

漁港外郭施設周辺に形成された落ち葉堆積場の稚魚の餌場としての重要性

櫻井 泉*, 神田康博¹, 宮崎弘樹¹

Ecological significance of leaf litter piles around fishing port breakwaters as feeding areas for juvenile fish

Izumi SAKURAI, Yasuhiro KANDA and Hiroki MIYAZAKI

School of Biological Science, Tokai University

Sapporo Hokkaido 005-8601, Japan

Abstract

In this study, we examined macrobenthos communities in leaf litter piles around Chiwase fishing port breakwaters that were constructed at the outlets of small rivers along the coast of Chiwase and Nagatoyo wards in Shimamaki, southwestern Hokkaido, Japan. We compared macrobenthos communities in the leaf litter piles with those in the surrounding sandy bottom and in a *Sargassum* bed around the breakwaters of a fishing port in Suttsu, which is adjacent to Shimamaki. We also evaluated the food habits of juvenile fish around the breakwaters. Thirty-four macrobenthos species belonging to six phyla were found in the litter piles and sandy bottoms around the Chiwase fishing ports, and in the *Sargassum* bed and sandy bottom around Suttsu fishing port during April, June, August, and October 2014. The macrobenthos communities in two litter piles were composed mainly of anisogammarid amphipods and spionid polychaetes, whereas the community in the *Sargassum* bed was dominated by corophiid amphipods. Using beach seine surveys, we sampled seven fish species (a total of 567 juvenile fish) around the fishing ports in June and September 2014. Of those species, juvenile sculpins (*Myoxocephalus stelleri*) around the litter piles and *Sargassum* bed preyed selectively on anisogammarid and corophiid amphipods, respectively. Thus, our results suggest that leaf litter accumulation induces the formation of anisogammarid amphipod communities, which improves the feeding environment of the juvenile fish that selectively feed on those amphipods.

Key words : fishing port, food habits, juvenile fish, leaf litter, macrobenthos

¹ 東海大学生物学部海洋生物科学科

* Tel : 011-571-5111, Fax : 011-571-7879, E-mail : sakurai@tokai.ac.jp

1. 緒 言

漁港は、漁船の係留および漁獲物の陸揚げ・荷捌き・販売・出荷など水産物流通経路の集散基地となっているほか、防波、防砂および護岸といった防災上の機能を果たしている。また、近年は環境保全に対する意識の高まりから、こうした本来の機能に加えて周辺の自然環境との調和が強く要請されており、これまでに漁港の外郭施設の背後に藻場を造成することによって魚介類の餌場・産卵場機能を付加する試みが各地で行われている¹⁻³⁾。

一方、北海道日本海沿岸において溪流や小河川が注ぐ河口域の近傍に建設された漁港では、防波堤など外郭施設の周辺に陸域を起源とする植物質の残渣（主に落葉・落枝の断片）が堆積している状況がしばしば確認される。これら残渣の堆積場は、一般には「落ち葉だまり」と呼ばれている⁴⁾。北海道濃昼川河口域において落ち葉だまりの実態を調べた結果⁵⁾によると、内容物はケヤマハンノキ *Alnus hirsuta*、イタヤカエデ *Acer pictum* およびミズナラ *Quercus crispula* といった落葉広葉樹の枯葉や枯枝の断片で構成されており、その中にはトンガリキタヨコエビ *Anisogammarus pugettensis* を主体とした端脚目に属する小型甲殻類群集が年間 33.2 ~ 68.7g-DW/m² の生物量で形成されていることが示されている。

トンガリキタヨコエビは、北米西海岸やカムチャッカ半島～サハリン沿岸の潮間帯～潮下帯に広く分布する寒海性の端脚類であり、北米沿岸では本種がサケ科幼魚の重要な餌になっていることが知られている⁶⁾。このため、本種の食性、生息至適塩分および成長速度が実験的に明らかにされてきたが⁷⁾、個体群動態や生物生産については不明点が多い。また、トンガリキタヨコエビが落ち葉だまりに棲息する理由として、落ち葉を付着基質としながら落ち葉表面に繁茂する珪藻類を食物として利用していることが示唆されているが⁸⁾、詳細については未解明である。さらに、北米では、1970年代から落葉広葉樹林帯を流れる森林溪流において水生動物群集による落ち葉の利用実態が研究されており、その中で落ち葉が水生動物を支える重要なエネルギー源になるとともに、落ち葉の影響は河口から沿岸にまで及ぶことが示唆されているが⁹⁾、その実態については未だ明らかにされていない。落ち葉が河口に棲息する生物群集の生産に与える効果を明らか

にすることは、森と海の生態的なつながりを理解する上でも意義深いと考えられる。

さらに、トンガリキタヨコエビが濃密な個体群を形成する落ち葉だまりには、クロガシラガレイ *Pleuronectes schrenki* 若齢魚が周年を通して蛸集しており、特に当歳魚ではトンガリキタヨコエビが主要な餌となっていることが示されている¹⁰⁾。また、漁港の外郭施設近傍に分布する落ち葉だまりでは、クロガシラガレイの他にクロソイ *Sebastes schlegeli*、アイナメ *Hexagrammos otakii*、ウミタナゴ *Ditrema temminckii* など複数の魚種が確認されており¹¹⁾、これらはトンガリキタヨコエビを始めとする小型甲殻類を餌としている可能性が高く、漁港が魚類保育場の形成に果たす役割は大きいものと推察される。このため、漁港による落ち葉だまりの形成過程を明らかにするとともに、落ち葉だまり→小型甲殻類→若齢魚で構成される食物網の詳細を解明することは、漁港が持つ魚類保育場機能の詳細を明らかにする上で有益な知見となる。

以上を踏まえ、本研究では北海道日本海西南部の島牧村から寿都町の区間に建設された複数の漁港を対象として、落ち葉だまりに生息するマクロベントス群集の特徴と漁港周辺に生息する稚魚の食性を調べ、漁港周辺に形成される落ち葉だまりの魚類保育場としての重要性を検討したので、その結果について報告する。

2. 材料および方法

2-1. 調査域の概要

本研究では、北海道島牧村に建設された千走漁港の千走および永豊地区および寿都町に建設された寿都漁港を対象とし、これら漁港の外郭施設近傍に調査区域を設定した (Fig. 1)。千走漁港の2つの調査区域は水深1m程度であり、底質は砂または礫で構成され、これら底質上には落ち葉の堆積が散見されるが、ガラモ場の形成はみられない。また、千走および永豊地区の近傍にはそれぞれ新甫川およびホンベツ川が流出しており、これら周辺の海岸には陸域起源の植物質残渣の打ち上げが観察される (Fig. 2)。一方、寿都漁港の調査区域は水深0.5m程度であり、底質は岩盤で構成され、その上にホンダワラ類を主体とするガラモ場が群生している。また、岩盤上には転石を含む砂地も散見されるが、落ち葉だまりの形成は認められない。

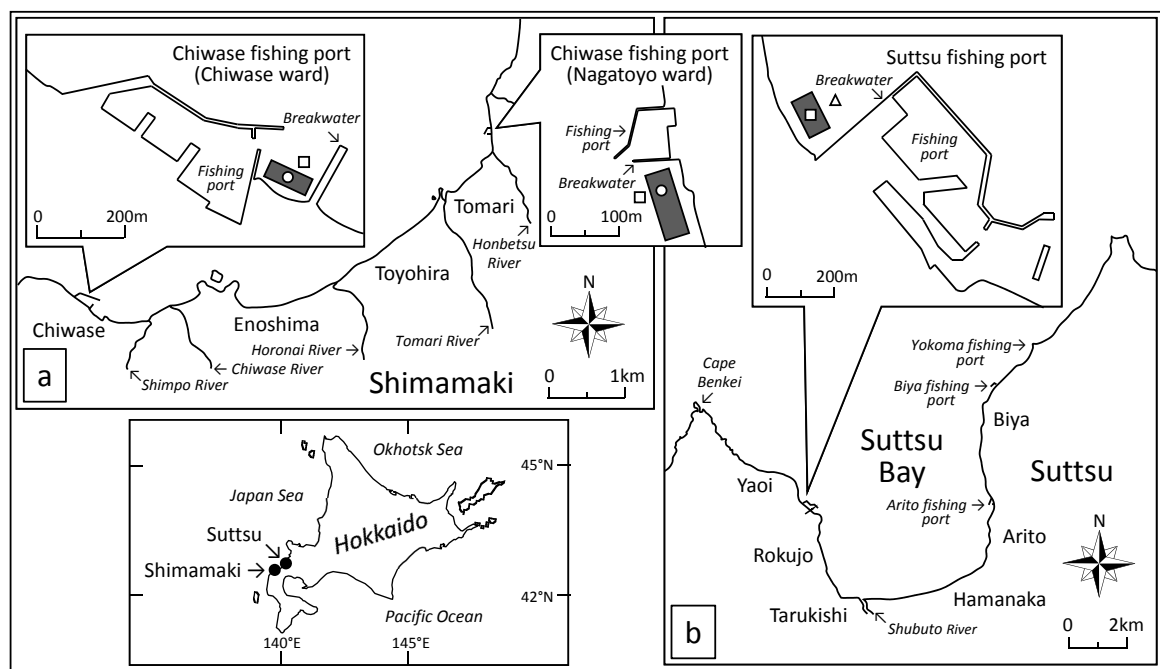


Fig. 1 Location of the survey area around Chiwase (a) and Suttsu (b) fishing ports on the southwestern coast of Hokkaido, Japan. Open circles, squares, and triangle represent macrobenthos sampling stations in the litter piles, sandy bottoms, and *Sargassum* bed, respectively. Shaded rectangles indicate fish sampling areas.



Fig. 2 Leaf litter washed up on the coast near a Chiwase fishing port in Chiwase ward.

2-2. マクロベントスの採集、処理および解析

本研究では、漁港周辺に形成された落ち葉だまりに生息するマクロベントス群集を周囲の砂底あるいはガラモ場底に生息する群集と比較するため、2014年4

月、6月、8月および10月に先述の調査区域においてマクロベントスの定量採集を行った。採集地点は、千走および永豊地区では落ち葉だまりと砂底の2点、寿都漁港ではガラモ場底と砂底の2点とし (Fig. 1), 落ち葉だまりと砂底ではエクマンバーge型採泥器 (採泥面積 0.04m^2) を用いて各点2回の底質採集を行った。また、ガラモ場底では、海藻群落内の転石帯2か所に方形枠 (縦×横×高さ: $20\text{cm} \times 20\text{cm} \times 10\text{cm}$) を差し込み、枠内の底質を小型シャベルで目合1mmの網袋に採集した。採集物については、各採集地点において目合1mmの篩にかけ、篩上の残留物を5%中性ホルマリン海水で固定した後、実験室に持ち帰った。後日、マクロベントスを選別し、実体顕微鏡 (Olympus; SZ40) を用いて可能な限り種のレベルまで同定した後、分類群ごとに個体数を計数した。

マクロベントスの群集構造を解析するため、得られた個体数組成から Shannon-Wiener 関数による種多様度指数 H' を算出するとともに¹²⁾、地点および月間の類似度指数 C_s に基づいた Mountford の平均連結法によるクラスター分析を行った¹²⁾。

2-3. 稚魚の採集・処理・解析

2014年6月および9月に、千走地区では外郭施設東側、永豊地区では外郭施設南側および寿都漁港では外郭施設北西側を対象に稚魚の採集を行った (Fig. 1). 採集には地曳網 (袖網: 長さ 10m, 目合 10mm, 袋網: 長さ 5m, 目合 8mm) を使用し、両月とも 100m の距離を 2 回ずつ曳網した。

採集された稚魚については、麻酔剤 (田村製薬; FA100) で昏睡させた後、10% 中性ホルマリン海水で固定した。これらを実験室に持ち帰り、種の同定を行った後、種類ごとに稚魚を無作為に最大 20 個体抽出し、これらの全長および体重 (湿重量) をそれぞれ電子ノギス (Mitsutoyo; N20) および電子天秤 (A & D; GH252) を用いて計測した (それぞれ 0.1mm および 0.1g 単位)。さらに、腹部を切開して消化管を摘出し、胃内容物重量を先述の電子天秤により 0.1mg 単位で秤量した後、胃内容物を実体顕微鏡下で可能な限り科のレベルまで同定するとともに、分類群ごとに個体数の計数と湿重量の秤量 (0.1mg 単位) を行った。

稚魚の食性解析では、餌生物の組成を個体数法、重量法および出現頻度法により分析した。なお、個体数法は少量でも努めて摂食している生物かどうか、重量法は主食となる餌生物かどうか、出現頻度法はごく普通に利用されている生物かどうかを検出する上で有効とされる手法である¹³⁾。また、これら 3 つの方法の特徴を総合した相対的な餌の重要度を表す指標として相対重要度指数 *IRI* を次式より算出した¹⁴⁾。

$$IRI = \frac{(N_i\% + W_i\%) \times F_i\%}{\sum_{i=1}^S (N_i\% + W_i\%) \times F_i\%} \times 10^2$$

ここで、 $N_i\%$ は餌種 i の個体数割合 (%), $W_i\%$ は餌種 i の重量割合 (%), S は餌種の種類数である。また、 $F_i\%$ は餌種 i の出現頻度 (%) であり、供試した魚体数に対して餌種 i が出現した魚体数の百分率である。さらに、魚類の摂餌強度を示す指標として、胃内容物重量指数 *SCI* を次式より算出した。

$$SCI = \frac{SCW \times 10^2}{BW}$$

ここで、*SCW* は胃内容物重量 (g), *BW* は体重 (g) であり、この値が大きいほど多量の餌を摂食し (満腹度が高い)、小さいほど少量の餌しか摂食していない (空腹度が高い) ことを表す。

一方、落ち葉だまり周辺に生息する稚魚の餌生物に対する選択性を知るため、Vanderploeg & Scavia の選択性指数 $E^{15)}$ を次式より算出した。

$$E = \frac{W_i - (1/n)}{W_i + (1/n)}$$

$$W_i = \frac{r_i/p_i}{\sum (r_i/p_i)}$$

ここで、 n は餌生物の個体数、 i は餌生物の種類、 p_i は生息場所中の餌 i の割合、 r_i は胃内容物中の餌 i の割合である。 E の値は、正であれば環境中の餌生物を選択的に摂食しており、負であれば環境中に多く出現する餌生物を非選択的に摂食していると判断される。なお、環境中の餌種の割合については、先述のマクロベントスの種類組成を使用し、9 月の値については 8 月と 10 月の平均値とした。

3. 結果

3-1. マクロベントス群集の特徴

本研究では、調査期間を通して 6 動物門 34 種類のマクロベントスが確認された。各調査月に出現したマクロベントスについて、地点ごとに合算して求めた個体数組成を Fig. 3 に示した。すべての地点に出現した種類はドロクダムシ属の一種 *Corophium* sp. であり、本種は特に永豊地区の砂底と寿都漁港のガラモ場底において優占した。また、千走地区の落ち葉だまりと砂底および永豊地区の落ち葉だまりでは、ドロクダムシ属の一種以外にもトンガリキタヨコエビ、アゴナゴ

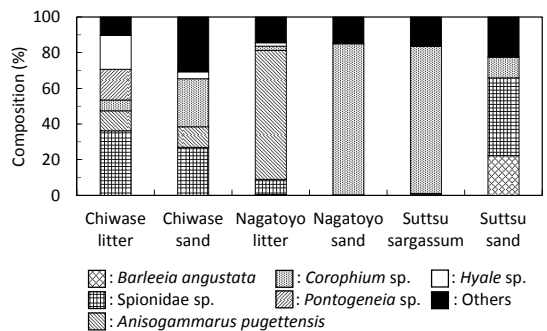


Fig. 3 Population composition of microbenthic animals in the litter piles and sandy bottoms of Chiwase fishing ports in the Chiwase and Nagatoyo wards, and in the Sargassum bed and sandy bottom of the Suttso fishing port.

コエビ属の一種 *Pontogeneia* sp. およびモクズコエビ属の一種 *Hyale* sp. といった端脚類が出現した。一方、寿都漁港の砂底では、多毛類のスピオ科の一種 *Spionidae* sp. や腹足類のチャツボ *Barleeia angustata* が高い割合でみられた。

クラスター分析により作成したテンドログラムを Fig. 4 に示した。ここでは、類似度指数 0.1 を基準として A～D の 4 グループに区分した。グループごとの優占種とその比率、平均総個体数、平均出現種類数および平均種多様度指数を Table 1 に示した。

A グループは、6 月と 8 月の寿都漁港のガラモ場底、6 月の永豊地区の砂底、8 月と 10 月の千走地区の落ち葉だまり、および 4 月と 6 月の寿都漁港の砂底で構成された。特徴としては、ドロクダムシ属の一種が 90% の比率で卓越していたことが挙げられる。総個体数は 4 グループの中で最も多い 4,422 個体であり、出現種類数は 27 種を示すとともに、種多様度指数は 0.51 であった。

B グループは、6 月の千走地区の落ち葉だまりと砂底および 6 月と 8 月の永豊地区の落ち葉だまりで構成された。特徴は、トンガリキタヨコエビが 67% の比率で卓越していたことである。総個体数は 4 グループの中で最も少ない 120 個体であり、出現種類数は 18

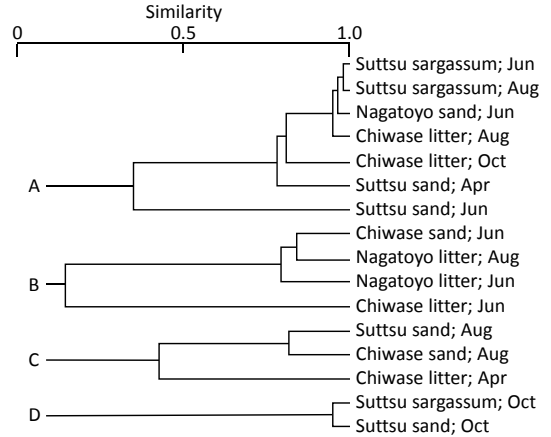


Fig. 4 Dendrogram drawn using Mountford's group average method with Kimoto's similarity index of species composition between stations. The stations were clustered into four communities (A-D) by truncating the dendrogram at a similarity level of 0.1.

種を示すとともに、種多様度指数は 0.49 であった。

C グループは、8 月の寿都漁港の砂底、8 月の千走地区の砂底および 4 月の千走地区の落ち葉だまりで構成された。特徴としては、スピオ科の一種が 53% の比率で優占したほか、腹足類のエゾチグサ

Table 1 Diagnostic character and parameters of four macrobenthic communities (A-D) as classified by cluster analysis.

Community	Fishing port	Habitat	Month	Dominant species	%*	N	S	H'
A	Sutttsu	<i>Sargassum</i> bed	Jun	<i>Corophium</i> sp.	89.8	4,422	27	0.505
	Sutttsu	<i>Sargassum</i> bed	Aug					
	Sutttsu	Sandy bottom	Apr					
	Sutttsu	Sandy bottom	Jun					
	Chiwase	Litter piles	Aug					
	Chiwase	Litter piles	Oct					
	Nagatoyo	Sandy bottom	Jun					
B	Chiwase	Litter piles	Jun	<i>Anisogammarus pugettensis</i>	67.1	120	18	0.488
	Chiwase	Sandy bottom	Jun					
	Nagatoyo	Litter piles	Jun					
	Nagatoyo	Litter piles	Aug					
C	Sutttsu	Sandy bottom	Aug	<i>Spionidae</i> sp. <i>Cantharidus jessoensis</i>	53.1 22.4	403	9	0.531
	Chiwase	Litter piles	Apr					
	Chiwase	Sandy bottom	Aug					
D	Sutttsu	<i>Sargassum</i> bed	Oct	<i>Barleeia angustata</i> <i>Capitella</i> sp.	69.5 14.1	1,666	10	0.504
	Sutttsu	Sandy bottom	Oct					

N, S, and H' represent mean total number of individuals (per 0.04 m²), mean number of occurring species, and Shannon-Wiener's index of diversity, respectively.

%; Values represent the composition ratio of each community.

Cantharidus jessoensis の比率が比較的高いことが挙げられる。総個体数は 403 個体であり、出現種類数は 4 グループの中で最も少ない 9 種を示すとともに、種多様度指数は 0.53 であった。

D グループは、10 月の寿都漁港のガラモ場底および砂底で構成された。特徴としては、チャツボが 70% の比率で卓越したほか、多毛類のイトゴカイ *Capitella* sp. の比率が比較的高いことが挙げられる。総個体数は A グループに次いで多く (1,666 個体)、出現種類数は 10 種を示すとともに、種多様度指数は 0.50 であった。

3-2. 稚魚の食性

調査期間中に採集された魚類は、7 種 567 個体であった (Table 2)。採集された魚類の全長は、ウグイ *Tribolodon hakonensis* が 58.4~254.3mm、キツネメバル *S. vulpes* が 45.8mm、ギスカジカ *Myoxocephalus stelleri* が 24.4~60.7mm、ガジ *Opisthocentrus ocellatus* が 33.5~48.1mm、アゴハゼ *Chaenogobius annularis* が 25.3~40.8mm、マガレイ *P. herzensteini* が 68.8~77.4mm およびマフグ *Takifugu porphyreus* が 23.7~29.4mm であり、ウグイ以外は稚魚を含む未成魚であった。

6 月に最も多く採集された魚種は、千走地区と寿都漁港ではガジ、永豊地区ではギスカジカであり、9 月には千走地区においてマフグ、永豊地区と寿都漁港においてウグイが最も多く採集された。また、6 月および 9 月に全ての地点で採集された魚種は、それぞれギスカジカおよびウグイの 1 種ずつであった。さらに、

千走および永豊地区では 6 月と 9 月において採集された魚種が全く異なったほか、寿都漁港ではギスカジカ、ウグイおよびガジが 6 月と 9 月の両月で採集された。なお、6 月に採集された個体のほとんどは胃内に未消化物を有しており (Table 2)、胃内容物を顕微鏡下で同定することができた。しかし、9 月に採集された個体はほとんどが胃内に未消化物を持たず、胃が委縮した空胃個体も出現したが、寿都漁港のギスカジカは個体の 4 割が未消化物を持っていた。以上を踏まえ、稚魚の食性評価については、6 月に全調査地点で出現し、9 月に唯一胃内容物の同定が可能であったギスカジカを対象とした。

ギスカジカの胃内容物から出現した餌生物について、全供試個体に対する個体数割合、重量割合および出現頻度を Table 3 に示した。ギスカジカの胃内容物は、千走地区ではトンガリキタヨコエビが含まれるキタヨコエビ科の一種 *Anisogammaridae* sp. が個体数割合 73.1%、重量割合 55.5% および出現頻度 78.6% で第 1 優占種となり、アゴナガヨコエビ科の一種 *Pontogeneiidae* sp. が個体数割合 16.7%、重量割合 13.0% および出現頻度 42.9% で第 2 優占種となった。永豊地区でもキタヨコエビ科の一種が個体数割合 86.4%、重量割合 89.4% および出現頻度 63.6% で卓越した。一方、寿都漁港では 6 月にドロクダムシ科の一種 *Corophiidae* sp. が個体数割合 92.1%、重量割合 78.0% および出現頻度 90.9% で優占した。9 月においても、ドロクダムシ科の一種が個体数割合 83.3% および出現頻度 33.3% を示したが、重量割合は低く (20.5%)、替わってスピオ科の一種が優占した

Table 2 List of fish species captured during beach seine surveys of areas around the breakwaters of three fishing ports.

Fish species	Chiwase				Nagatoyo				Suttsu			
	Jun		Sep		Jun		Sep		Jun		Sep	
	TL (mm)	n	TL (mm)	n	TL (mm)	n	TL (mm)	n	TL (mm)	n	TL (mm)	n
<i>Tribolodon hakonensis</i>	—	0	58.4-138.2	2*	—	0	46.8-254.3	34*	84.5-151.8	24	65.4-235.7	218*
<i>Sebastes vulpes</i>	—	0	—	0	—	0	—	0	—	0	45.8	1*
<i>Myoxocephalus stelleri</i>	24.4-40.2	14	—	0	29.5-42.7	20	—	0	40.6-51.2	42	48.2-60.7	18
<i>Opisthocentrus ocellatus</i>	33.5-42.6	27	—	0	—	0	—	0	34.4-42.1	56	39.5-48.1	12*
<i>Chaenogobius annularis</i>	—	0	—	0	—	0	—	0	—	0	25.3-40.8	12*
<i>Pleuronectes herzensteini</i>	—	0	—	0	—	0	—	0	—	0	68.8-77.4	7*
<i>Takifugu porphyreus</i>	—	0	24.6-29.4	44*	—	0	23.7-27.7	36*	—	0	—	0

TL and n represent range of total length and number of individuals, respectively.

Superscript asterisks indicate values for which most specimens had no undigested matter in their stomachs.

Table 3 Proportion (N%), wet weight (W%), and frequency of occurrence (F%) of prey items in *Myoxocephalus stelleri*.

Fishing port	Month	Prey item	N%	W%	F%
Chiwase	Jun	Anisogammaridae sp.	73.1	55.5	78.6
		Pontogeneiidae sp.	16.7	13.0	42.9
		Mysidae sp.	0.9	6.0	7.1
		Digested matter	9.3	25.5	21.4
Nagatoyo	Jun	Anisogammaridae sp.	86.4	89.4	63.6
		Pontogeneiidae sp.	3.0	2.7	18.2
		Digested matter	10.6	7.8	36.4
Suttsu	Jun	Anisogammaridae sp.	1.6	0.6	9.1
		Corophiidae sp.	92.1	78.0	90.9
		Melitidae sp.	1.6	11.4	9.1
		Hyalidae sp.	3.2	8.4	9.1
		Digested matter	1.6	1.6	9.1
	Sep	Spionidae sp.	4.2	73.6	5.6
		Anisogammaridae sp.	8.3	3.9	11.1
		Corophiidae sp.	83.3	20.5	33.3
		Pontogeneiidae sp.	4.2	2.0	5.6

Each value indicates the rate to all specimens.

(73.6%). 以上のように、ギスカジカの胃内容物は、千走漁港の2つの地区ではキタヨコエビ科の一種が卓越するのに対して、寿都漁港ではドロクダムシ科の一種が優占することが示された。

ギスカジカの胃内容物として出現した餌生物の *IRI* を Fig. 5 に示した。千走地区ではキタヨコエビ科の一種の割合が最も高く、83.0%を示したほか、アゴナガヨコエビ科の一種が比較的高い割合（10.4%）で出現した。また、永豊地区でも同様にキタヨコエビ科の一種の割合が最も高く（93.4%）、アゴナガヨコエビ科の一種も認められた。一方、寿都漁港では、6月には

胃内容物の個体数割合と同様、ドロクダムシ科の一種が卓越し（98.2%）、9月にも6月と同様にドロクダムシ科の一種が優占したほか（85.2%）、スピオ科の一種が比較的高い割合（10.6%）を示した。以上のように、*IRI* は個体数割合の結果とほぼ一致したが、寿都漁港における9月のスピオ科の一種については重量割合が多かったため、個体数割合の結果とは一致しなかった。

ギスカジカを対象に摂餌強度を示す *SCI* を算出した (Fig. 6)。*SCI* は、6月の千走および永豊地区ではそれぞれ9.06 および6.13 となった。また、寿都漁

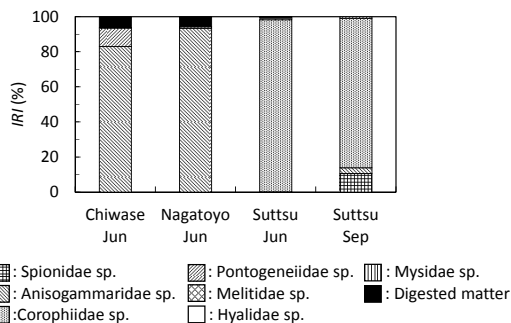


Fig. 5 Index of relative importance (*IRI*) of prey items in the stomach contents of *Myoxocephalus stelleri* captured during beach seine surveys of three fishing ports.

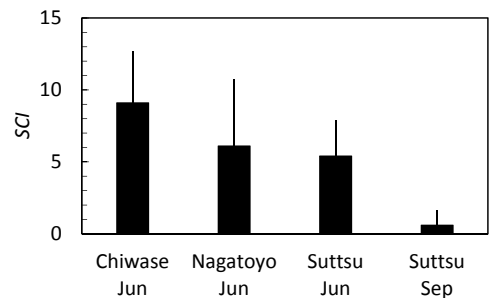


Fig. 6 Mean stomach content index (*SCI*) of *Myoxocephalus stelleri* captured during the beach seine surveys of three fishing ports. Vertical lines extending from the top of each bar indicate standard deviation.

港の *SCI* は、6 月には 5.44 を示したが、9 月には 0.59 に減少した。

ギスカジカの選択性指数 *E* を Table 4 に示した。6 月の千走および永豊地区ではキタヨコエビ科の一種が弱い正の選択性（それぞれ 0.28 および 0.33）を示した。一方、6 月の寿都漁港ではドロクダムシ科の一種およびモクズヨコエビ科の一種が強い負の選択性（それぞれ -0.98 および -0.58）を示したほか、メリタヨコエビ科の一種 *Melitidae* sp. が弱い正の選択性 (0.47) を示した。また、9 月の寿都漁港ではドロクダムシ科の一種が弱い負の選択性 (-0.26) を示した。なお、6 月の千走地区のアミ科の一種 *Mysidae* sp., 6 月の永豊地区のアゴナガヨコエビ科の一種および 9 月の寿都漁港のキタヨコエビ科の一種とアゴナガヨコエビ科の一種については、環境中から検出されなかったため、解析から除外した。

4. 考 察

4-1. マクロベントス群集の特徴

本研究では、漁港周辺に形成された落ち葉だまりにおけるマクロベントス群集の特徴を明らかにするため、北海道日本海南西部に建設された 3 つの漁港を対象に 6 月～10 月のマクロベントス群集について落ち葉だまりと周辺の砂底あるいはガラモ場底と比較した。その結果、マクロベントス群集の構成種は、各地点とも季節的に変化する傾向がみられた。このうち、寿都漁港のガラモ場底では、6 月～8 月にかけてドロクダムシ属の一種が優占する群集が形成されたが、10 月にはチャツボが優占する群集に変化した (Table 1)。本研究ではガラモ場の海藻現存量を計測しなかったが、

寿都町における他の漁港でガラモ場の季節的消長を調べた結果によると¹⁶⁾、海藻現存量は優占するホンダワラ類の生活年周期を反映して 6 月に最大となり、その後 9 月にかけて低下することが示されている。したがって、本研究で観察された寿都漁港のガラモ場底におけるマクロベントス群集の変化は、海藻現存量の季節変化に起因するものと考えられる。

一方、千走および永豊地区の落ち葉だまりにおけるマクロベントス群集をみると、両地点とも寿都漁港のガラモ場底とは異なった季節変化がみられた。すなわち、千走地区の落ち葉だまりでは、4 月はスピオ科の一種が優占する群集が形成されたが、6 月にはトンガリキタヨコエビが優占する群集に置き換わり、8 月～10 月にはドロクダムシ属の一種が卓越する群集に変化した (Table 1)。また、永豊地区の落ち葉だまりでは、6 月～8 月にかけてトンガリキタヨコエビが優占する群集が認められた (Table 1)。以上の結果は、トンガリキタヨコエビを主体とする端脚類群集が周年にわたって形成される濃昼川河口域の落ち葉だまりの状況¹⁰⁾とは異なっていた。この理由として、濃昼川河口では落ち葉だまりが周年形成されているため、優占順位の変動が少ない安定した端脚類群集が形成されるのに対して、千走および永豊地区では調査期間中に落ち葉を含む陸域起源有機物が岸に打ち上げられている様子が度々確認されていることから、濃昼川河口と比較して落ち葉だまりの存在自体が不安定であり、特定の種が安定して優占することが困難になっているためと考えられる。

本研究の結果、千走・永豊地区の落ち葉だまりと寿都漁港のガラモ場底では、端脚類と多毛類を主体とす

Table 4 Relative electivity indices for prey items (*E*) in *Myoxocephalus stelleri*.

Fishing port	Month	Prey item	<i>E</i>
Chiwase	Jun	Anisogammaridae sp.	0.28
		Pontogeneiidae sp.	0.10
Nagatoyo	Jun	Anisogammaridae sp.	0.33
		Anisogammaridae sp.	-0.04
Suttsu	Jun	Corophiidae sp.	-0.98
		Melitidae sp.	0.47
		Hyalidae sp.	-0.58
		Spionidae sp.	0.17
	Sep	Corophiidae sp.	-0.26

るマクロベントス群集が認められた。人工魚礁に蛸集するマコガレイ *P. yokohamae* では、0歳時には端脚類、多毛類、アミ類および二枚貝類を摂食し、1歳以上になると端脚類や多毛類に加えて十脚類も捕食することが報告されている¹⁷⁾。一般に、端脚類や多毛類を含むマクロベントスは多くの魚類の餌資源として利用されており、これらマクロベントスが優占する落ち葉だまりとガラモ場底は重要な餌場として機能していると考えられる。本研究においても、ギスカジカの稚魚が6月と9月に端脚類や多毛類を摂食していたことから (Fig. 5), 落ち葉だまりやガラモ場底のマクロベントス群集が稚魚の餌となっているものと推察される。

以上のことから、千走漁港の2地区に形成された落ち葉だまりは、寿都漁港のガラモ場底と同様に稚魚への餌料供給に寄与している可能性があるとともに、落ち葉だまりの変動がマクロベントスの群集構造に影響していることが示唆された。今後は冬季を含む年間を通した試料採集と分析により、これら漁港におけるマクロベントス群集の全容を明らかにする必要がある。

4-2. 稚魚の食性と落ち葉だまりの重要性

本研究の結果、千走地区では6月および9月にそれぞれ2魚種41個体および2魚種46個体の稚魚が出現したほか、永豊地区では6月および9月にそれぞれ1魚種20個体および2魚種70個体の稚魚がみられた。また、寿都漁港では6月および9月にそれぞれ3魚種122個体および6魚種268個体の稚魚が採集された。このように、付近に河川の流入がなく、落ち葉だまりが形成されない寿都漁港において採集個体数と種類数が多かったのは、当該漁港には藻場が存在するとともに、起伏に富んだ岩盤上に砂が堆積する地形が広がっていることから、稚魚の隠れ場所が豊富に存在するためと考えられる。これに対して、千走および永豊地区では底質が砂で周りに藻場はなく、隠れ場となりうる場所は近くに設置された消波ブロックと落ち葉だまりのみであるため、稚魚の採集個体数と種類数が寿都漁港よりも少なかったと推察される。

本研究において6月に採集されたほとんどの稚魚は、胃に未消化物を持っていたのに対して、9月に採集されたほとんどの稚魚の胃には未消化物がなく、胃が委縮した空胃個体も出現した。このような差がみられた原因の一つとして、採集時間の違いが挙げられる。す

なわち、6月の採集はすべて午前中に実施したのに対して (千走地区7:02, 永豊地区9:14, 寿都漁港11:28), 9月の採集は午後から夕方にかけて実施した (千走地区14:03, 永豊地区15:17, 寿都漁港16:25)。魚類は、基本的には日出時と日没時に活発に摂食活動を行うことが知られていることから^{18,19)}, 9月の採集個体に空胃が多かったのは、摂食後の経過時間が長く、消化が進んだためと考えられる。

ギスカジカの胃内容物は、寿都漁港では6月および9月ともドロクダムシ科の一種の占める割合が高かったのに対して、6月の千走および永豊地区ではキタヨコエビ科の一種が卓越していた (Table 3, Fig. 5)。このように漁港によって稚魚の胃内容物が異なった原因の一つには、環境の差が考えられる。寿都漁港は底質が岩盤と砂を含む転石で構成され、所々に藻場が形成されている。このため、環境中からは砂や海藻の隙間に生息するドロクダム属の一種が優占して出現した。他にも海藻の繁茂量が多い6月には、ヒゲナガヨコエビ属の一種 *Amphithoe* sp. が出現している。また、当該漁港には落ち葉だまりが形成されないため、トンガリキタヨコエビなどの落ち葉を生活基盤としている種が出現しなかったと推察される。以上の理由により、寿都漁港のギスカジカ稚魚の胃内容物は、ドロクダムシ科の一種で占められたと考えられる。一方、千走および永豊地区では藻場がなく、底質は砂で構成され、その上に落ち葉だまりが形成されているため、トンガリキタヨコエビなどの落ち葉を生活基盤としているキタヨコエビ科の一種が胃内容物から多く出現したものと推察される。

本研究では、ギスカジカを対象に相対的な餌の重要度を表す相対重要度指数 *IRI* を算出した。その結果、*IRI* は個体数割合とほぼ一致したが、寿都漁港における9月のスピオ科の一種では重量割合が高かったため、個体数割合とは一致しなかった。この原因の一つとして、ガラモ場では主構成種であるホンダワラ科の海藻が夏季に枯死・流失するため^{20,21)}, 9月はガラモ場底に生息する餌生物が減少し、砂底に棲む多毛類の割合が高くなったことが考えられる。このことは、葉上動物として知られるニッポンモバヨコエビ *A. lacertosa* や海藻の仮根部に生息するウエノドロクダムシ *Monocorophium uenoi* の出現数が6月に比べて9月に少なくなること¹⁶⁾ から推察される。加えて、ギス

カジカ稚魚は6月から9月にかけて全長の範囲が40.6～51.2mmから48.2～60.7mmに伸長したことから (Table 2), 端脚類よりも大型の多毛類を捕食できるようになったと考えられ, このことも9月のIRIが個体数割合と一致しない原因の一つに挙げられる。

一方, ギスカジカの摂餌強度を検討するため胃内容物重量指数SCIを算出したところ, 6月は各漁港とも5.4～9.1の範囲にあったのに対して, 9月の寿都漁港では極端に低い値(=0.6)を示し, 空腹度が高い状況に置かれていることが示唆された。この原因として, 9月は胃に未消化物を持つギスカジカが全体の4割に過ぎなかったことが挙げられる。また, 先述のように夏季にガラモ場を構成するホンダワラ科の海藻が枯死・流失したことに伴って環境中の餌生物が減少したことも, SCIの値を低下させた原因の一つと推察される。

ギスカジカの餌生物に対する選択性を検討するため, 選択性指数Eを算出した結果, 本種は6月の千走および永豊地区ではキタヨコエビ科の一種を選択的に捕食している傾向がみられたが, 寿都漁港ではドロクダムシ科の一種を非選択的に摂食していることが示された (Table 4)。これは, 寿都漁港ではキタヨコエビ科の一種がほとんど出現せず, ドロクダムシ科の一種が卓越したためと推察される。これらのことから, ギスカジカ稚魚はキタヨコエビ科の一種を選択的に捕食するものの, 好ましい餌生物が存在しない場合は, 摂食可能な餌生物を非選択的に捕食することが示唆され, 餌生物に対する選択性の幅は広いものと判断される。以上のように, ギスカジカ稚魚では環境中に出現するキタヨコエビ科の一種を選択的に捕食していることが明らかとなった。このことは, 例えば永豊や千走地区のような単調な砂浜海岸に建設された漁港では, 落ち葉だまりの形成によってキタヨコエビ科の端脚類の現存量が増加し, 本種に対して選択性を持つ稚魚の餌環境を向上させている可能性を示唆している。形成された落ち葉だまりにどのようなマクロベントスが生息するかについては海域により異なるものの, 餌の選択性を示すギスカジカ以外の稚魚においてもマクロベントスの現存量の増加により餌環境が向上することが期待される。したがって, 漁港周辺に形成される落ち葉だまりは, 餌料供給の観点から稚魚に対して保育場機能を提供しているものと考えられる。

5. 謝 辞

本研究を進めるにあたり, 調査対象となる漁港の選定に有益なご助言を賜った寿都漁業協同組合の木村親志組合長, 寿都町産業振興課の瀧山修市課長ならびに島牧漁業協同組合の佐々木義英部長に厚く御礼申し上げます。また, 調査にご協力いただいた寿都町産業振興課水産係の櫻井隆丞技師, 東海大学北海道教学部の三浦博上級技術員ならびに東海大学生物学部の関係各位に深く感謝いたします。本研究は, 公益財団法人北水協会による平成26年度研究助成費により実施したことを記し, 関係者各位に謝意を表します。

6. 参考文献

- 1) 安藤 亘・中村憲司・星場順之 (2003): 藻場造成型防波堤の藻場形成の特性。海洋開発論文集, 19, 1-6.
- 2) 佐藤 仁・山本 潤・黄金崎清人・鳴海日出人・清野克徳・山下俊彦 (2011): 背後小段部を有する防波堤構造物における藻場回復手法の検討。土木学会論文集 B2 (海岸工学), 67, I_1106-I_1110.
- 3) 横山大介・中山学之・高橋秀則・廣部俊夫・鈴木 誉久・酒向章哲・秋田雄大・鳴海日出人 (2012): 函館漁港における潜堤を利用した自然環境調和型防波堤に関する研究—藻場形成要因と潜堤の効果について—。土木学会論文集 B2 (海岸工学), 68, I_1280-I_1285.
- 4) 櫻井 泉 (2004): 森林が河口域の水産資源に及ぼす影響—森と海のつながりを評価する—。北水試だより, 65, 19-26.
- 5) 櫻井 泉・柳井清治 (2008): カレイ未成魚による森林有機物の利用。「森川海のつながりと河口・沿岸域の生物生産」(日本水産学会監修)。恒星社厚生閣, 東京, 74-88.
- 6) Chang, B.D. and T.R. Parsons (1975): Metabolic studies on the amphipod *Anisogammarus pugettensis* in relation to its trophic position in the food web of young salmonids. *J. Fish. Res. Board Can.*, 32, 243-247.
- 7) Waldichuck, M. and E.L. Bousfield (1962): Amphipods in low-oxygen marine waters adjacent to a sulphite pulp mill. *J. Fish. Res.*

- Board Can.*, 19, 1163-1165.
- 8) 櫻井 泉・柳井清治・伊藤絹子・金田友紀 (2007): 河口域に堆積する落ち葉を起点とした食物連鎖の定量評価. 北水試研報, 72, 37-45.
 - 9) Vannote, R.L., G.W. Minshall, K.W. Cummins, J.R. Sedell and C.E. Cushing (1980): The river continuum concept. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 37, 130-137.
 - 10) Sakurai, I. and S. Yanai (2006): Ecological significance of leaf litter that accumulates in a river mouth as a feeding spot for young cresthead flounder (*Pleuronectes schrenki*). *Bull. Jpn. Soc. Fish. Oceanogr.*, 70, 105-113.
 - 11) 櫻井 泉・柳井清治 (2003): 河口域に形成される落ち葉だまりの重要性. 平成 12~14 年度重点領域特別研究報告書 森林が河口域の水産資源に及ぼす影響の評価. 北海道庁, 88-102.
 - 12) 木元新作 (1976): 動物群集研究法 I. 多様性と種類組成. 共立出版, 東京, 131-166.
 - 13) 萱野泰久 (2001): 人工魚礁域に蟄集するキジハタの食性. 水産増殖, 49, 15-21.
 - 14) Pinkas, L., M.S. Oliphant and I.L.K. Iverson (1971): Food habits of albacore, bluefin tuna, and bonito in California waters. *Fish Bull.*, 152, 1-105.
 - 15) Vanderploeg, H. A. and D. Scavia (1979): Two electivity indices for feeding with special reference to zooplankton grazing. *J. Fish. Res. Board Can.* 36, 362-365.
 - 16) 土門拓矢・櫻井 泉 (2014): 北海道寿都町沿岸のガラモ場における葉上動物の群集構造. 東海大学生物学部紀要, 3, 1-9.
 - 17) 伊藤 靖・中野喜央・藤沢真也 (2008): 人工魚礁におけるマコガレイの分析と食性—漁場施設の魚類増殖効果に関する研究 II. 水産工学, 45, 129-138.
 - 18) 岡田啓介 (1965): 黄海産若齢マダイの摂餌生態について. 日本水産学会誌, 31, 999-1005.
 - 19) 富山 実・首藤宏幸・畔田正格・田中 克 (1985): 志々伎湾におけるチダイ当歳魚の摂餌日周期性と日摂食量. 日本水産学会誌, 51, 1619-1625.
 - 20) 藤川義一・桐原慎二 (2000): フシスジモク (シンポジウム ホンダワラ類の繁殖・生態と藻場造成技術). 日本水産学会誌, 66, 750-751.
 - 21) 櫻井 泉・金田友紀・中山威尉・福田裕毅・金子友美 (2009): 北海道石狩沿岸のガラモ場における魚類群集の食性. 日本水産学会誌, 75, 365-375.