

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 4 月 24 日現在

機関番号：15401

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2008～2011

課題番号：20780137

研究課題名（和文）陸域起源物質が河口域の魚類生産に及ぼす影響：時空間変動の定量評価

研究課題名（英文）Effects of nutritional input on estuarine fish production: evaluation of spatio-temporal fluctuation

研究代表者

小路 淳 (SHOJI JUN)

広島大学・大学院生物圏科学研究科・准教授

研究者番号：10397565

研究成果の概要（和文）：

陸域起源物質が河口域の魚類生産に与える影響の時空間変動を評価するために、太田川河口域において物理・生物調査を実施した。周年調査によりスズキが生活史初期に河口域に広く分布することが明らかとなった。スズキ仔稚魚は2月下旬から5月末にかけて河口域の優占種となった。胃内容物調査と安定同位体比分析の結果から、春季の上流域では河口域における魚類生産に対する陸域起源物質への貢献度が高まることが明らかとなった。

研究成果の概要（英文）：

Biotic and abiotic surveys were conducted in Ohta River estuary, Hiroshima Prefecture, in order to evaluate spatio-temporal fluctuation of effect of nutritional input from the land on fish production. Monthly survey revealed that early life stages of Japanese temperate bass were widely distributed in the estuary. Larval and juvenile Japanese temperate bass dominated the fish fauna of the estuary from late February through late May. The contribution of nutritional input from the land to the estuarine fish production was suggested to be higher in the up-estuary region during spring based on gut contents and stable isotope analyses.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2009年度	600,000	180,000	780,000
2010年度	700,000	210,000	910,000
2011年度	700,000	210,000	910,000
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：海洋生態学，水産生物学

科研費の分科・細目：水産学・水産学一般

キーワード：河口域，魚類生産，季節変動，空間変動，陸域起源物質

## 1. 研究開始当初の背景

人類は古くより河口・沿岸域を、生活の糧（魚介類）を得る場や憩いの場として利用してきた。水産生物の生産の場としての河口・

沿岸域では、1)河川を通じた陸域からの栄養供給が多いため、沖合域に比べて生産力がきわめて高い、2)河川流量（主として降水量）

と潮汐の変動により短い時間スケールで大きな環境変動（水温、塩分等）が生じるといった特徴を備える。沿岸・河口域の高い生産力を有効かつ持続的に利用することは、人類が既に抱えている環境・食糧問題を解決する上でも極めて重要な要素であり、そのためには、沿岸・河口域における生物群集の主な構成要素である魚類の生産を支える仕組みを理解することが不可欠である。

しかしながら、我が国においては「川と海は別管轄」という行政的区分のもとで、研究者の多くが川と海を分断的に扱ってきた。川と海の接点である河口域をフィールドとした生物群集や生産メカニズムに関する研究例は、極めて少ないのが現状である。

河口域における魚類を含む生物の生産過程に関する研究は、世界的には北米とヨーロッパで進んでいる。なかでも、申請者がポスト・ドクターとして研究滞在した米国チェサピーク湾の研究グループは河川の水質・水量変動から河口域の生物生産に至るまでの生物・物理・化学的プロセスを統合的に扱う研究チームを組織し、現在世界をリードする立場にある。

申請者はポスト・ドクター期間中に、チェサピーク湾への陸水流入が魚類生産を高めるプロセスを解明し、国際誌への論文掲載や国際学会での口頭発表を通じて、河口域における本研究分野の先導的役割を担ってきた。チェサピーク湾における共同研究者が主催する河口・内湾域に関する国際会議の特別セッション（2007年11月、米国ロードアイランド州）において、申請者は日本からの招待演者として口頭発表を行っている。

一方、我が国においては現在もなお、川・海の分野横断的研究が進んでいるとは言い難い状況にある。陸域（川）に端を発する有機物フローは河口域の微生物ループや動・植物プランクトンを介して沿岸域における生物生産を支える重要な要素であることが近年認識されつつある。しかしながら、栄養フローの最終アウト・プットの中心的要素である魚類生産を定量的に追跡した研究例は現在のところ皆無である。

このような状況のもと、2007年3月の日本水産学会シンポジウムで川と海の連鎖を解明することの重要性が取り上げられた。シンポジウムの内容に沿った書籍が近く刊行される（森川海のつながりと河口・沿岸海域の生物生産：研究業績36）。申請者は、本書第1章の世界の河口域における魚類生

産に関するレビューを執筆した。本書が我が国における河口域研究発展の足がかりになるものと関連分野の研究者から期待されている。

本研究では、「身近なブラックボックス」とも言える河口域に焦点をあて、魚類生産機構の解明を目的として野外調査を実施し、河口域における魚類生産に対する陸域起源物質の貢献度を定量評価する。実施に際し、以下の3つの独創的な視点を備えてフィールド調査およびデータ解析に取り組む。

人工河川と天然河川の比較—これまでにない視点を身近なフィールドに応用—：広島湾奥部に注ぐ太田川水系の下流域は、5本の天然河川と1本の人工河川（放水路）からなる。天然河川のうち最も西側の天満川と放水路の河口は約1kmの距離にあり、水源、流量（降水量）・潮汐変動などの環境がほぼ同じ条件下にある。酷似した条件下で比較できる天然河川と人工河川を「巨大実験フィールド」として利用する着想は世界的にも極めて斬新である。具体的には、より広い汽水域が形成される天然河川の河口域において、陸域起源物質が長い時間をかけて魚類生産に効率よく利用される仕組みを本研究により明らかにすることができる。

日本の河口の特性（急峻な河川、大きな干満差）への短期的応答メカニズムの解明：世界の河口研究は、チェサピーク湾、サンフランシスコ湾など、広大で平坦な後背地を持つ地域でよく進んでいる。我が国の河川は概して急峻で、河口域では大きな潮位差にさらされる。本研究では、短い時間スケールで大きく変動する環境に対し魚類やその餌生物の生産が素早く応答する河口域の特異なメカニズムを浮き彫りにし、世界的にも先駆的な成果を示すことができる。

安定同位対比分析と胃内容物直接観察の併用による、より精密な貢献度評価：これまで、魚類の食性調査の手法は、胃内容物の直接観察が中心であった。しかしこの方法のみによる分析では、消化され易い餌生物の貢献度が過小評価され、逆に消化されにくい餌生物が過大評価される。本研究では、餌生物と捕食者の炭素・窒素安定同位対比分析を胃内容物解析と併用することにより、餌料生物の貢献度のより精密な定量評価を行う。

## 2. 研究の目的

本研究では、淡水、汽水および海水域で各栄

養段階の生物（魚類、餌料生物）および無生物（溶存・懸濁態有機物等）を季節別に定量採集し、安定同位対比分析等の手法を応用することにより河口域の魚類生産に対する陸域起源物質の貢献度の魚種間・種内比較およびそれらの時空間変動を解析することを目的とする。さらに、環境（河川流量、潮汐）変動に対する魚類生産の応答メカニズムを短い時間スケールで把握することを試みる。

さらに本研究では、我が国河口域の特性（急峻な河川の下流に形成され、高い潮位差にさらされる）に着目するとともに、隣接する多様な河川環境（近距離の範囲内に人工河川と天然河川が混在する）という比較研究に好適な条件下のモデル・フィールド（太田川）の利点を活かすことにより、欧米諸国の広大な河口域における先行研究には無い新たな視点から解析を進め、河口システムの世界的な比較研究への展開を目指す。

最終的には、本研究で得られた知見と国内の他河川（申請者らが研究を行ってきた有明海等）における知見を総括し、魚類生産構造を海外の先行研究との間で比較する。欧米各国の広大な河口域（チェサピーク湾など）に比べて我が国の河川は急峻であり、河口域は比較的大きな干満差にさらされるケースもある。河口域の多様な環境の特性により魚類の生産構造が異なることを浮き彫りにし、世界の河口域における魚類生産機構研究に新たなケース・スタディーとして視点を加えることを本研究のゴールと位置づける。

### 3. 研究の方法

広島湾奥部に注ぐ太田川河口域をフィールドとして調査を行った。魚類の餌起源の推定を、胃内容物観察と炭素（ $\delta^{13}\text{C}$ ）および窒素（ $\delta^{15}\text{N}$ ）安定同位対比分析により行った。

初年度には、天然河川における陸域起源物質の貢献度が生息環境（塩分）に対応して異なることを、魚種内・魚種間比較および時空間変化の追跡により明らかにするための調査を行った。淡水から海水までの環境をカバーする定点を天然河川（天満川）に10箇所設け、各栄養段階の生物（魚類、餌料生物）および餌料生物の餌起源と推定される溶存・懸濁態有機物等を季節ごとにサンプリングした。地曳き網（高さ約2m、幅40m）を用い、10m四方のエリアに棲息する魚類を逃がさず、定量的に採集した。餌料生物（カイア

シ類、ミジンコ類、アミ類等）については濾水計を取り付けたプランクトンネット（口径0.45m、目合い0.1mm）およびソリネット（開口部0.4×0.6m、目合い0.1mm）を用いて定量採集した。水中の有機物の分析には、バンドン採水器を用いた層別採水サンプルを用いた。採集物は全て冷蔵または冷凍状態で持ち帰り、安定同位体および胃内容物分析の試料とした。モデル魚種として、淡水～海水域に広く棲息するスズキ、ボラ、ハゼ類等を分析に用いた。これらの魚種の太田川河口域におけるバイオマスが大きいことは、過去2年度にわたる予備調査により既に確認されている。餌起源の分析結果を河口からの距離および塩分値に応じて魚種ごとにマッピングすることにより、陸域起源物質の貢献度が淡水域に分布する魚種で高く、逆に海域に分布する魚種で低いことを明らかにした。

2年度目には、河川の形状が魚類生産構造に与える影響を人工河川と天然河川の比較により明らかにした。直線的な人工河川では、蛇行する天然河川に比べて上げ潮時の海水の入り込みが急なため、汽水域の範囲が狭いのに対し、天然河川では汽水域が川軸方向により広く形成されていた。天然河川と人工河川に設けた各10定点での調査を1年目と同じ方法で行った。耳石日周輪の解析により稚魚を同一時期発生群（コホート）に区分し、コホートごとの重量成長率（G）と死亡率（M）を求めた。魚類の生産速度の指標として用いられるコホート・バイオマス増加率（G/M比）を算出し、生産速度（面積あたりおよび河川全体）を河川間で比較した。魚類生産構造には、人工河川と天然河川の環境特性の違いが反映されるものと想定される。河川間比較により、より広い汽水域が形成される天然河川の河口域において、陸域起源物質がより長い時間をかけて魚類生産に効率よく利用されるために生産効率がどうかを評価できる。

3年度目以降には、河口環境の短期変動が魚類生産に及ぼす影響を明らかにすることを目的として、降水量が多い時期の連続観測および任意の時期の月齢周期をはさんだ連続観測を試みた。

### 4. 研究成果

1年度目には、河口域における魚類生産に及ぼす影響の時空間変動解析を目的として、河

口域における周年調査を実施し、月ごとの魚類相を明らかにした。採集された魚類の種数および分布密度には明瞭な季節変動が認められた。各月において採集された魚類の合計魚類種数は6月に最高の13種となり、4月に最低の3種となった。平均採集密度は7月に最高の67.8個体/網となり、1月に最低の1.4個体/網となった。

2年目には、河口域の優占種であるスズキの成長、生産に影響する環境要因の探索を目的として、耳石日周輪解析により求めたスズキ仔稚魚の日間成長速度と環境パラメータ（水温、塩分、餌料生物密度）の解析を行った。低水温期に河口域へと進入するスズキ仔稚魚の成長速度は、季節の進行および水温の上昇に伴って加速した。環境中の餌料生物密度の変動はスズキの摂餌指数（消化管内容物乾燥重量/体重）に影響を及ぼしたが、成長速度には影響を及ぼさなかったことから、河口内における成長、生残を左右する重要な要因であることが裏付けられた。魚類生産に影響する成長と死亡のうち、成長の変動過程に関する解析はかなり進んだことから、次年度は、死亡率の定量評価とその変動解析を実施するものとした。

3年目には、前年度までに実施した野外調査を継続し、複数年の環境・生物データを解析に用いた。広島湾に注ぐ2河川（天然河川：天満川、人工河川：太田川放水路）に6ヶ所の調査定点を設け、環境項目の測定と生物採集を実施した。各栄養段階の生物（魚類、餌料生物）および餌料生物の餌起源と考えられている溶存・懸濁態有機物等を季節ごとにサンプリングした。小型地曳き網（高さ2m、幅40m）を用いて10m四方のエリアに生息する魚類の定量的採集を実施した。餌料生物（カイアシ類、ミジンコ類、アミ類など）については濾水計を取り付けたプランクトンネット（口径45cm、目合い0.1m）およびソリ付きネット（開口部60×40cm、目合い0.1mm）を用いて定量的に採集した。水中の有機物の分析には、バンドン採水器を用いた層別採水サンプルを用いた。すべての採集物は冷蔵または冷凍状態で実験室に持ち帰り、安定同位体比および胃内容分析の試料とした。モデル魚種として、低塩分汽水域から海水域に広く生息するスズキ、ボラ、ハゼ類などを主要な解析対象とした。環境項目のうち、塩分は人工河川と天然河川の違いを特徴づけた。つま

り、人工河川において海水の遡上がより上流側まで及んでおり、低塩分汽水域が広がる区間が天然河川に比べて短いことが明らかとなった。各魚種の分布密度、湿重量、魚種数は、季節的に大きく変動するとともに、天然河川と人工河川の間で異なった。胃内容物調査と安定同位体比分析の結果から、汽水域が広い天然河川において、先述の魚種の生産がより効率的に行われていることが示唆された。

4年目にも、前年度までに実施してきた野外調査を継続した。採集された魚類を90%エタノール中に保存して実験室に持ち帰り、耳石日周輪をもちいて成長解析を実施した。河川内で優占するアユ、スズキをモデル魚種として、河口域における生産速度の定量評価を試みた。スズキについては、ふ化日をもとに5日ごとの同一ふ化日コホートに区分し、成長、死亡率を算出した。さらに、コホートの生産速度の指標として利用されている成長：死亡率日を河川間で比較した。その結果、成長率には河川間で有意な差が認められなかったが、死亡率と成長：死亡比には有意な差が認められた。過去3年間の調査により、仔稚魚主要餌料生物密度や摂餌状態は河川間で大きく異なることが明らかとなっており、本年度に認められた死亡率の差には、河川間での主として被食死亡率の違いが影響して居るものと推察された。天然河川に比べて人工河川では海水遡上が上流側まで及ぶのにもなっており、より多くの海産捕食者が仔稚魚の生息場に分布することがその重要な背景と想定された。

#### 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2件）

1. 岩本有司・森田拓真・小路 淳，広島湾太田川河口域周辺におけるスズキ仔稚魚の分布と食性。日本水産学会誌，76巻，査読有，2010，pp841-848。

2. 岩本有司・三代和樹・森田拓真・上村泰洋・水野健一郎・海野徹也・小路 淳，広島湾奥部の砂浜海岸に出現する仔稚魚，水産増殖，57巻，査読有，2009，pp639-643。

〔学会発表〕（計4件）

1. 岩本有司・小路 淳. 太田川流域のアユが生み出す生態系サービス:藻類の系外除去による水質浄化機能の試算, 日本水産学会, 2011年10月1日, 長崎大学.

2. 森田拓真・岩本有司・小路 淳, 沿岸海域・河口域におけるキチヌ仔稚魚の生息環境〜成長、食性、潜在的捕食者の比較〜, 日本水産学会, 2010年9月24日, 京都大学総合人間学部.

3. 岩本有司・小路 淳, 広島湾太田川河口域の人工・天然河川間におけるスズキ仔稚魚のコホート別減耗率比較, 日本水産学会, 2009年10月2日, 岩手県民情報交流センター.

4. 小路 淳, 森と里と海をつながり 28 太田川河口域における魚類生産の季節変化, 日本水産学会, 2009年3月28日, 東京海洋大学.

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

小路 淳 (SHOJI JUN)

広島大学・大学院生物圏科学研究所・准教授

研究者番号: 10397565

### (2) 研究分担者

( )

研究者番号:

### (3) 連携研究者

( )

研究者番号: