

2013年2月23日実施 第51回 市民科学講座

<特別シンポジウム>

ナノ粒子の健康リスク～母子伝達と次世代影響、リスク管理を軸に

報告

ナノテクノロジーのリスクを どう考えるべきか

上田 昌文

(NPO 法人市民科学研究所・代表理事)

みなさん、こんにちは、市民科学研究所の上田です。本日の市民科学講座では小林剛さんがご病気のためご発表ができません（配布資料はお手元にお配りしました）。急遽バトンタッチして私が導入的な話を30分ですることになりました。どうかよろしくお願いいたします。

まず、ナノテクノロジーの特徴は、非常に小さなスケールで物を加工したり、あるいは小さなサイズにしていった時に特別な性質が出てくる、それをうまく利用したりする技術というふうに言えると思います。「ナノテクノロジー」と私たちは言うておりますけれども、本来は「ナノテクノロジーズ」と複数で呼ばなければ、とてもじゃないけども表しきれない程幅広い技術群です。非常に細かいものですから、集積ができる、そしてそのことによって量子効果なり何なりのいろんな効果が出てくるということがあります。例えば皆さんは意外に思われるかもしれませんが、普通のアルミニウムの板である1円玉は何も外界と反応しませんが、それを微細な粒子に変えると非常に酸化しやすくなり、熱すると空気と激しく反応して燃焼するということが起こります。そういうことからわかりますように、小さくするってことは、サイズだけの問題ではないということがあります。また、非常に高感度のものを作ることができるということがありまして、このあたりを利用してじつに様々な技術が出て来ているわけです。ただ、粒子を扱う場合のひとつの特性としまして、ひっついてしまう、凝集してしまうというのがありますので、例えばナノ粒子をきちんと計測する時には、これをどう制御するかっていうのがポイントになってきます。

ナノテクの可能性をわかりやすい例で言いますと、[NNI \(National Nanotechnology Initiative\)](#) が米国で2000年に立ち上げられましたけれども、この報告書にはその技術の驚くべき将来事例が示されています。全米図書館の全部の本を角砂糖1個分位に入れるとか、鉄よりも10倍強くてそれよりもはるかに軽い物で車体を作ることができるとか、コンピューターの計算速度を本当に数万倍上げることができる

か、などなどですね。夢のような話がいっぱい語られているわけです。

しかし技術全体の動きを見ますと、特別な注意が必要だなんていう部分がありまして、生活のあらゆる領域に関わってくという点。もう1つは、どこの国をとっても産官学が一体になった推進体制があって、巨大なお金が動いているという現実。これは、人によっては皮肉をこめて「ナノテク」と名前を付ければ研究費が取り易い」と言いたくなる時期もあったとか……。それからもう1つは、これだけ広くて可能性がいろいろあるものですから、将来どうなるかということの予測がしにくいということがあります。私としては、なんだかSF的な話だなあと思えるところまでにも視野を広げて、ある程度考察していかないと、そうしないと捉えきれないかもしれない、という感じがします。

イメージを持っていただくためにサイズの比較をしてみます。例えばDNAの分子は2nmの幅を持っています。それからウイルスは50nm位、バクテリアは0.5 μm です。髪の毛1本は60~80 μm ですが、人工的に作った[ナノワイヤー](#)はまさにこの1000分の1位の細さです。形も粒子状の物質もあれば、針状になったりとか、膜にしたりとか、いろいろです。人工的に作り出された材料としては、フラーレンやカーボンナノチューブなどがあります。また、直径1mmの粒子を、それ1個を直径10nmの粒子に細かく砕いていけば何が起こるか。表面積が10万倍になる、それから個数は1000兆個になる。このサイズ効果が反応性を高める基本になります。

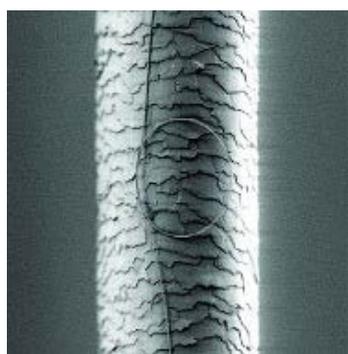


Image credit: EHP 2004/Limin Tong/Harvard University

例えば、医療の分野で今、私たちの血液を一滴取れば、本当に短い時間でいろんな病気の診断が可能になるという時代が来ようとしています。その基本になるのが[DNAチップ](#)ですが、遺伝子マッピング（DNAマイクロアレイなど）の装置にも応用されています。また[DDS \(Drug Delivery System\)](#)といますけども、標的とするがん細胞ならがん細胞だけを狙って薬をそこに到達させるというような技術があります。様々なセンサーで体の中の情報を読み取る、そしてそれを解析する一じつにいろんなものが組み合わせられて、将来は本当に家に居て病院の診断や治療を受けることが可能になってくるだろうと言われています。それ以外にも電子、製造、環境、宇宙などなど、いろんな分野に応用が考えられています。

では、例えば日々の生活用品はどうなのか？ そういうことを調査をしているところがあります。[ウッドロー・ウィルソン国際学術センター](#)（Woodrow Wilson International Center for Scholars）の[Inventories](#)というところ。日用品として出てくるナノテクの製品がどんなものがどれくらいあるかをずっと調べています。ちょっと[2011年の3月でのデータ](#)が一番新しいようですが、ナノテクと謳っている日用品が[1317種類あります](#)。日本でも同様のものに産総研の「[ナノ消費者製品一覧](#)」があるのですが、2010年でちょっとストップしています。その当時の数から言いますと、ここでは541項目・1241製

品が登録されています。こうした、企業の情報をもとに作ったインベントリーを見ると、私たちがあまり意識しないうちに日常の中にナノテク製品が入ってきているんだなぁということが実感されます。素材別に見ますと、フラーレンとか、カーボンナノチューブ、二酸化チタン、亜鉛、そして金、銀、プラチナがあって、主にこういう素材をナノマテリアルとして使っていることがわかります。例えばカーボンナノチューブでどんなことができるのかをちょっと見てみますと、非常に軽くて強い、電気をよく通す、熱をよく伝える等などの性質を使って、じつに様々な製品が作られています。例えばスポーツ用品には一番早く応用が始まっています。非常に弾力性の高い、使い勝手の良いスポーツ製品や道具ができています。とても細いのでたくさん撚り合わせて非常に強くなった繊維、非常に薄いディスプレイ、そして柔らかい半導体の基盤を作るのにはもってこいでトランジスタの効率も上がるので、ウェアラブルコンピュータと言って服などと一体化したPC、そしてあとは帯電しないものとか、人工の関節を作るとか、バイオセンサーを作るといったようなこと……。燃料電池の効率を上げたり、コンピューターで問題になる放熱を非常に効率よくさせたり、膜の技術がより高度になったり……。皆さんの持っている携帯電話をひとつ見ても、じつにいろんなナノテクノロジーが入っています。例えば筐体のプラスチック、これをバイオプラスチックに変えていこうとするときに、そのプロセスでナノテクノロジーを使うということがあります。ディスプレイが、そもそもナノテクを使っている。そしてナノテクの加工技術が使われているLSIやコンデンサ。もうまったく私たちが気付かない間にいろんなナノテクが身の回りで使われているのです。

少しだけ開発体制を振り返ってみますと、一番の起点になったのは2000年の[米国のNNI](#)です。その後もずっといろいろなプロジェクトがありますが、一言で言うと、米国はナノテクノロジーでは、量から言っても質から言ってもおそらくいろんな分野で世界のトップを走っている。EUは、ご存知の方もいらっしゃると思いますが、EU全体での研究の戦略を立てていき、その予算をどういう具合に割り当てていくかっていうことの枠を決める[「フレームワークプログラム」](#)というのを持っていますが、それが[第7次まで](#)いって、その中でナノテク研究開発の見通しを立てて、各国がそれに応じて動いていくという体制になっています。日本は、基本になるのは[「科学技術基本計画」](#)です。その中で文科省と経産省が絡んで、そして最終的にはこの計画を策定するのは内閣府の総合科学技術会議ということになりますが、推進体制ができています。

そういう推進体制の下で日本が謳っているのは、主に4つの分野です。環境・エネルギー、電子・情報、バイオ・医療、そして素材とかデバイスに関係する材料系、の4つです。各国の成長の様子はどうかを見ますと、[これが2007年までのデータです](#)。やはり米国が突出しているというのがわかりますが、じつは中国、韓国の勢いがすごい。予算全体として見ますと、日本は国が出しているのは一千億円程度ですが、じつは企業が大きな割合を担ってしまっていて、全体で言いますと一兆円規模になっています。日本全体の科学技術予算で言うと、ライフサイエンスが一番大きくて、次は情報、そして環境、その次にナノテクが来ます。ナノ素材とかを併せてナノテク全体で科学技術予算の中では大体10数%を占めている。

小林剛さんのレポートで中国がすごい勢いになってきているというのが報告されています。中国はこのあとPM2.5の問題で話題になるとは思いますが、[製造業で大きな事故を起こしています](#)。2009年の話で

すが、要するに塗装の作業をしている時にナノ粒子を吸引してしまったために、7人の人が倒れて内2人が死亡したという深刻な事故です。ナノ粒子はその小ささも関係して、環境中で非常に捕らえにくい。当然これは各国の学者はわかっていることでして、2004年の時点ですでに英国の王立協会・王立工学アカデミーが世界に先駆けて[ナノテクノロジーのリスクに関する報告書](#)を出していた。その中で、1番問題になるのは労働者の安全だろう、それから2番目は消費者だろう、3番目は生態系への影響だろうと、述べています。また例えば具体的な製品で言いますと、[「地球の友」が2006年に出しました化粧品に関するレポート](#) (Nanomaterials, sunscreens and cosmetics: small ingredients big risks) があります。日焼け止め化粧品に使う酸化チタンなどのナノ粒子が皮膚から浸透して有害な影響をもたらさないかということで、その可能性がありそうなのだからそのことがはっきりするまで市場に出すな、という勧告も含めた厳しい規制の導入を求めたのです。

ナノテクでは健康や環境へのリスクがよくわからないまま市場化されるものが少なくないという現状があって、その典型が[銀ナノ粒子 \(ナノシルバー\)](#) です。これはちょっと驚くほど広い範囲で使われていまして、例えば皆さんがエレベーターを使った時に、手すりのゴムのところにも銀のナノ粒子が入っています。抗菌剤として効果が高いためです。ところがそれが、劣化したりして環境中に出たらどうなるのだろうか、そこまでは全然考えずに使っているわけです。[ナノ銀の毒性を報告する論文も何件もある](#) のですが、はっきりしたことはよくわからない。用途もあまりに広いので、全体として相当多く使われているにもかかわらず、環境中でどうなるかという研究もまだわずかしかなされていません。

一方白金ですが、補助食品というか食品添加物というか、食べ物に入れるものが出てきました。これが本当にどう効くか、私は疑いを持っているのですが、[白金ナノコロイド](#) という形でなんだかよくわからない使い方がされていると言えるのではないかと思います。

抗菌とか、生理的活性を高めるとかを謳いながら、ナノ粒子を入れる傾向が結構あって、私たちの知らないうちにそれが起こっている、というのが問題だと思います。小林剛さんは、じつは抗菌剤はナノシルバーにかかわらずいろいろ使われているわけですからわけですけども、そういうものが増えれば増えるほど、過度な清潔状態が、じつは不健康な体質を誘発する原因となるのではないかと指摘しています。1つは薬剤耐性菌を増やすってということが当然起こってきます。それから例えば、都市では幼児なんかは自然の中で遊ぶってということがほとんどないわけですが、そうするとそもそも無菌に近い環境の中で、周りに殺菌剤がごまんとあることになる。そういう中でじつは育つと、かえって免疫の順調な発育が阻害されて、アレルギー性の喘息とか、アトピー性の皮膚炎とかが増えることになっているのではないかと。日本のみならず、アメリカやオーストラリアで見ても、子供のアレルギーの増加ってというのは、先進国に共通した問題になっています。というわけで、そういう視点からもナノ粒子の問題を見ていかなければならないかも知れません。

そういう状況で、研究開発側に大きなショックを与えたのが、2008年、[動物実験でカーボンナノチューブをマウスの腹腔に注入したら中皮腫を引き起こしたという結果](#) になったという研究で、これは新聞でも大きく報道されました。その時に、研究者の中には「やっぱり工場内では注意したほうがいいんじゃないか」という人とか、「この実験は口腔内にバツと沢山入れている。そんなの現実にはありえないのだから、リスクの調べ方としてはおかしいんじゃないか」という人もいたりとか、そして厚労省でも、やはり労働環境での対策立てたほうがいいという動きになったりして、結構騒然とした事態になりました。このことのインパクトの一つは、「今まで“ナノ”と謳っていた製品を出していたが、今後は“ナノ”と

という言葉を表に出さないほうがいいかも知れない」というふうに企業が動き出したことではないかと思われる。まあ、いわば「ナノ隠し」です。確かに2008年以降、「ナノ」をネーミングに使った商品がどんどん減ることになったのではないかと思われます。先ほどの産総研の製品一覧表作りもこの時以降、低調になるわけです。

消費者としてみれば、「表示があってしかるべきだろう」と単純には思うのかもしれませんが、これはじつはかなり難しい問題です。理由は、まず「ナノテクがあまりに広い範囲に応用されている」ことが1点。それから、例えば私たちが普通の食べ物を食べても、お腹の中で分解されたら糖やアミノ酸などの分子になるわけですから、言ってみればみな「ナノサイズになる」わけです。ですからサイズに着目すると「自然のものと人工的なものの判別に意味があるのか」といった話になるわけです。あるいは、例えば飲料でナノテクノロジーの乳化技術を使っていて、美味しい風味を出すことができるものが人気商品になっているものがあるのですが、もちろんその商品が「ナノテクを使っています」と謳うことはありません。単なる微細な乳化技術なのですから、危険性はまったくない。そういう例もあって、安全性への関わり具合のものすごく幅があるので、一概に「ナノ」と表示したときに消費者が混乱するとか、企業にとってもダメージが大きいみたいな話があるわけです。

以前(2006年)、[市民科学研究室がナノ化粧品を問題にして](#)、主だった化粧品メーカー(2004年度売上高上位30社)に手紙を出して、「ちゃんと調べているのですか」「データはあるのですか」などと尋ねたことがあります。数社から回答が届きましたが、ほとんどの企業が「研究・生産のノウハウに関わるため公表できない。日本化粧品工業連合会問い合わせしてほしい」との回答でした。日本化粧品工業連合会は2005年に741社に行ったアンケートで120社から回答を得たデータを報告書にまとめていますが([「ナノ原料を使用した化粧品の安全性評価システムに関する基礎調査」報告書](#)(平成16年度))、その中では、自らきちんとした毒性実験を実施しているメーカーは大企業の一部である、といったことが記されていたので、さらに突っ込んで各メーカーに尋ねる必要があったわけです。

フードナノテクノロジーは、[市民科学研究室が東大との共同研究\(2007~2010年\)](#)で3年ほどかけて[報告書『フードナノテク 食品分野へのナノテクノロジーの応用の現状と諸課題』](#)をまとめましたけども、食とナノテクの関わりが非常に広いので、それらをどう分類したらいいかということそのものが問題だったわけです。で、結局は食品安全委員会が提示したような、物性データ、吸収とか分布とか代謝の体内動態のデータ、そして用途や摂取の類別などを取りまとめて、何がわかっていた何がわかっていないかを整理していくということになりました。この食品安全委員会が2010年にまとめた報告書([「食品分野におけるナノテクノロジー利用の安全性評価情報に関する基礎調査」](#))では、まず食品を有機材系と無機に分けて、そのそれぞれの中で食品素材なのか、健康食品なのか、添加物なのか、成分なのか、みたいなことで分けて、何かリスク管理に繋がられるようにしようとしています。こうした情報の系統的な整理はとても大切ですが、では製品化されているものすべてに収まりがつかないと必ずしもそうではない。例えば小林剛さんが指摘しているのは、これは新しい情報で私も驚いたのですが、皆さんが噛む[ガムとかスイーツの中に、二酸化チタンなどが](#)、1mgあたり5~0.07 μ gですから結構多いなと思うのですが、使われているものがある。そうすると、例えば米国の安全エンジニアリング協会も懸念しているように(「経口的に摂取されたナノ粒子類は、免疫防衛システムあるいは腸組織小結節を介して吸収され、消化システムから血流中に移行し、生体のあらゆる部位に移動してダメージを生じさ

せる。)、こういうものを幼い時からずっと摂っていて本当に大丈夫なのだろうか、蓄積されている可能性はないのだろうか、ということになるわけです。

では、企業からナノに関して自主的に情報提供をすることを誘導できるかということ、これは2つの国が試してみて2つとも失敗しています。英国のDefra（環境・食糧・農村地域省）という、日本の農林水産+環境省みたいなところですが、そこがナノに関する情報を前もって出さないと企業に呼びかけたら（2006年～2008年）、報告を上げたのは13件のみで全然話になりません。米国のEPA（環境保護庁）も同じようなことをやりましたが（2008年）、市場にあるナノ材料の10%位しか情報が集まらなくてダメです、ということになったのです。自主的に情報を出させるのがいかに難しいかがわかります。そういう中で日本は、海外の情報を分析することは一生懸命やります。例えば経産省から委託されて民間のシンクタンク「JFE テクノリサーチ株式会社」がやった報告書「[ナノ材料のリスク評価に係る国内外動向及び安全性情報に関する調査](#)」が公開されています。これは私が見た中では今のところ一番海外の情報を手広くまとめている最新のレポートです。一応中立的な立場から書かれたレポートですが、中にはフラーレンにしても、カーボンナノチューブにしても、二酸化チタンにしても、それぞれなりにわかってない所が多いけれども、様々なリスクがありそうだという情報がまとめられています【最も関連する部分を最終ページに引用した】。

製品そのもののリスクの有無に加えて、場合によっては環境中での放出や拡散の問題が出てくる。[小林剛さんの紹介した新しいレポート](#)で私もわかりましたけども、次のようなことが起こっている。

「ナノ酸化亜鉛（化粧品類に多用）は家庭の排水から廃水処理場を経て、下水污泥の畑地への施用により土壌に進入し、大豆の食用部分を含む植物体内全般に取り込まれ、食品の質に影響を与える。ナノ酸化セリウム（ディーゼル燃料添加剤）は、大豆農場で使用される大型ディーゼル農機具の排気から土壌に沈着蓄積し、大豆の根粒中の有用なホストバクテリアの窒素固定作用を完全に阻止する。そのため、大豆の生育は著しく阻害された。」

思いもよらない環境中のこうした挙動にまで監視の目を光らせていかねばならないとすれば、かなり大変なことではあるな、という気がします。

最後に管理の問題。大まかな特徴だけ言っておきます。米国は個別材料ごとにリスクを計量して管理する傾向が強いです。一方EUでは、まず原則とか行動規範を決めて、そこから具体的規制を引き出していくのが特徴としてあるように思います。例えばEUでは、ご存知の方も多いと思いますけども、人工化学物質の管理のための「REACH」と呼ばれる新しい規制体系が導入されています。これはたぶん世界で一番厳しい管理方式で、要するに no data, no market 「安全データがなかったら、市場には出せません」という原則を出しています。それから、安全かどうかを確かめる責任、つまり毒性実験をしてこれは大丈夫です、というデータを企業自身に出させます。挙証責任を企業に負わせ、予防原則的な考え方を貫いている。日本も、化学物質がらみのものをヨーロッパに輸出する時は、これに従わざるを得ないので、非常に神経を使っているのが現状です。

例えばナノテク食品について言いますと、[EFSA（欧州食品安全庁）が2011年に出た重要なレポート](#)があります。そこには、①リスクアセスメント、②暴露シナリオ、③毒性テストのデシジョンツリー（意思決定のための系統的な選択肢配置）のための具体的な研究戦略を描いていて、かなり先進的なアプローチが示されています。これも市民研のHPに小林剛さんの翻訳で全部載せています。

一方米国はかなり揺れている、と私は思います。企業の圧力も強いことなのでしょうけど、FDA（食品医薬品局）は、2006年以來のNPOのナノ規制導入の提訴に屈する形で、新指針を発行し、規制への方向性を明確化しましたが（①ナノマテリアルとバルク物質との差異を確認し「新規物質」と認定、②ナノマテリアルのリスクの可能性を確認、③ナノマテリアルに対する新しい試験の必要性を確認）、一方EPAは、1年以上登録申請を保留していたナノシルバー殺菌剤に対して、「ヒトと環境に対する影響の追加テストを4年以内に完了」を前提条件として許可しました。またNIOSH（国立労働安全衛生研究所）は、ナノテク労働者の健康保護に関して、①カーボンナノチューブの曝露限界勧告値 $7\mu\text{g}/\text{m}^3$ を決定し健診の励行を勧告したり（2011/02）、②ナノ二酸化チタン（ TiO_2 ）を職業発ガン物質と決定したりしています。結構様々な方向性をもった個別の動きがあるようなのです。

では、日本はどうか。文科省、経産省、それから厚労省、環境省、国立環境研究所等など、ナノテクのリスク面・社会的受容面に関して検討を加え、なんらかの政策的なビジョンや提言を出してきたところは多いです。中でも、産総研（産業技術総合研究所）の中西準子さんたちを中心とする研究プロジェクトは大きかった（例えばそのうちの最近の一つは、NEDO（新エネルギー・産業技術総合開発機構）の「ナノ粒子特性評価手法の研究開発」で2006年～2011年で約20億円）。半端じゃないお金を使っただけの[そうした研究の成果](#)が今どう生かされようとしているのか、改めて注目する必要があるように思います。

最後に、小林剛さんが、日本も見習うべき点がある事例として挙げていたものに、自動車の排ガス規制で大きな役割を果たした米国のHEI（Health Effects Institute）というところがあります。環境保護庁（EPA）と自動車メーカーが、1980年、双方で300万ドルを拠出して設立した中立的な研究機関です。著名な大学教授を中心とする優秀な運営スタッフを擁して、適切な研究テーマを募集・選定し、そのテーマを研究するにふさわしい大学や研究機関を選考して研究を委託し、その結果を科学的に厳正にレビューし、中正なコメントを付して、レポートを作成し、各方面に頒布するというユニークなシステムを開発したのでした。つまりオープンな形にして、誰から見ても文句はつけられないやり方を確立して、それで企業に情報を出させて、それをまたオープンにしていたわけです。やはり企業側からも消費者側からもそして研究者からも、どこからも信用される、そういう中立的な研究機関が中核にならないといけないのではないか、と思わされます。

小林剛さんからのナノ粒子・ナノマテリアルのリスクに対する具体的な勧告としましては、[配布資料の一番最後に彼自身がまとめたもの](#)がありますので、それを見て頂ければ、と思います。■

【参考：平成23年度経済産業省委託調査報告書「ナノ材料のリスク評価に係る国内外動向及び安全性情報に関する調査報告書」平成24年3月 JFE テクノリサーチ株式会社
より 57～58 ページより】

前述の通り、ナノ毒性学全般の問題は、膨大な数の MPNs が存在し、それぞれについてサイズや形状などを調べなければならぬことである。ナノ毒性学研究コミュニティは、ENRHES チームのメンバーが強調しているように、まだ非常にデータが限られた中で予備的なリスク評価しかできない状態にある。そのため、CNTs、フラーレン、酸化チタンナノ粒子、ナノ銀など、豊富にある、ごく一部のマテリアルについてのみ、証拠に基づいた、比較的信用できる結論を出すことができる。最も最近、データ収集と評価を行ったのは ENRHES の報告書（2010）とその後それをさらに追跡調査した報告書（Aschberger 他 2011）でありフラーレン、CNTs、金属（主に銀）、金属酸化物のナノマテリアル（主に酸化チタン）の健康と環境における安全性について、包括的かつ重要な科学的考察となっている。報告書の著者たちは、次の結論を出している。

- ・ フラーレンの毒性は化学構造、表面改質、調製法などの影響を受け、酸化剤による反応が関与する。これまでの研究では、テスト対象となったタイプのフラーレンによる短期的リスクは示されていないが、この結果をあらゆるタイプのフラーレンや慢性的な曝露に外挿することはできない。ある種のフラーレンが、生理学的関連性のある経路を通じて免疫毒性や発ガン効果を誘発する可能性があるかどうかはまだ明らかではない。水溶性が高いフラーレンの毒性は低いように見受けられる。最も関連性が高いのは、化粧品中に存在するフラーレン皮膚への塗布を通じた曝露であるようである。
- ・ CNTs については、層や機能化が増加し、金属の不純度が減ると毒性が減ると考えられているが、もちろん他にも考慮すべき要素がある。しかし、酸化ストレスや炎症を引き起こして細胞毒性や病気につながる物理化学的特性はまだ明らかになっていない。CNTs の免疫毒性の可能性はまだはっきりしておらず、繊細な器官への CNTs の吸収と分布に依存する、あるいは炎症性メディエータの放出によって誘発される可能性がある潜在的システム効果についても結論が出ていない。CNTs の形態とサスペンションも重要な役割を果たす。最も関連性があるのは、職業上の吸入を通じた曝露であると見受けられる。
- ・ 金属ナノ粒子の毒性（ナノ銀など）はその内在化と、炎症や免疫毒性、細胞毒性などの事象につながる酸化性質に依存する。概して、作業員や消費者による吸入が最もリスクが高い曝露の原因となるほか、（管理されていない）医薬品の摂取や身体の大きな部分の火傷治療にナノ銀を含む包帯を使うことなどがその次に高リスクの曝露であると見られる。
- ・ 金属酸化物（ナノサイズの二酸化チタンなど）の毒性は、炎症誘発性、酸化、神経毒性、遺伝毒性などの特質を持つことが実証されている。そのため、毒性試験中の明確な条件（曝露方法、曝露量、使用する細胞や種、光条件など）が結果に大きく影響する。ここでも、作業員や消費者による吸入（スプレーを使用した後など）が、最もリスクが高いようである。