

# 北海道立水産試験場研究報告

第 57 号

## SCIENTIFIC REPORTS OF HOKKAIDO FISHERIES EXPERIMENTAL STATION No.57

北 海 道 立 中 央 水 産 試 験 場

北 海 道 余 市 町

2 0 0 0 年 3 月

Hokkaido Central Fisheries  
Experimental Station

Yoichi, Hokkaido, Japan

March, 2000

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)	046-8555 余市郡余市町浜中町238 (Yoichi,Hokkaido 046-8555, Japan)
北海道立函館水産試験場 (Hokkaido Hakodate Fisheries Experimental Station)	042-0932 函館市湯川町1-2-66 (Yunokawa,Hakodate, Hokkaido 042-0932 ,Japan)
北海道立函館水産試験場室蘭支場 (Muroran Branch,Hokkaido Hakodate Fisheries Experimental Station)	051-0013 室蘭市舟見町1-133-31 (Funami-cho,Muroran, Hokkaido 051-0013,Japan)
北海道立釧路水産試験場 (Hokkaido Kushiro Fisheries Experimental Station)	085-0024 釧路市浜町2-6 (Hama-cho,Kushiro, Hokkaido 085-0024,Japan)
北海道立網走水産試験場 (Hokkaido Abashiri Fisheries Experimental Station)	099-3119 網走市鱒浦31 (Masuura,Abashiri, Hokkaido 099-3119,Japan)
北海道立網走水産試験場紋別支場 (Monbetsu Branch,Hokkaido Abashiri Fisheries Experimental Station)	094-0011 紋別市港町7 (Minato-machi,Monbetsu, Hokkaido 094-0011,Japan)
北海道立稚内水産試験場 (Hokkaido Wakkanai Fisheries Experimental Station)	097-0024 稚内市末広4-5-15 (Suehiro,Wakkanai, Hokkaido 094-0024,Japan)
北海道立栽培漁業総合センター (Hokkaido Institute of Mariculture)	041-1404 茅部郡鹿部町字本別539-112 (Shikabe,Hokkaido 041 - 1404,Japan)

# 北海道立水産試験場研究報告

第 57 号

## 目 次

水野政巳，小林敬典，松石 隆，前田圭司，斉藤憲治

北海道・サハリン周辺海域のスケトウダラ*Theragra chalcogramma*の集団構造（英文） ..... 1 - 8

麻生真悟，北川雅彦，齊藤節雄，森 立成

ヒラメ稚魚飼料におけるホタテガイ副産物ミールの利用 ..... 9 - 13

宮崎亜希子，辻 浩司，大堀忠志，西 紘平

未利用褐藻類の原料性状について ..... 15 - 22

櫻井 泉，瀬戸雅文，西川 潤，中尾 繁

異体類の餌料培養礁造成に関する予備的研究 - 餌料生物

（カナブツイソメ*Onuphis holobranchiata*）の行動に及ぼす底質粒径および流動の影響 ..... 23 - 29

山口幹人，高谷義幸

シラウオの遊泳速度（短報） ..... 31 - 32

# SCIENTIFIC REPORTS OF HOKKAIDO FISHERIES EXPERIMENTAL STATION

No.57

## CONTENTS

Masami MIZUNO, Takanori KOBAYASHI, Takashi MATSUSHI, Keiji MAEDA and Kenji SAITOH

Stock structure of walleye pollock, *Theragra chalcogramma*, around Hokkaido and Sakhalin

in the term of mitochondrial DNA RFLP ..... 1 - 8

Shingo ASO, Masahiko KITAGAWA, Setsuo SAITO and Tatsunari MORI

Utilization of Scallop Visceral Meal in the Diets for Fingerling Japanese Flounder, *Paralichthys olivaceus* ..... 9 - 13

Akiko MIYAZAKI, Koji TSUJI, Tadashi OHORI and Kouhei NISHI

Material characteristics of the unutilized brown seaweed, *Costaria costata*, *Alaria praelonga* and *Cystoseira hakodatensis*. ..... 15 - 22

Izumi SAKURAI, Masabumi SETO, Jun NISHIKAWA and Shigeru NAKAO

Preliminary Study on Artificial Reef of the Pleuronectid Fishes, Effects of Substrata and Water Flow on Behaviors of the Prey

(Eunicid Worm *Onuphis holobranchiata*) ..... 23 - 29

Motohito YAMAGUCHI and Yoshiyuki TAKAYA

Swimming speeds of Shirauo (*Salangichthys microdon*) ..... 31 - 32

# Stock structure of walleye pollock, *Theragra chalcogramma*, around Hokkaido and Sakhalin in the term of mitochondrial DNA RFLP<sup>\*1</sup>

Masami MIZUNO<sup>\*2</sup>, Takanori KOBAYASHI<sup>\*3</sup>, Takashi MATSUISHI<sup>\*4</sup>, Keiji MAEDA<sup>\*5</sup> and Kenji SAITOH<sup>\*6</sup>

For the understanding about stock structure of walleye pollock, *Theragra chalcogramma*, around Hokkaido and Sakhalin, variation in mitochondrial DNA (mtDNA) was examined via restriction endonuclease digestions in 196 walleye pollock from 7 areas.

Ten enzymes produced variant restriction patterns both within and among populations, and significant differences in their haplotype frequencies were detected between walleye pollock from off the east coast of Sakhalin and the others, therefore its genetic independence was estimated. But all of their genetic divergences in terms of nucleotide substitution were fairly small.

From these evidences, we could draw tentative conclusions about stock structure of walleye pollock around Hokkaido and Sakhalin, that a genetically distinct population existed in the Okhotsk Sea, and that among stocks of around Hokkaido and Sakhalin either genetic differentiation was not so progressed or genetic exchange occurred.

Keywords: Walleye pollock mtDNA RFLP Genetic independence

---

Accepted: February 3, 2000. Contribution A313 from Hokkaido Fisheries Experimental Station.

( 報文番号 A 313 , 2000年2月3日受理 )

\* 1 北海道・サハリン周辺海域のスケトウダラ *Theragra chalcogramma* の集団構造

\* 2 Hokkaido Tokachi-sichou Kankyouseikatsu-ka (Environment and life section of Hokkaido Tokachi Subprefectural office), Higashi 3 jyou Minami 3 choume, Obihiro, Hokkaido 080-8588, Japan.  
( 水野政巳, 十勝支庁地域政策部環境生活課, 前: 北海道立稚内水産試験場 )

\* 3 National Research Institute of Aquaculture (Japanese Fisheries Agency), Nansei, Mie 516-0913, Japan  
( 小林敬典, 水産庁養殖研究所 )

\* 4 Faculty of Fisheries, Hokkaido University, Minato-cho, Hakodate, Hokkaido 041-8611, Japan  
( 松石 隆, 北海道大学水産学部 )

\* 5 Muroran Branch, Hokkaido Hakodate Fisheries Experimental Station, Funami-cho, Muroran, Hokkaido 051-0013, Japan  
( 前田圭司, 北海道立函館水産試験場室蘭支場 )

\* 6 Hachinohe Branch, Tohoku National Fisheries Research Institute, Same-cho, Hachinohe, Aomori 031-0841, Japan  
( 斉藤憲治, 水産庁東北水産研究所八戸支所 )

## Introduction

Walleye pollock, *Theragra chalcogramma*, is one of important fishery resources and therefore various studies have been made for its stock structure. About the stocks of walleye pollock around Hokkaido and Sakhalin (South) the 3 following stocks have been recently recognized (Sakurai et al., waiting for publication):

1. Northern Japan Sea Stock inhabiting from the Northern Littoral Province to the West of Hokkaido and Sakhalin and off Niigata Pref.
2. Off Kitami Stock inhabiting from the East of Southern Sakhalin to the East of Hokkaido and Nemuro Strait, and
3. Pacific Stock inhabiting from the South of the Southern Kuril Islands to the South of Hokkaido and the East of the Tohoku District.

It is also pointed out that among them there are several local stocks, characterized by body length, age structure, number of vertebrae, length ratios of various parts of the body, spawning season etc. and several different stocks are mixed together<sup>1, 2, 3, 4)</sup>. On the other hand, such a phenomenon was pointed out that in the neighboring sea areas such as Japan Sea side and Pacific Ocean side at the Southern Hokkaido the amount of pollock resources increased, when that of the other side increased and the characteristics of the caught fish were similar, too<sup>5)</sup>. There were also facts that tagged fish were caught in another sea area<sup>6)</sup>. Thus there is another theory that the mobility of stocks is relatively large. Like these, there are points left obscure in the stock structure of walleye pollock around Hokkaido and Sakhalin.

As a result of isozyme analysis of walleye pollock around Hokkaido, no clear differentiation of stocks was observed. However, as a result of a study about genetic exchange between the stocks through analysis of mitochondria DNA (mtDNA) of walleye pollock around Bering Sea, a distribution of different stocks reflecting the aspect of ocean current was suggested<sup>7)</sup>. Now we report the mtDNA analysis to study genetic exchange of walleye pollock around Hokkaido and Sakhalin.

## Materials and Methods

Prespawning groups of walleye pollock, *Theragra chalcogramma*, caught in various areas (Fig. 1) around Hokkaido and Sakhalin were analyzed as samples. Preservation of samples and purification of the total DNA were performed by a modification of the method of Asahida et al.<sup>8)</sup> Until DNA purification they were stored at 3 °C or room temperature in shading a light.

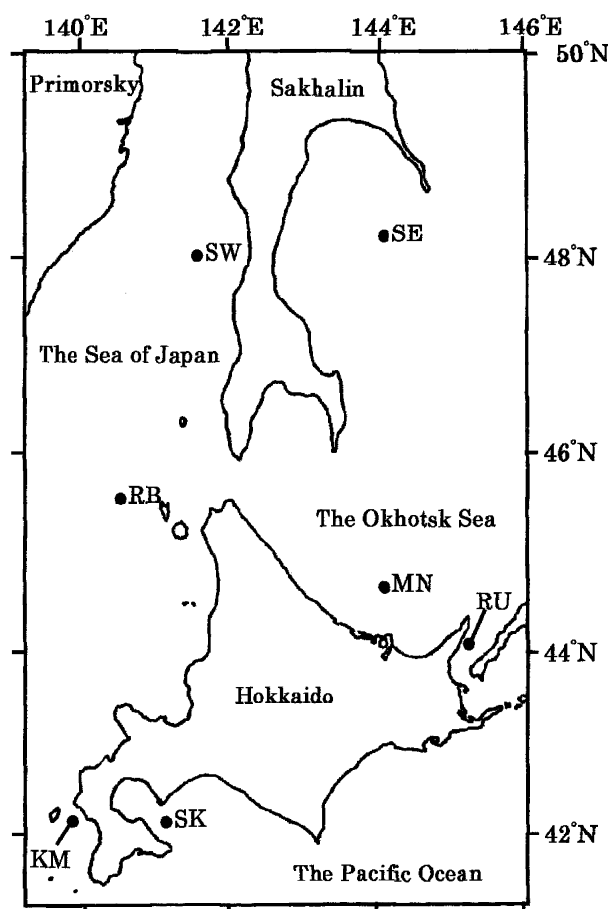


Fig. 1 A map showing sampling areas of walleye pollock, *Theragra chalcogramma*, around Hokkaido and Sakhalin

Abbreviations of sample names and their sampling dates are as follows;

SW: Off the west coast of Sakhalin Apr.26.1994

RB: Off the Rebun Island Feb.26.1995

KH: Off Kumaisi Jan.25.1994

SE: Off the east coast of Sakhalin May.31-Jun.a.1995

MN: Off Monbetu Jun.3-4.1995

RU: Off Rausu Mar.6.1996



Table 1 Molecular weight(kbp)estimation for restriction fragment of walleye pollock mtDNA produced by the eleven endonucleases listed below.

<i>Bgl</i> II					<i>Pst</i> I				
A	B				A	B			
16.62					6.85	6.85			
	14.34				3.85	3.85			
	2.42				3.3				
16.62	16.76					3.07			
					1.6	1.6			
					1.3	1.3			
					0.4	0.4			
					0.2	0.2			
					16.9	17.0			
<i>Xba</i> I					<i>Pvu</i> II				
A	B	C	D	E	A	B	C		
7.73	7.73	9.88		7.71	8.34		8.34		
			5.28			7.00			
4.60	4.6	4.60	4.60	4.60			6.00		
			2.5		4.05	4.05			
			2.4		1.95	1.95			
2.19		2.19	2.19	2.19	1.5	1.5	1.5		
2.15	2.15		2.15			1.4			
	0.7				1.0	1.0	1.0		
0.3	0.3	0.3	0.3		16.8	16.9	16.8		
16.9	16.9	16.9	16.9	16.9					
<i>EcoR</i> I					<i>EcoR</i> V				
A	B				A	B			
8.38						15.2			
8.38					8.07				
	4.25				7.10				
	4.16				1.70	1.70			
16.8	16.8				16.9	16.9			
<i>Hind</i> III					<i>Dra</i> I				
A	B				A	B	C		
5.65	5.65				7.35	7.35	7.35		
5.55	5.55					6.88			
	4.80				3.72				
2.92					3.16		3.16		
1.88					2.70	2.70	2.70		
1.05	1.05					2.67			
16.9	16.9					1.36			
					16.9	16.9	16.9		
<i>Apa</i> I					<i>Bgl</i> I				
A	B	C	D		A	B	C	D	E
9.19	9.19	9.20	6.65			10.5			
4.21	7.70		4.20				9.6		
		3.92			7.2		7.2		
3.48		3.48	3.48		6.3	6.3		6.3	6.3
		2.42					5.9		
		0.3			9.9		9.9		
16.9	16.9	16.9	16.8				1.3		1.9
					16.8	16.8	16.8	16.8	16.8
<i>Sac</i> II									
A									
16.1									
1.7									
16.8									

## Results

### Restriction enzyme map in mtDNA

Length of mtDNA fragments formed by 11 kinds of restriction enzymes obtained by the present study was analyzed and a recognition site map of each restriction enzyme in walleye pollock mtDNA was constructed. There existed nearly 50 recognition sites of restriction enzyme in mtDNA of total 196 individuals caught at 3 areas in the Japan Sea, 3 areas in the Okhotsk Sea, and 1 area in the Pacific Ocean (Fig.2). All of used restriction enzymes were 6-base recognizing enzymes, so the analysis in this study corresponded to about 300 base pairs (bp) which is about 2% of the total mtDNA length ca. 17,000. It had been known that polymorphism occurred frequently in D loop area<sup>13)</sup>, but polymorphism

Table 2 Mitochondrial DNA haplotypes observed in walleye pollock around Hokkaido and Sakhalin. Abbreviations are the same as ones in Figure 1.

Haplotype	KM	RB	SW	SE	MN	RU	SK
AAAAAAAAAAAA	12	14	10	6	15	13	15
AAAAAAAAAABA	0	2	0	1	0	4	1
AAAAAAAAAACCA	0	0	0	1	0	0	0
AAAAAAAAAADAA	0	0	0	1	0	1	0
AAAAAAAAAAEA	0	0	0	1	0	0	0
AAAAAAAAABAA	1	0	0	0	0	0	1
AAAAAAAAABBA	0	0	0	0	0	0	1
AAAAAAAAABCA	0	0	0	0	0	0	1
AAAAAAAAACAA	1	0	0	0	0	0	0
AAAAAAAAABAA	0	0	0	0	0	0	1
AAAAAAAAABACA	0	0	0	0	0	0	1
AAAAAAAAABAAA	0	0	0	2	0	0	0
AAAAABAAAAAA	1	0	1	0	0	1	0
AAABAAAAAAAA	1	1	0	0	0	0	0
AACAAAAACAA	0	0	0	1	0	0	0
AACAAAAAATA	1	0	0	0	0	0	0
ABAAAAAATAAA	1	1	0	0	0	0	0
ABAAAAAABAA	0	0	1	0	0	0	0
ABAAAAAABAA	0	0	1	0	0	0	0
BAAAAAATAAA	4	3	3	7	4	5	2
BAAAAAATAAA	0	0	1	0	2	3	1
BAAAAAATAAA	0	3	0	0	0	0	0
BAAAAAATAAA	0	0	0	0	0	0	1
BAAAAAATAAA	1	0	0	1	0	0	0
BAAAAAATAAA	0	0	0	0	2	0	0
BAAAAAATAAA	0	0	0	0	1	1	0
BAAAAAATAAA	0	1	0	0	0	0	0
BAAAAAATAAA	0	0	0	0	1	0	0
BAAAAAATAAA	0	0	0	1	0	0	0
BAAAAAATAAA	1	4	2	6	5	1	3
BAAAAAATAAA	0	0	1	0	0	0	0
BAAAAAATAAA	0	0	0	0	1	0	0
BAAAAAATAAA	0	0	0	1	0	0	0
BAAAAAATAAA	0	0	0	0	0	0	0
BAAAAAATAAA	0	1	0	0	0	0	0
BAAAAAATAAA	0	0	0	0	1	0	0
BAAAAAATAAA	0	0	0	0	0	0	1
BAAAAAATAAA	0	0	0	0	0	1	0
BBDAAAAATAAA	0	0	0	0	0	0	1
Total	24	30	20	30	32	30	30

Numerals indicate the number of individuals composing each haplotype.  
The letters indicating haplotypes refer to the polymorphic profiles for each enzyme:  
1st: *Bgl* II, 2nd: *Pst* I, 3rd: *Xba* I, 4th: *Pvu* II, 5th: *EcoR* I, 6th: *EcoR* V, 7th: *Hind* III,  
8th: *Dra* I, 9th: *Apa* I, 10th: *Bgl* I, 11th: *Sac* II

by each restriction enzyme were observed at whole mtDNA among and between samples in this study. However, by *Sac* no polymorphism was observed (Table 1).

### Uniformity of samples

About the uniformity of haplotype frequencies of each sample (Table 2)  $\chi^2$  test by Montecarlo simulation, designed by Roff and Bentzen<sup>14)</sup>, was performed. For the total of 7 samples,  $\chi^2$  assumed to be uniform was 249 and its probability was 4.6% and therefore it was judged that there were significant non-uniform(s) at the risk rate of 5% in the samples of present study (Table 3). As a result of similar 1 versus 1 test between each other sample, the lowest probability in all the 21 combinations was 1.4%. Because the significance level of 5% / 21 = 0.23%, as 21 comparisons should be done, for individual combination for the judgement at 5% was settled (Benferroni method)<sup>15)</sup>, no significant non-uniformity was observed (Table 4). However, the probability to be uniform tended to be small in



Table 3 Result of chi-square test for homogeneity among samples of walleye pollock  
Probability is estimated from simulated chi-square calculated by the Monte Carlo approach (Roff and Bentzen 1989)  
Abbreviations are the same as ones in Figure 1.

Compared samples	Simulated chi-square	Probability
KM, RB, SW, SE, MN, RU, SK	249	0.046

Table 4 Results of chi-square tests for homogeneity between samples of walleye pollock  
Numerals indicate probability, estimated from simulated chi-square, calculated by the Monte Carlo approach (Roff and Bentzen 1989)  
Abbreviations are the same as ones in Figure 1.

KM	RB	SW	SE	MN	RU	SK
KM	0.44	0.96	0.10	0.17	0.27	0.78
RB		0.34	0.042	0.14	0.13	0.12
SW			0.21	0.72	0.53	0.95
SE				0.032	0.014	0.022
MN					0.18	0.60
RU						0.28
SK						

Table 5 Results of chi-square tests for homogeneity among or between samples of walleye pollock  
Probabilities are estimated from simulated chi-square calculated by the Monte Carlo approach (Roff and Bentzen 1989)  
Abbreviations are the same ones as in Figure 1.

Compared samples	Probability
KM vs RB+SW+SE+MN+RU+SK	0.62
RB vs KM+SW+SE+MN+RU+SK	0.39
SW vs KM+RB+SE+MN+RU+SK	0.61
SE vs KM+RB+SW+MN+RU+SK	0.012
MN vs KM+RB+SW+SE+RU+SK	0.49
RU vs KM+RB+SW+SE+MN+SK	0.78
SK vs KM+RB+SW+SE+MN+RU	0.14
KM, RB, SW, MN, RU, SK	0.16
(KM, RB, SW, SE, MN, RU, SK)	0.046

Table 6 Percent nucleotide divergence between samples of walleye pollock estimated from nucleotide difference based on mtDNA restriction sites (Nei and Li 1979)

Abbreviations are the same as ones in Figure 1.

	KM	RB	SW	SE	MN	RU	SK
KM	0	0.0158	0.0101	0.0304	0.0307	0.0164	0.0113
RB		0	0.0095	0.0169	0.0160	0.0190	0.0096
SW			0	0.0186	0.0135	0.0123	0.0024
SE				0	0.0085	0.0244	0.0150
MN					0	0.0170	0.0126
RU						0	0.0077
SK							0

combinations of the East of Sakhalin and others. Moreover, in the test about the total except the East of Sakhalin, no significant non-uniformity was observed. Therefore, every sample other than the East of Sakhalin was combined and a similar test was done with the East of Sakhalin at 1 versus 1, then the probability to be uniform was 1.2% and a significance was observed at the significance level of 5% (Table 5). No significant non-uniformity was observed between another sample and the combined samples other than it. Therefore, the sample of the East of Sakhalin was judged as significantly heterogeneous from others.

Genetic distances based upon nucleotide substitution ratios

Based upon the ratio of common restriction sites among each haplotype and haplotype frequencies of each sample, the nucleotide substitution ratio<sup>16)</sup> was calculated between each sample and the genetic distance was estimated (Table 6). Above all, between East of Sakhalin (or off Monbetsu) and off Kumaishi the nucleotide substitution ratio was large. And the nucleotide substitution ratio were relatively large as 0.0126% to 0.0244% in the combinations of the East of Sakhalin (or off Monbetsu) and others. However, these were all smaller compared with the results from an investigation around Bering Sea (0.215% to 0.539%)<sup>7)</sup> at a similar scale as the sampling area of present study.

## Discussions

As a result of mtDNA analysis of this study, only the sample of the East of Sakhalin was judged as significantly heterogeneous from others through  $\chi^2$  test. Therefore the spawning group(s) of the East of Sakhalin is considered to be highly probable of being genetically independent from other spawning groups around Hokkaido and Sakhalin. It was reported that walleye pollock eggs had been concentrated in the northern area of the Okhotsk Sea at spring<sup>17)</sup>. So, it is presumed that there were large reproductive population(s) in the northern Okhotsk. To reveal the relations between them and the southeast group(s) genetic comparison would be necessary. However, nucleotide substitution ratios, obtained in present study, were generally low and even between the East of Sakhalin and others. This is speculated as, in the contrary to that the  $\chi^2$  test was based upon the incidence of haplotype<sup>14)</sup>, calculation of nucleotide substitution ratios based upon both it and the ratios of restriction enzyme recognition sites common among haplotypes<sup>16)</sup>. In the results around the Bering Sea<sup>7)</sup>, there were many polymorphisms among restriction sites, and the haplotypes were 65, nearly twice of the results of this study. Therefore nucleotide substitution ratios were relatively large as 0.2% to 0.6%. And, because the polymorphisms by two restriction enzymes in one sample were moderately different from others in the study of the Bering Sea, nucleotide substitution ratios in the combinations of significant non-uniformity in the  $\chi^2$  test became large. On the other hand, in the present study, because polymorphisms of restriction enzyme sites were not so many as those of the Bering Sea, then the ratio of common restriction sites among each haplotype was high (Table I), and the number of haplotypes was only 39. Therefore nucleotide substitution ratios became small. The reason, why nucleotide substitution ratios between the East of Sakhalin (or off Monbetsu) and others were relatively large, was considered to be that the polymorphism frequency by the restriction enzyme *Bgl* in them was particularly different from other samples. In addition, while significant differences were shown in a result of isozyme analysis of walleye pollock from the Gulf of Alaska and the Eastern Bering Sea<sup>18)</sup>, no clear difference among each group in a result of isozyme

analysis of walleye pollock around Hokkaido and Sakhalin from 1968 to 1970<sup>1)</sup>. From these evidences, it is estimated that the genetic differentiation is not so progressed among walleye pollock stocks around Hokkaido as those around Bering Sea. Therefore, it is difficult to consider the genetic distance of walleye pollock from the nucleotide substitution ratios obtained in present study. But it is to be emphasized that the stock of the East of Sakhalin was heterogeneous which became known as a result of the  $\chi^2$  test.

The spawning group in the Sea of Okhotsk at the East of Sakhalin was highly probable to be genetically independent from others investigated in this study and we shall call it as Southeast Sakhalin Stock. Among others, it may be estimated that not so much time has passed since a stock was differentiated, or that there is genetic exchange to some extent. However, from an analysis of D loop in walleye pollock mtDNA, a significance was observed in the incidence of restriction fragment polymorphism at the Japan Sea and the Pacific Ocean of off Hokkaido (Yanagimoto, personal communication). So there may be a possibility that other genetic independence would be shown by the analytical method in walleye pollock around Hokkaido and Sakhalin,. In Atlantic Cod (*Gadus morhua*), also belonging to Gadiformes as walleye pollock, it was shown that there was a difference among the stocks off Newfoundland, for which no genetic difference had been observed, through polymorphic analysis of microsatellite DNA<sup>19)</sup>. Accordingly, it is considered that the more investigation through the other DNA analyses would be performed, the more elucidation about the stock structure of walleye pollock around Hokkaido and Sakhalin would be progressed.

## Acknowledgement

The present study is a part of the results of the joint investigation of Sakhalin Research Institute of Fisheries and Oceanography of the Russian Republic (Formerly Sakhalin Branch of Pacific Research Institute of Fisheries and Oceanography) and Hokkaido Fisheries Experimental Station (HFES) performed as Fisheries International Exchange Project started in the fiscal year 1993. We thank Dr. L. M. Zverkova, Vice President of

Sakhalin Research Institute of Fisheries and Oceanography, who greatly helped at the planning and performance of the investigation, and gave a lot of advice and proposals at the interpretation of our results. We thank the staff of Wakkanai Machine boat Fishery Cooperative Union, scientists and officers of HFES as well as crews and officers of the research vessel Hokuyo-Maru, for their great efforts to catch and collect the samples for the proceeding of the present study. We thank Dr. K. Nagashima of Hokkaido Food Processing Research Center, Dr. A. Hino of Faculty of Science, Kanagawa University, Dr. Y. Nishida and Dr. T. Yamada of Faculty of Science, Nagoya University, Dr. Y. H. Inouye of Aichi Cancer Center Research Institute and Dr. H. Kondoh of Institute for Molecular and Cellular Biology, Osaka University, for their very much technical advice and earnest encouragement.

#### Literature cited

- 1) Iwata, M. Population identification of walleye pollock (*Theragra chalcogramma* (Pallas)) in the vicinity of Japan Memo. Fac. Fish. Hokkaido Univ. 22,193-258(1975)
- 2) Mizuno, M. and Natume, M. Biological characteristics of walleye pollock, *Theragra chalcogramma*, off the west coast of Sakhalin in spawning season Sci. Rep. Hokkaido Fish. Exp. Sta. 42,183-190(1993) (In Japanese)
- 3) Ishino, K. Stock structure of the southwestern Okhotsk Sea walleye pollock, *Theragra chalcogramma*, during the feeding migration based on the vertebral number Sci. Rep. Hokkaido Fish. Exp. Sta. 42,203-213(1993) (In Japanese)
- 4) Zverkova, L.M., Reproduction level of North Japan Sea walleye pollock population off Sakhalin at present Sci. Rep. Hokkaido Fish. Exp. Sta. 42,197-202(1993)
- 5) Tsuji, S. Walleye pollock stocks around Hokkaido Hokkaido Suisan Sikenzyou Geppou 35(9),1-57(1978) (in Japanese)
- 6) Yoshida, H. Tag and release experiments of walleye pollock around Hokkaido Kitanihon Sokouo Bukaihou 20,83-92(1987) (in Japanese)
- 7) Mulligan, T. J., Chapman, R. W., and Brown, B. L. Mitochondrial DNA analysis of walleye pollock, *Theragra chalcogramma*, from the Eastern Bering Sea and Shelikof Strait, Gulf of Alaska Can. J. Fish. Aquat. Sci. 49,319-326(1992)
- 8) Asahida, T., Kobayashi, T., Saitoh, K., and Nakayama, I. Tissue preservation and total DNA extraction from fish stored at ambient temperature using buffers containing high concentration of urea Fisheries Sci. 62(5),727-730(1996)
- 9) Numachi, K., Kobayashi, T., Chang, K. H., and Lin, Y. S. Genetic identification and differentiation of the Formosan landlocked salmon, *Oncorhynchus masou formosanus* by restriction analysis of mitochondrial DNA Bull. Inst. Zool. Acad. Sin. 29,61-72(1990)
- 10) Sambrook, J., Fritsch, E. F., and Maniatis, T. 'Capillary transfer of DNA to nylon membranes under neutral conditions' Molecular Cloning -A LABORATORY MANUAL 2nd edition Cold Spring Harbor Laboratory Press 9.44(1989)
- 11) Sambrook, J., Fritsch, E. F., and Maniatis, T. 'Hybridization of radiolabeled probes to nucleic acids immobilized on nitrocellulose filters or nylon membranes' Molecular Cloning -A LABORATORY MANUAL 2nd edition Cold Spring Harbor Laboratory Press 9.52-9.55 (1989)
- 12) Kocher, T. D., Thomas, W. K., Meyer, A., Edwards, S.V., Paabo, S., Vilablanca, F. X., AND Wilson, A.C. Dynamics of mitochondrial DNA evolution in animals: Amplification and sequencing with conserved primers Proc. Natl. Acad. Sci. USA 86,6196-6200(1989)
- 13) Johansen, S., Guddal, P. H., AND Johansen, T. Organization of the mitochondrial genome Atlantic cod, *Gadus morhua* Nucleic Acid Res. 18(3)411-419(1990)
- 14) Roff, D. A., AND Benzen, P. The statistical analysis of mitochondrial DNA polymorphisms:  $\chi^2$  and the problem of small samples Mol. Biol. Evol. 6,539-545(1989)
- 15) Sokal, R. R. and Rohlf, F. J. 'Single-classification analysis of variance' BIOMETRY (Third edition) W.H. Freeman and Company 207-271 (1995)
- 16) Nei, M., and Li, W. H. Mathematical model for studying genetic variation in terms of restriction endonuclease Proc. Natl. Acad. Sci. USA 76,5269-5273(1979)
- 17) Zverkova, L.M. The study of the reproduction

features and the status of stock of "Okhotsk Sea" walleye pollock population Sci. Rep. Hokkaido Fish. Exp. Sta. 42,191-195(1993)

- 18) Grant, W. S. and Utter, F. M. Biochemical genetic variation in walleye pollock, *Theragra chalcogramma*: Population structure in the Southeastern Bering Sea and Gulf of Alaska Can. J. Fish. Aquat. Sci. 37,1093-1100(1980)
- 19) Bentzen, P., Taggart, C.T., Ruzzante, D.E., and Cook, D. Microsatellite polymorphism and the population structure of Atlantic cod (*Gadus morhua*) in the northwest Atlantic Can. J. Fish. Aquat. Sci. 53,2706-2721(1996)

# ヒラメ稚魚飼料におけるホタテガイ副産物ミールの利用

麻生真悟<sup>\*</sup>, 北川雅彦<sup>\*</sup>, 齊藤節雄<sup>\*</sup>, 森 立成<sup>\*</sup>

Utilization of Scallop Visceral Meal in the Diets for Fingerling Japanese Flounder,  
*Paralichthys olivaceus*

Shingo ASO<sup>\*</sup>, Masahiko KITAGAWA<sup>\*</sup>, Setsuo SAITO<sup>\*</sup> and Tatsunari MORI<sup>\*</sup>

A feeding experiment was conducted to evaluate the nutritional value of scallop visceral meal (SVM) in diets for fingerling Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*. In the control diet, brown fish meal (BFM) was used as the solo protein source (0SVM). In the experimental diets, the BFM protein in the control diet was isonitrogenously replaced by; SVM at the 10% level (10SVM); and SVM at the 20% level (20SVM). These diets were fed to satiation to fingerling Japanese flounder with an initial mean weight of 0.25g for 8 weeks at 17-22 °C. The final mean weight of the fish fed the 20SVM was similar to that of the control group. No difference was observed between the fish fed the 20SVM and the control diet (0SVM) in the body composition and hematological characteristics. These findings suggest that SVM can substitute 20% of BFM protein with the most effective utilization of dietary protein.

キーワード：ヒラメ，配合飼料，ホタテガイ副産物，代替タンパク質

## はじめに

北海道の主要漁業であるホタテガイの生産に伴い排出されるホタテガイ副産物(中腸腺，外套膜，生殖巣，えら)は，中腸腺に高濃度のカドミウム<sup>(1-3)</sup>が含まれ，ホタテガイ副産物を食品や飼肥料として利用するためには，カドミウムの除去が必要となる。1996年度より北海道では地域産学官共同研究事業で北海道立工業試験場が開発した電解法によりカドミウムを除去する実験プラントを製造し，ホタテガイ副産物の利用についての研究を行っている<sup>(4,5)</sup>。このうち，中央水産試験場ではホタテガイ副産物を養魚用飼料へ利用するための研究を担当している。既報<sup>(6)</sup>では，ホタテ副産物ミールのクロソイ稚魚の配合飼料への利用性について検討した。本試験では，ヒラメ稚魚の配合飼料への利用性について検討した結果を報告する。

## 材料及び方法

試験飼料 飼育試験に使用した試験飼料の配合組成を Table 1 に示した。カドミウムを除去したホタテガイ副産

物ミールは，SVM(Scallop Visceral Meal)として表記した。試験飼料は，魚粉(BFM:Brown Fish Meal)を100%

Table 1 Formulation of the experimental diets (%)

Ingredients	0SVM	10SVM	20SVM
Brown fish meal	80.6	73.1	65.4
Scallop visceral meal	-	9.8	19.8
Pollock visceral oil <sup>*1</sup>	3.1	2.0	1.0
cassava starch <sup>*2</sup>	8.3	7.1	5.8
Vitamin mixture <sup>*3</sup>	4.0	4.0	4.0
Mineral mixture <sup>*4</sup>	4.0	4.0	4.0

<sup>\*1</sup> FEED OIL produced by Riken Vitamin Co.,Ltd.

<sup>\*2</sup> Matunorin M-22 produced by Matsuyakagaku Co.,Ltd.

<sup>\*3</sup> Vitamix C produced by Marine project Co.,Ltd.

<sup>\*4</sup> Ogino et al.

配合した飼料(0SVM)，BFMの粗たんぱく質の10%および20%をホタテガイ副産物の粗タンパク質で代替した飼料(10SVM，20SVM)のR飼料を製造した。試験飼料の大きさは，魚体の成長にあわせて直径1mm，2mm，3mmの3種とした。飼料原料のうち，BFMは釧路ハイミール，タラ肝油は理研ビタミンのフィードオイル，アルファキャッサバでんぷんは松谷化学のマツノリンM-22，ビタミン混

合物はマリンプロジェクトのビタミンックスC, ミネラル混合物は荻野らの処方<sup>9)</sup>のものをそれぞれ使用した。なお, 試験飼料は一般成分と全アミノ酸組成を分析した。

供試魚及び飼育法 平均体重0.25gのヒラメ稚魚を1,100尾ずつ(550尾×2籠)を1トンFRP水槽に収容し, 各飼料を1日に4~6回, 自動給餌機を使用し1日に魚体重の4~10%の給餌率で与えた。飼育は, 1998年7月中旬より8週間, 中央水産試験場で行った。飼育期間中の水温は17~22℃で, 平均水温は20.6℃であった。1籠ごとの尾数は, 2週間から1籠に400尾, 4週間から250尾, 6週間から100尾に調整した。飼育終了時には全魚体の一般成分を定量した。また, 尾柄部の脊椎下動脈から採血し, ヘマトクリット値, ヘモグロビン量を測定した。タンパク質消化率は, 試験終了後2日間絶食させた個体を用い, 酸化クロムによる間接法<sup>9)</sup>で測定した。すなわち, 各試験飼料を供与してから6時間後に全腸内容物を用いて測定した。

分析 一般成分は常法で, 糖質はアンスロン-硫酸法<sup>9)</sup>で分析した。全アミノ酸は日本食品アミノ酸組成表の方法<sup>10)</sup>に準じて分析した。ヘモグロビン濃度の測定は, 和光純薬(株)のSLSヘモグロビン法によるヘモグロビンBテストワコーを使用した。ヘマトクリット値は, 5分間, 10000rpmで遠心分離して測定した。魚体測定値および成分分析値は, ダネットの検定法により $p < 0.05$ で有意差判定を行った。生残率は, 2週間ごとに測定した最低値と最高値を表記した。飼料転換効率は, 魚体増重量を給餌量で除したものとし, 0SVMを100とする相対値で表した。

## 結 果

試験飼料のタンパク質源のアミノ酸組成と一般成分組成をTable2に示した。アミノ酸組成では, BFM, SVMともほぼ同様の組成を示し, BFMを100としたEAAI(必須アミノ酸指標)もSVMで100と同じ値を示した。一般成分組成では, 粗タンパク質がBFMで66.3%と高くSVMで55.5%と低い値であった。粗脂肪は, BFMで8.9%と低くSVMで17.2%と高い値であった。

試験飼料のアミノ酸組成と一般成分組成をTable3に示した。試験飼料のアミノ酸組成および一般成分組成の粗タンパク質と粗脂肪は, 3飼料とも同様の組成を示した。

飼育期間中のヒラメ稚魚の平均魚体重の変化をFig. 1に示した。飼育終了時まで0SVM区, 10SVM区, 20SVM区の3飼料区は同様の成長を示した。

飼育終了時の魚体重と生残率および飼料評価をTable4に示した。終了時の平均魚体重は, 0SVM区, 10SVM区, 20SVM区でそれぞれ15.6g, 15.7g, 15.3gと差がなく, 有意差も認められなかった。2週間ごとの生残率は, 0SVM

Table 2 Amino acid and proximate compositions of dietary protein sources(% in whole amino acids)

	BFM <sup>1)</sup>	SVM <sup>2)</sup>
Amino acid composition		
Arginine	6.37	7.18
Histidine	2.34	2.25
Isoleucine	4.62	4.88
Leucine	8.17	8.00
Lysine	8.30	7.39
Methionine	2.99	2.41
1/2Cystine	1.10	1.49
Phenylalanine	4.47	4.69
Tyrosine	4.05	5.10
Threonine	4.96	5.70
Tryptophan	1.29	1.16
Valine	4.90	5.14
Alanine	6.35	5.25
Aspartic acid	10.14	10.90
Glutamic acid	14.46	13.36
Glycine	6.45	5.78
Proline	4.19	4.08
Serine	4.86	5.24
EAAI	100	100
Proximate composition (%)		
Moisture	9.2	2.3
Crude protein	66.3	55.5
Crude fat	8.9	17.2
Crude ash	14.5	16.6
Crude sugar	1.0	2.7

<sup>1)</sup> BFM : brown fish meal.

<sup>2)</sup> SVM : scallop visceral meal.

Table 3 General and amino acid compositions of experimental diets (% in whole amino acids)

	0SVM	10SVM	20SVM
Amino acid composition			
Arginine	6.29	6.79	6.42
Histidine	2.24	2.22	2.25
Isoleucine	4.54	4.53	4.55
Leucine	8.09	8.03	8.03
Lysine	7.87	7.72	7.68
Methionine	2.84	2.83	2.74
1/2Cystine	1.00	1.05	1.07
Phenylalanine	4.52	4.47	4.50
Tyrosine	4.25	4.22	4.46
Threonine	4.96	5.00	5.09
Tryptophan	1.33	1.24	1.14
Valine	4.87	4.87	4.87
Alanine	6.65	6.59	6.48
Aspartic acid	10.19	10.19	10.32
Glutamic acid	14.45	14.28	14.13
Glycine	6.68	6.68	6.64
Proline	4.30	4.36	4.56
Serine	4.92	4.91	5.07
Nutrient on dry matter basis (%)			
Crude protein	58.4	58.8	58.8
Crude fat	11.5	11.7	11.3
Crude ash	16.7	16.9	16.9
Crude sugar	11.9	8.7	7.9

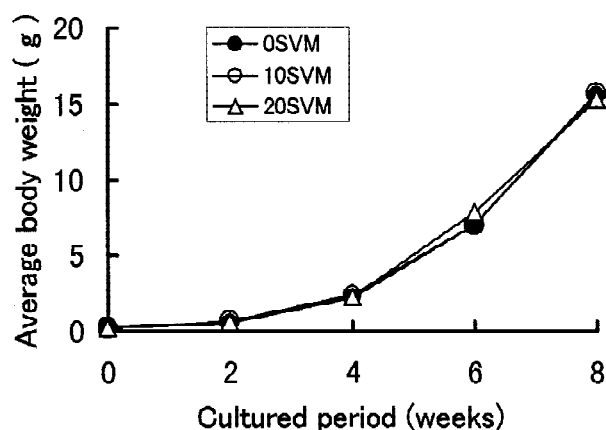


Fig.1 Changes in the average body weight of Japanese flounder fed the experimental diets for 8 weeks

区と20SVM区で2週間目までで74%、76%と低い数値を示したが、4週目からはすべての飼料で95%以上と良好な結果であった。0SVM区を100とする飼料転換効率率は、10SVM区と20SVM区でそれぞれ110、104と差は少なかった。タンパク質消化率も、48~52%と3飼料区間で顕著な差は認められなかった。

全魚体の一般成分をTable 5に示した。10SVM区で水分が高く粗タンパク質が低い値となったが大きな差は認められなかった。0SVM区と20SVM区ではそれぞれの成分で有意差は認められなかった。

ヘマトクリット値とヘモグロビン量をTable 6に示した。ヘマトクリット値とヘモグロビン量は3飼料区間で有意差は認められなかった。

Table 4 Growth performance of Japanese flounder fed the experimental diets

	0SVM	10SVM	20SVM
Average body weight (g)			
Initial	0.25 ± 0.01 <sup>*1</sup>		
Final	15.6 ± 4.8 <sup>a*2</sup>	15.7 ± 4.6 <sup>a</sup>	15.3 ± 5.1 <sup>a</sup>
Survival (%)	74~100	86~100	76~100
Feed efficiency	100	110	104
Apparent digestibility of protein(%)	52	48	51

<sup>\*1</sup> Mean ± SD (n=100).

<sup>\*2</sup> Values with the same superscripts are not significantly different (p<0.05).

Table 5 Whole body compositions of Japanese flounder fed the experimental diets(%)

	0SVM	10SVM	20SVM
Moisture	76.1 ± 0.5 <sup>a*1,2</sup>	76.5 ± 0.5 <sup>b</sup>	76.4 ± 0.3 <sup>a</sup>
Crude protein (N × 6.25)	16.6 ± 0.4 <sup>a</sup>	16.2 ± 0.3 <sup>b</sup>	16.7 ± 0.3 <sup>a</sup>
Crude fat	3.0 ± 0.6 <sup>a</sup>	3.2 ± 0.4 <sup>a</sup>	2.6 ± 0.3 <sup>a</sup>
Crude ash	3.8 ± 0.2 <sup>a</sup>	3.8 ± 0.3 <sup>a</sup>	3.8 ± 0.3 <sup>a</sup>

<sup>\*1</sup> Mean ± SD (n=10).

<sup>\*2</sup> see the footnote of Table 4.

<sup>\*3</sup> see the footnote of Table 2.

Table 6 Hematological characteristics of Japanese flounder fed the experimental diets

	0SVM	10SVM	20SVM
Hematocrit (%)	23.9 ± 2.9 <sup>a*1,2</sup>	24.4 ± 2.6 <sup>a</sup>	24.1 ± 1.9 <sup>a</sup>
Hemoglobin(g/100ml)	4.7 ± 0.8 <sup>a</sup>	4.7 ± 0.3 <sup>a</sup>	4.1 ± 0.6 <sup>a</sup>

<sup>\*1</sup> Mean ± SD (n=5).

<sup>\*2</sup> see the footnote of Table 4.

## 考 察

養魚用飼料における魚粉の代替タンパク質の利用性に関する研究は、魚粉の供給不足、価格の高騰もあり多数の報告がある。このうちヒラメ稚魚に関しては代替原料として、大豆油粕<sup>(1)</sup>、フェザーミール<sup>(2)</sup>、ミートボーンミール<sup>(3)</sup>、ミートミール<sup>(4)</sup>、ムラサキガイ<sup>(5)</sup>などを魚粉の代替と検討した例があり、魚粉の18～60%の範囲で代替は可能であるとしている。本報告では、飼育期間中の平均魚体重は、各飼料間で同様の成長を示し、飼料転換効率とタンパク質消化率も顕著な差は認められなかった。さらに、飼育終了時の全魚体の一般成分と血液性状で各飼料間に差は認められなかった。したがって、SVMはヒラメ稚魚用飼料中に占める魚粉タンパク質の20%を代替できることが明らかになった。

SVM成分のうち、脂質に関しては、製造工程でエトキシキン添加したことによりPOVは22meq/kgと前報<sup>(6)</sup>の40meq/kgより低く抑えられた。しかし、養魚用飼料としての全漁連の規格である粗タンパク質67%以上、粗脂肪10%以下、POV30meq/kg以下と比較すると、POVの値は規格内であったが粗脂肪が高く、粗タンパク質が低い値となった。今後、魚粉の代替として飼料への配合比率を高くするためには、粗脂肪を低くするなど製造工程の改良が必要であると考えられた。

ヒラメ飼料の基本組成に関しては、興石<sup>(16,17)</sup>、黒木ら<sup>(18-20)</sup>、菊池ら<sup>(21,22)</sup>と佐藤ら<sup>(23)</sup>の報告があり、一般成分の配合組成などの検討がなされている。さらに近年放流種苗における質が問われ、種苗の生理面や生化学的成分の解析<sup>(24-27)</sup>などがなされつつあり、ヒラメ稚魚の天然餌料であるアミ類と配合飼料の比較飼育試験<sup>(28,29)</sup>も行われている。北海道におけるヒラメ種苗の質的検討は、高谷<sup>(30,31)</sup>と高嶋<sup>(32)</sup>らが天然魚と養殖魚の体成分の比較をしているがその他の例はない。今後、放流効果の上がる種苗を生産するための体成分の検討とそれに基づいた配合飼料の開発は、北海道におけるヒラメ栽培漁業の効率的な推進を図るための一手法として必要であると考えられる。

## 要 約

ヒラメ稚魚飼料へのホタテガイ副産物ミール(SVM)の利用性を検討した。魚粉をタンパク質源とする対照飼料(0SVM)と、0SVMのタンパク質の10%と20%をSVMで置換した飼料(10SVM, 20SVM)とを、開始時平均体重0.25gのヒラメ稚魚に飽食量給餌し、水温17～22℃で、8週間飼育した。その結果、20SVM区の終了時平均体重は、

0SVM区と同様で、体成分と血液性状に差は認められなかった。したがって、SVMはヒラメ稚魚飼料中の魚粉タンパク質の20%を代替できることが明らかになった。

## 謝 辞

本研究を行うにあたり、ホタテガイ副産物ミールの提供と試験飼料の製造に協力していただいた北海道立工業試験場の作田庸一氏、養嶋裕典氏および関係職員の方々に感謝する。

## 文 献

- 1) 北海道：ホタテガイ副産物の処理・利用技術に関する研究開発．平成3年度共同研究報告書．3-37 (1992)
- 2) 北海道：ホタテガイ副産物の処理・利用技術に関する研究開発．平成4年度共同研究報告書．1-37 (1993)
- 3) 北海道：ホタテガイ副産物の処理・利用技術に関する研究開発．平成5年度共同研究報告書．1-20 (1994)
- 4) 北海道：ホタテガイ副産物の有効利用システムの開発．平成8年度北海道地域産学官共同研究事業報告書．(1996)
- 5) 北海道：ホタテガイ副産物の有効利用システムの開発．平成9年度北海道地域産学官共同研究事業報告書．(1997)
- 6) 麻生真悟, 北川雅彦, 齊藤節雄, 森立成：クロソイ稚魚飼料におけるホタテガイ副産物ミールの利用．北水試研報．56, 143-147 (1999)
- 7) 荻野珍吉, 竹内レピエン, 武田博, 渡部武：コイおよびニジマスにおける飼料燐の有効性について．日水試．45銭, 1527-1532 (1979)
- 8) 古川厚, 塚原宏子：養魚餌料消化試験の指標物質としての酸化クロームの湿式定量法について．日水試．32薦, 202-506 (1966)
- 9) 福井作蔵：“-2アンスロン-硫酸法”．還元糖の定量法．第5版．東京, 学会出版センター, 47-54 (1978)
- 10) 科学技術庁資源調査会・資源調査所編：“2. アミノ酸の分析法”．改訂日本食品アミノ酸組成表．東京, 大蔵省印刷局, 1986, 201-210
- 11) Kikuchi, K., T. Furuta and H. Honda: Utilization of soybean meal as a protein source in the diet of juvenile Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*. SUISANZOSHOKU.



- 42舛,601-604(1994)
- 12) Kikuchi,K.,T.Furuta and H.Honda:Utilization of Feather meal as a protein source in the diet of juvenile Japanese flounder,Fisheries Sci.60舛,203-206 (1994)
- 13) Kikuchi,K.,T.Sato,T.Furuta,I.Sakaguchi and Y.Deguchi:Use of meat and bone meal as a protein source in the diet of juvenile Japanese flounder,Fisheries Sci.63舛,29-32(1997)
- 14) Sato,T.and K.Kikuchi:Meat mea as a protein source in the diet of juvenile Japanese flounder,Fisheries Sci.63舛,877-880(1997)
- 15) Kikuchi,K.and I.Sakaguchi:Blue mussel as an ingredient in the diet of juvenile flounder, Fisheries Sci.63舛,837-838(1997)
- 16) 興石裕一: ヒラメ稚魚の飼料効率について. 日水研報. 32,73-75(1981)
- 17) 興石裕一: 配合飼料で飼育したヒラメ稚魚にみられた成長不良. 日水研報. 33,147-150(1982)
- 18) 黒木克宣, 弟子丸修: 新魚種飼料開発研究(ヒラメ飼料試験). 昭和57年度鹿児島県水産試験場事業報告. 26-37(1983)
- 19) 黒木克宣, 弟子丸修: 新魚種飼料開発研究(ヒラメ飼料試験). 昭和58年度鹿児島県水産試験場事業報告. 89-97(1984)
- 20) 黒木克宣, 弟子丸修: 新魚種飼料開発研究(ヒラメ飼料試験). 昭和59年度鹿児島県水産試験場事業報告. 52-59(1985)
- 21) 菊池弘太郎, 本田晴朗, 清野通康: 飼料タンパク質含量がヒラメの成長および体成分に与える影響. 水産増殖. 40舛, 335-340(1992)
- 22) 菊池弘太郎, 佐藤智則, 出口吉昭: ヒラメ稚魚の成長に与える飼料タンパク質の影響. 水産増殖. 46舛, 541-546(1998)
- 23) 佐藤智則, 渡邊武, 佐藤秀一, 菊池弘太郎: ヒラメ稚魚用飼料の至適エネルギー/タンパク質比. 平成9年度日本水産学会春季大会講演要旨集.pp112(1997)
- 24) 水産庁研究部研究課: 平成4年度健苗育成技術開発研究成果の概要.(1993)
- 25) 水産庁研究部研究課: 平成5年度健苗育成技術開発研究成果の概要.(1994)
- 26) 水産庁研究部研究課: 平成6年度健苗育成技術開発研究成果の概要.(1995)
- 27) 水産庁研究部研究課: 平成7年度健苗育成技術開発研究成果の概要.(1996)
- 28) Seikai,T.,T.Takeuchi,and G.S.Park:Comparison of growth,feed efficiency,and chemical composition of juvenile flounder fed live mysids and formula feed under laboratory conditions. Fisheries Sci.63舛,520-526(1997)
- 29) 朴光植, 竹内俊郎, 青海忠久, 中添純一: ヒラメ稚魚の生物餌料としてのアミの栄養価に関する研究. 水産増殖. 45舛, 371-378(1997)
- 30) 高谷義幸: ヒラメ人工種苗の絶食による体成分の変化. 栽培技研. 26舛,51-52(1997)
- 31) 高谷義幸: 天然および人工ヒラメ稚魚の体成分. 栽培技研. 26舛,53-55 (1997)
- 32) 高嶋孝寛, 高谷義幸: ヒラメ中間育成種苗における体成分の変化. 平成8年度日本水産学会秋季大会講演要旨集. pp80(1996)

## 未利用褐藻類の原料性状について

宮崎亜希子<sup>\*1</sup>, 辻 浩司<sup>\*1</sup>, 大堀忠志<sup>\*2</sup>, 西 紘平<sup>\*3</sup>

Material characteristics of the unutilized brown seaweed, *Costaria costata*, *Alaria praelonga* and *Cystoseira hakodatensis*.

Akiko MIYAZAKI<sup>\*1</sup>, Koji TSUJI<sup>\*1</sup>, Tadashi OHORI<sup>\*2</sup> and Kouhei NISHI<sup>\*3</sup>

We have a lot of unutilized seaweeds in the shore of Kushiro, so we'll make some food from them. We investigated the material characteristics of some brown seaweeds, *Costaria costata*, *Alaria praelonga* and *Cystoseira hakodatensis*. The following results were obtained:

1. Their main components were alginate and ash.
2. We couldn't get a good broth from them because they included a glutamic acid, but only 30% of *Laminaria diabolica*.
3. The monthly variation of alginate in *Alaria praelonga*, *Costaria costata* and *Cystoseira hakodatensis* were 30-36%, 28% and 20-25%, respectively.
4. The monthly variation of the ratio of D-mannuronate to L-guluronate (M/G ratio) on *Alaria praelonga*, *Costaria costata* and *Cystoseira hakodatensis* were 2.2-1.2, 2.6-1.2 and 1.2-0.6, respectively, they decreased from June to July all at once.
5. The alginate formed from *Alaria praelonga* and *Costaria costata* contained more than 40% of a block structure of mannuronate residues (MM block), while *Cystoseira hakodatensis* contained 20-30% of it. Other factor such as their block structure of guluronate residues (GG block) increased from July.
6. The variation of alginate content and M/G ratio were not related.

キーワード: 褐藻類, スジメ, アイヌワカメ, ウガノモク, アルギン酸, M/G比

### まえがき

北海道のコンブ漁業はサケ, ホタテガイに次ぐ沿岸漁業の重要な収入源であるが, 近年, コンブの生育場所には未利用海藻が繁茂し, コンブの生育に影響があるため駆除, 廃棄されている現状にある<sup>1)</sup>。未利用海藻のなかでも, 褐藻類のスジメ *Costaria costata*, アイヌワカメ *Alaria praelonga*, ウガノモク *Cystoseira hakodatensis* はコンブ漁場に広く分布しており, 漁獲対象となっていないため, 成長や成熟時期に関する知見が少ない。利用

面では有効利用技術開発として, スジメを用いたアルギン酸オリゴ糖のサイレージによる技術開発<sup>2)</sup>が行われたのみである。また, 近年, 海藻に含まれる食物繊維やミネラル, 機能性成分による健康維持<sup>3)</sup>が注目されている。

今回, 未利用海藻類を食品素材化する際の原料性状の把握を目的として, 一般成分の他に, 食物繊維, ミネラル, 旨味成分について若干の知見を得たので報告する。

報文番号 A315 (2000年2月3日受理)

\*1 北海道立釧路水産試験場 (Hokkaido Kushiro Fisheries Experimental Station, Nakahama-cho, Kushiro, Hokkaido 085-0027, Japan)

\*2 北海道立食品加工研究センター (Hokkaido Food Processing Research Center, Bunkyoudai, Ebetsu, Hokkaido 069-0836, Japan)

\*3 北海道立中央水産試験場 (Hokkaido Central Fisheries Experimental Station, Yoichi, Hokkaido 046-8555, Japan)

## 材料及び方法

試料は釧路市桂恋にて1996年3月から9月まで毎月1回採取し, 乾燥, 粉碎後, 分析に供した。また, 対照として市販のオニコンブ *Laminaria diabolica* を用いた。

一般成分では水分は105 常圧乾燥法, 灰分は550 乾式灰化法, 脂質はソックスレー抽出器によるエーテル抽出, たんぱく質はケルダール法で行い, 炭水化物は差し引きにより求めた。

無機成分は試料を灰化後, 塩酸溶液とし, リン(P)はバナドモリブデン酸吸光光度法, カルシウム(Ca), 鉄(Fe), ナトリウム(Na), カリウム(K), マグネシウム(Mg), 亜鉛(Zn), 銅(Cu)は原子吸光光度法(日立Z-6000)で分析した。

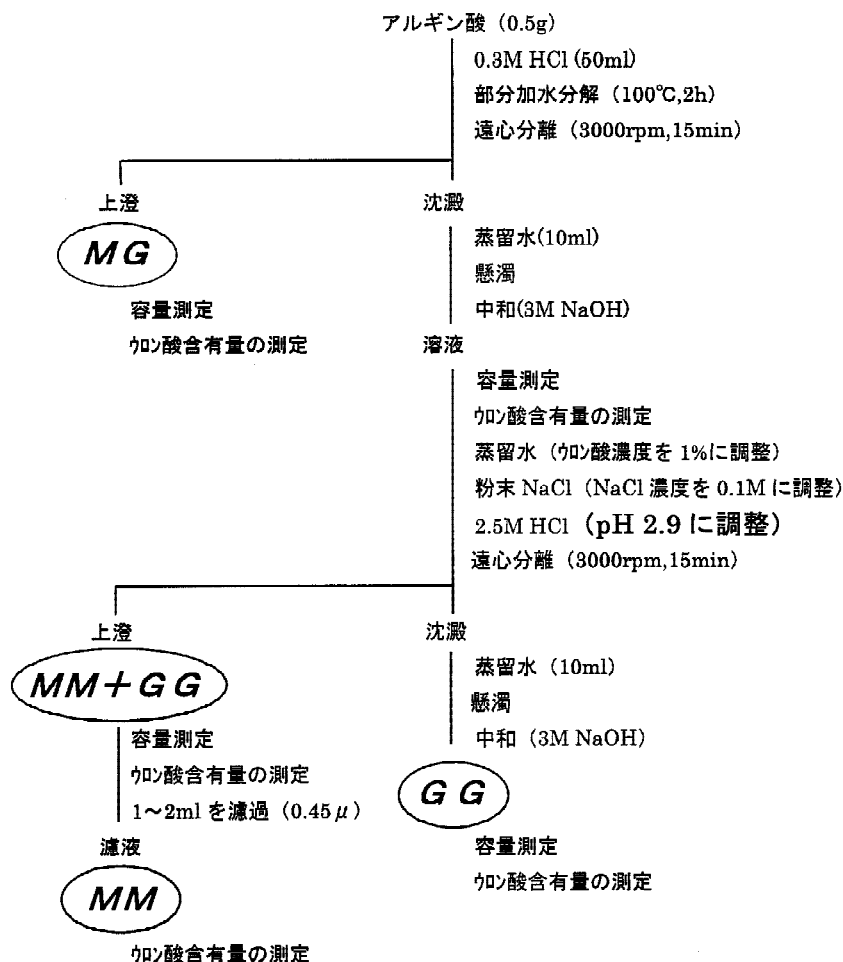
炭水化物中の食物繊維は酵素重量法のProsky変法<sup>4)</sup>,

マンニトールはCameronら<sup>5)</sup>に準じたLarsenの方法<sup>6)</sup>で定量した。

遊離アミノ酸組成は1cm角の乾燥試料に50倍量の熱水を加え, 3分後, ろ過したものをエキスとし, アミノ酸自動分析計(日立L-8500)により組成を求めた。

食物繊維中のアルギン酸の定量は試料に50倍量の1%炭酸ナトリウム溶液を加え, 90 , 60分加熱し, 遠心分離後の上清をカルバゾール硫酸法の改良法Galambos法<sup>7)</sup>で比色定量した。

アルギン酸の抽出・精製は粉碎試料をアセトンで脱脂後, 希硫酸で酸可溶性物質を除去し, アルカリ抽出を行い, エタノールで沈澱させた後, 凍結乾燥し, マンヌロン酸とグルロン酸の構成比(M/G比)をブロック解析法<sup>8)</sup>を参考に, 図1の方法で求めた。



M/G比の算出方法

$$M/G = \frac{MM + MG \times 1/2}{GG + [(MM + GG) - MM] + MG \times 1/2}$$

図1 アルギン酸のM/G比の測定方法

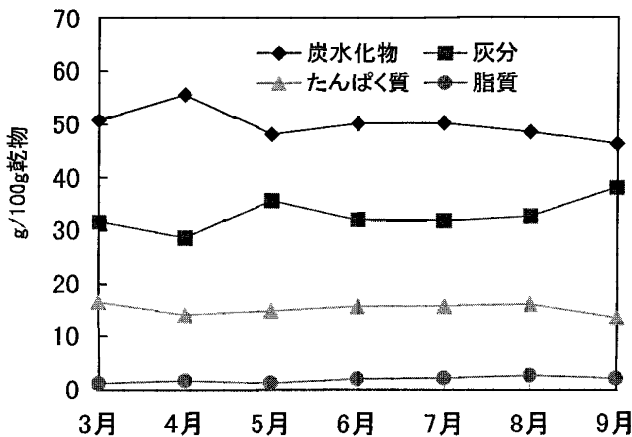


図2 スジメの月別一般成分変化

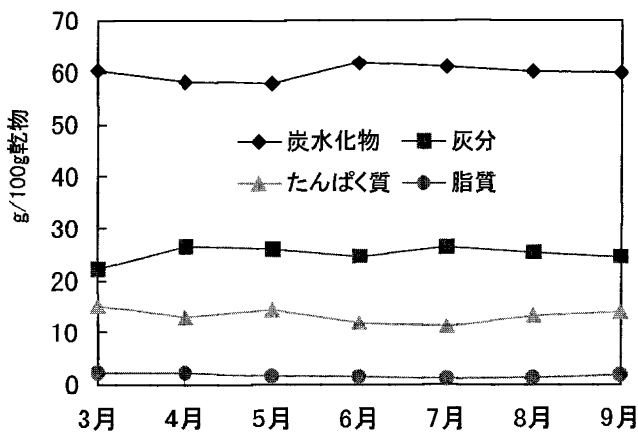


図3 アイヌワカメの月別一般成分変化

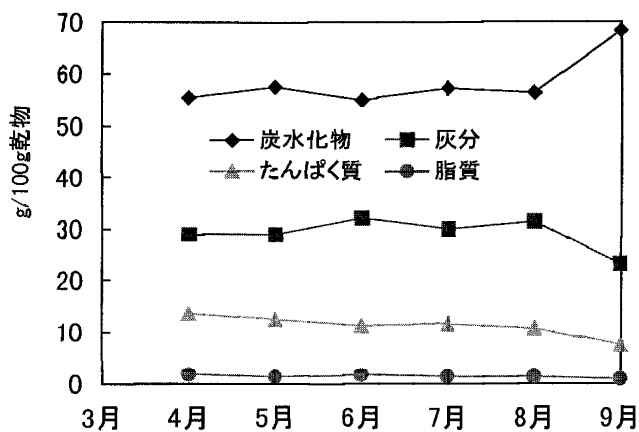


図4 ウガノモクの月別一般成分変化

## 結 果

図2～4に一般成分の月別変化を示した。スジメ、アイヌワカメ、ウガノモクには、50%以上の炭水化物が含まれ、灰分は約30%、たんぱく質は10～15%、脂質は約3%であった。月別成分変化では、スジメは4月から5月にかけて炭水化物の減少と灰分の増加が、ウガノモクは8月から9月にかけて炭水化物の増加と灰分の減少が見られたが、総じて変動は少なかった。

表1 海藻の一般成分(5月)

	(g/100g乾物)					
	たんぱく質	脂質	炭水化物			灰分
スジメ	14.9	2.6	食物繊維	マンニトール	その他糖質	35.7
アイヌワカメ	14.4	3.0	43.0	12.7	0.8	26.1
ウガノモク	12.4	3.8	38.5	15.2	1.2	28.9
オニコンブ	10.1	0.8	27.8	38.0	3.7	19.6

表1に市販のオニコンブとの成分比較を示した。スジメ、アイヌワカメ、ウガノモクの主成分である炭水化物は食物繊維とマンニトールが大部分を占め、スジメ、ウガノモクは食物繊維は全体の30%以上、アイヌワカメは43%に達した。しかし、マンニトールは少なく、オニコンブの30%程度であった。また、灰分はオニコンブより約10%多かった。さらに、食物繊維のうち、大部分をアルギン酸が占め、スジメが88%、アイヌワカメは75%、ウガノモクでは65%に達した(図5)。

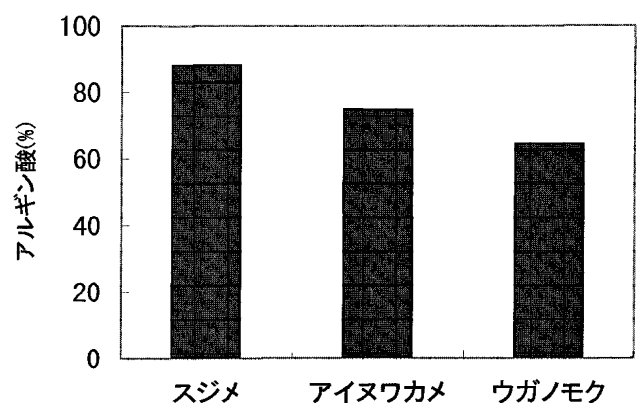


図5 食物繊維中のアルギン酸の割合

表2の無機成分より、いずれもナトリウムとカリウムが多く、ついでマグネシウム、カルシウムが、いずれも市販のオニコンブより多く含まれていた。特にウガノモクにはマグネシウムが多かった。

図6～8にナトリウムとカリウムの月別変化を示した。

表2 海藻の無機成分(6月)

(mg/100g乾物)

	Ca	P	Fe	Na	K	Mg	Zn	Cu
スジメ	842	365	13	5,313	9,366	1,027	1.2	0.1
アイヌワカメ	837	313	11	4,863	4,863	995	1.8	0.2
ウガノモク	894	257	25	3,460	8,404	1,459	1.5	0.0
オニコンブ	532	297	4	2,665	5,628	570	1.0	0.1

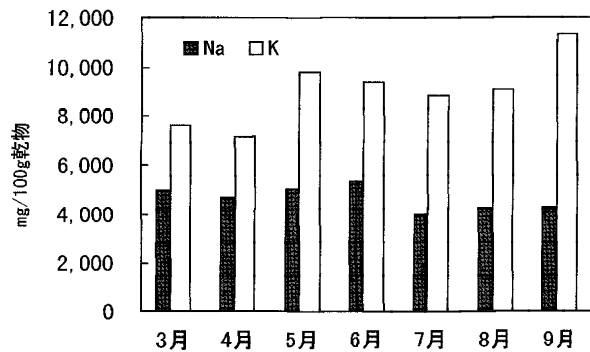


図6 スジメのNaとKの月別変化

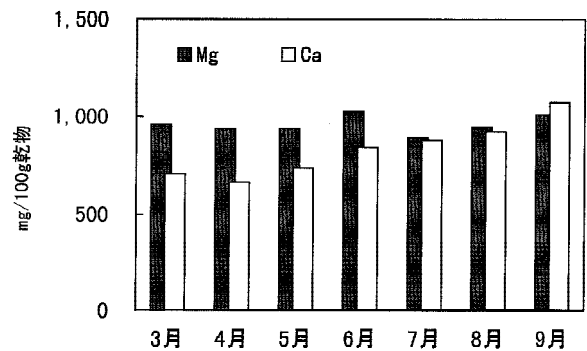


図9 スジメのMgとCaの月別変化

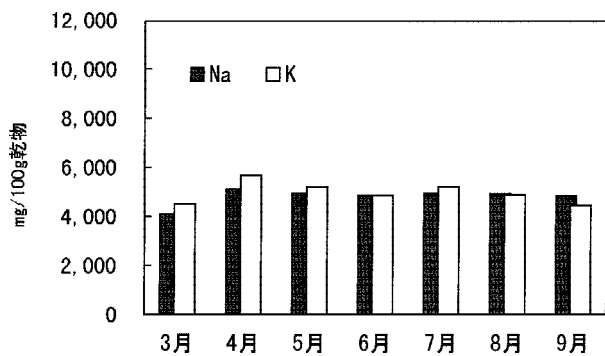


図7 アイヌワカメのNaとKの月別変化

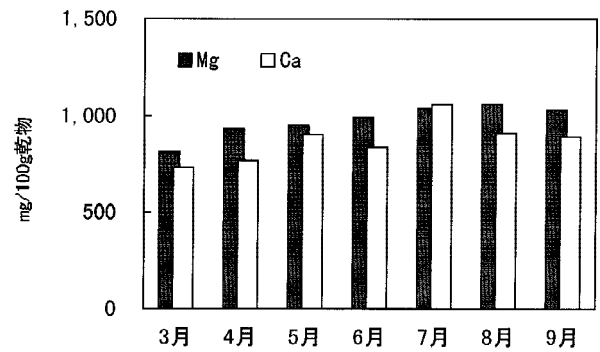


図10 アイヌワカメのMgとCaの月別変化

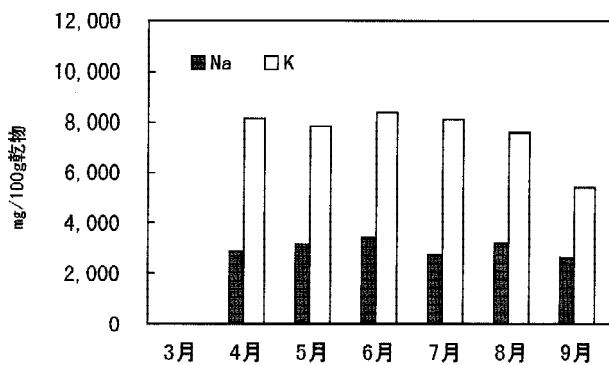


図8 ウガノモクのNaとKの月別変化

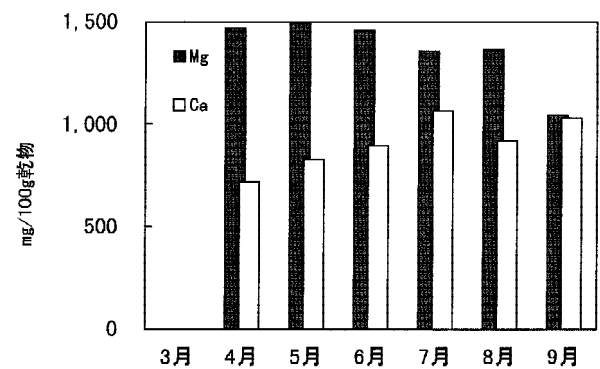


図11 ウガノモクのMgとCaの月別変化

アイヌワカメではナトリウムとカリウムはほぼ等量であったが、スジメとウガノモクはナトリウムよりカリウムの含有量が多く、月別変化は少なかった。

図9～11にカルシウムとマグネシウムの月別変化を示した。ウガノモクはカルシウムよりマグネシウムの含有量が多く、アイヌワカメとスジメではほぼ等量であり、月別変化は少なかった。

表3に示したように主要な遊離アミノ酸はアラニン、グルタミン、グルタミン酸であった。これらを比較してみると、図12のとおり、スジメ、アイヌワカメ、ウガノモクはアラニンが最も多く、ついでグルタミン酸、グルタミンであったが、こんぶの旨み成分であるグルタミン酸は、最も多いウガノモクで市販のオニコンブの30%程度

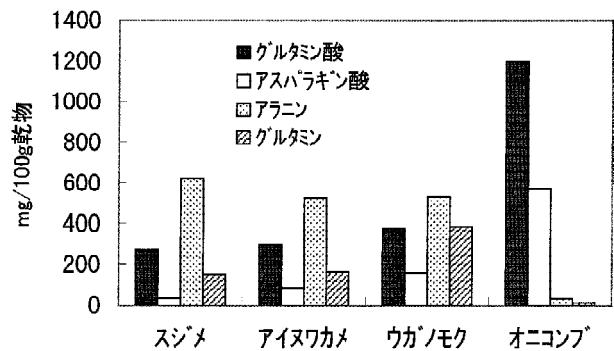


図12 主要な遊離アミノ酸組成

表3 海藻の遊離アミノ酸組成（5月）

(mg/100g乾物)

	スジメ	アイヌワカメ	ウガノモク	オニコンブ
フォスフォセリン	14	11	25	6
タウリン	10	10	38	7
アスパラギン酸	33	84	156	567
スレオニン	14	23	11	9
セリン	31	34	35	8
アスパラギン	0	0	0	0
グルタミン酸	271	295	379	1,197
グルタミン	150	164	386	12
グリシン	10	11	10	4
アラニン	623	524	532	32
シトルリン	5	6	11	3
α-アミノ酪酸	3	2	5	1
バリン	11	17	19	6
シスチン	5	6	4	7
メチオニン	5	5	2	6
シスタチオニン	11	10	5	10
イソロイシン	10	10	7	5
ロイシン	10	13	10	6
チロシン	10	13	6	6
フェニルアラニン	17	20	27	7
β-アラニン	0	0	0	2
β-アミノイソ酪酸	0	0	0	2
γ-アミノ酪酸	0	0	0	2
エタノールアミン	11	11	3	3
オルニチン	2	4	3	2
リジン	6	7	6	5
ヒスチジン	4	6	4	3
アルギニン	10	13	8	5
プロリン	80	33	90	91
合計	1,356	1,332	1,782	2,014

であった。

図13～15にアルギン酸とM/G比の月別変化を示した。スジメに含まれるアルギン酸は約28%でほとんど変化が無く、アイヌワカメは6月以降増加し、8、9月には36%となった。ウガノモクは他の2種類と比較して含有量は少なく、5、6月に最高で25%であった。M/G比はアイヌワカメが2.21～1.10、スジメは2.61～1.25、ウガノモクは1.28～0.68の変動があり、いずれも6月から7月にかけて急激に減少する傾向を示した。また、アルギン酸含有率とM/

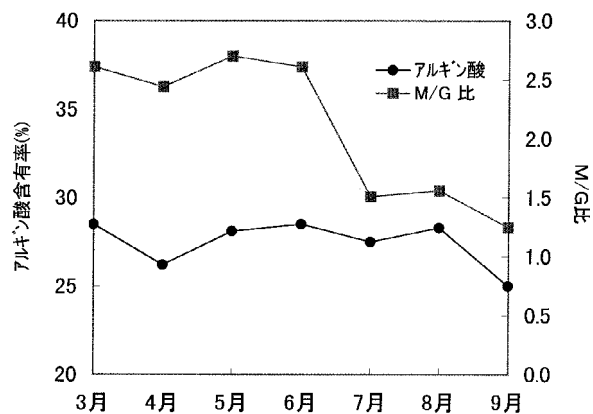


図13 スジメのアルギン酸含有率とM/G比の変化

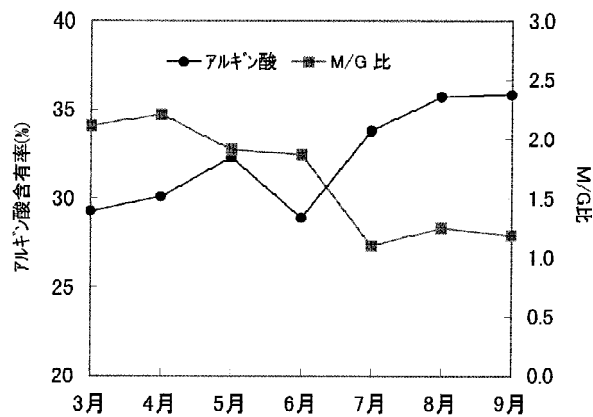


図14 アイヌワカメのアルギン酸含有率とM/G比の変化

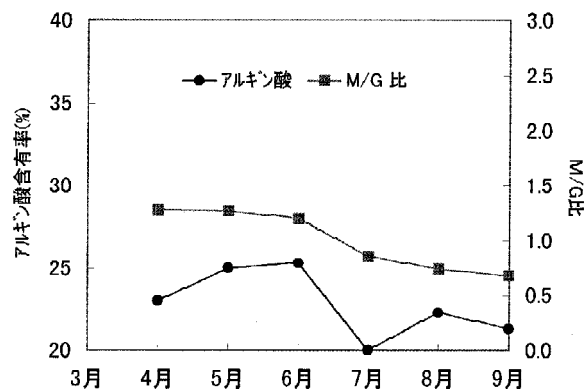


図15 ウガノモクのアルギン酸含有率とM/G比の月別変化

G比の時期的な変動には関係がみられなかった。

図16～18にマンヌロン酸(M)とグルロン酸(G)のブロック構成比を示した。スジメとアイヌワカメはMMブロックが多く、40%以上を占めていたが、ウガノモクのMMブロックは20～30%であり、MGブロックが40%以上を占めていた。一方、GGブロックは3種とも6月から7月にかけて増加がみられた。

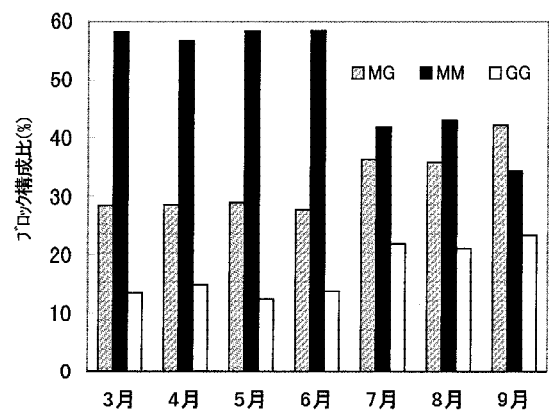


図16 スジメのMG,MM,GGブロック構成比の月別変化

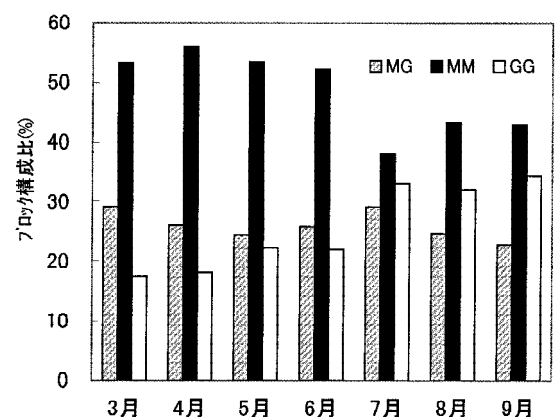


図17 アイヌワカメのMG,MM,GGブロック構成比の月別変化

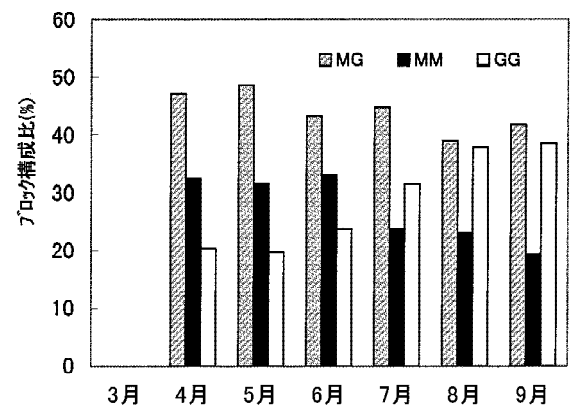


図18 ウガノモクのMG,MM,GGブロック構成比の月別変化

## 考 察

安井ら<sup>9)</sup>によって食用藻類の無機成分が調べられているが、スジメ、アイヌワカメ、ウガノモクも他の褐藻類同様、ナトリウムの多い海水中に生育しながらカリウムに富み、海水からナトリウムよりカリウムを選択的に蓄積していた。マグネシウムは緑藻類のアナアオサに多いことが知られているが、ウガノモクには他の褐藻類の分析値<sup>10)</sup>よりも特異的に多く含まれていた。近年、カルシウム不足に関心が持たれ、カルシウムの摂取量は増加しているものの、カルシウムと同時に必要なマグネシウムの摂取不足が指摘されている。したがって、ウガノモクはマグネシウムの供給源として有用である。

こんぶは一般的にだしとして利用されることが多いが、だしの主成分はグルタミン酸とマンニトールとカリウムであり、これらのバランスによって良いだしとなる<sup>11)</sup>。スジメ、アイヌワカメ、ウガノモクはいずれもグルタミン酸は市販のオニコンブの30%以下、マンニトールは約30%と少なく、逆にカリウムはオニコンブより多いことからこんぶと同様なだしとしての利用は望めなかった。

「四訂日本食品標準成分表」(科学技術庁資源調査会報告第87号)によると炭水化物成分のうち「繊維」以外は差し引きにより、すべて糖質として表記されている。近年、食生活の変化とともに食物繊維の重要性(便秘、肥満、動脈硬化、糖尿病の予防に有効)が認められており、これは上記四訂成分表の繊維と差し引き糖質の一部もしくは大部分を含むと考えられ、人の消化酵素で消化されない食品中の難消化成分の総体とされる。また、1994年に厚生省は第5次改定「日本人の栄養所要量」のなかで、食物繊維の1日あたりの目標摂取量を20~25g(10g/1000cal)と推奨している。本試験からスジメ、アイヌワカメ、ウガノモクのいずれも市販のオニコンブに比べ食物繊維量が多く、有望な供給源であると考えられる。

また、食物繊維の中で海藻に含まれる多糖類としては紅藻類のカラギーナンや褐藻類のアルギン酸、フコイダン、ラミナランなどがあるが、スジメ、アイヌワカメ、ウガノモクの食物繊維の大部分はアルギン酸であった。しかし、アルギン酸以外の食物繊維がアイヌワカメには25%、ウガノモクには35%も含まれており、フコイダンやラミナラン等が含まれている可能性があると思われる、今後検討する必要がある。

一方、スジメはアルギン酸含有量の変化が最も少ないことから、加工原料としては最も安定した試料であると考えられた。

アルギン酸はD-マンヌロン酸(M)とL-グルロン酸(G)からなる直鎖型ポリマーで、Mのみのブロック

(MM)、Gからなるブロック(GG)、MとGの混合ブロック(MG)の3種類が連結し、これらの配列によってアルギン酸の性質が多様化している。アルギン酸の特徴は2価のカチオンがGブロックのカルボキシル基に反応し、エッグボックス型の集合体になると考えられ、イオン結合によりゲルを形成する。ゲル強度はMとGの比率が大きく関与する<sup>12)</sup>といわれ、Gの多いアルギン酸塩はゲル強度が高く、Mが多い場合は柔らかいゲルを形成する<sup>13)</sup>。

これまで、養殖コンブの成長段階とM/G比との関連の調査は本谷ら<sup>14)</sup>によるものだけであるが、養殖コンブの場合も成長の最盛期に向けて増大したアルギン酸のM/G比は急激に減少した。

一般に褐藻類中のアルギン酸の生合成<sup>15)</sup>は、まず、マンヌロン酸から始まり、ついでエピメラーゼの作用でグルロン酸が生成する。よって、成長初期の段階ではマンヌロン酸が多いのでM/G比は大きいですが、成長終期にはグルロン酸が多くなるのでM/G比は小さくなる<sup>16)</sup>。今回用いた試料はブロック構成比からもわかるように7月にはMMブロックの減少とGGブロックの増加がみられ、また夏枯れを起こしていた状況からも成長の終期と考えられる。

また、ウガノモクはスジメやアイヌワカメと比較するとブロック構成比が異なり、M/G比が低く、同じホンダワラ科のイソモクと同様の結果が得られた<sup>17)</sup>。したがって、ウガノモクのアルギン酸ゲルはスジメやアイヌワカメとは異なる物性のゲルを形成することが示唆された。

## 要 約

釧路市沿岸で1996年3月~9月に採取した未利用褐藻類(スジメ、アイヌワカメ、ウガノモク)の原料性状を把握した。

1. 未利用褐藻類の主成分は食物繊維のアルギン酸と無機成分であった。
2. こんぶだしの主成分であるグルタミン酸は市販のオニコンブの30%で、だしとしての利用は望めなかった。
3. 食物繊維の主成分であるアルギン酸の月別変化はアイヌワカメが30~36%、スジメは28%前後、ウガノモクは20~25%であった。
4. アルギン酸を構成するマンヌロン酸(M)とグルロン酸(G)の比(M/G比)の月別変化はアイヌワカメが2.2~1.2、スジメは2.6~1.2、ウガノモクは1.2~0.6で6月から7月にかけて急激に減少した。
5. マンヌロン酸とグルロン酸のブロック構成比はスジメとアイヌワカメはMMブロックが多く、40%以上を占めていたが、ウガノモクのMMブロックは20~



30%であった。一方,GGブロックは3種とも7月以降増加の傾向がみられた。

6. アルギン酸含有率とM/G比の変化には関連が見られなかった。

## 謝 辞

本研究を行うにあたり御指導頂いた日本大学短期大学部安斎寛助教授に深く感謝申し上げる。

## 文 献

- 1) 名畑進一:ナガコンブ漁場での雑海藻駆除の重要性. 北水試だより. 13,6-12(1991)
- 2) 蛸谷幸司, 大堀忠志, 高橋玄夫, 絵面良男: 低温サイレージ発酵による未利用海藻からのアルギン酸オリゴ糖の生産. 北海道立水産試験場研究報告. 47,125-137 (1995)
- 3) 辻啓介: “ 五章. 海藻と健康・栄養 ”. 21世紀の海藻資源. 東京, 緑書房, 1996,99-111.
- 4) 科学技術庁資源調査会: “ 2-6分析方法 ”. 日本食品食物繊維成分表. 東京, 大蔵省印刷局, 1992, 7-8.
- 5) Cameron, M.C., A.G. Ross and E.G.V. Percival: Methods for the routine estimation of mannitol, alginic acid, and combined fucose in seaweeds. J.Soc.Chem. 67,161-164(1948)
- 6) Larsen, B: Handbook of Phycological Methods (Hellebust, J.A. and Craigie, J.S. ed). London, Cambridge Univ. Press, 1978, 181-188.
- 7) 瀬野信子, 河合由美子, 阿武喜美子: “ 3. 定量実験法 ”. 化学の領域増刊96号 ムコ多糖実験法. 東京, 南光堂, 1972, 85-125.
- 8) Nishide E., H. Anzai, N. Uchida and K. Nishizawa: Changes in M:G ratios of extracted and residual alginate fractions on boiling with water the dried brown alga *Kjellmaniella crassifolia* (Laminariales, Phaeophyta). Hydrobiologia. 326/327, 515-518(1996)
- 9) 安井明美, 小泉英夫, 堤忠一: 食用藻類の無機元素組成. 食総研報. 37, 163-173(1980)
- 10) 成田正直, 名畑進一, 船岡輝幸, 大堀忠志, 信太茂春: 道東産各種褐藻類の成分調査. 平成2年度北海道立釧路水産試験場事業報告書. 271-277(1991)
- 11) 小林久子: “ 7 マンニトール ”. 糖アルコールの新知識. 東京, 食品化学新聞社, 1996, 117-119.
- 12) 田淵徳一: アルギン酸利用の新しい展開. 月刊フードケミカル. 3, 45-52(1989)
- 13) 杉本眞一: アルギン酸の新機能と用途開発の現状. 月刊フードケミカル. 3, 85-93(1992)
- 14) Honya M., T. Kinoshita, M. Ishikawa, H. Mori and K. Nishizawa: Monthly Determination of Alginate, M/G Ratio, Mannitol, and Minerals in Cultivated *Laminaria japonica*. Nippon Suisan Gakkaishi 59, 295-299(1993)
- 15) Lin, T.Y. and W.Z.Hassid: Pathway of Alginic Acid Synthesis in the Marine Brown Alga, *Fucus gardneri* Silva. J.Biol.Chem. 241, 5284-5297(1966)
- 16) Haug, A., B.Larsen and E.Baardseth: Proceedings of the 6<sup>th</sup> International Seaweed Symposium (ed.by R.Margalef), Subsecretaria de La Marina Mercante, Madrid, 1969, 443-451.
- 17) 受田浩之, 飯田倫子, 沢村政義, 楠瀬博三: 各種褐藻から抽出されたアルギン酸の化学的性質とナトリウム結合能. 日本食品化学工学会誌. 43船, 569-574(1996)

# 異体類の餌料培養礁造成に関する予備的研究 - 餌料生物 (カナブツイソメ *Onuphis holobranchiata*) の行動に及ぼす底質粒径および流動の影響

櫻井 泉<sup>\*1</sup>, 瀬戸雅文<sup>\*1</sup>, 西川 潤<sup>\*2</sup>, 中尾 繁<sup>\*2</sup>

Preliminary Study on Artificial Reef of the Pleuronectid Fishes, Effects of Substrata and Water Flow on Behaviors of the Prey (Eunicid Worm *Onuphis holobranchiata*)

Izumi SAKURAI<sup>\*1</sup>, Masabumi SETO<sup>\*1</sup>, Jun NISHIKAWA<sup>\*2</sup> and Shigeru NAKAO<sup>\*2</sup>

The Eunicid worm *Onuphis holobranchiata* is very important prey for the Pleuronectid fishes. To evaluate physical cultivating condition of *O. holobranchiata*, we examined the behaviors of its burrowing, tube-building and feeding in response to particle size of the substratum and water flow. Worms buried most rapidly into sand when the substrata consisted of fine or very fine sand and the flow velocity with amplitude period of 6 sec was 15 cm/s. Although worms built their tubes actively in velocities of 15-35 cm/s, they stood upright in the tubes so as not to fall the tubes due to flow in velocities of 25-40 cm/s and were buried in sand in a velocity of 45cm/s. Furthermore, it was suggested that the feeding behavior was influenced by water flow.

キーワード：漁場造成，餌料生物，カナブツイソメ，潜砂行動，摂餌行動

## はじめに

近年，北海道では沿岸漁業の重要資源である異体類の栽培漁業を積極的に推進しており，ヒラメ *Paralichthys olivaceus* では1996年より人工種苗の大量放流が実施されている。また，マコガレイ *Pleuronectes yokohamae* およびマガレイ *P. herzensteini* では，それぞれ1994および1995年より種苗生産技術の開発が進められているほか<sup>1,2)</sup>，クロガシラガレイ *P. schrenki* では，人工受精卵によるふ化仔魚の放流を試みている地域もある<sup>3)</sup>。このような異体類を対象とした栽培事業を漁業生産に効率的に結びつけるには，放流種苗の生息場を確保するとともに，捕食からの保護や不合理漁獲の抑止によって初期減耗を抑える必要がある。また，ヒラメでは，十字礁に代表される保護育成礁が考案され<sup>4)</sup>，その造成事業が全国的に展開されている<sup>5-8)</sup>。

これら保護育成礁の機能としては，餌料生物の蛸集，好適生息環境の確保，捕食および不合理漁獲の抑止が考えられている<sup>9)</sup>。特に，餌料生物の蛸集は，礁の機能評価に

極めて重要な要素となっており，現在実用化されている十字礁は，ヒラメ種苗の餌料となるアミ類や小型魚類など浮遊・遊泳性動物の蛸集を目的に設計されている<sup>9)</sup>。一方，カレイ類は，多毛類，二枚貝類，端脚類およびクモヒトデ類などの底生動物を摂食することが知られているが<sup>10-12)</sup>，これら底生動物の蛸集や培養を目的とした保護育成礁は，今のところ見当たらない。

現在，著者らは，カレイ類を対象に餌料培養機能を備えた保護育成礁の開発を進めており，その一環として，道南太平洋沿岸のカレイ類未成魚は，餌料として多毛類のカナブツイソメ *Onuphis holobranchiata* を周年を通して選択的に利用していることを明らかにした<sup>13)</sup>。また，本種は，北海道太平洋沿岸の水深10m前後に広く分布することが確認されている<sup>14-17)</sup>。そこで本研究では，カナブツイソメの培養に適した物理的環境条件の解明を目的として，本種の行動に及ぼす底質粒径および流動の影響を実験的に検討したので，その結果を報告する。

報文番号 A316 (2000年2月3日受理)

\* 1 北海道立中央水産試験場(Hokkaido Central Fisheries Experimental Station, Yoichi, Hokkaido 046-8555, Japan)

\* 2 北海道大学水産学部(Faculty of Fisheries, Hokkaido University, Minato Hakodate, Hokkaido 041-0821, Japan)

## 材料および方法

### 1. 供試個体の採集および飼育

カナブツイソメ (Fig.1) は, 環形動物門多毛綱ナナテイソメ科に属し, 体長は6cm, 体幅は4mmに達する<sup>18)</sup>。また, 本種は, 一般には潮下帯~水深40mの砂泥底に分布し, 砂粒などを付着した膜状の棲管中に生息する<sup>19)</sup>。

本研究には, 1996年10月に北海道苫小牧沖の水深10m地点において採集されたカナブツイソメ (体長17~52mm) を使用した。採集時の水温は12.0 °Cであり, 底質は細砂~極細砂 (粒径0.063~0.125mm) であった。市販の珪砂 (中央粒径値0.1mm) を約15cmの厚さに敷き, 水温を12 °Cに調温した水槽内において, 供試個体を無給餌で約1週間飼育し, 後述する実験環境に馴致した。なお, 本研究には, 北海道余市沖で取水した濾過海水 (塩分濃度33~34psu) を使用した。

### 2. 実験手順

本種の潜砂行動に及ぼす底質粒径の影響を検討するため, スチロール製水槽 (容量15 L) 6基にそれぞれ市販の粗砂 (粒径0.5~1.0mm), 中砂 (粒径0.25~0.5mm), 細

砂 (粒径0.125~0.25mm), 極細砂 (粒径0.063~0.125mm), 極細砂にシルトを10および20%添加した砂を厚さ15cmになるように敷き, 水温12 °Cの濾過海水を注入した。次いで, 各水槽に棲管を剥離した供試個体を各々の個体が潜砂時に触れ合わないよう10~15個体ずつ収容し, これらが潜砂行動を開始するまでの時間 (潜砂反応時間:  $t_s$ ) および砂中に完全に埋没するまでの時間 ( $t_e$ ) を個体ごとにストップウォッチで計測した。

本種の潜砂行動に及ぼす流動の影響の検討には, 長さ1m, 幅0.3mおよび深さ0.35mの観測水路を持つ鉛直循環式振動流水槽を使用した (Fig.2)。この水槽は, パーソナルコンピュータ上の制御プログラムが下部中央に内蔵されているプロペラの回転数および方向を調節することによって, 水路内に種々の流速振幅および周期を持つ振動流を発生できる仕組みになっている。この水槽の観測水路内に先述の細砂を15cmの厚さに敷き, 濾過海水を満たした後, 水温を12 °Cに調温し, 後述する条件の振動流を起こした。次いで, この水槽に供試個体を10~15個体ずつ投入し,  $t_s$ および $t_e$ を個体ごとにストップウォッチで計測した。振動流の条件は, 周期6秒で流速振幅5, 10, 15, 20, 25および30cm/sとした。また, 流速振幅の値は, 水

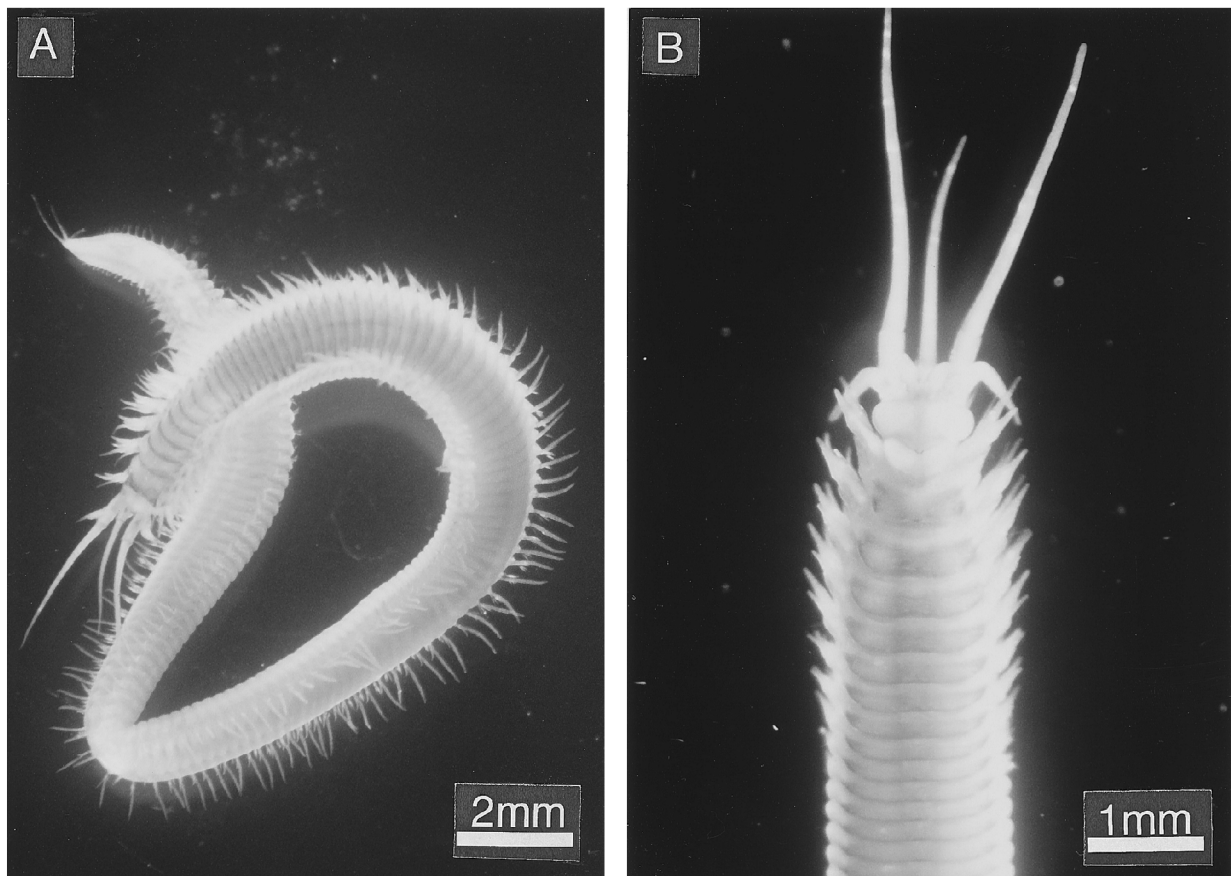


Fig.1 Photograph of *Onuphis holobranchiata* Marenzeller (A) and its anterior end, dorsal view (B).

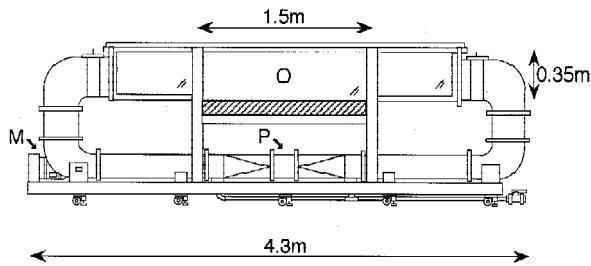


Fig.2 Schematic diagram of vertical circulating water channel (C.W.C.). M:variable speed motor, P: propeller built-in space, O: observation unit wherein shaded portion represents sand.

路中心部（砂面上15cm）の最大値とし、電磁流速計（Kenek社製）を用いて計測した。

底質粒径および流動に対する本種の潜砂能力の評価には、 $t_s$ （秒）および潜砂速度  $V$ （mm/s）を用いた。 $V$ の算出には、以下の式を用いた。

$$V = BL / (t_e - t_s)$$

ここでBLは、体長（mm）であり、供試個体を実験終了後に5%ホルマリン海水で固定した後、実体顕微鏡下で計測した値を用いた。また、各底質粒径および流動条件に対する測定値の差の検定には、Kruskal-WallisおよびDunn検定を適用した。

本種の棲管形成・維持行動に及ぼす流動の影響を検討するため、先述の底質粒径および水温条件に設定した振動流水槽の観測水路内に、16個体のカナブツイソメを潜砂させた後、流速振幅5～45cm/s（周期6秒）の振動流を5Tcm/s刻みで30分ずつ起こし、この間に観察される本種の行動の特徴を記録した。また、本種の摂餌行動に及ぼす流動の影響を検討するため、振動流を起こした水槽内に餌料を投入し、これを捕捉できる個体を計数した。なお、餌料には、ウバガイ *Pseudocardium sachalinensis* の閉殻筋を約1mm角に刻んだ肉片を用いた。

## 結果および考察

本研究において観察されたカナブツイソメの潜砂過程をFig.3に示した。水槽内に投入されたカナブツイソメは、底質上を匍匐した後（Fig.3-A）、頭部を砂面に差し込み、潜砂行動を開始した（Fig.3-B）。そして、本種は、体が完全に埋没するまで砂中に潜入した後、潜入位置とは異なった場所に頭部を突き出し（Fig.3-C）、潜砂行動を終了した。

以上の潜砂過程において、カナブツイソメの潜砂行動に及ぼす底質粒径および流動の影響を明らかにするため、本研究では潜砂反応時間および潜砂速度を算出した。上

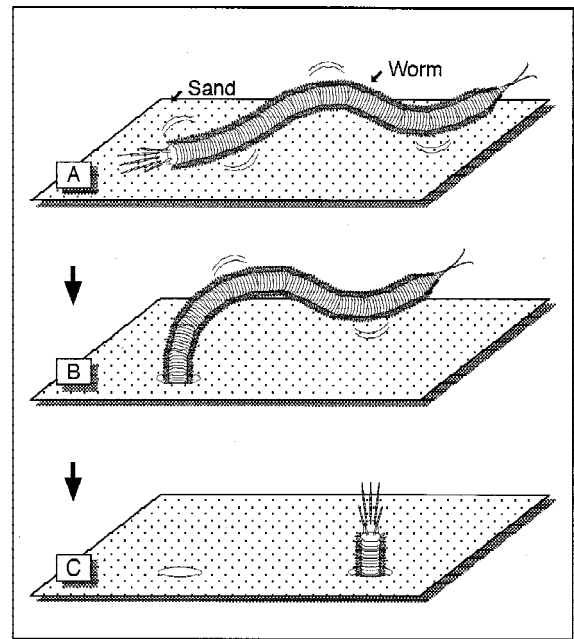


Fig.3 Diagrammatic representation of burrowing behavior of *Onuphis holobranchiata*. The behavior was classified as follows: A) crawling on sand, B) burrowing into sand, and C) nesting after sticking the head out of sand.

述の行動のうち、カナブツイソメが水槽内に投入されてから潜砂を開始するまでの行動は、本種が周辺の環境を感知するとともに、潜砂のための底質を選択し、潜砂への準備を整える意義を持つものと推察される。したがって、この過程を計測した潜砂反応時間は、カナブツイソメの潜砂に対する応答性と底質選択の敏捷性の両側面を捉えた指標と考えられる。また、潜砂速度は、カナブツイソメの砂中への潜入能力と各底質粒径および流動条件下における本種の活力の両側面を運動性として捉えた指標と考えられる。そこで、粗砂、中砂、細砂、極細砂、10%および20%シルト含有砂に対するカナブツイソメの潜砂反応時間および潜砂速度をみると（Fig.4）、潜砂反応時間は、細砂より細かい粒径の底質で有意に短く、潜砂速度は、細砂～極細砂で最大になる傾向が認められた（いずれも $P < 0.05$ ）。また、流速振幅5～30cm/sに対する本種の潜砂反応時間および潜砂速度をみると（Fig.5）、潜砂反応時間は、30cm/sで有意に長く、潜砂速度は、15cm/sで最大になる傾向が認められた（いずれも $P < 0.05$ ）。したがって、カナブツイソメは、底質粒径が細砂～極細砂で構成され、周期6秒時の流速振幅が15cm/sの環境下において、最も速く潜砂することが示唆された。なお、このような本種の潜砂に適した底質粒径は、本種が分布する海域の粒径組成<sup>14-17)</sup>とも良く一致している。底質の粒径組成は、波浪や流れによる底質への長期累積的な影響を

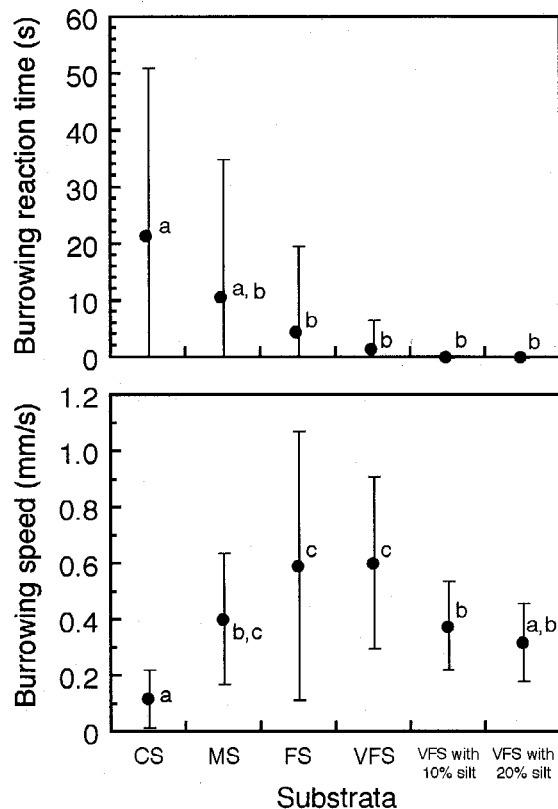


Fig.4 Burrowing reaction time (upper) and burrowing speed (lower) of *Onuphis holobranchiata* in several particle size of substratum. Burrowing reaction time indicates the time when the worm starts to burrow into the sand after setting it on the bottom. Burrowing speed is given by body length / (te-ts), where ts and te are time that the worm starts and ends to burrow into the sand, respectively. CS, MS, FS and VFS represent coarse, medium, fine and very fine sand, respectively. Each value denotes the mean with standard deviation indicated by a vertical bar. Values identified with the same roman letter are not significantly different.

反映しているので、カナブツイソメの生息域は、流動条件により規定されているものと考えられる。

流動環境下で観察されたカナブツイソメの特徴的な行動をFig.6に示した。本種は、砂面に形成された巣穴から体を頻繁に出し入れすることによって、体表から分泌した粘液状の膜に水中を浮遊する砂粒を付着させ、棲管を形成した (Fig.6-A)。この棲管は、体の鉛直運動によって常に上方へ伸長し続けるが、カナブツイソメは、伸長した棲管を切断することによって、適当な長さを維持する行動を示した。また、流れが強くなると、棲管は振動

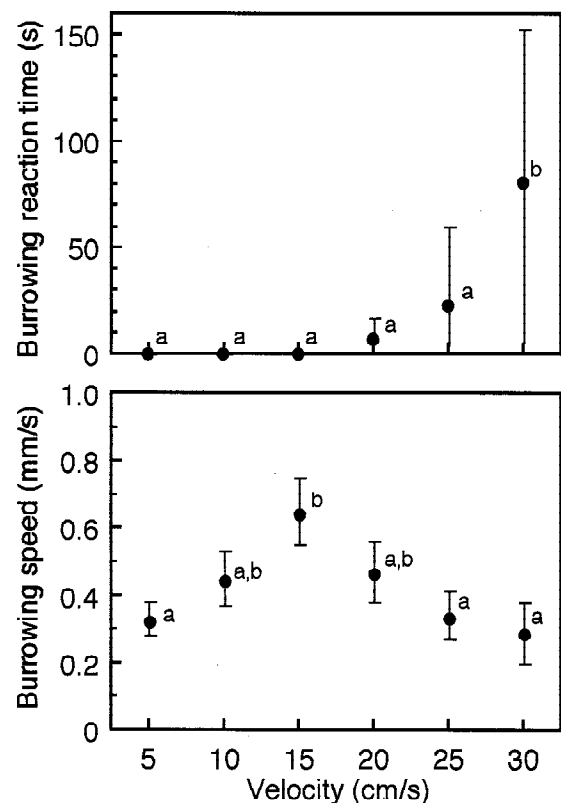


Fig.5 Burrowing reaction time (upper) and burrowing speed (lower) of *Onuphis holobranchiata* in several velocities with amplitude period of 6 sec. Burrowing reaction time and burrowing speed are the same as in Fig. 4. Each value denotes the mean with standard deviation indicated by a vertical bar. Values identified with the same roman letter are not significantly different.

流の方向に転倒するが、このような状況に対してカナブツイソメは、棲管が倒れないように管内で直立する行動や (Fig.6-B)、棲管の直立維持を放棄して砂中に隠れる行動 (Fig.6-C) を示した。

以上の行動は、カナブツイソメが流動環境下において生活基盤である棲管を維持・形成するとともに、流れによる物理的攪乱から回避する過程を捉えたものと推察される。そこで、カナブツイソメの棲管維持・形成行動と流動の関係を明らかにするため、棲管形成行動を示した個体の割合、棲管内で直立した個体の割合および砂中に隠れた個体の割合を算出し、流速振幅ごとに整理した (Fig.7)。棲管形成行動を示した個体の割合は、流速振幅の上昇に伴って、5~15cm/sでは増加し、15~35cm/sでは横ばい状態が続いたが、40cm/sでは減少に転じ、45cm/sでは棲管形成行動を示す個体は認められなくなった。また、直立個体の割合は、流速25cm/sより増加し、流速

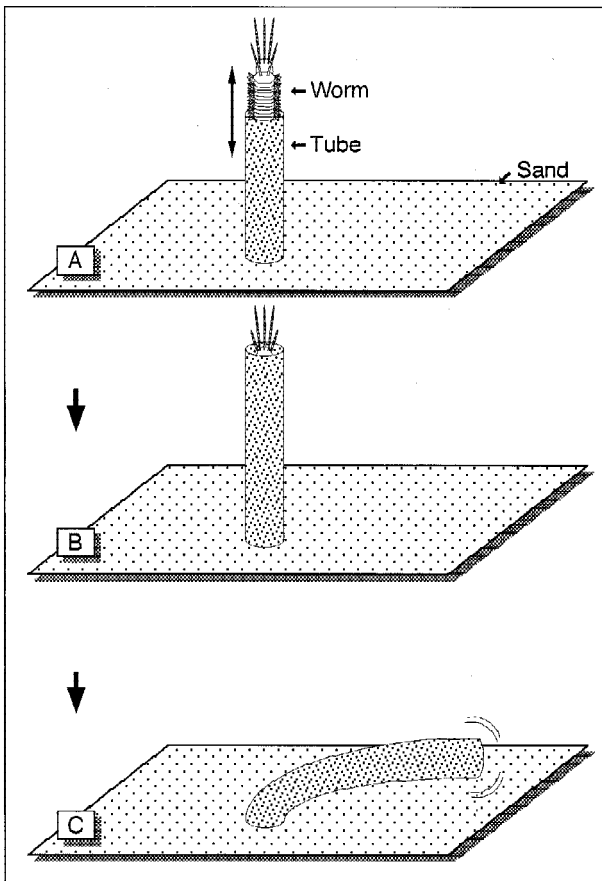


Fig.6 Diagrammatic representation of characteristic behavior of *Onuphis holobranchiata* in fluid condition. The behavior was classified as follows: A) building a tube on sand, B) keeping the tube to stand upright so as not fall it due to flow, and C) being buried in sand.

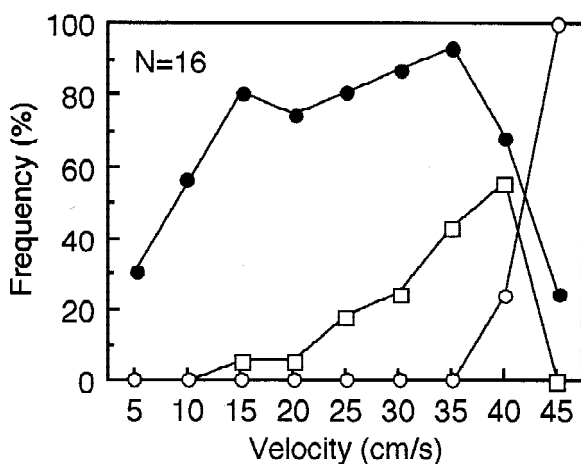


Fig.7 Ratio of number of *Onuphis holobranchiata* that had built a tube (solid circle), had stood in the tube (open square) and had been buried in sand (open circle) in several velocities with amplitude period of 6 sec.

40cm/sで最大になった。さらに、砂中に隠れた個体の割合は、流速40cm/sより増加し、流速45cm/sではすべての個体が潜砂した。したがって、カナブツイソメは、振動周期6秒の流れに対して、流速15～35cm/sの範囲では盛んに棲管形成活動を行うとともに、流速25cm/s以上では流れに対して棲管を直立に維持する行動をとると考えられる。また、カナブツイソメは、流速45cm/s以上では棲管の維持・形成を放棄して砂中に隠れてしまうことから、このような流動条件が持続する環境下では、本種の生息は困難なことが示唆される。

流動環境下で観察されたカナブツイソメの摂餌過程をFig.8に示した。水槽内に餌を投入すると、カナブツイソメは、体の一部を棲管に入れた状態で砂面上を匍匐しながら餌を探索し (Fig.8-A), 砂面上を浮遊する餌を感触手を使って捕捉した後 (Fig.8-B), これを棲管内に引き込んだ (Fig.8-C)。また、本種は、餌が管口で詰まった場合には、この状態で摂食を開始した。したがって、以上の摂餌様式から判断すると、カナブツイソメは、海底

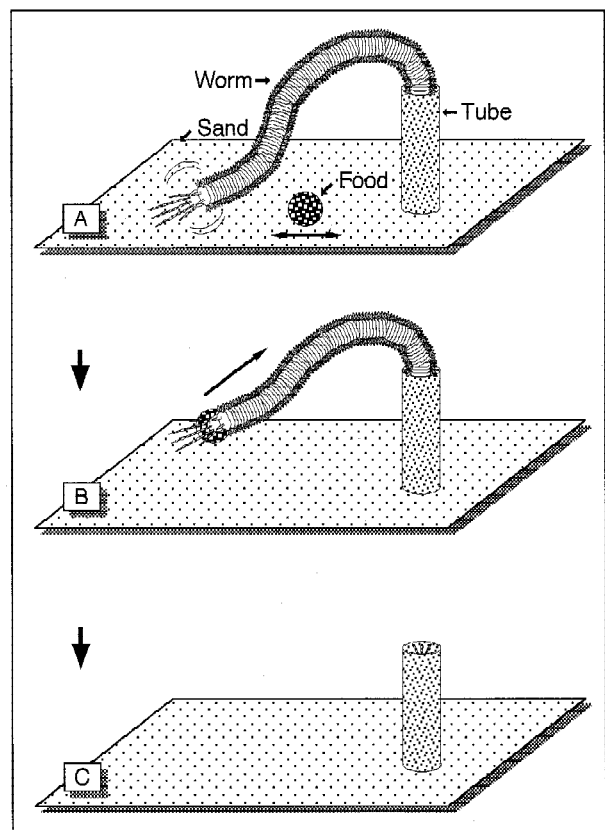


Fig.8 Diagrammatic representation of feeding behavior of *Onuphis holobranchiata* in fluid condition. The behavior was classified as follows: A) crawling on sand and foraging for food, B) catching food and dragging it into the tube, and C) feeding in the tube.

上に堆積あるいは浮遊する粒状有機物を摂食する表層堆積物食者に位置付けられる。

次に、カナブツイソメの摂餌行動と流動の関係を明らかにするため、索餌行動を示した個体の割合、および餌を捕捉し、摂食できた個体の割合を流速振幅ごとに求めた (Fig.9)。その結果、流速10~30cm/sでは、すべてのカナブツイソメが索餌行動を示すとともに、流速10~15cm/sでは、80%の個体が餌の捕捉・摂食に成功した。しかし、流速20cm/s以上になると、餌を捕捉できる個体の割合は急激に低下し、流速30cm/sでは、すべての個体が餌を捕捉することができなかった。ただし、水中における餌粒子の挙動は、その形状や比重によって異なるので、本研究で用いた約1mm角の肉片に対する摂餌の成功性と流速の関係は、必ずしも野外での摂餌の実態を反映しているとは言えない。しかし、カナブツイソメの摂餌が流動の影響を強く受けていることは明らかと思われる。

一方、ツバサゴカイ科の一種 *Spiochaetopterus oculatus* では、流速の上昇に伴って、食性を堆積物食から懸濁物食に切り替えることが報告されている<sup>20)</sup>。このような食性の変化は、餌の存在様式が流れに依存する粒状有機物食性の底生動物にとっては、生息域の拡大に貢献するものと考えられる。本研究の結果、カナブツイソメは、流速30cm/sまでは堆積物食性を示したが、流速30~40cm/sの範囲では棲管内で直立する個体の割合が増加した。この行動は、先述のように流れに対する棲管の維持行動と考えられるが、懸濁物を捕捉するために棲管内で静止していた可能性も考えられる。本種の流れに対する

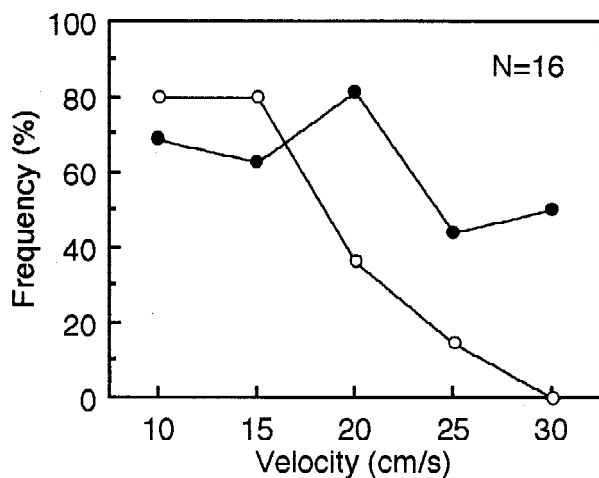


Fig.9 Ratio of number of *Onuphis holobranchiata* that had foraged for food (solid circle) and had been able to feed it (open circle) in several velocities with amplitude period of 6 sec.

食性の変化については、今後検討する必要がある。ただし、すべての個体が棲管内に隠れた流速45cm/s以上では、本種は摂餌活動を停止するものと考えられる。

本研究では、カナブツイソメの生息に適した物理的環境条件を明らかにするため、本種の潜砂、棲管の維持・形成、および摂餌行動に及ぼす流動の影響を調べた。また、潜砂行動については、底質粒径の影響も検討した。その結果、カナブツイソメの生息には、迅速な潜砂が可能な細砂~極細砂で底質が構成され、棲管の維持・形成および摂餌行動に支障を来す流速45cm/s以上の流動条件 (振動周期6秒時) が持続しない海底環境が適すると考えられた。今後は、上述の環境条件を造成するために必要な礁の構造を明らかにするとともに、カレイ類の種苗放流計画に合わせた礁の設置場所の検討が課題となる。また、カナブツイソメの生活史および個体群動態を把握し、効率的な培養手法を明らかにする必要がある。

## 要 約

カレイ類を対象とした餌料培養礁開発事業の一環として、餌料生物 (カナブツイソメ) の生息に適した物理的環境条件を明らかにするため、本種の潜砂、棲管の維持・形成および摂餌行動に及ぼす底質粒径と流動の影響を実験的に検討した。得られた結果は、以下の通りである。

1. 本種は、底質粒径が細砂~極細砂で、周期6秒時の流速振幅が15cm/sの条件下において最も速く潜砂した。
2. 本種は、周期6秒の振動流に対して、流速15~35cm/sの範囲では盛んに棲管形成活動を行うとともに、流速25cm/s以上では流れに対して棲管を直立に維持する行動を示したが、流速45cm/s以上では棲管の維持・形成を放棄して砂中に隠れた。
3. 本種の摂餌行動は、流動の影響を強く受けることが示唆された。
4. 本種の生息には、迅速な潜砂が可能な細砂~極細砂で底質が構成され、棲管の維持・形成および摂餌行動に支障を来す流速45cm/s以上の流動条件 (振動周期6秒時) が持続しない海底環境が適と考えられた。

## 謝 辞

本報告にあたり、標本の採集にご協力いただいた苫小牧漁業協同組合理事の澤口照美氏、並びに実験にご協力いただいた北海道大学水産学部の川上雅弘氏 (現北海道警察) に深く感謝いたします。

## 文 献

- 1) 城野草平, 高島信一: 栽培漁業技術開発試験研究. 平成6年度北海道立栽培漁業総合センター事業報告書, 8-11 (1995).
- 2) 杉本 卓, 森 立成, 川真田憲治: 栽培漁業技術開発試験研究. 平成7年度北海道立栽培漁業総合センター事業報告書, 5-7 (1996).
- 3) 横山信一, 田中正幸: クロガシラガレイのふ化に及ぼす水温と塩分の影響. 北水試研報. 48, 1-7 (1996).
- 4) 鳥取県水産試験場: 昭和50年度大規模増殖場開発事業調査報告書. 42pp. (1976).
- 5) 中谷英明: 鳥取県における事例と課題. 水産工学研究集録, 3, 41-48 (1997).
- 6) 鎌田 稔: 山形県における事例と課題. 水産工学研究集録, 3, 49-55 (1997).
- 7) 大野宣和: 岩手県における事例と課題. 水産工学研究集録, 3, 57-59 (1997).
- 8) 早瀬賢司: 新潟県における事例と課題. 水産工学研究集録, 3, 61-65 (1997).
- 9) 高木儀昌, 木元克則: ヒラメ増殖場の役割・造成適地の選定と構造物に求められる機能. 水産工学研究集録, 3, 73-80 (1997).
- 10) S. Hayase and I. Hamai: Studies of feeding habits of three flatfishes, *Cleisthenes pinetorum herzensteini* (Schmidt), *Hippoglossoides dubius* (Schmidt) and *Glyptocephalus stelleri* (Schmidt). *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.* 25 (2), 82-99 (1974).
- 11) 高橋豊美, 前田辰昭, 土屋康弘, 中谷敏邦: 陸奥湾におけるマガレイおよびマコガレイの分布と食性. 日水誌. 53 (2), 177-187 (1987).
- 12) R. N. Gibson: Impact of habitat quantity on the recruitment of juvenile flatfishes. *Neth. J. Sea Res.* 32, 191-206 (1994).
- 13) 西川 潤, 園田 武, 櫻井 泉, 瀬戸雅文, 中尾 繁: 苫小牧沿岸域における底生魚類群集の食性とマクロベントス. 日水誌. 66 (1), 33-43 (2000).
- 14) 高丸禮好, 中尾 繁: 北海道東部, 浜中湾および琵琶瀬湾におけるホッキガイ漁場の底生動物群集. 北水試研報. 24, 51-58 (1982).
- 15) 高丸禮好, 河野象威: 根室市落石海域におけるホッキガイ漁場の底生動物群集. 北水試月報. 42, 195-202 (1985).
- 16) 高丸禮好, 佐々木敏行: 北海道東部, 友知湾におけるホッキガイ漁場の底生動物群集と底質環境. 北水試月報. 42, 273-279 (1985).
- 17) 櫻井 泉, 宮本建樹, 高橋和寛: 北海道苫小牧沿岸におけるホッキガイ漁場の環境特性と二枚貝幼稚貝の分布. 北水試研報. 36, 39-59 (1991).
- 18) 岡田 要: 新日本動物図鑑(上). 東京, 北隆館, 1965, 510pp.
- 19) 内田紘臣: “環形動物門多毛綱ナナテイソメ科”. 原色検索日本海岸動物図鑑(・), 西村三郎編, 大阪, 保育社, 1992, 339-340.
- 20) E. J. Turner and D. C. Miller: Behavior of a passive suspension-feeder (*Spiochaetopterus oculatus* (Webster)) under oscillatory flow. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 149, 123-137 (1991).



## シラウオの遊泳速度 (短報)

山口幹人<sup>\*1</sup>, 高谷義幸<sup>\*2</sup>

Swimming speeds of Shirauo (*Salangichthys microdon*)

Motohito YAMAGUCHI<sup>\*1</sup> and Yoshiyuki TAKAYA<sup>\*2</sup>

キーワード: シラウオ, スタミナトンネル法, 臨界遊泳速度

シラウオ (*Salangichthys microdon*) は遡河回遊魚とされてきた<sup>1)</sup>が, 近年, 汽水湖や河川下流域から河口周辺にかけての汽水域で生活史を完結させる汽水魚であることが示された<sup>2)</sup>。筆者らは, 広塩性を持つ<sup>2)</sup>シラウオが塩水楔や潮汐の影響の及ぶ感潮域より上流に分布しないのは, 流れを遡行する能力が低いためと考えている。

しかしながらシラウオの遊泳速度に関する知見はほとんどない<sup>3)</sup>。また流れを遡行する能力は, かなり長時間遊泳を維持できる速度の中で最大の速度である耐久速度<sup>4)</sup>で示される。そこでスタミナトンネル法<sup>5)</sup>によって耐久速度の一つである臨界遊泳速度<sup>6)</sup>を求めた。

### 材料及び方法

1996年5月13日に北海道後志管内余市川河口 (表層水温9.8, 表層塩分8.8PSU, 底層水温10.1, 底層塩分32.0PSU) において, シラウオ成魚101個体を採集し, 水温10.0, 塩分約33PSUの濾過海水を満たした円形1トン水槽に収容した。翌日, この水槽から任意に取り出し

た10個体を1個体ずつ, 水温8.7の濾過海水を満たした回流水槽 (Fig. 1) に収容し, 耐久速度試験を行った。試験は初期流速を15cm/sとし, 10分毎に5cm/sずつ流速を増加させた (流速はkenek社製電磁流速計で計測)。なおシラウオに走光性があることから, 遊泳方向を限定し, 同時に水槽観察部の透明壁への衝突を軽減させる目的で, 前方からの投光を行った。供試魚が水槽観察部の後端のネットに張り付いて遊泳不能となった流速 (V) とその流速段階における遊泳不可能となるまでの時間 (T) を記録した。そして耐久速度として, 10分間の臨界遊泳速度<sup>6)</sup> (Critical Swimming Speed, CSS =  $(V-5) + 5 \times (T/600)$ ) を求めた。実験終了後, 各個体の性別判定および体長 (BL: 下顎端~肉質部末端) と体重の測定を行い, CSSと体長の比<sup>4)</sup> (CSS/BL) を求めた。

### 結果と考察

10分間の臨界遊泳速度 (CSS) の最大値は21.0cm/s, 最小値は11.3cm/s, 平均値は16.8cm/sであった (Table 1)。またCSSに雌雄間の有意差は認められなかった (t検定:  $p > 0.05$ )。今回得られた臨界遊泳速度の範囲が, 遊佐ら<sup>3)</sup>のシラウオが遊泳行動をとる最適流速10~20cm/sおよび止水中の遊泳速度7.0~19.1cm/s (山口ほか, 未発表) と大きく異なっていないことから, シラウオの耐久速度は通常の遊泳速度に近いことが示唆された。またシラウオ成魚の耐久速度は, 遡河回遊するベニザケの51.5cm/s (体長7.7cm) ~ 143.0cm/s (体長53.9cm)<sup>7)</sup>に比べて格段に遅いと言える。

CSS/BLの最大値は2.8BL/s, 最小値は1.5BL/s, 平均値は2.1BL/sであった。一般に魚類の耐久速度は2~3BL/s, ニシンやサケ科魚類で3~4BL/sとされている<sup>4)</sup>。今回得ら

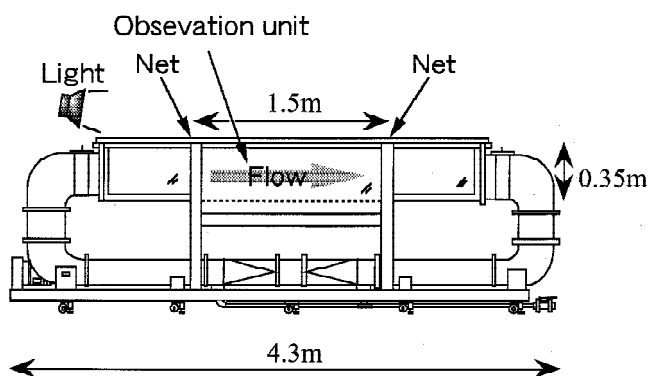


Fig.1 Vertical circulating water channel.

報文番号 A 317 (2000年2月3日受理)

\* 1 北海道立中央水産試験場 (Hokkaido Central Fisheries Experimental Station, Yoichi, Hokkaido 046-8555, Japan)

\* 2 北海道立函館水産試験場室蘭支場 (Muroran Branch, Hokkaido Hakodate Fisheries Experimental Station, Funami-cho, Muroran, Hokkaido 051-0013, Japan 前: 北海道立中央水産試験場)

Table 1 Results of examinations for Critical Swimming Speed(CSS).

N o.	S E X	B L (cm)	B W (g)	V (cm/s)	T (s)	C S S (cm/s)	C S S / B L (BL/s)
1	♂	7.5	1.3	15	180	11.5	1.5
2	♀	7.9	1.4	20	330	17.8	2.2
3	♀	8.1	1.5	25	50	20.4	2.5
4	♂	7.6	1.5	25	120	21.0	2.8
5	♂	7.9	1.7	25	120	21.0	2.6
6	♂	7.8	1.3	15	150	11.3	1.5
7	♂	7.7	1.3	15	260	12.2	1.6
8	♂	7.8	1.7	20	300	17.5	2.2
9	♂	7.7	1.5	20	330	17.8	2.3
10	♀	8.4	1.8	20	330	17.8	2.1

V: The speed when the fish gave out.

T: Fatigue time at the speed V.

CSS = (V-5)+5 × (T/600)

れた平均値2.1BL/sはこの下限に近く, シラウオの耐久速度は, 体長に対する比率でも遅いと思われる。このことは, シラウオの体型が遊泳速度において理想的な紡錘型<sup>7)</sup>からはずれており, また耐久力に優れた赤色筋<sup>7)</sup>を持たないことから伺える。

以上, シラウオは耐久速度からも遡河回遊魚ではないことが示唆され, 汽水域内の移動についても遊泳力を補うために塩水楔や潮汐による流れを利用している<sup>8-10)</sup>ものと推察される。

8) 桑村勝士: 由良川河口域に出現するシラウオ (*Salangichthys microdon*) の生活史. 京都大学農学部修士論文, 1993, 19 p

9) 山口幹人, 藤岡崇, 渡辺安廣(1998) 1. シラウオ資源調査 平成8年度北海道立中央水産試験場事業報告書 315-324

10) 山口幹人, 藤岡崇: 石狩川水系におけるシラウオの本流と三日月湖間の移動 その2. 平成10年度日本水産学会春季大会講演要旨集, 1998, 74

## 文 献

- 1) 田中 克, 落合 明: “37・2シラウオ”. 新版魚類学(下). 恒星社厚生閣, 1986, 475-477.
- 2) 猿渡敏郎: “シラウオ - 汽水域のしたたかな放浪者”. 川と海を回遊する淡水魚 - 生活史と進化 -. 東海大学出版会, 1994, 74-85.
- 3) 遊佐多津雄, 頼 茂, 長峰良典: 青森県高瀬川におけるシラウオ *Salangichthys microdon* BLEEKER の生態に関する調査報告, 社団法人日本水産資源保護協会, 1980, 14 p
- 4) 塚本勝巳, 梶原 武: 魚類の遊泳速度と遊泳能力. 水産土木, 10(1), 31-36(1973)
- 5) 中村幸雄, 渡辺幸彦, 土田修二: 新しい遊泳能力測定装置による海産魚類の遊泳能力の評価. 海洋生物環境研究所研究報告. No. 91203, 1991, 33 p
- 6) J. R. Brett The Respiratory metabolism and swimming performance of young sockeye salmon. J. Fish. Res. Bd. Canada, 21(5), 1183-1226(1964).
- 7) 井上 実: “4. 遊泳行動”. 魚の行動と漁法. 恒星社厚生閣, 1978, 148-174.

# 北海道・サハリン周辺海域のスケトウダラ *Theragra chalcogramma* の集団構造 (英文)

水野政巳, 小林敬典, 松石 隆, 前田圭司, 斉藤憲治

北海道・サハリン周辺海域のスケトウダラ *Theragra chalcogramma* の集団構造について明らかにするため、ミトコンドリアDNA(mtDNA)の制限酵素断片長多型解析(7標本196個体)を行った。

制限酵素は11種類を用い、そのうち10種類については、標本間・標本内で多型がみられた。分析した7標本のうち、サハリン東方海域の標本は他の標本とハプロタイプの出現頻度に有意差が認められ、遺伝的な独立性が推定された。ただし、全般に塩基置換率が低く、そのほかの標本には差がみられなかった。

このことから、北海道・サハリン周辺のスケトウダラのうち、サハリン東方に、遺伝的な独立性が高い別系統群が存在することが推定された。しかし、mtDNAの塩基置換率が低かったことから、北海道・サハリン周辺のスケトウダラ群の間では、遺伝的な分化が進んでいないか、あるいは遺伝的な交流が起きていると推定された。

A313 北水試研報 57 1-8 2000

# ヒラメ稚魚飼料におけるホタテガイ副産物ミールの利用

麻生真悟, 北川雅彦, 齊藤節雄, 森 立成

ヒラメ稚魚飼料へのホタテガイ副産物ミール(SVM)の利用性を検討した。魚粉をタンパク質源とする対照飼料(0SVM)と、0SVMのタンパク質の10%と20%をSVMで置換した飼料(10SVM, 20SVM)とを、開始時平均体重0.25gのヒラメ稚魚に飽食量給餌し、水温17 - 22℃で、8週間飼育した。その結果、飼育終了時の20SVM区の終了時平均体重は、0SVM区と同様で、体成分と血液性状に差は認められなかった。したがって、SVMはヒラメ稚魚飼料中の魚粉タンパク質の20%を代替できることが明らかになった。

A314 北水試研報 57 9-13 2000

# 未利用褐藻類の原料性状について

宮崎亜希子, 辻 浩司, 大堀忠志, 西 紘平

スジメ、アイヌワカメ、ウガノモクを食品素材化するための基礎資料として、一般成分、食物繊維、ミネラル、旨味成分について調べた。

主成分は食物繊維のアルギン酸と無機成分であり、アルギン酸の月別変化はアイヌワカメが30~36%、スジメは28%前後、ウガノモクは20~25%であった。アルギン酸を構成するマンヌロン酸(M)とグルロン酸(G)の比(M/G比)の月別変化はアイヌワカメが2.2~1.2、スジメは2.6~1.2、ウガノモクは1.2~0.6で6月から7月にかけて急激に減少した。アルギン酸とM/G比の変化には関連が見られなかった。こんぶだしの主成分のグルタミン酸は市販のオニコンブの30%で、だしとしての利用は望めなかった。

A315 北水試研報 57 15-22 2000

# 異体類の餌料培養礁造成に関する予備的研究 - 餌料生物(カナブツイソメ *Onuphis holobranchiata*)の行動に及ぼす底質粒径および流動の影響

櫻井 泉, 瀬戸雅文, 西川 潤, 中尾 繁

カレイ類の餌料培養に適した物理的環境条件を明らかにするため、餌料生物(カナブツイソメ)の潜砂、棲管維持・形成および摂餌行動に及ぼす底質粒径および流動の影響を調べた。本種は、底質粒径が細砂~極細砂で、流速が15cm/sの条件下で最も速く潜砂した。また、本種は、棲管の維持・形成活動を流速15~35cm/sでは盛んに行ったが、流速45cm/s以上では放棄した。さらに、本種の摂餌行動は、流動の影響を強く受けることが示唆された。

A316 北水試研報 57 23-29 2000

北海道立水産試験場研究報告 第57号

---

2000年3月31日 発行

編集兼  
発行者

北海道中央水産試験場

〒046-8555 北海道余市郡余市町浜中町238

電 話 総合案内 0135(23)7451 (総務課)

図書案内 0135(23)8705 (企画情報室)

F A X 0135(23)3141

Hamanaka-cho 238, Yoichi-cho, Hokkaido 046-8555, Japan

印刷所 (株) 総 北 海 札幌支社

〒001-0030 札幌市北区北30条西5丁目

電話 (011)757-6995

---