

第2章 海面養殖に関する試験研究

1 ノリ養殖（平成5年度～現在）

(1) ノリの育種

漁業生産研究所では、各地から収集したスサビノリの品種565系統（平成24年現在）をフリー系状体として保存培養を行っている。平成6～12年度においては、これら系統の一部をプロトプラスト化し、電気パルスによる細胞融合を行ってあかぐされ病耐性を持つ品種の作出を試みた。また、ノリ養殖が開始される10月前後の海水温が、平成10年（1998年）頃から順調に低下しないことが多くなったことから、生産開始の遅れや、高水温により葉体が障害を受けることなどで生産性が低下した。そこで、平成12年度からは、保存している系統を用いて、交雑育種の手法により高水温耐性を持つ高品質なノリ品種の開発を行った。平成24年（2012年）4月には葉体の色が黒く、高水温によりノリ葉体に障害が発生しても、高い栄養繁殖性により新しい健全な葉体を再生産できる品種「あゆち黒吉」を愛知県漁業協同組合連合会と共同で品種登録した。また、葉体の色が黒く、高水温でも良好に成長する品種「あゆち黒誉れ」を平成25年（2013年）11月に愛知県漁業協同組合連合会と共同で品種登録出願した。これらの高水温耐性品種は、単独で養殖するよりも混合して養殖することで短所が補完され、生産性が高まることから、効果的な混合養殖法についても検討した（図I-2-1）。現在、高水温でも優良に成長し、葉体の色も黒くて柔らかい「h24交f2」について形質評価を行っている。

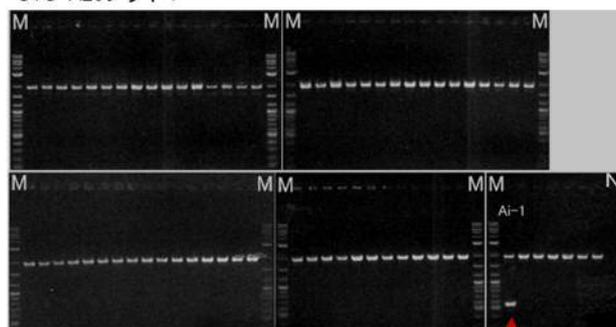


図I-2-1 品種登録した「あゆち黒吉」(A)と出願した「あゆち黒誉れ」(B)

こうした品種作出に関わる技術として、品種判

別に必要とされる発現形質評価手法のうち栄養繁殖性についての評価法を開発した。また、開発した品種を他者の利用から保護する必要があることから、STS化プライマーを用いたRAPD-PCR法による品種判別技術の開発を行った（図I-2-2）。

STS-A25プライマー



図I-2-2 識別された愛知県品種（赤矢印）

(2) ノリの障害

平成9～22年度には、漁場海水中のあかぐされ病原菌遊走子をモノクローナル抗体やPCR法で検出する手法を導入した。また、平成16年度から、スミノリ症原因菌の遺伝子解析を行って、PCRに必要なプライマーを設計し、海水中やノリ葉体表面の原因菌をPCR法で簡便に検出する手法を開発した（図I-2-3）。これらの技術を用いて漁場での病害発生の予察について検討するとともに、調査結果を漁業者に情報提供した。



図I-2-3 スミノリ症原因菌検出結果（S10, S12, S14が陽性判定）

スミノリ症については葉体に付着した原因菌により発症する場合の他、養殖環境が原因となって発症していることが考えられたため、平成8～13年度には漁場海水中の残留塩素、クロラミンについて調査を行った。また、軽度のスミノリ症状を呈するクモリノリについては、スミノリ症判定基準では対応できないことから、クモリノリの判定

基準を開発した。

また、原因が特定されていないバリカン症について平成 25 年度から原因と推定されるカモや魚類の食害、低塩分の影響などについて調査を開始した。

2 ワカメ養殖

(1) ワカメの育種 (平成 5~10 年度)

知多半島沿岸域で行われているワカメ養殖に適したワカメ品種を作出するため、配偶体を用いた交雑育種を行った。平成 5 年度には雄配偶体に鹿児島県阿久根産を、平成 9~10 年度には雄配偶体に東北 (岩手) 産、鹿児島県阿久根産、愛知県伊良湖産を用い、雌配偶体には、東北 (岩手) 産、長崎県島原産、鹿児島県山川産、三重県御座産、三重県浜島産、愛知県師崎産、漁業生産研究所地先産、愛知県伊良湖産、愛知県豊浜産を用いて交雑し、得られた交雑個体の特性 (表現形質: 図 I-2-4) を評価した。全体的な評価では、雄 (愛知県伊良湖産) × 雌 (東北 (岩手) 産)、雄 (鹿児島県阿久根産) × 雌 (東北 (岩手) 産) が優れているとされた。平成 6~8 年度においては、鹿児島県阿久根産、東北 (岩手) 産、長崎県島原産、鹿児島県山川産、三重県御座産、三重県浜島産、愛知県師崎産、愛知県伊良湖産、愛知県豊浜産について稔性を評価した。

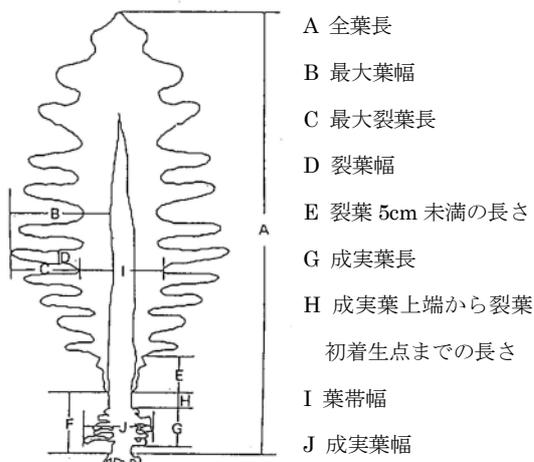


図 I-2-4 ワカメの表現形質評価項目

(2) ワカメ種苗生産技術の改良 (平成 22 年度~現在)

知多半島周辺を中心として、ワカメ養殖を希望する漁業者が増加傾向にあり、養殖に必要な種糸を効率的、省コストで生産する必要が出てきた。このため、種苗生産期間が短縮可能なフリー配偶体を活用した種糸生産技術について、フリー配偶体の培養、配偶体の種糸への付着、種糸の管理などを検討した (図 I-2-5~9)。



図 I-2-5 フリー配偶体



図 I-2-6 フリー配偶体の培養



図 I-2-7 フリー配偶体の種糸への付着



図 I-2-8 種糸に着生したワカメ幼胞子体



図 I-2-9 フリー配偶体種糸から植生したワカメ

2 ヨシエビ（平成7年度～現在）

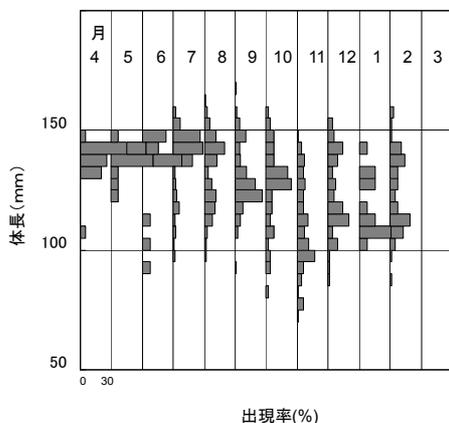
ヨシエビは、愛知県沿岸漁業の重要対象種であり、主に小型底びき網漁業で漁獲されている。

平成7～10年度には、豊浜市場に水揚げされたヨシエビ（図I-3-6）の漁獲場所、サイズ、性比、成熟状況を調査し、伊勢湾における資源動態を把握した。その結果、伊勢湾では、湾中央部で越冬したヨシエビは7月から8月にかけて産卵し、稚エビは河口域で成長することなどを明らかにした。また、平成9年（1997年）から鬼崎漁業協同組合が行うヨシエビ種苗生産の技術指導を行った。



図I-3-6 市場に水揚げされたヨシエビ

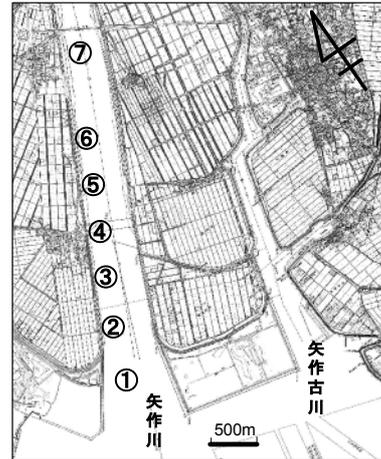
平成17年度から、栽培漁業センターで種苗生産が開始されたことから、より効果的、効率的な種苗放流の実施を図るため、平成17～19年度に伊勢湾奥部（愛知県側）での天然稚エビの分布調査、市場での漁獲物調査を行った。その結果、天然稚エビは、湾奥部に流入する新川及び庄内川河口では採捕されなかったが、名古屋港周辺では捕獲されたことから、伊勢湾の放流適地は名古屋港周辺域と考えられた。



図I-3-7 伊勢湾で漁獲されたヨシエビの体長組成

また、漁獲ヨシエビの体長組成（図I-3-7）から、6月に加入した群は前年発生群、10月に加入した群は当年発生群であることを明らかにした。また、成熟状況の観察から、6月下旬から9月下旬が産卵期であることが示された。

平成20年度からは、三河湾での放流適地の検討を行うため、矢作川河口域で稚エビの生息状況調査を行った（図I-3-8及び9）。



図I-3-8 矢作川河口域での稚エビ調査地点

放流サイズに近い稚エビは矢作川河口から1～3.5kmの範囲で採捕され、全長30mm以上の個体はほとんど認められなかったことから、この範囲が放流適地であることが明らかとなった。また、稚エビは12月まで採捕されており、放流は12月まで可能であると考えられた。



図I-3-9 矢作川河口（調査地点3）で採捕された稚エビ

また、平成16年（2004年）からは、クルマエビ急性ウイルス血症（PAV）の防疫対策のため、海域における親エビのPAV原因ウイルスの保菌状況調査を実施し、平成17年（2005年）からは、栽培漁業センターで生産された種苗の保菌状況調査を実施している。

3 トラフグ（平成5年度～現在）

漁業生産研究所では、平成5～13年度にトラフグの種苗生産を行うための技術開発として、親魚の養成、採卵、種苗生産に関する試験を行った。特に種苗生産段階においては、噛み合いが頻繁に起こって大量へい死することが分かり、餌料系列や適正収容密度について検討した。これらの技術開発を経て、平成17年度から栽培漁業センターで種苗生産が開始された。

平成7～12年度には、適正放流サイズ、放流適地等の検討のため、種苗生産した個体に標識を施して伊勢湾や三河湾に放流して追跡調査を行った。標識として種苗生産時の噛み合いによる尾鰭の欠損、鼻孔隔皮欠損、スパゲッティタグの装着などを用い、市場に水揚げされた個体の確認や、漁獲物の再捕報告などから情報を得た（図I-3-10）。



図I-3-10 市場に水揚げされたトラフグの調査

平成12～22年度には、焼印標識の効果を明らかにするとともに、愛知県、静岡県、三重県、水産総合研究センターと共同して、イラストマーによる標識を施し、これらを遠州灘、熊野灘、伊勢湾、三河湾等に放流して継続して再捕調査を行った。



図I-3-11 トラフグ稚魚へのイラストマー標識作業

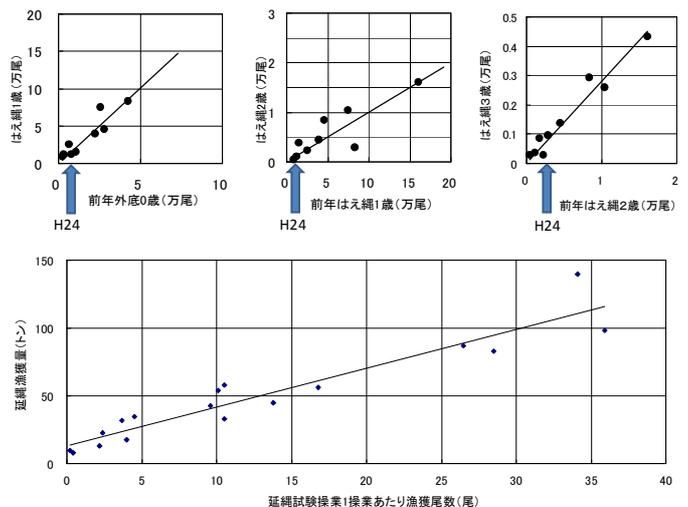
その結果、伊勢湾、三河湾が放流適地であり、体長45mmサイズで放流できることを明らかにし

た（図I-3-11及び12）。



図I-3-12 イラストマー標識魚の放流（上）と再捕された標識魚（橙色の発光が標識部分）

平成14年度からは、漁業者の操業計画の参考とするため、トラフグ漁業の主体であるはえ縄漁業の漁獲量の推定を行っている。その方法は、前年のはえ縄漁業での漁獲尾数から当年の漁獲尾数を推定した結果と、はえ縄漁業試験操業での漁獲尾数から推定した結果を基に、両者の概ね中間値を当年の推定漁獲量としている（図I-3-13）。なお、平成24年は、推定漁獲量30トンに対して、実際の漁獲量は29トンであり、概ね一致した。

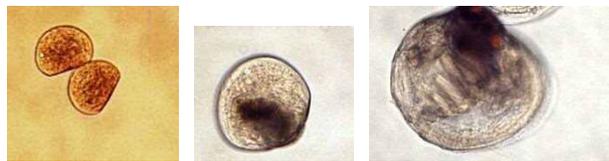


図I-3-13 平成24年漁期の推定漁獲量

4 ミルクイ（平成5年度～現在）

ミルクイは高価格で取引される潜水漁業の重要対象種であるが、漁獲量はわずかであり、資源量が少ないことから平成24年(2012年)には環境省4次レッドリストにおいて絶滅危惧Ⅱ類（VU）に加えられた。

こうしたミルクイの状況から資源量の増加安定が求められたため、平成5～10年度は、放流用種苗の生産技術を開発した。浮遊期の餌料としてイソクリシス、着底期の餌料としてキートセロスが適しており、産卵前の約1ヵ月間、親貝を低水温で飼育することが採卵効率を高めるのに有効であることを明らかにした（図I-3-14）。



受精1日後（殻長80μm） 受精18日後（殻長210μm） 受精38日後（殻長340μm）

図I-3-14 種苗生産されたミルクイ

平成12年度からは、種苗生産した稚貝、または潜水漁業者団体が他県種苗生産機関から購入した稚貝を用いて、日間賀島、篠島、師崎周辺海域で放流効果調査を実施した。放流稚貝の一部は、港内に設置された台船などから稚貝を収容したカゴを垂下して中間育成を行った（図I-3-15）。



図I-3-15 ミルクイ稚貝の中間育成

また、効果判定のために種苗の標識法を検討し、貝殻靱帯受の輪紋の判別、イラストマーやペイントマーカ（図I-3-16）の貝殻表面塗布に加え、平成20年（2008年）からは小型の稚貝にも標識が可能で大量処理できるALC（アリザリンコンプレクソン）標識を検証した（図I-3-17）。

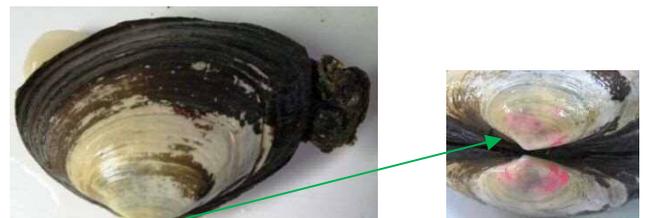


図I-3-16 ペイントマーカで標識したミルクイ稚貝（左）と放流後の標識稚貝（右）

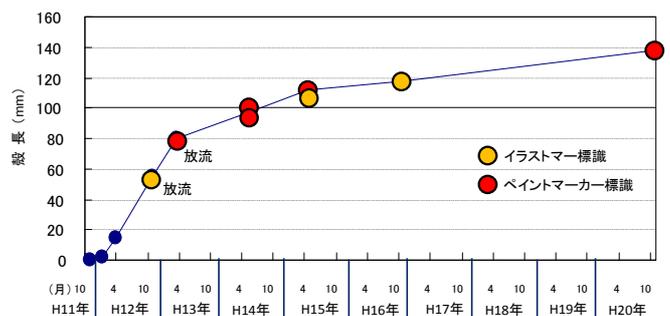


図I-3-17 ミルクイ稚貝のALC標識

放流効果調査では、平成11年（1999年）に種苗生産された個体のうち、平成12年（2000年）にイラストマー標識して放流された個体が平成15年（2003年）に1個体、平成16年（2004年）に1個体、また平成13年（2001年）まで中間育成を継続し、ペイントマーカ（ピンク色）標識して放流した個体が、平成14年（2002年）に2個体、平成15年（2003年）に1個体、平成20年（2008年）に1個体（殻長138mm、湿重522g：図I-3-18）が再捕され、この結果から本県海域におけるミルクイの成長を推定した（図I-3-19）。



図I-3-18 再捕されたペイントマーカ標識個体

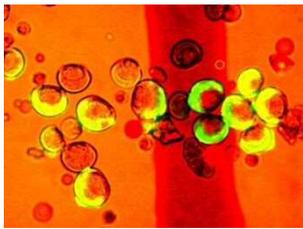


図I-3-19 本県海域におけるミルクイの成長

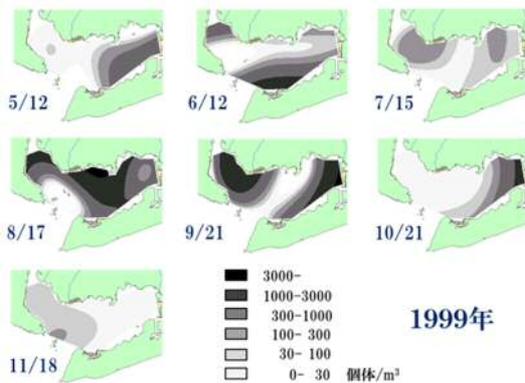
5 アサリ（平成5年度～現在）

平成5～9年度には、アサリを食害するキセワタガイ、ツメタガイに関する調査を行い、キセワタガイは主に殻長15mm以下のアサリを捕食し、低比重に弱いことを明らかにした。また、ツメタガイのアサリ日間捕食量を算出してアサリ資源への影響を評価するとともに、アサリ生息域への侵入経路や侵入を防止する手法などについて検討した。

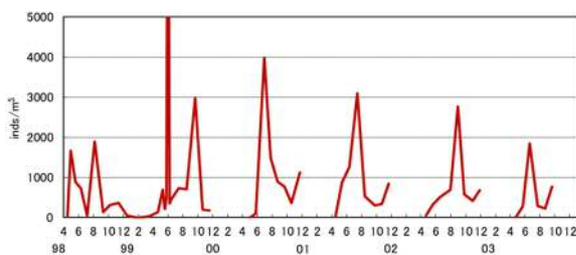
平成7～15年度には、モノクローナル抗体を用いた間接蛍光抗体法によるアサリ浮遊幼生の検出技術（図I-3-20）を導入し、アサリ資源形成機構の解明に取り組み、三河湾においては、毎年アサリ浮遊幼生が春季から秋季にわたり広範囲に高密度で出現することから、三河湾では、アサリの生態系ネットワークが健全に機能していることを明らかにした（図I-3-21及び22）。



図I-3-20 蛍光抗体法によるアサリ浮遊幼生の検出



図I-3-21 三河湾におけるアサリ浮遊幼生出現状況（1999年）



図I-3-22 アサリ浮遊幼生密度の経年変動（一色沖）

また、アサリ浮遊幼生は成長段階が進むにつれ分布水深が深くなることから、幼生が内湾のエスチュアリー循環を利用して沿岸域に回帰する機能を有していることを示すとともに、河口域における幼生の分布の詳細な観測から、河口干潟への幼生の着底機構の一端を明らかにした。

平成11～15年度にはアサリ資源に影響を及ぼすと危惧されたパーキンサス症について原虫の寄生状況を、平成21年度からはブラウニング症の保菌状況をPCR法により調査した。

平成12～17年度には、（独）農業環境技術研究所が主宰する環境研究「森林・農地・水域を通ずる自然循環機能の高度な利用技術の開発」に参画し、陸域からの栄養物質の供給とアサリ資源との関係について検証し、河川から海域へ供給される栄養物質の量は、平水時に比べ大出水時での寄与が大きく、従来の測定手法では過小評価となる可能性があること、アサリ資源に影響を与える貧酸素水塊の発生を抑制するためには、河川の栄養塩濃度を減少させるよりも、河川流量を増加させる方が効果的であることを明らかにした。

平成16～19年度には、稚貝の資源加入機構の解明に取り組み、微小稚貝を効率的に採取できる吸引式ベントスサンプラーを開発するとともに、電磁流向流速計を用いて干潟底面の流動環境を観測・解析することで、稚貝の定着性を定量的に評価できることを示した（図I-3-23）。



図I-3-23 矢作川河口での流動環境の観測

平成20年（2008年）にカイヤドリウミグモの本県アサリへの寄生が知多半島東岸で確認されたことから、各漁場のカイヤドリウミグモの寄生状況を調査するとともに、平成22～24年度に、千葉県が中核機関の新たな農林水産政策を推進する実

用技術開発事業「カイヤドリウミグモの寄生被害を回避軽減するためのアサリ放流生産手法の開発」に共同研究機関として参画し、アサリに対するウミグモ寄生動態の高精度把握（図 I-3-24）、ウミグモの寄生動態と漁場環境に対応したアサリ放流生産手法の開発に取り組んだ。

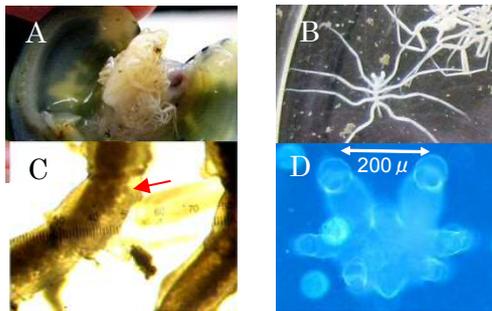


図 I-3-24 カイヤドリウミグモ (A:多数寄生されたアサリ, B:成体, C:雌の脚内に形成された卵, D:幼生)

平成 22～24 年度には、三河湾における母貝場の評価を行うため吉田地区と東幡豆地区に調査定点を設定し、クロロフィル濃度の連続観測、肥満度の連続測定を行い、再生産能力の指標となる肥満度は、餌料の量よりも質に大きい影響を受ける可能性があることを示した。

平成 21～23 年度には、天然発生した稚貝の定着性を高めるための検討を行い、夏期には支柱柵に張られたノリ網にアオノリやカキなどが付着すると消波効果が高まり、稚貝の定着性が高まることを明らかにした（図 I-3-25）。また、このことから干潟域で行われる支柱柵ノリ養殖はアサリ漁業に有益であることを示した。



図 I-3-25 稚貝定着性を高めるノリ養殖施設

平成 24～25 年度には、伊勢湾のアサリ資源について大規模な生息量、生息地点についての調査(図

I-3-26A) と、豊川河口干潟（六条潟）から移植された稚貝の成長、生残を追跡調査した（図 I-3-26B）。

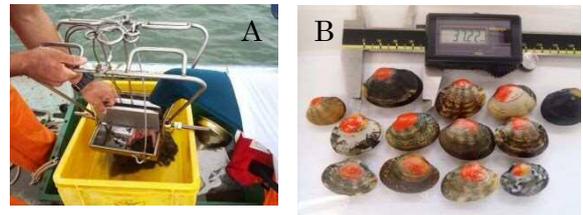


図 I-3-26 伊勢湾のアサリ調査

6 トリガイ（平成 11 年度～現在）

トリガイは貝けた網漁業の重要対象種であり、秋に発生した幼生は翌春には漁獲サイズにまで成長する。本県海域のトリガイ漁獲量は大きな年変動を示しているが、平成 11 年（1999 年）からは、平成 19 年（2007 年）を除き 1,000 トン以下の水準で推移している（図 I-3-27）。昭和 56～57 年（1981～1982 年）、昭和 63 年（1988 年）、平成 7 年（1995 年）には 5,000 トンを超える漁獲量となるなど高い資源水準となる場合もあり、資源の高水準安定化が求められている。

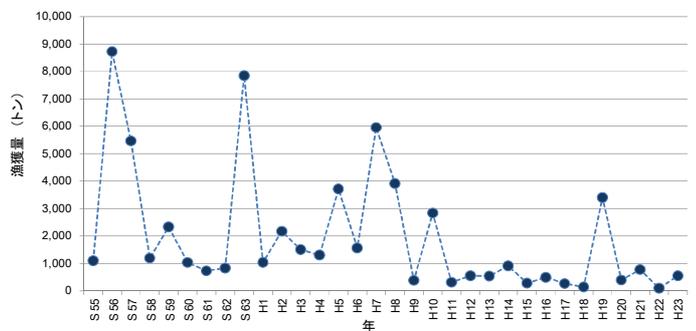


図 I-3-27 トリガイ漁獲量（平成 18 年まで農林水産統計，平成 19～21 年が県庁水産課調べ，平成 22 年から水産試験場調べにより作成）

こうしたことから、トリガイ資源の形成機構を解明するため、平成 11 年度から間接蛍光抗体法によるトリガイ浮遊幼生の同定手法（図 I-3-28）を導入し、三河湾における浮遊幼生出現と漁獲量の関係を調査した。

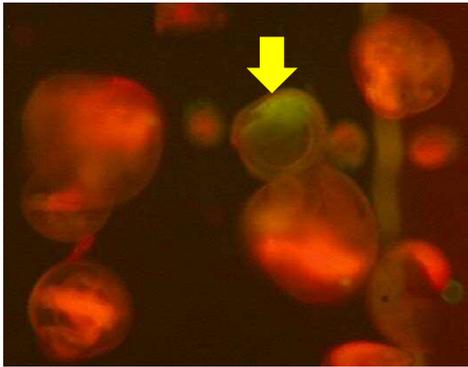


図 I-3-28 間接蛍光抗体法によるトリガイ浮遊幼生の同定 (矢印: 緑色発光の個体)

調査は夏から冬にかけて、平成 11 年度は 10 定点、平成 15 年度は 19 定点、その後幼生出現の多い時期、定点を絞り込み、平成 21 年度からは 9～11 月に 4 定点で実施した (図 I-3-27)。トリガイ浮遊幼生は、9～11 月に多く出現し、出現のピークは 10 月にあること、ピークの 10 月における出現数 (平均値) は、豊漁前年の平成 18 年が約 7,600 個体/m²であったのに対し、それ以外の年では 1,000 個体/m²以下に留まっていたことを明らかにした。

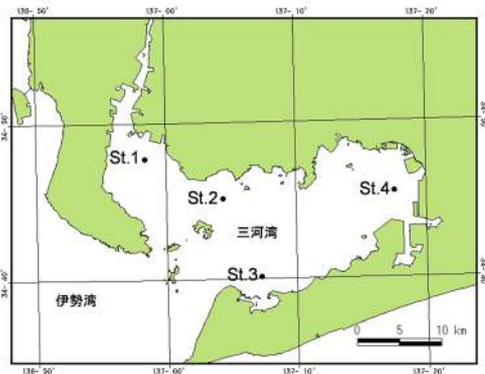


図 I-3-29 トリガイ浮遊幼生の調査定点

漁期前の試験操業での結果 (図 I-3-30) は、平成 19 年 (2007 年) が 6,503 個体、平成 25 年 (2013 年) が 606 個体であり、漁期前年の浮遊幼生量が漁獲量に影響していることが伺われた。

また、平成 18 年 (2006 年) に幼生出現数の多かった知多湾は、平成 24 年 (2012 年) には幼生が認められず、幼生出現は大きく変化することが認められた (表 I-3-1)。トリガイ幼生の出現数には貧酸素水塊の規模、海域の栄養塩の減少など環

境要因も影響していると考えられ、今後の課題となっている。



図 I-3-30 トリガイ試験操業の結果

表 I-3-1 調査定点における浮遊幼生出現状況

年度	調査日	各調査地点における m ² 当たりの幼生出現個体数				平均
		St.1	St.2	St.3	St.4	
平成18年	9月21日	2,450	4,200	100	0	1,688
	10月26日	15,550	9,600	5,300	50	7,625
	11月20日	800	4,600	450	750	1,650
<hr/>						
平成24年	9月27日	0	100	50	0	38
	10月19日	0	150	600	850	400
	11月19・20日	0	200	250	400	213