宮 城 水 産 研 報
Miyagi Pref. Rep.
Fish. Sci.

ISSN 2761-1280

宮 城 県 水 産 研 究 報 告

第　２４　号

MIYAGI PREFECTURAL REPORT OF FISHERIES SCIENCE

No.24

宮 城 県 水 産 技 術 総 合 セ ン タ ー
石 巻 市 渡 波
2024 年 3 月

Miyagi Prefecture Fisheries
Technology Institute

Watanoha,Ishinomaki,Japan

March, 2024

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 **24** 号

目　　次

原著論文

フリー配偶体を用いた高水温耐性ワカメ作出の試み
長田 知大，押野 明夫，成田 篤史，田邉 徹・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1

短報

一般生菌数から検討したギンザケの適切な熟成工程
紺野 智太，阿部 真紀子，菅原 幹太，永木 利幸，三浦 悟・・・・・・・・・・・・ 9

ノート

気仙沼魚市場における定置網で漁獲された魚種組成の推移
佐伯 光広・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ １３

外部発表業績　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ ２２

宮城水産研報 第24号，2024
Miyagi Pref. Rep.
Fish. Sci. No.24, 2024

フリー配偶体を用いた高水温耐性ワカメ作出の試み

長田 知大[*1]・押野 明夫[*2]・成田 篤史[*3]・田邉 徹[*1]

Attempt to produce high water temperature tolerant strains of *Undaria pinnatifida* by using free-living gametophytes

Tomohiro NAGATA[*1], Akio OSHINO[*2], Atsushi NARITA[*3], Toru TANABE[*1]

キーワード：ワカメ，フリー配偶体，育種

ワカメ（*Undaria pinnatifida*）は日本沿岸に広く生息するコンブ目チガイソ科の褐藻であり，九州から北海道までに及ぶ広い範囲で養殖が行われている。中でも宮城県での生産量は非常に大きく，2022年の生産量は22万トンと全国1位であり[1)]，そのうち9割以上を南三陸町から気仙沼市にかけての宮城県北部での生産が占めている[2)]。

同種は日本の南北に広く生息することから，幅広い水温への適応性を有していると考えられているが[3)]，養殖を行う際には水温が非常に重要な条件の一つとなる。宮城県におけるワカメ養殖については、17 ℃～22 ℃程度の水温が養殖種苗を沖出しする際の水温として好適とされ[4)]，それ以上の水温では芽落ちと呼ばれる胞子体の枯死・脱落に繋がるとされている。これらの水温条件を基準として，種苗の漁場への仮植および本養殖への移行を行うことが推奨されているため，養殖の開始時期はその年の水温に大きく依存する。

しかし，近年では全国的に海水温の上昇が著しい。佐伯ら[5)]は秋季の宮城県浅海域から沖合までの全域の水温が上昇トレンドにあり，秋季の気温の上昇により表層海水温が下がりにくい海洋環境になっていると分析している。ワカメ養殖において秋季は養殖の開始時期に当たり，漁場に展開する小型の胞子体の枯死・脱落を避けるため海水温の低下を待つ必要がある。しかし，上述のような海水温の上昇により養殖開始が遅れ，十分な養殖期間が確保できず，生長の不足による収量の減少に繋がる可能性がある。

こうした状況に対応すべく，秋季に水温の低下を待たずとも養殖を開始できる種苗の作出が求められている。気仙沼水産試験場では高水温環境への耐性や良好な生長を示すなど，優良な形質を有するワカメを探索しフリー配偶体として保存するとともに，これらの配偶体を用いた交配系統の作出を試みてきた。本報では，高水温・貧栄養といった環境変化への耐性を持ち，現在養殖に用いられている種苗と比較し早期に養殖を開始できる種苗の作出を目的として実施した試験の結果について報告する。

材料と方法

2011年から2017年にかけて，環境耐性や良好な生長を示す形質を持つワカメの探索および系統の作出を目的として，高水温耐性あるいは高生長が見込まれるワカメの配偶体の収集を行った。なお，県外に由来するワカメについては水産養殖管理協議会（ASC）認証取得を進めていく観点から一部海域への導入が難しかったため，県内で生息するワカメからのみ収集を行った。

実験に使用した系統

H系統　2011年5月に，宮城県気仙沼市階上地区沿岸に生息していた天然ワカメを採取した（図1）。この海域は当時東日本大震災の影響により堤防が崩壊し，海中に

[*1]気仙沼水産試験場，[*2]元気仙沼水産試験場，[*3]食産業振興課

転落した瓦礫によって潮だまり状になっていたため，**気温や日射の影響による水温上昇や海水，陸水の流入による栄養塩供給が少なかったことに伴う貧栄養化が起きていたと考えられた。**この場所に生息する天然ワカメは高水温・貧栄養に暴露されたものと考え，配偶体を採取し，保存していたものをH系統とした。なお，採取時の母藻は全長約50 cm，胞子葉長約5 cmと小型であった。

K，UおよびS系統　2017年5月に，唐桑地区大沢，歌津地区港および志津川地区平磯の漁業者に協力を得，各漁業者が養殖に用いていたワカメのうち，特に生長が良好であったものを入手した（図1）。これらのワカメの胞子葉から配偶体を採取し，保存していたものを，それぞれK，UおよびS系統とした。宮城県では主として内湾域ではナルト型ワカメ（以下、内湾系ワカメ），外洋域ではナンブ型ワカメ（以下，外洋系）の種苗を用いた養殖が行われており[6]，宮城県北部では内湾系ワカメ種苗を内湾での葉と胞子葉（メカブ）の生産に，外洋系ワカメ種苗を外洋での葉の生産に用いているが，S系統の母藻は内湾系、K系統の母藻は外洋系の種苗を入手し養殖したものであった。なお，U系統の種苗の由来は不明であった。これらの母藻はそれぞれ全長約250 cm程度であった。

採取したこれらのワカメから得た胞子葉から，以下の手順で配偶体を収集・管理し，系統化した。なお，配偶体の収集・管理や試験1での培養，育苗は徳島県刊行のワカメ種苗生産マニュアル[7] を参考に一部改変を加え実施した。すなわち，砂濾過海水で胞子体表面の汚れを洗い流して一晩陰干しした後，1 cm角に切り分け紙コップ中で砂濾過海水に浸漬し，遊走子の放出を促した。遊走子が放出された砂濾過海水を10倍，100倍，1000倍に希釈した上で、50 mlのプロバゾリの強化海水培地（Provasoli’s Enriched Sea water，以下PESIと表記する）で満たしたプラスチックシャーレに1 mlずつ分注し，20 ℃，1000 lx，12時間明暗（12L12D）の条件で3～4週間程度培養して配偶体を得た。配偶体は雌雄を確認した上で，1遊走子に由来する株として， PESI中で20 ℃，1500 lx，12時間明暗（12L12D）の条件で保管した。保管中は約6か月に一度培地を交換した。

採取した系統の環境耐性を検証し，実際に養殖に供した際の漁場での生長を確認するため，以下の試験1および試験2を実施した。

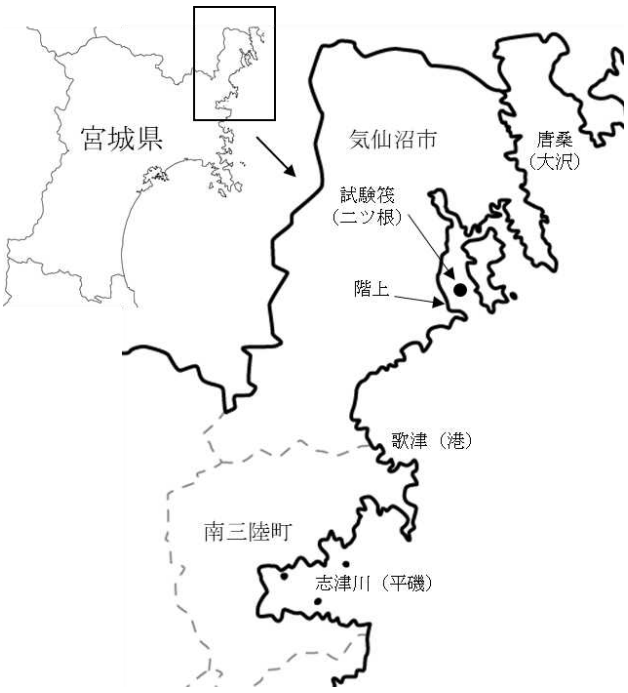


図1 各系統の母藻採取・養殖海域および試験2における試験筏の位置

試験1　高水温・貧栄養塩への耐性検証試験

保管した上記の4系統の配偶体の一部をそれぞれ三角フラスコに移し，PESI中で20 ℃，3000 lx，12時間明暗の条件で通気培養を行った。培養中は2週間に一度培地を交換した。培養された配偶体を用いて，同系交配4系統（H系統，K系統，U系統，S系統の雌雄配偶体を用いて交配したもの，以下それぞれH♀♂交配区，K♀♂交配区，U♀♂交配区，S♀♂交配区）と異系交配6系統（H系統の雌性配偶体とK,UおよびS系統の雄性配偶体を用いて交配したもの，およびその正逆で交配したもの，以下それぞれH♀K♂交配区，H♀U♂交配区，H♀S♂交配区，K♀H♂交配区，U♀H♂交配区，S♀H♂交配区）の掛け合わせで採苗枠へ種付けした。採苗枠への種付けは，ホモジナイズした配偶体を雌雄2 gずつ混合し，約300 mlの滅菌海水で希釈し採苗枠（φ13 mmのポリ塩化ビニル製パイプを30 cm×40 cmで組んだ枠に，φ3 mm，三ツ撚りのクレモナ糸約80 mを隙間なく巻き付けたもの）に市販の刷毛で塗布する方法[8] により行った。育苗は，容量約100 Lのプラスチックコンテナに約90 Lの精密濾過海水（砂濾過海水を孔径50 μm，10

μm，5 μmのPP製フィルター（環境テクノス）および0.5 μmのメンブレンフィルター（株式会社GSユアサメンブレン）で段階的に濾過したもの）を入れ，配偶体を塗布した種枠をそれぞれ収容して約2か月間行った。育苗期間中は表1の通り，水温，照度，通気，栄養塩を設定した。添加する栄養塩には市販の藻類培養液（KW21，第一製網株式会社）を用いた。全長1～3 mm程度の胞子体に生長した時点で各交配区の胞子体を採苗枠から剥離し，栄養塩濃度を変えた培地を入れたプラスチックシャーレに，それぞれ9～15個体となるように収容した。なお，培地の栄養塩濃度は，三態窒素およびリン酸態リンを含まない人工海水（以下，希薄濃度区）に，PSEIを添加し三態窒素濃度を3段階に調整（約14 μg/L，約25 μg/Lおよび約45 μg/L，以下それぞれ低濃度区，中濃度区，高濃度区）した計4段階とした。これらのシャーレを20℃，22℃，24℃，26℃の4段階に設定した温度勾配恒温装置（TG-180-5L，株式会社日本医化器械製作所）にそれぞれ収容し，照度3000 lx，光周期10時間明14時間暗（10L14D）の条件下で20日間培養した。培養期間中は各区約5日おきに計4回観察を行い，観察時の胞子体の正常度を3段階（図2）で評価した。胞子体に異常が無い場合をステージⅠ，胞子体の組織に異常は無いが退色が認められる場合はステージⅡ，完全に退色し組織が枯死する、胞子体組織が崩壊するなどの異常が認められる場合はステージⅢとし，ステージⅠおよびⅡの個体数の合計を正常個体数として総個体数に占める正常率を求めた。

試験2　漁場での生長比較試験

試験1と同様の交配によりF1を作出し，表1と同様の条件で育苗した。これらの種苗を2022年10月27日に気仙

表1 育苗期間中の水温・照度・通気・栄養塩の条件設定

	第1週	第2週	第3週	第4週以降
水温	18℃	18℃	18℃	18℃
照度	2000lx	2500lx	3000lx	3500lx
通気	無通気	微通気	通気	強通気
栄養塩添加	無し	20ml	20ml	40ml



図2 胞子体の正常度評価段階（ステージI～Ⅲ）

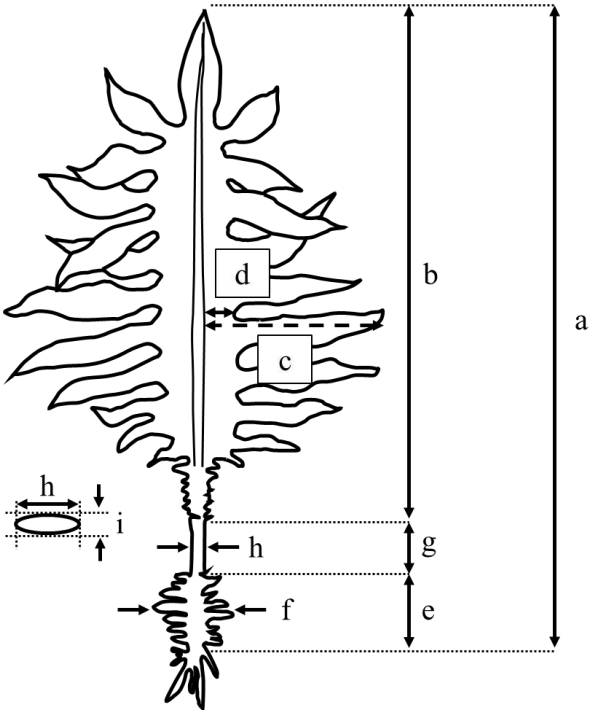


図3. ワカメ測定時の各項目の図示，記号はそれぞれ全長（a），葉長（b），葉幅（c），欠刻幅（d），胞子葉長（e），胞子葉幅（f），中肋長（g），中肋幅（h），中肋厚（i）を示す

沼湾二ツ根地先の試験筏（図1）に仮植，同年11月15日に同筏に挟み込むことで本養殖を開始した。1株当たりの胞子体の本数は12本～15本程度としたが、H♀♂交配区のみ種糸に着生する胞子体が少なかったため，1本～5本程度となった。12月，1月，2月には洋上で全長を測定し，3月には刈り取って図3に示す各部の長さ，および各部の湿重量を測定した。なお，上記の測定はいずれも各月上旬に行った。3月の各交配区の全長の生長差については，一元配置の分散分析を行った上で，ボンフェローニ法による多重比較検定を行った。なお，測定の際は各交配区とも30個体測定したが，H♀♂交配区については十分な数が得られなかったため，各月とも10個体を測定とした。また，その全てを採苗用の母藻として漁場に残したため，3月の測定項目は全長のみとした。養殖期間中の海洋環境を調査するため，養殖試験を実施した10月から3月の期間中，試験筏近辺（二ツ根）で1週間ごとに表層水温を計測し，1か月ごとに表層および2.5 m水深の栄養塩濃度（三態窒素およびリン酸態リン濃度）を測定した。また，仮植から本養殖までは約2週間の間に不定期に栄養塩を測定した。なお、水温の測定にはCTD（RINKO-Profiler，JFEアドバンテック株式会社）を用い、栄養塩濃度の分析にはオートアナライザー

（QuAAtro2-HR，ビーエルテック株式会社）を用いた。

結　果

試験1

試験期間中の各交配区の正常率の推移を図4に示す。

H交配区同士の交配により得られたH♀♂交配区では，いずれの水温，栄養塩濃度区においても20日間正常を保った。

K系統を親に持つ交配系統のうち，K♀♂交配区は20℃では各栄養塩濃度区とも8日目まで異常個体は確認されなかったが，15日目にかけて希薄濃度区と低濃度区で正常率が低下した。また，水温22 ～26 ℃の範囲では，水温が高く栄養塩濃度が低いほど正常率の低下が急激であった。一方，H♀K♂交配区およびK♀H♂交配区については，いずれの水温，栄養塩濃度区においても20日間正常を保った。

U系統を親に持つ交配系統のうち，U♀♂交配区では8日経過後の水温20 ℃区で栄養塩濃度が低いほど正常率が低下する傾向にあり，水温22 ℃以上ではいずれの栄養塩濃度でもきわめて正常率は低く，正常個体は確認されなかった。一方，H♀U♂交配区およびU♀H♂交配区については，いずれの水温，栄養塩濃度区においても20日間正常を保った。

S系統を親に持つ交配系統のうち，S♀♂交配区では水温20 ℃でも6日目以降に栄養塩濃度が低いほど正常率が低下する傾向にあり，水温22 ℃以上では10日目以降に正常率の低下が確認された。一方，H♀S♂交配区とS♀H♂交配区については，いずれの水温，栄養塩濃度区においても正常率の低下は確認されなかった。

試験2

養殖試験を実施した10月から3月の間の試験筏近辺（二ツ根）の表層水温の推移を図5に示す。養殖試験中の表層水温は10月下旬の16.7 ℃から降温し，2月下旬には最も低く6.6 ℃となった。また，同期間中1か月ごとに観測した栄養塩濃度（三態窒素およびリン酸態リン濃度）の推移，および漁場への仮植から本養殖実施までの約2週間不定期に観測した栄養塩の推移を図6に示す。養殖試験中の三態窒素濃度は6.8 µg/L～79.3 µg/L（表層）および7.3 µg/L～76.3 µg/L（2.5 m層），リン酸態リン濃度は6.5 µg/L～15.7 µg/L（表層）および6.3 µg/L～15.5 µg/L（2.5 m層）の範囲にあった。また，令和4年12月～

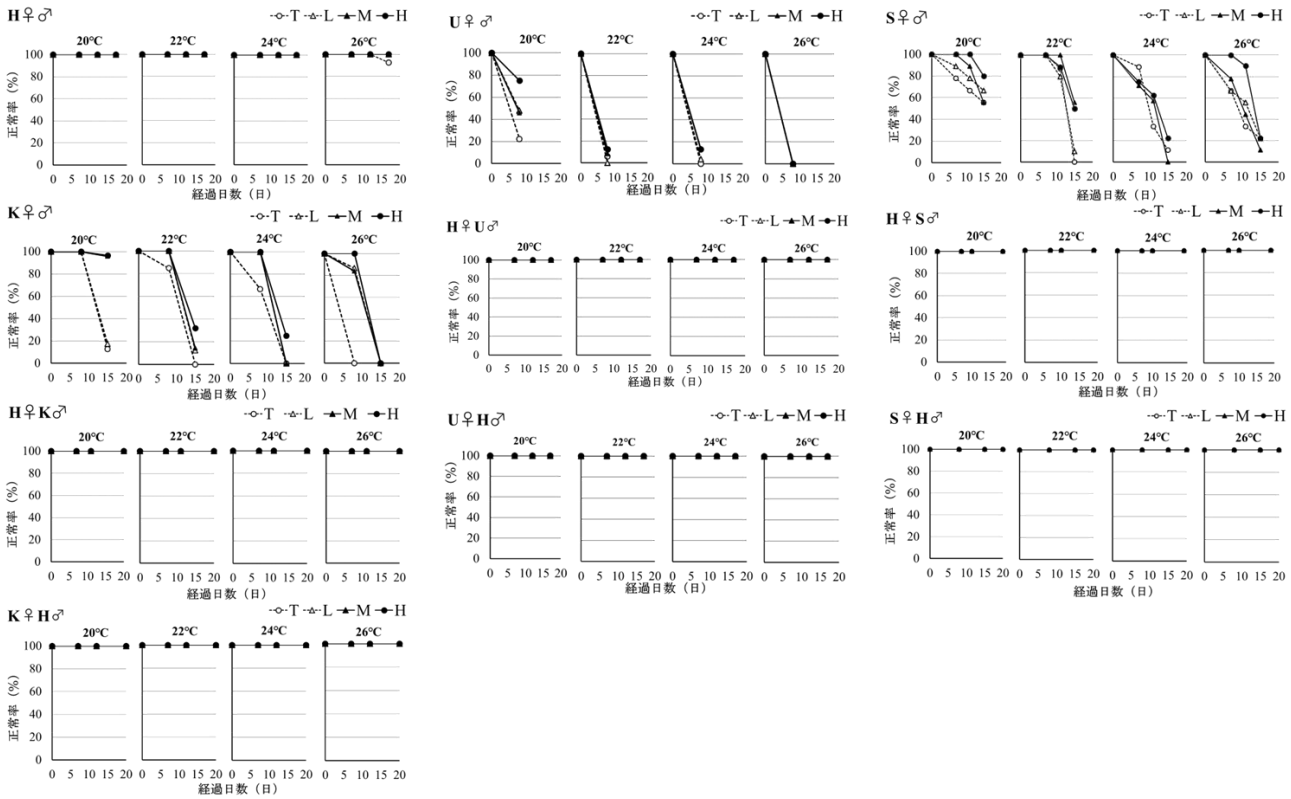


図4 各交配区の高水温・貧栄養塩耐性検証試験の結果（各区n=9～15，Tは希薄濃度区，Lは低濃度区，Mは中濃度区，Hは高濃度区を示す）

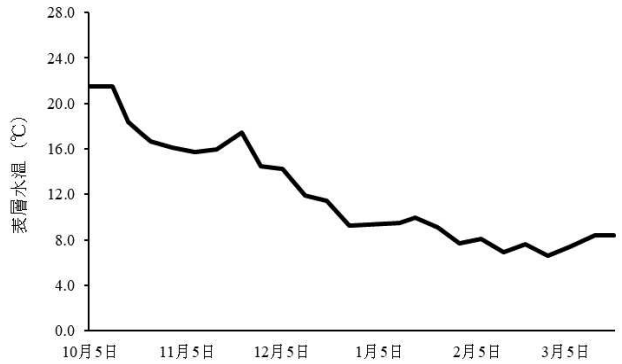


図5 養殖試験期間中の表層水温の推移

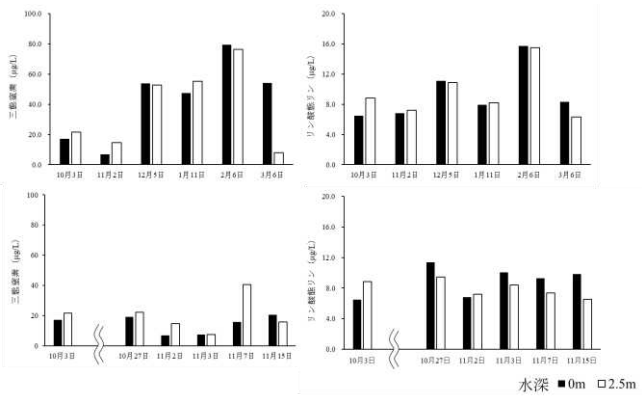


図6 養殖試験期間中の三態窒素濃度（左上）とリン酸態リン濃度（右上）および仮植から約2週間の三態窒素濃度（左下）とリン酸態リン濃度（右下）の推移

令和5年3月の各交配区の全長の推移を図7に示す。H♀♂交配区と比較した場合， U♀♂交配区を除く全ての交配区が有意に大きかった（$p<0.05$）。また， K♀♂交配区，U♀♂交配区およびS♀♂交配区と比較した場合，それぞれの高生長系統と高水温耐性系統との交配区は、高生長系統同士の交配区と同程度（$p>0.05$），もしくは有意に大きかった（$p<0.05$）。

令和5年3月に行った精密測定の結果を表2に示した。各交配区における全長の平均値は93.1 cm～193.1 cm，全重量の平均値は318.4 g～793.5 g，胞子葉長の平均値は14.3 cm～34.1 cm，胞子葉重量の平均値は56.9 g～202.7gの範囲にあり，それらの結果を測定項目ごとに順位付けすると、葉や胞子葉（メカブ）の長さや重量のほか，葉幅など収量に関係する項目の多くで上位を占めた交配区はS系統を親に持つ交配区（S♀♂，S♀H♂，H♀S♂）であった（表3）。

考　察

試験1より，高水温・貧栄養耐として用いたH系統を親に持つ交配区は，高水温・貧栄養塩条件でも正常な状態を保ち続けた一方，H系統を親に持たない交配区に関しては，いずれの交配区も高水温・~~低~~貧栄養塩環境では正常率が速やかに低下し，交配区によっては水温20 ℃，高栄養塩濃度の標準的な培養条件下でも正常率の低下が確認された。異なる系統のワカメの配偶体を交配に用い優良系統を作出する試みは日本各地で行われており，親系統が持つ形質が交配区の形質を左右することが認められている[9) 10)]。また，本試験で高水温耐性系統として使用したH系統の母藻が採取当時に生息していた場所は潮だまりに近い環境であり，水温が上昇しやすく，栄養塩濃度が低下しやすい環境と推察された。H系統の母藻はこうした環境に適応する形質を偶然持っていたため生存したものと考えられ，この形質が交配試験により作成したF1にも遺伝し発現したものと思われる。また，内湾系種苗の母藻に由来するS系統とH系統の交配区だけでなく，外洋系種苗の母藻に由来するK系統とH系統との交配区においても高水温に対する耐性が確認されたことから，生長や成熟が内湾系のワカメと比較して遅い外洋系のワカメ系統[11)]であっても，高水温耐性系統を交配することで早期養殖可能な種苗の作出に利用できるかもしれない。

加えて，交配区によっては水温20 ℃、高栄養塩濃度（三態窒素で約45 µg/L）のような標準的な範囲の水温・栄養塩環境でも正常率の低下が発生しており，これは採苗枠から試験用シャーレへ移動した際の環境変化による影響等が推察される。H系統を親に持つ交配区にはこうした現象は見られなかったことから，H系統は高水

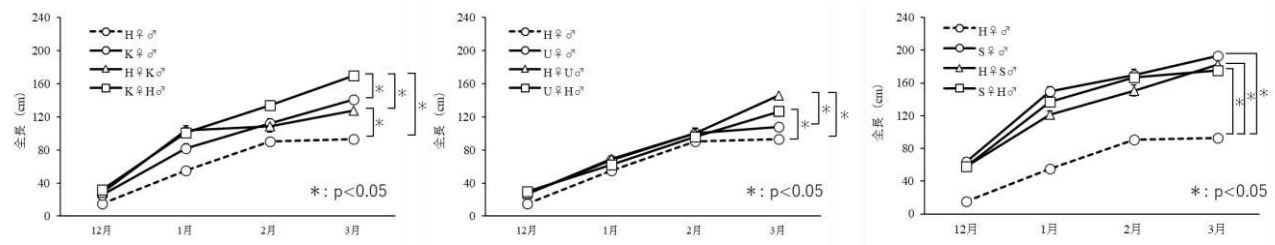


図7　養殖試験における各交配区の全長の推移，＊は有意差を表す

温や低栄養塩環境に加え環境の変化への耐性も持ち合わせる可能性が示唆された。

試験2について，試験期間中は仮植から本養殖までの三態窒素濃度が，特に表層で6.7 µg/L～20.3 µg/Lと低く推移したものの，その後の期間では47.5 µg/L～79.3 µg/Lと高い値で推移した。また表層水温およびリン酸態リン濃度は養殖期間を通して生長に好適な範囲であり，全体的には好ましい条件で生長が進んだものと考えられる。

養殖試験にあける養殖密度については，H♀♂交配区を除く交配区の養殖密度は1 mあたり40個体から50個体とした一方、H♀♂交配区の養殖密度は1 mあたり約3個体から約16個体と大幅に低かった。佐藤らは、養殖密度によりワカメの形態には変化が生じ、1 mあたり80個体未満の低密度では、生長に利用可能な空間が十分に確保され避陰反応が抑制されるため、養殖密度が低いほど全長は大きくなると報告している[12]。本研究における養殖試験では、H♀♂交配区の養殖密度が他交配区と比べ大幅に低かったにもかかわらず、生長は2月時点で頭打ちとなり，3月の時点でも平均全長は90 cm程度であった。加えて、H系統の母藻も配偶体を採取した時点で50 cm程度であったことから，H系統はワカメとしては矮性の系統であると推察される。

一方で，H系統と高生長系統であるK系統、U系統およびS系統の交配区は，いずれもH♀♂交配区と比較して有意に大きく生長し，高生長系統同士の交配区と比べても同程度，もしくは有意に大きくなる生長を示した。このことから，生長面については高生長系統の持つ形質がF1に遺伝し発現したものと推察される。

また，高生長系統として利用したいずれの系統の母藻も同程度の全長であったにも関わらず，全ての交配区の各部の長さや重量を比較した場合，製品としてのワカメやメカブの収量に関わる多くの項目でS系統を親に持つ交配区が上位を占めた（表3）。これについては，減数分裂により遊走子が産生される過程で備わるゲノムが遊走子ごとに異なるため，各系統の母藻から配偶体を採取・単離した際，最も生長面で優れた形質を発現する遺伝子を持っていたものが，今回用いたS系統の配偶体であったためと考えられる。一方で，K系統を親に持つ交

表2　養殖試験における各交配区の精密測定の結果

	全長（cm）	葉長（cm）	葉幅（cm）	欠刻幅（cm）	胞子葉長（cm）	胞子葉幅（cm）	中肋長(cm)	中肋幅（cm）	中肋厚（cm）	全重量（g）	葉重（g）	胞子葉重（g）	中肋重（g）
H♀♂	93.1±10.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K♀♂	141.0±19.8	116.2±17.1	47.0±5.7	8.1±1.5	14.3±2.6	9.7±6.6	10.6±4.8	2.4±0.4	7.8±0.7	475.5±147.6	367.9±115.8	89.8±36.2	17.7±16.7
U♀♂	108.0±16.7	88.8±14.7	36.1±4.3	5.0±0.8	12.6±2.2	7.5±1.3	6.6±2.6	2.5±0.4	7.7±0.8	318.4±91.6	251.7±67.4	56.9±25.0	9.8±5.2
S♀♂	193.1±24.9	146.6±21.9	46.1±7.0	6.1±1.5	32.3±6.6	8.7±1.8	14.1±5.5	2.8±0.4	7.3±0.5	570.2±180.3	378.5±115.2	169.0±70.7	22.8±8.1
H♀K♂	127.7±28.3	106.8±23.4	46.1±8.6	4.8±1.3	17.6±5.5	8.1±2.1	4.4±3.1	2.3±0.3	7.1±1.2	450.8±216.4	352.1±150.0	94.7±73.7	5.2±3.7
H♀U♂	145.6±24.0	122.1±19.6	45.4±6.0	3.8±1.4	19.7±5.6	7.8±1.2	3.8±2.7	2.7±0.4	6.7±0.9	487.1±137.4	392.9±91.2	89.0±53.1	5.2±4.2
H♀S♂	182.6±22.3	153.1±21.3	48.7±5.9	4.6±1.1	27.7±5.1	9.0±1.4	3.6±1.6	3.1±0.3	5.9±0.8	793.5±199.2	600.3±154.4	184.6±54.2	5.1±2.3
K♀H♂	169.4±17.8	136.4±15.9	49.1±4.5	8.7±1.3	20.9±3.8	8.4±0.8	12.1±3.6	2.5±0.2	7.7±0.8	522.7±101.3	384.4±78.9	120.5±29.1	17.9±5.9
U♀H♂	126.4±12.6	105.1±11.5	37.9±3.6	4.9±0.9	15.9±1.8	7.0±0.7	5.3±1.8	2.4±0.2	6.8±0.8	411.6±84.7	330.6±70.1	70.8±17.3	6.3±2.3
S♀H♂	175.5±27.1	133.9±24.0	47.8±6.9	5.2±1.2	34.1±8.6	34.1±4.8	7.6±5.2	2.7±0.3	6.9±0.6	680.9±102.8	466.1±78.7	202.7±42.5	12.1±9.1

表3　精密測定の結果の順位付け（同項目のうちで1位，2位，3位，4位のものをそれぞれ赤色，緑色，黄色，青色で示す）

	全長（cm）	葉長（cm）	葉幅（cm）	欠刻幅（cm）	胞子葉長（cm）	胞子葉幅（cm）	中肋長(cm)	中肋幅（cm）	中肋厚（cm）	全重量（g）	葉重（g）	胞子葉重（g）	中肋重（g）
H♀♂	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K♀♂	6	6	4	2	8	1	3	8	1	6	6	6	3
U♀♂	9	9	9	5	9	8	5	5	2	9	9	9	5
S♀♂	1	2	5	3	2	3	1	2	4	3	5	3	1
H♀K♂	7	7	6	7	6	6	7	9	5	7	7	5	8
H♀U♂	5	5	7	9	5	7	8	3	8	5	3	7	7
H♀S♂	2	1	2	8	3	2	9	1	9	1	1	2	9
K♀H♂	4	3	1	1	4	5	2	6	2	4	4	4	2
U♀H♂	8	8	8	6	7	9	6	7	7	8	8	8	6
S♀H♂	3	4	3	4	1	4	4	4	6	2	2	1	4

配区が，胞子葉の収量に関わる項目でS系統を親に持つ交配区と比較し劣っていた理由としては，K系統が外洋系の種苗に由来する系統であったことが挙げられる。宮城県北部でのメカブの生産には主に内湾系ワカメが用いられており，外洋系ワカメはメカブが大きくならない種苗として扱われている。今回の交配試験においてもこうした形質が遺伝し，交配区の胞子葉の大きさや重量に反映されたものと思われる。

また，養殖試験では，H系統そのものは矮性であるものの，他地区産の高生長を示す系統（特にS系統）との交配により，F1では生長が大きく改善されることが示唆された。なお，室内試験での環境耐性と海面養殖試験での生長はどちらにおいても交配の正逆による有意な差は認められず，生長面では雄配偶体の，形態面では雌配偶体の親藻の影響をより強く受けるという棚田ら[13]の報告とは異なる結果となった。

宮城県においては、ワカメ養殖の開始に適した水温は22℃以下とされている[4]。本研究での養殖試験は水温が16 ℃程度まで低下した10月下旬から開始しており，高水温・貧栄養塩環境での耐性試験を実際の漁場で行ったわけではないため，早期養殖に使用した場合の情報が不足している。今後の実用化を考えるに当たっては更なる養殖試験が必要であるものの，以上の結果はワカメ養殖における今後の環境変動への対策の一つとして期待できるものである。

今後県内各地の需要に応じて，今回使用した高水温・貧栄養耐性系統や高生長系統のほか，胞子葉の形成に優れる系統や老化が遅く漁期の後半まで使用できる系統などを探索することが想定されるが，これらの新規系統を探索する際にはH系統と交配し検定交雑を行うことにより，生長が期待できる系統の単離に繋がるかもしれない。

また，宮城県では過去にもフリー配偶体による種苗生産により，形質の固定された早生系統作出の試みを行っているが[14]，本研究のように形質が固定されていないF1を種苗として用いる方法をとることにより，F1の雑種強勢を期待できる[9]とともに優良系統の流出の懸念が少ないことも優れる点である。様々な特徴を持つ系統の探索と選抜を繰り返し優良系統を収集することで，海水温上昇のみならず，幅広い状況・需要に応じた種苗の作出が可能となり得るため，今後の種苗開発手法として期待される。

要　約

1）フリー配偶体を用いて交配区を作出し室内試験に供した結果，試験の結果，高水温耐性系統を親に持つF1に高水温および貧栄養塩環境への耐性が認められた。

2）交配区を養殖試験に供した結果，高生長系統を親に持つ交配区は，そうでない交配区と比較し有意に大きく生長した。また，高生長系統3株のうち，親系統として用いた場合の効果が最も大きいと思われる株が判明した。

謝　辞

系統探索に当たり，母藻の提供にご協力いただきました宮城県漁業協同組合唐桑支所，気仙沼地区支所，歌津支所，志津川支所に御礼申し上げます。また，養殖試験実施にあたり試験筏を貸与・設置いただきました宮城県漁業協同組合気仙沼地区支所菊田守氏，畠山義弘氏に感謝申し上げます。

参考文献

1) 水産庁（2023）令和4年度漁業・養殖業生産統計，海面漁業生産統計調査，https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/kaimen_gyosei/index.html（2023.10.30）
2) 宮城県漁業協同組合共販実績（2023）ワカメ
3) 小河久朗（2004）ワカメ、有用海藻誌（大野正夫編著）．内川老鶴圃、東京、42-58
4) 黒木宗尚，秋山和夫（1957）ワカメの生態および養殖に関する研究．東北海区水産研究所研究報告10号，95-117

5) 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．宮城県水産研究報告，**16**，1-9

6) 日下啓作，菊田輝（2002）気仙沼湾におけるワカメ養殖種苗の形態差．宮城県水産研究報告，**2**，1-6

7) 團昭紀（2000）新しいワカメの種苗生産マニュアル―フリー配偶体を使った種苗生産―．徳島県水産試験場，徳島

8) 棚田教生，團昭紀，日下啓作，岡直宏，浜野龍夫（2015）1遊走子起源のフリー配偶体を用いたワカメの大規模種苗生産法および養殖への実用化の実証．Algal Resources，**8**，23-36

9) 原素之，秋山和夫（1985）ワカメのヘテロシス効果について．東北区水産研究所研究報告，**47**，47-50

10) 右田清治（1967）アオワカメとワカメの雑種について．長崎大学水産学部研究報告，**24**，9-20

11) 谷口和也，鬼頭鈞，秋山和夫（1981）ワカメの形態変異について Ⅰ．宮城県松島湾産ワカメ2型の生長と形態．東北区水産研究所研究報告，**42**，1-9

12) Yoichi Sato, Takayuki Fujiwara and Hikaru Endo (2023) Density regulation of aquaculture production and its effects on commercial profit and quality as food in the cosmopolitan edible seaweed *Undaria pinnatifida*. Front. Mar. Sci., **10,** 1-10

13) 棚田教生，團昭紀，加藤慎治，岡直宏，浜野龍夫（2015）鹿児島県産天然ワカメと鳴門産養殖品種の雌雄フリー配偶体正逆交雑による品種改良の効果．Algal Resources，**8**，103-112

14) 三枝美穂，熊野芳明，塚田輝夫（2009）気仙沼湾で継代養殖した対馬系ワカメ6世代の生長と形態特性．宮城県水産研究報告，**9**，25-32

宮城水産研報 第24号, 2024
Miyagi Pref. Rep.
Fish. Sci. No.24, 2024

短報

一般生菌数から検討したギンザケの適切な熟成工程

紺野 智太[*1]・阿部 真紀子[*1]・菅原 幹太[*1]・永木 利幸[*1]・三浦 悟[*1]

The study of suitable aging method for silver salmon *Oncorhynchus kisutch* by couting general viable bacteria

Tomohiro KONNO[*1], Makiko ABE[*1], Kanta SUGAWARA[*1], Toshiyuki NAGAKI[*1], Satoru MIURA[*1]

キーワード：ギンザケ，熟成，一般生菌数

本県におけるギンザケの養殖生産状況は「海面漁業生産統計調査」[1)]及び「漁業産出統計」[2)]によれば，2021年の生産量は15,806t，生産金額は約89億円であり，ともに全国の約80%を占め，重要な養殖種の一つである。水揚げされたギンザケは加工原料の他に，生鮮でも流通しているが，過去の実験からK値の上昇が比較的早いことがわかっており，ギンザケの消費をさらに拡大させていくためには，新たな利用展開や需要喚起が必要となる。

「熟成」とは，食肉においては，酵素や微生物の作用で保水性や風味を向上させる現象[3)]とされ，一方で水産物における熟成技術についても注目されつつある[4)]。塩辛や魚醤等では，多量の食塩を添加して水分活性を低く抑えたり，麹菌・酵母等の有用微生物を利用したり，pHをコントロールすることで有害微生物の増殖を抑制しながらうま味を引出している[6)]が，畜肉で一般的な「エイジング」のように，水分や温度をコントロールして水産物を熟成する方法については，一部の飲食店で経験や勘に依り行っている事例[4,5)]はあるものの，研究事例は少なく[4,7)]，ギンザケの熟成に関する知見はない。

以上のことから，魚体を吸水紙等で包装した後に真空包装して低温熟成させる「ウェットエイジング（WA）」と，恒温恒湿機で魚体を乾燥させながら低温熟成させる「ドライエイジング（DA）」の2方法でギンザケの熟成試験を実施した。その中で，熟成の懸念事項である食品衛生上の取り扱いとして一般生菌数のモニタリングや官能評価を実施し，ギンザケの熟成の適否も含めて，適切な熟成工程を検討したので報告する。

材料と方法

1　サンプル

本分析には，2023年4月～6月に宮城県石巻市で養殖されたギンザケを使用した。水揚げ当日の氷締めされたギンザケを購入し，上げ氷で水産加工公開実験棟に持ち帰った後，体表面のぬめりを除去するため，たわしを用いて十分な量の水道水で洗浄した。その後，エラ・内臓を除去し，熟成を施した。

2　WAにおける適切な熟成工程の検討

WAでは，津本式の熟成方法を参考に行った[5)]。すなわち，魚体を吸水紙で包み，さらにその上から耐水紙で包装した後，真空包装用袋に入れ，真空包装機（LH-P60/200, 吉川工業（株））で包装した。その後，水を張り温度を一定にしたクーラーボックスの中で魚体を浮かべながら熟成させた。WAにおける熟成条件の変数は，(1)水産物の形態，(2)吸水材の交換頻度，(3)保管温度を変数に設定し，それぞれ表1の条件で熟成させた。(1) 水産物の形態では，魚体をフィーレ，ドレスにも調製し，フィーレ，セミドレス，ドレスそれぞれの試験区をG-W-1, G-W-2, G-W-3とした。(2)吸水材の交換頻度では，フィーレの状態で，吸水材を週3回，週5回で交換し，それぞれ試験区をG-W-4，G-W-5とした。(3)保管温度では，フィーレの状態で，保管温度を-1℃，1℃，5℃に調整し，それぞれ試験区をG-W-6，G-W-7，G-W-8とした。

3　DAにおける適切な熟成工程の検討

DAでは，熟成肉の熟成条件を参考にした[3)]。すなわち，

[*1]宮城県水産技術総合センター

魚体を低温恒温恒湿機（TPAC-240-20,（株）いすゞ製作所）で温度1℃，湿度70%に設定し，熟成させた。DAにおける熟成条件の変数は (1)水産物の形態，(2)食塩の影響を変数に設定し，それぞれ表2の条件で熟成させた。(1) 水産物の形態では，魚体をフィーレ，セミドレスに調製し，それぞれ試験区をG-D-1, G-W-3とした。(2) 食塩の影響では，魚体をフィーレに調製し，3%食塩水に浸漬させ，試験区をG-D-2とした。

4　一般生菌数測定

熟成させたギンザケは，細菌検査キットBACcT（日本細菌検査（株））を用いて一般生菌数を測定した。すなわち，熟成させた魚体を刺身用サクに調製し，ホモジナイザーバックにサク背側を5g秤量し，滅菌希釈液45mlを加え，ホモジナイズし，検体原液を調製した。なお，G-D-1,G-D-2は乾燥部位をトリミングした後，サクに調製した。検体原液は滅菌希釈液を用いてさらに10倍，100倍に希釈し，一般瀬菌数測定用シャーレに分注し，1試験区につき2検体調製した。次に，35℃のインキュベーターで48時間程度培養し，コロニー数（CFU）を測定した。コロニー数については1.0×10^5CFU/gを基準に判断した。

5 官能評価

熟成前後のギンザケ(G-W-1, G-W-4, G-D-1)について，当センター職員5名で嗜好型官能評価を行った。評価項目は味，臭い，食感，身色を加味した総合評価とした。

なお，官能評価を行った職員に対して，五味識別テストは実施しなかった。

結　果

1　WAにおける適切な熟成工程の検討

結果を表1に示した。(1)水産物の形態においては，14日目で2検体のうち1検体が基準値を超えた。G-W-2では21日目まで基準値未満，G-W-3では28日目まで基準値未満であった。　(2)吸水材の交換頻度においては，G-W-4及びG-W-5では14日目では基準値を超えた。(3)保管温度においては，G-W-6及びG-W-7では13日目までは基準値未満であった。一方で，G-W-8では6日目で基準値を超えた。

以上のことから，WAでは，水産物の形態はセミドレスまたはドレス，吸水材の交換頻度は週1回，保管温度は1℃以下が好ましいことが示唆された。

2　DAにおける適切な熟成工程の検討

(1)水産物の形態，(2)食塩の影響の検討結果を表6に示した。G-D-1及びG-D-2は21日目まで基準値未満であったが，G-D-3は21日目では基準値を超えた。また，G-D-1及びG-D-2から，食塩の影響では，一般生菌数の差は無かった。

以上のことから，DAでは，水産物の形態はフィーレで熟成させることが良いことが示唆され，食塩の影響についてはさらに検討が必要である。

3　官能評価

熟成前のギンザケとG-W-1, G-W-4, G-D-1を官能評価で比較した結果，熟成させたギンザケ全てで，熟成５日目程度から養殖臭が低減し，味が濃くなったと感じられ，熟成で食味が向上したと判断した。

表1　WAの熟成条件及び一般生菌数測定の結果

n=1

試験区	水産物の形態	吸水材の交換頻度	保存温度	経過日数 0	6	7	13	14	15	21	28	備考
G-W-1	フィーレ			○		○		△				2検体のうち1検体は×
G-W-2	セミドレス	週1回	1℃	○		○		○		○		21日目で終了
G-W-3	ドレス			○		○		○		○	○	28日目で終了
G-W-4	フィーレ	週3回	1℃	○		○		×				
G-W-5		毎日		○		○		×				
G-W-6			−1℃	○	○		○					13日目で終了
G-W-7	フィーレ	週3回	1℃	○	○		○		×			
G-W-8			5℃	○	×							

○：1.0×105CFU/g未満，×：1.0×105CFU/g以上

表2　DAの熟成条件及び一般生菌数測定の結果

n=1

試験区	水産物の形態	食塩の影響	経過日数 0	14	21	備考
G-D-1	フィーレ	なし	○	○	○	トリミング箇所は21日目で×
G-D-2		３％食塩水に１時間浸漬	○	○	○	トリミング箇所は21日目で×
G-D-3	セミドレス	なし	○		×	

○：1.0×10^5CFU/g未満，×：1.0×10^5CFU/g以上

考　察

本研究では飲食店への熟成技術の実装を最終目標にしているが，飲食店等からは「食中毒は出ないか」「安全性は大丈夫か」といった声が多かった。厚生労働省の食品規格では，生鮮魚介類においては「腸炎ビブリオ」陰性が条件である（https://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou-11130500-Shokuhinanzenbu/0000126765.pdf, 2023年10月16日）。腸炎ビブリオは好塩性細菌であり，水道水での洗浄や低

温保管で増殖する可能性が少ない[8]ため今回は測定しなかった。一方で，腐敗状態の一般生菌数は10^7～10^8程度とされ[9]，本研究では熟成した魚体の状態やハンドリングの把握のため，一般生菌数で評価した。コロニー数については1.0×10^5CFU/gを基準にしたが，これは解凍してそのまま食べることが想定される冷凍ゆでだこ（https://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou-11130500-Shokuhinanzenbu/0000094501.pdf，2023年10月16日）や冷凍ゆでがに（https://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou -11130500- Shokuhinanzenbu/0000094502.pdf，2023年10月16日）の冷凍物の食品規格を参考にした。

ギンザケの適切な熟成工程について，2種類の熟成方法で検討した。WAでは，水産物の形態はセミドレスまたはドレスが適切であると判断した。魚類の筋肉は通常無菌状態であるが，表面やエラ，消化管には10^3～10^8/cm^{2}程度の菌が存在する[9]。今回の実験では露出面積の多いフィーレの方が一般生菌数は多くなり，セミドレスやドレスでは露出面積が少なく，表皮からの菌の侵入も少ないため，一般生菌数は少なかったと考えられる。また，セミドレスでは熟成とともに，頭部の内側（エラがついていた部分）から異臭が感じられたため，今回の結果では差は無いが，ドレスの方がより良いと考えられる。保管温度は1℃以下が望ましい結果となったが，-1℃では凍結したものもあり，温度管理が難しいことが示唆された。一方で，1℃はクーラーボックスに氷水を作ることでおおよそ調整できるため，実際に運用する際には1℃熟成の方が適すると考えられる。

DAでは，食肉の熟成条件を参考に温度と湿度を設定し，試験した。水産物の形態では，乾燥部分をトリミングする必要があるため，フィーレでも中骨（脊椎骨及び神経棘，血管棘）を残した方が歩留まりが良いと考えられた。食塩の影響では，干物のように塩漬によって水分活性を下げる目的で試験区を設定したが，塩漬した区では一般生菌数は約2倍程度菌数が多かった。浸漬する塩分や浸漬時間だけでなく，検討項目として腸炎ビブリオや水分活性の測定も必要であり，条件についてさらなる検討が必要である。

今回の結果から，ギンザケは熟成に適する魚種と判断したが，そもそも魚肉における熟成の知見は少なく，食肉ですらその終点について統一された基準はない[3]。今後は熟成させたギンザケの呈味成分等の品質評価を行うことで，熟成の基準について研究する必要がある。

要　約

本研究では，本県の主要な水産物であるギンザケの適切な熟成工程について，食品衛生上の観点から一般生菌数を基準に，2種類の熟成試験WA及びDAで検討した。WAでは熟成形態はセミドレスまたはドレス，吸水材の交換頻度は週１回，保存温度は１℃以下の方が良いこと，DAでは熟成形態はフィーレで行う方が良いことが示唆された。

謝　辞

ギンザケのサンプリングにあたり，（株）石巻魚市場及び末永九兵衛商店（株）に多大な御協力をいただいた。ここに厚く御礼申し上げます。

参考文献

1）農林水産省（2023）海面漁業生産統計調査，令和3年漁業・養殖業生産統計確報
2）農林水産省（2023）海面漁業生産統計調査，令和3年漁業産出額確報
3）松石昌典（2018）「熟成肉」の現状と課題，日本調理科学会誌，Vol.51，No.3，193-196
4）南駿介・髙取宗茂・白山洸・沖田歩樹・中村柚咲・髙橋希元（2020）長期熟成魚介類刺身の呈味成分およびテクスチャー，日本水産学会，**86**(5)，418-426
5) ルアマガ事務局（2020）魚食革命津本式究極の血抜き（完全版），106pp，東京，（株）内外出版社
6) 吉沢淑・石川雄章・蓼沼誠・長澤道太郎・永見憲三（2002）醸造・発酵食品の辞典（普及版），561-564pp，東京，（株）朝倉書店，585pp
7) 塚正泰之・福田隆志・安藤正史（2022）マダイの塩締めと短期熟成が呈味成分に及ぼす影響に関する研究，日本水産学会，**88**(6)，503-514
8）一色賢司（2010）スタンダード栄養食物シリーズ8食品衛生学（第3版），59-62pp，東京，（株）東京化学同人，220pp

9）小泉千秋・大島敏明（2005）水産食品の加工と貯蔵，51-57pp，東京，（株）恒星社厚生閣，360pp

宮城水産研報 第 24 号、2024
Miyagi Pref. Rep.
Fish. Sci. No.24、 2024

ノート

気仙沼魚市場における定置網で漁獲された魚種組成の推移

佐伯　光広*1

A Changes in the composition of fish species caught in fixed nets at Kesennuma Fish Market

Mitsuhiro SAEKI*1

キーワード：定置網、魚種組成

宮城県沿岸域では海水温が上昇傾向にあり[1)]、この影響によると推定される暖水性魚種であるタチウオ、ガザミ、ふぐ類等の水揚げが増加し[2,3,4,5)]、一方で冷水性魚類のサケ、イカナゴ等の水揚げが減少している[6,7)]。宮城県の北部に位置し、特定第三種漁港に指定され、全国的に水揚量の多い気仙沼魚市場においても同様に魚種組成の変化がみられている。魚種組成の変化は漁業者のみならず、水揚物を利用する流通・加工業者の経営にも大きな影響を与えるため、変動の傾向を把握することは重要である。

定置網は漁獲位置が同じ位置に固定され、ほぼ周年にわたって水揚げがあり、努力量の変化が他の漁業種類に比べて少ないことから沿岸に来遊した魚種の組成を把握するための漁獲データとして用いられている[2, 8) 9,10)]。本稿では気仙沼魚市場において定置網で漁獲された魚種の水揚統計をとりまとめ、気仙沼魚市場に水揚げされる魚種の変動傾向について調べた結果を報告する。

材料と方法

1　水揚統計

宮城県独自の水揚統計システムである、「宮城県総合水産行政情報システム」により、1995年から2022年までの28年間の気仙沼魚市場における定置網の水揚量、水揚金額を抽出し取りまとめた。水揚量と水揚金額の年別の推移は調査期間28年間の総量、総額の上位10種を示し、それ以外の魚種は「その他」とした。抽出した魚種の内、マサバとゴマサバについては大量に水揚げされた場合、正確な区別がされずに水揚げされているため、「さば類」として扱った。また、種の区別がされずに水揚げされているマルソウダとヒラソウダは「そうだがつお類」として扱った。なお、気仙沼魚市場に水揚げをしている大型定置網とほぼ年中水揚げをしている主要な小型定置網の敷設位置は図1のとおりである。

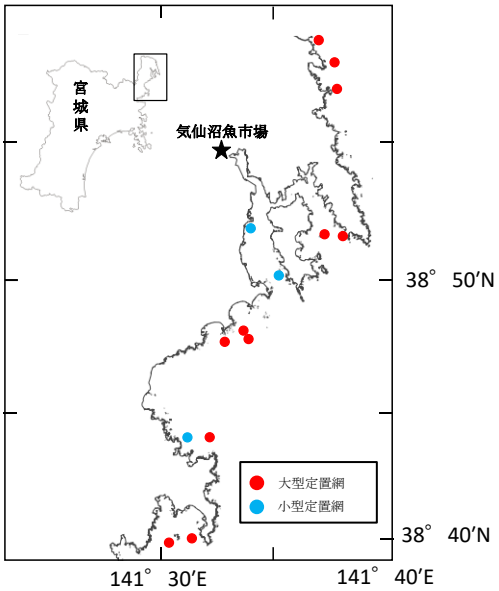


図 1　気仙沼魚市場の位置と気仙沼魚市場に水揚げしている定置網

*1宮城県水産技術総合センター気仙沼水産試験場

2　水揚変動の特徴の検出

1995年から2022年までの期間で気仙沼魚市場に水揚げされた魚種の内、年間10トン以上の水揚げがあった魚種21種を抽出し、これらの水揚変動の特徴を検出するため、主成分分析を行った。抽出した魚種の内、マサバとゴマサバについては前述したように「さば類」、マルソウダとヒラソウダは「そうだがつお類」とした。また、「その他のフグ」として一括して扱われているコモンフグ、ショウサイフグ、ゴマフグ、クサフグ等は「ふぐ類」、数種類が水揚げされていると考えられるとびうお類は「とびうお類」とした。主成分分析に当たってはそれぞれの魚種について、各年のデータから28年間の平均値との差をとり、標準偏差で除して標準化し、相関行列による主成分分析を行った。さらに最も変動の特徴を捉える第1主成分の固有ベクトルと21魚種の水揚量の変動の特徴について調べた。なお、主成分分析には東日本大震災により水揚量が大幅に減少した、2011年のデータは除外した。

3　海洋環境

魚種組成の変化と海洋環境との関連を調べるため、宮城県で観測している定地水温の内、観測点が気仙沼魚市場に近い気仙沼市の定地水温（図2）の年平均水温と月平均水温の推移を調べた。また、年平均値と月別平均値のトレンドの有無を調べるため、マン・ケンドール検定によるトレンド分析を行った。なお、気仙沼市の定地水温は1972年1月4日から2015年3月20日までは気仙沼岩井崎（図2）の10時の観測データ、2015年3月24日から2022年12月31日までは岩井崎から南西約1ｋｍの杉ノ下（図2）で同じく10時に観測されたデータを用いた。なお、岩井崎と杉ノ下の水温の補正は行っていない。

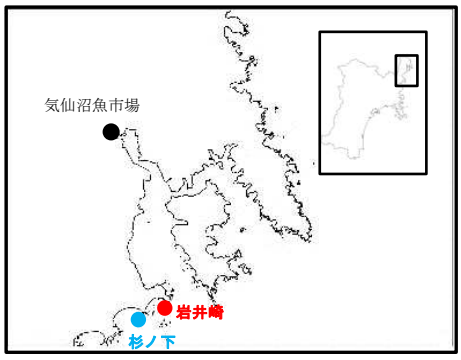


図２　気仙沼市定地水温観測点

結果

1　水揚統計

図3に水揚量の推移を示した。水揚量は835トン～5,863トンの間で推移し、2022年は期間中、最高の水揚量となっていた。魚種別にみると、さば類は期間中、1～2番目に水揚げが多い魚種となっていた。サケは1995年から2014年にかけて2～3番目に水揚げが多い魚種であり、2013年～2014年には最も水揚げが多い魚種であったが、2018年以降、著しく減少した。カタクチイワシは2000～2010年にかけて2～3番目に水揚げが多い魚種であったが、2011年以降、著しく減少していた。マイワシは2015年以降、水揚げが急増し、2021年及び2022年は水揚げの半分以上を占めていた。ブリは2016年以降、3番目に多い魚種となっていた。期間中、さば類、サケ、カタクチイワシ、マイワシ、ブリが主要な水揚物となっており、全体の水揚量に影響を与えていた。

水揚金額は1.2億円～8億円の間で推移した（図4）。魚種別にみると、サケは2002年～2017年にかけて水揚金額の半分以上を占める重要魚種であったが、2018年以降は急減した。サケの水揚金額の減少以降、さば類、ブリ、マイワシの3種が占める割合が多くなり、2022年は過去4番目の水揚金額となった。全体の水揚げに占める割合が少ないためその他の魚種に含まれているが、マアジ、タチウオ、ヤリイカ、ウマズラハギの2021年と2022年の水揚金額はそれぞれ1,000万円以上となり、特にタチウオは2022年に3,000万円を超える水揚げとなっていた。

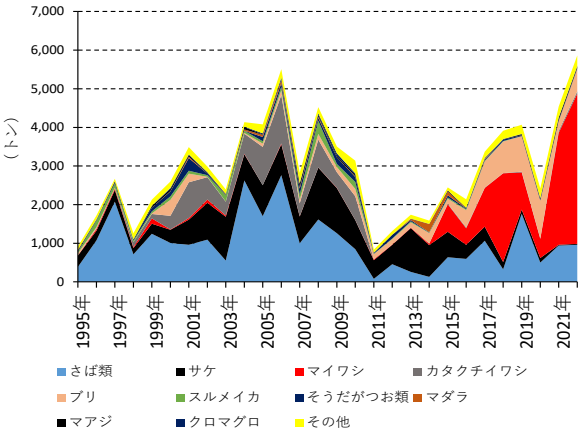


図３　気仙沼魚市場における定置網による水揚量の推移

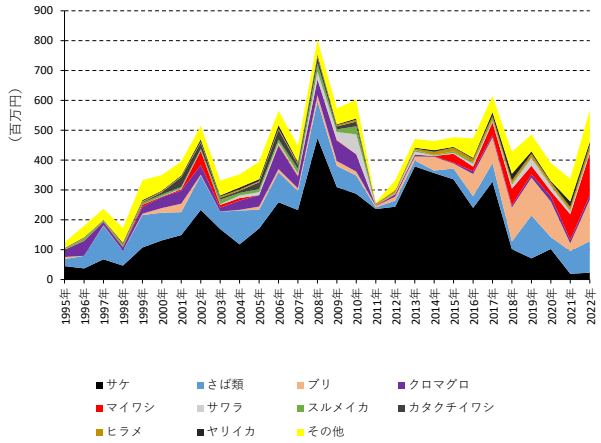


図 4　気仙沼魚市場における定置網による水揚金額の推移

2　水揚変動の特徴の検出

（1）主成分分析による変動傾向の抽出

図5に抽出した気仙沼魚市場の主要魚種の主成分の寄与率（スクリープロット）を示した。第1主成分は31.2%、第2主成分は16.4%となり、第1主成分と第2主成分で各々の魚種の水揚量の総分散の約半分を説明することができた。第3主成分以下は寄与率が10%未満と低くなったので、第2主成分までの結果を解析の対象とした。

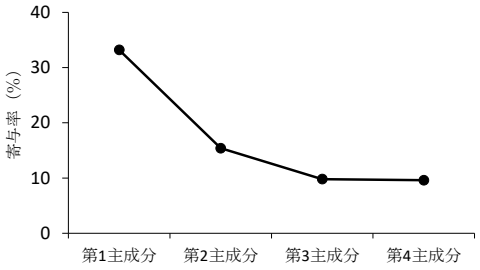


図 5　主成分分析のスクリープロット

1）第1主成分

図6に第1主成分の固有ベクトルを示した。第1主成分の固有ベクトルが正の符号であったのは、値の大きい順にふぐ類、マイワシ、ブリ、ヒラメ、マダイ、タチウオ、ヤリイカ、ウマヅラハギ、チダイ、サワラの順であった。負の符号であったのは、値の大きい順にサケ、マンボウ、スルメイカ、カタクチイワシ、カラフトマス、とびうお類、そうだがつお類、イカナゴ、さば類、マダラ、マアジであった。このことは、符号が正になった魚種と負になった魚種が逆の変動することを示しており、この変動が全体の変動の最も大きな割合を占めた。第1主成分のスコアは2008年以降、上昇する傾向にあり、特に2015年から2016年にかけて大きく上昇していた。このことは固有ベクトルが正の値であったマイワシ、ブリ、マダイ等の魚種が増加傾向となっていることを示している（図7）。

2）第2主成分

図8に第2主成分の固有ベクトルを示した。符号、全ての魚種で正の値を示したことから、漁獲量全体の増減を示していると解釈することができる。第2主成分のスコアを図9に示した。2010年から2014年にかけて減少傾向、2014年からは上昇傾向となっており、図3に示した水揚量の傾向を概ね捉えていた。

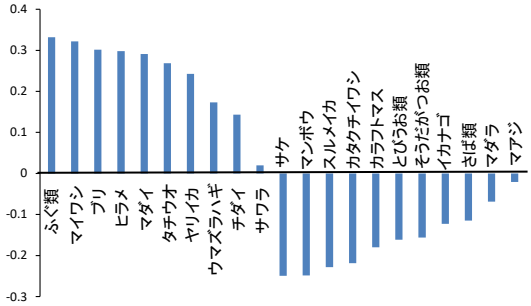


図 6　第 1 主成分の固有ベクトル

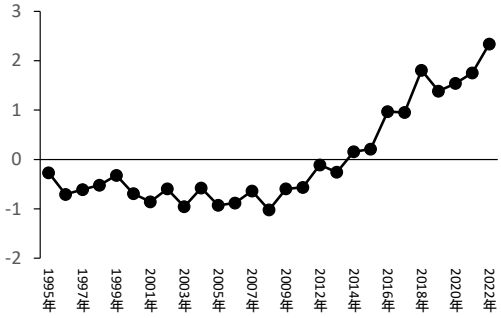


図 7　第 1 主成分のスコア

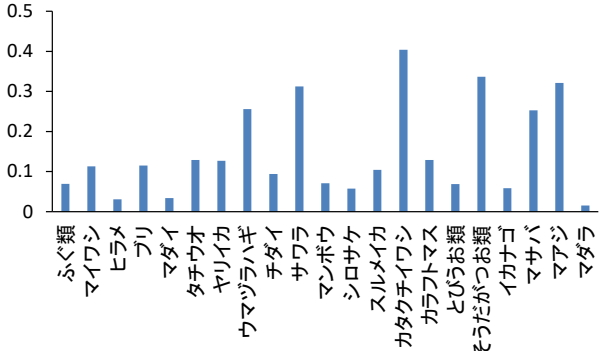


図 8　第 2 主成分の固有ベクトル

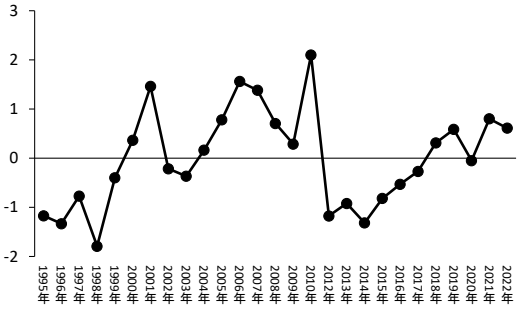


図 9　第 2 主成分のスコア

3)　第 1 主成分の固有ベクトルと水揚量の変動傾向の関係

第1主成分の固有ベクトルが正の符号になった魚種の水揚量を図10に示した。このグループに区分された魚種の水揚量は増加傾向となっていた。ヒラメは2014年以降、マイワシは2015年以降、ブリ、ふぐ類、マダイ、ウマズラハギは2016年以降、チダイは2018年以降、タチウオ、サワラは2019年以降に顕著に増加していた。ヤリイカは2017、2018年に増加し、2019年と2020年に一旦減少したが、2021年と2022年に再び増加しており、傾向的には増加傾向にあった。

第1主成分が負の符号になった魚種の水揚量を図11に示した。このグループに区分された魚種の水揚量は減少傾向を示していた。カタクチイワシ、スルメイカ、マンボウ、とびうお類、そうだがつお類は2010年以降、サケは2013年以降に減少傾向となっていた。カラフトマスは2013年まで水揚げがあったが、それ以降ほとんど水揚げがなかった。イカナゴは2018年までは水揚げがあったが、2019年以降の水揚げは皆無となった。マダラは2014年と2015年に100トンを超える水揚げがあったが2016年以降は20トン未満の水揚げに止まっていた。さば類、マアジは2000年代に比較すると減少傾向にあった。

3　海洋環境

図12に年平均水温、図13に月年平均の推移、表1にトレンド分析の結果を示した。

年平均水温は周期的変動がみられ、1980年代は平均水温を下回っており、1990年代は概ね平均水温を上回っていた。2000年代は再び平均水温を下回る年が多くなり、2010年代は再び上回る年が多くなっていた。しかし、周期性が見られながらも上昇トレンドとなっており、トレンド検定の結果は1%水準で有意であった。

月別にみると、1～2月の平均水温の変動は1990年代以降、顕著に表れておらず、上昇トレンドではあったが統計的には有意ではなかった。3月と4月についても有意な上昇トレンドではなかったが、3月は2015年以降、4月は2014年以降、上昇トレンドにあった。5～9月は顕著に上昇しており、1%水準または5%水準で有意な上昇トレンドとなっていた。10～12月は10%水準で有意な上昇トレンドに止まったが、2017年以降、上昇トレンドが顕著であった。

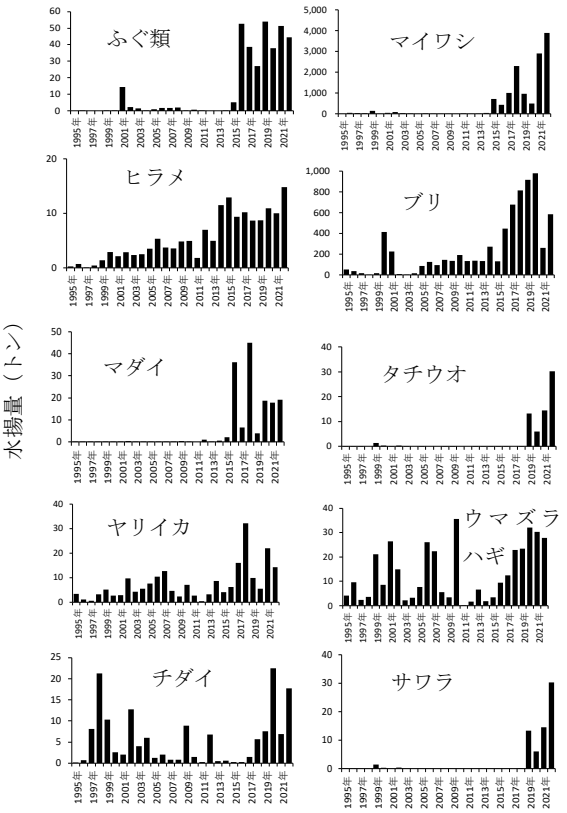


図 10　第 1 主成分の固有ベクトルが正になった魚種の水揚量の推移

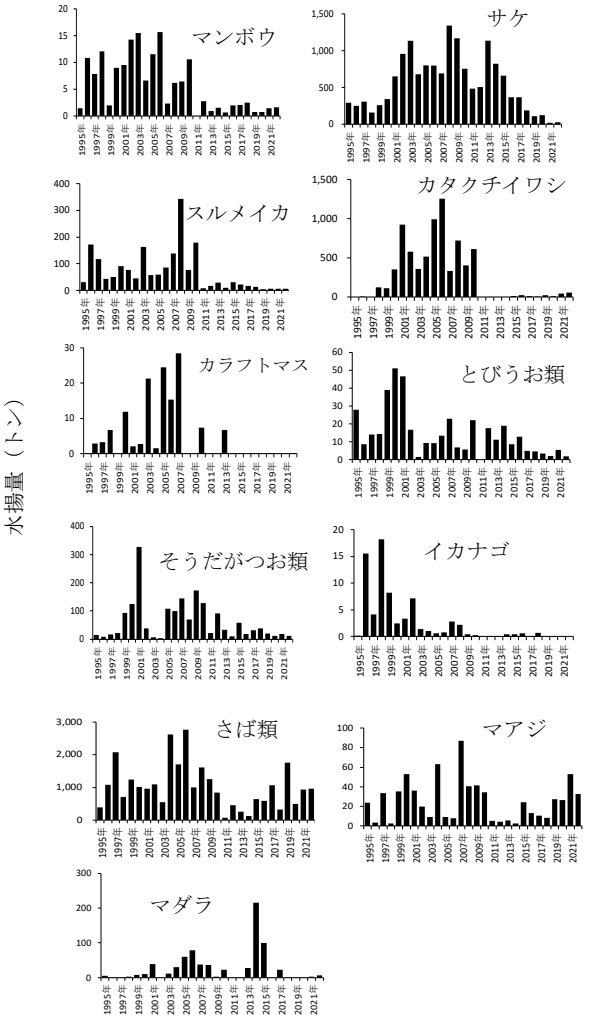


図 11　第 1 主成分の固有ベクトルが負になった魚種の水揚量の推移

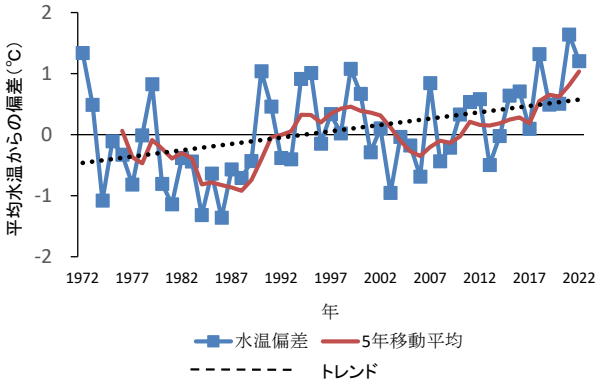


図 12　気仙沼市定地水温の年平均の推移

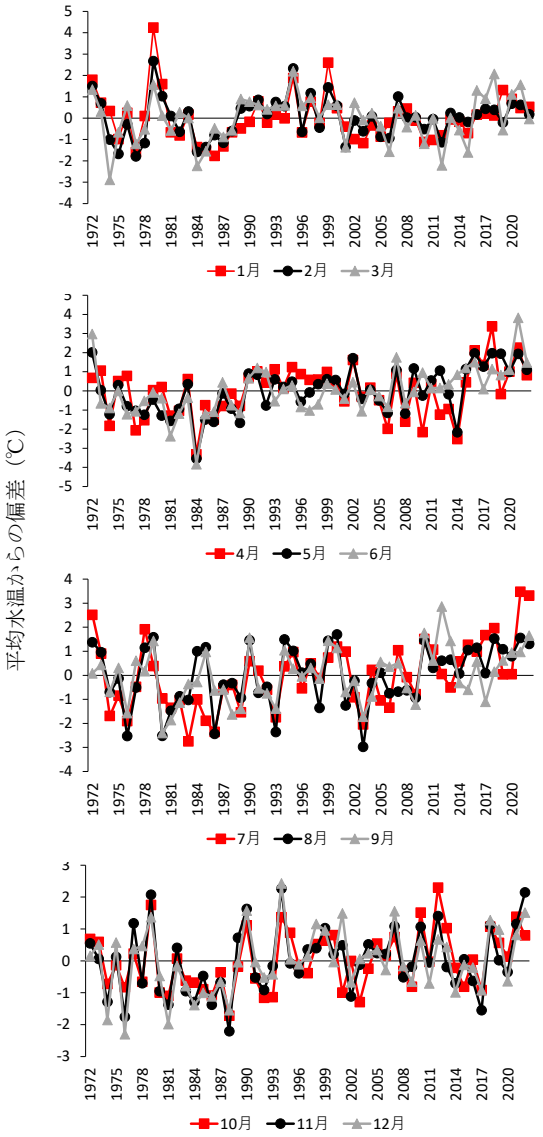


図 13　気仙沼市定地水温の月平均の推移

表 1　気仙沼市定地水温のトレンド分析

期　間	検定結果	傾向
年平均	***	上昇
1 月	-	上昇
2 月	-	上昇
3 月	-	上昇
4 月	-	上昇
5 月	***	上昇
6 月	***	上昇
7 月	***	上昇
8 月	**	上昇
9 月	**	上昇
10 月	*	上昇
11 月	*	上昇
12 月	*	上昇

有意水準は***P<0.01、**:P<0.05、*:P<0.1

考察

1　これまでのレジームシフトとの違い

児玉ら[9]は宮城県周辺海域の主漁場である金華山周辺海域の海洋環境は、寒冬で春季に親潮が強勢となる冷水期と暖冬で春季に黒潮系暖水が強勢となる暖水期が十数年の周期で交互に出現し、海洋環境が交替するごとに生物群集全体に量的・質的な変化が生じることを報告し、1948年～1993年までの宮城県の定置網の水揚量を用いた資源変動解析において、冷水期にマイワシ、マダラ、ニシン等の冷水性魚類の水揚げが増加し、暖水期にカタクチイワシ、スルメイカ、ブリ等の暖水性魚類が増加するとしている。この魚類相の変化は児玉ら[9]が宮城県金華山北方に位置する江島の4月の水温8℃を基準とした冷水期と暖水期の周期とよく一致していた。また、佐伯ら[10]は1952年～2010年までの宮城県全体の定置網で漁獲された魚類の水揚量について、主成分分析を行い、水揚量の変動について最もよく説明するのは冷水性魚種（マイワシ、マダラ、ニシン、カレイ類）と暖水性魚種（カタクチイワシ、さば類、ヒラメ、スルメイカ、あじ類、ぶり類、たい類）の正反対の資源変動であることを示し、この変動が児玉ら[9]が示した江島の冷水期と暖水期の周期的変動とよく一致していることを報告している。今回、気仙沼魚市場の水揚げ魚種で行った主成分分析は1995年から2022年までの水揚げデータを用いた結果であるが、水揚量の変動を最もよく説明するものは、佐伯ら[10]と同様に２つの魚種グループのシーソー変動であった。しかしながら、マイワシとカタクチイワシは別のグループに分かれた点は同様であったが、マイワシが暖水性のマダイやブリ、サワラ等の魚種と同じグループに区分されたこと、カタクチイワシが冷水性の魚種であるサケ、カラフトマス、イカナゴ等のグループに含まれた点は異なっていた。また、佐伯ら[10]では解析の対象魚種としていないが、今回の解析では減少傾向にある暖水性の魚種のそうだがつお類やとびうお類、マンボウもカタクチイワシと同様にサケ、カラフトマス、イカナゴ等の冷水性魚種を含むグループに含まれていた。

数十年規模のスケールで大気・海洋変動を示す指標として太平洋十年規模変動指数（PDO）[11]があるが、1900年代から2000年までの期間において、マイワシとカタクチイワシの魚種の交替とPDOの正負の推移はペルー・チリ沖（フンボルト海流域）でよく対応している[12]。しかし、高須賀[13]は我が国周辺海域（黒潮海流域）とペルー・チリ沖とともに魚種交替が同期していたカリフォルニア沖（カリフォルニア海流域）において、マイワシが1990年代に増加したのに対し、我が国周辺海域では1990年代にマイワシ仔魚に良好な水温があったにもかかわらず、我が国周辺海域では復活しなかったことから、魚種交替が過去のものとは様相が異なってきたとしている。Kuroda et.al[14]は、2000年代半ば以降、マイワシが徐々に増加する一方、カタクチイワシが減少した両種の変動はこれまでの太平洋十年規模変動指数（PDO）ベースの理論では説明できないとしており、海面水温の「Unconventional Regime」（非定常型のレジーム）としている。また、稲田[15]は1988年以降、PDOが江島の4月水温で区分した海洋環境区分[9]との関連がみられなくなったことを指摘しており、岡村[2]は江島の4月水温で暖水期と区分した2018年にマイワシが急増するとともにブリの漁獲量も増加したことから、これまでの海況区分と魚種組成が対応しなくなったとしており、宮城県周辺海域においても過去の魚種交替のパターンと異なってきたことが報告されるようになった。

本報告での気仙沼市の定地水温の観測結果では、親潮が最も南下する4月の水温に有意な上昇ではなかったが、5～9月に有意に上昇しており、2010年以降は4月に親潮が南下し、4月の平均水温（8.3℃）以下になる年があっても2014年を除き、5月、6月の水温はほぼ平均水温以上となっており、1970年代から1980年代にかけての親潮が極めて強勢な時代のように4月以降も低水温が持続するような海洋環境と異なっていた。このことはこれまで児玉ら[9]が指標としてきた4月の親潮の強弱が魚種交替の指標とならなくなった要因の一つと考えられる。

2　高水温傾向下での魚種の水揚変動について

第 1 主成分の固有ベクトルが正となった魚種はマイワシを除き、暖水性の魚種となっていた。これらの暖水性魚種の水揚量の増加については、高橋[6]が指摘しているように、海水温の上昇によって北方に回遊範囲を拡大した魚種（ブリ、サワラ）や仙台湾などで繁殖を開始した魚種（タチウオ、マダイ、ヤリイカ）であり、海水温が上昇している気仙沼市周辺海域にも来遊し水揚量が増加していると考えられた。ヒラメについては、宮城県全県では減少傾向にあるが[16]、気仙沼魚市場では増加傾向にあり、仙台湾で増加したヒラメが分布域を県北部

海域に拡大していると思われた。

第1主成分の固有ベクトルが負となった魚種は、減少傾向にある魚種であった。冷水性魚種ではサケ、イカナゴ、カラフトマス、マダラの全ての魚種が含まれていた。サケについては稚魚の降海時期の海洋環境が高水温になったことにより生存に不適となったと指摘されている[17]。イカナゴは冷水年に当歳魚の加入が増え、漁獲量が増えることから[7]、高水温になればイカナゴの初期減耗が増加すると考えられ、現在の高水温傾向はイカナゴの生存に不適な状況と言える。マダラについては、新規加入量調査によって東北太平洋沿岸で0歳魚、1歳魚の加入量が2016年以降、減少していることが報告されており[17]、宮城県沿岸に限定すると0歳魚は2009年以降、1歳魚は2016年以降、減少している[18]。カラフトマスについては索餌期の春～初夏に東北沿岸に南下する群が宮城県沿岸で漁獲されるが[19]、水揚量の減少は親潮が弱勢になったためと考えられる。

暖水性魚種でありながら減少傾向のそうだがつお類に関しては、日本沿岸への来遊のほとんどはマルソウダとされている[20,21,22]。梶[20]は高知県や宮城県等の1956～2013年までの農林水産統計のそうだがつお類の水揚げデータを調べ、高知県沿岸において温暖レジームでブリと同様に増加し、寒冷レジームではマイワシが増加するのとは逆に減少するとしており、宮城県に関しては1990年代から水揚量が増加していることを報告している。しかし、宮城県では高水温傾向がより顕著となっている2010年代以降、水揚げが減少していることからそうだがつお類についても過去の来遊パターンが当てはまらなくなっていると考えられる。とびうお類については、ツクシトビウオ、ハマトビウオ、ホソトビウオの資源評価状況報告書[23,24,25]ではデータ不足により資源水準や資源動向の評価は行われておらず、マンボウについても詳しい生物学的情報はなく、資源評価が行われていない。このため同種のこの当海域での水揚げ減少要因を推定することは困難であるが今回の水揚統計調査ではそうだがつお類とほぼ同様の水揚量の推移を示していることから暖水期に増加するというパターンは当てはまらなくなってきていると考えられる。さば類も水揚げが減少しているグループに含まれていたが、当海域でさば類資源を構成するマサバ太平洋系群は2013年に卓越年級群が発生し[26]、それ以降の年級も高い水準の年級群が現れ、資源量も多い[26]とされているにも関わらず、近年水揚げの増加はみられていない。これについては、沿岸の海水温上昇によってさば類に好適な水温となっていないために沿岸への来遊が減少していること[27,28]や資源量が増大したマイワシと競合し、マイワシが沿岸側に分布し、マサバが沖合に分布するようになったことが考えられている[28]。また、マサバよりも南方系魚種であるゴマサバ[29]の太平洋系群については、1990年半ばから2000年代にかけて宮城県海域や三陸から道東沖にかけて分布域の拡大がみられたが[30,31]、2011年以降資源量が著しく減少しており[32]、当海域の水温が上昇傾向にあるにも関わらず、来遊が増加していないと考えられる。マアジについては当海域に来遊する太平洋系統群[33]、スルメイカについては当海域に来遊すると考えられている冬季発生群[34]の資源が低水準となっており、水揚量の増加につながっていないと考えられる。

3　まとめと今後の課題

PDOを指標としたマイワシとカタクチイワシの魚種交替は現在の海洋環境では説明できなくなり、同様に春季の親潮の強弱もレジームシフトの有効な指標ではなくなっていると考えられた。

当海域の近年の海水温の年平均水温は上昇傾向にあり、特に5～9月にかけて上昇傾向が顕著であった。このような海洋環境は、サケ、カラフトマス、イカナゴ、マダラ等の冷水性魚種の水揚量が激減し、ブリ、タチウオ、サワラ等の暖水性魚種が増加する要因になっていると思われる。一方で暖水性魚種は一律に水揚量が増加する傾向にはなっておらず、資源変動の解明にはそれぞれの魚種の生態や広域にわたる海洋環境等について詳しく調べる必要がある。

気仙沼魚市場における定置網の水揚量は、主体となってきたサケが大きく減少したが、マイワシや暖水性魚種の来遊によって水揚量は増加傾向にあり、水揚金額も大きな落ち込みはみられなかった。今後も増加している魚種を有効活用しながら、種の変化に対応していくことが必要である。

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．宮城県水産研究報告、**16**、1-9

2）岡村悠梨子・増田義男・矢倉浅黄・田邉徹・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

3）増田義男（2022）仙台湾におけるタチウオの漁獲動向と生物特性．黒潮の資源海洋研究、**23**、49-55

4）矢倉浅黄（2021）仙台湾におけるガザミの漁獲と生態について．宮城県水産研究報告、**21**、9-14

5）佐伯光広・小野寺淳一（2023）宮城県北部海域における雑種フグの出現．宮城県水産研究報告、**23**、7-11

6）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．AFICテクニカルレビュー No.1、https://www.jafic.or.jp/technicalreview/707/（2023.10.26）

7）佐伯光広・稲田真一・小野寺毅・小野寺恵一（2017）長期的な気象・海況変化に伴う仙台湾におけるイカナゴの資源状況．宮城県水産研究報告、**17**、17-27

8）高橋清孝・上田賢一・柴久喜光郎（2000）宮城県における定置網の魚種組成．宮城県水産研究開発センター研究報告、**16**、31-38

9）児玉純一・永島宏・和泉祐司（1995）万石浦ニシンの長期変動に関する一考察：特に金華山近海海域の気象・海況および生物群集との関係．宮城県水産研究開発センター研究報告、 **16**、17－35

10）佐伯光広（2013）宮城県沿岸の海洋環境と定置網漁獲物の変動．宮城県水産研究報告、**13**、1-5

11） 気象庁　太平洋の海面水温に見られる十年～数十年規模の変動 https://www.data.jma.go.jp/kaiyou/data/db/climate/knowledge/pac/pacific_decadal.html（2023.10.26）

12）Chavez, F. P., J. Ryan・S. E. Lluch-Cota・M. Ñiquen C. (2003) From anchovies to sardines and back: Multidecadal change in the Pacific Ocean. Science、**299**、217-221.

13）高須賀明典（2007）気候変動からマイワシ資源変動に至る生物過程．日本水産学会誌、**73(4)**、758-762

14）Hiroshi Kuroda・Toshihiko Saito・Toshiki Kaga・Akinori Takasuka・Yasuhiko Kamimura・Sho Furuichi・Takuya Nakanowatari（2020）Unconventional Sea Surface Temperature Regime Around Japan in the 2000s-2010S:Potential Influences on Major Fisheries Resouces．Flontiers in Marine Science、October 2020、**7**、1-21　doi:10.3389/fmars、2020.574904

15）稲田真一（2015）宮城県の水産物水揚量の長期変動と海洋環境との関係～過去一世紀にわたる漁海況の俯瞰～．宮城県水産研究報告、**15**、18-26

16）国立研究開発法人水産研究・教育機構（2023）令和4（2022）年度ヒラメ太平洋北部系群の資源評価 https://abchan.fra.go.jp/wpt/wp-content/uploads/2023/07/details_2022_60.pdf（2023.12.19）

17）水産庁（2021）第1回不漁問題に関する検討会資料　https://www.jfa.maff.go.jp/j/study/attach/pdf/furyou_kenntokai-6.pdf（2023.12.19）

18）成松庸二・鈴木勇人・森川英祐・時岡駿・三澤遼・永尾次郎・森友彦・増田義男・池川正人・岩崎高資・白土遼輝・古川洋之介（2022）東北海域におけるマダラ・スケトウダラ新規加入量調査．東北底魚研究、**42**、174-186

19）益田一・尼岡邦夫・荒賀忠一・上野輝彌・吉野哲夫編（1988）カラフトマス．日本産魚類大図鑑≪解説≫，東京，東海大学出版会、39

20）堀田秀之（1955）日本近海に於けるマルソーダカツオの季節的分布とその成長．東北区水産研究所研究報告、**4**、120-126

21）梶達也（2015）高知県海域におけるマルソウダ漁況の変動と気候のレジームシフト．黒潮の資源海洋研究、**16**、65-73

22）南條暢聡・舩越裕紀・寺門弘悦（2020）富山県で漁獲されるマルソウダの生物学的特徴と日本海沿岸海域における漁獲動向．水産海洋研究、**84(1)**、1-10

23）国立研究開発法人水産研究・教育機構（2023）ツクシトビウオ．令和4（2022）年度資源評価調査状況報告書（新規

拡大魚種）、https://abchan.fra.go.jp/wpt/wp-content/uploads/2023/05/trends_2022_98.pdf（2023.12.19）

24）国立研究開発法人水産研究・教育機構（2023）ハマトビウオ．令和 4（2022）年度資源評価調査状況報告書（新規拡大魚種）、https://abchan.fra.go.jp/wpt/wp-content/uploads/2023/05/trends_2022_99.pdf（2024.1.12）

25）国立研究開発法人水産研究・教育機構（2023）ホソトビウオ．令和 4（2022）年度資源評価調査状況報告書（新規拡大魚種）、https://abchan.fra.go.jp/wpt/wp-content/uploads/2023/05/trends_2022_100.pdf（2024.1.12）

26）国立研究開発法人水産研究・教育機構（2023）令和4（2022）年度マサバ太平洋系群の資源評価 https://abchan.fra.go.jp/wpt/wp-content/uploads/2023/04/details_2022_05.pdf（2023.12.19）

27）国立研究開発法人水産研究・教育機構（2023）最近のマサバ（太平洋）の資源の状況及び不漁の要因について．https://www2.fra.go.jp/xq/wp-content/uploads/2023/04/0421情報提供（さば）【確定版】.pdf（2023.12.19）

28）谷津明彦・渡邉一功・矢野 泰隆（2023）2022～2023 年におけるマサバ太平洋系群の不漁とその原因．AFICテクニカルレビュー No.4、https://www.jafic.or.jp/cms/wp-content/uploads/2023/07/JTR04_01解説2022～2023年におけるマサバ太平洋系群の不漁とその原因.pdf（2023.12.19）

29）益田一・尼岡邦夫・荒賀忠一・上野輝彌・吉野哲夫編（1988）ゴマサバ．日本産魚類大図鑑≪解説≫，東京，東海大学出版会，217

30）柴久喜光郎・高橋清孝（2000）宮城県沿岸におけるゴマサバの来遊．宮城県水産研究開発センター、**16**、45-50

31）川端淳・中神正康・巣山哲・西田宏・渡邊千夏子（2008）北西太平洋における近年のゴマサバ資源の増加と1歳魚以上の分布、回遊．黒潮の資源海洋研究、**9**、61-66

32）国立研究開発法人水産研究・教育機構（2023）令和4（2022）年度ゴマサバ太平洋系群の資源評価 https://abchan.fra.go.jp/wpt/wp-content/uploads/2023/04/details_2022_05.pdf（2024.1.6）

33） 国立研究開発法人水産研究・教育機構 令和4（2022）年度マアジ太平洋系群の資源評価 https://abchan.fra.go.jp/wpt/wp-content/uploads/2023/07/details_2022_03.pdf（2023.12.19）

34）国立研究開発法人水産研究・教育機構 令和4（2022）年度スルメイカ冬季発生群の資源評価 https://abchan.fra.go.jp/wpt/wp-content/uploads/2023/07/details_2022_18.pdf（2023.12.19）

外部発表業績

日本水産学会誌

仙台湾における水質環境の推移とその変動要因

石川哲郎（宮城水技セ）, 三浦瑠菜（宮城水技セ）, 田邉　徹（宮城水技セ）, 増田義男（宮城水技セ）, 矢倉浅黄（宮城水技セ）, 阿部修久（宮城水技セ）, 髙津戸啓介（宮城水技セ）, 奥村裕（水産機構技術研）

89, 353-364, 2023

長期モニタリングデータを用いて，震災前後で仙台湾の水質環境（水温，塩分，DO，栄養塩類）に変化が生じているか検討した。震災後，震災前と比べ，栄養塩類と DO は低下し，水温と塩分は上昇する傾向が認められた。震災後の栄養塩類（DIN と DIP）の減少は底層で大きく，春季に栄養塩に富む親潮系水の波及が減少した一方で栄養塩が少ない黒潮系水が波及するようになった影響や，震災で生じた底質の変化による夏季から秋季の底質からの栄養塩類の溶出の減少が要因として考えられた。

Ichthy, Natural History of Fishes of Japan

宮城県初記録のテンジクダイ

石川哲郎（宮城水技セ），長岡生真（宮城水技セ）

35, 1-4, 2023

Three specimens of *Jaydia lineata* (Temminck & Schlegel, 1842) (Apogonidae) were collected in May 2023 from Ishinomaki Bay, and were described as the first records of the species from Miyagi Prefecture, northern Japan. T-S diagram in Ishinomaki Bay during 2000 to 2023 suggests that the intrusion of the Kuroshio water (high water temperature and high salinity) to Ishinomaki Bay was strong in 2023, and the strong intrusion of the Kuroshio water likely contribute to the transport of *J. lineata* to Ishinomaki Bay.

黒潮の資源海洋研究

宮城県沿岸域におけるマイワシの来遊と越冬

増田義男（宮城水技セ）・古市　生（東北大院農）

24, 71-76, 2023

近年のマイワシ資源の増加や海水温の上昇に伴い，宮城県沿岸域へのマイワシの来遊量や来遊時期が変化していることから，マイワシの来遊と越冬状況について過去のデータをさかのぼって整理した。さらに，宮城県の定置網で漁獲されるマイワシ未成魚のデータが加入量指標値として利用できるか検討を行った。マイワシの来遊は年代によって異なり，近年の冬春季における来遊は資源の増加と冬春季の水温上昇によって未成魚中心に宮城県沿岸域でも越冬することが明らかとなった。また，宮城県定置網の未成魚越冬群指数CPUE（kg/隻）は，卓越年級群の加入もよくとらえており，未成魚越冬群指数を補う指数として期待できる可能性が示唆された。

養殖ビジネス

高水温時における養殖ギンザケの海水馴致方法の検討　　本庄　美穂（宮城水技セ）

60(13), 38-42, 2023

2018 年に暖水塊の接岸による高水温の影響で宮城県中部海域において、海面搬入直後からギンザケ種苗のへい死が発生した。そこで、海面搬入時の海水馴致を工夫することにより、へい死を防ぐことが

できないかと考え、高水温時における海水馴致方法を検討した。①従来法の３日間区（50%海水 24 時間+85%海水 24 時間）、②簡便区１（50%海水３時間＋85%海水１時間）、③現在の主流に近い簡便区２(50%海水 1 時間)、④海水直接区を設定し、高水温条件で試験したところ、従来の３日間区は生残率が 9 割以上と高く血中ナトリウムイオン濃度は緩やかな上昇で抑えられており、改めて本法の有効性が確認された。次いで生残率が高かったのは簡便区１だが、個体のばらつきが認められる場合があるなど魚へのストレスは高いと考えられた。

養殖ビジネス

新魚種の可能性を探るⅡ ～フジツボ、イガイ、アオリイカ、放流用種苗ほか～

宮城県におけるイガイ養殖の可能性 在来種の強みと期待　　田邉　徹（宮城水技セ）

60（2）、15-18，2023

在来種のイガイについて、これまで開発した種苗生産技術や、今後の展望などについてまとめたもの。

東北底魚研究

仙台湾におけるタチウオの食性

櫻井慎大・時岡　駿（水産機構資源研）・増田義男（宮城水技セ）

43，5-11，2023

近年の仙台湾への急激なタチウオの来遊量増加によって生態系や他の水産資源への影響が懸念されることから，仙台湾におけるタチウオの捕食による生態系および水産資源への影響を把握するための基礎情報の収集を目的として，本種の食性調査を行った。本調査より，仙台湾に回遊するタチウオは他海域と同様にカタクチイワシを中心に捕食しつつ，冷水性魚類のマダラ稚魚やイカナゴ類，小型のイカ類など季節的に出現する生物を日和見的に捕食するといった，仙台湾特有の食性が確認された。

東北底魚研究

宮城県におけるアカムツの漁獲実態

増田義男（宮城水技セ）

43，47-50，2023

宮城県海域におけるアカムツに関する知見はほとんどないことから、宮城県におけるアカムツの水揚げ動向を整理し、漁獲物の特徴等についてとりまとめた。アカムツの水揚量は 2014 年以降年々増加し、2022 年には過去最高の 20.1 トンに達した。近年のアカムツの増加は 2012 年級の貢献が大きく、2012 年級は卓越年級群の可能性がある。2022 年に行った市場調査での体長測定結果から、刺し網では大型のアカムツを狙った操業を行っているものと考えられ、そのうちの一部の漁業者は活〆による高鮮度化を図っていた。このように本県では、近年刺し網による高鮮度化やアカムツ自体の成長に伴う大型化によって，単価と漁獲努力量が上昇して水揚量と水揚金額が増加しているものと考えられた。

東北底魚研究

宮城県海域で漁獲されるユメカサゴの生物特性

三浦瑠菜（宮城水技セ）

43，96-100，2022

宮城県におけるユメカサゴの水揚げは，2018 年以降増加しており，小型底曳網および沖合底曳網漁業における重要性が高くなっていることから，本県における本種の成熟・食性・年齢と成長について明らかにすることを目的とした。

解析の結果，本県底曳網における漁獲の主体は全長 20 cm～23 cm 程度の個体であり，小型個体はエビ類，大型個体は魚類やイカ類を主に摂食する傾向がみられ，成長に伴って食性が変化する可能性が考えられた。また，本研究で用いた全個体が未成熟であったことから，本県海域で産卵を行なっている可能性は低いと考えられた。

Nature of Kagoshima

宮城県から初記録のチョウモドキ

長澤和也（広島大院，水族寄生虫研），岩下誠（水産資源保護協），君島裕介（宮城内水試），北村志乃（水産資源保護協），板垣のぞみ（水産資源保護協）

49,153-157,2023

An ovigerous female of a freshwater fish parasite *Argulus coregoni* Thorell, 1864 was collected in the middle reaches of the Naruse River at Sanbongi-Saida, Osaki, Miyagi Prefecture, northern Honshu, Japan. The female was found on the body surface of one Japanese barbel [*Hemibarbus barbus* (Temminck and Schlegel, 1846)] among 177 individuals composing 69 Japanese barbel, 80 pale chub [*Opsariichthys platypus* (Temminck and Schlegel, 1846)], 16 Japanese dace [*Pseudaspidus hakonensis* (Günther, 1877)], seven pike gudgeon [*Pseudogobio esocinus* (Temminck and Schlegel, 1846)], four ayu [*Plecoglossus altivelis altivelis*(Temminck and Schlegel, 1846)], and one swamp moroko gudgeon [*Gnathopogon elongatus elongatus* (Temminck and Schlegel, 1846)]. These fishes were caught using a cast net on 12 October 2022 and transported alive to a laboratory in Tokyo, where they were examined the next day. Since the female of *A. coregoni* might have detached from a fish and then become attached to a different fish (Japanese barbel) during fish catch and transportation, a wild host in the Naruse River is not determined herein. The present collection of *A. coregoni* represents its first record from Miyagi Prefecture. In northern Honshu, *A. coregoni* has so far been reported from two prefectures (Fukushima and Akita), and Miyagi is the third prefecture where the species occurs. A possible wild host of *A. coregoni* in and near the sampling area is also discussed.

Nature of Kagoshima

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

櫻井慎大（水産機構資源研）・増田義男（宮城水技セ）・時岡　駿（水産機構資源研）・冨樫博幸（水産機構資源研）

50，185-191，2024

Four warm water fish species, *Hime formosana* (Lee and Chao, 1994) (Aulopidae), *Pristigenys refulgens* (Valenciennes, 1862) (Priacanthidae), *Branchiostegus japonicus* (Houttuyn, 1782) (Branchiostegidae) and *Argyrosomus japonicus* (Temminck and Schlegel, 1843) (Sciaenidae) were landed at the Ishinomaki Fish Market, Miyagi Prefecture, northern Japan during September in 2021 to October in 2023 and photographed (specimens not retained). All of these are first records from Miyagi prefecture, as well as these of *H. formosana*, *P. refulgens* and *A. japonicus* represent the northernmost records for these species.

（シンポジウム等）

「宮城県仙台湾におけるイカナゴ当歳魚の不漁要因の探索」
石川哲郎（宮城水技セ）・矢倉浅黄（宮城県庁）・田所和明（水産機構資源研）
令和 5 年度日本水産学会春季大会　2023 年 3 月　オンライン開催

「松島湾における漁場環境の長期変動」
伊藤　博・高津戸啓介・石川哲郎（宮城水技セ）
令和5年度日本水産学会秋季大会　2023年9月　仙台

「仙台湾のイカナゴ当歳魚の食性と餌料環境の推移」
石川哲郎（宮城水技セ）・矢倉浅黄（宮城県庁）・田所和明（水産機構資源研）
令和5年度日本水産学会秋季大会　2023年9月　仙台

「宮城県におけるヤリイカの漁獲と生物特性」
増田義男（宮城水技セ）
令和5年度日本水産学会秋季大会ミニシンポジウム～東北地方太平洋岸におけるヤリイカ研究：近年の研究成果と安定的利用に向けた課題～ 2023年9月　仙台

「孵化日の違いがもたらすヤリイカ繁殖戦術二型」
細野将汰（東大）・増田義男（宮城水技セ）・河村知彦（東大）・岩田容子（東大）
令和5年度日本水産学会秋季大会ミニシンポジウム～東北地方太平洋岸におけるヤリイカ研究：近年の研究成果と安定的利用に向けた課題～ 2023年9月　仙台

「仙台湾・金華山海域における魚種組成の変化」
増田義男（宮城水技セ）
水産海洋学会 第10回東北太平洋岸の水産業と海洋研究集会～東北太平洋岸における気候変動の水産資源への影響と解析手法～ 2023年11月　仙台

宮城県水産研究報告 第 24 号

令和 6 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 日下啓作（水技セ）
委 員　伊藤博（水技セ）上田賢一（水技セ）
永木利幸（水技セ） 佐伯光広（気水試）
柴久喜光郎（内水試）