



放射性炭素同位体分析による 大気汚染物質の起源解析

放

射性炭素同位体 (^{14}C) 分析は、考古学の分野で年代測定に用いられる方法として一般的にはよく知られています。 ^{14}C は、宇宙線によって大気中で ^{14}N からほぼ一定量が生成し、光合成によって $^{14}\text{CO}_2$ が生態系に取り込まれ、生きている生物はほぼ一定量の ^{14}C を体内に含有することになります。生物が死亡すると、あらたな ^{14}C の取り込みがなくなるため、遺骸中の ^{14}C は物理的な半減期(5730年)にしたがって放射壊変していきます。これが年代測定の原理です。近年、 ^{14}C 測定は環境科学の分野でも注目されるようになってきました。

現代のわれわれの生活は、エネルギー源として、あるいはプラスチックをはじめとする各種化学工業製品の原料として、石油や石炭など化石燃料に大きく依存していることは周知のとおりです。その結果として、われわれの環境を汚染する物質も、直接・間接に化石燃料由来のものが主となっています。石炭や石油は数億年前の生物由来ですから、 ^{14}C の含有量はゼロです。したがって化石燃料由来の環境汚染有機化合物の ^{14}C 含有量はゼロとなります。一方で、化石燃料以外の現生動植物(バイオマス)由来の炭素には一定量の ^{14}C が含まれています。これを利用すれば、同じ汚染物質であっても、化石燃料由来(=人為起源)と天然由来とを峻別できることになるはずですが。

われわれは、(独) 国立環境研究所(NIES)と共同で、 ^{14}C による有害物質の汚染源解析を進めています。NIESには、環境 ^{14}C 分析を主目的とした、 $100\mu\text{g}$ 未満の微量な炭素でも高精度の $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ 測

定ができる感度をもつ加速器質量分析施設が設置されています(NIES-TERRA、図1)。扱う炭素量が微量であるため、分析には専用の設備と細心の注意が必要とされます(図2)。

大気粉塵は、さまざまなソースの粒子の混合物です。そのなかでも

とも人為起源が疑われるのが、微小粒径の元素状炭素質の粒子です。これは工業活動、自動車等、燃焼プロセスで発生する代表的な粒子状物質で、たとえば昨今話題となっているPM2.5もこれに属します。われわれは2003~04年に、毎月都内港区白金で大気粉塵を粒径ごとに捕集しました。捕集後、 $1.1\mu\text{m}$ 未満の粒子状物質から元素状炭素のみをサンプリングしました。都市部であれば、おそらくほとんどが自動車排出粒子や火力発電など、化石燃料由来の炭素であり、その ^{14}C 含有量は限りなくゼロに近いであろう、と予想して行った分析です。ところが予想に反し、30~40%が天然生物由来の炭素であることが判明しました(図3)。バイオマス燃焼による大気汚染源として考えつくのは、家庭ごみの



図2：大気粉塵の ^{14}C 分析のための前処理風景

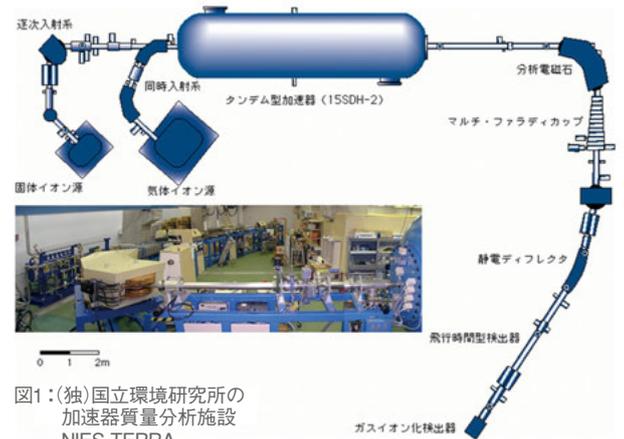


図1：(独)国立環境研究所の加速器質量分析施設 NIES-TERRA

焼却、山火事や農村での野焼き、家庭での調理などです。東京都心で捕集した大気粉塵で、しかもバイオマス炭素の寄与は通年ほぼ安定していますから、野焼きや山火事が原因とは考えづらいデータです。ごみや調理など、家庭由来の微小粒子状物質の寄与が予想よりもずっと大きいことを示唆しています。このように微小粒子状物質の国内発生源すら明らかになっておらず、まだまだ不明なことが多いのが現状です。PM2.5等微小粒子状物質汚染を低減化し、健康リスクを削減するためには、大陸からの越境汚染に目を向けるだけでなく、国内発生源の把握とそれに基づく適切な対策が不可欠です。

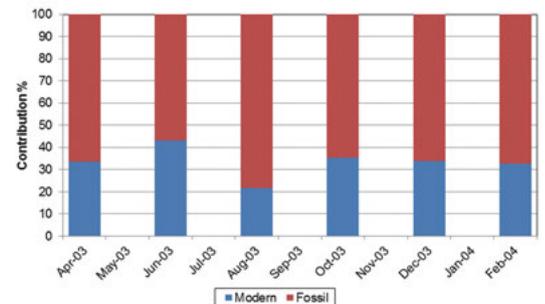


図3：都内で捕集した微小粒子状物質(PM1.1)中元素状炭素に含まれる化石燃料由来(Fossil)及び現生バイオマス由来(Modern)の炭素の割合(%)