

# 第5回ハットン シンポジウム：(1) 講演内容

有馬 眞<sup>1)</sup>・石原 舜三<sup>2)</sup>・中島 隆<sup>3)</sup>

第5回ハットン シンポジウムは2003年9月、愛知県豊橋市の愛知大学で開催された。本稿では、本シンポジウムでのセッションごとの発表と議論の概要を報告する。

## 1. 初めて島弧でのハットン シンポジウム

今回の日本での大会は、ハットン シンポジウムの開催地として初めての条件が2つあった。1つは現世の島弧すなわち沈み込み型プレート境界という立地条件、もう1つは白亜紀～新生代という若い時代の花崗岩地帯であることである。これまでのハットン大会がすべて古生代の変動帯に伴う花崗岩地帯で開かれてきたので、若い変動帯の花崗岩を舞台に、ということが日本が開催地に選ばれた理由の一つであった。それらのことを念頭において、今大会のセッション構成を決めた。具体的には、A) ミグマタイトと地殻溶融 B) 花崗岩マグマだまりプロセス C) 花崗岩マグマの形成と大陸地殻の成長 D) 花崗岩と鉍化作用 と大括りしたうち、特にC) の中で島弧における初生地殻の形成と地殻内リサイクル型マグマティズムを対峙させて取り上げ、またアジアの花崗岩についての最新の研究を紹介するセッションを設けた。その結果、C) は4セッション、A), B), D) はそれぞれ2セッション構成となり、シンポジウム全体としては10セッションとなった。

これら10セッションのほかに、招待講演3件を、開会セッションとして初日の朝に行なうことにした。3件は、20世紀後半の花崗岩研究で大きな功績のあった石原舜三、B.W. チャペル、実験岩石学から

花崗岩質マグマの生成を研究しているJ. ブルンディが選ばれた。

今大会は、180件の発表申込があった。そのうち半数近くが口頭発表希望であったが、時間の制約上、それらの中から講演要旨の内容をもとに、各セッション5-7件、全体で62件を口頭発表に選んだ。それでも前回、前々回大会に比べるとほぼ2倍の件数となった。全口頭発表のラインナップを第1表に示す。これらのほかに100件を越すポスター発表があり、毎日午後、100分間のポスター・コアタイムにはシンポジウム会場をそこに移した形で議論が交わされた。

## 2. 各セッションの内容

### 開会セッション：花崗岩研究の成果と今後の方向

産総研の石原は磁鉄鈦系/チタン鉄鈦系花崗岩提唱の過去30年間を振り返り、その発見に至る経緯そしてこの花崗岩研究から見た地球史における大陸地殻の酸化-還元状態に言及した。さらに原生代花崗岩類の研究から31億年前には酸化型花崗岩が大規模に存在し、花崗岩から見て地圏ひいては水圏が早くから酸化的事実であったことを指摘し、最近の地球表層部の酸化/還元議論に一石を投じた。

イギリス ブリストル大学のJ. ブルンディは最新の実験岩石学に基づき、含水玄武岩の大陸地殻下部の分化作用、及び地殻下部における珪長質カルクアルカリ岩マグマ発生を論じた。彼は花崗岩質マグマの上昇と定置に水が重要な役割を果たすことを指摘し、カルクアルカリ岩マグマの上昇途中でそ

1) 横浜国立大学大学院環境情報研究院：  
〒240-8501 横浜市保土ヶ谷区常盤台79-7  
2) 産総研 特別顧問  
3) 産総研 地球科学情報研究部門

キーワード：ハットン シンポジウム、花崗岩、島弧、超高温変成作用、マグマ溜まり

## 第1表 口頭発表タイトルと発表者一覧 (登壇者は大文字表記)。

&lt;9月2日(火)&gt;

## 開会セッション：花崗岩研究の成果と今後の方向

石原舜三：磁鉄鉱系/チタン鉄鉱系花崗岩類提唱から30年：地球初期の酸化還元状態と構造場との関係

Jonathan BLUNDYほか3名：下部地殻における珪長質カルケアルカリマグマの生成

Bruce W. CHAPPELL：花崗岩成因の統一モデルに向けて

## セッション A-1：超高温・超高压変成作用における融解プロセス

Simon HARLEY：超高温変成作用での融解に対する堇青石の影響

小山内康人ほか3名：超高温条件下でのフッ素黒雲母を含む泥質岩の部分融解と花崗岩マグマの生成

Anand MOHAN：インド、東ガーツ超高温サフィングラニュライトの、FMAS および KFMASH 系での温度圧力変化解析

Hassina MOURIほか4名：南アフリカ Namaqualand 変成帯高温部からコランダム+石英組合せの最初の発見：より高温条件の可能性？

Chang Whan OHほか6名：韓国における最初の高P/T変成作用の証拠とその北東アジアのテクトニクスにおける意味

Vojtech JANOUSEK, F. Finger：オーストラリアとチェコにまたがるボヘミア地塊、Moldanubian帯 Gfoehl unitのグラニュライトの全岩地球化学と成因

## セッション A-2：下部地殻における融解とメルトの分離

Michael BROWN：大陸下部地殻におけるメルト絞り出しのメカニズム

西山忠男ほか3名：花崗岩における拡散律速融解のカイネティクスとミグマタイトへの応用

Peter I. NABELEK, M. Liu：上部地殻における優白質花崗岩の生成：岩石学および熱的制約条件

志村俊昭ほか4名：日高変成帯、輝石含有花崗岩類の多様性と起源

Anthony I.S. KEMP：地殻起源のマグマにおける化学組成化学的性質を決めるもの：海溝とその周辺から

河上哲生：泥質ミグマタイト中のメルトの存在・集積・移動の指標としての電気石・ホウ素-領家変成帯の例

Ian S. WILLIAMSほか3名：高度変成作用とマグマ生成においても保持されるジルコンU-Pb年代

(次頁へ続く)

の高温と含水性のために結晶の部分または完全溶解が生じる点を重視した。

オーストラリア マッコリー大学のB.チャペルは、花崗岩質マグマは原岩の化学的・物理的性質がその性格を決定するものとし、S/Iタイプに引き続き、今回は高温型花崗岩と低温型花崗岩を提唱。高温型はジルコンが完全に溶けた珪酸塩溶融体から晶出し、結晶分化作用が完全に行われる。低温型ではジルコンは残存し、マグマは完全な溶融体ではなく残存物(レスタイト)を残しており、その組成変化はレスタイト結晶の除去により生じると解釈した。

## A-1：超高温・超高压変成作用における融解プロセス

コンビナー：小山内康人(岡山大)、H. マウリ(プレトリア大)(口頭6, ポスター7)。

このセッションでは、近年特に研究の進んだ超高压および超高温の変成作用とそうした極限条件下での融解を扱うつもりであったが、実際には超高压変成作用での融解に関する発表はほとんどなく、超高温変成作用に関係する発表が大部分であった。その超高温変成作用は下部地殻では極めて一般的であることが近年の多量の岩石・鉱物学的データから示され、さらに熔融の温度と peritectic 鉱物種が生成メルトの多様性を生み、微量成分も極

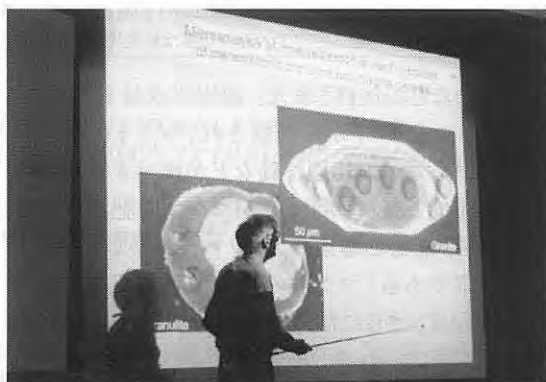


写真1 発表するI.S.ウィリアムス氏(オーストラリア国立大)、世界のSHRIMP年代測定装置を作り動かしている彼の講演には、毎回皆の注目が集まる。

限条件下では同じ鉱物の安定度に影響を与えることが判明した。超高温変成作用では熱の不均一分布が重要で、その原因には定説はないが、マントル起源熱が一般に考えられている。

## A-2：下部地殻における融解とメルトの分離

コンビナー：広井美邦(千葉大)、M. ブラウン(メーランド大)(口頭7, ポスター15)。

このセッションでは下部地殻における結晶の溶解とメルトの抽出移動過程がより直接的に考察され、その過程における原岩組成の影響、難溶性鉱

<9月3日(水)>

### セッション B-1: 花崗岩質マグマ溜まりプロセス

Calvin F. MILLER, ほか10名: バイモータルマグマの間欠供給による結晶沈積の歴史: ネヴァダ州Aztec Wash Plutonの構成

金子克哉, 小屋川剛博: マグマだまりの底での分別結晶作用を伴う同化作用への, 地殻の温度と組成の効果に関する実験的研究

Michael D. HIGGINS ほか7名: 珪長質マグマの固化: 長石類の結晶サイズ分布(CSD)による証拠

Guilherme A.R. GUALDA ほか5名: Bishop Tuff magmaにおける結晶と泡の断片化, 核形成, 移動: 結晶サイズ分布による証拠

Saskia ERDMANN ほか2名: カナダ東部Nova ScotiaのSouth Mountain BatholithとMusquodoboit Batholithに含まれる, 組成累帯構造をもつ  
堇青石とともない堇青石

中田笑美子, 中村美千彦: クリスタルマッシュ中における流体チャンネルの形成—花崗岩質マグマ固結過程における脱ガスと物質輸送への応用—

### セッション B-2: 火山と深成プロセスのリンク

Bernard BARBARIN, M. C. Gerbe: カルクアルカリ深成岩と火山岩におけるマグマ混合: 共通点と相違点

笹田政克, 佐々木宗建: 冷却しつつある高温花崗岩—500℃葛根田花崗岩ほか地熱地帯の花崗岩の特徴について

原山 智: 第四紀火山—深成複合体の定置・冷却・急速露出: 北アルプス, 穂高コールドロンと滝谷花崗閃緑岩

Raynald Ethien, M.C. GERBE ほか4名: ケルゲレン島Rallier du Baty岬のシリカ過飽和な火山深成複合岩体: 時間空間とマグマ形成

Rodney V. METCALF: 火山と深成岩のリンク, マグマだまりとしての貫入岩体, 地殻—マントル相互作用: リソスフェアスケールで見たマグマシステム

Leon T. SILVER: カリフォルニアとメキシコのPeninsular Ranges Batholith 西部における白亜紀火山深成複合岩体

### セッション C-1: 沈み込み帯における初生的花崗岩類

David C. CHAMPION, H. Smithies: スラブ融解とそれに関連するプロセス: 始生代と現代

巽 好幸: サブダクションファクトリー: 地球の地殻とマントルの進化における役割

Colleen BRYANT ほか3名: リチウム同位体と花崗岩成因論

J. Bebie, B. BONIN ほか2名: オフィオライトの斜長花崗岩, マグマ分化の究極の産物

荒井章司, 清水洋平: 島弧のかんらん岩ゼニス中の珪長質脈: マントルウェッジ内での珪質メルトの挙動への意味

Cheng-Hong CHEN ほか3名: 中国南西部における燕山期後期(白亜紀)造山サイクルの火成岩類の地球化学とSr, Nd 同位体組成

Ulrike POLLER ほか5名: シベリアクラトン南部は原生代初期に接合したことを示す年代と同位体の新データ

(次頁へ続く)

物の挙動などが注目された。原岩組成はミグマタイトやOラヌライトから推察され, メルトのsegregationや系外への初期移動などが検討された。

原岩組成とメルト間反応がマグマの肥沃度を決定するが, 反応の急速なオーバーステッピングも重要な要素である。マグマの組成は原岩組成と部分溶融の程度, さらに浅所における結晶分化作用によって決定される。破碎熱によるマグマの発生は大陸地殻規模の場合のみ重要である。

### B-1: 花崗岩質マグマ溜まりプロセス

コンピーナー: 吉倉紳一(高知大), 今岡照喜(山口大), R.A. ウィービ(フランクリン&マーシャル大)(口頭6, ポスター20)。

このセッションの主要課題は珪質マグマ溜まりへの苦鉄質マグマの注入に伴う物理化学的諸過程で, マグマ溜まりにおける両者の同化現象と結晶分化作用, そして花崗岩の組成を最終的に決定する脱ガス化過程の解明などが議論された。火山岩と深成岩双方の組織変化にCSD (crystal size distribution)が導入され, また花崗岩中の堇青石結晶の起源が岩石学的, 化学的に論ぜられた。ポスター発表は20件と非常に多く, 特に珪長質マグマ溜まり



写真2 A. ネイヴァ女史(ポルトガル コインブラ大)。第1回大会からの常連で毎回手堅い研究成果を発表する。

への苦鉄質マグマの注入, それに伴う混交現象が多数例示され, このプロセスによる花崗岩体の成因解明の努力が広く行われていることが示された。

### B-2: 火山と深成プロセスのリンク

コンピーナー: 原山 智(信州大), 高橋正樹(日大), B. バルベラン(ブレイズ・パスカル大)(口頭6, ポスター7)。

火山岩はマグマ急冷の産物であり, 深成岩はマグマが時間をかけて固結した統合体である。このセッションでは両者の関係, 特に時間的, 空間的プ

<9月5日(金)>

**セッション C-2：地殻内の再生プロセスによる花崗岩類**

William J. COLLINS: ポストコリジョン花崗岩とは何か? ラクラン褶曲帯の例

Ana M.R. NEIVA: ポルトガルとブラジルのハイブリッド花崗岩類の地球化学と成因モデル

中島 隆ほか3名: 西南日本領家帯の塩基性岩の成因と白亜紀領家/山陽花崗岩マグマティズムへの意味

Milan KOHUTほか4名: 西カルパチア帯 Branisko山地のTTG岩石-角閃岩-片麻岩質下部地殻の部分融解

Wolfgang TODTほか2名: スロヴァキア共和国, 西カルパチア帯 Nizke Tatry山地の2種類のマグマのPb, Sr, Nd 同位体的研究

Chun-sheng WEIほか4名: 中国東部のA-タイプ花崗岩の多様な起源: O-Nd-Sr-Pb同位体からの制約

Stephan KROENERほか5名: ナミビア北西部, パンアフリカKaoko帯の2つの高度変成岩ユニットにおける原生代後期の地殻物質のリワーキング

**セッション C-3：花崗岩マグマの発生と貫入に対するテクトニック・コントロール**

Eric C. FERRE: 地殻内の水平方向の不連続による花崗岩貫入の盤状形態規制

M. Charles GILBERTほか2名: 引張場における花崗岩体の形態

Jean Louis VIGNERESSE: 花崗岩成因論の新しいパラダイムに向けて

Roberto WEINBERG: プルトンとトランスカレント剪断帯

Tom STALFORS, C. Ehlers: フィンランド南西部, 原生代花崗岩マグマの剪断変形に伴う貫入と分化

Keith BENNほか3名: 始生代後期のカナダAbitibi Subprovinceにおける, 広域的褶曲の時期におこった花崗岩の活動とバソリスの形成

**セッション C-4：アジア地域の花崗岩研究における新しい展開**

Bor-ming JAHN: 中央アジアにおける初生地殻の生成

Jian-Sheng QIUほか3名: 中国東南部ZhejiangおよびFujian海岸地域のA-type花崗岩: 成因に関する地球化学的データからの制約

Yong-Joo JWA: 韓国の中生代花崗岩のsource rockと地殻の進化

Nikolay A. GORYACHEV, N. V. Berdnikov: 北東アジアの鉍床を胚胎する花崗岩のタイプとその流体の特徴

佐藤興平: 環日本海地域の花崗岩類と鉍化作用: 地殻構造と花崗岩類のタイプ

<9月6日(土)>

**セッション D-1：マグマ過程における金属元素と揮発性成分の挙動**

根建心具: 珪長質マグマに伴う鉍化作用におけるハロゲン元素の挙動

Phillip M. PICCOLI, P. A. Candela: 花崗岩, 花崗岩に伴うベグマタイト, 花崗岩に関係する鉍石を含む系でのリン灰石の役割

David MUSTART, M. Horrigan: 北アメリカとオーストラリアの11花崗岩体における熱水バンプ: マグマ起源の揮発性成分相の進化と移動に関する証拠

Axel D. RENNOほか2名: マグマ分化の間のCu-Cl-salt-hydrate メルトの不混和

M. K. PANIGRAHI: インドMalanjkhandの花崗岩と銅の鉍化作用: 成因的関係の理論的解釈に向けて

**セッション D-2：花崗岩系列と鉍床生成区**

Phillip BLEVIN: オーストラリア東部の貫入岩に関係する金鉍床のレビュー: 性格, 分帯, マグマとの関係

Craig J.R. HARTほか3名: カナダYukon地方の, 造山帯をまたぐ深成岩区における, 酸化還元状態と鉍化作用へのソースの違いの影響

Phillip A. CANDELA, P. M. Piccoli: 単純な組成の花崗岩の組織: 鉍床に関係する花崗岩への意味づけ

今井 亮: 西太平洋島弧の中性~珪質火成岩の微珪晶アパタイトの化学組成の変化と斑岩銅鉍床生成区に対する意義

Allan J. R. WHITE: 高温型/低温型花崗岩の岩石学的特徴

ロセスが議論された, 失われた輪 (missing link) は見出せるのか, 講演では火山岩, 深成岩中のエンクレーブの比較, まだ熱い固まりつつある花崗岩の岩石学的特徴, 特に若い火山深成岩体の正確な時空関係が明らかにされるとともに, マグマ活動の広域的モデリングも検討された. 今後の課題としてはカルデラ沈降とともに生じるマグマ溜まりの変形の問題, 両者のマグマ供給ポンプの違いなどが挙げられる.

**C-1：沈み込み帯における初生的花崗岩類**

コンビーナー: 土谷信高 (岩手大), 田中久雄 (山形大),

D.C. チャンピオン (オーストラリア地質調査所) (口頭7, ポスター14).

沈み込み帯におけるマグマ活動が初生的大陸地殻を生成するプロセスが議論された. このような初生的花崗岩は上部マントル起源か, 一度大陸下部地殻を造った玄武岩が溶融することにより得られる. このセッションでは(1) 始生代 (TTG) と現代 (アダカイト) のスラブ溶融の比較, (2) 沈み込み帯工場における海洋リソスフィア, 大陸地殻, マントルリソスフィア, さらにアセノスフィア マントル, 地球内核との相互作用が議論された. すなわち大陸地殻の形成と共に, それに伴うマントルの進化が解明



写真3 熱心に発表を聞く参加者たち。

されるべき命題である。オーストラリア、ニューイングランド花崗岩のLi同位体研究は花崗岩の研究に新側面を開いた。またオフィオライトや海洋間リフト帯の斜長花崗岩の花崗岩問題への位置づけも試みられた。

過去10-20年間に沈み込み帯のマグマ発生学は大きく前進したが、(1)地殻最下部の部分熔融説と、(2)沈み込みつつある海洋地殻や堆積物の脱水熔融、のいずれが正しいかは今後の研究に待つ所が大きい。そのアプローチとして高Mg安山岩、アダカイト、Nbに富む玄武岩などのメルト包有物の研究と共に、従前からのマンテルウェッジの捕獲岩の研究などが重要である。

#### C-2：地殻内の再生プロセスによる花崗岩類

コンビナー：柳 哮(九州大)、佐藤博明(神戸大)、W.J. コリンズ(ニューカッスル大)(口頭7, ポスター17)。

このセッションでは各種構造場に産出する花崗岩類の年代論、地球化学が多かった。実際に初生的花崗岩以外はみな再生物質を主成分として含んでいるので、一般的な花崗岩成因論のケーススタディがここで扱われる例が多かった。コリンズはいわゆる造山後花崗岩類は衝突により沈み込む速度が急激に変化するために沈み込みによるリソスフィアのロールバックが起こり、発生したものと考えた。中島らは西南日本内帯の塩基性岩類は花崗岩類と類似の比較的高いSr同位体比を持つことから、堆積物成分が連続的に塩基性マグマ発生場に供給されたと考えた。新しい手法としてはジルコンの $\delta^{18}\text{O}$ が福建省東部のAタイプ花崗岩に適用され、その均



写真4 質問する B. ジャン(江 博明)氏(台湾国立大)。前大会では開催国フランスのレンヌ大学からの参加だったが昨年初めに母国に移った。

一に低い値(3.8~5.1%)は高温変質を受けた地殻物質が部分熔融して発生したものであることが示された。イオンプローブを用いたジルコンのU-Pb年代もいくつかの講演で見られ、この手法はすでに地域地質の問題に一般的に使われるようになったことが印象づけられた。西トルコのKaymaz花崗岩は放射能が強く、放射能被曝の問題が指摘された。

#### C-3：花崗岩マグマの発生と貫入に対するテクトニック・コントロール

コンビナー：安間 了(筑波大)、E. フェーレ(ノースカロライナ大)(口頭6, ポスター6)。

花崗岩の卓状形態は世界で一般的であり、それは大陸地殻内のbrittle/ductile境界と地殻内マグマのトラップに起因する。横ずれ破砕帯、拡張場、圧縮場、島弧環境など様々な場の貫入例が報告された。この分野ではマグマレオロジー、野外地質と数値モデルの組合せでマグマの上昇と定置を解釈することが重要となってきた。非破壊のファブリック解析、相トポロジー、ファブリックの高度数値解析手法が導入された。磁気異方性(AMS)が島弧環境の2カ所で測定された。

#### C-4：アジア地域の花崗岩研究における新しい展開

コンビナー：佐藤興平(産総研地質調査総合センター)、田結庄良昭(神戸大)、B. ジャン(台湾国立大)(口頭5, ポスター14)。

このセッションではまず昨年までの5年間のIGCP計画「中央アジア褶曲帯の花崗岩類」がNd、

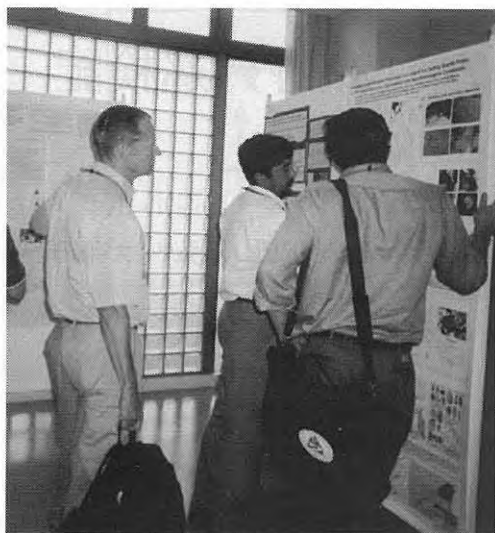


写真5 ポスター会場でも熱心な議論が続いた。中央は説明する安間 了氏(筑波大)。

Sr同位体比を中心に総括され、年代と成因に関して飛躍的な進展が見られた。大陸内部であるにも関わらず、初生的花崗岩類が多く発見され、この地域は島弧の集合体であることが判明した。中国東縁部にはAタイプ花崗岩が多く分布し、韓国に続く。その地球化学的性質からマントルと大陸地殻に起源を持つ造山型のAタイプと判定された。韓国からの講演では新たな三畳紀の花崗岩類の発見が強調された。ロシア北東部の花崗岩類と鉱床の概要が示され、メルト、流体包有物の研究から、マグマと鉱液は地殻起源でClに富む性格などが明らかにされた。

#### D-1：マグマ過程における金属元素と揮発性成分の挙動

コンピーナー：根建心具(鹿児島大)、P. キャンデラ(メリーランド大)(口頭5, ポスター4)。

このセッションでは燐灰石、雲母などの造岩鉱物のハロゲン元素ほかの挙動から鉱化作用との関連が論じられた。鉱石をしばしば伴う熱水性角礫パイプではマグマ水の活動が重要である。Cu-Cl含水メルトの角閃岩中での発見から、珪酸塩マグマから離溶により分離したこの形での銅の濃集と運搬機構も注目する価値がある。インド最大の銅鉱床



写真6 コーヒーブレイクでにぎわう1階ロビー。

の成因が流体包有物と熱水変質作用の側面から考察された。

#### D-2：花崗岩系列と鉱床生成区

コンピーナー：今井 亮(九州大)、P. プレヴィン(ペトロケム・コンサルタント)(口頭6, ポスター8)。

ここではまず花崗岩に伴う金鉱床の総括がオーストラリアを中心に行われ、ユーコンの各種金属鉱床が花崗岩類の酸化・還元状態に基づいて評価された。また岩脈や浅成花崗岩類の組織、斑晶の変化から、固結深度によるundercooling、鉱化作用との関係などが指摘された。また斑晶状燐灰石のSO<sub>3</sub>やCl含有量はマグマのそれぞれの濃度を表し、それが直接鉱化作用を指示する可能性が、西太平洋地域の多数の花崗岩類の事例に基づき報告された。

これらのまとめは、個別セッションが終わった最終日の午後に、最終セッションとして科学プログラム委員長(有馬)によって会場で発表された。これらは、今回のシンポジウムの到達点と今後の花崗岩研究の指針を与えるものとして、さらに練り上げられた形で本大会の成果論文集(2004年中頃発行予定)の巻頭言に紹介される予定である。

ARIMA Makoto, ISHIHARA Shunso and NAKAJIMA Takashi (2004): The Fifth Hutton Symposium : (1) Scientific sessions.

< 2003年12月16日 >