

平成16年度漁場環境保全方針策定事業

吉田 達・小坂 善信・篠原 由香・鹿内 満春

陸奥湾の地まきホタテガイ主要産地である川内町では、かつて年間6,000トン以上の水揚げがあったが、近年は数百トンにまで落ち込んでいる。この原因としては、泥の堆積による漁場環境の悪化、ポリドラ付着による成長阻害、ヒトデによる食害、放流稚貝の種苗性等が考えられるが、原因の特定と改善には至っていない。こうした中、平成15年春季に東湾を中心に、養殖・地まきホタテガイが大量へい死に見舞われたことから、川内地区をモデル地区として地まきホタテガイ漁業回復を目的とした、漁場環境保全方針策定のための調査を実施するものである。

1 調査方法

(1) 餌料環境に関する調査

図1に示す地点（水深20m）で、2ヶ月に1回、クロロフィルa量を調査するためにバンドーン採水器により表層と底層の採水を行った。また、沈降量を調査するために海底上3mにセジメントトラップを24時間設置して沈降物を採取した。クロロフィルa量は、試水1ℓをワットマンGF/Cフィルター上に

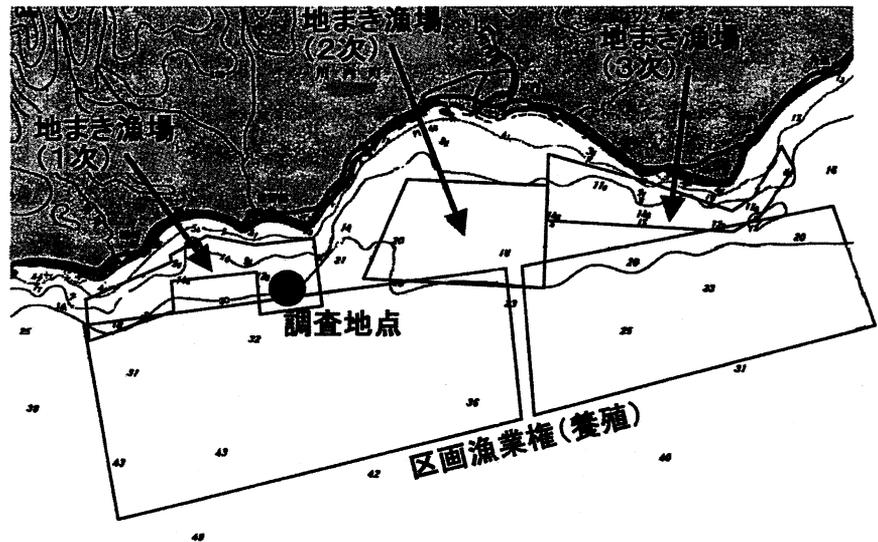


図1 クロロフィルa量、沈降量の調査地点図

濾過し、凍結保存後、アセトンで抽出して蛍光法（日本分光FP-750）で測定した。沈降物はGF/Cフィルター上に濾過して凍結保存し、塩酸・乾燥処理後、POC量を測定した。

(2) ホタテガイの成長に関する調査

ホタテガイの時期別の成長量を把握するために、平成16年6月から平成17年2月にかけて養殖ホタテガイ（平成14年産、平成15年産）及び地まきホタテガイ（平成13年産、平成15年産）の測定を行った。それぞれ30個体の殻長、全重量、軟体部重量、生殖腺重量を測定した後、軟体部は送風定温乾燥器（IWAKI AFO-51）を用いて、60℃で8時間、120℃で15時間乾燥させて乾燥重量を測定した。

(3) ホタテガイのへい死原因究明に関する調査

1) 微細粒子の起源の解明

平成15年春季のホタテガイ大量へい死の原因である微細粒子の起源を解明するために、川内川の泥、養殖籠に付着した泥、海底の泥を採取して、類似度を比較した。

養殖籠の泥は平成15年6月20日に川内町蠣崎沖の養殖施設に垂下していたパールネット2段から採取し、ホルマリン固定した。川内川の泥は中流域で8月22日に500mlサンプル瓶に直接採取した。海底

の泥は、9月2日に漁場保全対策基礎調査のNo2、6、7、9でスミスマッキンタイヤー採泥器により採取した。芦崎湾の泥は、7月29日にエクマンバージ採泥器により採取した（表1、図2参照）。採取した泥は-30℃で冷凍保存した。

分析にはできるだけ細かい粒子を用いる必要があるため、2ℓ（籠の泥はホルマリンの影響を考慮して10ℓ）の蒸留水を使用して、粒度組成用の篩（500μm、250μm、125μm、63μm）にかけ、63μmの篩を通過した懸濁液を4日間沈殿させた後、サイフォンで上澄みを排出し、120℃で24時間乾燥させた乾燥試料を用いた。

乾燥試料は、青森県薬剤師会に依頼してICP-MS（誘導結合プラズマ質量計）、原子吸光分光光度計により無機元素の分析を行った他、弘前大学農学生命科学部に依頼して分光光度計、クロマトグラフィーにより有機物（腐植酸）の分析を行った。それぞれの分析結果を用いて、同大学で各地点の泥の類似度を解析した。

2) へい死発生時の泥の浮遊量の推定

上記の微細粒子の分析のために採取したパールネットに付着している泥の量を用いて、へい死発生時に海域に浮遊していた泥の量を推定した。

2 結果と考察

(1) 餌料環境に関する調査

クロロフィルa量の調査結果を表2に示した。表層では0.12~0.85mg/m³、底層で0.31~4.06mg/m³の範囲で推移した。

今回の調査結果及び過去の各種調査結果^{1,2,3)}を基に、川内地先のクロロフィルa量の時期別推移を図3、4に示した。一般的には、植物プランクトンのブルーミングにより2月頃にピークを示し、最大で2mg/m³であり、それ以外の時期は1mg/m³以下の低い値で推移している。なお、平成13年2月は表層で8.8mg/m³、底層で15.7mg/m³、平成14年2月は表層で1.5mg/m³、底層で3.6mg/m³、平成17年2月は表層で0.4mg/m³、底層で4.1mg/m³となっており、表層よりも底層で高い値を示すのが特徴的であった。

表1 サンプルの採取日と水深

| サンプル | 採取年月日 | 水深(m) |
|-----------------------------|------------|-------|
| ホタテ養殖籠の付着泥 | 平成15年6月30日 | 45 |
| 海底の泥(漁場保全対策基礎調査NO. 2、略号St2) | 平成15年9月2日 | 43 |
| 海底の泥(漁場保全対策基礎調査NO. 6、略号St6) | 平成15年9月2日 | 41 |
| 海底の泥(漁場保全対策基礎調査NO. 7、略号St7) | 平成15年9月2日 | 19 |
| 海底の泥(漁場保全対策基礎調査NO. 9、略号St9) | 平成15年9月2日 | 40 |
| 芦崎湾の泥 | 平成15年7月29日 | 8 |
| 川内川の泥 | 平成15年8月22日 | 0.5 |

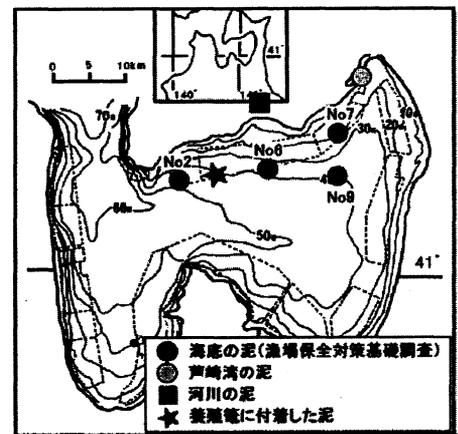


図2 微細粒子分析用サンプル採取地点図

表2 川内地先のクロロフィルa量測定結果

| 月日 | 単位:mg/m ³ | | |
|-----------|----------------------|------|------|
| | 表層 | 底層 | 平均 |
| H16.4.20 | 0.35 | 0.49 | 0.42 |
| H16.6.28 | 0.12 | 0.31 | 0.22 |
| H16.8.26 | 0.47 | 1.46 | 0.96 |
| H16.10.26 | 0.85 | | 0.85 |
| H17.1.13 | 0.60 | 0.81 | 0.70 |
| H17.2.26 | 0.40 | 4.06 | 2.23 |

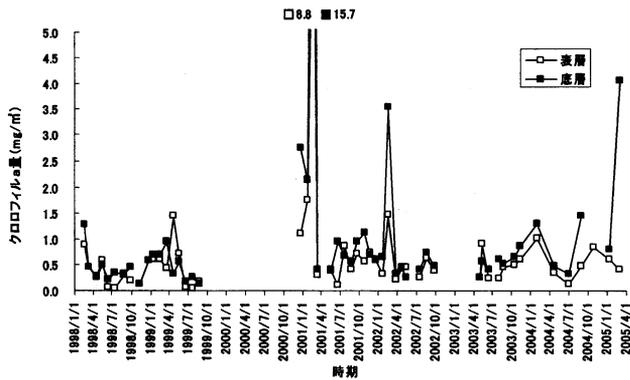


図3-1 川内地先におけるクロロフィルa量の推移 (1998~2005年、層別)

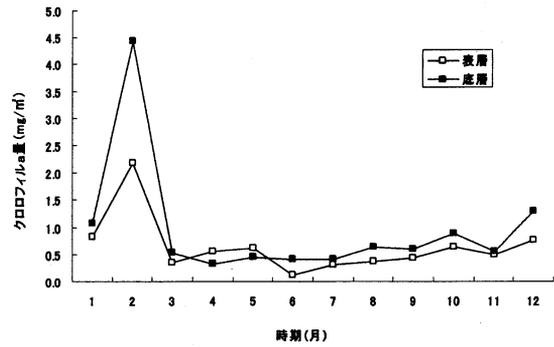


図3-2 川内地先におけるクロロフィルa量の推移 (1998~2005年、月平均値)

平成15~16年度の沈降水量調査結果を表3、図4に示した。平成15~16年度の調査期間中の沈降物中のPOC量は105~501mgC/m³/日の範囲にあり、春~秋にかけて高く、冬は低い傾向を示した。小倉ら⁴⁾は東湾における沈降水量を73~193mgC/m³/日と試算しており、吉田ら⁵⁾は久栗坂沖における沈降水量を39~171mgC/m³/日と報告しているが、今回の結果はこれらの結果と比べてかなり高い値となった。

表3 川内地先の沈降水量分析結果

| 調査月日 | | 希釈率 | 分析値 (μg) | POC量 | |
|-----------|-----------|-----|-------------|-------------------|-----|
| 投入 | 回収 | | | m ³ 当り | 平均 |
| H15.11.10 | H15.11.12 | 2 | 7,743 | 430 | 205 |
| | | 10 | 1,398 | 388 | |
| H16.2.2 | H16.2.6 | 2 | 3,794 | 211 | 220 |
| | | 10 | 823 | 229 | |
| H16.4.19 | H16.4.20 | 2 | 1,944 | 108 | 105 |
| | | 10 | 371 | 103 | |
| H16.6.28 | H16.6.29 | 2 | 8,870 | 493 | 501 |
| | | 10 | 1,836 | 510 | |
| H16.8.25 | H16.8.26 | 2 | 3,688 | 205 | 354 |
| | | 10 | 1,812 | 503 | |
| H16.10.26 | H16.10.27 | 2 | 8,328 | 463 | 464 |
| | | 10 | 1,675 | 465 | |
| H17.1.12 | H17.1.13 | 2 | 2,487 | 138 | 151 |
| | | 10 | 592 | 165 | |
| H17.2.25 | H17.2.26 | 2 | 7,433 | 413 | 360 |
| | | 10 | 1,105 | 307 | |

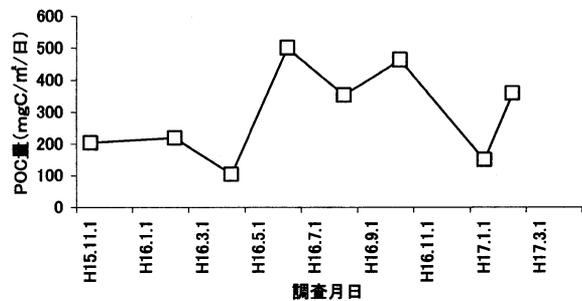


図4 川内地先における沈降物中のPOC量

(2) ホタテガイの成長に関する調査

養殖及び地まきホタテガイの測定結果並び母貝調査結果を表4に示した。また、これらのデータを基に、川内地先における養殖及び地まきホタテガイの年齢別成長量を図5、6に示した。

養殖ホタテガイは、1年貝で全重量15.1~155.5g、軟体部重量5.0~71.1g、2年貝で全重量93.4~131.3g、軟体部重量35.8~53.5g、3年貝で全重量150.8~190.7g、軟体部重量64.2~89.7gであった。

これに対して、地まきホタテガイは、1年貝で全重量6.5~40.9g、軟体部重量1.9~12.3g、2年貝で全重量52.2~86.8g、軟体部重量22.8~36.5g、3年貝で全重量86.4~130.8g、軟体部重量28.1~52.8gであり、養殖ホタテガイに比べるとかなり成長が劣ることがわかった。

なお、地まき3年貝は産卵後に成長が非常に悪くなり、軟体部重量は2年貝と同じレベルになってしまった。年により異なると考えられるが、これでは3輪採が成り立たないことから、販売計画も含めて漁場利用計画全体を見直す必要がある。

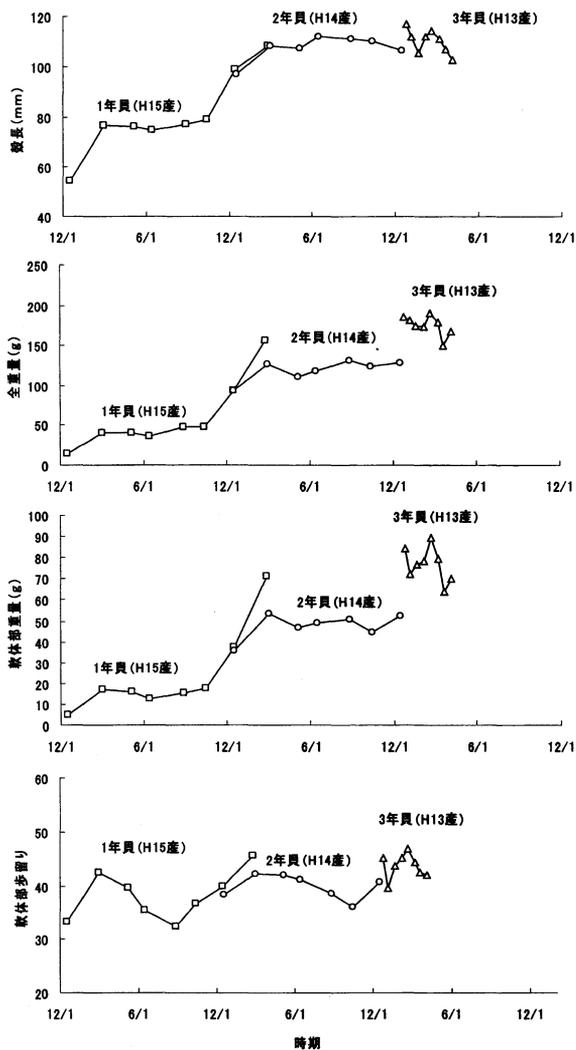


図5 川内地先の養殖ホタテガイの年齢別の成長の推移

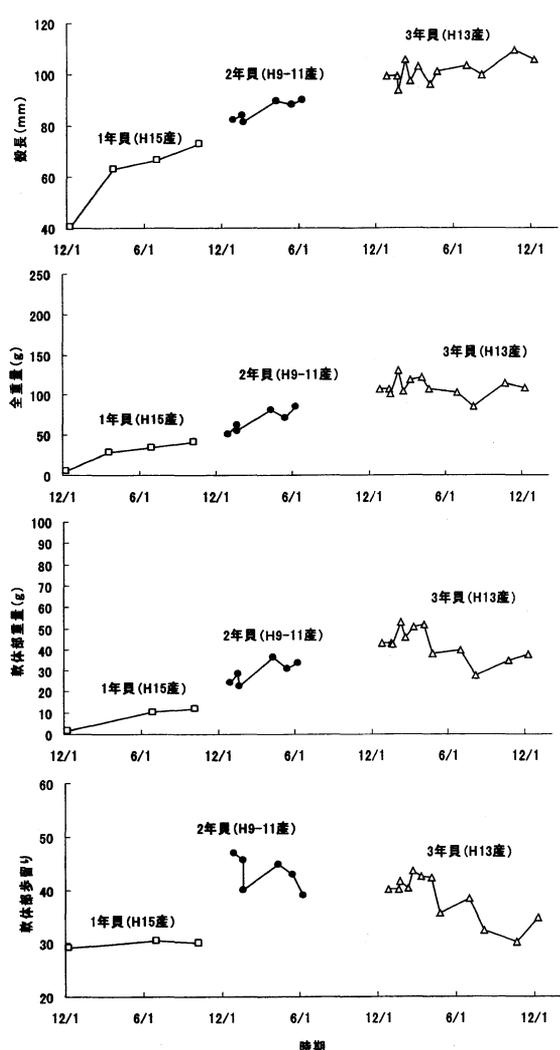


図6 川内地先の地まきホタテガイの年齢別の成長の推移

(3) 地まきホタテガイ漁業の生産量回復に関する考察

平成15年度の調査結果、平成16年度の調査結果から近年、成長が悪化していることが確認されたことから、地まきホタテガイ漁業の生産量回復を図るために、その原因の究明並びに対策について以下のとおり考察を行った。

1) 放流枚数と生産枚数との関係

昭和43年～平成11年産放流貝の放流枚数と3年後の生産枚数との関係（回収率）を図7～9に示した。

3年後の生産枚数の算出にあたって、1個体当りの重量の各年度のデータがないため、昭和43～63年産貝は136 g（昭和46～50年調査^{6,7,8,9,10}）、平成元～11年産貝は87 g（平成11～13年の組合出荷貝データ）として用いた。

昭和43～47年産貝は放流枚数と生産枚数には相関が見られないことから、自然発生貝が生産に寄与（回帰式の切片から試算すると521万枚）している可能性が考えられた。昭和51～63年産貝と平成元～11年産貝は、放流枚数と生産枚数には相関が見られることから、ある程度の稚貝を放流しないと生産量は増加しないということがわかった。

なお、昭和51～63年産貝と平成元～11年産貝の、回帰式の傾き（＝生残率）の検定を行ったところ、有意な関係が見られた。しかし、昭和51～63年産貝は自然発生貝の寄与を計算すると971万枚

と昭和43～47年産貝の倍近い量になること、平成元～11年産貝は-434万枚とマイナスになることから、それぞれの回帰式の切片を昭和51～63年産貝は521万枚（昭和43～47年産貝並み）、平成元～11年産貝は0として補正したところ、回帰式の傾きは0.298と0.190とやや差が見られるようになった。統計的には、この差の検定は難しいものの、平成元～11年産貝の傾きの方が小さい（=生残率が低い）ことから、ヒトデによる食害の影響についても検討する必要がある。

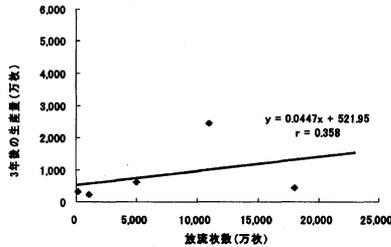


図7 川内地先におけるホタテガイ放流枚数と生産量との関係（昭和43～47年産貝）

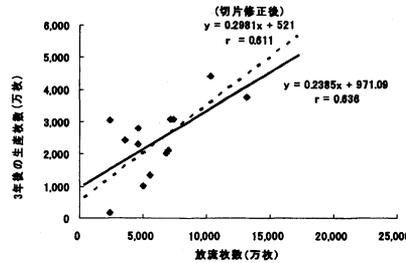


図8 川内地先におけるホタテガイ放流枚数と生産枚数との関係（昭和51～63年産貝）

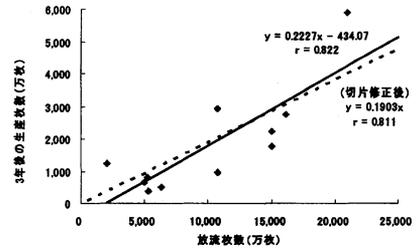


図9 川内地先におけるホタテガイ放流枚数と生産枚数との関係（平成元～11年産貝）

2) ホタテガイの摂餌量の変化

ホタテガイの成長量（前述の軟体部重量の増減量）、呼吸量（蔵田の式¹¹）、排泄量（0.3）、産卵量（平成11～15年産母貝調査結果^{12,13,14}）から求めた養殖、地まきホタテガイ1個体当りの摂餌量と、吉田らによるホタテガイ適正収容量調査（平成12～14年）で求めたホタテガイ摂餌量全湾平均⁵）を比較した（図10-11）。

全湾平均の養殖貝は2年目8月に摂餌量が124mgC/個体/日、全湾平均の地まき貝は3年目の10月に102mgC/個体/日と最大に達し、いずれも時期的に増減が見られるものの、成長に伴って摂餌量は増加している。

また、川内の養殖貝は2年目11月に102mgC/個体と最大に達し、全湾平均の養殖貝と同様に成長とともに増加傾向を示すが、全湾平均の養殖貝と比べるとレベルが低く、摂餌ピークがずれているのが特徴的である。さらに、川内の地まき貝は2年目、3年目ともに同じような摂餌量レベルであることから、2年目で既に餌料環境を最大限に利用しているものと

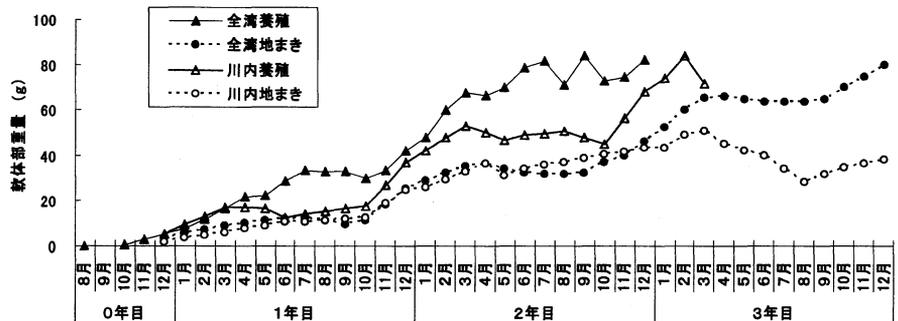


図10 1個体当りのホタテガイ軟体部重量の推移

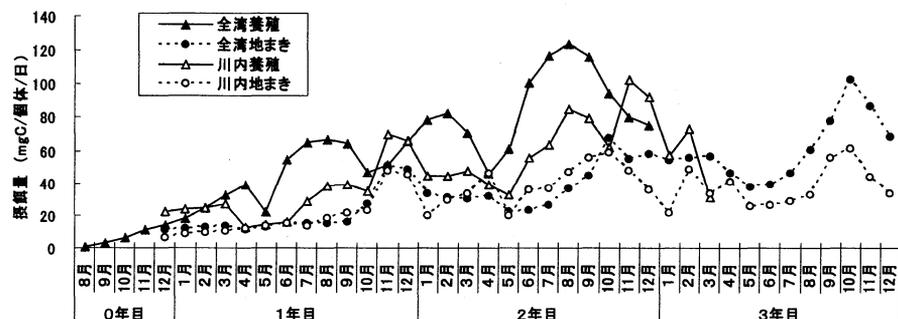


図11 1個体当りのホタテガイ摂餌量の推移

考えられ、3年目では餌料不足により成長（歩留り）が停滞している可能性が考えられた。

なお、2年目の1㎡当りのホタテガイ摂餌量を試算すると平均で113mgC/㎡/日（61～163mgC/㎡/日）であった。前述のとおり、川内地先の沈降物中のPOC量は平均で295mgC/㎡/日であることから、地まきホタテガイはその約38%足らずしか利用していないことになる。これは、川内地先の沈降物中には、ホタテガイが消化・吸収できる植物プランクトン以外の様々な有機物が含まれているためと考えられた。

3) 海における栄養塩（窒素、リン）の変化

成長の悪化については、餌料環境の変化が影響していることが考えられるが、前述のとおりクロロフィルa量はここ数年分のデータしかないことから、植物プランクトンの増殖に不可欠な海域における栄養塩量の変化について検討した。

陸奥湾漁場保全対策基礎調査^{15,16,17,18,19,20,21}における川内地先の調査点（NO.12）の昭和54年度～平成15年度までの、各種栄養塩の推移を図12-14に示した。PO₄とNH₄は水深によって一部減少傾向が見られるほか、NO₂+NO₃は全水深で明らかな減少傾向が見られた。

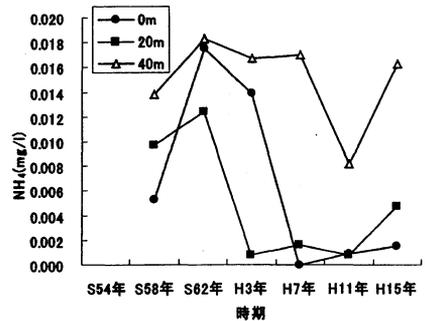
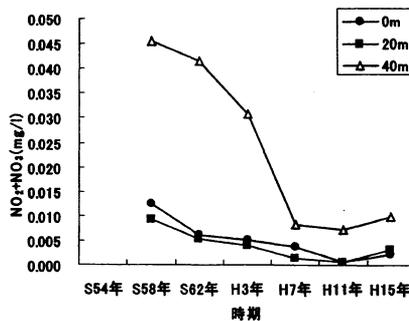
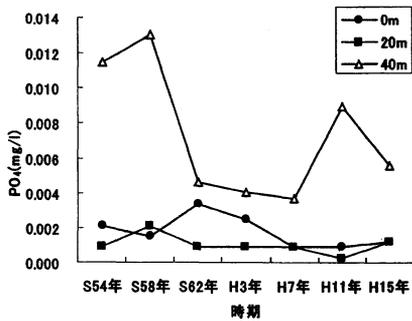


図12 川内地先におけるPO₄の推移

図13 川内地先におけるNO₂+NO₃の推移

図14 川内地先におけるNH₄の推移

閉鎖性海域である陸奥湾において、栄養塩は流入河川または外海から供給されているものと考えられることから、まず、始めに河川からの栄養塩供給量の変化について検討した。

4) 河川からの栄養塩供給量の変化

① 河川流量の変化について

県の公共用水域及び地下水の水質調査結果（昭和55年～平成13年）を用いて川内川下流の川内橋の流量の変化を調べたところ、昭和55～63年には5.6～50.8m³/秒であったのが、平成元～13年には0～6.4m³/秒に激減していた（図15）。平成元年以降の流量がほぼ0 m³/秒であるが、測定方法の変更はなく、大雨などの洪水時は避けるようにサンプリングしていることから、経年変化についての比較はある程度可能であると考えられた。しかし、測定回数が年間数回と少ないため、河川から海への栄養塩供給量の試算に用いることは難しいため、他の流量データの収集を試みた。

まずは、中流域の新田の流量データ（平成5～14年）を入手して、年間平均流量を試算したところ、流量は8.2～12.4m³/秒の範囲にあり、比較的安定していることがわかった（図16）。しかし、川内ダムの完成により河川水量がコントロールされていることも考えられたことから、川内ダム完成前の昭和50年代の流量データが必要である。

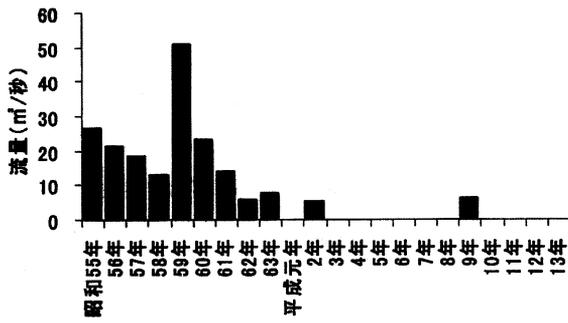


図15 川内川における河川流量の推移（川内橋）

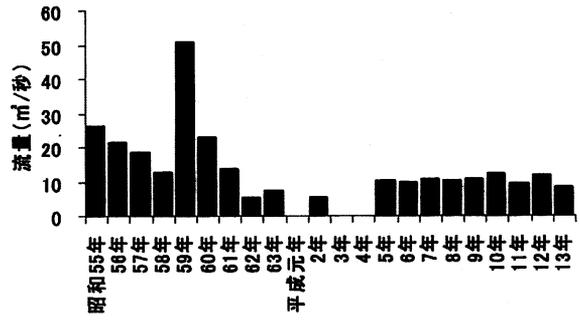


図16 川内川における河川流量の推移（昭和55～平成4年は川内橋、平成5～13年は新田）

このため、上流域の川内町家の辺にある東北電力岩谷発電所の流量データ（昭和35～59年と平成4～13年の豊水流量、平水流量、低水流量、濁水流量）を入手したが、豊水流量、平水流量、低水流量、濁水流量とも、近年、特に減少している傾向は見られなかった（図17）。このデータを用いて再度、年間平均流量を試算したところ、昭和55～59年は2.1～3.6m³/秒、平成4～13年は2.8～4.6m³/秒という結果となった（図18）。

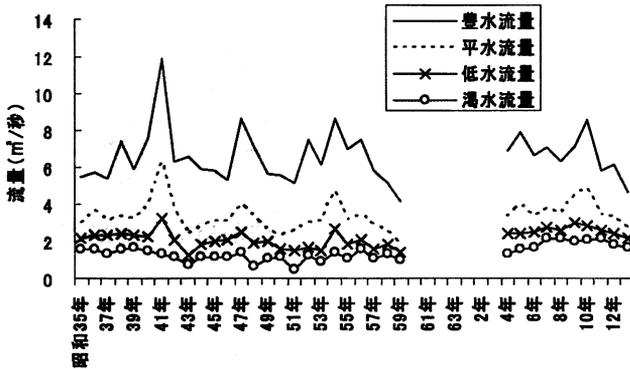


図17 川内川（家辺）の流量の推移

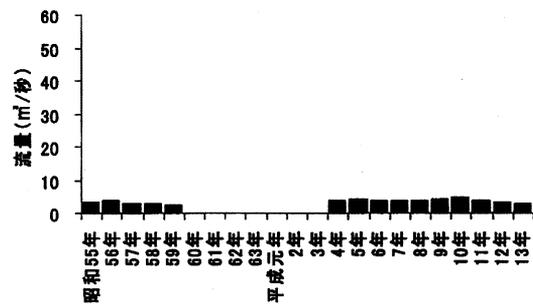


図18 川内川における河川流量の推移（家の辺）

また、前述のデータを用いて、川内町家の辺と川内町新田の平均流量の関係を調べたところ、それぞれ有意な関係（ $P < 0.01$ ）が見られた（図19）。このことから、家の辺の値を約1.8倍すれば新田の流量になると考えられた。なお、新田の下流には小倉平沢、八木沢が合流していることから、川内川河口では家の辺の約2倍の流量になるものと考えられた（図20）。

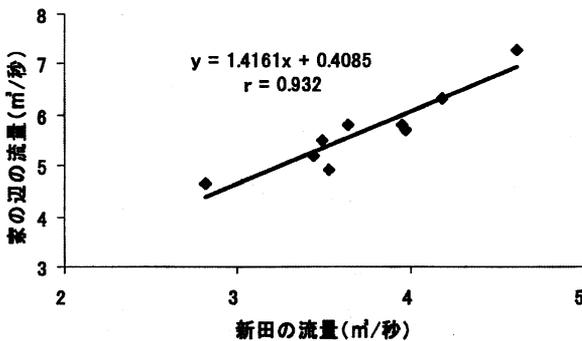


図19 川内川の新田と家辺の平均流量の関係（平成5～13年）

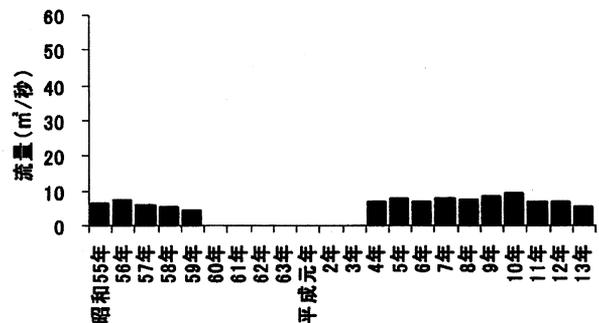


図20 川内川における河川流量の推移（川内橋、補正後）

なお、家の辺のデータを用いた試算では流量の減少は見られなかったが、図15では近年川内橋の流量が0 m³/秒であることから、流量が減少していないという結果には多少疑問が残る。また、

以前より川内河流域の森林伐採による土砂の流入が問題となっていることから、川内河流域の森林資源及び伐採の現状について参考までに分析した。

川内河流域は旧川内営林局管轄であり、その9割以上が国有林（民有林は下流域の一部）であるため、国有林のデータを青森営林局事業統計書（昭和39～平成12年）から調べた。まず、森林資源量ともいべき樹種別材積を調べたところ、昭和39年は2,851千m³あったが、昭和53年には2,470千m³まで減少し、その後は増加傾向を示し、平成12年には2,743千m³に回復していた（図21）。

種類別に見ると、広葉樹のブナ、ナラ、針葉樹のヒバ（いずれも天然林）が減少し、人工林の針葉樹（スギ、マツ）が増加する傾向が見られた（図22）。

次に、伐採量について調べたところ、昭和40年代は60千m³台であったが、近年は減少傾向にあり、平成12年度は14千m³であった（図23）。樹種別に見ると、広葉樹の伐採量がかなり減少しており、種類別に見るとヒバの伐採量が減少した反面、昭和60年度にはブナやその他の広葉樹の伐採が非常に増えたのが、特徴的であった（図24）。伐採方法別の推移を見ると、昭和39年～昭和50年代は皆伐が主であったが、昭和60年代からは環境に配慮して択伐が増加する傾向が見られた（図25）。

以上のことから、川内河流域における伐採量は近年減少しており、伐採方法も環境に配慮した択伐が主流になっている。しかし、昭和39年～昭和50年代の皆伐、さらに広葉樹を伐採してスギ等の針葉樹を植林した影響により、流域の保水力の低下を招いている可能性は完全には否定できない。

② 栄養塩量について

県の公共用水域及び地下水の水質調査結果（昭和55年～平成13年）を用いて川内川（下流の川内橋）の窒素、リンの量を調べたところ、窒素は昭和55～59年は0.20～0.40mg/m³であったが、平成3～13年には0.26～1.00mg/m³と増加する傾向が見ら



図21 川内河流域の国有林の樹種別材積

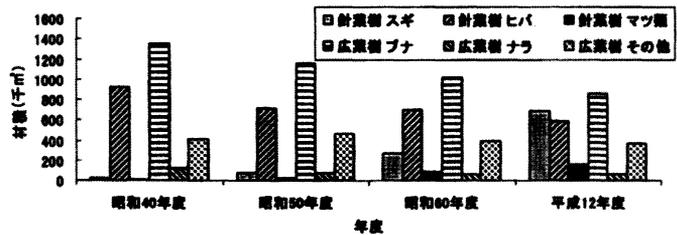


図22 川内河流域の国有林の樹種別材積（種類別）

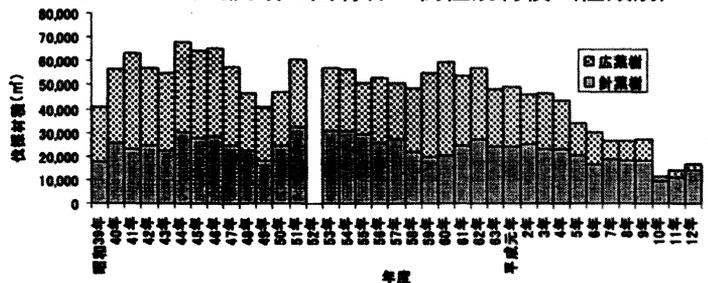


図23 川内河流域の国有林の樹種別伐採量

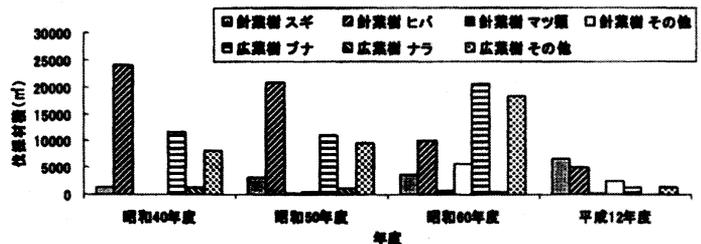


図24 川内河流域の国有林の樹種別伐採量（種類別）

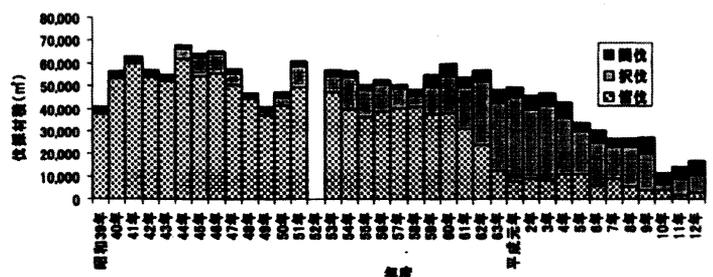


図25 川内河流域の国有林の伐採手法別伐採量

れた(図26-27)。流量と同じく年数回のデータではあるが、流量ほど誤差はないものと考えられるため、生活廃水等の増大による影響も考えられた。なお、リンは0.014~0.032mg/m³から0.003~0.017mg/m³に減少する傾向が見られた。

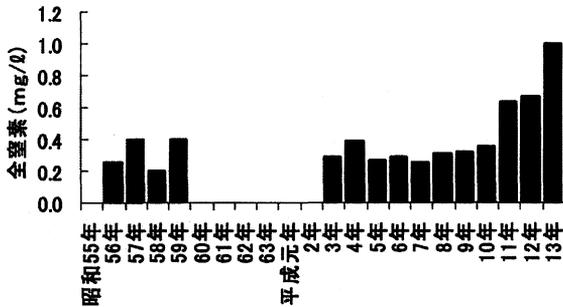


図26 川内川における全窒素の推移

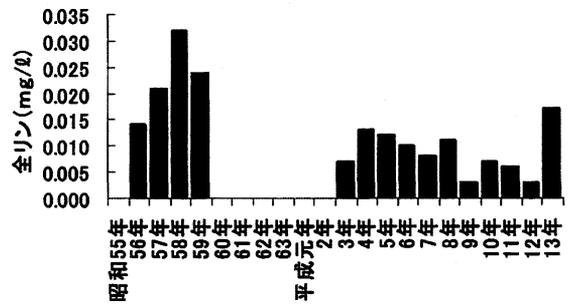


図27 川内川における全リンの推移

③ 海への栄養塩流入量について
前述の河川流量試算値と、川内橋における窒素・リンの量を用いて、河川から海への栄養塩流入量を試算した。なお、川内橋の河川流量は前述のとおり、家の辺の流量を2倍して用いた。

この結果、昭和55~59年の窒素の海域への流入量は58トン/年、リンは4トン/年に対して、平成3~13年には窒素が102トン/年、リン2トン/年となり、窒素は175%増加、リンは49%減少していた(表4)。

表4 川内橋における流量、窒素・リンの濃度から試算した海域への流入量

| 年度 | 各地点の平均値 | | | 平均値 | | | 海域への流入量 | |
|-------|---------------------------|--------------|--------------|---------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | 流量 (m ³ /s) | 窒素 (mg/L) | リン (mg/L) | 流量 (m ³ /s) | 窒素 (mg/L) | リン (mg/L) | 窒素 (トン/年) | リン (トン/年) |
| 昭和55年 | 6.5 | | | | | | | |
| 56年 | 7.3 | 0.26 | 0.014 | | | | | |
| 57年 | 5.7 | 0.40 | 0.021 | 5.9 | 0.315 | 0.023 | 58 | 4 |
| 58年 | 5.4 | 0.20 | 0.032 | | | | | |
| 59年 | 4.3 | 0.40 | 0.024 | | | | | |
| 平成3年 | | 0.29 | 0.007 | | | | | |
| 4年 | 7.0 | 0.39 | 0.013 | | | | | |
| 5年 | 8.0 | 0.27 | 0.012 | | | | | |
| 6年 | 7.1 | 0.29 | 0.010 | | | | | |
| 7年 | 7.9 | 0.26 | 0.008 | | | | | |
| 8年 | 7.3 | 0.31 | 0.011 | 7.428 | 0.435 | 0.009 | 102 | 2 |
| 9年 | 8.4 | 0.32 | 0.003 | | | | | |
| 10年 | 9.2 | 0.36 | 0.007 | | | | | |
| 11年 | 7.0 | 0.63 | 0.006 | | | | | |
| 12年 | 6.9 | 0.67 | 0.003 | | | | | |
| 13年 | 5.6 | 1.00 | 0.017 | | | | | |

流量データはある程度は補正できたが、窒素、リンのデータは年数回の観測値であり、依然として信頼性に疑問は残るものの、河川からの栄養塩の供給が明らかに低下しているという結果には至らなかった。

このため、陸奥湾の養殖ホタテガイ生産量増大との関係について検討した。

5) 陸奥湾のホタテガイ生産量増大の影響

青森県の生産量は増加傾向を示しているのに対して、川内町の生産量は1990年頃から、養殖は横這い、地まきは低下傾向を示している(図28)。また、全県と川内の生産量は1989年以降、全県が生産量が8万トンから11万トンに増加するに従って、川内の生産量が減少するという関係が見られた(図29)。このため、全県と川内の地まきホタテの成長について、次に検討してみた。

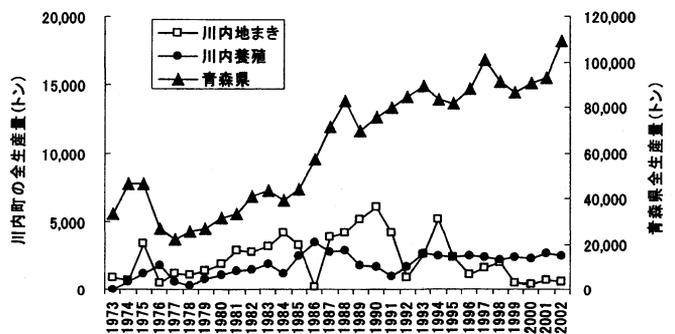


図28 養殖・地まきホタテガイの青森県全生産量と川内町の全生産量(1973~2002年)

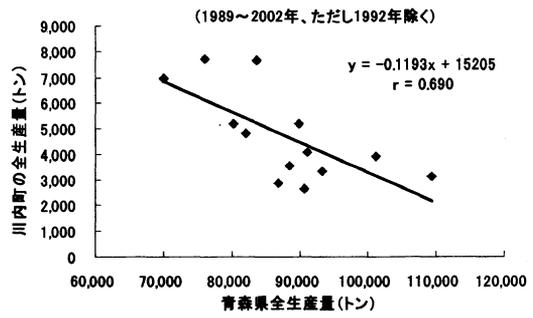
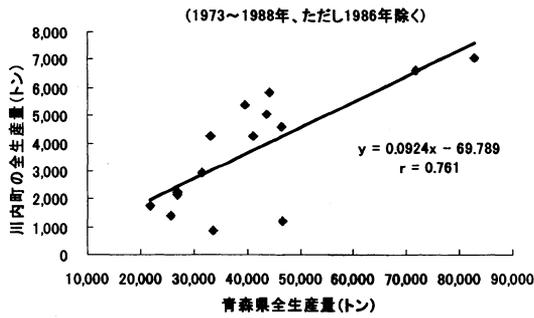


図29 養殖・地まきホタテガイ青森県全生産量と川内町の全生産量の関係

5～6月の地まき3年貝の出荷時の全重量のデータを整理し、それぞれの年の陸奥湾の養殖ホタテガイ生産量との関係を比較した。この結果、養殖ホタテガイ生産量が増加するほど、地まきホタテガイの全重量が減少する傾向が見られた(図30)。

昭和48～59年については、養殖の内訳がないものの、ほとんどが成員と考えられる。逆に平成11～12年の7～8万トン台の水揚げは、半成員、新貝のウェイトが非常に高いことから、これら1年貝の増加が地まき貝への餌料供給の障害になっている可能性が考えられた。

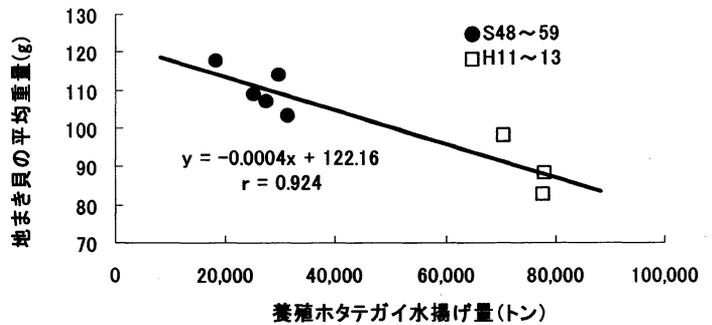


図30 川内の地まきホタテガイ(3年貝)の1個体当りの全重量と、陸奥湾の養殖ホタテガイ生産量との関係

6) ヒトデによる食害の影響

前述の図7～9の分析で、昭和51～63年産貝と平成元～11年産貝の地まきホタテガイの生残率に差異が見られる可能性があることから、ヒトデによる食害の影響について検討を行った。

まず、地まき実態調査における昭和59年度からのキヒトデとニホンヒトデの採捕密度の変化を図31～32に示した。キヒトデは平成15年に79.6個体/100㎡と極めて採捕密度が高かったものの、昭和60年以降は0～26.7個体/100㎡の範囲で年変動が激しく、近年特に増加しているという傾向は見られなかった。

ニホンヒトデは昭和60年に4.4個体/100㎡と高かったものの、その後平成5年度までは非常に少なくなった。しかし、平成6年度からは再び生息密度が高い傾向が続いている。

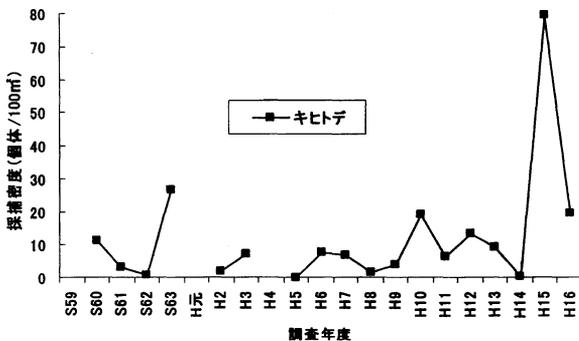


図31 地まき実態調査におけるキヒトデ採捕密度の推移

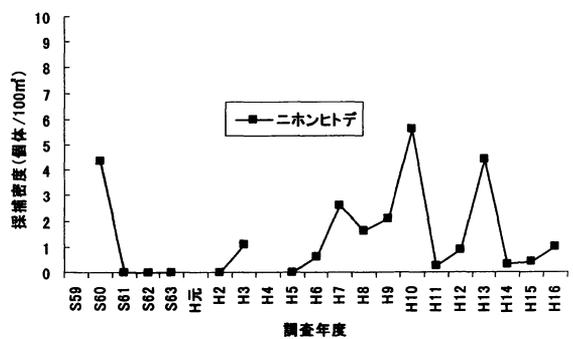


図32 地まき実態調査におけるニホンヒトデ採捕密度の推移

このデータを用いて3年後のホタテガイ生産量の関係を図33～34に示した。

この結果、キヒトデ、ニホンヒトデともに実態調査時の生息密度と、3年後のホタテガイ生産量には有意な関係が見られなかった。

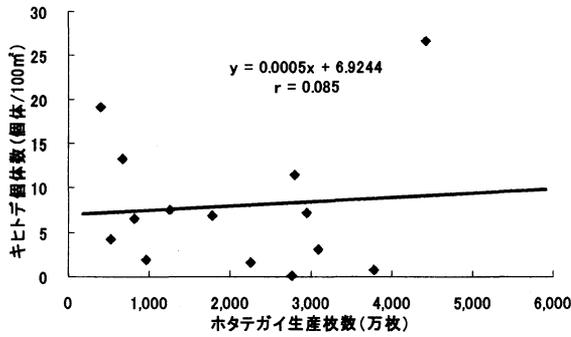


図33 キヒトデ個体数と3年後のホタテガイ生産量の関係

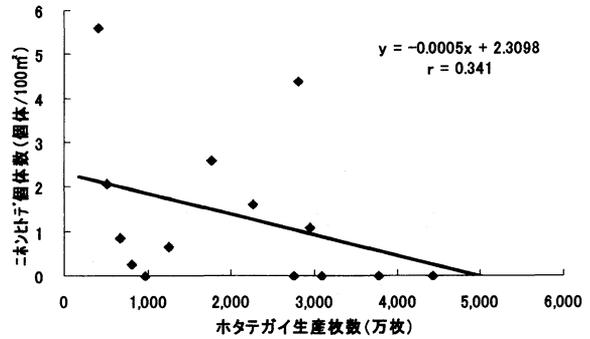


図34 ニホンヒトデ個体数と3年後のホタテガイ生産量の関係

しかし、実態調査時（1年目）のヒトデ生息数＝3年目のヒトデ生息数とは限らない。このため、同じ漁場内でのホタテ生産枚数とヒトデ駆除量との比較を行った。ヒトデ駆除量に関するデータは、平成12～15年の4年分のデータしかなかったものの、ホタテ生産量とヒトデ駆除量の間には関係が見られた（図35）。北海道オホツクの地まき漁場でも徹底したヒトデ駆除により、ヒトデによる食害がなくなったとの事例があることから、放流前のヒトデ駆除の必要性が改めて確認された。

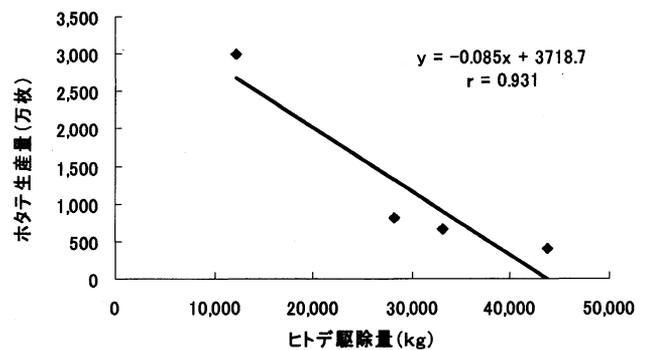


図35 ヒトデ駆除量とホタテ生産量の関係（平成12～15年度）

なお、野辺地町漁協におけるヒトデ対策試験²²⁾におけるヒトデの成長量（図36）から、駆除が徹底されて漁場内にヒトデがほとんど残っていない場合、放流後のホタテの成長、着底後のヒトデの成長を考慮すると、3輪採の場合には、ヒトデの食害は2年目の冬～3年目の夏にかけて顕著になると考えられた。

さらに、同試験ではホタテガイ操業によるヒトデ駆除効果は非常に高いこと、漁場内の採捕が不十分な地域や、水深が深い漁場で、ヒトデの生息密度が高いことが明らかになっている。以上のことから、稚貝放流前の駆除は徹底的、かつ広範囲に行う必要があるものと考えられた。

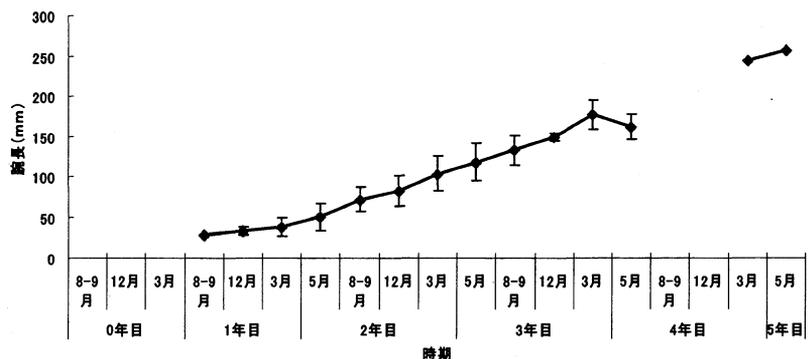


図36 野辺地地先のニホンヒトデ成長量（14-24m平均）

7) まとめ

川内地先の地まきホタテガイの生産量減少は、栄養塩（特に窒素）の減少＝基礎生産量の減少によるものと考えられた。栄養塩の減少は、河川からの供給量減少よりも、陸奥湾内の養殖ホタテガ

イ生産量（特に半成貝、新貝）の増加の影響の方が大きい。なお、ニホンヒトデの生息密度が近年高いことから、食害の影響も少なからず考えられた。さらに、一部の漁場では、河川からの泥の流出によると考えられる底質の悪化が確認されている。

こうしたことから、以下のような対策が考えられた。

① ホタテガイ総量規制の遵守

母貝確保とホタテガイ価格安定にも関る重要な問題であること、川内のみならず東湾の地まき増殖を行っている漁協の共通の問題であることから、関係漁協が一致協力して、むつ湾漁業振興会内で真剣に議論する必要がある。

② 森林保全による河川からの栄養塩供給量の増大

県で「青森県ふるさとの森と川と海の保全及び創造に関する条例」を定めていることから、関係機関に強く働きかける。

③ 漁場管理等

ある程度の放流枚数を確保するとともに、ポリドラによる被害軽減を目的とした春放流への移行を検討すべきである。また、ヒトデ駆除の徹底、貝殻散布による漁場改善の検討も必要である。

(4) ホタテガイのへい死原因究明に関する調査

1) 微細粒子の起源の解明

① 分析サンプルの色

表5に、土色帳との比較により決定した色の名称およびマンセル表色系に基づく色相、明度、彩度を示した。ホタテ養殖籠に付着した泥は灰白色を呈したが、これにもっとも近い色を示したのはSt7であり、同じく灰白色を呈した。St7は、色相はやや異なるものの、明度と彩度はホタテ養殖籠付着泥と一致した。これに

表5 サンプルの色

| サンプル | 色名 | マンセル表色系(色相・明度/彩度) |
|-----------|-------|-------------------|
| 養殖籠の付着泥 | 灰白 | 10Y・7/2 |
| 海底の泥(St2) | オリーブ黒 | 10Y・3/2 |
| 海底の泥(St6) | オリーブ黒 | 7.5Y・3/2 |
| 海底の泥(St7) | 灰白 | 7.5Y・7/2 |
| 海底の泥(St9) | オリーブ黒 | 10Y・3/1 |
| 芦崎湾の泥 | 灰 | 7.5Y・4/1 |
| 川内川の泥 | 灰オリーブ | 5Y・6/2 |

対して、同じ海底の泥でもSt2、St6およびSt9は黒色味が非常に強かった。また、芦崎湾の底泥は灰色でホタテ養殖籠付着泥ならびにSt7と比べてやや黒色味が強かった。さらに、川内川の底泥は灰オリーブ色を呈した。こうしたことから、外観的にはSt7がホタテ養殖籠付着泥にもっとも類似していた。

② 無機元素組成の比較

表6に無機元素組成の分析結果を示した。主要無機元素として、いずれのサンプルでもNa、Mg、Al、K、Ca、Fe、Ti、SrおよびZrが検出されたが、芦崎湾の底泥ではZrがほとんど存在しなかった。

表6 無機元素組成の分析結果

| 分析サンプル | Na (%) | Mg (%) | Al (%) | K (%) | Ca (%) | Fe (%) | Ti (%) | Sr (%) | Zr (%) |
|-----------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 養殖籠の付着泥 | 0.8 | 0.7 | 3.2 | 0.7 | 2 | 2 | 0.7 | 0.6 | 0.3 |
| 海底の泥(St2) | 0.5 | 0.4 | 1.5 | 0.4 | 0.4 | 1.1 | 0.4 | 0.2 | 0.2 |
| 海底の泥(St6) | 1 | 0.8 | 3.9 | 0.7 | 0.7 | 2.3 | 0.8 | 0.2 | 0.4 |
| 海底の泥(St7) | 1.8 | 0.9 | 4.4 | 0.8 | 1.4 | 2.8 | 1 | 0.4 | 0.4 |
| 海底の泥(St9) | 1 | 0.5 | 2 | 0.6 | 0.5 | 1.5 | 0.5 | 0.2 | 0.1 |
| 芦崎湾の泥 | 1.4 | 0.7 | 3.7 | 0.6 | 0.6 | 2.4 | 0.1 | 0.2 | <0.1 |
| 川内川の泥 | 0.4 | 0.4 | 3.3 | 0.6 | 0.4 | 1.9 | 0.6 | 0.1 | 0.3 |

各サンプル間の無機元素組成の類似度を調べるため、クラスター分析を行った結果を図37に示した。なお、クラスター分析には、海水の影響を避けるため、Naの数値は用いなかった。この結果、供試した7サンプルは、2つのクラスターに分かれた。ホタテ養殖籠の付着泥は、

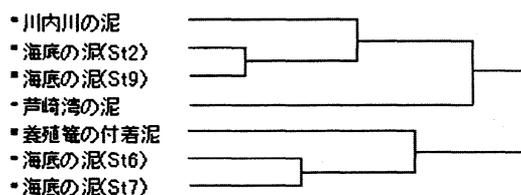


図37 無機元素組成のクラスター分析結果 (Ward法)

St6、St7と同じクラスターに属し、これらとの類似性が高いことが示された。一方、St2とSt9は川内川の底泥との類似性が高く、さらには芦崎湾の底泥もこれらと同じクラスターに属した。

こうしたことから、各サンプルの無機元素組成に基づけば、養殖籠の付着泥は、St6もしくはSt7に由来することが示唆されるが、前述したサンプルの色を考慮すると、St7に由来する可能性が高い。

③ 腐植組成

表7に、各サンプルの全炭素量 (T-C)、全窒素量 (T-N)、C/N比および腐植組成を示した。T-Cは有機物量の指標となるが、養殖籠の付着泥で高く、ついで川

表7 全炭素量、全窒素、C/N比ならびに腐植組成

| 分析サンプル | T-C (%)* | T-N (%)* | C/N | 腐植酸 (%)** | | フルボ酸 (%)** | | 可溶性腐植 (%)** |
|------------|----------|----------|------|-----------|------|------------|------|-------------|
| | | | | NaOH | NaPP | NaOH | NaPP | |
| 養殖籠の付着泥 | 7.96 | 1.277 | 6.2 | 3.9 | 3 | 15.3 | 2.5 | 24.7 |
| 海底の泥 (St2) | 1.23 | 0.124 | 9.9 | 4.2 | 6.5 | 10.6 | 3.9 | 25.2 |
| 海底の泥 (St6) | 1.95 | 0.212 | 9.2 | 5.9 | 4.4 | 9.1 | 2.7 | 22.1 |
| 海底の泥 (St7) | 3.64 | 0.414 | 8.8 | 4.2 | 3.9 | 14.6 | 3.7 | 26.4 |
| 海底の泥 (St9) | 1.26 | 0.127 | 9.9 | 5.8 | 5.1 | 9.5 | 3.1 | 23.5 |
| 芦崎湾の泥 | 2.45 | 0.191 | 12.8 | 5.1 | 4.4 | 8.5 | 3.4 | 21.3 |
| 川内川の泥 | 5.71 | 0.48 | 11.9 | 14.1 | 2.7 | 21 | 2.6 | 40.3 |

*乾燥物当たりの% **全炭素量(T-C)に対する%

内川の底泥、St7の順に高かった。しかし、海底の泥でもSt2、St6およびSt9はかなり低い値を示した。T-Nも同様な傾向を示したが、C/N比を計算すると、養殖籠の付着泥がもっとも低く、St7がそれに次いだ。一方、川内川の底泥と芦崎湾の底泥は、かなり高い値を示した。各サンプルの腐植組成を分析すると、川内川の底泥のみが他のサンプルと異なった組成を示し、可溶性腐植の量も他のサンプルの2倍近い値を示した。川内川以外のサンプル間での腐植組成を比較すると、ホタテ養殖籠付着泥にもっとも類似しているのは、St7であった。

④ 腐植酸の形態

図38に、各サンプルから抽出した腐植酸の $\Delta \log K$ とRFをプロットした。熊田²³⁾によれば、 $\Delta \log K$ が低くRFが高いほど腐植酸の腐植化度が高いとされ、Rp、P、B、Aの4つのタイプに区分できるとされる。まず水酸化ナトリウム (NaOH) 可溶の腐植酸についてみると、すべてRp型に属していた。ホタテ養殖籠付着泥のNaOH可溶腐植酸は、他のサンプルと比べて腐植化度がもっとも低かった。次いで腐植化度が低いのはSt7であり、St6とSt9はやや高くなった。ピロリン酸ナトリウム (NaPP) 可溶の腐植酸の場合も、ホタテ養殖籠付着泥はRp型に属してもっとも腐植化度が低かった。St2とSt7は、Rp型とP型の境界に位置したが、それ以外のサンプルはすべてP型に属していた。こうした腐植酸の形態分析の結果も、ホタテ養殖籠付着泥にもっとも近いのは、St7であることを示していた。

⑤ 腐植酸の紫外・可視吸収スペクトル

図39に水酸化ナトリウム可溶腐植酸の紫外・可視吸収スペクトルを示した。腐植酸は一般的に紫外部に強い吸収を持ち、波長が長くなるほど吸光度が低下する。すべてのサンプルでそのような吸収スペクトルが得られたが、ホタテ養殖籠付着泥では、400nm付近に肩状吸収がみられた。この肩状吸収は土壌腐植酸では認められた例はなく、海底堆積物の腐植酸においてのみ認められたという報告がある

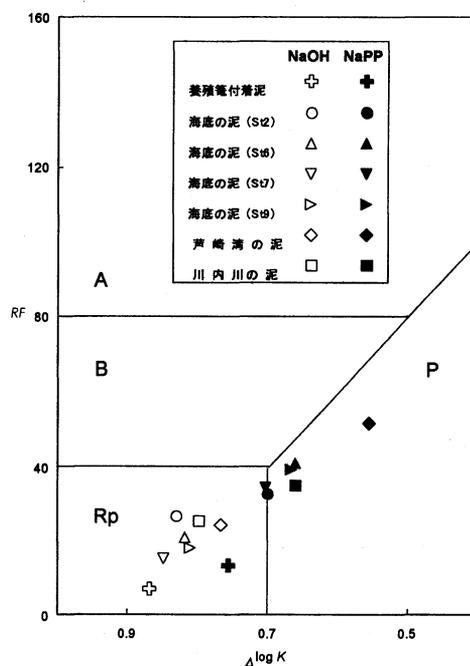


図38 腐植酸の $\Delta \log K$ -RF図 (NaOH、水酸化ナトリウム可溶; NaPP、ピロリン酸ナトリウム可溶)

(Ishiwatari²⁴)、Hayase and Tsubota²⁵)。今回調査したサンプルについては、芦崎湾の底泥と川内川の底泥では400nm付近の肩状吸収は認められなかったが、それ以外のSt2、St6、St7、St9では明らかに認められた。なお、St7では300nm以下の波長域に強い吸収が存在したが、これは腐植酸によるものではなく、別の物質が混在しているためと推定された。

図40には、ピロリン酸ナトリウム可溶腐植酸の紫外・可視吸収スペクトルを示した。水酸化ナトリウム可溶腐植酸の場合と同様に、ホタテ養殖籠付着泥ならびにSt2、St6、St7、St9では400nm付近に肩状吸収が見られたのに対し、芦崎湾の底泥と川内川の底泥では見られなかった。St6については、St7の水酸化ナトリウム可溶腐植酸の場合と同様に、300nm以下の波長域に腐植酸以外の物質による強い吸収が認められた。

こうしたことから、腐植酸の紫外・可視吸収スペクトルに基づけば、芦崎湾と川内川の底泥は、ホタテ養殖籠付着泥とは全く異なることが示された。

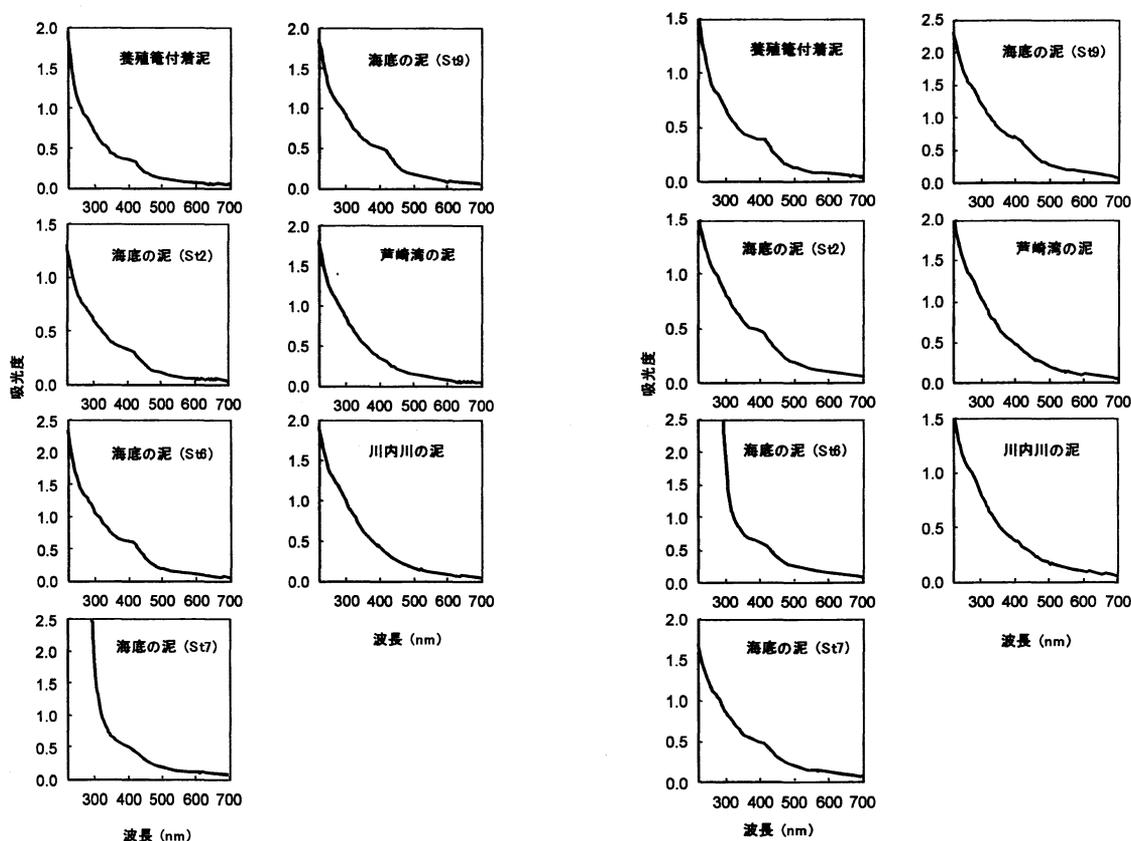


図39 水酸化ナトリウム可溶腐植酸の紫外・可視吸収スペクトル

図40 ピロリン酸ナトリウム可溶腐植酸の紫外・可視吸収スペクトル

⑥ 腐植酸のサイズ排除クロマトグラム

図41に、各サンプルの水酸化ナトリウム可溶腐植酸のサイズ排除クロマトグラムを示した。ホタテ養殖籠付着泥では溶出容量5.9mlに腐植酸のピークが存在したが、St2、St6、St7およびSt9もほぼ同じ位置にピークが存在した。しかし、芦崎湾の底泥では溶出容量のやや大きな位置にピークが存在し、川内川では溶出容量がさらに大きい位置にピークが存在した。

図42に、ピロリン酸可溶腐植酸のクロマトグラムを示した。ホタテ養殖籠付着泥では溶出容量6.2mlに腐植酸のピークが出現し、St2、St6、St7、St9および芦崎湾の底泥もほぼ同じ位置に出現した。一方、川内川の底泥では、ピークはやや遅れて溶出された。

こうしたことから、紫外・可視吸収スペクトルの場合と同様に、芦崎湾と川内川の底泥は、ホタテ養殖籠付着泥とは異なっていると推定された。

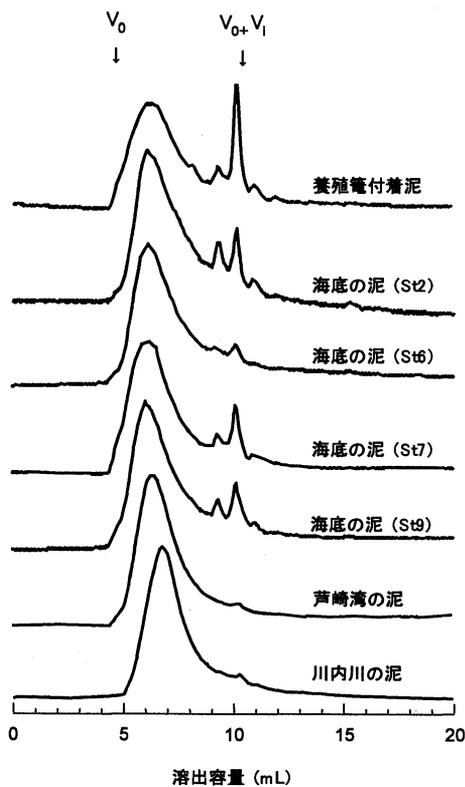


図41 水酸化ナトリウム可溶腐植酸のサイズ排除クロマトグラムの比較

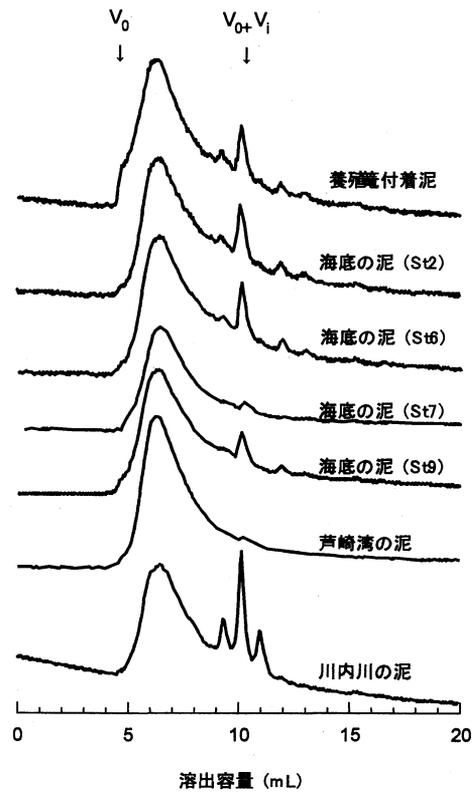


図42 ピロリン酸ナトリウム可溶腐植酸のサイズ排除クロマトグラムの比較

⑦ 腐植酸の蛍光物質プロファイル

図43に、各サンプルの水酸化ナトリウム可溶腐植酸の蛍光物質のクロマトグラムを示した。これまでの研究 (Aoyama²⁶) から、腐植酸中に含まれる蛍光物質の組成は腐植酸の起源によってかなり異なることが知られている。水酸化ナトリウム可溶腐植酸では、ホタテ養殖籠付着泥のクロマトグラムは、St2、St6、St7、St9のクロマトグラムとはよく似ていたが、芦崎湾の底泥のクロマトグラムとは溶出容量5.8ml付近のブロードなピークが小さい点でやや異なった。また、川内川の底泥は、ホタテ養殖籠付着泥の場合とは、全く異なったクロマトグラムを示した。

図44に、ピロリン酸ナトリウム可溶腐植酸のクロマトグラムを示した。St2、St6、St7、St9および芦崎湾の底泥は、ホタテ養殖籠付着泥に類似したクロマトグラムを示したが、川内川の底泥のクロマトグラムはかなり異なっていた。

こうしたことから、紫外・可視吸収スペクトルならびにサイズ排除クロマトグラフィーの結果と同様に、芦崎湾と川内川の底泥は、ホタテ養殖籠付着泥とは異なっていると推定された。

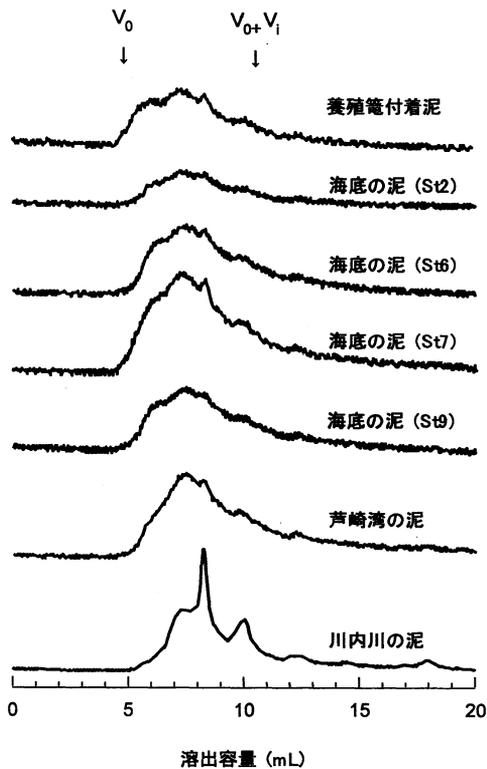


図43 水酸化ナトリウム可溶腐植酸の蛍光物質のクロマトグラム

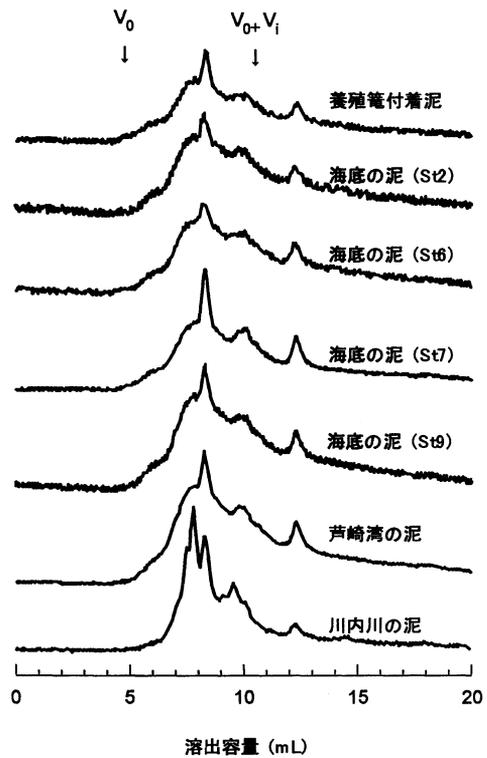


図44 ピロリン酸ナトリウム可溶腐植酸の蛍光物質のクロマトグラム

⑧ まとめ

無機元素組成の分析からはホタテ養殖籠付着泥がSt6およびSt7に類似していることが示された。同時に、サンプルの色の違いを調べたところ、St6よりもSt7とよく似た色を呈しており、St7がホタテ養殖籠付着泥にもっとも類似していると考えられた。さらに、腐植酸の性状を比較した場合にも、ホタテ養殖籠付着泥とSt7との類似性に疑問を挟む結果は出なかったため、ホタテ養殖籠付着泥がSt7に由来する可能性がもっとも高く、ついでSt6が高いものと考えられた。一方、無機元素組成、腐植酸の性状ともに、川内川の底泥と芦崎湾の底泥はホタテ養殖籠付着泥とは全く異なっていることを示していた。St2とSt9については、腐植の性状はホタテ養殖籠付着泥と比較的似ていたが、無機元素組成の点ではむしろ芦崎湾の底泥および川内川の底泥との類似性が認められた。

2) へい死発生時の泥の量の推定

養殖籠（パールネット）に付着した泥の量の試算結果を表8に示した。

パールネット2段に付着していた泥の量は、720g、

表8 パールネットに付着した泥の量から推定した堆積量

| 種類 | 項目 | サンプル測定結果 (パールネット2段分) | 64 μm以下の微細粒子の量 | パールネット1連 (10段分)換算 | 養殖漁場全域への 堆積量 |
|-----------------------|----|-------------------------|----------------|----------------------|-----------------------|
| 養殖籠に付着した泥の内63 μm以下の粒子 | 重量 | 720 g | 20 g | 100 g | 42,449 トン |
| | 体積 | 600 cc | 17 cc | 167 cc | 70,748 m ³ |

600ccであったが、ICP-MS分析のサンプルとして用いた63 μm以下の微細粒子は重量比で約3%であることから、パールネット1連分の63 μm以下の微細粒子は100g、167ccと考えられた。パールネットを立方体と仮定するとその底面積は0.1225m²、川内の養殖漁場面積は52,000,000m²であることから、養殖漁場に均一にパールネットがあったとすれば424,489,796倍になることから、養殖漁

場全域での63 μ m以下の微細粒子は42,449トン、70,748m³と推定された。

実際はパールネットが養殖漁場に均一にはないことから試算値にはある程度の誤差はあると考えられるが、川内地先の地まき漁場や川内以外への堆積分を加味していないことから、極端に大きい値ではないものと考えられた。

3) まとめ

吉田ら²⁷⁾は室内再現試験により、微細粒子の衝突でホタテガイが損傷を受けることを確認している。今回の調査により、この微細粒子の起源はむつ～川内沖の海底に存在していた泥である可能性が高いと考えられた。なお、発生のメカニズムについては、小坂ら²⁸⁾が報告しているように気象、潮流などの複合的要因によるものと考えられた。

3 参 考 文 献

- 1) 吉田雅範ら (2000) : ホタテガイ増殖漁場評価試験.青水増事業報告書,29,159-173.
- 2) 吉田雅範ら (2001) : ホタテガイ増殖漁場評価試験.青水増事業報告書,30,164-175.
- 3) 大水利晴ら (2002) : ホタテガイ増殖漁場評価試験.青水増事業報告書,31,185-195.
- 4) 小倉大二郎ら (1989) : 二枚貝主要海域における漁場生産力に関する研究.青森県水産増殖センター,PP1-38.
- 5) 吉田達ら (2004) : 陸奥湾におけるホタテガイ適正収容量調査.青水総研研究報告,4,1-30.
- 6) 伊藤進ら (1973) : 昭和46年春季における陸奥湾のホタテガイ現存量とその成長.青水増事業報告書,2,213-220.
- 7) 菅野溥記ら (1974) : ホタテガイ資源調査.青水増事業報告書,3,68-76.
- 8) 高橋克成ら (1975) : ホタテガイ成育状況調査.青水増事業報告書,4,1-17.
- 9) 高橋克成ら (1976) : ホタテガイ成育状況調査.青水増事業報告書,5,11-18.
- 10) 高橋克成ら (1977) : ホタテガイ成育状況と異常へい死実態調査.青水増事業報告書,6,1-31.
- 11) 蔵田護 (1996) : オホーツク海における放流ホタテガイの呼吸量.北水試研報,49,7-13.
- 12) 大水利晴ら (2003) : 平成13年度ホタテガイ天然採苗予報調査.青水増事業報告書,32,91-124.
- 13) 篠原由香ら (2004) : ホタテガイ増養殖 I T 推進事業 (ホタテガイ天然採苗予報調査).青水増事業報告書,33,93-126.
- 14) 篠原由香ら (2005) : ホタテガイ増養殖 I T 推進事業 (ホタテガイ天然採苗予報調査).青水総研増事業報告書,34,103-136.
- 15) 青森県水産増殖センター (1980) : 昭和54年度陸奥湾漁場保全対策基礎調査.青森県,PP1-77.
- 16) 青森県水産増殖センター (1984) : 昭和58年度陸奥湾漁場保全対策基礎調査.青森県,PP1-59.
- 17) 青森県水産増殖センター (1988) : 昭和62年度陸奥湾漁場保全対策基礎調査.青森県,PP1-85.
- 18) 青森県水産増殖センター (1992) : 平成3年度陸奥湾漁場保全対策基礎調査.青森県,PP1-92.
- 19) 青森県水産増殖センター (1996) : 平成7年度陸奥湾漁場保全対策基礎調査.青森県,PP1-61.
- 20) 青森県水産増殖センター (2000) : 平成11年度陸奥湾漁場保全対策基礎調査.青森県,PP1-116.
- 21) 青森県水産増殖センター (2004) : 平成15年度陸奥湾漁場保全対策基礎調査.青森県,PP1-79.
- 22) 吉田達ら (2005) : 地まきホタテガイ漁場回復調査事業.青水総研増事業報告書,34,183-192.
- 23) 熊田恭一 (1981) : 土壤有機物の化学 (第2版),学会出版センター,東京.
- 24) Ishiwatari,R. (1973) :Chemical characterization of fractionated humic acids from lake and marine sediments.Chem.Geol.,12,113-126.
- 25) Hayase,K.and Tsubota,H. (1985) : Sedimentary humic acid and fulvic acid as fluorescent organic

materials.Geochim.Cosmochim.Acta,49,159-163.

- 26) Aoyama M. (1999) : Chromatographic separation of fluorescent substances from humic acids.In Understanding Humic Substances:Advanced Methods,Properties and Applications,Ed.G.Davies and E.A.Ghabbour,p.179-189,The Royal Society of Chemistry,Cambridge,U.K.
- 27) 吉田達ら (2005) : 漁場環境保全方針策定事業.青水総研増事業報告書,34,193-204.
- 28) 小坂善信ら (2005) : 平成15年春季のホタテガイ大量へい死原因について.青水総研増事業報告書,34,229-234.

付表1 川内地先のホタテガイ測定結果

| 種類 | 年産貝 | 調査月日 | 殻長(mm) | 全重量(g) | 軟体部重量(g) | 生殖腺重量(g) | 軟体部乾燥重量(g) | 異常貝率(%) |
|------|-----------|-----------|--------|--------|----------|----------|------------|---------|
| 養殖 | 14年産 | H15.12.17 | 97.2 | 93.4 | 35.8 | 3.5 | 6.3 | 10.0 |
| | 15年産 | H15.12.17 | 54.3 | 15.1 | 5.0 | 0.2 | 0.8 | 0.0 |
| | 13年産 | H15.12.26 | 117.3 | 187.0 | 84.7 | 10.0 | 13.7 | 3.3 |
| | 13年産 | H16.1.6 | 111.9 | 181.9 | 72.3 | 13.4 | - | 3.3 |
| | 13年産 | H16.1.21 | 105.8 | 174.7 | 76.6 | 18.2 | - | 13.3 |
| | 13年産 | H16.2.6 | 112.3 | 172.7 | 78.2 | 19.1 | 12.4 | 10.0 |
| | 13年産 | H16.2.20 | 114.5 | 190.7 | 89.7 | 22.7 | - | 0.0 |
| | 14年産 | H16.3.1 | 108.3 | 126.6 | 53.5 | 11.4 | 9.2 | 0.0 |
| | 15年産 | H16.3.1 | 77.0 | 40.6 | 17.2 | 3.3 | 3.2 | 0.0 |
| | 13年産 | H16.3.8 | 110.9 | 178.8 | 79.4 | 19.1 | - | 6.6 |
| | 13年産 | H16.3.20 | 107.0 | 150.8 | 64.2 | 14.3 | - | 23.3 |
| | 13年産 | H16.4.5 | 102.8 | 167.7 | 70.4 | 12.8 | - | 23.3 |
| | 14年産 | H16.5.6 | 107.5 | 111.5 | 46.9 | 3.2 | 8.4 | 3.3 |
| | 15年産 | H16.5.6 | 76.3 | 40.7 | 16.2 | 0.8 | 2.7 | 3.3 |
| | 14年産 | H16.6.14 | 112.0 | 119.0 | 49.1 | 2.5 | 9.3 | 0.0 |
| | 15年産 | H16.6.14 | 74.9 | 35.5 | 12.5 | 0.6 | 2.1 | 3.3 |
| | 14年産 | H16.8.27 | 111.3 | 131.3 | 50.7 | 2.8 | 9.5 | 3.3 |
| | 15年産 | H16.8.27 | 77.0 | 47.7 | 15.4 | 0.5 | 2.7 | 3.3 |
| | 14年産 | H16.10.13 | 110.3 | 124.5 | 44.9 | 2.7 | 7.7 | 13.3 |
| | 15年産 | H16.10.13 | 78.9 | 48.0 | 17.6 | 0.8 | 2.9 | 6.7 |
| 14年産 | H16.12.15 | 106.4 | 129.3 | 52.7 | 4.5 | 8.5 | 13.3 | |
| 15年産 | H16.12.15 | 98.8 | 94.2 | 37.6 | 2.5 | 5.7 | 0.0 | |
| 15年産 | H17.2.24 | 108.5 | 155.5 | 71.1 | 18.3 | 13.1 | 0.0 | |
| 地まき | 15年産 | H15.12.10 | 40.5 | 6.5 | 1.9 | 0.0 | 0.3 | 3.3 |
| | 13年産 | H15.12.26 | 99.4 | 107.2 | 43.2 | 3.6 | 6.1 | 0.0 |
| | 13年産 | H16.1.19 | 99.4 | 107.2 | 43.2 | 3.6 | - | 0.0 |
| | 13年産 | H16.1.21 | 94.0 | 102.3 | 42.8 | 7.2 | - | 6.6 |
| | 13年産 | H16.2.9 | 106.1 | 130.8 | 52.8 | 9.6 | 8.9 | 0.0 |
| | 13年産 | H16.2.20 | 97.9 | 104.8 | 45.8 | 8.6 | - | 0.0 |
| | 13年産 | H16.3.10 | 103.1 | 119.4 | 51.0 | 8.6 | - | 0.0 |
| | 15年産 | H16.3.20 | 63.0 | 28.5 | - | - | - | - |
| | 13年産 | H16.4.5 | 96.5 | 122.1 | 51.8 | 7.3 | - | 0.0 |
| | 13年産 | H16.4.23 | 101.4 | 107.1 | 38.2 | 3.6 | 8.3 | 0.0 |
| | 13年産 | H16.6.30 | 103.6 | 103.5 | 39.7 | 1.8 | 7.2 | 0.0 |
| | 15年産 | H16.6.30 | 66.8 | 33.9 | 10.3 | 0.3 | 1.8 | 53.3 |
| | 13年産 | H16.8.6 | 99.9 | 86.4 | 28.1 | 1.2 | 5.2 | 0.0 |
| | 13年産 | H16.10.21 | 109.7 | 115.4 | 34.8 | 2.6 | 4.5 | 0.0 |
| | 15年産 | H16.10.8 | 73.0 | 40.9 | 12.3 | - | - | 10.0 |
| | 13年産 | H16.12.9 | 106.0 | 109.3 | 38.0 | 2.7 | 5.9 | 0.0 |