

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 23 日現在

機関番号：17102

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2013

課題番号：23654193

研究課題名(和文) ミズゴケの貯水細胞水を化石水に用いる新古気候指標の提案

研究課題名(英文) Exploration for a new paleoclimate proxy using fossil water in Sphagnum peat layers

研究代表者

赤木 右 (Akagi, Tasuku)

九州大学・理学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：80184076

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円、(間接経費) 840,000円

研究成果の概要(和文)：スウェーデンのLyngmossen高層湿原からミズゴケ堆積試料を入手した。その試料の圧搾水(SW)とその後蒸留によって得た水(DW)について、その同位体的特徴を調べた。トリチウム濃度から化石水の存在は否定された。DWとSWは系統的に異なる同位体的特徴を発達させていることについて、表層付近ではSWが凍結をDWは蒸発過程を反映し、深くなると、腐植化の影響と吸着の影響の両方が、SWとDWで現れていると判断された。吸着の影響は常にDWがSWよりも大きいと判断された。湿度と気温の指標開発は不可能であることが分かったが、腐植の影響をより強く反映する搾取水の同位体比情報は気候情報を保持している可能性も残る。

研究成果の概要(英文)：Sphagnum peat samples were obtained from Lyngmossen, Sweden. They were squeezed to obtain SW sample and were further distilled to obtain DW. The SW and DW samples were analyzed for 3T concentration, 2D/1H and 18O/16O. After detailed discussion on the vertical profiles of the data, we concluded :SW in the shallow layer is typical water retained by the sphagnum tissue; in the shallow layer, freezing and evaporation processes affect the isotopic composition of SW and DW, respectively; in the deep layer, humification and adsorption affect that of both SW and DW with adsorption being more important in DW. It is concluded that the extraction of information on both temperature and humidity of the past from water is impossible, but that the isotopic data of SW may possess the information of climate, as the extent of humification depends on climate during the first burial stage.

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・地球宇宙化学

キーワード：ミズゴケ 保持水 ミズゴケ泥炭 水素同位体比 酸素同位体比

1. 研究開始当初の背景

水分子を構成する酸素や水素同位体比から得られる古気温情報は最も有力な情報源である。しかし、年代同定が可能な天水で古気候の解析に利用できる水は極域や高山の雪氷に限られる (NOAA)。従って、中緯度の気候情報を得るには専ら花粉分析が行われている。しかし、花粉分析による情報は定性的であり、種々の要因により解釈の難しさをともなう (Lowe & Walker, 1984)。申請者と協力研究者である湿原の地球科学者 Franzén 博士(スウェーデン、ヨーテボリ大教授)との議論が発端である。申請者はミズゴケの強い水の保持力について Franzén 博士と意見交換していた所、会話は、冗談半分で『ミズゴケが今でも昔の水を蓄えているかもしれない』ということに及んだ。Franzén 博士は、ミズゴケの水を保持する細胞を破壊し抽出する方法を考案し、申請者は試みに北アイルランドの湿原より得たミズゴケ保持水の抽出水試料の酸素同位体比を測定することになった。その後半年の間に得られた結果に、雨水ならば気温の約 2 の低下に相当 (Rozanski et al., 1992) する酸素同位体比の減少が認められ、極域の雪氷コアから見積もられた気温の変動 (Lorius et al., 1995) やイギリスの花粉分析による推定気温 (Woods, 1995) によく類似した (図 2)。申請者は、同位体比のプロファイルに変動が見られたことに疑問を感じた。鉛直方向の拡散では説明が出来ないため、最も魅力的で発展性のある解釈“化石水”の可能性を学術的に検討する必要がある。

2. 研究の目的

ミズゴケ堆積層中のミズゴケが保持する水について、

- 1) 生育当時の水のままであるか、すなわち、“化石水”であるかどうかを、トリチウムを分析することにより、明らかにする。
- 2) ミズゴケの保持水について、その同位体的変動を明らかにし、その変動機構を解明し、古気候指標の可能性を議論する。

3. 研究の方法

比較的研究協力者の勤務地ヨーテボリに近い高層湿原 Lyngmossen を調査湿原とし、泥炭コア試料を採取した。トリチウムには大量の試料水が必要なため、数十回に分け 50cm コア試料を採取し、5 cm 置きに切り分けた試料を合わせた。天水をヨーテボリの降水、Lyngmossen での表面水を数地点で採取した。泥炭試料からは 5 種類の異なる水 (異なる圧力により搾り出された水 4 種、最後に蒸留によって得た水) を採取した。

- 1) トリチウムは試料水を電解濃縮処理後、液体シンチレーションカウンターにより測定した。
- 2) 試料水の酸素同位体比は二酸化炭素交換法により、二酸化炭素の酸素同位体比を安定同位体比質量分析法によって測定した。試料水の水素同位体比は、金属クロムによる還元法によって得た水素を安定同位体比質量分析法によって測定した。
- 3) トリチウムの濃度プロファイルから水の循環に関する情報が得られる。その情報と整合的になるように、水試料の同位体

比組成の変動の解釈を提案する。その上で、泥炭中の水について古気候指標の可能性を探る。

4. 研究の成果

同位体比的特徴は、圧力により搾り出された水とその後蒸発によって得た水との間には明瞭な差異が観測されたため、両者を搾取水 SW と蒸留水 DW とに区別することにした。

またトリチウムの濃度プロファイルは、SW、DW とともに、深さ 15cm 付近で最大値を示し、当初鉛直流動水と考えていた SW の方が当初保持水と考えていた DW よりも大きかった。

以上より、当初の想定とは異なり、表層付近では SW は保持水、DW は細胞水 + 流動水と交換吸着したものと結論した。そして、ミズゴケの細胞水はその生育時の天水ではなく、湿原が涵養した水であることを示している。そして、表層付近 SW の方が DW よりも流動性が高い。さらに、深度の増加につれ DW と SW のトリチウムの濃度差が縮まっているため、両者の水素は交換されることを示唆している。ミズゴケ堆積層が化石水でないことを明瞭に示している。

SW の同位体組成については、表層では酸素、水素とも調和的に変化し、深度の増加につれ増加した。しかし、0.5m 以深では深度の増加につれ、酸素の同位体比は大きくなるのに対し、水素の同位体比には大きな変化は見られなかった。

DW は極表層では酸素、水素とも調和的に変化し、深度の増加につれ増加したが、水素

の同位体比が SW に比べ小さく、逆に酸素の同位体比については SW に比べて大きかった。また、DW では水素、酸素ともに同位体比に大きな変動が見られた。

以上のトリチウム測定による水の起源と挙動の情報を基盤として、酸素および水素の同位体比に関して多角的な検討を行った。

保持水の示す酸素水素同位体比について、いくつかの可能性を考えた結果、以下の解釈に到達した。

ミズゴケの細胞水自体も細胞膜を通過して細胞内に入った時に同位体効果を受けていると考えられ、その結果、酸素、水素とも $DW < SW$ の関係がある。

SW については、表面付近の凍結に伴う同位体効果に加え、0.5 m 程度より深い深度では酸素で卓越すると思われる有機物との同位体吸着平衡と水素で卓越すると思われる分解を伴わない有機物との同位体交換が同時に起きているためと解釈された。

また、DW では、表層付近の蒸発に伴う変化に加え、深くなると同位体吸着平衡および有機物分解課程の同位体供給の効果が効いていると判断した。酸素に対し、水素のより大きな拡散性・交換性により、水素の同位体比の変化が均一になっている可能性も否定できない。DW の酸素同位体比は基本的に吸着平衡支配で、常に SW よりも弱い相関を保ちながら常に大きい。

これらの結果は、残念ながら、化石水の保持の検索を目指した当初の計画に沿わないもの

であるが、ミズゴケの生理学や泥炭地の水門学にとって貴重なデータと考えられる。例えば、ミズゴケの細胞水は天水ではなく、湿原の涵養水であると言う結論はミズゴケ有機物の同位体情報の意味を左右する。また、腐植の影響をより強く反映する SW の酸素同位体比は当時の気候情報と一致している様に見られるのは、腐植が気候の影響を受けていることによると考えられる。従って、SW の酸素同位体比情報は何らかの気候情報を持っている可能性があり、発展の芽を伸ばしたい。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 1 件)

- 1) S. Ooki, K. Kato, F. Kitajima and T. Akagi "Error analysis of the determination of carbon stable isotope ratios in lignin and cellulose from plant samples". *Geochem. J.*, 45, 255-261 (2011).
<http://www.terrapub.co.jp/journals/GJ/pdf/4503/45030255.pdf> 査読有り

〔学会発表〕(計 4 件)

- 1) 大木 誠吾、陣野 宏宙、赤木 右、Lars Franzén 2012 年度日本地球化学会第 59 回年会 福岡 ミズゴケに保持された水の同位体的特徴-搾取水の同位体比変化をもたらす水循環- 2012 年 9 月 13 日
- 2) 大木誠吾、陣野宏宙、赤木右、Lars Franzén 2011 年度日本地球化学会第 58 回年会 札幌 ミズゴケに保持された水の同位体的特徴 2011 年 9 月 16 日
- 3) 安田 早希・高田理恵・大木誠吾・赤木 右 日本地球化学会 札幌 大気中二酸化炭素濃度変動に対するミズゴケの応答を調査する栽培装置の開発 2011 年 9 月 16 日
- 4) Seigo Ooki, Tasuku Akagi The 1st International Congress on Natural Sciences with Sisterhood Universities, Busan, Korea Reconstruction of the climatic information of the Holocene using peat cores of Sphagnum in both hemispheres 2011 年 8 月 25 日

6. 研究組織

(1) 研究代表者

赤木 右 (AKAGI, Tasuku)

九州大学・大学院理学研究院・教授

研究者番号：80184076