

陸—海間の水・物質循環が沿岸生態系と水産資源に及ぼす影響 Effects of water and dissolved material exchanges between land and ocean on coastal ecosystem and fishery resources

谷口 真人^{1*}
TANIGUCHI, Makoto^{1*}

¹ 総合地球環境学研究所
¹ Research Institute for Humanity and Nature

陸と海をつなぐ水と栄養塩の経路には、河川水と地下水がある。後者は目に見えないためこれまで評価が遅れていたが、この陸から海への直接流出地下水である「海底地下水流出」が、藻場や干潟等での汽水環境や、沿岸生態系・沿岸水産資源にとって重要な要因であることが世界各地で報告されている。

海への直接地下水流出（海底地下水流出）の量を評価する方法には、シーページメータ（湧出量測定器）やピエゾメータ（間隙水圧測定器）による点での測定や、ラドン（²²²Rn）などの放射性同位体やストロンチウム等の安定同位体比等のトレーサーがあり、淡水起源の特定と湾単位での湧出量の評価に使われている。また、海底堆積物中の間隙水の比抵抗を測定し、塩淡水境界の変動などを評価する研究も多く行われている。

シーページメータなどによる海底地下水湧水の定点連続観測と、ラドンの定点連続観測の比較は、地質や気象・水文条件の異なる世界各地で行われてきたが、両者は正の相関を示している。またこれまでの研究から、海底地下水流出には淡水成分と再循環による海水成分が含まれることが明らかになっている。この淡水成分と再循環成分の分離は、再循環水を決める海洋学的要因と、淡水成分をきめる陸域の水循環駆動力としての水文要因を分離する事でもあり、陸と海の境界での沿岸水環境を明らかにする上で重要である。これはさらに、汽水環境で生育する沿岸生物や水産資源にとっても重要であり、この淡水成分と海水成分の比率や変化のプロセスがこれまで明らかにされてきた。

本研究では、これまで世界各地で行われてきた、シーページメータによる観測結果と、ラドンにより測定された観測結果を整理し、海底湧出地下水の淡水起源と海水起源の割合を決める物理化学的要因を特定し、それらが貝類などの分布を含む沿岸生態系・水産資源の分布にあたる影響について考察する資料を提供する。また淡水や再循環水がもたらす栄養塩の河川起源との比較を通して、沿岸生態系・水産資源に与える海底地下水の影響評価を行う。

陸域と海域間の水と栄養塩を通した連環は、河川水の場合、降雨イベントや季節変動などその時間変動が大きい。一方で海底地下水流出の場合は、その量自体はそれほど多くないが時間変化が小さく、常に陸と海を水と物質でつなげている。この定常的な海への出口環境である地下水流出は、一定の温度環境を含む物理環境とともに、沿岸生態系・沿岸水産資源への栄養供給源としての化学環境、一定の物理・化学環境下での藻場形成などの生物環境を形成する要因と考えられる。

キーワード: 海底地下水湧出, 沿岸生態系, 沿岸水産資源, 栄養塩, 湧出, ラドン

Keywords: submarine groundwater discharge, coastal ecosystem, coastal fishery resources, nutrients, seepage, radon

河川水の流入が沿岸域の生態系に及ぼす影響 The effect of freshwater input from rivers on the ecosystem in coastal waters

笠井 亮秀^{1*}
KASAI, Akihide^{1*}

¹ 京都大学フィールド科学教育研究センター

¹Field Science Education and Research Center, Kyoto University

High production in coastal areas is supposed to be supported by large organic and inorganic inputs from rivers. Therefore, excessive reduction of nutrient loads from rivers would decrease nutrient concentrations in coastal areas. This manifests in poor growth of seaweeds, which has been observed in Seto Inland Sea in recent years. However, primary production in coastal areas is not only supported by terrestrial nutrients, but also external nutrients derived from ocean and regenerated nutrients formed in hypoxic water at the bottom. Evaluation of the contribution of each source of dissolved inorganic nitrogen (DIN) to phytoplankton production in Ise Bay revealed that DIN consumption by phytoplankton exceeds the DIN supply from rivers and ocean. This indicates that a large amount of primary production depends on regenerated DIN within the bay rather than on newly supplied DIN, although the ratio of consumption to external supply differs seasonally. We have to pay more attention to the behavior of each source of nutrients for future managements of coastal waters.

The effect of the freshwater input from rivers on coastal areas is not only the nutrient supply, but also the formation of estuarine circulation, which plays an important role in coastal ecosystems. Since the flux of water by the estuarine circulation is considerably larger than the river discharge, it has large effects on the material transport and biological production in estuaries and bays. For example, larvae of temperate seabass do not distribute in the surface, but in the middle layer, and thus the landward flow effectively transports larvae to coastal areas from the spawning grounds in the offshore. Therefore, the year-to-year variation in the amount of juveniles in the coastal area shows that the survival of juveniles improves in the years when the river discharge increases.

キーワード: 沿岸生態系, エスチュアリー循環, 淡水, 栄養塩

Keywords: coastal ecosystem, estuarine circulation, freshwater, nutrients

海底湧水が沿岸生態系の生物多様性、水産資源に与える影響 Possible effects of submarine groundwater on biodiversity and fishery production in coastal ecosystems

小路 淳^{1*}; 杉本 亮²; 富永 修²; 小林 志保³; 山田 誠⁴; 谷口 真人⁴

SHOJI, Jun^{1*}; SUGIMOTO, Ryo²; TOMINAGA, Osamu²; KOBAYASHI, Shihō³; YAMADA, Makoto⁴; TANIGUCHI, Makoto⁴

¹ 広島大学, ² 福井県立大学, ³ 京都大学, ⁴ 総合地球環境学研究所

¹Hiroshima University, ²Fukui Prefectural University, ³Kyoto University, ⁴Research Institute for Humanity and Nature

Economic values of the ecosystem services of coastal ecosystems have been evaluated as among the highest of those the world's ecosystems. Recently more attentions have been paid on the mechanisms how the freshwater contribute to the high productivity and species diversity of the coastal ecosystems. In the present paper, previous researches that focused on effects of freshwater input from the land on productivity and species diversity of fishery resources in the coastal ecosystems are reviewed. In addition, results from recent surveys conducted in order to examine the possible effects of river water and submarine groundwater on productivity and species diversity of fishery resources are introduced.

Relationship between river discharge and recruitment of several estuarine-dependent fish species (flatfish, seabass and clupeid) have been reported in the world. Among these fish species, the mechanisms how river discharge promotes survival during the early life stages and recruitment of Morone fishes (striped bass and white perch) have been well studied. Larval survival rate is high and recruitment of 1-year-old fish is successful in years with high precipitation in these species. High freshwater discharge has been reported to increase availability of prey for the larvae, decrease predation through affecting predator species composition and biomass, then increase the growth and survival during the larval stage.

In a previous paper, on the other hand, low salinity zone has been reported to be one of the ecosystems where biodiversity is the lowest among the world's aquatic ecosystems. High fluctuation in salinity and tidal level within a relatively small spatial and temporal scale could be stressful for a variety of animal species. Recently high abundance of juveniles of several flatfish species were observed in low salinity zones nearby an estuary in the coastal waters of Japan. Species diversity of fishes was higher in a seagrass bed where freshwater supply from the land through submarine groundwater was expected compared to the surrounding areas. These observations suggest that low salinity condition does not always decrease diversity of fish species in coastal ecosystems. Future research plan to investigate the mechanism how the freshwater input from the land contributes to the high productivity and species diversity in the coastal ecosystems will be introduced.

キーワード: 水-食料の連環, 水産資源の生産, 種多様性, 海底湧水

Keywords: water-food NEXUS, fishery production, species diversity, submarine groundwater

安定同位体比を利用した淀川河口域における窒素動態解析 Evaluation of nitrogen dynamics in the Yodo River estuary using stable isotopes

杉本 亮^{1*}; 笠井 亮秀²
SUGIMOTO, Ryo^{1*}; KASAI, Akihide²

¹ 福井県立大学海洋生物資源学部, ² 京都大学フィールド科学教育研究センター

¹Faculty of Marine Biosciences, Fukui Prefectural University, ²Field Science Education and Research Center, Kyoto University

The increase in human population in coastal watersheds has increased the delivery of nitrogen from the land to coastal environments. Accelerated nitrogen cycles in coastal environments have led to an increase in hypoxic waters and instances of harmful algal blooms. Physical and biogeochemical processes within estuaries generally regulate nitrogen fluxes from land to sea. The estuaries of major rivers on the continents are thought to be sites of massive nitrogen losses. However, function of estuaries to nitrogen transfer must vary according to each estuarine hydrology and biogeochemistry. A large amount of terrestrial nitrogen empties into Osaka Bay head from the Yodo River. Although the estuary would have a crucial role in modifying nitrogen fluxes, its function to nitrogen transfer is still unclear. In this presentation, we will report the seasonal difference of nitrogen dynamics along the longitudinal section from the estuary to the head of Osaka Bay.

キーワード: 窒素, 安定同位体比, 河口循環流, 富栄養化, 再生産

Keywords: nitrogen, stable isotopes, estuarine circulation, eutrophication, regeneration

淀川河口での海洋性植物プランクトン濃度の変動要因 Factors of the temporal variation of marine phytoplankton at Yodo River estuary

林 美鶴^{1*}; 古賀 竜太郎¹; 藤井 智康²; 山本 圭吾³
HAYASHI, Mitsuru^{1*}; KOGA, Ryuraro¹; FUJII, Tomoyasu²; YAMAMOTO, Keigo³

¹ 神戸大学, ² 奈良教育大学, ³ 大阪府環境農林水産総合研究所水産技術センター
¹Kobe Univ., ²Nara University of Education, ³Marine Fisheries Research Center, Osaka Prefecture

2007年、2011年及び2013年に淀川下流で麻痹性貝毒が検出され、シジミの出荷が停止された。この原因種は海洋性有毒植物プランクトンの*Alexandrium tamarense*であるが、その増殖・赤潮形成原因や抑制方法は明らかになっていない。そこで、2012年2月2~3日にかけて淀川河口で観測を実施し、得られたデータを使用して数値生態系モデルによる植物プランクトン濃度の変動要因解析を行った。観測日の潮位変動にあわせて、CTD及びADCP観測と採水を実施した。採水では、栄養塩、クロロフィル濃度に加え、*A. tamarense*の細胞密度も計測したが、この年は極めて少なかった。河口の下層から海水が遡上し、表層では淡水が流出する、典型的な河口循環流の構造が観測された。数値生態系モデルでは、河口2800mを、ほぼ淡水の表層0~50cm、密度躍層のある中層0.5~1.5m、ほぼ海水の底層1.5m~河床の鉛直三層に分けた。下層は潮位により層厚が変化する。各層に、栄養塩、植物プランクトン、溶存有機物、懸濁物の5形態を想定し、形態間の生化学過程（光合成、枯死、分解など）を定式化して、各形態の濃度変動を計算した。同時に*A. tamarense*も計算した。これには、日周鉛直移動、光合成での塩分制限と溶存有機物利用、低塩下による枯死を加味した。各層での植物プランクトン濃度の時間変動は、観測値を概ね再現した。植物プランクトンは、上層では上流から下流へ、下層では下流から上流へ輸送されており、鉛直輸送は水平輸送に比べ極めて少なく、河口での増殖は水平輸送の1割程度だった。一方*A. tamarense*は、下層で下流から輸送された量の約半分が上流へ輸送され、残りは日周鉛直輸送と鉛直拡散によって上層まで輸送される。これに上流から中層に戻ってくる量をあわせて、半分は下流へ流出し、半分は上層の低塩下で枯死する。河口での増殖は下流からの流入量の5%程度だった。すなわち淀川河口における海洋性植物プランクトンは、ここでの増殖は少なく、主として下流から輸送されている事が明らかとなった。また遊泳能力のない植物プランクトンのほとんどは、河口循環流による水平移流で輸送されるが、日周鉛直移動を行う*A. tamarense*は、下流から輸送された量の約27%だけが上流へ輸送され、約36%は上・中層から下流に流出し、約36%は上層で枯死する。上流への*A. tamarense*輸送を制限するには、河口循環流を弱くする事が有効である。

キーワード: 淀川, 河口, 数値生態系モデル, 植物プランクトン, *Alexandrium tamarense*
Keywords: Yodo River, Estuary, Numerical ecosystem model, Phytoplankton, *Alexandrium tamarense*

河口域生態系における海洋底生多毛類による陸起源有機物の利用
Utilization of terrestrial organic matter by marine benthic polychaetes in estuarine ecosystem

佐藤 専寿¹; 杉本 亮²; 横山 芳博²; 富永 修^{2*}

SATO, Takahisa¹; SUGIMOTO, Ryo²; YOKOYAMA, Yoshihiro²; TOMINAGA, Osamu^{2*}

¹ 山形県立加茂水産高校, ² 福井県立大学

¹Yamagata prefectural fisheries high school, ²Fukui prefectural university

In semi-enclosed bays, terrestrial plants transported by river have become a major constituent of estuary sediment. Since it is difficult for marine organisms to digest the terrestrial plants which mainly contains the non-living refractory cellulosic matrices, few studies have been taken into account the role played by the terrestrial particulate organic matter (tPOM) in enhancing the productivity of the coastal biotic community. However, the important role of tPOM as the food source for marine benthic organisms has been recognized in estuarine environments. In the present study, we examined the $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ values and cellulase activity of the several species of polychaetes to elucidate the contribution of terrestrial plants to benthic biological production in small semi-enclosed Bay. Polychaete annelids were collected at estuary of the Kita and Minami River in semi-enclosed Obama Bay, the Sea of Japan from August 2007 to June 2010. The carbon and nitrogen stable isotope ratios of polychaetes were analyzed. Cellulase activity analyses were assayed by using carboxymethyl cellulose (CMC) plate assay. The $\delta^{13}\text{C}$ values of deposit or suspension feeding polychaetes were lower than the $\delta^{13}\text{C}$ value of POM but higher than the terrestrial plants. The $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ values of carnivores-feeding polychaetes were higher than those polychaetes. Cellulase activities was found in many deposit or suspension feeding polychaetes but also carnivorous feeding polychaetes. On the other hand, the polychaete species with lower isotope signature did not show cellulase activities. The polychaetes which showed cellulase activity were abundant through the four seasons in estuary. These results suggest that many polychaetes can decomposition and assimilation the terrestrial plants.

キーワード: 陸域植物, セルラーゼ, 半閉鎖的内湾, 多毛類

Keywords: terrestrial plants, cellulase, semi-enclosed bay, polychaetes

大分県日出町沿岸に湧出する海底湧水の起源 The origin of submarine groundwater discharge in the coastal zone of Hiji, Oita prefecture

山田 誠^{1*}; 大沢 信二²; 三島 壮智²; 安部 豊¹; 谷口 真人¹
YAMADA, Makoto^{1*}; OHSAWA, Shinji²; MISHIMA, Taketoshi²; ABE, Yutaka¹; TANIGUCHI, Makoto¹

¹ 総合地球環境学研究所, ² 京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設

¹Research Institute for Humanity and Nature, ²BGRL, Institute for Geothermal Sciences, Kyoto University

It is said that groundwater discharge from the seabed of the coastal zone of Hiji, Oita prefecture. The marbled sole which lives around this submarine groundwater discharge is called a “Shirosita Karei”, and is loved by the local people. From ancient times, the local people have believed that this Shirosita Karei grows because of submarine groundwater discharge. However, regarding the relevance of the ecology of a marbled sole and submarine groundwater discharge, it is not clear that this is the case. Moreover, although it is clear that there is submarine groundwater discharge, there is almost no information about the origin and dissolved component. Kono and Tagawa (1996) conducted an analysis of the major dissolved components of groundwater of this land area, and a vertical distribution investigation of the electric conductivity of the ocean. As a result, it has suggested the possibility that submarine groundwater discharge is the confined groundwater recharged in the mountain area. However, in that report, they said that they were not able to identify a recharge area clearly by this research. Because of that, we sampled the spring water of the land area, the spring water of a salt water mixture discharged in a seashore area, and a sea water sample, in order to conduct hydrological research using the stable isotope of water in this area and to clarify the flow process of submarine groundwater discharge. The recharge elevation of the spring water of this land area was assumed using the recharge-water line (Ohsawa et al., 2009) made using the data of the Beppu area of the southwest part of this research region. As a result, it became clear that the recharge area of most spring water is at an elevation of 200 m or more. Regarding fresh water and salt water mixture, the mixed rate of sea water and fresh water was calculated using electric conductivity, and the isotopic ratio of the original fresh water was computed using the mixed rate. As a result, it became clear that the recharge elevation of the fresh water mixed in sea water is near 300 m. Moreover, as a result of extracting the terrestrial environment of this area, the area with an elevation of 200 m or more is mainly forest, and there was a boundary between the forest area and plains near an elevation of 200 m. It became clear from these results that the origin of the submarine groundwater discharge in the coastal zone of Hiji is the water recharged in the forest area of the mountain slope, and that the water moves under the plain and is discharged at the sea bed.

Keywords: Submarine groundwater discharge, Stable isotope, recharge area, Hiji

駿河湾における富士山地下水海底湧出場所の推定 Location estimation of submarine groundwater discharge from Mt. Fuji in Suruga Bay

村中 康秀^{1*}; 神谷 貴文¹; 渡邊 雅之¹; 小野 昌彦²; 丸井 敦尚²
MURANAKA, Yasuhide^{1*}; KAMITANI, Takafumi¹; WATANABE, Masayuki¹; ONO, Masahiko²; MARUI, Atsunao²

¹ 静岡県環境衛生科学研究所, ² (独) 産業技術総合研究所

¹Shizuoka Institute of Environment and Hygiene, ²National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

富士山周辺では、透水性に富む玄武岩質の新富士溶岩が主要な地下水の流路になっている。特に富士山南西麓では、富士川河口断層が南北方向に分布しており、この断層が駿河湾への地下水流動に大きな影響を与えている可能性がある。そのため、富士山にもたらされた降水が駿河湾で海底湧水となって湧出し、沿岸海域の生物資源に大きな影響を与えていると考えられる。

本研究では、駿河湾の豊かな沿岸生態系の解明への貢献を目指し、富士川～田子の浦間の奥駿河湾において海底湧水調査を実施した。断層がある富士川河口周辺から深さ 100～200m に新富士溶岩が分布する富士川～田子の浦間の奥駿河湾において、水深 250m までの海底面や地層の状況をサイドスキャンソナー、音波探査機を用いて測定し、地下水の湧出場所の推定を試みている。また、これらの推定された場所を対象に、遠隔操作無人探査機 (ROV) を使用して海底の状況を把握している。本発表ではこれらの取り組みについて紹介する。

キーワード: 海底湧水, 富士山, 駿河湾, サイドスキャンソナー, ROV

Keywords: submarine groundwater discharge (SGD), Mt. Fuji, Suruga Bay, side scan sonar, remotely operated vehicle (ROV)

ラドン 222 を用いた駿河湾沿岸域における海底地下水湧出の実態把握 Evaluation of submarine groundwater discharge in Suruga Bay by using radon 222

小野 昌彦^{1*}; 丸井 敦尚¹
ONO, Masahiko^{1*}; MARUI, Atsunao¹

¹ 産業技術総合研究所

¹National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

沿岸域における海底地下水湧出 (SGD) は陸域から海域への重要な物質輸送経路であると考えられてきた。SGD は世界各地で研究が行われ、沿岸域では普遍的に存在する現象であると考えられている。

駿河湾は富士山の南麓に接し、透水性の高い溶岩流から成る堆積物とそれに伴う活発な地下水流動が存在している。そのため、駿河湾沿岸域においては多量の地下水の流入が考えられる。また、SGD が駿河湾沿岸域の水産物にも大きな影響を与えている可能性が考えられる。

本研究では駿河湾沿岸域における SGD の実態を把握するため、ラドン濃度の連続測定、試料水の採水と化学分析を実施した。本発表ではその結果について紹介を行う。

キーワード: ラドン 222, 海底地下水湧出, 駿河湾

Keywords: Rn-222, Submarine groundwater discharge, Suruga Bay

222Rnを用いた小浜湾における海底地下水湧出量の定量評価 Estimating submarine groundwater discharge in Obama Bay, Japan, using 222Rn mass balance model

本田 尚美^{1*}; 杉本 亮¹; 小林 志保²; 田原 大輔¹; 富永 修¹; 谷口 真人³
HONDA, Hisami^{1*}; SUGIMOTO, Ryo¹; KOBAYASHI, Shiho²; TAHARA, Daisuke¹; TOMINAGA, Osamu¹; TANIGUCHI, Makoto³

¹ 福井県立大学, ² 京都大学, ³ 総合地球環境学研究所

¹Fukui Prefectural University, ²Kyoto University, ³Research Institute for Humanity and Nature

Recently, a number of studies have shown that submarine groundwater discharge (SGD) is even more important than surface runoffs in terms of nutrient transport and can drive primary production in coastal seas. Obama Bay is semi-enclosed bay in central Japan. In spring, phytoplankton blooms in the bottom layer around 2 km offshore from the river mouth. Aquifer distribution in the Obama plain and our previous observation of low salinity water around the bottom layer suggests that unconfined groundwater discharges induce this phytoplankton bloom. However, quantitative contribution of groundwater discharge to the coastal ecosystem has not been well evaluated in Obama Bay. In this study, we estimated the input of freshwater and nutrients via SGD into Obama Bay using mass balance model of radon (²²²Rn) and salinity. As a result, the volume of SGD into the bay was estimated to be $0.05-0.80 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$ during February 2013 to November 2013. Especially, the fraction of SGD in total freshwater flux in summer reached to 44%, because river water discharge decreased drastically. The nutrient fluxes from SGD were approximately 84%, 210% and 28% of riverine fluxes dissolved inorganic nitrogen (DIN), dissolved inorganic phosphorous (DIP) and dissolved inorganic silicate (DSi), respectively.

キーワード: 海底地下水湧出, 222Rn 収支, 小浜湾

Keywords: Submarine groundwater discharge, 222Rn mass balance, Obama Bay

河川水流出による沿岸域基礎生産の考察 A study of primary production in plankton blooms driven by riverine inputs

干場 康博^{1*}; 山中 康裕¹
HOSHIBA, Yasuhiro^{1*}; YAMANAKA, Yasuhiro¹

¹ 北海道大学地球環境科学院

¹ Faculty of Env. Earth Science, Hokkaido University

Rivers transport nutrients and suspended sediment matter (SSM) as well as fresh water from land to coastal regions, where the biological productivity is high. In the coastal area, the buoyancy of fresh water leads to the formation of horizontal anticyclonic gyres and vertical circulations, which affect the variation of biological production such as plankton blooms. However, the primary production caused by the three-dimensional dynamics have not been quantitatively discussed, and observations can hardly capture the daily temporal variations of phytoplankton blooms. We developed an ocean general circulation model (OGCM) including a simple ecosystem model, to investigate the three-dimensional and temporal changes in phytoplankton blooms caused by riverine input such as flooding.

We first conducted ideal setting-simulations. The distribution patterns of nutrients and phytoplankton differ significantly from that of fresh water. The phytoplankton maxima shift from the downstream (right-hand side of the river mouth) to the upstream regions (left-hand side of the river mouth). The shift from the downstream to the upstream region (D-U Shift) is categorized by the different nitrate origins: (1) river-originated nitrate (RO-nitrate) is dominant in the downstream region; (2) subsurface-originated nitrate (SO-nitrate) is dominant in the upstream region, and is transported by upwelling associated with vertical circulation and horizontal anticyclonic gyre; and (3) regenerated nitrate (R-nitrate) is dominant in the upstream region. The total primary production in phytoplankton blooms is maintained not only by RO-nitrate but also by SO-nitrate that is larger than the river-originated.

Next, we conducted a realistic simulation and a few ideal setting-simulations. The phytoplankton maxima shift toward the left-hand side of the river mouth during the early time, but the shift does not keep going to the left-hand side all the time. This is because much SO-nitrate does not come from the subsurface to the surface layer after the middle simulated time, due to weak upwelling forced by vertical circulation in the left-hand side. The gentle angle of bottom slope weakens the vertical circulation and SO-nitrate supply from the subsurface, and the NPP is small.

It is natural that D-U Shift of phytoplankton maxima often occurs in the real situation like Ishikari Bay when high riverine input such as flooding. The conclusion that the shift is categorized into three stages by the different nitrate origins, RO-, SO- and R- nitrates in turn depends on the bottom slope angle and the way of inputs and the amounts of fresh water and nutrients. Bottom slope angle and the way of fresh water input change the behaviour of plumes, nutrient supply from the subsurface with the change of vertical circulation, and the rate of regeneration.

Keywords: coastal ocean, biogeochemical cycles, 3-D modeling, riverine input, phytoplankton bloom, nutrient supply

播磨灘への生態系モデル適用による陸域からの栄養塩負荷と海域の物質循環との関係解明
Clarification of relationship between nutrient loading and biological productivity in coastal area by ecosystem model

阿部 真己^{1*}; 館野 聡¹; 永尾 謙太郎¹; 畑 恭子¹
ABE, Masami^{1*}; TATENO, Satoshi¹; NAGAO, Kentaro¹; HATA, Kyoko¹

¹ いであ株式会社

¹IDEA Consultants, Inc.

富栄養化指標とされているCOD濃度の環境基準達成の主な対策として、陸域からの流入負荷量削減が進められてきたことにより、近年では多くの沿岸海域でCOD濃度の低下がみられ、陸域からの負荷量削減は水質濃度の改善に一定の効果を発揮したといえる。一方で、沿岸海域の栄養塩濃度の低下が海の生産力の低下につながっている可能性が指摘されるようになった。陸域と海域の健全な相互作用を築くという課題に対しては、単純に陸域からの負荷量の増減の制御だけに頼る手法では限界があるという事実と直面している。

陸域からの栄養塩の供給と海域の生産力との関係を把握するには、陸域から供給された栄養塩がどのように生物や有用水産生物に取り込まれ、最終的にどのように漁獲へとつながるかを解明することが有効である。この栄養塩の循環経路は、生物間のネットワーク(様々な戦略を持った生物間の競合・捕食など)としても非生物学的な効果(沿岸域の流動場の変化・貧酸素水塊による捕食者の死滅など)としても複雑に絡みあっており、陸域からの負荷量の増減に対する応答は単純ではない。

本報告では、瀬戸内海播磨灘加古川周辺の沿岸海域において、ノリや二枚貝の水産有用種を含む生態系モデルを構築し、海水交換促進対策や干潟・浅場増設対策等を仮想的に施した場合の陸域からの負荷量増減に対する物質循環量の応答を定量評価した。海域での物質循環のネットワークの構造によって、陸域からの負荷量増加に伴う水産資源の応答は、増加する場合も減少する場合もあった。浅場等の少ない現状の海域での流入負荷の増加は沿岸部の貧酸素化を助長する影響がみられる一方、浅場造成により、陸域からの負荷量の増加分を、ノリの収穫・二枚貝の漁獲を同時に上昇させ、海域全体での物質循環をより大きくする方向に作用させていた。

キーワード: 生態系モデル, 栄養塩負荷, 物質循環, 生産, 播磨灘

Keywords: ecosystem model, nutrient loading, material circulation, productivity, Harima-Nada

伊勢湾流域圏の水系総合モデルの構築 Construction of the comprehensive aquatic model of the Ise Bay watershed

大西 健夫^{1*}; 杉本 亮²; 青木 一弘³; 宗村 広昭⁴; 吉野 純⁵; 平松 研¹

ONISHI, Takeo^{1*}; SUGIMOTO, Ryo²; AOKI, Kazuhiro³; SOMURA, Hiroaki⁴; YOSHINO, Jun⁵; HIRAMATSU, Ken¹

¹ 岐阜大学応用生物科学部, ² 福井県立大学海洋生物資源学部, ³ 水産総合研究センター中央水産研究所, ⁴ 島根大学生物資源科学部, ⁵ 岐阜大学工学部

¹Faculty of Applied Biological Sciences, ²Faculty of Marine Bioscience, Fukui Prefectural University, ³National Research Institute of Fisheries Science, ⁴Faculty of Life and Environmental Science, Shimane University, ⁵Faculty of Engineering, Gifu University

流域の「統合的水資源管理」の重要性が1990年代に認識され、陸域と海洋の一体的な水系管理の重要性が注目されている。しかし、科学的な裏付けが乏しいために、未だ概念論に留まっている。政策決定の場でも広く利用可能な形に実体化していくためには、陸域における環境変化が海洋環境へ及ぼす影響が科学的に評価される必要がある。そこで、本研究では、伊勢湾流域圏を対象として、陸域、河川、海洋における水・物質・生態系モデルを結合した「水系総合モデル」の構築を進めている。対象としている物質は、炭素 (C)、窒素 (N)、リン (P)、生態系は低次生産者である。また、ユーザーによる自由な改変が可能なモデルとなるように、既存のオープンソースプログラムをベースにしてコードを付加することを開発原則としている。

モデルの構造は、水文・水質モデル、河道モデル、海洋モデル、生態系モデルを結合したものである。水文・水質モデルは、森林・草地などの自然植生地には PnET-BGC、農地には SWAT モデルを適用した。また、都市域からの生活排水負荷量はタンクモデルによる流出と原単位で与えた。さらに河道プロセスは、Kinematic Wave 法による次元開水路モデルと、水域の低次生産を考慮した NPZD モデルとを組み合わせた。また海洋モデルには ROMS を用いた。加えてダム操作規則を組み込みダム群の影響を考慮した。モデルの検証期間は観測データがそろっている 2000~2010 年の期間とし、時間解像度は 1 日、気象データとして 2km メッシュの高解像度データセットを用いた。標高データには ASTER-GDEM、植生データは国土数値情報、土壌・地質データは 20 万分の 1 土地分類基本調査から取得したデータを用いた。また、ダム操作規則は、国土交通省地方整備局等から入手した。流域の流出についてはおおそ再現することができたが、水質の再現性は良好とは言い難かった。原因として農業用水の取水・排水が考慮されていないことが考えられた。また海洋モデルとの結合がなされていないため、今後は、陸域モデルの改良、海洋モデルとの結合と検証、そして感度解析を進めていくことが課題である。

キーワード: 統合的水資源管理, 土地利用変化, 富栄養化, 貧酸素水塊, 伊勢湾

Keywords: Integrated Water Resource Management, Landuse change, Eutrophication, Hypoxia, Ise Bay

河口域—海草場の堆積物に埋没する有機物の時空間的分布 Spatiotemporal distribution of organic matter buried in estuarine seagrass meadows

渡辺 謙太^{1*}; 桑江 朝比呂¹
WATANABE, Kenta^{1*}; KUWAE, Tomohiro¹

¹ 港湾空港技術研究所

¹Port and Airport Research Institute

海洋生態系による炭素の吸収・固定（ブルーカーボン）は人為起源炭素の主要なシンクとして注目されている。海域の炭素隔離において重要なプロセスは、堆積物への有機態炭素の埋没である。特に、河口域や海草場などの浅海域は外洋に比べて、有機態炭素の堆積速度が非常に速く、炭素の埋没量も多い。浅海域は陸域からの流入負荷を受けるため、陸起源炭素が堆積する場である。また栄養塩流入は浅海域の自生性有機物生産を増大させる。従って浅海域には起源や反応性の異なる有機物が混在している。炭素隔離機能を定量的に評価するためには、これら起源の異なる有機物の質・量についてその時空間分布を検証する必要がある。そこで本研究では、有機物の安定同位体比、C/N 比、炭素年代測定を組み合わせることで、河口域—海草場に埋没する有機物の時空間的分布を調べた。

研究対象となる風蓮湖は北海道根室半島の付け根に位置し、根室湾に面したラグーンである。風蓮湖は河川流入によって富栄養化しており、ラグーン面積の 67% は海草場である。塩分勾配に沿って 2m 程度の堆積物コアを採取し、泥深ごとに TOC, TN, 炭素・窒素安定同位体比、 $\Delta^{14}\text{C}$ を測定した。河口域のコアは $\delta^{13}\text{C}$ が低く、C/N 比が高かった。このことから、河口部では陸域由来有機物が多く堆積していることが示唆された。鉛直方向に大きな変化はなく、数千年にわたって安定して陸域由来有機物が堆積していることが分かった。海草場内のコアでは $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ が高くなり、ラグーン内で生産される植物プランクトンやアマモの寄与が高くなると推定された。しかし、時間的な $\delta^{13}\text{C}$ の変化が見られ、堆積環境は安定ではなく、時期によって陸域由来有機物の寄与率が増減した。これらの結果から、浅海域では陸域由来の炭素の堆積に加えて、内部生産により固定された炭素が長期にわたって貯留されていることが示唆された。

キーワード: 炭素隔離, ブルーカーボン, 河口域, 海草場, 安定同位体, 14C 年代測定

Keywords: carbon sequestration, blue carbon, estuary, seagrass meadows, stable isotope, 14C dating

海底湧水が沿岸海域の生物化学的環境に及ぼす影響
Influences of submarine ground water discharge (SGD) on biogeochemical properties in coastal sea

小林 志保^{1*}; 杉本 亮²; 本田 尚美²; 宮田 洋実¹; 富永 修²; 田原 大輔²; 谷口 真人³
KOBAYASHI, Shiho^{1*}; SUGIMOTO, Ryo²; HONDA, Hisami²; MIYATA, Yoji¹; TOMINAGA, Osamu²; TAHARA, Daisuke²; TANIGUCHI, Makoto³

¹ 京都大学, ² 福井県立大学, ³ 総合地球環境学研究所

¹Kyoto University, ²Fukui Prefectural University, ³Research Institute for Humanity and Nature

Submarine groundwater discharge (SGD) often influences on biogeochemical properties in coastal seas. We have estimated the flux of SGD using seepage meter and compared it with ²²²Rn, chlorophyll and nutrients concentrations at a fixed point in Obama Bay for a month

キーワード: 海底湧水, 沿岸生態系, 陸海相互作用

Keywords: submarine groundwater discharge, costal ecosystem, land-ocean interaction

沿岸域における海底湧水と一次生産過程の同時モニタリング手法の開発
Development of simultaneous monitoring method of submarine groundwater discharge
and primary production in coastal seas

杉本 亮^{1*}; 大河内 允基¹; 本田 尚美¹; 小路 淳²; 大沢 信二³; 谷口 真人⁴
SUGIMOTO, Ryo^{1*}; OHKOUCHI, Masaki¹; HONDA, Hisami¹; SHOJI, Jun²; OHSAWA, Shinji³; TANIGUCHI, Makoto⁴

¹ 福井県立大学, ² 広島大学, ³ 京都大学, ⁴ 総合地球環境学研究所

¹Fukui Prefectural University, ²Hiroshima University, ³Kyoto University, ⁴Research Institute for Humanity and Nature

In recent years, a number of studies have shown that submarine groundwater discharge is an alternative nutrient pathway and can drive primary production in coastal seas. However, very little is known about quantitative relationship between input of groundwater and response of primary production, because both processes are temporally variable. Recent technological advances (i.e., automation) have increased our ability to assess submarine groundwater discharge in coastal ecosystems using natural tracers such as radon-222 (²²²Rn). Simultaneous monitoring of ²²²Rn with indicators of primary production such as pCO₂ and/or chlorophyll-a would allow us to grasp the nexus of both processes. Therefore, automated radon and CO₂ gas analyzer were connected in series and a closed air loop was established with gas equilibration devices to examine the nexus between submarine groundwater discharge and primary production. In this presentation, we will report the results of simultaneous monitoring of ²²²Rn and pCO₂ with other parameters in several coastal environments.

キーワード: 同時モニタリング, 海底湧水, 一次生産, 沿岸海域

Keywords: simultaneous monitoring, submarine groundwater discharge, primary production, coastal seas

222Rnを用いた沿岸海底湧水の空間調査：別府湾・大槌湾・小浜湾をモデルフィールドに
Local scale assessment of submarine groundwater discharge in coastal seas (Beppu, Obama and Otuchi Bay)

本田 尚美^{1*}; 杉本 亮¹; 富永 修¹; 小林 志保²; 宮田 洋実²; 小野 昌彦³; 大沢 信二⁴; 谷口 真人⁵
HISAMI, Honda^{1*}; SUGIMOTO, Ryo¹; TOMINAGA, Osamu¹; KOBAYASHI, Shiho²; MIYATA, Youji²; ONO, Masahiko³
; OHSAWA, Shinji⁴; TANIGUCHI, Makoto⁵

¹ 福井県立大学海洋生物資源学部, ² 京都大学フィールド科学教育研究センター, ³ 産業技術総合研究所, ⁴ 京都大学地球熱学研究施設, ⁵ 総合地球環境学研究所

¹Faculty of Marine Bioscience, Fukui Prefectural University, ²Field Science Education and Research Center, Kyoto University, ³National Institute of Advanced Science and Technology, ⁴Institute for Geothermal Sciences, Kyoto University, ⁵Research Institute for Humanity and Nature

Submarine groundwater discharge (SGD) is important as a major pathway for freshwater and nutrients loads from land to ocean. Various natural tracers of SGD have been applied to quantify local to regional SGD fluxes. Radon-222 (²²²Rn) is a naturally occurring radioactive gas that is typically 2-3 orders of magnitude higher in groundwater than surface waters. Therefore, it is a powerful tracer of groundwater inputs to oceans. We have applied the continuous ²²²Rn monitoring survey to three local scale coasts (Beppu Bay, Obama Bay and Otsuchi Bay), which have large amounts of groundwater resources in each watershed. As a result, spatial distributions of ²²²Rn and other parameters displayed not only influence of submarine groundwater discharge but also possibility of submarine hot spring discharge.

キーワード: 海底湧水, ラドン, 陸海相互作用

Keywords: submarine groundwater discharge, ²²²Rn, land-ocean interaction

沿岸域海底下の地下水の水と溶存炭酸の安定同位体比 Stable isotope compositions of dissolved inorganic carbon and water under the seabed of the coastal zone

山田 誠^{1*}; 杉本 亮²; 大河内 允基²; 本田 尚美²; 小林 志保³; 安部 豊¹; 谷口 真人¹
YAMADA, Makoto^{1*}; SUGIMOTO, Ryo²; OKOCHI, Masaki²; HONDA, Hisami²; KOBAYASHI, Shiho³; ABE, Yutaka¹;
TANIGUCHI, Makoto¹

¹ 総合地球環境学研究所, ² 福井県立大学, ³ 京都大学

¹Research Institute for Humanity and Nature, ²Fukui Prefectural University, ³Kyoto University

Groundwater often discharges from the seabed of the coastal zone. Such groundwater is called “ submarine groundwater discharge (SGD) ” . Mostly, SGD is the water which not fresh water but sea water and fresh water mixed. Although it is assumed that mixture has occurred under the seabed, there is almost no information about the behavior of water and dissolved component under the seabed such as the mixed process, zone of influence of sea water, and the behavior of the dissolved component from the land area. In order to clarify the behavior of water and dissolved component under the seabed of the coastal zone, we conducted the sampling of the water under the seabed of Obama Bay, Fukui prefecture. The stable carbon isotope ratio of dissolved inorganic carbon (DIC) was lower than that of sea water, and higher than that of groundwater which sampled from well near the seashore. The results show that not only mixture of water but mixture of DIC has occurred under the seabed. In the future, in order to comprehend the extent of the impact of sea water, it is necessary to research vertical distribution of the stable isotope composition under the seabed.

キーワード: 海底湧水, 水の安定同位体, 溶存炭酸の炭素安定同位体

Keywords: submarine groundwater discharge, water stable isotope, carbon stable isotope, dissolved inorganic carbon