

理化学研究所

ニュース

Sept.—1978

No. 53

新しい元素を探す話

化学の勉強をはじめると、すぐに覚えねばならないものに元素の名前がある。舌をかみそうな発音の多い元素の数は天然に92個あることになっており、我々人間を含めた地球はもちろん、宇宙までがこれらの元素で構成されている。最近では、超ウラン元素などが人工的に合成され、それらを加えると103個の元素名が付けられている。これらの名前を一つ一つ検討すると、全く日本に関係のないものばかりで、全部外国人により発見され、勝手に名付けられたものであることにきづく。科学界で世界一流の日本と自負している現在、寂しい気がしないわけでもない。

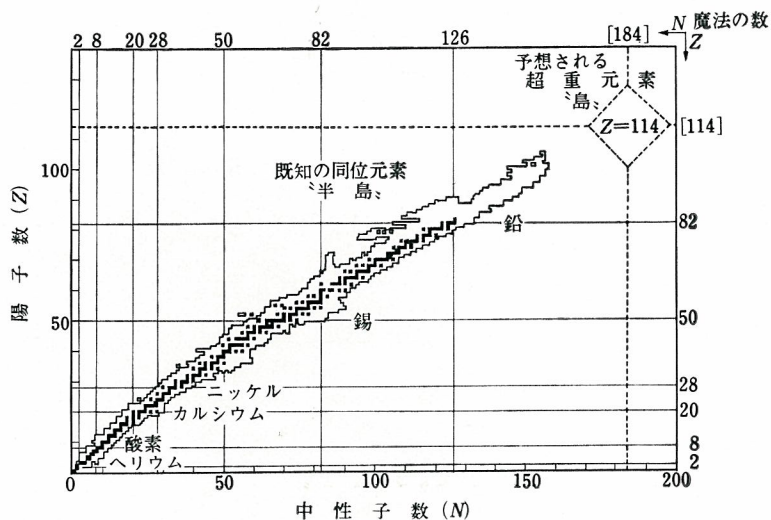
その昔、理研でも長岡半太郎先生が当時未発見であった元素を探索する試みを行い、もし発見できたら、その元素にニッポニウムと名付けたい意向を持っておられたとの話を聞いたことがある。時代も変って、現在では、もはや発見できる元素は超ウラン元素のように、人工的に合成するものだけで、天然には無いような感じがしていた。

ところが、超ウラン元素の研究をしているうちに、原子番号が増えるにつれて一般に半減期が短くなる傾向があるけれども、マイヤーとエンゼンによって提案された「原子のシェル模型」の理論によれば、原子核の場合、陽子数および中性子数が、2, 8, 20, 28, 50, 82, と中性子数が126の

ものが特に安定なものとして存在することがわかり、これらはマジック数と呼ばれてきた。このシェル模型によれば、次のマジック数は陽子が126、中性子が184であるが、核物理の最近の理論的計算によって、次のマジック数は陽子が116と126、中性子では184のものが安定とまではいかなかったも、半減期の長い核種であることが期待されることになってきた。

さて、天然に存在する元素は92個であると言ってきたが、それぞれの元素には同位元素があって、天然に存在する安定な同位元素は約300個あり、また、これまでに約1,200個の放射性同位元素が知られている。いま、横軸に中性子数を、縦軸に原子番号をとり、安定核の存在するところを黒くぬりつぶし、放射性同位元素の存在するところを白くかこんでみると第1図のように細長く海中につき出た半島のような形になることがわかる。一番先端の方、すなわち原子番号が100を越える所で陸地が海に沈んでしまうように見える。しかし、その先の、先程述べたマジック数の所に、“島”のような所があるらしいことになる。この“島”は、また理論によれば、陽子数114で中性子数184の元素であろうと予想され、超重元素(Sh)と呼んでいる。

この幻の島の探険が、近代科学の粋をこらして



第1図 今までに知られている同位元素と予測されている超重元素 (坂本による)

行われてきている。この探険には大別して2つの方法がとられている。一つは、超ウラン元素合成のように人工的に合成しようとする方法であり、もう一つは、天然物の中から見つけ出そうとする方法である。

合成を試みる方法は、現在世界の数ヵ所で試みられている。これらは加速器を使用して超ウラン元素合成のように無理やりに超重元素を作ろうとするわけで、ばく大な施設費を必要とし、ある種の計画によれば、ウランのように重い核種を加速し、ウランをターゲットにする核反応をおこすような計画までである。理研の重イオン加速器のグループもいずれはこの種の実験まで試みるであろうが、今の所、世界中どこでも超重元素の合成には成功していない。

一方、天然物中に超重元素を捜す方法をとっているグループもある。当研究室はその一つで、もっぱら天然物中から捜し出そうと努力している。

われわれの宇宙系を作っている元素が高温の星の内部で起こっているいろいろの核反応の結果生じてきたものであることは、かなり確かな話となっている。この元素生成の物語は、宇宙空間に存在する星の中で常時元素が合成されていることになり、たとえば超重元素も製造されていることになろう。そこで我々は、宇宙空間から地球上に降

下してくる隕石や宇宙塵の中から超重元素を発見しようと、永い年月、月の試料やテクタイトも含めた、それらの宇宙空間の物質を集めて研究しているが、まだその中から見出すことができない。しかし、おまけがあって、地球上ではもう消滅して存在していないような天然の核種、消滅核種という名前と呼ばれている I^{129} や Pu^{244} などの痕跡を発見したアメリカの研究グループがある。

地球上の物質からの探査も試みられており、そのために次の話が必要となる。第1表に、よく知られている元素の周期律表を示す。この表の意味することはがらはここではふれないが、昔から新しい元素を発見する時に周期律表の中に占める元素の位置が新元素発見に役立ってきた。例えば、Ge と Ga が未発見の頃に、すでにメンデレーフは、エカ珪素、エカアルミニウムの仮りの名前でそれらの元素の性質を予想していたことは有名な話である。このような予測を超重元素について求めてみると、第1表と第1図からみて、鉛の下に来る場所が超重元素の占める位置になるらしい。第1図の“島”を少し大きな島として考えても、水銀からビスマスくらいまでの幅をもった位置の所に属するであろうと考えられる。そこで、例えば鉛の下を仮定し、その位置を占める超重元素をエカ鉛と仮りに名付けてみて、それと鉛元

第1表 周期律表

I	1 H 1s	2 (He)											2 He 1s								
II	3 Li 2s	4 Be 2s											5 B 2p	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne 2p			
III	11 Na 3s	12 Mg 3s											13 Al 3p	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar 3p			
IV	19 K 4s	20 Ca 4s											21 Sc 3d	~	30 Zn -3d	31 Ga 4p	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr 4p
V	37 Rb 5s	38 Sr 5s											39 Y 4d	~	48 Cd -4d	49 In 5p	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe 5p
VI	55 Cs 6s	56 Ba 6s	57 La 5d	58 Ce 4f	~	90 Yb	71 Lu 4f	~	80 Hg -5d	81 Tl 6p	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn 6p						
VII	87 Fr 7s	88 Ra 7s	89 Ac 6d	90 Th 5f	~	102 No	103 Lr 5f	~	112	113 7p	114	115	116	117	118						
	s 元素		f 元素				d 元素		p 元素												

第2表 鉛とエカ鉛の予想される性質 (Mann による)

性質	${}_{82}\text{Pb}^{100}$	${}_{114}\text{Sh}^{295}(\text{eka-Pb}^{295})$
電子配列	$\text{Xe} + 4f^{14}5d^{10}6s^26p^2$	$\text{Rn} + 5f^{14}6d^{10}7s^27p^2$
酸化状態	+2, (+4)	+2
イオン化ポテンシャル (eV)	7.4	8.5
$K_{\alpha 1}$ X線 (keV)	75	174
密度 (g/cm ³)	11	14
溶点 (°C)	327	67
沸点 (°C)	1620	147

素との物理的・化学的性質を比べてみると、第2表のようになり、エカ鉛の予想的な性質が示されることになる。

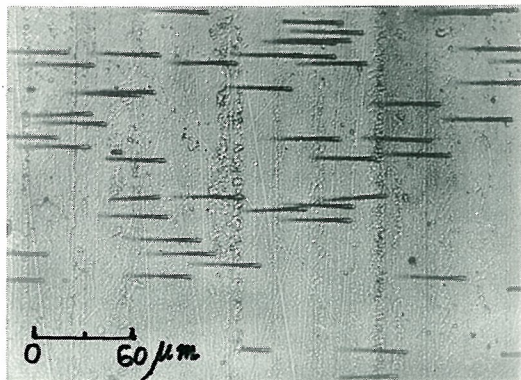
さて、鉛の下に位置するらしいというわけで、多くの人が鉛の鉱物や鉛の金属製品はもとより、製錬途中のものまで利用して探索した。試料として10kgから50kgの量を処理した例もあった。それらは全て失敗に終わっている。ある人達はエカ水銀やエカピスマスなどが超重元素であろうと予想し、水銀含有物、白金鉱物やピスマスの入った物質を処理して追求したが失敗している。

最近まで我々の目が届かなかった暗黒の深海底で長い年月かかって生長し続けているマンガン団

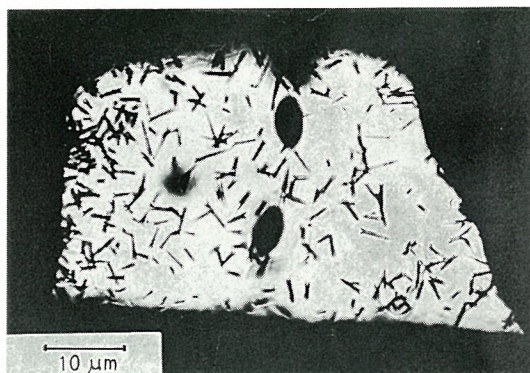
塊の中には、宇宙から降下した物質、特にニッケルが濃縮して存在していると考えられており、この考え方が正しいとすれば、当然、同じような重金属元素である鉛なども行動を共にしていると考えられる。エカ鉛は鉛と似ているのでそれと同じような行動をとり、団塊中に存在しているかもしれないという予想で、特に鉛含有量の多い団塊を広い太平洋底で捜し出し、その中から超重元素を発見しようと試みているが、現段階では、まだ発見できないでいる。希土類元素を主成分とするモナズ石はよく雲母の中で多色ハローという円形の影を作っている。この部分に超重元素があるらしいとの予想の下に研究が行われ、一時は発見した

との報告があつて、全世界の超重元素屋が騒いだことがあつたが、これも多くの追試験の結果、空振りに終わってしまった。この他にも、温泉沈澱物中から抽出測定を行う試みや、鉛の入ったステンドグラスを利用してみたり、宇宙線の成分として超重元素が存在するかもしれないと考えた人達もあつて、実験を試みているが、まだ結論はでない。

超重元素を直接に測定する方法として初めの頃には感度のよい中性子検出器が利用されたり、陽子励起X線分析法、光励起X線分析法や精密な質量分析法などが基本的に試みられている。ところがこれらの方法はいずれもばく大な費用を要する機器を必要とし、我々の研究室では到底用意できる装置ではない。しかし、我々には長年にわたつて開発しつづけてきたフィッシュトラック法がある。この方法は、わずかな腐食液と顕微鏡さえあれば何とか測定できる。例えば、理研のサイクロトロンで生成する荷電粒子の飛んでいる模様をセルロイド板でみると第2図のように粒子1個づつの位置がはっきりみられる。また、第3図のように、昔々、岩石が固まって以来、その中にとじこめられたウランが自発核分裂をおこしたあとがはっきりと針のように見出すことができる。超重元素が存在すれば、予想されるように核分裂が行われているはずであるから、第2,3図にみられるようなトラックが顕微鏡下で観察できる。もちろ



第2図 荷電粒子のトラック（理研サイクロトロン使用）



第3図 天然鉱物（ジルコン）中のトラック

ん、核分裂エネルギーはウランやトリウムに比べて大きいことが考えられるので、トラックの形状から区別することが可能である。トラックの形状や数から、前に述べた Pu^{244} の消滅核種の発見が行われたのだから、超重元素も同様に発見されるであろう。

最近になって、超重元素を発見しても、その名付け方を規定する動きがでてきた。勝手に発見者が名前をつけ、例えば、ニッポニウムやリケンニウムなどと呼ぶことができればうれしいことだと思っていたが、114番の原子番号の元素に対してただ機械的に元素記号(Uuq)、ウンウクアジウムなどという無粋な提案もあつて、夢のない無味乾燥なお布令がでたようである。

月にも旅行が出来、五千メートルの深海底も探検され、科学万能の世の中になって、元素の発見などという科学の初歩的な仕事は一世紀も二世紀も昔の錬金術者の頃の神話として、遠くすぎたような話とも思える。

しかし、現代の最先端の科学をしても、未知のものや未解決の事項が残っており、新しい元素の探索などという夢多き物語が依然として健在である。理研の先輩の夢をもう一度と、胸をふくらませながら、毎日の研究に励んでいる昨今ではある。

地球化学研究室
主任研究員 島 誠

開発テーマ

ブレードされたホログラフィックグレーティング

はじめに

今回は、当所半導体工学研究室で開発された“ブレードされたホログラフィックグレーティング”について紹介します。

夕立ちの後、時々われわれの目を楽しませてくれるにじは、空気中の水の微粒子によって太陽の光が分光されてできることはよく知られています。このにじのように光を分光して、光源からある特定の波長の光だけを取り出すことは、光を扱う実験や仕事には必要不可欠で、分光器や分光光度計が、光を扱う仕事場で必ずごろごろしているゆえんです。

グレーティング

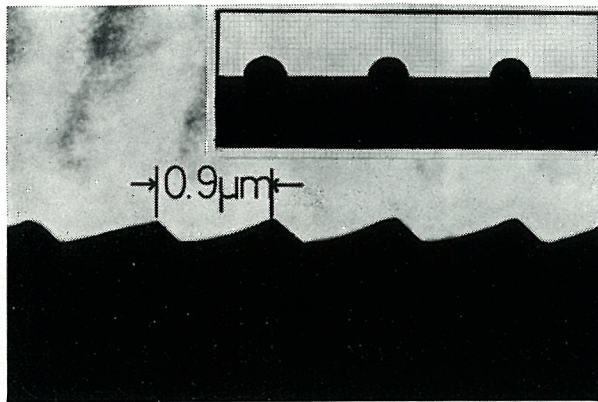
光を分光する素子として、ふつうプリズムまたはグレーティングが用いられます。プリズムはガラス等の材料の屈折率が、光の波長によってちがうことを利用して入射光を効率よく分光しようとするものです。プリズムは入射光の全部が分光されるため、ある波長の光を入射した場合、その波長での出射光が明るいのが特徴です。しかし、各波長を分光する度合いを示す分散がよくないため、最近ではグレーティングが光を分光する素子としてよく使われています。

グレーティングとは、凹凸の周期構造をもった格子を意味し、その分光の原理は、各格子で回折される光の位相差が光の波長の整数倍になる所で回折光が強められる、いわゆる光の干渉効果を利用しています。プリズムに比べ明るさは劣りますが、分散が大きいのが特徴です。グレーティングの一例としては、1 mmに1200本ぐらい溝を切ったものがあります。これは可視域分光のための標準的なグレーティングの一つになっています。本数の多いグレーティングとしては、今までに約1万本/mmのものが作られています。現在この溝

を製作する方法には、ルーリングエンジンといわれる装置を用います。溝を1本1本数 cmにわたって1週間ぐらいかけダイヤモンドカッターで刻んで作るのです。この方法では、溝の型を適当な形にして、グレーティングがプリズムに比べ明るさが悪い欠点を補い、望む波長で分光効率が高くなるように工夫しています。現在は、このようにして作られたグレーティングが一般に使用されています。しかし、このルーリングエンジンで作るグレーティングは一種の機械工作であるため、溝のピッチが不正確となりしたがって分光特性に構造が現われること、作るのに長時間かかること、装置が高価なことなど、いくつかの欠点があります。この方法に対してレーザーの発明以来2つのレーザー光の干渉を使ってグレーティングを作る方法が開発されました。このホログラフィックグレーティングは、溝のピッチの精度が極めて良く、分光特性が良いこと、製作に短時間しか必要でないこと(10~30分)、装置が安価であることなどの利点があり、しだいに使われるようになってきています。しかしホログラフィックグレーティングにも欠点があります。それは溝の形をルーリングエンジンで作ったグレーティングの場合のように制御することがむずかしく、したがって特定波長で明るい、いわゆるブレードされたグレーティングを作ることが困難なことでした。

“ブレードされたホログラフィック
グレーティング”

ホログラフィックグレーティングで溝の形を制御することは長年の念願で、光学的な方法で溝の形を制御する試みがいろいろなされています。しかし、光学的方法は製作条件がむずかしく、あまり一般的ではありません。ホログラフィックグレーティングがその良さを認められながらルーリングエンジンで作られたグレーティングがまだ



第1図 ブレーズされたホログラフィックレーティング及び従来のホログラフィックグレーティングの断面図の一例

大幅に使われている大きな理由はこの溝の形が制御しにくいということです。当研究室では、イオンエッチング技術を用いることによって、ホログラフィックグレーティングの溝の形が容易に制御できることをみつけ、ホログラフィックグレーティングの良さを保持しながら且つある特定波長で明るい、いわゆるブレーズされたホログラフィックグレーティングを作ることに成功しました。イオンエッチングの方法は、イオン銃で発生させたイオンを真空中で加速し、そのイオンの衝突によって固体表面を微小加工しようとするものです。このイオンエッチングにはイオンの飛来方向と基板方向の角度に依存してイオンエッチされる速度にちがいがあります。我々はこの性質を利用し、ホログラフィックグレーティングの溝の形の制御を行いました。すなわち、ルーリングエンジンで作ったグレーティングと同様に溝を非対称三角形形状にして、ブレーズ効果をもたらしています。図1に今回開発した方法によるブレーズされたホログラフィックグレーティングの断面図および従来のホログラフィックグレーティングの断面図の一例を示します。この図からも明らかとなりブレーズされたホログラフィックグレーティングの溝の断面は非対称三角形になっており、これによって特定波長に分光効率を高くすることができます。この方法ですと装置は安くまた電氣的に製作条件を制御できるため製作が容易でホログラフィックグレーティングの良さは全て保持される

ことが期待されます。実験的にもこのブレーズされたホログラフィックグレーティングの分光効率、波面精度、分解能等は、従来のルーリングエンジンで作ったグレーティングに比べ申し分ないことが実証されました。しかし迷光特性に関しては従来のグレーティングに比べ悪く、これをいかに克服するかが重要な焦点でした。これはイオンでホログラフィックグレーティングをエッチングする時に表面あれを生ずるためと考えられました。最近、幸いなことにイオンによるエッチング条件、基板条件をうまく選んでやることにより、迷光も従来の機械切りグレーティングより良い特性をもつことが実証され、実用化への問題は基本的には解決されたものと考えます。

今後の課題

今回開発された方法で作られたグレーティングは、ルーリングエンジンで作られたグレーティングに比べ迷光特性をはじめとして良い特性を示すことがわかりました。しかし、迷光特性は良ければ良いほどグレーティングとして優れているため、今後それをどこまで下げることができるかが一つの課題となっています。また、現在テストしている基板の大きさは30mm角のものですが、これを50mm角、100mm角と大きくしていくことも今後の別の課題と言えるでしょう。又、凹面型グレーティングへの応用も今後の課題です。

深い溝を必要とするグレーティングについて

は、従来のルーリングエンジンで作られたグレーティングが当分使われるでしょうが、現在使われている多くのグレーティングは、近い将来、“ブ

レーズされたホログラフィックグレーティング”に置き換えられるだろうと夢見ているのはわれわれだけでしょうか。

国内特許出願・実用新案登録出願公開明細

昭和53年4月～昭和53年6月に公開になったもの

公開番号	出願番号	発 明 の 名 称
53-37690	51-112039	新規ピリジノフェン化合物, その製造法及びその化合物からなるアミノ酸のラセミ化触媒
53-44627	51-119177	植物病害防除剤
53-45274	51-119620	微係数測定装置
53-46599	51-120780	高精度磁場設定法
53-50179	51-123575	新規な2-ピリドン類及びその製造法
53-52693	51-128453	環状デキストリンを含有する澱粉糖粉末の製造法〔共願〕
53-56690	51-117444	プリン化合物糖誘導体及びその製造法
53-59682	52-127359	ウラシル化合物
53-62689	51- 72428	蚕用飼料添加物〔共願〕
53-62836	51-135531	制癌剤〔共願〕
53-68766	52- 36823	ジテルペン系誘導体の製法
53-68131	51-143898	画像処理表示装置
53-73509	51-149642	メタクロレインの製造法

RIKEN Symposium on
Symbolic and Algebraic Computations by Computer

Date November 16 (Thursday)—Nov. 17 (Friday), 1978

Location the Institute of Physical and Chemical Research

Official Language English

Titles of Talks Partially Expected

on Nov. 16 (Thursday)

10:00	Scientific Problem Solving by Symbolic Computation	A.C. Hearn
11:00	Algorithms and Programming with CAMs (Content Addressable Memories)	E. Goto
13:00	Differential Equations Package in REDUCE	S. Watanabe
14:00	Analytic Integration by Computer	A.C. Hearn
15:30	Univariate Factorization and Integration	F. Motoyoshi

16:00	MTAC—Mathematical Tabulative Automatic Computing on Nov. 17 (Friday)	E. Goto
10:00	Overview of the FLATS Architecture	T. Ida
11:00	The REDUCE Program for Symbolic Algebraic Computation	A.C. Hearn
13:00	On Garbage Collection	M. Terashima
13:30	Multi-Lingual Programming System FLATS	N. Inada and M. Suzuki
14:15	A Portable LISP Compiler	A.C. Hearn
15:45	“V-Tape”—A Virtual Memory Oriented Data Type and its Memory Requirements	M. Sassa
16:30	Applications of HLISP-REDUCE in Japan	T. Soma M. Idesawa M. Takami



「弾正星」

通勤途上の車の中でラジオを聞いていると、ときに大変面白い話がでてきて楽しい。あるとき「弾正星」の話があった。

近頃、新しい資料と新しい解釈で歴史上の人物を見直すという伝記物が出版されているそうで、その中で松永弾正について執筆した歴史作家との対談が面白かったので記憶に残っている。松永弾正（多分正しくは、弾正少弼松永久秀であろう）といえば、下剋上の代名詞で脂ぎった悪玉の印象がある。私の生れ育った会津の土地柄のせいか、私の心には松永弾正の名はそんな風にしか残っていない。とても好きになれる人物ではなかった。ところが、彼は史上まれにみる合理主義者であったというのである。これには驚嘆した。「弾正星」の話はそのエピソードのひとつであった。

信長に叛いて大和信貴山に籠っていたとき、弾正の部下の一人がそのころ都でもっぱらの噂であった赤い弾正星出現の話をしたところ、彼は一笑に付して、「何ゆえに天は弾正一人のために異変を起さなければならないのか、天には弾正も信長もない。」と喝破したという。いまから400年の昔のことである。私の弾正観は変わった。彼が敗れることを知りながら信長に叛かざるを得なかったのは、

彼の合理主義が反権力に彼を駆り立ててしまったからではなかったか。とにかく、一人の歴史上の人物が私の中で甦ったのである。この機会がなければ、私は無知なままで「松永弾正＝下剋上＝悪」の方程式を書き換えてみる気にならなかったであろう。恐ろしいことは、研究上のことでこの類の無知に平気で日々を過してはいないかということだ。偏見や好悪で物事を判断していないかどうか、いたく反省させられたものである。これには、実はひとつの思い出が重なっている。

6、7年前のことであったと思うが、今はなき大先生があるとき私共に「私は素粒子のファンであるけれども、重イオンは複雑で嫌いだ。一体、何がわかるのかね。」という意味のことをいわれた。尊敬している先生だけにひどく意気沮喪させられたものであった。あのとき徹底して反論できなかったことがいまでも悔まれる。

幸い、いま原子核物理では重イオンによる研究が主流といえるまでになり、日本でも各地に重イオン加速器が実現しつつある。さらに、巨大重イオン加速器の計画も練られている。数年にしてすでに今昔の感がある。

研究が偏見や好悪で判断されたのではたまったものではないし、厳にははならないと「弾正星」の1件で痛感したことであった。

サイクロトロン研究室
研究員 稲村 卓