OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	Health Impact and Economic Analysis of Soil Remediation for a Heavy Metal Polluted Mining Area in China, Under Normal and Accidental Scenarios
Author(s)	徐, 仲雨
Citation	大阪大学, 2023, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/91944
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

Form 3

Abstract of Thesis

Name (徐 仲雨)	
Title	Health Impact and Economic Analysis of Soil Remediation for a Heavy Metal Polluted Mining Area in China, Under Normal and Accidental Scenarios （平常時と事故時における中国鉱山地域の土壌重金属汚染修復と経済効果の評価）

Previous research about heavy metal pollution in China has revealed high health risk for the residents. However, traditional risk assessment indicators overlook disease severity, which lead to a less comprehensive estimation. To reduce the risk, various alternative technologies have been developed for remediation, which differs in efficiency at site scale. Information on economic feasibility is significantly required for more efficient investment. However, such information is limited in China. Additionally, studies often overlook health aspect, which is one of the most important targets of risk management. Considering the disastrous release of heavy metal, most studies focus on mechanism and consequence of the disaster, information on remediation process is even more limited.

The major purpose of this research is to provide field-scale information on economic feasibility of soil remediation. considering this purpose, the thesis is divided into 3 chapters with the following objectives respectively: (Chapter 2) Develop an estimation method for health impact assessment with proper indicator; (Chapter 3) Estimate the cost-effectiveness for different soil remediation alternatives and identification of the potentially best alternative; (Chapter 4) Estimate the health impact of soil heavy metal after disastrous release and assess the economic feasibility of soil remediation process.

In Chapter 2, Mercury (Hg) concentration in exposure media in China is collected with a literature survey. The exposure dose is based on ingestion, inhalation and dermal exposure. Disability-Adjusted Life Years (DALY) is quantified based on exposure dose and dose-response relationship. As a result, the total average DALY caused by lifetime Hg intake is 6.63×10^{-6} years for areas without specific Hg sources and 9.96×10^{-4} years for areas with specific Hg sources in China. The DALY level in China is much higher than 6.91×10^{-7} years in Japan. Ingestion exposure of methylmercury contributes over 90% of DALY in both China and Japan, indicating the priority in pollution control. This assessment proved DALY as a proper indicator for health impact quantification. This methodology is applied for the following other two sections.

In Chapter 3, we choose Jinding mining area as target site and estimated the DALY level before and after remediation. Four soil remediation alternatives are compared based on economic feasibility and health benefit and the potentially best alternative is identified. The reduction rate of DALY is over 96% for all the remediation alternatives except soil washing, indicating the remediation is effective. The net benefit is estimated as 0.70, 1.00, 1.11, and 1.14 (billion $) for soil replacement, soil washing, stabilization and phytoremediation, respectively. Considering removal efficiency and economic feasibility, phytoremediation is the potentially best alternative.

In Chapter 4, a specific agricultural land in Jinding mining area is selected. Health impact and soil remediation is discussed under a hypothetical tailing dam failure condition. The health impact under disastrous condition is estimated and compared with normal condition. A cost-benefit analysis discusses the economic feasibility of the remediation. The analysis shows that the DALY caused by the dam failure will be 41.8 times higher than normal condition. The disastrous release of heavy metal will cause a high influence. Remediation reduced 96.83% of the total DALY caused by the dam failure, indicating an effective remediation process. Cost-benefit analysis showed a negative benefit rate of -81.41%. The remediation is not economically beneficial under disastrous condition. In order to avoid the unbeneficial remediation process, the dam failure should be prevented before happening.

As for the conclusion and implication of this research, for Jinding mining area, under normal condition, the remediation is effective, and phytoremediation is identified as the potentially best alternative. Under disastrous condition, remediation is effective but not economically beneficial, indicating higher importance of disaster prevention. For the research field of soil remediation, this research provides site-scale information on economic feasibility of soil remediation. DALY is a proper indicator for health impact and is suitable for cost-benefit analysis. The methodology for health impact estimation developed in this research can be applied in future researches.

様式 7

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名	（ 徐　仲雨 ）

	（職）	氏　名
論文審査担当者	主 査　教 授	東海　明宏
	副 査　教 授	近藤　明
	副 査　准教授	井上　大介

論文審査の結果の要旨

中国の環境中の重金属汚染に関する研究が進み、汚染土壌修復技術が開発されてきたが、住民の健康リスクの客観的推定に基づいた対策の導入の必要性を明確化する指標はできていない。現場の諸条件によって対策の効率は異なり、汚染土壌の修復事業への投資効率の改善のためには、経済的便益に関する情報が必要となるが、関連する知見は中国では限定的である。事故時の重金属流出事象では、事故のメカニズムと事故の結果に限定されており、修復プロセスに関する知見はさらに限られていることから、この研究は、健康リスク管理に資する土壌修復の費用対効果に関する知見の整備方法とその適用を主たる目的としてまとめている。

第１章では、先行研究を整理し、本研究の目的を説明している。

第２章では、適切な指標による健康影響評価の推定方法を開発することを目的に、中国における曝露媒体中の水銀濃度の網羅的文献調査で特性を把握している。曝露量は、経口摂取、吸入、皮膚曝露にわけて評価している。障害調整生存年数（DALY）は、曝露量と用量反応関係に基づいて定量化しており、 その結果、生涯にわたる水銀摂取によって引き起こされる総平均DALYは、中国の特定の水銀汚染源のない地域では6.63×10^{-6}年、特定の水銀汚染源のある地域では9.96×10^{-4}年であることを見出している。中国のDALYの値のレベルは、日本の6.91×10^{-7}年より高くなっていることを明らかにしている。メチル水銀の摂取量は、中国と日本の両方でDALYの90%以上に寄与しており、曝露量軽減が優先事項であるとの知見を得ている。この評価によりDALYが健康への影響を定量化するための適切な指標であることを実証している。

第３章では、代表的な土壌修復技術の代替案の費用対効果を推定している。鉱山地区を対象サイトとして選択し、土壌修復前後のDALYを指標とした評価を行っている。経済的便益と健康上の利点に基づいて４つの土壌修復の代替案が比較され、潜在的に最良の代替案が特定している。DALYの削減率は、土壌洗浄を除くすべての代替手段で96%を超えており、土壌修復に効果があることとの知見を得ている。正味の利益は、土壌置換、土壌洗浄、安定化、および植物による修復に対して、それぞれ7.0、10.0、11.1、および11.4億ドルと推定している。除去効率と経済的実現可能性を考慮すると、植物による修復が他に比較して優位な選択肢となる可能性を示している。

第４章では、事故時の重金属流出後の土壌重金属の健康への影響を推定し、土壌修復プロセスの経済的実現可能性を評価している。鉱山鉱区のある農業用地を対象として、健康への影響と土壌修復は、鉱滓ダムの崩壊状態のシナリオを想定して解析し、事故時の重金属流出の健康への影響を推定し、通常の状況と比較している。費用対便益分析では、修復の経済的実現可能性について対策のシナリオ解析を行い、鉱滓ダムの崩壊による健康リスクの増加は、DALYを評価指標にすると、通常の状態の41.8倍になることを示している。このように、事故時の重金属流出は対象地域の環境に大きな影響を与えることを示している。汚染土壌の修復対策により、鉱滓ダムの決壊に起因する総DALYの96.83%が削減され、効果的な修復プロセスであることを示している。通常操業時での金属排出状況時では、植物を用いた修復が潜在的に他に対して優位な代替手段であるが、事故時の重金属流出状況下では、比較的長い期間を評価期間とすることで経済合理性が出てくることを示している。

以上のように、本論文は、中国の土壌汚染の実態を把握するとともに、鉱山地域を対象とした金属汚染による健康リスク対策評価に興味深い知見を提供するとともに、環境リスク管理学分野に顕著な貢献をしている。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。