

土壌 CO₂ の季節変化を考慮したトゥファ堆積場での炭素同位体モデルSeasonal change in Soil CO₂ and carbon isotopic model in a tufa-depositing stream.

堀 真子 [1]

Masako Hori[1]

[1] 広大・理・地球惑星システム

[1] Earth and Planetary Systems Sci., Hiroshima Univ

石灰岩地帯に発達する炭酸塩トゥファは、深海堆積物コアやサンゴコアから復元されてきた海洋古環境に比べ、理解されていない陸域古気候を定量的に解析する重要なソースである。トゥファは夏と冬での方解石沈殿速度の差によって生じる年縞をもち、その成長速度は数 cm/年に達する。これは、同じく縞状組織を持つ鍾乳石などに比べて格段に速く、高解像度の分析能を提供する。近年、トゥファの生成条件、縞状組織の生成機構、安定同位体比を用いた古環境解析法について多くの研究がなされてきた。しかし、トゥファの安定同位体記録の特徴は局所的な地質・地理条件に依存し、広く適用できる方法論は確立できていない。とくに、本研究で扱う炭素安定同位体比の挙動は場所によって大きな違いがある。

岡山県高梁市長屋の沢は石炭～ペルム系中村石灰岩を涵養地とし、下位のペルム系富家層との地質境界から湧出する。本研究では、長屋の沢の中流域で堆積している縞状トゥファの安定同位体比を測定した。また、湧水や雨水の酸素安定同位体比、溶存科学種、溶存炭酸の炭素安定同位体比、土壌大気の前二酸化炭素分圧と炭素安定同位体比の測定も併せて行った。

この結果、長屋のトゥファは、1) 酸素同位体比曲線が乱れ、2) 炭素同位体比曲線が規則的に変化するという点で特徴的であった。このうち、酸素同位体比曲線にみられる不規則性は降雨の影響であると考えられる。継続的な湧水と雨水の測定結果によると、2005年7月1日～5日は低い酸素同位体比(-13.1‰)を持つ雨が145mm降り、その影響で湧水の酸素同位体比は通常よりも約1%低下した。このような降雨の影響は、地下水塊が小さいほど大きくなると考えられる。これは、湧水温の大きな季節変化(約7.0℃)とも整合的であり、長屋での小さい水塊は温度と酸素同位体比の緩衝能力が小さく、大量の降雨による影響を受けやすいことを示す。

雨により不規則なピークが現われる酸素同位体比に比べ、炭素の同位体曲線は極めてなめらかであり、気温に強く依存したプロセスを持つと考えられる。そのプロセスとして、これまでの研究では冬に活性化する地下大気と外気との自然換気が有効であると考えられてきた。しかし、この効果は、地下空間の形状や規模、気密性と深くかかわっており、定量的に評価することが困難である。そこで、もうひとつの変動要因として、土壌大気の組成変化について考察した。

有機物の分解や植物根の呼吸などによって生産されるCO₂の炭素同位体比は、通年ほぼ一定の値をとる。採集した土壌大気は生物起源のCO₂と大気中のCO₂を混合して含み、PCO₂が高いほど炭素同位体比は低い。3地点のうち2地点の土壌大気は、降水量と高い相関を示し、空気と土壌大気の混合比が土壌湿度によって変化していることが考えられる。しかし、大気の影響が最も小さい残りの1地点では、土壌PCO₂は気温と強く相関し、夏に高く、冬に低くなる。

トゥファの炭素同位体比の変動は次のモデルで説明できる。まず、天水は土壌大気と平衡になりながら石灰岩を飽和状態まで溶解する。溶解が完全な閉鎖系で進行する場合、溶解後の水の溶存炭酸は、半分を土壌大気中のCO₂に、残りの半分を石灰岩に由来することになる。つまり、同位体比はこの2つのソースを均等な割合でもつ(one-by-one water)。洞内の空気はこの水と平衡にある空気(one-by-one air)と土壌大気との混合であり、地下水はさらに洞内の大気と平衡になって湧出する。このモデルは14Cのデータとともに検証される。本研究で得られた値と他地域で報告されている湧水付近のトゥファのδ14Cを用いて計算すると、洞内の大気は、およそ34%の土壌大気と66%のone-by-one airの混合になる。この条件で算出した地下水の炭素同位体比は、長屋での夏・冬の実測値と比較的よく一致した。本論の検討によると、洞内のCO₂の多くは土壌大気に起源しており、それと平衡である溶存炭酸の炭素同位体比は土壌CO₂の変化と連動して変化する。