

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 6 年 6 月 13 日現在

機関番号：82101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2023

課題番号：20K06819

研究課題名(和文) 宿主巻き貝 - 吸虫類寄生虫系に注目した干潟生態系への気候変動影響の評価

研究課題名(英文) Effects of climate change on tidal flat ecosystems focusing on a host snail-parasitic trematodes system

研究代表者

金谷 弦 (Kanaya, Gen)

国立研究開発法人国立環境研究所・地域環境保全領域・主幹研究員

研究者番号：50400437

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：北海道から宮崎県までの66地点で得られた巻き貝ホソウミナを解剖したところ、8種の二生吸虫が記録された。感染率は地点間で0～99%まで変動し、最大出現種数は7種だった。二生吸虫の感染率と多様性は、高緯度ほど有意に高くなり、要因として以下が挙げられた。(1)鳥や魚を含む宿主の現存量や個体群の安定性が高緯度ほど高い、(2)宿主が高緯度ほど長寿命で生涯を通じてより感染しやすい、(3)感染個体の死亡率が低緯度ほど高い。二生吸虫については第二中間宿主や終宿主も明らかになっておらず、隠蔽種を含んでいる可能性もあることから、生活史の解明や遺伝子による種同定も今後の課題と考えられる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

寄生虫は、沿岸生態系において食物網の連鎖長、結合性、頑健性を規定する重要な要素の一つであることが指摘されている。寄生虫は宿主の個体群動態をコントロールするのみならず、群集内での種間競争や物質循環を変化させ、群集の生物多様性を変動させる効果がある。近年に至るまで、寄生虫は宿主の体内に隠れ住む隠蔽的な生活様式のために、生態系内での役割が正しく評価されてこなかったが、彼らは生態系内における重要な「ミッシングリンク」の一つであり、その動態解明は生態系内における群集動態や物質循環過程を理解するうえで極めて重要なテーマである。

研究成果の概要(英文)：We identified eight trematode taxa from the mud snail *Batillaria attramentaria* collected from 66 sampling sites from Hokkaido to Kyushu Islands in Japan. The infection rates ranged from 0% to 99% among the sites, and a maximum of seven taxa were found sympatrically. Infection rates and species diversity of trematodes were positively correlated with latitude. Three hypotheses were proposed to explain the mechanism behind them; (1) the abundance and/or robustness of host populations become higher in northern areas, (2) hosts are more long-lived in northern areas, which increases the possibility of infection by parasites throughout life, and (3) the infected hosts become more sensitive to environmental stresses (e.g., hypoxia and high water temperature) in southern areas. Further studies are needed for their taxonomy including cryptic species, taxa-specific host utilization, and geographical distribution using novel methodologies such as DNA-based species identification.

研究分野：生態学

キーワード：寄生 干潟 気候変動 緯度間比較 巻き貝 二生吸虫

## 様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

気候変動は、干潟生態系に対してさまざまな影響をおよぼすと予想される。海面上昇は干潟自体を消滅させる可能性があり、気温・水温の上昇は底生動物種の地理的分布パターンを広域的に変化させるだろう。また、優占種がいなくなったり、別種と置き換わってしまったりすれば、物質循環、生物間の相互作用、群集の安定性といった生態系プロセスにまで影響が波及すると予想される。では、干潟の底生動物とその体内に宿る寄生虫に対して、気候変動はどのような影響をもたらすだろうか？

寄生虫は、沿岸生態系において食物網の連鎖長、結合性、頑健性を規定する重要な要素の一つであることが指摘されている。寄生虫の存在は、宿主の個体群動態をコントロールするのみならず、群集内での種間競争や物質循環を変化させ、群集の生物多様性を変動させる効果がある。カリフォルニア州の3つの河口域で行われた研究では、吸虫類寄生虫は鳥、魚、エビ類や多毛類に匹敵する大きなバイオマスを持つことも判明した。近年に至るまで、寄生虫は宿主の体内に隠れ住む隠蔽的な生活様式のために、生態系内での役割が正しく評価されてこなかったが、彼らは生態系内における重要な「ミッシングリンク」の一つであり、その動態解明は生態系内における群集動態や物質循環過程を理解するうえで極めて重要なテーマである。

### 2. 研究の目的

本研究では、日本各地の干潟に多産する巻き貝ホソウミニナ *Batillaria attramentaria* に寄生する二生吸虫に注目した。巻き貝類は二生吸虫の第一中間宿主であり、魚類、節足動物、環形動物は第二中間宿主、鳥類は終宿主として利用される。感染したウミニナ類は、繁殖能力が失われて成長し続けるなど大きな影響を受ける。感染した二生吸虫はホソウミニナの繁殖能力を奪い(寄生去勢)ホストを巨大化させて自身のセルカリア幼生を生産し、毎日大量の幼生を水中へと遊出させる。一般に、海産ベントスの種多様性は低緯度海域でより高くなるが、寄生生物では高緯度地域でより多様性が高くなることもある。実際に、アメリカ西海岸では、塩性湿地に生息するヘナタリの仲間への吸虫類感染率が高緯度海域ほど高くなることが知られている。しかし、ベントスに寄生する生物の多様性や感染率に関する研究事例は世界的に見ても乏しく、日本沿岸でも同様の傾向がみられるかは不明である。

本研究では、ホソウミニナ-二生吸虫をモデルとして、日本沿岸の干潟において二生吸虫への感染率と多様性について広域的なサンプリングを行い、緯度間で比較することにより、気候変動が宿主-寄生虫系に及ぼす影響を推定する事を目的とした。

### 3. 研究の方法

調査は2020年～2023年に北海道オホーツク海沿岸から長崎県対馬、南は宮崎県までの66サイトで行った。干潮時にホソウミニナを徒手で採取し(24～536個体/地点、平均299±161個体)、研究室で殻長を計測した後に解剖し、実体顕微鏡下で感染の有無を確認するとともに、形態から二生吸虫を同

定し(図 1), 感染率を算出した。非感染個体については, 卵巣と精巣の発達具合から雌雄を判別し, 未成熟個体は解析から除外した。また, 仙台湾で採取したホソウミナと二生吸虫については炭素・窒素安定同位体比( $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$ )を測定し, 両者間での栄養関係を推定した。

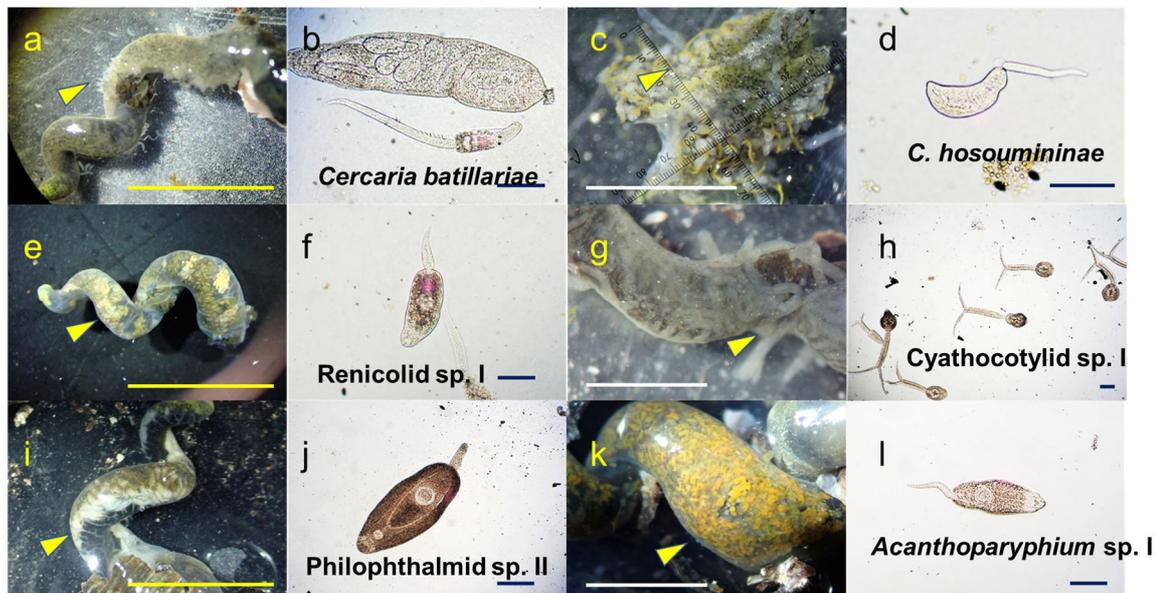


図 1. 二生吸虫のレジア/スポロシスト幼生(黄色矢印: a, c, e, g, i, k)とセルカリア幼生(b, d, f, h, j, l). 黄色バー: 1 cm, 黒バー: 100  $\mu\text{m}$

#### 4. 研究成果

一連の調査で 8 種(群)の二生吸虫が記録された。感染率はサイト間で大きなばらつきを示し(0~99.4%), 同所的な最大出現種数は 7 種であった。*Cercaria batillariae* が最も広域で出現し(52 サイト, 平均/最大感染率;  $19.5 \pm 28.9 / 94.8\%$ ), *C. hosoumininae* (45 サイト,  $3.0 \pm 6.5 / 31.3\%$ ), *Philophthalmid* sp. II (34 サイト,  $0.8 \pm 1.6 / 7.6\%$ ), *Acanthoparyphium* sp. I (29 サイト,  $2.0 \pm 6.7 / 49.7\%$ )と続き, 以下 *Philophthalmid* sp. I, *Rencolid* sp. I, *Cyathocotylid* sp. I は 18~23 サイトで出現し, 未報告の吸虫類も 4 サイトで記録された。全データを用いた解析の結果, 九州~北海道までの海域における二生吸虫の感染率と多様性は, 高緯度ほど高くなる傾向が見られた(図 2)。このような緯度勾配が生じる要因として以下が挙げられた。(1)鳥や魚を含む宿主の現存量や個体群の安定性が高緯度ほど高い,(2)ホソウミナが高緯度ほど長寿命で生涯を通じてより感染しやすい,(3)感染個体の死亡率が低緯度ほど高い。次に, 二生吸虫の同位体比をみると,  $\delta^{13}\text{C}$  はいずれの種でも宿主筋肉よりも 0.5~5.0‰低く,  $\delta^{15}\text{N}$  も多くのケースで宿主より 0.3~8.5‰低く, 一般的な生食連鎖で知られている濃縮係数とは異なっていた。

以上の結果から, 気候変動により, 宿主となる鳥やベントスの緯度分布が変化すると寄生虫の分布や感染率も変化し, 宿主の個体群動態や生理生態特性に大きな影響をおよぼす可能性が示唆された。ウミナ類に寄生する二生吸虫については第二中間宿主や終宿主も(種レベルでは)明らかになっていないことから, 感染率や多様性の広域比較を行う際には, その生活史の解明も今後の重要な課題である。

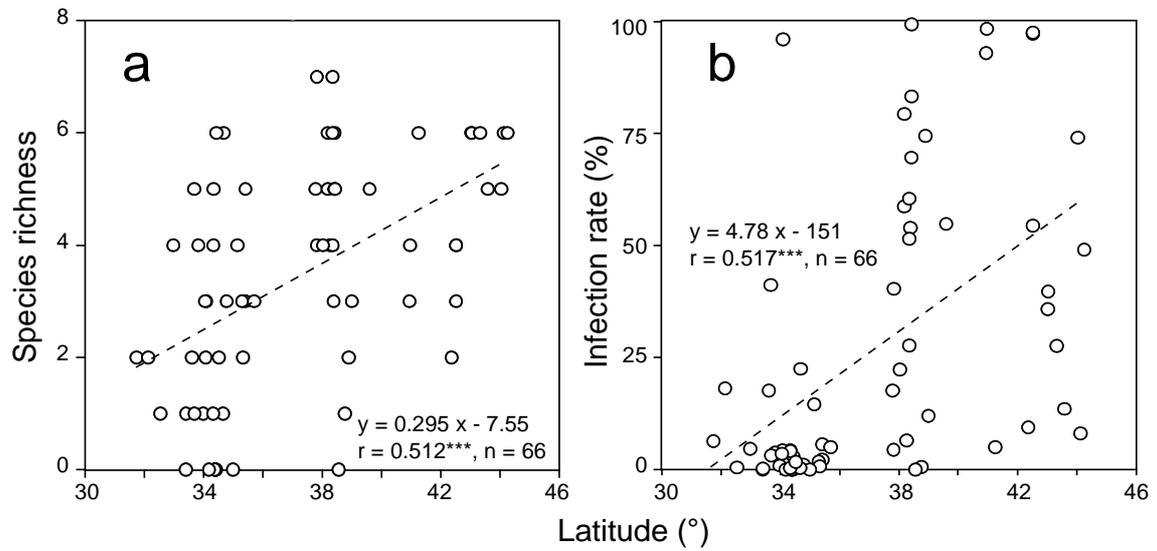


図2. ホソウミナへ感染した二生吸虫の出現種数 (a) および感染率 (b) と緯度との関係。有意な正の相関がみられた場合に回帰直線を示した。\*\*\*  $p < 0.001$  (Pearson の相関係数)。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計14件（うち査読付論文 8件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 10件）

1. 著者名 金谷弦	4. 巻 なし
2. 論文標題 震災後の干潟で生きものをしらべています	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 FRECC+ (国環研のWebマガジン)	6. 最初と最後の頁 なし
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Kanaya G	4. 巻 18
2. 論文標題 Effects of seasonal irrigation subsidies on the dietary components of estuarine detritus feeders: stable isotopic analysis focusing on nereidid polychaetes	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Plankton and Benthos Research	6. 最初と最後の頁 21-33
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3800/pbr.18.21	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 金谷弦, 伊藤萌, 木村妙子, 青木美鈴, 柚原剛, 多留聖典, 海上智央, 横岡博之, 坂田直彦, 古賀庸憲, 榎本輝樹, 森敬介, 鈴木孝男, 占部城太郎, 横山耕作	4. 巻 78
2. 論文標題 三陸から八代海までの27干潟で実施された市民調査データに基づく干潟ベントス群集構造の空間変動解析	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 日本ベントス学会誌	6. 最初と最後の頁 61-72
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5179/benthos.78.61	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Nakai Shizuko, Itoi Shiro, Kanaya Gen, Itoh Hajime, Miura Osamu	4. 巻 18
2. 論文標題 Species identification of the mud snails <i>Batillaria multiformis</i> and <i>B. attramentaria</i> by PCR-RFLP method?the advantages of two restriction	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Plankton and Benthos Research	6. 最初と最後の頁 47~51
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3800/pbr.18.47	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 黒葛原伶人、高木響、松田佑人、金谷弦、三浦収	4. 巻 16
2. 論文標題 浦ノ内湾の干潟の生物多様性の現状と保全	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 黒潮圏科学	6. 最初と最後の頁 51～59
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Kanaya Gen, Yamada Katsumasa, Itoh Hajime, Igarashi Takeshi	4. 巻 37
2. 論文標題 Life history traits of the endangered mud snail <i>Batillaria multiformis</i> in their northern limit population in Mutsu Bay, Japan	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Ecological Research	6. 最初と最後の頁 753～767
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/1440-1703.12347	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 金谷弦、菅孔太朗、阿部博和、鈴木孝男、伊藤萌、中井静子、三浦収	4. 巻 52
2. 論文標題 9. 芦崎干潟に生息する巻き貝ホソウミニナにおける二生吸虫 (扁形動物門吸虫綱) の寄生状況	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 むつ市文化財調査報告	6. 最初と最後の頁 80-85
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 金谷弦	4. 巻 41
2. 論文標題 市民科学的アプローチによる干潟生物調査	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 国立環境研究所ニュース	6. 最初と最後の頁 13-16
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Kato Shintaro, Itoh Hajime, Fukumori Hiroaki, Nakajima Nobuyoshi, Kanaya Gen, Kojima Shigeaki	4. 巻 7
2. 論文標題 The mitochondrial genome of the threatened tideland snail <i>Pirenella pupiformis</i> (Mollusca: Caenogastropoda: Potamididae) determined by shotgun sequencing	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Mitochondrial DNA Part B	6. 最初と最後の頁 632 ~ 634
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/23802359.2022.2060143	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 金谷弦、伊藤萌	4. 巻 6
2. 論文標題 松島湾櫃ヶ浦で発見されたウミニナBatillaria multiformisの卵塊	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 みちのくベントス	6. 最初と最後の頁 47-51
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 鈴木孝男、金谷弦、柚原剛、木下今日子、多留聖典、阿部拓三、太齋彰浩	4. 巻 6
2. 論文標題 宮城県野生動物調査会・海岸動物分科会による2021年度ベントス調査の結果	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 みちのくベントス	6. 最初と最後の頁 2-20
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Sasaki Mizuki, Miura Osamu, Nakao Minoru	4. 巻 108
2. 論文標題 Philophthalmus hechingeri n. sp. (Digenea: Philophthalmidae), a Human-Infecting Eye Fluke from the Asian Mud Snail, Batillaria attramentaria	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Parasitology	6. 最初と最後の頁 44-52
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1645/21-69	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 金谷弦, 上村了美, 鈴木孝男, 五十嵐健志	4. 巻 75
2. 論文標題 同所的に生息するウミミナBatillaria multiformisとホソウミナB. attramentariaの個体群構造と潮位分布における経年変化 - 陸奥湾芦崎干潟での事例	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本ベントス学会誌	6. 最初と最後の頁 43-53
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5179/benthos.75.43	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Yuhara T, Yokooka H, Kanaya G, Tanaka M, Unagami T, Yokoyama K, Taru M	4. 巻 AA2021
2. 論文標題 Importance of two river mouths in the southern Izu Peninsula of Japan as habitats for endangered macrobenthic species	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Aquatic Animals	6. 最初と最後の頁 AA2021-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.34394/aquaticanimals.AA2021.0_AA2021-5_5	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

[学会発表] 計18件(うち招待講演 3件/うち国際学会 0件)

1. 発表者名 金谷弦, 伊藤萌, 中井静子, 三浦収
2. 発表標題 ホソウミナBatillaria attramentariaへの二生吸虫(扁形動物門)の感染率と多様性における広域的パターン
3. 学会等名 2023年日本ベントス学会・日本プランクトン学会合同大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 金谷弦, 伊藤萌, 中井静子, 三浦収
2. 発表標題 ホソウミナBatillaria attramentariaへの二生吸虫の感染率と多様性における広域的なパターン
3. 学会等名 日本貝類学会令和6年度大会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 金谷弦
2. 発表標題 海辺のエコトーン（移行帯・推移帯）に暮らす生きものをどのように守るか
3. 学会等名 第18回蒲生干潟自然再生協議会（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 金谷弦
2. 発表標題 海辺のエコトーン（遷移帯）に暮らす生きものをどのように守るか
3. 学会等名 日本ベントス学会自然環境保全委員会主催シンポジウム「東日本大震災から12年，ベントス研究からみえてきた沿岸生態系の現状・課題と将来に向けて」（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 小川菜緒、木村昭一、川井田俊、増淵隆仁、金谷弦、木村妙子
2. 発表標題 三重県田中川干潟における腹足類5種の成長および個体数の推定
3. 学会等名 2022年日本プランクトン学会・日本ベントス学会合同大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 金谷弦、むつ市立川内小学校5年生、山田勝雅、五十嵐健志
2. 発表標題 北限の生息地陸奥湾における希少種ウミニナの個体群動態：成長量と温度環境
3. 学会等名 日本生態学会第69回全国大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 金谷弦、鈴木孝男、多留聖典、松政正俊、青木美鈴、井上隆
2. 発表標題 岩手県沿岸の干潟ベントス群集の特徴 - 東日本大震災後の環境省調査データを用いた時空間変動解析 -
3. 学会等名 2021年日本ベントス学会・日本プランクトン学会合同大会自由集会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 伊藤萌、金谷弦
2. 発表標題 干潟の巻貝ウミニナとホソウミニナの濾過速度における温度の影響
3. 学会等名 日本生態学会第69回全国大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 伊藤萌、木村妙子、三浦収、山本智子、五十嵐健志、山本康平、中井静子、金岩稔、増淵隆仁、金谷弦
2. 発表標題 カゴ実験によるウミニナの地域間成長比較
3. 学会等名 2021年日本ベントス学会・日本プランクトン学会合同大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 阿部博和、菅孔太郎、松政正俊、鈴木孝男、木下今日子、金谷弦
2. 発表標題 小友浦におけるベントス群集の長期変化。「埋め立てられた重要湿地：津波で干潟に回帰した小友浦に形成されていたベントス相
3. 学会等名 2021年日本ベントス学会・日本プランクトン学会合同大会自由集会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 菅孔太郎、阿部博和、佐藤正典、松政正俊、金谷弦、鈴木孝男
2. 発表標題 小友浦の干潟から得られたNeoamphitrite 属（環形動物門フサゴカイ科）の1未記載種
3. 学会等名 2021年日本ベントス学会・日本プランクトン学会合同大会自由集会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松政正俊、阿部博和、菅孔太郎、木下今日子、柚原剛、村山恒也、日高裕華、多留聖典、金谷弦、鈴木孝男
2. 発表標題 三陸の礫干潟・小友浦の軌跡と現在。「埋め立てられた重要湿地：津波で干潟に回帰した小友浦に形成されていたベントス相
3. 学会等名 2021年日本ベントス学会・日本プランクトン学会合同大会自由集会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 金谷弦
2. 発表標題 蒲生干潟における環境・植生・底生動物のうつりかわり - 震災後10年間の変化
3. 学会等名 応用生態工学会主催『仙台震災復興10年ワークショップ2021』（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 金谷弦・鈴木孝男・菊地永祐
2. 発表標題 宮城県蒲生干潟における東日本大震災後10年間の地形・植生・底質環境の経年変化
3. 学会等名 日本生態学会第68回全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 木村妙子・山本康平・金岩稔・増淵隆仁・五十嵐健志・伊藤萌・金谷弦
2. 発表標題 野外飼育実験によるウミニナの緯度間成長比較
3. 学会等名 日本貝類学会令和2年度大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 伊藤萌・木村妙子・三浦収・山本智子・五十嵐健志・山本 康平・中井静子・金岩稔・増淵隆仁・金谷弦
2. 発表標題 干潟に生息する巻き貝ウミニナにおける個体群動態の地域間変動：カゴ実験による広域比較
3. 学会等名 第68回日本生態学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 三浦収・金谷弦・中井静子・伊藤萌・千葉聡
2. 発表標題 海岸生態系の津波からの回復を「寄生虫」から推定する
3. 学会等名 2020年日本プランクトン学会・日本ベントス学会合同大会講演要旨集
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山本康平・木村妙子・伊藤萌・金谷弦
2. 発表標題 三重県田中川干潟におけるウミニナの生態と環境の季節変動
3. 学会等名 2020年日本プランクトン学会・日本ベントス学会合同大会講演要旨集
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Miura O, Torchin ME	4. 発行年 2023年
2. 出版社 CABI, Oxford, UK	5. 総ページ数 169
3. 書名 Parasite Release and Biological Invasions. In Bojko J, Dunn AM, Blakeslee AMH, eds. "Parasites and Biological Invasions"	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	伊藤 萌 (Itoh Hajime)  (20772817)	国立研究開発法人国立環境研究所・地域環境保全領域・特別 研究員  (82101)	
研究分担者	中井 静子 (Nakai Shizuko)  (40582317)	日本大学・生物資源科学部・講師  (32665)	
研究分担者	三浦 収 (Miura Osamu)  (60610962)	高知大学・教育研究部総合科学系複合領域科学部門・准教授  (16401)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------