

(8) イワガキ養殖技術開発

原 誠二・上奥 秀樹

1 目的

イワガキ *Crassostrea nippona* はイタボガキ科に分類される二枚貝であり、北海道南部から九州までの日本各地に分布する。マガキ *Crassostrea gigas* と同様に冬期に栄養物質を結合組織に蓄えて身入りするが、イワガキは夏の産卵期でも結合組織の一部に貯蔵物質を維持する。加えて、季節風が厳しく冬期に漁獲することが難しい日本海沿岸の漁業事情と重なり、夏期に食用とされている¹⁾。漁家民宿や居酒屋などで利用されており、近年需要が高まっているが、福井県におけるイワガキの天然資源量は減少傾向である。そこでイワガキ需要に応えるために、種苗生産技術の開発および県内海域での成長把握を行い、養殖技術を開発することを目的とした。

また、一般的にイワガキ養殖では出荷までに3年間の育成期間を要する。より早く成長させ、養殖期間を短縮させるために、早期産卵種苗と、高成長種苗の生産技術の開発を目指した。

2 方法

1) 種苗生産技術開発

(1) 採卵・採精、孵化

福井県栽培漁業センターで生産したイワガキを親貝として使用した。令和4年7～11月にかけて計6回、切開法の後には生殖腺を海水中にて揉みほぐして採卵・採精を行った。媒精に使用する親貝は、個体の軟体部重量、輸精管または輸卵管の形成具合、卵または精子の量、卵の形状、精子の運動性から判断して決定した。卵は、採卵後1時間海水中に静置した後に媒精に用いた。媒精は、1つの卵の周囲に精子が20～30個程度付着する割合で行った。媒精の10分後に20μm目合いのネットを用いて洗卵を行った。1回次～4回次採卵では、その後20L水槽内に受精卵を静置し、媒精5～7時間後に浮上したトロコフォア幼生を回収し、2～3個体/mLの密度で1tパンライト水槽に収容した。5回次採卵では、洗卵後の受精卵5000万粒を1tパンライト水槽に収容し、翌日にD型幼生を回収した後に、2～3個体/mLの密度で1tパンライト水槽に再度収容した。なお、5回次採卵時の方法は、鹿児島県の報告を参考とした²⁾。

(2) 浮遊幼生飼育

イワガキ幼生の基本的な飼育条件を表1に示す。主に島根県水産技術センターの報告による種苗生産方法³⁾を参考とした。日毎の測定として、ライトを照射しながら目視での幼生の確認、柱状サンプリング後の幼生数計数、殻長の測定、フックスローゼンタール血球計数盤C-Chip DHC-F01 (NanoEntek) を用いた残餌量の計数を行った。

(3) 採苗、稚貝飼育

殻長が300μm前後となり、眼点が出現した状態の幼生を付着期幼生と呼ぶ。水槽内の浮遊幼生のうち、付着期幼生の割合が30%に達した後に採苗を開始した。採苗器には、中央部に12mmの穴を開けたホタテ貝殻、またはシングルシード養殖用の樹脂製採苗器トレール((株)中村化学工業)を用いた。35枚のホタテ貝殻または樹脂製採苗器の穴に、長さ約3mのロープを通したものを採苗器の連とした。なお、ホタテ貝殻に関しては貝殻同士の間隔が20mmとなるように間にプラスチックスペーサーを入れた。この採苗器の連を1t水槽当たり約40連設置することで、付着

期幼生を採苗した。採苗は浮遊幼生がほとんど目視できなくなるまで行い、その後、付着した稚貝の平均殻高が 1mm 以上になるまで水槽内で飼育した。これらの期間中も給餌、換水は浮遊幼生飼育時と同様の条件で行った。

表 1 イワギキ浮遊幼生の基本的な飼育条件

飼育水	電解水
海水濃度	80%海水
水温	エアコンにより約 25℃へ調整
換水	飼育回次によって異なり、2~3 日に 1 度・半量換水もしくは全量換水 換水用プランクトンネットの目合いは 40μm もしくは 60μm
餌料	<i>Chaetoceros calcitrans</i> (1 億 cells/mL) ((株) ヤンマーマリンファーム) <i>Chaetoceros gracilis</i> (1 億 cells/mL) ((株) ヤンマーマリンファーム) 幼生の殻長が 120μm を超えるまでは <i>C. calsitrans</i> のみを給餌
給餌頻度	成長に応じて 1~3 回/日
給餌量	成長と残餌量に応じて 60mL~500mL/t・日
飼育期間	幼生の眼点出現率が 30%以上となるまで (一般的に日齢 20)

(4) 沖出し、海上飼育

平均殻高が 1mm 以上となった後に、福井県海洋資源研究センターの生簀へ沖出しを行った。その後は、無給餌で飼育を行った。この際、定期的にヒラムシによる食害が発生していないか観察を行った。ヒラムシを発見した場合には淡水浴を行なうが、今年度はヒラムシによる食害は見られなかったため、実施しなかった。

2) 養殖試験

人工生産種苗を用いて福井県内にて養殖が可能かどうか検証するために養殖試験を行った。令和元年度に生産したホタテ殻種苗を、令和 2 年 4 月 15 日に図 1 に示す県内の 9 地点に垂下し、約 3 カ月毎に殻高の測定を行った。加えて、令和 4 年 6~7 月の測定時には、重量を測定した。

9 地点の内訳としては、二州地区からは敦賀市の浦底(福井県海洋資源研究センター)と沓、美浜町の日向、若狭町の世久見とし、若狭地区からは小浜市の阿納と仏谷、高浜町の和田と小黑飯と神野浦とした。

また、養殖方法による成長の違いを検証するために、浦底にてホタテ垂下式、網カゴ(シングルシード)、BST 社製バスケット(シングルシード)の形式でそれぞれ飼育し、同様の測定を行った。



図 1 養殖試験により定期的に殻高を測定した海域

3) 早期採卵技術開発

先行研究において、5～6月から水温 25℃の加温飼育を約2週間行うことにより放卵・放精を誘導できることが確認されている⁴⁾。より早い時期の冬～春に採卵するために、水温 20℃による肥育期間を設けた後に、2週間 25℃で飼育することによって成熟の誘導を目指した。

令和4年2月4日から、殻付き重量 126～193g（殻高 90～107mm）のイワガキを用いて、水槽内での飼育を開始した。ヒーターにより、1日につき 2℃ずつ、20℃に達するまで飼育水槽内の水温を上昇させた。20℃での肥育期間は実験区ごとに 20、30、40、50 日とし、肥育期間を終えた個体群から 25℃で2週間飼育（成熟誘導）した。その後、軟体部重量と生殖巣指数（GSI）を測定した。GSI の算出方法は、イワガキによる先行研究に準拠した^{5,6)}。また、イニシャルコントロール（2月4日）区、肥育のみを行い成熟誘導を行わない区、加温を行わない対照区（試験中の水温は 10～15℃であった）についても、それぞれ同様の測定を行った。個体数は実験区ごとに 10 個体使用した。試験中の餌として、イワガキ 1 個体に対して *Chaetoceros calcitrans* と *Chaetoceros gracilis* を合計 50 億 cells/day 与え、海水は 2 日に 1 度換水した。

4) 三倍体化技術開発

マガキにおいては、第一極体放出後から第二極体放出が起こるまでの 10 分間（媒精後 15 分～25 分）を 32℃の高水温かつ 10mM カフェインに曝すことで第二極体の放出を阻止し、効率的に三倍体を作成する手法が確立されている⁷⁾。イワガキは媒精後 18 分で第一極体を放出し、24 分後に第二極体を放出することが調べられているため¹⁾、マガキと同様に、10mM カフェインを溶解した 32℃の海水に媒精後 18 分～24 分の 8 分間浸漬することで倍化处理を施した。採卵や幼生飼育等は、前述の種苗生産技術開発の項と同様の方法で行った。三倍体化率の検証用サンプルとして、孵化後 5 日の幼生をカルノア液で固定後、-30℃で保管した。

3 結果及び考察

1) 種苗生産技術開発

(1) 採卵・採精、孵化

令和4年7～11月にかけて計6回、採卵・採精を実施した。採卵・採精日と孵化率、幼生収容数について表2に示す。一般的なイワガキの産卵時期を過ぎている11月であっても、卵・精子の採集が可能であることが確認できた。しかし10～11月の時期には、輸精管を形成しているオス個体は見られた一方、輸卵管を形成しているメス個体は見られなくなり、親として良い状態ではないと推測された。

表2 採卵結果

採卵 回次	採卵 日	卵数 (万粒)	収容した孵化幼生数 (万個体)	収容槽数
1	7/12	-	2,400	10
2	8/17	9,975	1,500	10
3	8/31	100,000	1,200	7
4	9/30	40,000	2,284	9
5	10/7	33,500	1,500	6
6	11/2	8,000	750	3

（２）浮遊幼生飼育

浮遊幼生の付着期幼生までの飼育結果を表３に示す。給餌量と残餌の管理、換水頻度の条件が不適切だったために水質の悪化を招き、ビブリオ症様の症状がみられて斃死するケースが多く、十分な生残数を得ることができなかった。

表３ 浮遊幼生飼育結果

採卵 回次	採卵日	収容幼生数 (万個体)	付着期幼生数 (万個体)	採苗槽数 (槽)	生残率	備考
1	7/12	2,400	0	0	0.0%	日齢 22 で中断
2	8/17	1,500	120	2	8.0%	日齢 23～27 から採苗開始
3	8/31	1,200	800	6	66.7%	日齢 18～20 から採苗開始
4	9/28	2,284	250	3	10.9%	日齢 28 から採苗開始
5	10/7	1,500	210	3	14.0%	日齢 24 から採苗開始
6	11/2	750	80	2	10.7%	日齢 19～26 から採苗開始
合計		9,634	1,460	16	15.2%	

（３）採苗、稚貝飼育

付着期幼生に対して採苗を行った結果を表４に示す。２回次から５回次まで、採苗率が非常に低い結果となった。この際には、水槽の底面に付着するような個体も少なかった。原因として、眼点の判別が不正確であったために採苗器を投入するタイミングが早く、水質悪化を招き成長停滞や不調となり斃死してしまった可能性がある。

（４）沖出し、海上飼育

付着稚貝を沖出しした結果を表４に示す。また、令和５年４月に県内の各養殖地へ配布した、イワガキ種苗の数を表５に示す。希望数を大きく下回る配布数となり、安定した生産技術の確立が求められる。

表４ 採苗、沖出しの結果

採卵 回次	採苗 開始日	供試幼生数 (万個体)	付着稚貝数 (万個体)	採苗率	沖出し日	沖出し時の 平均殻高(mm)
2	9/9～9/13	120	0	0.0%	-	
3	9/15～9/18	800	0	0.0%	-	
4	10/28	250	0.37	0.1%	12/20	5.25
5	10/31	210	0.3	0.1%	12/20	5.25
6	11/21～11/28	80	1.4	1.8%	12/20	3.00
合計		1,460	2.1	0.1%		

表5 令和4年度に生産したイワガキ種苗の配布数

	希望種苗数 (個体)	配布数 (個体)	配布地点数
ホタテ	51,150	7,200	-
トレール	10,350	3,026	-
合計	61,500	10,226	33

2) 養殖試験

各地点における殻高の推移を図2に示す。令和4年6～7月時点の平均殻高は100～120mmとなり、いずれの地区においても100mmを超えた。これらの値は、過去の京都府の報告（3年後の7月時点でおおむね殻高97～130mm）¹⁰⁾と比較しても遜色ない値であり、福井県においても養殖イワガキが十分に成長すると推測される。加えて、図1で示したように地点ごとの環境を内海か外海で区別すると、内海の地点（浦底、沓、仏谷、和田、神野浦）は、外海の地点よりも成長が良い傾向にある。このことから、内海の方が外海よりも餌料が多く、イワガキの生育に適した環境である可能性が示された。次に、令和4年6～7月にホタテから剥離した後のイワガキの重量についての結果を図3に示す。内海と外海とで比較すると、内海の地区の方が外海の地区よりも重量や身入りが高い傾向があった。一般的にイワガキの生育に適した条件として、植物プランクトンが豊富であることと、波浪の影響が小さいという点が知られており、内海の方が早期出荷に適した海域であると推測される。これらの値について、島根でブランド化が進められている「隠岐のいわがき」を例に挙げて比較すると、隠岐のいわがきでは規格として、身入りが概ね15%以上であることと、殻付き重量として200g以上であることが定められている。そのため、福井県での養殖試験で得られた今回の結果から、半数以上の地区で隠岐のいわがきの規格に適合し、種苗生産から約3年で商品サイズに達することができると示された。測定を行った全地区の個体における殻付き重量の分布を図4に示す。割合として、200～250gの個体が最も多かった。また、この試験におけるイワガキの生残率を図5に示す。いずれの地区においても60%以上の生残率となった。生残率が増加して100%を超える値が得られる地区も存在しているが、これは採苗器に天然のイワガキが付着したことによって個体数が増加したためだと推測している。そのため、前述の結果についても、付着した天然個体が影響を与えている可能性があることに注意すべきである。

続いて、浦底で実施した養殖方法ごとの成長についての結果を図6に示し、令和4年7月時点での重量についての結果を図7に示す。いずれの方法でも平均殻高は100mmを超えたが、値が高い順にホタテ垂下式、網カゴ、BSTバスケット（30個収容）、BSTバスケット（100個収容）となった。BSTバスケットへの収容数として、30個に比べて100個は数が多すぎるために成長が悪かったと推測される。網カゴは殻付き重量が高い一方で、軟体部重量が低いために身入りは最も低い値となった。バスケットでは、イワガキが転がることで殻が削れて丸みを帯びた形状となり、その効果として殻付き重量に比して身入りが良くなったと推測される。今回の試験では、ホタテ垂下式が最も良い結果となったが、シングルシード養殖はカゴの清掃・交換の有無により成長や身入りが大きく左右されることが知られている。今回の試験ではカゴやバスケットの付着物が多い状態が続いていたことが結果にも影響していると推測しているため、適切な手入れを行なうことにより成長が促進される可能性がある。

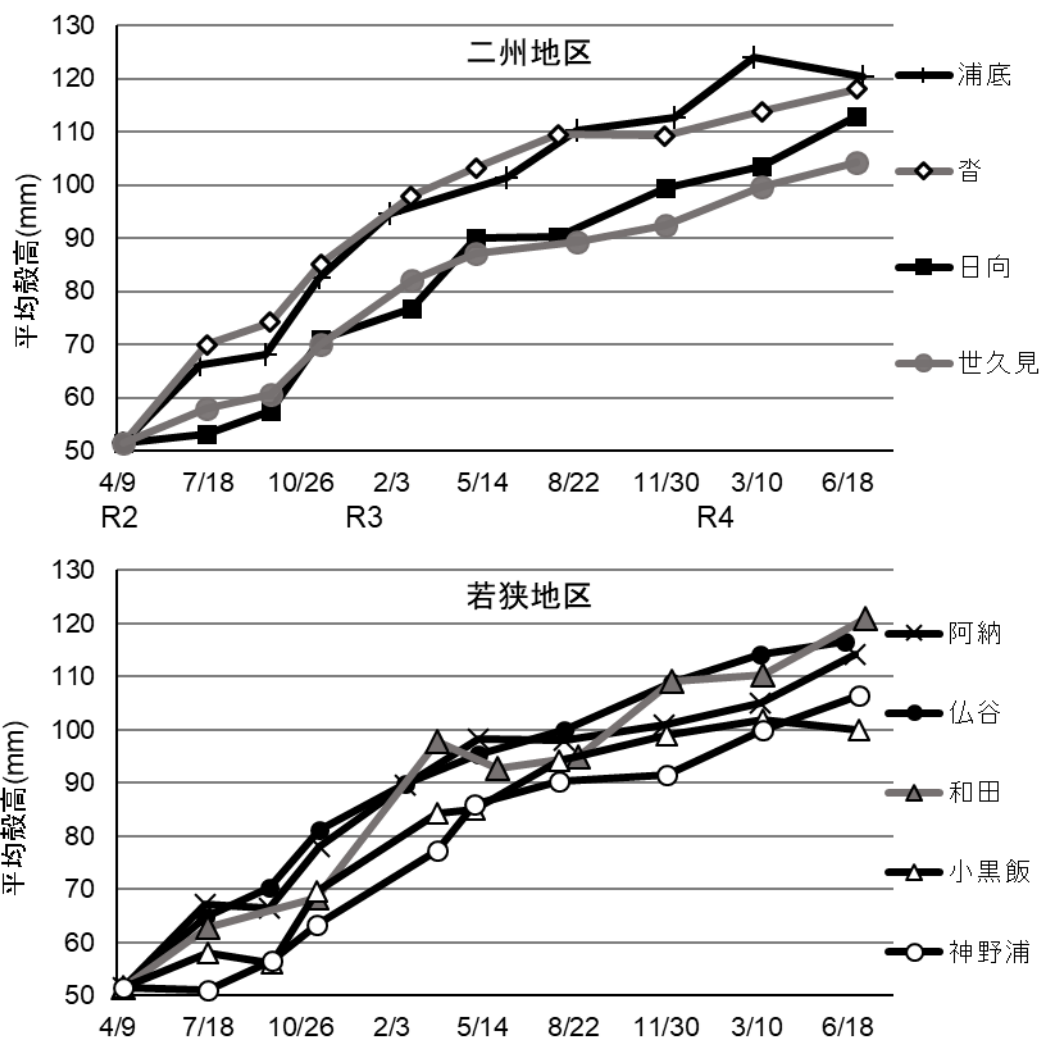


図2 各地点における平均殻高の推移（ホタテ垂下式）

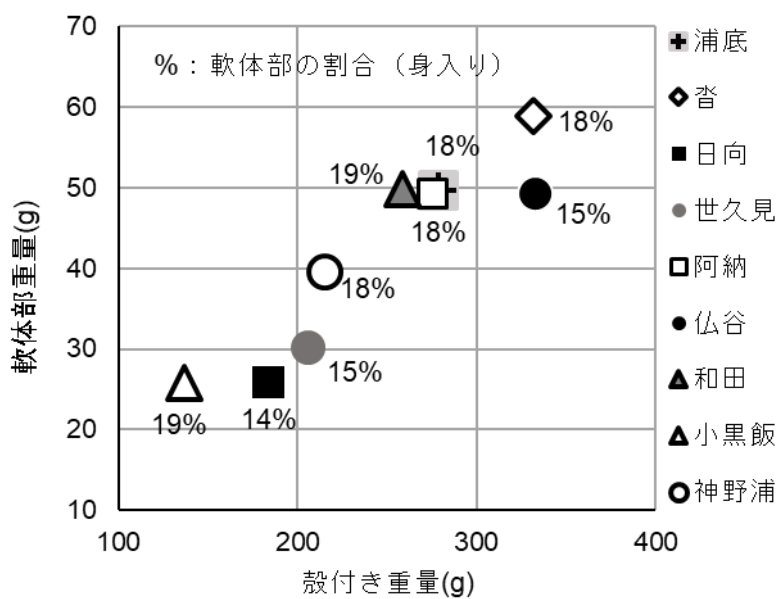


図3 各地点における重量（ホタテ垂下式）

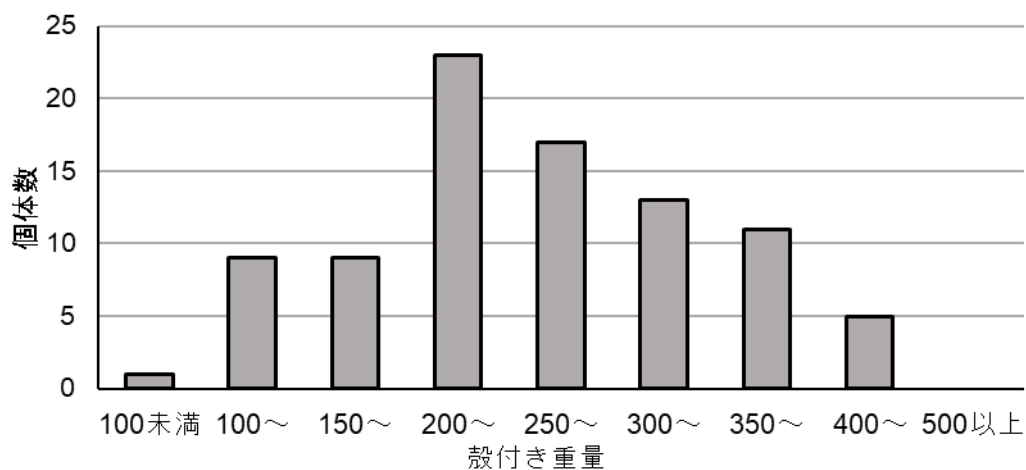


図4 重量の分布（ホタテ垂下式）

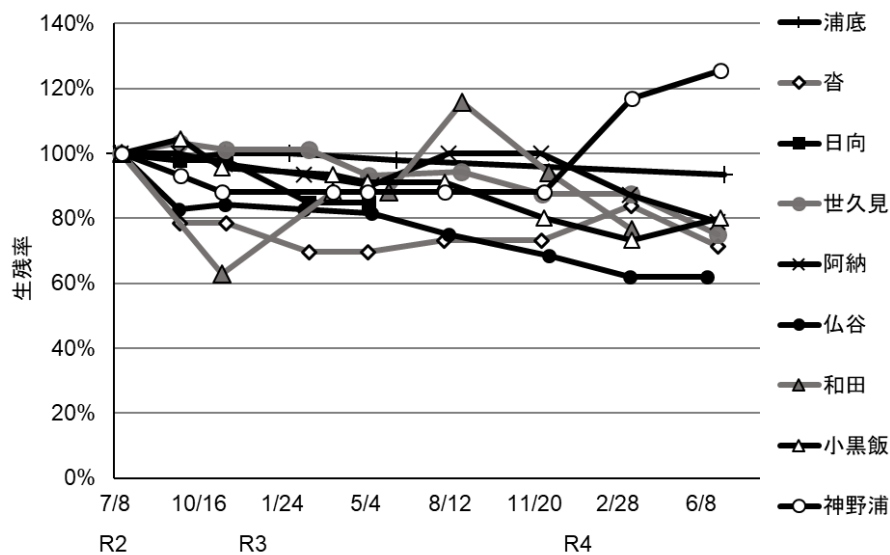


図5 各地点における生残率（ホタテ垂下式）

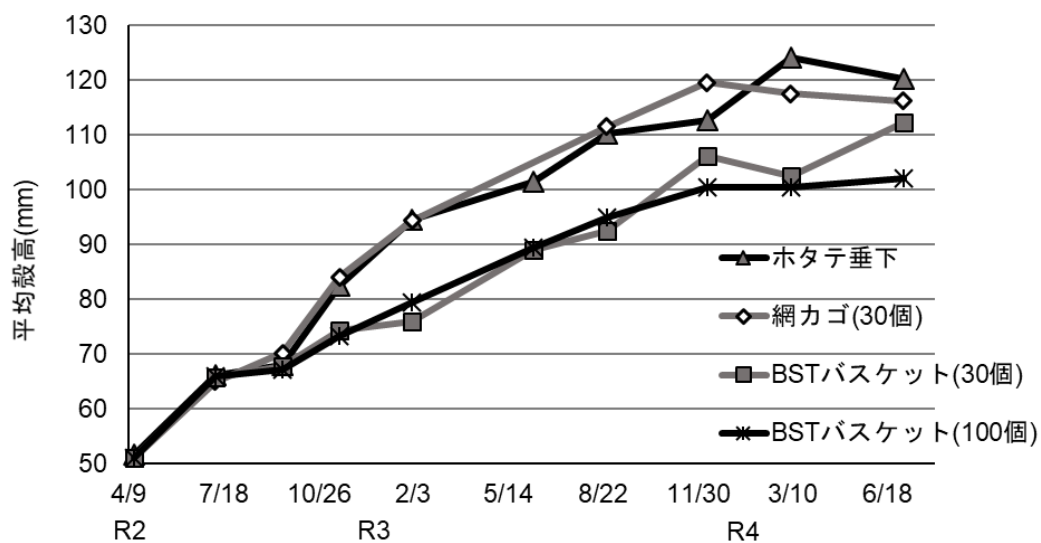


図6 養殖方法ごとの平均殻高の推移

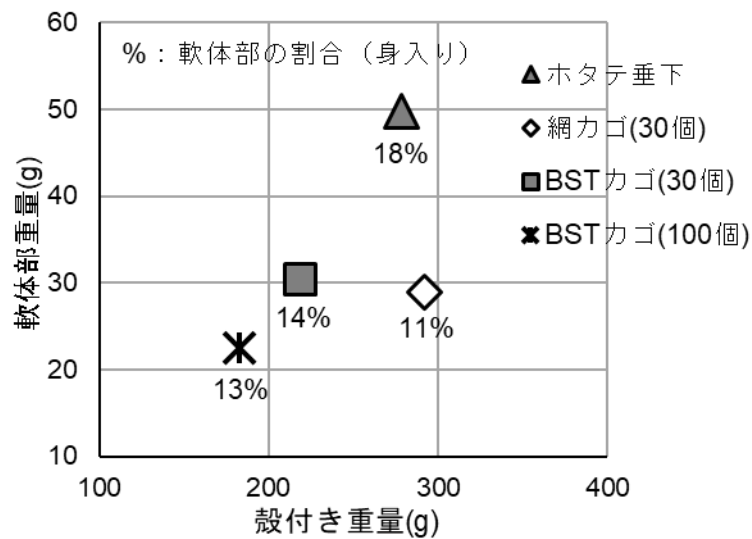


図7 養殖方法ごとの重量

3) 早期採卵技術開発

20℃による肥育期間と25℃による成熟期間をそれぞれ経た後のイワガキの生殖巣指数と軟体部重量の結果を図8に示す。開始時点(2月4日)と比べて、いずれの区でも顕著なGSIの上昇は確認できず、平均値は30%を下回った。肥育と成熟を経た後であっても、水ガキ状の個体や、生殖巣が固形状である個体が多く確認され、採卵に用いることはできないと判断した。この原因については、使用した個体を試験に用いるまでの飼育状態が悪かったためであると推測している。カゴの清掃や交換頻度が低い状態の網カゴにて飼育されていた個体であり、水ガキ状である個体が多く確認されたため、そのような成熟段階の個体を成熟させるには期間が不足していた可能性がある。次年度は、飼育状態のよい個体を親として用いることを検討している。

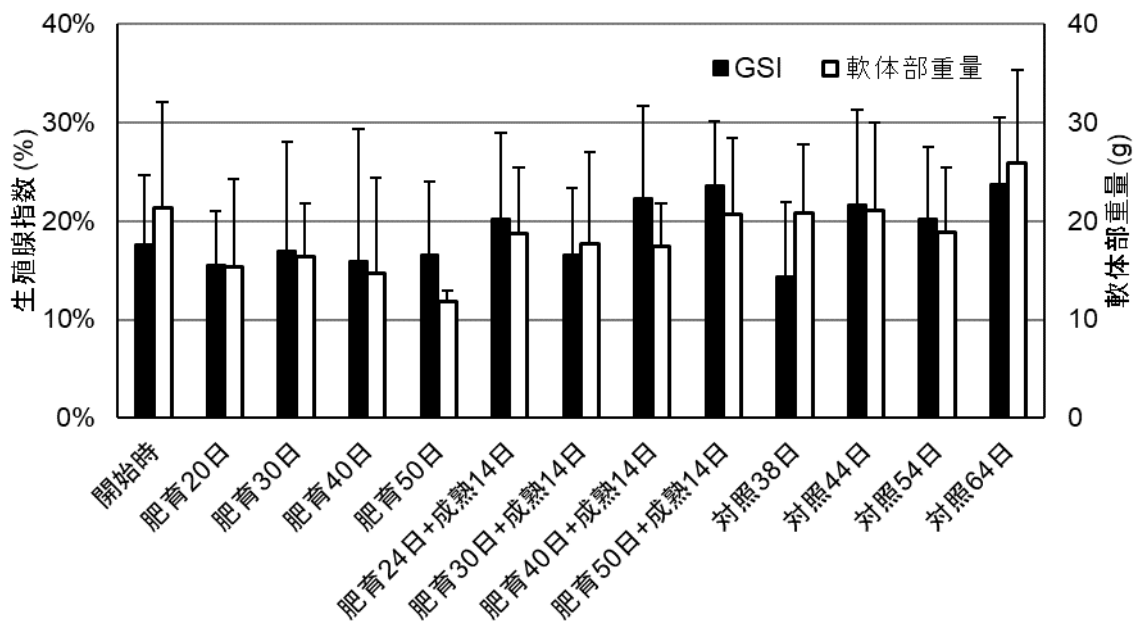


図8 成熟誘導後の生殖巣指数

4) 三倍体化技術開発

前述の種苗生産技術開発の項と同様の時期に採卵を行い、三倍体化処理を施すことで孵化幼生を得た。その後、通常期の種苗生産と同じ方法で飼育することで、三倍体化処理を施したイワガキ種苗を生産した。生産結果について表 6 に示す。これらの個体は沖出し後から、福井県海洋資源研究センターの生簀にて飼育中である。今後の成長を追跡し、二倍体と三倍体との成長を比較することで、三倍体化技術の有用性を評価する予定である。また、三倍体化率の検証が未実施のため、三倍体の割合を確認するとともに、今後は効率的な倍体化処理の条件についても検討する予定である。

表 6 三倍体化処理イワガキ種苗の生産結果

採卵日	収容幼生数 (万個体)	付着期幼生数 (万個体)	付着稚貝数 (万個体)	沖出し日	沖出し時の 平均殻高(mm)
11/3	250	12	0.26	12/20	4.53

4 参考文献

- 1) 森勝義 (2005) : 水産増養殖システム 3 貝類・甲殻類・ウニ類・藻類, 恒星社厚生閣
- 2) 小藺勇貴、松元則男、堀内智矢、西野博 (2021) : 有用介類種苗生産試験 (イワガキ種苗量産技術開発) . 令和 2 年度 鹿児島県水産技術開発センター事業報告書
- 3) 島根県水産技術センター栽培漁業部 (現: 島根県栽培漁業センター) (2009) : イワガキ種苗生産マニュアル. 種苗生産及び施設管理マニュアル
- 4) 田中雅幸, 今西 裕一, 藤原正夢 (2009) : イワガキ早期種苗生産のための親貝加温飼育の有効性 (短報) . 京都府立海洋センター研究報告, 第 31 号
- 5) 道家章生、宗清正廣、辻秀二、井谷匡志 (1998) : 狭湾西部海域におけるイワガキの生殖周期. 栽培漁業技術開発研究, 第 26 巻 2 号
- 6) 高杉朋孝、松元則男、今吉雄二、小湊幸彦 (2017) : 有用介類種苗生産試験Ⅱ (イワガキ養殖試験) . 平成 28 年度 鹿児島県水産技術開発センター事業報告書
- 7) 赤繁悟、楠木豊 (1996) : 人為三倍体マガキの作出条件および三倍体幼生の生残. 広島県水産試験場研究報告, 第 19 号
- 8) 藤原正夢 (1995) : イワガキの種苗生産技術の開発と問題点. 京都府立海洋センター研究報告, 第 18 号
- 9) 藤原正夢 (1998) : イワガキの効率的な採苗技術開発 通気時間と幼生収容数の検討. 京都府立海洋センター研究報告, 第 20 号
- 10) 井谷匡志、葭矢護 (1999) : 養殖イワガキの成長について. 京都府海洋センター研究報告, 第 21 号