

高水温耐性母貝系統選抜試験

中岡 典義・小田原 和史

目 的

平成6年に発生したアコヤガイの大量へい死以降、本センターでは病気に強い貝や巻きの良い貝を選抜育種し、系統化することで母貝の品質を向上させてきた。

アコヤガイの系統は、耐病性があり高水温に強く、夏期に衰弱しにくい中国由来の中国系と耐病性や品質に優れた日本系に大別されるが、系統内での選抜育種を繰り返してきたことで、近年、近親交配による貝の弱体化が懸念されるようになった。特に、中国系においては新たな貝を持ち込むことが困難であるため弱体化が懸念されている。このため、天然海域に生息しているアコヤガイ(天然貝)から中国貝の形質を有するものを選抜し、系統化することが重要である。

これまでの研究から、閉殻筋グリコーゲン含量が高いほど、高水温時の生残率が高いことが分かっており、平成28年度までにアコヤガイ血清中の総炭水化物含量(以下、TC)が閉殻筋グリコーゲン含量と正の相関があることを明らかにした。そこで、今年度はTCで選抜した個体の次代の成長等を調査するために、天然貝F1と既存の中国貝を交配して種苗生産をおこなった。

方 法

雌親は、平成25年5月に種苗生産した宿毛天然貝F1のTC高値系統(以下、高値系統)、TC低値系統(以下、低値系統)、既存の中国貝の3系統を用いた。各貝のTCを測定し、高値系統は70個体から上位3個体を、低値系統は23個体から下位3個体を、中国貝は22個体から高値系統の平均値に近い3個体を選抜した。また、各系統雌におけるTCは高値系統で 38 ± 10 mg/L(平均 \pm 標準偏差)、低値系統で 24 ± 9 mg/L、中国貝で $57 \pm$

25mg/Lであった。

雄親は、雌親と同系統である中国貝の雄22個体のTCを測定し、系統内の平均値に近い3個体を選抜した。なお、中国貝系統雄のTCは 55 ± 17 mg/Lであった。雄親は雌親3系統に対して共通の1系統を用いた。

種苗生産は、系統ごとに雌親の生殖巣をまとめてハサミで切り刻み、それらをガーゼに包んで海水中で濾し、未受精卵を採取して30L水槽3面に収容した。その後、雄親の生殖巣も同様に処理して精子を採取し、3面の未受精卵にそれぞれ媒精した。これにより、高値系統の雌親と中国貝の雄親を交配した区を試験区1、低値系統の雌親と中国貝の雄親を交配した区を試験区2、中国貝の雌親と中国貝の雄親を交配した区を対照区とした。5月11日に人工授精によりふ化した幼生は、6月20日まで当センターの陸上水槽で飼育した。

結果および考察

種苗生産に用いた親貝のTCを表1に示す。高値系統の平均値は61mg/L、低値系統の平均値は11mg/Lであった。

試験区1、2および対照区は、日齢40日目に約1万個を当センター地先に垂下した。また、挿核試験用の母貝として育成するため、一部を母貝養殖業者に飼育管理委託した。母貝養殖業者からの聞き取りによると、育成期間中、対照区では成長の低下や高水温時のへい死が確認された。対照区は同系統内で交配したことから、近親交配による系統貝の弱体化の可能性が考えられた。

今後は、これら3系統について成長、死亡率、生理活性を調査することでTCによる選抜の有効性を確認するとともに、挿核試験をおこない、浜揚げ珠を評価する予定である。

表1 親貝の血清中総炭水化物含量 (mg/L)

NO.	雄親貝		雌親貝	
	中国貝 (共通)	宿毛F1高値系統	宿毛F1低値系統	中国貝
1	54	56	9	59
2	55	56	15	68
3	54	71	10	54
平均	54	61	11	60

高品質ピース貝生産技術開発試験

小田原 和史・中岡 典義

目 的

真珠の真珠層の厚さ(巻き)が厚くなると、真珠の品質も高くなるのが一般的に言われている。また、成長の良いピース貝を使用すると、真珠の巻きも厚くなることが報告されている¹⁾。一方、アコヤガイの白色系統は現在ピース貝やその親貝に使用されているものの、通常の褐色の系統に比べて成長は悪い²⁾。また、白色系統は天然には生息していないため³⁾、新たな貝が入手しにくいことから、近親交配によって成長や生産率のさらなる低下を引き起こしやすい。

この対策として、白色系統に成長の良い褐色系統を交配し、その次代にさらに白色系統を交配(戻し交雑)することにより、従来の白色系統に比べて成長と遺伝的多様性の低下を改善することができるのではないかと考えられる。このため、今年度は、昨年度に生産した戻し交雑系統である試験区1、2と、対照区の合計3系統について貝の成長、貝殻真珠層の黄色度および遺伝的多様性を比較した。さらに、来年度の挿核試験用のピース貝を生産するため、これら3系統の白色貝を雌親として、共通の雄親と交配して稚貝を3種類生産した。

方 法

1 貝の成長等の調査

試験区1、2は、褐色の日中交雑貝A、B系統と、貝殻表面が白色の貝C系統(白色貝C系統)をそれぞれ交配し、その次代にさらに白色貝C系統をそれぞれ交配して生産した区である。また対照区は、白色貝C系統同士を交配し、その次代にさらに白色貝C系統を交配して生産した区である。昨年度の事業報告のとおり、これらの3系統の満0歳時における貝表面の色は、試験区1および2ではそれぞれ約半数が白色で、対照区の数々が白色であった。

今年度は各系統における白色貝の割合を正確に把握するため、平成29年5月に各系統につき600~800個を掃除した後、目視で白色貝と通常の貝(褐色貝)に選別して各系統における白色貝の割合を算出した。また、これらの貝の成長を調査するため、試験区1、2からそれぞれ白色貝と褐色貝、および対照区の白色貝について、平成29年5月に各40個体を無作為にサンプリングした。これら5集団の貝を掃除した後、殻高、全湿重量、左殻重量および左殻貝殻真珠層の黄色度(YI)を測定した。殻高はノギスを用いて測定し、YIは林⁴⁾の方法により左殻を水酸化カリウム溶液で煮沸した後、

貝殻外面の縁辺部を分光測色計(CM-700d、コニカミノルタ製)で5か所測定して平均した。

2 貝の遺伝子調査

5集団の遺伝的多様性を評価するため、試験区1と2の褐色貝をマイクロサテライトDNA分析して平均ヘテロ接合体率期待値を算出し、昨年度分析した試験区1の白色貝、試験区2の白色貝および対照区の結果とあわせて比較した。貝のサンプリングは、試験区1と2の褐色貝をそれぞれ無作為に35個体ずつ開設し、99%エタノールで閉殻筋を固定して分析に用いた。DNA分析は(株)日本総合科学に委託しておこない、マイクロサテライトのプライマーは、PM18、PM72、PM78およびHNUPM111^{5)、6)}を用いた(表1)。なお、増幅したDNAサンプルは、ジェネテックアナライザ(3730xl、Life Technologies Japan製)にて検出をおこない、アリル型を同社製のGene Mapper version4.1ソフトウェアによって決定し、ヘテロ接合体率期待値を同社製のGenAlex6.5ソフトウェアによって算出し平均した。

表1 プライマー名と塩基配列

プライマー名	塩基配列
<i>PM18</i>	TTGCTGTCTCTGATTTCTTTGTC CATTCCCTGTATGTCATCCATT
<i>PM72</i>	TGCTGATAGGCTTTAAGTCGGTG ATCTGGAACCTCCCTGTCTCTCT
<i>PM78</i>	TGTGAAGTTTCATTGCCCGTAG CCAAGTGGACCCATACCTCTAT
<i>HNUPM111</i>	GGGGTACCAAGATGACCTCTG CAAACAACCAATGACATTCCAC

表2 ピース貝の親貝の全湿重量 (g)

NO.	雄親貝 (共通)	雌親貝		
		試験区1	試験区2	対照区
1	63.3	35.2	39.7	28.7
2	59.2	32.2	36.0	28.5
3	58.8	31.7	35.1	27.7
平均	60.4	33.0	36.9	28.3

3 挿核試験用ピース貝の生産

貝殻表面が白色でかつ高成長の個体を選抜するため、試験区1および2の白色貝集団から、それぞれ全湿重量の上位の雌を3個体ずつ選抜した(表2)。対照区でも同様に、全湿重量の上位の雌を3個体選抜した。それら3系統の雌親に、共通の雄をそれぞれ交配して挿核試験用のピース貝を3系統生産した。具体的には、平成29年5月に試験区1からすべての白色貝238個を選抜し、掃除後に目視で大きな個体を70個選んだ。この70個体の全湿重量を測るとともに、生殖巣内容物を顕微鏡観察して雌雄判別し、雌の中で最も重い個体を3個体選抜した。試験区2の白色貝248個、対照区の白色貝364個も同様の作業をおこなった。

これら9個体の雌について、5月上旬から2週間程度、既報⁷⁾に基づいて親貝仕立てをおこなった。雄親は、平成27年3月に当センターで生産し、屋外に垂下していた褐色貝であるアコヤガイの雄親59個の中から平成29年5月に無作為に3個体を選んだ。

種苗生産は、平成29年5月17日に試験区1の雌3個体の生殖巣をまとめてハサミで切り刻み、それらをガーゼに包んで海水中で濾し、未受精卵を採取して30L水槽1面に収容した。試験区2および対照区の雌にもそれぞれ同様の作業をおこない30L水槽各1面に収容した。その後、共通の雄親の生殖巣をまとめてハサミで切り刻み、それらをガーゼに包んで海水中で濾して精子を採取し、3面の未受精卵にそれぞれ媒精した。

これにより、試験区1雌と共通雄の交配した区をピース貝1、試験区2雌と共通雄の交配した区をピース貝2、対照区雌と共通雄の交配した区をピース貝3とした。

5月に人工授精によりふ化した幼生は、殻長が2mmサイズに達した7月まで当センターの陸上水槽で飼育し、その後、愛南町柏崎に垂下した。なお、種苗生産期間中の飼育管理は既報⁷⁾に基づいておこなった。

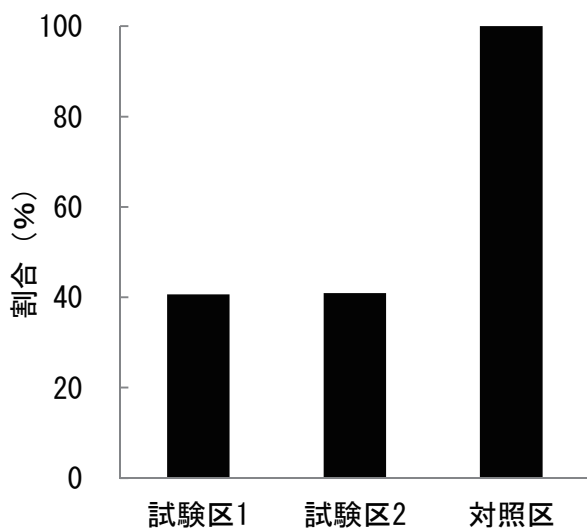


図1 各区における白色貝の割合

結果および考察

1 貝の成長等の調査

試験区1、2および対照区における白色貝の割合を図1に示す。試験区1と2では、いずれも白色貝の割合は41%であった。一方、対照区では全個体が白色であった。貝殻の白色は、1遺伝子座において、褐色を支配する対立遺伝子Bと白色を支配する劣勢の対立遺伝子bによるメンデルの遺伝法則に従うことが示唆されていることから2)、本試験の結果もメンデルの遺伝法則によっておおむね説明できると考えられた。

各区における殻高、全湿重量および左殻重量を図2～4に示す。殻高、全湿重量および左殻重量のいずれも、白色貝は褐色貝に比べて小さく、両者に有意差が認められた($p < 0.05$)。しかしこのうち、試験区1および2の白色貝と対照区の白色貝を比較すると、試験区の白色貝で殻高、全湿重量および左殻重量がいずれも大きい傾向であった。

試験区1、2の白色貝および対照区の白色貝における頻度分布を図5に示す。対照区では、全湿重量が30g以上の大型の個体が全く出現しなかったのに対し、試験区1と2の白色貝では、30g以上の個体が各白色集団の20%以上の割合で出現していた。各区における左殻真珠層の黄色度(YI)を図6に示す。試験区1および2の白色貝では褐色貝に比べてYIは有意に低く($p < 0.01$)、さらに対照区の白色貝と比べても同程度かもしくは低かった。これらのことから、試験区1と2では対照区に比べて、貝殻表面は白色であり貝殻真珠層も白色でありながら、高成長(トビ)の個体が出現しやすいと考えられた。この原因は、試験区1と2では、高成長である褐色の交雑貝の遺伝子が白色貝C系統に入ったことにより、対照区に比べて高成長の白色貝の個体が出現しやすくなったからだと考えられた。

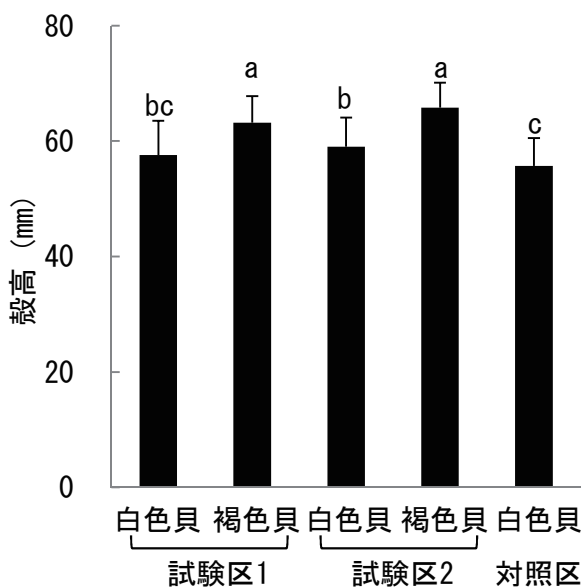


図2 各区における殻高
(異なるアルファベットは5%未満の危険率で有意差を示す)

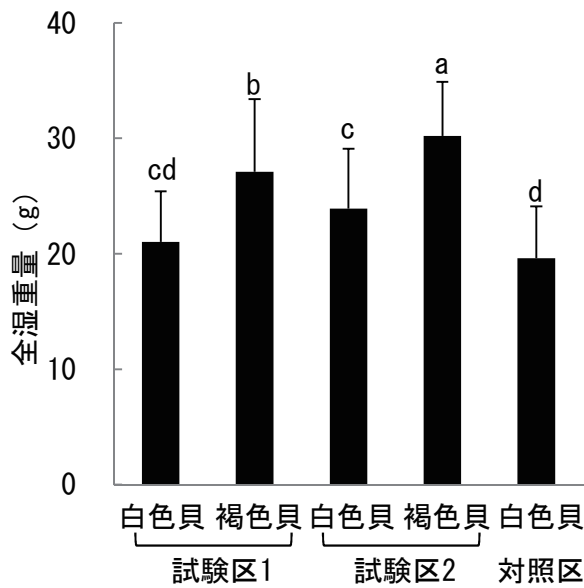


図3 各区における全湿重量
(異なるアルファベットは5%未満の危険率で有意差を示す)

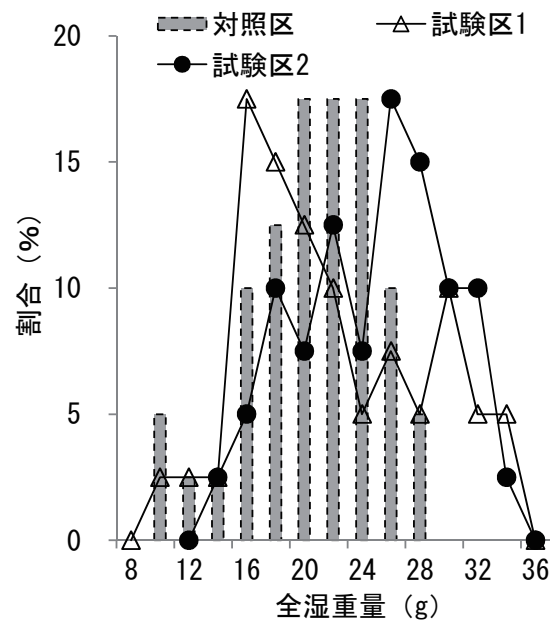


図5 各区の白色貝における全湿重量の頻度分布

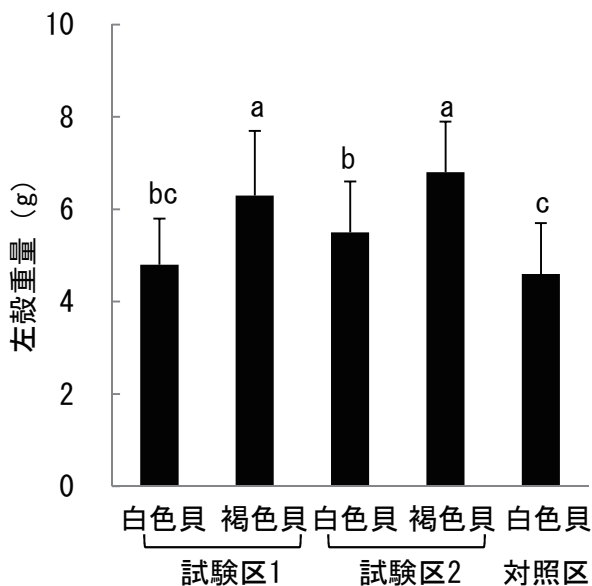


図4 各区における左殻重量
(異なるアルファベットは5%未満の危険率で有意差を示す)

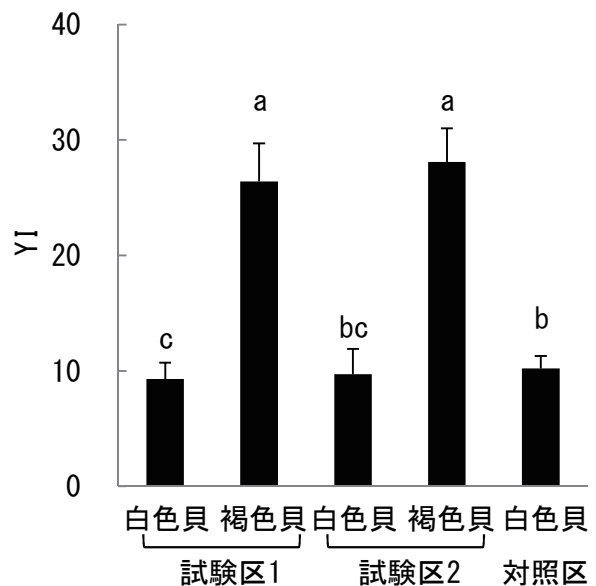


図6 各区における左殻真珠層の黄色度
(異なるアルファベットは5%未満の危険率で有意差を示す)

2 貝の遺伝子調査

遺伝的多様性の指標である平均ヘテロ接合体率期待値は、高い順に試験区1、試験区2、対照区となったことから(図7)、遺伝的多様性は試験区で高く対照区で低い傾向であると考えられた。対照区では、白色貝C系統同士を交配してその次代にさらに白色貝C系統を交配したことにより、遺伝的多様性の低下が起こったのに対し、日中交雑貝AまたはB系統と白色貝C系統を交配してその次代にさらに白色貝C系統を交配した試験区1と2では、褐色の交雑貝の遺伝子が白色貝C系

統に入ったことにより、対照区に比べて遺伝的多様性の低下が改善されたからだと考えられた。

3 挿核試験用ピース貝の生産

種苗生産したピース貝1~3について、それぞれ殻長2mmの稚貝を各1万個生産した。翌3月末現在、各系統につき約1,000個を飼育管理している。今後は、これら3系統のピース貝の成長を比較し、さらに挿核試験をおこなってピース貝ごとの真珠の巻きを比較する予定である。

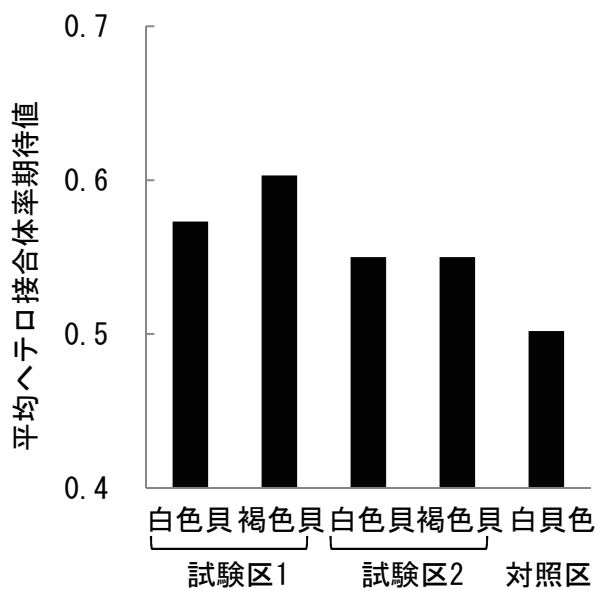


図7 各区における平均ヘテロ接合体率期待値

参考文献

- 1) 岩永俊介・山田英二・川口 健・小島拓郎：施術時に使用したピース貝と生産した真珠の巻き(真珠径)との関係(短報). 長崎県水産試験場研究報告 40 : 13-16 (2014)
- 2) 和田克彦・古丸 明：アコヤガイ白色個体の遺伝とその貝殻特性. 日本水産学会誌56 (11) : 1787-1790 (1990)
- 3) 和田克彦：アコヤガイ *Pinctada fucata* の改良に関する研究. 養殖研報6 : 79-157 (1984)
- 4) 林 政博：アコヤガイの殻体真珠層色の改良について. 全真連技術研究会報14 : 1-13 (1999)
- 5) YAOHUA SHI, YAN WANG, KUI HONG, ZHANHUI HOU, A IMIN WANG and X IMING GUO: Characterization of 31 EST-derived microsatellite markers for the pearl oyster *Pinctada martensii* (Dunker). *Molecular Ecology Resources* 9, 177-179 (2009)
- 6) SHANZENG WU, YUNTAN GUAN, XIANDE HUANG, and MAOXIAN HE: Development of 25 Novel Microsatellite Loci and Genetic Variation Analysis in Breeding Population of the Pearl Oyster. *Journal of the World Aquaculture Society*. Vol.44, No.4 (2013)
- 7) 小田原和史・曾根謙一・薬師寺房憲・久枝弘幸・伊藤冬樹：アコヤガイ種苗生産. 愛媛県農林水産研究所水産研究センター事業報告平成22年度 : 125 (2012)

耐病性及び真珠品質評価を利用したアコヤガイ育種技術の開発

(革新的技術開発・緊急展開事業(うち先導プロジェクト))

小田原 和史・中岡 典義

目 的

近年、アコヤガイ赤変病の病原体由来だと考えられる遺伝子配列が、メタゲノム解析等の新たな手法により発見された¹⁾。このことから、赤変病の病原体の調査をさらに進めるとともに、耐病性に関与するDNAマーカーを関係機関と連携して開発することにより、アコヤガイの耐病性育種を高度化することが可能になると考えられる。加えて、真珠層を構成する層状構造一層の厚さ(結晶層厚)を非破壊で計測することが近年可能になり²⁾、ピース貝の貝殻真珠層結晶層厚が真珠品質に強く影響を与えることも明らかになったことなどから³⁾、真珠層の結晶層厚と遺伝マーカーの関係を把握し、真珠品質にも考慮した貝の選抜をおこなう必要がある。

今年度は、アコヤガイの貝殻真珠層結晶層厚が親から子世代にどの程度遺伝するのか把握するため、これまでに収集した親と子世代の貝殻サンプルの結晶層厚を計測して遺伝率を計算した。なお、本研究は農研機構生研支援センターによる「革新的技術開発・緊急展開事業(うち先導プロジェクト)」の支援を受けておこなった。また、本試験における詳細な試験の内容は、同事業の構成員別研究成果報告書に記載した。

方 法

結晶層厚を計測した貝殻サンプルは、2系統のアコヤガイ親集団と、その親から生産した9系統の子世代である。貝殻サンプルの親を表1に、子世代を表2に示す。親の系統は、平成23年2月にふ化され、殻長約2mmの状態から宇和島市下波地先で飼育されたピース用の市販貝X系統とY系統である。これらは、平成24年5月(15か月齢)にX系統を300個体およびY系統を150個体開設して、左殻内面真珠層の縁辺部が目視で明瞭な赤色(red)、明瞭な緑色(green)およびそれ以外の不明確で判別が困難な色(not clear)の3色彩系にそれぞれ選抜された。X系統内交配として、3色彩系ごとに雌4個体と雄2個体がそれぞれ交配され、赤色同士の系統Xr、緑色同士の系統Xgおよび不明瞭な色同士の系統Xnが生産された。また、X系統の雌である3色彩系各3個体と、Y系統の雄である3色彩系各3個体がそれぞれ系統間で交配され、赤色同士の系統XYr、緑色同士の系統XYgおよび不明瞭な色同士の系統XYnが生産された。同様に、Y系統内交配として、左殻内面真珠層の色彩系ごとにY系統300個体から雌1個

体と雄5個体が選抜・交配され、赤色同士の系統Yr、緑色同士の系統Ygおよび不明瞭な色同士の系統Ynが生産された。

子世代の9系統のサンプリングは、平成25年7月にYnを除く8系統が無作為に採取され(以下「14か月齢」と記す)、平成25年9月に9系統すべてが無作為に採取された(以下「16か月齢」と記す)。なお、採取された子世代の個数を表2に示す。親と子世代のすべての貝殻サンプルは、採取後に付着物をナイフとタワシで除去して自然乾燥した後、ビニール袋に密閉して測定まで常温で保存された。

これらの貝殻サンプルについて、既報²⁾の方法により左殻真珠層結晶層厚を今年度に1検体につき1回計測した。また、貝殻内面の干渉色の色度を測定するため、左殻内面真珠層のL*a*b*表色系におけるa*とb*を、分光測色計(CM-700d、コニカミノルタ製)で測定した。測定に際し、測定径を直径8mm、受光光学系は正反射光を含む条件とし、1検体につき1回測定した。

結果および考察

親の結晶層厚について(表1)、結晶層厚の最も厚いXYg系統雌親の平均値499nmと、最も薄いYg系統雌親の値302nmには197nmの大きな差が認められ、全体的に見て約300?500nmの幅広い差異が確認された。系統内交配の結晶層厚平均は、Xr系統親で395nm、Xg系統親で476nmであり、緑色であるXg系統親の方が厚かった。一方、Yr系統親で373nm、Yg系統親で320nmであり、緑色であるYg系統親の方が薄かった。系統間交配の結晶層厚平均はXYr系統親、XYg系統親、XYn系統親の間では大きな差は見られなかった。しかし、XYg系統の雌親で499nm、雄親で304nmであり、XYn系統の雌親で474nm、雄親で312nmであったことから、雌雄間で大きな差が認められた。

親の色度は、Xr系統親でa*平均がプラス(赤色)、b*平均がマイナス(青色)、Xg系統親でa*平均がマイナス(緑色)、b*平均がマイナス、Yr系統親でa*平均がプラス、b*平均がプラス(黄色)、Yg系統親でa*平均がマイナス、b*平均がマイナスであり目視とほぼ一致していた。系統間交配においても色度と目視はほぼ一致していた。

子世代の結晶層厚について(表2)、14か月齢の8系統および16か月齢のいずれの系統も、Xr、XgおよびXn系統の結晶層厚は、Yr、YgおよびYn系統の結晶層厚

表1 親の左殻内面真珠層における結晶層厚と色度

親系統の 名称	雌雄	個数	干渉色 (目視)	結晶層厚 (nm)	色度		子世代の 名称
					a*	b*	
X	メス	4	赤	396±9	5.7±2.6	-5.7±3.1	Xr
X	オス	2		394±6	5.0±1.6	-6.7±2.6	
		平均		395	5.3	-6.2	
X	メス	4	緑	480±7	-10.1±2.7	-1.8±1.9	Xg
X	オス	2		471±9	-4.5±0.1	-1.0±1.7	
		平均		476	-7.3	-1.4	
X	メス	4	不明瞭	480±11	-6.3±1.2	-1.7±0.7	Xn
X	オス	2		471±0	-7.0±0.3	-3.1±0.0	
		平均		476	-6.6	-2.4	
X	メス	3	赤	402±8	1.9±1.3	-5.0±2.6	XYr
Y	オス	3		390±10	5.7±1.0	0.3±2.2	
		平均		396	3.8	-2.4	
X	メス	3	緑	499±8	-4.4±0.4	-1.6±0.2	XYg
Y	オス	3		304±10	-12.8±2.9	-5.3±4.2	
		平均		401	-8.6	-3.5	
X	メス	3	不明瞭	474±16	-6.0±2.8	-1.9±0.9	XYn
Y	オス	3		312±10	-4.7±1.6	0.0±2.6	
		平均		393	-5.3	-1.0	
Y	メス	1	赤	363	-0.3	5.8	Yr
Y	オス	5		382±9	5.8±2.3	0.6±1.4	
		平均		373	2.8	3.2	
Y	メス	1	緑	302	-15.6	-7.2	Yg
Y	オス	5		338±9	-11.3±3.3	0.6±2.7	
		平均		320	-13.5	-3.3	
Y	メス	1	不明瞭	370	-1.2	1.8	Yn
Y	オス	5		338±40	-4.0±1.9	-2.1±3.5	
		平均		354	-2.6	-0.2	

表2 子世代の左殻内面真珠層における結晶層厚と色度

子世代 の名称 *1	14か月齢			16か月齢		
	結晶層厚 (nm)*2	色度		結晶層厚 (nm)*2	色度	
		a*	b*		a*	b*
Xr	403±30 ^{abc}	5.4±8.6	-10.7±5.4	384±24 ^{bc}	3.0±3.8	-3.4±4.0
Xg	421±28 ^{ab}	-1.7±7.4	-10.4±4.6	400±25 ^{ab}	1.4±5.3	-6.8±4.2
Xn	431±35 ^a	-3.3±7.4	-8.6±5.4	425±25 ^a	-1.7±5.8	-5.6±3.6
XYr	399±35 ^{abc}	3.1±7.4	-7.3±5.8	380±44 ^{bcd}	-0.7±6.0	-1.4±4.5
XYg	381±42 ^{cd}	3.6±8.7	-6.4±7.2	358±28 ^{cde}	1.7±7.6	-1.3±6.2
XYn	388±35 ^{bc}	3.7±9.1	-6.8±8.6	372±24 ^{cd}	3.3±4.5	-1.4±5.6
Yr	345±26 ^d	-4.7±16.2	2.7±8.4	347±19 ^{de}	-3.1±10.2	3.4±5.1
Yg	300±32 ^e	-12.7±13.6	-8.9±12.8	321±31 ^f	-8.0±7.1	-0.7±7.1
Yn		no sample		337±26 ^{ef}	-3.8±7.3	2.8±5.6

*1 サンプルの個数は、XYrの14か月齢のみ26個であり、他は全て30個である。

*2 異なるアルファベットは1%未満の危険率で有意差を示す。

よりも厚かった。両月齢において結晶層厚の最も厚かったXn系統と最も薄かったYg系統の平均値の差は、14か月齢で平均131nm、16か月齢で平均104nmであった。また、結晶層厚における系統の順番は14か月齢と16か月齢で似ていた。一方、XYr、XYgおよびXYn系統の結晶層厚は、Xr、XgおよびXn系統の結晶層厚とYr、YgおよびYn系統の結晶層厚のおおむね中間の値を示した。子世代の色度について、Xr系統はa*平

均プラス、b*平均がマイナスであり親と同じであった。Xg系統の色度は14か月齢でa*平均がマイナス、b*平均がマイナスであり、親と同じであったが、16か月齢ではa*平均がプラスに転じていた。また、XYgおよびXYn系統はa*平均がプラス、b*平均がマイナスであり、親と全く異なっていた。これにより、左殻真珠層の色度は親と子世代で同じである場合や、逆に全く異なる場合があった。

親の結晶層厚平均と子世代における14か月齢および16か月齢の結晶層厚平均との相関関係を図に示す。親の結晶層厚と子世代の結晶層厚には強い正の相関が14か月齢、16か月齢とともに認められた。また、親と子世代の14か月齢または16か月齢における平均結晶層厚の相関関係における傾きは、14か月齢では0.75、16か月齢では0.60であった。これにより、親子回帰によって計算された遺伝率は0.60-0.75となった。一般に、0.2以上の遺伝率をもつ形質は選択の効果があるとされていることから⁴⁾、結晶層厚は選択の効果がある形質だと考えられた。また、遺伝しているのは結晶層厚であり、干渉色ではないことが強く示唆された。本研究により遺伝率が定量化されたことから、親の結晶層厚を計測して選抜するにより、その子世代であるピース貝の結晶層厚をコントロールすることが可能になると考えられた。

参考文献

- 1) Matsuyama T, Yasuike M, Fujiwara A, Nakamura Y, Takano T, Takeuchi T, Satoh N, Adachi Y, Tsuchihashi Y, Aoki H, Odawara K, Iwanaga S, Kurita J, Kamaishi T, Nakayasu C: A Spirochaete is suggested as the causative agent of Akoya oyster disease by metagenomic analysis. PloS ONE 12(8): 1-23 (2017)
- 2) 小田原和史・尾崎良太郎・高木基裕：非破壊で真珠層結晶層厚を計測したピース貝と真珠の特徴。水産技術9(1)：9-20(2017)
- 3) 小田原和史・尾崎良太郎・高木基裕：結晶層厚の異なるピース貝家系が真珠の結晶層厚および品質に与える影響。日本水産学会誌83(6)：981-995(2017)
- 4) 和田克彦：1. 量的形質の遺伝。水産学シリーズ26 水産生物の遺伝と育種(日本水産学会編)恒星社厚生閣。東京：7-26(1979)

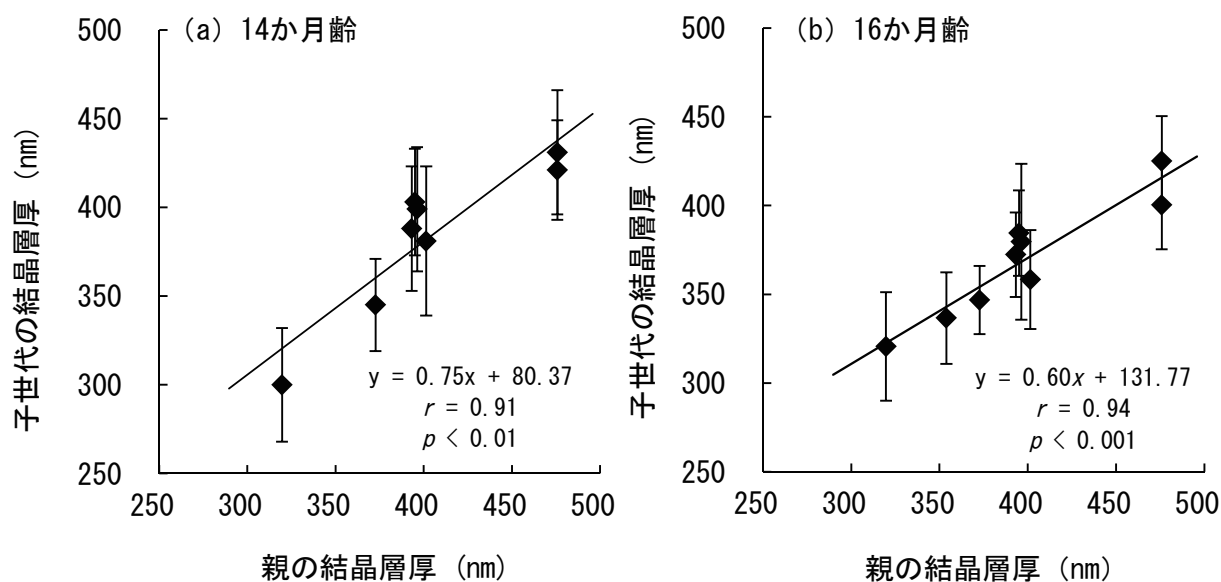


図1 親と子世代におけるアコヤガイ左殻真珠層結晶層厚の関係

ヒジキ藻場造成高度化技術開発試験

藻場を構成する褐藻類の一種であるヒジキは近年高値で取り引きされており、天然海域におけるヒジキ藻場の造成は、藻場機能の拡大に加えて漁業者の収入増加につながるものとして大いに期待されている。当所では、平成26年度から28年度までの3年間、「ヒジキ増産技術開発試験」を実施し、粘着性物質を用いたヒジキ受精卵・幼胚の漁場添加技術の開発に取り組んだほか、岩盤清掃や母藻添加を継続しておこなうことでヒ

ジキ収量が増加することを確認したが、試験区によっては波浪等、環境要因の影響と思われるヒジキ幼体数の減少や生育状況の差が認められた。本試験は、ヒジキの好適な生育環境条件を把握して造成適地を選定し、ヒジキの大型種苗を添加することにより実効性の高いヒジキ藻場造成を実施するための手法について検討する。

I 人工種苗移植技術開発試験

富士 泰

目 的

生残率を向上させるために、概ね50mm以上に育成したヒジキ種苗(以下、「大型種苗」とする)を作出し、天然ヒジキ藻場や藻礁へ移植するための技術開発をおこなう。

方 法

1 人工種苗移植技術開発試験

ヒジキ受精卵または幼胚(以下、「受精卵」とする)を、コンクリートブロック(190×190×100mmまたは200×200×60mm(固定用突起付き))に種付けして大型種苗に生長するまで培養し、種付け時期や管理方法を検討した。

(1) 種付け

種付けは、屋外に設置したFRPレースウェイ水槽(1.5×5m、以下、「陸上水槽とする」)でおこなった。水深50cmで砂ろ過海水を掛け流しとし、海水が適度に循環するようにエアレーションを設置した陸上水槽の底にコンクリートブロックを静置して、ヒジキ母藻を、コンクリートブロックを覆うように収容した。種付け期間中、水槽底に内装壁用タイル(45×45mm)裏面を上にして静置し、タイルに付着した受精卵を計数することでコンクリートブロックに付着した受精卵数を推計した。種付け終了後は母藻を取り除き、種付けしたコンクリートブロックを水深35~40cmに調整した別の水槽に収容した。

(2) 種付けしたコンクリートブロックの管理

収容したコンクリートブロックの半数は、種付け2~7日後、伊予市森漁港内(図1)に設置した筏から水深

25cmまたは2mに垂下して管理した。残りのコンクリートブロックは、陸上水槽で71~84日間管理を継続し(表1)、その後、筏から水深25cmに垂下して管理した。ヒジキが大型種苗まで生長した後は、種苗の一部を、伊予市森漁港北東側の潜堤(図1)に、鉄杭(直径12mm×長さ60cm)とポリエステルロープ(直径6mm)でコンクリートブロックごと固定した。なお、管理期間中は、付着した雑海藻や堆積した浮泥を適宜除去した。また、陸上水槽に収容したコンクリートブロックの半数は、雑海藻の付着防止のため、遮光ネットにより遮光して管理した。

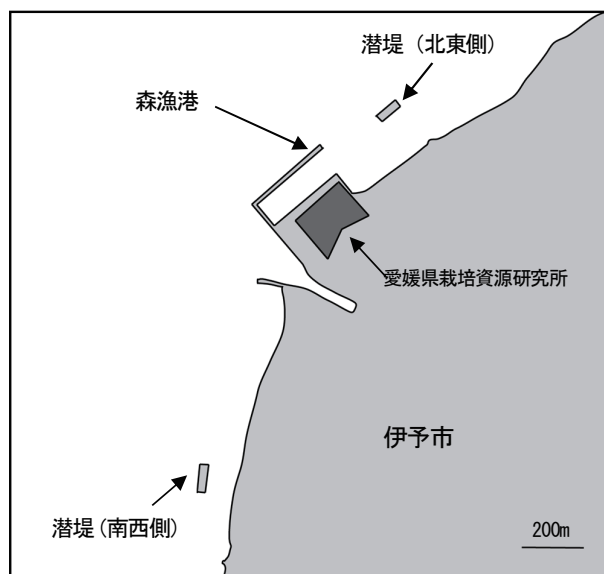


図1 森漁港・潜堤位置図

表1 ヒジキ種苗管理状況

	種付け 終了日	管理場所	管理開始日 [※]	管理終了日 ^{※※}	管理日数 (日)	備 考
第1回目	H29. 7. 18	海面（筏から垂下）	H29. 7. 20	—	84	水深25cmまたは 2mに垂下
		陸上水槽 （レースウェイ水槽）	—	H29. 10. 11	84	半数は遮光管理
第2回目	H29. 8. 4	海面（筏から垂下）	H29. 8. 10	—	69	水深25cmまたは 2mに垂下
		陸上水槽 （レースウェイ水槽）	—	H29. 10. 17	69	半数は遮光管理
第3回目	H29. 8. 17	海面（筏から垂下）	H29. 8. 24	—	71	水深25cmまたは 2mに垂下
		陸上水槽 （レースウェイ水槽）	—	2017/11. 2	71	半数は遮光管理

※ 種付け終了後、海面管理分の種苗を森漁港筏から海中に垂下した日。

※※陸上水槽での管理を終了し、種苗を森漁港内筏から海中に垂下した日。以後はすべての種苗を海面で管理。

2 ヒジキ種苗脱落防止等防止技術開発

コンクリートブロックとは異なる基質として、ヒジキ受精卵をロープ（ポリエステル製、直径6mm）へ種付けし、大型種苗を作出した。

基質には、コンクリートブロック（190×190×100mm）にロープを約10m巻付けたもの（ロープ面140×190mm）を2個使用した。1個の基質には、0.6μmろ過海水を蒸留水で50%に希釈した海水にアルギン酸Naを4%加えて作製したゲルを滅菌したもの（以下、「アルギン酸Naゲル」とする）でヒジキ受精卵を包埋し、ロープ面に塗布して種付けした。種付けした基質は陸上水槽に収容した。アルギン酸Naゲルに包埋した受精卵の一部は、滅菌した0.6μmろ過海水を50mL入れた滅菌シャーレに収容し、温度20℃、3,000～3,500Lux（明期：暗期＝12h：12h）で培養した。温度および照度はグロースキャビネット（三洋電機株式会社製MLR-350）で制御した。7日後、受精卵の発根率（仮根が伸長した受精卵の割合）を算出し、包埋した受精卵数をもとに、ロープ面に付着させた受精卵数を推計した。もう一つの基質は、屋内に設置して砂ろ過海水を満したプラスチック製水槽（350×500×180mm）に静置し、ヒジキ受精卵を、1mL駒込ピペットを用いて水面から添加して種付けした。種付け3時間後、砂ろ過海水を掛け流しで一晩管理した後、陸上水槽に収容した。種付けに用いたヒジキ受精卵の一部は、ゲルで包埋した受精卵と同様に培養し、発根率を算出してロープ面に付着させた受精卵数を推計した。ロープを巻付けたブロックのうちアルギン酸Naゲルを用いて種付けしたブロックは28日間、用いずに種付けしたブロックは27日間、陸上水槽で管理した後、伊予市森漁港内に設置した筏から水深25cmに垂下して管理した。

結果および考察

1 人工種苗移植技術開発試験

(1) 種付け

種付けは3回おこなった。1回目は、平成29年6月26日に、大洲市長浜町今坊地先で採取したヒジキ母藻4.4kgを陸上水槽に収容して種付けを開始した。7月13日に受精卵の放出を確認し7月18日に母藻を取り除いて種付けを終了した。付着した受精卵数は、コンクリートブロック（190×190×100mm）1個あたり36,646粒であった。2回目は、7月27日に、大洲市長浜町今坊地先で採取した母藻9.2kgおよび伊予市森漁港南西側の潜堤（図1）で採取した母藻3.5kgを用いて種付けを開始した。開始時には受精卵がみられた。8月4日に種付けを終了し、付着した受精卵数は、コンクリートブロック（190×190×100mm）1個あたり92,612粒であった。3回目は、大洲市長浜町今坊地先で採取した母藻1.5kgおよび同町青島地先で採取した母藻6.5kgを用いて8月10日に開始した。開始時には受精卵の放出がみられ、8月17日に種付けを終了した。付着した受精卵数は、コンクリートブロック（190×190×100mmまたは200×200×60mm）1個あたり21,997粒または24,373粒であった（表2）。

(2) 種付けしたコンクリートブロックの管理

種付け数日後に海面から水深25cmに垂下して管理を行った場合と長期間陸上水槽で管理した場合でのヒジキ種苗の生育を比較すると、種付け1回目、2回目、3回目のいずれの場合も、海面から水深25cmに垂下して管理した方が、陸上水槽で管理した場合よりも良好であった（図2）。特に、種付け1回目の種苗では、平成29年12月25日には、コンクリートブロック1個あたり平均24.5株（664.8株/m²）の大型種苗が確認され（図3）、

他の試験区でも大型種苗が多数生長した平成30年2月14日(図4)においても、平均主枝長が他の試験区に比べ有意に長かった(Scheffe法、 $p < 0.05$ または $p < 0.01$)

(図5、表3)。

なお、海面から2mに垂下して管理した種苗はほとんど生残しなかった。

表2 ヒジキ受精卵種付け結果

	母藻		開始日	終了日	基質	結果(粒/個)	
	採取場所	使用量					
第1回目	長浜町今坊	4.4kg	H29.6.26	H29.7.18	コンクリートブロック※	12個	36,646
第2回目	長浜町今坊	9.2kg	H29.7.27	H29.8.4	コンクリートブロック※	12個	92,612
	伊予市潜堤	3.5kg					
第3回目	長浜町今坊	1.5kg	H29.8.10	H29.8.17	コンクリートブロック※	12個	21,997
	長浜町青島	6.5kg					

※ 190×190×100mm

※※ 200×200×60mm

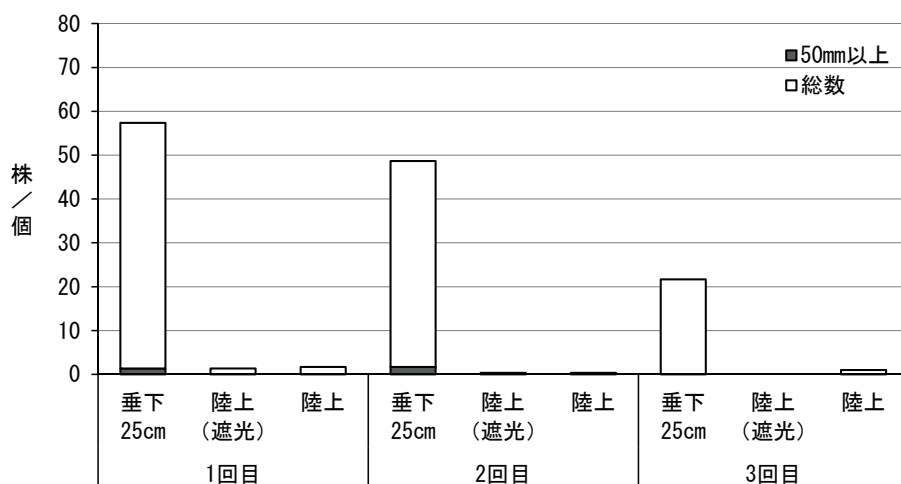


図2 ブロック1個あたりの主枝が伸長したヒジキ株数(平成29年11月13日)

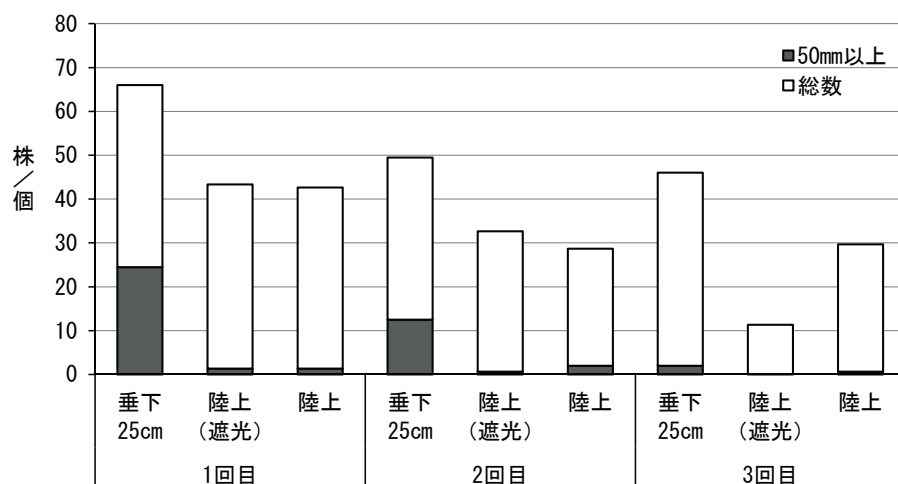


図3 ブロック1個あたりの主枝が伸長したヒジキ株数(平成29年12月25日)

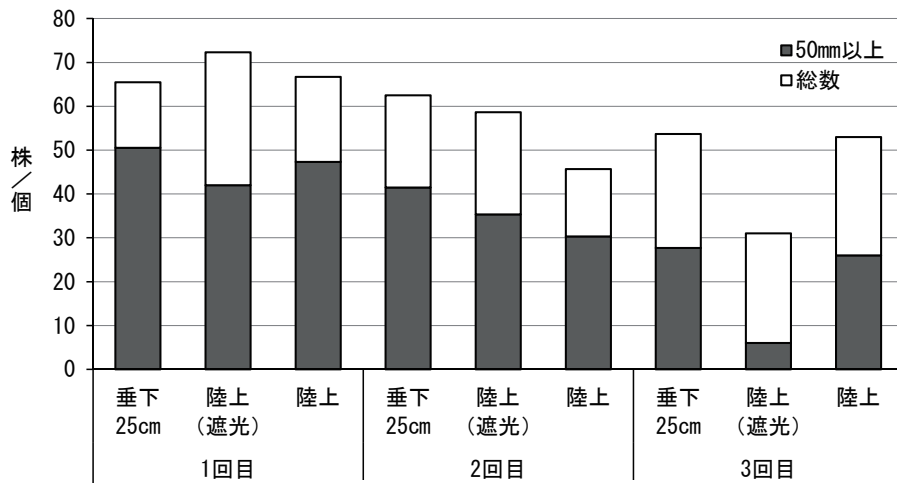


図4 ブロック1個あたりの主枝が伸長したヒジキ株数 (平成30年2月14日)

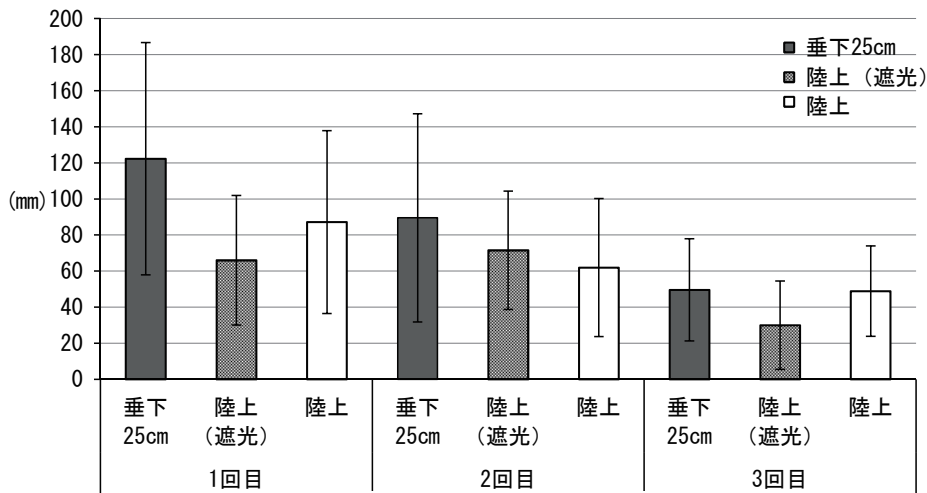


図5 平均主枝長 (平成30年2月14日)

表3 各試験区間における主枝長の有意差 (平成30年2月14日)

	種付け1回目			種付け2回目			種付け3回目		
	垂下25cm	陸上(遮光)	陸上	垂下25cm	陸上(遮光)	陸上	垂下25cm	陸上(遮光)	陸上
種付け1回目	垂下25cm	**	**	*	**	**	**	**	**
	陸上(遮光)		n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	**	n. s.
	陸上			n. s.	n. s.	n. s.	**	**	**
種付け2回目	垂下25cm				n. s.	n. s.	**	**	**
	陸上(遮光)					n. s.	n. s.	**	n. s.
	陸上						n. s.	**	n. s.
種付け3回目	垂下25cm							n. s.	n. s.
	陸上(遮光)								n. s.
	陸上								

(n=50~75 Scheffe法 * : p < 0.05 ** : p < 0.01 n. s. : 有意差なし)

陸上水槽でヒジキ種苗を管理した期間中は、遮光の有無にかかわらず雑海藻が頻繁に増殖した。また、雑海藻はコンクリートブロックから容易に脱落せずピンセットで除去する必要があったほか、水槽自体にも雑海藻が多数付着し、除去作業と同時に別の陸上水槽に移送する必要があった。同時期に海面で管理したコンクリートブロックには雑海藻の付着がほとんどなかったが、ブロック上面に浮泥の堆積がみられた。特に水深2mに垂下したコンクリートブロックへの堆積が多かったが、海水をかけることで、浮泥を容易に除去でき、作業に要する日数や人数が陸上水槽で管理する場合に比べ少なかった(表4)。

以上のことから、なるべく早期にヒジキ受精卵を種付けし、海面から25cmに垂下して管理することで、効率良く大型種苗が作出できると考えられた。

2 ヒジキ種苗脱落防止等防止技術開発

平成29年8月15日に、大洲市長浜町青島産のヒジキ母藻から採取した受精卵約9万粒を包埋したアルギン酸Naゲル50mLをロープ面に塗布して種付けをおこなった。包埋した受精卵の発根率が54.6%であったことから、種付けした受精卵数は、約5万粒と推計された。

もう一つの基質は、平成29年8月16日に、大洲市長浜町青島産のヒジキ母藻から採取した受精卵約20万粒を、ロープ面に添加した。受精卵の発根率が38.8%であったことから、種付けした受精卵数は約8万粒と推計された(表5)。

平成29年12月時点でのロープ面に種付けしたヒジキ種苗の生育は、同時期にコンクリートブロックに種付けし、数日後に海面から水深25cmに垂下して管理を行った場合よりも、主枝が伸長したヒジキの株数が多かった。特にアルギン酸Naゲルに包埋せず種付けをおこなった場合では、10倍以上多かった。また、大型種苗も多数確認された(図6)。平均主枝長は、アルギン酸Naゲルに包埋せずロープ面に種付けした種苗とコンクリートブロックに種付けした種苗は同程度であったが、アルギン酸Naゲルに包埋して種付けした種苗は有意に短かった(Scheffe法、 $p < 0.05$ または $p < 0.01$)(図7)。

以上のことから、コンクリートブロックにロープを巻付けて種付けをおこなうことで、より効率良く大型種苗が作出できるものと考えられた。

表4 ヒジキ種苗管理の結果

	管理場所	管理日数 (日)	作業日数 (日)	作業延べ人数 (人)	主な作業内容
第1回目	海面(筏から垂下)	84	9	11	浮泥除去
	陸上水槽 (レースウェイ水槽)	84	11	17	雑海藻除去 移送・水槽洗浄
第2回目	海面(筏から垂下)	69	8	9	浮泥除去
	陸上水槽 (レースウェイ水槽)	69	11	17	雑海藻除去 移送・水槽洗浄
第3回目	海面(筏から垂下)	71	8	11	浮泥除去
	陸上水槽 (レースウェイ水槽)	71	10	19	雑海藻除去 移送・水槽洗浄

表5 ロープを巻いたコンクリートブロックへのヒジキ受精卵

	母藻 採取場所	実施日	種付け量 (粒)	陸上水槽での 管理日数 (日)	備考
ゲル包埋あり	長浜町青島	H29. 8. 15	50, 145	28	アルギン酸ナトリウムゲルを使用
ゲル包埋なし	長浜町青島	H29. 8. 16	80, 176	27	

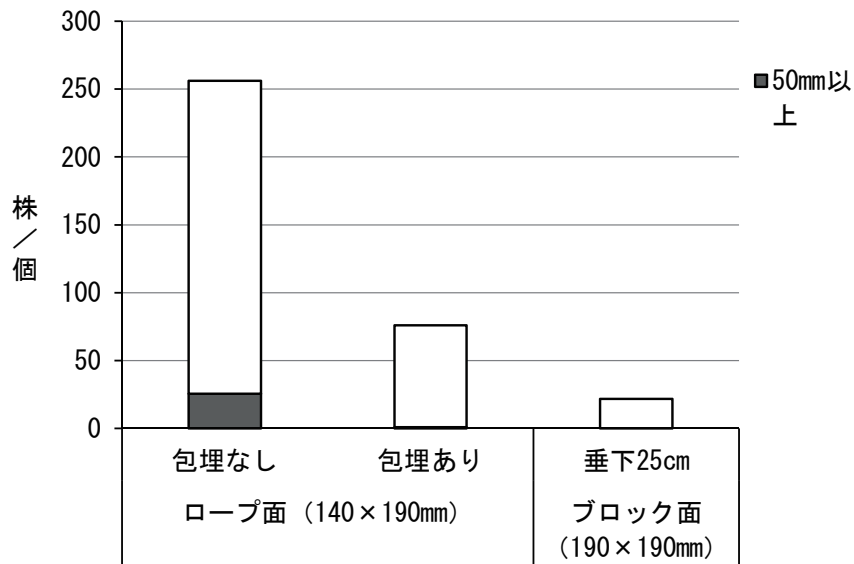


図6 ブロック1個あたりの主枝が伸長したヒジキ株数 (平成29年12月)

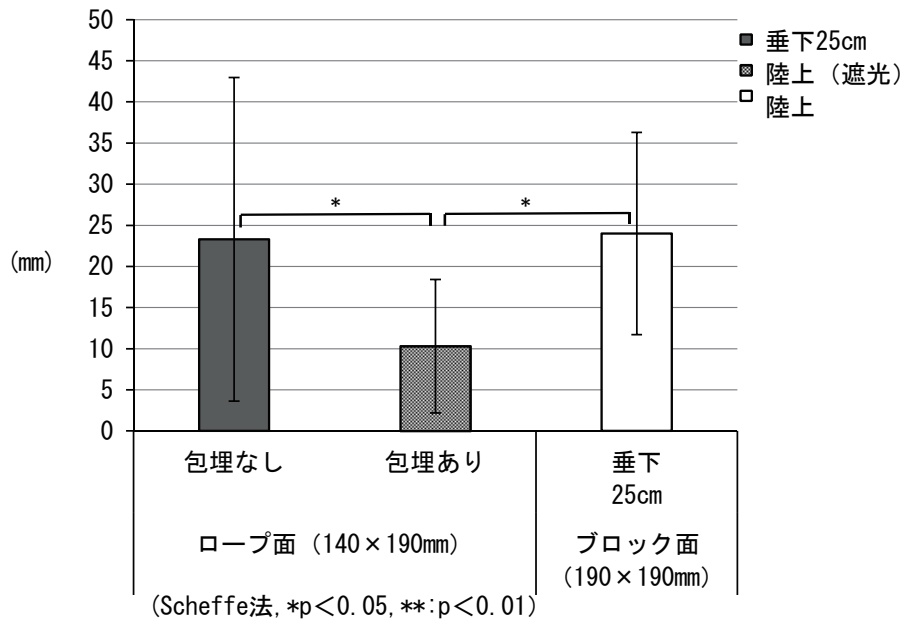


図7 平均主枝長 (平成29年12月)

II ヒジキ藻場造成高度化技術開発試験

中村 翠珠

方 法

1 天然ヒジキ生育場環境比較調査

天然海域のヒジキの生育場所別の成長度合いについて調査するため、平成29年8月にヒジキの密度が異なる大洲市長浜町今坊の突堤で3ヶ所(以下、「今坊西」、「今坊北」、「今坊東」)、伊予市高野川突堤で2ヶ所(以下、「高野川南」、「高野川北」)、大洲市長浜町青島の北側自然海岸で2ヶ所(以下、「青島北1」、「青島北2」)および南側漁港内で1ヶ所(以下、「青島南」)、伊予市森漁港南側の潜堤で3ヶ所(以下、「潜堤沖側」、「潜堤中央」、「潜堤陸側」)の4地点、計11ヶ所を調査定点とした(図1、2)。各調査地点に水温計を設置し1時間おきに記録した。平成30年1月～3月にかけて各地点のヒジキの主枝長を測定し、その平均値を算出した。

2 ヒジキ好適波浪条件調査

上記4地点のうち、潜堤で平成29年4月～平成30年3月、他3地点で平成29年8月～平成30年3月にかけて加速度を数値化するために加速度ロガー(Onset Computer社、HOBO ペンダント G Logger)を方法1に記載の各調査定点に設置し、10分おきに記録した。ロガーに記録された加速度データは、8月～翌3月のデータ上位0.1%の平均値を年間平均加速度、各月ごとのデータ上位1%の平均値を月別平均加速度として抽出した。

結果および考察

1 天然ヒジキ生育場環境比較調査

平成29年8月から平成30年3月の各地点における水温を図3に示した。今坊は加速度ロガー流出のため平成29年9月～平成30年1月のデータが取得できなかった。青島2地点の水温はほぼ同じであったので、青島南の水温を青島の水温とした。4地点の最高水温は青島の26.9℃、最低水温は潜堤の7.9℃であった。各地点では夏期から秋期にかけてほぼ同じ水温で推移したが、11月から翌2月の間は青島で他3地点より1～2℃高く推移した。また、各箇所における冬期のヒジキの主枝長を図4に示す。主枝長は調査定点11ヶ所中、青島南で最も長く(40.7cm)、今坊西側ではヒジキが全くみられなかった。村瀬¹⁾はヒジキの主枝長は25℃を上限として水温が高いほど生長がよくなると報告していることから、本結果においても冬期水温の違いが主枝長の成長に影響を与えているものと考えられた。

2 ヒジキ好適波浪条件調査

加速度ロガーに記録された加速度データについて、各地点における年間平均加速度を図5に示した。年間平均加速度は調査定点11ヶ所中、今坊北で最も高く、

青島南で最も低かった。また、長浜町海岸沿いの今坊および高野川の同地点内では、いずれも突堤に向かって左側の地点が右側地点よりも高かった。

各定点における月別平均加速度を図6に示す。今坊東および高野川北は加速度ロガー流出のため一部データが取得できなかった。各地点の月別平均加速度を比較すると、青島北の2ヶ所では夏期の方が秋期～冬期よりも高い一方で、高野川および今坊で秋期～冬期の方が夏期に比べて高い傾向にあった。また、青島南と潜堤中央および陸側では8月～翌3月にかけて月別平均加速度はほぼ変わらなかった。

各箇所の年間平均加速度を横軸に冬期のヒジキの主枝長を縦軸にとると、青島南を除いて、平均加速度2.6～3.6の箇所ではヒジキ主枝長が20cm以上であり、この範囲を外れた箇所ではいずれも主枝長が20cm以下だった(図7)。このことから、年間平均加速度が適度な範囲でヒジキの冬期の主枝長は長くなる傾向にあると考えられた。ヒジキは多年生の藻類であり、8月が最も早く翌3月から急速に伸長し始めるとされる。このため、今後ヒジキの収穫時期である4～5月にかけて各定点で刈りを実施し、結果を次年度報告する。

参考文献

- 1) 村瀬昇・阿部真比古・野田幹雄・杉浦義正：山口県沿岸のヒジキの生育適温と生育上限温度. Journal of National Fisheries University 63(4):238-243 (2015)

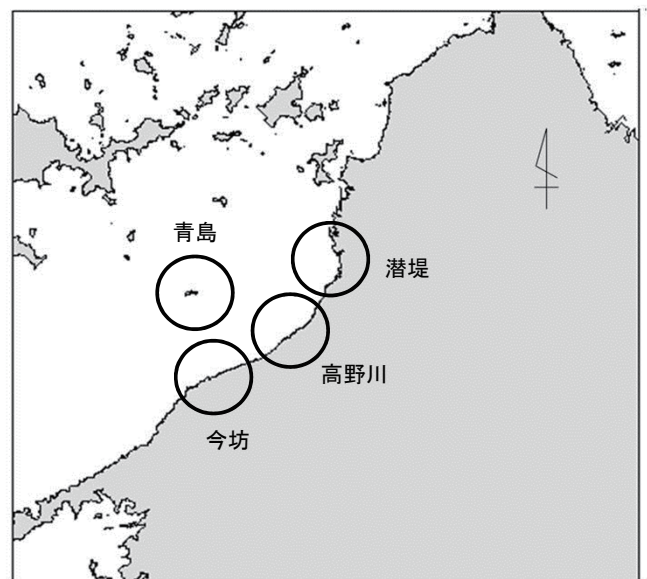


図1 調査地点

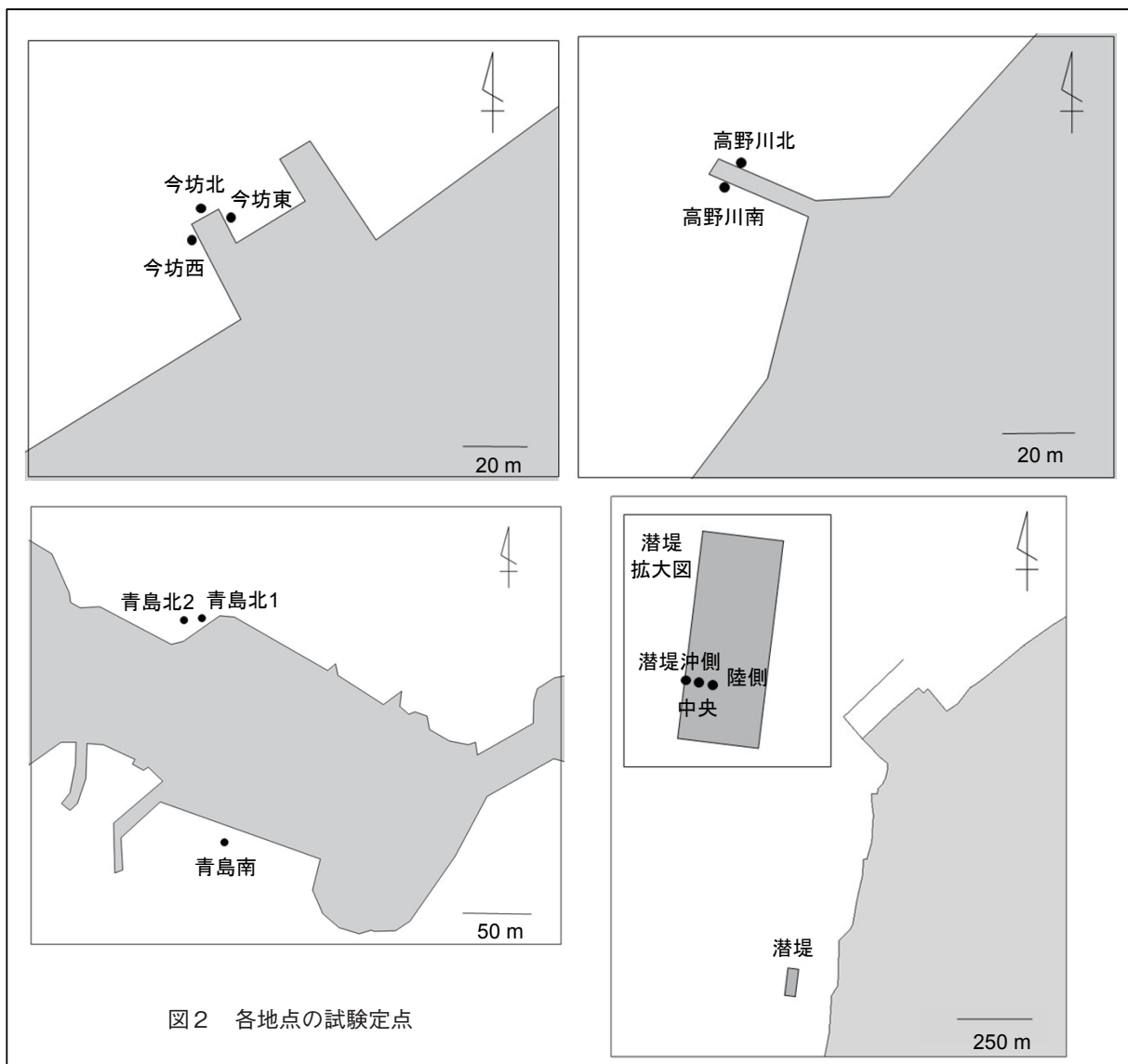


図2 各地点の試験定点

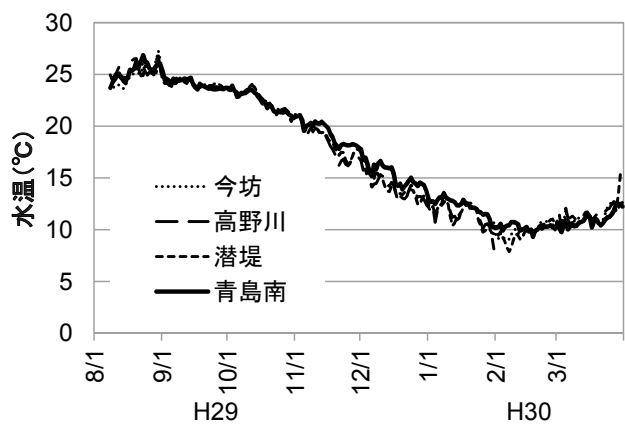


図3 各地点における水温

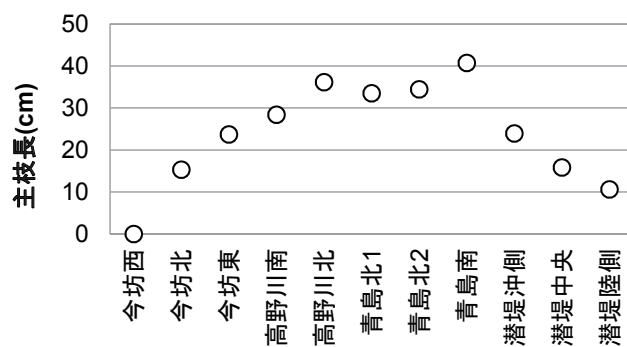


図4 各定点におけるヒジキの主枝長

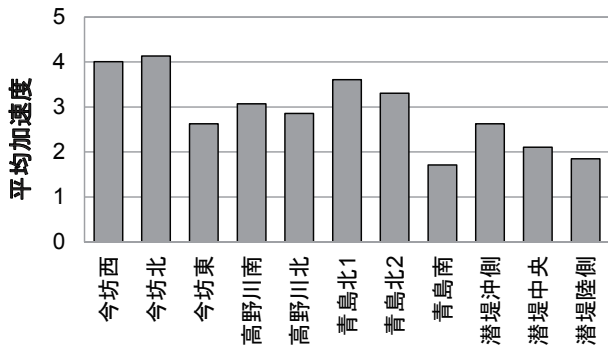


図5 各地点の年間平均加速度

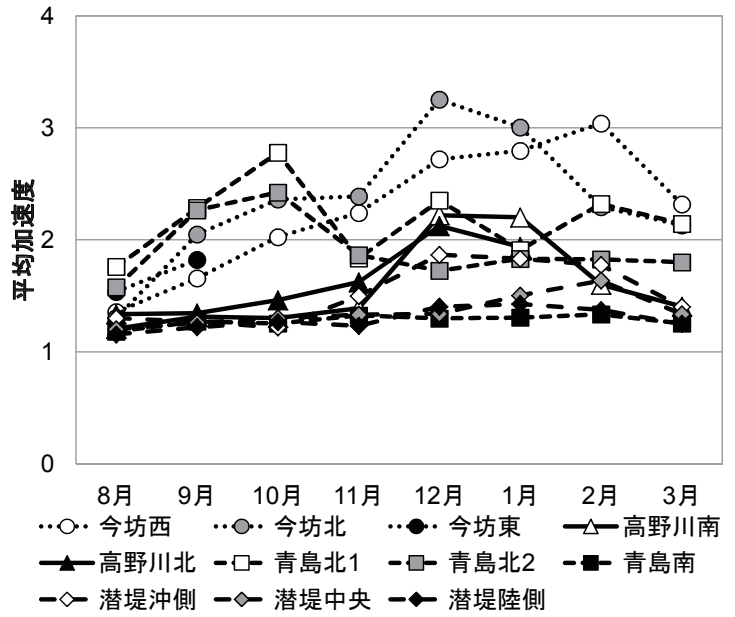


図6 各地点における月別平均加速度

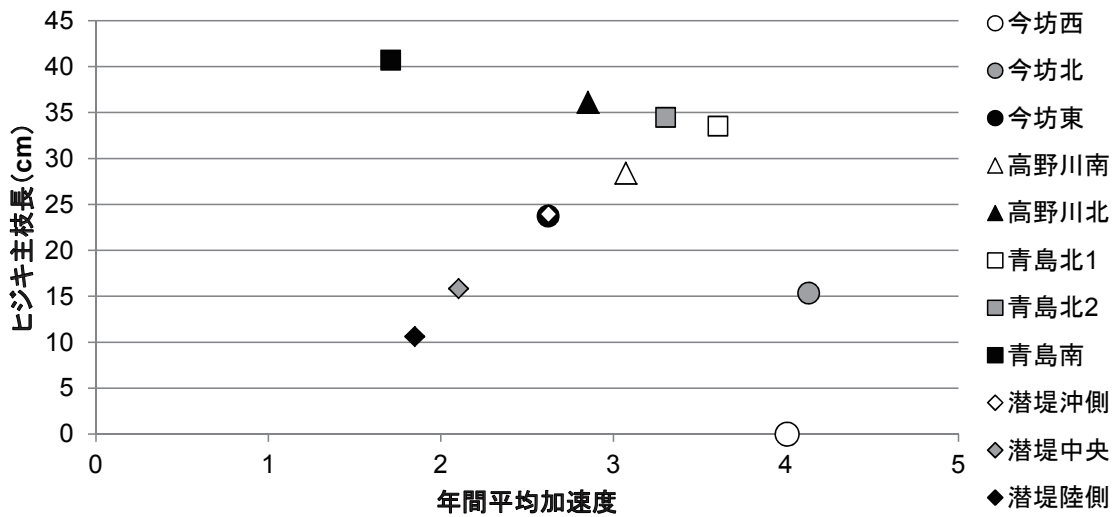


図7 年間平均加速度と冬期ヒジキ主枝長

干潟浅海域再生技術開発事業

(生態系ネットワーク修復による持続的な沿岸漁業生産技術の開発)

干潟浅海域は重要な水産資源の生育場であるが、近年これらの資源量が減少しており、その一因として卵から親に至るまでの生き残りに必要な生息場所の連環(生態系ネットワーク)が分断されていることが指摘されている。このため、カレイ類と二枚貝を対象として生態系ネットワーク分断の原因を最新の手法で解明し、資源を回復させる技術を開発するとともに、漁場改良や保全活動による干潟域の再生と保全のための方策について検討する。本事業のうち「I カレイ類生

態系修復試験」および「II 二枚貝生態系修復試験」については農林水産技術会議事務局委託プロジェクト研究「生態系ネットワーク修復による持続的な沿岸漁業生産技術の開発」(中核機関:独立行政法人水産総合研究センター)により実施された。なお、結果の詳細は「生態系ネットワーク修復による持続的な沿岸漁業生産技術の開発 平成29年度研究報告書」に記載された。

I カレイ類生態系修復試験

成田 公義*・渡邊 昭生

目 的

カレイ類稚魚期の好適な生育場所となるアマモ場やその周囲の浅海砂泥域を対象に、カレイ類稚魚の出現・分布パターンと浅海砂泥域の景観構造との関係を解明することを目的とする。また、カレイ類のうち生息場所の知見の集約が可能な魚種を中心に、重点海域において生活史循環に利用するネットワーク構造とその空間範囲を解明する。これらにより開発された技術を現場海域に応用し、カレイ類の生活史循環の健全性に加え、資源回復の妨げとなっている生活史段階とその阻害要因を特定する。阻害要因を解消し、環境修復を行うための手法を考案する。

方 法

1 マコガレイ着底稚魚の分布と成長

本県瀬戸内海沿岸におけるカレイ類着底稚魚の出現地点とその環境、および稚魚の月別成長を明らかにするため、燧灘でソリネットによる試験操業を実施した。

2 マコガレイ産卵状況調査

産卵期とそれ以降の親魚の移動生態および産卵群の範囲を把握するため、イシガレイ、マコガレイについて標識放流を実施した。

3 マコガレイ漁獲実態調査

マコガレイの漁獲実態を調査するため、瀬戸内海の各市場で市場調査をおこなった。また、県下でマコガレイ

が比較的多獲されている市場4箇所を抽出し、多獲時期である10～3月のマコガレイの日別・漁法別漁獲実態を調査した。

結 果

1 マコガレイ着底稚魚の分布と成長

燧灘沿岸におけるソリネットによるカレイ類稚魚の出現状況と水温を図1に示した。平成26～28年度の結果では、燧灘の沿岸潮間帯～潮下帯においては、マコガレイ、イシガレイともに底層水温10℃付近で着底魚が出現しはじめ、20℃を超えるとほとんど出現しない状況がみられていたが、平成29年度の結果もこれまでと同様の傾向が認められた。そのため、カレイ類稚魚にとって底層水温が20℃を超えることが、沿岸潮間帯～潮下帯から生息場を移す要件になっているものと考えられた。また、平成26年度から3年間、イシガレイ、マコガレイともに稚魚数が減少していたが、平成29年度はマコガレイについては前年度より増加していた。

2 マコガレイ産卵状況調査

平成28年12月から29年1月にかけて、西条市、河原津、新居浜市多喜浜および川之江漁業協同組合の市場に水揚げされたイシガレイ72尾、マコガレイ226尾、ホシガレイ1尾のほか、平成29年4月から5月にかけて、弓削漁業協同組合の市場に水揚げされたイシガレイ2尾、マコガレイ21尾にダートタグ標識を装着し、各組合の地先沿岸より放流した。平成30年3月31日までに、イシガレイ5例、マコガレイ16例の再捕報告があった

* 現 農林水産部水産局漁政課

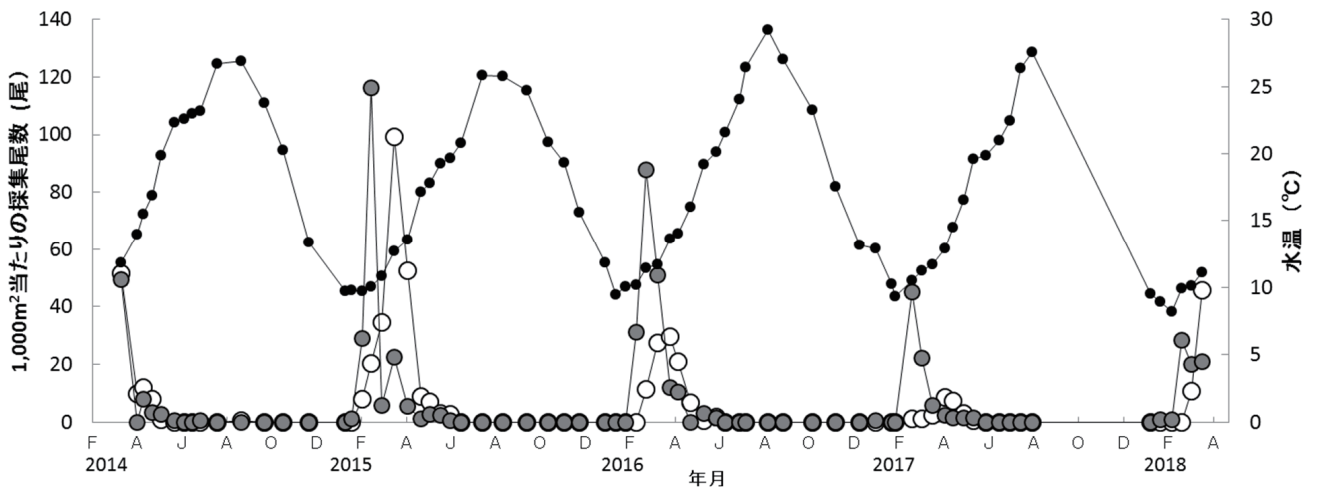


図1 ソリネットによる燧灘沿岸でのカレイ類稚魚の出現状況
(黒：水温、白：マコガレイ、灰：イシガレイ)

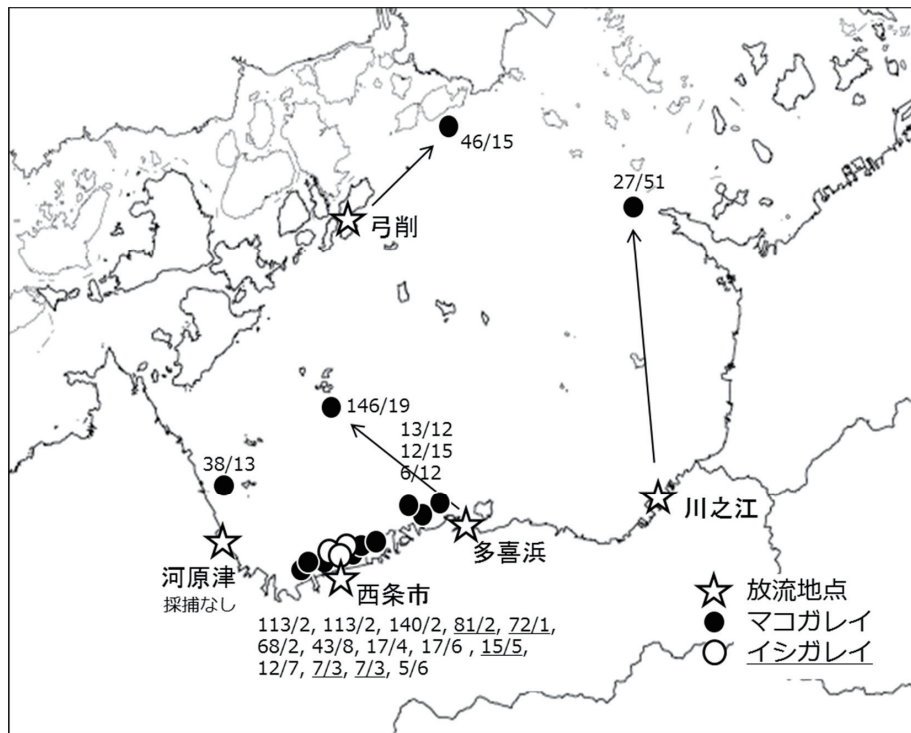


図2 カレイ類標識放流による再捕位置 (日数/直線距離(km))

(図2)。放流個体のうち、イシガレイでは、採捕された個体の大部分は、岸沿いに東西へ1~5km (平均移動距離0.01~1.3km / 日) 移動していた。一方、マコガレイでは岸沿いに東西へ2~15km (平均移動距離0.01~2.0km / 日) と、ほとんどが比較的近場で再捕されたが、放流27日後に沖合51kmへ移動した個体が認められたほか、27年度に標識放流された個体では、イシガレイ1尾が放流292日後に岡山県沖(直線距離約63km)で再捕されていることから、産卵を終えたカレイ類の多くが速やかに燧灘全体へと拡散すること、燧灘の広範囲で一つの産卵群を形成している可能性があ

ることなどが示唆された。

また、伊予灘においては、平成29年8月から10月にかけて、北条市および長浜町漁業協同組合の市場に水揚げされたマコガレイ10尾に、水温と水深を記録するデータロガーとダートタグ標識を装着し、各組合の地先沿岸より放流したが、再捕は確認されていない。

3 マコガレイ漁獲実態調査

平成26~29年度の燧灘沿岸漁協(川之江、多喜浜、新居浜市垣生、西条市、河原津、桜井)における市場調査から、イシガレイ、マコガレイ別、漁法別で年度別測定尾数割合を図3に示した。イシガレイは小型底

曳網、建網ともに12~1月が主要な漁期であり、その漁獲状況は類似していた。マコガレイでは建網での漁獲が1月に集中していたのに対し、小型底曳網では1~3月に主要な漁獲があり、ピークは2月であった。

平成26~29年度の桜井と西条漁協における日誌調査結果を図4に示した。小型底曳網では、桜井は12~3月にかけて増加傾向がみられているが、西条では1月に

ピークがみられ、その後減少していた。建網では、桜井は増減の傾向がみられないが、西条では小型底曳網と同様の傾向がみられた。また、西条の建網では、12~1月に最大1,800kg/月が漁獲されており、燧灘全体としても主要なマコガレイの産卵場となっていることが示唆された。しかし、平成25年度以降、水揚げ量の減少傾向がみられている。

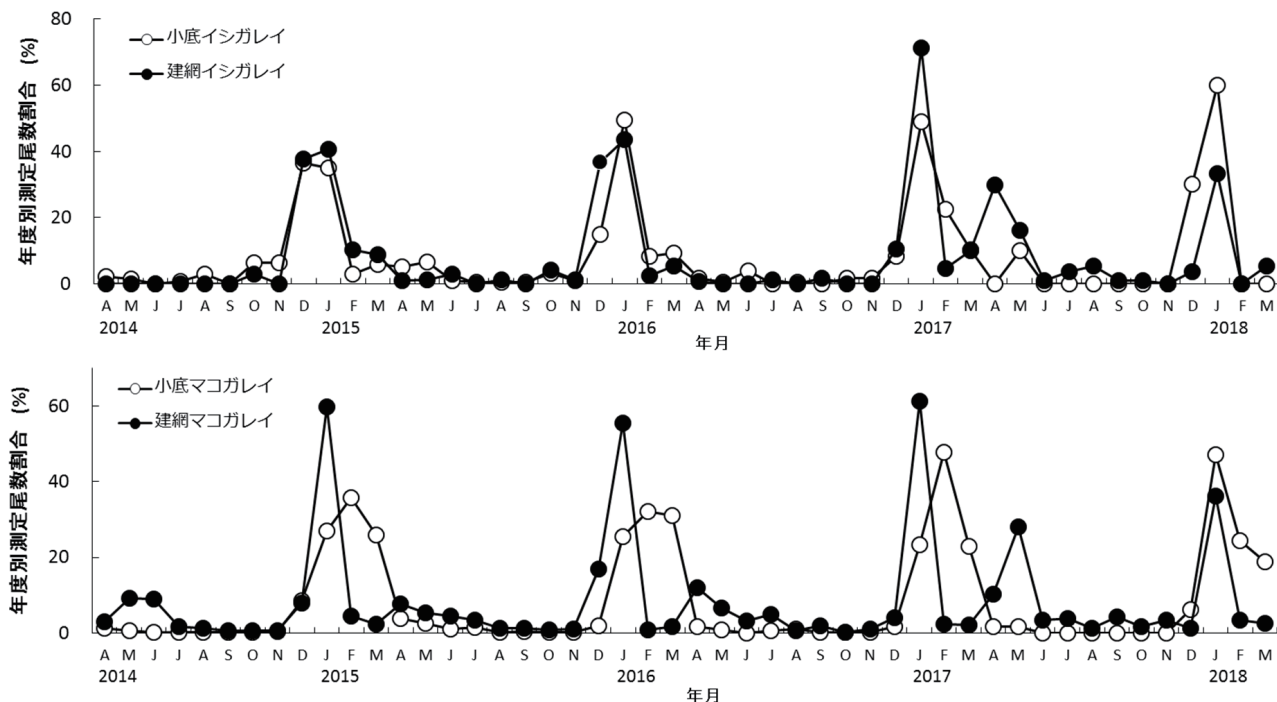


図3 市場調査による魚種別、漁法別測定尾数

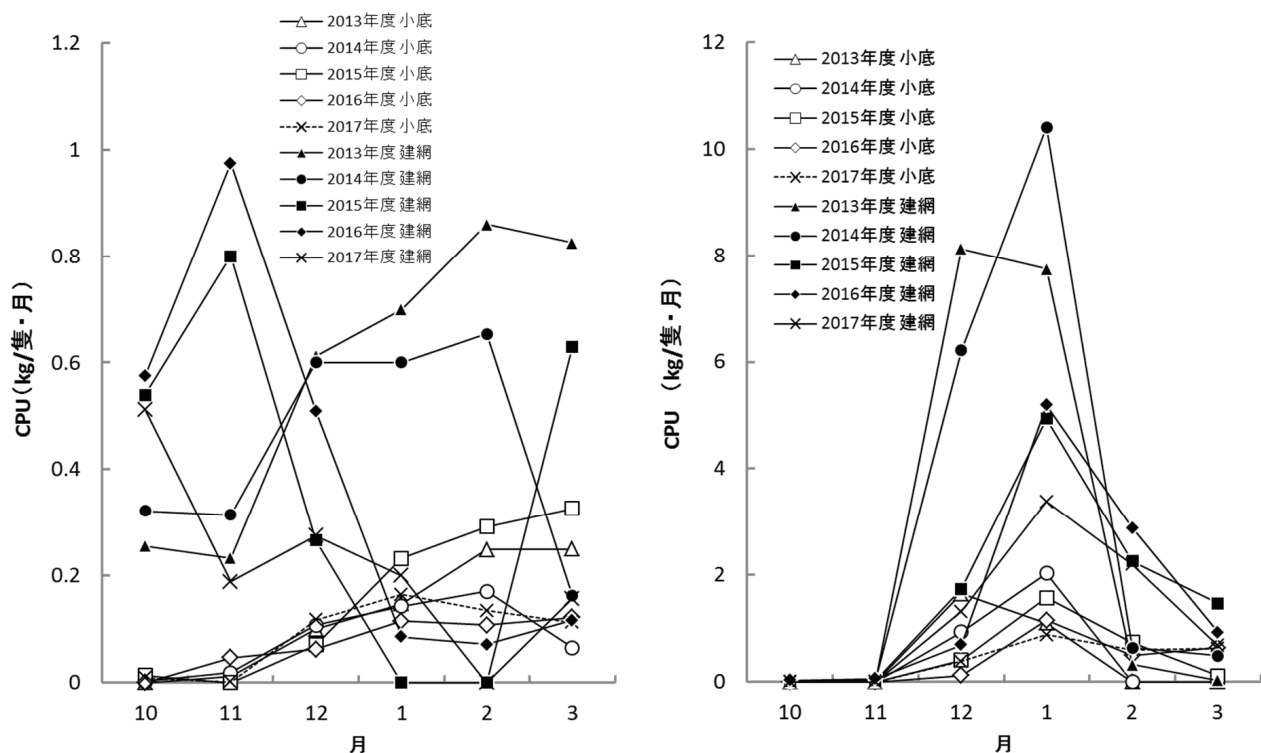


図4 日誌調査による市場別、漁法別漁獲量

Ⅱ 二枚貝生態系修復試験 (生態系ネットワーク修復による持続的な沿岸漁業生産技術の開発)

喜安 宏能・富士 泰・渡邊 昭生・高島 景

目 的

瀬戸内海のアサリ資源は激減しているが、様々な環境特性を持つアサリ漁場や干潟が存在しており、それぞれにおいて減耗要因が異なることが知られている。そこで、受精卵から浮遊幼生を経て成貝に至るまでの生態系ネットワークの分断要因を抽出し、それぞれの要因に見合った生態系ネットワークの修復・再結合技術を開発することによりモデル海域のアサリ資源回復を実証するとともに、全国各地の漁場に適用可能な汎用性の高い技術を提供する。

方 法

1 環境調査

西条市高須干潟において、底質環境(クロロフィルa量、粒度組成)およびアサリの生息密度とグリコーゲン含量を調査した。

2 生息環境改善試験

生態系ネットワークの連続性を確保する手段として、平成28年7月4日にアサリ稚貝200個体と砂利を収容した袋網を高須干潟に設置し、平成29年6月8日まで成長、生残を観察した。また、平成29年6月9日から400個体を収容した被覆網1m×1mを設置し、砂利敷設となしの比較をおこなった。

3 浮遊幼生調査

西条市壬生川港において、春期～夏期(5月～7月)および秋期(10月・11月)に、アサリ浮遊幼生の出現状況を観察した。また、7月に4回、11月に1回、燧灘の6定点において広域分布調査をおこなった。

4 垂下飼育試験

干潟域に自然着底するアサリ稚貝を有効活用するため、高須干潟において採集した稚貝を壬生川港において垂下飼育し、基礎データを収集した。試験は、平成28年8月から平成29年8月に実施した。30cm×40cm×13cmのカゴに基質として砂利とケアシエル(カキ殻加工固形物)を入れ、高須干潟で採取した平均殻長16.08mm、平均重量1.25mmのアサリ50個および100個を収容し、壬生川港の水深1.5mおよび森漁港の水深1.5mに垂下して飼育した。

結 果

1 環境調査

6月には平均殻長9.5mmの稚貝が1m²当り1,243個体生息していたが、それ以降、生息密度は低下し、10月から翌年3月まで生息個体は確認されなかった。底泥のクロロフィルa量は、5月以降減少傾向となり、11月が最も低く、0.402μg/g乾泥であった(図1)。軟体部のグリコーゲン含量は、7月までは増加傾向がみられたが、その後は減少に転じた(図2)。

平成29年は夏季にクロロフィルa量が減少し、グリコーゲン含量が減少に転じたことから、6月以降の生息密度の低下は、平成28年同様、餌料不足により活力が低下したことによるものと考えられた。

2 生息環境改善試験

袋網内のアサリは、試験開始時の平均殻長12.6mmから、9ヶ月後(平成29年4月)には25.6～31.2mm、11ヶ月後(平成29年6月)には26.2～32.2mmに成長した。ま

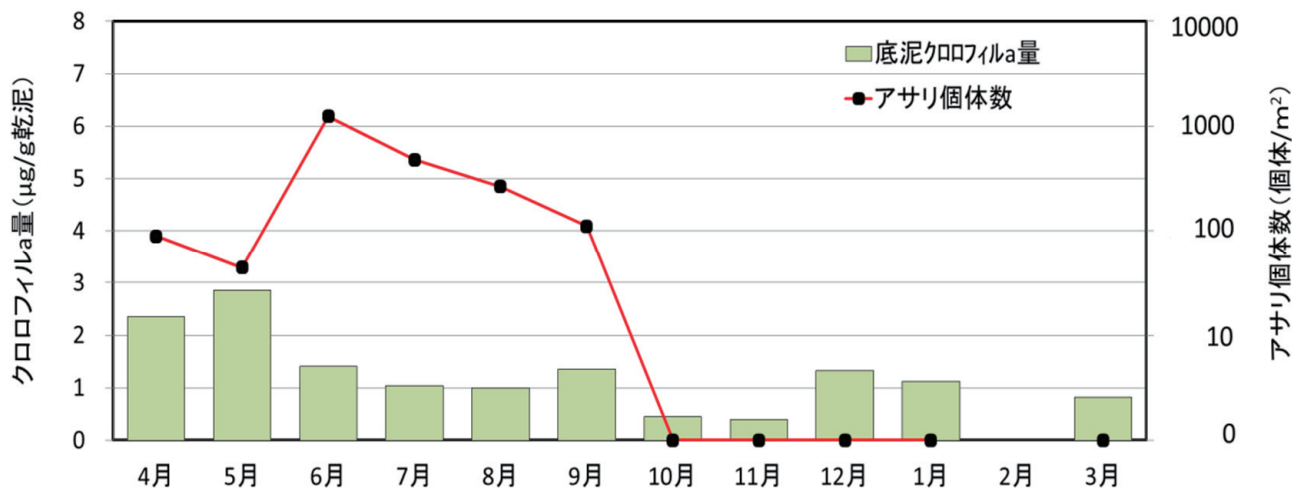


図1 高須干潟の定点におけるアサリ生息密度とクロロフィルa量の推移

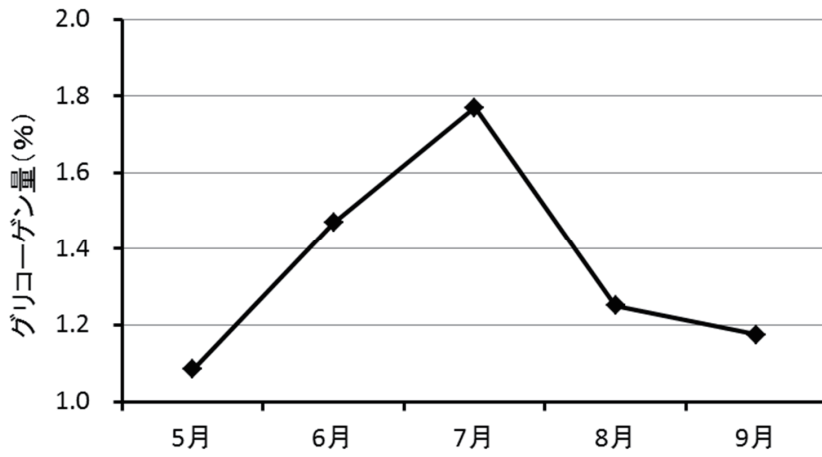


図2 アサリ軟体部グリコゲン含量の推移

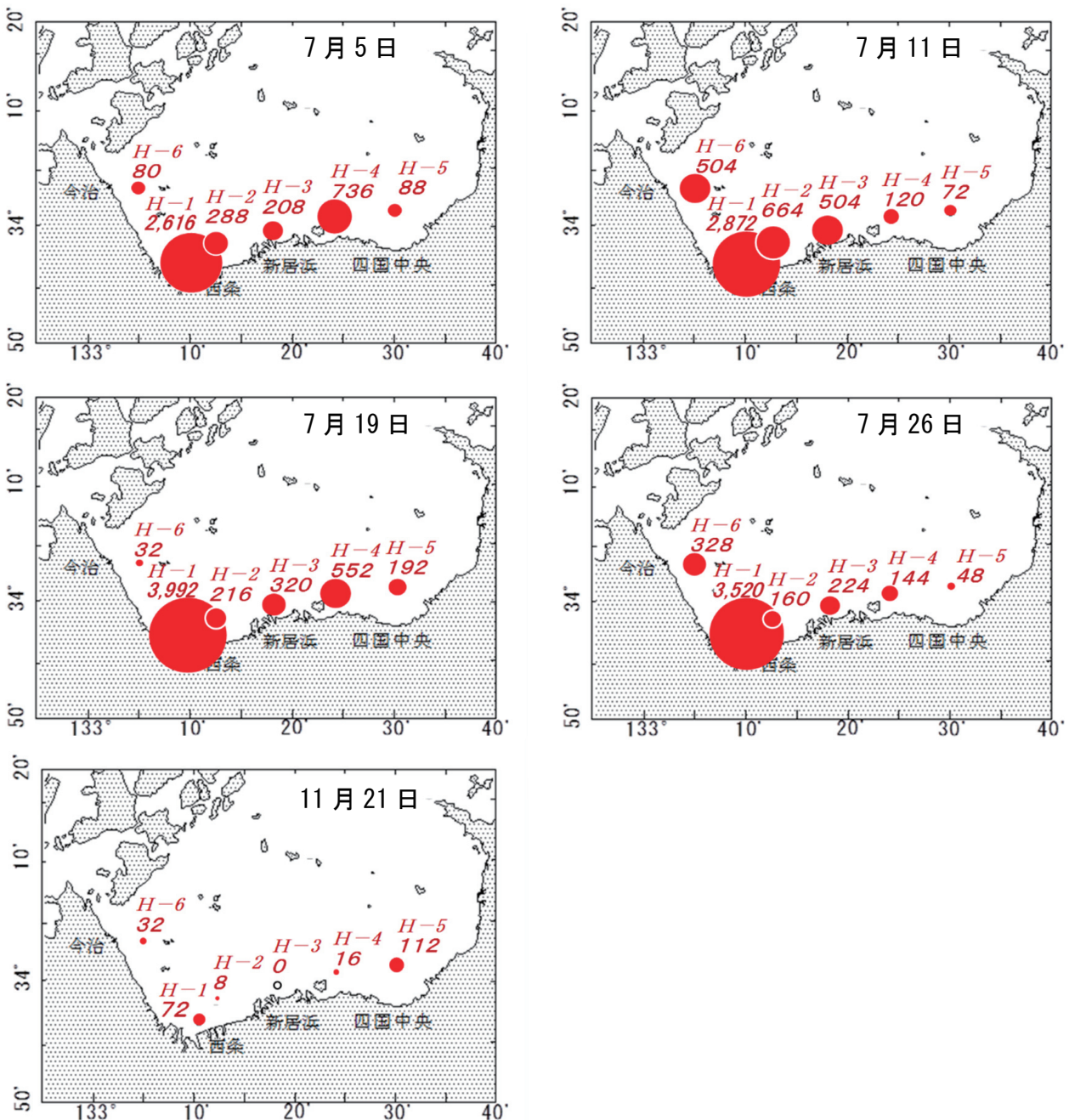


図3 平成29年7月および11月のアサリ浮遊幼生の分布 (個体/トン)

た、生残率は42.0～55.0%で、自然環境下に比べ著しく向上した。

被覆網内のアサリは試験開始時の30.5mmから9か月後(平成29年3月)には砂利敷設区で39.1mm、砂利無し区で36.7mmに成長した。また、生残率はそれぞれ52.0%、33.8%であり、成長、生残率ともに砂利敷設区が高い値となった。袋網、被覆網ともに基質による物理的な安定と餌料環境の改善が成長、生残に寄与したと考えられた。

3 浮遊幼生調査

壬生川港においては、春期～夏期は、調査期間を通じて浮遊幼生が確認され、7月下旬に出現数が最大となった(4,568個体/トン)。秋期は、調査を開始した10月上

旬に浮遊幼生が確認されたが(372個体/トン)、その後出現数が大幅に減少した(0～40個体/トン)。広域調査では、7月に、西条市および新居浜市地先で長期間、浮遊幼生が高密度に分布していることが確認された(図3)。

4 垂下飼育試験

12ヶ月間の垂下飼育で、壬生川港では、50個収容したカゴで平均殻長30.72mm、平均重量が7.95g、100個収容したカゴで平均殻長27.22mm、平均重量5.52gに成長し、収容密度により有意な差(Scheffe-test、 $p < 0.01$)がみられた(図4)。

なお、森漁港に垂下分については、ヒラムシの食害により試験を中止した。

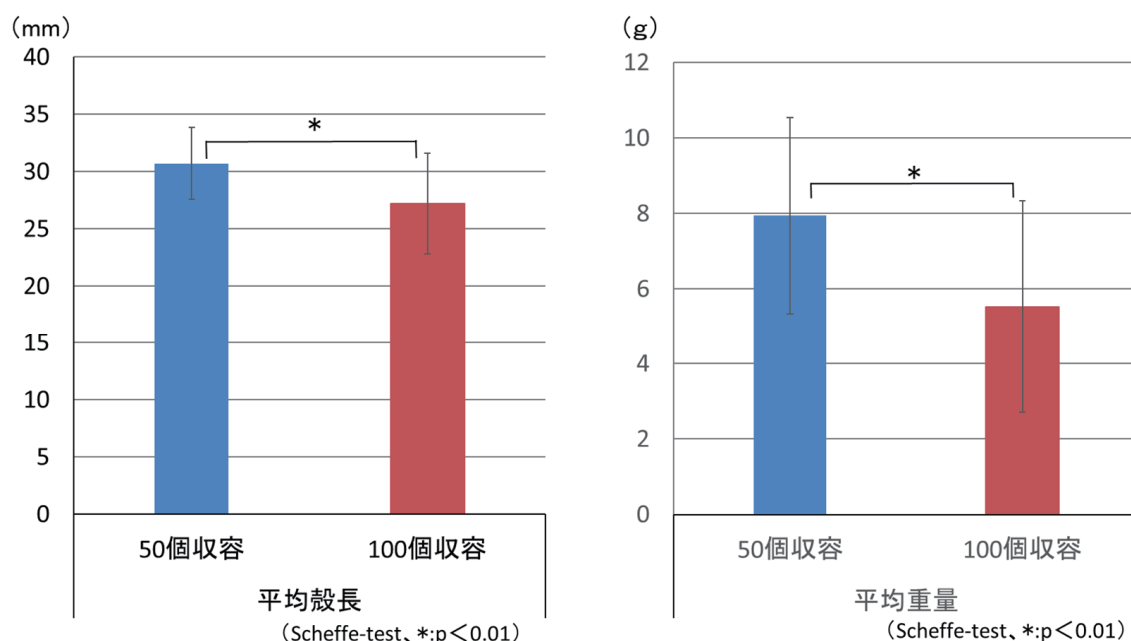


図4 西条市壬生川港における垂下飼育試験結果

ノリ漁場生産力向上実証試験

(漁場環境・生物多様性保全総合対策委託事業)

喜安 宏能・渡邊 昭生・富士 泰・和田 有二*

目 的

瀬戸内海の中央部に位置する燧灘は、県内で唯一のノリ養殖漁場であるが、近年、栄養塩の低下によりノリの色落ちが発生し、品質の低下や生産量の減少等が大きな問題となっている。そのため、環境に配慮しながら効果的に漁場に栄養塩を添加する技術を開発することによって、ノリの色落ちを防止し、品質の向上や増産を図る。

なお、結果の詳細は、平成29年度漁場環境・生物多様性保全総合対策委託事業(漁場生産力向上のための漁場改善実証試験)成果報告書(平成30年3月)に本県ほか6機関の水産試験研究機関が合同で報告した。

方 法

1 ノリ養殖漁場モニタリング

図1に示す西条地区のノリ養殖漁場10地点において、10月中旬から毎週1回漁場環境調査を実施し、水温、塩分を多項目測定装置(JFEアドバンテック社製)で、表層水の栄養塩(DIN(NH₄-N、NO₂-N、NO₃-N)、PO₄-P)をTRAACS 800(BRAN+LUEBBE社製)で分析するとともに、表層水中の珪藻密度を計数した。また、ノリ養殖関係漁業協同組合から持ち込まれた海水も同様に測定し、測定結果について、「ノリ養殖漁場栄養塩速報」として取りまとめ、本研究所ホームページに掲載するとともに、ノリ養殖関係漁協および関係機関にFAXで広報した。

2 施肥による栄養塩供給技術の実証試験

(1) 栄養塩添加技術開発

供給する栄養源は、8-8-8化成肥料(昭見産業株式会社製、保証成分：アンモニア性窒素：8%、リン酸：8%、カリ：8%)とスーパーIB(ジェイカムアグリ株式会社製、保証成分：アンモニア性窒素：12%、リン酸：12%、カリ：12%)を用いた。愛媛県西条市壬生川漁協管内の浮き流しノリ養殖漁場において、対照区を含む4試験区を設定し、施肥と敷網による栄養塩滞留効果を検証した。10月12~14日に壬生川漁協の陸上採苗施設において、3品種を混合して人工採苗をおこない、採苗後、漁協施設にて冷凍保存した。その後、11月1日~16日まで育苗し、12月1日まで冷凍保存したものを再び漁場に張り込み、順次展開したノリ網を試験に使用した。試験は1月29日からおこない、2月9日に摘採した。

栄養塩添加は500gの肥料を包んだ栄養塩添加袋に浮子を結び付け、これをランチハンガーでノリ網に設置することによりおこなった。敷網はランチハンガーを用いて幹縄と結合することによりに設置した。

試験配置を図2に示した。ノリ網1枚につき、10mを試験区として設定した。

試験区ごとに0.3mあたりのノリ重量を3箇所測定し、ノリ網1枚(1.8m×21.0m)当たりの重量を算出した。また、色彩色差計(ミノルタカメラ社製CR121)により各試験区の葉体色調を測定した。

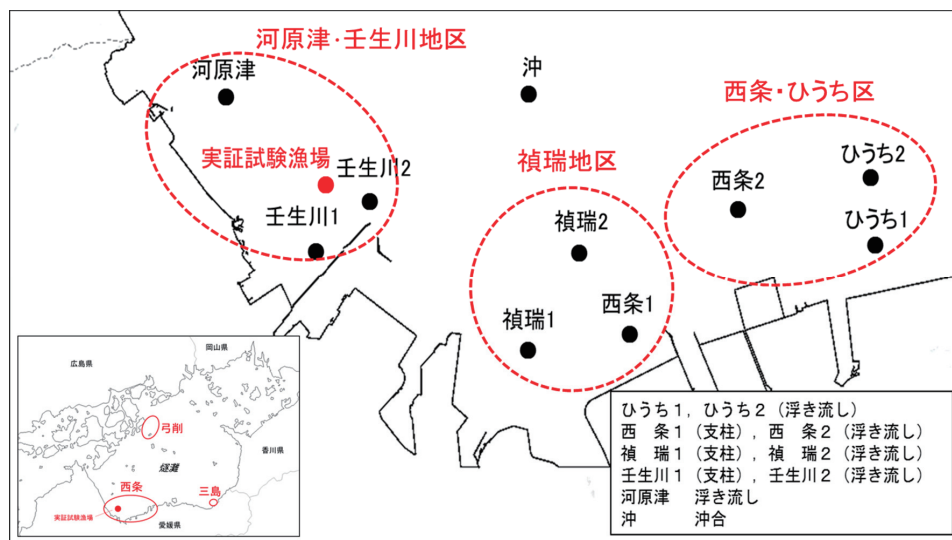


図1 調査定点

* 退職者

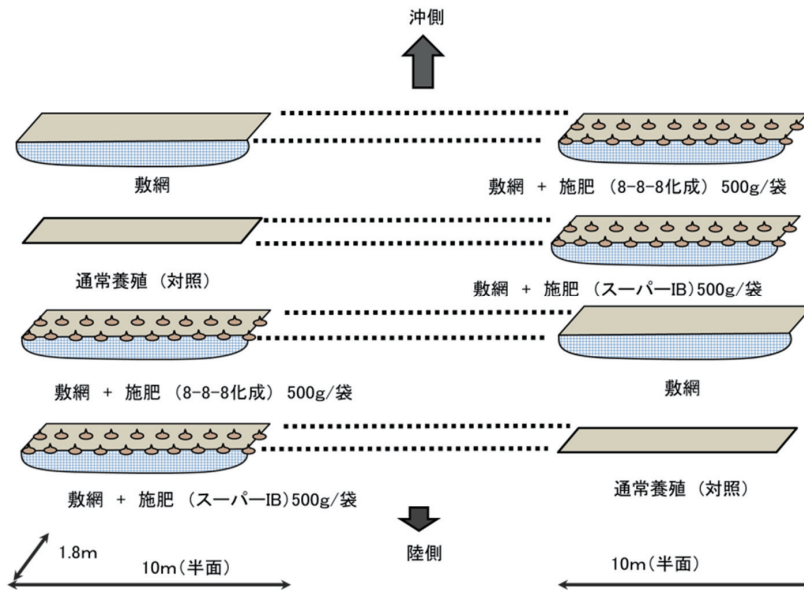


図2 試験区配置図

(2) ノリ食害調査

昨年度の試験において、クロダイ消化管からクロノリが確認され、食害が疑われたため、今年度は2台の水中ビデオカメラを試験漁場の対照区と敷網区に同時に設置し、食害調査をおこなった。撮影は栄養塩添加技術開発試験期間中である平成30年2月2日に実施し、10:30~15:30まで5時間連続撮影をおこなった。

(3) 硝酸塩センサーを用いた漁場栄養塩の連続観測と挙動

西条市壬生川漁協管内の浮き流しノリ養殖漁場における栄養塩の挙動を観測するため、硝酸塩センサー (SALLANTIC社製SUNA V2) を、平成29年12月14日に実証試験漁場に隣接する養殖漁場の水面下0.5mに設置し、1時間ごとの連続観測を開始するとともに、測定値をデータ通信により自動送信した。また、平成30年1月29日から小型メモリー水温塩分計 (JFEアドバンテック社製ACT-HR) を水面下0.5mに設置し10分ごとに連続観測をおこなった。

結 果

1 ノリ養殖漁場モニタリング

11月上旬と中旬は平年と比較して高水温の傾向であったが、11月下旬から概ね平年並みで推移し、2月上旬と中旬は平年を下回った(図3)。昨年と一昨年に見られた漁期中の継続した高水温は今年度みられなかった。

珪藻細胞数は10月上旬に河原津・壬生川地区と西条・ひうち地区で多くみられ、これら地区の栄養塩濃度の低下が確認された。その後、珪藻類の減少とともに、栄養塩濃度は高く推移したが、12月中旬からは全ての地区において*Eucampia zodiacus*が出現し、栄養塩濃度は2月中旬まで低水準で推移した(図4、5、6)。

2 施肥による栄養塩供給技術の実証試験

(1) 栄養塩添加技術開発

各試験区のノリの収穫量を図7に示した。対照区(施肥なし・敷網なし)と施肥なし・敷網あり区を比較すると11.5%の増加が認められたことから、昨年度の試

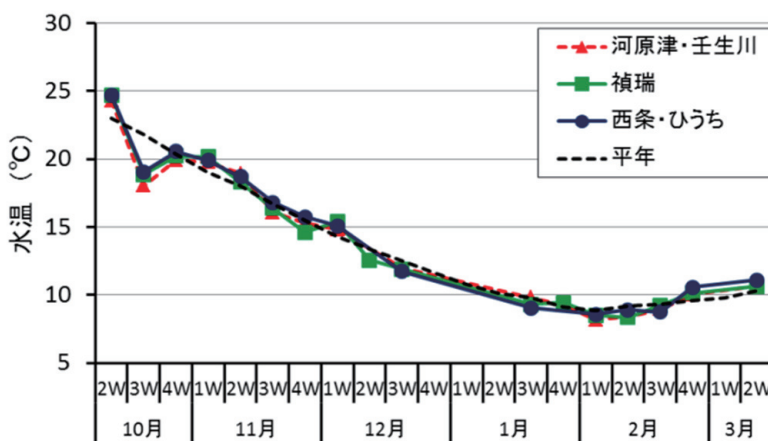


図3 西条地区ノリ養殖漁場の水温の推移 (平成29年度漁期)

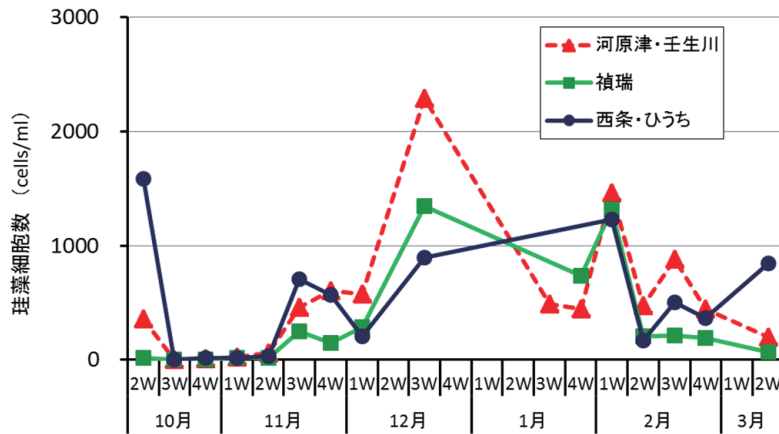


図4 西条地区ノリ養殖漁場の珪藻細胞数の推移 (平成29年度漁期)

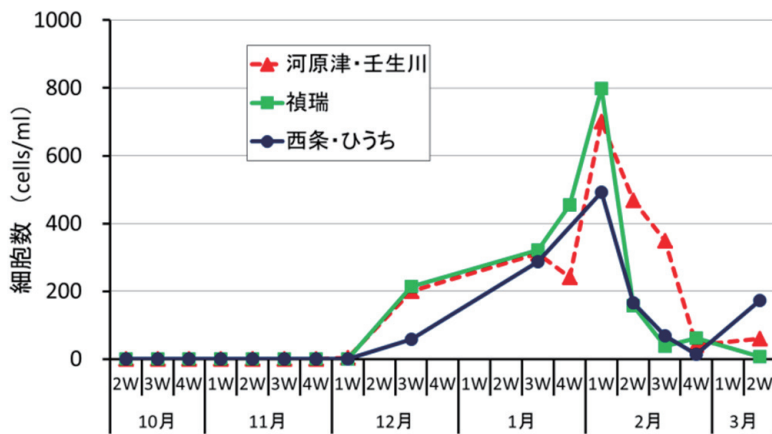


図5 西条地区ノリ養殖漁場のE.zodiacus細胞数の推移 (平成29年度漁期)

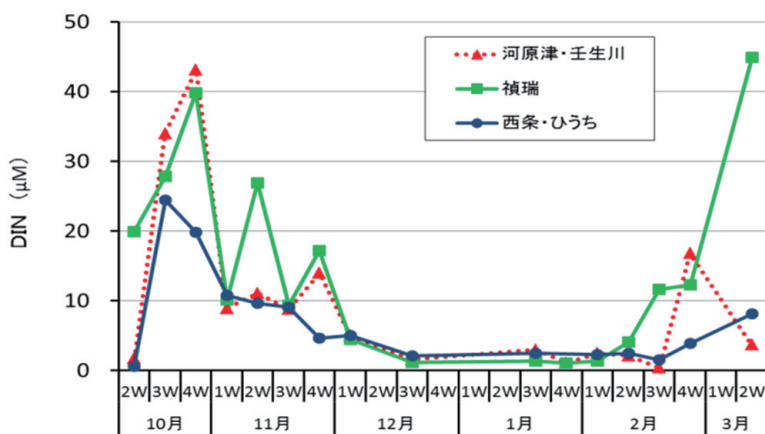


図6 西条地区ノリ養殖漁場の栄養塩濃度の推移 (平成29年度漁期)

験と同様に敷網には食害抑制による増収効果があると考えられた。また、対照区に比較して、8-8-8化成施肥・敷網あり区では21.0%、スーパーIB施肥・敷網あり区では20.2%増加しており、敷網による食害抑制と施肥による添加栄養塩の効果によるものと考えられる。

これらのノリ葉体色調(L*, a*, b*値)を図8に示した。L*値の差は対照区と8-8-8化成施肥・敷網あり区では4.1、対照区とスーパーIB施肥・敷網あり区では3.4であり、施肥による色落ち抑制効果が認められた。また、8-8-8化成施肥・敷網あり区とスーパーIB施肥・敷網あり区の差は0.7であり、肥料種類による差はほとんど認められなかった。

(2) ノリ食害調査

通常養殖である対照区において9尾の群れでクロダイが確認され、そのうち2尾がクロノリをつつく様子が撮影された。昨年度の食害調査では採捕したクロダイの消化管からクロノリが確認されたことから、撮影された2尾のクロダイは養殖クロノリを摂食している

と推察される。一方、同時に設置した敷網区の水中ビデオカメラでは、クロダイの来遊が3回確認されたが、いずれもクロノリをつつくことはなく、ノリ網に向かって頭を上げる様子もみられなかった。これらのことから、ノリ葉体消失の原因の一つとして、クロダイによる食害が考えられ、敷網はそれを防止していると推察された。

(3) 硝酸塩センサーを用いた漁場栄養塩の連続観測と挙動

平成30年2月3、6および7日の水温、塩分と硝酸塩センサーの測定値の変化を図9に示す。3日とも下げ潮時に硝酸塩濃度が上昇し、同時に塩分の低下が認められた。前年度までの調査で、硝酸塩センサーを設置した西条市壬生川漁協浮流しノリ養殖漁場への栄養塩供給には南側に位置する河川水が大きく寄与することが推察されており、今回の調査からも、それを確認することができた。

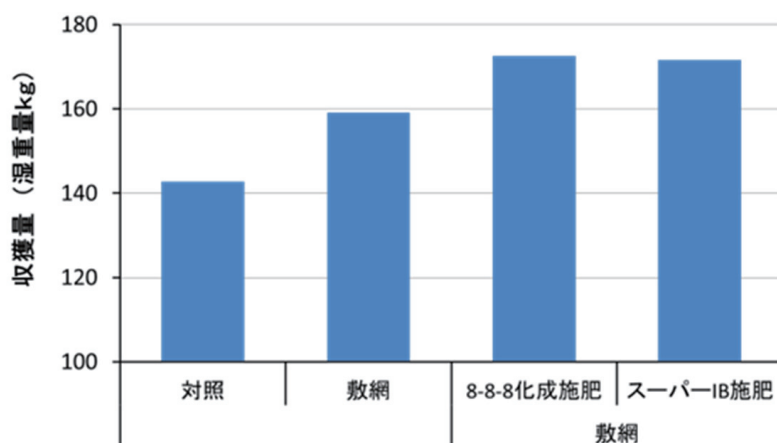


図7 試験区別収穫量

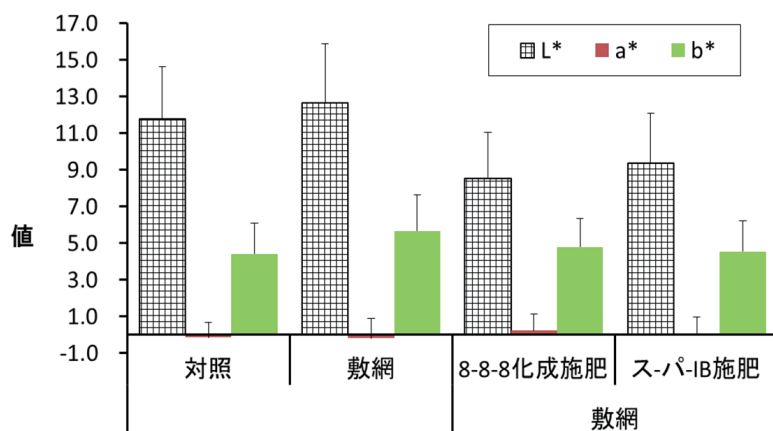


図8 試験区別色調

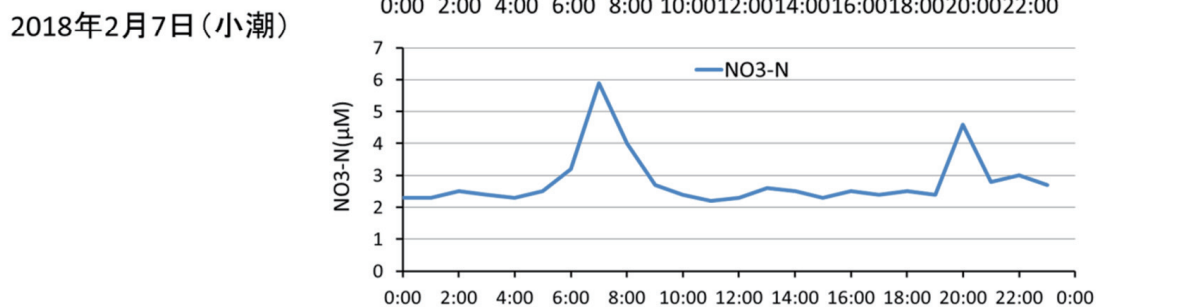
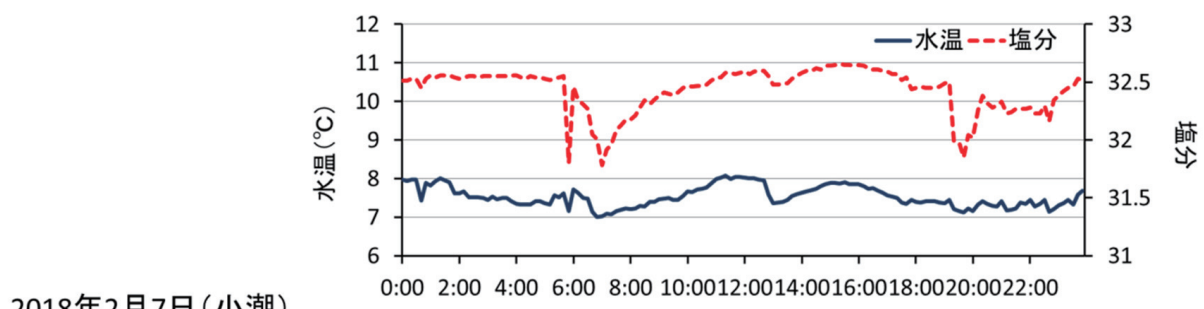
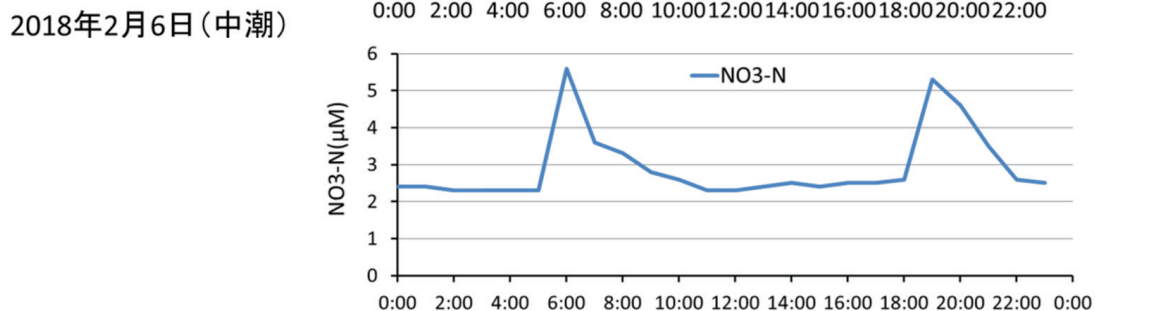
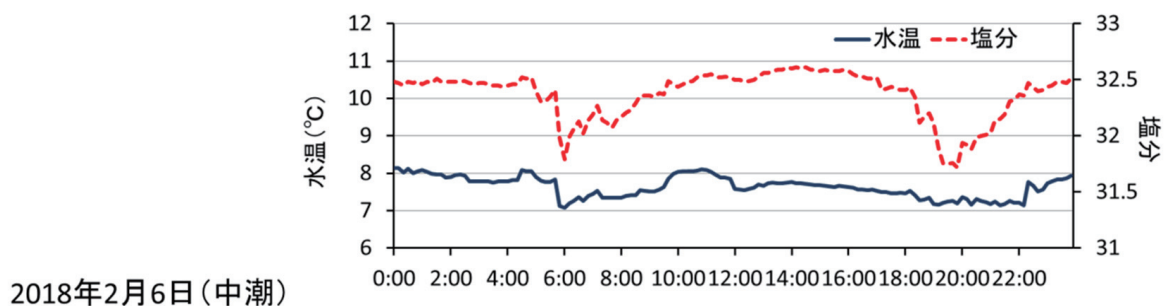
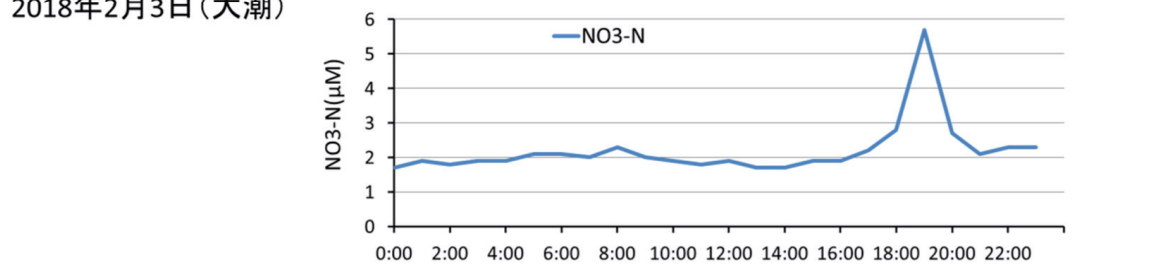
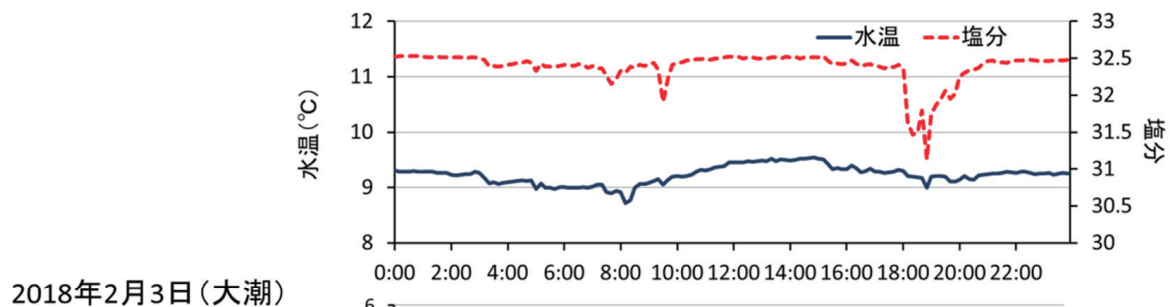


図9 水温、塩分と栄養塩濃度の変化

アオノリ養殖生産安定化試験

喜安 宏能・富士 泰

目 的

燧灘海域のアオノリ養殖は、天然採苗したものを、クロノリ養殖終了後に施設をそのまま使用して生産することができ、単価も高品質ノリに匹敵することから、ノリ養殖業者の貴重な収入源となっている。しかし、その生産量は、ここ数年大きく減少し、漁業者から養殖生産の安定化策を求める強い要望がある。本研究では、自然条件に左右されない、アオノリの人工採苗技術を開発するとともに、最適な養殖開始時期や摘採時期を明らかにすることにより、安定的なアオノリ養殖技術の確立を図ることを目的とする。

方 法

1 人工採苗技術開発

遊走細胞の放出に適した培養条件を検討するため、異なる塩分で人工採苗を実施した。

平成29年4月12日に西条市壬生川の養殖漁場で採取し、70%希釈海水(加圧滅菌した0.6 μ mろ過海水を蒸留水で希釈したもの、以下、同じ)中で、温度5 $^{\circ}$ C、照度約450Lux(常時点灯)の環境下において保存したウスバアオノリを、母藻として実験に供した。温度および照度はグロースキャビネット(三洋電機株式会社製MLR-350)で制御した。

採苗は、平成29年5月10日に実施した。採苗は、湿重量0.5~0.7gの母藻から皮細工用ポンチを用いて、直径1mm円状に細断した藻体片(以下、「円状藻体片」とする)を180枚作成した後、円状藻体片を40 μ m目合いのネット上で15分間、0.6 μ mろ過海水で良く洗浄した。

マルチプレートの各ウェルに海苔糸状体栄養剤(第一製網(株)ノリシード)を規定量(0.5mL/L、以下、同じ)添加した50%希釈海水(17.49psu)、70%希釈海水(24.29psu)および100%海水(34.32psu)を入れ、洗浄後の円状藻体片を1ウェルに2枚、または3枚収容して培

養した。培養温度は20 $^{\circ}$ C、照度は3,000~4,000Lux(明期:暗期=12h:12h)とした。細断後5日目および7日目に、円状藻体片の50%以上の細胞から遊走細胞が放出されて細胞壁だけになったものを「放出」として計数し、藻体片全体に占める放出藻体片の出現率を算出した。温度および照度はグロースキャビネットで制御した。

2 種網保存技術開発

(1) 母藻保存試験

人工採苗に使用する母藻の保存方法を検討するため、ウスバアオノリ(以下「母藻」という)を冷蔵保存した後に人工採苗し、遊走細胞の放出状況を確認した。

供試した母藻は、平成29年5月1日に西条市加茂川河口の養殖漁場で採取したものを使用した。平成29年5月2日から、70%希釈海水で、温度5 $^{\circ}$ C、照度約450Lux(常時点灯)の環境下で保存したのち、平成29年6月23日に、表1のとおり試験区を設定した。保存液量150mLの試験区は、保存容器として300mL三角フラスコを用い、保存液と母藻を入れパラフィルムで密封して保存した。保存液量が少量(2.6~3.4mL)の試験区は、チャック付きポリ袋(8.0cm \times 6.5cm)を用い、保存液と母藻を入れ密封して保存した。保存期間は、冷蔵保存開始から約4ヶ月、6ヶ月、8ヶ月とした。保存期間が終了した母藻から皮細工用ポンチを用いて、直径1mmの円状藻体片を1つの試験区につき60~77枚作成し、40 μ m目合いのネット上で15分間、0.6 μ mろ過海水で良く洗浄した後、海苔糸状体栄養剤を規定量添加した70%希釈海水を入れたマルチウェルプレートに、1ウェルに2~4枚収容した。20 $^{\circ}$ C、照度3,000~4,000Lux(明期:暗期=12h:12h)のグロースキャビネット内で培養7日目に顕微鏡下で観察し、円状藻体片の50%以上の細胞から遊走細胞が放出されて細胞壁だけになったものを「放出」として計数し藻体片全体に占める放出藻体の出現率を算出した。

表1 母藻保存試験における試験区の条件

	保存液	換水	保存液量	照度
試験区 1	70%希釈海水	無	150mL ^{※1}	450Lux(常時点灯)
試験区 2	100%希釈海水	無	150mL	450Lux(常時点灯)
試験区 3	70%希釈海水	有(2ヶ月毎)	150mL	450Lux(常時点灯)
試験区 4	70%希釈海水	無	2.6~3.4mL ^{※2}	450Lux(常時点灯)
試験区 5	70%希釈海水	無	150mL	遮光

※1 保存液に対する藻体の量 約2%

※2 保存液に対する藻体の量 約50%

(2) 種系保存試験

採苗した種系の保存方法を検討するため、平成29年5月24日に人工採苗で作出した種系を5℃で冷蔵保存した後に培養した。人工採苗には、平成29年5月1日に西条市加茂川河口の養殖漁場で採取し、温度15℃、照度約3,000~4,000Lux(明期:暗期=12h:12h)で保存した母藻を使用した。種系は採苗器を投入してから21日後に4cm×4cmに切断したのちに保存した。種系の保存条件は、表2のとおり設定した。保存液量100mLの試験区には、保存容器としてガラス製培養チューブ(φ4.0cm×13.0cm)を用い、保存液と種系を入れパラフィルムで密封して保存した。保存液2.5mLの試験区には、チャック付きポリ袋(12.0cm×8.5cm)を用い、保存液と種系を入れ、密封したものを培養チューブに入れて保存した。すべての培養チューブをアルミ箔で覆って遮光し、保存液は交換しなかった。保存期間は、4ヶ月、6ヶ月、8ヶ月とした。保存期間が終了した種系は、海苔糸状体栄養剤を規定量添加した70%希釈海水を500mL満たした500mL三角フラスコに2本ずつ入れ、水温15℃、照度3,000~4,000Lux(明期:暗期=12h:12h)の環境下で4週間培養して湿重量を測定し、増重量を算出した。試験区ごとに6本の種系を培養し、培養液は1週間毎に交換した。通気はおこなわなかった。温度および照度はグロースキャビネットまたは卓上型人工気象器で制御した。

3 養殖漁場環境モニタリング

図1に示す西条地区のノリ養殖漁場9地点において、毎週1回漁場環境調査を実施し、水温、塩分をAAQ175(JFEアレック社製)で、表層水の栄養塩(DIN(NH4-N、

NO2-N、NO3-N)、P-P)をTRAACS800(BRAN+LUEBBE社製)で分析した。

4 養殖試験

平成29年3月下旬および6月上旬に養殖漁場においてウスバアオノリを採集し、母藻として実験に供した。採苗は、西条市壬生川漁業協同組合のノリ採苗施設内において4月上旬および6月上旬に実施した。100%海水1L当たり、湿重量50gの母藻を加え、家庭用ミキサーで90秒細断を行った。細断した母藻を20μm目合いのネットに受け、10分間ろ過海水で流水洗浄を行った後、100%海水30Lに収容し、エアレーションにより、常時水槽内の水を循環させた。母藻の成熟後、1.5トン水槽を用い、100%海水1.0トンに海苔糸状体栄養剤を0.05%添加し、成熟母藻を収容した。収容後、直ちに養殖網(1.2m×5.0m)を18枚投入し、胞子を付着させた。4月上旬の採苗期間中はボードヒーターを設置して20.0℃に加温し、換水はおこなわず、自然光下で実施した。6月上旬の採苗期間中は温度調整はおこなわず、その他の条件は4月実施時と同様とした。蛍光顕微鏡で出芽を確認した後、得られた種網を5℃、無光条件で冷蔵保存した。4月採苗では成熟母藻収容後、22日間採苗をおこなったが、6月採苗では、付着珪藻類が増殖したため、5日間の採苗とした。冷蔵保存した種網を11月中旬に支柱張り漁場へ設置するとともに、対照として養殖網を漁場へ設置し、天然採苗をおこなった。また、通常養殖方法である12月下旬の天然採苗もおこない、各網について葉長、湿重量、葉体数を計測した。葉長は1節につき長い順に20本を測定し、葉体数は2mm以上に伸長した葉体を計数した。

表2 種系保存試験における試験区の条件

	保存液	保存液量
試験区 1	70%海水	100mL
試験区 2	100%海水	100mL
試験区 3	70%海水	2.5mL

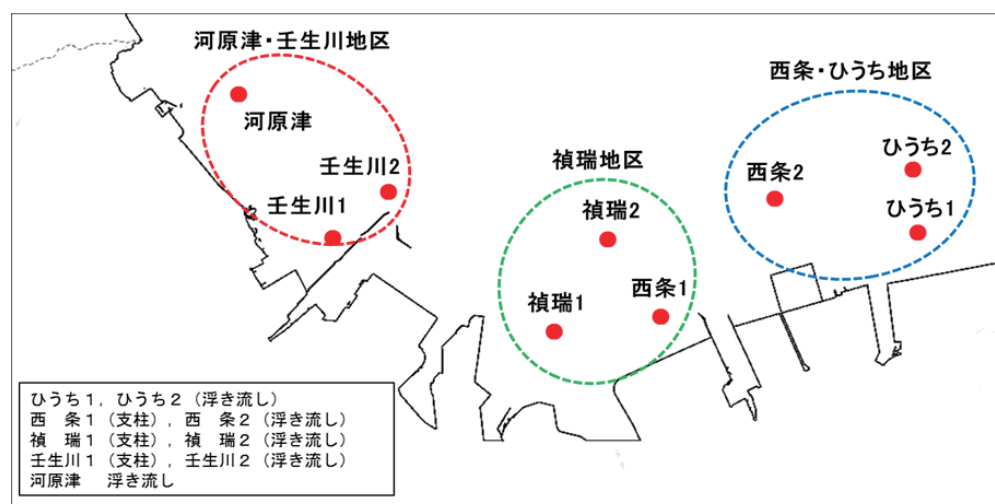


図1 調査定点

結果および考察

1 人工採苗技術開発

試験結果を図2に示す。遊走細胞を放出した円状藻体片の出現率は、5日目、7日目ともに希釈しなかった海水が33.3%、70%希釈海水が30.0~31.7%と同程度であったが、50%希釈海水では20.0%~21.7%と低く、塩分が低い環境下では成熟が抑制されると考えられた。

2 種網保存技術開発

(1) 母藻保存試験

試験結果を図3に示す。試験区1の放出藻体片の出現率は、保存期間6ヶ月で最も高く、最も低かった保存期間8ヶ月と大きな差がみられた。試験区2、試験区3では、保存期間4ヶ月で最も高く6ヶ月が最も低くなり、試験区1.2.3で保存期間ごとの出現率は大きな差がみられた。試験区4では、保存期間4ヶ月と6ヶ月で同程度であったが、8ヶ月では大幅に低下した。試験区5では、保存期間4ヶ月が最も高く、6ヶ月、8ヶ月で低

下したものの、出現率は高かった。このように、保存条件や保存期間と放出藻体片の出現率の間に関係性は確認できなかった。

(2) 種糸保存試験

試験結果を図4に示す。試験区1は、保存期間6ヶ月、8ヶ月、4ヶ月の順に増重量が多く、6ヶ月と4ヶ月の間で有意な差が認められ(Scheffe法、 $p < 0.01$)、試験区2では、保存期間8ヶ月、6ヶ月、4ヶ月の順に増重量が多く、8ヶ月と4ヶ月の間で有意な差が認められた(Scheffe法、 $p < 0.05$)。試験区3は、6ヶ月、4ヶ月、8ヶ月の順で増重量が多かったが有意な差は認められなかった。

同一保存期間における各試験区の増重量を比較すると、保存期間6ヶ月で、試験区3の増重量よりも試験区1の増重量のほうが有意に多かった(Scheffe法、 $p < 0.05$)。

種糸も母藻と同様に、設定した保存条件や保存期間と増重量の間には関係性は確認できなかった。

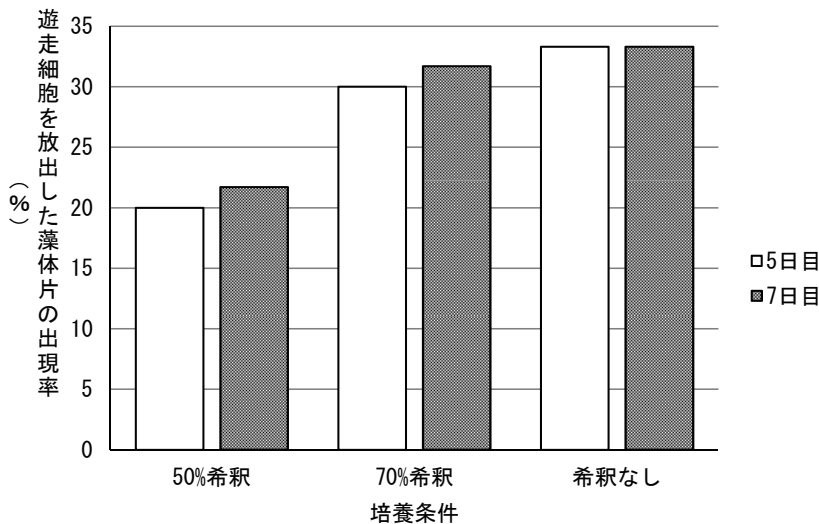


図2 人工採苗試験結果

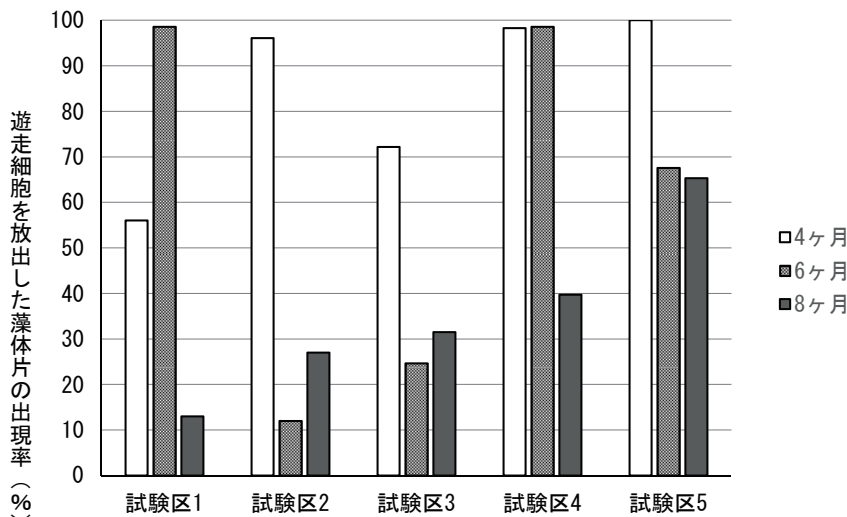


図3 母藻保存試験結果

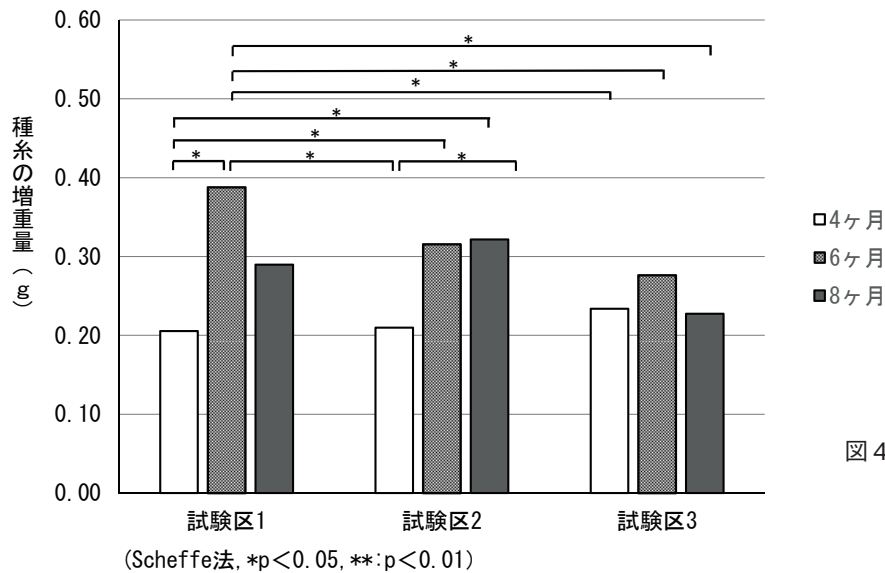


図4 種系保存試験結果
(保存期間を終了した種系を
4週間培養した時の増重量)

3 養殖漁場環境モニタリング

平成29年4月から5月中旬までの水温、塩分、栄養塩観測結果を図5、6、7に示す。水温は3地区とも概ね同様に推移した。栄養塩濃度は4月20日の河原津・壬生川および禎瑞地区で上昇がみられたものの、その他の時期は、いずれの地区も $3\mu\text{M}$ 以下の低い濃度で推移した。また、4月24日は西条・ひうち地区で塩分の低下がみられ、栄養塩の供給源である河川水が波及した

と考えられるが、栄養塩の上昇は認められなかった。これは珪藻類の増殖により、栄養塩が消費されたためと考えられた。

平成29年3月は調査をおこなった全ての地区でアオノリの葉体伸長が鈍く、摘採には至らなかった¹⁾。4月以降も生産量は低調であり、調査結果から、栄養塩の不足が一因であると思われる。

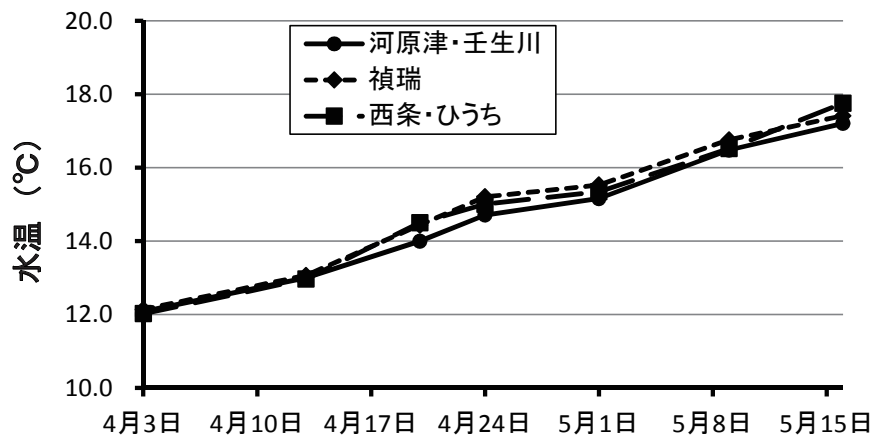


図5 アオノリ養殖漁場
水温の推移

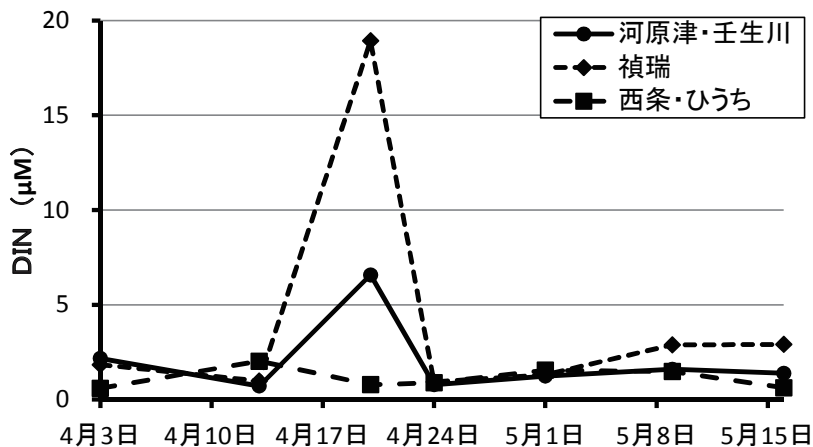


図6 アオノリ養殖漁場
栄養塩濃度の推移

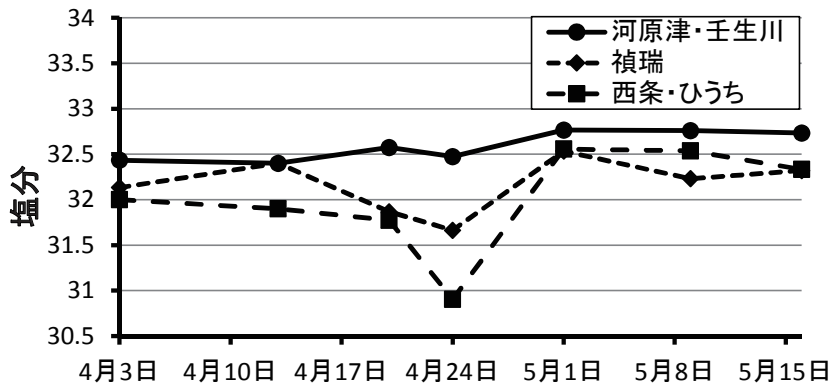


図7 アオノリ養殖漁場塩分の推移

4 養殖試験

平成28年11月上旬に支柱張り漁場へ種網を設置した養殖試験における平成29年4月上旬の葉長、湿重量およびの葉体数の測定結果を表3にまとめて示した。試験方法は平成28年度愛媛県農林水産研究所水産研究センター事業報告に記載の通りである。種網保存区の葉長は11月天然採苗区の2.1倍、12月天然採苗区の1.4倍であり、湿重量はそれぞれ2.4倍および4.1倍であった。また、その葉体数は11月天然採苗区の1.5倍、12月天然採苗区の6.0倍であった。これらの結果から、実用規模において種網の保存が有効であることが判明した。一方、母藻保存区は11月天然採苗区、12月天然採苗区のいずれよりも葉長、湿重量は低い値を示し、葉体数も少なかった。平成28年度の試験結果と併せ、母藻を長期保存することは困難であると考えられた。

平成29年11月中旬に支柱張り漁場へ種網を設置した

養殖試験における平成30年3月下旬の葉長、湿重量および葉体数の測定結果を表4にまとめて示した。人工採苗により種網を作出し、冷蔵保存した4月種網保存区、6月種網保存区ともに、11月天然採苗区および12月天然採苗区それぞれより、葉長、湿重量は高い値を示しており、葉体数も多かった。これらの結果から、人工採苗および種網保存の有効性が再確認された。また、その保存期間は7ヶ月間まで可能であることが判明した。なお、4月種網保存区と6月種網保存区の比較では、6月種網保存区の葉長、湿重量は低い値を示し、葉体数も少なかった。6月の人工採苗では、29.1℃まで水温が上昇し、また、珪藻類が増殖したため、遊走子の放出数および付着数が少なくなったと考えられる。これらのことから、実用規模での屋外での人工採苗実施時期は4月が望ましいと考えられる。

表3 養殖場における天然採苗網と人工採苗網のアオノリの生長

測定項目	試験区			
	11月天然採苗区	12月天然採苗区	母藻保存区	種網保存区
平均葉長(mm) ± S.D.	145 ± 29	210 ± 79	135 ± 20	300 ± 34
湿重量(mg/網地cm)	363	206	141	860
葉体数(個体数/網地cm) ± S.D.*	18.2 ± 3.2	4.5 ± 1.4	9.2 ± 7.7	27.8 ± 5.1

*2mm以上の葉体数

表4 養殖場における天然採苗網と冷蔵保存種網のアオノリの生長

測定項目	試験区			
	11月天然採苗区	12月天然採苗区	4月種網保存区	6月種網保存区
平均葉長(mm) ± S.D.	63.5 ± 12.1	59.6 ± 17.6	102.0 ± 18.6	80.15 ± 10.7
湿重量(mg/網地cm)	82	65	467	193
葉体数(個体数/網地cm) ± S.D.*	31.6 ± 23.1	38.5 ± 18.6	69.4 ± 27.7	52.9 ± 40.0

*2mm以上の葉体数

総 括

本試験では、平成27年度から今年度まで、人工採苗技術開発、種網保存技術開発、養殖漁場環境モニタリング、養殖試験をおこなった。各試験・調査で得られた知見は、以下のとおりである。

1 人工採苗技術開発

本県西条市産のウスバアオノリを細断し、細断片を洗浄することで遊走細胞が放出することを確認した。効率良く採苗をおこなうには、光が必要であり、温度は10～20℃が適当であった。また、塩分が低い環境下では成熟が抑制されると考えられた。

2 種網保存技術開発

(1) 母藻保存試験

母藻は、5℃で最長8ヶ月間は保存できることが確認できたが、保存液の塩分や量、換水の有無、光の有無といった保存条件や保存期間と放出藻体片の出現率の間に関係性は確認できなかった。しかし、同一試験区でも、平成28年度と平成29年度で遊走細胞の放出状況が大きく異なることから、冷蔵保存した母藻を用いた人工採苗を安定的に実施するためには、多くの母藻を使用し放出される遊走細胞を確保する必要があると考えられた。

(2) 種系保存試験

種系についても母藻と同様に、5℃で最長8ヶ月間は保存できることが確認できた。また、一部の試験区に増重量の有意な差が認められたものの、保存に光が必要ではなく保存液量も少量でよいことから、母藻を冷蔵保存して人工採苗をおこなうよりも、人工採苗後の種系(=種網)を冷蔵保存する方が効率がよいと考えられた。

3 養殖漁場環境モニタリング

(1) 漁場環境調査

平成29年3月から5月までのアオノリ漁期中において3 μ M以下の低い栄養塩濃度が確認された。同時期のアオノリの葉体伸長は鈍く、摘採に至らなかった漁場もみられ、栄養塩の不足が一因であると推察される。

(2) 漁場栄養塩挙動調査

西条市壬生川浮流し養殖漁場における硝酸塩センサー

(SALLANTIC社製SUNA V2)による調査において、硝酸塩濃度は下げ塩時に上昇する傾向が認められた。また、塩分の低下時に硝酸塩濃度が上昇し、同時に水温が低下する傾向が認められことから、当該養殖漁場の栄養塩は南側に位置する河川水由来であり、主に引き潮時に河川水が波及していると考えられた。

4 養殖試験

小規模実証試験において、水槽の設置場所による比較では、屋内水槽は胞子付着数が少なく、育苗中も藻体の生長が見られなかった。屋外に設置した水槽は、建物の東側に設置した水槽の方が西側に設置した水槽よりも成績が良い傾向がみられ、採苗には朝日の当たる場所が有効であることが確認された。

実用規模での保存方法を検討するためにおこなった母藻保存区と種網保存区の比較においては、母藻保存区の母藻の一部に腐敗が見られ、採苗、育苗後の収量は低い値を示した。母藻の長期保存には光が必要であり、藻体が重ならないようにしなければならないため、大量の母藻を長期保存することは困難であると考えられた。一方、種網保存区は育苗後の収量が増大し、有効性が確認された。また、その保存期間は7ヶ月間まで可能であること、屋外での人工採苗時期は4月が適していることが判明した。

ま と め

本事業では、本県で養殖されるアオノリの人工採苗、種網保存条件を把握し、実用可能な人工採苗技術、種網保存技術を確立した。一方、漁場環境モニタリングでは、栄養塩濃度の低位での推移が確認され、アオノリ伸長不良の一因と考えられたことから、今後はデータを蓄積するとともに、低栄養塩環境への対策を検討する必要がある。

参 考 文 献

- 1) 喜安宏能・富士泰：アオノリ養殖生産安定化試験。平成28年度愛媛県農林水産研究所水産研究センター事業報告、2018;134-140。

サメを用いた高機能抗体作製技術開発

(AMED創薬等ライフサイエンス研究支援基盤事業)

成田 公義*

目 的

サメを用いることにより従来の技術では困難であった抗体が作製できたり、大きさがこれまでの約10分の1と小さく優れた特性を持つ抗体(ナノボディ)を作製できることが知られており、創薬や臨床検査における課題を解決できることが期待されているが、サメの捕獲や飼育環境が整っておらず研究は進んでいなかった。愛媛県では、ドチザメ科のサメ(ドチザメ、エイラクブカ、シロザメ、ホシザメ)が豊富に入手でき、栽培資源研究所では長期飼育の実績があるほか、愛媛大学ではコムギ無細胞タンパク質合成系をはじめとするタンパク質研究が盛んであることから、両者が共同研究することによりサメナノボディ抗体の技術開発や事業化が見込まれ、新たな水産資源の活用により漁家所得の向上につながることを期待される。

愛媛大学と栽培資源研究所のこれまでの共同研究により、ドチザメ科のサメを用いた飼育、採血、免疫条件および抗体評価法についての基礎的な技術が確立されている。そこで本研究では、実用化に向けた技術開発を目的に、愛媛大学で開発されたコムギ無細胞タンパク質合成系を用いた抗原の生産技術を用いて、ドチザメ科のサメを対象に、事業化に向けた飼育技術の高度化およびサメナノボディ抗体の作製技術を開発する。

方 法

1 免疫試験用サメの飼育管理技術開発

ドチザメ科サメ(ドチザメ、エイラクブカ、シロザメ、ホシザメ)は、北条市漁協(底曳き網漁)および長浜町漁協(底曳き網漁、定置網漁)から入手し、事前の免疫試験で最も成績が良かったエイラクブカを主体に供試した。水槽は10t FRP製レースウェイ水槽または10tコンクリート製八角水槽を使用し、ろ過海水掛け流しで飼育した。入手後少なくとも1ヶ月程度は陸上水槽への馴致飼育

期間とし、初期へい死がなくなり、配合飼料への餌付けが確認できた後に免疫試験に供した。給餌は、配合飼料(EP)または冷凍エビを1回/日、投餌した。なお、冬期の水温低下時にへい死が増加したため、11月下旬から飼育水の加温(設定温度16.5℃)をおこなった。

免疫試験は、6月28日~9月6日、10月18日~1月10日、2月21日~(試験継続中)の計3回、愛媛大学が用意した各種抗原を筋肉に接種した(表1)。通常2週間毎に、6週までは免疫および採血(1ml程度)、その後は採血だけをおこなった。最終回は全採血をおこなった後、脾臓を摘出し分析用サンプルとした。免疫および採血は、500ppm 2-フェノキシエタノール海水に浸漬し、麻酔をかけた後におこなった。また、免疫中にへい死またはへい死直前のサメについては、全採血と脾臓摘出をおこない、愛媛大学へサンプル提供した。なお、免疫処理したサメは個体識別のため、背鰭にイラストマー蛍光タグを使用した。

結 果

1 免疫試験用サメの飼育管理技術開発

免疫1回目は、免疫開始時の体重が 327 ± 40 g、免疫終了時の平均体重が 483 ± 90 gと、水温上昇期であったこともあり約150gの体重増加が見られた。一方、免疫2回目では、1回目よりもサイズが大型であったが、それぞれ 548 ± 119 g、 537 ± 141 gと水温下降時のためか平均体重は減少した。免疫1回目は、試験中のサクリフェイスを除き4尾のへい死が見られたが(へい死率24%)、2回目は11尾(同41%)とへい死が増加した。このうち6尾は11月23~24日の急激な海水温の低下時にへい死したため、直ちに水温維持のため加温をおこない、緩やかに水温を下降させ16.5℃で維持した。その後のへい死は見られなかったことから、エイラクブカは急激な水温の低下には注意が必要であることが示唆された。

表1 免疫試験に供したドチザメ科サメ

免疫日	全長 (mm)	体重 (g)	尾数	エイラクブカ	ホシザメ
2017/6/28	499±20	327±40	21	21	0
2017/10/18	543±35	548±119	27	26	1
2018/2/21	455±18	250±40	9	9	0

* 現 農林水産部水産局漁政課