HOKKAIDO UNIVERSITY

| | |
|---|---|
| Title | Sustainable management of a legacy mine considering long-term contaminant transport |
| Author(s) | Thaw Dar Wunn |
| Description | この博士論文の全文は利用可能日以降に公開されます。 |
| Degree Grantor | 北海道大学 |
| Degree Name | 博士(工学) |
| Dissertation Number | 甲第16628号 |
| Issue Date | 2025-09-25 |
| DOI | https://doi.org/10.14943/doctoral.k16628 |
| Doc URL | https://hdl.handle.net/2115/98238 |
| Type | doctoral thesis |
| File Information | Thaw_Dar_Wunn_review.pdf, 審査の要旨 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/ |

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称　博士 (工学)　　氏名　Thaw Dar Wunn

審査担当者　主　査　教　授　廣吉 直樹
副　査　教　授　エラクネス ヨガラジャ
副　査　客員教授　五十嵐 敏文　（大学院工学研究院）
副　査　准教授　Park Ilhwan

学位論文題名

Sustainable management of a legacy mine considering long-term contaminant transport
(汚染物質の長期的な移行を考慮した休廃止鉱山の持続可能な管理)

休廃止鉱山跡地から発生する酸性坑廃水 (Acid Mine Drainage: AMD) による鉱山環境と鉱山周辺の表流水や地下水などの水資源への影響は、世界的に重要な課題となっている。ベースメタルや貴金属を胚胎する鉱物には硫化物が存在し、鉱山廃止後も、AMD の発生や、亜鉛 (Zn)、銅 (Cu)、鉛 (Pb) などの汚染物質の溶出に大きく寄与している。硫化物が採掘跡地や鉱山廃棄物に含まれることで、AMD の発生源の一つとなっていることから、鉱山跡地では、適切な修復対策が必要となる。しかし、鉱山跡地の地下における水文地質条件は不明瞭であり、汚染物質の地中での移行挙動の予測は非常に難しい。そのため、AMD の発生状況、汚染物質の移行経路、それにともなう将来のリスク評価を行うことは、持続可能な休廃止鉱山の管理を行う上で重要である。この課題を解決するために、日本の東北エリアに存在する操業開始から 300 年経過した休廃止鉱山を選択し、この鉱山が周辺の表流水、地下水に及ぼす影響を評価し、鉱山跡地の管理に関して考察した。本研究で見出した学術的成果は、早急な修復が必要かどうかの判断、持続可能な鉱山跡地管理のための環境修復方法に対して、有益な知見となる。

第 1 章は、AMD の発生メカニズムおよび既往の AMD 評価・対策手法の概要を整理するとともに、本論文の目的を記述している。

第 2 章は、選択した休廃止鉱山の歴史、操業時の概要、水文地質的特徴を記述するとともに、周辺水資源への影響を評価するために採取した AMD、周辺の湧水や河川水の地球化学的特性を明らかにしている。その結果、AMD はカルシウム-硫酸イオン型やマグネシウム-硫酸イオン型の水質を呈し、鉱山下流の地下水も pH が酸性で、Zn、Cu、Pb などが高濃度で認められた。このことは、下流側地下水にも AMD の影響が及んでいることを示唆している。一方、休廃止鉱山エリア外の湧水や河川水は、中性から弱アルカリ性を呈し、カルシウム-重炭酸イオン型、カルシウム-硫酸イオン型、ナトリウム-カリウム-重炭酸イオン型などの水質を呈し、汚染物質を含有しないことから、湧水や下流河川には、AMD の影響が及んでいないことが示されている。多変量解析、主成分分析などの統計解析を用いても、坑廃水の影響を受ける地点とそうでない地点とを明確に区分できている。

第 3 章は、尾鉱ダム、集積場、旧坑道などの AMD の主要発生源の下流側の地下水および構成地層を新たなボーリング孔を掘削することにより採取し, 検討している。その結果、下流側地下水は酸性を呈し、Zn、Cu、Pb などが含まれ、地層からも Zn、Cu、Pb が溶出することが認められた。

また、発生源からの距離とともに、地下水中の汚染物質濃度が低下していること、また、地質コアの汚染物質の溶出濃度や逐次抽出試験によって求められた汚染物質濃度およびその反応性成分の含有量も低下していることから、発生源からの汚染物質の地盤中での移動および減衰傾向を示唆している。

第 4 章は、AMD 起源の汚染物質の将来のリスクを評価するために、トリチウムを指標として地下水の流速を評価している。また、地質コア中の汚染物質濃度と地下水中の汚染物質濃度との比率から各元素の分配係数を算出し、各汚染物質の移動速度を評価している。その結果、古い地下水と新しい地下水との混合現象は認められるものの地下水の流速はおおむね 16 m/y で、操業後 300 年経過して、Zn は下流側 500 m 程度、Cu や Pb は 300 m 程度下流まで移動していることがわかった。地下水流速と分配係数から、下流河川に合流するまでの時間を評価した結果、汚染物質が河川までに到達するまでには、時間的な余裕があることがわかり、その間、発生源の減衰状況を詳細に評価すること、必要に応じて汚染物質の移動を抑制するための反応性地中透過壁などの対策が有効であることを示している。

第 5 章は、本研究の成果を取りまとめるとともに、持続可能な鉱山跡地管理について言及している。

以上、これを要するに、著者は休廃止鉱山から発生する AMD による周辺環境への影響評価のフローを提案するとともに、地質コアの性状を踏まえた AMD の発生と下流域への移行を評価し、将来のリスクを定量的に評価する手法を提示した。この成果は、環境資源工学に寄与するところ大なるものがある。よって、著者は北海道大学博士 (工学) の資格があるものと認める。