

シンポジウム報告

モンペリエ構造地質学国際会議(Instability Conference)

1991年9月4～6日(フランス・モンペリエ市), Proceedings: Journal of Structural Geology, Special Issue, "Mechanical Instabilities in Rocks and Tectonics", vol. 14, No. 8/9, 1992.

John G. Ramsay 教授還暦記念国際シンポジウム

1991年9月9～11日(スイス・チューリッヒ工科大学), Proceedings: Journal of Structural Geology, Special Issue, "The Geometry of Naturally Deformed Rocks", vol. 15, No. 3-5, 1993.

全体の印象

上記の国際会議が約2年半前に相前後して開催され、欧州各国・オーストラリア・北米などからの参加者が300名前後に達して、どちらも盛大な会議であった。日本からは、大藤茂(富山大・理)・金川久一(現：千葉大・理)・嶋本利彦(東大・地震研)の3人が参加した。モンペリエの会議は、欧州を中心とした構造地質学者が1年おきにもち回りで開いているワークショップ形式の国際会議である。会議ごとに中心テーマが決められているものの、実際は構造地質学と岩石のレオロジーの様々な分野をカバーしているのが常である。後者の会議は、John G. Ramsay 教授(チューリッヒ工科大学)の還暦と退官を記念したものである。多くの参加者は両方の会議に引き続いて参加した。ここにこれらの会議の概要を紹介しておきたい。まず嶋本が全体の印象を述べ、次に大藤・金川がそれぞれの会議の概要を紹介する。

どちらの会議でも、研究発表の内容は極めて多岐にわたっていた。あえて注目すべき動向を一つあげるならば、水の問題、特に圧力溶解(pressure solution)による変形のレオロジーの問題を、オーストラリア国立大学など、これまで岩石の変形の実験的研究をリードしてきたグループがとりあげ始めたことである。この種の変形機構は、自然の変形した岩石の組織の観察から長い間その重要性が認められており、自然界に適用可能な実験データが最も望まれていた分野の一つであった。化学反応の変形への影響については、多くの人達が重要な未開拓分野だと認めておりながら、今回の会議でも新たな研究はなかった。これも我が国で始めるべき格好の研究テーマである。

シンポジウムとは別だが、今回の訪問で非常に印象に残ったのが、欧州の大学における研究体制の再編である。これは、分野ごとに重点大学を決め、そこに優れた人材を集め、世界最高級の設備を整えて、基礎研究において国際競争力をつけようとするものである。英国の構造地質学の分野では Manchester 大学と Leeds 大学が重点校に指定され、聞くところによると、要求もしないのに数千

万円の金がきたとのことである。また、噂によると、両大学のグループはECから百万ポンド以上の科研費を得たとか。かくして彼らは、数年の内に、世界最高級の研究設備を手にいれたのである。この効果は、既に今回のシンポジウムでもはっきりでていた。もともと欧州各国には、学問の伝統に根ざした、基礎のしっかりした研究者が多いだけに、この再編後には彼らは世界をリードするグループになるだろうと思った。

帰路の途中に立ち寄ったオランダのUtrecht大学では、地球科学教室の再編がなされている最中でくわした。この大学には、数年前に退官されたH. J. Zwart, C. Spiers, S. White, C. Passchierなどがいて、構造地質学の大きなグループをなしている。中でも、Spiersの奥様は東京在住の日本人で、遠い別居生活をおくっている。彼の話では、教室の再編で現在の約45名の教官が30名くらいに減らされるらしい。再編にあたっては、学外メンバーを中心とした委員会と教室内の主として大学を去る可能性の高い人達からなる委員会が作られ、双方の答申をつき合わせてさらに議論を重ね、最終案が作成されるそうである。再編後はSpiersらのグループだけが大きくなる可能性が強いらしく、私が訪ねた丁度その日が、彼が教室内委員会と正式に面談する日に当たっていた。当然大きなあつれきがあったであろう。私達は例の如く学生も加えて当日遅くまで飲んだが、時々神妙な顔をするSpiersを見ながら、「ああ、こいつらと競争しなければならぬのか」と思った。このような再編を非人間的だと非難することは容易である。しかし、日本の大学人は、それに対抗する戦略を考えたことがあるであろうか。

それにしても、今回シンポジウムに出席して寂しく思ったのは日本からの出席者が3名に過ぎなかったことである。日本よりも経済的には苦しいはずのオーストラリアからは十数名の参加者があった。これは、文部省の海外派遣旅費が少ないからということ片付けられる問題とも思わない。戦後の世界の構造地質学は、自然の地質構造・変形組織の解析と実験・理論的研究が両輪となって発展してきた。このことはまぎれもない事実である。ところが、わが国においては、諸般の事情でフィールド重視(偏重)の空気がずっと支配的であった。その結果、フィールドをやる人達の間ですら、構造地質学の基礎を深めようとする研究者は多く育たなかった。IGC京都がどれだけ踏み台になったか知らないが、わが国においても、もっと自由な発想に基づいた多彩な研究が生まれる土壌を早急に作りたいものである。

最後にもう一つ、両方のシンポジウムで印象に残ったのは、多数の院生が参加していたことである。彼らは、このようにして学問の先端の状況と雰囲気をも身近で感じとりながら研究生活に入っている。日本の大学院生の方達はIGCをそのような機会として生かされたであろうか。私たちが若い頃は日本の給料で欧米で生活することは不可能に近かったが、今は円高の影響で国内よりも外国での生活費の方がむしろ安いくらいである。このメリットを最大限に生かして、若い世代にはぜひ世界を武者修行して歩いてほしいものである。

(嶋本利彦・東京大学地震研究所)

INSTABILITY CONFERENCEに参加して

フランスは地中海沿岸のモンペリエ市において、「岩石とテクトニクスにおける力学的不安定性 (Mechanical Instabilities in Rocks and Tectonics)」と題する国際会議が開かれ、世界各地から約300名の参加があった。岩石中の力学的不安定性とは、文字どおり岩石変形状態の不均質性・非正常性を意味する。大小様々な地質構造や地質現象(例えば、断層・褶曲の形成)が、この不安定性の現われである。ところが、不安定性の発生過程・発生原因の理論的予測といった、不安定性の本質に関わる研究は、これまであまり進んでいたとはいえない。そこで、この自然の“気まぐれ”に関する研究成果を集めて理解を深めようというのが、本国際会議の目的であったと思う。会議は、市の中心部の、Corum Conference Center という、大変立派で音響効果のよい会場で行なわれた。54の口頭発表と、80を超えるポスター発表とがなされ、その内容は多岐にわたった。発表の多くは、野外観察や変形実験の結果の発表にとどまらず、数値モデル実験による妥当性の検討を伴っていた。

以下に、口頭発表のセッションと主なトピックスとを簡単に紹介する。

Fracture

(座長: J. P. Petit, T. Engelder)

T. Engelder は、野外調査と数値モデルから、アパラチア高原の堆積岩中に見られる節理の発生および発達過程を見事に説明した。彼によると、節理は高間隙圧下でノジュールやフルートキャストなどの不均質部から発生し、ある程度まで発達が進むと、低い間隙圧でも stepwise に拡大するようになるということであった。R. J. H. Looseveld は、2つの地域で展張節理の長さと同隔とを測定し、展張節理網が自己相似性を有さないことを示した。一方、T. Rives は、節理間隔の確率分布が野外でも実験でも対数正規分布であることを示し、一定間隔の節理群というのは、偶然の産物であろうかという問題提起をした。R. J. Knipe は、砂岩中での cataclastic fault の発生過程を検討し、低間隙率の砂岩では void の粒界への集中が、高間隙率の砂岩では粒子の point contact への変形集中が、それぞれ断層発生の原因となると結論づけた。S. J. D. Cox は、岩石破壊実験の音響モニター・数値モデル・破壊理論を結びつけて、バラバラに分布した cracks が単一の節理へと発達する過程と機構とを論じた。

Metamorphic processes

(座長: J. P. Gratier, B. Guy)

B. Guy は、岩石の変質に伴う softening について論じ、P.-Y. F. Robin は、有限要素法を用いて、pressure-solution cleavage seam の発達過程を simulation した。P. Phillippot は、変成岩中の omphacite の観察から、変成時に(沈み込み帯で)hydrofracturing と延性流動とが交互に起こったと推定した。C. Teyssier は、ductile duplex 中で、変形前線が duplex の上位→下位→上位と移動する例を示した。その根拠としては、変形は累進的に上位の方へ強くなるのだが、上位で雲母の若いアルゴン年代がでるという事実が挙げられていた。T. Barr は、延性(非ニュートン粘性)物質中の断層

(内部境界)の挙動を、数値モデルによって吟味し、延性物質の n -値が大きいほど断層端への歪集中が高まること、歪速度が大きいほど断層でのすべりによって歪が解消され易くなること、などを示した。

Stress

(座長：A. Etchecopar)

D. D. Pollard は、主に 3 次元数値モデルを用いて、stress inversion methods に関する問題点を指摘した。彼らの論拠は、①断層面上の anisotropy や、②断層の長さ：厚さの比や断層の相互干渉による局所応力場により、断層面上でのすべり方向が、resolved regional shear stress の方向と一致しなくなるという点である。S. Rebai も microstructure や小地域の構造から求めた応力配置は、プレートスケールの大応力配置とは一致しないことを示した。A. M. Boullier は、展張節理と剪断節理が交互に形成されて、組成のやや異なる鉱床を胚胎している例を紹介した。彼女はそれを、間隙流体圧の周期的な変化が起り、剪断応力の周期的変化をもたらしたためと解釈した。

Faults and seismogenesis

(座長：D. D. Pollard)

P. G. Meredith, J. Henderson らは、地震の頻度とエネルギーとを結ぶ地震の b -値と、地震に関連した microcracks のフラクタル次元 D との間に、 $D=2b$ の関係があることを示し、そのことの意義を論じた。J. R. Grasso は、上部地殻での流体圧の変化が応力拡散をもたらし、地震の不安定性の原因となり得ることを示した。

Experimental and natural deformation

(座長：E. Rutter, J. Tullis, S. F. Cox)

J. Tullis は、長石を多く含む岩石の歪軟化機構を、次のように論じた。①低温では、長石の cataclasis に加えて、水が存在して拡散反応が起らないと軟化は起らない、②中温時は、粒界移動再結晶(+水の存在下では拡散クリープ)による歪集中により、軟化が起り易い、③高温時は、転位の上昇が活発になるため、歪集中・軟化は起りにくくなる。B. Seront は、斜長石の変形実験を行ない、封圧1.5GPa・歪速度 10^{-6}s^{-1} の時、脆性-延性遷移が950-1000℃という高温で起こることを示した。J. D. Fitzgerald と H. Stunz は、花崗岩質岩での歪集中の原因として、microfracturing に沿った化学反応の重要性を強調した。M. W. Jessell は、octachloropropane で fabric transition が可逆的に起こることを見出した。彼は、延性剪断帯で見られる fabric の連続的变化は、必ずしも fabric 発達的时间的な sequence を示すわけではないと警告した。G. E. Lloyd も、延性剪断帯での microstructure と fabric の変化から、粒子スケールの変形の不均質性を論じた上で、同様な考えを述べた。R. Panozzo-Heilbronner は、石膏の脱水変形実験時に、流動応力の低下が起こることを示した。M. J. Drury は、下部地殻～上部マントルの地震発生領域でも、grain-size-sensitive creep によって延性剪断帯ができ得ると推定し、新たなリソスフェアの力学モデルを示した。

Experimental and numerical modelling

(座長：S. Schmid)

P. Davy は、大陸地殻を脆性層・粘性層の2層構造として捉えるモデルをたて、アナログ物質を用いた変形実験と、実際の大陸地殻の変形の比較とから、モデルの妥当性を吟味した。Y. M. Leroy は、下部地殻～上部マントルの延性剪断帯は、温度分布の影響で、cell 状の構造をなしているだろうと推定した。N. Mancktelow は、非ニュートン粘性をもつワックスをアナログ物質として、褶曲の発生・発達の様子を観察し、座屈褶曲理論との比較を行なった。

Magmatic and metamorphic processes

(座長：P. Davy)

A. Nicolas は、スケアガード貫入岩体とオマーンオフィオライト中の斑れい岩質岩中に残された、magmatic deformation の kinematics を紹介した。C.W. Passchier は、porphyroclast system の形成過程を見るため、剛体球を power-law 物質のマントルに包み、更にニュートン粘性物質のポリマー基質中に入れて大きな剪断歪を与えるという実験を行なった。そして、①高い歪速度とマントル/基質の粘性比で、coiled tail ができ易いこと、②マントル/基質の粘性比が低いと、剪断変形時でも対称的な tail ができること、などが判明した。A. Zelikson は、遠心分離機を用いて岩塩ドームの形成過程を再現した。J. L. Bouchez は、magnetic susceptibility の異方性を測定して、花崗岩類の magmatic な面構造/線構造を識別するという手法を紹介し、その手法を用いてピレネー山地のバリスカン花崗岩類の貫入機構を論じた。嶋本・長濱は、シュードタキライト(PT)のクラストサイズの分布から、PT の微粒基質部が粉碎起源では量的に説明できないことを示し、PT がメルト起源であることを論じた。

Experimental deformation

(座長：D. Mainprice)

S. F. Cox は、porous な石英粒子の集合体を高間隙水圧下で変形させ、高温時でも dissolution-precipitation が卓越して、時間に依存した非定常流動が起こり得ることを示した。G. Dresen は、marble 中の間隙率と不純物がレオロジーに与える影響について論じた。S. W. J. den Brok は、低差応力・低歪速度で変形させた石英は、一見塑性変形の microstructure を有しているが、実は microcracking と solution / precipitation により変形していると論じた。しかし J. Tullis など、この発表に否定的な見解を示す人が多かった。E. Rutter は、Carrara marble の変形実験から、歪量が大きくなると粒径の減少に起因する変形機構の変換が起こり、不安定性が発生し得ることを示した。

全体として、目を見張るような発表と活発な議論とがなされ、たいへんレベルの高い国際会議であったと思う。上記以外にも、ご紹介したい発表は、数多くある。ポスター・セッションでも、レベルが高く、各自の工夫の跡が見られる発表を楽しむことができた。特に、コンピューターやビデオを用いた視覚に訴える発表が、皆の注目を集めていた。また、昼休みを利用してモンペリエ大学の実験設備見学があり、ガス圧で1,400℃近い温度と600MPaの封圧を得られるという、Mervin

Paterson が20年以上の歳月をかけて開発した高温・高圧ガス圧変形試験機を見学することができた。大学の再編に伴って、Manchester 大学もこの装置を手にいれた。ちなみにこの装置は発売されていて、価格は約3,500万円である。現在世界で6台売れたとのことである。

Conferenceの前には、Alps, Pyreneesなどの巡検があった。日本からの参加者は、いずれもPyreneesの巡検に参加したが、地質見学のみならず、ワインやフランス料理におおいに満足した。全体として、参加してよかったと心から思える conference であった。

(大藤 茂・富山大学理学部)

THE GEOMETRY OF NATURALLY DEFORMED ROCKS: THE JOHN RAMSAY MEETING

ETHのJohn Ramsayの還暦と退官を記念して標記のシンポジウムが開催され、世界約30ヶ国から300人以上の参加があった。John Ramsayは1986年夏に植村武新潟大・教授の招聘で日本にも訪れ、佐渡で行われた構造研のシンポジウムで講演したと聞いているので、構造研の会員の方で面識のある人も少なくないであろう。私(金川)も北上山地と関東山地の巡検に同行させてもらった経験がある。

John Ramsayは1966年に34歳の若さでImperial Collegeの教授となり、翌年には名著“Folding and Fracturing of Rocks”を出版すると同時に、構造地質学のMScコースを始め、そこから多くの優れた(かつ酒好きの!)構造地質学者を世に送り出した。1973年にはLeeds大学のDepartment Headとなり、1977年にETHへ移って、1992年の3月には60歳で退官された。退官後はDorothee DietrichとフランスのMassif Centralに購入した家で悠々自適の暮らしを始めると聞いている。

彼がその著作“Folding and Fracturing of Rocks”及び“The Techniques of Modern Structural Geology Volumes 1 & 2”を通じて世界の構造地質学者に与えた影響は絶大である。実際“The Techniques ...Volume 1”は1985年GSAのBest Paper Awardを得ている。個人的なことを述べて恐縮だが、ろくに構造地質学の教育を受けた記憶のない私は、大学院時代に(それも博士課程に入ってから)読んだ“Folding and Fracturing of Rocks”から構造地質学の幾何学的基礎を習得し、Ramsayは間接的ながら私の恩師の1人であると思っている。彼の研究内容は幾何学的解析に偏っているという批判をよく耳にするし私もそう思うが、それでも彼の確立した幾何学的解析法が後の構造地質学に与えた影響は極めて大きい。

シンポジウムでは48の講演と96のポスターの発表があった。講演はETHの地球科学大講堂で行われ、10のセッションに分かれて質問や議論は各セッションの最後にまとめて行われた。ポスターは8つのカテゴリーに分けて専用ホールに展示され、2時間余りポスターセッションの時間が設けられた。講演のセッションと、主なトピックスを以下に簡単に紹介する。

Folding

(座長：Sue Treagus)

Peter Hudleston は、power-law rheology を取り入れた有限要素法による単層の座屈褶曲の数値実験の結果を紹介し、応力指数が増加すると hinge-thickening が増長することを示した。

Fractures

(座長：Paul Hancock)

David Pollard は、ランダムに配列するクラック周囲の局所応力場の相互干渉によって必然的に echelon 状に配列したオープンクラックの成長が促進されることを、数値実験によって示し、echelon veins の新しい成因を提唱した。Janos Urai は、天然の crack-seal veins の fiber growth が必ずしも vein の opening trajectory と一致していないことを指摘し、isotropic growth rate を仮定した crack sealing のシンプルなモデルを用い、crack surface と opening history によって fiber growth と opening trajectory の不一致が生ずることを明らかにした。

Strain and Displacement

(座長：Jane Gilotti)

Jean-Pierre Gratier は、褶曲や断層によって変形変位した地層を水平面に復元する balanced geological surface を求める方法を提案した。また Pierre Choucrone は Variscanbelt において、Paul Bossart は Western Himalayan Syntaxis において、それぞれ広域的な strain pattern の解析からテクトニクスを論じた。

Alps

(座長：Rudolf Trumphy)

Arthur Escher と Adrian Pfiffner は、Swiss Alps の megascopic な褶曲や褶曲ナップについて講演し、Mark Rowan は Helvetic nappes 中の buckled limestone layers の strain partitioning と volume flux について論じた。また Earney Rutter は、Ivrea-Verbano zone の詳細なマッピングから、ここに露出する大陸下部地殻断面が、Hercynian 末期の extension に伴いマフィックマグマのラコリス状の貫入と高温の listric shear zones の形成によって上昇したことを明らかにした。

Paleomagnetism

(座長：John Whalley)

John Stamatakos は天然の試料を用いて、Graham Borradaile は実験によって、それぞれ paleomagnetic record が ductile strain によってどの様に modify されるかについて論じた。

Structure in Plutons

(座長：Fried Schwerdtner)

Scott Paterson は、従来典型的な forcibly emplaced pluton とされてきた世界の5つの岩体について得られているデータを検討し、wall rock の流動変形からは forcible emplacement に必要な体積の15~35%しか説明できないことと接触変成域が狭過ぎることなどから、これらの岩体は実際には周囲

と非調和に貫入したもので、調和的な部分のごく一部に過ぎないと主張して、forcible emplacement に疑問を呈した。Jean-Pierre Brun は、syntectonically expanding plutons の kinematics と冷却過程での変形メカニズムの変化を論じた。Giovanni Guglielmo は、syntectonically expanding plutons 周囲の strain pattern の 3D-computer modeling を行い、結果を鮮やかな 3D computer graphics によって表現し聴衆から喝采を浴びた。

Fault Geometry

(座長：Mike Coward)

Terry Engelder は、① crack propagation, ② shear rupture, ③ frictional slip, ④ ductile flow というリソスフェアにおける 4 つの stress regimes を識別して、リソスフェアの強度プロファイルとの対応を論じた。John Dewey は active normal faults の多くが高角で inactive normal faults の多くが低角であるとして、殆どの大規模な low angle normal faults や detachments はもともと高角に形成されたものが、foot wall の上昇に伴い低角になったという rolling hinge model を主張したが、現実に認められる listric normal faults とは相反するという Gordon Lister の反論を受けた。

Experimental Rock Deformation and Deformation Mechanisms

(座長：Stefan Schmid)

Win Means は、様々な変形プロセスを可逆性、粒界の mobility, 粒成長等の基準によって分類することを試み、変形メカニズムとは何かについて論じた。Sue Treagus は、彼女の歪の屈折理論を Newton 流体から power-law 流体へと拡張してより複雑な挙動を予測したが、Newton 流体から予測されることと本質的には異なることも示した。Charles Onasch は、Appalachia 中～南部に分布する石英砂岩の微細構造を偏光顕微鏡とカソードルミネッセンスを用いて観察し、卓越する変形メカニズムの時空変化を示した。

Image Analysis, Fractals, Chaos

(座長：Martin Casey)

Bruce Hobbs は、解析的に作り出されたフラクタル図形によって褶曲やジョイントなどの構造をシミュレートする方法を提案した。Alison Ord は、Mohr-Coulomb 物質の剪断変形の数値実験によって crenulation や shear band の様なパターンが形成されることを報告したが、自然界に適用するには viscoplastic な物質を用いるべきではないかとの意見が Mervyn Paterson から出された。Renne Panozzo は、偏光顕微鏡に赤外線ビデオカメラを取り付け干渉色を画像処理することによって、視野にある全石英粒子の形態と c 軸の方位を一度に測定しようとする試みを紹介し、新しい microfabric 解析の手法として注目を集めた。

Tectonics

(座長：Gerhard Eisbacher & Dorothee Dietrich)

Mike Coward は Archean と Proterozoic の shear zone と collision tectonics について、Ian Davison はブラジル北東部、Gordon Lister はオーストラリア北東部における地殻中部の strike-slip shear

zone について、Ray Price は Canadian Cordillera の accretion tectonics について、嶋本は沈み込み帯における地震発生域のレオロジー的考察について、Elizabeth Miller は Basin and Range の ductilely extended crust に見られる変形構造についてそれぞれ講演した。Neville Price は “Geometry, Mechanisms and the Origin of the Alps” と題して講演したが、もっぱら 80~65Ma に起こった南極プレート北上とそれに伴う Scotia Arc の発達について述べ、最後にこれら一連のプレート運動の結果アフリカが北上して Alps が形成されたと締めくくった。

ポスターセッションでは、John Ramsay が “Geological Mapping” と題して学部時代の North Wales のフィールドマップ、Ph. D. 時代の Scottish Highlands のフィールドマップ、そしてポストドク時代の Swiss Alps のフィールドマップなどを掲示したが、その詳細で美しいマッピングが皆の注目を集めていた。

また昼休みや休憩時間を利用して、ETH の構造地質関係の実験設備等を見学することができた。これらは、texture goniometer・ガス圧と液圧の変形実験装置・ワックスを用いたアナログ変形実験装置・コンピュータールーム・岩石標本室等であり、その充実した設備と環境に驚かされた。シンポジウムの前後には、John Ramsay 自らが案内する 7 泊 8 日のアルプス縦断巡検が行われた他、自主的な巡検もいくつか行われた様である。モンペリエのシンポジウムと違い目を見張る様な発表は少なくやや退屈であったが、世界の主要な構造地質学者の顔が見られたことと、素晴らしい ETH の設備を見学できたことだけでも参加した価値のあるシンポジウムであった。

(金川久一・千葉大学理学部)

J. G. Ramsay の印象(付記)

Ramsay という人は、私(嶋本)には不思議な方であった。私自身、大学 4 年の時に氏の “Folding and Fracturing of Rocks” から多くのことを学んだし、Shimamoto / Ikeda の歪解析法もこの本の影響がなかったら生まれるはずはなかった。しかし、私には Ramsay の世界に完全には感銘できなかった。よく言われているように(ご本人によっても)、氏の議論は歪と幾何学に終始する。確かにそれらは非常に重要だが、構造地質学・岩石のレオロジーの全てでは決してない。では、Ramsay のような才能の持ち主がなぜ学問分野の一部しか取り上げないのだろうか。この点は今でもよくわからない。上述の本も内容的にはもっと簡潔に短く書けるはずだし、“Techniques of Modern Structural Geology” にしても、内容はとても現時点で “Modern” と称せられるものではない。

しかし、Ramsay が少なくとも欧州であれだけの影響力をもったのは何故なのだろうか。記念シンポジウムで、同氏直筆の 10 枚近い地質図を見て、この謎が一部解けた気がした。それらの地質図は、プロの製図家でも描けないのではと思うほど細部にわたって精巧で、構造要素の測定データが小さく図を埋め尽くすようにびっしりと記入されていた。正直な所、私はあれほど精緻な地質図は見た

ことがなかった。そして、おそらく、これだけフィールド調査をしたが故に、彼はあれだけ多くの人を引きつけたのかも知れないと思った。

UtrechtでStan Whiteに上述の疑問をぶつけてみた。White曰く：「Ramsayは素晴らしい地質家だ。地質調査が非常に早い。一緒に歩いたら彼はどんどん先に行ってしまう。早ければ雑な調査だと思うだろう？しかし、Ramsayのは信じ難いほど正確なんだ。私が会った地質家でRamsayと比較できるのはShackletonただ一人だ。二人は世代が違うけれども、どちらが良い地質家かと聞かれたら返答に困るだろう。」私の全く知らなかったRamsayの魅力である。

(嶋本利彦・東京大学地震研究所)

第29回国際地質学会議(京都)

ご存知のように、1992年8月24日から9月3日まで、京都でIGCが開かれた。この会議を成功させるために、多くの方々が莫大なご尽力をつくされたことと思う。お世話疲れてほとんどの世話人の方々は、それについての感想を書く気が残っていなかったのではないかとすら推察される。実際、構造地質・テクトニクス関係のシンポジウムのコンピーナーの方々に、シンポジウムの感想などをお願いしたが、ご寄稿下さったのは3名の方々のみであった(下に掲載)。

実際、私も、感想を書こうと思っても余りに多くのことがありすぎて、とても細部にわたった会議のまとめを書く元気は残っていない。構造地質・テクトニクス関係のシンポジウムは16に及び、他にもかなりテクトニクス関係のシンポジウムが開かれた。それにしても、一人で16のシンポジウムのお世話をすべきではなかったと思っている。構造地質とテクトニクス関係の世話人を分けるべきであった。おかげで私は半年以上IGCの準備できりぎりまいさせられ、そのくせテクトニクス関係のお世話は不十分になった。コンピーナーの方達は、その辺りを十二分に補って下さった。また、いくつかのシンポジウムのコンピーナーの方には、会議で取り上げられていないテーマの講演を引き受ける「バケツ」の役割をはたしていただいた。さらに、会議中は多くの日本人の方達に、キャンセル講演のピンチヒッターを快く引き受けていただいた。ワシントンのIGCに比べると驚異的に口頭発表に切れ目がなかったのは、このようなコンピーナーと協力者の方々の努力があったからである。

構造地質・テクトニクス関係のシンポジウムは、全体として見ると大きな成功であったと思う。構造地質関係・レオロジー関係では、おそらく世界の中堅・リーダークラスの4割前後があつまただろうというのが、MITのBrian Evansの印象であった。コンピーナーに活発な研究を続けている人達を選び、十分ではないがシード・マネーを出したのが成功の要因であったと思う。個人的には、外国の知人に多くの「借り」をつくってしまったが、私たちの仲間は、外国の連中と京都の安ホテルに泊まってほとんど毎夜のみ歩いていた。若い人達には、良い刺激になったことと思う。

また、構造地質関係のほとんどのシンポジウムが終わった8月28日には、「構造地質の夕べ」が開かれた。“Future Perspectives in Structural Geology”と題して真面目な講演もおこなわれたが、会のタイミングが絶妙であったのと、構造地質研究会の方々のご努力のおかげで、会はなごやかな懇親の宴になった。

(嶋本利彦・東京大学地震研究所)

IGC 京都, シンポジウム II-6-5: Mechanics of folding and faulting (S. H. Treagus・P. J. Hudleston・伊藤谷生)

本シンポジウムは他に比べて広いテーマであったため、絞り込んだ討論ができなかったという面があったが、褶曲と断層に関する現在の課題、特に変形とテクトニクスの両面からアプローチした課題の広がりが明らかになったということこそ、強調されねばならないだろう。コンピーナー同士の連携がよくおこなわれたこともあって、ポスターセッションの内容も紹介されて好評であった。私個人としても、準備活動を通じて新しい友人ができたこと、研究上の様々な刺激を受けたことで大いに有益であった。

(伊藤谷生・千葉大学理学部)

IGC 京都, シンポジウム II-6-6: Rheological and structural aspects of deformed and metamorphosed rocks (A. Nicolas・原 郁夫・増田俊明)

8月28日、午前中は口頭発表、午後はポスターセッションを行った。口頭発表予定者10名の中に2人欠席者があったが、1人は補充し、時間を20分遅らせてスタートした。なお、コンピーナーの原さんが、前々日から病気のため戦線を離脱するという事故により、若干運営が混乱したが、一見何事もないように済んだのは幸であった。日本人発表者は、増田(静岡大)・大藤さん(富山大)・清水さん(東大)の3人であった。

ポスターセッションでは数名の欠席者が出て、場所の割り当てに苦慮した。本部から大幅な場所の制限を言い渡され、全部ピツタリおさまったのはまったくの偶然で、ヒヤヒヤものだった。エントリーしていた植村さん(新潟大)が、どこかの手違いで登録からはずれており、あわてる場面もあった。ポスターは日本人が多く、あとはアジアと中東とアフリカが主力であった。日本人では、植村さんのほかに豊島さん(新潟大)・安間さん(Univ. Uppsala)・小坂さん(日大)・石井さん(大阪教大)・庄司さん(朝日エンジニアリング)・榊原さん(広島大)・滝沢さん(筑波大)の参加があった。

当初は、もっとテーマをしぼって、かなりつっこんだセッションにしようというつもりであった。例えば、ガーネットのスノーボール構造が回転しているのか、していないのかについて、Dr. Bell (James Cook Univ.)とDr. Passchier (Utrecht Univ.)を中心にして論争してはどうかとか、plastic (solid

state)と viscous(magmatic)の変形を比較討論してみてもどうかなどと考えて、何人かの人に参加を打診したが、実際には日本にこられない人が多く、結局は思い通りには行かなかった。あとは出たとこまかせということで、どのような人達がエントリーして来るのか、成行きを見守っていた。結果として、II-6-6へエントリーして来たペーパーの多くは地域地質的な色彩の濃いもので、内容的にまとまりがなかった。全体としてはマズマズ済んだが、若干物足りないものが残った。

Elsevier社から Tectonophysics でこのシンポジウムの特集を組むというお誘いがあったが、コンピナーが詳細に内容を検討し、まだ Tectonophysics には受理されそうにない研究途上の発表が多く、また、充実しているものは既にどこかへ投稿中であったり、投稿を急いでいる状態だったり、結局は実現しなかった。

(増田俊明：静岡大学理学部)

IGC 京都, シンポジウム II-6-8: Influence of fluids on deformation processes in rocks (Chris J. Spiers・竹下 徹)

このシンポジウムは、もともと “Theoretical and experimental rock deformation” というタイトルがついていたと記憶している。しかし、そのテーマではあまりにも広い範囲を包括してしまうため、Chris と相談の結果 “流体の岩石変形に及ぼす影響” という的を絞ったテーマに変更した。このテーマのもとに本シンポジウムでは主として次に述べる二つのことを集中的に扱った。一つは、近年非常に数多くの理論的研究がなされるようになった圧力溶解 (pressure solution) であり、もう一つは、流体存在下の subcritical crack growth, 流体圧増大に起因する embrittlement, crack healing and sealing, クラックを持つ岩石中の透水性など、流体存在下のクラック形成に関連する問題である。その他に、超塑性の原因である粒界拡散クリープや reaction-enhanced weakening など実際の講演では発表された。

小生はコンピナーであったにもかかわらず、数多くの発表が行われた8/27の午後は自分のポスターセッションと重なり講演を殆ど聞けなかったのが残念であった。従って、全体の印象はあまりよくわからないが私が、会議後個人的に Evans (MIT), Olgaard (ETH), Wheeler (Liverpool) および Spiers (Utrecht) などと話した所、皆さん非常によいシンポジウムだったと言ってくれたので、コンピナーとしては安堵している。また、Paterson (ANU) および Rutter (Manchester) などの著名人を含め、外国人 speakers を10人も確保できたのは事前の準備がよかったからと自負している。特に、シンポジウム後のすし屋での打ち上げは、講演者の殆どの参加を得て大盛況であった。打ち上げ会については Dr. Spiers 夫人の直美さんに、場所の手配から道案内までお世話になり大変感謝している。

上記の理由で申し訳ないことながら主な発表の要約はできない。今回のシンポジウムで再確認したことは、多相系の天然の岩石変形は非常に不均質であり、変形物理条件は不確定要素に富み処理しにくい。その意味で、Spiers が NaCl の pressure solution について行っている様な非常に単純なシ

システムによる実験が、素過程を一つ一つ明確にしていくためには必要な様に思われる。Olgaard は、fine-grained superplasticity の実験をする際には粒径をコントロールするのがいかに困難であるか強調していた。これは、stress をかけないで高温で放っておくと、grain growth が高速度で進行してしまうためである。天然で mylonite や schist 中の再結晶粒径を、annealing の効果を考えずにそのまま応力計として用いてしまうことの危険性をあらためて認識した。また、Wheeler が言っている様に、pressure solution や変成反応がからむ時には、多相系のほうが低強度の一相系よりも軟らかくなる可能性がある。これなどは金属とは全く異なる岩石の特性であり、流体存在下の多相系の変形こそ岩石変形の本質があることを指摘している。

構造地質学関係のシンポジウムは全体として活気があり、成功だったと思う。しかし、日本の構造地質学はやはりまだまだ遅れており、実験的研究者を含めてこれから世界に伍する若い研究者がどんどん育ってくるのが期待される。

なお、本シンポジウムの講演論文の一部は、近く Tectonophysics に特集号として出版される予定である。岩石変形に興味のある方はそちらを是非参照されたい。

(竹下 徹・広島大学理学部)

グラーツ構造地質学国際会議 (Structures and Tectonics at Different Lithospheric Levels) に参加して

1993年9月6～8日の日程で、オーストリアのグラーツで開催された構造地質の国際会議に参加した。この会議は毎年ヨーロッパの構造地質の研究グループをかかえる大学が持回りで開催しているもので、今回は2年前の Montpellier に続く会議であった。最先端の研究にじかに接することができる点ももちろんであるが、学会前後に行われる巡検も、この会議の大きな魅力である。今回は、東アルプスを巡るコースが2つと、ボヘミア岩体を巡るコースの合計3つのコースが組まれていた。私は専らアルプスに行ってみたいという動機に突き動かされてこの会議に参加した。会議は中世の美しい町並みの残るグラーツのはずれに位置するグラーツ大学で開かれ、世界各国から150人以上の研究者が参加した。日本からは木村克美(地調)、清水以知子(東大理)、大友幸子(バルセロナ大留学中)、私の4人が参加した。講演では59の口頭発表と66のポスター発表が行われ、内容は実に多岐にわたった。

今回の会議では、Structural Associations at Different Lithospheric Levels および Deformation Path という2つのセッションが初日から2日間にわたって持たれた。そのため、世界各地の造山帯(特に多かったのが Alps)や、剪断帯のテクトニクスに関連して構造発達史を論じた発表がかなりの割合を占めていた。岩石の変形微細組織やファブリックを詳細に解析して変形史を論じた発表もいくつかあったが、印象的であったのは、変形・変成作用、温度・圧力履歴を総合的に検討することによって P-T-t-d path を描き出し、複雑なテクトニクスの全体像を明かにしようとするアプローチをして

いる研究が多かったことである。この分野の現在の潮流であるように感じた。上記のセッションの他には Influence of Fluid, Strain Partitioning, Modelling of Lithospheric Processes, Experimental and Theoretical Studies, Quantification of Deformation Processes などのセッションが設けられ、様々な成果が発表された。

これらの発表の中で、強く私の印象に残っているのは、B. Den Brok による水を加えた状態での石英の流動変形に関する発表と、H. Visser と C. Spiers たちの、溶液を加えた状態での NaNO_3 を天然試料のアナログとして用いた実験に関する発表である。特に前者の発表は、最終日の午後40分間の特別講演として組まれており、かなりの人がこの講演に興味をもっていたようである。以下にその内容を簡単に紹介しよう。

B. Den Brok は、これまでの J. Tullis や J. Christie たちの、水を加えた状態での石英の多結晶体の変形実験のレビュー、および彼の行った実験結果に基づいて、石英の流動変形が主として micro-cracking と solution-precipitation creep (SPC) によりまかなわれると主張し、従来の dislocation creep model に疑問をなげかけた。彼の主張の根拠となったのは主に以下の3点である。(1) Dislocation creep で変形した場合に石英粒子に伴われるとされている、例えば subgrain、あるいは編目状の転位などと類似の組織は、micro-crack の形成に伴う crack 周辺の編目状の転位の発達、およびその後の crack の healing によっても形成され得る。(2) これまでに報告された変形実験では、実験後の original grain に顕著な格子定向配列がほとんど認められない。(3) 彼の実験結果や、かつて O. Jaoul, J. Tullis たちが dislocation creep により変形が進行したと報告した実験においても、応力指数 n は 1 に近い小さい値をとる。以上のような主張に対して、講演中であるにもかかわらず C. Simpson, G. Lister たちとのあいだで猛烈的な議論がおこなわれた。

一方、H. Visser と C. Spiers による発表では、彼女達の SPC による compaction のモデルを検証するために、様々な粒径の試料 (NaNO_3) を用いた dry な条件と飽和溶液を加えた条件での実験結果が報告された。彼女達の結果によれば SPC は dry な条件では見られず、飽和溶液を加えた時のみ認められる。また低応力下で、細粒な試料を用いた場合には表面エネルギーの効果で、SPC が抑制される領域のあることを示し、SPC に、粒径に依存した限界応力 (threshold stress) の存在することを明かにした。

岩石のレオロジーにおける水の影響は近年特にその重要性が指摘されている問題である。この問題は、最近王 建農氏よって、珪岩などについて低応力下で見いだされた粒径に依存しない線形塑性流動 (Harper-Dorn creep, 本号のレオロジー特集を参照) とともに、今後も注目していかなければならない問題だろう。

口頭発表の合間をぬって、1日2回、午前と午後にそれぞれ20分のポスターセッションの時間が設けられた。各自さまざまな工夫が凝らされており、興味をひかれるものも多かった。中にはボード一面に世界各国の切手を展示しているものがあり、皆の注意をひいていた。おそらく参加者から事務局あてに送られてきた郵便物に貼られていたものを展示していたのだろう。今回のポスターセッ

ションはコーヒープレイクを兼ねていたために、コップを片手に談笑する人達の輪が自然にいくつも出来ていたというのが実際に、ポスターの前にいる人は案外少なかった。

会議の翌日から行われた巡検では3泊4日の日程で Pennic unit, Austro-Alpine unit を縦断した。各露頭の前では F. Neubauer と彼の学生達により、主に Alpine の thrust tectonics と白亜紀から第三紀の orogen-parallel extension に照らした説明がなされた。一通り説明が終わる頃には既にあちこちで露頭を前に議論が繰り広げられている。特に Alps の地質を調査した経験のある S. Hanmer や M. Handy 達の周りにはいつも多くの人が集まってきた。私は複雑なテクトニクスの全体像がなかなか把握できずに苦勞したが、彼らの議論に耳を傾けているだけでも飽きることがなかった。露頭から後方に目を転じると、眼下には一面緑に彩られた山裾が広がり、赤や青のかわいらしい家々が色彩を添えていた。

(堤 昭人・東京大学地震研究所)