

## 西穂高岳積雪中の3冬季の酸性汚染物質とその起源

## The origin of acid contaminants recorded in snow cover on Mt. Nishi-Hodaka-Dake, The Northern Japan Alps for three winters

# 遠山 和大 [1]; 佐竹 洋 [2]; 川田 邦夫 [3]

# Kazuhiro Toyama[1]; Hiroshi Satake[2]; Kunio Kawada[3]

[1] 富山大・情基セ; [2] 富山大・理・環境; [3] 富山大・極東研

[1] ITC, Univ. Toyama; [2] Environ. Chem., Toyama Univ.; [3] C-FES, Univ. Toyama

北西季節風が強まる冬季に大陸からの物質輸送が活発になり、日本海沿岸地域では、アジア大陸から飛来する硫酸イオンなどの汚染物質が増加することが知られている。これらは主として、平野部での観測によって明らかにされてきたことであるが、本研究では、汚染物質が平野部を越え、更に内陸の山岳地域にも及んでいるのか、また、及んでいるならば大陸のどの地域から飛来するのかを調べた。

調査を行った場所は、北アルプス南端に位置する西穂高岳の千石尾根（海拔2200m・日本海からの距離約100km）で、2001/02・2002/03・2003/04の3冬季にわたり積雪を採取した。積雪試料は、地面から積雪表面まで完全に連続するように約3cm毎に採取した。積雪断面観測の結果、積雪に融解は認められなかった。これらの試料は、解けないよう低温に保って持ち帰った後、酸素・水素同位体比と主要化学成分の測定を行った。堆積時期は、西穂高岳積雪と富山市降水のd-値を対比させて推定した。

積雪のpH値は全層にわたって5.6以下である場合が多く、西穂高岳にも「酸性雪」がもたらされていた。このように降水を酸性化させる物質としては硫酸イオン・硝酸イオンといった人為的な汚染物質が考えられる。積雪中での硫酸イオン・硝酸イオン濃度の鉛直分布は、堆積時期により0~100  $\mu$  eq/L程度と大きく変動していたが、100  $\mu$  eq/Lと濃度が高くなる時は、都市部の降水に含まれる濃度にも匹敵する。硫酸イオンと硝酸イオンの当量濃度比（S/N比）を見たところ、多くの試料のS/N比が2（国内起源）と4（大陸起源）の間に位置し、西穂高岳積雪に含まれる酸性物質は大陸からの寄与が大きいことが明らかになった。d-値から推定した堆積日より降雪時の気象状況を調べ、S/N比の変動と対応させた結果、大陸からの輸送が増加すると考えられる冬型の気圧配置の時にS/N比が高くなり、低気圧型の時には低くなるという対応があることがわかった。また、硫酸イオン総沈着量は、冬型が強かった2001/02冬季に多く（1.69g/m<sup>2</sup>）、冬型が弱かった2002/03・2003/04冬季には少なかった（1.12g/m<sup>2</sup>, 1.09g/m<sup>2</sup>）。このように、海岸から100km内陸の山岳地域にもアジア大陸からの汚染物質が飛来し、その輸送は気象状況に大きく依存している様子が明らかとなった。

このように大陸から輸送される汚染物質である硫酸イオンが、大陸のどこから運ばれてくるのかをより詳しく調べるため、2003年3月19日には硫黄同位体比分析用の試料を地表から積雪表面まで12個連続的に採取し、積雪中の硫酸イオンの非海塩性硫黄同位体比を測定した。積雪の硫黄同位体比は+3.1~+6.8‰、平均+5.0‰であった。12~1月に堆積した地表（0cm）から236cmまでは、同位体比が+4.6~+6.8‰と高く、2~3月に堆積した267cmから積雪表面（366cm）に向かっては、+5.6‰から+3.1‰へと急激に低下した。一方、積雪のS/N比は2.2~3.5であり、多くの場合は平均値の2.7前後に位置していた。

日本の主要エネルギー源は石油（-2~±0‰）であり、中国の場合は石炭（華北：+5~+8‰、華南：-6~-1‰）である。冬型の強まる12~1月にかけて同位体比が高いことは、華北起源の硫酸の輸送を示している。一方、冬型が弱まる2~3月にかけて同位体比が低くなることは、華南や日本起源の硫酸の寄与が大きくなることを示している。同位体比が高い12~1月の積雪のうち、1月上旬には同位体比が+4.6‰とやや低く、S/N比も2.2となる期間があった。特に冬型の気圧配置が強まり、北西方向からの物質輸送が盛んであるこの時季においては、中国北部よりも低い同位体比を持つロシア極東部の影響が強かったことが示唆された。

このように、積雪の硫黄同位体比を測定し、化学組成や気象状況と対応させることにより、西穂高岳の冬季降水に含まれる酸性物質の発生源をより詳細に明らかにすることができた。