

氏 名	ふじ なが あい いちろう 藤 長 愛 一 郎
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	工 博 第 2448 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 都 市 環 境 工 学 専 攻
学 位 論 文 題 目	複数の有害物質による土壌・地下水汚染の健康リスク管理手法に関する研究

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、複数の有機塩素化合物により複合汚染された土壌・地下水汚染の現場において、現場における土地利用や人々の生活状況を考慮して、種々の曝露経路を経て人が被る健康リスクを機能障害及び発癌リスクの視点から評価すると共に、汚染現場を効果的に修復・管理するための工学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。

論文は8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。世界の主要国における土壌・地下水汚染管理の基本的考え方を比較し、健康リスク評価の既往研究とリスク評価の現状を概説すると共に問題点を整理し、本研究の目的を設定している。

第2章では、わが国でも多くの汚染事例が報告されている有機塩素化合物の中からトリクロロエチレン (TCE) とテトラクロロエチレン (PCE) の組合せを主な対象として、動物実験の報告データをもとに、複合毒性を定量的に評価する方法について検討した。

肝臓重量の変化(低減)を指標にして評価した非発がん性の複合毒性は、TCE と PCE の単独影響の加算値と同等か同等以下であることを既存研究の成果を整理することにより明らかにし、同種類の物質である TCE と PCE による人への健康リスクは加算法で評価できるとした。また、発がん影響の複合効果に関する研究事例が極めて限られているため、現時点では、非発がん性の複合毒性と同様に加算法で行うのが現実的であるとしている。

第3章では、土壌・地下水汚染の現場には由来しない、バックグラウンドの TCE や PCE による健康リスクを評価している。米国オレゴン州における大気中の38種類の揮発性有機化合物 (VOCs) を場所ごと(家、車、会社、屋外)に測定し、その場所での生活態様を考慮して健康リスクを評価した結果、バックグラウンドの寄与を無視できない場合があることを示した。

日本の大気中バックグラウンド TCE や PCE による平均の総生涯発がんリスク ($Risk_T$) は 1.1×10^{-6} のレベルにあること、非発がん性の健康リスク(障害指標: HI) は0.07のレベルにあることを明らかにしている。

第4章では、健康リスクを計算するために必要な有害物質濃度の評価モデルについて検討している。土壌・地下水中に含まれる TCE や PCE の媒体間移行を評価するモデルを曝露シナリオに沿って組み合わせ、標準的なパラメータ値を設定すると共に、汚染地下水の揚水処理並びに監視下での自然減衰(微生物分解と移流分散による希釈)により、環境媒体中濃度がどのように減衰するかを示している。

第5章は、浄化方法毎にリスク管理値を設定する手順について検討している。複数の有害物質を浄化する場合、浄化方法による各有害物質の減少特性を考慮し、健康リスクが受容可能レベル(発がん $Risk_T = 10^{-5}$, 非発がん性 $HI = 1$) 未満となるような各有害物質の濃度を算出して、リスク管理値としている。

現位置での地下水揚水処理では、例えば PCE および TCE のリスク管理値として、それぞれ 0.0072 mg/L , TCE 0.013 mg/L を例示し、処理によりリスク管理値が達成されるまでに要する時間を630日(1.7年)としている。一方、自然

減衰法では、リスク管理値はPCEが0.0024mg/L、TCEが0.035mg/L、処理日数は1,720日（4.7年）であるとしている。同じく、揚水処理と自然減衰法を組み合わせる複合処理法では、最終的なリスク管理値はPCEが0.0048mg/L、TCEが0.024mg/L、処理日数は1,040日（2.8年）であると例示している。

第6章では、汚染現場の土地用途（住宅地や工場用地など）や使用条件（井戸使用の有無や舗装の有無など）を考慮して曝露シナリオを設定し、リスク管理値を設定する方法について検討している。16種類の標準的な曝露シナリオについて検討し、日本の大気バックグラウンドの健康リスクは、非発がん影響の受入可能リスクの7.4%、発がんリスクの11%のレベルにあること、井戸水を飲料水として使用する場合のリスク管理値が最も小さくなること、住宅地と工場・商用地とを比較すると、工場・商用地として利用する場合のリスク管理値が、住宅地として利用する場合の数倍大きくなること等を示している。

第7章では、本研究で構築したリスク管理値設定枠組みを実汚染現場へ適用し、汚染を揚水処理および自然減衰処理により浄化する場合の健康リスク管理値を示す他、設定した枠組みの有用性について検討している。

第8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、複数の有機塩素化合物により複合汚染された土壌・地下水汚染の現場において、現場における土地利用や人々の生活状況を考慮して、種々の曝露経路を経て人が被る健康リスクを機能障害及び発癌リスクの視点から評価すると共に、汚染現場を効果的に修復・管理するための工学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) 有機塩素化合物の中から、トリクロロエチレン（TCE）やテトラクロロエチレン（PCE）の組合せに注目し、動物実験のデータから、同種類の有害物質の複合毒性が単独毒性の和で評価できること、この評価法による評価誤差がリスクを過大評価する側に出現することを確認した。
- (2) 平均的な日常生活において公衆の構成委員が有機塩素化合物に曝露されている実態を調査し、有機塩素化合物へのバックグラウンド曝露が無視できないケースがあることを確認し、土壌・地下水汚染の健康リスク評価に際してはバックグラウンド汚染の寄与を考慮すべきことを明らかにした。
- (3) 土壌・地下水汚染の現場において可能な曝露シナリオを列挙し、土壌・地下水中の有機塩素化合物による健康リスクを評価するモデルを構築した。併せて、環境基準に整合させて設定した健康リスク限度を超えないために、満たすべき土壌・地下水中有機塩素化合物濃度（管理目標値）を現場の特性並びに曝露シナリオ毎に設定する手順を提示すると共に、管理目標値の設定例を示した。
- (4) 土壌・地下水の実汚染現場においてリスク評価モデルを適用すると共に、管理目標値を設定する事例研究を行い、健康リスクを管理する視点から採用すべき汚染修復工法の効果を吟味すると共に、本研究で構築した枠組みの有用性を確認した。

以上要するに、本論文は数多くの市街地土壌・地下水汚染現場を抱えるわが国において、人の健康リスクを指標にして効果的に汚染を修復・管理する工学的枠組みを構築し、その実汚染現場への適用事例研究を介して、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1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。