

波照間島と落石岬で観測された大気二酸化炭素中の放射性炭素同位体比の年々変動と季節変動

*寺尾有希夫・向井人史（国立環境研究所・地球環境研究センター）

1. はじめに

二酸化炭素中の放射性炭素同位体 ($^{14}\text{CO}_2$) は、炭素の年代に関する情報を含むことから、化石燃料起源 CO_2 の寄与や現代炭素を含む植物からの放出の寄与などを区分できる可能性を持っている。 $^{14}\text{CO}_2$ は炭素循環研究において重要なトレーサであるが、その分析には高度な技術と経験が必要とされるため、世界で長期モニタリングを行っている地点は非常に限られている。

独立行政法人国立環境研究所地球環境研究センターでは、沖縄県波照間島と北海道落石岬のモニタリングステーションで、 $^{14}\text{CO}_2$ 分析のための大気サンプリングを2004年から月一度の頻度で行っている。その試料アーカイブを用いて、2004年7月から2012年12月の大気試料の $^{14}\text{CO}_2$ 分析を行い、そのトレンドと季節変動の特徴を調査した。

2. データと解析手法

波照間ならびに落石モニタリングステーションで、タワーの頂上から大気を吸引し、除湿した後、2Lのガラスフラスコに 0.2 MPa のゲージ圧で加圧し大気サンプリングを行った。大気試料は環境研に持ち帰り、NDIRで CO_2 濃度を分析後、液体窒素トラップで CO_2 を抽出した。 CO_2 試料は、(株) パレオ・ラボでグラフアイト化ならびに加速器質量分析計(AMS)を用いた $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ 比の測定を行った。

$^{14}\text{CO}_2$ の結果は、 $\delta^{13}\text{C}$ を用いた同位体分別補正と1950年からの放射壊変補正を考慮し、NIST Ox-II 標準に対する $\Delta^{14}\text{C}$ 値で表した。 ^{14}C カウント数に基づく $\Delta^{14}\text{C}$ 値の誤差は $\pm 1.7 \sim 2.0\text{‰}$ 、参照大気試料測定から推定した再現性の誤差も同程度であった。また、参照大気試料を用いて、AMS分析間のバイアス補正を行った。

観測された CO_2 濃度と $\Delta^{14}\text{C}$ 値の時系列データから、Nakazawa et al. (1997) のデジタルフィルタを用いて、21ヶ月以上の周期を持つ長期トレンド成分と、4, 6, 12ヶ月のフーリエ解析から得られた平均的な季節変動成分を求めた。

3. 結果と考察

図1に、波照間と落石で観測された CO_2 濃度と $\Delta^{14}\text{C}$ の

平均的な季節変動を示す。 CO_2 濃度の季節変化の振幅は波照間と落石で大きく異なり、夏季の陸域生態系による CO_2 吸収が大きい落石では約 18 ppm、波照間では 8 ppmであった。一方、 $\Delta^{14}\text{C}$ の季節変化の振幅は波照間が 7‰、落石が 6‰とほぼ一緒であったが、位相に差があることが明らかになった。波照間では夏（7月）に極大、冬（1月）に極小になるのに対し、落石では秋（9月）に極大、春（5月）に極小になった。波照間と落石では、約2ヶ月ほど季節変動の位相がずれているように見えた。

波照間で $\Delta^{14}\text{C}$ の季節変動が負になる12月から4月の間、 CO_2 の季節変動は 2~3 ppmの正になったが、大気輸送モデルの結果から、この 2~3 ppmの CO_2 の冬期増加のうち、約 1 ppmは化石燃料起源 CO_2 であると推察された。1 ppmの化石燃料起源 CO_2 は $\Delta^{14}\text{C}$ で-2.8‰に相当することから、観測された $\Delta^{14}\text{C}$ の冬期の減少は化石燃料起源 CO_2 でほぼ説明できることがわかった。東アジアの東端に位置する波照間では、季節風の影響で冬季に化石燃料起源 CO_2 の影響がより強くなることが示唆された。落石の夏から秋の高 $\Delta^{14}\text{C}$ は、夜間に陸域生態系が放出する高 $\Delta^{14}\text{C}$ に起因すると推察された。

また、波照間と落石の $\Delta^{14}\text{C}$ の長期トレンドについて、 $\Delta^{14}\text{C}$ は平均で約-5‰/年の速度で減少しているが、その減少速度には大きな年々変動があることが明らかになった。波照間、落石ともに、2009年には $\Delta^{14}\text{C}$ の減少がほぼゼロになった。

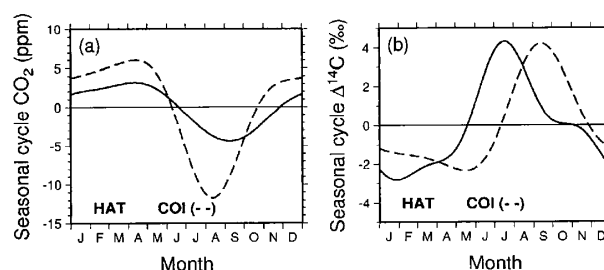


図1: 波照間（実線）と落石（破線）で観測された (a) CO_2 濃度、ならびに (b) $\Delta^{14}\text{C}$ の、2004年から2012年の平均的な季節変動。