

宮 城 県 水 産 研 究 報 告

第 25 号

MIYAGI PREFECTURAL REPORT OF FISHERIES SCIENCE

No.25

宮 城 県 水 産 技 術 総 合 セ ン タ ー
石 巻 市 渡 波

2025 年 3 月

Miyagi Prefecture Fisheries
Technology Institute

Watanoha, Ishinomaki, Japan

March, 2025

宮城県水産技術総合センター

宮城県水産技術総合センター本所
(Miyagi Prefecture Fisheries Technology Institute)

986-2135
石巻市渡波字袖ノ浜 97-6
(Watanoha, Ishinomaki, 986-2135, Japan)
TEL 0225-24-0138
FAX 0225-97-3444

宮城県水産技術総合センター気仙沼水産試験場
(Miyagi Prefecture Fisheries Technology Institute,
Kesennuma Fisheries Experiment Station)

988-0241
気仙沼市波路上岩井崎 107
(Hajikami, Kesennuma, 988-0241, Japan)
TEL 0226-41-0652
FAX 0226-41-0743

宮城県水産技術総合センター内水面水産試験場
(Miyagi Prefecture Fisheries Technology Institute,
Freshwater Fisheries Experiment Station)

981-3625
大和町吉田字旗坂地内
(Yoshida, Taiwa-cho, 981-3625, Japan)
TEL 022-342-2051
FAX 022-342-2123

宮城県水産技術総合センター
水産加工公開実験棟

986-0022
石巻市魚町2丁目 2-3
(Sakanamach, Ishinomaki, 986-0022, Japan)
TEL 0225-93-6703
FAX 0225-23-3213

宮城県水産技術総合センター
種苗生産施設

985-0812
七ヶ浜町松ヶ浜字浜屋敷 142-1
(Matsugahama, Shichigahama, 985-0812, Japan)
TEL 022-349-7121
FAX 022-349-7125

宮城県水産研究報告

第 25 号

目 次

ノート

宮城県沿岸域で得られた北限記録のコウイカ科3種シシイカ *Doratosepio peterseni*, ウスベニコウイカ *Doratosepio lorigerum* およびテナガコウイカ *Doratosepio longipes*

増田 義男, 櫻井 慎大, 時岡 駿, 伊妻 英貴 1

2018 年に宮城県中部海域で発生したギンザケ養殖開始直後のへい死

本庄 美穂, 菊田 拓実, 熊谷 明 7

遠隔操作技術を活用した海底生物相の高精度調査手法の開発と宮城県北部岩礁域における海藻およびキタムラサキウニの分布調査

成田 篤史, 長田 知大, 小野寺 淳一, 佐伯 光広 15

外部発表業績 25

ノート

宮城県沿岸域で得られた北限記録のコウイカ科3種シシイカ *Doratosepion peterseni*, ウスベニコウイカ *Doratosepion lorigerum* およびテナガコウイカ *Doratosepion longipes*

増田義男^{*1}・櫻井慎大^{*2}・時岡 駿^{*2}・伊妻英貴^{*1}

Three northernmost records of cuttlefish (Sepiidae), *Doratosepion peterseni*, *Doratosepion lorigerum* and *Doratosepion longipes* from the coast of Miyagi Prefecture, Japan

Yoshio MASUDA^{*1}, Shinta SAKURAI^{*2}, Shun TOKIOKA^{*2}, Hideki IZUMA^{*1}

キーワード：頭足類，コウイカ科，宮城県沿岸域

宮城県沿岸の海洋環境は、親潮第一分枝、第二分枝の南下や親潮から分断されて形成される冷水塊、黒潮統流から派生する暖水塊や津軽暖流の南下等の影響を受け、複雑かつ速い変化がみられることが知られる¹⁾。近年、宮城県では 2016 年以降親潮第一分枝の南限緯度が北偏する年が多くなると同時に、2017 年 8 月以降からは黒潮大蛇行が発生したことにより、黒潮系水の暖水が東北地方三陸沖まで北上するようになった²⁻⁷⁾。そのため、三陸沿岸では冷水性の北方系魚類が減少する一方で暖水性の南方系魚類の増加がみられている^{3), 8-9)}。また、2023 年は黒潮統流最北上部の北偏が北緯 40°を超えて観測史上最北を記録し⁶⁾、北日本近海では海面水温の極端な高温が続く海洋熱波 (MHW : Marine Heatwave) が発生したこと⁷⁾、宮城県沿岸域は過去に経験のない記録的な高水温状態となり¹⁰⁻¹¹⁾、宮城県沿岸に生息する魚類および甲殻類相などに大きな影響を及ぼしたと考えられ、実際、2023 年の宮城県沿岸域で採集された南方系魚類 34 種および甲殻類 3 種は、過去に県内では記録がなく、またこのうちの多くが分布の北限を更新したことが報告されている^{4), 12-17)}。このように本県沿岸域の海洋環境や魚類および甲殻類相が変化する中、暖水性の頭足類であるケンサキイカの水揚量が急激に増加していることから¹⁸⁾、その他の頭足類相においても変化が起こっている可能性がきわめて高い。そこで筆者らは、前年に引き続き高水温に覆われた 2024 年に定置網や底びき網の漁獲物調査を行い、本県沿岸域における暖水性頭足類の出現状況の記録および標本採集調査を実施した。その結果、シシイカ *Doratosepion peterseni* (Appellöf, 1886)、

ウスベニコウイカ *Doratosepion lorigerum* (Wülker, 1910) およびテナガコウイカ *Doratosepion longipes* (Sasaki, 1913) の 3 種のコウイカ科頭足類が得られた。これら 3 種はいずれも宮城県内では過去に記録がなく、既往文献に記載されている分布域からさらに分布の北限を更新する記録となるため、標本に基づきここに報告する。

材料と方法

本研究で扱った標本のうち、シシイカは 2024 年 5 月 1 日に牡鹿半島北西岸の沿岸域に設置された小型定置網によって漁獲された (図 1)。ウスベニコウイカおよびテナガコウイカは、それぞれ 2024 年 9 月 10 日および 2024 年 12 月 25 日に宮城県沿岸域で操業した小型底びき網によって漁獲され、石巻魚市場へ水揚げされたものを購入した。得られた標本は海水を満たしたジップロックに入れて -20℃ のフリーザー内で冷凍保存した。後日、水産研究・教育機構塩釜庁舎の研究室に搬入して海水を用いて解凍し、生鮮状態での写真撮影を行った後、10% ホルマリン水溶液で 10 日間固定した。その後、水洗の後に 70% エタノール水溶液に置換し、体各部の計数および計測を行った。

計数・計測方法および標準和名は奥谷 (2015)¹⁹⁾、科の帰属および学名は WoRMS (World Register of Marine Species, URL: <https://www.marinespecies.org>) に従った。各部位の計測にはデジタルノギスを用い、0.1 mm 単位まで行った。標本に関する情報は、標本番号、外套長 (ML)、

^{*1}宮城県水産技術総合センター、^{*2}国立研究開発法人水産研究・教育機構水産資源研究所

採集地点、採集年月日、採集者の順に記した。報告に用いた標本は、国立科学博物館の軟体動物標本 (NSMT-Mo) として登録・保管している。

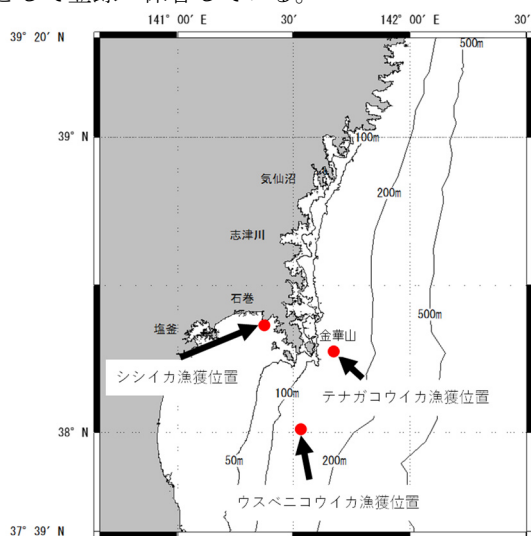


図1 コウイカ科3種の漁獲位置

結果

Doratossepion peterseni (Appellöf, 1886)

シシイカ (図2)

標本 1 個体：標本番号 NSMT-Mo 85953, 外套長 125 mm, 宮城県石巻市小竹地区沿岸の小型定置網 (38° 23' N, 141° 22' E, 水深 20 m), 2024 年 5 月 1 日採集, 伊妻英貴。

同定 本標本は外套膜が細長く、幅は長さの 39% であること、背側は暗褐色であること、第 II 腕は著しく延長し、外套長の 3.3 倍であること、第 II 腕は中ほどまでは通常の吸盤があるが、それ以遠はフリルのついた保護膜が癒着し合いテープ状となること、触腕掌部は小さく半月形で、105 個 (右触腕) および 90 個 (左触腕) の吸盤が 8 列に並び、中央の数個がやや大きいことなどの特徴が奥谷 (2015)¹⁹⁾ の示したシシイカの特徴とよく一致したため本種に同定された。

分布 本種は相模湾から九州の太平洋側、石川県能登町小浦沖、山陰地方および山口県の日本海側、宮崎県日向灘、および朝鮮半島における 20~100 m の浅海域から記録されている¹⁹⁻²⁵⁾。本研究により新たに宮城県からも分布が確認され、これは本種の日本国内における北限記録となる。

Doratossepion lorigerum (Wülker, 1910)

ウスベニコウイカ (図3)

標本 2 個体：標本番号 NSMT-Mo 85954, 外套長 182 mm, 標本番号 NSMT-Mo 85955, 外套長 184 mm, 亶理沖 (38°00' N, 141°31' E) の水深約 130 m の海域 (図1), 2024 年 9 月 10 日漁獲, 第 8 大芳丸 (小型底びき網)。

同定 本標本は、いずれも外套膜は楕円形であること、外套膜背面は赤褐色を呈し、背中線に沿い濃色であること、外套膜腹面両側に細い褐色の縦条があり、後端は内側に曲って終わること、第 I 腕の細くなった部分は吸盤が 2 列になること、触腕掌部は半月形で、71 個~78 個 (標本番号 NSMT-Mo 85954; 右触腕 71 個, 左触腕 75 個, 標本番号 NSMT-Mo 85955; 右触腕 78 個, 左触腕 72 個) の吸盤のうち、中央部の 4 個は特大で、周囲に 5~6 個の中大のものがあるなどの特徴が奥谷 (2015)¹⁹⁾ の示したウスベニコウイカの特徴とよく一致したため本種に同定された。

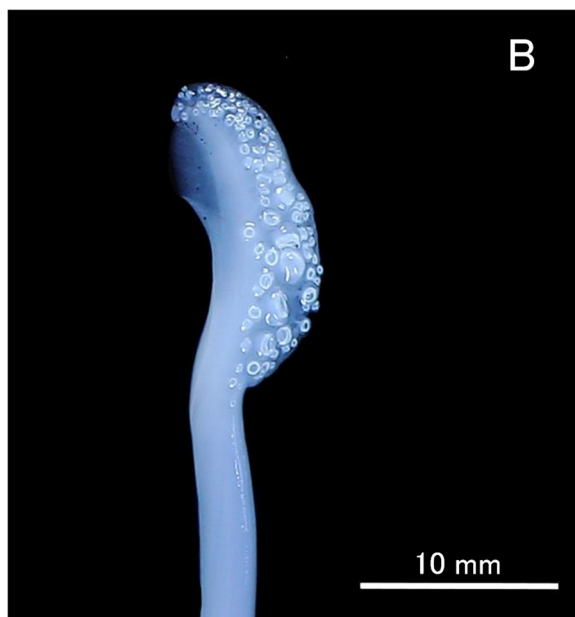
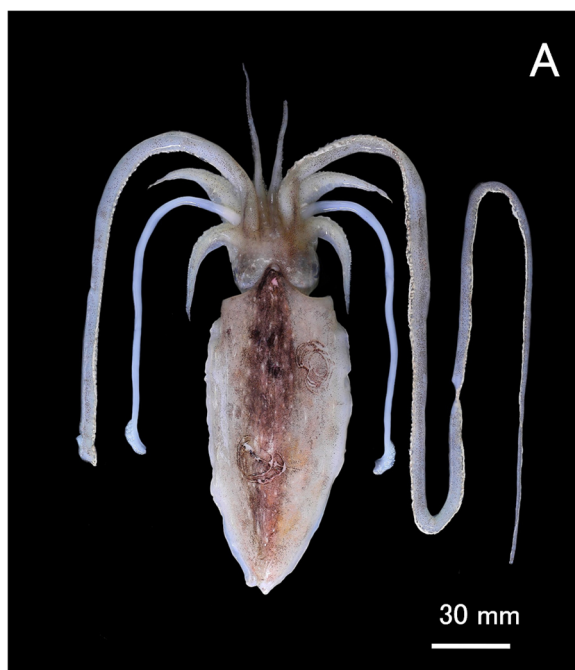


図2 シシイカ NSMT-Mo 85953 の背面 (A) と左触腕 (B)

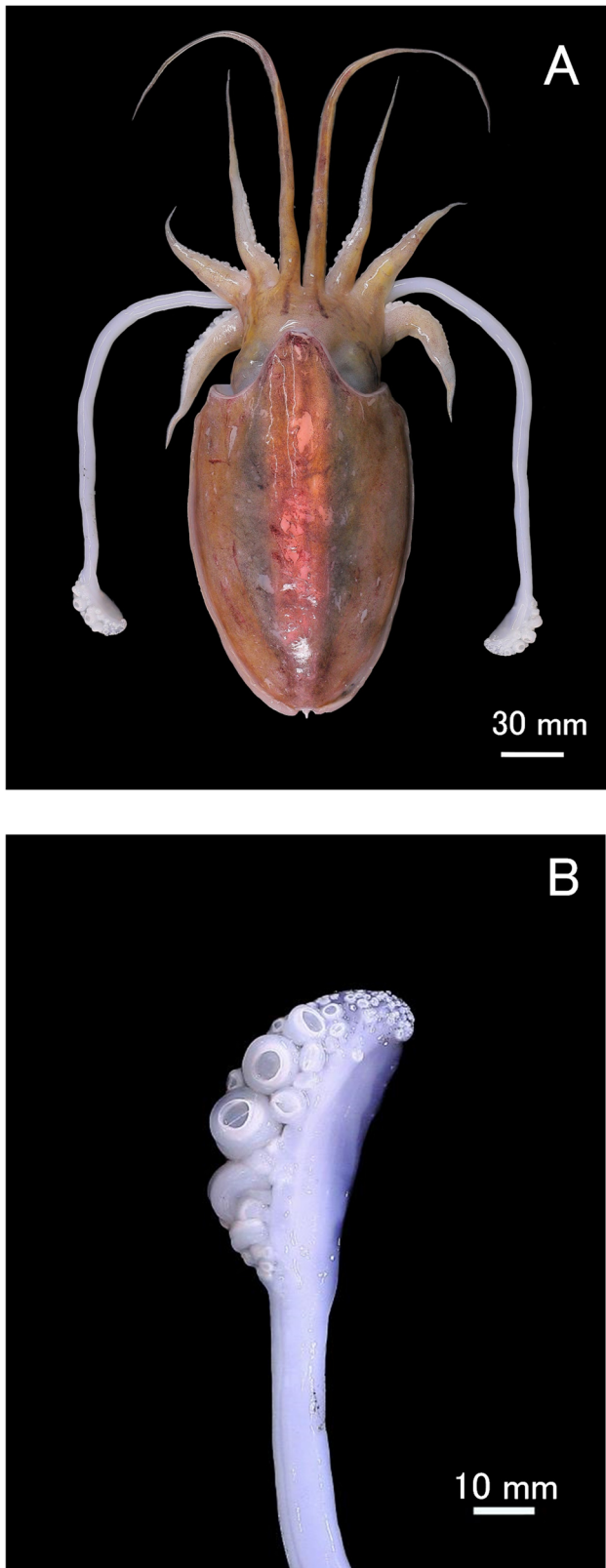


図3 ウスベニコウイカ NSMT-Mo 85954 の背面 (A) と右触腕 (B)

分布 本種は東京湾、駿河湾、熊野灘および土佐湾の太平洋側、山陰地方および山口県の日本海側および東シナ海の水深100～300 mから記録されている^{19-20), 23-24)}、

²⁶⁻²⁸⁾。本研究により新たに宮城県からも分布が確認され、これは日本国内における本種の北限記録となる。

Doratossepion longipes (Sasaki, 1913)

テナガコウイカ (図4)

標本 1 個体：標本番号 NSMT-Mo 85958, 外套長 200 mm, 金華山沖 (38°17' N, 141°40' E) の水深約 140 m の海域 (図1), 2024 年 12 月 25 日漁獲, 第2山神丸 (小型底びき網)。

同定 本標本は、第I腕は鞭状に延長し、延長部分の吸盤は2列で先端付近は柳葉状に拡がらないこと、第II腕も第I腕ほどではないがやや延長すること、触腕吸盤数は71個 (右触腕) および77個 (左触腕) で、中央部の4個は特大であり、その他は等大の小吸盤が並ぶこと、第I腕から第III腕の反口側には赤い条線が走ることが和田・増田 (2013)²³⁾および奥谷 (2015)¹⁹⁾の示したテナガコウイカの特徴とよく一致したため本種に同定された。

分布 本種は南西日本の水深100～300 mから記録されており、房総海域、駿河湾、熊野灘および土佐湾の太平洋側、兵庫県、山陰地方および山口県の日本海側において分布が報告されている^{19-20), 23-24), 26-29)}。本研究により新たに宮城県からも分布が確認され、これは本種の日本国内における北限記録となる。

考察

本研究の結果、シシイカ、ウスベニコウイカおよびテナガコウイカのコウイカ科頭足類3種が宮城県沿岸域から初確認された。これら3種はいずれも従来の主分布域が房総海域以南の太平洋側、あるいは山陰地方以西の日本海側の暖水性の頭足類であり、今回の3種の記録はいずれも日本国内における分布の北限記録を更新するものとなる。よって、2023年から2024年にかけて続く黒潮続流の北偏に伴う記録的高水温下において、宮城県沿岸域の生物相については魚類相や甲殻類相だけではなく、頭足類相にも変化が起きていることが明らかとなった。

このうち、シシイカについては、2024年10月17日に宮城県漁業調査指導船「みやしお」による仙台湾の着底トロール調査において、亶理沖 (38°05' N, 141°19' E) の水深50 mで1尾漁獲されたが、2024年以前にも定期的に行っている石巻魚市場の調査ではこれまで水揚げは確認されていない。したがって、本種は2024年においては宮城県沿岸に来遊していることは明らかとなったものの、それ以前における記録については不明である。

一方、ウスベニコウイカについては、本報告で得られた標本以外にも、筆者らが2023年の9月に石巻魚市場で調査を行った際にも小型底びき網で漁獲され、同市場では「コウイカ」銘柄で取り扱われ、その後数月にわたって複数回水揚げされていることを確認している。したがって、本種は少なくとも前年秋から宮城県沿岸に來遊していたものと考えられた。また、テナガコウイカについては、2024年に福島県沖での漁獲が増えているとの情報を確認しており（福島県水産資源研究所 成田 薫 資源増殖部長 私信）、石巻魚市場における調査では2024年12月以降にウスベニコウイカにわずかに混じって同一ロットで取り扱いがあったことを確認している。そのため、本種は2024年以降から東北海域への來遊が増えてきているものと考えられた。

2023年の高水温時には頭足類のうち、暖水性のケンサキイカについては仙台湾において産卵が確認されたことに加え、以前はほとんど漁獲されなかった外套長30 cmを超える大型個体の來遊があるなど、生態や漁獲サイズの変化が確認されている^{18,30)}。今回宮城県沿岸から初めて確認されたコウイカ科頭足類3種については、漁獲動向や生態学的知見などの情報が不十分であることから、本県沿岸域への継続的な來遊や再生産の可能性については現時点では判断できない。しかし、このような生態学および生物地理学的な知見を蓄積することは、宮城県沿岸域における頭足類相の変化や他の頭足類の生活史の解明にもつながる貴重な情報となり得ると考えられる。したがって、今後も継続的な調査を行い、本県を含む東北地方太平洋岸における南方系頭足類を含むさまざまな生物種の出現について情報を蓄積し続けることが重要である。

謝辞

石巻市場株式会社の佐々木茂樹代表取締役社長および関係者各位には水産物水揚棟の市場調査に際して便宜を賜った。国立科学博物館の長谷川和範氏には標本の登録にご協力いただいた。この場を借りて感謝申し上げます。

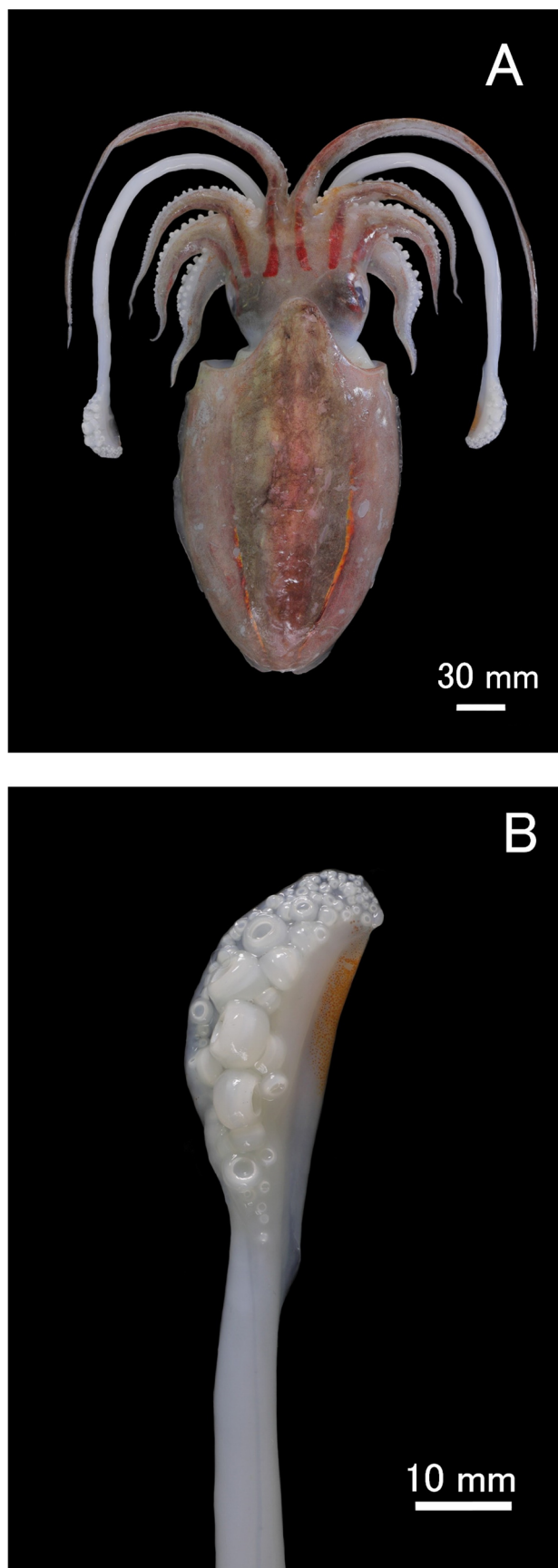


図4 テナガコウイカ NSMT-Mo 85958 の背面 (A) と右触腕 (B)

参考文献

- 1) 佐伯光広・稲田真一・小野寺毅・永木利幸 (2016) 宮城県沿岸における海水温の長期トレンド. 宮城水産研報, **16**, 1–9.
- 2) Kuroda, H., Y. Toya, S. Kakehi and S. Setou (2020) Interdecadal variations of the Oyashio and extreme cold water events near the Japanese coast from the 1960s to the 2010s, pp. 217–244. In Chen, C. T. and X. Guo (eds.) Changing Asia-Pacific marginal seas. Atmosphere, Earth, Ocean and Space. Springer, Singapore.
- 3) Kakehi, S., Y. Narimatsu, Y. Okamura, A. Yagura and S. Ito (2021) Bottom temperature warming and its impact on demersal fish off the Pacific coast of northeastern Japan. Marine Ecology Progress Series, **677**, 177–196.
- 4) 石川哲郎・長岡生真 (2023) 宮城県初記録のテンジクダイ. Ichthy, **35**: 1–4.
- 5) 増田義男 (2024) 仙台湾・金華山海域における魚種組成の変化. 水産海洋研究, **88**, 116–117.
- 6) 矢野泰隆・謝 旭暉・谷津明彦・渡邊一功 (2024) 黒潮大蛇行の南下と黒潮続流の北上および海況への影響. 黒潮の資源海洋研究, **25**, 69–74.
- 7) Sato H., K. Takemura, A. Ito, T. Umeda, S. Maeda, Y. Tanimoto, M. Nonaka and H. Nakamura (2024) Impact of an unprecedented marine heatwave on extremely hot summer over Northern Japan in 2023. Scientific Reports, **14**, 16100.
- 8) 岡村悠梨子・増田義男・矢倉浅黄・田邊 徹・阿部修久・雁部総明 (2021) 近年の宮城県における主要な漁獲物組成と海洋環境の変化. 黒潮の資源海洋研究, **22**, 41–46.
- 9) 高橋清孝 (2022) 海水温上昇による仙台湾と三陸沿岸の魚種交替. JAFIC Technical Review, **1**: 1–10.
- 10) 国立研究開発法人 水産研究・教育機構 (2023) 2023 年第 4 回 東北海区海況予報. URL: https://www.fra.go.jp/home/kenkyushokai/press/pr2023/files/20231215_tohoku_4th.pdf.
- 11) 宮城県 (2024) みやぎ水産 NAVI. 田代島の月別旬別平均水温 (参照日 2024 年 10 月 10 日). URL: <https://suisan-navi.pref.miyagi.jp/>
- 12) 石川哲郎・高津戸啓介 (2024) 宮城県初記録のオオモンハタ. ニッチェライフ, **12**, 93–93.
- 13) 櫻井慎大・増田義男・時岡 駿・富樫博幸 (2024a) 宮城県から得られた北限記録を含む暖水性魚類 4 種の写真に基づく記録. Nature of Kagoshima, **50**, 185–191.
- 14) 相澤俊洋・池田 実 (2024) ヒラスズキ *Lateolabrax latus* の東北地方太平洋側からの記録と環境 DNA データベースによる分布域の検討. 水生動物, **AA2024**–9.
- 15) 真部和代 (2024) 宮城県でのキセンガニ *Matuta victor* の確認. みちのくベントス, **8**, 24–26.
- 16) 小田晴翔・畠山紘一・阿部卓三・鈴木将太・赤池貴大・阿部博和 (2024) 宮城県と岩手県から得られた標本および写真に基づく北限記録のウシエビとクマエビ. みちのくベントス, **8**, 61–69.
- 17) 櫻井慎大・増田義男・長岡生真・時岡 駿・富樫博幸 (2024b) 異常高水温下の 2023 年 10 月から 2024 年 2 月に宮城県牡鹿半島周辺海域から得られた北限更新記録を含む 29 種の南方系魚類の記録. Ichthy, **45**, 68–84.
- 18) 増田義男・時岡 駿・柳本 卓 (2024) 2023 年に宮城県沿岸域へ来遊したケンサキイカの特徴. イカ類資源評価協議会報告 (令和 5 年度) 漁業資源研究会議, 4–7.
- 19) 奥谷喬司 (2015) 新編・世界イカ類図鑑. 全国いか加工業協同組合, 東京, 185 pp.
- 20) 奥谷喬司・田川 勝・堀川博史 (1987) 日本陸棚周辺の頭足類. 日本水産資源保護協会, 東京, 194 pp.
- 21) 黒木敏行・工藤基善・林田秀一 (1987) 日向灘におけるイカ類漁獲量及び重要イカ (ケンサキイカ) の生態と形態について-1. 南西外海の資源・海洋研究, **3**, 37–48.
- 22) 坂井恵一 (2012) のと海洋ふれあいセンターに収蔵されている軟体動物標本-II. のと海洋ふれあいセンター研究報告, **18**, 7–23.
- 23) 和田年史・増田 修 (2013) 山陰沖日本海における頭足類相. 鳥取県立博物館研究報告, **50**, 1–43.
- 24) 河野光久・堀成夫・土井啓行 (2013) 山口県日本海域の頭足類相 (予報). 山口水研セ研報, **10**, 7–24.
- 25) 西 浩孝・安井謙介・坂本博一・松岡敬二 (2022) 愛知県田原市高松沖において底曳き網により得られた軟体動物. 豊橋市自然史博物館研報, **32**, 65–73.
- 26) 窪寺恒巳 (1998) 駿河湾の深海性頭足類. 平成 8 年度イカ類資源研究会議, 63–65.

- 27) 古屋秀隆 (2020) 熊野灘産頭足類にみられるニハイチュウ類. タクサ, **48**, 3–12.
- 28) 通山正弘・中島敏男・黒木敏行 (1985) 太平洋南西海域における頭足類の分布と生態 (予報). 昭和 58 年度イカ類資源・漁海況検討会議, 64–68.
- 29) 伊藤勝千代 (1963) 但馬沿岸で採捕されたコウイカ 1 種 *Sepia longipes* について. 日水研報告, 11, 117–118.
- 30) 増田義男・時岡 駿 (2025) 2023 年～2024 年の海洋熱波状況下に宮城県沿岸域で漁獲されたケンサキイカの日齢, 成長および成熟. 黒潮の資源海洋研究, **26**, (印刷中)

2018年に宮城県中部海域で発生したギンザケ養殖開始直後のへい死

本庄 美穂^{*1}・菊田 拓実^{*2}・熊谷 明^{*1}

Mortality of farmed Coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) at the start of marine aquaculture in the central Miyagi Prefecture waters in 2018

Miho HONJO^{*1}, Takumi KIKUTA²⁾, Akira KUMAGAI^{*1}

キーワード：2018年，中部海域，ギンザケ養殖，へい死，高水温

国内におけるギンザケ養殖は1975年に宮城県志津川湾で初めて開始され，現在石巻市から南三陸町の各海域で養殖が行われている。生産量は全国1位を誇り，本県の重要な養殖業となっている。ギンザケは淡水の内水面養魚場で約10ヶ月間育成された後，海面飼育適正水温である17℃以下になる11月上・中旬頃におよそ150gサイズで海面に搬入される¹⁾。例年，海面搬入直後は1～2件の魚病診断を依頼されるが，ほとんどの場合病原体は検出されず，へい死はすぐに収束する。しかし，2018年は中部海域の各養殖場で海面搬入直後から1ヶ月以上にわたりへい死が継続し，魚病診断の依頼が相次いだ。本稿ではへい死状況と魚病及び水温との関係について考察し，へい死の原因について推察した。

材料と方法

1 魚病診断

2018年11月上旬から翌年3月に中部海域（石巻市，女川町）の各養殖場から合計34件の魚病診断の依頼があったが，北部海域（南三陸町）からはなかった。検体の外部および内部症状を観察した後，細菌検査とウイルス検査を行った。細菌検査では，海面搬入直後の11月～12月には淡水由来の病原体を分離するための培地（AOAE培地，TSA培地）と海水由来の病原体のための培地（海水サイトファグ培地，2%NaCl入りTSA培地）を使用し，1月以降の検査では後者のみ使用した。各個

体について，腎臓から無菌的に釣菌し，各培地に画線塗抹後，AOAE培地は15℃で7日間，それ以外は20℃で5日間培養した。細菌性腎臓病（BKD）については，腎臓に腫脹や白色結節の症状が確認された場合に，患部をスライドガラスに塗抹しグラム染色した後，生物顕微鏡（×1,000）でグラム陽性短桿菌の有無を確認した。

5件の検査では，Takano *et al.*²⁾の方法により，脾臓からRNAを抽出し，赤血球封入体症候群（EIBS）のPCR検査を行った。さらに，2件の検査では腎臓および脾臓を材料としウイルス分離を試みた。両組織のホモジネート（MEM-2で100倍希釈）を0.45 μmフィルターで濾過除菌し，EPC細胞とCHSE-214細胞に100 μL接種した後，15℃で14日間培養し，CPEの有無を観察した。ウイルスが分離された場合（CPE陽性）は，内水面水産試験場でギンザケ稚魚に対して分離したウイルスを用いて実験感染を行った。分離ウイルス0.1mlを，対照区では同量のリン酸緩衝生理食塩水（PBS）をギンザケ各10尾に腹腔注射し，地下水（14.9～15.3℃）のかけ流しによって16日間飼育し，死亡の有無を観察した。試験中は飽食給餌とした。

2 漁場別のへい死状況と水温

県内の海面ギンザケ養殖業者61名（中部49名，北部12名）のうち4割強にあたる28名（中部20名，北部8名）について，生簀ごとに搬入日，搬入尾数，種苗搬入日～12月末までの日間へい死亡率及び累積へい死亡率を求

^{*1}水産技術総合センター，^{*2}農政部農山漁村なりわい課

めた。日間へい死率は、(その日にへい死した尾数)/(その日の生簀内の魚の尾数)×100 で算出した。調査は、中部では石巻市鮎川浜 (A)、女川町塚浜 (B)、同横浦 (C)、同竹浦 (D)、同尾浦 (E)、同出島 (F)、同御前浜 (G)、同指ヶ浜 (H)、石巻市雄勝町 (I) の9ヵ所 75 生簀、北部では南三陸町戸倉 (J)、同志津川 (K) の2ヵ所 31 生簀で行った (図1)。また、ギンザケ養殖業者が測定した生簀の水温に加え、中部 (江島) と北部 (歌津) の定点水温 (宮城県が測定) 及び一般社団法人漁業情報サービスセンター (JAFIC) の海水温の衛星画像から水温の影響を検討した。

結 果

1 魚病診断

月別の依頼数は11月が10件、12月が1件、2月が11件、3月が12件の合計34件であった (表1)。2月～3月の依頼は全て11月～12月の海面搬入後にへい死が多くなった生簀で、その後へい死尾数は減少したものの完全にへい死が止まらず、診断依頼があったものである。

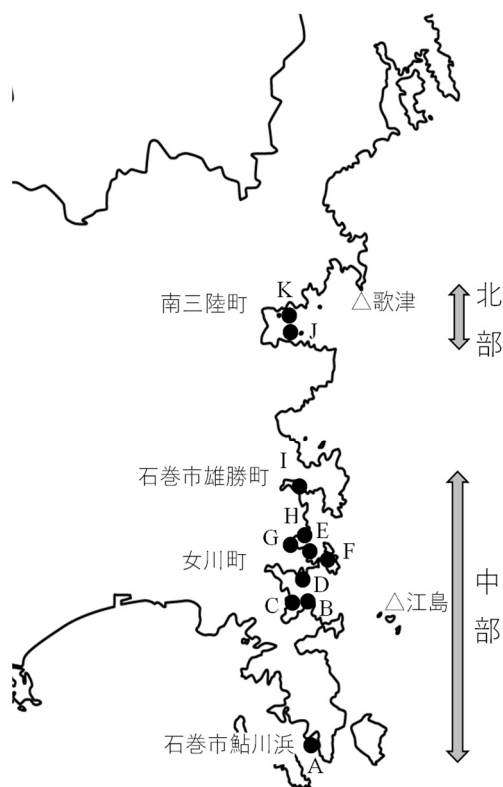


図1 各漁場 (●) と定点水温 (△) の位置

11月～12月の検査では、症状は吻端や体側のスレ、発赤や眼球の潰れや内出血、腸管発赤が見られ、重篤なものでは体側の筋肉や吻端の骨が露出していた (図2)。

細菌検査ではいずれも病原体は分離されず、BKDの症状も確認されなかった。EIBSのPCR検査を4件で実施したところ、3件で一部陽性になったが、肝臓の黄土色化や貧血等のEIBSに特徴的な症状は確認されなかった。また、ウイルス分離を2件で行ったところ、伝染性脾臓壊死症 (IPN) ウイルスが分離された。11月に行った1件目の検査では3検体 (3～4尾プール) 全てで分離され、2件目の検査では3検体のうち1検体で分離された。1件目に分離されたウイルスを使って実験感染を行ったところ、試験区、対照区ともに死亡はなかった。分離されたIPNウイルスはギンザケ稚魚に対して病原性は認められず、海面での死亡原因とは考えられなかった。

翌年2月～3月の魚病診断では、23件のうち15件で平均魚体重が150g以下、4件で150～200g範囲内と全体的に小型で痩せた魚が多かった。細菌検査の結果ではいずれも病原体は分離されず、1件で肝臓の黄土色化が見られたが、EIBSのPCR検査は陰性であった。他に1件で腎臓の腫脹と白色結節がみられ、1個体の腎臓からグラム陽性短桿菌が確認され、BKDと診断された。他の個体では菌は確認されなかった。



図2 へい死魚の症状

表 1 魚病検査の概要

診断月	No.	平均魚体重 (g)	検査尾数 (尾)	細菌検査		ウイルス検査	
				細菌分離	BKD	ウイルス分離	EIBS(PCR)
11	1	109	10	—	—		+(7/10)
	2	146	10	—	—		+(1/3)※
	3	163	4	—	—		—
	4	162	10	—	—		
	5	147	10	—	—	IPN+(3/3)※	
	6	131	6	—	—		
	7	116	10	—	—		
	8	144	27	—	—		
	9	129	6	—	—		
	10	119	6	計99	—		
12	11	121	10	—	—	IPN+(1/3)※	+(2/3)※
2	12	150	6	—	—		
	13	758	5	—	—		
	14	112	5	—	—		
	15	117	5	—	—		
	16	97	5	—	—		
	17	100	5	—	—		
	18	116	5	—	—		
	19	183	5	—	—		
	20	132	5	—	—		
	21	142	5	—	—		
	22	534	5	計56	—		—
3	23	411	5	—	—		
	24	102	5	—	—		
	25	124	5	—	—		
	26	110	5	—	—		
	27	79	4	—	—		
	28	111	5	—	—		
	29	90	5	—	—		
	30	184	5	—	+(1/5)		
	31	341	5	—	—		
	32	127	5	—	—		
	33	172	5	—	—		
	34	157	5	計59	—		
合計	34	—	224	—(0/34)※※	+(1/34)※※	IPN +(2/2)※※	+(3/5)※※

※3～4尾ずつプールして3検体で実施

※※ (陽性になった検査数/全検査数)

2 漁場別のへい死状況と水温

種苗搬入日～12 月末までの生簀ごとの累積へい死率を図3に示した。北部 (J, K) では累積へい死率は 6.1% 以下と低かったが、中部 (A～I) では 2.7～40.0% (平均 15.3%) と幅があり、高いへい死率を示した生簀もみられた。特に鮎川 (A)、塚浜 (B)、横浦 (C)、尾浦 (E)、出島 (F) では累積へい死率が 20%を超える生簀が確認された。

中部海域の各生簀への種苗搬入は 10 月 29 日から 11 月 22 日まで行われていた。図4に搬入日 (搬入が複数回にわたる場合は 1 回目の月日) 毎の累積へい死率を示した。10 月末までに搬入された生簀では累積へい死率が 20%以上と全体的に高かった。その後 11 月 15 日までに搬入した生簀では累積へい死率は 2.7～38.7%とばらつきが大きかったが、11 月 16 日以降に搬入した生簀ではへい死率は 10%前後と低い傾向を示した。

累積へい死率が高かった 4 生簀 (へい死率 34.2～40.0%) のへい死状況をみると (図5)、いずれも搬入直後にへい死が発生しており、10 月末から搬入を開始した生簀①と 11 月 9 日から搬入した生簀②ではへい死のピークが搬入直後と 11 月中旬にみられた。一方、生簀③は 11 月 15 日から、生簀④は 11 月 14 日から搬入を開始しており、両生簀ともその直後に日間へい死率が最も高くなり、特に生簀③では 13.9%と高い値を示した。生簀③ではその後すぐに減少したが、生簀④はしばらくへい死が継続し、12 月になってから徐々に減少した。生簀の水温は 11 月 16 日に 18.4～18.5℃と高い値を示しており、4 生簀ともその時点もしくは直後にへい死が最も多かった。

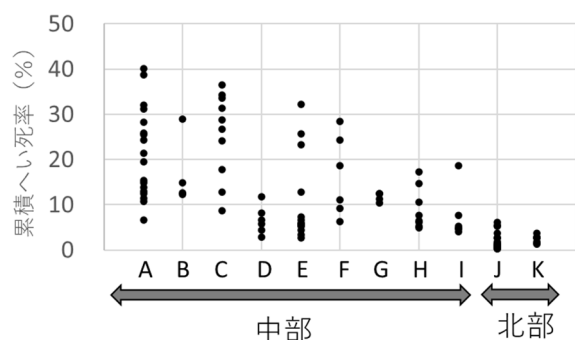


図3 漁場別の各生簀の累積へい死率

次に、北部と中部ではほぼ同時期に同じ種苗が搬入され、同じ餌を給餌した生簀のへい死状況を比較した (図6)。中部①および中部②の生簀では、図5に示した生簀①、②と同様に、海面搬入直後のへい死が一旦減少した後、11月中下旬に再びへい死が増え、12月末においても完全に収束しなかった。生簀の水温は、搬入日 (11/5～11/9) は 17.0～17.8℃と海面飼育適正水温 (17℃) より少し高かったが、その後 11 月 14 日に 16.5℃と 17℃を下回った。しかし、翌日から再び上昇して、11 月 17 日には 18.3℃となり、その直後からへい死が再び増加した。一方、北部の養殖場では同じ種苗が搬入された 2カ所の生簀とも、搬入直後に若干へい死したが、その後はほとんどへい死が確認されなかった。生簀の水温は 11 月 15 日に 17℃を下回り、その後は順調に下降した。このように、中部海域で種苗搬入から約 50 日間慢性的に死亡した生簀と同じ種苗が搬入された北部の 2カ所の生簀ではほとんどへい死がなかった。

2018 年 10 月～11 月の定点水温は、江島 (中部) も歌津 (北部) も平年より 1℃以上高く推移し、江島では 11 月初めに 19.1℃と高い値を示した。その後下降したが、11 月 11 日 (17.5℃) から 14 日 (19.6℃) には 3 日間で約 2℃急上昇し、その後 17℃を下回ったのは 11 月 21 日以降であった (図7)。一方、歌津 (北部) では、江島と同様に平年より高く推移したものの順調に下降した。2018 年 11 月 14 日の海水温の衛星画像をみると、暖水塊が宮城県中部沿岸に接岸しており、付近には 20℃の等温線が確認された (図8)。前年同期の衛星画像では宮城県沿岸への暖水塊の接岸は見られず、江島の水温は 14.8℃と 2018 年と比べて約 5℃低かった。

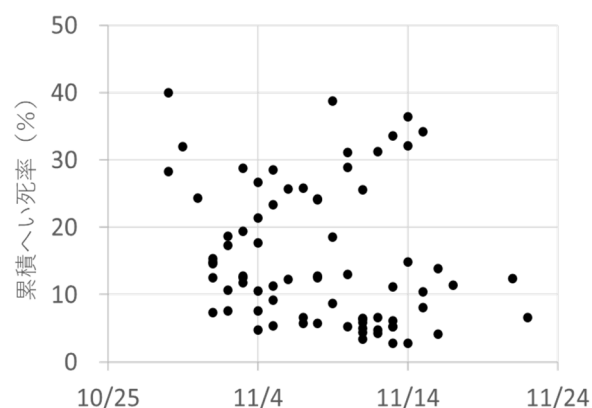


図4 中部海域の各生簀の海面搬入日毎の累積へい死率

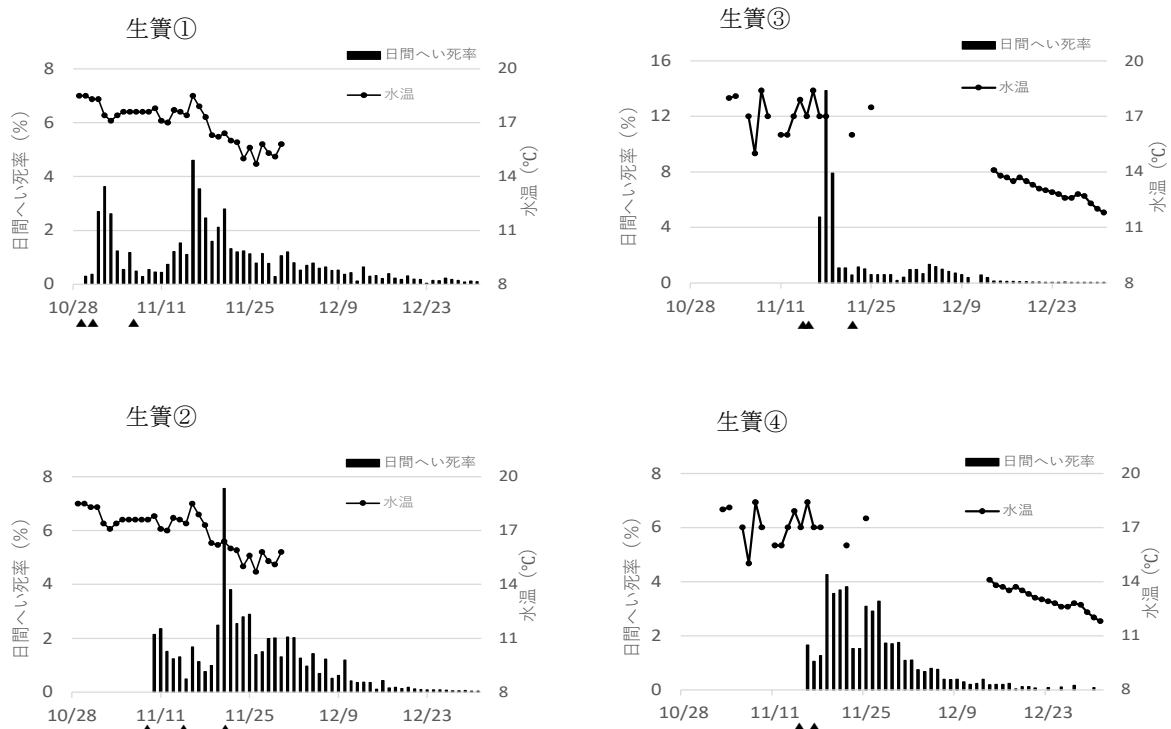


図5 累積へい死率の高かった4生簀の日間へい死率と生簀の水温の推移 (▲は種苗搬入日)

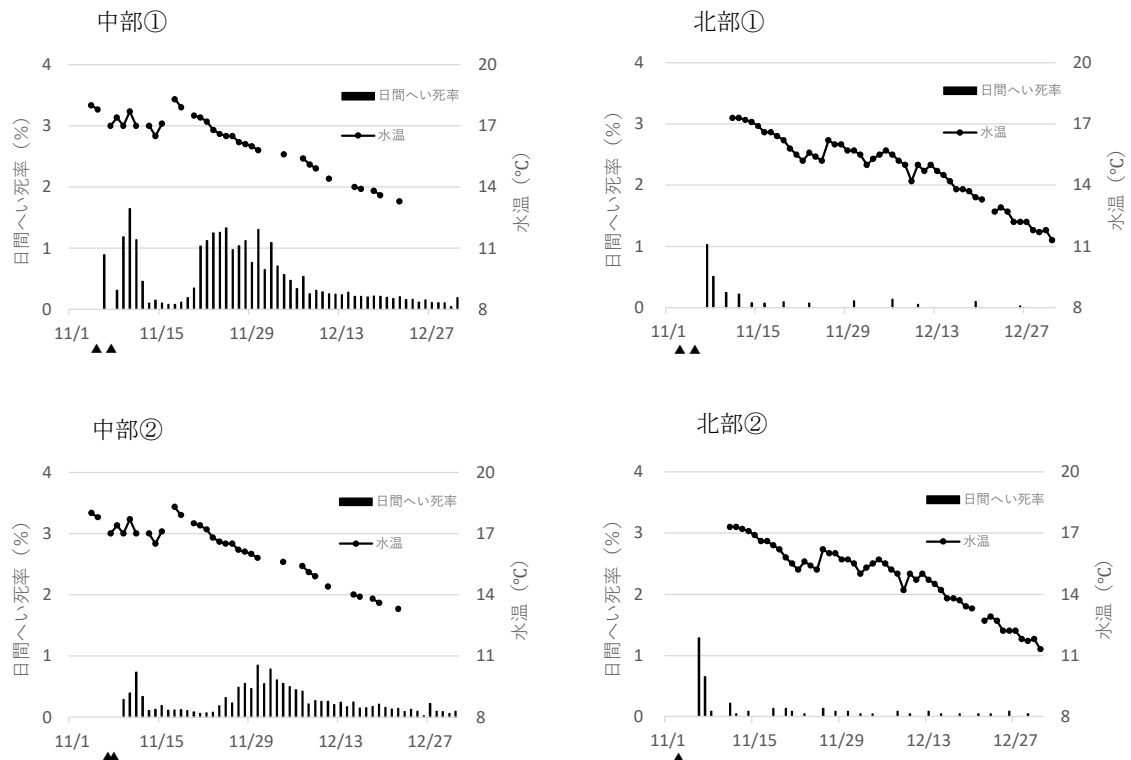


図6 同じ種苗を搬入した中部(左)と北部(右)の生簀の日間へい死率と生簀の水温の推移 (▲は種苗搬入日)

考 察

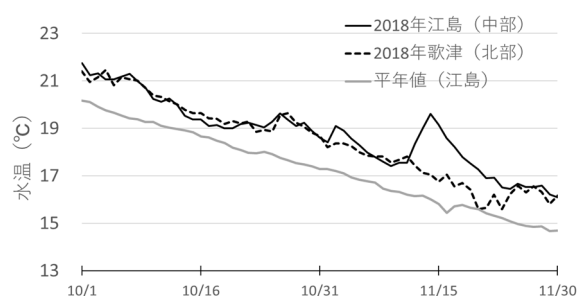
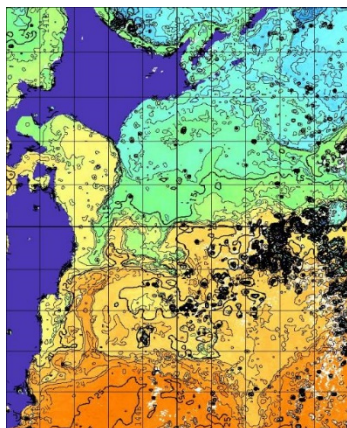


図 7 2018 年 10 月～11 月における定点水温の推移
(午後 3 時観測) ※みやぎ水産 NAVI より

<2018 年>



<2017 年>

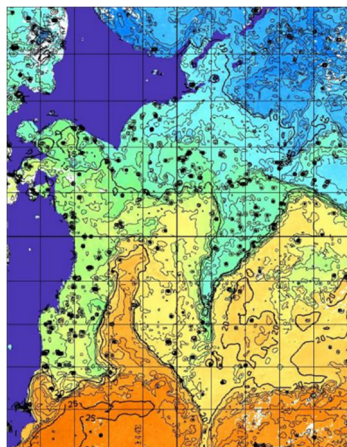


図 8 2018 年及び 2017 年 11 月 14 日の衛星
NOAA/AVHRR による 1 週間合成画像の
比較 ※JAFIC より

11月～12月の魚病検査では、細菌は検出されなかったが、一部でEIBSとIPNウイルスが検出された。EIBSは内水面と海面で発生するギンザケのウイルス病である³⁾。淡水での実験感染では、生残魚の体内で感染80日後にもウイルスが検出されており、回復した魚体内に長期間ウイルスが残る可能性が指摘されている⁴⁾。今回、EIBSウイルスが検出されたギンザケではEIBSの症状は確認されず、水温はEIBSの発症水温（15℃以下）⁵⁾より高い状況であった。これらのことから、内水面養魚場で感染したウイルスが体内に残っていて、PCRで検出されたと推測され、今回のへい死には関与していないと考えられる。また、IPNについては、国内での本病の発生は1970年代をピークに、その後は発生件数が減少し、現在では問題となっていないこと⁶⁾と、今回分離されたウイルスは実験感染でギンザケに対する病原性は認められなかったことから、へい死には関与していないと考えられる。さらに、3月に1個体で確認されたBKDも、症例の少なから今回のへい死の原因ではないと考えられる。また、2～3月に魚病診断を行った魚は全体的に小型で痩せており、海面移行時にうまく海水適応できなかった個体が摂餌不良となり、慢性的に死亡したために2～3月になっても完全にへい死が止まらなかったと考えられた。

へい死は北部の生簀では少なかったが、中部では大量へい死した生簀が広範囲で確認された。暖水塊が宮城県沿岸に接岸していた11月中旬に江島定点では一時水温が20℃近くまで急上昇し、この直後に中部のギンザケ養殖場ではへい死率が増加した。江島の水温が17℃以下になったのは、例年より約20日遅い11月20日過ぎで、その前に大部分の生簀で種苗搬入は終了していた。

以上より、今回のへい死は魚病検査の結果から病気が原因とは考えられず、平年より高く水温が推移したことに加え、暖水塊の影響で一時的に水温が急上昇したことが原因と考えられた。ギンザケ種苗の海面搬入は、水温が17℃以下になり、さらに搬入後も水温が順調に下降することが見込まれるタイミングで行うことが重要であり、この時期の暖水塊の張り出し等の海況情報に注意する必要がある。また、水温が一時的に上昇した際には搬入を延期する等の対策も必要と考えられた。

ギンザケは自然界では春にスモルトで降海するが、100 g 以上の魚は秋でもスモルト化しており、海水への適応力を有している。そのため、直接海水に収容しても

ほとんど死ぬことはない。しかし、淡水の種苗生産地から海面生簀までの数時間の輸送や淡水と海水との温度差、そして淡水から海水への浸透圧変化と海水馴致中に魚が受けるストレスは大きい。そのストレスを軽減するため、1980年代までは4～5日かけて海水馴致を行っていたが、その後、徐々に簡略な方法へと変遷した⁷⁾ 1990年代には海水馴致試験に基づき、魚へのストレスが少ない合理的な方法として2泊3日の適正海水馴致スケジュールが開発された⁸⁾。その後、さらに簡略化され、東日本大震災以降は30分～1時間かけて海水馴致をする方法が一般的になり、海面搬入直後は多少へい死がみられるが、この方法でもこれまで大きな問題は発生しなかった。しかし、今回一部の生簀で長期間のへい死が問題になったことにより、高水温条件においては現在の海水馴致の方法では、十分に馴致できない可能性が示唆された。

2017年8月以降、黒潮続流の暖水が三陸沖まで北上するようになり⁹⁾、宮城県沿岸の海水温は平年より高く推移することが多くなっている。地球温暖化の影響が今後ますます懸念されており、海水馴致に与える水温の影響について検討が必要である。さらに、沿岸水温の上昇によって、種苗の海面搬入時期が遅くなるとともに養殖終了時期が早まり、海面での養殖期間が短くなる可能性が考えられる。大型種苗の導入等の養殖方法の再検討、高成長、高水温耐性魚の育種等、新たな検討課題への対応が求められる。

要 約

- 1) 2018年11月に宮城県中部海域において海面搬入した直後から養殖ギンザケのへい死が発生した。
- 2) 中部海域の各養殖場のへい死事例について、合計34件の魚病検査を行ったが、病原体はほとんど検出されず、魚病が原因によるへい死ではないと考えられた。
- 3) これらの事例では、種苗搬入直後にへい死が発生しており、海面搬入の時期によっては、一旦収まった後、11月中旬に生簀の水温が18℃以上まで急上昇した直後に再び増加した。その後減少したが、12月末においても完全に収束しなかった。
- 4) 中部海域の水温は平年より高く推移したことに加え、11月中旬に暖水塊の接岸により、一時急上昇し、へい死はこの影響によるものと考えられた。
- 5) 宮城県沿岸の海水温は平年より高く推移することが多くなっており、今後、海水馴致に与える水温の影響について検討する必要がある。

謝 辞

ギンザケ養殖業者や関係者の皆様には貴重なデータを提供していただき、厚くお礼申し上げます。また本研究推進にご協力いただいた宮城県水産技術総合センター職員一同に深く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 佐々木良朗（1989）岐路に立つギンザケ養殖（下）種卵および種苗の供給動向．養殖，**26**（12），60-63
- 2) Takano, T., A. Nawata, T. Sakai, T. Matsuyama, T. Ito, J. Kurita, S. Terashima, M. Yasuike, Y. Nakamura, A. Fujiwara, A. Kumagai and C. Nakayasu (2016) Full-genome sequencing and confirmation of the causative agent of erythrocytic inclusion body syndrome in coho salmon identifies a new type of Piscine orthoreovirus. PLoS ONE, **11**, e0165424
- 3) 岡本信明・高橋清孝・熊谷 明・柴崎弘之・舞田正志・田中真・J.S.Rohovec・池田彌生（1992）本邦淡水養殖ギンザケにおけるEIBSの発生．魚病研究，**27**（4），207-212
- 4) 熊谷 明・松山知正・坂井貴光・本庄美穂・高野倫一（2024）PRV-2に実験感染したギンザケにおけるウイルス量と抗体価の推移．魚病研究，**59**（2），80-83
- 5) 福田穎穂（2004）赤血球封入体症候群．若林 久嗣・室賀 清邦編，魚介類の感染症・寄生虫病，57-60，東京，恒星社厚生閣，424pp.
- 6) 佐野元彦・岡本信明（2017）総説 伝染性腭臓壊死症．魚病研究，**52**（4），177-180
- 7) 熊谷 明（2019）ギンザケにおけるストレスの小さい海水馴致方式の開発，養殖ビジネス2019年臨時増刊号，88-91

- 8) 高橋清孝（1992）ギンザケ海水馴致手法の再検討，日本水産学会東北支部会報，**42**，21-23
- 9) 矢野泰隆・謝 旭暉・谷津明彦・渡邊一功（2024）黒潮大蛇行の南下と黒潮続流の北上および海況への影響．黒潮の資源海洋研究，**25**，

ノート

遠隔操作技術を活用した海底生物相の高精度調査手法の開発と宮城県北部岩礁域における海藻およびキタムラサキウニの分布調査

成田 篤史^{*1}・長田 知大^{*2}・小野寺 淳一^{*2}・佐伯 光広^{*3}

Development of High-Precision Survey Methods for Benthic Ecosystems Using Remote Operation Technology and Distribution Survey of Seaweed and sea urchin (*Strongylocentrotus nudus*) in northern Miyagi coast

Atsushi NARITA^{*1}, Tomohiro NAGATA^{*2}, Junichi ONODERA^{*2} and Mitsuhiro SAEKI^{*3}

キーワード：海藻被度，キタムラサキウニ，生息密度，水中カメラ，水中ドローン

2011年3月11日に発生した東日本大震災により，東日本沿岸では地盤沈下や津波による浸食に伴い，地形が大きく変化した。また，動植物の流出が起こり，震災以降底生生物相を中心に劇的な変化が報告されている¹⁾²⁾³⁾。吾妻らは，東北マリンサイエンス拠点形成事業で，2011年から2015年まで志津川湾において，津波によるアラメ群落の被害状況と回復過程における個体群動態について調査し，アラメの破損率が湾奥ほど高いこと，水深4.7～7.5mにおいて汚泥の再懸濁による光量の減少がアラメ幼体の成長を阻害したことなどを報告している⁴⁾。こうした状況を踏まえ，2016年に水産庁は藻場・干潟の保全・創造を推進するための基本的考え方を「藻場・干潟ビジョン」にまとめ，2020年に宮城県は「宮城県藻場ビジョン」(<https://www.pref.miyagi.jp/soshiki/suikisei/soshiki-suikisei.html>, 2024年9月1日)を作成して計画的に各海域の藻場の保全・創造の推進を図ることとした。気仙沼湾もその対象海域であり，着実な藻場の保全・創造のためには，海域の正確な位置，深度を把握した上で経時的に調査を行う必要がある。前述の吾妻らの調査¹⁾は潜水調査であったが，この方法は膨大な経費と時間を要し，調査者の安全にも配慮する必要があるため，多くの地点で詳細な調査を行うことは困難である。一方，間接的に海底の藻場をモニタリングする手法には，魚群探知機などの音響学的手法と人工衛星画像や航空写真などの光学的手法がある。これらの手法は広範囲を効率的にモニ

タリングするのには適しているが，得られる情報が限られており，藻場を深度ごとに詳細に調査するためには必ずしも適した手法とは言えない⁵⁾。

そこで本研究では，海域の正確な位置，深度を把握して間接的に調査を実施する手法として，水中カメラおよび水中ドローンを用いた海底生物相の画像データの取得方法を開発し，この手法を用いて気仙沼湾における海藻およびキタムラサキウニ（以下，ウニ）の分布調査を実施したので報告する。

材料と方法

1 水中カメラによる藻場及びウニの分布調査

1) 調査器具の開発

図1に示すステンレス製の枠（以下，方形枠とする）を用い，底面から1mの高さで1m平方の視野を撮影する目的で，GoPro社製の防水カメラ（GoPro10型）を方形枠に固定した。カメラは底面に対して垂直に設置されており，広角撮影が可能なため，水中で方形枠全体を視野に収めることができる。撮影モードはタイムラプスモードを設定し，5秒おきにシャッターを切るよう調整した。このカメラを用いて調査対象の画像を取得した。

GoPro10型のバッテリーは1個あたり約90分間の連続撮影が可能であり，撮影中にバッテリーが切れた場合に

^{*1}食産業振興課，^{*2}水産技術総合センター気仙沼水産試験場，^{*3}水産技術総合センター

は予備のバッテリーに交換して撮影を継続した。

方形枠にはカメラ用のマウントが取り付けられることができる加工がされており、GoPro10型をハウジングに収めた上で、マウントと1/4ネジを用いて接続した。当初はGoPro付属の樹脂製マウントと樹脂製ネジ（1/4ネジ）を使用した が、このネジはヘッド部分が滑りやすく、強い締め付けができないため、水中作業中にカメラの向きや位置がずれる問題が発生した。この問題を解決するために、付属のネジをSmatree社製のアルミ製ネジ（1/4ネジ）に替えた。このネジはヘッド部分に滑り止めが付いており、強い締め付けが可能であったため、カメラのずれを効果的に防止できた。

方形枠にOnset社製の水深計を取り付けて水圧を測定した。また、調査船上の大気中にもう1台の水深計を設置し、大気圧の変化を計測することにより、水圧の測定値を補正した。取得した画像には、水深計とGPSの情報を時間で紐づけた。測定（撮影）に使用した機材と条件を表1に記載した。

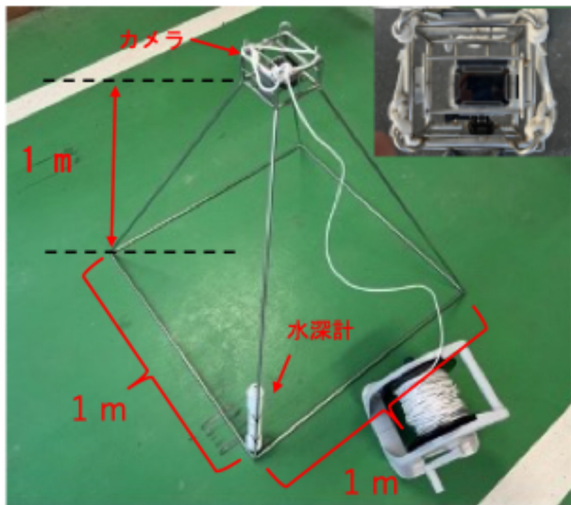


図1 調査に用いた方形枠とカメラなど

表1 使用した機材と測定（撮影）条件

カメラ	GoPro社製 GoPro10型 (同社アプリQuik で5秒ごと連続撮影の設定)
水深計	Onset社製 U20-001-02-T1型 水中用水位/温度計測用データロガー (Onset社製ソフトHOBOWare Proで 時間設定、毎秒水深を記録)
位置情報	携帯用GPS Garmin社製 eTrex22xで1秒 ごとの位置情報を記録

2) 調査地点

漁業者および漁協職員への藻場に関する聞き取り情報と自然環境Web-GIS（環境省生物環境センター編）

(<http://gis.biodic.go.jp/webgis/index.html>, 2024年9月1日) のデータを基に、概要調査と詳細調査の両調査地点を選定した。

調査対象海域全体の状況を把握するため、2022年6月～10月に気仙沼湾および唐桑半島東側の計643地点で概要調査を実施した（図2）。各調査地点では岸側に基準点を設定した上で、図1に示す装置を用いて沖合方向に約5m間隔で20m（計5地点）を撮影した。水深範囲は0～2m未満から8m以上であった（表2、3）。

その後、より詳細なデータを得ることを目的として、2023年1月に岩井崎地区において、100m×100mの区域を対象に、概要調査と概ね同様の方法で詳細調査を実施した（表3）。詳細調査では、調査区域の開始点および区域の範囲を設定した後、沖合方向に約5～10m間隔で計10地点を測定した。この測定を10列程度繰り返し、合計97地点でデータを取得した。水深は3mから10mの範囲であった。

表2 概要調査の調査地点数と水深

水 深	0-2m未満	2-4m未満	4-6m未満	6-8m未満	8m以上	合計
地点数	151	193	124	68	107	643

表3 概要調査および詳細調査の実施年月日および地区

調 査	年 月 日	地 区
概要調査	2022年6月28日	松岩
	7月14日	鹿折
	7月14日	舞根
	7月21、29日	大島
	8月1日	岩井崎
	8月9日	鮎立
	9月14日	唐桑御崎
	9月16日	只越
	10月28日	大沢
	2023年1月20日	岩井崎

3) 調査地点での撮影方法

Google社の地図サービス ‘Google map’ (<https://www.google.co.jp/maps>, 2024年9月1日) のマイマップに調査地点を予め登録した後、iPad（Wi-Fi model）

とGNS3000 GPSレシーバー&ロガー（GNS Electronics社）をBluetoothで接続することにより、調査地点間を船で正確に移動した。

調査点では、岸に近い側から海底に撮影装置（図1）を着底させ、撮影した後、装置を引き上げて船を5m移動させ、再び撮影する作業を5回繰り返した。調査中は5秒ごとの連続撮影を行ったため、調査地点当たりの撮影枚数は調査地点の水深によって異なり、海底や海中写真を含め概ね5～20枚程度であった。これらの写真の中から、後述するPythonプログラムを用いて、水深計の変化率がほぼ0となるデータ（装置が海底に着地している状態）の写真1～5枚を抽出した。また、調査中の移動時には装置が海面より上にあるため、水深がマイナス値となるのでこのようなデータはプログラムにより除外可能であった。

4) 藻場、ウニ分布の解析方法

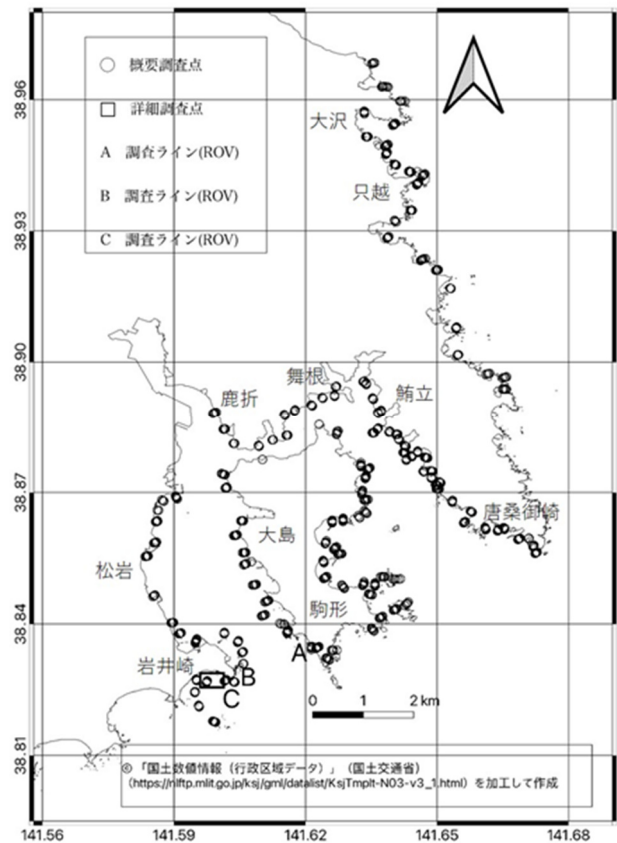
得られた写真を基に、方形枠内における海藻の種別、被度、およびウニの個体数を記録した。海藻の被度については、1回の撮影地点で得られた写真の中から1～3枚を選び、方形枠内に占める海藻の面積割合を、0%、0-20%、20-40%、40-60%、60-80%、80-100%の6段階で表した。

撮影時刻を基に、画像（写真）のExif情報、水深データ、および位置情報をPythonプログラムを用いて紐づけし、データフレームを作成した。これにより、異なるデータソースからの情報を効率的に統合することが可能となった。また、このデータフレームにフォルダ内の写真をリンクさせ、さらに写真から記録した海藻の被度やウニの個体数などのデータも追記した。この統合データフレームを地理情報システム（GIS）ソフトウェアであるQGIS (<https://www.qgis.org/>) に取り込み、海藻およびウニの分布をマップ化した。

2 ROV（水中ドローン）を使用したウニおよび藻場の分布調査

2022年11月から12月に駒形地区および岩井崎地区で合計3回にわたり、ROV（水中ドローン）を使って幅2m、長さ80から100mのゾーン内の藻場およびウニの分布を観察した（表4）。直径10mmのリング付ロープ5本（各20m）を、それぞれ2kgの錘をつないだ4個のカラビナでつなぎ1本（長さ100m）とした。この100mの錘付きロープを2本作製し、2m間隔で平行に海底に沈めた。ロープの両端

(a) 概要調査



(b) 詳細調査

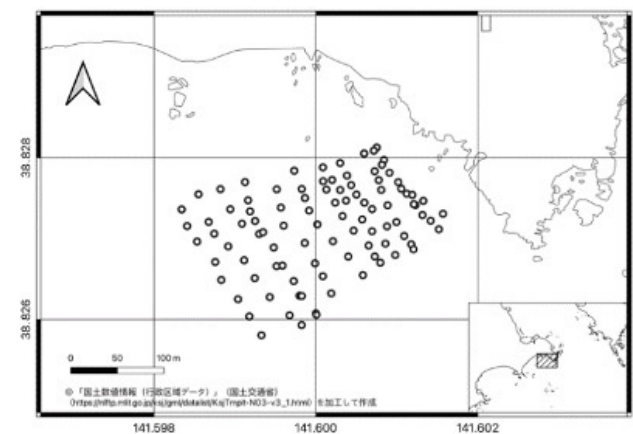


図2 概要調査、詳細調査およびROV（水中ドローン）の調査地点

にも10kgの錘を付け、その上には目印の浮き球を付けて位置を水上から確認できるようにした（図3）。これをガイドにしてROV（水中ドローン: QYSEA FIFISH V6）を沈め、2本のロープが視界に映る深度（水深1～6m）で80～100mのコースを直進させ、カラビナの位置により20mごとの地点を確認しながら動画を撮影した（図4）。

表4 ROV（水中ドローン）調査の実施年月日と地区

調 査	年月日	地区
Aライン	2022年11月28日	駒形地区
Bライン	12月21日	岩井崎地区
Cライン	12月20日	岩井崎地区

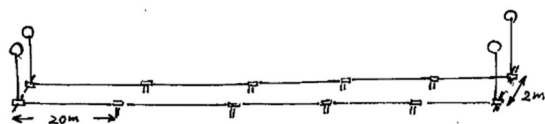


図3 ROV（水中ドローン）による藻場、ウニ分布調査のガイド



図4 調査に用いたROVと調査の模式図

結 果

1 水中カメラを用いた藻場およびウニの分布調査

方形枠付きの水中カメラで撮影した海藻とウニの写真を図5に示した。いずれも鮮明な画像で海藻の種類や被度、ウニの数量を計数することが可能であった。概要調査の643地点の画像情報を基に、海藻の被度およびウニの密度を地図上に示した（図6～図12）。

1) 海藻・海草の被度

概要調査の調査地点における全ての海藻の被度（図6）は、水深0から2m未満で平均39.8%（0-100%）、水深2から4m未満で平均18.5%（0-100%）、水深4から6m未満では平均14.6%（0-100%）、水深6から8m未満では平均9.4%と水深が深くなるにつれて減少し、水深8m以深では平均5.2%となった。

アマモ（図7）は主に砂泥層（松岩）に分布していることを確認でき、岩礁に生息するスガモの被度と合わせると、水深0から2m未満で平均12.1%（0-100%）、水深2から4m未満で平均9.6%（0-100%）、水深4から6m未満

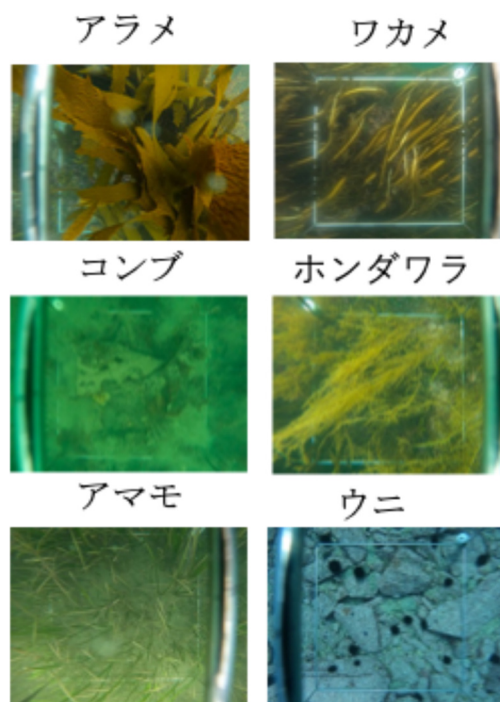


図5 本装置で撮影された海藻・ウニの画像

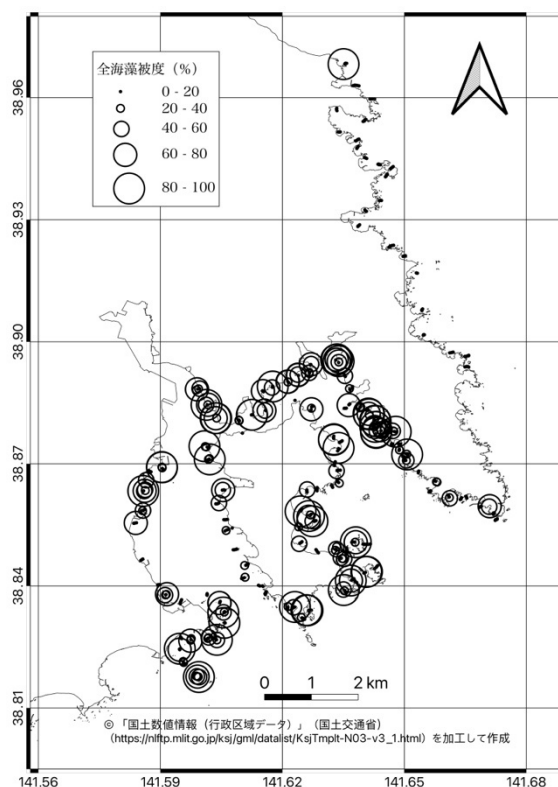


図6 全ての海藻の分布図

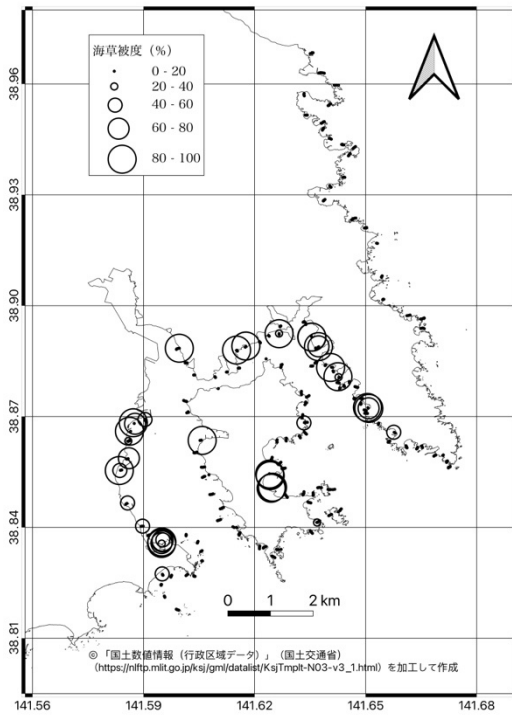


図7 アマモ場の分布図

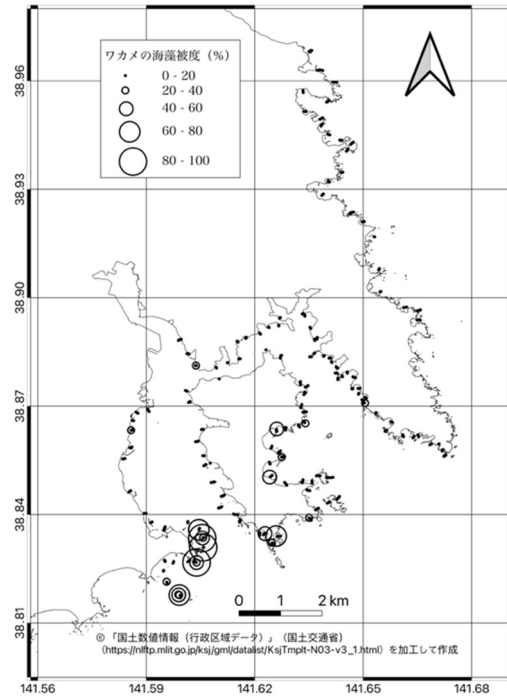


図9 ワカメ場の分布図

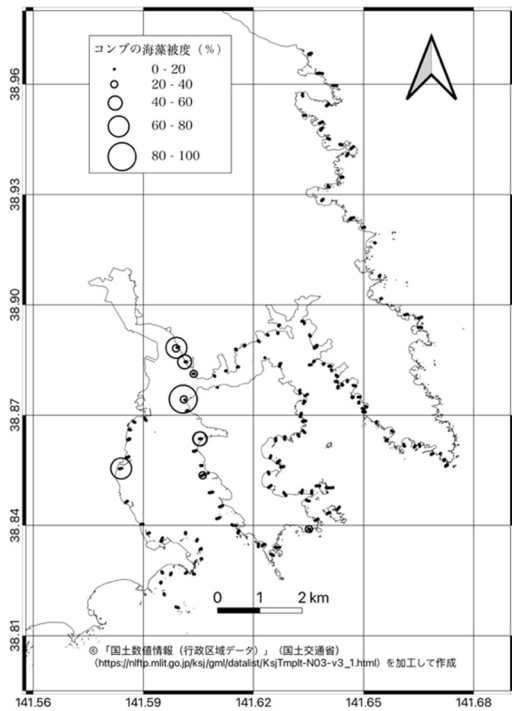


図8 コンブ場の分布図

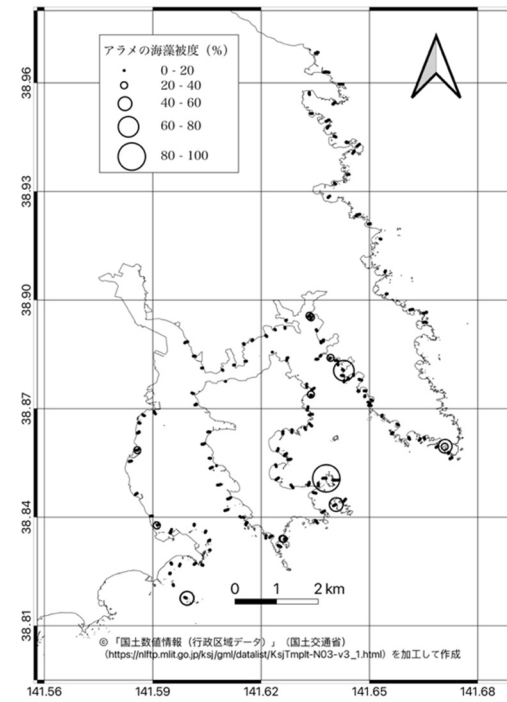


図10 アラメ場の分布図

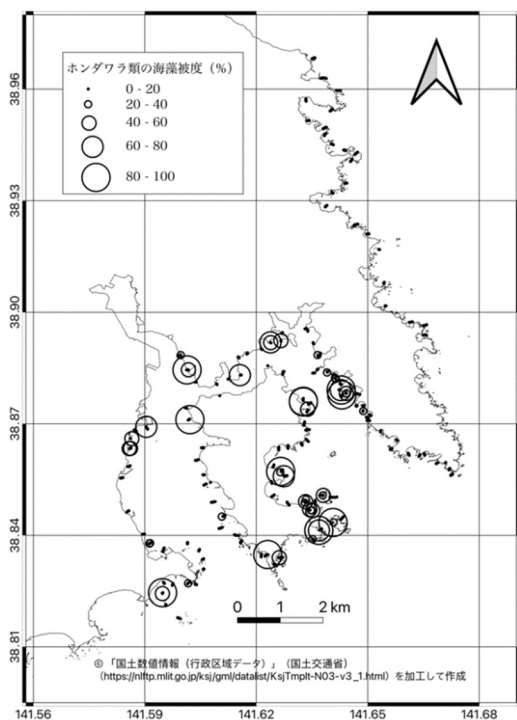


図11 ガラモ場の分布図

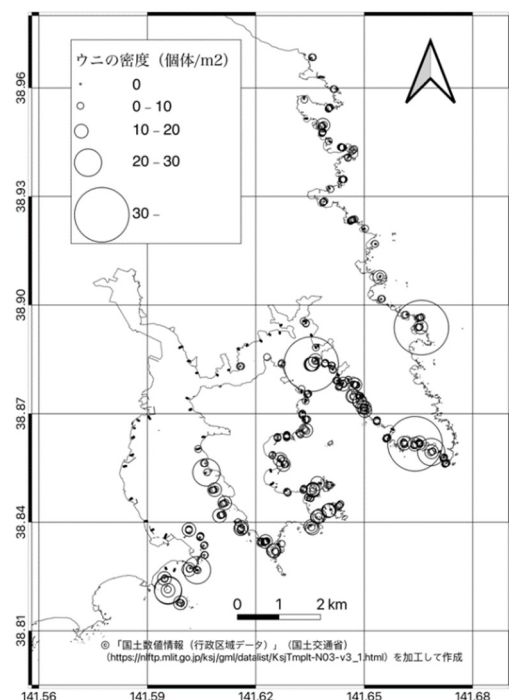


図12 ウニの分布図

で平均1.9% (0-100%) であった。また、各深度とも分布している地点と全く分布していない地点との差が大きく、ほとんど分布していない地点が数多くあった。

コンブの分布 (図8) は、湾奥 (鹿折) の砂地近くの

岩や軽石上に認められ、被度は水深0から2m未満、水深2から4m未満ではそれぞれ平均0.3% (0-20%), 平均0.5% (0-80%) と非常に低かった。一方、水深6から8m未満で平均4.6% (0-60%), 水深8m以深で平均2.0% (0-100%) とやや高かった。また、地域により差が大きかった。

ワカメ (図9) とアラメ (図10) は、ともに岩礁域の水深が浅く波あたりの強い場所 (岩井崎, 大島の東側) に認められ、ワカメがアラメより広く分布していた。ワカメの被度は水深0から2m未満で平均5.1% (0-100%), 水深2から4m未満で平均2.2% (0-70%), 水深4から6m未満で平均3.2% (0-70%), 水深6から8m未満で平均0.6% (0-20%) で水深8m以深では観察されなかった。アラメの被度は水深0から2m未満で平均3.2% (0-100%), 水深2から4m未満で平均1.4% (0-60%) であった。

ホンダワラやアカモクなどのガラモ (図11) は、気仙沼湾 (松岩, 鹿折, 舞根, 大島, 岩井崎, 鮎立) に広く分布していた。被度は水深0から2m未満で平均14.0% (0-100%), 水深2から4m未満で平均4.9% (0-90%), 水深4から6m未満で平均3.1% (0-100%), 水深6から8m未満で平均0.7% (0-20%), 水深8m以深で平均0.4% (0-30%) であった。

2) キタムラサキウニの分布

ウニ (図12) は、岩井崎や鮎立等の岩礁地に高密度で分布している一方で、砂地や波の強い浅瀬には少なかった。水深帯ごとの密度は、水深0から2m未満では平均0.8個体 (0-16個体/m²), 水深2から4m未満では平均6.8個体 (1-35個体/m²), 水深4から6m未満では平均6.8個体 (1-46個体/m²), 水深6から8m未満で平均3.8個体 (0-25個体/m²), 水深8m以深で平均3.3個体 (0-39個体/m²) であった。

3) 水深別の海藻被度とウニの生息密度

図13に岩井崎地区, 図14に大島地区, 図15に唐桑地区 (舞根, 鮎立, 唐桑御崎, 只越, 大沢) の水深別の海藻種ごとの被度とウニの生息密度を示した。

岩井崎地区では、アラメが水深2から3mで約10%の被度を示したが、水深4m以深では確認されなかった。アラメの分布は局所的で濃密に繁茂する範囲が限られていた。なお、装置で撮影できなかったが、浅い水深 (三陸復興国立公園周辺の水深0から2m帯) ではアラメが繁茂していることが目視により確認された。ウニは2m以深で確認され、水深6m付近で高密度であった。

大島地区では、アラメは水深2から3mで数%の被度を示したが、水深4m以深では確認されず、分布は散在的だった。浅い水深（0から2m）ではホンダワラが多く、深い水深（6から8m）ではコンブが高い被度を示した。また、ウニ密度は水深4mで最も高かった。

唐桑地区では、アラメは水深1から2mで約10%の被度を示したが、水深4m以深では確認されず、分布は局所的であった。一方、ワカメやホンダワラ類は広範囲に分布し、水深3mまでの海域では比較的海藻被度が高かった。ウニは調査した全水深帯で見られ、特に水深3から5mで密度が高かった。

4) 詳細調査の海藻被度とウニの生息密度

岩井崎地区の詳細調査の97地点の画像情報を基に、海藻の被度およびウニの密度を地図上に示した（図16～図17）。

海藻被度とウニ密度の分布に地点差が見られた。調査区域の東側の岸寄りでは、ウニの生息密度が高く、海藻被度は低かった。一方、西側では、その逆であった。調査区域の海藻組成は主にアラメで構成されていた。調査地域は東西に岩礁帯が広がり、その間を砂地が挟む地形を有していた。また、ウニ密度は、平均4.3個体/m²、特に高い箇所では、20個体/m²を超える地点も確認された。

2 ROV（水中ドローン）を使用したウニおよび藻場の分布調査

ROV（水中ドローン）により撮影した海底の写真を図18に示した。画像はいずれも鮮明で、海藻の種類やウニの生息数を十分に確認できた。

Aラインでは、ウニの個体数は1,160個体/80m（7.3個体/m²）、大型海藻類は少なく無節サンゴモが優占していた。Bラインでは、ウニの個体数は1,714個体/100m（8.6個体/m²）、無節サンゴモが優占しており大型海藻類はなかったが、岸側でアラメが見られた。Cラインでは、ウニの個体数は696個体/100m（3.5個体/m²）、点在する人工ブロック上に無節サンゴモが優占しており大型海藻類はなく、岸側で紅藻が見られた。

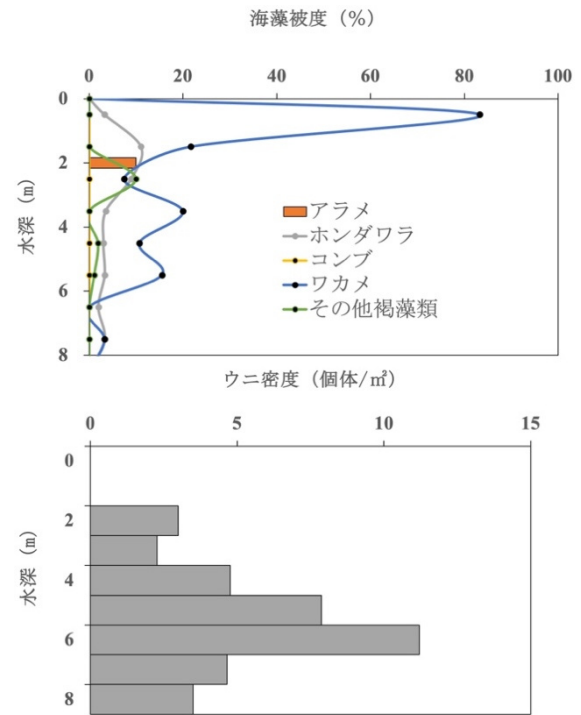


図13 海藻種の被度とウニの生息密度および水深の関係（岩井崎地区）

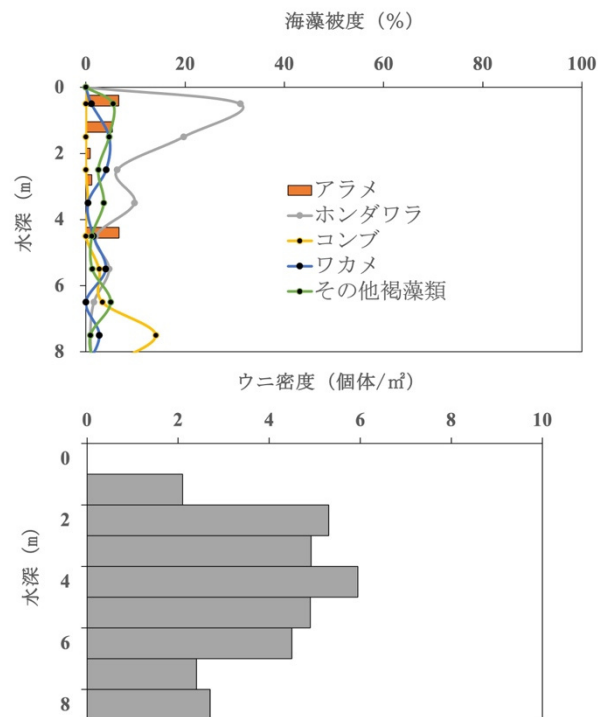


図14 海藻種の被度とウニの生息密度および水深の関係（大島地区）

一方、水中ドローンの調査手法においては、鮮明な動画をリアルタイムで取得できる点が特長であり、連続動画を用いた詳細な観察に適している。また、水中ドローンには水深計が内蔵されており、撮影時に画面上に水深が表示されるため、深度情報を確認しながら調査を進めることが可能である。本法はGPS情報との連携機能がないため、正確な位置記録においては水中カメラ調査に比べて劣る。しかし、ガイドロープの活用や一定間隔で目印（本報では、20mごとの地点にカラビナ）を設置することで位置情報を補完し、位置を記録した動画を取得、解析することが可能である。

また、いずれの調査においても、調査者が水中に潜らず海底の画像取得が可能であるため、調査者を危険にさらすことなく、現地の生物相データを容易に収集できる。このことから、潜水による調査に比べて多くの地点で繰り返し調査を行うことができる。さらに、大量の画像データが得られることから、必要に応じて検証や修正を加えることもできる。東日本大震災で広い海域の生物相が大きく変化し、漁場再生のための藻場の回復が求められる本県三陸沿岸の調査を進める上で有力な手段となることが期待される。

調査を進める中で課題も浮き彫りになった。今回の調査時期の気仙沼湾奥の一部は海中の透明度が低く、鮮明な写真を撮るのが難しいケースが散見された。前日の天候など海水の透明度に影響する条件を吟味して調査を行うことが重要である。また、本研究で開発した装置は、カメラを海底から1mの距離に固定しているため、深度1m以下では撮影できない制約がある。今後は1m以浅で撮影可能な手法の開発が必要と考えられる。さらに調査を進めながら装置の問題点の抽出と更なる改良を進め、より精度を高めていくことが重要である。

2 海藻種とウニの分布について

本研究では、2005年に広域的な藻場調査²⁾が行われて以来、同様な調査が行われていなかった気仙沼湾で、海底の生物相に関するデータを取得することができた。また、得られたデータは正確な緯度経度と紐づけされており、今後継続的に生物相の変化をモニタリングして比較していくための基礎資料となるものである。

これまでの調査²⁾で出現したアマモ、コンブ、アラメ、ワカメ、ホンダワラは、今回の調査でも撮影された。また、ウニの密度は、過去調査⁶⁾の平均では3個体/m²以上が観察される箇所があったが、今回の調査においても、

水中カメラと水中ドローンの両方で同様の結果であった。

水深別の海藻とウニの調査では、2005年に確認されていた水深4m以深のアラメが2022年には消失しており、海洋環境の変化がその要因と考えられる。一方、ウニ密度は水深1mでは変化が見られなかったが、水深2m以深で大幅に増加し、特に水深2～6mで最も高い密度を示した。水深2～3m帯で約5倍、3～6m帯で約2倍に増加しており、これも環境変化の影響と推測される。一方で、水深7m以深ではウニ密度に変化は認められなかった。

詳細調査における岩井崎地区で確認されたウニ密度と海藻被度の分布に逆の傾向が見られたことは、いくつかの要因が関与していると考えられる。まず、ウニの摂食行動が海藻被度に大きな影響を与えている可能性がある。次に、調査区域の地形がウニと海藻の分布に影響を与えている可能性がある。すなわち、調査区域では東西に岩礁帯が広がり、その間を砂地が挟んでいる。東側と西側で水流の強さは明確には分かっていないが、ウニの生息に明らかな隔たりが見られることから、地形や環境条件がウニの分布に何らかの影響を与えている可能性がある。東側と西側での生息条件の違いについては、さらなる詳細な調査が必要である。なお、この調査区域（図2b）の右下の箇所は禁漁区であり、人為的干渉が少ないため、調査環境として適している。今後、この区域における継続的な調査を通じて、生態系のさらなる解明が期待される。

今回の調査により、気仙沼湾における夏季の大型海藻類とウニの分布が明らかになった。今回特定された海草や海藻が密集している地域は、これらの生物種を含む生態系にとって重要な地域であり、今後湾内の生物相を豊かにするための核となる地域であると考えられる。こうしたデータを基に、漁場再生のための藻場造成地点を選定することで、造成の成功率を高めることが期待される。

また、潜水を伴わない調査は、調査地点を比較的容易に増やすことが可能である。今後、この方法を用いることで、より広範囲に調査を進めることが可能となり、三陸沿岸における漁場再生を図る上での基礎資料を得られるものと期待される。

ウニの密度および分布は、海底の生物相に極めて大きく影響するものであり、この情報が位置、深度とも正確に把握できたことは、今後漁場を管理する上で大きな意味を持つと考える。こうした情報の取得を進めることでウニの移植や陸上における畜養も含めた海洋資源管理

がより安定して進められることも期待される。

本研究の概要調査は6月から10月に実施されたが、この時期はワカメ、コンブ、ホンダワラなど一部の海藻が消失する時期にあたる。そのため、調査期間の後半には海藻の量が減少している可能性が考えられる。今後、海藻がより多く繁茂している時期に今回と同一地点で調査を行い、結果の比較検討が必要であろう。

今後の研究では空中写真や衛星画像と本手法による調査結果を総合的に解析することで、空中画像による藻場分布の推定などに応用していく可能性も考えられる。そのためには更なる調査データの取得と解析が必要であろう。

要 約

- ① 水中カメラおよびROV(水中ドローン)を用いて、海藻種や海底生物の密度を記録する調査手法について検討を行った。

- ② 調査の結果、海藻やウニの分布には海域間で顕著な差が見られることが明らかになった。

- ③ 水中カメラおよびROV(水中ドローン)が、海底の海藻種や海底生物の密度を記録する調査に利用できる可能性が示唆された。

謝 辞

調査を実施するにあたり、宮城県漁業協同組合気仙沼地区支所および唐桑支所の各位より多大な御協力を頂いた。ここに厚く御礼申し上げます。また、プログラミング言語のPythonについて、大変丁寧に教えて頂いた日本アバカス株式会社の今野賢氏、ならびに、本報告を作成する過程で御指導頂いた産業技術総合センターの橋本建哉総括研究員に心より感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 吾妻行雄, 遠藤光, 堀越彩香, 青木優和(2016)震災が及ぼした岩礁域生態系の変化と回復過程. 日水誌, **82**(2), 141
- 2) 押野明夫, 齋藤憲次郎, 芳賀圭悟, 末永浩章, 三枝美穂(2011)宮城県北部岩礁域における藻場とキタムラサキウニの分布態様. 宮城県水産研究報告, **11**, 43-64
- 3) 坂巻隆史, 西村修(2014)震災による宮城県沿岸における生態系の変化. 土木学会論文集B3(海洋開発), **70**(2), I_31-I_36
- 4) 吾妻行雄, 遠藤光, 高木聖実, 堀越彩香, 猪股英里, 青木優和(2018)志津川湾における地震後のアラメ群落の動態と新たな保全技術. 日水誌, **84**(6), 1074-1077
- 5) 寒地土木研究所(2016)磯焼け対策のための間接的藻場分布モニタリング方法. 寒地土木研究所月報, **759**, 44-49
- 6) 田邊徹, 澁谷和明, 庄子充広, 押野明夫, 石川哲郎(2019)宮城県北部沿岸における 2015~2017 年のキタムラサキウニ *Strongylocentrotus nudus* の分布状況からみた個体密度管理. 宮城県水産研究報告, **19**, 1-9

外部発表業績

Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences

Birthdate determines alternative reproductive tactics of males in a coastal squid

Shota Hosono (東大大気海洋研), Yoshio Masuda (宮城水技セ), Shun Tokioka (水産機構資源研), Tomohiko Kawamura (東大大気海洋研), Yoko Iwata (東大大気海洋研)

291, 20240156, 2024

Alternative reproductive tactics (ARTs) are discontinuous phenotypes associated with reproduction, observed in males of many species. Typically, large males adopt a tactic of competing with rivals for mating, while small males adopt a tactic of stealing fertilization opportunities from the large males. The ‘birth date hypothesis’, proposing that the date of birth influences the determination of each male’s reproductive tactic, has been tested only in teleost fish to date. Here, the birth date hypothesis was tested in ARTs of Japanese spear squid *Heterololigo bleekeri* (consort/sneaker) by analyzing statolith growth increments. The birth date significantly differed between consorts (early-hatched) and sneakers (late-hatched). However, no differences were detected in growth history up to 100 days from hatching. Most immature males caught during the reproductive season were larger than sneakers, and their hatch date was similar to that of consorts, suggesting that these immature males had already been following a life-history pathway as a consort. These results indicate that ARTs of *H. bleekeri* are determined based on their hatch date in early life. This study firstly suggests that the birth date hypothesis applies to aquatic invertebrates, suggesting that the mechanism by which birth date determines the individual phenotype is a phenomenon more common than previously believed.

Marine Biology

Intrasexual variations in arm morphology related to alternative reproductive tactics in Japanese spear squid Marine Biology

Shota Hosono (東大大気海洋研), Yoshio Masuda (宮城水技セ), Arata Nakayama (東大大気海洋研), Tatsuya Toda (東大大気海洋研), Tomohiko Kawamura (東大大気海洋研), Yoko Iwata (東大大気海洋研)

172, 25, 2025

The morphology of organisms is closely connected to their ecological features and is adapted to their environments. Arms and tentacles, appendages of cephalopods, exhibit great morphological variations both among and within species based on their ecology, but its intrasexual variations remain unexplored. Males of the Japanese spear squid, *Heterololigo bleekeri*, in different size categories pursue alternative reproductive tactics (ARTs). Large ‘consort’ males copulate with females in a male-parallel position, while small ‘sneaker’ males copulate with females in a head-to-head position. These ARTs result in differences in mating position and hunting strategy based on body size, leading to a hypothesis that ARTs in *H. bleekeri* may be related to intrasexual variations in arm morphology. This hypothesis was tested by analyzing stomach contents, arm length, and the number of suckers on each arm with squid collected off Miyagi, Japan, during two spawning seasons from December to May in 2021–2022 and 2022–2023. Stomach contents clearly showed a dietary shift with body growth, with consorts mainly preying on fish, and sneakers preying on crustaceans. Relative to body size, sneakers had longer arm I–IV and hectocotylus (male modified left arm IV), while consorts had shorter tentacles. The number of suckers on each arm tended to be lower in sneakers. These results suggest that, in *H. bleekeri*, tentacle morphology is related to feeding habits, and possessing longer arms holds some advantage for the sneaker tactic. Detailed behavioral observations will be necessary to further explore the adaptive significance of arm morphology in this species.

日本水産学会誌

2023 年に石巻湾で確認されたマアナゴ葉形仔魚の大量来遊

石川哲郎（宮城水技セ）・鈴木貢治（宮城水技セ）・矢倉浅黄（宮城水技セ）・長岡生真（宮城水技セ）・小山光久（宮城水技セ）・木村博明（宮城水技セ）・高橋正晴（宮城水技セ）・芳賀晴也（宮城水技セ）・高松秀樹（宮城水技セ）

90, 355-357, 2024

2023 年は黒潮系水の波及が強いことから、黒潮に輸送され宮城県沿岸に来遊するマアナゴ葉形仔魚の来遊量が例年よりも多いと予測されたため、2023 年の葉形仔魚の採集結果を 2013–2022 年のデータと比較した。2023 年は採集尾数、CPUE 共にこれまでで最も高い値を示した。葉形仔魚の来遊期である 3–6 月の水温及び塩分は 2023 年が最も高かった。これらのことから、予測のとおり、例年よりも黒潮系水の沿岸への波及が強く、多くの葉形仔魚が宮城県沿岸に輸送されたものと考えられた。2023 年の葉形仔魚の大量来遊が卓越年級群につながるかどうか継続的な調査が必要である。

魚病研究

PRV-2 を実験感染したギンザケにおけるウイルス量と抗体価の推移

Time-Course Changes of the Viral Genome Copy Numbers and ELISA Antibody Titer in Coho salmon Artificially Infected with PRV-2

熊谷明（宮城水技セ）・松山知正（水産機構水技研）・坂井貴光（水産機構水技研）・本庄美穂（宮城水技セ）・高野倫一（水産機構水技研）

59, 80–83, 2024

EIBS の病原体 PRV-2 をギンザケ稚魚に実験感染した後、脾臓内のウイルスゲノムコピー数と血清中の ELISA 抗体価を経時的に測定し、病態推移（ヘマトクリット値と赤血球封入体の消長）との関連を検討した。ウイルスゲノムコピー数は赤血球封入体の出現率がピークとなった感染後 30 日目に $10^{10}/50\text{ mg}$ 脾臓以上と最も高くなった後、緩やかに減少したが、80 日目にも $10^8/50\text{ mg}$ 脾臓以上あった。ELISA 抗体価は赤血球封入体が見られずヘマトクリット値が回復し始めた感染後 60 日目に初めて 8 尾中に 6 尾に弱い抗体価の上昇が生じ、80 日目には全個体で顕著な抗体価の上昇が確認された。

Ichthy, Natural History of Fishes of Japan

異常高水温下の 2023 年 10 月から 2024 年 2 月に宮城県牡鹿半島周辺海域から得られた北限更新記録を含む 29 種の南方系魚類の記録

櫻井慎大（水研機構資源研）・増田義男（宮城水技セ）・長岡生真（宮城水技セ）・時岡 駿（水研機構資源研）・富樫博幸（水研機構資源研）

45, 68-84, 2024

A total of 29 southern fish species were newly recorded on the basis of specimens from the coasts of the Oshika Peninsula and surrounding islands, Miyagi Prefecture, northern Japan off the Pacific Ocean. Among these specimens, *Sargocentron rubrum* (Forsskal, 1775), *Priacanthus hamrur* (Fabricius, 1775), *Atrops hedlandensis* (Whitley, 1934), *Carangichthys oblongus* (Cuvier, 1833), *Scomberoides lysan* (Fabricius, 1775), *Seriolina nigrofasciata* (Rüppell, 1829), *Pterocaesio marri* Schultz, 1953, *Diagramma pictum pictum* (Thunberg, 1792), *Lethrinus nebulosus* (Forsskal, 1775), *Upeneus tragula* Richardson, 1846, *Pempheris japonica* Döderlein, 1883, *Chaetodon vagabundus* Linnaeus, 1758 and *Polydactylus plebeius* (Broussonet, 1782) represent the northernmost record for each species. In addition, two and single specimens of *Epinephelus bruneus* Bloch, 1793 and *Euthynnus affinis* (Cantor, 1849), respectively, represent the first specimen-based records of these species from Miyagi Prefecture, as they have been previously recorded from the prefecture based only on photographs. It is likely that the specimens collected in this study were transported by the Kuroshio Current from a more southern region.

ニッチェ・ライフ

宮城県から得られた分布北限記録のオオモンハタ

石川哲郎（宮城水技セ）・高津戸啓介（宮城水技セ）

12, 93-94, 2024

A single specimen of *Epinephelus areolatus* (Forsskal, 1775) was collected in October 2023 from Ishinomaki Bay, Miyagi Prefecture, Japan. The specimens is described as the first record of the species from Miyagi Prefecture, and the northernmost record in Japan.

東北底魚研究

宮城県沿岸域におけるアカムツの年齢と成長

増田義男（宮城水技セ）・時岡駿・櫻井慎大（水研機構資源研）

44, 21-28, 2024

宮城県海域におけるアカムツの年齢と成長等について明らかにすることを目的とした。GSI や稚魚の日齢査定結果から、本県海域に生息するアカムツは9月～10月の間に産卵していると考えられた。年齢査定の結果、雄は10歳、雌は15歳まで見られ、雄および雌の成長式はそれぞれ $L = 382.0 \times (1 - e^{-0.188 (+0.354)})$, $L = 549.3 \times (1 - e^{-0.131 (+0.275)})$ で示された。

東北底魚研究

ICT機器データから見た仙台湾におけるジンドウイカの分布特性

時岡駿・藤原邦浩（水産機構資源研）・増田義男（宮城水技セ）

44, 159-164, 2024

漁船の操業日誌と網に装着した水温深度計によりデータを収集し、仙台湾の主漁期におけるジンドウイカの分布密度と底水温等の環境情報との関係を検討した。GAM の解析結果より、仙台湾の主漁期におけるジンドウイカの分布特性として、出現確率は120m以深で低下し底水温11℃付近で最大化する傾向に加え、分布密度は水深90m帯で最大化し、高水温になるほど密度が低下していく傾向が示された。また、その在・不在と分布密度の両方で、底水温よりもむしろ水深帯の影響が大きいことが示された。

黒潮の資源海洋研究

仙台湾におけるカタクチシラス漁の漁獲動向

長岡生真（宮城水技セ）

25, 97-100, 2024

仙台湾でカタクチシラス漁業が開始された2017年以降の水揚動向と宮城県水産技術総合センターが実施したカタクチシラス曳き調査の結果を取りまとめた。カタクチシラス漁業は、アカガイの貝桁漁業等との兼業で行われており、貝毒規制の影響でアカガイの貝桁漁業の禁漁期間が長期にわたった2020年および2022年は、シラス漁業の操業回数が増加し水揚量が多くなる傾向にあった。宮城県水産技術総合センターで実施したシラス曳き調査と同時期のシラス水揚状況の全体的な傾向は一致しなかったが、福島県等南方から潮流による卵・稚仔魚の輸送や海洋環境の変化等、様々な影響を受け、漁況が変動していることが要因と考えられる。

(シンポジウム等)

「仙台湾で刺網漁獲物を食害するヨコエビ類 *Aroui onagawae* の生鮮時の体色の特徴と分布特性」

石川哲郎（宮城水技セ）・大竹優也・太田吉陽・松田絵里（東北緑化環境保全株式会社）

令和6年度日本水産学会春季大会 2024年3月 東京

「仙台湾におけるマコガレイ資源量の変動と年齢・成長特性の関係」

高津戸啓介・石川哲郎（宮城水技セ）

令和6年度日本水産学会春季大会 2024年3月 東京

「2024年冬季から春季の仙台湾における魚卵及び仔魚の分布特性」

石川哲郎（宮城水技セ）・高津戸啓介（宮城水技セ）・村上真夏（宮城水技セ）・小山光久（宮城水技セ）・木村博明（宮城水技セ）・高橋正晴（宮城水技セ）・芳賀晴也（宮城水技セ）・高松秀樹（宮城水技セ）

令和6年度日本魚類学会年会 2024年9月 福岡

「宮城県広瀬川における天然アユのCPUEの経年変化等について」

庄子充広（宮城内水試）

全国湖沼河川養殖研究会第96回大会 2024年9月 島根県松江市

「仙台湾のイカナゴ餌料環境としてのカイアシ類群集の変動」

石川哲郎（宮城水技セ）・田所和明（水産機構資源研）

令和6年度日本水産学会東北支部会 2024年10月 秋田

「宮城県沿岸における高水温の影響について」

伊藤博（宮城水技セ）

令和6年度日本水産学会東北支部会ミニシンポジウム 2024年10月 秋田

宮城県水産研究報告 第25号
令和7年3月 発行

発行 宮城県水産技術総合センター
〒986-2135 宮城県石巻市渡波字袖ノ浜 97 番 6
TEL 0225-24-0138 FAX 0225-97-3444

編集 宮城県水産関係試験研究編集委員会

委員長	佐藤公信（水技セ）	
委員	伊藤 博（水技セ）	武川淳司（水技セ）
	鈴木貢治（水技セ）	柴久喜光郎（気水試）
	上田賢一（内水試）	