

蛇紋岩の形成過程に着目した岩盤性状分類に関する研究

研究予算：運営費交付金
 研究期間：平30～令1
 担当チーム：防災地質チーム
 研究担当者：山崎秀策

【要旨】

本研究では、北海道北部の蛇紋岩岩体を掘削したトンネルを対象に、先進ボーリングコア試料の岩石組織・磁力特性・化学組成を解析した。解析の結果、施工時には単区分されていた塊状蛇紋岩類が、蛇紋岩化プロセスが異なる3種に区分されることを明らかとした。これは、蛇紋岩地山を対象とした従来の地山分類が、地質学的解析に基づく細分化が可能であることを示す。また3種の塊状蛇紋岩類は、磁化率計測、化学組成分析により岩盤性状を判別可能であることを明らかとした。

キーワード：蛇紋岩、トンネル地質、先進ボーリングコア試料、地山分類、回折X線分析

1. はじめに

蛇紋岩地山の岩盤掘削においては、トンネル切羽・天盤の崩壊及び底盤の隆起並びに切土における地すべり等の問題が発生し、長期かつ高額の対策が必要となる事例が多い。蛇紋岩岩盤の強度低下は、かんらん石等の初生鉱物が低強度の蛇紋石類に置き換わること、岩体の上昇過程で剪断面が形成されることなど、蛇紋岩化の過程や地質帯の起源によるところが大きい。また、蛇紋石は高温型と低温型に分類され、低温型の強度がより小さいことが明らかとなってきた¹⁾。

既存調査手法では、塊状と片状等の形状や産状による分類や、亀裂間隔、物性試験等の簡易な記載・計測に留まり、蛇紋石種の判別や岩石組織の記載・分析が

不十分であることが、蛇紋岩の対策を困難としている理由の一つであると推測される。

そこで本研究では、蛇紋岩類の形成過程を理解し、適切な岩盤性状分類を行うため、トンネルで掘削された先進ボーリングコア試料を地質学的に解析することで、蛇紋岩類の分類を試みた。さらに、蛇紋岩化の差異を反映すると考えられる密度・磁化率の測定とICP-MSによる全岩化学分析を行い、塊状蛇紋岩類の性状の判別法を検討した。

2. 研究方法

研究対象としたのは、北海道の国道に建設された全長1241mのトンネルである(図-1)。本トンネルは、

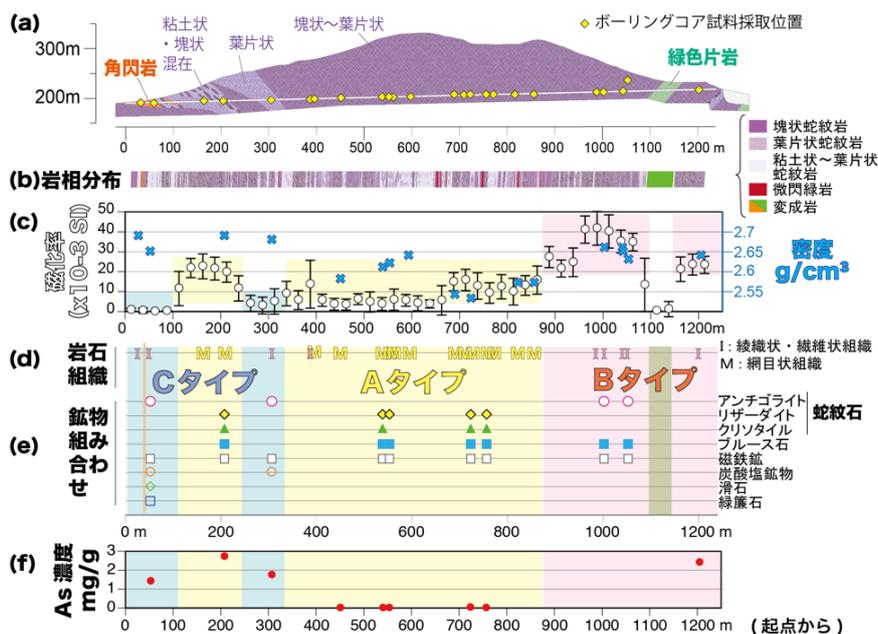


図-1 (a) 研究対象トンネルの地質断面図と試料採取位置、(b) 先進ボーリングコアの岩相分布、(c) 磁化率 (左軸：○、25mの平均値、誤差は1σ) 及び密度 (右軸：×)、(d) 岩石組織、(e) 鉱物組成、(f) 微量元素濃度 (As: ヒ素)

神居古潭帯の鷹泊蛇紋岩岩体の縁辺部で掘削され、掘削ルートに沿って先進ボーリング調査が実施された。

本研究では、先進ボーリングコア試料から塊状蛇紋岩類を採取し、蛇紋岩類の岩石組織の偏光顕微鏡下での記載、回折X線分析による鉱物組成分析を行い、蛇紋岩化の特徴に基づく細分類を試みた。

また、密度計測、携帯型帯磁率計による磁化率の計測、ICP-MSによる全岩化学組成分析を実施し、岩盤強度に影響すると考えられる蛇紋岩化の程度や特徴を判別する手法としての有効性を検討した。

3. 研究結果

3. 1 蛇紋岩の形成過程に着目した岩盤性状分類

先進ボーリングの岩相記載結果を図-1bに示す。コア試料の記載から、トンネル断面に出現する蛇紋岩類は、塊状、塊状・葉片状の混在部、葉片状及び粘土化部に分類され、大部分は径数10cm～数mの塊状部を含む葉片状部との混在相から構成される。薄片記載・鉱物組成分析の結果、トンネル横断方向で塊状蛇紋岩類が源岩・蛇紋岩化組織の違いにより3種に細分化できることを明らかにした(図-1d-e、図-2)。トンネル中央部の塊状蛇紋岩類は、かんらん岩の源岩組織を残した低温型の蛇紋岩化を示し、リザーダイト+クリソタイル+磁鉄鉱+ブルーサイトによる網目状組織で特徴付けられる(図-2:塊状A)。一方、両抗口付近の塊状蛇紋岩類は、源岩組織がほぼすべて、フレーク状～羽毛状のアンチゴライト+磁鉄鉱+ブルーサイトにより交代された綾織状組織の高温型蛇紋岩で構成される(図-1d、-1e、図-2:塊状B、C)。さらに、起点側抗口付近では、高温型蛇紋岩が斑状の炭酸塩鉱物(マグネサイト、ドロマイト)を伴う産状が確認された(図-2:塊状C)。以上から、従来、単一の岩相と捉えられていた塊状蛇紋岩類は細分可能であり、トンネル断面で帯状分布することを明らかとした(図-1、表-1)。

3. 2 物性計測・化学組成による判別法の検討

3種の塊状蛇紋岩の分布域と、磁化率、密度(図-1c)並びに全岩微量元素組成の変化(図-1f)には相関が認められた。塊状Aは、低い磁化率($5-20 \times 10^{-3}$ SI)・密度(<2.65 g/cm³)と低いヒ素濃度(<0.1 mg/kg)を示す。一方、塊状B・Cは高密度(>2.63 g/cm³)であり、塊状Bは、高磁化率($>20 \times 10^{-3}$ SI)と高いヒ素濃度(>2 mg/kg)、塊状Cはさらに低い磁化率($<5 \times 10^{-3}$ SI)とやや高いヒ素濃度(1-2 mg/kg)で特徴づけられる。密度と磁化率の変化は蛇紋岩化度と形成される磁鉄鉱の組成・含有量・形態²⁾に、ヒ素濃度は蛇紋岩化の際に付

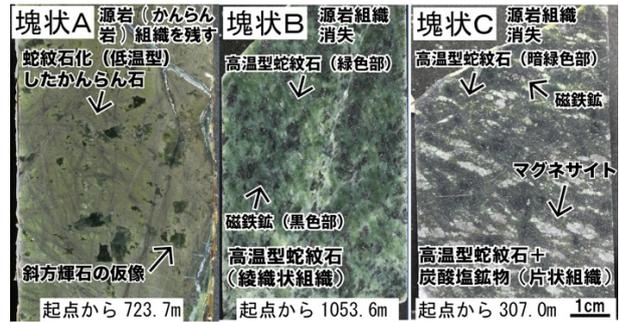


図-2 新たに区分した3種の塊状蛇紋岩の切断コア写真

表-1 蛇紋岩類の形成メカニズムに着目した塊状蛇紋岩類の岩石組織・磁性・化学組成による岩盤性状の判別結果

蛇紋岩の分類	源岩組織	蛇紋岩化	磁化率 ($\times 10^{-3}$ SI)	密度 (g/cm ³)	化学組成
塊状A	残存	低温型	低 (5-20)	低 (<2.65)	低As濃度
塊状B	消失	高温型	高 (>20)	高 (>2.63)	高As濃度
塊状C	消失	高温型+炭酸塩鉱物	低 (<5)	高 (>2.63)	高As濃度

加した流体の影響³⁾をそれぞれ反映した結果であると解釈される。これは、蛇紋岩化の種類や程度を反映する物性・化学組成を測定することで、蛇紋岩類の岩盤性状をある程度判別できることを示している。

4. まとめ

本研究では、蛇紋岩の形成過程に着目した岩盤性状分類について検討を行い、以下の知見を得た。

- 1) 対象トンネルの塊状蛇紋岩は、源岩組織及び蛇紋岩化の種類により3種に分類可能であり、それらはトンネル断面で帯状分布することを明らかとした。
- 2) 塊状蛇紋岩の細区分に対応した磁化率、密度及びヒ素濃度の相関関係を明らかとした。その結果、物性・化学組成の分析により、蛇紋岩類の岩盤性状を分類・判別できる可能性を示した。

今後は、密度や弾性波速度などの物性計測、剪断構造との関係、トンネル施工情報との対比を解析し、蛇紋岩類の地山区分を高度化することを目指す。

参考文献

- 1) 平内謙一・片山郁夫:「蛇紋岩の力学的性質とそのテクトニックな意義」, 地学雑誌, 第124巻, 3号, pp. 371-396, 2015.
- 2) 森尻理恵・中川充:「磁性から見た蛇紋岩化度: 北海道岩内岳超苦鉄質岩体を例として」, 地質調査研究報告, 第60巻, 第7/8号, pp. 381-394, 2009.
- 3) Deschamps, F., Godard, M., Guillot, S. and Hattori, K.: “Geochemistry of subduction zone serpentinites: A review”, Lithos, Vol. 178, pp. 96-127, 2013.