

ナノ材料の有害性情報
(水生生物等を用いた試験)

平成20年度 ナノ材料環境影響基礎調査検討会
第2回 (2008. 8. 6)

著者1	Tong, Z.	Zhu, Shiqian
著者2	M. Bischoff, L. Nies, B. Applegate, R. F. Turco	E. Oberdorster, M. L. Haash
著者所属	Purdue University	The University of Mississippi
著者所属国	アメリカ	アメリカ
論文名 外国語	Impact of Fullerene(C60) on a soil microbial community	Toxicity of an engineered nanoparticle (Fullerene, C60) in two aquatic species, Daphnia and fathead minnow.
論文名 日本語	土壌細菌群集に対するフラーレン (C60) の影響	二種の水生生物ミジンコとファットヘッドミノーにおける工業ナノ粒子 (フラーレン、C60) の毒性
雑誌名	Environmental Science and Technology	Marine Environmental Research
巻号	41	62
頁	2985-2991	S5-S9
出版年次	2007	2006
対象物質	フラーレン (C60)	フラーレン C60
試薬の出所等	Sigma-Aldrich	SES Research
試薬の純度等	100%	純度 99.5%
試薬の外形等	水中の粒子サイズ : 85nm	
調整方法		
試薬の分散方法	Tetrahydrofuranに溶解、一晩室温でスターラー、窒素ガスでTHFを除去、ろ過 (0.2 μm)	THF-Method the water-stirred method
試験生物	大学内の土壌 (きょう雑物を除去、4mmで篩)	Daphnia magna fathead minnow
試験用量、期間、投与方法	・ C60 : 1 μg/mL/g soil ・ 対照としてTHFのみの前処理溶液	・ Daphnia : スタンダード US EPA プロトコル (EPA(1994)) による48hrEC50 THF- : 約35ppm、water- : 約0.8ppm ・ Fatheadminnow : 合成硬水、0.5ppm THF-、0.5ppm water- 5尾ずつ、48hrばく露、24hrごとに換水
作用濃度の確認方法	ストック溶液は分光光度計で計測 : 40 μg/mL	
試験事項	・ 呼吸量 ・ 細菌群集量 : 全phospholipid量 ・ 細菌群集の組成 : 脂肪酸組成、DNA分析 ・ 細菌の機能 (酵素活性) : β-グルコシダーゼ、酸フォスファターゼ、テトリコグナーゼ、ウレターゼの活性	Daphnia ・48hrEC50 Fatheadminnow ・ 脳及び鰓中の過酸化脂質濃度 (malonaldehyde method) ・ 肝臓中のCYP2酵素濃度
試験結果	・ 細菌及び細菌群集に対してほとんど影響はない	・ Daphniaの48hrEC50は、THF分散法によるものは0.8ppmで、水分散法によるものは35ppm以上であった。 ・ fatheadminnowでは、THF分散法の0.5ppm溶液中で、6-18hrで100%が死亡したが、水分散法による0.5ppmの溶液では48hr後でも影響は無かった。 ・ 水分散法による溶液では、脳の過酸化脂質濃度を上昇させ、鰓中の過酸化脂質濃度は有意に増加した。 ・ また、肝臓中のCYP2 の一群の酵素はコントロールに比べて有意に増加した

著者1	Oberdorster, E.	Zhu, Xiaoshan
著者2		Y. Li, Z. Duan, W. Chen, P.J.J. Alvarez
著者所属	Southern Methodist University	Nankai University
著者所属国	アメリカ	中国
論文名 外国語	Manufactured Nanomaterials (Fullerenes, C60) induce oxidative stress in the brain of juvenile Largemouth bass.	Developmental toxicity in Zebrafish (DAHIO Rerio) embryos after exposure to manufactured nanomaterials: BuckminsterFullerene aggregates (nC60) and FulleroI
論文名 日本語	工業ナノ物質 (フラーレン C60)によるオオクチバス幼魚の脳内の酸化ストレスの誘引	工業ナノ物質に曝露させた後のゼブラフィッシュの卵における発育毒性: フラーレン凝集物 (nC60) 及びフレロール
雑誌名	Environmental Health Perspectives	Environmental Toxicology and Chemistry
巻	112	26
号	10	5
頁	1058-1062	976-979
出版年次	2004	2007
対象物質	フラーレン	nC60 フレロール
試薬の出所等	SES Deguchi et. Al. (2001)の方法による水懸濁液でRice大学から譲られたもの。	nC60 : SES フレロール : Qingdao大学からの寄贈
試薬の純度等	uncoated 純度 99.5% フラーレン	nC60 : uncoated 純度 99.5% フレロール (C60 (OH) 16-18 : 85%以上 (不純物C70 (OH) 16-18が15%未満)
試薬の外形等	・ 下記の分散方法により、溶液中で30-100nmの安定した凝集物となっていた。	・ 下記の方法で作成した溶液中のフラーレンの形状は不定形平均サイズは約100nm
調整方法	溶液中で試験魚を飼育	3ppm濃度のストック溶液を同量のゼブラフィッシュ卵の入った液で希釈
試薬の分散方法	・ THF溶液 (Tetrahydrofuran) に100mg/Lのフラーレン ・ 窒素封入、暗所で1晩スターラーで攪拌、0.22 μmフィルターでろ過 ・ [エバポレーターで450mlまで濃縮⇒MilliQ水 (ミリQ社) を添加して1Lに] の操作を2回繰り返す ・ 最後にこれを500mlまでエバポレーターで濃縮し、一晩放置した後、0.22 μmフィルターでろ過 ・ 上記の操作で3.8ppmのフラーレン溶液を得た。	nC60 : Scrivens and Tour (1995)の方法 ・ まずベンゼンで溶解し、その100 μLを10mLのTHF溶液 (etrahydrofuran) に溶解。 ・ この溶液を200mLのアセトン (スターラーで激しく攪拌) に滴下し、さらに150mLの蒸留水 (MilliQ Water) をゆっくりと添加 (合計360mL) ・ 75℃で加熱50mLまで濃縮 ・ この操作で3mg/Lの溶液を得る フレロール : ・ 10mgを100mLのmilliQに溶解 (100mg/L)
試験生物	オオクチバス幼魚 体重5.3±2.0g 3尾/実験区×トリプル	ゼブラフィッシュ (実験室で産卵した二世代目)の受精卵 (受精後1.5時間以内)
試験用量、期間、投与方法	0.5mg/L 48時間 半止水式、24時間後に30%を交換 対照区 : 合成硬水 陽性対照区 : 過酸化水素0.1mM ・ 24±1℃、14L/10D	・ nC60 : 1.5mg/L、フレロール : 50mg/L ・ 24個体を使用。20個にはナノ粒子をばく露、4個はコントロール (蒸留水のみ) ・ その他にコントロールとしてTHF溶液144mg/L ・ ばく露時間は最大96hr ・ 26±1℃、14L/10D
作用濃度の確認方法		
試験事項	・ 脳、鰓、肝臓の過酸化脂質濃度 ・ 鰓及び肝臓のグルタチオン (酸素ラジカル・スカベンジャー指標) 濃度 ・ 脳、鰓、肝臓の酸化たんぱく質濃度	・ 死亡率、孵化率、拍動数 ・ 抗酸化剤 (還元グルタチオン60mg/L溶液)の効果
試験結果	・ 脳の過酸化脂質濃度、鰓の過酸化脂質濃度及び鰓の総グルタチオンで有意な差が確認された。	・ フレロール50mg/Lはゼブラフィッシュの卵の致死には至らなかった。 ・ nC60 1.5mg/Lは、ゼブラフィッシュ卵の発達の遅滞、生残率及び孵化率の低下、心うの水腫を生じさせる。 ・ 毒性は抗酸化剤で緩和される

著者1	Fang J.	Wang, Y.
著者2	D. Y. Lyon, M. R. Wiesner, J. Dong, P. J. J. Alvarez	Y. Li, J. D. Fortner, J. B. Hughes, L. M. Abriola, K. D. Pennell
著者所属	Iowa state University	Georgia institute of Technology
著者所属国	アメリカ	アメリカ
論文名 外国語	Effect of a Fullerene water suspension on bacterial phospholipids and membrane phase behavior	Transport and retention of Nanoscale C60 aggregates in water-saturated porous media.
論文名 日本語	細菌のリン脂質及び膜相挙動に対する水分散フラーレンの影響	水で満たされた多孔体中のフラーレン凝集物の輸送と吸着
雑誌名	Environmental Science and Technology	Environmental Science and Technology
巻	41	42
号		
頁	2336-2642	3588-3594
出版年次	2007	2008
対象物質	C60	C60
試薬の出所等	MER Corporation	Materials Electronics Research Corp.
試薬の純度等	0.995	0.999
試薬の外形等	下記の分散方法により、直径50-200nmで、平均直径95nm ・ストック溶液の濃度は11mg/L	約6.5mg/L、平均サイズ95nm (dynamic light scattering)
調整方法		
試薬の分散方法	THF法：Tetrahydrofuran、窒素封入、一晚スターラー、0.22 μmでろ過、エバポレーター（2回）、0.22 μmでろ過⇒濃度11mg/L（直径50-200nm、平均直径95nm）	・THFで分散 一暗所で1晩スターラーで攪拌、0.22 μmフィルターでろ過（250mL） 一脱イオン水を添加（1L/min）し250mL⇒500mLに。 一エバポレーターで濃縮し、0.22 μmフィルターでろ過 一暗所に保管
試験生物	<i>Pseudomonas putida</i> （グラム陰性菌）のF1 <i>Bacillus Subtilis</i> （グラム陽性菌）のCB310	（土壌への吸着実験）
試験用量、期間、投与方法	・低濃度と高濃度（生育阻害が生じる濃度）の2種+コントロール ・低濃度：0.01mg/L ・高濃度：0.5mg/L for <i>P. putida</i> 、0.75mg/L for <i>B. subtilis</i>	
作用濃度の確認方法		紫外線吸光度計（344nm）
試験事項	・細菌の膜の脂質組成 ・相挙動（輸送温度）	・種々のカラム（15cmL×2.5cmφ）中に、2種類の溶液（脱イオン水、イオン添加水（3.065mM））でC60溶液を流した際の、カラム中への脱着状況を確認 ・カラムはガラスビーズ（球形 international surface preparation, Bellaire）、およびOttawa sand（F-42 U.S.Silica）（両者とも粒径は約0.36mm）を充填 ・カラムは前もって1.0mM CaCl ₂ 溶液および0.065mM NaHCO ₃ 溶液（バッファー）（溶液はpH=7）で満たした。 ・その状態でシリジポンプでC60溶液を添加した（流速2.8m/d） ・C60の溶液として上記のpH/バッファー溶液（1.0mM CaCl ₂ 溶液および0.065mM NaHCO ₃ 溶液、イオン強度3.065mM）および水（イオン強度0mM）の2種類とした。
試験結果	・ <i>P. putida</i> ：不飽和脂質の減少、シクロプロパン脂肪酸の増加⇒酸化ストレスに対する保護の可能性 また、高濃度（0.5mg/L）暴露群で、相輸送温度の若干の上昇と増殖のための膜の流動性が増加した。 ・ <i>B. subtilis</i> ：低濃度（0.01mg/L）暴露群で、iso-及びanteiso-分枝脂肪酸が有意に増加し、高濃度（0.75mg/L）暴露群では1価不飽和脂肪酸が増加した。 また、 <i>P. putida</i> とは異なり、相輸送温度は低下し、膜の流動性は低下した。 ・このように、C60に対し、細菌は細胞膜の構造によって、脂質の組成と膜の相挙動を変化させることが認められた。	・ガラスビーズ、ottawa sandとも、イオン強度ゼロの水でカラムに添加した場合は吸着せず、カラムを通過した。 ・イオン強度3.065mMで流した場合は、ottawa sandのほうが吸着の度合いが強い傾向があった。 ・吸着度はガラスビーズで8.6-48.9%、ottawa sandで59.7-77.0%であった。 ・また、脱イオン水での場合は、吸着度はガラスビーズで0.018%、ottawa sandで4.67%であった。

著者1	Fortner, J. D.	Oberdorster, E.
著者2	D. Y. Lyon, C. M. Sayes, A. M. Boyd, J. C. Falkner, E. M. Hotze, L. B. Alemany, Y. J. Tao, W. Guo, K. D. Ausman, V. L. Colvin, J. B.	S. Zhu, T. M. Blickley, P. McClellan-Green, M. L. Haasch
著者所属	Rice University	Southern Methodist University
著者所属国	アメリカ	アメリカ
論文名 外国語	C60 in water: Nanocrystal formation and microbial response.	Ecotoxicology of carbon-based engineered nanoparticles: Effects of fullerene (C60) on aquatic organisms.
論文名 日本語	水中のC60: ナノ結晶の形成および微生物への反応	炭素をベースにしたナノ粒子の生体毒性学: 水生生物に対するフラーレン(C60)の毒性
雑誌名	Environmental Science and Technology	Carbon
巻	39	44
号		
頁	4307-4316	1112-1120
出版年次	2005	2006
対象物質	C60、C13で25%ラベルしたC60、C60(OH)22-24 (臭化物から作成したもの)	・フラーレン(C60)
試薬の出所等	全てMaterials Electronics Research Corp. (Tucson, AZ)	SES Research
試薬の純度等	C60: 99.9% C13で25%ラベルしたC60: 99.5% C60(OH)22-24 (不明)	0.995
試薬の外形等		・下記の分散方法で、直径10-200nmの凝集物
調整方法		
試薬の分散方法	Tetrahydrofuranに溶解、一晩室温でスターラー、窒素ガスでTHFを除去、ろ過(0.2μm)	・水分散法 一約500mgのフラーレンを太陽光線を当てながら最低2ヶ月間スターラーで攪拌。 一遠心分離で凝集物を除去 ・THFといった溶媒は毒性影響のため良くない ・また、超音波もフラーレンの毒性に影響を与えるので良くない(データはここにはない)
試験生物	グラム陰性菌: <i>Escherichia coli</i> DH5α グラム陽性菌: <i>Bacillus subtilis</i> CB315	・ミジンコ (<i>Daphnia</i>) ・ヨコエビ (<i>Hyalella</i>) ・Copepods (海底匍匐製の <i>Harpacticoid</i>) ・Fathead minnow ・メダカ
試験用量、期間、投与方法	C60: 0.04-4mg/L C60(OH)24: 5mg/L (細菌への試験では他に Luria broth, Luria broth+2.5mg/L C60 の2種類の溶液を使用)	・ミジンコ (<i>Daphnia</i>): EC50: EPAスタンダード、21日間の慢性毒性: 2-3に値ごとに換水、毎日投餌。5日ごとにフラーレンの取り込み量を計測 ・ヨコエビ (<i>Hyalella</i>): EPAスタンダード、最大7ppm ・Copepods (海底匍匐製の <i>Harpacticoid</i>): 96hr EC50、3.75, 7.5, 15, 22.5ppm ・Fathead minnow: 試験前96hr無投餌、0.5ppmで96hr暴露、試験中は無投餌、24hr及び72hrに半量ずつ換水、 ・メダカ: 0.5ppmで96hr、投餌(1ppmでも試験をしたが、ここでは揭示しない)
作用濃度の確認方法	・水中のC60濃度: トルエンを添加し、Mg(ClO4)2あるいは激しく浸透することでトルエンにC60を移行させ、その後HPLCで分析(336, 407, 540, 595nm) ・水中のC60の形態: TEMによる観察 ・水中のC60の粒子の大きさ: dynamic light scattering	・漂白剤が過酸化マグネシウムで酸化 ・トルエンで抽出 ・吸光度計で計測(332nm)
試験事項	・C60の水や有機溶媒への溶解性 ・水に分散したC60の、pHやイオン強度を変化させた場合の粒子の大きさ等の変化 ・細菌への影響(増殖の有無およびCO2の発生量)	・ミジンコ (<i>Daphnia</i>): EC50 (EPAスタンダード)、21日間の慢性毒性 ・ヨコエビ (<i>Hyalella</i>): 48hr EC50、96hr EC50 ・Copepods (海底匍匐製の <i>Harpacticoid</i>): 96hr EC50 ・Fathead minnow: mRNA ・メダカ: mRNA
試験結果	・C60は有機溶媒に溶解した場合は紫、水に溶解した場合は黄色になる。 ・粒子の大きさは、pH5-9では約90nm、pH4では120nm、pH10では約60nmとなった。 ・水中に分散したC60の粒子の大きさおよび形状は、粒子の大きさが70nm以下では球形、80nm以上では矩形、より大きなサイズ(120nm以上)では三角形の外観を示す。 ・イオン強度が0.01Mおよび0.1M (NaCl)では粒子の大きさは100日後でも100nm程度で変化なかったが、0.05Mでは徐々に増加し100日目には約350nmになった。また、0.7M(海水に近い)や0.1Mでは48hrおよび72hr後には全て沈殿してしまい、粒子サイズの計測ができなかった。 ・細菌を用いた試験では0.4および4mg/LのC60でグラム陰性菌および陽性菌の増殖が見られず、4mg/LのC60でグラム陰性菌およびグラム陽性菌のCO2発生量が低下した。 ・なお、C60(OH)24では顕著な影響は認められなかった。	・ミジンコ 一最大35ppmで48hr EC50、96hr EC50は計測できず(50%死亡に達しなかった) 一最大5ppmで21日目に死亡率50%に達せず、21日EC50は計測できなかった。 一8日目までは通常のように脱皮及び再生産を行っていたが、その後2.5ppm及び5ppmでは脱皮及び産卵が減少した(有意差5%)。 ・ヨコエビ 一最大7ppmで48hr EC50及び96hr EC50は計測できず(50%死亡に達しなかった) ・Copepod 一最大22.5ppmで96hr EC50は計測できず(50%死亡に達しなかった) ・Fathead minnow 一0.5ppmで96hr EC50は計測できず(50%死亡に達しなかった) 一CYP1A及びmRNAについても影響は認められなかった(0.5ppm) ・メダカ 一0.5ppmで48hr EC50及び96hr EC50は計測できず(50%死亡に達しなかった) 一CYP2M1、2K1、PMP70についても影響は認められなかった(0.5ppm)

著者1	Lovern, S. B.	Baun, A.
著者2	R. Klaper	S. N. Sorensen, R. F. Rasmussen, N. B. Hartmann, C. B. Koch.
著者所属	University of Wisconsin-Milwaukee	Technical University of Denmark
著者所属国	アメリカ	デンマーク
論文名 外国語	Daphnia magna Mortality when exposed to Titanium Dioxide and Fullerene (C60) Nanoparticles.	Toxicity and bioaccumulation of xenobiotic organic compounds on the presence of aqueous suspensions of aggregates of nano-C60.
論文名 日本語	二酸化チタン及びフラーレン(C60)に暴露したミジンコの生死	ナノC60凝集物の懸濁液中での生物異物の有機化合物の毒性および蓄積性
雑誌名	Environmental Toxicology and Chemistry	Aquatic Toxicology
巻	25	86
号	4	
頁	1132-1137	379-387
出版年次	2006	2008
対象物質	・ フラーレン(C60) ・ 二酸化チタン	・ ナノ物質: C60 ・ 生物体でない有機化合物4種類はC ¹⁴ でラベル - atrazine(純度98%)、metyl parathion(純度99.8%)、phenanthrene(純度98%)、pentachlorophenol(PCP)(純度98%)
試薬の出所等	・ C60: Alfa Aesar ・ TiO ₂ : 不明	Sigma-Aldrich
試薬の純度等	不明	0.98
試薬の外形等	・ C60の平均直径 - THF分散: 93nm - 水分散超音波のみ: 20-100nm - 水分散ろ過: 10-20nm ・ TiO ₂ の平均直径 - 超音波のみ: 100-500nm - ろ過: 30nm	C60の凝集物が混在(200nm以上と200nm以下に区別)
調整方法		
試薬の分散方法	・ フラーレン(C60) - 水分散: 水中で30分以上超音波 - 20mgのC60を Tetrahydrofuran200mLに溶解、窒素封入、一晚スターラー、ろ過、エバポレーター(2回)、ろ過 ・ 二酸化チタン - 上記の両方の方法(水分散及びTHF分散)で作成したが、水に容易に懸濁したため、THFのものは使用しなかった。	・ 毒性試験用C60: 2ヶ月間MilliQ waterで激しく攪拌(遮光なし)⇒凝集物の沈殿のため数日間静置し上澄みを使用
試験生物	ミジンコ(Daphnia magna)	・ ミジンコ(Daphnia magna) ・ 藻類(Selenastrum capricornutum)
試験用量、期間、投与方法	・ C60(THF液): 40, 180, 260, 350, 440, 510, 700, 880ppb ・ C60(水分散): 0.2, 0.45, 0.9, 2.25, 4.5, 5.4, 7.2, 9ppm ・ TiO ₂ (ろ過溶液): 0.2, 1, 2, 5, 6, 8, 10ppm ・ TiO ₂ (ろ過しない溶液=超音波のみ): 50, 200, 250, 300, 400, 500ppm	・ ミジンコ: 調整液(M7)-OECD、試験方法-ISO6341に準じた ・ 藻類の試験液-ISO8692に準じた
作用濃度の確認方法	・ C60: TEMで確認 ・ 二酸化チタン: 紫外線分光光度計で確認	・ C60濃度: 分光光度計(トルエン溶解C60で検量線を作成、336nm) ・ その他の有機化合物: 液体シンチレーション
試験事項	・ EC50(EPAスタンダード) ・ 100%死亡濃度 ・ LOEC ・ NOEC	・ C60(5mg/L)による有機物の取り込み ⇒phenanthreneは85%がC60に溶解、試験前と後で溶液を0.2μmでフィルター⇒溶液およびフィルターを別々に有機物分析(シンチレーションによる) ・ C60(5-8mg/L)の有無によるミジンコの生残試験(24hrEC50, 48hrEC50) ・ C60(6-10mg/L)の有無による藻類の増殖阻害試験(初期細胞濃度104cells/mL、20±2°C、24hrL、24.48時間後の増殖度) ・ (C60凝集物の存在によるphenanthreneの毒性、溶解性に相違があったため)phenanthrene(49μg/L)のミジンコへの生物濃縮試験(48hr)(20±2°C、12hrL:12hrD)(48hr接触後0.25, 0.5, 1, 2, 5, 8, 24hr後にミジンコ分析)
試験結果	・ 水分散 - EC50: 7.9ppm、100%死亡: NA(9ppm以上)、LOEC: 0.5ppm、NOEC: 0.2ppm ・ THF液 - EC50: 460ppb、100%死亡: 880ppb、LOEC: 260ppb、NOEC: 180ppb ・ 超音波TiO ₂ - EC50、100%死亡、LOEC、NOEC: NA(500ppm以上) ・ ろ過TiO ₂ - EC50: 5.5ppm、100%死亡: 10ppm、LOEC: 2.0ppm、NOEC: 1.0ppm	・ C60(5mg/L)による有機物の取り込み ⇒phenanthreneは85%がC60凝集物(200nm以上)に溶解、But atrazine、metyl parathion、PCPの溶解度は10%以下(200nm以下のC60を含む溶液に90%程度) ・ C60(5-8mg/L)の有無によるミジンコの生残試験(24hrEC50, 48hrEC50) ⇒phenanthreneは10倍に増大、PCPは25%減少、atrazineとmetyl parathionは有意な変化なし ・ C60(6-10mg/L)の有無による藻類の増殖阻害試験 ⇒phenanthreneは60%増大、PCPは1/1.9に減少、atrazineとmetyl parathionは有意な変化なし ⇒phenanthreneについては、C60に溶解したことによる毒性増加の疑い ・ phenanthreneのミジンコへの生物濃縮試験 ⇒取り込み速度がより早くなり、蓄積濃度は1.7倍になった。 ⇒排泄も非常に速かった

著者1	Kashiwada, S.	Lin, D.
著者2		B. Xing
著者所属	National Institute for Environmental Studies	Zhejiang University
著者所属国	日本	中国
論文名 外国語	Distribution of Nanoparticles in the See-through Medaka (<i>Oryzias latipes</i>)	Phytotoxicity of nanoparticles: Inhibition of seed germination and root growth.
論文名 日本語	シースルーメダカにおけるナノ粒子の分布	ナノ粒子の植物毒性：種子の発芽および根の成長の阻害
雑誌名	Environmental Health Perspectives	Environmental Pollution
巻	114	150
号	11	
頁	1697-1702	243-250
出版年次	2006	2007
対象物質	蛍光ポリスチレン (39.4, 474, 932, 18600, 42000nm) (39.4nm以外はサイズ依存性確認のために使用)	<ul style="list-style-type: none"> ・ MWCNT ・ Al ・ Al203 ・ Zn ・ ZnO
試薬の出所等	Polyscience, Inc	<ul style="list-style-type: none"> ・ MWCNT (Shenzhen Nanotech Port Co.) ・ Al (Zunye Nanomaterials Co.) ・ Al203 (Hongchen Material Sci. & Tech. Co.) ・ Zn (Zunye Nanomaterials Co.) ・ ZnO (Hongchen Material Sci. & Tech. Co.)
試薬の純度等		<ul style="list-style-type: none"> ・ MWCNT : 95%以上 ・ Al : 99.9% ・ Al203 : 99.99%以上 ・ Zn : 99.9% ・ ZnO : 99.5%以上
試薬の外形等	(写真で見える限りは球形)	<ul style="list-style-type: none"> ・ MWCNT (直径：10-20nm、長さ：1-2μm、表面積：40-300m²/g (メーカー表示)、126m²/g (測定)) ・ Al (粒径：18nm、表面積：50\pm10m²/g (メーカー表示)、23m²/g (測定)) ・ Al203 (粒径：60nm、表面積：180m²/g (メーカー表示)、230m²/g (測定)) ・ Zn (粒径：35nm、表面積：40\pm10m²/g (メーカー表示)、4.4m²/g (測定)) ・ ZnO (粒径：20\pm5nm、表面積：50\pm10m²/g (メーカー表示)、58m²/g (測定))
調整方法	溶液中でメダカ (卵及び成魚) を飼育	
試薬の分散方法	特にナシ	<ul style="list-style-type: none"> ・ 蒸留水に添加し、超音波 (30分) で分散 ・ 使用前にスターラーで攪拌
試験生物	シースルーメダカ (<i>Oryzias latipes</i> , ST II ストレイン)	6種の植物 (ハツカダイコン、セイヨウアブラナ、ライムギ、レタス、トウモロコシ、キュウリ) (全て種子をChas. C. Hart Seed Co. から入手) (発芽率は全て90%以上) (冷暗所に保存)
試験用量、期間、投与方法	<ul style="list-style-type: none"> ・ 15個の卵に39.4nmの蛍光粒子1mg/Lを3日間接触 ・ 粒子サイズ依存性試験では各サイズの1mg/L容器に同様に接触 ・ 塩分影響については30mg/Lの溶液で、ERM溶液の濃度を1, 5, 7, 5, 10, 15, 20, 30倍した溶液中で3日間飼育 ・ 毎日換水 ・ ERM溶液 (0.1%NaClを中心とした卵の培養液) ・ その後ナノ粒子のない溶液で飼育し孵化させた ・ 26$^{\circ}$C、16L/8D 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 発芽試験：10%次亜塩素酸ソーダで消毒 (10分)、ナノ粒子懸濁液およびZn+溶液に浸漬 (2hr)、湿らせたろ紙を入れたペトリ皿に1cm以上離して置く (10個/皿)、インキュベータで培養 (室温、5日間)、(対照区で80%以上の発芽、最低20mm以上の発根) ・ ナノ粒子の濃度区分：20, 200, 2000mg/L)
作用濃度の確認方法		
試験事項	<ul style="list-style-type: none"> ・ 卵及び孵化直後のメダカのナノ粒子の分布 ・ メダカ卵のナノ粒子の吸着及び蓄積についての粒子サイズの関係 ・ 卵による吸収/蓄積及び水中での凝集に対する塩分の影響 ・ 成魚における血液や組織中のナノ粒子の分布 (分布は蛍光顕微鏡による観察) 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 発芽および根の成長試験： <ul style="list-style-type: none"> —10%次亜塩素酸ソーダで消毒 (10分) —ナノ粒子懸濁液およびZn+溶液に浸漬 (2hr) —各試験溶液で湿らせたろ紙を入れたペトリ皿に1cm以上離して静置 (10個/皿) —インキュベータで培養 (室温、5日間) —対照区で80%以上の発芽、最低20mm以上の発根を確認して、発芽率および根の長さを測定
試験結果	<ul style="list-style-type: none"> ・ 39.4-42000nmの粒子は卵膜に吸着し、油球に蓄積する。 ・ 39.4nmの粒子は卵黄及び胆汁のうに蓄積した ・ 39.4nmの溶液 (10mg/L) 中においた場合、成魚のメダカでは腸及び消化管に多く分布した。 ・ また、ナノ粒子は脳、精巢、肝臓、血液に観察された。 ・ 雄及び雌のメダカの血中のナノ粒子の濃度は血中蛋白量あたり16.5及び10.5ng/mgであった。 ・ これらの事実はナノ粒子は脳血液関門を通過し脳に到達することを示している。 ・ ナノ粒子の24時間急性毒性値について、塩分依存性の急性毒性が確認された (コントロール及び異なるナノ粒子濃度については不明) 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 発芽率では、ライムギおよびトウモロコシに対して、Zn および ZnO の2000mg/Lで影響が認められたが (約60-70%)、より低い濃度 (20, 200mg/L) では影響が認められず、他の物質では2000mg/Lでも影響は認められなかった。 ・ 2000mg/Lの試験区での根の成長でも、Zn および ZnO ではトウモロコシを除いて根の成長に顕著な影響が認められた。 ・ Zn および ZnO のナノ粒子の懸濁液中のZn+濃度は0.3-3.6mg/Lであったので、1-4mg/LのZn+ (ZnSO4)の影響を見たが、発芽率や根の成長にまったく影響はなかった。 ・ 初期の浸漬時と培養時の培養液を Zn および ZnO 溶液とH2Oとで入れ替えて試験した結果、根の成長に対する影響は培養時に影響が大きく、浸漬時の影響はほとんど認められなかった。 ・ Zn および ZnO の影響は明らかな濃度依存性がみられ、IC50は、ハツカダイコンで50mg/L、セイヨウアブラナとライムギで20mg/Lであった。

著者1	Hyung, H.	Roberts, A. P.
著者2	J. D. Fortner, J. B. Hughes, J. Kim	A. S. Mount, B. Seda, J. Souther, R. Qiao, S. Lin, P. C. Ke, A. M. Rao, S. J. Klaine
著者所属	Rice University	Clemson University
著者所属国	アメリカ	アメリカ
論文名 外国語	Natural organic matter stabilizes carbon nanotubes in the aqueous phase.	In vivo biomodification of lipid-coated carbon nanotubes by Daphnia magna
論文名 日本語	自然由来の有機物による水相でのカーボンナノチューブの安定化	脂質でコートされたカーボンナノチューブのミジンコによる生物的分解に関する生体内試験
雑誌名	Environmental Science and Technology	Environmental Science and Technology
巻	41	41
号		
頁	179-184	3025-3029
出版年次	2007	2007
対象物質	多層カーボンナノチューブ	単層カーボンナノチューブ
試薬の出所等	MER Corporation	Carbon Nanotechnologies Inc.
試薬の純度等	90%以上	85%以上
試薬の外形等	直径: 140±30nm 長さ: 7±2μm	直径: 約1.2nm 平均分子量: 10 ⁶ Da
調整方法		
試薬の分散方法	<ul style="list-style-type: none"> ・SDS(Sodium dodecyl sulphate)1%溶液 ・スワニー川の自然由来有機物質 (SR-NOM: International Humic Substances Societyより購入、10-100mg/L液を24時間後に0.2μmでろ過) ・実際のスワニー川の水 	<ul style="list-style-type: none"> ・CNTを脂質 (Lysophosphatidylcholine) でコートした結果、20mg/L以上の溶液が作成できた。
試験生物		ミジンコ (Daphnia magna)
試験用量、期間、投与方法	<ul style="list-style-type: none"> ・各分散溶液にMWCNT液を添加し、1hr振とう、4日間静置、上澄み液を採取し、ろ過後種々の分析 	<ul style="list-style-type: none"> ・ミジンコに毎日餌を与え、水を毎日取り替えた試験 —0, 2.5, 5, 10, 20mg/L ・水は毎日取り替えるが餌を与えなかった場合 —0, 0.1, 0.25, 0.5, 1, 2.5mg/L
作用濃度の確認方法		
試験事項		<ul style="list-style-type: none"> ・急性毒性 (48hrEC50等)
試験結果	<ul style="list-style-type: none"> ・SR-NOMはMWCNTの溶解を促進し、初期MWCNT濃度50-500mg/L、SR-NOM濃度10-100mg/Lで、得られたMWCNTの溶液の濃度は0.6-6.9mg/Lであった。 ・スワニー川の水自体も同様の効果があった。 ・この効果は1%のSDS溶液よりも大きかった。 ・分散の効果は1ヶ月以上続いた ・CNTは溶解しにくい、自然の状態では異なる挙動を考慮することが必要と思われた。 	<ul style="list-style-type: none"> ・急性毒性 (96hrEC50) 一餌を与えた場合は5mg/L以下では死亡率0%、10mg/Lで死亡率20%、20mg/Lで死亡率100% 一餌を与えなかった場合は0.5mg/L以上で死亡率が増大したが (2.5mg/Lで約60%死亡)、0.5mg/L以下でも濃度が低下するほど死亡率が増大するという二相的な結果が得られた。 ・ミジンコは脂質でコートしたSWCNTを摂食し、脂質部分を消化した。 ・その結果、SWCNTの溶解性は変化するものと思われた。

著者1	Smith, C. J.	Petersen, E. J.
著者2	B. J. Shaw, R. D. Handy	Q. Huang, W. J. Weber Jr
著者所属	University of Plymouth	University of Michigan
著者所属国	イギリス	アメリカ
論文名 外国語	Toxicity of single walled carbon nanotubes to rainbow trout, (<i>Oncorhynchus mykiss</i>): Respiratory toxicity, organ pathologies, and other physiological effects.	Ecological uptake and depuration of Carbon Nanotubes by <i>Lumbriculus variegatus</i> .
論文名 日本語	ニジマスに対する単層カーボンナノチューブの毒性：呼吸毒性、期間の病変、その他の生理学的影響	オヨギミズによるカーボンナノチューブの生態学的取り込みおよび排泄
雑誌名	Aquatic Toxicology	Environmental Health Perspectives
巻	82	116
号		
頁	94-109	496-500
出版年次	2007	2008
対象物質	単層カーボンナノチューブ	・ SWCNT (C14でラベルしたもの) ・ MWCNT (C14でラベルしたもの) ・ Pyrene (C14でラベルしたもの)
試薬の出所等	Cheap Tubes Inc. (Vermont USA)	自らの合成
試薬の純度等	96.3%以上C、最大不純物AL:0.08%、Cl:0.41%、Co:2.91%、S:0.29% カタログベース（分析結果は使用不可）	・ SWCNT : 92±0.4% ・ MWCNT : 99±1%
試薬の外形等	1.1nmφ外径、5-30μmL	・ MWCNT : 直径 30-70nm ・ SWCNT : 直径 1-2nm (いずれもTEMによる確認)
調整方法	ストック溶液0.5g/Lを希釈し、ニジマスを飼育	下記のとおり
試薬の分散方法	0.5g/L (SWCNT) + 3g/L (SDS : Sodium dodecyl sulphate : 界面活性剤の一種) ⇒超音波 (2時間、35kHz : 20分ごとに手動でタンクを揺らす) 試験時のSDSの最大濃度は0.15mg/Lで、致死濃度よりも数桁低い。	下記のとおり
試験生物	ニジマス未成魚 (n=180) 30.0±5.0g 12尾/タンク × トリプル × 10日間 試験前1日及び試験期間中は無投餌	オヨギゴカイ (<i>Lumbriculus variegatus</i>)
試験用量、期間、投与方法	・ SWCNT濃度 (mg/L) : 0.1、0.25、0.5 (そのときのSDSの濃度はそれぞれ (mg/L) 0.03、0.075、0.15) ・ control : SWCNT 0、SDSのみ0.15mg/L ・ 12時間ごとに80%換水、再投与 ・ 14±1°C、12L/12D	・ 底泥(有機炭素含有率0.66%) : ピート(有機炭素含有率45.1%)=9:1で混合したものを底泥として水槽に敷く (ピートの混入は試験生物の密度を高めることができるため) ・ 21±2°C、16L:8D で飼育 ・ SWCNT : 0.03mg/g乾泥、0.003mg/g乾泥 (泥に混入前に超音波で分散) ・ MWCNT : 0.37mg/g乾泥、0.037mg/g乾泥 (泥に混入前に超音波で分散) ・ pyrene : 0.054mg/g乾泥 (混入前にアセトンに溶解)
作用濃度の確認方法	ストック溶液をTEMで分析 (試験溶液は分析していない) 分散粒子のサイズは5nm未満	・ 試験前の底泥を分析 ・ 生物試料は下記の操作後に分析 ・ 分析はC14のカウントによる (シンチレーション)
試験事項	・ 0、3、7、9日目に鰓の活動量の測定 ・ 0、4、10日目に2尾/タンクで、血中のヘマトクリット、ヘモグロビン量、K ⁺ 、Na ⁺ 、浸透圧 ・ 上記試料について、脳、鰓、肝臓、顔面筋肉中のZn、Cu、Mn、Co (ICP-MS) ・ 別途0、4、10日目に2尾/タンクで、鰓、肝臓、消化管、脳のNa ⁺ 、K ⁺ -ATPase分析 ・ 病理組織学的剖頭	・ 対象物質を混入した底泥によるオヨギゴカイの飼育による物質の蓄積 ・ その後、対象物質を含まない底泥で飼育し、排泄状況を確認 ・ いずれもEPA Methodに準じた (EPA 2000) ・ 生物の分析時には清澄海水中に6時間放置 (消化管内の物質の98%が排泄され、かつ疎水性物質の排泄が最小の時間) ・ 分析は0、7、14、28日目に実施 (蓄積量) ・ 14および28日目に取り出した生物を清澄な底泥、海水で飼育し、1、2、3に地目に取り出して分析
試験結果	・ SWCNTで粘液の排泄及びいらいら状態 (irritation) ・ 鰓の活動量は投与量に比例して増大 ・ 鰓の病理 (水腫、粘液細胞の変化・過形成) が確認された ・ SWCNTの混じった粘液の排泄の確認 ・ 鰓、消化管でのNa ⁺ 、K ⁺ -ATPaseの有意な増大 (ただし、脳、肝臓では変化はない) ・ 鰓と肝臓でのグルタチオンレベルの増加 (脳と消化管のグルタチオンは変化なし)	・ 試験生物の有意な死亡率の増加はなかった ・ 底泥の濃度に対する濃縮率 (BSAF : Biota-Sediment Accumulation Factor) は下記のとおりで、カーボンナノチューブの濃縮率はPAHよりもやや小さいとされた。 — SWCNT : 0.28±0.03 — MWCNT : 0.40±0.1 — pyrene : 3.6±0.2 ・ (排泄速度の数値はないが) 排泄に関してはMWCNT、SWCNTとも約3日後に80%が排泄され、pyreneの13%に比べて排泄速度は速いとされた。

著者1	Templeton, R.	Ghafari, P.
著者2	P. L. Ferguson, K. M. Washburn, W. A. Scrivens, G. T. Chandler	C. H. ST-Denis, M. E. Power, X. Jin, V. Tsou, H. S. Mandal, N. C. Bols, X. Tang
著者所属	University of south carolina	University of Waterloo
著者所属国	アメリカ	カナダ
論文名 外国語	Life-cycle effects of single-walled carbon nanotubes (SWNTs) on an estuarine meiobenthic copepod.	Impact of carbon nanotubes on the ingestion and digestion of bacteria by ciliated protozoa.
論文名 日本語	河口域の微小コペポダに対するSWCNTのライフサイクル影響	繊毛虫による微生物の摂餌および消化に対するカーボンナノチューブの影響
雑誌名	Environmental Science and Technology	Nature nanotechnology
巻	40	3
号		on-line published 5/11
頁	7387-7393	
出版年次	2006	2008
対象物質	SWCNT	SWCNT (酸化SWCNT=水溶性) (酸化は6M硝酸で20hr洗浄)
試薬の出所等	アーク放電法により製造	
試薬の純度等	副産物の影響を下記の3種類の試料を用いた。 - 実験室内で製造したものを使用したそのもの - それを硝酸等で不純物を除去したもの (3.3Nの硝酸で洗浄) - 除去されたもの	不明 (鉄のコンタミは除去できた)
試薬の外形等		直径2-10nm、長さ500nm未満
調整方法		
試薬の分散方法		・ 100nmのフィルターでろ過し、精製水に再懸濁させて1hr超音波。 ・ 遠心分離 (22000g, 5hr) により大きな粒子を除去
試験生物	微小コペポダ: <i>Amphiascus tenuiremis</i> (底泥中に孔を掘って生活する) (海水中、25°Cで飼育) (ライフサイクルは15-18日間で、初期のノープリウス期、コペポダイト期、コペポダ期 (成体) の3期を経る)	・ 繊毛虫 (原生動物) <i>Tetrahymena thermophyla</i> ・ 原生動物は微生物を取り込み食細胞で消化する生物で、生態系上でも重要な位置にあり、ナノ材料の影響確認には適していると判断。 ・ 培養液はOsterhout's 最少塩培地
試験用量、期間、投与方法	・ SWCNT : 0, 0.58, 0.97, 1.6, 10 mg/L	・ SWCNT : 0-17.2 μ g/mL (ばく露濃度は明記されていないが、文中から 0, 1.6, 6.8, 11.9, 17.2 μ g/mLの5段階はある) ・ 原生動物の濃度 : 5×10^5 cell/mL ・ 大腸菌の濃度 : 5×10^8 c. f. u. /mL
作用濃度の確認方法	・ 重量測定方法で確認	
試験事項	・ ASTM E-2317-04に従ったライフサイクルばく露試験 : - 96個のセルのあるプレートで試験液にばく露 - 1回/4日間の頻度で換水し、そのつど 10^6 cell/mLの藻類を2 μ L添加 - 28-35日間培養し、初期のノープリウスが成育し、産卵し、その卵が孵化するまで行った。 - その間の死亡率および卵の孵化率等を測定した。 ・ 試験中の生物や糞等を共焦点レーザー走査顕微鏡で観察した。	・ SWCNT : 0-17.2 μ g/mL (ばく露濃度は明記されていないが、文中から 0, 1.6, 6.8, 11.9, 17.2 μ g/mLの5段階はある)の溶液中で原生動物を飼育 ・ 位相差顕微鏡 (ビデオつき) で3日間観察 ・ 共焦点顕微鏡 (蛍光) での観察 ・ 繊毛の運動により健康度をチェック ・ CB試験 (摂餌能力を試験する方法で、大腸菌の蛍光発色の減少 (摂餌されて消化されると蛍光が消失する)) により測定する方法。
試験結果	・ SWCNTそのものをばく露 (摂餌している) した場合は最大10mg/Lまでは生残率に影響はなかった。 ・ また、成長についても純粋化したSWCNTは影響がなかった。 ・ 一方、精製しなかったSWCNTではやや影響が認められた。	・ 11.9 μ g/mLのばく露では、原生動物は一般に以下のように変化する。①運動の消失、②細胞の凝集、③細胞質の凝縮、④死亡 - 試験直後は全ての生物が①の状態になり、5-50細胞が凝集した (~3hr)。- その後回復が始まり、活動する個体が増加する。 - その後は活動個体もあるが、細胞の死が確認され、液が暗くなってくる。 ・ 一方、6.8 μ g/mLでは、当初の凝集は生じるが、3日後でも運動の消失は生じない。 ・ 凝集の程度や活動消失の程度、細胞の死亡は1.6-11.9 μ g/mLの範囲では、濃度の上昇とともに増加する。 ・ CB試験で見た摂餌能力では、3.6 μ g/mL以上で摂餌能力が確認できなかった (1.8 μ g/mL以下では対照と同等の摂餌能力が確認された)

著者1	Hund-Rinke, K.	Vevers, W. F.
著者2	M. Simon	A. N. Jha
著者所属	Fraunhofer-institut für Molekularbiologie und Angewandte Oekologie	University of Plymouth
著者所属国	ドイツ	イギリス
論文名 外国語	Ecotoxic effect of photocatalytic active Nanoparticles (TiO2) on Algae and Daphnids.	Genotoxic and cytotoxic potential titanium dioxide(TiO2) nanoparticles on fish cells in vitro
論文名 日本語	光触媒活性のあるナノ粒子 (TiO2) の藻類およびミジンコ類への生態影響	魚類細胞を用いた in vitro 試験における二酸化チタンナノ粒子の遺伝子毒性および細胞毒性
雑誌名	Environmenta Science & Pollution Research	Ecotoxicology
巻		17
号		
頁	1-8	410-420
出版年次	2006	2008
対象物質	TiO2	TiO2
試薬の出所等	企業からの提供 (会社名は不明)	TiO2 : DeGussa AG
試薬の純度等	不明	TiO2 : 不明 (ルチル75%、アナターゼ25%)
試薬の外形等	1) 粒子径 : 25nm (主にアナターゼ) 2) 粒子径 : 100nm (100%アナターゼ)	TiO2 : 粉体
調整方法		
試薬の分散方法	(企業の推奨方法で実施) ・ 500mLの脱イオン水に10gのTiO2を添加し、19hr室温で攪拌 (スターラーによる)。 ・ 2000g 1hrで遠心分離後、沈殿物を500mLの脱イオン水に再分散させ、24hr攪拌し、また遠心分離して55°Cで乾燥。	水分散液 (500 μg/mL) をベースに①MEM溶液 (minimal essential media 超音波で分散) ②PBS溶液 (リウ酸ハフター食塩水 超音波で分散) ③ そのままを超音波で分散 (対照) の3種の溶液を作成し、生物試験。
試験生物	・ 藻類 : <i>Desmodesmus subspicatus</i> ・ ミジンコ類 : <i>Daphnia magna</i>	ニジマス生殖腺由来細胞 (RTG-2)
試験用量、期間、投与方法	TiO2 : 0, 3.1, 12.5, 25, 50 mg/L	・ 各試験で、0.5 μg/mL、5 μg/mL、50 μg/mLの3種 (対照は50 μg/mLのみ) ・ 同時に紫外線照射区を設定 (1.5kJ、3.0kJ) ・ 対照としてH2O2試験区も設定 (50 μM)
作用濃度の確認方法		
試験事項	・ 光触媒機能を持つナノ粒子の試験に適した試験方法として、藻類 : ISO8692、OECD201、DIN38412-33、ミジンコ類 : ISO6341、OECD202、DIN38412-30を活用 ・ 藻類試験 : ナノ粒子を懸濁させた試験液中で培養し、最初 (10000cells/ml) と最後 (72hr後) の藻類の増殖度を、蛍光測定 (Spectrafluor プレートリーダーで計測)。 ・ ミジンコ類の試験 : 20mLの溶液を入れたペトリ皿にミジンコ5個体をいれ、20±2°C 48hr 16L:8Dで飼育し、48hr後の活動停止個体 (immobilization) を計数	接触時間ごとに試験方法が異なる。 ・ 遺伝子毒性 - SCGEのコメットアッセイ (4hr) - コメットアッセイの改法 (24hr) - 細胞分裂が阻害された小核試験 (48hr) ・ 細胞毒性 - ニューラルレッド染色試験 (NRR assay) (24hr) ・ その他 (DNA酸化影響試験) - DNA分解酵素試験 - DNA修復酵素試験 (Fpg)
試験結果	・ 藻類試験 : - 1) のTiO2では50%影響濃度は44mg/Lとされた。 - 一方2) の製品では50mg/Lまで影響は認められなかった。 ・ ミジンコ類の試験 : - 濃度依存性は確認できなかったが、2種類の製品のいずれも、短時間の強い照明 (250W、30分) をした実験では、照明をしなかった場合よりも、2種類の製品のいずれも影響が大きくなった。(この際、図からは1) の製品の方が影響が大きいと読める。 - (図からは、短時間の強い照明をしなかった実験では2) の製品は3mg/Lまでは影響は認められなかった。)	・ 遺伝子の損傷は、4hr後 (コメットアッセイ)、24hr (その改法)、48hr (小核試験) のいずれでも最大濃度 (50 μg/mL) で有意な差がなかった。 ・ しかし、紫外線を照射した場合は (1.5kJ、3.0kJの両者とも) 遺伝子の損傷に有意な影響が見られた。 ・ その程度は50 μMのH2O2とほぼ同様の程度であった。 ・ 一方、細胞の損傷 (24時間接触) (NRR試験) では5 μg/mL以下では影響は見られなかったが、50 μg/mLで有意に減少した。 ・ NRR試験ではMEMを用いる場合にPBS溶液よりも紫外線の影響が出やすかったが、最大濃度 (50 μg/mL) ではその差は見られなかった。 ・ 今後の試験では、凝集を避けつつ種々の毒性を総合的に把握する必要があると思われる。

著者1	Lovern, S. B.	Warheit, D. B.
著者2	J. R. Strickler, R. Klaper	R. A. Hoke, C. Finlay, E. M. Donner, K. L. Reed, C. M. Sayes
著者所属	University of Wisconsin	Dupont
著者所属国	アメリカ	アメリカ
論文名 外国語	Behavioral and physiological changes in <i>Daphnia magna</i> when exposed to Nanoparticle suspensions (Titanium Dioxide, Nano-C60, and C60HxC70Hx)	Development of a base set of toxicity tests, using ultrafine TiO2 particles as a component of nanoparticle risk management.
論文名 日本語	ナノ粒子 (Titanium Dioxide, Nano-C60, and C60HxC70Hx) の懸濁物への暴露によるミジンコの行動及び生理学的変化	ナノ粒子のリスク管理の要素としての二酸化チタンの超微粒子についての毒性試験のベースセットの作成
雑誌名	Environmental Science and Technology	Toxicology Letters
巻号	41	171
頁	4465-4470	99-110
出版年次	2007	2007
対象物質	・ TiO2 ・ Nano-C60 ・ C60HxC70Hx (フラレーン派生物)	・ 粒子サイズの異なる2種の二酸化チタン：肺疾患試験用 ・ もう一つの超微粒子二酸化チタン (uf-C)：その他の水生生物試験用 ・ 対照としての超微粒子二酸化チタン：対照 ・ 微粒子二酸化チタン (fine-TiO2)：対照 ・ α -量子粒子：US Silica Company：対照
試薬の出所等	全て：Alfa Aesar	・ 粒子サイズの異なる2種の二酸化チタン (uf-A, uf-B)：Dupont ・ もう一つの超微粒子二酸化チタン (uf-C)：不明 ・ 対照としての超微粒子二酸化チタン：Degussa Corporation ・ 微粒子二酸化チタン (fine-TiO2)：Dupont ・ α -量子粒子：US Silica Company
試薬の純度等	全て：99.5%	・ 純度は不明 ・ 結晶構造：uf-A：100%ルチル、uf-B：100%ルチル、uf-C：79%ルチル・21%アナターゼ、対照超微粒子TiO2：80%アナターゼ・20%ルチル、微粒子TiO2：ルチル
試薬の外形状等	Nano-C60, C60HxC70Hx：10-20nm 二酸化チタン：30nm	<水中でのサイズ> ・ uf-A：136.0nm、uf-B：149.4nm、uf-C：140.0nm、対照超微粒子：129.4nm、微粒子TiO2：約380nm、対照 α -量子粒子：約480nm <比表面積> ・ uf-A：18.2m ² /g、uf-B：35.7m ² /g、uf-C：38.5m ² /g、対照超微粒子：53.0m ² /g、微粒子TiO2：約5.8m ² /g、対照 α -量子粒子：5.2m ² /g
調整方法		
試薬の分散方法	3種の粒子全て：Tetrahydrofuran、窒素封入、一晚スターラー、0.22 μ mでろ過、エバポレーター (2回)、0.22 μ mでろ過 THFの使用については最近論議があるが、この実験では粒子サイズを10-20nmに保つために使用した。 サイズの相違はフラレーンでは毒性に大きく影響する。 また、THFはほとんど除去され、作成された溶液を紫外線分光光度計で確認してもピークはなかった。 またTHFのLD50は5930ppmで本実験で使用した粒子の毒性の20倍以上ある。 さらに、このような手法は科学的かつ工業的に使用されているものに正確に代表している。	・ 水分散 ・ PBS (phosphate buffered saline)分散
試験生物	ミジンコ (<i>Daphnia magna</i>)	ニジマス、ミジンコ、藻類
試験用量、期間、投与方法	・ 17°C、12L:12D ・ 260ppbと2.0ppm	
作用濃度の確認方法		
試験事項	・ 事前に30分行動を顕微鏡で観察 ・ 各濃度の溶液にミジンコを暴露させ、1hr顕微鏡で行動を観察 ・ その後、ナノ粒子を含まない水に戻して1hr行動観察 ・ 観察内容 (下記行動の変化状況)：hopping行動 (触角による遊泳活動)、心臓の拍動数、付属肢の活動、尾爪 (postabdominal claw ミジンコ類の腹部の末端にある1対の長いトゲ状の突起) の巻き具合、暴露後の回復状況	・ X線分析：純度、組成、結晶構造、 ・ dynamic light scattering (DSL)、BET表面積分析：粒子サイズ、表面積 ・ 急性毒性 (肺疾患試験、急性経口毒性試験、皮膚刺激性試験、皮膚感受性、眼刺激性試験) ・ 遺伝毒性試験 (復帰突然変異試験、染色体異常試験) ・ 急性毒性試験群 (ニジマス、ミジンコ、藻類)
試験結果	・ C60：Hopping：+ (増加)、拍動数：+ (増加)、付属肢の活動：+ (増加)、尾爪：-、回復状況：左記の有意に増加したものは全て回復しなかった。 ・ C60HxC70Hx：Hopping：+ (増加)、拍動数：-、付属肢の活動：+ (増加)、尾爪：-、回復状況：左記の有意に増加したものは全て回復した。 二酸化チタン：Hopping：-、拍動数：-、付属肢の活動：-、尾爪：-、回復状況：-	・ サイズ、サイズ分布：上記 ・ 結晶構造：上記 ・ 化学組成：(文中に記載) ・ 表面反応性 (Chemical Reactivity delta b)：uf-A 10.1、uf-B 1.2、uf-C 0.9 ・ 急性毒性 - 肺疾患試験：低い - 急性経口毒性試験：低い - 皮膚刺激性試験：皮膚刺激性はない - 皮膚感受性：皮膚感受性はない - 眼刺激性試験：若干の結膜の赤化 ・ 遺伝毒性試験 - 復帰突然変異試験：陰性 - 染色体異常試験：陰性 ・ 急性毒性試験群 - ニジマス：影響は小さい - ミジンコ：影響は小さい - 藻類：中程度の影響

著者1	Federici, G.	Lee, K. J.
著者2	B. J. Shaw, R. D. Handy	P. D. Nallathamby, L. M. Browning, C. J. Osgood, X. N. Xu
著者所属	University of Plymouth	Old Dominion University
著者所属国	イギリス	アメリカ
論文名 外国語	Toxicity of Titanium dioxide nanoparticles to rainbow trout (<i>Oncorhynchus mykiss</i>): Gill injury, Oxidative stress, and other physiological effects.	In vivo imaging of transport and biocompatibility of single silver nanoparticles in early development of Zebrafish embryos.
論文名 日本語	ニジマスに対する二酸化チタンナノ粒子の毒性：鰓の障害、酸化ストレス、その他の生理学的影響	ゼブラフィッシュの胚の初期発生における銀ナノ粒子の輸送および生物学的適合性の生体画像 (in vivo)
雑誌名	Aquatic Toxicology	ACSnano
巻	84	1
号		2
頁	415-430	133-143
出版年次	2007	2007
対象物質	TiO2	銀ナノ粒子
試薬の出所等	DeGussa AG, Lawrence Industries (Aeroxide P25 TiO2 type)	自ら作成 —AgClO4を還元 (還元剤: sodium citrate and sodium borohydride)
試薬の純度等	75%ルチル、25%アナターゼ 純度99%以上、最大不純物 Si:1%	
試薬の外形等	平均の直径: 21nm、比表面積50±15m ² /g	直径11.6±3.5nmの球形の粒子 (試験時の観察では最終的に5-46nm)
調整方法	ストック溶液0.5g/Lを希釈し、ニジマスを飼育	
試薬の分散方法	TiO2の10g/L溶液 (超純水) 超音波 (6時間、35kHz、毎日の投与前に30分の超音波)	
試験生物	ニジマス未成魚 (n=189) 28.1±0.4g 14尾/タンク × トリプル × 10日間 試験前1日及び試験期間中は無投餌	ゼブラフィッシュ (Danio rerio)
試験用量、期間、投与方法	・ TiO2濃度 (mg/L): 0.1, 0.5, 1.0 ・ 12時間ごとに80%換水、再投与 ・ 15.5±0.3°C, 12L/12D	
作用濃度の確認方法	TEMによる分析 分散粒子のサイズは24.1±2.8nm ストック溶液中では160nmサイズの凝集物もあったが、おおよそは分散状態であった 試験溶液は冠水直後の溶液は0.1⇒0.095±0.006mg/L、0.5⇒0.490±0.012mg/L、1.0⇒0.965±0.021mg/Lで、12時間後 (換垂直前) は0.1⇒0.089±0.006mg/L、0.5⇒0.431±0.008mg/L、1.0⇒0.853±0.014mg/Lであった。	
試験事項	・ 0.4, 14日目に2尾/タンクで、血中のヘマトクリット、ヘモグロビン量、K ⁺ 、Na ⁺ ・ 上記試料について、脳、鰓、肝臓、顔面筋肉中のTi, Zn, Cu, Mn (ICP-MS) ・ 別途0.4, 14日目に2尾/タンクで、鰓、肝臓、消化管、脳のNa ⁺ 、K ⁺ -ATPase分析 ・ 病理組織学的剖頭	・ 暗視野光学顕微鏡分光装置 (dark-field single nanoparticle optical microscopy and spectroscopy (SNOMS)) を用いて、生体内の銀ナノ粒子を直接観察・計測し、その輸送および生物適合性について把握した。
試験結果	・ 1.0g/Lで2尾、コントロールで1尾が死亡したが、いずれもTiO2の曝露によるものではなかった。 ・ 試験後半では粘液を放出するものが多かった。 ・ 1.0mg/Lの試験区では試験の後半で位置を喪失する (水中で縦になる) ものがあり、浮力調節に異常をきたしていた。が、それ以外の異常な行動はなかった。 ・ 鰓の膜の水腫及び肥厚が認められた。ヘマトクリット等の血液性状や組織のNa ⁺ 、K ⁺ 濃度では変化がなかった。 ・ 組織の金属濃度 (Na ⁺ 、K ⁺ 、Ca ²⁺ 、Mn) は変化がなかった。 ・ たた、CuとZnについては特に脳において濃度依存の傾向が見られた。 ・ Na ⁺ 、K ⁺ -ATPase活性は、鰓及び消化管では顕著に減少し、脳においては減少の傾向が認められたが、肝臓ではそのような傾向は無かった。 ・ 鰓のグルタチオン濃度は有意に増加したが、脳及び消化管ではそのような変化は無かった。 ・ 結論として、TiO2は電解質の制御、血液に対しては、この範囲の濃度及び暴露時間では影響がないとされたが、呼吸器障害が関係があり、酸化ストレスや組織の障害、グルタチオンといった抗酸化物質の誘発といった致死的ではない影響があり得る。	・ 銀ナノ粒子は胚のchorion pore canals (絨毛膜の裂孔) 通して胚に入り込む。 ・ その運動はブラウン運動のような動きで能動的なものではない。 ・ chorion pore canalsの拡散係数は大きい、胚の内部では小さくなり拡散は抑制される。 ・ 銀ナノ粒子は正常に発達した胚や死亡した胚等にすべて見られ、影響の出現は濃度依存であると思われ、その限界は0.19nMであった (20.52ng/L)。 ・ 他の粒子と異なり、銀ナノ粒子は光学的に確認できるので、生体内の影響検討等に有用である。

著者1	Asharani, P. V.	Blaser, S. A.
著者2	Y. L. Wu, Z. Gong, S. Valiyaveettil	M. Scheringer, M. MacLeod, K. Hungerbuhler
著者所属	National University of Singapore	Institute for chemical and bioengineering
著者所属国	シンガポール	スイス
論文名 外国語	Toxicity of silver nanoparticles in zebrafish models	Estimation of cumulative aquatic exposure and risk due to silver: Contribution of nano-functionalized plastics and textiles.
論文名 日本語	ゼブラフィッシュを対象とした銀ナノ粒子の毒性	水中での銀のばく露およびリスクの蓄積に関する推定：ナノの機能を持たせたプラスチックおよび繊維製品の分布
雑誌名	Nanotechnology	Science of the total environment
巻	19	390
号	255102	
頁		396-409
出版年次	2008	2008
対象物質	銀ナノ粒子	銀ナノ粒子
試薬の出所等	硝酸銀を水酸化ホウ素ナトリウム還元し、下記のようにして2種類のコートされた銀ナノ粒子を作成 ①デンプン溶液を加えてデンプンでコートした銀ナノ粒子（攪拌しながら、還元とコーティング。デンプン溶液や還元剤の残留状況は不明） ②BSE (bovine serum albumin) でコートした銀ナノ粒子（分散前に遠心分離し、還元剤とBSAは除去）	
試薬の純度等	不明	
試薬の外形等	粒子径：5-20nm （形状はTEM画像ではほぼ球形） デンプンでコートした銀ナノ粒子は褐色溶液で400nmに最大吸収があり、BSAでコーティングしたものは424nmに最大吸収があった。	
調整方法		
試薬の分散方法	①は攪拌（2時間）（還元剤、デンプン溶液の残留状況は不明） ②は超音波（分散前に銀ナノ粒子を遠心分離して還元剤やBSAを除去）	
試験生物	ゼブラフィッシュ (<i>Danio rerio</i>) の胚（シンガポール大学生物化学部門から入手）	
試験用量、期間、投与方法	・培養条件：28.5°C（最大72hr） ・銀ナノ粒子濃度：5, 10, 25, 50, 100 μg/mL ・対照：銀イオン溶液-2.5, 5, 10, 15, 20 μg/mL ・同上：デンプンおよびBSA溶液-500, 1000 μg/mL	
作用濃度の確認方法		
試験事項	・顕微鏡観察 ・TEMによる観察（X線分析 EDS を含む）（48hr、25 μg/mLのみ） ・生死判定（24, 48, 72hr） ・アクリジンオレンジ染色による（死細胞の核酸を染色） ・DAPI染色（卵内への核酸の放出を観察する） ・孵化率 ・孵化後72時間目の心拍数	・銀ナノ粒子の環境中挙動をモデル化（ヨーロッパを想定） ・インプットは抗菌プラスチックおよび繊維、およびその他の排出源 ・アウトプットは下水処理場、河川、海等の濃度 ・モデル自体は、移流等を考慮した分配係数を用いたモデル（フガシティを応用したものと推定される）
試験結果	・銀ナノ粒子の濃度の増加につれ、卵は茶色に着色し、粘膜で覆われた。 ・DAPI染色観察では卵内の液中への核酸の流出が確認された。 ・心拍数、孵化率（母数には72時間後の生卵を含む）、死亡率は銀ナノ粒子の増加とともに影響が大きくなった。 ・50%死亡率は25-50 μg/mLの間にあった。 ・また、銀ナノ粒子の濃度の増加とともに、孵化に要する時間が長くなった。 ・（図からは）心拍数および孵化率の50%影響は50-100 μg/mlの間にあった。 ・（濃度100 μg/mL実験区の孵化魚の写真から）形態以上が認められた。 ・銀イオンや他の対照区では（実験の濃度範囲では）影響は認められなかった。 ・TEMでの観察では、銀ナノ粒子は脳、心臓、卵のうおよび肺の血液に認められた。	・抗菌プラスチックおよび繊維で190t/y、その他の1470t/yの消費があり、 ・抗菌プラスチックおよび繊維の工場から50t/y、その他から270t/yが排水され、下水処理施設に207t/y、自然河川に50t/yが流入する。 ・一方、焼却施設等から大気、陸上埋め立てへの経路等のシナリオを作成。 ・シナリオの強度（3種類）によって異なるが、中度のシナリオでは下水処理場の濃度は9 μg/L、河川濃度は140ng/L等になった。 ・影響濃度としては、下水処理場については200 μg/Lが算出され、上記の予測濃度（下水の場合は9 μg/L）との比較では、影響がないものと推測された。 ・一方、河川水については影響濃度が低いため（0.1ng/L）、上記の予測濃度（河川水の場合は140ng/L）との比較では、影響ありとなる。ただし、硫化物としての存在等を考えると環境中濃度がそれほど高くないとも考えられる。

著者1	Nurmi, J. T.	Zhu, H.
著者2	P. G. Tratnyek, V. Sarathy, D. R. Baer, J. E. Amonette, K. Pecher, C. Wang, J. C. Linehan, D. W. Matson, R. L. Penn, M. D. Driessen	J. Han, J. Q. Xiao, Y. Jin
著者所属	Oregon Health and Science University	University of Delaware
著者所属国	アメリカ	アメリカ
論文名 外国語	Characterization and Properties of Metallic Iron Nanoparticles: Spectroscopy, Electrochemistry, and Kinetics.	Uptake, translocation, and accumulation of manufactured iron oxide nanoparticles by pumpkin plants.
論文名 日本語	ナノ粒子：金属鉄の（分光学的、電気的、動力学的）特徴及び性質	カボチャによる鉄ナノ粒子の取り込み、輸送、蓄積
雑誌名	Environmental science technology	J. Environmental Monitoring
巻	39	10
号	5	
頁	1221-1230	713-717
出版年次	2005	2008
対象物質	ゼロ価の金属鉄 (Fe0) (種々の還元方法で作成したもの)	鉄ナノ粒子
試薬の出所等		NanoAmor Inc.,
試薬の純度等		不明
試薬の外形等	・試験対象項目	・直径20nm（メーカー表示） ・平均直径40nmと2μmの2つの分布（Dynamic light scatteringによる計測：図からの読み取り）
調整方法		
試薬の分散方法		不明
試験生物		カボチャ（22℃、湿度60%で育成し、3rd leafが出現したもの） （その他に予備試験でマメの一種（リママメ）でも同様の試験を実施）
試験用量、期間、投与方法		・鉄ナノ粒子濃度：0.5g/L
作用濃度の確認方法		・重量測定方法で確認
試験事項	・ゼロ価のナノ鉄の土壌中での使用について、その生成方法（H2による還元、化学物質による還元）の相違について検討 ・サイズ、比表面積等 ・有機化合物の分解産物（クロロホルム）の分布状況	・培養液を用いてカボチャを育成し、鉄ナノ粒子を懸濁させた場合の、粒子の取り込み部位をVSM (Vibration sample magnetometer) で計測（予備試験で、砂および土を用いても試験を実施）
試験結果	・ナノサイズの粒子はその生成方法（H2還元、BH還元）によらず、ミクロンサイズの鉄よりも有機化合物の分解について大きな反応性を持っていた。 ・クロロホルムの分布でみた場合、H2還元鉄の方が若干良好（クロロホルムの分布範囲が小さく、量が少ない）	・カボチャの根、茎（地上部0-6cm）、葉に鉄粒子が確認された。 ・粒子の存在量は、根が最も多く、次いで茎、葉の順であった。 ・根では表面に付着していたものが多いと思われた。 ・茎では地上から23-27cmの部位のものでは確認されなかった。 ・葉では地上から22-23cmのもの、27cm以上のものでは差がなかった。 ・リママメでは根や葉等に鉄粒子の存在は確認できなかった。 ・カボチャを砂で育成したものは鉄粒子の存在量が少なく、土で育成した場合は鉄粒子の存在は確認できなかった。

著者1	Griffitt, R. J.	Yang, L.
著者2	R. Well, K. A. Hyndman, N. D. Denslow, K. Powers, D. Taylor, D. S. Barber	D. J. Watts
著者所属	University of Florida	University Heights
著者所属国	アメリカ	アメリカ
論文名 外国語	Exposure to Copper Nanoparticles causes Gill injury and acute lethality in Zebrafish (<i>Danio rerio</i>)	Particle surface characteristics may play an important role in phytotoxicity of alumina nanoparticles.
論文名 日本語	銅ナノ粒子のばく露によるゼブラフィッシュの鰓の損傷及び急性毒性	アルミナナノ粒子の植物毒性における粒子表面の特性の重要な役割
雑誌名	Environmental Science and Technology	Toxicology letters
巻	41	158
号		
頁	8178-8186	122-132
出版年次	2007	2005
対象物質	銅	アルミナ (AL2O3)
試薬の出所等	Quantum Sphere Incorp.	Degussa
試薬の純度等	不明	99.6%以上
試薬の外形等	・直径 80nm ・ストック溶液濃度: 270mg/L ・試験溶液中の粒子サイズ: 80-450nm	・平均粒径: 13nm (メーカによる) ・凝集物の直径: 201nm (測定, Coiliter N4+) ・表面積: 103m ² /g (測定, BET method)
調整方法		
試薬の分散方法	・ろ過水に懸濁 (分散方法は特に記載なし)	スターラーによる攪拌
試験生物	・ Zebrafish (<i>Danio rerio</i>) ・ 27±2°C ・ 毎日体重あたり 1% の投餌 (ペレット) ・ 14L:10D	5種類の植物 ・ トウモロコシ、キュウリ、ダイズ、キャベツ、ニンジン (全て Territorial Seed Companyから入手) (発芽率85%以上)
試験用量、期間、投与方法	・ 最初の粒子の濃度: 270mg/L ・ 溶解した銅の濃度: 0.19±0.05mg/L未満 ・ 溶解銅の影響として CuSO4溶液	・ アルミナナノ粒子: 2mg/mL (予備調査で0.02, 0.2, 2mg/mLを試験した結果 2mg/Lのみが有意な影響が見られたため) ・ Phenanthrene溶液: 2.83, 28.4, 122.81 mg/g7μメ (アセトンに溶解させ、水で希釈し、一晩放置してアセトンを飛ばす) ・ 陽性対照: 0.05M CdCl2
作用濃度の確認方法	・ 濃度はICP-OESで分析、粒子径や表面積はSEMで確認 ・ ただし、試験期間 (48hr) 中は液の交換等は実施しておらず、粒子径の増大等を述べているのみ。LC50の結果は初期添加量 ・ 粒子は添加後凝集して1μm以上のサイズになったが、50-60%の分量が懸濁していた (サイズは不明)。	
試験事項	・ 48hrEC50 ・ 病歴診断 (頭部から尾部までの切片作成による剖頭) ・ 生化学的分析 (Plasma alanine aminotransferase (ALT)、 Urea Nitrogen (BUN)、鰓のNa-K ATP ase) ・ DNA分析 ・ 鰓の損傷に関する詳細分析 ・ 鰓中の銅の濃度分析 ・ 鰓の病歴分析 (切片作成による剖頭) ・ マイクロアレイ分析 (CY3等の分析)	・ フーリエ変換赤外分光光度計によるナノ粒子表面特性の測定 ・ 発芽試験 (根の発育を測定) : - ペトリ皿に種子を1cm以上離して静置、試験前に放置 (25±1°C、暗所、24-48hr) - この皿に試験溶液、対照液等を5mL添加し、25±1°C、暗所に24hr放置 - この操作において試験 (ばく露) 前後の根の長さを測定
試験結果	・ CuSO4の48hrLC50: 0.25 mgCu/L に対し、銅ナノ粒子の48hrLC50: 1.56mg/L ・ 銅ナノ粒子の溶液中で溶解した銅の濃度は0.09mg/Lで、死亡率に対する影響は16%程度であった。 ⇒ これらの結果から、銅ナノ粒子のLC50は アメリカの基準で Moderateであることになる ・ 鰓の上皮の増大、鰓の第1, 第2フィラメントの水腫 ・ 鰓のNKA (Na+/K+ase) は 0.25mgCu/LのCuSO4溶液で88%減少: 0.25mg/L及び1.5mg/L nanoCuで29-58%。 ・ ALT (Plasma alanine aminotransferase)、BUN (Urea nitrogen) (腎臓及び肝臓の機能) は有意な影響は無かった。 ・ 鰓の損傷は溶解した銅だけでは説明できず、ナノ粒子による影響が大きいと考えられた。	・ (予備試験結果も参考にすると) アルミナナノ粒子の根の成長に対しては、0.2mg/mL以下では影響がなく、2mg/mLで影響が確認された。 ・ その影響は phenanthrene や DMSO の添加により低減された。 ・ phenanthrene は粒子の表面を覆う作用があり、DMSOは水酸化ラジカルを消費する作用があることから、上記の根の成長に対するアルミナナノ粒子の影響はその表面にの特性に左右されているものと思われる。

著者1	Gagne, F.	Holbrook, R. D.
著者2	J. Auclair, P. Turcotte, M. Fournier, C. Gagnon, S. Sauve, C. Blaise	K. E. Murphy, J. B. Morrow, K. D. Cole
著者所属	Environment Canada	National institute of standards and technology
著者所属国	カナダ	アメリカ
論文名 外国語	Ecotoxicity of CdTe quantum dots to freshwater mussels: Impacts on immune system, oxidative stress and genotoxicity	Trophic transfer of nanoparticles in a simplified invertebrate food web
論文名 日本語	CdTe量子ドットの淡水二枚貝への生態影響：免疫機構、酸化ストレス、および遺伝子毒性	単純化した無脊椎動物食物網でのナノ粒子の栄養段階に伴う移動
雑誌名	Aquatic Toxicology	Nature nanotechnology
巻	86	
号		on-line published 5/30
頁	333-340	
出版年次	2008	2008
対象物質	CdTe量子ドット	量子ドット (Carboxylated and biotinylated) (665nm 最大吸収) (楕円形) (CdSeの核、ZnSの殻)
試薬の出所等	American Dye Source	Invitrogen
試薬の純度等	不明	
試薬の外形等	・粒子の85%が100nm以上 ・15%が100nm未満 ・したがって、8mg/L Cd 中 1.2mg/Lが100nm未満ということになる。	・楕円形 ・長軸12nm、短軸6nm ・1個あたりのCd ⁺ の量：4.52×10 ⁻¹⁰ ngCd ⁺ /ドット
調整方法		
試薬の分散方法	・100ppmのストック溶液を作成し、遠心分離して (2000rpm、5分) 0.1% Na-thioglycolateで透析 (10kDa membrane dialysis pores) (pH10、4hr、20°C) ・Cd濃度にして1.6、4、8mg/Lに希釈して使用 ・対照として CdSO4溶液 (0.5mg/L)も使用	
試験生物	淡水の二枚貝： <i>Elliptio complanata</i>	大腸菌：30°Cで培養 原生動物： <i>Tetrahymena pyriformis</i> (8L:16D、室温培養) ワムシ： <i>Brachionus calyciflorus</i> (クロレラで培養、8L:16D)
試験用量、期間、投与方法		・Carboxylated量子ドット：2.58×10 ¹² 個/mL ・Biotinylated量子ドット：1.63×10 ¹² 個/mL
作用濃度の確認方法	・試験溶液中のCd濃度は分光光度計 (入射波長 400nm、放出波長535nm)で計測 ・試験に用いた量子ドットのサイズ分布は、種々のサイズのフィルターで分離した後に各溶液をICP-MSで分析	
試験事項	・ばく露後に血液を採取し、血液中の免疫機構について検査 (血球の量、食細胞の活動、血球の生死、K562細胞を用いた免疫機能) ・鰓および消化管での脂質酸化酵素活性 (lipid peroxidase)と DNAの損傷度を測定	・CLSM (共焦点レーザー走査顕微鏡)による観察 (量子ドットは赤く見える) ・原生動物による量子ドットの取り込み及び排泄の確認 (Cd+分析による体内濃度変化に基づく) ・ワムシによる量子ドットの取り込み及び排泄の確認 (Cd+分析による体内濃度変化に基づく)
試験結果	・免疫系の検査では、CdTe濃度の増加により、血球密度の増加と活性の低下が確認された。 ・食細胞の活性の低下も確認されたが濃度依存性は明確ではなかった。 ・K562細胞による免疫機能 (細胞殺傷能)は濃度依存的に増加した。 ・脂質過酸化酵素活性は鰓では濃度依存的に上昇し、逆に消化管では濃度依存的に低下した。 ・DNAの損傷は鰓ではわずかに濃度依存的に上昇した (ものの明瞭な変化は全く=図からの読み取り)、消化管ではむしろ対照区よりも少なくなった。 ・全体を通して、CdTeは淡水二枚貝の免疫系に影響を及ぼし、鰓および消化管に酸化ストレスを与えDNAに損傷を与えた (消化管のDNA損傷は明瞭ではない)。	・原生動物による量子ドットの取り込みが確認されたが、速やかに排泄され、生物濃縮は認められなかった。 ・ワムシによる量子ドットの取り込みはカルボン酸で修飾したものは明瞭に認められ、一部消化管から体腔に移行したものが観察された。 ・ワムシによる量子ドットの取り込みはビオチンでコートした量子ドットでは小さかったが、これは実験上の問題と考えられる (餌とした原生動物が成育しすぎ、量子ドットの濃度が薄まった等) ・原生動物からワムシへのBMF (栄養段階における濃縮係数)は0.29-0.62で、濃縮は認められなかった。

著者1	Handy, R. D.	Baun, A
著者2	B. J. Shaw	N. B. Hartmann, K. Grieger, K. O. Kusk
著者所属	University of Plymouth	Technical University of Denmark
著者所属国	イギリス	デンマーク
論文名 外国語	Toxic effects of nanoparticles and nanomaterials: Implications for public health, risk assessment and the public perception of nanotechnology.	Ecotoxicity of engineered nanoparticles to aquatic invertebrates: a brief review and recommendations for future toxicity testing.
論文名 日本語	ナノ粒子およびナノ材料の毒性：一般公衆への健康影響、リスク評価およびナノテクノロジーに対する理解	水生無脊椎動物に対するナノ材料の生態毒性：レビューおよび将来の毒性試験に対する勧告
雑誌名	Health, risk & society	Ecotoxicology
巻	9	17
号	2	
頁	125-144	387-395
出版年次	2007	2008
対象物質		
試薬の出所等		
試薬の純度等		
試薬の外形等		
調整方法		
試薬の分散方法		
試験生物		
試験用量、期間、投与方法		
作用濃度の確認方法		
試験事項		
試験結果	<p>(ナノ粒子の毒性に関するレビュー)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・現状でのナノ粒子のばく露に関する情報の整理（ビタミンE粒子等の食品、医療、土壌浄化等のほか、火山灰やDEPも含まれる） ・ヒト健康影響に関する試験結果の集約（約20例） ・その他は毒性に関する総説等 	<p>(ナノ材料の水生無脊椎動物に関する影響の総説)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・水生生物影響の模式図あり ・13種類の文献の抄訳あり ・特に現状で毒性を懸念するといった表現はない ・むしろ、初期にあった分散剤の影響を述べる程度 ・将来の勧告では下記の3点 <ol style="list-style-type: none"> 1) 取り敢えず現状の試験方法に基づく急性毒性試験の実施から始めるのが適当 2) 将来的には慢性毒性試験が必要（無脊椎動物ではライフサイクルが短いので世代試験は比較的容易） 3) 濃縮性に特化した検討が必要

著者1	Chrostian, P.	Conti, J. A.
著者2	F. Kammer, M. Baalpusha, T. Hofmann.	K. Killpack, G. Gerritzen, L. Huang, M. Mircheva, M. Delmas, B. H. Harthorn, R. P. Applebaum, P. A. Holden
著者所属	University of Manchester	University of California
著者所属国	イギリス	アメリカ
論文名 外国語	Nanoparticles: structure, prperties, preperation and behaviour in environmental media.	Health and safety practices in the Nanomaterials workplace: Results from an international survey.
論文名 日本語	ナノ粒子：構造、特性、調整および環境媒体中での挙動	作業環境でのナノ物質の健康および安全の状況：国際的調査の結果
雑誌名	Ecotoxicology	Environmental Science and Technology
巻	17	42
号		9
頁	326-343	3155-3162
出版年次	2008	2008
対象物質		
試薬の出所等		
試薬の純度等		
試薬の外形等		
調整方法		
試薬の分散方法		
試験生物		
試験用量、期間、投与方法		
作用濃度の確認方法		
試験事項		・世界中のナノ物質関連の工場や研究所に対する電話による聞き取り調査 (357箇所、回答件数82 (23%))
試験結果	<p>(ナノ材料の環境中挙動の総説)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・拡散に関する数式 ($Df=kT$ D:拡散係数、f:粒子に関する係数 ($=6\pi\eta a$、η:粘性定数、a:粒子の直径)、k:ボルツマン定数、T:温度) から、一定時間後の粒子間の距離は粒子の直径のルートに反比例する。(小さい粒子ほど一定時間での移動距離が大きい=拡散し易い) ・しかし、上記のことは逆に表面活性を無視しており、コロイドでは凝集と沈殿が生じる。したがって、ナノ粒子の拡散については粒子間の相互作用を考慮する必要がある。 ・粒子は帯電するのでその表面には同じ荷電の層 (Ster Layer) が生じ、そのため凝集はしにくくなる。 ・水中ではナノ粒子は若干のイオン強度の増加で凝集する。0.001MのNaClでC60の安定した溶液を凝集させた。 ・一方、フミン酸といった有機物は天然由来有機物はナノ粒子の表面をコートし、ナノ粒子の安定性を持続させる。一方、その場合でも強度のイオン強度 (CaCl2 10mM) は逆にフミン酸自体のブリッジ構造を形成させ、凝集を促進させる。 <p>(水中での挙動模式図あり)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ナノ物質を対象としたEHS関連の訓練、装備を実施しているとの回答が6-8割りあるが、モニタリングやリスク評価、廃棄時の措置の実施件数は少なかった。 ・また、多くの機関がEHS関連の情報の整備を望んでいた。

著者1	Crane, M.	Handy, R. D.
著者2	R. D. Handy, J. Garrod, R. Owen	F. Kammer, J. R. Lead, M. Hasselov, R. Owen, M. Crane
著者所属	WCA Environ Limited	University of Plymouth
著者所属国	イギリス	イギリス
論文名 外国語	Ecotoxicity test methods and environmental hazard assessment for engineered nanoparticles.	The ecotoxicology and chemistry of manufactures nanoparticles.
論文名 日本語	工業ナノ材料の環境毒性試験方法および環境有害性評価	工業ナノ粒子の毒性学および化学
雑誌名	Ecotoxicology	Ecotoxicology
巻号	17	17
頁	421-437	287-314
出版年次	2008	2008
対象物質		
試薬の出所等		
試薬の純度等		
試薬の外形等		
調整方法		
試薬の分散方法		
試験生物		
試験用量、期間、投与方法		
作用濃度の確認方法		
試験事項		
試験結果	<p>(環境毒性に関する試験方法および評価方法のレビュー)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ OECDで用いられている試験方法の一覧 ・ 4種類の分散方法(分散剤なし、溶媒使用、超音波、攪拌)についての長所と短所の比較表。 ・ 超音波や攪拌でも、表面構造の変化や活性化といった影響があると指摘されている。 	<p>(ナノ材料の化学および毒性学に関する総説)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ ナノ材料の毒性試験(げっ歯類 <i>inv vivo</i>)の事例集約(7例) ・ ナノ材料の水生生物試験事例(9例)(うち2例を使ったEC50等の整理票があるが、粒子サイズ等が不明で、分散方法の問題等が示されておらず、不十分と思われる) ・ ナノ材料の化学(表面化学、凝集に注目) ・ 環境中での測定方法の検討(方法の整理票および問題点の抽出)

著者1	Handy, R. D.	Hansen, S. F.
著者2	T. B. Henry, T. M. Scown, B. D. Johnston, C. R. Tyler.	E. S. Michelson, A. Kamper, P. Borling, F. Stuer-Lauridsen, A. Baun
著者所属	University of Plymouth	Technical University of Denmark
著者所属国	イギリス	デンマーク
論文名 外国語	Manufactured nanoparticles: their uptake and effects on fish - a mechanistic analysis.	Categorization framework to aid exposure assessment of nanomaterials in consumer products.
論文名 日本語	工業ナノ材料：その魚類への取り込み及び影響メカニズムの検討	製品中のナノ材料のばく露評価のための分類試案
雑誌名	Ecotoxicology	Ecotoxicology
巻号	17	17
頁	396-409	438-447
出版年次	2008	2008
対象物質		
試薬の出所等		
試薬の純度等		
試薬の外形等		
調整方法		
試薬の分散方法		
試験生物		
試験用量、期間、投与方法		
作用濃度の確認方法		
試験事項		
試験結果	<p>(ナノ材料の魚類に関する影響の総説)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・まず、海水あるいは硬度の高い淡水中では凝集が生じるので、このような環境では魚類は分散した状態よりも凝集したナノ材料と接触することが多いと想定される。 ・腐植酸による分散効果もあるが、それは硬度の低い淡水で生じるであろう。 ・表面処理をしたもの以外はたいていは水に不溶であり、水中で懸濁状態である。 ・鰓での物質交換を考えると、鰓表面には粘液層がある ・ナノ材料はまず粘液層でトラップされるが、その率は他の物質よりも多いと思われる。 ・さらにナノ粒子の持つ荷電の影響で、粘液に他の物質よりも強力にトラップされる。 ・新油性の高いナノ材料は膜を透過し排泄されない可能性が高いが、結論として魚類の粘液層はナノ材料に対する保護膜となる。(粘液層とな材慮野挙動モデル図が記載されている) ・しかし、損傷を受けた鰓では直接に体内に取り込まれる可能性があり、TiO₂などは鰓の損傷を起こすことが知られている。 ・等々 (概説) 	<p>(ナノ材料を用いた製品に係るばく露評価の分類と試み)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ナノ材料の製品中の状態で製品からのばく露を分類 (製品の分散状態はWVIの製品情報から類推)。同じナノ材料でも使用方法が異なれば異なる分類になっている。 －「液体中に分散」あるいは「大気中に放出」状態で使用されるものは「ばく露があると推測」に分類 －「表面に固着」は「ばく露の可能性はある」 －「固体中に分散」はばく露はないと想定 ・また、幾つかのシナリオ (「化粧品クリーム」、「日焼け止め」、「屋外で表面処理に用いるもの (車のワックス等)」、「屋外でのスプレーによる表面処理」) についてばく露評価を試行。

著者1	Hasselov M.	Navarro E.
著者2	J. W. Readman, J. F. Ranville, K. Tiede.	A. Baun, R. Behra, N. B. Hartmann, J. Filser, A. Miao, A. Quigg, P. H. Santschi, L. Sigg
著者所属	University of Gothenburg	Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology
著者所属国	スウェーデン	スイス
論文名 外国語	Nanoparticle analysis and characterization methodologies in environmental risk assessment of engineered nanoparticles.	Environmental behaviour and ecotoxicity of engineered nanoparticles to algae, plants, and fungi.
論文名 日本語	ナノ材料の環境リスク評価におけるナノ粒子の分析および特性把握手法	工業ナノ材料の環境挙動および藻類、植物、真菌類への影響
雑誌名	Ecotoxicology	Ecotoxicology
巻	17	17
号		
頁	344-361	372-386
出版年次	2008	2008
対象物質		
試薬の出所等		
試薬の純度等		
試薬の外形等		
調整方法		
試薬の分散方法		
試験生物		
試験用量、期間、投与方法		
作用濃度の確認方法		
試験事項		
試験結果	<p>(ナノ材料の測定方法に関する総説：詳細な分析手法の記載もあるが、環境試料の分析に適したものは下記のとおり)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・粒子数（ある分級されたものについて）：顕微鏡、LIBD (Laser induced breakdown detection、レーザー誘起ブレイクダウン分光法) ・量あるいは体積（ある分級されたものについて）：FFF (Field-Flow Fractionation 流動場分画法) およびSEC (多くの分析方法を付加して)、ろ過 ・Z-平均サイズ：DSL (dynamic light scattering 動的光散乱) 	<p>(ナノ材料の藻類、植物等に関する影響の総説)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ (挙動の部分は省略) ・ 緑藻の <i>Desmodesmus subspicatus</i> に対して、TiO₂の毒性はより大きなサイズのものでは影響は減少し、表面積に依存しているものとされた。 ・ 酸化アルミニウムのナノ粒子の根の成長に対する影響では、化学組成よりもそのサイズに依存しているとされ、また、ZnおよびZnOのナノ粒子はラディッシュ、セイヨウアブラナ、ホソムギの成長に影響した。 ・ 他の種々の情報から、陸生および水中の主に植物生態系への影響の推定 ・ 他にプラス影響の若干の紹介 ・ 他に試験方法についての問題点が挙げられているが、問題点のみで修正案は示されていない。

著者1	Neal A. L.
著者2	
著者所属	Centre for Soils and ecosystem function
著者所属国	イギリス
論文名 外国語	What can be inferred from bacterium-nanoparticle interactions about the potential consequences of environmental exposure to nanoparticles.
論文名 日本語	微生物-ナノ粒子への環境ばく露によって生じる微生物とナノ粒子の相互作用からどのような影響が生じるか。
雑誌名	Ecotoxicology
巻号	17
頁	362-371
出版年次	2008
対象物質	
試薬の出所等	
試薬の純度等	
試薬の外形等	
調整方法	
試薬の分散方法	
試験生物	
試験用量、期間、投与方法	
作用濃度の確認方法	
試験事項	
試験結果	<p>(ナノ材料の微生物影響に関する総説)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ ZnO, Ag, MgO, CeO₂, SWCN, キトサンのナノ材料による膜構造の損傷についての報告がある。 ・ MgO, Ag, C60Iについて、大きなサイズのものよりも小さなものでより大きな影響があったとした報告がある。 ・ C60Iにより細菌の膜の化学構成に変化が生じたという報告がある。 ・ その他、若干の報告の紹介 ・ 他に、バクテリア作用に関する推定図があるが、模式図のみ。