

氏名	しん や まさ なお 新 矢 将 尚
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学位記番号	論 工 博 第 3928 号
学位授与の日付	平 成 19 年 1 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	都 市 道 路 堆 積 物 中 の 鉛 の 発 生 起 源 と そ の 流 出 挙 動 に 関 す る 研 究

論文調査委員	(主 査) 教 授 松 井 三 郎	教 授 藤 井 滋 穂	助 教 授 清 水 芳 久
--------	----------------------	-------------	---------------

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、都市道路交通に起因する鉛汚染について、道路交通由来で排出される物質や雨天時道路排水における鉛同位体比やその物質特有の元素比に着目して、鉛の発生源およびその流出挙動を明らかにしたものであり、6章から構成されている。

第1章は序論であり、都市道路に起因するノンポイント汚染の現状および鉛を取り巻く現状について整理して本研究の位置付けを明確にするとともに、研究の目的と各章の概要について述べている。

第2章では、都市道路における雨天時流出水に含有する有害物質の量と流出挙動を把握することを目的とし、特に重金属と多環芳香族炭化水素類(PAHs)に着目して実態調査を行った結果について述べている。全ての汚濁物質は、降雨状況に関係なく流出開始直後の濃度が最大であり、重金属の主要成分は鉄およびアルミニウムであり、ニッケルを除いて懸濁態で流出していた。有害重金属では鉛の占める負荷割合が最も高く、PAHsの主要成分はフェナントレン、フルオランテンおよびピレンであった。また、負荷流出挙動から道路排水処理を行う場合には懸濁物質に着目するのが効果的であるが、流出終了時まで全量処理を行う必要があると提案している。さらに道路排水の変異原性の同定も試みており、PAHsに起因して変異原性は陽性を示したが、変異原活性の寄与が大きいと考えられたニトロ化PAHsおよび未知の溶存態PAHsの同定が、道路排水の環境影響を考える上で今後必要であると述べている。

第3章では、道路排水の懸濁成分に注目し、粒径ごとの詳細な流出挙動を把握している。全有機炭素および全窒素は負荷量の大半が、全リンは負荷量の約半分が溶存態として流出しており、また重金属およびPAHsについては、鉛など負荷量の9割以上が懸濁態のものと、亜鉛など溶存態の割合が高いものに分かれており、前者では微粒子画分(0.5~75 $\mu\text{m}$ )の負荷が大きいことを明らかにしている。いずれの成分も粗粒子画分(425 $\mu\text{m}$ ~2mm)はピークフラッシュ時に流出し、その後は負荷量の多くが溶存態で流出しているため、負荷量削減のためには、ここでも流出期間を通して適切な処理を行う必要があると提案している。さらに、汚濁負荷原単位を算出するとともに、汚濁負荷の流出に及ぼす影響因子について検討している。道路排水の累積汚濁負荷量と、累加流出高、平均流出強度、先行晴天日数、晴天時自動車通過台数との相関関係を検討した結果、懸濁態の汚濁負荷は累加流出高及び平均流出強度との相関は認められたが、先行晴天日数及び自動車通過台数との相関は認められなかった。後者の因子は全窒素とのみ相関関係が認められ、窒素負荷は自動車からの排出に起因していたことが示唆されている。

第4章では鉛に着目し、同位体比分析を適用した鉛の挙動解析について述べている。汎用のICP質量分析装置を用いて最適測定条件およびマトリックスの影響を検討し、その有効性を確認した上で、都市および郊外の道路排水に適用し、道路排水の鉛同位体比は降雨の時期や流出時間、含有する粒径区分、地点間によらず一定の範囲内にあり、道路排水中の鉛は自動車交通に起因した特定の発生源から供給されていると推定している。さらに、大気浮遊粉じんの鉛同位体比分析を行った結果、大気浮遊粉じんの鉛同位体比は道路排水のそれより広い範囲を示し、自動車排ガス測定局と一般測定局との間に差異は認められず、また黄砂の影響も同位体組成には現れなかったことから、大気粉じんが道路面に沈積しそれが流出するとい

った、道路排水への大気粉じんの寄与は小さいことを確認している。これらのことから、道路排水中の鉛は自動車走行にともないその場で放出されており、自動車材料や道路構成材に起因すると考察している。

第5章では、まず鉛同位体比分析を適用して、微粒子を中心とした道路堆積物と道路排水の関係を明らかにしている。また第4章の結果を受け、自動車材料や道路構成材の示した鉛含有量と鉛同位体比、および鉛/アンチモン比より、道路環境においては自動車走行に伴いホイールバランスウェイトのような鉛製品の摩耗により生ずる微粒子が主要な鉛発生源であり、副次的に黄色道路塗料なども寄与していることを明らかにしている。さらに、道路交通に伴う鉛負荷は自動車1台1万km走行当たり162mgの鉛が放出されていると試算しており、自動車材料からの鉛の放出の可能性について論じている。

第6章は結論であり、本論文で得られた成果を要約するとともに、今後の展望および取り組むべき課題を述べている。

## 論文審査の結果の要旨

本論文は、都市道路環境における鉛の発生源およびその流出挙動に関して、鉛同位体比や物質特有の元素比に着目して調査研究を行った成果についてまとめたものであり、得られた成果は次のとおりである。

1. 道路堆積物の微粒子区分 (<53  $\mu\text{m}$ ) の鉛同位体比が示す範囲は、道路排水のそれと一致し、採水時期や地点によらず  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  が0.8621~0.8708,  $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  が2.105~2.118とごく狭い範囲を示したので、特定の鉛発生源の存在が示唆された。そこで種々の路面構成物や自動車材料の鉛同位体組成を比較した結果、都市道路堆積物中の鉛の主要な発生源は、ホイールバランスウェイトのような鉛製自動車部品であることを明らかにした。
2. 鉛同位体比分析では異なる同位体組成をもつ試料が混合されると同位体比は中間の値をとるという欠点があるが、これを補完するために、鉛同位体比分析に元素比分析(上記の場合はPb/Sb)を組み合わせることで、より精確な鉛発生源の同定を可能にした。
3. 自動車排出粒子の鉛同位体組成の差異により、種々の路面構成物や自動車材料のうち、舗装用アスファルト、自動車タイヤ、白色道路塗料、および大気粉じん降下物は、道路堆積物中の鉛負荷へは寄与が小さいことを明らかにした。
4. 都市道路排水中の鉛の93.6%は懸濁態であり、そのうちの50.1%は粒径75  $\mu\text{m}$  以下の微粒子として流出し、また鉛負荷の流出は降雨の量と強度に依存するなど、道路排水における鉛の流出挙動を明らかにした。さらに、道路排水による鉛負荷流出削減対策の必要性を提起した。
5. 都市道路排水における鉛負荷原単位を0.245  $\text{kg ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$  と算出し、これより自動車1台1万km走行当たり162mgの鉛が放出されていると試算した。

以上本論文は、都市道路環境における鉛の発生源およびその流出挙動を解明し、学術上、実際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成18年12月26日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。