

若狭湾主湾部のマクロベントス群集—II.

季節変動*

林 勇夫¹⁾・北野 裕²⁾

Faunal Aspect of Macrobenthic Assemblage in Wakasa Bay, the Sea of Japan-II.

Seasonal Change

ISAO HAYASHI AND YUTAKA KITANO

Abstract

Samples of the macrobenthic organisms were obtained seasonally at 22 stations in Wakasa Bay in order to clarify the faunal change.

The density was highest in spring, but the seasonal fluctuation was not noticeable. Although a slightly large fluctuation was found for biomass, the highest level appearing in autumn, the greater portion of that was attributable to the molluscan assemblage which showed a drastic decrease in biomass from autumn to winter. The seasonal fluctuation was more or less greater at the stations covered with fairly coarse sediments, most of which were located near the various submerged banks lying in the bay.

The faunal aspect of this bay is almost the same all the year round. The obvious faunal discontinuity is constantly observable around a depth of 70 m. However, the densely populated area of the characteristic species in the outershelf zone, retreated to the deeper offshore regions from autumn to winter. This might be caused by the drop of the core water of the Tsushima Current after autumn.

The seasonal fluctuation of the density level is variable among species. However, when the feeding type of each species was observed, an interesting tendency was found: The burrowing species tends to reach the maximum level much later than the other species which mainly consist of the surface dependant types (filter-feeders and surface-deposit feeders). This difference of seasonal fluctuation found between the burrowing species and others seems quite likely if we adopt the hypothesis that the spring bloom of phytoplankton is the major trigger for the increase of macrobenthic species (GRAF *et al.*, 1983).

Key words macrobenthos, biomass, feeding type, burrowing species, core water, bloom of phytoplankton, Wakasa Bay, the Sea of Japan

1987年10月13日受理, 日本海区水産研究所業績A第445号

- 1) 〒606 京都市左京区北白川追分町 京都大学農学部水産学教室
(Department of Fisheries, Kyoto University, Kyoto 606, Japan)
- 2) 〒951 新潟市水道町1丁目5939-22 日本海区水産研究所
(Japan Sea Regional Fisheries Research Laboratory, Suido-cho, Niigata 951, Japan)

* 本研究は「海洋生産物資源の生産能力と海洋環境に関する研究」
(科学技術振興調整費, 1981~1985)の一部として行った

I. はじめに

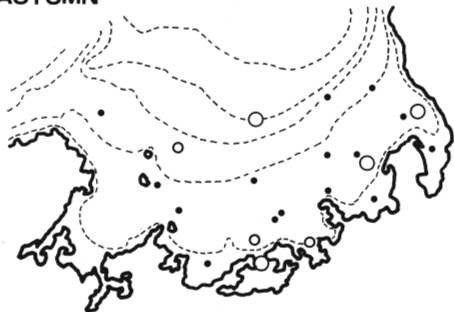
科学技術庁の科学技術振興調整費による「海洋生物資源の生産能力と海洋環境に関する研究」の一環として、福井県水産試験場とともに1981年11月から1982年9月にかけての期間に計4回、若狭湾主湾部におけるマクロベントス群集の定量調査を行った。このうち、春の結果については前報（林・北野，本誌）で詳しく述べたが、本報では、当湾におけるマクロベントス群集の季節変動について報告する。

II. 調査方法

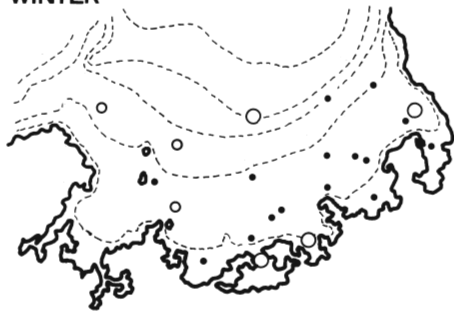
調査は、1981年11月18-19日、1982年3月8-9日、6月8-9日および9月29-30日の計4回、福井県水産試験場の調査船福井丸によって行った。

調査地点は前報で示した22地点で、1981年11月を除いて各地点で原則として2回ずつミス・マッキンタイヤ型採泥器によって試料を得た。得られた試泥は、泥量を記録した後1mm目の網目で濾し、以後、前報で示した方法により処理を行った。なお、採泥と同時に底質分析用の試泥を一部採取し、1981年11月の試料については底質粒度分析および強熱減量を、また、それ以外の試料については強熱減量のみを測定した。

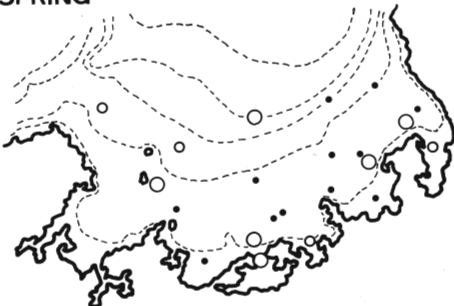
AUTUMN



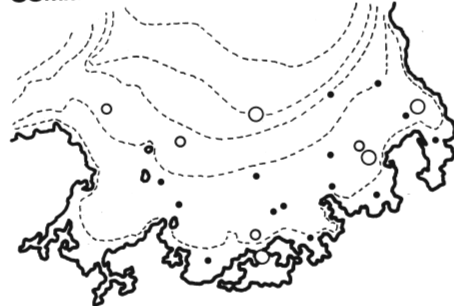
WINTER



SPRING



SUMMER



○ MORE THAN 10 % ◦ 7 ~ 10 % • LESS THAN 7 %

図1 若狭湾定点の底質の強熱減量

Fig. 1. Classified IL values of the bottom sediments at the stations in Wakasa Bay.

ところで、各回の調査は天候その他の事情により、必ずしも当初の計画通りに実施できなかったため、各回の調査結果が各季節の状況を代表しているとは見なすには問題がないとはいえないが、以下の記述では、便宜的に11月の結果が秋、3月が冬、6月が春、そして9月が夏の状況をそれぞれ示しているものとして記述する。

III. 調査結果

図1には底質の強熱減量の分布結果を各季節ごとに示しているが、秋に最低値を示す地点がやや多いとは言え、総じて経時的な変化は小さく、また、各地点でその変化傾向は必ずしも同じではないため、海域全体としての強熱減量の季節変化パターンを抽出するのは困難である。ただ、大陸棚斜面部で値が高く、陸棚部の砂質底でむしろ値が低いという春季にみられたパターンが周年を通して変わらないということは言える。

表1は各調査で得られた動物試料をもとに求めた各地点での単位面積当たりの個体数密度および生物量を季節別に示したもので、それぞれについて全採集地点の平均値を求めてその季節的推移を示したのが図2である。

密度分布では、冬から春かけて明らかな増加傾向が認められるものの、年間を通しての変動幅はそれほど大きくなく、ほぼ1,000-1,500個体/ m^2 の間で振動する程度である。各季節とも

表1 ベントス全種の季節別・定点別の個体数密度と生物量

Table 1. Numerical density and biomass of all benthos species by season and by station.

St.	Depth Range (m)	Numerical Density (indiv./ m^2)				Biomass (g wet wt./ m^2)			
		'81-11	'82-3	'82-6	'82-9	'81-11	'82-3	'82-6	'82-9
1	38-40	1,500	2,630	2,545	1,950	10.4	11.5	16.2	7.7
2	67-70	1,500	1,500	1,235	1,720	20.1	17.5	13.1	15.8
3	71-74	710	1,095	1,640	1,325	3.3	5.8	19.5	12.7
4	97-104	810	1,460	1,960	1,910	20.9	10.4	13.7	19.5
5	107-125	850	870	1,390	1,135	6.3	16.6	19.5	12.2
6	92-97	740	1,090	2,090	2,260	14.1	10.5	23.8	15.9
7	68-70	3,200	790	1,470	3,220	63.2	11.9	22.0	51.5
8	73-76	1,260	1,070	2,310	1,125	3.7	6.4	26.9	6.8
9	42-46	620	925	1,130	1,310	1.0	2.4	3.2	7.0
10	78-81	1,050	1,110	1,620	1,120	7.2	11.7	22.4	12.7
11	44-47	930	1,530	1,025	1,950	13.5	8.0	8.1	16.0
12	78-81	1,310	995	1,780	1,035	35.0	16.7	14.1	11.4
13	68-74	860	1,145	980	1,005	6.5	12.0	8.8	8.8
14	26-28	470	490	1,240	755	13.6	8.4	8.9	6.8
15	60-64	1,490	1,085	900	1,620	61.5	10.7	6.0	34.0
16	88-94	1,320	1,110	2,120	1,790	10.0	7.3	28.0	9.3
17	162-185	470	510	380	380	20.5	53.3	48.2	58.7
18	120-135	780	1,000	1,240	960	5.1	7.0	9.4	2.8
19	94-99	900	900	2,075	1,690	4.8	8.5	15.3	8.1
20	38-42	840	725	1,285	1,070	7.7	8.6	7.5	4.6
21	72-88	1,700	1,355	2,370	1,590	25.1	38.5	19.2	23.8
22	117-120	2,030	1,700	1,270	2,035	31.4	9.4	8.0	20.2

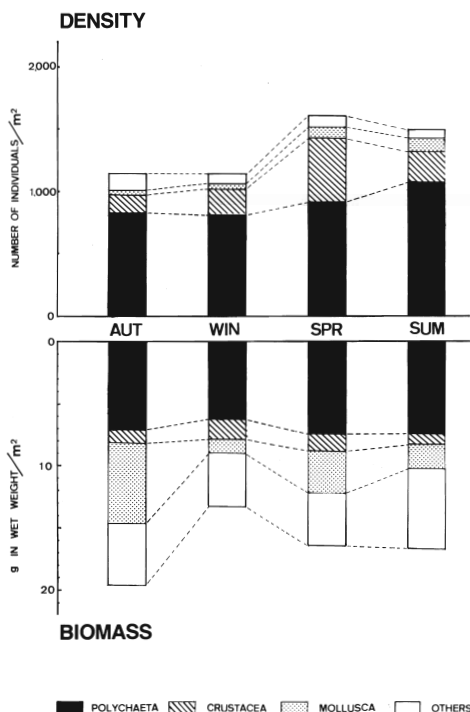


図2 マクロベントスの平均密度と生物量の季節変化

Fig. 2. Seasonal changes of density (upper) and biomass (lower) of macrobenthos averaged for entire Wakasa Bay.

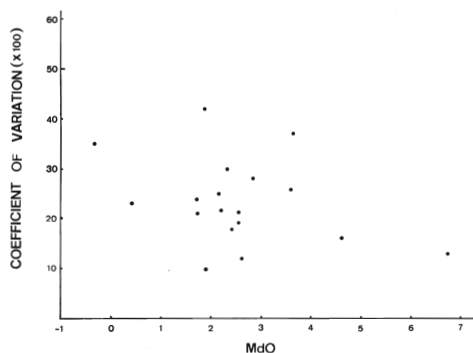


図3 各地点のマクロベントス密度の変動係数と中央粒径値の関係

Fig. 3. Relationship between coefficient of seasonal variation of numerical density and coarseness of sediment at each station.

湾部の砂質底を広くおおおう水域は対馬暖流中核水の影響を強く受けたところであろうと推定した。もしそうならば、ここでのマクロベントス群集の季節変動は中核水の季節的消長の影響を受けたものである可能性が高い。

多毛類の組成が著しく高いが、動物群で変動パターンに若干のずれが認められ、春の密度の増加の大部分は甲殻類の分布密度の増加によってもたらされたものであるのに対し、多毛類はむしろ夏に増加を示す傾向にある。

一方、生物量の場合は、最低値は密度の場合と同様、冬に認められるが、最大値は秋に認められた。そして、生物量の変動の大きな部分は、軟体動物のそれによるものであることがわかる。

しかし、このような変動傾向は湾内を通して必ずしも一様ではなく、各地点毎にそれぞれ特有の変動パターンを示すことは言うまでもない。例えば、個体数密度の年間の変動幅を例にとれば、底質の粒度によってかなり異なり、各地点での密度の季節変動の標準偏差を密度平均で除きたいわゆる変動係数とその底質の $Md\phi$ との関係を見ると、図3のように多少の相関が認められる ($r = -0.52$; $P < 0.05$)。つまり、底質の粗いところほど変動の幅が大きく、粒度が細くなるにつれて変動の程度が小さくなる傾向にある。

つぎに、密度の空間分布パターンの変化を季節的に追ったのが図4である。

春季には、主湾部の水深100m線より内側に1,500個体ないし2,000個体/ m^2 以上の高密度分布域が大きく広がるが、夏季には若干密度が減少し、2,000個体/ m^2 以上を示す部分は局所的に散見されるに過ぎなくなる。しかし、湾内の大部分は1,500個体/ m^2 以上の密度水準を維持している。秋にはさらに密度の低下が進み、1,500個体/ m^2 以上を示すところは、内湾部を除けば西部海域の丹後海湾口部周辺に限られ、それ以外は1,000個体前後ないしはそれ以下となる。そして冬季にはさらに高密度域の退縮が進む。

ところで、前報(林・北野, 本誌)で、春季の各地点の種組成分布から、当海域は大きく4つの水域に区分されることを指摘し、主

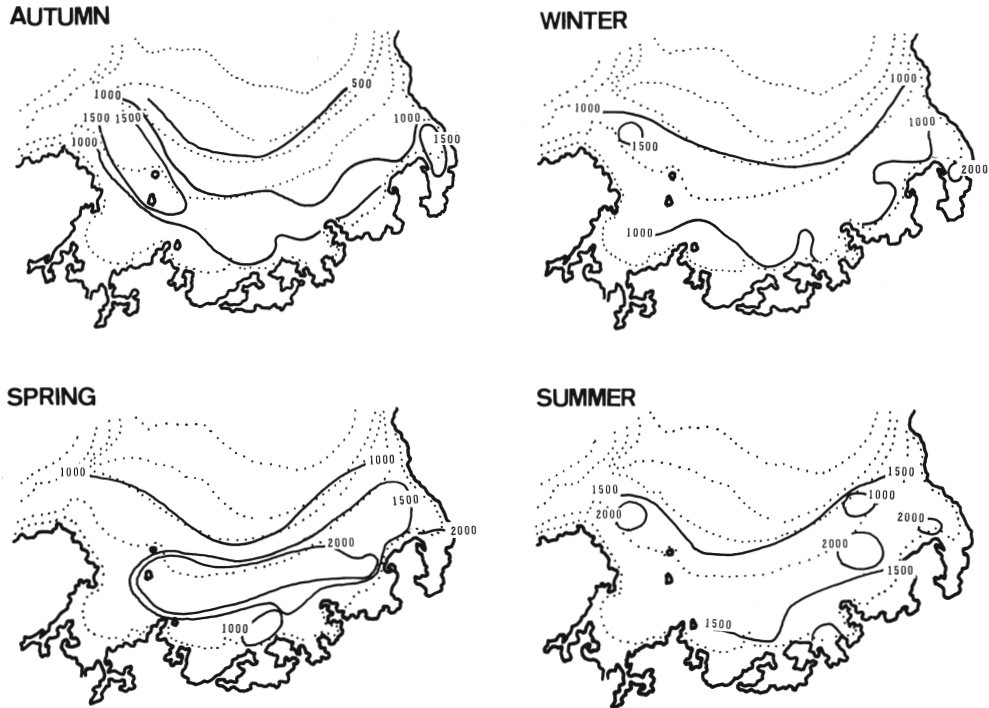


図4 若狭湾におけるマクロベントスの季節的分布密度 (個体数/m²)

Fig. 4. Seasonal patterns of density distribution of macrobenthos in Wakasa Bay. Numerals indicate individual numbers per m².

そこで、この点を確かめるために、各地点での主要多毛類の種組成をもとに、当湾の水域区分を行い、それが季節的にどのように変化するかを検討してみた。

図5では、春季に主湾部に広く認められたC水域(林・北野, 本誌)に注目し、それが季節的にどのように変化するかを示している。デンドログラムの作成は前報の春季の場合とまったく同様で、主要多毛類58種を対象としたものである。図から明らかなように、当該水域は基本的には各季節を通して主湾部を広くおおい、その上限は水深70m前後に存在して、常に沿岸域とははっきりと一線を画している。すなわち、春から夏にかけて勢力を増し、夏以降衰退するという中核水の季節的消長とはほとんど無関係のようにみえる。

しかし、量的側面を考慮して、その季節的消長パターンをみると事情は異なる。

図6は主湾部砂質底に恒常的に出現する多毛類8種に注目し、合わせて200個体/m²以上の高密度分布を示すところを季節を追って示したものであるが、この図から、高密度分布域の季節的消長傾向がはっきり読みとれる。すなわち、春、夏には高密度分布域は湾内に大きく広がるが、秋以降沖合に退縮し、ほぼ水深100m線に限られるようになる。程度の差はあれ、同様の傾向は甲殻類の高密度域の季節的消長パターンでも認められ、少なくとも量レベルにおいては、当該水域での季節変動パターンは対馬暖流中核水の消長と密接に対応したものであるといえ、ここが中核水の影響を強く受けたところとする前報の推定が当を得たものであることを示唆している。

当海域に出現する各種がそれぞれ季節的にどのような消長パターンを示すかをみるために、当湾で得られた主要多毛類各種の季節的消長をみたのが図7である。それぞれの消長パターン

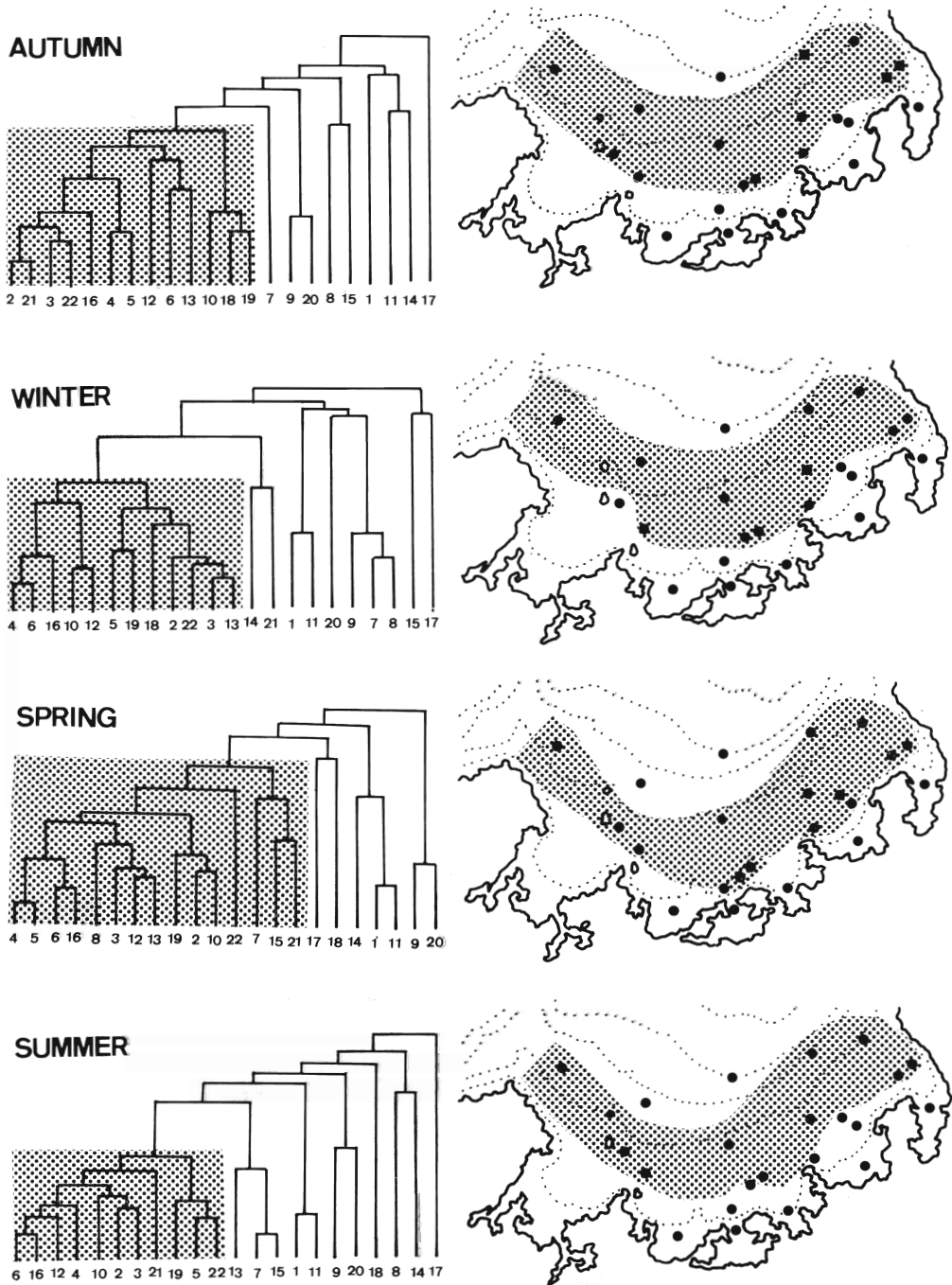


図5 ベントス相の類似度について季節別に行ったクラスター分析結果。類似度指数として木元の $C\pi$ を採用、図中の数値は定点番号（林・北野，前報参照）

Fig. 5. Seasonal patterns of cluster analyses between faunal similarities of stations. For similarity indices, Kimoto's $C\pi$ were calculated for the densities of 58 polychaete species. Numerals indicate Station No. (see HAYASHI and KITANO previous paper, in this issue).

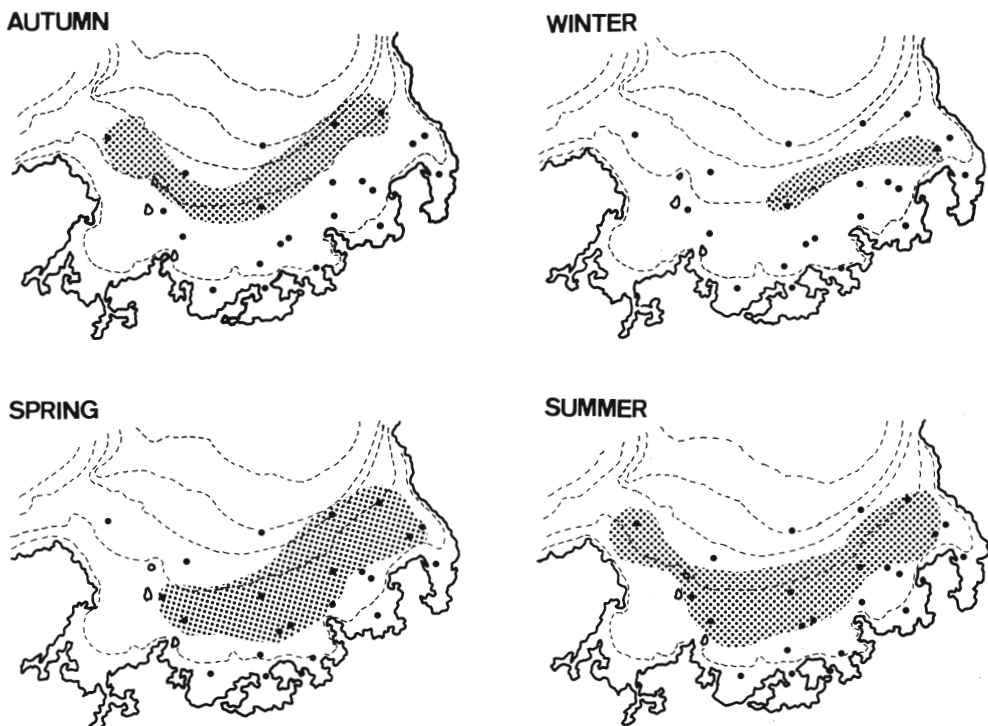


図6 恒常的に出現する8種の季節別の高密度分布域, 陰影域は200個体/m²以上の区域を示す

Fig. 6. Seasonal patterns of densely distributed area by 8 common species. Shaded part indicates the area, where more than 200 individuals per m² were seen.

は多様であるが、大きくいくつかの型に類型化することは不可能ではない。つまり、秋以降急激に増加し、冬から春にかけてピークを示すもの (*Prionospio steenstrupi*, *Spiophanes bombyx*, *Aricidea neosuecica nipponica*), 春に急激に増加し、夏には幾分減少するものの、なお高密度を維持するもの (*Chone filicaudata*, *Marphysa disjuncta*, *Glycera tessellata*, *Lumbrineris* sp., *Lysippe labiata*), そして、冬以降漸増し、夏季にピークを示すもの (*Eunice spinea*, *Ninoe palmata*, *Asychis pigmentata*, *Praxillella pacifica*, (?) *Sosanides* sp.) などである。冬に最低となり、以後急増して夏季にピークを示す *Notomastus latericeus*, *Chaetozone* sp., *Paralacydonia paradoxa* の各種も基本的には後者と同じ消長パターンを示すものといえる。

ところで、このような類型化で興味深いのは、後者のグループ、すなわち、冬から漸増して夏季に顕著なピークを示す種の多くが埋在性の泥食者であるのとは対照的に、冬ないし春のより早い時期にピークを示すのが、懸泥物食者や底表堆積物食者または肉食者などの非泥食者が多かった点である。この点をさらに確かめるために、典型的な埋在型生活を示し、泥食が主体であると考えられる多毛類の *Maldanidae*, *Capitellidae*, *Lumbrineridae* など8科に含まれる種に注目し、それらとそれ以外の種について各季節毎にその高密度分布域をみると、埋在型泥食者が夏季に高密度分布域を湾内に広く発達させるのに対し、その他の種群はむしろ春季に高密度分布域が発達し、明らかに生活型によってその消長パターンに季節的なずれが存在することがわかる (図8)。

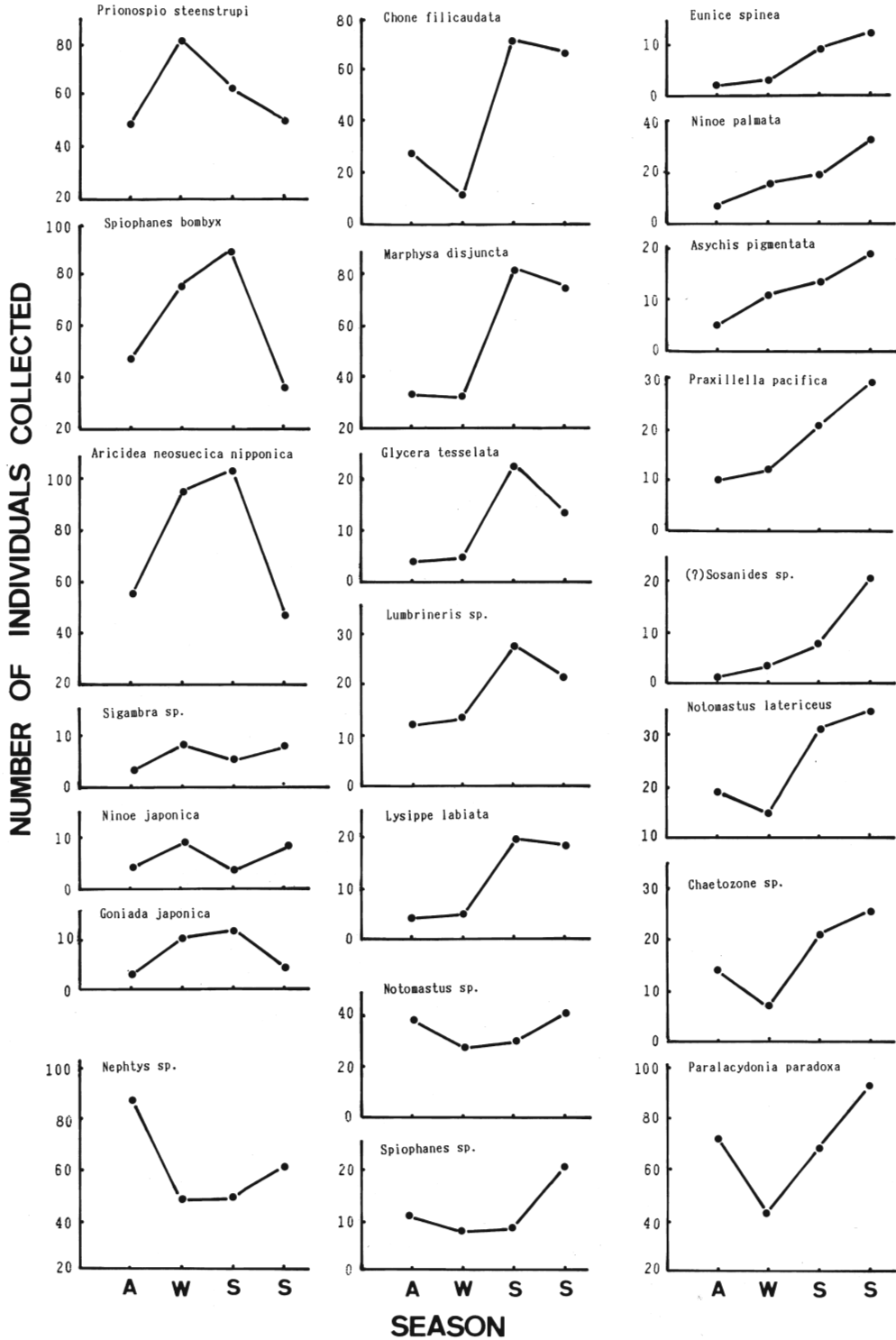


図7 多毛類の種別の採集個体数の季節変化

Fig. 7. Seasonal changes of abundance of polychaete species.

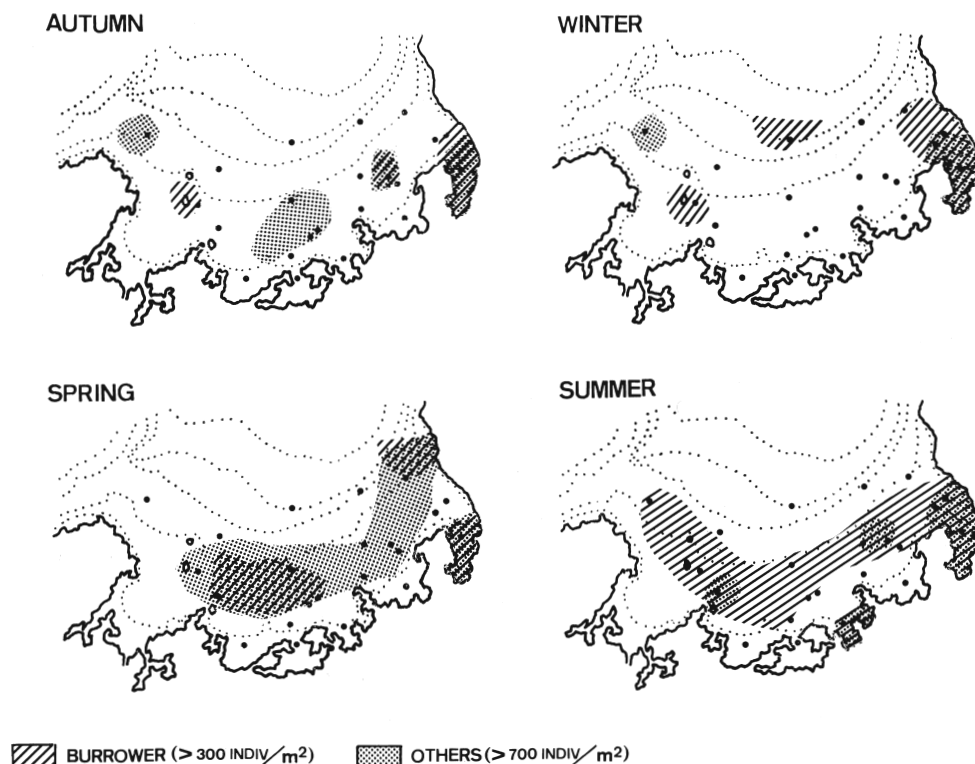


図 8 埋在型およびその他の多毛類の季節別の高密度分布域

Fig. 8. Seasonal patterns of densely distributed area by the burrowing and the other polychaete species.

IV. 論 議

前節でみたように、若狭湾主湾部でのマクロベントス群集の季節的な量変動は決して大きなものではないが、これは、今回のような外海に面した海域での、マクロベントス群集の季節変動の特徴に関するこれまでの指摘(HOLME 1953)に沿ったものである。しかしながら、変動幅と底質粒度との間に相関が認められたことから明らかなように、当海域でも底質の粗いところではかなり大きな変動を繰り返している。本研究の調査地点の中では、底質の粗い地点(前報図1, St. 6, 7, 8, 12, 13, 15, 21)のほとんどは多少とも湾内に散在する種々の堆礁の周辺部に位置し、底層流も複雑で、環境の異質性の強いところと考えられる。このような環境では、しばしば生活周期の短い小型種による局所的な濃密分布域が一時的に形成されるため、経時的に大きな変動を繰り返す結果となることは、これまでもしばしば指摘されてきた通りである。もっとも、異質性の高い環境においては、空間的にも各種のパッチ状分布域が複雑に配置するため、今回のように各地点2サンプル程度の採集規模では、各季節のサンプルが常に同じ母群集から得られている保障はなく、このようなサンプリング固有の変動も無視できない管で、現実のマクロベントス群集自体の季節変動よりはかなり過大に示されている可能性はある。

ところで、種のレベルでの変動についてみれば、それぞれの季節的な消長パターンは基本的には固有の再生産周期と関連したものであり(WOODIN 1974)、幼生加入時期および加入量、そして加入後の減耗の状況がその種の季節変動パターンを決定する。最近、GRAF *et al.* (1983)

は、マクロベントスの再生産周期が、春季 plankton blooming に続く大量の植物プランクトン遺骸の堆積など、外部からの有機物負荷に対してかなり積極的に反応した結果であることを指摘し、一方、CHRISTENSEN and KANNEWORFF (1985) は、マクロベントス群集の主要な食物源として、これまで定説とされてきた底生バクテリアよりも植物プランクトン遺骸の重要性を強調している。マクロベントス群集にとって、プランクトン遺骸の存在が重要であるとするこれらの指摘がもし正しいとするならば、今回の結果で、摂食型によってその変動パターンにずれが認められた事実もそれに沿ったものとして理解でき、きわめて興味深い。すなわち、底表依存型が底表直上の底層水中の有機懸濁物や堆積直後の底表堆積有機物に依存しており、埋存型各種が堆積物の深部に取り込まれた有機物に依存している点を考慮すれば、ここで plankton blooming のみられる早春（榎原 1984）からその直後に底表依存型のピークが出現し、埋存型のピークがそれよりかなり遅れることはきわめて理にかなった結果であると言える。ほとんどが底表依存型と考えられる小型甲殻類が埋存型を多数含む多毛類に比べて密度増加がかなり早く始まる傾向（図2）もやはり同様の理由によるものとして理解できる。

なお、最近 RAFFAELLI and MILNE (1987) は、マクロベントスの季節変動に及ぼす捕食者の役割の重要性を認め、とくに冬季にその傾向の強いことを指摘したが、今回の調査海域のように、底生魚類を始めとして多数の捕食者を擁する環境では変動要因として無視できない点であろう。

V. 要 約

若狭湾の22定点において、季節別にマクロベントスを採集し、当海域のマクロベントス群集の季節変化を検討した。

個体数で表わした密度は、春にもっとも高いが、季節的变化の程度はそんなに大きくはない。生物量はやや大きな季節変化を示し、秋に軟体動物の増加によって最大となるが、秋から冬にかけて急減する。季節変動の幅は、底質の粗いところで大きく、またそのようなところは湾内に散在する堆積物の周辺部に多い。

マクロベントスの動物相は、季節的にはほとんど同じと言える。しかし、場所的には変化し、一様に水深70mで不連続となる。陸棚外縁域の主要種の分布密度の高いところは、秋から冬にかけて沖の深い方へ退縮する。これは、対馬暖流中核水の衰退によると考えられる。

密度の季節変動傾向は、種によって異なる。埋存生活を行う種は、それ以外の海底表面依存型の種（懸濁物食者と底表堆積物食者）より最高に達するのがかなり遅れる。植物プランクトンの春のブルームがマクロベントス増加の主要なひきがねであるという GRAF *et al.* (1983) の説をとるならば、現象はそれに合っている。

VI. 謝 辞

本研究実現のために格段のご高配を賜った科学技術庁海洋開発課、水産庁研究課および福井県水産試験場の関係各位に厚く御礼申し上げます。

文 献

- CHRISTENSEN, H. and E. KANNEWORFF (1985) Sedimenting phytoplankton as major food source for suspension and deposit feeders in the Øresund. *Ophelia* 24(3), 223-244.

- 榎原資嗣 (1984) 若狭湾の植物プランクトン. 357-363, 海洋生物資源の生産能力と海洋環境に関する研究 北陸沿岸地域調査成果報告, 日本海区水産研究所, 433 pp.
- GRAF, G., R. SCHULTZ, R. PEINERT and L.-A. MEYER-REIL (1983) Benthic response to sedimentation events during autumn to spring at a shallow-water station in the Western Kiel Bight. I. Analysis of process on a community level. *Mar. Biol.*, **77**(3), 235-246.
- 林 勇夫・北野 裕 (1987) 若狭湾主湾部のマクロベントス群集— I 春季相. 日水研報告(38), 133-158.
- HOLME, N. A. (1953) The biomass of the bottom fauna in the English Channel off Plymouth. *J. Mar. Biol. Ass. U. K.*, **32**(1), 1-49.
- RAFFAELLI, D. and H. MILNE (1987) An experimental investigation of the effects of shorebird and flatfish predation on estuarine invertebrates. *Estuarine Coastal Shelf Sci.*, **24**, 1-13.
- WOODIN, S. A. (1974) Polychaete abundance pattern in a marine soft-sediment environment : The importance of biological interaction. *Ecol. Monogr.*, **44** (2), 171-187.