

生体影響予測を基盤としたナノマテリアルの統合的健康影響評価方法の提案
ナノマテリアルの使用状況、安全性などの既存情報の収集と整理

研究分担者 三宅 祐一 静岡県立大学食品栄養科学部 助教

研究要旨：本サブテーマ（a）では *in silico* 生体影響予測を組み合わせたナノマテリアルの統合的健康影響評価方法の構築に資する情報を収集するため、ナノマテリアルの安全性評価に関わる試験データ項目の探索・精査を行った。具体的には、国内省庁のリスク評価書および報告書や文献情報を収集・整理し、ナノマテリアルに関する物性（サイズ、形態、表面修飾など）、物理化学的特性、用途情報などのデータベースの構築を行った。ナノマテリアルはすでに実用化され、身の回りの製品に含まれていることが明らかとなった。しかし、詳細な情報は公開されていないため、リスク評価に必要な情報の公開が望まれる。

A．研究目的

本年度は、*in silico* 生体影響予測を組み合わせたナノマテリアルの統合的健康影響評価方法の構築に資する情報を収集するため、ナノマテリアルの安全性評価に関わる試験データ項目の探索・精査を行った。具体的には、国内省庁のリスク評価書および報告書や文献情報を収集・整理し、ナノマテリアルに関する物性（サイズ、形態、表面修飾など）、物理化学的特性、用途情報などのデータベースの構築を行った。

B．研究方法

B-1 ナノマテリアルを含む市販製品に関する情報の調査方法

経済産業省が行っているナノマテリアル情報収集・発信プログラムは、ナノマテリアルの安全性に対する国民の懸念を払拭するために、安全性に関する科学的知見や自主管理による安全対策の実施状況等について積極的に情報収集および発信を行うことを目的として作成されたものである。本研究では、このプログラムにより平成 20 年度から平成 29 年度までに集められた情報を収集した。ナノマテリアルとしては、特にカーボンナノチューブ、カーボンブラック、アセチレンブラック、二酸化チタン、フラーレン、酸化亜鉛、シリカ、酸化鉄に関する情報を収集した。収

集した項目としては、事業者名、特性、有害性情報、結晶構造、凝集・分散状態、粒度分布、平均一次粒径、製品粒径、製品形状、密度、比表面積、表面電荷、化学組成、その他物理化学的特性、製造、輸入量、主な用途、製造・加工施設およびプロセス、労働者の曝露情報（曝露対象者、曝露活動・時間など）、工程からの環境排出量、計測技術と計測結果、リスク評価結果、曝露・排出抑制対策、労働者への教育、今後の対策などのロードマップ、ナノマテリアルの性質などに関する事業者のコメント、その他である。

産業技術総合研究所 化学物質リスク管理研究センターが編集したナノテクノロジー消費者製品一覧は、日本で購入できるナノテクノロジーの利用が明記されている消費者製品をまとめたリストであり、日本に住む人がナノマテリアルへ曝露する可能性や消費者のナノテクノロジー認知の形成について検討する際の基礎情報となり得るものである。ここでは、このリストを参考にし、ナノマテリアルを含む化粧品などの情報を収集した。製品名やナノマテリアルの種類、製造元などについての情報を収集した。

B-2 ナノ粒子の毒性情報の調査方法

2011 年 7 月 22 日に報告された産業技術総合研究所の NEDO プロジェクト（P06041）「ナノ粒子特性評価手法の研究

開発」にてまとめられた「ナノ材料リスク評価書-二酸化チタン-」より、二酸化チタンに関する毒性情報を収集した。また、厚生労働省の有害性評価書および上述の経済産業省のナノマテリアル情報収集・発信プログラムより二酸化チタンの毒性情報を収集した。

C. 研究結果

C-1 ナノマテリアルを含む市販製品に関する情報の調査結果

カーボンナノチューブは 4 社、カーボンブラック 5 社は、アセチレンブラックは 1 社、二酸化チタンは 7 社、フラーレンは 1 社、酸化亜鉛は 3 社、シリカは 3 社、酸化鉄は 1 社、非磁性 α 2 Fe³⁺酸化鉄ナノ粒子は 1 社からのナノマテリアルに関する情報を表 1 から表 10 に示す。カーボンナノチューブの用途および添加理由については機械的物性向上、電気的物性向上、触媒担持、導電性付与、熱伝導性付与、高強度、高柔軟性、高電流密度があり、カーボンブラックはゴム補強効果、黒色着色性、導電性付与効果があり、アセチレンブラックはゴム補強性、導電付与効果、二酸化チタンは紫外線遮蔽能、吸着能、光触媒活性、触媒活性、高屈折率、電荷調整効果がある。フラーレンはラジカル捕捉性、電子受容性、昇華性がある。酸化亜鉛は透明性と紫外線遮蔽能力を向上させ、シリカは増粘・チキソ性付与、補強性付与、流動性付与、耐熱性向上付与の効果があり、酸化鉄は吸油量が低く、分散性が良く、フルイ残分が極めて少なく、着色力・隠ぺい力が大きいなどである。

C-2 ナノ粒子の毒性情報の調査結果

産業技術総合研究所、厚生労働省、経済産業省から収集した情報を、ナノマテリアルの曝露経路ごと(経口摂取、吸入曝露、経皮摂取)にまとめて列挙する。

C-2-1 経口摂取に関する毒性情報

C-2-1-1 産業技術総合研究所の報告書か

らの情報

使用動物、被験物質、投与期間、投与濃度が試験ごとに異なるために、試験結果を単純に比較することは困難であるが、経口投与された二酸化チタンはナノおよび顔料グレードに関わらず、吸収され、全身に分布すると考えられる。¹²

C-2-1-2 厚生労働省の報告書からの情報

二酸化チタンナノ粒子の LD50 は 5000 mg/kg 以上であった。80 nm および 155 nm 二酸化チタン投与群において、海馬領域の細胞減少、肝臓に中心静脈周囲の水腫性変性および肝細胞の散在性壊死が観察された。²³

C-2-1-3 経済産業省の報告書からの情報

マウスに腹腔内投与し、骨髄細胞を観察した。染色体異常試験や姉妹分体交換試験では陰性であった。ラットの経口投与による LD50 は 10,000 mg/kg 以上との記述がある。(NTP)染色体(IUCLID、環境リスク評価)LD,https://www.meti.go.jp/policy/chemical_management/files/nanomaterial/2016.TiO1.pdf

C-2-2 吸入曝露に関する毒性情報

C-2-2-1 産業技術総合研究所の報告書からの情報

ナノサイズ二酸化チタンは顔料グレード二酸化チタンよりもフリーラジカル活性が強く、ナノサイズの二酸化チタンが、発がん物質活性化、DNA 損傷、腫瘍プロモーション等の発がん過程に關与する酸化ストレスを惹起することが示唆されている。⁴⁵

C-2-2-2 厚生労働省の報告書からの情報

生殖能に関しては、生後 19 週に二酸化チタン曝露群の雄 F1 児を無処置の雌 CBA/J マウスと交配したところ、初回交配開始から F2 児出産までの期間が、有意

ではないが、延長する傾向がみられた。⁶

C-2-2-3 経済産業省の報告書からの情報

試験ラットに粒径が15–40 nmの二酸化チタンを24ヶ月間全身吸入曝露させ、6ヶ月間清浄な空気下で飼育した後解剖した試験で、気管支肺胞の過形成、間質性線維化、肺に粒子を貪食したマクロファージ等がみられた。⁷

C-2-3 経皮摂取に関する毒性情報

C-2-3-1 産業技術総合研究所の報告書からの情報

ラット、ウサギおよびブタにナノサイズの二酸化チタンを塗布したとき、チタンは角質層および毛包から検出されたが、真皮までは到達せず、ナノサイズの二酸化チタンは皮膚を通過しないことが示されている。⁸⁻¹²

C-2-3-2 厚生労働省の報告書からの情報

二酸化チタン塗布による細胞間隙拡大、デスモソーム損傷及び基底細胞核周囲の空胞増大などの病理学的変化がみられたが、皮膚刺激性は認められなかった。また粒子径が90 nmよりも小さな二酸化チタンはマウスの皮膚を通過して、全身に移行すること示している。¹¹

C-2-3-3 経済産業省の報告書からの情報

ウサギを用いた眼刺激性試験で、わずかに刺激性がみられた。またウサギでの皮膚刺激性試験やヒトでの例で、刺激性が認められなかった場合とわずかに刺激性が認められた場合がある。(IUCLID)(SIDS)

https://www.meti.go.jp/policy/chemical_management/files/nanomaterial/2016.TiO1.pdf

D. 考察

ナノマテリアルのリスク評価を行っている機関および省庁としては、産業技術総合研究所、経済産業省、厚生労働省が主

であった。

市販されている製品中に含まれるナノマテリアルとしては二酸化チタンが多かった。それに伴い、ナノマテリアルに関する毒性情報も二酸化チタンのものが多かった。しかし、製品中のナノマテリアルに関しては、具体的な性状などの情報が公開されていないことが多いため、製品中に含まれるナノマテリアルのリスク評価のためにはより詳細な情報を独自に収集する必要があることが示唆された。

E. 結論

ナノマテリアルはすでに実用化され、身の回りの製品に含まれていることが明らかとなった。しかし、詳細な情報は公開されていないため、リスク評価に必要な情報の公開が望まれる。

来年度も引き続きナノマテリアルの安全性評価に関わる情報の探索・精査を行っていく。特に、既存の文献データなどからQSAR/Read-across解析を行うために有用なナノマテリアルの安全評価に関する情報の探索・精査を行っていく

F. 研究発表

1. 論文発表
なし
2. 学会発表
なし

G. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得
なし
2. 実用新案登録
なし
3. その他
なし

引用文献

1. Jani, P. U.; McCarthy, D. E.; Florence, A. T., Titanium dioxide (rutile) particle uptake from the rat GI tract and translocation to systemic organs after oral

- administration. *International journal of pharmaceutics* **1994**, *105*, (2), 157-168.
2. Wang, J.; Chen, C.; Yu, H.; Sun, J.; Li, B.; Li, Y.; Gao, Y.; He, W.; Huang, Y.; Chai, Z., Distribution of TiO₂ particles in the olfactory bulb of mice after nasal inhalation using microbeam SRXRF mapping techniques. *Journal of radioanalytical and nuclear chemistry* **2007**, *272*, (3), 527-531.
 3. Warheit, D. B.; Webb, T. R.; Reed, K. L.; Frerichs, S.; Sayes, C. M., Pulmonary toxicity study in rats with three forms of ultrafine-TiO₂ particles: differential responses related to surface properties. *Toxicology* **2007**, *230*, (1), 90-104.
 4. Donaldson, K.; Beswick, P. H.; Gilmour, P. S., Free radical activity associated with the surface of particles: a unifying factor in determining biological activity? *Toxicology letters* **1996**, *88*, (1-3), 293-298.
 5. Gurr, J.-R.; Wang, A. S.; Chen, C.-H.; Jan, K.-Y., Ultrafine titanium dioxide particles in the absence of photoactivation can induce oxidative damage to human bronchial epithelial cells. *Toxicology* **2005**, *213*, (1-2), 66-73.
 6. Hougaard, K. S.; Jackson, P.; Jensen, K. A.; Sloth, J. J.; Löschner, K.; Larsen, E. H.; Birkedal, R. K.; Vibenholt, A.; Boisen, A.-M. Z.; Wallin, H., Effects of prenatal exposure to surface-coated nanosized titanium dioxide (UV-Titan). A study in mice. *Particle and fibre toxicology* **2010**, *7*, (1), 16.
 7. Heinrich, U.; Fuhst, R.; Rittinghausen, S.; Creutzenberg, O.; Bellmann, B.; Koch, W.; Levsen, K., Chronic inhalation exposure of Wistar rats and two different strains of mice to diesel engine exhaust, carbon black, and titanium dioxide. *Inhalation Toxicology* **1995**, *7*, (4), 533-556.
 8. Nohynek, G.; Dufour, E.; Roberts, M., Nanotechnology, cosmetics and the skin: is there a health risk? *Skin pharmacology and physiology* **2008**, *21*, (3), 136-149.
 9. Adachi, K.; Yamada, N.; Yamamoto, K.; Yoshida, Y.; Yamamoto, O., In vivo effect of industrial titanium dioxide nanoparticles experimentally exposed to hairless rat skin. *Nanotoxicology* **2010**, *4*, (3), 296-306.
 10. Lansdown, A.; Taylor, A., Zinc and titanium oxides: promising UV-absorbers but what influence do they have on the intact skin? *International journal of cosmetic science* **1997**, *19*, (4), 167-172.
 11. Wu, J.; Liu, W.; Xue, C.; Zhou, S.; Lan, F.; Bi, L.; Xu, H.; Yang, X.; Zeng, F.-D., Toxicity and penetration of TiO₂ nanoparticles in hairless mice and porcine skin after subchronic dermal exposure. *Toxicology letters* **2009**, *191*, (1), 1-8.
 12. Sadrieh, N.; Wokovich, A. M.; Gopee, N. V.; Zheng, J.; Haines, D.; Parmiter, D.; Siitonen, P. H.; Cozart, C. R.; Patri, A. K.; McNeil, S. E., Lack of significant dermal penetration of titanium dioxide from sunscreen formulations containing nano- and submicron-size TiO₂ particles. *Toxicological Sciences* **2010**, *115*, (1), 156-166.

表1. ナノマテリアルを含む市販製品に関する情報（物性）①

		密度 (g/cm ³)	化学組成	結晶構造	特性	比表面積 (m ² /g)	表面電荷	その他物理化学的組成
カーボンナノチューブ	A社	0.05	炭素 98%以上	切頭円錐乱層黒鉛積層構造	<ul style="list-style-type: none"> ・機械的物性向上 ・電気的物性向上 ・触媒担持 	50	データなし	特になし
	B社	0.08	炭素 99.95%以上	黒鉛構造	<ul style="list-style-type: none"> ・導電性付与 ・熱伝導性付与 	13 (代表値)		
	C社	測定データなし	炭素 99%以上	グラファイト螺旋円筒結晶	<ul style="list-style-type: none"> ・高強度、高柔軟性 ・高熱伝導性 ・高電流密度 ・比表面積が大きい 	800 以上		
	D社	測定データなし	測定データなし	多層構造並立構造等複次構造	<ul style="list-style-type: none"> ・管状構造 ・半導体性能 ・高弾性 ・高熱導電性 	測定データ無し		

表2. ナノマテリアルを含む市販製品に関する情報（物性）②

		密度 (g/cm ³)	化学組成	結晶構造	特性	比表面積 (m ² /g)	表面電荷	その他物理化学的組成
カーボンブラック	E社	かさ密度; 0.1 (粉状品)、0.3-0.6 (粒状品)	炭素(C) 97~100%, 水素(H) 0.1~0.5%, 酸素(O) 0~1%, 硫黄(S) 0~1%, 灰分 0~1%	乱層黒鉛構造	<ul style="list-style-type: none"> ・ゴム補強効 ・黒色着色性 ・導電性付与効果 	5~500	データなし	黒色、臭気なし、3000℃未満では沸騰・溶融しない、水や油、溶剤には不溶である、比表面積が大きい、すなわち粒子径が小さい銘柄は吸湿性が高い、表面にヒドロキノン、ラクトン、キノン等の酸素含有官能基が存在しており、重合反応等への影響や触媒作用がある、水との反応性はない。強酸化物質と接触した場合には、反応して発熱する他の物質に対する酸化性はない、酸化しない一般のCBは、pH4~11
	F社	かさ密度; 0.3~0.6 (粒状品)						
	G社	かさ密度; 0.3~0.6 (粒状品)						
	H社	かさ密度; 0.1 (粉状品)、0.3~0.6 (粒状品)						
	I社	かさ密度; 0.1 (粉状品)、0.3~0.6 (粒状品)						
アセチレンブラック	J社	かさ密度; 0.02~0.18 (粉状・プレス品)、~0.25 (粒状品)			<ul style="list-style-type: none"> ・ゴム補強性 ・導電付与効果 	35~150	-10~-50	基本的にはカーボンブラックと同じであるが、アセチレンブラックは表面官能基が少ないので吸湿性が小さい。

表 3. ナノマテリアルを含む市販製品に関する情報（物性）③

		密度 (g/cm ³)	化学組成	結晶構造	特性	比表面積 (m ² /g)	表面電荷	その他物理化学的組成
二酸化チタン	K社	0.05-0.8 (粉状品)	99%以上	・ルチル型 ・アナターゼ型	・電子的特性 ・光触媒効果 ・紫外線遮蔽効果特性	30	-40	凝集しやすいことから、空気中では沈降しやすい。 重金属などの不純物が少ない。
	L社	3.5-4.5 (粉状品)	二酸化チタン（多くは、他の物質を表面コート）		・紫外線遮蔽能 ・吸着能 ・光触媒活性 ・触媒活性	15~300	データなし	特になし
	M社	0.05~0.40 (粉状品)	二酸化チタン（多くは含水シリカ、水酸化アルミニウム、ポリシロキサン、ステアリン酸等によって表面処理されている）		・可視光透明性 ・光触媒作用 ・紫外線遮蔽機能	ルチル型: 20~140、アナターゼ型: 80~300		
	N社	0.9~1.3 (粉状品)	二酸化チタン		・高屈折率 ・紫外線遮蔽効果	200 前後	-50	
	O社	0.15 (粉状品: タッピング密度)	二酸化チタン オルガノシラン オルガノポリシロキサン	アナターゼ型	・電荷調整効果 ・紫外線カット	68 (代表値)	データなし	
P社	ルチル: 4.2 アナターゼ: 3.9 (粉状品)	99%以上	・ルチル型 ・アナターゼ型	・紫外線遮蔽効果 ・制御効果等	40-100			
Q社	3.9 ~ 4.3 (粉状品)	TiO ₂ 二酸化チタン		・透明性 ・紫外線遮蔽能力	約 10 - 300 (比表面積値は表面処理剤の影響も受ける)			

表 4. ナノマテリアルを含む市販製品に関する情報 (物性) ④

		密度 (g/cm ³)	化学組成	結晶構造	特性	比表面積 (m ² /g)	表面電荷	その他物理化学的組成
シリカ	R社	1.12~1.35 (真密度: 2.2, 粉状品)	SiO ₂	非晶質	・コロイド溶液 (液体)	130~280 (最小: 27~40m ² /g, 最大: 450~680 m ² /g)	負	・pH:9.5~10.5 ・粘度:1~3mPa·s
	S社	0.03~0.1 (真比重: 2.2, 粉状品)	99.9%以上 SiO ₂	アモルファス構造 (非晶質)	・化学的に不活性で安定 (フッ酸、強アルカリには溶解) ・増粘・チキソ性付与、ゴム等に補強性付与、粉体に流動性付与、耐熱性向上付与等の効果あり ・高純度、低吸着水分、高比表面積、内部表面積がない、かさ高い ・電気比抵抗が高い ・アモルファス構造 (非晶質)	50~400	データなし	屈折率: 約 1.46 電気比抵抗: 約 10×10 ¹² Ωcm 水中で負帯電 (表面のシラノール基 Si-OH の水素が解離して Si-O ⁻ となる)
	T社	0.025 ~ 0.2 (粉状品)	99%以上 SiO ₂	非晶質	シリカは微粒子であり、且つ凝集体であるため、塗料、ゴム、シーラント等に分散させた際に、内部で構造性を保ち、補強性、増粘性、チキソ性を付与する。また、粒子が塗装表面に現れる事で表面を粗面化し、塗料の艶消しにも利用される。凝集体は、その構造上多孔質であるため、吸油量が大きい。	50 ~ 500		特になし

表 5. ナノマテリアルを含む市販製品に関する情報 (物性) ⑤

		密度 (g/cm ³)	化学組成	結晶構造	特性	比表面積 (m ² /g)	表面電荷	その他物理化学的組成
酸化亜鉛	U社	5.5 ~ 5.7 (粉状品)	ZnO	六方晶ウルツ型	・透明性 ・紫外線遮蔽能力の向上	20 - 70 (比表面積値は表面処理剤の影響も受ける)	データなし (表面処理の影響が大)	特になし
	V社	0.15~0.35 (粉状品)		六方晶系	・紫外線遮蔽効果 ・透明性 ・抗菌性 ・消臭性	25~45		
	W社	0.05~0.50 (粉状品)		ウルツ鉱型(六方晶)	・可視光透明性が高い ・触媒作用 ・紫外線遮蔽機能	15~90	データなし	

表 6. ナノマテリアルを含む市販製品に関する情報 (物性) ⑥

		密度 (g/cm ³)	化学組成	結晶構造	特性	比表面積 (m ² /g)	表面電荷	その他物理 化学的組成
フラー レン	X 社	0.65 (粉 状品)	炭素 99.9%以上 *C60、C70 が 97%以 上	フラーレン分子: 面心立 法、六方晶等(1次凝集体) フラーレン粉体(1次凝 集体)	<ul style="list-style-type: none"> ラジカル捕捉性 電子受容性 昇華性 誘導体化可能 	0.24~0.92 (代表値と して、C60 粉体)		特になし
酸化鉄	Y 社	4 (粉状 品)	α -FeOOH 87.5%以上		<ul style="list-style-type: none"> 高純度で品質が均一である。 濃色・淡色ともに彩度・明度が高い。 吸油量が低い。 分散性が良い。 フルイ残分が極めて少ない。 着色力・隠べい力が大きい。 耐候性が良い。 耐酸・耐アルカリ性が良い。 耐溶剤性が良い。 毒性がない。 		データな し きれいな明 るい黄色、低 吸油量、塗装 におけるベ ース顔料	
非磁性 α 2 Fe 3 酸化鉄 ナノ粒 子	Z 社	データ なし	$ZnO \cdot Fe_2O_3$		<ul style="list-style-type: none"> 防錆添加剤 触媒ガスセンサー顔料 ガス精製、水素および一酸化炭素を除去する 半導体材料。 顔料、インキ、塗装、ゴムなどに適用されます。 ガラス、宝石および金属の <u>ect</u> に適用される研 磨剤 			特になし

表 7. ナノマテリアルを含む市販製品に関する情報 (性質) ①

製品名	事業者 名	凝集状態/分散状態	粒度分布	平均一次粒径	製品粒径	製品形状
カーボンナノチ ューブ(カップ積 層型)	A社	ミクロンサイズの凝集体	なし	およそ 5 μ m (長さ)、80-100 nm (直径)	凝集体でおよそ 20 μ m	一次粒子: 繊維状、二次粒子: 凝集体(蘭玉状)
	B社		およそ 8 μ m (中央 値)、およそ 2.5 μ m (最小値)、20 μ m (最 大値)	6 μ m (長さ)、150 nm (直 径)	凝集体で数 μ m	一次粒子: 繊維状、凝集体: 糸鞠状
	C社		データなし	4 μ m (長さ)	凝集体で数 μ m から数 m m 程度	一次粒子: 繊維状
	D社	綿状	1~10 μ m	粒子構造ではない	およそ 1-0 μ m (長さ)、 およそ 3~30 nm (外径)。 粒状でない。	管状
カーボンブラッ ク	E社	アグリゲート (一次凝集 体)を最小とする炭素構造 体	データなし	30-400 nm (アグリゲート径)	粉状品: 2次凝集体径で数 μ m-数 100 μ m、粒品: 0.5-2 mm	粉状、粒状固体
	F社					
	H社					
	I社					

表 8. ナノマテリアルを含む市販製品に関する情報（性質）②

製品名	事業者名	凝集状態／分散状態	粒度分布	平均一次粒径	製品粒径	製品形状
アセチレンブラック	J社	アグリゲート（一次凝集体）を最小とする炭素構造体	データなし	400-1000 nm	粒状品：0.5mm	粉状、プレス状、粒状固体
	K社	ほとんどが二次粒子状態	およそ 0.2 μm（中央値）、およそ 0.05 μm（最小値）、0.8 μm（最大値）	60 nm	170 nm	一次粒子：ほぼ球形に近い粒子 凝集形状：不定形
二酸化チタン	L社	ミクロンオーダーの凝集状態	およそ 0.4 μm（中央値）、およそ 0.1 μm（最小値）、0.7 μm（最大値）	5-100 nm	データなし	略球状、紡錘状、樹枝状
	M社	ミクロンオーダーの凝集状態	ルチル形：およそ 0.43 μm（中央値）、およそ 0.05 μm（最小値）、1.1 μm（最大値）、アナタース形：およそ 1.01 μm（中央値）、およそ 0.07 μm（最小値）、1.2 μm（最大値）	10-50 nm（ルチル形）、7-15 nm（アナタース形）	凝集体でミクロンオーダー	ルチル形：紡錘状、アナタース形：粒状
	N社	コロイド粒子	データなし	10 nm前後	10 nm前後	アナタース型：球状、ルチル型：針状
	O社	アグロメレート状態。	およそ 100 nm（中央値）、およそ 40 μm（最小値）、300 nm（最大値）	65 nm	データなし	略球状
	P社	ミクロンオーダーの凝集状態	データなし	10-50 nm	200 nm	白色粉体
	Q社	電子顕微鏡写真参照	およそ 1 μm（中央値）、およそ 0.7 μm（最小値）、25 μm（最大値）	6-80 nm	6-80 nm	紡錘形～球

表 9. ナノマテリアルを含む市販製品に関する情報（性質）③

製品名	事業者名	凝集状態／分散状態	粒度分布	平均一次粒径	製品粒径	製品形状
シリカ	R社	液中：単分散、乾燥中：凝集。	データなし	10-20 nm	10-20 nm	球状
	S社	一次粒子（ほぼ球状）が融着した数珠状の凝集粒子	AEROSIL 300：およそ 7 nm（中央値）、およそ 1.25 μm（最小値）、15 nm（最大値）	およそ 5-40 nm	データなし	球状
	T社	数100 nm以上の凝集体	データなし	5-50 nm	数 μm-数100 μm	微粉末、微粒子、球状
酸化亜鉛	U社	データなし	約 2.5 μm	15 ~ 80nm	数 μm ~ 数100 μm程度	球状
	V社	ミクロンオーダーの凝集状態	0.3-1.2 μmで分布	20-50 nm	1100-2600 μm	凝集粉体
	W社	ミクロンオーダーの凝集状態	およそ 0.16 μm（中央値）、およそ 0.05 μm（最小値）、1 μm（最大値）	10-70 nm	凝集体でミクロンオーダー	データなし
フラーレン	X社	データなし	0.5~50 μmで分布	1 nm	10-40 μm	非針状の球形、立方体、鱗片状などの形状の粉体の集合体