

**女川町におけるマナマコの
人工種苗生産と放流
(海中飼育) 効果に関する報告会
～女川町の産業振興を考える～**

令和4年8月27日

東北大学大学院農学研究科・女川町

女川町におけるマナマコの生産について

－女川町におけるマナマコの増養殖システムを考える－

木島明博（東北大学）

(1) 東北マリンサイエンス拠点形成事業の方向性（政府方針）

第Ⅰ期：「集中復興期間」復旧・復興

第Ⅱ期：「復興・創生期間」

新たな課題や多様なニーズに対応、

被災地の自立につながり地方創生のモデル

地域資源の発掘・活用、創造的な産業復興

(2) 南東北沿岸地域の課題（女川町の課題を含める）

漁船漁業の不漁（サンマ・サケ・イカナゴなど）

磯根漁業の不振（キタムラサキウニ、エゾアワビなど）

養殖漁業の不調（ホタテガイ・マボヤなど）

地域資源の発掘・活用、創造的な産業復興

(3) 女川町と東北大学との（包括的）連携協定締結

.....

地元の状況を熟知している漁業者・漁業関係者の期待は？

科学的研究で何が出来るか？（地元との協議）

産業としての可能性は？（経済的課題・労働力の課題・資源の課題）

ナマコで産業おこしはできないのか？？？⇔共同研究企画

マナマコの産業化の可能性

マナマコは江戸時代から三陸沿岸でも輸出産業としての実績あり
日本において食品としては普及していない（食文化としての脆弱性）
中国では日本のマナマコが大人気（精力剤、コラーゲン、中華料理）
中国の経済的台頭、価格の高騰・・・輸出産業としての可能性大

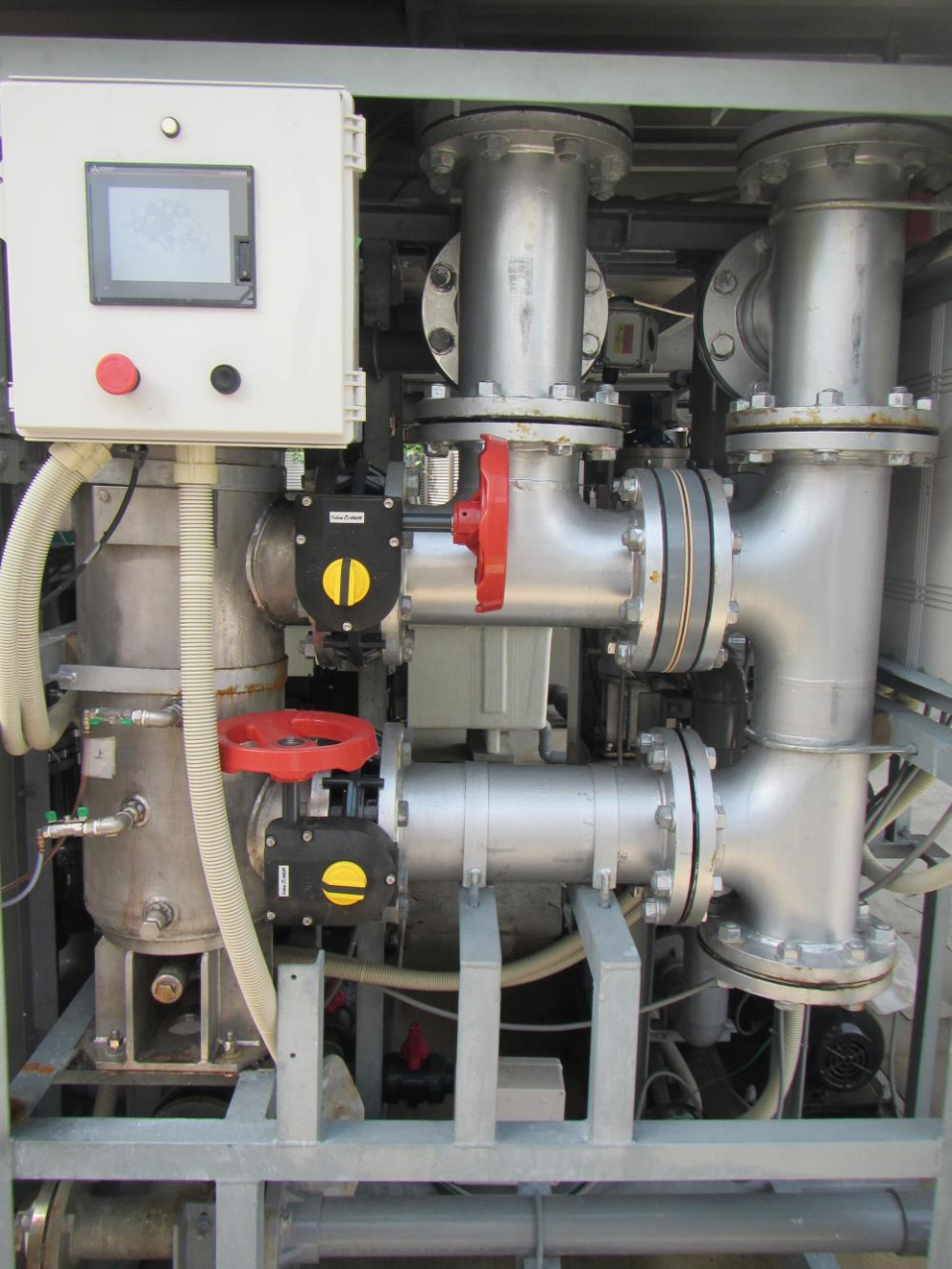
マナマコの生態

自然生態系においてマナマコは外敵が少ない・・・放流生産の可能性あり
餌料が有機物であり海藻群落を必ずしも必要としない・・・磯焼けに強い可能性
沿岸域に生息、取られやすい、資源枯渇問題・・・量的管理が必要
地域によって形態の違いあり、地域による価格差あり、遺伝資源が重要
・・・質的（遺伝的）管理が必要
⇒地場資源の持続的生産と活用・・・人工種苗生産管理・漁獲管理・遺伝的管理

マナマコの生産

人工種苗生産技術の基本は確立されているが、課題も残っている。
(1)採苗後の初期稚マナマコの飼育方法（害的生物の除去または共存）
(2)海中飼育（放流）効果の査定（海中での生産性）
(3)陸上養殖の可能性

女川町・東北大学農学研究科の共同研究を展開、
マナマコ増養殖の可能性を探る

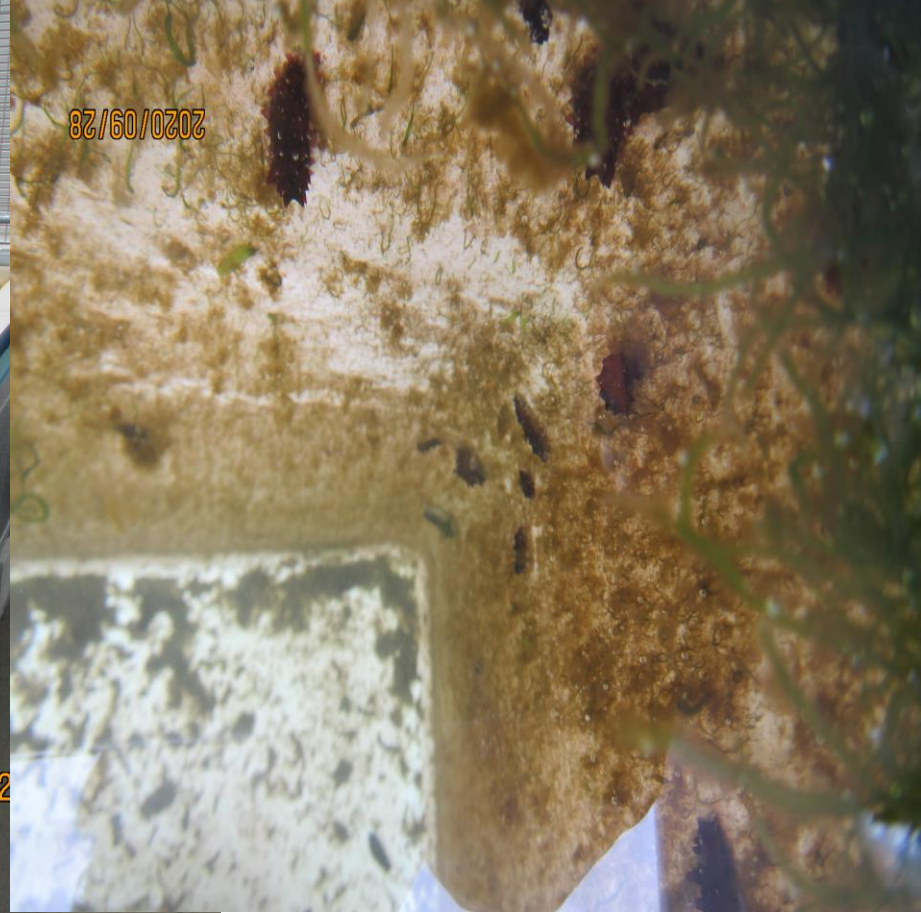


連続海水濾過装置



バラスト水処理装置装置





2t③水槽 (7440個体)
：平均体重=0.154g, 回収率14.9%

2t④水槽 (2146個体)
：平均体重=0.402g, 回収率4.3%

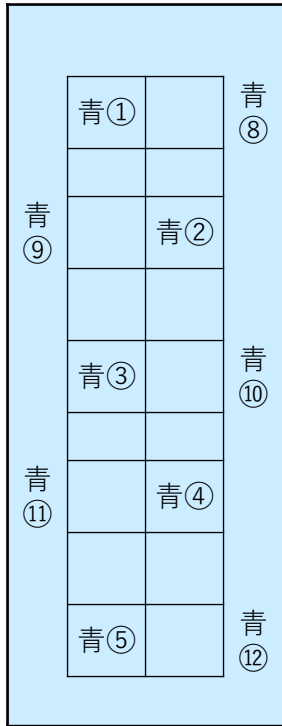
2t③④水槽 (9586個体)
：平均体重=0.210g, 回収率9.6%

図2 6月8日生稚マナマコの飼育状況 (屋根なしたたき上の2t水槽)

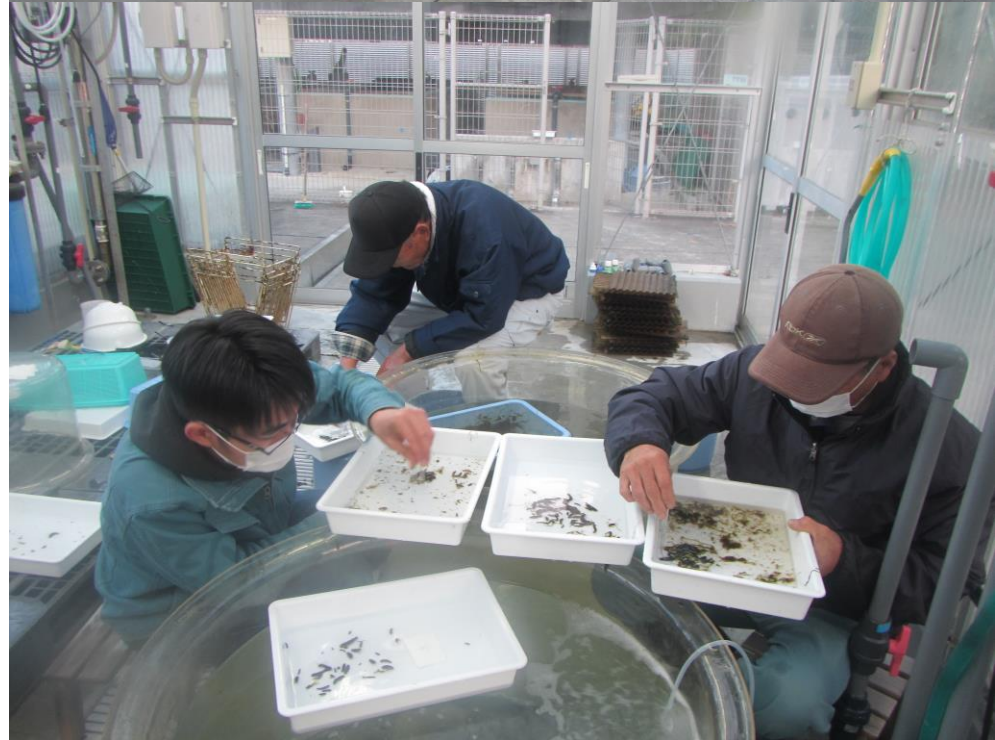
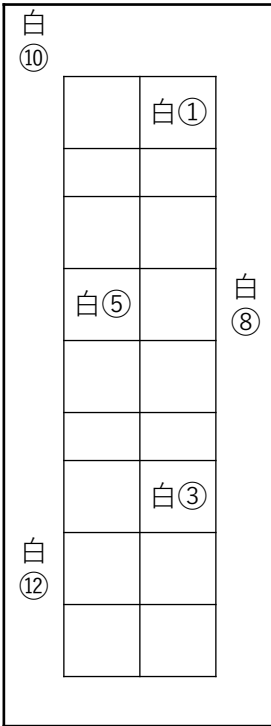
図3 6月8日生まれ稚マナマコの計数・計量



2.4t青色FRP水槽(採苗10万)



2.4t白色FRP水槽(採苗10万)



波板における推定生息数： $556.0 \times 18 = 10008.0$
壁面にいる推定生息数（面積推定）： $80.4 \times 50 = 4020$
壁面にいる推定生息数（面積推定）： $80.4 \times 98.4 = 7911.4$
合計：14028個体(波板+壁)；17919個体(波板+壁+底)

波板における推定生息数： $671.7 \times 18 = 12090.6$
壁面にいる推定生息数（壁面積推定）： $52.3 \times 50 = 2615$
壁面にいる推定生息数（壁底面積推定）： $52.3 \times 98.4 = 5146$
合計：14705個体(波板+壁)；17236.9(波板+壁+底)

2.4t水槽2基で31944.5個体（回収率15.97%）

新品波板
NG(ナマコ[®] ロース)

付着珪藻波板
凍結珪藻・NG

付着珪藻波板
凍結珪藻



多数生存

生存0個体

生存0個体

7月8日生

7月18日分槽

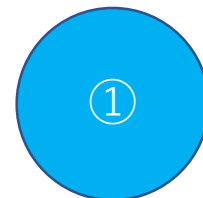
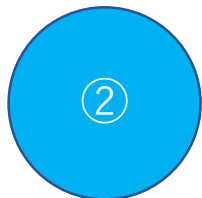
(各水槽にドリオラリア
6000個体投入)

200825計数

波板非付着個体

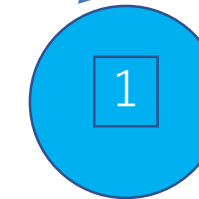
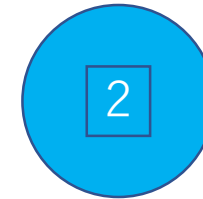
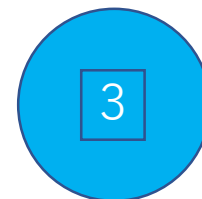
波板付着個体

8月25日分槽



計測前水槽番号

201021計数



計測後水槽番号

990個体(小)

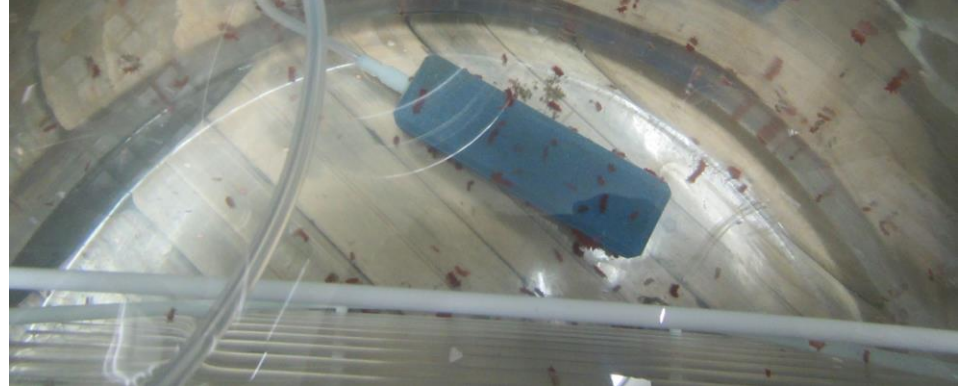
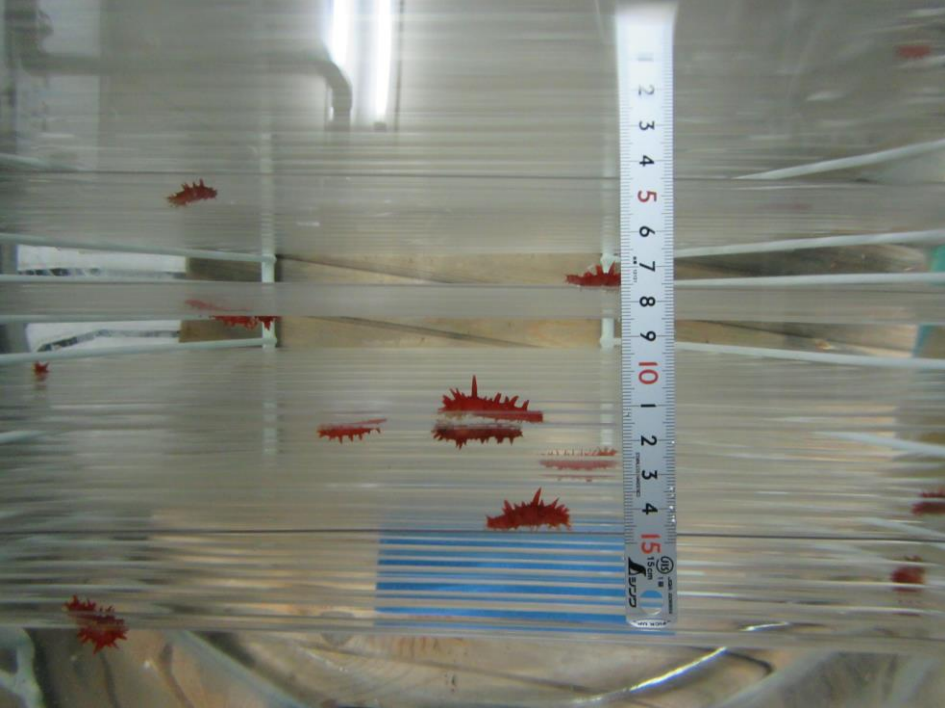
628個体(中)

50個体(大)

合計 1668個体
回収率: 27.8%



恒温室2 稚マナマコ(200708生)PL 100L水槽

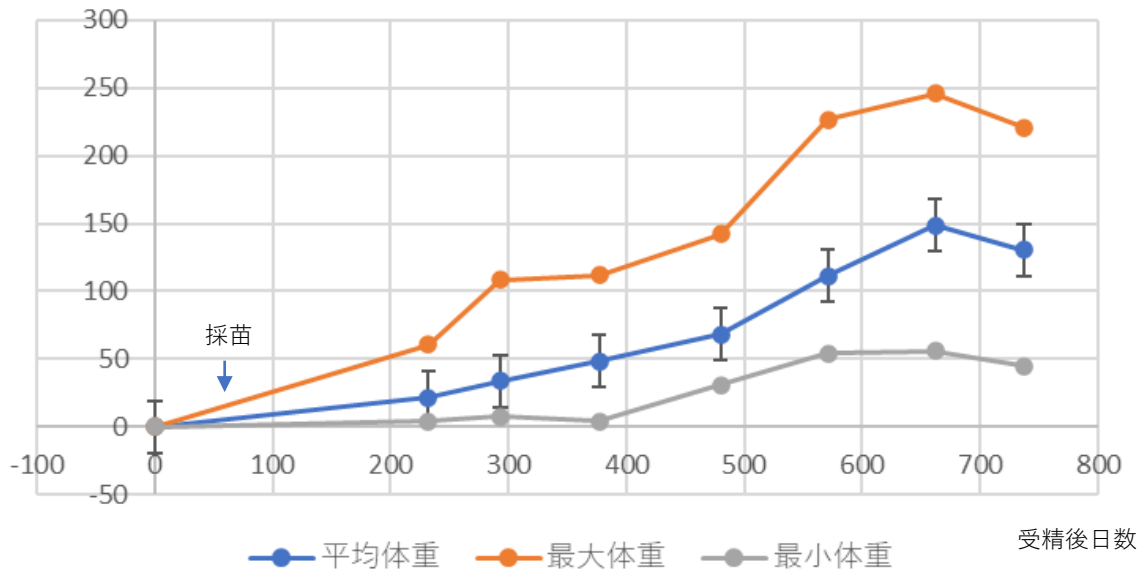


大	中
小	

恒温室2における実験生存個体の写真

体重(g)

寄磯親から生産した選択種苗における個体の成長

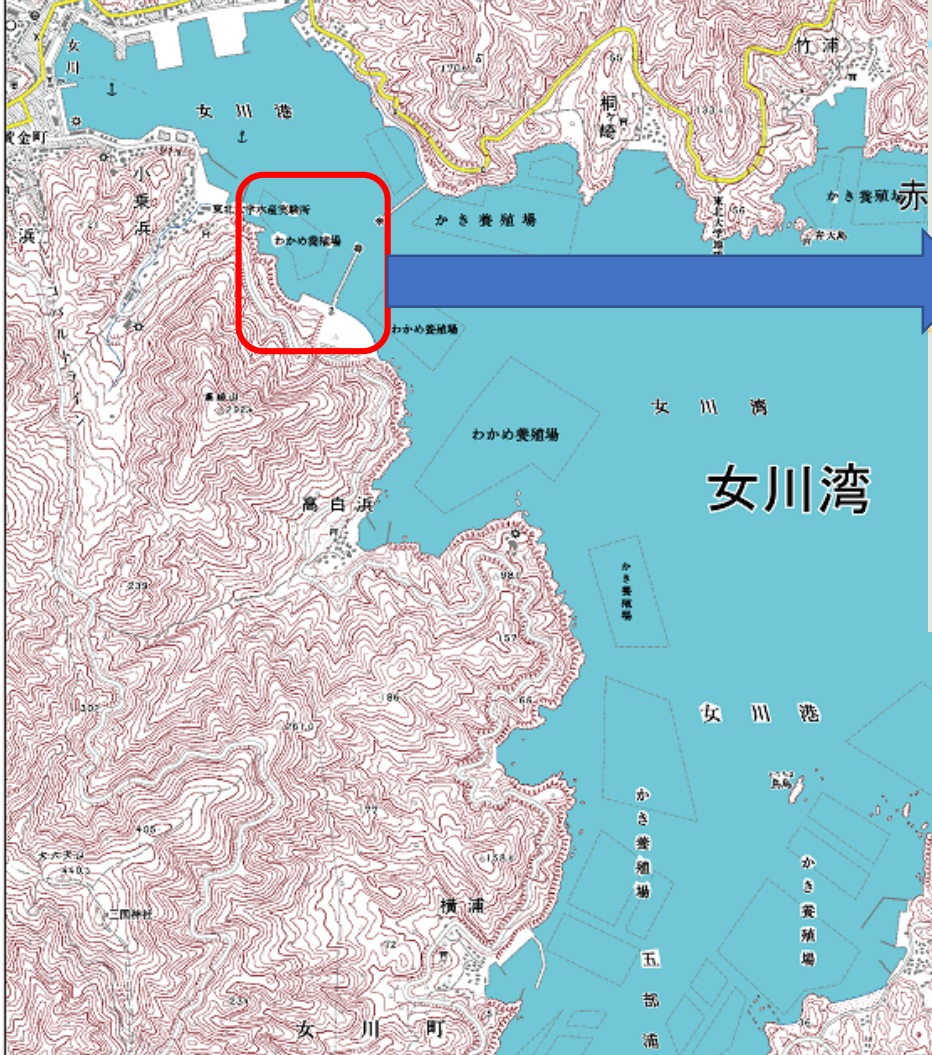


飼育経過

計測年月日	受精後日数	採苗後日数	平均体重	標準偏差(S)	最大体重	最小体重	計測個体数
2018.7.26	0	0	0	0	0	0	0
2019.3.15	232	220	21.5	15.66	60.7	3.8	23
2019.5.15	293	281	33.5	27.84	108.5	7.4	24
2019.8.7	377	365	48.4	34.25	111.8	4.1	24
2019.11.18	480	468	68.3	35.32	142	30.7	17
2020.2.17	571	559	111.5	55.84	226.7	54.2	17
2020.5.18	662	650	148.8	57.73	246	56	17
2020.8.1	737	725	130.6	46.46	221	45.1	17

- 180726寄磯浜より特別採捕にて親個体を入手
- 同日氷冷アイスボックスにてトラック運搬 (2時間)
- 運搬中に放精、到着後直ちに採卵採精授精操作
- 100万粒の受精卵確保、500LのPL水槽で幼生飼育
- 180807に採苗 (夜、着底水槽に移動)
- 180828高水温、カイアシ類大量発生
- 10万個体を入れた屋外水槽のみで継続飼育
- 190315生存27個体を200L水槽に異動して継続飼育
- その後は1tFRP水槽内に200LのPL水槽を入れ、給餌飼育
- 5月までは急速に成長 (増重)、100gに達する個体が出現
- その後8月までは成長停滞 (最低個体重量も減少)
- 8月から11月まではやや成長100g越え3個体
- また、7個体消滅 (鳥害が考えられる)
- 11月から翌2月にかけて急成長 (200g越え出現)
- 2月から5月にかけて成長は揺るやか
- 5月から8月にかけて体重減少 (2年目の夏は体重減少)

考察：低密度飼育で生産翌年に100g以上の個体出現。付加価値のあるマナマコの早期生産が可能



200226	潜水調査マナマコ確認	39個体採集
200427	潜水調査マナマコ確認	各8個体抽出
200526	潜水調査マナマコ確認	各10個体抽出
200624	潜水調査マナマコ確認	各10個体抽出
200730	潜水調査マナマコ確認	各10個体抽出
200826	潜水調査マナマコ確認	各10個体抽出
201005	潜水調査マナマコ確認	各10個体抽出
200526	潜水調査マナマコ確認	各全個体採集

稚マナマコの海中飼育(放流)実験

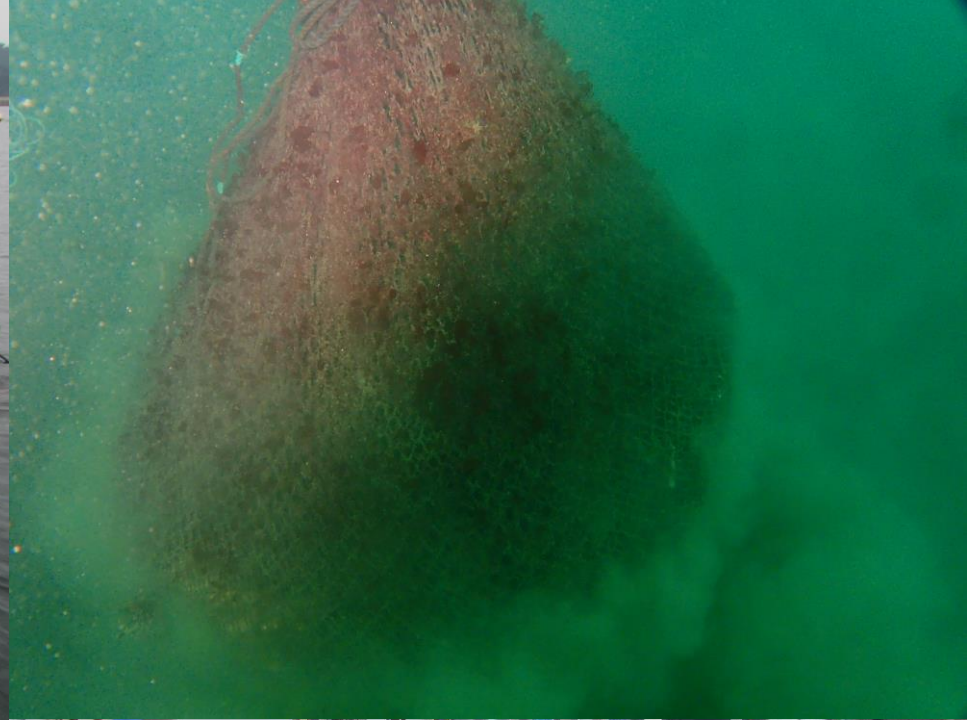


表4 201005-06取上マナマコ小乗浜放流再捕実験の結果

放流個 体数	①300	②300	③300	④300	⑤300	⑥552
30個体重	873.6	900.6	763.1	735.5	1165.4	839.5
SD(s)	46.36	59.38	54.89	64.41	62.85	54.13
大	290.6g(5個体)	588.8 g (4個体)	441.5 g (4個体)	375.5g (4個体)	636.8g(4個体)	229.8g (2個体)
小	79.4g (65個体)	70.4g (51個体)	94.8g(74個体)	69.1g(51個体)	79.1g(113個体)	40.3g (32個体)
全数	100	85	108	85	147	64
平均重量	29.12	30.02	25.44	24.52	38.85	27.98
全重量	1243.6	1559.8	1299.4	1180.1	1881.3	1109.6
回収 率	0.333	0.283	0.360	0.283	0.490	0.116
	33%	28%	36%	28%	49%	12%
効果	525/1500=0.350 (35%)					12%
全体	589/2052=0.287 (28.7%)					

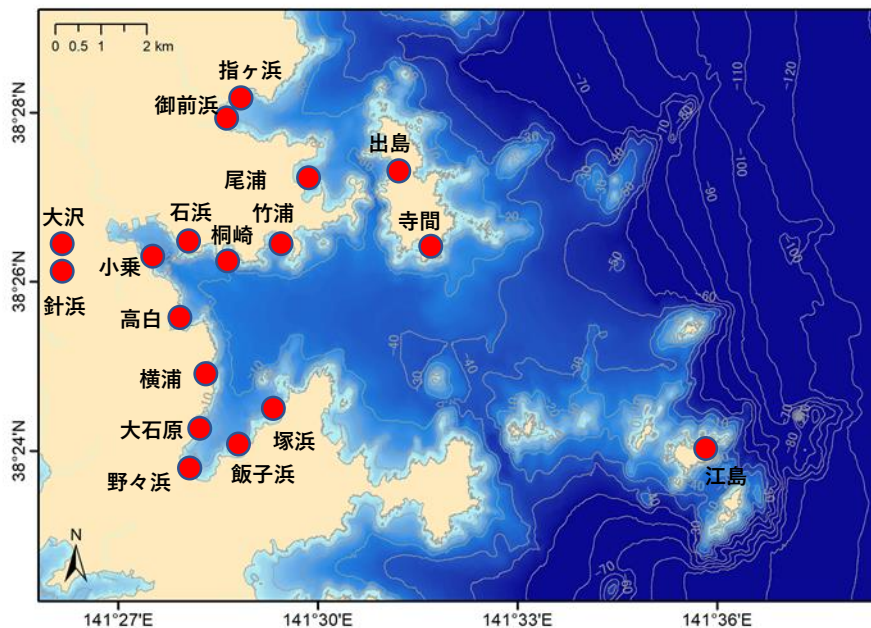


図 2020年度女川産親個体によって生産した稚マナマコの海中飼育(放流)場所



潜水作業による稚マナマコの海中飼育(放流)



海中飼育(放流)用稚マナマコ

表 女川産稚マナマコの放流事業実施状況

支部	配送浜	放流 計画数	放流個体数		放流 実績数	放流実施月日		
			中型	大型		12/21(月)	12/23(水)	12/25(金)
指ヶ浜 1500個体	指ヶ浜-1	400	400	50	450			
	指ヶ浜-2	300	400	50	450	8:00		
	御前浜	300	500	50	600	8:30		
尾浦 1200個体	(尾浦)	500	600	50	650	9:00		
		500	500	50	550			
竹浦 1200個体	(竹浦)	500	600	50	650	10:00		
		500	500	50	550			
桐崎 1200個体	(桐崎)	500	600	50	650	11:00		
		500	500	50	550			
女川 1350個体	石浜	300	400	50	450	11:30		
	小乗	400	400	50	450	13:00		
	高白	300	400	50	450	13:30		
横浦 1200個体	(横浦)	500	600	50	650	8:00		
		500	500	50	550			
野々浜 1300個体	大石原	500	600	50	650		8:30	
	野々浜	500	600	50	650		9:00	
飯子浜 1200個体	(飯子浜)	500	600	50	650	9:30		
		500	500	50	550			
塚浜 1200個体	(塚浜)	500	600	50	650	9:45		
		500	500	50	550			
出島 1200個体	(尾浦)	500	600	50	650	8:00		
		500	500	50	550			
寺間 1200個体	(竹浦)	500	600	50	650	9:00		
		500	500	50	550			
江島 1200個体	(女川棧橋)	500	600	50	650	10:00		
		500	500	50	550			
万石浦 1350個体	針浜	400	400	50	450		14:20	
	大沢	300	400	50	450	14:00		
		300	400	50	450			
計		13000	14800	1450	16300			
13支部	18か所	女川町産業振興課・JFみやぎ女川町支所・管内13支部19浜・東北マリンサイエンス						



図1. 女川町におけるマナマコの放流（海中飼育）地点
（宮城県漁業協同組合女川町支所13支部19か所）

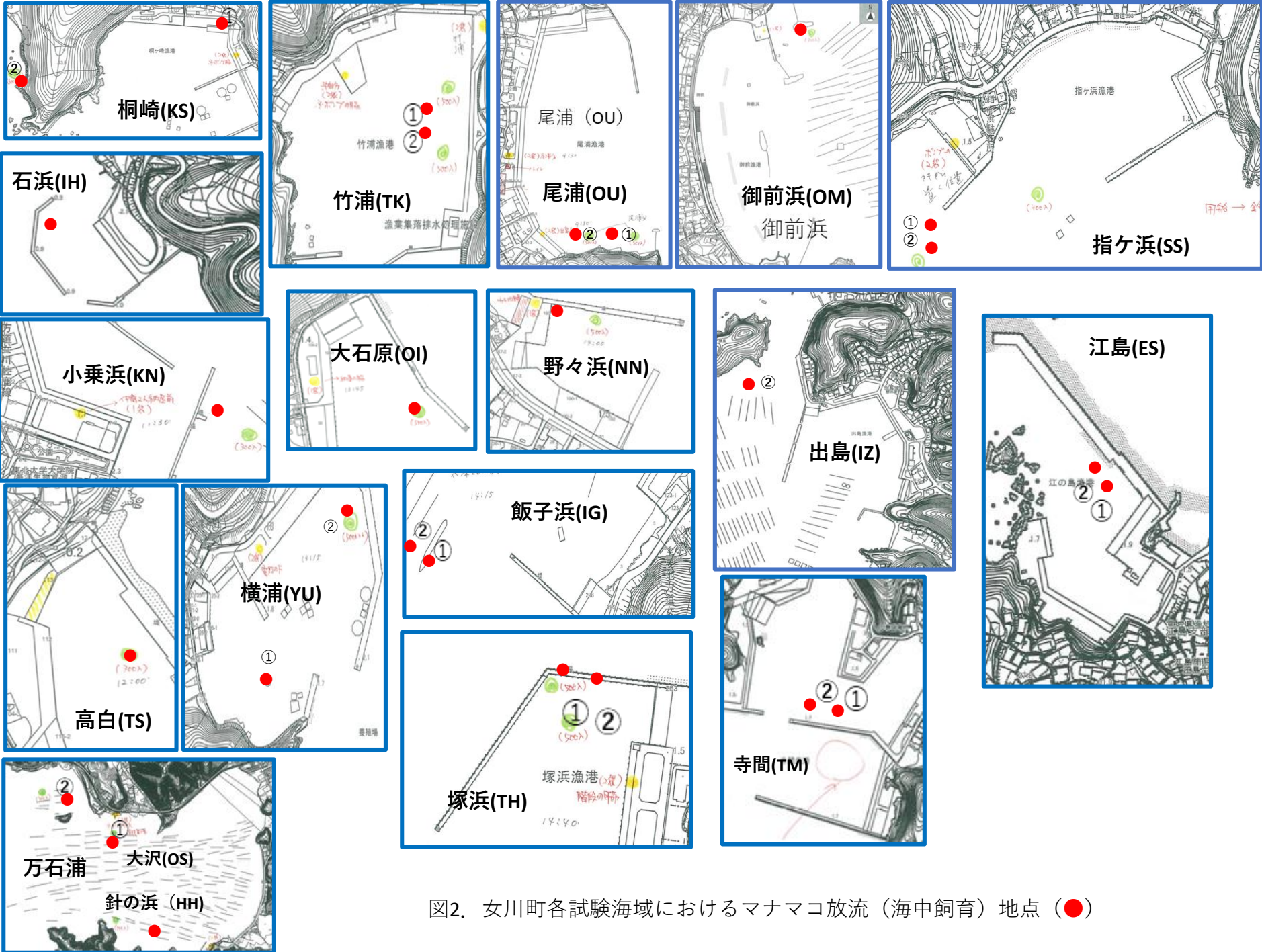


図2. 女川町各試験海域におけるマナマコ放流（海中飼育）地点（●）



表1 令和3年度 女川産マナマコ人工種苗の放流（海中飼育）試験結果

採集場所	略記号	採集年月日	放流個体数	採捕個体数	採捕率	MIG-seq分析						
						分析	生産個体	混入個体	不明	残留率	混入率	再捕率
指ヶ浜	SS-1	220222	450	22	0.049	22	22	0	0	1.000	0.000	0.049
	SS-2	220222	450	27	0.060	27	20	5	2	0.800	0.200	0.048
御前浜	OM	220222	600	56	0.093	30	28	2	0	0.933	0.067	0.087
尾浦	OU-1	220222	650	64	0.098	30	24	5	1	0.828	0.172	0.081
	OU-2	220222	550	39	0.071	30	25	2	3	0.926	0.074	0.066
竹浦	TK-1	220224	650	8	0.012	8	5	3	0	0.625	0.375	0.008
	TK-2	220224	550	19	0.035	19	12	7	0	0.632	0.368	0.022
桐崎	KS-1	220224	650	逸失	無	無	無	無	無	nd	nd	nd
	KS-2	220224	550	29	0.053	29	27	1	1	0.964	0.036	0.051
石浜	IH	220224	450	23	0.051	23	10	13	0	0.435	0.565	0.022
小乗浜	KN	220224	450	48	0.107	48	43	4	1	0.915	0.085	0.098
高白	TS	220224	450	4	0.009	4	4	0	0	1.000	0.000	0.009
横浦	YU-1	220225	650	54	0.083	54	43	11	0	0.796	0.204	0.066
	YU-2	220225	550	19	0.035	19	12	6	1	0.667	0.333	0.023
大石原	OI	220225	650	1	0.002	1	0	1	0	0.000	1.000	0.000
野々浜	NN	220225	650	73	0.112	73	2	67	4	0.029	0.971	0.003
飯子浜	IG-1	220225	650	33	0.051	33	23	2	8	0.920	0.080	0.047
	IG-2	220225	550	36	0.065	36	20	15	1	0.571	0.429	0.037
塚浜	TH-1	220225	650	34	0.052	34	15	15	4	0.500	0.500	0.026
	TH-2	220225	550	46	0.084	43	26	10	7	0.722	0.278	0.060
出島	IZ-1	220222	650	逸失	無	無	無	無	無	nd	nd	nd
	IZ-2	220222	550	18	0.033	18	17	1	0	0.944	0.056	0.031
寺間	TM-1	220224	650	80	0.123	80	51	25	4	0.671	0.329	0.083
	TM-2	220224	550	73	0.133	73	48	19	6	0.716	0.284	0.095
江島	ES-1	220228	650	145	0.223	35	11	14	10	0.440	0.560	0.098
	ES-2	220228	550	74	0.135	36	28	4	4	0.875	0.125	0.118
針の浜	HH	220228	450	逸失	無	無	無	無	無	nd	nd	nd
大沢	OS-1	220228	450	100	0.222	32	24	7	1	0.774	0.226	0.172
	OS-2	220228	450	77	0.171	32	20	11	1	0.645	0.355	0.110
合計・平均（26地点）			16300	1202	0.083	869	560	250	59	0.705	0.295	0.058
改平均（24地点）										0.722	0.278	0.063

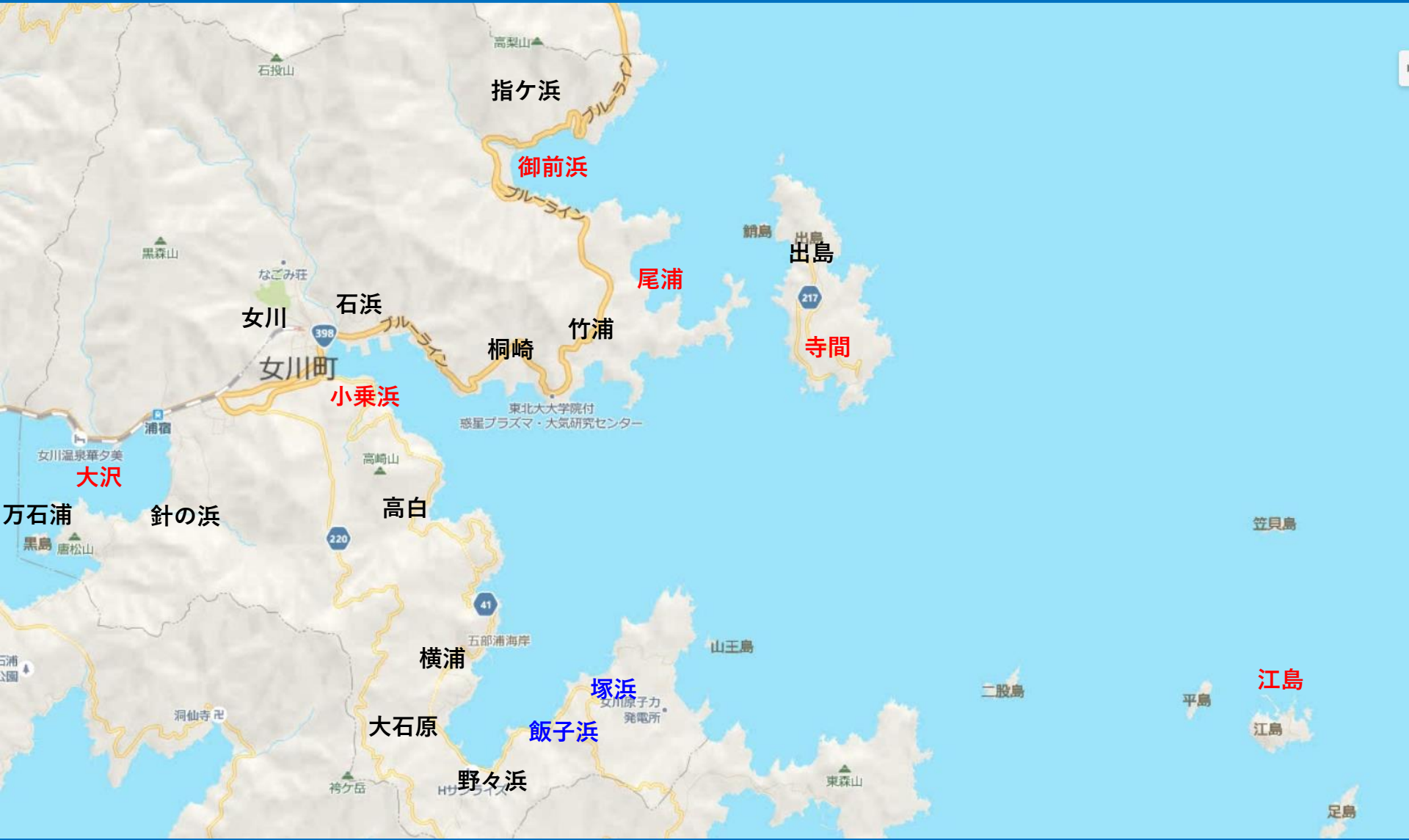
生産個体：生産した人工種苗を放流再捕した個体、混入個体：外部から侵入してきた個体、不明：DNA分析不可個体

採捕率=採捕個体数/放流個体数、残留率=生産個体数/（分析個体数-不明個体数）

混入率=混入個体数/（分析個体数-不明個体数）、再捕率=採捕率x残留率

表2 女川湾産親個体から生産・放流（海中飼育）試験において再捕された個体の親の組み合わせと出現数

地域	指が浜		御前浜	尾浦		竹浦		桐ヶ崎	石浜	小乗浜	高白	横浦		大石原	野々浜	飯子浜		塚浜		出島	寺間		江島		大沢		個体数	場所数	
組合せ	SS-1	SS-2	OM	OU-1	OU-2	TK-1	TK-2	KS-2	IH	KN	TS	YU-1	YU-2	OI	NN	IG-1	IG-2	TH-1	TH-2	IZ-2	TM-1	TM-2	ES-1	ES-2	OS-1	OS-2	計	計	
F1	M1			1								2											1		3		7	4	
	M2		1		1		2				2	4	1			5	1	2	1			9	7	2	9	5	2	52	16
	M3		1								1	1				1	1		3			3	3		3	2	1	19	11
F2	M2		1		1	1						2	2		1							2	1		3		1	14	10
	M3	1																						1			2	2	
F3	M1						1												1								2	2	
	M2	2			2		1	1				11	2			4	3	8	6	4	25	21	5	10	8	9	113	17	
	M3		2		1							1	2			1	1	1	2	1	9	14	3	2	3	7	43	15	
K01	K05								1	1						1											4	4	
	K08				3				1								1		2	1					1		9	6	
	K10		1	1								1									1						4	4	
	K13			3		1				1			2				1	1									9	6	
K03	K05			1	1																						2	2	
	K08		1	2	2		1		2			1				1											10	7	
	K10	2		1	1	1		3	1	1		1				1											12	9	
	K13	1		1	2	2		2																			8	5	
	K14		1	4	2	2		1	2		3					1	2		2								20	10	
K15	K05	3	3	2	1	1		2	1		6		1		1		2		1				1				25	13	
	K08	1	2	4	3	3		1	3		5		1	1		1			1	1			1				28	14	
	K10	4	1	2	4	5	1	2	1		9		7	1		1	2		1								41	14	
	K12		1							1	1					1				1							5	5	
	K13	3	2	3	2		1		7		7		2	1						1	5	2				1	37	13	
	K14	5	3	5		6		2	6	6	9	1	8			5	6	3	3	4	1					1	74	17	
合計	22	20	28	24	25	5	12	27	10	43	4	43	12	0	2	23	20	15	26	17	51	48	11	28	24	20	560		
6/8計①	3	5	0	6	1	1	4	0	0	0	3	21	7	0	1	11	6	11	13	5	48	46	11	28	21	20	272		
7/21計②	19	15	28	18	24	4	8	27	10	43	1	22	5	0	1	12	14	4	13	12	3	2	0	0	3	0	288		
組み合わせ数計	9	13	11	14	10	5	8	9	5	10	3	14	8	0	2	12	10	5	14	7	7	7	4	6	8	5			



指ヶ浜

御前浜

尾浦

出島

寺間

女川

石浜

桐崎

竹浦

小乗浜

東北大学大学院付
惑星プラズマ・大気研究センター

高崎山

高白

大沢

針の浜

万石浦

笠貝島

横浦

五郎浦海岸

山王島

塚浜

飯子浜

江島

大石原

野々浜

平島

江島

二股島

足島

洞仙寺

袴ヶ岳

東森山

黒森山

石投山

高梨山

なごみ荘

浦宿

女川温泉華夕美

黒島

唐松山

石浦公園

女川線子力
発電所

令和3年度女川町事業「女川町マナマコ種苗の放流（海中飼育）研究」結果

(1)MIG-Seq法によるDNA分析手法

マナマコの放流（海中飼育）の親個体と採捕個体のDNA分析による親子判別は869個体中810個体（93.2%）であった。多くの個体が残留

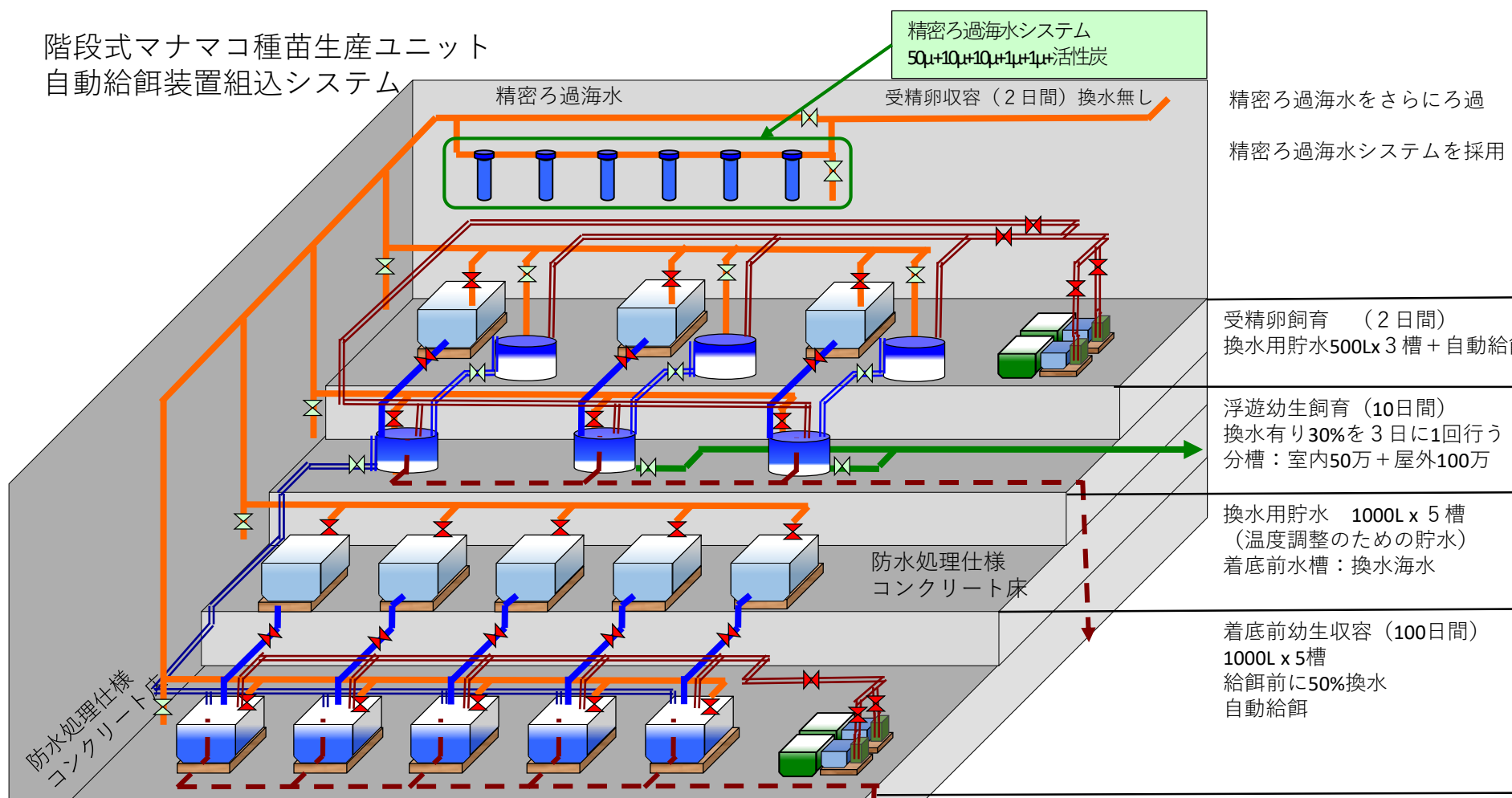
(2)放流（海中飼育）は場所によって残留率、再捕率が異なり、大変良いところと悪いところが存在した。マナマコ資源が多い野々浜では残留個体がほとんどいなかった。

(3)令和2年度の結果と今回の結果を併せると、カキ殻入り漁網による放流（海中飼育）効果は稚マナマコにとって大変有効と考えられる。

(4)種苗生産に用いた多くの親個体の子供たちが生存していることが判明した。これによって多くの親個体を用いた種苗生産により遺伝的多様性の確保が可能であると考えられた。

階段式マナコ種苗生産ユニット 自動給餌装置組込システム

精密ろ過海水システム
50μ+10μ+10μ+1μ+1μ+活性炭



精密ろ過海水をさらにもろ過
精密ろ過海水システムを採用

受精卵飼育 (2日間)
換水用貯水500Lx 3槽 + 自動給餌

浮遊幼生飼育 (10日間)
換水有り30%を3日に1回行う
分槽：室内50万 + 屋外100万

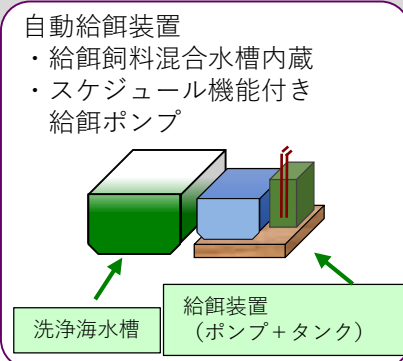
換水用貯水 1000L x 5槽
(温度調整のための貯水)
着底前水槽：換水海水

着底前幼生収容 (100日間)
1000L x 5槽
給餌前に50%換水
自動給餌

防水処理仕様
コンクリート床

防水処理仕様
コンクリート床

- : 精密ろ過海水
- : 給餌配管
- : 換水配管
- : 排水配管
- : 幼生100万屋外水槽へ
- : FRP水槽又はPL水槽
- : 上部換水水槽
- : 下部飼育水槽
- : 自動給餌装置
- : 自動制御弁
- : 手動弁



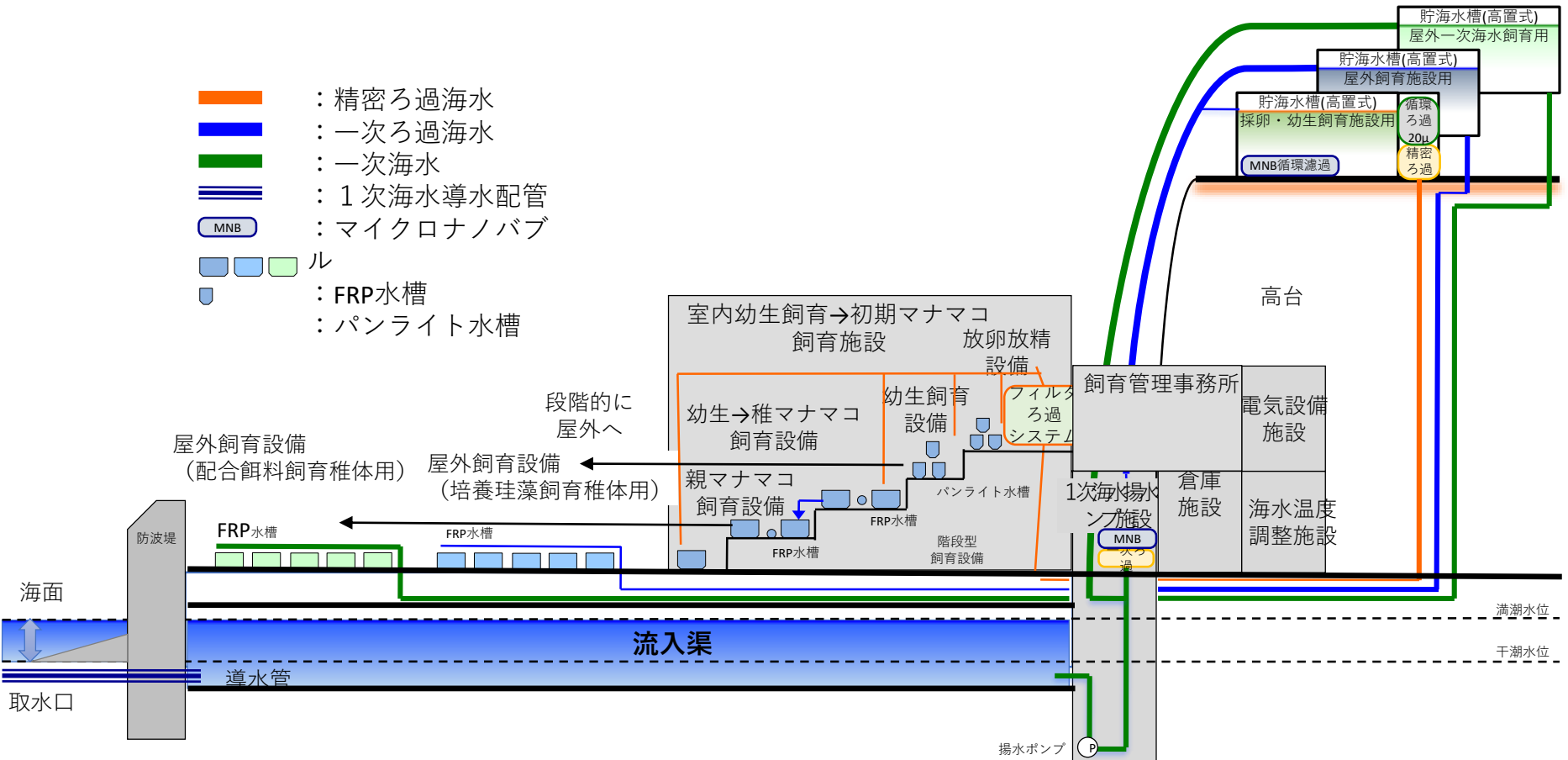
自動換水・給餌システム

システム概要：

- ・ 給餌飼料を液体粉体を問わず給餌混合器で飼料を作成可能
- ・ 飼育環境に合わせた給餌をスケジュール運転で適宜設定可能な給餌システム

- ① 給餌する飼料を給餌混合器へ投入
- ② 給餌する時間をスケジュール設定 (繰り返し、週間可能)
- ③ スケジュール給餌運転
- ④ 給餌配管システムにて飼料を配水
- ⑤ 給餌システムフラッシング運転

図. 実験結果に基づく
女川湾飼育施設の断面的概念図

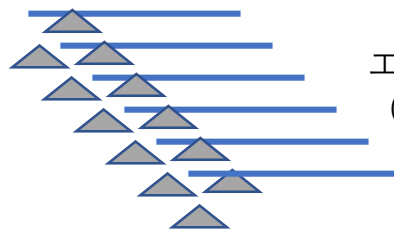


陸域環境の管理

海域環境の管理 (ASC・MSC認証)

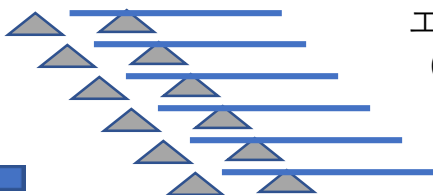
コンブ・ワカメ養殖

エゾバフンウニ海中飼育海域
(コンクリート礁)



コンブ・ワカメ養殖

エゾアワビ海中飼育海域
(コンクリート礁)



ロープ式貝類等養殖場



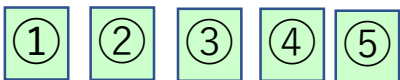
マナマコ海中飼育海域 (底面)
(カキ殻入り漁網礁)

- ① マナマコ種苗生産施設
- ②~⑤ 無脊椎動物種苗生産施設

飼育水管理室



海水流入渠



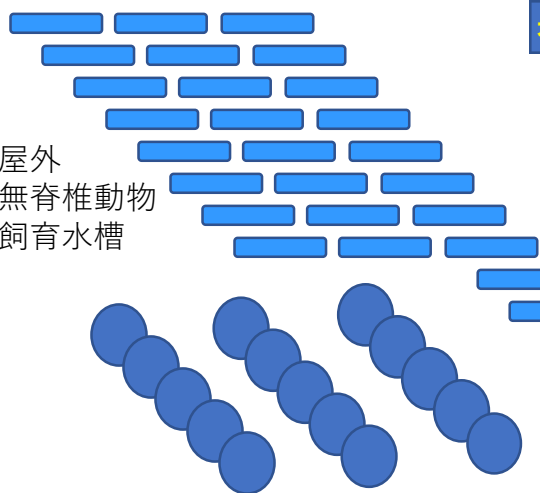
岩礁ウニ池

岩礁アワビ池

カキ礁池

海水池

屋外
無脊椎動物
飼育水槽



植物プランクトン培養水槽

自然海域と連携した海産無脊椎動物増養殖地域海域の持続的生産システム