



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Geochemistry, Evolution, and Mixing Estimation of Groundwater for Identifying Zones Affecting the Stability of Rock Slopes [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	EANG, Khy Eam
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第13221号
Issue Date	2018-03-22
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/69909
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Khy_Eam_EANG_review.pdf, 審査の要旨



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 Khy Eam EANG

審査担当者 主 査 教 授 五十嵐 敏文

副 査 特任教授 高橋 正宏

副 査 准教授 児玉 淳一

学位論文題名

Geochemistry, Evolution, and Mixing Estimation of Groundwater for Identifying Zones Affecting the
Stability of Rock Slopes

(岩盤斜面の安定性に影響を及ぼす地層を同定するための地下水の化学、進化、混合)

石灰石鉱山における残壁の安定性に関しては地下水が重要な影響を及ぼす。そのため、残壁の力学的安定性に及ぼす地下水位、地下水流動の影響に関しては、これまで研究がなされてきたが、地下水の化学的性状やその変化の観点から、残壁の安定性を評価した事例はほとんどない。したがって、露天掘り石灰石鉱山の残壁の安定性に及ぼす地下水の水質とその変化、混合現象の影響について検討した。さらに、地下水中のトリチウム濃度を測定することによって、地下水年代を評価し、地下水流動が残壁に及ぼす影響を考察した。以下に本論文の内容を示す。

第1章は、石灰岩の性状、地下水管理、地下水化学、残壁への地下水影響に関する一般論を紹介するとともに、本研究の目的と本論文の構成を記述した。

鉱山において地下水流動や地下水化学は、汚染物質の移行評価だけでなく残壁の安定性や掘削計画にも影響する。とくに、石灰石のように水に溶解しやすい岩石に対しては重要である。そこで、第2章は、埼玉県秩父市に位置する石灰石鉱山を対象とし、残壁の安定性に影響を及ぼす可能性のある地下水の化学的性状とその進展を評価するために地下水水質に関する定期的なモニタリングを実施した。本鉱山は、最上部の石灰岩、基盤岩となる輝色凝灰岩、その境界に位置する互層帯の3層から構成されているが、すべての地下水は地層によらず Ca-HCO_3 型の水質となった。しかし、各層で Ca^{2+} と HCO_3^- 濃度が異なり、石灰岩中の地下水で最も高く、基盤岩中の地下水で最も低く、互層帯中の地下水はその間の値をとった。このことは、互層帯中の地下水は、石灰岩中の地下水と基盤岩中の地下水との混合水であると考えられる。また、降雨時の地下水水質の変化は石灰岩層と互層帯中で顕著であることも確認されたことから、互層帯中の地下水が残壁の安定性に影響を及ぼすことが示唆された。

石灰石鉱山における水文過程や残壁の安定性を評価するためには、水-岩石相互作用および地下水の混合現象の理解は重要である。第3章では、本鉱山における水-岩石相互作用を PHREEQC を用いて評価するとともに、階層クラスター分析、主成分分析によって地下水の分類と混合過程を評価した。その結果、地下水はおもに石灰岩の溶解によって形成され、石灰岩中の地下水、互層帯中の地下水、基盤岩中の地下水に3分類され、互層帯中の地下水は石灰岩中の地下水と基盤岩中の地下水との混合によって形成されることが明らかにされた。また、互層帯中の地下水は、採水地点 L-7、L-11、S-3、S-4 の地下水に相当することがわかった。

第4章では、地下水の混合率を評価するとともに、トリチウム分析による地下水年代によって地

地下水水質結果から得られた混合率を検証した。石灰岩中の地下水の平均水質と基盤岩中の地下水の平均水質を計算し、それらに基づき、互層帯中の地下水の混合率を定量化した。その結果、基盤岩中の地下水の混合率は 0.36 ~ 0.75 となり、降雨時の混合率は 0.7 ~ 0.39 まで低下することが明らかにされた。トリチウム分析では、石灰岩中の地下水の年代は 11 ~ 14 年、互層帯中の地下水は 15 年、基盤岩中の地下水は 17 年以上となり、地下水水質結果から得られた結果と整合した。以上の結果から、透水係数の低い基盤岩の上部に位置する互層帯の地下水が、残壁の安定性に大きく影響を及ぼすことが明らかになった。

第 5 章では、本研究の結果と今後の課題を記述した。とくに、地下水の水質・同位体分析が、地下水中的水みちの同定や混合率の評価に有効であることを明らかにした。今後、残壁の安定性に関する変位計測のほか、より多くのトリチウム分析により、定量的な地下水年代の評価が重要であることを指摘した。

以上、これを要するに、著者は石灰石鉱山の残壁の安定性評価のために、地下水の水質・同位体調査が、地下水の分類や混合率の評価に対して有効であり、さらに残壁の安定性に影響を及ぼす地下水を同定することが可能であることを示した。これは、資源工学、環境地盤工学に対して貢献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)の学位を授与される資格あるものと認める。