

学位論文及び審査結果の要旨

横浜国立大学

氏名	NGUYEN THI LAN BINH
学位の種類	博士（工学）
学位記番号	環情博甲第2004号
学位授与年月日	平成30年3月23日
学位授与の根拠	学位規則（昭和28年4月1日文部省令第9号）第4条第1項及び横浜国立大学学位規則第5条第1項
学府・専攻名	環境情報学府 環境リスクマネジメント専攻
学位論文題目	大気から沈着した重金属等による土壤汚染可能性の評価手法
論文審査委員	主査 横浜国立大学 准教授 亀屋 隆志 横浜国立大学 准教授 小林 剛 横浜国立大学 教授 益永 茂樹 横浜国立大学 教授 大谷 英雄 横浜国立大学 教授 中井 里史

論文及び審査結果の要旨

NGUYEN THI LAN BINH 申請の論文は、土壤汚染の原因となっており、現在も未対策で汚染の新たな発生や進行が懸念される、大気からの沈着した重金属類などによる土壤汚染の実態を明らかにするために、発生源近傍での汚染実態の実測調査およびモデル予測計算結果との比較・解析を行い、また表層に沈着した後の土壤中での挙動を予測計算した。さらに、沈着による土壤汚染可能性をスクリーニング評価するための手法を提案した。以下にその概要を示す。

第1章では、土壤汚染原因の調査および研究の必要性に関わる背景や研究目的、本論文の構成をまとめた。土壤汚染の原因には不明なものが多い。本章では、現在の土壤汚染原因の中で、原因不明となりやすく、現在も未対策で土壤汚染の新たな発生や更なる進行が懸念される汚染原因として、「大気からの沈着」に関する検討の重要性を示した。そのため、本研究では、排出源近傍の重金属等による土壤汚染の状況を調査して、土壤への年間沈着量を推算する。そして、調査実測と推算結果との比較・解析をして、大気に排出された重金属等の沈着による土壤汚染の可能性を評価・解析することとした（第2章）。また、沈着後、土壤の様々な環境条件等による重金属等の土壤浸透深さを推定して、土壤表層への留まりやすさを評価することとした（第3章）。さらに、大気への排出量の多い事業所における、土壤汚染物質の種類毎に大気排出量基準を提案・検討して、重金属の沈着による土壤汚染の可能性を評価するための考え方を整理して、評価手法を提案することとした（第4章）。

第2章では、PRTR届出排出量から鉛を大気に排出する2つの事業所について、排出源近傍（1km以内）の鉛による土壤汚染の状況を実測調査した。また、ADMERモデル（曝露・リスク評価大気拡散モデル）を用いて、大気から土壤への鉛の沈着量の年間沈着量分布を推算した。鉛土壤汚染の状況と沈着量の推算結果とを比較し、その分布がよく一致しており、推算年間沈着量が多い地点では、実測の鉛含有量が大きく、排出源から離れるほど、沈着量も土壤中含有量も小さくなる傾向が見られた。事業所から離れて漏洩等による土壤汚染原因の可能性が低い地点でも基準を超過しており、大気に排出された鉛の沈着が含有量基準を超過する原因となっていることを明らかにした。また、ADMERモデルにより、土壤への沈着に大きく影響すると考えられる要因として、鉛粒子の粒径や年間の気象変動による土壤への沈着量の違いを解析することや、土壤中の実測の結果に影響すると考えられる要因としての土壤種類、土壤pHによる違いを解析した。

第3章では、沈着後の重金属等の土壌への吸着性は、土壌種類（黒ぼく土、関東ローム、砂質土）や土壌 pH によって異なること、さらに、沿岸部の土壌のように、高塩濃度の土壌では、塩濃度が高いと吸着性が低下することを実験により明らかにした。そして吸着平衡関係を推算できるイオン交換等温式のパラメータを得た。大気からの沈着後の鉛を例として、土壌の様々な環境条件等（土壌種類、土壌 pH、土壌 EC）により、鉛が何年間で、どのくらいの深さに到達するかを予測できる計算式を提案し、表層土壌への留まりやすさを評価した。鉛の表層土壌への留まりやすさは、土壌の種類や土壌 pH に比較すると EC 変化の影響は小さいこと、pH=7~9 ではいずれの土壌でも 50 年経過しても表層土壌 1 cm に汚染が留まること、pH=5 の砂質土でも、沈着が続いている間は表層 1cm の濃度が最も高く、その浸透も 7cm までしか地下浸透しないことが分かった。これより、大気からの沈着による土壌汚染の調査では、公定法のように 50cm までの土壌を用いるのではなく、表層の土壌を採取、測定することが重要であることも明らかにした。

第4章では、2章と3章の結果から、まず、詳細に実測調査を行った「事業所 A」の調査結果を参考にして、「大気からの粒子の沈着による土壌汚染」が生じない鉛の大気排出量基準を設定するための考え方検討・提案した。基準事業所とした事業所 A では、鉛の沈着による土壌汚染を生じさせない大気排出量基準は 250 kg/年以下(50 年間で土壌汚染が基準を超過するレベルの大気への年間排出量)と求められた。また、多様な事業所、多様な物質の沈着による土壌汚染をスクリーニングするため、物質の違いについては、物質毎の毒性の違い（基準値）や地下浸透深さの違い（土壌への吸着性）を考慮して補正し、事業所の違いについては、立地する地域の気象（平均風速）の違いや、事業所の煙突高さの違い、粒径の違いを考慮した補正をすることにより、「物質別、事業所別の大気排出量スクリーニング基準」を設定する考え方を提案することができた。この基準を超過する排出状況が、現在もしくは過去にあった事業所については、土壌汚染の実態調査など、その後の対応や管理の考え方についても検討、提案した。

第5章では、本論文の総括をとりまとめるとともに、大気からの沈着による土壌汚染の未然防止のための展望をまとめた。

以上のように、本研究はこれまでほとんど調査が行われていなかった、日本の大気からの鉛等の沈着による土壌汚染の実態とその未然防止のための手法をについて検討、提案するものであり、今後の土壌汚染の新たな発生の防止、汚染の拡大の防止のための重要な知見を示すものであり、博士（工学）の学位論文として十分な内容を有すると審査委員全員が一致して認めた。

注 論文及び審査結果の要旨欄に不足が生じる場合には、同欄の様式に準じ裏面又は別紙によること。