

《鉛の眼》

室住 正世・中村 精次
吉田 勝美・津谷 直樹

近代社会の発達が 地球規模自然環境に及ぼした影響

一 緒言

有史以来、人間は自然の中に慎ましく生き、多くの恩恵を受けてきた。しかし人間社会の規模の拡大とともに、人間の営みはとかく慎ましさを忘れ、自然に対して少なからぬ影響を与え、近年に至っては人間社会活動による影響が直接人間にも害を及ぼすようになってきた。

こういう中、生活環境を保全し健康な生活を維持することは、人間社会が守らねばならない最小限の条件であることは今さら言うまでもない。憲法で保障され法律で規定されたこの最小条件の基本として、自然をありのままに守るといふ精神を保ちつづけなくてはならないであろう。具

体的には、近代社会の発展によって自然環境がどのように変化したかを定量的に確認しつつ、未来を予測し、現状を規制しつづけていくことが必要である。

私達の研究室では、古くから、おそらく六〇〇〇—七〇〇〇年前からつきあいのある鉛の、地球上における分布と拡散の有り様を尺度に用い、自然が人間社会活動により与えられた影響の過程と程度を地球規模の眼で見てきた。

二 グリーンランド及び南極氷原氷層中の鉛濃度にみる、近代文明発達による地球規模汚染

人間社会活動起源の鉛による地球規模の汚染を知るため、自然のままの状態が残っていると思われる地域として、グリーンランドと南極の氷原に目をつけた。煙突の煙や焼畑農業の煙、その他の人間の営みや、火山爆発、砂あらし等、自然の働きによって空中に舞いあげられた微粒子は地球の果てまでも運ばれて、そこで雪の氷晶核として操作して氷原に降る。降った雪はそのまま堆積して数千メートルもの氷の層を作る。それゆえ、各層の雪中の鉛濃度は、かつての空中に存在した鉛の濃度を反映するであろう。中谷宇吉郎先生は「雪は天よりの手紙」と言われたが、数十万年にわたって積りつづけた氷原は、「天よりの書簡集」とも言えるであろう。

しかしながら、氷層中の鉛濃度は一キログラムの雪中に一〇〇万分の一グラム単位以下であるので、新しい分析法の確立がまず必要であった。分析は同位体希釈表面電離質量分析法とクリーン技術を用いることにより初めて可能となった。こうして書簡集の小さくて、おぼろげな文字が、どうやら判読できるようになったのは二〇年前のことであった。結果は図1に示した。グリーンランドにおける鉛濃度は、一七五〇年に比べ一九四〇年には約四倍にも達し、それ以後は急増しているのがわかる。海水の飛沫源と考えられるナトリウム、塩素、カルシウム、カリウムなどの化学成分が過去二〇〇年間同じような濃度であったことは対照的であった。この鉛濃度の増大傾向は図2に示した産業革命後における鉛生産量と、一九二五年以降における四エチル鉛添加ガソリン(自動車のノ

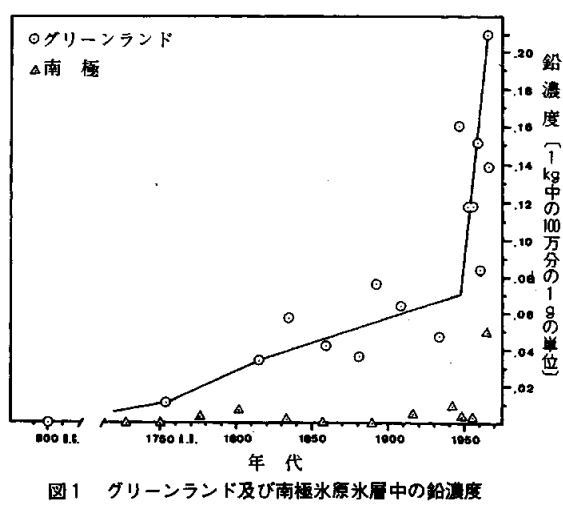


図1 グリーンランド及び南極氷原氷層中の鉛濃度

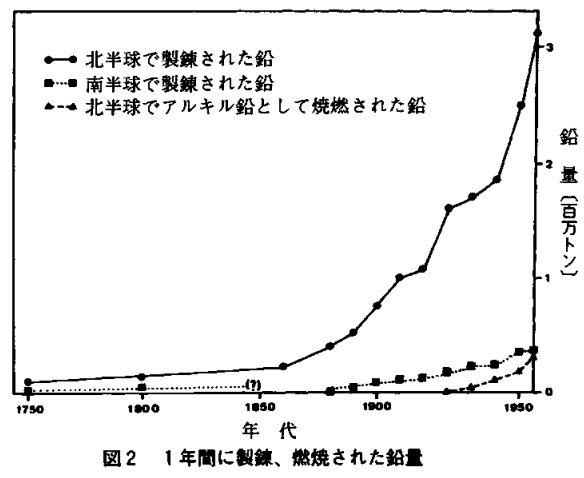


図2 1年間に製錬、燃焼された鉛量

ツキングを防止するために添加する)の消費量増加の模様と一致している。この発見は、南極で得られた結果と照合することにより、さらに重要な意味をもった。南極では近年の水層中の鉛濃度が過去の数値に比べて特に大きいということもなかった。すなわち南半球は人口分布が少なく、近代産業についても開発途上国が多いために、その空は北半球の空に比較してきれいであったことに対応している。

これらのことから結論できることは、人間社会活動の拡大にともなう特に北半球で地球大気が汚染され、その影響はグリーンランドにまで、いわば地球規模で及んでいる。

三 海水中の重金属濃度の深度分布、表層水における鉛の高濃度

海洋中の重金属のあるものは、海水一キログラムあたり一〇億分の一グラム単位 (ppt) でしか含まれていない。ppt は御存じの ppm (百万分の一) のさらにその一〇〇万分の一に相当する単位である。そのため海洋中の重金属の挙動は、海洋の動的構造を明らかにするために重要であるにもかかわらず、正確な濃度を出すことがむずかしかった。この困難さも同位体希釈表面電離質量分析法という特別な技術の開発によって解決された。結果を図3、図4に示す。

マリアナ海溝(深度三七三〇メートル地点)、その他の太平洋海域で重金属濃度の深度分布を測定した。銅、カドミウム、ニッケル、亜鉛、銀は、表面の濃度は極微量であるが深度とともに増大する。表層水に生息するプランクトンや粒子状物質にこれらの元素が取り込まれ、死んだプランクトンや粒子状物質が沈降していくために深海は濃度が著しく高くなるのである。

一方、鉛についても深度とともに濃度が増加することが予想されるが、実際には全く逆の傾向を示し、深海にいくほど濃度が減少している。この鉛濃度の特異性は表層水が、文化圏源の空中塵鉛により汚染されていることを示すものである。このような現象はマリアナ海溝のみならず、グアム、ポナペ、タヒチ島沖の海域でも確認されている。グリーンランドでさえ空中塵源鉛の影響があるのであるから、中緯度地方がその影響を受けてきたことは当然であろう。これは核爆発実験のためのストロン

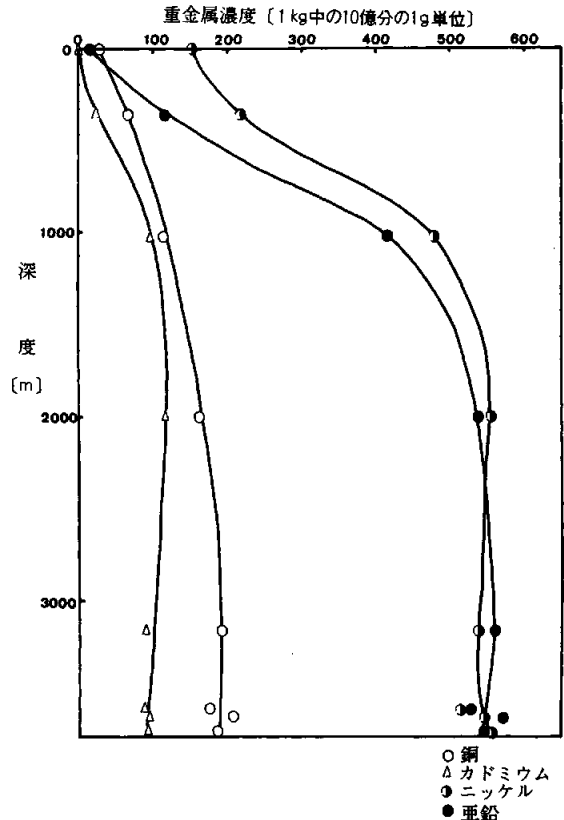


図3 マリアナ海溝における重金属濃度の深度分布

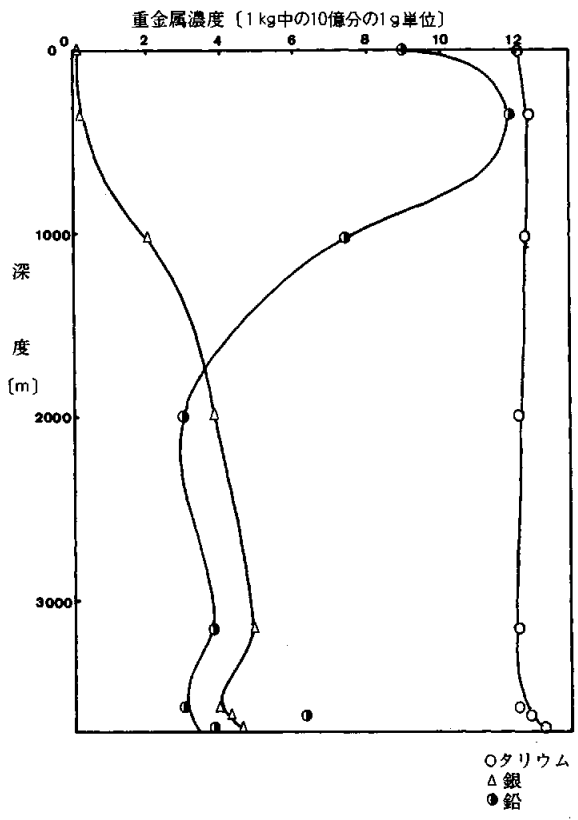


図4 マリアナ海溝における重金属濃度の深度分布

チウム90やセシウム137の分布状態とも一致している。

四 鉛同位体存在比の地域による違い、汚染原因を示す指標

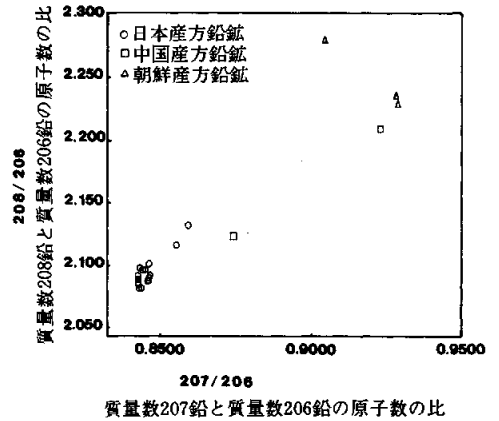
鉛同位体存在比を調べることによって、その汚染源について重要な知見が得られる。自然界の鉛は、原子の重さが違う質量数二〇四鉛、二〇六鉛、二〇七鉛、二〇八鉛の四つの安定同位体が主として混じりあったものである。この同位体の粒子の数の割合を同位体存在比という。鉛の同位体存在比は正確に表現すると、鉛を含有する鉱物・岩石などの産地によって異なっている。私達が勉強した化学や物理の基礎的段階には、原子量つまり鉛の同位体存在比は測定精度の範囲内で一定であるという考えがあった。しかし近代装置や技術の発達では同位体存在比のわずかな差を見出すことが可能とし、それが私達に自然に対する新しい眼をあけさせてくれるようになっていく。

図5に横軸に質量数二〇七鉛と質量数二〇六鉛の原子数の比をとり、縦軸に質量数二〇八鉛と質量数二〇六鉛の原子数の比をとって鉛同位体比を示した。日本産方鉛鉱と中国・朝鮮産方鉛鉱値を比較すると、それぞれが違う場所が集まるのがわかる。このことは、理論上でも明瞭に解釈できることである。空中塵には外国産の化石燃料やガソリンに添加された外国産四エチル鉛の燃焼成分が含まれるから、空中塵の鉛同位体比は日本の土壌や岩石などと違うはずである。この考えを日本の自然生態系に応用した結果を次に紹介しよう。

四・一 尾瀬ヶ原生態系における鉛同位体比と母岩の鉛同位体比の違い

尾瀬ヶ原に、人は遠い過去からありのままに保たれてきた自然生態系をみる。さてこの生態系における鉛同位体比測定結果を図6に示した。泥炭堆積層をボーリングしたコアに含まれる母岩片の鉛同位体比は日本産方鉛鉱に一致した値を示す。一方、泥炭の鉛同位体比は積雪のそれと一致し、母岩とは明瞭な差がみられる。これは一体どういうことか。つまり尾瀬ヶ原という盆地に堆積した泥炭(湿原植物の遺体である)に含まれる鉛は、母岩に由来するものではなく、大気を通して微粒子として

図5 各地産方鉛鉱の鉛同位体比の違い



質量数207鉛と質量数206鉛の原子数の比

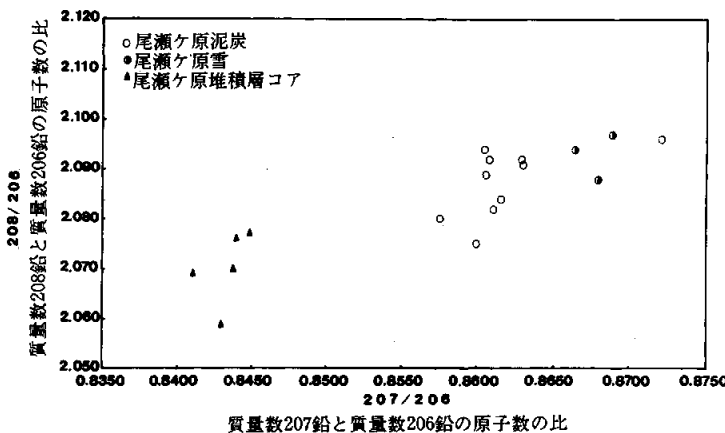


図6 尾瀬ヶ原生態系における鉛同位体比と母岩の鉛同位体比の違い

空中を輸送されてきたものと考えられる。

泥炭層は深さ四メートルで、その最深部は八〇〇〇年の歴史をもっている。さて数千年前の層から採取し、まだ木の形を残す古い泥炭の年輪別の鉛同位体比を見ると、中心部は母岩に近く、外部になるに従い空中塵の鉛同位体比に近くなっている。この事実は尾瀬ヶ原の泥炭層の鉛汚染は、八〇〇〇年前より起っていたというよりは、その後起った世界的規模の大気の汚れがもたらした水の浸透が泥炭層下部にまで及んだためと考えられる。

四・二 樹木年輪層に記録された鉛汚染、屋久島と樽前山麓

生態系の環境の経年変化を記録しているものとして樹木年輪層に注目し、北海道樽前山麓のカツラ(樹齢二〇〇年)と鹿児島県屋久島の杉(樹齢四五〇年)を研究した。図7に年輪層の鉛濃度の経年変化を示した。横軸はその樹木が生まれてからの年数を示し、縦軸は濃度を一グラムに対して一〇億分の一グラムの単位で示した。二つの樹木は種類や場所が違っても、よく似た傾向を示している。両方とも五〇一七〇年前の層から現在にかけて濃度の増大がみられる。

屋久島杉年輪層の銀、ニッケル、カドミウム、タリウム、亜鉛、銅濃度の経年変化をみると、鉛と同様に五〇一七〇年前の層から濃度の増大がみられる。人間社会活動からはなれ、海洋中の離島の性格をもつ屋久島においてさえ、七つの重金属元素すべての濃度に急増がみられたことは注目すべきことである。

この両生態系において鉛同位体比の経年変化はどうであろうか。図8には樽前山麓のカツラ年輪層の分析結果を示した。心材部は日本の岩石・方鉛鉱の値に近似しているが、外皮部に行くにしたがい、特に五〇年前の層より都市空中塵の値に近似して行く。

図9には屋久島杉の鉛同位体比測定結果を示す。心材部は屋久島岩石・日本産方鉛鉱の値を示すが、七〇年前の層より都市空中塵の値に近似する。この時期は、鉛その他重金属濃度の急増時期と対応している。樽前山麓、屋久島両生態系のような人間社会活動と隔絶した地域においても、五〇一七〇年前より重金属濃度、鉛同位体比の変化があらわれ、人間社会活動による空中塵の影響のあることを顕著に示している。

樽前山麓カツラ年輪層

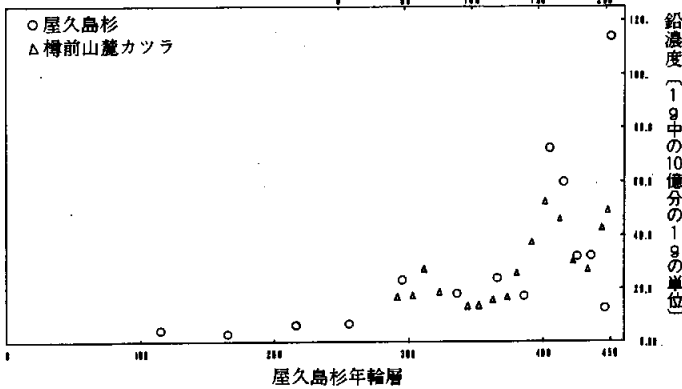


図7 屋久島杉、樽前山麓カツラの樹幹年輪層における鉛濃度変化、近年の急増

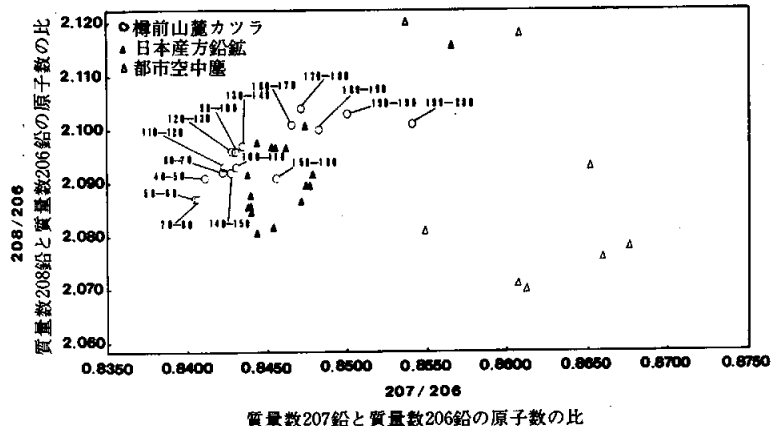


図8 樽前山麓カツラ樹幹年輪層の鉛同位体比の変化、近年における空中塵への指向

四・三 人跡未踏地、北海道日高山脈生態系における

鉛同位体比と母岩との差

日高山脈生態系における鉛同位体比の測定結果を図10に示した。この図で日高の岩石と土壤は、日本産方鉛鉱と同様な位置に一群をなしている。一方、日高の動物・植物は日本や日高の岩石の鉛同位体比とは違っており、札幌や室蘭等の空中塵に類似している。この違いの原因は、札幌や室蘭の空中塵の鉛粒子が外国より輸入された燃料や四アルキル鉛源のものであって、これが日高山脈まで風送されて生態系に影響を及ぼしているために起った現象と考えられる。

五 結 語

人間社会活動の影響は社会活動から遠く離れた人跡未踏の地にも及び、自然生態系を、普通の方法では察知できない程度であるが、しかし確実に汚染している。樽前山麓カツラの年輪層中の鉛濃度変化は次のことをも教えてくれる。昔、一〇〇ヘクタール当りの生態系を輪廻する鉛量は約二グラムであったが、現代では四グラムに増大した。この生態系では植物だけでなくネズミも魚も、体内の鉛の大部分は北海道産では既になくなり、外国産となっていることもわかった。

くどいが繰り返そう。ここで紹介した幾つかの事例は他の普遍的な方法によつては年代差等は発見できず、自然環境は昔のままに維持されていると結論されるであろう。「昔と違っているのかいないのか」、この問題をどのように理解し、現在の人間の生活をどのように律していくか、人間社会のありようを如何に求めるか、それは個々人の胸にあると云えるのであろう。

試料の提供をいただいた北海道大学演習林、日高営林署、屋久島営林署に感謝申し上げます。

(室蘭工業大学工学部教授
・同技官・同大学院生)

図9 屋久島杉樹幹年輪層の鉛同位体比の変化、近年における空中塵への指向

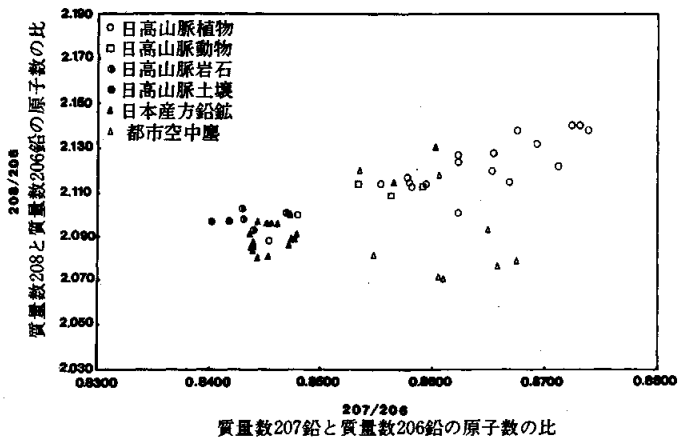
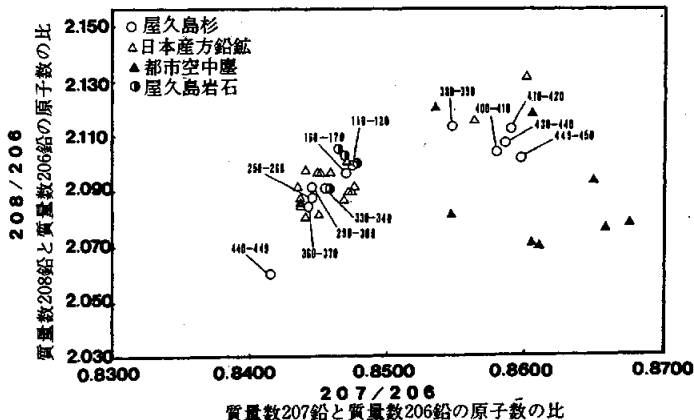


図10 日高山脈生態系における鉛同位体比と母岩との差