

おきあみ類の群集団 (Swarm) について

根本敬久*・石丸君江*・白井貴子*

Swarm of Euphausiids in the Ocean

Takahisa NEMOTO*, Kimie ISHIMARU* and Takako SHIRAI*

Abstract: Euphausiids often form dense swarm in the sea. The surface swarms of *Euphausia superba*, *E. pacifica* and some species of *Thysanoessa* are often observed in the polar waters. The size and density of swarms of euphausiids are various. The average size of round swarms of *Euphausia superba* in the Antarctic is about 30 metres in diameter sometimes amounting to several hundreds. The species composition of those swarms is simple. It was mostly of *Euphausia superba* in the research in the 1972/73 season. Five mixed swarms of *E. superba* and *Thysanoessa macrura* are observed among 317 swarms studied in the high Antarctic.

The biomass of swarm sometimes attains to 30 kg/m³, generally ranging between 100g/m³ and 200g/m³. Smaller individuals form heavier dense swarms in individual number, but the biomass per unit volume of sea water is less than the swarm of larger individuals.

The relation between the size of zooplankton and micronekton and the density of individual number and biomass of swarms is also discussed.

The Japanese common names for the English names of different types of aggregation of euphausiids are proposed to clarify the nature of swarms in the future description and studies.

要旨: 海洋のおきあみ類は、密な群集団を形成する。*Euphausia superba*, *E. pacifica* や *Thysanoessa* 属の数種が形成する群集団は極海において海の表層にしばしば出現し、目視により観察される。群集団の種構成は単純で、南極海域で、1972/73 年度に調査された 317 の群集団のうち *E. superba* と *Thysanoessa macrura* の混合群集団が 5 例のみ認められ、他は *E. superba* のみからなっていた。*Euphausia superba* の円形の群集団の径は平均 30 m 程度であり、数百 m 以上に達するものも出現した。

おきあみ群集団の生物量は時として 30 kg/m³ に達することがあるが 100 g/m³ ~ 200 g/m³ の範囲のものが多い。より小型の個体は単位水量当たりの個体数が

* 東京大学海洋研究所, Ocean Research Institute, University of Tokyo, 15-1, Minamidai 1-chome, Nakano-ku, Tokyo 164.

増大するが、単位水量当たりの生物量は大型の個体により形成される群集団の生物量よりも小さい。また、この論文において一般におきあみ群 (aggregation) と呼ばれる種々の性状の群に対する英語名に対応する日本語名を提案した。

1. はじめに

動物プランクトン・マイクロネクトンが密な群をつくって海中に分布することは、海の表層に浮上した群集団として目視によりしばしば観察されている。また、プランクトンネットやトロール網により採集される動物プランクトン・マイクロネクトンの単位水量当たりの生物量の変化よりも海中での著しい不均一分布、すなわち群をつくって分布することが推定されている。

おきあみ類は、ひげ鯨類、魚類等の主要餌料となる動物プランクトン・マイクロネクトンの一生物群であり、特にシロナガスクジラ (*Balaenoptera musculus*)、ナガスクジラ (*B. physalus*)、ザトウクジラ (*Megaptera novae-angliae*) 等の ‘Swallowing’ 型の摂餌方法をとるひげ鯨類の主餌料であることが知られている。このような ‘Swallowing’ 型の摂餌方法をとるひげ鯨類の餌料となる生物は、海の中で密な群集団 (swarm) を形成していることが摂餌のための必要条件である。NEMOTO and KAWAMURA (1977) は、ひげ鯨の餌料の体長とその群集団の分布密度の関係を検討し、餌生物の体長が小さくなるにしたがい群集団を構成する生物の個体の分布密度は高くなり、かつ単位水量当たりの生物量は少なくなる傾向を示すことを明らかにした。おきあみ類においても小型のおきあみ個体よりなる群集団はその密度が高く、大型のおきあみ個体よりなる群集団の密度はより低いことを明らかにしている。

おきあみ類の群集団はきわめて特徴ある生態的現象であり、この形成機構については、KOMAKI (1967)、BROWN *et al.* (1979) 等により検討が行われているが、その機構の解明はまだ十分とはいえない。ここでは特に南極洋のおきあみ *Euphausia superba* DANA の群集団について、その形態、群集団の密度を検討し、あわせて他の動物プランクトン・マイクロネクトンの群集団の特性との比較を行った。なお本稿は一部、南極洋のオキアミ資源報告書 (東海区水研, 昭和54年11月15日) および1980年 Idyllwild で行われた SCOR WG 52 のマイクロネクトンの量診断の作業部会に提出した総説 (NEMOTO, 1980) を含んでいる。

2. 資料と方法

資料は1972～1973年および1976～1977年の南半球の夏に行われた海洋水産資源開発センターの調査船・千代田丸および第二播州丸の航海の資料を用いた。

1972～1973年の千代田丸により行われた調査においては、まず目視により南極洋の海表面に浮上したおきあみ *Euphausia superba* の群集団の大きさ、その形状を記録し、次に4×4 m または5×3 m の角網を用い、舷側より群集団を引き網した。引き網は、投入時と揚収時刻が記録されているが、この引き網時間のうちの有効引き網時間は群集団の大きさ等により変化するため各群集団に対する引き網の軌跡から引き網距離を推定し補正を行った。おきあみ採集に用いた角網の内張り目合は20×20 mm であり、濾水効率100%としておきあみ単位水量当たりの生物量を算出した。

3. 結 果

1972～1973年千代田丸の調査により得られた表層浮上群集団の形状の一例を図1、2、3に示す。これらの図に示されるように、南極洋における *E. superba* の海面浮上群は一般に円形のものが多いと考えられる。これらの図に書き加えられた線は、海表層の群集団を千代田丸により角網を用いて舷側から引き網した場合の軌跡を示す。

南極洋の海表層に出現した群集団を構成するおきあみはほとんど単一種からなり、かつ

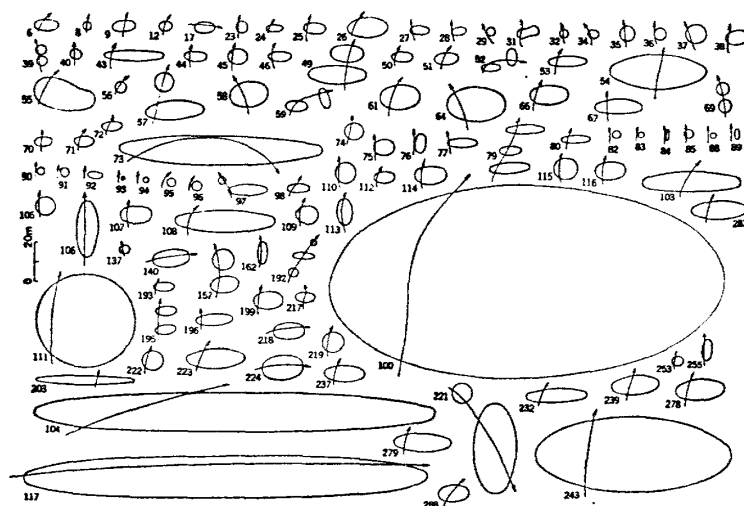


図1 1972/73年度、千代田丸によって目視されたおきあみ（主にナンキョクオキアミ *E. superba*）群集団の形状—1. 矢印は、舷側角網トロールの引き網経路を示す。

Fig. 1. Shapes of *Euphausia superba* swarm and the surface trawling tracks with a frame trawl operated in the 1972/73 season by the CHIYODA MARU in the Antarctic.-1

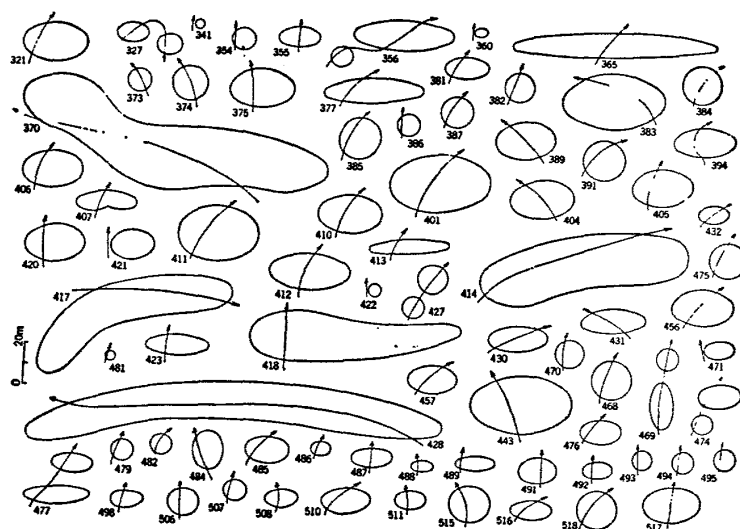


図2 1972/73年度, 千代田丸によって目視されたおきあみ (主にナンキョクオキアミ *E. superba*) 群集団の形状-2

Fig. 2. Shapes of *Euphausia superba* swarm and the surface trawling tracks with a frame trawl operated in the 1972/73 season by the CHIYODA MARU in the Antarctic.-2

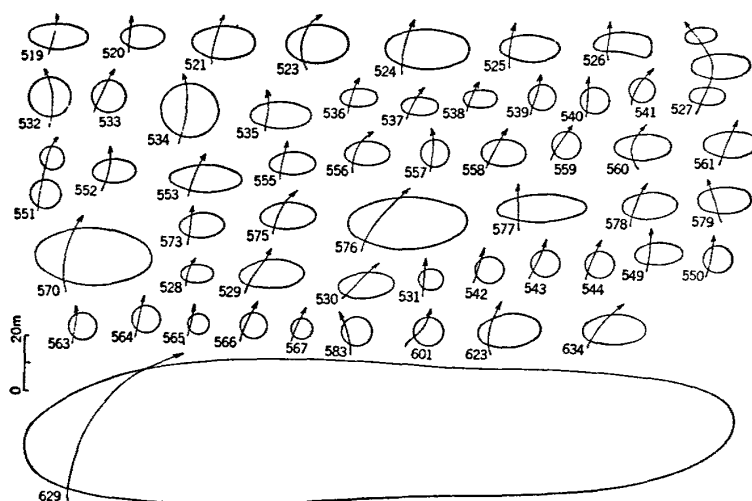


図3 1972/73年度, 千代田丸によって目視されたおきあみ (主にナンキョクオキアミ *E. superba*) 群集団の形状-3

Fig. 3. Shapes of *Euphausia superba* swarm and the surface trawling tracks with a frame trawl operated in the 1972/73 season by the CHIYODA MARU in the Antarctic.-3

E. superba で構成されるものが多かった (NEMOTO and NASU, 1975). このほかには (*E. vallentini* で構成された群集団が南極収束線付近より, また *Thysanoessa macrura* の群集団および *E. superba* と *T. macrura* が混在したと考えられる群集団が少数出現している.

1972~1975年の間に採集されたおきあみ群集団の標本中には, *E. superba* のみの群集団

は 312 例, *E. vallentini* の群集団は 1 例, *T. macrura* と *E. superba* が混在したと考えられる群集団は 5 例が認められた。

海表層に浮上した *E. superba* の群集団の形態は今回の結果と同じく円形のものが多いことが MARR (1962) 他の報告に示されており, また群集団はその境がきわめて明瞭なことが認められる。浮上群集団の大きさは, 径 30 m 前後のものが多く出現することが報告されている (NEMOTO *et al.*, 1980)。大型の群集団としては 1972/1973 年度の千代田丸の航海においても直径数百 m に達する群集団が観察されており, MARR (1962) によっても幅数百ヤードに達する群集団が報告されている。

南極洋のおきあみ *E. superba* の群集団の密度は NEMOTO and NASU (1975) によって報告された。しかし, この報告においては 0.5 kg の区分によりおきあみ群集団の出現頻度が集計されていたため, *E. superba* の群集団の密度の特性が明らかに示されなかった。1972/1973 年度の千代田丸の資料を生物量によりさらに細分してみると図 4 のようになり, 100 ~ 200 g/m³ 程度の生物量をもつ群集団が多いことが示される。

また, 2 kg/m³ 以上の量をもつ値もかなり存在し, 最大値は 30 kg/m³ 以上に達している。これら高い生物量を示す群集団は, 船の航行や角網の影響により, *E. superba* が集群性を強めてより密な群集団を形成した可能性もある。

同じような試みは奈須 (私信) および DOI and KAWAKAMI (1980) により行われた。奈須により, トロール引き網時間から算出した濾水量より推定したおきあみの群集団の生物量は平均 91.6 g/m³ であったが, その値はかなり分散していた。トロール網口の大きさ

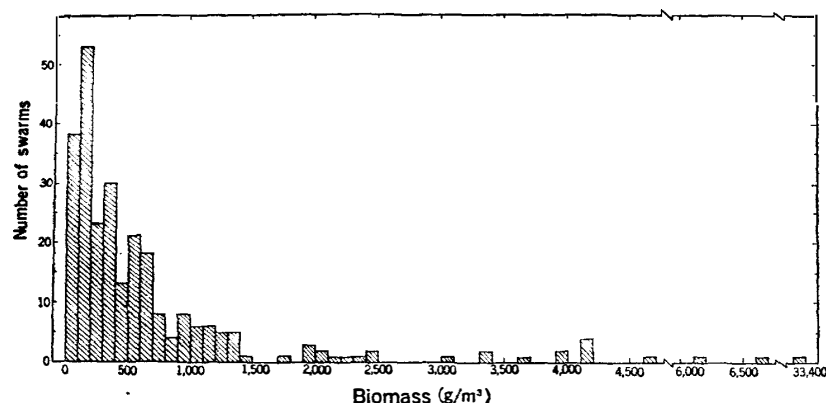


図 4 1972/73 年度, 千代田丸調査におけるナンキョクオキアミ (*E. superba*) の生物量別群集団出現数

Fig. 4. The occurrences of surface swarms of *Euphausia superba* for the various biomass estimated by the research of the CHIYODA MARU in 1972/73 in the Antarctic.

の変化が大きいこと、使用したトロール網の目合が全内張りについて一定でないこと等の影響にもよると考えられる。DOI and KAWAKAMI (1980) も同じく 1975/76 年度の南極洋の夏季の群集団の調査において、トロール引き網の資料より、魚群探知器の記録紙上に現れた濃い記録の群集団につき 138 g/m^3 、淡い記録の群集団につき 30 g/m^3 の値を算出した。また平均値は 96 g/m^3 である。この計算においても、有効引き網時間が長く推定されたことと、網口が引き網中せばまることがあることにより群集団の密度がより低く算出されたと考えられる。

E. superba の群集団については、MOISEEV (1970), CRAM (1978) 等により同じく高い生物量が報告されている。MOISEEV (1970) は南極洋の *E. superba* につき、生物量が 10 kg/m^3 に達することを報告し、著しく高い場合は 16 kg/m^3 を越えることを報告している。CRAM (1978) は、integrator 方式の魚群探知計量器による測定から、群集団 (swarm) について $1 \sim 100 \text{ kg/m}^3$ の生物量、層状群 (layer) については $0.3 \sim 30 \text{ kg/m}^3$ の生物量を報告している。先にのべたように integrator 方式をとらない魚群探知器からも、記録紙に現れるおきあみ群集団の影像の濃淡により、ある程度群集団の密度を推定することが試みられている。1972/73 年度における *E. superba* の影像のうち、濃い記録の群集団と淡い記録の群集団では明らかに生物量が異なることが、舷側トロール式角網による採集試料により確かめられた。

図 5 に現在までに報告された動物プランクトンの群 (aggregation)、特に群集団 (swarm) の個体密度と構成個体の体長を示した。

さきに NEMOTO and KAWAMURA (1977) により報告されたように、構成個体の大きさが小さくなると群集団中の個体数密度が高くなることがうかがわれる。

かいあし類、枝角類は他の動物プランクトン生物量より小さいが、群集団中に占める個体密度は高く、小型かいあし類 *Oithona* では $10^5 \sim 10^7/\text{m}^3$ に達する (EMERY, 1968; HAMNER and CARLETON, 1979; HIROTA, 1979)。また *Calanus* の数種でもきわめて密な群集団をつくるのが KITOU (1956), WIBORG (1976), KAWAMURA (1974) 等によって報告されている。*Calanus* 類にも数 m 程度の密な群集団をつくる例が目視され、KAWAMURA (1974) はさらに大きい集群、あるいは群集団を報告している。またこの群集団は、荒天下においても保たれたことを記録しており、これは興味ある事実である。小型の *Oithona* 属のかいあし類とはほぼ同じ小型動物プランクトンである枝角類の群集団も $10^5/\text{m}^3$ 程度の高い密度に達することが報告されている (ONBÉ, 1974)。

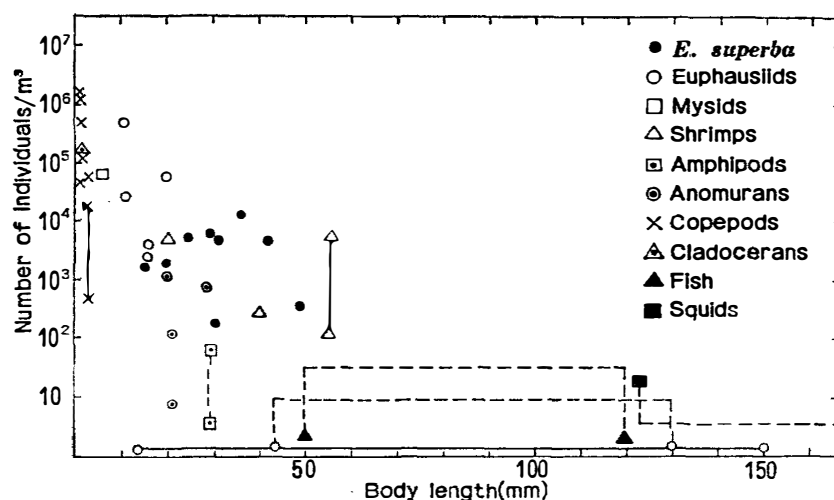


図5 動物プランクトン、マイクロネクトンの体長と群集団内個体数密度の関係。資料は次の著者等による。KITOU (1956), FORSYTH and JONES (1966), BOYED (1967), EMERY (1968), RAGULIN (1969), CLUTTER (1969), OMORI (1969), BAKER (1970), OMORI *et al.* (1972), KAWAMURA (1974), ONBÉ (1974), KATO and HARDWICK (1975), NEMOTO and NASU (1975), OMORI (1975), HIROTA (1979), MATSUDA *et al.* (1979), HAMNER and CARLETON (1979), MAUCHLINE (1980).

Fig. 5. Relationship between body length and number of individuals in the swarm and aggregation of zooplankton and micronekton compiled from : KITOU (1956), FORSYTH and JONES (1966), BOYED (1967), EMERY (1968), RAGULIN (1969), CLUTTER (1969), OMORI (1969), BAKER (1970), OMORI *et al.* (1972), KAWAMURA (1974), ONBÉ (1974), KATO and HARDWICK (1975), NEMOTO and NASU (1975), OMORI (1975), HIROTA (1979), MATSUDA *et al.* (1979), HAMNER and CARLETON (1979), MAUCHLINE (1980).

Calanus 類は *Oithona* 類よりも大型のかいあし類であるので、先の NEMOTO and KAWAMURA (1977) の考えによれば、群集団中の個体数は相対的に少ないことになる。KITOU (1956) の資料より推定した値や KAWAMURA (1974) による値から $10^3 \sim 10^5/m^3$ の値が得られており、*Oithona* 属のかいあし類よりもその個体群密度は低い。

おきあみ類においても小型の種は群集団の個体密度が高い。大西洋の *Thysanoessa longicaudata* は $10^4 \sim 10^5/m^3$ の個体密度の群集団が記録されている (FORSYTH and JONES, 1966). KOMAKI (1967) による太平洋の *Euphausia pacifica* (成体で約 20 mm) の資料では、 $1300/m^3$ 程度の値が推定される。TERAZAKI (1980) による平均 16.5 mm の *E. pacifica* の群集団は $3000/m^3$ の密度に達していた。これに対して、*E. superba* とほぼ同じ体長をもつ大西洋の *Meganyctiphanes norvegica* の個体密度は $1000/m^3$ の値を示し、またその生物量は $200 g/m^3$ に達することが BROWN *et al.* (1979) によって報告されている。

他のマイクロネクトンの種としてはあみ類、遊泳性のえび類、端脚類、魚類、いか類等が群を形成することが知られている。小型のあみ類、たとえば *Metamysidopsis elongata* では、小型のおきあみ類とほぼ同じ範囲の群集団密度 ($10^4/\text{m}^3$) を示すが、より大型のえび類、キタノサクラエビ *Sergestes similis* やサクラエビ *Sergia lucens* は $10^2\sim 10^4/\text{m}^3$ 程度の個体密度を示している (OMORI and HAMNER, 1980)。

マイクロネクトン魚類やいか類の群には、群集団と考えられるものは少ない。しかし、太平洋東部の *Loligo* sp. は密な群集団をつくることが記録されており (KATO and HARDWICK, 1975)、その個体密度は $100/\text{m}^3$ に達することが推定される。

4. おきあみ類集群の名称についての提案

動物プランクトンの群のその形態による名称について、現在までに日本語として整理されたものは少ない。英語では、動物の一般的な群と呼ばれる現象について、

Swarm School Shoal Patch Aggregation Throng

等の語が使用されている。これらの語の一般的な内容については言語学上の問題であろうが、MAUCHLINE (1980b) はこれらの語を整理しておきあみの集群 (patch) の概念図と群 (aggregation) の区分を提案した。

一般的に、肉眼に動物プランクトンの群としてうつるものは aggregation と呼んで良いといえよう。外部からの刺激に対してある程度まで群として行動するし、また不均一に分布している点で、個体として存在するおきあみと区別される。動物プランクトンの不均一分布のうち密な部分は patch として呼ばれることが多かった (STEELE, 1974)。これには不均一分布ではあるが、swarm のように内と外の境界の区分が明らかではない例も含まれており、swarm とは区別する必要がある。したがって、より密なおきあみ群に対する shoal, swarm 等に対してもそれぞれに相当する日本語が必要となろう。生態学辞典 (1974) 等においては、わずかに patch が斑状群を意味し、shoal, school, pod 等が遊泳動物においてかなり多数の個体が集まって形成する集団を指すとしている。また school は摂餌したり移動したりしているような群で、各個体がほぼ同じ方向に一緒に行動することにより区別されるとしている。

表1に MAUCHLINE (1980 a, b) による区分に基づくおきあみの aggregation の各項に対応する日本語を提案したい。このうち swarm に対する群集団はすでに根本 (1962) により提案されている。

表1 おきあみの aggregation の区分

Table 1. Classification in aggregation of *Euphausia superba*.

区 分	密 度	日 本 名
Aggregation	0.1 — 1.0/m ³	群
Patch	1 — 10/m ³	集群
Shoal	1 — 100/m ³	群集群
Swarm	1000 — 100000/m ³	群集団
School	1000 — 100000/m ³	定方向定位群集団

なお、他の動物プランクトン、マイクロネクトンにおいても、このような群集団、集群等に関する定性、定量的な解析は必要となろう。

文 献

- BROWN, R. C. B., BARKER, S. P. and GASKIN, D. E. (1979): Daytime surface swarming by *Meganyctiphanes norvegica* (M. Sars) (Crustacea, Euphausiacea) off Brier Islands, Bay of Fundy. Can. J. Zool., 57(12), 2285-2291.
- CRAM, P. L. (1978): Preliminary results of the 1978 krill acoustics and remote sensing study and their relevance to FIBEX. Draft for the meeting of SCAR/SCOR WG54, Kiel FRG, May 1978.
- DOI, T. and KAWAKAMI, T. (1980): The estimation of krill abundance in the Antarctic by analysis echogram. Comprehensive Report on the Population of Krill *Euphausia superba* in the Antarctic, ed. by T. Doi. Tokyo, Tokai Reg. Fish. Res. Lab., 23-32.
- EMERY, A. R. (1968): Preliminary observations on coral reef plankton. Limnol. Oceanogr., 13, 293-303.
- FORSYTH, D. C. T. and JONES, L. T. (1966): Swarming of *Thysanoessa longicaudata* (Krøyer) (Crustacea, Euphausiacea) in the Shetlands Islands. Nature, 212, 1467-1468.
- HAMNER, W. M. and CARLETON, J. H. (1979): Copepod swarms: Attributes and role in coral reef ecosystem. Limnol. Oceanogr., 24(1), 1-14.
- HIROTA, R. (1979): Kaiyô-osen to dôbutsu-purankuton (Zooplankton and eutrophication of sea water). Kaiyô-kankyô no Kagaku III (Environmental Marine Sciences III), ed. by Y. HORIBE. Tokyo, Univ. Tokyo Press, 384 p.
- KATO, S. and HARDWICK, J. E. (1975): The california squid fishery. FAO Fish. Rep., 170, Suppl, 107-127.
- KAWAMURA, A. (1974): Food and feeding ecology in the Southern sei whales. Sci. Rep. Whales Res. Inst., 26, 25-144.
- KITOU, M. (1956): [Patch] of *Calanus helgolandicus* (Claus). Inf. Bull. Planktology Jpn., 3, 41.
- KOMAKI, Y. (1967): On the surface swarming of euphausiids crustacea. Pac. Sci., 21, 433-448.

- MARR, J. W. S. (1962): The natural history and geography of the Antarctic krill (*Euphausia superba* DANA). Discovery Rep., 32, 33-464.
- MAUCHLINE, J. (1980a): Studies on Patches of Krill, *Euphausia superba* DANA. Cambridge, SCAR, 36 p (BIOMASS Handbook 6).
- MAUCHLINE, J. (1980b): The biology of mysid and euphausiids. Advance in Marine Biology, ed. by J. H. S. BLAXTER *et al.* London, Academic Press, 681 p.
- MOISEEV, P. A. (1970): Some aspects of the commercial use of the krill. Antarctic Ecology, ed. by M. W. HOLDGATE. London, Academic Press, 213-216.
- 根本敬久(1962): ひげ鯨類の餌料. 東京, 鯨類研究所, 136 p (鯨研叢書, 4).
- NEMOTO, T. (1980): Abundance and biological characteristics of euphausiids revealed by various sampling and detection methods. Draft for SCOR WG52, submitted to the working symposium on micronekton assessment at Idyllwild in April, 1980.
- NEMOTO, T. and KAWAMURA, A. (1977): Characteristics of food habits and distribution of baleen whales with special reference to the abundance of North Pacific sei and Bryde's whales. Int. Whale Comm., Spec. Issue, 1, 80-87.
- NEMOTO, T. and NASU, K. (1975): Present status of exploitation and biology of krill in the Antarctic. Oceanology Int., 75, 353-360.
- NEMOTO, T., DOI, T. and NASU, K. (1980): Biological characteristics of krill caught in the Southern Ocean. BIOMASS, II, 47-63.
- OMORI, M. and HAMNER, W. M. (1980): Attributes of zooplankton swarms: Consideration on the sampling methods for quantitative studies. Draft for SCOR WG52, submitted to the working symposium on micronekton assessment at Idyllwild in April, 1980.
- ONBÉ, T. (1974): Studies on the ecology of marine cladocerans. J. Fac. Fish. Anim. Husb., 13(1), 83-179.
- 生態学辞典(1974): 沼田 真編. 東京, 築地書館, 467 p.
- STEELE, J. H. (1974): The Structure of Marine Ecosystem. Blackwell Sci., 128 p.
- TERAZAKI, M. (1980): Surface swarms of a euphausiid *Euphausia pacifica* in Otsuchi Bay. Northern, Japan. Bull. Plankton Soc. Jpn., 27(1), 19-25.
- WIBORG, K. F. (1976): Fishery and commercial exploitation of *Calanus finmarchicus* in Norway. J. Cons. Int. Explor. Mer., 36, 251-258.

(1981年4月20日受理)