

平成21年6月15日現在

研究種目：基盤研究(B)  
 研究期間：2006～2008  
 課題番号：18310019  
 研究課題名（和文） 微生物 rRNA の自然レベル放射性炭素分析に基づく海洋堆積物中炭素サイクルの解明  
 研究課題名（英文） Study on carbon cycle in the marine sediment using microbial rRNA-level radiocarbon analysis

## 研究代表者

内田 昌男 (UCHIDA MASAO)

独立行政法人国立環境研究所・化学環境研究領域・主任研究員

研究者番号：50344289

研究成果の概要：堆積物中に保存されている様々な起源を持つ脂質バイオマーカーは、過去・現在における生物地球化学サイクル理解のための多くの知見を提供し、特に分子レベル炭素安定同位体比は、炭素循環の観点から重要な分析手法となっている。本研究では、従来の脂質バイオマーカーに代わる新たな微生物起源分子として微生物の rRNA に注目し、その炭素安定同位体比分析方法の検討を行い、生物地球化学的研究への応用可能性について検討した。大腸菌試料から抽出精製した RNA の同位体比は、 $-23.9 \pm 0.6\text{‰}$  (n=4) であり、培養基質として使用した有機物である Bacto-tryptone と酵母エキスの  $-24.4 \pm 0.3\text{‰}$  (n=3) とほぼ同じだった。陸奥湾表層堆積物 4 層（海底下 3m まで）から抽出した RNA の同位体比は、 $-23.6 \sim -22.0\text{‰}$  ( $\pm 0.4$ , n=5) の範囲にあり、最表層で最も軽い値を示した。これは、最表層における微生物分解の基質が明らかにそれ以外の層準と異なるコンポーネントを含んでいる事を示している。有機物の供給と堆積物への埋没の観点からも微生物による初期続性作用のプロセスを解明するための重要な知見を提供するものと考えられる。

## 交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	8,900,000	0	8,900,000
2007年度	3,600,000	1,080,000	4,680,000
2008年度	3,200,000	960,000	4,160,000
年度			
年度			
総計	15,700,000	2,040,000	17,740,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：環境学・環境動態解析

キーワード：物質環境、極限環境、微生物生態学、放射性炭素

## 1. 研究開始当初の背景

環境中に存在する安定炭素同位体比 ( $^{12}\text{C}$ ・ $^{13}\text{C}$ ) は、それぞれ 99%、1% の自然存在比をもつ。一方放射性炭素 ( $^{14}\text{C}$ ) の自然存在比

は、 $1.2 \times 10^{-12}$  と極微量で、成層圏上部で宇宙線によって生成され、約 5730 年の半減期をもち、海水のトレーサーや様々な環境試料の年代測定に利用されている。地球化学研究分野においては、近年、炭素安定同位体にとどまらず自然レ

ベルの放射性炭素をトレーサーに利用することにより、地球表層のリザーバー間における炭素循環に関する理解を深める研究が可能になりつつある。いわゆる生物地球化学的物質循環像の解明である。また同様な観点から、過去の環境中の炭素および物質循環の解明も可能なことから、気候変動と地球規模の環境変動の関連性を明らかにする手法としても注目されつつある。しかしながら、しかしながら、時計としての機能も併せ持つ放射性炭素をトレーサーに用いた物質循環研究は、分析手法が開発されていないことから、大きく制限されてきていた。本研究では、加速器質量分析計 (AMS) による  $^{14}\text{C}$  測定技術が、近年、飛躍的な進歩を遂げ、環境試料からの個別の有機分子 (脂肪酸などの低分子の脂質) の  $^{14}\text{C}$  測定を行なうことが可能なまでになった。このような最新の測定技術の進歩により、個別の微生物 rRNA をターゲットにした放射性炭素を用いた環境中での物質循環研究が可能になった。近年、地下微生物圏における微生物バイオマスとその動態解明に関する研究が活発に行われているが、それは、RNA 遺伝子配列を利用した系統解析による定性的な解析が中心である。また微生物の生理生態を知る上で最も重要な単離培養などは、その難しさからこれまでほとんど成功していない。地下微生物圏における微生物による炭素動態を解明する方法として、分岐脂肪酸 (真正細菌) とエーテル脂質 (古細菌) バイオマーカーを利用する方法がある。しかし、これらの方法で、対象となるバイオマーカーは、サンプル採取の現場環境で現在活発に活動している微生物からきているのか、それとも過去に棲息していた微生物の分解物であるのか厳密に区別することは難しい。この問題を解決するためには脂肪酸や脂質をバイオマーカーとして利用する手法に変わる方法の開発が必要であった。ここにおいて、RNA は、アデニン、グアニン、シトシン、ウラシルを主な塩基成分とするたんぱく質の生合成に関わる重要な核酸である。その中でもリボソーム RNA (以下、rRNA) は、細胞内全 RNA の約 9 割を占め、タンパク質に次ぐ主要な炭素成分である。RNA は、DNA に比べ易分解性であり、堆積物中では、微生物の死滅後速やかに分解されるため、堆積物から抽出された RNA は、まさに堆積物中に生存していたものか、または、堆積環境にもよるが死滅後、長い時間を経っていないものと考えられる。また、rRNA 遺伝子配列中に存在する、ある科、属ならびに種に特異的な配列を利用した相補的配列からなるプライマーを利用す

ることで、様々な微生物種から形成される環境においてある機能をもつ微生物群集を対象を絞った分析も可能になるといえる。

## 2. 研究の目的

本研究では、これまで炭素循環解明のリザーバーとして考慮されていなかった海底下地殻内を最終的な研究対象としている。海底下地殻内は、近年、微生物を主体とする生物量が陸上の生物量に匹敵する規模で存在している可能性が示唆されてきていることから、世界的に注目を集めその微生物生態やエネルギー源に関する研究が活発に行われている。例えば、Parkesらは、国際海洋掘削計画 (ODP) で掘削された海底堆積物コアを解析し、海底下 1000 m を越える深度にも  $10^4$  cells/cm<sup>3</sup> を越える微生物が存在している事を報告している。しかしながら、地殻内微生物の単離培養の難易度は高く、極限環境微生物の生態学的情報や代謝に関する生理学的情報は皆無と言える。地下生物圏における微生物の生態またはそのエネルギー源を明らかにするための研究は、地球の生物圏理解や地球生命の進化を理解する上で行わなければならない急務の課題となっている。その手法の一つとして、本研究申請課題である「海洋柱状堆積物微生物 rRNA 分子レベル高精度放射性炭素同位体比分析システムの開発」の実現が重要な研究課題として浮かび上がってくる。本研究では、rRNA の放射性炭素測定のためのシステムの全段として、試料前処理 (rRNA の抽出) から試料のガス化 (rRNA 燃焼 → CO<sub>2</sub>) への過程についての検討を行った。

## 3. 研究の方法

本研究は、堆積物中から微生物 rRNA について、バルクで分析することにより、現場に生息する微生物の炭素源に関する一次情報を短時間短時間で得ることを目的とする。本研究では、堆積物試料からの rRNA の大量抽出、精製、分離を実施するにあたり、まず培養試料 (大腸菌) を用いて、大腸菌の基質と大腸菌から抽出された rRNA の炭素同位体比の測定のためおシステムの構築を行った。本システムは、さらに rRNA の放射性炭素測定のためのシステムに転用することが可能である。堆積物試料からの RNA 抽出の条件の検討にあたり、まず大腸菌培養試料を用いた予備実験を行った。培養は、代表的な大腸菌株である JM109 株を使用し、LB 培地による振とう培養により対数増殖期の菌体を回収し以降の RNA 抽出に供した。また、実環境試料の堆積物試料は、淡青丸 KT05-07 航海でグラビティ

ーコアラーにより陸奥湾で採取された表層堆積物（水深 60m、長さ 3m）並びに岐阜県高山市岐阜大学高山試験地で採取された森林土壌を用いた。各試料からの RNA の抽出には以下の方法を用いた。一定量の菌体及び堆積物、土壌サンプルについてガラス及びセラミックビーズを利用した物理破砕法により菌体を破砕することで RNA を含む細胞内成分を菌体外に抽出した。その後、市販の RNA 精製キットを用い、タンパク質や DNA を含む細胞内成分から、RNA のみを選択・精製した。1 回の精製で不完全な場合、再度精製を行うことで RNA の精製度を高める処理を実施した。精製した全 RNA については、電気泳動により確実に抽出・精製が行われていることを確認した他、同位体分析時に必要な量を求めるため、吸光度による濃度計算を行った。RNA の炭素安定同位体比は、最近開発された高速液体クロマトグラフ安定同位体比質量分析計 (LC-IRMS、LC Isolink-Delta plus XL, Finnigan Co. Ltd.) により行った。方法は、大きく以下の 2 つからなる。

(1) 堆積物試料からの rRNA の抽出  
堆積物からの微生物由来 RNA/DNA の抽出には、メタン生成細菌のようにアルカリ法などでは菌体破砕が難しい菌種が存在していることを考慮して、物理破砕法 (Bio 101 for soil 海洋研究開発機構現有) を使用する。物理破砕法のキットは、DNA に関しては、陸上の土壌環境や海洋堆積物中からの微生物 DNA 抽出に多く用いられている FastDNA SPIN Kit for Soil (DNA 用)、昨年開発されたニッポンジーン社の ISOIL を使用する。RNA の抽出に関しては、現在市販されている土壌からの RNA 抽出キットとして Fast RNA Pro Soil-Direct Kit があるが、実堆積物試料への適用にはまだ、問題点がある。そこで、物理破砕法ならびに、RNA 精製の定法を組合わせた新規抽出方法をこれまでに既に検討し、本申請で要求されるレベルでの RNA 抽出が可能であることを確認している。微生物群集構造の解析には、世界的に最もデータベースが充実している 16S rDNA 塩基配列を利用する。本申請では、同一堆積物サンプルの 16S rDNA を用いること可能であり、その結果として同位体分析結果との考察に完全にマッチした微生物側の情報を提供することができる。

(2) rRNA の同位体分析のための酸化方法  
rRNA抽出キットにより抽出されたrRNAを液層のまま、コンフローの状態で酸化して

CO<sub>2</sub>にし、さらに移動層とCO<sub>2</sub>をメンブランフィルターにより分離することにより、連続的に試料を短時間で分析することが可能となる。本研究では、初年度にこのシステムの製作を行い、次年度からは、堆積物試料（比較的微生物バイオマスが豊富の浅海域の表層堆積物）を使って、バルクの微生物rRNAの炭素同位体比の測定を行う。また同じ堆積物試料について平行して、遺伝子による系統解析とバイオマーカーの個別安定同位体比測定を行い、最終的に堆積物より抽出されたバルクの微生物rRNAの炭素同位体比の結果とその現場に生息する微生物の系統との関係を示すマップを開発する。

#### 4. 研究成果

##### (1) 大腸菌培養試料での検討

大腸菌試料から抽出精製した RNA の同位体比は、 $-23.9 \pm 0.6\%$  (n=4) であり、培養基質として使用した有機物である Bacto-tryptone と酵母エキスとの  $-24.4 \pm 0.3\%$  (n=3) とほぼ同じだった。これは、単独の大腸菌においては、基質の炭素と取り込まれた炭素の間での同位体分別は、比較的小さいことを示しているかもしれない。しかしながら、詳細な検討はさらに必要である。

##### (2) 海底堆積物試料での検討

試料は、KT01-05 航海により陸奥湾で採取したグラビティコア試料を用いた。陸奥湾表層堆積物 4 層 (海底下 3m まで) から抽出した rRNA の炭素安定同位体比は、 $-23.6 \sim -22.0\%$  ( $\pm 0.4$ , n=5) の範囲にあり、最表層で最も軽い値を示した。これは、同層準で測定されたバルク有機炭素の炭素安定同位体比  $-22.6$  パーミルとほぼ同じであった。これは、今回抽出した rRNA の起源微生物が、炭素源として堆積物中の有機炭素を利用していることを示唆するものであった。また、最表層における微生物分解の基質が明らかにそれ以外の層準と異なるコンポーネントを含んでいる事を示している。有機物の供給と堆積物への埋没の観点からも微生物による初期持続性作用のプロセスを解明するための重要な知見を提供するものと考えられる。

最後に、本研究では、海洋表層堆積物中 rRNA の放射性炭素測定のための前処理の一環として、培養試料、実試料として海洋堆積物試料を用いて、炭素安定同位体比測定までの分析法の検討を行った。今後は、本研究で得られた手法をさらに検討し、放射性炭素分析を実施し、海洋堆積物中の微生物の生態学的、生理学的情報の獲得を目指して行きたいと考えている。

## 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 12 件)

- ① Schouten, S., Hopmans, E. C., van der Meer, J., Mets, A., Bard, E., Bianchi, T. S., Diefendorf, A., Escala, M., Freeman, K. H., Furukawa, Y., Huguet, C., Ingalls, A., Menot-Combes, G., Nederbragt, A. J., Oba, M., Pearson, A., Pearson, E. J., Rosell-Mele, A., Schaeffer, P., Shah, S. R., Shanahan, T. M., Smith, R. W., Smittenberg, R., Talbot, H. M., Uchida, M., Van Mooy, B. A. S., Yamamoto, M., Zhang, Z. H., and Damste, J. S. S., An interlaboratory study of TEX86 and BIT analysis using high-performance liquid chromatography-mass spectrometry. *Geochemistry Geophysics Geosystems*, 10, Q03012, doi:10.1029/2008GC002221, 2009、査読有
- ② Uchida, M., K. Ohkushi, K. Kimoto, F. Inagaki, T. Ishimura, U. Tsunogai, T. TuZino, and Y. Shibata, Radiocarbon-based carbon source quantification of anomalous isotopic foraminifera in last glacial sediments in the western North Pacific, *Geochem. Geophys. Geosyst*, 9, Q04N14, doi:10.1029/2006GC001558, 2008、査読有
- ③ Uchida, M., M. Kondo, Y. Nojiri, H. Mukai, S. Murayama, T. Machida, H. Koizumi, N. Ogura, and Y. Ambe, Ecosystem-scale carbon isotope ratio of respired CO<sub>2</sub> in cool-temperate deciduous forests under Asian monsoon climate, *J. Geophys. Res.*, doi:10.1029/2007JG000574, 2008、査読有
- ④ Kato, Y., Shinohara, N., Yoshinaga, J., Uchida, M., Matsuda, A., Yoneda, M., and Shibata, Y., Determination of C-14/C-12 of acetaldehyde in indoor air by compound specific radiocarbon analysis. *Atmospheric Environment*, 42, 1049-1056, 2007、査読有
- ⑤ Mampuku, M., Yamanaka, T., Uchida, M., Fujii, R., Maki, T., and Sakai, H., Changes in C-3/C-4 vegetation in the continental interior of the Central Himalayas associated with monsoonal paleoclimatic changes during the last 600 kyr., *Climate of the Past*, 4, 1-9, 2007、査読有
- ⑥ Ohkushi, K., M. Uchida, K. Aoki, M. Yoneda, K. Ikehara, K. Minoshima, H. Kawahata, R. Tada, M. Murayama, Y. Shibata, Radiocarbon marine reservoir ages in the Northwestern Pacific off Hokkaido island, Japan, during the last deglacial period. *Radiocarbon*, Vol 49, Nr 2, p 963-968, 2007, 査読有
- ⑦ Coppola, L., Ö. Gustafsson, P. Andersson, T.I.

Eglinton, M. Uchida, A.F. Dickens, The importance of ultrafine particles as a control on the distribution of organic carbon in Washington Margin and Cascadia Basin sediments., *Chemical Geology*, 243, 142-156, 2007、査読有

- ⑧ Peregon, A. Uchida, M. Shibata, Y., Sphagnum peatland development at their southern climatic range in West Siberia, trends and peat accumulation patterns, *Environmental Research Letters*, 2, 1 - 5, doi:10.1088/1748-9326/2/4/0450, 2007、査読有
- ⑨ Nakatsubo, T., S. Yoshitake, M. Uchida, M. Uchida, Y. Shibata, H. Koizumi, Organic carbon and microbial biomass in a raised beach deposit under terrestrial vegetation in the High Arctic, Ny-Ålesund, Svalbard, *Polar research*, 27, 23 - 28, 2007、査読有
- ⑩ 近藤美由紀・内田昌男・小泉博, 安定同位体分析を用いた呼吸起源CO<sub>2</sub>の再固定過程(CO<sub>2</sub> recycling)の評価, *システム農学会誌*, 23, 2007、査読有
- ⑪ Minoshima, K., H. Kawahata, T. Irino, K. Ikehara, K. Aoki, M. Uchida, M. Yoneda, Y. Shibata, Deep water ventilation in the northwestern North Pacific during the last deglaciation and the early Holocene (15-5 cal. Kyr B.P.) based on AMS <sup>14</sup>C dating, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B*, 259, 448-452, 2007、査読有
- ⑫ 柴田康行・内田昌男・米田穰・田中敦・鈴木亮・廣田正史・鶴野光・小林利行・小林千明・植弘崇: (2007) ガスクロマトグラフと加速器質量分析計の組み合わせ(GC-AMS)による個々の化合物の放射性炭素年代測定、*真空* vol.50(7)480-485、2007、査読無

[学会発表] (計 30 件)

- ① Masao Uchida, Masanori Suzuki, Yukiko Kuroki, Motoo Utsumi, Yasuyuki Shibata, Photochemical extraction system for radiocarbon analysis of marine dissolved organic carbon at NIES-TERRA, 11th International Conference on Accelerator Mass Spectrometry, 2008.9.15, University of Vienna, Austria
- ② Uchida M., Eglinton, Montluçon, Hayes j.m., Coppola, L., Gustafsson Ö., Andersson p., Hydrodynamic controls on the molecular-level compositions, D14C and d13C signatures of organic matter in sediments along a shelf-slope-basin transect, Gordon research conference, 2008.7.28, Tilton School, New Hampshire USA
- ③ 内田昌男, 内田雅己, 近藤美由紀, 中坪孝之, Compound-specific radiocarbon based-carbon source apportionment of carbon dioxide emitted from the Arctic soil: Implication for novel

- mechanism of microbial fossil carbon decomposition、日本地球惑星科学連合 2008 年大会、2008.5.25、千葉 幕張メッセ
- ④ Uchida, M., T.I. Eglinton, D. Montluçon, J.M. Hayes, L.Coppola, Ö. Gustafsson, P.Andersson, Hydrodynamic controls on the molecular-level composition of organic matter in sediments along Washington Margin and Cascadia Basin transect, 2008 Ocean sciences meeting, 2008.3.4, USA
- ⑤ 内田昌男, 大串健一, Timothy I. Eglinton, James P. Kennett, 柴田康行, 有孔虫化石の放射性炭素年代測定による最終退氷期北西太平洋における数十年～数百年スケール海洋循環変動の高精度復元、第 10 回AMS シンポジウム、2008.3.7、東京大学
- ⑥ 内田昌男, 熊田英峰, 佐久間英輔, 藤原祺多夫, 柴田康行, C測定による東京微小大気エアロゾル (PM1.1, PM10) 中燃焼由来汚染化学物質 (PAHs) 並びブラックカーボンの起源推定、第 10 回AMSシンポジウム、2008.3.7、東京大学
- ⑦ 内田昌男, 串健一, 稲垣史生, 石村豊穂, 角皆潤, 柴田康行, 最終退氷期十勝沖海底コアに記録された海底下メタンハイドレート湧出現象、第 10 回AMSシンポジウム、2008.3.7、東京大学
- ⑧ 内田昌男, 近藤美由紀, 大塚俊之, 村山昌平, 核実験由来大気<sup>14</sup>C<sub>2</sub>O<sub>2</sub>を用いた森林土壌有機炭素のレジデンスタイムの推定と土壌呼吸 (微生物・根) の分離: 温暖化影響土壌圏炭素の脆弱性の評価のための手法開発、第 10 回AMSシンポジウム、2008.3.7、東京大学
- ⑨ 内田昌男, 熊田英峰, 近藤美由紀, 村山昌平, 三枝信子, 森林大気中有機エアロゾルの放射性炭素分析による大気CO<sub>2</sub>の光合成同位体分別効果推定の試み: 陸域炭素循環モデルの高精度化に向けたパラメータの開発、第 10 回AMSシンポジウム、2008.3.7、東京大学
- ⑩ Uchida, M., K., Ohkushi, J.P. Kennett, T.I. Eglinton, K. Kimoto, Y. Shibata, Anti-phase variability of North Pacific ventilation and Atlantic overturning circulation during the last deglaciation, 2007 AGU Fall meeting, 2007.12.12, San Francisco
- ⑪ Kondo, M., M. Uchida, S Murayama, T Ohtsuka, Shirato, Y. , Radiocarbon-based Turnover Time Estimates of Soil Organic Carbon in a Cool-temperate Deciduous Forest in Asian Monsoon Region, 2007, AGU Fall meeting, 2007.12.11, San Francisco
- ⑫ S. Kim, B.-K. Khim, T. Itaki, K. Katsuki, M. Uchida, R. Tada, Millennial-scale paleoceanographic changes in the central Bering Sea during the late Pleistocene, Final International Symposium of IGCP-476, 2007.12.6, Univ. Tokyo,
- ⑬ Itaki, B.-K. Khim, S. Kim, M. Uchida, K. Katsuki, K. Ohkushi, K. Nagashima, S. Rella, R. Tada : (2007) The late Pleistocene Radiolarians in the Bering Sea, Final International Symposium of IGCP-476, 2007.12.6, Univ. Tokyo
- ⑭ Kondo, M., M. Uchida, S Murayama, T Ohtsuka, Shirato, Y. , Radiocarbon-based Turnover Time Estimates of Soil Organic Carbon in a Cool-temperate Deciduous Forest in Asian Monsoon Region, 2007 AGU Fall meeting, 2007.12.11, San Francisco
- ⑮ 内田雅己, 内田昌男, 中坪孝之, 神田啓史, 高緯度北極圏オーロラスンの海成堆積物層におけるCO<sub>2</sub>放出と微生物の分解特性、極域生物シンポジウム、2007.11.18、東京
- ⑯ T. Itaki, B.-K. Khim, S. Kim, M. Uchida, K. Katsuki, K. Ohkushi, K. Nagashima, S. Rella, R. Tada, High-resolution radiolarian analysis for the late Pleistocene paleoceanography in the Bering Sea 日本第四紀学会 50 周年記念事業 国際シンポジウム、2007.11.19、つくば
- ⑰ S. Kim, B.-K. Khim, T. Itaki, M. Uchida, Millennial-scale variation of CaCO<sub>3</sub> values during the last glacial period in the Bering Sea: Evidence of Dansgaard-Oeschger events, 日本第四紀学会 50 周年記念事業 国際シンポジウム、2007.11.19、つくば
- ⑱ Uchida M., Koike Y, Kumata H, Nakata H, Tsuzuki M, Uchida T, Fujiwara K, Shibata Y, Source apportioning and molecular characterization of incomplete combustion products in PM1.1. and PM10 aerosols from residential areas of suburban Tokyo using natural abundance radiocarbon Dioxin 2007 Tokyo, 2007.9.3, Tokyo
- ⑲ Uchida, M., T.I. Eglinton, J.M. Hayes, L.Coppola, Ö. Gustafsson, P.Andersson, D. Montluçon, Hydrodynamic Controls on the Age and Composition of Terrestrial Organic Matter Distributed over the Washington Margin, The 23rd International Meeting on Organic Geochemistry, 2007.9.10, England
- ⑳ 石川尚人, 内田昌男, 陀安一郎, 河川流下過程における食物網構造の変遷～安定同位体比, 放射性同位体比からの検討～等の名称、日本陸水学会第 72 回大会、2007.9.10、水戸
- ㉑ M. Uchida, Hidetoshi Kumata, Miyuki Kondo, Yasuyuki Shibata, 13C and 14C isotopic signatures of plant derived biomarkers in forest fine aerosol, Implication for a proxy for photosynthetic carbon isotopic discrimination at ecosystem-scale, 234th American chemical

- society annual meeting, 2007.8.20, Boston,
- ②② 内田昌男, 大串健一, 稲垣史生, 石村豊穂, 角皆潤, 柴田康行, 最終退氷期十勝沖海底コアに記録された海底下メタンハイドレート湧出現象、第20回タンデム加速器研究会、2007.7.13、日本原子力研究所 東海事業所
- ②③ 内田昌男, 熊田英峰, 佐久間英輔, 藤原祺多夫, 柴田康行, 分子レベル<sup>14</sup>C測定による都市微小大気エアロゾル中燃焼由来汚染化学物質(PAHs)の起源推定、第20回タンデム加速器研究会、2007.7.13、日本原子力研究所 東海事業所
- ②④ 内田昌男, 大串健一, Timothy I. Eglinton, James P. Kennett, 柴田康行, 有孔虫化石の放射性炭素年代測定による最終退氷期北西太平洋におけるミレニアムスケール海洋循環変動の高精度復元、第20回タンデム加速器研究会、2007.7.13、日本原子力研究所 東海事業所
- ②⑤ 内田昌男, 青木かおり, 簗島佳代, 川幡穂高, 村山雅史, 柴田康行, 多田隆治, 最終氷河期融氷期完新世における北西太平洋における海洋表層リザーバー年代の変動有孔虫化石の放射性炭素年代測定、第20回タンデム加速器研究会、2007.7.13、日本原子力研究所 東海事業所
- ②⑥ M. Uchida, K. Ohkushi, K. Kimoto, Y. Shibata, Mid to deep-depth ocean circulation in the western North Pacific during the last glacial maximum- deglacial transition period: evidence from foraminiferal radiocarbon age, European geophysical union general assembly 2007, 2007.4.16, Vienna
- ②⑦ M. Uchida, T.I. Eglinton, J.M. Hayes, L.Coppola, Ö. Gustafsson, P.Andersson, D. Montluçon, Hydrodynamic Controls on the Age and Composition of Terrestrial Organic Matter Distributed over the Washington Margin: Implication from compound-specific radiocarbon analysis, European geophysical union general assembly 2007, 2007.4.16, Vienna
- ②⑧ 内田昌男, 木元克典, 岡崎裕典, 長島佳奈, 多田隆治, 青池寛, 真砂英樹, 倉本真一, CK05-04 乗船研究者一同, CK05-04 航海、下北半島沖より採取された 70mピストンコアを用いた北西太平洋域古海洋環境復元に関する予察的結果、第23回しんかいシンポジウム、2007.3.14、横浜
- ②⑨ 内田昌男, 大串健一, 青木かおり, 簗島佳代, 川幡穂高, 村山雅史, 柴田康行, 多田隆治最終氷河期融氷期-完新世における北西太平洋における海洋表層リザーバー年代の変動-有孔虫化石の放射性炭素年代測定による検証、みらいシンポジウム、2007.3、横浜

- ③⑩ 内田昌男, 板木拓也, 長島佳菜, Rella Stephan, 大串健一, 多田隆治, MR06-04, Leg 2 乗船研究者一同, MR06-04, Leg 2 ベーリング海北部深度トランセクト・コアの予察的結果、みらいシンポジウム、2007.3、横浜

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

内田 昌男 (UCHIDA MASAO)  
独立行政法人国立環境研究所・化学環境研究領域・主任研究員  
研究者番号：50344289

### (2) 研究分担者

内海 真生 (UTSUMI MOTOO)  
筑波大学・大学院生命環境科学研究科・准教授  
研究者番号：60323250

### (3) 連携研究者

該当なし