

# 中国における地化学探査と地球化学図

小笠原 正継<sup>1)</sup>

## 1. はじめに

中国では鉱物資源探査において地化学探査手法の役割が大きく、その基礎となる広域的地球化学図の作成も系統的に進められている。2005年8月、北京で第8回国際鉱床地質学会議が開催され、その主要セッションの前後に各種のショートコースとワークショップが行われた。その中で8月16日と17日の2日間の日程で行われた地球化学探査の基礎と中国における地化学探査と地球化学図作成の現状に関するショートコースに参加した。16日は国際鉱床地質学会議の会場である中国地質大学のアカデミック交流センターで講義が、また17日は北京市南西70kmに位置する廊坊(Langfang)市にある中国国土資源部地球物理地球化学探査研究所において地化学探査試料分析設備の見学を中心にショートコースが実施された。ここではこのショートコースで示された中国における地化学探査と地球化学図作成の現状と地球物理地球化学探査研究所の概要を紹介する。

ショートコースの講師は地球物理地球化学探査研究所の名譽所長であるXie Xuejing(謝 学錦)教授と同研究所応用地球化学研究室主任のWang Xueqiu(王 学求)博士である。2001年5月に広域地化学探査に関する5日間のCCOP(東・東南アジア沿岸・沿海地球科学計画調整委員会)セミナーが開催されたが、今回の講師はそのセミナーの主たる講師でもあった。そのため各講義のタイトルも同様なものとなったが(Wang, 2001)、今回のショートコースでは最新のデータも加えられていた。また中国の鉱物資源探査と資源評価における地化学探査の役割についてはWang(2005)がまとめており、今回のショートコースでもその報告に示された内容は解説された。

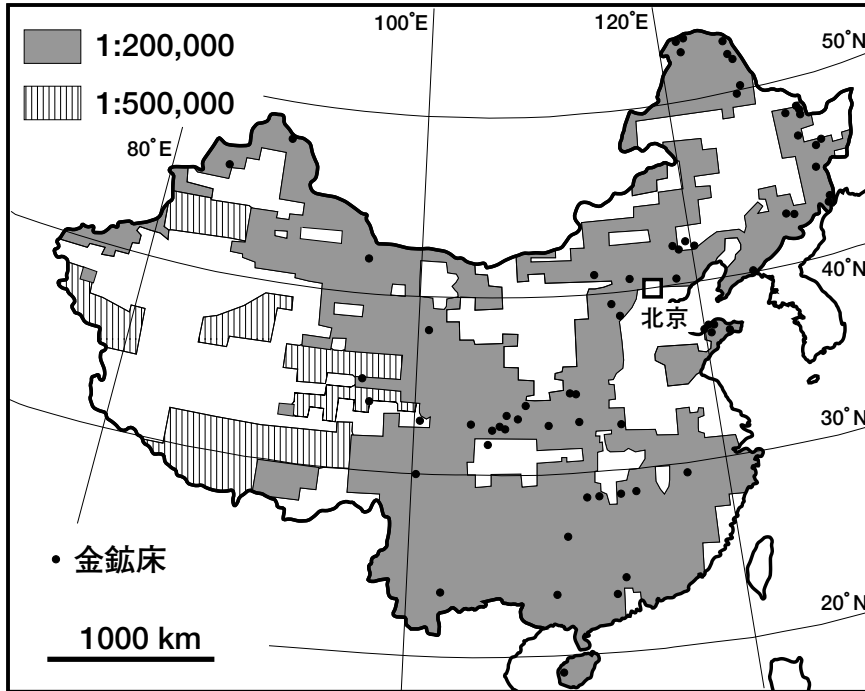
## 2. 地化学探査と地球化学図作成プロジェクト

中国では1951年から地化学探査が鉱床探査の手法として用いられ、1953年には旧地質鉱産部の中に地化学探査部門が設立された。1956年から広域土地化学探査プロジェクトが開始され、1/20万の図面が作成されている。中国では1970年代まで特定の探査対象地域を中心とした土地化学探査が主で、河川堆積物を対象試料とした地化学探査は一般的ではなかった。しかし、他国での成果から、河川堆積物を対象試料とした広域的地球化学図作成の必要性が認識され、1979年国家地球化学図作成プロジェクトである、RGNR(Regional Geochemistry-National Reconnaissance)プロジェクトが地球物理地球化学探査研究所の主導により開始された。始めに5年間にわたり試料採取法や分析法についての予備的研究が実施された。地球化学図は一般に河川堆積物や土壌を採取し、作成されるが、中国は砂漠地域をはじめ様々な気候地形等の環境からなり、単一の試料タイプによる作成は困難であることから、そのためそれぞれの環境に適した5種類の試料採取法が採用された。

- (1) 中国主部(山地や丘陵地): 河川堆積物を1試料/km<sup>2</sup>の密度で採取。各試料採取地点では、10-30m離れた2ヶ所から得た河川堆積物を混合し、0.25または0.20mmのふるいを通過した細粒部分をその地点の試料とした。各地点で約100gの試料を採取した。
- (2) 乾燥砂漠: 風成物質を避けるために以下の試料を採取。
  - a) 山岳地域や丘陵地域では1-5mmの砂礫を採取、
  - b) 岩石砂漠では岩石や岩片、

1) 産総研 地質情報研究部門

キーワード: 地化学探査, 地球化学図, 中国, 金鉱床, 選択的抽出法



第1図 中国の地球化学図作成状況。1：200,000と1：500,000のスケールの地球化学図が作成されており、2005年までに作成された地域を示す(CGS, 2005)。金鉱床の位置はCAGS(1992)の中国鉱物資源図による。

- c) 平坦地では表層土壌中の0.4mm以上の粗粒物質、
- (3) 半乾燥地域：0.45-2.00mmの粗粒物質。  
風成層で覆われているところでは、残留土壌の深度まで掘り下げ試料を採取。  
またこの半乾燥地域では井戸水の採取も実施した。
- (4) 高所寒冷地域：河川堆積物を1試料/30-50km<sup>2</sup>の密度で採取。
- (5) カルスト地域：
  - a) 山岳地域では0.8mm以下の河川堆積物、
  - b) カルスト平原では湖底堆積物または土壌。

RGNRプロジェクトは、この予備調査をもとに1982年から地球化学図作成のための試料採取を開始した。試料採取と分析は各省の地質鉱物資源部が責任を持ち、現在もそのプロジェクトが継続されている。すでに国土の約60%にあたる600万km<sup>2</sup>がカバーされた(第1図)。分析対象元素は39元素で(第1表)、蛍光X線分析(XRF)分析法を中心にICP-AES等の分

析手法を用いて分析値が得られた。分析値の品質管理のために地球化学標準試料が準備された。このプロジェクトでは金(Au)の分析も行われたことが、世界各国の地球化学図作成プロジェクトとは異なる。Auの検出限界としては、プロジェクト開始当初が1ppbその後0.2ppbとなった。この低い検出限界により多く

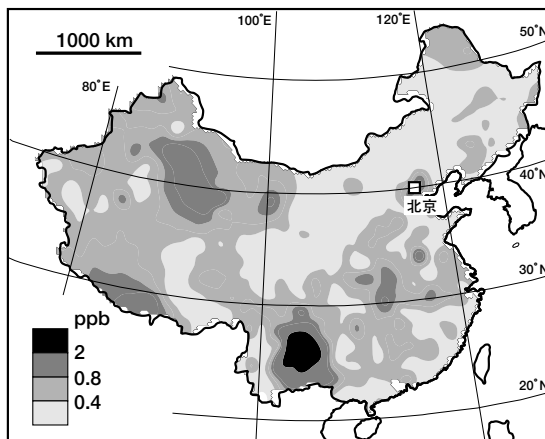
第1表 分析対象元素と手法。

分析手法	分析元素
蛍光X線分析法	Al, Ba, Ca, Co, Cr, Cu, Fe, K, La, Mg, Mn, Na, Nb, Ni, P, Pb, Si, Sr, Th, Ti, V, Y, Zn, Zr
AFS法	As, Bi, Hg, Sb
原子吸光法	Ag, Cd, Li
ICP-AES法	(Ag), B, Be, Sn
ポーラログラフ法	Mo, W
選択性イオン電極法	F
比色法	U
濃縮前処理/原子吸光法	Au

のAuの地化学異常を見出すことが出来た。このRGNRプロジェクトにより3,000万件の分析データが得られた。採取試料数は約500万試料が採取されたところがあるが、分析件数を分析元素数で割ると約77万個となる。RGNRプロジェクトの分析対象元素は39元素で、地域により必ずしもすべての元素が分析されている訳ではない。これまでの結果は850枚の1/20万地球化学図としてまとめられている。第1図には中国の主要な金鉱床の位置が示されているが、金鉱床の分布域と地球化学図の作成された地域の対応が読み取れる。金鉱床を始め金属鉱物資源の存在の可能性の高い地域において地球化学図作成が優先的に実施されていることが理解できる。

この中国の地球化学図作成プロジェクトは、カバーされた範囲の広さから、また試料採取密度の高さから、さらに鉱物資源探査への多大な貢献から、世界的に見ても最も成功したプロジェクトと考えられている。このプロジェクトの実施ガイドラインは地球物理地球化学探査研究所の主導で作成されたものの、試料採取と化学分析、そして地球化学図の作成は各省の責任において実施された。各省ではこの地球化学図の鉱物資源探査における重要な役割が認識されると、この地球化学図のオリジナルデータを秘密扱いとし、そのため地球物理地球化学探査研究所が各省からオリジナルデータを入手することが困難となった。その後、各省地質鉱物資源部と議論の末、1/5万図幅1枚(400km<sup>2</sup>)ごとの平均値のみを研究所へ提出することとなり、研究所ではそれをもとに中国全域の地球化学図の編集を始めた。今回、26年にわたる地球化学図作成プロジェクト概要は把握でき、また中国全土の小スケールの地球化学図は紹介されたが、RGNRの成果である個々の1/20万地球化学図については見ることは出来なかった。

1993年、中国はIGCP360プロジェクトのパイロット研究として環境地球化学モニターネットワークプロジェクト(EGMONプロジェクト)を開始した。広域的な地域を代表する試料として河川の氾濫原堆積物を選び、160km×160kmのグリッドで中国全土から500試料を採取し、51元素の分析を行った。作成された地球化学図はRGNRプロジェクトの結果と整合的であった。Wang (2005)はEGMONとRGNRで作成されたCuの地球化学図の例を示し、その良好な対応を紹介している。またEGMONで作成されたPtの地球化

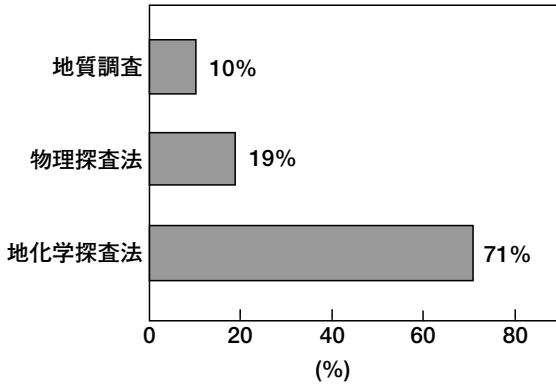


第2図 EGMONプロジェクトで作成されたPtの地球化学図。Wang (2005)による。

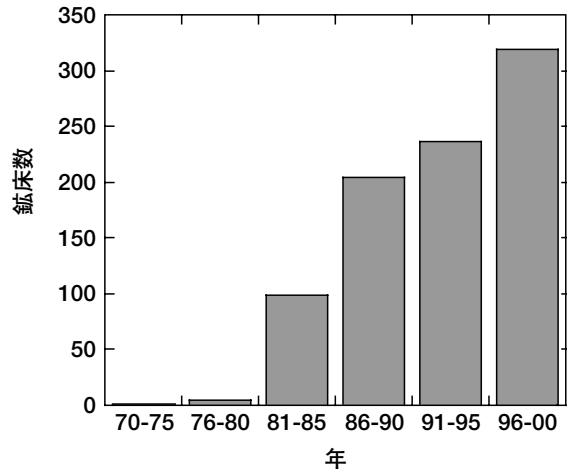
学図(第2図)からPGE鉱床の存在する可能性の高い地域が示されることを明らかにした。特に中国南部では黒色頁岩中のPGE鉱床が目目されており、Ptの地球化学図は中国南部に顕著なPtの地球化学異常域を示していることは注目される。もともとEGMONプロジェクトは環境評価のためのプロジェクトであるが、鉱物資源探査にとっても重要な情報を提供することが明確となった。またEGMONプロジェクトは試料採取地点が非常に少ないものの、氾濫原堆積物を分析試料とすることにより、広域的な特徴を代表する情報が得られ、IGCP360プロジェクトの世界地球化学図計画(Global Geochemical Mapping)において、氾濫原堆積物を分析試料とすることの基礎的情報を提供した。

またXieらは1999年より76元素の地球化学図作成を目指し、分析システムの検討を開始し、2002年から2004年までに中国南西部(四川省、貴州省、広西チワン族自治区、雲南省、重慶市)を対象地域とした76元素地球化学図作成プロジェクト(76GEM)を実施した。試料はRGNRで分析された100万個の河川堆積物から、地域毎に混合した4,000試料を調製し、分析を実施した。この結果をもとに同様の手法で中国全域から採取されたRGNR用試料約500万個から20,000個の混合試料を調製し、76元素の分析を行う計画を立案した。その結果から中国の地球化学アトラスを作成する予定を立てている。

現在のところ中国全土の地球化学アトラスは出版されていないが、EGMONプロジェクトと76GEMプ



第3図 中国で発見された金属鉱床において、発見に最も貢献した調査手法の割合。Wang (2005)による。



第4図 1970-2000年に中国で発見された金鉱床数の推移。Wang (2005)による。

プロジェクトの成果をもとにしたアトラスの作成が期待される。

### 3. 鉱床探査における地化学探査の役割

中国の地球化学図作成は、鉱物資源探査における地化学探査から始まっており、また現在でもその役割が大きい。地化学探査が資源探査においてどの程度貢献してきたかの説明がされた。中国で1980年から2000年に発見された鉱床で、その発見に最も重要な役割を果たした手法が何であるか見ると、地化学探査が71%、物理探査が19%、地質学的手法が10%と評価されている(第3図)。地化学探査手法の重要性が明らかである。この間に発見された鉱床の約70%は金鉱床である。また1970年以後の金鉱床発見数の推移を見ると、RGNRプロジェクトが開始された以後、飛躍的にその発見数が多くなっていることが読み取れる(第4図)。RGNRプロジェクトにおいて金の分析が含まれたことの意義は大きい。RGNRプロジェクトでは約6万ヶ所で地球化学異常域が見出され、その異常域の約30%でフォローアップ調査がなされている。鉱床発見率についても報告されているが、地球化学異常域の3.9%から鉱床が発見されている。

特に量が500tを越える大規模鉱床である河南省と山西省の境界に位置するXiaoqinling造山帯型金鉱床および中国南部でのLannigou金鉱床等のカーリン型金鉱床も地化学探査によって発見された。河南省のXiaoqinling金鉱床の例では、1978年RGNRの予

備調査として、4-5試料/km<sup>2</sup>の試料採取密度の地化学探査が1,470km<sup>2</sup>の地域で行われた。そこで見出された地球化学異常域の内、22.5km<sup>2</sup>地域で100×50mのグリッドによる土壌地化学探査がフォローアップ調査として実施され、60ppbを越える地球化学異常域を見出した。その異常域に対し、トレンチとボーリングによる詳細調査を1982年に実施し、4鉱床の発見に至っている。RGNRの膨大な調査に基づく成果の評価も大事であるが、中国と同様な地質地形環境における地化学探査を用いた鉱床探査の計画を立案する上で、鉱床発見率等の統計データも参考になる。

### 4. 新しい地化学探査手法の開発

1980年代から試料の選択的抽出法による地化学探査が注目され、米国、オーストラリア、カナダなどで実施されるようになった。また中国でもこの手法への取り組みが同時期に始まった。現在、数10mから数100mの被覆層があってもその下部の鉱床の存在を示すことが出来る手法、すなわち深部の情報をもたらす地化学探査(Deep Penetration Geochemical Survey)として、その研究と応用が進んでいる。選択的抽出法による地化学探査はもともとロシアで1960年代から1970年代に行われていたが、その後1990年代になり各国で研究が始まった。1990年代にこの手法が進展したことは、ICP-MSにより高感度分析が可能に



第2表 選択的抽出法地化学探査手法.

抽出法	開発国
化学的抽出法 Enzyme leach MMI MOME0	米国 (Clark, 1993) オーストラリア (Mann <i>et al.</i> , 1998) 中国 (Wang, 1998)
ガス捕集法 Geogas NAMEG	スウェーデン 中国 (Wang <i>et al.</i> , 1997)
電気化学的抽出法 CHIM NEOCHIM	ロシア 米国

なったことも一つの理由である。

地下にある鉱床から微量の元素が地表へと移動し、地表の土壌を構成する物質の表面に吸着されたりしている。この地化学探査では、その移動してきた元素を選択的抽出法により捕らえ、地下の鉱床の存在を知る。このような移動してきた金属元素は、

- 1) 粘土鉱物などに吸着またはイオン交換態として、
- 2) 炭酸塩への結合、
- 3) 有機物への結合、
- 4) マンガン酸化物への結合、
- 5) 鉄酸化物への結合

により土壌中に保持される (Hall, 1998)。これらの元素は土壌中の鉱物や有機物に弱く結合している。それらを選択的に取り出すため、様々な手法が開発されているが、大きくは4つの手法に区分できる。

- 1) 物理的分離：土壌の微粒子のみ分離して分析
- 2) 化学的抽出：弱い化学薬品による選択的溶出
- 3) ガス捕集：土壌や砂礫中のガスに含まれる金属のナノ粒子の捕集
- 4) 電気化学的抽出：電気化学的手法によりイオンを土壌から抽出

第2表に代表的な手法を示す。

化学的抽出法は、Tessier *et al.* (1979) で示された堆積物からの元素の分別抽出法と同様な手法が用いられる。また土壌汚染の評価に使用される汚染物質の溶出試験の方法と一部共通している。Enzyme leach手法は、土壌中のマンガン酸化物表面のコート層へ結合した金属元素を選択的に抽出する手法である。採取試料に糖分と酵素 (Enzyme) を加えることにより生成する微量の弱酸によって、非晶質のマンガン酸化物コート層を溶解し、分析する

(Clark, 1993)。MMI (Mobile Metal Ion) 法は吸着態の元素のみを抽出する手法で (Mann *et al.*, 1998)、対象する元素によって幾つかの試薬が用いられるが、その手法は特許権を得ており、文献には詳細が記述されていない。日本においても旧金属鉱業事業団が鹿児島県の菱刈鉱山において実施し、その方法の評価を行っている (通商産業省・資源エネルギー庁, 1998)。

Wang (1998) とそのグループは1980年代後半から選択的抽出法による地化学探査を金の鉱床探査への適用を検討してきたが、十分な成果が得られなかった。彼らは金が土壌試料中で5ミクロン以下の微小な粒子として存在することを明らかにした。選択的抽出では微小な金を吸着または結合している部分から溶液中に取り出すことができるが、その後適当な処理をしないとシリカコロイド粒子や有機物粒子に再吸着され、分析されないことを示した。MOME0 (Mobile Metals in Overburden) は、この検討結果をもとに中国地球物理地球化学探査研究所により新たに開発された選択的抽出法による地化学探査法である (Wang, 1998)。試料から1) WEM (Water-extractable metals) : 2) AEM (Adsorbed and exchangeable metals) : 3) OBM (Organically bound metals) : 4) IMM (Occluded metals in iron and manganese oxides) : の4つの順に抽出し、その後それぞれに第2ステージの処理を行い分析する。この第2ステージでは強酸を用い、抽出した成分を完全に溶解処理する。最終的に王水を用いるので、金も溶解する。この部分がMOME0の特徴で、他の選択的抽出法は抽出後、その溶液を分析するが、MOME0は抽出した溶液に含まれているすべての成分を第2ステージで溶解することができる。

Xie *et al.* (1999) はこの手法をウズベキスタンにある巨大なMuruntau金鉱床で検証した。鉱床は古生代に形成されたが、鉱床形成後、後期古生代および中生代の堆積岩に覆われ、またその上には砂漠の砂が被る。それらの厚さは100-300mに達する。ここで、地表面から20-30cmの深度の砂を採取し、MOME0法を適用した。その結果既存の金鉱床地域で明瞭な金の地化学異常が示され、この手法が地表下数100mの鉱床の存在を指示することが可能であることが明確である。今回のショートコースでは、地表から約200mの堆積岩と火山岩に覆われるカーリン型の金

鉱床でEnzyme leach手法, MMI法, MOMEO法の比較データが示されたが, MOMEO法の優位性が示されていた。

ガス補集型の地化学探査では, Geogas法とNAMEG法がある。Geogas法はスウェーデンで開発された方法, 特定地点の土壤中のガスを長期間に渡り補集し, その中の金属元素を分析し, 地下深部の鉱床の情報を把握することを目的とする。ガス補集には数ヶ月必要であり, 補集器具を探査地域の土壤中に設置し, また回収することが必要である。

NAMEG (Nanoscale Metals in Earthgas)法は各試料採取地点で, ドリルロッドを用いて, 深度60cmの孔を掘り, その上半分にコーン状の採取器を設置し, ポンプで強制的に地中ガスを取り出し, 補集器具により超微粒子金属を捕捉する方法である(Wang *et al.*, 1997)。試料採取地点でのドリル等の準備段階を除けば, 一ヶ所での補集時間は5-10分と短い。中国山東半島地域や前述のウズベキスタンのMurantau金鉱床地域での検証結果はこの手法の有効性を示している。

第2表の電気化学的抽出法は, 土壤等の表層物質に元素補集用の溶液をイオン透過性の膜で密着し, そこに電場を与えて, 地中のイオンを補集し, 分析する地化学探査である。CHIMは1970年代前半までにロシアで確立された。NEOCHIMはUSGSで金鉱床探査用に開発が行われた手法で, CHIMの改良型である。今回のショートコースではその概要が紹介されたが, 中国においては行われていない。

深部の情報をもたらす地化学探査(Deep Penetration Geochemical Survey)として選択的抽出法による地化学探査が多くの地域で実施されているが, 今後, 中国で開発されたMOMEOとNAMEGの手法も各地での鉱床探査に用いられる可能性が高い。

## 5. 地球物理地球化学探査研究所

地球物理地球化学探査研究所(第5図)は1954年に設立され, 現在の職員数は370人である。地球化学部門は以下の4つのセンターからなる。

- 1) 応用地球化学センター
- 2) 環境および農業地球化学センター
- 3) 地球化学野外調査法研究センター
- 4) 応用地球化学分析センター

応用地球化学分析センターは研究所設立以前の



第5図 地球物理地球化学探査研究所正門。研究所敷内の正門近くには職員用宿舍が準備されている。



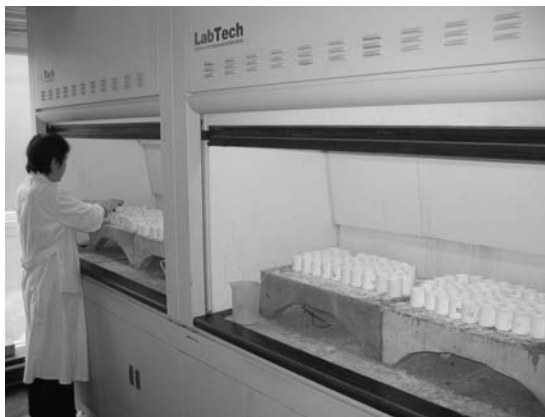
第6図 地球化学分析機器が設置されている応用地球化学分析センター。2003年完成。

1949年から旧地質鉱産部の中で分析業務を行っていた。また応用地球化学分析センターは新しい4階建ての研究棟が2003年に完成し, 現在全ての分析設備が移転された(第6図)。地球化学探査部門の他の研究センターの建物は現在改装が始まったところで, そのため, 今回は分析センター, 試料粉碎調製実験棟, 地球化学標準試料部門の見学のみ行った。

応用地球化学分析センターでは主要な分析装置を見学した。中国における地球化学図作成ではXRF法を主要な分析法として採用していることもあり, 2台のXRF装置が使用されている。1台は今年新規に購入されたもので, 最新のXRFである(第7図)。中国地質調査所はこの最新のXRFをまとめて9台購入し, 所属各研究所に設置した。大量の地化学探査試料の分析



第7図 地球化学図作成の主要分析装置である蛍光X線分析装置。研究所には蛍光X線分析装置が2台あるが、写真は2005年に設置されたもの。



第9図 分析試料の酸溶解作業。常時、大量の試料の前処理が行われている。



第8図 原子蛍光分光装置 (Atomic Fluorescence Spectrometry)。地球物理地球化学探査研究所で開発、製造された装置。As, Bi, Hg, Sbの分析に威力を発揮している。



第10図 試料粉碎処理室。粉塵用ドラフトチャンバーの中で河川堆積物や土壌試料の粉碎準備作業が行われている。

を行うため、試料調製は効率の良い粉末プレス法により作成しており、ガラスビードを作ることは少ない。この他ICP-MS, ICP-AES, AAS等が用いられている。As, Cd, Hg, Pb, Sb, Bi, Geの分析にはこの研究所で開発されたAtomic Fluorescence Spectrometry (AFS)の装置が用いられている(第8図)。これらの装置での分析に必要な溶液試料の調製実験室では、大量の試料の処理が行われている(第9図)。

試料の粉碎は試料調製実験棟で行われる。集塵フードの中で縮分、粉碎作業が非常勤職員により行われているが(第10図)、この研究所で対象とする地球化学探査試料は河川堆積物や土壌であるため、一般に

粗粉碎の必要性はなく、微粉碎を主とする。微粉碎に用いられている遊星型自動粉碎機等の粉碎設備は長年に渡って使い込まれている。またこの試料調製実験棟では地球化学標準試料の粉碎も行っており、そのため、大きなボールミルが2台ある(第11図)。ボールとミルの内張りはアルミナが使用されている。

この研究所で調製された標準物質は、地球化学探査を始め、鉱物資源探査の分析における必要性から準備が始まった。岩石地球化学標準物質(9種)、河川堆積物地球化学標準物質(15種)、土壌地球化学標準物質(16種)、土壌有用成分地球化学標準物質(6種)、白金族元素地球化学標準物質(7種)、金地球化





第11図 標準試料作成に用いられている大型ボールミル2台とWang Xueqiu (王 学求) 博士。ボールミルの内張りとボールはアルミナ製。

学標準物質(7種)等, 合計106種が発行されている。特に白金族元素地球化学標準物質(種)などは1回当たりの分析に10g以上の試料をファイヤーアッセー法(試金法)を用いて予備濃集することが多いので, 配布される重量も1kgと大きく, 鉱物資源探査には役に立つ。

## 6. まとめ

今回北京で行われた第8回国際鉱床地質学会議の地球化学図に関するショートコースに参加し, 中国における地化学探査と地球化学図作成プロジェクトの現状を把握することができた。中国では地化学探査が金属鉱物資源探査の最も重要な手法として位置づけられており, 地化学探査の一環として地球化学図作成プロジェクトが進行していたことが理解できた。作成された地球化学図は資源探査のみでなく, 環境分野での基礎的データとしての役割も高まっている。またMOMEOとNAMEG等新たな地化学探査手法の開発も活発である。中国は, 最近国外における金属鉱物資源探査および開発への取り組みが活発で, 今後も中国における地化学探査手法の開発状況とそ

の応用技術の動向が注目される。

最後に, 地球物理地球化学探査研究所のXie Xuejing教授とWang Xueqiu博士には今回のSGAショートコースでの講義と研究所紹介に感謝します。

## 文 献

- CAGS (1992) : Mineral resources maps of China, 1:5,000,000. Geological Publishing House, Beijing.
- CGS (2005) : Degree of regional geochemistry exploration, <http://www.cgs.gov.cn/Ev/gss/>.
- Clark, J.R. (1993) : Enzyme-induced leaching of B-horizon soils for mineral exploration in areas of glacial overburden. *Trans. Inst. Min. Metall.*, 102, B19-B29.
- Hall, G.E.M. (1998) : Analytical perspective on trace element species of interest in exploration. *J. Geochem. Explor.*, 61, 1-19.
- Mann, A.W., Birrell, R.D., Mann, A.T., Humphreys, D.B. and Perdrix, J.L. (1998) : Application of the mobile metal ion technique to routine geochemical exploration. *J. Geochem. Explor.*, 61, 87-102.
- Tessier, A., Campbell, P.G.C. and Bisson, M. (1979) : Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals. *Analytical Chemistry*, 51, 844-851.
- 通商産業省・資源エネルギー庁 (1998) : Mobile Metal Ion (MMI) soil geochemistry in the Hokusatsu-Kushikino region Honko and Yamada deposits, Hishikari mine. 平成9年度広域地質構造調査報告書 北薩・串木野地域, 49-95.
- Wang, X. (1998) : Leaching of mobile forms of metals in overburden: development and application. *J. Geochem. Explor.*, 61, 39-55.
- Wang, X. (2001) : International seminar on regional exploration geochemistry. *Explore*, 113, 9-11.
- Wang, X. (2005) : Focus on: national and global scale geochemical mapping for mineral exploration and assesment in China. *Explore*, 127, 23-30.
- Wang, X., Cheng, Z., Lu, Y. and Xie, X. (1997) : Nanoscale metals in Earthgas and mobile forms of metals in overburden in wide-spaced regional exploration for giant deposits in overburden terrains. *J. Geochem. Explor.*, 58, 63-72.
- Xie, X. (1997) : Geochemical mapping in China. *J. Geochem. Explor.*, 60, 99-113.
- Xie, X., Wang, X., Xu, L., Kremenetsky, A.A. and Kheffets, V.K. (1999) : Orientation study of strategic deep penetration geochemical methods in the central Kyzylkum desert, Uzbekistan. *J. Geochem. Explor.*, 66, 135-143.

OGASAWARA Masatsugu (2005) : Geochemical exploration and geochemical mapping in China: From short course during SGA meeting in Beijing.

< 受付 : 2005年11月18日 >