直立する短命海藻・多年生海藻ともに少なく、サビ亜科植物が優占し、遷移系列が全く異なるのは採食圧がかなり高くなった場合である。また、さらに採食圧が高まるとサビ亜科植物の入植も制限されて裸面の部分が多くなることがわかった。

本研究を行うにあたり、タイドプールの使用を許可されたうえ有益な御助言をいただいた東京水産大学今野敏徳氏に厚く御礼申し上げる。御指導と御校閲を賜った東京水産大学名誉教授片田実博士、本論文を作成するにあたり有益な御助言をいただいた東京水産大学助教授有賀祐勝博士に深謝申し上げます。また、調査に際し多大の便宜を与えて下さった東京水産大学小湊実験場の職員の方々に謝意を表す。

引用文献

CASTENHOLZ, R. W. 1961. The effect of grazing

on marine littoral diatom populations. *Ecol.* 42: 783-794.

DAYTON, P. K. 1971. Competition, disturbance, and community organization: The provision and subsequent utilization of space in a rocky intertidal community. *Ecol. Monogr.* 41: 351-389.

DAYTON, P. K. 1975. Experimental evaluation of ecological dominance in a rocky intertidal algal community. *Ecol. Monogr.* 45: 137-159.

EMERSON, S. E. and ZEDLER, J. B. 1978. Recolonization of intertidal algae: An experimental study. *Mar. Biol.* 44: 315-324.

FAHEY, E. M. and DOTY, M. S. 1949. Pioneer colonization on intertidal transects. *Biol. Bull.* 97: 238-239.

FORSTER, G. R. 1959. The ecology of *Echinus esculentus* L. Quantitative distribution and rate of feeding. *J. mar. biol. Ass. U.K.* 38: 361-367.

FOSTER, M. S. 1975. Algal succession in a *Macrocystis pyrifera* forest. *Mar. Biol.* 32: 313-329.

HATTON, H. 1932. Quelques observations sur le repeuplement en *Fucus vesiculosus* des surfaces rocheuses dénudées. *Bull. Lab. marit. Mus. Hist. nat. St-Servan* 9: 1-6.

JONES, N. S. 1946. Browsing of *Patella*. *Nature* 158: 557-558.

片田 実 1963. 海藻の生活形と遷移. *日水誌* 29: 798-808.

片田 実・松井敏夫 1953. 潮間帯植被の垂直分布と遷移に関する研究 I. *植物生態学会報* 3: 17-23.

片田 実・松井敏夫 1954. 潮間帯植被の垂直分布と遷移に関する研究 II. 有節石灰藻群落削除後の遷移-I. *植物生態学会報* 3: 153-157.

片田 実・今野敏徳 1977. 浅海岩礁植生の遷移 p. 100-118. 沼田 真編. 群落の遷移とその機構. 朝倉書店.

KITCHING, J. A. 1937. Studies in sublittoral ecology. II. Recolonization at the upper margin of the sublittoral region; with a note on the denudation of *Laminaria* forest by storms. *J. Ecol.* 25: 482-495.

LEIGHTON, D. L., JONES, L. G. and NORTH, W. J. 1965. Ecological relationships between giant kelp and sea urchins in Southern California. p. 141-153. *In* E. G. YOUNG and McLACHLAN, L. L. (ed.), *Proc. 5th Int. Seaweed Symp.*, Halifax.

LUBCHENCO, J. 1978. Plant species diversity in a marine intertidal community: Importance of herbivore food preference and algal competitive abilities. *Amer. Nat.* 112: 23-39.

LUBCHENCO, J. and MENGE, B. A. 1978. Community development and persistence in a low rocky

- intertidal zone. Ecol. Monogr. 48: 67-94.
- MURRAY, S. N. and LITTLER, M. M. 1978. Patterns of algal succession in a perturbed marine intertidal community. J. Phycol. 14: 506-512.
- NICOTRI, M. E. 1977. Grazing effects of four marine intertidal herbivores on the microflora. Ecol. 58: 1020-1032.
- NORTHCRAFT, R. D. 1948. Marine algal colonization on the Monterey Peninsula, California. Am. J. Bot. 35: 396-404.
- REES, T. K. 1940. Algal colonization at Mumbles Head. J. Ecol. 28: 403-437.
- SOUSA, W. P. 1979. Experimental investigations of disturbance and ecological succession in a rocky intertidal algal community. Ecol. Monogr. 49: 227-254.
- SOUTHWARD, A. J. 1964. Limpet grazing and the control of vegetation on rocky shores. p. 265-273. In CRISP, D. J. (ed.), Grazing in Terrestrial and Marine Environments. Blackwell Sci. Pub., Oxford, England.
- VANCE, R. R. 1979. Effects of grazing by the sea urchin, *Centrostephanus coronatus*, on prey community composition. Ecol. 60: 537-546.
- WILSON, O. T. 1925. Some experimental observations of marine algal successions. Ecol. 6: 303-311.
- 吉田忠生 1978. *Sargassum kjellmanianum* と *S. miyabei* (褐藻, ホンダワラ科) の選定基準標本. 藻類 26: 121-124.

賛助会員

- 北海道栽培漁業振興公社 060 札幌市中央区北4西6 毎日札幌会館内
- 阿寒観光汽船株式会社 085-04 北海道阿寒郡阿寒町字阿寒湖畔
- 海藻資源開発株式会社 160 東京都新宿区新宿1-29-8 財団法人公衆衛生ビル内
- 全国海苔貝類漁業協同組合連合会 108 東京都港区高輪2-16-5
- K. K. 白壽保健科学研究所・原 昭 邦 173 東京都板橋区大山東町32-17
- 有限会社 浜野顕微鏡 113 東京都文京区本郷5-25-18
- 株式会社ヤクルト本社研究所 189 東京都国立市谷保1769
- 山本海苔研究所 143 東京都大田区大森東5-2-12
- 秋山 茂商店 150 東京都渋谷区神宮前1-21-9
- 弘学出版株式会社 森田悦郎 214 川崎市多摩区生田8580-61
- 永田克己 410-21 静岡県田方郡菰山町四日町227-1
- 神協産業株式会社 742-15 山口県熊毛郡田布施町波野962-1
- 有限会社 シロク商会 260 千葉県春日1-12-9-103
-