

審査の結果の要旨

氏名 渡部 春奈

本研究は、「雨天時流出過程における道路塵埃の毒性評価と whole sediment TIE 手法による毒性要因推定」と題して、8つの章から論文が構成されている。

第1章では、研究の背景と目的、および論文の構成を述べている。

第2章では、我が国における日本の底質汚染の現状、底質毒性評価方法、US-EPAにより開発された Toxicity Identification Evaluation (TIE) 手法、さらには、底泥の毒性起源として着目している道路塵埃のリスク評価に関する文献の整理を行っている。

第3章では、研究対象とした都市河川底泥や道路塵埃の採取方法、カイミジンコを用いた底質毒性試験手順、毒性要因を推定する Whole sediment TIE 手法、さらには、試料の物理・化学分析の手法について記載している。

第4章では、都市河川底泥を対象として、カイミジンコを供試底生生物とした毒性試験を用いて whole sediment TIE 手法の適用性評価を行い、US-EPA のガイドラインに基づいた吸着剤添加法を適用することで毒性要因の推定を行っている。疎水性吸着剤である Ambersorb によって、12 試料中 1 試料において致死率、6 試料において成長阻害率が対照系 Baseline に対し有意に低減したため、Ambersorb で除去される疎水性の有害化学物質が成長阻害要因として推定した。さらに、吸着剤添加法の改良のために、陰イオン交換樹脂の導入、吸着剤添加量の増量、複数吸着剤の同時添加の3点について検討を実施している。そして、標準法では毒性が低減できなかった底泥に対して、Ambersorb の増量と底泥の希釈によって、毒性を低減することができること、TIE 手法における対象毒性物質群以外の pH や塩分などの因子の影響を考慮する必要性など、手法の改良やカイミジンコを用いる場合の留意点など、whole sediment TIE 手法の適用性の検討結果を整理している。

第5章では、道路塵埃と水を混合した系に直接カイミジンコを曝露させて毒性評価を行った結果をまとめている。まず、交通量の多い幹線道路や高速道路から採取した6つの塵埃試料は全て100%の致死率を示したが、交通量の少ない住宅地の道路塵埃は致死率3%と毒性を示さなかったこと、道路塵埃と試験水を混合してから、1時間後ではなく24時間後に曝露を開始した場合に、著しく致死毒性が低減する試料があったことを報告している。これらの結果は、交通量に関連して道路塵埃の毒性が支配されている可能性、雨天時流出過程を経ることで道路塵埃の状態やその毒性が変化する可能性が考えられることなど興味ある知見を提示している。

第6章では、5章の結果を受けて、雨天時流出過程において道路塵埃の毒性がどのように変化するかを調べるために、その変化に影響すると考えられる(1)道路塵埃と水の固液比、(2)道路塵埃の

粒径，(3) 道路塵埃と水が接触した後の滞留時間の 3 つの要因に着目した毒性試験を実施した結果を示している。まず，塵埃試料の基本前処理条件として固液比 1:2 から，段階的に固体濃度を低下させた場合，高い致死率を示した溶出画分も毒性を示さなくなることから，降雨によって希釈されることで毒性を示さなくなることを示した。次に，63 μm 未満の画分の方が，63 - 2000 μm 画分より毒性が高く，雨により流出しやすい微粒子の方が，粗粒子より毒性影響が大きいことも示している。また，溶出画分と湿潤化塵埃を分離する前の保持時間を 24 時間から 7 日間と増やした結果，湿潤化塵埃も致死毒性を発現することも示している。したがって，水と接触した直後は道路塵埃の毒性画分は主に溶存態として存在するものの，湿潤状態で長時間滞留される場合は，水域流出後に毒性が発現をする可能性を示すなど，非常に興味深く新規性の高い成果を得ている。そして，これらの知見を総合して，道路塵埃の毒性評価手順の試案を提案している。

第 7 章では，毒性のある湿潤化塵埃および溶出画分に対し，whole sediment TIE の吸着剤添加法の適用によって毒性要因推定を試みている。まず，吸着剤添加試験結果から，湿潤化塵埃および溶出画分とも，XAD によって除去される疎水性の有害化学物質が毒性要因であると推定している。そして，毒性を低下させた塵埃添加の XAD から疎水性物質を有機溶媒で分画回収し，毒性試験に供したところ，MeOH で溶出される画分において高い致死毒性があることを示した。したがって，MeOH に溶出するような疎水性の有機化合物が毒性要因と推定している。

第 8 章では，上記の研究成果から導かれた結論と総括，ならびに Whole sediment TIE 手法や道路塵埃の毒性評価における課題と展望が述べられている。

以上の成果は，底泥の毒性要因を推定する手法として，我が国では検討例が限られている whole sediment TIE を取り上げ，供試底生生物としてカイミジンコを用いて河川底泥と道路塵埃に対して毒性試験を精力的に実施した結果に基づくものである。特に，底質汚染起源として道路塵埃に着目して，毒性要因推定や底質毒性に与える影響を評価していること，雨天時流出過程における道路塵埃の毒性変化を想定した前処理を行うことで，毒性評価を行うことの重要性を示した点は，斬新であり貴重な成果である。本研究では，底質汚染による生態影響を評価し，汚染・浄化対策を検討することに役立つだけでなく，その汚染底泥の毒性要因推定するための whole sediment TIE の道路塵埃に対する適用性を検討するとともに，その手法の改良も提案している意欲な内容で，非常に有用なデータや知見を提供しており，都市環境工学の学術の進展に大きく寄与するものである。

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。