蛇紋岩の土地地質的一検討

梅 津 一 晴*

An Engineering Geological Study for Serpentine

Kazuharu UMETSU*

Key words : 蛇紋岩化作用 serpentinization, 滑石 talc, Mg 緑泥石 Mg-chlorite,
膨張性土圧 swelling pressure

Abstract

Serpentines occur in ultrabasic dykes, ophiolitic complexes, melanges, etc..

The author has classified serpentinization, based on the above occurrences, into 4 types. Type A is the Serpentine that occurs in dykes, type B occurs in complexes, type C occurs in serpentine melanges, and type D occurs in the sedimentary melanges.

Further classification established 3 alteration grades of serpentinization. Alteration grade - I is the forming serpentinite (massive serpentinite), alteration grade - II is forming of foliation or shearing by the tectonic movement, and alteration grade - III is the talc-chlorite alteration by the regional metamorphism.

It might be shown that hard constructions in the serpentine areas are owing to the alteration grade - II zone.

Chrysotile and antigorite in serpentinite causes serious unsymmetrical pressures and deformations in rocks, since they have the peculiar characteristics of swelling and viscosity, and that causes land-slides near land cuttings in Serpentine areas. Talc and Mg-chlorite, as clay minerals belong to the same Phyllosilicates, also show similar characteristics to Serpentinite. Mg-chlorite has characteristics of swelling. The axis perpendicular to the foliation plane of the serpentinized rock is considered to be maximum principal axis of swelling pressure.

1. 緒 言

蛇紋岩は主にカンラン岩が変質して生じた岩石であるが、粘土〜葉片状をなしていることが多い。

蛇紋岩の主要組成鉱物のクリソタイル、アンチゴライトは、フィロ珪酸塩鉱物特有の葉片状剝離性と風化、あるいは吸水して粘土化しやすい性質がある。そのため切り土工事、トンネル工事等の土木工事中に、蛇紋岩は膨張性土圧を発生させ、さらに水が供給されると圧碎部は

塑性流動を生じることがあるため、常に土地地質学上、その分布状況と性状の把握が問題になる岩石である。

蛇紋岩は変質を受けた岩石であるため判別のむずかしい岩石である。筆者は蛇紋岩とはいかなる変質岩かという問いからスタートし、全国の蛇紋岩の産状と蛇紋岩化作用については文献により、九州北部の三郡変成岩地域の蛇紋岩については筆者がかって行った土地地質調査資料を基に、産状と蛇紋岩化作用について検討した。

また、我が国の代表的な蛇紋岩地帯のトンネル工事で遭遇した蛇紋岩の工学的性質と、筆者の調査による三郡変成岩中の蛇紋岩の性状を示し、加えて蛇紋岩に伴う変質鉱物の粘土鉱物学的検討を行った。まとめとして、蛇

* 応用地質調査技術研究所 OYO CORPORATION, Instruments Division

現 : 〒270 - 11 我孫子市若松170 - 11

蛇紋岩の産状と変質について土质地質の見地から形態分類を試みた。

この報告が蛇紋岩地帯での地質調査の際の参考になれば幸いである。

2. 日本の超塩基性岩

2.1 蛇紋岩

蛇紋岩の主な原岩である超塩基性岩のカンラン岩類はさまざまな状況の下で出現するが、キンバーライト、火山岩中の包含物、大洋中央海嶺の蛇紋岩を除いて大別すると、大陸型の層状貫入分化岩体や同心円状超塩基性複合岩体に見られる大規模なカンラン岩類、そして造山帯に貫入するアルプス型のカンラン岩がある。

我が国のカンラン岩類は造山帯に分布するアルプス型に属し、大陸に見られる岩体に比べるとその規模は、はるかに小さい。その産状は岩脈、オフィオライト^{*1}複合岩体そして蛇紋岩メランジェ^{*2}、堆積性メランジェと多様である。

斎藤²⁾は1950年代における資源調査での蛇紋岩に関する観察結果から蛇紋岩化作用を2期に分け、次のように概略記述している。

蛇紋岩化作用は、第1期でカンラン石や斜方輝石の蛇紋石による置換—葉片状アンチゴライトの形成—クリソタイルの形成の順に進むが、主に割れ目に沿って進行する（いわゆる塊状蛇紋岩に相当すると理解される）。第2期で蛇紋岩は貫入後の構造運動による2次的な強い剪断・圧縮を受け、その構造と組織を破碎していわゆる葉片状の蛇紋岩となり、さらに粘土化する。これに対応してクリソタイルは、繊維間を滑石によって充填あるいは置換されて脆弱となり、繊維の形態を失う。

蛇紋岩化作用第2期でも滑石化が認められるが、微弱である例が多い。筆者は、以下に述べる理由により、福岡県三郡山北部地域結晶片岩中における蛇紋岩脈を中心とする片岩化した滑石—緑泥石の変質果帯の形成は、

第2期の構造運動とは異なる一段上の広域変成時の蛇紋岩化作用によるものと考え、第3期とすることにした。そして蛇紋岩化作用に関する斎藤²⁾の考えを発展させ、動力変成の程度を加味して、塊状蛇紋岩を変質度Ⅰ、葉片状—粘土状蛇紋岩を変質度Ⅱ、そして片岩化蛇紋岩を変質度Ⅲと表現することとした。

2.2 三郡山北部の蛇紋岩化作用—変質度Ⅲについて

筆者が調査した福岡県三郡山北方には、図-1の地質図に示すように三郡変成岩が分布し、多数の蛇紋岩が貫入している。また、T川に平行する西北西—東南東方向に軸を持つ三郡変成岩の背斜構造が認められる。図-1の南約100 mには、図-2の右端南側に示す花崗岩の貫入がある。

蛇紋岩は、図-1に示すように図面の南北両端部をほぼ東西に延びる、幅100 mを越える2つの大規模岩脈（辻³⁾が言う複合岩体と考えられる）と、その間で大規模岩脈と交差する方向に貫入する幅数m—数十mの小規模岩脈がある。図面南側の大規模岩脈は断層境界が認められず、周辺の変輝緑岩との区別も明確でない。小規模岩脈は、図-2に示す背斜構造北翼に片岩の片理面に近い角度で貫入し、あるいは褶曲軸の走向に直角に近いNS走向でほぼ垂直に貫入する。NS走向で貫入する蛇紋岩の1つは、図面東側で図-2の断面線と交差し、他の1つは図面西側に貫入し、ほとんど滑石化している。

これらの蛇紋岩は暗緑色—黒色の堅固緻密な塊状の岩石であるが、岩脈自体も弱い片理構造を示し葉片状に破断しやすい。この葉片状に破断する蛇紋岩はアクチノ閃石、緑泥石あるいは若干の滑石様鉱物を生じている。

蛇紋岩化作用に伴う変質作用は2種類ある。図-3の模式図は南部の大規模岩体が図-2の東外側で劣化した部分の断面図である。岩脈周辺の変輝緑岩、角閃石片岩には、多数のアンチゴライトと網目状割れ目に沿うクリソタイル脈、その他若干の滑石、アクチノ閃石が認められ、変質度Ⅰを示している。

一方、背斜構造北翼に貫入する小規模岩脈は変質度Ⅱを示し、葉片状—粘土化が著しい。蛇紋岩の周辺部は、図-4のように蛇紋岩岩脈を囲むように幅10 m程度の滑石片岩帯と、その外側に幅約20 mの滑石を含む緑泥石片岩帯から成る変質果帯が形成されている。この変質果帯は三郡変成岩の一部として片岩化し、周辺の黒雲母片岩の片理面にほぼ平行している。

この変質果帯の片岩化の形態は、変質度Ⅰ、Ⅱの鉱物集合形態とは異質であり、変質度Ⅲの蛇紋岩化作用として分類したい。この変質度Ⅲの蛇紋岩化作用は、蛇紋岩中の滑石生成が破砕帯、裂か帯沿いに多いことから広域

^{*1} オフィオライトと言う語は、Steinmann (1927) がアルプス造山帯に深海堆積物に伴って産する玄武岩、斑れい岩、カンラン岩の複合岩体に用いたのが現代的用法の始まりである。70年代初頭に至り、オフィオライトは大陸衝突の縫合線を示す地質時代の海洋地殻・マントルの断片として広範な地球科学者から注目されるようになった（石渡¹⁾）。

^{*2} 激しい剪断変形を受けて混合した岩石はメランジェと呼ばれる。蛇紋岩を主体にした中に異質な岩石を混合しているものを蛇紋岩メランジェと言う。スランピング等により碎屑岩類とともに取り込まれた蛇紋岩の碎屑岩は、堆積性メランジェあるいはオリストストロームのものとされる。小論では堆積性メランジェを用語とした。

図-1 福岡県三郡山北部の地質図

図-2 福岡県三郡山北部地域の南北地質構造断面図

注 図左の背斜軸北側の小規模蛇紋岩脈は、垂直方向に拡大して表現した。実際の規模は図-4の規模である。

図-3 大規模岩脈周辺複合岩体の蛇紋岩化

図-4 小規模岩脈の変質累帯

変成時の動力変成による蛇紋岩の片岩化と考えられる。

変質度Ⅲの変質帯は、滑石帯に限定してみると、蛇紋岩小規模岩脈の確認できる地区から離れて背斜軸沿いに東西に延びている。その分布規模は幅 250 m、延長約 2 km に及ぶ。東方延長部の滑石帯は角閃岩をほぼ東西に横断するが、角閃岩との接触部周辺の小範囲に限られる。また、滑石帯は北部大規模岩脈の走向方向の割れ目沿い、あるいは北側沿いにも進行している。

2.3 各地の蛇紋岩とその変質度

わが国のカンラン岩類の産状は、その変質岩である蛇紋岩の産状に共通し、(A) 岩脈、(B) オフィオライト複合岩体、(C) 蛇紋岩メランジェ、そして (D) 堆積岩メランジェなどが知られている。

本文ではこれらの産状を以後、それぞれ A タイプ、

B タイプ、C タイプ、D タイプと呼び、変質度Ⅰ、Ⅱ、Ⅲと合わせて、各構造帯の蛇紋岩の産状を以下で検討する。

1) 神居古潭帯

蛇紋岩メランジェ中に捕獲された変成岩の接触部では蛇紋岩は粘土化し、その境界はシャープである。葉片状蛇紋岩はレンズ状の蛇紋岩ボールを多数含む。変成鉱物はアンチゴライト、クリソタイルを主とし、滑石は量的に少ない (NAGAWA, TODA⁴⁾)。この場合、この蛇紋岩はタイプ C で、変質度Ⅱである。以後、C-Ⅱの変質と表現する。

神居古潭帯南部の富内線地すべり地の地質は、未分離日高層群と呼ばれる (酒井⁵⁾) 黒色片岩を挟在する緑色の凝灰岩である。蛇紋岩は断層に沿い貫入し、断層運

動により大部分が破碎され粘土化して(山田・他⁶⁾)、A-IIの変質である。

2) 北上・阿武隈山地

岩手県遠野地方には、遠野花崗岩を挟むように南東から北西方向に延びる早池峰東縁断層と日詰一気仙沼断層があって、それぞれの断層に東側を切られる形で、早池峰と宮守の大規模な複合岩体が分布する(蟹沢・他⁷⁾)。

宮守滑石鉱床は、蛇紋岩の滑石化の著しい所で幅30 m、延長40 m規模の塊状をなしB-IIの変質である。

福島県石川町沢井～浅川町白石のカンラン岩脈は、筆者の調査によると、周辺部幅1～数m間の破碎帯で、蛇紋石化と滑石化が著しい。その変質帯に片岩化は認められず、A-IIの変質である。

3) 御荷鉾帯、三波川帯

紀伊半島東部御荷鉾帯の緑色岩類に伴う蛇紋岩は蛇紋岩礫岩層で、坂野⁸⁾のスケッチによると滑石、方解石、繊維状透閃石、緑泥石からなる滑石炭酸塩岩と青色片岩は、蛇紋岩礫岩層の中に挟在する堆積岩であり、D-Iの変質である。

四国三波川帯白滝鉱山の滑石帯は、幅約10 mの蛇紋岩との境界沿いにあたかも蛇紋岩を包むように発達し、特に下盤側では幅1～2 m、延長100 m以上に及び、片岩とはすべり面で接する。白滝鉱山北の城師付近では、蛇紋岩と下盤の片岩の間に滑石帯が形成され、幅1～2 mで、延長600 mに及ぶと見られる。この滑石帯は片岩化しているものと推測され、A-IIIの変質である。

4) 飛騨外縁帯

青海一小滝帯新潟県姫川の蛇紋岩メラランジェ(長谷川・小松⁹⁾)について、大村・他¹⁰⁾は岩質状況から、塊状、葉片状、粘土状に区分している。周辺破碎帯、接触部付近および蛇紋岩自身の滑石化と緑泥石化は、SEKI *et al.*¹¹⁾のスケッチから判断すると10～20 cm幅の小規模なものである。この蛇紋岩メラランジェは葉片状～粘土化しており、C-IIの変質である。

5) 第三系

嶺岡帯の蛇紋岩化した超塩基岩類は、網状に変質を受けて石棉を生じ、少量の滑石を伴う(前田・他¹²⁾)。

JR 嶺岡トンネルの地質は、蛇紋岩、頁岩ともに破碎していて粘土化が著しい。そして、粘土化頁岩のX線回折によると、モンモリロナイトの含有率が高いことがわかった(緒方・金岡¹³⁾)。当地の蛇紋岩は堆積性メラランジェであり、D-IIの変質である。

3. 蛇紋岩の工学的性質

3.1 蛇紋岩地帯の代表的工事での工学的性質

蛇紋岩地帯では、トンネル掘削の際大きな膨張性土圧が発生し、掘削後の支保が問題になることが多い。その膨張性土圧は、池田¹⁴⁾によると新登川トンネルの場合(C-II相当と推定)で13.0～14.0 kgf/cm²、篠栗トンネルの蛇紋岩・滑石片岩(A-III相当)で2.0～3.0 kgf/cm²、また小竹・他¹⁵⁾によるとJR神居トンネルで最大土圧は120 tf/m²、通常50 tf/m²とされ、測定箇所でも変動が大きい。

小竹・他¹⁵⁾によると、JR神居トンネルで強大土圧の発生の原因となった地質は、蛇紋岩メラランジェの粘土状蛇紋岩、葉片状蛇紋岩(C-II相当)である。粘土状蛇紋岩、あるいは葉片状蛇紋岩に取り込まれる塊状蛇紋岩(C-I相当)は、殆ど土圧を発生させる原因にならないと言われる。

総じて蛇紋岩岩体の掘削面周辺部の弾性波速度値は、経時的に低下し、掘削直後3.4 km/sであったものが6日後には2.0 km/sと変化した。掘削に伴う蛇紋岩体の膨張量は、半径1.2 mの馬蹄形断面で、50日後65 mm、100日後110 mm、200日後130 mmを示した。地山からの荷重は110日頃をピークに、その後は横這いあるいは減少する傾向が認められた。

また小竹・他¹⁵⁾は膨張量の測定を行い、水中でも空気中でも約20%の膨張を示す結果を得て、膨張は風化による弛緩と自由面形成による応力解放の時間的な遅れによる緩みに原因があるものと解釈した。その応力解放は塑性領域の拡大とその塑性流動によって行われると述べている。

喜田・辻¹⁶⁾によると、京都府河守線辛皮トンネル工事で膨張性土圧を発生させた夜久野複合岩類(Bタイプ)の風化蛇紋岩の粘土鉱物は、クリソタイルとアンチゴライトで、一部緑泥石、さらに加水石膏と滑石を含む。表-1の試料の組成鉱物から変質度を推測すると、No 1、No 2は葉片状～粘土状を示しB-II、No 3は塊状をなすのでB-Iである。これらの蛇紋岩風化部分は、可塑性と粘着力に乏しく、粘土粒子間の結合も弱いめ僅かな水分増加で容易に剪断を受け流動化(塑性流動)しやすい。表-1の土質試験結果は、塑性指数(I_p)がMax. 14.6、活性度(A)がMax. 0.53と、ともに極めて低い値であり、その性質をよく示している。

また、緒方・金岡¹³⁾の土質試験結果(表-2)によると、嶺岡トンネルの粘土化蛇紋岩(D-II相当)は、自然含水比がモンモリロナイト高含有の粘土化頁岩、粘土

表-1 辛皮-普甲ずい道の風化蛇紋岩の土質
(喜田・辻¹⁶⁾から引用)

試料No	岩質	構成鉱物 主成分 他成分	弾性波速度 km/s	コンシステンシー			
				W _L %	W _P %	I _P	A
No. 1	粘土状	Cr	2.7	45.0	30.4	14.6	0.53
	葉片状						
	極軟質	chl, Tl					
No. 2	葉片状	Cr	4.7	41.8	32.3	9.5	0.42
	塊状						
	軟質	Chl, Tl					
No. 3	塊状	Cr, Ant	5.5	23.5	22.5	1.0	0.09
	一部葉片状						
	硬質	Chl					

Cr; クリソタイル Ant; アンチゴライト Chl; 緑泥石 Tl; 蛭石

質岩の値と差のない7.4~13.1%, 吸水膨張率は同粘土化頁岩の値の約2倍2.5~5.5%, 塑性指数は同粘土化頁岩, 同粘土質岩と比べて非常に低い値の19.2である。

この試験結果から, モンモリロナイト高含有の粘土化頁岩, 粘土質岩と比べ塑性指数が低いにも関わらず, 粘土化蛇紋岩は比較的高い自然含水量, 吸水膨張率を示し, 吸水膨張を行っていることも考えられる。

3.2 三郡山北部の変成岩中蛇紋岩の工学的性質

B-Iの変質を受けている大岩脈は, 弱い片理構造を示し, 一部で葉片状に破断した蛇紋岩は風化しているが, 周辺のクリソタイル細脈を伴う変輝緑岩と角閃石片岩に比べ風化に対する抵抗は強く, 尾根部を形成し岩塊が露出していることが多い。変輝緑岩と角閃石片岩は網目状の割れ目に沿い風化し, 角礫を含む粘土化帯を形成している。

そのため蛇紋岩周辺の変質帯に沿って地すべりや岩すべりを起こしやすく, 地形の等高線は乱れている。蛇紋岩は風化すると表面剝離を生じ, 煉瓦色の特徴的な土壌

となる。この風化土壌は, 粘性, 含水比の高いものが多い。蛇紋岩は硬岩と区別されることが多いが, 割れ目に沿う岩盤の滑落, 岩盤膨脹による張出しに十分な注意が必要である。

A-IIIの滑石片岩は, 新鮮部は板状の堅固な岩石である。蛇紋岩側では全般に圧砕されているため鱗片状に剝離し滑りやすいが, 滑石片岩中心部でも風化すると鱗片, 粉末状となり粘土化~土壌化する。滑石片岩の風化は地表下5~10 mに及び, 一般に自然含水量が高く地すべりの原因になりやすい。

同じA-IIIに属する緑泥石片岩は, 風化が片理面や断層にそって進行し, また若干の滑石鉱物を含むので, 風化部では表層すべりが起きやすい。

3.3 鉱物学的検討

一般に粘土鉱物は, 鉱物化学的にフィロ珪酸塩と総称される。結晶構造は図-5に示すSi-Oの四面体が結合して四面体層を作るが, 格子間の結合は弱いと推定され, 一部SiがAl, Fe, Mgで置換される層は八面体層となる(須藤¹⁷⁾)。

蛇紋石(クリソタイル・アンチゴライト), 滑石, 緑泥石は, 図-5に示すフィロ珪酸塩鉱物の層構造を持ち, 鉱物学上は粘土鉱物として取扱われる。水の取込み方は層格子間での吸着水と結晶水である。粘土鉱物が親水性を示すのは, 層格子間のOH基と結晶水の存在に大きく起因する。

蛇紋石, 緑泥石とモンモリロナイトの層格子間には, OH層, H₂O層が存在し親水性が大であるため水分子が入りやすい。帯電した水分子が層格子間には入り込むことにより膨潤が始まる。

滑石は層格子間が電気的に中性のため層間結合は弱く破断しやすく, すべりやすい。

緑泥石は変質鉱物として最も一般的な鉱物の1つで

表-2 嶺岡トンネルにおける土質(緒方・金岡¹³⁾による)

項目	単位	粘土化蛇紋岩	粘土化頁岩	鱗片状粘土質岩
含水比 (w _n)		7.41~13.05(9.45)	7.15~15.31(11.49)	9.33~16.06(12.89)
密度 (ρ _t) g/cm ³		2.00~2.33(2.11)	1.90~2.25(2.11)	2.01~2.23(2.13)
液性限界 (w _L) %		35.2~53.0(44.0)	42.5~52.0(47.3)	33.0~55.9(44.8)
塑性限界 (w _P) %		21.9~26.8(24.8)	17.3~22.7(20.0)	16.0~27.1(21.1)
一軸圧縮 (q _u) kfg/cm ²		2.65~26.07(10.0)	1.34~3.41(2.28)	0.62~7.01(2.64)
吸水膨張率 (I _x) %		2.48~5.46(3.52)	0.98~2.89(2.14)	1.11~5.83(3.86)

表-3 蛇紋石, 滑石, Mg 緑泥石の化学式 ただし a; 11~8, b; 1~4, c; 7~4

	酸化物式	構造式
蛇紋石	$3\text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	$\text{Mg}_6\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$
滑石	$3\text{MgO} \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	$(\text{OH})_2\text{Mg}_3(\text{SiO}_5)_2$
Mg 緑泥石	$a\text{MgO} \cdot b\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot c\text{SiO}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$	$(\text{OH})_{16}\text{Mg}_a\text{Al}_b(\text{Al}_b\text{Si}_c\text{O}_{20})$

図-5 粘土鉱物の層構造図 (須藤¹⁷⁾の図引用)

あるが, その種類と化学組成は複雑である。Mg 緑泥石は, 素木¹⁸⁾によると膨潤性, 粘性が極めて大きく, モンモリロナイトに類似するが, その割合に可塑性の小さいことが特徴とされる。池田¹⁴⁾による篠栗トンネル内蛇紋岩・滑石片岩部試料のX線回折結果によると, 主要粘土鉱物はMg 緑泥石と記録されている。

これまで蛇紋岩からMg 緑泥石が多量に鑑定された例は少ないが, 粘土化蛇紋岩と片岩化蛇紋岩はMg 緑泥石の生成に適した変成状況にあるものと考えられる。蛇紋石, 滑石とMg 緑泥石のMgに富む3鉱物は, 表-3の通り極めて近似した酸化物式と構造式である。今後, 蛇紋岩の工学的性を検討するに当たっては, 3鉱物の有無とその性質を調査する必要があると考える。

蛇紋岩の膨張は, 3.1節で工学的事例を検討したが, 鉱物学的には風化や自由面形成による潜在応力の解放によって発生する。また, 応力解放に起因する蛇紋岩変質鉱物の層構造組織である葉片状構造の緩みは, 塑性領域の拡大と塑性流動, あるいは水の浸透による吸着が誘因となって吸水膨張を生じると考えることができる。

蛇紋岩に働いた構造運動に起因する剪断力は図-6に

図-6 構造運動時の蛇紋岩の受けるストレス

示すような破壊応力(s)を生み, 粘土状, 葉片状蛇紋岩, あるいは滑石~緑泥石片岩の片理, あるいは片理に平行する破断面(p)を形成し, ストレスはほとんど消滅していると考えられる。一方その剪断力(F)の分力は強大な圧縮応力(c)として作用し, 結晶構造内に残存している。

応力解放は, 破断面に平行する圧縮面を構成する葉片状構造・片理面の緩みから始まる。葉片状構造や片理面を詳細に測定することは, 圧縮面に垂直に作用すると考えられる膨張性土圧の最大方向を予測する上で重要であると考えられる。

図-7 蛇紋岩化作用の形態分類

4. ま と め

1) 蛇紋岩化作用に伴う粘土鉱物

構造運動による蛇紋岩化作用で生じる蛇紋石（クリソタイル・アンチゴライト）、滑石、緑泥石は、粘土鉱物的に極めて類似した化学式と構造式を持っている。これらの鉱物は、土粒子間の結合が弱い、可塑性、粘着力に乏しい、塑性指数が極めて低い、また、僅かな水分増加で容易に膨脹し流動化しやすい等、ほぼ共通した性質を持っている。

滑石化した岩石は風化すると鱗片あるいは粉末状となり崩壊し、粘土化～土壌化する。また、自然含水量が高く地すべりの原因になりやすい。

Mg 緑泥石は、モンモリロナイトに類似する鉱物的性質を持っているため膨潤性がある。

蛇紋岩調査では、こうした蛇紋石、滑石、Mg 緑泥石等の粘土鉱物の分布状況や片理面を把握できるように心掛ける必要がある。

2) 蛇紋岩について

以上、蛇紋岩のタイプと変質について検討したことを総括すると、蛇紋岩化作用の形態は図-7のように分類できる。蛇紋岩調査に際し、どのような産状タイプの蛇紋岩で、どの変質度にあるかを把握することは大事である。

図-7は各タイプの蛇紋岩化作用の過程を、蛇紋石（塊状蛇紋岩）の生成→葉片状・圧砕化・粘土化→片岩

化に分類して図示したものである。しかし、変質度が進行するにつれて各タイプ岩体は圧砕しブロック化するため、Aタイプと同じ変質の形態になるものと考えられる。Cタイプの蛇紋岩化作用は割れ目沿いに限らず、捕獲岩の境界沿いにも形成される。

難工事例は変質度Ⅱの岩盤が多い。構造運動による二次的な強い剪断圧縮を受けた葉片状蛇紋岩・粘土状蛇紋岩は、潜在する応力が解放することで強大な土圧を発生させる。応力開放の結果として生じる剝離面の増大は吸水膨脹を促進し、塑性領域を拡大させ、塑性流動を生じると考えられる。

変質度Ⅲの岩盤の場合は、応力開放で生じた滑石片岩・緑泥石片岩の岩片を含む土粒子部分の塑性流動と Mg 緑泥石による膨潤が原因になるものと推測される。篠栗トンネルは片岩地帯における唯一の事例であるので、変質度Ⅲの貴重な参考例である。変質度Ⅱの岩盤に比べて工事例の少ないことが難工事例の少ない原因ではないかと考えられる。

変質度Ⅰの岩盤は、主に土圧発生の原因にならないと考えられる塊状蛇紋岩であるので難工事例は少ない。

以下、蛇紋岩のタイプ・変質度・それに関連した工事例と岩体を示す。図-8は、わが国に産する蛇紋岩と、事例の蛇紋岩のタイプ→変質度を地質構造図上に示したものである。

A タイプ

変質度Ⅱ 例；富内線地すべり，福島県浅川

図-8 わが国地質構造帯に分布する蛇紋岩と工事箇所蛇紋岩のタイプと変質度
地質調査所, 日本地質図 (1978) より作成

変質度Ⅲ 例; 群馬日野, 四国白滝滑石鉱床,
三郡山北部, JR 篠栗トンネル

B タイプ

変質度Ⅰ 例; 三郡山北部

変質度Ⅱ 例; 北上宮守滑石鉱床, 辛皮トンネル

C タイプ

変質度Ⅱ 例; JR 神居トンネル, 新潟県姫川,
新登川トンネル

D タイプ

変質度Ⅰ 例; 紀伊半島東部御荷牟帯

変質度Ⅱ 例; 国道嶺岡トンネル

蛇紋岩化作用の形態分類は文献資料に基いた。今後も現場における蛇紋岩の膨張について、鉱物学的な追及と現場の調査資料を数多く加えてさらに充実したものとし、膨張性土圧あるいは斜面安定の対策検討のために効果的な調査とコンサルティングができるようにしてゆきたい。

参 考 文 献

- 1) 石渡 明 (1993): オフィオライト 日本地質学会, 日本の地質学100年 pp. 155-160.
- 2) 斎藤昌之 (1958): 蛇紋岩化作用と温石綿の形成, 鈴木醇教授還暦記念論文集 pp. 421-432.
- 3) 辻慎太郎 (1964): 福岡県篠栗・香椎地方に分布する三郡変成岩, 地質学雑誌 Vol. 70, pp. 483-492.
- 4) NAGASAWA, M. and TODA, H. (1987): GEOLOGY & PETROLOGY OF YUBARI-DAKE SERPENTINITE MERANGE IN THE KAMUIKOTAN TECTONIC BELT, CENTRAL HOKKAIDO, JAPAN, THE JOURNAL of THE GEOLOGICAL SOCIETY of JAPAN, Vol. 93, pp. 733-748.
- 5) 酒井 彰 (1990): 岩知志周辺の“未分離日高累層群”, 共立出版社, 日本の地質1「北海道地方」 pp. 29.
- 6) 山田剛二・守山信一・西尾国重 (1969): 富内線地すべりの調査と対策—地すべり面と地すべり土塊の運動, 鉄道技術研究報告, No. 463, Sep..
- 7) 蟹沢聰史・大上和良・永広昌之 (1992): 早池峰複合岩類, 共立出版社, 日本の地質2「東北地方」 pp. 44-45.
- 8) 坂野靖行 (1992): 紀伊半島東部, 御荷傘緑色岩類に伴う蛇紋岩礫岩中の青色片岩, 岩鉱誌 Vol. 87, pp. 207-220.
- 9) 長谷川美行・小松正幸 (1986): 飛騨外縁帯, 共立出版社, 日本の地質4「中部地方」 pp. 7-10.
- 10) 大村一夫・山地英喜・岩槻 修・吉田亘弘・山戸武史 (1983): 新潟県姫川地域の蛇紋岩. —岩盤評価の前に応用地質 VOL. 24, PP. 97-112.
- 11) SEKI, Y. KURIYAGAWA, S. and HORIKOSI, T. (1963): Mafic and Leucocratic Rock associated with Serpentinites in the Sasaguri and Omi-Kotaki areas in the Sangun Metamorphic Belt of Japan, Science Rept. Saitama Univ., Ser. B, 4, (3), pp. 193-216.
- 12) 前田四郎・根本敬義・前田紘志・他 (1980): 千葉県地学のガイド コロナ社, pp. 34-40.
- 13) 緒方義久・金岡一夫 (1972): 蛇紋岩トンネルの施工—国道128号線嶺岡トンネル, トンネルと地下 Vol. 3, No. 3.
- 14) 池田和彦 (1974): 岩の工学的性質と設計・施工への応用—トンネルへの応用, 土質工学会, pp. 419.
- 15) 小竹 豊・鈴木和也・溝畑靖雄 (1969): 蛇紋岩トンネルの特性とその設計施工, —国鉄神居トンネルの例, 土木学会誌 54-8, pp. 45-51.
- 16) 喜田大三・辻 博和 (1973): ずい道工事における風化蛇紋岩の土質化学的検討, 粘土科学, Vol. 13, pp. 65-73.
- 17) 須藤俊男 (1959): フィロ珪酸塩, 共立全書, 鉱物化学Ⅱ, pp. 215-232.
- 18) 素木洋一 (1953): 鰐淵産緑泥石の性質, 窯協, Vol. 61, pp. 485-490.

(1995年3月14日受付, 1995年8月23日受理)