

## 東部瀬戸内海における基礎生産 Primary production in the eastern part of the Seto Inland Sea

安佛 かつり<sup>1\*</sup>; 一見 和彦<sup>2</sup>; 山口 一岩<sup>3</sup>; 大美 博昭<sup>4</sup>; 秋山 諭<sup>4</sup>; 宮原 一隆<sup>5</sup>; 山本 昌幸<sup>6</sup>; 笠井 亮秀<sup>7</sup>

ANBUTSU, Kaori<sup>1\*</sup>; ICHIMI, Kazuhiko<sup>2</sup>; YAMAGUCHI, Hitomi<sup>3</sup>; OMI, Hiroiaki<sup>4</sup>; AKIYAMA, Satoshi<sup>4</sup>; MIYAHARA, Kazutaka<sup>5</sup>; YAMAMOTO, Masayuki<sup>6</sup>; KASAI, Akihide<sup>7</sup>

<sup>1</sup> 京都大学森里海連環学教育ユニット, <sup>2</sup> 香川大学瀬戸内圏研究センター, <sup>3</sup> 香川大学大学院農学研究科, <sup>4</sup> 大阪府立環境農林水産総合研究所, <sup>5</sup> 兵庫県水産技術センター, <sup>6</sup> 香川県水産試験場, <sup>7</sup> 京都大学フィールド科学教育研究センター  
<sup>1</sup>CoHHO Educational Unit, Kyoto Univ, <sup>2</sup>Seto Inland Sea Regional Res Cntr, Kagawa Univ, <sup>3</sup>Faculty of Agriculture, Kagawa Univ, <sup>4</sup>Res Ins Env Agr Fish, Osaka Pref, <sup>5</sup>Hyogo Fish Technol Inst, <sup>6</sup>Kagawa Pref Fish Exp Stn, <sup>7</sup>FSERC, Kyoto Univ

瀬戸内海は、かつて富栄養の海として捉えられていたが、近年では、栄養塩負荷削減に伴ってその状態が解消しつつある。その一方、ノリ養殖に対する栄養塩不足や多くの魚介類の漁獲量減少など新たな問題が生じている。これらの諸問題は、高度成長期以降現在まで、生態系構造が変化してきていることを示唆している。瀬戸内海においては、1960-90年代に広域で基礎生産速度が測定されているが、近年のデータは限られている。そこで本研究では、東部瀬戸内海で基礎生産量を測定し、栄養塩負荷削減に伴う基礎生産構造の変化を調べた。

本研究では、大阪湾に2定点、播磨灘に2定点、備讃瀬戸に2定点、燧灘に1定点を設けた。各定点において、透明度の2.8倍を海面への入射光が1%となる深度(補償深度)と仮定し、入射光の100, 48, 33, 14, 8.3%となる各深度から採水を行った。試水は300 μmメッシュのネットで濾して動物プランクトンを除去した。ただし、細胞径が300 μm以上となる大型珪藻種が観察されたときはネットを介さなかった。持ち帰った試水を1Lのポリカーボネイト容器2本に分取し、<sup>13</sup>Cで標識した重炭酸ナトリウムを全炭酸量の10%になるように添加した後、人工気象器で約2時間培養した。培養温度は現場表層水温に合わせ、光強度は、最大光度を460-480 mol m<sup>-2</sup> sec<sup>-1</sup>とし、遮光フィルターにより減衰させ各深度での値に合わせた。培養時間経過後、ガラス繊維ろ紙(GF/F)を用いて懸濁物を捕集し、培養前後の濾物に含まれる<sup>13</sup>C量と現場水の全炭酸量から基礎生産量を求めた(Hama et al., 1983)。基礎生産の測定は、2013年9月、11月、2014年2月、5月、8月に行った。

測定された基礎生産量は測定日間で差異がみられた(Fig. 1)。基礎生産量は、2013年9月、11月および2014年8月と比べて、2013年2月、5月は全体的に低い値を示した。1979-80年(Uye et al., 1986)と1993-94年(Tada et al., 1998)の調査では、本研究と同様に、基礎生産量が冬季(1月)に低いことが示されている。一方、彼らの春季(4月)の測定結果は、夏季や秋季との間に差異はなく、本研究の春季(5月)の結果とは異なっていた。

夏・秋季の調査(2013年9月、11月、2014年8月)では、基礎生産は地点間で大きく変動した。大阪湾の湾奥と燧灘では調査期間を通じて低い値を示し、大阪湾の湾奥、播磨灘、備讃瀬戸の測点は調査日ごとに大きく変動した。調査区域での最大値は、2013年9月、11月には播磨灘で、2014年8月には大阪湾の湾奥でみられた。2014年2月、5月、8月の基礎生産は、大阪湾の湾奥で最大値を示し、播磨灘、備讃瀬戸、燧灘の順で低下した。一方、2013年9月、11月は上記と異なる分布性状を示し、備讃瀬戸の定点でも高い基礎生産がみられた。これは、備讃瀬戸での低い値について記述したTada et al. (1998)の結果とは異なるものであった。

夏・秋季の調査における基礎生産の最大値は、1.0-1.6 gC m<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup>であり、これは1993-94年の夏・秋季の最高値と同程度であった。しかし、前述したように5月の値が全体的に低かったことや、2014年8月の備讃瀬戸と燧灘の値が1993-94年7月・10月の値より低いなど、過去との相違点もみられた。今後、基礎生産構造の変化について議論を深めていくためにも、本研究でみられた基礎生産の分布変動を引き起こした要因について、解析を進めていく必要がある。

### 引用文献

Hama et al. (1983): *Marine Biology*, **73**, 31-36.

Tada et al. (1998): *J. Oceanogr.*, **54**, 285-295.

Uye et al. (1987): *J. Oceanogr. Soc. Japan*, **42**, 421-434.

キーワード: 瀬戸内海, 一次生産, 植物プランクトン

Keywords: the Seto Inland Sea, primary production, phytoplankton

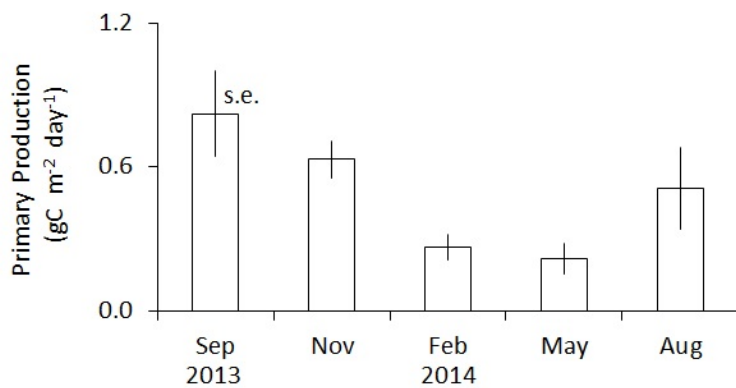


Fig. 1 Primary production in the eastern part of the Seto Inland Sea .

元素組成と炭素・窒素安定同位体比から推定する河口干潟の底生微細藻類と栄養塩の分布特性  
Distribution of benthic microalgae and nutrients in tidal flat sediments estimating from chemical composition and  $\delta^{13}\text{C}$

山本 真里子<sup>1\*</sup>; 原田 尚美<sup>2</sup>; 佐藤 都<sup>2</sup>; 上野 振一郎<sup>1</sup>; 杉谷 健一郎<sup>1</sup>  
YAMAMOTO, Mariko<sup>1\*</sup>; HARADA, Naomi<sup>2</sup>; SATOU, Miyako<sup>2</sup>; UENO, Shinichiro<sup>1</sup>; SUGITANI, Kenichiro<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 名古屋大学大学院環境学研究科, <sup>2</sup> 独立行政法人海洋研究開発機構

<sup>1</sup> Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, <sup>2</sup> Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

微細藻類は環境変化に適応し群集組成を変化させることから、これまで海水準変動など古環境推定や淡水の有機汚濁指標などに利用されてきた。底生の微細藻類である付着珪藻は、一般に環境条件に対する適応範囲が広く、主に光と摂食圧が群集組成の制御要因とされている。しかし物理環境が近い場所では種によって異なる栄養塩要求が群集組成に影響を与える可能性がある。そこで本研究では、底生微細藻類が食物連鎖の基盤を担っている干潟を対象に、その群集組成と栄養塩の関係を明らかにすることを目標として、堆積物のクロロフィルaと各元素および炭素・窒素安定同位体比分布を分析した結果を報告する。

対象地は名古屋港最奥部に位置する藤前干潟である。2014年7月に堆積物表層試料(深さ1.5cm)を採取した。合計25個の試料について、クロロフィルaを分光光度計、各元素組成(TOC, TN, SiO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO, MnO, CaO, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Cr, Cu, Pb, Zn, Zr)を蛍光X線分析装置で、 $\delta^{13}\text{C}$ および $\delta^{15}\text{N}$ は安定同位体比質量分析装置を用いて分析を行った。

高い相関関係を示した組み合わせはクロロフィルaとTN(全窒素)( $r=0.70, p<0.001$ )、次いでクロロフィルaとTOC(全有機炭素)( $r=0.68, p<0.001$ )であったが、クロロフィルaとexcess-Pとの相関は低かった( $r=0.09, p>0.5$ )。次にクロロフィルa、および各元素濃度を用いて主成分分析を行ったところ、粗粒な鉱物を形成あるいはそれらに吸着・結合するAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, K<sub>2</sub>Oのグループ(グループ1)、細粒な鉱物に吸着・結合するCr, Cu, Pb, Zn, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>のグループ(グループ2)、iii)有機物であるTOC, TN, クロロフィルa(グループ3)に分類できた。そしてグループ1は河川流入口に近い場所に、グループ2は河川流入口から離れた場所に、そして両者の間にグループ3が分布することが分かった。また炭素安定同位体比について、表層試料(平均-25.99‰)は全て河川懸濁物(平均-25.94‰)に近い値を示し、藤前干潟堆積物の有機物起源は河川から供給される陸源性有機物あるいは浮遊性藻類が卓越していたことを示した。干潟底生微細藻類は、植物プランクトンに比べ重い $\delta^{13}\text{C}$ 値(約-18‰)を示すと言われている。今回の分析で堆積物の最も重い $\delta^{13}\text{C}$ の値は-24.6‰であったことから、堆積物に対する底生微細藻類の寄与は小さいと考えられる。

今後は区分した堆積物の特徴と微細藻類の組成について検証し、自生の底生微細藻類について栄養塩分布との関連性を明らかにする予定である。

キーワード: 底生微細藻類, 栄養塩, 干潟堆積物

Keywords: benthic microalgae, nutrients, tidal flat sediments

## 駿河湾沿岸域の海底湧出地下水の評価に向けた地化学調査 Geochemical investigation for evaluation of submarine groundwater discharge in Suruga Bay

小野 昌彦<sup>1\*</sup>; 井川 怜欧<sup>1</sup>; 町田 功<sup>1</sup>; 丸井 敦尚<sup>1</sup>; 村中 康秀<sup>2</sup>; 神谷 貴文<sup>2</sup>; 大山 康一<sup>2</sup>; 伊藤 彰<sup>2</sup>  
ONO, Masahiko<sup>1\*</sup>; IKAWA, Reo<sup>1</sup>; MACHIDA, Isao<sup>1</sup>; MARUI, Atsunao<sup>1</sup>; MURANAKA, Yasuhide<sup>2</sup>;  
KAMITANI, Takafumi<sup>2</sup>; OHYAMA, Koichi<sup>2</sup>; ITO, Akira<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 産業技術総合研究所, <sup>2</sup> 静岡県環境衛生科学研究所

<sup>1</sup>National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, <sup>2</sup>Shizuoka Institute of Environmental and Hygiene

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と考えられており、沿岸域での普遍的な現象であると想定されている。本研究の対象地域である駿河湾は富士山南麓地域に接しており、透水性の良い溶岩流が堆積し活発な地下水流動が存在している。そのため、沿岸域において多量の地下水湧出が生じる可能性がある。

本地域では、海底地下水湧出の空間分布を把握するために、マルチビームソナー、サイドスキャンソナー、サブボトムプロファイラーなどの物理探査を行っている。本研究では、ラドンやラジウムなど地化学トレーサーを用いて、この地域の海底地下水湧出の評価を試みた。発表では、駿河湾におけるこれらのトレーサーの空間分布図と海底地下水湧出との関係について議論する。

キーワード: 海底地下水湧出, 駿河湾, 地化学トレーサー

Keywords: submarine groundwater discharge, Suruga Bay, geochemical tracer

## 日本沿岸域におけるラドン濃度の地域的差異に関わる環境要因の検討 Investigation of environmental factors related to regional differences in radon concentration in Japanese coasts

本田 尚美<sup>1\*</sup>; 谷口 真人<sup>1</sup>; 小野 昌彦<sup>2</sup>; 細野 高啓<sup>3</sup>; 梅澤 有<sup>4</sup>; 杉本 亮<sup>5</sup>; 山田 誠<sup>1</sup>  
HONDA, Hisami<sup>1\*</sup>; TANIGUCHI, Makoto<sup>1</sup>; ONO, Masahiko<sup>2</sup>; HOSONO, Takahiro<sup>3</sup>; UMEZAWA, Yu<sup>4</sup>;  
SUGIMOTO, Ryo<sup>5</sup>; YAMADA, Makoto<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 総合地球環境学研究所, <sup>2</sup> 産業技術総合研究所, <sup>3</sup> 熊本大学, <sup>4</sup> 長崎大学, <sup>5</sup> 福井県立大学

<sup>1</sup>Research Institute for Humanity and Nature, <sup>2</sup>National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, <sup>3</sup>Kumamoto University, <sup>4</sup>Nagasaki University, <sup>5</sup>Fukui Prefectural University

In recent years, submarine groundwater discharge (SGD) have received considerable attention in hydrology and oceanography. Radon-222 ( $^{222}\text{Rn}$ ) is a useful tracer to detect SGD because  $^{222}\text{Rn}$  in groundwater has extremely high concentration compared with surface waters. In Japanese coasts, many researches have been done SGD observations using  $^{222}\text{Rn}$  tracer techniques. If we compiled  $^{222}\text{Rn}$  data from many coasts with different environmental condition, we can get generality related environmental parameters to SGD. Therefore, objectives of this study are to compile the existing observed data in Japanese coasts and to evaluate environmental parameters concerning the regional difference in  $^{222}\text{Rn}$  activities. Firstly, we consolidated  $^{222}\text{Rn}$  data in coastal waters at 10 sites from the northern part to the southern part of Japan. We also prepared environmental parameters in each watershed such as precipitation, geological data and geomorphological characteristics to examine and effect of driving forces on the regional difference of  $^{222}\text{Rn}$  activity. In this presentation, we will show the regional difference of  $^{222}\text{Rn}$  activities in Japanese coasts and statistical analysis results of relationship between compiled  $^{222}\text{Rn}$  data and environmental parameters.

Keywords:  $^{222}\text{Rn}$ , SGD

水の安定同位体から見た福井県小浜市若狭地域における陸域と海域の地下水のつながり  
Using stable isotopes to measure the groundwater connection between land and sea in the Wakasa area

山田 誠<sup>1\*</sup>; 杉本 亮<sup>2</sup>; 小路 淳<sup>4</sup>; 本田 尚美<sup>1</sup>; 小林 志保<sup>3</sup>; 富永 修<sup>2</sup>; 谷口 真人<sup>1</sup>  
YAMADA, Makoto<sup>1\*</sup>; SUGIMOTO, Ryo<sup>2</sup>; SHOJI, Jun<sup>4</sup>; HONDA, Hisami<sup>1</sup>; KOBAYASHI, Shiho<sup>3</sup>;  
TOMINAGA, Osamu<sup>2</sup>; TANIGUCHI, Makoto<sup>1</sup>

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

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

The Wakasa area within Obama city, Fukui Prefecture is a very small area where the mountain and the sea connect. Though groundwater is abundant, there is no conspicuous surface outflow in this area. Groundwater may flow into the sea directly. In order to clarify the connection of groundwater between the seabed of the coastal zone and the land, we sampled groundwater under the seabed and at inland wells, and analyzed the water's stable isotopes in this area. The piezometers for collecting groundwater samples in the seabed (depth: 1m) were installed in eight places along the shoreline. The groundwater from inland well was collected at six wells. The results of isotope analysis of these samples show that the groundwater from the seabed was different from groundwater from the inland well. The origin of groundwater collecting near the shore line recharged from a low elevation area. This result shows the possibility that the groundwater from inland well at the village flows at a deeper place, and discharges at a more offshore seabed.

キーワード: 海底湧水, 水の安定同位体, 流出域

Keywords: Submarine groundwater discharge, Stable isotope, Discharge area



## 小浜湾浅海域における塩水性地下水の湧出量および栄養塩輸送量の季節変化 Seasonal variation in saline submarine groundwater discharge and associated nutrient fluxes into Obama Bay

杉本 亮<sup>1\*</sup>; 大宮 健司<sup>1</sup>; 山田 誠<sup>2</sup>; 谷口 真人<sup>2</sup>  
SUGIMOTO, Ryo<sup>1\*</sup>; OMIYA, Kenji<sup>1</sup>; YAMADA, Makoto<sup>2</sup>; TANIGUCHI, Makoto<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 福井県立大学, <sup>2</sup> 総合地球環境学研究所

<sup>1</sup>Fukui Prefectural University, <sup>2</sup>Research Institute for Humanity and Nature

Submarine groundwater discharge (SGD) is now recognized as a major conveyor of dissolved materials from land to the sea. Nutrient loads carried by SGD are commonly calculated as the product of SGD rate and concentrations of coastal fresh groundwater with the assumption that chemical transport through the coastal aquifer is conservative. However, most of the discharging water is usually saline groundwater (recirculated seawater) except in some karstic, volcanic and glacial areas where it is composed principally of fresh meteoric water. Recent studies have shown that biogeochemical processes in the subterranean estuary would have an important effect on concentrations of the dissolved species. Therefore, it still remains unclear how to identify endmember concentrations in a subterranean estuary for calculating SGD-derived nutrient fluxes. In this study, to evaluate nutrient fluxes through the saline SGD and their seasonality, we conducted monthly observation from March to November 2014 in the shallow coast in Obama Bay using a Lee-type seepage meter for SGD rate and piezometers for nutrient endmembers in the subterranean estuary. Estimated SGD rates which mainly composed of recirculated seawater ranged from 0.01 cm d<sup>-1</sup> to 3.86 cm d<sup>-1</sup>. This seasonal variation was dominated by integrated precipitation for 30 days before observation date with time lags of 1.5-2.5 months, suggesting that the recharging water takes time to percolate through the unsaturated zone to the water table. Assuming that endmember of nutrients concentrations is derive from saline groundwater in 0.9 m beneath the bottom, fluxes of dissolved inorganic nitrogen (DIN), dissolved inorganic phosphorous (DIP) and dissolved silica (DSi) were 1.9-479.7 μmol m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>, 0.1-15.1 μmol m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> and 7.4-1092.6 μmol m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>, respectively. If we used nutrient concentrations in fresh groundwater, fluxes of DIN and DSi were overestimated while DIP was underestimated, because nutrient concentrations in fresh groundwater were enriched in DIN and DSi while depleted in DIP. These results show that biogeochemical processes in subterranean estuary affect crucial impact on nutrient loads carried by saline SGD.

キーワード: 塩水性海底湧水, 栄養塩フラックス, 季節変化, 地下エスチュアリー

Keywords: saline submarine groundwater discharge, nutrient flux, seasonal variation, subterranean estuary