

青森県の現生・化石植物中の ^{14}C による環境動態解析

Study on environmental dynamics with ^{14}C in recent and fossil plants from the Aomori prefecture

堀内 一穂¹⁾天野 光²⁾

Kazuho HORIUCHI

Hikaru AMANO

¹⁾ 弘前大学 ²⁾ 原子力機構

^{14}C による環境動態解析のコントロール試料とするために、津軽山地より 2002 年に採取されたヒノキアスナロについて、2001 年から 1991 年までの年輪の ^{14}C 濃度 ($\Delta^{14}\text{C}$) を、加速器質量分析法により定量した。測定誤差の大きかった 1991 年の試料を除けば、得られた $\Delta^{14}\text{C}$ 値は、ヨーロッパにて直接観測された大気 $\Delta^{14}\text{C}$ の時系列曲線と良く一致した。今後、この試料をコントロールとして用いることで、局所的な炭素循環に関する様々な対照実験が期待できる。

キーワード： ^{14}C 、青森県、植物試料、環境動態解析

1. 目的

本研究の目的は、青森県から得られた現生・化石植物中の ^{14}C に基づいて、現在と過去の環境動態解析を行うことである。地中から CO_2 ガスが放出されるような火山帯に生息する樹木や、化石燃料からの CO_2 ガスの影響を被った樹木・草本などの ^{14}C を分析し、これらとコントロールとの比較により、 ^{14}C を含まない化石 CO_2 ガスの長期挙動を復元するためのトレーサー実験を行う。また、地層中に含まれる材や種子など化石植物は、その種属構成や産状が過去の環境を知る良い手がかりになると共に、 ^{14}C 法により正確な年代決定を行うことで長期環境動態解析に供することもできる。

弘前大学大学院理工学研究科では、AMS 専用の炭素精製ラインを購入・設置し、上記の目的に関する研究を平成 19 年度より開始した。これまでに、弘前大学の精製ラインにて調整された試料の質を測定値より吟味した結果、少なくとも ^{14}C 濃度の高い現生付近の試料の分析については、十分な精度と正確さで研究が遂行できることが分かった。平成 20 年度前期は、トレーサー実験への手始めとして、コントロールとなる試料の ^{14}C 分析を行った。

2. 方法

コントロールに相応しい試料の条件としては、火山・海洋・人間活動により放出される ^{14}C に乏しい CO_2 ガスの影響から隔絶された、新鮮な大気下にて生育した年輪が挙げられる。こうした条件に見合う試料として、青森県を代表する非火山性山地である津軽山地より 2002 年に採取されたヒノキアスナロの年輪試料を、本研究では利用した。当該試料は、Ohyama et al. (2007) により青森近辺の年輪年代学的標準曲線を構築する際に用いられたものの一つであり、2001 年より遡って 250 年以上の年輪記録を保持している。

本期には、2001 年から 1991 年までを網羅する 11 年輪を、分析用の資料とした。年輪試料は、東北大学植物園にて、マイクロームを用いて丁寧に切り分けられた。切り分けられた試料は弘前大学に運ばれ、 ^{14}C 分析のための前処理に供された。試料は、AAA 処理にて二次的汚染を洗浄した後に、リグニン等が除去され、 α セルロースとして単離された。 α セルロースは封管燃焼法によりガス化され、気体精製の後に加速器質量分析に適したグラファイトへと変換された。 ^{14}C の加速器質量分析には、日本原子力研究開発機構青森研究開発センターのタンデム加速器を利用した。分析の標準には、弘前大学にて調整した NIST シュウ酸を用いた。

3. 研究成果

本期に測定された 2001 年から 1991 年までの年輪の $\Delta^{14}\text{C}$ を図 1 に示す。測定の精度は、1991 年を除いて $\pm 3\%$ 以内に収まり、精度の高い分析が実現できた。 $\Delta^{14}\text{C}$ 値は 135‰ から 81‰ の値を示し、測定精度の低い 1991 年の試料を除けば、現在に向かってほぼ単調減少する傾

向を示す。図1には、相当する期間にヨーロッパにて直接観測された大気 $\Delta^{14}\text{C}$ の値 (Levin and Kromer, 2004) も示した。図から明らかなように、1991年の試料以外は、その年の年輪が成長する時期である春から夏の大気 $\Delta^{14}\text{C}$ にほぼ完全に一致した。さらに、1995年から1996年の比較的急な落ち込みなど、大気 $\Delta^{14}\text{C}$ の細かい変動も、年輪中の $\Delta^{14}\text{C}$ 濃度に良く反映していることが分かった。

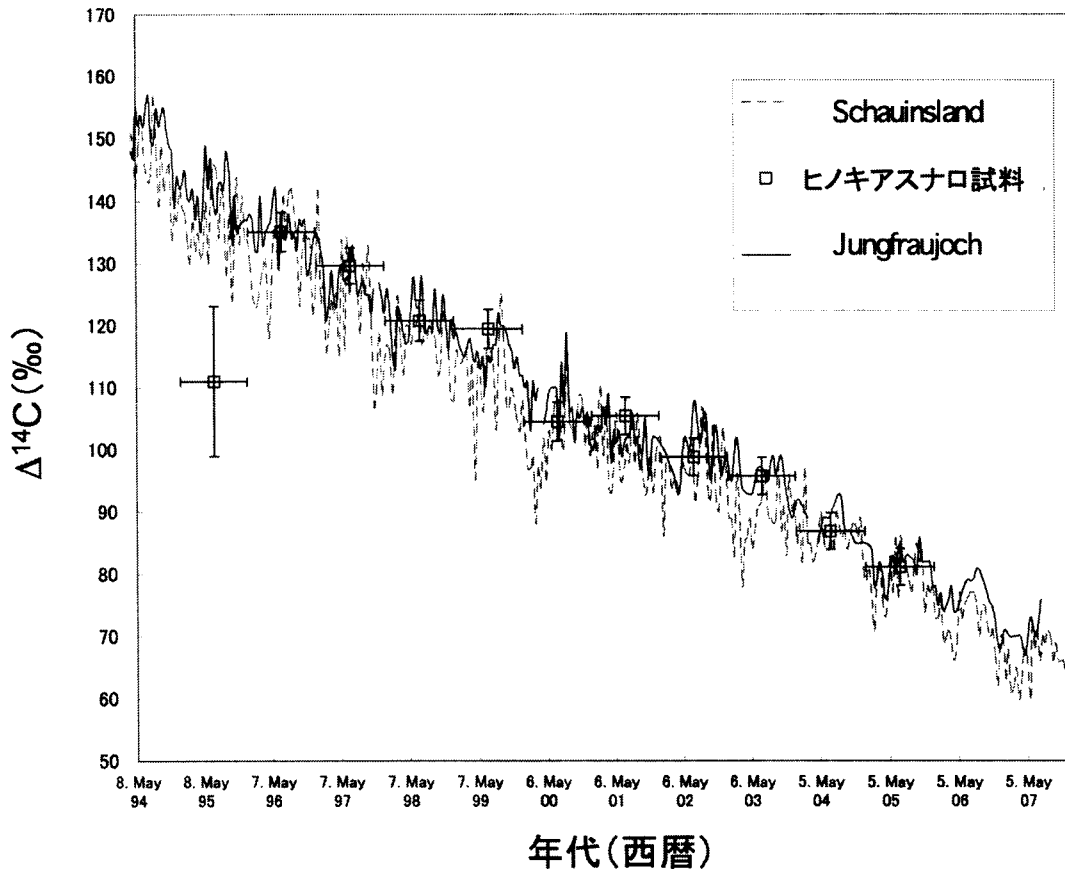


図1. 津軽山地ヒノキアスナロ試料の ^{14}C 分析値. SchauinslandとJungfrauochはヨーロッパの大気観測ステーションでの ^{14}C 直接観測値を示す (Levin and Kromer, 2004).

4. 結論・考察

本研究にて測定した津軽山地の年輪の $\Delta^{14}\text{C}$ 濃度は、ヨーロッパにて直接観測された大気 $\Delta^{14}\text{C}$ と単年毎に良く一致した。これは大気中の CO_2 が半球レベルでは良く混合されているという考え方に矛盾せず、今後この試料をコントロールとした局所的な炭素循環に関する様々な対照実験が可能であることを示す。今回、1991年の試料のみが大気 $\Delta^{14}\text{C}$ と良い一致を示さなかったが、測定誤差が大きいこともあり、これについては試料の再測定を行いたい。

5. 引用(参照)文献等

- Levin and Kromer (2004) Radiocarbon, 46, (3), 1261.
 Ohyama et al. (2007) Journal of Wood Science, 53, 367.

青森県の現生・化石植物中の¹⁴Cによる環境動態解析

Study on environmental dynamics with ¹⁴C in recent and fossil plants from the Aomori prefecture

堀内 一穂¹⁾・千葉 拓児¹⁾・星野 安治²⁾・大山 幹成²⁾・田中 孝幸³⁾・天野 光⁴⁾

Kazuho HORIUCHI, Takuji CHIBA, Yasuharu HOSHINO, Motonari OHYAMA, Takayuki TANAKA, and Hikaru AMANO

¹⁾弘前大学、²⁾東北大学、³⁾原子力機構、⁴⁾日本分析センター

世界有数の火山性 CO₂ 放出域として知られる八甲田カルデラを対象に、年輪中 ¹⁴C 濃度へ及ぼす火山性 CO₂ ガス（化石 CO₂ ガス）の影響を調べた。具体的には、八甲田カルデラ内の火山性 CO₂ 放出地に生育するブナとカルデラ外に生育するブナ（コントロール）からそれぞれ 1991 年～2001 年に相当する年輪試料を採取し、比較対照実験を行った。八甲田カルデラ内から得られた年輪の ¹⁴C 濃度は、同年代のコントロール試料より系統的に低い値を示し、これを用いた化石 CO₂ ガスの局地的動態に関する研究の可能性を示す結果となった。一方で、試料とコントロールとの ¹⁴C 濃度の差は最大でも 14% に留まった、これは、大気中に最大 4.4 ppm の火山性 CO₂ ガスが混入した結果と計算できる。このような低い混入の程度は、CO₂ を直接吸収する場所であるブナの樹幹が、火山性 CO₂ の放出源より数 m 上空に存在することによって考えられる。また、¹⁴C 濃度 14% の差は、¹⁴C 年代にして僅か 112 年の違いとなる。この年代差は、通常の地質学的目的では実用上無視できる程度である。よって、世界でも有数の火山性 CO₂ 放出域でさえも、樹高が数 m になるほど成長した樹木を起源とした物質（太い幹や枝など）の ¹⁴C 測定を行えば、その年代値への影響は、実用上ほとんど無視できる程度と結論づけられる。

キーワード：¹⁴C, 青森県, 植物試料, 環境動態解析

1. 目的

本研究の目的は、青森県から得られた現生・化石植物中の ¹⁴C に基づいて、現在と過去の環境動態解析を行うことである。地中から CO₂ ガスが放出されるような火山帯に生育する樹木や、化石燃料からの CO₂ ガスの影響を被った樹木・草本などの ¹⁴C を分析し、これらとコントロールとの比較により、¹⁴C を含まない化石 CO₂ ガスの長期挙動を復元するためのトレーサー実験を行う。また、地層中に含まれる材や種子など化石植物は、その種属構成や産状が過去の環境を知る良い手がかりになると共に、¹⁴C 法により正確な年代決定を行うことで長期環境動態解析に供することもできる。

2008 年度後期は、世界有数の火山性 CO₂ 放出域として知られる八甲田カルデラ (Hernández et al., 2003) を対象に、年輪中の ¹⁴C に火山性 CO₂ (化石 CO₂ ガス) が及ぼす影響について研究を行った。この試みにより、化石 CO₂ ガスの局地的動態を解明するために、年輪 ¹⁴C が良い指標になるかどうかを検討できるだけでなく、著しい火山性 CO₂ 放出域から得られた試料を対象にした ¹⁴C 年代の妥当性を検討するための、直接的な実験データが得られることになる。

2. 方法

八甲田カルデラでは、1997 年に、3 名の死者が出る火山性 CO₂ 吸引事故が起きている（平林ほか、1999）。本研究では、この事故現場の窪地（通称ガス穴）に生育するブナ試料より、1991 年から 2001 年に相当する年輪を採取した。事故後の土壤中 CO₂ の調査 (Hernández et al., 2003) により、事故現場に隣接する窪地からも高濃度の火山性 CO₂ が検出された。よってそこに生育するブナからも、同期間の年輪試料を採取した。さらに、同カルデラ内でありながら、Hernández et al. (2003) にて土壤中 CO₂ 濃度が少ないとされている場所に生育するブナからも、年輪試料を得た。最後に、これらと比較するためのコントロールとして、八甲田カルデラ外輪山の北東外壁に生育するブナより、年輪試料を採取した。年輪試料の採取は、

全て成長錐コアにより行われた。

年輪試料は、採取後直ちに弘前大学に運ばれ、実体顕微鏡下にてカミソリの刃を用いて丁寧に切り分けられた。切り分けられた試料は、AAA 処理にて二次的汚染を洗浄した後に、リグニン等が除去され、 α セルロースとして単離された。 α セルロースは封管燃焼法によりガス化され、精製の後に加速器質量分析に適したグラファイトへと変換された。 ^{14}C の加速器質量分析には、日本原子力研究開発機構青森研究開発センターのタンデム加速器を利用した。分析の標準には、弘前大学にて調整した NIST シュウ酸を用いた。

3. 研究成果

全ての年輪中の ^{14}C 濃度は、同時代の大气 ^{14}C 濃度 (Levin and Kromer, 2004) と調和的に、1991 年から 2001 年に向かって減少する傾向にあった。コントロールとカルデラ内の試料の ^{14}C 濃度を比較すると、後者では有意に低い値を示した。しかし、その差は各年輪ごとに食い違い、また最大でも 14% とかなり小さい値であった。

最近、Palstra et al. (2008) により、ヨーロッパ大陸産ワイン中の ^{14}C 濃度と大气中の CO_2 濃度の観測結果から、ワイン原料ぶどうが吸収した化石燃料起源 CO_2 の大气中濃度が推定されている。本研究でも、Palstra et al. (2008) にて用いられた仮定と手法を援用して、ブナ試料が吸収した火山性 CO_2 の大气中濃度を計算した。その際に必要とされる大气 CO_2 濃度値には、温室効果ガス世界資料センター (http://gaw.kishou.go.jp/wdcgg/jp/wdcgg_j.html) にて公開されている時系列データのうち、比較的調査地域に近い岩手県大船渡市綾里での測定値を用いた。

八甲田カルデラ内のブナが吸収した大气中の火山性 CO_2 濃度は、最大でも 4.4 ppm と推定された。また、カルデラ内では、 CO_2 吸引事故現場を含む全ての試料の火山性 CO_2 濃度に、場所による系統的な差は認められなかった。一方で、1993 年や CO_2 吸引事故の起こった 1997 年では、他の年代と比べて火山性 CO_2 濃度が高かった可能性が示された。

4. 結論・考察

八甲田カルデラ内から得られた年輪の ^{14}C 濃度は、同年代のコントロール試料のそれより、系統的に低い値を示した。このことは、年輪 ^{14}C に基づいて化石 CO_2 ガスの局地的動態が解明できる可能性を示す。その一方で、コントロールとカルデラ内試料との差は絶対値としてかなり少なく、さらにカルデラ内試料間での一すなわち事故現場のガス穴とそれ以外の場所との一違いは有意には認められなかった。事故現場に生育するブナは、ガス穴内に根を張っているとは言え、その樹冠はガス穴の縁より約 5 m 上空に存在する。地中からガス穴に放出された空気より重い火山性 CO_2 ガスが、ガス穴で一旦滞留の後、ガス穴から放出される際に素早く側方に拡散し、カルデラ内で希薄な構成要素として大气 CO_2 と混合すると考えれば、上記の測定結果が説明し得るかもしれない。

火山性 CO_2 ガスによる影響を ^{14}C 年代決定法の観点から考えると、本研究で認められた最大 14% の差は、 ^{14}C 年代にして僅か 112 年の違いになる。この年代差は、通常の地質学的目的では実用上無視できる程度である。よって、世界でも有数の火山性 CO_2 放出地でさえも、樹高が数 m になるほど成長した樹木を起源とした物質 (太い幹や枝など) の ^{14}C 測定を行えば、その年代値への影響は、実用上ほとんど無視できる程度と結論づけられる。

5. 引用(参照)文献等

Hernández et al. (2003) *J. Geophys. Res.*, 108(B4), 2210.

平林ほか (1999) *Volcanol. Soc. Jpn. and Natl. Comm. of Volcanol. and Chem. of the Earth's Inter.*, Tokyo, Rep. B17, 63.

Levin and Kromer (2004) *Radiocarbon*, 46(3), 1261.

Palstra et al. (2008) *J. Geophys. Res.*, 113, D21305, doi:10.1029/2008JD010282.