

岩さい魚礁周辺の漁場環境と魚群について*

廣瀬 誠・網尾 勝・俵 悟
内田和良・藤井泰司**

The Distributions of Fish and Environmental Conditions around
Man-made Broken-rock Reef

By

Makoto HIROSE, Masaru AMIO, Satoru TAWARA,
Kazuyoshi UCHIDA and Syunji FUJII

This paper dealt with the relation between the distribution of fish and the environmental conditions around the man-made reef constructed of broken rock amounted $1.5 \times 10^5 \text{ m}^3$, for finding out the influence of the change in the environmental conditions caused by the newly constructed reef. A series of field survey was carried out from 1972 to 1976, and the following results were obtained:

1. The disturbance of current around the reef was illustrated in Fig.4 (vertical profiles) and in Fig. 6 (horizontal pattern).
2. The average of B.I. of benthonic animals was far higher than that of the area off the reef, attaining 8.87.
3. Among the benthonic animals, the most abundant group was the arthropod.
4. During the first two years after the construction of the reef, the benthonic community became abundant (2.8 times in the number of individuals) and complicated (1.5 times in the number of species or 1.9 times in B.I.)
5. The benthonic animals on the reef were frequently found in the stomach of fish angled up around the reef, occupying 80 % of stomach contents in respect of the number of prey individuals of 64% in respect of the number of prey species.
6. A close relation was found between the areas with many echo traces of fish and those with rich benthonic animals.
7. These findings suggested that the man-made broken-rock reef should be effective to make the fish aggregated around it.

*水産大学校研究業績 第794号, 1977年6月10日受理。
Contribution from the Shimonoseki University of Fisheries, No.794.
Received June 10, 1977.

**山口県外海水産試験場

漁場の改良事業として、人工魚礁が正式に取り上げられてから20年以上を経過し、その間、人工魚礁に関する貴重な知見が数多く報告されている¹⁾。この度、筆者らは、第4港湾建設局が関係漁業協同組合の了解を得て、浚せつ廃棄物の岩さいを沖捨てし、魚礁として利用しようとする工事計画に接する機会に恵まれた。このような海底の岩さいを材料とする魚礁の造成は過去に報告が見当らず、人工造形物に比べて安価で大規模に投入できるので、漁場改良技術の新らしい試みとして意義があると考え、岩さい投入前・投入終了直後・投入終了後約2年および3年を経過した時点の計4回、魚礁周辺の海況や魚群を含む諸生物の出現状況を観測して、この魚礁が付近の海域の生態系の中で、どのような機能と役割を果たすかについて、若干の知見を得たので報告する。

位置および調査方法

岩さい魚礁は、水島天然礁から北へ約1.5 km、蓋井島東岸より東へ約2 kmの地点で、その位置を図1に示した。魚礁造成前のこの海域の海底地形の概要は、蓋井島東側の深みから水島と山口県豊浦町御岬を結ぶ海棚に連なる西向きの緩かな斜面である。魚礁の位置は関係漁業協同組合と工事施行者が協議して設定した。

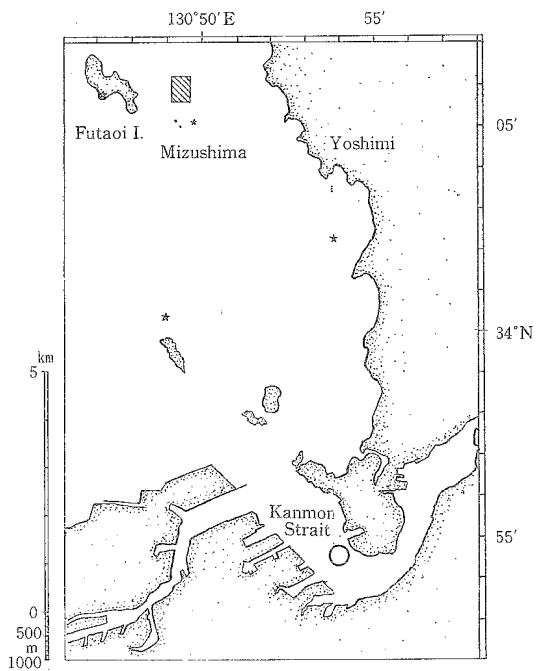


Fig. 1. Location of surveyed area (hatched area) and its vicinity.

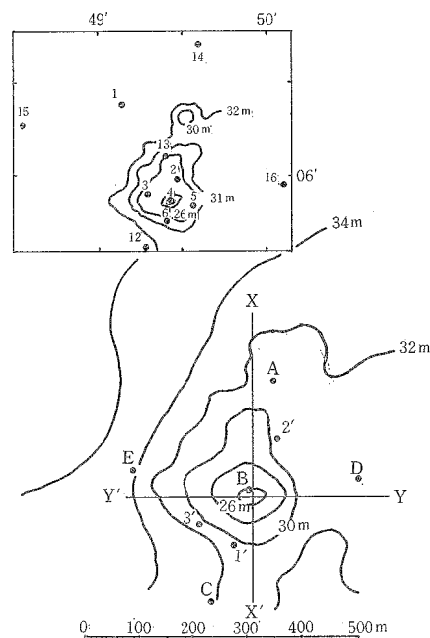


Fig. 2. Chart showing positions of observation.

なお投入した岩さいを採取した場所は、図1に○印で示した小倉港沖合の海底で、ここから採取された約15万m³の岩さいが1972年9月から1973年8月にかけて投入された。また魚礁周辺は響灘沖合より流入する

*岩さい(滓)を材料とした魚礁を、以下岩さい魚礁と呼ぶ。

対馬暖流系とみられる外洋性の海水が大部分を占めるが、水質や生息する底生生物の種類からみて、関門海峡を抜けた瀬戸内海系の海水の影響も若干認められている²⁾。

調査は一般観測と25時間観測の2通りに分かれ、観測定点を図2に示した。測流は、いずれの場合も東邦電探製(CM-2S型)流速計を使用し、1972年9月11日(投入予定地点周辺の4点)、1973年9月19日(St.1'・2'・3')、1975年8月12日(St.1'・1'・2'・3'を除く)の3回、それぞれ表面から海底まで5m毎の各層について実施した。底生生物は1972年8月、1973年9月、1975年8月、図2に示した各定点で、潜水夫により直接海底より採取した一定量(30cm²×15cm×2か所)の底質を、1mm目の篩で選別し、得た資料は10%のホルマリン液で固定した後、分類計数した。なお岩さいに付着した生物は、すべて剥離して処理した。魚群探索は古野電気製(FG-200MR3型、周波数200KHz)を使用し、測流と同じ日に岩さい投入予定海域や魚礁周辺を約3ノットの航走で得た記録を西海区水研方式³⁾で整理した。

連続25時間観測は1976年6月18日～19日、同年8月10日～11日の2回、測流、水温、塩分、魚群分布の各項目について実施した。

結 果

魚礁の形態、周辺の水深、および魚礁を中心としたX-X'・Y-Y'軸方向の横断面を図3に示した。

1. 魚礁周辺の流れ

投入直前('72年)の測流結果から、岩さい投入予定地点では、北東-南西を主な流向とし海底の斜面と交差する流れがあり、10m～15mの中層で比較的強く、海底付近では計器に感じない程度の弱い流れであることを知った。そこで造成直後('73年)の観測は海底から比高約7mの魚礁の礁落付近で、流れの主方向に対して潮上と潮下にあたる水深約31mの2点(St.1'・2')と、魚礁を通る流軸からはずれた西側のほぼ同じ水深の1点(St.3')を定点とし、これら3点について各層の流向、流速を観測比較した。その結果、25m層以浅の各層は3点とも同じ象限の方向に向う流れがあったのに対し、30m層のみ他の層と違った流れの様相を示した。すなわち魚礁が流れの水平的障害物とみなされる30m層の北側(St.2')では、SSE 0.15m/sの流れがあるのに対し、南側(St.1')では、WNW 0.07m/sの流れが観測され、西側(St.3')では流れが観測されなかった。

次に造成2年後('75年)の各定点の測流の結果を図4に示した。造成中の1973年5月17日～18日、山口県外海水産試験場所属の若潮丸が、魚礁の北々東約2kmの海底の平坦な地点で実施した3m・30m層の25時間連続観測の結果と、比較の意味で水路部発行の昭和48年度潮汐表より求めた同日の早瀬瀬戸の潮流を図5に示した。図4の魚礁付近の各定点について表面から海底までの各層の流れを垂直的に比較すると、どの定点も各層の流れの方向がまちまちで不統一である。これは図5で示した若潮丸の3mおよび30m層の25時間観測の結果から推察される付近海域の流れの垂直分布状況とは、余りにもかけ離れている。

この各定点の各層の流れが、1日の潮流の日変化の中でどのように変わるか、またこの流れと魚礁付近の水塊がどのような関係にあるかを知るために実施した25時間連続観測の流向、流速分布図と水温、塩分の垂直分布図を示したものが、図6、図7である。これらの図によれば転流後の18時を境にして、水温、塩分の垂直分布に顕著な変化が認められる。このことは表層では高温・低塩分の水塊が転流にともなって消長する結果と推察される。

2. 底生生物

2.1 造成直後('73年9月)の組成

岩さい魚礁が付近の海底の生物相に与える影響をみるため、岩さい投入前、投入終了直後、終了後約2か年を経過した底生動物の調査結果を比較検討した。投入直後の全般的な生息動物群の状態は、種数では死殻

を含む二枚貝類、腹足類が多く、次いで環形動物、節足動物の順で、投入前と大差なかったが、個体数では貝類以外の動物に増加の傾向がみられ、特に環形動物では約5.5倍、節足動物では約3倍と著るしかった。また水島天然礁と岩さい魚礁の中間の定点12では、死殻を含めた Biotic Index (個体数/種数、以下 B.I. 値とする)が72年の68.5から73年には125.5に急増した。この原因については種々考えられるがその一つに、岩さい魚礁によってこの地点に渦流域が形成され、その結果水島天然礁から供給される底生生物や、その卵、死殻などがここに沈降堆積したため(B.I.値が増加した)とも考えられる。また造成開始初期に投入され6~9か月経過した岩さいには、すでに底生動物が付着生育する傾向が認められて、将来、この岩さい魚礁が重要な底生動物の供給源となる可能性について期待がもてることなど、この調査で判ったいくつかの現象は、岩さい魚礁の造成によって、付近の海底の生物相が変化しつつある徴候とみて差支えないと推察した。

2. 2 造成2年後('75年8月)の組成

その後約2か年経過した'75年には、岩さい魚礁および周辺を生活の基盤とする底生動物のうち種数で最も多かったのが、環形動物の多毛類の93種、次いで軟体動物の87種、節足動物の59種で、3群で全体の約90%を占めていた。しかし魚礁に着生した動物に限ると表1に示すように、節足動物が最も多く、次いで環形動物の順になり、周辺の砂質海底では認められなかった原索動物のホヤ類が比較的多く出現した。これらの主な種類の出現個体数を表2で示した。この表に示すように魚類の餌料として重要なフジツボ類、異尾類、端脚類、短尾類などが多数出現していた。またここでは同じ水深の他の海域での調査結果と比べて、B.I.値が2~4倍高い(平均8.87)値を示した。これらのことから、岩さい魚礁は餌料として有効な表生動物の付着に効果があり、蟻集した魚群の定着や滞留に有効であろうと考えた。

次に砂質または泥砂質である付近の海底の内生動物群の生物相が魚礁造成によって、どの程度変化したかを知るため、'73年と'75年に同一の5地点で採取した資料について比較した結果を表3に示した。この表によれば約2か年間に平均出現種数で約1.5倍、同個体数では約2.8倍、B.I.値は約1.9倍に増加している。魚礁周辺の海底生物相も魚礁造成後、かなり種数や個体数が豊富になったことを示している。ここに出現した主要な底生動物の種数や個体数の経年の変化を比較した結果は表4に示すとおりである。なお、この岩さい魚礁に着生した生物群の中には海藻類は認められなかった。次に着生動物群の特性を明らかにするため、魚礁着生動物と周辺の内生動物を対比した結果を表5に示した。これによると魚礁着生動物群の方が種数で約1.7倍、個体数で約1.2倍で、特に魚類の有用餌料の一つである端脚類が周辺に比べて圧倒的に多く出現している。また環形・軟体両動物群は種数・個体数とも両域間で大差ないが、表2・4と後で示す表6・7を比べると、両動物群とも魚礁着生種の方が魚類にとって重要な餌料となっている種であることが判かる。ただしこれらの調査はすべて夏期に実施したものであり、年間を通してこの状態が保たれているか否か断言できない。

3. 魚礁で釣獲された魚の胃内容物

底生動物群が魚礁海域の魚類に有用な餌料として、どのように寄与しているか調べるため、魚礁やその近縁で釣獲した魚種の胃の内容物を釣獲直後にホルマリン10%液で固定して持帰り選別して計数した結果を表6に、胃の内容物を調査した魚種の体長、体重組成を図8に示す。表6によると甲殻類・多毛類は釣獲したほとんどの魚種に捕食されていたが、フジツボ・端脚類は主としてカワハギ類に、コシオリエビはカサゴ・ベラに、コケ虫類・ウニ類・付着性貝類のタマエガイ・キヌマトイガイ・ウスユキミノガイはカワハギ・ベラ類に多く捕食されていた。またカタクチイワシとみられる稚魚やその魚片はカワハギ類・フグ類・カサゴ・マダイ等、釣獲した多くの魚種の胃の中に見ることができた。

さらにこれら釣獲された魚種に対する魚礁の餌場としての重要性をみるため、岩さい魚礁やその周辺の各定点で採取した底生動物群の中に見出せない種類の底生動物が、釣獲魚種の胃の内容物に餌料としてどの程度みられるかについて調査した。これら魚礁および周辺の定点以外に出現する餌料生物の占める割合から、

その魚種が魚礁周辺海域以外から蛸集してきたか、あるいはこの海域に定着または滞留しているものかを判断する資料にしたのが表7である。魚種の区別を無視すると胃内容物にみられる生物は総個体数の約80%、出現種数の約60%が魚礁やその周辺の定点で採取した底生動物と同種のものであり、これらの底生動物は魚礁やその周辺の方が生産性が高いので、釣獲した魚種の魚類は魚礁やその周辺に留まって、かなり活発な摂餌行動をしているとみることができる。

個々の魚種についてみると、カワハギは魚礁やその周辺の底生動物を約90%餌料としているが、ウマヅラハギは約56%に過ぎないなど、魚種によって明瞭な相違が認められた。これはそれぞれの魚種の習性の違いによる捕食行動の範囲の広さにも関係するのかも知れない。これら釣獲魚種の餌料選択性について検討するため、胃内より検出した底生動物の各魚種個体当りの門別平均出現個体数を図9に示した。表6・7および図9を総合し、各魚種の定着性について食性或捕食行動の面から推察すると、それぞれ特徴のある異なる習性をもっていることが判る。したがって餌料の供給源としての面からみた魚礁の機能や効果は、魚種によってそれぞれ受取り方に差があるように思われる。

4. 魚群の分布

魚群探索コース(図2, A・B・C・D・E)に沿って1時間毎の魚群探知機の記録によると、海底に接する魚群像は、一般的に魚礁の斜面を含めた周縁の南から南西側にかけて密度が高い。しかし魚群像の数は時間によって変動し、夕刻の17時頃と朝の7・8時頃に多く出現している。夜間は疑わしい2~3の像を除いて、魚群像と判別できる記録は確認できなかった。また中層に蛸集した魚群の分布が、その遊泳する層の流れや図5に示した垂直的な流れの乱れと関連があるかどうかみため、流れの主軸方向に近いA-B-Cのコースに出現した中層の魚群像を模式的に表現し図10に示した(ただし夜間、D.S.L.のため魚群の判別が難しい像は除いた)。これによると、垂直的な流れの乱れと魚群分布との間に特に関連があるような傾向は認められなかった。しかし流れの強い時間(13時・14時の北向き、18時・19時および翌日4時の南向き)に出現した中層魚群はいずれも潮上側に多かった。また'75年8月12日の観測の際も同様な傾向がみられた。

D.S.L.は全般的に水深15m層を中心として約5mの厚さで粒状に夕刻に濃く、夜半は薄くなり、薄明時に再び濃く出現した。しかし濃く現われる地点は時刻によって異なり、20時・21時・3時頃は魚礁の北東側に、0時・1時頃は南東側にみられた。これはいずれも魚礁の潮上側に相当する。

中層の魚群やD.S.L.のこのような現象は、小川⁹⁾や黒木⁵⁾が提起するように、魚礁が流れの中を伝わる波動の振動源、あるいは海中生物雑音の発生源となっていることによる現象とも考えられるので、魚礁の音響学的環境と魚群分布の関連性をさらに詳しく調査する必要があるであろう。

考察および論議

中村⁹⁾は流れの中に魚礁が存在して効果的に渦流域が発生する条件として次のように報告している。魚礁の高さ(D cm)と流速(v cm/sec)の関係は $Dv \geq 100$ を満す必要があり、一般には $Dv \geq 1000$ が望ましいとした。また同じ報告に、黒木らの報告を引用して、魚礁が単体で海底に置かれたとみて流れを変化させる範囲は、流れに直角な方向では魚礁の幅の約1.5倍、流れの方向では約6倍であると述べている。しかし実際には流速も流向も時々刻々に変化し、渦の発生消散や流影の消長も時間的に変化するので、魚礁造成によりその海域の流れの変動やその影響のおよぶ範囲を正確に把むことは難しい。岩さい魚礁の高さや付近の流れの強さは、中村の条件を十分に満足する値なので、図4に示した各定点での垂直的な流れの乱れは、岩さい魚礁による渦流または流影の影響とみてよからう。このような広範囲な流れの乱れる影響圏では、多少なりとも海底表面の堆積物の運搬は当然行われるはずである。したがって、そこでの生物相にも相当の変

化がもたらされることはすでに述べたとおりである。すなわち定点 12 付近では、魚礁造成によって B.I. 値は急激に増加したが、造成が終了した後の 2 か年には、節足・環形動物の増加にもかかわらず軟体動物が減少して B.I. 値は減少の傾向に変わった反面、魚礁北側の各定点では B.I. 値の大幅な増加が認められた。これは水島天然礁と岩さい魚礁が相互に関連してその影響圏が重なり合い、両魚礁にはさまれた定点 12 付近は、その沈降域として豊富な動物群の供給を受けて急速に底生動物群が増加し、その生息環境条件の中でかなり急速に飽和に達したのに対し、魚礁外側周辺部の広い海域は適度な生息環境の刺激を受けて、底生動物が 2 か年間のうちに徐々に増殖したと考えることもできよう。いずれにしても表 3 に示された結果は岩さい魚礁造成による影響と理解することができる。

また大阪府水試⁷⁾によれば、魚礁に付着した生物はフジツボ類が最も多く、次にホヤ類・多毛類・二枚貝類などで、ここに蟻集した魚種の胃内容物はこれら付着動物と同種類のものが多いと報告された。これは魚礁付着生物の餌料効果とも考えられると述べている。一方、柿元⁸⁾は佐渡赤泊沖における胃内容物調査から、魚礁における空胃魚の割合はその魚種の魚礁性と特に関係なく、好魚場とされている魚礁での空胃魚の割合が少ない傾向は認められないとして、魚礁における活発な摂餌活動は考えられないと報告している。筆者らの場合、魚礁の規模や性質ならびに漁獲方法や標本の種類や数が異なるので、柿元の場合と同一には論じられないが、岩さい魚礁で釣獲された魚種の 70% 近くが魚礁やその周辺の底生動物を捕食し、特にこの魚礁に多い甲殻類は全部の魚種が捕食していたこと。また魚群探知機による底層魚群像は底生動物の B.I. 値が高く、しかも餌料として好ましい底生動物の出現数の多い定点 3 や定点 12 付近に多く出現した。これらのことから推察すると岩さい魚礁はその環境条件が蟻集した魚種の習性に適合したものについては、餌料の供給源として十分な役割を果たしているとみることができよう。したがって今後、魚礁の漁場環境の変動と魚群行動を関連づけて調査することが、利用価値のある有効な漁場変換技術としての岩さい魚礁の機能を解明する道につながるものと考えられる。

またこれとは別に、ここで発生産出されるおびただしい底生動物の幼生は動物プランクトンとして幼稚魚の育成に効果があり、すでに黒木⁹⁾が指摘したように「付着動物が分泌する何らかの有機物質が、魚類にとって好適な環境を造りだすための重要な条件であるかも知れない」とするならば、この魚礁は漁場を好ましい方向に変える手段として意義があったと認めてもよいであろう。

最後に、この調査の機会を与えていただき、多くの資料を提供していただいた第 4 港湾建設局小倉港工事事務所々長はじめ、関係の各位に心から感謝の意を表す。

要 約

関門航路浚せつのためにできた岩さい廃棄物を魚礁造成に利用する計画に際し、岩さい投入前(1972)、投入終了直後(1973)ならびに魚礁造成後 2・3 年経過した時点(1975・1976)において魚礁付近の環境や魚群を観測し、同時に底生生物を採取して調べ、魚礁としての機能や効果を検討し次の結果を得た。

1. 魚礁周辺海域では魚礁造成の影響と思われる流れの乱れが観測された。
2. この乱流の影響で、魚礁周辺の底生動物相も変化し、造成後 2 か年間で種数は 1.5 倍、個体数は 2.8 倍、B.I. 値は 1.9 倍に増加した。
3. 魚礁に着生した底生動物は、魚類の餌料として有用な節足動物が最も多く、B.I. 値は同じ水深の一般海域の平均値より 2～4 倍高い 8.87 (平均値) を示した。
4. 魚礁周辺で釣獲した魚種の胃の内容物は個体数で約 80%、種数で 64% が魚礁およびその周辺の底生動物と同種のもので占められていた。
5. 魚群探知機による底層魚群の反応像の多い地点は、底生動物の豊富な海域とほぼ一致した。

これらのことから、岩さい魚礁はその環境に適した魚族に餌料を供給すると共に、幼稚魚を育成する機能を持ち、おびただしい底生動物が生育して漁場環境としても好ましく、岩さい利用は漁場改変技術として有意義と考えられた。

文 献

1. 例えば、水産増殖談話会，1968，人工魚礁とその効果，水産増殖臨時号，7。
2. 第4港湾建設局小倉港工事々務所，1975：浚渫岩さいの沖捨てと魚礁。
3. 西海区水産研究所海洋部，1970：調査船による魚探調査の手引き，7～10。
4. 小川良徳，1973：人工魚礁に関する生物学的諸問題，Ocean Age 5 (3), 24～26。
5. 黒木敏郎，1976：音の発生と魚類の聴覚，人工魚礁の理論と実際（II），56～57。
6. 中村 充，1976：魚礁の水理構造，人工魚礁の理論と実際（I），72～74。
7. 大阪府水産試験場，1958：魚礁の付着生物と蛸集魚の胃内容物，昭和32年度大阪府水産試験場業務報告，93～113。
8. 柿元 皓，1968：人工魚礁で漁獲した魚類の胃内容物について，水産増殖16（1），27～32。
9. 黒木敏郎，1976：生物の着生，人工魚礁の理論と実際（II），45。

Table 1. Occurrences and counts of the organisms on the broken-rock reef in 1975. Upper, number of species (s); lower, number of individuals (n).

Organisms	Stations					Total	Mean	n/s
	6	5	3	2	13			
Protochordata	5 (86)	8 (46)	2 (4)	10 (57)	3 (11)	28 (204)	5.6 (40.8)	7.29
Echinodermata	4 (23)	5 (32)	4 (42)	3 (22)	3 (22)	19 (141)	3.8 (28.2)	7.42
Arthropoda	24 (283)	22 (221)	30 (594)	22 (429)	24 (298)	122 (1825)	24.4 (365.0)	14.96
Annelida	31 (139)	36 (270)	41 (336)	24 (38)	25 (118)	157 (901)	31.4 (180.2)	5.74
Mollusca	23 (157)	16 (59)	26 (232)	15 (114)	18 (187)	88 (749)	17.6 (149.8)	8.51
Others	6 (28)	1 (1)	4 (24)	3 (18)	4 (31)	18 (101)	3.6 (20.2)	5.61
Total	93 (715)	88 (629)	107 (1232)	77 (678)	77 (667)	442 (3921)	(88.4) (784.2)	
n/s	7.69	7.15	11.51	8.80	8.66			

Table 2. Number of individuals of dominant species observed on the broken-rock reef in 1975. Observed area, $30\text{cm}^2 \times 2 = 60\text{cm}^2$.

Species	Stations					Total	Mean
	6	5	3	2	13		
<i>Holocynthia roretzi</i>	73	17	0	29	6	125	25.0
<i>Ophiothrix marenzelleri</i>	8	6	3	8	3	28	5.6
<i>Athanas japonicus</i>	6	3	5	5	2	21	4.2
<i>Pilumnus minutus</i>	11	5	10	9	19	54	10.8
<i>Galathea orientalis</i>	91	62	128	71	138	490	98.0
<i>Byblis japonicus</i>	0	4	7	0	4	15	3.0
<i>Liljeborgia japonica</i>	15	34	31	16	17	113	22.6
<i>Eurystheus japonicus</i>	6	14	33	11	11	75	15.0
<i>Jassa falcata</i>	14	18	6	6	5	49	9.8
<i>Heteromysis sp.</i>	8	8	1	1	7	25	5.0
<i>Balanus trigonus</i>	113	34	279	274	71	771	154.2
<i>Discinisca stella</i>	13	1	19	13	22	68	13.6
<i>Lepidonotus squamatus</i>	20	48	41	30	22	161	32.2
<i>Bhawania goodei</i>	8	18	29	3	6	64	12.8
<i>Typosyllis alternata</i>	12	9	39	6	14	80	16.0
<i>T. monilata</i>	5	9	10	3	4	31	6.2
<i>Neris pelagica</i>	7	11	8	15	9	50	10.0
<i>Eunice longicirrata</i>	3	7	7	2	2	21	4.2
<i>Prionospio malmgreni</i>	27	72	87	16	27	229	45.8
<i>Pomatoceros auritubis</i>	5	8	16	8	7	44	8.8
<i>Mitrella bicincta</i>	10	0	0	0	55	65	13.0
<i>Philbertia tokyoensis</i>	9	13	25	20	28	95	19.0
<i>Botulina coralliophaga</i>	21	4	48	10	18	101	20.2
<i>Monia umbonata</i>	45	18	57	21	28	169	33.8
<i>Hiatella flaccida</i>	15	3	8	13	12	51	10.2

Table 3. Occurrences and counts of the benthos around the broken-rock reef. Upper, number of species; lower, number of individuals; figures in parentheses, living shell individuals.

Stations Years		12		14		16		15		1		13		Total		Mean	
		1973	1975	1973	1975	1973	1975	1973	1975	1975	1973	1973	1975	1973	1975	1973	1975
Organisms																	
Echinodermata		2 33	7 89	3 40	3 68	4 9	2 60	0 0	2 48	3 224	0 0	9 82	17 489	1.8 16.4	3.4 97.8		
Arthropoda		1 16	8 88	2 9	4 16	4 33	2 7	2 5	3 32	1 16	1 4	10 67	18 159	2.0 13.4	6.0 31.8		
Annelida		14 210	25 440	19 288	23 168	35 314	20 270	8 21	14 120	11 240	5 20	81 853	93 1338	16.2 170.6	18.6 267.6		
Mollusca	Gastropoda	60 8256	57 2785 (32)	63 3650	92 7574 (48)	76 1496	56 4295 (8)	0 0	36 1372	65 9535 (112)	0 0	199 13402	306 25753	39.8 2680.4	61.2 5150.6		
	Bivalvia	61 9086	67 12856 (522)	54 9575	77 28332 (457)	71 4311	63 16578 (162)	5 5	41 3192 (56)	60 15289 (464)	0 0	191 22974	309 77908	38.2 4594.8	61.8 15581.6		
Others		3 97	6 96	6 115	7 124	7 78	3 36	0 0	2 16	2 22	0 0	16 290	20 294	3.2 58.0	4.0 58.8		
Total		141 17695	170 16908	147 13677	206 36887	197 6241	146 21416	15 31	98 4836	142 25902	6 24	506 37668	762 105949	101.2 7533.6	152.4 21189.8		
n/s		125.5	99.5	93.0	179.1	31.7	146.7	2.0	39.3	182.4	4.0			74.4	139.0		

Table 4. Number of species and individuals of dominant benthos obtained around the broken-rock reef. Figures in parentheses, living shell individuals.

Stations Years		12		14		16		15	1
		1973	1975	1973	1975	1973	1975	1975	1975
Species									
<i>Veremolpa minuta</i>		105(48)	888	198(40)	3692(36)	467(14)	1248	240(8)	1456(48)
<i>Nucula paulula</i>		624(32)	1040(128)	648(88)	1576(48)	424(20)	1302(18)	8	64
<i>Solamen spectabilis</i>		16	72	24	164(4)	0	18	64	384
<i>Pecten albicans</i>		122	13	17	13	42	6	0	58
<i>Pillucina pisidium</i>		640(64)	960(274)	851(24)	1412(40)	460(62)	1362(42)	16(8)	240(80)
<i>Microcirce gordonis</i>		2432(208)	4128(32)	3689(64)	10140(36)	1366(23)	5976(12)	984	26108(112)
<i>Plectodon ligula</i>		80	64	72	118	5	66	16	192
<i>Conotalopia ornata</i>		336	144	192	184	83	312	32	224
<i>Kurosoia facialis</i>		588	240	255	976	263	576	144	576
<i>Siphonodentalium japonicum</i>		48	16	72	64	30	0	8	16
<i>Prionospio malmgreni</i>		16	32	20	16	17	24	0	16
<i>Nicolea gracilibranchis</i>		0	64	58	20	1	6	8	18
Total		5007(352)	7661(434)	6096(216)	18375(164)	3158(119)	10896(72)	1520(16)	29382(240)
Mean		417.3	638.4	508.0	1531.3	263.2	908.0	126.7	2448.5

Table 5. Occurrences and counts of the benthos on and around the broken-rock reef. Upper, live; lower, dead ; figures in parentheses, percent.

Organisms	On the reef		Around the reef	
	Species	Individuals	Species	Individuals
Protochordata	16(8.7)	204(5.1)	0	0
Echinodermata	6(3.3)	141(3.5)	5(4.6)	41(1.3)
			3	448
Arthropoda	47(25.5)	1832(45.6)	15(13.6)	159(4.9)
	2	1044	1	188
Isopoda	3	7	1	4
Cirripedia	5	829	1	8
	2	1044	1	188
Amphipoda	20	369	5	68
Macrura	7	38	0	0
Anomura	4	494	1	16
Brachyura	2	56	3	17
Others	6	39	4	46
Annelida	59(32.1)	975(24.3)	42(38.2)	1060(32.6)
			4	698
Mollusca	49(26.6)	750(18.7)	44(40.0)	1861(57.2)
	58	308	232	101988
Gastropoda	19	239	12	200
	29	122	129	25577
Bivalvia	27	472	32	1661
	29	186	99	76247
Others	3	39		
Protozoa		17	4	164
Others	1		9	17002
	7(3.8)	117(2.9)	4(3.6)	130(4.0)
	3	73	3	638
Total	184(100.0)	4019(100.0)	110(100.0)	3251(100.0)
	63	1425	252	120964

Table 6. (cont'd)

Fish No. Date No. of specimens examined	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
	A S 19	A S 8	A S 9	A S 1	A S 2	A S 7	A S 13	A S 9	A S 17	A S 6	A S 2	A S 1	A S 5	A S 1	
OTHERS															
<i>Rotalia</i> sp.	C	CC				C									
Sertulariidae sp.		CC	C			C									
<i>Miniacina miniacosa</i>		CC	CC												
Sipunculoidea sp.	2														
<i>Crisia</i> sp.		C	C												
<i>Entalophora</i> sp.		C	C												
<i>Lichenopora</i> sp.		C	C												
<i>Costazia</i> sp.		C	C												
<i>Schizoporella</i> sp.		C	C												
<i>Leiteschra</i> sp.		CC	C												
<i>Membranipora</i> sp.		C	C												
Bryozoa spp.		C	C												
<i>Discinisca stella</i>	2	6	2	3		3	4								
Fragments of Asteroidea	CC														
Ophiuroidea sp.	3	1													
<i>Ophiothrix marenzelleri</i>	3			1		3	1	1							
<i>Temnopleurus treumaticus</i>	100	83	3	1	1	2	8	1							
Ascidacea sp.	C	C	C												
<i>Haliocynthia rozei</i>			C												
Eggs of fish			C												
Fragments of fish	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	CC	
No. of species (S)	6	10	14	13	1	1	0	2	0	0	4	6	2	0	1
No. of fish specimens having empty stomachs	1						1				1		2	1	1

Note; 1; Kawahagi *Stephanolepis cirrifer* 2; Umazurahagi *Navodon modestus* 3; Kyusen *Haliocoeres poecilopterus*
 4; Madao *Pagrus major* 5; Kurakakigisu *Neoperca sexfasciata* 6; Sasanohabera *Pseudolabrus japonicus*
 7; Kasago *Sebastes marmoratus* 8; Usuhahagi *Auterus monoceros* 9; Itobera *Pseudolabrus gracilis*
 10; Toragisu *Cilius pulchella* 11; Kisu *Sillago japonica* 12; Kusafugu *Fugu niphobles*
 13; Sabafugu *Lagocephalus lunaris* 14; Mahata *Epinephelus septemfasciatus*
 A; 25th Aug. 1975 S; 20th Sept. 1975
 C; Species found only outside the study area, Δ; Dominant species observed in preliminary study on 6th Aug.,
 (S); No. of food organisms species, (N); No. of food organisms specimens, (N'); No. of fish specimens examined, but excepting for
 the specimens having empty stomachs.

Table 7. Dependence of the food taken on the man-made broken-rock reef in the fishes in 1975.
Fish name of predators numbers are same as those in Table 6.

Fish No.		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
MOLLUSCA (M)	(S)*	34	42	6	3	1	11	2	0	5	1	0	1	0
	(N)**	226	539	10	6	4	76	2	0	7	1	0	1	0
	(N')***	11	123	0	1	0	3	1	0	0	0	0	0	0
	(N')/(N) (%)	4.87	22.82	0	16.67	0	3.95	50.00	0	0	0	0	0	0
ARTHROPODA (A)	(S)	28	30	5	8	3	9	4	2	1	5	2	1	1
	(N)	215	736	9	26	3	41	37	202	4	31	3	1	1
	(N')	29	429	3	5	1	12	6	2	0	5	2	0	0
	(N')/(N) (%)	13.49	58.29	33.33	19.23	33.33	29.27	16.22	0.99	0	16.13	66.67	0	0
(M.)+(A.)	(N)	441	1275	19	32	7	117	39	202	11	32	3	2	1
	(N')	40	552	3	6	1	15	7	2	0	5	2	0	0
	(N')/(N) (%)	9.07	43.29	15.79	18.75	14.29	12.82	17.95	0.99	0	15.63	71.88	0	0
ANNELIDA	(S)	5	5	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0
	(N)	9	8	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0
	(N')	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OTHERS	(S)	11	18	1	2	0	6	2	1	1	3	0	0	2
	(N)	6	39	2	2	0	25	2	1	1	3	0	0	2
	(N')	5	13	0	1	0	2	1	1	0	1	0	0	2

Note ; *; Number of food organism species (s). **; Number of food organism specimens (N).
***; Number of specimens found only around the man-made broken-rock reef (N').

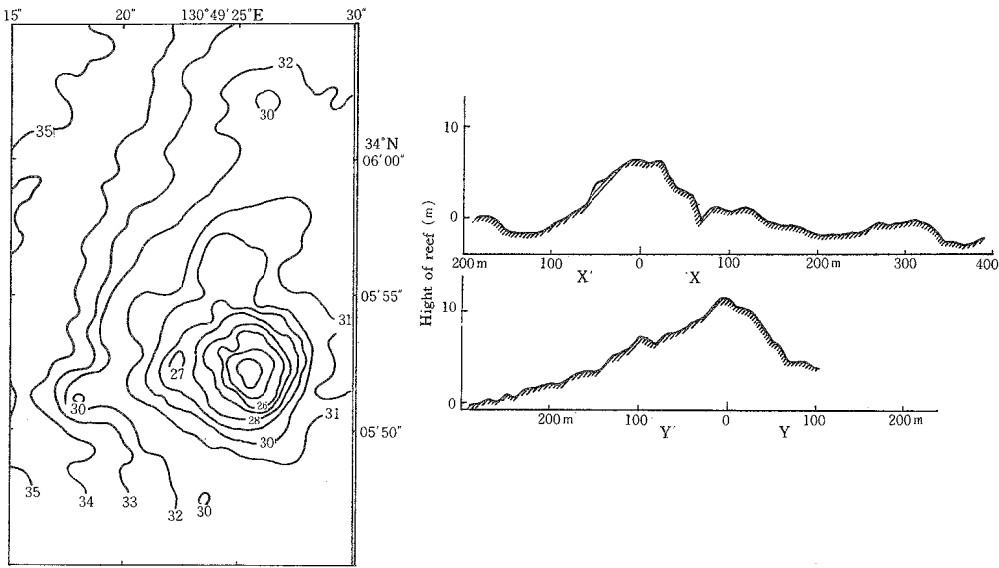


Fig. 3. Bathymetric chart (left, in meters) and vertical profiles (right) of the man-made reef along the X—X' line and Y—Y' one in Fig. 2.

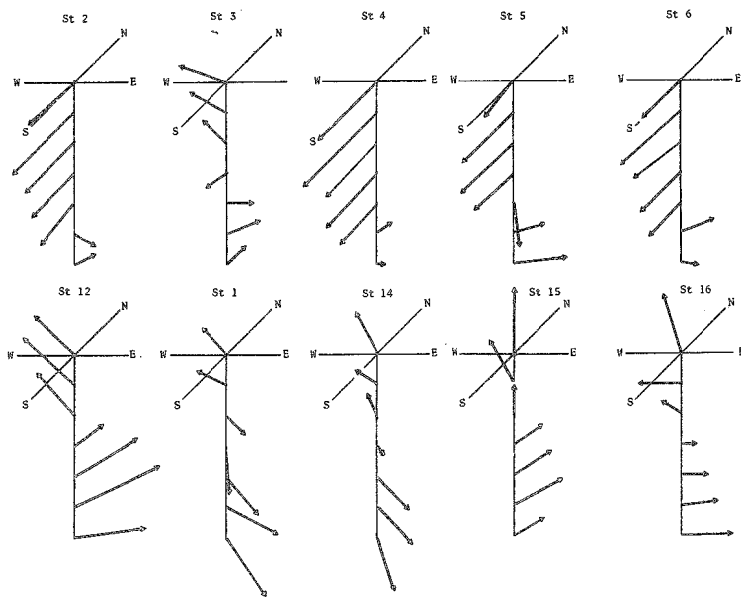


Fig. 4. Vertical profiles of observed current around the reef.

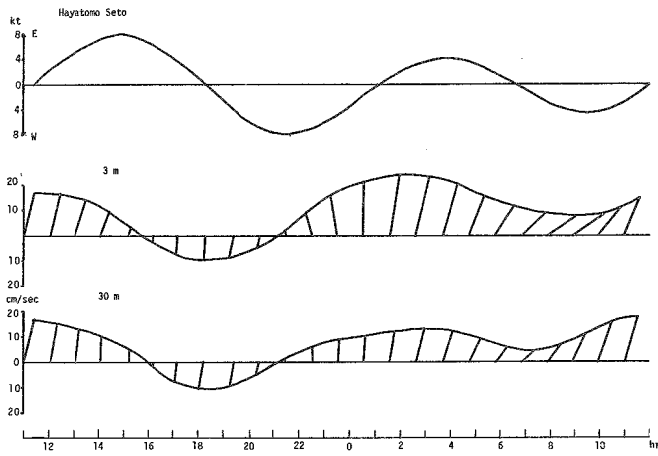


Fig. 5. Predicted current at Hayatomo strait and harmonic analyzed currents at 3m and 30m depths of the station about 2km NNE of the reef on 17th—18th, May 1973.

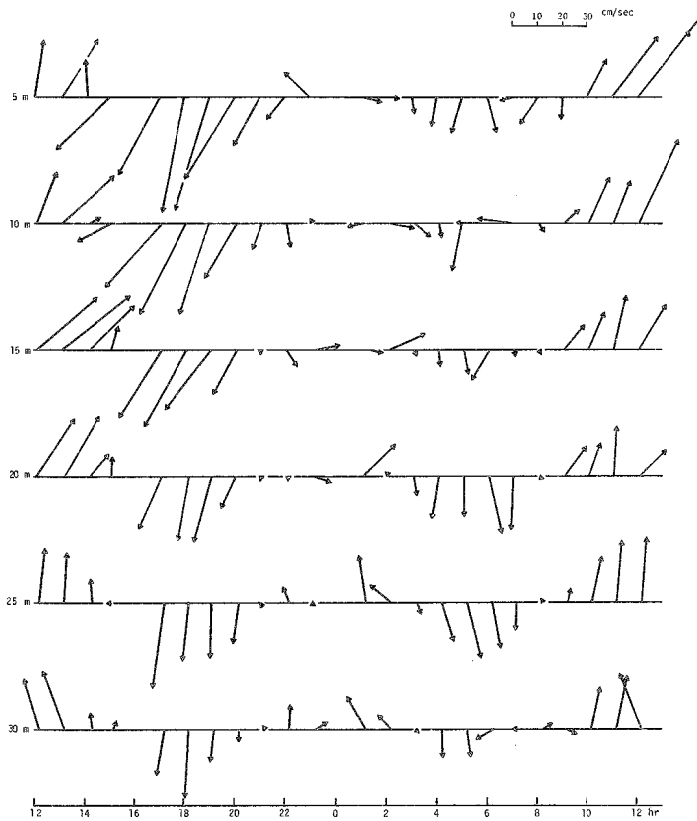


Fig. 6. Hourly variations of observed current at 5, 10, 20, 25 and 30m depths of St. A.

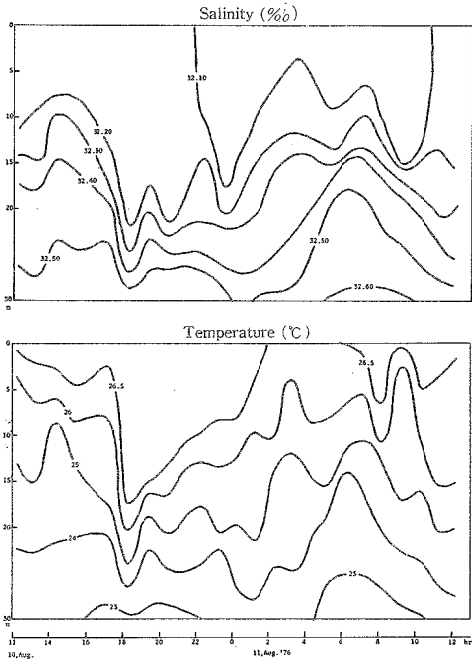


Fig. 7. Isopleth of vertical distributions of salinity (upper) and temperature (lower) at St.A.

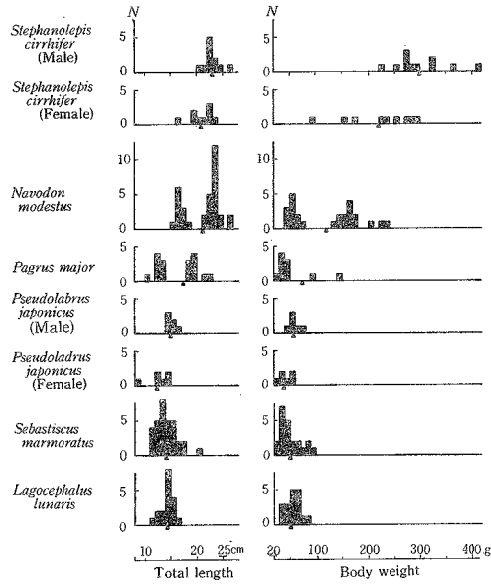


Fig. 8. Size composition of fishes found in the stomach of predators angle-up around the reef.

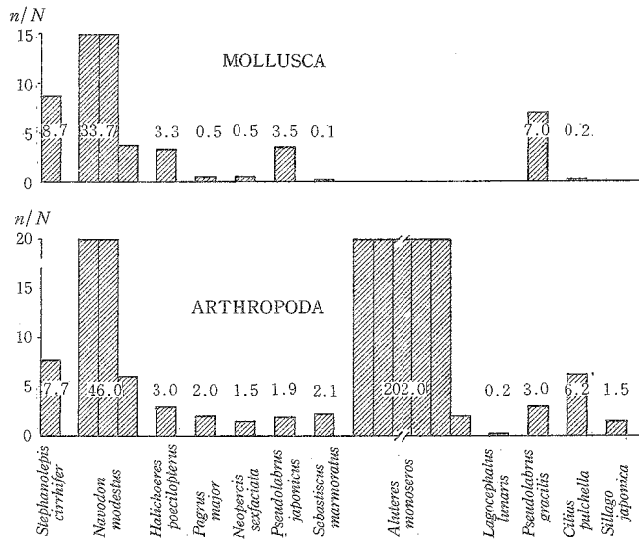


Fig. 9. Occurrence of mollusca and arthropoda found in the stomach of predators angle-up around the reef.

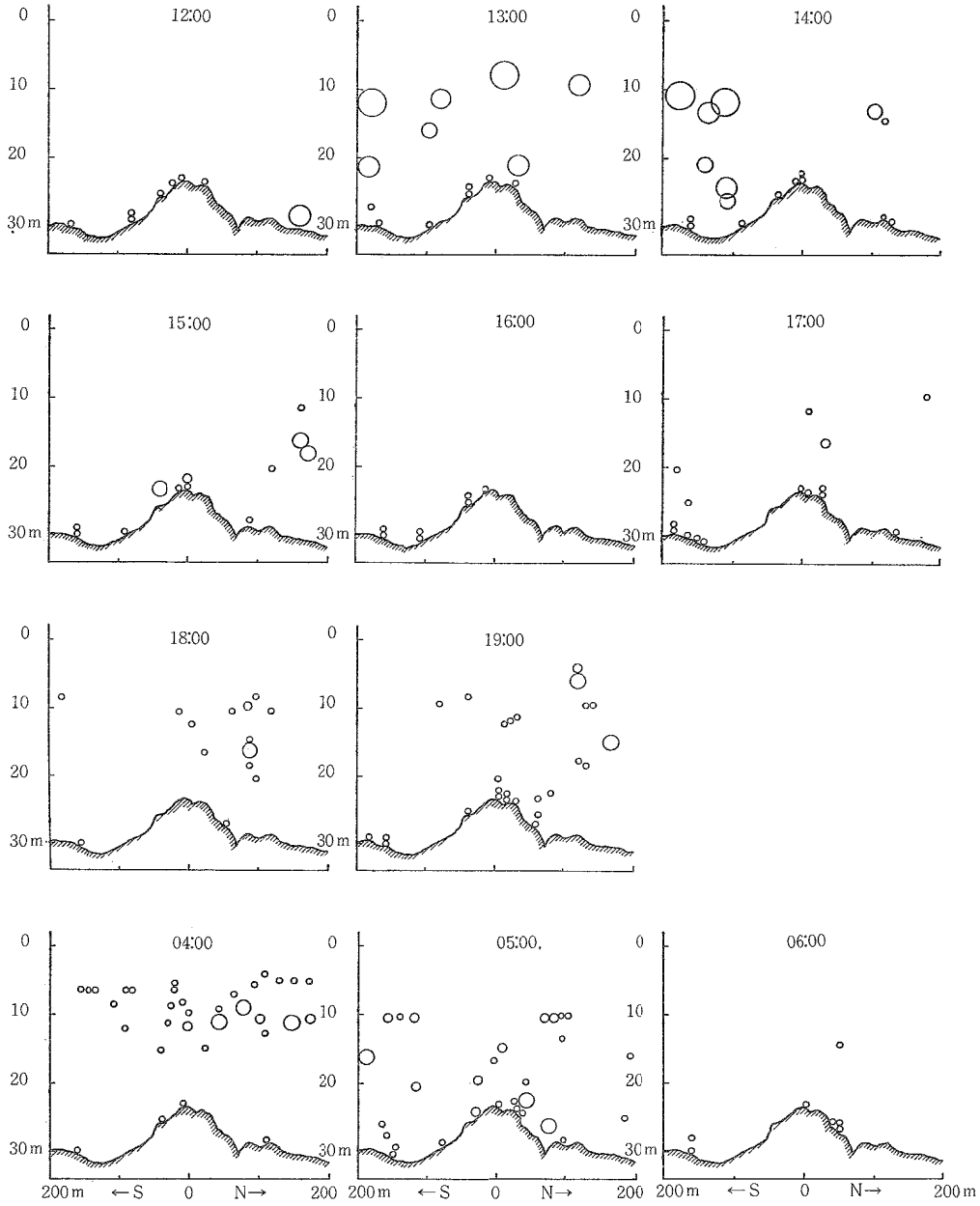


Fig.10. Diurnal variation of echo-traces on a vertical section along the line A-C shown in Fig. 2.

Fig 10. (cont'd.)

