

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24年5月15日現在

機関番号：15201

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2009～2011

課題番号：21340147

研究課題名（和文） 近年の海面水位上昇による沿岸水の滞留時間の長期化問題と生態系への影響

研究課題名（英文） Expanding of residence time of coastal lagoon water by means of recent sea-level rise and the effect on ecological system

研究代表者

野村 律夫（NOMURA RITSUO）

島根大学・教育学部・教授

研究者番号：30144687

研究成果の概要（和文）：閉鎖性海跡湖の水の動態を環境放射であるラジウム・ラドン同位体を使って明らかにすることができた。また、湖水の滞留時間を求めることができ、環境評価の基準としての有効性を確認した。しかし、複雑な環境要因が混在する沿岸水域では、 γ 線装置による測定において分析試料の検数に限界があることも確認された。沿岸水が閉鎖性海跡湖へ及ぼす影響については、有孔虫群集から確認できるが、水の滞留時間と有孔虫生態系との間には明確な相関が求められなかった。仮説に反して、沿岸水の影響は活発化している可能性がある。

研究成果の概要（英文）：I performed to clarify the water dynamics of coastal lagoon water by measuring the Radium and Radon radioactivity, and confirmed the effectiveness to understand the residence time of water. I recognized, however, some difficulties to overcome a number of sample analyses, because of various environmental factors depending on each other. I could not found clear correlation between meiobenthic foraminiferal ecology and the water residence time. In contrast to a prerequisite hypothesis that the recent sea-level rise making the lagoon water stagnant, still needs to be re-examined, due to recent change of foraminiferal assemblage.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	8,700,000	2,610,000	11,310,000
2010年度	2,900,000	870,000	3,770,000
2011年度	2,700,000	810,000	3,510,000
年度			
年度			
総計	14,300,000	4,290,000	18,590,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・地質学

キーワード：海面水位変動，環境放射能，ラジウム同位体，滞留時間，汽水域，沿岸生態系

1. 研究開始当初の背景

（1）自然変動と人為的影響の相互作用のなかで現在の生態系が、過去100年間に地史的イベントに相当する変化している。堆積物コアに放射能年代測定法による高密度分析を適用し、1～2年程度の時間分解能を得られるようにしたところ、①閉鎖性海跡湖の生態系が海面水位や湖内の海水循環と連動しな

がら変動していること。②80%に及ぶ群集変化が自然を人工改変することで急激な変化（1～4年以内）が起こりえること。③海面水位上昇や人為的栄養バランスの変化と関連して、富栄養型群集の増大が起きていることなどを明らかになってきた。この高解像度の時間認識は、堆積物に記録された過去のイベントの背景を省庁・自治体の環境観測デー

タと年単位の対応させることができ、現在の地球環境問題へ貢献できる応用的課題へと発展させることができる。

(2) 海面水位の上昇は1970年代後半以降、とくに80年以降に顕著になることと、海跡湖で富栄養状態の典型的な群集が増加する。海面上昇が水循環にどのような影響を与えているのか、解明するため水の循環と滞留時間が生態系へ与える影響を調査する必要がある。

2. 研究の目的

(1) 近年の閉鎖性沿岸汽水域は、自然変動に加えて、人為的な自然改造・人工構築物の存在によって、極めて複雑な水塊の動態が起こっている。そのような水の滞留時間を見積もることによって、栄養塩類の収支や堆積場の理解が可能になり、地域的な視点からグローバルな地球環境問題へとリンクさせることができる。

(2) 流入・流出量の収支による滞留時間の推測に代わって環境放射能を使って水塊の滞留状況を調査する。これまでのところ、循環速度に関する情報が少ないため、ウラン・トリウム系列の放射能を利用して、現地調査に基づく効果的な測定を実施する。

(3) 沿岸水の滞留時間が生態系へ及ぼす影響を評価する。分析の対象は、低～高塩分よりなる代表的な汽水湖として中海・宍道湖を計画遂行のための実践的なフィールドとし、年次計画に従い他地域へと展開する。

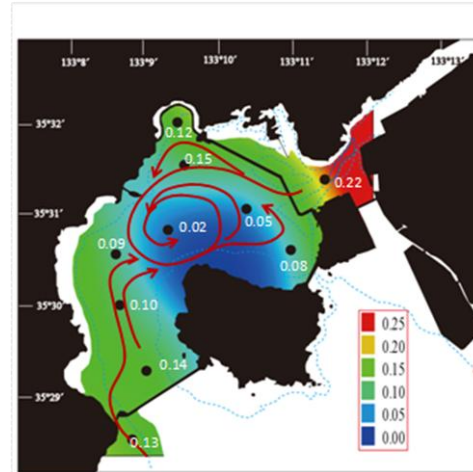
3. 研究の方法

(1) 現地で直接、マンガン繊維にRa同位体元素を吸着させる方法と水深ごとに40～60Lを採水し、室内でマンガン繊維に吸着させる方法の2通りを行った。また、ラドンについては現地で採水と計測を行った。②生態系の調査では、底質に普遍的に産する有孔虫(メイオベントス)を扱った。中海、湖山池、児島湾について、調査を行った。

(2) ^{224}Ra 、 ^{226}Ra 、 ^{228}Ra の測定は、Canberra-Eurisys社の γ 線測定装置、井戸型Ge Detector (EGPC-150-P16)と同軸型(GXP4500)を使用した。測定にあたっては、マンガン繊維を灰化させ、粉末試料の2.0gをスチロール管または3.0gをU8管に封入後、密閉状態で保存した。 ^{226}Ra と ^{228}Ra の測定は、ラドンを含む娘核種が親核種であるラジウムと放射平衡に達する3週間後以降に295keVと352keVの ^{214}Pb 、339keVと912keVの ^{228}Ac の壊変数からそれぞれ求めた。測定時間は試料当たり85000秒とした。 ^{224}Ra は試料採取後3～5日以内に試料当たり18000秒測定し、238keVの ^{212}Pb の壊変数から求めた。さらに、測定値から ^{228}Ra 濃度を引いた濃度として扱った。

(3) ラドン(^{222}Rn)濃度の変動調査では、 α 線測定装置(Durridge社のRAD7)を利用した。現地で直接、ホースで採水し、1.7リットル/分の流量を維持しながら水からラドンを放出させた(RAD AQUAを利用)。RAD-AQUAで放出させたガスを α 線装置に導き、 α 崩壊の数を計測し、 Bq/m^3 単位で測定値にした。

図1. 本庄工区の表層水のRa比と循環パターン



4. 研究成果

(1) 中海の干拓予定地であった本庄工区内の表層水(水深2m)の $^{224}\text{Ra}/^{228}\text{Ra}$ の放射能比は図1に示すような分布がみられた。 $^{224}\text{Ra}/^{228}\text{Ra}$ 比は時間に反比例して減少することから、比は滞留時間の差を示していると考えられる。今回のRa同位体比によって、湖水の循環のパターンが反時計回りに起こっていることを明らかにすることができ、この手法の水循環への応用が一段と高まった。

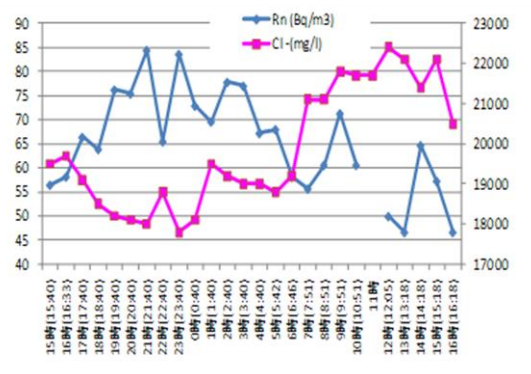


図2. 中海の底層水のRn濃度と塩分との関係

(2) 中海の浚渫窪地近くの底層水について、ラドン濃度の変化を連続観察した。ラドン濃度が高い状態であった時には、塩分が薄く、しかも酸素濃度も高いため陸水の影響を受けていた。ラドン濃度が低いときには塩分が高く、酸素濃度も低いことから湖水の逆流が起こっていた。浚渫窪地に滞留していた水が湧昇した結果とみられる。測定で最も低いラ

ドン濃度が約 40Bq/ m³であった。この値は、窪地の水の濃度に近い。ラドンを使って相対的な水の動きを追跡できることや、供給源の推定が可能となった。

(3) 鳥取県にある湖山池の湖水の滞留時間を²²⁴Ra/²²⁸Ra比の測定によって求めた。5地点の上層(水深1m)と下層(水深2~3.5m)を60L採水し、船上でろ過した。放射能比が最も高い海水を起源とすると、上層水は8~19日の滞留日数を求めることができた。

(4) Ra 同位体 (²²⁴Ra, ²²⁶Ra, ²²⁸Ra) と広範囲の塩分外間には一定した相関のあることが確認されるが、今回扱った水域の塩分(25~32‰の範囲)では、有孔虫群集の生態的な関係との間に明瞭な相関が見られなかった。しかし、端成分的な扱いで見ると、明らかに滞留時間の長い水域(14日)では、溶存酸素濃度も低く、有孔虫現存量も少ない。反対に、滞留時間の比較的短く(3日)、海水交換の行われる場所では現存量は高いことが確認された。明瞭な相関を見出すことができなかった原因には、メイオベントス用の試料の採取方法に問題があるとみられ、改善を行うこととする。

(5) 閉鎖性汽水域(海跡湖)の有孔虫群集が最近数年の間に水塊停滞性の群集の発達が悪まっている可能性が推察されるようになった。対馬暖流の活動も強くなっている傾向がみられ、沿岸流が海跡湖へ及ぼす影響について、再評価を行う必要が新たに生じた。

(6) 汽水域から閉鎖性沿岸水域における長短の半減期を有す Ra 同位体を使った滞留時間測定や Rn と Ra による水の動きを解明する試みは、国内での先行研究があったために、本研究はこの分野を前進させることができた。生態系との関係も新たな視点で捉えることができた。しかし、Ra の水系内における溶出または供給源からの分散過程や季節的濃度変化の要因等の分析が未解決として残った。

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 16 件)

① Grenfell, H. R., Hayward, B. W., Nomura, R. and Sabaa, A., A foraminiferal proxy record of 20th century sea-level rise in the Manukau Harbour. *Journal of New Zealand Marine and Freshwater Research*, 査読有, 63, 2012, 370-384

② 吉岡 薫・廣瀬孝太郎・入月俊明・河野重範・野村律夫・後燈明あすみ・岩井雅夫, 兵庫県播磨灘北部沿岸域における過去数百年間の珪藻群集と海洋環境の変化. 査読有, 第四紀研究, 51, 2011, 103-115

③ Inoue, M., Kofuji, H., Nagao, S.,

Yamamoto, M., Hamajima, Y., Yoshida, K., Fujimoto, K., Takeda, T., Isoda, Y., Lateral variation of ¹³⁴Cs and ¹³⁷Cs concentrations in surface seawater in and around the Japanese Sea after the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident. *Journal of Environmental Radioactivity*, 査読有, 109, 2011, 45-51

④ Inoue, M., Kofuji, H., Hamajima, Y., Nagao, S., Yoshida, K. and Yamamoto, M., ¹³⁴Cs and ¹³⁷Cs activities in coastal seawater along Northern Sanriku and Tsugaru Strait, northeastern Japan, after Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident. *Journal of Environmental Radioactivity*, 査読有, DOI: 10.1016/j.jenvrad. 2011.09.012.

⑤ Irizuki, T., Takimoto, A., Sako, M., Nomura, R., Kakuno, K., Wanishi, A. and Kawano, S., The influences of various anthropogenic sources of deterioration on meiobenthos (Ostracoda) over the last 100 years in Suo-Nada in the Seto Inland Sea, southwest Japan. *Marine Pollution Bulletin*, 査読有, 62, 2011, 2030-2041

⑥ 野村律夫・河野重範・辻本 彰, 島根県佐陀川に記録された Ammonia イベント, *Laguna (汽水域研究)*, 査読有, 18号, 2011, 1-12

⑦ Nomura, R. and Kawano, S., Foraminiferal assemblages response to anthropogenic influence and parallel to decadal sea-level changes over the last 70 years in Lake Kugushi, Fukui Prefecture, southwest Japan. *Quaternary International*, 査読有, 230, 2011, 44-56

⑧ 入月俊明・伊藤久代・吉岡 薫・河野重範・野村律夫・田中裕一郎・佐古恵美, 山口県周防灘北東部笠戸湾周辺における現生貝形虫群集と海洋環境. 島根大学地球資源環境学研究报告, 査読無, 29巻, 2010, 11-20

⑨ Nomura, R., Seto, K. and Tsujimoto, A., High tide dispersion of marine benthic foraminifera into brackish waters: implications for dispersion processes during sea-level rise. *Laguna (汽水域研究)*, 査読有, 17号, 2010, 15-21

⑩ 野村律夫・中村光作, γ 線測定装置2機種による Ra 同位体の測定と相互利用. 島根大学教育学部紀要(自然科学), 査読無, 44号 2010, 121-124

⑪ Takata, H., Nomura, R. and Khim, B.-K., Response of abyssal benthic foraminifera to mid-Oligocene glacial events in the eastern Equatorial Pacific Ocean (ODP Leg 199). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 査読有, Vol. 292, 2010, 1-11

⑫ Inoue, M., Nakano, Y., Yoshida, K., Yoko

Kiyomoto, Y., Kofuji, H., Hamajima, Y. and Yamamoto, M., Seasonal variation of 228Ra/226Ra ratio in surface water from the East China Sea and the Tsushima Strait. *Journal of Oceanography*, 査読有, Vol. 66, No. 3, 2010, 425-428

⑬ 入月俊明・後燈明あすみ・河野重範・吉岡薫・野村律夫, 兵庫県相生市沖の播磨灘北部における現生貝形虫群集と環境要因との関連. 島根大学地球資源環境学研究報告, 査読無, 27巻, 2009, 1-9

⑭ 野村律夫・瀬戸浩二・高田裕行, 中海湖心部における湖底の水中映像 (その5): 冬季から春季の季節変化時における湖底の動態. *Laguna* (汽水域研究) 査読有, 16号, 2009, 19-45

⑮ Nomura, R., Kawano, S. and Yajima H., Brackish water thecamoebians as an indicator of sea-level changes in Lake Koyama-ike, Tottori Prefecture, southwest Japan, over the last 60 years. *The Quaternary Research* 査読有 Vol. 48, 2009, 305-320

⑯ Nomura, R. and Roser, B. P., Foraminiferal responses to flood events, human activities and sea-level changes in brackish Lake Jinzai, Shimane Prefecture, southwest Japan, in the last 60 years. *The Quaternary Research* 査読有, Vol. 48, 2009, 321-338

[学会発表] (計 34 件)

1. 野村律夫, "Anthropocene" の有孔虫群集が意味すること: 京都府北部・久美浜湾の再訪. 日本古生物学会第 161 回例会, 2012 年 1 月 21 日, 群馬県立自然史博物館 (群馬県富岡市)

2. 野村律夫・河野重範・辻本 彰, 宍道湖の湖水の酸性化問題. 汽水域研究会 2012 年大会・島根大学汽水域研究センター第 19 回新春恒例汽水域研究発表会合同研究発表会, 2012 年 1 月 8 日, 松江市島根県民会館

3. 野村律夫, ラジウム同位体による中海・本庄工区の湖水の滞留時間. 汽水域研究会 2012 年大会・島根大学汽水域研究センター第 19 回新春恒例汽水域研究発表会合同研究発表会, 2012 年 1 月 7 日, 松江市島根県民会館

4. 辻本 彰・野村律夫・福田賢一・河野重範, 瀬戸内海児島湾における現生底生有孔虫 (メイオベントス) の分布と近年の環境変化. 汽水域研究会 2012 年大会・島根大学汽水域研究センター第 19 回新春恒例汽水域研究発表会合同研究発表会, 2012 年 1 月 8 日, 松江市島根県民会館

5. Nomura, R., Tsujimoto, A., Kawano, S., Significance of river sediments on aquatic organisms in coastal lagoon. LOICZ

(Land-Ocean Interactions in the Coastal Zone, 2011 年 9 月 12-15 日, Yantai, China)

6. 野村律夫・河野重範・辻本 彰, 有孔虫群集からみた宍道湖の環境変動 (再検討). 日本地質学会 第 118 年学術大会, 2011 年 9 月 11 日, 茨城大学

7. 河野重範・辻本 彰・野村律夫・福田賢一・入月俊明, 岡山県児島湾奥部のメイオベントス (貝形虫・有孔虫) 群集と内湾環境. 日本地質学会 第 118 年学術大会, 2011 年 9 月 11 日, 茨城大学

8. 辻本 彰・野村律夫・福田賢一・河野重範, 瀬戸内海児島湾における最近の底生有孔虫群集の変化. 日本地質学会 第 118 年学術大会, 2011 年 9 月 11 日, 茨城大学

9. 瀬戸浩二・山口啓子, 中海本庄水域における排水機場跡地を利用した潮通しの効果と物質輸送.

日本陸水学会第 76 回大会 (松江大会), 2011 年 9 月 25 日, 島根大学

10. 野村律夫・辻本 彰・河野重範・福田賢一, 岡山県児島湾におけるラジウム同位体を利用した水塊の動きと有孔虫群集 (メイオベントス) の分布. 瀬戸内海研究フォーラム in 大分 瀬戸内海研究会議, 2011 年 8 月 18 日, 大分市 コンパルホール

11. 野村律夫・小藤久毅・井上睦夫・河野重範・辻本 彰, 汽水湖の有孔虫と湖水の滞留時間 (予察). 日本古生物学会 2011 年年会・総会, 2011 年 7 月 3 日, 金沢大学

12. 入月俊明・滝本紋子・佐古恵美・野村律夫・角野浩二・和西昭仁・河野重範, 近年の内湾貝形虫の群集変化と水質・底質との関連性—周防灘を例として—. 日本古生物学会 2011 年年会, 2011 年 7 月 3 日, 金沢大学

13. 野村律夫・中村光作・辻本 彰・瀬戸浩二, 有孔虫群集からみた密度流拡散装置の閉鎖性沿岸水域への影響評価の概要. 日本古生物学会第 160 回例会, 2011 年 1 月 29 日, 高知大学 (高知県)

14. 野村律夫・中村光作・辻本 彰・瀬戸浩二, ラジウム同位体を利用した湖水の滞留日数. 汽水域研究会 2011 年大会・島根大学汽水域研究センター第 18 回新春恒例汽水域研究発表会, 2011 年 1 月 9 日, くにびきメッセ (松江市)

15. 入月俊明・後燈明あすみ・白澤 唯・吉岡薫・河野重範・野村律夫, 兵庫・岡山県境周辺の播磨灘沿岸域における貝形虫 (甲殻類) の時系列変化. 汽水域研究会 2011 年大会・島根大学汽水域研究センター第 18 回新春恒例汽水域研究発表会, 2011 年 1 月 9 日, くにびきメッセ (松江市)

16. 野村律夫, 環境地質学的視点から見た湖山池: 時間と環境を記録する堆積物の効用. 平成 22 年度自然生態系の再生による水質浄化研究会, 2010 年 12 月 21 日, ワシントン

ホテル（鳥取市）

17. Nomura, R., Nakamura, K., Seto, K., Inoue, M. and Kofuji, H., Opening of the closed water area and the change of 228Ra/226Ra ratios in brackish Lake Nakaumi, southwest Japan. Environmental Radioactivity - New Frontiers and Developments-, 2010年10月25-27日, Roma, Italy

18. Inoue, M., Yoshida, K., Minakawa, M., Kofuji, H., Nagao, S., Hamajima, Y., Shiimoto, A. and Yamamoto, M., Spatial distributions of 226Ra, 228Ra, 228Th, and 137Cs in the southwestern area of the Sea of Okhotsk. Environmental Radioactivity - New Frontiers and Developments-, 2010年10月25-27日, Roma, Italy

19. 野村律夫・中村光作・辻本 彰・河野重範・高田裕行, 汽水域における過去半世紀の有孔虫群集の変化と水位との関係. 日本地質学会第117年学術大会, 2010年9月19日, 富山大学(富山県)

20. 入月俊明・伊藤久代・河野重範・吉岡薫・佐古恵美・野村律夫, 周防灘北部笠戸湾における最近の貝形虫群集と環境の変化. 日本地質学会第117年学術大会, 2010年9月19日, 富山大学(富山市)

21. 野村律夫・辻本 彰・中村光作・福田賢一, 密度流拡散装置が閉鎖性沿岸水域の有孔虫群集へ与えた影響評価の概要. 日本古生物学会2010年年会・総会, 2010年6月12日, 筑波大学(茨城県)

22. 入月俊明・滝本紋子・河野重範・野村律夫, 瀬戸内海周防灘中西部における現生貝形虫群集の最近の変化. 日本古生物学会2010年年会, 2010年6月12日, 筑波大学(茨城県)

23. 野村律夫・辻本 彰・中村光作・高田裕行・倉田健悟, 河川汽水域にみる生態系の人為的攪乱: Haplophragmoides (有孔虫) の盛衰. 日本古生物学会第159回例会, 2010年1月30日, 滋賀県立琵琶湖博物館

24. 辻本 彰・廣瀬孝太郎・安原盛明・山崎秀夫・野村律夫・吉川周作, 大阪湾における人為的改変の現状と課題 ~有孔虫遺骸群集からみたベントス生態系の応答~. 汽水域研究会2010年大会 汽水域研究センター第17回新春恒例汽水域研究発表会, 2010年1月9日, (松江市)松江テルサ

25. 入月俊明・辻本 彰・吉川周作・河野重範・後燈明あすみ・吉岡薫・伊藤久代・滝本紋子・野村律夫, 瀬戸内海播磨灘・周防灘における人為的改変の現状と課題: メイオベントス(貝形虫と有孔虫)の分析結果. 汽水域研究会2010年大会 汽水域研究センター第17回新春恒例汽水域研究発表会, 2010年1月9日, (松江市)松江テルサ

26. 高田裕行・入月俊明・瀬戸浩二・松本香織・砥上政隆・小草宏樹・野村律夫, 中海本庄水域の堤防開削に伴うメイオベントスの変化. 汽水域研究会2010年大会 汽水域研究センター第17回新春恒例汽水域研究発表会, 2010年1月9日, (松江市)松江テルサ

27. 野村律夫・中村光作・辻本 彰・瀬戸浩二, 環境放射能を利用した水塊の動態. 汽水域研究会2010年大会 汽水域研究センター第17回新春恒例汽水域研究発表会, 2010年1月9日, (松江市)松江テルサ

28. 河野重範・野村律夫・入月俊明, 福井県久々子湖の湖底堆積物に記録された近年の海水準変動の複合要因. 汽水域研究会2010年大会 汽水域研究センター第17回新春恒例汽水域研究発表会, 2010年1月10日, (松江市)松江テルサ

29. 野村律夫・中村光作・辻本 彰・高田裕行・倉田健悟, 朝酌川(大橋川支流)におけるメイオベントスが示す近年の河床環境の変化. 汽水域研究会2010年大会 汽水域研究センター第17回新春恒例汽水域研究発表会, 2010年1月10日, (松江市)松江テルサ

30. Nomura, R., Nakamura, K., Tsujimoto, A., Seto, K., Inoue, M., and Kofuji, H., Preliminary reports on the seasonal variations of 228Ra/226Ra ratios in the closed area of brackish Lake Nakaumi, southwest Japan. International Workshop on Low-level Measurement of Radionuclides and Its Application to Earth and Environmental Sciences, 2009年11月5日, (金沢市)金沢大学

31. Nomura, R. and Kunii, H., Changes of coastal lagoon environment with progressive global warming: Different response of brackish organisms to sea level rise during the latter half of 20th century. Symposium of the International Society of Limnology, 2009年10月24日, Nanjing, China

32. Takata, H., Seto, K., Kurata, K., Nomura, R. and Khim, B.-K., Distribution of modern benthic foraminifera in the Ohashi River, southwest Japan and its application to the fossil fauna in the Lake Shinji - Nakaumi system during the last century. 日本地質学会第116年学術大会, 2009年9月5日, 岡山理科大

33. 野村律夫・中村光作・瀬戸浩二・井上睦夫, 中海の閉鎖性水域内外のラジウム放射能. 日本地質学会第116年学術大会, 2009年9月5日, 岡山理科大

34. 野村律夫・中村光作・辻本 彰・高田裕行・倉田健悟, 中海・宍道湖における1980

年代の有孔虫群集について. 日本古生物学会
第 158 回例会, 2009 年 6 月 28 日, 千葉大学

[その他]

ホームページ等

<http://www.ipc.shimane-u.ac.jp/earth/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

野村 律夫 (NOMURA RITSUO)

島根大学・教育学部・教授

研究者番号: 30144687

(2) 研究分担者

入月 俊明 (IRIZUKI TOSHIAKI)

島根大学・総合理工学部・教授

研究者番号: 60262937

井上 睦夫 (INOUE MUTSUO)

金沢大学・環日本海域研究センター・助教

研究者番号: 60283090

瀬戸 浩二 (SETO KOJI)

島根大学・汽水域研究センター・准教授

研究者番号: 60252897

辻本 彰 (TSUJIMOTO AKIRA)

島根大学・教育学部・助教

研究者番号: 60570554