

前潟活用調査

藤川 義一・蛭名 政仁^{*}・桐原 慎二

目 的

ヒラメ中間育成施設として造成された市浦地区広域型増殖場（以下、「増殖場」という）は、底泥の舞い上がりや残餌による水質や底質環境の悪化、海水循環の滞留による低酸素などの影響が指摘されている。また、現在、ヒラメの中間育成を休止しているため、地元十三漁協などからは漁業生産の向上のための施設の有効活用の要望がある。しかし、当該施設では、岩木川河川水の影響で塩分が低下すること、水深が浅いため気温の影響による水温の著しい昇降がみられること¹⁾などから、これまで、ヒラメ育成を除く利用法について積極的に検討されてこなかった。

そこで、当増殖場の効率的な利用方法を検討するため、増殖場内にアマモ類を移植し水質と底質の改善を図るとともに、将来陸奥湾などで藻場造成用種苗供給のためのアマモ、スゲアマモ栄養株の繁殖の可能性を検討した。併せて、当増殖場の一部でマナマコの育成を試み、マナマコの中間育成場としての活用を検討した。

材料及び方法

1 水質調査

平成20年4月7日、16日、30日、5月19日、6月11日、25日、7月16日、8月7日、9月16日、10月27日、11月13日、12月24日、平成21年1月23日、2月5日に、増殖場内にある15地点及びその外側にある2地点の計17地点（図1）で水温および塩分を、平成20年10月9日には同地点で溶存酸素、電気伝導率、濁度、水温及び塩分濃度を、多項目水質計を用いて測定した。

2 アマモ、スゲアマモ移植試験

平成20年9月3日に平内町にある浜子海水浴場内の水深2～5m地点からスゲアマモ栄養株を地下茎と根を含めて約400kg採取し、移植までの期間、青森県水産総合研究センター増養殖研究所（以下、「増養殖研究所」という）の屋外流水水槽に保管した。平成20年7月20日に海水を充填したタンクにスゲアマモ栄養株を入れて増殖場に搬送し、増殖場では直ちに20～30葉、3～4シュートからなる栄養株に小分けした。増殖場内では図1に示す海藻移植場の水深70cmの海底に7.5m×10m範囲の試験区を設定し、直径5ミリに粉碎したホタテガイ貝殻砂（平内シェルサンド、5mmサイズ）3,000kgを敷き詰めた後、小分けしたスゲアマモ栄養株340株を50cmの間隔で根と地下茎を海底に10cm程度埋め込んで移植した。

平成20年12月12日には、平成20年7月20日に移植したスゲアマモ栄養株及び平成18年11月20日に海藻移植場に2m×5mの範囲の試験区を2組計4カ所設定し、各組1カ所には各々200kgず

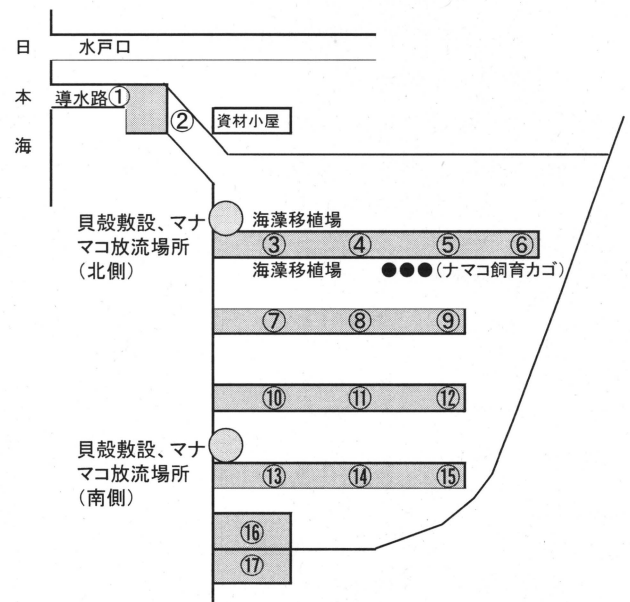


図1 調査地点
数字は水質調査地点

^{*} 西北地域県民局地域農林水産部 鱒ヶ沢水産事務所

つのホタテガイ貝殻砂を敷き詰めた後、各試験区に50cm間隔で27株ずつ計108株移植したアマモ又はスゲアマモ栄養株を観察した。

3 マナマコ育成試験

平成20年3月4日に図1に示すマナマコ飼育地点で、目合い2cmのネトロンネットで覆った直径90cm、高さ60cmのアイナメ籠3基の各々の籠内に3種類のサイズのマナマコ（小：平均体重12.8g、中：同56.4g、大：同108g）をサイズ別に3個体ずつ計9個体収容し、籠の底面が海底に触れる程度にロープで垂下した。平成20年5月9日に籠内のマナマコの個体数が減少したため、新たなマナマコをサイズ小の籠に2個体、サイズ中の籠に1個体を追加して収容した。

平成20年5月9日、10月9日、平成21年2月5日に各籠内からマナマコを取り出し、個体毎に体重を測定した。

なお、試験に用いたマナマコは、平成19年4月から6月にかけて川内地先水深8mの貝殻敷設場所に生息する個体を採取し、放流までの期間、増養殖研究所の屋内流水水槽に、マナコエナジー（日本農産工業）を週に1度与えながら飼育したものである。

4 マナマコ放流試験

平成20年5月2日に、図1に示す貝殻敷設、マナマコ放流場所2カ所において、ホタテガイ貝殻（平内シェルサンド、成貝サイズ）を各々400kg敷設した後、稚マナマコ（平均体重0.03g）約3,000個体ずつ放流した。放流時には稚マナマコ散逸を防ぐため、目合い2cmのネトロンネットで覆った直径90cm、高さ60cmのアイナメ籠に稚マナマコを収容し、敷設した貝殻上に籠ごと静置して放流した。

平成20年12月12日に、貝殻敷設場所及びその周辺の橋梁等に棲息するマナマコをすべて採取し、個体毎に体重を測定した。

なお、放流した稚マナマコは、平成19年4月から6月にかけて社団法人青森県栽培漁業振興協会にて採卵、育成後、平成20年4月22日から放流までの期間、増養殖研究所内の屋内流水水槽で飼育したものである。

結 果

1 水質調査

増殖場内外の各調査地点の水温の変化を図2に示した。水温は、調査開始時の平成20年4月から上昇がみられ、8月に最大値を示した。8月以降下降し、平成21年2月に最低値を示した。なお、6月25日には11日と比較し、平均2℃低下した。最大値を示した8月には表層で25.8～26.6℃、底層では27.6～29.9℃で、底層が平均2.8℃高かった。最低値を示した2月には表層、底層ともに0.6℃であった。増殖場内での各調査地点での水温差はいずれの時期も1℃以内であった。導水路の水温は5、6月に増殖場内に比べ平均3.2℃低い値を示した。

増殖場内外の各調査地点の塩分の変化を図3に示した。塩分は、調査を通じて表層では23.3～32.6、底層では23.4～32.6の範囲にあった。塩分は、春季に上昇するが夏季には低下し、秋季にかけて再び増加したのち冬季に最低値を示した。最低値を示した1～2月には塩分が23.3～23.6の範囲にあった。増殖場外の前潟では塩分に大きな変化がみられ、

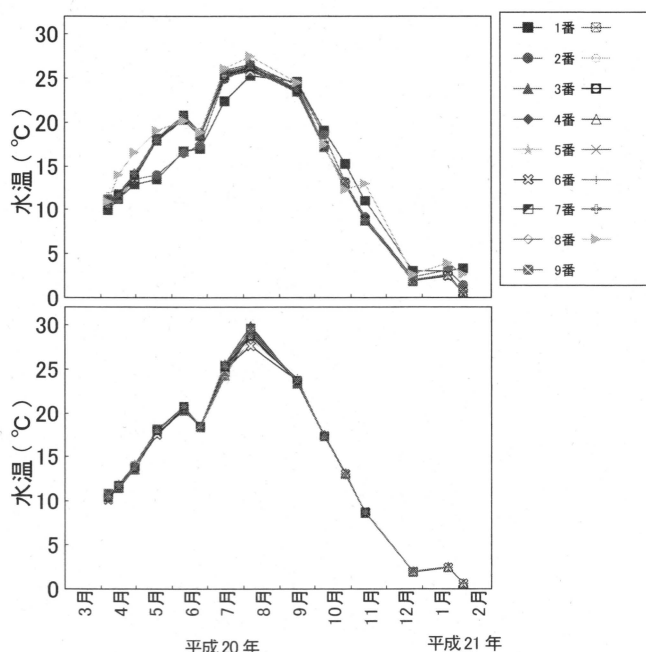


図2 各調査地点における水温の変化

平成20年4月、7月、12月、平成21年1月には3.0～10.2と低く、平成20年6月、10月には20.1～27.1で高い値を示した。

平成20年10月6日の水質調査結果を表1に示した。増殖場内では、表層では溶存酸素が6.38～7.47mg/lの範囲にあつて平均6.78mg/l、電気伝導率が4.38～4.48s/mの範囲にあつて平均4.42s/m、濁度が4.8mg/l～10.2mg/lの範囲にあつて平均6.8mg/l、水温が17.2℃～17.4℃の範囲にあつて平均17.3℃、塩分が31.0～31.6の範囲にあつて平均31.4であった。底層では溶存酸素が6.46～6.84mg/lの範囲にあつて平均6.64mg/l、電気伝導率が4.41～4.45s/mの範囲にあつて平均4.43s/m、濁度が4.46mg/l～35.9mg/lの範囲にあつて平均10.6mg/l、水温が17.3℃～17.5℃の範囲にあつて平均17.4℃、塩分が31.4～31.7の範囲にあつて平均31.6であった。

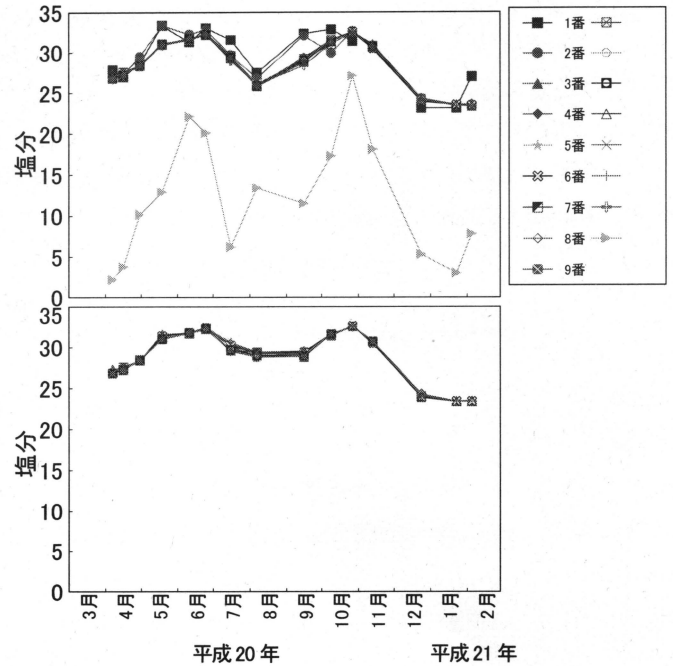


図3 各調査地点における塩分の変化

表1 水質調査結果（平成20年10月6日実施）

調査地点	表層						底層					
	PH	溶存酸素 mg/l	電気伝導率 S/m	濁度 mg/l	水温 ℃	塩分濃度 ‰	PH	溶存酸素 mg/l	電気伝導率 S/m	濁度 mg/l	水温 ℃	塩分濃度 ‰
1番	8.13	5.57	4.57	3.3	19.1	32.9						
2番	8.23	5.76	4.21	2.7	18.6	29.9						
3番	8.18	6.79	4.41	4.9	17.2	31.4	8.26	6.62	4.41	4.46	17.3	31.4
4番	8.4	7.03	4.41	7	17.3	31.4	8.37	6.84	4.42	11.9	17.5	31.5
5番	8.39	6.88	4.42	7	17.3	31.5	9.4	6.64	4.43	6.7	17.4	31.6
6番	8.4	6.9	4.43	6.8	17.3	31.6	8.38	6.63	4.44	9.2	17.4	31.6
7番	8.38	6.91	4.43	7.3	17.4	31	8.38	6.71	4.44	35.9	17.4	31.6
8番	8.35	6.38	4.43	4.8	17.2	31.6	8.36	6.46	4.44	5	17.3	31.6
9番	8.37	6.6	4.43	5.6	17.4	31.5	8.36	6.63	4.43	12.8	17.4	31.6
10番	8.37	6.55	4.43	6.3	17.3	31.6	8.35	6.63	4.43	11.3	17.4	31.6
11番	8.37	6.57	4.48	6.6	17.4	31.6	8.35	6.53	4.43	10.1	17.4	31.6
12番	8.36	6.87	4.4	6.8	17.3	31.3	8.37	6.82	4.43	6.9	17.3	31.6
13番	8.35	6.92	4.41	6.7	17.3	31.4	8.38	6.76	4.44	6.4	17.4	31.6
14番	8.34	6.53	4.44	6	17.32	31.6	8.39	6.54	4.45	10	17.3	31.7
15番	8.33	6.52	4.44	6	17.2	31.5	8.33	6.46	4.44	6.6	17.3	31.6
16番	8.34	7.47	4.38	10.2	17.2	31.1						
17番	8.16	8.88	2.54	14	17.5	17.3						

2 アマモ、スゲアマモ移植試験

平成20年12月12日に実施したアマモ、スゲアマモ移植試験区の観察結果を図4に示した。

アマモは、移植から98日後の平成19年2月26日には、各試験区に移植した栄養株のうち、直接海底に移植した試験区及びホタテガイ貝殻砂を敷いた後に移植した試験区で、各々移植した栄養株の44.4%と51.9%に相当する12株と14株が生き残った。移植から470日後の平成20年3月4日には、水中ビデオカメラの画像中に3～5シュートからなるアマモ栄養株が貝殻砂に移植した試験区で少なくとも10株程度、直接海底に移植した試験区では8株程度認められた。移植から665日の平成20年12月12日には、ホタテガイ貝殻砂に移植した試験区では移植したアマモ栄養株の69%に相当する20株が生き残り、直接海底に移植した試験区では生育草体が観察されなかった。なお、貝殻砂に移植した試験区では、移植したアマモ栄養株が地下茎を伸長させ移植場所から50cm程度離れた地点に栄養繁殖していた。貝殻砂に移植した試験区では、生き残ったアマモ移植株はいずれも栄養繁殖が見られ、また、葉條には珪藻類の着生が観察された。

スゲアマモは、平成20年7月20日に移植した栄養株では、移植から98日後の平成19年2月26日には、各試験区に移植した栄養株のうち、直接海底に移植した試験区及びホタテガイ貝殻砂に移植した試験区で各々移植株の66.7%と22.2%に当たる18株と6株が生き残っていた。移植したスゲアマモ栄養株は、移植から165日後の平成19年5月4日及び665日後の平成20年12月12日には、両試験区とも生育草体が観察されなかった。このため、移植したスゲアマモ栄養株は移植から数ヶ月後にはすべて枯死、流失したとみなされた。平成20年7月20日に移植したスゲアマモ栄養株では、移植から145日後の12月12日には16.2%にあたる55株が生き残っていた。

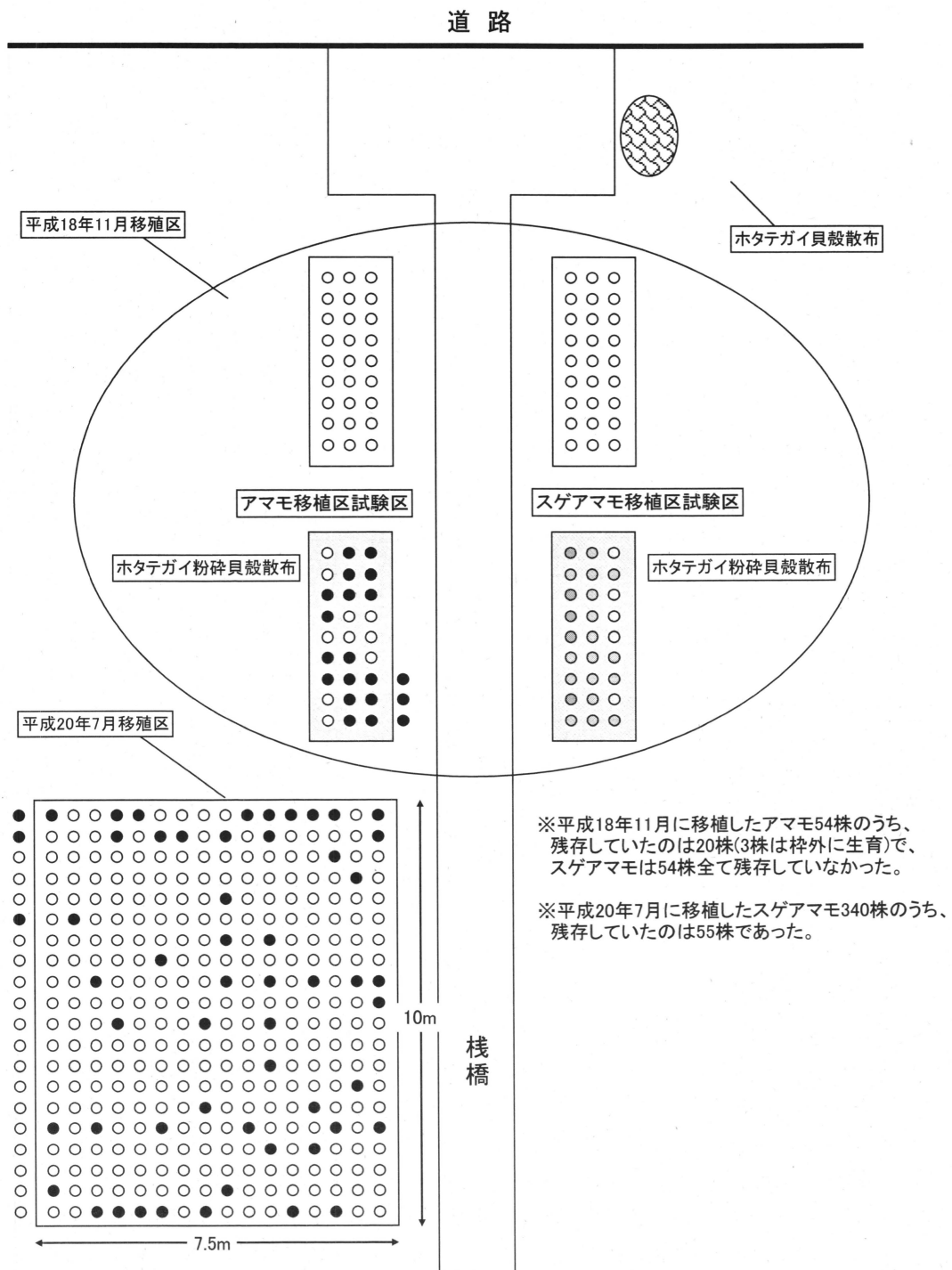


図4 アマモ、スゲアマモ移植試験区の観察結果 (平成20年12月12日実施)

3 マナマコ育成試験

マナマコは、育成開始から33日後の平成20年4月16日には収容個体数がマナマコサイズ大の籠で1個体、中の籠で2個体減少した。一方、平成20年10月9日には、マナマコサイズ小の籠で1個体、大の籠で1個体増加した。

籠内で育成したマナマコの生長を図5に示したとおり、マナマコは育成開始時の平成20年3月4日にはマナマコサイズ小、中、大の各籠で平均体重が各々12.8g、56.4g、108gであったが、10月9日には各々77.9g、98.5g、114g、平成21年2月5日には各々132g、138g、140gに増加した。なお、平成20年10月9日にはマナマコサイズ大の籠で42.2g、49.6gの2個体、平成21年2月5日には小の籠で7.9g、47.4gの2個体の新たなマナマコの生息が観察された。籠内で育成したマナマコは、乳嘴の発達もみられ順調に成育していた。

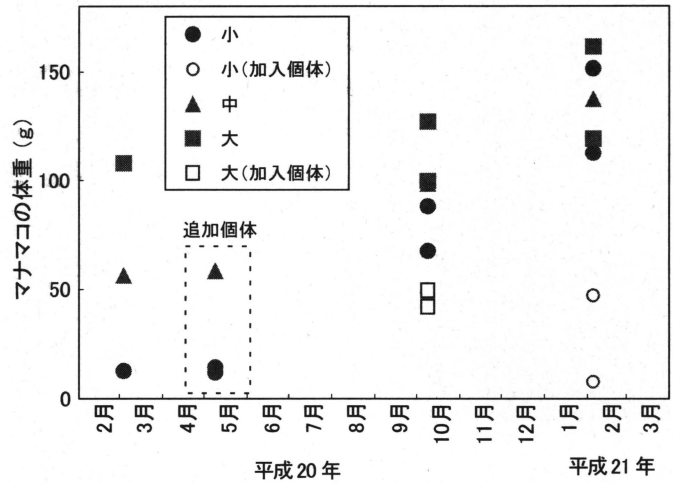


図5 籠内で育成したマナマコの体重の変化

4 マナマコ放流試験

平成20年12月12日に、稚マナマコを放流したホタテガイ貝殻敷設試験区及びその周辺に棲息したマナマコの体重組成を図6に、採取されたマナマコを図7に示した。マナマコは、平成20年12月12日に北側の試験区では体重5.2~22.5g (平均14.3g) の3個体が採取された。南側の試験区では体重1.0~37.7g (平均12.3g) の24個体が採取され、また、試験区の周辺にある橋梁などから体重20.5~62.7g (平均40.2g) の10個体が採取された。また、放流時に稚マナマコを収容し貝殻上に設置したアイナメ籠内に稚マナマコが棲息する様子が観察された (図8)。

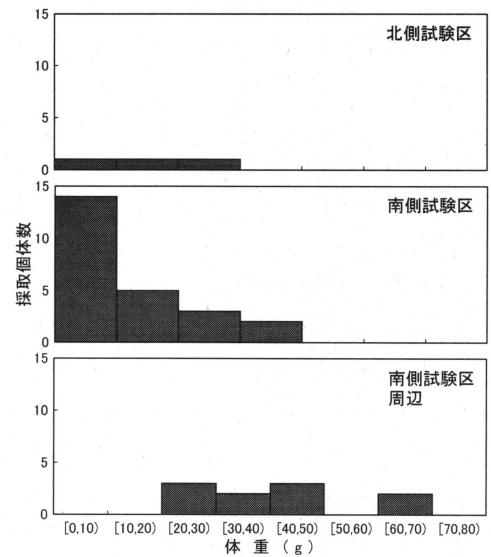


図6 放流試験区で採取されたマナマコの体重組成 (平成20年12月12日実施)

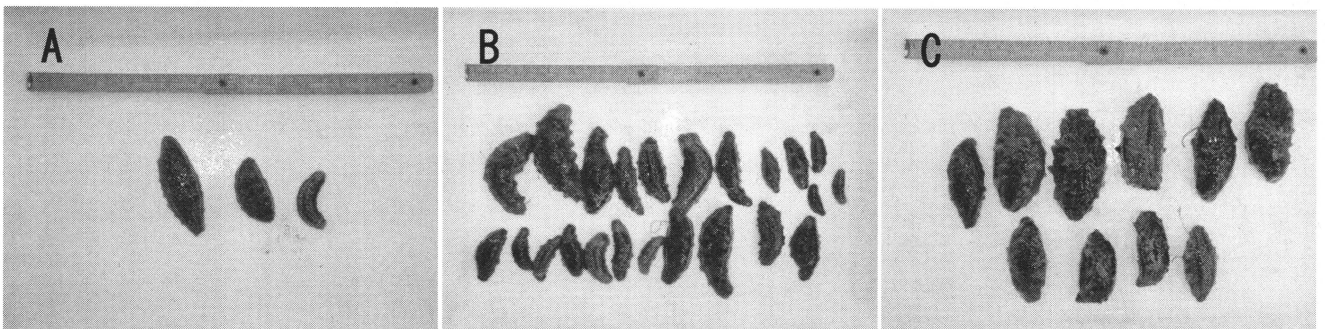


図7 ホタテガイ貝殻敷設試験区及びその周辺から採取されたマナマコ
A: 北側試験区、B: 南側試験区、C: 南側試験区周辺

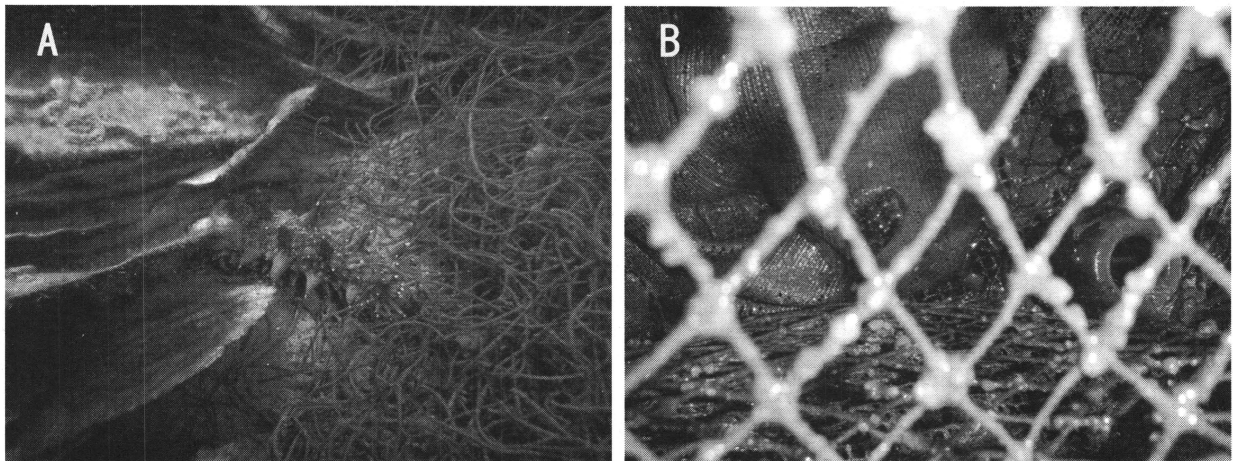


図8 ホタテガイ貝殻敷設試験区に生息するマナマコ
A: 貝殻上部、B: アイナメ籠内

考 察

増殖場内の水温及び塩分には、調査地点による大きな差が認められなかった。このため、増殖場内各調査地点での水質は比較的均一であると考えられた。溶存酸素は 6mg/l 以上であって水産用水基準に記される内湾漁場の夏季底層における 3mg/l を上回った。濁度は多くの地点が 6mg/l 前後であって、比較的澄んでいた。閉鎖性海域の富栄養化による汚濁には、高水温期に海水が成層して底層が停滞し、堆積した有機物の分解に大量の酸素が消費されるため、低層水が貧酸素あるいは無酸素状態となって停滞性の貧酸素水塊を形成することが知られている²⁾。当増殖場では表層と低層に水質の測定値に大きな差が認められなかったため、増殖場内が直ちに汚染しているとは考えられなかった。

増殖場の矢板外側にある前潟水面は、周年に渡り塩分が低い値を示した。増殖場内での塩分は、前潟水面と比較し高い値を維持したが、前潟水面の値の変化に連動する様子がみられた。一方、平成 20 年 10 月 6 日の調査では、前潟水面の塩分、電気伝導率が増殖場内のほぼ 2 分の 1 の値に留まった。これらから、増殖場周辺に設置された矢板が増殖場内外の水を隔てているが、前潟水面の汽水が増殖場内にある程度流入していると考えられた。

増殖場内の表層では底層に比べ水温が低く、塩分が高い値で推移した。導水口付近の海水は、増殖場内に比べ塩分濃度が比較的高い値を示した。これらから、導水口からは塩分濃度の高い海水が流出入するが、増殖場内では海水の鉛直混合が少ないため、比重が重い海水が底層に停滞すると考えられた。

増殖場内の水温は平成 20 年 6 月 25 日には 11 日に比べ平均 2℃低下した。一方、導水口付近の水温は約 1℃の上昇がみられた。6 月 25 日にはヤマセの影響で気温が低下していたため、増殖場内の水温は外海水の影響に比べ気温に左右されると推察された。

移植試験では、スゲアマモは平成 20 年 7 月 20 日に移植した栄養株では移植 98 日後まで生育が観察されたが、165 日後以降には生育が確認できなかった。平成 20 年 7 月 20 日に移植した栄養株では、移植から 145 日後には 83.8% もの多くの移植株が枯死・流失した。スゲアマモは、朝鮮半島および本州中部以北から北海道、アリューシャン列島にかけての温海から寒冷的な海域に生育する³⁾。また、陸奥湾ではアマモより深い水深の 5-10m に広範な群落を形成し、アマモに比べ低光量下で高い光合成活性を示すことが報告されている⁴⁾。これらから、移植したスゲアマモ栄養株がアマモより早期に枯死した理由に、低水温や水の濁りが影響したとは考えられなかった。スゲアマモは遺伝的にアマモに最も近縁の種であるものの、アマモとは異なり淡水域での生育記録がみあたらない。このため、スゲアマモは当増殖場程度の塩分濃度では繁殖できず、枯死した可能性が推察された。スゲアマモは陸奥湾では移植草体が旺盛に繁殖することが知られ⁴⁾、藻場造成の適種と考えられるが、本調査結果から当増殖場がスゲアマモ種苗の生産場としては適さないと考えられた。

アマモは、移植から665日には直接海底に移植した試験区では生育が確認できなかった。一方、貝殻砂に移植した試験区では69%に相当する20株が生き残った。生き残った移植株にはいずれも地下茎の伸長と繁殖が認められたため、当増殖場がアマモ種苗の生産場として利用できると考えられた。アマモは沿岸砂泥域における主要な一次生産者であり、その生育場が潮流を和らげ、害敵からの隠れ場ともなるため、魚類や頭足類の産卵場所、又は幼稚魚や小型動物の生息場所として重要な役割を果たすことが知られている。また、富栄養化のもととなる窒素やリンを吸収し、水質浄化の面でも重要な役割を果たす可能性が指摘されている。さらに、砂泥中に地下茎を繁殖させ、そこから出るひげ根によって底質を安定させる働きがある⁵⁾。本調査では、移植範囲が限られたため、底泥の舞い上がりや水質の改善効果までは確認できなかった。しかし、当増殖場では移植されたアマモ栄養株が移植から2カ年に渡って生育し、繁殖もしたため、当増殖場でアマモ種苗を生産することで、多様な水産生物が生息できる環境への改善に役立つことが期待できた。なお、直接海底に移植したアマモ栄養株は665日目には生き残りが確認できなかったため、当増殖場でのアマモ移植には、貝殻砂等による基質の造成が必要であると考えられた。

マナモコは、近年、中国向け需要の増大に伴って価格の高騰が続き、青森県における漁獲金額が平成20年には23億円余りで、イカ、ホタテに次ぐ重要な魚種となっている。一方、近年、漁獲量の増大による資源の枯渇が懸念され、県内の主要産地では資源管理や漁場造成に加え、種苗放流が積極的に行われている。県内漁協等からの需要に応えるため、社団法人青森県栽培漁業振興協会では平成18年度からマナモコ種苗生産を開始したが、生産施設の規模が限られること、アワビのような中間育成場が確立されていないことなどから、生産数量が需要を満たしていない。このため、マナモコの餌料となる付着珪藻等が豊富に繁殖するマナモコ育成場の造成が求められている。

当増殖場ではマナモコは貝殻敷設場の海底や橋梁での生息が観察された。マナモコはこれまで、17以上の塩分、30℃以下の水質環境下で棲息することが報告されている⁶⁾。これから、平成20年の増殖場内の塩分、水温は、マナモコが生育できる条件下にあったと考えられるが、平成20年には真夏日が少なく水温が平年よりも低く推移した可能性が懸念される。増殖場内では放流から7ヵ月で60g程度成長したと考えられるマナモコの生息が観察された。また、管内で飼育したマナモコは、周年に渡って生き残り、1年で最大137gの成長を示した。陸奥湾ではマナモコは1年間で平均62g成長することが知られている⁷⁾が、当増殖場では成長の良い個体の体重が陸奥湾の平均値の2倍も増加したことになる。マナモコの養殖が盛んに行われている中国の大連では、マナモコに適した餌料を与えることで20~30gの個体を1年間で150g程度にまで成長させているとの情報もある。当増殖場では糸状に生長する珪藻様の多量の繁殖が確認された。この海藻のマナモコに対する餌料価値は未詳であるが、当増殖場内がマナモコの成長にとって優れた環境であることが推察され、マナモコ育成場としての活用が期待できた。

引用文献

- 1) 桐原 慎二 (2008) : 前潟活用調査 青水研増養研事業報告書, 38, 319-320.
- 2) 環境省 (2009) : 閉鎖性水域における水環境の保全, pp. 153-154, 平成21年版環境白書, 東京.
- 3) 岡 雅裕・相生 啓子 (2001) : 日本沿岸におけるアマモ属 (アマモ科) 海藻類の生態学 (総説), 東京大学海洋研究所大槻臨海研究センター研究報告, 26, pp. 7-22.
- 4) 青森県水産総合研究センター増養殖研究所 (2003) : 陸奥湾の海藻場造成の手引き.
- 5) 小河 久朗 (1987) : 藻場造成 アマモ場, pp. 230-246, in 徳田 廣ら編, 海藻資源養殖学, 緑書房, 東京.
- 6) 荒川 好満 (1990) : なまこ読本, 緑書房, 東京都, 118.
- 7) 松尾みどりら (2008) : 陸奥湾の海底に設置したチャンパー内におけるマナモコの成長, pp. 101-102, 2008生態工学会年次大会発表論文集, 生態工学会, 東京.