

対象物質	試薬の外形等	試薬の調整方法	試験生物	試験事項	試験方法等	試験用量、期間等	試験結果	備考	出典
フラーレン (C60)		・濃度：3mg/L ・0.5%メチルセルロース添加⇒滅菌⇒Tween80 (界面活性剤、最終濃度1.0%) ⇒超音波ホモジェナイザー	P53+/-マウス (9-11week)			・1×109個/匹 (3mg/匹) (溶液として1mL) をマウスの腹腔内に投与 (単回)。 ・上記の操作を、MWCNTおよびフラーレン、クロソドライトについて実施 ・腹腔内の観察	・フラーレン投与群及び対照群では腫瘍発生及び途中死亡は認められなかった。		Takagi et. al. (2008)
フラーレン (C60, C60 (OH) 24)	C60 (160±50nm)、C60 (OH) 24	純水	ラット (CD (SD) IGSBR)	BAL検査 肺滴下後の所見		0.2、0.4、1.5、3.0mg/kg、1回肺に滴下注入により投与。1日、1週間、1ヶ月、3ヶ月肺組織観察およびBAL 試験	どちらのフラーレンも曝露後1日で一過性の炎症と、細胞傷害を示したが、そのほかについては水を滴下したものと差はなかった。nano-C60を1.5、3 mg/kg 曝露したラットのBALの過酸化脂質がコントロール群に比較して曝露1日、3ヶ月で増加していた。ナノ粒子の機構によって毒性に影響する。		Sayes et. al. (2007)
フラーレン派生物 (C60HxC70Hx)	30nm	THF溶液、窒素封入、一晚スターラー、0.22μmでろ過、エバポレーター (2回)、0.22μmでろ過	ミジンコ (<i>Daphnia magna</i>)	・行動観察 (顕微鏡) ・観察内容：hopping行動 (触角による遊泳活動)、心臓の拍動数、付属肢の活動、尾爪の巻き具合、暴露後の回復状況		・17°C、12L:12D ・260ppbと2.0ppm	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。		Lovern et. al. (2007)
フラーレン (C60)	直径50-200nmで、平均直径95nm	THF法：Tetrahydrofuran、窒素封入、一晚スターラー、0.22μmでろ過、エバポレーター (2回)、0.22μmでろ過	<i>Bacillus Subtilis</i> (グラム陽性菌) のCB310	・細菌の膜の脂質組成 ・相挙動 (輸送温度)		低濃度：0.01mg/L、高濃度：0.75mg/L	・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。		Fang et. al. (2007)
フラーレン (C60)	直径50-200nmで、平均直径95nm	THF法：Tetrahydrofuran、窒素封入、一晚スターラー、0.22μmでろ過、エバポレーター (2回)、0.22μmでろ過	<i>Pseudomonas putida</i> (グラム陰性菌) のF1	・細菌の膜の脂質組成 ・相挙動 (輸送温度)		低濃度：0.01mg/L、高濃度：0.5mg/L	・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。		Fang et. al. (2007)
フラーレン (C60)		THFに溶解、一晚室温でスターラー、窒素ガスでTHFを除去、ろ過 (0.2μm)	グラム陽性菌 (<i>Bacillus subtilis</i> CB315)	増殖の有無およびCO2の発生量		作用濃度：0.04-4mg/L	0.4および4mg/Lで増殖が見られず、4mg/LでCO2発生量が低下した		Fortner et. al. (2005)
フラーレン (C60)		THFに溶解、一晚室温でスターラー、窒素ガスでTHFを除去、ろ過 (0.2μm)	グラム陰性菌 (<i>Escherichia coli</i> DH5α)	増殖の有無およびCO2の発生量		作用濃度：0.04-4mg/L	0.4および4mg/Lで増殖が見られず、4mg/LでCO2発生量が低下した		Fortner et. al. (2005)
フラーレン (C60)	水中の粒子サイズ：85nm	THFに溶解、一晚室温でスターラー、窒素ガスでTHFを除去、ろ過 (0.2μm)	大学内の土壌 (きょう雑物を除去、4mmで篩)	・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、テトリドナーゼ、ウレアゼの活性		・C60：1μg/mL/g soil ・対照としてTHFのみの前処理溶液	・細菌及び細菌群集に対してほとんど影響はない		Tong et. al. (2007)
フラーレン C60		THF溶液による分散	ミジンコ (<i>Daphnia magna</i>)	48hrEC50	ミジンコ急性遊泳阻害試験 (US EPA プロトコル (EPA(1994)))	US EPA プロトコル (EPA(1994))	0.8ppm		Zhu et. al. (2006)
フラーレン C60		水を攪拌させて分散	ミジンコ (<i>Daphnia magna</i>)	48hrEC50	ミジンコ急性遊泳阻害試験 (US EPA プロトコル (EPA(1994)))	US EPA プロトコル (EPA(1994))	35ppm以上		Zhu et. al. (2006)
フラーレン (C60)	93nm	20mgのC60をTHF200mL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	ミジンコ (<i>Daphnia magna</i>)	EC50	ミジンコ急性遊泳阻害試験 (US EPA プロトコル (EPA(1994)))	作用濃度：40, 180, 260, 350, 440, 510, 700, 880ppb	0.46ppm		Lovern & Klaper (2006)
フラーレン (C60)	93nm	20mgのC60をTHF200mL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	ミジンコ (<i>Daphnia magna</i>)	EC100	ミジンコ急性遊泳阻害試験 (US EPA プロトコル (EPA(1994)))	作用濃度：40, 180, 260, 350, 440, 510, 700, 880ppb	0.880ppm		Lovern & Klaper (2006)
フラーレン (C60)	93nm	20mgのC60をTHF200mL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	ミジンコ (<i>Daphnia magna</i>)	LOEC	ミジンコ急性遊泳阻害試験 (US EPA プロトコル (EPA(1994)))	作用濃度：40, 180, 260, 350, 440, 510, 700, 880ppb	0.260ppm		Lovern & Klaper (2006)
フラーレン (C60)	93nm	20mgのC60をTHF200mL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	ミジンコ (<i>Daphnia magna</i>)	NOEC	ミジンコ急性遊泳阻害試験 (US EPA プロトコル (EPA(1994)))	作用濃度：40, 180, 260, 350, 440, 510, 700, 880ppb	0.180ppm		Lovern & Klaper (2006)

対象物質	試薬の外形等	試薬の調整方法	試験生物	試験事項	試験方法等	試験用量、期間等	試験結果	備考	出典
フラーレン (C60)	20-100nm	水中で30分以上超音波	ミジンコ (<i>Daphnia magna</i>)	EC50	ミジンコ急性遊泳阻害試験 (US EPA プロトコル (EPA(1994)))	作用濃度: 0.2, 0.45, 0.9, 2.25, 4.5, 5.4, 7.2, 9ppm	7.9ppm		Lovern & Klaper (2006)
フラーレン (C60)	20-100nm	水中で30分以上超音波	ミジンコ (<i>Daphnia magna</i>)	EC100	ミジンコ急性遊泳阻害試験 (US EPA プロトコル (EPA(1994)))	作用濃度: 0.2, 0.45, 0.9, 2.25, 4.5, 5.4, 7.2, 9ppm	NA (9ppm以上)		Lovern & Klaper (2006)
フラーレン (C60)	20-100nm	水中で30分以上超音波	ミジンコ (<i>Daphnia magna</i>)	LOEC	ミジンコ急性遊泳阻害試験 (US EPA プロトコル (EPA(1994)))	作用濃度: 0.2, 0.45, 0.9, 2.25, 4.5, 5.4, 7.2, 9ppm	0.5ppm		Lovern & Klaper (2006)
フラーレン (C60)	20-100nm	水中で30分以上超音波	ミジンコ (<i>Daphnia magna</i>)	NOEC	ミジンコ急性遊泳阻害試験 (US EPA プロトコル (EPA(1994)))	作用濃度: 0.2, 0.45, 0.9, 2.25, 4.5, 5.4, 7.2, 9ppm	0.2ppm		Lovern & Klaper (2006)
フラーレン (C60)	直径10-200nmの凝集物	水分散法 (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、遠心分離で凝集物を除去)	ミジンコ (<i>Daphnia magna</i>)	48hrEC50	ミジンコ急性遊泳阻害試験 (US EPA プロトコル (EPA(1994)))	EPAスタンダード	35ppm以上		Oberdorster et. al. (2006)
フラーレン (C60)	直径10-200nmの凝集物	水分散法 (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、遠心分離で凝集物を除去)	ミジンコ (<i>Daphnia magna</i>)	96hrEC50	ミジンコ急性遊泳阻害試験 (US EPA プロトコル (EPA(1994)))	EPAスタンダード	35ppm以上		Oberdorster et. al. (2006)
フラーレン (C60)	直径10-200nmの凝集物	水分散法 (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、遠心分離で凝集物を除去)	ミジンコ (<i>Daphnia magna</i>)	慢性 (21日間) の遊泳阻害	ミジンコ急性遊泳阻害試験 (US EPA プロトコル (EPA(1994)))	EPAスタンダード	5ppm以上		Oberdorster et. al. (2006)
フラーレン (C60)	10-20nm	THF溶液、窒素封入、一晚スターラー、0.22μmでろ過、エバポレーター (2回)、0.22μmでろ過	ミジンコ (<i>Daphnia magna</i>)	・行動観察 (顕微鏡) ・観察内容: hopping行動 (触角による遊泳活動) 心臓の拍動数、付属肢の活動、尾爪の巻き具合、暴露後の回復状況		・17°C、12L:12D ・260ppbと2.0ppm	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。		Lovern et. al. (2007)
フラーレン (C60)	直径10-200nmの凝集物	水分散法 (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、遠心分離で凝集物を除去)	Copepods (海底匍匐製の <i>Harpacticoid</i>)	96hrLC50		作用濃度等: 96hrLC50、3.75, 7.5, 15, 22.5ppm	22.5ppm以上		Oberdorster, E. et. al. (2006)
フラーレン (C60)	直径10-200nmの凝集物	水分散法 (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、遠心分離で凝集物を除去)	ヨコエビ (<i>Hyalella</i>)	48hrEC50	ミジンコ急性遊泳阻害試験 (US EPA プロトコル (EPA(1994)))	EPAスタンダード、最大7ppm	7ppm以上		Oberdorster et. al. (2006)
フラーレン (C60)	直径10-200nmの凝集物	水分散法 (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、遠心分離で凝集物を除去)	ヨコエビ (<i>Hyalella</i>)	96hrEC50	ミジンコ急性遊泳阻害試験 (US EPA プロトコル (EPA(1994)))	EPAスタンダード、最大7ppm	7ppm以上		Oberdorster et. al. (2006)
フラーレン (C60)	直径10-200nmの凝集物	水分散法 (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、遠心分離で凝集物を除去)	メダカ	mRNAの損傷		作用濃度: 0.5ppmで96hr、投餌 (1ppmでも試験をしたが、ここでは揭示しない)	0.5ppm以上		Oberdorster et. al. (2006)
フラーレン (C60)	直径10-200nmの凝集物	水分散法 (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、遠心分離で凝集物を除去)	メダカ	mRNAの損傷		作用濃度: 0.5ppmで96hr、投餌 (1ppmでも試験をしたが、ここでは揭示しない)	0.5ppm以上		Oberdorster et. al. (2006)
フラーレン (C60)	直径10-200nmの凝集物	水分散法 (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、遠心分離で凝集物を除去)	Fatheadminnow	96hrLC50		作用濃度等: 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	0.5ppm以上		Oberdorster et. al. (2006)
フラーレン (C60)		水分散法 (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、遠心分離で凝集物を除去)	Fatheadminnow	・脳及び臍中の過酸化脂質濃度 (malonaldehyde method) ・肝臓中のCYP2酵素濃度		0.5ppm	脳の過酸化脂質濃度を上昇させ、臍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		Zhu et. al. (2006)

対象物質	試薬の外形等	試薬の調整方法	試験生物	試験事項	試験方法等	試験用量、期間等	試験結果	備考	出典
フラーレン (nC60)	不定形、平均サイズ約100nm	ベンゼンで溶解⇒THF溶液に溶解⇒200mLのアセトン(スターラーで激しく攪拌)に滴下⇒蒸留水(MilliQ Water)をゆっくりと添加⇒75°Cで加熱濃縮	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)	96hr以下のLC50(死亡率)		作用濃度: 1.5mg/L、ばく露時間: 最大96hr	nC60 1.5mg/Lは生残率を低下させた	毒性は抗酸化剤で緩和された	Zhu et. al. (2007)
フラーレン (nC60)	不定形、平均サイズ約100nm	ベンゼンで溶解⇒THF溶液に溶解⇒200mLのアセトン(スターラーで激しく攪拌)に滴下⇒蒸留水(MilliQ Water)をゆっくりと添加⇒75°Cで加熱濃縮	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)	96hr以下のEC50(孵化率)		作用濃度: 1.5mg/L、ばく露時間: 最大96hr	nC60 1.5mg/Lは孵化率を低下させた	毒性は抗酸化剤で緩和された	Zhu et. al. (2007)
フラーレン (C60)	溶液中で30-100nmの安定した凝集物	THF溶液を窒素封入、暗所で1晩スターラーで攪拌、0.22μmフィルターでろ過、[エバポレーターで濃縮⇒MilliQ水(ミルリク社)を添加]の操作を2回繰返し、さらにエバポレーターで濃縮、一晩放置、0.22μmフィルターでろ過	オオクチバス幼魚(体重5.3±2.0g)	・脳、膵、肝臓の過酸化脂質濃度 ・膵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、膵、肝臓の酸化たんぱく質濃度		0.5mg/L 48時間	・脳の過酸化脂質濃度、膵の過酸化脂質濃度及び膵の総グルタチオンで有意な差が確認された。		Oberdorster (2004)
水溶性フラーレン (C60(OH)22-24)		THF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)	グラム陰性菌 (<i>Escherichia coli</i> DH5α)	増殖の有無およびCO2の発生量		作用濃度: 5mg/L	顕著な影響は認められなかった。		Fortner et. al. (2005)
水溶性フラーレン (C60(OH)22-24)		THF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)	グラム陽性菌 (<i>Bacillus subtilis</i> CB315)	増殖の有無およびCO2の発生量		作用濃度: 5mg/L	顕著な影響は認められなかった。		Fortner et. al. (2005)
水溶性フラーレン (C60(OH)22-24)	不定形、平均サイズ約100nm	10mgを100mLの精製水(Milli-Q)に溶解(100mg/L)	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)	96hr以下のLC50(死亡率)		作用濃度: 50mg/L、ばく露時間: 最大96hr	50mg/L以上		Zhu et. al. (2007)
ポリステレン(蛍光)	39.4nmφ(写真で見える限りは球形)		シースルーメダカ (<i>Oryzias latipes</i> , ST II ストレイン)	・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)		蛍光粒子1mg/Lを3日間接触	・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、成魚のメダカでは膵及び消化管に多く分布した。 ・また、ナノ粒子は脳、精巣、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。		Kashiwada (2006)
ポリステレン(蛍光)	球形、39.4nm		シースルーメダカ (<i>Oryzias latipes</i> , ST II ストレイン)	24hrLC50		作用濃度: 1mg/L (3日間接触)	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)		Kashiwada (2006)

対象物質	試薬の外形状	試薬の調整方法	試験生物	試験事項	試験方法等	試験用量、期間等	試験結果	備考	出典
MWCNT	MWCNT (20~40nm × 220、825nm)	20mgMWCNT を400mL エタノールで1時間超音波処理	ラット(Wistar、雄、6週齢)	皮膚埋め込み後の炎症反応		in vivo 0.1mg/匹、4週間皮下埋め込み。	ラット皮下組織では、長さ220nmの方が炎症反応が弱かった。		Sato et al. (2005)
MWCNT	MWCNT (精製品、粉砕物)	Tween80を1%添加0.9%生理食塩水、超音波処理	ラット(SD、雌、200~250g)	気管内注入後の肺周辺組織の観察(肉芽腫の発生等)		MWCNTを0.5、2、5 mg、1回気管内注入投与。曝露後1時間後、28日、60日に検査をした。3日、15日目には炎症反応を測定した	MWCNTの毒性は濃度依存性を示し、炎症反応と肉芽腫形成を示した。60日後にも肺に残存し、2ヶ月後肺にコラーゲンリッチな肉芽腫腫瘍発生。	60日後にも肺に残存した	Miller et al. (2005)
MWCNT	MWCNT (平均50nm × 10μm、95%純度、表面積280m ² /g)	生理食塩水(Tween801%添加)、超音波処理	マウス(kunming マウス、雌、30g、10週齢)	肺滴下及び吸入ばく露後の沈着状況、炎症の状況		肺に滴下注入(Tween-80+生理食塩水、0.05mgMWCNT)し、8、16、24日後病理検査実施。MWCNTエアロゾルを吸入チャージャーで90分噴霧し、そこに6時間/日(80~13mg/m ³)、5日間(8日目に解剖)、10日間(16日目に解剖)、15日間(24日目に解剖)曝露し病理検査実施	MWCNTの肺胞における凝集は気管支より少ない。注入16日後までは肺胞壁にMWCNT沈着があるが炎症はない。24日目には炎症が引き起こされていた。		Li et al. (2007)
MWCNT	MWCNT (15層、平均内径5.1 ± 2.1nm、5.2 ± 1.5nm、平均外径11.3 ± 3.9nm、9.7 ± 2.1nm)	15分超音波処理、1分以下のボルテックス	スィスマウス(雄、雌、40~45g)	BAL検査 気管内注入後の肺および全身の炎症を含む症状		200~400μgをシリンジで気管内注入後、空気を50μL注入。曝露24時間後解剖、BAL試験	CNTによって引き起こされる肺の炎症は、弱く一過性だが、速やかなP-セレクチン依存的な全身性炎症が認められた。白血球の活性化により凝血原活性化を誘発し、血栓形成を促進すると考えられた。		Nemmar et al. (2007)
MWCNT (NT tang1~4の4種類) 対照：アモサイトの短繊維と長繊維、カーボンナック粒子、自動車排ガス粒子	NT tang1: 直径14.84nm、長さ1-5μm NT tang2: 直径10.4nm、長さ5-20μm NT long1: 直径84.89nm、長さ平均13μm NT long2: 直径165.02nm、長さ最大56μm 他の被検物質のサイズは不明		C57Bl/Sマウス♀ (8weeks)	腹腔内注入後の所見(横隔膜の病変等)		各50μg/匹、腹腔内注射24hrおよび7days後に下記の事項を確認 炎症の反応: 多核白血球(PMN)、総タンパク病変: 横隔膜の異物巨大細胞、病変部の面積	長いアモサイトおよびNT long1、NT long2では24hrおよび7日後に炎症を示すタンパク総量と多核白血球の増加、および横隔膜での巨大異型細胞や病変部の面積が明らかに増加した他の粒子ではほとんど変化は認められなかった。		Poland et al. (2008)
MWCNT	MWCNTの粒子密度: 3.55 × 10 ³ g/cm ³	・濃度: 3mg/L ・0.5%メチルセルロース添加⇒減菌⇒Tween80(界面活性剤、最終濃度1.0%) ⇒超音波ホモジナイザー	P53+/-マウス(9-11week)	腹腔内注入後の所見(腹腔内の病変等)		・1 × 109個/匹(3mg/匹)(溶液として1mL)をマウスの腹腔内に投与(単回)。 ・上記の操作を、MWCNTおよびフラレン、クロシドライトについて実施 ・腹腔内の観察(〜10日後)	・p53(+/-)マウス発がんモデルにおいてMWCNTの腹腔内投与により中皮腫が惹起された。 ・中皮腫の発生は、MWCNT投与群においては、全体を通じての発生率は14/16(87.5%) ・クロシドライト投与群では14/18 ・大きな線維性瘢痕/肉芽(granulation)の中に、凝集塊が包み込まれているのが認められた。また、MWCNT及びクロシドライトの分散した繊維が線維化病変部の細胞外に、又は食細胞によって貪食された像として認められた。		Takagi et al. (2008)
MWCNT、N-dopedMWCNT	MWCNT(長径50nm以下)、N-dopedMWCNT(30~50nm × 100~300μm)	PBS	マウス(CD1系(C.129S2-Cd1tm1Gru)、雄、4週齢)	単回投与(鼻腔、経口、気管、腹腔)後の所見		単回、1、2.5、5mg/kg、鼻腔、経口、気管、腹腔投与。投与後24、48、72時間、7日後に解剖	N-dopedMWCNTよりMWCNTの方が毒性が高かった。		Carrero-Sanchez et al. (2006)
MWCNT	直径30-70nm	溶媒に分散させたMWCNTを底泥に混入	オオゴギカイ(Lumbriolus variegatus)	濃縮試験(濃縮試験の中で観察)		作用濃度: 0.37mg/g乾泥、0.037mg/g乾泥(泥に混入前に超音波で分散) 底泥(有機炭素含有率0.66%) : ビート(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	試験生物の有意な死亡率の増加はなかった 濃縮率: 0.40 ± 0.1		Petersen et al. (2008)
SWCNT	SWCNT(1.4nm × 1μm)	PBS	ラット(CrI:CD(SD)IGS BR、雄、8週齢、240~255g)	BAL検査 肺に滴下注入後の所見(肉芽腫等)		0、1、5mg/kg、24時間、1週間、1ヶ月、3ヶ月肺に滴下注入曝露。BAL検査	5mg/kg曝露群は24時間以内の死亡率は~15%であった。SWCNTによって引き起こされた多発性肉芽腫にはいくつかの矛盾がある		Warheit et al. (2004)
SWCNT	SWCNT(2nm × 0.5~40μm)	生体適合性非イオン性界面活性剤(PluronicF-68(BASFCorp)とPBS)件濁。ウェットミル5分	ラット(CDF(F344)/CrIBR、雌、6週齢)	口咽頭部に吸入後の所見		2mg/kgを口咽頭に吸入	曝露後1日、21日後はBALでは明確な炎症反応はみられなかったが、21日後の肺に局所的な小さな間質性繊維性病変があった。		Mangum et al. (2006)
SWCNT	SWCNT(CNI社)	PBS、3分超音波処理	マウス(C57Bl/6、雄、2、3ヶ月齢)	単回滴下ばく露後の所見(DNAダメージ等)		10~40μg/匹、咽頭に滴下単回曝露。曝露後1、7、28、56日にDNAダメージ検査	大動脈ミトコンドリアアグルタチオン量、蛋白カルボニル化活性の変化に伴うmtDNAダメージ有り。ApoE-/-トランスジェニックマウスで、アテローム性動脈硬化症の進行を増強する。しかしマウスの脂質組成は変化しなかった。		Li et al. (2007)

対象物質	試薬の外形等	試薬の調整方法	試験生物	試験事項	試験方法等	試験用量、期間等	試験結果	備考	出典
SWCNT	SWCNT (長径1~4nm、表面積1040m ² /g)	PBS	マウス (C27BL/6、雌、7~8週齢)	咽頭経由で肺に曝露後の所見 (炎症等)		SWCNT を0~40 μg/匹 咽頭経由で肺に曝露。SWCNT は5mg/m ³ 、8時間/日、曝露後1、3、7、28、60 日目に解剖。	BAL の炎症細胞、炎症サイトカイン、蛋白質の迅速な増加により、SWCNT が急性炎症反応を起こす事を示した。SWCNT のマクロファージとの反応性の低さから、炎症は一過性と考えられた。		Shvedova et. al. (2005)
SWCNT	未精製・精製 CNT (Rice 大学)	剪断2分、超音波処理0.5分。熱処理したマウス血清に懸濁	マウス (B6C3F1、雄、2ヶ月齢)	気管内注入後の所見 (肉芽腫等)		2mg/mL (0.1mg)、10mg/mL (0.5mg) 気管内ヘカテーター挿入により注入、曝露後7日、90日に解剖	肺に用量依存性の間質性肉芽腫が認められた。CNT が肺に到達した場合カーボンブラックより有害性が強い。		Lam et. al. (2004)
SWCNT			微小コペボダ (<i>Amphiascus tenuiremis</i>)	ライフサイクルばく露試験 (28-35日間) (死亡率)	ASTM E-2317-04	作用濃度: 0, 0.58, 0.97, 1.6, 10 mg/L	最大10mg/Lまで生残率に影響はなかった	精製しなかったSWCNTではやや影響が認められた	Templeton et. al. (2006)
SWCNT			微小コペボダ (<i>Amphiascus tenuiremis</i>)	ライフサイクルばく露試験 (28-35日間) (成長)	ASTM E-2317-04	作用濃度: 0, 0.58, 0.97, 1.6, 10 mg/L	純粋化したSWCNTは影響がなかった	精製しなかったSWCNTではやや影響が認められた	Templeton et. al. (2006)
SWCNT	SWCNT	溶媒に分散させたSWCNTを底泥に混入	オヨギゴカイ (<i>Lumbriculus variegatus</i>)	濃縮試験 死亡率 (濃縮試験の中で観察)		作用濃度: 0.03mg/g乾泥、0.003mg/g乾泥 (泥に混入前に超音波で分散) 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	有意な死亡率の増加はなかった 濃縮率: 0.28±0.03		Petersen et. al. (2008)
SWCNT	1.1nmφ外径、5-30μmL	SDS (Sodium dodecyl sulphate) ⇒超音波 (2時間、35KHz)	ニジマス未成魚 (30.0±5.0g) 試験前1日及び試験期間中は無投餌	・0.4, 10日目に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		作用濃度: 0.1, 0.25, 0.5	・鰓の病理 (水腫、粘液細胞の変化・過形成) が確認された ・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)		Smith et. al. (2007)
SWCNT	1.1nmφ外径、5-30μmL	3g/L SDS (Sodium dodecyl sulphate) ⇒超音波 (2時間)	ニジマス未成魚 (30.0±5.0g) 試験前1日及び試験期間中は無投餌	・行動観察 ・0.3, 7, 9日目に鰓の活動量の測定		作用濃度 (mg/L): 0.1, 0.25, 0.5	・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		Smith et. al. (2007)
SWCNT (酸化 SWCNT=水溶性)	直径2-10nm、長さ500nm未満	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	繊毛虫 (原生動物) (<i>Tetrahymena thermophyla</i>)	・位相差顕微鏡および共焦点顕微鏡 (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)。		作用濃度: 0-17.2 μg/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 μg/mLの5段階はある)	・11.9 μg/mLで、試験直後に全ての生物が凝集、運動の消失が観察され、その後再活動個体もあるが徐々に死亡も確認され、液が暗くなってくる。 ・6.8 μg/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、運動消失の程度、死亡は1.6-11.9 μg/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 μg/mL以上で摂餌能力が確認できなかった (1.8 μg/mL以下では対照と同等の摂餌能力が確認された)		Ghafari et. al. (2008)
SWCNT (脂質でコーティングしたもの)	直径: 約1.2nm 平均分子量: 10 ⁶ Da	CNTを脂質 (Lysophosphatidylcholine) でコートした	ミジンコ (<i>Daphnia magna</i>)	96hrEC50	ミジンコ急性遊泳阻害試験 (US EPA プロトコル (EPA(1993)))	作用濃度: 0.2, 2.5, 5, 10, 20mg/L 試験方法: ミジンコに毎日餌を与え、水を毎日取り替えた試験	5mg/L以下では死亡率0%、10mg/Lで死亡率20%、20mg/Lで死亡率100%	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。	Roberts et. al. (2007)
SWCNT (脂質でコーティングしたもの)	直径: 約1.2nm 平均分子量: 10 ⁶ Da	CNTを脂質 (Lysophosphatidylcholine) でコートした	ミジンコ (<i>Daphnia magna</i>)	96hrEC50	ミジンコ急性遊泳阻害試験 (US EPA プロトコル (EPA(1993)))	作用濃度: 0.0, 1.0, 25, 0.5, 1, 2.5mg/L 試験方法: 水は毎日取り替えるが餌を与えなかった場合	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した。	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。	Roberts et. al. (2007)

対象物質	試薬の外形等	試薬の調整方法	試験生物	試験事項	試験方法等	試験用量、期間等	試験結果	備考	出典
TiO2	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	・水分散 ・PBS (phosphate buffered saline) 分散	Salmonella typhimurium strains TA98, TA100, TA1535, and TA1537 and Escherichia coli strain	変異原性	遺伝子毒性試験 (復 帰突然変異試験) (OECDテストガイド ライン471)		陰性		Warheit et. al. (2007)
TiO2	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	・水分散 ・PBS (phosphate buffered saline) 分散	Chinese hamster ovary (CHO) cells in the absence and presence of an exogenous metabolic activation system (Aroclor-induced rat liver S9).	染色体異常	遺伝子毒性試験 (染 色体異常試験) (OECDテストガイド ライン473)		陰性		Warheit et. al. (2007)
TiO2	TiO2 (29nm, 250nm)	PBS、超音波処理	マウス (BALB/cANNCr1、雌、 6~8週齢)	BAL検査 鼻腔投与後の所見		鼻腔に0日目、1日目、2日 目の3回、総投与量ナノ粒子 200µg およびオボアルブミン 30µgを投与(オボアルブミ ン、オボアルブミン+ナノ粒 子)。8日目に解剖し気管支の 炎症を観察した。曝露21日、 28日後の血清中の抗オボアル ブミンを測定。最後の鼻腔投 与後24時間後にBALを実施	小さくて、表面積の大きい粒子は、アジュバ ンド効果を示した		de Haar et. al. (2006)
TiO2	TiO2 (Los Alamos 社) 粒子サイズ 5nm、面積積210 ± 10 m ² /g	噴霧チャンバー使用	マウス (C57Bl/6、 雄、6週齢、22~ 25g)	全身ばく露後の所見 (BAL検査等)		急性毒性4時間/1回、亜急性 毒性4時間/日を10日チャン バーで全身曝露(2.5mg/Lを 25L/min曝露)。LDH、BAL検査	8.88 mg/m ³ 曝露後1~2週間でBALの肺マク ロファージ数増加。曝露後3週間で回復。そ のほかの毒性指標に影響は認められなかつ た。		Grassian et. al. (2007)
TiO2	TiO2 (80, 25 nm)	HPMC 溶液、15~20分超 音波処理	マウス (CD-1、雌雄40 匹ずつ、19±2g)	経口ばく露 (単回) 後の 全身の所見 (濃度分布を 含む)		TiO2を5g/kg 体重、1回から 経管投与。2週間観察。対 象に155nmTiO2を投与	BUN(腎臓影響有り)、血清LDH、αHBDH(心筋障 害)。肝臓の病理学(中心性静脈部の肝細胞ネ クロシス)。心臓、肺、睾丸(卵巣)、および 脾臓組織には病理学的異常なし。	肝臓に一番蓄積。脾 臓、腎臓、肺組織に 蓄積	Wang et. al. (2007)
TiO2	TiO2 (Rutile crystalphase、 19~21nm、表面 積50±15m ² /g)	生理食塩水、培養液、超 音波処理	マウス (ICR、雄、2 ヶ月齢、30g)	単回投与 (気管内投与) 後の肺の所見		0.1、0.5mg/匹。単回、マウス 気管内投与、曝露後3日、1 週間、2週間の肺検査。	肺気腫、マクロファージ浸潤、肺胞隔壁破 壊、タイプII肺胞細胞の肥厚化、上皮細胞ア ポトーシスなどが0.1mg 曝露で見られた。100 以上の遺伝子発現に変化があった。		Chen et. al. (2006)
TiO2	TiO2 (3nm, 20nm)	水、15分超音波処理	マウス (Kunming マウ ス、雄、7週齢)	BAL検査 肺注入後の所見		ナノ粒子0.4、4、40mg/kg、肺 に注入曝露、曝露後3日目に BAL試験	急性毒性は3nmのTiO2では0.4mg/kgの曝露で は現れず、4mg/kgでわずかに毒性が表れ、 40mg/kgで肺に負荷がかかった。		Li et. al. (2007)
TiO2	TiO2 (平均粒径 0.29µm)、BSA コートTiO2	論文データ引用	ラット (SD、雄、7週 齢)	気管内注入後の所見 (肺 組織)		ラットに4mgのTiO2を気管内 注入曝露し肺組織解析。	TiO2曝露群は、マクロファージ遊走阻止因子 (MIF)に関連するmRNAを増加させた。MIFは TiO2曝露後48時間で気管支上皮細胞に発現 し、肺全体で発現増加した。		Cha et. al. (2007)
TiO2	uf-A: 136.0nm, uf-B: 149.4nm, uf-C: 140.0nm	PBS、15分超音波処理	ラット、ウサギ	EC3(局所リンパ節検 定)、皮膚刺激性、目刺 激性 BAL検査	急性毒性: OECDガイ ドライン429(局所リ ンパ節検定) 急性経口毒性: OECD ガイドライン425(急 性経口毒性)	ラットにTiO2を1、5mg/kgを1 回気管内に注入し、注入後24 時間、1週間、1ヶ月、3ヶ 月にBAL検査および病理組織 検査を実施。	急性毒性(局所リンパ節検定): 低い (EC3が 算出できなかった)、皮膚刺激性: 少ない、眼 刺激性: 発赤		Warheit et. al. (2007)
TiO2	uf-A: 136.0nm, uf-B: 149.4nm, uf-C: 140.0nm	PBS、15分超音波処理	ラット、ウサギ	LD50	急性経口毒性: OECD ガイドライン425(急 性経口毒性)	用量: 175, 550, 1750, 5000 mg/kg、1回/2日、14日間	急性毒性(経口): 低い(5000mg/kg以上)		Warheit et. al. (2007)
TiO2	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	・水分散 ・PBS (phosphate buffered saline) 分散	藻類	EC50	藻類生長阻害試験 (OECDテストガイ ドライン201)		中程度の影響		Warheit et. al. (2007)
TiO2	粒子径: 25nm (主にアナター ゼ)	500mLの脱イオン水に10g のTiO2を添加し、19hr空 温で攪拌(スターラーに よる)	藻類 (<i>Desmodesmus subspicatus</i>)	EC50	藻類生長阻害試験 (ISO8692、 OECD201、DIN38412- 33)	試験方法: ISO8692、 OECD201、DIN38412-33 作用濃度: 0, 3.1, 12.5, 25, 50 mg/L	50%影響濃度は44mg/L		Hund-Rinke & Simon(2006)
TiO2	粒子径: 100nm (100%アナター ゼ)	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℃で乾燥。	藻類 (<i>Desmodesmus subspicatus</i>)	EC50	藻類生長阻害試験 (ISO 8692の改法)	試験方法: ISO8692、 OECD201、DIN38412-33 作用濃度: 0, 3.1, 12.5, 25, 50 mg/L	50mg/L以上		Hund-Rinke & Simon(2006)
TiO2	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	・水分散 ・PBS (phosphate buffered saline) 分散	ミジンコ (<i>Daphnia magna</i>)	EC50	ミジンコ急性遊泳阻 害試験 (OECDテスト ガイドライン202)		影響は小さい		Warheit et. al. (2007)

対象物質	試薬の外形等	試薬の調整方法	試験生物	試験事項	試験方法等	試験用量、期間等	試験結果	備考	出典
TiO ₂	100-500nm	水分散：水中で30分以上超音波	ミジンコ (<i>Daphnia magna</i>)	EC50	ミジンコ急性遊泳阻害試験 (US EPA プロトコル (EPA(1994)))	作用濃度：50, 200, 250, 300, 400, 500ppm	500ppm以上		Lovern & Klaper (2006)
TiO ₂	100-500nm	水分散：水中で30分以上超音波	ミジンコ (<i>Daphnia magna</i>)	EC100	ミジンコ急性遊泳阻害試験 (US EPA プロトコル (EPA(1994)))	作用濃度：50, 200, 250, 300, 400, 500ppm	500ppm以上		Lovern & Klaper (2006)
TiO ₂	100-500nm	水分散：水中で30分以上超音波	ミジンコ (<i>Daphnia magna</i>)	LOEC	ミジンコ急性遊泳阻害試験 (US EPA プロトコル (EPA(1994)))	作用濃度：50, 200, 250, 300, 400, 500ppm	500ppm以上		Lovern & Klaper (2006)
TiO ₂	100-500nm	水分散：水中で30分以上超音波	ミジンコ (<i>Daphnia magna</i>)	NOEC	ミジンコ急性遊泳阻害試験 (US EPA プロトコル (EPA(1994)))	作用濃度：50, 200, 250, 300, 400, 500ppm	500ppm以上		Lovern & Klaper (2006)
TiO ₂	粒子径：25nm (主にアナターゼ)	500mLの脱イオン水に10gのTiO ₂ を添加し、19hr室温で攪拌 (スターラーによる)	ミジンコ (<i>Daphnia magna</i>)	48hrEC50	ミジンコ急性遊泳阻害試験 (ISO6341、OECD202、DIN38412-30)	試験方法：ISO6341、OECD202、DIN38412-30 作用濃度：0, 3.1, 12.5, 25, 50 mg/L	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影響が大きくなった	図からは粒子径25nmのものが100nmのものよりも影響が大きい	Hund-Rinke & Simon (2006)
TiO ₂	粒子径：100nm (100%アナターゼ)	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℃で乾燥。	ミジンコ (<i>Daphnia magna</i>)	48hrEC50	ミジンコ急性遊泳阻害試験 (ISO6341、OECD202、DIN38412-30)	試験方法：ISO6341、OECD202、DIN38412-30 作用濃度：0, 3.1, 12.5, 25, 50 mg/L	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影響が大きくなった (図からは) 短時間の強い照明をしなかった実験では3mg/Lまでは影響は認められなかった。	図からは粒子径25nmのものが100nmのものよりも影響が大きい	Hund-Rinke & Simon (2006)
TiO ₂	10-20nm	THF溶液、窒素封入、一晚スターラー、0.22μmでろ過、エバポレーター (2回)、0.22μmでろ過	ミジンコ (<i>Daphnia magna</i>)		・行動観察 (顕微鏡) ・観察内容：hopping行動 (触角による遊泳活動)、心臓の拍動数、付属肢の活動、尾爪の巻き具合、暴露後の回復状況	・17℃、12L:12D ・260ppbと2.0ppm	Hopping：-、拍動数：-、付属肢の活動：-、尾爪：-、回復状況：-		Lovern et. al. (2007)
TiO ₂	uf-A：136.0nm、uf-B：149.4nm、uf-C：140.0nm、対照超微粒子：129.4nm、微粒子TiO ₂ ：約380nm	・水分散 ・PBS (phosphate buffered saline) 分散	ニジマス	LC50	魚類急性毒性試験 (OECDテストガイドライン203)		影響は小さい		Warheit et. al. (2007)
TiO ₂	平均の直径：21nm、比表面積 50±15m ² /g	超音波 (6時間、35kHz、毎日の投与前に30分の超音波)	ニジマス未成魚 (28.1±0.4g) 試験前1日及び試験期間中は無投餌		・0.4, 14日目に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/タナで、鰓、肝臓、消化管、脳のNa ⁺ 、K ⁺ -ATPase分析 ・病理組織学的剖頭	作用濃度：0.1、0.5、1.0	・試験後半では粘液を放出するものが多かった。 ・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。 ・ただ、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なかった。 ・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なかった。	Federici et. al. (2007)	
TiO ₂	平均の直径：21nm、比表面積 50±15m ² /g		ニジマス未成魚 (28.1±0.4g) 試験前1日及び試験期間中は無投餌	・行動観察		作用濃度 (mg/L)：0.1、0.5、1.0	・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。		Federici et. al. (2007)

対象物質	試薬の外形等	試薬の調整方法	試験生物	試験事項	試験方法等	試験用量、期間等	試験結果	備考	出典
銀ナノ粒子	Ag (平均長径低曝露量群11.93±0.22、中曝露量群12.4±0.15、高曝露量群14.77±0.11)	ドライパウダー	ラット (SD、8週齢、雄283g、雌192g)	ばく露による体重等の変化		28日間(4週間)、6時間/日で5日/週曝露。曝露量1.73×10 ⁴ 個/cm ³ 、1.27×10 ⁶ 個/cm ³ 、1.32×10 ⁸ 個/cm ³ (61μg/m ³)を噴霧チャンバーで曝露	28日曝露後、肺組織中の銀の量は、曝露量に比例していた。体重、血液生化学指標に有意差は認められなかった。		Ji et al. (2007)
銀ナノ粒子 (デンプン溶液を加えてデンプンでコートしたもの)	粒子径：5-20nm、形状はTEM画像ではほぼ球形	攪拌(2時間)のみ	ゼブラフィッシュ (<i>Danio rerio</i>)の胚	・卵の死亡率：24hrLC50、48hrLC50、72hrLC50 ・孵化率 ・顕微鏡観察 ・TEMによる観察 (X線分析 EDS を含む) (48hr、25μg/mLのみ)		作用濃度：5、10、25、50、100μg/mL	・50%死亡率は25-50μg/mLの間にあった ・(図からは)孵化率の50%影響は50-100μg/mlの間にある	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。また、DAPI染色観察では卵内の液中への拡散の流出が確認された。	Asharani et al. (2008)
銀ナノ粒子 (BSE (bovine serum albumin) でコートしたもの)	粒子径：5-20nm、形状はTEM画像ではほぼ球形	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)	ゼブラフィッシュ (<i>Danio rerio</i>)の胚	・卵の死亡率：24hrLC50、48hrLC50、72hrLC50 ・孵化率 ・顕微鏡観察 ・TEMによる観察 (X線分析 EDS を含む) (48hr、25μg/mLのみ)		作用濃度：5、10、25、50、100μg/mL	・50%死亡率は25-50μg/mLの間にあった ・(図からは)孵化率の50%影響は50-100μg/mlの間にある		Asharani et al. (2008)
銀ナノ粒子	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)		ゼブラフィッシュ (<i>Danio rerio</i>)	・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。		不明(右の記載から最低でも20.52ng/Lの用量はある)	・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。		Lee et al. (2007)
銀ナノ粒子	粒子径：5-20nm (形状はTEM画像ではほぼ球形)	攪拌(2時間)	ゼブラフィッシュ (<i>Danio rerio</i>)の胚	・顕微鏡観察 ・TEMによる観察 (X線分析 EDS を含む) (48hr、25μg/mLのみ)		作用濃度：5、10、25、50、100μg/mL	・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。 ・TEMでの観察では、銀ナノ粒子は脳、心臓、卵のおよび肺の血液に認められた。		Asharani et al. (2008)
銀ナノ粒子	粒子径：5-20nm (形状はTEM画像ではほぼ球形)	超音波	ゼブラフィッシュ (<i>Danio rerio</i>)の胚	・顕微鏡観察 ・TEMによる観察 (X線分析 EDS を含む) (48hr、25μg/mLのみ)		作用濃度：5、10、25、50、100μg/mL	・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。 ・TEMでの観察では、銀ナノ粒子は脳、心臓、卵のおよび肺の血液に認められた。		Asharani et al. (2008)
MnO	MnO、Mn3O4、Mn2O3、MnO2 混合物 (30nm、~500μg/m ³)	生理食塩水、超音波処理	ラット (Fischer344、雄、200-250g、3ヶ月齢)	鼻腔注入後の全身の体内移動		鼻腔に5-7μgを6時間/日、5日/週で12日目まで曝露し12日目に全身組織中のMn測定、11日目にジーンおよびプロテインアッセイを実施	曝露12日後、嗅球のMn量が増加していた。肺のMn量も倍増していた。線条体、前頭皮質、小脳でもMnが増加していた。11日目のBALでは肺の炎症はみられなかったが、TNFα-mRNAと蛋白が検出された。		Elder et al. (2006)
酸化亜鉛	酸化亜鉛(50~70nm)、酸化亜鉛(<1000nm)	PBS、培養液、30分超音波処理	ラット (CrI:CD (SD) IGS BR、雄、8週齢、240~255g)	BAL検査 気管内滴下後の所見		1、5mg/kg (PBS懸濁液)を気管内点滴。曝露後24時間、1週間、1ヶ月、3ヶ月にBAL検査	TNF-αはほとんど活性していないが、IL-6がZnO(ナノ)で産生した。in vivoとin vitroの結果は相関しなかった。		Sayes et al. (2007)
銅(ナノ)	Cu (25nmタイプ、平均粒径23.5nm)、ミクロン銅(17μm)、イオン(0.072nm)	1%w/vHPMC溶液、10分超音波処理、2分ポルテックス	マウス (ICR、雌雄、8週齢、20~22g、5匹ずつ)	急性経口毒性	急性経口毒性試験 (OECDテストガイドライン425)	ナノ(108~1080mg/kg投与)、ミクロ(500~5000mg/kg投与)、イオン(24~237mg/kg)	経口投与によるLD50はナノ銅：413mg/kg、銅イオン：110mg/kg、ミクロン銅：5000mg/kg以上。ナノ、ミクロンともに腎臓形態学的変化を示した。脾臓はナノで強い形態学的変化を示した。血清BUN、Cr、TBR、ALPは高用量(736mg/kg)ナノ銅群で影響が認められた		Chen et al. (2006)

対象物質	試薬の外形等	試薬の調整方法	試験生物	試験事項	試験方法等	試験用量、期間等	試験結果	備考	出典
量子ドット (CdTe)	CdTe	PBS、脱イオン水、超音波処理	ラット(SD、雄、1ヶ月齢)	行動		CdTe2mM/、1mL/kg を静脈注射し曝露後0、0.5、1、2、4 時間後測定、24時間後解剖	ラットへ投与後2 時間で自発運動が一過性に低下し、24 時間後には増加したが、その他の毒性指標に影響は見られない。		Zhang et. al. (2007)
量子ドット (CdSe)	水溶性量子ドット(コアCdSe、キャッピングCdS、poly[ethyleneglycol]被覆の量子ドット、37 nm)	0.2μmフィルター濾過	ヘアレスマウス(CrI:SKH-1(hr /hr)、雌、9週齢)	皮膚注射以降の体内移動		皮内投与4、8、12、24時間後解剖し各臓器のCd、Se 分析	皮膚注射により皮膚沈着。量子ドット(QD)は流入領域リンパ節や肝臓、その他の臓器に分布した。		Gopee et. al. (2007)
量子ドット (CdTe)	粒子の85%が100nm以上、15%が100nm未満	ストック溶液を遠心分離して(2000rpm、5分)0.1% Na-thioglycolateで透析(10kDa membrane dialysis pores)(pH10、4hr、20°C)	淡水の二枚貝: <i>Elliption complanata</i>	・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		1.6、4 and 8 mg/L	・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。 ・K542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なく=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)。		Gagne et. al. (2008)
シリカ	ナノSiO ₂ (10±5 nm、表面積640±50m ² /g)、マイクロSiO ₂ (0.5~10 μm)	生理食塩水、ボルテックS混合	ラット(Wistar、雌、7 週齢、180~200g)	気管内注入後の所見		40mg/mL (SiO ₂ 総量20mg) 気管内滴下。曝露後1ヶ月、2ヶ月で解剖	曝露1ヶ月後ナノSiO ₂ は細胞小結節Stage I、マイクロ群はStage II、II+、2ヶ月後ナノSiO ₂ はStage Iのまま、マイクロSiO ₂ 群はStage II+、IIIを示した。IL-4、TGF-β1の発現はナノSiO ₂ の方が低い。線維形成はナノSiO ₂ の方が軽度であった。		Chen et. al. (2004)
シリカ	Min-U-Sil a-quartzparticles (300nm~2μm)、Nanoscale quartzparticles I (50 nm)、nanoscale quartzparticles II (12nm)、fine quartz (300 nm)	PBS	ラット (CrI:CD (SD) IGS BR、雄、8 週齢、240~310g)	BAL検査 気管内滴下後の所見		5mg/kg、1mg/kg 気管内に滴下曝露、24 時間、1週、1ヶ月、3ヶ月のBAL検査	α-シリカの肺毒性は、粒子大きさや表面積よりも界面活性が影響している。		Warheit et. al. (2007)