

平成 2 7 年 5 月 2 1 日現在

機関番号：14101

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2014

課題番号：23510044

研究課題名(和文)気候変動がアジアパシフィック域の水産養殖業に与える影響

研究課題名(英文)Climate change and its impact on aquaculture

研究代表者

吉松 隆夫(Yoshimatsu, Takao)

三重大学・生物資源学研究科・教授

研究者番号：10264102

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,500,000円

研究成果の概要(和文)：世界規模での気候変動が水産養殖業の営みに与える影響に対する詳細な科学的調査とその影響緩和への対策の素早い実施が必要とされている。本研究では、応募者がこれまで実施してきた様々な国際協力事業で得た世界各地の研究者のネットワークを活用し、アジアパシフィック域の各地における養殖業をいくつかのケースパターンに分け、それぞれに与える気候変動の影響の共通性や相違点を、共通の評価軸を基に明らかにした。そして調査と予備的な実験で得られた結果から、養殖業の持続的発展のためには、今後どのような調査や集中的研究が必要かを提言として纏め、その具体的対策を新たなプロジェクトとして開始する材料を得た。

研究成果の概要(英文)：Recently negative impacts caused by global warming on aquaculture are spotlighted. In recent years some abnormal weather events caused by human-induced global warming like extremely strong storms and heavy rain falls threat aquaculture activities as well. As aquaculture highly depends on local natural resources and conditions the impacts caused by global warming is direct and significant. Also the problem concerning ocean acidification caused by the increase of atmospheric carbon dioxide started to throw its shadow against aquatic productions including aquaculture. In the present research I clarified what kind of research would be necessary for the stable development of world aquaculture.

研究分野：水産増養殖

キーワード：気候変動 養殖 地球温暖化 集中豪雨 海洋酸性化

## 1. 研究開始当初の背景

本研究は、日本や世界の養殖現場がいまそこにあると捕えている危機のみならず、未来に被る可能性のあるより大きな危機やさまざまな影響を予測し、それらに対するいち早い対応策を考える上での大きな材料や対抗策を提供するものであり、すなわち日本のみならず、世界の水産養殖業の持続的発展と人類の福祉への貢献のために大いに期待されるものである。

陸上と比べてまだまだ開拓の余地の多い海域の有効活用による食料資源の増産の機運や、食生活と健康に対する意識向上等の理由によって消費者の嗜好する水産物を集約的に生産する養殖産業の発展のスピードは、世界的に見ても他の第一次産業を圧倒しており、また国連世界食糧農業機関 (FAO) がその報告や提言のなかでも述べているように、未来につながる持続的発展が可能な食料生産産業としての期待も非常に大きく、さらなる力の傾注が望まれている。さらに水産業はその多面的機能から生物生産以外の地域社会に対する役割が昨今は大きく脚光を浴びてきており、今後はその意味からも積極的な意識喚起の上にその産業活動を精力的に推進してゆく必要がある。

近年、地球表面の大気や海洋の平均温度は世界の各地で継続的な上昇傾向を示しており、これに伴う海水面の上昇や、異常降雨による洪水や旱魃、酷暑や強力なハリケーン・台風の増加など、激しい異常気象の増加を伴う気象の変化やあるいは極域の氷量の急減等が観測され、生態系や人類の活動への悪影響が懸念されている。この気候変動の諸現象は自然由来の要因によるものと人為的な要因によるもの両者に分けられるが、最近の温暖化現象に関しては、産業革命以降の人間の産業活動等に伴って排出された二酸化炭素をはじめとする人為的な温室効果ガスが主因となって引き起こされているとする説が有力とされており長期的な視野に立つての温室効果ガスの削減が急務である。

また一方、こうした気候変動によりもたらされる自然環境の変化は人間の社会にも大きな影響を及ぼし始めており、人類の産業活動に必要な真水資源の不足や枯渇、農業・漁業などへの影響を通じた食料の生産にかかわる問題の深刻化、さらには生物相の変化による多方面への影響などが懸念されている。

もっとも重要な食料生産産業である農業に関しては、温暖化による影響で作付け時期が変化したり、発芽や開花の異常や高温による障害、雑草や害虫の増加による悪影響等で生産量が減少したり、降雨量の変化による影響等で生産自体が不能になるなど世界規模でさまざまな悪影響が報告され始めており、また多くの研究機関でのその対策のための研究が世界的規模で開始されている。

水産養殖に関しては、FAO も今後も継続的な発展が期待される重要な食料生産産業として位置付け、その重要性を世界に発信しているが、ここに来て気候変動の影響がその発展に影響を落とし始めたことが指摘され始めている。一般の日本国内の水産業に対する影響としては漁期や魚相の変化、藻場やサンゴ礁の消失などに起因する海洋における生産構造の変化による資源の減少や有害プランクトン等の増加、さらには強力な台風の増加等の異常気象による物理的悪影響などがあげられているが、養殖産業への直接的な影響に関する系統的な調査とその対抗策に関する研究の実施はまだ少ない。

## 2. 研究の目的

世界規模での気候変動が水産養殖業の営みに与える影響に対する詳細な科学的調査と、その影響緩和への対策の素早い実施が必要とされている。3 年間で実施予定の本研究では、その基礎資料を得ることを目的に、応募者がこれまで実施してきた様々な国際協力事業で得た世界各地の研究者のネットワークを活用し、アジアパシフィック域の各地における養殖業をいくつかのケースパターンに分け、それぞれに与える気候変動の影響の共通性や相違点を、共通の評価軸を基に明らかにする。そして調査と予備的な実験で得られた結果から、養殖業の持続的発展のためには、今後どのような調査や集中的研究が必要かを提言として纏め、その具体的対策を新たなプロジェクトとして開始する材料を得ることを目的とする。

## 3. 研究の方法

本研究は現地調査と現地での予備的な諸実験の実施を中心に構成される。調査研究対象となっている国は下記にあるようにアジアパシフィック域の4ヶ国である。調査対象としたこれらの国々は水産養殖業が産業上の重要な位置を占めており(あるいは今後占める可能性があり)、かつその生産物がコモディティとして国内外に大量に流通し販売されている。さらにこれらの国々は、申請者が所属する三重大学大学院生物資源学研究科が国際協力を今後強力に推進してゆく計画の対象地域の国々である。それらの国々には今回主たる調査対象とする養殖形態や養殖産品以外にもさまざまな養殖対象種を有しているが、本研究ではあらかじめ選定した調査対象種に主に着目し、詳細な現地調査と予備の実験を実施する。

すなわちより具体的には、近年の生産(量)額、生産時期、生産方法の変化や気候変動の影響と思われる事象の具体的事例と、それに対する現地レベルでの応急的対処・対応の内容、また生産者の眼から見た今後の変化予測

と実施が望まれる研究の方向性等を、現場でのフィールド調査と詳細な聞き取り、資料調査、現地研究者との情報交換内容を中心に明らかにし、またそれぞれの持つ共通点と相違点をその中から抽出し、それをもとに現地で実施する予備的試験・実験の材料となす。

3年間の調査結果を基に、続く具体的な研究プロジェクトの実施内容（後日、新たな科学研究費や競争的研究資金によるプロジェクト研究として計画の上、申請予定）を決定し、もって気候変動に対する可及的速やか、かつ効果的な対応の実施を通して、世界、並びに日本の養殖産業の持続的発展の維持に必要な方向性を本研究での結果をもとに探る。また本研究の特徴は現地での調査のみならず、影響緩和の有効な対処対応策を現地研究者とともに現地で考え、現地でできることを現地レベルの技術でまずは実施しその実現可能性を検討することにある。

#### 4. 研究成果

近年、地球の自然環境は激変している。たとえば、地球表面の大気や海洋の平均温度は世界の各地で継続的な上昇傾向を示しており、これに伴う海水面の上昇や、異常降雨による洪水、旱魃、酷暑、砂漠化や強力なハリケーン・台風の増加など、激しい異常気象の増加を伴う気象の変化が世界各地で多く観測され、自然生態系や人類の活動への悪影響が懸念されている。この気候変動、あるいは気候変化と呼ばれる諸現象は、地球システムが本来的に有する自然由来の内部要因によるものと人為的な外部要因によるもの両者に分けられるが、ここ最近の温暖化現象に関しては、産業革命以降の人間の活動等によって排出された二酸化炭素をはじめとする温室効果ガスが主因となって引き起こされているとする説が有力で、すなわち長期的な視野に立つての温室効果ガスの削減が急務である。

この温暖化現象と海水温の上昇や、海水の熱膨張により引き起こされる海面上昇の問題については、「こんなところで南方のヒョウモンダコが」や「南太平洋の島々が悲鳴」などと新聞やテレビでも比較的耳にする機会も多く、また水産業への影響に関連しても本特集や過去の寄稿の中での紹介の様に、様々な切り口での調査や研究も進みつつある。しかしながらこれらと同様に大きな問題ともいえる局所的な集中豪雨の増加や、二酸化炭素の増加が原因で引き起こされる海洋酸性化の問題が養殖業をはじめとする水産業に与える影響については、まだあまりまとまった報告はない。

##### 局所的集中豪雨と海水塩分

たとえば海水塩分についていえば、熱帯・亜熱帯域表層、地域でいえば大西洋やインド洋で高塩分化の傾向が生じており、逆に亜寒

帯緯度帯や太平洋では低塩分化の傾向があるとされている。また、これらの変化の傾向は降水量の変化とよく合致している。今回話題とするいわゆる“ゲリラ豪雨”などによる局所的な降雨量の増加に関しては、地域差はあるものの多くの陸域でその頻度が明らかに増加しており、気象庁なども特別に注意を喚起している。2011年に日系企業が多く進出しているタイのアユタヤ県を中心とした工業地帯が冠水して操業停止し、日本国内にも大きな影響を与える豪雨となったことは記憶に新しいし、また国内でも、昨年7月末の山口県の局地的集中豪雨では一時間当たりの降雨量が140 mmを超えるような記録的な大雨になり、大きな被害が出た。さらに10月の伊豆大島の局所的集中豪雨では24時間に800 mmを超える観測史上最多の想像を絶するような大量の降雨を観測し、多くの人的被害も出た。通常、雨水は中性の淡水であるため、短時間の強い降雨が海水の塩分の低下に与える影響が当然懸念される。これまでも大量の雨が降った後、近傍の海の塩分が数分の一まで一気に低下するような観測事例がしばしば報告されており、海産生物に与える影響が懸念される。

##### 降雨に起因する海域の塩分低下と海産生物

このような海水の急激な塩分変化は、浅海に生息する多くの海産生物、中でも好適な塩分域の狭い、いわゆる狭塩性の生物や、脆弱で運動能力の低い初期発育段階にある仔魚や幼生等に様々な影響を与える可能性がある。また網生簀で養成している魚類等では、しばしば塩分環境の変化によって引き起こされるストレスによる摂餌活動の低下や、さらに免疫力の低下による病気の発生などの影響もみられる。また、降雨由来の淡水は海水に比べて比重が小さく（すなわち軽く）、上下の混合がない場合は海水の上層に淡水が重なり、表層部だけが非常に低塩分になることがある。そのため、通常海面に設置される網生簀を用いた閉鎖水域での魚類養殖では、低塩分水暴露による被害が出やすく注意が必要である。

またこれに関連し、三重県でも重要な磯根資源となっているメガイアワビでも、希釈海水で発生させると受精後に正常孵化する割合が激減し、受精は正常でも、その後希釈した海水で発生させると正常に発生する割合が大きく低下するとの報告がある。さらに、浮遊幼生期中に希釈海水で飼育すると塩分が低下するにつれて正常な個体が減り、死亡する個体や面盤が脱落した形態異常個体が増える。

我々の研究室でおこなった局所的な集中豪雨を想定した最近の研究では、ごく短時間でいったん低下した塩分が通常値に回復（34 psu からたとえば10 psu になり3時間で回復）した場合においても、メガイアワビ幼生の生残には大きな影響が生じ（すなわち低下

し)、また貝殻部の形態異常の発生を著しく増加させることが明らかとなった。通常、大量の降雨があった場合でも、局所的なものであれば潮の流れや波による攪拌作用によりごく短時間で元の塩分に回復するが、短時間とはいえ降雨に起因する低塩分に晒された海産生物は、特に脆弱な初期発育段階にある幼生ではその影響を強く受けるといえる。

#### 降雨に起因する濁り水と海産生物

また大量の降雨の影響で陸域の微細な土砂などが想定以上に沿岸域に流れ込み、沿岸域に生息する海産生物に様々な影響を与えることも懸念される。通常、河川水と共に海域に運ばれる濁りの原因である懸濁物質（通常、負に弱く帯電）は、その多くが海水中のナトリウムイオンやマグネシウムイオンなどの大量の陽イオンと接触して凝集して大型化し、速やかに河口域から沿岸域にかけて沈積するとされている。従って、豪雨により流出する土砂等の影響は比較的岸に近い沿岸部に限られる。一方、海の沿岸部は魚類養殖をはじめとする水産業の営みの重要な場であり、また海底まで太陽光が届く浅海域であるために、固着性の海藻等が繁茂している海の生物生産の主要舞台である。この沿岸部に、凝集した砂粒等が局所的にとはいえ沈降することは、これらの生物に様々な影響を与え、結果として水棲生物の生育と繁殖、ひいては生物生産全体に大きな影響を与えることになる。光合成を行う渦鞭毛藻類の一種である褐虫藻を体表に共生させて生きているサンゴが、陸上の土木工事現場等からの赤土のシルトの流入でしばしば大被害を受ける事象などはこの典型例の一つといえる。また奥深い湾内などの閉鎖性が強い海域の潮通しの悪い部位では、しばしばヘドロ状に海底に堆積したこの懸濁物凝集物が底棲性の海産生物の生存にも広く影響を与える。エビやカニなどの底棲性の小型の海洋生物は植物プランクトンなどに続く食物連鎖の底辺を支える重要な餌生物であるので、これが影響を受けると必然的に上位の大型の水棲生物、すなわち漁獲対象となる水産生物の資源量にも大きな影響を与えることとなる。

また魚類をはじめとする海産生物は、呼吸（ガス交換）を行うための器官として表面積の大きな複雑な構造の鰓を有しているが、河川からの濁り水に起因する微細な懸濁粒子の凝集物が物理的に鰓の隙間等に詰まるためにガス交換が不能（すなわち呼吸困難）となり死亡する事例が、様々な種類で頻繁に報告されている。先の大震災による津波の影響で三重県でも生簀養魚に甚大な被害が出たが、主要原因の一つは津波で巻き上げられた底土による濁水に起因する呼吸困難や強いストレスであったと推察されている。特に自然条件下でそのような事態に遭遇することの少ないマグロなどの外洋性魚類の養殖などでは、その影響は特に顕著になると推察さ

れ、また雨水による塩分低下のストレスとの相乗効果でその被害はより深刻化すると考えられる。

#### 海洋酸性化の影響

近年、増加した大気中の二酸化炭素が海水に溶け込むことによって生ずる炭酸の影響で本来弱アルカリの海水の pH が中性方向、すなわち酸性側に変化してゆく酸性化（海洋酸性化）が促進され、その結果として貝殻やサンゴの共通骨格の材料となる炭酸カルシウムの合成に異常をきたすなど海洋生態系に様々な悪影響を与える危険性が指摘されている。この海洋酸性化の問題は、地球温暖化ほどには一般市民の注意を引いてはいないが、考えようによってはより深刻な問題である。現在、大気中及び海洋に溶け込む二酸化炭素濃度の上昇はかつてないペースで進行しており、海洋生態系へのさまざまな影響を考えると、その影響を早急に明らかにする必要がある。

このことに関連し、過去に海産仔魚、カイアシ類、軟体動物の幼生などの移動能力の低い海産動物をもちいた低 pH 曝露実験の既往知見から、海産生物の急性致死影響の予測を試みた例が数多くあった。このような過去のデータの多くは、塩酸や硫酸といった無機の強酸を用いて海水 pH の値を調整した曝露実験の結果であり、問題とされている二酸化炭素そのものを用いていないという意味で注意を要する。生体内での二酸化炭素の挙動に関しては、ガス態の二酸化炭素は無機酸由来の水素イオンに比べて細胞膜の透過性が大きく、体液中で速やかにイオン化し体液の酸性化をもたらすといわれている。そのため毒性がより強く、実際両者を比較した場合には影響の出方に差が生じて、通常は二酸化炭素の方が大きくなる。すなわち、強酸を用いた実験データをそのまま用いた場合には、二酸化炭素による酸性化の危険性を過小評価するなど、実際の自然状態で起こる現象とは異なる結論をもたらす可能性が考えられる。最近ではそのことに留意して二酸化炭素の用いての酸性化の影響評価を行っている事例が多くなってきているが、実験系が複雑となり、また特殊な実験機器等が必要となるので、大型の予算を有する国などの研究機関が主導的に研究を推進してゆく必要がある。

#### 最後に

世界の養殖現場で気候変動の影響が顕在化しつつある。今回紹介した問題のほか、大量降雨の水温低下による親魚の産卵時期のずれや変化、ワムシなどの初期餌料生物培養への影響の問題、突風による施設被害の増加や洪水による生産物の流出など枚挙にいとまない。世界の水産増養殖は今や総漁業生産の 40%を超えるまでに成長した重要産業であるが、気候変動等の影響を受けやすい弱々しい自然依存型の産業でもある。今後はこの

ことにより一層留意しながらその産業の発展を考えて行かなければならない。

#### 参考文献

若林久嗣(1996)環境性疾病およびストレス, 魚病学概論, 恒星社厚生閣

竹内泰介, 松田浩一(2002, 2003): 三重県科学技術振興センター水産技術センター事業報告

Ishimatsu, A. et al. (2004): Effects of CO2 on marine fish : Larvae and adults. J. Oceanogr., 60, 731-741.

FAO (2009) FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper. No. 530

Climate change implications for fisheries and aquaculture.

中村駿太(2011)海洋酸性化と水棲生物の孵化および初期生残, 三重大学生物資源学部卒業論文

吉信尚輝(2013)水棲生物の生残に与える急激な塩分変化の影響, 三重大学生物資源学部卒業論文

#### 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1件)

1. 吉松隆夫 局所的集中豪雨や海洋酸性化の影響を考える. アクアネット, 17(2):32-35(2014)(査読なし)

〔学会発表〕(計3件)

1. Takao Yoshimatsu World Aquaculture and Climate Change. International Symposium on Sustainable Science: Understanding Climate Change Phenomena for Human Well Being, Padjadjaran University, Bandung, Indonesia 9月8日~9月10日(2014)
2. 古川享尚, 眞鍋孝仁, 一色 正, 吉松隆夫 微細藻類の増殖とVB12産生に及ぼす光照射条件の影響. 2013年度日本水産学会秋季大会, 9月21日, 三重大学(2013)
3. 吉松隆夫, 吉信尚輝 メガイアワビ孵化幼生の生残と形態異常に与える急激な塩分変化の影響. 2013年度日本水産増殖学会大会, 10月14日, 鹿児島大学(2013)

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
出願年月日:  
国内外の別:

取得状況(計0件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
取得年月日:  
国内外の別:

〔その他〕  
ホームページ等

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

吉松隆夫 (YOSHIMATSU, Takao)  
三重大学・生物資源学研究科・教授  
研究者番号: 10264102

##### (2) 研究分担者

( )

研究者番号:

##### (3) 連携研究者

( )

研究者番号: