

リスク評価書

No. 52（中間報告）

酸化チタン（IV） (Titanium Dioxide)

目 次

本文	1
別添 1 有害性総合評価表	11
別添 2 有害性評価書	16
別添 3 ばく露作業報告集計表	34
別添 4 測定分析法	36

2012年8月

厚生労働省

化学物質のリスク評価検討会

はじめに

本報告は、平成22～23年度に実施したばく露実態調査結果の評価を中心に、酸化チタンのリスク評価を中間的にとりまとめるものである。

現在、職場において製造・取扱いの行われている酸化チタンには、一次粒径が100 nm以下のナノマテリアルと、一次粒径がこれよりも大きい顔料級と呼ばれるものなどがある。

酸化チタンは、従来から白色の顔料として広汎な用途に使用されており、生産・輸入量の大半は顔料級のものが占めるが、近年、日焼け止めや触媒等の用途にナノマテリアルの酸化チタンの使用が拡大してきている。

酸化チタンのリスク評価については、平成21年に有害物ばく露作業報告の対象とし、これをもとに対象事業場を選定して、22～23年度にばく露実態調査を行うなど、リスク評価を進めてきたところであるが、これらの対象は顔料級のものが中心であった。

一方、酸化チタン（ナノ粒子）を含むナノマテリアルについては、他の粒子サイズの物質とは異なる労働者への健康障害のリスクも指摘されていることから、本検討会においては、昨年、リスク評価の方針をとりまとめたところである。今後、これに沿ってリスク評価を順次実施していくこととしており、酸化チタン（ナノ粒子）についても、平成24年度からばく露実態調査を開始することとしている。

このため、今後、今回の中間とりまとめとナノ粒子に関するリスク評価結果から、両者の整合も図りながら、粒子の大きさと労働者の健康障害リスクの関係を踏まえた対応を検討することとする。

1 物理的性状等

（1）化学物質の基本情報

名 称：酸化チタン（IV）（Titanium Dioxide）

別 名：二酸化チタン

化 学 式：TiO₂

分 子 量：79.9

CAS 番号：13463-67-7

労働安全衛生法施行令別表9（名称を通知すべき有害物）第191号

（2）物理的・化学的性状

外観： 無色～白色の結晶性粉末

密度： 3.9～4.3 g/cm³

融点： 1,855 °C

溶解性（水）：溶けない

結晶形態：ルチル型、アナターズ型、ブルカイト型の3種類があり、工業的に利用されているのは、ルチル型とアナターズ型。

（3）生産量、用途等

生産量：207,561 t（2010年）

うちルチル型 169,463 t、アナターズ型 38,098 t

輸出量：20,798 t（2010年）

輸出量：19,303 t（2010年）

用途：塗料、化合繊のつや消し、印刷インキ、化粧品、乳白ガラス、有機チタン化合物の原料、ゴム及びプラスチックの着色、リノリウム用顔料、絵具、クレヨン、ほうろうや陶磁器のうわ薬、製紙、チタンコンデンサー、溶接棒被覆剤、歯科材料、レザー、石けん、なっ染顔料、皮革（なめし剤）、アスファルトタイル

製造業者：石原産業、堺化学工業、チタン工業、テイカ、富士チタン工業

2 有害性評価の結果

（1）重視すべき物質性状とばく露ルート

酸化チタンは常温で固体であり、粉体の状態で拡散した場合に、労働者の吸入によるばく露が問題になる。

（2）重視すべき有害性

① 発がん性：ヒトに対する発がん性が疑われる

IARC（国際がん研究機関）では、ラットの吸入ばく露試験等で肺腫瘍の増加が認められたことから、2B（ヒトに対する発がん性が疑われる）に区分している。

② 発がん性以外の有害性

○肺毒性

一部でじん肺の報告あり。また、動物の吸入ばく露試験等で肺の炎症反応等の報告あり。

（4）許容濃度等

○ACGIH TLV-TWA：10 mg/m³（1992年）

ACGIHは、呼吸器への影響を最小化する観点からTLV-TWA（総粉じん）を勧告した。

- 日本産業衛生学会 許容濃度（第2種粉じんに分類）
：総粉じん 4 mg/m³、吸入性粉じん 1 mg/m³ (1981 年)
- NIOSH REL-TWA (2011)
：Fine（吸入性粉じん） 2.4 mg/m³
Ultrafine（一次粒径 100 nm 未満の吸入性粉じん） 0.3 mg/m³
- UK WEL-TWA (2005)
：Total inhalable 10 mg/m³、Respirable 4 mg/m³
- NEDO プロジェクト報告 (2011)
許容ばく露濃度（時限付き） 酸化チタン・ナノ材料
：0.6 mg/m³（吸入性粉じん）
- 作業環境評価基準（厚生労働省告示）
管理濃度（常時、酸化チタンの袋詰め作業が行われる屋内作業場に適用）
：3 mg/m³（吸入性粉じん全体の重量濃度）

（5） 評価値

- 一次評価値：未設定
 - 二次評価値：10 mg/m³（総粉じん） ACGIH の TLV を採用
- 注：今後、ナノ粒子に対する評価値の設定方法との整合性について検討することは必要

3 ばく露評価の結果

（1） 主なばく露作業

平成21年における酸化チタンの有害物ばく露作業報告（詳細は別添3）は、合計 920 事業場から、4,123 作業についてなされ、作業従事労働者数の合計は 57,637 人（延べ）であった。また、対象物質の取扱量の合計は 101 万トン（延べ）であった。

主な用途は、「顔料、染料、塗料又は印刷インキとしての使用」、「他の製剤等の製造を目的とした原料としての使用」等、主な作業の種類は、「計量、配合、注入、投入又は小分けの作業」、「吹き付け塗装以外の塗装又は塗布の作業」、「吹き付けの作業」、「ろ過、混合、攪拌、混錬又は加熱の作業」等であった。

平成22年度に、有害物ばく露作業報告をもとに、ばく露予測モデル（コントロールバンディング）等によってばく露レベルが高いと推定される事業場を選定して、ばく露実態調査を行った結果、

- ① 酸化チタンを塗料として使用する粉体塗装の作業
- ② 酸化チタン（ナノ粒子）を製造する事業場で臨時に行われた篩い分けの作業で高いばく露がみられた。

（２） ばく露実態調査の概要

ばく露実態調査の対象事業場は、ばく露予測モデル（コントロールバンディング）によるばく露予測等によって、ばく露レベルが高いと推定される 15 事業場を選定した。

調査に当たっては、選定事業場における酸化チタンの製造・取扱い状況について聞き取り調査を行い、その結果、ばく露が高いと予想された作業について、個人ばく露測定（※）（54 人）、スポット測定（42 地点）及びA測定（15 単位作業場所）を実施した。

※ 個人ばく露測定は、呼吸域でのばく露条件下でのサンプリング。

個人ばく露測定結果は、ガイドラインに基づき、8時間加重平均濃度（8時間 TWA）を算定するとともに、統計的手法を用い最大値の推定を行い、実測値の最大値と当該推定値のいずれか大きい方を最大値とした。測定分析法は以下のとおり。

ア 測定分析法（詳細については別添4を参照）

- ・ サンプリング（個人ばく露測定、スポット測定及びA測定）
： GS-3 サイクロン（SKC 社製 4.0 $\mu\text{m}50\%$ カット）により、メンブレンフィルター（37 mm）に吸入性粉じん（レスピラブル粒子）を、グリットポットにその他の粉じんを携帯ポンプで捕集（総粉じんは両者の合計の値とした。）
- ・ 分析法：黒鉛炉原子吸光法

イ 調査結果の概要

① 総粉じん

個人ばく露測定（8時間 TWA）の結果、最大値は 22.9 mg/m^3 であった。ただし、この数値が測定された作業は、後述のように臨時の作業であり、この作業を除いた場合の最大値は 14.7 mg/m^3 であった。これらの数値は、いずれも二次評価値（10 mg/m^3 ）を上回っている。

○ばく露最大値（8時間 TWA）の推定

- ・ 測定データの最大値 22.9 mg/m^3

注：コルモゴロフ・スミルノフ検定の結果、母集団の分布が対数正規分布に近似してい

ると言えないため、最大値の区間推定は行わなかった。

(参考) 上位 10 データの区間推定上側限界値 65.7 mg/m^3

・ 臨時の作業を除いた場合の測定データの最大値 14.7 mg/m^3

ばく露実態調査の結果（総粉じん）

作業等の種類	対象事業場数	個人ばく露測定結果 : mg/m^3				スポット測定結果 : mg/m^3			作業環境測定結果 (A測定準拠) : mg/m^3		
		測定数	平均 (※1)	8時間TWA の平均 (※2)	最大 値 (※2)	地点 数	平均 (※3)	最大値 (※2)	単位 作業 場所 数	平均 (※4)	最大 値 (※2)
粉体塗装を行う事業場の作業	3	6	0.327	0.310	14.7	5	0.531	12.5	—	—	—
臨時に実施した篩分け作業	1	2	23.8	22.9	22.9	—	—	—	1	0.118	0.118
その他の作業	12	46	0.032	0.028	3.38	37	0.070	0.455	14	0.045	0.131
合 計	15	54	0.053	0.048	22.9	42	0.089	12.5	15	0.048	0.131

集計上の注：定量下限未満の値及び有効桁数が異なる数値についても、当該数値を用いて小数点以下3桁（数値が1以上の場合は3桁）で処理した。

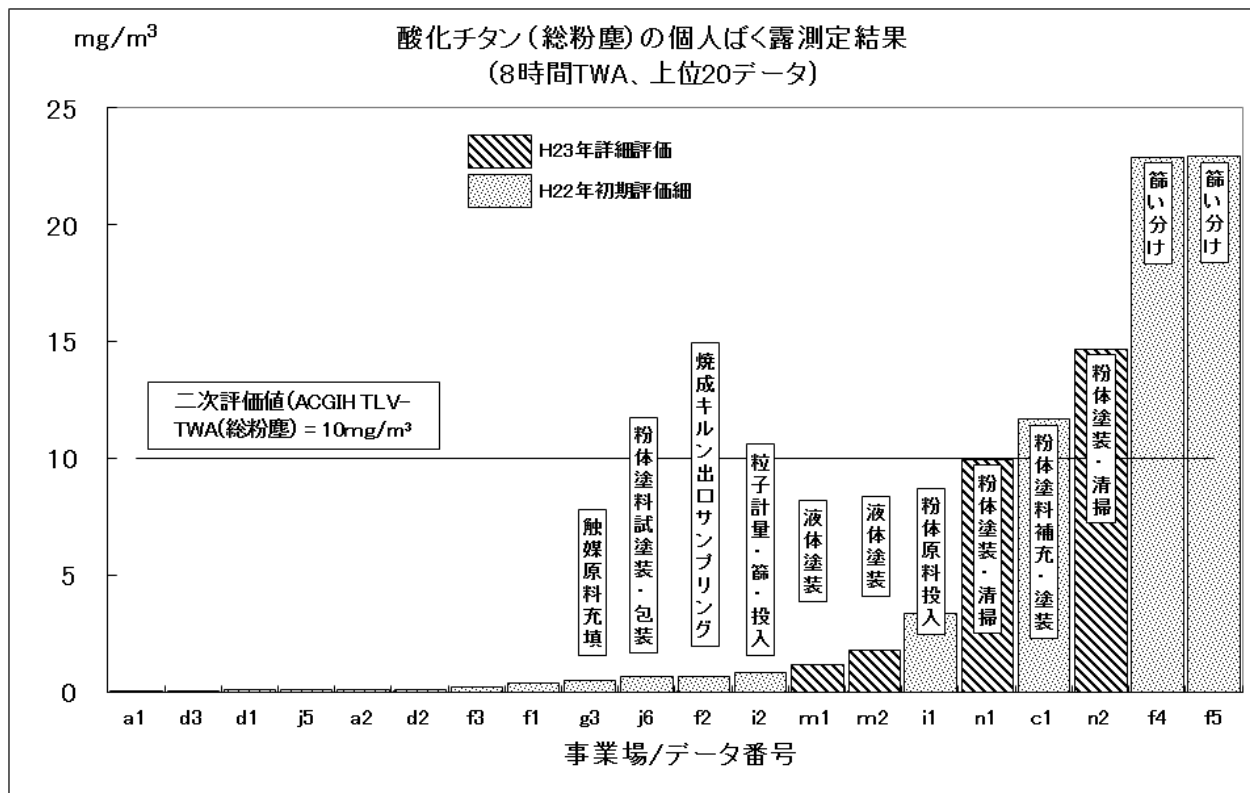
※1：測定値の幾何平均値

※2：8時間TWAの幾何平均値

※3：個人ばく露測定結果においては8時間TWAの、それ以外においては測定値の最大値を示す。

※4：短時間作業を作業時間を通じて測定した値を単位作業ごとに算術平均し、その幾何平均値を示す。

※5：単位作業ごとに幾何平均し、それをさらに幾何平均した数値を示す。



② 吸入性粉じん（レスピラブル粒子）

ばく露実態調査では、前述のように、総粉じんとともに、吸入性粉じん（レスピラブル粒子）の測定も行った。

吸入性粉じんの個人ばく露測定（8時間 TWA）の結果、最大値は 3.11 mg/m³ であった。吸入性粉じんについては評価値を設定していないが、この最大値は、現在、酸化チタンの袋詰め作業が常時行われている屋内作業場に適用されている管理濃度（吸入性粉じん全体の重量濃度として 3 mg/m³）を上回っている。

○吸入性粉じんに係るばく露最大値（8時間 TWA）の推定

- ・測定データの最大値 3.11 mg/m³
- ・区間推定上限限界値 0.787 mg/m³

以上より、ばく露最大推定値は 3.11 mg/m³

(参考) 上位 10 データの区間推定上側限界値 3.99 mg/m³

ばく露実態調査の結果（吸入性粉じん）

作業等の種類	対象事業場数	個人ばく露測定結果 ：mg/m ³				スポット測定結果 ：mg/m ³			作業環境測定結果 （A測定準拠）： mg/m ³		
		測定数	平均（※1）	8時間TWAの平均（※2）	最大値（※2）	地点数	平均（※3）	最大値（※2）	単位作業場所数	平均（※4）	最大値（※2）
粉体塗装を行う事業場の作業	3	6	0.087	0.081	3.11	5	0.308	4.49	—	—	—
臨時に実施した篩分け作業	1	2	0.247	0.237	0.288	—	—	—	1	0.043	0.043
その他の作業	12	46	0.011	0.010	0.341	37	0.063	0.455	14	0.041	0.123
合 計	15	54	0.017	0.014	3.11	42	0.076	4.49	15	0.042	0.123

集計上の注：定量下限未満の値及び有効桁数が異なる数値についても、当該数値を用いて小数点以下3桁（数値が1以上の場合は3桁）で処理した。

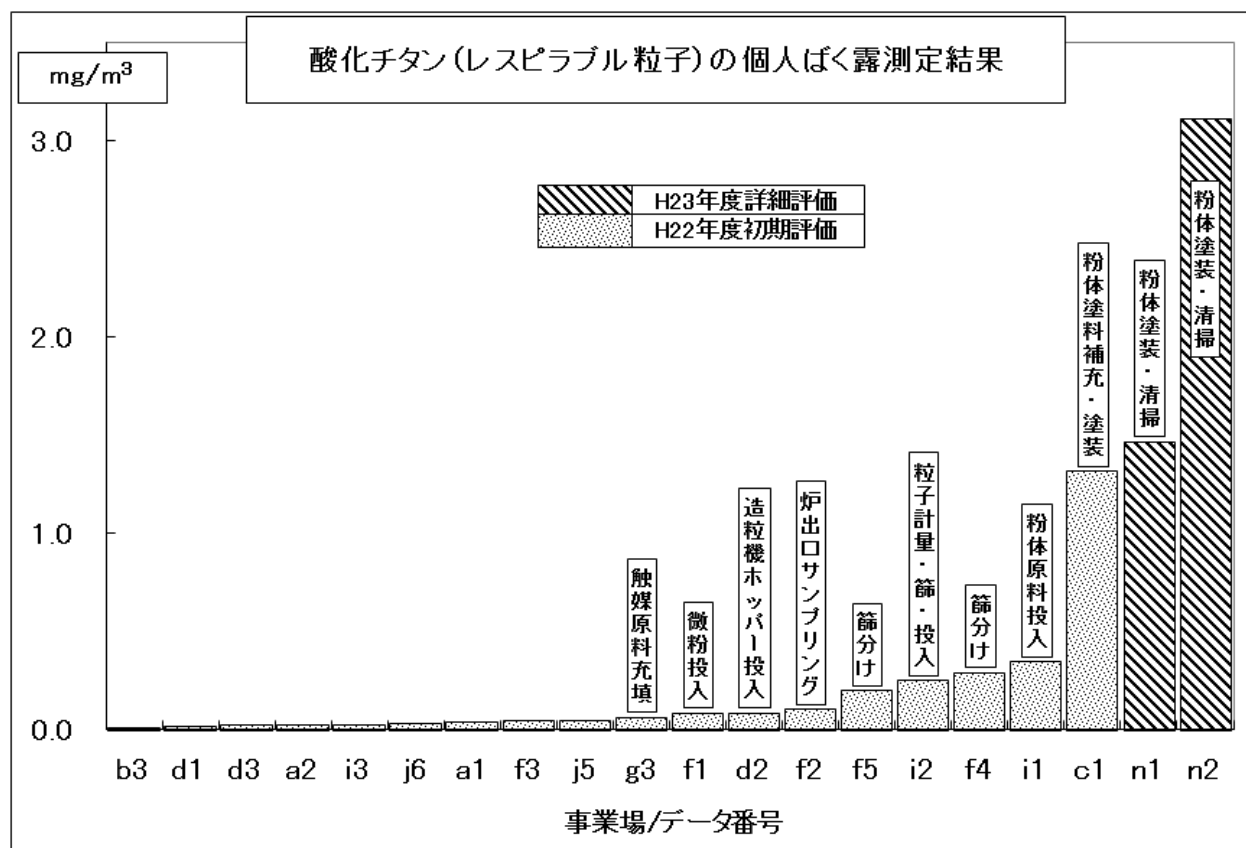
※1：測定値の幾何平均値

※2：8時間TWAの幾何平均値

※3：個人ばく露測定結果においては8時間TWAの、それ以外においては測定値の最大値を示す。

※4：短時間作業を作業時間を通じて測定した値を単位作業ごとに算術平均し、その幾何平均値を示す。

※5：単位作業ごとに幾何平均し、それをさらに幾何平均した数値を示す。



（３）ばく露の高い作業の詳細

（１）で述べたように、２２年度のばく露実態調査において、高いばく露がみられた作業は、

- ① 酸化チタンを塗料として使用する粉体塗装の作業
- ② 酸化チタン（ナノ粒子）を製造する事業場で臨時に行われた篩い分けの作業であった。

２３年度には、①の粉体塗装の作業に関連して、粉体塗装を行う事業場２カ所と液体塗装を行う事業場１カ所のばく露実態調査を行った。また、②に関連し、関係事業者団体からの情報等により、同様の作業を行う事業場を探したが、該当する事業場は見つからなかった。

ア 酸化チタンを塗料として使用する粉体塗装の作業

定常的に実施される作業のうち、総粉じんの測定で二次評価値（ 10 mg/m^3 ）を上回る８時間 TWA が測定されたのは、粉体塗装の作業のみであった。また、吸入性粉じんの測定（８時間 TWA）で 1 mg/m^3 （日本作業衛生学会の勧告における第二種粉じんの許容濃度）を上回ったのは、非定常の作業を含めても、粉体塗装の作業のみであった。

粉体塗装を行う３カ所の事業場において、周辺作業を行う労働者を除き、粉体塗

装作業を直接行う労働者4名について個人ばく露測定を行ったが、総粉じんの測定では、このうち2人の8時間TWAが二次評価値（10 mg/m³）を上回り、他の1人も9.9 mg/m³であった。

また、吸入性粉じんの測定（8時間TWA）では、4人中1人が3 mg/m³を上回り、3人が1 mg/m³を上回った。

これらの事業場では、粉体塗装の実施に当たり、外付け式又は囲い式の局所排気装置が設置されていたが、囲い式の局所排気装置が有効に機能していた事業場（測定対象労働者1人）では、総粉じんにおいても、吸入性粉じんにおいても、比較的低い8時間TWAが測定されたことから、発散抑制措置の状況がばく露レベルに影響していると考えられる。

また、これらの労働者は、いずれも防じんマスクを使用していた。

イ 酸化チタン（ナノ粒子）を製造する事業場で臨時に行われた篩い分けの作業

22年度ばく露実態調査において、1カ所の事業場で総粉じんについての8時間TWAで20 mg/m³を超える高いばく露（該当労働者2人）が見られたが、これは、製品に異物が混入したことから臨時で実施された篩い分けの作業において測定されたものであった。

この作業は当該事業場では通常行われないため、同様の作業を行う事業場がないか、関係事業者団体からの情報等により調査したが、該当する情報は得られなかった。

ばく露実態調査結果とばく露限界値との関係

区 分	8時間TWAと評価値との比較 対象労働者数(人)、 かつこ内は構成比(%)			8時間TWA の最大値 (mg/m ³)
	二次評価値 超	二次評価値 以下	全 体	
全体	4 (7)	50 (93)	54 (100)	22.9
粉体塗装を行う事業場	2 (33)	4 (67)	6 (100)	14.7
粉体塗装の作業	2 (50)	2 (50)	4 (100)	14.7
臨時に実施した篩分け作業	2 (100)	0 (0)	2 (100)	22.9
その他の作業	0 (0)	46 (100)	46 (100)	3.38

ばく露実態調査結果とばく露限界値との関係（吸入性粉じん）

区 分	8時間 TWA と評価値との比較 対象労働者数(人)、 かっこ内は構成比(%)				8時間 TWA の最大値 (mg/m ³)
	3 mg/m ³ 以上	1～3 mg/m ³	1 mg/m ³ 未満	全 体	
全体	1 (2)	2 (4)	4 5 (9 4)	4 8 (1 0 0)	3. 1 1
粉体塗装を行う事業場	1 (1 7)	2 (3 3)	3 (5 0)	6 (1 0 0)	3. 1 1
粉体塗装の 作業	1 (2 5)	2 (5 0)	1 (2 5)	4 (1 0 0)	3. 1 1
臨時に実施した篩分け作業	0 (0)	0 (0)	2 (1 0 0)	2 (1 0 0)	0. 2 8 8
その他の作業	0 (0)	0 (0)	4 2 (1 0 0)	4 2 (1 0 0)	0. 3 4 1

注：3 mg/m³は、酸化チタンの袋詰め作業が常時行われている屋内作業場に適用されている管理濃度（吸入性粉じん全体の重量濃度）

1 mg/m³は、日本産業衛生学会から勧告されている第二種粉じんの許容濃度

4 今後の対応

今後、酸化チタンのナノ粒子について、ばく露実態調査等を実施し、リスク評価を行うこととしていることから、今回の中間報告でとりまとめた結果と併せ、両者の整合も図りながら、粒子の大きさと労働者の健康障害リスクの関係を踏まえた対応を検討することとする。

今回のばく露実態調査において、高いばく露がみられた作業については、粒子の大きさと有害性との関係を踏まえて評価値を再検討したうえで、リスク評価を実施し、対応を検討することとする。

このうち、粉体塗装の作業については、評価値の再検討と並行して、当該作業の実態を把握し、必要な場合は適切な発散抑制措置等を検討することとする。また、ナノ粒子を製造する事業場において臨時で実施された篩分けの作業については、ナノ粒子のリスク評価の中で、評価を行うこととする。