

平成 21年 5月 7日現在

研究種目：基盤研究 (B)
 研究期間：2006～2008
 課題番号：18380115
 研究課題名 (和文) 沿岸海域における陸域起源有機物の挙動と資源生物生産に対する役割の
 解明
 研究課題名 (英文) Studies on the utilization of terrestrial organic matter in the
 biological production system of estuarine and coastal waters
 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：沿岸域における魚介類生産は、陸から河川により輸送される栄養物質で支えられている。森で生産された木の葉や枝などの分解されにくい有機物も、河川に住む水生動物は分解酵素を持つことにより有効に利用した。しかし海では、陸からの有機物を直接利用できる動物は多くなく、陸域起源有機物の多くは微生物などの分解を経て無機化され、植物プランクトンなどから始まる新しい生産系に入ることがわかった。一方、陸域起源有機物からゴカイやアミ類を通してスズキ稚魚やヒラメ稚魚に至る食物網が確認された。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	5,000,000	1,500,000	6,500,000
2007年度	4,600,000	1,380,000	5,980,000
2008年度	3,500,000	1,050,000	4,550,000
年度			
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：生態学、水産学、河口域、沿岸域、陸域起源有機物、森里海連環学、生物生産

1. 研究開始当初の背景

遠洋漁業からの撤退とマサバやマイワシなどを主対象とする沖合漁業の不振により、沿岸漁業への期待が高まった。しかし、沿岸漁業においても、80年代以降魚介類漁獲量の減少傾向が現在まで継続している。この傾向は沿岸資源のほとんどの魚種で認められており、種の生残戦略を越えた共通のメカニズムが作用していることが想定される。沿岸資源減少の原因を明らかにするためには、沿岸資源生物の生産構造の解明が必要である。しかし、沿岸域の複雑な構造と多様な要因の中で、とりわけ陸域から供給される有機物の役

割はほとんどわかっておらず、研究を推進するうえで大きな障害となっている。

2. 研究の目的

本研究では、若狭湾沿岸域を研究フィールドとして、(1) 生物生産における陸域起源有機物の動態を把握し、(2) 河口域と非河口域の生物群集の生産過程を比較研究することにより、異なった沿岸環境における陸域起源有機物の役割を明らかにする。さらに、(3) 若狭湾における重要な漁業対象種である、ヒラメ、スズキなどの稚魚の生産における陸域起源有機物の流れを把握し、漁業生物生産に対する貢献度を明らかにする。

3. 研究の方法

若狭湾内の砂浜域を対象に、大規模河川（由良川）が流入する開放性小湾（由良浜）、中規模2河川（北川、南川）が流入する閉鎖性小湾（小浜湾）、河川の影響を受けない小湾（和田浜）の3カ所を調査研究フィールドとして、同一沿岸海域（若狭湾西部海域）の中で、異なる環境特性に対応した生物生産構造の比較研究を進めた。また、沿岸域への陸域起源物質の負荷の実態を把握するために、河川においても調査を行った。

(1) 陸域起源有機物の輸送と分布；フィールドとする3海域の浅海および流入する河川において、海底と水中の懸濁態有機物を収集し、炭素・窒素安定同位体比などから、陸域起源有機物量の輸送と分布量を推定した。

(2) 基礎生産構造；河口から沖合にかけての物理構造、基礎生産とその季節変化を、水温、塩分、クロロフィルなどの空間分布により把握し、河口・沿岸域における基礎生産の時空間構造を解析した。

(3) 3海域における食物構造の比較；3海域においてマクロベントスとその餌生物を採集し、炭素・窒素安定同位体比を測定して海域ごとのCNマップを作成した。また、動物標本については、顕微鏡下で形態学的に胃内容物を分析した。

(4) 重要魚介類生産に対する陸域起源有機物貢献度；若狭湾における重要水産資源生物であるヒラメ、スズキなどの稚魚について、成長に伴う分布域と食性の変化、安定同位体比の変化を分析した。

4. 研究成果

(1) 由良川における陸域からの懸濁態有機物負荷について、安定同位体比、POC/PON比から、主要なPOMの起源として、付着藻類、植物プランクトン、人間活動起源物質が推察された。各起源の寄与率を算出すると、5月、11月ともに上流域では付着藻類起源物質が優占し、ダム湖において植物プランクトン起源物質が急増、その下流では人間活動起源物質が増加した。人間活動起源物質は人口密度と高い相関があったため、中流域における人間活動起源物質の増加は、人口密度の増大によるものと考えられた。また、Chl a濃度と植物プランクトン起源物質は5月にはダム湖より下流の全域で高い値を示したが、11月には下流域で減少した。これは水田で増殖した植物プランクトンの流入によるものと思われる。支流での測定データもそれを支持した。また、森林起源有機物は、平常時は河床に堆積し増水時に下流、沿岸域へ輸送されることが示唆された。

(2) 由良川河口域の物理構造は明瞭な季節変化を示した。すなわち冬季は鉛直的に混合しており、河川内は淡水で覆われていた。一

方夏季は、海水が塩水楔状に河川内の下層に遡上し、遡上距離は最大で18kmに達した。また夏季でも降雨に伴う河川流量増大時には、塩水遡上が一時的に後退した。重回帰分析により、河川内への海水の遡上強度は、河川流量と海面高度でほぼ決定されることが分かった($r^2 = 0.79$)。潮汐の小さな日本海側の河口域では、物理構造に潮汐の果たす役割は、比較的小さい。クロロフィル濃度は冬季に小さく、夏季に大きかった。また常に海域よりも河川内の方が大きかった。夏季には塩分躍層の直下にクロロフィル極大層が形成された。塩分躍層が形成されなければ中層クロロフィル極大層も形成されず、植物プランクトンの増殖に塩水遡上が重要な役割を果たしていることが分かった。河川内の栄養塩濃度は下層よりも上層で高かったが、上層の栄養塩濃度は河口付近で明らかに低下した。河口域での栄養塩の減少量とクロロフィルの増加量がよく対応していたことから、河川水に含まれる栄養塩が河口付近で海水に接することにより植物プランクトンが増殖し、その後エスチュアリー循環によって河川内の中層に輸送され、クロロフィル極大層を形成すると考えられる（図1）。

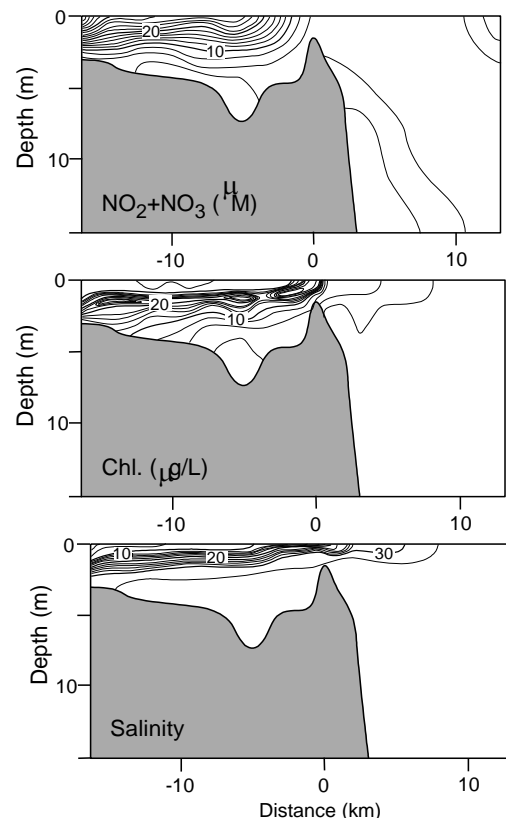


図1 縦断面に沿った硝酸・亜硝酸濃度、クロロフィル、塩分の鉛直分布(2007年8月22-23日)

(3) 由良川下流域から丹後海沖合水深 150m までの海域において、76 種のマクロベントスと POM の炭素・窒素安定同位体比を分析するとともに、主要種のセルラーゼ分解酵素活性を調べた。河川下流域のベントスの多くはセルラーゼ活性を有し陸域起源有機物を積極的に利用していた。しかし、稚貝期を海で過ごし成長とともに河川を遡上するイシマキガイなどは、高いセルラーゼ活性を持つが陸域起源有機物と海域起源有機物が混在する汽水域では、海域起源有機物を選択していることがわかった。河口・沿岸域では、水深とともに陸域起源有機物の利用率が低下した。マクロベントスの主要な有機物源は、河川下流域では陸域起源有機物と海域 POM (植物プランクトン由来) 起源有機物、河口域では海域 POM 起源有機物、底生微細藻類起源有機物、海藻起源有機物であり、海域では水深が増すにつれ海域 POM 起源有機物の貢献度が上昇した。しかし、水深 150m の海底においても、底生微細藻類の生産と有機物源としての貢献が確認されたことは注目値する。河川下流域から水深 50m 前後までの海域には、陸域起源有機物も多く堆積するが、河川下流域を除く海側の海域では、生物生産に対する陸域起源有機物の直接的な貢献は大きくなかった (図 2)。すなわち、陸上植物に由来する有機物は河川では水生動物に積極的に利用されるが、海域では線虫や細菌による分解という腐食食物連鎖に入る必要のあることがわかった。

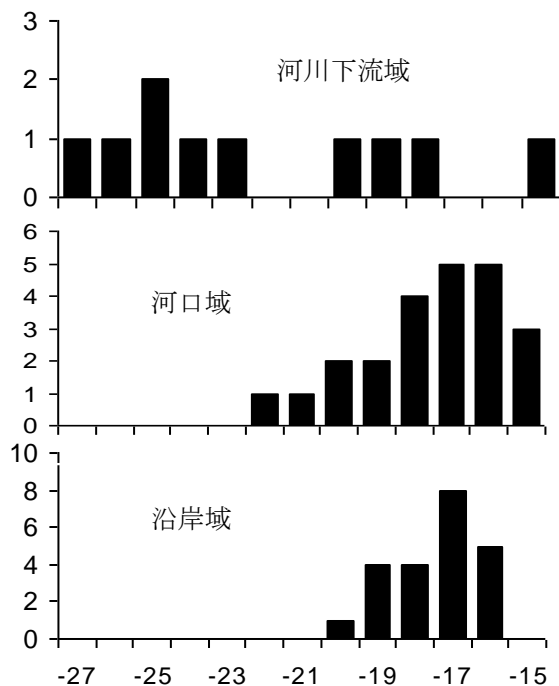


図 2 由良川下流域～沿岸域に分布するマクロベントスの種ごとの平均炭素安定同位体比 (横軸) の出現頻度 (縦軸; 種数)

(4) 河口・沿岸域において生物生産の鍵種となるニホンハマアミは、底生微細藻類と沈降植物プランクトンを食物源とした。スズキ稚魚の胃内容物及び安定同位体比分析により、由良川河口域においてスズキは体長 20mm 前後から主にアミ類を摂食しており、その食性は河川内の淡水域でも高塩分域でも変わらないことがわかった。しかし、スズキの炭素安定同位体比及び窒素安定同位体比は、淡水域で採集された個体と高塩分域で採集された個体とで異なり、その値は淡水域、高塩分域のアミ類の同位体比にそれぞれ対応していた。これらのことから、1) 由良川河口域においてスズキ稚魚は 4 月から 5 月にかけて一部が体長 20mm 前後で淡水域まで遡上するのに対し、残りは高塩分域に留まる、2) その後それぞれのグループは河口から約 3km 上流の定点付近を境とする 2 つの成育場 (淡水域と高塩分域) に滞留し、成育場間の個体の移動は 7 月までは小さい、と考えられた。また、安定同位体比分析により、丹後海に大量に出現するミズクラゲは、動物プランクトンのみを食べているのではなく、消化管内容物の実体顕微鏡による観察では認められない植物プランクトンや微生物、原生動物といった微小生物も栄養源として利用している可能性が示唆された。

(5) 由良川河口域との比較のため、小浜湾においても、陸域起源有機物の生物による利用実態の調査を行った。POM と SOM の炭素・窒素安定同位体比分析の結果から、湾内に堆積する陸域起源有機物は北川河口より約 1km 沖合に最も多く堆積していた。採集した多毛類のうち、Capitellidae、Sabellidae、Spionidae など一部の多毛類が陸域起源有機物に近い同位体比を示した。IsoSource を用いて、これらの多毛類による陸域起源有機物の利用率を推定したところ、それぞれ約 50% 程度と評価された。次に、小浜湾に流入する北川と南川の河口から湾口にかけて SOM と多毛類を採集し、河口からの距離と SOM、イトゴカイ科およびタケフシゴカイ科の炭素安定同位体比の関係を調べた。その結果、SOM の炭素安定同位体比の値は、湾口に向かうにしたがって高くなり、一般的な陸域起源の懸濁有機物 (POM) の値から植物プランクトンを中心とした海域 POM の値に近づいた。一方、イトゴカイ科とタケフシゴカイ科の炭素安定同位体比も河口に近い場所では低く、河口から離れるにつれて高くなり、SOM の傾向と符合した。さらに、河口付近の堆積物食多毛類の炭素安定同位体比の値が、陸域起源 POM と海域 POM のちょうど中間の値を示したことから、堆積物食多毛類が生息環境によっては陸域起源有機物を餌料源とすることが示唆された。また、堆積物食多毛類からチロリ科やイソメ科のような肉食性多

毛類へのエネルギー経路が、安定同位体比分析の結果から示唆され、魚類の胃内容物解析からは、多毛類を直接の餌料とはしていないヒラメなどの上位栄養段階の魚類が、スジハゼなどの小型魚類を経由して、河川由来有機物を利用していることが示された (図3)。

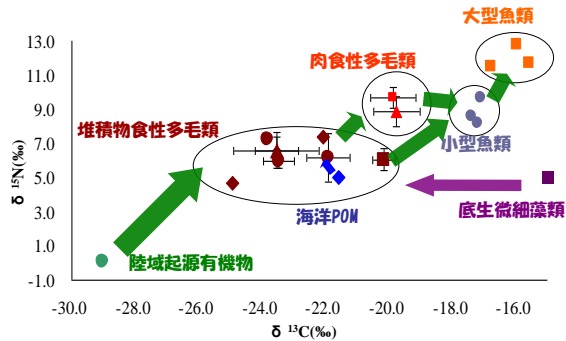


図3 小浜湾におけるCNマップ

(6) 河口に位置する由良川河口域と小浜湾、および河川の影響を受けない和田浜において共通に出現する、魚類、エビ類、アミ類の安定同位体比を比較分析した。多くの種において、炭素安定同位体比が和田浜>由良川河口域>小浜湾となる明瞭な傾向が認められた。小浜湾において炭素安定同位体比が最も低かった原因として、湾の構造が閉鎖的で陸域起源有機物が海底に蓄積しやすく、それを利用する低次生産者が多く分布することが推察された。また、浮魚であるカタクチイワシにはこの様な海域間の差は認められず、陸域起源有機物の食物網における役割は底生生物群集内に限られ、上・中層のプランクトン生産系へは影響しないことが示された。

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 10 件)

- ① Kasai, A., Y. Kurikawa, M. Ueno, D. Robert and Y. Yamashita; Hydrodynamics and primary production in the Yura Estuary, Japan. Estuarine, Coastal and Shelf Science 査読有, in press.
- ② Antonio M. S., M. Ueno, Y. Kurikawa, K. Tsuchiya, A. Kasai, H. Toyohara, Y. Ishihi, H. Yokoyama, Y. Yamashita; Consumption of terrestrial organic matter by estuarine molluscs determined by analysis of their stable isotopes and cellulase activity. Estuarine, Coastal and Shelf Science 査読有, in press.
- ③ Sugimoto, R., A. Kasai, T. Miyajima and K. Fujita; Controlling factors of seasonal variation in the nitrogen isotope ratio of

nitrate in a eutrophic coastal environment. Estuarine, Coastal and Shelf Science 査読有, in press.

- ④ Islam Md S., M. Ueno and Y. Yamashita; Otolith microstructure of Japanese sea bass larvae and juveniles: description, interpretation and usage for ageing. J. Applied Ichthyology 査読有, in press.
- ⑤ Antonio, M. S., M. Ueno, A. Kasai, Y. Kurikawa, Y. Ishihi, H. Yokoyama and Y. Yamashita; Energy flow across benthic communities from downstream to offshore of Yura River. Proceedings of the 5th World Fisheries Congress 査読無 CD版 (2008)
- ⑥ Sakamoto, K., K. Touhata, M. Yamashita, A. Kasai, H. Toyohara; Cellulose digestion by common Japanese freshwater clam *Corbicula japonica* 査読有, Fisheries Science, 73, 675-683 (2008).
- ⑦ Sugimoto, R., A. Kasai, T. Miyajima and K. Fujita; Nitrogen isotopic discrimination by water column nitrification in a shallow coastal environment 査読有, J. Oceanography, 64, 39-48 (2008).
- ⑧ Wada, T., M. Aritaki, Y. Yamashita and M. Tanaka; Comparison of low-salinity adaptability and morphological development during the early life history of five pleuronectid flatfishes, and implications for migration and recruitment to their nurseries. J. Sea Research 査読有, 58, 241-254 (2007).
- ⑨ 笠井亮秀・杉本亮・赤嶺里美; 内湾域における中層クロロフィル極大の形成機構. 海と空, 査読有, 82, 53-60 (2007).
- ⑩ Yamaguchi, H., N. Takai, M. UENO, and I. Hayashi; Changes of the trophic position of the Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*) juvenile in a sandy sublittoral area in Wakasa Bay, Sea of Japan, examined by carbon and nitrogen isotope analyses. Fishery Science 査読有, 72, 449-451 (2006).

[学会発表] (計 35 件)

- (1) 福井くにご・中原紘之・上野正博; 森と里と海をつながり 6. 若狭湾に流入する河川の環境と底生藻類相. 平成 21 年度日本水産学会春季大会, 2009. 3. 28, 東京海洋大学
- (2) 鈴木健太郎・杉本 亮・笠井亮秀・上野正博・山下 洋; 森と里と海をつながり 7. 由良川水系における懸濁態有機物と土地利用との関係. 平成 21 年度日本水産学会春季大会, 2009. 3. 28, 東京海洋大学
- (3) 笠井亮秀・栗川喜朗・上野正博・山下 洋; 森と里と海をつながり 8. 由良川河口域の物理・化学・基礎生産過程. 平成 21 年度日本

水産学会春季大会, 2009. 3. 28, 東京海洋大学

(4)Md. Shahidul Islam・山下 洋・上野正博・笠井亮秀; 森と里と海のつながり 9. 由良川河口域におけるスズキ仔魚の成長と生残. 平成 21 年度日本水産学会春季大会, 2009. 3. 28, 東京海洋大学

(5)富士泰期・笠井亮秀・鈴木啓太・上野正博・山下 洋; 森と里と海のつながり 10. 由良川河口域におけるスズキ仔稚魚の食性および回遊. 平成 21 年度日本水産学会春季大会, 2009. 3. 28, 東京海洋大学

(6)秋山 諭・E. S. Antonio・上野正博・山下 洋; 森と里と海のつながり 11. 由良川河口域におけるニホンハマアミの食性. 平成 21 年度日本水産学会春季大会, 2009. 3. 28, 東京海洋大学

(7)Antonio E. S. ・上野正博・笠井亮秀・栗川喜朗・石樋由香・横山 寿・山下 洋; 森と里と海のつながり 12. Consumption of organic matter by benthic communities determined by stable isotope analysis from downstream of Yura River to offshore of Tango Sea. 平成 21 年度日本水産学会春季大会, 2009. 3. 28, 東京海洋大学

(8)豊原治彦・土屋佳奈子・笠井亮秀; 森と里と海のつながり 13. 由良川に生息するメイオベントスのセルロース分解能の検討. 平成 21 年度日本水産学会春季大会, 2009. 3. 28, 東京海洋大学

(9)佐藤専寿・富永 修; 森と里と海のつながり 15. 福井県小浜湾において陸域起源有機物を利用する底生生物のスクリーニング. 平成 21 年度日本水産学会春季大会, 2009. 3. 28, 東京海洋大学

(10)富永 修; 半閉鎖的内湾における陸域起源有機物の河口域生態系への寄与. 第 56 回日本生態学会, 2009. 3. 19, 岩手県立大学

(11)笠井亮秀・杉本亮・宮島利宏・藤田弘一; 安定同位体比を用いた陸棚域における硝酸態窒素の起源推定. 平成 21 年度水産海洋学会研究発表大会. 2006. 11. 13, 東京大学

(12)加藤希望・笠井亮秀・川井仁・山口仁士; 閉鎖性海域における食物網解析. 2008 年度水産学会近畿支部例会, 2008. 11. 28, 近畿大学

(13)M. S. ISLAM, M. Ueno , Y. Yamashita; Evidence of growth-selective survival in larval Japanese sea bass *Lateolabrax japonicus*. 31st Annual Larval Fish Conference, 2008. 8. 6, Kiel (Germany)

(14)K. Susuki, R. Sugimoto, A. Kasai, M. Ueno, Y. Yamashita; Origin of particulate organic matter in the Yura River, Japan. EMECS (Environmental Management of Enclosed Coastal Seas)-8, 2008. 10. 28, Shanghai (China)

(15)Y. Kurikawa, A. Kasai, M. Ueno, Y.

Yamashita; Seasonal variation in seawater intrusion and primary production in the Yura Estuary, Japan. EMECS (Environmental Management of Enclosed Coastal Seas)-8, 2008. 10. 28, Shanghai (China)

(16)E. Antonio, M. Ueno, A. Kasai, Y. Kurikawa, Y. Ishihi , H. Yokoyama, Y. Yamashita; Isotopic evidence of seasonal variation in feeding niche of riverine gastropods. EMECS (Environmental Management of Enclosed Coastal Seas)-8, 2008. 10. 28, Shanghai (China)

(17)E. Antonio, M. Ueno, A. Kasai, Y. Kurikawa, Y. Ishihi , H. Yokoyama, Y. Yamashita; Isotopic benthic community structure from downstream to offshore of Yura River. 5th World Fisheries Congress, 2008. 10. 23, Yokohama

(18)A. Kasai, E. S. Antonio, Y. Kurikawa, M. Ueno, Y. Yamashita; Hydrodynamics and ecosystem in the Yura Estuary. 5th World Fisheries Congress, 2008. 10. 23, Yokohama

(19)K. Sakamoto, K. Touhata, A. Kasai, H. Toyohara; Immunohistochemical, in situ hybridization, and biochemical studies on endogenous cellulase of *Corbicula japonica*. 5th World Fisheries Congress, 2008. 10. 23, Yokohama

(20)O. Tominaga, Y. Ogura, Y. Mizuno; Diel pattern of activity of two different habitat-types of mysids, sand-burrowing *Archaeomysis japonica* and epibenthic *Nipponomysis imparis*, and feeding selectivity of Japanese flounder juveniles in Wada Beach, Wakasa Bay, central Japan. 5th World Fisheries Congress, 2008. 10. 23, Yokohama

(21) T. Satoh, O. Tominaga; Contribution of terrestrial organic matter to benthic bio-production in semi-enclosed bay: Evidence from the stable isotope analysis. 5th World Fisheries Congress, 2008. 10. 23, Yokohama

(22)秋山 諭・上野正博・山下 洋; 若狭湾西部由良川河口域におけるナカザトハマアミの分布密度とサイズの季節変化. 平成 20 年度日本水産学会春季大会, 2008. 3. 28, 東海大学

(23)A. Kasai; Removal of terrestrial organic matter by bivalves estimated from stable isotope analysis. University of Hawaii and University of Tokyo Joint Symposium on Ocean and Coastal Sciences. 2008. 3. 12, 東京

(24)鈴木健太郎・杉本 亮・笠井亮秀・上野正博・山下 洋; 由良川水系における懸濁態有機物の挙動. 平成 19 年度日本水産学会近

畿支部後期例会, 2007. 12. 1, 京都大学

(25) 福井くまこ・上野正博・山下 洋・今井一郎・中原紘之; 付着藻類相に現れる由良川支流間の河川環境の差異. 平成 19 年度日本水産学会近畿支部後期例会, 2007. 12. 1, 京都大学

(26) 佐藤専寿・富永 修; 半閉鎖的内湾における底生生物生産と陸域起源有機物の関係. 平成 19 年度日本水産海洋学会, 2007. 11. 23, 静岡市

(27) 坂上善人・笠井亮秀・益田玲爾・上野正博; マナマコの食性解析に基づく資源量変動の要因推定. 平成 19 年度日本水産海洋学会, 2007. 11. 23, 静岡市

(28) 笠井亮秀; 汽水・沿岸域に生息する二枚貝類の食物源. 平成 19 年度日本水産学会秋季大会シンポジウム, 2007. 9. 28, 北海道大学

(29) Y. Yamashita, M. Ueno and A. Kasai; Causes of the decrease of coastal fishery stocks in Japan, examination from ecological links from forest to coastal waters. International Symposium on Integrated Coastal Zone Management, 2007. 6. 13, Arendal (Norway)

(30) A. Kasai, Y. Kurikawa, M. Ueno and Y. Yamashita; Formation mechanism of hypoxia in estuarine and coastal seas. International Symposium on Integrated Coastal Zone Management, 2007. 6. 13, Arendal (Norway)

(31) M. Sakamoto, M. Ueno and Y. Yamashita; Life history and habitat conservation of an amphidromous shrimp in Japan. International Symposium on Integrated Coastal Zone Management, 2007. 6. 13, Arendal (Norway)

(32) 吉永郁生・天野皓己・左子芳彦・山岸昂夫・諏訪裕一; ANAMMOX 細菌検出に有効な PCR 系の開発と水圏環境の ANAMMOX 細菌群集構造解析. 第 10 回マリンバイオテクノロジー学会大会. 2007. 5. 26, 山形大学

(33) 鈴木健太郎・杉本 亮・笠井亮秀・上野正博・山下 洋・田中 克; 由良川水系における土地利用形態と水質の関係. 平成 19 年度日本水産学会春季大会, 2007. 3. 28, 東京海洋大学

(34) 栗川喜朗・笠井亮秀・上野正博・山下 洋; 由良川河口域の物理構造・一次生産構造の解明. 平成 19 年度日本水産学会春季大会, 2007. 3. 28, 東京海洋大学

(35) 坂本三和・上野正博・山下 洋; 京都府伊佐津川における両側回遊性ミズレヌマエビの成長と成熟. 平成 19 年度日本水産学会春季大会, 2007. 3. 28, 東京海洋大学

[図書] (計 6 件)

① 高井則之・富永 修; 厚生社恒星閣, 安定同位体分析を始める人たちへ. 「安定同位体スコープで覗く海洋生物の生態」水産学シリーズ 158 (富永 修・高井則之編), 2008, 165pp.

② 笠井亮秀; 厚生社恒星閣, 安定同位体比を用いた餌料源の推定モデル. 「安定同位体スコープで覗く海洋生物の生態」水産学シリーズ 158 (富永 修・高井則之編), 2008, 46-57.

③ 山下 洋・田中 克 (編); 恒星社厚生閣, 森川海のとつながりと河口・沿岸域の生物生産, 水産学シリーズ 157, 147pp.

④ 笠井亮秀; 恒星社厚生閣, 河口・沿岸域での陸上有機物の挙動「森川海のとつながりと河口・沿岸域の生物生産」水産学シリーズ 157 (山下 洋・田中 克編), 2008, 23-34.

⑤ 富永 修・牧田智弥; 恒星社厚生閣, 沿岸域の底生生物生産に対する陸域起源物質の貢献「森川海のとつながりと河口・沿岸域の生物生産」水産学シリーズ 157 (山下 洋・田中 克編), 2008, 46-58.

⑥ 山下 洋 (監修); 京都大学学術出版会, 森里海連環学—森から海までの統合的管理をめざして, 364pp.

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

上野正博 (UENO MASAHIRO)
 京都大学・フィールド科学教育研究センター・助教
 研究者番号: 30160196
笠井亮秀 (KASAI AKIHIDE)
 京都大学・農学研究科・准教授
 研究者番号: 80263127
 吉永郁生 (YOSHINAGA IKUO)
 京都大学・農学研究科・助教
 研究者番号: 43230776
 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

(3) 連携研究者

該当なし