

20世紀半ばの温暖化の停滞は大気圏内核爆発で説明できる

Stagnation of global warming in the mid 20th century can be explained by atmospheric nuclear explosions

藤井 義明^{1*}

Yoshiaki Fujii^{1*}

¹ 北海道大学大学院工学研究院

¹ Rock Mech. Lab., Hokkaido Univ.

1880年から2010年のGSTは、ごく大雑把にいて、上昇傾向にあり、この現象が現在、地球温暖化と呼ばれているのはいうまでもない。この間、温室効果ガス濃度は増加を続けているが、1880年から1917年の間は、気温が上昇していない。これは、この期間に太陽活動が不活発だったことや、VEIが6の大噴火が相次いだためと考えられる。大噴火により生じた硫酸エアロゾルは成層圏に達し日射を遮ることによりGST低下を引き起こすことが知られており、最近では、成層圏に硫酸エアロゾルを注入することにより地球温暖化を緩和しようという研究も活発になされている。

気温の増加傾向は、1945年から1976年にも0.5K停滞している。太陽活動は1965年まで活発であったし、1956年のBezymiannyと1963年のMt. Agungの噴火はあるにはあったが、いずれも、VEIは5であり、また、1945年のGSTの低下を説明することはできない。

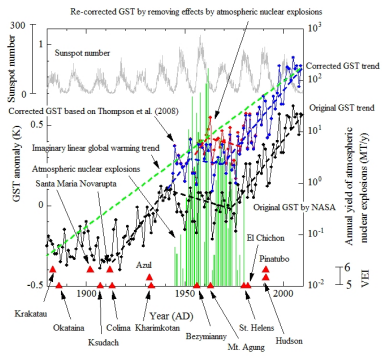
この20世紀半ばの温暖化傾向の停滞は、AOGCMでも再現することはできておらず、Hansen et al. (2007)では、自然振動か第二次世界大戦を準備するための工業活動による煤煙が北極に吹き飛ばされたことが原因ではないかと述べている。永島ら(2005)は炭素性エアロゾル増加を、Schledinger & Ramankutty (1994)はAMOを挙げている。筆者の見解では、AMOは何らかの放射強制力の結果であり、原因ではない。また、Thompson (2008)は、1945年におけるGSTの不連続な低下は、SSTの測定方法の変更によるものとした。これを考慮し、1945年以降のGSTに0.3Kを加えると、20世紀半ばの温暖化傾向の停滞は短い期間、小さい停滞量(0.3K)になるが、まだ観察される。

一方、1945年から1980年までに合計504回、440MTの大気圏内核爆発が行われたことが知られており、この期間は温暖化の停滞時期と一致する。シミュレーション結果によれば、100~5000MTの核戦争により生じたサブミクロンの煤煙と主に珪質のちりが日射を遮り、大噴火と同様なメカニズムで、条件によっては人類を絶滅に追い込む程度の気温低下を引き起こすことが予想されている(TTAPS「核の冬」、Robock et al., 2007など)。これらの研究では、主に煤煙の影響が重視され、実際に行われた大気圏内核実験はちりのみを生じ煤煙を生じず、広島と長崎は煤煙を生じたが規模が小さいためGST低下を引き起こさなかったとされてきた。しかし、TTAPSには、ちりのみの影響のシミュレーションも示されているため、これに基づいて、大気圏内核実験による、また、最新のAOGCMにより煤煙の影響をシミュレートしたRobockらに基づき広島・長崎による気温低下を推定してみた。推定にあたっては、洋上実験、成層圏などの高高度実験は計算に含めず、火球の大きさやキノコ雲の高度を考慮してちりの生成量や成層圏への注入量を推定した。求められた、主にソ連による大収量の水爆に起因するGST低下は最大で0.17Kであり、広島・長崎の寄与は無視できる値であった。前述のThompsonで補正したGSTをさらに補正してみると、GSTは1917年から1965年まで直線的に上昇し、1976年まで若干(0.2K)低下した。これは、1965年から1976年の太陽活動の不活発さに原因を求めることができよう。

なお、筆者の入手した範囲では、1954年の北日本の冷夏の原因がビキニ環礁における水爆実験の影響ではないかとしたArakawa (1954)が大気圏内核爆発の気候への影響を指摘した最初の論文である。米国気象庁のLandsberg (1958)も水爆実験の気候への影響を危惧している。Kondratyev (1988)は、水爆により火球内で生成されるNO₂による気温低下を指摘した。菱田(2001)は、第二次世界大戦末期の大空襲、広島・長崎とそれに続く大気圏内核実験のSST・GSTへの影響を定性的ではあるが指摘している。

大気圏内核爆発は「核の冬」の実規模現位置試験と解釈することができる。本研究は、シミュレーションにすぎず何の裏づけもなかった「核の冬」に初めて実験的な裏づけを与えるものであり、核戦争抑止力の向上に寄与することが期待される。

また、現段階の気候シミュレーションでは、20世紀半ばの温暖化の停滞は再現されず、Mt. Agungの噴火の影響を過大評価して無理やりつじつまを合わせているように見受けられる。大気圏内核爆発の影響を考慮してパラメーターを調整し直せばより正確に将来の気候変動をシミュレーションできることも期待される。



キーワード: 地球温暖化, 大気圏内核爆発, 核の冬
 Keywords: global warming, atmospheric nuclear explosions, nuclear winter

年輪を形成しない熱帯樹木の酸素同位体比を用いた月・季節レベルでの気候復元の可能性

Possibility of climate reconstruction on monthly/seasonal scales by oxygen isotope ratios in tropical ringless trees

岡本 祥子^{1*}, 佐野 雅規¹, 中塚 武¹, 河村 公隆²

Sachiko Okamoto^{1*}, Masaki Sano¹, Takeshi Nakatsuka¹, Kimitaka Kawamura²

¹ 名古屋大学大学院環境学研究科, ² 北海道大学低温科学研究所

¹Nagoya University, ²Hokkaido University

樹木年輪は、時空間分解能の高さと測定の手軽さから、陸域の気候変動を復元する媒体として最もよく用いられているが、寒暖の季節変化に乏しい熱帯域では、大部分の樹木が年輪を形成しないため、年輪幅を用いた従来の気候復元は難しい。他方、樹木セルロース中の酸素同位体比は、『降水の同位体比』と『相対湿度』を記録しており、両者とも雨季・乾季に対応して変動すると考えられることから、年輪を欠く樹木であっても、その材の酸素同位体比を細かく測定することにより、1年に1データという分解能を超え、季節・月、場合によっては週レベルの高時間分解能で古気候データを取得できる可能性がある。そこで本研究では、年輪を形成しない樹木による古気候復元の可能性を検討するため、成長の早い植林木ユーカリを用いて、その酸素同位体比を高分解能で測定した。

ラオス中部のノンブア(2008年6月7月植栽)と、その南東約30kmに位置するパクスン(2007年7月植栽)の植林地において、それぞれから、幹直径(地際から1.3m上部)12.8cm、および11.5cmのユーカリを2010年8月末に伐倒して円盤サンプルを採取した。髄から形成層にいたる放射方向に沿って、断面4×6mmの細長いサンプルを円盤から切り出したうえで、マイクロトームを用いて厚さ20μmの薄片を作成した。パクスンのユーカリは、薄片25枚、すなわち0.5mm分を1サンプルとし、有機溶媒・酸・アルカリによる段階的な化学処理によってセルロースを抽出した。他方、ノンブアのユーカリは、化学処理の大幅な簡略化を検討するため、薄片23枚を1サンプルとしてセルロースを抽出する一方で、残り2枚については、有機溶媒による脂質の除去のみにとどめ同位体比の測定に供した。酸素同位体比は、熱分解式の質量分析計に連結した同位体質量分析計(ThermoQuest TCEA-IRMS)によって測定し、国際標準物質(VSMOW)に対する千分偏差(デルタ値)として表した。繰り返し測定の標準偏差は0.2パーミルであった。

パクスンとノンブアのユーカリの酸素同位体比は、生育地が30km隔たっているにも関わらず、その変動パターンが両者で良く一致していたことから、広域の気候変動を反映していると考えられる。サンプル採取地近くのパクスン測候所の日別気象データと比較したところ、酸素同位体比は、雨季・乾季のサイクルに伴う相対湿度の大きな変動に良く対応したほか、相対湿度の細かい季節内変動とも概ね一致していた。また、相対湿度との対比から、乾季に入ると成長が遅くなることが分かり、樹木生理学的にも整合する結果が得られた。そのほか、成長の盛んな雨季においては、0.5mmのサンプリング間隔で1週間程度の分解能を示すことがわかった。木材そのままのサンプルとセルロースサンプルの酸素同位体比測定結果は、セルロースの方が3.6パーミル高い値を示し、変動幅も大きかったが、ほぼ同じような変動($r = 0.97, p < 0.001$)を示すことがわかった。これより、脂質を除去しただけのサンプルでも、解析に充分耐えうるデータを取得できることが分かり、今後、サンプル処理の効率を大幅に向上させることが可能となった。以上のように、本研究から、年輪を欠く樹木であっても、その酸素同位体比を高解像度で測定することにより、相対湿度の変動を季節・月単位で復元できることが実証できた。また、本手法を天然木に適用することにより、相対湿度の変動を機器観測以前に遡って復元しうることが示唆された。

キーワード: 酸素同位体比, セルロース, 相対湿度

Keywords: Oxygen isotope ratio, Cellulose, Relative humidity

Japan Geoscience Union Meeting 2011

(May 22-27 2011 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2011. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



ACG034-03

会場:102

時間:5月27日 09:00-09:15

年縞堆積物による環太平洋諸文明の高精度環境史復元 Environmental changes and civilizations of the Pan Pacific regions

米延 仁志^{1*}, 山田和芳¹, 五反田克也², 原口強³, 瀬戸浩二⁴, 大山幹成⁵, 竹村恵二⁶, 安田喜憲⁷, 青山和夫⁸, 坂井正人⁹, 高宮広土¹⁰

Hitoshi Yonenobu^{1*}, Kazuyoshi Yamada¹, Katsuya Gotanda², Tsuyoshi Haraguchi³, Koji Seto⁴, Motonari Ohyama⁵, Keiji Takemura⁶, Yoshinori Yasuda⁷, Kazuo Aoyama⁸, Masato Sakai⁹, Hiroto Takamiya¹⁰

¹ 鳴門教育大学, ² 千葉商科大学, ³ 大阪市立大学, ⁴ 島根大学, ⁵ 東北大学, ⁶ 京都大学, ⁷ 国際日本文化研究センター, ⁸ 茨城大学, ⁹ 山形大学, ¹⁰ 札幌大学

¹Naruto University of Education, ²Chiba University of Commerce, ³Osaka City University, ⁴Shimane University, ⁵Tohoku University, ⁶Kyoto University, ⁷IRCJS, ⁸Ibaraki University, ⁹Yamagata University, ¹⁰Sapporo University

The "Pan Pacific Environmental Changes and Civilizations" (PPECC) project is a multidisciplinary research program funded by KAKENHI. Here, we are undertaking coring campaigns over the Pan Pacific regions in order to study the variability of past environmental changes using annually laminated lake sediments.

キーワード: 古環境復元, 湖沼堆積物, 年縞, 環太平洋地域, 文明の盛衰

Keywords: paleoenvironmental reconstructions, lake sediments, varve, pan pacific region, rise and fall of civilizations

ACG034-04

会場:102

時間:5月27日 09:15-09:30

糸魚川石筍の酸素同位体記録と完新世アジアモンスーン強度 Oxygen isotope record of the stalagmites from Itoigawa and intensity of the Holocene Asian monsoon

狩野 彰宏^{1*}, 高橋森生¹, 柏木健司²
Akihiro Kano^{1*}, Morio Takahashi¹, Kenji Kashiwagi²

¹九州大学, ²富山大学

¹Kyushu University, ²Toyama University

鍾乳石は古気候記録として有用であり、特に酸素同位体比の記録は長/短期的な湿度ソース、温度変化、降水量に関する情報を提供してきた。中国の洞窟からは過去 22 万年間の高解像度記録が提示され、それに現れた 2.3 万年周期が北半球の夏の放射強制力と見事な一致を示す。中国産石筍の酸素同位体記録は、中国への熱・水蒸気輸送を統括する夏期のアジアモンスーンの強度変動を示すと解釈されている。しかし、アジア地域におけるもう 1 つの重要な気候因子である冬期のアジアモンスーンについては、多くの地域では顕著な降水を伴わないため、石筍記録により議論されることは無かった。

日本列島の北陸地方は、冬期のアジアモンスーンによる降水量が大きい数少ない地域である。私たちは新潟県糸魚川市の洞窟で採集した 2 つの石筍 (IT-01, 02) を測定した。2 つの石筍とも透明感が高く、直線的な成長中心を示す。U-Th 年代は IT-01 にのみ測定され、上部 19.5cm が 1 万 500 年間で沈殿したことが解った。しかし、この鍾乳石は同位体的な非平衡を示すので、年代測定されていない IT-02 よりも古気候記録としてはふさわしくない。そこで、炭素同位体プロフィールにより、IT-02 と対比し、その上部 19.8 cm が過去 8 千 5 百年で沈殿したと見積もった。

IT-02 の酸素同位体比は -7.6 から -10.0 ‰ の範囲で変動する。滴下水と最先端の試料の値から導いた水温は糸魚川市の年間平均気温にほぼ一致し、同位体平衡が保証されていると考えられる。変化の傾向から、石筍記録は 3.3 ka の部分で分けられる。下部の記録は -8.3 から -9.2 ‰ の範囲でゆるく変動する。一方、後期完新世の上部石筍の記録は、-8.3 (3.3 ka) から -9.5 ‰ (2.0 ka) までの増加傾向、約 300 年前までの安定期、現在へ続く増加期の 3 つのトレンドを示す。これらの上部のトレンドは夏のモンスーン強度を示すとされる中国の石筍記録と反対である。それは 2 つの地域の降水量に関する季節的パターンの違いを反映していると思われる。糸魚川では夏期より冬期に降水量が多く、そこでの石筍記録は冬のアジアモンスーン強度を示している可能性が高い。この見積もりは、糸魚川石筍にみられる最近の酸素同位体比の増加が、40 km 離れた高田気象観測所での降水量減少と整合的であることで支持される。また、これが正しいとすると、現在の糸魚川での降水 (雪) 量は過去 3 千年間で最も少ない状態であると言える。下部石筍には中国との逆トレンドは記録されていない。初期?中期完新世では、糸魚川での降水パターンは現在の季節性とは異なり、酸素同位体比に夏の降水量成分からの大きな影響があった可能性がある。あるいは、最終氷期最盛期中の日本海水結に関連した影響が石筍の酸素同位体比に残されていたのかもしれない。

キーワード: 石筍, 完新世, 古気候

Keywords: Stalagmite, Holocene, Paleoclimate

東シナ海北部の表層水温・塩分変動に基づく最終氷期の東アジア夏季モンスーン千年スケール変動

Millennial-scale variations in East Asian summer monsoon during the last glacial period in the northern East China Sea

久保田 好美^{1*}, 木元 克典², 多田 隆治¹, 内田 昌男³, 池原 研⁴

Yoshimi Kubota^{1*}, Katsunori Kimoto², Ryuji Tada¹, Masao Uchida³, Ken Ikehara⁴

¹ 東京大学大学院 理学系研究科, ² 海洋研究開発機構, ³ 国立環境研究所, ⁴ 産業技術総合研究所地質情報研究部門

¹The University of Tokyo, ²JAMSTEC, ³NIES, ⁴AIST

最終氷期には、北大西洋高緯度域でダンスガード-オシュガーイベント (Dansgaard-Oeschger events、以下 DO イベント) と呼ばれる千年スケールの急激な気候変動やハインリッヒ (Heinrich) イベントと呼ばれる数千年周期での氷山大量流出イベントが起こっていたことが知られている。また、中国東部の鍾乳石の酸素同位体比 (^{18}O) 記録から、ハインリッヒイベントに伴って東アジア夏季モンスーンによる夏の降水量が減少していたことが示唆されている。しかし、鍾乳石の ^{18}O の解釈は複雑で、気温や蒸発の効果、水蒸気源の ^{18}O や水蒸気の輸送経路といった降水量以外の要素が含まれている。したがって、最終氷期における中国南部の降水量変動は未だ十分に明らかにされたとは言えない。

一方で、東シナ海北部は夏季に長江からの淡水流入の影響を受ける海域であり、東シナ海の夏の表層塩分が長江からの淡水流入量に従って変化することが、現在の海洋観測結果から知られている。したがって、東シナ海の表層塩分変動は長江の流出量を通じて長江集水域の広域的な降水量変動を反映していると考えられている。そこで、本研究では、東シナ海北部から得られた堆積物コア KR07-12-01 を用いた表層水温 (SST)、表層塩分 (SSS) の復元により、最終氷期の中国南部における広域的な降水量変動を明らかにすることを目的とした。用いる手法は、表層に生息する浮遊性有孔虫の炭酸塩殻の Mg/Ca と酸素同位体比 (^{18}O) を組み合わせた手法である。Mg/Ca は水温と相関があり、一方で ^{18}O は水温および塩分の指標である海水の ^{18}O ($^{18}\text{O}_{sw}$) に影響を受ける。 ^{18}O と Mg/Ca を組み合わせることで、水温と塩分の情報を分離できる。コアの年代モデルは、15 層準で測定された ^{14}C 年代をもとに作成された。Mg/Ca と ^{18}O の分析結果から、39-40, ~33, ~29 ka に SST の低下があり、これらのイベントは北大西洋高緯度域の寒冷化した時代 (ハインリッヒイベント、DO 氷期) に対応していることが示された。また、~39, ~33, ~35.5, ~32, および ~30 ka において $^{18}\text{O}_{sw}$ が 0.4 ‰ 重くなり、これらもハインリッヒイベント #4, DO 氷期 #6, #7, およびハインリッヒイベント t#3 に対応していることが示された。これらの $^{18}\text{O}_{sw}$ のシフトは、中国東部の石筍の $d^{18}\text{O}$ 記録とも調和的である。

一方、筆者らの先行研究によると、最終融氷期における東シナ海の $^{18}\text{O}_{sw}$ の復元結果からはベーリングアレレード期 (BA) やヤンガードリアス期 (YD) に対応した変動がはっきりと見られない。特に、北大西洋高緯度域が寒冷化した YD で $^{18}\text{O}_{sw}$ が変化しないことは、石筍の結果とは矛盾する。しかし、中国南部の湖の記録は、YD で夏の降水量が減少していなかったことを示唆しており、筆者らの研究結果を支持する。したがって、YD には中国南部で東アジア夏季モンスーンの降水量は減少していなかったことが示唆される。これらの結果からは、例えば北半球の大陸氷床の量など気候の境界条件が異なる最終融氷期には、北大西洋高緯度域の千年スケールの気候変動に対し、東アジア夏季モンスーンの応答様式が異なっていたことが示唆される。現在、東アジア夏季モンスーンの北限は中国北部に位置しているが、MIS3-2 においてはモンスーンの北限が南下していた可能性がある。また、千年スケールでも熱帯収束帯 (ITCZ) の移動が起こり、ハインリッヒイベントに伴って ITCZ が南下していたことが示唆されている。更に、ITCZ の千年スケールの南北移動に伴い、偏西風も南北にシフトし、それがモンスーンフロントの位置の南北移動を引き起こしたことが推測される。MIS2-3 においては、中国南部は、千年スケールのモンスーンフロントの移動の影響を受けやすい位置にいたと考えられる。

キーワード: 最終氷期, Dansgaard-Oeschger サイクル, ハインリッヒイベント, 東アジア夏季モンスーン, マグネシウム / カルシウム比, 東シナ海

Keywords: Last glacial period, Dansgaard-Oeschger event, Heinrich event, East Asian summer monsoon, Mg/Ca ratio, East China Sea

ACG034-06

会場:102

時間:5月27日 09:45-10:00

最終氷期以降の北西太平洋深層水ベンチレーション変化 Deep-water ventilation changes in the NW Pacific since the last glacial period

岡崎 裕典^{1*}, 佐川 拓也², 堀川 恵司³, 朝日 博史⁴, 小野寺 丈尚太郎⁵, 大場 忠道⁶

Yusuke Okazaki^{1*}, Takuya Sagawa², Keiji Horikawa³, Hirofumi Asahi⁴, Jonaotaro Onodera⁵, Tadamichi Oba⁶

¹ 海洋研究開発機構, ² 愛媛大学, ³ 富山大学, ⁴ 東京大学, ⁵ 学振特別研究員, ⁶ 北海道大学

¹JAMSTEC, ²Ehime University, ³Toyama University, ⁴University of Tokyo, ⁵JSPS Fellow, ⁶Hokkaido University

北西太平洋鹿島沖から採取された MD01-2420 コア (北緯 36 度 04 分, 東経 141 度 49 分; 水深: 2101 m) を用い、同一層準の浮遊性および底生有孔虫の放射性炭素年代差より、最終氷期以降のベンチレーションを復元した。最終退氷期初期 (17.5-15 kyr B.P.) に、大西洋子午面循環が北大西洋への大量淡水供給により停滞したことが示唆されている (ハインリッヒイベント 1; H1)。また、この時代に 190 パーミルの大気 $\delta^{14}\text{C}/\delta^{12}\text{C}$ 比の減少と 40ppm の大気中二酸化炭素濃度の上昇が起こっていることから、熱塩循環の停滞と、海洋深層水塊の孤立リザーバーの解消の関係が議論されているが未だ定説はない。大気の 50 倍以上の溶存無機炭素貯蔵量をもつ海洋深層の中でも、最も容積が大きい太平洋は、氷期の炭素リザーバーの有力候補であり、最終氷期から最終退氷期にかけての太平洋における海洋循環と水塊構造変化は、多くの古海洋研究者の注目を集めている。

私たちは、ハインリッヒイベント 1 において、北太平洋で水深 2500m 付近まで達する深層水が形成されていたことを、海底堆積物中の浮遊性および底生有孔虫の放射性炭素年代差データと、気候モデルシミュレーションより示唆した。シミュレーションの結果は、深層西岸境界流の発達により、北西太平洋が深層水の主要経路であったことを示しており、その実態を解明するためには、今後、日本周辺など北西太平洋において良質のベンチレーションデータを蓄積していく必要がある。鹿島沖コアは、速い堆積速度、深い水深、有孔虫の保存、安定した堆積場、というベンチレーション復元に理想的な条件を満たす試料であり、本研究により、ハインリッヒイベント 1 を含む詳細なベンチレーション変化を復元することで、最終氷期から最終退氷期における北太平洋海洋循環を明らかにし、氷期炭素リザーバー問題へアプローチする糸口となる知見を得たいと考えている。

キーワード: 海洋循環, ベンチレーション, 北太平洋, 最終氷期, ハインリッヒイベント 1

Keywords: ocean circulation, ventilation, North Pacific, last glacial period, Heinrich event 1

ACG034-07

会場:102

時間:5月27日 10:00-10:15

氷期における大西洋深層循環と急激な気候変動

The thermal threshold of the Atlantic overturning circulation and stadial/interstadial periods in glacial climate

岡 顕^{1*}, 阿部彩子¹, 羽角博康¹

Akira Oka^{1*}, Ayako Abe-Ouchi¹, Hiroyasu Hasumi¹

¹ 東京大学大気海洋研究所

¹ AORI, The University of Tokyo

By using results of a state-of-the-art climate model (MIROC), we conducted sensitivity simulations by an ocean general circulation model (COCO) in order to evaluate role of thermal, freshwater, and wind-stress sea surface conditions in controlling the Atlantic meridional overturning circulation (AMOC) in glacial climate. It is demonstrated that slight differences in sea surface conditions could lead to very different response of the AMOC; a certain condition leads to the stronger AMOC and slightly different sea surface fluxes result in the weaker AMOC than today. We found the response of the AMOC to the thermal condition (i.e., strength of surface cooling) is a key for understanding the behavior of the AMOC in glacial climate. It is implied that two very different states of the AMOC may be possible during glacial periods depending on degree of sea surface cooling: moderate cooling results in strengthening of the circulation whereas sufficient cooling leads to weakening of the circulation. The model results indicate that this is related to response of deep convection in the northern hemisphere; moderate cooling enhances deep convection whereas sea ice covers there entirely and prevents deep convection under sufficient cooling. This suggests existence of thermal threshold of the AMOC during a glacial period: the weak glacial (stadial) AMOC suddenly shifts to the strong (interstadial) AMOC when surface cooling becomes smaller than this threshold. It is speculated that this thermal threshold may be related to existence of stadial and interstadial periods of glacial climate.

キーワード: 大西洋深層循環, 気候モデル, 氷期における急激な気候変動

Keywords: The Atlantic deep circulation, Climate model, Glacial abrupt climate changes

ACG034-08

会場:102

時間:5月27日 10:15-10:30

なぜ大気海洋大循環モデルによる氷期北大西洋海洋循環の再現が難しいのか Why do GCMs sometimes fail to simulate the LGM AMOC

阿部 彩子^{1*}, 大垣内 るみ², 岡 顕¹, 近本 めぐみ²

Ayako Abe-Ouchi^{1*}, Rumi Ohgaito², Akira Oka¹, Megumi O. Chikamoto²

¹ 東京大学大気海洋研究所, ²(独) 海洋研究開発機構

¹AORI Univ. Tokyo, ²JAMSTEC

To understand and reproduce the Atlantic Meridional Overturning Circulation at Last Glacial Maximum (LGM), which is known to be weaker than present day in strength, is important for the validation of models used for future climate projection, although many Coupled Atmosphere Ocean General Circulation Models (AOGCMs) fail to simulate it. Here we analyze multi AOGCMs and also ran several sensitivity experiments using MIROC AOGCM in order to examine the reason of difficulty in simulating the NA AMOC at LGM. We show that (1)the change of AMOC in the models are very much dependent on the Temperature bias in the Southern Ocean (2)The formation of ice sheet and Brine rejection in Southern Ocean is crucial for the weakening of AMOC at LGM. (3)Decrease of Greenhouse Gas (GHG) amount under glacial climate is favorable in weakening the NA AMOC while the growth of Northern hemisphere Ice Sheet strengthens it under a range of GHG level.

ACG034-09

会場:102

時間:5月27日 10:45-11:00

宇宙線生成核種を用いた阿武隈山地における侵食速度の定量 Erosion rates of weathered granitic soil surfaces in Abukuma, Japan deduced from cosmogenic nuclides depth profile

中村 淳路^{1*}, 横山祐典¹, 宮入陽介¹, 松崎浩之², 鈴木淳³

Atsunori Nakamura^{1*}, Yusuke Yokoyama¹, Yosuke Miyairi¹, Hiroyuki Matsuzaki², Atsushi Suzuki³

¹ 東京大学大気海洋研究所, ² 東京大学大学院工学系研究科, ³ 産業技術総合研究所

¹AORI, University of Tokyo, ²MALT, University of Tokyo, ³AIST

Measurements of in-situ produced cosmogenic nuclides (CRN) allow us to understand earth surface process quantitatively. It has been successfully used to provide erosion rates in arid region where slow erosion process is taken place (e.g., Gosse and Phillips, 2001). Coupled measurements of CRN provide unique solution of both minimum exposure age and maximum erosion rates (Yokoyama et al., 2005). CRN based erosion rates determination have not been applied extensively in mid latitude humid area, where weathered granitic soils are distributed, due to fast erosion rate, namely long-lived CRN do not have sensitivity to provide both erosion rate and exposure ages. It is therefore required to apply CRN depth profile method to obtain accurate erosion rate for those area yet few studies have been conducted by far. Here we present ¹⁰Be and ²⁶Al depth profiles from eastern Abukuma, Japan to understand quantitative erosion rate. Our previous study successfully demonstrated that deeper layers at least 80 cm below surface must be analyzed to achieve highly accurate measurement because near-surface layers are potentially influenced by pedogenic processes (Shiroya et al., 2010). In this study, therefore, we sampled granitic soils from 300cm-deep outcrop.

The sampling sites are located in the eastern Abukuma Mountains, Japan at an altitude of 540 m and 620 m above sea level. CRN (¹⁰Be and ²⁶Al) are measured by AMS (Accelerator Mass Spectrometry) at Micro Analysis Laboratory Tandem Accelerator, The University of Tokyo. We will discuss geomorphologic and geologic implications based on the results of CRN measurement including discussions of erosion rates of weathered granitic soils in eastern Abukuma mountains.

References

Gosse and Phillips, *Quatern. Sci. Rev.* 20, 1475-1560 (2001)

Shiroya et al., *Geochemical Journal* 44, e23-e27 (2010)

Yokoyama et al., *Jour. Geol. Soc. Japan* 111, 693-700 (2005)

キーワード: 宇宙線生成核種, 侵食速度

Keywords: cosmogenic nuclide, erosion rate

Japan Geoscience Union Meeting 2011

(May 22-27 2011 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2011. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



ACG034-10

会場:102

時間:5月27日 11:00-11:15

The glacial history of Sor Rondane Mountains in Dronning Maud Land, East Antarctica The glacial history of Sor Rondane Mountains in Dronning Maud Land, East Antarctica

菅沼 悠介^{1*}, 三浦 英樹¹, Albert Zondervan²
Yusuke Suganuma^{1*}, Hideki Miura¹, Albert Zondervan²

¹ 国立極地研究所 地圏研究グループ, ²GNS Science
¹National Institute of Polar Research, ²GNS Science

Antarctic ice sheet volume and sea ice extent are driven by Earth's global climatic system and more regional parameters such as albedo, thermohaline circulation, productivity of marine organisms, and erosion or weathering rate of base rock. A reconstruction of Antarctic ice sheet variability is essential to begin to understand their interactions. Previous studies have estimated a significant decrease in ice sheet thickness during the last several million years (e.g., Liu et al., 2010). However, the geographical extent of this decrease and its response and feedback to the global climate remain uncertain and topic of debate.

In this study, we focus on the past change of the ice sheet thickness at Sor Rondane Mountains in Dronning Maud Land, East Antarctica, because little is known about this region's deglaciation history. In 2010, we carried out a field expedition to investigate the past change of the ice sheet elevation based on detailed geomorphologic evidence and precise surface exposure ages using the cosmogenic isotopes Be-10 and Al-26. In total, 34 bedrock or erratic samples had been corrected from ca 1000 - 2500 m a.s.l. at the western and central part of Sor Rondane Mountains. Based on these data, we will discuss a relationship between East Antarctic ice sheet change and global climate.

Japan Geoscience Union Meeting 2011

(May 22-27 2011 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2011. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



ACG034-11

会場:102

時間:5月27日 11:15-11:30

南極セールロンダーネ山地における鮮新世以降の氷床融解とグレイシャルアイソスタシーによる山地隆起量の推定 Glacial melting and uplift estimations around the Sor Rondane Mountains of the East Antarctica since the Pliocene

三浦 英樹^{1*}, 奥野 淳一¹, 菅沼 悠介¹
Hideki Miura^{1*}, Jun'ichi Okuno¹, Yusuke Suganuma¹

¹ 国立極地研究所

¹National Institute of Polar Research

The role of the East Antarctic Ice sheet for several global climatic events such as Mid-Pleistocene Transition and Mid-Brunhes Event during the Quaternary era is a great issue for elucidating the global systems. A large part of the Sor-Rondane Mountains in the East Antarctica has been covered by the East Antarctic ice sheet. The glacial geomorphology in this region and Glacial isostatic adjustment model (GIA model) can lead to estimate the glacial melting volume of East Antarctic Ice sheet and its contribution to the global sea-level changes, and the amount of glacial isostatic uplift since the Pliocene.

キーワード: 南極, 東南極氷床, 氷床変動, セールロンダーネ山地, グレイシャルアイソスタシー, 第四紀

Keywords: Antarctica, East Antarctic Ice sheet, Glacial fluctuation, Sor-Rondane Mountains, Glacial isostasy, Quaternary

放射性同位体 ^{230}Th を用いた過去 13,000 年間の南部チリ沖における生物源粒子 フラックス変動

Changes in ^{230}Th -normalized flux of biogenic components recorded in the south Chilean margin over the past 1.3 kyrs.

福田 美保^{1*}, 原田 尚美², 佐藤 都², C. B. Lange³, 阿波根 直一², S. Pantoja³, 川上 創², 本山 功⁴

Miho Fukuda^{1*}, Naomi Harada², Miyako Sato², C. B. Lange³, Naokazu Ahagon², S. Pantoja³, Hajime Kawakami², Isao Motoyama⁴

¹ 筑波大学 地球進化, ² 独立行政法人 海洋研究開発機構, ³ コンセプション大学, ⁴ 山形大学

¹Earth Evolution Sciences, Univ. Tsukuba, ²JAMSTEC, ³University of Concepcion, ⁴Yamagata Univ.

現在も上昇し続けている大気中二酸化炭素濃度は、約 2 万年前の最終氷期にまで遡ると 180-190 ppm と低く、その後の融氷期に急激に上昇したことが南極氷床コア中の二酸化炭素分析によって明らかにされている (e.g. Monnin et al., 2001)。大気中二酸化炭素濃度を变化させる重要なメカニズムには“海洋への二酸化炭素吸収過程”がある。海洋の二酸化炭素吸収過程には溶解ポンプ・アルカリポンプ・生物ポンプがあるが、定量的な評価がより不足しているのが生物ポンプである。生物ポンプとは、海洋表層においてプランクトンによって生成された有機物が深層へと輸送される機構のことである。生物ポンプ能力の強さは、栄養塩濃度や光環境・プランクトン群集の違いなどによって変化する上、これらの要素は海域によって異なることから、大気中二酸化炭素濃度変動に伴う生物ポンプ能力の寄与について正確に評価するためには、空白域を含めたより多くの海域の生物ポンプに関連したデータを得ることが必要である。特にチリ沖を含む南半球は、広大な面積を有し、高緯度には珪藻を主体とする高生産海域が広がり、生物ポンプ能力の高い海域と推測される。チリ沖には多くの栄養塩をもつ南極周極流を起源とした南緯 40 度付近を境に赤道方面へ流れるペルーチリ海流と極域へ流れるケープホーン海流が存在するが、チリ沖における過去の生物ポンプ能力の評価についての報告例はペルーチリ海流域に偏っておりケープホーン海流域ではほとんど行われていない。そこで本研究では、チリ沖高緯度域のマゼラン海峡西部域の太平洋側入り口付近で採取された海底堆積物 PC3 (52 °S, 74 °W; 水深 560 m) に記録された全有機炭素・全窒素・生物源オパールフラックス (沈積量) を過去 13,000 年間について高時間解像度で復元し、同海域における生物ポンプの能力の変化を明らかにすることを目的とした。沈積量を見積もるために用いたのは、放射性核種トリウム 230 (^{230}Th) を利用した ^{230}Th -normalization 法である。この手法は、堆積物の各層準における生物源粒子含有量を ^{230}Th で規格化することでフラックスを見積もる方法である。 ^{230}Th は海水中のウラン 234 (^{234}U) から壊変して生成され、生成直後に周囲に存在する粒子に直ちに吸着し、速やかに深層へと輸送 (スカベンジング) される性質をもつ。この性質を利用し、海水中における ^{230}Th の生成速度が ^{230}Th の海底へのスカベンジング速度に等しいという仮定が成り立てば、生物源粒子フラックスを算出することができる。水平移流による ^{230}Th の出入りについては、海水中の滞留時間が 40 年と大変短いため、数 100 年程度の平均的なフラックスを求めるには大きな支障とはならない。また沿岸域など陸起源の ^{230}Th については、別の放射性核種 ^{232}Th の放射能を利用して陸源物質流入の影響を補正することが可能である (Francois et al., 2007)。

本研究の結果、全有機炭素フラックスは過去 1.3 万年を通じて $5.0 - 45 \text{ mg cm}^{-2} \text{ kyr}^{-1}$ の範囲で変化し、融氷期末期のヤングドリアス (YD: 1.3-1.1 万年前) で平均 $31 \text{ mg cm}^{-2} \text{ kyr}^{-1}$ 、完新世で $24 \text{ mg cm}^{-2} \text{ kyr}^{-1}$ の値を示した。また全窒素フラックスは $0.6 - 5.0 \text{ mg cm}^{-2} \text{ kyr}^{-1}$ の範囲で変化し、YD で平均 $3.8 \text{ mg cm}^{-2} \text{ kyr}^{-1}$ 、完新世で $2.8 \text{ mg cm}^{-2} \text{ kyr}^{-1}$ の値を示した。全有機炭素と全窒素フラックスは、YD でそれぞれ完新世の 1.3 倍および 1.4 倍高い値を示した。また両者は YD で数 100 年、完新世で約 1000 年程度の周期で増減を繰り返し、変動の傾向はよく類似していた。生物源オパールフラックスは $7.9 - 165 \text{ mg cm}^{-2} \text{ kyr}^{-1}$ の範囲で推移し、YD で平均 $103 \text{ mg cm}^{-2} \text{ kyr}^{-1}$ 、完新世で $63 \text{ mg cm}^{-2} \text{ kyr}^{-1}$ の値を示し、完新世に比べて融氷期に高い値 (1.6 倍) を示した点は、全有機炭素・窒素フラックスと同じ傾向であった。一方で、生物源オパールフラックスは YD では数 100 年周期で増減を繰り返していたが、完新世では緩やかに減少しており、変動の傾向は全有機炭素および全窒素フラックス変動と比較して完新世では異なっていた。全有機炭素・全窒素及び生物源オパールフラックスは表層の生物生産量を反映し (e.g. Suess, 1980)、さらにオパールは湧昇の相対強度の指標にもなる。以上の結果から全有機炭素・全窒素および生物源オパールフラックスが YD に高かったことは、この時代に湧昇が強まり、栄養塩が表層へ効率良く輸送されたことで生物ポンプが活発に働いていたことを示唆する。一方で、完新世は湧昇の弱まりと共に生物生産が低下し、生物ポンプが弱まったと推測される。

Suess, E. (1980) *Nature*, 288, doi:10.1038/288260a0.

キーワード: チリ沖, トリウム, 生物源粒子, 生物ポンプ

Keywords: Off Chile, 230-Thorium, biological components, biological pump

ACG034-13

会場:102

時間:5月27日 11:45-12:00

氷期の陸棚堆積物風化による $p\text{CO}_2$ 低下の緩和機構

Enhanced shelf sediment weathering during glacial periods damps $p\text{CO}_2$ reduction: A negative feedback

牛江 裕行^{1*}, 松本 克美²

Hiroyuki Ushie^{1*}, Katsumi Matsumoto²

¹ 東京大学 大気海洋研究所, ² ミネソタ州立大学 地質・地球物理学

¹AORI, Univ. of Tokyo, ²Geology and Geophysics, U of Minnesota

産業化以前の過去百万年間に於いて、この期間の地球の気候を特徴付ける氷期-間氷期サイクルと同期するように大気中二酸化炭素濃度 ($p\text{CO}_2$) は変動していたが、そのメカニズムには未だ不明な点が多く残されている。過去4回の氷期-間氷期サイクルにおける興味深い特徴のひとつは、この $p\text{CO}_2$ の変動が常に間氷期には約 280ppm、氷期には約 180ppm の範囲内で起こっていることである。本研究では、地球システムモデルを用いた数値実験によって、氷期の海水準低下期に陸棚堆積物の風化が促進されることが CO_2 放出効果をもち、 $p\text{CO}_2$ のさらなる低下を妨げる働きをもっていることを示す。この結果は、栄養塩風化量の増加が海洋の有機炭素ポンプを活性化させ $p\text{CO}_2$ を減少させたとする、いわゆる陸棚栄養塩仮説 (Shelf nutrient hypothesis; Broecker, 1982) とは反対の結果である。詳細な解析の結果、流入した栄養塩の全量が生物生産に利用されないこと、そして流入した炭素と栄養塩が空間的に異なる分布を示し、炭素がより表層に留まりやすいことが原因となって、露出した大陸棚の風化は実際には $p\text{CO}_2$ を上昇させる働きをもつことが示された。

キーワード: 氷期-間氷期サイクル, $p\text{CO}_2$, 地球システムモデル

Keywords: Glacial-Interglacial Cycles, $p\text{CO}_2$, Earth system model

ACG034-14

会場:102

時間:5月27日 12:00-12:15

第四紀後期の永久凍土動態 全球気候モデル地表面気温からの推定 Paleo-permafrost Dynamics in the late Quaternary -Thermally-conditioned reconstruction from Global Climate Modeling-

斉藤 和之^{1*}, Marchenko Sergei³, Bigelow Nancy⁴, Romanovsky Vladimir³, 吉川 謙二⁵, Walsh John²
Kazuyuki Saito^{1*}, Marchenko Sergei³, Bigelow Nancy⁴, Romanovsky Vladimir³, Yoshikawa Kenji⁵, Walsh John²

¹ 独立行政法人海洋研究開発機構, ² アラスカ大学国際北極圏研究センター, ³ アラスカ大学地球物理学研究所, ⁴ アラスカ大学アラスカ第四紀センター, ⁵ アラスカ大学水・環境研究センター

¹JAMSTEC, ²IARC, University of Alaska Fairbanks, ³GI, University of Alaska Fairbanks, ⁴AQC, University of Alaska Fairbanks, ⁵WERC, University of Alaska Fairbanks

Change in the distribution and variations of permafrost in time and space is an important issue in understanding the attribution and consequence of Quaternary climate change, and projection of the future environment. The subsurface hydrothermal regime offers physical foundation and conditions to the various terrestrial processes and activities, ranging from pure physical to ecological to societal aspects. Through several physical and biogeochemical pathways, however, subsurface changes in land are significantly connected to the atmosphere and to the Oceans. Large-scale numerical climate modeling with improved freeze/thaw dynamics is a strong tool for investigation on the impacts and the attribution of changes in the regime. As a preliminary step, we analyzed the surface air temperature outputs from the Paleoclimate Model Intercomparison Project 2 (PMIP2) to examine the thermal conditions to ground freezing under different climate environment for Pre-industrial or 0 thousand years before present (ka), Holocene Optimum or 6ka, and Last Glacial Maximum (LGM) or 21ka. The variables, together with other meteorological variables, will constitute a basis of the forcing data in our successive integration studies.

A classification of frozen ground (FG) by freeze index (FI) and thaw index (TI) was constructed based on the occurrence frequency of the permafrost, seasonal freezing or no freezing under the present-day distribution. FI and TI are cumulative temperature values below and above the freezing point, respectively, and are derived from the station-based monthly surface air temperature. The present-day ground freezing distribution is taken from the map compiled by International Permafrost Association map (IPA map). Advantage of this classification method is simplicity and intuitiveness, but it also has limitation resulting from negligence of other important factors that control the sub-surface thermal regimes, such as snow cover, vegetation, soil characteristics and micro-topography.

The method was applied to the PMIP2 output to reconstruct the modeled "thermally-conditioned" FG distribution for 0ka, 6ka and 21ka. The 0ka result shows reasonable consistency with the present-day result. The LGM case reconstructed the largest permafrost areas. 0ka and 6ka show similar size of distribution except for the regional differences as compared with observation-based reconstruction maps. For LGM, however, a reconstructed atlas shows presence of continuous permafrost south of 50°N, including north of Alps, which this method failed to successfully represent. This discrepancy indicates either the insufficiency of the method or warmer tendency in the simulations for the region, or both. Beringia was not commonly specified for the LGM among the iterations, which may hinder from plausible reproductions in the area of our interest (Alaska and east Siberia) for the period, and from direct comparison with the paleo-records of the region. Substantial elaboration will be needed to prepare for the next-step forcing data.

キーワード: 永久凍土, 凍結・融解指数, 全球気候モデル, 第四紀

Keywords: Permafrost, freeze/thaw index, global climate model, Quaternary

完新世中期・最終氷期極大期における大気局所エネルギー論 Atmospheric local energetics in mid-Holocene and Last Glacial Maximum climates

村上 茂教^{1*}, 大垣内 るみ², 阿部 彩子³, 鬼頭 昭雄¹
Shigenori Murakami^{1*}, Rumi Ohgaito², Ayako Abe-Ouchi³, Akio Kitoh¹

¹ 気象研究所, ² 海洋研究開発機構, ³ 東京大学大気海洋研究所

¹ Meteorological Research Institute, ² JAMSTEC, ³ AORI, The University of Tokyo

大気や海洋の大規模な流れの根源的なエネルギー源は太陽放射である。重力の影響の下での太陽放射の地域・季節的な加熱の違いにより生じる仕事は有効位置エネルギーの形で大気に蓄えられるが、その一部が解放され運動エネルギーに転化されることで大気の大循環は維持されている。大気内部におけるこのようなエネルギー変換の過程はローレンツエネルギーサイクルと呼ばれる図式によってしばしば表現され、それによれば対流圏におけるエネルギーの平均的な流れは帯状有効位置エネルギーから擾乱位置エネルギーに向かい、それが擾乱運動エネルギーに変換され、更に帯状運動エネルギーへと転化していることが示される。しかしながら、ローレンツのエネルギーサイクルはあくまで大気全体での平均的なエネルギー変換の流れを示しているにすぎず、エネルギー変換の局所的な様相をそこから読み取ることは出来ない。大気内部におけるエネルギー変換の局所的な様相を調べる試みは、これまでも幾度となく行われてきたが、それをローレンツサイクルのようなエネルギーダイアグラムの形にまとめ上げる試みは成功しているとは言い難い。その一つの原因は、擾乱と平均流の間のエネルギー変換を表す項が、局所的には異なる二つの表現を持ち、その解釈に混乱があったためである（例えば Holopainen 1978）。この混乱は Plumb (1983) にみられる変形オイラー平均 (TEM) エネルギー論や、更には 3次元波活動度フラックス（いわゆる拡張された Eliassen-Palm フラックス）の開発の動機にもなったのであるが、最近筆者らの一人は、従来のエネルギー論を拡張することでこの混乱を解消し、ローレンツエネルギーサイクルの局所的な様相をボックスダイアグラムの形にまとめることが可能であることを示した（Murakami 2011）。また、その過程で導入された相互作用エネルギーフラックスを用いることで、大気内部におけるエネルギー変換の3次元的な様相を視覚的に表現できる事も示した。本発表では、この局所エネルギーサイクルのダイアグラムと相互作用エネルギーフラックスによる解析を、完新世中期と最終氷期極大期の結合モデルシミュレーションに適用した初期的な結果を示す。

キーワード: 完新世中期, 最終氷期極大期, エネルギー論, 大気海洋大循環モデル

Keywords: mid-Holocene, LGM, energetics, AOGCM

ACG034-16

会場:102

時間:5月27日 12:30-12:45

炭酸塩溶解指標としての浮遊性有孔虫骨格のX線CTトモグラフィ The X-ray tomography of the planktic foraminifera: An useful tracer for evaluating carbonate dissolution

木元 克典^{1*}, 佐々木 理², 入野 智久³, 多田 隆治⁴
Katsunori Kimoto^{1*}, Osamu Sasaki², Tomohisa Irino³, Ryuji Tada⁴

¹ 独立行政法人海洋研究開発機構, ² 東北大学総合学術博物館, ³ 北海道大学大学院地球環境科学研究院, ⁴ 東京大学大学院理学系研究科

¹JPN Agency Marine-Earth Sci & Tech, ²The Tohoku University Museum, ³Env.Earth Sci., Hokkaido Univ., ⁴Earth & Planetary Science, Univ. Tokyo

Oceanic acidification is one of the most concerning issues related with global warming by increasing atmospheric CO₂. However, the biological influences for oceanic acidification to oceanic plankton which has carbonate skeletons in the natural conditions are still unclear. Here we propose a new technique assessing shell density of planktic foraminifers quantitatively by the Microfocus X-ray CT scanner (MXCT). We focused on two different types of modern planktic species *Globigerina bulloides* and *Globorotalia inflata* to estimate the responses to carbonate dissolution. Former has spheric shells with porous structures and latter has robust secondary calcite layers, respectively. Both species were taken from surface sediments from ca. 1,000 m water depth in the Southern Ocean that affected less carbonate dissolution.

The mean CT values of individual shells of *G. bulloides* and *G. inflata* showed large variations within each specimens and indicated degradation of shell density. It attributed the variations of shell density to differential dissolution on the seafloor, but it was identified as the cause of shell ontogeny in each specimens. Furthermore, we performed dissolution experiments in acidification chamber by using CO₂ diffuser at the laboratory to examine progressive dissolution for each species. The decreasing of mean CT values of both species consistent with progress of carbonate dissolution observed by scanning electron microscope (SEM). Early formed shells (inside shells) were thinner compared with outer ones, therefore that were lost earlier than outer shells. On the other hand, outer shells of the final whorl were thicker and resistant to dissolution. However, it was observed remarkable partial dissolution at the inside of walls in the outer shells. In other words, we could recognize the dissolution " patterns " for each species through these experiment and it indicated that shell density of planktic foraminifers is an useful indicator of carbonate dissolution.

キーワード: マイクロ X 線 CT スキャナ, 海洋酸性化, 炭酸塩溶解, 浮遊性有孔虫, X 線トモグラフィ

Keywords: Microfocus X-ray CT Scanner, Ocean acidification, carbonate dissolution, planktic foraminifera, X-ray tomography