

# 第2回パンアメリカン流体包有物研究集会

笹田 政 克 (地殻熱部)  
Masakatsu SASADA

## 1. はじめに

1989年1月4日から7日にかけて ヴァージニア州ブラックスバーグのヴァージニア工芸大学 (Virginia Polytechnic Institute and State University) で第2回パンアメリカン流体包有物研究集会 (PACROFI II: Pan-American Conference on Research on Fluid Inclusions) が開催された。この研究集会には 米国・カナダ及びその他6ヶ国から約90名が参加し 3日間は個人講演及びポスターセッションに 最後の1日が討論にあてられた。また個人講演のうち1日は 流体包有物のマイクロアナリシスという特別セッションが設けられ 最近開発されたあるいは開発されつつある 各種の分析手法が討論された。

PACROFI は ヨーロッパで2年毎に開催されている流体包有物の研究集会 (ECRFI) に刺激されて アメリカの流体包有物研究者により組織された研究集会で 第1回は1987年1月にニューメキシコ州のソッコロで開かれている。今回は Bodnar 氏 (ヴァージニア工芸大学) を中心にして準備が進められ 前回のホストである Norman 氏 (ニューメキシコ資源工科大学) も マイクロアナリシスの特別セッションのオーガナイザーに一役買われた。

今回発表された研究は水溶液及びガスの 相平衡 マイクロアナリシスといった基礎的な分野から 鉱床 堆積 地熱 変成作用 火成作用の分野にいたるかなり広汎なものであった。また 全体を通じて ここ数年普及してきたレーザーラマンを用いた研究が 参加者の関心を集めていたようにみえた。それぞれの分野での研究には 興味深いものが多かったが ここでは相平衡及びマイクロアナリシスのセッションを中心に いくつかのトピックスをまじえながら 今回発表された内容について手短かに紹介したい。

## 2. 相平衡の研究

流体包有物の冷却実験では 昇温過程で水及び塩類の溶け始める温度 ( $T_e$ : Eutectic Temperature) から 主要な溶存塩類が何であるかを求めることができる。流体

包有物中に含まれる主な塩類と  $H_2O$  との低温域での相平衡のデータは一通り揃ってはいるが 微小な流体包有物特有の準安定領域については まだかなりの問題が残されているのが実状である。今回は  $NaCl-H_2O$   $NaCl-KCl-H_2O$   $NaCl-MgCl_2-H_2O$   $NaCl-CaCl_2-H_2O$  等の系で これまでの実験データを再検討し  $T_e$  と溶存塩類との関係を議論したいいくつかの研究が発表された。とくに準安定領域については 人工流体包有物を用いた相関係の研究の有効性が 強調されていた。なお これらの研究は カルガリー大学の Spencer 氏ほか及びニューヨーク州立大学の Davis 氏ほかにより発表された。

一方  $C-O-N-H$  系のガスの相平衡については オランダのフリー大学 Kerkhof 氏により理論的考察が ワシントン DC の地球物理学研究所 Frantz 氏により実験的研究が発表された。  $CO_2$   $N_2$   $CH_4$  等の純粋なガスについては広い温度・圧力範囲にわたり 相関係が明らかになっているが それらの混合物の高圧下での相関係は いままさに研究が進められつつある分野といえる。Kerkhof 氏は 流体包有物が isochoric (等体積) の系であることを重視して  $CH_4-CO_2-N_2$  系のモル体積・温度・組成による表現を試みている。一方 Frantz 氏は これまで実験が困難とされていたガス混合物の相平衡の研究を 人工流体包有物を用い ガスの封入テクニックを工夫して行おうとしている。またガスと水の相平衡に関連して ワシントン大学の Seitz 氏により包接化合物 (ガス水和物) と気相の間の揮発性成分の分配についての話があった。

## 3. マイクロアナリシス

マイクロアナリシスの特別セッションでは12件の発表があったが その多くはガス分析に関するものであった。今回発表のあったガス分析を手法別に整理すると破壊分析: 質量分析計 (タルサ大学 ニューメキシコ資源工科大学 ケベック大学) ガスクロマトグラフ (トロント大学) 非破壊分析: レーザーラマンマイクロプローブ (ワシントン大学 地球物理学研究所 ヴァージニア工芸大学 USGS ナンシー大学 ボン大学) マイクロ FTIR (ワシントン大学 ヴァージニア工芸大学) となる。また溶存イオン

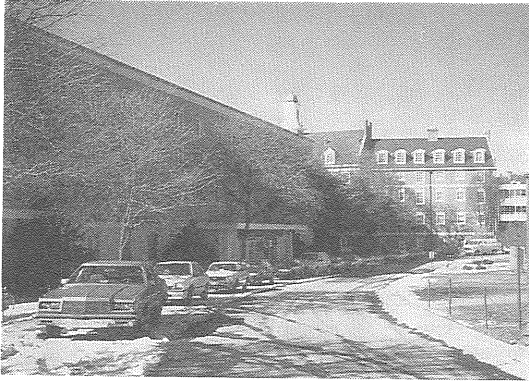


写真1 会場となったヴァージニア工芸大学 Donaldson Plaza ラウン・センター。同センターは生涯教育のための研修施設であり 会議場 セミナー室のほか ホテルなみの宿泊室 レストランが完備している。

の分析では ICP-MS (ゲオルグ・アウグスト大学) SIMS (カーレトン大学) の発表があった。

質量分析計を用いたガス分析は バルク試料の分析及び個々の流体包有物の分析とも 手法的にはほぼ確立してきたように見える。タルサ大学の Barker 氏は高速走査四重極質量分析計を用いた個々の流体包有物分析のパイオニアであるが 今回は熱破碎によるバーストの持続時間が2ミリ秒ときわめて短いメタンを含む流体包有物を 2台の質量分析計を用いて 質量数 2-70 の範囲で分析した結果について報告された。分析データの取得もこれまでの Apple II から IBM PC 2681 にかえ また得られたデータは SUN 3/28U で処理するというように システムの拡張がはかられていた。

ニューメキシコ資源工科大学での バルク試料を質量分析計を用いて分析するシステムは Norman 氏により試作されたものだが 今回は彼がアフリカ出張中のため 彼の共同研究者により 同システムを用いて分析する際の 高温におけるガスの再平衡の問題が議論された。またケベック大学の Guha 氏からは質量分析計のイオン源で微小な試料を直接加熱し 迅速分析する手法が紹介された。この手法では均質化温度が既知の試料のガス組成が求められるので 初成包有物と二次包有物のガス組成のちがいがもわかるという。勿論 同様のことはタルサ大学のシステムでも可能である。

トロント大学の Bray Spooner の両氏は ガスクロマトグラフによる流体包有物の高感度な分析法を開発している。これは 105℃ で鉱物を破碎して出てきたガスをキャリアガスにより直接 HP 5890 のガスクロマトグラフに導く方法で 3ピコモルという極微量のガスが検知できるとともに H<sub>2</sub>O も同時に測定できる。このシ

ステムでは かなりの種類のガスが分析可能であるが H<sub>2</sub>S は難しいようである。また精度の向上に伴いキャリアガスの He 中に含まれる 若干量の H<sub>2</sub>O と CO<sub>2</sub> も問題点の1つとして指摘された。

一方 半定量一定量非破壊分析の手法には レーザラマンマイクロプローブ (LRM) マイクロフーリエ変換赤外分光 (マイクロ FTIR) プロトンマイクロプローブ シンクロトロン XRF NMR 等があるが 今回は LRM とマイクロ FTIR についての発表があった。LRM もマイクロ FTIR もともに分光学的な手法であり 前者が物質による光の散乱を利用しているのに対し 後者は光の吸収を利用している。LRM はここ 10年流体包有物の研究にその有効性が認められてきているのに対し マイクロ FTIR は比較的新しい手法で 流体包有物の研究への適用に対しても未知の部分が多い。LRM はフランスを中心にヨーロッパで開発された方法といえるが 米国では目下のところセントルイスにあるワシントン大学が研究の中心となっているように見える。

今回 ワシントン大学の Wopenka Pasteris 両氏らは LRM とマイクロ FTIR の長所と短所というタイトルの講演を行った。まず二つの手法に共通する点は ①振動スペクトルを用いて成分を同定し 混合流体の定量分析を行うことができる。②鉱物中の固相 液相 気相包有物をその場で分析することができる。③イオンや希ガスは検出できない。④多成分系の流体包有物を分析するにあたっては 個々の成分の散乱/吸収効率についての知識が必要である。一方それぞれ次のような短所がある。まず LRM では ①共有二重結合があると蛍光を発するので そのような炭化水素を含む流体包有物の分析は一般に不可能である。②水分子はブロードなラマンバンドをもつため 流体包有物中での定量が困難である。またマイクロ FTIR の短所としては 対象とする包有物だけでなく光路に存在するあらゆるものが スペクトルに加算されてしまうという問題がある。分析領域はマイクロ FTIR が約 30μm であるのに対し LRM は約 2-3μm とたいへん小さく 微小な流体包有物に適している。また LRM では IR ではむずかしい H<sub>2</sub> O<sub>2</sub> N<sub>2</sub> の分析ができる。一方 マイクロ FTIR には多相の流体包有物のバルク分析の潜在的な可能性があるが 今後さらに研究が必要であろう。

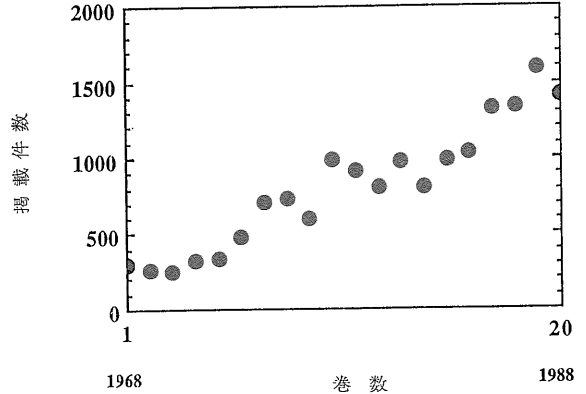
#### 4. 流体包有物は均質化温度では均質化しない!

Purdue 大学の Loucks 氏による「液相-気相の表面エネルギーによる 流体包有物均質化温度のヒステリシス」という講演は 筆者にはたいへんショッキングな内

容のものであった。均質化温度の測定値のバラツキはネッキングの問題を別にするると通常測定機器及び測定者の問題として処理されているが 実は流体包有物自身にもそれらがたとえ同じ温度でできたものであっても 大きさの違いにより異なる均質化温度を与えてしまうという本質的な問題があるという。彼の論点は どんな流体包有物でも 鉱物中のキャビティがシールされて流体包有物が形成された温度では絶対に均質化しないというもので その理由は気泡が存在する時の気相-液相の表面張力によるヒステリシスにあり このためある大きさ以下の気泡は流体包有物中で存在できない。従って小さな包有物ほど また気液比の低い低温でできた包有物ほど あるべき均質化温度と実際に測定された均質化温度の差が大きくなる。低温域では その差が数10度になることもあるという。彼はまた NaCl CO<sub>2</sub> 溶液についても熱力学的に計算し 流体包有物の大きさ及び Th(∞)-Th(D) の値をそれぞれ 対数軸でとった実用的なダイアグラムを作成しているので 論文の印刷が待ち望まれる。

5. 流体包有物のデータベース

今回多くの参加者の関心をひいていたもう1つのことは パソコンによる流体包有物のデータ処理プログラム (FLINCOR) 及び 文献データベース (FIRRI) であった。前者は IBM PC 上で 後者は McIntoch のパソコンで動く。今回はポスターセッションの会場で両者のデモンストレーションがあった。FLINCOR はウィ



第1図 COFFI 及び FIRI に掲載された文献件数の推移 (Knight, Bodnar and Roedder, 1989 : PACROFI II, Program and Abstracts, p. 37) 1988年に第1巻に掲載された文献は 306 であったが第18巻では1409件となっている。

スコンシン大学の Brown 氏により開発されたプログラムで H<sub>2</sub>O-NaCl-CO<sub>2</sub> 系等の温度・圧力データに基づき マイクロサーモメトリーによる測定値から 生成条件等を求めることができる。たとえば 均質化温度 (Th) 及び氷点 (Tm) の測定値を入力すると その塩濃度におけるアイソコアがただちに求められる。そのほかにもいろいろなプログラムがはいっており測定データの処理に有効である。

FIRRI (Fluid Inclusion Research Reference Information) は Knight Bodnar 及び Roedder の三氏により作成されつつある流体包有物の文献データベースで これまで Roedder 氏が中心になって発行してきた抄録



写真2 PACROFI IIの参加者。 前列一番左が今回のホスト、ヴァージニア工芸大学の Bodnar 氏。

誌 COFFI (Commission on Ore-Forming Fluids in Inclusions)\* 及び FIR (Fluid Inclusion Research)\* に掲載されたすべての文献が入力される予定である。今回は PACROFI II のアブストラクト集を入力した結果についてのデモンストレーションがあった。流体包有物の研究は近年たいへん盛んになってきており第1図に示されているように抄録誌への掲載件数はうなぎ登りとなっている。勿論 GEOREF 等の市販のデータベースにも抄録誌にある流体包有物の文献の多くは入力されているがキーワードの選択が必ずしも十分とはいえない。FIRRIは この不備を補いあくまでも研究者の立場に立つことを目指している。

## 6. 今後の予定

集会の終りに今後の PACROFI のもち方等について若干の討論があった。PACROFI は当初2年おきにヨーロッパで開かれる ECRFI の非開催年にもつことを計画していたが現状では開催年が重なってしまっている。今年の ECRFI は4月にロンドンで開催となっ

ている。そこで次の PACROFI を来年1990年に開くことでこの調整が計られることになった。今回は5月20日—23日にカナダのトロント大学で Spooner 氏がホストとなって準備される。さらにその次は1992年にデンバーの Burruss 氏 (USGS) のところで開かれることが有力になっている。またニュースレターも企画されることになり当面ウィスコンシン大学の Brown 氏が準備にあたることになった。さらに流体包有物の雑誌の発行についても議論されたがどの大学でも図書の予算は限られており新しい雑誌を購読するには何か1つ購読をやめなければならないような実状においてはあまり好ましくないという意見が大勢を占め新しい雑誌は当面見送られることになった。第1回の PACROFI (1987年) のいくつかの論文は1988年の *Geochimica et Cosmochimica Acta* の特集号に掲載されたが今回の発表についても GCA に特集号を依頼することになった。ちなみに ECRFI で発表された研究は *Bulletin de Minéralogie Chemical Geology* といったヨーロッパで発行されている雑誌に特集号としてまとめられている。

脚注 \* COFFI は流体包有物抄録誌の第1巻から17巻までの名称で第18巻以降は FIR になっている。

## 最近中国で発見された新鉱床

岸本文男 (元所員)

Fumio KISHIMOTO

### 贛南地方での貴金属鉱床探査の展望

「世界のタングステンの都」の名がある江西省の贛南地域は金と銀を主体とする貴金属資源の探査に有望な状況を次々に現してきてすでに20ばかりの山金砂金そして銀—多金属の露頭が発見されている。その発見は江西省地質鉱産局の贛南地質調査大隊が力量(生産力規格)に即した地質調査・鉱床探査配置を堅持し地質調査・鉱床探査技術の複合効果を発揮した結果である。

数年来贛南地質調査大隊は地質調査・鉱床探査の戦略の重点を国民経済建設の緊急な需要に応えることにし、生産力の発展と社会的な経済効果を早く生み出すことができる金・銀などの貴金属および錫・稀土類などの鉱種に置き、鉱床探査の期間と周期を思いきって圧縮し長期計画を見直し、限りある探査費をぎりぎりまで切り詰めて探査区域を増やし1986年に最初の金鉱床の中間的な精査報告を提出した後、全面的に貴金属鉱床の探査を展開して経験を積み重ねていった。そして本年7月末には9鉱区で計画されていた54本の探査試錐をやりとげてその大部分の試錐点で貴金属鉱体に着脈させることができた。

第9号鉱区は同隊が今年新たに探査対象に組入れた鉱区であるが、彼等はその春の長雨夏の猛暑などに耐えず、わずか1ヶ月という準備期間しかなかった中で探査事業を全面的に展開し1号試錐井を計画して掘進し、次々に7層の鉱体を把握した。そのもっとも厚いものは厚さが2.7mに達し、コアの化学分析の結果によると含金品位は最低可採品位を越え、含銀品位は最低可採品位のほぼ3倍であった。第4号鉱区は高品位錫鉱床の精査区域であるが今年に入って掘進した3本の探査試錐によるとそれぞれ厚さが10.6m 11.8m 12.2mの鉱体に逢着して錫の鉱量をさらに増やした。

そのほか同隊は鉱床探査技術の多面的な機能を注意深く発揮し地球物理探査法と地化学探査法を用いて金・銀を探索して本年その3区域の異常区において精査を実施しその中の1区で2条の含金石英脈際脈帯を発見した。その細脈の大部分は幅が80—100mmで地表と探鉱坑道内での採取した鉱石の化学分析の結果によると含金品位はいずれも可採最低品位をはるかに越え、最高のもは可採最低品位の10倍となっている。

李徳銓 (中国地質報 1988.9.9)