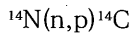


2. 大気中の二酸化炭素と海水中の全炭酸の放射性炭素同位体比の測定法

2-1 はじめに

原子番号6の元素である炭素には、質量数（原子核を構成する陽子と中性子の数の和）が¹²,¹³,¹⁴の3種類の同位体が存在する。このうち質量数が¹⁴の炭素-14 (¹⁴C) は放射性を有し、天然には大気の上層で宇宙線に由来する熱中性子が窒素-14に作用して、以下の核反応によって生成する。



生成した¹⁴Cは5730年の半減期でβ線を放出して崩壊する。

大気上層における¹⁴Cの生成量は、若干の変動はあるもののほぼ一定で、1960年代に多く行われた大気圏核実験の以前には、¹⁴Cの生成とβ崩壊による減少はほぼバランスしており、大気中の¹⁴C存在量はほぼ一定であったと考えられている。大気上層で生成した¹⁴Cは酸化されて二酸化炭素になるので、やがて大気の流れにしたがって地表付近に供給され、¹²Cや¹³Cの同位体で構成される二酸化炭素と同様に植物の光合成によってその体内に取り込まれる。植物が生きている間は、植物体を構成する有機物の¹⁴C同位体比（¹⁴Cと¹²Cの比）は、光合成における同位体分別によって若干の違いは生じるものの、大気中の二酸化炭素の¹⁴C同位体比にほぼ等しくなっている。しかし植物が死ぬと大気中の二酸化炭素は取り込まれなくなり、その結果¹⁴Cも取り込まれなくなるので、植物体内の¹⁴Cは死後の年数に応じてβ線崩壊により減少する。こうした考えに基づきLibby (1952)によって実用化された¹⁴C年代測定法は、考古学などの分野で広く利用され、その進展に大きく貢献している。

こうした方法は海洋にも適用することができる。海洋表層には大気との二酸化炭素交換を通じて¹⁴Cが供給されているが、海水が中層や深層へ移動すると、大気中から海水中への¹⁴Cの供給が断たれ、海水中に含まれる¹⁴Cは中深層へ移行してからの年数に応じてβ崩壊により減少する。沈降粒子によって中深層へ供給される¹⁴C量など、考慮しなければならない因子はあるが、海水中の全炭酸に含まれる¹⁴C量を測定することによって、海洋の深層循環の経路や速度に関する情報を得ることができるのである。

また主に1960年代はじめに多くの大気圏核実験が行われた結果、大気中の¹⁴C量は急激に増加し、それ以前のほぼ2倍にも達した (Nydal and Lövseth, 1983)。大気圏核実験が終わると、大気中の¹⁴Cは海洋や陸上の植生との間の二酸化炭素交換に伴って減少したが、その減少速度と海洋や陸上の植生における¹⁴Cの増加速度から、これらの炭素リザーバー間の二酸化炭素の交換速度が評価されている（たとえばSiegenthaler and Sarmiento, 1993）。また、化石燃料の消費によって放出される二酸化炭素は¹⁴Cを含まない（すでに¹⁴Cはすべてβ崩壊し消滅している）ため、化石燃料の消費による大気中の二酸化炭素の増加によって大気中の¹⁴Cは希釈され、その同位体比は減少している (Suess効果)。

一方、海洋に移行した大気圏核実験に由来する多量の¹⁴Cは、海水の移流・拡散などに伴い、やがて表層から中深層へと移行してゆく。したがって、海水中の全炭酸に含まれる¹⁴Cの量を観測し、核実験に由来する量を評価できれば、海洋表層から中・深層への海水の移流・拡散過程に関する情報を得ることができる。

このように、¹⁴Cは時間スケールを持った良い化学トレーサーであり、その分布や時間変化を観測することによって、地球上の炭素循環や海洋循環などに関する情報を得ることができる。¹⁴Cの測定法には、ガスカウンターを用いた気体法や液体シンチレーション法など、¹⁴Cが放射するβ線を計数する方法と、加速器を利用して核種を分別する加速器質量分析法がある。本章では、ベンゼン合成・液体シンチレーション法によって大気中の二酸化炭素の¹⁴C同位体比を測定する方法と、加速器質量分析法によって海水中の全炭酸の¹⁴C同位体比を測定する方法について述べる。