

工業生産ナノ材料のリスク問題



Junko NAKANISHI **中西準子** 産業技術総合研究所 化学物質リスク管理研究センターセンター長

ナノ物質/粒子の定義

ナノ技術の将来性に期待が高まる一方で、ナノ材料のナノスケールに起因する人の健康や環境への危険性、特に人への影響を示唆するような報告や記事も増えている。ナノスケールの粒子には、自然起源（火山活動や生物反応）や燃焼などの様々な反応の副反応起源のものもあり、さらに室内活動起源（タバコ、燃焼器具、印刷器など）のものもあり、すでに環境中には一定量存在している。ナノ物質の定義についての議論が進んでいるが、大方の意見は少なくとも1次元が100 nm以下（しかし、100 nmを超えても一概には排除しない）というものである。この定義に従えば、大きさの点では、ディーゼル排気微粒子（DEPs）もアスベストもその一部はナノ粒子である。

安全性議論の広がりと問題点

粒子サイズが小さければ、それだけ人の健康に与える影響が大きいということが、いくつかの研究から明らかにされてきたのは近年であって、それは微小粒子測定技術の進歩と平行している。サイズが小さいがための影響と言われるものが、真にサイズのみによっているか否かについては、まだ検討の余地がある。例えば、粒子径がミクロンからナノへと変化するにつれて有害性が大きくなる、または、特殊な生体反応が見られるという報告を詳しく調べると、サイズと対象物質が同時に変化していて、その影響に真のサイズ依存性があるとの判断が難しい場合も多い。

工業生産されたナノ材料の安全性については、現在世界的な議論になっている。米国EPAが出したナノテクノロジー白書では、これらを、炭素ベース材料、金属ベース材料、 dendrimer、複合物の4種に分類している。この中で、すでに使用量が多いのは、酸化亜鉛、酸化チタン、今後かなり伸びそうなのがフラーレン、カーボンナノチューブ（CNTs）であり、これ

らが当面リスク議論のターゲットになるであろう。

リスク評価のための測定と試料の調製

ナノ材料の有害性試験の際に最も重要なことは、試験試料のサイズ（分布）、形状、比表面積、不純物などの物理化学的特性を同定し（これを、キャラクターゼーションと呼ぶことにする）、それらの特性と生体反応との関係を明確にすることである。少なくともサイズ分布については、製造時（as grown）、試験試料、生体中の値が必要である。ただ、その前に、ナノ材料のサイズとは何かを決めること、及び一次粒子を得る方法を見つけることが測定そのものよりも難しいという状況がある。1次粒子のサイズは2~10 nmであっても、製造で得られた状態（as grown）または空気中、水溶液中では凝集体となっており、そのサイズはミクロンオーダーであることも多い。しかも、その凝集力は強く、分散させることが非常に難しい。ナノ粒子の吸入による生体影響研究では世界でトップを走るロchester大学のG. Oberdörster¹⁾は、電気放電管の中にグラフィト電極をおき、超微細炭素粒子を作り、反応器を直接ラット吸入装置に接続し、分散状態のナノ粒子を動物に吸入暴露させ影響を調べた。

それほど凝集力が強いなら、凝集状態で試験をすべきという意見がしばしば出される。しかし、筆者は「リスク評価の立場からは、ある程度分散した状態でも試験する必要がある」と考えている。

視点の違い—リスク評価と技術開発

その理由は四つある。第1は、分散状態では存在しないと言うが、リスク評価では10万分の1程度の確率を問題にしなければならないこと、第2は、ナノ材料はプラスチックに練り込む際には有機溶媒や界面活性剤で分散させていること、少なくともプラスチック構造内ではas grownの状態のように凝集はしていないこと、そもそも、ナノ材料はナノサイズの素材が分散

状態で特異な機能を発揮できることを狙っているはずであること、炭素ベースのナノ物質はタンパク質などの生体構成分子 (biomolecule) との結合性が高く、biomolecule の存在下では凝集体は分散あるいは溶解する傾向があること、第3は、ナノ材料の含まれる製品の製造、使用、消費、廃棄またはリサイクルの過程で、人が分散状態のナノ材料に暴露される可能性を否定できないこと、第4は、同じナノ材料でサイズ効果を調べたいことからである。

かくも極端な場合を考えなければならないのが、リスク評価にとって大切な視点で、多分技術開発の場合の視点と大きく異なるであろう。

目標は同じ—リスク評価と技術開発

このように考えてナノ材料の分散化に取り組んでいるのであるが、関係者の意見や経験を聞いていると、実は筆者らが苦勞している分散化の課題は、ナノ材料開発研究者の課題でもあることを知って驚くのである。

研究者や事業者の中には、ナノ材料もどこかの試験機関に持っていけば安全性が証明されると考えている方が多い。しかし、ナノ材料がこれまでと全く異なる機能を追究するのであれば、有害性も全く新しい可能性がある。有害性は機能の裏返しだからである。つまり、どういう有害影響が出るかは、ナノがどういう機能を発揮するかによって変化しうる。これまで、リスク評価は技術開発と関係ない人々に担われてきた。信頼性とか透明性を確保するために、それが必要なこともある。しかし、新技術のリスク評価は開発技術の中味に精通している人が入らなければできなくなるし、リスク評価結果がついていなければ、新技術は国際市場に出られなくなると思う。とすれば、今後、このリスク評価という仕事の相当部分を、技術開発部門が何らかの形で担う覚悟が必要なのではなかろうか。

国際的な規制論議への備えが必要

安全性試験が行われ、リスク評価の結果が出てから規制が始まるのであれば、規制のあり方についての合意形成もそう難しい話ではない。しかし、すでにOECDなどで規制の議論が進んでいる。確たるデータがない場合にも、予防的に何らかの管理方法を国として決めなければならないとすれば、どういう枠組がいいのか、相当知恵を絞る必要がある。安全性が保証されるまで一定のナノ製品一時使用停止を求める意見もあるが、どこの国もナノ技術がもたらす利益に期待しているので、国としての全面禁止的な規制は考えにくい。しかし、規制を求める声が強い場合には、規制が恣意的、まだら模様になる可能性が高い。つまり、経済に大きな影響が出そうところは静観し、影響の小さいところは規制を厳しくする方法である。このような事態になれば、経済への影響が国によって違うので、欧米の決定に従うだけでは日本が苦しくなることも大いにありうる。早めにリスク評価を進め、データが不十分な段階でも、他の国々にも納得してもらえるような合理的な管理方法を提案することが急がれる。

2005年12月27日に決定された第3期の科学技術基本計画には、第4章「社会・国民に支持される科学技術」の中に「ナノテクノロジーの社会的影響に関する検討や研究を総合的・実践的に推進する」という文章が加わった。研究や技術は、その新しきや利便性だけに目を向けるだけでは不十分で、社会の支持を得るための研究の必要性を説き、新しい方向性を示したものである。社会の理解を得るために、何よりも必要とされるのはリスク評価だと思う。

- 1) G. Oberdorster et al., Translocation of inhaled ultrafine particles to the brain, *Inhal. Toxicol.*, **16**, 437-445 (2004).

©2006 The Chemical Society of Japan

ここに載せた論説は、日本化学会の論説委員の執筆によるもので、文責は、基本的には執筆者にあります。当会では、この内容が会を代表する重要な意見の一つとして認め掲載するものです。読者からのご意見・ご感想をお寄せ下さい。
E-mail: ronsetsu@chemistry.or.jp