

ロス海海底堆積物中に含まれるバイオマーカーの 水素同位体比を用いた西南極氷床の変動解析

2006年3月 環境学専攻 自然環境コース 36775 豊田倫子
指導教官 徳山英一教授

キーワード；西南極氷床、バイオマーカー、水素同位体

1. はじめに

最終氷期最寒期以降の海水準上昇は、北半球氷床だけでなく、南極氷床の融解も大きく関与していた可能性が指摘されているが、南極氷床の変動史は未だによくわかっていない。西南極氷床は、その大部分が海拔 0 m 以下に存在し、海水の温度上昇に鋭敏に反応して融解することが指摘されている。最終氷期以降の西南極氷床の挙動の解明は、今後の地球温暖化にともなう西南極氷床の変動を予測する上でも重要な意味を持つと考えられる。

本研究では西南極氷床の融氷水が流入するロス海の海底堆積物コア試料を用い、それに含まれているプランクトン起源のバイオマーカーであるステロール類などの水素同位体比を用いて、最終氷期以降の西南極氷床変動を解析することを目的とする。南極周辺海域の海底堆積物中には浮遊性有孔虫がほとんど存在しないため、プランクトン起源のバイオマーカーの水素同位体比が唯一の古海水復元の指標となる。化合物レベルの水素同位体比の測定は、ガスクロマトグラフ/熱分解/同位体質量分析計分析計(GC/TC/IRMS)の開発により最近になって可能となったもので、氷床融解史への応用は本研究が初めてのものである。

2. 試料と方法

本研究で用いた試料は、研究船「白嶺丸」の 1996 年の TH95 航海においてロス海西部で採取された堆積物コア (GC1604: 168°00'E, 74°33'S, 水深 922m, 長さ 254cm) である。試料の年代決定には、全有機炭素の放射性炭素年代を用いた。南極縁辺海特有の大きなリザーバー効果と、放射性炭素を含まない陸起源有機炭素の混入を補正するために、コアトップの放射性炭素年代を各層準の年代から差し引き、それを堆積放射性炭素年代とした。そのうえで暦年代へ較正した。

乾燥試料から有機溶媒を用いて抽出した化合物をケン化した後、シリカゲルクロマトグラフィー、尿素アダクト、硝酸銀シリカゲルクロマトグラフィー等の化学的分離手法を用いて分離した。それらのうち、スタノール、ステロール、エーテル脂質等を含む画分、及び直鎖飽和脂肪酸を含む画分を、ガスクロマトグラフ/質量分析計(GC/MS)で化合物の同定および定量を行い、GC/TC/IRMS で水素同位体比の測定を行った。

3. 結果と考察

GC1604 コアの平均堆積速度は、深さ 190 -112 cm の部分では約 2.5 cm kyr⁻¹、深さ 112 -0 cm の部分では約 18 cm kyr⁻¹であった。本研究でバイオマーカーの水素同位体比の測定を行った深さ 170 -0 cm の部分は、約 32000-0 cal yr BP に相当することがわかった。

試料中からは数種類のスタノールとステロール、フィトール、エーテル脂質、及び直鎖

脂肪酸が同定された。フィトールはクロロフィル *a* 及び *b* の側鎖であり、本研究のように南極縁辺海域の海底堆積物中ではそのほとんどが藻類起源であると考えられる。ステロール類は主に動植物プランクトン起源(Ju et al. (2004))、C₁₄、C₁₆、C₁₈直鎖飽和脂肪酸は主に藻類起源(Ohkouchi et al.(2003))、エーテル脂質は古細菌起源であると考えられる。

それらのうち収量が 20ng 以上あり、かつクロマトグラム上で分離のよい化合物 (コレステロール、コレスタノール、シトステロール、シトスタノール、フィトール、エーテル脂質、C₁₄、C₁₆、C₁₈直鎖飽和脂肪酸他) について、その水素同位体比を測定した。それらの値とバイオマーカーの同位体分別係数 (ステロール類・エーテル脂質; -276‰、フィトール; -345‰、C₁₄、C₁₆、C₁₈直鎖飽和脂肪酸; それぞれ-173‰、-150‰、-126‰ (Sessions et. al. (1999); Chikaraishi et. al. (2005) ; N. Ohkouchi et al. (unpub.))を用いて、各バイオマーカーが生合成された環境の海水の水素同位体比 (δD_{water}) を復元した (Fig.1)。

シトスタノールの δD_{water} は、約 32000-29000 cal yr BP においては 270±15‰、約 27000-11000 cal yr BP においては-15±55‰を示し (約 18000 cal yr BP のみ -113‰)、11000-0 cal yr BP においては、その多くが-210±55‰または約 40±20‰を示した。フィトールの δD_{water} の多くは、約 27000-11000 cal yr BP において-250±95‰または-15±20‰を示した。エーテル脂質の δD_{water} の多くは、30±85‰を示した。コレステロール、コレスタノール、シトステロールの δD_{water} は、かなりばらつく値を示すが、その多くが 50±60‰前後の値を示した。C₁₄、C₁₆、C₁₈直鎖飽和脂肪酸の δD_{water} は、約 19500-17000 cal yr BP において、約-20‰から 30-90‰負の方向にシフトした後、30-150‰正の方向にシフトした。

フィトール及びステロールの δD_{water} は、約 10500、5500、2500、500 cal yr BP において、<-180‰となる負のシフトを示した。これは、各時代において、これらの化合物が合成された海水の水素同位体比が<-180‰であったことを強く示唆している。GC1604 コアが採取された地点に比較的近いロス棚氷の氷床コア (Siple Dome コア) の約 60000-10000

cal yr BP の δD_{water} は約-250±50‰である(Brook et al., 2005)。以上のことから、融氷水がロス海西部の表層を覆うような大規模な氷床融解が、約 10500、5500、2500、500 cal yr BP の少なくとも4回起こっていたことが明らかとなった。

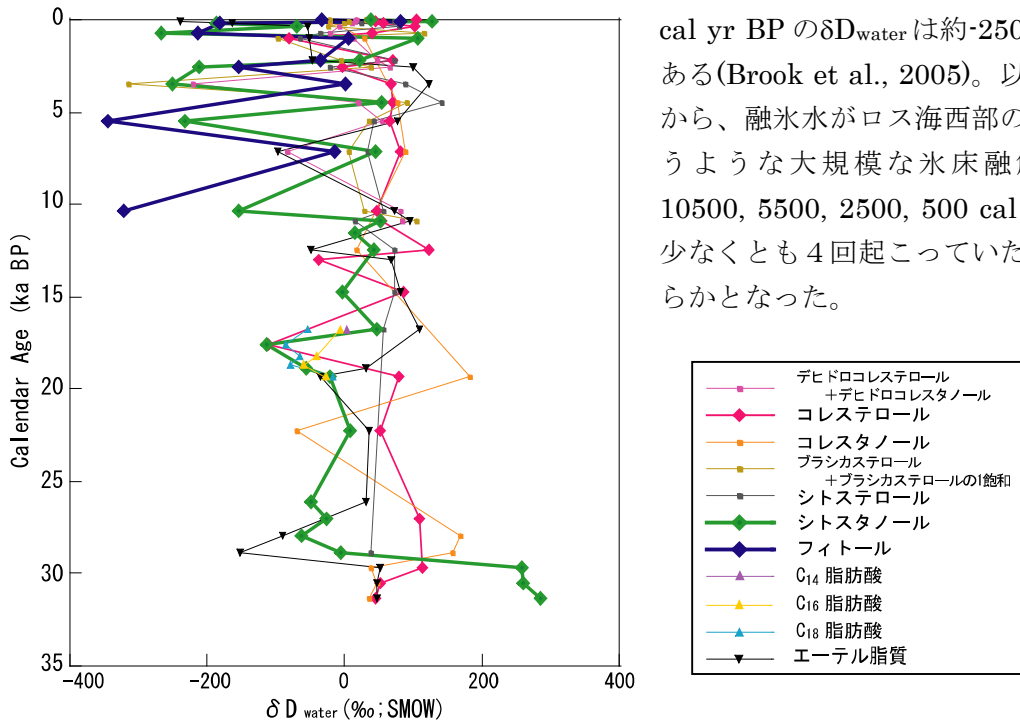


Fig.1 GC1604 コア中のバイオマーカーの水素同位体比から復元した古海水の水素同位体比

Hydrogen isotopic compositions of lipid biomarkers in the Ross Sea sediments ;Reconstructing the behavior of the West Antarctic Ice Sheet

March 2006, Institute of Environmental Studies,
Course of Natural Environmental Studies, 36775, Michiko TOYODA
Supervisor; Professor, Hidekazu TOKUYAMA

Keywords; West Antarctic Ice Sheet (WAIS), biomarkers, hydrogen isotope composition

1. Introduction

It has been pointed out that not only a melting of Northern Hemisphere Ice Sheets but also that of the Antarctic Ice Sheet may have been responsible for sea-level rise after the Last Glacial Maximum (LGM). The West Antarctic Ice Sheet (WAIS) is the one that has been anticipated its potential disintegration as a consequence of the global warming, since the major part of the ice sheet is grounded below sea-level. Several studies have also suggested the possibilities of partial collapse of the WAIS after the LGM, leading to abrupt sea-level rises.

In this study, I reconstructed the fluctuations of the WAIS during the late Pleistocene and Holocene with hydrogen isotope compositions of lipid biomarkers including sterols and phytol from Ross Sea sediments. Because the sediments from Antarctic margin lack planktonic foraminifera, the hydrogen isotopic composition of sedimentary organic matter originated from the algae is an only proxy useful for tracing the isotopic composition of surface water in the past.

2. Materials and Methods

In the western margin of the Ross Sea, Antarctica, a sediment core (GC1604: 74°33'S, 168°00'E, 922 m, and 254 cm long) was collected during R/V *Hakurei-Maru* TH95 Antarctic Cruise in 1996. Chronology of the core was established based on AMS radiocarbon dating of the acid-insoluble organic fractions from sediments. Correction for the reservoir effect as well as dilution effect from terrestrial old carbon was carried out with subtracting the core top radiocarbon date. Obtained radiocarbon ages were converted to the calendar years.

Compounds were extracted from dried sediments with organic solvents. The total extracts were separated into compound groups, using chemical methods such as silica gel column chromatography, urea adduction and silver nitrate-impregnated silica gel column chromatography. Each compound was identified and quantified by gas chromatography/mass spectrometry. The compound-specific hydrogen isotope analysis was carried out by gas chromatography/thermal conversion/isotope ratio mass spectrometry.

3. Results and Discussion

The hydrogen isotopic compositions were determined for phytol, non-isoprenoidal dialkyl glycerol diethers (ether lipids), fatty acids (FAs), stanols, and sterols which were well separated on the chromatograms. In the Ross Sea, stanols, sterols, and FAs derive mainly from plankton including algae and zooplankton. Phytol and ether lipids are produced as a side chain of chlorophylls by algae and archaea probably inhabited the water column, respectively. The δD values for the paleo-surface-water (δD_{water}) of Ross Sea was reconstructed with assuming the isotopic fractionations (ϵ) associated with the biosynthesis determined previously; -276‰ for sterols and ether lipids, -345‰ for phytol (Sessions et al., 1999; Chikaraishi et al., 2005) and -173, -150 and -126‰ for C₁₄, C₁₆ and C₁₈ FAs (N. Ohkouchi and T. Eglinton, unpub. results). Throughout the last 30 kyr, the δD_{water} values estimated by $\delta D_{\text{cholesterol}}$, $\delta D_{\text{cholestanol}}$, δD_{FAs} and $\delta D_{\text{archaeol}}$ are relatively constant around +50‰ rather than 0‰. Such a D-enriched value suggested the ϵ values overestimated by about 50‰. However, the δD_{water} values estimated by $\delta D_{\text{sitostanol}}$ and δD_{phytol} exhibited remarkably low values (\sim -350‰) intermittently during the last 11 kyr (10.5, 5.5, 2.5 and 0.5 ka). Furthermore, around 18 ka the surface water appear to have been \sim 100‰ depleted in D relative to the adjacent periods.

I interpreted that massive ice-melting events could have occurred at least four times in the Holocene and 18 ka, when meltwater from the WAIS ($\delta D_{\text{water}} \sim$ -350‰) thinly spread over the Ross Sea due to the low salinity. The phytol and sitosterol could have been produced mainly in the very surface layer of the water column where seawater was substantially depleted in D. Instead, the cholesterol, cholestanol, FAs,

and lipid ether are produced in the deeper portion of the water column where δD_{water} was around 0‰ due to the mixing with seawater outside of the Ross Sea.

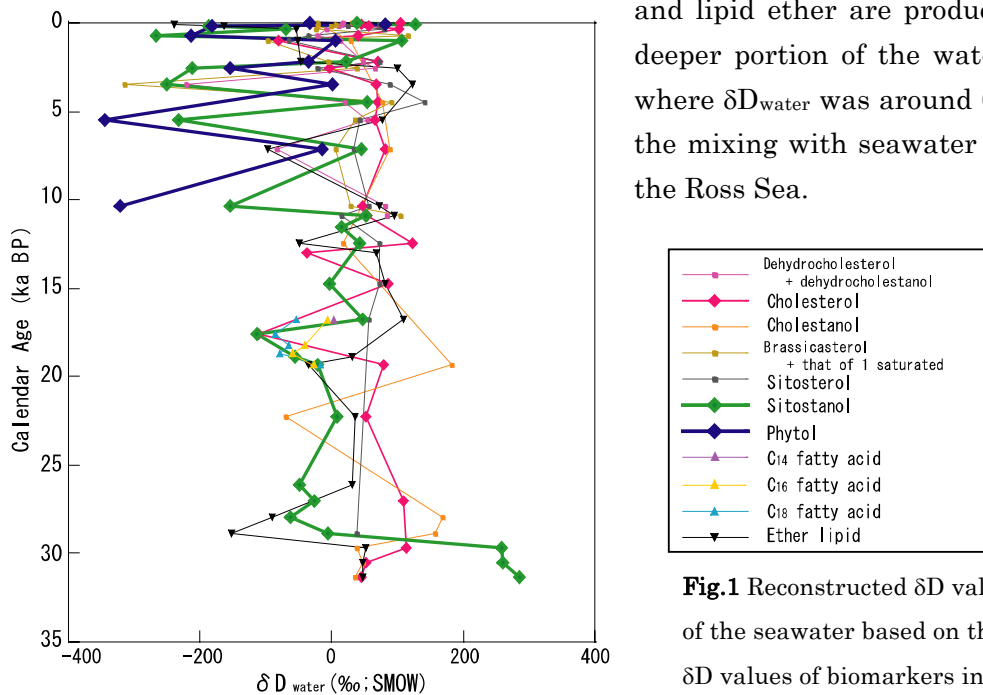


Fig.1 Reconstructed δD values of the seawater based on the δD values of biomarkers in GC1604.