

アワビの成長に及ぼす多孔性付着用ブロック(プレート)の影響

堀口吉重・上野隆二
三重大学水産学部

Effects of Porous Blocks (Plates) for Settlement on the Growth of Young Abalone

Yoshishige HORIGUCHI and Ryuji UENO

Faculty of Fisheries, Mie University

Stimulatory and inhibitory effects of test-blocks (plates) for settlement on the growth of abalone, *Haliotis (Nordotis) discus* REEVE were investigated. Young abalone, weighing 0.2 to 6.9 g were arranged in groups of 7 to 17 shellfishes, and each group was placed in the bottom of a blue cage made of polyethylene resin together with one of 19 test-blocks (plates), which was made of slag, concrete, sandstone, basalt, ceramics, brick, tile or polymethyl methacrylate etc. The cage was kept in each aquarium with circulating sea water at a temperature between 19° to 21°C. A certain amount of dried wakame, *Undaria pinnatifida* was administered in slight excess once a day. The weight gain of each group was measured at two week intervals, and the settlement rate and mortality were observed every day for periods of 10 to 22 weeks.

The results showed that certain porous test-blocks (plates) with higher water absorption capacity; blast furnace slag, concrete, basalt, ceramics L etc; expedite the growth of young abalone when compared to several compact ones with lower water absorption capacity: converter slag, sandstone, ceramics S etc.

Key words: Growth of abalone, porous blocks

アワビの成長は水温、餌料海藻の種類により著しく影響される(例えば酒井1962、菊地等1967)。他方、アワビが多く集まる場所として適度の水深と潮流のある岩礁地帯、転石地帯より岩盤地帯(齊藤等1965)、火山岩より水成岩(猪野1966)、平坦地より複雑な海底地形(井上1973)等が報告されており、更に青、白色よりえんじ、灰色の付着板に好んで集まる傾向が見出された(堀口等1984)。アワビが多く集まる場所はその成長にも適すると考えられるが、付着生活の基盤となる岩盤が成長に影響するか否かについては自然環境における前記の知見を除いて殆んど明らかにされていない。

著者等は成長に及ぼす岩盤の物理・化学的性質の影響を明らかにするために、材質の異なる19種類の試験用ブロック(プレート)を用いてクロアワビ稚貝を10~22週間水槽飼育し、付着材の

色彩、粗密、吸水率、浸出液のpHと貝の増重率、付着率、斃死率との関係を調べた。実験条件下において、アワビの成長は付着材の性質により明らかに相違し、特に吸水性の殆んどない平滑な材質にくらべ、或程度の吸水性を有する多孔性材質により促進される現象を見出したのでここに報告する。

実験方法

供試貝 三重県栽培漁業センターから提供されたクロアワビ *Haliotis (Nordotis) discus* REEVE の稚貝を0.2-0.3 g, 0.5-0.6 g, 1.0-1.1 g, 2.1-2.9 g, 3.3-4.1 g, 5.5-6.7 g の重量別に分け、乾燥ワカメ餌料で約10日間水槽飼育したのち実験に供した。

付着用試験ブロック (プレート) 材質の粗密や色彩の異なる3種類の製鉄スラグ、2種類のコンクリート、2種類の水成岩と1種類の火成岩を用い、縦、横、高さ6-8 cmのブロックを、また6種類のセラミックス板 (縦6 cm, 横12 cm, 厚さ0.4 cm)、1種類宛の煉瓦とタイル板 (6, 16, 1.4 cm)、3種類のポリメチルメタアクリル樹脂板 (6, 12, 0.2 cm) を用い切妻形付着板をそれぞれ製作した。試験用ブロック (プレート) は海水中に2日間、樹脂板はアセトン中に約15分間浸漬して可溶成分を除去し、さらに水洗してから使用した。穴明きポリメチルメタアクリル樹脂板は直径0.2 mmの穴を9個/cm²の割合で明けた。

吸水率の測定 水道水で水洗した各ブロック (プレート) は3日間蒸留水に浸漬したのち、5分間水切りし、湿重量 (WM) を測定する。ついで、100°Cの電気乾燥機中で恒量に達するまで乾燥し、乾重量 (WD) を測定する。 $(WM-WD)/WD \times 100$ により吸水率 (%) を求めた。

浸出液のpH測定 各ブロック (プレート) をビーカーに入れ、完全に浸るまで2-20倍重量の蒸留水または海水を加え、室温で2日間放置する。TOAガラス電極pHメーターを用いて各浸出液のpHを測定した。

飼育方法 直径19 cm, 深さ9 cmの水色ポリエチレン籠に大きさの揃ったクロアワビ稚貝の一定数と試験ブロック (プレート) 1個を入れ、20±1°Cの海水を循環させた60 l容のガラス水槽中に垂下する。1日1回乾燥ワカメを投与するとともに、残餌を除去し、各ブロック (プレート) の付着数、斃死数を測定した。また、1週間に1回濾過槽を洗浄し、2週間に1回海水入れ換えと重量測定を行った。

実験Iは6個の籠のおおのに重量1.03-1.05 gの稚貝10個、1.96-2.28 g 5個、2.45-4.2 g 1個、5.45-6.64 g 1個計17個と転炉製鉄スラグ、高炉製鉄スラグ1, 同2, コンクリート, 黒色砂岩, 灰白色砂岩のうち1個を入れ、1982年8月31日から11月8日の12週間飼育した。

実験IIは6個の籠のおおのに重量0.25-0.29 gの稚貝13個と玄武岩, 黒色砂岩, 高炉製鉄スラグ1, 同2, 気泡コンクリート, コンクリートのうち1個を入れ、1983年7月1日から11月9日の19週間飼育した。

実験IIIは10個の籠のおおのに重量0.52-0.55 gの稚貝10個と6種類のセラミックス板, 1種類の煉瓦とタイル, 3種類のポリメチルメタアクリル板のうち1個を入れ1984年5月17日から10週間, ついで各籠のプレートを入れ換えて12週間, 合計22週間飼育した。

結果

実験I 増重率は1 g 貝で40-80% (10週間), 2-7 g 貝で20-75% (12週間) の範囲にあり、小貝ほど高い傾向が見られた。各試験ブロックにおける増重率は高炉製鉄スラグ2, コンクリート,

高炉製鉄スラグ1, 転炉製鉄スラグ, 黑色砂岩の順で材質の種類により著しく変化した(Fig. 1, 2)。

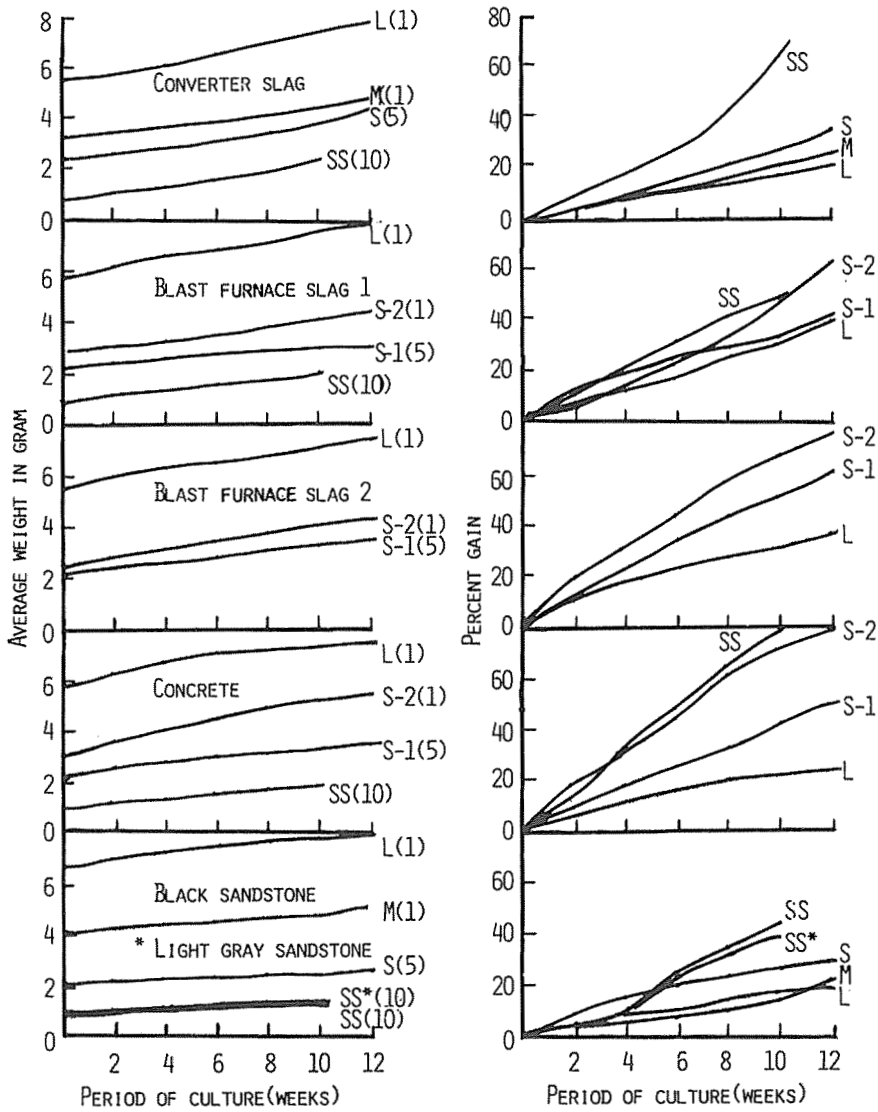


Fig. 1. Growth of young abalone settled on five test-blocks in aquaria for twelve weeks. Seven to seventeen shells, classified according to body weight as follows; SS, 1.0-1.1g; S, 2.1-2.9 g; M, 3.3-4.1 g; L, 5.5-6.7 g, were placed in each cage together with one test-block and wakame. Parentheses indicate individual numbers used in each experiment.

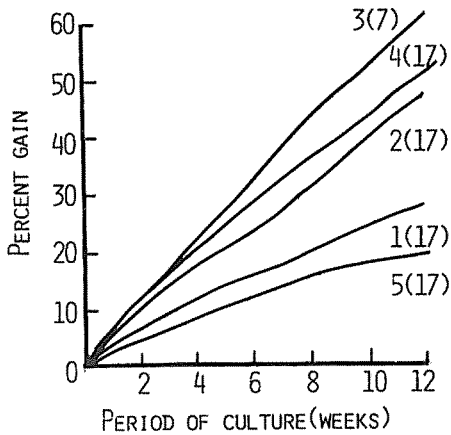


Fig. 2. A comparison of growth of young abalone settled on five test-blocks. 1. Converter slag, 2. Blast furnace slag 1, 3. Blast furnace slag 2, 4. Concrete, 5. Black sandstone. Parentheses indicate individual numbers used in each experiment.

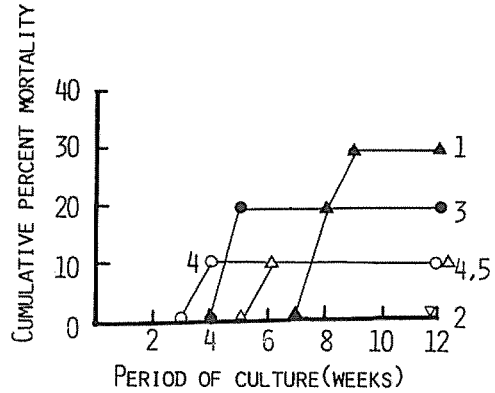


Fig. 3. Cumulative percent mortality of young abalone settled on five test-blocks. Abbreviations are same as legends in preceding figure.

斃死率は高炉製鉄スラグ 1 0%, 黑色砂岩とコンクリート 10%, 高炉製鉄スラグ 2 20%, 転炉製鉄スラグ 30%で (Fig. 3), 付着率は灰白色砂岩の67%を除き84-90%の範囲にあった (Fig. 4)。

実験II 0.2g貝の増重率は19週間で177-284%の範囲にあり, 各試験ブロックにおける増重率は玄武岩, 高炉製鉄スラグ 2, 気泡コンクリート, 高炉製鉄スラグ 1, コンクリート, 黑色砂岩の順であった (Fig. 5)。斃死率は高炉製鉄スラグの62%を除き, 15-30%の範囲にあり (Fig. 6), 付着率はいずれも92%以上であった (Fig. 7)。

実験III 0.5g貝の増重率は前期10週間で20-86%, プレートの種類別ではタイル, えんじ色ポリメチルメタアクリル板, セラミックスL, 同LW, 同LC, 同SW, 同SC, 同S, 水色ポリメチルメタアクリル板, 煉瓦, えんじ色の穴明きポリメチルメタアクリル板の順であった。後期12週間の増重率は65-270%の範囲にあり, タイル, 3種類のL系セラミックス板, えんじ色ポリメチルメタアクリル板, 煉瓦, えんじ色穴明きポリメチルメタアクリル板, 3種類のS系セラミックス板, 水色ポリメチルメタアクリル板の順であった (Fig. 8)。斃死率は前期30-90%で煉瓦が最も高く, S系セラミックス板, 穴明きポリメチルメタアクリル板がこれについて高かった。後期は0-60%でS系セラミックス板が高く, 他は0-40%の範囲にあった (Fig. 9)。付着率は前期48-94%で, 穴明きポリメチルメタアクリル板の48%が特に低く, その他は70%以上, 後期は83-99%でいずれも高い水準にあった (Fig. 10)。

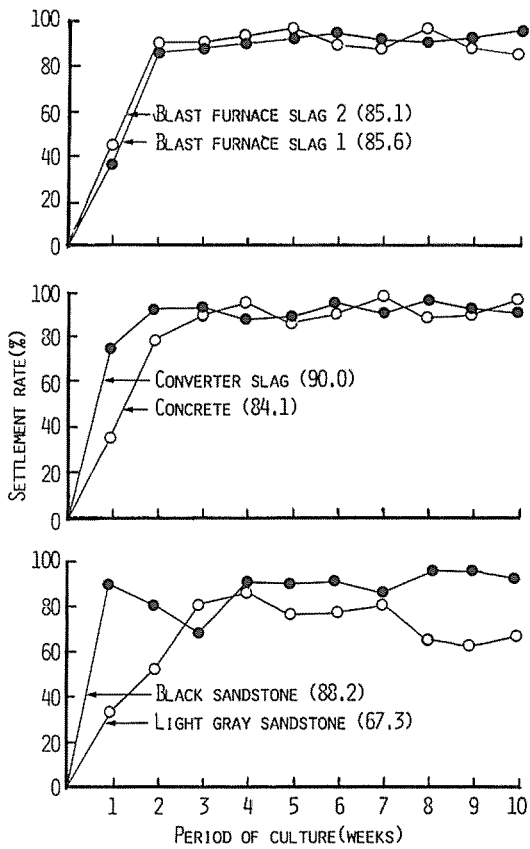


Fig. 4. Weekly changes in settlement rate of young abalone on six test-blocks. Numbers in parentheses indicate average for ten weeks.

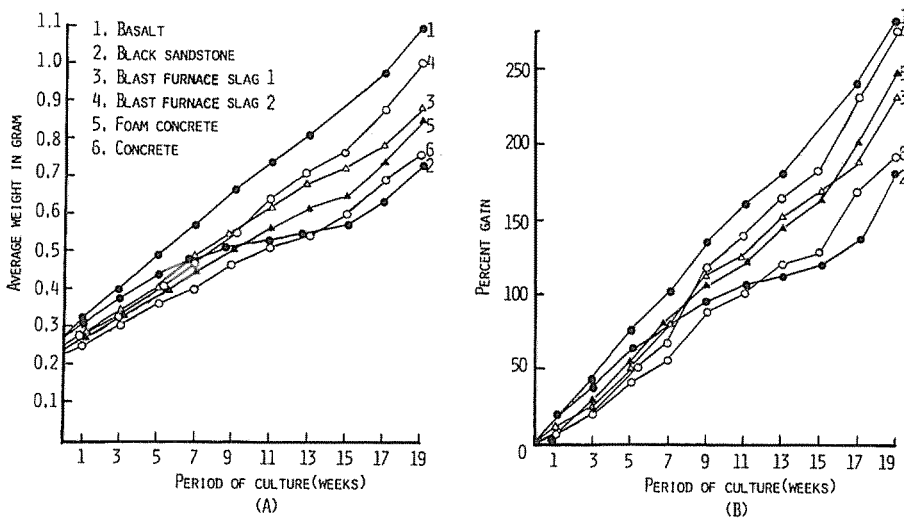


Fig. 5. Growth of young abalone settled on six test-blocks in aquaria for nineteen weeks. Thirteen shells were placed in each cage together with one test-block and wakame.

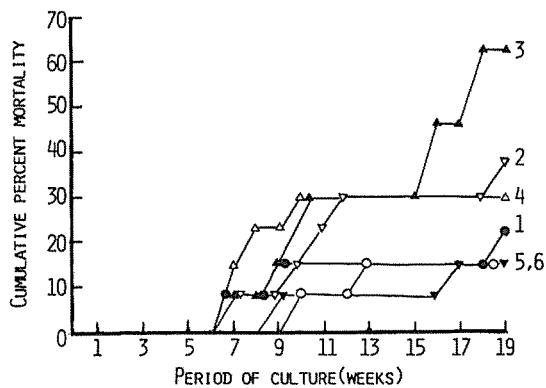


Fig. 6. Cumulative percent mortality of young abalone settled on six test-locks. Abbreviations are same as legends in preceding figure.

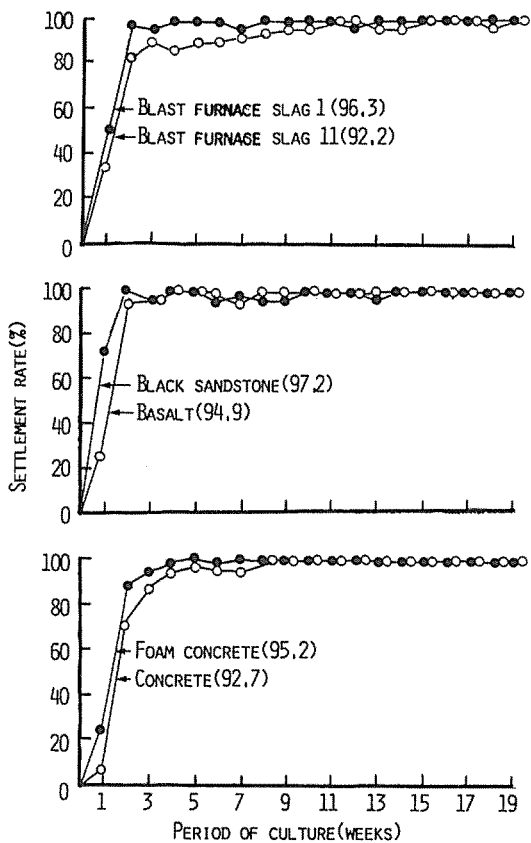


Fig. 7. Weekly changes in settlement rate of young abalone on six test-blocks. Numbers in parentheses indicate average for nineteen weeks.

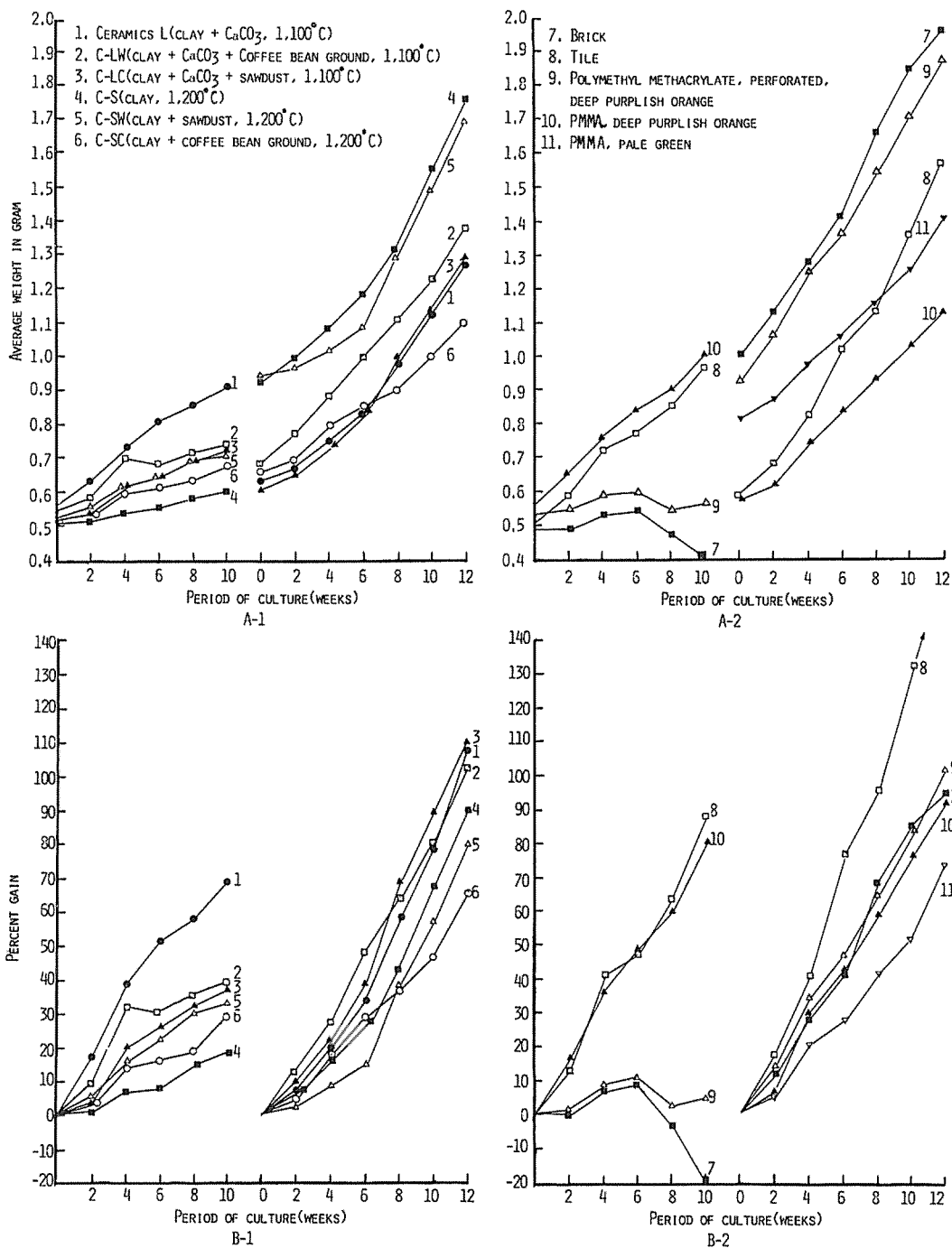


Fig. 8. Growth of young abalone settled on eleven artificial test-plates in aquaria. Ten shells were placed in each cage together with one test-plate and wakame for ten weeks (the first half period). After test-plate in each cage was exchanged between 1 and 4, 2 and 5, 3 and 6, 7 and 8, 9 and 10, respectively, the cage was kept for succeeding twelve weeks (the latter half period).

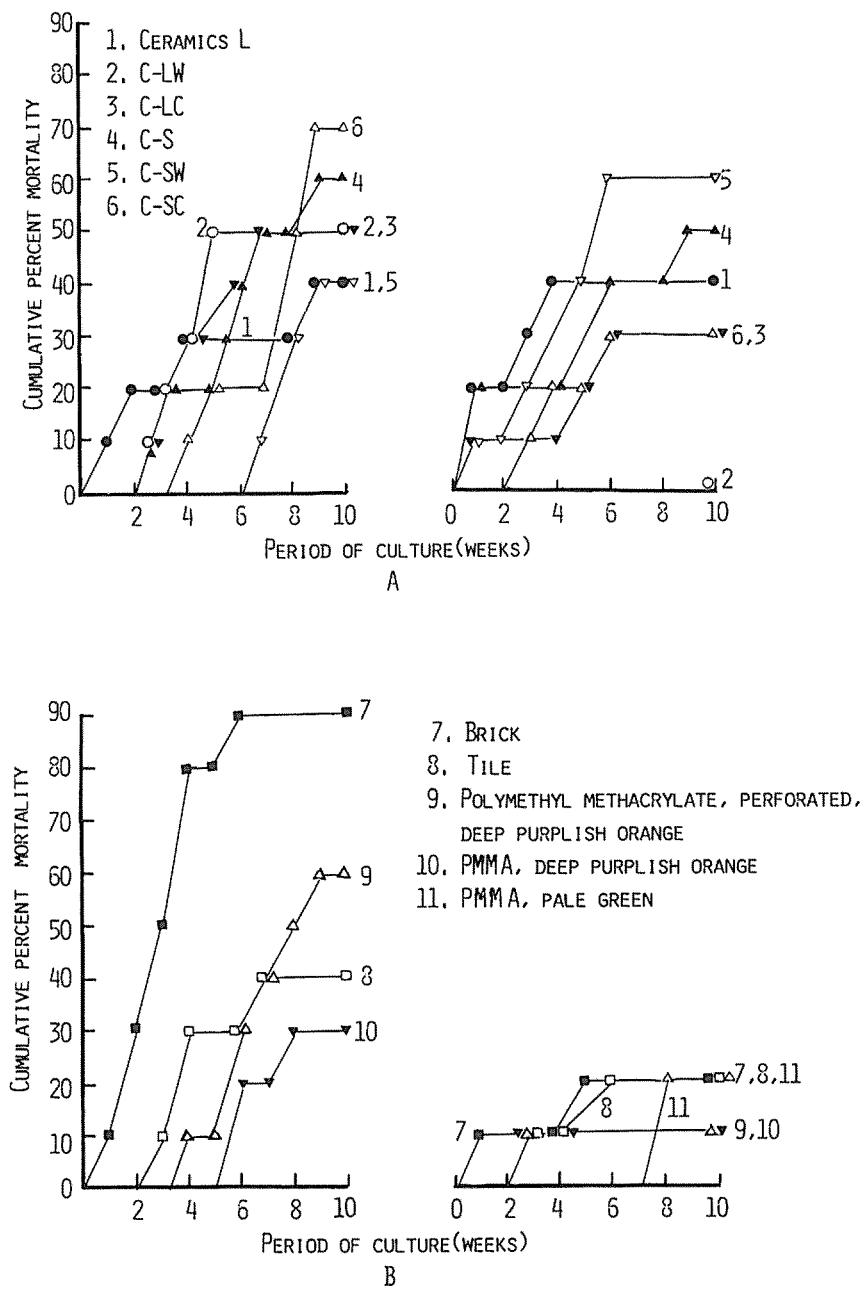


Fig. 9. Cumulative percent mortality of young abalone settled on eleven artificial test-plates.

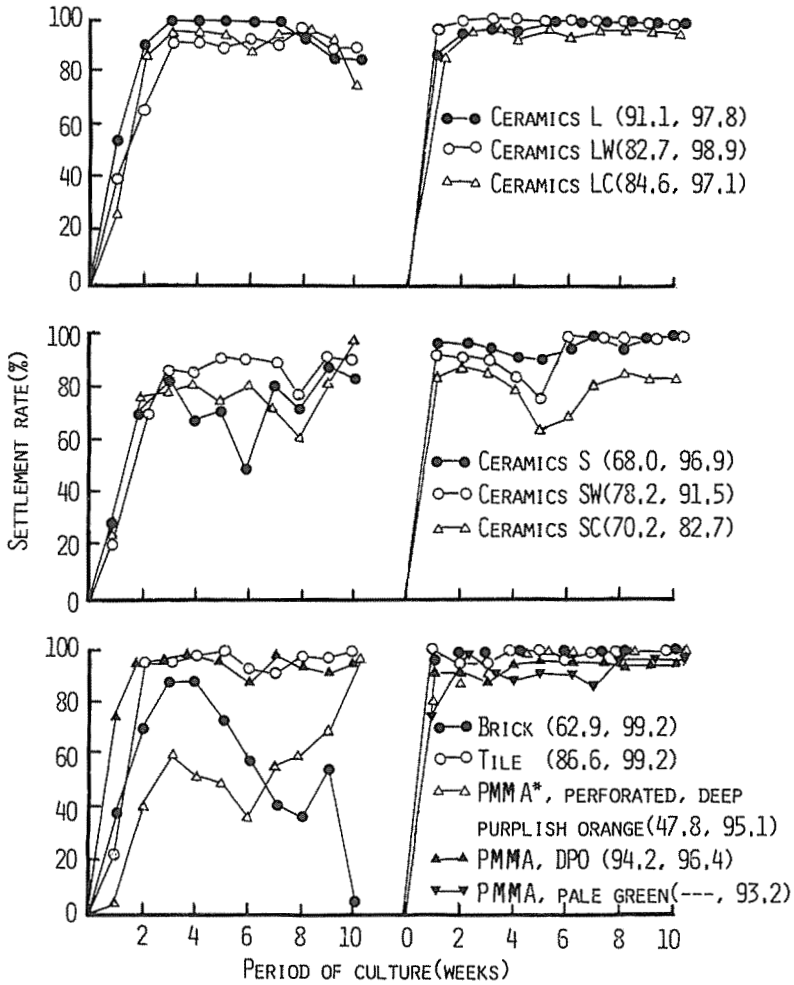


Fig. 10. Weekly changes in settlement rate of young abalone on eleven artificial test-plates. Numbers in parentheses indicate average for the first half (left) and the letter half (right).

考 察

重量1-7gのクロアワビ稚貝17個を1個の籠に入れ、充分な一定量のワカメを与えて、12週間同一の水槽中で飼育した結果、増重率は20-80%の範囲にあり小貝ほど高い傾向が得られた。供試貝は水槽、餌料等一定条件下で飼育されたので、増重率の差は主に貝の大きさによるものと思われる。従ってアワビの成長を比較するには、供試貝の大きさをできるだけ一定に揃える必要がある。実験IとIIでは供試貝の大きさが異なるので、同じ材質の付着板でも増重率は必ずしも一致しなかったが、比較的材質の密または表面の平滑な砂岩、転炉製鉄スラグで低く、粗または多孔性の玄武岩、高炉製鉄スラグ、気泡コンクリートで高かった。実験I・II・IIIに使用した19種類の無機質および有機質付着材の物理・化学的性質を表1に示したが、成長は特に付着材の吸水性に深い関係を持つことが分った。

Table 1. Physical and chemical properties of test-blocks (plates) used

Blocks (plates)	Surface	Color	Water absorption capacity (%)	pH *	
				1	11
Converter slag	smooth	black	0.7	9.3	8.6
Blast furnace slag 1	smooth	dark gray	1.0	8.5	8.2
Blast furnace slag 2	rough	dark gray	3.2	8.9	8.3
Concrete	smooth	gray	11.3	10.4	9.0
Foam concrete	rough	gray	17.1	8.5	8.3
Sandstone	smooth	black	0.8	7.3	
Sandstone	rough	dark gray	1.4	7.4	7.9
Sandstone	rough	light gray	4.6	7.2	7.8
Basalt	rough	dark gray	9.2	7.4	7.9
Ceramics S	smooth	reddish gray	1.1	7.3	8.1
Ceramics SW	rough	reddish gray	9.9	7.3	8.1
Ceramics SC	rough	reddish gray	6.7	7.3	8.1
Ceramics L	smooth	grayish red	15.9	10.2	8.4
Ceramics LW	rough	grayish red	32.3	10.4	8.7
Ceramics LC	rough	grayish red	40.8	7.7	8.1
Brick	smooth	testaceous	10.8	7.2	8.05
Tile	smooth	testaceous	7.5	6.9	8.05
PMMA **	smooth	deep purplish orange	1.7	7.0	8.5
PMMA	perforated	deep purplish orange	18.8		
PMMA	smooth	pale green	1.3	7.0	

* Shown the pH of extracts prepared from test-blocks (plates) with three to twenty times of distilled water (1) and of sea water (11) after standing for two days at room temperature.

** Polymethyl methacrylate

比較的類似した化学組成を持ち、吸水率の相違する材質として、転炉製鉄スラグ（吸水率 0.7%）と高炉製鉄スラグ（3.2%）、砂岩（0.8%）と玄武岩（9.2%）、セラミックス S（1.1%）と L（15.9%）を選び、それぞれのアワビ増重率を比較すると、各組とも吸水率の高い後者が前者にくらべ12-19週間で1.7-2.3倍高かった。また、アワビの成長は付着材質以外の諸因子によっても影響される可能性があるため、それらの影響を知るため実験Ⅲにおいて前期飼育終了後、各籠の試験付着板のみを入れ替えて引続き一定条件下で水槽飼育し、前後期の増重率を比較した。Fig. 8の結果に示される如く吸水率の高いL系付着板における貝の増重率は、低吸水率のS系にくらべ前・後期を通じ優っていた。従って付着板の吸水性の影響は貝群、水槽の相違による影響にくらべて大きいと考えられた。しかし、貝の成長は必ずしも付着材の吸水率に比例しない例も見られた。例えば陶土を1,200℃で焼成したセラミックスSの吸水率は1.1%で、更に鋸屑またはコーヒードロップを混入し焼成すると多数の孔を生じ、吸水率はSW9.9%、SC6.7%に上昇し、また陶土に20%炭酸カルシウムを加えて1,100℃で焼成したセラミックスLの吸水率は15.9%で、更に有機物を混入し焼成するとLW32.3%、LC40.8%にそれぞれ上昇したが、炭酸カルシウム添加にくらべ有機物添加にともなう吸水率の増加は殆んど成長を促進しなかった。また、ポリメチルメタアクリル樹脂板に多数の小孔を明け吸水率を1%から18%に増加させても成長は殆んど促進されなかった。これらの結果はアワビの成長が、付着板の吸水率の増加に比例して促進されるのではなく、特定条件の多孔質板に限定される可能性を示唆している。今後孔の大きさや数、膨潤性等の異なる付着材について成長との関係を更に検討する必要がある。材質の吸水率とアワビ付着率、斃死率の相関性は認められなかった。

アワビは特定の有彩色・無彩色付着板に対し好嫌の反応を示し、えんじ色と灰色板に多く集まったが（堀口等1984）、成長に及ぼす付着板の色彩の影響については明らかにされていない。今回の実験で、付着率の高い黒色砂岩とえんじ色ポリメチルメタアクリル樹脂板における増重率は付着率の低い灰白色砂岩、水色ポリメチルメタアクリル板にくらべいずれも高かったが、色彩の相違による成長促進効果は多孔性付着板のそれにくらべ弱かった。付着板の色彩とアワビ斃死率の相関性は認められなかった。

アワビは岩礁地帯の小範囲を移動するが、老成貝の付着岩面に見られる痕跡は、移動性の多少と深い関係があるといわれている（猪野1966）。従って、岩盤から溶出する可溶成分は移動性の少ないアワビの付着、成長、斃死等に影響する可能性がある。19種類の付着材をそれぞれ蒸留水、海水に浸し、2日間浸出した液のpHは前者で6.9-10.4、後者で7.8-9.0の範囲にあり、主として塩基性物質の溶出が推測された。しかし、この範囲のpH変化によりアワビの付着、成長、斃死は殆んど影響を受けなかった。他方、煉瓦は浸出液のpH変化が小さいにもかかわらず、前期実験で異状に低い増重率、付着率と高い斃死率を示した。焼成温度の低い煉瓦はアワビに有害な水溶成分を含有する可能性が示唆された。

自然の生息環境におけるアワビの成長は比較的遅く、漁獲制限殻長10-12cm以上に達するには少なくとも4-5年を要する。成長関係因子として従来知られている潮流、水温、餌料海藻等のほかに岩盤の物理・化学的性質が成長に関与することが分かったので、今後多孔性材質による成長促進機構を明らかにすることにより付着材質の性能を改善し、生育期間を短縮する可能性が見出された。

本研究の一部は日本鋼管株式会社の受託研究費により行なわれた。アワビ稚貝は三重県栽培漁

業センターより，付着材の一部は日本鋼管株式会社，三重大学教育学部・山田 純教授，同工学部・谷川恭雄教授，三重県窯業試験場よりそれぞれ提供を受けた。ここに記して謝意を表します。

文 献

- 猪野 峻，1966. 水産増殖業書，11. アワビとその増養殖. 日本水産資源保護協会，東京：25-27；40-41.
- 井上正昭，1973. アワビのすみつきと海底地形. 水産増殖，20(3)：147-160.
- 菊地省吾・桜井保雄・佐々木実・伊藤富夫，1967. 海藻20種のアワビ稚貝に対する餌料効果. 東北水研研究報告，27：93-100.
- 斉藤勝男，1965. 奥尻島のアワビ移殖種苗について. 水産増殖臨時号 5：32-43.
- 酒井誠一，1962. エゾアワビの生態学的研究-1. 食性に関する実験的研究. 日水誌，28(8)：766-779.
- 堀口吉重・野田宏行・天野秀臣，1984. 有彩色および無彩色メタアクリル板に対するアワビ稚貝の付着反応. 本誌，11：219-226.