

# アオスタ渓谷のオフィオライトと超高压変成岩 -フィレンツェ IGC 巡検B02-

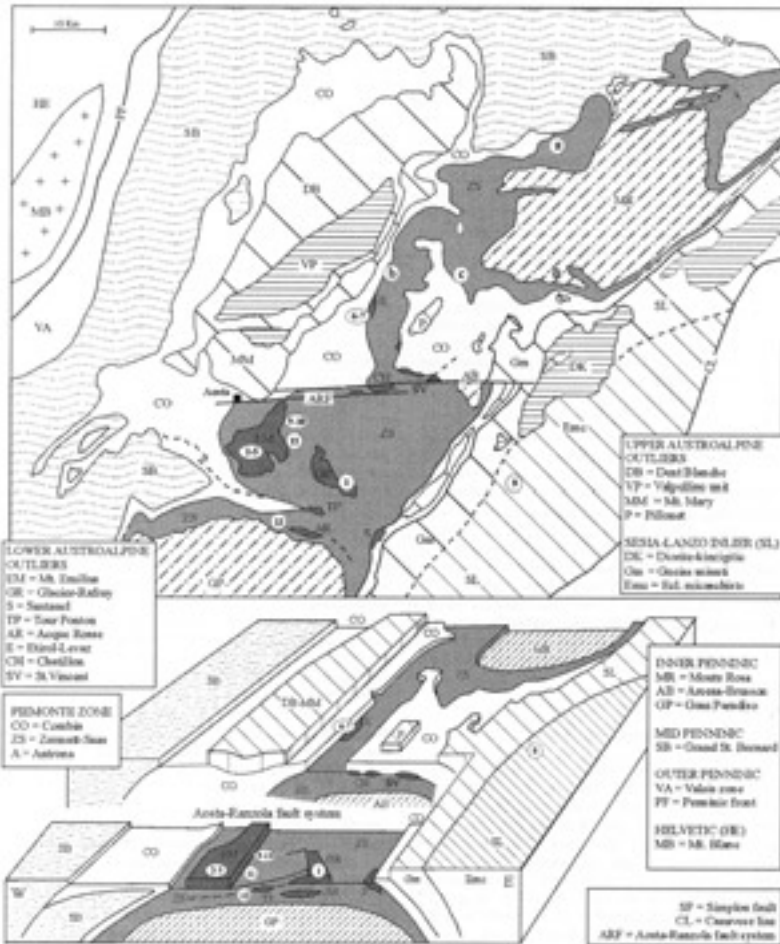
竹内 圭史<sup>1)</sup>

## 1. イタリアンアルプスとは

イタリア北部にはアルプス山脈が連なっており、今回のフィレンツェ IGC で巡検した Aosta (アオスタ) 渓谷はその西部に位置します。アオスタ渓谷は、中心部を Dora Baltea 川がアオスタ市街を経て

西から東に流れており、川は Chatillon (チャティオン) の町で南東へと向きを変え、Ivrea の町でロンバルディア平原に流れ出てゆきます。

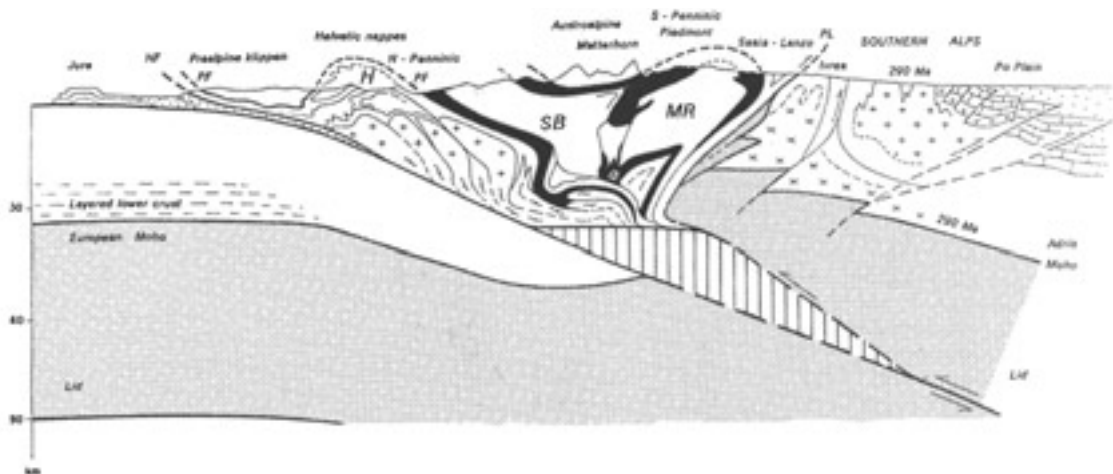
渓谷の南北両側は山岳地帯で、アルプスを代表する名峰が連なっています。北側のスイスとの国境にはマッターホルンが、西にはフランスとの国境に



第1図  
アオスタ渓谷周辺の地質構造図。巡検案内書 (Martin et al., 2004) より。アオスタは上図中央左寄り、その東の中央CHがチャティオンの町。巡検では主にザーマット・サースユニット (ZS: 色の濃い部分) を見学し、1・2日目の登山は上図中央記号cの右寄りのコンパニユニット (CO)・ZS・モンテローザユニット (MR) を見学した。

1) 産総研 地質情報研究部門

キーワード: イタリア, IGC, 巡検, アルプス, モンテローザ, アオスタ, オフィオライト, UHP, コーサイト, 超高压変成岩



第2図 イタリアンアルプスの地質構造断面図。巡検案内書 (Martin *et al.*, 2004) に引用された Canepa *et al.* (1999) の図。左が北、右が南で、見学地アオスタ渓谷は中央右寄りのモンテローザユニット (MR) とその南側にオフィオライト (黒色) が地表に露出する付近に位置する。

アルプス山脈最高峰モンブランが、そしてマッターホルン東方のイタリア・スイス国境にはモンテローザ (最高峰はDufour山, 4,637m) がそびえています。

## 2. アオスタ渓谷の地質概要

少し専門的になりますがアオスタ渓谷の地質の概要を紹介しましょう。以下、この紀行文の学術的内容は巡検案内書 (Martin *et al.*, 2004) と現地での説明に基づいています。

この地域の地質については、古く1900年頃には記載岩石学的研究やナップ構造についての研究がなされて概要が把握されていました。さすがヨーロッパは地質学の本場ですね。

この地域には、かつて中生代にヨーロッパ大陸とアフリカ大陸の間に存在した、テチス海の海洋地殻と海洋性堆積物の名残りが分布しています。古第三紀にアフリカ大陸がヨーロッパ大陸に衝突してテチス海が消滅した際、多様な高圧型変成岩が形成されました。それらは構造運動により薄いナップとして積み重なっています (第1・2図)。

構造的に最も下位の Monte Rosa unit (モンテローザユニット) は、古第三紀に eclogite (エクログイト: 普通エクログナイトと表記されます) 相の変成を受けたヨーロッパ大陸の大陸縁の地質体です。

Zermatt-Saas meta-ophiolite unit (ザーマット・

サース変成オフィオライトユニット: Zermatt はスイスの地名であり日本ではツェルマットと呼び慣わされていますが、ここではイタリアでの発音に忠実に表記します) と, Combin meta-ophiolite unit (コンバン変成オフィオライトユニット) はいずれもテチス海が閉じた際の収束境界の地質体です。

今回の巡検で主に見学したザーマット・サースユニットは、ジュラ紀の蛇紋岩、変斑れい岩・変玄武岩、マンガン質珪岩、海底熱水性硫化物、変堆積岩からなり、沈み込みによるエクログイト相の変成作用の時代は第三紀始新世 (52-43Ma: 1Ma は百万年前) です。

コンバンユニットは石灰質片岩、変成石灰岩、石英片岩、苦鉄質~超苦鉄質変成オフィオライトからなり、石灰質である点が特徴です。コンバンユニットの変成作用は藍閃石片岩相で、ザーマット・サースユニットとは異なりエクログイト相の痕跡は見つかっていません。変成の温度圧力は 0.5-0.7 GPa (ギガパスカル), 350-400℃ と見積もられていて、上昇冷却の時期は 43Ma とされています。

構造的に最上位の Sesia-Lanzo unit (セシア・ランゾユニット) と Dent Blanche unit (ダンブランシュユニット) はアドリア亜大陸、すなわちかつてのアフリカ大陸の一部です。そのため巡検中には「ただいま私達はヨーロッパからアフリカに進入しました」などと紹介されました。セシア・ランゾユニット



第3図 巡検コース図。巡検案内図(Martin *et al.*, 2004)より。中央にチャティヨン、西部にアオスタ市街、1・2日目:北東部のモンテローザ, 3日目:南西部のラボルナ鉱山, 4日目:北部のチニアナ湖。

はエクログイト相の変成を受けた雲母片岩、ダンプランシュユニットは藍閃石片岩相の雲母片岩が主で、両者は分布地域が異なりますが、地体構造区分の観点からは本来一連の地質体であったとみなされています。

### 3. アオスタ渓谷巡検-ナップとの出会い

私は前日8月14日に日本を発ち、フランクフルト経由でイタリア北部の大都市ミラノに宿泊。翌朝はミラノ市内を散歩したのち、鉄道で西へ急行で約40

分のNovara(ノバラ)駅に集合しました。

巡検の案内者はSilvana Martinシバーナ マルチンさん(伊)、Gaston Godardガストン ゴダードさん(仏)、Gisella Rebayジゼーラ リベイさん(伊)。リーダーのマルチンさんとリベイさんは女性で、3人とも登山もする山岳地質屋です。巡検の参加者は30人で、夫妻での参加が目立ちました。参加少数でキャンセルの相次いだ今回のIGC巡検の中であって、かなりの人気だったようです。日本人は産総研の中島 隆さんと、北海道大学大学院の山崎 徹・植田勇人さん、私の4人でした。



第4図 霧に煙るモンテローザユニットの結晶片岩。中央の崖に低角の層理が見える。写真の左上方に Stop1.3, Stolemberg山のユニット境界の露頭がある。左側の白い筋は残雪、右遠方には山岳氷河が見えている。



第6図 2日目朝, Stolemberg山の北の氷河を目指すA班の出発。



第5図 Stop1.4, モンテローザユニットの片麻岩の褶曲。白い層は石英長石が多く黒い層は雲母が多い。右手前の2人の左がリーダーのマルチンさん、右がゴダードさん。

### 1日目: モンテローザ登山

バスに乗り込んだ巡検一行は、さっそく5日間の巡検の目玉であるモンテローザ登山に向かいます。アオスタ渓谷北東部の Gressoney 渓谷を北へ奥まった Schaval 集落の周辺は、夏は登山、冬はスキーでにぎわいます。Schaval からロープウェーを2本乗り継いで標高2,944mの Passo dei Salati (サラチ峠) に着きます(第3図)。サラチ峠の付近はモンテローザユニットの堆積岩起源・苦鉄質岩起源の片麻岩や蛇紋岩が分布しています。ここから露頭を観察しながら尾根を北へ登ってゆきます。

Stop1.3 (観察地点に付けられた略号) となる Stolemberg (ストレンベーク山, 3,202m) では、構

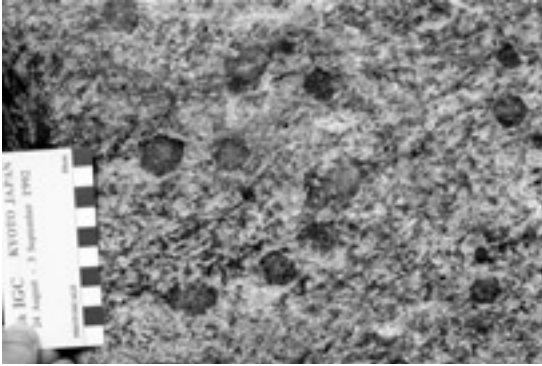
造的下位のモンテローザユニットと上位のザーマット・サースユニットとの境界がつぶさに観察できません。登山道の鎖場の足元の角張った岩から上がザーマット・サースユニットの変成苦鉄質岩、そのすぐ2m下位はモンテローザユニットの結晶片岩で、境界面は破碎帯のある断層ではなくて接しているように見えます。あいにくこの日はしばしば霧が立ちこめてきて境界露頭の写真が不鮮明だったので、その下方の写真で雰囲気だけご紹介しましょう(第4図)。この境界露頭は植田さんが地質学会ニュース2004年10月号で紹介されていますのでそちらも参考にしてください。

ストレンベーク山を後にした私達は来た道に戻り、尾根に沿って更に南東へ進みます。Stop1.4はモンテローザユニットの片麻岩の褶曲です(第5図)。

この日は山小屋に泊りました。山小屋といっても3階建ての立派な建物です。食事は麓のホテルと同様においしくワインやビールもあり、ベッドもあってシャワー以外はすべてホテルと同様で、登山の初心者でもゆったりくつろげました。標高が高いため高山病も心配されたのですが、参加者で気分の悪くなった人はいなかったようです(でもワインの飲み過ぎで夜中に気分の悪くなったのは私です)。

### 2日目: ナップ群をみる

朝、北大の山崎・植田さんたち登山技術のある若手主体のA班は、登山装具のハーネスやザイルを点検した後、山岳氷河のかなたを目指し出発し



第7図 Stop2.7, セシア・ランゾユニットのざくろ石雲母片岩. 肉眼でもざくろ石の累帯構造が見える.

ていきました(第6図)。標高が3,000m近いので、真夏でも山岳氷河が指呼の間に望めます。一方、私や中島さんら中高年・登山技術なしのB班は、山小屋周辺で蛇紋岩中の苦鉄質岩脈を観察し、次いでStop2.4のCol d'Olen峠でコンバンユニットの含クロリトイド石灰質片岩を観察したのち、冬にはスキー場となる道路を下山してゆきます。このコンバンユニットの厚さは決して厚くはないのですが、ナップの傾斜と道路の下りとは平行しているので、ずっと同じ層準を横へ横へと観察することになります。ダム湖であるLago Gabiet(ガビエ湖)湖畔の公園で遅い昼食をのんびりと済ませたB班の多くは、ロープウェーを使わず徒歩で登山道を下山することにしました。行きも帰りも乗り物なんて地質屋として芸がないというものです。なかなか雰囲気のある登山道を下ってゆき、途中で後退変成をあまり被っていないさそうなエクログイトの転石を採取したりしました。

午後4時に麓に帰り着いたB班はやがて下山してきたA班と合流、バスに乗りGressoney溪谷を南へ下ります。次いでLillianesという集落のStop2.7で、セシア・ランゾユニットの雲母片岩を見学しました。ここでは河床でエクログイト相の雲母片岩(mica schist:イタリア風の発音はミカシスト)、片麻岩、岩脈とエクログイトのレンズが観察できます。雲母片岩中のざくろ石斑状変晶は大きいものでは径2cmに達します(第7図)。私はセシア・ランゾという地層名は20年以上昔の学生時代に聞き覚



第8図 Servette鉱山への道の途中、ズリ山を観察する一行。手前右は北大の植田さん。

えがあったので、実物を見て親しみが増しました。

この日からはアオスタ溪谷中央部のチャティヨンの町に宿泊しました。

### 3日目: 鉱山跡を訪ねる

午前中雨が降ったり止んだりの天気となったこの日は、アオスタ溪谷の南側の支流、Saint Marcel溪谷地域を訪れ、ザーマット・サースユニットのマンガン鉱山2ヶ所を見学しました。

まず訪れたのはServette鉄銅鉱山跡です。麓寄りには黄銅鉱石を処理した石造りの炉の跡が残されています。小道を登ってゆく途中にはズリ山が数カ所にあり、鉱さいを拾います(第8図)。鉱山跡に着くと、木組みの坑口や鉱脈の露天掘り跡の坑口が3ヶ所ほど残っていて、往時が偲ばれます。鉱山跡を訪れる人がどれほどいるのかは分かりませんが、一応見学順路が保守されていて安心して見て回ることができます。ここでの最も良い岩石標本は、皮肉なことに作業小屋の石積み壁に使われている石で、長径1cm近いローソン石の仮像が多数含まれる変成岩です。その他にも数種類の良い標本が壁石にあるのですがこれでは採集はできませんので、みんなで交代で観察して写真を撮る



第9図 Stop3.5, Praborna鉱山の坑口。坑口は急な斜面を30mほど登った中腹に開いている。Mn鉱脈に沿って採掘した跡です。

だけで我慢します。この地域のエクログイト相の変成作用の温度圧力条件は2.0GPa, 550℃と見積もられています。

午後はPraborna (ラボルナ) 鉱山跡を訪れました。鉱脈と坑口は崖を30mほど登った上にあります(第9図)。この鉱山は、古く1400年代には既に発見されており、17-18世紀に盛んに開発されました。有名なベニスの透明ガラスの製造の秘訣は、ここで採れるブラウン鉱などのマンガンだったとのこと。マンガン鉱床は珪岩中に挟まる厚さ4~8mの層で、鉱床の上盤側はいずれもエクログイト相の変成作用を受けた蛇紋岩・変斑れい岩、下盤は藍閃石岩・緑泥石片岩・雲母片岩からなります。また、ラボルナ鉱山は日本でも三波川変成岩に産することで有名な紅れん石の模式産地です。そのほか、ざくろ石・輝石・緑れん石などのマンガンを富む種やマンガン炭酸塩鉱物が産します。violan (ヴィオラン) と呼ばれるマンガン-オンファス輝石の5cm大の結晶は見事です。

ラボルナ鉱山からの帰路の途中、鉱山の作業場であったChuc (チュック) 廃集落を覗いたり、沢でGreen fountainと呼ばれるきれいな青色の沈澱物を観察したりして、St. Marcel近くの人里まで帰り着きバスに乗ったのは既に午後6時半。てっきりチャティオンに戻るのかと思いきや、なんだか方向が違います。着いた所はアオスタの鉱物博物館Cristalli e minerali in Valle d'Aostaで、所蔵の鉱物標本は個人2人のコレクションに基づくものだと



第10図 Stop4.2・4.3, Cignana湖。湖手前の岸辺は構造的低位のザーマツ・サースユニットの超高压変成岩からなる。奥側の崖は構造的上位のコンバンユニット。この写真の右手には層状蛇紋岩からなるPancherot山(2,614m)がそびえている。

うです。マッターホルンやモンブラン産の鉱物をたっぷり1時間半見学して、参加者の「もうおなかぺこぺこだよ」の声でホテルに帰ったときは夜9時でした。

#### 4日目: 超高压変成岩を見る

巡検のもう一つの目玉であるLago di Cignana (チニアナ湖)の超高压変成岩を見学しました。山岳用のマイクロバスでチャティオン北方の尾根へ上がり、眺望を楽しんだのち林道を歩いてチニアナ湖を目指します。このダム湖(第10図)は構造的低位のザーマツ・サースユニットと上位のコンバンユニットの境界部にあっており、両者の間に別のユニットを認定する意見もあります。標高2,159mの湖岸には、ザーマツ・サースユニットの変成堆積岩と変成苦鉄質岩の露頭がまだらに分布しています。

チニアナ湖は、1991年にその一画から超高压鉱物であるcoesite (コース石)が発見され一躍有名になりました。コース石は化学組成は石英と同じSiO<sub>2</sub>ですが、圧力2.5GPaすなわち地下90km以深の超高压でないと生じない鉱物なのです。世界の数カ所で発見されていますが、日本では発見されていません。コース石はざくろ石の中の包有鉱物として産し、顕微鏡で見ると、石英への相転移の際の体積膨張の結果ざくろ石に放射状割れ目ができています。しかし包有コース石の発見されたその露頭は、世界中からやってきた研究者によって現在は

もう取り尽くされてしまったそうです。

Stop4.3.3の湖岸の露頭にはいたる所に径2～3mmのざくろ石斑状変晶が大量に含まれていますが、これらのざくろ石には包有コース石はまったく存在しません。エクログイトは変成堆積岩・変成苦鉄質岩中にレンズ状に含まれており(第11図)、多かれ少なかれ後退変成を被っています。ここでの変成条件は圧力約2.7～2.9GPa、600℃と見積もられています。

変成度が高いので変成岩の原岩にはわかに判断しにくいですが、苦鉄質岩には枕状溶岩が見られ化学組成は海嶺玄武岩に似ているとのこと。三波川変成岩に似た変成チャートの露頭もありました。

湖岸を見学し終わると、渓谷に沿う小道をCrepin(クレピン)という集落へ向かって下ります。小さな赤い花も咲き乱れていて渓谷の風景はとても美しく、気持ちのよいハイキングコースになっています。このルートでは、ザーマット・サースユニットの蛇紋岩や変斑れい岩を観察します。アオスタ地域の蛇紋岩は、ちゃんと蛇紋石化はしているし片理も生じているのですが、日本でよく見るもめた割れやすい岩ではなくて堅硬で立派な岩であることが多いです。やっぱり変成作用が違うせいでしょうか。この日最後のStop4.7では、Pancherot山から転げ落ちてきた数m大の転石が折り重なっています。ここではいろいろな岩石種が見られますが、興味の中心はエクログイト化した変斑れい岩・トロクトライトです。どちらも堅い石なのでみんな力一杯ハンマーを振ります。案内書によると、これらを顕微鏡で観察すると複変成による鉱物反応がよく見えるとのこと。

## 5日目：刻まれた歴史に出会う

巡検最終日のこの日はあいにく朝から曇り模様です。ロープウェーでCervino山(セルビノ山すなわちマッターホルン)間近のプラトーローザまで登ってイタリアンアルプスの景観を楽しむ予定だったのですが、山に登っても霧で何も見えないという情報が入り、下界でのんびり過ごすことになりました。うーん、残念。

まず、チャティヨンの町近くのUssel(ウッセル)城博物館です。アオスタ渓谷沿いでは、少し小高い



第11図 Stop4.3.3, 変成オフィオライト中のエクログイト岩塊。周囲には変成堆積岩と変成苦鉄質岩の露頭がまだらに分布しており、この露頭は堆積岩起源のざくろ石雲母片麻岩からなる。エクログイトは濃い緑色で、多かれ少なかれ後退変成を被っている。レンズキャップは径5.3cm。

丘にはすべてといってもよいくらい城が築かれています。14世紀に建てられたUssel城もその一つで、現在は博物館として公開されています。ここはアオスタ川の河床よりかなり高い位置にあるため、チャティヨン東の支谷で最近発生した土石流が谷から溢れて農地に広がった土石流堆積物がよく眺望できました。

次に、南東へと進んだ高速道路脇の露頭でセンア・ランゾユニットのエクログイトレンズを含む雲母片岩を見学。含まれるユニットこそ違え、エクログイトレンズの産状はチニアナ湖のStop4.3と似通っていました。

最後に、渓谷出口に位置するIvreaの町で、「すべての道はローマに通ず」のことわざでも有名なローマ時代の道路を見学しました。苦鉄質結晶片岩の露頭を大規模に切割りして作った道路で、路面には轍が深く刻まれ、アーチが設けられたりもしています(第12図)。壁には距離票や文字も刻まれています。ここは地元の観光地図にも載っている名所で、私達一行以外にも観光客が見物に来て



第12図 Ivreaのローマ時代の道路。路面に轍が刻まれている。壁に苦鉄質結晶片岩の層理、アーチ上部には石英(?)脈が見える。

います。ちょうど私達が見学し終わりバスに戻った際に地元テレビ局の取材が来たため、みんなで再度バスを降りて、路面の岩石を観察するポーズをとりました。これは「やらせ」ではなく「演出」ですよね？

#### 4. 巡検を終えて

巡検全体の感想としては、「とにかくよく歩く巡検」の一語でした。参加者には野外地質屋でない人や同伴の婦人(しかも決して若くはない方々)がいて、私は内心、これでは落伍者が出るのは必定と思っていたのですが、まがりなりにもみんなついてきたのには驚きました。とくに3日目のラボルナ鉱山からの帰路は、見学するものとして何もない林道をバスの待つ集落まで延々と歩いたので、精神的にもつらいものでした。日本の巡検でこんなに歩かされては苦情が出るころだと思うのですが、参加者は結構楽しんでいる様子で、参加者の体力と忍耐力はたいしたものでした。

巡検案内書はB5判より少し小さい判で携帯に便利で、裏表紙にカラーのStop案内地図(第3図がそれ)が付いている点が良い工夫と感じました。

#### 文 献

S. Martin, G. Godard and G. Rebay (2004) : The subducted Tethys in the Aosta valley (Italian western Alps). 32<sup>nd</sup> International Geological Congress, field trip guide book -B02, Italian Agency for Environmental Protection and Technical Services, 48p.

TAKEUCHI Keiji (2005) : 32<sup>nd</sup> IGC field trip B02, ophiolites and UHP metamorphic rocks in the Aosta valley.

<受付：2004年12月13日>