

事業名：3 栽培漁業研究事業

細事業名：(2) ナマコ増殖試験

期間：R2-7 年度

予算額：2,110 千円（単県）

担当：増殖推進室（福本一彦）

目的：

【稚ナマコ採苗器設置による増殖効果の検証】

境港地区において漁業者が実施する稚ナマコ採苗器を用いたナマコ増殖の取組を支援するとともに、その増殖効果を検証する。

【アオ・クロ型成熟不良要因の解明】

西部日本海海域において課題となっているマナマコのアオ・クロ型の成熟不良要因を解明するための調査を実施する。

方法：

1 漁業者が行う採苗器を用いた増殖活動支援

①採苗及び稚ナマコの同定

境港の漁業者によるマナマコ増殖活動の支援を目的として、稚ナマコを採苗するために、イワガキ殻又はホタテ殻 10kg をプラスチック製コンテナに収容したコンテナ式採苗器を 99 基作製した（図 1 左）。これまでの試験結果から、採苗できる稚ナマコはアカ型が主体であるもののアオ・クロ型もわずかながら採苗できること、アカ型の産卵時期と推定される 3 月下旬から 4 月に採苗器を設置すると稚ナマコが多く採苗できることが明らかになっていることから^{1) 2)}（福本 2023、2024）、設置は 2024 年 4 月 19 日及び 26 日に、採苗実績のある境港沖一文字防波堤内側の水深 1～5m の各水深帯に設置した（図 2）。

また、早期採苗の可能性の検討と回収作業の省力化を目的として、古網式採苗器（図 1 右）を併用し、5 月 22 日に同海域の水深 1～4m の各水深帯に 4 基設置した。

さらに、アオ・クロ型の稚ナマコ採集を目的として、同採苗器を 8 月 26 日に 2 基、9 月 18 日に 2 基をアカ型、アオ・クロ型の採苗実績がある境港沖一門司防波堤内側の水深 2m 及び 3m の各水深帯に追加設置した。

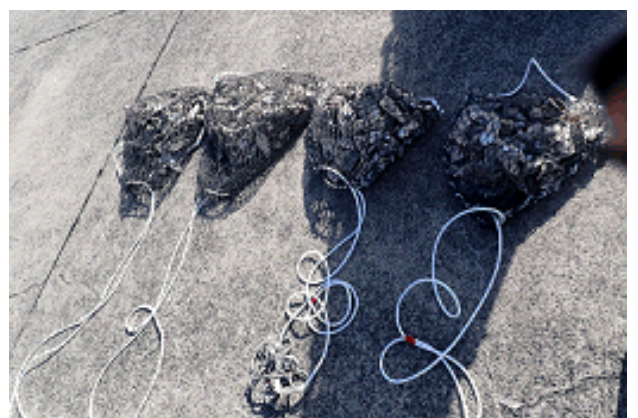
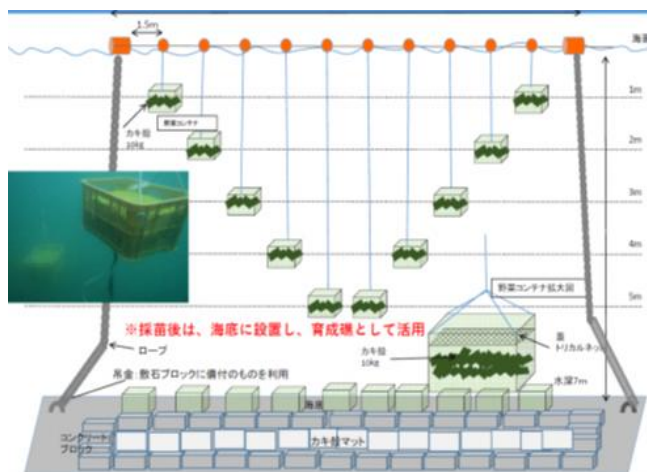


図1 コンテナ式採苗器の設置模式図及び古網式採苗器



図2 境港支所の漁業者が取り組んだ増殖活動区域

採苗器の回収は目的に応じて表1のとおり行った。

表1 採苗器の回収状況

目的	回収日	回収数	回収した採苗器の 設置水深帯
採苗器の最適設置水深帯の 確認、型別採苗状況の把握	2024年11月20日	15基 (各水深帯×3基)	1m、2m、3m、4m、5m
早期採苗の可能性の検討	2024年8月26日 9月4日	4基	1m、2m、3m、4m
アオ・クロ型の稚ナマコ採苗	2025年3月13日	2基 2基	2m、3m

回収は、稚ナマコの流出を防ぐためにカバーネット（目合1.5mm）を採苗器に被せて行った。回収した稚ナマコはアカ型、アオ・クロ型及び不明に区分して個体数を計数した。設置水深帯の適正について検討するため、各水深帯別の稚ナマコ個体数の平均値を求めて比較するとともに、統計処理を行った。また、直接回収して得られた稚ナマコの個体数と設置した採苗器の積により増殖活動により採苗できた稚ナマコの個体数を推定した。

型判別は、公益財団法人鳥取県栽培漁業協会に委託して2024年11月20日～2025年3月12日まで飼育した後、再同定を行った。

②稚ナマコ育成場の造成による稚ナマコの育成

2024年4月11日にカキ殻とコンクリートブロックを用いて稚ナマコ育成場を境港一文宇内側（水深5.7m）の試験①の採苗器設置区域に隣接するように造成し（図3：造成面積60m²）、翌12日に2023年5月に設置したコンテナ式採苗器のうち62基を当該育成場へ移設し、緩やかな自然放流を促した。また、2024年5月、11月及び2025年3月に2023年度と2024年度に採苗・同定した稚ナマコ延べ574個体を段階的に放流した。

なお、育成場での種苗の放流効果を確認する目的で、この育成場の隅に古網式採苗器4基を2024年4月12日に設置し、2025年3月13日にうち2基を目合い1.5mmのネットで覆い回収した。

稚ナマコ育成場を造成後、潜水により育成場内で確認されたマナマコの型、個体数及び全長を調査し、育成場としての機能を評価した。なお、全長は育成場所内を移動するマナマコに定規を当てて測定した。



図3 造成した稚ナマコ育成場

2 成熟特性及び再生産可能性の評価

アオ・クロ型の成熟状況の把握、及び成熟に原虫のкокシジウムが影響を及ぼす可能性が示唆されている³⁾(佐賀県 1996)ことから、кокシジウムのアオ・クロ型への感染状況の把握を目的として、2024年4月～2025年3月まで月1回夏泊漁港内で成体を採取した(図4)。採取した個体について、生殖巣指数及び生殖巣の組織切片観察⁴⁾(伊藤 1995)により成熟特性を評価するとともに、кокシジウムの感染率を調査した。

また、アオ型の消化管は、活動期、夏眠前期(準備期)、夏眠期及び回復期の生活環に応じて、成長期、退化期、完退期及び回復期の4相に区別されることが明らかにされている⁵⁾(崔 1963)。しかし、これまでに夏眠期に成熟、産卵しているという報告はない。そこで、夏眠しながら成熟しているか否かを確認することを目的に、消化管長を2024年11月から測定し、月別に平均消化管長を求めた。

さらに、近隣の船磯漁港内(水深3m地点)の水温データから産卵時期と推定される期間の水温を確認した。

3 成熟状況を確認した地点での採苗試験

アオ・クロ型の再生産の有無を直接的に確認するため、夏泊漁港及び泊漁港において、2024年5～10月に月1回採苗器を設置した。2025年3月に採苗器を回収し、稚ナマコの有無及び型別に個体数を計数した。



図4 夏泊漁港における成熟調査及び採苗器設置地点



図5 泊漁港における採苗器設置地点

結果及び考察

1 漁業者が行う採苗器を用いた増殖活動支援

①採苗及び稚ナマコの同定

境港で4月設置11月回収した設置水深帯別の採苗結果を稚ナマコの型別に表2に示した。

1 採苗器あたりの平均採苗数は、1m (73 個体)、2m (61 個体)、3m (52 個体)、4m (14 個体) 及び 5m (5 個体) となり、設置水深帯が深くなるにつれて減少した。統計解析を行った結果、設置水深帯と平均採苗数との間に有意差が認められ (Kruskal-Wallis 検定、 $df=4$ 、 $p<0.05$)、多重比較したところ、1m と 4m、1m と 5m の間で有意差が認められ (シャリー・ウィリアムズ検定、いずれも統計量 $>2.5\%$ 点)、水深 1～3m で採苗数が有意に多かった。以上の結果から、採苗器の設置水深は 3m 以浅の水深帯が適していると判断された。

採苗できた稚ナマコを型別に見ると、アカ型が 223 個体 (36.3%)、アオ・クロ型が 52 個体 (8.5%)、不明が 340 個体 (55.3%) であり、得られた稚ナマコの体サイズはアカ型が全長 $31.9\pm 8.8\text{ mm}$ 、湿重量 $1.1\pm 0.8\text{ g}$ (N=85)、アオ・クロ型が全長 $17.6\pm 6.6\text{ mm}$ 、湿重量 $0.3\pm 0.4\text{ g}$ (N=52)、不明が全長 $18.5\pm 5.3\text{ mm}$ 、湿重量 $0.2\pm 0.1\text{ g}$ (N=50) であり、アカ型の方がアオ・クロ型に比べて全長、湿重量ともに大きかった。

本県中部海域泊漁港でのアカ型の産卵時期は 3～4 月頃と推定されており¹⁾ (福本 2023)、後述するアオ・クロ型の産卵推定時期に比べて早い。西部海域の境港においても同様の状況だと仮定すると、アカ型の方が、アオ・クロ型に比べて稚ナマコの体サイズが大きい理由が説明できるが、この点については今後の調査で明らかにする必要がある。

表2 境港での4月設置11月回収分採苗結果

設置日	回収日	設置水深帯 (コンテナ籠)	アカ型 (個体)	アオ・クロ型 (個体)	不明 (個体)	合計 (個体)	水深帯別平均 (個体)
4/19	11/20	1m-1	36	3	40	79	73.3
4/26		1m-2	20	11	58	89	
		1m-3	21	1	30	52	
		2m-1	21	8	55	84	60.7
		2m-2	22	1	20	43	
		2m-3	21	6	28	55	
		3m-1	15	3	24	42	52.0
		3m-2	9	4	14	27	
		3m-3	28	14	45	87	
		4m-1	11	0	19	30	14.3
		4m-2	6	0	3	9	
		4m-3	2	1	1	4	
		5m-1	3	0	0	3	4.7
		5m-2	5	0	2	7	
		5m-3	5	0	1	4	
合計			223	52	340	615	
割合 (%)			36.3	8.5	55.3	100	

次に、5月設置・8～9月回収分の採苗結果を表3に示した。

1 採苗器あたりの採苗数は4～18個体で、4月設置・11月回収分に比べると採苗数は大きく減少した。内訳はアカ型が1個体、不明が41個体であり、得られた稚ナマコの体サイズはアカ型が全長 34.8 mm (N=1)、

不明が $14.6 \pm 4.3 \text{ mm}$ ($N=27$) であった。

5月設置・8～9月回収分が4月設置・11月回収分に比べて採苗数が少なく、かつ体サイズが小さく型が不明のものが大半を占めたのは、本調査地点で採苗個体の大半を占めるアカ型の産卵推定時期（3～4月）より遅い5月下旬に採苗器を設置したためであると考えられる。

水温が 2°C 以下、 18°C 以上ではナマコ種苗の活力低下が懸念されること、また、害敵となるヒトデ類の摂餌活動が低下するのは水温 10°C 以下であることから、マナマコ種苗の放流時期は、水温 10°C 以下の12月下旬から4月中旬が良いとされている⁶⁾（地独）青森県水産総合研究所 2012）。このことを踏まえると、本調査地においても年間で水温が最も高い8月下旬から9月上旬の夏眠期に採苗し放流することは適しておらず、早期回収を行う必要はないと考えられた。

なお、今回試験した古網式採苗器は、回収時の海水抜けはコンテナ式に比べて良好であったものの、特に浅い水深帯に設置したものは付着物が多く、作業性の低下が認められた。このため、今後は収容する貝殻量や表面積の調整と改良が必要であると考えられた。

採苗器の設置時期別に採苗数を比較すると、4月の方が5月に比べて採苗数が多かった（表2、表3）。過年度の試験結果においても、3月下旬から4月中旬の方が5月に比べて採苗数が多い傾向が認められており^{1) 2)}（福本 2023）、本調査地での採苗器の設置適期は3月下旬から4月であると考えられた。

表2及び表3の採苗結果を基に、漁業者が実施した増殖活動による天然採苗数を推定したところ、約3,900個体と推定された。今後、本調査地で天然採苗を継続する場合、採苗器は改善の余地があるものの、設置時期は3月下旬から4月が、設置水深帯は3m以浅が良いと考えられた。

表3 境港での5月設置8～9月回収分採苗結果

設置日	回収日	設置水深帯	アカ型 (個体)	アオ・クロ型 (個体)	不明 (個体)	合計 (個体)
5/22	8/26	1m-コンテナ	0	0	14	14
	9/4	2m-古網	1	0	17	18
	9/4	3m-古網	0	0	4	4
	9/4	4m-古網	0	0	6	6
合計			1	0	41	42
割合 (%)			2.4	0	97.6	100

次に、8、9月設置3月回収分の採苗結果を表4に示した。稚ナマコは得られなかった。

境港において7月以降、アオ・クロ型の成熟状況はこれまで把握されてこなかった⁷⁾⁸⁾（山田ほか 2009、藤岡 2023）。が、それはこの時期に漁期が終了していること、アオ・クロ型が夏眠期に入り成体の採取が難しいためと考えられる。しかし、後述の成熟調査で中部の夏泊漁港でアオ・クロ型の産卵盛期は8～9月と推定されたこと、前述の4月設置11月採苗分にアオ・クロ型の稚ナマコが採苗され、その体サイズが3～4月が産卵時期と推定されるアカ型に比べて小さかったことから、境港においても8～9月にアオ・クロ型が産卵している可能性は十分にあると考えられる。今後は今回の調査でアオ・クロ型の稚ナマコが採苗できた水深3m以浅の場所に8月以降採苗器をより多く設置し、アオ・クロ型の稚ナマコが採苗できるか再度確認する必要がある。

表 4 境港での 8、9 月設置 3 月回収分採苗結果

設置日	回収日	設置水深帯	アカ型 (個体)	アオ・クロ型 (個体)	不明 (個体)	合計 (個体)
8/26	3/13	2m-古網	0	0	0	0
		3m-古網	0	0	0	0
9/18	3/13	2m-古網	0	0	0	0
		3m-古網	0	0	0	0
合計			0	0	0	0
割合 (%)			0	0	0	0

次いで 2023 年度及び 2024 年度に採苗した稚ナマコの同定結果を表 5 に示した。

採苗できた稚ナマコはアカ型が 90%以上であり、アオ・クロ型は全体の 10%未満であった（表 5）。鳥取県中部におけるアカ型の産卵時期は 3～4 月と推定されていることから¹⁾（福本 2023）、3 月、4 月に採苗器を設置したところ、アカ型が優占して採苗されたものと考えられるが、アオ・クロ型も 10%未満ながら採苗できたことから、境港でのアオ・クロ型の産卵生態について今後の調査で明らかにしていく必要がある。

表 5 2023、2024 年度採苗稚ナマコ同定結果

		アカ型	アオ・クロ型	不明	合計
2023 年	採苗数	175	1	3	179
	割合 (%)	97.8%	0.6%	1.7%	100%
2024 年	採苗数	520	46	8	574
	割合 (%)	90.6%	8.0%	1.4%	100%

②育成場造成による稚ナマコ育成効果

境港に造成した稚ナマコ育成場では、造成 15 日後からマナマコの生息が確認され（表 6）、その後の調査においても、複数のアカ型及びアオ型個体が継続的に観察された（表 6、図 7）。造成から約 11 か月後には、育成場内に設置した古網式採苗器内から全長約 5cm のアオ型個体が複数確認された。

これらの結果から、当該育成場は稚ナマコの生育・定着場として一定の機能を果たしていると考えられた。一方で、育成場内に収容したカキ殻間には浮泥が堆積し、隙間構造が失われつつある状況も確認されたことから、長期的な育成場の機能維持のためには、カキ殻の追加投入など定期的な管理が必要である。



図 6 造成した稚ナマコ育成場

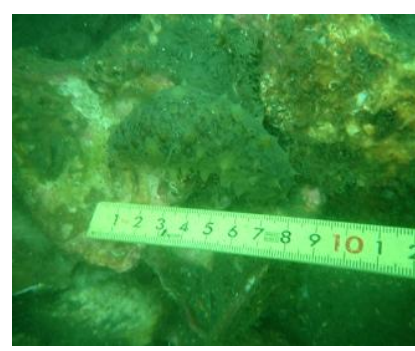


図 7 育成場で確認されたアカ型

(左：2024 年 4 月撮影、右：2025 年 3 月撮影)

(2025 年 3 月撮影)

表 6 造成した稚ナマコ育成場におけるマナマコの観察結果

観察日	確認されたマナマコの型、個体数	体サイズ
2024/4/26 (造成 15 日後)	アオ型×2 個体 アカ型×1 個体	全長 14 cm、No data 同 15.5 cm
5/22 (造成 41 日後)	アオ型×1 個体 アカ型×2 個体	同 26 cm 同 9.5 cm、15 cm
2025/3/13 (造成 336 日後)	アオ型×3 個体 アカ型×6 個体	同 12 cm、14 cm、20 cm 同 8 cm、13 cm、22 cm、23 cm、23 cm、23cm
	【回収した古網式採苗器 2 個内】 アオ型×2 個体	同 5.7 cm、18.9g、同 5.2 cm、5.2g

2 成熟調査 成熟特性と再生産可能性の評価

泊漁港（2019～2022 年）及び夏泊漁港（2023～2025 年 3 月）で採集されたアオ・クロ型の時期別生殖巣指数を図 8 に示した。アオ・クロ型の 4 月までの生殖巣指数は雌雄ともに 1%以下の個体が大半であったが、5～6 月にかけて僅かに増加し、その後雄の生殖巣指数は 7～9 月にかけて増加し、10 月に減少した（図 8）。一方、雌の生殖巣指数は 7 月までは低かったが 8 月に大きく増加し 10 月に減少した（図 8）。

生殖巣の組織観察の結果、雄では調査期間を通じて休止期に該当する個体は確認されず、1～4 月は成長期、5～6 月は成熟前期、7～9 月は成熟後期、10 月は放出期に相当する組織像が確認された（図 9）。これらのことから、雄の成熟は 5～6 月にかけて徐々に進行し、7～9 月にかけて放精していると考えられた。

一方、雌では成熟段階の季節変化がより明瞭であり、12～6 月は成長期、7 月は成熟前期、8～9 月は成熟後期に相当する組織像が主体となって確認され、一部では放出期の個体も確認された（図 10）。10 月には放出期となり、11 月になると卵母細胞が確認されなくなり、コクシジウムの寄生が認められたことから雌の休止期と判定した。これらの組織学的所見から、本調査海域におけるアオ・クロ型の産卵期は、雄では 7～9 月、雌では 6 月下旬及び 8～9 月であり、産卵盛期は 8 月下旬から 9 月下旬と推定された。この推定結果は、生殖巣指数の季節変化とも一致していた。

2024 年度夏泊漁港産アオ・クロ型雌へのコクシジウムの感染率について見ると、産卵盛期と推定された 8～9 月にかけては 0～50%だったが、その他の時期は 67～100%に上昇した（表 7）。

なお、産卵期に該当する時期に採集された個体は全て岩陰やブロック内部に固着していたが、これらの個体の産卵実態については、今後の観察や調査で明らかにする必要がある。

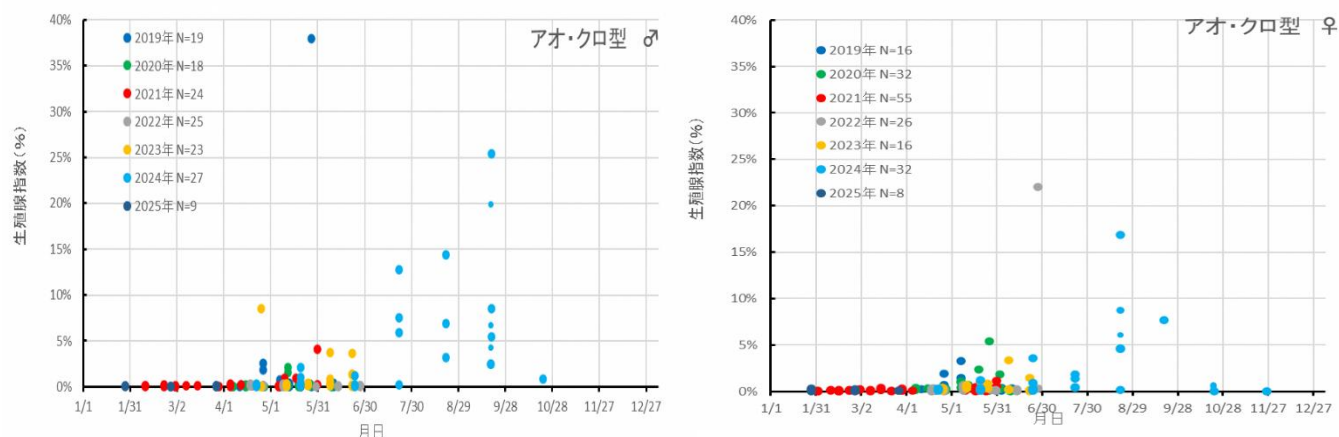


図 8 泊漁港（2019～2022 年）・夏泊漁港（2023～2025 年 3 月）で採集されたアオ・クロ型の時期別生殖巣指数（左：雄、右：雌）

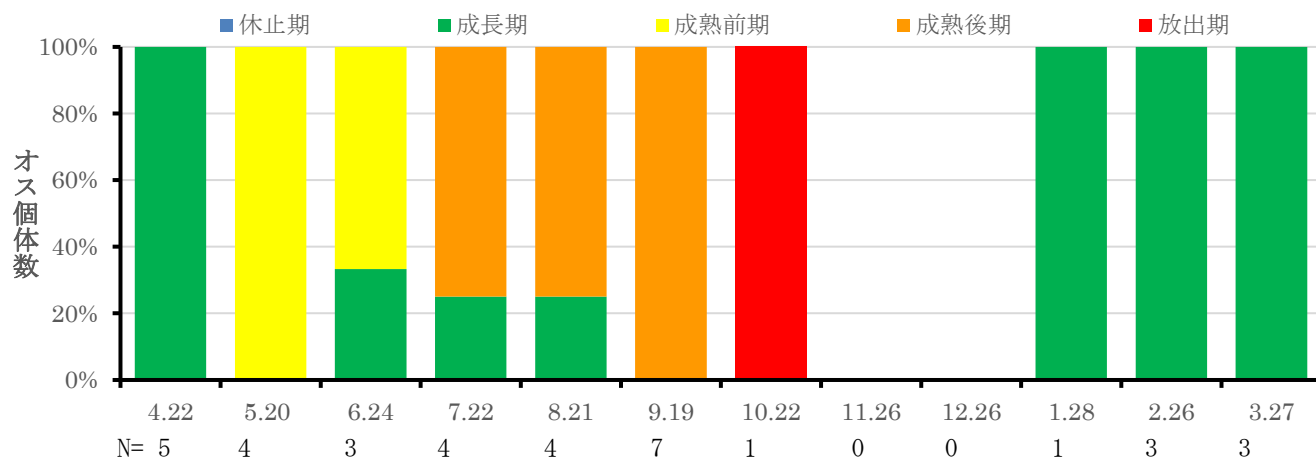


図 9 2024～2025 年 3 月夏泊漁港産アオ・クロ型雄の生殖巣発達段階

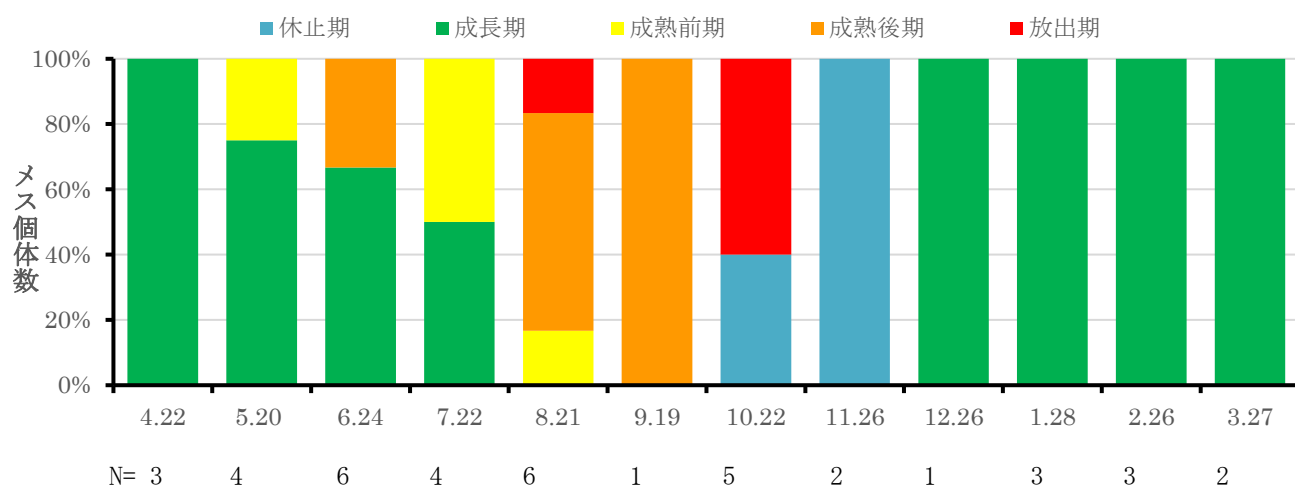


図 10 2024～2025 年 3 月夏泊漁港産アオ・クロ型雌の生殖巣発達段階

表 7 2024 年度夏泊漁港産アオ・クロ型雌へのコクシジウム感染率

年	月	日	場所	アオ・クロ型雌		
				調査個体	感染確認個	感染率 (%)
				数 (A)	体数 (B)	B/A×100
2024	4	22	夏泊漁港内	3	2	67
	5	20		4	4	100
	6	24		6	4	67
	7	22		4	4	100
	8	21		6	3	50
	9	19		1	0	0
	10	22		6	6	100
	11	26		2	2	100
	12	26		－	－	－
2025	1	28		3	3	100
	2	26		3	3	100
	3	27		2	2	100
合計				40	33	80

平均消化管長は、11 月は 38 cm と短かったが、その後は 60 cm 以上で推移していた（図 11）。なお、11 月には消化管長 14 cm の形成後間もないと思われる個体も確認された。今回の調査では、消化管が秋季における水温の下降とともに回復期に入る⁵⁾（崔 1963）過程は把握できたが、夏眠中と考えられる 7～10 月の形成状況は把握できなかった。夏眠中の消化管は、全く衰耗し、わずかに口部から肛門に直結する細い木綿糸様のものとなり体長よりも短くなる⁵⁾（崔 1963）とされているが、引き続き調査を継続し、アオ・クロ型が夏眠しながら成熟、産卵しているか否かについて把握する必要がある。

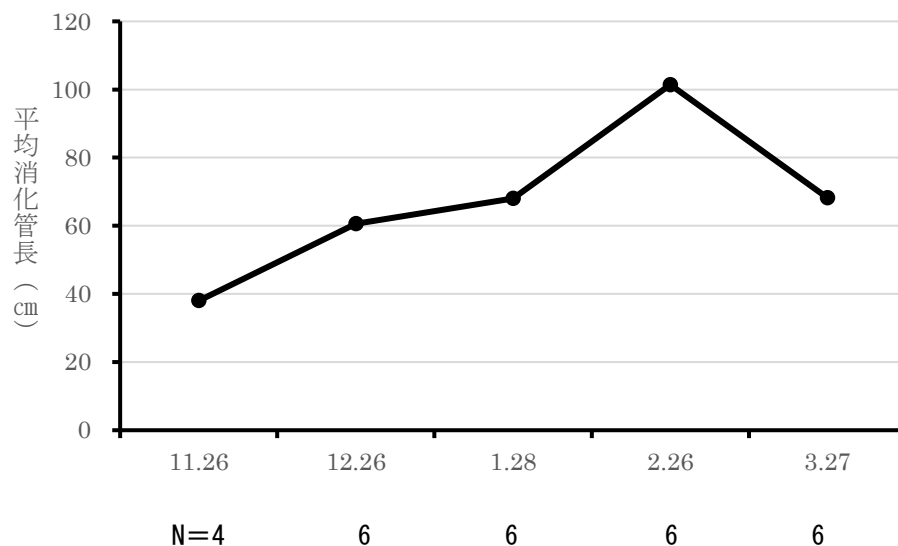
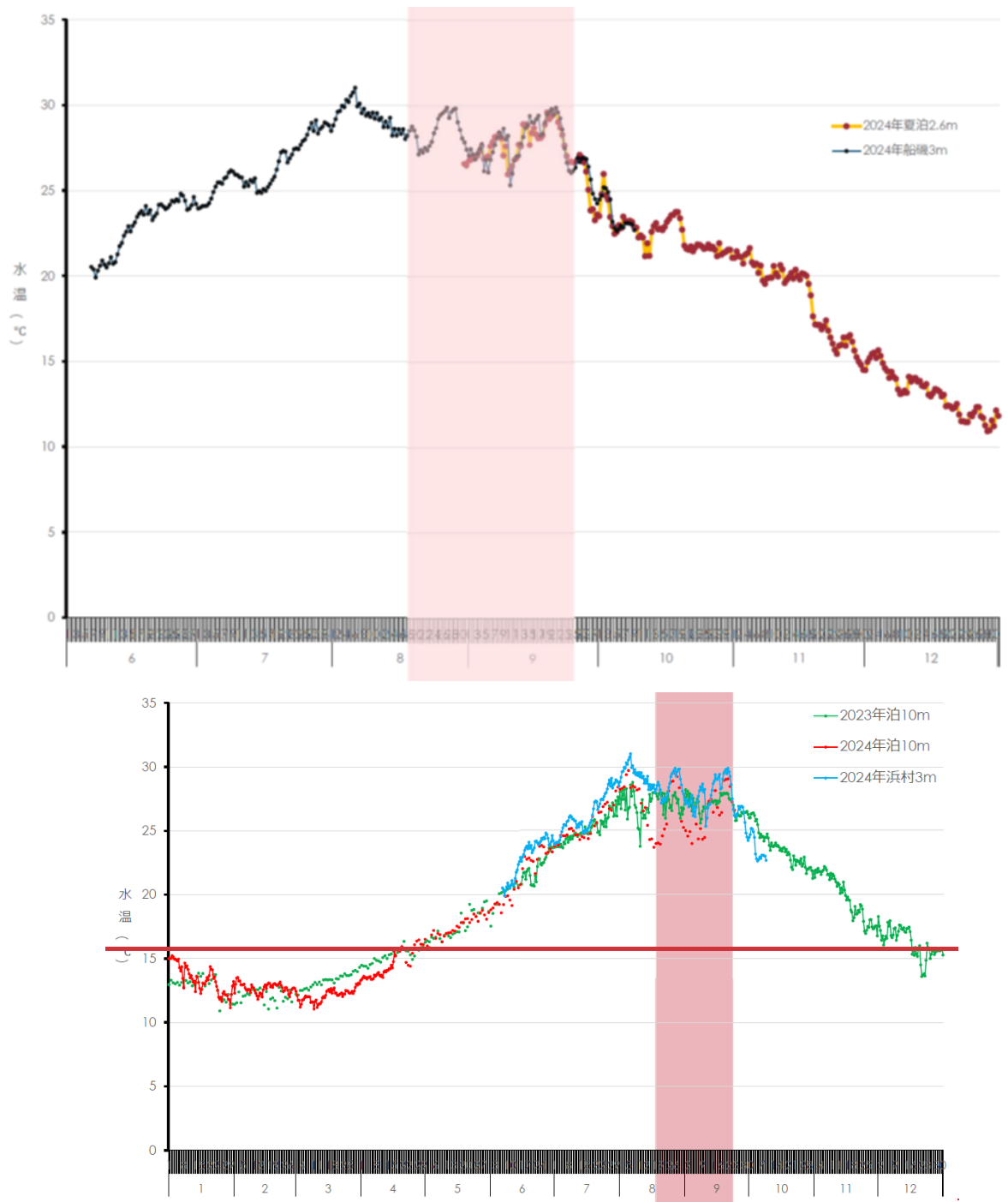


図 11 2024 年 11 月～2025 年 3 月夏泊漁港産アオ・クロ型の平均消化管長

夏泊漁港産アオ・クロ型の産卵期及び産卵盛期の水温の参考として、2024 年夏泊漁港内水深 2.6m 及び近隣の船磯漁港内水深 3m の水温を図 12 に示した。産卵期（6 月下旬から 9 月下旬）と推定された期間の水温は 24～31℃、このうち産卵盛期（8 月下旬から 9 月下旬、図の色掛け部分）は 26～29℃と高水温で推移していた（図 12）。既往研究では、高水温条件下では受精卵の孵化や幼生の変態が抑制される可能性が指摘されていることから（北海道、未発表）、本海域においても、成熟は進行していても再生産が必ずしも安定的に成立していない可能性が考えられた。

以上のことから、本調査地のアオ・クロ型の成熟自体は季節的に順次進行しているものの、高水温による再生産効率の低下が示唆されることから、今後は、成熟時期における消化管の形成状況や環境条件等を把握しながら、再生産の有無を確認していく必要がある。



ss 図 12 2024 年の夏泊漁港水深 2.6m 及び船磯漁港水深 3m の水温

3 成熟を確認した地点での採苗試験

夏泊漁港での採苗結果を表 8 に、泊漁港での採苗結果を表 9 にそれぞれ示した。夏泊漁港では、9 月及び 10 月設置の採苗器にアオ型及びアカ型がそれぞれ 1 個体ずつ確認されたが、いずれの採苗器も波浪により切れて沈降していたことから、採苗できた個体ではなく、海底に沈降した採苗器を稚ナマコが生育場所として利用した可能性が高いと推察された。また、泊漁港では稚ナマコは得られなかった。以上のように、夏泊漁港及び泊漁港におけるアオ・クロ型の再生産を確認することはできなかった。

夏泊漁港のアオ・クロ型は 8～9 月に産卵盛期を迎えること、境港の採苗調査で水深 3m までの浅い地点程多くの稚ナマコが得られていることを踏まえ、今後は産卵盛期に親ナマコが多数確認できる地点で、よ

り浅い水深帯に採苗器を設置し、再生産の有無を確認する必要がある。

表 8 夏泊漁港での採苗結果

設置日	回収日	アカ型 (個体)	アオ・クロ型 (個体)	不明 (個体)	合計 (個体)	備考 (採苗器回収時 の状況)
2024/5/22		0	0	0	0	正常
6/24		0	0	0	0	採苗器破損
7/22		0	0	0	0	正常
8/21	2025/3/14	0	0	0	0	正常
9/19		0	1 (全長 13 cm、重量 119g)	0	1	採苗器が切れて底に沈 降していた
10/22		1 (全長 4.5 cm、重量 4g)	0	0	1	採苗器が切れて底にひ っくり返っていた

表 9 泊漁港での採苗結果

設置日	回収日	アカ型 (個体)	アオ・クロ型 (個体)	不明 (個体)	合計 (個体)
2024/5/22		0	0	0	0
6/24		0	0	0	0
7/22	2025/3/7	0	0	0	0
8/21		0	0	0	0
9/19		0	0	0	0
10/22		0	0	0	0

4 まとめ（次年度に向けた課題及び改善点）

本事業により、マナマコの採苗に適した採苗器の設置時期及び設置水深、育成場造成の有効性、並びにアオ・クロ型の成熟特性に関する基礎的知見が得られた。今後は、採苗器の改良や育成場の維持管理手法の検討を進めるとともに、アオ・クロ型の安定した再生産の条件を明らかにすることで、より実効性の高い増殖技術の確立を目指す。

成果の活用

- ・鳥取県漁協境港支所へ報告した。
- ・令和 6 年度ナマコ分科会へ報告した。

関連資料・報告書

- 1) 福本一彦（2023）．ナマコ増殖試験，鳥取県栽培漁業センター年報。
<https://www.pref.tottori.lg.jp/secure/1319764/No3-2.pdf>
- 2) 福本一彦（2024）．ナマコ増殖試験，鳥取県栽培漁業センター年報。
https://www.pref.tottori.lg.jp/secure/1365369/syuuseiNo3-2_namako.pdf
- 3) 佐賀県（1996）．第3章 マナマコの種苗生産，佐賀県栽培漁業センターにおける種苗生産マニュアル．p69-109.
- 4) 伊藤史郎（1995）．マナマコの人工大量生産技術の開発に関する研究，佐賀県栽培漁業センター研究

報告第4号．86pp.

- 5) 雀相（1963）．なまこの研究，海文堂，東京．
- 6) 地方独立行政法人青森県産業技術センター水産総合研究所（2012）．ナマコ種苗放流マニュアル．17pp.
- 7) 山田英明・渡辺秀洋・太田武行・田中一孝（2009）．22 ナマコの増殖．鳥取県水産試験場沿岸漁業部成果報告集．
<https://www.pref.tottori.lg.jp/secure/970350/No22.pdf>
- 8) 藤岡秀文（2023）．アオナマコの資源管理方法確立調査，鳥取県水産試験場年報．
<https://www.pref.tottori.lg.jp/secure/1338776/2022-5-3.pdf>