

Baua:

連邦労働安全衛生研究所

VCI

**職場におけるナノ物質の取扱いと
使用に関するガイダンス**

2007年8月27日

職場におけるナノ物質の取扱いと使用に関するガイダンス

序文

2006年の春に連邦労働安全衛生研究所 (Federal Institute for Occupational Safety and Health (Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin/BAuA)) 及びドイツ化学工業協会 (German Chemical Industry Association (Verband der Chemischen Industrie/VCI)) はVCIの会員会社とともに、ナノ物質 (nanomaterials) の取扱いと使用に関する労働安全衛生について共同調査を行った。この調査の目的は、ナノ物質に関連する作業について化学工業業界で最近行われている労働安全衛生の方法の概要について調べることであった。またもうひとつの目的は、その調査の結果に基づいて、化学工業界におけるナノ物質の取扱いと使用に対する勧告と作業手引き (operating instructions) を含む “職場におけるナノ物質の取扱いと使用に関するガイダンス” を作成することであった。

BAuA及びVCIの共同作業は、2005年10月11日及び12日にボンで開催された “合成ナノ粒子 (Synthetic Nanoparticles)” に関する関係者の対話集会から開始された。

また、BAuAがアンケート調査を解析し、主にVCIが “職場におけるナノ物質の取扱いと使用に関するガイダンス” を作成した。両方の作業ともその途中の段階でBAuAとVCIの間で専門家による話し合いが数回もたれた。

このガイダンスは、職場でのナノ物質の製造と使用に関する対策についての方向性を示すことを目的としている。ここに示した勧告には最新の科学と技術が反映されている。

遅くとも2008年の半ばまでに、このガイダンスを最新の知識に合うものにし、より明確なものに修正することを予定している。

ベルリン/ドルトムント/フランクフルト、2007年8月

職場におけるナノ物質の取扱いと使用に関するガイダンス

目次

I. 緒言

II. 労働安全衛生に関する一般的な事項

III. ナノ物質の取扱いと使用における労働者の保護に関する既存の勧告

IV. ナノ粒子測定法の現状と進展

付属文書

職場におけるナノ粒子 (nanoparticles) の吸入によるハザードアセスメント

I. 緒言

I.1 背景

2006年の春に連邦労働安全衛生研究所 (Federal Institute for Occupational Safety and Health (Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin/BAuA)) 及びドイツ化学工業協会 (German Chemical Industry Association (Verband der Chemischen Industrie/VCI)) はVCIの会員会社とともに、ナノ物質 (nanomaterials) の取扱いと使用に関する労働安全衛生について共同調査を行った。この調査の目的は、ナノ物質に関連する作業について化学工業界で最近行われている労働安全衛生の方法の概要について調べることであった。またもうひとつの目的は、その調査の結果に基づいて、化学工業業界におけるナノ物質の取扱いと使用に対する勧告と作業手引き (operating instructions) を含む“職場におけるナノ物質の取扱いと使用に関するガイダンス”を作成することであった。

この調査は、当初ナノ物質の製造業者及び使用者を対象とし、主として長年にわたり製造及び使用されてきた製品をその対象範囲とした。また、この調査には研究段階の製品も含まれており、これらについてもこのガイダンスで考慮されている¹。

¹ この調査には新規の会社 (教育科学・研究技術省 (the federal ministry of education and

このガイダンスは、職場でのナノ物質の製造と使用に関する対策の方向性を示すことを目的としている。ここに示した勧告には最新の科学と技術が反映されている。

ISO専門委員会229 “ナノテクノロジー” が作成し、OECDが仮の定義として採用した案によれば、ナノ物質 (*nanomaterials*) とは、ナノ-物体 (*nano-objects*) あるいはナノ構造体 (*nanostructured materials*) と理解されている。ナノ-物体とは一つ、二つ又は三つの次元がナノスケール (およそ1 - 100 nm) の物質であり、典型的な例はナノプレート (*nanoplates*)、ナノロッド (*nanorods*) 及びナノ粒子 (*nanoparticles*) である。ナノ粒子とはナノスケールの三次元のナノ-物体である。ナノ構造体はナノスケールの内部構造をもつものである。その典型的な例はナノ-物体の凝集塊 (*aggregates*) 及び凝集体 (*agglomerate*) である。

通常、遊離型 (*isolated form*) のナノ粒子のようなナノ物質の製造には、高度な化学的・物理的プロセスが必要である。しかし、最近市販用に大量に製造されている多くの製品では、ナノ粒子は遊離の粒子ではなく、いくつかの粒子の凝集塊又は凝集体となっている。

この定義 (上述) では凝集塊及び凝集体はナノ粒子ではなく、ナノ粒子が互いに結合しているナノ構造体といわれるものである。大きなエネルギーの供給なしでは凝集塊及び凝集体からナノ粒子を遊離させることはほとんど不可能である。

例えば、ナノ粒子は製造者の段階で、顆粒 (*granules*)、成形 (*formulations*)、分散 (*dispersions*) 又は複合材料 (*composites*) に加工されることがある。その多くの場合は、それを使用する段階で遊離ナノ粒子が放出されることは想定されていない。

1.2 製造工程

化学工業業界ではナノ粒子を多くは2つのプロセスで製造する。気相すなわち火炎中での反応、あるいは、溶液中での反応による合成である。気相における反応では、個別に生成された一次粒子は急速に結合して大きなユニットとなる。溶媒にも依存するが、安定化剤を添加することで、溶液中の反応で遊離型ナノ粒子を製造することが可能である。このような遊離型ナノ粒子は、さらに分散された状態で加工されるか、又は溶媒を蒸発させて分離型ナノ粒子を得てからさらに加工される。

単に技術的な理由から、ナノ粒子の気相での製造は多くの場合閉鎖系で行われる。特別

research) / BMBFのリストを参照のこと) も参加した。このように、ナノ物質を研究のために取り扱っている会社 (取扱い量が年間10 kg以上) も含まれている。

の方法として、その系を陽圧下で行うこともある。製造過程での労働者のばく露は、主に充填、サンプリング、清掃、及び保守作業のような、工程のつなぎ部分や通常の手順が中断したときに起こりうるものであり、そのときは安全工学上の極めて高度な注意喚起が必要になる。

液体を扱う作業（沈殿反応、液相での分散）では、通常はエアロゾルの発生を回避できるので、吸入によるばく露は通常考慮しない。

II. 労働安全衛生に関する一般的な規則

その他のすべての化学物質と同様に、ナノ物質に関連する作業も、労働安全衛生に関する規則及び関連するEC指令（EC Directives）に基づくドイツ危険物質令（German Dangerous Substances Ordinance (Gefahrstoffverordnung)）の規定の対象になる。雇用主は、労働者に対する作業に関連して発生しうるハザードを評価して、必要な労働安全衛生に関する対策を決めなければならない。それには職場全体や個々の作業場所のデザイン及び構成が含まれ、物理的、化学的及び生物学的な影響の軽減措置も同様に含まれる。さらに、法的には下位の危険有害性物質に対する技術的な規則（例えばTRGS 500、TRGS 401）を遵守しなければならない（TRGS = Technische Regeln für Gefahrstoffe/危険有害性物質に対する技術的規則）。

多くの不溶性ナノ物質に関して、現状ではそれらの物質の化学組成による分類にかかわりなく、このような非常に小さい粒子の吸入が職場でのハザードとなる可能性を除外して考えることはできないのである。

労働者を様々なハザードから保護するため、次のような一連の行動が有害危険性物質条例（Dangerous Substances Ordinance）に規定されている。1. 情報収集、2. ハザードアセスメント、3. 保護対策の決定、4. 保護対策の有効性のレビュー、5. 文書化。保守、修理、作業の乱れ/停止、及び制御操作を含めて、すべての作業工程及び作業状況が考慮されなければならない。

II. 1 情報収集

情報収集には次のことが含まれる。

- 使用する製品に関する情報（特性、量、種類及び使用時の形状）
- 作業に関する情報（とくに吸入、経皮又は経口的な摂取の可能性のある作業工程）。酸化されやすい物質については火災及び爆発のリスクも含むこと。

- 危険有害性物質についての代替法に関する情報（当該物質を用いる工程や調製で危険性を軽減させることになるものも含む）
- すでに採用している保護対策の有効性に関する情報や、適用可能と考えられる場合には予防産業医学（preventive occupational medicine）的な観点から実施される活動に関する情報も収集すべき。
- 情報に欠落がある場合、保護対策の作成に際してその欠落している情報について適切に対処しなければならない

物質の特性に関する情報源としては、化学物質安全データシート、表示情報、製造業者とのコミュニケーション、技術的な規範及び雇用者責任保険協会（employers' liability insurance associations (Berufsgenossenschaften)）の規則、所管官庁諸機関からの出版物及び文献データが考えられる。

11.2 ハザードアセスメント

収集した情報に基づいてハザードアセスメントを実施する。ドイツ工業安全保健条例（German Industrial Health and Safety Act (Arbeitsschutzgesetz)）に基づいて、ハザードアセスメントでは、化学物質に関連した危険性及びそれ以外のすべての（機械的又は電氣的）危険性を考慮しなければならない。

11.3 保護対策の決定

技術的、組織的及び個人についての保護対策の決定にあたっては、ハザードアセスメントに基づいて次の点を検討しなければならない。

1. 代替法

健康に害を及ぼす物質やプロセスを、より危険性の低い物質やプロセスで代替できないか否かの検討（例えば、放出が少ない類似物質）

2. 技術的な対策

囲い込み装置（contained installations）の使用及び可能ならば発生源で有害ガス、蒸気及び粉じんの捕集、削減及び除去

3. 組織的対策

施設の適切な清掃、作業目的以外の衣服の適切な汚染防止、より一層の衛生対策、操作

順序の適切な時間配分、適切な教育訓練及び指示、適切な出入り及び保管に関する規則等

4. 個人保護対策

技術的及び組織的対策に加えて、個人保護具の使用

II.4 実施された対策の有効性のみなおし

その他のすべての物質と同じように、ナノ物質に対しても、採用した対策の有効性について、定期的に見直しをしなければならない。また、健康影響に基づいた基準値 (health-based limit) が未だ設けられていないような場合でも、適切な作業手順 (good working practice) にしたがって妥当性のある対策を導入した後、労働者が受けたばく露を測定しなければならない。このガイダンスの以下の記述は、このような事項に関して援助を提供することを意図しているものであり、適切な測定法となりうるものを示すものである。

II.5 文書化

ハザードアセスメント結果を文書化することは、危険物質令 (Dangerous Substances Ordinance) の要求事項である。とくに健康影響に基づく基準値 (health-based limit) の設定が現在まで全くできていないナノ物質に関しては、採用された保護対策、使用した物質、作業状態及び利用可能な測定データを文書化することは、その後のアセスメントのためにとくに重要である。

III. ナノ物質の取扱いと使用における労働者の保護に関する勧告

ハザードアセスメントに基づいて職場に必要な保護対策を決定する。肺胞性・吸入性粉じん分画 (the alveolar and respirable dust fraction) に対しては、一般的な粉じんに対する基準値又は物質毎に決められている基準値等、現行の基準値を遵守しなければならない。現在の知識では、ナノ物質へのばく露が、より大きなミクロスケールの粒子による影響とは異なる特別な影響を及ぼす可能性を除外することはできない。TRGS900によれば、一般的な粉じんに対する基準値は超微細粉じん (粒子サイズが0.1 μm 以下の拡散相当径 (diffusion equivalent diameter) の粉じん分画で、その凝集塊及び凝集体を含む) の評価には適用されない。したがって、ナノ粒子又は一定のナノ物質について特別な基準値が定められるまでは、ばく露を最小限にするよう努力しなければ

ばならない。経皮的なばく露に関してはTRGS401の勧告を遵守しなければならない。

防護対策の決定に対して次の行動方針が推奨される。

1. 代替法

液体又は固体の媒体で粉末ナノ物質を固定する。技術的に可能で経済的に容認できるのであれば、粉末物質の代わりに分散品、ペースト又は複合物（dispersions, pastes or compounds）を用いる。

2. 技術的防護対策

可能ならば、囲い込み型装置（contained installations）で作業を行う。

それが不可能ならば、粉じんやエアロゾルの発生を回避する。そのために、製造する物質や製造条件に基づいて、その発生源（例えば、充填及び排出工程）で発生する粉じんやエアロゾルを直接に取り除く。除去設備の定期的な保守及び性能検査を確実に実行する。

除去した空気を浄化することなしに再利用してはならない。

3. 組織的な保護対策

遊離ナノ粒子の物理的特性、特殊な対策の必要性及び粉じんの長期的な影響の可能性について目標を定めて関与する労働者を教育する。作業指示書に必要な情報を含める。

ばく露の可能性がある労働者の数を可能な範囲かぎり少なくする。

さらに、指定された作業区域に許可のない者の立ち入りを認めない。

きれいな作業衣を着用する。作業衣は雇用主の責任で洗濯する。作業衣と個人の衣服を別々に保管する。作業場所を定期的に清掃する。堆積した物質又は漏出した物質を除去する唯一の方法は、吸引するか又は湿った布で拭き取る方法であり、吹き払ってはならない。

4. 個人保護対策

技術的保護対策が不十分な場合や実行できない場合は、呼吸保護具（例えば、P2、FFP2、P3又はFFP3の防護レベルのフィルターをハザードアセスメントに基づいて選択する）のような個人保護対策がひとつの適切な方法である。物質の特性を考慮すれば、保護手袋、隙間のない安全ゴーグル及び保護衣が必要になることもある。呼吸保護具の使用が必要な作業では、その使用制限時間を遵守し、職業病予防のための健康診断を行わなければならない。

粒子サイズが2-200 nmの粒子については、粒子サイズが小さくなるほどフィルターのろ過効果は高くなる。これは200 nm以下の粒子は非常に拡散しやすいため、フィルターの材質の中を通るときに、その粒子がフィルターの繊維に衝突して吸着するためであろう。Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz (BGIA)*による測定値では、14-100 nmの粒子サイズの塩化ナトリウムに対する3種のP3フィルターの粒子数による“総数透過率 (total number penetration efficiency)”は0.011-0.026%であり、このことを証明している。P2フィルターでは粒子数で表される透過率は0.2%であった。

- * BGIAは、German Berufsgenossenschaften (BG)の研究及び試験を行う一研究所であり、ドイツにおける法定損害保険及び予防機関 (institutions for statutory accident insurance and prevention) である。

保護手袋の選択においては、手袋の材質が適切であることを確認しなければならない。手袋の材質は実際の使用条件下における最大の使用時間に対する要求を満たすものでなければならない。これに関連する重要な基準は浸透時間（手袋の材質とその材質の強度に依存する破過時間 (break through time)）である。手の保護に加えて、その他の部分の皮膚も保護具で保護する必要がある。これには保護衣、保護エプロン及び防護靴が含まれる。

ここで述べた粉じんに対する保護対策に加えて、物質の特殊な性質に関連する対策を遵守する必要がある。それは、例えば酸化されやすいナノ物質の取扱いに対する特別な爆発防止対策や反応性又は触媒性ナノ物質の取扱いに対する特殊な保護対策である。ナノ物質に特異的にとられた対策のほかに、ハザードアセスメントから考えられたすべての対策にも応じなければならない。そうすることで、溶媒のような他の物質に対する職場におけるばく露レベルをも遵守することになる。

実行した保護対策（例えば個人保護具）の有効性について見直しをしなければならない。

5. “職場におけるナノ物質のハザードアセスメント（吸入による）”のフローチャート

このフローチャートが適用される範囲はナノ物質を扱う作業である（添付のフローチャートを参照のこと）。

IV. ナノ粒子の測定法の現状と進展

ナノ粒子の健康・安全及び環境への影響（HSE effects）をどのように評価するのが最も良いのかについて、現在確定的に述べることはできない。ばく露量の測定（dose measurment）として、これまでの研究では、ナノ粒子の構造や組成とともに、比表面積や粒子数濃度のような特性の測定が重要であることが指摘されている。この観点からは、粒子の質量（mass）の重要性は比較的低いものと考えられる。従って、標準的な重量測定法は、ナノ粒子に対するばく露量を測定する際には、付随的な方法としてのみ使用できる。

ナノ粒子を測定する場合、職場の空气中に排出されるナノ粒子の個数濃度や表面積濃度（surface concentration of nanoparticle emissions）の測定に固定機器（stationary equipment）が使用される。これは高価で作業集約的な対策であり、最新技術に適うものではあるが、まだ標準化されておらず、認証もされていない²。

測定の際には、工業的かつ意図的に製造されるナノ粒子を、その他の発生源（製造場所のバックグラウンドばく露）からのナノ粒子と区別することはできない。その影響については、ナノ粒子測定の結果を評価する際に考慮しなければならない（例えば、喫煙室の粒子数は1立方センチメートルあたりおよそ100万個、交通量の激しい道路では1立方センチメートルあたりおよそ10万個）。

IV.1 測定法

現在は次のような測定法が利用可能である³。

- 凝縮粒子計数器（Condensation Particle Counter（CPC））は、ナノメートルの範囲の個数濃度の測定に最も広範に使用されている方法である。光散乱検出器をつけたCPCを用いることで、ナノメートルの範囲またはそれ以上のサイズの粒子数を計測できるが、CPCでは粒子サイズや粒子の化学組成に関するデータを得ることはできない⁴。しばしば、CPCは走査型モビリティ粒径分析器（Scanning Mobility Particle Sizer

² 測定方法と保護対策が適切なものであるか否かを the federation of institutions for statutory accident insurance and prevention（Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften - HVBG）が評価する。適切な測定法に関するこれ以上の情報は、例えば BGIA のワークホルダー（work folder）の“危険有害性物質の測定（Measuring of dangerous substances（Arbeitsmappe: Messung von Gefahrstoffen））”に記載されている。HVBG 及び雇用者責任保険協会（employers' liability insurance associations）のウェブサイトには呼吸保護具用フィルターの詳細が記載されている。

³ 測定法に関するこの記述には、一般に使用され、完全性に対するクレームがない方法も含まれている。

⁴ 測定技術の中では粒子という用語は、遊離粒子のみではなく凝集体や凝集塊にも用いられている。

(SMPS)) のような粒子サイズ計測器と組み合わせて使用される。因みに、段階式モビリティ粒径分析器 (Stepped Mobility Particle Sizer (SMPS)) は3-800 nm の範囲の粒子サイズ分布の測定によく用いられる機器である。SMPS法では移動度又は拡散相当径 (mobility or diffusion equivalent diameter) をそれぞれ測定する。この方法を改良することで広い範囲のサイズの測定も可能になる。しかし、その複雑な性質のために、この方法の使用は限定されたものである。

- エアロゾル質量分析法 (Aerosol mass spectroscopy) は、100 nm以上のサイズの粒子及び凝集塊の化学的オンライン分析 (chemical on-line analysis) で広く使用される方法である。電子顕微鏡 (TEM/SEM) は、粒子のサイズ、形態及び構造のオフライン測定法 (off-line method) として利用できる。しかし、これもまたその技術の複雑さが広範囲でルーチンな使用の妨げとなっている。電子顕微鏡と組み合わせて使用するエネルギー分散型蛍光 {ぶんさん がた けいこう} X線分析 (Energy Dispersive X-Ray Fluorescence Analysis) は、特殊な元素分布の解析能をっており、粒子の物質同定に使用できる。現在のところ、この方法では半定量的な分析しかできない。
- SMPS以外に、ナノエアロゾル採取装置 (Nano-Aerosol Sampler (NAS)) は、例えばTEM用グリット上で1-1000 nmのサイズの粒子の分離に使用できるひとつの方法であり、その後に形態及び元素組成に関してTEM/EDXで特性の解析を行うためのものである。しかし、現在のところ半定量的な分析のみが可能である。

IV. 2 実際の操作における測定方法の使用

現在まで採取した粒子は質量濃度に基づいて評価されている。しかし、質量に基づくナノ粒子の測定は参考程度の価値でしかない。ナノ粒子の総質量は、粒子の個数濃度が高くても比較的低い値にとどまる。とくに、空気中のナノ粒子の個々の測定結果は、ばく露測定法が現状ではまだ完全に標準化されていないために、互いに比較できないことを忘れてはならない。

標準化されていて一般的に受け入れられる方法は、ダスティネス (dustiness) (吸入性分画)⁵測定による作業区域の場の測定 (monitoring of work areas) である。科学的な検討では、この方法は不十分とみなされている。標準化された、かつ特に重要なこととして個人 (personal) 測定が可能で、粒子数と粒子サイズの測定方法の開発が必要

⁵ BGIA work folder - Arbeitsmappe, method 7284による。またBGIA - method 606による微細粉じんの測定 (肺胞性粉じん分画)

である。将来、粒子数と粒子サイズ分布の測定に“走査型モビリティ粒径分析器”のような方法が使用できるようになれば、作業場でのばく露についてさらに詳しい情報が得られるだろう。

IV.3 測定方法の標準化

労働安全衛生に関連する測定方法の一般的な条件の標準化（サンプリング、サンプル処理、労働安全衛生におけるモニター法、参照物質等）が近年国際標準化機構（International Organization for Standardization (ISO)）及びドイツ標準化研究所（German standardization institute DIN）によって進展している。

IV.4 測定方法に関連する安全性の研究

“ナノケア（NanoCare）”は、化学工業業界と大学の研究機関との共同プロジェクトであり、ドイツの教育科学・研究技術省（BMBF）がこれを助成している。このプロジェクトでは、ナノスケールの一次粒子（primary particle）の凝集塊及び凝集体の安定性ととも、とりわけ凝集塊及び凝集体の挙動について検討している。さらに、ナノケアでは、このプロジェクトの参照物質となるように対象とする方法で修正・調整し、サイズをそろえた物質を用いて、浮遊粒子やエアロゾルの既存の測定方法を比較している。ナノケアのもうひとつの活動は発じん性（dustiness）（Staubungskennzahlen）に対応する指標値の測定方法の開発である⁶。

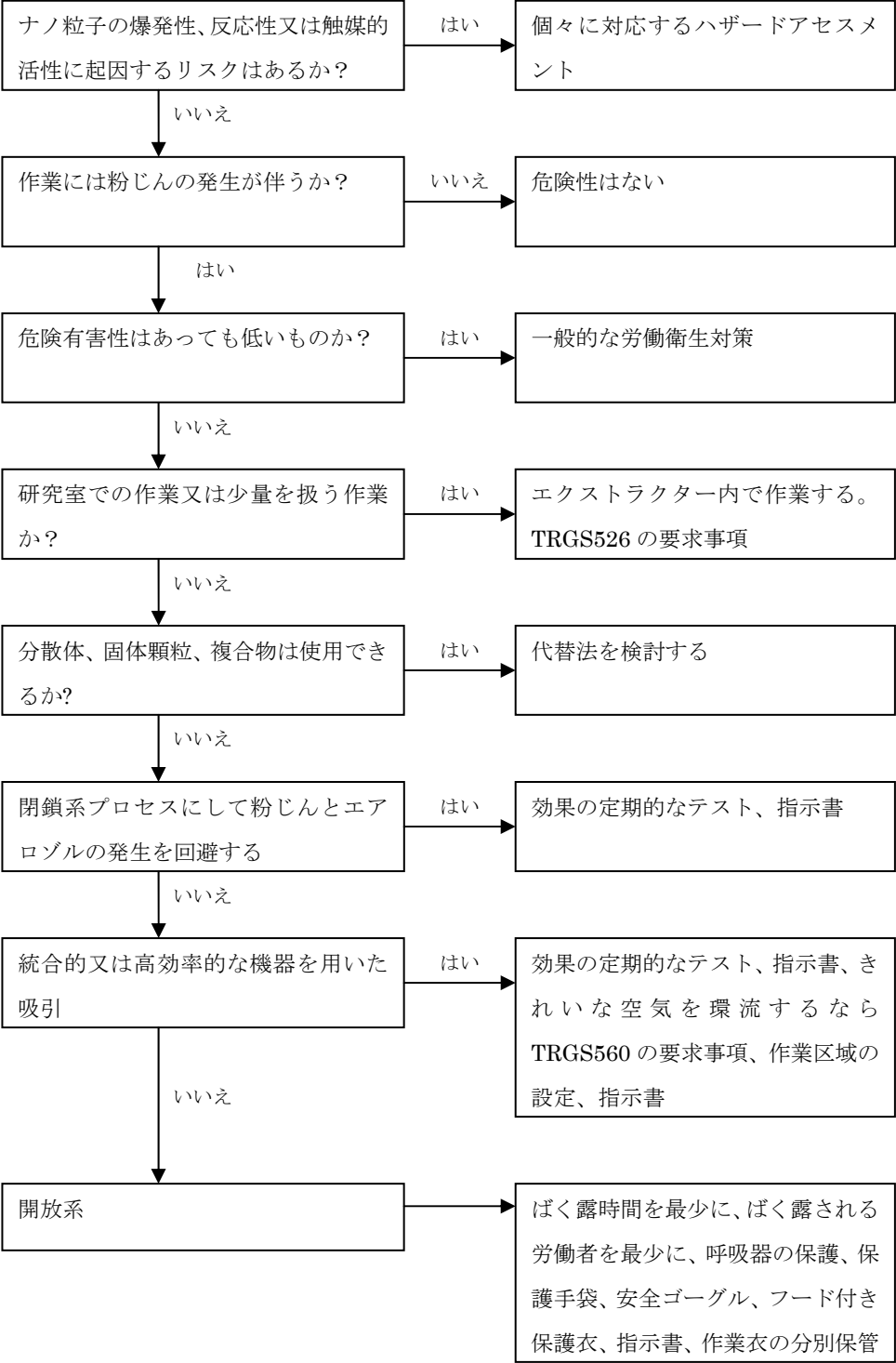
化学工業業界は、“ナノセーフII（Nanosafe II）”、“ナノダーム（Nanoderm）”、“トレーサー（Tracer）”等、今後のプロジェクトにおいて決定的な役割を担っているが、自身でも複数の研究プロジェクトを実行している。進行中のすべてのプロジェクトは、DECHEMA/VCIのワーキンググループである“ナノ物質の責任のある製造及び使用（Responsible Production and Use of Nanomaterials）”の“ナノ物質の安全性研究に関するロードマップ（Roadmap for Safety Research on Nanomaterials）”に示されている。

2006年11月に、BAuA（連邦労働安全衛生研究所（federal institute for occupational safety and health））、UBA（連邦環境庁（federal environment agency））、BfR（連邦リスクアセスメント研究所（federal institute for risk assessment））並びにBMAS（労働社会省（labour and social affairs））、BMU（環境自然保護原子力安全省（environment, nature conservation and nuclear safety））及びBMELV（食料農業

⁶ 物質からの粉じん発生傾向の測定

消費者保護省（food, agriculture and consumer protection）は、研究機関及び工業界からの代表者とともに、ナノテクノロジーの潜在的なリスクに関する研究方針のドラフトについて検討し、その実行に向けた最初のステップを踏み出した。

フローチャート：職場におけるナノ粒子のハザードアセスメント



文書化

略語表

AGW:	ドイツ危険物質条例に基づく職場の基準値 (Workplace limit value under the German Dangerous Substances Ordinance)
BAuA:	連邦労働安全衛生研究所 (Federal institute for occupational safety and health)
BfR:	連邦リスクアセスメント研究所 (Federal Institute for risk assessment)
BGIA:	Institute for research and testing of the German Berufsgenossenschaften/BG
BMAS:	労働社会省 (Federal ministry of labour and social affairs)
BMBF:	教育科学・研究技術省 (German federal ministry of education and research)
BMELV:	German federal ministry of food, agriculture and consumer protection
BMU:	環境自然保護原子力安全省 (Federal ministry for the environment, nature conservation and nuclear safety)
CPC:	凝縮型粒子計数器 (Condensation Particle Counter)
DECHEMA:	Society for Chemical Engineering and Biotechnology
DIN:	ドイツ標準化研究所 (German standardization institute)
EDX:	エネルギー分散型 [ぶんさん がた けいこう] X線分析 (Energy Dispersive X-Ray Analysis)
HVBG:	Federation of institutions for statutory accident insurance and prevention
ISO:	国際標準化機構 (International Organization for Standardization)
NAS:	ナノエアロゾル採取装置 (Nano-Aerosol Sampler)
SEM:	走査型電子顕微鏡 (Scanning Electron Microscopy)
SMPS:	走査型モビリティ粒径分析器 (Scanning or Stepped Mobility Particle Sizer)
TEM:	透過型電子顕微鏡 (Transmission Electron Microscope)
TRGS:	有害危険物質に対する技術的規則 (Technical rules for hazardous substances)
UBA:	連邦環境庁 (Federal environment agency)
VCI:	ドイツ化学工業協会 (German chemical industry association)