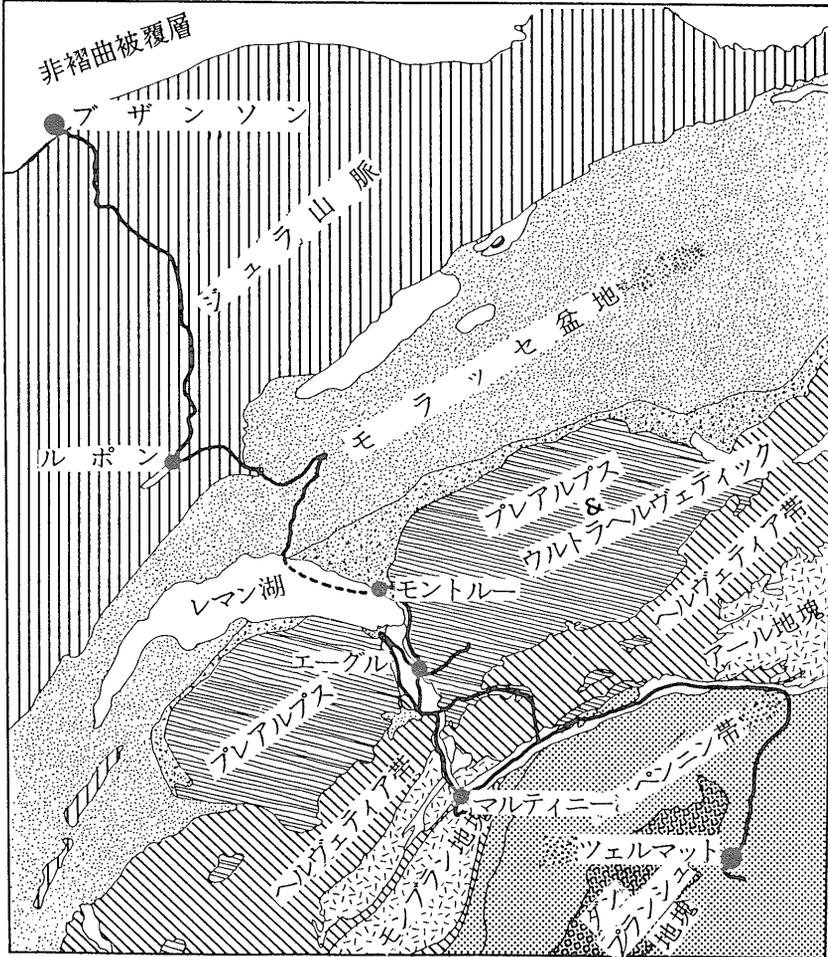


西アルプスの地質

鈴木 尉元 (燃料部)・三 梨 昂 (島根大学理学部 元所員)
Yasumoto SUZUKI ・ Takashi MITSUNASHI



第1図 巡検ルート

1. まえがき

アルプスといえば 地球上でもっとも新しいアルプス造山運動の模式地であるだけでなく 造山帯の典型と見なされてきた地域である。それは 自然条件に恵まれていることもさることながら アルプスの中心をしめるスイスについて 1919年から1922年にかけて 2巻3冊の大著“スイスの地質 (Geologie der Schweiz)”が ハイム (Albert Heim) によってまとめられたことが大きかったように思われる。九州よりわずかに小さいスイ

スの地質について 部厚い3冊の著書に記述されたものだけに その地質学的記載は部分的に詳細になったものの現在にいたるまで基本は変わらないようである。造山運動論も それをもとに展開されることが多かった。

それでは アルプスの地質は完成され 地質学的に問題は残されていないのかという 決してそうではなく まだまだ大きな問題が未解決のまま残されているようにおもわれる。最近 ハイムによって描かれたアルプスの地質の対する批判が スイス以外のソ連 オランダやイギリスの研究者によってとなえられているのは この



第2図 アルプスの構造区分図

一つのあらわれである。しかし ハイムに代る地質が体系的に展開されるまでにはいたっていない。

筆者らは 1980年6月から7月にかけて 10日間 パリで開かれた第26回万国地質学会議の会議前巡検でアルプス西部の地質を垣間見る機会をもった。6月24日に成田空港を出発し 16時間あまりで翌25日パリ着。同地に一泊し 26日夕方 巡検の出発地ブザンソンに集合した(第1図)。ブザンソンは フランス南東部のジュラ山脈山麓にあるひじょうに清潔な美しい町であった。ロマン派の作家であり詩人であるビクトル・ユゴーの生地であり 時計やレイヨンの製造で知られた町である。巡検の集合場所が 駅前の坂道を下り 町中にはいった三叉路の角にあるテラスホテル いったみれば駅前旅館といったおもむきのホテルで 地質家のセンスはどこも同じ という感を深くした。

ここを翌27日朝出発し スイスに入り ジュラ山脈を

見学して その日は山中の湖畔の町ル・ボンに宿泊。28日はジュラ山脈を横切り モラッセ盆地を見学して レマン湖畔のブヴェイに宿泊。29日はアルプス前縁のプレアルプス 30日はヘルベチア帯を見学 両日とも宿泊はモントルーであった。モントルーは レマン湖畔の美しい町で 近年はジャズ祭でも売っているが 町を歩いている人にお年寄りの観光客が多いことに スイスの一面を見る思いがした。7月1日は ヘルベチア帯のナップの層序を実地に確認するために山道を歩かされ マルチニー泊。2日は基盤の石炭紀中期の花崗岩と圧砕岩 その上に不整合に重なる石炭・二畳系を見学し この日もマルチニー泊。3日は ペンニン帯のモンブラン地塊の北東縁とシストリュストレ(ビュントナーシーファー)の結晶片岩を見る。4日は 登山電車でゴルネルグラートに上りマッターホルンの偉容に圧倒される。さらにペンニン帯の構造 ゴルネルグラート氷河



第3図 漸新世(後期シャティアン)のモラッセ・中央はローザンヌ博物館のワイドマン博士。



第4図 プレアルプスの暁新世のフリッシュ。

を見てツェルマットに下り 同地に泊まる。5日はツェルマットからティシュに下り シストリュストレを見学しレマン湖畔のローザンヌにもどる。そして夜行列車で翌6日にパリにもどった。

本小論では この巡検で見学した地質を介して西アルプスの地質を紹介し アルプス研究の現状と問題点を検討したいと思う。

現地で地質の案内をしていただき いろいろ御教示いただいたヌーシャテル大学のシェール(J. P. SCHAEER)教授 ローザンヌ大学のエッシャー(A. ESCHER)教授 ローザンヌ地質博物館のワイドマン(M. WEIDMANN)博士に感謝する。また アルプスの文献について御教示いただいた新潟大学の茅原一也名誉教授・植村 武教授 地名について御教示いただいたキュッパース(A. N. KÜPPERS)氏 原稿作成をお手伝いいただいた久保紀子氏にも感謝申しあげたい。

2. 地質構造区分と各構造単元の特徴

スイス・アルプスは 東北東—西南西にのびていて北からモラッセ盆地 ヘルベチア帯 ペンニン帯 南アルプス(ディナル・アルプス)に分けられる(第2図)。なお西部には モラッセ盆地に接して その南にひょうたん型のプレアルプスが区分されるが それを構成する地層はペンニン帯起源と考えられている。各構造単元は それぞれ地質構成と地質構造に特徴がある。以下に 各構造単元の地質と地質構造さらに見学個所の様子についてのべる。

A. モラッセ盆地

この盆地は 北のジュラ山脈と南のアルプス山脈には
1988年8月号

さまれ スイス中央部を東北東—西南西方向に走る丘陵地帯を形成している。主として 漸新世・中新世の碎屑岩から構成されているが 西部には 白亜系が鳥状に顔をだしている。盆地南部には ナーゲルフルー(Naegelfluh)とよばれる礫岩が発達する。

堆積物全体の層厚は 南部で最大 5,000~6,000mに達する。モラッセ盆地は 北部の“現地性”モラッセと 南部のサブアルプス・モラッセに分けられる。

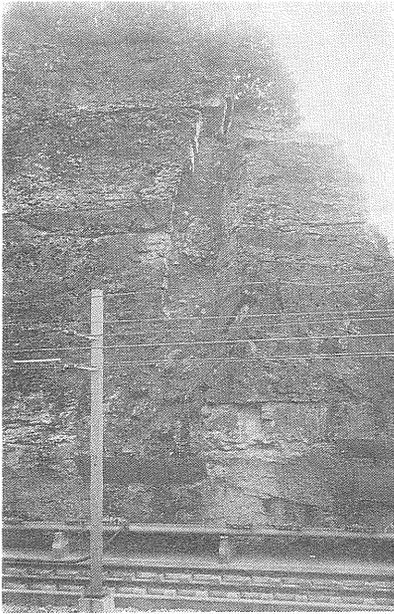
“現地性”モラッセあるいは台地モラッセは 平坦な漸新世から上部中新世の地層で ゆるく褶曲したり(主として西部) 断層で切られている(主として東部)。北部は単斜構造であるが 南方に背斜軸部が衝上断層によって切られた褶曲モラッセに移化している。サブアルプス・モラッセとの間には 南傾斜の衝上断層が発達する。

サブアルプス・モラッセは かなりのずれをもつ衝上断層によって切られた 南傾斜の漸新世—下部中新世の地層からなる地帯である。アルプス山地との地形的な境界は モラッセ盆地とアルプスの間というよりも “現地性”モラッセとサブアルプス・モラッセとの間にある。

モラッセ盆地を構成する地層は 下から下部海成・下部淡水成・上部海成・上部淡水成モラッセに区分される。各層準の地層の等層厚線図を描くと 堆積の中心は 北方へ移動することが確認されている。

地質構造は ゆるい背斜・向斜を形成していて ケスタ地形として地表にあらわれている。アルプスに近づくとかかなり急な褶曲が見られ プレアルプスとの境界では後にのべる上部三畳系のウルトラ・ヘルベチック・ナップが 上部始新統の上のしあげている。

地震探鉱によって モラッセ盆地の基盤は ブロック



第5図 下部白亜系の割れ目をうめる始新世のラテライト・脊椎動物の化石を産出する。

状に変位していることが確認されている。

ヴヴェイからペレラン山へ

モラッセ盆地は ならかな丘陵地で あちこちに農家が点在し畑がひろがっているといった景観で 露出はよくない。ケスタ地形を呈するというが とにかく露出がないのでわかりにくい。人工的なカッピングができると そこを中心に調査をするようである。ただしレマン湖を船で行くと 尾根筋に砂岩が露出していて目で追って構造をつかむことができ ケスタ地形を形成していることがわかる。

写真に示した露頭は 漸新世後期のモラッセの礫岩でヴヴェイからペレラン山へ行く途中にある(第3図)。こんな露頭で1時間ほどもついやしたことを見ても いかにも露頭にめぐまれないかがわかるであろう。トリュンピー (R. TRUMPY) とベルジエール (A. BERSIER) の研究によると これらの礫は プレアルプスの白亜系のフリッシュから侵蝕されもたらされたものという。

モールモン

モールモンは モラッセ帯中にあり 断層に切られた N50°—60° E 方向に沈む背斜上に位置する。またラインとローヌ盆地を分ける分水嶺にもあたる。東北東のノーズ構造にそって 石灰質白亜系がインライアールとして分布する。碎屑質 一部はウーリティックな少々粘土質の石灰岩で 陸棚浅海堆積物 一部は礫性堆積物である。腕足類・海ゆり・うに・二枚貝・ルディス

ト等を含んでいる。時代は下部白亜系の上部オーテリヴィアン・下部パレミアン・上部パレミアンである。

モールモンは 多分始新世中期・後期には隆起帯をなし カルスト地形が形成され 白亜紀の炭酸塩岩類は風化され 深く侵蝕された。カルスト穴をうめた堆積物は 褐鉄鉱質のピソリスをもった褐色ないし黄色がかかった赤い粘土からなる“Siderolithique”層からなる。この“Siderolithique”は 風化した白亜紀の石灰岩に重なるうすいラテライト質堆積物である。粘土でうめられたポケットには パルトニアンとルディアン期に対比される始新世後期～最末期の豊富な脊椎動物群を産する(第5図)。それらは 熱帯性のザヴァンナ気候にすんでいたものといわれている。

B. プレアルプス

平面的にはひょうたん型をしているプレアルプスはそのくびれた部分を通るローヌ河を境に 南西のシャブレ・プレアルプス (Chablais Prealps) と北東のロマンド・プレアルプス (Romande Prealps) に分けられる。

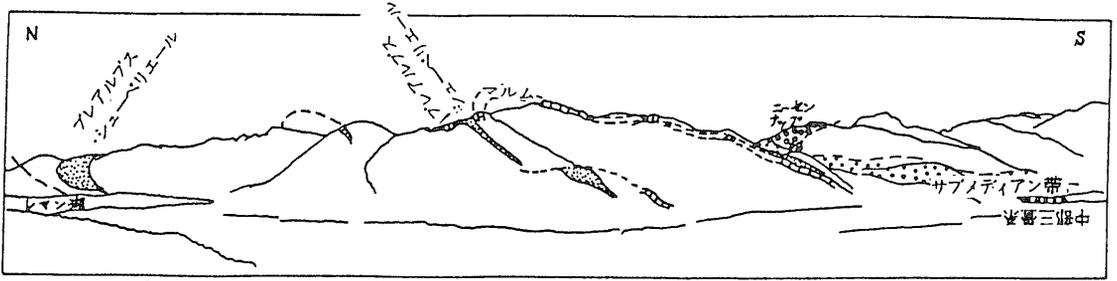
プレアルプスの地質は 上部三畳系・ジュラ系・白亜系・古第三系からなり 複雑な褶曲を形成している。中生界は 主として泥灰岩・泥灰質石灰岩と薄い層理をもつ石灰岩からなる。岩相変化がはげしく 次のべるナップ相互間で またナップ内でも岩相が変化する (RUTTEN, 1969)。白亜系最上部ないし古第三系はフリッシュとよばれる砂岩・泥岩互層からなる(第4図)。

プレアルプスは 3層のナップ構造を形成していると考えられている (LEMOINE, 1978)。すなわち 基底をなすウルトラヘルベチック・ナップ 主要部を構成する中間ナップ および上部のシンム・ナップである。中間ナップは メディアン・プラスチック・ナップ メディアン・リジッド・ナップ プレッシュ・ナップに分けられる。

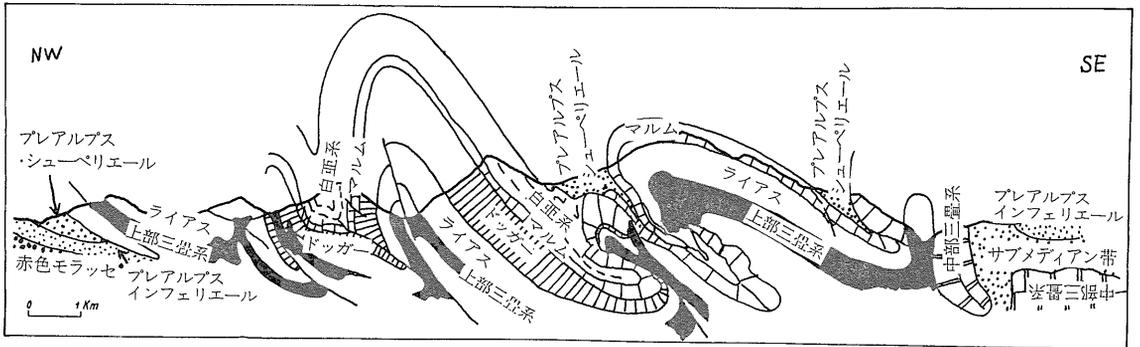
メディアン・プラスチックは 1.5~2 km の厚さの石灰岩と泥灰岩からなり 平行褶曲を形成している。メディアン・リジッドは 1~1.5 km の厚さの 硬い褶曲していない石灰岩と白雲岩からなっている。プレッシュは 1~1.5 km の厚さの石灰岩と頁岩からなり 石灰質岩の角礫を多く挟む。シンムは 主として上部白亜系のフリッシュからなっている。

これらのナップはペンニン帯起源で モラッセ帯上に移動してきた異地性岩体と一般に考えられているが これには批判もある。これについては あとでふれることにする。

プレアルプスの現在見られる構造は 大部分中新～鮮新世のネオアルプス時相に プレアルプスの異地性岩体



第6-1図 ローヌ河谷東側のプレアルプスのスケッチ



第6-2図 ローヌ河谷東側のプレアルプスの断面図 (TRUMPY, 1980)にもとづき作図

上で座屈褶曲や横ずれ断層運動によって形成された。
 なお プレアルプスのナップのデコルマンは 始新～漸新世のメソアルプス時相に形成されたものである。

ローヌ河ぞいの景観

イヴォルヌの北約 5.2km のレ・アギト付近に立つと西方に ローヌ河左岸のシャブレ・プレアルプスの大パノラマが見られる。 谷の北東側には ロマンド・プレアルプスのメディアン・プラスチック・ナップが見られるが その構造は ジュラ紀後期の“マルム”石灰岩の崖を追っていくとわかる (第6図)。

この付近から南西方に目をやると エクスターナル地塊やヘルベチック・ナップからなるモンブラン エギーユ・ルージュ ダン・ド・ミディが見られる。 北西方には はるかにジュラ山脈が望まれる。

採石場跡 (メディアン・プラスチック・ナップの狭い向斜中の白亜紀後期～第三紀の泥灰岩をセメント材料として採掘)

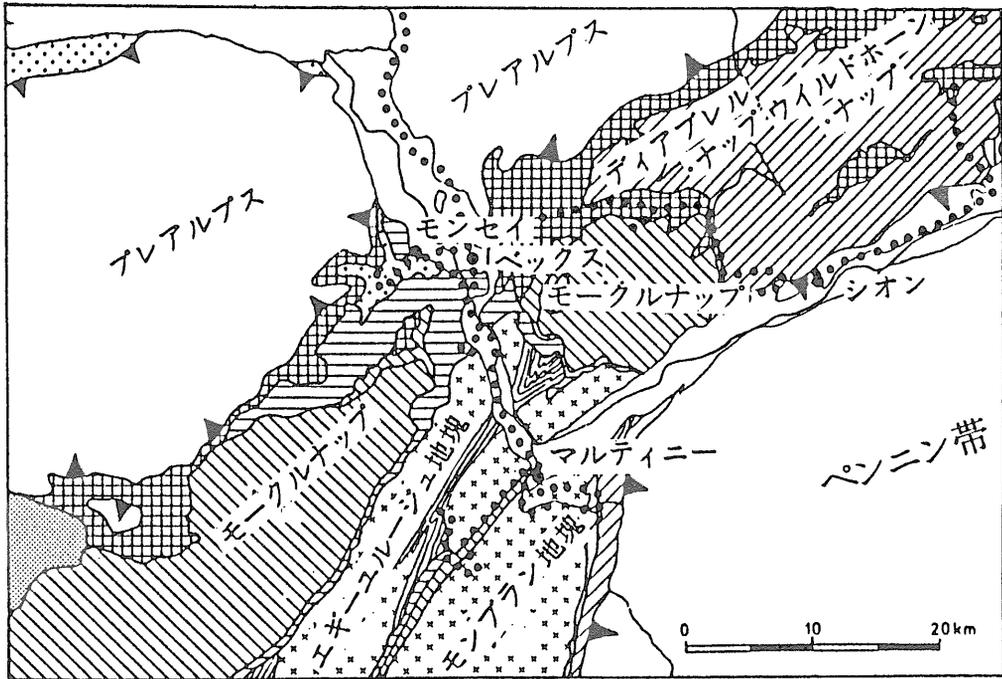
採石場では 始新世のメディアン・フリッシュと 白亜紀後期～第三紀遠洋性泥灰岩のクーシュ・ルージュとの接触関係が見られる。 クーシュ・ルージュは ジュ

ラ紀後期の再堆積した陸棚石灰岩に重なるが その境界には 団塊をもつ鉄分に富んだ殻が発達する。

プレアルプスのメディアン・フリッシュは あまり発達がよくないタービダイト相をともなる含礫泥岩を多くもつ点で フリッシュとしては典型的でない。 このフリッシュは 垂直方向に また水平方向にワイルト・フリッシュに移化する。

C. ヘルベチア帯

ヘルベチア帯は 主としてジュラ系と白亜系の石灰岩相 古第三系のフリッシュ相からなるが それらは南方起源の様ざまなナップから構成されていると考えられている。 それらは下位から モークル・ナップ ディアブレル・ナップ ウィルドホーン・ナップであるが モークル・ナップとディアブレル・ナップとの間には プレアルプスの基底をなすウルトラヘルベチック・ナップが挟まれる。 さらに この上にニーセン・ナップが重なる。 このニーセン・ナップは プレアルプスのすぐ背後に分布する。 ヘルベチア帯の構造は プレアルプ



第7図 ヘルベチア帯の構造区分図と巡検ルート。

スが急傾斜するのに対して 一般に傾斜はゆるい。これは プレアルプスが成層した石灰岩や動きやすい泥灰岩を挟むのに対して ヘルベチア帯は塊状石灰岩を多くもつことによるものと考えられている (RUTTEN, 1969).

ナップの模式地は ロース河左岸のモーグル山・ディアブレル山・ウィルドホーン山である。モーグル山はロース河の谷からそそり立った山で その岩壁に モーグル・ナップの逆転した翼部がよく見られる (第8図)。ロース河ぞいのベックスから東北東方の谷に入り アルジェンティンに至ると 右側にモーグル・ナップ (第9図) 谷ぞいにウルトラヘルベチック・ナップ 左側のディアブレル山の岩壁にそってディアブレル・ナップが見られる。この谷をさらにさかのぼり シェヴィル峠にいたると 東方正面に ウィルドホーン・ナップがモーグル・ナップ上に重なっている様子が 一望のもとに見ることができる (第10図)。

エーグルからコル・デ・ピロンへ

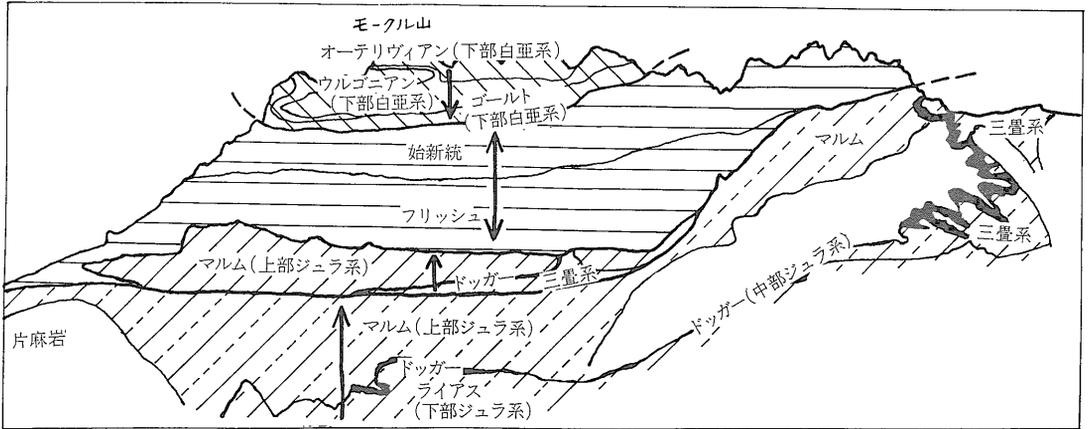
エーグルからモス丘ーピヨン丘への道へ入り ニーセン・ナップの前縁を見る。

ニーセン・ナップは 上部白亜系の未成熟の粗い礫岩

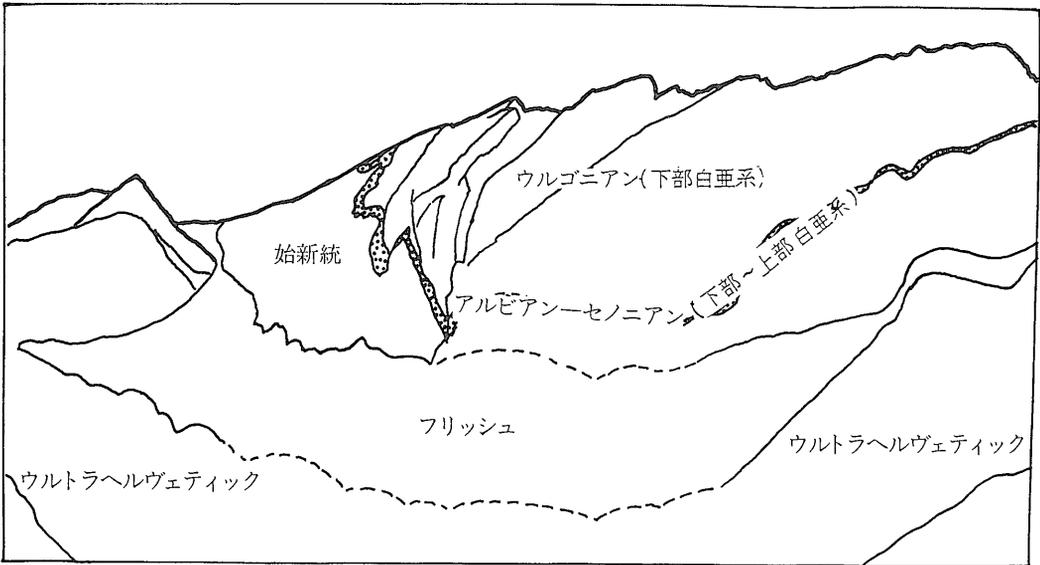
を含むことが特徴である。それらは 局地的な供給源から 乱泥流を含むマス・フローとして盆地へ供給されたもので 現在のナップの境界は 古地理の境界方向を斜めに切っている。このような岩相は 構造運動によって供給源に急崖がつくられ そのふもとに堆積したものと考えられる。

ジャン小山では ニーセン・ナップの逆転した褶曲の前縁が見られる。そして エーグルモンの橋は この逆転した背斜のコアの中部～上部ジュラ紀のフリッシュ様岩上にかかっている。ニーセン・フリッシュの下部は モス丘にそって露出している。急な逆転した地層は 様々なマス・フローと乱泥流によって水路にそって堆積した大礫岩からなっている。緑色の半遠洋性の頁岩は 曲型的な Rhabdammina 群集を含んでいる。さらに上位になると 盆地内石灰泥タービダイトが有用な局地的な岩相層序の指準層となる。

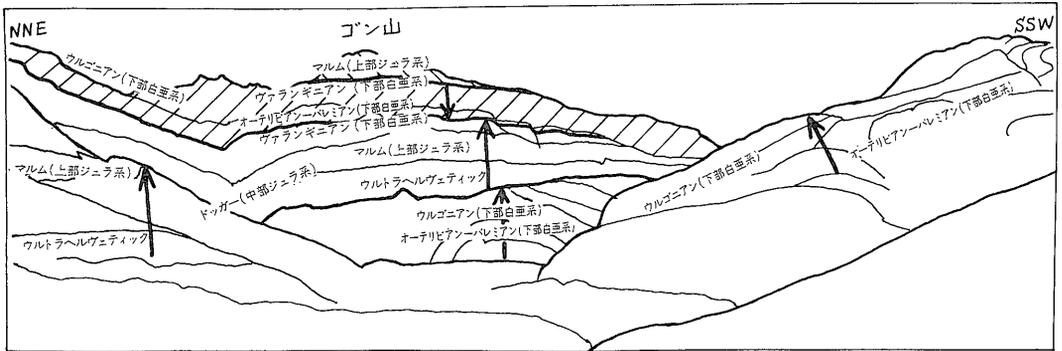
供給源に近い西部では薄く(約260m) 東方により厚くなり(1,000m以上) 供給源から遠くなる岩相となる。ジャン小山のフリッシュは 海底谷をうめたものか 供給源からの内部扇状地谷の地層にあたるものと考えられ



第8図 エギーユ・ルージュ地塊上に乗るうすく切られた堆積岩被覆層 それに重なるモークル・ナップの逆転した翼。モークル山の南西斜面を南から見る (H. Badoix, 1972にもとずき作図)。



第9図 モークル・ナップの前縁。アルジェンティンからの展望。ウルトラヘルベティック・ナップが左下に見られる (H. Badoix, 1972にもとずき作図)。第8図はこの南につながる。



第10図 モークル・ナップ ウルトラヘルベチック・ナップ、ウィルドホーン・ナップ 第9図は第10図につながるが 地層は順次かさなっていることを示す。 シェヴィル峠からの展望 (H. Badoux, 1972にもとずき作図)。

ている。 堆積深度は深海 (CCP 以深) である。

メックスから見るモークルナップ

メックスは モークル山に向いあった山の中腹にあり 東南方には モークル・ナップのひっくり返った翼が 現地性の地層・岩石の上に乗っているすばらしい光景が見られる (第8図)。 すなわち 片麻岩の上に三疊系・ジュラ系が重なり その上に断層で三疊系-ジュラ系がくり返し 白亜系~始新統が逆転して断層を境に重なっている。 ここでもっとも目をひく構造は モークル山の頂上付近に見られるナップの逆転した翼の“ウルゴニア”石灰岩の褶曲である。 このような構造は エギーユ・ルージュ地塊の上昇によって 北東に沈む褶曲が形成され モークル・ナップの北翼はけずられ 結晶質基盤と現地性の堆積岩が被覆層があらわれたものである。 これら被覆層は モークル・ナップの定置とともに 強く褶曲し 衝上断層を形成した。

ソラレックスから

メックス北方の谷に入り アルジェンティン地域に至ると モークル・ナップの褶曲の前縁をつくる白亜系と始新統石灰岩のつくる急な斜面が見られる (第9図)。 これらの地層は 東部ではフリッシュ層におおわれるようになる。

東方への山道にそうソラレックスからアンゼインデに至る間は ウルトラヘルベチック・ナップ ディアブレル・ナップのさらに上に重なるアンゼインデ・ナップとベックス・ナップとの境界にあたる。 途中の露頭は主としてベックス・ナップに属する三疊紀の cornieules と硬石膏である。

アンゼインデ地域からは ディアブレル・ナップの内

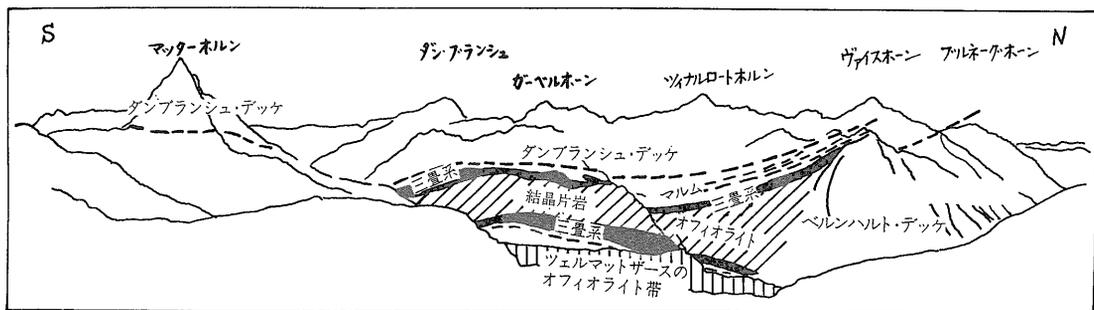
部のすばらしい景観を 北東方に見ることができる。

このナップは ジュラ紀と白亜紀の塊状石灰岩からできていてよりやわらかい泥質層によって分けられている。 ディアブレル・ナップが重力的にすべる時に 最初に形成された同心褶曲の両翼が平行になり 所によりブーディン化し等斜褶曲・横臥褶曲を形成していったと考えられる。

アンゼインデから30分ほどでポレイレット丘につく。 この丘の南の露頭で モークル・ナップ前縁の下部白亜系“ウルゴン”石灰岩と海進性の上部始新世のヌムライトを含む岩石との関係が見られる。 基底礫岩が両者を分けている。

シェヴィル峠の上からは 三つのナップ (狭義の準現地性とヘルベチック) の重なりが見られる (第10図)。 南方には 白亜系と始新統の石灰岩と頁岩の背斜によって代表されるモークル・ナップが 30°位の傾きで東に沈降し ディアブレル・ナップがその下にある関係が見られる。 ディアブレル・ナップは 東方と北方に見られる山の大部分をつくっている。 ラ・ファバの頂上ちかくには 核が“ウルゴン”石灰岩からなる横臥向斜構造が見られるが これは ディアブレル・ナップとその上に重なるウィルドホーン・ナップとをつなぐ部分である。 ウィルドホーン・ナップは ラ・ファバとゴン山の頂部を形づくっている。

セヴィル峠を下り デルボランスに向う途中では ウルトラヘルベチックとアンゼインデ・ナップの下部白亜系オーテリヴィア珪質石灰岩とヴァランギニア頁岩が見られる。 1,960m 地点からは 道は白亜系中に入り 北東方にアンゼインデ・ナップのジュラ系のマルム石灰



第11図 ゴルネルグラートからのツェルマツ谷両側の鳥かん図 (Трумп, 1980にもとづき作図)

岩がプレーン・モルト・ナップのフリッシュと構造的に接している関係が見られる。これらのフリッシュ堆積物は、下部白亜系のアプチアの石英岩と上部白亜系のセノマニアン石灰岩のオリストリスとを含んでいる。

D. ペンニン帯

ペンニン帯は、複変成のペルム・石炭紀基盤岩核と陸棚堆積物の三畳系 オフィオライト質火山岩をはさむ優地向斜型のジュラ・白亜系堆積物からなる。その上に上部白亜系と古第三系フリッシュが重なる。アルプス変動における変成作用をうけて、強く褶曲し、また衝上断層が形成されている。

ツェルマツ付近

アルガン (E. ARGAND) の業績から、ツェルマツ地域は、ペンニン帯の構造の模式地と見なされている。ここでは、ベルンハルト・ナップ、モンテ・ローザ・ナップとその上に重なるダン・ブランシュ・ナップの三つの基盤単位が接している (第11図)。ツェルマツの村そのものは、基盤単位をわけているオフィオライトと中生代層の複合体の上に位置している。ナップの重なりは、東方に傾いているから、モンテ・ローザ・ナップは西のツェルマツ盆地を境する山地にしか露出せず、ダン・ブランシュ・ナップはツェルマツの西の山の頂上を形成している。ベルンハルト・ナップはツェルマツの北の谷底に分布する。そこでは急な傾きをもつ片麻岩が、谷の狭い部分をしめ、大きな南フェルゲンツの褶曲であるミシャベル後方褶曲 (Ruckfalte) の前縁を形成している。このような褶曲は西アルプスのペンニン帯全体に典型的に見られるものである。

アルガンは、これら基盤ナップは、中生代層によってつつまれた大きな横臥褶曲のコアと解釈した。その後の研究で、ダン・ブランシュ・ナップの堆積岩被覆層はツェルマツ地域では完全に欠けていることがわかった。中生代層は部分的に他の二つのナップをつつんでいるが、オフィオライトをともなっている。

ベルンハルト・ナップの最上部の堆積物は、ブリアンソネ帯の台地相を示す。層序的には、基底の二畳・三畳紀の礫岩・石英岩・Cornieuileにはじまり、ジュラ紀 (ドッガーとマルム) と白亜紀の石灰岩と始新世のフリッシュ堆積物である。この層序は、ツェルマツ北のバールホーン (Barrhorn) 層群中に完全に保存されているが、ツェルマツ付近ではほんの一部が露出するにすぎない。

より深部に起源をもつ構造単元のモンテ・ローザ・ナップの堆積物は、ゴルネルグラートによく保存されている。層序は、うすくなった三畳系に始まり、角礫に富むジュラ・白亜系が重なる。これは大陸縁辺相と解釈されている。ゴルネルグラート系もバールホーン系もオフィオライトを含まない。

オフィオライトの主な岩体は、ツェルマツ・ザース帯 (ナップ) に集中している。海洋地殻に特徴的なすべての岩体、すなわち蛇紋岩化した超塩基性岩・輝岩・はんれい岩、岩脈・岩床・枕状溶岩や火山角礫岩が、ここでは見られる (第12図)。それにともなる堆積岩は、基底にジュラ紀の変放散虫岩や大理石があり、リグリア・アペニンの化石をもつ堆積岩の変成したものに対比される粘土・泥灰岩・チャートがこれに重なる。鉄とマンガンが海底の熱水変成作用によって、ツェルマツ系



第12図 シスト・リュスの枕状溶岩



第13図 ゴルネルグラート氷河

とリグリアの石英質の基底層のノジュール中に部分的に集中して産する。

ツェルマット近くで 三畳系の堆積岩 ビュントナーシーファー(シスト・リュストレ)とオフィオライトの岩体は オフィオライト・ナップとダン・ブランシュ・ナップの衝上断層面 すなわち いわゆる combin 帯(狭義)の間にあるものと解釈されている。古地理的にはそれはゴルネルグラート帯(モンテ・ローザ・ナップの被覆層)とオフィオライト帯との中間にあり 両方の岩質要素もっている。オフィオライト・ナップの上の combin 帯の現在の構造的な位置は 後方褶曲によるものである。

スイッチバックの登山電車でゴルネルグラートへ

中央ベンニン帯(ベルンハルトとモンテ・ローザ・ナップ)と南ベンニン帯(combin とオフィオライト・ナップ)とオーストロ・アルプス(ダン・ブランシュ・ナップ) モンテローザ・ナップの堆積物と基盤岩 各種のオフィオライト 高圧変成岩ゴルネルグラート氷河の 鳥かんの展望が楽しめる(第13図)。

3. 構造発展過程

アルプスが 本格的に地向斜として沈降運動を開始するのは ジュラ紀である。それ以前の構造運動としては 石炭紀に褶曲運動が行われたが この運動はヘルベチア帯では かなりはげしいものであったが ベンニン帯では微弱であった。ヘルベチア帯南部のエギーユ・ルージュ(Aiguilles Rouges)山塊上に 石炭系がほとんど垂直に閉じた向斜を形成し その上に 三畳系以上の地層が 不整合にゆるく重なる。この関係は ローヌ河ぞいのペルナヤツからモークル山付近で見ることが

でき ヘルベチア帯での石炭紀のはげしい褶曲運動を示す。

ベンニン帯では 三畳紀に沈降がはじまるが ジュラ紀から白亜紀にかけてはげしい沈降と単調な堆積運動が行われた(第14図)。この運動にともなって 塩基性の火山活動も行われた。現在 これら堆積岩や火成岩はシスト・リュストレ(schistes lustre)あるいはビュントナーシーファー(Bundnerschiefer)とよばれる結晶片岩に変成している。

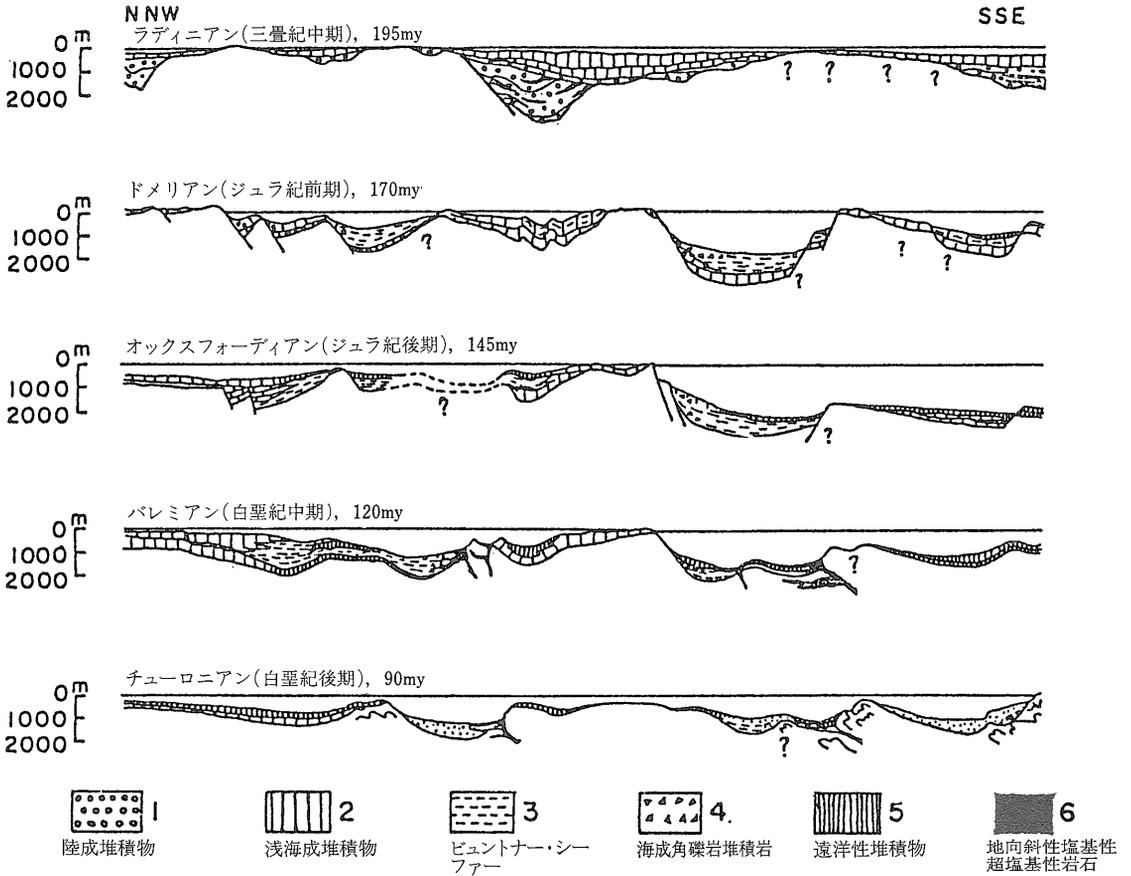
ヘルベチア帯では 三畳紀に沈降運動がはじまるが堆積間隙が多くはさまれる。ジュラ紀・白亜紀には厚い地層が堆積する。その上に 砂質・泥質の古第三系が重なる。

なお ジュラ系ないし古第三系には しばしば角礫岩や礫岩がはさまれ ジュラ紀から古第三紀にかけて 地向斜基盤は断裂によってブロック化し 地塁・地溝を形成し 全般的な展張状態にあったことを示している。

古第三紀には フリッシュ相が卓越し 地向斜が部分的に隆起状態に入ったことを示す。それとともに 地向斜堆積物の重力滑動が起り 各種のナップが形成されたと考えられている。

漸新世に入ると アルプスは全般的隆起運動を行ない 前縁のモラッセ盆地の沈降にともなって 粗粒な また厚いモラッセの堆積が行なわれた。モラッセの堆積は中新世・鮮新世にまでいたる。

アルプスの地質は ヴァリスカン造山運動をこらむった先三畳系あるいは先ベンシルヴァニア系の基盤岩とアルプス造山運動(白亜紀中期から鮮新世)だけを受けた三畳紀から下部漸新世の堆積物にわけられる。ベンシルヴァニア系と二畳系の陸成堆積物は 中間的な位置をしめる。

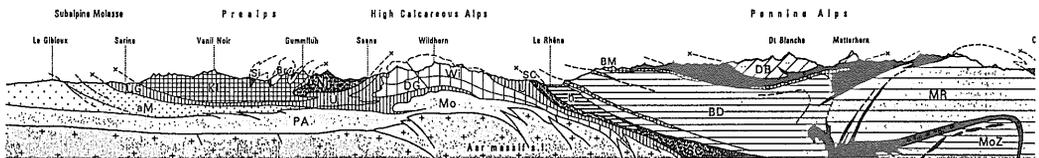


第14図 三疊紀中期から白亜紀後期までの構造発達の様式図 (Trümpy, 1980). テーチス海に関する Trümpy の古地理学的見解による。

高位と中位の構造レベルでは 基盤と被覆層は 非常に異なった構造的な挙動を示す。多くの場合 被覆層は基盤から引き離され デコルマンをつくる。より深い構造レベルでは アルプス変形と変成作用においてももとのコンピーテンスや構造の違いをなくし 基盤と被覆層を整合的に変形させる。

近年 このような構造運動はプレート・テクトニクス

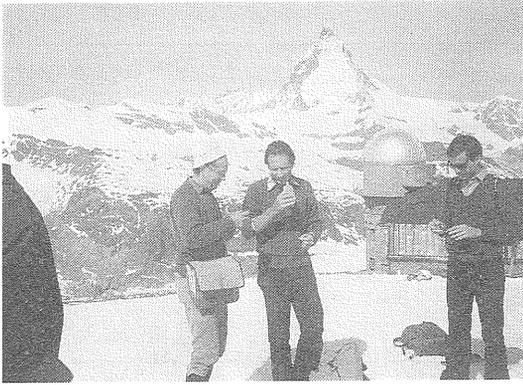
によって解釈されている。それによると中生代の沈降は 断裂形成 (リフティング) と拡大作用 (スプレッディング) によっておこなわれ ペンニン帯における海と準海洋 (“優地向斜”) が形成されたと考える。それは プリアンソネ隆起に代表される海洋内台地の形成をともなった。同時に 北縁 (ヘルベチア) と南縁 (オーストリア・アルプス 南アルプス) も形成された。新しい海洋地殻



第15図 西アルプスの地質断面図。(Trümpy, 1980)

モラッセ帯 aM: サブアルピネモラッセ M: 台地モラッセ PA: 現地性準現地性中生界被覆層 UUG: ウルト
ラヘルヴェティック・ナップ Wi: ウィルドホーン・ナップ DG: ディアブレル・ナップ Mo: モー
クル・ナップ

ペンニン・ナップ KI: メディアン BM: サンベルナル・ナップ Si: シンム・ナップ OB: ダンブランシュ・
ナップ Ni: ニーセン・ナップ MR: モンテローザ・ナップ SC: クール・マヨール帯



第16図 ゴルネルグラートからのマッターホルン 中央はユーシャテル大学のシュール教授 右はローザンヌ大学のエッシャー教授。

は ジュラ紀中期から白亜紀中期につくられた。

褶曲やナップは地殻の短縮によって形成されたが それは 白亜紀前期の終りに始まり 暁新世の中断をはさんで 鮮新世までつづいた。中生層 たとえば三畳系 オフィオライトやより若い岩石は いろいろな時相のアルプス変成作用を受けた。これに対して基盤ナップでは ヴァリスカンやカレドニア変成作用の残存岩石も含んで複変成作用をこうむった。

アルプス変成作用は オフィオライトでもっともよく研究されている。それは 白亜紀初期の玄武岩やはんれい岩からのエクロジャイトの形成にはじまる。

4. アルプスの構造概念に対する批判

スイス・アルプスの総括をしたハイムは アルプス造山帯は 地球の収縮にともなう横圧力によって南北方向に収縮され 胚芽的な褶曲から次第に成長し それが次つぎに折りたたまれるようにして 各種のナップ構造が形成されるに至ったと考えた。したがって 各ナップは 造山帯に平行した方向に連続するもので 上位のナップが発達する地域の下には 地表に見られるのと同じような形で より下位のナップが発達することになる。西アルプスのヘルベチア帯について言えば 一番上位のウィルドホーン・ナップの下には ディアブレル・ナップ ウルトラヘルベチック・ナップ モークル・ナップが順次重なるものと考えた 彼のアルプスの地質構造断面は そのように描かれ 現在も 一般にはそのような地質断面が描かれることが多い(第15図)。

しかし このような地質構造概念に対しては 批判もある。たとえば オランダのラッテン(1969)は ナップ概念は机の上で生まれたもので 野外のものではな

いと言っている。また ソ連のペロソフ(V. V. Belousov, 1954)にいたっては アルプスの地質構造は10中8 9出たらずである とまでいっている。

ラッテンの批判は具体的なので その記述をもう少し詳しくわくわくさせてみよう。彼は ハイムらの古典的なアルプス像においては 褶曲帯にそって 個々のナップはすべて続くものであると考えている。しかし 実際には 個々のナップは 以前考えられたほど連続しない。時に おどろく程短距離で消失してしまい アルプスの谷の反対側の壁でも対比できないことがある。したがって ナップを積み重ねて断面をつくることはできない。また 古典的な像では 一つのナップ内では岩相が一定していて ナップが異なると岩相も異なると考えている。しかし 実際には ナップ内の岩相は一定ではなく変化することが見出されている。このことは プレアルプスにおいて 岩相のちがいがいによって 多くのナップを作ることに對する批判ともなると考えられる。さらに中生代ないし始新世には 地向斜底はブロック運動を行ない 地塁・地溝を形成した。したがって この時期には 地向斜は古典造山論のような接線方向の圧縮でなく 展張状態にあったことを示している。

なお イギリスのホームズ(A. Holmes, 1965)は プレアルプスはベンニン帯に起源をもつものではなく すぐそばのヘルヴェチア帯に由来する とのべている。

このように さまざまな批判が 古典的なアルプス像に対してあびせられているが それに代る像は提出されていない。しかし 筆者らが西アルプスの地質を一べつした感想としては 上記の批判は いずれも当をえたものという感じが強い。

第一に ナップの連続性について たしかに あるナップは側方に非常に変化する。たとえば モークル・ナップは たしかにモークル山では 逆転した下部白亜系ないし始新統が ジュラ系の上ののっている。しかし これを北東方に追っていくと ごく普通の褶曲構造に移化していく。ディアブレル山の南方のアルジュンティンヤゴン山の下では 立体的には コッペパンの一部を見るような褶曲にしかすぎない。

これまでのアルプスの研究者は 層序断面図を描きながら 個々の構造を最終的には移動させてしまうから 堆積運動と地質構造との関係がつかまれている。おそらく両者はお互いに関係をもち 地質構造を堆積過程から復元することによって 地質構造の形成機構が明らかにできるにちがいない。

モンテ・ローザ・ナップやサンベルナル・ナップは 北から南へのしあげている。規模から見ると これら ナップ群は 北方へのしあげているナップ群に匹敵する

大きさをもっている。もしもそうだとすると アルプスは、そのほぼ中央部を中心に対称的になり 一般に流布しているアルプスの断面図とちがった像となる。そのようなアルプス像を提出している人もいるが、その正否はやはり今後の課題として残されている。

アルプスにおいて ナップが典型的に発達する地域は特定の地域に限られるように思われる。すなわち全体として弧状を呈するアルプスも、こまかく見ると直線的にのびる單元からなっており ナップは、そのような単元の境界付近に典型的に見られるようである。ローヌ河は、北東—南西にのびるフランス・アルプスと、ほぼ東西にのびるスイス・アルプスとの交点付近に位置し、これまでのべてきたような多くのナップが認められているわけである。また、スイス東部のナップが典型的に発達するグラールス地域は、東アルプスとスイス・アルプスとの境界付近に位置する。

プレアルプスの背後にあるモラッセは、前縁にあるモラッセ帯のフェンスターと考えられている。しかしこのモラッセとプレアルプスとの接触関係は確かめられてはいないという。とすると、プレアルプスをナップとする考えに疑問が生じる。よしんば、プレアルプスとの断層関係が確認されたとしても、それから一義的に図15に示すような解釈をしなければならないとはかぎらない。たとえば、プレアルプスの背後に地溝状の盆地が形成されてモラッセが堆積し、そこへ、プレアルプスが南方に向かって衝上することも考えられるからである。

アルプスの第1級の地質構造單元は、幅50km前後の拡がりをもっているが、それらは、少くとも深さ20kmまでほぼ垂直にのびる断層によって境されていると考えられる。それは、各構造単元の境界、例えばジュラ山脈とモラッセ盆地の境界、モラッセ盆地とヘルベチア帯との境界、ヘルベチア帯とベンニン帯との境界、ベンニン帯の南縁などにそって、深さに20km及ぶ地震の震央がならぶからである(鈴木 1975)。これらの断層はおそらくアルプス地向斜の発生期に形成されたものが再活動しているのであろう。アルプスの基盤はさらに細かく地塊化しており、アルプスのナップを含む褶曲は、それらの垂直運動過程で、被覆層に形成されたものと予想している。

なお、近年の地震の表面波の解析から、アルプスは少くとも200~300kmの深部にまで根を下ろしていることを示す資料が得られている(MILLER et al., 1982)。このような深部にまで及ぶ造構運動によって、アルプスは形成されたのであろう。そのような造構運動像の建設は今後の大きな課題である。

5. あとがき

筆者らは、アルプスの基本的な構造に対して疑問をもって巡検に参加したが、他の多くの参加者は、大構造よりも露頭規模の小構造に強い興味を示していた。それは、アルプスの大構造はほとんど批判の余地のない位に調べられ、小構造くらいしか残された研究課題はないと考えているように思われた。

この巡検は、永年にわたる研究の積み重ねのある地域であり、おそらく何回にもわたる巡検に裏うちされたものであるだけに、見学場所の選定から「歩かせ方」にいたるまで、ひじょうによく準備されたものであった。巡検の責任者は、シェール教授とエッシャー教授であったが(第16図)、随所に各地域の研究の専門家を配して、アップトゥデートの資料が提出された。ガイドブックも“Geology of Switzerland”として、前半にスイスの地質の概説が、後半には各巡検コースの説明がある一冊の部厚い本として出版され、巡検参加者に手渡された。この本はひじょうに良くできているが、難をいえば、A4版で野外に持って行くにはいささか大きすぎる感じがした。

この巡検の参加者は、フランス6、アメリカ3、オーストラリア2、オランダ1、スイス1、カナダ1、ニュージーランド1、ブラジル1、それに我々日本人2の合計18人であった。この中には、地震探査と重力探査を専門とする人が2人いたが、両人ともハンマーをふるって日本の地質家なみの参加姿勢を示していた。カナダ人とニュージーランド人であったが、それらの国では日本のいわゆる物探家さんとは教育のされ方、物探に対する認識がちがうのだろうと思われた。

参 考 文 献

- BELOUSSOV, V. V. (1954) 構造地質 1・2・3 (浜 正雄・井尻正二監訳). 261p. 430p. 330p. 築地書館 東京
- HEIM, A. (1919—1922) *Geologie der Schweiz*.
- HOLMES, A. (1965) *Principles of physical geology*, 1288p. Nelson, Middlesex.
- LEMOINE, L. (1978) *Geological atlas of Alpine Europe and adjoining areas*, 584p. Elsevier.
- Miller, H., St. Mueller and G. Perrier (1982) Structure and dynamics of the Alps—A geophysical inventory, 175-203. In *Alpine-Mediterranean geodynamics*. Geodynamics Series, V. 7, 216p. Am. Geophys. Union.
- 鈴木尉元 (1975) 日本の地震 157p. 築地書館
- TRÜMPY, R. ed (1980) *An outline of the geology of Switzerland*. 334p. Wepf & Co. Publishers, Basel, New-York.