

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 25 年 5 月 27 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2009～2012

課題番号：21380124

研究課題名（和文） 水産重要魚類稚魚の成育場としての河口・沿岸域生産力の定量評価

研究課題名（英文） Estimate of biological productivity of estuarine and coastal areas as nursery grounds for commercially important fish juveniles

研究代表者

山下 洋（Yamashita Yoh）

京都大学・フィールド科学教育研究センター・教授

研究者番号：60346038

研究成果の概要（和文）：沿岸域を成育場とするスズキやヒラメなどの有用魚類の生産力を定量的に推定するために、由良川河口・丹後海沿岸域をフィールドとして、海洋物理構造、栄養塩供給、植物プランクトン生産、餌料動物生産、稚魚生産までの生態系を調査した。得られたデータをもとに、デルフト 3D により基礎生産までの再現性の高いモデル化に成功した。また、エコパスモデルにより稚魚生産までの生態系モデルの基本構造を構築した。

研究成果の概要（英文）：In order to develop methods to estimate the carrying capacity of commercially important coastal fish nursery grounds, we built two models based on field data important to the production of temperate sea bass and Japanese flounder juveniles. We examined the ecosystem for hydrodynamics, nutrients, primary and secondary production in the Yura River Estuary and Tango Sound and built a hydrodynamics-primary production model (Delft3D) and an ecosystem model (Ecopath)

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	4,400,000	1,320,000	5,720,000
2010年度	3,300,000	990,000	4,290,000
2011年度	2,900,000	870,000	3,770,000
2012年度	2,500,000	750,000	3,250,000
年度			
総計	13,100,000	3,930,000	17,030,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：水産学・水産学一般

キーワード：稚魚、成育場、河口域、食物網、生態系モデル、基礎生産、プランクトン、アミ

1. 研究開始当初の背景

我が国の沿岸漁業漁獲量は 1985 年の 226.8 万トンピークに長期的な減少傾向にあり、2006 年には 145.1 万トン、最新の統計値である 2010 年には 128.6 万トンまで減少した。沿岸魚類の多くは河口域を含む浅海域を稚魚期の成育場とすることから、都市化や浅海域の開発などによる成育場環境の悪化が資源水準低下の主因となっていることが推察される。しかし、浅海域は環境の変化が大きく生物生産の基盤である生態系の構

造が複雑であり、稚魚の生産力を定量的に推定した研究は極めて限られる。魚介類の生産力を定量的に示すことができないために、水産資源の保全という観点から浅海域の開発に対して有効な対策をとることができず、水産資源にとって貴重な多くの成育場を失ってきたことが強く指摘される。

2. 研究の目的

スズキとヒラメは水深 50～100 m のやや沖合域で産卵し、浮遊期仔魚は岸方向へ輸送

され、稚魚期には水深 20 m 以浅の浅海域から河口域の海底付近を成育場として数ヶ月間生活する。そこで、丹後海・由良川河口域とそれにつながる栗田湾～神崎浜の全長約 10 km の砂浜海岸(水深 30 m 以浅、海岸線から沖へ約 2 km)を主要な研究対象フィールドとし、(1) この海域における栄養塩の動態、基礎生産、魚類の餌料生物生産の構造を解明し、(2) 本水域を成育場として冬・春季に利用するスズキ、春・夏季に利用するヒラメ稚魚の生態と生産構造を、観測と採集調査により解明し、(3) 稚魚の生産力を推定するための生態系モデルを構築する。

3. 研究の方法

若狭湾西部の丹後海・由良川下流域を主要な研究フィールドとした(図 1)。

(1) 物理・化学的環境構造の時空間変化の解明：陸域および外洋から対象フィールドへの栄養物質の流入、河口・沿岸域における水平・鉛直方向の物理・流動構造、これらに対する降雨・降雪、風向・風速などの気象要因の影響について詳細に把握する。

(2) 生物生産構造の解明：上記の物理環境と栄養塩の供給に対応した基礎生産→動物プランクトン(スズキ・ヒラメ稚魚の主要餌料：カイアシ類、アミ類)→稚魚への生産物のフローを定性、定量的に解明する。生態系モデルを適用するために、対象とするスズキおよびヒラメ稚魚だけでなく、関係する主要な動物群集の食物構造についても分析を行う。

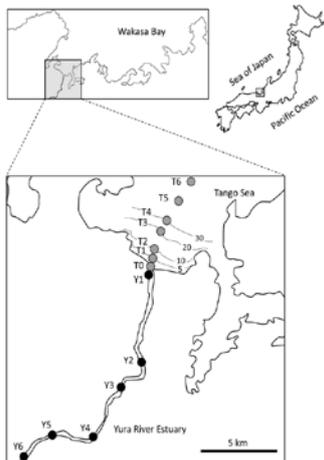


図 1 由良川河口域、丹後海浅海域の主な調査点

デルフト(Delft3D : Deltares Systems)モデルにより、河口・沿岸域の物理構造から植物プランクトン生産までの低次生態系構造をモデル化する。その結果をエコパス(Ecopath)モデルに統合し、底生動物群集の食物網構造を分析して、魚類稚魚の生産に至るモデルを構築する。

(3) 生態系モデルの構築：上記(1)、(2)で得られた環境データ、生物データを用いて、スズキとヒラメ稚魚の生産に焦点を当て、生態系モデルにより生産構造のモデル化を行う。まず、

デルフト

(Delft3D :

Deltares

Systems)モデル

により、河口・沿岸域の物理構造から植物

プランクトン生産までの低次生態系構造を

モデル化する。その結果をエコパス

(Ecopath)モデルに統合し、底生動物群集の

食物網構造を分析して、魚類稚魚の生産に至る

モデルを構築する。

4. 研究成果

(1) 物理・化学的環境構造の時空間変化と基礎生産構造

由良川が供給する河口域への栄養塩フラックスは、流量の多くなる冬春季に大きく、流量の少ない夏秋季に減少した。流量の少ない夏秋季に塩水が溯上すると、河川下流域で海産浮遊珪藻のブルームが起り栄養塩消費が増大した。塩水溯上期には、下流域において植物プランクトン消費により $\text{NO}_3 + \text{NO}_2$ 濃度が減少し、この時期の減少は平均 35.6%、6月に最大 64.7%に達した。一方、冬春季など塩水溯上の見られなかった時期には平均 3.1%の減少にとどまり、塩水溯上の有無で下流・河口域の栄養塩消費に大きな差が見られた(図 2)。

丹後海への栄養塩の供給源は、由良川からの陸域由来とエスチュアリー循環による沖

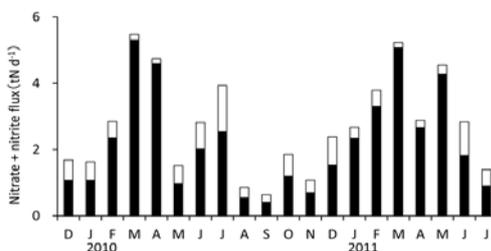


図 2 由良川からの窒素供給(白抜きは河川内消費を示す)

合由来に大別された。2010、2011年の調査で推定された丹後海浅海域(<30 m)への日間 $\text{NO}_3 + \text{NO}_2$ フラックスは、塩水溯上が起こる夏秋季に由良川から平均 2.1 t N、沖合から 3.0 t N、河川流量が多くエスチュアリー循環が強まる冬春季(2-4月)にはそれぞれ 5.3 t N、11.8 t N と推定され、冬春季に沿岸域への栄養塩供給量が多いことが明らかとなった。沿岸域の植物プランクトン生産は栄養塩フラックスに対応し、夏季は非常に低く冬春季に珪藻ブルームが発生した。

以上のことから、丹後海沿岸域では、冬春季の出水による栄養塩供給量増大に加えて、エスチュアリー循環による沖合からの栄養塩供給により、沿岸域の基礎生産が支えられていることが示された。

(2) 餌料生物生産構造

スズキの浮遊期仔魚は主に1、2月、ヒラメ仔魚は3~5月に出現した。これら仔魚の主要餌料であるカイアシ類ノープリウス幼生密度は、春季から増加しはじめ、初夏に最も多かった(図3)。春季の増加は基礎生産の増加に対応していると考えられるが、初夏に最大になる原因は特定できなかった。

丹後海浅海域で、スズキ稚魚およびヒラメ稚魚は、水深15 m以浅に分布するニホンハマアミ *Orientomysis japonica*を主食した。ニ

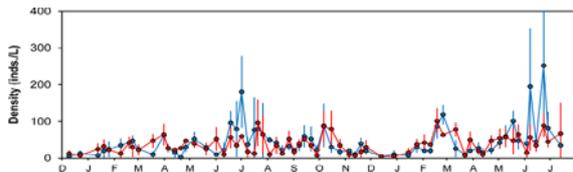


図3 丹後海カイアシ類ノープリウス幼生分布密度の季節変化 (2010年12月~12年7月;青T1、赤T2、図1参照)

ホンハマアミは夏から初冬にかけて非常に低い密度で生息したが、1月頃から増加しはじめ、2月以降分布密度は100個体 m^{-2} を超え、4月に最大となり (432.5個体 m^{-2})、6月中旬以降急激に減少した。2~5月の平均湿重量は約300 $mg m^{-2}$ であった。

抱卵雌個体の体サイズは明確な季節変化を示し、採集時の水温と負の相関関係にあった。保育嚢から放出前のステージIII幼生および抱卵数に関して、抱卵雌個体サイズと水温を説明変数とする以下の重回帰式を得た。

$$BL_{stageIII} = -0.029T + 0.030BL + 1.703$$

$$BS = -0.610T + 4.152BL - 14.006$$

ここで、 $BL_{stageIII}$ はステージIII幼生体長、BSは抱卵数、Tは採集時水温、BLは抱卵雌個体体長である。この回帰式を用いて再生産量の推定を行った。

日間生産量は、晩冬から初夏の高密度期には約5 $mg DW m^{-2} day^{-1}$ で推移し、減少期以降は1 $mg DW m^{-2} day^{-1}$ 以下となった (図4)。日間生産量/現存量 (P/B) は、高水温期に高く、低水温期には0.1前後まで低下し、以下に示す回帰関係が認められた。

$$P/B = (0.0221 - 0.0007T) \exp(0.09T)$$

年間積算生産量/年間平均現存量 (P/\bar{B}) は18.0 yr^{-1} となった。

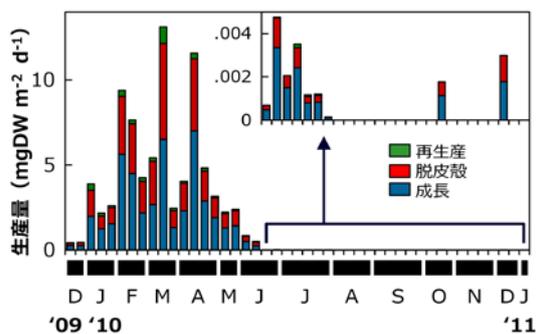


図4 丹後海ニホンハマアミ生産量の季節変化

福井県和田浜では、優占するナミフクロアミ *Archaeomysis japonica* が水深3 m以浅で採集された。ナミフクロアの個体数密度は4月に増加し始め (7.4~21.2個体 m^{-2}) 6月下旬~7月上旬に最大となった (134.9個体 m^{-2}) が、8月以降はほとんど採集されなくなった。湿重量も個体数密度と同様の变化を示し、6月上旬に最大 (242 $mg m^{-2}$) となり、7月以降

しだいに低下した。河川流入のない和田浜の餌料生物生産力は、丹後海と比較すると明らかに低いことがわかった。

また、丹後海ではイサザアミ *Neomysis awatchensis*、ミズレヌマエビ *Caridina leucosticta*、エビジャコ *Crangon uritai*、スジハゼ *Acentrogobius pflaumii* の稚魚などもスズキ、ヒラメ稚魚に捕食されていた。

(3) 魚類の生態と生産構造

スズキ仔魚は1月に湾口部、2月に湾奥部を中心に分布し、3月には仔魚密度が低下し、多くの個体は沿岸の浅場に着底した。

スズキ稚魚は、例年4月に由良川河口付近から採集され始め、5月には最上流点 (河口から16 km上流) でも採集された。その後8月には採集個体数が少なくなり、海域へ下ったことが推定された。

由良川下流域 (淡水域) と碎波帯 (海域) で採集された稚魚の耳石のSr/Ca比を測定したところ、中心から200 μm より外側では前者は 4×10^{-4} 前後、後者は 6×10^{-4} 程度であった。この結果は、スズキが淡水域に進入すると、耳石のSr/Ca比が低下することを示している。これをもとに成魚の耳石中のSr/Ca比を調べたところ、71個体中34個体で、稚魚が河川を利用していたことが推定された。すなわち、由良川下流の淡水~汽水域は、スズキ稚魚の重要な成育場であることが明らかになった。

一方、比較研究を行った広島県太田川河口域においてもスズキ稚魚が下流域に高密度に生息した。しかし、河口から8 km地点に河口堰があることから環境は大きく異なり、餌料もカイアシ類がほとんどを占めた。

ヒラメは調査期間の毎年、前期群 (西方海域からの移入群) と後期群 (若狭湾産卵群) の2群が認められ、年により両個体群の密度には独立した関係が認められた。稚魚の成長速度は調査年やコホートにより異なり、多くは1.0~1.6 mm/d であり、高水温期であっても最大成長速度と考えられている2 mm に達せず、餌料が十分ではないことが推察された。

(4) 生態系モデルの構築

Delft3D (Deltares Systems) により、由良川下流域 (河口から25 km上流) から丹後海 (河口から沖合2 km) までの数値実験を行

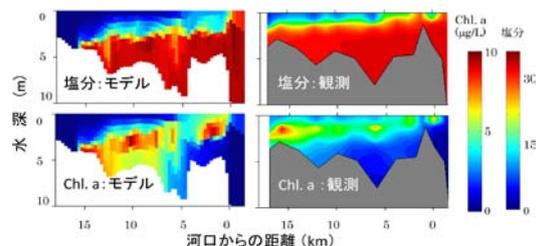


図5 2007年8月22日の塩分とクロロフィル濃度の鉛直断面図。観測値とモデルの比較

った。低次生態系モデルのコンパートメントは炭素、窒素、リン、ケイ酸、植物プランクトン（淡水緑藻と海水珪藻）、デトライタスから構成されている。水柱と海底との相互作用は、植物プランクトンの海底への堆積と栄養塩の海底から水柱への溶出を組み込んだ。

本モデルは、河川流量の多い冬季に河川内が淡水でおおわれ、河川流量の少ない夏季には海水が河川内の底層に進入する様子をよく再現した（図5）。また、河川内の植物プランクトンが冬季に少なく夏季に多いという季節変動や、夏季に底層に進入した海水と上層の淡水との間にできるクロロフィル極大なども予測と観測がよく一致し、本モデルは由良川河口・丹後海の物理構造と基礎生産を十分再現できるものと判断された。

本調査・研究により得られたデータのうち、2008～2011年3～5月の調査結果をもとに、エコパスモデルの基本構造を構築した（図6）。研究期間中にこのモデルの具体的な運用には至らなかったが、今後これまでに蓄積した過去のデータを用いたパラメータのチューニングとモデルの改良により、モデルの精度

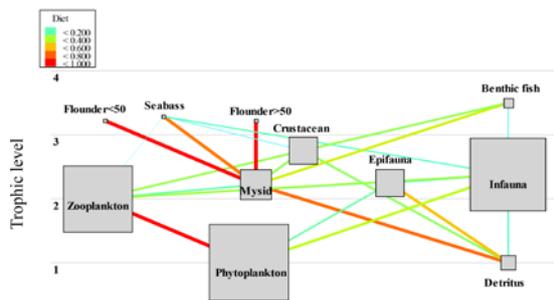


図6 由良川河口・丹後海のエコパスモデル

を高めることが可能になる。将来的には、栄養塩の供給量や環境データを用いて、スズキ、ヒラメ等の有用魚類稚魚の生産力を具体的に推定し、沿岸域成育場の適切な保全と管理に資することが期待される。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕（計 12 件）

①Antonio SE, A Kasai, M Ueno, Y Ishii, H Yokoyama, Y Yamashita, Spatial-temporal feeding dynamics of benthic communities in an estuary-marine gradient, *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 査読有 112, 2012, 86-97, DOI:10.1016/j.ecss.2011.11.017

②Yatsuya M, M Ueno, Y Yamashita, Occurrence and distribution of freshwater shrimp in the Isazu and Yura Rivers, Kyoto, western Japan, *Plankton and Benthos Research*, 査読有 7(4), 2012, 175-187

③Matsui S, K Nakayama, Y Kai, Y Yamashita, Genetic divergence among three morphs of

Acentrogobius pflaumii (Gobiidae) around Japan and their identification using multiplex haplotype-specific PCR of mitochondrial DNA, *Ichthyological Research*, 査読有 59(3), 2012, 216-222, DOI:10.1007/s10228-012-0276-0

④山下 洋、森・里・海とつながる生態系、沿岸海洋研究、査読有 48, 2011, 131-138

⑤Antonio SE, A Kasai, M Ueno, Y Ishii, H Yokoyama, Y Yamashita, Diet shift in sand shrimp *Crangon uritai* along the estuary-marine gradient, *Journal of Crustacean Biology*, 査読有 31 (4), 2011, 635-646, DOI:10.1651/10-3424.1

⑥Fuji T, A Kasai, KW Suzuki, M Ueno and Y Yamashita, Migration ecology of juvenile temperate seabass *Lateolabrax japonicus*, a carbon stable-isotope approach, *Journal of Fish Biology*, 査読有 78, 2011, 2010-2025, DOI:10.1111/j.1095-8649.2011.02990.x

⑦Islam Md Shahidu, Y Yamashita, M Tanaka, A review on the early life history and ecology of Japanese sea bass and implication for recruitment.

Environmental Biology of Fishes, 査読有 91, 2011, 389-405, DOI:10.1007/s10641-011-9798-y

⑧Antonio SE, A Kasai, M Ueno, Won N, Y Ishii, H Yokoyama, Y Yamashita, Spatial variation in organic matter utilization by benthic communities from Yura River-Estuary to offshore of Tango Sea, *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 査読有 86, 2010, 107-117, <http://www.sciencedirect.com/science/journal/02727714/86/1>

⑨Islam Md Shahidul, M Ueno, Y Yamashita, Growth-dependent survival mechanisms during the early life of a temperate bass: field test of the 'growth-mortality' hypothesis, *Fisheries Oceanography*, 査読有 19, 2010, 230-242, DOI:10.1111/j.1365-2419.2010.00539.x

⑩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*、査読有 76, 2010, 841-848,

https://www.jstage.jst.go.jp/article/suisan/76/5/76_5_841/_pdf

⑪山下 洋、藤浪祐一郎、II-3 河口域シンポジウム記録「魚介類生産の場としての浅海域の生態系サービス」、*日本水産学会誌*、査読無 76(6), 2010, 1093,

https://www.jstage.jst.go.jp/article/suisan/76/6/76_6_1093/_pdf

⑫Fuji T, A Kasai, KW Suzuki, M Ueno, Y

Yamashita, Freshwater migration and feeding habits of juvenile temperate seabass *Lateolabrax japonicus* in the stratified Yura River estuary, the Sea of Japan, Fisheries Science, 査読有 76, 2010, 643-652, DOI:10.1007/s12562-010-0258-y [学会発表] (計 59 件)

① 銭本 慧、笠井亮秀他、丹後海の流動構造と変動特性、日本水産学会春季大会、2013 年 3 月 29 日、東京

② 佐藤専寿、富永 修他、閉鎖性海域における多毛類群集による陸域起源有機物の利用、日本水産学会春季大会、2013 年 3 月 29 日、東京

③ 荻野裕平、山下 洋他、ヒラメ着底稚魚の摂餌と成長：若狭湾と瀬戸内海の比較、日本水産学会春季大会、2013 年 3 月 28 日、東京

④ 笠井亮秀、山下 洋他、弱混合型エスチュアリー由良川における基礎生産構造、日本水産学会春季大会、2013 年 3 月 28 日、東京

⑤ 桑原卓哉、笠井亮秀他、日本海と瀬戸内海に流入する河川におけるスズキの初期生態比較、日本水産学会春季大会、2013 年 3 月 27 日、東京

⑥ 富士泰期、笠井亮秀他、スズキ稚魚の河川遡上メカニズム- 1. 塩水遡上との関係、日本水産学会春季大会、2013 年 3 月 27 日、東京

⑦ 富士泰期、笠井亮秀他、スズキ稚魚の河川遡上メカニズム- 2. 水温との関係、日本水産学会春季大会、2013 年 3 月 27 日、東京

⑧ 安佛かおり、笠井亮秀他、由良川河口域における植物プランクトンの基礎生産構造、日本生態学会静岡大会、2013 年 3 月 6 日、静岡

⑨ 青木貴志、笠井亮秀他、由良川河口域における魚類群集と餌生物の相互関係、日本水産学会近畿支部例会、2012 年 12 月 1 日、大阪

⑩ 富士泰期、笠井亮秀他、河川はスズキの生育場として重要なのか? - 耳石 Sr/Ca によるアプローチ、日本水産学会近畿支部例会、2012 年 12 月 1 日、大阪

⑪ 大嶋真謙、山下 洋他、ヒラメ浮遊仔魚の分布水温の海域差、水産海洋学会 50 周年記念大会、2012 年 11 月 16 日、東京

⑫ 松井彰子、山下 洋他、若狭湾西部海域におけるスジハゼ複合種群仔魚の分布・分散生態、日本魚類学会年会、2012 年 9 月 23 日、下関

⑬ 安佛かおり、笠井亮秀他、由良川河口域における浮遊藻類の分布と一次生産について、日本陸水学会第 77 回大会、2012 年 9 月 16 日、名古屋

⑭ 荻野裕平、山下 洋他、ヒラメ着底稚魚の摂餌と餌料生物環境：若狭湾と瀬戸内海の比較、日本水産学会秋季大会、2012 年 9 月 15 日、下関

⑮ 桑原卓哉、笠井亮秀他、3 つの河川の下流～河口域におけるスズキ仔稚魚の摂餌生態比較、日本水産学会秋季大会、2012 年 9 月 15 日、下関

⑯ 本田尚美、富永 修他、小浜湾における一次生産機構の時空間変化、日本海洋学会、2012 年 9 月、清水

⑰ Suzuki K, A Kasai 他, Influence of salt-wedge intrusion on particulate organic matter dynamics in a microtidal estuary in Japan, ASLO Aquatic Sciences Meeting, 2012 年 7 月 10 日、大津

⑱ Antonio SE, A Kasai 他, Feeding dynamics of benthic communities in an estuary-marine gradient, 50th ECSA (Estuarine Coastal Science Association) Conference, 2012 年 6 月 6 日, Venice, Italy

⑲ Fuji T, A Kasai 他, Relative contribution of the river nursery areas to temperate seabass *Lateolabrax japonicus* adult population revealed by otolith Sr:Ca ratio, 50th ECSA Conference, 2012 年 6 月 5 日, Venice, Italy

⑳ Watanabe K, A Kasai 他, Influence of river flow on the dynamics of phytoplankton blooms during winter to spring in a micro-tidal estuary: Yura River Estuary, Japan, 50th ECSA Conference, 2012 年 6 月 5 日, Venice, Italy

㉑ 鈴木健太郎、山下 洋他、由良川河口域における懸濁態有機物の動態 - 塩水遡上に伴う炭素安定同位体比の変化-、日本海洋学会春季大会、2012 年 3 月 27 日、つくば

㉒ Akiyama S, Y Yamashita 他, Food habits of sympatric coastal mysids as determined by multiple methods, 第 59 回日本生態学会大津大会・第 5 回 EAFES (東アジア生態学会連合) 大会、2012 年 3 月 19 日、大津

㉓ Fukuzaki K, Y Yamashita 他, Assessing spatial and seasonal variations of dissolved organic matter by spectroscopic analysis in a stratified estuary, Yura River Estuary, Japan, AGU Fall Meeting 2011, 2011 年 12 月 7 日, California, U.S.A

㉔ Fuji T, A Kasai 他, Use of salt-wedge intrusion by temperate seabass juveniles to ascend to upper estuary areas in the Yura River, Japan, 21st Biennial Conference of the Coastal and Estuarine Research Federation, 2011 年 11 月 9 日, Florida, USA

㉕ Akiyama S, Y Yamashita 他, Effects of seasonal temperature change on the population dynamics of the mysid *Orientomysis japonica* in the Yura estuary of the Tango Sea, Japan, 22nd Biennial

Conference of the Coastal and Estuarine Research Federation, 2011年11月8日, Florida, USA

②⑥福崎康司、山下 洋他、由良川河口沿岸域における溶存有機物の光学的特性の分布と季節変化、生物地球化学研究会10周年記念セッション、2011年10月22日、苫小牧

②⑦秋山 諭、山下 洋他、由良川河口域における河川流量と近底層生物環境の関係、日本ベントス学会・日本プランクトン学会共同大会、2011年9月17日、高知

②⑧Antonio ES, Y Yamashita, Temporal diet shift among benthic communities in a river-estuary-marine gradient, Annual Conference of the South African Society of Aquatic Scientists, 2011年6月28日, KwaZulu Natal, South Africa

②⑨福崎康司、山下 洋他、由良川河口域における溶存有機物の光学的特性および溶存鉄の濃度分布、日本地球惑星科学連合2011年大会、2011年5月22日、千葉

③⑩大嶋真謙、山下 洋他、丹後海と仙台湾、常磐海域におけるヒラメ着底稚魚密度の違いとその原因について、日本水産学会春季大会、2011年3月30日、東京

③⑪年藤俊一、山下 洋他、シロメバル仔稚魚の成長に水温が与える影響の南北比較：天然および飼育による検討、日本水産学会春季大会、2011年3月29日、東京

③⑫秋山 諭、山下 洋他、丹後海由良川河口域におけるニホンハマアミ現存量と生産量の季節変化、日本水産学会春季大会、2011年3月28日、東京

③⑬渡辺謙太、山下 洋他、由良川河口域における植物プランクトン群集の季節変化、日本水産学会春季大会、2011年3月28日、東京

③⑭富士泰期、笠井亮秀他、由良川河口域におけるスズキ稚魚の回遊と成長、日本水産学会春季大会、2011年3月28日、東京

③⑮舟橋達宏、笠井亮秀他、由良川河口域における塩水楔の短期変動に関する数値実験、日本水産学会春季大会、2011年3月28日、東京

③⑯Fuji T, A Kasai 他, Migration and growth pattern of the temperate seabass *Lateolabrax japonicus* in the Yura River estuary revealed by $\delta^{13}C$, International Symposium on Isotope Ecology 2010, 2010年11月3日、京都

③⑰Tominaga O 他, Annual change in food utilization by two sympatric mysid species on shallow sandy beach in Wakasa Bay, studied by combined stable isotope analyses and laboratory experiments, International Symposium on Isotope Ecology 2010, 2010年11月2-4日、京都

③⑱Antonio ES, A Kasai 他, Land-sea

connection: crucial for management of estuary-marine systems, Techno-Ocean 2010, 2010年10月16日、神戸

③⑲Fuji T, A Kasai 他, Early life of the temperate seabass *Lateolabrax japonicus* in the stratified Yura River estuary, Japan, Techno-Ocean 2010, 2010年10月16日、神戸

④⑰Antonio ES, A Kasai 他, Land-Sea Connection, Key for Management of Estuary-Marine Systems ECSA 47 Symposium, 2010年9月15日, Figueira da Foz, Portugal

*2010年以前の学会発表19編省略

〔図書〕(計4件)

①上野正博、山下 洋、京都大学学術出版会、由良川:「森と海を結ぶ川」、向井宏編、2012、81-97

②浜口昌巳、藤浪祐一郎、山下 洋、河口・干潟域における漁業資源生産「浅海域の生態系サービス」(小路 淳、堀 正和、山下 洋編)、恒星社厚生閣、2011、78-92

③富永 修、若狭の漁業と資源若狭のおさかな 改訂版、福井県立大学県民双書x(青海忠久編)、晃洋書房、2011、31-62

④Y Yamashita, M Aritaki, Stock enhancement of Japanese flounder in Japan, In: Daniels HV and W Watanabe (eds) *Practical Flatfish Culture and Stock Enhancement* Wiley-Blackwell, Ames, 2010, 239-251

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山下 洋 (YAMASHITA YOH)

京都大学・フィールド科学教育研究センター・教授

研究者番号: 60346038

(2) 研究分担者

笠井 亮秀 (KASAI AKIHIDE)

京都大学・農学研究科・准教授

研究者番号: 80263127

富永 修 (TOMINAGA OSAMU)

福井県立大学・生物資源学部・准教授

研究者番号: 90264689

松石 隆 (MATSUISHI TAKASHI)

北海道大学水産科学研究科・准教授

研究者番号: 60250502

(3) 連携研究者

小路 淳 (SHOJI JUN)

広島大学・生物圏科学研究科・准教授

研究者番号: 10397565