

福島県松川浦における 2015 年～2016 年のアサリ浮遊幼生の発生状況

阿部博和¹、佐藤太津真²、浜口昌巳³、梶原直人³、神山孝史⁴

¹岩手医科大学 教養教育センター 生物学科、²福島県内水面水産試験場、³国立研究開発法人水産研究・教育機構 水産技術研究所廿日市拠点、⁴国立研究開発法人水産研究・教育機構 水産技術研究所長崎本所

Occurrence of planktonic larvae of the Manila clam *Ruditapes philippinarum* in Matsukawa-ura Lagoon, Fukushima Prefecture in 2015-2016

Hirokazu Abe¹, Tatsuma Sato², Masami Hamaguchi³, Naoto Kajihara³,
Takashi Kamiyama⁴

¹ Department of Biology, Center for Liberal Arts & Sciences, Iwate Medical University;
² Fukushima Prefectural Inland Water Fisheries Experimental Station; ³ Hatsukaichi Field Station, Fisheries Technology Institute, Japan Fisheries Research and Education Agency; ⁴ Nagasaki Station, Fisheries Technology Institute, Japan Fisheries Research and Education Agency

はじめに

福島県の北東部に位置し、砂州により太平洋と隔てられた海跡湖である松川浦は、宮城県の松島湾や万石浦と並ぶ東北地方のアサリの一大産地となっている。松川浦のアサリ漁獲量は、ピーク時(1979年)には687トンを記録したが、翌年の1980年から減少に転じ、1989年以降は200トン以下で推移している(佐藤ほか2007、山田2018)。このアサリ漁業は、1970年以に開始されたアサリ種苗の移植に大きく依存する形となっていたが、移植を行っても漁獲量は年々低下したため1988年以降は移植量が減少している(相馬双葉漁業協同組合松川浦支所干潟保全協議会2018)。このアサリの移植に伴い、2002年頃に二枚貝捕食性の外来性巻貝であるサキグロタマツメタが松川浦に移入し、アサリに対する食害が顕在化・定常化した(富山ほか2011)。また、2009年には松川浦のアサリからカイヤドリウミグモの寄生が初めて発見され、2008年の千葉県産のアサリの移植放流により東京湾で大発生していたカイヤドリウミグモがアサリとともに松川浦に移入した可能性が指摘されている(鳥羽ほか2019)。2010年は2009年のカイヤドリウミグモの発見を受けて、その後は2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震の影響によりアサリの移植放流は休止されている(相馬双葉漁業協同組合松川浦支所干潟保全協議会2018)。

東北地方太平洋沖地震では、浸水高8.9m、海岸線から4km内陸まで達した津波により、松川浦のアサリ個体群は壊滅的なダメージを受けた(Abe et al. 2017)。しかし、津波の

影響が比較的少なかった場所では小規模ながらもアサリが残存し、2013年に卓越年級群が発生したことで資源量が大きく回復した(山田 2018、相馬双葉漁業協同組合松川浦支所干潟保全協議会 2018)。この津波後の松川浦におけるアサリの個体群動態(2011年6月～2015年7月)は、Abe et al. (2017)で報告されている。震災後は、津波による被害と福島第一原子力発電所事故で発生したメルトダウンを含む放射性物質放出事故の影響でアサリ漁業は中断を余儀なくされていたが、2016年から試験的な操業が開始され、2020年まで継続されている。

2017年に松川浦内18地点で推定された資源量は合計約1,000トンとなり、調査区域以外を含めると松川浦全体ではこの合計値を上回る資源量があると想定されている(山田 2018)。震災後はアサリの移植放流は行われていないため、この震災後の資源は自然発生の個体群に由来するものと考えられる。以前は、松川浦ではアサリ天然資源の発生が少ないと考えられてきたが(佐藤ほか 2007)、年によっては再生産や幼生の加入、その後の成長が順調に進むことが明らかになったと言えるだろう。しかしながら、(1)2013年級以降新規加入がほとんどみられないことや、(2)漁場により成長差があり、漁獲規制サイズに達しにくい漁場があること(山田 2018)、(3)2012年と2013年の夏に原因不明の稚貝の大量減耗が発生していること(Abe et al. 2017)などの課題も挙げられる。

(1)については詳細が不明の段階であり、原因究明のためには、アサリ浮遊幼生の発生や着底から加入にかけての動態を継続的にモニタリングしていく必要がある。本研究では、2013年と2014年に引き続き(佐藤ほか 2016)、2015年と2016年に松川浦におけるアサリ浮遊幼生の出現状況の調査を行ったので、その結果をここに報告する。

材料と方法

アサリ浮遊幼生調査

2015年6月8日から10月30日まで、および2016年6月3日から10月28日まで、松川浦北部の棚脇でアサリ浮遊幼生の採集を行った(図1)。また、2015年9月2日には、松川浦内13地点でアサリ浮遊幼生の分布調査を行った(図1)。アサリ浮遊幼生は、200Lの表層海水をバケツでくみ上げ、目合50 μ mのプランクトンネットですろ過することによって採集し、採集後すぐに500ml容器で冷凍保管した。また、調査と同時に、表層の水温と塩分を測定した。

冷凍サンプルは解凍後に目合40 μ mのメッシュで濃縮してシャーレに移し、実体顕微鏡下でシャーレを時計回りに回しながら比重の重いプランクトンを中央部に集めることで二枚貝類幼生を選別した。二枚貝類幼生はすべてパスツールピペットで1.5mlチューブに移し、二枚貝類幼生の密度に応じて1～8分割の容量を試料とした。その後、静置することで二枚貝類幼生を沈下させ、上澄みの除去後に1mlの10mM トリス緩衝生理食塩水(TBS)(Polysciences、24082)で2～3回洗浄した。アサリ浮遊幼生の間接抗体染色のため、上澄み除去後にアサリ浮遊幼生のベラムに特異的に反応するモノクローナル抗体を産出するマウス由来のハイブリドーマ培養液(浜口 1999)を試料と等量(約200 μ l)加え、室温で30

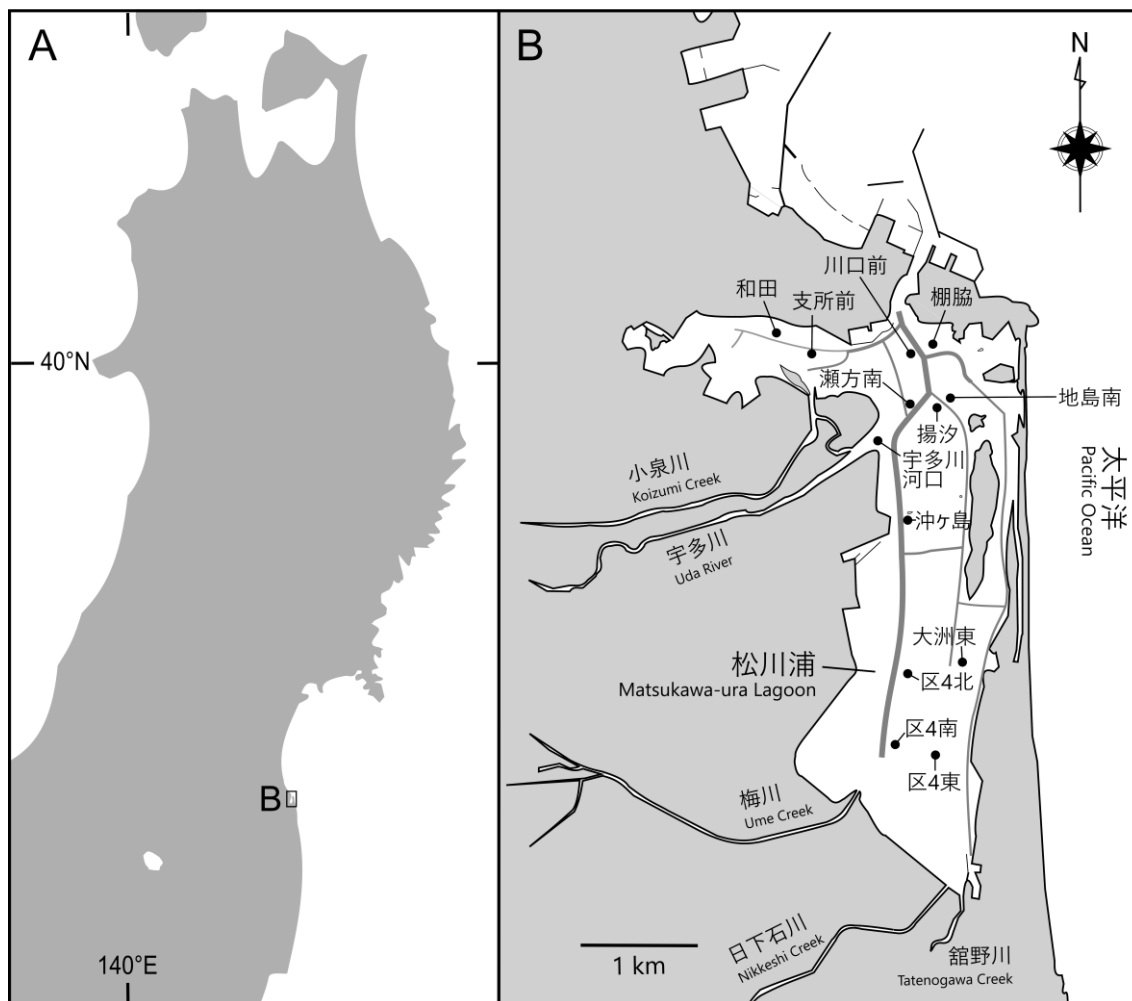


図 1. 松川浦の位置 (A) と松川浦におけるアサリ幼生調査地点 (B).

分～1 時間程度反応させた。TBS で 1～2 回洗浄後に上澄みを捨て、二次抗体として 8 倍希釈した FITC 標識抗マウス IgG (H+L) ヤギ抗体 (CAPPEL 社、55493) を試料の容量に応じて 50～100 μ l 程度加えて室温で 30 分～1 時間反応させ、アサリ幼生を蛍光標識した。蛍光標識試料は 1 ml の TBS で 1 回洗浄した後にスライドチャンバーに移し、試料の容量に応じて数回に分けて蛍光倒立顕微鏡 (Olympus IX70) 下で波長 490 nm の励起光と少量の透過光のもとで検鏡を行い、アサリ幼生の計数と接眼マイクロメーターによる殻長の測定を行った。アサリの幼生は殻長に応じて D 型幼生 (< 130 μ m)、アンボ期幼生 (130～180 μ m)、フルグロウン幼生 (> 180 μ m) の 3 つの成長段階に区分した。

結果と考察

アサリの幼生密度は、2015 年は 0～3,750 ind/ m^3 、2016 年は 0～4,200 ind/ m^3 で推移した (図 2)。幼生密度ピークは、2015 年には 6 月 26 日 (3,500 ind/ m^3) と 10 月 2 日 (3,750 ind/ m^3)、2016 年には 8 月 10 日 (3,100 ind/ m^3) と 10 月 7 日 (4,200 ind/ m^3) に観察され、その大部分は D 型幼生が占めていた。アンボ期幼生のピークは、2015 年には 8 月 11 日 (540 ind/ m^3) に、2016 年には 9 月 9 日 (640 ind/ m^3) と 10 月 7 日 (600 ind/ m^3) に見られた。

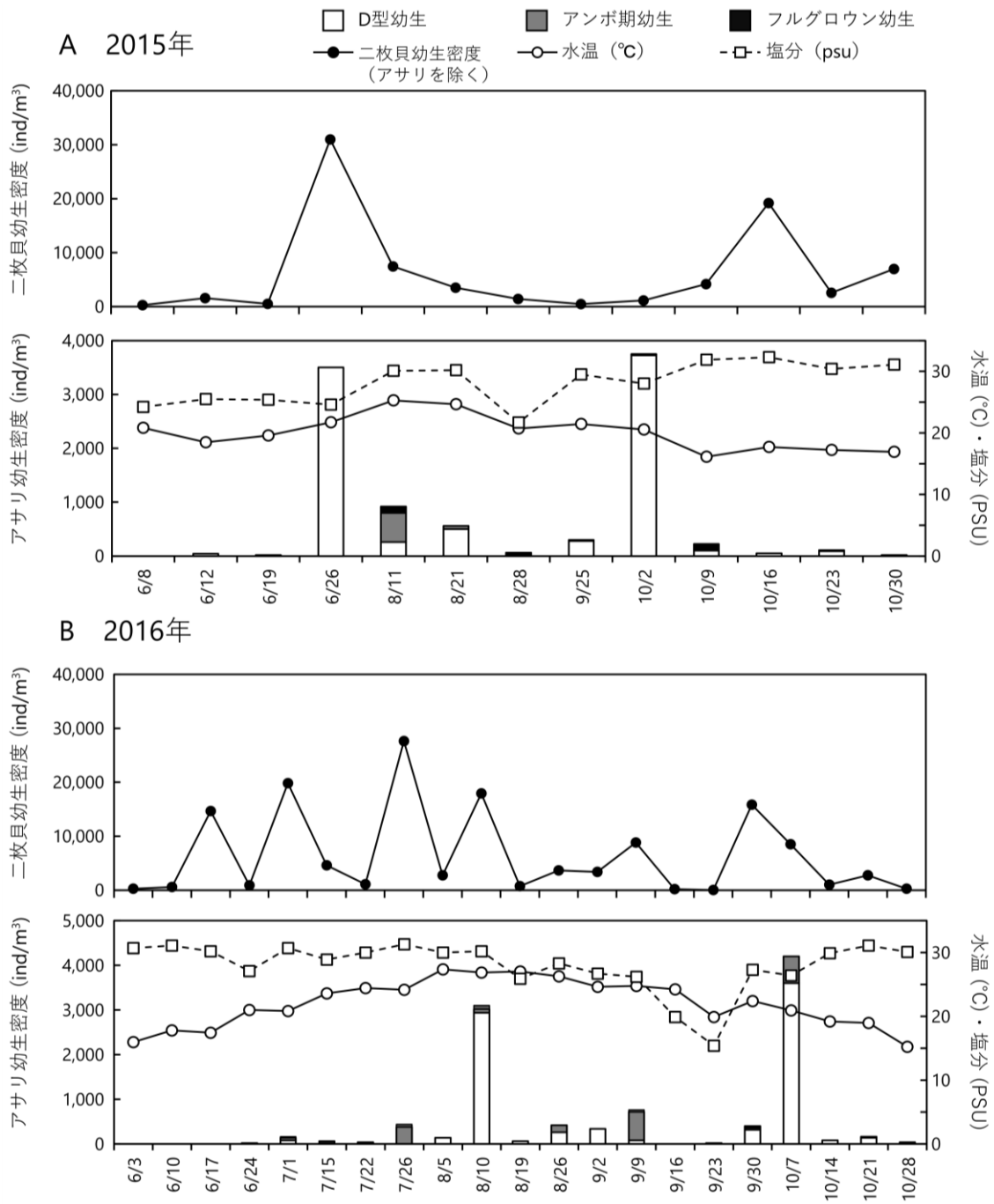


図 2. 2015 年 (A) と 2016 年 (B) における松川浦 (棚脇) の二枚貝幼生 (アサリを除く) の密度 (上) とアサリ幼生の密度 (下)、水温、塩分の推移. アサリ幼生の密度は発達段階ごとに示す.

フルグロウン幼生は概して密度が低く、2015 年は 8 月 11 日 (120 ind/m³) と 10 月 9 日 (100 ind/m³) に、2016 年は 7 月 1 日 (20 ind/m³)、7 月 26 日 (60 ind/m³)、8 月 10 日 (80 ind/m³)、9 月 9 日 (40 ind/m³)、9 月 30 日 (40 ind/m³) に見られた。

佐藤ほか (2016) によると、2013 年には松川浦でアサリ幼生が多く出現しており、7 月 17 日に 19,020 ind/m³ の最大密度を記録し、その後密度は低下するものの 8 月中旬から 10

月初旬にかけて $1,000 \text{ ind/m}^3$ の密度前後で推移したことが報告されている。一方、2014 年には幼生密度が低く、最大幼生密度は 800 ind/m^3 (6 月 24 日) で、8 月中旬以降は 100 ind/m^3 以下の低密度で推移したと報告されている(佐藤ほか 2016)。2015 年と 2016 年には $3,000 \text{ ind/m}^3$ を超える 2 回の密度ピークが確認されており(図 2)、2013 年と 2014 年の中間的な出現状況であったと言える。日本各地のアサリ漁場における浮遊幼生の最大密度の知見については Abe et al. (2019) にまとめられており、松島湾や万石浦、東京湾、三河湾では数万個体/ m^3 を超えるほど高く、伊勢湾や周防灘、福岡湾や有明海では数百～数千個体/ m^3 程度と低い傾向が読み取れる。また、高知県の浦ノ内湾では、2004 年から 2011 年まで、年々幼生の最大密度が低下する様子が見られている。松川浦のアサリ幼生密度は、2013 年 7 月 17 日に記録された $19,020 \text{ ind/m}^3$ を除いては高くても数千 ind/m^3 程度と、松島湾や万石浦、東京湾、三河湾と比べると低い値で推移している。幼生密度が高かった 2013 年には卓越年級群が発生しているものの(Abe et al. 2017)、それ以降はまとまった新規加入がみられていないことから考えると(山田 2018)、幼生の供給量が加入量を規定する大きな要因になっている可能性がある。

アサリの産卵盛期の年間回数には地理的な違いがあり、北海道や東北地方中部以北の太平洋側では夏を中心に年 1 回、関東地方以南では春と秋を中心に年 2 回であると言われている(社団法人全国沿岸漁業振興開発協会 1997、松本ほか 2014)。松川浦でのアサリの産卵盛期は年 1 回の場合と年 2 回の場合があり(伊藤・小木曾 1954、Kanazawa & Sato 2008)、年 1 回産卵と年 2 回産卵の地理的境界域付近に当たると言われている(鳥羽ほか 1992)。また、主な産卵期は夏期(6～8 月)であるが、夏場の高水温により夏着底群は減耗が激しく、秋期(10～11 月)は産卵量と着底個体数が少ないものの、その後の加入に大きく貢献していることが報告されている(伊藤・小木曾 1954)。このような幼生加入の動態は、2011 年～2015 年の個体群動態の結果からも支持されており、殻長数 mm 程度の稚貝の発生タイミングは年によって異なるものの、夏期には稚貝の殻長ピークに成長が見られず、稚貝密度のピークは毎年 12 月～3 月に観察されている(Abe et al. 2017)。2013 年～2016 年のアサリ幼生の調査では、2014 年を除いて年 2 回の密度ピークが観察されているが(佐藤ほか 2016、本研究)、卓越年級群が発生した 2013 年では、特に 8 月中旬から 10 月初旬にかけて継続的に比較的高密度で幼生が確認されているのは興味深い。この秋期の幼生発生状況と加入量の関係については、今後詳しく検討していく価値があるだろう。

2015 年 9 月に行った幼生分布調査では、区 4 南を除き 12 地点でアサリ幼生が採集された。採集された幼生はすべて D 型幼生で、川口前で密度が最も高く($1,120 \text{ ind/m}^3$)、沖ヶ島(890 ind/m^3)、宇田川(710 ind/m^3)、瀬方南(320 ind/m^3)と続いた(図 3)。調査のタイミングによって幼生密度に変動はあるが、2013 年、2014 年の幼生分布調査では、北部の湾口部付近で幼生密度が高く、南部で幼生密度が低い傾向がはっきりと見られている。本研究においても、同様の傾向が見られたが、2013 年、2014 年の結果とは異なり中部域の沖ヶ島でも比較的高密度で幼生が確認された。湾口部付近はアサリの主要な生息地になっていることから(Abe et al. 2017)、北部での幼生の高密度な分布は成貝の産卵量の多さに起因しているものと考えられる。湾口部付近では稚貝の発生量も多いため(佐藤ほか

2016)、幼生は南部海域まで輸送されることは少なく、北部海域が幼生のソースとシンクの両方の役割を果たしていると言えるだろう。

松川浦は、最北部に位置する幅約 100 m、長さ約 500 m の狭い水路のみで外海と接続しており、以前は湾口通水断面積が 200 m² と小さいために外海水と内湾水との海水交換が不活発であると言われていた(山本・川俣 1995)。そのため、1971 年から 1981 年にかけて海水交換促進のために堀削水路が作られており、その前後で 1 潮汐の平均海水交換率は 0.14 から 0.41 まで増加したと推定されている(山本・川俣 1995)。松川浦の最大潮汐振幅は平均水深に近いので、大潮時には 1 回の潮汐周期のうちに海水量の約半分が交換されるとも言われている(Kohata et al. 2003)。さらに、松川浦には河川や地下水から 11,839.1 万 m³/yr の年間流出量が推定される淡水流入があり(加茂ほか 2014)、エスチャリー循環を駆動していると考えられる。アサリ幼生の浮遊期間が 2~4 週間であることから考えると(Helm et al. 2004、Robinson & Breese 1984、鳥羽 1992)、大部分のアサリ幼生が浮遊している間に松川浦外に流出してしまっている可能性も否定できないだろう。松川浦の湾口部は漏斗状の地形となっているため、浦外に流出してしまった幼生が浦内に回帰できる確率は高くはないものと推察される。アサリ幼生は北部海域に集中していることから、幼生流出量の評価と着底量との関係の解明が望まれる。

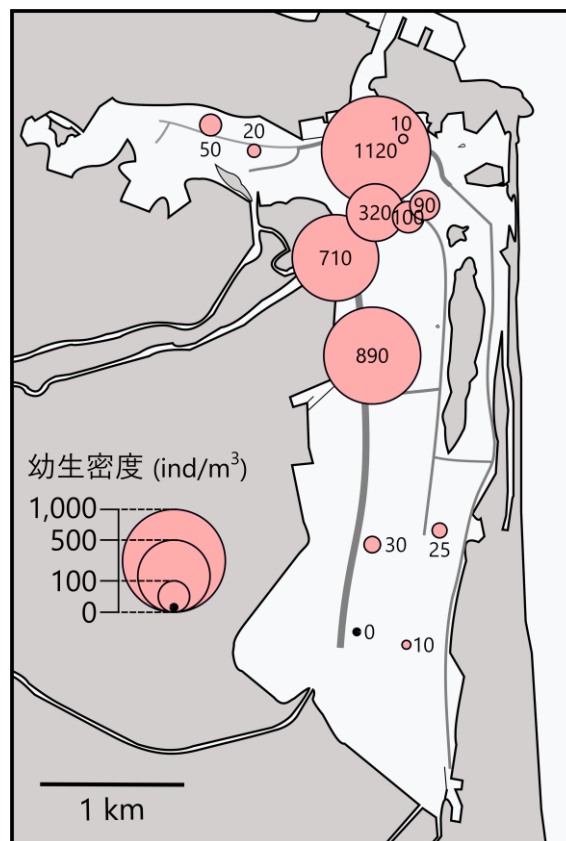


図 3. 2015 年 9 月 2 日における松川浦内でのアサリ幼生密度の分布. 幼生密度 (ind/m³) は円の大きさで示し、その数値を併記した.

謝辞

福島県水産試験場相馬支場の岩崎高資氏、松本育夫氏にはフィールド調査にご協力いただいた。この場を借りて厚く御礼申し上げる。本研究は、水産庁漁場復旧対策支援事業「漁場生産力向上対策事業」の一環として行われた。

引用文献

Abe H, Sato T, Iwasaki T, Wada T, Tomiyama T, Sato T, Hamaguchi M, Kajihara N, Kamiyama T (2017) Impact of the 2011 tsunami on the Manila clam *Ruditapes philippinarum* population and subsequent population recovery in Matsukawa-ura

- Lagoon, Fukushima, northeastern Japan. *Regional Studies in Marine Science*, 9: 97-105.
- Abe H, Hamaguchi M, Kajihara N, Taniai Y, Oshino A, Moriyama A, Kamiyama T (2019) Population dynamics of the Manila clam *Ruditapes philippinarum* and implications of the 2011 tsunami impact in two shallow, semi-enclosed bays in northeastern Japan. In: Komatsu T, Ceccaldi HJ, Yoshida J, Prouzet P, Henocque Y (eds) *Oceanography Challenges to Future Earth*. Springer, Cham. pp. 365-386.
- 浜口昌巳 (1999) アサリ浮遊幼生特異的モノクローナル抗体. 特許 2913026.
- Helm MM, Bourne N, Lovatelli A (2004) Hatchery culture of bivalves. A practical manual. FAO Fisheries Technical Paper No. 471. FAO, Rome, 177 pp.
- 伊藤進、小木曾卓郎 (1954) 福島県松川浦に於けるアサリ・ハマグリ増殖に関する研究. 第 2 報、アサリ・ハマグリ産卵発生調査及び採苗試験結果について. 福島県水産課、13 pp.
- 加茂崇、鈴木信、和田敏裕、岩崎高資、渡辺卓也、西隆一郎、鶴成悦久 (2014) 福島県松川浦における淡水流入量の推定および浦口周辺の水圏環境調査. 土木学会論文集 B3(海洋開発)、70: 1020-1025.
- Kanazawa T, Sato S (2008) Environmental and physiological controls on shell microgrowth pattern of *Ruditapes philippinarum* (Bivalvia: Veneridae) from Japan. *Journal of Molluscan Studies*, 74: 89-95.
- Kohata K, Hiwatari T, Hagiwara T (2003) Natural water-purification system observed in a shallow coastal lagoon: Matsukawa-ura, Japan. *Marine Pollution Bulletin*, 47: 148-154.
- 松本才絵、淡路雅彦、日向野純也、長谷川夏樹、山本敏博、柴田玲奈、秦安史、櫻井泉、宮脇大、平井玲、程川和宏、羽生和弘、生嶋登、内川純一、張成年 (2014) 日本国内 6 地点におけるアサリの生殖周期. *日本水産学会誌*、80: 548-560.
- Robinson AM, Breese WP (1984) Gonadal development and hatchery rearing techniques for the Manila clam *Tapes philippinarum* (Adams and Reeve). *Journal of Shellfish Research*, 4: 161-163.
- 佐藤太津真、岩崎高資、阿部博和 (2016) 松川浦におけるアサリ浮遊幼生の発生状況. 福島県水産試験場研究報告、17: 83-89.
- 佐藤利幸、尾形康夫、根本芳春、島村信也 (2007) 福島県松川浦におけるアサリ漁業の変遷と現状における問題点. 福島県水産試験場研究報告、14: 57-67.
- 佐藤利幸 (2020) アサリ資源の維持と品質向上を図る漁場間移植の提案. 令和元年度福島県水産資源研究所の成果、2 pp. <https://www.pref.fukushima.lg.jp/sec/36021a/seika-shigenken.html>
- 相馬双葉漁業協同組合松川浦支所干潟保全協議会 (2018) ～震災を経てアサリ漁場の復興へ. 水産多面的機能発揮対策情報サイト「ひとうみ.jp」2018 年度報告会資料. <https://hitoumi.jp/library/report/report-2018.php>

- 社団法人全国沿岸漁業振興開発協会(1997) 沿岸漁場整備開発事業 増殖場造成計画 指針ーヒラメ・アサリ編 平成 8 年度版. 社団法人全国沿岸漁業振興開発協会、316 pp.
- 鳥羽光晴(1992) アサリ幼生の成長速度と水温の関係. 千葉県水産試験場研究報告、50: 17-20.
- 鳥羽光晴、小林豊、石井亮、岡本隆、村内喜樹、岡本俊治、山本直生、黒田伸郎、富山毅、涌井邦浩、岩崎高資、張成年、山本敏博、良永知義(2019) カイヤドリウミグモによる漁業被害とその対策. 生物科学、70: 78-88.
- 鳥羽光晴、夏目洋、山川紘(1992) 東京湾産アサリの成熟と産卵に関する二、三の知見. 水産工学、29: 47-53.
- 富山毅、鈴木孝男、佐藤利幸、加藤靖、亀岩翔太、杉林慶明、大越健嗣(2011) 外来性巻貝サキグロタマツメタの松川浦における移入および分布. 日本水産学会誌、77: 1020-1026.
- 山田学(2018) 松川浦アサリの漁場別密度と資源量. 平成 29 年度水産試験場試験研究成果、pp.45-46. <https://www.pref.fukushima.lg.jp/sec/36021a/seika-suikaise.html>
- 山本正昭、川俣茂(1995) 内湾におけるアサリ漁場造成効果調査に関する研究. 沿岸漁場整備開発事業に関する水産庁研究所研究報告書、平成 5 年度、水産庁、pp. 57-68.

みちのくベントス、5: 16-23