

課題名	RF-0907 藻場の生態系サービスの経済的価値評価： 魚類生産の「原単位」から「日本一」を探る
課題代表者名	小路 淳（広島大学 大学院生物圏科学研究科 竹原ステーション）
研究実施期間	平成21～22年度
累計予算額	22,230千円（うち22年度 10,530千円） 予算額は、間接経費を含む。
研究体制	<p>研究体制</p> <p>(1) 魚類生産による経済的価値の算出および広域的解析 広島大学 大学院生物圏科学研究科 小路 淳</p> <p>(2) 「至適生産環境」の特定および地球温暖化に伴う経済的価値の変動シミュレーション」 独立行政法人 水産総合研究センター 瀬戸内海区水産研究所 堀 正和</p>
研究概要	<p>1. はじめに</p> <p>生態系に備わった機能のうち人類が享受できる価値の部分を示す「生態系サービス」は、各生態系の重要性を定量的に評価するために必須の尺度である。地球上の生態系ごとの経済価値を算出したCostanzaらの研究によると、熱帯雨林（0.2万ドル/ha/年）をはじめとする陸域や淡水域（湖・川：0.8万ドル/ha/年）に比べて藻場・干潟の生態系サービスははるかに高く、全ての生態系のなかでトップクラス（1.9-2.3万ドル/ha/年）であると見積もられている。しかしながら、上記の推定値には生物生産の主要構成要素である魚類の生産は含まれていない。これは、1次生産（光合成）や、1次捕食者（動物プランクトン）およびベントス（底生動物）類に比べて、高い移動能力が備わった魚類の生産過程を定量的に評価することが困難であることに起因する。</p> <p>本研究の調査フィールドとなる藻場は魚類の「ゆりかご」（産卵・成育の場）として重要と認識されながら、その根拠となる科学的・定量データが存在しない現状は、早急に改善されなければならない。近年申請者らが開発した魚類の成育場における生産（メバル、スズキ）の定量評価手法による予備的な試算結果を、先述のCostanzaらの推定値に加えると、藻場の生態系サービス（資源供給サービス）の経済価値は大幅に上昇することが想定される。開発済みの定量評価手法を導入して広域フィールド調査およびコアサイトにおける集中調査を実施することにより、推定値の普遍性・変動性を確認し、世界における浅海域生態系の生態系サービス研究分野をリードする成果が得られるものと強く期待される。</p> <p>2. 研究目的</p> <p>本研究では、藻場の資源供給サービスの推定と、その経済価値の試算の具体例を示すために、コアサイトとして位置づけた瀬戸内海のアマモ場において高頻度サンプリングを実施する。過去の研究においては、藻場における魚類に関する情報の多くは、種組成、個体密度、バイオマスの記述にとどまり、それらの時空間変動の調査・追跡や生産速度の推定はほとんどなされてこなかった。例えば、これまで多用されてきたスキューバ潜水による観察では、小型個体の見落としが生じるとともに、濁度が高い内湾域の藻場では推定誤差が大きくなる。研究代表者等は、藻場における魚類を見る手法から獲る手法へと発想を転換し、現存する魚類の体長、個体密度、バイオマスを全て記録し、その時空間変動を追跡する方法で魚類生産の定量評価に取り組んでいる。さらに、魚類の成長速度を個体・日レベルで推定することが可能なツール（耳石日周リング解析）を応用することによ</p>

り、高い精度で魚類生産速度を推定する手法を確立した。本研究ではこれらの手法を応用し、高頻度での定量サンプリングを通じて、温帯域アマモ場の優占種でありかつ水産業上重要な資源生物であるシロメバルを題材として、藻場における魚類生産速度（重量/ha/年）を推定し、その経済価値（円/ha/年）の試算を行う。さらに、シロメバルが我が国温帯域のアマモ場に広域分布することを利用して、生産速度の南北比較と変動を左右する要因の探索を実施する。これらの調査研究により、藻場の生態系サービスのうち、これまでブラック・ボックスであった魚類生産（供給サービス）の定量評価を比較的高い精度で実施することが可能となる。全ての生態系サービス（基盤サービス、調整サービス、供給サービス、および文化サービス）を包括的に定量評価したうえで、浅海域の生態系サービスの総合評価を達成するための手法を提供することにも本研究は貢献しうる。

### 3. 研究の方法

#### （1）魚類生産による経済的価値の算出および広域的解析

本研究は、地球温暖化の影響を評価・予測するために必要な環境・生物データの収集を実施する。我が国周辺海域において、現在からおおよそ100年後における海水温がおおよそ2-3°C上昇する可能性が、気候変動に関する政府間パネル（IPCC）により提唱されている。一般に魚類には成長や繁殖に適した水温（至適水温）が存在するため、地球温暖化にともなう海水温上昇の影響により、魚種によっては分布域が北上することや、産卵期が変化するシミュレーションの結果も示されている。我が国温帯域の浅海域に形成されるアマモ場においては、現在のところ温帯性の魚類が優占するケースが多いことから、地球温暖化の進行ともなって沿岸海域の水温も上昇した場合には、これら主要な優占魚類の分布域の北上や魚類群集構造の変化が想定される。本研究では、「（1）全国サイトにおける調査」と「（3）飼育条件下におけるシロメバル仔稚魚の環境変動に対する応答の精査」の実施により、地球温暖化が沿岸生態系の魚類群集、生産構造に与える影響の予測を実施する。

一般に魚類は、比較的短いタイムスパン（昼夜、季節、年）で異なる生態系間を移動し、各生態系で栄養を獲得している。したがって、各生態系（藻場、干潟、岩礁など）における魚類生産構造を定量的に把握するためには、対象種とそれをとりまく生物群集で構成される栄養フローの解析と、捕食者へと流れる栄養の起源の解明が不可欠である。そのためには、餌となる生物や物質が生産される生態系を明らかにし、捕食-被捕食関係を通じて魚種の生産に寄与する各生態系の貢献度を算出することや、ある生態系への依存度が特定の時期にきわめて高くなる魚種をターゲットにして生産過程の定量把握を実施することなどが、上記の課題を克服する鍵となりうる。そこで本研究では、生活史初期に藻場へ強く依存するという生態的側面を備え、主要餌料生物が浮遊動物プランクトンにほぼ限定される（詳細様式の結果を参照）メバル属魚類の仔稚魚を魚類生産速度推定のモデル種として位置づける。

以上のような課題の実施を通じて、今後の国家的課題とされる環境政策、特に沿岸生態系および生物資源の保全や持続的利用を効果的に推進するために不可欠な基礎的・定量的知見を得ることも可能となる。

#### （2）「至適生産環境」の特定および地球温暖化に伴う経済的価値の変動シミュレーション」

全国調査海域のうち、8つの海域を本サブテーマの重点調査海域に選定した。重点海域の選定基準としては、すべての全国調査地点で予備調査を行い、その調査結果から、海草の草体、海草群落内に生息する底生生物（以下、小型無脊椎動物に限定する）群集、海草群落内に集まる魚類群集の3者関係の解析が可能な十分量のサンプルが収集できる海域としている。次に各重点調査海域において、海草藻場の面積に合わせて1点～3点の調査範囲を設定し、調査範囲の大きさによって4点から6点の繰り返しが行われるよう調査点を配置した。この各調査点を対象に、各調査海域のアマモ繁茂期（海域によって異なる）に海草群落・小型無脊椎動物群集・魚類群集のセット採集を行った。まず各調査点のアマモ群落において、囲った際の面積が50㎡になるように設計した小型巻網を使い、群落内に生息する魚類の定量採集を行った。次に巻き網採集を行った場所内において25cm×25cmのコドラート（方形枠）とメッシュネットを用いてアマモの坪刈りを行い、アマモ草体地上部と葉上動物群集を採集した。さらに、坪刈りを行った場所に直径15cmの底質コアラーを底質15cmの深さまで差込み、アマモ草体地下部および内在動物群集の採集を行った。アマモ草体地上部・葉上動物群集サンプルおよびアマモ草体地下部・内在動物群集サンプルは現地で凍結処理を行った後に研究室内で草体と小型無脊椎動物（葉上動物+内在動物）群集を分離して同定・計測を行い、また魚類群集サンプルは5%海水ホルマリン固定処理を行った後に室内で同定・計測作業を行った。これらのデータを用いて、日本列島太平洋岸の北部から南部に至る海草群落構造・底生生物群集構造・

魚類群集の緯度間変異の傾向を調べ、またすべてのデータに関連する解析に使用した。なお、結果では緯度間での群集構造の違いを比較しやすいよう、多年生のアマモ (*Zostera marina*) が単一で形成している同質の藻場を有する海域間での変異の傾向を示している。

また、環境変動に伴うアマモ群落構造・生産量の変化を定量化し、モデル作成に使用するために、地球温暖化を想定した海水温操作実験を以下の手順で行った。まず全国調査地点のうち、2009年夏期に現在のアマモの南限である鹿児島湾から一年生アマモの花株（鹿児島湾内のアマモはすべて一年生の生活史を呈すると言われている）に加え、将来の温暖化により南限となることが予想される瀬戸内海西部の優占生活史である多年生アマモの花株を採集した。これらを株ごとに屋外水槽設備で培養し、秋期に成熟後の種子を株別に回収した。次に回収した種子を株別にポット播種し、同じ飼育条件に設定した培養水槽内で発芽させ、同株由来の実生アマモ株を得た。また同株由来の検証のために各実生株から葉片を切り取り、マイクロサテライトマーカーによる遺伝子解析（島袋ら、未発表）を行った。この実生株を株分けし、同じ条件の底質土を入れた小型ポットに一株ずつ移植した実生株ポットを作成した。次に30Lパンライト水槽に昇温機を設置した実験区を室内に4基作り、海水温条件を石垣海域、鹿児島海域、宮崎海域、瀬戸内海西部海域に併せて4段階の海水温勾配に設定した。この海水温勾配実験区において、4段階すべての実験区に各海域由来の実生株をいれ、また同株由来の実生株ポットが4段階すべての実験区に含まれるように配置した。実験はアマモの成長期にあたる3月～7月にかけて行い、自然日光条件下でその後の成長速度、形態、および生残率の計測を行った。この実験により検証する作業仮説は以下の3つである；①分布南限の鹿児島湾の実生株はさらなる水温上昇に耐えられるか、②鹿児島湾の実生株は宮崎海域、瀬戸内海西部海域の海水温条件でも生育できるか、③瀬戸内海西部の実生株はさらなる水温上昇でも生育できるか、さらに鹿児島湾の実生株の形態に変化するか。

#### 4. 結果及び考察

##### (1) 魚類生産による経済的価値の算出および広域的解析

全国のアマモ場に広く分布したシロメバルの分布密度については、2010年度に調査を実施したサイトのなかで、広島（竹原、大崎上島）、山口（周防大島）および宮城（石巻）で高く、富津、宮津、天草で低かった。図には、胃内容物解析には用いなかったものの、定量サンプリングを実施した調査日のデータを全てプロットしているため、調査サイト数よりも多いデータが示されている。分布密度の最大値は75.0 尾/100 m<sup>2</sup>で、周防大島（山口）において得られた。65.0 尾/100 m<sup>2</sup>（阿波島：広島）、38.7および31.0 尾/100 m<sup>2</sup>（石巻：宮城）、27.5 尾/100 m<sup>2</sup>（生野島：広島）、20.0 尾/100 m<sup>2</sup>（奥松島：宮城）がこれに次いだ。分布密度が高いサイトは瀬戸内海（山口、広島）および仙台湾（宮城）に集中していたが、これら以外では富津（千葉：10.3 尾/100 m<sup>2</sup>）、天草（熊本：6.3 尾/100 m<sup>2</sup>）、宮津（京都：6.0 尾/100 m<sup>2</sup>）などにおける分布密度が比較的高かった。水温をはじめとする環境条件とシロメバル個体密度との間に、相関関係は見いだされなかった。これら以外の解析項目については、別途詳述している。

##### (2) 「至適生産環境」の特定および地球温暖化に伴う経済的価値の変動シミュレーション

実施した複数の解析項目のうち、アマモ場生物群集構造の地域間変異の把握に関して、多年生アマモ群落を有する海域を対象に行った小型巻き網による魚類定量採集の結果では、現存量は高緯度の北海道東部で多く、その他の地域は同様に少ない傾向にあった。ただし、水深間での現存量変化の傾向は調査海域間で異なり、瀬戸内海西部および北海道東部では浅い水深帯ほど多く、東京湾では逆に深い水深帯ほど多い傾向が見られた。また、面積あたりの種数においては、瀬戸内海西部のW1海域が高い値を示したが、それを除けばほぼ高緯度から低緯度にかけて減少する傾向を示した。各海域内の水深勾配に沿った傾向では、瀬戸内海西部と北海道東部において浅い水深帯ほど種数が多い傾向が見られた。瀬戸内海西部および北海道東部では、魚類の現存量が高い群落ほど種数も多い傾向が確認された（瀬戸内海西部： $R=0.523$ 、 $P=0.149$ 、北海道東部： $R=0.856$ 、 $P=0.003$ 、2海域総計： $R=0.813$ 、 $P<0.0001$ ）。次にアマモの群落構造に関しては、現存量（多年生アマモにおいてはIzumi and Hattori (1982)の生産量/現存量比=4が全国に適用できるとされているため、生産量ともみなせる）は地上部、地下部とも明瞭な地域差は確認されなかったが、地上部で瀬戸内海西部と北海道東部が東京湾より多く、地下部で瀬戸内海西部と東京湾が北海道より多い傾向が確認された。これら以外の解析項目については、別途詳述している。

## 5. 本研究により得られた成果

サブテーマ（1）では、藻場における魚類生産の定量評価と広域的解析を目的として、全国サイト（広域サイト）における魚類採集、集中調査サイト（瀬戸内海：コアサイト）における継続採集および飼育実験における成長至適水温の探索を実施した。全国調査の結果、魚種数と個体密度の空間変動については明瞭な傾向が認められなかったが、バイオマスは南で少なく北（北海道、東北）で多い傾向が認められた。また、単位面積あたり魚類バイオマスと種数の間には正の相関関係が認められた。魚類生産速度の広域比較を実施するためのモデル種としたシロメバルの個体密度およびバイオマスは、瀬戸内海と仙台湾において大きかった。シロメバル仔稚魚の成長様式は全国で3つのパターンに大別された。これらのうち、北日本、瀬戸内タイプに比べて南日本タイプが高成長を示した。水温、塩分、餌料生物密度、植生（アマモ株密度、葉長）などの環境条件のうち、シロメバル仔稚魚の成長速度に最も強く影響する要因は、水温であった。コアサイトにおける高頻度サンプリングにより、優占種シロメバルが2月に全長約20 mmで藻場へ来遊し、5月下旬に全長約60 mmに成長することが明らかとなった。耳石日周輪を用いて各個体・1日ごとに推定した成長速度をもとに、瀬戸内海中央部のアマモ場におけるメバル稚魚の生産速度は約140 g/ha/年と推定された。この値は、シロメバル1種のみでの生産により生み出されるアマモ場の供給サービスの経済価値が少なくとも70万円/ha/年であることを意味する。特筆すべき成果は、①これまで研究事例がきわめて乏しかった水圏生態系の供給サービス（魚類生産）を高頻度サンプリングにより定量評価しその経済的価値を試算したこと、②全く同一の手法で全国サイトにおけるサンプリングを実施し、魚類群集の種多様性と生産構造について、過去にない広い空間スケールで定量評価したこと、③フィールド調査と飼育実験を組み合わせ、地球温暖化による環境変動が魚類の分布、成長に与える直接・間接的影響を評価するための基礎的知見を提供したことである。

サブテーマ（2）では、藻場の生物多様性・生物生産の保持機能と漁業資源供給サービスの持続的利用にむけて、藻場の魚類生産の定量的に評価するとともにその時空間変動を明らかにし、環境変動を考慮したモデル解析により生態系サービスの将来予測を行うことを目的とした。まず全国各地のアマモ場において、アマモ群落、底生生物群集、魚類群集の広域調査を行った。次に海水温を数段階に変化させた操作実験により、温暖化の進行とともに変化するアマモ群落の構造と生産速度の変化の検証を行った。野外調査の結果、低緯度ほど魚類生産は餌生物である底生生物群集を介して制限されており、一方で高緯度ほどアマモ場の群落構造を介して制限される傾向が確認された。そのため、藻場の魚類生産への影響には、物理環境が魚類の生産過程に直接影響する場合に加え、物理環境が魚類の生息場所である藻場群落の構造や餌料生物となる藻場の小型無脊椎動物相を変化させ、その結果として魚類生産に波及する間接的影響も働くことが推測された。そこで、これらの結果を踏まえた新たな野外調査を行い、環境変動が生息場所の変化を介して魚類生産に及ぼす間接的影響が派生するプロセスの緯度間変異を解明するために共分散構造解析を行った。また、操作実験の結果では低温区においてわずかな海水温変化でもアマモ草体の形態と生産速度が変化すること、高温区ほど成長に差が出る前に早急に草体が枯死するため生残率として差が生じることが示された。最後にこれらの結果からアマモ群落パラメータと魚類生産パラメータの関係を水温の関数として表し、その積をさらにアマモ群落の持続性を示す関数で補正した生態系サービスモデルを考案し、温暖化予測シナリオに沿ったシミュレーションを行った。その結果、瀬戸内海および東北海域に高魚類生産ゾーンが形成されたが、温暖化の進行によって瀬戸内海海域のアマモ場の群落構造の縮小および不安定化が生じ、魚類生産は高いにもかかわらず瀬戸内海海域の高生産ゾーンが崩壊するパターンが確認された。

### （1）科学的意義

国内外における広域的なフィールド調査と飼育実験を通じて、定量的知見が世界的にもきわめて少なかった移動性資源（魚類）の群集構造の空間変動、生産プロセスの定量評価を行った。研究開始当初の目的として以下4点を掲げ、それぞれに対してとくに「定量的評価」「広域的比較」「長期変動予測」の3つの視点を持ちつつ研究を実施した。①藻場における魚類生産速度の定量評価、②藻場の「日本一」を探索する、③藻場の「南北差」を把握する、④藻場の「将来像」を予測する。得られた成果には、国内にとどまらず国際的にも先進的・独創的なものが含まれている。上記の目的と対応させて以下に総括する。

①コアサイトにおける連続サンプリングにより、シロメバル（温帯域アマモ場の優占魚種）の生産速度とその経済価値を定量評価した。②単位面積あたりの魚類生産速度が最も高い藻場（日本一の

藻場) およびその環境的背景を明らかにすることを目的として同一のサンプリング手法による全国サイトでの調査を実施し、北日本(北海道・岩手と瀬戸内海で魚類の種多様性とバイオマスが大きいことを明らかにした。また、優占種シロメバルの生産速度は瀬戸内海エリアで高いことを定量的に明らかにした。③魚類の生息環境の要因として重要なアマモの葉長に緯度間勾配(北で長い)が存在し、これに対応して魚類のバイオマスも南北で変動することを明らかにした。④地球温暖化に伴う水温上昇がシロメバルの成長効率に作用すること(直接的影響)を明らかにした。さらに、適水温となる季節や場所での産卵を継続した場合に生じうる間接的影響についても評価した。シロメバル(夏期成長魚)とは産卵・初期成長の季節が異なるアユ(冬期成長魚)を対比させることにより、魚種(産卵・生長の季節)の違いによって、地球温暖化の影響が異なる可能性を示した。

一般に、環境の変動が微弱であっても植物のフェノロジーの変化が生じることで生物間相互作用の変化が生じ、関わりを持つ多くの他の生物に少なからずの影響を及ぼすことが言われており、沿岸域の生物群集を対象とした事例も報告されている。本研究で対象としたアマモ場生物群集でも同様の現象が懸念される。対象の魚類に対する水温変化の影響が弱くとも、生息環境であるアマモと小型無脊椎動物群集への影響が強ければ間接効果が働き、魚類生産に大きな変化をもたらすかもしれない。環境変動の影響の直接効果(生理的)と間接効果(生物間相互作用)を分離して評価できる本研究を進めることで、その影響の一端を解明することに貢献できると考えている。

また、環境変動に対する漁業生産機能の変動を評価する手法として、機能の時系列変化を表現した頑強性(健全性)に関するパラメータを加味して評価する手法であることが本研究の大きな特徴である。機能の頑強性に関しては一生態系サービス評価において重要とされつつも評価の困難さから扱われてこなかった要因である。一般に生態系サービスは社会科学(経済学)的観点からの試算と自然科学(生態学)的観点からの試算の2つの方向性があり、前者では価値の時系列に伴う劣化を表すものとして経済的割引率が用いられる。その一方、後者では生態学的価値に対する経済的割引率と同等の変数として確立した評価手法がなく、この機能の頑強性はその手法の一つに相当すると考えることができる。今後の解析ではこの手法を雛形に、自然科学的観点から第二世代の生態系サービス評価手法の作成が期待できる。

## (2) 環境政策への貢献

### 【藻場の生態系サービスのブラック・ボックス=供給サービスを定量評価した】

地球上のさまざまな生態系のうち、浅海域(藻場、河口)がもたらす生態系サービスは最も高い経済価値を生み出すと推定されている。しかしながら、藻場の生物生産(供給サービス)の主要な構成要素である魚類の生産を定量評価した事例はこれまで世界的に見てもほとんど無かった。本研究により、藻場の生態系サービスお経済的価値はCostanzaらが推定した値よりも少なくとも35%程度高いと推定される。温帯域藻場の優占魚類の生産過程の定量評価を実施した点は、本研究の最も中心的な成果であるとともに、世界的にも先駆的事例であり、浅海域の生物生産力の指標として今後の環境政策において不可欠な科学的根拠として利用されるものと期待される。

### 【生物多様性が高いとされる日本沿岸域において、魚種多様性の南北勾配を見いだした】

これまで、我が国の藻場における魚類分布調査はスキューバダイビングや非定量的漁具(トラップなど)を用いた観察・採集が中心であったため、地域間で魚類群集を定量的に比較することが不可能であった。本研究では、全国20ヶ所に設けた調査サイトで同一の手法による調査を実施したことにより、魚類の種構成、分布密度、バイオマスを全国的視野で比較することのできる定量的データを得た。魚類群集解析に用いたクラスター解析により、同じ東北地区でも宮城と岩手の魚類群集構造は異なり、宮城は瀬戸内海に、岩手は北海道に近い群集構造となっているなど、魚類群集構造の地域特性が明らかになった。

### 【海洋保護区:MPAの選定などに重要な定量的データを充実させた】

前項にも関連し、本研究では、とくに北日本の北海道(厚岸)と岩手(大槌)、瀬戸内海の広島(竹原、大崎上島)で魚類の種多様性とバイオマスが大きいことが明らかとなった。沿岸生態系保全を全国一斉に実施するのは困難であるため、特定の地域を優先的に進める必要が生じた場合には、本研究成果に含まれる各地の魚類群集構造の特性やその空間分布が不可欠な情報源となるであろう。

### 【地球温暖化による魚類への影響は、種(の特性)に依存するため、広い視点が必要】

我が国のみならず世界的にみても、地球温暖化による生物への影響に関する研究は、直接的影響を中心に進められている(水温、CO2濃度など)。本研究では、水温などお物理的環境要因の直接的影響に加えて、生息環境(アマモ場)の変動を介した間接的影響や、高水温化を魚類が回避するた

めに産卵期や産卵場を低水温側へ変化させた場合に生じる日長変動の影響に着目するなど、複合的・間接的要因についても検討を行った。とくに、産卵期が異なる魚種を対比させることにより、温暖化の影響は魚種間で異なる可能性が高いことを示した。「温暖化すれば、北半球の生物がみなそろって北上する」わけではない。今後、温暖化の影響評価に関する研究が実施される際に、多様な生物種、生態系について広い観点から取り組みがなされるよう、本成果が少しでも貢献できれば幸いである。

本研究の成果をもとにした一般普及書「浅海域の生態系サービス：海の恵みと持続的利用」を本課題の研究代表者と編集・執筆し、本年度末にすでに刊行されている。今後は、この書籍の広報・普及に努めるとともに、学会や専門誌での論文発表を積極的に行う予定である。また、国内の産官学の関係者が集う2010年度の全国アマモサミット（鹿児島県指宿市）において、本課題の研究成果を基盤に基調講演を行い、アマモ場の生態系サービスとその持続的利用に向けたアマモ場の保全・再生のあり方について本課題の研究成果を基盤に基調講演を行った。その反響として、水産庁の藻場・干潟に関する生態系保全関連事業を実施しているいくつかの団体から、本課題の成果に基づく事業計画の見直しに関する打診を受けている。また、環境省重要生態系監視モニタリング事業（沿岸域）、水産庁生物多様性総合保全事業、水産庁地球温暖化対策推進費など関連する事業の実施において本課題の成果を反映させている。

## 6. 研究者略歴

課題代表者：小路 淳

京都大学農学部卒業、農学博士、現在広島大学准教授

研究参画者

(1)：小路 淳（同上）

(2)：堀 正和

1974生まれ、北海道大学水産学部卒業、現在 独立行政法人水産総合研究センター瀬戸内海区水産研究所研究員

## 7. 成果発表状況（本研究課題に係る論文発表状況。）

### (1) 査読付き論文

1) Jun SHOJI、 Shun-ichi TOSHITO、 Ken-ichiro MIZUNO、 Yasuhiro KAMIMURA、 Masakazu HORI、 Koji

HIRAKAWA: *ICES Journal of Marine Science* (受理済み、印刷中)。

“Possible effects of global warming on fish recruitment: shifts in spawning season and latitudinal distribution can alter growth of fish early life stages through the changes in daytime”

(2) 査読付論文に準ずる成果発表（「持続可能な社会・政策研究分野」の課題のみ記載可）  
該当しない。