

審 査 の 結 果 の 要 旨

氏 名 谷 依 露

水環境において汚染物質は溶存態で存在するだけでなく、固形物に付着した状態でも存在し、その生態影響は曝露経路と無関係ではない。有機相への平衡分配係数の高い汚染物質は環境中で固形物中に存在しやすく、底質汚染を介して底生生物が摂食曝露し、食餌経路で毒性影響を及ぼすことが考えられる。過去の疎水性有機化合物（HOCs）の生物濃縮に関する研究事例では食餌が水よりも重要な経路であることを示唆している。しかしながら毒性影響という観点での曝露経路の評価事例は限られており、底質中の固相の汚染が直接的に毒性に寄与しているかどうかは十分に明らかとはなっていない。

本論文は、「Comparison of toxicological importance of exposure routes of hydrophobic organic chemicals to a benthic ostracod by semi-static test（半止水式試験による底生カイミジンコへの疎水性有機物質の曝露経路の毒性学的重要性の比較）」と題し、食餌および水の2つの経路を底質の生態毒性という観点から比較し、相対的な毒性学的重要性を示そうとするものであり、HOCsの底質基準値を策定する際に不足している観点を補完する研究である。論文は8つの章で構成され、結果に関する章は4～7章である。第1章では、論文の背景および研究目的、論文の構成を述べている。第2章では、関連する事項として、底質毒性評価手法、各種底質基準導出方法の歴史と比較、底質中HOCsの生物利用性と毒性、曝露経路ごとのHOCsの生物濃縮性、食餌中汚染物質の毒性試験手法について既往の知見が整理されている。第3章では、本論文に共通して用いられる試験生物やHOCs、毒性試験および化学分析手法がまとめられている。

まず第4章において、淡水産カイミジンコ *Heterocypris incongruens* を用いた底質毒性試験手法（ISO14371）を、固相由来の化学物質影響評価に用いるにあたり、汚染物質の曝露経路を明確化するための改善を行っている。この試験系で従来管理されていなかった炭酸カルシウム量に着目し、そのカイミジンコの成長への影響を定量的に示した上で、新たに人工参照底質として石英砂90%、カルサイト10%という組成を提案している。これは従来広く参照底質として用

いられてきた組成が明確に定義されていない自然環境由来の非汚染底質を代替するものであり、化学物質の分配挙動を把握し曝露経路を明らかにする上で極めて有用な改善提案と言える。

第5章では、固相由来の HOCs 曝露を明確にするための試験手法の開発を行っている。ISO14371 をベースとして、第4章で開発した人工底質を用い、カイミジンコへの餌の緑藻類を別途 HOCs で汚染し、それをガラス繊維ろ紙上に捕捉して毒性試験系の底質上に設置し、12 あるいは 24 時間毎に上層水の一部とともに交換するという方法を考案している。手法確立において、HOCs の藻類細胞への吸脱着動態等に基づいて、藻類種の選定や汚染条件、試験時の交換頻度の設定がなされている。この手法開発により、本論文での主目的である曝露経路の毒性学的重要性を比較することが可能となり、第6章での検討の基盤が確立された。

第6章では、5種の HOCs (4-tert-ブチルフェノール (4tBP)、4-tert-オクチルフェノール (4tOP)、2,6-ジ-tert-ブチル-4-メチルフェノール、テブコナゾール (TEB)、4-ノニルフェノール) に、第5章で確立した手法を適用した。上層水中の HOC 濃度を0あるいは藻類汚染時の吸着平衡濃度とし、それぞれの実験条件において水中濃度および食餌中濃度に基づく用量反応曲線を描き、その整合状況からカイミジンコへの主要な曝露経路を見出している。4tBP および TEB では食餌由来、4tOP では水由来が主たる毒性要因であることが実験的に示されるなど、新規性の高い結果が得られており、第5章の手法の有用性も確認されている。

第7章では、第5～6章で得られた結果をもとに HOCs の吸脱着動態の動力学解析と曝露経路の相対的な寄与率の推定を試み、logKow 値との関係など将来の化学物質管理へ向けた考察を深めるとともに今後の同様のデータの蓄積の必要性を論じている。

第8章は総括および課題、今後の展望が述べられている。

以上のように、本論文は、底質中での疎水性有機汚染物質の生態毒性とその曝露経路に着目し、毒性学的重要性を判定するための手法開発とその適用事例を示している。物質ごとの毒性に寄与する主要な曝露経路の違いを実験的に示すなど新規性のある知見を得るとともに、化学物質の毒性影響評価に利用可能な有用な手法の開発がなされている。今後本手法の適用事例が蓄積されることで、化学物質管理および水域生態系保全に資する有用な施策の立案につながる事が期待される。

本論文の成果は、今後の都市環境工学の学術の進展に大きく寄与することが期待される。よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。