

北海道寿都町沿岸の落ち葉堆積場におけるマクロベントス群集の特徴と 若齢魚による餌利用の実態

河合史佳¹, 櫻井 泉^{*1}

Characteristics of macrobenthos community in and food habits of young fishes around leaf litter piles that accumulate in a river mouth off the coast of Suttsu Bay in Southwestern Hokkaido, Japan

Fumika KAWAI¹ and Izumi SAKURAI^{*1}

School of Biological Science, Tokai University
Sapporo Hokkaido 005-8601, Japan

Abstract

In this study, we examined seasonal changes in organic matter content and macrobenthos community in leaf litter piles that accumulate in a river mouth off the coast of Suttsu Bay in Southwestern Hokkaido, Japan. We also evaluated the food habits of young fishes around the litter piles. The organic matter and macrobenthos were collected at monthly intervals from January to December 2017, and 16 fish species (a total of 132 young fishes) were sampled by beach seine surveys during May, August, and November 2017. More than 60% of the accumulated litter was terrestrial organic matter, throughout the year. The organic matter content in the litter piles increased from April to May, and then decreased until August; however, it increased again during October, and then remained unchanged. Among macrobenthos, two amphipods *Allorchestes carinata* and *Anisogammarus pugettensis* were the dominant species. The number of individuals and species of macrobenthos increased from April to May, peaked during July with a temporary decline in June, and then decreased. Most of the collected young fishes preyed mainly on amphipods including *An. pugettensis*. Overall, the results suggest that the macrobenthos communities in litter piles change with the fluctuation in organic matter content and that the litter piles act as a feeding spot for young fishes.

Key words : amphipod community, food habits of fishes, leaf litter, river mouth, Suttsu

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

近年, 森林などの陸域と河川・河口・沿岸などの水域の生態学的つながりに関心が持たれるようになった。例えば, 森林と河川のつながりに関して, 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エネルギー源となっていることが明らかにされている¹⁾。また, 河口干潟に堆積する落ち葉は, 端脚類などの無脊椎動物の生息場所として機能していることも報告されている²⁾。

一方, 日本国内では, 地形, 植生および落ち葉を利用する水生動物が北米とは異なっている。例えば, 北海道日本海沿岸部は急峻な山岳地形を有するため, 溪流河川が直接海に注ぐとともに, 河口域に落ち葉が堆積する事例が多く観察される。中でも, 石狩市北部に位置する濃昼川河口では年間を通して落ち葉堆積場が形成され, そこにはトンガリキタヨコエビ *Anisogammarus pugettensis* を主体とする端脚類群集が年間を通して安定的に存在することが報告されている³⁾。また, 当該河口ではクロガシラガレイ *Pleuronectes schrenki* 当歳魚がトンガリキタヨコエビを餌として利用していることから, 落ち葉堆積場が稚魚の育成場として機能していることが指摘されている³⁾。さらに, トンガリキタヨコエビは, 主食となる付着藻類とともに落ち葉を摂餌して

いることから, その捕食者であるクロガシラガレイの生物生産に陸起源の有機物が貢献していることが定量的に示されている⁴⁾。

このように, 落ち葉堆積場は河口など限定された場所において生態学的に重要な生息場を形成するが, その広域的な分布実態については不明である。加えて, 地域によっては河畔林の植生の違いによる落ち葉の種構成やマクロベントス群集の生息状況が異なることも予測される。したがって, 濃昼川河口の落ち葉堆積場における研究結果から, 北海道日本海沿岸の生物生産に対する落ち葉堆積場の重要性を敷衍するには至っていない状況にある。

そこで, 本研究では, 濃昼川河口から南西方向に約200 km 離れた寿都町樽岸地先に形成される落ち葉堆積場を対象として, 落ち葉堆積場およびマクロベントス群集の季節変化の関係を調べるとともに, その周囲に生息する魚類の食性を調査することにより, 北海道日本海沿岸における落ち葉堆積場の共通性や有用性を検討したので, その結果を報告する。

2. 材料および方法

2-1. 調査地の概要

本研究は, 北海道南西部に位置する寿都町樽岸地先(N42°46', E140°14')に形成される落ち葉堆積場を対象とした (Fig. 1)。寿都町は日本海に面し, 沿岸は

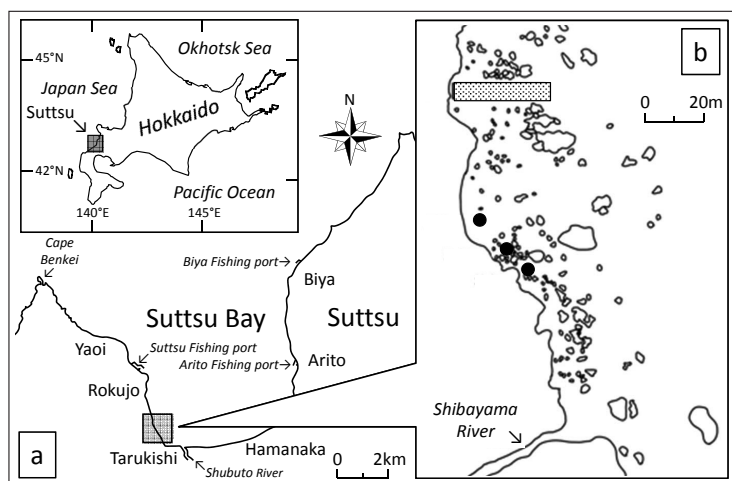


Fig. 1 Location of the survey area off the coast of Suttsu Bay in Southwest Hokkaido, Japan (a). The shaded portion in (a) indicates the survey area off Tarukishi, including sampling area (b). Dotted rectangle in (b) indicates the fish sampling area. Closed circles in (b) represent the litter sampling stations.

海岸線が南側に湾入することにより寿都湾を形成する。また、対象とした樽岸地先が位置する寿都湾奥部には、流路延長 44 km、流域面積 362 km² の二級河川である朱太川が注いでいる⁵⁾。朱太川には魚類の遡上を妨げるようなダムや堰堤はなく、河口域から上流域まで連続性が保たれていることから⁶⁾、通し回遊魚の生息量と種数が豊富である⁷⁾。また、調査地付近には小河川の柴山川が寿都湾に注いでいる (Fig. 1)。当該河川の川幅は約 3 m であり、河口から約 50 m 上流までは河床がコンクリートで覆われているが、その上流には小さな滝があり、滝の上流にはイタヤカエデ *Acer pictum* subsp. *mono* やケヤマハンノキ *Alnus hirsuta* 等の溪畔林が認められる。さらに、樽岸地域にはミズナラ *Quercus crispula*、シラカンバ *Betula platyphylla*、ハウチワカエデ *A. japonicum* およびクリ *Castanea crenata* などの落葉広葉樹林が広く形成されていることが報告されている⁸⁾。一方、落ち葉堆積場は、主に河口から汀線に沿って北西方向に形成されている。そこで、本研究では柴山川河口から北西方向に 35～80 m の範囲を調査対象とした。なお、落ち葉堆積場の底質は岩盤と砂礫であり、堆積物は落葉・落枝、樹皮、木片、種子、海藻草類の破片などで構成されている。

2-2. 落ち葉・マクロベントスの採集と解析

落ち葉堆積場の形成状況とマクロベントス群集の季節変化を調べるため、先述の落ち葉堆積場において落ち葉の採集を行った。採集は、2017 年 1～12 月にかけて月に 1 回、計 12 回実施した。調査地点は、柴山川の河口部から徐々に離れるように設定した水深約 5～50 cm の 3 点である (Fig. 1)。採集には方形枠 (縦×横×高さ = 20 cm × 20 cm × 10 cm) を使用し、各地点において方形枠内の落ち葉を手網で採集し、タマネギ袋に収容した。これらを研究室に持ち帰り、5 % 中性ホルマリン海水で固定後、0.5 mm 目合の篩上に残った試料をピンセットで有機物とマクロベントスに選別した。選別した有機物については、肉眼で陸および海起源に分けるとともに、前者を落ち葉と木片あるいは樹皮、後者を海藻と海草に区分し、これらを 60℃ の恒温器内で 48 時間乾燥させた後、乾燥重量を 0.1 g 単位で秤量した。選別後のマクロベントスについては、実体顕微鏡下で可能な限り種まで同定し、種類ごとに計数した。

試料採集と並行して、水質計 (HORIBA 社、D-71) および塩分計 (Lutron 社、YK-31SA) を用いて気温、水温および塩分を測定した。

採集した有機物およびマクロベントスは、1 回に採集した 3 地点分を合計して解析に供した。マクロベントス群集の構造解析では、群集の特徴を表す指標として、個体数、種類数および Shannon-Wiener の多様度指数 H' を用いた。また、群集の非類似度として Bray-Curtis 指数を算出し、これを用いて Mountford の平均連結法に基づくクラスター分析を行った。

2-3. 魚類の採集と解析

落ち葉堆積場に生息する魚類およびその食性を調査するため、先述の落ち葉堆積場周辺において 2017 年 5 月、8 月および 11 月の計 3 回、魚類の採集を行った (Fig. 1)。採集には、袖網の長さが 10 m (目合 10 mm) で袋網の長さが 5 m (目合 8 mm) の地曳網を使用し、柴山川河口部から約 80 m の地点において人力により汀線から沖へ鉛直に進んだ後、沖から汀線に向かって戻るように曳網した。曳網回数は各月 2 回とし、曳網距離は 1 回あたり約 50 m とした。採集した魚類は、直ちに麻酔剤 (田村製薬社、FA100) で昏睡させた後、10 % 中性ホルマリン海水で固定した。その後、研究室において種を同定し、全長および湿重量をそれぞれ 0.1 mm 単位および 0.1 g 単位で計測した。さらに、腹部を切開して消化管を摘出し、消化管内容物重量を 0.1 mg 単位で測定した後、消化管内容物を実体顕微鏡下で可能な限り種まで同定するとともに、種類ごとに個体数と湿重量 (0.1 mg 単位) を計測した。

魚類の食性解析では、各月において 2 個体以上採集された魚種を解析の対象とした。まず、相対的な餌の重要度を示す指標として、相対重要度指数 IRI を次式より算出した。

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

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 (%), F_i % は餌種 i の出現頻度 (%), S は餌種の種類数である。

魚類の食性解析と並行して、魚類の栄養状態を示す指標として肥満度 CF を次式より算出した。

$$CF = \frac{BW}{TL^3} \times 10^6$$

ここで、 BW は体重 (g)、 TL は全長 (mm) である。

さらに、魚類の摂餌強度を表す指標として、胃内容物重量指数 SCI を次式より算出した。

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

ここで、 SCW は消化管内容物重量 (g)、 BW は体重 (g) である。

複数の調査月に出現した魚種の CF および SCI については、Kruskal-Wallis 検定および Steel-Dwass 法または Mann-Whitney 検定を適用し、調査月間の差を検定した。これらの検定には、エクセルアドインソフト Statcel 4⁹⁾ を使用した。

落ち葉堆積場周辺に生息する魚類の餌生物に対する選択性を明らかにするために、Vanderploeg and Scavia の選択性指数 E ¹⁰⁾ を次式より算出した。

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

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

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 は消化管内容物中の餌 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して摂餌しており、負であれば環境中に多く出現する餌生物を摂餌していると判断される。生息場所中の餌生物の割合については、対応する時期に採集した落ち葉堆積場におけるマクロベントスの個体数密度 ($/0.12 \text{ m}^2$) より算出した。なお、落ち葉、海藻および石などの消化管内容物は、餌生物を採餌する時に偶発的に混入したものと考え、選択性指数の算出には使用しなかった。

3. 結果

3-1. 気温・水温・塩分

気温、水温および塩分の月別変化を Fig. 2 に示した。気温は、1月の -0.1°C から5月にかけて上昇し、6月に低下したものの、7月にピーク値の 23.2°C に達した。その後、気温は低下し、12月には -0.9°C となった。

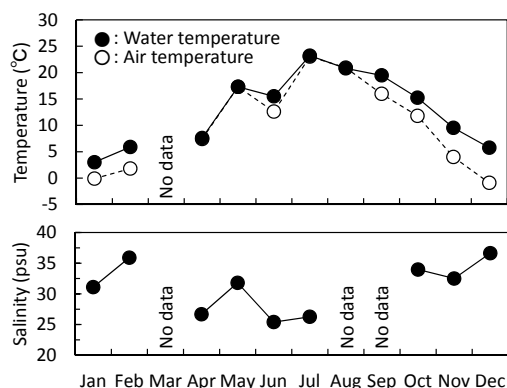


Fig. 2 Monthly changes in air and water temperature (top), and salinity (bottom) from January to December 2017 in the sampling site.

水温も同様の推移を示し、1月の 3.0°C から5月にかけて上昇し、6月に低下したものの、7月にピーク値の 23.2°C に達した。その後、水温は低下し、12月には 6.0°C となった。一方、塩分は、1～2月、5月および10～12月には 31psu 以上の値を示したが、4月および6～7月には 27psu 以下となった。

3-2. 落ち葉堆積場の構成物

落ち葉堆積場における構成物の乾燥重量および組成の月別変化を Fig. 3 に示した。落ち葉堆積場の構成物は、年間を通して 60% 以上が陸起源有機物であり、

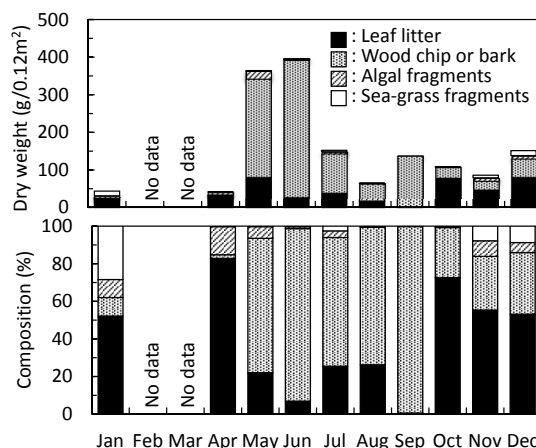


Fig. 3 Monthly changes in dry weight (top) and composition (bottom) of the litter that accumulated in the mouth of Shibayama River from January to December 2017.

海起源有機物は40%未満であった。陸起源有機物の構成物は、ミズナラ、シラカンバおよびイタヤカエデなどの広葉樹の落葉・落枝および果実のほか、クマイザサ *Sasa veitchii* などが含まれていた。落ち葉堆積場は、1月に形成が確認されたものの、2～3月には消失していたため、試料は採集できなかった。その後、落ち葉堆積場は4月に再び形成され、5～6月にかけて堆積量が増加したが、7月以降は堆積量が減少したものの、12月まで安定的に形成される傾向を示した。このような落ち葉堆積場の季節的消長がみられる中で、構成物の0.12 m²あたりの乾燥重量は、4月に最小値の41.5 g、6月に最大値の395.0 gとなった。また、構成物中に占める陸起源有機物の割合は、1月および4月では木片や樹皮よりも落ち葉の値が高く、5～9月は逆に木片や樹皮の値が高くなったが、10～12月は再び落ち葉の値が高くなった。

3-3. マクロベントス群集

調査期間を通して採集されたマクロベントスは、3動物門41種であった。総個体数は節足動物門が最も多く、全体の97.0%を占め、次いで環形動物門が2.3%、軟体動物門が0.6%、不明種が0.1%であった。

節足動物門のうち、ヨコエビ亜目 Gammaridea spp. に属する種は、全動物門の83.3%を占めた。節足動物門のうち最も多く採集された種はヘッピーモクズ *Allorchestes carinata* で、全動物門の39.9%を占めた。次いでトンガリキタヨコエビが27.1%、イソコツブムシ属 *Gnorimosphaeroma* spp. が10.7%であった。

これら優占種3種の個体数変化をFig. 4に示した。1月はヘッピーモクズとトンガリキタヨコエビがそれ

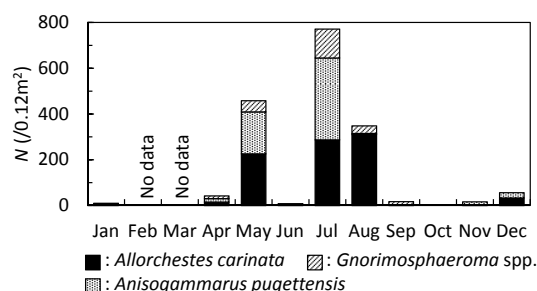


Fig. 4 Monthly changes in population density (N) of the dominant species in the litter piles from January to December 2017.

ぞれ4個体およびイソコツブムシ属が2個体といずれも少なかったが、3種とも4～5月にかけて個体数が大幅に増加し、ヘッピーモクズは226個体、トンガリキタヨコエビは183個体、イソコツブムシ属は49個体となった。6月は3種とも個体数が大幅に減少し、ヘッピーモクズは8個体になるとともに、トンガリキタヨコエビとイソコツブムシ属は採集されなかった。しかし、7月には3種とも大幅に増加し、その総個体数は年間を通して最も多く、711個体になるとともに、トンガリキタヨコエビとイソコツブムシ属では年間を通して最大の個体数（それぞれ358および126個体）を示した。さらに、8月はヘッピーモクズが年間を通して最大の310個体に増加したのに対して、トンガリキタヨコエビとイソコツブムシ属は激減した。そして、9月にはトンガリキタヨコエビとヘッピーモクズは出現せず、イソコツブムシ属も減少したままであった。さらに、10月には3種とも採集されなかったが、トンガリキタヨコエビは11～12月、ヘッピーモクズは12月に再び出現した。

マクロベントスの総個体数、種類数および多様度指数 H' の月別変化をFig. 5に示した。1月の総個体数は最も少なく10個体であったが、落ち葉堆積場が消失した後、再び形成される4月に増加し始めた。5月になると総個体数は4月の13倍に急増し、6月に激減したものの、7月には再び増加し、年間を通して最

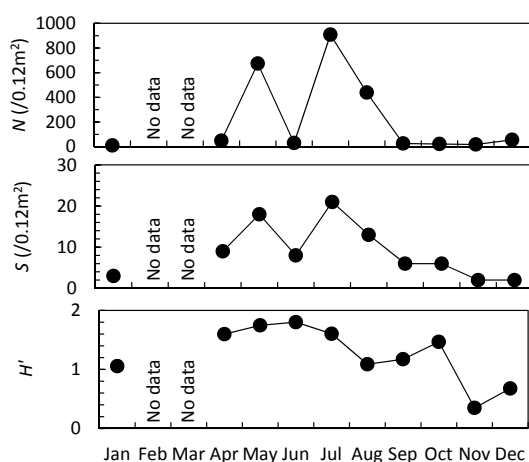


Fig. 5 Monthly changes in population density (N : top), number of species (S : middle), and the Shannon Wiener diversity index (H' : bottom) of the macrobenthos in the litter piles from January to December 2017.

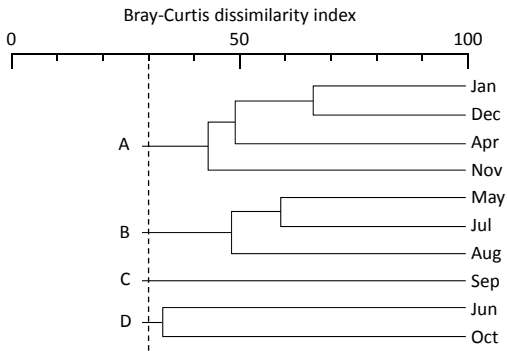


Fig. 6 Dendrogram drawn by Mountford's group average method with Bray-Curtis dissimilarity index of species composition between sampling months. The months were clustered into four communities (A-D) by truncating the dendrogram at the dissimilarity level of 30.

大の 908 個体となった。その後、総個体数は 8～9 月に 26 個体まで減少したが、10～11 月にほぼ横ばいで推移した後、12 月にかけて増加した。また、1 月に 3 種だった種類数は、4 月には 9 種、5 月には 18 種に増加した後、6 月には 8 種に減少したが、7 月に再び増加し、年間を通して最大値となる 21 種を記録した。その後の種類数は、8～12 月に段階的に減少し、11～12 月には年間を通して最小となる 2 種のみとなった。さらに、1 月に 1.05 であった H' は、4～5 月に 1.60 から 1.75 に上昇した後、6 月には年間を通して最高となる 1.80 を示した。その後の H' は、6～8 月には徐々に低下し、9～10 月にかけて上昇した

ものの、11 月には再び低下し、年間を通して最低となる 0.35 を示した後、12 月に再び上昇した。

クラスター分析により作成したデンドログラムを Fig. 6 に示した。ここではマクロベントス群集を、Bray-Curtis 指数 30 を目安として A～D の 4 グループに区分した。また、各群集における平均個体数、平均種類数および優占種の編組比率を Table 1 に示した。各グループの特徴は以下のとおりである。

グループ A：1 月、4 月、11 月および 12 月で構成され、個体数および種類数は比較的少なく、それぞれ 0.12 m^2 当たり 33.3 個体および 4.0 種であった。トンガリキタヨコエビおよびヘッピリモクズの割合が高く、それぞれ 43.6 および 39.1% を占めた。

グループ B：5 月、7 月および 8 月で構成され、個体数および種類数が他のグループより多く、それぞれ 0.12 m^2 当たり 673.3 個体および 17.0 種を示した。ヘッピリモクズの割合が最も高く、40.7% であり、次いでトンガリキタヨコエビが 27.0%、イソコツブムシ属が 10.3% を占めた。

グループ C：9 月のみで構成され、個体数は 26 個体、種類数は 6 種であった。イソコツブムシ属の割合が 65.4% で優占したほか、腹足類のチャツボ *Barleeia angustata* が 11.5% を占めた。

グループ D：6 月および 10 月で構成され、個体数および種類数は比較的少なく、それぞれ 0.12 m^2 当たり 26.0 個体および 7.0 種であった。昆虫綱 Insecta spp. およびダニ目 Acari spp. の割合が高く、ともに

Table 1 Numbers of individuals and species, and the dominant species in four communities (A-D) classified by cluster analysis.

Community	N	S	Dominant species	
A	33.3	4.0	<i>Anisogammarus pugettensis</i>	(43.6)
			<i>Allorchestes carinata</i>	(39.1)
			<i>Gnorimosphaeroma</i> spp.	(10.5)
B	673.3	17.0	<i>Al. carinata</i>	(40.7)
			<i>An. pugettensis</i>	(27.0)
			<i>Gnorimosphaeroma</i> spp.	(10.3)
C	26.0	6.0	<i>Gnorimosphaeroma</i> spp.	(65.4)
			<i>Barleeia angustata</i>	(11.5)
D	26.0	7.0	Insecta spp.	(21.2)
			Acari spp.	(21.2)
			<i>Al. carinata</i>	(15.4)
			Oligochaeta spp.	(13.5)

N and S represent number of individuals and species, respectively.

Values in parenthesis indicate the ratio of composition (%) in each community.

21.2%出現したほか、ヘッピリモクズおよび貧毛綱 *Oligochaeta* spp. も比較的多く出現した（それぞれ 15.4 および 13.5%）

3-4. 魚類食性

調査期間中に採集された魚類は、16 種 132 個体であった（Table 2）。各月で最も多く採集された魚種は、5 月が底生性のイソバテング *Blepsias cirrhosus*（コード Bci）の 29 個体、8 月が遊泳性のウグイ *Tribolodon hakonensis*（コード Tha）の 27 個体および 11 月がイソバテングの 4 個体であった。5 月と 8 月に連続して採集されたのはウグイおよび底生性のタケギンボ *Pholis crassispina*（コード Pcr）であった。また、調査期間を通して採集されたのはイソバテングであった。イソバテングの全長は、5 月が 43.9 ~ 61.1 mm、8 月が 79.5 ~ 109.4 mm、11 月が 90.5 ~ 111.6 mm であった。

各調査月において、消化管内容物が未消化物として検出された 8 魚種を対象に算出した胃内容物重要度指数 *IRI* を Table 3 に示した。なお、本研究において採集された魚類の消化管内容物は消化物の割合が高く、消化物を加えると餌生物の組成が識別しにくくなるため、消化物を除外して求めた値を示した。5 月のみ未

消化物が検出された魚類は、底生性のギスカジカ *Myoxocephalus stelleri*（コード Mst）と遊泳性のヤギウオ *Pallasina barbata*（コード Pba）であった。ギスカジカはヨコエビ亜目とトンガリキタヨコエビ、ヤギウオはヨコエビ亜目とメリタヨコエビ科 *Melitidae* spp. の *IRI* 値が高く、これら端脚類が餌の主体となっていた。8 月のみ未消化物が検出された魚類は、ウグイと遊泳性のアオタナゴ *Ditrema viride*（コード Dvi）であった。*IRI* 値が高かった餌種は、ウグイでは昆虫綱（41.2%）、線形動物門 *Nematoda*（38.2%）およびヨコエビ亜目（14.9%）、アオタナゴではヨコエビ亜目（82.3%）および昆虫綱（8.0%）であった。11 月のみ未消化物が検出された魚類は、ともに遊泳性のクジメ *Hexagrammos agrammus*（コード Hag）とスジアイナメ *H. octogrammu*（コード Hoc）であった。クジメではゴカイ科 *Nereididae* sp. の *IRI* 値が高かったほか（36.2%）、線形動物が 31.1%、ヨコエビ亜目が 19.0% であった。スジアイナメでは線形動物（54.6%）のほか、多毛類のエゾカサネカンザシ *Hydroides ezoensis*（18.9%）およびゴカイ科（9.4%）の *IRI* 値が高かった。一方、5 月と 8 月に未消化物が検出されたタケギンボでは、ヨコエビ亜目とトンガリキタヨコエビの *IRI* 値が高く、5 月

Table 2 List of fish species captured by beach seine surveys around the litter piles in May, August and November 2017.

Fish species	Code	May		Aug		Nov		Total
		TL (mm)	<i>n</i>	TL (mm)	<i>n</i>	TL (mm)	<i>n</i>	
<i>Tribolodon hakonensis</i>	Tha	91.3-142.5	8	48.2-249.0	27	—	0	35
<i>Pholis crassispina</i>	Pcr	115.8, 126.4	2	78.6-163.0	8	—	0	10
<i>Stichaeopsis nana</i>	—	179.5	1	—	0	—	0	1
<i>Hexagrammos agrammus</i>	Hag	173.8	1	—	0	128.4-206.1	3	4
<i>H. otakii</i>	—	—	0	—	0	145.7	1	1
<i>H. octogrammus</i>	Hoc	—	0	—	0	130.7-182.4	3	3
<i>Myoxocephalus stelleri</i>	Mst	19.9-27.6	3	—	0	—	0	3
<i>M. brandti</i>	—	—	0	66.2	1	—	0	1
<i>Porocottus allisi</i>	—	—	0	—	0	40.7	1	1
<i>Opisthocentrus tenuis</i>	—	35	1	—	0	—	0	1
<i>Stichaeidae</i> sp.	—	20.6	1	—	0	—	0	1
<i>Syngnathus schlegeli</i>	—	170.5	1	—	0	—	0	1
<i>Pallasina barbata</i>	Pba	46.7, 50.1	2	—	0	—	0	2
<i>Blepsias cirrhosus</i>	Bci	43.9-61.1	29	79.5-109.4	17	90.5-111.6	4	50
<i>Ditrema viride</i>	Dvi	—	0	76.0-100.8	17	—	0	17
<i>Pleuronectes schrenki</i>	—	—	0	75.4	1	—	0	1

TL and *n* represent range of total length and number of individuals, respectively. Codes are used in Table 3, 4 and Fig. 7.

Table 3 Composition of stomach contents by index of relative importance (*IRI*: %) in eight fish species in which undigested matter was detected.

Prey item	May				Aug				Nov		
	Pcr	Mst	Pba	Bci	Tha	Pcr	Bci	Dvi	Hag	Hoc	Bci
Nematoda spp.	—	—	—	—	38.2	1.3	45.9	< 0.1	31.1	54.6	—
Gastropoda spp.	—	—	—	—	—	—	1.3	0.1	—	0.2	—
Polychaeta spp.	—	3.7	—	—	0.4	—	—	2.3	—	—	—
Nereidae sp.	—	—	—	—	—	—	—	—	36.2	9.4	—
<i>Hydroides ezoensis</i>	—	—	—	—	—	—	—	0.3	0.8	18.9	—
Crustacea spp.	—	—	—	< 0.1	1.0	—	—	2.2	3.9	2.6	—
Gammaridea spp.	56.6	64.3	80.0	79.2	14.9	46.2	—	82.3	19.0	6.4	63.2
Pontogeneiidae spp.	—	2.8	—	1.0	—	—	—	—	—	1.5	1.6
Melitidae spp.	—	—	20.0	—	—	—	—	—	—	—	—
Hyalidae spp.	—	—	—	1.0	—	0.5	—	1.3	1.6	0.5	—
<i>Allorchestes carinata</i>	—	—	—	—	—	5.9	—	0.0	—	—	0.3
<i>Anisogammarus pugettensis</i>	38.8	29.2	—	18.8	—	19.1	—	—	1.0	1.8	21.7
<i>Gnorimosphaeroma</i> spp.	—	—	—	—	—	1.6	1.8	0.3	—	—	—
<i>Idotea ochotensis</i>	2.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Insecta spp.	—	—	—	—	41.2	—	—	8.0	—	—	—
Seaweed	1.9	—	—	—	0.2	1.5	5.1	1.2	1.1	0.2	2.4
leaf litter	—	—	—	< 0.1	4.1	24.0	45.9	1.9	5.3	3.7	10.8
Others	—	—	—	—	0.1	—	—	—	—	0.2	—

Each value is proportion excluding digested matter.

Codes of fish species are given in Table 2.

には前者が 56.6%, 後者が 38.8%であったが, 8 月には値が低下し, それぞれ 46.2%および 19.1%となった。この 2 種の餌生物の他に, 5 月はオホツクヘラムシ *Idotea ochotensis*, 8 月はヘッピーモクズ, モクズヨコエビ科 Hyalidae spp. およびイソコツブムシ属などが確認された。また, 調査期間を通して未消化物が検出されたイソバテングでは, 5 月はヨコエビ亜目およびトンガリキタヨコエビの *IRI* 値が高く, それぞれ 79.2%および 18.8%を示したほか, モクズヨコエビ科やアゴナゴヨコエビ科 Pontogeneiidae spp. の端脚類も検出された。一方, 8 月のイソバテングの *IRI* 値は, 線形動物と落ち葉とともに 45.9%を示したほか, その他の消化管内容物は海藻, イソコツブムシ属および腹足綱 Gastropoda spp. であり, 端脚類の摂餌は確認されなかった。しかし, 11 月のイソバテングの *IRI* 値は, 再びヨコエビ亜目が 63.2%, トンガリキタヨコエビが 21.7%を示すなど端脚類中心の餌生物となった。

各調査月において, 消化管内容物が未消化物として検出された 8 魚種の肥満度 *CF* および胃内容物重量指数 *SCI* を Fig. 7 に示した。5 月に採集された魚種で

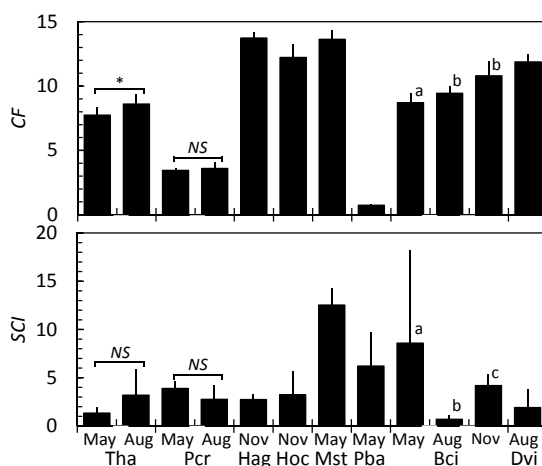


Fig. 7 Monthly changes in condition factor (*CF*: top) and stomach content index (*SCI*: bottom) of eight fish species in which undigested matter was detected. Codes of fish species are provided in Table 2. Single asterisk denotes significant differences (Mann-Whitney test, $P < 0.05$) between the sampling months. NS represents no significant difference (Mann-Whitney test, $P > 0.05$). Values identified with the same roman letter are not significantly different (Steel-Dwass test, $P < 0.05$).

Table 4 Relative electivity indices for prey items (E) in eight fish species in which undigested matter was detected.

Prey item	May				Aug				Nov		
	Pcr	Mst	Pba	Bci	Tha	Pcr	Bci	Dvi	Hag	Hoc	Bci
Gastropoda spp.							-0.81				
Polychaeta spp.		-0.56									
Crustacea spp.					-0.82						
Gammaridea spp.	0.37	-0.10	0.25	0.07	-0.77	-0.20		0.30	0.03	0.67	0.40
Pontogeneiidae spp.				-0.64							
Hyalidae spp.				-0.91		-0.86		-0.63			
<i>Allorchestes carinata</i>						-0.90		-1.00			
<i>Anisogammarus pugettensis</i>	-0.52	-0.70		-0.80		-0.11			-0.94	-0.70	-0.81
<i>Gnorimosphaeroma</i> spp.						-0.82	-0.86	-0.95			
<i>Idotea ochotensis</i>	-0.35										

Codes of fish species are given in Table 2.

CFが最も高かったのはギスカジカ (Mst) の13.6であった。次いでイソバテング(Bci)の8.7, ウグイ(Tha)の7.7, タケギンボ (Pcr) の3.5, ヤギウオ (Pba) の0.7の順に高いCF値を示した。8月に採集された魚種でCFが最も高かったのは、アオタナゴ (Dvi) の11.9であり、次いでイソバテングの9.4, ウグイの8.6, タケギンボの3.6の順に高い値を示した。11月に採集された魚種ではクジメ (Hag) の13.7, スジアイナメ (Hoc) の12.2, イソバテングの10.8の順にCF値が高くなった。複数の調査月に出現した魚種について、各月間のCFを比較したところ、ウグイは5月と8月の間に有意差が認められたが ($P<0.05$), タケギンボは5月と8月の間に有意差はみられなかった。また、イソバテングでは、5月と8月および11月の間に有意な差が検出された (それぞれ $P<0.01$ および $P<0.05$)。

一方、5月に採集された魚種でSCIが最も高かったのはギスカジカの12.5であり、次いでイソバテングの8.6, ヤギウオの6.2, タケギンボの3.9, ウグイの1.3の順に高い値を示した。8月に採集された魚種でSCIが最も高かったのはウグイの3.2であり、これにタケギンボの2.8, アオタナゴの1.9, イソバテングの0.7が続いた。11月に採集された魚種でSCIが最も高かったのは、イソバテングの4.2であり、次いでスジアイナメの3.2, クジメの2.7であった。複数の調査月に出現した魚種について、各月間のSCIを比較したところ、ウグイとタケギンボでは5月と8月の間に有意差が認められなかったが、イソバテングではすべての調査月の間に有意差が認められた (5月と8月およ

び5月と11月: $P<0.01$, 8月と11月: $P<0.05$)。

各調査月において、消化管内容物が未消化物として検出された8魚種の餌生物に対する選択性指数 E をTable 4に示した。 E が正の選択性を示した餌生物はヨコエビ亜目のみであり、他の餌生物は各魚種とも負の選択性を示した。 E の値が+0.6以上または-0.6以下の魚種と餌生物の組み合わせをみると、5月はギスカジカ (Mst) がトンガリキタヨコエビに対して、イソバテング (Bci) がアゴナガヨコエビ科、モクズヨコエビ科およびトンガリキタヨコエビに対して負の選択性を示した。8月は、ウグイ (Tha) が甲殻亜門 Crustacea spp. およびヨコエビ亜目に対して、タケギンボ (Pcr) がモクズヨコエビ科、ヘッピリモクズおよびイソコツブムシ属に対して、イソバテングが腹足綱およびイソコツブムシ属に対して、アオタナゴ (Dvi) がモクズヨコエビ科、ヘッピリモクズおよびイソコツブムシ属に対して負の選択性を示した。11月は、クジメ (Hag) とイソバテングがトンガリキタヨコエビに対して負の選択性を示したほか、スジアイナメ (Hoc) がヨコエビ亜目に対して正の選択性、トンガリキタヨコエビに対して負の選択性を示した。

4. 考 察

4-1. 気温・水温・塩分の変化

水温と気温は、ともに冬から春にかけて上昇し、6月に一時的に低下したものの、7月に最高値に達した後、冬にかけて低下した。これより、水温は気温と同調して推移していると考えられる。

一方、塩分は、春から初夏にかけて低く、秋から冬

にかけて高くなる傾向を示した。寿都湾の水深 10 m 以深における塩分は年間を通して 34 ± 0.25 psu であるが、表面近くでは 32 psu 以下になることが報告されている¹¹⁾。さらに、水深 10 m 以浅における塩分は 3～5 月に比較的低く (33 psu 以下)、11～2 月に比較的高くなる傾向 (34 psu 前後) を示しており¹¹⁾、本研究の結果と良く一致していた。北海道の河川では冬に河川が結氷するほか¹²⁾、流域への水の供給量が積雪下面融雪水のみとなり¹³⁾、冬は渇水となる。また、調査地点付近に位置する朱太川水系の地表面は、概ね 11 月下旬には積雪に覆われ、3 月下旬から 5 月上旬にかけては融雪によって河川流量が増加することが報じられている¹⁴⁾。これらのことから、調査地点付近の河川では、冬は渇水によって淡水の影響を受けにくくなるため比較的高塩分になり、春から初夏にかけては融雪出水の流入によって低塩分になるものと考えられる。

4-2. 落ち葉堆積場の季節動態

寿都町樽岸地先において落ち葉堆積場を構成する有機物は、年間を通して陸起源の割合が高い値を示した。また、有機物量の季節変化について、1 月にみられた落ち葉堆積場は、2～3 月に消失した後、再び 4 月に形成されるとともに、5～6 月にかけて有機物量が増加し、その後は 8 月まで減少した後、9～12 月にかけて徐々に増加する動態を示した。一方、濃昼川流域では河川から沿岸域への粗粒有機物の供給量が調べられており、10 月の落葉期に供給量がピークに達し、夏の大出水期および 3～4 月の融雪期にそれぞれ年間流量の 40 および 50% が河川から沿岸域へ流出することが示されている¹⁵⁾。また、濃昼川河口域に形成される落ち葉堆積場の有機物量の変化は、融雪期や夏の大出水期および落葉期と一致することが報告されている¹⁶⁾。本研究における調査地点周辺には朱太川および柴山川などがあり、朱太川での融雪出水期 (3 月下旬～5 月上旬) に有機物量が増大していることから、これらの河川を含めた寿都湾に注ぐ河川から落ち葉が供給されていると考えられる。また、融雪出水後の 5 月には木片等の割合が高まっているが、10 月の落葉期には落ち葉の割合が高くなっている。このことから、融雪時や夏の降雨による大出水によって河川流量が増加する際は、河床に堆積した木片等が大量に沿岸域へ

流出しやすく、落葉期には河川に供給された落ち葉が沿岸域へ流出する可能性が示唆される。

なお、本研究では荒天後に落葉・落枝および海草藻類の破片が海岸に打ち上げられ、時には数 m に及ぶ流木も打ち上げられている様子がしばしば観察された。したがって、落ち葉堆積場の変動には、台風や波浪などの影響による有機物の流出や海底に堆積した有機物の打ち上げも関与していることが窺われる。また、本研究では 2～3 月にかけて調査地点において落ち葉の堆積が確認されなかったが、採集地点よりも深い海底に落ち葉が堆積していた可能性も考えられるため、調査地点一帯において落ち葉堆積場が消失したとは、現段階では断定できない。

4-3. マクロベントス群集の季節変化

寿都町樽岸地先の落ち葉堆積場には、端脚類のほか、等脚類、多毛類および腹足類などから構成されるマクロベントス群集が形成されていた。また、マクロベントス群集の優占種は、ヘッピリモクズ、トンガリキタヨコエビおよびイソコツブムシ属であったほか、マクロベントスの総個体数と種類数の動態は類似した傾向を示した。すなわち、総個体数と種類数は、4～5 月に急増した後、6 月の一時的な減少を挟んで 6～7 月に再び増加したが、8～9 月には減少に転じ、その後は 12 月まで低い値で推移した。また、優占種のヘッピリモクズ、トンガリキタヨコエビおよびイソコツブムシの組成も同様の推移を示した。一方、 H' は個体数や種類数とは異なった変化を示した。すなわち、 H' は、4～6 月に上昇し、6～8 月に下降した後、10 月に再び上昇したが、11 月に最低値まで低下し、その後 12 月には再び増加に転じた。

こうしたマクロベントス群集の動態を落ち葉堆積場の季節変化と関連付けてみると、総個体数と種類数は、融雪出水によって落ち葉が供給され始めたと考えられる 4 月から徐々に増加していたが、落ち葉堆積場の有機物量が多かった 6 月には急減していた。2017 年 6 月上旬は低気圧の影響により、北海道日本海側の降水量はかなり多く¹⁷⁾、同時期の石狩湾では波高が 2 m を超える日も多くみられた¹⁸⁾。これより、降雨量の増加に伴って河川流量が増加し、落ち葉堆積場に有機物が供給されたものの、波浪などによって落ち葉堆積場が攪乱を受けたことが推察される。つまり、6 月に

みられたマクロベントスの総個体数と種類数の減少は、河川出水による新たな有機物の供給や波浪による落ち葉堆積場の攪乱が影響した可能性が考えられる。このような台風などの荒天候は、9月のマクロベントス群集にも同様の影響を与えたものと考えられる。一方、 H' は6月に最高となり、10月にも突出していた。6月と10月は、海産のマクロベントスに加えて、カワゲラやトビケラの幼虫などの昆虫類およびダニ目などの河川由来の生物が特異的に検出されており、これにより H' が高くなったと考えられる。また、このことは、6月と10月に河川から有機物が供給されたことも示唆している。

本研究では、クラスター分析により各月のマクロベントス群集を4グループに区分した。その結果、グループAは1月、4月、11月および12月の冬から春にかけてのマクロベントス群集で構成されており、種類数が少なく、トンガリキタヨコエビを主体としていた。グループBは、5月、7月および8月の春から夏にかけてのマクロベントス群集で構成されており、個体数と種類数がともに多く、ヘッピーモクス、トンガリキタヨコエビおよびイソコツブムシ属を主体としていた。グループCは、9月のみから構成され、個体数と種類数は少なく、イソコツブムシ属のほか、腹足類と多毛類を主体とする群集であった。グループDは、6月と10月で構成され、降水量の増加による出水期および落葉により河川から有機物が供給される時期のマクロベントス群集であり、甲殻類に加えて昆虫類、ダニ目および貧毛類などの河川由来の生物を主体としていた。

トンガリキタヨコエビについては、濃昼川河口では落ち葉堆積場において多く出現し³⁾、落ち葉を付着基質や餌などの生活基盤として利用していることが示されている¹⁹⁾。本研究においても、9月を除いたすべての月において、落ち葉の割合が一定以上みられるとともに、トンガリキタヨコエビを含む端脚類が多く出現した。また、本研究において落ち葉の割合が極めて低い9月には、イソコツブムシ属や腹足類などが主体の群集構造を示したことから、落ち葉を利用している端脚類は落ち葉の流出とともに移動し、落ち葉を付着基質としない生物がその場に残留または漂流してくる可能性が示唆される。

4-4. 魚類による落ち葉堆積場の餌場としての利用

寿都町樽岸地先の落ち葉堆積場周辺で採集された魚類は、16種であった。各月で最も多く採集された魚種は、5月がイソバテング、8月がウグイおよび11月がイソバテングであった。また、5月と8月に共通して出現した魚類はウグイとゴマギンポであり、調査期間を通して出現した種はイソバテングであった。さらに、採集された魚類のうち、ウグイ、ヨウジウオ *Syngnathus schlegeli*、ハナジロガジ *Opisthocentrus tenuis*、アイナメ *Hexagrammos otakii*、ギスカジカ、イソバテング、ヤギウオおよびクロガシラガレイ *Pleuronectes schrenki* は、濃昼川河口域の落ち葉堆積場でも出現が確認されている魚種であった¹⁶⁾。このことから、両落ち葉堆積場には、底生性と遊泳性の魚種が混在して生息していることが窺われる。

本研究では、落ち葉堆積場で採集された魚類の食性を知るために、相対的な餌の重要度を示す指標として相対重要度指数 IRI を算出した。また、餌生物に対する選択性を知るため、選択性指数 E を算出した。その結果、餌種の季節的な傾向として、5月に採集された魚種ではヨコエビ亜目およびトンガリキタヨコエビなど端脚類の割合が高く、8月に採集された魚種では落ち葉や線形動物の割合が増加するものの、ヨコエビ亜目を継続して摂餌していることが示された。また、11月は、イソバテングではヨコエビ亜目およびトンガリキタヨコエビの IRI 値が高く、クジメとスジアイナメではゴカイ類の IRI 値が高いものの、端脚類も摂餌していた。これらのことから、端脚類は調査期間を通して落ち葉堆積場における魚類の主要な餌生物となっていることが窺われる。なお、8月に消化管内容物として検出された落ち葉と線形動物について、前者は餌生物を摂餌する際に偶発的に取り込まれたものであり、後者は重量が僅かなため、餌としての価値は低いものと考えられる。

一方、マクロベントス群集において総個体数が最も多かったヘッピーモクスを利用したのは、8月のタケギンポのみであった。この時のヘッピーモクスの IRI 値は低く、 E は負の選択性を示した。このことから、ヘッピーモクスは、落ち葉堆積場の魚類にとって主要な餌資源として利用されていないものと推察される。ただし、本研究において観察されたマクロベントス群集中のヘッピーモクスは、トンガリキタヨコエビに比

べて小型個体が多くみられたため、魚類に摂餌された場合でも消化が早く、消化管内容物として検出されなかった可能性がある。

本研究では、魚類の栄養状態を表す指標として肥満度 CF を算出した。そこで、5月と8月に連続して採集されたウグイ、タケギンボおよびイソバテングを比較すると、タケギンボは5月と8月で CF に有意差はなかったが、ウグイとイソバテングは5月よりも8月のほうが有意に高い値となった。また、イソバテングは端脚類、ウグイは端脚類に加えて昆虫類を主に摂餌していたことから、春から夏にかけての端脚類の個体群形成および出水などによる河川からの落下昆虫の供給によって利用可能な餌生物が増加し、これら2魚種の栄養状態が高まったと推察される。

摂餌強度を表す指標として胃内容物重量指数 SCI を算出した結果、魚種により値は異なるものの、各月で類似した傾向がみられた。すなわち、 SCI は5～8月に低下し、11月に再び上昇した。先述のように、魚類の主要な餌生物は端脚類であり、特にトンガリキタヨコエビを摂餌している魚種が多く確認された。このため、 SCI は、トンガリキタヨコエビの個体数変動に影響を受けているものと推察される。

本研究の結果、調査期間を通して落ち葉堆積場周辺に出現した魚種はイソバテングであった。本種は、主に藻場に生息するケムシカジカ科の魚類である²⁰⁾。また、イソバテングは、調査期間を通して主にヨコエビ亜目とトンガリキタヨコエビを摂餌していた。この結果は、ロシア沿海地方のルースカヤ湾において体長80～192mmのイソバテングがトンガリキタヨコエビやヘッピリモクズ属の一種 *Al. malleolus* を含む端脚類を主要な餌としていること²¹⁾と一致する。また、トンガリキタヨコエビの IRI 値は月ごとに変動し、5月は18.8%であったのに対し、8月には0%となり、11月には再び21.7%となった。マクロベントス群集に占めるトンガリキタヨコエビの個体数割合は、5月は27.2%であったが、8月には低下して1.1%となった後、11月は再び上昇して88.9%となっており、トンガリキタヨコエビの IRI 値の変動と一致していた。トンガリキタヨコエビの繁殖期は、濃昼川河口の落ち葉堆積場では5月と10月の年2回であることが報告されている⁴⁾。本研究においても、4～5月、7月および10～11月にトンガリキタヨコエビの個体数が増

加しており、寿都町樽岸地先においても濃昼川河口と同様の繁殖期を有することが窺われる。また、イソバテングのトンガリキタヨコエビに対する餌選択性は、5月および11月の E がそれぞれ -0.80 および -0.81 であることから低いものと考えられる。一方、本種のヨコエビ亜目に対する E は、5月および11月で正の選択性を示した。これらのことから、イソバテングは端脚類を選択的に摂餌しており、その中で5月と11月は繁殖による個体数増加に伴って環境中に多く存在する餌資源としてトンガリキタヨコエビを利用したものと考えられる。また、イソバテングの CF は5月よりも8月および11月が有意に高いことから、当海域の落ち葉堆積場では豊富な餌資源に支えられることにより本種の栄養状態は良好に保たれていることが示唆される。さらに、 SCI は、5月の8.6から8月には0.7に低下した後、11月には4.2に増加しており、これらの値の間には有意差が認められた。こうした SCI の変動に対しても主要な餌生物であるトンガリキタヨコエビの個体数が影響したものと考えられる。

本研究において採集されたイソバテングの全長は、5月に43.9～61.1mm、8月に79.5～109.4mm、11月に90.5～111.6mmを示した。先述のルースカヤ湾で5～10月に採集されたイソバテングの全長は、2歳魚の雌および雄でそれぞれ100～125mmおよび103mm、3歳魚の雌および雄でそれぞれ122～137mmおよび115～143mmであり、採集された稚魚は80～120mmの個体が最も多いことが報告されている²¹⁾。また、本種の産卵期は、北海道南部海域では6月²²⁾、ロシア沿海地方北部では7月上旬であり²¹⁾、孵化仔魚は平均11.1mmである²³⁾。これらのことから、本研究において落ち葉堆積場で確認されたイソバテングは、いずれも稚魚と判断される。また、採集個体の全長は経時的に伸長していたことから、本種は、少なくとも5～11月の6か月間は定常的に落ち葉堆積場を利用していると考えられ、落ち葉堆積場がイソバテング稚魚の成育場として機能していることが示唆される。

4-5. 北海道日本海沿岸における落ち葉堆積場

本研究では、寿都町樽岸地先に形成される落ち葉堆積場の構成物およびマクロベントス群集の季節変化を調べるとともに、落ち葉堆積場の魚類による餌利用の

実態を調査した。そこで、ここでは濃昼川河口に形成される落ち葉堆積場と比較し、北海道日本海沿岸に形成される2か所の落ち葉堆積場の共通性や有用性を検討する。

濃昼川河口では、河川から有機物が供給されることにより落ち葉堆積場が周年観測され、年間を通じてトンガリキタヨコエビが卓越する端脚類を中心としたマクロベントス群集が形成されている³⁾。さらに、トンガリキタヨコエビがクロガシラガレイ当歳魚の主要な餌となっている⁴⁾。一方、寿都町樽岸地先における落ち葉堆積場は、濃昼川河口のように周年安定して形成されないため、マクロベントス群集の変化が激しい。これは、海岸地形による流況の差異が影響していると考えられる。濃昼川河口は、漁港と岩礁に挟まれた釜形地形を呈するとともに、海岸部は急峻な山岳地形が発達するため³⁾、沖からの波浪や陸からの強風が遮蔽される条件にある。このため、周辺海域が強く波立っているにもかかわらず、濃昼川河口は比較的静穏な流況を保っている。一方、寿都町沿岸では、周辺の地形により局地的な強風が周年を通して吹走する²⁴⁾。このため、沿岸部の流況は変動しやすく、落ち葉堆積場やマクロベントス群集の形成は不安定になるものと考えられる。また、寿都町樽岸地先におけるマクロベントス群集の構造は、端脚類を中心とした群集という点では濃昼川河口と同様であるが、最も優占する種はヘッピリモクズであり、次いでトンガリキタヨコエビであった。また、樽岸地先では5月から11月にイソバテング稚魚が出現し、トンガリキタヨコエビを主体とした端脚類を主要な餌として利用していた。さらに、イソバテング以外の稚魚も採集されており、餌場や成育場として落ち葉堆積場が利用されていることが窺われた。以上の比較から、北海道日本海沿岸に形成される2か所の落ち葉堆積場の共通点として、1) 落ち葉堆積場は、周辺河川から落ち葉などの有機物が供給されることにより形成され、河川流量、気象・海象および溪畔林の落葉などの季節変化の影響を受けて規模が変化すること、2) 端脚類を主体としたマクロベントス群集が形成され、落ち葉堆積場に特異的に出現するトンガリキタヨコエビが稚魚類の餌として利用されていることの2点が挙げられる。

本研究では、寿都町樽岸地先における落ち葉堆積場の形成およびマクロベントス群集の季節変化に加え、

落ち葉堆積場の魚類による餌利用の実態を調査した。その結果、落ち葉堆積場が稚魚の餌場および成育場として重要であることが示唆された。しかし、落ち葉堆積場の季節変化および魚類による餌利用の状況は、地域によって異なることも示された。今後は落ち葉堆積場の重要性を敷衍するために、さらに多くの地点で落ち葉堆積場を調査し、地域特有の物理環境と生物との関係を調査する必要がある。

5. 謝 辞

本研究の実施にあたり、現地調査に多大なるご協力をしていただいた寿都町役場産業振興課の瀧山修市課長、桑原将人技師、櫻井隆丞技師、並びに東海大学生物学部の関係各位に深く感謝申し上げます。

6. 参考文献

- 1) Bisson, P.A. and R. E. Bilby (1998) : Organic matter and trophic dynamics. *River ecology and management*, 373-398.
- 2) Sakamaki, T. and J. S. Richardson (2008) : Retention, breakdown, and biological utilization of deciduous tree leaves in an estuarine tidal flat of southwestern British Columbia, Canada. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 65, 38-46.
- 3) 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*). *Bulletin of the Japanese Society of Fisheries Oceanography*, 70, 105-113.
- 4) 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.
- 5) 北海道 (2013) : 第120回 北海道統計書 1 土地。北海道庁, 札幌, 2-15.
- 6) 宮崎佑介・照井 慧・吉岡明良・海部健三・鷺谷いづみ (2013) : 朱太川水系氾濫原の小規模な一時的水域の魚類相：種多様性の要因と保全・再生への示唆。保全生態学研究, 18, 55-68.
- 7) 宮崎佑介・照井 慧・久保 優・畑井信男・高橋興世・齋藤 均・鷺谷いづみ (2011) : 北海道南

- 西部の朱太川水系における魚類相とその保全生態学的評価. 保全生態学研究, 16, 213-219.
- 8) 板垣恒夫・蛭沢隆彦 (2007) : 空中写真による寿都町樽岸地域の森林概況について. 日本森林学会北海道支部論文集, 55, 83-85.
- 9) 柳井久江 (2015) : 4Steps エクセル統計 第4版. オーエムエス出版, 東京, 2015.
- 10) 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.
- 11) 西浜雄二 (1982) : 寿都湾の海洋条件の季節変化. 北水試月報, 39, 1-8.
- 12) 山崎 誠・小山 俊・長谷川和義・平山健一 (1997) : 寒地河川における冬期渇水後期の流量変動予測. 土木学会論文集, 565, 11-20.
- 13) 南里智之・笹賀一郎・藤原滉一郎・佐藤冬樹・新谷 融・清水 収 (1991) : 積雪寒冷地の小流域における冬期渇水時の流出特性. 北海道大学農学部演習林研究報告, 48, 419-444.
- 14) 岡澤 宏・長澤徹明・井上 京・山本忠男・鶴木啓二 (2005) : 森林流域と農業流域における融雪流出時の汚濁負荷流出特性. 農業土木学会論文集, 237, 257-265.
- 15) 長坂晶子・河内香織・柳井清治 (2008) : 河口・沿岸域への森林有機物の供給過程. 「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, 59-73.
- 16) 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年度重要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.
- 17) 気象庁 (2017) : 報道発表資料 6月の天候. 国土交通省, 1-13.
- 18) 気象庁 (2017) : 沿岸代表点の波浪推算値. http://www.data.jma.go.jp/kaiyou/db/wave/chart/wavepoint/wave_point.html?point=24&year=2017&month=6. 閲覧日: 2018年1月26日.
- 19) Kochi, K., I. Sakurai and S. Yanai (2007) : Role of forest-origin coarse particulate organic matter for the brackish water amphipod *Anisogammarus pugettensis*. *Bull. Jpn. Soc. Fish. Oceanogr.*, 71, 255-262.
- 20) 尼岡邦夫・藪 漑・仲谷一宏・山本弘敏 (1983) : 図鑑 北日本の魚と海藻. 北日本海洋センター, 札幌, p110.
- 21) Kolpakov, N. V. and N. T. Dolganova (2006) : On the biology of *Blepsias cirrhosus* (Hemitripterae) from coastal waters of northern Primorye. *Journal of Ichthyology*, 46, 454-459.
- 22) Munehara, H. (1991) : Utilization and Ecological Benefits of a Sponge as a Spawning Bed by the Little Dragon Sculpin *Blepsias cirrhosus*. *Japanese Journal of Ichthyology*, 38, 179-184.
- 23) Munehara, H. and K. Shimazaki (1991) : Embryonic development and newly hatched larvae of the little dragon sculpin *Blepsias cirrhosus*. *Japanese Journal of Ichthyology*, 38, 31-34.
- 24) 佐川正人 (2004) : 北海道寿都地方の強風域における風向・風速の特徴. 地理学評論, 77, 441-459.