



Title	ホッキガイ漁場の底生動物群集と底質環境
Author(s)	中尾, 繁; NAKAO, Shigeru
Citation	北海道大學水産學部研究彙報, 28(3), 95-105
Issue Date	1977-08
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/23609
Type	departmental bulletin paper
File Information	28(3)_P95-105.pdf



ホッキガイ漁場の底生動物群集と底質環境*

中尾 繁**

Benthos Communities and Bottom Environments
in Sakhalin Surf Clam Beds*

Shigeru NAKAO**

Abstract

Macrobenthos communities and sediment conditions were studied in the four Sakhalin surf clam beds showing the different geographical positions. Faunal composition and community structure were analysed. Community types and their spatial extent were determined by means of similarity analysis of grabbed samples.

In the Sakhalin surf clam beds in Ishikari Bay and the coastal area along Tomakomai, three different communities were distinguished respectively, and one or two communities were observed in Hakodate Bay and on Hachinohe beach respectively.

Pelecypoda community types which are predominated by pelecypods and Scaphechinus community types predominated by *Scaphechinus mirabilis* showed the same faunal composition throughout three fishing grounds of Sakhalin surf clam surveyed. On the other hand, Crustacean community types predominated by gammarid amphipods or flabellifera isopod showed the different faunal composition with respect to the dominant species in each ground.

The benthic communities described above develop in Sakhalin surf clam beds with the sediment texture of commonly sorted mediate to fine sand (III₁ type), coarse sand (III₂ type), well sorted or very well sorted fine sand (I₁ or O type), and with sediment conditions of organic carbon content less than 0.3% and total nitrogen content less than 0.2%.

In the adjacent areas of Sakhalin surf clam beds, on the whole, finer sediment and higher content of organic matter were perceived. In consonance with these characteristics, Echinocardium community predominated by *Echinocardium cordatum* develops in Ishikari Bay, and Polychaete community types predominated by polychaetes develop in the other three waters.

Macrobenthos and bottom sediments in the same area along the coast of Hachinohe as had been sampled in 1966 was re-sampled in 1970, and the faunal composition and sediment characteristics in each area were compared. The geographical distribution of these communities in the area surveyed runs parallel to some extent with that of Sakhalin surf clam.

あるホッキガイ漁場の底生動物群集は、その水域の底質あるいは底層水の環境に 適応した種群により、またその種類構成の変化によって識別できるいくつかの群集から成り立っていると考えられる。

* 昭和 52 年度日本水産学会春季大会において発表された。

** 北海道大学水産学部鹹水増殖学講座

(Laboratory of Marine Culture, Faculty of Fisheries, Hokkaido University)

さらに汽水域の底生動物群集を類型化した山本¹⁾や平行群集²⁾³⁾の結果から、地理的に異なるホッキガイ漁場といえどもホッキガイ *Spisula sachalinensis* Schrenck が生息する底質環境では、それぞれ同じような底生動物によってその群集が構成されているであろうことは容易に首肯されるであろう。つまりホッキガイ漁場を形成する水域では、どこでもその生態系の一部をつくる底生動物群集は同じような構造と機能をもっているのではないかと考えられる。

ホッキガイ漁場の底生動物については、これまで個々の水域の種類構成に関する報告⁴⁾⁵⁾⁶⁾があるが、群集として各漁場の特性を論ずるにはいたっていない。

ここでは、地理的に異なる4つのホッキガイ漁場で、それぞれ底質環境および底生動物群集の識別とその特徴を明らかにし、ホッキガイ漁場における底生動物群集の類型化を試みるとともに、それによる漁場価値の判定の可能性を検討したい。

調査方法

調査は図1に示した4つの水域で行なわれた。石狩湾と苫小牧沿岸がそれぞれ1972年7月、函館湾が1973年8月および八戸沿岸が1966年6月と1970年6月の2回にわたり、それぞれ季節的差異を少なくするため、各調査はできるだけ同一時季に行なわれるように設定された。

1/17m²の採集面積をもつ田村式採泥器を用いて採集された底質は1mm目の篩でふるわれ、篩上に残った全動物が採集された。各地点で3~5回の繰り返し採集をし、各種類毎に個体数を算定して3~5回のサンプルの平均値を求めた。

別に採取された底質は表層2~3cmまでをポリエチレン瓶に取り、凍結保存したあと、実験室で以

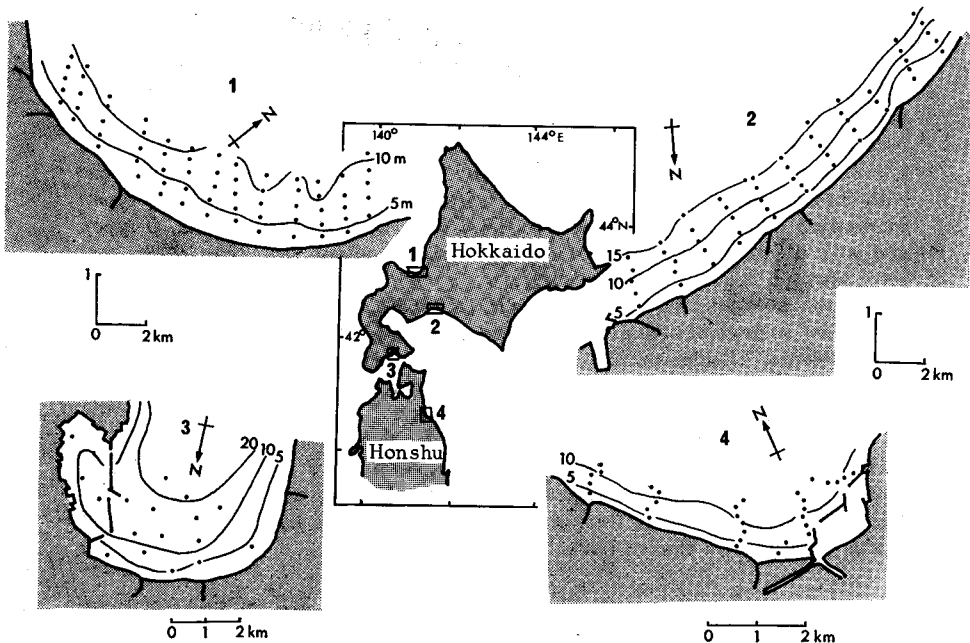


Fig. 1. Geographic location of the four fishing grounds of Sakhalin surf clam. The black dots in the enlarged figures indicate the positions of sampling stations and the lines indicate the approximate depths in meter. 1: Inner part in Ishikari Bay, 2: Coastal area along Tomakomai, 3: Hakodate Bay, 4: Coastal area along Hachinohe

下の分析に供された。粒度組成は篩別法によって粒径 2.50φ 以下と 2.50φ~3.25φ および 3.25φ 以上の 3 段階に分け、佐藤の方法⁷⁾によって粒度型を求めた。底質のもつ炭素量と窒素量は函館湾を除く 3 水域ではそれぞれシマコフ変法とケルダール法によって、また函館湾のサンプルについては柳本 C-N コーダー MT500 型によって求めた。

ホッキガイ漁場の判定は函館湾では SCUBA 潜水による採取り法で、その他の水域ではホッキガイ用桁網によって生息密度を調べて行なった。

結果および考察

ホッキガイの密度分布

図 2 に各水域のホッキガイの密度分布を 100 m² 当りの個体数として示した。

石狩湾では 20~50 個体の密度分布を示す区域が新川口を境にして帯状に分布し、銭函側の沖合には 100~500 個体の高密度分布域がみられる。この帯状の分布域以外では 20 個体以下で、特に 10 m 以深ではその数は急減し、ホッキガイ漁場としては成り立っていないと思われる。

苫小牧沿岸では 20~50 個体の密度分布域が 15 m 以浅の大部分の水域をおおっているが、苫小牧港寄りの 15 m 以浅ではほとんどその生息はみられない。樽前川口から沖合にむけて 50~100 個体のわずかに高い密度分布区が示されている。

函館湾と八戸沿岸ではともに高い密度分布がみられ、特に函館湾では久根別川口を境に狭い範囲ではあるが 100~500 個体の高密度分布域があり、その中心部では 500 個体以上となって好漁場を形成

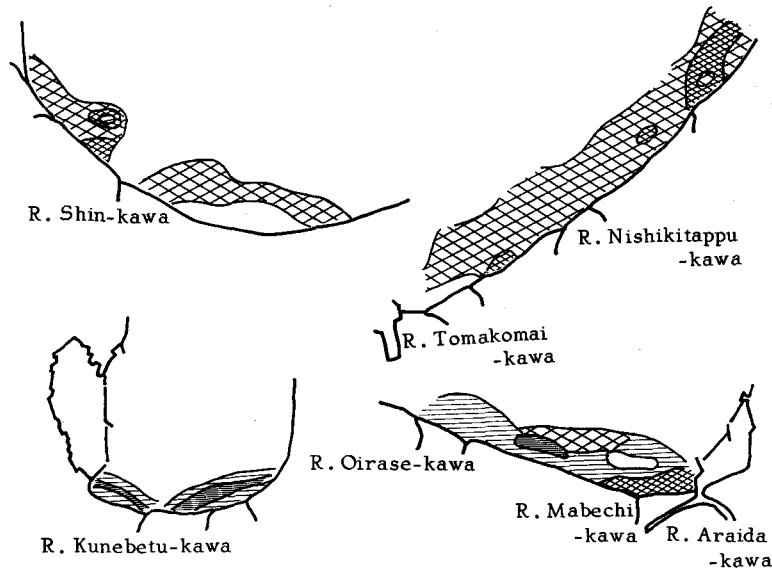


Fig. 2. Geographic distribution of number of individuals of Sakhalin surf clam, where the density scale is: 0-20/100m²; 20-50; 50-100; 100-500; >500. The figure of Hakodate Bay is described with reference to, as yet unpublished, the study by Kato, T., who has kindly permitted us to use it.

している。一方、八戸沿岸でも水深 10 m 以浅に 100~500 個体の高密度区域があり、真淵川口ではそれよりわずかに低くなっているが、函館湾と同様非常にいい漁場となっている。両水域とも水深 10 m を越すと生息密度は極端に減少し漁場としての価値は弱まる。

函館湾では SCUBA 潜水による採取りであり、他水域のホッキガイ用桁網の採集とは異なっている点、また桁網採集も曳網方法や速度が異なる点など各水域の結果を直接比較することはできないが、少なくとも 4 水域いずれも 100 m² 当り 20~50 個体あるいはそれ以上の生息密度を示す海域でホッキガイ漁場が形成されていると思われる。

底質環境

底質の粒度組成から求めた粒度型および底質のもつ炭素量と窒素量の水平分布を図 3 および図 4 に示した。

石狩湾 底質の粒度型は淘汰が普通の中・細砂の III₁ 型あるいは粗砂が卓越する III₂ 型が沿岸域を広くおおっている。石狩川口に隣接する沖合の地点群に淘汰のよい細砂を主成分とする I₁ 型が分布し、これは岸寄りにみられる粗・細砂混合の淘汰のわるい IV₁ 型とともに石狩川によって搬入された陸成土壌の堆積が影響していると思われる。底質のもつ有機物量の指標として求めた炭素量と窒素量の分

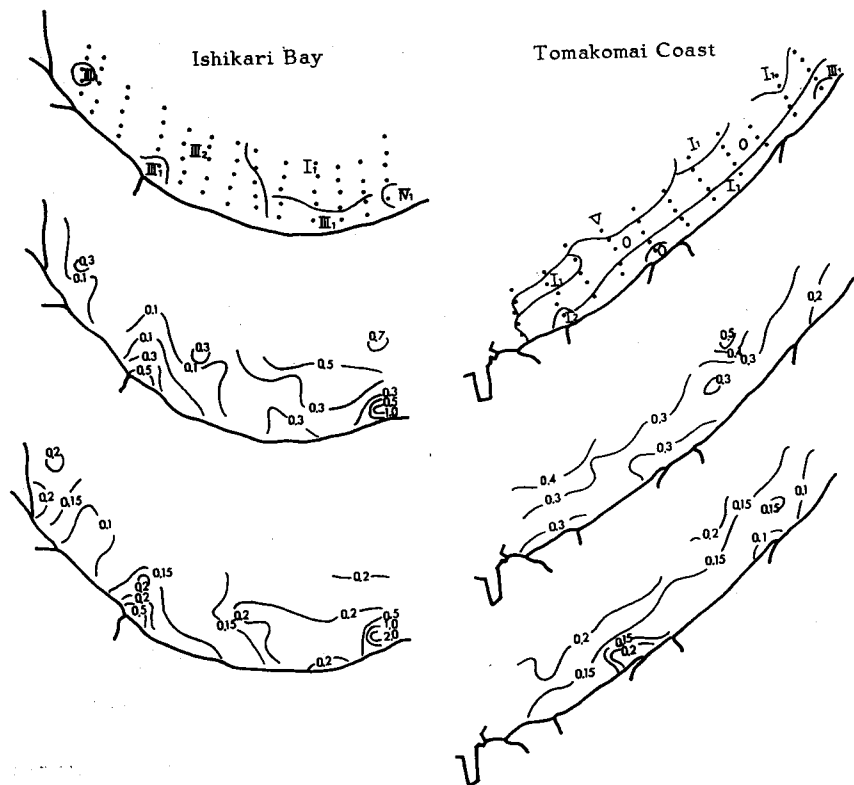


Fig. 3. Sediment characteristics in Ishikari Bay (left) and the coastal water of Hachinohe Bay (right). The two upper charts show the sand types, the middle figures show the organic carbon content (%) in sediment, and the lower figures show the total nitrogen content (‰).

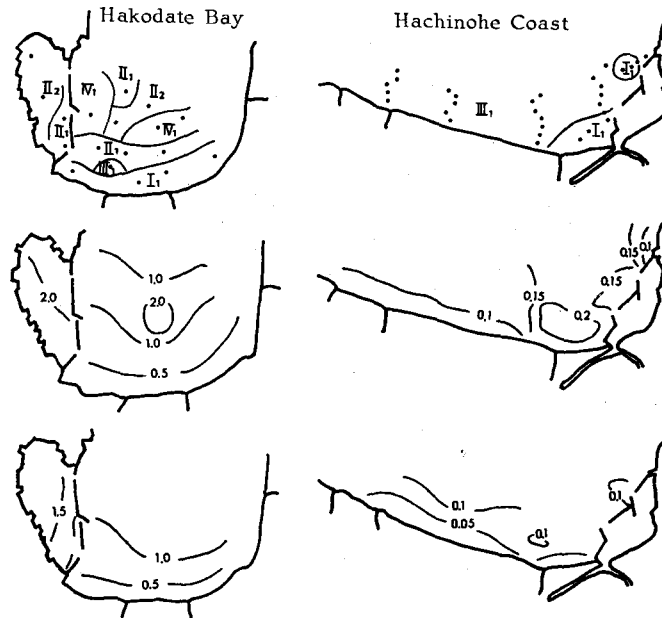


Fig. 4. Sediment characteristics in Hakodate Bay (left) and the coastal water of Hachinohe (right). The two upper figures show the sand types. The left-hand figure of the middle shows the total carbon content (%) in sediment and the right-hand figure of the middle shows the organic carbon content (%). The lower figures show the total nitrogen content (%) in sediment.

布様相はともに同じような形態を示しており、 I_1 と IV_1 型の底質に高い値が示され、0.3% 以上の炭素量と 0.2% 以上の窒素をもっている。新川口にも同じように陸成起源の有機物と思われる高い値がみられる。 I_1 型から III_1 さらに III_2 型へと底質粒度が粗くなるに従って有機物量が減少しており、底質粒度と有機物量の間には多くの人が指摘するように平行関係が認められる。⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾ 図2と比較して明らかのように、ホッキガイ漁場はほぼ III_1 と III_2 型の底質で、炭素量が 0.3% 以下および窒素量が 0.2% 以下の水域にみられる。

苫小牧沿岸 底質の粒度組成は、岸寄りに淘汰のよい I_1 型とその沖合に淘汰の非常によい O 型の底質が分布し、15m 以浅の水域はこれら細砂の卓越する2つの型でおおわれている。水深 15m 以深と苫小牧港寄りの浅い水域では粒度の細粒化が認められ、淘汰の非常によい微・細砂の V 型の底質が分布している。底質の有機物量もほぼ底質粒度の細粒化とともに増加している。この沿岸のホッキガイ漁場は I_1 と O 型の底質で、有機物量は石狩湾と同様に炭素量が 0.3% 以下、窒素量が 0.2% 以下の底質に分布している。

函館湾 粒度型は湾中央部の微砂が卓越して淘汰のよい II_2 型を囲むように粗・細砂混合の IV_1 型があり、岸側から湾中央部に向け $I_1 \rightarrow II_1 \rightarrow II_2$ 型と連続的に細粒化している。これと類似した変化をもって有機物量も高くなっている。しかし、図2と比較してわかるようにホッキガイ漁場は I_1 と III_1 型の底質に限られ、炭素量と窒素量はそれぞれ 0.5% および 0.5% 以下である。この値は、他の水域と比較して若干高くなっているが、函館湾が他の開放的水域に比較して閉鎖的であることと、C-N コーダーによる全炭素量と全窒素量の値であるため、他の水域のシマコフ変法による有機炭素量あるいはケルダール法による窒素量と比較して分析値が高くなっているためと考えられる。

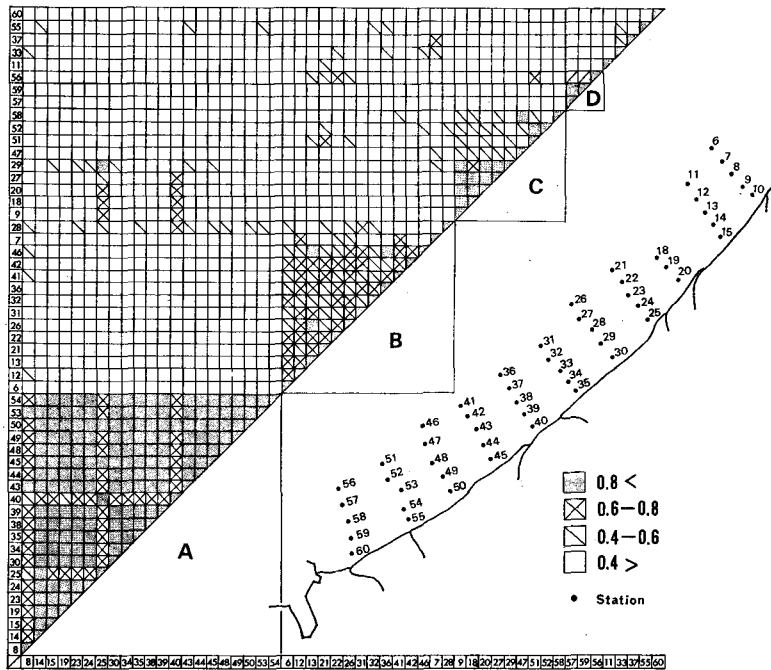


Fig. 5. Trellis diagram showing similarity index (Morisita's index) between pairs of samples collected on the coastal area along Tomakomai. The four symbolic intervals are chosen for equal area in the diagram. A: Scaphechinus community, B: Pelecypoda community, C: Crustacea community, D: Polychaeta community.

八戸沿岸 八戸港の防波堤に沿って真淵川口にいたる陥入部水域で I_1 型がみられる他は沿岸部を広く III_1 型の底質が占め、単調な粒度分布となっている。底質のもつ有機物量は他の3水域と比較して少ない。 I_1 型の底質でわずかに高い値を示す他は水深とともに高くなる傾向があるが、その変化は極めて緩慢である。

以上に述べた通り、底質環境からホッキガイ漁場をみると底質粒度は粒径 2.50ϕ 以下の粗砂を主とする III_1 と III_2 型、あるいはよく淘汰された細砂が卓越する I_1 と O 型の4つの粒度型にまとめられる。また底質のもつ有機物量をみると、分析方法の異なる函館湾を除くと炭素量が 0.3% 以下、窒素量が 0.2% 以下とそれぞれ低い値の底質がホッキガイ漁場には適していると言えよう。

底生動物群集

出現種とその個体数から Morisita の優数類似度指数¹¹⁾ によって水域毎の地点間の類似度を求め、その高い地点群を一括して1つの群集にまとめた。一例として苫小牧沿岸の結果を図5に示す。今、各群集を優占種にちなんで呼ぶことにする。その結果、石狩湾と苫小牧沿岸の4群集、函館湾の2群集および八戸沿岸の3群集が認められた。これらの各群集の主構成員を、群集に属する地点の平均値から出現個体数の多い順に示したのが表1である。

石狩湾の二枚貝群集はサラガイ *Tellina venulosa*, ホッキガイ *Spisula sachalinensis* およびエゾバカガイ *Mactra sinensis carneopicta* の二枚貝が多く、次いでハヤテシロガネゴカイ *Nephtys caeca* とハスノハカシパン *Scaphechinus mirabilis* が多い。カシパン群集は二枚貝群集と主構成員は全く同

Table 1. Common species of members of benthic communities in Sakhalin surf clam beds and in the neighbouring waters of them.

Ishikari Bay	Tomakomai Coast	Hakodate Bay	Hachinohe Coast
Pelecypoda community 1 <i>Tellina venulosa</i> 2 <i>Spisula sachalinensis</i> 3 <i>Macra sinensis carneopicta</i> 4 <i>Nephtys caeca</i> 5 <i>Scaphechinus mirabilis</i> Scaphechinus community 1 <i>Scaphechinus mirabilis</i> 2 <i>Tellina venulosa</i> 3 <i>Nephtys caeca</i> 4 <i>Macra sinensis carneopicta</i> 5 <i>Spisula sachalinensis</i> Crustacea community 1 Gammaridea spp. (<i>Harpinia miharaensis</i>) 2 <i>Nephtys caeca</i> 3 <i>Macra sinensis carneopicta</i> Echinocardium community 1 <i>Echinocardium cordatum</i> 2 <i>Tellina venulosa</i> 3 <i>Nephtys caeca</i>	Pelecypoda community 1 <i>Macra sinensis carneopicta</i> 2 <i>Nephtys caeca</i> 3 Gammaridea sp. Scaphechinus community 1 <i>Scaphechinus mirabilis</i> 2 <i>Macra sinensis carneopicta</i> 3 <i>Nephtys caeca</i> 4 <i>Tellina venulosa</i> Crustacea community 1 <i>Tecticeps japonicus</i> 2 Gammaridea sp. 3 <i>Scaphechinus mirabilis</i> 5 <i>Tellina venulosa</i> 6 <i>Macra sinensis carneopicta</i> Polychaeta community 1 Cirratulidae sp. 2 <i>Chirori</i> sp. 3 <i>Nephtys caeca</i>	Crustacea community 1 Gammaridea spp. (<i>Ampelisica</i> sp.) 2 <i>Nephtys caeca</i> 3 <i>Macra sinensis carneopicta</i> 4 <i>Spisula sachalinensis</i> Polychaeta community 1 <i>Capitella capitata</i> 2 <i>Chaetozone</i> sp. 3 <i>Lumbrineris</i> sp. 4 <i>Theora lata</i>	Pelecypoda community 1 <i>Spisula sachalinensis</i> 2 <i>Macra sinensis carneopicta</i> 3 <i>Scaphechinus mirabilis</i> 4 <i>Nephtys caeca</i> Crustacea community 1 Gammaridea spp. (<i>Corophium</i> sp.) 2 <i>Macra sinensis carneopicta</i> 3 <i>Spisula sachalinensis</i> 4 <i>Scaphechinus mirabilis</i> 5 <i>Nephtys caeca</i> Polychaeta community 1 <i>Ampharete arctica</i> 2 <i>Lumbrineris brevicira</i> 3 Gammaridea spp. 4 <i>Nephtys caeca</i> 5 <i>Scaphechinus mirabilis</i>

じであるが、最も多く出現する種がハスノハカシパンである点で二枚貝群集と異なる生物分布を示すと言える。甲殻類群集はヨコエビの類が極端に多く、特にフトヒゲソコエビ *Harpinia miharaensis* が優占種となる点で上記2群集とは異なるが、構成員にはハヤテシログネゴカイ、エゾバカガイなど共通する種も多い。オカメブンブク群集はオカメブンブク *Echinocardium cordatum* が最も多く、すべての群集と明らかに区別される。

苫小牧沿岸の二枚貝群集はエゾバカガイが最も多く、次いでハヤテシログネゴカイとヨコエビの1種が主な組員となっている。カシパン群集は石狩湾のそれとほぼ同じ構成員で同じような種類配分を示している。甲殻類群集はシオムシ *Tecticeps japonicus* が高い出現を示し、次いでハスノハカシパンが多く、さらにサラガイとエゾバカガイなどが主な構成員となっている。多毛類群集はミズヒキゴカイの1種とチロリの1種が多く、上記3群集とは明確に区別される群集である。

函館湾のヨコエビ類、殊に *Ampelisica* sp. によって特徴づけられる甲殻類群集は、優占種を除く他の主構成員は石狩湾の甲殻類群集とほぼ同一である。多毛類群集はミズヒキゴカイの1種 *Chaetozone* sp. が優占する函館港内とイトゴカイ *Capitella capitata*、イソメの1種 *Lumbrineris* sp. が多い湾中央部の地点群の2群集に分けられるが、いずれも多毛類が優占しており、全く異なる種類と個体数配分を示して甲殻類群集と区別される。

八戸沿岸における二枚貝群集はホッキガイが特に多い点で他水域の二枚貝群集と異なるが、構成員

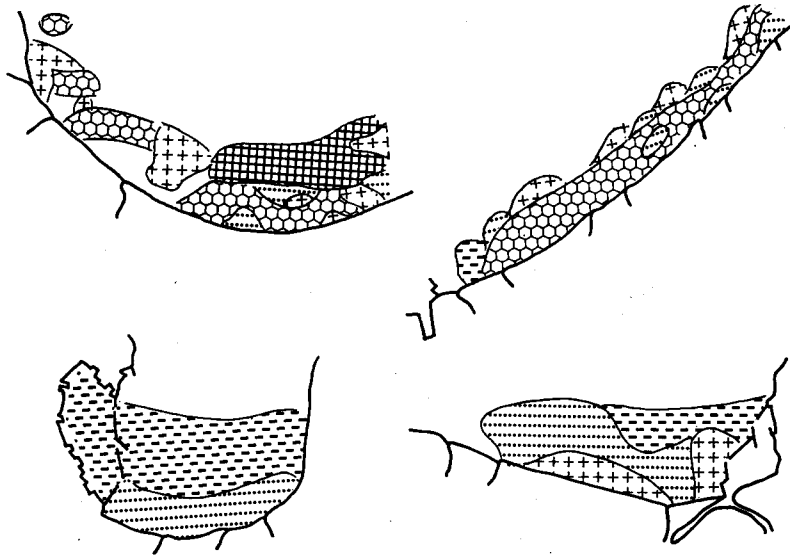
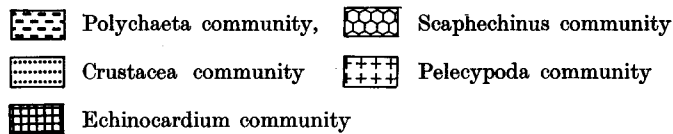


Fig. 6. Geographic distribution of five benthic communities in Sakhalin surf clam beds and adjacent waters of them.



の種類は非常によく類似している。甲殻類群集はヨコエビの1種 *Corophium* sp. が最も多く、この点で他の甲殻類群集と異なるが、その他の主な組員はこの海域の二枚貝群集と同じ種類構成を示し、これら2群集が同様な構成員をもっている点是他水域と類似した結果となっている。多毛類群集はカザリゴカイの1類 *Ampharete arctica* が最も多く、*Lumbrineris brevicirra* がこれに次いでいる。ヨコエビの1種とハスノハカシパンもかなりみられるが、この海域でみられる上記2群集とは種類構成が明らかに異なり区別される。

以上に述べた底生動物群集の各水域における水平分布を図6に示した。この図とホッキガイの密度分布を示す図2とを照合して明らかなように、石狩湾では二枚貝群集、甲殻類群集およびカシパン群集の3つがホッキガイ漁場にみられ、オカメブンブグ群集がホッキガイ漁場をはずれた水域に分布している。同じように、苫小牧沿岸では4群集のうち3群集がホッキガイ漁場にみられ、多毛類群集は漁場からはずれている。函館湾ではホッキガイ漁場には甲殻類群集のみが分布し、その沖合に多毛類群集がみられる。八戸沿岸のホッキガイ漁場は二枚貝群集と甲殻類群集で占められ、多毛類群集が函館湾と同様に漁場の沖合に分布している。

このようにホッキガイ漁場では、生物種類とその個体数配分から1~3の生物集団が認められ、これらがホッキガイ漁場生態系の一部を形づくっている底生動物群集とみてよからう。これら群集の類型化に関してはさらに検討が必要であるが、二枚貝群集とカシパン群集は各漁場とも共通した種が主構成員となっており、それぞれ極めて類似性の高い群集であると言える。また、甲殻類群集に関しては各漁場で優占種が異なっており、それぞれの水域で特徴的な構成を示す群集となっている。一方、ホッキガイ漁場に隣接する水域では多毛類群集が多い点は注目されよう。

底質環境の変化と ホッキガイ密度および底生動物群集の変化

青森県八戸市は1964年に新産業都市の指定を受け、その後産業開発の拠点都市として発展してきたが、1966年以降に真淵川と奥入瀬川の間で新しい港ができ、それを中心にパルプ工場など多くの工場廃水がこの海域に排出されてきた。新しい港による沿岸流の変化あるいは廃水の影響などにより底質環境の変化が当然予想されよう。¹²⁾¹³⁾そこで1966年の調査から4年後の1970年6月に行なった調査結果と比較してみたい。

底質環境を図7に示した。1966年の結果(図4)と比較すると、粒度型は真淵川口から新港沖合にかけて細砂のI₁あるいはII₂型にかわり、III₁型であった4年前に比べ粒度組成が細粒化していることが明らかである。

底質のもつ有機物量も新港から奥入瀬川口にいたる浅い沿岸域では4年前と大差はないが、その沖合と新港から真淵川口にいたる水域で特に高くなっており、その傾向は窒素量において一層顕著に認められる。一方、ホッキガイの生息密度分布を示す図8から、4年前の結果(図2)と比較して極端に低密度化しているのがわかる。新港から奥入瀬川口にいたる浅海域でわずかに100m²当り10~20個体と高い値がみられる他は、すべて10個体以下となって明らかにホッキガイ漁場としての価値が低下している。これらの変化を底生動物群集からみたのが図9である。各群集と

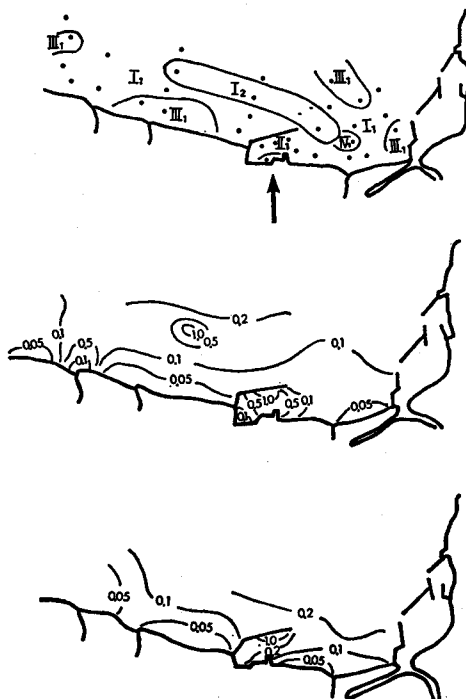


Fig. 7. Sediment characteristics on the coast along Hachinohe in 1970. The upper figure shows the sand types, the middle figure shows the organic carbon content (%) in sediment, and the lower figure shows the total nitrogen content (%). The arrow shows the new Hachinohe Harbour.

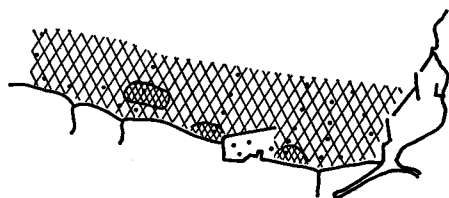


Fig. 8. Geographic distribution of number of individuals of Sakhalin surf clam in the coastal water of Hachinohe in 1970, where the density scale is:

▨ <10/100m²; ▩ 10-20.

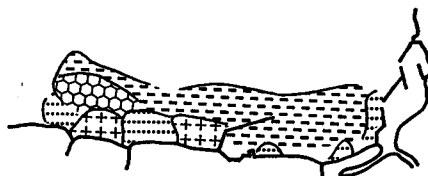


Fig. 9. Geographic distribution of benthic communities in the coastal water of Hachinohe in 1970. Symbols as in Fig. 6.

も種類構成に大きな変化はないが、その分布配列が異なることは図6と比較して明らかであろう。特に、ホッキガイ漁場をはずれて分布していた多毛類群集が真淵川口から新港の沖合にかけて広く拡大しているのが4年前と大きな差異となっている。新港から奥入瀬川口にいたる沿岸域では、なおホッキガイ漁場の底生動物群集と考えられる3つの群集があり、このことは底質環境の変化が少なかったこと、あるいはホッキガイの密度がこの水域ではなおわずかではあるが高いことなどから頷けることである。各群集とも群集構成員の変化は認められず、その配列現象がホッキガイの生息密度の変化とともに変わってきていることから、底生動物群集によるホッキガイ漁場の価値判定が可能であり、それは時間的要素をいれることによってさらに的確な根拠を提供しようと考えられる。

要 約

地理的に離れた4つのホッキガイ漁場において、底質環境の特性と底生動物を調べ、群集の類型化を試みた。またそれによる漁場価値の判定の可能性を検討した。その結果、

1. ホッキガイ漁場の底質は粗砂あるいは粗砂と中砂が主成分の III₁ と III₂ 型および、よく淘汰された細砂が卓越する I₁ と O 型の4つの粒度型に含まれ、炭素量が 0.3% 以下、窒素量が 0.2% 以下の底質がよい漁場と考えられる。
2. 優数類似度指数から各漁場の底生動物群集は石狩湾と苫小牧沿岸で3群集、函館湾と八戸沿岸でそれぞれ1および2群集が認められた。
3. これらのうち、二枚貝群集とカシパン群集はそれぞれ主な構成員が等しく、各漁場で極めて類似した群集である。甲殻類群集は各漁場で優占する種が異なり、水域毎に特徴のある群集構成をもつ。
4. 漁場をはずれる区域では、石狩湾のオカメブク群集と他の3水域の多毛類群集によって特徴づけられる。3水域の多毛類群集はそれぞれ種類構成の異なる点で区別される。
5. ホッキガイの低密度化とともに群集配列が変化することから、底生動物群集によるホッキガイ漁場の価値判定が可能である。

おわりにあたって、この報告のとりまとめに多くの御助言を賜った北海道大学水産学部富士昭教授と野外作業に協力いただいた同職水増殖学講座のみなさんに対して厚くお礼申し上げる。

文 献

- 1) 山本 薫太郎 (1954). 汽水性水域の底棲生物群集の研究 III. 尾鮫沼、鷹架沼の底棲生物、特に群集型の系列について. 日生態誌 4, 60-63.
- 2) Thorson, G. (1955). Modern aspects of marine level bottom animal communities. *J. mar. Res.* 14, 387-397.
- 3) Thorson, G. (1957). Bottom communities (sublittoral or shallow shelf). *Geol. Soc. America, Mem.* 67, 461-537.
- 4) 今沢重克・菅野 尚・吉田徹三・今井丈夫 (1954). 福島県沿岸に於ける北寄貝の増殖に関する研究. 第二報 磯部漁場の北寄貝資源に関する調査. 福島県経済部水産課調査報告, 1-13.
- 5) 中尾 繁 (1969). 八戸沿岸におけるホッキガイ漁場の底生動物相. 北大水産彙報 19, 250-260.
- 6) 有馬健二・元谷 怜・木村 豊・四ツ屋義則・福田勝利 (1975). 静内町のホッキガイ資源について. 北水試月報 32, 13-23.
- 7) 佐藤任弘 (1959). 能代沖の底質 (II). 砂の分類に関する一考察. 水路要報 60, 45-51.
- 8) Kato, K. (1956). Chemical investigations on marine humus in bottom sediments. *Mem. Fac. Fish. Hokkaido Univ.* 4, 91-209.
- 9) 北森良之介 (1963). 瀬戸内海とその近接水域の沿岸における底生動物群集の漁場学的研究. 内海区水研研報 105, 1-87.
- 10) 中尾 繁 (1969). 十三瀬の底質. 水産土木 6, 7-11.
- 11) Morisita, M. (1959). Measuring of interspecific association and similarity between

- communities. *Mem. Fac. Sci. Kyushu Univ.*, Ser. E. 3, 65-80.
- 12) Sverdrup, H.U., Johnson, M.W. and Fleming, R.H. (1942). *The Oceans: their physics, chemistry and general biology*. 1087 p. Prentice-Hall, Inc., New York.
- 13) Pearson, T.H. (1972). The effect of industrial effluent from pulp and paper mills on the marine benthic environment. *Proc. R. Soc. Lond. B.* 180, 469-485.