

氏名	ばん ない おさむ 坂 内 修
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学位記番号	工 博 第 2501 号
学位授与の日付	平成 17 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	工 学 研 究 科 環 境 地 球 工 学 専 攻
学位論文題目	市街地土壤汚染によるヒト健康リスク評価のための技術的枠組みの構築

論文調査委員 (主 査)  
教授 森 澤 眞 輔 教授 内 山 巖 雄 助教授 米 田 稔

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、わが国市街地土壤の重金属等による広域汚染実態を調査・把握し、市街地土壤汚染の特性を分析すると共に、合理的な汚染モニタリング法の設計手順並びに健康リスク評価のための効果的な濃度分析法等を開発し、土壤中重金属への曝露態様に応じてヒトの健康リスクを評価する技術的枠組みについて検討した研究の成果をとりまとめたものであり、その要旨は以下の通りである。

論文は7章で構成されており、その概要は以下の通りである。

第1章は序論である。わが国における市街地土壤汚染管理の現況とその問題点を指摘し、本研究の目的を設定している。

第2章では、土壤汚染対策法の施行により新たな展開を示しつつあるわが国の市街地土壤汚染対策の現況を法的視点並びに、ヒトの健康リスクを評価・管理する視点から精査し、第1章で設定した研究目的を達成するための具体的研究課題とその内容を明らかにしている。

第3章では、日本国内の広域一般市街地の土壤汚染概況を、本州および九州の公園において広く調査している。土壤中の重金属濃度分布の現状を、新たに提案した「二層分割法」等により把握すると共に、大気経由で沈着する重金属の寄与を検討し、土壤を鉛直方向に分割採取する「二層分割法」は汚染機構の解明に有効な手法となりえることを示している。化学物質排出移動量届出 (PRTR) 制度による重金属類の大気放出データとアメダス気象データを用い、事業所等から排出される重金属の大気中濃度並びに大気経路で地表面に沈着する重金属量を推定し、事業所由来の重金属の公園土壤中重金属濃度への平均的な寄与は小さいこと等を明らかにし、一般市街地土壤中重金属の汚染源はより小さな空間スケールで調査すべきこと等を示唆している。

第4章では、土壤中重金属濃度の統計的分布並びにその地点間相関を把握し、Kriging 法や Conditional simulation 法等の地球統計学的手法を援用することにより場の不確定性を統計的に考慮し、土壤汚染調査のための試料採取地点の数および位置を最適配置する手法を提示している。同手法を模擬汚染場に適用することにより手法の特性を把握した後、提示した手法の有用性を野外調査データに照らして確認している。現場での汚染に関する事前情報が活用できない場合、曖昧な事前情報が活用できる場合等、汚染現場における特性を考慮して、それぞれのケースに応じて試料採取地点の数と位置を決定するアルゴリズムを示している。調査を多段階に区分して実施し、得られる追加情報により調査地点配置を逐次最適設計する方法とその有用性を、野外調査データに基づく数値シミュレーションにより明らかにしている。

第5章では、重金属等を含む土壤粒子を直接摂取する曝露経路に注目し、重金属濃度を測定するための前処理法として利用される抽出処理法の特性を、ヒト消化管における吸収特性を評価する Bioavailability 試験と比較することにより実験的に検討している。(1)人工胃液を用いる抽出法 (PBET 法) により抽出される土壤中重金属濃度の中央値は、大きい順にマンガン>亜鉛>鉛>銅>バナジウム>コバルト>カドミウムであること、(2)公定法である1N 塩酸抽出法では抽出量を過大評価する、すなわちヒトの健康リスクを評価する視点からは安全側の評価値を与える傾向があること等を明らかにしている。

第6章では、土壌粒子を直接摂取することによる日本人の健康リスクを評価すると共に、土壌含有量基準の設定手法を新たに提示し、法による含有量基準が未設定の重金属14種類について、基準値の設定例を示している。また、(1)本研究で設定した土壌含有量基準値は大きい順に銅>亜鉛>マンガン>コバルト>バナジウム>ニッケル=アンチモン>クロム>砒素=セレン=カドミウム=鉛>スズ>水銀であること、(2)土壌粒子の直接摂取による健康リスクは大きい順に鉛>マンガン>バナジウム>クロム>砒素>スズ>ニッケル>セレン>亜鉛>コバルト>カドミウム>アンチモン>銅であること、(3)市街地土壌汚染によるヒトの健康リスクを評価する場合に注目すべき重金属は鉛、マンガン、バナジウム等であり、カドミウム、アンチモン、銅等によるリスクは小さいこと等を明らかにしている。

第7章は終章である。本研究で得られた成果をとりまとめると共に、残された課題を整理している。

## 論文審査の結果の要旨

本論文は、わが国市街地土壌の重金属等による広域汚染実態を調査・把握し、市街地土壌汚染の特性を分析すると共に、合理的な汚染モニタリング法の設計手順、健康リスク評価のための効果的な濃度分析法を開発し、土壌中重金属への曝露態様に応じてヒトの健康リスクを評価する技術的枠組みについて検討したものであり、以下の成果を得ている。

- (1) 土壌中に含まれる重金属濃度を定量するための前処理法について検討し、経口摂取された土壌粒子中に含まれる重金属の体内吸収量を評価するために、公定法である1N塩酸による抽出処理法が有効であることを確認した。また、わが国における市街地土壌の重金属等による広域汚染実態を調査・把握した。
- (2) 地表面付近の土壌を上下両層に区分して採取する二層分割法を新たに提案し、当該地点での汚染履歴を評価するためには、法が定める標準的な試料採集法に比較して、より効果的な情報が得られることを明らかにした。
- (3) 限られた地点における調査データから土壌中重金属濃度の統計的分布特性を推定・把握し、対象場における重金属の分布範囲や総重金属量等を推定するために最適な調査地点を設計するための枠組みを構築し、その有効性を数値シミュレーションおよびフィールド調査データにより確認した。
- (4) 重金属を含む土壌粒子を経口摂取する曝露経路に注目し、市街地土壌中に存在することが確認されながら含有量基準値が設定されていない重金属について、ヒトの健康リスクを管理する視点から、暫定的な含有量基準を設定する手順と基準値とを提示した。ヒトの健康リスクを支配する市街地土壌中重金属として、鉛の他、マンガンや砒素、バナジウム等に注目すべきことを明らかにした。

以上要するに、本論文は人の健康を保護する視点から市街地土壌汚染を評価・管理するための工学的枠組みを構築し、その適用研究を介して、構築した枠組みの有用性を確認した研究の成果をとりまとめたものであって、学術上、實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みとめる。また、平成17年2月21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。