

機関番号：82101

研究種目：若手研究 (B)

研究期間：2009～2010

課題番号：21770013

研究課題名 (和文) 稀少な底生動物種を育むヨシ原の生態系機能と保全に関する研究

研究課題名 (英文) Ecological function and conservation of salt-marsh (Yoshihara) system and endangered macrozoobenthos along the Japanese coast

研究代表者

金谷 弦 (KANAYA GEN)

独立行政法人国立環境研究所・水圏環境研究領域・NIES 特別研究員

研究者番号：50400437

研究成果の概要 (和文)：ヨシ原干潟に暮らす底生動物個体群の健全性を調査するとともに、底生動物の餌利用を炭素・窒素安定同位体比から推定した。青森県むつ湾でウミナシの個体群構造を調べたところ、遺伝的多様性が比較的高く維持されており、ここ数年の間に新規加入があったことが確認された。三重県のヨシ原干潟では、干潟とヨシ原の間で底生動物の餌利用パターンが明瞭に異なり、ヨシ原内ではヨシ由来物の寄与が高まることが明らかになった。

研究成果の概要 (英文)：We assessed food sources and population and genetic structure of macrozoobenthos in tidalflat and salt-marsh ecosystems. In Mutsu Bay, genetic diversity of the endangered gastropod *Batillaria multiformis* was relatively high, and the local population included a younger cohort. We also compared the food sources of macrozoobenthos between tidalflat and salt-marsh habitats using stable C and N ratios, and found a significant difference between the habitats; i.e., marsh plant derived organic matter was utilized more in the salt marsh habitat.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,700,000	510,000	2,210,000
2010年度	1,400,000	420,000	1,820,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,100,000	930,000	4,030,000

研究分野：生物学

科研費の分科・細目：基礎生物学・生態・環境

キーワード：ヨシ原、保全、干潟、底生動物、炭素・窒素安定同位体比、物質循環

1. 研究開始当初の背景

河口域のヨシ原は、多くの希少なベントス種の生息場所として重要であるとともに、陸域-海域間の物質循環においても重要な役割を果たしている。ヨシ原はまた、多くの稀少な底生動物の生息場所としても重要である。しかし、ヨシ原や前浜干潟が発達する閉鎖的な内湾奥部の生態系は、埋め立てや護岸工事などの開発行為によって近年急速に改変されつつあり、そこに生きる底生動物の保

全に向けた基礎的知見の集積が急務である。安定同位体を用いた研究により、ヨシをはじめとする高等植物遺体はベントスの餌としてあまり利用されていないことが明らかになってきた。これは、海産ベントスの多くが高等植物を構成するセルロースやリグニンをほとんど消化できないことによる。ところが最近になり、一部のベントスが強いセルロース分解能を有し、陸域起源のデトリタスを直接同化出来ることが報告されてきた。そのため、ヨシ原に強く依存して生息する底生

動物の中にも、ヨシ由来の有機物を高度に利用している種が存在する可能性がある。

2. 研究の目的

本研究では、東日本の太平洋岸に分布するヨシ原および干潟生態系を対象とし、(1)その現状と稀少な底生動物種の生息状況を調査するとともに(2)安定同位体比や脂肪酸分析法を用いてヨシ原に生息する底生動物の餌資源推定を行い、(3)ヨシ原が持つ生態系機能、特に有機物のシンク・ソースおよびその分解場としての機能評価を行い、その保全に関する基礎的知見を得ることを目的とする。

3. 研究の方法

(1) むつ湾におけるウミニナの個体群構造

青森県むつ市の芦崎干潟は、日本国内北限のウミニナ（環境省レッドリスト準絶滅危惧）生息地である。本研究では、芦崎干潟に生息するウミニナの保全に向けた基礎的知見を得るために、干潟内の3地点でウミニナとホソウミニナを定量的に採取し、近年における新規加入の有無に注目して個体群構造解析を行った。同時に、各調査地点で地高と底土浸出水の塩分を測定した。

ウミニナとホソウミニナの若齢個体はその外観が酷似し、個体間での形態変異も大きく、形態に基づいた種判別が困難である。そこで本研究では、近年開発された分子生物学的手法により、ウミニナとホソウミニナの種判別を行った。また、ウミニナについてはミトコンドリア遺伝子 COI 領域の塩基配列に基づき、他の生息地（むつ湾内の川内、小湊および山口県と福岡県の干潟）との遺伝的類縁関係を調べた。

(2) 伊勢湾の干潟におけるヨシ原と裸地干潟間での底生動物の餌利用比較

三重県津市の田中川河口には袋状の潟湖が発達しヨシ原が広がっている。ヨシ原内にはヨシ原に依存して生息する底生動物であるヘナタリ類やオカミミガイ類、ベンケイガニ類が生息している。

本研究では田中川河口域内に4地点を設定し（ヨシ原；2地点、裸地干潟；2地点）、ベントスと餌資源の炭素・窒素安定同位体比（ $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$ ）を網羅的に測定した。調査は2009年5月～2010年3月の期間に複数回行った。餌資源候補としては淡水中の植物プランクトン、海水中の植物プランクトン、干潟表面の底生珪藻、ヨシを採取した。

4. 研究成果

(1) むつ湾におけるウミニナの個体群構造

PCR-RFLP 法による遺伝子同定手法を用いた結果、むつ芦崎干潟で採取したサンプル中に、ウミニナの小型個体を確認することが出来た（写真1）。

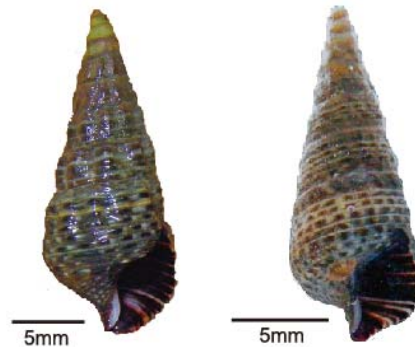


写真1. PCR-RFLP 法により同定したウミニナ（左）とホソウミニナ（右）の小型個体。形態的な種判別は困難である。ウミニナはむつ市川内町の礫浜、ホソウミニナは芦崎干潟で採取した個体。

ウミニナとホソウミニナの生息密度には、地点間で大きな違いがみられた（図1）。湾奥の宇曾利川河口に近い St. A では、ウミニナが 1m^2 あたり 200 個体近く出現し、ホソウミニナはほとんど出現しなかった。一方、湾中央部の St. B では、ウミニナ ($56\sim 75$ 個体 m^{-2}) よりもホソウミニナが高密度で出現した ($244\sim 331$ 個体 m^{-2})。St. B においては、両種は地高の低い St. B-低でやや高密度であった。各調査地点間で環境因子を比較すると、底土の ORP はいずれの調査地点でも $+100\text{mV}$ 以上の値を示し、底土が酸化的な状態にあることを示していた。また、底土浸出水の塩分にも地点間で明瞭な違いがみられ、St. A と St. B-高では低く ($18.9\sim 21.0$)、St. B-低では高かった (26.2)。山本・和田 (1999) はホソウミニナの方が低塩分に弱いことを報告しており、St. A で本種がほとんど出現しなかった理由は、河川水流入の影響である可能性が高い。

ウミニナとホソウミニナのサイズ組成は、地点毎に大きく異なり、St. A と St. B-高のウミニナは大型（平均殻長約 37mm ）で単峰分布を示したが、St. B-低では大型個体がほとんど出現せず、殻長 $10\sim 20\text{mm}$ の小型個体からなるコホートが出現した。ホソウミニナでは、St. B-高と St. B-低のいずれにも大型個体（殻

高 20~30 mm) が多数出現し、St. B-低ではウミナナ同様に殻長 10~20 mm の小型個体からなるコホートが出現した。これらの結果は、ウミナナ類の若齢個体が地高の低い干潟に主に分布することを示している。また、ウミナナの大型個体は、地高の高い St. B-高に集中して分布していることから、彼らが成長に伴い地高の高い場所へと移動することが示唆される。実際に、若松・富山 (2000) はウミナナが干潟の地高の低い場所に参加することを報告している。また、成長に伴う潮間帯上部への移動についても、既往の研究結果と良く一致する (Adachi and Wada 1998、若松・富山 2000)。

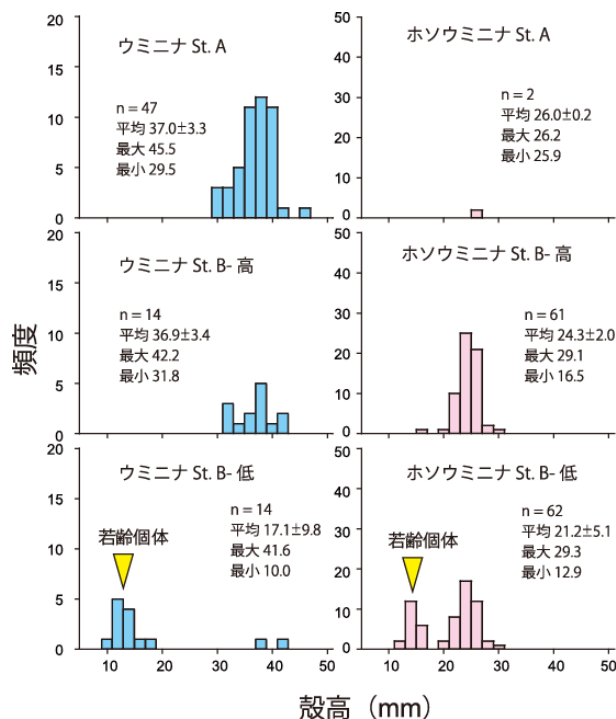


図 1. 各調査地点におけるウミナナ (左) とホソウミナナ (右) の殻高頻度分布。3 調査地点における結果を示す。測定個体数 (n)、平均値 (±標準偏差)、最大値および最小値を示した。

ウミナナ類の成長に関する研究は少ないが、沖縄県のイボウミナナで 1 年目に殻長 21 mm (Kamimura and Tsuchiya 2008)、紀伊半島のホソウミナナで 2 年目に殻長 15~25 mm (Adachi and Wada 1999)、気温の低いカナダ西海岸のホソウミナナで 4 年目に殻長 15 mm (Yamada 1982) まで成長するという報告がある。むつ湾は沖縄や紀伊半島と比較してはるかに寒冷であるため、芦崎干潟の若齢コホートを構成する殻長 10~20 mm のウミナナやホソウミナナは、少なくとも 2 年以上前に

加入した個体である可能性が高い。このことは、多様な地盤高の場所を含む干潟全体を、一つの連続した生息場所として保全していくことの重要性を示唆している。

芦崎で採集した 14 個体のウミナナからは 6 つのハプロタイプが検出され、青森県のむつ市川内や平内町小湊浅所海岸、および山口県と福岡県に共通するものが 2 タイプあった。芦崎と瀬戸内海のように、地理的に離れている場合でも共通のハプロタイプが出現することは、Kojima et al. (2003) においても確認されている。芦崎だけに出現したハプロタイプは 2 タイプであり (ハプロタイプ番号 H4、H6、図 2)、ハプロタイプレベルの遺伝的多様度は 0.825 と青森県の他の個体群と比べて高く、他県と比較すると山口に次いで高かった。一方、川内と小湊の個体群は、いずれもハプロタイプレベルの遺伝的多様度が低く、同一のハプロタイプ組成を示した (ハプロタイプ番号 H1、H2、H5、H7)。川内町の個体群は地理的に近接した芦崎ではなく、むつ湾を挟んだ小湊由来なのかもしれない。しかし、現時点では測定個体数が少ない (8 および 9 個体) ため、今後サンプル数を増やし確認する必要があるだろう。

ミトコンドリア遺伝子 COI 領域の塩基配列 (393 塩基対) に基づいてウミナナ類の系統樹を作成したところ (図 2)、13 ハプロタイプは、H13 を除くと全てがブートストラップ値が 70% 以下で結合された。このことは、芦崎において検出された 6 つのハプロタイプは互いに遺伝的類似度が高く、芦崎のウミナナ個体群が同一の系統に属するハプロタイプのみから構成されていることを示唆している。ウミナナは生活史の初期に浮遊幼生期を持つため (Furota et al. 2002)、南方で生まれた幼生は対馬海流や黒潮にのって北上し、広範囲に分散すると考えられる。福岡県や山口県の瀬戸内海で生まれたウミナナが芦崎まで直接到着する可能性は低い、和歌山県や伊勢湾、仙台湾、さらに日本海側の石川県にもウミナナの生息地が確認されていることから、世代交代を行いながらこれらの生息地を経由し、広域的な遺伝的交流が生じている可能性がある。Kojima et al. (2003) は日本各地のウミナナが遺伝的に大きく 2 グループに分かれ、仙台湾から奄美大島に至る 9 干潟でいずれも 2 グループが共に出現することを報告している。今後、芦崎産ウミナナの測定個体数を増やすことにより、芦崎でもこれら 2 グループが共に生息しているのか、それとも単一のグループのみから成るのかを確認する必要がある。

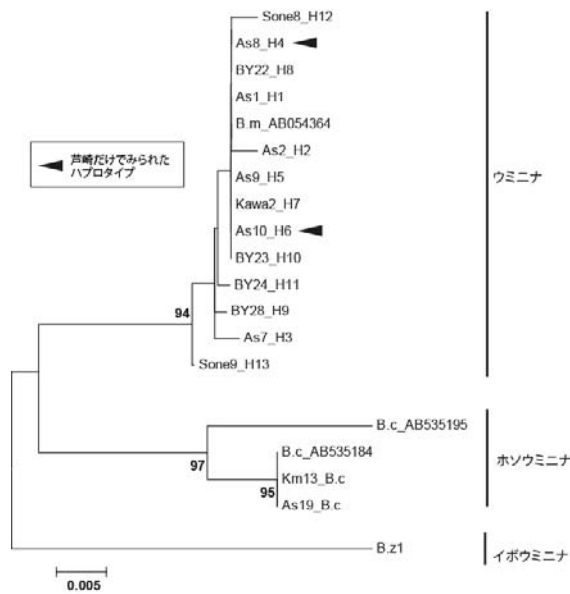


図2. ミトコンドリア遺伝子 COI 領域の塩基配列 (393 塩基対) に基づいたウミナ類の系統樹。ホソウミナ (As19_B.c と Km13_B.c) を含む。各個体は調査地、個体番号、ハプロタイプ番号 (H 以下) で表記した。調査地の略記は以下の通り。As: 芦崎、Kawa: 川内、Km: 小湊浅所、BY: 山口県下松市、Sone: 福岡県曾根干潟。B.m: ウミナ、B.c: ホソウミナ、B.z はイボウミナ、AB 以下は NCBI の登録番号を、樹上の数値はブートストラップ値 (70% 以上) を示す。

(2) 伊勢湾の干潟におけるヨシ原-裸地干潟間での底生動物による餌利用比較

田中川河口域で採取された餌資源の $\delta^{13}\text{C}$ と $\delta^{15}\text{N}$ を図3に示した。 $\delta^{13}\text{C}$ は、干潟表面に生育する底生珪藻が最も高く (年間平均値; -18‰)、海水に含まれる植物プランクトンがそれに次ぎ (-21‰)、ヨシ (-25‰) および河川水に含まれる植物プランクトン (-27‰) は低い値を示した。 $\delta^{15}\text{N}$ はヨシが最も高く (13‰)、海水に含まれる植物プランクトンと底生珪藻がそれに次ぎ (9‰)、河川水・池水の POM は最も低かった (1‰)。

ヨシ原の底土表層に含まれるクロロフィル *a* の量は、裸地干潟の 1/3 程度と低く、底土有機物 (SOM) の $\delta^{13}\text{C}$ や CN 比もヨシ原-裸地干潟間に有意な違いがあった。底土有機物の $\delta^{13}\text{C}$ はヨシ原内で低く、CN 比はヨシ原内で高かったことから、ヨシ原内の底土有機物プールにはヨシ由来の、 $\delta^{13}\text{C}$ が低く CN 比が高い有機物 (ヨシ由来のリターやデトリタス) が多く含まれることが示唆される。

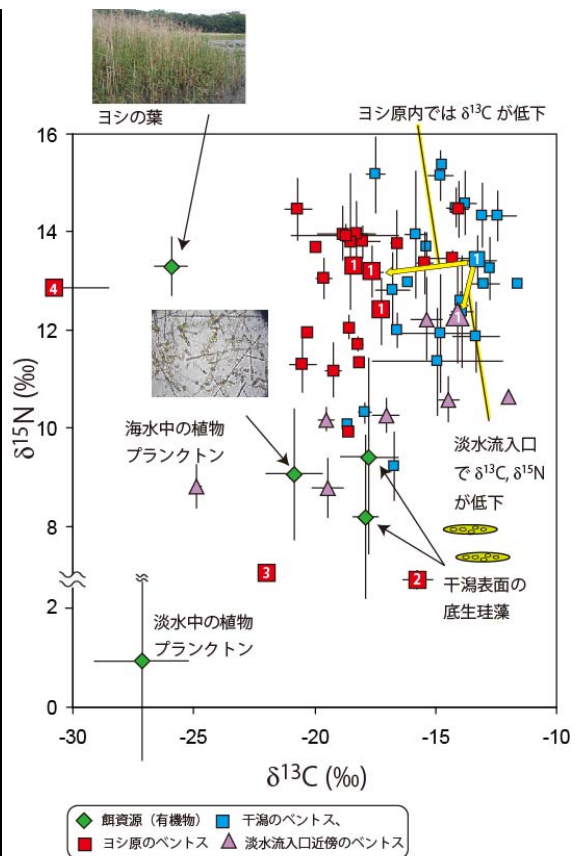


図3. 田中川河口干潟で採取されたベントスの $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$ マップ。緑菱形は餌資源、他のシンボルはベントス種を示す。青四角は裸地干潟、すみれ色三角は淡水流入口付近の干潟、赤四角はヨシ原内を示す。1: フトヘナタリ、2: キヌカツギハマシイノミガイ、3: ユビアカベンケイガニ、4: クリイロカワザンショウガイ。バーは標準偏差 (n=3)。

ヨシ原内で採取された底生動物 (16 種) の $\delta^{13}\text{C}$ は、ほとんどの種においてヨシよりも 5% 以上も高く ($-20.5 \sim -14.8\text{‰}$)、底生動物の餌へのヨシの寄与は小さいことがわかった (図3)。しかし、フトヘナタリを始めとするベントス種の $\delta^{13}\text{C}$ は、裸地干潟と比較してヨシ原内で 1~4‰ ほど低下しており、ヨシ原内外で餌利用に違いがあることが示唆された。この理由として、ヨシ原内では被陰により底生微細藻類量が減少すること、さらに底土有機物プール中にヨシ由来有機物が多く含まれることが挙げられる。ヨシ原内ではクリイロカワザンショウガイが他種より 10% 以上低い $\delta^{13}\text{C}$ (-30.8‰) を示し、ユビアカベンケイガニやキヌカツギハマシイノミガイの $\delta^{15}\text{N}$ も他種よりも 4% 以上も低いなど、同所的に生息しているながらも他種とは異なる餌利用をしている種もいた。

本研究結果から、干潟とヨシ原というごく

近接した生息場所間でも、ベントスの餌利用が大きく異なっていることが示された。田中川河口に暮らすベントスの中には、満ち潮で干潟部から運ばれてきた底生微細藻類や、海由来の植物プランクトン、さらに流入淡水中の植物プランクトンを食べていると推定される種が含まれていた。このことは、ヨシ原や干潟に暮らすベントスにとって、流入河川や隣接する沿岸海域とのつながりが重要であることを示唆している。干潟やヨシ原は河川や海由来の有機物が沈降・消費される場として重要であり、底生動物は環境中の有機物微細粒子を摂食することで、河口域の物質循環過程に寄与している。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 8 件)

- ① 金谷弦、菊地永祐、富栄養化が汽水域の底生生態系に及ぼす影響について、地球環境、査読有、Vol. 16、2011、33-44
- ② 金谷弦、上村了美、鈴木孝男、武田哲、本州最北の生息地芦崎干潟におけるウミユナ *Batillaria multiformis* の個体群構造と遺伝的特性、平成 22 年度むつ市文化財調査報告、査読無、第 39 集、2011、74-87
- ③ Kanaya G、Suzuki T、Kikuchi E、Spatio-temporal variations in macrozoobenthic assemblage structures in a river-affected lagoon (Idoura Lagoon, Sendai Bay, Japan): Influences of freshwater inflow, Estuarine, Coastal and Shelf Science、査読有、Vol. 92、2011、169-179
- ④ 金谷弦、炭素・窒素安定同位体比測定法による大型底生動物の餌資源推定—汽水域生態系への適用—、日本ベントス学会誌、査読有、Vol. 65、2010、28-40
- ⑤ 金谷弦、河口域に発達したヨシ原に生息するベントスの餌利用について、国立環境研究所ニュース、査読無、2010、29 号、5-8
- ⑥ 金谷弦、干潟生態系の構造と機能、そこで暮らすいきもの達、国立環境研究所研究報告、査読無、2010、第 204 号、p13
- ⑦ Doi H、Yurlova NI、Vodyanitskaya SN、Kanaya G、Shikano S、Kikuchi E、Estimating isotope fractionations between cercariae and host snail using isotope measurements designed for very small organism、Journal of Parasitology、査読有、Vol. 96、314-317
- ⑧ Kanaya G、Yadrenkina EN、Zuykova EI、Kikuchi E、Doi H、Shikano S、Mizota C、Yurlova NI、Contribution of organic matter sources to cyprinid fishes in the Chany Lake-Kargat River estuary, western Siberia、Marine and Freshwater Research、査読有、Vol.

[学会発表] (計 5 件)

- ① 金谷弦、高津文人、佐藤正典、塔筋弘章、今井章雄、汽水域に生息するゴカイ科多毛類における季節的な安定同位体比変動、日本生態学会、札幌、2011 年 3 月
- ② 木幡邦男、中村泰男、牧秀明、金谷弦、閉鎖性海域環境の現状と課題、第 5 回海の再生全国会議、2011 年 2 月、東京
- ③ 金谷弦、富山毅、鈴木孝男、アサリを食害する巻き貝サキグロタマツメタの餌利用変動：炭素・窒素安定同位体からの推定、平成 22 年度アサリ勉強会、千葉県水産総合研究センター、富津、2010 年 12 月
- ④ 金谷弦、木村妙子、菊地永祐、河口域に発達したヨシ原に生息するベントスの餌利用について—種間比較および小スケールでの空間変動—、日本ベントス学会・日本プランクトン学会、柏、2010 年 10 月
- ⑤ 金谷弦、鈴木孝男、菊地永祐、仙台湾の干潟に生息する外来性移入種サキグロタマツメタの餌利用推定、日本ベントス学会・日本プランクトン学会、函館、2009 年 10 月

6. 研究組織

(1) 研究代表者

金谷 弦 (KANAYA GEN)

独立行政法人国立環境研究所・

水圏環境研究領域・NIES 特別研究員

研究者番号：50400437

(2) 研究分担者

該当なし

(3) 連携研究者

該当なし