

## 特集

# 微細非晶質物質

この特集の目的は、我々の身近にある堆積物や土壌、海水の中に普遍的に含まれているナノサイズの微細粒子の実態とその分析方法、そしてそれらの素材としての活用性を紹介することにあります。次に目次を追って内容について簡単に述べますと、

1. 地球表層に産する微細非晶質物質に関する特集号を編集するにあたってでは、物質がナノサイズの大きさになった場合、どのような特性を持つことになるのかについて触れています。ここではナノとは何か、ということについても言及しています。

2. 地球表層に産する微細非晶質物質とは何かでは、(1)雲母などの層状ケイ酸塩鉱物の摩耗・堆積過程で形成される微細非晶質物質や、(2)鉄イオンが酸化・水酸化物として沈澱する過程で形成される微細非晶質物質、及び(3)火山噴出物の風化・変質過程で形成される微細非晶質物質(アロフェン、イモゴライト等)について述べています。

3. 非晶質からのX線散乱では、鉱物研究にとって最も重要な手段であるX線を用いてどのように非晶質物質を同定するかについて触れています。こ

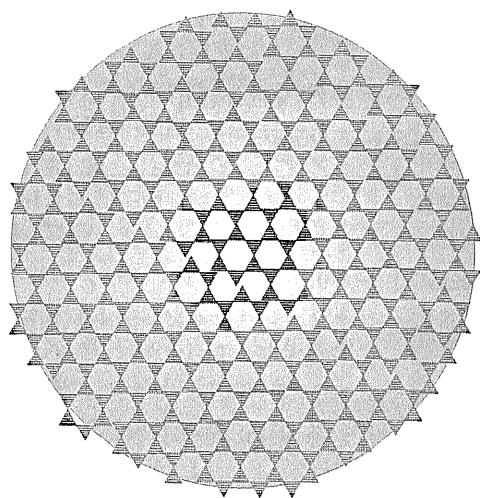
こではX線散乱パターン、散乱強度を測定し、関東ロームや土壌、海底堆積物中の非晶質物質のおおよその量を見積もる方法が紹介されています。

4. 土壌無機非晶質物質の同定—分別抽出法による同定と定量—と 5. 状態分析化学的アプローチによる堆積物中の元素の解明—分別溶解法によるスペシエーション—では、様々な薬品を用いて土壌や堆積物中の微細非晶質物質を溶解・分析する方法(分別抽出法、分別溶解法)がまとめられています。

6. エネルギー分散型蛍光X線分析装置及び透過型分析電子顕微鏡による微細非晶質物質の非破壊化学分析では、エネルギー分散型蛍光X線分析装置や透過型分析電子顕微鏡を活用して薄膜分析法による微細非晶質物質の非破壊化学分析について説明します。

最後に、7. 結晶とガラスの中間物質—合成と応用—では、アロフェンやイモゴライト等の非晶質物質を工学的視点から素材として捉え、その利用法に関する潜在的ポテンシャルに言及します。

(国際協力室 丸茂克美)



(A) アロフェンのイメージ図



(B) C60のイメージ図

性は、比表面積が異常に大きく、活性化していることです。粒子が細かくなればなるほど比表面積は増大し、ナノサイズの微細粒子ともなれば、その表面積は、1グラムあたり1,000平方メートルにもなってしまいます。また、岩石は膨大な数の原子が整然と配列した結晶の集合体ですが、ナノサイズの微細粒子には限られた数の原子しかありません。こうした粒子は単体の原子でもなく、また結晶でもない、独自の物性を有することになります。

第1表は粒子の微細化による表面活性の増加をまとめたものです。粒径10ナノメートル(nm)の微細粒子の表面エネルギーは、1マイクロメートル( $\mu\text{m}$ )の粒子の100倍になります。また、この粒径10ナノメートル(nm)の微細粒子では、その表面にある原子の数が全原子数の20%にもなってしまいます。粒径5ナノメートル(nm)の微細粒子では、その表面にある原子の数が全原子数の40%にも達します。例えば、火山ガラスを交代しているアロフェンの粒径は、5ナノメートル(nm)以下ですから、まさに表面に40%もの原子が露出していることとなります。これはまさに天然のクラスター物質です。

0.1マイクロサイズ～ナノサイズの微細粒子は、海水や河川水といった地球表層水から、水酸化鉄やケイ酸塩が沈殿する過程でも形成されます。こうした微細粒子の多くも明瞭なX線回折パターンが得られないため、非晶質であると考えられています。海水中のコロイド粒子や、土壌中の含まれる土壌コロイドの正体は、まだ十分に把握されていません。しかし、それらの多くはいずれもこのようにして形成された、0.1マイクロサイズ～ナノサイズの水酸化鉄やケイ酸塩粒子、あるいは風や水によって運ばれた、0.1マイクロサイズ～ナノサイズの微細鉱物粒子であると考えられます。

地球の環境問題が叫ばれている今日において、地球表層で起こる様々な地球化学的過程を解明することは、極めて重要になりつつあります。地下水と堆積物の反応や、海洋や湖沼における物質循環、土壌と天水との相互反応を定量的に把握することは急務です。こうした地球表層の地球化学的現象では、0.1マイクロサイズ～ナノサイズの微細非晶質粒子がきわめて重要な役割を果たしている可能性は非常

第1表 粒子の微細化に伴う表面活性の増大 (神保, 1990)

粒径 (nm)	$\frac{N_s}{N_T} \times 100$ (%)	表面エネルギー $E_s$ (J/mol)	$\frac{E_s}{E_b} \times 100$ (%)
1000 (=1 $\mu\text{m}$ )	0.2	$6.4 \times 10^1$	0.02
500	0.4	$1.3 \times 10^2$	0.04
100	2	$6.4 \times 10^2$	0.19
50	4	$1.3 \times 10^3$	0.40
10	20	$6.4 \times 10^3$	1.89
5	40	$1.3 \times 10^4$	3.98
2	80	$3.2 \times 10^4$	10.0
1	99	$6.4 \times 10^4$	18.9

$N_s$  : その粒径の固体粒子の表面にある原子の数  
 $N_T$  : 固体粒子中にある全原子数  
 $E_s$  : 固体表面エネルギー  
 $E_b$  : 固体の結合エネルギー

に高いと考えられます。なぜならば、0.1マイクロサイズ～ナノサイズの微細非晶質粒子は容易に移動でき、水と親和し、そして驚くほど表面積・表面活性が大きいからです。

もし、我々が0.1マイクロサイズ～ナノサイズの微細非晶質粒子の存在を無視して、地球表層で起こる様々な地球化学的過程を解明しようとするならば、それはまるでウィルスの存在を無視して我々の病気を克服しようとしているようなものです。病原体には細菌や原虫のような数マイクロサイズのものもありますが、それよりはるかに小さなナノサイズのウィルスも無数にあります。光学顕微鏡に頼って病原体を解明しようとした、50年前の医学は完全に行き詰まりました。当時の医科学者は“濾過毒”といわれるウィルスの存在にまだ気づいていなかったからです。

我々は、地球表層の地球化学的現象の研究に携わる研究者が、マイクロサイズはもとより、こうしたウィルスのようなナノサイズの微細非晶質粒子に、これまで以上に着目することを期待して、この特集を組みました。

文 献

神保元二(1990): 微粒子の特性とその工学的応用. 精密工学会誌 56-12, 5-8.  
 東レリサーチセンター(1994): 無機系微粒子・超微粒子技術の応用の最新動向. 1-328 pp