



Title	有珠湾における多毛類群集の多様度と底質環境
Author(s)	中尾, 繁; NAKAO, Shigeru
Citation	北海道大學水産學部研究彙報, 28(1), 20-28
Issue Date	1977-04
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/23601">https://hdl.handle.net/2115/23601</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	28(1)_P20-28.pdf



有珠湾における多毛類群集の多様度と底質環境

中尾 繁\*

Polychaete Species Diversity and Physical Environment  
of Sediment in Usu Bay

Shigeru NAKAO\*

Abstract

The objective of this study was to ascertain the factors potentially affecting the polychaete species diversity. The diversity indices of several species were applied to the data collected in Usu Bay, Hokkaido. Sediment analyses, grain composition and organic carbon content were used to explain the causes of diversity gradients. These diversity indices were not found to be clearly correlated to the sediment parameters of the median diameter, silt-clay fraction and organic carbon. But sorting was apparently the important cause by which to explain diversity gradients. The stability-time hypothesis is supported in this study.

底生動物群集の多様度に関しては、その差異が何によってもたらされるかということと、その尺度としての多様度示数の求め方が大きな問題とされている。前者においては、ある地域に限られた結果に基づく論議<sup>1), 2), 3)</sup>と全世界的な比較検討に基づく論議<sup>4), 5)</sup>があり、Pianka<sup>6)</sup>によれば多様度を決定する要因として次の6つが指摘されている。すなわち1) 群集の老若(時間)、2) 場所の異質性、3) 生物相互の競争、4) 捕食、5) 資源や環境の安定性、6) 生産力である。さらにSanders<sup>4)</sup>は1) 2) 3) と5)を含めた時間-安定仮説を提唱した。つまり物理環境が厳しい不安定な場所では、環境に強く規制された種が優占し、多様度の低い群集となり、環境の変動がなく長期に安定した場所では生物学的に順応した高い多様性の群集になるという。一方、多様度示数に関しては、いろいろな経験式が報告されているが、果たしてその場所の多様度の正確な反映であるかどうか論議の中心課題となっている<sup>4), 7)</sup>。ここでは、北海道有珠湾における多毛類群集の多様度示数と底質環境との関係を明らかにし、Sandersの仮説の検討を行なうことを目的とした。多毛類が選ばれた理由は、底生動物のうち種数、個体数ともに極端に多く、また他の水域で示された<sup>2), 8)</sup>と同様に多毛類の多様度が高いことによる<sup>9)</sup>。

本文に入るに先立ち、底質の有機炭素量の資料を提供していただいた、北海道大学水産学部富士昭助教授に感謝の意を表する。

調査の方法

底生動物の採集は1970年8月、有珠湾の8地点で行なった<sup>9)</sup>。1/16m<sup>2</sup>の採取面積をもつcoreサンプラーで1地点6回、それぞれ底質の10cm層までをSCUBA潜水によって採泥した。底質は1mm

\* 北海道大学水産学部海水増殖学講座  
(Laboratory of Marine Culture, Faculty of Fisheries, Hokkaido University)

目の篩で分け、篩上に残った全動物について種別に個体数を算定した。個体数は完全個体および破損した個体については頭部のみによって計数した。底質の粒度組成は篩別法と日立粒度分析器 PSA 2 型により、有機炭素量はシマコフ変法により求めた。底質の分析はすべて表層から 2cm 層までの試料について行なった。

結果と考察

各地点内のサンプルの吟味 Woodin<sup>9)</sup> によれば、微小な多毛類 *Exogone lourei* の個体数は 1mm 目篩では 0.5mm 目篩の約 30% しか得られなかったが、それ以外の得られた 14 種の多毛類については、両方の篩で種数、個体数ともほとんど差がなかったという。北森<sup>10)</sup> も同様のことを指摘し、1 mm 目篩で失われる多毛類は極く少ないとしている。有珠湾においてはこれら小形多毛類は採集されなかったことと合わせれば 1mm 目篩の使用は妥当であると考えられる。採集深度については、図 1 に示すように 6 回の平均種数が各地点とも表層から 6cm 層までに 80% 以上分布しており、8~10cm

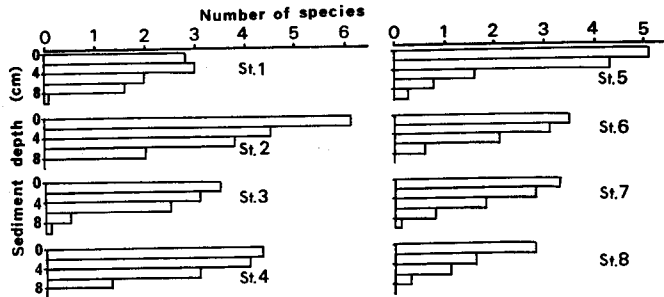


Fig. 1. Vertical distribution of mean number of species for six core samples at each station.

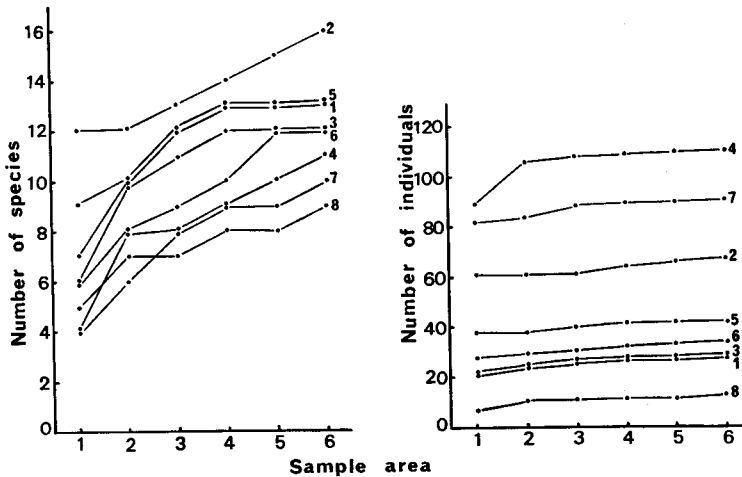


Fig. 2. Cumulative plots of numbers of species (left) and of individuals (right) taken in successive samples at eight stations in Usu Bay. Numbers on lines indicate sampling stations.

Table 1. Mean number of species (A) and that of individuals (B) for six cores at each station.

	1	2	3	4	5	6	7	8
Mean	5.3	8.7	6.5	5.7	7.2	6.2	4.7	4.7
Standard deviation	1.033	1.967	1.049	1.966	0.984	1.329	0.816	0.515
(A) Confidence limit*	±1.052	±2.065	±1.198	±2.062	±1.034	±1.393	±0.933	±0.542
Coefficient of variation	0.195	0.227	0.691	0.347	0.137	0.215	0.175	0.111
Mean	12.5	61.7	20.7	138.0	37.7	34.5	62.3	23.0
Standard deviation	1.870	15.475	2.500	58.370	6.593	8.666	16.680	22.387
(B) Confidence limit*	±1.962	16.248	±2.628	61.252	±6.919	±9.094	±17.506	±23.494
Coefficient of variation	0.150	0.251	0.121	0.423	0.175	0.251	0.268	0.973

\* Confidence coefficient, 95%

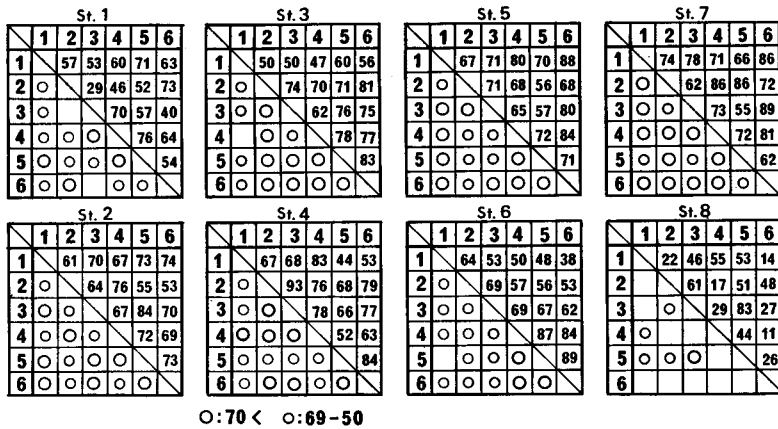


Fig. 3. Trellis diagram of comparison of the percentage similarity for six core samples at each station.

層ではほとんど出現がみられない。このことから各地点とも 10 cm 層までの採集深度で充分である。次に 1 地点 6 回の採集資料について累積種数-面積関係を求めたのが図 2 である。図から明らかなように、地点 2 で種数が 1 番多く、地点 8 で最少である。各地点とも 4 回のサンプルでほぼ安定しており、6 回のサンプルで各地点の性格はとらえることができるとみて差支えなからう。Holme<sup>11)</sup>, Reish<sup>12)</sup>, 山本<sup>13)</sup> らによれば、種数よりも個体数はより少ないサンプル面積によって安定するが、このことは有珠湾における個体数-面積関係 (図 2) から明らかなである。それぞれの平均値、標準偏差、信頼限界と変異係数を求めると表 1 のようになる。地点 8 の標準偏差と信頼限界値は極めて大きい。そこで、6 回のサンプル間の各種類の出現頻度について Odum<sup>14)</sup> の百分率差による類似度を求めてみた (図 3)。これは 50% 以上の場合が類似度が強いと判断されていることからすれば、地点 8 を除く各地点とも高い類似度が示されており、等しい種類とその出現頻度をもつことがわかる。地点 8 においては 6 回のサンプルがかなり異なっているため、これをもって同一母集団からのサンプルとはみなすことはできない。従って地点 8 については結果を述べるにとどめ、考察からは除外した。

多毛類群集の多様度示数 採集された多毛類 (表 2) から元村<sup>15), 16)</sup> の等比級数則の適用を試みたのが図 4 である。各地点とも明らかに  $\log N_i = b - ax$  (ただし  $N_i$  は個体数の多い順から数えて  $i$  番目

Table 2. Species names of polychaetes and bivalves with numbers of individuals found in one square meter of the substratum in Usu Bay in August, 1970.

Species	Stations							
	1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Tharyx pacifica</i>	550	499	666	456	1316	133	216	
<i>Cirriformia tentaculata</i>		133	150				50	16
<i>Capitella capitata floridana</i>	66	1300	249	11066	533	2233	4416	1766
<i>Lysilla pacifica</i>	33	300	16					
<i>Haploscoloplos elongatus</i>		283		866	166	366		16
<i>Cistenides soldatovi</i>					16			
<i>Praxillela affinis pacifica</i>	50		33	16	33			
<i>Axiiothella</i> sp.	116	2766	216			16		50
<i>Ammotrypane aulogaster</i>			16				16	
<i>Chone</i> sp.	33							
<i>Melinna elisabethae</i>	83		33					
<i>Lumbrineris debilis</i>	233	1533	616	566	1200	366	66	
<i>L. japonica</i>	16	99		33	33			55
<i>Glycera alba</i>	16	16				16		
<i>Glycinde armigera</i>		16				16		
<i>Eteone longa</i>	16	16			50	83		
<i>Anaitides maculata</i>	16	16			50			
<i>Nephtys polybranchia</i>	16	16		33	50	16		50
<i>Harmothoe imbricata</i>		16	16	16			50	
<i>Ophiodromus pugettensis</i>					16	16		50
<i>Typosyllis nipponica</i>				100				
<i>Sthenelais fusca</i>					16			
<i>Nereis diversicolor</i>		156	50	466	233	166	1200	266
<i>N. sakhalinensis</i>							16	
<i>Ceratonereis erythraeensis</i>		16						16
<i>Platynereis bicanaliculata</i>				150		66	200	
<i>Macoma incongrua</i>		183		183	83	300	133	
<i>Theora lubrica</i>			50					
<i>Mya arenaria japonica</i>								16
<i>Venerupis philippinarum</i>						50	16	

の種の個体数,  $a$  と  $b$  は定数) の等比級数関係を示しており, 従って直線の傾斜  $a$  はそのまま群集の多様度と逆比例すると考えられる。地点1で多様度が一番高く, 地点7において最も低いことがわかる。しかし,  $a$  はサンプルの大きさによって変化し, 個体数の対数に対する累積種数関係では, これより Fisher<sup>17)</sup> の対数級数則  $S = a \ln(N/a + 1)$  (ただし  $S$  は全種数,  $N$  は全個体数,  $a$  は定数) の適合が一層よい例も報告されている<sup>7)</sup>。さらに Simpson<sup>18)\*</sup> および情報理論に基づく MacArthur<sup>19)\*\*</sup> の経験式から求めた各地点の多様度示数を表3に示した。それぞれの多様度示数の高い順に地点を配列すると(表3の下欄), 元村と Fisher, Simpson と MacArthur の示数がそれぞれ同様の結果を表わしている。両者の間では特に地点3の順位差が大きく変動しているのが目立つ。しかしいずれの示数もサンプルの大きさによって左右される欠点をもっており<sup>4), 20)</sup>, Simpson 示数は多い個体数の種が強く影響し, より少ない個体数の種が過小に評価される<sup>4)</sup>, MacArthur 示数でも同様に個体数の配分

$$* D = 1 - \sum \frac{n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)} \quad (\text{ただし } N \text{ は全個体数, } n_i \text{ は } i \text{ 番目の種の個体数})$$

$$** H' = \sum \frac{n_i}{N} \log_2 \frac{n_i}{N} \quad (\text{ただし } N \text{ は全個体数, } n_i \text{ は } i \text{ 番目の種の個体数})$$

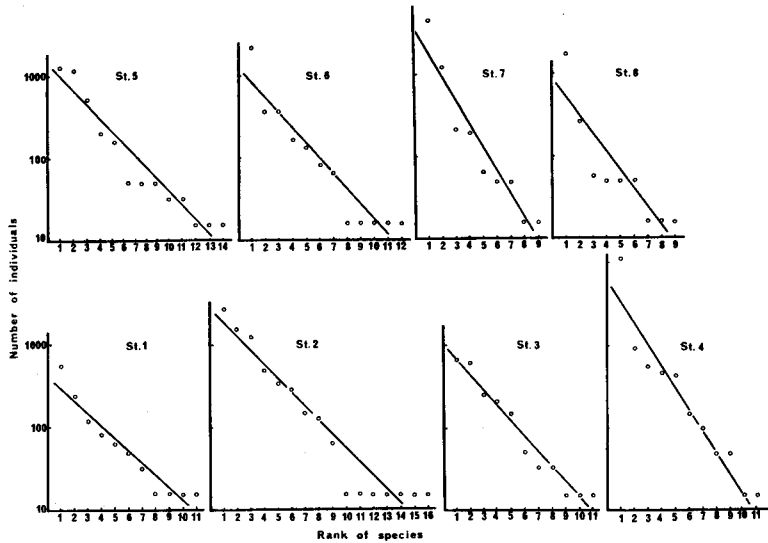


Fig. 4. Relation between number of species and that of individuals. Number of individuals per square meter (log scale) versus rank of species arranged in abundance.

Table 3. Diversity values at eight stations indicated from four diversity indices and ranks of stations arranged in the values with the exception of station 8 (under column).

St.	Motomura's index (a)	Simpson's index (D)	Fisher's index (a)	MacArthur's index (H')
1	0.152	0.76	2.02	2.66
2	0.167	0.76	1.95	2.51
3	0.185	0.77	1.53	2.52
4	0.253	0.35	1.18	1.20
5	0.173	0.74	1.69	2.37
6	0.186	0.56	1.55	1.91
7	0.288	0.46	1.04	1.37
8	0.216	0.59	1.19	1.29
-----				
	St. 1	St. 3	St. 1	St. 1
	2	1	2	3
	5	2	5	2
	3	5	6	5
	6	6	3	6
	4	7	4	7
	7	4	7	4

が影響するという<sup>21)</sup>。そこでサンプルの大きさに左右されることが少ない rarefaction method<sup>2)</sup> によって多様度のパターンを求めたのが図5である。地点1は急激に高くなっており、地点2では初め急に高く、その後増加の割合は徐々に減少する。地点4の増加は初めからゆっくりしており、増加の割合は地点2よりさらに穏やかである。この図から多様度の高い順に地点1、地点2, 3, 5, 6と地点4, 7の3群に分けることができ、元村の示数による地点配列とほぼ一致している。しかし、これらの多

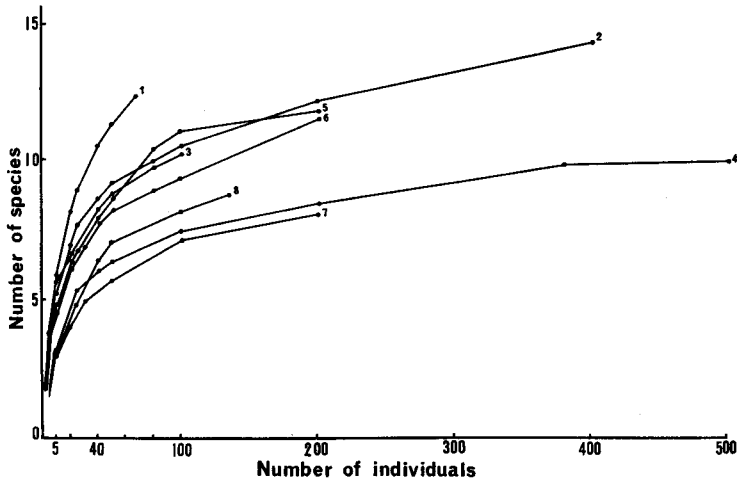


Fig. 5. Rarefaction curves of polychaete fraction of benthos collections from Usu Bay.

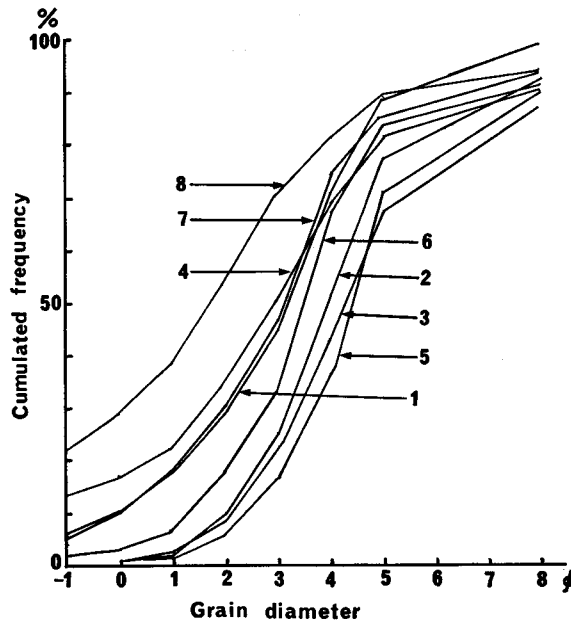


Fig. 6. Grain composition (in cumulative frequency curve) of the sediments plotted with phi scale.

様度示数のうち、どれが実際の多様度を正確に反映しているのかという根拠はなく、また Pearson<sup>22)</sup> が底生動物の遷移に適用した場合、サンプルの大きさによってそれぞれの示数の有効性が異なると指摘していることから、1つの示数のみで多様度の尺度とすることは危険で、これらの多様度示数のいくつかを比較検討しながら使うことが必要であろう。

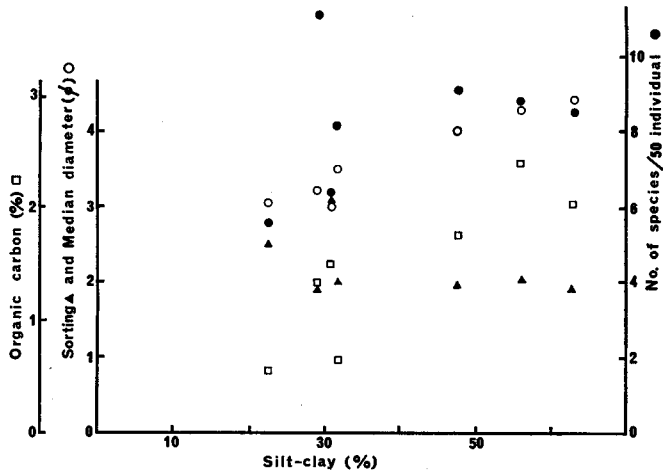


Fig. 7. Relations between the amount of silt-clay fraction and median grain diameter or sorting calculated from the cumulative frequency curves, and relations between the former, and the total carbon content or diversity values at 50-individual level obtained by rarefaction method.

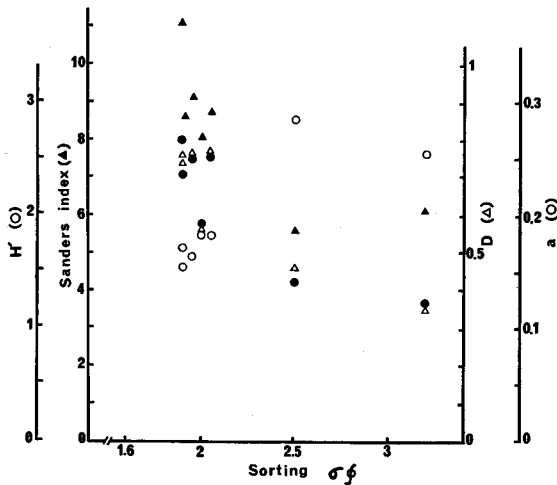


Fig. 8. Relation between sorting and diversity values indicated by four diversity indices.

多様度示数と底質環境 有珠湾の底生動物のうちで多毛類と二枚貝類の種数と個体数(表2)から rarefaction method で図にプロットしていくと、多様度の分布は明らかに Sanders<sup>9)</sup> の北方浅海域の群集のそれに含まれる。この群集は物理的要因に影響を受け易いとされている。また、底質の有機汚染に対して多様度が低くなること<sup>2), 22)</sup>、多毛類の分布と底質の粒度組成が強い関係を示す<sup>9)</sup> ことから、多毛類群集の多様度と底質環境を比較することが可能であると考えられる。各地点の粒度分析の結果から粒径加積曲線を図6に示し、これより中位粒径 (Md)、淘汰係数 (sorting) を求めた。和田

ら<sup>23)</sup>は底質の粒径 125mm 以下の粒子含有率をもって底質環境の一元化を試みているが、ここでもそれが可能かどうかをみるために粒径  $4\phi$  以上の silt-clay 量と Md, sorting および有機炭素量との関係を図7に示した。Md と有機炭素量は明らかに正の相関を示しているが、sorting では明確な相関は認められない。従って底質の環境を一元化することは無理であろう。そこでこの図に Sanders の多様度指数 (多毛類種数/50 個体) をプロットすると、silt-clay 量との間には一定の関係はみられないが、sorting が 2.5 以下で淘汰のよい地点に高い多様度が、また 3 以上の淘汰が普通の地点で低い多様度がみられる。そこで淘汰係数と各多様度示数の値との関係を図8に示した。この図から明らかのように、それぞれの多様度示数はともに sorting が 2 の淘汰のよい地点で高く、淘汰が悪くなるに従い徐々に低くなる負の相関を示し、元村の示数はこれらと逆に正の相関を示している。以上にみた通り、多毛類の多様度と sorting の間には強い関係が認められたが、実際に底質粒度の淘汰が直接多毛類群集の多様度を左右する主要因となるかどうかは不明であり、それと平行関係にある別の要因が二次的に表現されている可能性もある。いずれにしても多毛類群集の多様度が sorting あるいはそれによって表わされる物理的要因によって左右されていると考えられるので、このことは Sanders の時間-安定仮説を首肯させるものと言える。

### 要 約

有珠湾における多毛類群集の多様度を6つの示数から比較し、底質環境との関係を求めた。その結果

- 1) 各多様度示数とも底質粒度の sorting と強い関係を示した。
- 2) このことから、多毛類群集の多様度を左右する要因として、Sanders の時間-安定仮説が支持される。

### 参 考 文 献

- 1) Menge, B.A. and Sutherland, J.P. (1976). Species diversity gradients. Synthesis of the roles of predation, competitions, and temporal heterogeneity. *Amer. Natur.* **110**, 351-369.
- 2) Marcotte, B.A. and Coull, B.C. (1974). Pollution, diversity and meiobenthic communities in the North Adriatic (Bay of Piran, Yugoslavia). *Vie Milieu* **24**, 281-300.
- 3) Jumars, P.A. (1975). Environmental grain and polychaete species diversity in a bathyal benthic community. *Mar. Biol.* **30**, 253-266.
- 4) Sanders, H.L. (1968). Marine benthic diversity. A comparative study. *Amer. Natur.* **102**, 243-282.
- 5) MacArthur, R.H. (1965). Patterns of species diversity. *Biol. Rev.* **40**, 510-533.
- 6) Pianka, E.R. (1966). Latitudinal gradients in species diversity. A review of concepts. *Amer. Natur.* **100**, 33-46.
- 7) 伊藤嘉昭 (1976). 動物生態学 (下巻). 480 p. 古今書院, 東京.
- 8) Woodin, S.A. (1974). Polychaete abundance patterns in a marine soft-sediment environment. The importance of biological interactions. *Ecol. Monogr.* **44**, 171-187.
- 9) 中尾 繁 (1976). 底質および種組成からみた多毛類, イソメ科3種の食性. 北大水産彙報 **27**, 63-70.
- 10) 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. 内海区水研報告 **21**, 1-90.
- 11) Holme, N.A. (1953). The biomass of the bottom fauna in the English Channel off Plymouth. *J. mar. biol. Ass. U.K.* **32**, 1-49.
- 12) Reish, D.J. (1959). A discussion of the importance of the screen size in washing quantitative marine bottom samples. *Ecology* **40**, 307-309.
- 13) 山本護太郎・北森良之介・西平守孝・宍戸 勇・波部忠重 (1970). 仙台湾ベントスの生産 (そ

- の3) 8. 重要種の生活環と生長に関する二、三の知見について. 昭和44年度文部省特定研究 北方冷水海域における生物群集の生産に関する総合的研究 研究経過報告 仙台湾研究班, 51-58.
- 14) Odum, E.P. (1950). Bird populations of the highlands (North Carolina) plateau in relation to plant succession and avian invasion. *Ecology* 31, 587-605.
  - 15) 元村 勲 (1953 a). 三崎諸磯のケガキ群落. 生態学研究 1, 55-63.
  - 16) ——— (1953 b). 群集の統計法に於ける相関係数の利用. 生態学研究 1, 339-342.
  - 17) Fisher, R.A., Corbet, A.S. and Williams, C.B. (1943). The relation between the number of species and the number of individuals in a random sample of an animal population. *J. Anim. Ecol.* 12, 42-58.
  - 18) Simpson, E.H. (1949). Measurement of diversity. *Nature* 163, 688.
  - 19) MacArthur, R.H. (1955). Fluctuations of animal populations, and a measure of community stability. *Ecology* 36, 533-536.
  - 20) Hairston, N.G. and Byers, G.W. (1954). The soil arthropods of a field in southern Michigan. A study in community ecology. *Contrib. Lab. Vertebrate Biol. Univ. Michigan* 64, 1-37.
  - 21) Hairston, N.G. (1959). Species abundance and community organization. *Ecology* 40, 404-416.
  - 22) Pearson, T.H. (1975). The benthic ecology of Loch Linnhe and Loch Eil, a sea-loch system on the west coast of Scotland. IV. Changes in the benthic fauna attributable to organic enrichment. *J. exp. mar. Biol. Ecol.* 20, 1-41.
  - 23) 和田恵次・土屋 誠 (1975). 蒲生干潟における潮位高と底質からみたスナガニ類の分布. 日生態会誌 25, 235-238.