

論文審査の結果の要旨

氏名 中村 中

本論文は、下記に示す 7 章からなっている。

第 1 章では、研究背景と目的、及び本論文の構成について概要が示されている。

第 2 章では、化学物質の環境リスク管理に関する経緯と現状を纏め課題を整理した上で、その打開策について述べられている。具体的な課題として、新規環境影響懸念物質の自然環境に対する影響の評価は既存技術では不可能である事を示し、特にナノマテリアルについて、次の 3 点が必要であると論じている。即ち、①水環境中に即したナノマテリアルの粒径測定技術の検討、②水中におけるナノマテリアルの様態解明、特に時間経過に伴う凝集・沈降と水質との関係性の解析、③前述の 2 項目を反映した、ナノマテリアルの様態を詳細に計測・把握した上での生物試験の実施、である。また、新規環境影響懸念物質に共通する課題として、繁殖や継世代といったより長期に亘る影響の評価手法を開発する必要性を論じている。

第 3 章では、液中におけるナノマテリアルの代表的な測定技術である動的光散乱法について、各種金属ナノ粒子を用いてアルゴリズム等の異なる 12 種類の測定手法の比較・検討を行っている。その結果、工業用材料として製造された粒径の比較的均一なナノ粒子分散系試料では、既存研究と同様に何れの測定手法でも概ね共通する測定結果が得られたのに対し、水環境中に流出し不均一化した状態を意図的に再現した多分散系試料においては、アルゴリズムや換算基準によって測定結果が大きく異なり、材料工学等の分野で主流である Cumulant 法などは誤検出が著しく、Contin 法が最も確からしいことを示している。

第 4 章では、前章で得られた知見を基に、水環境中におけるナノマテリアルの様態解明を目的として、時間経過に伴う粒子の凝集・沈降と水中に含まれる電解質やタンパク質など夾雑物とナノ粒子との関係性について検討している。その結果、ナノ粒子の様態は時間経過に伴って急速に凝集・沈降する傾向にあり、その傾向は電解質・タンパク質濃度が高いほど顕著であったことを示している。但し、何れの分散液においても 100 nm 未満のまま 120 時間以上に亘って分散状態を維持する微粒子が存在することを明らかにしている。ここから、水環境中に流入したナノマテリアルの一部は水中で微粒子のまま分散し続ける可能性を示唆している。

第 5 章では、既存の生物試験の手法に第 3・4 章の成果を組み込んで試験法を構築し、ナノ素材及び非ナノ素材の二酸化チタン微粒子が魚類に対して及ぼす影響を、短期慢性毒性試験により評価し、それを基に粒子の様々な性状・様態と魚類に対する影響とを比較・考察している。その結果、曝露濃度が同一であっても微粒子の割合や表面積が大き

いほど魚類への毒性が強くなることを明らかにしている。従って、ナノ粒子の水中での様態は既存研究では重視されて来なかったが、水生生物に対する影響においてクリティカルな要素である可能性が示唆される、と論じている。

第 6 章では、新規環境影響懸念物質に共通する課題であるより複雑な影響、例えば二次性徴・繁殖・多世代に亘る影響など、を評価する手法について検討している。ニホンメダカを用いた魚類多世代 (3 世代) 試験法を構築し、内分泌かく乱物質のエストロンを用いて試験を実施した結果、悪影響を及ぼす濃度は世代を経るに従ってより低くなる事を示している。その際、2 世代目以降の繁殖に対する最低影響濃度は、複数の環境中からのエストロン検出報告値よりも低い濃度であった。従って、ナノマテリアルや PPCPs などその他の新規環境影響懸念物質についても、短期的には毒性が低い場合でも長期的には影響が大きい可能性を考慮する事が重要であると論じている。

第 7 章では、以上を総括した上で、①ナノマテリアルの生態影響評価においては、水中での様態を詳細に測定・考慮することが肝要である、②新規環境影響懸念物質に共通して、多世代に亘る長期的な影響を明らかにする事が重要であり、その際対象物質の物理的な蓄積・影響の蓄積の両面を考慮しなければならない、③今後、既存の評価指標に加えて影響の特性を踏まえた新たなエンドポイントを検討・設定することが必要である、と結論付けている。

以上は、ナノマテリアルなど新規環境影響懸念物質の環境リスク評価研究において、新たに重要な知見を示した成果と評価できる。なお、本論文の第 3~6 章は、下記に示す各氏との共同研究であるが、論文提出者が主体となって実験及び解析・検証を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

【第 3~5 章】

東京大学	山室 真澄 教授
国立環境研究所	平野 靖四郎 博士
東京大学	鑪迫 典久 客員教授

【第 6 章】

国立環境研究所	田村 生弥 博士
国立環境研究所	高信 ひとみ 氏
東京大学	山室 真澄 教授
基礎生物学研究所	井口 泰泉 教授
東京大学	鑪迫 典久 客員教授

したがって、博士 (環境学) の学位を授与できると認める。