

学 位 論 文 題 名

Mineralogy and Geotechnical Properties
of Argillaceous Clastic Rocks

(粘土質碎屑岩の鉱物学と地質工学的特性)

学位論文内容の要旨

近年、地殻を対象とした地質工学をグローバルな視点から見ると、土木建設や鉱山開発をはじめ防災・安全確保や環境保全など社会の幅広い基盤的事業分野の中で、その重要性がますます増大している。地殻表層の風化によって引き起こされる岩盤・岩石の工学的性状変化と斜面や地下空洞の安定性また堰堤や構造物基礎の耐久性に関する問題もその一つである。すなわち、地表の多様な風化環境下にある岩盤・岩石の膨張、スレーキング、破碎、崩壊といった挙動に対して、その構成物やそれを取りまく自然環境について十分な理解を持ち、地質工学的現象の予測・制御を行っていくことが広く求められている。

従来から岩石の重要な工学的基準特性として利用されてきた比重、密度、硬度、空隙率、透水率、力学強度など物理的性質は、風化環境下における岩盤・岩石の物理的挙動と密接な関連がある。さらに、それら工学的特性に加えて、岩石の鉱物組成や組織（構成鉱物・空隙の大きさ、形、集合状態）などの鉱物学的特性は、風化により大きな物理的・化学的変化を示すものであり、風化環境下の岩盤・岩石の工学的挙動に強い影響を持つ。したがって、地殻表層の岩盤・岩石の鉱物学的特性と工学的特性を評価すれば、地質工学的挙動の動態・要因の把握やメカニズムの解明さらに実際面の対策に結びつく有用な指標を得ることができる。

本研究では、地質工学上軟岩に区分される粘土質碎屑岩を研究対象にとりあげ、それら岩石の鉱物学的特性また地質工学的特性と工学的挙動の関連性を究明することを目的に、いくつかの粘土質碎屑岩の鉱物組成・組織や物理的性質そしてスレーキング特性を明らかにしている。とくに碎屑岩の耐久性と鉱物学的特性の関係について詳細な解明を行っている。

本論文は、上述の研究目的に応じて進めてきた岩石の鉱物学および地質工学的解析の結果をまとめたもので、下記の6章で構成されている。

第1章では、まず本研究の背景と目的を述べるとともに、岩石の工学的特性に対する風化作用の影響に関して既往の研究を概観している。さらに、本研究で対象とした碎屑性堆積岩および火山碎屑岩の岩石性状の特徴をまとめ、これら岩石・岩盤の地質工学的問題の事例を示している。そして、粘土質碎屑岩の鉱物学的特性と地質工学的特性を研究することの実際面における意義について述べている。

第2章では、Lam Ta Khong 地下発電所開発プロジェクト（タイ国）を事例に、粘土質砕屑岩を対象としたトンネル掘削の実際と地質工学的問題を明らかにしている。そして、地下岩盤掘削時の岩石のバースティング、スレーキング、膨張さらに崩落やオーバーブレイク、また、それらと岩石の風化状態や節理の分布状態など地質条件との関係について述べるとともに、粘土質砕屑岩に対する最適な岩盤支保工法の決定に関して、岩石の鉱物学的特性や風化の影響を考慮した岩盤分類法の開発と適用が必要であることを指摘している。

第3章では、北海道積丹半島、秋田および島根のグリーンタフ地域から採取された砕屑岩（それぞれ火山砕屑岩、泥岩、凝灰質砂岩）の鉱物組成・組織を明らかにしている。そして多数の試料について変質鉱物のキャラクタリゼーションを行い、積丹半島産火山砕屑岩は主に砕屑粒子の粒間を埋める産状のFeモンモリロナイト-ノントロナイトにより特徴づけられること、一方、島根産凝灰質砂岩は主に砕屑粒子の粒間を埋める沸石と砕屑粒子（安山岩）内の火山ガラスを交代する産状のFeサポナイトによって特徴づけられることを示し、Feスメクタイトを含む二つの砕屑岩の鉱物学的特性に差異があることを指摘している。また、生成時期がやや異なった二つの秋田産泥岩の粘土鉱物組成に大きな違いがあることを明らかにしている。

第4章では、粘土質砕屑岩の物理的性質とスレーキング特性を明らかにしている。そして、砂質砕屑岩について、風化度の増加にたいし比重と耐スレーキング指数が減少し、空隙率が増加する明瞭な傾向があることを示すとともに、そのスレーキング特性は砕屑岩試料のタイプ・性状により大きな差異があることを明らかにしている。一方、泥質砕屑岩について、空隙率と耐スレーキング指数の間に直線的な負の相関性があることを示している。さらに、NaCl およびCaCl₂水溶液を用いた実験結果から、粘土質砕屑岩に対する電解質溶液のスレーキング抑制効果を明らかにしている。

第5章では、砕屑岩中の変質鉱物の鉱物学的特性とスレーキング特性が密接な関連性を持つことを述べ、その地質学的な背景や地質工学的な実際面での影響について考察している。とくに砂質岩について、膨張性粘土鉱物であるスメクタイトのミクロな分布状態がスレーキング特性の支配要因となっていることを解明している。その実際例として積丹半島の砕屑岩急崖斜面をとりあげ、岩盤崩壊との関連性について考察している。さらに、砕屑岩に含まれる変質鉱物の地質学的生成プロセスが、岩石の工学的特性や地質工学的挙動と関連性を持つことを述べている。そして最後に、岩盤・岩石の鉱物学的特性とスレーキング特性の評価が地質工学の実際面にとって重要であることを指摘し、それらの要素を加えた粘土質砕屑岩の岩盤分類法を提案している。

第6章は本論文の結論で、本研究によって得られた主な知見と成果がまとめられている。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 米 田 哲 朗
副 査 教 授 樋 口 澄 志
副 査 教 授 石 島 洋 二
副 査 教 授 金 子 勝 比 古

学 位 論 文 題 名

Mineralogy and Geotechnical Properties of Argillaceous Clastic Rocks

(粘土質碎屑岩の鉱物学と地質工学的特性)

近年、地殻表層の開発・保全に関わる幅広い事業分野の中で、岩盤・岩石の地質工学的挙動の予測・制御に関する研究が広く行われている。岩盤・岩石の膨張、スレーキング、破碎、崩壊といった挙動に対して、岩石の物理的特性を重視する見地から研究されることが多いが、岩石の構成物はじめその環境条件の研究など多面的な研究の展開が必要視されている。とくに、風化環境下にある表層の岩盤・岩石に対し、工学的特性として利用されてきた物理的性質に加えて鉱物組成や組織などの鉱物学的特性をとりあげ地質工学的挙動との関連性を解明することは、その動態・要因の把握やメカニズムの解明さらに実際面の対策に結びつく分野として新しい発展が期待される。

本論文は、地質工学上軟岩に区分される粘土質碎屑岩の鉱物学的特性また工学的特性と地質工学的挙動の関連性を究明することを目的に、いくつかの粘土質碎屑岩の鉱物組成・組織や物理的性質そしてスレーキング特性を明らかにしている。とくに碎屑岩の耐久性と鉱物学的特性の関係について詳細な解明を行っている。

本論文は、上述の研究目的に応じて進めてきた岩石の鉱物学的分析および地質工学的解析の結果をまとめたもので、下記の6章で構成されている。

第1章では、まず粘土質碎屑岩の鉱物学的特性と工学的特性に関する研究の背景と目的を述べ、岩石の工学的特性に対する風化作用の影響に関して既往の研究を概観している。さらに、碎屑性堆積岩および火山碎屑岩の岩石性状の特質と地質工学的問題の事例を示し、粘土質碎屑岩を研究することの実際面における意義について述べている。

第2章では、Lam Ta Khong 地下発電所開発プロジェクト(タイ国)を事例に、トンネル掘削時の地質工学的問題の実際を明らかにしている。そして、地下岩盤掘削時の岩石のスレーキング、膨張さらに崩落やオーバーブレイク、また、それらと岩石の風化状態や節理の分布状態など地質

条件との関係について述べている。さらに、粘土質砕屑岩に対する最適な支保工法の決定に関して、岩石の鉱物学的特性や風化の影響を考慮した岩盤分類法の開発の必要性を指摘している。

第3章では、北海道積丹半島、秋田および島根のグリーンタフ地域から採取された砕屑岩の鉱物組成・組織を明らかにしている。そして多数の試料について変質鉱物の鉱物学的キャラクターゼーションを行い、積丹半島産火山砕屑岩は主に砕屑粒子の粒間を埋める産状のFeモンモリロナイト-ノントロナイトにより特徴づけられること、一方、島根産凝灰質砂岩は主に砕屑粒子の粒間を埋める沸石と安山岩砕屑粒子内の火山ガラスを交代する産状のFeサポナイトによって特徴づけられることなどを示し、Feスメクタイトを含む二つの砕屑岩の鉱物学的特性に差異があることを指摘している。また、生成時期がやや異なった二つの秋田産泥岩の粘土鉱物組成に大きな違いがあることを明らかにしている。

第4章では、粘土質砕屑岩の物理的性質とスレーキング特性を明らかにしている。そして、砂質砕屑岩について、風化度の増加にたいし比重と耐スレーキング指数が減少し、空隙率が増加する明瞭な傾向があることを示すとともに、そのスレーキング特性は砕屑岩試料のタイプ・性状により大きな差異があることを明らかにしている。一方、泥質砕屑岩について、空隙率と耐スレーキング指数の間に直線的な負の相関性があることを示している。さらに、NaCl および CaCl_2 水溶液を用いた実験結果から、粘土質砕屑岩に対する電解質溶液のスレーキング抑制効果を明らかにしている。

第5章では、砕屑岩中の変質鉱物の鉱物学的特性とスレーキング特性が密接な関連性を持つことを述べ、その地質学的な背景や地質工学的な実際面での影響について考察している。とくに砂質岩について、膨張性粘土鉱物であるスメクタイトのミクロな分布状態がスレーキング特性の支配要因となっていることを解明している。その実際例として積丹半島の砕屑岩急崖斜面をとりあげ、岩盤崩壊との関連性について考察している。さらに、砕屑岩に含まれる変質鉱物の地質学的生成プロセスが、岩石の工学的特性や地質工学的挙動と関連性を持つことを述べている。そして最後に、鉱物学的特性とスレーキング特性の評価が、地質工学の実際面にとって重要であることを指摘し、粘土質砕屑岩の岩盤分類において重要な指標となることを提起している。

第6章は本論文の結論で、本研究で得られた新知見を総括している。

これを要するに、著者は、粘土質砕屑岩の鉱物学的特性と工学的特性を解明し、それらと地質工学的挙動の関連性について新知見を得たものであり、地質工学の発展に寄与するところ大である。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。