

令和6年度
兵庫県立農林水産技術総合センター
水産技術センター研究発表会

講演要旨集



令和6年度兵庫県立農林水産技術総合センター水産技術センター
研究発表会プログラム

日時：令和6年9月6日（金）13:30～16:00

場所：兵庫県水産技術センター2階大研修室

13:30 開会

13:40 光合成活性を指標としたノリ色落ち発生予測の検討 . . . 1
肥後 翔太（水産技術センター水産環境部）

14:05 この稚ガニ、漁獲されるのはいつ？ . . . 3
ーベニズワイガニの脱皮と成長を考えるー
岸本 早貴（但馬水産技術センター）

14:30 いかなごの漁獲量を回復させるための提言 . . . 5
かことん 探究いかなご班（県立加古川東高等学校）

14:55 ～休憩～

15:10 フリー配偶体によるワカメの種苗生産 . . . 7
中尾 侑生（南あわじ漁業協同組合4Hクラブ）

15:35 養殖マス類の魚病診断の改良 . . . 9
安信 秀樹（内水面漁業センター）

16:00 閉会

光合成活性を指標としたノリ色落ち発生予測の検討

肥後 翔太（水産技術センター水産環境部）

はじめに

兵庫県の瀬戸内海海域では、冬季の珪藻類の増殖等による栄養塩濃度の低下により、ノリが色落ちし、ノリの生産に悪影響を与えています。被害軽減のためには、色落ち前に刈り取りのタイミングを調整するなどの対策がありますが、そのためには珪藻類の増殖、収束を事前に予測し、ノリの生理状態を把握する必要があります。一方、近年の研究から、野菜や果樹など陸上植物の様々な環境ストレスの指標となる光合成活性を簡便に把握する手法としてパルス変調蛍光光度法（PAM 法）が知られようになりました。しかし、藻類養殖現場で活用された事例はほとんどありません。当センターではモニタリング調査と培養試験において、珪藻類やノリ葉体の光合成活性の指標の 1 つで、最大量子収率を示す F_v/F_m （受けた光エネルギーのうち最大で光合成に使われるエネルギーの割合）の測定により、珪藻類の短期動態予測やノリ葉体の生理状態の把握を試みました。

珪藻類モニタリング調査

播磨灘北西部のノリ漁場周辺 12 定点において、10 月末～3 月に月 3 回の頻度で調査を実施し、 F_v/F_m と植物プランクトンのバイオマスの指標となるクロロフィル *a*濃度を測定しました。11 月下旬～12 月中旬にかけては大型珪藻のコスキノディスクス ワイレシーが大量発生しましたが、12 月下旬以降は小型珪藻のキートセロス属やシュードニッチア属等が優占し、クロロフィル *a*濃度は比較的高い値で推移しました。一方で、 F_v/F_m は 11 月から 1 月中旬までは 0.55～0.64 の比較的高い値を示しましたが、1 月 22 日には 0.49 と低い値を示しました。このことから、1 月 22 日の時点において珪藻類は減少すると予測し、実際に 2 月以降クロロフィル *a*濃度が減少したことが確認されました。

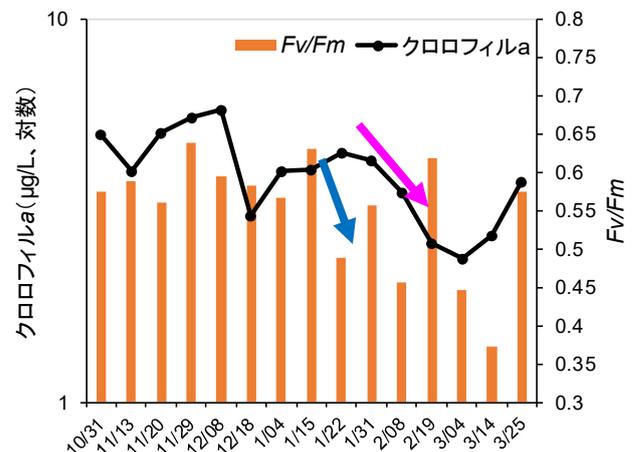


図 1 播磨灘 12 定点における F_v/F_m とクロロフィル *a*濃度の表層平均値の推移

珪藻類培養試験

コスキノディスクス ワイレシーの培養株を用いて、指数増殖期から定常期にかけての細胞密度と F_v/F_m を測定し、増殖段階に応じて F_v/F_m が変動するかを検証しました。指数増殖期には F_v/F_m が 0.60 以上の高い値を示しましたが、9 日目には 0.55 に低下し、この日以降は定常期に移行したことから、 F_v/F_m により定常期への移行を予測することができました。

ノリ葉体モニタリング調査

播磨灘北部のノリ漁場4定点において、12月末～3月にノリ葉体の採集および色調(SPAD値)と F_v/F_m の測定を実施し、 F_v/F_m が早期に色落ちの動態を示す指標となるかを検証しました。沖側の定点(二見西)では、SPAD値は1月中旬から低下し、その後は降雨後に一時的な回復が見られましたが、3月中旬以降は降雨があっても回復せず、最低値の0.4まで低下しました。 F_v/F_m は3月上旬までは比較的高い値を維持しましたが、色調の回復が見られなくなった3月中旬以降は値が低下しました。

ノリ葉体培養試験

窒素を制限した培地(窒素制限区)でノリを培養し、定期的に F_v/F_m とSPAD値、葉体の長さを測定して、 F_v/F_m の値からノリの色落ちを早期に検出できるかを検証しました。窒素制限区において、SPAD値は3日目以降に低下しましたが、 F_v/F_m と葉体の長さはコントロール区とほとんど差がありませんでした。PAM法で測定した F_v/F_m は緑色の色素であるクロロフィルaの蛍光により算出しますが、窒素が欠乏するとノリの赤い補助色素であるフィコエリスリンやフィコシアニン等が分解されて色調が低下し、その後はむしろクロロフィルaを有効に活用して、生長のための細胞分裂を行っていた可能性が考えられます。

また、窒素制限区において、SPAD値が大きく低下した4日目と F_v/F_m が低下した9日目の測定後に窒素源(NaNO_3)を添加すると、4日目に添加した試験区では、SPAD値は2日後には大きく上昇しましたが、9日目に添加した試験区では、3日後に上昇しました。 F_v/F_m が低下したときは、クロロフィルaの損傷が大きく、栄養塩の供給があっても色調の回復が遅れると考えられます。これはモニタリング調査において、3月中下旬に F_v/F_m が低下して以降に色調回復が確認されなかったこととも一致しました。

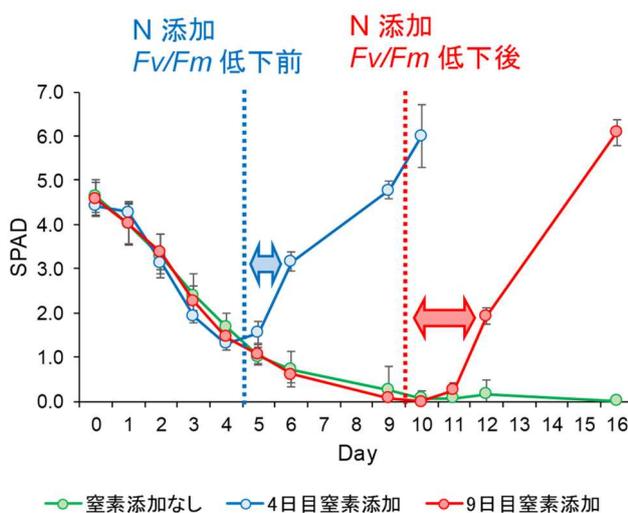


図2 窒素制限区における4日目(青)および9日目(赤)窒素添加時のSPAD値の推移

おわりに

珪藻類の増殖は種組成や気候の変化にも影響を受けますが、光合成活性の値が増殖ポテンシャルの1つの指標として活用できる可能性があります。また、ノリ葉体の色落ち予測については、色落ち発生時には難しい結果でありましたが、降雨時の色調回復速度やノリ網交換・漁期終期の目安として利用できる可能性があります。いずれも複数年の調査により検証を継続していきます。

この稚ガニ、漁獲されるのはいつ？ —ベニズワイガニの脱皮と成長を考える—

岸本 早貴（但馬水産技術センター）

はじめに

ベニズワイガニは、日本海でかにかご漁業により漁獲される重要な漁業対象種です。兵庫県では年間 2,000 t 近くが水揚げされ、観光資源の 1 つとしても定着しています。



図 1 ベニズワイガニ

但馬地区で魚種別漁獲量 2 位（2022 年）を誇るベニズワイガニですが、実はその生態は未だ解明されていない部分が多く、資源動向の予測が難しいとされています。精度の高い資源評価を行うには、年齢と成長の関係が不可欠であり、脱皮により成長する甲殻類では、脱皮 1 回あたりの成長量とその間隔を明らかにする必要があります。

今回、これまで知見がなかった但馬沖における本種の脱皮と成長について、調査船たじまを用いた各種調査データ（2011 年 5 月～2024 年 6 月）から検討した結果を発表します。

脱皮齢期と甲幅

甲殻類では成長の表現方法の 1 つとして「脱皮齢期」が用いられます。これは浮遊生活を経て海底に着底した稚ガニを 1 齢とし、以後脱皮回数を加算したものです。

桁網、かにかご及びトロール調査で採集されたベニズワイガニ雄の甲幅を測定し、齢期別平均サイズを推定しました。五利江¹⁾に従い甲幅組成を齢期毎に分解したところ、図 2 の様になりました。

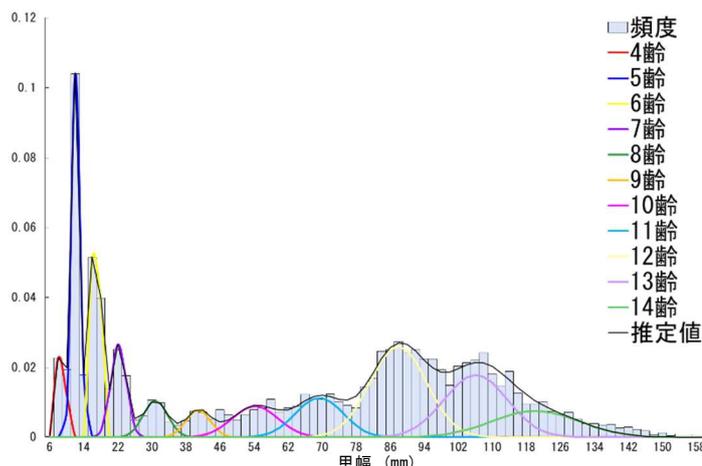


図 2 甲幅組成から推定した脱皮齢

今回得られた但馬沖ベニズワイガニ雄の脱皮齢期と甲幅の関係を、富山湾での研究結果²⁾と共に表 1 に示します。これによると図 2 中の最も若いカニは 4 齢であると考えられ、富山湾と比較すると、13 齢を除き但馬沖の個体の平均甲幅はやや小さいことが分かりました。また本研究で初めて 14 齢の平均甲幅を提示しました。

表 1 脱皮齢期と平均甲幅 (mm)

齢期	本研究	富山湾
3		6.3
4	8.7	9.1
5	12.2	12.9
6	16.9	18.0
7	22.1	25.5
8	30.8	34.1
9	40.9	44.6
10	54.2	58.3
11	69.4	74.0
12	87.9	88.3
13	106.2	105.8
14	120.2	

以上から、但馬沖で漁獲可能となる 90mm に達するには、着底してから少なくとも 11 回の脱皮が必要 (=12 齢) であることが分かりました。

脱皮時期

水深 1,000～1,100m での桁網調査で採集された個体の甲羅の状態から、若齢ベニズワイガニ雄の脱皮時期を推定しました。調査時期別の甲羅の状態を割合で図 3 に示します。

「二皮前」、「二皮」が脱皮直前、「軟甲」が脱皮直後、「間期」がその兆候がない状態とし、「二皮前」、「二皮」及び「軟甲」の割合が高い時期が脱皮盛期であると推察しました。

その結果、但馬沖の本種雄4～7齢では、齢期に対応して秋、冬～春、夏～秋、及び夏～秋に脱皮盛期があると考えられました。富山湾の飼育実験では、同齢期の脱皮盛期はそれぞれ8～9月、3～4月、10～翌1月、及び8～9月であるとされ、この結果は、富山湾の自然環境下における推定値として差し支えないと結論付けられています。³⁾富山湾の結果と比較すると、5、6齢で若干の相違があるものの、当海域でも概ね同じ時期に脱皮している可能性が示唆されました。

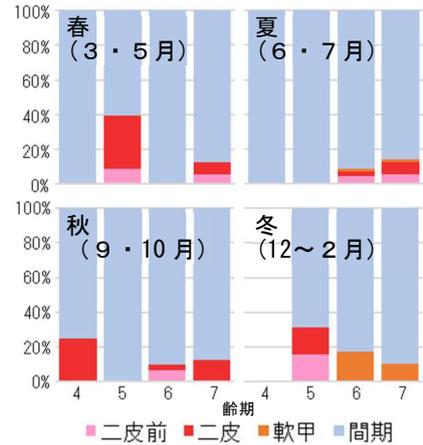


図3 時期別齢期別の甲羅の状態

この稚ガニ、漁獲されるのは…

2022年5～6月に行った桁網調査で、甲幅16.0～19.9mmのベニズワイガニ雄が大量に入網しました(図4)。これらは甲幅から、6齢又は7齢の個体であると考えられます。上記の結果を用い、これらの稚ガニが何年後に漁獲可能となるかを考えてみます。

これまでの結果から、脱皮間隔を富山湾での飼育実験に基づく結果と同じであると仮定した場合の、但馬沖におけるベニズワイガニ雄の脱皮成長様式を推定しました(図5)。図5から、上記の稚ガニが甲幅90mmに達するには5～6年かかる、則ち、2027～2028年には漁獲可能になると予想する事が出来ます。

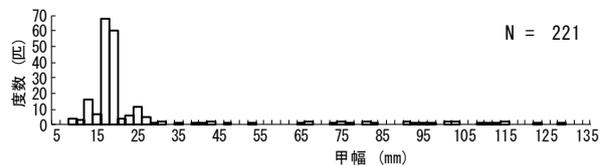


図4 ベニズワイガニ雄甲幅組成

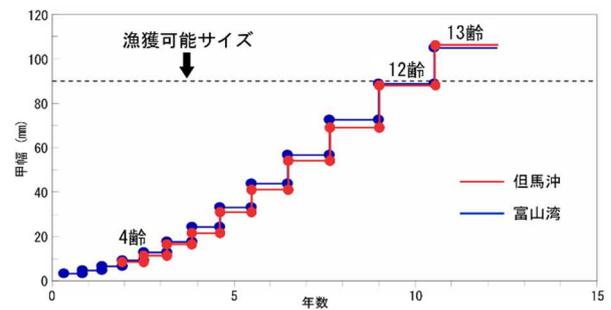


図5 脱皮成長様式 (前田⁴⁾に加筆)

おわりに

今回は、新たに得られた脱皮齢期と甲幅の関係を富山湾の成長様式に当てはめることで但馬沖の稚ガニの成長を追いました。今後は引き続き脱皮に関するデータの蓄積及び解析を行うと共に、年齢の概念を組み込んだ検討を行うことで、但馬沖のベニズワイガニについてその脱皮・成長関係を解明し、ひいては、より精度の高い資源量推定の一助となるよう努めていきます。

引用文献

- 1) 五利江重昭. MS-Excel を用いた混合正規分布のパラメータ推定. 水産増殖 2002; **50**(2): 243-249.
- 2) 前田経雄, 内山 勇. 甲幅組成から推定された富山湾におけるベニズワイガニ雄の成長. 日本水産学会誌 2022; **88**(5): 386-395.
- 3) 前田経雄. 海洋深層水を用いた飼育下における若齢ベニズワイの脱皮の季節性. 水産増殖 2015; **63**(1): 105-112.
- 4) 前田経雄. 富山湾に棲むベニズワイの成長を探る. 富山県農林水産総合技術センター研究成果集, 富山県農林水産総合技術センター, 富山. 2009; 16-17.

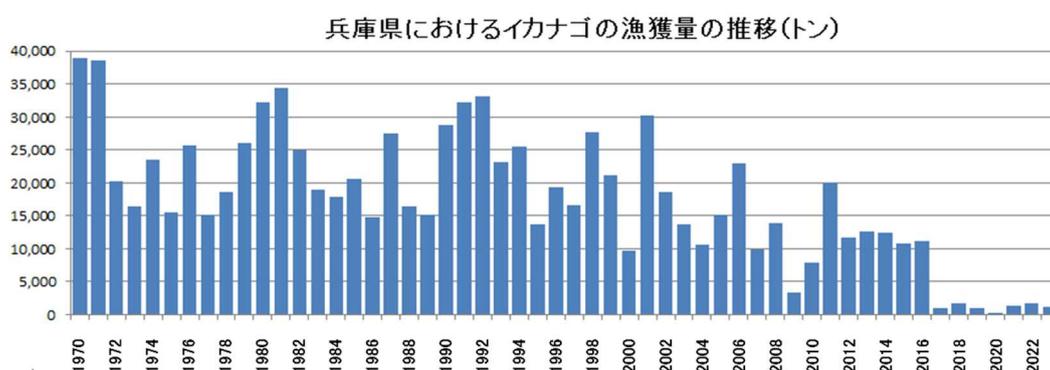
いかなごの漁獲量を回復させるための提言

かことん 探究いかなご班（県立加古川東高等学校）

井谷 紗季子 長田 風花 阪上 友里 扶川 智哉 向井 利旺

研究の動機、目的

地域の伝統料理である「いかなごのくぎ煮」を守りたいと思っているが、現在いかなごの漁獲量は減少している。SDGsの目標の一つである「海の豊かさを守る」とは、単に海を綺麗にすることだと思っていたが、いかなごの減少の要因が、海がきれいになりすぎていることだと知り、考察してみようと思った。



仮説、予備調査

いかなご減少の原因について、事前に先行研究論文や海上保安庁、環境省のホームページ、兵庫県水産技術センター、明石浦漁業協同組合の方々からのお話をもとに調査した結果、播磨灘における変化として、以下の7つの事実が明らかになった。

- ① 播磨灘における潮流の方向や速さの変化
- ② 播磨灘における水温の変化
- ③ いかなごの餌となるカイアシ類の量の変化
- ④ 栄養塩濃度の変化
- ⑤ いかなごを漁獲する漁業者の減少
- ⑥ 漁法の変化
- ⑦ 耕地面積の減少による栄養塩流入量の減少

これらのうち、水温の上昇とカイアシ類の量の変化、栄養塩の減少、耕地面積の減少が、いかなごの減少に繋がると考えられる。特にカイアシ類の量の変化と栄養塩の減少という相関から、その生息に栄養塩を必要とする植物プランクトンの減少が、動物プランクトンであるカイアシ類の減少に繋がり、カイアシ類の減少がいかなごの減少に繋がると考えた。もちろん、いかなごの減少には、水温の上昇や耕地面積の減少も関係があると思われるが、私たちが調べられる範囲で、かつコントロールしやすい栄養塩濃度を上昇させることを目標に、栄養塩濃度を

上昇させる活動の実施期間と費用、効果を算出し、その効果を比較した。

本調査(播磨灘の栄養塩濃度上昇に向けた活動の比較)

先行研究や兵庫県水産技術センター、明石浦漁業協同組合、兵庫県東播磨県民局の方からのお話をもとに以下の5つについて比較した。

	費用	期間	効果
①窒素濃度管理運転	増額になることはない	11月～翌年4月	窒素濃度管理運転により生物量が増えたという漁師さんの声はある
②植林	初期費用約800万円/ha+初期の管理費(一年間)約33万円/ha 中期～伐採まで(一年間)約65万円/ha	50年以上成長すると建築用資材として伐採される	栄養塩濃度の増加が見込まれるが河川から流れ出る栄養塩の量を植林では大幅に増加させるのが難しい
③かいぼり	数十万円	半日程度	現時点で漁場への栄養塩到達は河口付近のみ、効果の及ぶ期間は短い
④施肥	硫酸アンモニウムの単価 68円/kg,	長期的	いかなごに影響するまでかなりの時間がかかる
⑤海底耕耘	船の燃料代、耕耘桁の購入費	播磨灘全域(3,426km ²)をするならば約1年	すぐに効果が出る。海底耕耘を行った海域は貝類、ゴカイ類などの生物資源量は増加している

考察、まとめ

予備調査より、播磨灘の潮流の変化はいかなごの漁獲量との関連が薄いと推察されるが、水温の上昇と栄養塩濃度の低下によるいかなごの餌となるカイアシ類の減少が関わっていると考察された。

本調査より5つの栄養塩濃度を増加させる方法について比較・検討したが、かいぼりは効果が薄く、残る4つの方法も膨大な時間や費用がかかる。その中で、窒素濃度管理運転と海底耕耘は比較的安価で実施できる対策であった。行政からは窒素濃度管理運転を、民間からは海底耕耘を中心に活動し、さらに行政・民間共同で森林・田畑管理等を長期的に行うことで持続的に播磨灘の栄養塩濃度を上昇させることができると考えられる。

今後の展望

今、水産技術センターの方にこの試算結果を報告し、研究の成果を様々な外部の機関に発表している。現在、兵庫県は播磨灘の栄養塩濃度を上昇させる活動を行っているが、まだまだ始まったばかりである。これから更に多角的に漁獲量減少の原因を調べ、費用と効果のバランスを考えながら、民間と行政が協力して播磨灘の豊かさを守る活動を活発化させていくことが望まれる。

フリー配偶体によるワカメの種苗生産

中尾 侑生（南あわじ漁業協同組合 4 Hクラブ）

地域及び漁業の概要

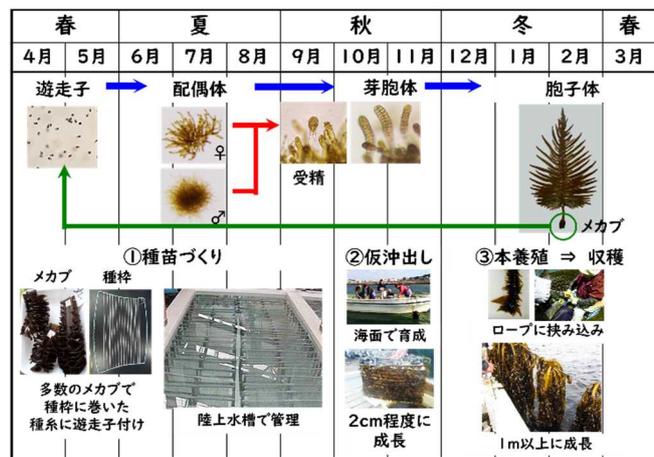
私の住む南あわじ市は兵庫県の最南端に位置し、新鮮な魚介類が年間通じて多く水揚げされるほか、淡路島玉ねぎやレタス、淡路島牛乳、淡路島ビーフなども生産されています。

南あわじ漁協は丸山地区にあり、ワカメ養殖が盛んに行われています。兵庫県の養殖ワカメ生産量は全国4位で、その内の8割近くは丸山地区で生産しています。

研究・実践活動取組課題選定の動機

ワカメの生活史には「配偶体期」と「孢子体期」があり、その養殖工程は①種苗づくり、②仮沖出し、③本養殖の3工程から成っています（右図）。

丸山地区では、これまで②の仮沖出しの工程を終えた種枠約2,000枚を種苗業者から購入してきましたが、平成22年頃から夏季の気温が上昇し、それに伴って陸上水槽の水温も上昇するようになりました。その結果、種苗不足が深刻化し、価格も高騰



ワカメの生活史と養殖工程

しました。このような状況から、今後のワカメ養殖に対して重大な危機感を持つようになり、フリー配偶体を用いた種苗生産に取り組むことを決断しました。

研究・実践活動及び成果

フリー配偶体を用いた種苗生産には、①遊走子の採取と培養、②雌雄配偶体の選別、③配偶体の大量培養、④配偶体の細断、種枠の浸漬、静置培養、⑤通気培養、⑥仮沖出しの6つの工程があります。

水技センターや県民局の協力のもと、フリー配偶体による種苗生産に取り組んだ結果、平成28年度には種枠600枚を本養殖に使用することができました。また、成長が早く、肉厚で重量がある「NW-1」の生産にも成功しました。平成29年度以降も「NW-1」の生産を継続しましたが、本養殖に使用できた種枠数、成功率とも年々減少しました。原因は、長年に渡る培養で配偶体の成熟能力が徐々に低下したことに加え、角型水槽は配偶体の受精・発芽に必要な光量が不足しているのではないかと考えられました。

まず、配偶体の成熟能力が年々低下する問題に対して、毎年、新しいワカメから得た配偶体

を培養し、種苗生産にはよく成熟したものから優先的に使用することにしました。角型水槽は配偶体の受精・発芽に必要な光量が不足している問題に対しては、透明な 35L のアクリル水槽に種枠 1 枚を投入することにしました。

このように生産方法を改良したところ、令和 3 年度には生育が良いものは生産開始から 21 日目で仮沖出しが可能になりました。10 月 20 日頃に仮沖出したところ、ほとんどの幼葉が消失し、茎のみが残存していたことから、アイゴ 0 歳魚による食害ではないかと考えられました。対策として、海水温の降下を待って仮沖出しするとともに、種枠をトリカルネットで覆い、幼葉を保護することにしました。

令和 4 年度は 11 月 10 日前後まで仮沖出しの開始を遅らせましたが、トリカルネットで覆っていない種枠はクロダイやウマヅラハギによる食害が確認されました。一方、覆った種枠は食害が認められず、種枠 120 枚を本養殖に使用することができ、成功率は 60.0%まで回復しました。令和 5 年度には、213 枚を本養殖に使用することができ、成功率は 63.2%まで上昇しました。

まとめ

今回紹介した、改良を加えた種苗生産方法は、「少ない配偶体で、遅くとも 1 ヶ月以内に生産が終了する」、極めて効率的な種苗生産を実現しました。また、仮沖出し中の食害対策として種枠をトリカルネットで覆う方法は、クロダイやウマヅラハギの食害“0”を実現しました。目が 2.5cm であるため、アイゴやメジナにも有効であると思われます。

今後の課題

現状では種苗生産の成功率は 60%程度です。その原因は新しいワカメから得た配偶体でも成熟しないものが存在するとともに、長年に渡って培養し続けると成熟能力が徐々に低下するためです。このような配偶体でも成熟させることができれば、種苗生産成功率の上昇や、「NW-1」のような良質なワカメを長年に渡って生産することが可能になり、種苗自給率の向上や丸山産ワカメのブランド化に繋がります。

最後に、我々は、当初、種苗不足を解消するために、フリー配偶体による種苗生産に取り組んできましたが、オスとメスの配偶体を上手く交配させれば、種苗業者から購入したワカメより良質なワカメができることが分かりました。

今後も、水技センターや、県民局の協力のもと、この技術をさらに向上させ、丸山独自のワカメづくりを目指して行きたいと考えています。

養殖マス類の魚病診断の改良

安信 秀樹（内水面漁業センター）

県内（県北部が多い）ではニジマス、アマゴなどのマス類が養殖されています。人でも時々病気になりますが、魚も時には病気になります。病気の種類はウイルス性、細菌性、寄生虫性、真菌性疾患などがあります。細菌、寄生虫、真菌については顕微鏡で見ることができますが、ウイルスは見えないので、診断に際してはウイルスも必ず同時に検査します。また、マス類に関してはウイルスと細菌の混合感染、なかでも、ウイルス性疾病の IHN（伝染性造血器壊死症）と細菌性疾病の冷水病の二種類の病原体の混合感染が全国的にも非常に多いのが特徴です。病気の診断は原則病原体を培養して行っていますが、困ったことに IHN ウイルス、冷水病菌は培養に少なくとも3日以上かかります。そこで、早く診断結果を得られるように、近年の魚病診断では病原体の設計図である DNA や RNA（これらを核酸といいます）の特徴から病原体を特定する方法を用いています（DNA なら PCR 法、RNA なら RT-PCR 法[※]）。

※RT-PCR: 通常の PCR は DNA をたくさんコピーする方法で、細菌の DNA を調べるときに使用しますが、RT-PCR は RNA を最初に DNA に変えてから（RT:逆転写）、その DNA をたくさんコピーする方法で RNA ウイルスの存在を調べるときに使用します。

その際、困ったことが起こります。IHN ウイルスの設計図は RNA、冷水病菌の設計図は DNA なので臓器からの抽出方法が異なるのです（細菌の設計図はすべて DNA）。従来の方法では RNA の抽出に 30~40 分、DNA の抽出に 60 分程度かかり、また、別々に抽出処理しないとイケません。その後、設計図を増幅させるために温度を上下させる機械にかける必要がありますが、IHN ウイルスと冷水病菌では温度を上下させる設定が異なるので、1 台で 2 回するか（100+140 分）、同時にしたいなら 2 台の機械が必要です（140 分）。また、その反応液から設計図を見つけるための電気泳動は染色も含めて 60 分かかります。病原体を培養する作業をしながら、核酸 2 種類（DNA、RNA）を抽出して結果を出すのは大変でした。そこで、IHN ウイルスと冷水病菌の混合感染が疑われる検体の検査時間の大幅な時間短縮を目指すことを目的として、実験に取り組みました。具体的には、短時間で核酸が抽出できる簡易核酸抽出試薬を用い、1 回の RT-PCR で IHN ウイルス（RNA）と冷水病菌（DNA）の両方を同時に検出する方法を検討しました。販売されている簡易核酸抽出試薬は DNA 抽出試薬ですが、簡易なので RNA も混じることがメーカーから報告されています。核酸抽出にかかる時間はおよそ 15 分！簡易核酸抽出試薬が冷水病菌の DNA と IHN ウイルスの RNA の検出に使えるのかを通常の方法（冷水病菌 DNA は PCR、IHN ウイルスの RNA は RT-PCR）で確認したところ、冷水病菌の DNA はこれまでの DNA 抽出法（Qiagen）とあ

まり変わらずに検出できました(図1)。しかし、IHN ウイルスの RNA はこれまでの RNA 抽出法 (Trizol) では検出できましたが、簡易核酸抽出試薬では IHN ウイルスの RNA は確認できませんでした(図1)。そこで、高感度で特異性のあるリアルタイム PCR*で RT-PCR したところ検出できるようになりました(図2)。

※リアルタイム PCR : DNA をコピーしながらコピー量をリアルタイムで調べる方法で、電気泳動は必要ありません。

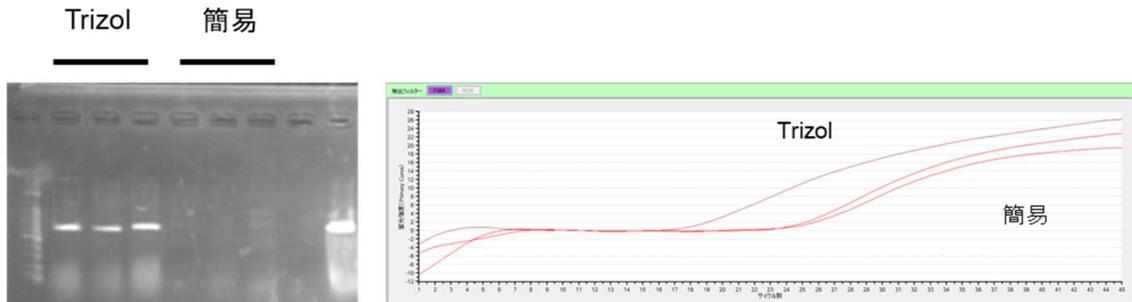


図1 RNA専用抽出液と簡易液のPCR結果

図2 RNA専用抽出液と簡易液のqPCR検査結果

RT-PCR は通常 RNA を検出する方法で、最初に RNA から DNA に逆転写する反応があるので、冷水病菌の DNA を最初から入れて大丈夫かと考えましたが、RT-PCR でも冷水病菌の DNA は増幅されました。その結果、簡易核酸抽出試薬で抽出した核酸粗抽出液を、1回のリアルタイム PCR による RT-PCR で IHN ウイルスと冷水病菌が同時に検出できるようになりました(図3)。

この方法を用いると・・・

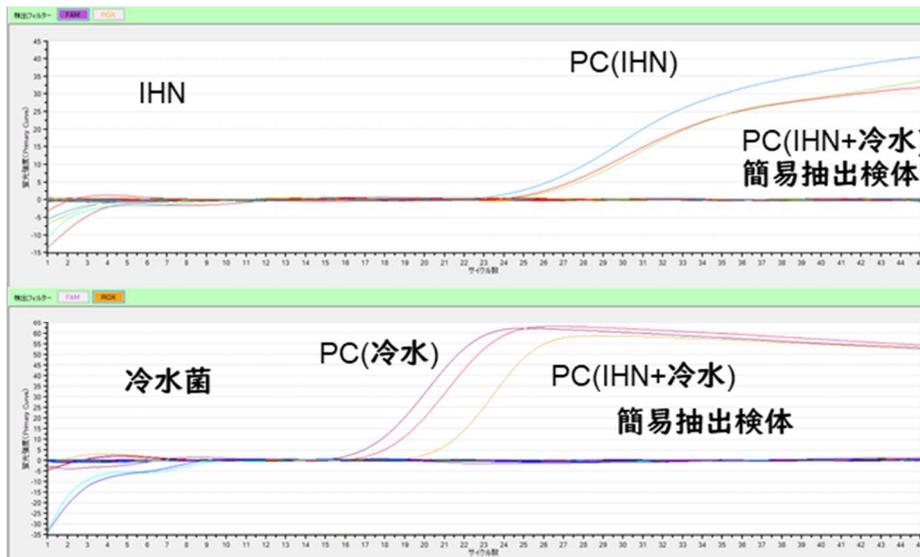


図3 簡易液のIHNウイルス、冷水菌同時検出結果

検体搬入後、エラの顕微鏡観察、脾臓の塗抹標本の顕微鏡観察、細菌分離、ウイルス培養作業、核酸抽出して反応液に接種後、リアルタイム PCR 機械にかけたら、およそ90分後には検査結果が出るの

で、検査当日もしくは翌日朝一で養殖業者さんに速報できるようになりました。