

機関番号：32689

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2007～2010

課題番号：19540483

研究課題名(和文) 琵琶湖周辺域における高分解能気候・水収支変遷史解明

研究課題名(英文) High resolution-record reconstruction of past climate and water budget around Lake Biwa

研究代表者

井内 美郎 (INOUCHI YOSHIO)

早稲田大学・人間科学学術院・教授

研究者番号：00294786

研究成果の概要(和文)：湖底堆積物分析値と気象観測器データとの関係を検討し、夏季平均気温と生物源シリカ濃度との間に最もよい相関があることを明らかにした。生物源シリカ濃度から夏季平均気温を導き出すための変換式(Transfer function)を確立し、この古気温推定値から温暖期と寒冷期の温度差は夏季平均気温で10℃あったと推定した。REDFIT3.5(Schulz and Mudelsee, 2002)を用いて周波数解析を行った結果、23000年周期のほかに4200年から230年に亘る16の周期性を確認した。その主なものは太陽活動周期・日射量変動周期・海洋循環周期である。

研究成果の概要(英文)：Correlations among analytical values of sediments and meteorological observation data show that mean summer temperature and biogenic silica content have the highest correlation. Based on the transfer function between biogenic silica content and mean summer temperature, temperature difference between the warmest period and that of coldest is about 10 degrees Celcius. Based on REDFIT3.5, 16 periodicities of variation in biogenic silica content through the last 140 thousand years are recognized.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	600,000	180,000	780,000
2008年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2009年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2010年度	500,000	150,000	650,000
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

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：環境・変遷史・水収支・湖沼・琵琶湖

## 1. 研究開始当初の背景

水資源が豊富だと考えられている我が国

だが、高校教科書にも示されているように(Sellards(1965)), 緯度的に見ると我が国が

位置する北半球での緯度は水収支のバランスが非常に微妙な位置にある。我が国の水収支をプラス側に寄せているのは東アジアモンスーンのおかげである。この東アジアモンスーンの強度が将来どの様に変動し、日本の国土の水収支がどの様になるかは日本国民にとって重大な関心事である。最近の我々自身の研究の結果、琵琶湖や野尻湖の湖水面高度が過去数万年間に何度も大きく上下した証拠が得られた。湖水面高度は湖流域の水収支を示すすぐれた指標としてみなされ、世界各地の湖沼で湖水面高度に関する研究が行われてきたが、我が国ではこのように過去数万年にわたる研究例は全くない。本研究では水収支の変動を生じる背景として気候変遷に注目し、特に過去数万年間の気温変遷を高分解能で復元することに主眼を置いた。

## 2. 研究の目的

本研究では、堆積物の生物源シリカ濃度に示される夏季平均気温の情報を明らかにし、気候変遷の実態を明らかにすることを目的とする。モデルフィールドを琵琶湖に設定し、既存のボーリング試料について、これまでより高時間分解能で分析・解析を行う。

## 3. 研究の方法

本研究の実施に必要なボーリング試料は、すでに採取されている（高島沖ボーリング 150m および愛知川河口沖ボーリング 20m）。また、表層柱状堆積物も高島沖を含めて4箇所採取されている。本研究では、唯一不攪乱・高時間分解能で残されている古地磁気試料についてモリブデンイエロー法を用いて生物源シリカの分析を行い、古気候変遷史を明らかにする。

## 4. 研究成果

### (1) 生物源シリカ濃度と観測項目との相関

琵琶湖の湖底堆積物から得られた様々な分析値と気象観測の測器データとの関係を検討し、得られた古環境のプロキシ（指標）にもとづく変遷史を定量的に表現可能とした。堆積物について粒度分析・生物源シリカ濃度測定・珪藻殻数測定・全炭素・全窒素測定などを高分解能で実施した。そして鉛-210法、セシウム-137法を用いて堆積速度を測定し層準毎の堆積年代を求めた。その結果、過去100年間の夏季平均気温と堆積物の生物源シリカ濃度との間に最もよい相関が認められた。一方、ほかの項目では低い相関しか認められなかった。

### (2) 測器データと生物源シリカ濃度との相関をもとに過去の気温変動を復元

「(1)」で述べた成果をもとに琵琶湖の長期にわたる古気温の復元を試みた。古気温復元のために用いた試料は、1986年に高島沖の水深63mの地点で掘削された約150m長の高島沖コアのうち上部15メートルである。

コアの堆積年代は、圧密の影響を考慮して、試料の含水比と比重から重量堆積速度を求め、内挿法により算出した。また最下部の指標テフラ以深の年代は外挿法を用いて年代を決定した。

過去の気温の復元にあたり、まず生物源シリカ濃度から平均気温を導き出すための変換関数（Transfer function）を確立した。堆積物に含まれる生物源シリカ濃度と彦根測候所の気温データとの相関関係を求めることで変換式として表すことができた。この関数をより古い時代の堆積物の測定値に適用することで、過去の気温の変遷を復元した。この古気温の推定値から最も年平均気温が高く見積もられたのは5600年前で29℃、最も低く見積もられたのは3万年前で18℃となり、温暖期と寒冷期の温度差は夏季平均気温で

10°Cあったことが推定された。

(3) 日射量変動との関係

5センチメートル間隔で分取された試料について生物源シリカ濃度の測定を行い、過去約14万年間の変動を明らかにした。その結果、グリーンランド氷床コアや中国の洞窟の石筍記録に示されるハインリッヒイベントやダンスガードーオシュガーサイクルが確認できた。同じ試料についてミランコビッチサイクルに相当する周波数を調べた結果、約23,000年の歳差運動周期が確認された。同じく日射量変動曲線との対応を検討した結果、多少のラグを見込めば日射量変動との高い相関が示された。

(4) 周期性の検討

REDFIT3.5 (Schulz and Mudelsee, 2002)を用いて周波数解析を行った。信頼度80%以上のスペクトル密度を示す周期を有意な周期とした結果、4200年から230年に亘る16の周期が確認された。その主なものは太陽活動の周期・日射量変動周期・海洋循環周期である。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 12件)

- ① 根上裕成・喜岡新・中西俊貴・中村祐貴・岩本直哉・斎藤笑子・井内美郎：琵琶湖高島沖湖底掘削試料中の生物源シリカ含有率から見た過去約15万年間の環境変遷, 第20回環境地質学シンポジウム論文集, 151-154.2010.査読なし
- ② 喜岡新・根上裕成・中西俊貴・中村祐貴・岩本直哉・公文富士夫・井内美郎：琵琶湖高島沖ボーリング試料中の生物源シリカ含有率から推定される過去13万年間の東アジア夏季モンスーン変動, 第20回環境地質学シンポジウム論文集, 155-160.2010.査読なし

- ③ 中村祐貴・近藤洋一・井内美郎：長野県野尻湖における音波探査記録の反射面と湖底ボーリング試料との対応, 第20回環境地質学シンポジウム論文集, 161-164.2010.査読なし
- ④ 中西俊貴・岩本直哉・天野敦子・井上卓彦・喜岡新・井内美郎：琵琶湖高島沖ボーリング試料の生物源シリカ濃度から復元した過去約4万年間の高分解能古環境変遷, 第20回環境地質学シンポジウム論文集, 165-170.2010.査読なし
- ⑤ Ryoma Hayashi, Hikaru Takahara, Shusaku Yoshiokawa and Yoshio Inouchi: Orbital-scale vegetation variability during MIS 6,5,4 and 3 based on a pollen record from the Takashima-oki core in Lake Biwa, western Japan. Japan Journal of Palynology, vol. 56,5-12, 2010.査読有
- ⑥ 中村祐貴・菅井一磨・青木優作・近藤洋一・井上卓彦・井内美郎：野尻湖柱状試料粒度プロファイル及び音波探査記録から見た湖水面変動, 第19回環境地質学シンポジウム論文集, 17-20.2009.査読なし
- ⑦ 中西俊貴・岩本直哉・天野敦子・相澤育実・井内美郎：琵琶湖湖底堆積物の生物源シリカ含有率から見た気候変動史, 第19回環境地質学シンポジウム論文集, 21-26.2009.査読なし
- ⑧ Michinobu Kuwae, Yuichi Hayami, Hirotaka Oda, Azumi Yamashita, Atsuko Amano, Atsushi Kaneda, Minoru Ikehara, Yoshio Inouchi, Koji Omori, Hidetaka Takeoka and Hodaka Kawahata: Using foraminiferal Mg/Ca ratios to detect ocean-warming trend in the twentieth century from coastal shelf

sediments Bungo Channel, southwest Japan. The Holocene, vol.19, 285-294. 2009.査読有

- ⑨ 公文富士夫・河合小百合・井内美郎:野尻湖堆積物に基づく中部日本の過去 7.2 万年間の詳細な古気候復元, 旧石器研究, 第 5 号, 3-10. 2009.査読有
- ⑩ Yasufumi Satoguchi, Yoshitaka Nagahashi, Akira Furusawa, Shusaku Yoshikawa and Yoshio Inouchi: The Middle Pleistocene to Holocene tephrostratigraphy of the Takashima-oki core from Lake Biwa, central Japan. Journal of Geoscience, Osaka City University, vol.51, 47-58. 2008.査読有
- ⑪ Naoya Iwamoto and Yoshio Inouchi: Reconstruction of millennial-scale variations in East Asian summer monsoon over the past 300,000 years based on the total carbon content of sediment from Lake Biwa, Japan. Environmental Geology, vol.52, 1607-1616. 2007.査読有
- ⑫ Ruchaya Boonyatumanond, Gullaya Wattayakorn, Atsuko Amano, Yoshio Inouchi and Hideshige Takada: Reconstruction of pollution history of organic contaminants in the upper Gulf of Thailand by using sediment cores: First report from Tropical Asia Core (TACO) project. Marine Pollution Bulletin, vol.54, 554-565. 2007.査読有

[学会発表] (計 21 件)

- ① 根上裕成・喜岡新・中西俊貴・中村祐貴・岩本直哉・斎藤笑子・井内美郎:琵琶湖高島沖湖底掘削試料中の生物源シリカ含有率から見た過去約 15 万年間の環境変遷,

第 20 回環境地質学シンポジウム, 2010.12.4 東京

- ② 中村祐貴・近藤洋一・井内美郎:長野県野尻湖における音波探査記録の反射面と湖底ボーリング試料との対応, 第 20 回環境地質学シンポジウム, 2010.12.4 東京
- ③ 中西俊貴・岩本直哉・天野敦子・井上卓彦・喜岡新・井内美郎:琵琶湖高島沖ボーリング試料の生物源シリカ濃度から復元した過去約 4 万年間の高分解能古環境変遷, 第 20 回環境地質学シンポジウム, 2010.12.4 東京
- ④ 喜岡新・根上裕成・中西俊貴・中村祐貴・岩本直哉・公文富士夫・井内美郎:琵琶湖高島沖ボーリング試料中の生物源シリカ含有率から推定される過去 13 万年間の東アジア夏季モンスーン変動, 第 20 回環境地質学シンポジウム, 2010.12.4 東京
- ⑤ 根上裕成・喜岡新・中西俊貴・中村祐貴・井内美郎・岩本直哉・斎藤笑子:琵琶湖高島沖ボーリングコア試料中の生物源シリカ含有率等から見た過去約 15 万年間の環境変遷, 日本地質学会第 117 年学術大会, 2010.9.18 富山
- ⑥ 中村祐貴・井内美郎・近藤洋一:長野県北部野尻湖における音波探査記録反射面と湖底ボーリング試料との対応, 日本地質学会第 117 年学術大会, 2010.9.18 富山
- ⑦ 中西俊貴・井内美郎・岩本直哉・相澤育実・天野敦子:琵琶湖高島沖ボーリング試料の生物源シリカ含有率から復元した過去約 3.5 万年の高分解能古環境変遷, 日本地質学会第 117 年学術大会, 2010.9.18 富山
- ⑧ 喜岡新・根上裕成・中西俊貴・中村祐貴・井内美郎・岩本直哉:琵琶湖高島沖ボーリング試料中の生物源シリカ含有率から推定される過去 150kyr の東アジアモンスー

- ン変動及び周期性, 日本地質学会第 117 年  
 学術大会, 2010.9.18 富山
- ⑨ 根上裕成・一宮大和・井内美郎・宮地良  
 典: 中海浚渫窪地に見られるイベント堆積  
 物とその起源, 地球惑星科学連合 2010 年  
 大会, 2010.5.26 幕張
- ⑩ 中西俊貴・岩本直哉・井内美郎: 琵琶湖  
 湖底堆積物中の生物源シリカ含有率から  
 復元する古環境変動史, 地球惑星科学連合  
 2010 年大会, 2010.5.26 幕張
- ⑪ 中村祐貴・菅井一磨・近藤洋一・井上卓  
 彦・井内美郎: 野尻湖柱状試料の粒度プロ  
 ファイル及び音波探査記録から見た湖水  
 面変動, 地球惑星科学連合 2010 年大会,  
 2010.5.26 幕張
- ⑫ 喜岡新・根上裕成・穂積雅徳・中西俊貴・  
 岩本直哉・井内美郎: 栃木県奥日光湯ノ湖  
 の湖底堆積物にみられる劇的洪水イベン  
 ト, 地球惑星科学連合 2010 年大会,  
 2010.5.26 幕張
- ⑬ 井内美郎・近藤洋一・井上卓彦・公文富  
 士夫: 野尻湖音波探査記録の反射面とテフ  
 ラとの対応, 地球惑星科学連合 2010 年大  
 会, 2010.5.26 幕張
- ⑭ 中村祐貴・菅井一磨・青木優作・近藤洋  
 一・井上卓彦・井内美郎: 野尻湖柱状試料  
 粒度プロフィール及び音波探査記録から  
 見た湖水面変動, 第 19 回環境地質学シン  
 ポジウム, 2009.12.4 東京
- ⑮ 中西俊貴・岩本直哉・天野敦子・相澤育  
 実・井内美郎: 琵琶湖湖底堆積物の生物源  
 シリカ含有率から見た気候変動史, 第 19  
 回環境地質学シンポジウム, 2009.12.4  
 東京
- ⑯ 中村祐貴・井内美郎・菅井一磨・滝口健・  
 青木優作・中西俊貴: 野尻湖柱状試料の粒  
 度プロフィールから見た湖水面変動, 日本  
 地質学会第 116 年学術大会, 2009.9.5 岡  
 山
- ⑰ 中西俊貴・井内美郎・岩本直哉・相澤育  
 実・天野敦子: 琵琶湖表層堆積物の生物源  
 シリカ含有率から復元した過去の気候変  
 動, 日本地質学会第 116 年学術大会,  
 2009.9.5 岡山
- ⑱ 中村祐貴・井内美郎・青木優作・滝口健・  
 中西俊貴: 野尻湖柱状試料の粒度からみた  
 湖水面変動, 地球惑星科学連合 2009 年大  
 会, 2009.5.19 幕張
- ⑲ 中西俊貴・井内美郎・岩本直哉・相澤育  
 実: 琵琶湖表層堆積物の生物源シリカ含有  
 率測定から見た気候変動, 地球惑星科学連  
 合 2009 年大会, 2009.5.19 幕張
- ⑳ Yoshio Inouchi, Fujio Kumon, Youichi  
 Kondo, Kazuhisa Suzuki, Hirokazu  
 Matsuoka, Takahiko Inoue, Naoya Iwamoto,  
 Atsuko Amano, Fujihiko Shioya, Takahumi  
 Ashida & Fumitoshi Murakami:  
 High-resolution record of lake level  
 changes in Lake Nojiri, central Japan,  
 during the past 40,000 years. 33rd  
 International Geological Congress,  
 2008.8.13 Oslo
- ㉑ 井内美郎・青木優作・井上卓彦・近藤洋  
 一・岩本直哉: 野尻湖における過去約 4 万  
 年間の湖水面変動史, 地球惑星科学連合  
 2008 年大会, 2008.5.27 幕張  
 [図書] (計 1 件)
- ①井内美郎, 恒星社厚生閣, 瀬戸内海の海底  
 環境, 5-15, 89-94, 2008.

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

井内 美郎 (INOUCHI YOSHIO) 早稲田大学・  
 人間科学学術院・教授  
 研究者番号: 00294786