

環境創造型漁業推進事業

里海を創出する環境対応型黒ノリ養殖技術開発（Ⅰ）

岩出将英・羽生和弘・林茂幸

目的

本事業では、三重県における黒ノリ養殖の生産性の向上と経営の安定化を目的とし、①三重県が開発した高水温耐性品種「みえのあかり」の現場普及および環境対応型の新品種の作出②高品質な黒ノリ葉体の摘採回数が増える技術の開発を行う。

方法

①三重県が開発した高水温耐性品種「みえのあかり」の現場普及および環境対応型の新品種の作出

①-1 「みえのあかり」現場実証試験の実施

平成25年2月28日に伊曾島漁協の黒ノリ種苗施設内にある大型培養水槽においてカキ殻18,800枚に「みえのあかり」フリー糸状体を移植し育成を行った。カキ殻糸状体は9月下旬より生産者あて出荷した。一部の地区を除き一般品種との混合採苗によって養殖網を作製した。

①-2 環境対応型新品種の作出

昨年度までに作出した低比重耐性候補株S1（未純系）から室内選抜によって新たに作出した株（S1-a、S1-b）についてスサビノリ基準品種（U51）を対照とした特性評価を実施した。特性評価方法は、水産物の原産地判別手法等の技術開発委託事業による低塩分耐性の品種特性評価（福岡県水技センター）の方法を用いた。

②高品質な黒ノリ葉体の摘採回数が増える技術の開発 小規模野外試験の実施

小規模野外試験には、鈴鹿地区の短期冷凍（育苗後に病害防止や水温低下待ちのために実施する一時入庫）網4枚を用いた。冷凍状態のノリ網を高濃度に調製した海水に一定時間浸漬を行い（高塩分処理）、そのまま漁場へと張り込みを行った漁場を高塩分処理区とした。また、十分距離の離れた漁場のノリ網4枚を対照区とした。なお、両試験区に用いたノリ網は、同一日に同一品種で採苗されたものを用いた。養殖開始後、7日後に高塩分処理区と対照区においてノリ網のサンプリングを行った。500mL枝付フラスコにそれぞれ両区のノリ網を3cmずつにカットしたものと5cmのビニロン単糸を10本ずつ投入し、24時間後のビニロン単糸に付着した単胞子数（個/cm）について蛍光顕微鏡を用いて調べた。

結果および考察

①-1 「みえのあかり」現場実証試験の実施

「みえのあかり」現場実証試験は、桑名・鈴鹿・松阪・伊勢・鳥羽地区において26経営体の協力を得て行った（県全体の20%程度）。各経営体につき、養殖に使用する網数の1割程度に「みえのあかり」を使用した。今漁期は、10月上旬に襲来した台風26・27号の影響により県内全域でノリ養殖開始が大幅に遅れたため、十分に水温が低下した海況下での張り込みとなったため、「みえのあかり」の高水温耐性能に関するデータの収集には至らなかったが、生産者からは、「みえのあかり」を用いた養殖網の収量、品質は漁期通じて概ね良好であったとの評価を得た。昨年度漁期までに「みえのあかり」のみで板ノリ製品を共販に出荷することで「みえのあかり」の市場性についても一般品種に比べて優れていることが明らかとなっていることから（図1）、本事業で実施してきた県内生産者を対象とした「みえのあかり」の普及については、一定の効果が確認されたと考えられるが、生産者からはその他の環境対応型の新品種の作出についても要望が強いため、さらなる環境対応型の新品種の作出が急がれる。

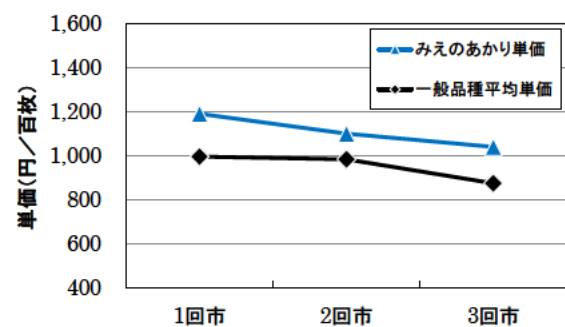


図1. 「みえのあかり」の単価の推移

①-2 環境対応型新品種の作出

低比重耐性候補株S1（未純系）から室内選抜によって新たに作出した株の低塩分耐性に関する相対値は、S1-aが97、S1-bが104となり、低塩分耐性についてS1-aは「やや強い」、S1-bは「強い」という階級区分に当てはまることが分かった。この結果より、新たに作出

した S1-a,S1-b は低塩分について一定の耐性を有することが室内培養試験において示唆された。特に低塩分耐性が優れた S1-b を低比重耐性候補品種と位置付け、次漁期において野外養殖試験を実施することとした。

②高品質な黒ノリ葉体の摘採回数が増える技術の開発 小規模野外試験の実施

昨年度までの成果において、ノリ葉体からの効率的な単胞子の放出を誘導させるための高塩分処理に関する好適条件について知見を得ている。今回、実際の漁場において本技術を用いたところ、1週間後の高塩分処理区では、対照区と比べて有意に単胞子が放出されていることが分かった(図2)。葉体から単胞子を効果的に放出させるための高塩分処理条件について、漁場においてもその有効性が確認されたものの品質向上に関する評価には至っていない。そのため、来漁期では、摘採回数ごとの葉体品質調査等をもとに評価手法についても検討が必要である。

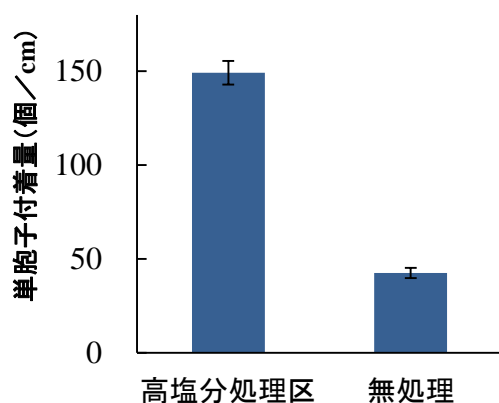


図2. 小規模野外養殖試験における単胞子放出量
グラフ上のバーは標準誤差

「みえのあかり」は、水産植物として本県で初めて品種登録された(登録日:平成25年3月25日)。今後、伊勢湾で黒ノリ養殖を継続していくためには、養殖海況の変化に順応した養殖技術の開発に加え、環境・漁場対応型品種の作出が必要である。

関連報文

漁場環境・水産資源持続的利用型技術開発事業のうち
「水産物の原産地判別手法等の技術開発委託事業」(室内培養試験による評価手法の開発)総括報告書

岩出将英 (2012)平成24年度三重県水産研究所 事業報告

環境創造型漁業推進事業

里海を創出する環境対応型黒ノリ養殖技術開発（Ⅱ）

黒ノリ養殖支援

岩出将英・林茂幸・羽生和弘

目的

三重県の黒ノリ養殖生産の安定化を図るため、生産者に対して養殖環境についての情報提供や病害等の対策を指導するなど、きめ細かな対応が求められている。黒ノリ養殖漁期中において、ノリ漁場栄養塩調査およびプランクトン調査を実施し、その結果を迅速に生産者へ発信するとともに、その後の対応策等についての情報を提供した。

方法

1. 今漁期の気象の特徴について

気温、降水量、日照時間については、津地方気象台発表のデータ(1981~2010)を用いた。

2. 今漁期の海況の特徴および養殖経過について

水温については、三重県水産研究所 鈴鹿水産研究室が実施している午前 10 時における鈴鹿市白子港の水温測定データを用いた。また、黒ノリ漁期中の栄養塩濃度の推移、プランクトンの発生状況については、鈴鹿水産研究室が実施している伊勢湾 20 主漁場における水質分析データを用いた。

3. 共販結果について

三重県漁業協同組合連合会発表の共販結果データを用いた。

4. ノリ芽検診・病害診断等の養殖指導

漁期中において生産者から送付、持ち込みされたノリ網や葉体サンプルについてノリ芽検診及び病害診断等の養殖管理にかかる指導支援を実施した。

結果

1. 今漁期の気象の特徴

表 1 に平成 25 年 9 月から翌年 2 月までと平年（昭和 56 年から平成 22 年）の気象（気温・降水量・日照時間）について示した。気温は、9 月中旬から 11 月上旬にかけて平年より 0.7~3.9℃高めで推移した。その後は、11 月中旬から翌年 2 月中旬にかけて概ね平年並みから低めで推移した。降水量は、台風 18 号（9 月 15~16 日）、26 号（10 月 15~17 日）、27 号（10 月 26~27 日）の影響により、9、10 月はかなり多めとなり、その後は、概ね平年

並み~やや多めで推移した。日照時間は、11 月中旬から 1 月下旬にかけて顕著に多めで推移した。

表 1. 平成 25 年度月別観測平均値と平年値

(津地方気象台)

津	気温(°C)		降水量(mm)		日照時間(h)	
	本年	平年	本年	平年	本年	平年
9月	24.7	24.0	248.0	273.1	211.7	156.1
10月	20.3	18.3	306.5	150.7	145.9	164.8
11月	12.3	12.7	34.5	83.5	178.8	160.1
12月	7.5	7.8	48.0	38.5	174.7	173.0
1月	5.2	5.3	34.5	43.9	193.7	163.2
2月	5.5	5.6	71.0	59.0	143.3	157.0

2. 今漁期の海況の特徴

図 1 に今漁期の水温、栄養塩量(DIN)と珪藻プランクトン発生量(桑名地区を除いた伊勢湾漁場の発生最高密度)の推移について示した。水温は、9 月中旬から 10 月中旬にかけて平年(平成 15 年~24 年度漁期)に比べて 0.3~3.0℃高めで推移したが、11 月以降は概ね平年に比べて低めで推移した。栄養塩量は、10 月上旬~中旬にかけてスケレトネマ属を優占種とした小型珪藻プランクトンが比較的高い密度(最高密度 7,500 cells/mL)で発生したことにより減少したが、台風 26・27 号による大雨の影響で一時的に DIN 濃度が 280 μ g/L 程度まで回復した。1 月中旬から 2 月上旬、さらに 2 月下旬から 3 月中旬にかけて再びスケレトネマ属を優占種とする赤潮が形成されたため(最高密度 49,800 cells/mL)、急激な DIN 濃度の減少が見られた。

3. ノリ養殖経過

三重県における陸上採苗は、桑名地区を先頭に 9 月 20 日から順次開始され、1 週間程度で概ね順調に終了した。9 月中下旬は、移動性高気圧に覆われた晴天の日が続き気温が高く日照時間もかなり多くなったため、9 月 30 日から急な水温上昇が観測された。加えて 10 月に入ってから台風 26・27 号の影響もあったため、大幅に育苗開始が遅れ、概ね 10 月 26 日から開始された。一時的に低栄養状態となった漁場も見られたが、育苗期としてはそれほど影響の出るレベルまで栄養塩濃度が低下しなかったこ

とや水温降下も比較的順調であったため、全県的に健全度の高い種網を確保できた。病害予防や珪藻等の駆除のための一時的な短期冷凍入庫が11月20日から25日ごろにかけて行われた後、段階的に単張りが開始された。

年内生産は、概ね12月中旬以降から摘採が開始されたが、時期を同じくして広範囲の漁場でディチルム属やリゾソレニア属の比較的大型の珪藻プランクトンが発生したため栄養塩量の低下がみられ、色落ちの発生した漁場もあった。12月中旬から1月にかけては強い冬型の気圧配置となる日が多く、断続的な降雨と強風によって栄養塩量の回復が見られると共に葉体の色調も回復したが、水温が平年より0.1℃から2.0℃低く推移したため、葉体の伸長が鈍化した。年明け生産期では、1月中旬にかけて高気圧に覆われる日が多かったため、顕著に多照となり全県的に葉体の伸長も回復し網あたりの生産枚数も十分に増加して本格的な生産が行われた。しかし、1月下旬に伊勢湾北部～南部（鈴鹿市～伊勢市）、伊勢湾口（鳥羽市）でスケルトネマ属を優占種とする赤潮が発生したため広範囲の漁場で色落ちが発生し、2月上旬まで続いた。その後はまとまった降雨に恵まれ一時的に栄養塩が回復し色落ちが解消したものの、3月上旬から中旬にかけて再びスケルトネマ属による色落ちが発生した。漁期終盤では下物単価が安定して推移したことが生産意欲の持続につながり、3月いっぱいまで生産が継続された。

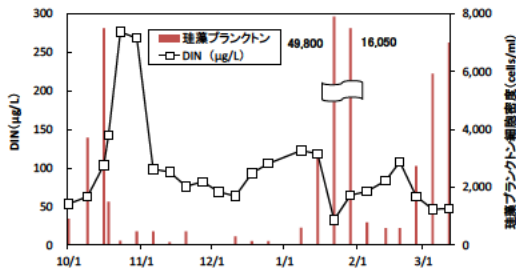
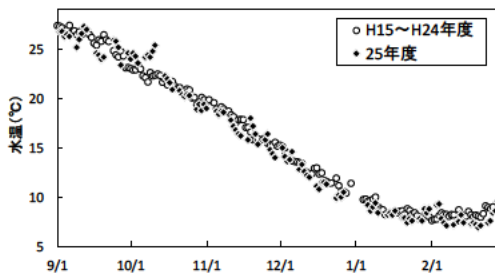


図1. 今漁期の海況(上:水温の推移,下:栄養塩(DIN)量と珪藻プランクトン発生量の推移)

4. 共販結果

年内生産量は、生産枚数1,300万枚(前年度比73%)、

生産金額1億1,700万円(前年度比59%)であった。漁期開始の遅れによる年内生産期間の短縮が生産量の大幅な減少の主な原因として考えられる。三重県における年内生産量は、過去最低となった。

平成25年度漁期の共販は、全9回開催され、生産枚数2億2千万枚(前年度比93%)、生産金額18億3千万円(前年度比105%)であった。平均単価は、8.36円(前年度比113%)であった。共販夕回別の生産枚数と平均単価について図2に示した。昨漁期に比べて7回汐以降の出荷枚数が大幅に増えたことに加え平均単価も堅調に推移したため、年内生産の不作分を取り戻すことが出来た。

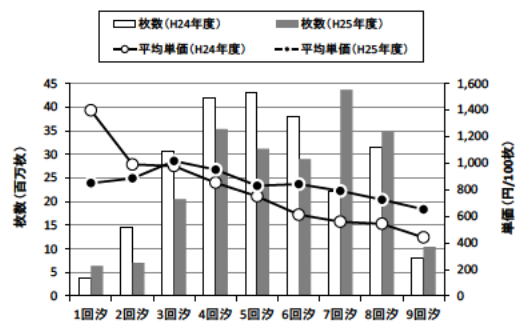


図2. 汐回別生産枚数と単価の推移

4. ノリ芽検診・病害診断等の養殖指導

漁期中において県内漁場の栄養塩動向調査およびプランクトン発生調査を合計24回実施し生産者および関係部署あて情報提供を行った。また、ノリ芽検診を143件、病害診断を50件実施し養殖管理にかかる指導支援を実施した。

温暖化に適応した黒ノリ養殖品種の開発

岩出将英・林茂幸・羽生和弘・柿沼誠*
 (*三重大学大学院 生物資源学研究所)

目的

近年における海水温の上昇は、ノリ養殖初期にあたる採苗、育苗および秋芽網生産に大きな影響を与えることから生産量や品質の低下が懸念されている。このため、全国のノリ生産県では、高水温耐性品種の作出が急務となっている。そこで三重県水産研究所では、高水温耐性ノリ新品種「みえのあかり」（以下、MET11）を開発した。本事業では、MET11 とスサビノリ基準品種（以下、U51）を高水温条件下において培養し生長や形態を指標とした特性評価試験を行うことで MET11 の高水温に対する特性を明らかにすることを目的とした。

方法

水温以外の培養条件は、光周期が明期 11 時間：暗期 13 時間、光合成光量子密度が $60 \mu \text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ 、培地は天然海水を用いた 1/2SWM-III 改変培地とした。両品種について採苗を行った後、水温 18°C で 6 時間程度の通気培養を行い、培養試験を行うまで -20°C で保存した。採苗した MET11 および U51 を水温 17°C で日齢 0 日より日齢 21 日まで培養した後 27°C で 24 時間培養（高水温暴露）し、17°C に戻して 13 日間回復培養した。回復培養後における葉状体上の単位面積当たりの多層化発生箇所数（箇所/mm²）を計測することで短期的高水温耐性について評価した。試験は 3 反復行った。

結果および考察

高水温暴露後の多層化発生箇所数は、U51 葉状体で 10.4 箇所/mm²、MET11 葉状体で 2.1 箇所/mm²であった（表 1）。なお、高水温暴露後、4 日～7 日後に両葉状体に多層化が確認された。回復培養後の U51 葉状体では、多層化発生箇所どうしが癒着しシワが生じたが、MET11 葉状体では癒着は観察されず生長にも顕著な違いが現れた（図 1）。前年度までに実施した特性評価試験では、MET11 が長期的高水温に対する耐性を有することが明らかとなっている。これまで実施してきた U51 葉状体を比較対照とした室内培養試験により MET11 葉状体は長期的高水温のみならず短期的高水温に対しても高水温障害（多層化）に対する耐性と高生長を示すことが明らかとなった。また、MET11 葉状体の長期的高水温耐性能は採

苗後から生長初期の生長特性と関係していることが示唆された（表 2）。

実際のノリ漁場での高水温障害は、多層化以外にも生長性の悪化や芽落ち等が指摘されている。本事業では、長期的・短期的な高水温ストレス試験や生長性に関する試験を実施することにより、これまで高水温耐性・適応能の評価指標とされていた「多層化」に加え、生長や形態についても評価指標の一つとなりうることが示唆された。

表 1. 高水温暴露後の多層化発生箇所数

	多層化発生箇所数（箇所/mm ² ）	
	U-51	MET11
反復(1)	10.5	1.9
反復(2)	10.4	2.2
反復(3)	10.3	2.1
平均	10.4	2.1

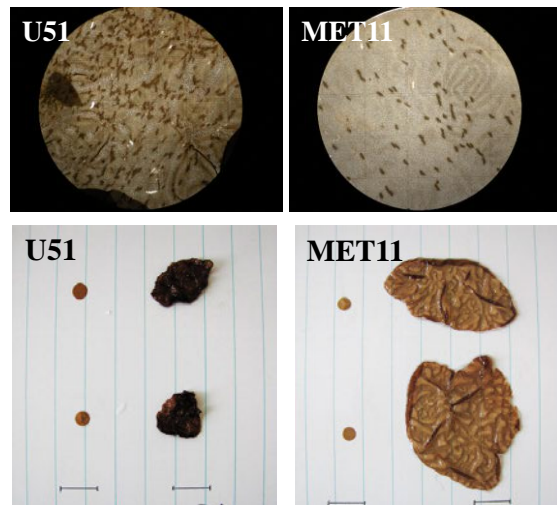


図 1. 上：回復培養直後の葉状体
 下：高水温暴露後に φ3mm のディスクに打ち抜き 17°C で 13 日間回復培養した葉状体

表 2. 高水温（24°C）から培養を開始し、3.5 日で 0.5°C ずつ水温を降下させながら培養したときの生長

試験品種	細胞分裂数		葉長	
	4日後	7日後(μ m)	14日後(mm)	21日後(mm)
U51	4.08 ± 0.21	156.9 ± 9.90	1.87 ± 0.07	7.24 ± 0.46
MET11	8.81 ± 0.40	252.6 ± 11.4	3.61 ± 0.14	11.78 ± 0.68

アサクサノリ養殖品種の作出

岩出将英・林茂幸・羽生和弘

目的

三重県の黒ノリ養殖業は、高齢化や生産者価格の低迷、経営コストの高騰などにより衰退の一途をたどっている。そのため、黒ノリ養殖業の再建に向けて生産者の経営基盤の改善や収益性の向上を図り、経営の安定化に資する取組を行う必要がある。その方策のひとつとして他県製品との差別化を図り、競争力のある三重県産黒ノリ製品を生産できる新しい養殖生産体制の構築が挙げられる。そこで付加価値のある製品を作出するため、県内漁場において絶滅危惧種であるアサクサノリ (*Pyropia tenera*) の養殖を試みる。本年度は、採取した野生アサクサノリから室内選抜育種によって作出したアサクサノリ養殖候補株を用いて小規模アサクサノリ試験養殖を実施した。

方法

1. アサクサノリ養殖候補株の作出

三重県宮川河口域において自生していた野生アサクサノリ葉状体から自家受精によって得たフリー糸状体をカキ殻へ移植後、スサビノリと同様の方法で室内採苗を行った。葉長 2~5 cm まで培養した後、生長や葉形が良好であった葉状体を視覚的に選抜することで1次選抜を行った。1次選抜された葉状体から単孢子採苗を行った後、葉齢 20 日で 3 cm 以上に生長し、形態異常のない葉状体について視覚的に葉形を指標（広葉系および細葉系）に選抜することで2次選抜を行った。

2. 小規模アサクサノリ試験養殖

作出したアサクサノリ養殖候補株のフリー糸状体を大量培養し、カキ殻 5,000 枚に移植させることでカキ殻糸状体を作製した。採苗までのカキ殻糸状体の維持管理は、伊曾島漁協種苗センターで行った。また、試験養殖に用いる養殖網への採苗は、伊曾島漁協所有の陸上採苗施設において実施した。試験養殖には、3 地区（桑名・松阪・伊勢）11 名の生産者が参加した。

3. アサクサノリ品質検査と共販結果

製造された生産者毎の板ノリ製品を用いて Niwa ら (2006) の方法をもとに PCR-PFLP 法による遺伝子検査を実施した。試料には、板ノリ 1 枚から 5mm 四方に切り取った 5 片を用いた（重量 0.05~0.08g）。

結果および考察

1. アサクサノリ養殖候補株の作出

2次選抜によって全 23 株のアサクサノリ養殖候補株を得た（細葉系 18 株、広葉系 5 株）。試験養殖には、

候補株の中から比較的生長が良く、葉形が細葉で成熟しにくかった株を用いることとした。

2. アサクサノリ小規模養殖試験

平成 25 年 9 月 28 日に伊曾島漁協の陸上採苗施設において試験養殖に用いるノリ網 329 枚にアサクサノリの採苗を行った。昨年度までに実施したアサクサノリ幼芽期の特性把握試験によって、アサクサノリ養殖の開始水温については、スサビノリ種に比べ 3~4℃程度低い海況から開始することが適しているという知見を得ている。試験養殖地区では、10 月下旬ごろ（水温 18.8~19.2℃）から育苗が開始された。育苗後のアサクサノリは、漁場への単張り展開後、12 月中旬以降になっても葉長数 cm 程度しか生長せず、スサビノリ種に比べてかなり遅い生長を示した。松阪・伊勢地区では、スサビノリ種が本格的な摘採が開始されてもアサクサノリの伸長が見られなかったことからやむなく養殖を中断することとなった。一方、桑名地区では、12 月下旬からアサクサノリの顕著な伸長が確認され、摘採可能サイズとなったことでアサクサノリ板ノリを製造することができた。桑名地区では、摘採までに 50 日以上の日数が必要となった。

3. アサクサノリ品質検査と共販結果

生産者が製造したすべての板ノリからアサクサノリの遺伝子に加えスサビノリの遺伝子も検出された。これは、隣接するスサビノリ漁場のスサビノリ単孢子に由来するものと考えられる。

製造されたアサクサノリ板ノリを第 4 回共販（平成 26 年 1 月 24 日）に出品したところ、平均価格 5,327 円/100 枚（最高値 8,000 円/100 枚）で落札され、他品種（スサビノリ）の平均 940 円/100 枚に比べて高評価を得た。

アサクサノリは、通常ノリ養殖に用いられるスサビノリ (*Pyropia yezoensis*) に比べて環境適応能力が低いため、現在のノリ養殖に用いる品種には馴染まないとされているが、今後は伊勢湾海域におけるアサクサノリの養殖方法を確立するための室内培養試験による知見の収集および品質向上のための養殖適地の選定等の検討が必要である。

関連報文

Niwa K. Identification of currently cultivated *Porphyra* species by PCR-PFLP analysis. Fish.Sci.2006;72:143-148

地域特産化をめざした二枚貝垂下養殖システムの開発 静穏域におけるアサリ天然採苗技術と垂下養殖技術

農林水産技術会議：農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業 実用技術開発ステージ

水野知巳・日向野純也¹⁾・藤岡義三¹⁾・長谷川夏樹¹⁾・石樋 由香¹⁾
・浅尾大輔²⁾・光永吉久³⁾・山口恵⁴⁾・南勝人⁵⁾・森田和秀⁵⁾

1) (独) 水産総合研究センター増養殖研究所, 2) 鳥羽磯部漁業協同組合浦村アサリ研究会,
3) 三重外湾漁業協同組合五ヶ所湾アサリ研究会, 4) (株) ケアシエル, 5) 伊勢農林水産事務所

目的

静穏海域において、アサリ稚貝の採苗に適した着底基質の設置場所を把握するとともに、静穏域におけるアサリの垂下養殖に適した水深と収容密度を把握する。

方法

1. 静穏域におけるアサリ天然採苗技術

平成 24 年 10 月中旬～11 月上旬に、鳥羽市地先 3 ヶ所と南伊勢町地先 11 ヶ所とに (図 1)、カキ殻固形物 (ケアシエル) と砂利 (合計 4kg) を網袋 (30×45 cm) に詰め、着底基質を設置した (図 2)。基質のケアシエル割合は 25%、網袋の目合は 1 分 (3 mm 角), 1.2 分 (3.6 mm 角), 1.5 分 (4 mm 角) とした。

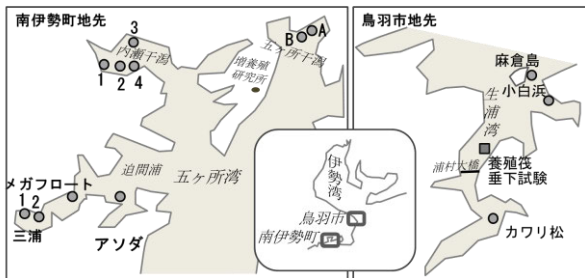


図 1. 試験実施場所 (右側：採苗試験と垂下試験を実施した鳥羽市の生浦湾, 左側：採苗試験を実施した南伊勢町の五ヶ所湾)

鳥羽市の小白浜は翌年春には着底基質内に稚貝が確認できたが、南伊勢町の五ヶ所干潟では冬季の波浪により着底基質が散逸し稚貝の確認ができなかったため、25 年 5 月に海底面と着底基質の底面に隙間が出来ないように着底基質を再設置した。

2. いかだ式アサリ垂下養殖技術の開発

平成 24 年 10 月に、静穏域 (鳥羽市地先浦村地区) のいかだから、砂利とケアシエル (容量各 2.5L) を 5 cm の厚さに敷いたプラスチック製コンテナ (内寸 45.4 × 31.0 × 11.5cm) を垂下し、天然採苗したアサリ種貝をその中に収容した (図 3)。試験区は、収容密度別 (0.5, 1,

1.5kg, 水深 2m), 垂下水深別 (水深 1, 2, 3, 4m, 収容密度 0.5kg) とした。



図 2. 着底基質 (網袋にケアシエルと砂利を収容) の積み込み (上段) と海岸への設置風景 (下段)



図 3. アサリ稚貝のコンテナへの収容 (上段) とコンテナを垂下した筏 (下段)

結果

1. 静穏域におけるアサリ天然採苗技術

鳥羽市地先の浦村地区では、麻倉島で着底基質が散逸し、小白浜のみで収穫を行った。南伊勢町では、内瀬地区や迫間地区では採苗できず、稚貝を収穫できたのは五ヶ所干潟のみであった。

五ヶ所干潟と小白浜の25年度冬季の採苗結果を表1に示した。その結果、着底基質当たりの平均採苗数は、五ヶ所干潟で120個/袋(1604個/m²)、小白浜で214個/袋(2847個/m²)であったが、平均重量・殻長は五ヶ所干潟の方が大きかった。

表1. 着底基質の目合別の採苗結果(鳥羽市・南伊勢町)

小白浜(鳥羽市)										
網袋目合い	着底基質設置区								対照区	
	1分		1.2分		1.5分		平均		/袋	/m ²
アサリ収量(個数)	175	2327	199	2658	267	3557	214	2847		
アサリ収量(g)	312	4165	382	5091	505	6730	400	5329	0	0
平均重量(g)	1.8		2.0		1.9		1.9		—	
平均殻長(mm)	20.7		20.8		21.2		20.9		—	
アサリ死貝(個数)	76	1016	147	1956	130	1733	118	1568	3	37

五ヶ所干潟(南伊勢町)										
網袋目合い	着底基質設置区								対照区	
	1分		1.2分		1.5分		平均		/袋	/m ²
アサリ収量(個数)	138	1836	145	1928	79	1048	120	1604		
アサリ収量(g)	356	4749	375	4999	281	3741	337	4496	0	0
平均重量(g)	2.7		2.6		3.3		2.9		—	
平均殻長(mm)	23.7		22.9		24.3		23.6		—	
アサリ死貝(個数)	39	519	32	428	20	263	30	403	1	17

図4に示した着底基質のアサリ稚貝の殻長組成によれば、26年(2014年)1月に鳥羽市小白浜で採苗された稚貝は、25年(2013年)2月よりも密度が顕著に増加しているため、24年(2012年)秋季に着底したものではなく、25年の春季以降に着底したものが主体であると考えられた。

一方、前述したように南伊勢町の五ヶ所干潟でも、冬季にはまったく採苗されなかったことから、冬季は波浪による散逸が大きく、採苗に不向きであることが示唆されることから、冬季波浪の強い海岸では、採苗時期は春季から秋季に行うのが望ましいと考えられた。

目合いと採苗数については、五ヶ所干潟の着底基質は五ヶ所川や底質の影響を受けて個体数の変動が大きかったため、小白浜と比較すると、1.5分が収量(個数・重量)に優れた。目合いが大きいほうが、付着物も少なく保守管理にも有利と考えられる(図4)。

底基質の網袋内のアサリ収量は、採苗基質1袋当たり600g付近までは個体数と比例関係にあるものの、採苗基質1袋当たり800gを超えると個体数が増加しても収量は頭打ちになる(図3)。したがって、採苗基質1袋あたり800g程度に稚貝が育った時点が取り上げの大まかな目安と考えられた(図5)。

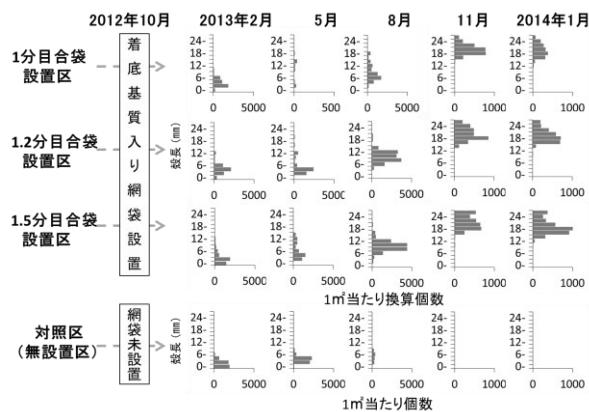


図4. 採苗袋の目合別のアサリ殻長組成(鳥羽市)

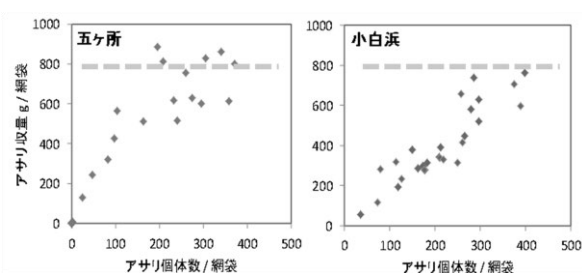


図5. 採苗袋別の採苗個数と重量(鳥羽市・南伊勢町)

2. いかだ式アサリ垂下養殖技術の開発

飼育期間中の表層水温は9.3℃(2月)~23.9℃(7月)で推移し、表層クロロフィルは0.76μg(3月)~2.88(7月)で推移した。クロロフィル値は、季節変動が大きいものの、水深が深いほど高かった(図6)。

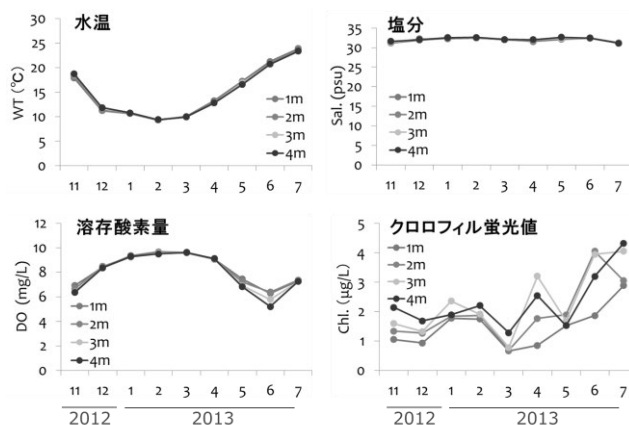


図6. 垂下養殖試験区域での水質の季節変動

アサリ稚貝のコンテナへの収容密度別の飼育試験では、図7に示すとおり、0.5kg, 1.0kg, 1.5kg収容区で個体重量は開始時からそれぞれ3.9, 3.2, 2.7g増加し2.09, 1.91, 1.77倍に、殻長はそれぞれ5.6, 4.4, 3.5mm増加した。

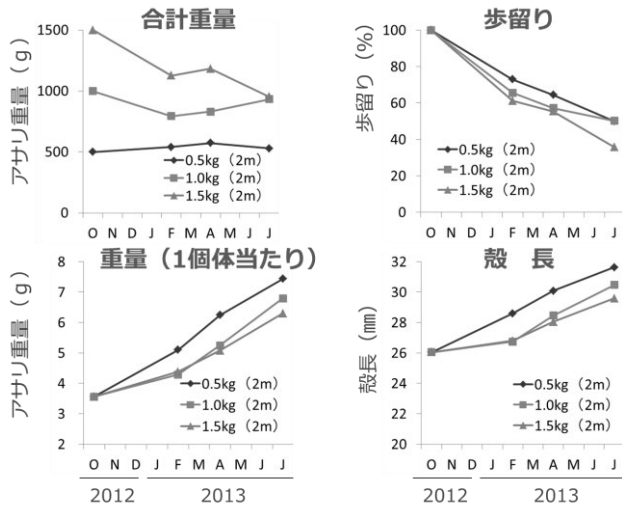


図7. アサリ稚貝のコンテナへの収容密度別の歩留りと成長（鳥羽市）

一方、コンテナの水深別試験では図8に示すとおり、水深1m, 2m, 3m, 4m区で個体重量は開始時からそれぞれ4.2, 4.4, 4.7, 5.7g増加して2.90, 3.01, 3.16, 3.61倍に、殻長はそれぞれ7.6, 8.0, 8.3, 9.4mm増加した。

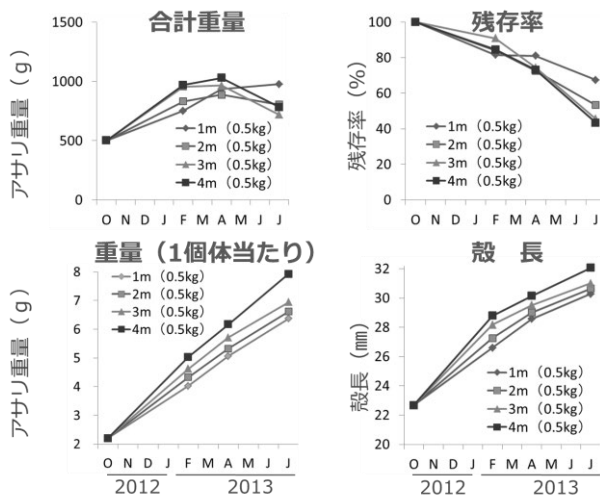


図8. アサリ稚貝を収容した垂下コンテナの水深別の歩留りおよび成長（鳥羽市）

これらのことから、垂下養殖では、コンテナに収容するアサリの密度が低いほど成長が良いこと（殻長： $R^2=0.53$ ，重量： $R^2=0.60$ ），コンテナの垂下水深が深いほど成長が良いこと（殻長： $R^2=0.69$ ，重量： $R^2=0.62$ ），干潟域では成長が停滞する冬季にも良好な成長がみられることが明らかになった。飼育期間中の水深別のクロロフィル蛍光値の平均は、1m, 2m, 3m, 4m層でそれぞれ、1.5, 2.0, 2.3, 2.3 $\mu\text{g/L}$ と深場で高かったことから、餌料とアサリの成長との対応が示唆された（殻長： $R^2=0.53$ ，重量： $R^2=0.49$ ）。特に冬季には、その傾向が顕著で

あった（図9, 図10）。

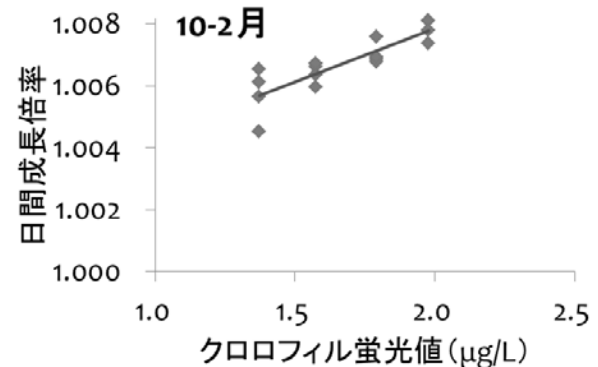


図9. アサリ稚貝を収容した垂下コンテナのクロロフィル蛍光値と日間成長倍率（重量）

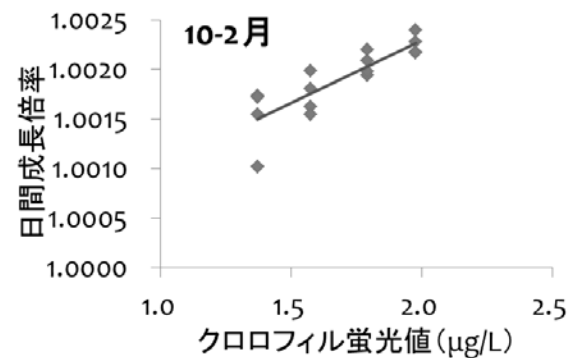


図10. アサリ稚貝を収容した垂下コンテナのクロロフィル蛍光値と日間成長倍率（殻長）

今後の課題

1. 静穏域におけるアサリ天然採苗技術

南伊勢町の設置区では、天然稚貝の発生不調と波浪による採苗器の動揺により24年度の秋季発生稚貝が全く採苗できなかったため、採苗袋の設置方法に問題があったと判断し、基質が安定するように再設置した結果、アサリの天然採苗に成功した。26年度は、これまでに静穏域の多様な海浜に設置した採苗器を散逸や埋没に留意しながら管理し、場所別、ケアシェル比率別、網袋目合別の採苗数や稚貝の成長を評価する必要がある。

2. いかだ式アサリ垂下養殖技術の開発

船舶の通航時にアサリを収容しているコンテナが振動し、一部のアサリが脱落した可能性があることから、アサリの脱落等の対策を施した容器や蓋の改善が必要である。本年度の研究結果によれば、水深が深いほど、収容密度が低いほど成長の良いことが明らかになったことから、平成26年度は静穏域の餌料プランクトンの豊富な湾奥海域でアサリ稚貝の垂下養殖試験を実施し、水深別および収容密度別の養殖収量の再検討が必要である。

アサリ資源回復モデルの開発と実証

羽生和弘・水野知巳・国分秀樹

目的

伊勢湾の重要な水産資源であるアサリの漁獲量は、近年減少傾向にある。また、伊勢湾のアサリ主要漁場では、大量発生した稚貝が漁獲前に大量死亡する事例が確認されており、その保全と有効利用に期待が寄せられている。本事業では、稚貝の成長・生残に好適な海域を探索するとともに、そこへの稚貝の移植により漁獲量が増加することを実証する。

本事業は水産庁委託事業であり、水産総合研究センター（水産工学研究所、増養殖研究所）、愛知県水産試験場、三重大学および民間会社と共同で実施した。本県は移植作業の基礎資料を得るため、アサリの分布状況を調査した。

方法

5月および11月に、三重県鈴鹿地区、香良洲地区（雲出川河口）、松阪地区（三渡川および榑田川の河口）、明和地区、伊勢地区（宮川および五十鈴川の河口）でアサリの分布状況を調査した。調査地点の配分は、昨年度調査の結果に基づいて、推定値の変動係数を可能な限り小さくするよう、各水深帯に配分した。各調査点での採泥回数は2回とした。また、松阪地区については、7月、9月、11月にも調査を実施した。

結果および考察

稚貝密度の高い水深帯は、香良洲地区、松阪地区、明和地区および伊勢地区では水深-2~2m、鈴鹿地区では水深0~-7mであった。5月と11月の間で稚貝密度を比較したところ、香良洲地区、松阪地区の榑田川河口、伊勢地区では5月の方が高く、鈴鹿地区、松阪地区の三渡川河口では11月の方が高かった。松阪地区の2ヶ月に1回の調査より、稚貝密度が5月の方が高かった榑田川河口では秋季に稚貝が大量消失することが明らかとなった（図1）。一方、11月の方が高かった三渡川河口では夏季に稚貝が大量発生し、秋季に減耗するものの、高い密度で生残することが明らかとなった（図1）。

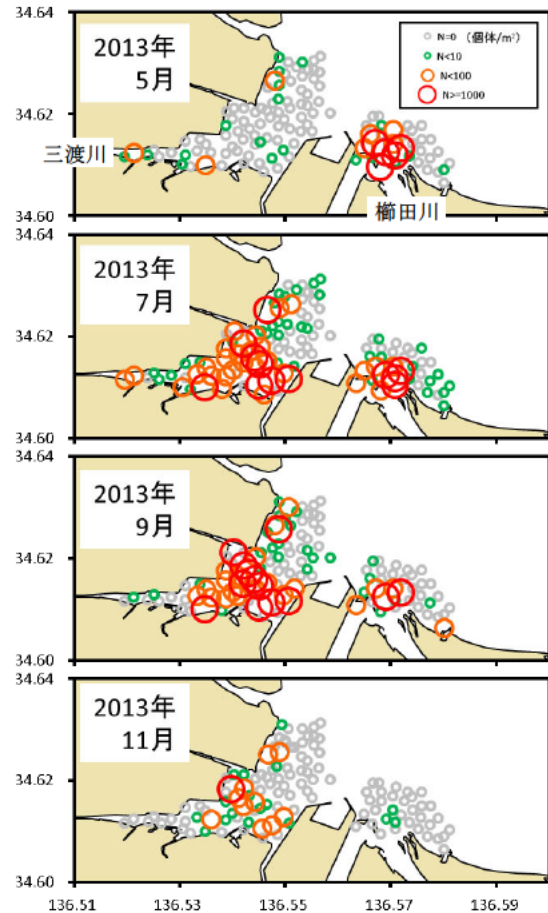


図1. 松阪地区における稚貝密度

過去2年間の調査より、鈴鹿地区の深い水深帯の稚貝密度は年変動が大きいことが明らかとなった。稚貝密度と溶存酸素量（三重県浅海定線観測による）との対応関係を検討したところ、この地区の深い水深帯における稚貝密度は、貧酸素水塊（3mg/L以下）に暴露されるかどうかで規定されていると考えられた。

アサリ資源再生漁場モデル構築事業

着底基質を用いて回収したアサリ稚貝の中間育成手法の検討

国分秀樹・水野知巳・羽生和弘

目的

アサリの資源再生産サイクルを構築するため、着底基質を用いたアサリ稚貝の収集とその後のアサリ育成管理手法を漁業者と共に構築する。今年度は、伊勢湾内2カ所に設置したアサリ着底促進基質におけるアサリの着底状況を把握し、回収したアサリの漁獲までの育成手法について検討を行う。

方法

着底基質の設置場所の概要を図1に示す。2012年12月と2013年2月に伊勢湾内2カ所(今一色, 村松)の干潟域に設置した。設置個数は今一色に5kg入りを600袋, 村松は10kg入りを1300袋設置した(図1)。設置場所は、昨年度までの研究成果で得られた、適正な設置場所(DL+0.5m以上)を選定し設置した。上記の着底基質を設置した2カ所について、基質内に定着したアサリ稚貝の調査を定期的を実施した。採集したアサリについては、個体数, 殻長, 湿重量を計測した。

回収したアサリ稚貝を漁獲サイズ(35mm)まで育成させるため、①成貝の生残率のより場所への放流(村松はアサリ稚貝を袋に入れた放流)と、②陸上水槽を活用した中間育成, ③垂下養殖の3種の手法について生残率と成長率の検討を行った。



図1 着底基質設置場所と調査地点

1. アサリ着底基質(ケアシエル)への着底状況

両海域に設置した着底基質内に着底した、アサリの個体数と殻長の変化を図2に示した。設置後両海域共にアサリが定着し、設置後1年の平均個体密度として、今一色で1234個/袋, 村松で1885個/袋になり、平均殻長でそれぞれ、23.3mm, 24.4mmとなった。殻長組成を確認すると、2つの年級群のアサリが定着していることが確

認できた。

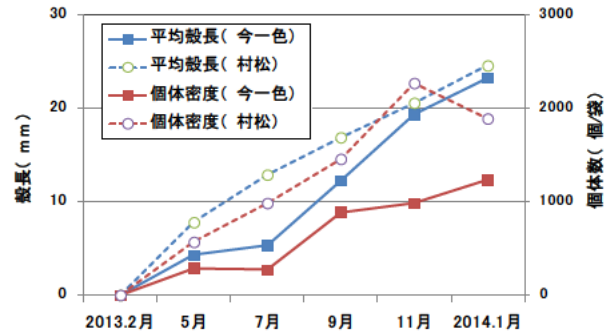


図2 着底基質内のアサリの定着状況

2. 着底基質に定着したアサリの中間育成試験

今一色および村松における、①放流(村松はアサリ稚貝を袋に入れた放流)、②陸上水槽、③垂下養殖の3種の方法での中間育成手法の結果を図3に示した。放流試験の結果、10ヶ月後の生残率は村松では、71.3%であるのに対し、今一色では22.1%であり、袋に入れて放流した村松のほうが高くなった。これは、波浪等による散逸や食害などの影響が網袋により軽減されたことが推測された。また、陸上水槽における育成試験の結果、2ヶ月後の生残率は今一色で0%、村松で6.2%と3つの試験中最も低い値となった。これは、陸上水槽で用いた海水中の低クロロフィルa量が影響していることが考えられた。図4に両陸上水槽における水質の特徴を示した。村松で活用した陸上水槽は、地下水を使用しているため、また、今一色の陸上水槽では河川水を取水しているため、クロロフィルa量が周辺一般海域と比較して低く、アサリ稚貝の成長が阻害され、死亡してしまったことが考えられた。これは、図3に示した、殻長の変化からも推測できる結果となった。さらに垂下養殖試験の結果は、生残率、成長率共に最も高く、10ヶ月後の生残率は今一色で65.3%、村松で84.7%、殻長は、今一色で33.2mm, 33.8mmであった。これは、クロロフィルa量の高い水層にアサリ稚貝を設置することができることと、比較的静穏な湾奥部や漁港内に垂下していることが要因として考えられた。

以上より、着底基質を用いて回収したアサリ稚貝の漁獲までの中間育成手法として、垂下養殖が生残率と成長共

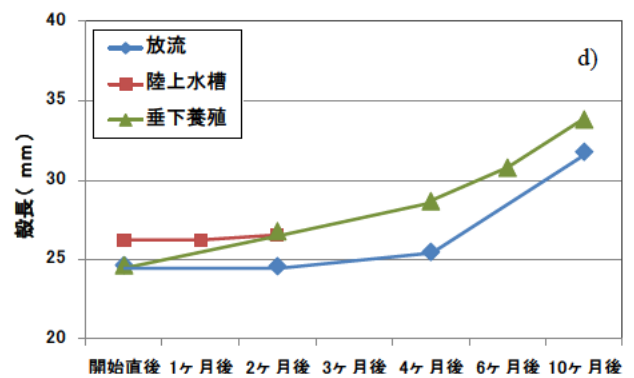
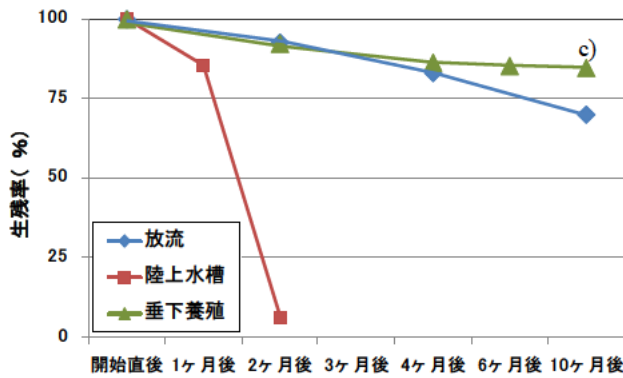
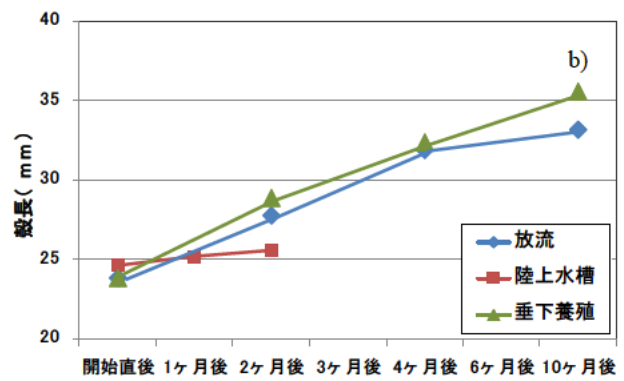
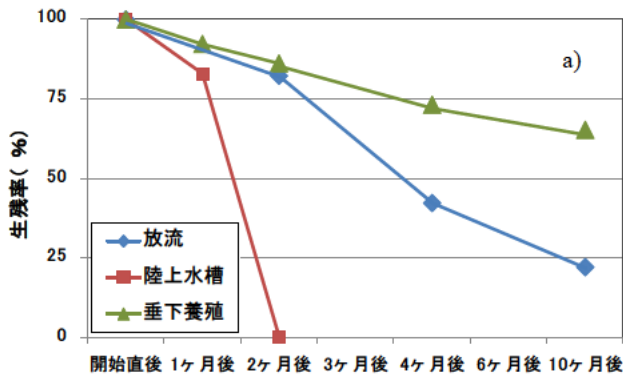


図3 今一色、村松両海域における、アサリ稚貝の中間育成試験の結果 (a) 今一色生残率, b) 今一色殻長, c) 村松生残率, d) 村松殻長)

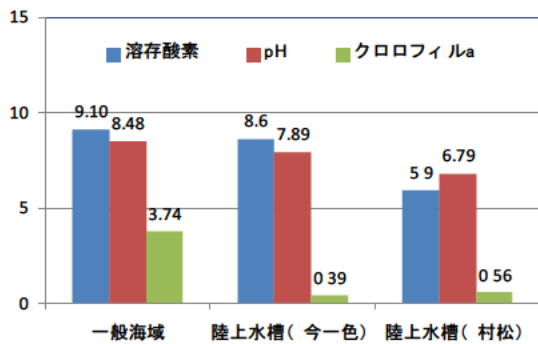


図4 陸上水槽における水質の特徴

に最も効率が良い手法であることが明らかになった。ただし、伊勢湾内で垂下養殖を行うには、新規免許取得をはじめ、波浪等の影響を回避できる静穏域の確保が困難であること等、大規模に実施するためにはいくつかの問題がある。このため、今後は上記の結果をもとに、漁業者とともに、各地先で最も効率的な手法の検討が必要である。

水産基盤整備のためのアサリの産卵調査

羽生和弘・水野知巳・国分秀樹

目的

伊勢湾では1990年代からアサリの漁獲量が激減しており、資源回復には、資源管理、漁場改善、母貝場整備といった対策が必要と考えられている。母貝場については、資源回復効果の高い海域での整備が重要であり、そのためには、伊勢湾におけるアサリの成熟・産卵状況と環境条件との対応関係が明らかとなっている必要がある。

伊勢湾の湾奥では毎年夏季に植物プランクトンが大量発生する。一般にアサリの成熟・産卵には餌料環境が大きな影響を及ぼすため、植物プランクトンの発生状況が異なる湾奥とそれ以外とでは、アサリの成熟・産卵状況も大きく異なる可能性がある。本研究では、母貝場整備に適した海域を推定するため、伊勢湾内の複数の漁場において、アサリの成熟・産卵状況を調べ、植物プランクトン量との対応関係を検討した。

方法

2013年4～11月の間に毎月1回、鈴鹿、松阪、伊勢の潮間帯でアサリ(殻長10～50mm)を100個体ずつ採集し、殻長、軟体部重量を測定した。また、軟体部の組織切片を作製して生殖腺を光学顕微鏡下で観察し、雌雄および成熟状況を個体ごとに判定した。軟体部重量については、殻長の自然対数値を説明変数、軟体部重量の自然対数値を目的変数とする回帰直線を海域ごと月ごとに求め、殻長30mmにおける軟体部重量を算出した。成熟状況については、雌のみを解析対象とし、個体ごとに次のいずれかに区分した。未成熟期、成長期、成熟期、放出初期、放出後期、退行期。この区分に基づいて雌の総個体数に対する成熟期の個体数の割合を算出した。ただし、未成熟期については雌雄が判別できなかったため、性比を1:1と仮定して、未成熟期の個体数の2分の1を雌の未成熟期の個体数とした。また、殻長20mm未満の個体については、20mm以上と比べて未成熟期の個体数の割合が大きかったため、解析対象から除外した。

植物プランクトン量の指標には、水産研究所が毎月実施している浅海定線観測の水深2mのクロロフィルを使用した。観測日前後の伊勢湾における表層クロロフィルの衛星画像(JAXA)より、クロロフィルが同等レベルの定点を目視でグループ分けし、定点4、5、6

の平均値を湾奥(鈴鹿)の値、定点9、13、16、Bの平均値を湾口(松阪、伊勢)の値とした。

結果

成熟期の個体数割合が50%を超えた月(ピーク)は、鈴鹿では4～5月と10月に認められたが、松阪と伊勢では3～5月しか認められなかった。

4～11月の間における成熟期の個体数割合の減少幅が最大の月は、鈴鹿と伊勢が5月、松阪が6月であった。この時期の生殖腺標本を観察したところ、多くの個体において、卵の放出痕が認められた。

湾奥の鈴鹿では、秋季の成熟個体の出現ピークの2か月前となる8月に軟体部重量の最大値が認められた。また、湾奥におけるクロロフィルの最大値も8月であった。一方、湾口ではクロロフィルの最大値は8月に認められず、軟体部重量の最大値および成熟個体の出現ピークは秋季に認められなかった。

考察

伊勢湾のアサリ資源は秋産まれに支えられていると考えられている。しかし、2013年の秋産卵は、調査対象の3海域の中では、鈴鹿しか期待できない状況であった。浅海定線観測によると、湾奥では、毎年夏季に植物プランクトンが大量発生する。2013年の鈴鹿のアサリで認められたように、秋季のアサリの成熟・産卵が夏季の植物プランクトン量で決まっているとすると、湾奥は、毎年、秋産卵の母貝場となっている可能性が高いと考えられる。一方、浅海定線観測によると、湾口では毎年夏季に植物プランクトンが大量発生するとは限らない。浅海定線観測のクロロフィルは陸から数km離れた定点で月1回の頻度で観測されたものであり、植物プランクトンの発生状況については精査が必要であるものの、2013年の松阪と伊勢のように、湾口の漁場では、年によっては秋産卵が認められない可能性がある。

以上より、伊勢湾のアサリ資源を支える秋産まれのアサリを増やすには、毎年夏季に植物プランクトンが大量発生する湾奥に母貝場を整備することが重要と考えられる。

水域環境保全創造事業費

アマモ場周辺域における餌料環境と二枚貝の分布特性

国分秀樹・羽生和弘・水野知巳

目的

アマモ場は「海のゆりかご」と呼ばれ、水産生物の餌場、産卵、稚魚の育成場となる重要な場所といわれている。近年、沿岸域の開発や埋立てにより、アマモ場は減少傾向にあり、再生へ向けて、アマモ場造成の研究が全国的に進められている。しかし、アマモ場の水産有用生物謂集効果についての研究例は意外に少ない。そこで本研究では、津市御殿場海岸の造成アマモ場と松阪市松名瀬海域の天然のアマモ場とその周辺域における二枚貝類の現存量および沈降物量の変化を把握することにより、アマモ場が周辺生物の生息環境に与える影響を検討した。

方法

1. アマモ場周辺域の沈降物量と二枚貝の分布調査

造成より3年以上経過し、10m四方の区画内に被覆度が68%で生育している造成アマモ場(St.1)と、被覆度72%で生育している天然アマモ場を調査区画として設置

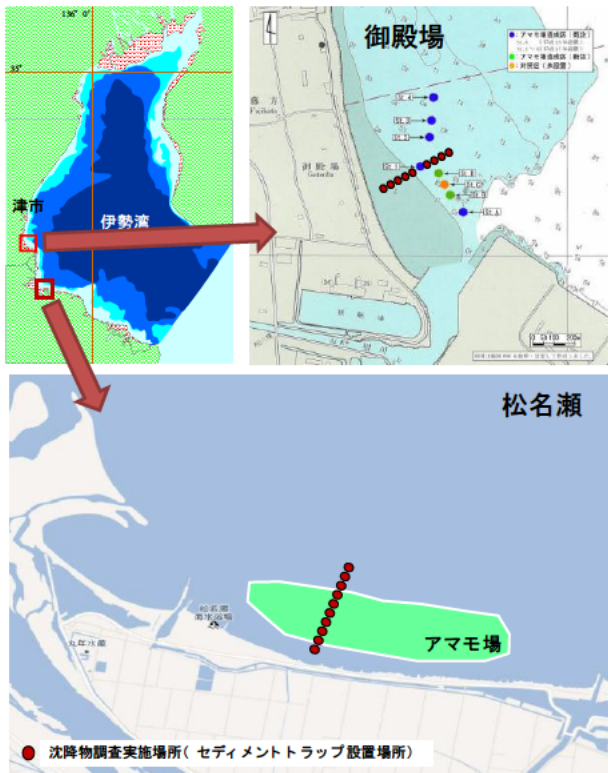


図1. アマモ場調査海域の概要(津市御殿場および松阪市松名瀬)

した(図1)。アマモ場周辺域の餌料環境を把握するため、アマモ場内(0m: St.1)およびアマモ場から岸沖方向に5, 10, 20, 50m離れた砂地の海底にセディメントトラップを設置し、24時間沈降物を収集した。収集した沈降物はGF/Fにてろ過した後、沈降物量とクロロフィルa量、TOC、TNについて分析した。また併せて、同じ調査地点について二枚貝の個体数、湿重量および堆積物表層(0~2cm)のクロロフィルa量、TOC、TNについて分析した。調査は2013年6月、11月に実施した。

2. アマモ場周辺を活用したアサリ資源管理手法の実証

前述の調査結果より、アマモ場周辺域では、二枚貝の餌料条件をはじめ、生育環境が良好であることから、同海域の河口域(相川)で毎年大量に発生するアサリ稚貝を用いた放流試験を実施した。稚貝採取及び放流地点を図2に示す。同海域内の相川河口域において、平均殻長17.3mmのアサリ稚貝を約25000個採取し、アマモ場から100m以上離れた対照区(DL-1m)とアマモ場から5mの実験区(DL-1m)にそれぞれ500個/m²になるように放流した。その後定期的にあさり稚貝の生残率と成長を調査した。

結果および考察

1. アマモ場周辺域における沈降物量と二枚貝の分布

2013年6月の御殿場および松名瀬海域の調査におけるアマモ場内から、岸沖方向に50mの範囲内の二枚貝類の分布と全沈降物量、沈降物中のクロロフィルa量を図3に示した。両海域共に共通の傾向として、沈降物量および沈降物中のクロロフィルaはアマモ場内で最も高く、アマモ場から離れるにつれ低くなった。一方、二枚貝類

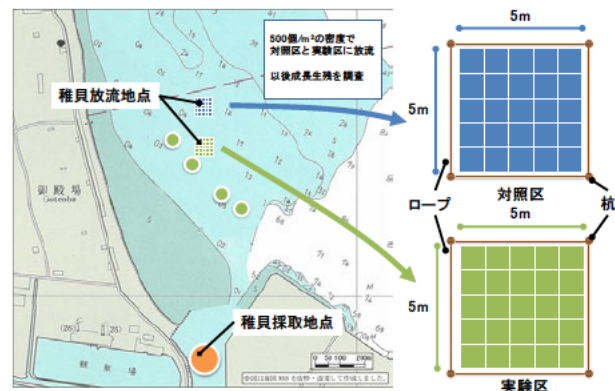


図2 稚貝放流実験の概要

はアマモ場内で最も少なかったが、5m離れたアマモ場近傍で最も多く、以降アマモ場から離れるにつれ少なくなった。この傾向は11月の調査においても同様であった。これはアマモが育成することで、波浪などの影響が抑えられることにより、周辺の堆積環境や物理的環境が安定し、沈降物量が多くなっていることが考えられた。その結果、アマモ場周辺において底質の有機物含有量も増加していることが推察された。また、それに併せて、アマモ場周辺域では二枚貝等の生育も良好であり、沈降物と同様、アサリの定着も良好になる可能性が示唆された。一方、アマモ場内で二枚貝が少なかった原因としては、アマモ場内については、地下茎などが張り巡らされており、潜砂ができないため、餌料環境が良好にもかかわらず、二枚貝の生育に適していないことが推測された。

以上より、アマモ場周辺海域では、アマモによって物理的な影響を穏やかにすることにより、周辺の餌料環境も変化し、アマモの育成しない海底と比較して高い生物量と多様性をもつ生物生息環境が創出されることが推測された。

2. アマモ場周辺を活用したアサリ資源管理手法の実証 対照区および実験区に放流したアサリ稚貝の個体

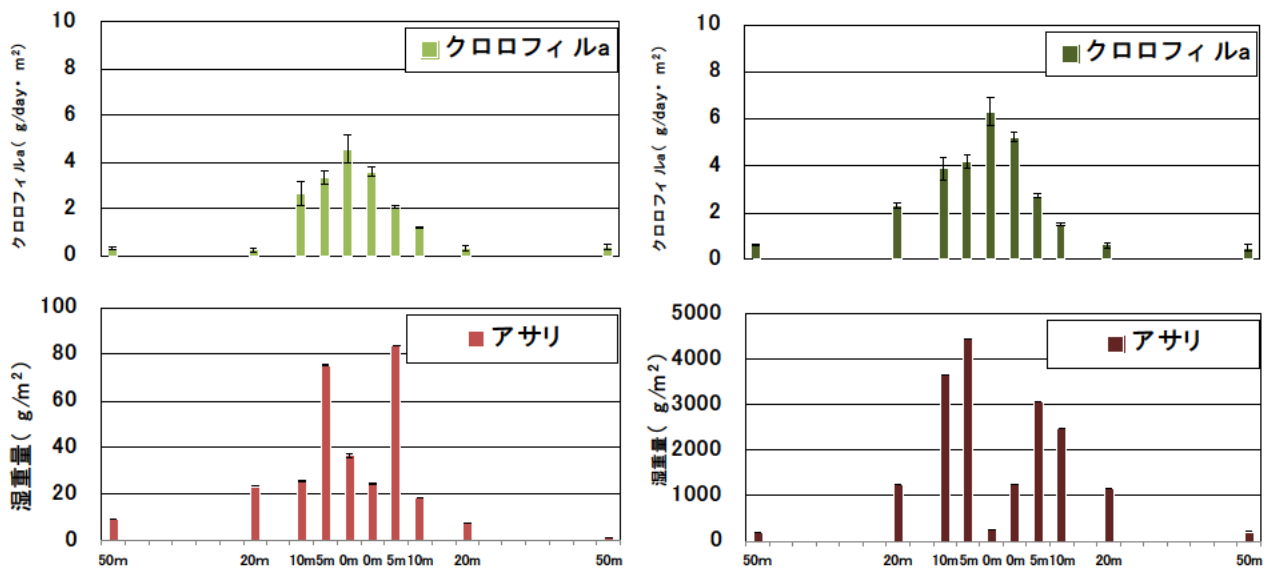


図3 アマモ場周辺の二枚貝類の湿重量と沈降物の特徴 (右上, 右下図: 御殿場, 左上, 左下図: 松名瀬)

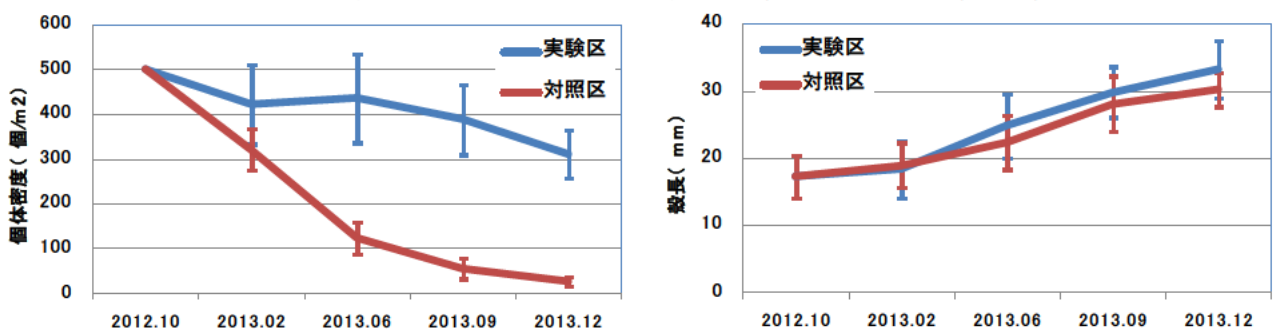


図4 御殿場アマモ場周辺のアサリ稚貝放流試験 (右図: 個体密度変化, 左図: 殻長変化)

密度と殻長の経時変化をそれぞれ、図4に示した。アマモ場から100m以上離れた海底に放流したアサリについては、放流直後より減少し、1年後には約10%しか残存していなかった。それに対し、アマモ場直近の実験区では、放流直後と9月の台風時期に減少したものの、生残率は約62%と比較的良好な生残が確認できた。また、成長についても、対照区では、2013年12月には平均殻長が30.1mmであったのに対し、実験区では、33.2mmと優位に大きくなった。さらにここでは示していないが、肥満度についてもアマモ場直近の実験区で優位に良好な値を示した。以上の結果は、アマモ場の生育していない海底では、波浪などの影響により、散逸や死亡が起こっているため、アマモ場直近と比較し、生残率が悪くなることを示す。さらに、前述したようにアマモ場直近では餌料条件や波浪条件が良好であるため、成長にも影響を与えていることが明らかになった。

以上より、毎年大量に発生するが、成貝になる前に死亡してしまう合川河口域の稚貝を、効率的にアマモ場周辺に放流することにより、30mm以上の漁獲サイズの成貝まで成長させ、漁獲につながることを実証された。

生物多様性・カーボンオフセットプログラム構築へ向けた

干潟・藻場造成効果の評価実装支援事業費

国分秀樹・藤原正嗣・中西尚文

目的

2009年、国連環境計画(UNEP)により、地球上の生物が固定化する炭素の55%が藻場や干潟の海洋生物によって沿岸域に固定されるブルーカーボン由来であることが報告された。このブルーカーボンという概念は近年提唱されたばかりであり、研究が進んでいない分野である。また浅海域で生物生産の高い藻場や干潟では、従来から窒素循環に関する研究が中心で、生物の炭素固定機能に着目した知見は少ない。本研究では、伊勢湾御殿場海域に造成されたアマモ場において、アマモ草体の炭素固定量を推定した。

方法

1. アマモ草体の生産量と枯死量の推定

調査対象とした津市御殿場海域に造成されたアマモ場を図1に示す。当アマモ場は造成後2年以上経過しており、造成時は700m²であったが造成後安定的に繁茂し、

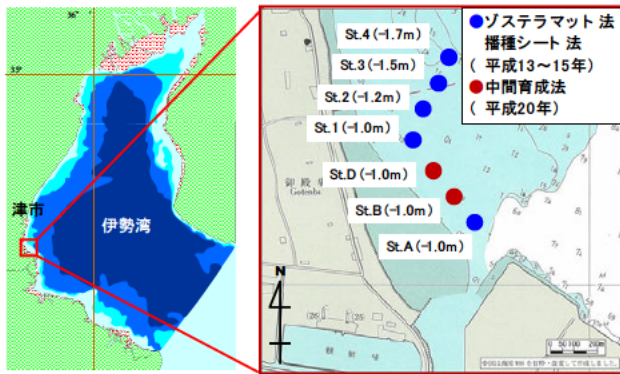


図1 調査海域の概要(津市御殿場海域)

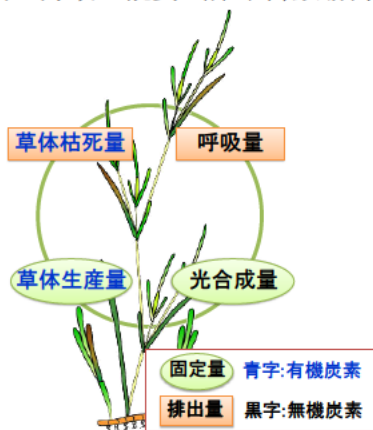


図2 アマモの炭素収支の概念図

現在では約20000 m²まで拡大している。炭素固定量は、アマモ草体の生産量、枯死量、光合成量と呼吸量をそれぞれ調査し、それらの総和により推定を行った(図2)。

0.5m四方のコドラート内のアマモを地上部と地下部すべてを採取した。アマモは栄養株と生殖株、地下部に分割した後、105℃で24時間乾燥し、CNコーダーにて(elementar社製 Vario Max)炭素量を計測した。試料採取は、平成21年12月より年4回、定期的を実施した。アマモの現存量の経時変化から炭素現存量に換算し、式(1)、(2)を用いてアマモ草体の生産量と枯死量を推定した。

$$P = \sum (Ws_{t+1} - Ws_t) \times Cs + \sum (Wm_{t+1} - Wm_t) \times Cm + \sum (We_{t+1} - We_t) \times Ce + \sum (Wr_{t+1} - Wr_t) \times Cr \quad (1)$$

$$M = \sum (Ws_t - Ws_{t+1}) \times Cs + \sum (Wm_t - Wm_{t+1}) \times Cm + \sum (We_t - We_{t+1}) \times Ce + \sum (Wr_t - Wr_{t+1}) \times Cr \quad (2)$$

P : 生産量, M : 死亡率,
Cs, Cm, Ce, Cr : アマモ各部位の炭素含有量
Ws, Wm, We, Wr : アマモ各部位の乾燥重量

2. 光合成による炭素固定量の調査

アクリル製の明条件チャンバーと塩化ビニル製の暗条件チャンバーをアマモ場及び裸地海底にそれぞれ設置し、攪拌をしながら60分を1サイクルとして連続的に溶存酸素濃度の変化を観測した(2011年5月から年4回)。光合成量と呼吸量は、アマモ及び裸地海底に設置したチャンバー内の溶存酸素濃度変化量の差分により酸素消費速度および生成速度を式(3)、(4)のとおり算出し、呼吸商を1と仮定して炭素量に換算した。光合成量の調査は、平成23年5月より年4回定期的を実施した。

$$C = (DO_{DC} - DO_{DB}) \cdot V/S/t \quad (3)$$

$$P = \{(DO_{LC} - DO_{LB}) - (DO_{DC} - DO_{DB})\} \cdot V/S/t \quad (4)$$

DO_{LC}, DO_{DC} : 明暗アマモチャンバー内溶存酸素濃度
DO_{LB}, DO_{DB} : 明暗ペンシクチャンバー内溶存酸素濃度
V : チャンバー容積 S : チャンバー面積 t : 観測時間

結果および考察

1. アマモ草体の生産量と枯死量の推定

アマモ草体各部位の炭素含有量を図3に示した。さらに坪がり調査によるアマモ草体の現存量と炭素含有量より算出した、地上部地下部の炭素量の変化を図4に示した。アマモは地上部、地下部共に、繁茂期にあたる春期（5月）に現存量が最大になり、夏期の高水温時を過ぎた秋期（11月）に現存量が最小になるという、周期的な増減を繰り返した。この炭素現存量の経時変化（図4）より、式(1)、(2)を用いてアマモ草体の生産量と枯死量を試算した結果、それぞれ $174\text{gC/m}^2/\text{year}$ 、 $128\text{gC/m}^2/\text{year}$ と推定することができた。

2. アマモの呼吸量と光合成量の推定

チャンバーを用いたアマモ場の溶存酸素濃度変化量から算出した、アマモの呼吸による炭素排出量と光合成による炭素固定量の季節変化を図5に示した。アマモの炭素固定量は、現存量と同様に変化し、繁茂期にあたる

5月には $28.0\text{g/m}^2/\text{day}$ と最も高く、秋期（11月）に $3.93\text{g/m}^2/\text{day}$ 最も少なくなった。一方呼吸量は、固定量と同様に最も現存量の多い5月に $4.92\text{g/m}^2/\text{day}$ と最大値を示したが、最も水温の低い2月に $0.71\text{g/m}^2/\text{day}$ と最小になった。通年の調査結果から、年間の呼吸量と光合成による炭素固定量を試算すると、それぞれ $6.2\text{g/m}^2/\text{year}$ 、 $165\text{g/m}^2/\text{year}$ となった。ここで推定された光合成による炭素固定量は、前述したアマモの現存量から算出した炭素の固定量をほぼ同等の値になった。前述の結果より、生産量、枯死量および呼吸量の総和から年間のアマモの炭素固定量を算出すると、 $40.0\text{g/m}^2/\text{year}$ と推定された。この値は、大谷ら（2001）による森林の炭素固定量 $650\text{g/m}^2/\text{year}$ と比較して約 $1/16$ 程度であることが明らかになった。以上より、約 2ha に生育する御殿場海域のアマモ場は年間 0.8tC/year の炭素をブルーカーボンとして固定していることが示唆された。ただし、枯死した後のアマモ草体の有機物の挙動については未調査であり、今後、枯死流出したアマモ草体の分解過程を詳細に追跡する必要があると考えられた。

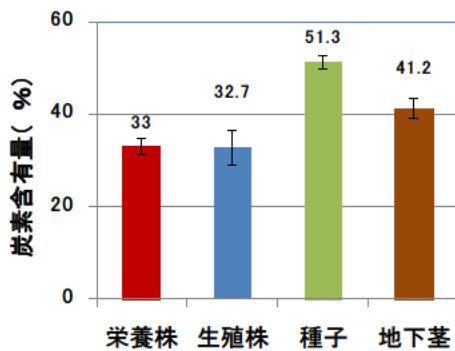


図3 アマモ草体各部位の炭素含有量

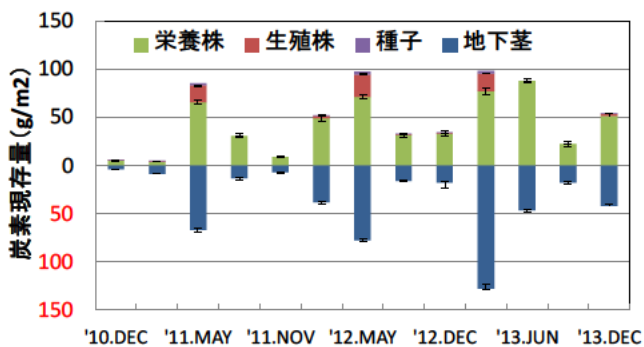
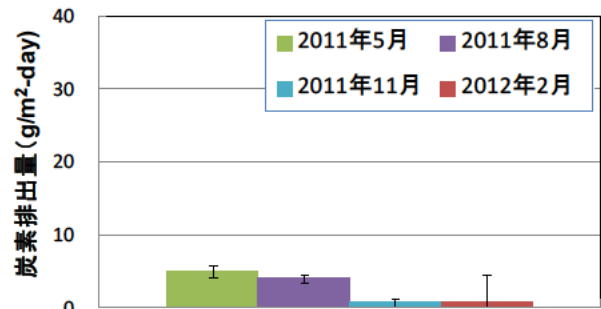
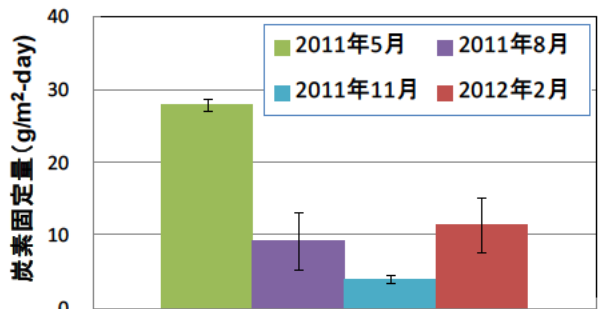


図4 アマモ草体の炭素現存量の経時変化



アマモ場



アマモ場

図5 チャンバーを用いた酸素消費速度から算出した、アマモ場の呼吸量（上段）と光合成量（下段）の経時変化

イカナゴ資源管理推進調査

林茂幸・岩出将英・藤島弘幸¹⁾

1) 津農林水産事務所

目的

伊勢湾におけるイカナゴ漁業については、適切な親魚資源量確保のための終漁日設定等、翌年漁期を考慮した資源管理はほぼ定着しつつあるが、漁獲量の変動は大きく変動し続けている。そこで、必要となる科学的知見を収集し、自ら資源管理に取り組む漁業者に必要な情報を提供することにより、より高位で安定的な漁獲水準を維持できるようにすることを目的とする。

方法

(1) 夏眠魚調査

伊勢湾口の出山夏眠場において、親魚となる夏眠魚から釣りにより定量的に採集し、分布密度、魚体サイズ、夏眠開始期の栄養状態、夏眠魚の年齢組成等を調査した。(実施時期：6～7月)

(2) イカナゴ仔魚分布調査

ボンゴネットによるサンプリング調査を行い、イカナゴ仔魚の加入時期、発生量、成長量等を把握し、解禁日決定の資料とした。(実施時期：1～2月)

(3) 市場調査・資源量管理

各操業日毎に漁獲物の魚体測定、漁獲努力量、漁獲量データを収集、解析することにより、加入資源量及び残存資源量を算出し、終漁日決定の資料とした。(実施時期：3月～6月、実施場所：白子港及び白塚港の2港)

結果および考察

(1) 夏眠魚調査

6月10日に神島の南東約10kmの出山海域で実施した夏眠魚の空釣り調査の結果、採集魚は当歳魚及び2歳魚を含め3,032尾/km(昨年5,169尾/km)であり(図1)、うち2歳魚の割合は1.5%であった。

採集魚のほぼすべてを占める当歳魚の平均体長は72.8mm(昨年71.4mm)、平均体重は1.41g(昨年1.76g)、平均肥満度は3.60(昨年4.01)であり、来季の産卵に寄与する肥満度4.2以上の当歳魚の個体は7%(昨年24.2%)であった。(図2)

なお、7月にも調査を実施したが、6月とほぼ同様の結果であった。

これらのことから、夏眠魚量(数)は平年並みを確認できたが、その魚体は小さく肥満度も低いことから、2014年漁期に寄与する親魚の状態に不安が残る結果となった。

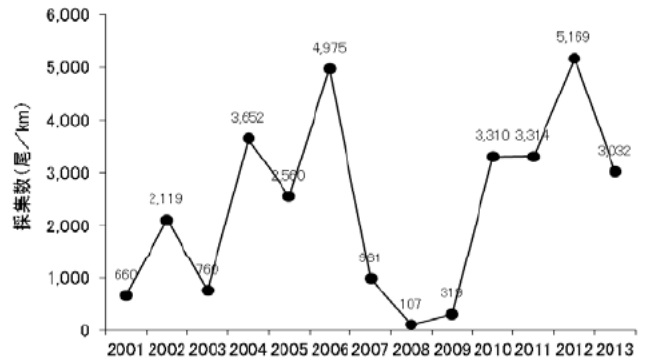


図1. 出山における夏眠魚採集数の推移(5月下旬又は6月上旬採集)

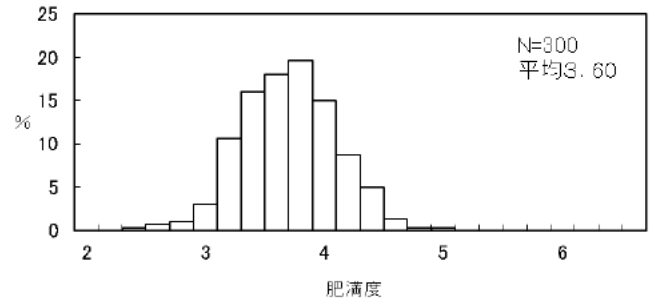


図2. 夏眠開始期におけるイカナゴ肥満度組成(当歳魚)

(2) イカナゴ仔魚分布調査

平成26年1月23-24日のボンゴネット調査により採集したイカナゴ仔魚の伊勢湾全域での平均採集尾数は、昨年とほぼ同水準の70尾/m²(表1)であり、仔魚分布密度と新仔加入量の関係から推計した2014年漁期の初期資源尾数は、平年並からやや少なめの220億尾前後と推計された。(図3)しかしながら、2月上旬(6-7日)に実施したボンゴネット調査時にも多数のふ化直後の仔魚の加入が確認されており(図4)、2013年漁期同様、解禁後に改めて推計する初期資源尾数の増加が予想された。

表1. ポンゴネットによるイカナゴ稚魚採集量

		単位:尾/m ² ※愛知水試のデータを含む				解禁日	加入量 (億尾)
		1月上旬 伊良湖前	1月中旬 全湾平均	1月下旬 全湾平均	2月上旬 全湾平均		
2001	H13	1,121	56	31	14	3月4日	241
2002	H14	377	260	170	73	2月24日	434
2003	H15	394	248	—	37	2月21日	195
2004	H16	554	141	55	9	3月4日	361
2005	H17	426	215	16	3	3月8日	163
2006	H18	1,015	176	130	175	3月9日	651
2007	H19	873	228	98	32	2月27日	182
2008	H20	145	55	18	13	3月2日	180
2009	H21	0	8	3	1	3月8日	44
2010	H22	643	236	216	310	3月3日	504
2011	H23	78	195	62	30	3月11日	283
2012	H24	141	118	60	25	3月8日	321
2013	H25	233	71	21	27	2月28日	302
2014	H26	815	26	70	29	3月2日	

注) 2005年は1月中旬は湾口2地点の平均
2012年は2月13-14日に実施

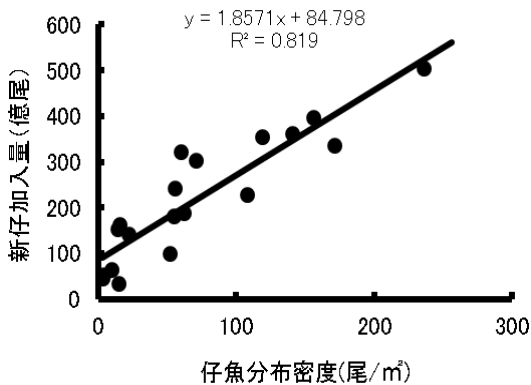
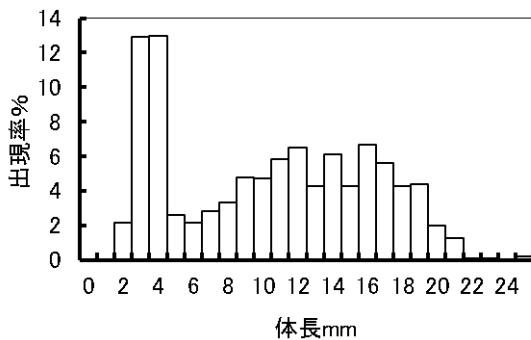


図4. 仔魚の体長組成 (2月6-7日採集)



(3) 市場調査・資源量管理

①2013年漁期

2013年漁期は2月28日に解禁し、4月1日から4月20日までの休漁をはさみ6月2日に終漁した(愛知県は3月31日終漁)。出漁日数は35日(昨漁期43日)、漁獲量は6,895 t(昨漁期の95%)、水揚げ金額は5億6千440万円(昨漁期の134%)であった。

加入資源尾数は302億尾と推定され、三重・愛知両県での漁獲尾数が215億尾(三重106億尾・愛知109億尾)であったことから、残存尾数(2014漁期の親魚候補)は87億尾と推定された。

②2014年漁期

2014年漁期は3月2日に解禁した。三重県における解禁初日の漁獲量は約75トンで、昨漁期比は95%(約79トン)であるものの、2012年漁期153トン、2011年漁期112トンに比較すると少ない漁獲状況であった。

三重県では2漁期続けて解禁初日の漁獲量が少なくなっており、これは2漁期とも解禁時の主漁場が三重県側からは遠い愛知県寄りの野間沖~三河湾入り口付近に形成されていたことが原因と考えられた。その後、漁場は伊勢湾内に広がり、3月31日時点(年度内は3月28日が最終日)で解禁以降15日出漁しており、これまでの総漁獲量は約1,710トンで、昨漁期の同出漁回数比142%(1,206トン)、総漁獲金額は3億1,271万円(税抜)で、昨漁期比135%(2億3,173万円)となっている。

また、累積漁獲尾数は、三重・愛知両県で約192億尾(三重約57億尾、愛知約135億尾)となっている。

解禁前のおおまかな資源状況を把握するためのポンゴネット調査では、220億尾程度と推計していたが、解禁後は操業する漁船1隻あたりの漁獲量から、より正確な初期資源量をDelury法で推計しており、2月のポンゴネット調査から予想されたとおり後継群の加入があり、3月31日時点では315億尾程度と推計している。(なお、推計値は今後の漁況により、さらに変動する可能性がある。

ダム湖の溶存酸素量 (DO)は、各月とも表層から水深30m層まではおおむね6mg/L以上、30m以深では低下し、7、8、11月の底層は貧酸素状態であった (図2, 図3)。

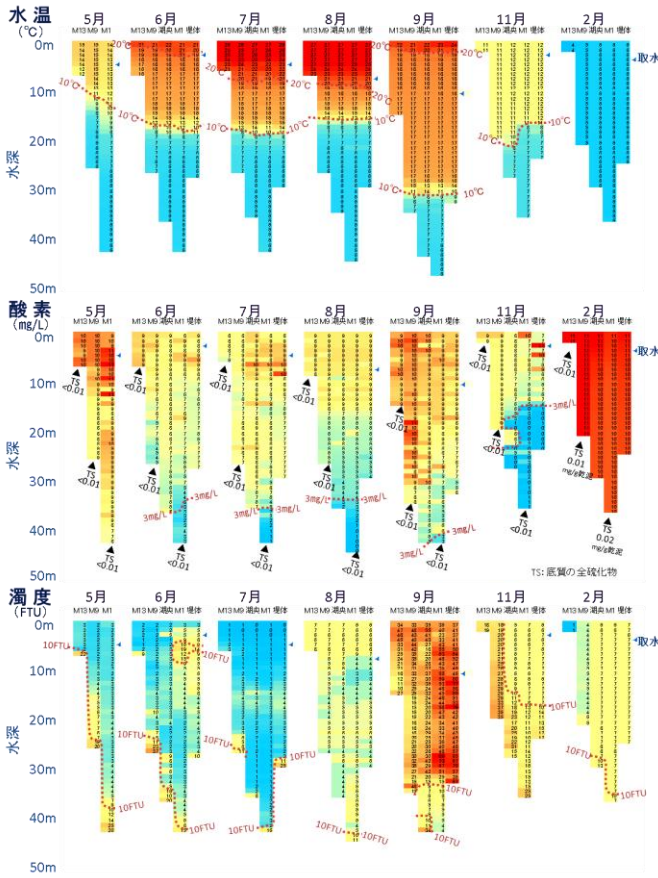


図3. 宮川ダム湖の月別の水深別水質イメージ (水温、酸素、濁度とも、赤～黄～青の順に値が減少、各月とも左側が貯水池上流部で、右側がダム堤体付近)

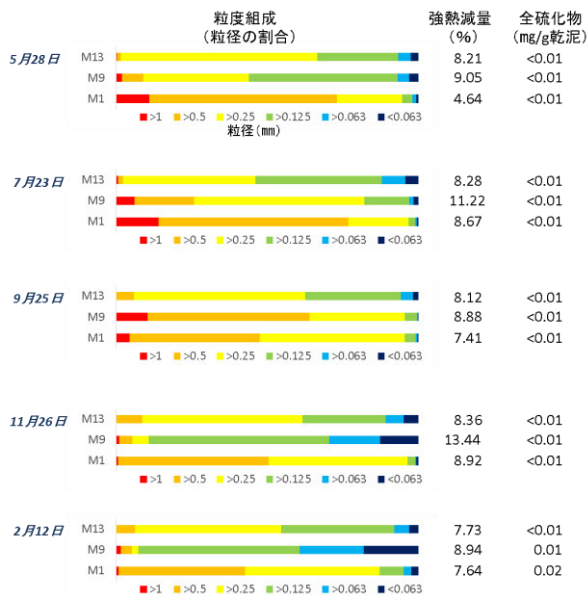


図4. 宮川ダム湖底泥の粒度組成、強熱減量、全硫化物 (各月とも上から貯水池上流部、中央部、ダム堤体付近)

図4に湖底の底質を示した。いずれの調査日も底泥の臭気は知覚できず、全硫化物量も最大0.02 mg/g乾泥と少なかった (図3, 図4)。

2. 餌料環境調査

宮川上流域の各調査測点の水温は、6月におおむね20℃、7月は23℃、8月には25℃以上に上昇した (図5)。溶存酸素量は各月とも概ね7 mg/L以上、pHは各月とも7.5前後であり、魚類の生息に影響を及ぼす値ではなかった (図5)。

宮川ダム湖から下流方向に降るにしたがって、濁度は減少し、附着藻類が増加する傾向が見られた (図5, 図6)。

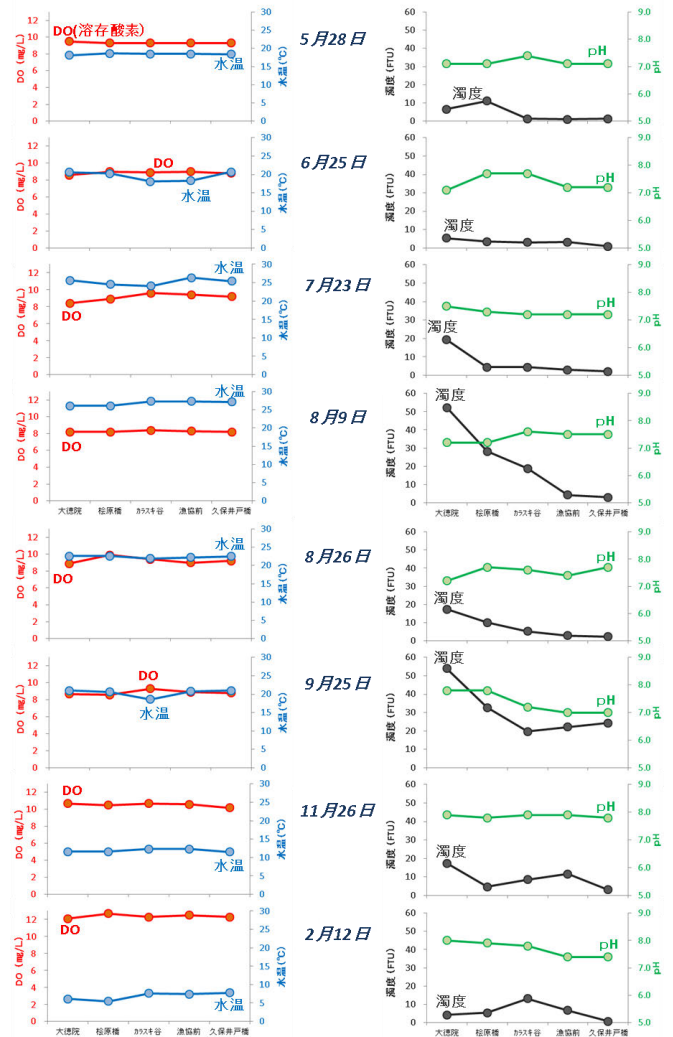


図5. 宮川ダム湖底泥の粒度組成、強熱減量、全硫化物 (各月とも上から貯水池上流部、中央部、ダム堤体付近)

2 河床形態の推移と魚類の生息状況

アユ漁場として重要な宮川支流の一之瀬川について、河床の変動調査を実施した。調査地点である度会町南中村では、平成14年まで淵の深さが最大3m程度見られたが、平成16年の宮川豪雨で淵に砂泥が堆積し、水深が

1m程度に低下し、今回の調査においても0.8mであった。観察魚種数は、過去の10種から5種に減少した。

3. ため池における在来淡水魚生態系の把握

外来魚駆除が行われた津市（S池）および鈴鹿地区（K池）と亀山地区（I池）について、駆除の成否や、在来

魚を放流できる段階にあるかを確認するため、生物モニタリングを実施した。S池ではブルーギルが確認されたものの、K池とI池では外来魚はみられず、タモロコやメダカが確認されたことから、池干しの有効性が確認された。

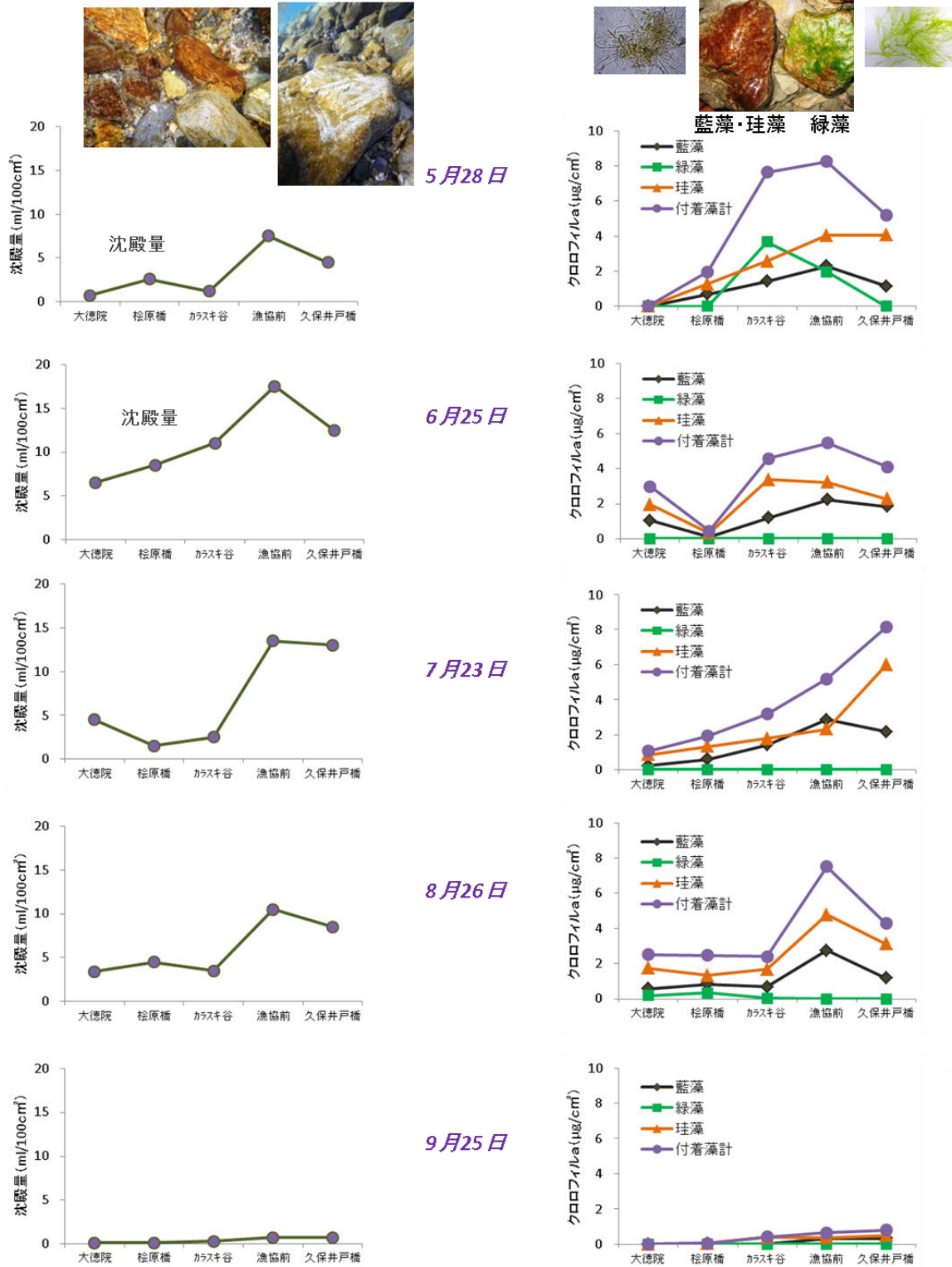


図 6. 宮川上流域の餌料珪藻の沈殿量と藻類別のクロロフィル a 量の推移

種苗生産の早期安定化と放流効果の正確な判定による クルマエビ類の栽培技術の高度化 ～ヨシエビ（ガンサエビ）～

農林水産技術会議：農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業 実用技術開発ステージ

水野知巳・丸山拓也・山根裕史*¹

(*¹ 三重県水産振興事業団)

目的

ヨシエビ（ガンサエビ）は伊勢湾の底曳き網漁業の重要漁獲種であり（図1）、市場価格も1kgあたり数千円程度の高値で取引されている。本種は、クルマエビよりも放流場所に留まる特性が強いためから漁業者からの稚エビの放流要望が高く、盛んに人工産稚エビの放流が行われてきた（図2）。



図1. 伊勢湾内で漁獲されるエビ類

しかし、伊勢湾でのヨシエビの漁獲量は、近年低迷しており（図2）、栽培漁業技術の高度化による資源量の底上げが求められている。

そこで本研究では、稚エビの放流適地を把握するため天然稚エビの着底場所を調査するとともに、適正な放流サイズを把握するため、伊勢湾で漁獲されるヨシエビを採集しDNA標識を用いた親子判定を行って、放流サイズ別の放流効果を把握する。

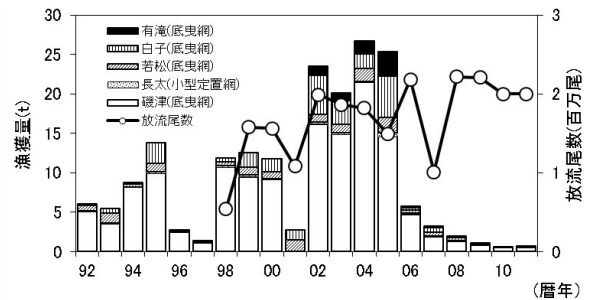


図2. 伊勢湾内でのヨシエビの漁獲量と放流量

方法

1. 稚エビ分布調査

放流場所を把握するための基礎的知見として、ヨシエビの天然稚エビの分布状況を調査した。調査対象地域は現放流地とその周辺水域である木曾三川河口域（桑名市～川越町地先）とした。木曾三川・員弁川河口域の7地点（河口から上流5km、沖側約2km）において、桁網（幅150cm、高さ45cm、網長4.5m、目合い35節）を用い、100m曳網するとともに、シジミ用曳き回しジョレン（目合い15節）を約200m曳航し、稚エビの捕獲を試みた。

さらに、木曾三川でのシジミやハマグリ採貝漁業の際に混獲されたエビ類の提供を漁業者に依頼し、得られた標本を測定した。

2. 標識放流と市場調査

平成22・23・24年度に三重県水産振興事業団栽培漁業センターのヨシエビの種苗生産に使用した親エビからDNA解析用組織標本を採取し、中間育成を経ない小型種苗と中間育成を行った大型種苗を木曾三川河口域（桑名市地先）に放流した（表1）。なお、中間育成は、伊勢湾北部中間育成施設（三重県鈴鹿市）において、20～25日間実施した。

放流したヨシエビの回収状況を把握するため、平成23年と平成24年の6月から12月にかけて四日市漁業協同組合の富洲原および磯津地区所属の小型底曳き網漁船を対象とした市場調査を計20回行った。

表 1. サイズ別放流試験の概要

	小型種苗 (中間育成なし)	大型種苗 (中間育成あり)
平成22年	9月15日 84.0万尾(体長15mm)	10月4~5日 42.5万尾(体長37mm)
平成23年	9月9日 77.7万尾(体長20mm)	10月3~4日 37.8万尾(体長36mm)
平成24年	9月4日 58.9万尾(体長17mm)	9月25日 37.4万尾(体長32mm)

市場調査では、水揚げされたヨシエビの体長、性別を記録するとともに、DNA 標識による放流個体の混入率の把握のため、一部を入手して組織標本を得た。さらに漁獲情報の収集のため、四日市漁業協同組合の売り上げ台帳をもとに漁獲状況を整理した。

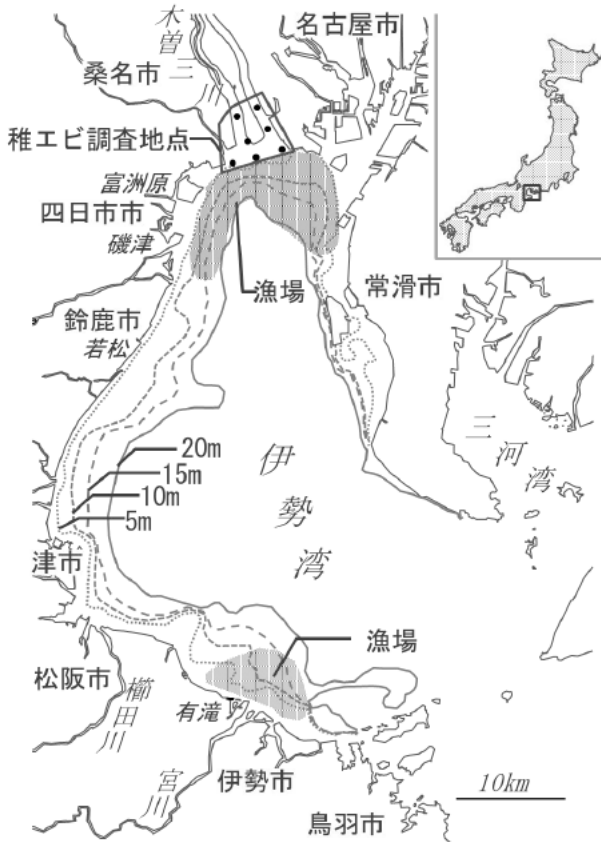


図 3. 調査海域と放流場所
市場調査：磯津・富田・富洲原（湾奥漁場）
稚エビ調査：木曾三川河口（河口 3 km 以浅）

結果と考察

1. 稚エビ分布調査

木曾三川河口において 8 月～9 月に体長 20～35 mm の放流サイズの稚エビが 50 個体採集された。稚エビが採捕された場所は河口、河口から 2 km 上流、河口から 2 km 沖合地点の砂泥底であった。また、9 月から 11 月まで体長 50～75 mm 程度までの稚エビが確認されたことから、木曾三川河口域が天然稚エビの重要生息地であり、放流適地であると考えられた。

天然稚エビは、体長 75 mm 前後の大きさまで木曾川河

口域周辺にとどまり、12 月までに漁獲個体の主漁場となる水深 10m 程度の沖合 3～6 km 地点に分散していくと考えられた（図 5）。

2. 標識放流と市場調査

四日市地区のヨシエビの漁獲状況（月別漁獲量と CPUE）を図 4 に示した。ヨシエビは 5～8 月（夏季）と 10～12 月（秋季）に 2 回の漁獲のピークが見られる一方、1 月～4 月と 9 月の漁獲が少なく、CPUE も同様の傾向を示した。この傾向は、サルエビ、クルマエビ、シャコなど、他の甲殻類にも共通していたが、近年、甲殻類の漁獲の大半を占めるシバエビは 10 月～6 月の低水温期の漁獲が多かった。

漁獲されたヨシエビの年級群別の平均体長の推移を図 5 に示した。平成 23 年 10 月ごろに体長 8 cm 程度だったコホートは、翌年 8 月には雌が 12 cm、雄が 10 cm 程度に成長し、9 月以降は密度が急減する。したがって、夏季の漁獲のピークは前年の夏産まれ、秋季のピークは当年の夏産まれが主群であると考えられる。9 月以降漁獲が急減する理由としては、台風等の出水により漁場が攪乱を受けることのほか、伊勢湾の南側に本種が移動している可能性も推察された。

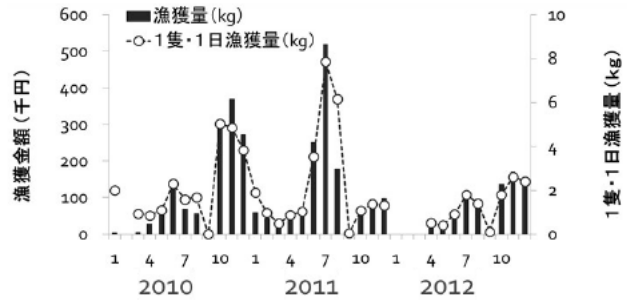


図 4. 四日市地区のヨシエビの月間漁獲量と月平均 CPUE (1 隻・1 日当たり漁獲量) の推移
市場調査：磯津・富田・富洲原（湾奥漁場）

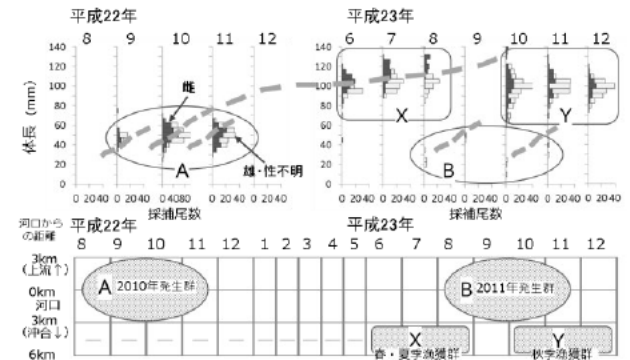


図 5. 木曾三川河口および伊勢湾湾奥漁場で採捕されたヨシエビの雌雄別の体長組成の推移（上段）と採捕場所（下段） 注：河口とは木曾三川河口を示す

平成 23 年 6 月に磯津（三重県四日市市）地区所属の底びき網で漁獲されたヨシエビのうち、500 個体についてミトコンドリア DNA による採卵親との比較を行った

結果、各月 12~19.2%14 個体で一致がみられた(図 6)。

親候補とされた個体の 90%が平成 22 年 10 月に放流された大型放流群(平均体長 37 mm, 2.5 万尾)の親であり、大型放流群の放流効果が優れることが示唆された。

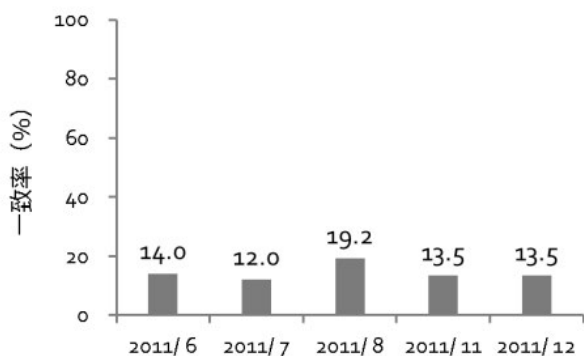


図 6. 四日市沖で漁獲されたヨシエビのうちミトコンドリア DNA 解析で採卵親と一致が示唆された尾数

3. 稚エビ期の漁場環境

木曾三川河口部の底層水質の推移を図 7 に示した。水温は 6 月から 11 月にかけて 20℃以上となり、特に 7 月から 9 月にかけては、ふ化幼生が正常に発育できる下限の 26℃を超えた。塩分はおおむね 25psu 以上だが、木曾三川から毎秒 1000 トンを超える出水があった時には、一時的に 15psu を下回ることもあった。補足実験によれば、稚エビ(体長 25 mm)の 8 日間の塩分耐性は、15psu では生存率 100%、1.7psu では生存率 70%と低塩分には非常に強いことを把握している。溶存酸素は高水温期に減少し、特に 6 月から 11 月の小潮時には上下混合が阻害されるため低酸素状態(3 mg/L 未満)が数日間継続した。

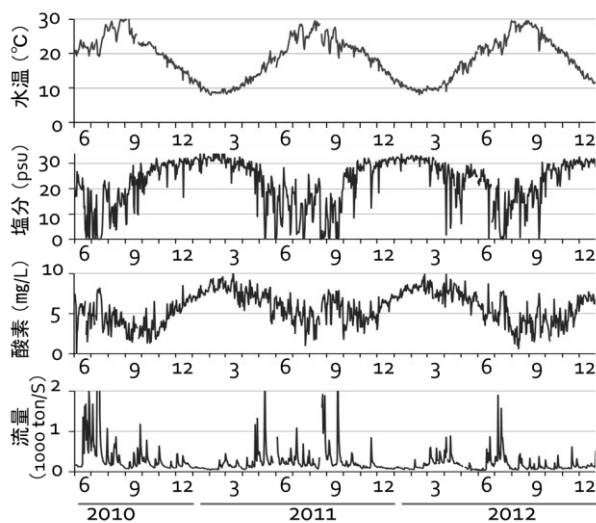


図 7. 木曾三川河口部の環境変動(上段から、水温、塩分、溶存酸素濃度、木曾川犬山観測所流量)

なお、木曾三川河口部の底砂の中央粒径は 0.2~0.3 mm であり、潜砂の指標となる粒径 0.5 mm 以下を満たした。

4. ヨシエビ資源再生のために

1950 年代の伊勢湾西岸では、打たせ網漁など無動力船による非効率的な漁法にもかかわらず、千トンのエビ類が漁獲された。愛知県が戦時中に発行した「愛知県重要蝦類調査」には、湾奥部に当時存在した大規模な河口干潟や藻場や浅海域が、ヨシエビのほか、クルマエビ、アカエビなどの育成場や漁場だったことが記載されている。1960 年代以降は動力船による豆板(小型トロール板)びきや桁びき等の効率的な漁法が主流となるものの、エビ類の漁獲量は低迷し 1990 年代には百トンを下回った。その背景には、1960 年代に湾奥部の汽水域と浅海域を数千 ha 消失したことによる再生産機構の弱体化と貧酸素水塊の規模拡大が浮かび上がる。

木曾三川河口部が現在も湾奥部の稚エビの着底・生育の場であることは前述したが、過去と比べて狭小になったうえ、集中豪雨による水温低下等の攪乱の頻度は増えている(三重県内の時間雨量 80 mm の「猛烈な降雨」の発生回数は 30 年前と比べ 3.5 倍に増加した)。

ヨシエビは、ノープリウス幼生でふ化し、ゾエア期、ミス期を経て、強い着底性のあるポストラーバ幼生に発育するが、水温が 25℃以下に低下すると、これら幼生期の生存率が顕著に低下することが知られている。

伊勢湾はヨシエビの北限漁場でもあり、水温低下など環境変化に弱い生育段階を陸上施設で飼育することによって資源を底支えする必要性はますます高まっている。種苗の大型化を図るとともに、国土交通省や県で近年積極的に進められている干潟・藻場整備と連携し、種苗の放流効果を高めていくことが重要であろう。

引用文献

- ・水藤勝喜・山根史裕・水野知己(2012)伊勢・三河湾の新たなヨシエビ増殖事業「豊かな海」28, pp.23-26.
- ・原田誠(2012)水産生物の生息域としての矢作川河口の重要性.愛知県農林水産部水産課(編),動向調査資料,水産業の動き No.153, pp.44.
- ・Yamane, F., K. Suitoh and K. Yamano (2009) A Study of the Stock Enhancement of the Greasyback Shrimp *Metapenaeus ensis* based on Reproductive Examination in Ise Bay, central Honshyu, Japan. The Crustacean Society Summer Meeting, Tokyo, Japan 2009 Sep.

本事業で水研センター、愛知県、三重県水産振興次号団と共同作成したパンフレット・ガイドブック

- ・放流パンフレット『ふやそうクルマエビ!ヨシエビ!ゆりかごから漁獲まで』(2014)
- ・クルマエビ類飼育ガイドブック『クルマエビ類の成熟・採卵と産卵技術』(2014)