

第3図
アール山塊から南アルプスにいたる地質断面図 (Nabholz)

この地域は古くからヨーロッパの多くの地質学者によって研究され、その複雑な地質構造が解明されてきたところで、ナップ構造で特長づけられるアルプス造山作用の主要舞台である。ここはまたマッターホルン、ユングフラウなどの名峰を有する世界的に有名な観光地でもある。

中部アルプスの地質構造

北から南に次のように区分される (第2図 第3図)。

1. 第三紀モラッセ盆地

スイス平野と呼ばれる地域で、北方のユラ山脈と南方のアルプスとの間に広がる平地帯である。チューリッヒ、ベルン、ジュネーブ等スイスの主要都市がこの地域にある。アルプスが隆起して、そこから運ばれてきた物質からできた第三紀層からなっている。

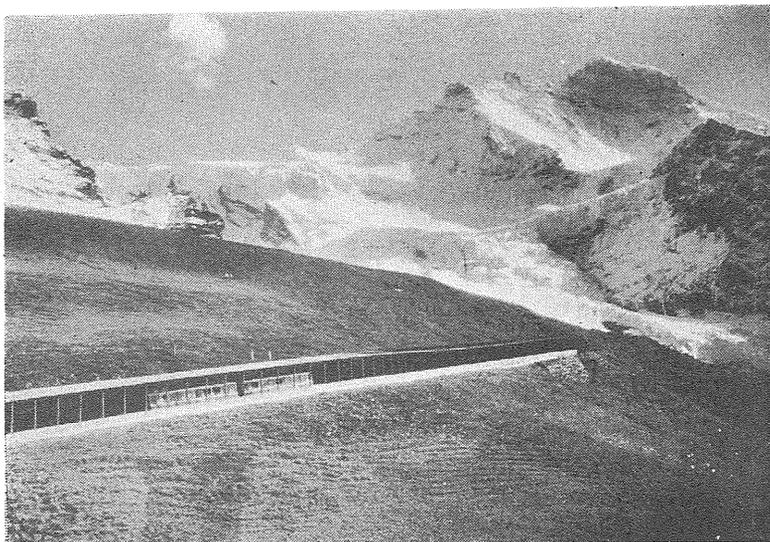


写真1 アルプスの名峰ユングフラウ (4,158m) この山の大部分がヘルベチア・アルプス帯の岩石からできており、頂上部のみアール山塊の花崗岩よりなる

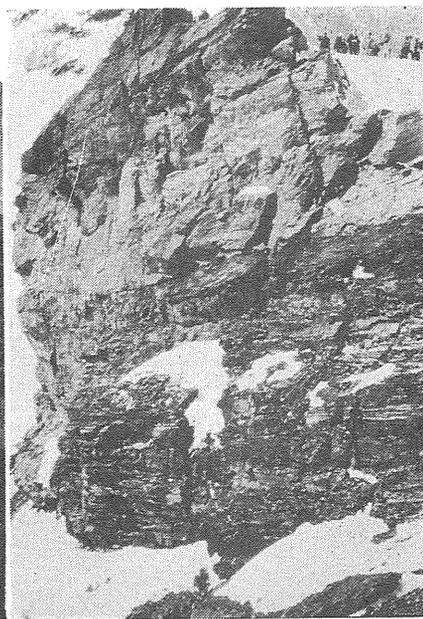
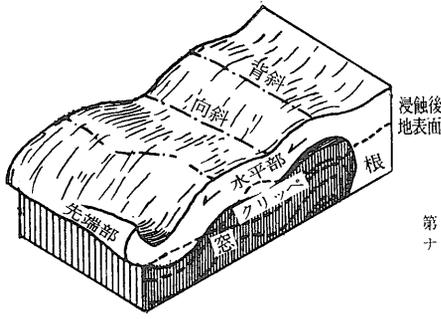


写真2 ユングフラウの山腹に露出するヘルベチア帯の堆積岩



第4図 ナップ構造

2. ヘルベチア・アルプス

中央山塊上に堆積した中生層が変形をうけて複雑なナップ構造を生じているところで 有名なユングフラウやアイガーを有するベルナー・オーバーランド地方もここに含まれる。 次の三つの主要変形期があったことがわかっている。

- 1 上部白亜系の始新統へのすべりおち (漸新世)
- 2 おしかぶせ運動と主要ナップの形成 (中新世)
- 3 中央山塊の上昇ともなう後期ナップ形成 (鮮新世)

3. 中央山塊

ヘルシニア山塊とも呼ばれ ヘルシニア造山作用によってできた花崗岩・変成岩からなる孤立した山塊の連なりである。 アルプスの最高峰モンブランもこの種の岩石からできている。 中部アルプスではアール山塊とゴタルト山塊がある。 中央山塊は後のアルプス造山作用時に変成作用をうけている。

4. ペニン・ナップ

複雑なナップが多数重なってできた地域で アルプス造山の中心地である。 ここでは典型的なナップ構造すなわち 先端部 中央水平部 そして急傾斜をもつ根の部分がみられる(第4図)。 ナップは通常結晶質の核と堆積物からなり 核部はアルプス造山作用の時期にはすでに片麻岩 花崗岩であったと推定される。 これを包むように部分的に Bündnerschiefer と呼ばれる中生代の地向斜性堆積物が発達する。 これは大部分石灰質のセリサイト片岩からなり ophiolite と呼ばれる塩基性火山性物質を含む。 この堆積物を利用してナップを区分することが可能である。 ペニン地域では構造的にアルプス最深部の岩石がみられ この地区はレポンティン区と呼ばれて特長的な構造区をなしている。 アルプス変成作用の変成度の最も高い地区がほぼ最深部に一致し 藍晶石 十字石等の変成鉱物を生じている。 ペニン地域は地形的には急しゅんな高峰が多く モンテローザ マッターホルン等が含まれ また氷河作用をいちじるしくうけた地域である。

4. 東アルプス・ナップ

オーストリアアルプスを含み 構造的にはアルプスにおけるナップ群の最高位のものである。 このためアルプス変成作用による影響はいちじるしくはない。 東アルプスではペニンナップは地表ではみられず くわしい構造はわかっていないが スイス東部のエンガディンとさらに東のオーストリアのハイタウエルンでは地表に顔を出している。

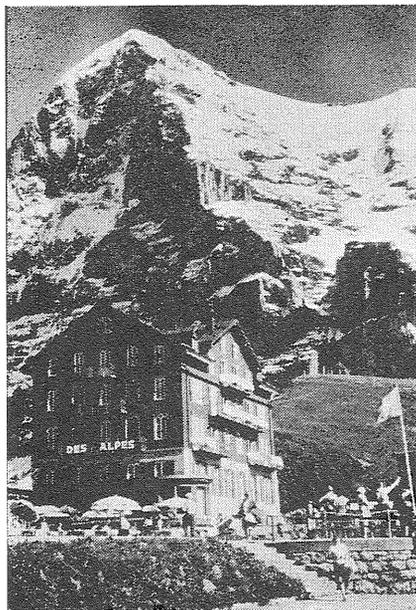


写真3 アイガーの北壁 1,800m にもおよぶ魔の大岩壁もヘルベチア帯の岩石からで



写真4 アレッチ氷河 ユングフラウ頂部付近に端を発するこの氷河は アール山塊中を流れて全長27kmにもおよぶヨーロッパ最大の氷河である

6. 南 アルプス

ペニン地域や東アルプス地域の南限を切るインスブリック断層(トナーレ線)の南に 南アルプスと呼ばれる地域が広がる。 結晶質の基盤岩とそれをおおう二疊紀以後の地層からなる。 ヘルシニア時代に花崗岩の進入があり その一つに長石の双晶で有名なパペノ花崗岩がある。 堆積物の構造からアルプス造山期には変形を受けたことがわかっているが 変成作用はうけていない。

7. ベルゲル貫入岩類

中部アルプスの東南部 ペニン地域と南アルプスとの境に近い付近に若い貫入岩類が露出している。 花崗岩花崗閃緑岩 トーナル岩からなり ナップ構造を切っていることから アルプス造山運動後の第三紀貫入岩であることがはっきりしている。

中部アルプスの地史

中部アルプスの岩石の中には先カンブリア時代にその起源をもつものがあることが 同位体年代の測定結果からわかっている。 400~500m.y.前のカレドニア造山運動期に最初の高変成作用が起こり 花崗岩形成が行なわれた。 その後約300m.y.前にヘルシニア造山運動が起こって多数の花崗岩貫入があった。 そして中生代後半から第三紀にかけてアルプス造山運動が起こった。

初期のアルプス造山運動の時期は ペニン・ナップの先端部にある片麻岩の全岩法によるRb-Sr年代測定の結

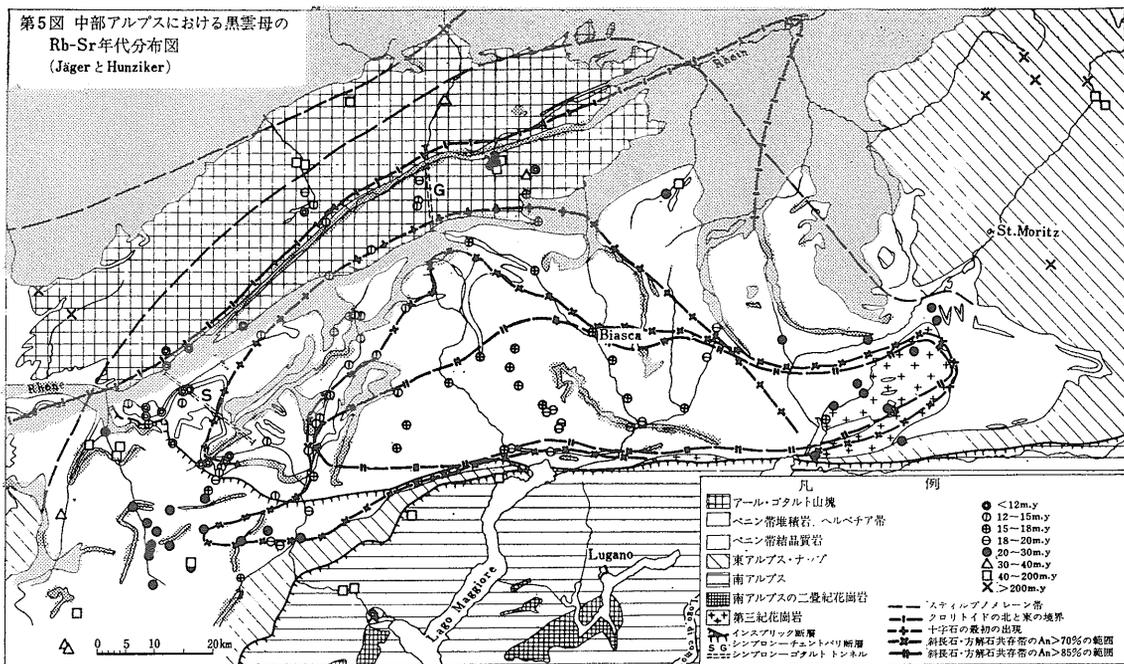
果から 約120m.y.すなわち白亜紀初期に始まったものと考えられている。

東アルプス地域では やはり年代測定の結果から 80 m.y.頃に初期アルプス変成作用が起こったものと推定されている。 中部アルプス地域でも73m.y.という Rb-Sr年代が報告されていて これもあるいは初期変成期の時代を示しているのかも知れない。

とにかくアルプスにおける変成作用はいわゆる複変成作用であることが明らかで 古い変成作用を受けた岩石に新しい変成作用が重なって起こっている事実が岩石学的にあるいは同位体年代測定の結果から確認されている。最後のしかも重要な変成作用は 地質学的事実 年代測定結果から始新世-漸新世の境あたり すなわち37~40 m.y.前に起こったものと考えられている。

中部アルプスの同位体年代

中部アルプスの同位体を利用した地質年代については1960年頃すでにベルン大学の JÄGER が雲母の Rb-Sr年代を チューリッヒ工科大学の GRÜNENFELDER がジルコンの U-Pb年代を報告している。 それ以来この10年間に主としてこの二人を中心にして 多数の測定が比較的かぎられたこの地域で行なわれて アルプス造山運動の地史をより正確に組み立てるのにきわめて重要な資料となっている。 今回の中部アルプス地質年代巡検もこの二人が案内役となって 10年間行なってきた年代測定研究の成果を参加者に披露し 現地で討論を求めるとい



かつこうとなった。彼等のきわめてきめの細かい研究の進め方は アルプスが地質構造研究のメッカという好条件にささえられて 地質年代学研究の一つの理想型とも考えられ学ぶ所が多かった。

アルプスは同位体年代の研究を行なうのに好都合なくつかの条件とをなしている。

第1に 上にもものべた如く アルプスの地質と変成作用が非常によく研究されていること

第2に 岩石・鉱物はアルプス変成作用の最終期（第三紀）以後は変質を受けていない

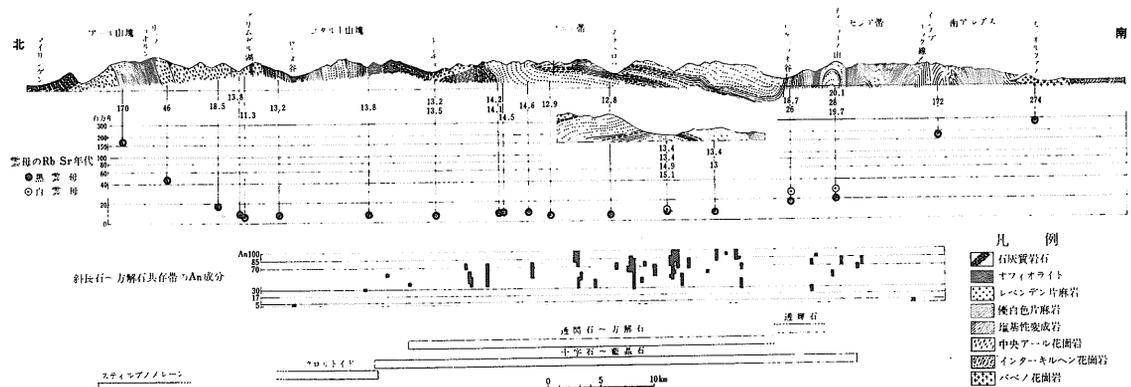
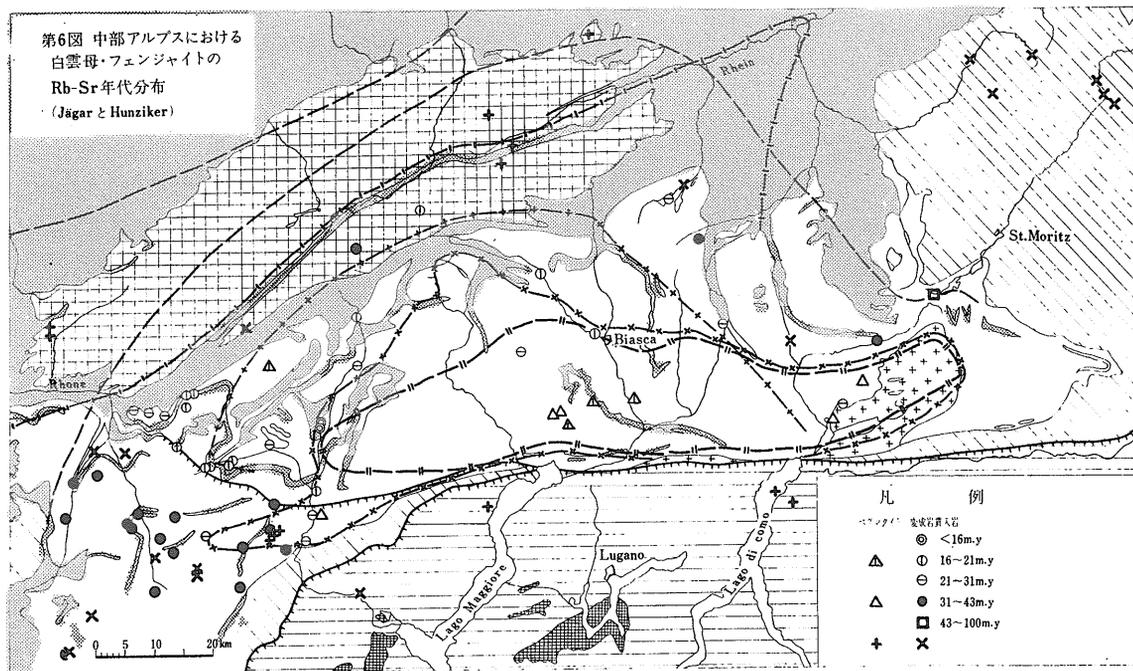
第3に 数千万年という若い年代のため 年代の絶対誤差が少なくてすみ 数百万年の差を有意に区別することができる

などがあげられる。

雲母の Rb-Sr 年代

Rb-Sr 法によって求められた雲母の地質年代は アルプス変成作用の変成度と関係がある。すなわち 東アルプスや中央山塊等の低変成度地域や 非変成の南アルプスでは 雲母の年代は 300~500m.y. というアルプス以前の年代を示すが 高変成度地域では第三紀の年代のみを示す(第5 6 7 8 9図)。このことは アルプス変成作用により雲母の若返り あるいは新しい生成が起ったことを物語っている。

黒雲母については アルプス変成の低変成帯すなわちスティルノメレーン帯 クロリトイド帯では アルプス年代と古い年代との中間値(50~200m.y.)を示すが 高変成帯(十字石帯)では 11~25m.y. の年代が発見されている(第5図)。これらの年代はアルプス変成の最

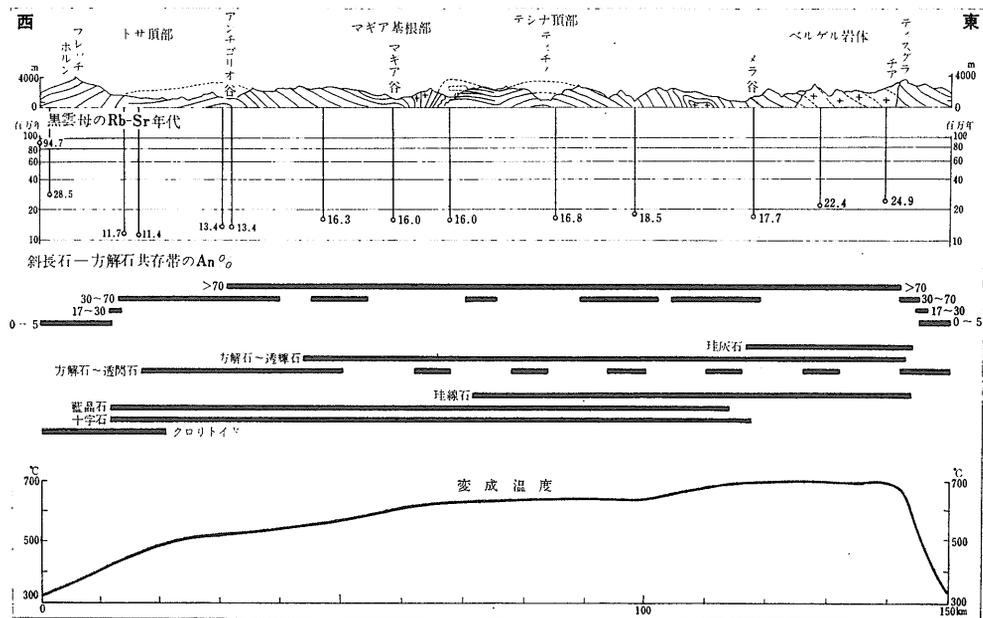
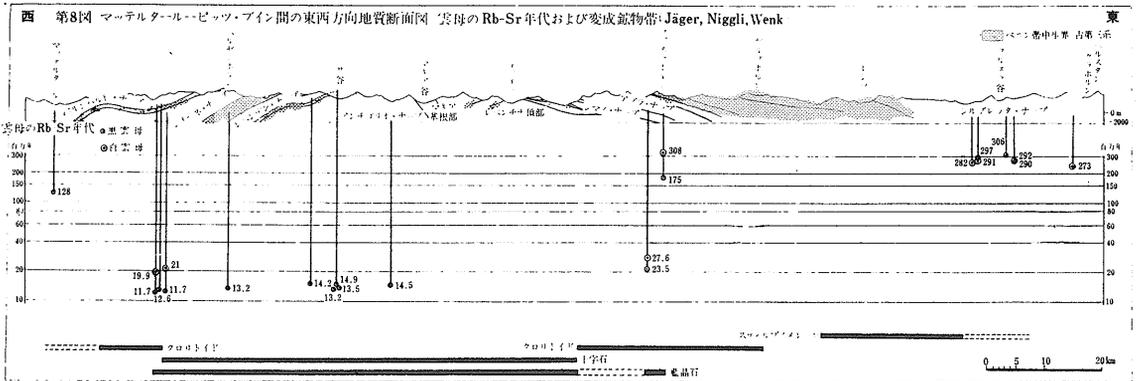


第7図 マイリンゲン-パヴェ間の南北方向 地質断面図 雲母の Rb-Sr 年代および変成鉱物帯 (Jäger, Niggli, Wenk)

終期のあと 温度が約300°Cにまで下った時期を示すものと推定される。 またこれらの年代は岩石の種類とも関係がなく地域的な変化のみがある。 最も若い黒雲母年代は 11~12m.y. でシンプロン地区で発見されている。 このことはシンプロン地区が最後に上昇したことを物語るものと考えられ これは熱流量の値がこの地区で最も高いことからうらづけられた。 この地域はアルプス変成の最高変成帯とは完全には一致しないで 最高変成帯の西端にあたる。 12~15m.y.の年代はアール山塊ゴタルト山塊およびペニンナップ地域に分布している。

白雲母のRb-Sr年代は 低変成帯(スティルプノメレン帯およびクロリトイド帯)でアルプス時代より古い300m.y.の年代が求められた(第6図)。 特にクロリトイド帯や十字石帯の一部で 黒雲母のRb-Sr年代が若いアルプス時代を示すのに対して 白雲母は先アルプスで

あることは 白雲母が変成作用の影響を黒雲母より受けにくいことを物語っている。 また同一岩石中でも白雲母およびフェンジャイト(白雲母の変種)は黒雲母より古い年代を持っていることが一般的であり これは白雲母 フェンジャイトが黒雲母よりも高い温度で Rb, Sr に関して 閉じた系(closed system)になることを示すものである。 ところで アルプス変成の変成度の高かった地域 すなわち変成温度がほぼ500°Cを越したと推定される地域内で 白雲母と黒雲母との Rb-Sr 年代差がほぼ一定一約8m.y.である岩石が数個わかっている。 これらの岩石は年代も場所も異なるものであり Jäger等はこの差を重視して次のような推定をした。 もし白雲母(およびフェンジャイト)がRb, Srについて閉じた系になる温度が500°C 黒雲母のそれが300°C さらに地下増温率を一般的な30°C/kmと仮定すると 上昇の速度が0.8mm/年となることがわかる。 この値は地質



第9図 フレッチホルン-ディスグラチア間の東西方向 地質断面図 黒雲母のRb-Sr年代および変成鉱物帯(Jäger, Niggli, Wenk)

学的事実や 最近の熱流量の測定結果から推定された値とよくあうという。

一方 地質構造上アルプスの最深部の岩石と考えられているペランピオ片麻岩については この年代差が 1.7 m.y.と小さいことから JÄGER 等はこの岩石は周囲の岩石よりも後になって冷却したが 冷却速度すなわち上昇速度が周囲よりも大きかったと推定した。

雲母類のRb-Sr年代について JÄGER 等が一貫して主張していることは 変成度の高い地域(変成温度が 500°Cをこした地域)では 雲母の年代は変成作用の時期を示すものではなくて 変成作用後ある一定の温度にまで冷却して Rb Sr について閉じた系となった時期 つまり冷却年代を示すという点である。 アルプスの場合はそのように考えた方が 地質学的事実とよく合うわけで最初にその事を主張した JÄGER 等の研究が高く評価されるゆえんである。 最近ではアルプスにかぎらず世界各地の変成帯の同位体年代を解釈する際 この変成温度か冷却温度か という問題がいつも議論されていて 冷却温度と考えた方が都合がよい場合もいくつか報告されている。 ところで アルプス変成作用をうけた地域のうちで 変成度のあまり高くない所(変成温度が約 500°C以下)では 白雲母とフェンジャイトのRb-Sr年代は冷却年代ではなくて変成年代を示す。 というのは白雲母とフェンジャイトは500°C以下でも変成鉱物として形成されるためである。 実際 ペニン地域の周辺部で 白雲母とフェンジャイトのRb-Sr年代が 36~39m.y.を示す

すのは これらの鉱物が変成期に生成した年代 すなわちアルプス変成のおそらく最終相を示すものであろうと解釈されている。

雲母の K-Ar 年代

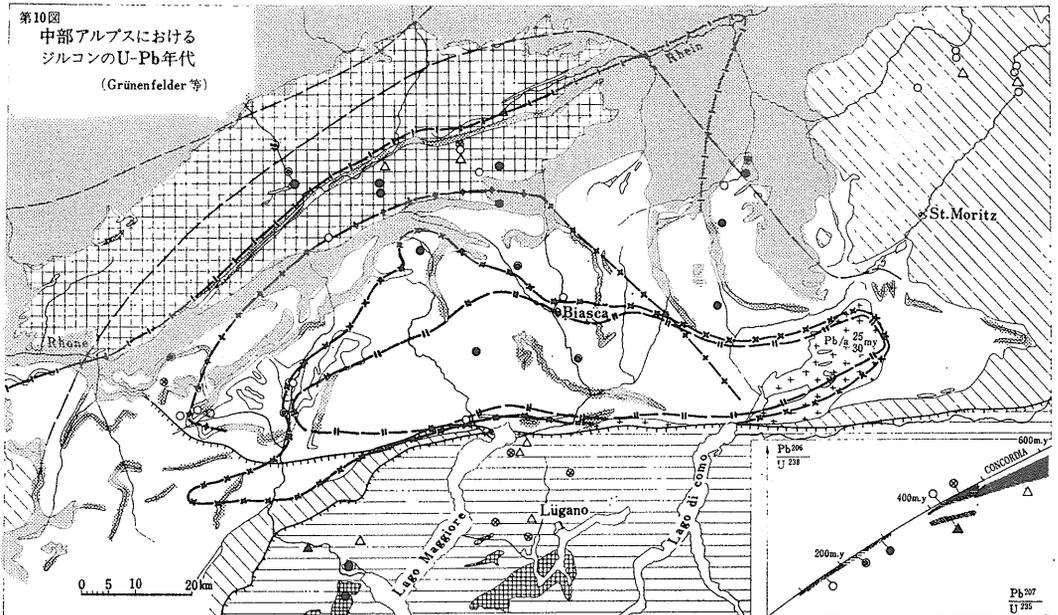
中部アルプスの岩石に対する雲母の K-Ar 年代測定値はあまり多くなく Rb-Sr年代ほどくわしい事はわかっていないが 黒雲母のK-Ar年代については Rb-Sr年代とほぼ同様の値となることがわかっている。 いずれも冷却年代を示すものと考えられる。

全岩法による Rb-Sr 年代

全岩法によるRb-Sr年代は 一般的にアルプス変成年代よりも古い年代を示すことが知られていて 特に変成度の最も高い藍晶石帯においてもそうであり アルプス変成作用期に Sr 同位体の広範囲の均質化は起こらず閉じた系であったということを物語っている。 このことは岩石全体として考えた場合成立することで 岩石中の鉱物間では Sr同位体について閉じた系であった訳ではなく 鉱物間の Sr 同位体の均質化はすでにクロリトイド帯で始まり 高変成帯全域にわたって起こっている。 したがって鉱物年代は若いアルプス変成年代あるいはその後の冷却年代を示しているわけである。

ジルコンの U-Th-Pb 年代

東アルプスのシルブレッタナップ 南アルプス およびゴタルト山塊の堆積源の変成岩の中のジルコンには



1800~2500m.y. の discordant (不一致)な年代を示すものがあり アルプスの岩石の中には先カンブリア時代のかかなり古い時期にまで起源がさかのぼるもののあることがわかる。これらのジルコンはすべて400~500m.y.の時期にいちじるしく鉛を失っており これらの地域がいわゆるカレドニア造山運動をうけたことを物語っている。一方これらの地域で400~500m.y. の concordant (一致)な年代を示すジルコンもかなりあり またペニン地域の一部の岩石にも同様な年代を持つジルコンがある (第10図)。

東アルプスや中央山塊のジルコンにはヘルシニア時代の変成作用をうけたとみられるものがあり また花崗質岩石のジルコンについては 上記二地域のほか南アルプスを含めて 270~350m.y. の年代をもつものが多数ありヘルシニア時代におけるアルプスの深成作用は規模の大きなものであったことがわかる。

若いアルプス変成作用のジルコンへの影響は 変成度の高いペニン地域でいちじるしいが 中央山塊でもある程度の影響をうけておる。なおベルゲル貫入岩類の花崗岩中のジルコンで Pb- α 法により25m.y.と30m.y.の年代が求められている。

以上の如くアルプスの同位体年代は 2500m.y. という先カンブリア時代から第三紀にわたって分布し 複雑な

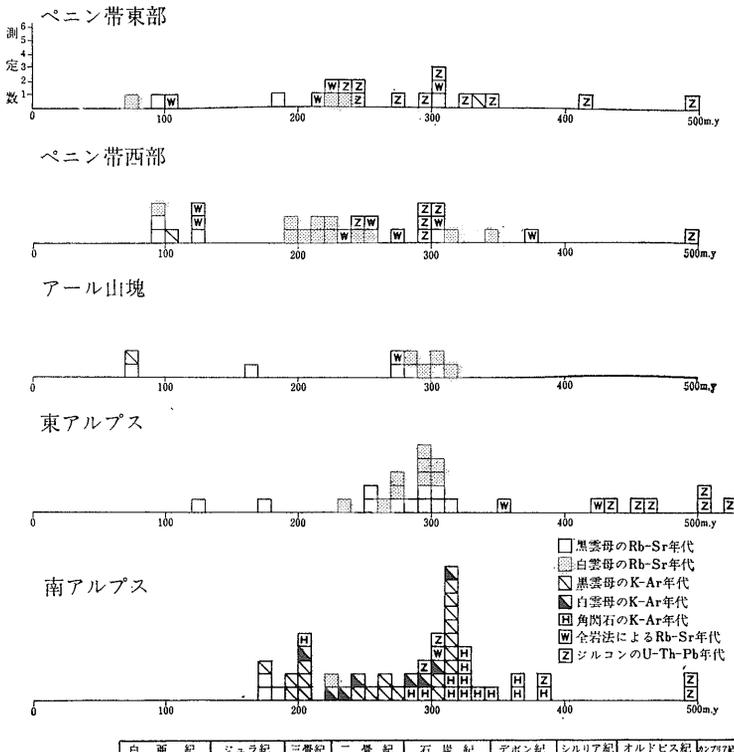
アルプスの地質構造をよく反映している。特にアルプスがいわゆる複変成作用を受けた地域であるため 年代測定結果の解釈はさらに困難となる。それにもかかわらず これらの同位体年代はアルプスの地史の近代的な組み立てに役立っていることはまちがいない。

第11図 第12図は JÄGER GRÜNENFELDER 等によってまとめられた中部アルプスの年代測定結果について 筆者が作成した地域別のヒストグラムである。この図からもいかにばく大数の年代測定がこの地域で行なわれたかがおわかりいただけることと思う。また複雑なアルプスの変成 深成作用の地域的時代的な分布の一端もよみとることができる。

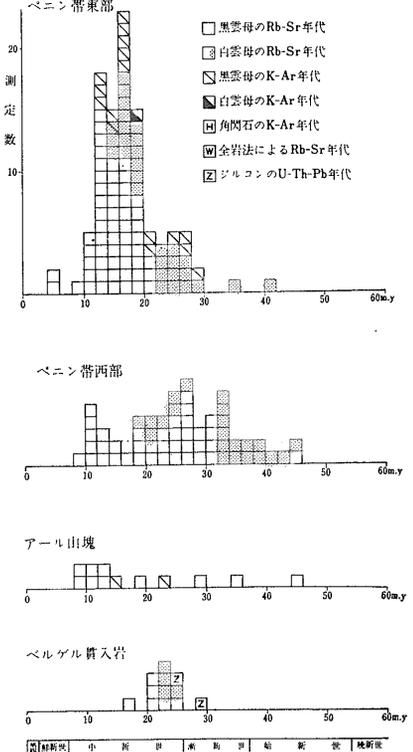
(筆者は地球化学課)

おもな参考文献

Jäger, Grünfelder 編: Geochronology of Central Alps. (1969年 国際地質年代学会議巡検説明書)。
 Jäger, Niggli, Wenk: Rb-Sr Altersbestimmungen an Glimmen der Zentralalpen. Beitr. Schweiz NF 134 (1967).
 Trümpy: Paleotectonic evolution of the central and western Alps. Bull. Geol. Soc. America, Vol. 71, p. 843-908 (1960).
 Holmes: 一般地質学 (竹内均訳) 東大出版会 (1969)
 鈴木堯士: スイスアルプスの変成作用 地球科学 23巻 p. 7-14 (1969).
 山口 勝: アルプスの構造と地質年代測定 科学 40巻 p.553-560 (1970).



第11図 中部アルプスの同位体年代ヒストグラム Jäger, Grünfelder 等のデータにもつぎ筆者編 0~60m.y. 間は第12図に示す



第12図 中部アルプスの同位体年代ヒストグラム Jäger, Grünfelder 等のデータにもつぎ筆者編

白亜紀 | ジュラ紀 | 三疊紀 | 二疊紀 | 石炭紀 | デボン紀 | シュリア紀 | オルドビス紀 | 前777E | 前新世 | 中新世 | 第三紀 | 第四紀 | 更新世 | 第四紀 | 第四紀 | 第四紀