



第7回 環太平洋深成作用研究集会報告

(その2)

白波瀬 輝夫 (技術部)

はじめに

環太平洋深成作用プロジェクト (CPPP) は 国際地質対比計画 (IGCP) の一環として 1970年米国地質調査所の P. C. ベイトマン博士によって提唱され 太平洋をめぐる花崗岩類の研究者が一堂に会し 従来蓄積されて来たぼう大な資料を整理しつつ これらの花崗岩類とその太平洋の形成に演じた役割とについて基本的な共通の理解を求めて 年に1回ずつ 代表的なフィールドを選んで地質見学と テーマをしばったシンポジウムを行なって来た。

太平洋の東側を北から南へ さらに西側を南から北へとめぐって 研究集会はほぼ終りに近づいて 東アジアにまわって来た。わが国の中部地方を南から北へ台風の者ように賑かに通り抜けた 第7回研究集会への参加は富山大学において 1977年8月27・28の両日 シンポジウムを開き ひき続いて 韓国での地質見学へと移動していった。

シンポジウムは 富山大学図書館を会場として 海外から20名 国内から約70名の参加者をえて開催された。その前夜 富山市電気ビルにおいて CPPP 国内委員会

主催の Mixing Party が開かれ 開催に当って便宜をはかられた富山県・市や富山大学の方々と 巡検に参加したメンバーが交流を行なった。 ロンドン王立地質学会々長の W・S・ピッチャー教授 日本地質学会々長杉山隆二教授 そして日本岩鉱学会々長加納博教授らが顔を合わせたのもこの機会であった。

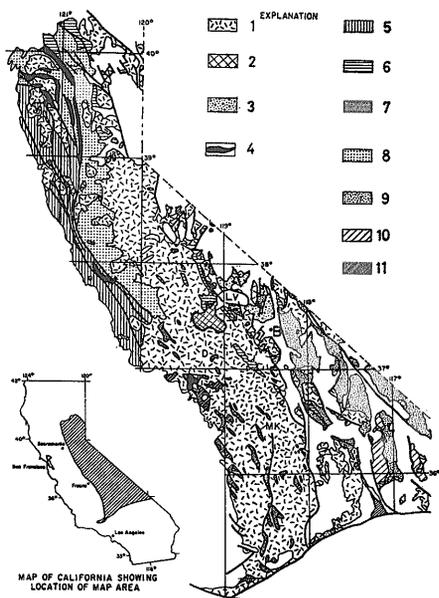
さて第1日目の シンポジウムは まず このプロジェクトの提唱者であるベイトマン博士のあいさつに始まり 2日間熱心な討論をくりひろげた。 その内容を次のように大別して その中でおもな話題をひろってみよう。

- a) 火山一深成作用とマグマの分化作用
- b) 広域的な深成岩の産状と構造運動および鉱化作用との関係
- c) 地球化学的および地球物理学的研究
- d) 深成岩および変成岩の岩石学的研究
- e) 第1回～第7回研究集会のまとめ

a 火山一深成作用とマグマの分化作用

シエラネバダ・パソリスの研究で有名な米国地質調査所のベイトマン博士が “シエラネバダ マウントギブズ花崗閃緑岩の固結作用” と題して 一般に花崗岩質のパソリス (底盤) を構成する単位を どこで区分したらよいかという問題に対して 一つのモデルを提案した。この研究は同じシエラネバダ・パソリスの中心部に分布する Tuolumne 岩体について オーストラリア国立大学の B・W・チャペル博士と協力して行なった研究を マウントギブズ岩体に適用したものである。

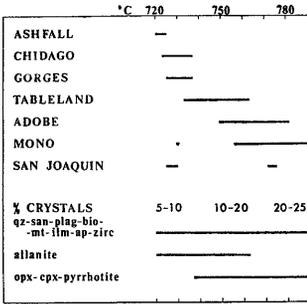
パソリスの構成単位を 組成や地質構造によって細分



第1図 シエラネバダとその周辺の地質概念図

- 1 中生代花崗岩類
- 2 Mount Givens 岩体の北部
- 3 ビショップ・タフ (B ビショップ LV Long Valley カルデラ)
- 4 中・古生代の超塩基性岩
- 5 西部の中生代海成火山岩および堆積岩
- 6 東部の中生代海成および非海成火山岩および堆積岩
- 7 上部三疊紀堆積岩および火山岩と下部ジュラ紀堆積岩
- 8 西部の古生代海成堆積岩および火山岩
- 9 東部の古生代海成堆積岩 (上部先カンブリア系を含む)
- 10 各種の先カンブリア系
- 11 時代未詳変成岩類

(P. C. BATEMAN and L. D. CLARK; 1974に一部追加)



第2図
ビショップ・タフの各噴出
ユニットについての鉄-チ
タン酸化物による温度と斑
晶鉱物組成
(第7回 CPPP 研究集会
プレプリントより)

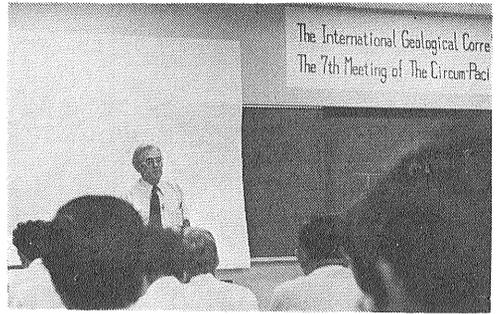


写真1
シンポジウムの冒頭 開会のあ
いさつをのべる米国地質調査所
の Dr P. C. BATEMAN

していくと 最も小さな単位として 全く同じ組成 組織 年代をもつユニットに行きつく。いくつかのユニットの間に comagmatic な関係が認められる場合 これを comagmatic plutonic sequence あるいは super units とか suites とか呼ぼうというのである。この sequence をなす岩体の中で 最も単純なものは いわゆる zoned pluton と呼ばれるような 岩体のより外側により苦鉄質で より高温の鉱物組合せを示す岩相が分布し より内側には より珪長質で より低温の鉱物組合せを示す岩相が分布するものである。しかし この同心円状構造も より後期に固結するマグマの活動性の大きさ如何によって 複雑な構造をつくってしまう。

マウントギブズ岩体は 北西-南東方向に約 80km の伸びをもち その幅は北部で約 40km 南部で 15km であるが zoned pluton をなすのは 岩体の北西部に当り直径約 40km の部分である。各岩相の鉱物組成 化学組成 鉱物の性質が分析され 最も外側で トーナール岩ないし花崗閃緑岩 最も内側で 花崗岩ないし花崗閃緑岩からなること また 最も外側の岩相は このブルートンをつくったもとのマグマそのものを代表しないと考えられ An-Ab-Or(-H₂O) 系とノルム鉱物組成を用いて もとのマグマの組成が推定された。同心円状構造の成因としては 結晶分化作用か マグマから晶出した結晶が 周縁のすでに固化した部分に附着していく現象のいずれか または 双方が考えられるとした。

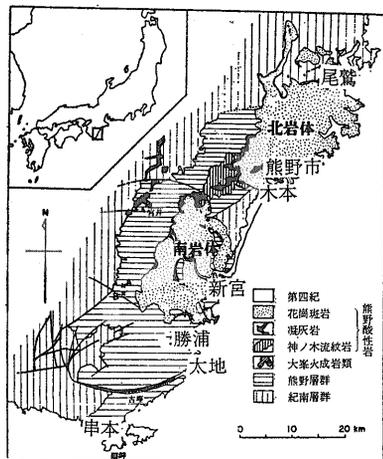
次に 火砕流堆積物の解析による 火山の噴出時におけるマグマ溜りの中の帯状構造に関する研究として 米国カリフォルニア大学の E・H・ヒルドレス博士による シエラネバダ山脈東方のビショップ・タフを例とした論文が発表された。彼は 有名な R・A・ベイリー博士や R・L・スミス博士らの影響の下に カトマイ火山やクレーター・レイクなどの火山学的研究を行なって来た若手で 近く地質調査所へ移るそうである。今回の海外からの参加者の中で唯一の火山学者とあって 巡検

の間濃飛流紋岩に強く興味を引かれた様子で 休日も日本の若い研究者たちと露頭の見学に余念がなかった。

ビショップ・タフは 7千万年頃前に 1,200km² にわたって流紋岩質の火山灰流を噴出し 20km×30km のサイズのロングバレー・カルデラを作った。この噴出物は 直径数 10km の浅所侵入のブルートンとともに火山一深成複合岩体をなす。8つの主要な噴出ユニットが確認され 火山ガラス中の鉄-チタン酸化物の平衡温度から 各々のユニットについてほぼ均一な温度がえられ 720°C から高い方は 790°C まで 系統的に増加していることがわかった(第2図)。斑晶量比も 5%前後から 25%前後まで より高温でマグマ溜りのより深いところから噴出した部分へと増加している。マグマ中の水の圧力を推定してみると どの深さでも水に飽和していない上水の重量%は マグマ溜り頂部で 4%以上 底部で 2.8%と推定された。化学組成をみると とくに微量元素の濃度が マグマ溜りの上部と下部とで 大きな勾配を示すことが多い。稀土類元素のパターンでは軽い元素と重い元素の分別が 温度とともに大きくなる一方ユーロビウム異常は少なくなる。

マグマ溜りの中での帯状構造の形成のメカニズムは マグマの生成時 上昇および浅所への進入時 大規模な噴出時 さらに深成岩としての固結時 各々に違った作用が働く 例えば Ca・Fe・Mg に富む包有物の除去による頂部での珪酸分に富む液体の形成 対流や拡散 母岩との交代作用などによる化学的な分離などが考えられる。ベイトマン博士らのいう zoned pluton の形成時における結晶の周縁部への付着といった作用も 拡散や母岩との反応と合せて考えられてよいとしている。

火山一深成岩複合岩体としては シエラネバダの中生界においても 東部にみられるような珪長質火山岩-花崗岩 西部にみられるような安山岩-デイサイト質火山岩-石英閃緑岩の組合せが注目される。しかし これら中生界の火山岩については 変質が著しいなどの条件もあって 研究はめざましくないようである。



第3図 熊野酸性岩の地質概念図
 ×A ×Bは太地—古座の円錐形岩床の円弧
 の中心

(荒牧重雄・羽田忍 1965より)

日本でも 第四紀火山岩の研究手法を導入して 中生代末に噴出した火砕流堆積物のマグマ溜りの帯状構造を追求する試みもなされているが やはり変質などの条件は重くのしかかっている。が 中新世の西南日本外帯における火山—深成複合岩体を扱った東京大学の荒牧重雄・高橋正樹おおくまやまおよび地質調査所の野沢保らによる“熊野酸性岩類と大崩山コンプレックス”の発表は 日本でも数少ない研究といえよう。

熊野酸性岩類の研究は 1965年頃に荒牧らによってほぼ完成されたもので 第3図に示すような流紋岩質溶岩・凝灰岩および花崗斑岩の噴出様式が 詳細な検討に基づいて推定された。とくに それまで噴出様式が明らかでなかった凝灰岩が マグマ溜り上部の発泡によって地表に噴出した一種の溶結凝灰岩であること 花崗斑岩が地表に溢れ出したマグマの作った巨大な溶岩湖から固結したこと しかも それらが単一のマグマから比較的短時間に形成されたことなどを推定した点が注目される。

一方 九州中部の大崩山コンプレックスに関する研究は最近のものである。この岩体の形成は まず デイサイト～流紋岩質の火山活動によって噴出物の台地の形成 それに関係するカルデラ群の形成 短い時間において安山岩質の火山活動による成層火山の形成 カルデラ壁の再活動と環状岩脈の形成 底盤状プルトンの貫入といった順序で これも比較的短い期間に起ったと推定された。とくに最後に貫入したプルトンは 現在標高差 1,000m と立体的な露出を示し 下部は花崗閃緑岩 上部は花崗岩(IUGS 小委の区分による)から成り zoned pluton の一部を観察できる。

秋田大学の加納博は“日本列島の変成した基盤岩にみられるシルルーデボン紀の火山—深成作用”と題して 北上山地の古生界・黒瀬川構造帯・薄衣型礫岩中の礫などから 日本のシルルーデボン紀に大規模な酸性火成岩の活動があったこと その前提として カレドニア紀から原生代にかけての造山運動の存在が推定され その意味で 飛騨・阿武隈・寺野各変成帯が 注目されるとのべた。

b 広域的な深成岩の産状と構造運動および鉱化作用との関連

このテーマに属する発表が最も多かったが 北アメリカから太平洋を一周する順序で みてみよう。

まず カナダ地質調査所の J・A・ロディック博士らは“ブリティッシュ・コロンビア Coast Mountains の深成作用・変成作用および火山作用の関係”についてのべた。ロディック博士は やはり来日した W・W・ハッチソン博士とともに 南部アラスカから米国の北部ワシントン州におよぶコルディレラ山地北部の地質をまとめてきた中心人物であるが また 徹底した変成論者でもある。それはカナダのこの造山帯の深成岩が 比較的深いレベルまで露出しており 花崗岩の与える接触変成帯も幅が広い上 ミグマタイトも広く露出することなどから経験的にも 深成岩の起源を地かく物質の固相における反応だけで説明したくなるのかもしれない。

Coast Mountains の深成岩・火山岩についても 全て変成作用の結果として説明できるという話であったが ピッチャー博士が 花崗岩中の包有物や 花崗岩の周辺部が変成組織を示すからといって 変成作用起源にすぐ結びつける必要はない マグマの冷却過程でも可能であろうと指摘したのに対して ロディック博士は マグマというのはいつも説明のために都合のよい時に持ち出されるとして とり合わない一幕もあった。こうなると議論にならないものである。

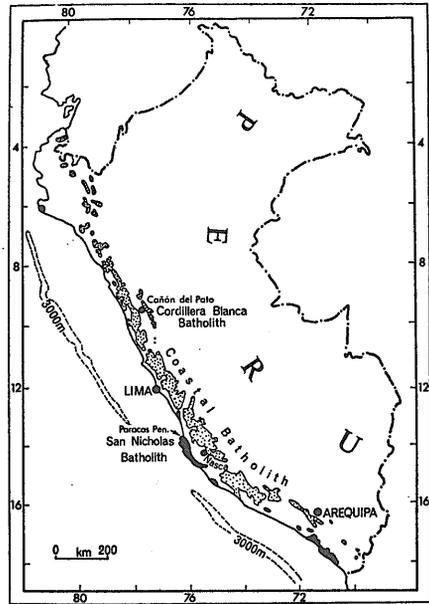
次に 米国カリフォルニア工科大学で 長く Rb—Sr 系や U・Th—Pb 系の年代測定を行なって来た L・T・シルバー博士は Peninsular Ranges の Baja California および Southern California Batholith における深成岩の産状と Rb/Sr および Sr 同位体比によって区別された区分 (domain) が マグマの初生的な分化作用の結果の地域的な単位を表わすものとして ペイトマン博士らの comagmatic sequence や 後にのべるピッチャー博士のスーパー・ユニットと対応させて論じた。残念ながら博士の公表論文が少なく 今回も要旨や図表が入手出来なかった。

シルバー博士のいう domain は はんれい岩—トータル岩—花崗閃緑岩—アダメロ岩といった一連の組成のものを含むような区分で 時間的にも地域的にも一括できる性質のものである。これらの岩石の Rb/Sr 比を大量に統計的に集めてみると 地質学的な domain に対応した一定のパターンを示し それらはマグマの発生する場所の Rb/Sr 比についての domain を表わすと同時に各 domain 内での貫入時の分化作用をも表わすと考えるのである。また この各 domain は Sr^{87}/Sr^{86} 初生値についても一定の傾向で分かれてくるという結果も示された。ただし 後にのべるオーストラリアのホワイト博士らの提唱している I タイプおよび S タイプの花崗岩の区分に対しては 双方が同じ domain に入ってしまうという予備的なデータが示され驚かされたむきもあった。

シルバー博士は年代測定の専門家としては 極めて地質学に密着した考え方をもち 地質学的事実に適合する最も正しい年代を求めて K—Ar Rb—Sr U—Th—Pb 法の整合性は勿論 今や選り抜かれたジルコンでしか正しい年代をえることはできないと主張する一人である。日本での巡検でも用意された大ハンマーを軽々と肩にして 大量の試料を集めていたので その中ショッキングなデータが出て来るかもしれない。

話は南米に移って ペルーの西コルディレラ山系を占める中生代から新生代に活動した Coastal Batholith に関する研究が英国リバプール大学の W・S・ピッチャー博士によって発表された。このバソリスは第4図のように長さ 1,600km 幅 50~100km におよぶ細長い分布を示し 貫入時代は 7千万年にわたるが 大きな貫入のリズムが 8回とめられる。それらの組成は全体を通してはんれい岩質から 閃緑岩質—トータル岩質—花崗閃緑岩質 そしてアダメロ岩質という一連の変化がみとめられると同時に ひとつひとつのリズムの中でも 早期から後期になるに従って 酸性の岩石が形成されてリズムに含められ 強い血縁関係にあると考えられる一群の貫入岩を スーパー・ユニットと呼ぶ。このユニットは Coastal Batholith 全体にわたって南北方向によく追跡され また このユニットの区分は 構造のおよび鉱床生成区の種類ともよく一致する。大規模なスーパー・ユニットの例で サイズは 50km×100km オーダーの面積を占める。

ピッチャー博士によれば これら一連のスーパー・ユニットをもたらしたマグマの起源は 単純ではない。初期に形成された玄武岩質マグマは 上部マントルか下部地かくの部分溶融に求めてよいが 引続いて貫入し



第4図 ペルーにおける中生代—新生代の三つのバソリス概略図 (W. S. PITCHER; 1974より)

たより酸性のマグマは この玄武岩質マグマが上昇する際に 途中の物質を部分溶融せしめることによってもたらされたと考え 各スーパー・ユニットの中での組成変化は かくして形成されたマグマが カルクアルカリ岩系列の in situ の分化作用を行なうことでもたらされたとしている。マグマの通路は 極めて深部に達する大規模な構造線に規制されており 7千万年もの間この位置はほぼ固定されていたと考えられている。一方この地域の地かくの厚さが 世界でも類のない 76km に達することも注目されてよい。質問は この深部に達する構造線の確認や それとサブダクション・ゾーンとの関係について集中した。

次は チリにおけるアンデス山地の深成作用を論じた L・アギレ博士であるが 博士は長くチリ大学で アンデス山地の地質学的・岩石学的研究を続けて来たが 最近ピッチャー博士のいるリバプール大学に身を寄せている。数年前 北海道大学に滞在し 神居古潭変成岩の研究をしていたこともあり かなりの日本通である。

今回は とくに南部アンデス山地の古生代—中生代における深成・変成作用と造構運動の関係を論じたもので日本の地質にとっても興味深いものであった。

アンデス地向斜の基盤をなす古生界は 性質の異なる東西二つの系統が 構造線をもって接する。西側の系統は ソレーアイト質の深海性玄武岩を源岩とする高圧—中圧—低温型の緑色片岩と それに伴われる超塩基性

岩とからなり 東側の系統は 低圧—高温型の変成岩とそれに伴われる花崗岩類となるから。 変成作用と深成岩の貫入は 双方の系統で ほぼ同時期に短期間で生じたい。

一方 中生代の地向斜の形成は 古生界と先カンブリア界の間のいくつかの区切られた堆積盆において始まり 下部ジュラ紀から 白亜紀～第三紀まで3回にわたって 変成作用をうけた。 これらの変成作用は 変形作用を伴わない広域的な埋没変成作用および接触変成作用の二つのタイプに限られ カルクアルカリ質の流紋岩～安山岩質の火山活動と花崗岩の活動を伴った。

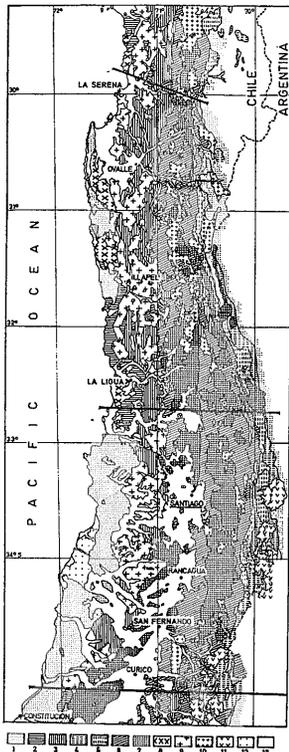
このように古生代の造構運動は オーソドックスな地向斜活動であり 環太平洋地域にみられるペアをなす変成帯の性格を示すが 中生代以降のそれは ensialic なタイプで鉛直方向の規制が卓越していたと考えられる。 ただし 同じアンデスでも エクアドル・コロンビアでは 中～新生代にもオーソドックスな地向斜造山運動が存在している。

これら二つのタイプの造構運動の違いをもたらしたのは 夫々の地かくに働いた応力の性質の違いであろう。 一般に火山活動の盛んな時期は 圧縮がゆるめられたか引張の条件下であり 深成岩の活動の時期は 圧縮の強まった条件下であったと考えられるが 海洋底拡大との

関係でみるならば 拡大が持続する時期は引張の条件 拡大が停止している時期は圧縮の条件下にあるとすれば アンデスの5つの造山期は環太平洋の造山期と時間的に矛盾はしない。 しかし ペルーとチリの太平洋岸に古い基盤からなる地かくが存在したことが 中生代におけるこの地域のプレートの活動に特異な性質を与えたと考えられるとのべた。

太平洋の西岸に移って南半球のオーストラリア大陸東部では 古生代前半から後半にかけて ラホラン地向斜の形成と花崗岩の貫入がみられ 詳細な研究がなされている。 メルボルンにある La Trobe 大学に開設された地球科学教室に キャンベラの国立大学地質学教室から教授として赴任したA・J・R・ホワイト博士は今回のシンポジウムの参加者の中で いろいろ注目を集めた人である。 演題は“花崗岩のタイプととくに錫に関連した鉱化作用”であった。 国立大学のB・W・チャペル博士とともに提唱してきた いわゆるIタイプとSタイプの花崗岩の区分は ラホラン地向斜の前期古生代の花崗岩の研究から生れ チャペル博士によって 米国地質調査所にもちこまれ普及されたようで バイトマン博士はこの考え方を CPPP 研究集会の成果のひとつとして評価している。

彼らの花崗岩の二つのタイプというのは 大ざっぱに いて次のような特徴によって区分される。



第5図 南部アンデス中央部の地質概念図
 1 基盤
 2 三疊系およびジュラ系 (優地向斜相)
 3 下部白亜系(優地向斜相)
 4 ジュラ系(劣地向斜相)
 5 ジュラ系最上部および白亜系下部(劣地向斜相)
 6 後期白亜系
 7 古第三系
 8 ジュラ紀花崗岩類
 9 白亜紀花崗岩類
 10 第三紀花崗岩類
 11 鮮新世—更新世火山岩類
 12 第三紀海成モラッセ堆積物
 13 鮮新世—更新世礫層 (L. AGUIRRE et al.; 1974 より)

I-タイプ	S-タイプ
1 組成範囲が広い	SiO ₂ に富み CaOに乏しい
2 苦鉄質なものは 角閃石や含角閃石塩基性包有物をもつ スフェン(アラナイト) 磁鉄鉱を含む	アルミ珪酸塩 堇青石 ざくろ石 白雲母を含むことあり 一般に角閃石を含まず。チタン鉄鉱を含む。堆積岩源変成岩を包有物として豊富に含むが 塩基性包有物は少ない。
3 ノルム透輝石を一般に含み 珪長質岩で1%のノルムコランダムを含む。	つねに ノルムコランダムを1%以上含む。
4 珪長質岩で Na ₂ O>3.2% 塩基性岩で>2.2%	一般に Na ₂ O<3.2% (K ₂ O 5% <2.2% (K ₂ O 2%)
5 変化図で規則的変化	不規則な変化
6 モル Al ₂ O ₃ /(Na ₂ O+K ₂ O+CaO)<1.1	>1.1
7 Sr ⁸⁷ /Sr ⁸⁶ 初生値一般に <0.707	一般に >0.707

第6図にオーストラリア南東部の古生代花崗岩を示すが 北東部のニューイングランド褶曲帯のは二疊紀・石

炭紀に貫入したが ラホラン褶曲帯のは西から東へシルル紀から石炭紀までみごとな帯状配列を示す。 これらを鉱化作用との関係でみると 錫鉱床はS-タイプに伴われ Mo 鉱床はI-タイプにのみ限られる。 また鉛・亜鉛・銅鉱床は両タイプの分布の境界に産出する。 同様な関係を西ヨーロッパのヘルシニアンの花崗岩（上部石炭紀）についてみると 錫鉱床がS-タイプに限られていることがわかる。

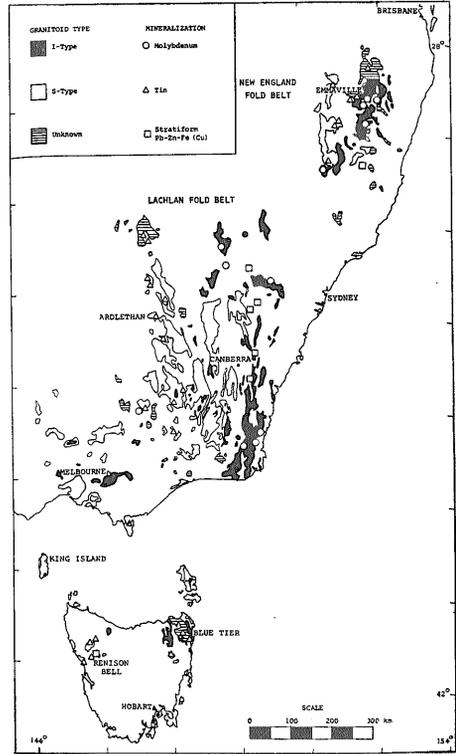
錫鉱床がS-タイプの花崗岩に伴われる原因として ホワイト博士らは S-タイプの花崗岩の形成に寄与した堆積岩中には 一般に 錫・フッ素・ホウ素およびこれらを運搬する水が いずれも多く含まれることによると考えられるが 鉱床としての錫の濃集する機構については不明な点が多いとしている。

この発表には多くの質問がなされたが それらに答えて S-タイプの花崗岩をつくるには たとえば65%のSiO₂を含む頁岩の場合 23%を溶かせば SiO₂ 67%の液をえるという予備的データをあげた。 また S-タイプとI-タイプの接するところでは 必ず I-タイプが後期になること 錫の平均濃度は S-タイプで 5.5ppm I-タイプで 2.4ppm だが I-タイプでもスフェンや磁鉄鉱を多く含む場合は 錫の含有量が大きくなるが S-タイプほどにはならないとのべた。

次は“タイにおける鉱化作用とプレート衝突の関係”と題して タイ国鉱山局鉱山地質部のS・サナム博士の発表である。 タイ国の花崗岩は 後期古生代 三疊紀～ジュラ紀 白亜紀および第三紀に貫入したことがわかっており 先カンブリア紀のものは まだ確認されていない。 最も多いのは三疊紀～ジュラ紀のもので 国中に広く分布する。 後期古生代のものは北部に 白亜紀～第三紀のものは東部および南部に分布する。 一般に 古い花崗岩の分布地域に重複して 若い花崗岩が貫入しており 年代の解析を困難にしている。 また 三疊紀および白亜紀の花崗岩は 鉱物の方向性がけん著である。

錫の鉱化作用の著しい地域は 時代的には白亜紀から第三紀初期のものに多いようだが マレーシア・ビルマでは 三疊紀・ジュラ紀のものに伴われる例が多い。 ただひとつの時代をとっても 葉理構造をもつ花崗岩には伴われず より後期に貫入した優白質で中～細粒の白雲母花崗岩 つまり 最も分化の進んだ相に錫が濃集しているといえる。 鉱化作用のメカニズムについては結論がえられていない。

プレートの活動からみると ここは西からのインド洋プレートと 東からの西太平洋プレートが ユーラシア



第6図 南東オーストラリア ラホラン褶曲帯およびニューイングランド褶曲帯におけるI-タイプおよびS-タイプ花崗岩と鉱化作用の関係（第7回 CPPP 研究集会プレプリントより）

プレートの下に沈みこむ地域で 時代とともにその位置が変動し 複雑な構造運動を生じてきたところであるとしている。 タイの花崗岩にみられる葉理構造をインド洋プレートの沈みこみと結びつけるならば プレートのゆるい角度での沈みこみで形成された花崗岩の主要な活動に遅れて 地かく物質のアナテクシスで生じた若いフェーズの花崗岩が 錫の鉱化作用に寄与したと結論した。 質問の中で 第5回のこの研究集会の巡検に際して タイの花崗岩を見学した時は 葉理構造のある花崗岩は少なかったがと聞かれ それ以後注意して見ると相当量見つけられたのだということで 研究集会の刺激がここでもあったわけである。 また 錫を伴う花崗岩は前述のS-タイプであることも予想通りであった。

ついで 日本のお隣り 韓国の延世大学のD・S・リー博士が“南朝鮮の火成岩とそれに関連する変成岩の化学組成と岩石区”と題して 地質構造区分毎の主要元素の組成にみられる特徴を 南朝鮮ではじめてまとめたものを発表した。 35の論文から集められた360個にのぼる分析値が 各種のダイヤグラムに表現され 日本と共

通した中生代の火成岩のデータは 非常に興味をそそられた。 深成岩の分布を地質構造区分とともに第7図に示す。

先カンブリア界を除く火成岩の性質を構造区分ごとにまとめると 次のようになる。

地質構造区分	アルカリータイム インデックス	岩石系列
Kyonggi and Ryongnam massif Ogcheon zone Kyongsan basin	66% (SiO ₂)	カルシック 岩
	62%	
	58%	
Alkali rock province	48~50%	カルクアル カリ岩 アルカリ岩

ニクスの立場から 北海道の構造発達史を解釈しようと努めてきた人で 現在は東京大学に身を寄せていると聞く。

“北海道における中生代～新生代の島弧—海溝系の発達と 新第三紀の造山運動 および日高帯の異常について”という大論文は 従來說明の困難であった神居古潭帯と日高帯の形成過程に対し 樺太—北海道—東北日本の中生代以降の構造発達史を背景として プレートテクトニクスの立場から試論をのべたものである。

要するに 白亜紀末から古第三紀にかけて 大陸の東縁部におきた陥没と地かくの太平洋側への移動によって日本海の形成が始ったわけであるが この東方への動きに対して 北方のオホーツクプレートは東南方向へ移動しようとしており その境界に当る樺太—北海道地域に大規模な変位と上昇運動がおこった。 中生代から形成されていた海溝の堆積物・オフィオライト・変成岩などが 高角度の衝上運動によって持ち上げられ神居古潭から樺太に続くメランジ帯が形成された (第8図)。

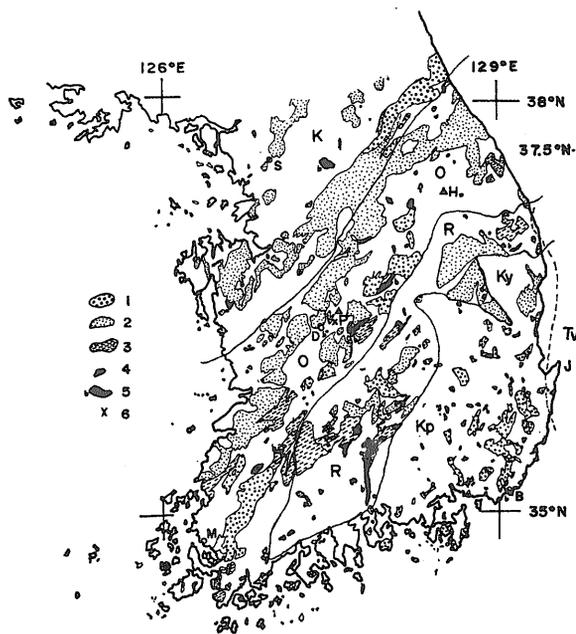
これにより遅れて ほぼ現在の位置まで移動していた千島方向と日本方向の二つの海溝の交点においては サブダクションゾーンが ねじれたり分離したりしながら沈みこみ 地かく中に形成された破碎帯が 海溝の交点から 現在の日高帯の西縁に沿って延び これに沿って東向きの衝上運動がおこり マントル物質の部分熔融によってできたマグマが マントル物質の破片をつかんで上昇貫入した。 その影響で 中生代の海溝堆積物がアナテクシスをうけ 黒雲母片麻岩—ミグマタイトおよび後期貫入の花崗岩などを形成した。

従って 神居古潭帯と日高帯は その産状からも知られている限りの年代測定値からみても ペアとして扱うべきでなく 形成時期も 構造運動も異にするのだという考え方である。

この発表に対し 主要な点では異論は出なかったが 日高帯北部の深成岩をグリーンタフの形成と関連させること 白亜紀の東北日本はすでに大陸の一部としての性質をもっていなかったのではないかと 北海道と樺太を一連のものとしてとり扱うときに問題が残るなどの指摘があった。

日本の岩石と比較してみると ノルムAn—Or—Ab図において 南朝鮮の360個の値は 日本の1,189個の花崗岩質岩の値と極めて類似している。 また ノルムAb—Or—Q図に示された荒牧ら (1972) による日本の花崗岩質岩の値の範囲に対しても 南朝鮮の97の珪長質深成岩の中80%以上のノルム Ab—Or—Q を含むものは よく一致した範囲を占める。

広域的な話題の最後として 日本列島の北海道から樺太にかけての地域を対象にしたG・H・グレイプス博士の研究があげられる。 博士はニュージーランドの若い構造地質学者であるが 1972年以来 北海道大学の橋本誠二教授のところに腰を落ちつけて プレートテクト



第7図
朝鮮半島南部の深成岩の分布と主な岩石区
K Kyonggi land; R Ryongnam land; O Ogcheon zone; Kp Kyongsan proper basin; Tv 新第三紀アルカリ岩石区; H Ham-baegsan 地域; P Pibanryong 地域; S 京城; D 大田; B 釜山; M 木浦; J 長髮岬; 1 白亜紀花崗岩; 2 ジュラ紀花崗岩; 3 ジュラ紀片状花崗岩; 4 中性岩; 5 塩基性岩および変塩基性岩; 6 かんらん岩
(第7回 CPPP 研究会発表プレプリントより)

c 地球化学および地球物理学的研究

このグループに属する研究は もっぱら日本の研究者によって報告された。

まず 岡山大学温泉研究所の本間弘次・加々美寛雄は “中国地方 白亜紀花崗質岩における酸素およびストロンチウム同位体の帯状配列” によって 花崗岩中の酸素同位体組成 ($\delta^{18}O$ で表現) が 領家帯の延びの方向に平行な帯状配列をなし 領家帯から北へ向って離れるに従って数プロミル小さくなること 領家帯から離れたゾーンの塩基性岩の値は マントル物質に対応するか ごく少量の $\delta^{18}O$ の増加を示すこと 領家帯の粘土質岩では変成度の上昇および花崗岩化作用の進展に伴って $\delta^{18}O$ が少なくなること 広島花崗岩内部でも 領家帯からの距離に従って $\delta^{18}O$ が少なくなること さらにストロンチウム同位体比初生値が 領家帯に高く 山陰に向って小さくなることなどを述べた。

次に 信州大学の黒田吉益らにより “水素同位体による日本の花崗質岩の平衡型と非平衡型” と題して 1973年頃より始めた 日本の花崗岩中の共存する黒雲母と角閃石の水素同位体組成 (δD で表現) の測定の結果がのべられた。北上山地・山陽・山陰各帯の花崗岩では δD に関して平衡な関係にあるが 領家帯のものは $\delta^{18}O$ や $^{87}Sr/^{86}Sr$ 初生値が高いことに対応して δD に関して非平衡な関係にあり それはマグマと地かく中の堆積岩などとの反応を示すものと考えられるとのべた。

シルバー博士より 火山-深成複合岩体のようなケースで とくに注目すべき研究であろうと指摘があった。

続いて 茨城大学の池田幸雄の “日本の花崗岩類とその母岩の組成との密接なる関係” は 日本の底盤状花崗

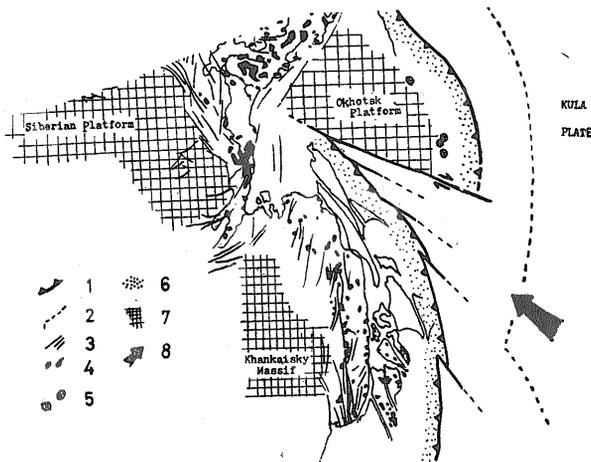
岩の組成と それらの貫入している母岩の組成との間に けん着な対応関係が認められることから これら花崗岩の成因として 安山岩質ないし玄武岩質のマグマが地かく物質によって同化されたことを強く示していると考え 母岩の同化された量比やエネルギーを推定した研究であったが 質問の中でシルバー博士が少しこう奮気味に岩体の化学組成・構造的要因などを充分地質学的に吟味すべきであり あまり単純化し過ぎているという指摘が目立った。

秋田大学の鍋谷祐夫・加納博は このシンポジウムで 唯一の地球物理学的な仕事として “東北日本 北上山地の深成岩の構造に関する地球物理学的研究” において 北上山地の中生代の深成岩について 重力探査に 空中磁気探査・地震探査および地質学的資料を合せて それらの地下構造を 10km の深さまで推定したが 一般に各岩体は東方に傾斜しており 西部に比べ東部ほど より浅所に上昇し削はくされている傾向があることをのべた。

母岩の密度の鉛直方向の変化の影響をどう見積ったかという質問があり 母岩について密度は測ったが 鉛直方向の変化についてのデータがえられないと答えた。

d 深成岩およびそれに関連する変成岩の研究

このグループは とくに特定の主題に基づかない研究を含んでいる。 “ニュージーランド南島の花崗岩およびはんれい岩の地球化学” を発表した R・C・プライス博士は 現在オーストラリアの La Trobe 大学で ホワイト博士の教室にいる若い岩石学者であり かつてニュージーランドのオタゴの変成岩を研究していたと聞く。南島の南端近く二畳紀の火山砕屑岩と溶岩からなる地層に貫入した複合岩体を構成する二つの系列の深成岩の成因を調べた。ひとつは高アルミナはんれい岩-閃緑岩-トロネウム岩からなるはんれい岩系列で 高アルミナ玄武岩マグマの結晶分化作用と結晶の集積によってできたもので 火成岩の部分溶融で生じた花崗岩質マグマとそれが部分溶融の溶け残りを混成してできた花崗閃緑岩とが考えられた。



第8図
白亜紀における北西太平洋地域の大陸周辺
1 中生代のサブダクション・ゾーン
2 現在の太平洋プレート沈みこみ位置
3 断層とスラスト
4 白亜紀花崗岩
5 ドレッジされた白亜紀花崗岩
6 白亜紀火山岩
7 中生代の海溝堆積物
8 古生代-中生代のプラットフォーム堆積物におおわれた先カンブリア系基盤
9 大洋プレートの運動方向
(第7回 CPPP 研究会発表プリントより)

第1表 神岡鉍山産鉛鉍石の鉛同位体組成と年代

Sample Locality	Pb-204	Pb-206	Pb-207	Pb-208	Age (m.y.)	Ref.
Mozumi -270mL	1.362	24.722	21.303	52.613	518.2	
Mozumi -320mL	1.362	24.758	21.267	52.613	467.3	
Maruyama +100mL	1.365	24.768	21.290	52.577	469.9	
Tochibora -200mL	1.360	24.814	21.283	52.543	458.2	
Tochibora +120mL	1.368	24.802	21.268	52.562	420.0	MMA (1975)

(Analysis by Teledyne Isotopes, U.S.A.)

(第7回 CPPP 研究集会プレプリントより)

次は タイ国鉍山局のM・ナパドン氏が“タイ チェンマイ Amphoe Mae Chaem Ban Mong 地域の花崗岩とミグマタイト”と題して 当地域の花崗岩は 先カンブリア系と下部古生層に貫入した変形をうけた花崗岩で 先カンブリア界の変成岩との間にミグマタイト帯をつくる。後期三畳紀の造構運動によって上昇したらしい。化学組成からみて基盤岩の部分溶融によってできたと考えられ しかも S-タイプの花崗岩であることなどをのべた。

応じた変成作用と構造運動が相伴って生じた結果形成されたものであるとのべた。

次に 山口大学の加納隆は京大時代にほぼ全域を踏査した実績にものを云わせて“飛驒変成帯における眼球片麻岩とそれに関連したマイロナイト質岩の成因”を発表した。眼球片麻岩とそれに伴われるマイロナイト質岩を岩石学的に検討した結果 ある種の眼球片麻岩は変成岩を源岩として 低い変成条件下で圧砕作用とカリウムの交代作用によって形成されたと考えられる。かくて当変成帯の変成作用に 二つの主要な変形および変成作用のステージが存在したことが明らかにされたとのべた。

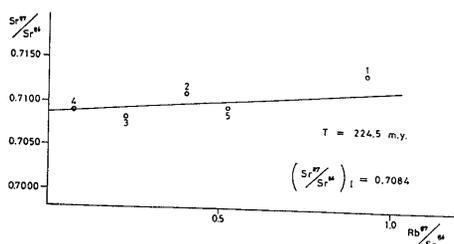
地質調査所鉍床部の佐藤岱生は“西南日本 屋久島花崗岩中の片麻状ゼノリスのアルミナ鉱物”の演題で 屋久島花崗岩の主要相および周縁相に含まれる片麻状ゼノリスおよびゼノクリストのアルミナ鉱物を検討し これらの中 初生的な珪線石・紅柱石が花崗岩マグマ中に捕かくされ再結晶した過程と 温度・圧力条件を論じた。

最後に 三井鉍山神岡鉍業所の秋山伸一・小長井憲二は“神岡鉍山における深成作用と鉍化作用”の発表において 当鉍山の鉛・亜鉛スカルの鉍化作用は 従来斑岩貫入に伴われるとされて来たが 最近の研究とくにヘデンベルグ石 Rb—Sr の年代および鉍石の鉛アイソトープのデータから 初生的な鉍化作用は片麻岩の形成船津花崗岩の貫入の際に生じたミグマタイト化作用に伴って生じたと考えられるに至ったとのべた(第1表第9図)。

最後に飛驒変成帯の研究者が 三つの論文を発表した。この変成帯については 巡検の折に露頭を前に議論がわいた上 巡検の結果をもとにした自由討論もすませたばかりであったので 外国からの研究者のみならず飛驒を始めて見る日本の研究者にもイメージが明らかであったと思われる。

この飛驒変成帯に関する三つの発表に対しても 一斉に構造地質に鋭敏な面々から質問が出たが 結局飛驒変成帯には いくつの変成深成作用のステージがあったのかという問題に行きついてしまう。 広島大学の鈴木守

富山大学の相馬恒雄は“飛驒変成帯の深成作用—変成作用に関連して—”において 当変成帯の深成変成作用は 従来となえられて来たように先カンブリア紀の変成作用と中生代初期の深成作用とから構成されるといった単純なものではなく 長期間にわたってオートクトナス花崗岩から底盤状花崗岩に至る深成作用と 夫々に対



第9図 神岡鉍山産ヘデンベルグ石の Rb—Sr アイソクロン年代 (第7回 CPPP 研究集会プレプリントより)

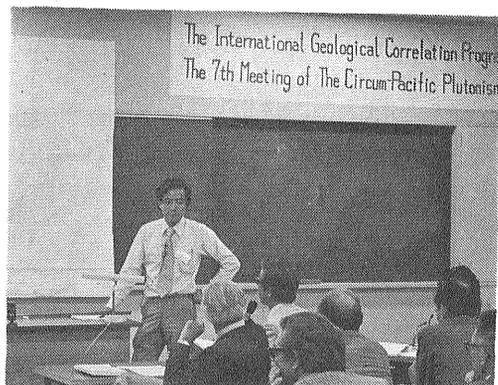


写真2 講演をする地質調査所の佐藤岱生氏 彼は今研究集会国内委員会事務局の一員としても大活躍した

久が 変成相からみて角閃岩相とグラニュライト相の二つの変成作用のステージが考えられるがと聞いたが 加納は 造構運動を示す証拠が見出されないので年代は異なるであろうが 現在は一括して考えている旨答えた。

この他 時間の制約のためシンポジウムに参加しながら 発表の機会を与えられなかったが プレプリントに盛りこまれているものに 次のようなものがある。

大庭 昇(鹿児島大学) “黒雲母と外帯花崗岩の成因”
村上允英(山口大学) “内帯の閃長岩にまつわる問題”
蟹沢總史(東北大学) “中生代—古第三紀花崗岩中の黒雲母と角閃石の化学組成”

e 第1回～第7回の研究会のまとめにかえて

1972年にスタートした このプロジェクトの成果を近く論文集としてまとめる計画もあるが このプロジェクトを開催したことによって 画期的な業績がもたらされたという性質のものではないようである。むしろ当初の目的にうたわれたように 環太平洋の深成作用の研究にたずさわる人たちが より広く他の地域を理解し全体像をもち それらに共通する現象と個々の地域に特有な現象とを把握することに貢献したといった方が正しいのであろう。もちろん この6年間に 共通の対象にとりくむ人たちの間に交流が進み 共感がかき立てられたという側面も評価されねばなるまい。

プロジェクトリーダーの バイトマン博士が IGCPへ提出した 第1回から第7回までの研究会のまとめを参考にして 今までの成果をみてみよう。

1) パソリスの発生と貫入の場

環太平洋地域のパソリスは 様々な貫入形態を示すが オーストラリア東南部の古生代の花崗岩や いくつかの例外を除くと共通した性質が認められる。それらに基づいて マグマの発生をサブダクションゾーンに関連させたモデルが いくつか提案された。

それらは サブダクション・ゾーン沿いに またはその近辺で発生した玄武岩質ないし安山岩質のマグマが 地かく中に上昇し そこで大量の地かく物質を部分溶解させたマグマが ダイアピル状に上昇してパソリスをつくるというものである。

大部分の中生代のパソリスは 大陸地かくの中に貫入している。パソリスを含む地かくの厚さは シェラ・ネバダで 最大50km チリ北部およびペルーで 76kmにも達する例を除くと 一般に35～40kmと云ってよい。パソリスは多くの場合変形し 緑色片岩ないし角閃岩相の広域変成作用をうけた母岩に貫入しているが ペルー

の海岸パソリスや朝鮮半島南端の花崗岩は 沸石相ていどの変成岩に貫入している。母岩の構造は一般に充分明らかにされていないが 単純な種類に限られることはないようである。

2) 広域的な化学組成の特徴

太平洋の東側については あるていど共通した次のような化学組成の特徴が認められるが これを西側に適用することは難しい。北米および南米を通じて云えることは まず パソリスの西側では いわゆるIタイプが大部分を占め 東側ではSタイプがいくらか存在する。また 西から東へ向って より塩基性の花崗岩からも より珪長質で K_2O に富むものへと変化しておりさらに東方では モンゾニ岩質の孤立した岩体やSタイプのものがみられるようになる。

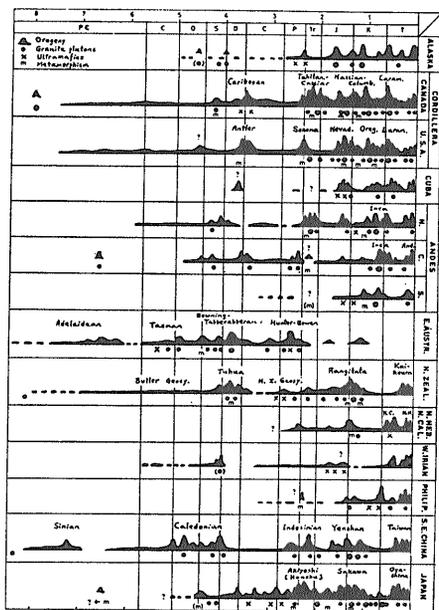
一方 オーストラリア東南部のラホラン変動帯にみられる前期古生代の花崗岩では 東方に向ってIタイプが 西方に向ってSタイプが多くなり 最も塩基性のものが より太平洋側に産し 先カンブリア系のクラトンに向って より珪長質のものが分布するという意味では 南北アメリカと共通した性質を示している。これは 太平洋からの距離に従って系統的に マグマの起源物質の組成が変化していることを物語っている。

しかし アジアについては共通のパターンは認められていない。マレーシアやタイでは角閃石を含む花崗岩が稀である。日本では 西南日本内帯において日本海側へ向って Fe_2O_3 , Fe_2O_3/FeO , Na_2O , MgO および TiO_2 の増加することが石原・寺島(1977)によって報告されているが この傾向は朝鮮半島までは続かないようである。

3) 深成作用の時期

先カンブリア紀や古生代の花崗岩類を別にすると 環太平洋の大部分の花崗岩類は 約225m. y. 以後に貫入している。この期間 深成作用は時間的に断続的で かつ 地域的にも連続していない。盆地全体あるいは大陸全体にわたる同時代の活動は まだ認められていないが 充分な年代測定が行なわれれば 将来見つからないとも限らない。ちなみに松本達郎(1970)による図を第10図にあげておく。

これらの中で ペルー 北東部アラスカおよび朝鮮半島を除く大部分の地域では 太平洋岸から内陸に向ってより若い貫入岩が分布する傾向が認められる。また Iタイプの花崗岩類の分布する地域では 深成岩の貫入に先立って 大量の安山岩質の火山岩ないし火山起源の堆積物が形成されたという傾向も認められる。



第10図 環太平洋変動帯における造山運動と火成作用の時期 (松本達郎 1975より)

4) 貫入の深さ

花崗岩によって貫入された母岩の変成作用から判断すると その貫入の深さは 一般に 15km ほどであり ブリティッシュ・コロンビア シエラネバダおよび南東オーストラリアがそうである。ペルーの海岸バソリスは 極めて浅い位置に貫入したと思われ 南米アンデス・朝鮮および北米の小規模な岩体には 地表水の及ぶ深さまで上昇したことを示すものがみられる。

一方 最も深い貫入位置は ブリティッシュ・コロンビアの例で 母岩がグラニュライト相の変成作用をうけていることから 約 30km の深さとみられる。

5) 鉍化作用

多くの鉍床が環太平洋の花崗岩類と空間的に関連していると考えられるにもかかわらず その特徴は明らかでない。一般に 花崗岩類を晶出させたマグマは熱水溶液を循環させ 金属を濃集させる原因となる熱を供給すると考えられているが はたして マグマがこれらの金属の主要な供給源であるのか あるいは 母岩に由来するものが主要であるのか分らないことが多い。

多くのメソゾーンのバソリスは その周辺に鉍床を伴う一方 その内部には伴わない。シエラ・ネバダ・バソリスでは 金・銅・マンガン・鉛および亜鉛は周辺部に濃集し 母岩に由来すると考えられ タングステンとモリブデンのみがマグマに由来すると考えられている。

錫の鉍化作用がS-タイプの花崗岩に伴われるという傾向については 前にのべた。

鉍床を伴う浅所侵入型の岩体は 一般に水溶液の活動の証拠を示している。さらに貫入岩体周辺によくみられる熱水変質は 地表水のおよぶレベルまで貫入が進んだことを示すと考えられる。今後 酸素や水素の同位体の研究が この水の起源に関する情報を増大させるであろう。

最後に 本研究集会は深成作用をテーマにした わが国では初めての国際集会であった。日頃の印刷物のみを通じての交流と 口頭での交流では全く意味が異なると云ってよかろう。日本の中堅花崗岩研究者のほとんどを集めたこの集会が 今後の日本の花崗岩研究に何をもたらすであろうか 興味の深いところである。

西欧人特有の火花を散らすような議論のし方や 自説に固執するがん固さは別にしても 彼らは野外の事実在即して議論を展開する すぐに証拠を示せと迫ってくる等々 地質屋として当然のことながら感心させられた。

また 岩石学者といっても 構造運動を重視する点に敬服させられた。領家帯・飛騨帯ともに変形作用の解析が不十分であると感じたのは 筆者ばかりではないと思う。その点 地道な加納隆氏の飛騨帯における仕事 が 地質学会において評価されたことは わが国の岩石学にとって好ましい傾向である。

わが国の野外の露頭条件が極めてよくないことを 海外の研究者に理解されたのもひとつの収穫であろうか。逆に 空中から5分もあれば地質図の画けそうなアンデスの露出条件を知らされた。野外岩石学者は 互いに相手の日頃見ているものを じかに見ることによって初めて相手の考え方が納得できるとも云えよう。その意味でこのプロジェクトは 大きな貢献をしたわけである。

言葉の障壁は云わずもがなの問題であるが 若い研究者たちが 日を追って海外からの研究者と語り合う場面が増えてくるのを見るにつけ将来をあまり心配することもあるまいと思った次第であった。

引用文献

荒牧重雄・羽田忍 (1965) : 熊野酸性火成岩類の中部および南部の地質 地質雑 71巻 841号 494—512。
 MINATO, M. (Edit.) (1974) : Pacific Geology, 8。
 松本達郎 (1975) : 環太平洋の地史からみた日本の中生代 (会長講演) 地質雑 81巻 7号 461—471。
 YAMADA, N. (Edit.) (1977) : Plutonism in Relation to Volcanism and Metamorphism. (Preprint)。