

大阪湾における大気・海面の二酸化炭素の変動 Changes in Carbon dioxide concentration in the air and surface seawater of Osaka Bay

藤井 智康^{1*}
Tomoyasu Fujii^{1*}

¹ 奈良教育大学
¹Nara University of Education

海洋の中でも陸域からの人為起源の栄養塩や有機物が豊富に流入する沿岸海域では、貧栄養の外海に比べて光合成が盛んであるため、一次生産が大きく、大気CO₂の大きな吸収源となっている可能性がある。最近になって欧米で大陸棚や沿岸海域におけるCO₂の挙動に関する研究が行われるようになってきた。しかしながら、日本の沿岸海域（東京湾・伊勢湾・大阪湾など）におけるCO₂の空間分布や時間変動および吸収・放出量に関するデータはきわめて乏しい。これまでの大阪湾での我々の研究（藤井ら、2010；藤井ら、2011）において、海水中のCO₂の挙動と風の吹送の影響や貧酸素水塊との関連性については明らかにされつつあるが、短期変動の激しい沿岸海域における長期的なCO₂の挙動については未だ明らかにされていない。本研究では沿岸海域の大気と海面のCO₂の短期変動（日から月スケール）について明らかにしたことを報告する。

キーワード: 二酸化炭素, 貧酸素水塊, 大阪湾
Keywords: Carbon dioxide concentration, anoxic water mass, Osaka Bay

津波被災地における塩分及び重金属汚染の実態 Salinization and heavy metal contamination in Tsunami disaster area

小野寺 真一^{1*}, 開發 一郎¹, 大西 晃輝², 西城 潔³, 齋藤 光代⁴
Shin-ichi Onodera^{1*}, Ichiro Kaihotsu¹, Koki Onishi², KIYOSHI SAIJO³, Mitsuyo Saito⁴

¹ 広島大学大学院総合科学研究科, ² 復建調査設計, ³ 宮城教育大学, ⁴ 愛媛大学
¹Integrated Sciences, Hiroshima University, ²Fukken Co., ³Miyagi Education University, ⁴Ehime University

Tsunami caused instantaneously the supply of seawater and sediment deposited on the sea bed to the coastal land. That is a sudden interaction of land and sea. But its effect would continue for a long period. It is an important issue for our water and land resources. For managing and conserving the water resources and agricultural lands in Tsunami disaster area, we aim to confirm salinization and heavy metal contaminations from surface soil to groundwater. We conducted soil and water collections in around Sendai and Minami-Sanriku of Miyagi prefecture and Rikuzen-Takada and Kamaishi of Iwate Prefecture in June and September of 2011 and August of 2012.

We observed the saline crust on the land surface at the each place of Tsunami disaster area. Our observation of a surface soil from the coastal line to the edge of a Tsunami reach in southern Sendai indicated the exponential decline of saline content and the recovery of salinization for the three months from June to September. But the saline content at the most coastal plot increased, because saline accumulation occurred probably by the evaporation. On the other hand, groundwater was rapidly in terms of the recovery.

The chloride concentration at the surface soil from the ground surface to the depth of 1 cm has highest at the most plots in August in 2012. We observed the deposition of marine sand with the thickness of 15 cm above the original ground surface at the plot in Kamaishi. This saline content was highest in the all plots and the twice of sea content. In addition, we detected the higher heavy metal concentration than the water quality standard. Especially, the manganese and copper were detected higher concentration than it at the surface soil of the every plots. We should notice to manage the surface soil as the contamination potential and to conserve the groundwater resources and agricultural soil.

キーワード: 津波, 被災地, 塩類集積, 重金属, 汚染, 地下水
Keywords: Tsunami, disaster, salinization, heavy metal pollution, groundwater

沿岸汽水湖の水収支と巨大津波との関係 The water budget of a coastal lagoon and its relation to a previous mega tsunami

Mamun Abdullah^{1*}, 知北 和久², 岩坂 航¹
Abdullah Mamun^{1*}, Kazuhisa Chikita², Wataru Iwasaka¹

¹ 北海道大学大学院理学院, ² 北海道大学大学院理学研究院

¹Graduate School of Science, Hokkaido University, ²Faculty of Science, Hokkaido University

北海道の南東沿岸部には5つの汽水湖があり、年に数回決壊して湖水は太平洋に流出する。この決壊は湖を堰き止める砂州の最低部で起こり、流入河川の融雪・降雨出水による急激な湖水位上昇がその引き金になっている。この発表では、この汽水湖群の水循環システムを理解するため、その一つである生花苗沼の水収支を評価した。結果として、閉塞時の水収支は外海への砂州を通しての被圧地下水流出と河川流入量とのバランスの上に成り立っていることが判明した。砂州内部のレキ層がその被圧帯水層の役目を果たしており、この帯水層は約2000m長の砂州に沿って海水位近くの高さで分布する。このことから、この帯水層は過去の巨大津波（おそらく1611年の慶長三陸津波）によってレキが運ばれ、その後レキの上に漂砂が堆積して砂州が再構築されたことによって形成されたと考えられる。この発表では、生花苗沼の水収支と動力学的特性についても併せて議論する。

キーワード: 沿岸汽水湖, 水収支, 被圧地下水, 巨大津波

Keywords: coastal lagoon, water budget, confined groundwater, mega tsunami

沿岸帯森林流域における土砂流出特性とその要因

The characteristics of sediment load from a coastal forested drainage basin and their agents

岩坂 航¹, 知北 和久^{2*}, Mamun Abdullah¹, Hossain Md Motaleb¹

Wataru Iwasaka¹, Kazuhisa Chikita^{2*}, Abdullah Mamun¹, Md Motaleb Hossain¹

¹ 北海道大学大学院理学院, ² 北海道大学大学院理学研究院

¹Graduate School of Science, Hokkaido University, ²Faculty of Science, Hokkaido University

北海道の十勝地方沿岸には5つの間欠開口型汽水湖が存在し、この湖沼群の水質・堆積状況は、開口による太平洋沿岸域への水質・堆積にも影響する。また、これらの湖沼群は太平洋のプレート境界から最短150kmの距離にあり、湖沼を堰止めている砂州は過去の巨大津波(おそらく、1611年の慶長三陸津波)によって破壊され再構築された堆積構造を示す。この研究では、汽水湖群の一つである生花苗沼の流入河川流域(約88%が森林帯)における土砂流出の実態を、河川水の浮遊物質濃度Cと河川流量Qの時系列データを得ることで調べた。その結果、C~Q間の相関図上で一般河川には希な反時計のループ(CのピークC_pがQのピークQ_pより遅れて現れる)を描くことが判明した。この発生頻度は、反時計回り>同時(C_pとQ_pが同時に発生)>時計回り(C_pがQ_pに先行して現れる)の順であり、一般河川の逆であった。反時計回りが起こる機構として、河道に至る斜面側方流(subsurface flow)による土壌浸食が考えられる。

キーワード: 土砂流出, 沿岸帯, 森林流域, ヒステリシス

Keywords: river sediment load, coastal region, forested river basin, hysteresis

噴火湾における海洋環境及び漁業生産に果たす河川出水の役割

Role of river runoffs on ocean environment and fishery production around Funka Bay, Japan

中田 聡史^{1*}, 石川洋一², 淡路敏之³, 印貞治⁴, 小山田耕二¹, 齊藤誠一⁵Satoshi Nakada^{1*}, Yoichi ISHIKAWA², Toshiyuki AWAJI³, Teiji IN⁴, Koji KOYAMADA¹, Sei-ichi SAITOH⁵¹ 京都大学 高等教育研究開発推進機構, ² 海洋研究開発機構, ³ 京都大学, ⁴ 海洋財団, ⁵ 北海道大学 水産学部¹Institute for the Promotion of Excellence in Higher Education, Kyoto University, ²Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, ³Kyoto University, ⁴Japan Marine Science Foundation, ⁵Faculty of Fisheries Sciences, Hokkaido University

噴火湾は、親潮水 (OW) と津軽暖流水 (TW) が季節的に流入するユニークな半閉鎖的な内湾として知られている。このような北太平洋西部亜寒帯水と亜熱帯水とを起源とする二つの外洋水に支配される内湾は世界的に希少である。この海洋環境によって海洋生物多様性が促進され、湾内ではサケ・マス等の寒海性種や、カツオ等の暖海性種が漁獲されている。噴火湾に流れ込む 50 以上の小河川は、どれも集水域が 500km² 以下ではあるものの、湾内には顕著な淡水影響域が形成され、ホタテやコンブなどの沿岸漁業に多大な影響を与えている。噴火湾では、時空間的に高解像度な陸海結合モデルによる海洋予測システムが開発された。このシステムによる再現計算データを用いて、噴火湾における陸域・海域相互作用を解析することが可能となっている。

本研究では、噴火湾内で形成される水塊・流動場とそれらの変動へ果たす河川水の役割について調べた。また、陸海域の経年環境変動がコンブ漁獲高にどの程度影響を与えているかを類推した。海況と漁獲高に顕著な差異があった 2008 年と 2009 年を例に、2009 年のコンブ不漁地域差の要因を考察した。

陸海結合モデルによる高解像度再現計算は、京都大学海洋大循環モデルと陸域マルチ河川モデルを噴火湾において局所結合した陸海結合モデルを使用した。青森県の太平洋側と日高湾を含む領域を水平解像度約 1.5km、鉛直 78 層で分解した。4 次元変分法を用いた北西北太平洋の海況再解析データと 3 段階のネスティング手法によって側面開境界条件を決定した。海面境界には GPV-MSM の 3 時間平均風応力と NCEP-NCAR の 6 時間平均熱・水フラックスを与えた。マルチ河川モデルは、全河川の集水域の植生・熱・水収支が考慮された分布型タンクモデルで構成される。外力は GPV-MSM データを与えた。

噴火湾では時計回りの循環場は河川出水および風応力によって駆動される。本再現計算では、夏季の風が穏やかな日においても時計回りの循環場が確認された。3 月から 6 月にかけて噴火湾内に注ぐ河川からの融雪出水は河川流量全体の 8 割近くを占めた。2009 年は時計回りの循環場が強いことがわかった。2009 年は積雪が多く、雪解け水による春季 (3~7 月) における平均全河川流量 (145 m³/s) が 2008 年 (132 m³/s) のそれより多いため、時計回りの循環が強化されたと考えられる。河川の栄養塩濃度から湾内への全窒素負荷量 (TN) を見積もると、2009 年 (141 ton/月) は 2008 年 (182 ton/月) の 1.3 倍であり河川流量の増加に伴って負荷量も増加した。

河川水を考慮した場合と、考慮しない場合の数値実験によって感度解析を実施した。解析期間は、典型的な噴火湾の海洋環境場が観測された 2008 年を対象とした。河川を考慮した計算は、湾内における水塊配置の季節変化をうまく再現していた。河川からの融雪出水を受けて、4 月以降に低塩な噴火湾夏季表層水 (FS) が親潮水 (OW) の直上に形成された。ところが、河川無しの場合では FS がほとんど形成されなかった。河川を考慮した場合、海面冷却による対流により混合水 (MW) が形成されるが、河川を考慮しなかった場合、MW の量は著しく少なく、非現実的な津軽暖流水 (TW) が噴火湾全体を占めていた。

本研究結果から、主に融雪出水由来の河川希釈水は、夏季から秋季にかけて時計回りの循環を強化させていることがわかった。また河川希釈水は FS を形成して湾内に滞留し、海面冷却期における TW の水塊形成量を抑制させていることがわかった。2009 年は親潮流入が著しく小さく、噴火湾南岸ではコンブ漁獲量が 2008 年の半分以下に、北岸は 1~3 割程度減少した。北岸でコンブ漁獲量減少が抑制されたのは、河川から流入した栄養塩が河川水流入によって強化された時計回りの渦により北岸に沿って移流され、コンブの成長を促した可能性がある。

キーワード: 陸海域相互作用, 陸海結合モデル, 融雪出水, 水塊形成, 高解像度シミュレーション, 噴火湾

Keywords: land-sea interaction, a land-sea-coupled model, snowmelt runoff, water mass formation, high-resolution simulation, Funka Bay

揚子江の流量と懸濁物輸送との関係

Interrelationship between water discharge and suspension transport of the Yangtze River

入野 智久^{1*}, 齋藤 京太², 多田 隆治², 鈴木 克明², 羅超³,

Tomohisa Irino^{1*}, Keita Saito², Ryuji Tada², Yoshiaki Suzuki², Chao Luo³, Hongbo Zheng⁴

¹ 北大・地球環境, ² 東大・理, ³ 南京大, ⁴ 南京師範大

¹Faculty of Environmental Earth Science, Hokkaido Univ., ²Faculty of Science, Univ. of Tokyo, ³Nanjing Univ., ⁴Nanjing Normal Univ.

Water discharge and suspension load of a river are potentially recorded in sediments in the drainage and / or the river mouth. Isotope composition of fossil calcareous skeletons and detrital provenance and flux reconstructed from the sediment samples could provide us useful proxies for paleoclimatic study. Sediment load from the Yangtze River to the East China Sea (ECS) from the delta to the Okinawa Trough have been widely used to reconstruct the East Asian summer monsoon (EASM) in the past since the water discharge from the Yangtze would be highly affected by monsoon rain, which could deliver much fresh water and sediment to the ECS. The past impact of fresh water from the Yangtze could be reconstructed from stable oxygen isotope signal recorded in the fossil calcareous skeletons found in the ECS sediments, which has also been used as proxy for EASM.

Theoretically, sediment provenance and its yield could be changed from time to time depending on the distribution of precipitation which would control the balance of water discharges from the tributaries. Change in the precipitation distribution also affects the water isotopic composition of each tributary and then the main stream of the Yangtze. Although such variability could change the end-member composition and concentration of the fresh water and sediment load provided to the ECS, paleoceanographic studies in this region have not considered well about the potential change in the basic condition. Therefore, we need to know the water isotope and sediment budget along the Yangtze main stream with regards to the inputs from its major tributaries in order to understand the potential effects from the change in the distribution of the EASM precipitation.

For this purpose, we have started a systematic sampling of the Yangtze River water to determine the stable oxygen and hydrogen isotope ratios and suspension loads during summer in 2011 and winter in 2012. Water samples were taken at main junctions of the major tributaries. The amount of suspended solids (SS: mg/L) of water sample is determined from the weight of solid particles filtered out on nitrocellulose filter and the volume of water filtered. Hydrogen and oxygen isotope ratio of water sample was measured using ThermoFisher Scientific MAT253 Isotope Ratio Mass Spectrometer with GasBench II.

Water discharge of the Yangtze main stream is approximately 4 times higher in summer than in winter, and the summer discharge increases downstream from ~6,000 m³/s in the Sichuan Basin to ~40,000 m³/s at Nanjing. SS of mainstream is always higher than any other main branches and several to ten times higher in summer than winter. SS is diluted by the less turbid branch water and the summer SS decreases downstream from ~430 mg/L in the Sichuan Basin to ~85 mg/L in Nanjing. Though SS tends to be diluted at every junction with clean branch water, the total transported SS is maintained nearly constant along whole main stream path. Seasonal contrast of SS is significantly larger in the upstream than downstream, which suggests that the upstream responds more sensitively to a discharge event (e.g. heavy rain or flooding).

Summer oxygen isotope value in the upper Jinshajian is -14 permil VSMOW and the value is increased downstream to -8.2 permil VSMOW at Shanghai by the mixing of isotopically heavier water from branches. Slightly larger difference of isotope value between upstream and downstream in summer than in winter suggests the contribution of the EASM precipitation in the region close to the vapor source ocean and of lower altitude. However, summer isotope ratio and d-excess of the branches in the lower reach is higher than winter ones, which also suggests the effect of more active evaporation during summer.

キーワード: 揚子江, 流量, 懸濁物組成, 懸濁物輸送量

Keywords: Yangtze River, discharge, suspension composition, suspension load

Modeling river sediment load from a coastal forested catchment Modeling river sediment load from a coastal forested catchment

Md Motaleb Hossain^{1*}, Kazuhisa Chikita², Abdullah Mamun¹, Wataru Iwasaka¹
Md Motaleb Hossain^{1*}, Kazuhisa Chikita², Abdullah Mamun¹, Wataru Iwasaka¹

¹Graduate School of Science, Hokkaido University, ²Faculty of Science, Hokkaido University

¹Graduate School of Science, Hokkaido University, ²Faculty of Science, Hokkaido University

A considerable portion of suspended sediment discharging into the Pacific Ocean annually is contributed by forested catchments. It is important to find out the sediment source in such forested catchments. Here, we explored how sediment load occurs by rainfall and snowmelt runoff in the forested (ca 90% area) Oikamanai river basin, Tokachi, Hokkaido. Grain size and mineralogy of catchment soil and stream sediment, survey techniques, and turbidimeters provide the information that can be used to determine the sources of sediment. In this study we used semi-distributed model like ArcSWAT 2009 to find out the sediment source in the forested Oikamanai river catchments, Hokkaido, Japan by simulating sediment-load time series. This catchment is connected to the Oikamanai Lagoon opening sporadically to the Pacific Ocean. Hence, the sediment-load simulation is important to understand the sedimentation, water quality and ecosystem in the lagoon and the marine offshore region.

キーワード: forested catchment, sediment load, modelling, coastal lagoon

Keywords: forested catchment, sediment load, modelling, coastal lagoon

燧灘の栄養塩空間分布とその形成要因

Spatial variation of nutrients and its controlling factors in the Hiuchi-Nada

日高元喜¹, 小野寺 真一², 齋藤 光代^{3*}, 金 広哲², 大西 晃輝², 吉川 昌志², 清水 裕太²

Genki Hidaka¹, Shin-ichi Onodera², Mitsuyo Saito^{3*}, Guangzhe Jin², Koki Onishi², Masashi Yoshikawa², Yuta Shimizu²

¹ 広島大, ² 広島大・院, ³ 日本学術振興会特別研究員 PD, 愛媛大

¹Hiroshima Univ., ²Grad. School of Hiroshima Univ., ³JSPS PD, Ehime Univ.

近年瀬戸内海においては、下水道の整備等にもない陸域由来の栄養塩供給が減少し、結果的に海域の栄養塩濃度を減少させている可能性が指摘されている。特に、瀬戸内海中央部のような外洋から離れた閉鎖性海域においては、陸域由来の栄養塩が基礎生産を支える主要な役割を果たしていると考えられる。したがって、河川水や地下水、および沿岸海底堆積物からの詳細な栄養塩供給機構を把握した上で、栄養塩環境の保全や管理について対策を立てていく必要がある。しかしながら、現在の海域の栄養塩分布を形成している要因を詳細に検討している事例は少ない。そこで本研究では、瀬戸内海中央部に位置する燧灘を対象とし、海域の栄養塩分布の特徴を把握するとともに、河川水や地下水といった陸域からの栄養塩供給が栄養塩分布に及ぼす影響について考察することを目的とした。

燧灘の西部海域を対象とし、沖合 10 地点、沿岸域 12 地点、主要流入河川（加茂川、中山川、蒼社川、国領川の 4 河川）および沿岸域の地下水 6 地点における採水、燧灘海底部における堆積物の採取を行った。また、水試料の栄養塩濃度および堆積物試料の形態別リン、生物起源シリカの定量分析を行った。

燧灘表層の栄養塩は沿岸域で高く、沖合ほど低くなり、特に東部でより低い傾向を示した。その一方で、底層では西部の方で低い傾向にあり、表層と底層では全く異なる層を形成していることが確認された。堆積物中のリン、生物起源シリカ量はそれぞれ中部、東部で高い傾向を示した。陸域からの栄養塩供給については、河川流出量は中部で大きく、地下水流出量は西部で大きい傾向が示唆された。以上の結果および海水のクロロフィル濃度分布等を踏まえた考察の結果、燧灘の栄養塩環境は、中部では河川からの供給量に、西部では地下水による供給量に、また、東部では堆積物からの回帰量に依存している可能性が示唆された。

間欠開口型沿岸汽水湖の熱収支について The heat budget of a sporadically open coastal lagoon

Mamun Abdullah^{1*}, 知北 和久², 岩坂 航¹
Abdullah Mamun^{1*}, Kazuhisa Chikita², Wataru Iwasaka¹

¹ 北海道大学大学院理学院, ² 北海道大学大学院理学研究院

¹Graduate School of Science, Hokkaido University, ²Faculty of Science, Hokkaido University

北海道の十勝沿岸にある5つの汽水湖は、年に数回、砂州が決壊して太平洋に開口する間欠開口型の湖沼である。この流出によって、汽水湖は湖水の96%以上を失う。この発表では、この特異な湖沼の一つである生花苗沼（おいかまなぬま）の熱収支について議論する。同湖の水収支については、無降雨の閉塞時は河川流入と周囲への地下水流出が釣り合った状態にあった。このときの熱収支は、季節に応じた湖面からの潜熱フラックスの変動によって全体の熱収支がコントロールされていることが予想される。

キーワード: 沿岸汽水湖, 間欠開口型, 熱収支

Keywords: coastal lagoon, sporadical opening, heat budget