

平成 21 年 5 月 20 日現在

研究種目：基盤研究（A）  
 研究期間：2006～2008  
 課題番号：18200055  
 研究課題名（和文） 陸域堆積物情報に基づく新生代後期氷河時代の成立と氷期・間氷期・超  
 間氷期変動  
 研究課題名（英文） Long-term environmental changes inferred from lacustrine sediments  
 in East Eurasia - glacial, interglacial and superinterglacial -  
 研究代表者  
 柏谷 健二（KASHIWAYA KENJI）  
 金沢大学・環日本海域環境研究センター・教授  
 研究者番号：30161029

## 研究成果の概要：

フズスグル湖湖底堆積物の採取と分析、バイカル湖湖底堆積物の分析そしてその周辺の環境解析から、ユーラシア東部内陸部における環境変動については以下のことが示唆された。1) 最終間氷期（MIS5e）から亜氷期（MIS5d）への移行は急激であり、MIS5d は氷期に相当するような寒冷期であった、2) MIS11 は亜氷期を伴う超間氷期であった、3) 最終氷期においては内陸部でも 5 千～1 万年スケールの Bond Cycle に対応する環境変動があった。

## 交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	20,500,000	6,150,000	26,650,000
2007年度	12,100,000	3,630,000	15,730,000
2008年度	3,900,000	1,170,000	5,070,000
年度			
年度			
総計	36,500,000	10,950,000	47,450,000

研究分野：水文地形環境学

科研費の分科・細目：地理学

キーワード：気候、地球環境変動

## 1. 研究開始当初の背景

規則的な氷期・間氷期サイクルを基本とする現行の地球環境システムの確立には種々の因子が提案されてきたが、最近は二酸化炭素の減少とともに日射量変動が重要な要因として提案されている（Kashiwaya et al., 2003; Loutre et al., 2003）。ユーラシア大陸中緯度内陸部は日射量変動に関してきわめて敏感な地域であることが知られており、そしてこの地域にはバイカル湖やフズスグル湖（モンゴル）が位置している。1998 年以降は我が国の研究グループが主導的役割を

果たしながら進めているバイカル湖湖底堆積物試料からは新たなミランコヴィッチサイクルが発見されており（Kashiwaya et al., 2001）、日射量変動の影響を検証するためにも絶好のフィールドであることが裏付けられている。

今回、研究対象の一つの中心となるバイカル湖流域にあるフズスグル湖は湖面標高（1650m）がバイカル湖（446m）よりも 1200m 以上高く、平均気温が低いため、氷期の全面結氷が遥かに長かった可能性がある。このことは、氷期の底泥全有機炭素含有量がバイカル湖では間氷期に比べて 3～5 分の 1 程度に

しか下がらないのに対して、フブスグル湖では数 10 分の 1 に下がることから示唆される。一方、高度が高いために氷期・間氷期の差異に日射量変動の影響をバイカル湖よりもより鋭敏に受けてきた可能性もある。従って、日射量の影響に関する情報や氷期・間氷期の推移に関する詳細な情報がフブスグル湖の試料には含まれている可能性が高い。

## 2. 研究の目的

本研究では、モンゴル・ロシア・韓国との四カ国共同プロジェクトとして平成 18 年度ー平成 20 年度のうちの 2 シーズンに、湖心部 250m の地点で第四紀をカバーする長尺コアの採取を行い、その分析・解析を進める。同時にこれまでに採取されたフブスグル湖の詳細な分析・解析、バイカル湖や日本（琵琶湖・余呉湖）で得られた資料の系統的な整理・分析・解析を行う。そしてこれらの結果から現行の地球環境システム（氷期・間氷期体制）や 10 万年周期体制の確立の契機・要因や氷期・間氷期の推移に関する日射量の影響、とりわけ地球温暖化問題に関連して議論が始まっている現在の間氷期の推移と 40 万年前の超間氷期との関係、そして最終間氷期から亜氷期への移行に関わる問題を明らかにする。

## 3. 研究の方法

1. 国際共同研究に関する協定の締結（日本・モンゴル・ロシア・韓国）

2. フブスグル湖掘削地点の検討と掘削（日本・モンゴル・ロシア・韓国）、2 本の長尺コアの採取（平成 19 年度、平成 20 年度）

3. 掘削試料の分析

1) 試料の分取と国際配分（日本・モンゴル・ロシア・韓国）

2) 分析項目の決定

- ・物理量（粒度、密度、含水比等）
- ・磁気特性（古地磁気、岩石磁気）
- ・年代測定（FT, TL, C-14 等）
- ・同位体分析
- ・化学分析（主要元素、微量元素）
- ・鉱物分析
- ・生物化石分析（花粉、珪藻等）

4. 既存の資料の統合・整理の検討.

- ・古気候変動関連資料
- ・物理量・流域環境関連資料
- ・年代測定関連資料
- ・同位体分析関連資料
- ・化学分析関連資料
- ・鉱物分析関連資料
- ・生物化石分析関連資料

5. 既存試料の分析と既存資料の解析・整理.

1) バイカル湖

・長期試料の整理と分析;BDP93, BDP96, BDP97, BDP98, BDP99, VER96, VER98

・短期試料の整理と分析; VER96, VER98, M-series, G-series

2) フブスグル湖

・表層堆積物試料の整理と分析;X-0-series, X-000-series

3) 余呉湖・琵琶湖

・長期資料の整理

・短期資料の整理

4) 流域の試・資料の検討

・衛星資料の購入と流域地形・地質資料の収集と解析（バイカル湖・フブスグル湖）

・水文・気象資料の収集と解析（バイカル湖・フブスグル湖）

・流域堆積物・岩石試料の収集と分析（主としてフブスグル湖流域）

## 4. 研究成果

フブスグル湖長尺湖底堆積物試料の分析結果は日射量変動との対応を示すとともに間氷期ー氷期の推移に関する重要な知見も明らかにしている（Kashiwaya et al., 2008, JOPL, 投稿中）。これはこの地域が日射量変動と気候・環境変動の相関を検証するためには最適の調査地であることを立証している。重要な知見の一つは、最終間氷期（MIS5e）から亜氷期（MIS5d）へは”急激な”推移で、その亜氷期は氷期に相当するような寒冷期ではなかったのかということである。ヨーロッパの“QUEEN”研究グループはおよそ 10 万年前に北極海から拡大する巨大な氷床の出現そして最終間氷期最盛期と同様の最寒冷期の存在を推定している（Svendsen et al., 2004）が、この論文に使用された年代軸の精度を考えればこの出現は最寒冷期 MIS5d に対応する可能性があり、フブスグル・バイカル地域での MIS5d の急激な寒冷化を支持しているように思われる。

また、これまで MIS11 問題として議論の対象となってきた 40 万年前の長い間氷期は、現在、地球温暖化に関わる現間氷期の推移解明の手掛かりとして注目されている。これまでのバイカル湖湖底堆積物情報からは、この間氷期に日射量変動の低下に伴う亜氷期の存在が示唆されていたが、今回のフブスグル湖湖底堆積物の分析結果も亜氷期の存在を示している（Kashiwaya et al., 2008, JOPL 投稿中）。さらに、フブスグル湖の流出河川であるセレンガ河のバイカル湖河口のセレンガデルタ沖で採取された湖底堆積物の分析結果は最終氷期の詳細な変動を明らかにした。即ち、堆積物の鉱物粒径の変動や bi-SiO<sub>2</sub> の変動に、大気の詳細な情報をもたらした Greenland 氷床コアに認められる 5 千～1 万年スケールの変動に対応したものが認

められ、いわゆる **Bond Cycle** に対応する環境変動があったことが認められた。

#### 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 10 件)

- ① K. Shichi, H. Takahara, S. K. Krivonogov, E. V. Bezrukova, K. Kashiwaya, A. Takehara, T. Nakamura, Late Pleistocene and Holocene vegetation and climate records from Lake Kotokel, central Baikal region, Quaternary International, in press
- ② A. Sakaguchi, Yamamoto, M., Tomita, J., Kenta, M., Sasaki, K., Kashiwaya, K., Kawai, T., Wake, Uranium-series chronology for sediments of Lake Hovsgol, Mongolia, and the 1-Ma records of Uranium and Thorium isotopes from the HDP-04 drill core., Quaternary International, in press
- ③ S. Tamamura, T. Sato, Y. Aota, K. Kashiwaya and M. Kumagai, Seasonal Deposition Fluxes of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Lake Biwa, Japan, Water, Air, and Soil Pollution, in press
- ④ Noriko Hasebe, Andrew Carter, Anthony J. Hurford and Shoji Arai, The effect of chemical etching on LA-ICP-MS analysis in determining uranium concentration for fission-track chronometry. Geological Society Special Publication "Thermochronological methods: from palaeotemperature constraints to landscape evolution models" in press, 査読有
- ⑤ K. Ito, N. Hasebe, R. Sumita, S. Arai, M. Yamamoto, K. Kashiwaya and Y. Ganzawa: LA-ICP-MS analysis of pressed powder pellets to luminescence geochronology, Chemical Geology 262, 131-137, 2009, 査読有
- ⑥ Yamamoto, M., Tomita, J., Sakaguchi, A., Imanaka, T., Fukutani, S., Endo, S., Tanaka, K., Hoshi, M., Gusev, B. I., Apsalikov, K. N.: Spatial distribution of soil contamination by  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{239,240}\text{Pu}$  in the village of Dolon near the Semipalatinsk nuclear test site: New information on traces of the radioactive plume from the 29 August 1949 nuclear test. Health Phys. 94, 328-337, 2008, 査読有

- ⑦ Hovsgol Drilling Project Group: T. Kawai, K. Kashiwaya, M. I. Kuzmin, A. A. Prokopenko, D. Tomurhoo et al.: Structure of bottom sediments in Lake Hovsgol: geological and climate controls, Russian Geology and Geophysics 48, 863-885, 2007, 査読有
- ⑧ Shichi, K., Kawamuro, K., Takahara, H., Hase, Y., Maki, T., and Miyoshi, N., Climate and vegetation changes around Lake Baikal during the last 350,000 years. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 248:357-375, 2007, 査読有
- ⑨ 長谷部徳子, 荒井章司, 年代標準試料の LA-ICP-MS-FT 年代測定結果, フィッショントラックニュースレター, 20, 40-41, 2007, 査読無
- ⑩ 長谷部徳子・伊藤一充・雁沢好博・柏谷健二, バイカル湖湖沼堆積物へのルミネセンス年代測定法の適用:現状と展望, 日本 BICER 協議会年報 2005 年度, 32-33, 2006, 査読無

[学会発表] (計 22 件)

- ① K. Kashiwaya, Spatial and Temporal Models for lake catchment systems, The 5<sup>th</sup> Japan-Korea-China International Workshop, 2008.10.7-11, Hakodate, Japan
- ② N. Hasebe, Dating of Quaternary volcanic rocks: fission track and uranium-series disequilibrium dating methods, The 5th Japan - Korea - China International Workshop Present Earth Surface Processes and Historical Environmental Changes in East Asia-Terrestrial Processes in Loess-covering Zone and its Surroundings -, October 7-11, 2008, Hakodate, Japan
- ③ 佐藤努・福土圭介・米田哲朗, 無機陰イオンの環境地球化学, 日本地球化学会第 55 回年会, 2008.9.17-19, 東京
- ④ K. Kashiwaya, K. Ito, T. Nakagawa, K. Fukushi, S. Ochiai, N. Hasebe, H. Sakai and T. Kawai, Some Preliminary Results for HDP08 and Comparison with Previous Records from Lake Hovsgol, The 7<sup>th</sup> International Symposium on Environmental Changes in East Eurasia and Adjacent Areas, 2008.8.23-29, Ulaanbaatar-Hatgal, Mongolia
- ⑤ N. Hasebe, A. Hasebe and S. Arai, Dating of Quaternary volcanic rocks: fission track and uranium-series disequilibrium dating methods

- Luminescence dating of fine grained quartz from Lake Hovsgol (HDP08), The 7th International Symposium on Environmental Changes in East Eurasia and Adjacent Areas—High resolution environmental records of terrestrial sediments, August 23–29, 2008, Ulaanbaatar– Hatgal, Mongolia
- ⑥ N. Hasebe, A. Hasebe & S. Arai, FT dating results using LA-ICP-MS: Age plus something, FT2008–11th International Conference on Thermochronometry, 8.14–19, 2008, Alaska, USA
  - ⑦ Yamamoto, M., Oikawa, S., Sakaguchi, A., Tomita, J., Hoshi, M., Apsalikov, K. N.: Determination of  $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$  isotopic ratios in human tissues collected from areas around the Semipalatinsk nuclear test site, 13<sup>th</sup> Hiroshima International Symposium–Radiation Effects in Semipalatinsk), 2008. 2.13, Hiroshima
  - ⑧ Yamamoto, M., Mino, K., Tomita, J., Imanaka, T., Endo, S., Hoshi, M., Apsalikov, K. N.: Radionuclide contamination of the Settlements where the Semipalatinsk historical cohort resided. International Symp on 4<sup>th</sup> Dosimetry workshop on the Semipalatinsk Nuclear Test Site Area, 2008. 2.13, Hiroshima
  - ⑨ Noriko Hasebe, LA-ICP-MS-FT dating, IGCP project 543 Low-temperature thermochronology and its applications: world-wide transfer of knowledge and inter-laboratory calibration, workshop 2007. 9. 27–28, Pisa, Italy
  - ⑩ K. Kashiwaya, Earth Surface Processes and Environmental Information Inferred from Lake-catchment Systems, 4th CJK International Workshop on Present Earth Surface Processes and Historical Environmental Changes in East Asia—Modern Lake-Catchment Processes and Human Activity in East Asia, 2007. 9.17–21, Nanjing, China
  - ⑪ N. Hasebe, K. Miyamoto, T. Matsuoka, HW Nahm, DY Yang, JY Kim, JH Bang, CH EUM, S. Arai and K. Kashiwaya, Luminescence Dating of Sediments from Byokgol-Je, Korea, 4th CJK International Workshop on Present Earth Surface Processes and Historical Environmental Changes in East Asia—Modern Lake-Catchment Processes and Human Activity in East Asia, 2007. 9.17–21, Nanjing, China
  - ⑫ K. Kashiwaya, Lakes and lake systems, Joint Meeting of the International Association of Geomorphologists, Working Group on Geomorphology and Global Environmental Change and the Austrian Commission on Geomorphology, 2007. 9.2–7, Obergurgl, Austria
  - ⑬ K. Kashiwaya, S. Ochiai, G. Sumino, T. Tsukamoto, A. Szyniszewska, M. Yamamoto, A. Sakaguchi, N. Hasebe, H. Sakai, T. Watanabe and T. Kawai, High-Resolution Environmental Records of Long-Term Lacustrine Sediments in Lake Hovsgol and Lake Baikal, 6th International Symposium on Terrestrial Environmental Changes in East Eurasia and Adjacent Areas, 2007. 8.24–28, Irkutsk-Listvyanka, Russia
  - ⑭ N. Hasebe, K. Miyamoto, T. Matsuoka, HW Nahm, DY Yang, JY Kim, JH Bang, CH Eum, S. Arai and K. Kashiwaya, Luminescence Dating of Sediments from Byokgol-Je, Korea, 6th International Symposium on Terrestrial Environmental Changes in East Eurasia and Adjacent Areas, 2007. 8.24–28, Irkutsk-Listvyanka, Russia
  - ⑮ Kenji Kashiwaya, Present Earth Surface Processes and Environmental Changes in Lake-catchment Systems in North-East Asia, 2<sup>nd</sup> Japan-China Joint International Workshop, Earth Surface Processes and Environmental Changes in North-East Asia, 2007. 1.29–31, Kanazawa, Japan
  - ⑯ Kenji Kashiwaya, Environmental changes in lake-catchment systems inferred from Baikal district, The 5th International Symposium on Terrestrial Environmental Changes in East Eurasia and Adjacent Areas – The daybreak of Paleoenvironmental dynamics -, 2006. 12.5–9, Nagoya, Japan
  - ⑰ Noriko Hasebe and Kenji Kashiwaya, Overview of Geochronological Research on Lake sediments, The 5th International Symposium on Terrestrial Environmental Changes in East Eurasia and Adjacent Areas – The daybreak of Paleoenvironmental dynamics -, 2006. 12.5–9, Nagoya, Japan
  - ⑱ Kenji Kashiwaya, Shinya Ochiai, Gen Sumino, Takuya Tsukamoto, Anna Szyniszewska, Hideo Sakai and Takayoshi Kawai, Long-term

environmental changes in a lake-catchment system inferred from Baikal district sediment information (Lake Baikal and Lake Hovsgol)、国際シンポジウム「氷期サイクルの謎にせまるー氷河期の気候ダイナミクスー」2006.11.13-15, 名古屋

- ⑩ Kenji Kashiwaya, Lake-Catchment System and Kosa-covering Area in East Eurasia, 第3回日韓国際ワークショップ「東アジアにおける現代の地球表層プロセスと歴史時代の環境変動」, 2006.9.26-30, ソウル, 韓国
- ⑪ Noriko Hasebe, Kentaro Ito, Andy Carter, Tony Hurford and Shoji Arai, LA-ICP-MS FT dating: zircon and volcanic glass, European Conference on Thermochronology, 2006. 7.30-8.4, Bremen, Germany
- ⑫ Kenji Kashiwaya, Long-term Environmental Changes in A Lake-Catchment System Inferred from the High Plateau Lacustrine Sediments of Lake Hovsgol, Mongolia, Joint International Symposium, Environmental Changes and Earth Surface Processes in Semi-arid and Temperate Areas, 2006.6.9-11, Uranbator, Mongolia
- ⑬ Noriko Hasebe, Continental Margin Development: Fission Track Data from the Shimanto Accretionary Complex and Related Area, Southwest Japan, Joint International Symposium, Environmental Changes and Earth Surface Processes in Semi-arid and Temperate Areas, 2006.6.9-11, Uranbator, Mongolia

[図書] (計 7 件)

- ① Kashiwaya, K., Slaymaker, O. and Church, M.; Lakes, lake-catchments and landscape change, In: Slaymaker, O. Spencer, T. and Embleton-Hamann, C. (eds), Landscape Change in the 21st century, Cambridge Univ. Press, in press.
- ② 柏谷健二, (分担) 環境の地球化学, 培風館. 1-36, 2007, 査読無
- ③ 柏谷健二, (分担) 琵琶湖ハンドブック, 滋賀県. 50-51, 2007, 査読無
- ④ 坂口 綾, 山本政儀: ウラン系列核種を利用した年代測定-堆積物への応用, 第四紀研究を推進する最先端の年代測, デジタルブック最新第四紀学. <http://staff.asit.go.jp/t-azuma/50QR/CD/index.html>. (代表: 中村俊夫) 分担

執筆、2007, 査読有

- ⑤ 柏谷健二 (分担), 東アジアモンスーン域の湖沼と流域(坂本充・熊谷道夫編), 名古屋大学出版会, 347p, 2006, 査読無
- ⑥ 柏谷健二 (分担), 陸水の事典(日本陸水学会編), 講談社, 578p. 2006, 査読有
- ⑦ 柏谷健二 (分担), Past, Present and Future Environments of Pan-Japan Sea Region, Maruzen, 4-18, 2006, 査読有

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

柏谷 健二 (KASHIWAYA KENJI)

金沢大学・環日本海域環境研究センター・教授

研究者番号: 30161029

### (2) 研究分担者

山本 政儀 (YAMAMOTO MASAYOSHI)

金沢大学・環日本海域環境研究センター・教授

研究者番号: 10121295

佐藤 努 (SATO TSUTOMU)

北海道大学・大学院工学研究科・准教授

研究者番号: 10313636

長谷部 徳子 (HASEBE NORIKO)

金沢大学・環日本海域環境研究センター・准教授

研究者番号: 60272944

青木 賢人 (AOKI TATSUTO)

金沢大学・人間科学系・准教授

研究者番号: 30345649

河合 崇欣 (KAWAI TAKAYOSHI)

(社) 国際環境研究協会・プログラムオフィサー

研究者番号: 50109906

箕浦 幸治 (MINOURA KOUJI)

東北大学・理学研究科・教授

研究者番号: 10133852

酒井 英男 (SAKAI HIDEO)

富山大学・理学部・教授

研究者番号: 30134993

高原 光 (TAKAHARA HIKARU)

京都府立大学・生命環境科学研究科・教授

研究者番号: 30216775

福士 圭介 (FUKUSHI KEISUKE)

金沢大学・環日本海域環境研究センター・助  
教  
研究者番号：90444207