

ハマグリ人工種苗生産技術を活用した資源増殖法の開発事業 I

国庫委託JV
(令和元(2019)～
令和5(2023)年度)

(採卵適期の調査)

緒言

ハマグリは、二枚貝の中でもアサリと並び、重要な水産資源として利用されてきたが、本県では、平成18年(2006年)には漁獲が106トンとピーク時の50分の1にまで減少している。

ハマグリ資源回復のためには、母貝団地造成が必要とされているが、昨今、ハマグリの資源水準は低位で資源動向も減少傾向が続いており、母貝団地を造成するための天然由来種苗が十分に確保できない状況にある。そこで、本事業では、人工種苗生産技術を活用して母貝団地を造成し、ハマグリ資源増殖技術を開発することを最終目標とし、安定採卵のための調査を行った。

なお、本研究は、国立研究開発法人水産研究・教育機構水産技術研究所等との共同研究機関(JV)による国庫委託事業であり、成果については「令和2年度さけ・ます等栽培対象資源対策事業(新規栽培対象種技術開発(二枚貝))調査報告書」にて報告した。

方法

1 担当者 徳留剛彦、安藤典幸、中野平二、木下裕一、黒木善之

2 試験方法

(1) 生殖腺成熟状況の調査

ア サンプルング

令和2年(2020年)5月21日から10月19日の期間、熊本市地先の緑川漁場(図1)から大潮ごとにサンプル(大サイズ5個、小サイズ10個)を入手し、殻高、殻長、殻幅、殻付重量、むき身重量を測定し、肥満度を算出した。

イ 積算水温の検討

令和2年(2020年)1月24日から9月3日までの間、Onset社製のペンダントデータロガーを緑川河口域のハマグリ漁場のハマグリが潜砂していると考えられる10cm程度に埋めて設置した。そして、チョウセンハマグリの生物学的零度と言われている11°Cから産卵誘発に反応する日までの積算水温について検討を行った。

(2) 採卵技術の開発

ア 使用した親貝

川口漁業協同組合の生産者が緑川河口域で採捕した大サイズと小サイズのハマグリを買い上げ、採卵試験の親貝とした。持ち帰った親貝は、17°Cに設定した恒温室内に設置した100Lパンライト水槽に収容し、1日以上静置してから採卵誘発を行った。

イ 採卵誘発方法

採卵誘発は、大サイズと小サイズに分けて行い、50Lアルテミア孵化水槽に棒状の150Wヒーターを投入し、水温20°Cから30°Cまで、1~2°C/時間のペースで水温を上昇させる緩慢昇温刺激で行った。水温が25°Cを超えた時に、あらかじめオスから切り出した生殖腺懸濁海水を添加し、誘発刺激を行った。

得られた受精卵は、メッシュネット(目合:180 μ m(ゴミ取り用)、30 μ m(回収用))を用いて回収、洗卵した後、200Lパンライト水槽の孵化水槽に収容し、ウォーターバスもしくは空調にて水

温が 25℃を下回らないように調整して孵化まで静置した。卵の収容密度は、3,500 個/cm²以下となるように収容し、採卵した翌日に、表層に浮いている幼生を回収し、計数した。

結果および考察

1 生殖腺成熟状況の調査

(1) サンプルング

サンプルング回次別の測定結果を表 1 に示した。

大サイズの平均殻高は 45.84~52.92mm、平均殻長は 55.55~64.34mm、平均殻幅は 29.64~34.06mm、平均重量は 49.35~69.85g、平均むき身重量は 7.81~15.44g、肥満度は最高が 5 月 21 日の 16.3、最低が 10 月 1 日の 8.5 であった。

小サイズの平均殻高は 29.61~34.85mm、平均殻長は 34.71~40.72mm、平均殻幅は 19.13~21.83mm、平均重量は 12.87~19.57g、平均むき身重量は 1.87~3.49g、肥満度は最高が 5 月 21 日の 15.9、最低が 10 月 1 日の 9.2 であった。

肥満度について、今年度と昨年度の推移比較を図 2 に示す。今年度は 5 月 21 日に肥満度のピークが来ていた。昨年度の試験では、7 月下旬に肥満度が低下しており、今年度は 7 月下旬から 8 月上旬にかけて肥満度の低下が確認され、この時期に天然海域で産卵していたと推察された。また、令和元年度（2019 年度）は、冬季が記録的な暖冬であったことから、令和元年度（2019 年度）と同様に 5 月下旬の早い時期から肥満度が高い数値となっており、産卵可能となる時期が早かった可能性が考えられた。

(2) 積算水温の検討

漁場水温と積算水温の推移を図 3 に示す。高島ら（2001 年）の報告に基づき、生物学的零度を 11℃と仮定して検討した結果、漁場水温が 11℃を上回った 2 月 20 日から採卵可能となった 6 月 3 日までの積算水温は 1,744℃となった。高島ら（2001 年）の報告では、チョウセンハマグリにおける積算水温は 2,000℃と推定されており、有明海のハマグリでは、それよりも低い可能性が考えられた。

2 採卵技術の開発

採卵誘発試験を 7 回行い、その結果を表 2 に示した。初回の 5 月 21 日および 6 月 18 日の大サイズのみ誘発へ反応しなかったが、それ以外の採卵誘発全てで受精卵を得ることができた。6 月 3 日に大サイズ、小サイズともに採卵可能となり、7 月 20 日の採卵で大サイズが 4,220 万粒、小サイズが 2,040 万粒と採卵数がピークとなった後、8 月に入ると採卵数が減少するとともに、産卵誘発開始から放卵、放精するまでの時間が長くなる傾向があった。孵化率は大サイズが 36.6~63.2%、小サイズは 39.2~70.9%であり、正常 D 型幼生の割合は大サイズが 52.4~85.0%、小サイズは 29.5~90.1%であった。正常 D 型幼生の割合は採卵の回次ごとにばらつきが大きく、サイズ毎の卵質の影響より、卵の収容密度との間に強い負の相関（相関係数：-0.82）が見られた（図 4）。

今年度の採卵試験では、親貝 1 個体あたりの産卵数（万粒）、孵化率（%）を乗じて、誘発に使用した親貝 1 個体あたりから生まれる幼生数を算出した結果、大サイズでは 7 月 20 日、小サイズでは 6 月 18 日の採卵結果が最も良く、6 月中旬から 7 月下旬が採卵適期であると推測された。

採卵手法については、今年度の試験においても、緩慢昇温刺激による産卵誘発方法により安定して産卵することができたため、緩慢昇温刺激による安定採卵手法の有効性を確認できた。

参考文献

高島葉二、鹿島灘はまぐりの産卵期－II 茨木水試研報 39、7~14（2001）

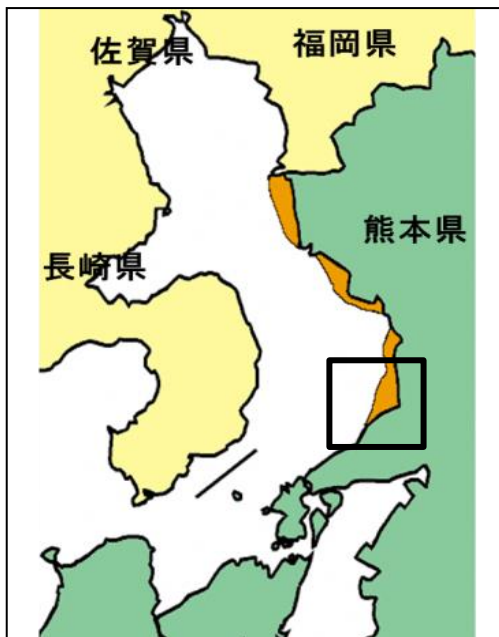


図1 ハマグリ採取場所

表1 サンプル測定結果

大サイズ						
採取日	平均殻高 (mm)	平均殻長 (mm)	平均殻幅 (mm)	平均重量 (g)	平均むき身重量 (g)	肥満度
5月21日	47.75	57.17	30.24	52.21	13.74	16.3
6月5日	47.10	57.15	30.37	51.37	13.04	16.0
6月18日	50.85	60.18	31.94	63.66	15.44	15.2
7月2日	45.84	55.55	31.00	49.99	12.14	15.2
7月20日	47.12	57.29	30.84	52.07	11.66	13.9
8月4日	46.34	56.27	29.64	49.35	8.07	10.2
8月18日	ND	ND	ND	ND	ND	ND
8月31日	49.31	59.03	31.41	55.85	9.01	9.7
9月19日	46.83	57.63	30.97	50.32	7.81	9.4
10月1日	52.92	64.34	34.06	69.85	9.89	8.5
10月19日	48.22	57.99	30.43	56.52	7.99	8.9

小サイズ						
採取日	平均殻高 (mm)	平均殻長 (mm)	平均殻幅 (mm)	平均重量 (g)	平均むき身重量 (g)	肥満度
5月21日	30.37	36.08	19.49	14.51	3.49	15.9
6月5日	30.35	35.50	19.71	14.62	3.44	15.6
6月18日	30.55	35.49	19.50	13.97	3.38	15.8
7月2日	29.61	34.71	19.18	12.87	2.90	14.6
7月20日	31.82	37.99	20.40	16.59	3.36	13.4
8月4日	31.79	35.85	20.94	17.24	2.97	12.6
8月18日	34.85	40.72	21.83	19.57	3.23	10.2
8月31日	30.67	36.02	19.42	14.32	2.39	11.1
9月19日	32.68	39.36	21.32	16.82	2.88	10.5
10月1日	29.83	35.05	19.13	13.67	1.87	9.2
10月19日	31.25	36.89	20.06	15.55	2.45	10.4

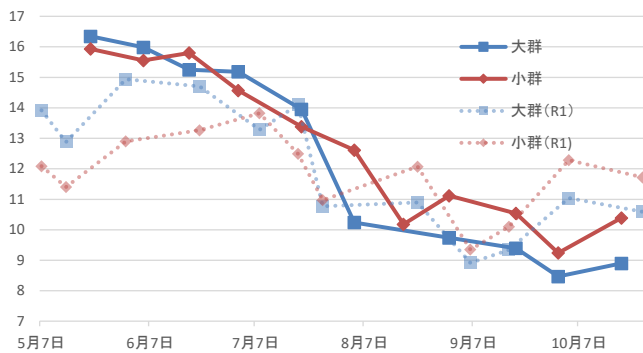


図2 令和元年度、令和2年度調査の肥満度の推移

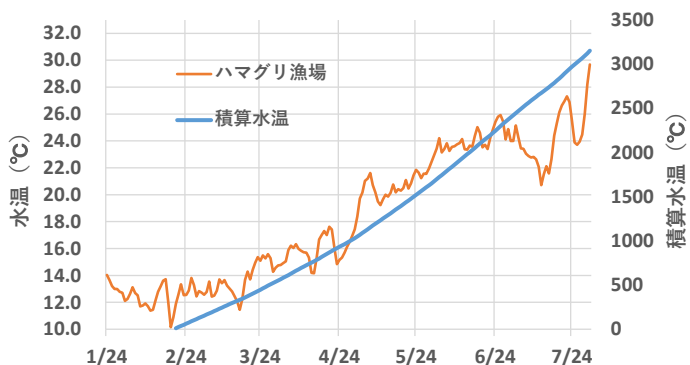


図3 漁場水温と積算水温の推移

表2 採卵誘発試験の結果概要 (5/21~8/24)

採卵日	サイズ	親貝		採卵結果							
		使用親貝量 (kg)	使用親貝数 (個)	採卵数 (万粒)	使用卵数 (万粒)	1個あたり産卵数 (万粒)	孵化数 (万個)	孵化率 (%)	正常D型 (%)	親貝1個あたり正常D型幼生数 (万個)	
5月21日	大	0.99	16	0	反応せず						
	小	0.75	48	0							
6月3日	大	1.68	32	427	427	13.3	156	36.6%	85.0%	4.1	
	小	1.32	84	940	940	11.2	369	39.2%	80.8%	3.5	
6月18日	大	1.63	26	反応せず							
	小	0.99	59								1,576
7月6日	大	1.68	31	1,772	1,772	57.2	738	41.6%	52.4%	12.5	
	小	1.18	82	1,198	1,198	14.6	805	67.2%	63.3%	6.2	
7月20日	大	1.50	30	4,220	500	140.7	205	41.0%	79.3%	45.7	
	小	1.11	69	2,040	500	29.6	255	51.0%	90.1%	13.6	
8月6日	大	1.40	28	507	507	18.1	320	63.2%	63.0%	7.2	
	小	0.87	66	577	577	8.7	409	70.9%	64.0%	4.0	
8月24日	大	サンプルなし									
	小										1.41

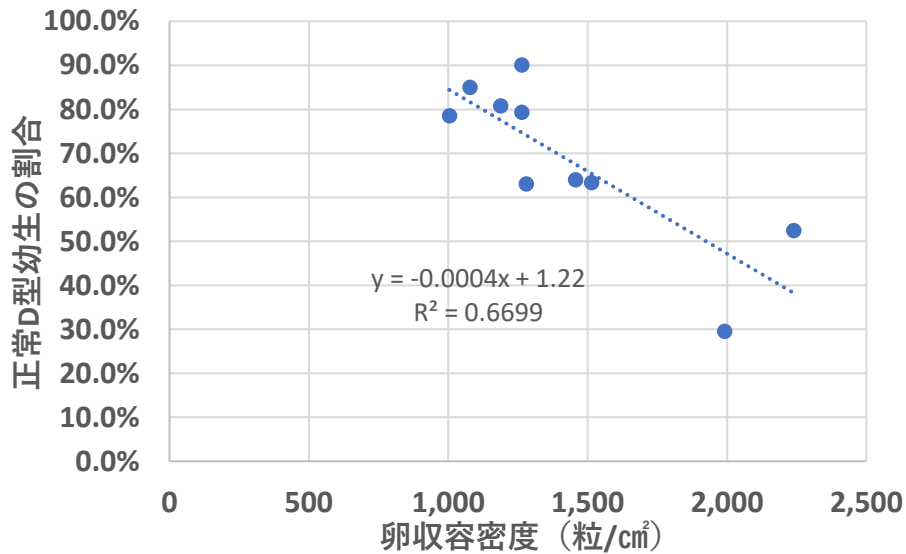


図4 卵の收容密度と正常D型幼生の割合の散布図

ハマグリ人工種苗生産技術を活用した資源増殖法の開発事業Ⅱ

国庫委託JV
(令和元(2019)～
令和5(2023)年度)

(ハマグリ人工種苗生産試験)

緒言

ハマグリは、二枚貝の中でもアサリと並び、重要な水産資源として利用されてきたが、本県では、平成18年(2006年)には漁獲が106トンとピーク時の50分の1にまで減少している。

ハマグリ資源回復のためには、母貝団地造成が必要とされているが、昨今、ハマグリの資源水準は低位で資源動向も減少傾向が続いており、母貝団地を造成するための天然由来種苗が十分に確保できない状況にある。そこで、本研究では、人工種苗生産技術を活用して母貝団地を造成し、ハマグリ資源増殖技術を開発することを最終目標とし、安定した種苗生産のための技術開発を行った。

なお、本研究は、国立研究開発法人水産研究・教育機構水産技術研究所等との共同研究機関(JV)による国庫委託事業であり、成果については「令和2年度さけ・ます等栽培対象資源対策事業(新規栽培対象種技術開発(二枚貝))調査報告書」にて報告した。

方法

1 担当者 徳留剛彦、安藤典幸、中野平二、木下裕一、黒木善之

2 試験方法

(1) ダウンウェリング飼育での安定飼育再現性の検証

ア 飼育水槽および飼育環境

浮遊幼生および初期着底稚貝の飼育は、80Lプラスチックバットと200Lプラスチックカゴの2段水槽を使用した(図1)。80Lプラスチックバットには500W棒状ヒーターと水中ポンプ(EHEIM製コンパクトオン1000)を設置し、200Lプラスチックバットには底面にメッシュネットを張った直径50cm、高さ20cmの幼生収容カラムを2個設置し、カラム上面から穴をあけた塩ビ管でダウンウェリング注水し、二つの水槽の飼育水を循環させた。幼生収容カラムのメッシュの目合いは、幼生の成長に合わせ48 μ m、80 μ m、着底後は125 μ mの目合いで飼育を行った。また、水槽上面には保温と遮光のために保温材を設置した。

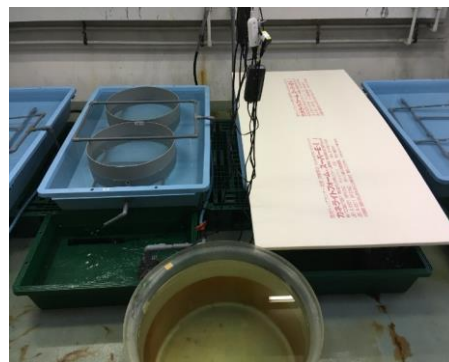


図1 飼育試験水槽の外観

飼育水は、ろ過UV殺菌した海水を60%(塩分19)に希釈して、33℃に加温したものを使用し、飼育期間中は原則毎日全換水した。浮遊幼生の匍匐運動が頻繁に観察され始めたら、粒径が125-250 μ mの貝化石を投入し、着底を促した。

イ 飼育概要

飼育試験は、令和2年(2020年)6月19日、6月23日、7月7日、7月21日、8月7日の5回行い、浮遊幼生の収容個数は、140万～509.6万個/水槽で飼育を行った。

餌料は、千葉県より分与を受け培養したパブロバ・ルテリ(以下「パブロバ」という)およびヤンマーバイオイノベーションセンターマリンファーム製の濃縮キートセロス・グラシリス(以下「グラシリス」という。)または濃縮キートセロス・カルシトランス(以下「カルシトランス」という。)を単独もしくは

は混合給餌した。給餌量は、10,000~80,000cells/ml を浮遊期は1日1回、着底後は午前と午後の1日2回給餌を行った。換水前に血球計数板で残餌を計数し、1,000cells/ml以上に保たれるように給餌量を調整した。着底稚貝は、250 μ m、500 μ mのメッシュで留まったものを計数した。

(2) 餌料比較試験

ア 飼育水槽および飼育環境

浮遊幼生および初期着底稚貝の飼育は、プラスチックコンテナ(図2)内に、内径150mmの塩ビ管の底面にメッシュネットを張ったカラムを2個、150w棒状ヒーターと水中ポンプ(EHEIM製コンパクトオン1000)を設置し、カラム上面から穴をあけた塩ビ管でダウンウェリング注水し、水槽内の飼育水を循環させた。注水量は、幼生の成長に合わせて0.25ml/分~0.75ml/分程度で調整した。幼生収容カラムは、幼生の殻長に合わせ48 μ m、80 μ m、着底後は125 μ mのメッシュの目合いで飼育を行った。また、水槽上面には保温と遮光のために保温材を設置した。



図2 餌料試験水槽の外観

飼育水は、ろ過UV殺菌した海水を60%(塩分19)に希釈して、33 $^{\circ}$ Cに加温したものを使用し、飼育期間中は原則毎日全換水した。浮遊幼生の匍匐運動が頻繁に観察され始めた後、粒径が125-250 μ mの貝化石を投入し、着底を促した。

イ 餌料条件

餌料は、「ダウンウェリング飼育での安定飼育再現性の検証」と同じ餌料を使用し、パブロバ100%(以下「P区」という。)、パブロバ50%:カルシトランス50%(着底後グラシリスに切り替え)(以下「P+C区」という。)、カルシトランス100%(以下「C区」という。)を設定した。給餌量はパブロバの細胞体積を基準として、グラシリスはパブロバと等量、カルシトランスは1.7倍量を給餌した。

ウ 飼育概要

飼育試験は、6月23日、7月7日、7月28日の3回行い、浮遊幼生の収容個数は、1、2回次は1カラムあたり10万個収容し、3回次飼育では9.2万個収容で飼育を行った。

給餌量は、パブロバ細胞数換算で10,000~110,000cells/mlを浮遊期は1日1回、着底後は午前と午後の1日2回給餌を行った。換水前に血球計数板で残餌計数し、1,000cells/ml以上に保たれるように給餌量を調整した。

結果および考察

1 ダウンウェリング飼育での安定飼育再現性の検証

5回の飼育試験結果を表1に示した。

1回次の飼育では、発生の遅い奇形のトロコフォア幼生が多かったことから、正常に発生しているD型幼生を100万個含むように採取し、509.6万個の幼生を収容した。後日、選別を行って飼育数を100万個に調整する予定としていたが、過密によって大量へい死したため飼育を中断した。

2回次の飼育では、112.2万個のD型幼生を収容し、飼育12日目に12.1万個のフルグロウン期幼生が生残した。着底基質を投入後、8月17日までの55日間の飼育で平均殻長705.17 μ mの着底稚貝が8.8万個生残し、フルグロウン期からの生残率は73.0%であった。2回次飼育では、飼育スペースの関係から飼育33日目に飼育水槽を150Lのプラスチックバット1つに変更し、飼育海水を100%海水で飼育した。

3回次の飼育では、200万個のD型幼生を収容し、飼育11日目に34.2万個のフルグロウン期幼生が生残した。着底基質を投入後、継続飼育を行ったが、飼育30日目頃から成長停滞と残餌が増加し、メッシュネ

ットの汚れが多くなった。その後、へい死が増加したため飼育を中断した。

4回次および5回次飼育では、238万個、140万個のD型幼生を収容した。どちらの飼育においても、殻長160~170 μm の飼育6~8日目に成長の停滞、幼生の沈降が確認された後に大量へい死が起きたため飼育を中断した。

今年度の試験では、比較的順調に幼生の飼育を行うことができた昨年度に比べ、1カラム当たりの収容数は同程度であったが、1水槽当たりの初期幼生収容数が多く、飼育個体数が増えたことにより餌料不足や水質悪化が起き、へい死が多くなったと考えられた。また、ビブリオ等の細菌によるへい死の可能性も考えられるため、消毒や飼育水の殺菌などの防疫体制の見直しも検討する必要がある。

表1 ダウンウェリング飼育での安定飼育再現性の検証の結果概要

	飼育開始日	飼育幼生数 (万個) ①	着底時幼生数 (万個) ②	着底時 平均殻長 (μm)	飼育 期間	生残率 (②/① *100)	着底稚貝数 (万個) ③	取上時 平均殻長 (μm)	生残率 (③/② *100)	生残率 (③/① *100)	飼育 期間
1R	6月19日	509.6	へい死多いため飼育中断								
2R	6月23日	112.2	12.1	182.1	12	10.8%	8.8	705.17	73.0%	7.9%	56
3R	7月7日	200	34.2	190.9	11	17.1%	成長停滞・へい死多いため飼育中断				
4R	7月21日	238	へい死多いため飼育中断								
5R	8月7日	140	へい死多いため飼育中断								
	合計	1199.8	46.3	—	—	3.9%	8.8	—	19.1%	0.7%	—

2 餌料比較試験

3回の飼育試験結果を表2に示した。

1回次の飼育では、飼育9日目のフルグロウン期幼生の生残率がP区5.0%、P+C区24.0%、C区6.1%とかなり低く、着底サイズでのへい死も多く見られたため、飼育を中断した。

2回次の飼育では、飼育10日目のフルグロウン期幼生の生残率がP区1.2%、P+C区3.6%、C区38.5%とC区以外は着底前にへい死が多かった。そのため、P区とP+C区の飼育を中断し、C区のみ継続飼育を行った。8月28日までの52日間の飼育で平均殻長798.25 μm の着底稚貝が2.1万個生残り、フルグロウン期からの生残率は27.5%であった。

3回次の飼育では、飼育8日目のフルグロウン期幼生の生残率がP区67.9%、P+C区68.5%、C区86.4%であった。着底基質を投入し継続飼育を行い、9月14日までの48日間の飼育でP区は平均殻長494.33 μm 、生残数630個（生残率0.5%）、P+C区は平均殻長451.75 μm 、生残数62個（生残率0.05%）、C区は平均殻長835.82 μm 、生残個数2.6万個（生残率16.5%）であった。

500 μm のメッシュ選別で留まる着底稚貝を得られたのはC区のみであったが、先進県の種苗生産試験で飼育実績のあるP区で500 μm のメッシュ選別で留まる着底稚貝を得られなかったことから、餌料よりも防疫体制等の飼育環境に何らかの原因がある可能性が高いと考えられた。

表2 餌料比較試験の結果概要

	飼育開始日	試験区	飼育幼生数 (万個) ①	着底時幼生数 (万個) ②	着底時 平均殻長 (μ m)	飼育 期間	生残率 (②/① *100)	着底稚貝数 (個) ③	取上時 平均殻長 (μ m)	生残率 (③/② *100)	生残率 (③/① *100)	飼育 期間
1R	6月23日	P区	20.0	1	188.9	9	5.0%	へい死多いため飼育中断				
		P+C区	20.0	4.8	182.5	9	24.0%					
		C区	20.0	6.1	190.7	9	30.3%					
2R	7月7日	P区	20.0	0.2	216.2	10	1.2%	へい死いため飼育中断				
		P+C区	20.0	0.7	225.2	10	3.6%					
		C区	20.0	7.7	198.0	10	38.5%					
3R	7月28日	P区	18.4	12.5	193.8	8	67.9%	630	494.33	0.50%	0.34%	49
		P+C区	18.4	12.6	190.3	8	68.5%	62	451.75	0.05%	0.03%	49
		C区	18.4	15.9	196.3	8	86.4%	26,246	835.82	16.5%	14.3%	49
	合計		175.2	61.526	—	—	35.1%	48,136	—	7.8%	2.7%	—

ハマグリ人工種苗生産技術を活用した資源増殖法の開発事業Ⅲ

国庫委託JV
(令和元(2019)～
令和5(2023)年度)

(ハマグリ人工種苗中間育成試験)

緒言

ハマグリは、二枚貝の中でもアサリと並び、重要な水産資源として利用されてきたが、本県では、平成18年(2006年)の漁獲が106トンとピーク時の50分の1にまで減少している。

ハマグリ資源の回復のためには、母貝団地造成が必要とされているが、近年、ハマグリ資源水準は低位で資源動向も減少傾向が続いており、母貝団地を造成するための天然種苗が十分に確保できない状況にある。

そこで、本研究では、人工種苗から成貝までの育成技術(以下「中間育成技術」という。)を用いて母貝団地を造成し、ハマグリ資源増殖技術を開発することを目的とした。

なお、本研究は、国立研究開発法人水産研究・教育機構水産技術研究所等との共同研究機関(JV)による国庫委託事業であり、成果については「令和2年度さけ・ます等栽培対象資源対策事業(新規栽培対象種技術開発(二枚貝))調査報告書」にて報告した。

方法

1 担当者 木下裕一、安藤典幸、徳留剛彦、黒木善之

2 試験方法

(1) 供試貝

令和2年度(2020年度)に当センターで有明海産親貝を用いて生産された人工稚貝のうち、平均殻長0.91mmの群(以下「R1群」という。)と平均殻長1.13mmの群(以下「R2群」という。)の2群を用いた。

(2) 飼育期間

ア R1群 令和2年(2020年)8月26日～同年11月30日まで(96日間)

イ R2群 令和2年(2020年)9月14日～同年12月21日まで(98日間)

(3) 飼育方法

試験には、図1に示す200L円形水槽から飼育水を送水するように4つの60L飼育水槽を配置し、その飼育水槽に人工稚貝を収容した500 μ mのネットを張った直径15cmのカラムを設置した飼育装置を用いた。その際、砂等の基質は入れなかった。飼育水は、クルマエビ野外水槽で発生した雑多な微細藻類を培養し、自然水温砂ろ過海水で濃度調整したブラウンウォーター餌料を上方からシャワー方式にて1分間に200～400ml散水し、基質は入れずに飼育(以下「ブラウンウォーター飼育」という。)した。

(4) 飼育密度

直径15cmカラムに25個、50個、75個/cm²を収容した。

(5) 調査項目

成長と生残を観察するため、2週間に1回の間隔で、生残貝とへい死貝、それぞれ50個体(飼育終了時100個体)の殻長の測定等を行った。また、飼育水の水温、塩分とクロロフィルa濃度(μ g/L)を毎日測定した。



図1 飼育装置の様子

結果および考察

試験結果を表1に示した。

また、R1群の平均殻長および生残率の推移を図2に、同群の1ヶ月ごとの生残貝およびへい死貝の殻長組成を図3に示した。

R1群は、8月26日から11月30日までの96日間で、平均殻長2.15~2.3mmに成長し、

日間成長量は0.013~0.014mmであった。生残貝のサイズ別組成の推移から、各飼育密度区とも順調な成長が確認でき、飼育密度による成長の有意な差は見られなかった(ANOVA $P > 0.05$)。

この群は、へい死貝のサイズ別組成の推移から、飼育を開始した当初へい死が多く見られたものの、その後は、目立ったへい死も見られず、飼育終了時には37~44%の生残で、殻長3mm以上の稚貝が5~9%を占めた。

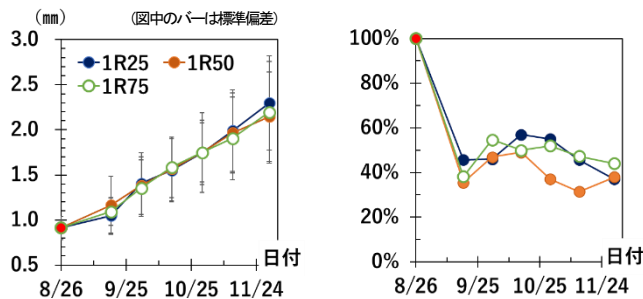


図2 R1群の平均殻長(左)、生残率(右)の推移

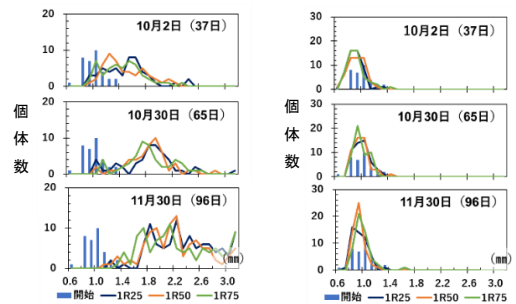


図3 R1群の生残貝(左)、へい死貝(右)の殻長組成

次に、R2群の平均殻長および生残率の推移を図4に、同群の1ヶ月ごとの生残貝およびへい死貝の殻長組成を図5に示した。

R2群は、9月14日から12月21日までの98日間で、平均殻長1.95~2.13mmに成長し、日間成長量は0.010~0.012mmであった。R1群と同様、生残貝のサイズ別組成の推移から、各飼育密度区とも順調な成長が確認でき、飼育密度による成長の有意な差は見られなかった(ANOVA $P > 0.05$)。

この群は、飼育開始当初から高い生残が確認でき、飼育終了時には79~86%の生残で、殻長3mm以上の稚貝が8~9%を占めた。

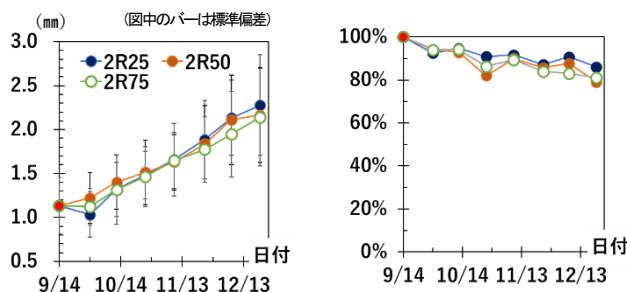


図4 R2群の平均殻長(左)、生残率(右)の推移

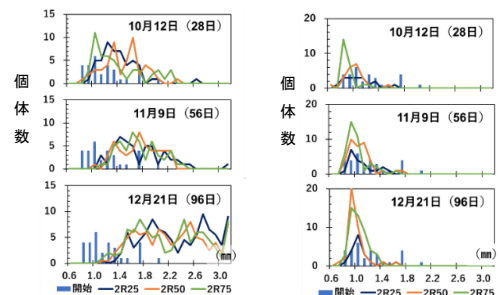


図5 R2群の生残貝(左)、へい死貝(右)の殻長組成

今回用いたブラウンウォーター飼育装置により約3ヶ月の飼育期間中、目立ったへい死はなく、安定した稚貝育成ができた。

ブラウンウォーター飼育により種苗生産された人工稚貝は、1日あたり0.010~0.014 mmの成長が確認でき、一部の稚貝は、殻長3 mm超に成長した。効率的な稚貝育成という観点から、さらに成長スピードを上げる必要がある。

また、飼育水中の積算クロロフィルa濃度とその期間の日間成長量との関係を図6に示した。飼育水中のクロロフィルa濃度が高いと日間成長量が増加する傾向が見られた。成長スピードを上げるためには、一定のブラウンウォーター餌料濃度の維持が必要と考えられた。

なお、約3ヶ月の飼育期間における異なる飼育密度25、50、75個/cm²による成長の有意な差は確認できなかった。

今後は、ブラウンウォーター飼育について、一定の餌料濃度の維持や飼育に適した飼育密度の選定など、人工稚貝の効率的な中間育成方法について検討していく。

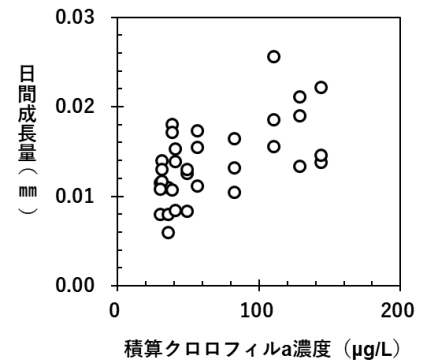


図6 クロロフィルa濃度と日間成長量との関係

重要二枚貝資源モニタリング事業Ⅰ（県 単 令和元（2019）～令和5（2023）年） （アサリ生息状況調査）

および水産研究イノベーション推進事業（県 単 令和元（2019）～令和3（2021）年度） （二枚貝資源解析技術の高度化）

緒 言

熊本県のアサリ漁獲量は、昭和52年（1977年）に65,732トンと過去最高を記録して以降、減少傾向に転じ、平成9年（1997年）に1,009トンまで減少した。その後、アサリの漁獲量は、平成15年（2003年）から平成19年（2007年）にかけて数千トン程度と回復の兆しが見えたが、再び減少し、近年は数百トン程度で推移しており、アサリ資源の回復は喫緊の課題となっている。

このため、本事業では、本県のアサリ主要漁場である緑川および菊池川河口域におけるアサリ資源動向を把握することを目的として、アサリ生息状況調査を実施した。

さらに、国立大学法人熊本大学と連携・協力し、干潟簡易観測技術を開発するため、ドローンを用いた干潟漁場調査の画像データから2D及び3D俯瞰図作成等の画像処理を実施した。

方 法

- 1 担当者 黒木善之、安藤典幸、栃原正久
- 2 調査項目および内容

（1）緑川河口域アサリ生息状況調査

調査は、前期調査（令和2年（2020年）6月2～10日）、後期調査（令和2年（2020年）8月17～9月3日）および臨時調査（令和2年（2020年）10月13～19日）の計3回、干潟上に設定した123定点（臨時調査は29定点、図1）において定点毎に25cm方形枠による枠取りを2回実施し、1mm目合いのふるいに残ったものを試料とした。試料から得られたアサリについては、個体数の計数および殻長を計測した。

（2）菊池川河口域アサリ生息状況調査

調査は、前期調査（令和2年（2020年）7月3日）と後期調査（令和2年（2020年）9月17日）の2回、滑石地先干潟上に設定した45定点（図1）において定点毎に10cm方形枠による枠取りを4回実施し、1mm目合いのふるいに残ったものを試料とした。試料から得られたアサリについては、個体数の計数および殻長を計測した。

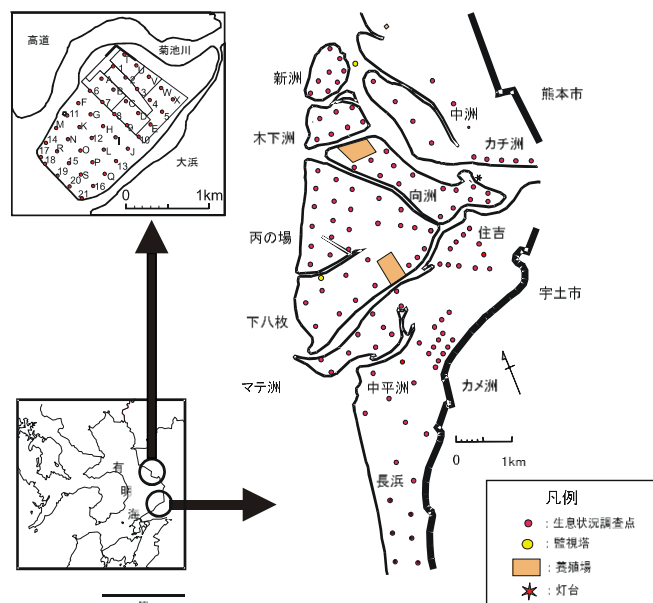


図1 アサリ生息状況調査

(3) アサリ生息精密調査

アサリ生息密度の増減と成長の経時変化を把握するため、平成 30 年（2018 年）8 月に宇土市地先で造成された覆砂漁場を対象に以下の調査を実施した。

ア アサリ生息状況調査

調査は、覆砂漁場造成直後から原則月 1 回、覆砂区の 12 定点および対照区 3 定点で 10 cm 方形枠による枠取りを 1 回実施し、1 mm 目合いのふるいに残ったものを試料とした。試料から得られたアサリについては、個体数の計数および殻長を計測した。

イ アサリ新規加入量調査および底質調査

調査は、覆砂漁場造成直後から原則月 1 回、覆砂漁場および対照区において、内径 29 mm のプラスチックチューブを用いて表層 2 cm の採泥を 4 回行い、試料中のアサリ着底稚貝について、個体数の計数を行った。なお、計数は外部に委託し、モノクローナル抗体を用いた方法で実施した。

また、着底稚貝調査と併せて内径 56 mm のプラスチックチューブを用いて表層 10 cm の採泥を行ったものを試料とし、JIS A1204*の手法による底質分析を外部委託により行った。

※JIS A1204：日本工業規格における土の粒度試験方法。他調査とデータ比較を可能とするために分画は 2mm、1mm、0.5mm、0.25mm、0.125mm、0.063mm および 0.063mm 未満とした。

(4) ドローンによる干潟漁場の画像処理

熊本大学理学部と協力して、網田地先覆砂漁場の平成 30 年度（2018 年度）～令和元年度（2019 年度）の撮影データから、漁場の 2D 及び 3D 俯瞰図の作成を実施した。

結果および考察

1 緑川河口域アサリ生息状況調査

図 2 にアサリの生息状況を、図 3 に殻長組成、図 4 および図 5 に主な調査区域におけるアサリの殻長組成を示した。また、表 1 に平成 23 年（2011 年）からの生息状況調査結果を示した。

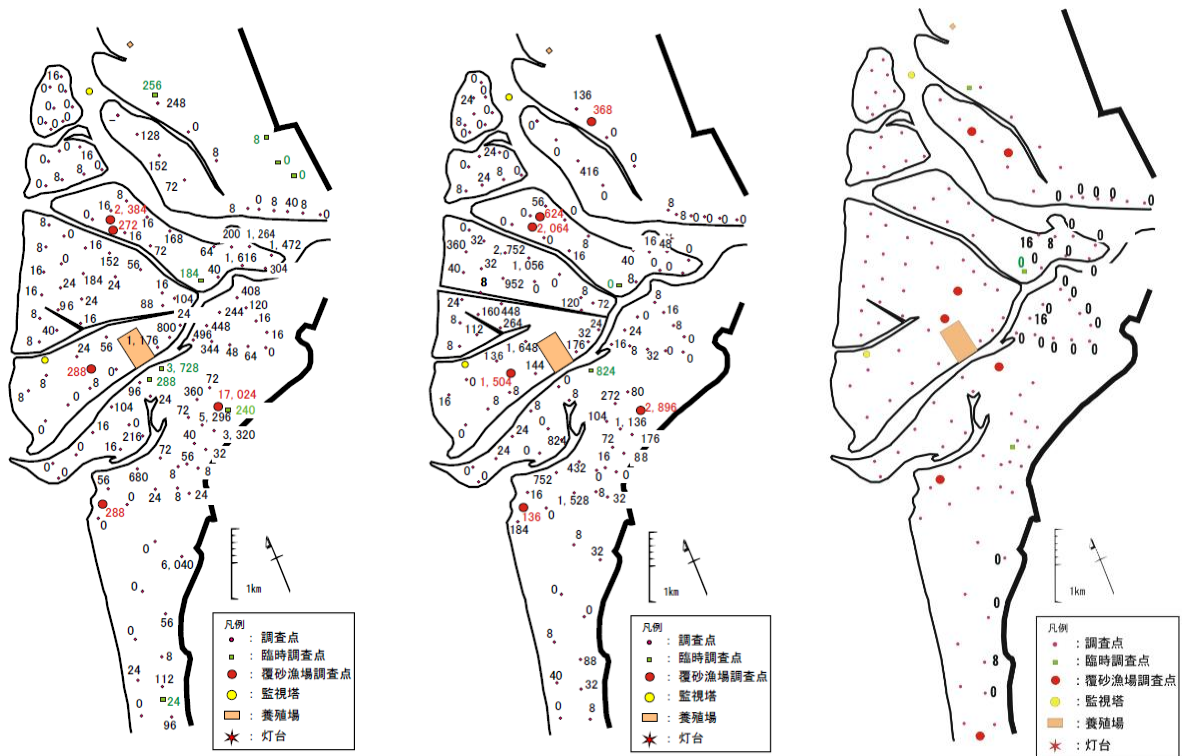


図 2 緑川河口域アサリ生息状況（左：前期調査、中：後期調査、右：臨時調査、単位：個／

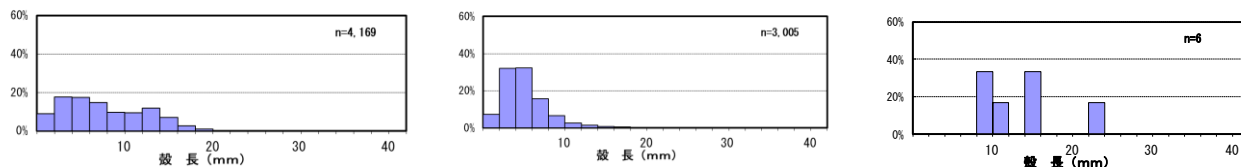


図3 緑川河口域アサリ殻長組成（左：前期調査、中：後期調査、右：臨時調査、全定点データ）

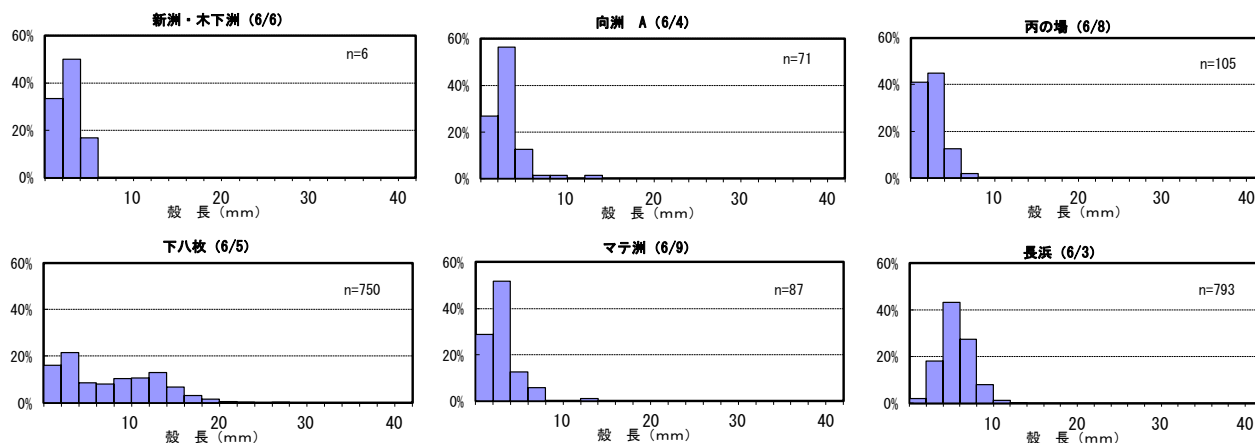


図4 緑川河口域アサリ生息状況調査（前期調査）で確認されたアサリの殻長組成

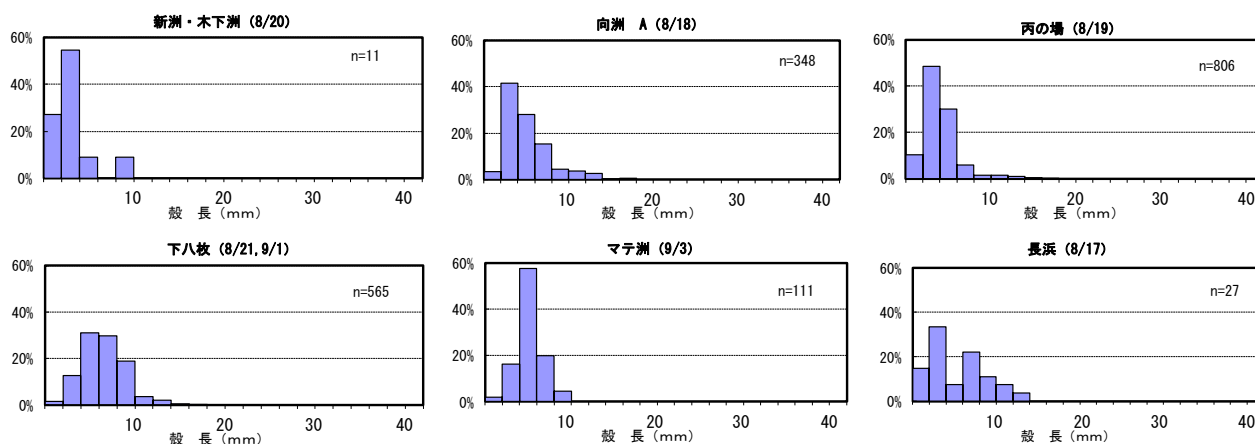


図5 緑川河口域アサリ生息状況調査（後期調査）で確認されたアサリの殻長組成

前期調査（令和2年（2020年）6月2日～10日）では、岸に近い定点でアサリの生息が多く認められ、向洲およびカメ洲で生息密度が高かった。

確認されたアサリは、殻長4～8mmを中心とした殻長10mm未満の令和元年度（2019年度）秋生まれの群が主体と考えられた。

平成4年度（1992年度）の調査開始から継続して調査している代表の定点において、生息密度が1,000個/㎡を越えた定点は1点であった（昨年3点）。また、同定点における平均生息密度は119個/㎡で、昨年の平均生息密度251個/㎡より低くなった。このうち、殻長10mm未満の稚貝は117個/㎡であり、昨年の224個/㎡よりも低くなった。

後期調査（令和2年（2020年）8月17日～9月3日）では、広い範囲の定点でアサリの分布が認められ、丙の場およびカメ洲で生息密度が高かった。

確認されたアサリは、殻長4～8mmを中心とした令和2年（2020年）春生まれの群が主体と考えられた。代表の定点において、生息密度が1,000個/m²を越えた定点は3点であった（昨年3点）。また、平均生息密度は、155個/m²で前年の平均生息密度96個/m²より高くなった。このうち、殻長10mm未満の稚貝は147個/m²と昨年の平均生息密度38個/m²よりも高くなった。

臨時調査（令和2年（2020年）10月13日～19日）では、後期調査よりもほとんどの定点で生息密度が低く、漁獲サイズである殻長30mm以上のものは確認できなかった。

平均生息密度は、昨年度より後期調査において増加しているものの、資源水準が低位と推察された。このため、資源量を増やすためには、現在生息している稚貝と産卵可能サイズの母貝を保護する取組みが必要と考えられた。

表1 緑川河口域でのアサリ平均生息密度および漁獲量の推移（平成23年（2011年）～令和2年（2020年））

（単位 分布密度：個/m²）

	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30	R1	R2
前期調査 （毎年6月頃）	158 (33)	96 (92)	82 (76)	163 (114)	187 (173)	230 (187)	153 (118)	328 (268)	251 (224)	119 (117)
後期調査 （毎年8月頃）	56 (8)	62 (28)	51 (48)	183 (107)	162 (90)	237 (117)	126 (88)	249 (97)	96 (38)	155 (147)
緑川主要漁協のアサリ漁獲量(t)	1309	993	97	23	98	184	407	239	104	0

【注】()内の数値は殻長10mm未満のアサリ平均生息密度

2 菊池川河口域アサリ生息状況調査

図6にアサリの生息状況を、図7に殻長組成を、表2に平成23年（2011年）からの生息状況調査結果を示した。

前期調査では、全40定点でアサリの生息が確認された。確認されたアサリは、殻長2～8mmを中心とした令和元年（2019年）秋生まれの群が主体であった。最も分布密度が高かったのは、洲北東部の定点で44,525個/m²のアサリを確認した。生息密度が1,000個/m²を超えた調査点は30点で、平均生息密度は5,096個/m²、殻長10mm未満の稚貝の平均生息密度は4,459個/m²であり、いずれも昨年同時期に比べて高くなった。

後期調査では、41定点中20定点でアサリの生息が確認された。確認されたアサリは、殻長10～14mmを中心とした令和元年（2019年）秋生まれの群主体だった。最も生息密度が高かった点は、洲北部の定点で350個/m²のアサリを確認した。生息密度が1,000個/m²を超えた調査点は確認されなかった。平均生息密度は52個/m²、殻長10mm未満の稚貝の平均生息密度は16個/m²であり、いずれも昨年同時期に比べて低くなった。

平成30年（2018年）以降の菊池川河口域では漁獲実績がなく、令和元年（2019年）春以前の発生群と考えられる殻長20mm以上の成貝の平均分布密度が1個/m²と依然低いことから、資源量を増やすためには、稚貝を母貝まで保護する取組みが必要と考えられた。

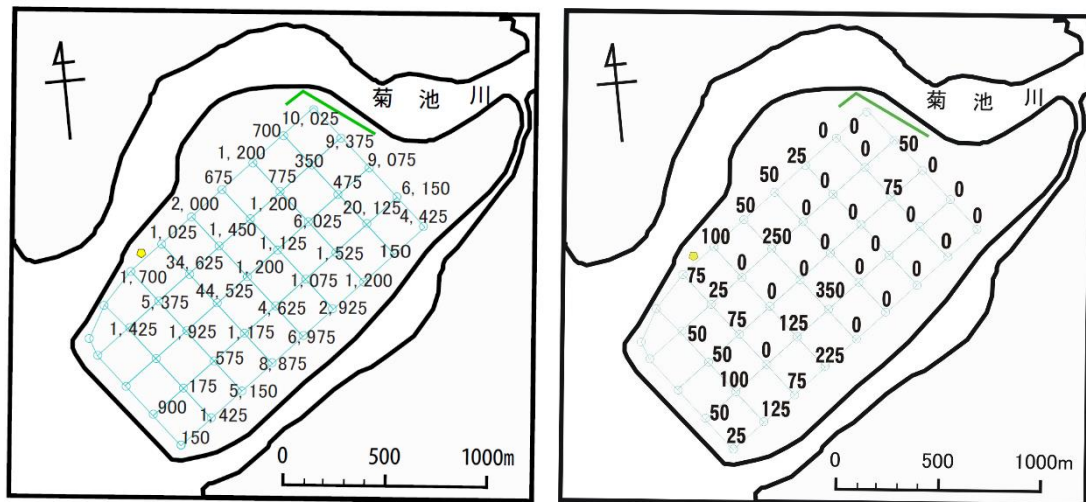


図6 菊池川河口域アサリ生息状況（左：前期調査、右：後期調査、単位：個/㎡）

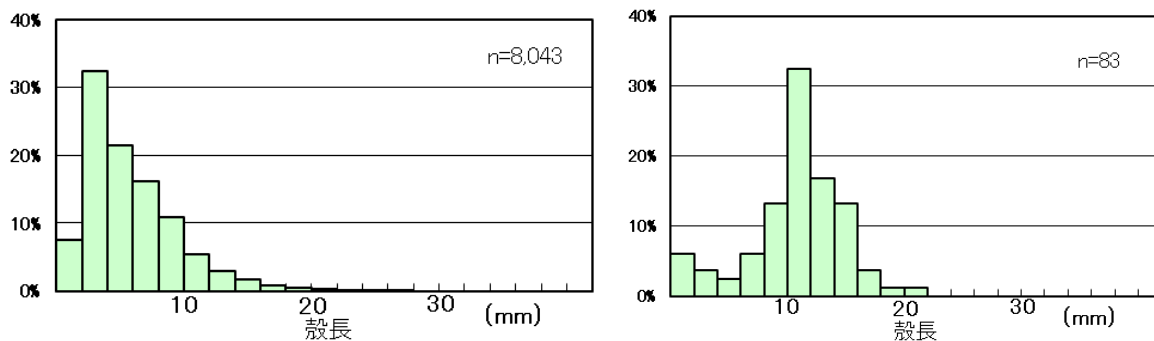


図7 菊池川河口域アサリ殻長組成（左：前期調査、右：後期調査、全定点データ）

表2 菊池川河口域でのアサリ平均生息密度および漁獲量の推移（平成23年（2011年）～令和2年（2020年））

（単位 分布密度：個/㎡ 漁獲量：トン）

	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30	R1	R2
前期調査 （毎年7月頃）	1,243 (76)	1,928 (1,055)	260 (126)	809 (489)	調査 未実施	2,485 (541)	4,179 (3,279)	1,139 (889)	577 (457)	5,096 (4,459)
後期調査 （毎年9月頃）	595 (151)	146 (50)	247 (99)	549 (164)	4,655 (678)	1,647 (635)	2,487 (1,085)	525 (253)	190 (159)	52 (16)
菊池川河口域 アサリ漁獲量(t)	107	40	0	8	0	54	59	0	0	0

【注】()内の数値は殻長10mm未満の稚貝、アサリ漁獲量は聞き取り調査結果

3 アサリ生息精密調査

(1) アサリ生息状況調査

覆砂区および対照区での生息密度の推移を図8に、覆砂区における殻長組成の推移を図9に示す。

覆砂区での最大生息密度は4月の13,442個/㎡で7月まで高い値で推移した後、8月および12月に大きく減少し2月に最低値となった。4月に殻長4mm程度であった前年秋季の産卵期に発生したと考えられる稚貝の成長が確認できたものの、9月以降殻長20mm以上の出現頻度が減少し、代わって8月に確認された春季の産卵期に発生した稚貝が主体となって残存・成長していることを確認できた。1月以降、令和2年（2020年）秋期の産卵期に発生した稚貝が確認できた。対照区では、7月に最大生息密度167個/㎡

となり、10月以降はアサリを確認することはできなかった。

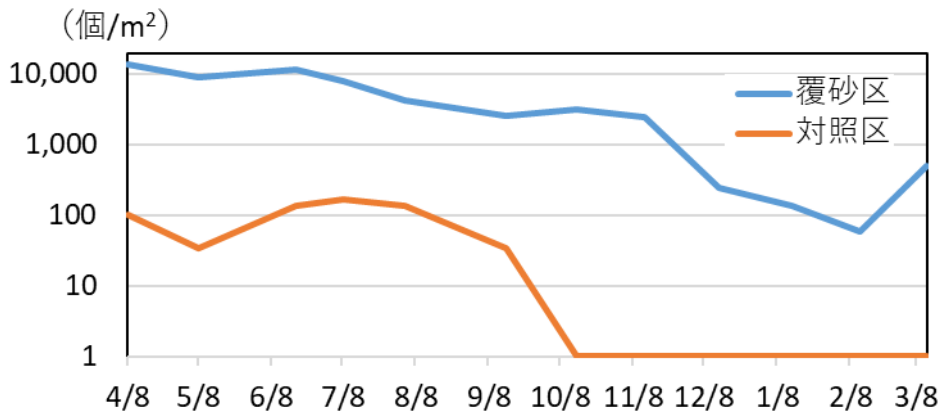


図8 覆砂区と対照区における生息密度の推移

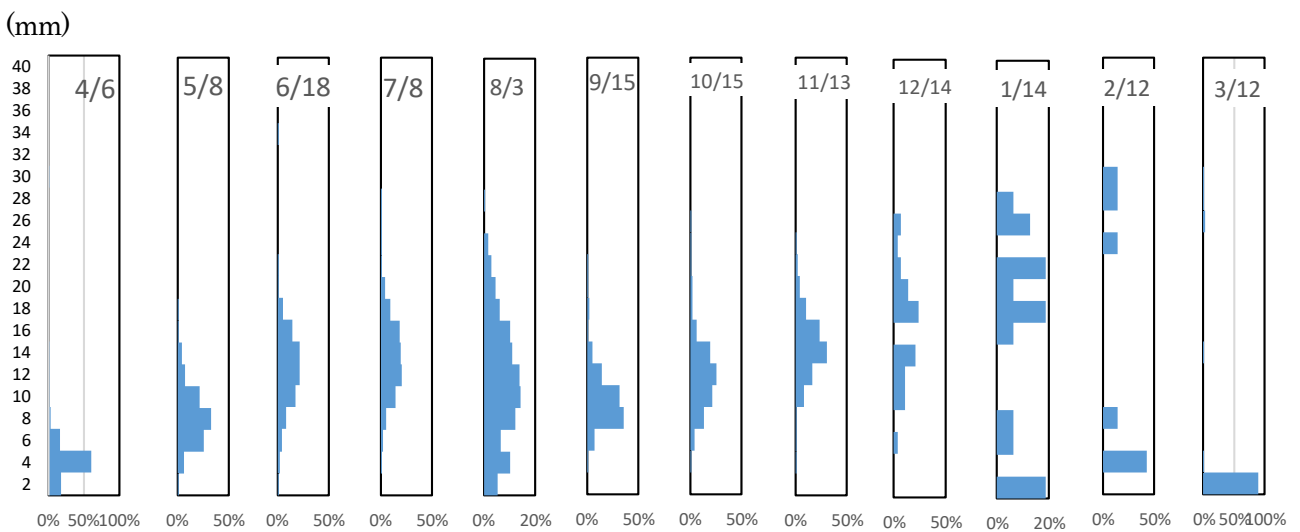


図9 覆砂区における殻長組成の推移

(2) アサリ新規加入量調査および底質調査

覆砂区および対照区での初期着底稚貝の生息密度の推移を図10に、底質の推移を図11に示す。

今年度の最大値は7月に覆砂区の31,036個/m²で、これは春季の産卵期に伴う加入と考えられ、前年度同時期に比べると約10倍の生息密度の初期着底稚貝を確認することができた。4月には対照区の方が覆砂区より多い初期着底稚貝数であったものの、5月から12月までは覆砂区の方が多く初期着底稚貝を確認することができた。

底質については、覆砂区では中央粒径が6月から10月まで小さくなったものの、年間を通じて対照区より大きい値を示し、泥分率は前年度と同様7月および8月に高くなり水産庁のガイドラインが示す基準値を超過したものの概ね対照区より低い値で推移した。対照区では、中央粒径は横ばいで推移したものの12月に小さくなり、泥分率は6月以降ガイドラインの基準値を超過し、梅雨の出水がある夏季より11月以降の冬季の方が高くなった。

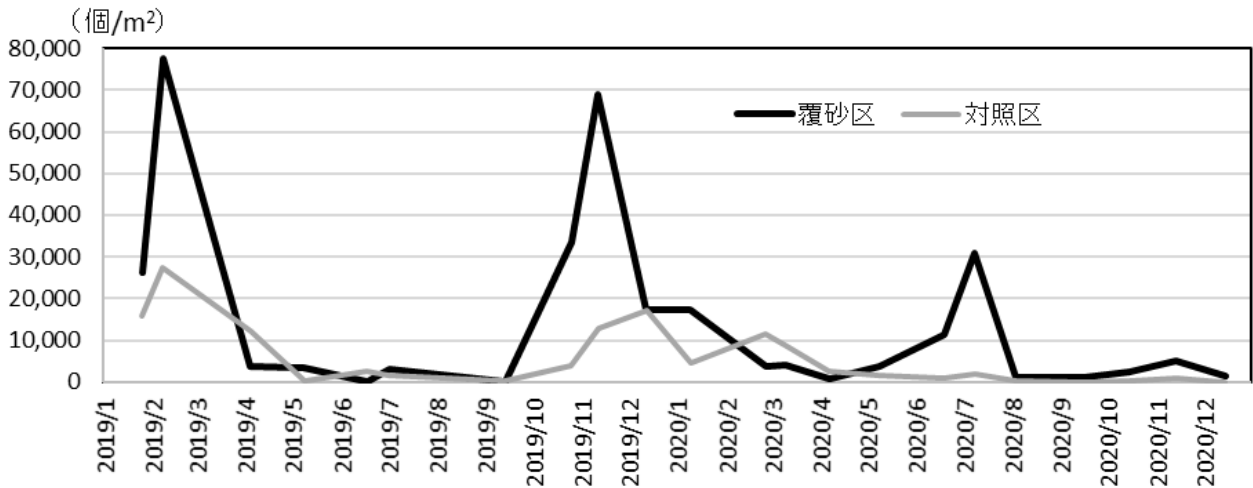


図10 初期着底稚貝密度の推移

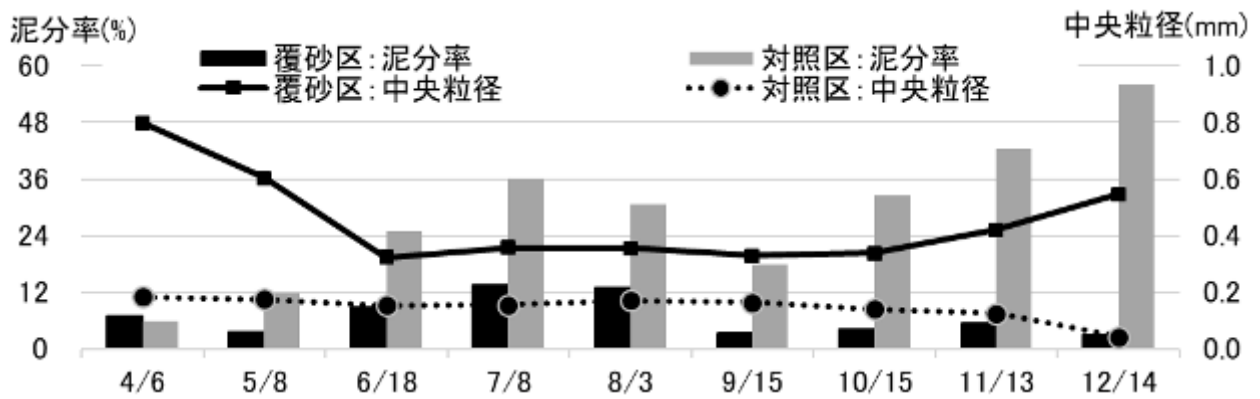


図11 底質（泥分率および中央粒径）の推移

4 ドローンによる覆砂漁場撮影データの画像処理

覆砂漁場を撮影した画像データの2D俯瞰図及び3D処理画像を図12～図14に示す。

撮影場所における覆砂工事の竣工日は平成30年（2018年）9月25日であり、施工直後の9月23日の状況は、2D俯瞰図及び3D処理画像ともに施工区内に比較的細かな凹凸がみられたが、10月9日にはその凹凸が少なくなり均一化された様子が確認できた。

また、翌年1月20日の2D俯瞰図には、アサリ稚貝を捕獲するための網袋を設置した状況が映し出されており、これらは3D画像処理においてもはっきりと確認することができた。網袋のように地盤高から10センチ程度の凹凸であれば、ドローンによる簡易測量でも十分に把握することができることが分かった。

2D 俯瞰図 (左)

3D 処理画像 (右)

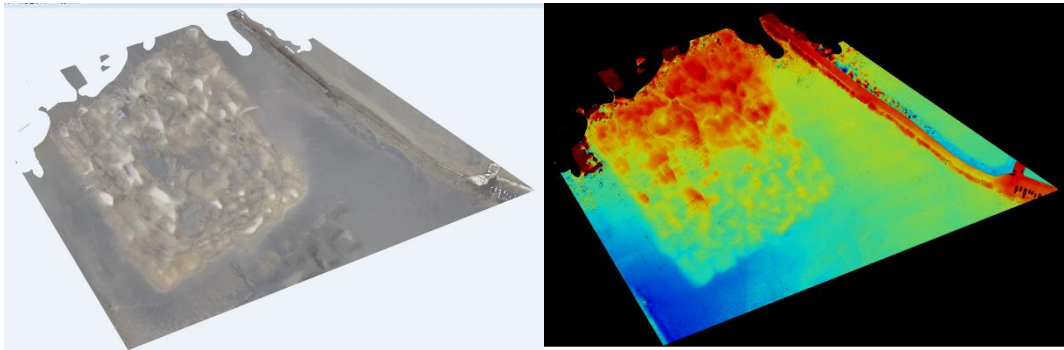


図 12 平成 30 年 9 月 23 日撮影の覆砂漁場

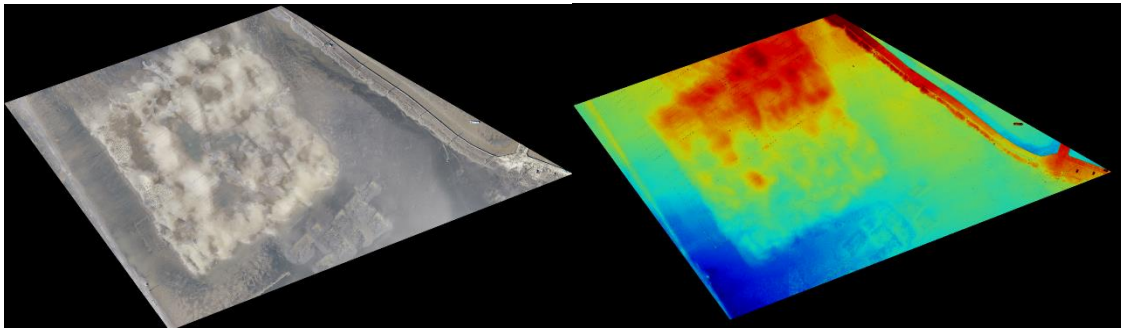


図 13 平成 30 年 10 月 9 日撮影の覆砂漁場

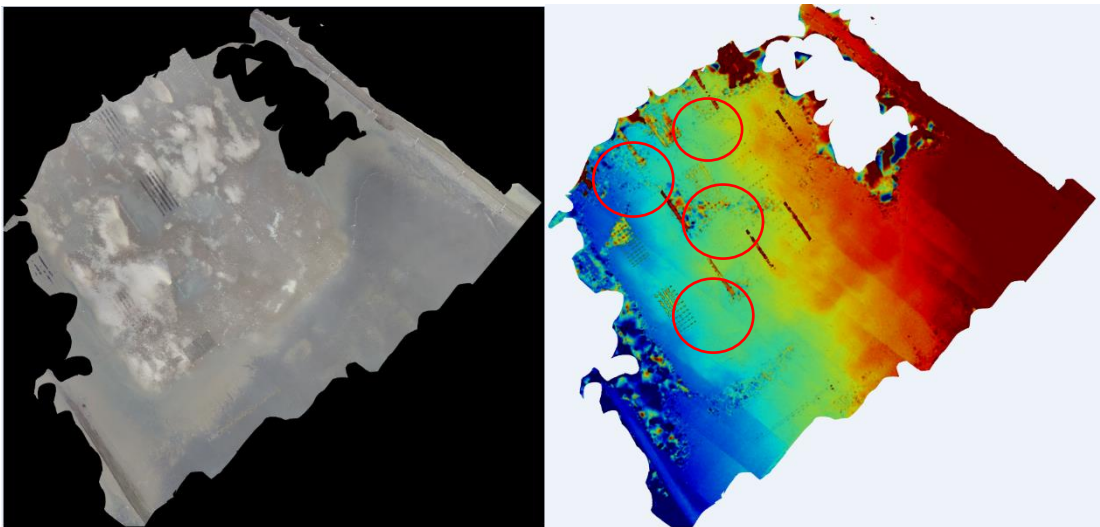


図 14 平成 31 年 1 月 20 日の覆砂漁場
(○囲みが網袋設置箇所)

県 単

重要二枚貝資源モニタリング事業Ⅱ (令和元(2019)～)

令和5(2023)年度

(アサリ肥満度調査・アサリ浮遊幼生調査)

国庫・令達

および有明海特産魚介類生息環境調査Ⅰ (平成30(2018)～)

令和2(2020)年度

(二枚貝浮遊幼生ネットワーク調査)

緒 言

本事業では、アサリ資源の回復に向けた取組みの一環として、アサリの産卵状況を把握することを目的に、緑川河口域におけるアサリの肥満度調査および本県の有明海・八代海沿岸主要漁場におけるアサリ浮遊幼生調査を実施した。

なお、有明海における浮遊幼生調査は、有明海における水産有用二枚貝類（アサリ・タイラギ・サルボウ・ハマグリ）資源の再生を目的とした有明海特産魚介類生息環境調査の一環として、平成27年度（2015年度）から有明海沿岸4県および国（九州農政局）と共同で実施している。

方 法

1 担当者 黒木善之、安藤典幸、栃原正久

2 調査項目および内容

(1) アサリ肥満度調査

調査は、おおむね月2回、緑川河口域で漁獲された殻幅13mm以上のアサリ50個体を分析まで-30℃以下で冷凍保存し、解凍後、殻長(mm)、殻幅(mm)、殻高(mm)、軟体部湿重量(g)を測定した。なお、肥満度は、軟体部湿重量/(殻長×殻幅×殻高)×1000で算出した。

(2) アサリ浮遊幼生調査

調査定点を図1に示した。調査定点は、各主要漁場の段落ち部（干潟から急に水深が深くなる水深約5mの地点）に、荒尾地先1点、菊池川河口域1点、緑川河口域2点および球磨川河口域4点の合計8点を設定した。

調査は有明海では4月から6月、9月から11月に計19回、八代海では4月から7月、10月から12月に計7回行った。

有明海では、各調査定点の表層（水深0.5m）、中層（1/2水深）および底層（海底直上1m）から水中ポンプで200ℓ採水し、58μm目合いのネットですろ過して試料とした。八代海では、各調査定点の底層（海底直上1m）から水中ポンプで200ℓ採水し、100μm目合いのネットですろ過して試料とした。試料中のアサリ幼生について、モノクローナル抗体による蛍光抗体法で同定し、計数した。

八代海では、調査毎に底層の海水を採水して水温を計測後、当センターに持ち込んで塩分およびクロロフィルa濃度（DMFによる抽出法）を測定した。

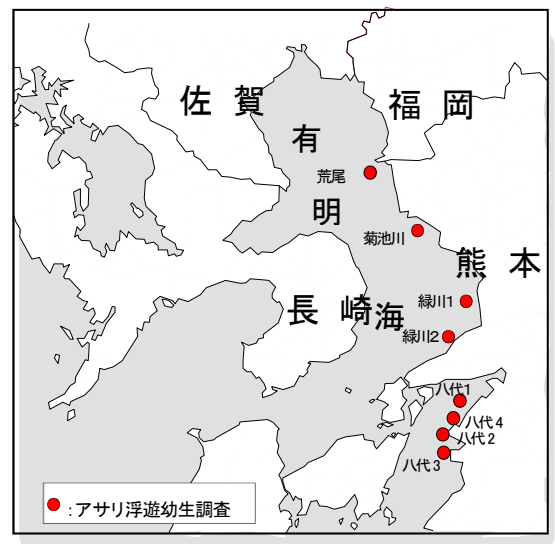


図1 アサリ浮遊幼生調査定点

結果および考察

1 アサリ肥満度調査

アサリ肥満度の推移を図2に示した。

今年度の肥満度は、春の産卵期に当たる4月に25.1で、その後徐々に低下し、10月には16.5まで低下した。その後増加し、3月には25.0となった。令和元年度（2019年度）や過去10年間と比較して、4月から6月までは高く推移し、8月から10月までは低く推移した。過去10年間の平均値より高かった4月にはユーカンピア属を含む珪藻が、6月にはヘテロシグマ アカシオが、11月にはキートセロス属の珪藻が、1月にはスケルトネマ属の珪藻が、それぞれ赤潮を形成しており、これらのプランクトンを餌として利用したと考えられた。

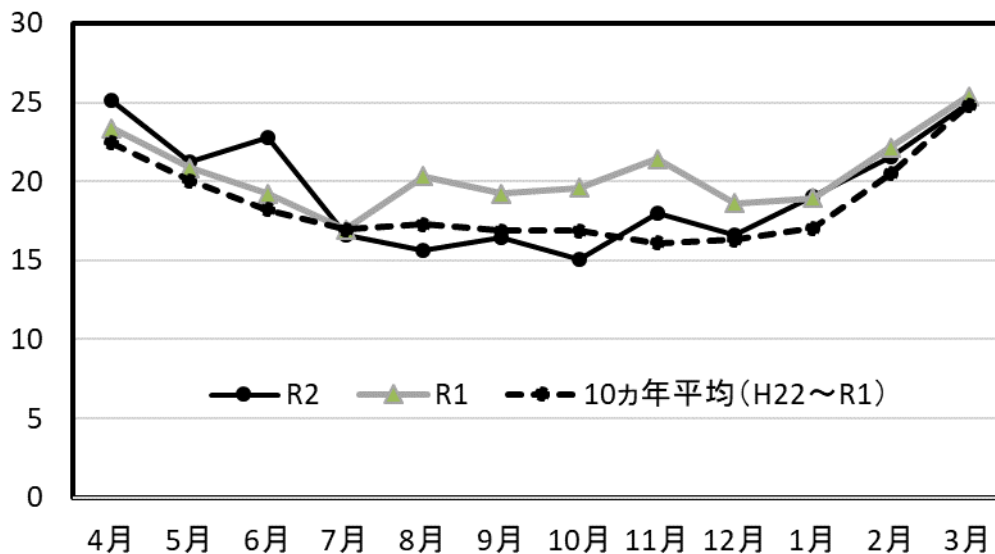


図2 4月から翌年3月までの肥満度の推移

2 アサリ浮遊幼生調査

有明海における浮遊幼生の推移を図3に示した。

有明海の表層における、春期産卵に伴う幼生数の最高値は、荒尾地先では6月上旬に1,200個/m³、菊池川河口域では5月下旬に705個/m³、緑川河口域では6月中旬に2,970個/m³であった。秋期産卵に伴う幼生数の最高値は、荒尾地先では11月上旬に5,595個/m³、菊池川河口域では11月上旬に13,170個/m³、緑川河口域では11月中旬に1,185個/m³であった。

有明海の底層における、春期産卵に伴う幼生数の最高値は、荒尾地先では5月中旬に480個/m³、菊池川河口域では6月中旬に2,100個/m³、緑川河口域では5月中旬に2,340個/m³であった。秋期産卵に伴う幼生数の最高値は、荒尾地先では11月上旬に1,815個/m³、菊池川河口域では11月中旬に840個/m³、緑川河口域では10月中旬に825個/m³であった。今年度は、春期産卵期には緑川河口域が、秋期産卵期には県北海域で幼生量が多く確認された。

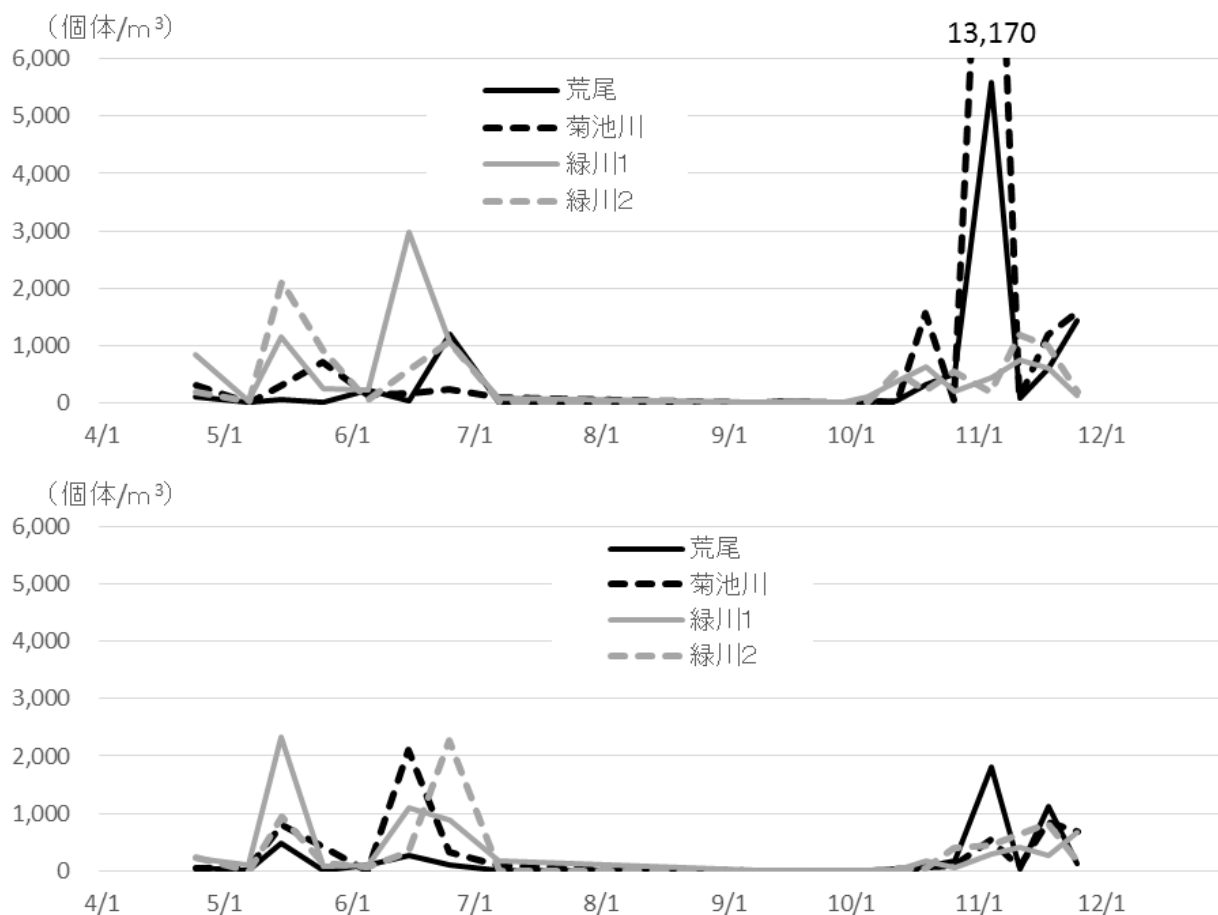


図3 有明海における浮遊幼生調査結果（上段：表層、下段：底層、単位：個/m³）

八代海における浮遊幼生の推移を図4に、八代海の年度別の浮遊幼生の推移を図5、八代海での浮遊幼生調査時の水質を図6に示した。八代海における幼生数のピークは、6月と12月で、最も多かったのは6月の八代1で320個/m³であった。浮遊幼生が確認された水質は、水温が15.3~24.6°C、塩分が11.3~33.2、クロロフィルa濃度が3.3~28.7μg/Lであった。

調査手法および調査頻度が有明海とは異なるため単純に比較できないが、今年度は有明海では春期より秋期の幼生数のピークが大きかったのに対し、八代海では秋期より春期の6月に平均幼生数が多かった。なお、令和2年7月豪雨後八代海の湾奥部で低塩分化によるアサリのへい死が確認されたにもかかわらず、12月には前年度より平均幼生数が多かったことから、母貝が漁場に残存して令和3年度（2021年度）以降も幼生供給が継続されることが期待された。

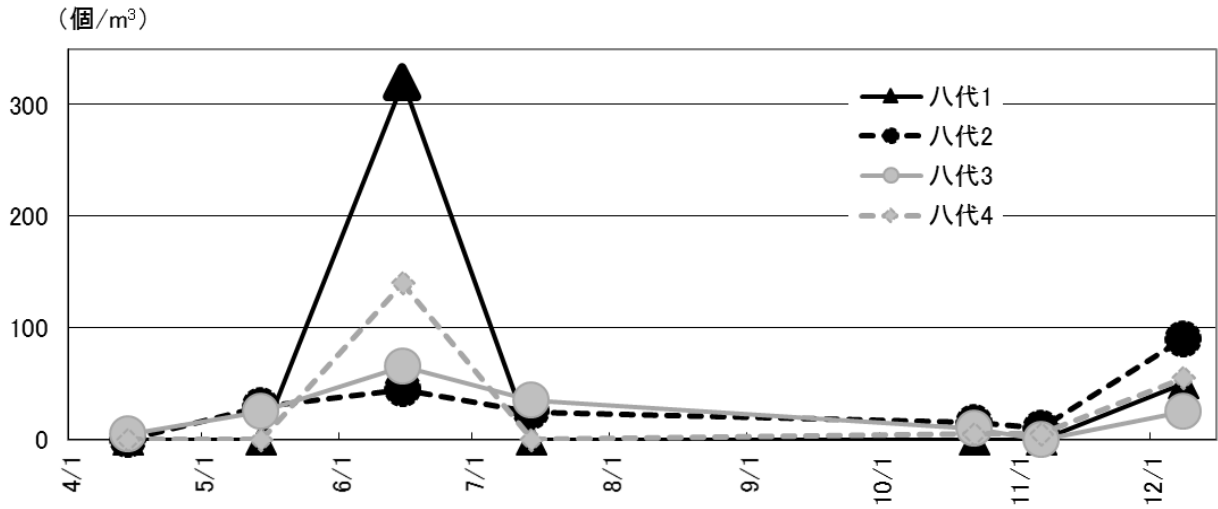


図4 八代海における定点別浮遊幼生調査結果 (単位: 個/m³)

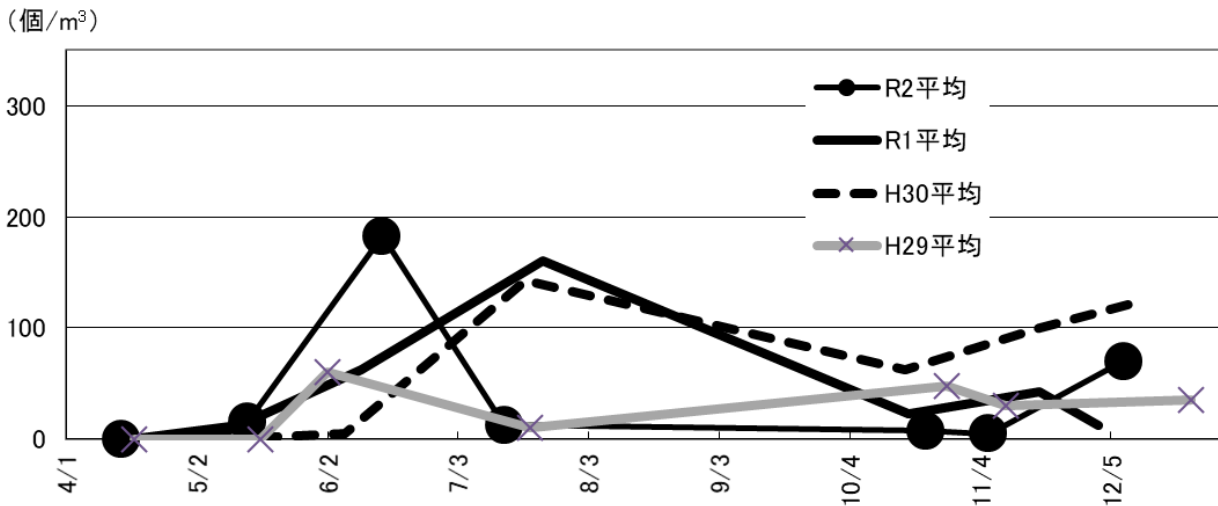


図5 八代海における年度別浮遊幼生調査結果 (単位: 個/m³)

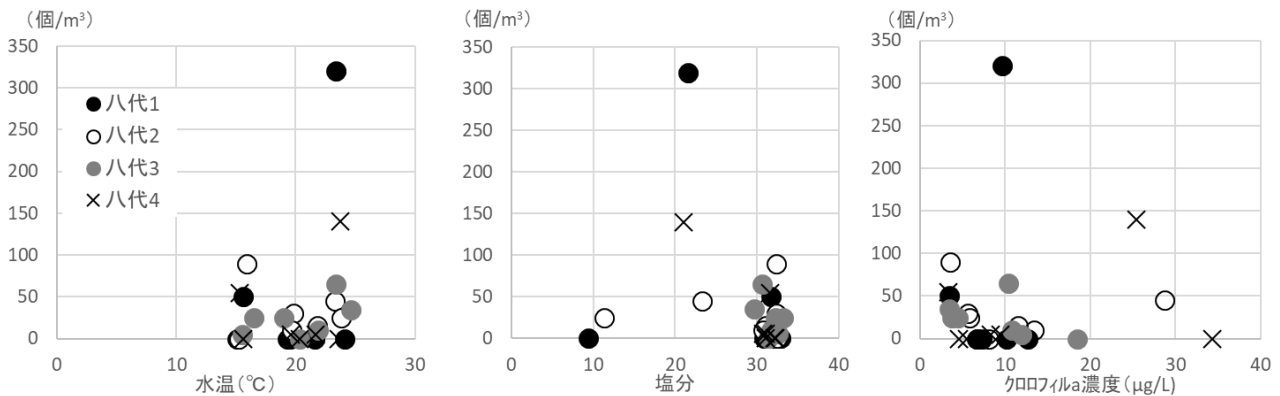


図6 八代海における浮遊幼生調査時の水質 (左から水温、塩分、クロロフィルa濃度)

県 単

重要二枚貝資源モニタリング事業Ⅲ (令和元 (2019) ~)

(ハマグリ生息状況調査) 令和5 (2023) 年度

緒 言

熊本県のハマグリ漁獲量は昭和49年(1974年)の5,855トンピークに年々減少し、平成16年(2004年)には50トンと過去最低を記録した。近年の漁獲量は依然として100トン以下の低位であるため、漁獲量を高位に安定化させることが重要な課題となっている。

この事業では、ハマグリ資源の動向を把握することを目的として、本県の主漁場である緑川河口域および菊池川河口域のハマグリ生息状況調査を実施した。

方 法

- 1 担当者 黒木善之、安藤典幸、栃原正久
- 2 調査項目および内容

(1) 緑川河口域ハマグリ生息状況調査

調査は、第1回が令和2年(2020年)6月2~10日、第2回が令和2年(2020年)8月17~9月3日、第3回が令和2年(2020年)10月13~19日に、図1に示す干潟上に設定した調査定点において25cm方形枠による枠取りを2回実施し、1mm目合いのふるい分け試料から得られたハマグリについて個体の計数および殻長を計測した。

(2) 菊池川河口域ハマグリ生息状況調査

調査は、第1回が令和2年(2020年)7月3日、第2回が令和2年(2020年)9月17日に、図1に示す干潟上に設定した調査定点において10cm方形枠による枠取りを4回実施し、1mm目合いのふるい分け試料から得られたハマグリについて、個体の計数および殻長を計測した。

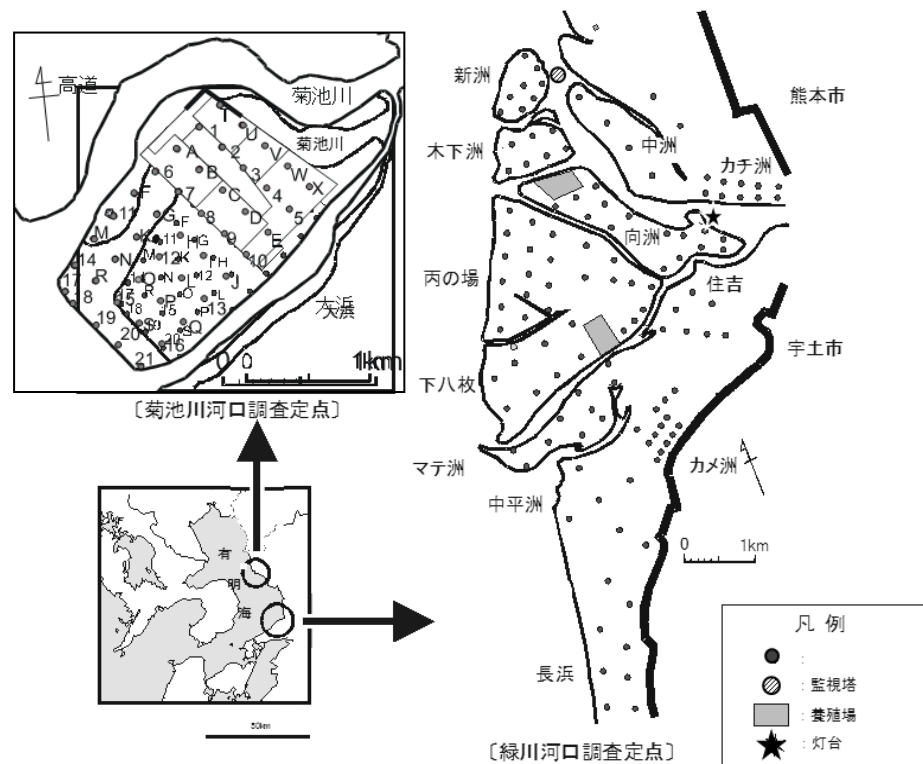


図1 ハマグリ生息状況調査定点

結果および考察

1 緑川河口域ハマグリ生息状況調査

図2にハマグリが生息状況、図3に調査ごとの殻長組成、表1に平成23年(2011年)からの生息状況調査結果を示した。

第1回調査では、主に向洲とカチ洲で生息がみられ、沖側の漁場ではほとんど確認されなかった。主要生息場所(カチ洲、向洲、住吉、丙の場、カメ洲、下八枚および長浜)の調査定点における平均生息密度は、昨年の48個/m²に対して38個/m²と低くなり、令和元年(2019年)夏期に発生した群である殻長10mm未満の稚貝の平均生息密度は、昨年の38個/m²に対し36個/m²と低くなった。また、主要生息場所(カチ洲、向洲、住吉、丙の場、カメ洲、下八枚および長浜)のうち生息密度が100個/m²を超えた調査定点は、昨年の8定点に対して5定点と減少した。

第2回調査では、向洲の河口側を中心に生息がみられ、調査定点の平均生息密度は、昨年の16個/m²に対して21個/m²と高くなり、10mm未満の稚貝の平均生息密度は、昨年の10個/m²に対し19個/m²と高くなった。生息密度が100個/m²を超えた調査定点は、昨年同様2定点であった。

第3回調査では、第1回調査および第2回調査でハマグリが多く確認されたカチ洲、向洲および住吉でのみ調査を行った。第1回調査および第2回調査と同様に、向洲で高密度にハマグリが確認された。調査定点の平均生息密度は、昨年の27個/m²に対して49個/m²と高くなり、10mm未満の稚貝の平均生息密度も、昨年の20個/m²に対して43個/m²と高くなった。

これらの結果から、緑川河口域において、向洲がハマグリの高密度生息地であることが示唆された。しかし、ハマグリが生息数が少ない状況は依然として続いており、一層の資源管理が必要と考えられた。

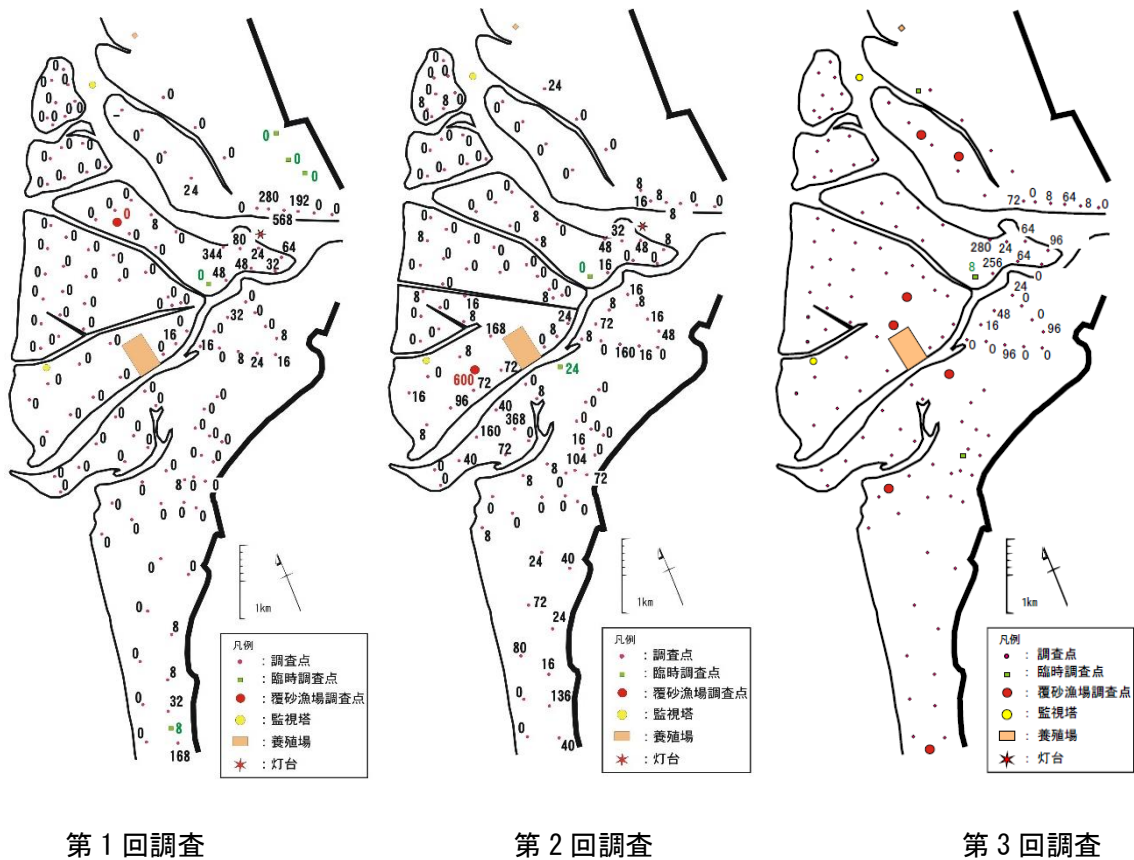


図2 令和2年(2020年)緑川河口域ハマグリ生息状況(単位:個/m²)

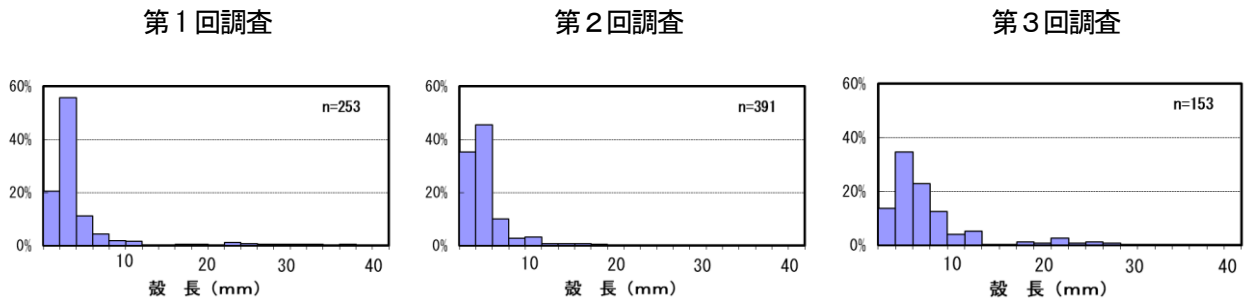


図3 緑川河口域で確認されたハマグリノ殻長組成（縦軸：頻度、横軸：殻長【mm】）

表1 緑川河口域の経年調査定点におけるハマグリ平均生息密度および漁獲量の推移

（単位：分布密度 個/m²）

	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30	R1	R2
第1回調査 （毎年6月頃）	52 (25)	30 (8)	73 (61)	37 (17)	30 (23)	27 (19)	14 (6)	38 (33)	48 (38)	38 (36)
第2回調査 （毎年9月頃）	32 (11)	60 (54)	37 (21)	34 (10)	12 (8)	29 (19)	23 (18)	30 (9)	16 (10)	21 (19)
第3回調査 （毎年10月頃）					161 (67)	37 (22)	67 (58)	73 (49)	27 (20)	49 (43)
緑川主要漁協の ハマグリ漁獲量(t)	108	55	55	62	40	59	49	19	13	15

【注】（ ）内の数値は殻長10mm未満のハマグリ平均分布密度

2 菊池川河口域ハマグリ生息状況調査

図4にハマグリノ生息状況および殻長組成を、表2に平成23年（2011年）からの生息状況調査結果を示した。

第1回調査では、40 定点中4 定点でハマグリが確認された。平均生息密度は、令和元年（2019年）の1 個/m²に対して3 個/m²と高くなった。

第2回調査では、41 定点中34 定点でハマグリが確認された。平均生息密度は、令和元年（2019年）の2 個/m²に対して140 個/m²と大きく稚貝の着底量が増え、主に殻長2~4mm以下の稚貝で令和元年（2019年）夏以降に発生した稚貝が集積したと考えられた。

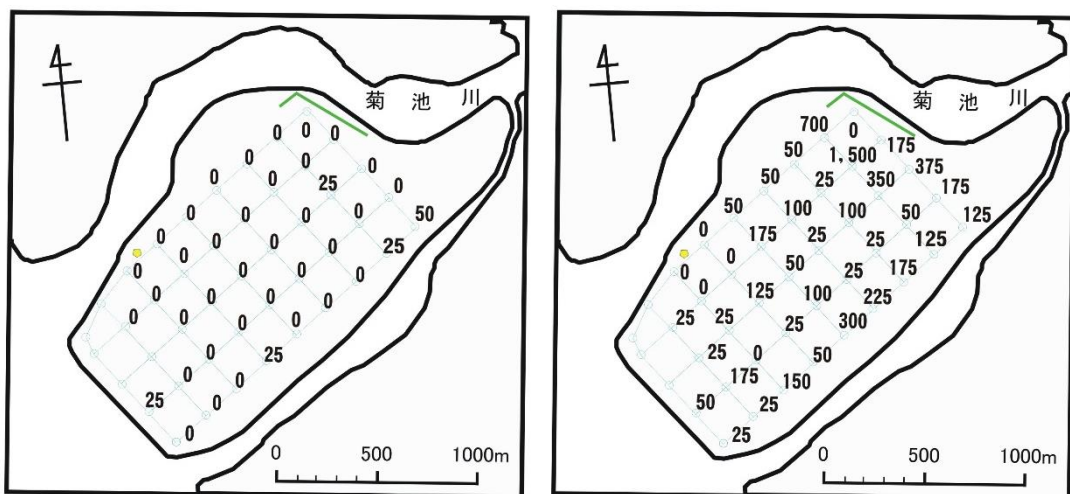


図4 菊池川河口域ハマグリ生息状況（上段：個/m²）

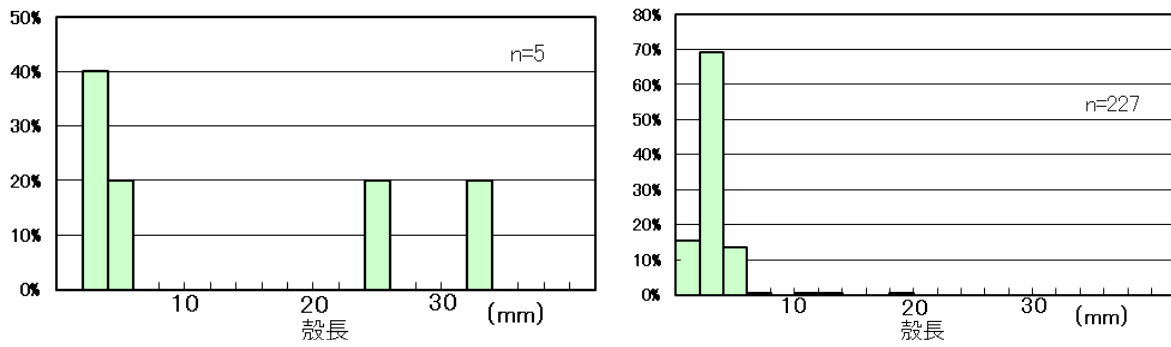


図5 殻長組成（下段：全定点）（左：第1回調査、右：第2回調査）

表2 菊池川河口域におけるハマグリ平均生息密度の推移（平成22年（2010年）～令和元年（2019年））

（単位：個/m²）

	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30	R1	R2
第1回調査 (毎年6月頃)	20 (15)	29 (3)	13 (2)	1 (0)	4 (1)	未実施	5 (1)	7 (0)	9 (8)	1 (1)	3 (2)
第2回調査 (毎年9月頃)	15 (1)	18 (0)	6 (2)	83 (81)	3 (1)	9 (5)	11 (6)	1 (0)	20 (18)	2 (2)	140 (138)

※【注】（ ）内の数値は殻長10mm未満の稚貝の分布密度

県 単
令和元年(2019)～
令和5(2023)年度

重要二枚貝資源モニタリング事業 IV ()

(球磨川河口域におけるハマグリ浮遊幼生および着底後の生息状況調査)

緒 言

本事業では、ハマグリの資源管理手法確立の基礎資料を得るため、本県のハマグリ主要漁場の一つである球磨川河口域において、ハマグリの浮遊幼生および着底後の生息状況調査を実施した。

方 法

- 1 担当者 黒木善之、安藤典幸、栃原正久
- 2 調査項目および内容

(1) ハマグリ浮遊幼生調査

ア 調査日

7月14日、8月24日および9月8日

イ 調査場所

球磨川河口域の図1に示すSt.1およびSt.5の2点

ウ 方法

船上から水中ポンプを用いて底層(海底直上1m)の海水を200L採水し、目開き100 μ mのネットでろ過して試料を採集した。採集した試料は、外部に委託し、外観形態によりハマグリ浮遊幼生の同定および個体数を計数した。また、採水した海水の水温、塩分およびクロロフィルa濃度を測定した。

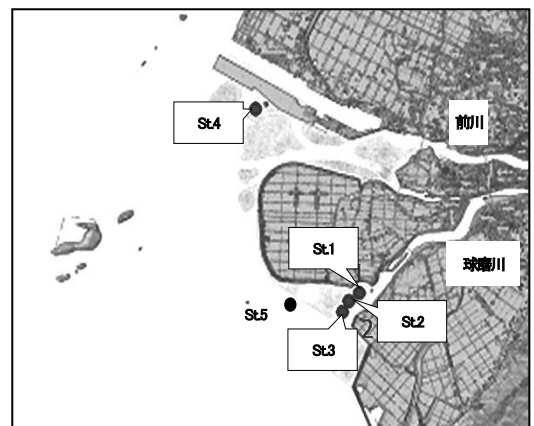


図1 調査定点図

(2) ハマグリ生息状況調査

ア 調査日

10月16日

イ 調査場所

球磨川河口域の図1に示すSt.1～St.4の4点

ウ 方法

干潟上の各調査定点において50cm方形枠による枠取りを3回実施し、目開き1mmのふるいで採集したものを試料とした。試料中のハマグリの個体数の計数および殻長の測定を行い、1 m^2 あたりの生息密度を算出した。

結果および考察

1 ハマグリ浮遊幼生調査

球磨川河口域における底層水温、塩分、クロロフィルa濃度および浮遊幼生分布密度の結果を表1に示した。浮遊幼生は、8月24日、9月4日に5個/ m^3 確認された以外は確認されなかった。なお、平成29(2017)年度以降0～10個/ m^3 しか確認されておらず、球磨川河口域における浮遊幼生量は少ない状況が継続しているものと考えられた。

表1 各定点における底層水温、塩分、クロロフィルa濃度および浮遊幼生分布密度

調査日	調査定点	水温 (°C)	塩分	クロロフィルa濃度 ($\mu\text{g/L}$)	浮遊幼生分布密度 (個/ m^3)	平均殻長 (μm)
7/14	St.1	19.4	0.35	1.20	0	-
	St.5	19.9	0.08	0.66	0	-
8/24	St.1	27.8	28.43	5.46	5	160
	St.5	27.8	29.38	4.04	0	-
9/8	St.1	25.1	26.31	3.12	5	160
	St.5	25.5	30.22	4.24	0	-

2 ハマグリ生息状況調査

各定点におけるハマグリ生息密度を図2に示した。各定点のハマグリ生息密度は、0~7個/ m^2 で、昨年調査の1~9個/ m^2 と比較して減少した。また、St.1, 2, 4では、殻長10mm以下の前年度夏以降の発生群が確認されたが、産卵可能サイズとされる殻長30mm以上のものは確認されなかった。

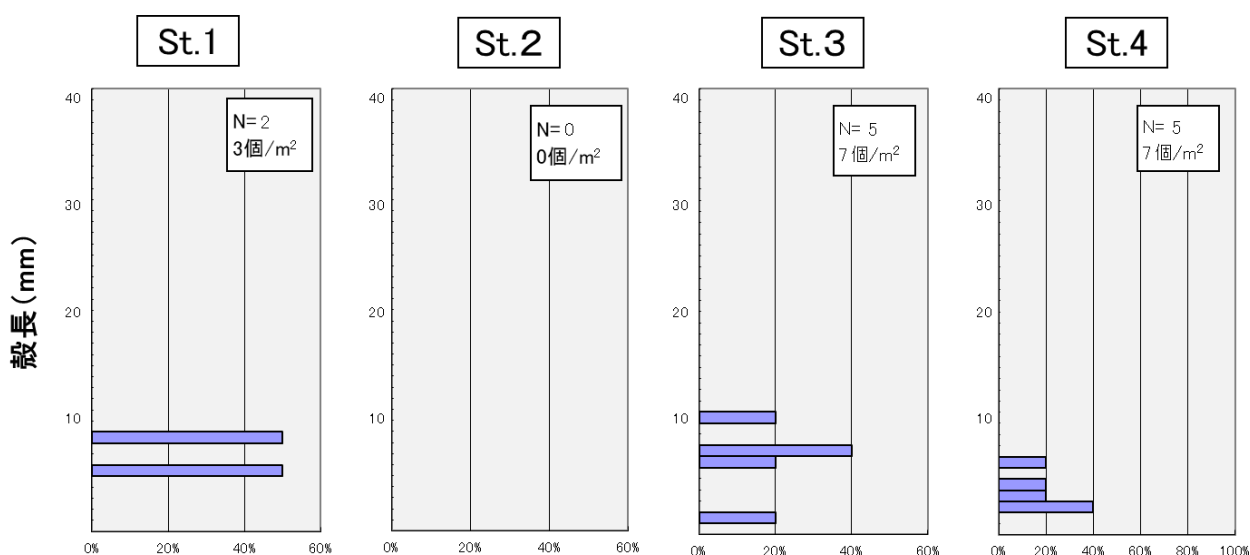


図2 各定点におけるハマグリ生息密度

(縦軸：殻長 (mm)、横軸：頻度 (%)、Nは、採集したハマグリの実数)

国庫・令達
平成30(2018)～
令和2(2020)年度

有明海・八代海再生事業Ⅰ

(アサリ人工稚苗放流技術開発試験)

緒言

熊本県のアサリ漁獲量は、昭和52年(1977年)には65,732トンであったが、平成9年(1997年)には1,009トンまで減少した。平成15年(2003年)から平成19年(2007年)にかけて数千トン程度と回復の兆しが見えたが、その後再び減少に転じ、近年は約数百トン程度の漁獲量で推移している。

そこでアサリ資源の回復を図るため、人工稚貝を用いた母貝場を造成することを目的として、本県のアサリ主要産地である緑川河口域において、人工稚貝の成長および生残と漁場環境との関係を把握するため、放流技術開発試験を実施した。

なお、本試験は有明海特産魚介類の資源回復のための稚苗生産技術の開発や放流手法の改善などを目標に平成21年度(2009年度)から開始した水産庁補助事業有明海漁業振興技術開発事業の一環として実施している。

方法

1 担当者 黒木善之、安藤典幸、栃原正久、増田雄二

2 調査項目および内容

(1) 調査日 令和2年(2020年)10月15日から令和3年(2021年)3月12日まで

(2) 調査点 宇土市長浜町地先(図1)

(3) 調査方法

ア アサリ人工稚貝放流方法の検討

令和2年(2020年)10月15日に公益財団法人くまもと里海づくり協会が中間育成した平均殻長7.0mmの人工稚貝を、地盤高0.6mの漁場(以下「沖区」という。)、同じ地盤高に平成30年(2018年)9月に造成した覆砂漁場(以下「覆砂区」という。))および地盤高0.9mの漁場(以下「対照区」という。))の3つの試験区を設け放流した。放流時に試験区ごとに、木杭で干潟に固定した9mm目の網の下に1,666個/m²放流した「被覆網」、砂利5kgを入れた網袋(30cm×60cm、4mm目)に500個ずつ収容した「網袋」、ネトロンネットを加工したカゴ

(50cm×50cm×30cm、6mm目+側面には4mm目を追加)に300個ずつ放流した「カゴ」の3種類の保護対策を施した。(表1)



図1 調査実施場所

表1 人工稚貝放流試験区と保護対策

試験区	覆砂区	沖区	対照区
保護対策	被覆網、網袋、カゴ	被覆網、網袋、カゴ	被覆網、網袋、カゴ

放流実施後は毎月の大潮時に追跡調査を実施した。

「被覆網」は、網の直下から10cm方形枠(サイズは10×10×10cm。以下、「方形枠」という。))を用いて2回枠取りし、1mm目合いでふるい分けを行い、分析用の試料とした。「網袋」は、方形枠を用いて2~3袋程度から内容物を採取し、1mm目合いでふるい分けを行い、分析用の試料とした。「カゴ」は、カゴの内部から方形枠を用いて1~5回枠取りし、1mm目合いでふるい分けを行い、分析用の試料とした。

これらの試料から得られたアサリについて、計数および殻長測定を行った。なお、カゴのサンプルは現地で計数および殻長測定を行った。

また、令和元年度（2019年度）に網袋およびカゴで保護して3試験区に放流していた人工稚貝について、令和2年（2020年）4月6日および10月14日に回収し、分析まで -30°C 以下で冷凍保存し、解凍後、殻長（mm）、殻幅（mm）、殻高（mm）、軟体部湿重量（g）を測定した。なお、肥満度は、軟体部湿重量／（殻長×殻幅×殻高）×1000で算出した。

イ アサリ人工稚貝放流場所の検討

各試験区において、令和2年（2020年）10月および11月に、流向流速計およびクロロフィル濁度計（AEM-USB および ACLW-USB：JFE アドバンテック株式会社製）を約2週間設置し、流速およびクロロフィル濃度を連続観測した。観測した流速およびクロロフィル濃度を乗算してクロロフィルフラックスを算出した。

得られた流速データを用いて国立研究開発法人 水産研究・教育機構（旧水産工学研究所）が作成した「アサリ稚貝の移動限界判定エクセルファイル Ver. 3.1¹⁾」を用いて、海底のせん断応力^{*}を求め、アサリ稚貝の移動限界を判定した。

また、餌料環境を把握するために、内径29mmのプラスチックチューブを用いて採取した表層1cmの底土をN,N-ジメチルホルムアミドで固定して、実験室に持ち帰って分析し、底泥植物色素量(g/m^2)を算出した。

※せん断応力：物質のある面を水平方向に移動しようとする力が発生した際に、それに対して、水平方向に発生する力のこと。アサリ稚貝が生息場の底質によって移動されやすいか否かを判断する際に用いる。

結果および考察

1 アサリ人工稚貝放流方法の検討

各試験区および保護対策毎に放流6ヵ月後の生残率および成長量を表2に示した。

放流6ヵ月後の令和3年（2021年）3月には、成長量が大きかった試験区は、被覆網で保護した対照区で平均殻長19.2mmに成長したが、過去2年間に到達した産卵可能サイズである殻長20mm以上にはならなかった。被覆網保護での生残率は、前年度までの2~30%に比べて沖区で100%と改善されたが、1月時点で12%まで低下した後にサイズ・生残率ともに上昇していることから、試験区外からの混入やサンプリング方法等の検証が必要であると考えられた。

保護手法別にみると、前年度までの結果同様、網袋保護では3区とも生残率の低下が確認されなかった。前年度までの結果では覆砂区での成長が高い傾向にあったが、今年度は覆砂区と同程度の成長量を沖区でも確認することができた。

カゴ飼育について覆砂区での結果を整理したところ（図3）、今年度は過去の放流時期より2週間遅れ、サイズが小さかったことから11月で殻長10mmになり、その後4ヵ月経過しても産卵可能サイズ20mmまで達することはなかった。

放流時期及びサイズ以外の要因について検討するために、緑川河口域養殖ノリ支柱漁場での表層海水中の珪藻（スケルトネマ属、キートセロス属等）を比較した結果（図3）、今年度は過去2年に比べて11月以降低位であった。また、12月末から1月上旬にかけて強い北風が吹き、被覆網の破損、網袋の埋没が確認されており、カゴ内のアサリ稚貝も物理的攪拌にさらされていた可能性があることから、十分な餌料の確保ができなかったことも影響して成長が遅れたのではないかと考えられた。

稚貝放流前に試験区でホトトギスマットが確認され、これらによる底質の悪化が推測されたため、試験開始前に漁業者が耕運機及び腰巻ジョレンを用いて全試験区を耕うんして放流を実施し、これらの影響を

把握するために前年調査と同時期である令和3年（2021年）1月に各試験区で内径56mmのプラスチックチューブを用いて表層10cmの採泥を行い、「新編水質汚濁調査指針」に基づき硫化物量を測定した。

その結果、対照区で0.00mg/g乾泥、沖区で0.02mg/g乾泥、覆砂区で0.00mg/g乾泥で、水産庁ガイドライン²⁾および水産用水基準の基準値を下回っていた。また、強熱減量も対照区の1.7%に比べて沖区で1.6%、覆砂区1.3%と同程度で、前年度ホトトギスマット確認後の底質悪化は確認できなかった。稚貝への影響を検討するためには継続したデータの収集が必要である。

前年度放流群の肥満度について、同じ月に緑川河口域の漁場で採捕されたものと比較した結果、放流半年後（4月）には、対照区と覆砂区は漁場（天然発生）と有意な差はあるものの3区とも平均20以上で、水産庁ガイドライン²⁾で示す産卵期のアサリとして十分な肥満度であった。また、放流1年後（10月）には、覆砂区と対照区は漁場より有意に高く平均15以上であった。このことから推察して、令和元年度（2019年度）放流群は令和2年（2020年）の春季および秋季の産卵期に母貝として寄与した可能性が高いと考えられた。

表2 試験区別の放流6ヵ月後生残率および成長量

試験区		生残率(%)			成長量(mm) [※]		
		対照区	沖区	覆砂区	対照区	沖区	覆砂区
保護対策	被覆網	9	100	15	12.2	8.2	2.5
	網袋	100	100	100	6.2	7.5	7.3
	カゴ	25	2	8	7.5	8.6	8.7

※成長量：最終平均殻長－初期平均殻長

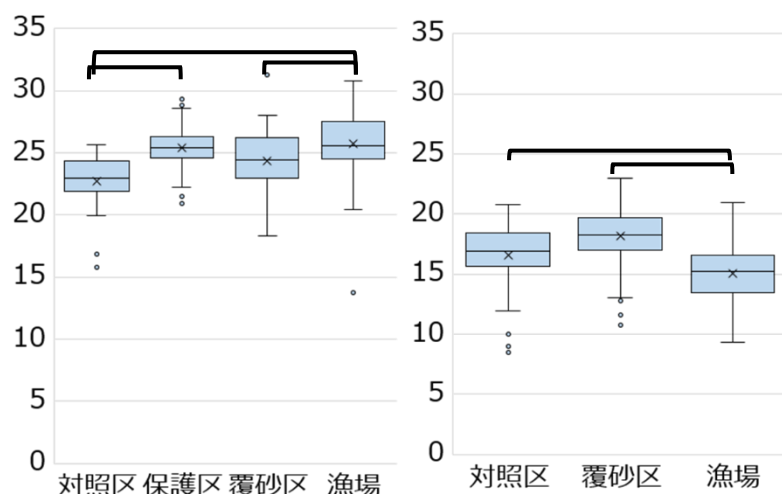


図2 各試験区の肥満度（左は4月、右は10月の肥満度：括弧は有意差〔p<0.05〕を示す）

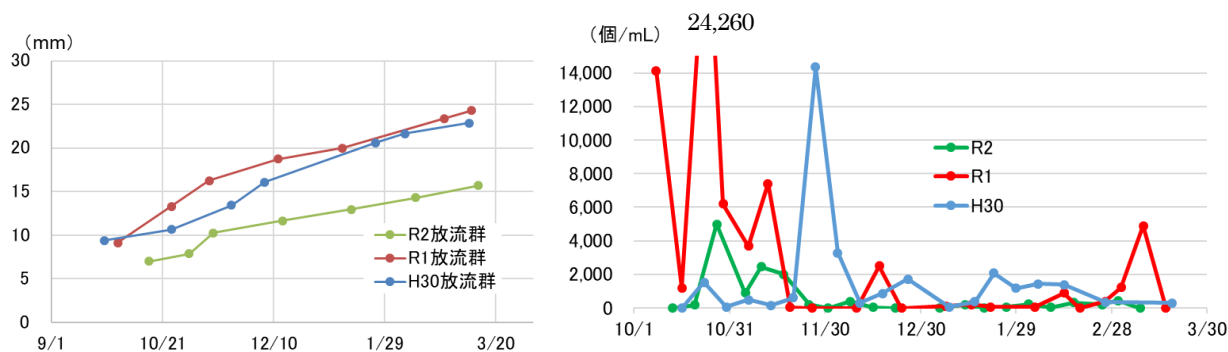


図3 覆砂区カゴ保護試験区での殻長の推移および緑川河口域の小型珪藻数の推移

2 アサリ人工稚貝放流場所の検討

(1) 試験毎のクロロフィル濃度、流速およびクロロフィルフラックスの計測

令和2年(2020年)10月15日から令和2年(2020年)11月2日まで、令和2年(2020年)11月13日から令和2年(2020年)12月1日まで各試験区で計測された水温、塩分、クロロフィル濃度、流速および計測結果から算定したクロロフィルフラックスの期間平均値を表3に示す。

餌料環境の指標であるクロロフィルフラックスは、11月は10月に比べて沖区および覆砂区で高く、最高値だったのは11月の覆砂区で32.6であった。

アサリの成長・生残の良かった覆砂区では、他試験区に比べて11月にクロロフィルフラックスが高かったが、これはクロロフィル濃度が他試験区に比べて高かったためである。

表3 試験毎のクロロフィル濃度、流速およびクロロフラックスの計測結果

観測期間	観測項目	沖区	覆砂区	対照区
10月15日 ～11月2日	水温[°C]	21.0	21.2	20.5
	塩分	29.6	28.7	28.3
	クロロフィル濃度[蛍光値]	2.9	3.0	3.0
	流速[cm/sec]	9.6	9.1	7.6
	クロロフィルフラックス	22.9	28.4	25.2
11月13日 ～12月1日	水温[°C]	18.5	18.3	17.9
	塩分	30.3	28.5	28.1
	クロロフィル濃度[蛍光値]	2.8	3.2	3.0
	流速[cm/sec]	10.7	10.4	8.2
	クロロフィルフラックス	28.0	32.6	23.7

(2) セン断応力と稚貝、底質粒子の移動可能性

試験区別のせん断応力と稚貝、底質粒子の移動可能性結果を図4に、覆砂区におけるせん断応力と熊本気象台における風向風速の推移を図5に示す。

計測値から算出したせん断応力が、アサリ着底稚貝の移動限界である限界せん断応力の範囲内であった割合は、沖区で59～66%、砂区で54～63%、対照区で42～71%であった。11月は10月に比べて全ての試験区で逸散の可能性が低くなっており、これは放流直後の10月中下旬に風速5m/s以上の北寄りの風が

吹き続けており、これらの影響があったと考えられた。

底質を現地砂から覆砂材へ置換するとアサリ着底稚貝の移動限界である限界せん断応力の範囲内の割合が25~28%上昇し、82~88%に上昇した。そのため、試験区周辺では公共工事により底質粒径を大型化し、放流稚貝が移動されにくいような網袋等の保護対策を施すことで放流人工稚貝の残存率が大きく改善されることが推察できた。

試験区別の底泥植物色素量の推移を図6に示す。

底泥植物色素量は、12月には沖区が、1月および2月では覆砂区が最も低く、12月から2月まで対照区が有意に高い値となったが、カゴ飼育および網袋で保護したアサリの成長量は対照区で少なかった。これは、過去の調査結果でも緑川河口域におけるアサリが主として浮遊珪藻を餌料としていると考えられていることから、今年度においても海水中の餌料を利用したと考えられた。

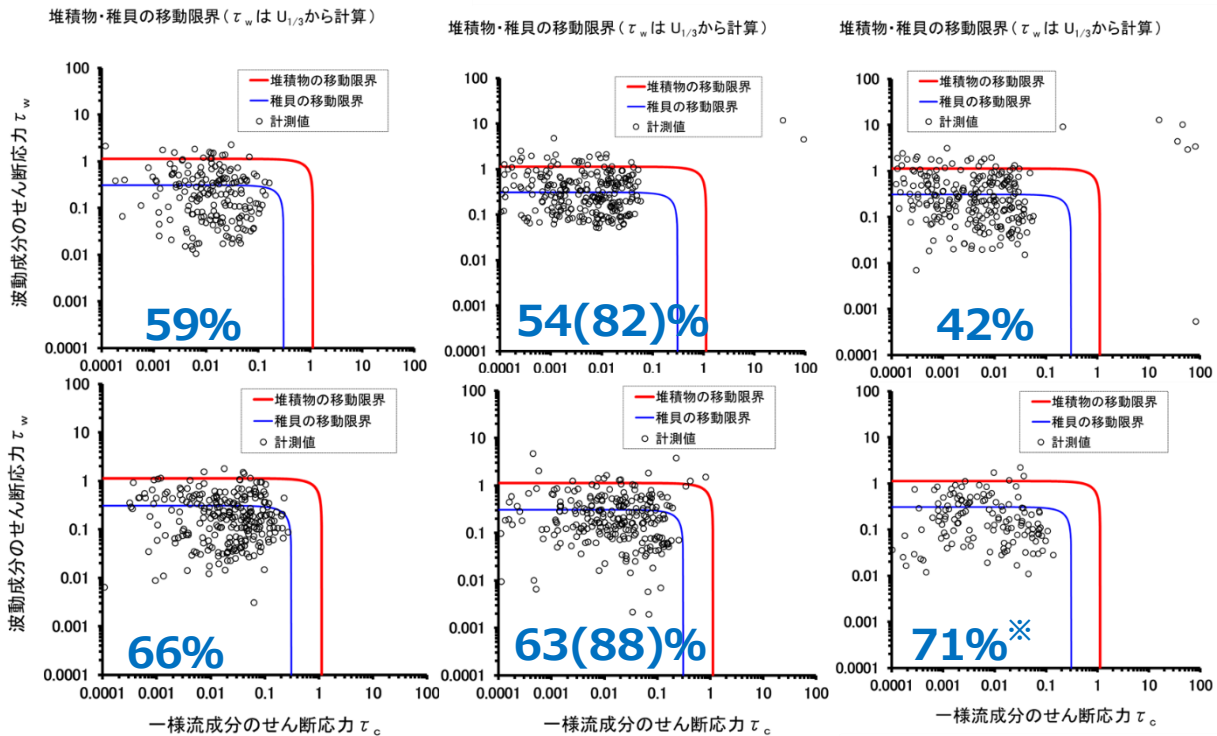


図4 計測データから算出したせん断応力と稚貝、底質粒子（現地砂）の移動可能性結果

（上段：10月の計測データを用いた結果、下段：11月の計測データを用いた結果、左から沖区、覆砂区、対照区に設置した測器の計測データ、図中の数値は、計測データのうち稚貝が移動されないデータの出現割合で括弧内は覆砂材に置き換えた場合の数値、※：一部欠測データ有）

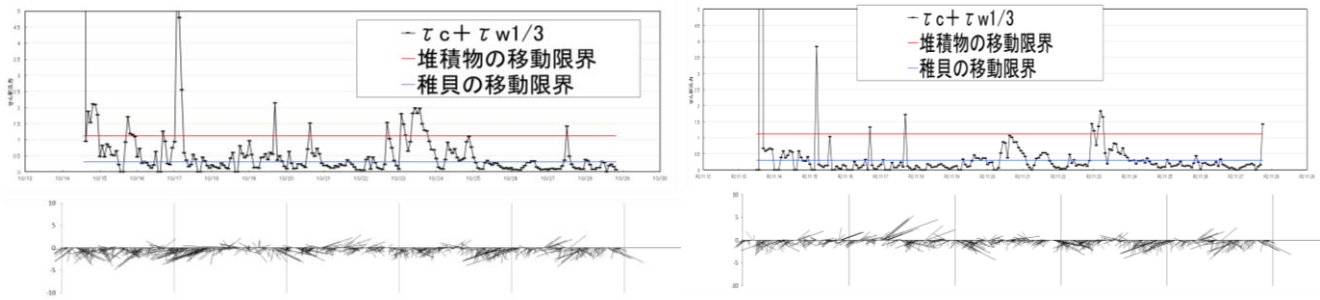


図5 覆砂区で計測データから算出したせん断応力と熊本气象台における風向・風速の推移
 (上段：せん断応力【緑の値が青ラインを上回ると稚貝が、赤ラインを上回ると現地砂が移動する】
 下段：0ラインを起点として風向を示す。縦軸の絶対値が風速【m/s】)

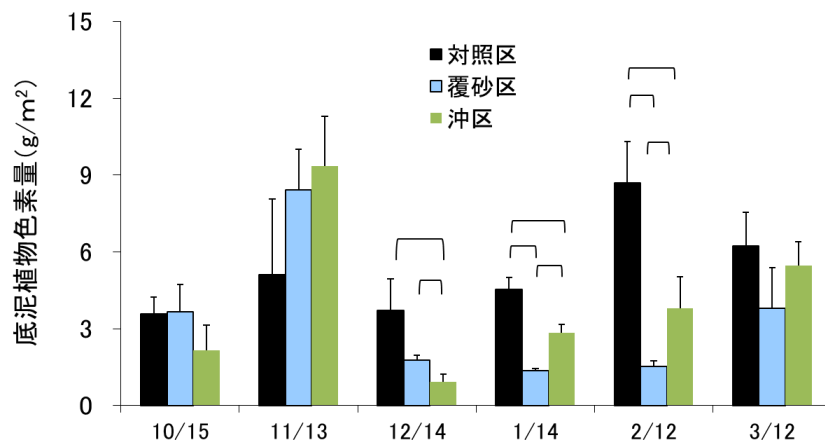


図6 試験区別底泥植物色素量の推移 (括弧は有意差 [p<0.05] を示す)

参考資料

- 1) 独立行政法人水産総合研究センター水産工学研究所. 敷設材によるアサリ稚貝の定着促進に関する評価方法について. 独立行政法人水産総合研究センター水産工学研究所. 2009. 6
- 2) 干潟生産力改善のためのガイドライン. 水産庁. 2008. 2

有明海・八代海再生事業Ⅱ（平成30（2018）～）

（ハマグリ天然採苗技術開発試験）

令和2（2020）年度

緒言

本県には国産ハマグリ類の中でも内湾性の在来種ハマグリ（*Meretrix lusoria*）最大の生息域があり、本県にとってハマグリはアサリと並ぶ産業上重要な二枚貝である。

ハマグリは漁獲量は、昭和49年（1974年）の5,855トンピークに年々減少し、平成16年（2004年）には50トンと過去最低を記録した。近年は主漁場での聞き取り調査の結果、数十トン程度の漁獲と依然として低位であるため、漁獲量を高位に安定化することが重要な課題となっている。

そこで、ハマグリ資源の回復を図るため、母貝場の造成技術を開発することを目的として、県内最大の生産地である緑川河口域において、ハマグリ天然採苗技術開発試験を実施した。

方法

1 担当者

黒木善之、安藤典幸、栃原正久

2 調査項目および内容

(1) ハマグリ浮遊幼生及び着底稚貝調査

緑川河口域に設定したハマグリ浮遊幼生・着底稚貝の調査定点を図1に示す。

浮遊幼生調査は、各調査定点の海底直上1mから水中ポンプで海水を2000採水し、100 μ m目合いのネットで採集したものを試料とした。試料の分析は、外部に委託し形態判別による同定および計数を実施した。また、浮遊幼生調査で水中ポンプにより採水した海水の水温を現地で測定後、センターに持ち帰り、塩分とクロロフィルa濃度（ μ g/L）を測定した。

着底稚貝調査は、各調査地点でエクスマンバージ採泥器により採取した底泥から、内径29mmのプラスチックチューブを用いて表層2cmを採取し、着底稚貝分析用試料とした。試料の分析は、外部に委託し形態判別による同定と計数および殻長の計測を行った。また、着底稚貝調査で採泥器により採取した底泥から、内径56mmのプラスチックチューブを用いて表層10cmを採取し底質分析用の試料とした。試料の分析は、JIS A1204の手法に準じ、2mm、1mm、0.5mm、0.25mm、0.125mm、0.063mm、0.063mm未満の分画でふるい分けを含む沈降分析により粒度分析を行い、泥分率（0.063mm未満の割合）と中央粒径を算出した。

(2) ハマグリ天然採苗試験

ハマグリ稚貝の天然採苗技術を開発するため、①防鳥網（目合い9mm、以下「防鳥網」という。）②ゴルフ網（目合い2cm、以下「ゴルフ網」という。）③砂利4kgを入れた網袋（30cm×60cm、4mm目）（以下「砂利4kg網袋」という。）④砂利2kgと現地砂2kgを入れた網袋（以下「砂利2kg網袋」という。）を

(1)の「調査定点②」付近に設けた保護区に設置した。追跡調査は①②では25cm方形枠で、③④および対照区は10cm方形枠で枠取りを実施し、目開き1mmのふるいで採集したハマグリの数および殻長を測定した。なお、計数したハマグリは1 m^2 あたりの個体数に換算した。

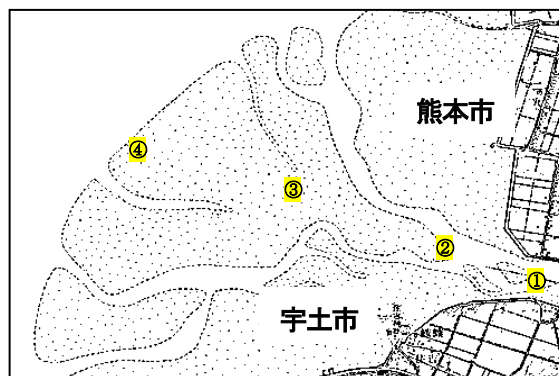


図1 調査地点図

結果および考察

1 ハマグリ浮遊幼生および着底稚貝調査

各試験区におけるハマグリ浮遊幼生数、水温、塩分およびクロロフィル濃度の推移を図2に示した。また、中央粒径および泥分率の推移を図3に示した。

浮遊幼生調査は、令和2年(2020年)5月28日から10月9日までに10回実施した。浮遊幼生は7月27日に「調査定点③」で初認し、幼生密度25個/m³で今期最大確認密度であった。9月9日に「調査定点②」で確認できた以降、浮遊幼生は確認できなかった。確認した浮遊幼生の殻長は140~160μmの範囲であった。

調査時の海底直上1mの水温は、20.1~30.0℃と概ね産卵適水温(19~30℃:社日本水産資源保護協会)の範囲内で、塩分は0.05~32.31、クロロフィル濃度は1.0~35.7μg/Lで推移した。浮遊幼生確認時の水温は25.2~26.4℃、塩分は18.0~27.9、クロロフィル濃度は18.0~29.1μg/Lであった。

着底稚貝調査は、令和2年(2020年)5月28日から10月9日までに6回実施した。前年確認できなかった着底稚貝は、7月15日に100個/m²を確認した。なお、調査時の中央粒径は0.024~0.821mm、泥分率は1.4~93.5%で推移した。中央粒径が浮遊幼生の底生移行期に適するとされる0.2~0.4mmの範囲(社日本水産資源保護協会)で概ね推移した調査定点は、「調査定点②、③」であった。また、泥分率も「調査定点②、③」では低めで推移した。

緑川河口域の主要漁協から聞き取った令和2年(2020年)の漁獲量は15トンで前年の13トンより増加したものの、10年前の1割程度と産卵母貝資源量が低位であるため、浮遊幼生量や着底稚貝量が少なかったと考えられた。

令和2年度(2020年度)は、令和元年度(2019年度)と比較して浮遊幼生の確認時期が1ヵ月程度遅かった。その要因を検討するためにハマグリの肥満度(軟体部湿重量[g] / 【殻長[mm] × 殻幅[mm] × 殻高[mm]】 × 1,000)の推移を整理した(図4)。

令和元年度(2019年度)の肥満度は、6月上旬に減少したのち一旦上昇し、7月に大きく減少した。一方、令和2年度(2020年度)は6月下旬まで高い値で推移し、その後8月上旬まで減少した。肥満度の減少期の数週間後に浮遊幼生が確認されており、この時期がハマグリの産卵期と考えられた。

本県漁場でのハマグリの産卵期については、「梅雨末期の降水による海域の塩分低下及び梅雨明け後の温度上昇が、産卵に強く影響すると考えられる。(1982 熊本県のり研究所報告書)」と整理されているが、前年は梅雨明けより1ヵ月前に浮遊幼生が確認されており、それ以前に産卵していることが推察された。

そこで、気象庁HPで公開されている潮位(三角)と気温および降水量(熊本)の令和2年度(2020年度)及び令和元年度(2019年度)のデータを用いて、肥満度の減少と同調するような海況気象を整理した結果を表1に示した。

その結果、6月1日から7月31日までの期間においてハマグリ主漁場である潮位120cmの干潟が①3時間以上干出するうちに、②気温25℃以上が3時間以上で、③10mm/hの降雨後3日以内の3つの条件が揃った際に確認され、令和2年度(2020年度)及び令和元年度(2019年度)とも肥満度の減少は梅雨明けより前に始まっていた。

「九州・山口県の気候変動監視レポート2019」では、100年で1.73℃の割合で気温が上昇し、1時間30mm以上の激しい雨などが増加傾向にあると報告されている。ハマグリの産卵に強く影響するとされた「海域の塩分濃度の低下及び梅雨明け後の温度上昇」という環境条件が、今後は梅雨明け後に限らず、これまで産卵期とされてきた7、8月より前に整う事が予想され、ハマグリの成熟状況を見極めながら産卵期の特定を進めるとともに、稚貝採苗時期・産卵母貝保護(禁漁)期間を再検討する必要があると考えられた。

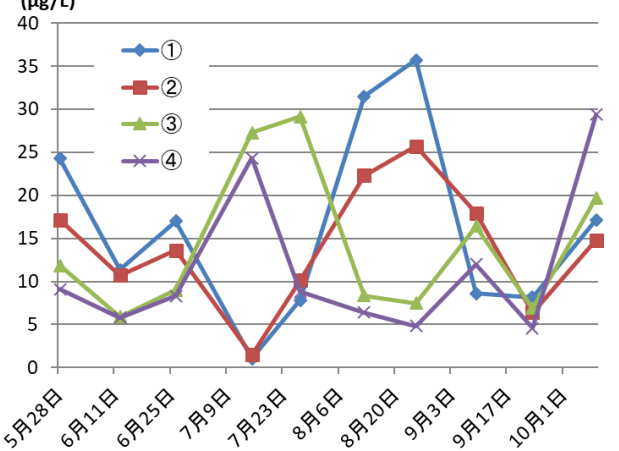
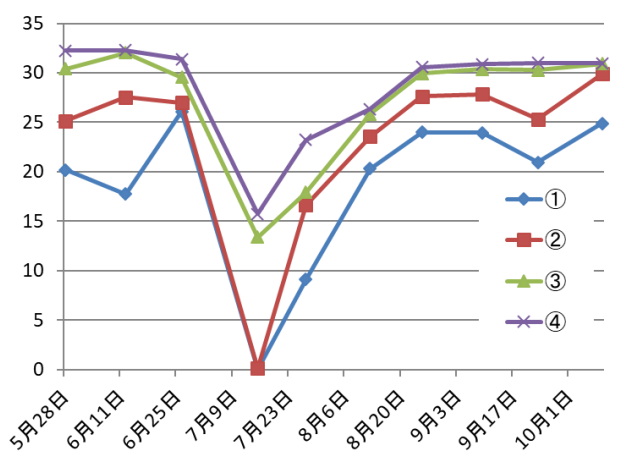
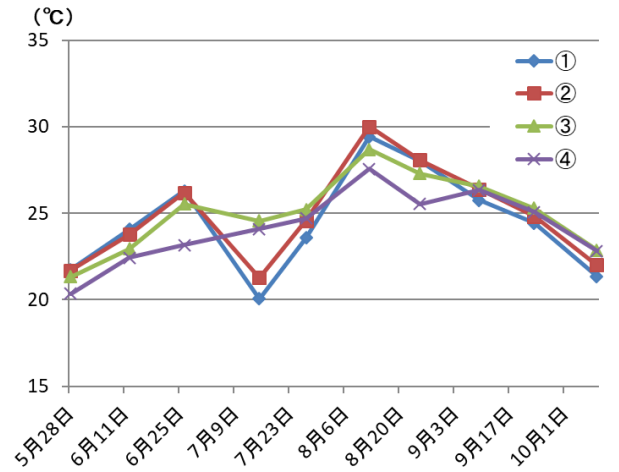
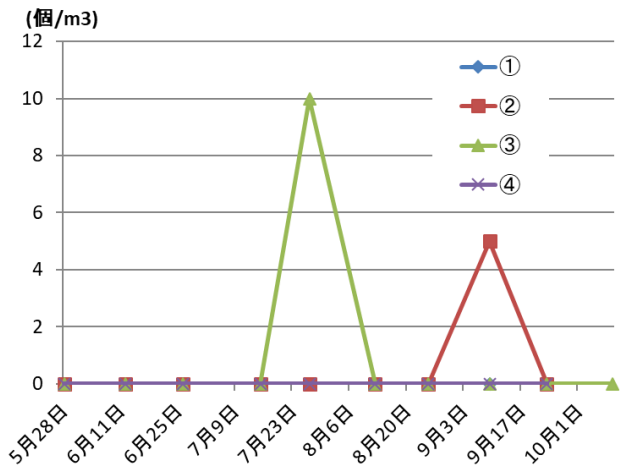


図2 海水1m³あたりの浮遊幼生個体数（左上）、水温（右上）、塩分（左下）およびクロロフィル濃度（右下）の推移

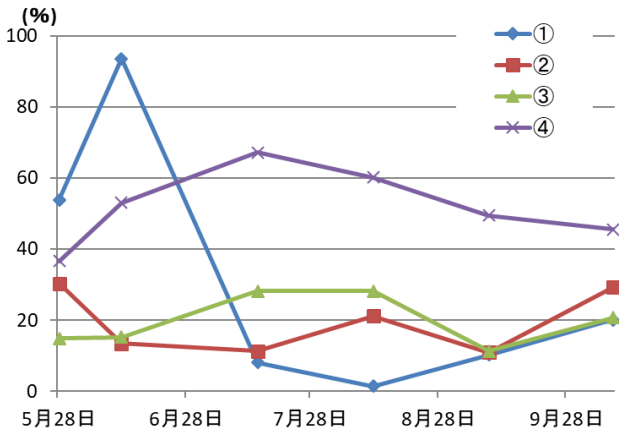
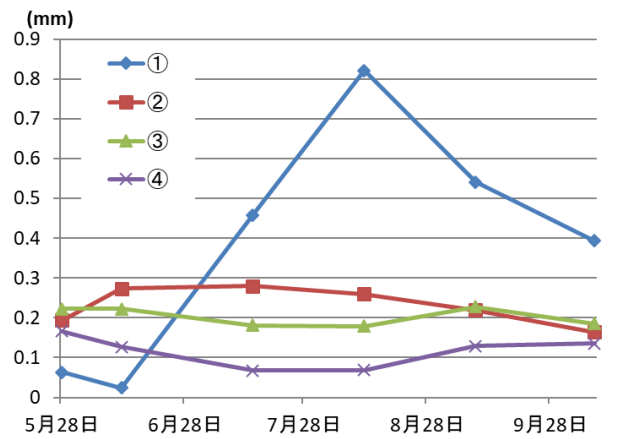


図3 中央粒径および泥分率の推移（右：中央粒径、左：泥分率）

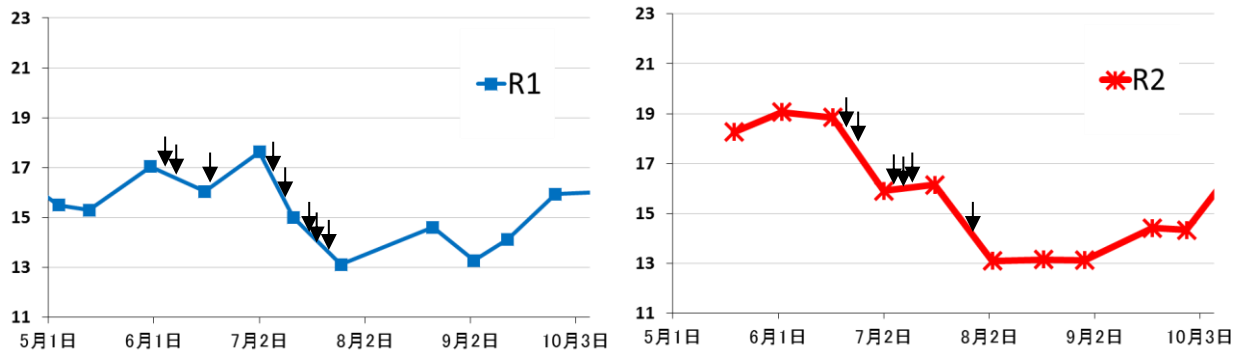


図4 緑川河口域で漁獲されたハマグリ^①の肥満度の推移（矢印は表1の条件が整った時点）

表1 肥満度低下に同調した潮位、気温および降水量が確認された回数

	干出時間	うち、干出時間が連続3時間以上	うち、気温25℃以上が3時間以上	うち、10mm/時以上の降水後3日以内
令和元年(2019年)	198時間	37回	26回	8回
令和2年(2020年)	189時間	42回	32回	6回

2 ハマグリ天然採苗試験

表2に天然採苗試験の結果を示した。9月4日に①防鳥網②ゴルフ網で令和元年(2019年)生まれの殻長4mm以下の初期稚貝を確認できた。10月には①防鳥網でも初期稚貝を確認できたが、③砂利4kg網袋④砂利2kg網袋では稚貝が確認できなかった。

平成30年度(2018年度)に採苗効果を確認できた網袋では、前年同様、初期稚貝は確認できなかった。

表2 採苗試験における個体密度の結果(単位:個/m²)

	①防鳥網	②ゴルフ網	③砂利4kg網袋	④砂利2kg網袋	対照区
9月4日	80	40	0	0	32
10月1日	16	0	0	0	24
12月11日	48	16	0	0	75

有明海・八代海再生事業Ⅲ (国庫・令達
平成30(2018)～
令和2(2020)年度)
(タイラギ人工種苗中間育成試験)

および有明海特産魚介類生息環境調査Ⅱ (国庫・令達
平成30(2018)～
令和2(2020)年度)
(タイラギ母貝団地造成試験)

緒 言

熊本県有明海沿岸のタイラギの漁獲量は、昭和55年(1980年)の9,259トンを最高に急激に減少し、近年では100トン前後と低迷が続いている。特に主要漁場であった荒尾市地先の潜水漁場では、平成10年(1998年)までは漁獲があったが、それ以降は稚貝の発生は認められるものの、漁期前にへい死(立ち枯れ)が発生し、操業に至らない状況が続いている。

そこで、有明海のタイラギ資源増大を目的として、浮遊幼生数を底上げするために有明海沿岸四県で協調して母貝団地造成試験を実施した。また、母貝団地造成に用いる移植用貝を確保するために、熊本県海域におけるタイラギ人工稚貝の中間育成方法について検討した。

方 法

1 担当者 木村武志、安藤典幸、黒木善之、栃原正久、増田雄二

2 材料および方法

(1) タイラギ人工種苗中間育成試験

ア 供試貝

令和2年度(2020年度)に国立研究開発法人 水産研究・教育機構 瀬戸内海区水産研究所で有明海産親貝を用いて生産された人工稚貝のうち、8月11日に平均殻長12.8mmで11,000個体、9月1日と3日に平均殻長7.6mmで72,000個体受け入れた群の2群を併せて用いた。

イ 飼育期間

(ア) 陸上水槽飼育：令和2年(2020年)8月11日から同年12月9日まで

(イ) 海上飼育(囲い網)：令和2年10月24日から継続飼育

ウ 飼育方法

(ア) 陸上飼育

図1に示す2kℓ循環水槽に縦2.5m×横0.6m×深さ0.2mの目合2mmのネトロン製網籠を2基設置し、その中に粒径2mmのアンストラサイトを10cm厚に敷き詰めた飼育装置を用いた。効果的な餌の利用を図るため餌料フラックスを高めることを目的に水槽内に循環ポンプやエアリフトを用いて水流を起こした。餌料は、クルマエビ飼育水槽で発生した雑多な微細藻類を培養したブラウン・ウォーターを用いた。

稚貝の収容密度は2.3個/cm²であった。また、ネトロン製網籠内に成長及び生残を観察するための区画を設け、経時的に測定と計数を行った。

(イ) 海上飼育



図1 2kℓ 循環水槽

図2に示すように屋外実験プール（潮汐により水位が変化するコンクリート製半築堤式：面積2600m²）に縦4.5m×横4.5m×高さ4.5mの目合が4.5mmのモジ網で囲い網中に粒径2mmのアンスラサイトと砂を混合したものを20～30cm厚に敷き詰めた育成施設を11月に設置した。



図2 飼育用囲い網

エ 調査項目

陸上飼育では、測定用の区画を設けその中の同一個体を用いて週一回程度の間隔で30個体の殻長を計測し、飼育水の水温とクロロフィルa濃度（μg/L）を測器により連続測定した。

(2) タイラギ母貝団地造成試験

ア 供試貝

平成30年度（2018年度）に国立研究開発法人 水産研究・教育機構で有明海産親貝を用いて生産された人工稚貝（以下「H30群」という）、令和元年度（2019年度）産（以下「R1群」という）及び令和2年度（2020年度）産（以下「R2群」という）を用いた。

H30群は平成31年（2019年）4月から、R1群は同年10月から、R2群は令和2年（2020年）11月から水深1mに垂下し、飼育を開始した。

令和2年（2020年）4月時点でH30群は平均殻長170mmで1,511個体、R1群は84mmで1,556個体、またR2群は11月の垂下開始時に85mmで1,200個体であった。

イ 実施場所

宇土市赤瀬町地先の赤瀬漁港内係船棧橋

ウ 方法

飼育は、基質に粒径2mmのアンスラサイトを用い、これを約10cm厚に敷き詰めた図3に示すプラスチック籠を用いた。



図3 垂下飼育用のカゴ

エ 調査項目

タイラギの殻長測定を月1回、および生残数を適時に計数した。またH30群については6～8月にかけて生殖腺の熟度調査を行った。熟度調査は生殖腺の観察を行うとともに外部委託により生殖組織切片の作成及び熟度判定を合わせて行った。

結果および考察

1 タイラギ人工種苗中間育成試験

令和2年（2020年）8月11日に国立研究開発法人水産研究・教育機構から受け入れたタイラギ稚貝の成長の推移を図4に示した。

殻長 (mm)

日間成長量 (mm/日)

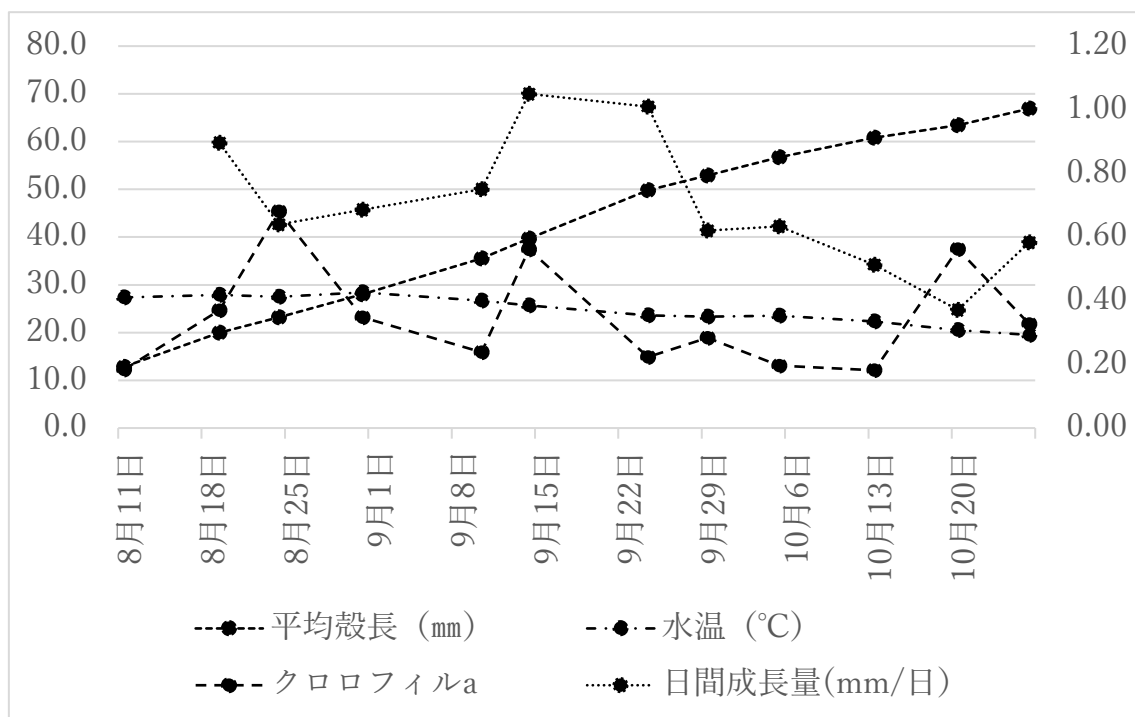


図4 タイラギ稚貝成長の推移

令和2年(2020年)8月11日に国立研究開発法人水産研究・教育機構から受け入れたタイラギ稚貝は平均殻長12.8mmで飼育を開始し、陸上水槽での飼育を終了する10月28日までに66.9mmへ成長した。日間成長量は9月までは目標とする0.5mm/日を上回っていたが、10月から成長が低下しはじめ、10月から11月の日間成長量は0.5mm/日を下回る期間も観察された。

水産研究・教育機構からは9月にも稚貝を受け取り、8月受け取り分と合わせた83,000個のうち、受け取り直後に公益財団法人くまもと里海づくり協会へ6,000個体、また、11月に佐賀県及び福岡県へ平均殻長50.2mmで15,000個体ずつ移譲した。

陸上での2kℓ循環水槽飼育における中間育成歩留りは、8月搬入群で10月末の終了時まで57.8%。9月搬入群で12月の終了時まで52.6%となった。

期間中は、小型貝を中心に清掃に伴う殻割れと水温低下に伴う衰弱によるへい死が観察された。

なお、令和3年(2021年)1月で母貝団地造成用のタイラギ補填群として囲い網飼育により9,800個体を継続飼育中である。また、里海づくり協会においては2,513個体を垂下籠により飼育中である。

2 タイラギ母貝団地造成試験

令和2年(2020年)7月に発生した豪雨により赤瀬漁港内が淡水化した際の漁港に隣接する長浜自動観測ブイにより測定された塩分濃度の変化を図5に示した。豪雨が発生した7月4日以降に3度にわたる大幅な塩分低下が観測されている。

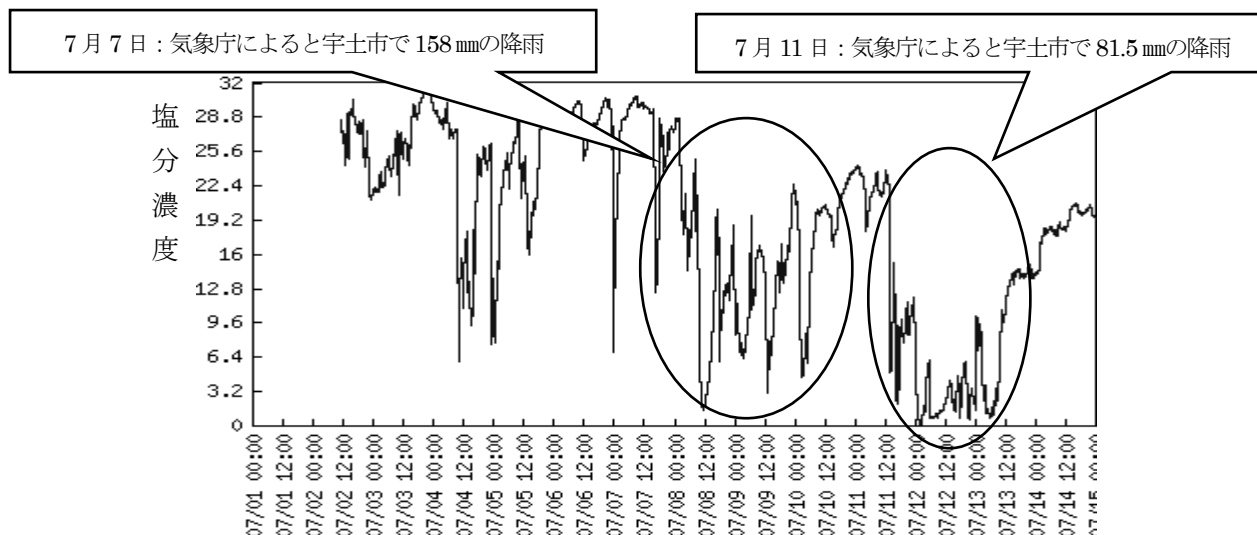


図5 長浜自動観測ブイにより測定された塩分濃度の変化

この淡水化の影響でH30群について垂下しているうち12籠のへい死状況を確認したところ約70%が死亡していた。またR1群は2籠のへい死状況を確認したところ18%が死亡していた。

また性成熟について令和元年（2019年）の7月から9月の調査において、7月で放出後期の個体が50%以上観察されたため、令和2年度（2020年度）は調査開始を6月に早め6月から8月にかけて調査を行ったところ、6月からの産卵開始が確認された。なお表1に生殖腺の組織切片観察結果を示した。

7月豪雨後も例年同様の産卵後の衰弱が要因と考えられるへい死が発生したため、屋外実験プール内に補填群として飼育中の平成30年度（2018年度）産と令和元年度（2019年度）産1,020個を10月に母貝団地へ移送し、また令和2年度（2020年度）産1,200個を11月に移送し母貝団地での飼育目標個数の3,000個を上回る3,127個を1月末現在で飼育中である。なお1月末時点で平成30年度（2018年度）産の平均殻長が189mm、令和元年度（2019年度）産が139mm、令和2年度（2020年度）産が92mmとなっている。なお図6に今年度の母貝団地での平成30年度（2018年度）産、令和元年度（2019年度）産および令和2年度（2020年度）産の成長経過を示した。これまでと同様に水温上昇期から産卵期に向けて顕著な成長を示し、産卵後から水温下降期に成長が停滞している。

表1 令和2年度成熟調査・生殖腺組織切片像の確認結果

性成熟度合い／観察日	6月16日	7月16日	8月18日
成熟期・個（%）	6（40.0）	7（46.7）	6（40.0）
放出期・個（%）	9（60.0）	7（46.7）	3（20.0）
放出後期・個（%）	0（0）	1（6.6）	6（40.0）

令和元、2年度
殻長 (mm) 目盛

平成30年度
殻長 (mm) 目盛

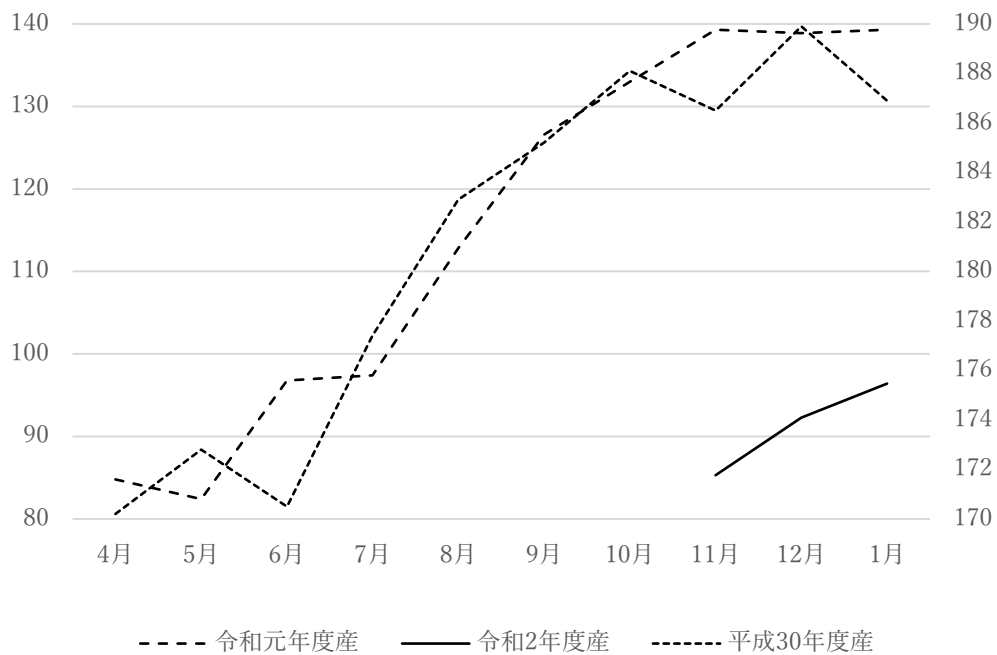


図6 赤瀬母貝団地における成長の経過

参考資料

- 1) タイラギ種苗生産・養殖ガイドブック 平成31年3月, 国立研究開発法人 水産研究・教育機構瀬戸内海区水産研究所

国庫・令達
平成30(2018)～
令和2(2020)年度

有明海特産魚介類生息環境調査Ⅲ ()

(アサリ資源重点保護対策)

緒言

熊本県のアサリ漁獲量は、昭和52年(1977年)には65,732トンであったが、平成9年(1997年)には1,009トンまで減少し、平成15年(2003年)から平成19年(2007年)にかけて数千トン程度と回復の兆しが見えたが、その後再び減少に転じ、数百トン程度の漁獲量で推移している。

このため、アサリ資源の回復を目的として、本県のアサリ主要産地である緑川河口域において、アサリ資源重点保護対策試験を実施した。

なお、本調査は、有明海特産魚介類の資源回復を図るために平成27年度(2015年度)から開始した有明海特産魚介類生息環境調査事業の一環として実施し、保護区における食害生物の駆除および被覆網設置作業は、海路口漁業協同組合、川口漁業協同組合、住吉漁業協同組合に委託した。

方法

1 担当者 黒木善之、安藤典幸、栃原正久、増田雄二

2 調査項目および内容

(1) 調査日

令和2年(2020年)6月から令和3年(2021年)3月

(2) 調査定点

ア 保護区の設定及び効果調査

図1に示す①、②、③の3定点

イ 漁業者によるアサリ生息調査

図1に示す黒丸の21定点

(3) 調査方法

ア 保護区の設定および効果調査

漁業者による保護区設定の効果を明らかにするため、平成29年度(2017年度)に設定した保護区(図1中①、②、③)において、アサリの保護を行った。保護区縁辺を30~100cm間隔でFRP製合成支柱により取り囲み、エイ類等の侵入を防止する「FRP製合成支柱囲い」、保護区内において腰巻きジョレン(ヨイショ)を用いて耕うんしながら漁具内に入ったツメタガイ等の食害生物を駆除する「ヨイショ耕うん」、食害および稚貝流失防止網を設置する「被覆網」、保護区内のアサリの密度を調整するためにアサリを移動させる「移植」の4つの保護対策手法を組み合わせ、表1のとおり実施した。

効果調査は、保護区内外で、25cm方形枠による枠取りを2回実施し、目開き1mmのふるいに残ったものを試料とした。試料から得られたアサリは、個体数の計数および殻長を計測した。

また、各保護区において、内径56mmのプラスチックチューブを用いて表層10cmを採泥したものを試料とし、JIS A1204の手法に準じ、2mm、1mm、0.5mm、0.25mm、0.125mm、0.063mm、0.063mm未満の分画でふるい分けを含む沈降分析により粒度分析を行い、泥分率(0.063mm未満の割合)と中央粒径を算出した。

さらに、保護区において、内径29mmのプラスチックチューブを用いて表層2cmを4回採泥したものを試料とし、試料中のアサリ着底稚貝(モノクローナル抗体を用いた方法で同定)について、個体数の計数および殻長の計測を行った。



図1 調査定点図(緑川河口域)

表1 各地先において実施したアサリ保護対策手法および実施日

保護区定点	保護区面積(m ²)	保護対策手法	保護対策実施日
①	6,000	FRP製合成支柱囲い、ヨイシヨ耕うん、被覆網	8月2・3・5日、9月17日
②	15,000	ヨイシヨ耕うん、被覆網	6月17・27・28日、7月4・5日
③	20,000	FRP製合成支柱囲い、ヨイシヨ耕うん、移植	1月26日、2月10・12・26日

イ 漁業者による二枚貝生息量調査

保護区とその周辺を含む漁場の二枚貝の生息状況を把握するため、令和2年(2020年)10月～12月に、緑川河口域で採貝業を営む漁業者がヨイシヨを用いて、各調査定点で試験操業を行った。採捕したアサリは、それぞれ計量し、調査定点毎の単位漁獲努力量あたりの漁獲量(以下「CPUE」という。)(kg/人・時間)を算出した。

結果および考察

1 保護区の設置および効果調査

図2に継続的に調査を実施した定点②の結果を、図3に定点①および定点③における保護区および対照区のアサリの生息密度の推移を示す。

定点①では、調査期間中、保護区で51～141個/m²、対照区で0～32個/m²確認した。

定点②では、調査期間中、保護区で56～2,352個/m²、対照区で0～416個/m²を確認した。

定点③では、調査期間中、保護区で6～992個/m²、対照区で0～1,156個/m²を確認した。

7月の定点③以外の定点では、対照区に比べて保護区の稚貝の生息密度が高く推移し、保護区では11月以降に産卵可能とされる殻長20mm以上のものが3定点とも確認できたことから、漁業者が実施するヨイシヨ耕うん等によるアサリの産卵母貝保護効果の発現によるものと考えられた。

表2に保護区および対照区での底質および着底稚貝密度の平均値を、図3に定点②における保護区および対照区での底質および着底稚貝密度の経時変化を示す。

調査の結果、1月は7月に比べて保護区および対照区ともに泥分率が減少していた。また、定点②における底質の変化をみると、7月に泥分率が上昇し、保護区対照区とも水産庁が発行したガイドライン(2008)で示された12.6%以上となった。8月以降保護区では、泥分率に増減が認められるもののガイドラインの数値を超過することは無かったが、保護区では7月に続き8月と11月に超過した。中央粒径は増減が認められるものの、保護区の方が対照区に比べて高く、アサリの生息に適した底質となっていることが確認できた。

着底稚貝の密度は7月および1月ともに保護区の方が対照区に比べて高かった。特に定点②では春と秋の産卵期後の着底稚貝を最大3万個/m²確認した。

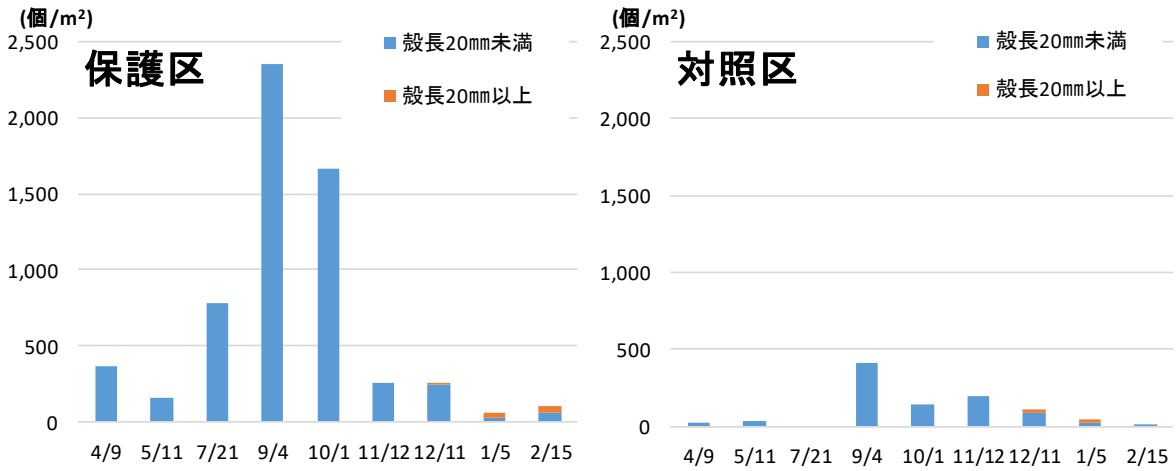


図2 定点②における殻長別生息密度の経時変化

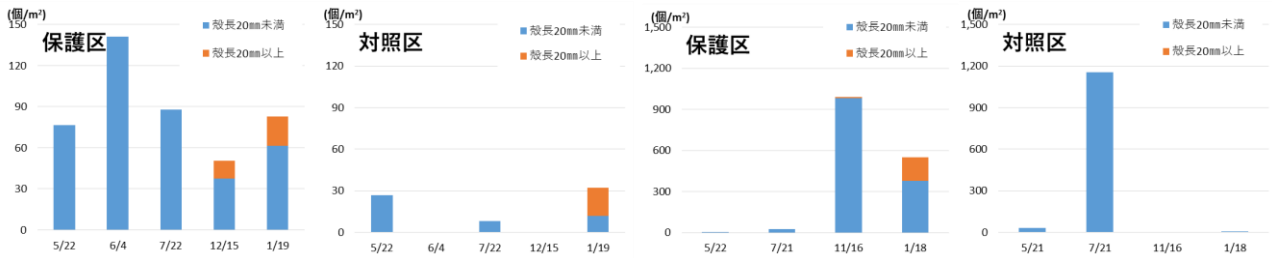


図3 殻長別生息密度の推移（左から定点①の保護区および対照区、定点③の保護区および対照区）

表2 保護区での底質及び着底稚貝密度の推移（定点①②③の平均値）

調査月	区域	泥分率(%)	中央粒径(mm)	着底稚貝密度(個/m ²)
7月	保護区	18.5	0.19	8,480
	対照区	19.3	0.21	533
1月	保護区	16.4	0.24	9,600
	対照区	9.9	0.20	5,333

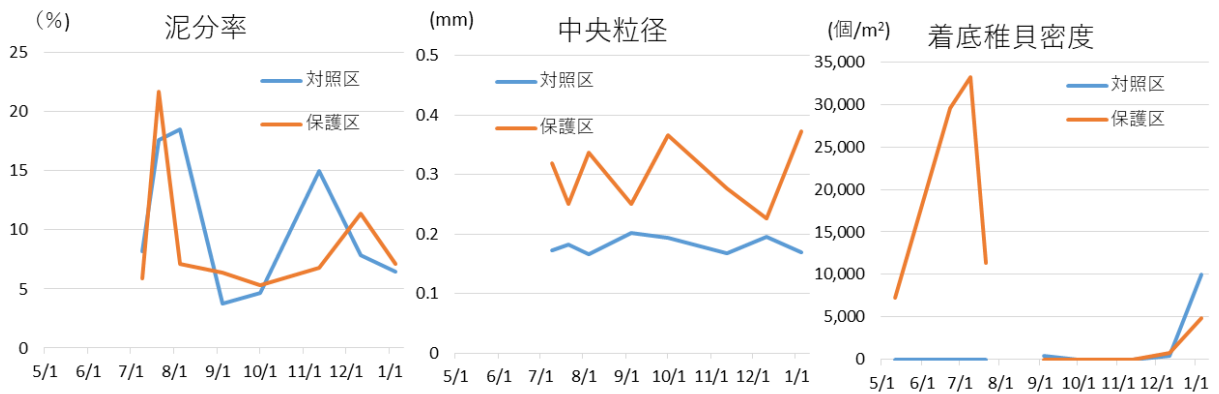


図4 定点②における底質および着底稚貝密度の経時変化

2 漁業者によるアサリ生息量調査

図5にアサリのCPUE (kg/人・時間) を示す。

アサリのCPUEは、0.0~0.5kg/人・時間（前年0.0~0.7 kg/人・時間）で調査海域の南側の定点で高い値を示し、調査海域の北側および緑川河口側では採捕されず、前年と比べCPUEは低かった。保護区内では、多いところで0.1kg/人・時間であった。

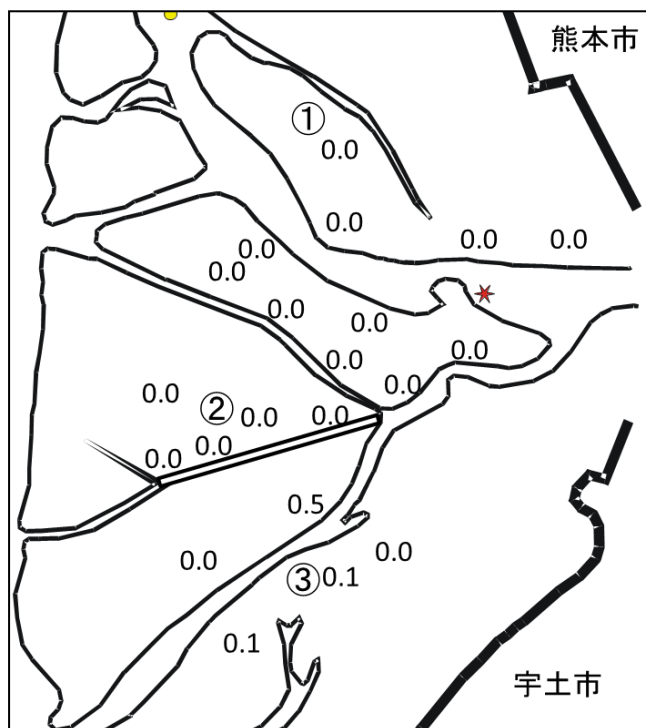


図5 調査結果（図中の数字：CPUE【kg/人・時間】）

有明海特産魚介類生息環境調査Ⅳ (国庫・令達 平成30(2018)～) (ハマグリ資源重点保護対策) 令和2(2020)年度

緒言

本県は、日本在来種ハマグリ (*Meretrix lusoria*) の最大の生息域であり、アサリと並ぶ重要な二枚貝である。ハマグリは漁獲量は昭和49年(1974年)の5,812トンピークに年々減少し、平成16年(2004年)には50トン(農林水産統計調査)を記録した。近年は主漁場での聞き取り調査の結果、数十トン程度の漁獲と依然として低位であるため、漁獲量を高位に安定化することが重要な課題となっている。そこで、漁業者主体によりハマグリ保護対策を講じた保護区を設定し、その効果調査を実施した。

なお、本調査は、有明海特産魚介類の生息環境の把握や改善を図るために平成27年度(2015年度)から開始した有明海特産魚介類生息環境調査の一環として実施している。

方法

1 担当者

黒木善之、安藤典幸、栃原正久、増田雄二

2 調査内容

(1) 保護区の設定及び効果調査

令和2年(2020年)6月10日から9月19日にかけて、緑川河口域において母貝場造成に向け、図1の斜線部分に示す3,400m²の保護区を設定した。また、漁業権を有する海路口・川口・住吉漁業協同組合に対して、当該保護区での「腰巻きジョレン」を用いた耕うん、食害防止のため中古のノリ網を用いた被覆網およびFRP樹脂性支柱の設置(4m間隔)の保護対策を委託した。

保護対策効果を把握するため、保護区設定前の令和2年(2020年)4月9日、5月11日と保護区設定後の追跡調査として令和2年(2020年)10月1日、令和3年(2021年)1月12日および2月15日に調査を実施した。なお、4月および5月には令和元年(2019年)に設置した保護区を併せて調査した。保護区と対照区とで25cm方形枠による枠取りを2回実施し、目開き1mmのふるいで採集したハマグリ個体数の計数および殻長測定を実施した。

また、令和2年(2020年)10月1日及び令和3年(2021年)1月12日に、内径56mmのプラスチックチューブを用いて表層10cmの採泥を行ったものを試料とし、JIS A1204の手法に準じ、2mm、1mm、0.5mm、0.25mm、0.125mm、0.063mm、0.063mm未満の分画でふるい分けを含む沈降分析により粒度分析を行い、泥分率(0.063mm未満の割合)と中央粒径を算出した。

(2) 漁業者によるハマグリ生息調査

図1の黒丸で示す21地点で保護区を含む周辺漁場の二枚貝の生息状況を把握するため、令和2年(2020年)10月～12月に、緑川河口域で採貝業を営む漁業者が「ヨイショ」を用いて、各調査地点で試験操業を行った。採捕したハマグリは、それぞれ計量し、地点調査毎の単位漁獲努力量当たりの漁獲量(以下「CPUE」という。)(kg/人・時間)を算出した。



図1 緑川河口域における保護区設定場所(斜線)および生息調査点(●)



図2 腰巻きジョレン(左写真)および耕うん作業の様子(右写真)

結果および考察

1 保護区の設定及び効果調査

保護区と対照区のハマグリ生息密度の推移を図3に示した。最も生息密度が高かったのは、令和2年(2020年)設置保護区における設定1ヵ月後の200個/m²であり、最も保護効果が高かったのは、令和元年(2019年)設置保護区における設定7ヵ月後で対照区の4.8倍だった。なお、令和2年(2020年)設置保護区においても、保護区設定1ヵ月後で対照区の3.9倍だった。

今回の調査では、前年度調査で確認できなかった産卵可能となる殻長30mm以上の成貝が最高で11個/m²確認されたことから、保護区が母貝場として機能していると推測された。また、設置後8ヵ月経過後の保護区でも母貝を確認することができた。

保護区内では、令和2年度(2020年度)発生群の殻長数mmのハマグリ稚貝も確認できたことから、これらが母貝に成長するまで継続して保護する必要があり、保護区設定時期や保護効果持続のための管理手法についても検討しなければならない。

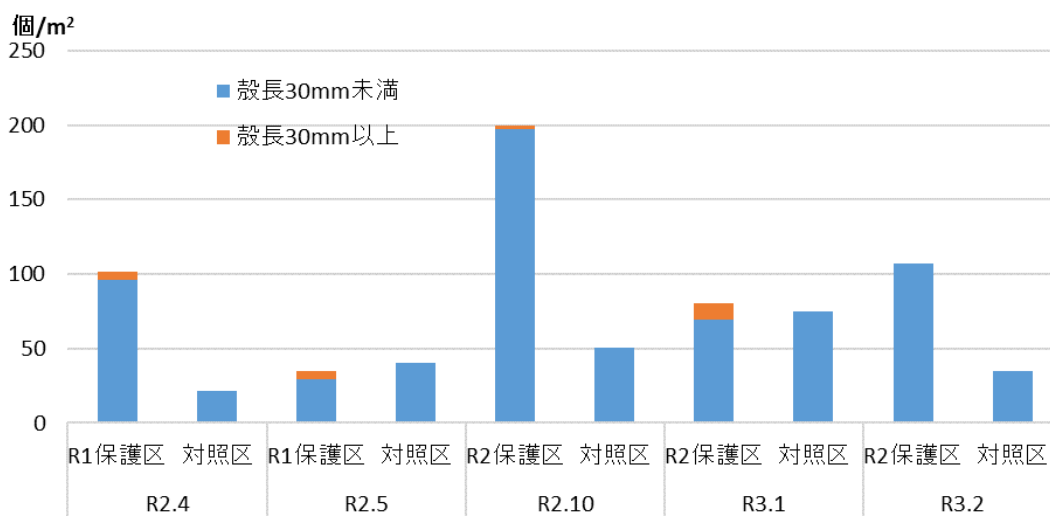


図3 調査月別の保護区と対照区でのハマグリ生息密度

保護区と対照区の粒度分析の結果を表1に示した。

中央粒径は保護区で平均0.18mm、対照区で平均0.23~0.27mmであった。泥分率は、保護区で平均4.9~5.4%、対照区で2.8~7.4%で保護区の方が変化が少ない状況であった。ただし、中央粒径および泥分率は過去のハマグリ生息適地とされる値の範囲内であったことから、保護区と対照区のハマグリが生息密度の差と底質の差は関係が低いことが確認できた。

表1 ハマグリ保護区等の粒度分析結果(平均値、括弧内は最小値~最大値)

調査月	試験区	泥分率 (%)	中央粒径 (mm)
R2.10	保護区	4.9(4.0~6.0)	0.18 (0.17~0.18)
	対照区	7.1(3.5~13.1)	0.27 (0.17~0.47)
R3.1	保護区	5.4(3.8~8.3)	0.18 (0.17~0.18)
	対照区	2.8(2.5~3.2)	0.23 (0.18~0.28)

2 漁業者によるハマグリ生息調査

令和2年(2020年)10月29日から12月29日にかけて行った調査結果「CPUE (kg/人・時間)」を図4に示した。

調査を実施した21地点中13地点でハマグリが確認でき、最大0.8kg/人・時間で河口に近い干潟の西側ほど多い傾向であった。

1で設置した保護区では0.4kg/人・時間で、それ以外の20地点では平均0.18kg/人・時間となり、漁獲サイズの保護効果が2.3倍と試算された。

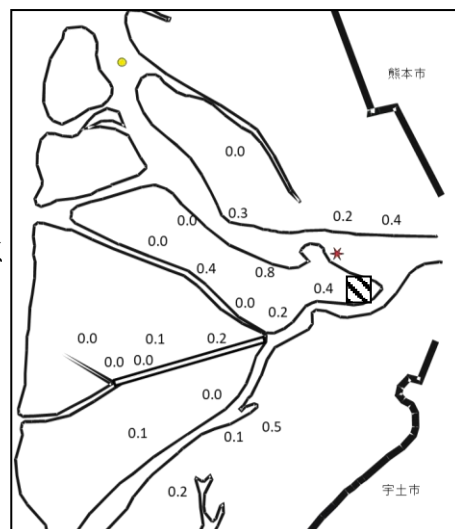


図4 調査結果

覆砂漁場一斉調査（令和2（2020）年度）

緒言

本調査は、漁場整備事業で造成した覆砂漁場等のアサリ増殖効果を把握することを目的として実施した。

方法

1 担当者 中野平二、安藤典幸、黒木善之、栃原正久

2 調査項目および方法

(1) 調査日

表1に記載。

(2) 調査場所

表1及び図1に記載。

表1 調査場所及び調査日

調査場所	覆砂等施工年	前期調査日	後期調査日
荒尾	H23	6月22日	9月15日
長洲	H24	6月19日	9月3日
滑石	H24, H28	7月3日	9月17日
河内	H30	7月20日	9月16日
松尾	H29	5月7日	9月26日
海路口	H26, H29	6月4日	8月18日
住吉	H22, H26	6月5日	8月21日
網田	H25, H28 H30	6月5日	8月22日 8月3日
氷川竜北	H30	5月22日	9月15日
八代金剛	H30	5月8日	10月16日
二見	H30	5月7日	10月15日

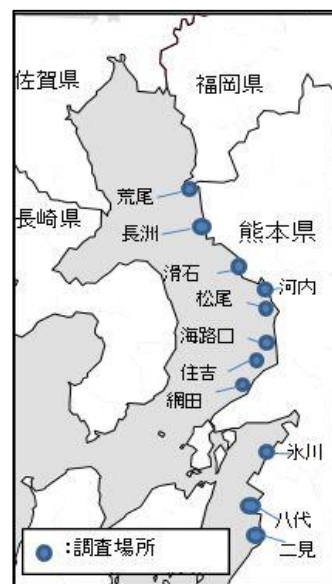


図1 調査場所

(3) 調査方法

令和2年（2020年）5月から10月までの大潮時に各調査定点（施工区・対照区）において、10 cm方形枠による採泥を4回行い、目開き1 mmのふるいでふるい分けした。試料から得られたアサリについて、個体数の計数および殻長を計測した。

結果および考察

各調査定点におけるアサリ生息密度は、前期調査時の松尾地先 H29 覆砂での 14,550 個/m²が最も多く、ほとんどの調査定点において一般漁場（対照区）よりも、造成漁場（施工区）の生息密度が高い結果であった（表2）。

また、後期調査時の滑石、竜北及び八代金剛を除く各調査定点において、殻長 10mm 以下の稚貝が発生しており、アサリの着底基質としての覆砂等の有効性が確認された。（図2～12）

今年度の特異的事象として、八代海の施工区の後期調査の生息密度が令和元年度（2019年度）に比べ激減していることがあげられるがこれは、7月4日から7月8日に発生した令和2年7月豪雨による地先海面の淡水化の影響ではないかと考えられた。

表2 各地先におけるアサリ生息密度（単位：個/m²）

		生息密度			
		前期調査		後期調査	
調査場所	地点名	施工区	対照区	施工区	対照区
荒尾	H23	24	32	16	8
長洲	H24	328	1,112	16	32
滑石	H24	6,150	0	0	0
	H28	8,875		225	
河内	H30	5,025	25	350	150
松尾	H29	14,550	0	175	0
海路口	H26	272	0	624	0
	H29	2,384		2,064	
住吉	H22	3,728	0	824	0
	H26	288		1,504	
網田	H25	680	0	184	16
	H28	288		136	
	H30	12,760		2,896	
氷川竜北	H30	5,975	25	0	0
八代（金剛）	H30	2,275	50	0	0
二見	H30	1,975	50	275	0

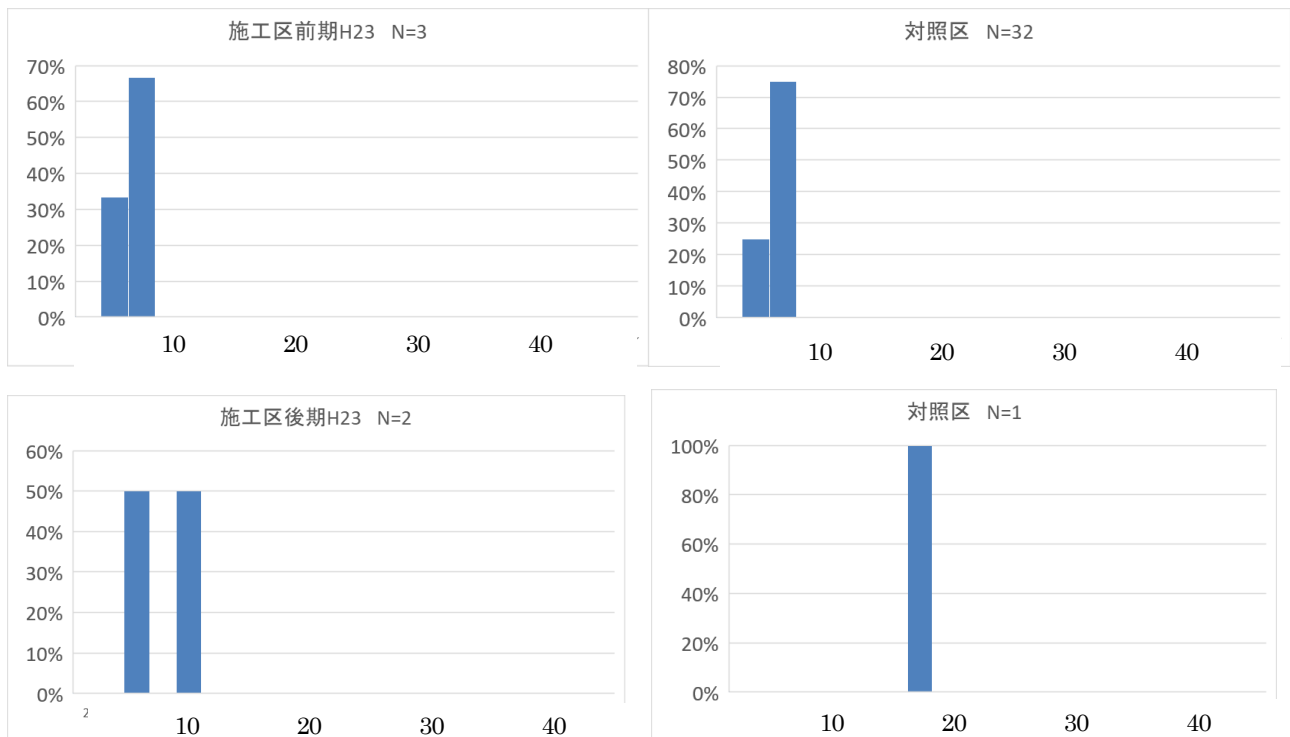


図2 荒尾地先で確認されたアサリの殻長組成（左から：施工区前期調査、対照区前期調査、施工区後期調査、対照区後期調査 縦軸：頻度、横軸：殻長 mm 以下、図3～12 も同じ）

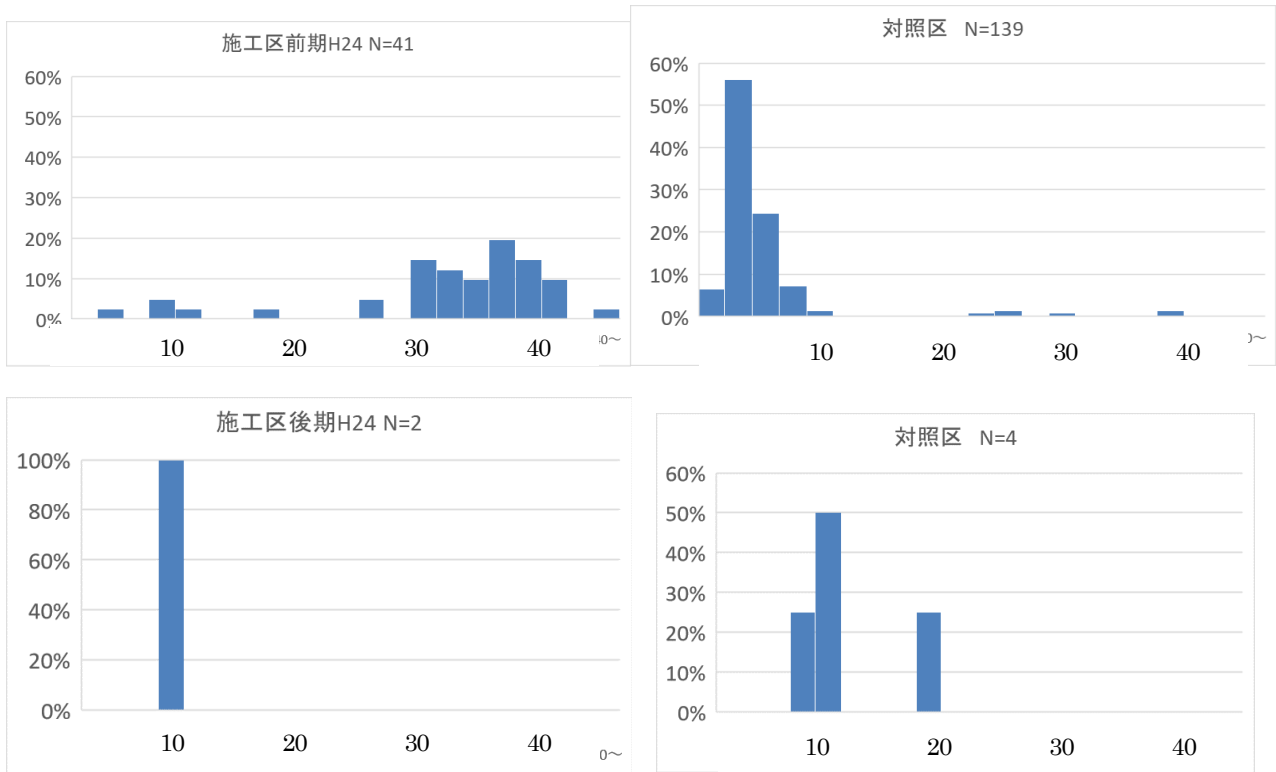


図3 長洲地先で確認されたアサリの殻長組成（左から：施工区前期調査、対照区前期調査、施工区後期調査、対照区後期調査）

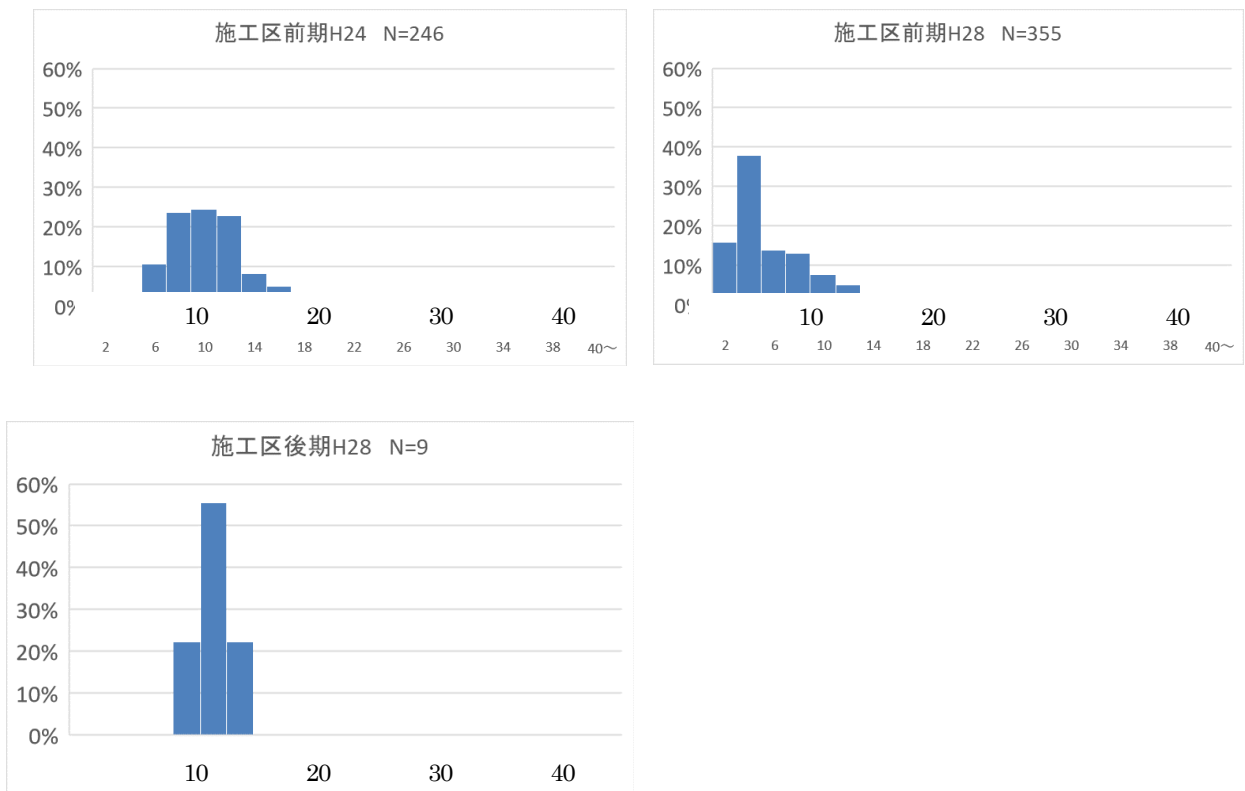


図4 滑石地先で確認されたアサリの殻長組成（左から：施工区前期調査 H24、施工区前期調査 H28、施工区後期調査 H28）

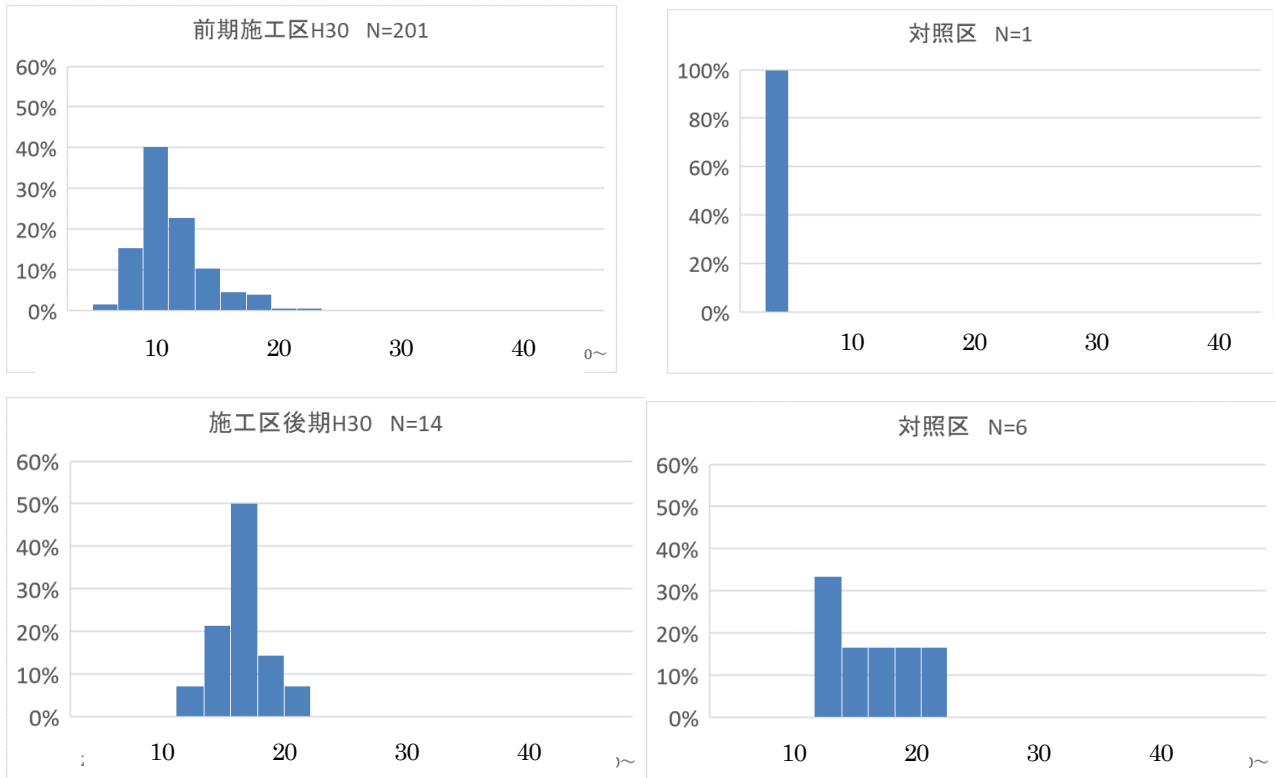


図5 河内地先で確認されたアサリの殻長組成（左から：施工区前期調査、対照区前期調査、施工区後期調査、対照区後期調査）

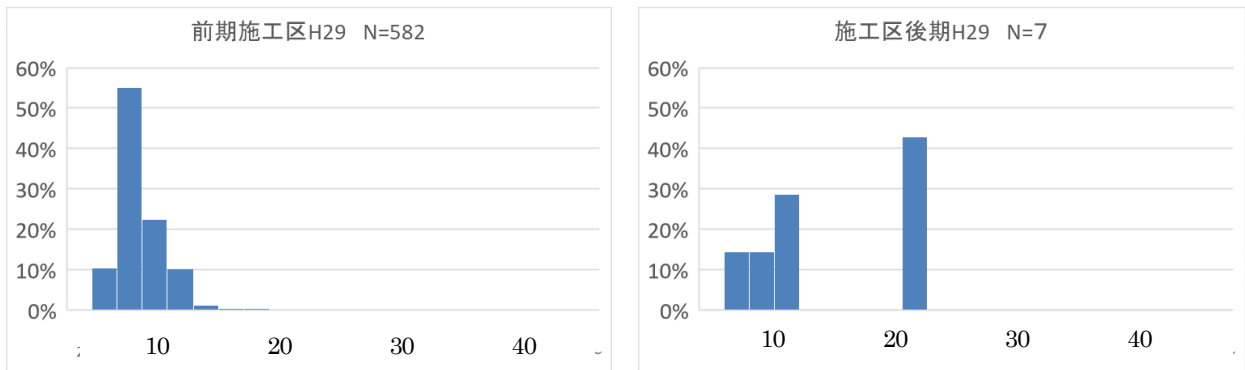


図6 松尾地先で確認されたアサリの殻長組成（左から施工区前期調査、施工区後期調査）

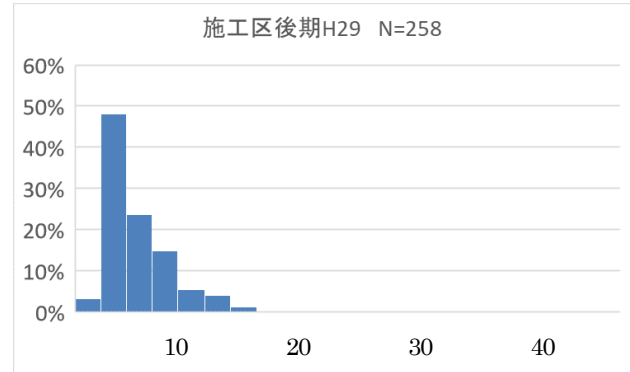
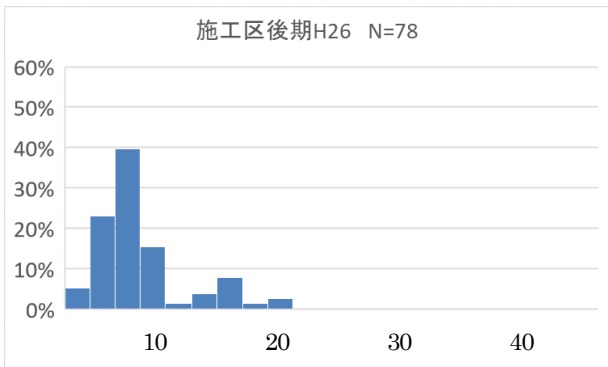
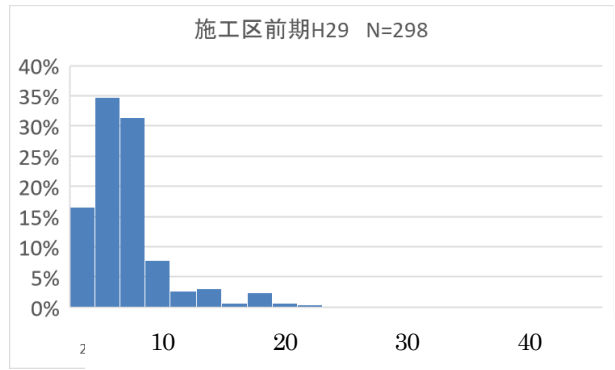
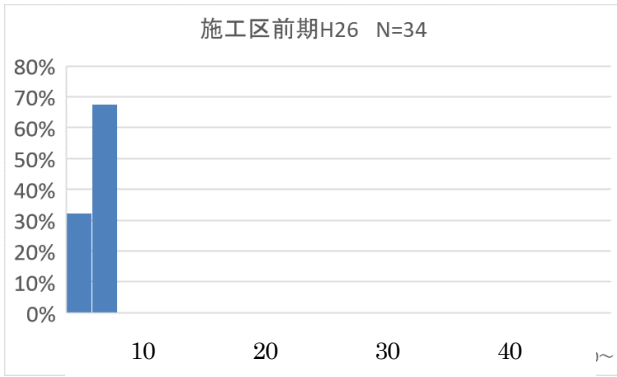


図7 海路口地先で確認されたアサリの殻長組成 (左から施工区前期調査、施工区後期調査)

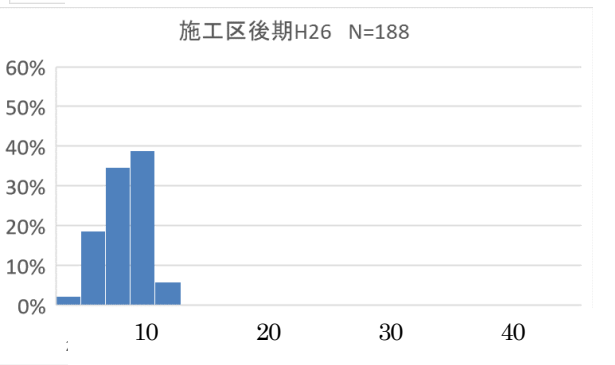
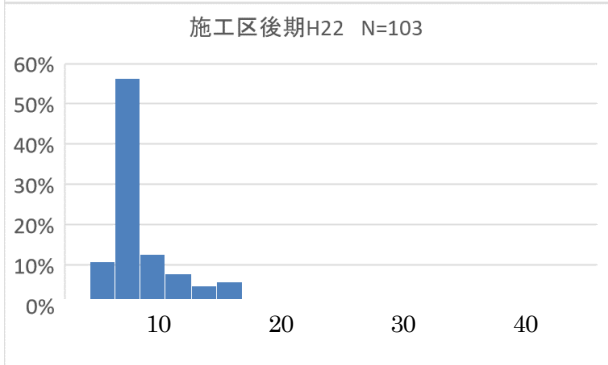
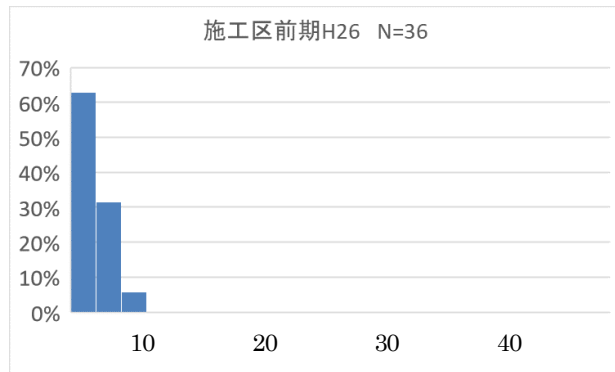
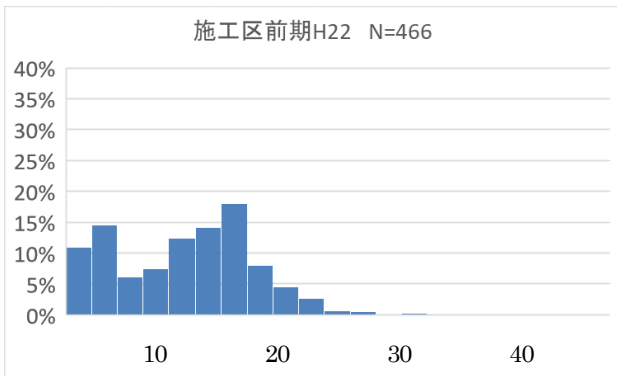


図8 住吉地先で確認されたアサリの殻長組成 (左から施工区前期調査、施工区後期調査)

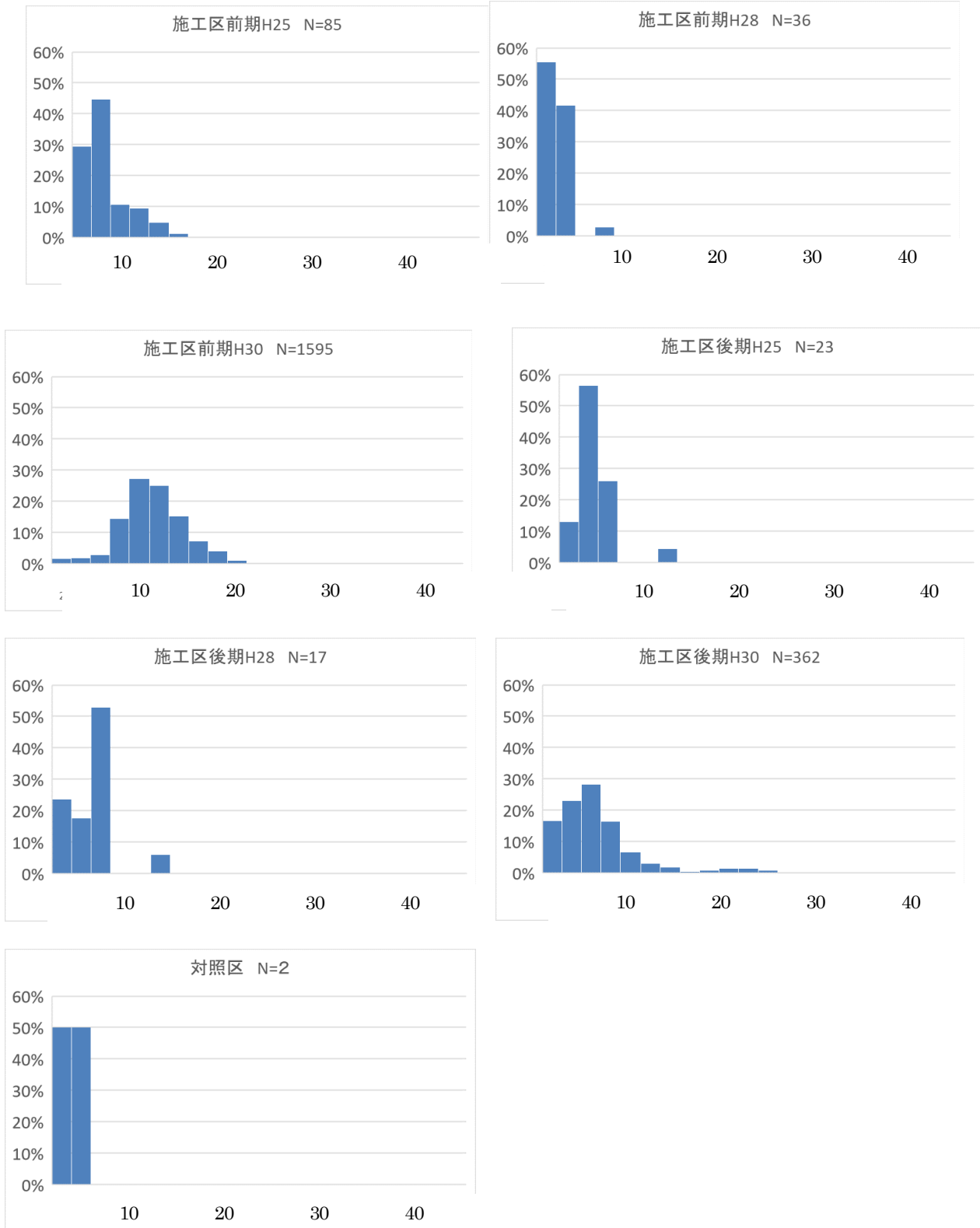


図9 網田地先で確認されたアサリの殻長組成（左から施工区前期調査、施工区後期調査、対照区）

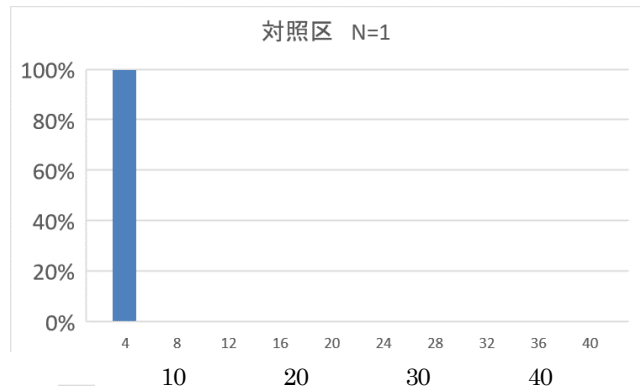
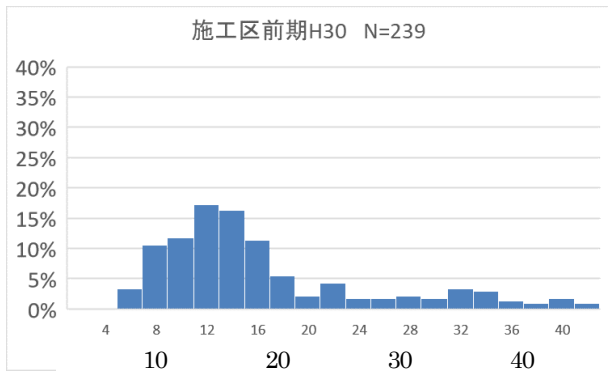


図10 氷川町竜北地先で確認されたアサリの殻長組成 (施工区前期調査、対照区)

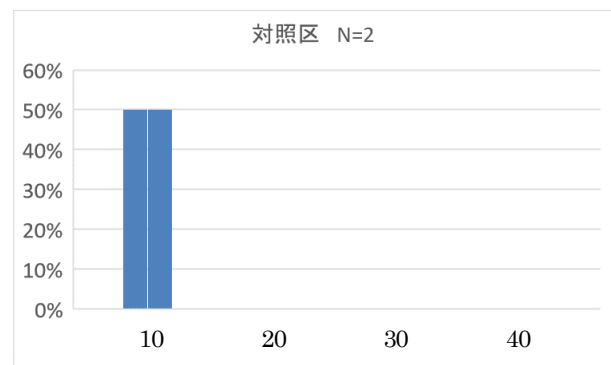
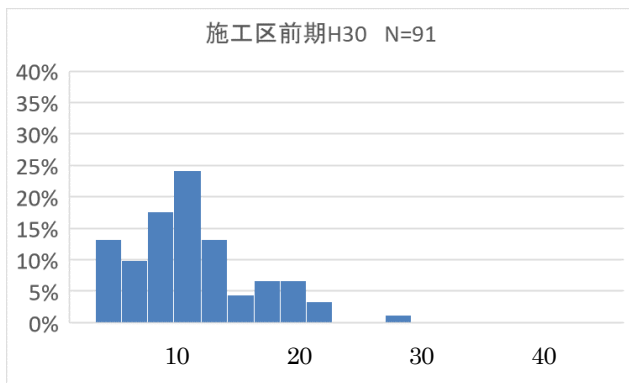


図11 八代市金剛地先で確認されたアサリの殻長組成 (施工区前期調査、対照区)

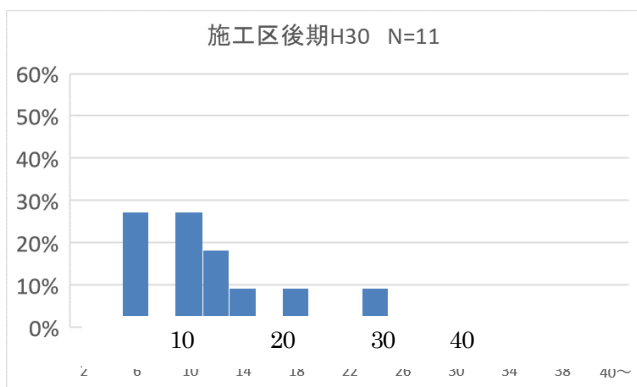
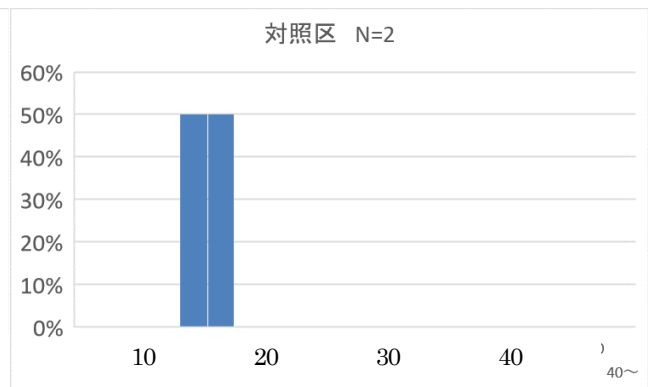
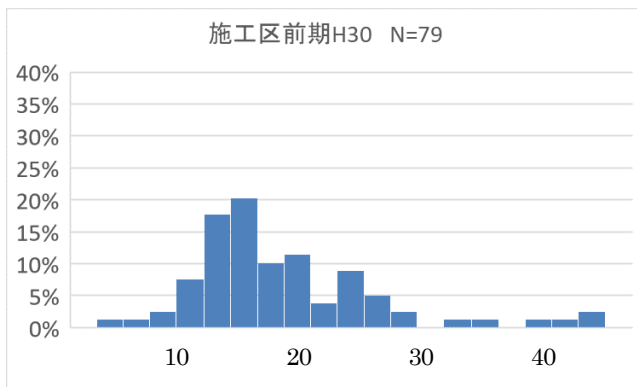


図12 八代市二見地先で確認されたアサリの殻長組成 (施工区前期調査、対照区、施工区後期調査)