

[課題] 以下の文章を読んで、インターネット、文献などを調べて、後の問いに答えよ。

放射性炭素年代法は、炭素の同位体 ^{12}C 、 ^{13}C 、 ^{14}C の間の同位体比を利用する。このうち、 ^{12}C 、 ^{13}C は安定同位体、 ^{14}C が放射性同位体であり、一般には、 $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ 比を年代推定に、 $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ を、 $\delta^{13}\text{C}$ 補正に用いる。最も単純化して原理を考えると、まず、 ^{14}C は宇宙線の相互作用によって、大気中で一定の生成率で生成する。放射性崩壊と生成率が平衡すると、大気中の $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ 比は一定となる。さらに、地球表層環境中（特に、大気圏と生命圏）では、炭素の交換がよくなされていて、どこも一定の $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ 比を持っている。この一定の $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ 比を持つ炭素のことを、現代炭素 (Modern carbon) という。現代炭素の $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ 比を A_0 としよう。樹木や生命体などが死ぬと、代謝が止まり、外界との炭素の交換が停止する。炭素に関して閉鎖系になった物質内では、放射性炭素 ^{14}C のみが崩壊して、時間とともに $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ が減少していく。閉鎖系になった時点からの経過時間を t とすると、 t 経過後の $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ 比 A は、

$$A = A_0 e^{-\lambda t} \quad \dots \dots (1)$$

と書ける。ここから、 A を測定によって求めれば、 t を求めることができる。こうして求めた年代を放射性炭素年代 (Radiocarbon age) という。ただし、 A は、 $\delta^{13}\text{C}$ 補正を施したものでなければならない。

大気中の $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ 比が一定という仮定は一般には成り立たない。一般には宇宙線の強度は一定ではないため、生成率は時時刻々変化しているからである。したがって、正しい暦年代に直すためには、暦年補正 (Calibration) を行う必要がある。暦年補正には、較正曲線 (Calibration curve) を用いる。これは、年代のわかっている試料中の $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ を測定したデータを数多く集めて取りまとめた、放射性炭素年代と暦年との対応を示すデータベースである。較正曲線は、数年ごとに、国際委員会で取りまとめて IntCal シリーズとして公表されている。はじめは、全地球上の全ての試料に共通の較正曲線が適用されていたが、海洋関連の試料の場合は、海洋大循環の影響により、年代がオフセットすることから、別の較正曲線が用意されるようになった。また、最近では、緯度や地理的条件により、局所的に較正曲線が微妙に異なってくることも明らかとなってきた。例えば、日本では、北半球に属するものの、太平洋に面しているため、気候によっては海洋大気の影響を受けやすく、日本産樹木の年輪の保持している炭素同位体比は、標準的な較正曲線とはわずかに異なることが指摘されていた。

2020年8月に最新の較正曲線である IntCal20 が発表された (Reimer, et al., Radiocarbon, vol62, 725-757, doi: 10.1017/RDC.2020.41)。この新しいデータセットには、日本産樹木のデータも多く利用されており、奇しくも、IntCal20 の較正曲線は、日本産樹木と近いものとなった。

問1. ^{14}C の半減期はいくらか。

問2. 現代炭素の持っている ^{14}C 濃度は、もともとは、比放射能 (specific radio activity) で定義されており、その値は、226Bq/kg-C である。ここから、 $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ 比としての A_0 を求めよ。

問3. $\delta^{13}\text{C}$ 補正について説明せよ。

問4. 海洋大循環が年代測定にどのように影響するか説明せよ。

問5. IntCal20 の発表によって、考古学的な年代観が大きく変化する事例を調べて、説明せよ。

レポートの提出：2024年7月31日までに、メールにて、hmatsu@um.u-tokyo.ac.jp まで送付のこと。

受取り確認の返信をします。