

地球化学会60周年に寄せて：シカゴ大学での2年半

海老原 充*

(2013年6月11日受付, 2013年7月27日受理)

To the sixtieth anniversary of Geochemical Society of Japan: Two and a half years at University of Chicago

Mitsuru EBIHARA*

* Department of Chemistry, Graduate School of Science and Engineering,
Tokyo Metropolitan University
1-1 Minami-Osawa, Hachioji, Tokyo 192-0397, Japa

After finishing the Ph.D. course at University of Tokyo in 1979, I started my research career as a research associate to Professor Edward Anders at the Enrico Fermi Institute of University of Chicago. During a two and a half years stay in Chicago, I engaged in neutron activation analysis (NAA) of lunar samples and meteorites for the first half term and then switched the research subject to noble gas mass-spectrometry. Based on NAA of CI chondrites, two papers were published in 1982, one of which is focused on the elemental fractionation in CI chondrites. We confirmed two types of fractionation caused by either aqueous activity on the CI chondrite parent body or nebular processes (possibly condensation). Another paper was entitled "Solar-system abundances of the elements". Here, I reviewed these two papers and presented several significant characteristics observed in the elemental abundances of CI chondrites.

Key words: University of Chicago, Post-doctoral fellow, Neutron activation analysis, CI chondrites, Solar-system abundances of the elements

1. シカゴ大学に至るまで

私が地球化学会と初めて関わりを持ったのが大学院修士課程の1年の時の学会発表なので、かれこれ40年近い年月が経過している。その当時は、この学会とこの先ずっとつきあうなどとは無論考えることなどなかった。その年の年会は学習院大学で開催されたと記憶しているが、そこで衝撃的場面に出くわした。今は亡き、その当時はまだ若い、気鋭の二人の研究者が激しい意見を戦わせたのである。何が論点で、お互いにも主張しているかと言う、議論の内容については今はあまり覚えていない。当時まだ駆け出しの大学院生には議論の論点を充分理解できていなかったに違いな

い。それでも、その場面だけは今でも非常にリアルに覚えている。地球化学会とはなんと恐ろしいところかと、その時正直思った。その学会では私も発表したが、その発表に対して、くだんの議論を戦わせていた二人のうちの一人の方から質問を受けた。幸い、その質問内容や、その態度に当惑した記憶はない。

大学院を修了して、シカゴ大学エンリコフェルミ研究所のエドワード・アンダース教授のもとでポスドクとして働く機会を得た。大学院博士課程修了の数ヶ月前に、指導して頂いていた本田雅健先生に、海外でのポスドク受け入れ先を打診したいのだが、どこに手紙を書いたらよいか尋ねた。それをもとに米国とヨーロッパの5~6ヶ所の大学の教授に宛てて就職活動をしたのであるが、結果はどこからも色よい返事が貰えなかった。さてどうしようと思案していたときに、アンダースがポスドクを探しているとの情報を得、早速

* 首都大学東京大学院理工学研究科分子物質化学専攻
〒192-0397 東京都八王子市南大沢1-1

申し込んだ結果運良く採用になった。その直後、UCLA のジョン・ワットソン教授からも予算がついたから採用する、という返事を貰ったが、既にシカゴに行くことを決めていたので、LA 行きは丁重に辞退した。この選択が良かったか悪かったかは判らないけれど、その後の研究の展開は変わっていたらと思う。これはシカゴに行ってから知ったことであつたが、アンダースとワットソンはお互いに水と油の関係にあつた。なぜそうなつたのか、正確な理由は今でも知らないが、宇宙化学の議論の上でいろいろぶつかつていたことは事実である。とにかくアンダースはいわゆる“敵”が多かつた。渡米の翌春、ヒューストンの月科学会議（今の月惑星科学会議の前身）に出席した時のこと。とある会場でのアンダースとオーストラリア国立大学のテッド・リングウッドの議論はすさまじかつた。この時はリングウッドの発表に対してアンダースが質問するという構図。修士1年の時の地球化学会での激しい議論の国際版とでも言うべきもので、巨頭の対決は会場を埋めた聴衆を圧倒するもので、聞き応え、というか、見応えがあつた。残念ながら、アンダースとワットソンの激論の場には居合わせる機会に恵まれなかつたが、とにかく、宇宙化学、地球化学とはなんと恐ろしい研究分野かと、再認識させられたものである。

2. シカゴ大学での生活

その様なアンダースのもとに1979年9月から1982年2月まで、正味2年6ヶ月滞在した。半年で、あるいは1年で首になつたポストクが何人かいたと聞いていたし、事実、アンダースの口から、過去のポストクへの恨み辛みを何度となく聞かされ、何年つとまるかと正直懸念したのだが、結果として杞憂に終わった。2年半何のトラブルもなく、日本に帰る必要が無いんだつたらずつとないかと言われたのだから、アンダースとの相性が良かったのだと思う。私にとってのアンダースの印象は、確かに時によりちょっと気むずかしいところがあるが、親切でやさしいボスという感じで、とても学会で激論を交わす闘魂の師のイメージからはほど遠いものであつた。シカゴでのポストク生活2年半のうち、はじめの1年ちょっとは放射化分析による月試料と隕石試料の分析で、アンダースのお家芸として長年続けてきた研究であつた。ただ、長年続けてきただけあつて種切れというか、当時としてはやりつくした状態であつたのも事実で、NASA の予算削

減もあり、結局シカゴでの放射化分析の研究はポストク前半で終わってしまった。放射化分析の研究要員として雇われたので、この先どう身を処したらよいか、少々不安になつたが、希ガスの研究への転向を打診され、ポストクの身ながら、新しい技術と研究に携わるという好機に恵まれた。どういう訳か、不安は全くなかつた。帰るあてがなかつたので、今考えると、肝が据わつていた、というか、良い意味で開き直つていたとしか言いようがない。こうしてポストク2年目後半は放射化分析の後始末と希ガスの質量分析の見習いで終わった。3年目に入り、希ガスの質量分析計を自分で操れるようになったところで、放射性キセノンをつかつた固体物質への吸着実験を始めた。結局その途中で帰国してしまつたために、希ガスの質量分析計による研究も、吸着の研究も中途半端のままで終わってしまった。そのため、アンダースと共著のこの種の研究論文は1つもない。今考えると、アンダースにとっては割りの悪いポストクだつたと思うが、私にとってはいろいろな意味で居心地の良い、非常に有意義な2年半であつた。

大学院での5年間に加えて、シカゴ大学での2年半はその後の大学人、研究者としての私の生き方に大きな影響を与えたことは間違いない。(大学院時代の恩師である本田雅健先生については、偶然ながら最近、本誌に追悼文を書く機会を頂いたので、機会があればご一読頂ければ幸いである。) 今考えると、研究だけに自分の時間を100%使えるという、至福の時でもあつた。上記の通り通常のポストクよりある意味で自由度が大きかつた分、試行錯誤も多く、苦労も多かつたが、いろいろ得難い経験ができた。疑問・質問があれば、宇宙化学一般ではアンダース、希ガスの質量分析に関してはロイ・ルイス (Roy Lewis) という、超がつく一流の指導者にいつでも聞けるという環境は得難いものであつた。アンダースとは随時ディスカッションをしたが、日常的にはメモの交換が多かつた。アンダースは夕方4時45分には部屋を出るので、それ以降の進捗状況や疑問、考察について簡単なレポートやメモにまとめ、夜帰宅するときに秘書室のアンダースのポストに入れておく。アンダースは朝は私より通常1時間以上早く研究室に来るので、翌朝、私が研究室に着くときには返事やコメントがメモとして帰ってくる、という方式で。たまに Excellent! などと書かれていると、してやったりと、その日は余計張り切つたものであつた。その“文通”の記録が今でもバイン

ダーで2冊程残っている。

3. シカゴ大学での研究成果—CI コンドライトの元素存在度

アンダースとの共著で、少し前までは多くの研究者に大いに引用して頂いた論文がある。太陽系の元素存在度に関する論文である (Anders and Ebihara, 1982)。この論文を作成するにあたっては、実ははじめはそれほど気合いが入っていたわけではなく、むしろ、その前にまとめた CI コンドライト (当時は C1 コンドライトという呼び方が一般的であった) の化学組成に関する論文 (Ebihara *et al.*, 1982) の方にずっと入れ込んでいた。その論文の余勢を駆って、元素組成に関する論文が、どちらかという自然に、すんなりと出来上がった、という感じであった。これらの論文のうち、太陽系の元素組成に関する論文は、その後、アンダースとグリヴェッセが改訂版とも言うべき論文 (Anders and Grevesse, 1989) を発表してからちょっと影がうすくなってしまった。しかし、CI コンドライトの化学組成に関する論文 (Ebihara *et al.*, 1982) については、そのデータの質と宇宙化学的解釈の両方で、今でも十分通用する内容であると自負している。その内容について、少し紹介したい。この論文でも CI コンドライトのデータについてまとめているものの、数値そのもの、特に元素ごとの平均値についてはその後の元素の太陽系存在度に関する論文に譲って、この論文ではむしろ CI コンドライト間での元素依存度の違いに注目した。現在、非南極隕石で CI コンドライトに分類される隕石は僅か5個に過ぎない (Table 1)。このうち、Revelstoke と Tonk は残存する量が僅かで、化学分析に利用することは事実上できない。残る3つのうち、Orgueil が最も残存量が多く、最もポピュラーな CI コンドライトと言え、Ivuna, Alais が現存量からそれに次ぐ。この中の Ivuna の頭文字が CI コンドライトの I (アイ) に採用されている。

シカゴでの放射化分析の仕事の最後の頃に、この化学分析に使える3隕石を分析した。同一隕石でも複数の入手先から得たものは別々に分析した。分析法は中性子放射化分析であるが、試料を中性子に照射したあと、分析目的元素ごとに放射化学的に分離精製して測定するという放射化学的中性子放射化分析 (RNAA) 法を用いた。この方法は大変手間がかかり、今や古典的な分析法となりつつあるが、データの信頼性という点では究極的な元素分析法であり、分析値の白黒を付けたいときにはこの方法に勝る方法はないと断言できる。(この分析法に関して、最近、Analytical Chemistry 誌にある論文 (Sekimoto and Ebihara, 2013) を発表した。興味をお持ちの方はご参照頂ければ幸いである。)

Fig. 1は得られた分析値をもとに、元素間の相関を示したもので、この論文で最も重要な内容を示すものである。この図には全部で7つのペアについて、CI コンドライト隕石試料間での元素濃度の相関関係が示されている。驚くべきことに、金と臭素の間に明らかに正の相関が見いだされた！他にも、たとえばパラジウムとレニウムのように、なぜこの元素ペアで相関があるの、という組み合わせが注目される。Fig. 1で相関を示す7つのペアは2つのグループに分類される。一つはビスマスとアンチモンのペアに代表される様に、その相関が宇宙化学的に説明可能なもので、恐らく太陽系初期におこった元素の凝縮とそれによって生じた凝縮物の集積過程で生じたものであろう。ビスマスとテルル、インジウムとテルルもこのグループに入る。もう一つは上記の臭素と金やパラジウムとレニウムのペアの様に、そうした解釈が成り立たないものである。このペアの例としてはルビジウム—セシウム、ニッケル—オスミウムなども挙げられる。宇宙化学的、地球化学的諸過程の中で、これらの元素ペアに相関を生じる過程としては水質変成過程がもっとも理にかなっていると結論された。CI コンドライト中には

Table 1 CI chondrites recovered as falls.

Name (Country)	Date of fall	Preserved mass (recovery mass)
Alais (France)	March 15, 1806	87.6 g (6 kg)
Orgueil (France)	May 14, 1864	10.5 kg
Tonk (India)	January 22, 1911	5.5 g (7.7 g)
Ivuna (Tanzania)	December 16, 1938	~700 g
Revelstoke (Canada)	March 31, 1965	0.2 g (~1 g)

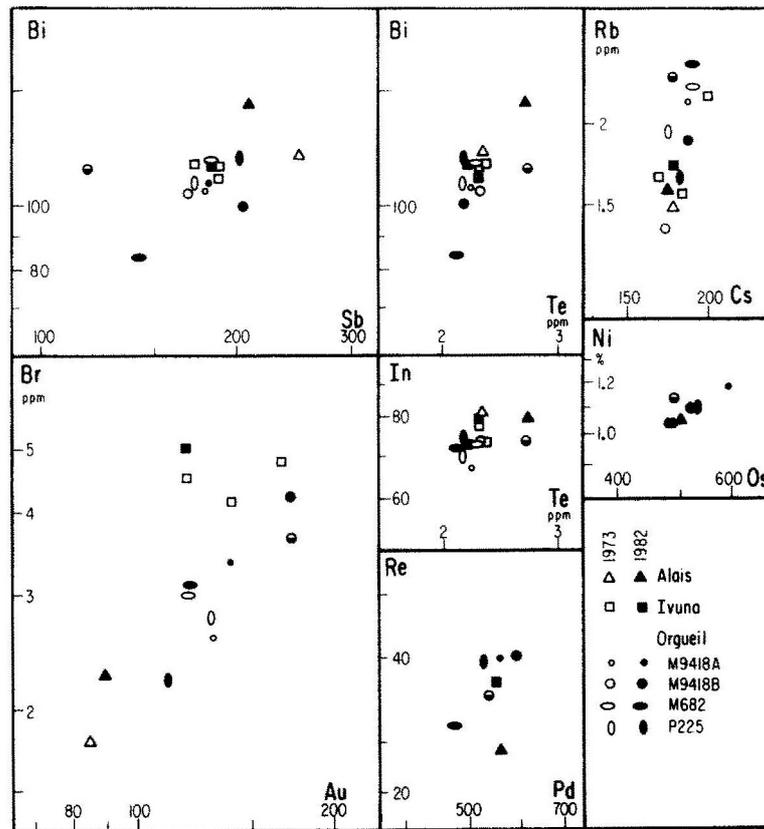


Fig. 1 Abundance correlations for some element pairs in CI chondrites. Many of these elements are water-soluble (Br, Rb, Cs) or mobile in weathering of meteoritic craters (Re, Pd, Ni, Os), which suggests that the correlations are caused by aqueous alteration. Several others (Bi, Sb, Te, In) are not notably soluble but are volatile, and so their correlations may be due to nebular condensation.

水素が質量比として約2%含まれ、その大部分は含水鉱物やOH基として存在しており、酸化して水として回収すると質量にして約20%に達する。CIコンドライト中にはこうした含水鉱物に加えて、炭酸塩や硫酸塩鉱物も存在することが知られており、これらの鉱物は母天体上での水質変成による産物であることは以前から指摘されていた。

現在では、CIコンドライトに限らず、少なからぬ種類の隕石はその形成初期に水質変成を受けていたことが明らかになっている。その水質変成がどこで起こったか、母天体上か、あるいは母天体形成前のNebula中か、で議論されている。この議論は太陽系の進化を考える場合、大変興味深い課題であるが、ことCIコンドライトに限れば、議論の余地はない。上記の通り、水質変成に伴って元素間で相関が生じるとすれ

ば、それは明らかに母天体上で、液体の水（ここでいう水とは種々の元素、分子を溶存したもので、英語でいうaqueous solution）が存在していたためであり、母天体形成前の太陽系空間で起こるとは考えにくい。恐らく水質変成をnebula processでも説明できるとして発表した論文（たとえばBischoff, 1998）の著者はCIコンドライト中に見られる水質変成で説明できる元素濃度の相関を報じた我々の論文を認知していなかったか、あるいは持論を展開するために無視したのかもしれない。あるいは、科学者の良識を信じるならば、CIコンドライトだけは例外だと考え、そのことに言及するのを忘れていたとも解釈できるし、そう信じたい。このCIコンドライトに見られるいくつかの元素間の相関は水質変成が母天体上で生じた、言い換えれば、水質変成は母天体で起こった可能性について

は、近い将来、論文の中で明確に議論したいと考えている。

4. シカゴ大学での研究成果—太陽系の元素存在度

筆者は1982年2月末に2年半のシカゴ大学でのポストドク生活に区切りをつけ、群馬大学に職を得た。教養部（当時）の化学教室の講師として。公募採用で、当時はいわゆるアカデミックポジションの募集枠が極端に少ない時期で、50名を優に越える応募者があったとか。どういう選考があったかは定かでないが、とにかく採用が決まった。研究条件から考えると決して良いとは言えず、特に授業や実験の負担は大きかったが、授業期間と休業期間とのメリハリが大きく、休業期間に入った時の開放感は今でも忘れられない。授業期間中抑えつけていたものがある日を境に一気に無くなり、まさに研究三昧に浸れる開放感。幸い、教養部では講師といえども誰からの拘束も受けない立場だったので、気兼ねなく宇宙化学の研究を継続することができた。孤軍奮闘であったものの、毎年科研費が後押ししてくれたことも幸いした。

1982年7月、初めてづくめの講師としての職務を無事終え、大きな開放感とともに、再度シカゴに飛んだ。2月に帰国する際、夏休みに戻ってくることを約束してあったためである。数ヶ月しか経っていないので街の様子や、大学、研究所、研究室などは何も変わっていなかったはずであるが、自分の置かれている立場が全く違っていったせいも、なにもかも新鮮に見えたことを今でもはっきり記憶している。この夏、約2ヶ月の間、太陽系の元素存在度に関する論文をアンダースと共に作成した。この時ほど集中度の高い夏を過ごしたことは、後にも先にもなかった。唯一例外は、大学受験前年の夏ぐらいかもしれない。既に述べたCIコンドライトの元素組成に関する論文では、分析した元素について文献値を検索して、その値も引用しながら我々のデータを提示した。新しい論文では、前報の論文のデータに、文献から集めた値を加えて、全元素のCIコンドライト平均組成、つまりは太陽系の元素組成を提示した。この時の作業はまず文献を検索し、必要な文献を収集するのが第一段階、得られた文献値を精査し、信頼できるデータとそうでないデータを選別するのが第二段階。この後者の段階で、一見しておかしな値の場合には迷わず却下できるが、判断に迷う場合も少なからずある。このデータ選別に関す

るアンダースとの議論は面白かった。と同時に、恐ろしさも感じた。アンダースはデータの信頼性をそのデータを出した研究者の信頼性で判断したのである。この時の議論で今でも記憶しているのは、私の卒業研究時の指導教授である浜口博先生のデータに対する全幅の信頼と、ちょっと名前は伏せるが、それと正反対の対応。恐ろしいと感じたのは、自分で実験を行って出したデータに対する評価は兎も角として、自分の名前が論文著者の一人として入っている場合に対しても、同じように判断されてしまうことである。思い起こせば、本田先生も似たような判断基準を持っていたし、知らず知らずに、現在の私自身も似たような判断を下すことがあるが、駆け出しの研究者にとってはある意味で衝撃的でした。

隕石を研究するものにとってCIコンドライトは特別な存在である。特に元素組成をもとに研究するものにとっては。アンダースにとっても同様であったことは想像に難くない。ただ、CIコンドライトや太陽系の元素組成に関する論文は研究生生活の晩年になるまでまとめることはなかった。確かにCIコンドライトの元素組成値を求めることだけで宇宙化学的議論につながることはあまり無く、その意味でScientificな展開はあまり期待できないが、1957年に発表された、いわゆるB²FH論文はその前年に発表されたスースとユーレーの元素の宇宙存在度がある意味で境界条件になっていたことでも明らかかなように、CIコンドライトがもつ太陽系の元素存在度そのものの重要性については常に強く意識していたことは間違いない。そうであればこそ、太陽光球とCIコンドライトで代表される隕石の間での鉄の存在度の不一致が解消されたときの安堵感がいかばかりのものであったか。当時の論文（Anders, 1971）がその事情を明瞭に物語る。

アンダースとの共著の太陽系の元素存在度についての論文の生まれた背景についてはすでに述べたとおり、かなりあっさりとしたものであったので、その頃は太陽系の元素存在度にこんなに長く関わるとは想像もしなかった。1982年のこの論文も7年後に改訂版とも言うべき論文がアンダースとグリヴェッセルによって発表されたこともあったので。ただ、この1989年の論文の値は1982年の値とあまり差が無く、特にCIコンドライトを中心とする隕石の分析値から求められる値についてはほとんど同じであることは指摘されてよい。アンダースはこうした隕石の分析値によって推定される値は“究極の値”に近づいたと判断し、論文の

中で非常に興味ある議論を展開している。それを述べる前に太陽系の元素存在度に関する背景の知識を整理したい。太陽系の元素存在度を求めるには太陽大気（光球）のスペクトル分析と隕石の元素分析によるのは現在でも基本的には変わっていないが、この両者の値を比較すると非常に良い一致があることが知られている。こうした話をするときによく示されるのが Fig. 2である。相対存在度で 10^8 の開きを示すマグネシウム-ケイ素-鉄からウランの間に広がる多くの元素について太陽大気と隕石（CIコンドライト）の組成の間に1:1の関係が認められる。非常に印象的な図で、この図を見ると確かに両者の元素組成は本質的に等しいのだと納得させられるところであるが、一步引いて、縦軸、横軸ともに対数であり、しかも8サイクルに及ぶ表示であることを考えると、本当に良い一致を示すのかについてはもっと慎重に考えるべきであると

思う。この図の個々の元素の値には誤差が付けられていないが、現在でも縦軸方向（太陽大気）には大きな誤差が伴う元素が多い。つまり、CIコンドライトの値が太陽大気の値に等しいかどうかの検討は十分できないのが現状である。（但し、この太陽大気の値の誤差が時代と共に小さくなり、それと共にCIコンドライトの値との一致の度合いが良くなってきているのは事実である。）

アンダースの考察、議論に言及する前に、太陽系の元素存在度に関するもう一つの特徴について触れる必要がある。1947年にハンス・スースは当時知られていた太陽系の（当時は宇宙の）元素存在度を詳しく調べ、その数値が示す特徴をまとめて発表した。核の系統性（nuclear systematics）と呼ばれるもので、いくつかの項目からなるが、そのなかに質量数が奇数の核種の存在度変化に関する特徴の記述がある。Fig. 3

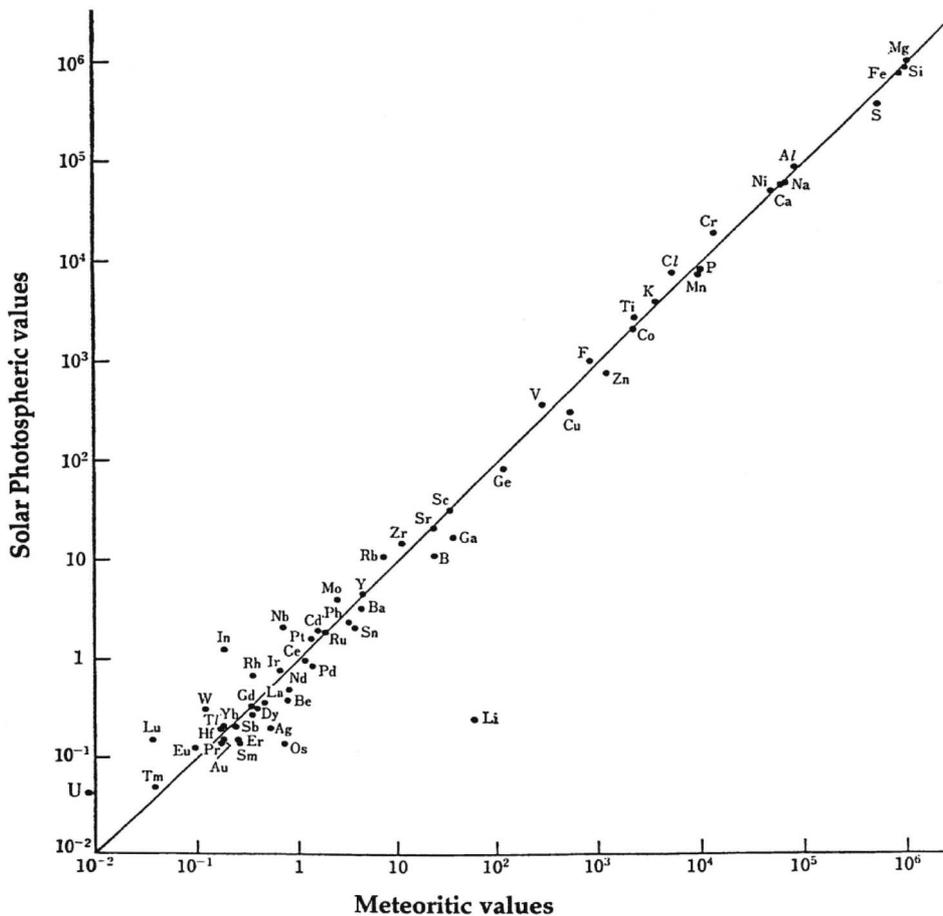


Fig. 2 Comparison of elemental abundances between solar photosphere and meteorites (represented by CI chondrites). Abundances are normalized to those of Si (10^6 atoms).

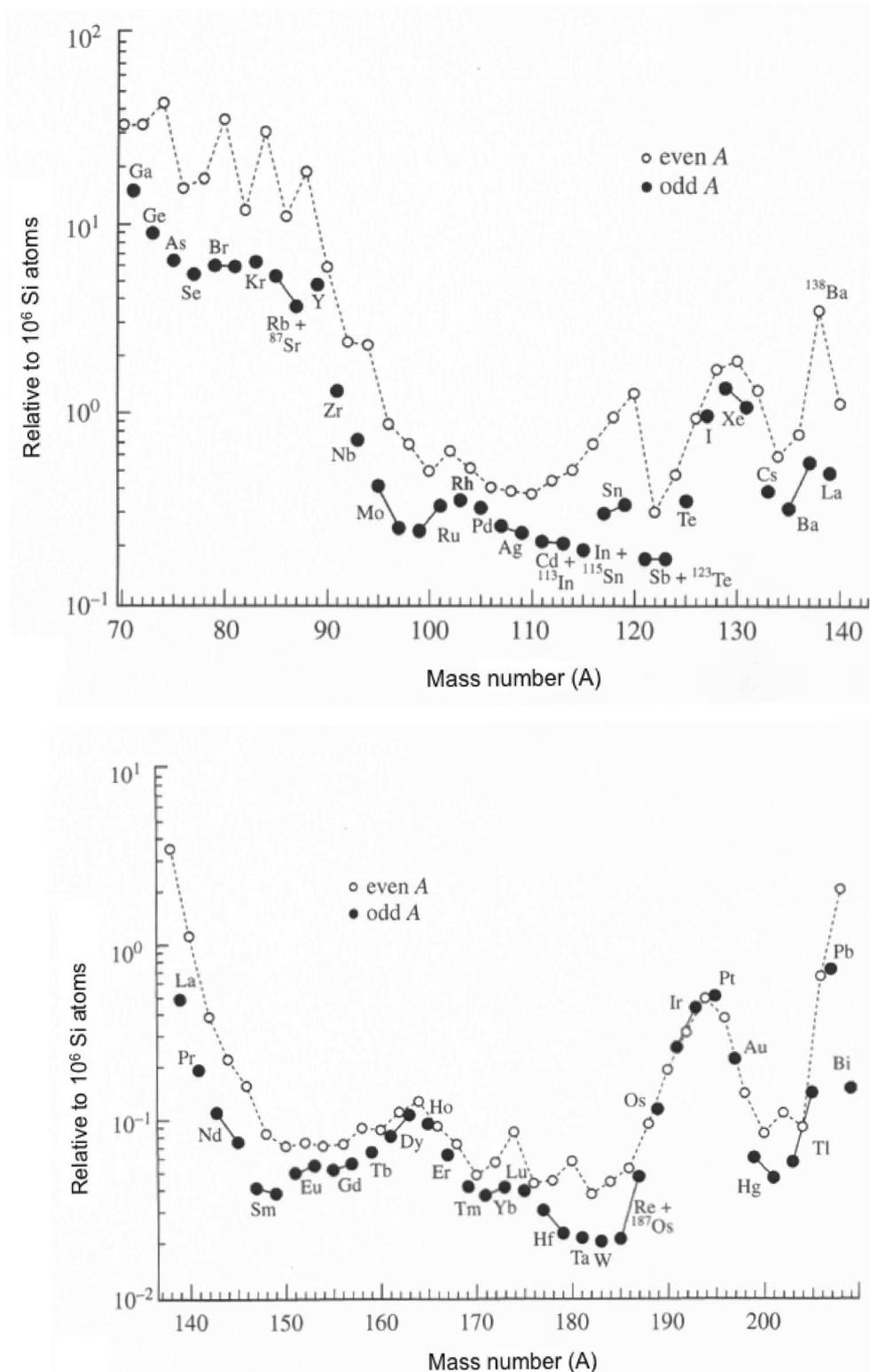


Fig. 3 Abundances of odd mass number nuclides from ⁷¹Ga to ¹³⁹La (upper) and from ¹³⁹La to ²⁰⁹Bi (lower).

は質量数67以降の質量数が奇数の核種について、ケイ素の元素個数を 10^6 個としたときの相対存在度の変化を示したもので、俗に「スースプロット」と呼ばれるものである。スースは1947年当時のデータを眺めて、この存在度が滑らかに変化することに気づいた。と同時に、ある核種が特異的に大きな存在度をもつことを認め、その不連続を示す核種に共通の特徴があることを指摘した。この不連続を示す核種の陽子数、中性子数が特定の数値をとるときにその核種の存在度が特異的に大きくなる、即ち核種の安定性が増すことから、それらの数を「魔法数」と名付けた。この「魔法数」の存在も nuclear systematics に盛り込まれている。この魔法数についてはその後まもなく、原子核の核構造理論の研究からその必然性が明かになり、「魔法」ではなくなったが、いまでも「魔法数」の名前で呼ばれている。スースプロットの滑らかさに対しては「魔法数」のようにその必然性が理論的に説明されないものの、星の中での元素（原子核）合成過程の考察からその必然性が間接的には説明されている。スースプロットの変化曲線は、太陽系の元素存在度のデータの質が向上するにつれて、その滑らかさが増してきたこともあり、スースプロットの滑らかさが太陽系元素存在度の数値の妥当性を判定する基準に用いられてきた。その議論のなかで、CIコンドライトが他のどの隕石グループよりもその元素組成がより滑らかな変化を示すことをもって、CIコンドライトの優位性が主張されてきた。

アンダースはグリヴェッセとの共著の1989年の太陽系元素存在度に関する論文¹⁾のなかでスースプロットに説明の付かない不連続が少なくとも2箇所で認められることを指摘した。一つは ^{105}Pd - ^{107}Ag - ^{109}Ag - ^{111}In 、もう一つは ^{149}Sm - ^{151}Eu - ^{153}Eu - ^{155}Gd の間の変化で、前者は ^{107}Ag が両隣よりその存在度が約7%低く、後者はEuが相対的にSm, Gdより約20%高い存在度を示す。これらの元素（核種）の太陽系元素存在度はCIコンドライトの元素組成から求められている。前者はCIコンドライトの元素組成データに見込まれる10%の誤差（不確実性）を考慮するとその不連続は強く主張できないとしたが、後者の不連続は元素間の測定誤差がもっと小さく見込める希土類元素間での不連続であり、その値も20%と大きいことから、この不連続は明らかに測定誤差を超える、“真の不連続”と判断した。このことからアンダースはスースプロットが連続性を示すという仮定が成り立たなくなると判断

し、1947年以来40年に渡ってより正しい太陽系の元素組成を推定する際に果たしてきた原理としての立場が終焉したものと断定した。

アンダースのこの判断は一見論理的であるように見える。ただ、その判断は1989年に発表された太陽系の元素存在度の値は bias のかかっていない、究極の値であり、CIコンドライトがそうした値を保持していることを前提としている。すでに述べたように、かつて、鉄の存在度が太陽光球と隕石の間で大きく異なっていた時があり、やがて太陽光球の値が誤りで、隕石の値が正しいと判明したことがあった。そのとき書いたアンダースの論文 (Anders, 1971) は客観的、論理的にCIコンドライトの優位性を述べたもので、短報 (“note”) とはいうものの一読の価値がある。アンダースは隕石、なかでもCIコンドライトの元素組成は太陽系の元素存在度と等しいとの信念をずっと持ち続けていたことは間違いない。アンダースが化学者で、長年、隕石の化学組成にかかわる研究を行っていたために培われたのであろうか。私も同業者としてアンダースの考えに心情的には共鳴できるが、一方で太陽系の元素存在度を考えるときには“CIコンドライト原理主義”の呪縛からは解放されるべきでないとも考えている。Fig. 3に見られるスースプロットの不連続はアンダースが言うようにスースの nuclear systematics そのものの限界であると考え以外に、CIコンドライトが太陽系の元素組成値を代表していないことによるという可能性も示唆し、さらにはその両方に起因する可能性も否定できない。Fig. 3をよく見ると、アンダースとグリヴェッセの論文では指摘されていないが、 ^{75}As - ^{77}Se - ^{79}Br にも不連続が認められる。太陽系の元素組成が近似的に太陽の元素組成に等しいことは誰もが認めるところであるが、太陽光球のスペクトル解析によって得られる太陽の元素組成値をもとにこうした不連続のあるなしを議論することは現在のところ事実上不可能であり、そうした事態は今後しばらくは続くものと考えられる。

2001年8月に打ち上げられたアメリカの探査機 Genesis は太陽の元素組成や同位体組成を太陽風の組成から求めることを目的として打ち上げられた。約2年半におよぶ宇宙滞在で、太陽風を存分に捕集し、満を持して地球に帰還したのであるが、地上に到達する直前のところでパラシュートが開かず、ユタの砂漠に激突してしまった。この知らせはプロジェクトの準備段階から Co-I として関わっていただけに衝撃的で

あった。超高純度ケイ素板にインプラントされた太陽風を中性子放射化分析法で分析する予定で、上記 ^{75}As - ^{77}Se - ^{79}Br にみられる不連続が太陽風の元素組成で見られるかどうかについても検証する予定でいた。予備実験を踏まえて、検証可能との確証を得ただけに、試料が無事回収できなかったことに言葉に言い表せない無念さを感じた。しかし、PIのドン・バーネット・カリフォルニア工科大学 (Caltec) 教授の、準備段階から地球帰還までをものごとさえ感じられる事故後の熱い思いに共感し、このままでは終わらせたくないとの思いを強く抱くようになってきた。思えば、バーネットと巡り会ったのも、シカゴ大滞在中の最初の夏にパサデナの彼の研究室を訪問した時であり、以来30年を越える付き合いになった。バーネットは Caltec の地質の教授であったが、アンダースやワッソン同様、放射化学・核化学の出身という点でも、お互い、距離の近さを感じることができ、共通の認識を持つことができたのは幸いであった。今後 Co-I としての Genesis の課題を是非かたづけ、太陽の元素組成にスースプロットの不連続が表れるかどうか、明らかにしたいと思っている。間違いなく、アンダースへの恩返しになると思うから。

5. シカゴ大学を離れて

シカゴでの生活は今思い返せば懐かしさというオブラートに包まれて、その当時のつらさはほとんど残っていない。ただ、今でも思い出すと時により涙ぐむ思い出がある。それはシカゴ大に滞在していた日本人を空港に送っていったときのことである。私のシカゴでの生活と重なっている人で、地球化学会会員として田中剛さん、松田准一さん、川邊岩夫さんがおられたが、これらの方以外にもいろいろな方がいわゆるポストクとして来られており、皆さんと家族ぐるみで親しくお付き合いさせて頂いた。それらのほとんどの方は

日本に定職を持たれ、一時的に休職や出張で一定期間シカゴに滞在され、約束の期間が終了するととの職場に戻られた。でも、私には返る場所がなかった。当時は成田とシカゴを結ぶ直行便はノースウエスト航空の1便のみであったが、その飛行機が友人を乗せて飛び立った後の言いようのない寂しさ…。シカゴ・オヘア空港の滑走路から飛び立つ飛行機を見て、あの飛行機に乗れば次に着陸するのは日本だというのに、それに乗れない、また何時乗れるかも判らない…。空港からアパートへの帰り道はもちろんのこと、その日は帰宅しても家内も私もだまりがちで、そうした日が数日続いた。でも、アンダースとの真剣勝負がそうした感傷をすぐに吹き飛ばしてくれた。今でも昇華できない思い出であるが、こうしたシカゴでの経験がいろいろな意味で自分を強くしてくれたことは間違いないと思う。

引用文献

- Anders, E. (1971) How well do we know "cosmic abundances?" *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **35**, 516-522.
- Anders, E. and Ebihara, M. (1982) Solar-system abundances of the elements. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **46**, 2363-2380.
- Anders, E. and Grevesse, N. (1989) Abundances of the elements: Meteoritic and solar. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **53**, 197-214.
- Bischoff, A. (1998) Aqueous alteration of carbonaceous chondrites: evidence for preaccretionary alteration - a review. *Meteoritics & Planetary Science*, **33**, 1113-1122.
- Ebihara, M., Wolf, R. and Anders, E. (1982) Are C1 chondrites chemically fractionated? A trace element study. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **46**, 1849-1861.
- Sekimoto, S. and Ebihara, M. (2013) Accurate determination of chlorine, bromine, and iodine in sedimentary rock reference samples by radiochemical neutron activation analysis and a detailed comparison with inductively coupled plasma mass spectrometry literature data. *Analytical Chemistry*, **85**, 6336-6341.