

北海道立水産試験場研究報告

第 40 号

SCIENTIFIC REPORTS
OF
HOKKAIDO FISHERIES EXPERIMENTAL STATION
No. 40

北海道立中央水産試験場

北海道余市町

1993年3月

Hokkaido Central Fisheries
Experimental Station

Yoichi, Hokkaido, Japan

March, 1993

北海道立水産試験場は、次の機関をもって構成されており、北海道立水産試験場研究報告は、これらの機関における研究業績を登載したものである。

北海道立水産試験場

北海道立中央水産試験場 (Hokkaido Central Fisheries Experimental Station)	046 余市郡余市町浜中町238 (Yoichi, Hokkaido 046, Japan)
北海道立函館水産試験場 (Hokkaido Hakodate Fisheries Experimental Station)	042 函館市湯川町1-2-66 (Yunokawa, Hakodate, Hokkaido 042, Japan)
北海道立函館水産試験場室蘭支場 (Muroran Branch, Hokkaido Hakodate Fisheries Experimental Station)	051 室蘭市舟見町1-133-31 (Funami-cho, Muroran, Hokkaido 051, Japan)
北海道立釧路水産試験場 (Hokkaido Kushiro Fisheries Experimental Station)	085 釧路市浜町2-6 (Hama-cho, Kushiro, Hokkaido 085, Japan)
北海道立網走水産試験場 (Hokkaido Abashiri Fisheries Experimental Station)	099-31 網走市鱒浦31 (Masuura, Abashiri, Hokkaido 099-31, Japan)
北海道立網走水産試験場紋別支場 (Monbetsu Branch, Hokkaido Abashiri Fisheries Experimental Station)	094 紋別市港町7 (Minato-machi, Monbetsu, Hokkaido 094, Japan)
北海道立稚内水産試験場 (Hokkaido Wakkanai Fisheries Experimental Station)	097 稚内市宝来4-5-4 (Horai, Wakkanai, Hokkaido 097, Japan)
北海道立栽培漁業総合センター (Hokkaido Institute of Mariculture)	041-14 茅部郡鹿部町字本別539-112 (Shikabe, Hokkaido 041-14, Japan)

北海道立水産試験場研究報告

第 40 号

目 次

山口 幹人

オホーツク海南西海域における10年間（1983～1992年）の 海況の平均像……………	1-19
--	------

吾妻行雄, 中多章文, 松山恵二

キタムラサキウニのホソメコンブに対する摂餌と同化……………	21-29
-------------------------------	-------

野俣 洋, 蛸谷幸司, 大堀忠志

ホタテガイ中腸線からのエキス製造過程における 重金属の挙動について……………	31-42
---	-------

平野和夫

E P C S による動物プランクトンの計数とサイズ分け（短報）……………	43-45
---------------------------------------	-------

（1993年3月）

SCIENTIFIC REPORTS
OF
HOKKAIDO FISHERIES EXPERIMENTAL STATION
No. 40

CONTENTS

Motohito YAMAGUCHI

- Decadal mean oceanographic conditions in
the southwestern part of the Okhotsk Sea from
1983 to 1992 1-19

Yukio AGATSUMA, Akifumi NAKATA and Keiji MATSUYAMA

- Feeding and assimilation of the sea urchin, *Strongylocentrotus*
nudus for *Laminaria religiosa* 21-29

Hiroshi NOMATA, Kouji EBITANI and Tadashi OHORI

- The behavior of heavy metals in the manufacturing
process of extract from scallop digestive glands 31-42

Kazuo HIRANO

- Counting and sizing of zooplankton with EPCS (Short Paper) 43-45

(March, 1993)

オホーツク海南西海域における10年間(1983~1992年)の 海況の平均像

山口 幹 人*

Decadal mean oceanographic conditions in the southwestern
part of the Okhotsk Sea from 1983 to 1992

Motohito YAMAGUCHI

In order to clarify the mean oceanographic conditions and areas which showed large annual variation in the south-western part of the Okhotsk Sea, mean values and standard deviations of water temperature and salinity were calculated from the data obtained in stationary observations conducted by the Hokkaido (Wakkanai & Abashiri) Fisheries Experimental Station from 1983 to 1992.

The oceanographic conditions were chiefly affected by the strength of Soya Warm Current from April to December. Secondary factors which affected the conditions were as follows: in April the distribution of low saline waters caused by melting of drift ice and river run-off, in June the rising condition of water temperature of the Okhotsk Surface Water, from June to August the distribution of the Cold Water Belt, in October the distribution of the water which re-entered in the region north-eastern meandering of Soya Warm Current and convection off Cape Shiretoko, from October to December the strength of the East Sakhalin Current.

ま え が き

北海道立稚内、網走両水産試験場はオホーツク海南西海域において、1983年に定点(Fig. 1)を設定し、定期的な海洋観測を継続してきた。それが、1992年をもって10年の区切りを迎えることとなった。

本海域に関しては、海洋構造およびその季節変化についての報告は多い¹⁻³⁾が、平均値については若生ら³⁾が水塊別、水深別のT-S値の平均について報告しているのみである。

定点観測を継続する目的の一つは海況の平均値を得ることであり、それを基準として各年の海況と比較し、広域性魚類の回遊時期や量などの予測に役立てることである。

また同時期の複数年の観測からは、標準偏差値を求めることにより、経年変動の大きな海域と小さな海域を知ることができる。これは水温、塩分の平均値は同じでも水産生物の生育

報文番号 A197 (1993年3月15日受理)

* 北海道立中央水産試験場 (Hokkaido Central Fisheries Experimental Station, Yoichi, Hokkaido 046, Japan)

状況等に差が認められるときには考慮すべき情報となると考えられる。本海域の海況の経年変動に関しても大槻¹⁰⁾が夏季の宗谷暖流と中冷水の間に形成されるフロントの変動について報告しているのみである。

さらに経年変動が大きくなる場所について、その要因を考察することは必要と考える。なぜなら、経年変動がある水塊勢力の強弱（分布域の拡大、縮小等）によって引き起こされるならば、その勢力についての観測が、海況の把握および予測において重要な情報になるからである。

以上の観点から、1983～1992年の本海域における定点観測の結果^{11)～16)}（1989年以降の結果は未印刷）を用いて、水温、塩分の平均値と標準偏差値を計算し、海況の変動要因を考察したので報告する。

方 法

稚内、網走両水産試験場はオホーツク海南西海域において、1983年以降の偶数月を中心とした隔月（流水で観測できない2月を除く）に、稚内水産試験場所属の北洋丸および釧路水産試験場所属の北辰丸を用いて、CTD（ギルドライン社製）による、水温、塩分値の定点観測を行ってきた（Table 1, Fig. 1）。

この定点観測において、同一時期に5年分以上のデータのある定点について、0 m、50 m および100 m 層の水温、塩分の平均値および標準偏差値を求めた。なお12月の知床岬沖定線については、時化が多かったために最大でも4年しか観測を行っておらず、例外として4年分の観測結果から計算した。またTable 1に示したように年によって観測時期にかなりのずれがみられるが、この影響については考慮せずに計算した。

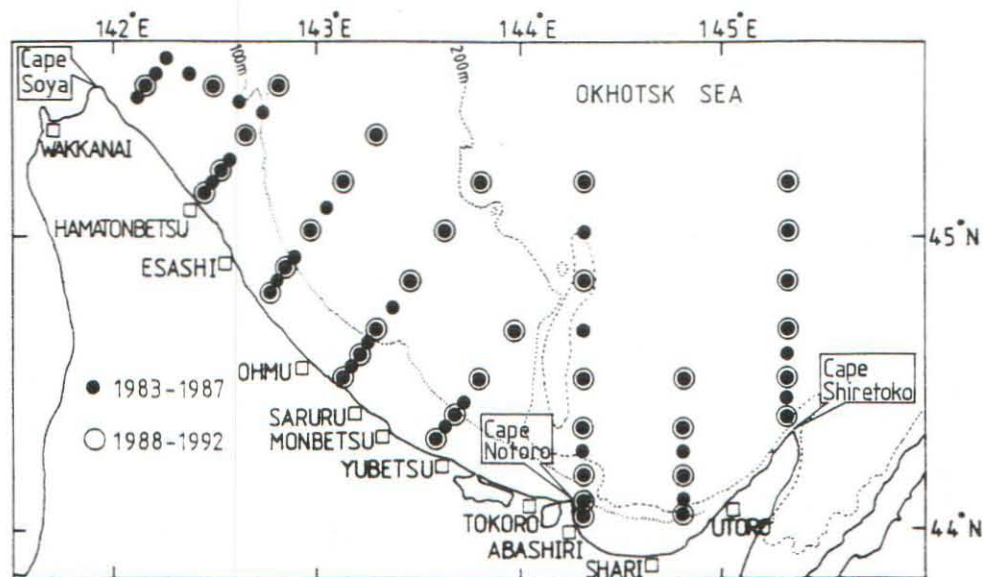


Fig. 1. Locations of the fixed Oceanographic stations in the southwestern part of the Okhotsk Sea from 1983 to 1992.

Table 1. Observation periods and number of stations in oceanographic observations from 1983 to 1992.

Year	Period	Number of observed Stations	Year	Period	Number of observed Stations
1983	20 Apr. - 24 Apr.	58	1988	21 Apr. - 25 Apr.	36
	6 Jun. - 10 Jun.	34		7 Jun. - 9 Jun.	36
	22 Aug. - 26 Aug.	46		22 Aug. - 24 Aug.	59
	15 Oct. - 20 Oct.	17		17 Oct. - 19 Oct.	38
	19 Dec. - 21 Dec.	26		5 Dec. - 8 Dec.	39
1984	17 Apr. - 22 Apr.	43	1989	19 Apr. - 22 Apr.	43
	12 Jun. - 15 Jun.	58		12 Jun. - 14 Jun.	40
	21 Aug. - 26 Aug.	58		25 Jul. - 28 Jul.	40
	12 Oct. - 19 Oct.	32		2 Oct. - 4 Oct.	40
	18 Dec. - 22 Dec.	29		11 Dec. - 14 Dec.	35
1985	17 Apr. - 21 Apr.	55	1990	19 Apr. - 22 Apr.	36
	12 Jun. - 20 Jun.	58		4 Jun. - 7 Jun.	38
	26 Aug. - 30 Aug.	58		7 Aug. - 9 Aug.	38
	22 Oct. - 30 Oct.	38		25 Sep. - 27 Sep.	38
	2 Dec. - 4 Dec.	38		10 Dec. - 13 Dec.	38
1986	18 Apr. - 24 Apr.	50	1991	15 Apr. - 18 Apr.	32
	9 Jun. - 12 Jun.	59		10 Jun. - 13 Jun.	38
	25 Aug. - 28 Aug.	62		2 Aug. - 4 Aug.	38
	2 Oct. - 8 Oct.	61		30 Sep. - 2 Oct.	37
	5 Dec. - 10 Dec.	60		9 Dec. - 11 Dec.	32
1987	20 Apr. - 24 Apr.	61	1992	20 Apr. - 22 Apr.	31
	8 Jun. - 10 Jun.	61		9 Jun. - 11 Jun.	34
	24 Aug. - 27 Aug.	62		28 Jul. - 30 Jul.	36
	22 Oct. - 23 Oct.	40		5 Oct. - 8 Oct.	38
	25 Nov. - 27 Nov.	53		7 Dec. - 9 Dec.	27

刺網やタコ箱等の漁具が設置されていたり、荒天のために、観測位置が定点より2, 3海里程度ずれた場合があるが、その場合には経年の緯経度の平均値を計算し、その位置を観測位置として作図に用いた。

水塊の分類は青田ら³⁾に従い、宗谷暖流を比較的高温で33.6 (Practical Salinity unit : 以下PSU) 以上の高塩分な水塊、オホーツク海表層低塩分水を32.5PSU以下の低塩分な水塊、中冷水を塩分33.0PSU前後で2℃以下の低温な水塊、冷水帯を周囲との水温差が2℃以上ある低温な海域とした。また、晩秋にサハリン東岸から南下してくる非常に低塩分(32.0PSU前後)なオホーツク海表層低塩分水を特に東カラフト海流として扱った。

結 果

計算結果をもとに、Fig. 2～6に各月・各層(0 m, 50m, 100m)の水温と塩分の平均値分布を、Fig. 7～11に同じく標準偏差値分布を示した。なお、図中において水温は実線で1℃間隔、塩分は破線で0.2PSU間隔で示した。

1. 平均値分布からみた海況の季節変化

1. 1 4月 (Fig. 2)

塩分33.6PSU以上の宗谷暖流は、表層では宗谷岬沿岸域のごく一部に限られるが、50m層では湧別沿岸域、100m層では常呂沿岸域に達していた。

沖合域表層のオホーツク海表層低塩分水と50m, 100m層の中冷水の間に大きな水温差は

みられないが、塩分差は0.4PSU程度あった。

1. 2 6月 (Fig. 3)

宗谷暖流は、表層では4月とほぼ同様に浜頓別以西の沿岸域にのみ存在し、50m層では網走沿岸域、100m層では斜里沿岸域に達していた。宗谷暖流の水温が高くなって、中冷水との間の水温差が大きくなり、50m層を中心に距岸約20~40海里において水温および塩分前線が明りょうになった。オホーツク海表層低塩分水も4月より8℃ほど昇温し、50m層の中冷水との水温差が大きくなった。表層では、浜頓別沿岸域の宗谷暖流と沖合のオホーツク海表層低塩分水との間、距岸約20海里に冷水帯(図中の6℃未満の部分)が現れ始めていた。なお、冷水帯とその周辺との水温差は1℃前後しかなく、前記の冷水帯の定義からはずれている。しかし、これは冷水帯の位置の経年変動によって平均値の水温差が相殺されたためで、年ごとの水温差はそれぞれ2~3℃であった。

1. 3 8月 (Fig. 4)

宗谷暖流は強勢となって、各層とも距岸約20海里までの沿岸域は宗谷暖流水で占められ、中冷水との間の水温前線はより顕著となった。沖合のオホーツク海表層低塩分水も更に昇温し、中冷水との間の水温躍層もより顕著なものとなっていた。

また前記の冷水帯については、年ごとにみた周囲との水温差が5℃以上と、6月より大きくなっていた。

1. 4 10月 (Fig. 5)

宗谷暖流は表層~100m層とも距岸約20海里までの沿岸域に分布し、やや降温して水温前線の等温線間隔は8月より疎になった。沖合表層の塩分分布は東方域で8月に比べ0.2PSU程度高くなった。沖合域50m層では東方域を中心に8月より2~3℃高くなり、中冷水の分布域が西方に限られていた。

なお、表層の枝幸から雄武にかけての沿岸域で低塩分水が接岸していたが、これは1991年に塩分32.4PSU前後のオホーツク海表層低塩分水の差し込みがみられたことが平均海況に反映されたためであり、他の年は宗谷暖流水が占めていた。

1. 5 12月 (Fig. 6)

宗谷暖流は、表層では宗谷岬沿岸域のごく一部に限られるようになり、50m層で枝幸沿岸付近まで、100m層で沙留沿岸にまで後退した。代わって東カラフト海流が沖合の西方海域を中心に表層および50m層で卓越し、宗谷暖流との間、すなわち湧別付近から西の距岸20~40海里において顕著な塩分前線が形成された。50m層の水温は10月に続いて1℃程度昇温していた。

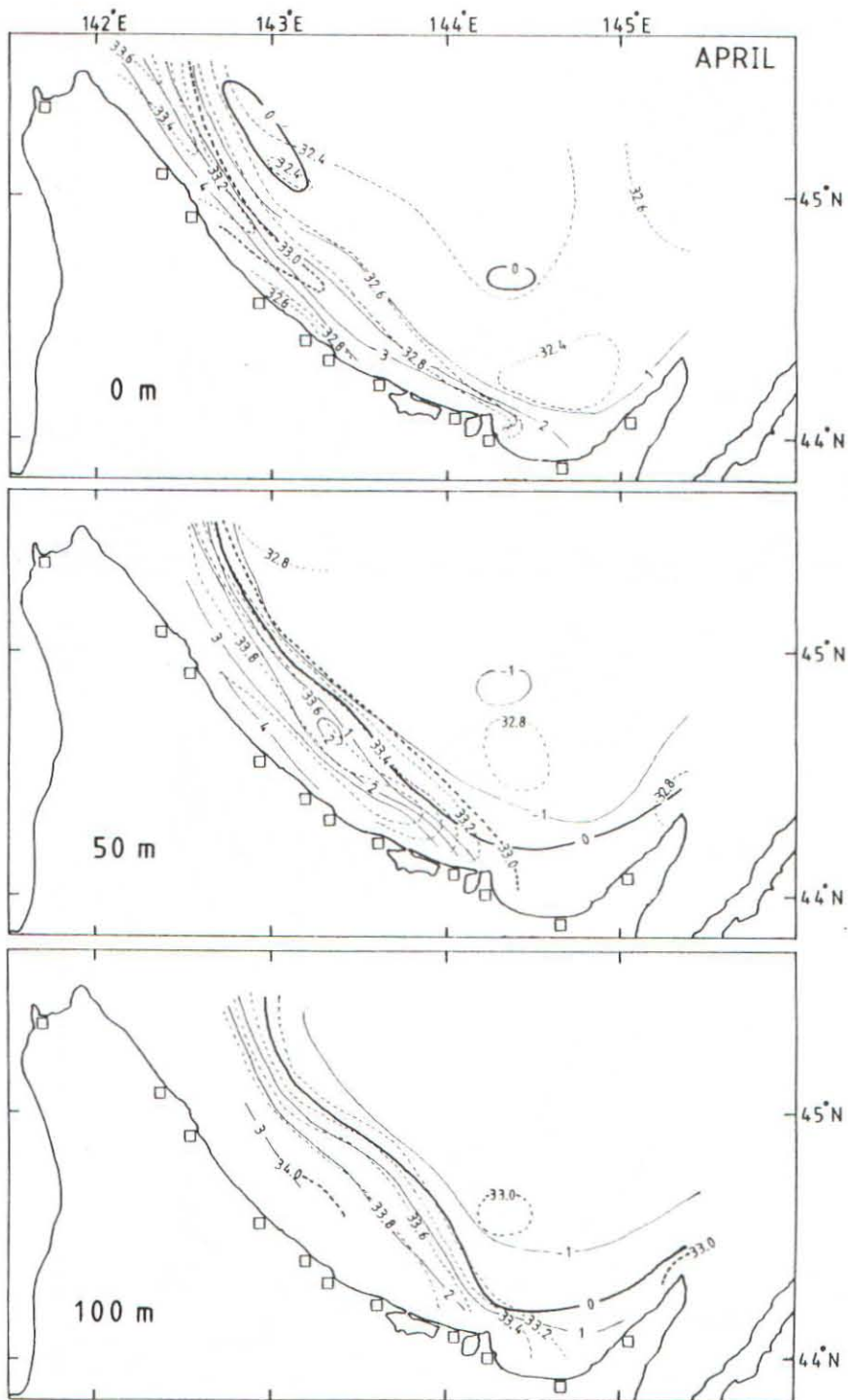


Fig. 2. Distribution of mean temperature (Solid lines : °C) and salinity (dotted lines : PSU) at 0m, 50m and 100m depth in April from 1983 to 1992.

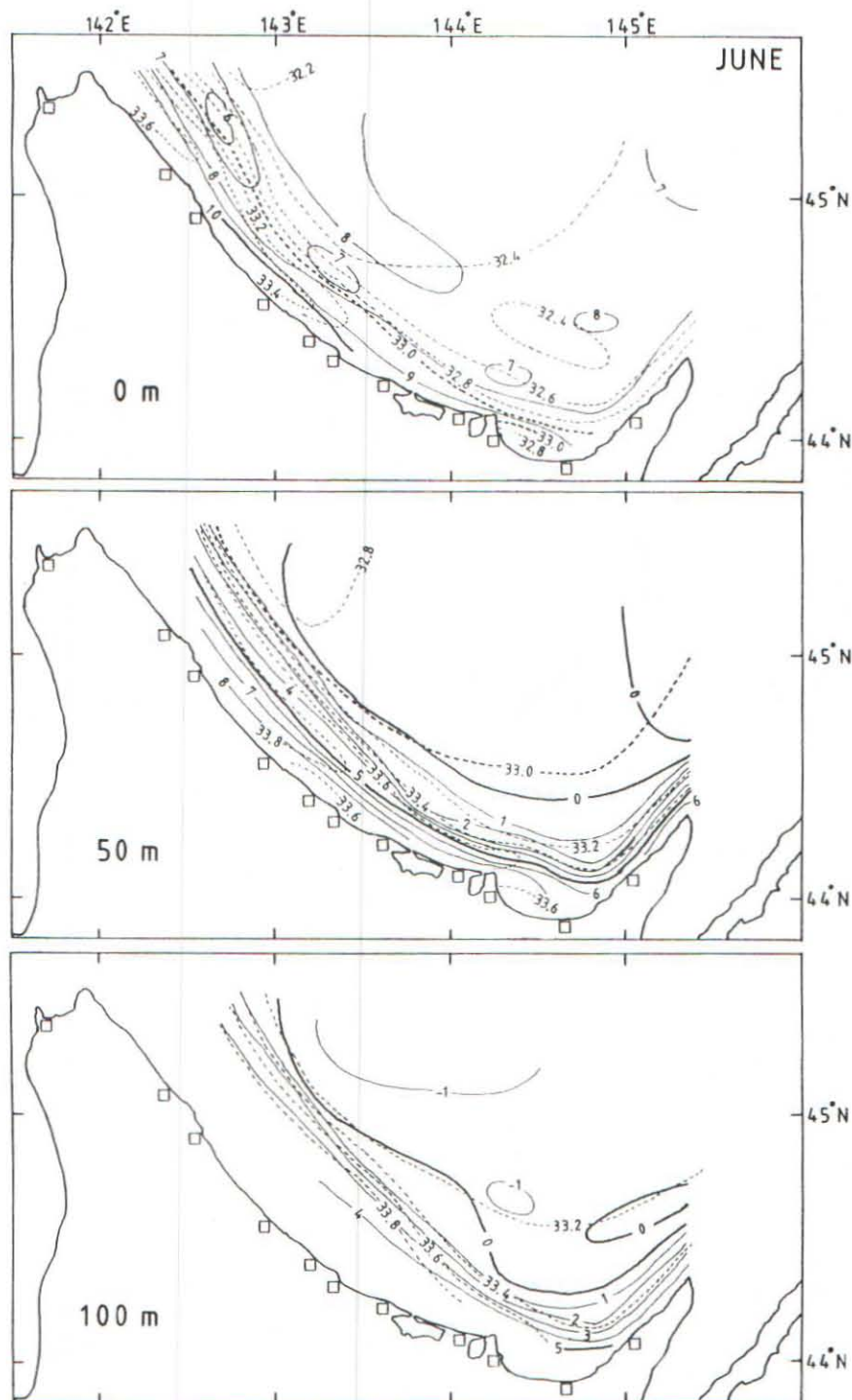


Fig. 3. Distribution of mean temperature (solid lines : °C) and salinity (dotted lines : PSU) at 0m, 50m and 100m depth in June from 1983 to 1992.

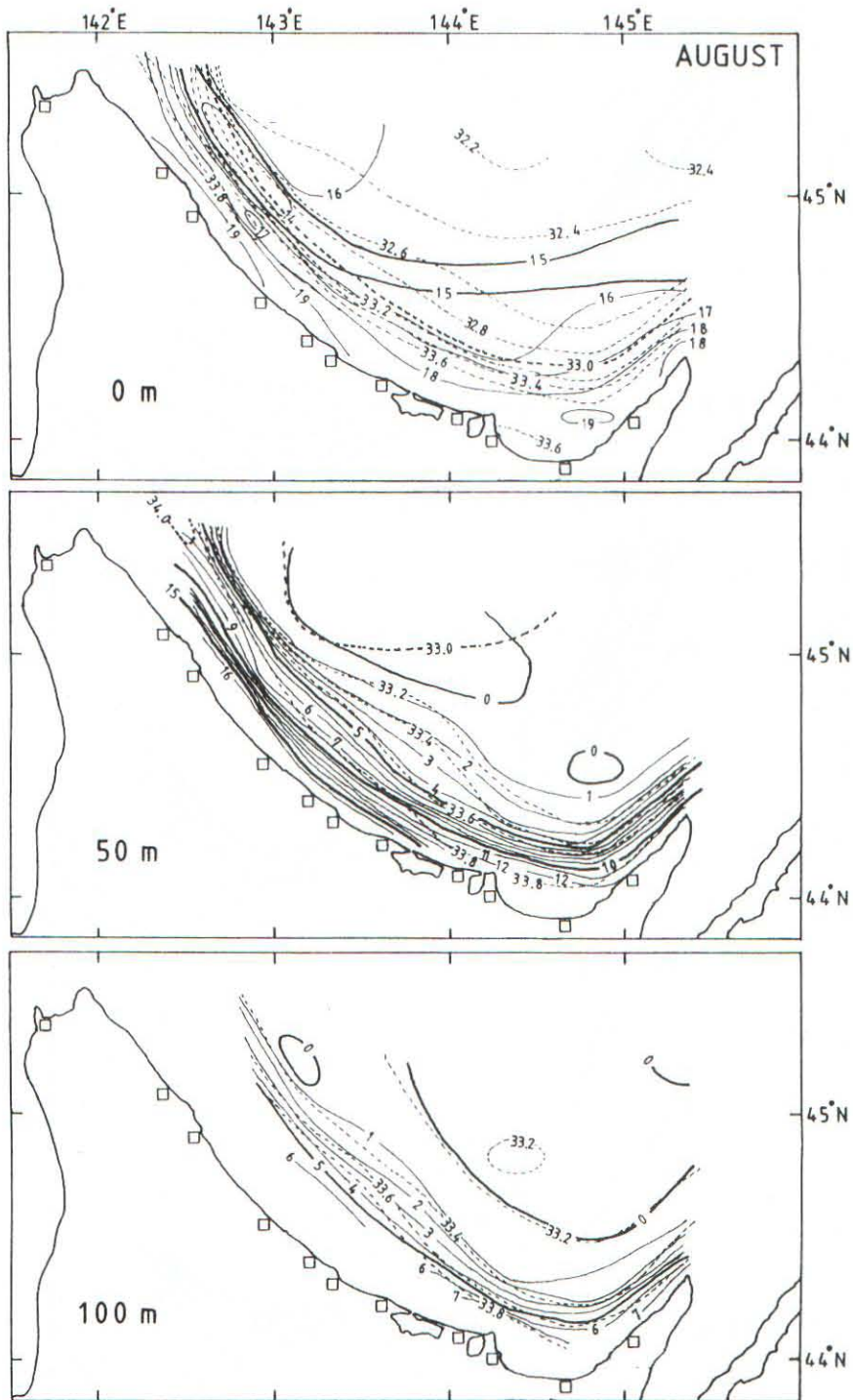


Fig. 4. Distribution of mean temperature (solid lines : °C) and salinity (dotted lines : PSU) at 0m, 50m and 100m depth in August from 1983 to 1992.

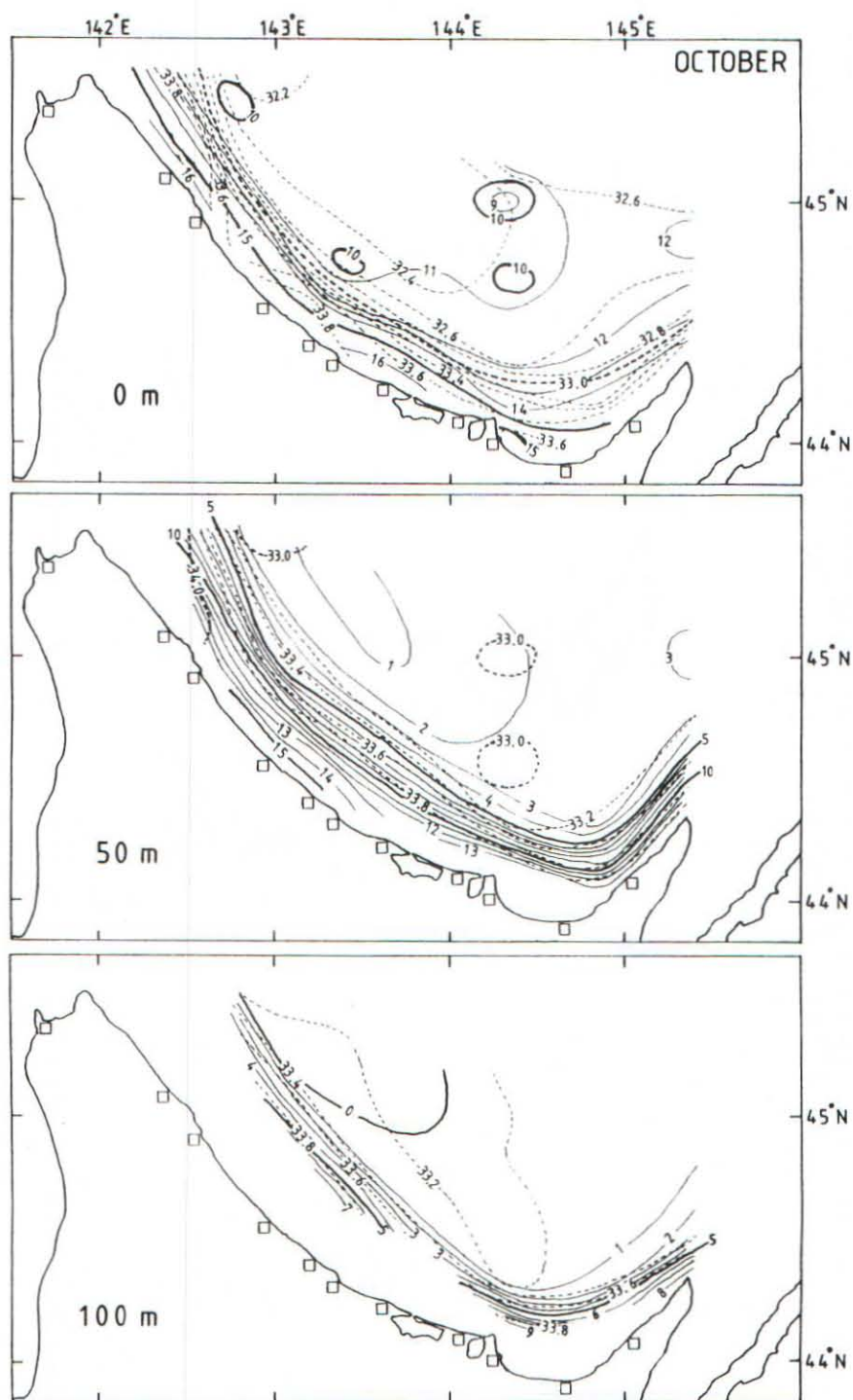


Fig. 5. Distribution of mean temperature (solid lines : °C) and salinity (dotted lines : PSU) at 0m, 50m and 100m depth in October from 1983 to 1992.

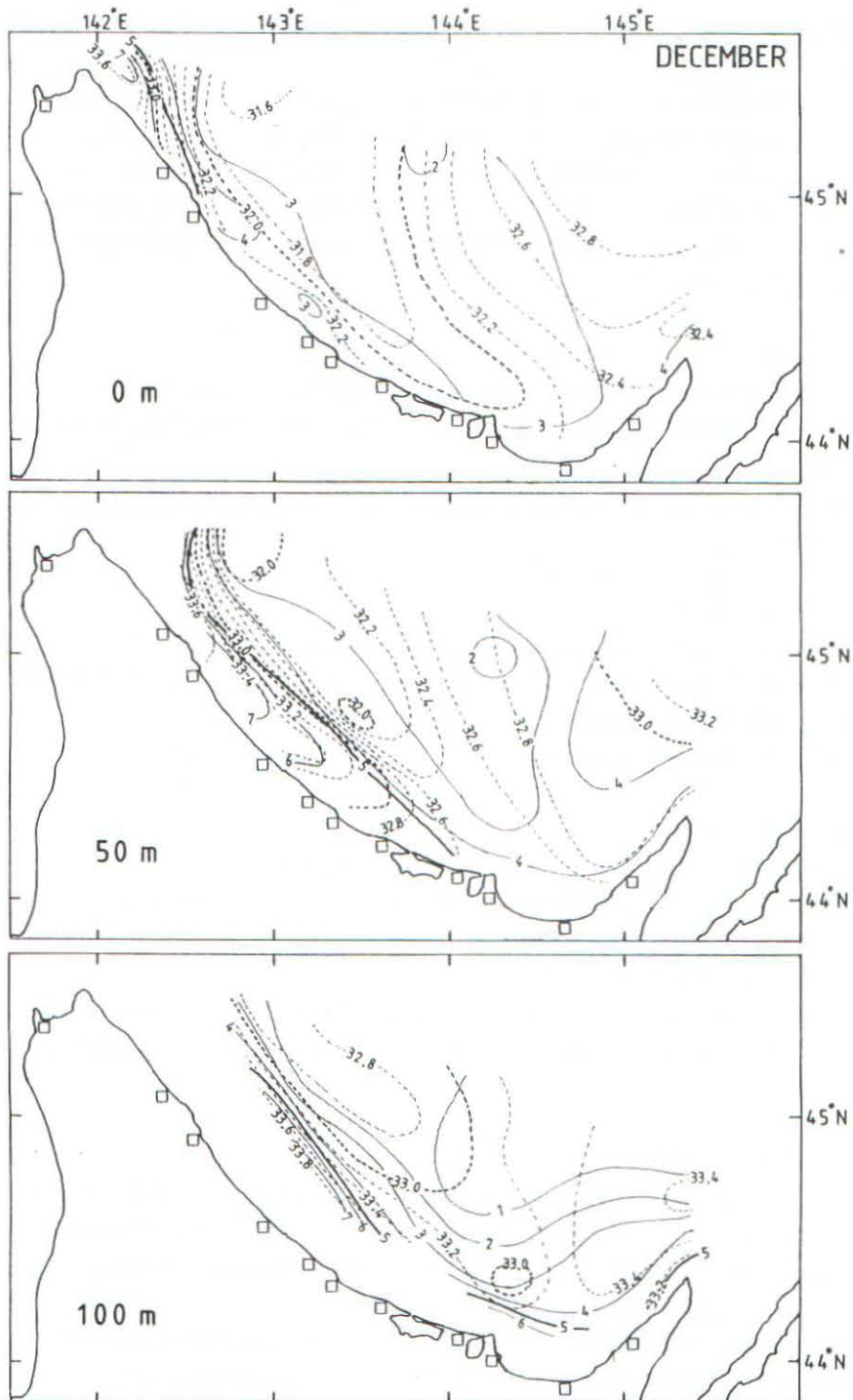


Fig. 6. Distribution of mean temperature (solid lines : °C) and salinity (dotted lines : PSU) at 0m, 50m and 100m depth in December from 1983 to 1992.

2. 標準偏差値分布の季節変化

2. 1 4月 (Fig. 7)

水温の標準偏差値（以下：偏差値）が 2°C 以上の海域は、表層では宗谷岬～紋別の沿岸域に、50m, 100m層では表層よりやや沖側の距岸20海里付近を中心に分布した。

塩分の偏差値は、表層では浜頓別を中心とした沿岸域と雄武から湧別にかけてのごく沿岸域で0.6PSU以上の数値を示した。またウトロの沖合表層にも塩分偏差値が0.4PSU以上の海域があった。なお50m, 100m層の塩分偏差値は水温と同様に距岸20海里付近で、0.4PSU以上の値を示していた。

2. 2 6月 (Fig. 8)

表層で水温の偏差値が 2°C 以上と大きいのは宗谷岬から沙留にかけての沿岸域とその沖合域であった。また50m, 100m層では距岸約20～40海里の水温前線域で水温の偏差値が 2°C 以上となっていた。

塩分の偏差値は、表層沿岸の宗谷暖流域および50m, 100m層の塩分前線域で0.2PSU以上となっていた。

2. 3 8月 (Fig. 9)

水温偏差値は、表層では宗谷岬東方の沿岸域と水温前線域、および常呂から知床岬沖の距岸約20～40海里の水温前線域で 2°C 以上であった。50m, 100m層については能取岬以東を中心に沿岸域から水温前線域で $2\sim 4^{\circ}\text{C}$ 台の大きな値であった。

塩分偏差値は各層とも塩分前線域を中心に0.2PSU以上となっていた。

2. 4 10月 (Fig. 10)

水温の偏差値は、表層では雄武からウトロの沿岸域とともに、北西部の沖合域に 2°C 以上の海域が広がっていたことが特徴的であった。また、50m, 100m層ではウトロ沿岸域を中心とした水温前線域で 2°C 以上の値を示し、50m層の沖合の東方海域にも水温偏差値が 2°C 以上の部分がみられた。

塩分の偏差値は、表層では宗谷岬東方とウトロを中心とした塩分前線域で0.4PSU以上の値を示し、50m, 100m層では顕著ではないものの、やはり前記の塩分前線域で0.2PSU以上の値であった。

2. 5 12月 (Fig. 11)

水温偏差値は、表層では湧別以西の沿岸域（特に宗谷岬付近）で 2°C 以上と大きかった。50m層では浜頓別から知床岬までの宗谷暖流と東カラフト海流との間の水温前線域、および宗谷暖流の先端部に 2°C 以上の水域が広がり、100m層では沙留からウトロにかけての沿岸で 2°C 以上と大きな値となっていた。

塩分偏差値は、表層では宗谷岬沖を中心（0.8PSU以上）にして塩分前線域で大きかった。50m層では塩分前線域と宗谷暖流の先端部で0.6PSU以上と大きな値であり、100m層においては、塩分前線域と常呂からウトロの沿岸で0.4PSU以上の値を示していた。

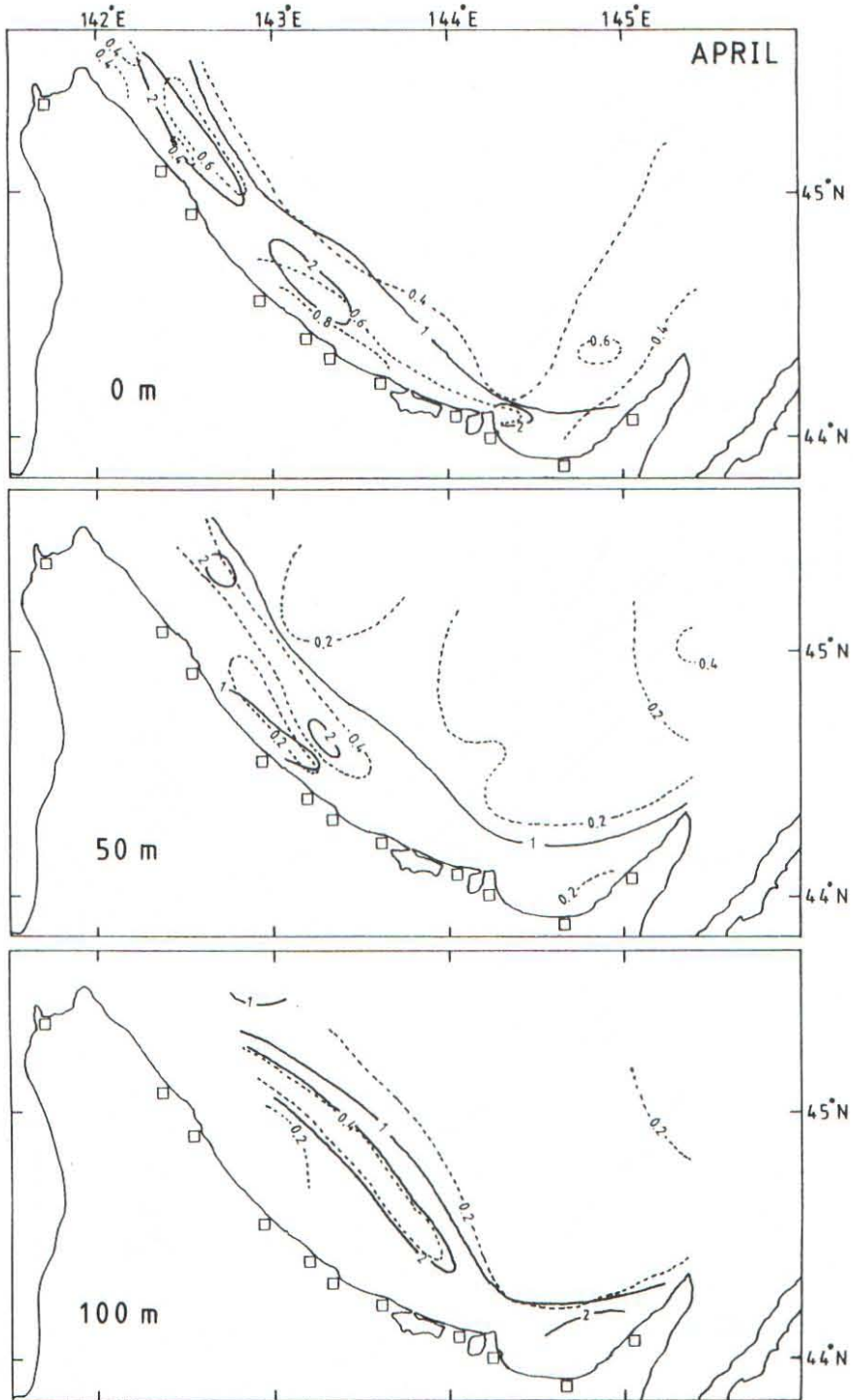


Fig. 7. Distribution of standard deviations of temperature (solid lines : °C) and salinity (dotted lines : PSU) at 0m, 50m and 100m depth in April from 1983 to 1992.

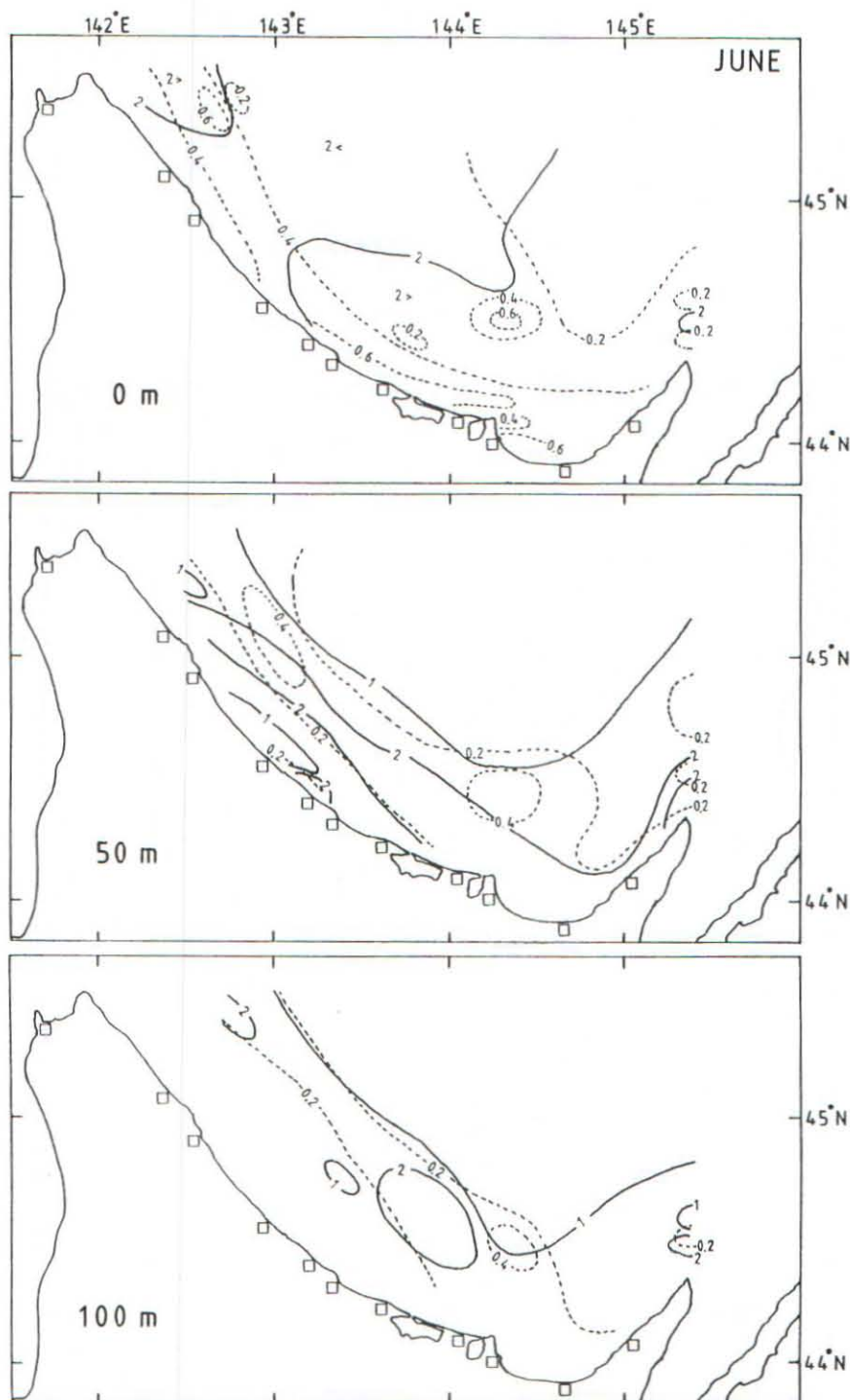


Fig. 8. Distribution of standard deviations of temperature (solid lines : °C) and salinity (dotted lines : PSU) at 0 m, 50 m and 100 m depth in June from 1983 to 1992.

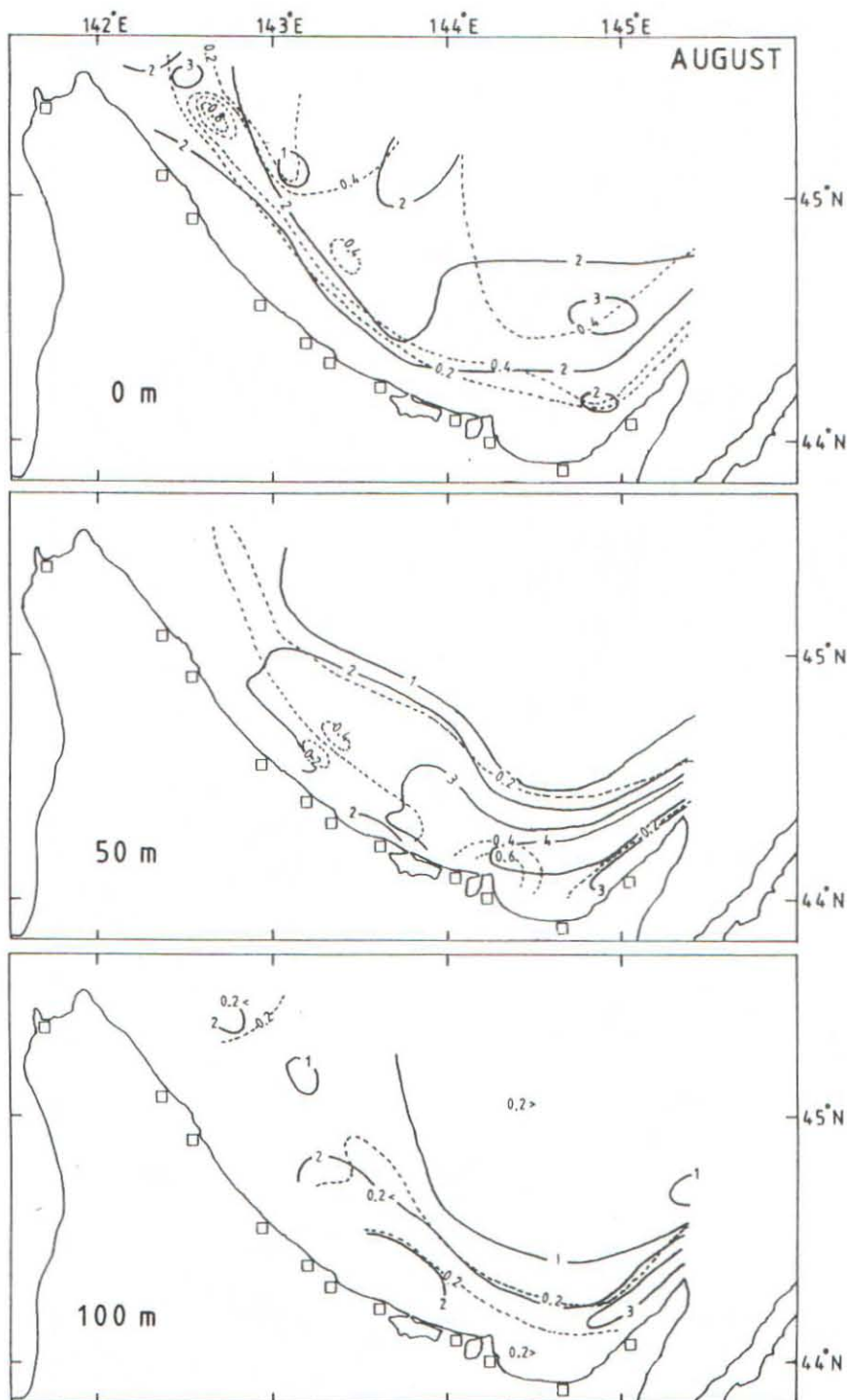


Fig. 9. Distribution of standard deviations of temperature (solid lines : °C) and salinity (dotted lines : PSU) at 0m, 50m and 100m depth in August from 1983 to 1992.

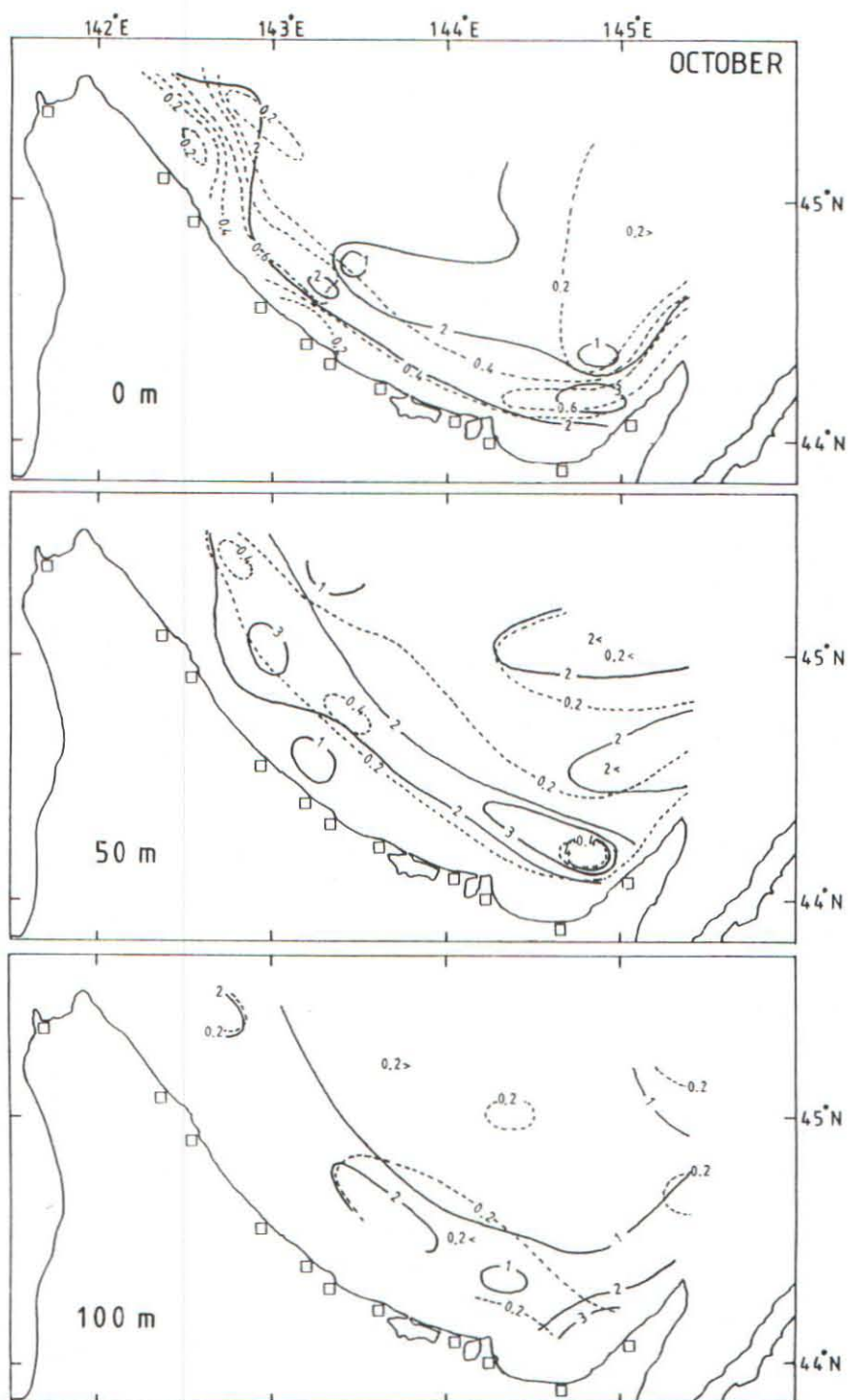


Fig.10. Distribution of standard deviations of temperature (solid lines : °C) and salinity (dotted lines : PSU) at 0m, 50m and 100m depth in October from 1983 to 1992.

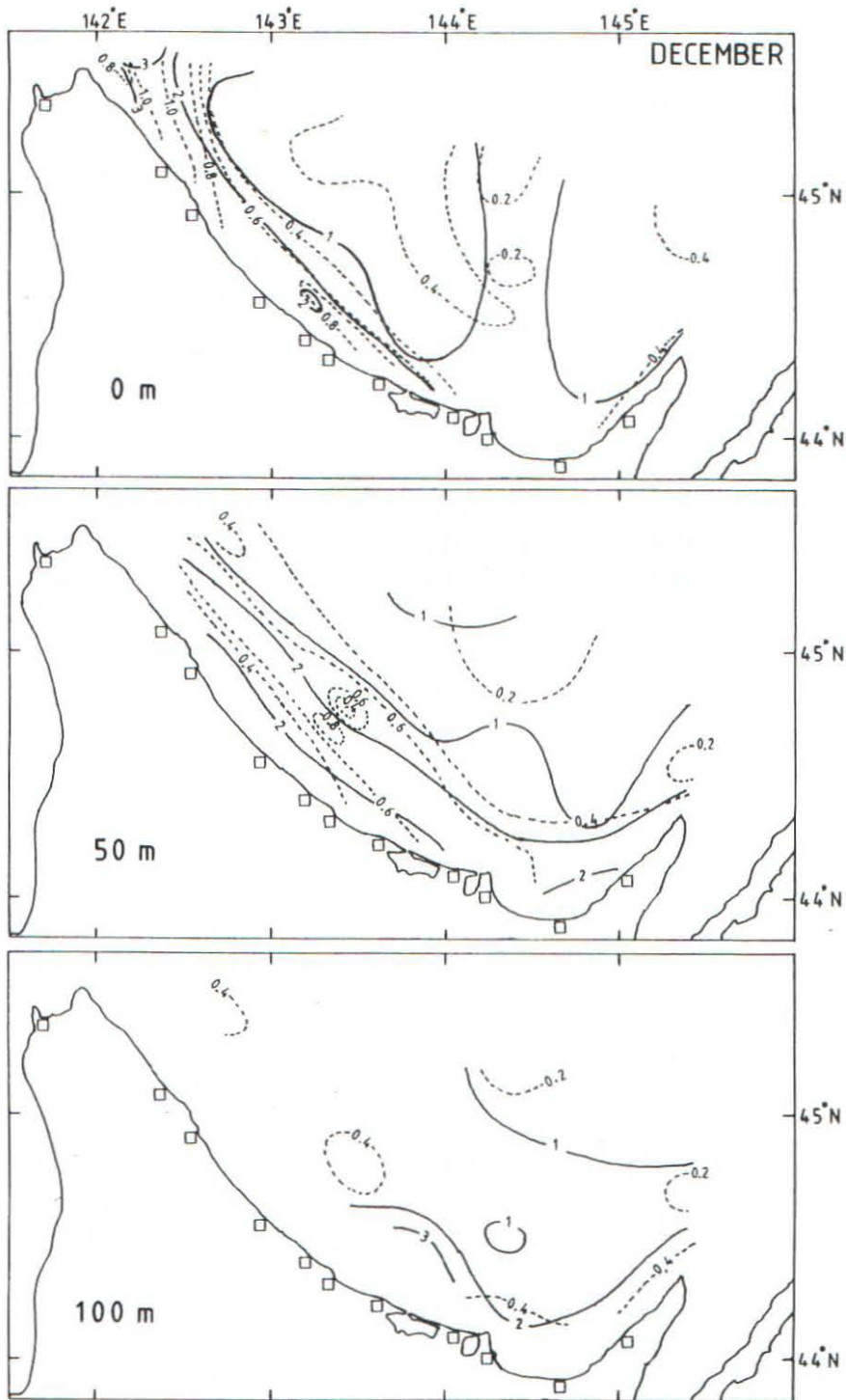


Fig.11. Distribution of standard deviations of temperature (solid lines : °C) and salinity (dotted lines : PSU) at 0m, 50m and 100m depth in December from 1983 to 1992.

考 察

1. 主な水塊の季節変化

1. 1 宗谷暖流

宗谷暖流は4, 6月において表層にはあまり現れていない。青田ら³⁾は冬季および春季に宗谷暖流が潜流になると述べており、平均海況においても6月まで半ば潜流となっていることが確認された。なお、この時期に宗谷暖流は、海深が深くなる網走以東の海域において200m~400m深を流れていることが知られている¹⁷⁾。このように6月まで半ば潜流となっていた宗谷暖流が、8月に沿岸全域の表層に分布するようになることについては、勢力の増大に加え、昇温によって周囲の水塊よりも相対的に密度が小さくなることが一因と考える。なおFujita *et al.*¹⁸⁾は、密度低下と同時に、南風によって起こされる沿岸湧昇が宗谷暖流の上昇に関与していると考察している。

8月から10月にかけて宗谷暖流は各層ともやや降温するが、分布状態に大差はない。10月に沖合の東方域で表層の塩分が0.2PSU程度高くなっていることについて、若生ら¹⁾は宗谷暖流の知床岬沖における北上反転の影響と考察している。また50m層の沖合東方域の昇温についても宗谷暖流の勢力が8月から強勢のまま持続しているためとしている¹⁾。著者はこの説に加えて、秋季の鉛直混合による影響もあるものとする。12月に宗谷暖流はさらに降温し分布域を狭めるのに対して、50m層の水温は10月に続いて1℃ほど昇温し、100m層についても1℃程度の昇温がみられる。これに関しても、鉛直混合の影響と考えられる。

1. 2 中冷水

4月には各層とも宗谷暖流の分布する沿岸域を除いて、広く2℃以下の冷水が分布している。しかし、表層に関しては塩分が低く、中冷水とみなせる水塊は50m, 100m層に分布している。6, 8月には中冷水は表層のオホーツク海表層低塩分水とは水温、塩分躍層によって、沿岸域の宗谷暖流とは水温、塩分前線によって明りょうに区分されるようになり、距岸40海里付近から沖側に分布する。10月には50m層で分布域を沖合の西方海域に縮小し、さらに12月には50m層ではごく一部に、100m層でもより沖側に後退する。

1. 3 オホーツク海表層低塩分水と東カラフト海流

4月および6月の距岸約20海里から沖側の表層には広くオホーツク海表層低塩分水が分布する。

8月になると宗谷暖流が強勢になり、それに押されるようにオホーツク海表層低塩分水の分布域は距岸約40海里から沖に後退する。

10月には沖合域の東方海域において前記のように0.2PSU前後、塩分が高くなり、オホーツク海表層低塩分水の分布範囲は西方海域に限られてくる。この時点でのオホーツク海表層低塩分水の分布の形は、後に卓越してくる東カラフト海流の分布の形に似ている。これは、前述のように宗谷暖流の知床岬沖における北上反転に押されることが主な原因と考えられるが、著者は東カラフト海流の影響がこの時期に現れ始めている可能性もあると考える。つまり沖合の西方海域においても、鉛直混合によって表層の塩分値は上がるはずである。しかし、そこに東カラフト海流の低塩分水が流入し始めることによって塩分値の上昇が阻止されているのではないかと考える。

12月には東カラフト海流が沖合西方海域を中心に網走沿岸方向に舌状に卓越する。

2. 経年変動の要因

2. 1 4月

水温、塩分の偏差値は基本的に宗谷暖流の先端や周辺域で大きい。このことから、4月の海況は宗谷暖流勢力の強弱によって、左右されるものと考ええる。

塩分偏差値については雄武から湧別にかけてのごく沿岸域でも大きかった。これは陸水の流入状況⁴⁾によるものと考えられる。

ウトロの沖合表層にも塩分偏差値が大きい海域がみられることに関しては、流水の融解水の分布状況が年によって異なることに起因すると考える。

2. 2 6月

4月と同様に宗谷暖流の先端部や周辺域で、水温、塩分偏差値が大きく、6月においても宗谷暖流勢力の強弱が海況に影響していると考えられる。

沖合表層にも水温偏差値が大きい海域が広がっていることに関しては、オホーツク海表層低塩分水の昇温速度や時期が年によって異なるためと考えられる。これについては年による観測期間のずれが特に問題となるが、6月の観測はTable 1に示したように、ほぼ上旬に集中しており、観測期間が異なることによる影響は少ないものと思われる。

また、冷水帯の分布域でも水温の偏差値は大きく、冷水帯の位置や周囲との水温差の大きさが海況に影響しているものと考ええる。

2. 3 8月

8月においても水温、塩分偏差値は宗谷暖流の周辺域で大きく、宗谷暖流勢力の強弱による経年変動が大きいものと考えられる。特に能取岬東方において偏差値が大きいことに関しては、大概¹⁰⁾が報告しているように、この時期に宗谷暖流および中冷水の水平分布の経年変動が大きいこと、言い換えれば中冷水フロントの蛇行の振幅が大きいためと考えられる。

表層では冷水帯の分布域においても水温偏差値の大きな海域が広がっている。このことから6月と同様に冷水帯の分布位置や周囲との水温差の大きさが、海況に影響していると考えられる。

6、8月とも冷水帯の分布域において塩分偏差値も大きくなっている。これについては冷水帯の形成によって、宗谷暖流の流路やオホーツク海表層低塩分水の分布位置が年によって異なり、それが塩分偏差値の大きさに反映していると考えている。

2. 4 10月

10月は宗谷暖流の周辺域の他に、表層の沖合西方域で水温偏差値が大きく、50m、100m層の沖合東方域において水温、塩分偏差値が共に大きいようである。表層の沖合西方域に関しては、東カラフト海流の影響と考えられ、50m、100m層の沖合東方域に関しては宗谷暖流の北上反転と鉛直混合の状況によると考えられる。

2. 5 12月

12月の水温、塩分の偏差値は宗谷暖流と東カラフト海流の境界および両海流の先端部で大

きいと言え、12月における海況を左右するのは、両海流の勢力の強弱であると考える。

今回1983～1992年の定点観測の結果から水温、塩分の平均値と標準偏差値を計算した。また、標準偏差値によって海況変動の大きな海域を明らかにし、その要因について考察した。これらの結果をもとに定点数の増減や間隔等について時期別に再検討することも必要と思われる。

Fujita *et al.*¹⁸⁾や青田ら¹⁹⁾が指摘しているように、当該海域においては短期変動の振幅が大きい場合がある。そのため今回の計算のもととなった様な時間間隔の長い定点観測結果からは、海況の把握にも限界があることが明らかである。

最後に、気象学的な平均像を求めるには30年間の観測結果が用いられるのに対して、今回は10年間の平均像を求めたのみである。従って、今後、更に蓄積されていく定点観測の資料をもとに定期的に再計算を行っていくことが必要であろう。

謝 辞

定点観測の計画、立案および実行に携わった、稚内、網走水試の研究員諸氏、並びに北洋丸および北辰丸の乗組員各位に感謝の意を表する。

文 献

- 1) 若生 充, 小島伊織: オホーツク海南西域の海況について(1). 北水試月報, 18(5), 168-185 (1961)
- 2) 若生 充, 小島伊織: オホーツク海南西域の海況について. 北水試月報, 19(9), 297-306 (1962)
- 3) 青田昌秋, 永田 豊, 稲葉栄生, 松山優治, 小野延雄, 金成誠一: “3・2 宗谷暖流—典型的な陸棚上の海流—”, 海洋の動態, 東京, 恒星社厚生閣, 1985, 164-187.
- 4) 青田昌秋: 北海道オホーツク海沿岸沖における海況変動の研究Ⅰ. 低温科学 物理編, 26, 353-370 (1968)
- 5) 青田昌秋: 北海道オホーツク海沿岸沖における海況変動の研究Ⅱ. 低温科学 物理編, 28, 262-279 (1970)
- 6) 青田昌秋: 北海道オホーツク海沿岸沖における海況変動の研究Ⅲ. 低温科学 物理編, 29, 213-224 (1971)
- 7) 青田昌秋, 河村俊行: オホーツク海・北海道沿岸域の冬の海況. 月刊海洋科学, 11(3), 189-195 (1979)
- 8) 木谷浩三: オホーツク海の水塊構造. 月刊海洋科学, 18(2), 93-98 (1985)
- 9) 若生 充, 小島伊織: オホーツク海南西域の海況について(2). 北水試月報, 1, 1-12 (1963)
- 10) 大槻知寛: オホーツク海北海道沖における夏季中冷水フロントの変動. 北水試月報, 40 (9, 10), 211-226 (1983)
- 11) 小笠原惇六, 小野田豊, 佐野満広: “Ⅲ 海洋調査”, 昭和58年度北海道立稚内水産試験場事業報告書, 127-188 (1984)
- 12) 小笠原惇六, 小野田豊, 佐野満広: “Ⅲ 海洋調査”, 昭和59年度北海道立稚内水産試験場事業報告書, 102-171 (1985)

- 13) 北海道立水産試験場：海洋調査要報 第1号, 111-186 (1988)
- 14) 北海道立水産試験場：海洋調査要報 第2号, 112-182 (1990)
- 15) 北海道立水産試験場：海洋調査要報 第3号, 108-170 (1991)
- 16) 北海道立水産試験場：海洋調査要報 第4号, 113-153 (1992)
- 17) Takizawa, T. : Characteristics of the Soya Warm Current in the Okhotsk Sea. 日本海洋学会誌, 38, 281-292 (1982)
- 18) Fujita, N. and Mori, K. : "Effects of Environmental Instability on the Growth of the Japanese Scallop *Patinopecten yessoensis* in Abashiri sowing-culture grounds". Marine Farming and Enhancement. Proceedings of the Fifteenth U.S.-Japan Meeting on Aquaculture. Sparks, A.K., ed. U.S. Natl. Oceanic Atmos. Adm., Natl. Mar. Fish. Serv., 1990, NOAA Tech. Rep. NMFS 85, 81-89
- 19) 青田昌秋, 石川正雄, 高塚徹, 山田俊郎：宗谷暖流フロントの短周期変動. 東京大学海洋研究所大槌臨海研究センター報告, 14, 204-209 (1988)

キタムラサキウニのホソメコンブに対する摂餌と同化^{*1}

吾妻行雄^{*2}, 中多章文^{*2}, 松山恵二^{*2}

Feeding and assimilation of the sea urchin,
Strongylocentrotus nudus for *Laminaria religiosa*

Yukio AGATSUMA, Akifumi NAKATA and Keiji MATSUYAMA

Seasonal changes in feeding and assimilation of five size groups (15.6, 25.1, 33.4, 40.0 and 54.2mm in initial test diameter) of *Strongylocentrotus nudus* reared in aquaria for *Laminaria religiosa* were examined from October, 1989 to October, 1990.

The daily amount of food eaten was much in large-sized groups from November to August, that increased from April and reached a maximum in June, however, decreased in February under a low temperature (6°C) and did from July to September. On the other hand, the smallest 1-year old group ate less than 1 gr. per day throughout the year, however, showed the highest feeding rate.

The daily assimilated amount increased in March to June, although decreased in July to October and January to February, and was approximately much in large-sized groups.

The growth rate was more high in small-sized groups. Particularly, that of 1 and 2-year old groups was high from October to January, however, was low down in August and February.

北海道日本海中部以南の浅海岩礁域では、大型海藻群落が消滅し、海底が無節サンゴモで覆われる磯焼け現象が広範囲にみられ、近年その現象は拡大しつつある。

同様な現象は、国外でもBarren grounds^{1, 2)}, Open space³⁾, あるいはCoralline flats⁴⁾などと表現され、その主要な原因の一つは植食動物、なかでもウニ類の藻類への大きな摂食圧であることが示されている⁵⁻⁷⁾。

菊地ら⁸⁾はキタムラサキウニ (*Strongylocentrotus nudus*) を主とする植食動物の藻類幼体への過度の摂食作用が東北地方太平洋沿岸域での磯焼けの原因と考え、200 g/m²のキタムラサキウニが生息すると海底の植生に大きな影響を与えるものと推察した。

北海道日本海南部沿岸の磯焼け地帯には、キタムラサキウニが底生動物群の優占種として

報文番号 A198 (1993年3月15日受理)

* 1 本研究の要旨は平成3年度日本水産学会春季大会で口頭発表した。

* 2 北海道立中央水産試験場 (Hokkaido Central Fisheries Experimental Station, Yoichi, Hokkaido 046, Japan)

高密度に生息し⁹⁻¹¹⁾, これらの海藻群落に対する過度の摂食作用が磯焼け現象の主要な要因であると考えられている¹²⁾。しかし, キタムラサキウニの摂食生態に関する知見は極めて断片的であり, 本種個体群が海藻群落に及ぼす摂食作用の量的な影響を解明するには, 体系的な知見の集積が必要である。

ここではその一環として, 北海道日本海中部以南沿岸で優占的な群落を形成するホソメコンブ (*Laminaria religiosa*) に対するキタムラサキウニの摂餌と同化の周年変化を飼育実験により明らかにしたので報告する。

材料および方法

1989年10月7日に, 泊村釜地先の磯焼け地帯(水深3~4m)に生息するキタムラサキウニをスキューバ潜水により, 大きさ別に200個体採集した。これらを北海道立中央水産試験場に持ち帰り, 60ℓ角型水槽(自然海水掛け流し, 換水率1~1.5回転/時間)5基(水槽A~E)に1~4齢および5齢以上と思われる個体を事前に同所から採取した個体をJensen¹³⁾の方法により調べた結果から推測して, それぞれ20~30個体ずつ収容した。各水槽内のキタムラサキウニには1989年10月13日から1990年11月1日にかけて, 2~6日に1回の割合で天然ホソメコンブの葉体を充分給餌し, 給餌量と残餌量(湿重量)を測った。水槽の底に溜った排泄物はホースで吸い上げ, ナイロン製のネット(目合200μm)にこしとり, 濾紙上で水分を十分に除去して重量を測った。ただし, 1990年1~3月には乾燥したホソメコンブを充分海水に浸した後に給餌した。このようにして飼育した個体は, 各群毎にほぼ毎月1回, 殻径と体重(湿重量)を計測し, 得られた結果に基づいて, 月別の1個体1日当たりの摂餌量と摂餌率および同化量を, また, 同化効率と成長率を下記により求めた。

日間摂餌量 = (給餌量 - 残餌量) / 個体数 / 各月の飼育日数
 日間摂餌率 = 1個体1日当たりの摂餌量 × 100 / 各月の平均体重
 日間同化量 = (摂餌量 - 排泄物量) / 個体数 / 各月の飼育日数
 同化効率 = 日間同化量 × 100 / 日間摂餌量
 殻径の成長率 = 殻径の月間成長量 × 100 / 各月の平均殻径
 体重の成長率 = 体重の月間成長量 × 100 / 各月の平均体重

Table 1. Initial test diameter, total weight and age composition of five experimental groups of *Strongylocentrotus nudus* reared in aquaria.

Group	Number of individuals	Test diameter (mm)	Total weight (g)	Age composition						
				I	II	III	IV	V	VI	VII
A	30	15.6±1.3	1.98±0.46	30						
B	30	25.1±1.4	8.64±1.36	30						
C	30	33.4±1.6	19.69±2.34	5	13	11	1			
D	20	40.0±1.7	32.83±3.79		2	17	1			
E	20	54.2±3.1	76.83±11.52					6	8	6

飼育終了時に全個体を年齢査定した。また、自動温度記録計により、ほぼ毎日の飼育水温を測定した。各飼育群の中でE群は1990年7月に全個体がへい死したために、実験期間を1990年6月29日までとした。

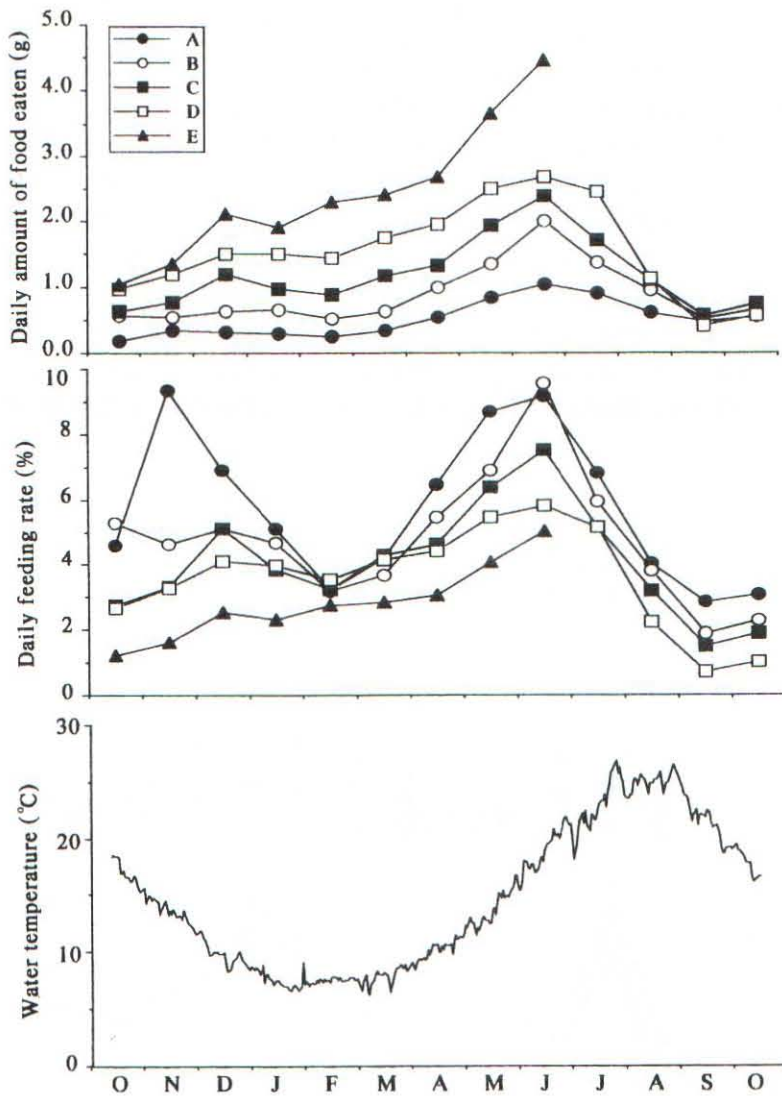


Fig. 1. Seasonal changes in daily amount of *Laminaria religiosa* eaten by *Strongylocentrotus nudus* of five size groups (A~E), daily feeding rate and water temperature in aquaria. Explanations of symbols (A~E) are shown in Table 1.

結 果

1. 摂 餌

実験開始時の年齢は, AとB群でそれぞれ全個体が1齢および2齢であった。これに対しC, D群は, それぞれ特に3~4齢および4齢が多かった。また, E群は5~7齢の個体であった (Table 1)。キタムラサキウニの性成熟殻径は40~45mm¹³⁾とされているので, A~C群は幼体群に, また, D, E群は成体群に属している。

各群の摂餌量と摂餌率および飼育水温の季節変化をFig. 1に示した。

1個体1日当たりの摂餌量は1990年9月と10月を除く各月で, 殻径の大きい群ほど多いが, 各群とも10~2月に少ないことでは共通していた。特にA~D群では2月の6℃前後の低水温時にはやや少ない傾向にあった。しかし, 摂餌量は各群とも4月から増加して6月には極大に達し, E群では4.37 gであった。特にC~E群では7月以降に摂餌量が急激に減少し, 9月には0.5 g前後であった。

日間摂餌率は日間摂餌量とは大きく異なった様相をとり, 11~1月と4~5月および7月には小型な群ほど高かった。特に大型群の摂餌率は1989年10月から1990年7月までは小型群よりも低く推移した。摂餌量のもっとも多かった6月では摂餌率においても高い値を示し,

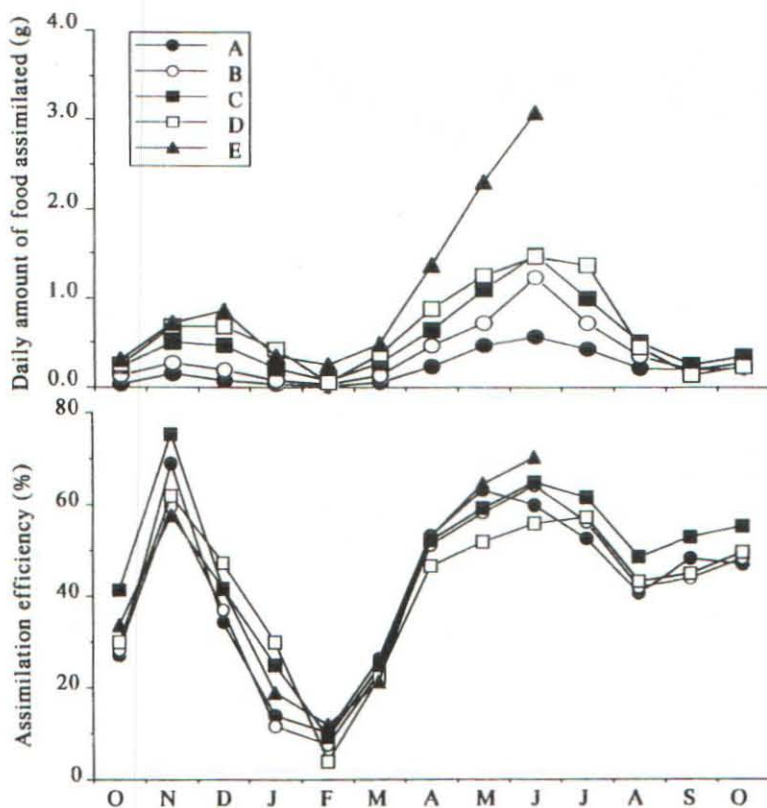


Fig. 2. Seasonal changes in daily amount of *Laminaria religiosa* assimilated by *Strongylocentrotus nudus* of five size groups (A~E) and in assimilation efficiency. Explanations of symbols (A~E) are shown in Table 1.

AとB群では9%以上であり、著しく高かった。A群の摂餌率は11月にも9%を越える値をとり、他の群とは異なる傾向を示した。

2. 同 化

日間同化量は各群とも11月から2月の低水温時にかけてやや減少した。しかし、3～6月にかけて増大し、この傾向は大型群ほど大きかった。特にE群の同化量は他の群に比べて3月以降に大幅に上昇し、6月にはほぼ3 gに達した。7月以降には同化量は減少し、9～10月には各群とも0.4 g未滿となった。

これに対して同化効率は周年各群で大きな差はなく、10～11月にかけて上昇し、12月以降の低水温時に著しく下降して、2月には10%前後となった。その後、水温の上昇する3月から6～7月までは再び同化効率は上昇した (Fig. 2)。

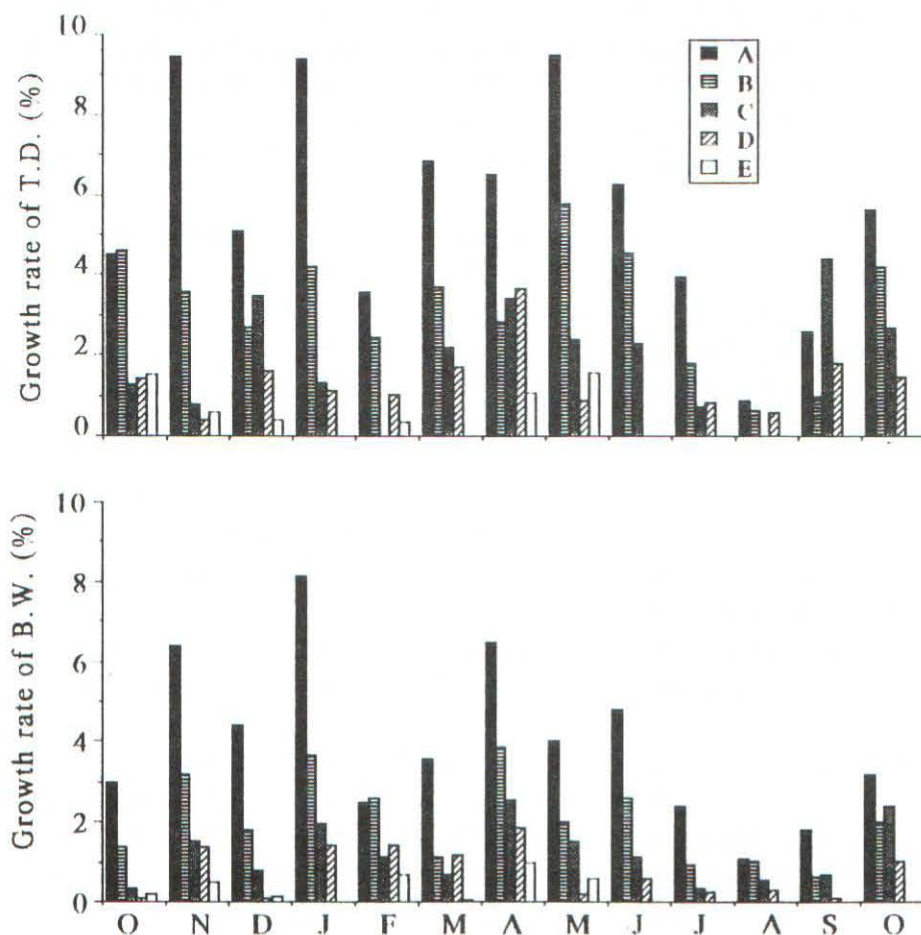


Fig. 3. Seasonal changes in growth rate of *Strongylocentrotus nudus* of five size groups (A~E). Explanations of symbols(A~E) are shown in Table 1.

3. 成 長

成長率は小型群ほど高く, 大型群ほど低かった。すなわち, AとB群の殻径と体重の成長率は夏期に最も低下するが, 10~1月と3~6月には高く, A群ではそれぞれ4%以上および3%以上を示した。また, 両群の成長率は2月に低かった。これに対して, 大型群(D, E群)の成長率はほぼ2%以下にとどまり, 特にE群の殻径の成長率は10月と4~5月を除いて1%には達しなかった(Fig. 3)。

考 察

一般的に, 同化効率は消化酵素に由来するために水温に影響され, 水温の上昇にともない高くなり, 下降につれて低くなる。エゾバフンウニ(*Strongylocentrotus intermedius*)は冬期水温5℃前後でもマコンブ(*L. japonica*)に対する同化効率が55%の水準を維持する^{14, 15)}。また, ホクヨウオオバフンウニ(*S. drobachiensis*)の*Laminaria longicuris*に対する同化効率あるいはアメリカシロウニ(*Lytechinus variegatus*)と*Tripneustes esculentus*の*Thalassia testudinum*に対する同化効率は, 夏期と冬期でおおよそ50~60%台¹⁶⁻¹⁸⁾であり, ほぼ同水準であることが報告されている。これに対して, 本実験に用いたキタムラサキウニの同化効率が冬期の水温6℃前後で10%と極めて低下したことは, この時期に給餌した乾燥ホソメコンブが, 海水に浸潤した際に栄養分を流出したことが一つの要因であると考えられる。

エゾバフンウニの摂餌量は生殖巣の成熟過程に左右され, 成熟, 産卵にいたる時期には摂餌量が減少する^{14, 15, 19)}。飼育した2齢以上のキタムラサキウニの摂餌量が, 7~9月の水温16~24℃への上昇期(Fig. 1)に顕著に減少したことは, エゾバフンウニと同様に, この時期が生殖巣の成熟, 産卵に相当した²⁰⁻²²⁾ことによるものと考えられる。

ホクヨウオオバフンウニの摂餌率は, 1~2月の4℃未満の低水温時に低下する¹⁶⁾。また, アメリカシロウニと*Tripneustes esculentus*の冬期間の摂餌率は, 水温が低いほど低下する¹⁷⁾ことが報告されている。また, エゾバフンウニ2齢個体のナガコンブ(*L. longissima*)に対する摂餌率が, 2~3月(水温2~3℃)に最も低下することが報告されている²³⁾。一方, キタムラサキウニのナガコンブに対する摂餌量も, 冬期間の低水温下で著しく減少することが報告されている²⁴⁾。本実験に用いたキタムラサキウニ各飼育群も2月の水温6℃前後(Fig. 1)で摂餌量が減少した。

ウニ類の低水温に対する摂餌量の減少は, 種により異なることが想定され, キタムラサキウニはその地理的分布を反映し, エゾバフンウニよりも低水温における摂餌量の減少が大きいものと推察される。

小樽市忍路湾では, 3~5mmのホソメコンブ幼胚体が12~4月まで出現することが報告されている²⁵⁾。幼胚体のウニ食害による減耗は, その後の群落形成に大きな影響を及ぼすものと考えられる。この時期のキタムラサキウニ個体群のホソメコンブに対する摂餌量は, 水温とウニの密度(現存量)により大きく左右されるものと考えられる。一方, 実験結果より各飼育群とも冬期間に摂餌量の減少がみられるものの, 小型個体ほど摂餌率が高いことから, 構成される各個体の大きさによっても摂餌量が異なることが示唆された。すなわち, 同一現存量のキタムラサキウニが生息した場合, 小型個体で構成されるほど海藻群落に対する摂食

圧が高くなるものと考えられる。今後、低水温下での摂餌量の減少や幼胚体への摂餌効率が發育段階によってどのように変化するかについて明らかにする必要がある。

各飼育群の摂餌量と同化量は、4～6月に最も増加し、同化効率も60%前後で推移した。この時期にAとB群は殻径が顕著に成長するのに対して、C～E群ではその傾向はみられなかった。成体群は生殖巣が成長する時期に相当する²⁰⁻²²⁾ことから、ほぼ成熟殻径に達したC群とD、E群が同化したエネルギーは主に生殖巣の増大に転換されるものと考えられる。

摂餌率が小型群ほど高いことは、エゾバフンウニ^{14, 15)}、*Tripneustes esculentus*とアメリカシロウニ¹⁷⁾、ホクヨウオオバフンウニ¹⁸⁾でも共通している。特に、1齡群(A群)の摂餌量が周年1g未満で推移し、高い摂餌率と成長率を示すことは、生殖巣が充分発達しないために、摂食した餌料が主に殻の成長に大きく転換されることを示唆している。

今後、キタムラサキウニ個体群が海藻群落に及ぼす量的な影響を明らかにするためには、摂餌行動に関する知見の集積が必要である。さらに、海藻群落との種間関係を通して、ウニ個体群がどのように質量変化するのかを知るためには、餌料の摂食から同化を経て体構成各部位にどのようにエネルギーが配分されるのかを季節的に明らかにすることが課題である。

謝 辞

本報告の取りまとめにあたり、北海道大学水産学部名誉教授富士 昭博士には終始懇切な助言をいただいた。また、実験に用いたキタムラサキウニは、盃漁業協同組合小林常次参事の御好意により提供していただいた。併せて深く謝意を表する。

要 約

キタムラサキウニのホソメコンブに対する摂餌と同化の季節的变化を室内飼育実験によりほぼ年齢別(5飼育群)に調べ、次のような知見を得た。

各飼育群の摂餌量は9～10月を除く各月で大型群ほど多かった。摂餌量は2月と7～9月に減少するが、4月以降増加し、6月に最大となった。また、1齡群の摂餌量は周年1g前後であり、摂餌率は高かった。

同化量はほぼ各月で大型群ほど多く、3～6月には摂餌量と同様に増加し、7～10月と1～2月に減少した。成長率は小型群ほど高かった。特に、1～2齡群の成長率は10～1月と3～6月に高く、8月と2月に低下した。

文 献

- 1) Pearse, J. S., Clark, M. E. Leighton, D. L., Mitchell, C. T. and North, W. J. : Marine waste disposal and sea urchin ecology. In kelp habitat improvement project, annual report, 1 July 1969—30 June 1970, Appendix. California Institute of Technology, Pasadena, California (1970)
- 2) Lawrence, J. M. : On the relationships between marine plants and sea urchins. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 13, 213—286 (1975)

- 3) Dayton, P. K. : Competition, disturbance and community organization : the provision and subsequent utilization of space in a rocky intertidal community. *Ecol. Monogr.* 41, 351-389 (1971)
- 4) Ayling, A. M. : The role of biological disturbance in temperate subtidal encrusting communities. *Ecology*. 62, 830-847 (1981)
- 5) Kitching, J. A. and Ebling, F. J. : The ecology of Lough Ine. XI : The control of algae by *Paracentrotus lividus* (Echinoidea). *J. Anim. Ecol.* 30, 373-383 (1961)
- 6) Breen, P. A. and Mann, K. H. : Destructive grazing of kelp by sea urchins in eastern Canada. *J. Fish. Res. Bd. Can.* 33, 1278-1283 (1976)
- 7) Wharton, W. G. and Mann, K. H. : Relationship between destructive grazing by the sea urchin, *Strongylocentrotus droebachiensis*, and the abundance of american lobster, *Homarus americanus*, on the Atlantic coast of Nova scotia. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 38, 1339-1349 (1981)
- 8) 菊地省吾, 浮 永久, 秋山和夫, 鬼頭 釣 : アワビ餌料藻類の造林技術開発, 浅海域における増養殖漁場の開発に関する総合研究, 昭和49年度報告資料集, 東北水研. pp.10-31 (1975)
- 9) Noro, T., Masaki, T. and Akioka, H. : Sublittoral distribution and reproductive periodicity of crustose coralline algae (Rhodophyta, Cryptonemiales) in southern Hokkaido, Japan. *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.* 34, 1-10 (1983)
- 10) 藤田大介 : 北海道大成町の磯焼け地帯の海藻の分布. *南紀生物*. 31, 109-114 (1989)
- 11) 名畑進一, 阿部英治, 垣内政宏 : 北海道南西部大成町の磯焼け. *北水試研報*. 38, 1-14 (1992)
- 12) Jensen, M. L. : Age determination of echinoids. *Sarsia*. 37, 128-145 (1969)
- 13) Fuji, A. : Studies on the biology of the sea urchin II : Size at first maturity and sexuality of two sea urchins *Strongylocentrotus nudus* and *S. intermedius*. *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.* 11, 43-48 (1960)
- 14) Fuji, A. : Studies on the biology of the sea urchin V : Food consumption of *Strongylocentrotus intermedius*. *Jap. J. Ecol.* 12, 181-186 (1962)
- 15) Fuji, A. : Ecological studies on the growth and food consumption of Japanese common littoral sea urchin, *Strongylocentrotus intermedius* (A. AGASSIZ). *Mem. Fac. Fish. Hokkaido Univ.* 15, 83-160 (1967)
- 16) Larson, B. R., Vadas, R. L. and Keser, M. : Feeding and nutritional ecology of the sea urchin *Strongylocentrotus droebachiensis* in Maine, USA. *Mar. Biol.* 59, 49-62 (1980)
- 17) Moore, H. B. and Mcpherson, B. F. : A contribution to the study of productivity of the urchins *Tripneustes esculentus* and *Lytechinus variegatus*. *Bull. Mar. Sci.* 15(4), 855-871 (1965)
- 18) Miller, R. J. and Mann, K. H. : Ecological energetics of the seaweed zone in a marine bay on the Atlantic coast of Canada III : Energy transformation by sea urchins. *Mar. Biol.* 18, 99-114 (1973)
- 19) 川村一広, 林 忠彦 : エゾバフソウニの摂餌, 成長, 成熟におよぼす水温の影響について. *北水試月報*. 22(3), 128-145 (1965)
- 20) 川村一広 : 余市沿岸のエゾバフソウニとキタムラサキウニの生活に関する2.3の知見. *北水試月報*. 24(3), 36-45 (1967)

- 21) 杉本 卓, 田嶋健一郎, 富田恭司 : 北海道北部沿岸におけるキタムラサキウニの生殖周期. 北水試報, 24, 91-99 (1982)
- 22) 吾妻行雄, 林 忠彦, 内田正文 : 北海道南部沿岸におけるエゾバフンウニとキタムラサキウニ浮遊幼生の出現と産卵期. 北水試研報, 33, 9-20 (1989)
- 23) 町口裕二 : エゾバフンウニに対するジャイアントケルプの餌料価値. 北水研報告, 56, 61-70 (1992)
- 24) 三本菅善昭, 町口裕二, 嵯峨直恒 : ウニ食害作用の海藻群落形成への影響解明, 昭和61年度沿岸漁場整備開発事業に関する水産研究所研究報告書, pp.119-136 (1987)
- 25) 船野 隆 : ホソメコンブの生態 第1報 : 生活史と核相交番, および配偶体と幼胚体の生理生態. 北水試報, 25, 61-109 (1983)

ホタテガイ中腸腺からのエキス製造過程における 重金属の挙動について

野俣 洋*¹, 蛭谷幸司*², 大堀忠志*²

The behavior of heavy metals in the manufacturing
process of extract from scallop digestive glands.

Hiroshi NOMATA, Kouji EBITANI and Tadashi OHORI

The behavior of heavy metals on the processes of extraction and separation of extractive components from scallop digestive glands were investigated on the supposition that extract from scallop digestive glands was used for material of manure, feed and natural seasoning.

1) On the process of extraction, removal rates of Zn, Cd, Cu and Fe by heating extraction were 65.9~89.7% and were higher than those by room temperature extraction.

2) The concentrations of Zn, Cd, Cu and Fe in the extract were decreased to about 1/12, 1/8, 1/4, and 1/17, respectively by ultrafiltration.

3) Molecular weights of Zn- and Fe- binding proteins in the extract were decreased by proteolysis of digestive glands. However, those of Cd- and Cu- binding proteins in the extract were not changed remarkably. The quantities of Cd and Cu per 1 mg of total amino acid in the permeate by ultrafiltration were decreased by proteolysis of digestive gland.

はじめに

北海道におけるホタテガイ加工残滓は、漁獲量の増加や貝毒の発生などにより、近年、急激に増加しており、その処理経費による加工経営の圧迫や埋め立てによる周辺環境への影響など種々の問題が生じてきている。

ホタテガイ加工残滓、特に中腸腺にはタンパク質や脂質などのほか、遊離アミノ酸や核酸などの呈味成分やEPA、カロチノイドなどの有用物質が含まれており¹⁻⁴⁾ 飼肥料や天然調味料の原料あるいは有用物質の抽出原料としての利用が考えられる。

しかし、ホタテガイ中腸腺には自然の状態でも重金属が高濃度に蓄積されていることから⁵⁻⁷⁾、飼肥料や天然調味料などの原料として利用する場合、原料中の重金属の移行により

報文番号 A199 (1993年3月15日受理)

* 1 北海道立網走水産試験場紋別支場 (Mombetsu Branch, Hokkaido Abashiri Fisheries Experimental Station, Minatocho, Mombetsu, Hokkaido 094, Japan)

* 2 北海道立釧路水産試験場 (Hokkaido Kushiro Fisheries Experimental Station, Hamacho, Kushiro, Hokkaido 085, Japan)

製品の安全性あるいはイメージを損なうことが懸念される。

そこで、ホタテガイ中腸腺からのエキスを飼肥料や天然調味料などの原料として利用する場合を想定し、エキス成分の抽出、分離過程における重金属の挙動について検討した。

試料と方法

1. 試 料

試料は、1991年4月および8月にオホーツク海沿岸で漁獲された地まきホタテガイ（4年貝）から採取した中腸腺を用い、試験に供するまで -30°C で凍結保管した。

2. エキス成分の抽出および分離

ホタテガイ中腸腺からのエキス成分の抽出および分離操作の概略をFig. 1に示した。エキス成分の抽出は、試料に3倍量の緩衝液A（50mMトリス塩酸 pH7.2, 5mMメルカプト

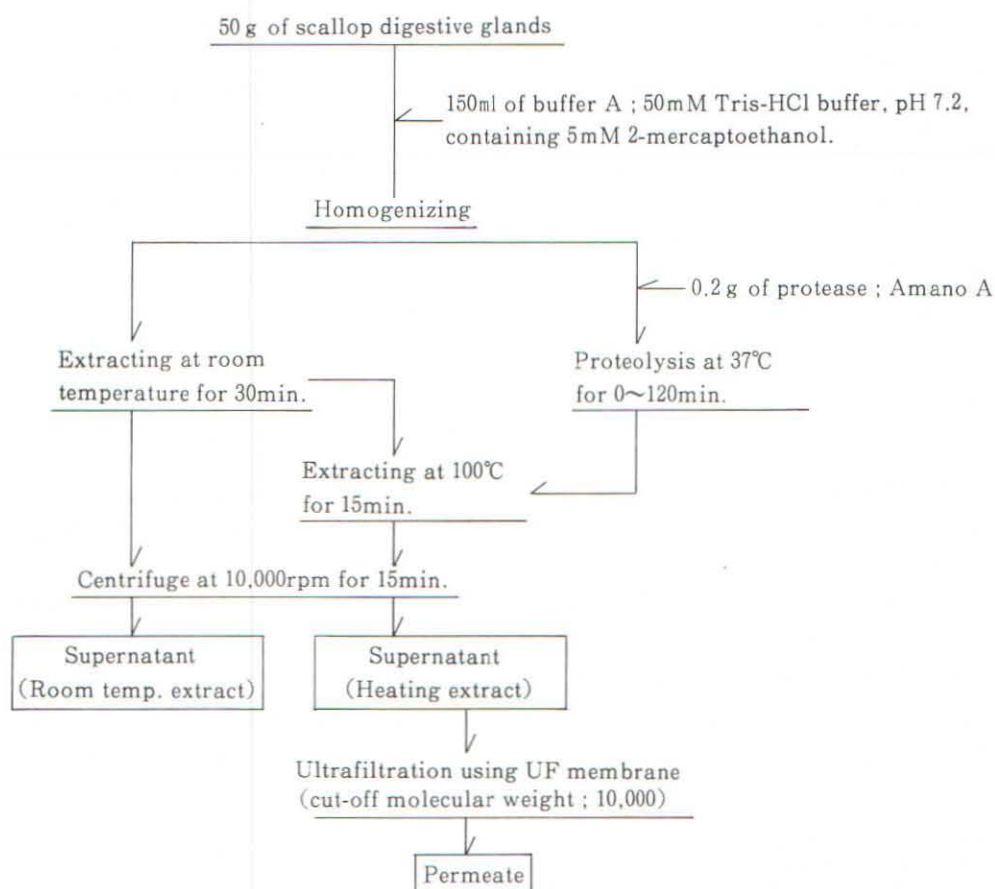


Fig. 1. Flow chart for preparation of extract and permeate by ultrafiltration.

エタノール、1 mM アジ化ナトリウム)を加え、高速ホモジナイザーにより1分間ホモジナイズした。ホモジネートを室温で30分間放置した後、遠心分離(10,000rpm, 15min)し、上澄を室温抽出液とした。また、ホモジネートを室温で30分間放置後、ステンレス製遠沈管に移し、沸騰水中で15分間加熱した後、遠心分離して得られた上澄を加熱抽出液とした。

抽出液からのエキス成分の分離は、加熱抽出液150mlを分画分子量10,000のポリスルホン製限外ろ過膜を用い、圧力2 kg/cm²で濃縮液側が50mlになるまで限外ろ過して行った。

なお、中腸腺の酵素分解は、ホモジネートに食品用タンパク質分解酵素(アミノA)を0.1%加え、37℃で0~120分間反応後、加熱抽出と同様に処理した。

3. ゲルろ過

緩衝液Aで平衡化したセファデックスG-50を、2.5×75cmのガラスカラムに詰め、流速36ml/hでゲルろ過を行い、流出液を10mlずつ分取した。なお、分子量の推定は、標準タンパク質の溶出位置と比較して算出した。

4. 重金属の測定

分析試料を105℃で乾燥後、混酸(硝酸:硫酸=2:1)と過塩素酸により湿式分解し、試料液を調製した。試料液のZn, Cd, CuおよびFe濃度は日立偏光ゼーマンZ 6000型原子吸光分光光度計による直接噴霧法により測定した。

5. アミノ酸の測定

遊離アミノ酸はエタノールでの除タンパクにより、また、全アミノ酸は6 N塩酸での加水分解(110℃, 20時間)により調製した分析試料を、フェニルイソチオシアネートによりプレラベル化するPTCアミノ酸分析法により測定した。

結 果

1. エキス抽出過程での重金属の挙動

ホタテガイ中腸腺からのエキス抽出過程でのZn, Cd, CuおよびFeのマスフローをFig. 2に、また、マスフローから算出した各金属の除去率をTable 1に示した。

試験に用いた4月のホタテガイ中腸腺50gに含まれていたZn, Cd, CuおよびFeの量は、それぞれ1,530, 1,077, 227および15,900 μgであった。

抽出液中に移行する各金属量は、遠心分離前の加熱処理の有無により異なり、室温抽出ではZn, Cd, CuおよびFe量がそれぞれ435, 585, 135および2,009 μgであったのに対し、加熱抽出では、それぞれ173, 218, 78および1,633 μgであった。この値から算出された抽出過程での各金属の除去率は、室温抽出での40.5~87.4%に対して加熱抽出では65.6~89.7%と高い値を示し、特にCdでは加熱処理による除去率の増加が約34%と最も大きかった。

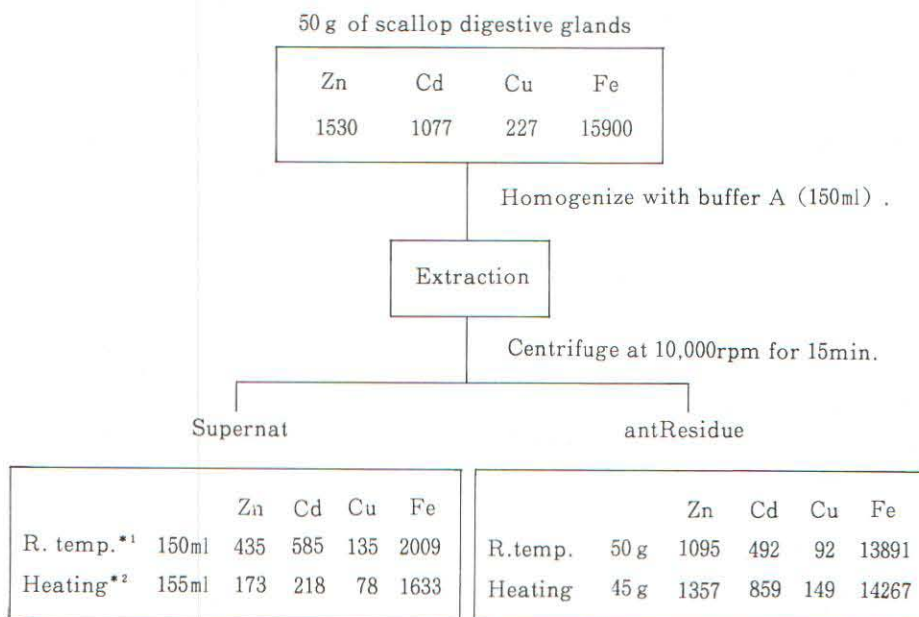


Fig. 2. Quantitative flow diagram of heavy metals on the process of extraction. Scallop digestive glands collected in April were used for material.

* 1 Room temp. extract in Fig. 1.

* 2 Heating extract in Fig. 1.

Note : Unit of heavy metal quantity in figure is μg .

Table 1. Removal rates*¹ of heavy metals on the process of extraction.

	(%)			
	Zn	Cd	Cu	Fe
Room temp.* ²	71.6	45.7	40.5	87.4
Heating* ³	88.7	79.8	65.6	89.7

* 1 Removal rate = $\left(1 - \frac{\text{heavy metal } \mu\text{g in the extract}}{\text{heavy metal } \mu\text{g in extracted digestive glands}}\right) \times 100$

* 2 Room temp. extract in Fig. 1.

* 3 Heating extract in Fig. 1.

2. 酵素分解および限外ろ過によるアミノ酸量と重金属挙動の変化

中腸腺の酵素分解による抽出液および限外ろ過液のアミノ酸濃度と組成の変化をFig. 3 およびTable 2, 3 に示した。

酵素反応 0 分での抽出液の全アミノ酸濃度は約1,200mg/100ml, 遊離アミノ酸濃度は約630 mg/100mlであった。アミノ酸の組成は, 全アミノ酸では, タウリン, グリシン, グルタミン酸およびアスパラギン酸, 遊離アミノ酸としてはタウリン, グリシン, アラニンおよびグルタミン酸が多く, ホタテガイ貝柱とほぼ類似した組成¹⁾であった。抽出液のアミノ酸濃度は中腸腺の酵素分解にともなって増加し, 酵素反応120分では, 全アミノ酸が約2,800mg/100 ml, 遊離アミノ酸が約1,600mg/100mlとなり, タウリンとグリシンを除く全てのアミノ酸が, 全アミノ酸では約3~4 倍に, 遊離アミノ酸では約4~20倍に増加した。

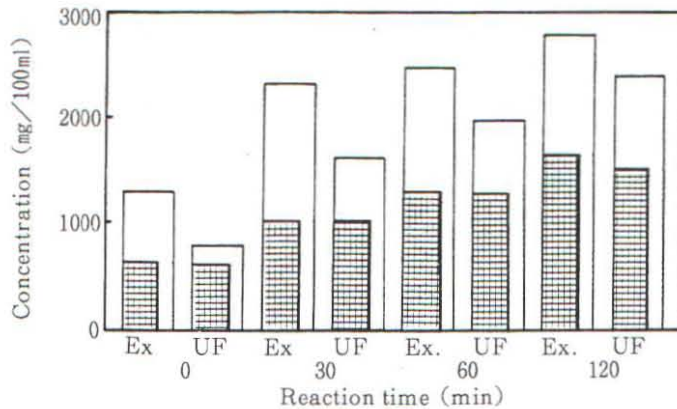


Fig. 3. Changes in amino acid concentrations of extract and permeate by ultrafiltration with proteolysis of scallop digestive glands. The scallop digestive glands collected in August were used for material. Ex., Extract; UF, Permeate by ultrafiltration; ▨, Free amino acid; □, Total amino acid.

Table 2. Changes in total amino acid compositions of extract and permeate by ultrafiltration with proteolysis of scallop digestive glands.

	Extract				Permeate by ultrafiltration			
	0 min	30min	60min	120min	0 min	30min	60min	120min
Asp	70.5	190.5	221.5	263.9	17.6	116.4	154.3	178.0
Glu	117.6	296.5	315.7	339.7	43.2	185.2	225.0	266.6
Gly	283.6	365.0	360.9	379.1	219.2	277.9	303.7	344.7
Tau	343.1	356.5	334.6	330.3	303.6	320.5	320.3	333.2
Arg	48.1	123.4	131.2	147.5	16.3	80.2	101.0	129.4
Ala	49.8	104.1	114.7	132.0	31.8	68.6	93.7	116.9
Pro	41.7	94.9	101.0	114.7	13.7	47.8	67.1	85.5
Val	29.5	79.6	91.3	119.7	10.1	48.3	70.3	100.2
Leu	36.3	100.7	115.1	156.3	14.4	68.9	98.4	139.8
Lys	52.4	138.5	151.6	176.6	24.2	96.5	123.0	158.7

* Scallop digestive glands collected in August were used for material.

Table 3. Changes in free amino acid compositions of extract and permeate by ultrafiltration with proteolysis of scallop digestive glands.

	Extract				Permeate by ultrafiltration			
	0 min	30min	60min	120min	0 min	30min	60min	120min
Asp	2.0	13.0	23.8	39.7	2.9	12.3	18.3	31.2
Glu	18.7	38.8	54.8	76.0	21.7	38.4	47.4	64.1
Gly	211.3	220.2	242.0	269.2	206.0	221.5	247.8	238.3
Tau	269.1	260.3	263.8	269.6	263.7	259.8	262.2	262.8
Arg	13.3	41.6	60.0	86.8	12.6	41.4	56.3	74.9
Ala	19.6	43.5	61.9	87.8	19.4	43.6	63.0	67.3
Pro	6.5	17.2	29.3	46.8	5.8	17.2	28.9	50.6
Val	7.5	36.6	61.4	91.5	7.7	38.4	60.3	79.1
Leu	10.8	73.5	106.9	143.8	14.0	70.3	100.5	110.3
Lys	10.4	41.7	57.6	77.3	20.2	56.5	66.5	59.5

* Scallop digestive glands collected in August were used for material.

限外ろ過液の全アミノ酸濃度は抽出液よりも、酵素反応0分で約40%、120分で約15%低い値を示した。しかし、遊離アミノ酸濃度は、抽出液と同様に酵素分解にともなって増加し、抽出液との差はほとんど見られなかった。また、遊離アミノ酸組成についても抽出液との大きな差は見られなかった。

中腸腺の酵素分解による抽出液および限外ろ過液のZn, Cd, CuおよびFe濃度の変化をFig. 4に示した。

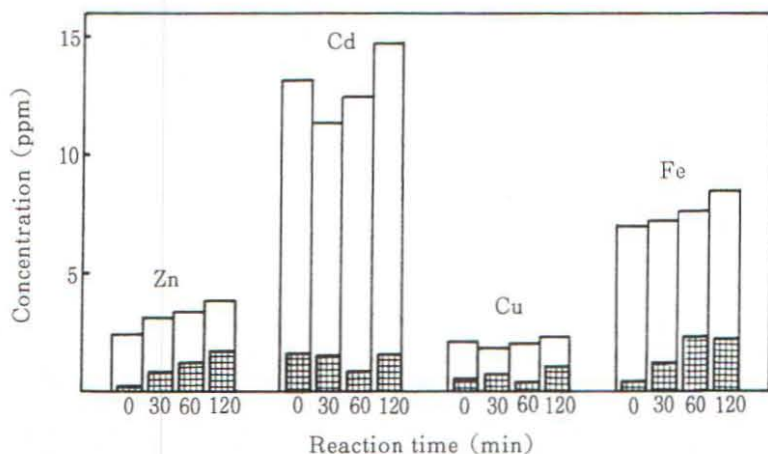


Fig. 4. Changes in concentrations of heavy metals in extract and permeate by ultrafiltration with proteolysis of scallop digestive glands. The scallop digestive glands collected in August were used for material. □, Extract ; ▨, Permeate by ultrafiltration

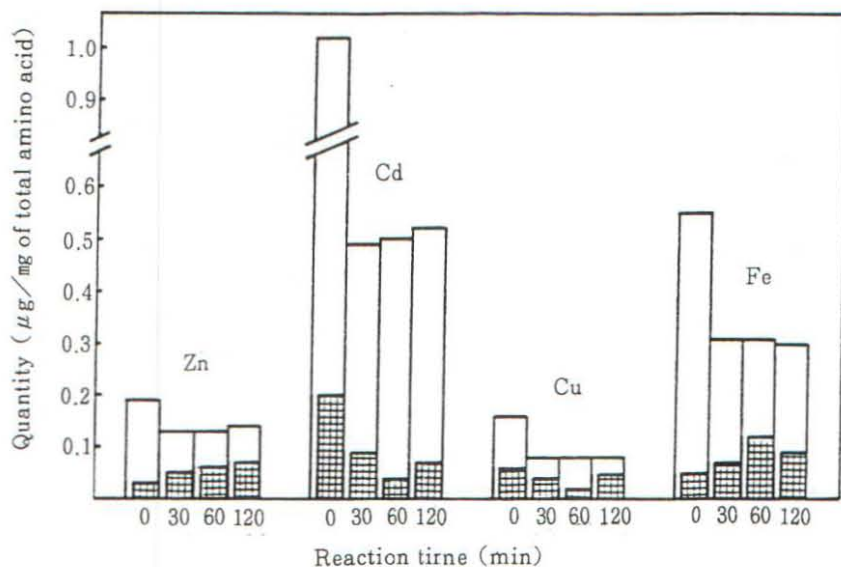


Fig. 5. Changes in quantities of heavy metals per 1mg of total amino acid in extract and permeate by ultrafiltration with proteolysis of scallop digestive glands. The scallop digestive glands collected in August were used for material. □, Extract ; ▨, Permeate by ultrafiltration.

抽出液のZnおよびFe濃度は、酵素反応0分でのそれぞれ2.4, 7.0ppmから酵素分解にともなって上昇する傾向が見られたが、CdおよびCu濃度は、酵素反応0分でのそれぞれ13.1, 2.1ppmから、いずれも酵素反応30分で最も低い値を示した後、増加した。酵素反応0分での限外ろ過液のZn, Cd, CuおよびFe濃度は、それぞれ0.2, 1.6, 0.5および0.4ppmであり、抽出液に対して、それぞれ約1/12, 1/8, 1/4および1/17の濃度であった。また、限外ろ過液の各金属濃度は、Zn, Feでは抽出液と同様に、酵素分解にともなって上昇する傾向が見られたが、Cd, Cuでは顕著な傾向は見られなかった。

一般にエキスの製品は、それに含まれる固形物量あるいはアミノ酸量により価格が形成される。そこで、上記の測定値から抽出液および限外ろ過液中の全アミノ酸1mgに対する各金属量を算出し、Fig. 5に示した。

抽出液の全アミノ酸1mgに対するZn, Cd, CuおよびFe量は、酵素反応0分でそれぞれ0.19, 1.02, 0.16および0.55 μ gであった。酵素反応30分ではそれぞれ0.13, 0.49, 0.08および0.31 μ gに減少したが、酵素反応時間による差はほとんど見られなかった。限外ろ過液での全アミノ酸1mlに対するZn, Cd, CuおよびFe量は酵素反応0分でそれぞれ25, 203, 63および51ngであり、抽出液に比べ約1/7, 1/5, 1/3および1/10に減少した。また、限外ろ過液中の全アミノ酸1mgに対するZn, Fe量は、酵素反応にともなって増加する傾向を示したが、Cd, Cu量は酵素反応60分のそれぞれ41および15ngまで減少する傾向がみられた。

3. 酵素分解による重金属分布の変化

酵素分解抽出液のゲルろ過により得られた紫外外部吸収のクロマトグラムをFig. 6に、また、比較のため上記2. で得られた各限外ろ過液のクロマトグラムをFig. 7に示した。

酵素反応0分の抽出液では、分子量約40,000と分子量5,000以下のFr.No37を中心とする明瞭な2つのピーク(P1, P2)のほかに、Fr.No44付近に小さなピーク(P3)が検出さ

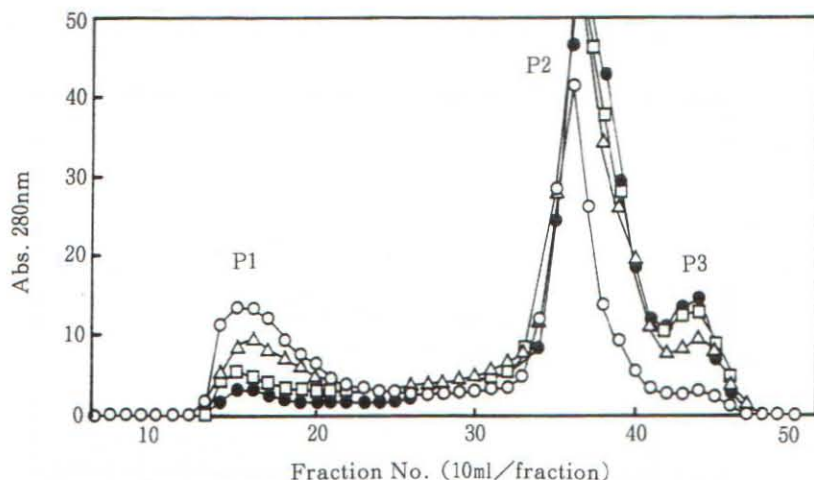


Fig. 6. Changes of elution profiles on Sephadex G-50 of extract with proteolysis of scallop digestive glands. The scallop digestive glands collected in August were used for material. Ten ml of each extract concentrated 8 times under reduced pressure was applied on a column (2.5 $\times$ 75cm) of Sephadex G50. Elution was done using buffer A. $\circ$, Reaction time 0; $\triangle$, Reaction time 30min; $\square$, Reaction time 60min; $\bullet$, Reaction time 120min.

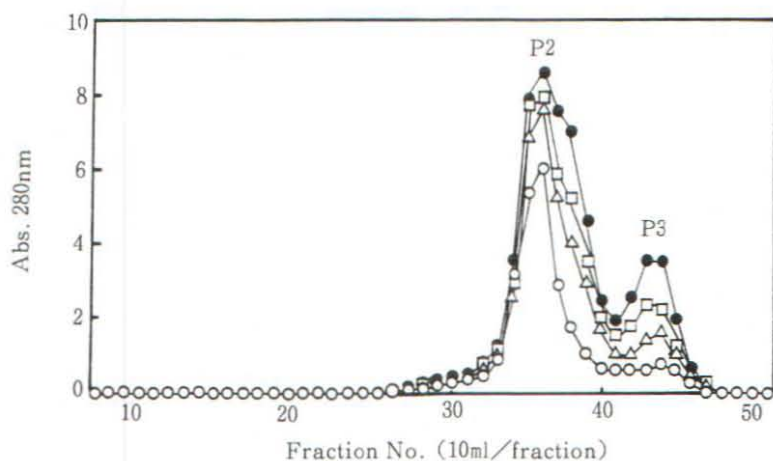


Fig. 7. Changes of elution profiles on Sephadex G50 of permeate by ultrafiltration with proteolysis of scallop digestive glands. The scallop digestive glands collected in August were used for material. Ten ml of each permeate was applied on a column (2.5×75cm) of Sephadex G-50. ○, Reaction time 0; △, Reaction time 30min; □, Reaction time 60min; ●, Reaction time 120min.

れた。これらのピークは、酵素分解にともなって、P 1は減少し、P 2, P 3では増加する顕著な変化を示した。これに対して限外ろ過液では、酵素分解にともなうP 2, P 3の増加は抽出液と同様に見られたが、いずれもFr.No30付近まで紫外部の吸収はほとんど見られず、P 1は完全に除去されていた。

酵素反応0分および120分の抽出液のゲルろ過における各金属の分布をFig. 8～11に示した。

酵素反応0分では、Zn, FeはFr.No14を、Cd, CuはそれぞれFr.No18と20を頂点とする

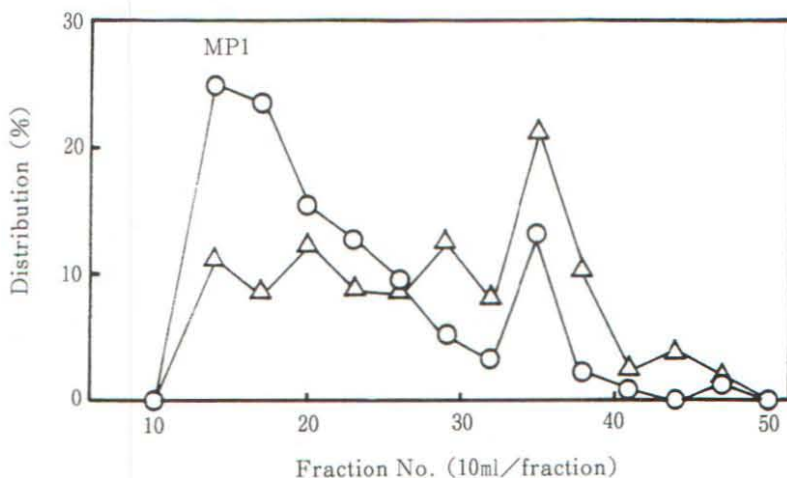


Fig. 8. Changes of Zn distributions in the fractions separated by Sephadex G-50 column of extract with proteolysis of scallop digestive glands. ○, Reaction time 0 min; △, Reaction time 120min.

大きなピークが見られた (MP 1~4) ほか, Zn, Fe および Cd では Fr. No 35 付近に小さなピークが見られた。なお, MP 1~4 の分子量は MP 1, 4 が約 40,000~45,000, MP 2, 3 が約 10,000~15,000 と推定された (Fig. 12)。酵素反応 120 分では, 各金属の高分子側のピークはいずれも減少したが, Zn, Fe では低分子側のピークの増加が見られたのに対し, Cd, Cu では低分子側のピークの増加や新たなピークの生成は認められなかった。

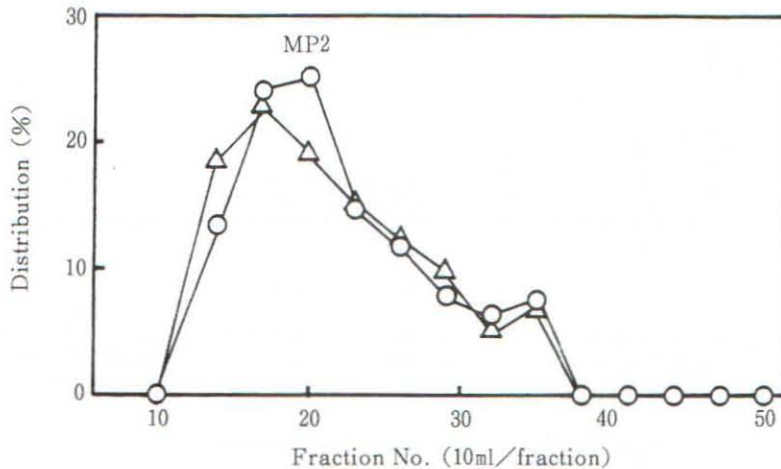


Fig. 9. Changes of Cd distributions in the fractions separated by Sephadex G-50 column of extract with proteolysis of scallop digestive glands. ○, Reaction time 0 min ; △, Reaction time 120 min.

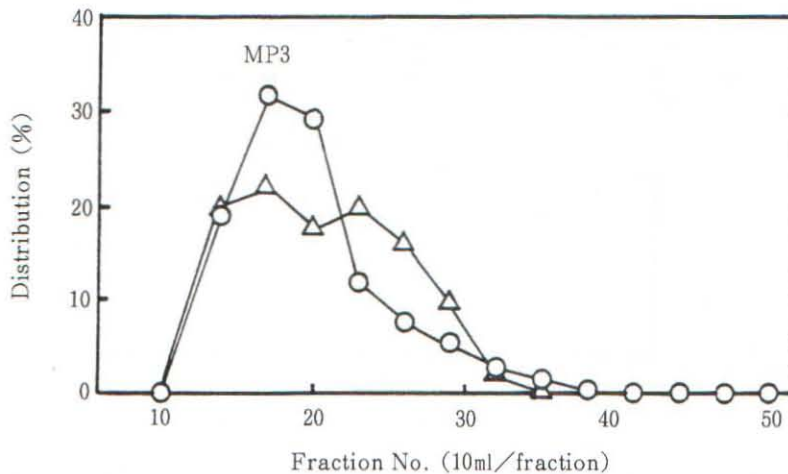


Fig. 10. Changes of Cu distributions in the fractions separated by Sephadex G-50 column of extract with proteolysis of scallop digestive glands. ○, Reaction time 0 min ; △, Reaction time 120 min.

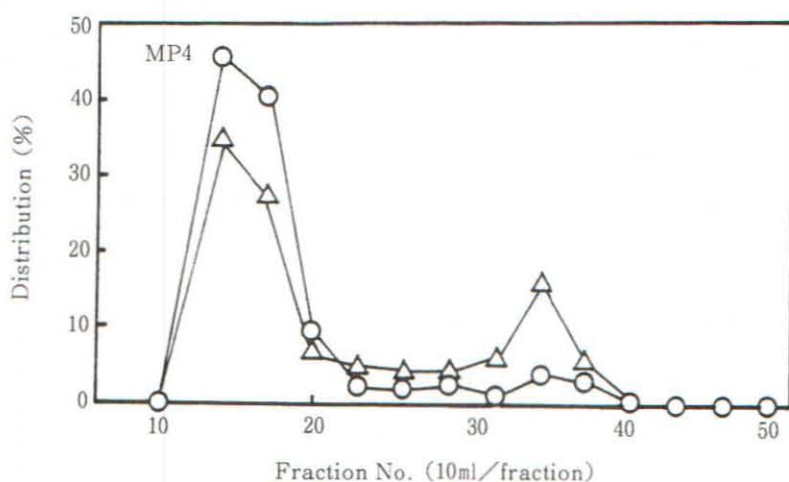


Fig.11. Changes of Fe distributions in the fractions separated by Sephadex G-50 column of extract with proteolysis of scallop digestive glands. ○, Reaction time 0 min ; △, Reaction time 120min.

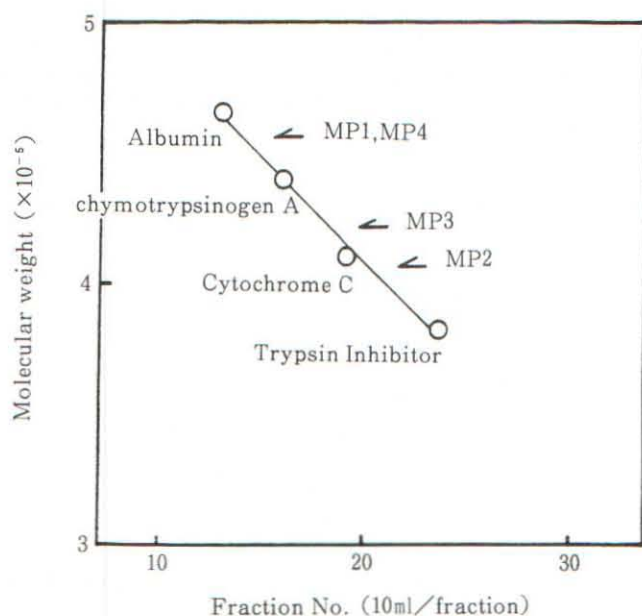


Fig.12. Molecular weight estimation of PM 1 ~ 4 by Sephadex G-50 gel filtration. Molecular weight markers were as follows : Albumin (45,000), Chymotrypsinogen A (25,000), Cytochrome C (12,500), Trypsin Inhibitor (6,500).

考 察

哺乳動物でCd分布の多い腎臓や肝臓などにはCdをはじめZn, Cuなどの金属と結合するメタロチオネインの存在が知られており⁸⁾, 魚介類についてもいくつかの金属結合性タンパク

質の存在が報告されている⁹⁻¹¹⁾。

本試験において、ホタテガイ中腸腺からのエキスの抽出過程での加熱によりCdの除去率が上昇すること、限外ろ過膜によるエキスの成分の分離過程でCdが効果的に除去されることなどから、ホタテガイ中腸腺のエキスの含まれるCdの大部分はタンパク質に結合した形で存在していると考えられる。また、限外ろ過によって分離される全アミノ酸に対する重金属量は中腸腺の酵素分解によって、Zn、Feでは増加したのに対して、Cd、Cuでは減少する傾向が見られること、抽出液のゲルろ過におけるCdの分布には、中腸腺の酵素分解による低分子化がZnやFeほど顕著に見られないことから、ホタテガイ中腸腺中で各金属が結合してタンパク質は、酵素に対する耐性あるいは分解過程が異なり、特にCdの結合タンパク質は酵素分解により低分子化されにくいと推定される。

以上のことから、ホタテガイ中腸腺を原料としたエキスの製造において、加熱抽出および限外ろ過は、中腸腺に含まれる重金属のエキスの移行を、また、酵素分解はエキスの成分に対するCdの相対濃度をそれぞれ低下させる方法として有効と思われる。

しかし、肥料および飼料の有害成分の含有量はそれぞれ「肥料取締法」、「飼料の有害物質の指導基準」によって定められており、ホタテガイ中腸腺を原料とした場合、Cdの含有量は肥料では窒素含有率1.0%につき0.8ppm以下、飼料では2.5ppm以下とされている。ホタテガイ中腸腺のCd量は年齢や成長段階により大きな差が見られるが⁶⁻⁷⁾、本試験において得られた限外ろ過液では、Cd量が最も低いものでも含有アミノ酸1mgにつき約40ngであり、限外ろ過液中の窒素が全てアミノ酸に由来し、アミノ酸の窒素含量を16%と仮定すると肥料の基準値の約3倍となっている。また、Cd濃度は0.8~1.6ppmであり飼料としての基準値以下ではあるが、全アミノ酸は約2.4%と低く、実際に飼料とする際の濃縮過程でCd濃度は基準値を超えると考えられる。従って、Cdの除去およびエキスの成分に対する相対濃度の低減に関する各処理の最適条件を、原料中のCd濃度との関係も含め今後さらに検討する必要がある。

なお、食品については米や清涼飲料水などを除き、Cdの許容基準は規定されていないが、ホタテガイ中腸腺からのエキスを天然調味料などの素材として利用する場合、限外ろ過液に移行するCdの存在形態や安全性を確認する必要があると思われる。

要 約

ホタテガイ中腸腺からのエキスを飼肥料や天然調味料などの原料として利用する場合を想定し、エキスの製造過程における重金属の挙動について検討した。

1. エキスの抽出過程でのZn、Cd、CuおよびFeの除去率は、加熱抽出で65.6~89.7%と室温抽出に比べ高い値を示し、特にCdでは加熱処理による除去率の増加が約34%と最も大きかった。
2. 加熱抽出液のZn、Cd、CuおよびFe濃度は限外ろ過により、それぞれ約1/12、1/8、1/4および1/17に低下した。
3. 限外ろ過液の全アミノ酸1mgに対するZn、Cd、CuおよびFe量は、Zn、Feでは酵素分解にともなって増加する傾向を示したが、Cd、Cuでは減少する傾向がみられた。
4. 抽出液中の各金属は主に、Zn、Feは分子量約40,000~45,000、Cd、Cuでは分子量約

10,000~15,000のタンパク質に結合していると推定された。

5. 抽出液のゲルろ過におけるCdの分布には、中腸腺の酵素分解による低分子化がZnやFeほど顕著に見られないことから、ホタテガイ中腸腺中でCdが結合しているタンパク質は、ZnやFeが結合しているタンパク質に比べ、酵素により低分子化されにくいと推定された。

文 献

- 1) 辻 浩司, 西田 孟: 根室海域産ホタテガイの原料性状について, 北水試研報. 31, 27-54 (1988).
- 2) 坂本正勝, 宇野 勉: 噴火湾産養殖ホタテガイの成長と成分, 軟体部歩留りの変化について, 北水試月報. 34(11), 1-11 (1977).
- 3) 中村全良, 西田 孟, 西 紘平: 噴火湾産養殖むき身ホタテガイのウロ(中腸腺)の崩壊原因について, 北水試月報. 33(11), 1-11 (1976).
- 4) Hayashi, K.: Seasonal Changes in Eicosapentaenoic Acid Content of Hepatopancreas of Scallop *Patinopecten yessoensis*. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.* 52(9), 1559-1563 (1986).
- 5) Evtushenko, Z. S., Lukyanova, O. N. and Belcheva, N. N.: Cadmium bioaccumulation in organs of the scallop *Mizuhopecten yessoensis*. *Mar. Biol.* 104, 247-250 (1990).
- 6) 上村俊一: 主要貝類の成長度と重金属濃度との関係, 日水誌. 46(1), 79-82 (1980).
- 7) 上村俊一: ホタテガイ1年貝の成長にともなう亜鉛およびカドミウム濃度の変化について, 日水誌. 48(6), 861-863 (1982).
- 8) 森田昌敏: “5. 重金属の生理作用”. 生体と重金属. 不破敬一郎編. 東京, 講談社, 1981, 177-197.
- 9) 山本義和, 石井知幾, 池田静徳: 魚類の銅代謝に関する研究-Ⅲ: コイ肝臓におけるメタロチオネイン様タンパク質の存在, 日水誌. 44(2), 149-153 (1978).
- 10) Castillo, L. V. and Maita, Y.: Isolation and Partial Characterization of Cadmium Binding Proteins from the Oceanic Squid, *Ommastrephes bartrami*. *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.* 42(1), 26-34 (1991).
- 11) Ishiguro, T., Kitajima, K., Chiba, M., Fujisawa, R., Ichikawa, F., Kondo, K. and Takehana, H.: Studies on Cd-Binding Proteins in Short-necked Clam. *Bull. Japann. Soc. Sci. Fish.* 48(6), 793-798 (1982).

EPCSによる動物プランクトンの計数とサイズ分け (短報)

平野 和夫*

Counting and sizing of zooplankton with EPCS

Kazuo HIRANO

北海道立中央水産試験場所属の調査船おやしお丸 (178 t) に搭載されているEPCS (Electronic Particle Counting and Sizing System) は、航走中に表面水の水温、塩分、溶存酸素、クロロフィル蛍光、動物プランクトン粒子量の自動連続測定を行う装置である。この装置のうち、動物プランクトン粒子量を測定する部分にはパーティクルセンサー (本地郷 P-05) が用いられている。このセンサーが測定できる粒子の範囲は0.51~7.21 μ mである。中央水産試験場海洋部では、2ヶ月ごとに行う北海道西岸日本海の定期海洋観測航海の際に、このシステムを用いデータ収集を行っている。これまでに得られた結果から、このセンサーは *Paracalanus parvus* や *Oikopleura dioica* などの比較的小さな動物プランクトンに対して感度が低い事が指摘されている¹⁾。

本報告では、EPCSで記録された粒子のサイズ組成と、EPCSを通過した海水をプランクトンネットでろ過して採集した動物プランクトンのサイズ組成を比較し、センサーが効率良く検知できるプランクトンのサイズ範囲について検討した。

1992年10月の定期海洋観測航海の際に、津軽海峡西方において4回プランクトン採集を行った。EPCSを通過した海水約5 ℓ をプランクトンネット (網目幅0.33mm) に受けて動物プランクトンを採集し、5%中性ホルマリンで固定した。採集された動物プランクトンすべてについて、顕微鏡に取り付けた接眼マイクロメーターを用いて、体各部位の計測を行った。枝角類は頭胸甲の長さ、高さ、幅、かいあし類コペポダイトは前体部、後体部の長さ、幅または高さ、かいあし類ノープリウスは頭胸甲の長さ、高さ、オキアミ類の卵は直径、翼足類は殻の長径と短径、尾虫類は頭部の長さ、幅または高さ、尾部の長さ、幅、サルパ類は体長と体幅を計測した。

枝角類、かいあし類ノープリウス、翼足類、サルパ類は楕円体、かいあし類コペポダイトは楕円体と円柱の結合体、オキアミ類の卵は球体、尾虫類は楕円体と細長い楕円状の板の結合体と仮定し、体積を計算した。計算に際し、かいあし類コペポダイトの前体部、後体部、尾虫類の頭部、サルパ類については、それぞれの幅と高さが等しいと仮定し、翼足類の殻高は長径の0.85倍と仮定した。尾虫類の尾部の厚さは1個体について計測し、その尾部長/尾部厚比を他の個体にあてはめた。尾虫類の頭部のみが試料中に見いだされた場合、他の個体

報文番号 A200 (1993年3月15日受理)

* 北海道立中央水産試験場 (Hokkaido Central Fisheries Experimental Station, Yoichi, Hokkaido 046, Japan)

Table 1. EPCS data recorded at zooplankton sampling sites, October 7, 1992 during the cruise of R/V Oyashio Maru in the northern Japan Sea.

Time	Location	Flow	Total plankton volume	No. plankton at each size range									
			(l) (mm ³ /l)	0.51~0.79	~1.51	~2.22	~2.93	~3.65	~4.36	~5.07	~5.79	~6.50	~7.21(mm)
0434	41-29N	19.5	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-0435	137-33E												
0504	41-30N	19.0	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-0505	137-41E												
1850	41-06N	19.1	0.28	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0
-1851	140-00E												
1944	41-00N	20.8	1.10	3	2	0	0	0	4	0	0	0	0
-1945	140-00E												

の頭部体積/尾部体積比をあてはめた。

Table 1 はプランクトン試料採集地点におけるEPCSの記録である。センサーには10のチャンネルがあり、サイズ範囲ごとに粒子を計数する。最初の2回の採集地点ではプランクトン体積の積算値は0mm³であり、センサーは粒子を検知していない。3回目には3個、4回目には9個の粒子を検知した。

Table 2 に採集したプランクトンの個体数と体積を示した。センサーを通過した水の約1/4をろ過したので、Table 2 に示した個体数の約4倍のプランクトンがセンサーを通過したと考えられる。いずれの試料中にもセンサーが検知したよりも多くのプランクトンが含まれていた。プランクトンのサイズは最大でも0.135mm³であり、センサーの検知し得るプランクトンの大きさ(0.51~7.21mm³)よりもはるかに小さかった。センサーはネットで採集されたプランクトンをほとんど検知しなかった。

試料中のプランクトンは日本海表層のプランクトン群集中では普通に見られる種類である²⁾。これらはmesoplankton³⁾の範囲に入るが、EPCSの測定対象としては小さすぎるといえる。

3, 4 回目の採集地点では、センサーが大型の粒子を検知しているにもかかわらず、ろ過した試料中にmacroplankton³⁾は見られなかった。この原因は、ろ過水量が少なすぎたためと思われる。あるいはセンサーが検知したのはプランクトン以外の大型粒状物である可能性もある。しかしながら、これまでの定期海洋観測航海のEPCSデータでは、日中よりも夜間にプランクトンが検知される事が多い事から、センサーが検知しているのは、日周鉛直移動を行うmacroplanktonである可能性が示唆される。たとえば、日本海において量的に卓越し、顕著な日周鉛直移動を行うmacroplanktonである*Metridia pacifica* (= *M. lucens*) 雌成体の湿重量は0.87mg程度であり⁴⁾、プランクトンの比重を1とすれば、センサーの検知可能なサイズ範囲のうち小型の部類に属する。

今回の結果から、10月の調査海域では、EPCSのパーティクルセンサーでは検知できないmesoplanktonがネット試料中で大部分を占めることがわかった。しかしながら、センサーが検知した少数の大型粒子が何であるかを明らかにすることができず、センサーの検出し得るプランクトンの下限サイズを特定するまでには至らなかった。今後、プランクトンの採集方法を改良して、引き続き検討を加える必要があると考える。

Table 2. Number and mean volume (mm^3) of zooplankton collected at 4 sampling sites. Zooplankton volume is calculated from some length measurements of each zooplankter, assuming a shape of zooplankton is a simple geometric configuration.

Time	0434-0435		0504-0505		1850-1851		1944-1945	
	N	volume	N	volume	N	volume	N	volume
<i>Evadne spinifera</i>					1	0.0377		
<i>Mesocalanus tenuicornis</i> CIV	1	0.0472	1	0.0269				
CIII					1	0.0209		
CII	1	0.0098	1	0.0112				
<i>Paracalanus parvus</i> ♀	4	0.0114	3	0.0095				
♂	2	0.0127	1	0.0127				
CV	4	0.0141	3	0.0113				
CIV			1	0.0055				
CIII			1	0.0038				
<i>Acrocalanus gracilis</i> ♀					1	0.0786		
<i>Calocalanus pavo</i> ♀					1	0.0385		
<i>Pseudocalanus newmani</i> ♀	2	0.0256						
CV	1	0.0174						
CIV	1	0.0088						
<i>Clausocalanus</i> spp. ♀			1	0.0173	1	0.0658		
♂					2	0.0164		
CV					1	0.0356		
<i>Centropages bradyi</i> ♂							1	0.1354
Calanoid CII	1	0.0016						
CI	1	0.0010	2	0.0009				
<i>Oithona plumifera</i> CV							1	0.0125
<i>Oithona similis</i> ♀	1	0.0030	4	0.0028	1	0.0060		
♂			2	0.0039				
CV	1	0.0008						
CIV					2	0.0012		
<i>Oncaea media</i> ♀					2	0.0056		
Copepod nauplius	2	0.0012					1	0.0006
Euphausiid egg	1	0.0544						
<i>Limacina</i> sp.	4	0.0139			2	0.0148		
<i>Oikopleura longicauda</i>					2	0.0652	2	0.0348
<i>Doliolum</i> sp.					1	0.0054		
Total number & mean volume	28	0.0140	20	0.0080	18	0.0275	5	0.0436

文 献

- 1) 堀井貴司, 小島守之: "II-1.2.3 EPCS観測". 平成3年度北海道立中央水産試験場事業報告書. 99-100 (1992)
- 2) Anraku, M.: Seasonal distribution of pelagic copepods at Oshoro Bay, west coast of Hokkaido. *Bull. Fac. Fish., Hokkaido Univ.* 3, 187-192 (1953)
- 3) Omori, M. and Ikeda, T.: *Methods in Marine Zooplankton Ecology*. New York, John Wiley & Sons, 1984, 332 p.
- 4) Morioka, Y.: Vertical invasion of boreal calanoid copepods into the shallow warm stratum. *Bull. Japan Sea reg. Fish. Res. Lab.* 27, 91-101 (1976)

オホーツク海南西海域における10年間(1983～1992年)の海況の平均像

山口幹人

オホーツク海南西海域における海況の平均像と経年変動の大きな海域を明らかにするために、1983～1992年に稚内、網走両水試が行った定期海洋観測の結果から、水温と塩分の平均値および標準偏差を計算した。

当該海域においては、4月から12月まで主として宗谷暖流勢力の強弱によって海況が決定される。また月別にみると、4月の流氷の溶解水および陸水に起因する低塩分水の分布状況、6月のオホーツク海表層低塩分水の昇温状況、6～8月の冷水帯の分布状況、10月の知床沖における宗谷暖流に起因する変質水の北上反転状況と鉛直混合、10～12月の東カラフト海流の分布状況などが海況決定の要因として挙げられる。

A197 北水試研報 40 1-19 1993

キタムラサキウニのホソメコンブに対する摂餌と同化

吾妻行雄, 中多章文, 松山恵二

キタムラサキウニのホソメコンブに対する摂餌と同化の季節的变化を室内飼育実験によりほぼ年齢別(5飼育群)に調べた。摂餌量は9～10月を除く各月で大型群ほど多かった。摂餌量は2月と7～9月に減少し、4月以降増加し、6月に最大となった。また、1齢群の摂餌量は周年1g前後であり、摂餌率は高かった。

同化量はほぼ各月で大型群ほど多く、3～6月に増加し、7～10月と1～2月に減少した。成長率は小型群ほど高かった。特に、1～2齢群の成長率は10～1月と3～6月に高く、8月と2月に低下した。

A198 北水試研報 40 21-29 1993

ホタテガイ中腸腺からのエキスを製造過程における重金属の挙動について

野俣 洋, 蛭谷幸司, 大堀忠志

ホタテガイ中腸腺からのエキスを飼肥料や天然調味料などの原料として利用する場合を想定し、エキス成分の抽出、分離過程における重金属の挙動について検討した。

ホタテガイ中腸腺からのエキス抽出過程でのZn, Cd, CuおよびFeの除去率は、加熱抽出で65.6～89.7%と室温抽出に比べ高い値を示した。また、抽出液のZn, Cd, CuおよびFe濃度は限外ろ過により、それぞれ約1/12, 1/8, 1/4および1/17に低下した。

抽出液のCd, Cuが結合したタンパク質の分子量分布には、酵素分解により、Fe, Znが結合したタンパク質ほど顕著な低分子化は見られず、限外ろ過液の全アミノ酸1mgに対するCd, Cu量は酵素分解により減少する傾向がみられた。

A199 北水試研報 40 31-42 1993

EPCSによる動物プランクトンの計数とサイズ分け(短報)

平野和夫

1992年10月に津軽海峡西方の日本海において、EPCS(粒子自動計量装置)に記録された粒子のサイズ組成と、EPCSを通過した海水中の動物プランクトンのサイズ組成を比較した。後者の体積は体各部位の計測によって推定したものである。その結果、調査海域では、EPCSのパーティクルセンサーでは検知できないmesoplanktonがネット試料中で大部分を占めることがわかった。しかしながら、センサーが検知した少数の大型粒子が何であるかを明らかにするには至らなかった。

A200 北水試研報 40 43-45 1993

北海道立水産試験場研究報告 第40号

1993年3月31日 発行

編集兼 北海道立中央水産試験場

発行者 〒046 北海道余市郡余市町浜中町238

電話 0135(23)7451 内

FAX 0135(23)3141

Hamanaka-cho 238, Yoichi-cho, Hokkaido 046, Japan

印刷所 日東印刷株式会社

小樽市相生町7番4号

電話 (0134)23-1559番
