

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 22 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24380103

研究課題名(和文)三陸内湾域における無給餌養殖の再構築

研究課題名(英文)Reconstruction of extractive aquaculture in Sanriku area

研究代表者

古谷 研(Furuya, Ken)

東京大学・農学生命科学研究科・教授

研究者番号：30143548

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,800,000円

研究成果の概要(和文)：2011年3月の東日本大震災とそれに伴う津波により完全に壊滅した三陸内湾域の無給餌養殖を再構築するために、内湾環境およびそこでの生物生産を評価し、さらに持続的な複合養殖を確立するためのナマコ導入の可能性を検討した。

震災の影響は基礎生産力に最も顕著に認められ、湾内の基礎生産は震災前と比べて増加したが、これは河川からの栄養塩の供給の増加を反映したものであった。一方、底質の有機物含量には震災の前後で大きな変化は無く、地震による地形変化もカキ・ホタテの養殖生産量にほとんど影響しなかった。マナモコは貝類養殖施設下部で高い成長速度を示し、この海域の複合養殖水族として有望であることが判った。

研究成果の概要(英文)：Aquatic environments and primary production were investigated in Otsuchi Bay towards reconstruction of extractive aquaculture destroyed by the Great East Japan Earthquake and Tsunami in March 2011. In addition, in situ growth of the sea cucumber *Apostichopus japonicas* was examined as a possible polyculture animal with oyster and scallop cultures.

Primary production was significantly elevated after the incident as a result of increased nutrient supply from the land, presumably associated with changes in land use and ongoing restoration work. Geomorphic change due to the earthquake did not affect the carrying capacity of the bay for bivalve aquaculture. Thus, the incident did not have a significant influence on aquaculture environments in the bay.

*A. japonicas* showed higher growth under bivalve culture rafts than in areas far away from the rafts, indicating that the supply of bivalve feces favored growth of *A. japonicas* and that this species is promising for sustainable polyculture.

研究分野：農学

キーワード：環境収容力 東日本大震災 三陸内湾域 無給餌養殖

### 1. 研究開始当初の背景

三陸内湾域では、ワカメやコンブなどの大型海藻類、マガキおよびホタテガイ等の無給餌養殖が盛んであり、養殖業は地域産業の要となっていたが、2011年3月の東日本大震災における津波により完全に壊滅した。三陸域の無給餌養殖は生産力が大きく、地域経済に占めていた重要性から、養殖活動の回復は三陸地域の復興の重要な駆動力として期待された。無給餌養殖は給餌養殖とは異なり人為的な餌や栄養物質の供給は行わず、天然環境の生物生産や栄養塩に頼った養殖法であるため、その分、海が豊かであることが不可欠となる。従って、地震と津波による海洋環境およびその生産力の変化は複合養殖の復活にとって大きな鍵となった。

申請者らは、これまで三陸リアス式内湾の大槌湾において現場観測と物理-生態系モデルによる物質循環解析から環境収容力の把握に基づく貝類と海藻の複合養殖生産に関する研究を進めてきた。その結果、三陸内湾域では、湾内外の海水交換に伴う栄養塩と溶存酸素の動態が、養殖環境にかかわるもっとも重要な海洋学的特性であること、湾内の底質は貝類の糞等の堆積によって悪化していることが明らかになった。これらを踏まえて適正な養殖規模を策定するために環境収容力を評価し、底質の改善を図ることが効率的な養殖生産と環境保全の両立に重要であることを提案してきた。

この過程で、複数の水族が養殖されている三陸沿岸域では、複合養殖の確立が重要であることを認めてきた。すなわち養殖水族は種によって、餌として利用する資源(栄養塩、プランクトン)が異なるため、これらを組み合わせ、海域全体の物質循環を円滑化させ、小さな環境負荷で生産の向上を図ることが可能になる。特に底泥中の有機物を摂食するナマコの養殖により底質の有機物負荷を生産物として回収することが有望である。二枚貝とナマコの複合養殖の実現は漁業者の大きな望みであり、その萌芽が三陸沿岸域で始まったところで東日本大震災が発生した。

波によって、それまで堆積していた底泥が流出されるとともに、陸上の土砂や有機物汚濁が流入し、大槌湾では底質環境が大きく変化したと推測される。また陸域からの栄養塩流入も変化したと考えられる。

以上から、複合養殖の確立のためには、湾内の養殖を再構築するための生物生産力および養殖環境の再評価、およびナマコと二枚貝類との複合養殖の検討が必要となった。

### 2. 研究の目的

本研究は、東日本大震災津波によって破壊された三陸内湾域のワカメ、ホタテ、カキを中心とする無給餌養殖を発展的に再構築することをめざすものである。そのために、岩手県大槌湾をフィールドにして、1) 津波による内湾環境がどのように変化したかにつ

いて、植物プランクトン基礎生産および底質に重点を置いて明らかにする、2) 震災によって生じた湾内の地形変化が養殖のための環境収容力にどのように影響するかを物理-生態系モデルを用いて明らかにする、3) 新たにマナモコ養殖を導入することで貝類養殖筏下部での底質の有機物利用を図るための技術を開発する。これらから、三陸内湾域の無給餌養殖を大震災前よりも高度化させて再建し、養殖生産物の多様化と生産額の向上に資する。なお、当初予定していたマボヤの摂餌生態については現地での種苗供給が復帰していなかったためマナモコに集中して進めた。

### 3. 研究の方法

大槌湾でのフィールド調査と室内実験により研究を行った。大槌湾では、湾奥のカキ養殖域の St.0 (39°21'0016N, 141°55'1980E)、ホタテ養殖域の St.S (39°20'8281N, 141°55'5341E)、および付近に養殖棚のない対照群として湾中央の St.C (39°20'8474N, 141°56'0036E) および St.6 (39°20'0078N, 141°55'0137E) を基本測点とした。

1) 内湾環境、基礎生産：2012年～2014年の期間、基本測点で栄養塩、クロロフィル a、基礎生産、硝酸塩取り込みを測定した。

2) 底質：基本測点において2012年7月、2012年8月、2012年11月、2013年3月、2013年8月、2013年9月、2014年8月、の7回調査を行った。スミスマッキンタイヤー型採泥器(採泥面積 0.05 m<sup>2</sup>)を用いて得られた海底堆積物の表層 2-3 cm 深を攪拌しないように採集し、含水率(WC)、酸揮発性硫黄(AVS)、強熱減量(IL)、化学的酸素要求量(COD)、ペントス(1mm目合いの篩に残った生物)種組成を分析した。

3) 環境収容力：大槌湾の低次生態系についての物理-生態系 3次元モデルを用いて、大震災と津波の結果生じた地形変化に対応して春季を対象とした定常計算を実施し、貝類養殖生産量を評価した。

4) マナモコの成長：三重県産野生集団を親として人為交配により得られた生後6ヶ月のマナモコ *Apostichopus japonicus* を用いた。2012年11月にこれらを市販のプラスチック製養殖籠(600×600×350mm、目合い5mm) 3基にそれぞれ35個体収容し、St. S、St. 0、St. Cの海底(それぞれ水深約28、20および25m)に泥と接するように設置した。それぞれ、ホタテ・カキ棚群(実験群)およびセンター筏群(対照群)とした。その後、28か月間にわたり1～3か月毎に籠を引き上げ、その時のマナモコの体重、水温、現場蛍光量(クロロフィル a量)等を計測した。得られたデータより、環境要因の季節変動とマナモコの成長との関係を検討した。

### 4. 研究成果

1) 内湾環境および基礎生産

最も観測回数が多かった 2012 年の結果を基に栄養塩環境と基礎生産をまとめる。大槌湾における定点観測(5/22, 7/20, 7/23, 7/31, 8/27, 9/24)に加え、淡青丸による湾内外の同時観測を行った(4/28-5/3, 8/7-12, 10/15-22)。このような湾内外の基礎生産の同時観測は本研究が初めてである。観測の結果、いずれの季節も湾外に比べて湾内で基礎生産が顕著に増加していた(図 1)。この結果は湾内における栄養塩供給が要因であることを強く示唆した。湾内では基礎生産は表面で顕著に高く、それ以深で表面の 1-2 桁小さくなっていた。表面の基礎生産速度は 7/20 が最も低く ( $73 \mu\text{gC l}^{-1} \text{d}^{-1}$ )、8/27 が最も高かった ( $259 \mu\text{gC l}^{-1} \text{d}^{-1}$ )。震災前の表面における基礎生産速度の 1~8 月にかけての連続測定結果 (Yoshikawa and Furuya, 2004) によると基礎生産は  $10\sim 400 \mu\text{gC l}^{-1} \text{d}^{-1}$  の間で変動し、特に 2~5 月にかけての春季ブルーム期に高くなり、7~8 月にかけては  $80 \mu\text{gC l}^{-1} \text{d}^{-1}$  以下(通常  $40 \mu\text{gC l}^{-1} \text{d}^{-1}$  程度)と低くなっていた。本研究では 5/22 における基礎生産は既往知見の範囲内であったものの、7~8 月は表層において  $169 \mu\text{gC l}^{-1} \text{d}^{-1}$  以上にあり、震災前より基礎生産が高くなっていた。湾外は、3 航海での水柱積算値が  $395\sim 786 \text{mgC m}^{-2} \text{d}^{-1}$  の範囲で変動した。これは震災前に春から夏にかけて三陸沖で得られた基礎生産の値 ( $372\sim 2109 \text{mgC m}^{-2} \text{d}^{-1}$ ; Hama et al., 1992, Shiomoto et al., 1994) の範囲内であった。すなわち湾外においては震災前後で基礎生産に大きな変化はなかったことを示している。本研究ではさらに大槌湾外の領域 ( $39.1\sim 39.4^\circ\text{N}$ ,  $142.1\sim 142.4^\circ\text{E}$ ) における 1998 年 1 月-2012 年 12 月までの MODIS/AQUA 衛星で得られたクロロフィル濃度の時系列変化を調べた。その結果、2011 年はそれ以前に比べて年間最大値が低くなっていたものの、2012 年は震災前と比べて大きな違いは見られなかった。船舶観測の結果もこの結果を支持した。

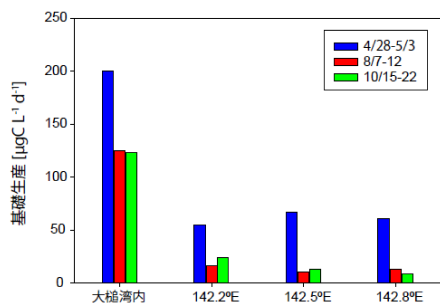


図 1. 2012 年大槌湾内外の海面基礎生産。

大槌湾の基礎生産は主に有光層下部から供給される硝酸塩によって増加することが報告されている (Furuya et al., 1993)。本研究では大槌湾内の硝酸塩濃度は 5/22, 7/20, 7/23, 7/31, 8/27, 9/24 の定点観測によって鉛直的に測定され、その結果いずれの時期も全深度で約  $1 \mu\text{M}$  以下と低くなっていた。そして 7/20, 7/31 を除いて表面で若干高くな

る傾向があった。表面では全観測を通して他の深度に比べて塩分が低くなっていた。すなわち河川から湾表面に硝酸塩が供給されていたことが示唆された。本研究は同時に硝酸塩取り込み速度の測定を行った。その結果、7/31 以外表面で最も活性が高くなり、表面に供給された硝酸塩が活発に取り込まれていることが示された。これは湾内の基礎生産が河川からの栄養塩環境に影響を受けていることを示しており、これまで考えられてきた主要な栄養塩供給プロセスと異なることが示唆される。

大槌湾内の震災前後の栄養塩環境の変化を調査した Fukuda et al. (2015) によると、震災後 1 年間は亜硝酸塩、ケイ酸塩、リン酸塩が顕著に増加しており、震災の影響が顕著であった。また Fukuda et al. (2015) は栄養塩の濃度比の解析から震災後の栄養塩環境の変化は少なくとも 2014 年の初頭まで続いていたことを明らかにしている。この栄養塩環境の変化が震災前に比べて後の湾内基礎生産速度の変化をもたらした可能性がある。Fukuda et al. (2015) は、硝酸塩濃度は震災前後で顕著な差は見られなかったとしているが、これは本研究で観察された、表層での硝酸塩濃度が表面以深に対してわずかしが増加していない ( $< 0.5 \mu\text{M}$  の増加) ことと関係していると考えられる。すなわち本研究では表面で最大  $27 \mu\text{gN l}^{-1} \text{d}^{-1}$  という非常に高い硝酸塩取り込み速度が検出され、湾内表面に供給された硝酸塩は植物プランクトンにただちに消費されるために、見かけ上低くなっていたと考えられる。

震災後の 2012 年の大槌湾内外の基礎生産を比較すると、湾外の基礎生産は震災前と比べて変化がなかった一方で、湾内の基礎生産は震災前と比べて顕著に増加していた。そして湾内の基礎生産の増加は河川からの硝酸塩の供給が影響していることが考えられた。大槌湾域は陸域を含めて復興工事が進められている。本研究から、今後の陸域環境の変化によって大槌湾内の基礎生産は大きく変化することが予測される。影響環境収容力の把握と養殖業の継続的発展のために今後も環境モニタリングの継続が必要である。

## 2) 底質

底質の化学的性状:WC は、St. 0、St. S、St. 6 では観測期間中大きな変化はみとめられず、40~60%内の変動に留まった。しかし、St. C では値は 10~65%と観測時期によって大きく変動した。

AVS は、2012 年 7 月から 8 月の 1 ヶ月間、2013 年の 3 月から 8 月の間は何れの地点も減少、2013 年の 8 月から 9 月は何れの地点でも増加する傾向を示した。

IL は、St. C で変動が大きく、2012 年 7 月に 11.5%を示したが 2012 年 8 月に 1.9%と大きく減少した後、2013 年 8 月に増加傾向を示した。St. C 以外は変動が小さく、St. 6

(6-8.5%) St. 0 (6-9%) St. S (7-11%)であった。

CODの変動様式は強熱減量と似ていた。St.0とSt.6は似たような変動を示し、St.0の変動幅は25-40 mg/g、St.6では20-35 mg/gであった。2012年7月から8月にSt.0、St.S、St.6で増加がみられ、2013年8月から9月に減少した。特にSt.Cでは、2012年7月に35.5 mg/gを示したが、2012年8月に4.1 mg/gと減少を示し、その後2013年9月まで停滞したが、St.Cで増加傾向を示した。3年間の8月の値を比較するとSt.Sで2013年に51.0 mg/gに増加を示した後減少を示した。St.Cでは過去2年間の5以下の低い値から2014年に38.0 mg/gへと増加がみられた。

津波前後での底質の変化を把握するため、大槌湾の津波前の情報として震災以前と以後に行われた調査結果(内記ほか、印刷中)を参照した。これによればCODの震災前の中央値は32.2 mg/gであるのに対し震災後の中央値は7.8 mg/gであった。AVSについては、震災前の中央値は0.13 mgS/gであるのに対し震災後は0.04 mgS/gで、ともに減少していた。本研究では、3年間の調査でCODの中央値が30.4 mg/gであり、大槌湾の震災前の値と比べて2 mg/g程度減少した。しかし、内記らの震災後の値(7.8)よりはるかに大きい値を示した。AVSの中央値は、本研究の3年間の平均は0.07 mgS/gであり、内記ら値(0.04)とほぼ同様であった。

本研究における7回の調査で得られたAVSとCODには有意な正相関( $r = 0.269, p < 0.01$ )が認められ(図2)、内記ら(印刷中)と同様の傾向を示した。(社)日本水産資源保護協会(1995)の水産用水基準によると、底質を「A正常泥」、**B「汚染の始まりかかった泥」**、**C「汚染泥」**の3段階に分けている。この基準に従うと、CODの値に大きな変化はないか、または微増であるものの、汚染泥に属する泥(30mg/g以上)の比率が高い。一方、震災後の時間経過にともなって、変動はあるもののAVS(硫化物)はほとんどが0.2 mgS/g以下の正常泥のレベルに収まっており、震災前に比べて大差ないように見えた。このことから震災後の養殖再開にともない有機物が大きく増加しているとは考えられず、AVSの上昇につながらない程度に、酸素供給が行われていると推測される。

強熱減量とCODは同様の变化傾向を示し、両者がほぼ同じ成分であることを示唆している。一方、酸揮発性硫黄はCODと対照的な変化を示し、とりわけSt.0ではその傾向が強く、St.6でも似たような傾向が見られた。St.0は最も湾奥で河口に近く、その表層ではマガキの養殖が、St.SはSt.0のやや湾口側に位置し、表層ではホタテガイの養殖が行われている。いずれも表層で二枚貝が養殖されているが、11月になるとCODやAVSの挙動は対照的であった。その理由は不明だが、2012年の8月から翌年1月は例年に比べて水温が

2 以上高い状況が続いたことから、両生物の水温に対する活性の違い(マガキ:暖流系種、ホタテガイ:寒流系種)が関係している可能性がある。

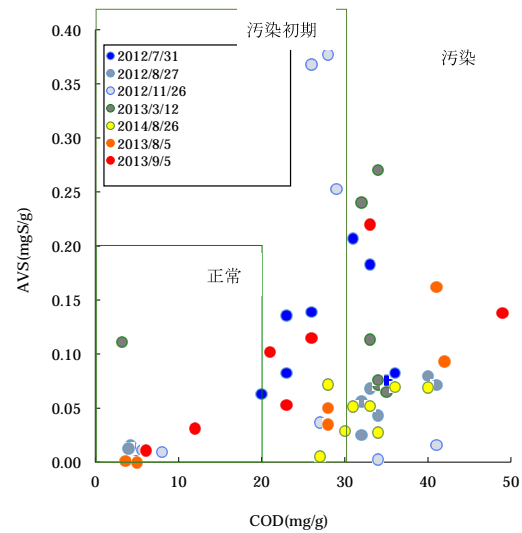


図2. 大槌湾における震災後のAVSとCODの関係。

底生動物の変化: 2012年7月に最も個体数が多く、なかでも多毛類カザリゴカイ科が最も多く、次に甲殻類端脚目のイバラワレカラ、多毛類フサゴカイ科、チロリ科が続き、総種数は56種であった(図2)。2012年8月に総個体数は減少し、多毛類のカザリゴカイ科、フサゴカイ科、甲殻類十脚目ヒメヨコバサミ、多毛類コノハシロガネゴカイ、チロリ科が続いた。総種数は43種であった。

2012年11月には総個体数はさらに減少しその後を通してカザリゴカイ科の消失とともに観測期間を通して総個体数はほぼ安定した。多毛類のフサゴカイ科が最も多く11個体、次にカタマガリギボシソメ8個体、エリタケフジゴカイ5個体、ハナオカカギゴカイ3個体、ヨコナガモドキ1個体がみられ、総種数は35種であった。

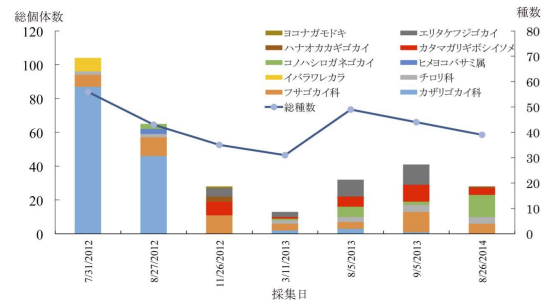


図3. 大槌湾における底生動物相と総個体数

以上のように、震災後生物の総種数、個体数は2012年7月が最も多かったが約1年で生物相が安定した(図3)。底質に有機物がある程度含有している方が生物種数は増加する傾向を示すとされており(岡田, 2000)、St.0とSt.6ではAVSが増加すると生物個体



数が減少する傾向が見られている。

定点ごとの底生動物の比較から、2012年7月、2012年8月で何れの地点でもカザリゴカイ科が多く確認された。今回の大槌湾の底泥から得られた有機汚濁指標種はカタマガリギボシソメだけであった。この種は、湾全体で見ると、2012年の11月以降に出現していた。最も出現頻度が高かったのはSt.0で、2012年以降は2013年3月を除く4回の調査で出現し、最大は8個体であった。次いで多く出現したのはSt.Cで2012年11月以降(2013年8月を除く)に2個体以下の頻度で出現した。St.6では、2013年8月に2個体出現したが、その他の調査では出現しなかった。

有機汚濁種の出現は2012年の11月以降で、最も湾奥のSt.0で多かったが、St.Sでは、似たような養殖環境にありながら、有機汚濁種は全く出現しなかった。両養殖地点の底質環境は違う可能性がある。

大槌湾は湾口部に狭窄部がなく開放的な湾構造となっているため、湾全体で津波の浸食を受けて海底堆積物の一部が流失し湾全体で底質の低減が報告されている(西ら, 2013)。今回の調査結果より底生環境が改善してきている可能性が考えられることから、湾内での養殖が適正規模に保たれるならば、底質の有機汚濁化は進まず、貧酸素化に向かわないと予想される。大槌湾では震災直後から養殖施設の復旧・整備が行われており2015年2月時点の進捗率99.4%(岩手県復興局復興推進課, 2015)となっている。

以上述べたように、カキ養殖水域(St.0)とホタテ養殖水域(St.S)の底質は収斂しつつあるように見えるが、その内実は底生動物組成からも示唆されたように必ずしも同じとは言えない可能性があり、今後の養殖業が継続されることにより底質が変化していくことも考えられるため継続的な調査が必要であり、これによって養殖生物と底質との関係がより明確になると期待される。

### 3) 環境収容力

東日本大震災による大津波の影響で湾奥域の地形は大きく変化し、それまで鵜住居川河口部に形成されていた砂州がなくなった。これにより、それまで大槌湾奥部北側から回り込むように流入していた鵜住居川の河水は、湾奥部中央から直接流入することになった。入力データとしては、観測結果が充実している2000年3月から5月のデータを平均し、境界条件として与えた。具体的には、鵜住居川の河水が北側から流入するケース(震災前の地形を想定: Case0)と西側から流入するケース: Case1、南西方向から流入するケース: Case2について、それぞれ河川の流入方向のみを変化させた計算を行い、Case0の養殖生産量に対する相対的な変化(%)をメッシュごとに調べた(図4)。

比較的深い水深で養殖されるホタテ養殖には大きな影響は見られなかったが(±0.015%程度)、湾奥部ではやや増加傾向、湾

中央部ではやや減少傾向を示した。一方、湾奥部の表層付近で実施されるカキ養殖であっても、最大0.15%程度の変化しかなくことが分かった。ただし、流入河川が流入する方向によっては生産量が増加する場合も減少する場合もあり、すなわち今回の設定では、南西方向から流入する場合Case2では養殖量が微増、西から流入するCase1ではやや減少することから、局所的には河口形状の変化が養殖生産に影響を及ぼしている可能性も考えられる。

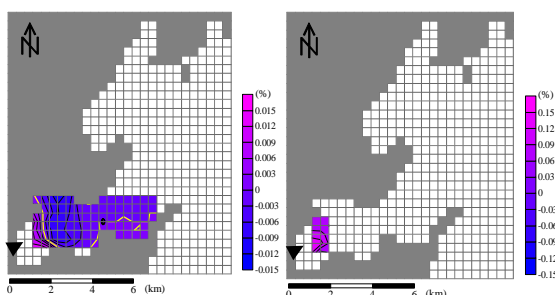


図4. Case2における養殖生産量の相対変化。カキ養殖(左)およびホタテ養殖(右)の結果。図中の矢印は河川の流入方向を示す。

### 4) マナモコの成長

籠の中を観察したところ、ナマコが泥を摂餌し、泥がマナモコの腸の形を保ちつつ排泄されている形跡が認められた。28か月間の生残率は、対照群では31%と低かったが、2実験群(ホタテ・カキ棚群)では、それぞれ66および71%と比較的高い値を示した。体重を指標とした成長曲線(図5)は、実験群・対照群共に3月から急上昇し、5月に最高値に達した後、7月から9月にかけて急下降して最低値に達するという特徴を示した。この成長曲線の特徴は、2年間で高い再現性をもって繰り返された。また、対照群に比べて実験群の方が全体的に高い成長度を示したことから、複合養殖の有効性が示唆された。さらに、この成長曲線はクロロフィルa量(全深度の平均値)の増減曲線と強くリンクしていたことから、二枚貝類の餌である植物プランクトンの増減に合わせてナマコの体重も増減したことが考えられた。このことは、ナマコが二枚貝の糞粒子由来の有機物を泥と共に摂餌したことを示唆するものである。また、対照群においても同様のサイクルが見られたことは、付近に二枚貝の養殖棚がない場合でも、潮流等によりそこへ糞粒子が到達した可能性、および養殖二枚貝類だけではなく、湾内に生息する動物プランクトン等も含めた、あらゆる植物プランクトンフィーダーの糞粒子に由来する有機物の増減に対しても、ナマコの成長が関係していたことを示唆する。さらに、高水温期に体重が顕著に減少した要因の一つとして、ナマコが夏眠したことも考えられた。

以上の結果は、ナマコの成長が環境依存的事であることを明確に示すものである。またそ

の成長特性を明らかにしたことは、生物学的な意義を持つばかりでなく、養殖において経済効率を考えた出荷時期の選定等に資するものである。

今回用いた養殖装置において、最終的にナマコは大きく成長しなかった。この点は、実用化を考えた場合に大きな問題である。自然界のナマコは十分な大きさに成長するので、天然状態では少し違う成長をしていると考えられる。上記研究結果を考慮に入れると、自然界でも基本的にはこのようなサイクルを繰り返しながら全体としては体重が増加すると推測できる。自然界では、ナマコは自由に動き回りながら栄養を吸収するが、今回の装置では60cm四方の底面内でしか移動できず、また市販の養殖籠を用いたため、底部の網目の数も少なく、泥の入れ替わりが少なかったことが成長を抑制したのではないかと考えられる。今後は、籠の形状と個体密度などを改良してより実践的な試験を行う必要がある。

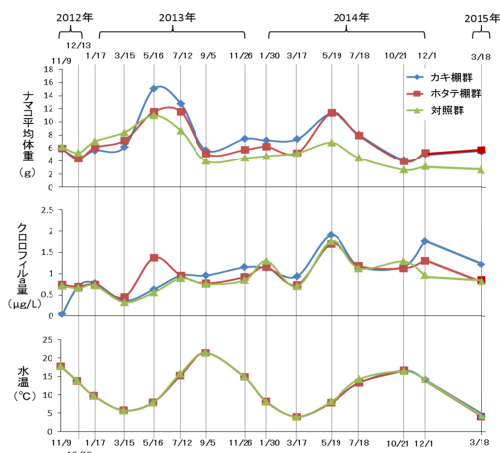


図5. ナマコの体重(上) クロロフィル a (中) および水温(下)の季節変化。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計6件)

古谷 研 (2012) 海の恵みの持続的な利用にむけて. 日水誌, 78, 1059-1063.

Tomida Y., T. Otake et al. (2014) Differences in oxygen and carbon stable isotope ratios between hatchery and wild pink salmon fry. *Fish.Sci.*, 80, 273-280. doi:10.1007/s12562-014-0699-9.

Blasiak, R., K. Furuya, et al. (2014) Paradigms of sustainable ocean management. *Mar.Pol.*, 48, 206-211. doi: 10.1016/j.marpol.2014.03.021.

古谷 研 (2014) 全球的な環境変動のもとでの水産学. 日水誌, 80, 84-86.

Nishibe, Y., K. Furuya et al. (2015) Size-fractionated primary production in the Kuroshio Extension and adjacent regions in spring. *J.Oceanogr.*, 71,

27-40.

古谷 研 (2015) 海洋における植物プランクトンの生理生態と物質循環における役割に関する研究. 海の研究, 24, 63-76.

[学会発表](計5件)

井上良夢・古谷研・奥村誠一ほか「二枚貝類との複合養殖によるマナモコの間接育成に関する研究」平成25年度日本水産学会秋季大会, 2013年9月21日, 三重大学(津市).

中野 光・大竹二雄ほか「東北太平洋岸のアマモ場における魚類群集: 津波前後(2009-2012年)の経時変化の解析」平成25年日本水産学会秋季大会, 2013年09月22日, 三重大学(津市).

川上達也・大竹二雄ほか「東日本大震災が三陸のアユ個体群に与えた影響とその後の回復過程」平成25年日本水産学会秋季大会, 2014年03月29日, 北大水産学部(函館).

奥村誠一・古谷研ほか「二枚貝類との複合養殖下におけるマナモコの季節的成長特性」平成27年度日本水産学会春季大会, 2015年3月28日, 東京海洋大学(東京).

安達貴浩・小橋乃子・古谷研ほか「大槌湾における底質環境の特性」平成27年度日本水産学会春季大会, 2015年3月30日, 東京海洋大学(東京).

[図書](計1件)

奥村誠一. 第8章 ビジネスとしての陸上完全養殖, ナマコ学, 成山堂書店, 129-142, 2012(7月).

## 6. 研究組織

(1)研究代表者

古谷 研 (FURUYA KEN)

東京大学・農学生命科学研究科・教授

研究者番号: 30143548

(2)研究分担者

大竹 二雄 (OTAKE TSUGUO)

東京大学・農学生命科学研究科・教授

研究者番号: 20160525

加戸 隆介 (KADO RYUSUKE)

北里大学・海洋生命科学部・教授

研究者番号: 40161137

奥村 誠一 (OKUMURA SEIICHI)

北里大学・海洋生命科学部・教授

研究者番号: 60224169

安達 貴浩 (ADACHI TAKAHIRO)

鹿児島大学・理工学研究科・教授

研究者番号: 50325502