

第4章 漁場造成・改善技術に関する試験研究

1 漁場改善研究室の誕生

平成6年度に漁場改善研究室が新設され、これまでの“漁場環境保全”の研究に加え“漁場環境改善”をめざす調査研究が進められることとなった。

漁場環境改善の研究は、干潟・浅場の機能把握、漁場造成技術の開発、漁場改善技術の開発、干潟・浅場の造成効果と評価モデルの開発、貧酸素水塊への対策から構成される。

2 干潟・浅場の機能把握

(1) 現地観測

平成7、8年度に沿岸漁場総合整備開発基礎調査が実施され、干潟・藻場の造成事業を適正かつ効率的に実施するために、高い浄化機能を発現する造成手法を選定する際の基礎となる物理・化学・生物的環境条件を把握した。

平成7～11年度には漁場環境制御技術開発試験が実施され、富栄養化により悪化した環境の回復のため、高い浄化能力を持つ人工干潟、人工藻場、人工渚の造成技術の開発の基礎となる天然干潟、藻場、渚の浄化能力を定量的に解明し、高い浄化能力を支える条件等を明らかにした。

また、干潟域の埋め立て等による海域全体への影響をより正確に予測するため、干潟生態系モデルを改良して物質循環速度を計算した。このモデルの検証については、昭和59年(1984年)と平成6年(1994年)の一色干潟での現地調査結果を用いて行った。

改良した干潟生態系モデルは、ボックスモデルの計算結果と良く整合することから、再現性は良好であり、干潟上の物質循環を明らかにし、水質浄化機能が最適となる場の構成を導く上でかなり有力な手法となることが明らかとなった。

(2) 干潟実験水槽の活用

干潟・浅場の水質浄化機能の定量的評価には様々な手法が提案されている。ボックスモデル法

は精度は高いが、観測や分析の労力が大きい。生態系モデル法は、物質循環の各過程が把握でき様々な想定実験も可能であるが、必要な情報量が多いため、多大な労力及び費用がかかる。現存量法は、観測や分析の労力が比較的少ない簡便な手法であり、海域間の比較も可能であるが、漁業や台風等の人的・自然的攪乱などの影響を受けやすいと指摘されている。一方、干潟実験水槽(図I-4-1)は、このような要素を排除でき、任意の間隔でデータを収集して流入水及び流出水の水質を正確に把握できるため、高い精度で物質収支を評価することが可能である。そこで、干潟実験水槽を用いて、現存量法による懸濁有機態窒素除去量と、水質変化から求める懸濁有機態窒素除去量とを同時に測定・比較した結果、現存量法による手法は妥当であることが示唆された。



図 I-4-1 干潟実験水槽

また、自然の一部を隔離再生する実験生態系(メソコスム)は、干潟生態系を把握する手法として、野外調査と小型水槽による室内実験の欠点を補う特徴があるため、干潟生態系が造成直後からどのように発達するのかを把握可能にした。この試験により干潟実験水槽の人工干潟は、PON除去による二次処理機能だけでなく、TN除去による三次処理機能も有することが分かった。

(3) 機能喪失の影響把握

貧酸素化によるアサリへい死の定式化をもとに

した底生生態系モデルにより、貧酸素化に伴う底生生態系群集構造の変化が、浅場の持つ有機懸濁物除去機能を喪失させ、間隙水中の溶存無機態窒素の水柱への回帰のみが卓越することによって、結果として、浅場が水質浄化の場から陸域からの流入負荷に匹敵する負荷源となることを推測した。

3 漁場造成技術の開発

(1) モデルを用いた漁場造成適地選定手法の開発

アサリ浮遊幼生の塩分選好性実験の結果を元に、リセプターモードモデルによる逆時間追跡を行い、三河湾内主要漁場へ供給される浮遊幼生の供給源の空間分布を推定し、三河湾において効率的に干潟・浅場を造成する場所を検討するための基礎資料を得た。

(2) 干潟・浅場造成技術

平成12年度に、平面実験水槽を用いて、干潟メソコスムに干潟生態系が形成される初期の生物群集構造及び水質浄化機能を把握した。なお、底生生物を自然加入させるため、水産試験場地先150m沖合から生海水を導入した。

また、造成基質である砂の粒径が、底生生物群集やアサリ浮遊幼生の着底に与える影響を把握した。

回流水槽を用いてアサリの掘り出し回数実験を実施した。夏季と冬季に最大7回の掘り出しを与えて潜砂状況を観察した。その結果、夏季は掘り出しの影響をほとんど受けないが、冬季には掘り出しの回数が増えるほど、非潜砂個体が増加した。冬季の潜砂個体と非潜砂個体のグリコーゲン量と肥満度は、ともに非潜砂個体が低い値を示し、アサリは活力低下によって潜砂できない状況になっていたことが推察された。

(3) 干潟・浅場の造成材の検討

漁場環境を改善するためには、高い水質浄化能力を有する干潟・浅場の修復が有効である。しか

し、造成用の海砂の入手は、全国的な海砂採取の規制もあり困難な見通しとなっている。そのため、海砂に代わる干潟・浅場造成材の検討を干潟実験水槽及び海域において実施した。

ア スラグ

平成14～18年度にスラグの適正試験を実施したところ、不都合な点は確認されなかった。しかし、海域での実証試験では、スラグは固結し、生物の出現量及び生残量が少ないことが分かった。

イ ダム砂

平成16～21年度にダム砂の適性試験を実施した(図I-4-2)。マクロベントス、メイオベントスの発生状況は、海砂と比較して大差はなかった。また、アサリ浮遊幼生の着底数も海砂とほぼ同程度であった。海域における小規模試験では、アサリ稚貝の着底数は海砂よりも統計的に有意に多い結果となった。



図 I-4-2 平面水槽を利用したダム砂の試験
ウ 瓦リサイクル材

平成19, 22, 23年度に瓦リサイクル材の適正試験を実施した。浚渫土との混合で、瓦の割合が50%以上であれば、天然砂と同様にアサリ浮遊幼生が着底することが分かった。この現象は海域試験においても確認することができた。また、海域試験における瓦単体区及び瓦と浚渫土の1/2混合区において、底質が改善され、底生生物の出現数が多いことが分かった。

(4) 藻場造成

ア 岩礁性藻場造成

平成 12 年度に、伊勢湾東部の沿岸域に岩礁性藻場を造成するための基礎的知見を得ることを目的に、回流水槽を用いて、海藻の低塩分耐性を把握した。

イ アマモ場造成

平成 13 年度に、回流水槽を用い、アマモ場を造成する場合に必要な光量子束密度を計測した。幼体では $200 \mu E^2S^{-1}$ 、成体では $200 \sim 300 \mu E^2S^{-1}$ が必要であり、造成にはこれらの光量子束密度が確保される水深帯であることが必須条件であることが分かった。

平成 14～16, 24 年度に、人工藻場造成技術開発試験を実施した。人工藻場の造成効果を定量的に評価する手法として、平成 14, 24 年度は、アマモ場に生息する魚類稚仔の蝟集状況を把握した(図 I-4-3)。平成 15, 16 年度にアマモ種子を播種する基質の材質と発芽数の関係を解明したところ、スラグ、ダム砂は海砂とほぼ同様の結果であったことから、基質として特に問題はなかった。また、港内等の航路・泊地浚渫で発生する浚渫土をアマモ種子発芽のための基質として活用できることが明らかとなった。



図 I-4-3 田原市のアマモ場で確認されたマダイ稚魚(平成 24 年 7 月)

平成 17 年度からアマモ場造成条件解明試験を実施している。平成 17, 18 年度には、水産庁及び全国の水産関係研究機関が共同で実施した、遺伝子解析手法を用いたアマモ系統群調査により、愛知県においては、三谷地先の群落を除いて、ク

ローンや近縁関係にある株は少なく、栄養生殖よりも種子での繁殖が主であることが推測された。

平成 21 年度には、アマモ造成に用いる種子の効率的な採取方法を検討するため、採取時期、成熟段階の異なるアマモ種子の発芽率を比較した。その結果、種子が十分に成熟したアマモ群落から、成熟の進んだ種子を選別して採取することが、作業性及び造成効果を高めると考えられた(図 I-4-4)。

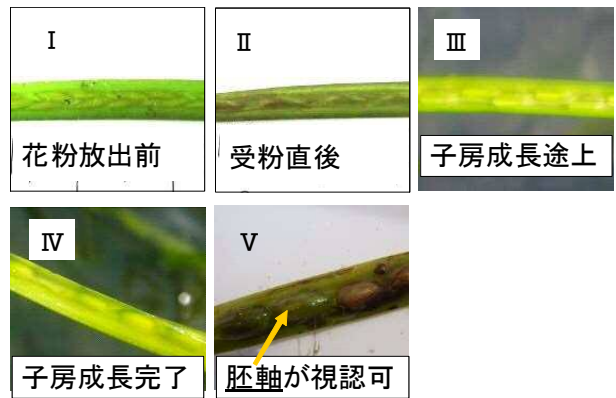


図 I-4-4 アマモの成熟段階

平成 22 年度に、底質の異なる基質でアマモ種子の発芽率を検討した結果、粒径の大きな材質に粒径 0.01mm 以下の浚渫土を混合することにより、底質の還元化が促進され、発芽率が向上することが分かった。

平成 22, 23 年度に、アマモ及びコアマモの年間現存量を比較した結果、アマモは 5～7 月に繁茂期があり、コアマモは年間を通して現存量を維持していることが分かった(図 I-4-5, 6)。



図 I-4-5 六条潟のコアマモ

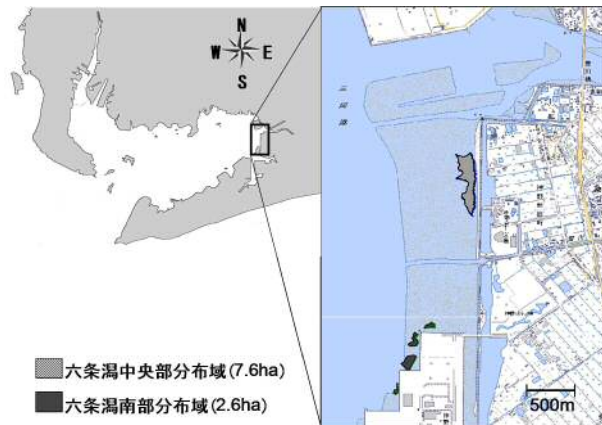


図 I-4-6 六条潟のコアマモ分布

4 漁場改善技術の開発

(1) 漁場環境制御技術開発試験

平成 7～13 年度に漁場環境制御技術開発試験が実施された。貧酸素化による底生生物群集の衰退は、底泥と水柱との物質収支に大きな変化を与え、水質環境の悪化や内湾生態系の変化を加速する可能性が高い。これを定量的に明らかにするためには、底泥と水柱との物質収支を計算する必要があることから、貧酸素化による底生生物のへい死の定式化を行った。野外飼育実験と水温、塩分、溶存酸素濃度の連続観測から、貧酸素化の進行に伴うアサリの死亡率は、溶存酸素飽和度と水温の関数で良好に再現することができた。その後、さらに改良を加えて、低酸素消費時のアサリ生体中のグリーゲン消費速度を水温の関数としたことにより、水温と生理条件を加味した現実に近いモデルとなった。これにより、貧酸素化を改善する手法の開発において、対策に対する効果を予測することが可能となった。

また、海域において、人工干潟の造成による地形変化が、底生生物及び周辺の溶存酸素環境に与える影響を調査したところ、貧酸素化が進んだ海域において地盤高を上げることにより、底生生物の回復が観察された。

(2) 漁場改良実態調査・漁場環境修復推進調査

効果的に浅場の修復事業を推進するため、覆砂

事業による底質改良効果としての水質浄化機能の向上をマクロベントス現存量から求める手法及び生態系モデルを用いる手法を使用して定量化した。その結果、人工干潟は、造成後 3 年が経過した時点で、底生生物が増加し懸濁物除去機能が向上した。また、懸濁物除去機能だけを推測するにはマクロベントス現存量から求める方法が簡便で実用的であることが分かった。

(3) 水質浄化機能を指標とした底質基準試案

三河湾の浅海部において、湾全体の正常な物質循環が維持されるために必要な底質濃度を、マクロベントスによる有機懸濁物除去機能が維持される限界濃度と定義し検討を行った。その結果、三河湾において有機懸濁物除去機能が発現される底質基準は、強熱減量で 5%、総窒素で 1 mg dry g^{-1} 、COD で 10 mg dry g^{-1} であることが明らかになった。

(4) 浚渫地の修復技術

平成 17～19 年度に、浚渫地修復技術開発試験を実施した。浚渫地では、夏季に無酸素水が形成され、周辺域を含めた一帯の底生生物の生息を困難にしている (図 I-4-7)。そのため、浚渫地の修復は港湾域を含む内湾の環境回復にとって不可避である。この試験では、浚渫地の埋め戻しによって改善される底層の溶存酸素環境、回復する底生生物群集、それに伴って向上する水質浄化機能等を予測する技術を開発した。

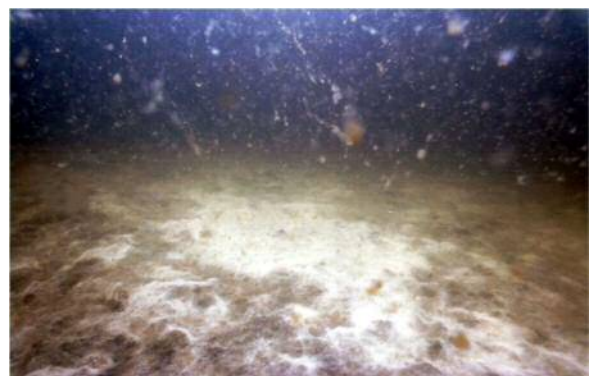


図 I-4-7 浚渫地の海底

また、浚渫窪地内は、湾央より浅いにもかかわらず、早くから貧酸素化し、遅くまで解消しないことが明らかとなった。これは、開放的な天然海域と異なり、海水交換が阻害されているうえ、酸素消費量の高い新生堆積物の沈降速度が高いため貧酸素化しやすく、かつ解消しにくいと考えられた。硫化水素の発生があった観測日はほぼ無酸素状態であった。硫化水素は素早く酸素と反応し、硫黄または硫酸イオンとなるため、硫化物は無酸素状態でしか存在しない。硫化物は、好氣的呼吸生物に対し強い毒性を有し、硫化水素の発生は単なる低酸素濃度以上に生物に悪影響を及ぼす。また、硫化水素の蓄積は、負の溶存酸素として挙動すると考えられ、小規模な上下混合では、たちまち酸素を消費し、無酸素状態を継続させると推測された。このように、高濃度に蓄積した還元物質が海象条件によって一度に周辺海域に流出すれば、周辺生態系に悪影響を及ぼす可能性が高いと考えられた。

数値シミュレーションでは、浚渫窪地を埋め戻した場合、無酸素水塊の体積は埋め戻し前よりも大きく減少すると見積もられた(図 I-4-8)。

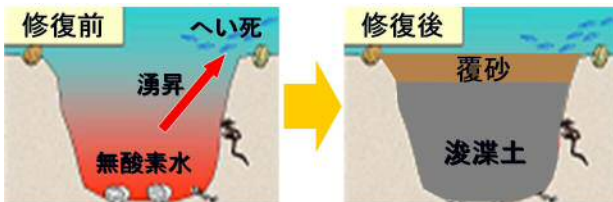


図 I-4-8 浚渫窪地埋戻しのイメージ

(5) 局所的環境悪化水域の把握と対策

三河湾沿岸域の埋め立て地周辺の水路、入江、泊地や窪地等においては、局所的な環境悪化が顕在化しており、生物がほとんど生息しない場(以下、「デッドゾーン」)が疑われた。そのため、平成 20~22 年度に三河湾生物回復調査を実施し、「デッドゾーン化が疑われる水域」リストである 174 水域から、生息種類数が 5 種未満となった「デッドゾーン」を選定したところ、80 水域となり、その面積は 27.8km² あることが判明し

た。また、これら水域の多くが人為的地形改変に起因していた(図 I-4-9)。特に湾奥部に作られた大規模な泊地、航路はデッドゾーンの面積の 79.2%と大きな割合を占めた。大規模泊地では、湾央に先んじて貧酸素化し、それが長期化するだけでなく、貧酸素水の流出が周辺浅場海域の底生生物に影響を及ぼすことが明らかとなった。

環境改善策としては、入江については開削・導水と二枚貝(ろ過食者)の添加、小規模泊地については泊地内浅海部への二枚貝類の添加、窪地については埋め戻しが効果的であることが推算された。しかし、大規模泊地については、周辺浅場への貧酸素水流出防止の観点からの対策が必要であり、今後の課題である。

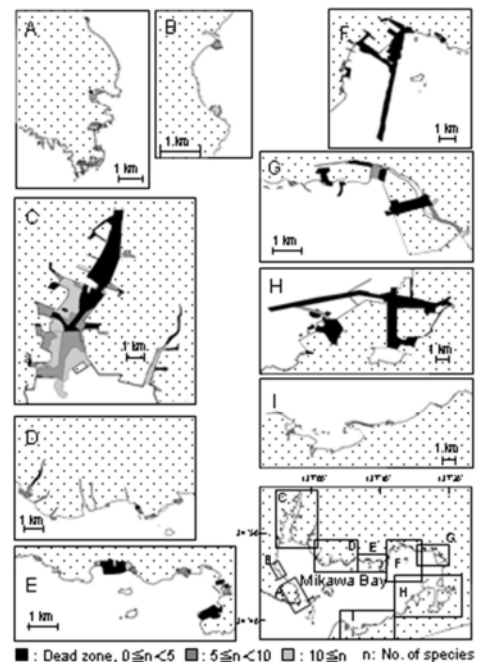


図 I-4-9 三河湾のデッドゾーン

5 干潟・浅場の造成効果と評価モデルの開発

(1) 事前調査

平成 7~11 年度、大規模漁場改良事業により、覆砂施工海域の底質・底生生物の状況を調べ効果的な施策のための基礎資料を得た。

(2) 効果調査

平成 14～16 年度、人工干潟・浅場の水質浄化機能定量化手法確立試験により、人工干潟において、造成効果の検証及び今後の造成のためのデータ蓄積を目的として、長期的な生物モニタリングを実施した。

造成直後は秋季にアサリの増加がみられた。その後、年を経る毎に、シオフキ、バカガイ、サルボウガイが優占するようになった。

ソリ付き桁網（図 I-4-10）を用いて大型表在動物を調査したところ魚類 32 種、甲殻類 13 種、頭足類 2 種の合計 47 種が出現した。出現種のほとんどは、一生を三河湾で過ごす種であったが、ヒラメのような湾外での漁獲対象種や、アユのような河川有用種も出現した。造成からわずか 3～5 年で多様かつ有用な種が多数干潟域を利用しており、失われた干潟が有していた生物生産機能の修復策として、人工干潟は即効性があることが明らかとなった。



図 I-4-10 ソリ付き桁網

水流噴射式桁網を用いて埋在性メガベントスを調査したところ、人工干潟造成後 3～5 年目の一定期間は、バカガイ、アサリ、シオフキガイ、サイルボウガイなどの出現がみられ、自然干潟に準じた埋在性メガベントスの生物生産機能及び水質浄化機能を有することが確認された。しかし、人工干潟は自然干潟と比較して小規模であるため、埋在性メガベントスの生物量は食害生物による捕食、漁獲等の影響を受けて減少しやすく、これに依存する水質浄化機能も低下することが示唆された。また、人工干潟は、ガザミ類の秋季着底場、

冬季越冬場、春季以降の生育場として機能していた（図 I-4-11）。

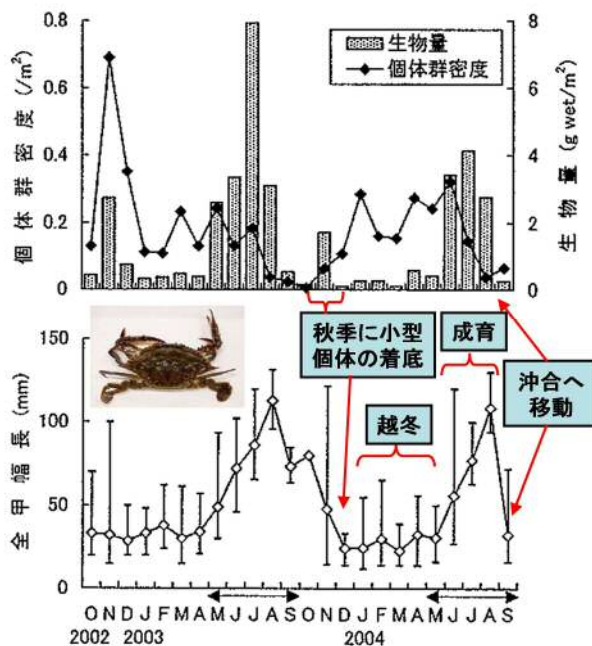


図 I-4-11 ガザミ生息状況

(3) 機能評価手法の確立

平成 14～16 年度に、水質浄化機能定量化手法の確立を目的に、干潟実験水槽及び人工干潟を用いて、底生生物群集及び水質変動を正確に捉えた。水質浄化機能の定量化には、底生生態系モデルを適用し、初期値と計算結果の検証に実験値及び観測値を用いた。

なお、このモデルを用いて西浦地区で造成された人工干潟の持つ水質浄化機能の評価をしたところ水質浄化能力に相当する水処理施設の建設費及び維持管理費はそれぞれ、4.2 億円、1,900 万円/年と見積もられた。底生生態系モデルを使用すれば、数少ないデータからでも人工干潟・浅場の評価が可能だということが明らかとなった。

6 貧酸素水塊対策手法の検討

(1) 工学的改善効果の検討

「底生生物の死滅、逃避を誘引する貧酸素水塊が形成されない流入負荷水準」を漁場環境容量とし、溶存酸素量 2 ml/L の達成が提案されている。

る。それには、伊勢・三河湾の負荷を昭和 58 年（1983 年）の夏季から 39%削減することが必要である（昭和 38 年（1963 年）頃に遡る）と計算されているが、埋め立てにより消失した規模の干潟が造成可能であれば、昭和 48 年（1973 年）程度の負荷でも貧酸素水塊の回避は可能であるとの指摘もある。しかし、流入負荷削減や干潟の造成といった根本的な対策には多くの時間が必要であり、当面は対症療法として有効と考えられる具体策を並行して検討し、溶存酸素環境の早急な改善を図る必要がある。この策の 1 つとして、湾の上層水を機械的に底層へ供給することにより、一定面積の底層の貧酸素水塊を解消する方法が考えられる。湖やダム湖等においてはこのような工学的手法による実施例があるが、内湾における検討は少ない。そこで、富栄養化した伊勢・三河湾を例として、内湾における貧酸素水塊形成機構を解析すると共に、上層水の底層への供給による改善効果を定量的に検討した。その結果、伊勢湾中央部及び三河湾奥部ともに、流動的に閉鎖的な海域であり、溶存酸素の供給が不十分で、かつ懸濁態有機物が集積しやすい場所であることが推測された。伊勢湾中央海域において 100 m³/min の上層水を下層に投入しても、貧酸素の解消には効果的ではないと考えられた。三河湾奥部においては、やや酸素濃度上昇域が広がったものの、底生生物の回復に必要な濃度上昇は期待できないことが分かった。

(2) 影響評価手法開発試験

環境省の中央環境審議会は、環境基準の項目を指標とすべきものと、制御すべきものとに分ける方針を打ち出した。これまで観測されてきた窒素や磷は制御すべき項目であり、指標とすべき項目として、透明度と海域底層の溶存酸素濃度が位置づけられた。しかし、溶存酸素濃度に対する水産生物の耐性については、成魚については多くの知見があるものの、生活初期段階である浮遊幼生については知見が少ない。そこで、平成 22～24 年

度に、独立行政法人国立環境研究所と共同で生活初期段階の水産生物の貧酸素耐性を求める実験装置を開発し、アサリ浮遊幼生の貧酸素への応答及び耐性濃度を求めた。さらに、シミュレーションによりアサリ浮遊幼生が 2～3 週間かけて着底するまでに、減耗する資源量が 5%に抑えられる底層の溶存酸素濃度を求めた。これによると、海域底層の溶存酸素量は最低 2.6mg/L は必要であることが導き出された。また、平成 25 年度には、ガザミ、クルマエビ及びヨシエビの浮遊幼生についても、実験により貧酸素耐性を求め、海域底層の溶存酸素量は少なくとも 3.0mg/L は必要であることを導き出した。

平成 24 年度には、三河湾全域に 25 の区画を設定して、底びき網により、魚介類の分布を調査した。前日に観測した貧酸素水塊の分布状況を照らし合わせると、魚類（図 I-4-12）、甲殻類は、底層の溶存酸素量に依存した分布を示した。しかし、貝類の分布は、上記 2 種類と比較して溶存酸素量との相関は低かった。貝類は比較的貧酸素耐性があるため、酸素環境の履歴を受けた分布になる可能性が考えられた。

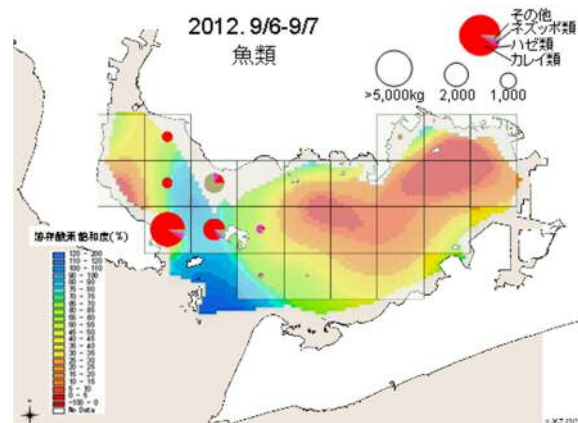


図 I-4-12 魚類と貧酸素水塊の分布

7 アサリ漁場造成技術の開発

平成 12 年度から、河口域資源向上技術開発試験において、豊川河口域のアサリ稚貝の発生状況調査、海域環境調査、移植が可能な稚貝サイズの検討が実施された。アサリ稚貝の発生状況調査結果については、アサリ稚貝の特別採捕時期を決定

するために利用された（図 I-4-13）。海域環境調査では、河口干潟の保全のために、浚渫窪地及び湾東部を起源とする貧酸素水塊の影響に注目すべきことが明らかとなった。

移植可能な稚貝サイズの検討については、平成 15、16 年度に小型稚貝（殻長 10～15mm）でも移植可能なことが解明され、苦潮が発生して大量へい死する時期よりも早い段階での採捕が可能となり、稚貝の有効活用が図られるようになった。

豊川河口域へのアサリ浮遊幼生の供給源を予測するために用いるシミュレーションにおいて必要となる、アサリ浮遊幼生の塩分選択行動特性をシリンダー実験により解明した。アサリの受精卵はほとんどが高塩分層に沈降し、浮遊幼生は成長段階を通じて走光性を持たず、トロコフォア期には低塩分層へ浮上、D 状期の初期には一旦やや高塩分層に沈降し、その後アンボ期からフルグロウン期にかけて次第に低塩分層へ浮上する傾向を強めた。

平成 21、22 年度には、移植による水質浄化効果の算定のために、アサリ種苗再放流機能評価が実施された。アサリ稚貝の豊川河口域からの移植による三河湾全体の懸濁物除去能の増加は 63% と見積もられた。

平成 23 年度には、アサリ稚貝の着底と波浪との関係を夏季と冬季で比較した。アサリ初期稚貝は、春季と秋季を中心として、干潟から浅場にかけての干潟縁辺部に着底する。夏季はそのまま干潟縁辺部に留まり、冬季は波浪の影響を受けて干潟部へ移動している傾向がみられた。

平成 24 年度には、春季着底稚貝が生残しにくく、秋季着底稚貝が翌年の夏季においても生残している要因を調査した。春季着底稚貝は、着底後も干潟縁辺部に留まることから、夏季に貧酸素水の影響を受けてへい死している状況が捉えられた。秋季着底稚貝は、着底後、冬季に干潟部へ移動するため、夏季に貧酸素水塊の影響を受けにくく、へい死に至らないことが分かった。



図 I-4-13 豊川河口域でのアサリ稚貝採捕

8 サガラメ藻場造成技術の開発（平成 10 年度～現在）

平成 10 年（1998 年）から愛知県沿岸域のアラメ場（サガラメ、カジメ）の縮小が始まり、平成 12 年（2000 年）には一部を残してほぼ消失した。こうしたサガラメ藻場の消失には、植食性魚類のアイゴが関係していることが考えられたため、藻場再生に必要とされる種苗の移植法とともにアイゴの食害防除法等に関する検討を行った。サガラメやカジメ種苗の移植法として、3%アルギン酸ナトリウム・海水混合液（以下、「混液」）に胞子体（配偶体含む）を混合してロープに塗布することで、ワカメ養殖と同じようにサガラメ、カジメを養殖して母藻を養成する方法を開発した（図 I-4-14）。



図 I-4-14 ロープによるサガラメの養殖

平成 19 年（2007 年）には、混液に胞子体（配偶体含む）、砂を混ぜ、これを充填したコーキングガンで移植基盤に塗布する方法を開発した（図

I-4-15)。



図 I-4-15 コーキングガンによる移植

アイゴの食害には防御網の効果が高いことを確認したが、コスト面で制約が大きいため、より低コストで防御可能な方法として生分解性繊維（ポリプロラクトン）を分裂組織周辺に巻き付ける方法を開発した（図 I-4-16）。



図 I-4-16 分裂組織に巻き付けた生分解性繊維

平成 16～21 年（2004～2009 年）には、サガラメ藻場が有する多面的機能として、魚類への餌料供給機能、炭素・窒素の吸収機能の評価を行った。また、サガラメとカジメのアワビへの餌料効果とアイゴの採食程度から、藻場再生コストの観点からカジメ藻場を造成することが有利であることを示した。さらに、サガラメ藻場が残存する南知多町内海礫が浦地先は波浪流速が大きいため、アイゴが定位して採食行動することが難しい環境にあることを明らかにした。

平成 22～24 年（2010～2012 年）には、新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業「既存着底基質への海藻種苗の移植による効率的な藻場

再生技術の実証試験」において、当水試が中核機関となり大学、民間と共同で、海藻種苗の効率的な生産技術の開発、海藻種苗移植技術の開発、移植種苗を核とした藻場拡大技術の開発に取り組んだ。その結果、サガラメ胞子体を含む混液を綿ガーゼ等に塗布してノリ養殖用鋼管に巻き付け、サガラメを移植する方法（図 I-4-17）や、トゲモクと混生状態にあるサガラメの食害程度が軽いことから、4月にトゲモクを移植後、11月にサガラメを移植する時間差混植移植法を開発した（図 I-4-18）技術を開発した。

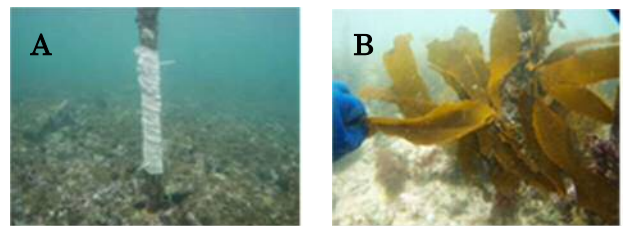


図 I-4-17 綿ガーゼのノリ養殖用鋼管巻き付けによるサガラメ種苗の移植（A）と移植された藻体（B）

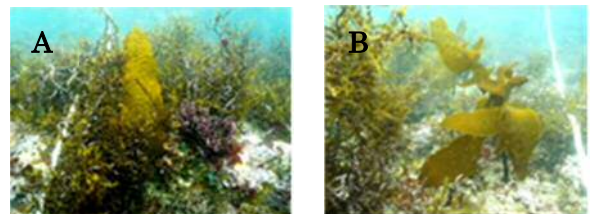


図 I-4-18 トゲモクと混生したサガラメ単葉個体（A）と側葉個体（B）