

ISSN 1345-2754

放射化学ニュース 第18号

日本放射化学会

2008年 8月

放射化学ニュース

第 18 号

平成 20 年 (2008 年) 8 月 31 日

目次

解説

オクロ現象研究の最近の話題から (日高 洋) 1

歴史と教育

学士の質をどのように保証するか —信州大学教育学部での理科教員養成の取組—
(村松久和) 7

施設だより

(財) 環境化学技術研究所 全天候型人工気象実験施設
(大塚良仁) 14

2006-2007 年度日本放射化学会賞受賞者による研究紹介

極低レベル放射能測定の実現と環境放射能研究への新展開 (小村和久) 17

コラム

日本放射化学会への提言 (馬場 宏) 23

研究集会だより

1. 第 9 回環境放射能研究会 (阿部琢也) 25
2. 放射生態学と環境放射能に関する国際会議
International Conference on Radioecology and Environmental Radioactivity (吉田 聡) 26

情報プラザ

1. The 6th International Symposium on Technetium and Rhenium - Science and
Utilization (IST-2008) 28

2. The 16th Pacific Basin Nuclear Conference (16PBNC) - Pacific Partnership toward a Sustainable Nuclear Future	28
3. The 12th International Congress of the International Radiation Protection Association (IRPA 12) ...	28
4. 2008 Third Asia-Pacific Winter Conference on Plasma Spectrochemistry (2008 APWC)	28
5. Methods and Applications of Radioanalytical Chemistry (MARC VIII)	28
本だな	
未来の私たち— 21 世紀の科学技術が人の思考と感覚に及ぼす影響 スーザン・グリーンフィールド 著 伊藤泰男 訳 (大野新一)	29
希土類とアクチノイドの化学 Simon Cotton 著 足立吟也監修 足立吟也、日夏幸雄、宮本量 訳 (佐藤伊佐務)	31
学位論文要録	33
学会だより	
1. 学会賞及び奨励賞	42
2. JNRS 誌 2007 年論文賞受賞論文紹介	42
3. 日本放射化学会第 37 回理事会 [2007-2008 年度第 1 回理事会] 議事要録	43
4. 日本放射化学会第 38 回理事会 [2007-2008 年度第 2 回理事会] 議事要録	44
5. 会員動向 (平成 20 年 2 月～平成 20 年 6 月)	45
6. 日本放射化学会入会勧誘のお願い	46
7. オンラインジャーナルとホームページの運営について	48
8. Journal of Nuclear and Radiochemical Sciences (日本放射化学会誌) への投稿について	49
9. Journal of Nuclear and Radiochemical Sciences (日本放射化学会誌) 投稿の手引き	49
10. 日本放射化学会会則	50
2008 日本放射化学会年会・第 52 回放射化学討論会プログラム	53

解説

オクロ現象研究の最近の話題から

日高 洋 (広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻)

1. はじめに

フランス原子力庁がアフリカのガボン共和国東部オクロ地区のウラン鉱床の一部において過去に核分裂連鎖反応を起こした痕跡があることを公表したのは1972年9月25日であった。その後の詳細な現地調査と同位体分析の結果から、オクロ鉱床内における16か所と、オクロ鉱床に隣接しているオケロボンド鉱床、およびオクロから南東に30 km離れたところにあるバゴンベ鉱床の各1か所において核分裂連鎖反応を起こした部分(原子炉ゾーン)が確認されている。図1にオクロ鉱床の原子炉ゾーンの位置について示す。オクロ鉱床内の原子炉ゾーンは発見された順に番号がつけられている。このうち、原子炉ゾーン1~9は鉱床北側に点在しており、露天掘りしていくうちに比較的地表に近いところ(深さ<100 m)に位置していたために初期に発見されたものである。これに対して原子炉ゾーン10以降のもの(原子炉ゾーン15をのぞく)は鉱床内部に通じる坑道からボーリングすることによって1981年以降に発見されたもので、地表より深い位置(250~400 m)にある。なお、原子炉ゾーン11, 12, 14は発見が報告された後、その痕跡が不明瞭であったために以降の詳細な研究のための試料採取はされていない。原子炉ゾーン15は鉱床北側に位置しているが初期には発見されなかったものである。

鉱床内における原子炉ゾーンの位置の違いは、実は、ゾーン内で生成された多様な放射性同位体の保持の割合に大きく影響を与えることになるため、異なる原子炉ゾーン相互の比較を行うことは極めて重要である。これは、ウランがU(IV)とU(VI)の二つの原子価をとって安定に存在するが、天然中で酸化的環境におかれた場合、U(VI)からなる2価のウラニルイオン UO_2^{2+} は可溶性、一方還元的环境下ではU(IV)は不溶性の UO_2 と

して沈殿することと大きく関係している。例えば、地表に近い位置にある原子炉ゾーン1~9ではより大気に近く酸化の状態にあったため、ウラン鉱物が変成を受け、それに伴って核分裂生成物が部分的に流出しやすくなるのに対し、深部に位置する原子炉ゾーン10, 16などは前者より還元的な雰囲気に保存されていたためウラン鉱物の変成しにくく、核分裂生成物を保持しやすい状態に置かれていたと考えられる(図1右参照)。また原子炉ゾーン13から15 mほどの距離においてオクロ鉱床を横断するように粗粒玄武岩脈が貫入している(図1左参照)。これは今から8.6億年前(天然原子炉反応が終了して10.9億年後)の火成活動によるものであるが、原子炉近傍でマグマの貫入による熱・圧力を受けたことにより他の原子炉ゾーンとは異なる核分裂生成物の保持の割合を呈する。

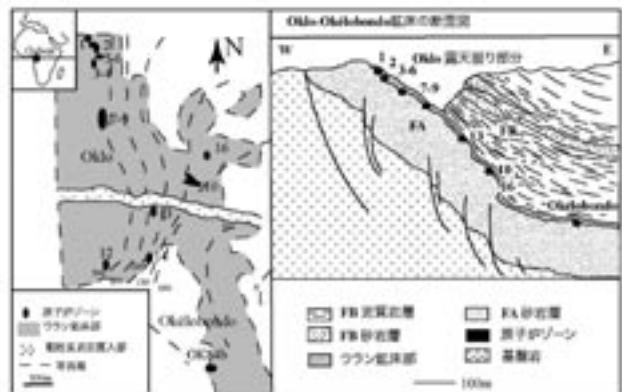


図1 オクロおよびオケロボンド鉱床の概観図。(左) 等高線図: 原子炉ゾーン15はこの図では隠れているが図中のウラン鉱床部の左上隅に存在する。(右) 断面図: 鉱床形成後の地殻の隆起・沈降により、原子炉ゾーンの深さ位置に差が生じている。

2. これまでおこなわれてきたオクロ研究(1990年代半ばまで)

天然原子炉内では多量の核分裂生成物がつくりだされ、それから約20億年を経た現在、その生成物は安定同位体へと壊変し尽くされている。核分裂生成物の混入とその他の核反応によって原子炉内の多くの元素の安定同位体組成は著しく変動している。したがって、いろいろな元素の安定同位体組成を調べることによって原子炉内で起った核反応の様子を推定したり、核分裂生成物が20億年もの間にどのような振る舞いをしてきたかをトレースすることが可能となる。実際、オクロ鉱床内で最初の原子炉ゾーンが発見された1972年以来、質量分析による元素の同位体測定は上記目的のために行われ、重要な成果をあげてきた。当時は、鉱床試料を溶解、化学分離し、表面電離型質量分析計で同位体測定を行う手法が主なものであった。また、分析対象も、そのほとんどが原子炉ゾーンおよび原子炉ゾーンの極近傍のウラン鉱床内部であった。その後、ICP質量分析計を用いた迅速な微量元素同位体分析が可能となり、ウラン鉱床外部の母岩や鉱床近郊の地表水にも着目され、核分裂生成物が周囲にどのように拡散されていったかに関する研究が行われるようになっていった。これらについては過去にいくつかの解説・総説が出されているのでそれを参照されたい[1-4]。

3. これまでおこなわれてきたオクロ研究(1990年代半ば以降)

ここでは、比較的最近の研究例(過去10年以内のものを主として)を紹介することとする。

1990年代半ばまでの化学的前処理を伴う分析試料の取り扱い、その後、分析技術の進歩に伴い、微量の試料での分析が徐々に可能となって

きた。しかし、化学処理を要する場合のほとんどは試料内に複数の鉱物が含まれ、それらを混在したまま分析することになる。したがって、処理した試料内における平均的な情報を得ることになる[5, 6]。

これに対して、最近ではイオンマイクロプローブやレーザープローブを用いたマイクロ～サブマイクロメートルレベルの局所領域の同位体分析法が導入されだし、微小鉱物への特定元素の吸着挙動が調べられている。その利点は、鉱物レベルでの同位体分析を行うことで、これまで見ることができなかった選択的吸着特性を明らかにすることが可能となった点である。これまで、オクロ天然原子炉内で核分裂生成された多量の同位体は、いくつかの例外を除いて比較的よく保持されていたと考えられている。いくつかの例外とは、希ガスであり核分裂生成収率の高いキセノンや、アルカリ元素であり反応性の高いバリウム等である。これらについても最近の研究からは徐々にその挙動が明らかにされつつある

<二次ウラン鉱物の形成>

天然原子炉の母岩部分には大きさが100 μm 径以下のリン酸に富んだコフィナイト(USiO_4)、フランソワサイト((REE)(UO_2) $_3\text{O}(\text{OH})(\text{PO}_4)_6\text{H}_2\text{O}$)などの二次ウラン鉱物やフローレンサイト((REE) $\text{Al}_3(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_6$)などの希土鉱物が点在している[7, 8]。これら二次ウラン鉱物中のウランおよび希土類元素の同位体比分析の結果を表1に示す。これらの鉱物の各同位体比は核分裂を受けていない標準の値と原子炉ゾーンの値との中間の値をとっていることがわかる。これは、元来母岩中に存在していた非核分裂起源のウランおよび希土類元素と原子炉ゾーンから流失してきたウ

表1 原子炉ゾーン外の母岩中で発見された二次鉱物のUおよび希土類元素同位体比 (Hidaka et al.(2005)を改変)

試料	$^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$	$^{140}\text{Ce}/^{142}\text{Ce}$	$^{145}\text{Nd}/^{146}\text{Nd}$	$^{149}\text{Sm}/^{147}\text{Sm}$	$^{153}\text{Eu}/^{151}\text{Eu}$
コフィナイト	0.00588 ~ 0.00619	3.05 ~ 4.03	0.629 ~ 0.736	0.490 ~ 0.612	1.14
フランソワサイト	0.00631 ~ 0.00638	3.23	0.757 ~ 0.764	0.480 ~ 0.492	1.17
ウラニナイト	0.00606 ~ 0.00732	5.15 ~ 5.45	0.549 ~ 0.552	0.800 ~ 0.805	未測定
フローレンサイト	未測定	未測定	0.661	0.294	未測定
標準試料	0.00725	7.99	0.482	0.922	1.09
原子炉ゾーン試料	0.00586	2.21	1.03	0.101	1.23

ランおよび希土類元素との二成分が混合して再結晶化したものであることを意味している。さらに原子炉からの距離に応じて二次ウラン鉱物中に含まれる核分裂起源核種の量は減少しており、リン酸がウラン、希土類元素の固定に効果的に作用していることが示唆されている [8, 9]。また、一連の Pb 同位体測定結果から推察すると、これらの二次鉱物は形成されてからの Pb 同位体の成長が認められないことからごく最近（現在から数百万年以内）形成されたものと考えられる。今から数百万年前に地球大気の酸素濃度比に増大があったと考えられており、それによって以前よりもより酸化的な雰囲気をもたらされ、これらの二次鉱物を形成する要因になったと考えられる。

<アパタイトへのプルトニウムの吸着>

原子炉ゾーン 10 とその母岩である砂岩層との境界領域の一部は粘土層で覆われているが、その粘土層と砂岩層の境界に約 1 m にわたってウラニナイトの濃集した部位が発見されている [10]。鉱物組織に見られるいくつかの特徴から、そのウラニナイトは一度溶解したものが再結晶化したものであり、おそらく原子炉ゾーンの一部が溶けて流出したものが境界部分で再固化したものと考えられる。そのウラニナイトの濃集部位に 2~5 cm 径のアパタイトの小塊が含まれており、ウラニナイトが再固化する際に取り込まれたと考えられる。

アパタイトを覆っている周囲のウラニナイトのウラン同位体比は $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}=0.00659 \sim 0.00666$ を示し、核分裂によって ^{235}U が消費している劣化 U から成っていることがわかる。ところが、アパタイト粒のウラン同位体比は $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}=0.00944 \sim 0.01346$ を示し、劣化どころか通常の U 同位体比よりも ^{235}U が濃縮している結果が得られた。さらに、このアパタイト粒子中には La, Ce, Pr, Nd などの軽希土類元素も濃集していることがわかった [10]。これらの結果は天然原子炉の反応中に $^{238}\text{U}(n, \gamma\beta)^{239}\text{Pu}$ によって作り出された ^{239}Pu が、他の軽希土類元素とともにウラニナイトの部分溶解によって流出し、アパタイトに選択的に取り込まれたと考えられる。その後、時間経過とともに ^{239}Pu (半減期 2.4×10^4 年) は α 壊変して ^{235}U となるため、現在では ^{235}U の濃集として観

察されている。

<イライトへのラジウムの吸着>

粘土鉱物は層状構造を持つ含水ケイ酸塩鉱物を主成分としており、イオン交換性、吸着性などの表面活性がある。オクロのウラン鉱床においてはウラン鉱床を部分的に取り囲むように粘土層が存在している。雲母型粘土鉱物に選択的にラジウムが吸着されることは実験的にも検証されている [11]。

原子炉ゾーン 13 の母岩である砂岩層には 0.1~2 mm 幅の細かいカルサイト脈が無数に走っている。オクロ鉱床があるフランスヴィル盆地一帯は、今から 4.3~12.3 億年前の期間に複数回にわたって火成活動があったと考えられている [12]。特に原子炉ゾーン 13 から 15 m ほど離れた場所には、今から 8.6 億年前の火成活動により粗粒玄武岩質マグマの貫入 [13] が起っており (図 1 左参照)、それに伴う熱水作用によって溶け出した炭酸塩が固化したものと考えられる。このカルサイト脈中に数十~100 μm 径の細粒のイライトが散在している。このイライト粒子中の $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 同位体比は極めて低い値を示すことがわかった ($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}=0.016 \sim 0.053$ [14])。 ^{207}Pb 、 ^{206}Pb は ^{235}U 、 ^{238}U から各々壊変して作り出されるが、 ^{235}U と ^{238}U の壊変系列が放射平衡状態にあった場合は、 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 比は 0.04604 より低い値を示すことはありえない。ただし、天然原子炉ゾーン内の U 同位体比は ^{235}U が消費しているため、通常の壊変系列がもたらす Pb 同位体比より低い値を示すことがありえることを考慮しなければならない。しかし、単純に計算すると、例えば $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}=0.016$ をつくり出すためには ^{235}U の劣化度がかなり大きい $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}<0.00096$ 程度のウランが必要となる。たしかに原子炉ゾーン 13 の炉心部の ^{235}U 劣化度は他の原子炉ゾーンにくらべてこれまで報告されているデータの中で一番大きい ($^{235}\text{U}/^{238}\text{U}=0.0038$ [6])、それでも $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}<0.00096$ には至らない。

イオンプローブによる定量分析の結果、低い $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 比を示すイライト粒子はバリウム含有量も非常に高い (1230~6010 ppm) ことがわかった [12]。試料中に含まれるイライト、およびそれを取りまいてある石英、カルサイトについ

て $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 同位体比とバリウム濃度の相関を図2に示す。石英、カルサイトについてはバリウム含有量は非常に低く、その $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 比からは、それぞれ鉱床の基盤岩形成に相当する年代21.5億年および粗粒玄武岩質マグマの貫入時期に相当する年代8.6億年が得られる。以上のことから、イライトの低い $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 比は ^{206}Pb の異常濃縮によるものであること、 ^{235}U および ^{238}U の壊変系列の中で ^{226}Ra は長い半減期(1600年)を持つために条件によっては放射非平衡状態がつくりだされる可能性があること、バリウムはラジウムと化学的挙動が非常に類似しており、イライトのバリウム含有量が高いということは同時にラジウムもイライト中に含有したことを示唆していること、が推測できる。

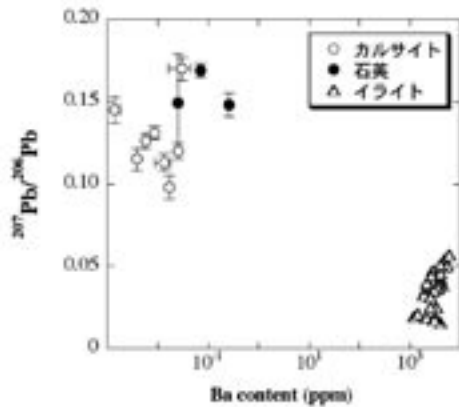


図2 原子炉ゾーン13の母岩である砂岩から採取された試料中のカルサイト、石英、イライトにおける $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 同位体比とBa濃度の相関図

元来、イライト粒子は、他の原子炉ゾーンの一部に見られるようにウラン鉱床部を覆うような形

で粘土層として存在していたと考えられる。今から8.6億年前の火成活動に伴い、 CO_2 に富む流体による熱水作用でアルカリ元素が溶け出し、同時にウラン鉱床中に存在していたラジウムも溶け出しながらバリウムと一緒にイライトに吸着されていったと考えられる。

<アルミニウムリン酸塩鉱物への希ガスの吸着>

希ガスの一つであるキセノンは核分裂で多量に生成されるが、キセノンは反応性に乏しいために他との相互作用をせず、核分裂起源キセノンは原子炉外へ散逸していったと予想されていた。しかし、原子炉内で発見されたわずか4mm径程度の微小なアルミニウムリン酸塩鉱物は、周囲のウラン鉱物よりも多量のキセノンを含有しており、かつ極めて特徴的な同位体組成を示すことがわかった。Meshikらは、レーザー照射によって抽出される希ガスの同位体を精密に測定するシステムを構築し、いろいろな微小鉱物に含まれる希ガス同位体測定を個々の鉱物ごとに測定している[15, 16]。表2に天然原子炉試料中の特定鉱物のキセノン同位体比のデータを示す。

キセノンには質量数124、126、128、129、130、131、132、134、136の9つの安定同位体が存在する。このうち質量数124、126、128、130の4つは他元素の同位体によって β 壊変から遮蔽されており、残りの5つの同位体のみが核分裂によって生成される。アルミニウムリン酸塩鉱物中では他に比べて非常に高いキセノン含有量を示す。また、 ^{129}Xe 、 ^{131}Xe の存在度がひとときわ高くなっていることがわかる。これは核分裂起源 ^{129}Xe 、 ^{131}Xe

表2. 原子炉ゾーン内の各鉱物のXe同位体比 (Meshik et al.(2000)を改変)

試料*	^{136}Xe	$^{129}\text{Xe}/^{136}\text{Xe}$	$^{130}\text{Xe}/^{136}\text{Xe}$	$^{131}\text{Xe}/^{136}\text{Xe}$	$^{132}\text{Xe}/^{136}\text{Xe}$	$^{134}\text{Xe}/^{136}\text{Xe}$
	(×10 ⁻¹³ cm ³ STP)					
A	201 ~ 2648	0.260 ~ 0.293	0.0041 ~ 0.0047	0.818 ~ 0.937	1.634 ~ 1.822	1.197 ~ 1.262
U	1 ~ 98	0.095 ~ 0.189	0.0005 ~ 0.0022	0.345 ~ 0.613	0.727 ~ 1.213	1.062 ~ 1.184
C	2 ~ 89	0.066 ~ 0.206	<0.0015	0.200 ~ 0.580	0.621 ~ 1.086	0.946 ~ 1.175
^{235}U		0.113		0.458	0.682	1.238
^{238}U		0.0006		0.082	0.579	0.825
^{239}Pu		0.226		0.581	0.814	1.152
大気		2.985	0.4595	2.395	3.036	1.178

*A:アルミニウムリン酸塩鉱物, U:ウラニナイト, C:コフィナイト, ^{235}U :熱中性子による核分裂収率, ^{238}U :速中性子による核分裂収率, ^{239}Pu :熱中性子による核分裂収率

が安定同位体となる前の放射性前駆体 ^{129}Te (半減期 33.6 日)、 ^{129}I (1.6×10^7 年)、 ^{131}Te (1.35 日)、 ^{131}I (8.02 日) として存在している間により選択的にアルミニウムリン酸塩鉱物中に取り込まれたためと考えられる [15, 16]。

4. 素粒子物理学との接点：素粒子の結合定数の時間変化

上記に述べた研究内容とは全く異なる視点から、オクロ研究と素粒子物理学を結びつけるための研究も行われている。

光速やプランク定数、万有引力定数などの物理定数は宇宙の進化とともに変化をしているという考えがある。Dirac の巨大数仮説 [17] に基づくものである。素粒子の相互作用の結合定数もその一つであり、例えば、電気素量 ($e=1.60 \times 10^{-19}$ C) から導きだされる微細構造定数 $\alpha=e^2/(4\pi\epsilon_0\hbar c)$ もそれにあたる。その他、強い相互作用や重力相互作用などの結合定数がある。

これら素粒子の結合定数が時間変化するか否かを科学的に検証するために様々な実験や解析がなされている。極めて長い半減期を有する放射性同位体 ^{187}Re (半減期 4.3×10^{10} 年) に着目し、その壊変エネルギーの時間変化を ^{187}Re の核力と太陽系内に現存する同位体存在量から導いたり、クエーサー (QSO) のスペクトルと現在の地上に存在する光のスペクトルとの比較から原子のエネルギー準位における α の依存性の違いを求めることにより、その時間変化に制約をつけることができる。その代表的なものについて表3にまとめた[18]。

この α の時間変化に関して、オクロ天然原子炉内で起こった 20 億年前の核反応を用いて議論がされたのは 30 年以上も前のことであった。1976 年、ロシアの物理学者 Shlyakhter はオクロ天然原子炉内で起こった核反応のうち、 $^{149}\text{Sm}(n,\gamma)^{150}\text{Sm}$ による同位体変動を利用して素粒子の結合定数の相互作用に関する時間変化について制約を加えることを考案した [19]。20 億年前に起こった ^{149}Sm の中性子捕獲反応断面積の共鳴エネルギー準位が、現在のそれと比較してどのくらいずれる可能性があるかを求め、そのずれが理論上、強い相互作用の結合定数 (π -核子結合定数) と関連することから結合定数の時間変化の上限が $5 \times 10^{-19} \text{ y}^{-1}$ と見積もられた。オクロの同位体データから得られたこの値は最も厳しい制約を与える時間変化の上限値とされている。それから 30 年以上経過し、同様なアプローチから詳細な見積もりが今もなお再検討され続けている [20-22]。

5. おわりに

オクロ鉱床は 1997 年末に露天掘り部分の採掘をやめ、引き続いて 1998 年には地下坑道内での採掘をも含め現地での全作業工程を止めた。現在は野ざらしの状態になっている。1998 年までに採取された原子炉ゾーン試料はフランス原子力庁のサークレー研究所とカダラッシュ研究所に保管されている。また、ウラン鉱床の母岩部分でウラン含有量の低い試料についてはフランス国立科学研究センターのストラズブール表層地球化学研究所に保管されている。10 年間にわたって実施さ

表3 多様な手法によって求められた素粒子の結合定数の時間変化率の上限値

手法	\dot{G}/G	$\dot{\alpha}/\alpha$	$\dot{\alpha}_s/\alpha_s$
初期宇宙の核合成			1×10^{-13}
長半減期放射性同位体の存在比		3×10^{-13}	
星内部の核合成			2×10^{-12}
オクロ現象		1×10^{-17}	5×10^{-19}
バイキングによる観測データ	4×10^{-12}		
原子時計の周波数		3×10^{-13}	
クエーサーのスペクトル		5×10^{-16}	

\dot{G}/G : 重力相互作用の変化率, $\dot{\alpha}/\alpha$: 弱い相互作用の変化率, $\dot{\alpha}_s/\alpha_s$: 強い相互作用の変化率

れたフランス、スウェーデン、スペインを主とする天然原子炉の国際プロジェクト「Oklo-Natural Analogue, Phase II」が1999年に終了して以降はこれらの試料は研究に多用されることなく、ほんのわずかだけ使われながら残りは嚴重に保管されている。

参考文献

- [1] 藤井勳：“天然原子炉”，(1985)，(東京大学出版会)
- [2] 日高洋：地球化学, 28, 143-154 (1994).
- [3] 日高洋：RADIOISOTOPES, 46(2), 96-107 (1997)
- [4] J. DeLaeter and H. Hidaka: *Mass Spectrometry Review*, **26**, 683-712 (2007).
- [5] B. Nagy, F. Gauthier-Lafaye, P. Holliger, D.J. Mossman, J.S. Leventhal, M.J. Rigali, and J. Parnell: *Nature*, **354**, 472-475 (1991).
- [6] H. Hidaka and P. Holliger: *Geochim. Cosmochim. Acta*, **62**, 89-108 (1998).
- [7] J. Janeczek and R.C. Ewing: *Am. Mineral.*, **81**, 1263-1269 (1996).
- [8] H. Hidaka, J. Janeczek, F.N. Skomurski, R.C. Ewing, and F. Gauthier-Lafaye: *Geochim. Cosmochim. Acta*, **69**, 685-694 (2005).
- [9] P. Stille, F. Gauthier-Lafaye, K.A. Jensen, S. Salah, G. Bracke, R.C. Ewing, D. Louvat, D. Million: *Chem. Geol.*, **198**, 289-304 (2003).
- [10] K. Horie, H. Hidaka, and F. Gauthier-Lafaye: *Geochim. Cosmochim. Acta*, **68**, 115-125 (2004).
- [11] S. Komarneni, N. Kozai, and W.J. Paulus: *Nature*, 410, 771 (2001).
- [12] F. Gauthier-Lafaye, P. Holliger and P.L. Blanc: *Geochim. Cosmochim. Acta*, **60**, 4831-4852 (1996).
- [13] L.Z. Evins, K.A. Jensen, and R.C. Ewing: *Geochim. Cosmochim. Acta*, **69**, 1589-1606 (2005).
- [14] H. Hidaka, K. Horie, and F. Gauthier-Lafaye: *Earth Planet. Sci. Lett.*, **264**, 167-176 (2007).
- [15] A.P. Meshik, K. Kehm, and C.M. Hohenberg: *Geochim. Cosmochim. Acta*, **64**, 1651-1661 (2000).
- [16] A.P. Meshik, C.M. Hohenberg, and O.V. Pravdiviseva: *Phys. Rev. Lett.*, **93**, 182302 (2004).
- [17] P.A.M. Dirac: *Nature*, **139**, 323 (1937).
- [18] 藤井保憲, 岩本昭, 日高洋: 日本物理学会誌, 55(9), 679-684 (2000).
- [19] A. I. Shlyakhter: *Nature*, **264**, 340 (1976).
- [20] Y. Fujii, A. Iwamoto, T. Fukahori, T. Ohnuki, M. Nakagawa, H. Hidaka, Y. Oura, and P. Moller: *Nucl. Phys. B*, **573**, 377-401 (2000).
- [21] S.K. Lamoreaux and R. Torgerson: *Phys. Rev. D*, **69**, 121701 (2004).
- [22] Y.V. Petrov, A.I. Nazarov, M.S. Onegin, V.Y. Petrov and E.G. Sakhnovsky: *Phys. Rev. C*, **74**, 064610 (2006).

歴史と教育

学士の質をどのように保証するか

—信州大学教育学部での理科教員養成の取組—

村松久和（信州大学）

1. はじめに

学士課程（学部）での教育を見直す動きが強まりつつある。「学士力」とか「社会人基礎力」といった新しいことばが登場し、学士が身に付けるべき知識・能力のガイドラインづくりが、文部科学省や経済産業省の主導で進んでいる。高校卒業者の約半数が大学に進学する状況や、大学進学希望者のほぼ全員が大学への入学が可能となる（大学全入時代）ような状況が迫りつつある中、学士の質保証を求める社会的背景も存在している。日本の大学の抱える問題のひとつに、教育内容や方法、学修の厳格な評価に基づく大学卒業者の質の管理や保証に甘さがあるということがよく言われるが、その質を保証するための考え方として、「学士力」や「社会人基礎力」なるものが出てきているのであろう。

国土が狭く、資源に乏しい日本が経済大国としての地位を保ち、国民が健康で豊かに、そして安全に暮らせるようにするため、小泉内閣は国の施策として「科学技術創造立国」の実現を打ち出し、そのための人材養成をめざした数多くの具体的なプログラムを展開した。しかし一方で、日本の子どもの理科、数学における学力は、いまなお世界の上位に位置しているという調査結果があるものの、理科、数学離れが進行し、科学技術創造立国日本を危ぶむ意見も多く存在している。

初等・中等教育において、理科が好きな子どもの裾野を広げ、知的好奇心に溢れた子どもを育成することは、国にとっても、ひいては本会にとっても重大な関心事である。そのために、有能で、力量・意欲ともに優れた教員を養成することは不可欠で、教員養成を目的とした教育学部にとっては社会的な付託に応える責務がある。たまたま教育に関わる記事を書かせていただける場を与えられたのを機会に、長年にわたって喫緊の課題とし

ながらも実現できてこなかった教員養成学部における学部卒業生の質を担保する教育課程を構想し実施しつつあるので紹介したい。なお、紹介するプログラムは、信州大学の大学教育改革を一層推進し、知的基盤社会を担う、優れた人材を養成するため、特色ある優れた教育の取組を選定・支援する公募型事業である「学士課程 GP (Good Practice)」への応募申請書に基づくものである。

2. 信州大学教育学部での理科教員養成の取組

2-1 趣旨・目的

理科教育の3つのフィールド（モデル模擬理科実験室、信州の自然、学校・地域）を用意し、理科教員に必須の高度な専門性と豊かな指導力を備えた理科の教員の養成を目指す。

（図1 「フィールドで培う理科教員養成プログラム全体概要」参照）

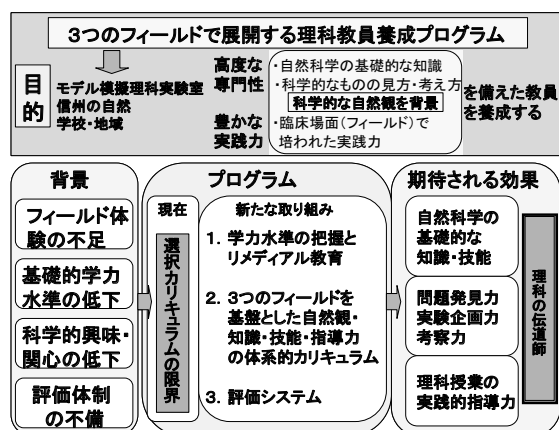


図1 フィールドで培う理科教員養成プログラム全体概要

2-2 背景、社会的ニーズ

(1) 求められていること

PISAの2006年調査では我が国の子どもの、科

学への興味・科学を学ぶ楽しさの指標において OECD 平均を下回っている。第3期科学技術基本計画では、科学技術コミュニケーターの養成や初等中等教育段階から子どもが科学技術に親しみ、学ぶ環境が形成される必要性が指摘されている。また、中教審教育課程部会では理数教育の質・量両面の充実の必要性が指摘されている。理科が好きな子どもの裾野を広げ、知的好奇心に溢れた子どもを育成するために、理科の学問的知識・能力に裏付けられた実践的な指導力を有する教員を養成することが求められている。

(2) 本学部の現状

学部学生の状況としては、基礎的学力水準の低下、科学的興味・関心の低下の傾向がみられ、高校教育における選択カリキュラムの限界が顕著である。これまでの学部の教育課程においては、小学校ないしは中学校仕様の理科室での小学校及び中学校単元準拠の理科の観察、実験は行われていない上に、教育実習以外では学校現場に出かけて理科授業の臨床的な経験を積むカリキュラムがないことによるフィールド体験の不足も見受けられる。

(3) 期待される成果

本プログラムにより、理科教育分野の学生は、卒業時までには理科の学問的知識・能力に基づいて教材開発等に適切に対応できる理科基礎力と、将来担当する理科授業の臨床場面に適切に対応できる実践的指導力を兼ね備えることになる。また、彼らは、地域や学校で理科の授業を企画、促進できる中核的な役割を果たし得るリーダー（「理科の伝道師」）となることが期待され、教員養成のニーズに応えることができる。

2-3 学生教育の目的と成果に関する具体的な目標

(1) 身につけるべき能力等

学校教育教員養成課程の目標として、教育学部の教育・研究の中核的理念である「臨床の知」のもと、厚みのある豊かな教養と専門的な知識・技能を「臨床」の場での確に駆使できる資質能力をもち、社会の変化や児童・生徒の成長・発達過程で生じる多様な教育課題に迅速かつ柔軟に対応できる教員の育成を目指している。さらに、物理学・化学・生物学・地学等の専門領域の学問及び理科

教育の思想や指導法等を学習することにより、理科の教師になるために必要な知識と諸能力を身につけることを目標とし、物・化・生・地の全領域をバランス良く学び、さらに模擬授業等で実践的能力を身につけられるようなカリキュラムを用意することによって、1) 自然科学の基礎的な知識・技能、2) 自然科学的な見方・考え方、3) 理科授業の実践的指導力等をつけさせる。

(2) 理科基礎力の基準

本プログラムは、卒業時に、理科の学問的知識・能力に支えられた教育実践ができる理科基礎力と実践的指導力を修得した学生を養成することを目的とする。

成果として達成すべき具体的な目標は次のとおりである。

2年進級時

中等教育レベルの物理、化学、生物、地学の各領域における基礎的な知識を活用できる。

自然の事物・現象に対する科学的な見方や考え方について自ら振り返りメタ認知できる。

学校現場で実践的指導の実際を体感し、自らの力量を自己評価できる。

3年進級時

基礎的な理科の知識・技能を獲得し、活用できる。科学的に探究する基礎的な能力や態度を獲得し、未知の課題に対して適用できる。

小学校及び中学校の理科の模擬授業を自らデザインできる。

4年進級時

発展的な理科の知識・技能を獲得し、活用できる。未知の課題に対して自ら継続的に科学的に探究できる。

小学校及び中学校の理科の模擬授業を自らデザインし、実践できる。

卒業時

獲得した理科の知識・技能を基に、自ら卒業研究をまとめることができる。

科学的に探究した成果を自ら発表することを通して、科学的に探究する能力や態度を自ら修練できる。

実際の小学校及び中学校において、自らデザインした模擬授業を実践できる。

2-4 大学および学部の人材養成との関係

本学部では、豊かな人間性と専門的知識及び実践に培う基礎的能力を身につけた人材を育成するために、実践的な知の体系としての「臨床の知」の修得を目指した教育研究を推進している。本プログラムは、本学部の人材養成目的に則って、3つのフィールドを用意して臨床の場で実践的な指導力を養成する臨床の知を目指しており、本プログラムにおける成果は本学部の人材養成目的の達成に貢献する。

(1) 人材養成目的の明確化

教育学部の目的は、「信州大学学則第1条に則り、学校教育等に関する専門家を養成するための学芸及びこれに関連する分野の教育、研究を行うことを目的とする。」と「学部規程」に規定している。さらに、「学部規程」で、各課程の目的を掲げ、「学校教育教員養成課程は、社会の変化や児童・生徒の成長・発達過程で生ずる多様な問題に迅速かつ柔軟に対応できる教員を養成する」と規定している。

本年4月の大学設置基準改正の趣旨にそって学校教育教員養成課程では、授業単位や卒業の認定を厳格に行うためにその基準を明確にすると同時に、教育内容等の改善を試み、定着させようとしている。その先行的取組として、理科に強い初等・中等教員の養成に目的をしぼり、そのモデルを実施し、さらに課程全体に広げようとしている。

(2) 人材養成目的等の実現に向けての3つの方針

1) 卒業認定・学位授与（ディプロマ・ポリシー）

上記2-3-(1)の能力等を身に付けさせるために、理科分野学生として卒業に必要な単位数を詳細に学部規程で定めている。しかしさらに、教員としての資質を評価する「教職実践演習」の必修化と関連させ、総合的な理科指導力の基準(2-3-(2))を設け、これらを満たしているかどうかの厳格な判定を経て卒業認定を行い、学士(教育)の学位を授与する。

2) カリキュラム編成（カリキュラム・ポリシー）

教育学部や学校教育教員養成課程の理念・目標を踏まえ、上記2-3-(1)の能力等を身に付けさせるために、専門的知識と実践的指導力を育成する4年一貫のカリキュラムを体系的に実施している。カリキュラムは、教育職員免許法で定める

基準を十分満たすのみならず、知識・能力レベルに応じたものを準備し、本学独自のねらいを込めた授業をも加えたカリキュラムとなっている。実施にあたっては、1年次には教養(共通)教育を重視し、専門科目は少人数による段階的な指導が行われている。

3) 入学者受入のポリシー（アドミッション・ポリシー）

信州大学のアドミッション・ポリシーや教育学部の<理念・目標・求める学生像>に基づき、入学試験の受験単位である教育学部専攻ごとのアドミッション・ポリシーを決定している。これに基づき、専攻・分野ごとの「求める学生像」として具体的に受験生に明示している。

(3) 成績評価基準等の明示等

1) すべての開講科目で、授業の方法及び内容並びに一年間の授業の計画を明記したシラバスを作成し、学生に明らかにしている。また、教員相互間でシラバスをチェックする仕組みをつくり、受講する学生に適切な情報を提供し、授業のねらいに相応しい授業計画となっているかなどを相互に検証している。

2) すべてのシラバスの中に、学修の成果に係る評価並びに単位の認定に関わる基準をあらかじめ明示する項目を設け（「シラバス執筆の手引き」および記述例）、成績評価指標としてGPA制度の導入、「クラス別成績評価平均値(GPC)」の導入を見据えた客観性及び厳格性に基づいた成績評価を行っている。特に、「卒業研究」の評価では、公開の場での研究成果の発表と教員・学生・院生による質疑応答を実施し、最後に教員のみによる評価会を開き、成績評価に反映させるシステムをとってきている。

3) 1年次生の学力水準を入学時に調査し、1年次の期末に最低限の基礎的な知識・技能を修得したかどうかを確認するための「理科リメディアル認定試験」を行う。4年次進級時における物理、化学、生物、地学に関する「基礎学力認定試験」を行い、卒業研究を遂行できる力量を測る。卒業時には模擬授業形式の「臨床的理科指導力試験」を実施する。これら教育課程のプロセス管理を、積み上げ式のレベル設定に沿い、3つの方針に対応して行う。

(4) ファカルティ・ディベロップメント (FD) の実施

- ・教育活動の評価及び評価結果を質の改善につなげるために、信州大学全体で行われている授業評価(全授業科目を対象)を実施し、調査結果を公表するとともに、学部教育の改善に活用する。
- ・学部と附属学校園が一体となって「臨床の知」研究を推進することにより、学部担当教員のみならず、学部学生の基礎教育実習および応用教育実習の実践校である附属学校園教諭との間でも、学部理念である「臨床の知」の共有を図る。
- ・教科専門教員を巻き込んだ集団指導体制による授業展開をめざし、教材研究、学部内での模擬授業、附属学校での実践授業およびその後の研究会に担当教員以外の教員も参加することにより、教科専門教員の省察指導能力の向上と意識改革を図る。
- ・学部教員の省察指導能力の向上と意識改革を図ることをめざした実践の推進。
- ・教科教育担当の教員と教科専門を担当する教員が有機的に連携し、FDプログラムを積極的に推進する。

(5) 自己点検・評価等の実施体制・展開と評価結果の反映

学部の執行組織である学部運営会議の下にある教育課程委員会で、従来の実績や将来の予測などをもとにして計画を作成し(P)、教育組織の単位で計画に沿って実行し(D)、自己点検・評価委員会で実施が計画に沿っているかどうかを確認し(C)、教育課程委員会で計画に沿っていない部分を調べて改善する(A)というサイクル(PDCAサイクル)に従って実施する。

2-5 目的を達成するための教育課程・教育方法及びその実現に向けた実施体制

(1) 目的を達成するための教育課程・教育方法

(図2「フィールドで培う理科教員養成プログラム」参照)

1) 1年次生の自然科学学力水準の把握に基づくリメディアル教育の実施及び自然科学教育に必須の基礎的な知識・技能の修得

① 自然科学に関する学力水準の把握

理数科学教育講座の1年次生を対象にして、自

然科学に関する学力水準の実態を入学時に調査する。調査は、高大の円滑なる接続を促すことのできる本学部入学試験レベルの物理、化学、生物、地学に関する記述試験とする。

② 「理科リメディアル」の実施

1年次生の学力水準を入学時に調査した結果に基づいて、高等学校での未履修科目についての学習の機会を「理科リメディアル」で提供し、最低限の基礎的な知識・技能を補償する。この「理科リメディアル」は、本学部理科教育分野の物理、化学、生物、地学担当の理科専門教員が担当し、1年次のカリキュラムにおいて、高等学校で履修する科目の内容に相当する基礎的な知識・技能を修得させるものである。

③ リメディアル認定試験の実施

- ・全員に対して、2年次進級時にリメディアル認定試験を課す。
- ・理科リメディアルで学んだ基礎的な知識についての記述試験及び技能に関するパフォーマンス試験を行うとともに、学習ポートフォリオ評価を実施する。
- ・達成度60%以上をレベル1、達成度80%以上をレベル2、達成度90%以上をレベル3とし、レベル2及びレベル3の学生に対して認定を与える。
- ・レベル1以下の学生に対しては補講を2月に行って、高大接続が円滑に進むように質を保証する。3月に再試験を行い、不認定の場合は留年とする。

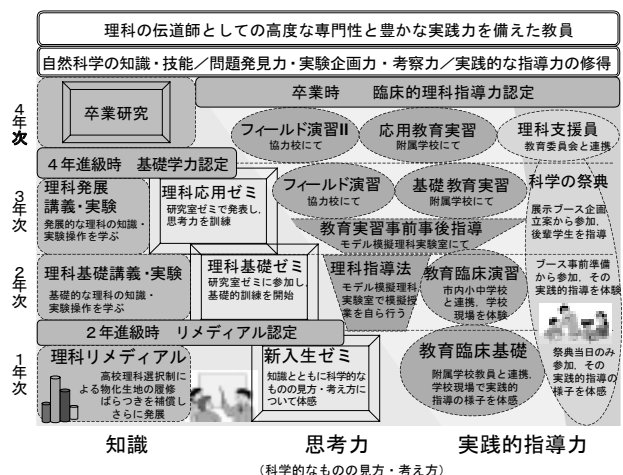


図2 フィールドで培う理科教員養成プログラム

- ・2年次からの理科基礎の講義によって、自然科学に関する知識・技能を修得させる。
- 2) 1～4年次までのゼミナール・実験で深化する問題発見力・実験企画力・考察力

① 小学校及び中学校の教科書に即した免許科目『理科基礎実験』

小学校及び中学校の観察、実験について、同じ教材・教具を整備した上で、それを使って『理科基礎実験』（物理基礎実験・化学基礎実験・生物基礎実験・地学基礎実験）を行う。また、信州の自然を生かした自然体験を重視した実習を行う。

② 問題発見力・実験企画力・考察力の体系的深化を目指す研究室活動の充実

理科教育分野のすべての学生を対象にして、1年次の「新入生ゼミナール」に加え、研究室に所属する2年次から、2年次「理科基礎ゼミナール」、3年次「理科応用ゼミナール」、4年次「卒業研究」による3年間の一貫した体系的な研究室における教育研究活動を実施する。

③ 4年次進級時における物理、化学、生物、地学に関する基礎学力認定試験

- ・全員に対して、4年次進級時に基礎学力認定試験を課す。
- ・2年次及び3年次に学んだ小学校及び中学校単元準拠の基礎的な知識及びそのバックグラウンドとなる応用知識についての記述試験及び問題場面や問題解決のプロセスに関する自由記述試験を行うとともに、学習ポートフォリオ評価を実施する。
- ・達成度60%以上をレベル1、達成度80%以上をレベル2、達成度90%以上をレベル3とし、レベル2及びレベル3の学生に対して認定を与える。
- ・レベル1ないしはレベル1までも達成しない学生に対しては補講を2月に行って、基礎学力について質を保証する。3月に再試験を行い、不認定の場合は留年とする。

3) 理科授業の実践的指導力の修得（本プログラムにおいて創意工夫した特色）

① 模擬授業を通じた実践的な理科指導法（2年次）の学修

本学部内に小学校及び中学校の理科室仕様のモデル模擬理科実験室を1室設け、将来担当する理

科の授業の実践を小学校及び中学校の理科室仕様の文脈でトレーニングして力量を培う。3つのフィールドの一つであるモデル模擬理科実験室は本プログラムの特色であり、全国初めての試みである。従来、理科における免許科目の模擬授業は既存の実験室で行って来ているが、それは大学の講義に対応する施設でしかない。小学校及び中学校の理科室仕様のモデル模擬理科実験室が実現することによって、その文脈において実践的な指導力がより一層育つことが期待できる。そこでは、30人程度の少人数授業を行い、受講者全員が1回以上の模擬授業体験による授業の立案、実施をする。また、VTRやICレコーダーによる授業記録の分析などを通じた、授業評価を行って、受講者自身にフィードバックして振り返らせるとともに、成績の評価ともする。

② 理科教育における「理科教育フィールド演習」の開設

- ・学生が、「教育臨床演習」や「理科エキスパート活用推進事業」（県教育委員会の事業）の経験を基に本学部附属学校または本学部近隣の小学校ないしは中学校（以下、プログラム協力校）に出かけて、通年で具体的な理科授業の臨床場面に参観者あるいは支援者の形で参加することで、実践的指導力を身につける。
- ・3つのフィールドの一つである学校・地域での取組は本プログラムの特色であり、従来、学校現場で実践的な指導力を修得する機会は教育実習のみに限られていた。子どもの実態を把握する力を付けるために従来から取り組んできた「青少年のための科学の祭典」の取組と連動させることによって、理科の授業で扱う教材及び児童・生徒に対する理解が一層深まることが期待できる。
- ・プログラム協力校において、3年次には実際の理科授業の準備（毎週、特定の曜日にプログラム協力校に出かけ、理科授業の準備、後片付け等を実践する。「理科教育フィールド演習Ⅰ」）。
- ・4年次にはティームティーチングで実際の理科授業に参画（毎週、特定の曜日にプログラム協力校に出かけ、理科授業のティームティーチング・アシスタント等を実践する。「理科教育フィー

ルド演習Ⅱ)する。

- ・理科の伝道師として3つのフィールドの一つである信州の自然を活用した野外における実践的指導力を修得するためには、附属志賀自然教育研究施設や大学周辺の自然を活用する。小学校及び中学校においては野外での植物や岩石についての学習を指導できる教員が少ないのが現状であり、附属志賀自然教育施設や大学周辺の自然を活用した野外実習を数多く組み込み、直接的に自然事象を体験することによって、野外指導を得意とする理科の伝道師を養成することが可能となる。

③ 卒業時における模擬授業形式の臨床的理科指導力試験の実施

- ・全員に対して、卒業時に臨床的理科指導力認定試験を課す。
- ・小学校及び中学校の理科の授業を模擬授業としてデザインする企画力、実際にデザインした模擬授業を展開する実践力、自らデザインし実践した模擬授業を評価する評価力の修得を認定する。
- ・モデル模擬理科実験室やプログラム協力校の理科室での指導力量を試験する。
- ・学生を教師役、プログラム協力校の教員や本学部の附属学校理科担当教員及び理科教育分野及び臨床学校教育分野等の他分野の教員による教員チーム等を見学・生徒役として模擬授業を行わせて試験するとともに、学習ポートフォリオ評価を実施する。
- ・達成度60%以上をレベル1、達成度80%以上をレベル2、達成度90%以上をレベル3とし、レベル2及びレベル3の学生に対して認定を与える。
- ・レベル1ないしはレベル1までも達成しない学生に対しては補講を2月に行って臨床的理科指導力の質を保証する。3月に再試験を行い、不認定の場合は卒業を延期する。

(2) 実現に向けた実施体制

① 大学としての組織的な取組体制

本プログラムを推進するために、本学部理科教育分野の教員が全員でプログラムを推進する組織的な次の体制を整えている。

- ・科学的な見方や考え方を育成するためのカリ

キュラムの実施……全教員

- ・理科の知識を獲得するためのカリキュラムの実施……主に教科専門の教員
 - ・臨床的な理科の指導力を育成するためのカリキュラムの実施……主に教科教育の教員
- また、本学部附属学校の理科教員と連携、協力し、3年次教育実習や4年次教育実習に加えてそれ以外の教育課程において臨床的な理科の指導力を有する学生を育成する。

② 学外との連携

プログラム協力校の教員チームと本学部の教員チームが連携、協力し、現実に直面する教育現場の具体的な理科授業の臨床場面に適切に対応できる実践的指導力を有する学生を育成する。そのために、プログラム協力校の教員チームと本学部の理科教育分野及び臨床学校教育分野等の他分野の教員チームが協働して、実践的指導力の評価規準を策定する。

(3) 評価体制

本プログラムは、他大学教員、教育委員会、プログラム協力校教員などの学外者を含めた自己評価部会を組織して評価するが、その中で本プログラムによって育成する学生の学習成果を取組の指標として設定し、取組の一評価とする。

1) 自己評価部会による本プログラム評価体制の整備

- ・本学と連携している上越教育大学の教員、及び長野県教育委員会、長野市教育委員会、プログラム協力校の教員、そして本学部の附属学校理科担当教員及び理科教育分野及び臨床学校教育分野等の他分野の教員によって自己評価部会を組織し、評価システムを構築して本プログラムの評価体制（外部評価）を整備する。
- ・本プログラムの有効性として、リメディアル教育が適切か、モデル模擬理科実験室、理科教育フィールド演習は機能しているか、認定試験の評価規準が適切に設定されて行われているかを評価する。
- ・取組終了後も、本評価体制を維持し、学生の専門性と指導力の質の保証をする。

2) 理科専門教員と理科教育教員からなるチームによる基礎学力の育成と評価

- ・1年次に物理、化学、生物、地学各領域の『理科リメディアル』を実施し、1年次の修了時に2年進級の認定チェックを行う。
 - ・2年次に『理科基礎実験』、3年次に「理科応用ゼミナール」を充実させ、4年進級時に学力認定試験を実施し、4年次の卒業研究の充実を図る。
 - ・モデル模擬理科実験室等において必要な備品等を充実させた上で教育現場での教材研究に直接的に寄与できる理科基礎力の育成を図る。
- 3) コラボレーション方式で高める理科授業における実践的指導力の育成と評価
- ・プログラム協力校の教員チームと本学部の教員チームが協働して、実践的指導力の評価規準を策定する。
 - ・「理科教育フィールド演習」を開設し、プログラム協力校において観察、実験や教材開発等の臨床経験を積むカリキュラムを構築する。
 - ・卒業時に、モデル模擬理科実験室等を活用した評価システムを構築して、理科指導力を保証するとともに、卒業後において教育現場で中心的な役割を果たす教員（「理科の伝道師」）の育成を図る。

3. おわりに

学部教育で学ぶ内容や水準は様々であり、ある一定の質が存在するわけではない。学士の質保証についても一律な議論は存在しないであろう。ましてや、外部からの一律的な到達目標の設定や共通のカリキュラム（例えば「コア・カリキュラム」）の策定は、大学の自律性や独自性、特徴などを損

なうことになるとの懸念がある。学部教育のあり方を議論している中央教育審議会は、その中間報告の中で4分野13項目の参考指針を提示し、化学や物理学などの各分野での質保証の仕組みをつくる方針を持っているようであるが、大学サイドからの様々な懸念に配慮するかたちで、答申案では、「大学の個性化・特色化に伴う『教育の多様性』の確保に配慮する」との文言を盛り込んでいる。専門教育の質と量を担保しながら、学ぶ内容だけではなく、人、物、事との深い関わりのなかで、「学び方」を身につける授業の必要性を感じている。この「学び方」には汎用性が高く、その汎用性こそが求められているものであり、卒業後における様々なスキルの獲得の基盤になると考えられる。文部科学省や経済産業省の言う「個々のスキルを総合的に活用して課題を解決する能力」、「学んだ知識を活用するための力」としての「学士力」、「社会人基礎力」は、それらを意図的に産み出す授業やカリキュラムづくりを高等教育に求めていると思われる。

学士課程教育における質の保証を含めた教育改革の必要性は認めるところであり、我々の学部における取組は、長年にわたっての懸案課題が、社会状況の反映としての国の教育政策動向と目指すところにおいて、また社会的ニーズにおいて一致したということであろう。それぞれの大学、学部、学科などの教育理念・目標に沿って、独自のアドミッション・ポリシーにはじまり、ディプロマ・ポリシーを決定し、カリキュラム・ポリシーを確立することが必要である。

施設だより

(財)環境科学技術研究所 全天候型人工気象実験施設

大塚良仁 ((財)環境科学技術研究所 環境動態研究部)

(財)環境科学技術研究所は、六ヶ所村において進められている大規模な商業用の原子燃料サイクル施設の建設を契機として、平成2年12月に青森県六ヶ所村に設立され、「原子力と環境とのかかわり」をメインテーマに、主に放射線や放射性物質の環境中における分布や挙動についての調査研究を行うとともに、低線量率放射線の生物影響に関する調査研究を行っている。

当研究所は、青森県六ヶ所村にあり、3つの研究部(環境動態研究部、環境シミュレーション研究部、生物影響研究部)、広報・研究情報室、技術・安全室、総務部で組織されている。研究所の建屋は、本所敷地内に、本館の他、全天候型人工気象実験施設(Artificial Climate Experiment Facilities、ACEF)、閉鎖型生態系実験施設(Closed Ecology Experiment Facilities、CEEF)、低線量生物影響実験施設(Low-dose radiation effects Research Facility、LERF)の実験施設がある。更に本所から少し離れた敷地に先端分子生物科学研究センター(Advanced Molecular Bio-Science Research Center、AMBIC)がある。

今回の施設紹介では、筆者が属している環境動態研究部が使用しているACEF(図1)を紹介する。他の施設については、当研究所ホームページ(<http://www.ies.or.jp>)に詳細を載せているので、是非ホームページを見て頂きたい。

ACEFは大きく分けて、大型人工気象室、RI管理区域、一般実験室から構成されている。以下に、それぞれについて説明する。

1. 大型人工気象室

ACEFの約1/3を占める実験施設で、温度、湿度、照度等の制御の他、降雨、降雪、霧等の現象を模擬できる大型の人工気象室であり、実験を行うチャンバーの大きさは幅12m×奥行き11m×高さ13mである(図2)。模擬できる気象条件については、表1に示す。この気象チャンバー内では、土壌-植物や大気-植物間の放射性核種の移行を考える際に重要な気象要素を制御して実験することが可能である。環境中の放射性核種の移行や輸送を考える際には、野外での調査結果と気象条件を制御して得られる実験結果と合わせて考



図1 全天候型人工気象実験施設(全景)

表1 大型人工気象室で制御できる気象要素とその調整範囲

気象要素	調節範囲
気温(°C)	-25 ~ 50
相対湿度(%)	20 ~ 90
日射(lx)	15,000 ~ 50,000
降雨(mm h ⁻¹)	10 ~ 100
酸性雨(mm h ⁻¹)	10 ~ 20
降雪(mm d ⁻¹)	50 ~ 250
霧(g m ⁻³)	0.2 ~ 2
酸性霧(g m ⁻³)	0.2 ~ 2
風速(m s ⁻¹)	~ 0.5



図2 大型人工気象室での実験風景

察することにより、より詳細な情報を得ることができる。

東北地方の太平洋岸には、「やませ」と呼ばれる特有の気象現象がある。これは、夏期に冷たく湿った東風が吹き、曇って肌寒い天気は何日も続く気象である。太平洋岸に位置する六ヶ所村もこの「やませ」の影響によりたびたび冷害に見舞わ

れる。大型人工気象室は「やませ」の様な、この地方特有の気象現象を模擬することが可能である。

現在、環境動態研究部では、六ヶ所村の気象条件に即した放射性核種の大気-植物や土壌-植物間の移行パラメータ等を取得するために、安定同位体を用いた様々な実験を行っている。

2. RI 管理区域

ACEF 内の RI 管理区域は、現在、40 種類の放射性同位元素を取り扱うことが可能である。また、この管理区域内は微量の Pu を取り扱う核燃料物質使用施設を兼ねている。管理区域では、実験で使用する放射性核種の濃度レベルで使用場所を分けており、一階は天然レベル、二階はトレーサーレベルの放射性核種を扱う実験室に指定されてい



図3 RI 管理区域内の小型人工気象チャンバー

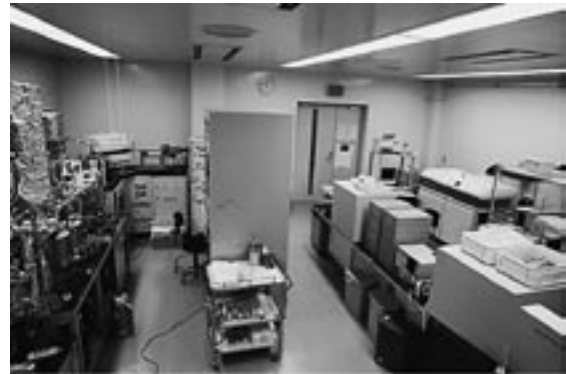


図4 希ガス質量分析器(左)及び ICP 質量分析器(右)

る。また、一階部分には、気温、湿度、照度をコントロールできる小型人工気象チャンバー(幅 2.7 m × 奥行き 2.7 m × 高さ 2.5 m) が 2 台備えられており、例えば放射性核種の土壌-植物間移行を追跡するような実験が可能である(図3)。

分析する放射性核種の種類や濃度レベル等に応じて適切な測定器が使えるように、Ge 半導体検出器、液体シンチレーションカウンタ等をそれぞれ複数台設置している。また、 ^{99}Tc や Pu 同位体等の長半減期放射性核種の測定に使用する ICP 質量分析器と共に、 ^3He を測定して ^3H を定量するための希ガス質量分析器も設置しており、一般環境レベルの有機結合型トリチウム (OBT) の測定に使用している (図 4)。

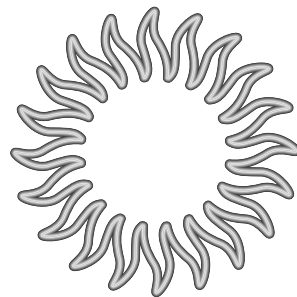
3. 一般実験室

放射性物質を取り扱わない一般実験室及び測定器室は ACEF の 2 階と 3 階に、クリーンルーム 1 室を含む合計 11 室があり、研究員は土壌、水、大気及び生物試料等、対象となる試料の種類毎に使い分けている。更に、小型人工気象チャンバーを 3 台備えており、安定同位体を使用した実験を行っている。

青森県六ヶ所村に立地する大型再処理施設は、平成 20 年の竣工を目指し、平成 18 年 3 月から実際に使用済燃料を用いた最終試験 (アクティブ試験) を行っている。このアクティブ試験時と操業運転時には、極めて微量ながら環境中に放射性核種が排出される。そのため、これらの施設や測定器を用いて、現在、当研究部では以下のようなテーマで研究を進めている。

1. 再処理施設から放出される放射性核種の線量評価モデルの作成
2. 六ヶ所村における放射性核種の濃度、分布及び存在形態に関する調査
3. 環境防護に関する調査

これらの研究テーマの成果については、青森県内において報告会を行うと共に、ホームページなどを通じて公開している。



2006-2007 年度日本放射化学会学会賞受賞者による研究紹介

極低レベル放射能測定の実現と環境放射能研究への新展開

小村和久 (金沢大学環日本海域環境研究センター、金沢大学名誉教授)

この度、日本放射化学会学会賞を受賞するという栄誉に浴し、はなはだ恐縮しています。学会での受賞講演が出来ず、多大な御迷惑をかけ申し訳ありませんでした。本文をもってこれに代えさせて戴きます。

私が卒業研究で故阪上正信先生の放射化学講座に入ったのは、放射能を使った年代測定に興味を持ったのが契機です。卒研でラジウム、ウラン、トリウム、プロトアクチニウムの逐次分析法を開発し、MCではこれを用いて $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ 及び $^{231}\text{Pa}/^{235}\text{U}$ 法による化石珊瑚の年代測定を行ないました。当時、金沢大学には博士課程がなく、大阪大学のDCに進学して、故音在清輝先生のもとでサイクロトロンを使った(d, p)反応の系統性について研究をしていました。しかし、大学紛争が阪大にも及んで研究が出来なくなったので就職することにしました。幸運にも東京大学原子核研究所(現高エネルギー加速器研究共同機構)化学室の助手(故高木仁三郎)の空きポストに採用されました。当時の化学室には故田中重男助教授と坂本浩助手(金沢大名誉教授)と井上照夫技官がいて、千葉県浜金谷の鋸山近くの旧陸軍の塹壕内に設置した「鋸山微弱放射能測定孔」で低レベル放射能測定をおこなっていましたが、ここは核研(現西東京市)から4時間以上もかかる上に水深換算深度は30 mwe (meter water equivalent) の中途半端な測定であり、機会があれば100 mwe以上の深さで利便性も良いところに地下測定室を作ろうと考えていました。

1976年に金沢大学に新設された理学部附属低レベル放射能実験施設に移りました。当初の施設計画に入っていた地下測定室案が採択されず、「低レベル」放射能研究の研究といっても相対効率15%のJ型Ge検出器と15%の可搬型Ge検出器

で研究をすすめることになりました。地下測定室建設の夢が実現性あるものとなったのは1989年、施設開設後12年目のことでした。尾小屋地下測定室(図1)は1995年に稼動し、検出効率やエネルギー分解能を考えて揃えた16台の極低バックグラウンドGe検出器(coaxial型1台、well型9台、planar型6台)が稼動しています。well型とplanar型が多いのは図2から分るように高い検出効率を得るためにほかなりません。ここまで来られたのは「地の利」と「時の運」に加えていくつもの幸運(Serendipity)に恵まれました。

本文では、地の利、時の運にかかわる項目の幾つかに加え、極低レベル放射能測定により展開された研究例を紹介します。

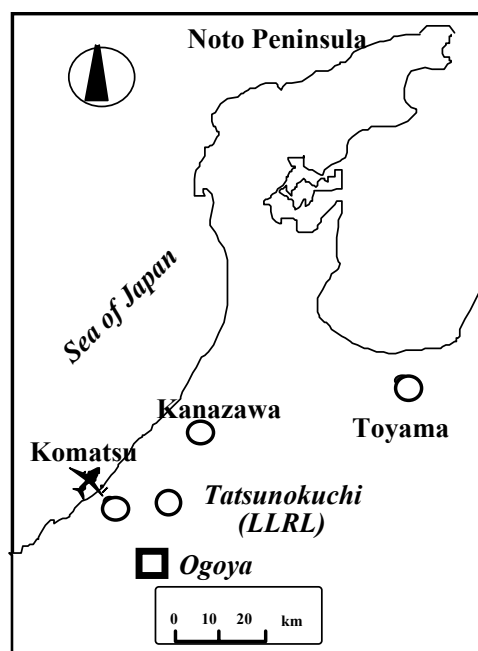


図1 尾小屋地下測定室の位置。研究所、JR小松より約22km、小松空港から約35km近距離にある。

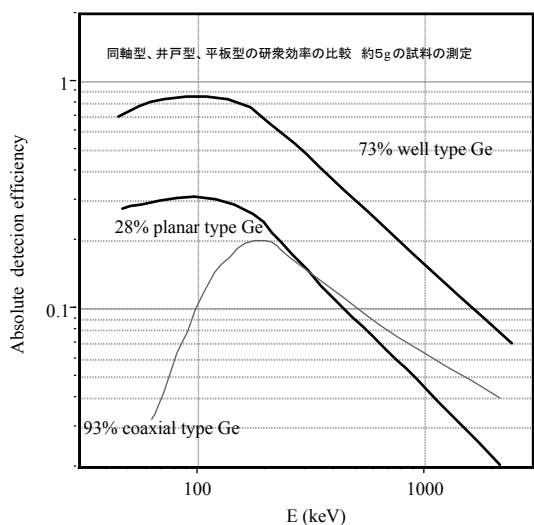


図2 既知濃度の放射平衡にあるウラン (NBL42-1 数10mg) と NaCl を均一に混合した標準線源を用いて測定した93%同軸型、73%井戸型、及び28%平板型ゲルマニウム検出器の検出効率。

旧尾小屋銅山のトンネルの利用

1989年7月、ローカル新聞で「尾小屋マイロード改修」の記事を見つけたのが尾小屋との初めての関わりでした。鉱山資料館館長の助力で、小松市市道の尾小屋 - 倉谷隧道と呼ばれる長さ546 m のトンネルを借用することが出来ました。トンネルの中心部の土被りは135mあり、水深換算270 mwe、でミューオンフラックスは地上の1/200 まで低減できることが分かりました。研究室から地下測定室まで約25分でアクセスできる利便性は鋸山より格段に良く、小松空港から30分でアクセスできるので航空機による短寿命核種の実験にも使うことができます。(羽田小松便で^{116m}In (54 min 検出に成功)。

江戸時代の古い鉛の入手

金沢城内にあった建物を解体した(1977, 78年)さいに、廃材として放出された鉛製の屋根瓦を入手出来たことはまさに「地の利+時の運」と言えるように思います。この鉛は200年以上前に铸造されたものと推察され、遮蔽材として使用すると極めて低いバックグラウンドが得られることが分かりました。(210Pb濃度は3mBq/g以下)

図3に地上で遮蔽無し、金沢城鉛で遮蔽及び尾小屋で遮蔽した時の93.5%同軸型Ge検出器の

バックグラウンドスペクトルを示します。鉛遮蔽で地上では1/500 (通常の鉛では1/100)、地下測定室では更に1/40 まで下がり、1/20000 を達成することが出来ました。比較の為に他機関の大深度地下測定室でのバックグラウンド図4に示します。水深換算270mweの尾小屋が比較的良い位置につけていることが分ります。

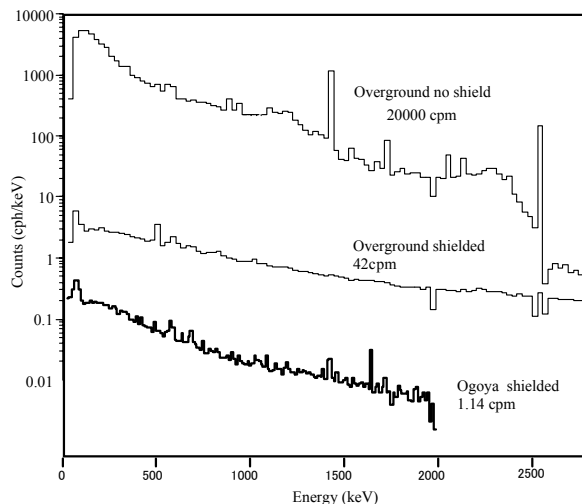


図3 93.5%同軸型検出器の地上で遮蔽の無い状態、遮蔽すると1/500、尾小屋で遮蔽した場合さらに1/40になる。

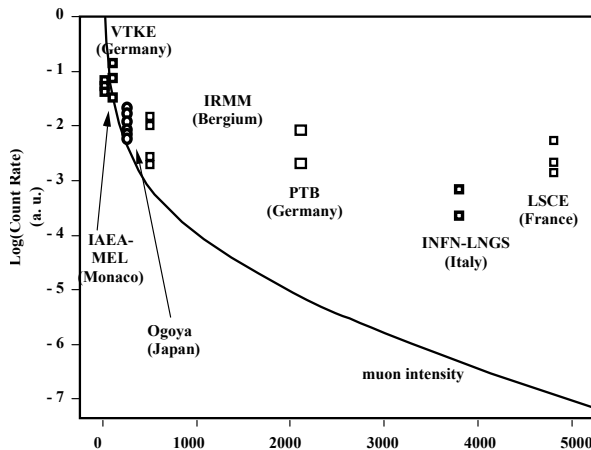


図4 ヨーロッパ諸国の地下測定室と比較した図。図中の曲線はミューオンの減衰を示す。

原爆ドーム内での in situ 測定で ¹⁵²Eu 発見 [1]

原爆投下31年後の1976年8月4日、中国地方の環境放射能測定「記念」に原爆ドーム内で in situ 測定を行いました。調査を終えて研究室でスペクトルをプロットしているさいに122 keV と

344 keV の γ 線 [^{152}Eu (13.33 y)] の存在に気がきました。続いて ^{154}Eu (8.8 y) と ^{60}Co (5.27 y) も確認され、金沢大 [2]、広島大 [3]、長崎大 [4] グループによる被ばく試料の精力的な測定が行なわれました。その結果、遠方の ^{152}Eu 、 ^{60}Co の実測値が計算値より系統的に高くなるというもので、原因は謎でした。

隕石中の宇宙線誘導核種

隕石の中の宇宙線誘導核種の放射能は落下直前の宇宙線(銀河宇宙線、太陽宇宙線)の強度、隕石のサイズ、照射歴などについての情報を得ることができる可能性があります。これまでの最短寿命核種は ^{24}Na (半減期 14.96 h) であり、機会があったら最短時間で測定を開始したいと考えていました。これまでに根上隕石(1995.2)、つくば隕石(1996.1)と神戸隕石(1999.9)の3隕石の測定を尾小屋で行ないました。

図5に根上隕石の地上および地下測定室でのガンマ線スペクトルを比較しましたが地下測定がいかに有効であるかが分ると思います。

神戸隕石の場合は、落下直後に現地にかけてることによって落下20時間後に測定することができ、 ^{24}Na (半減期 15h)のほか、未確認核種 ^{28}Mg (20.9h)と ^{57}Ni (37h)の検出に成功しました [5]。

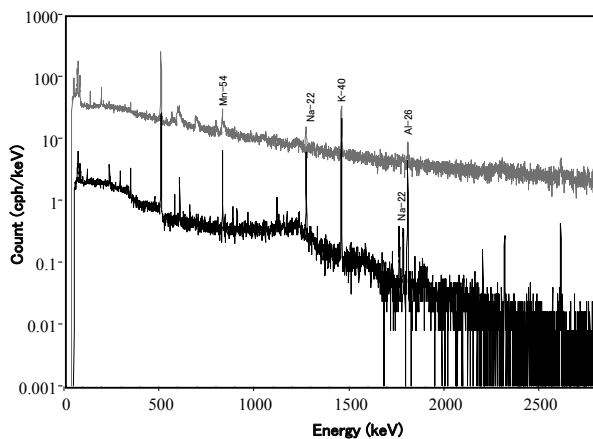


図5 地上及び尾小屋地下測定室で測定した根上隕石のスペクトル地下測定が非常に有効なことが分る。

環境中性子誘導放射性核種の発見 [6]

地下測定室の検出器のバックグラウンドを更に下げるため、金の地金を測定したところ、半減期約3日で412keVの γ 線を放出する ^{198}Au (半減期 2.695日)が見つかりました。環境中性子(0.01n/s/cm²)で検出可能なレベルで中性子誘導核種が生成しているとは思っていませんでした。試しに試薬の測定で ^{60}Co (5.272 y)、 ^{154}Eu (8.8 y)の他、 ^{155}Eu (4.761y)などの検出に成功し、中性子捕獲断面積が大きく生成核種の半減期が適度(数時間以上)の γ 線放射体の徹底的に探索を行ないました。

これまでに検出に成功した核種は、地上の試薬等からは ^{46}Sc (半減期 83.82 d)、 ^{60}Co 、 ^{134}Cs (2.06 y)、 ^{152}Eu 、 ^{154}Eu 、 ^{155}Eu 、 ^{182}Ta (114.3 d)、 ^{192}Ir (73.33 d)、 ^{198}Au 、航空機搭乗時に携行したターゲット試料の宇宙線照射実験で $^{23}\text{Na}(n, \gamma)$ 及び $^{27}\text{Al}(n, \alpha)$ 反応で生成した ^{24}Na (14.96 h)、 ^{56}Mn (2.58 h)、 ^{64}Cu (12.7 h)、 ^{76}As (26.4 h)、 ^{82}Br (35.34 h)、 $^{116\text{m}}\text{In}$ (54m)、 ^{122}Sb (2.70d)、 ^{140}La (40.27h)、 ^{142}Pr (19.13 h)、 $^{152\text{m}}\text{Eu}$ (9.3 h)、 ^{175}Yb (4.2 d)、 ^{187}W (16.98 h)、 ^{186}Re (89.25 d)、 ^{188}Re (16.98 h)、 ^{194}Ir (19.15 h)で合わせて20核種以上に達しました。それらのスペクトルの例を図6に示します。

これら環境中性子誘導核種の内、 ^{198}Au は生成量も多く半減期も短いので実験し易く、環境中性子の1桁低いレベルまで中性子評価が可能です。また化学的にも安定なので、0.1~0.2mmの箔状にしてカウンターが使えない狭い空間、高温、水中、といった過酷な条件や、鉛や鉄等金属中等0.1mm程度の狭い空間の中性子分布等の測定も行なわれました [7]。

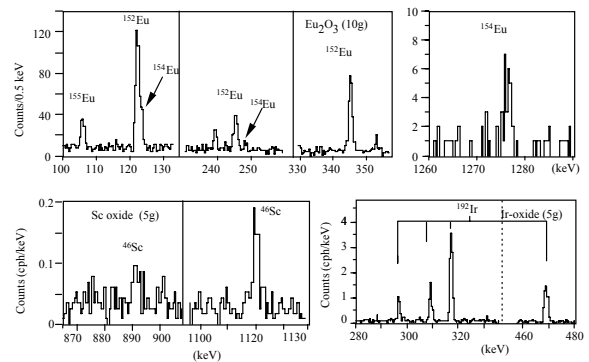


図6 環境中性子誘導放射性核種の検出例。Eu, Sc, Irの放射能は比較的高い

東海村のJCO 臨界事故の環境影響評価

1999年9月30日に発生した東海村のJCO 臨界事故時には漏洩中性子による環境影響評価を行うため全国の大学国公立研究機関メンバーからなる研究班を組織し調査を行ないました。事故サイトを中心に約2 km 以内の土壌、植物、試薬、一般家庭の金属製品（コイン）食卓塩等約400点の試料を採取して種々の方法で測定されました。その結果は JCO 事故に関する最初の論文集として公表されました [8]。金（ネックレス）を用いて測定した影響範囲は1.4 km であり、その値は理論計算ともよく一致しました [9]。

広島原爆誘導核種 ^{152}Eu 再測定：DS02 策定への貢献

広島及び長崎原爆に由来する中性子誘導核種 ^{152}Eu 及び ^{60}Co の実測値が遠方で計算値を大きく上回る原因について長年にわたって議論されてきました。広島大学で検出できたという試料を尾小屋で再測定しましたが広島では爆心から1 km、長崎で600mを超えると ^{152}Eu は検出できないことがわかりました。測定に使った試料が少なかつた事が原因だと推察し、2001年の日米ワークショップにおいて、1 kg 以上の被ばく試料を再測定することを提案し、加速器質量分析計による ^{36}Cl の測定と相互比較する事になりました（図7参照）。その結果、爆発高度を約20m 高くし、

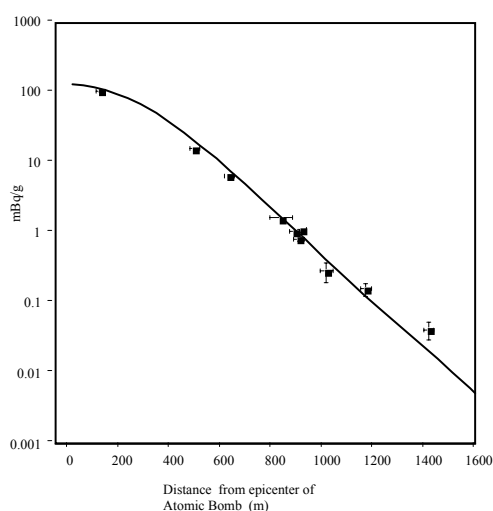


図7 広島原爆誘導核種 ^{152}Eu の距離依存性。1 kg 試料で1.4 km まで検出された。曲線はDS02による計算値1.2km までの一致は極めて良い。

爆発規模を16kt とすれば爆心から1.2km 以内の試料で実測値と計算値が非常によく一致することがわかりました [10]、20 余年にわたる不一致問題が解決され広島および長崎の原爆線量の再評価DS02 [11] 策定に貢献できました。

劣化ウラン弾のウラン同位体測定

イラク戦争の環境調査に参加者した人から劣化ウラン弾の証拠を明らかにしたいと持ち込まれた試料（ろ紙で拭き取った黒くなったもの）を測定したところ、すべての試料で $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$ 比が0.2% 前後の劣化ウランであることを確認しました [12]。黒色を示すので4 価の酸化ウランだと思っていましたが塩化ナトリウムと混合すると黄色を帯びる事からウランの一部が6 価に酸化されていることがわかりました。水溶性の6 価ウランは可溶性なので、地下水系にはいると地下水利用による健康問題が懸念されます。

海水中のラジウム同位体 $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ 放射能比の研究 [13]

海水中のラジウム濃度は極めて低いため、従来は100 L 以上の海水試料を必要としましたが、尾小屋では10L の試料でも精度の高い測定が可能になりました。キャリアーにラジウム汚染の究めて少ないバリウムを用いてラジウムを共沈分離し、 ^{228}Ac の911, 338 keV γ 線で ^{228}Ra を ^{214}Pb の351keV, 295 keV γ 線で ^{226}Ra を定量しました。

能登半島沿岸の海藻中の $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ 放射能比に季節変動が見られたことから、対馬、島根、石川、新潟、青森にかけて沿岸ぞいに数カ月おきに海水の $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ 比を測定した結果、変動の原因が日本海に流れ込む $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ 比の高い東シナ海海水と、 $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ 比の低い黒潮の流入による割合の変動によることが明らかになりました。また、沿岸に沿う海水の流速として約25cm/s を得ました。日本海盆および大和堆における $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ 比及び ^{137}Cs の深度分布から、日本海海水の鉛直混合が大平洋その他の大洋より数倍高いことが分りました。

雨水中の宇宙線誘導核種の研究 [14]

大気上空では酸素、窒素、アルゴン等と宇宙線

との相互作用により種々の宇宙線誘導核種が生成します。これらは雨水により地表に落下しますが、濃度が極めて低い上に寿命が短いので、短時間で大量の雨水を集め、迅速化学分離および迅速測定が不可欠です。

この実験では、屋上を利用して雨水を採集し、陰・陽イオン交換樹脂による30分以内の迅速化学分離で容積を1/2000に減容しγ線測定を行いました。この方法で ^{38}Cl (37.18 m), ^{39}Cl (56 m), ^{18}F (109.7 m), ^{24}Na (14.96 h), ^{28}Mg (20.9 h), ^7Be (53.29 d), ^{22}Na (2.602 y) の7核種の同時検出に成功しました(図8)。これらの内、半減期が比較的長い ^{24}Na と ^{28}Mg の放射能比は検出し易く、上空で起こっている様々な情報をもたらす可能性があると思われます。

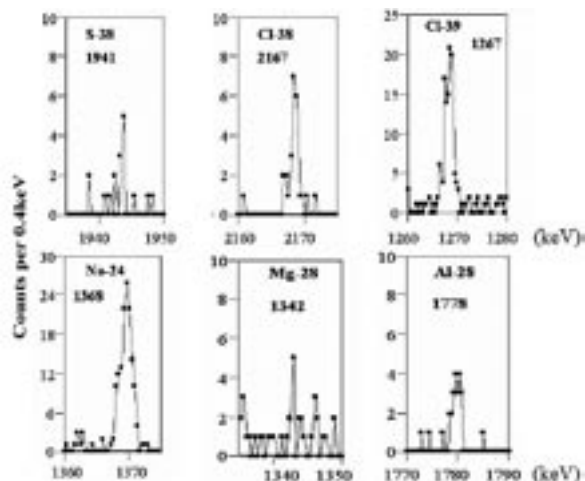


図8 雨水中の宇宙線誘導核種 ^{38}Cl , ^{39}Cl , ^{38}S , ^{28}Mg (^{28}Al), ^{24}Na 検出。その他 ^{98}F , ^7Be , ^{22}Na が検出された。

$^{108\text{m}}\text{Ag}$ による原爆中性子評価の可能性 [15]

遮蔽に銀が使えないかと考えて検出器の周銀板で囲んだところ、 $^{108\text{m}}\text{Ag}$ (半減期 418 y) が検出されました。全く予想しない事でしたが、1970年代に銀が $^{110\text{m}}\text{Ag}$ (半減期 250 d) で汚染されているという論文を読んだことを思い出し、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ に隠れて見えなかった長寿命の $^{108\text{m}}\text{Ag}$ (418 y) が検出されたものと推察しました。環境中性子誘導核種の可能性も考えられたので、江戸末期の加賀藩の銀貨約150gを借用して測定しましたが $^{108\text{m}}\text{Ag}$ は検出されませんでした。

最近の銀試薬のほとんどすべてが $^{108\text{m}}\text{Ag}$ で汚染されていますが1964年の東京オリンピックの記念銀貨は $^{108\text{m}}\text{Ag}$ 汚染がないことからそれ以降に汚染が起こったものと考えられます。

これがヒントになり、原爆中性子由来の $^{108\text{m}}\text{Ag}$ が検出される可能性があるかと推察しました。半減期が長いので殆ど減衰していないこと、Euと比較して銀製品の場合は化学分離を要しないこと、ガンマ線の放出率が高く(435, 614, 723 keVそれぞれ99%以上)妨害ピークがないなどの利点があり、岩石中の ^{152}Eu より1000倍以上感度が高いとの試算結果になりました。

広島及び長崎の原爆資料館から、金属試料を借用して測定しましたが、銀製品は銀の勲章(銀含有量95%)だけしかなく、似島の埋葬地点から発掘された真鍮製の指輪の2試料のみ $^{108\text{m}}\text{Ag}$ が検出されました。これは不純物あるいは象嵌の銀を含む指輪の可能性があり(図9)。その後、東京在住の方から爆心から2.5km以遠で被爆した銀製のスプーンとキセルを測定しましたが、検出されませんでした。

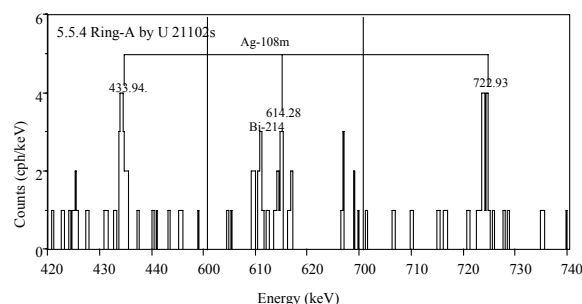


図9 真鍮製の指輪で検出された $^{108\text{m}}\text{Ag}$ 。不純物としてあるいは象嵌に含まれた銀に由来する可能性が有る。

以上、尾小屋測定室を使った研究の一端を紹介させていただきました。これらの研究で協力いただいた同僚や学生諸君に深く感謝し、結びといたします。

参考文献

- [1] 阪上正信, 小村和久, 京大原子炉実験所 KURR-TR-155, 20-25 (1977)
- [2] T. Nakanishi, T. Morimoto, K. Komurfa, M. Sanoue. Nature **302**, 132-134 (1983)

- [3] K. Shizuma, K. Iwatani, H. Hasai, M. Hoshi, T. Oka, H. H. Morishige. *Health physics*, **65**, 272-282 (1993)
- [4] S Okajima, J. Miyajima, "S-Japan Joint Reassessment of Atomic Bomb Radiation Dosimetry in Hiroshima and Nagasaki, Rinal Rep. Vol 2. pp 256-260 (Ed.W. C. Lowsc) 1987 [DS87]
- [5] K.Komura, M. Inoue, M. Nakamura. *Geochem. J.* **36**, 333-340 (2002)
- [6] K. Komura *Proc. 9th Int. Symp. on Environmental Radiochemical analysis held on 18-20, Sep. 2002 in Maidstone . p. 55-59 (2003).*
- [7] Y. Hamajima and K. Komura. *Radioactivity in the Environment* **8**, 511-519 (2006)
- [8] *Journal of Environmental Radioactivity Special Issue 典 he Tokai-mura Accident* **50** (1,2) (2000).
- [9] K. Komura, A. M. Yousef, Y. Y.Murata, J. *Environ. Radioactivity*, **50** (1,2) 77-82 (2000).
- [10] K. Komura, M Hoshi, A. Endo, M. H. Fkushima. *Health Phys.***92** (4), 366-370 (2007).
- [11] DS02: Reassessment of the Atomic Bomb Radiation Dosimetry for Hiroshima and Nagasaki; Radiation effects research foundation
- [12] 藤田祐幸, 小村和久, 古川路明, *科学* **75** (1) 7-10 (2004).
- [13] M. Inoue, K. Tanaka, S Kofuji, M.Yamamoto, K. Komura. *J. Environ. Radioactivity* **89**, 137-149 (2006) .
- [14] K. Komura, Y. Kuwahara, Y. Abe, K. Tanaka, M.Inoue. *J. Radioanal. Nucl Chem.***269**, 511-516 (2005).
- [15] 小村和久, *放射化学ニュース*, **13**, 11-17 (2006)

(編集者注：小村和久先生の研究紹介は放射化学ニュース第17号に掲載予定でしたが、御本人の希望により本号掲載とさせていただきます。)

コ ラ ム

日本放射化学会への提言

馬場 宏 (大阪大学大学院名誉教授)

日本放射化学会が発足してから8年が経過し、会の運営も軌道に乗って順調に発展をとげているようで、まずは慶賀にたえない。その間には、放射化学討論会の50周年記念行事や記念文集の編纂といった大事業もあり、役員諸氏の働きには頭が下がる思いである。特に初代会長を勤められた中原氏の功績は、誠に多とすべきものがあり、その功績に対して木村賞を贈って報いたいという会員の熱意はもったもなことである。

ところで、順調な歩みを続けているかに見える放射化学会であるが、ここに来て幾つかの問題が露呈して来たように見えるのは、筆者の僻めであろうか。これから呈する苦言は、学会のさらなる発展、さらには放射化学研究の進展・向上を願っての現れと思っ御容赦いただければさいわいである。

50周年記念文集の編纂にあたって関係各位の払われた労力は、さぞや大変なものであったであろうと推察している。ことに国立大学や国立研究機関の独立法人化が実施されて以来、とみに指導的立場にある研究者が研究以外で負わされる負担が増して、ただでさえ本来の研究活動に振り向けられるべき時間が圧迫されている中で、文集編集に割かれた労力は貴重なものであったに違いない。

したがって、文集の編纂にあたった編集委員会にあまり多くを望むのは酷であろうことは承知しているが、それにしても委員会の準備不足、力量不足は見過ごすことはできないのである。

実際に執筆する担当者の人選はさておいて、執筆の前提となる執筆方針が二転三転し、そのために執筆者に混乱と迷惑をあたえた結果、最終的な体裁がまとまりを欠き、到底出版に耐えるものでなくなってしまったのは万人の認めるところである。

さらに重要なことは、執筆者以外の有識者によ

るクロス・チェックがなされなかったことである。そのために、出来上がった最終稿は統一性を欠くだけでなく、精粗ばらばらで、欠落も多く、50年の放射化学研究の足跡を記す記念文集とはいいい難い内容である。

50年にわたる先達の放射化学研究の軌跡は貴重であり、このまま埋もれさせてはならない。出版もせずに、DVDにしてお茶をにごしただけで良いという訳には行かないのである。執行部からは予算の関係でこれ以上は無理であるという返事しか返ってこないが、それこそ会員から寄付を募るなり、運営の費用を節約する等の努力を払って費用を捻出し、学会の総力を挙げて10年かけてでも完成させるべきである。

肝心の内容に関しては、山に捨てようとした年寄りの知恵に助けられる姥捨て山の昔話ではないが、討論会発足以来の歴史に精通している古老方に編纂をお願いするのが至当であろう。従って、先達達が健在な今をおいてその機会は二度と巡ってこない。一刻の猶予も残されていないのである。執行部の決断を強く望むものである。

次に、学会が会員の業績をどのように評価しているのかという点について触れてみたい。学会が会員の研究業績を評価した結果が学会賞その他の賞となって示される訳で、その意味で、学会賞の選考はおろそかにはできないことは言うを俟たない。

受賞対象論文の選考にあたっては、創造性という要素が不可欠であり、とりわけオリジナリテイの有無が重要な要因になることは自明のことである。しかしながら、当放射化学会には、その点に関して自らを律する上での厳しさが不足していると感じているのは筆者だけであろうか。過去における放射化学討論会での発表論文を見ても、何年も前に誰かが発表した仕事をただなぞっているだ

けの発表が再三ならず散見される状態である。このような事を繰り返すことを容認する風潮からは学問の進歩は望めないし、他学会からは軽んじられることになる。

大阪大学理学部の大講義室には、初代総長岡半太郎先生の筆になる「糟粕を嘗むる勿れ」という額が掲げられている。これは毎年入学してくる新入生のみならず、全学生・職員に対する、酒の搾りかすのように中味の無いつまらない仕事をすなという戒めである。筆者としては、この言葉を放射化学会のメンバー全員に自戒の言葉として贈りたい。

残念なことに、学会のオリジナリティについての鈍感さは、学会賞の選考結果にも露呈している。ノーベル賞の選考にあたっては、選考委員会は対象となっている研究テーマが最初に登場した起源をとことん迄追求して、オリジナリティの確立に努力している。我が放射化学会も、その点についてはノーベル委員会を見習うべきであり、たとえ、当該論文の執筆者が引用を怠っていても、その起源を見落としてはならない。いわんや他人のオリジナリティを侵害しているような論文が学会賞に選ばれるようなことがあってはならないのである。そのような事態を排除して始めて学会賞の価値が定まるといえる。それは審査対象がいわば身内の研究内容に限られている我々の場合には、それほど困難なことではない筈である。

さらに、放射化学会には、学会の運営・活動に対して多大の貢献をした会員に対して、その功績を顕彰するための賞として木村賞が設けられている。過去の受賞例を見ると、学会賞受賞者の中で

特に学会に対して貢献があった人物に、学会賞・木村賞というダブル受賞の形で贈られていることが分かる。このことは、裏を返せば、学問的業績と学会への貢献度の抱き合わせて対応を決めていることを意味し、純粋に学問的価値のみを審議しているとは言えなくなるのではないだろうか。このような性格の賞を設けている学会は他に例を見ず、学会賞の権威を高める意味でも、両者は切り離すべきであろう。

最後に、学会の運営の仕方についての苦言を呈しておきたい。そもそも、放射化学会の発足にあたっては、煙たい年寄りの影響力を排除して、現役の若い人材によって学会の清新な運営を行いたいという方針を立てた訳で、その基本的な考え方は、我々年寄り連中も納得したという経緯がある。ところが、その後の経過を見ると、歴代の会長・副会長が依然としてオブザーバーとして理事会に参加し、影響力を保持し続けているようである。これでは、折角の最初の意気込みを自ら放棄して、新しいボス達を生み出していると言わざるを得ない。執行部はもっと自らに自信をもって会の運営に当たってもらいたい。大勢のオブザーバーに旅費を支給しているとすれば、とんだ無駄使いであり、そんな余分の金があれば、記念文集の刊行の方に回すべきである。

以上、忌憚のない苦言を呈させていただいたが、これも学会が、会員諸氏の研究に対するモチベーションをエンカレッジし、併せて研究環境を整備するという役割を十分に果たされんことを期待するが故の苦言と受け取り寛恕されんことをお願いする次第である。

研究集会だより

1. 第9回環境放射能研究会

阿部 琢也 (東京大学大学院工学系研究科原子力専攻)

第9回「環境放射能」研究会が、平成20年3月27日および28日の期間で、つくば市の高エネルギー加速器研究機構において開催された(主催:高エネルギー加速器研究機構 放射線科学センター、日本放射化学会 α 放射体・環境放射能分科会、共催:日本原子力学会 保健物理・環境科学部会、日本放射線影響学会、日本放射線安全管理学会)。日本原子力学会・春の大会と会期が重なっていたこと、および、年度の最終週に行われたことで例年に比べて参加者数が縮小した感は否めなかったが、口頭15件(依頼公演1件を含む)およびポスター19件の計34件の発表と80名を超える参加者により、活発な発表および討論が行われた。例年三日間で行われてきた本研究会であるが、今回は開催側の理由で二日間に短縮されたため、かえって中だるみの無い集中的な研究会になったと思われる。本研究会での大半を占めた地球科学的な研究の発表内容については、後に刊行予定のProceedingsに任せることとし、本稿では、討論課題および特別セッションについて言及する。

本研究会では毎回討論課題を設けて、その課題に関連した分野の識者からの公演を依頼している。近年の環境問題に対する世界的な関心の高まりを受けて、ICRPは2005年に第5委員会(protection of the environment)を新設したが、今回はその動向を追うことを目的として「放射線の環境影響」が課題とされた。依頼公演は、同委員会委員である放射線医学総合研究所の酒井一夫氏から「放射線の環境影響・防護に関する国際動向」の題目でなされた。この講演では、背景から第5委員会設置までの歴史的な経緯および委員会

の目的に始まり、環境防護のツールとしての「レファレンス動植物」の概念の導入およびその線量評価の現状に至るまでの国際動向が、保健物理に普段は精通していない聴衆に対しても非常にわかりやすく解説された。その後、この依頼公演を受けて、木名瀬栄氏(原子力機構)の「カエルボクセルファントムの臓器吸収割合評価」や府馬正一氏(放医研)他の「モデル実験生態系を用いた放射線の環境影響評価」といった題目で、環境防護に関する研究の国内での現状が発表された。包括的な放射線防護体系の確立を目指す国際・国内動向の中で、これらの新しい切り口の研究は今後の発展が大いに期待される。

本研究会は学部生・大学院生の発表や参加の割合が多いということが特色であり、前々回において、特別セッションとして若手セッションが行われた。「若手が思ったことを自由に口にできる良い機会」として、二年間を隔てた今回、再び同セッションが設けられた。今回は、事前に配布・回収しておいたアンケートの内容に沿った話題を議論するといった形で行われた。第一部「仲間さがし」および第二部「若手研究のあり方」の二部で構成され、その中で、学生を含めた若手研究者(ここでは35歳以下と設定された)のそれぞれの題目に対する問題や悩み等の抽出を行った上で、それらに対するベテラン研究者からの回答・コメントがなされた。第二部において、「新しい分野の開拓を行うために、様々な分野との連携を取る」といった研究の新規展開を期待したコメントが多い中で、「現在までに確立された手法等の再確認」といった回顧的な研究を推奨するコメントがあったことが特に印象的であった。このような有益なコメントが得られた今回の成功とは裏腹に、若手セッションを先導する若手の存在が危ぶまれており、この解決が急務の課題であると思われる。

二日間の短い日程の中で実に充実した内容であ

り、今後の課題が参加者それぞれの胸のうちに明確化した研究会であったと思われる。今回提起された課題に対する方策を携えて、次回研究会に多数の研究者が集まることを期待する。

2. 放射生態学と環境放射能に関する国際会議 International Conference on Radioecology and Environmental Radioactivity 吉田 聡 (放射線医学総合研究所)

標記の国際会議が2008年6月15日から6月20日までノルウェー南西部の港町ベルゲンにて開催された。この会議は、これまで独立して開催されてきた二つの会議、「ECORAD (エコラド)」と「International Conference on Radioactivity in the Environment (環境放射能に関する国際会議)」を発展的に合わせる形で企画され、環境放射線(放射能)関連の研究者と関連機関の代表者を一堂に集めて最新の情報を共有する事を目的とした。本会議は、ノルウェー放射線防護庁(NRPA)とフランスの放射線防護核安全研究所(IRSN)が共催し、IAEA、WHO、OECD/NEA、ICRP、IUR(国際放射生態学連盟)等の関連国際機関及び、関連学術雑誌のJ. Environmental Radioactivityが協賛した。NRPAのP. Strandが運営委員長を務め、40カ国以上から300人を超える参加者があり、日本からは9名が参加した。

オープニングと基調講演の後、以下の9つのセッション(S)に分けて議論が進められた。

- ・S1: 緊急事対応と復旧
- ・S2: TENORM/NORM (ラドンを含む)
- ・S3: 放射生態学
- ・S4: リスクアセスメント
- ・S5: 北極地方
- ・S6: 化学形態
- ・S7: 社会の中での放射線
- ・S8: 放射性廃棄物
- ・S9: 環境防護

口頭発表には2会場が用いられ、別にポスター発表用に1会場が準備された。また、ポスター発表の一部には、オーラルポスターと称して5分間の口頭発表時間が与えられた。全体に非常に活発な

議論が展開され、二つの国際会議を合わせた事は成功であったと感じる。

以下、筆者が参加したセッションを中心に概要を紹介したい。

基調講演では、各セッションのテーマの最新動向や、複数のセッションにまたがる重要課題に関する6件の発表が行われた。放射生態学の挑戦(B. Salbu: ノルウェー)、環境の放射線防護に関する挑戦: 特に生態系(F. Brechignac: フランス)、個人のリスクファクター(B.M.D. Sjöberg: ノルウェー)、NORMの環境モデル(P. McDonald: イギリス)、廃棄物処分とICRP勧告(C.M. Larsson: スウェーデン)、緊急事対応と復旧の枠組みとICRP勧告(W. Weiss: ドイツ)がその内容である。

TENORM/NORM (S2) では13件の口頭発表が行われ、筆者は座長の一人を勤めた。 ^{210}Po 、 ^{210}Pb 、 ^{222}Rn 等の現場での測定に係る事項から線量評価モデルまで幅広い分野をカバーする内容であった。今回の会議の元となった二つの国際会議では、これまで主として環境中の人工放射性核種を議論することが多く、自然放射線に対する取り組みは遅れていた。今回、J.M. Godoy (ブラジル)らの努力でこの分野に多くの発表が見られたことは、新たな展開として評価できる。ただ、TENORM/NORMを議論するには保健物理関連の研究者の取り込みが遅れており、日本国内についても、もっと宣伝が必要であったと感じている。

放射生態学(S3)では10件の口頭発表が行われた。医療で利用される放射性核種の環境挙動(H. Fischer: ドイツ)、スズキへの ^{137}Cs の取り込み: 塩分濃度との関係(J. Hattink: イギリス)、シロイヌナズナへの低線量連続放射線の影響(H. Vandenhove: ベルギー)、プランクトンへのUとSeの複合影響(R. Gilbin: フランス)、IAEA-TRS364の改訂(B.J. Howard: イギリス)、 ^3H と ^{14}C の環境モデル: IAEA-EMRASより(A. Melintescu: ルーマニア)等がその内容であり、オーラルポスターやポスターにも興味深い発表が多く見られた。ただ、環境防護(S9)との仕分けが非常に曖昧である印象も受けた。

北極地方(S5)では、エニセイ川流域の堆積物中のPu同位体(J. Brown: ノルウェー)、

Kraton-3 地下核実験場での放射生態学研究 (V. Ramzaev: ロシア) 等、5件の口頭発表が行われた。Kraton-3 は1978年の地下核実験時に地上に放射性核種が噴出し、ブルームの形に植物が枯死した場所である。既に、J. Environmental Radioactivity 等に報告があるが、チェルノブイリや東ウラル汚染地域と並んで、核種の挙動や生態系影響を研究するための場所として有効である。

化学形態 (S6) は、放射化学会には最も関連のあるセッションと言える。残念ながら、放射生態学と切り分けられたこともあり、口頭発表は4件のみであった。海水中の ^{127}I と ^{129}I の化学形態 (X. Hou: デンマーク)、ウラン鉱山周辺での核種の化学形態 (M. Strok: スロベニア)、土壌中の Re, I, Se の分布と化学形態 (R.T. Norman: イギリス)、シンクロトロンマイクロ X 線回折による放射能粒子の解析 (O. Christian: ノルウェー) である。化学形態の重要性は誰もが認識するところであるが、逆に今回の会議の様な場では、そこだけ切り離して議論することは難しいと感じる。

放射性廃棄物 (S8) では7件の口頭発表が行われた。汚染物埋設地域の核種移行に及ぼす森林化の影響 (Y. Thiry: ベルギー)、リスクアセスメントと生物圏モデル (M. Brennwald: スイス)、人以外の生物に対する処分場の影響評価 (K. Smith: イギリス) 等である。放射性核種の環境挙動等に関してオーラルポスターやポスターにも興味深い発表が多く見られた。放医研の石井伸昌 (湛水土壤における ^{14}C ラベル酢酸ナトリウムの挙動) と萩山慎一 (^{14}C ラベル酢酸の経根吸収) もこのセッションのオーラルポスターで発表した。

環境防護 (S9) では13件の口頭発表が行われた。このテーマは、今回の会議の元となった二つの国際会議でこれまで重点的に議論されてきたものであり、それらの議論が国際機関の動向 (最近の ICRP 新勧告への取り込み等) に強い影響を与えている。議論開始時は、環境の放射線防護の必要性に始まる非常に概念的な議論に終始していたが、それらの議論も次第に成熟し、今回の会議では最新の国際動向と実際の影響評価研究の紹介がほとんどであった。チェルノブイリとカザフスタンにおける植物への影響 (S.A. Geras'kin: ロシ

ア)、東ウラル汚染地域における小哺乳動物への影響 (E. Grigorkina: ロシア)、ゲノミクスとプロテオミクスを用いた評価: シロイヌナズナ (N. Willey: イギリス)、複合曝露に誘発されるバイスタンダー効果 (C. Mothersill: カナダ)、EC プロジェクト PROTECT (D. Copplestone) 等である。

著者も、最終日のこのセッションで口頭発表を行った。「日本の環境における生物と生態系の放射線防護に関する放医研の研究」と題し、放医研の中期計画で進めている関連研究をまとめて紹介した。ICRP 第5委員会 (環境防護) 委員長の J. Pentreath の発表「放射生態学と放射線防護」に続く発表となったこともあり、多くの聴衆に興味を持って聞いてもらえた。会議中に議論されてきた研究要素の多くを幅広く含む研究紹介であり、日本の活動を強く印象づける事ができたと感じる。続く、府馬正一による口頭発表「マイクロコズムを用いた生態系影響研究」も好評であった。

会期中に IUR の総会が開催された。活動の概要に続いて、各タスクグループの紹介に時間が割かれた。日本は、Rice のタスクグループを主導しており、環境科学技術研究所の塚田祥文が進捗状況の紹介を行った。また、ヨーロッパ以外の地区での活動を如何に増やすかについても議論が行われ、アジアに関してもその必要性が言及された。IUR が以前行っていたトレーニングコースの復活の議論と合わせて、今後日本も取り組みを検討する必要がある。

開催地のベルゲンはフィヨルドや氷河観光の拠点でもあり、観光客が非常に多い。治安は非常に良く、真夜中まで空が明るい状況と相まって開放的な雰囲気を味わうことができた。残念ながら天候は開催期間を通して雲時々雨であったが、聞くところによれば、この場所では雨が降らなければ良い天気なのだそうだ。3本マストの帆船を貸し切った夕食会 (帆走ではないが実際に航海) 等、地の利を生かした企画も多く、楽しませて頂いた。

今後、この会議は3年ごとに開催される予定であり、次回は C. Mothersill (McMaster 大学) がホストとなり、カナダのオンタリオ州で開催されることとなった。放射化学会の皆様を始め、より幅広い分野の方々の参加を期待したい。

情報プラザ

1. The 6th International Symposium on Technetium and Rhenium - Science and Utilization (IST-2008)

会期 2008年10月7日(火)～10月10日(金)
会場 Conference Centre of the Nelson
Mandela Metropolitan University, Port
Elizabeth, South Africa

Web ページ URL : <http://www.nmmu.ac.za/default.asp?id=4150&sid=&bhcp=1>

連絡先 Prof. Thomas Gerber
Phone: +27 41 504 4285
Fax: +27 41 504 1595
E-mail: Thomas.Gerber@nmmu.ac.za

2. The 16th Pacific Basin Nuclear Conference (16PBNC) - Pacific Partnership toward a Sustainable Nuclear Future

会期 2008年10月13日(月)～10月18日(土)
会場 Aomori City Cultural Hall, Aomori, Japan

Web ページ URL : <http://www.pbnc2008.org/>
連絡先 E-mail: info@pbnc2008.org

3. The 12th International Congress of the International Radiation Protection Association (IRPA 12)

会期 2008年10月19日(日)～10月24日(金)
会場 Buenos Aires Sheraton Hotel and
Convention Center, Buenos Aires,
Argentina

Web ページ URL : <http://www.irpa12.org.ar/index.htm>

4. 2008 Third Asia-Pacific Winter Conference on Plasma Spectrochemistry (2008 APWC)

会期 2008年11月16日(日)～11月21日(金)
会場 Tsukuba International Congress Center,
Tsukuba, Japan

Web ページ URL : <http://2008apwc.com/>

連絡先 Naoki Furuta, Chuo University, Faculty
of Science and Engineering,
Department of Applied Chemistry,
Environmental Chemistry Laboratory,
1-13-27 Kasuga, Bunkyo-ku, Tokyo
112-8551, Japan
TEL: 03-3817-1906, FAX: 03-3817-1699
E-mail: nfuruta@chem.chuo-u.ac.jp

5. Methods and Applications of Radioanalytical Chemistry (MARC VIII)

会期 2009年4月6日(月)～4月10日(金)
開催地 Kailua-Kona, Hawaii, USA

Web ページ URL : <http://altmine.mie.uc.edu/nuclear/marc/index.shtml>

連絡先 Samuel E. Glover.
National Institute for Occupational
Safety and Health
Robert A. Taft Laboratories, 4676
Columbia Parkway
Cincinnati, OH 45226, (513) 533-6829
E-mail : samuel.glover@uc.edu

本だな

未来の私たち— 21世紀の科学技術が人の思考と感覚に及ぼす影響

スーザン・グリーンフィールド 著 伊藤泰男 訳

NPO 科学技術社会研究所 (2008.2) A 5 版、290 ページ、ISBN 978-4-7828-0162-8 本体 2,400 円

100年前のわれわれの先祖たちの生活がどんなであったか、“過去は外国のようなものだ”としても、ある程度は想像できる。しかし、逆に100年前の先祖たちが現在のわれわれの生活を想像できたであろうか？となれば否であろう。科学・技術の発展が秘める途方もない可能性が人々の想像をはるかに超えることは、卑近な例としてWEB・携帯電話の普及を挙げるだけでも納得できるであろう。

この本の著者はイギリスの神経生理学者 Susan Greenfield、訳者は本学会ではおなじみの伊藤泰男先生。著者は、現在の遺伝学・ナノテクノロジー・ロボット工学の進歩を見据えて、21世紀の終わり、つまり100年後の社会がどのようなものであるかについて、ライフスタイル、ロボット、職業、生殖、教育、科学、テロリズムの章に分けて整理しつつ、著者の驚くほどの幅広い読書歴、そのなかからの引用を巧みに用いながら、そして深い学識にもとづいて、ひるむことなくあらゆる可能性を展開してみせる。そこで新しい社会の仕組みが人間の脳・神経の仕組みに与える生物学的な影響の質とその大きさについて警告している。

未来予測と聞いて楽しさを連想するかもしれない読者は、この本を読み始めてすぐに不安と恐ろしさに包まれてしまう。未来の人間は全自動・コンピューター制御された多機能環境の中、「思考する物体」の間にはさまれた領域の中で暮らす。健康に関するあらゆるセンサ（シリコンチップ）が体内・衣服や家のあちこちに装備され、ナノ薬品（マイクロ装置が体中を巡回し異常を早期発見し適切な薬品を運ぶ）とともに食事も細かく制御され、みな長生きして快適な生活を送る。100年前に使っていた携帯電話や情報機器は衣服などに組み込まれ、仕事や個人的な用で人と会うときはバーチャルな衣装パッケージから状況にもっと

もふさわしいバーチャル衣装をまとって世界中のどこにいる人ともバーチャルな会話ができる。人々はほとんどの時間を自宅で過ごし、仕事の仕方が変化する。学校で習得すべきものも変わり、しかも基礎科学はとっくに終焉している。空間は目の前のスクリーンに縮小されてすべてが記録されるので過去の人とも自由に交流できる。“プライバシー”などはとっくにない。ロボットも、ここでは人間よりも優れた知性と魅力的な人格をもち、その付き合いは人との付き合いよりも楽しいだろう。それは21世紀に発展する強力な技術であり、注意すべきことは大きな設備・希少な資源を必要としないことだという。だからこれが巧妙なテロリストの手に渡ったときには、エネルギーも金も必要なく、ナノテロ・バイオテロ・サイバーテロ（ハッカーなど）を問わず、知識だけで大規模なたいへんな事態を惹き起こしかねない。マイクロなロボットを際限なくコピーできるし、生産工程のコンピューターに侵入することもできるのだ。教育は、思考プロセスでなくなり、スクリーン体験の世界からいろいろな答えが群がってわれわれの関心を引くのを眺める、受身で快樂的で体験的なものに変貌する。知識を積み重ねるという考えはなくなり、即時性のなかに捉えられる。

ここにいたって著者自身の専門領域の話がでてくる。ヒトの脳細胞はシナプスを通して互いに連結しあって機能するものだそうであるが、その連結パターンは誕生以後の環境に応じて形成され、人間性を形づくるのだそうである。100年後の未来社会が脳にどのような影響を与えるか？「人間性：それはどれだけ堅固か？」の章で、著者が心配しているのである。ここは著者の本職の分野であるが、詳細はこれまでの著作「ここまで分かった脳と心」（集英社、1998年）、「脳が心を生み出すとき」（草思社、1999年）、「脳の探求」（無名舎、

2001年)などから理解が助けられるであろう。

最後の短い章「未来：どのような選択が可能か？」では、より現実的な視点に移る。実は、科学技術の恩恵を享受できる人たちは先進国(ヨーロッパ・アメリカ)に属するごく少数に過ぎず、大多数の人(アフリカあるいはアジアなどに住む人々)はもっと違う道を歩むことに注意が向けられる。多くの国では、深刻な環境破壊、人口密度の地域格差、高齢化などの大きい影響を受ける。ここにいたって読者はようやくにして安堵感を覚えると同時に、この本の衝撃から抜けようと試みるのではないだろうか。実は筆者もその一人である。いま毎日のニュースの話題にもなる地球環境問題・資源問題・世界人口と食糧問題などを、この本は全く考察してないことに気付く。筆者の予想では、未来はもっと別の方向から受ける制約についても考える必要があるのではなからうか。10万年ほど前に誕生した現代人の遺伝子をわれわれは引き継いでいる、つまりわれわれはすでにコピーなのである。感情や人間性の起源については、著者の説く通りかもしれない。しかし人類全

体を1つの生命体(熱機関)とみると、その体温維持・諸々の活動に必要なエネルギーと物質(資源・食糧)とその廃棄の量は「世界人口と豊かさ」によって決まり、科学・技術によって生成することも消滅することもない。科学・技術が果たす役割とは、その取り込みと廃棄の速度を大きくしたり、効率よくすることではないか。必要なエネルギーと物質は太陽放射と地球に蓄積されているものに限られる(地球上に存在し得る生物の総量、したがって人類が利用できる食糧の総量も一定である)し、また廃棄する場所も地球表面に戻すだけである。その量の増加とともに必然的に地球環境の変動が起こる。やがて科学・技術の役割は終わり、人類は宇宙の目的および人類存在の意義を問うことになるのではないかと考える。この本の読者がそれぞれに刺激を受けて、これから新たな考察・研究に進むならば、本書の存在意義は十分に達成されるといえるのではないか。

大野新一(理論放射線研究所)



本だな

希土類とアクチノイドの化学

Simon Cotton, "Lanthanide and Actinide Chemistry", John Wiley & Sons, 2006

Simon Cotton 著、足立吟也監修、足立吟也、日夏幸雄、宮本量訳、丸善、2008

ISBN 978-4-621-07937-9 本体 4,900 円

この訳本のタイトルは「希土類とアクチノイドの化学」であるが、もとの S. Cotton 博士の書いた本のタイトルは「Lanthanide and Actinide Chemistry」である。Lanthanides と Lanthanoids の相違、およびなぜ希土類としたかは翻訳者が序文において詳しく述べている。同様に筆者もアクチノイド関連の講義では Actinoids と Actinides の違いについて最初に説明をする。今日において f 電子の有無にかかわらずいずれも Ac ~ Lr の 15 元素として考えており、その違いは日本の雑誌に投稿する場合には Actinoids、海外の雑誌に投稿する場合には Actinides を使用する程度と考えている。本書では La からの 15 元素のみを表す場合を「ランタニド」、これに Sc および Y を加えたものを「希土類」と表している。

本書の構成は本文が 14 章 (309 頁) となっており、そのうち 1 ~ 8 章が希土類 (190 頁)、9 ~ 14 章 (109 頁) がアクチノイドとなっている。各章の内容はおおよそ次のとおりである。

第 1 章の「希土類を学ぶにあたって」では、希土類の発見の歴史、化学的特徴、存在量、鉱物のからの精製、周期表での位置等が、第 2 章は「希土類 - その基礎と熱化学」では希土類金属およびイオンの電子配列、f 軌道電子分布、イオン半径、イオン化エネルギーと酸化状態、水和エネルギー等が述べられており、ここまでが希土類を学ぶ基礎編となっている。第 3 章は「希土類の金属と化合物」で、金属の精錬方法、ハロゲン化物等の二元化合物の合成と構造について、第 4 章の「希土類の配位化学」ではハロゲン化物イオン配位子、EDTA、 β -ジケトン等の配位子との水溶液中での安定度定数、これらの錯体の構造および配位数について記述されており、41 頁と最も頁数を割いている。第 5 章の「ランタニドの電子的性質と磁気的性質」ではフントの法則から基底状態の算出、

全角運動量から磁気モーメントの算出、および電氣的・磁氣的性質の応用例、第 6 章の「希土類の有機金属化学」ではアルキル錯体等の有機金属錯体の合成法と構造について述べてある。第 7 章の「はみ出し者の元素: スカンジウム、イットリウム、プロメチウム」では、Sc、Y のイオン半径や還元電位等のランタニドとの比較、錯体の合成と構造、および安定同位体がない Pm の微量化合物合成と構造解析、第 8 章の「有機化学に用いられるランタニドとスカンジウム」では酸化剤、還元剤および触媒等に用いられるランタノイド化合物の使用例が述べられている。

第 9 章からはアクチノイドについて記述されており、第 9 章は「アクチノイド入門」として各元素の存在、元素の合成、Th および U の精製、電子配置と酸化状態、還元電位が、第 10 章の「アクチノイドの二元系化合物」ではアクチノイドのハロゲン化物合成法が、第 11 章の「アクチノイドの配位化学」では Th、U のハロゲン化物、酸化物等の配位数と構造等、第 12 章の「アクチノイドの電子的・磁氣的性質」では主に溶液中の吸収スペクトルについて、第 13 章「アクチノイドの有機金属化学」では U のシクロペンタンとその誘導体の化合物の合成と構造、第 14 章「超アクチノイドの合成と化学」では 104 番以降のいわゆる超アクチノイド元素の合成法と命名について記述されている。

以上のように、内容的には希土類の記述がアクチノイドの約 2 倍となっており、希土類に関してはその基礎から応用まで体系的に記述され、特に配位化学と有機金属錯体の合成と構造が詳しく述べられている。また、本書の特徴として各章の扉に学習項目と達成項目が書かれていること、各章末に問題が設定されており、多くの問題には解答も付記されていること、頁の欄外に適切な翻訳者

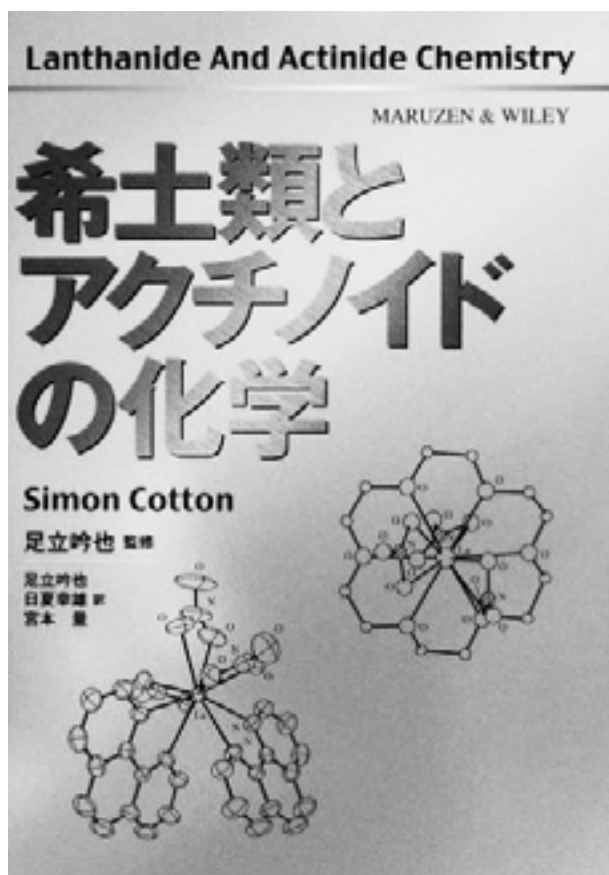
の注釈（訳注）が付記されていること、および本書の末尾に各項目について「さらによく知るために」と題して参考文献が16頁にわたり列挙されていることなど教育的配慮がなされていることから、希土類を学ぶ理工学系の学生にとって最良の入門書といえる。

一方、我々日本放射化学会に属する者としてはアクチノイドに関心を持つが、その化学的性質がランタノイドのそれと比較し簡潔に記述されており、アクチノイド化学の入門書として理解しやすい一冊であると思われる。さらにアクチノイドに関してはやはり配位化学と有機金属化学が相対的に詳しく記述されているので、これらの研究を目指す学生諸氏には貴重な入門書といえる。なお、本会員諸兄がよくご存じのように、アクチノイド化学を「さらによく知るために」は Morss, Edelstein, Fuger 編集の「The Chemistry of the Actinide and Transactinide Elements」第3版があるが、これを個人が所有するにはやや負担が重すぎるのが欠点である。

本書に重点的に記述されているアクチノイドの配位化学、有機金属化学の分野は、日本においてそれほど盛んに研究されているとは言えない。その原因としてこれらの分野を本格的に研究しようとすれば、それなりの量の放射性同位元素（多くはアルファ放射体）及び核燃料物質が必要となり、さらに元素分析装置、赤外吸収スペクトロメーター、単結晶構造解析用X線回折装置等が必要となるが、それを可能とする施設は限られている。

また、アクチノイドに関する物理の分野においては、近年「重い電子系」「強磁性と超伝導」などの興味深い現象が次々と報告されており、これらの現象の解明にはf電子がその鍵を握っていると考えられている。しかしながら前述のようにアクチノイド元素を充分取り扱え、さらに測定機器が充実した施設はごく限られており、アクチノイドの研究分野の発展のため、施設の充実および施設の連帯が望まれる。

佐藤伊佐務（東北大学金研）



学位論文要録

地球外起源物質の化学組成と生成機構に関する研究

(Study on the chemical compositions and the formation mechanism of extraterrestrial material)

関本 俊 (京都大学原子炉実験所)



学位授与：工学博士 京都大学大学院工学研究科
物質エネルギー化学専攻
(主査：柴田誠一)
平成 20 年 3 月 24 日

深海底堆積物中には、直径数十から数百マイクロメートルの球状の物質で磁性をもつ、磁性球粒と呼ばれる試料が存在することが知られており、それらの中には地球外起源の試料が存在することが、チャレンジャー号の報告に記されている。これらの磁性球粒試料においては、その化学組成や鉱物組成を、隕石試料中のこれらの組成と比較することにより、試料の起源について研究が行われてきた。球粒試料の化学組成の分析には、機器中性子放射化分析 (INAA) が用いられ、この分析法において非常に高感度である親鉄元素、特に、試料中のイリジウムの含有量を調べることにより、地球外起源をもつと考えられる試料である宇宙球粒の選別が行われてきた。これまでの研究では、多くの宇宙球粒の化学組成が明らかにされているが、それらの化学組成の観点からは、球粒試料を地球外起源物質であると判定する基準について、また宇宙球粒の前駆物質や生成機構について、十分に説明されていない。

太陽系形成以来、地球は多くの変成作用を経ており、地球物質中には太陽系形成初期の状態を知る手がかりは、すでに失われている。しかし、隕石に代表される地球外起源物質の中には、太陽系形成以来、変成作用をほとんど受けず初期の状態

を保持していると推定されるものが存在し、それらは太陽系形成初期の状態を探る上で貴重な試料となっている。このような地球外起源物質のひとつである宇宙球粒試料について、その前駆物質や生成機構をより詳細に考察することは、地球が形成された太陽系初期、またはその後の地球の変成時における出来事について新たな知見を得ることにつながると期待される。

そこで本研究では、ハワイ沖の水深約 5800 m の深海底堆積物から選別した 200 個を超える磁性球粒試料について、京都大学原子炉実験所の研究炉 (KUR) において INAA を行い、試料中の鉄、コバルト、ニッケル、イリジウム、スカンジウム、クロム、マンガンを中心に定量を行った。それらの定量結果に基づいて、まず本研究で用いた INAA における各元素の検出限界値を示し、KUR を用いた INAA により宇宙球粒試料の分析が十分に可能であることを確認した。各試料におけるイリジウム、ニッケルの含有量及び、本研究で新たに提案した、鉄とコバルトの含有量に関する試料の起源の判定基準に基づいて、178 個の磁性球粒試料を地球外起源と判定した。次に、地球外起源と判定した試料中のマンガンやスカンジウムの含有量と、コンドライト質隕石や鉄隕石中の両元素の濃度を比較した結果、本研究で分析を行った宇宙球粒試料の前駆物質は、コンドライト質隕石であるとする、実験結果を矛盾なく説明できることを示した。さらに、地球外起源と判定

した磁性球粒試料についてのニッケル-イリジウム、ニッケル-コバルト相関において、これらの3元素が、金属相とケイ酸塩相との間、及び固体金属と熔融金属との間でどのように分別するかを示しながら、前駆物質と考えられるコンドライト質隕石からの、試料の生成機構について提案した。またイリジウムを定量できた試料においては、分析を行った各元素のCIコンドライトで規格化した存在度が、元素間で異なる試料と、少数ではあるが、ほぼ一定の試料があることが見いだされた。特に前者の試料の元素存在度は、各元素の凝縮温度に基づいた各元素の凝縮過程に影響されていると考えられ、後者の試料とは異なる生成機構をもつことが示唆された。以上が本学位論文の第1章の内容である。尚、本学位論文は3章から構成されており、第2章では南極氷中の球粒試料の起源についての考察、第3章では鉄隕石中の宇宙線生成 ^{55}Mn の測定のための、高純度鉄中の微量マンガンの定量について記されている。

代表的な発表論文

1. S. Sekimoto, T. Kobayashi, K. Takamiya, M. Ebihara, and S. Shibata, *J. Radioanal. Nucl. Chem.* **272**, 447 (2007)
2. S. Sekimoto, T. Kobayashi, K. Takamiya, and S. Shibata, *J. Nucl. Radiochem. Sci.* **8**, 113 (2007)

☆ ☆ ☆

放射性鉱物と花崗岩から溶出する ウラン・トリウム・ラジウムの同位体の放射能比

永井幸太 (核物質管理センター 東海検査部分
析課)

学位授与：博士 (工学) 明治大学大学院理工学研究科

(主査：中村 利廣)

平成20年3月26日

1. 緒言

地下水中のUやRaの起源は、帯水層中の岩石であると考えられている。岩石や鉱物などから溶液中へのU、ThやRaの同位体の溶出様式は主



に二つ考えられる。一つが、岩石などが溶液に溶解することによってU、ThやRaの同位体が溶液に溶出する化学的溶出で、もう一つが、岩石の表面に存在する親核種の α 壊変の際に α 反跳によって娘核種が放出される α 反跳である。

これまでの報告では、地下水および海水中ではU同位体の放射非平衡が観測されている。これは、帯水層中で ^{238}U の娘核種である ^{234}Th が α 反跳によって水中に放出されることが影響していると考えられている。

二つの溶出様式で溶出するRa同位体 ^{228}Ra と ^{226}Ra の放射能比 ($^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$) について注目すると、化学的溶出の場合、Ra同位体そのまま溶出するため、溶液に溶出するRa同位体の放射能比は岩石と同程度の値になると考えられる。一方、 α 反跳によって放出されるRa同位体の放射能比は、岩石中の値に比べて278倍大きな値をとると考えられる。そのため、地下水中のRa同位体の放射能比は大きな値を示すと考えられている。

この研究では、放射性鉱物や花崗岩を用いての溶出実験によって、U、ThやRaの同位体の溶出挙動について観察した。鉱物や岩石からの天然放射性核種の溶出挙動が解明できれば、地下水などの水文学的知見を得ることができると考えられる。

2. 試料および実験操作

実験で用いた試料は、モナズ石、ユークセン石、花崗岩の三つである。試料中の $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ は、モナズ石が8.5、ユークセン石が0.10、花崗岩が2.6で、 ^{234}U と ^{238}U 、 ^{228}Th と ^{232}Th 、 ^{224}Ra と ^{228}Ra の間はすべての試料で放射平衡に達している。試料を試薬瓶やビーカーに入れて溶出実験を行い、溶出したU、ThやRaの同位体の放射能比を測定した。

3. 結果と考察

3.1 溶出した Ra 同位体の放射能比

接触している溶液の pH が大きい場合、化学的溶出の影響が小さくなり、相対的に α 反跳の影響が大きくなると考えられ、溶出する Ra 同位体の放射能比は大きくなると考えられたが、ユークセン石では、放射能比の変化に明確な傾向が示されなかったものの、モナズ石や花崗岩では、溶液の pH が大きい場合、溶出した $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ は、岩石中の $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ より小さな値を示した。

3.2 Ra 同位体が生成されるまでの壊変履歴

Ra 同位体間の溶出し易さの違いが、Ra 同位体それぞれが親核種から生成されるまでの壊変履歴に起因しているのではないかと考えた。 ^{226}Ra は ^{238}U から 3 回の α 壊変と 2 回の β^- 壊変を経て生成され、 ^{228}Ra は ^{232}Th からたった 1 回の α 壊変を経て生成される。Ra 同位体が生成されるまでの壊変履歴の違いにより周囲の結晶格子が反跳核種によって損傷を受ける大きさに差異が生じ、損傷を受けた結晶格子は、原子間の結合が弱く格子全体として脆弱であると考えられるので、親核種から Ra 同位体が生成されるまでに周囲の結晶格子に与えた損傷範囲の大きさの違いから、 ^{226}Ra は ^{228}Ra に比べて溶出されやすいという可能性が考えられる。

3.3 溶出した Th 同位体の放射能比

^{232}Th から 1 回の α 壊変と 2 回の β^- 壊変を経て生成された ^{228}Th と ^{238}U から 2 回の α 壊変と 2 回の β^- 壊変を経て生成された ^{230}Th についても、壊変履歴に起因する溶出挙動の差異があるのかを確かめるために同様の溶出実験を行った。モナズ石や花崗岩では、溶液の pH が大きい場合、溶出した ^{230}Th と ^{228}Th の放射能比 ($^{230}\text{Th}/^{228}\text{Th}$) は、岩石中の $^{230}\text{Th}/^{228}\text{Th}$ より大きな値を示したが、ユークセン石では、その傾向とは逆の傾向が見られた。また、モナズ石、ユークセン石、花崗岩ともに、溶液の pH が大きい場合、溶出した ^{228}Th と ^{232}Th の放射能比 ($^{228}\text{Th}/^{232}\text{Th}$) は、岩石中の $^{228}\text{Th}/^{232}\text{Th}$ より大きな値を示した。ユークセン石中の ^{230}Th の溶出挙動を除けば、対象とした試料中では ^{232}Th より壊変生成物の ^{230}Th や ^{228}Th の方が溶出しやすい傾向を示した。

3.4 溶出した U 同位体の放射能比

放射性鉱物や花崗岩から溶出した $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ の放射能比は、試料中の値 (1.0) より小さな値を示した。つまり、試料から溶出する U 同位体のうち、親核種である ^{238}U の方が、1 回の α 壊変と 2 回の β^- 壊変を経て生成された ^{234}U よりも溶出し易い傾向を示したことになる。この傾向は、試料中の Th や Ra の同位体の溶出挙動とは違う傾向であり、3.2 の考え方では説明できない。鉱物中には、6 価の U と 4 価の U が存在し、溶解し易い 6 価の U に ^{238}U が偏在していると報告されている。つまり、放射性鉱物や花崗岩中の U 同位体の溶出し易さの違いは、放射性鉱物や花崗岩中の U の価数の違いによると考えられた。

代表的な発表論文

1. K. Nagai, E. Hashimoto, J. Sato, *Radioisotopes*, **55**, 567, (2006)
2. K. Nagai, Y. Kurihara, J. Sato, *Radioisotopes*, **56**, 719, (2007)
3. K. Nagai, M. Takahashi, J. Sato, *Radioisotopes*, **56**, 811, (2007)

☆ ☆ ☆

Atomic Processes after Formation of Pionic and Muonic Atoms

(パイ中間子およびミュオン原子形成後の原子過程)

二宮和彦 (大阪大学大学院理学研究科)

学位授与：博士 (理学) 大阪大学大学院理学研究科

(主査：篠原 厚)

平成 20 年 3 月 25 日

原子は電気的な相互作用によって成り立っているため、原子核 (陽子) や電子以外の電荷を持つ粒子も同じように原子様の系を形成することができる。これらの原子はエキゾチックアトムと呼ばれている。これらエキゾチックアトムは、化学の観点からすれば新しい化学種としてみなすこともできる非常に興味深い系である。本研究ではエキゾチックアトムのうち、原子系に負の電荷を持つ



たパイ中間子もしくはミュオンが電子の代わりに一つ導入されたパイ中間子原子およびミュオン原子について扱う。

束縛されていない自由なパイ中間子は、原子の近傍へと来ると原子核のクーロン場に捕らわれ原子軌道を形成、つまりパイ中間子原子を形成する。パイ中間子は捕獲時には非常に高い励起状態にある（大きな主量子数を持つ）ことから、パイ中間子の特性エックス線やオージェ電子を放出することで次々に脱励起を起こす（カスケード過程）。パイ中間子の質量は電子のおよそ270倍あるため、パイ中間子原子軌道は非常に小さいということから原子核の電荷を強く遮蔽する。パイ中間子原子の電子配置は捕獲原子（Z）に対しZ-1原子のものに近いものとなり、オージェ過程による電子空孔の再充填とあわせて動的な電子再配列過程が起こる。最終的にパイ中間子は原子核との相互作用により1s軌道へと到達する前に原子核へと吸収される。ミュオン原子の形成についても、ミュオンはパイ中間子と比較的近い質量を持つ粒子であることから（電子のおよそ210倍）、形成過程において同様の原子過程が起こる。ただしミュオンは原子核との相互作用が弱いために1s軌道まで到達することができる。

これまでのパイ中間子原子やミュオン原子に関する研究は、分子内のどの元素にこれらの粒子がどのような状態で捕獲されるのかに注目しているものがほとんどである。これらの研究によって、捕獲過程における分子効果の存在が明らかとなっているが、一方でその形成過程の詳細、特に形成後の原子過程については十分に理解されているとはいえない。

筆者はエキゾチックアトム形成後の電子再配列過程において放出される電子の特性エックス線

（以下電子エックス線）のエネルギーは、エックス線放出時のパイ中間子やミュオンの軌道、そして電子状態に影響されるということに注目した。パイ中間子原子およびミュオン原子から放出される電子エックス線エネルギーを精密に測定することで、パイ中間子原子およびミュオン原子形成後の原子過程について考察した。

パイ中間子原子についての実験は高エネルギー加速器研究機構陽子シンクロトロン加速器研究施設において、原子番号29-92の元素を対象に行った。ミュオン原子については原子番号50-92の元素について、同じく高エネルギー加速器研究機構中間子実験施設において実験を行った。それぞれの実験において低エネルギー用ゲルマニウム半導体検出器を用いて電子エックス線の測定を行った。

得られたスペクトルをフィッティングすることで、電子エックス線のエネルギーを求めた。またパイ中間子原子およびミュオン原子の電子状態についてより定量的な考察を行うために、様々なパイ中間子やミュオンの準位、また電子状態を持つ原子から放出される電子の特性エックス線のエネルギーの計算を行った。まずパイ中間子の遷移に伴う特性エックス線の測定から、パイ中間子捕獲後にパイオンがどの準位に存在するときに電子空孔が生成し、電子の特性エックス線の放出が起こるのかを計算により求めた。パイ中間子がこの準位に存在するときの電子の特性エックス線のエネルギーをディラックフォック法を用いた計算コードにより求めた。ミュオン原子についても同様の計算を行い、様々な電子状態のパイ中間子原子およびミュオン原子について電子の特性エックス線のエネルギーを計算により導出した。

計算値を実験値と比較を行うことによって、パイ中間子原子およびミュオン原子形成後の電子エックス線放出時の電子状態について考察した。原子番号の小さい領域（ $Z < 60$ ）においては、内殻のL殻電子に2-3個程度の電子空孔が存在しているとした場合、計算値が実験値をよく再現した。一方でそれよりも原子番号の大きい領域ではL殻電子空孔が1個程度とした場合の方が良い一致が得られた。このように内殻の電子に空孔が存在するという事は、パイ中間子原子やミュオン原子が形成後非常に高電荷の状態にあるということ

を示唆している。ただ一方で本研究で扱った原子番号領域においては、軽元素 ($Z < 18$) において報告されているように電子を完全に失っているわけではないということも実験的に明らかとなった。

代表的な発表論文

1. K. Ninomiya, H. Sugiura, Y. Kasamatsu, H. Kikunaga, M. Shigekawa, N. Kinoshita, Y. Tani, H. Hasegawa, M. Yatsukawa, K. Takamiya, W. Sato, H. Matsumura, A. Yokoyama, K. Sueki, Y. Hamajima, T. Miura and A. Shinohara, Energy Shift of Electronic X Rays Emitted from Pionic Atoms, *Radiochimica Acta.*, **93**, 515-518 (2005).
2. K. Ninomiya, H. Sugiura, T. Nakatsuka, Y. Kasamatsu, H. Kikunaga, W. Sato, T. Yoshimura, H. Matsumura, K. Takamiya, M. K. Kubo, K. Sueki, A. Yokoyama, Y. Hamajima, T. Miura, K. Nishiyama and A. Shinohara, Study of electronic X-rays emitted from pionic and muonic atoms, *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, **272**, 661-664 (2007).

☆ ☆ ☆

樹木年輪及び大気 CO₂ の ¹⁴C 濃度の時間的空間的変動に関する研究

(Studies on temporal and regional variations of ¹⁴C concentrations in tree rings and atmospheric CO₂)

安池賀英子 (北陸大学薬学部)

学位授与：博士 (理学) 金沢大学大学院自然科学研究科

(主査：小村和久)

平成 20 年 3 月 22 日

自然界には、3種類の炭素同位体が存在する。¹²C (98.89%) 及び ¹³C (1.11%) は、安定同位体であり、¹⁴C (1.2×10^{-10} %) は、放射性同位体である。¹⁴C は、大気圏上層部で作られる 2 次宇宙線により主に ¹⁴N (n, p) ¹⁴C の核反応で絶えず生成されている。生成した ¹⁴C は、5,730 年の半減期で β^-



壊変する。¹⁴C は、大気中で直ちに酸化され主に CO₂ として、地球上の炭素循環に入る。¹⁴C は、¹²C 及び ¹³C の同位体で構成される CO₂ と同様の挙動を示し、陸域生物圏で大気中の CO₂ は、光合成により植物に取り込まれる。大気から植物への CO₂ の移行で若干の同位体分別は生じるが、植物と大気 CO₂ の ¹⁴C/¹²C 同位体比 (¹⁴C 濃度とする) は、ほぼ等しい。しかし、植物が枯死すると大気中の CO₂ が取り込まれなくなり、植物に固定された ¹⁴C は、 β^- 壊変により経時的に減少する。

人為的影響のない自然界の ¹⁴C 濃度は、ほぼ一定であったが、1950 年から 1960 年代前半の大気圏核実験により、¹⁴C は、環境中に大量に散布され、1963 年には大気 CO₂ の ¹⁴C 濃度は、北半球の高中緯度地域では、天然レベルの約 2 倍に達した。1963 年の部分的核実験禁止条約の締結後、米英ソの大気圏核実験の終焉に伴い、大気中の ¹⁴C は、陸上の植物及び海洋との CO₂ の交換により減少した。大気圏核実験の影響で環境中に過剰に放出された ¹⁴C の追跡から、大気圏と陸域生物圏及び海洋との炭素の交換や炭素リザーバー間への移行経路などに関する多くの研究成果が得られた。また、近年、化石燃料消費により ¹⁴C を含まない CO₂ が放出され、環境中の ¹⁴C を希釈している。環境中で様々な要因により増減する ¹⁴C の研究は、地球上に存在する炭素の挙動との関係で、特に重要になっている。

20 世紀後半に世界の様々な地域で大気 CO₂ の ¹⁴C 濃度の経時変動が測定され、地球規模での ¹⁴C の分布の時間的推移が明らかにされたが、観測地点及び時間スケールは、不十分であった。日本と同緯度付近 (30-45°N) の大気 CO₂ の ¹⁴C 濃度に関する報告は、僅か 5 例に過ぎず、すべてを

集約したとしても1969年から1977年の期間は、空白である。1970年以降、世界的に大気CO₂の¹⁴Cの不均一は無くなったと言われているが、この期間には、中国では大気圏核実験が継続して行われていた。日本と同緯度付近(30-45°N)の大気CO₂の¹⁴C濃度の空白期間を補うだけでなく、東アジアでの地域的な影響を評価する上でも、この期間の大気CO₂の¹⁴C濃度の長期的推移は、必要である。

さらに、本研究では、過去の大気CO₂の¹⁴C濃度の時間的推移を明らかにするために、大気CO₂の¹⁴C濃度を反映する樹木年輪を用いた。しかし、未だ樹木年輪と大気CO₂の¹⁴C濃度の相関ならびに定量的関係は、十分に説明されていない。

このような背景から、本研究では、2つのパートからなる研究を行った。以下、それぞれの内容について述べる。

1. 大気CO₂の¹⁴C濃度の長期的推移の把握¹⁻²⁾

石川県能美市辰口町(36.44°N, 136.55°E)(辰口町とする)及び羽咋郡志賀町(37.00°N, 136.77°N)(志賀町とする)で樹木を伐採し、ベンゼン-液体シンチレーション法を用い、過去50年の樹木年輪の¹⁴C濃度を測定した。

空白期間(1969年~1977年)を含む日本と同緯度付近(30-45°N)の大気CO₂の¹⁴C濃度の長期的推移を明らかにした。辰口町及び志賀町の年毎の樹木年輪の¹⁴C濃度は、よく一致した。さらに、これらを岐阜県中津川市付近(35.6°N, 137.5°E)の樹木年輪(Nakamura et al., 1987)の¹⁴C濃度と比較すると、これらは、極めてよく一致していたことから、日本国内3地点間の空間スケールにおける大気CO₂の¹⁴C濃度の経年変動には、大きな差がないことが示唆された。

辰口町及び志賀町と東アジアの他の地域(Dai et al., 1992 and Park et al., 2002)の樹木年輪の¹⁴C濃度変動を比較すると、1963年から1967年及び1976年から1982年の2つの期間で明らかな差が認められた。前者の違いは、世界的な現象であり、1960年代前半の北半球の中高緯度地域における一連の大気圏核実験により大気中に過剰に放出された¹⁴Cの分布の緯度による不均一に起因すると考えられる。一方、後者の違いは、東アジアの地域特有の現象であり、大気CO₂の¹⁴C分布の局所

的な不均一は、中国の原水爆実験によって引き起こされた可能性があると考えられる。

2. 樹木年輪と大気CO₂の¹⁴C濃度の定量的関係の検討³⁻⁴⁾

石川県金沢市内にて樹木を伐採し、年毎に年輪を剥離した。樹木採取地点から6km圏内に位置する環境条件が異なる2地点で大気CO₂を採取した。これらの¹⁴C濃度をベンゼン-液体シンチレーション法を用いて、測定した。

初めに、大気CO₂の¹⁴C濃度の経時変動について述べる。田園地帯である大桑(36.53°N, 136.68°E)における大気CO₂の¹⁴C濃度は、1991年から2000年の間では、春から増加し、7月下旬あるいは8月上旬に最高値に達し、12月から2月に減少するという顕著な季節変動を繰り返し、年々5%程度減少した。一方、住宅地である高尾(36.52°N, 136.64°E)における大気CO₂の¹⁴C濃度は、1991年から1995年の間では、大桑と同様の季節変動パターンを示し、年々4%程度減少した。

大桑と高尾の大気CO₂の¹⁴C濃度を比較すると、夏期には、大きな差は見られなかったが、冬期には、高尾の大気CO₂の¹⁴C濃度は、大桑より10~50%低い値を示した。これは、住宅地において冬期に暖房等を使用した際の石油等の化石燃料の燃焼による¹⁴Cをほとんど含まないCO₂が局所的に放出された影響と考えられる。

次に、館町(36.53°N, 136.70°E)の樹木年輪の¹⁴C濃度と大桑及び高尾の大気CO₂の季節変動を比較した。樹木年輪の¹⁴C濃度は、両地点の大気CO₂の¹⁴C濃度の年平均値よりも高く、大桑と高尾で有意な差が現れた冬期の大気CO₂の¹⁴C濃度は反映せず、夏期(6月中旬~9月上旬)の大気CO₂の¹⁴C濃度の平均値に±10%以内で一致した。このことから、樹木年輪の¹⁴C濃度は、夏期の大気CO₂の¹⁴C濃度の指標として用いることが可能であることを明らかにした。

樹木年輪及び大気CO₂の¹⁴C濃度の長期的な時間的・空間的変動に関する研究は、日本国内では例が少なく、貴重な知見である。

代表的な発表論文

1. Yoshimune Yamada, Kaeko Yasuike, Mikio Itoh, Noriki Kiriyama, Kazuhisa Komura,

- Kaoru Ueno, Carbon-14 dating of tree rings for tritium measurement. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* **227**(1-2):37-41 (1998).
2. Yoshimune Yamada, Kaeko Yasuike, Kazuhisa Komura, Temporal Variation of Carbon-14 Concentration in Tree-ring Cellulose for the Recent 50 Years. *Journal of Nuclear Radiochemical Sciences* **6**(2):17-20 (2005).
 3. Kaeko Yasuike, Yoshimune Yamada, Kazuhisa Komura, Comparison of levels in urban area with background levels of carbon-14 in atmospheric CO₂ in Kanazawa, Ishikawa prefecture, Japan. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* **277**(2):389-398 (2008).
 4. Kaeko Yasuike, Yoshimune Yamada, Kazuhisa Komura, Long-term variation of ¹⁴C concentration in atmospheric CO₂ in Japan from 1991 to 2000. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* **275**(2):313-323 (2008).

☆ ☆ ☆

保障措置のための放射線計測システムの開発

安田健一郎（日本原子力研究開発機構）

学位授与：博士（理学） 金沢大学大学院自然科学研究科
 （主査：小村和久）
 平成20年3月22日



我が国では、法律に基づき国内保障措置を実施している。また、IAEAによって核不拡散条約に基づき国際保障措置が実施されている。放射線計

測法は、非破壊で核物質の放射能測定が可能であることから、検査や査察の際、核物質の計量管理や監視など、保障措置の分野で広く適用されている。しかし、これまで再処理工場などでグローブボックス内や配管の周辺を測定する際に、取り扱いの簡便な小型・軽量の検出器が望まれていた。

また、イラクや北朝鮮における核疑惑を契機に、従来の保障措置をさらに強化した保障措置システムがIAEAにより実施されている。その一つが、核関連施設において査察官が拭き取り試料を採取し、それに含まれる極微量核物質などを分析することにより未申告原子力活動を検知しようとするものである。

放射線測定によって短時間で高感度な測定を行うためには、バックグラウンドを低減させることが、大きな課題であった。本研究では、新型検出器の開発や従来の検出法の改良により、適用範囲を広げるとともに迅速かつ正確な測定ができる以下の二つの計測システムを開発した。

1. ホスウィッチ検出器を用いたマルチパラメータ計測システムの開発

再処理工場では、計量管理や工程・安全管理の観点から、再処理プロセス溶液より放出される放射線をモニタリングし、溶液の濃度変動を確認する必要がある。また、この濃度変動情報は、工場を停止することなく核物質の在庫管理を行う近実時間計量管理という手法への適用も検討されている。従来、これらのモニタリングには、シンチレータ検出器が適用されてきたが、単一のシンチレータではプロセス溶液から放出される様々な種類の放射線を独立して計測することは困難であった。本研究では、プロセス溶液から放出される α 線及び $\beta(\gamma)$ 線を1個の検出器で同時に効率よく測定するため、浸漬型ホスウィッチ検出器を開発した。図1に、代表的ホスウィッチであるZnS(Ag)/NE102Aから成る α 及び $\beta(\gamma)$ 線同時計測用浸漬型検出器を示す。一般にプロセス溶液は、硝酸溶液や有機溶媒等の腐食性であるため、ZnS(Ag)やプラスチックシンチレータNE102AをAu蒸着マイラーで保護して使用した。

また、腐食性環境での測定を考慮して、耐腐食性の無機シンチレータであるYAG(Ce)やYAP

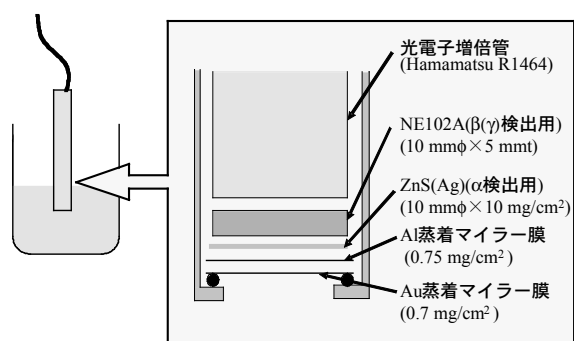


図1：ZnS (Ag)/NE102A 浸漬型ホスウィッチ検出器

(Ce) を適用したホスウィッチ検出器も開発し、性能評価を行った。さらに、粉末化した YAP (Ce) (α 線検出用) を、YAG (Ce) ($\beta(\gamma)$ 線検出用) と組み合わせたホスウィッチ検出器が、 ^{244}Cm の α 線と ^{137}Cs の $\beta(\gamma)$ 線を弁別し、実際の使用にあたり有望であることを明らかにした。

次に、より小型化を目指し、ホスウィッチ検出器から出力される蛍光を光ファイバーで光電子増倍管に伝送することによって、通常 30 mm ϕ 程度であった検出部を 5 mm ϕ 程度まで小型・軽量化し、グローブボックス内や配管の周辺で使用可能な検出器の開発に成功した。

また、プルトニウムを含むプロセス溶液では、プルトニウム核種の自発核分裂や (α, n) 反応によって放出される中性子も工程管理や臨界安全性の観点から重要な測定対象となる。そこで、 $\beta(\gamma)$

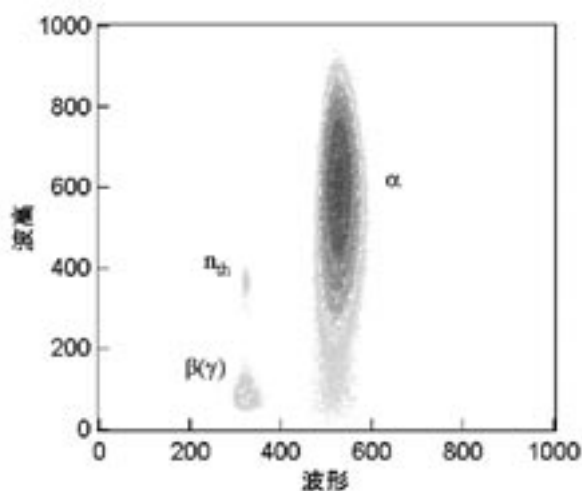


図2：マルチパラメータ法を適用した ZnS (Ag) /GS2 ホスウィッチ検出器による α 線、 $\beta(\gamma)$ 線及び n_{th} の測定結果

線及び熱中性子 (n_{th}) 検出用シンチレータである ^6Li ガラスシンチレータ GS2 を一要素とした ZnS (Ag) /GS2 ホスウィッチ検出器の適用を検討した。波形弁別のみでは、 $\beta(\gamma)$ 線及び n_{th} を完全に分離することは困難であったが、マルチパラメータ法を適用することにより、完全に弁別することに成功した (図2 参照)。

これらの成果により、プロセス溶液中に含まれる α 放射体である核物質や $\beta(\gamma)$ 放射体である核分裂片等の濃度だけでなく、核燃料溶液を取り扱う上で重要な中性子まで相互の妨害無く、正確なモニタリングが可能となった。

2. アンチコンプトン法及びイメージングプレートを用いた低レベル放射線測定システムの開発

IAEA の査察官により採取された拭き取り試料は、IAEA のネットワーク分析所に送られ、試料中に含まれる極微量核物質やその娘核種、原子炉の運転によって生成される核分裂片及びマイナーアクチノイド等が分析される。この分析は、我が国では日本原子力研究開発機構の高度環境分析研究棟のクリーンルームで、ICP-MS などの質量分析装置を用いて行っている。しかし、核物質の娘核種や核分裂片、マイナーアクチノイドの分析では、ほとんどの核種の半減期が数 100 年前後からそれ未満と短いことから放射線計測が必須となる。本研究では、高エネルギー γ 線計測分野に用いられてきたアンチコンプトン法を低エネルギー γ 線計測に適用した低レベル γ 線測定装置を開発した。本装置により、ウランからの X 線や、 ^{235}U 及び ^{238}U からの γ 線領域 (<200 keV) におけるバックグラウンドの計数率を 1 桁下げること成功した (図3 参照)。これにより、1 週間測定の場合、天然ウランの検出下限値として $\sim 1 \mu\text{g}$ を達成した。

IAEA の査察で用いられている拭き取り試料は 10 cm 角の面状試料である。この試料上の核物質の付着位置及び放射能強度を測定するため、イメージングプレートを用いた拭き取り試料上の放射性物質分布測定法を検討し、放射能分布イメージの取得に成功した。この分布イメージは、放射線線量に相関があるため、 α 線、 $\beta(\gamma)$ 線及び中性子に感度をもつ。そこで、単一の放射線に対す

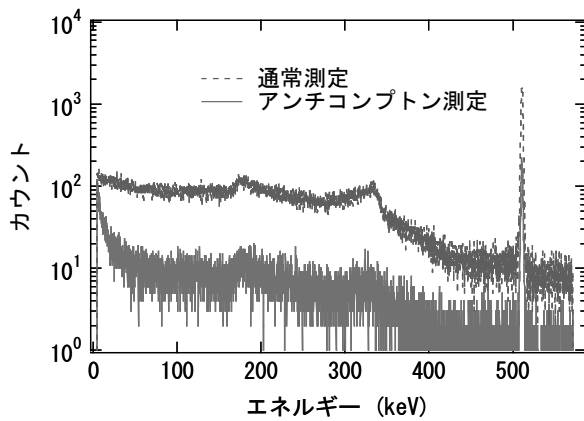


図3：アンチコンプトン法の適用によるバックグラウンドの変化

る感度を評価するために、 $\beta(\gamma)$ 放出核種を用いて検量線を作成した。図4に、塩化カリウム試薬中に含まれる $\beta(\gamma)$ 放出核種 ^{40}K を測定した際に得られた検量線を示す。これにより、試料上に分布する放射性物質の位置及び $\beta(\gamma)$ 放出核種相当の放射能を把握することが可能となり、試料分析の際に有用な位置や量を特定する作業効率が改善された。

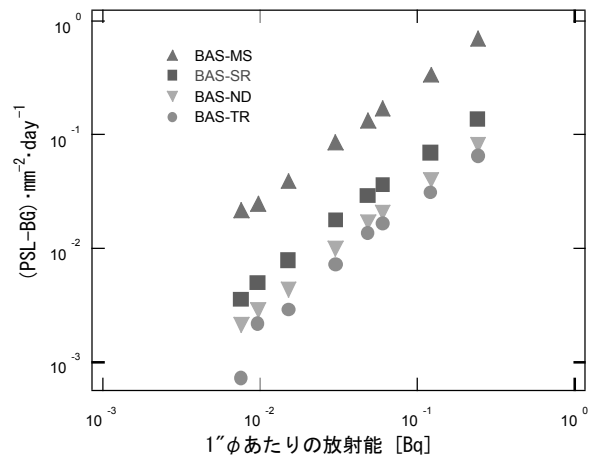


図4：各種イメージングプレートでKCl中の ^{40}K を測定した際に得られた検量線

このように保障措置を主目的とした放射線計測システムを開発し、実用可能であることが示された。さらに、開発した計測システムは、低レベル放射能測定が可能であることから、通常の地上環境では測定困難であった環境放射能測定や関連する研究への応用が期待されている。



学会だより

1. 学会賞及び奨励賞

日本放射化学会学会賞規定に基づき、2007-08年度学会賞及び奨励賞が決定されました。受賞者の表彰は2008日本放射化学会年会・第52回放射化学討論会(2008年9月)において行われる予定です。また受賞内容に関する紹介は本誌第19号に掲載される予定です。

学会賞・木村賞:

氏名 安部 文敏(理化学研究所 名誉研究員)
題目 「核プローブの応用とマルチトレーサー法の創始」

学会賞:

氏名 日高 洋(広島大学大学院理学系研究科教授)
題目 「天然における核反応現象に基づく地球化学及び宇宙化学的研究」

奨励賞:

氏名 豊嶋 厚史(日本原子力研究開発機構 任期付研究員)
題目 「シングルアトム分析手法を用いたラザホージウム、ノーベリウムの溶液化学的研究」

2. JNRS誌2007年論文賞受賞論文紹介

⁵⁷Fe Mössbauer, UV-visible, and FT-IR Study on Photoinduced Spin Transition of Fe^{II}-Triazole Complex

Tadashi Mitsuoka, Masaru Nakagawa, Tomokazu Iyoda, and Yasuaki Einaga
J. Nucl. Radiochem. Sci., Vol.8, pp.1-3 (2007)

論文題目: Fe(II)-トリアゾール錯体の光誘起ス

ピン転移現象のメスバウアー分光・UV-Vis・FT-IR法による評価

著者: 光岡正史¹・中川勝²・彌田智一²・栄長泰明¹(¹慶應義塾大学理工学部・²東京工業大学資源化学研究所)

概要: 磁気特性・スピン状態を光により制御できる材料開発は、光メモリ材料やスイッチングデバイス応用への観点から盛んである。なかでも錯体の低スピン状態と高スピン状態を光により可逆的に制御できる材料はLIESST錯体と呼ばれ、鉄化合物を中心に多く報告されている。本研究では、光誘起スピン転移を起こしうる新規な化合物としてAZ-trz(4-phenylazo-N-[1,2,4]triazole-4-yl-benzamide)を配位子とする鉄錯体を合成し、その光応答性について⁵⁷Feメスバウアー分光法等を用いて評価した。合成した錯体は、磁化率測定より低温にて低スピン、室温付近では高スピン状態であり、スピントロソオーバー現象を示すことがわかった。さらに、低温におけるメスバウアー測定から、可視光照射によるスピン転移、すなわち光照射中に高スピン状態を直接観測することに成功した。また、UV-Visスペクトル測定より、この高スピン状態の10Kにおける寿命は50秒ほどであることが明らかとなった。

Highly Time-Resolved measurements of Airborne Radionuclides by Extremely Low Background γ -ray Spectrometry: Their Variations by Typical Meteorological Events

Takuya Abe, Yoshiko Yamaguchi, Kiwamu Tanaka, Yusuke Nakano, and Kazuhisa Komura
J. Nucl. Radiochem. Sci., Vol.8, pp.5-9 (2007)

論文題目: 極低バックグラウンド γ 線スペクトロメトリによる大気中放射性核種の高

時間解像度測定：典型的な気象による
その変動

著者：阿部琢也*・山口芳香・田中究・中野佑介・
小村和久（金沢大学自然計測応用研究セン
ター・低レベル放射能実験施設、*現在、
東京大学大学院工学系研究科）

概要：大気中放射性核種は大気中の物質輸送のト
レーサとして有用とされているが、その際には
着目する現象の時間スケールに適した試料採集
間隔で観測する必要がある。長寿命天然核種で
ある⁷Be（半減期 53.3 日）および²¹⁰Pb（22.3 年）
の濃度変動は、これらの核種がエアロゾル粒子
に付着して挙動を供にすることから、1 日以内
でも降雨などを引き起こす気象変化に著しく支
配されると考えられる。しかしながら、それら
の濃度の低さから通常の Ge 検出器による測定
では数時間間隔（高時間解像度）で捕集した大
気試料からの検出が不可能であった。本研究で
は、尾小屋地下測定施設での極低バックグラウ
ンド γ 線スペクトロメトリによって高時間解像
度観測での大気試料中の⁷Be および²¹⁰Pb の検
出を初めて可能とし、典型的な気象変化時（寒
冷前線通過、台風接近および黄砂到来）におけ
るこれらの長寿命核種の濃度変動を、短寿命の
²¹²Pb（10.6 時間）および²¹⁴Pb（26.8 分）と共
に観測した。観測の結果、長寿命核種と短寿命
核種の濃度変動の様相が顕著に異なっているこ
とが明らかになった。短寿命核種は風速のよう
な局地的な気象要因に強く依存していたのに対
して、長寿命核種はより広域な上記の気象変化
の発生源や履歴を反映した濃度変動を示してい
た。このことは、短寿命核種は局地的な発生源
からの寄与が大きく、長寿命核種は地域的な広
い発生源からの寄与が大きいことに依存してい
ると考えられた。長寿命核種の高時間解像度測
定は、非常に有用な大気塊と大気中物質の発
生源および履歴に関する情報を従来に比べてより
明確に与えることが示唆された。

3. 日本放射化学会第 37 回理事会 [2007 - 08 年度第 1 回理事会] 議事要録

日時：平成 19 年 12 月 15 日（土）13:30 ~ 17:00

場所：学習院大学理学部南 1 号館 108 号室

出席者：前田、海老原、柴田、永目、三浦、佐藤、
横山、斎藤、村松、久保、中島、沖、松
尾、木村、藤井、臼田、中原、坂本（出
席者 18 名）

報告

- 事務局より第 36 回理事会の議事要録（案）の
説明があり、了承された。正会員 1 名の入会
および 2 名の退会、学生会員 1 名の入会およ
び 1 名の退会（2007 年 9 月 22 日以降）が承
認された。また、2007 年年会・第 51 回討論
会会場で行われた第 9 回総会の議事録（案）
の説明があり、了承された。2007-08 年度会費
納入状況の報告があり、了承された。
- 久保理事より、学会メーリングリストへの配
信状況等につき説明があり、了承された。
- 斎藤理事よりジャーナル編集委員会の報告が
あり、JNRS 誌 No.2 (ASR2006 Proceedings)
が発刊済みであること、および編集状況等が
説明され了承された。横山理事より放射化学
ニュース 17 号の発行予定、予定記事などにつ
いて説明があり了承された。
- 中島理事より 2008 日本放射化学会年会・第
52 回放射化学討論会（2008 年 9 月 25 日（木）
～ 27 日（土）於 広島大学霞キャンパス、HP:
<http://home.hiroshima-u.ac.jp/ricentr/pages/08housyakagakukaiframe.html>）の準備状況に
ついて報告があり、了承された。
- その他 1) 例年通り本会は第 45 回アイソト
プ・放射線研究発表会および原子力総合シン
ポジウム 2008 の共催をすることとなった。ま
た、本会は日本学術会議の日本学術会議協力
学術研究団体に登録された。2) 第 50 回大会
記念事業の残務作業について説明があり、了
承された。3) 放射化学冊子出版編集委員会の
報告があり、編集計画について説明があった。
企画委員長の海老原副会長が新たに冊子編集
委員長として編集計画の調整にあたることと
なった。

審議

- 横山理事より 2007-08 年度学会賞及び奨励賞

の候補者募集について、募集要項等の説明があり、一部修正の上、了承された。その際、選考基準等が確認された。次回理事会において応募状況が報告される。

2. 次期役員推薦を行う役員等推薦委員会の人選を行い、理事会より7名が選ばれた。同委員会は次回理事会において、次期役員候補者の推薦を行う。
3. 学会の会計状況について事務局より説明があった。学会の赤字体質を改善するため、会費の値上げ、討論会実行委員会への学会からの補助の削減、出版費用の削減等の方策が提案された。事務局においてこれらの方策の効果の見積もりを行い、次回理事会において再検討することになった。学会賞・奨励賞等に企業団体の冠をつけ、研究費などの副賞をつける案も提案された。また、当面の財政を改善するため、基金より100万円を取り崩し、運営資金に繰り入れることとなった。
4. 賛助会員の特典として、学会ホームページに賛助会員のリンクのページを設けること、および学会のメーリングリストに、賛助会員の会社案内や新製品の案内などの広告を配信できるようにすることが了承された。配信頻度が多くなりすぎないように、また他の配信メールと紛らわしくならないように、事務局およびネット委員会より運用のルールが提案され、了承された。
5. その他 1) 会長より2009日本放射化学会年会・第53回放射化学討論会は、日本大学の永井尚生先生を実行委員長として開催される予定であることが報告され、了承された。2) 三浦理事より第9回「環境放射能」研究会を2008年3月中旬に高エネルギー加速器研究機構において、 α 放射体・環境放射能分科会の主催で開催したい旨申し込みがあり、了承された。また併せて同研究会への5万円の経費援助の申し込みがあり、了承された。3) 村松理事より、以前から日本放射線研究連合(JARR, Japanese Association for Radiation Research)への加盟の勧誘を受けていることがその経緯を含めて紹介された。加盟にあたっては会費の納入が必要であることから、学会財政が改

善した後、改めて、日本化学連合への加盟の問題とあわせて議論することとなった。4) 新役員の体制になり、役割分担を調整した。新任の理事の担当は、松尾理事はネット副委員長、木村理事は企画、福島理事は広報となった。また、三浦理事は広報から企画担当に変更となった。

以上

4. 日本放射化学会第38回理事会 [2007 - 08年度第2回理事会] 議事要録

日時：平成20年3月27日(木) 14:00～16:40

場所：高エネルギー加速器研究機構4号館127号室

出席者：前田、海老原、柴田、永目、三浦、横山、齋藤、村松、久保、中島、沖、松尾、福島、関根、中西、篠原(厚)、近藤、坂本、白田(出席者 19名)

報告

1. 事務局より第37回理事会の議事要録(案)の説明があり、了承された。正会員入会1名、退会1名(2007年12月14日以降)が承認された。2007-08年度会費納入状況の報告があり、了承された。また2008年3月10日現在の会計の中間報告があり、了承された。
2. 久保理事より、学会メーリングリストへの配信状況等につき説明があり、了承された。
3. 齋藤理事よりジャーナル編集委員会の報告があり、2007年論文賞として2編の論文が選ばれたことが報告され、了承された。またJNRS誌の編集状況が説明され了承された。横山理事より放射化学ニュース17号が発行されたこと、および18号の予定記事などについて説明があり了承された。
4. 中島理事より2008日本放射化学会年会・第52回放射化学討論会(2008年9月25日(木)～27日(土)於広島大学霞キャンパス)の準備状況について、日程、締切日等の報告があり、了承された。
5. その他 1) 賛助会員の特典として希望する賛助会員に対し、学会ホームページに賛助会員のリンクのページを設けること、および学会メー

リングリストに賛助会員の広告を配信できるようにすることが前回理事会において了承されたが、事務局およびネット委員会より、その運用ルール等も記載された賛助会員へ送付予定の案内文が説明され、了承された。2) 会長より2009日本放射化学会年会・第53回放射化学討論会の開催予定について説明があった。3) 三浦理事より高エネルギー加速器研究機構において行われる第9回「環境放射能」研究会の中間報告があり、34件の講演が予定されていることが説明され、了承された。

審議

1. 中西理事より2008年学会賞及び奨励賞の応募状況について説明があり、審議の結果、両賞とも応募期限を延長し、4月25日を新たな締切日としてさらに候補者を募集することになった。
2. 役員等推薦委員会より役員候補の推薦について報告があった。理事・監事に関しては、今回任期満了により退任する理事の後任として新任理事候補2名が推薦された。1期2年を満了する理事・監事は再任の役員候補（理事4名、監事1名）として推薦された。以上の候補者は7月上旬に開票が行われる役員選挙により選挙される。また次期会長には、柴田誠一副会長が推薦された。また後日行われた役員等推薦委員会（メール会議）において副会長候補として永目諭一郎理事が推薦された。これらの推薦を受け4月上旬、メール理事会において両氏を候補者として推薦することとなった。会長・副会長は理事会で推薦の上、総会で決定される。
3. 役員選挙の選挙管理委員を、選挙事務を担当する静岡大学を中心に選考した。この件については4月中に行ったメール理事会において、一部人選の変更を行った上で了承された。また学会賞・奨励賞の応募期限が延長されたことに伴い、選考委員の人選を再検討した。この件については5月上旬までに行ったメール理事会により一部変更の上、了承された。
4. 事務局より現在の財政状況について説明があり、年間不足額（約60万円）を補う増収策等

を議論した。事務局より、できるかぎり出版費を削減せずに、最低限の会費値上げと諸経費の節約により増収を行う方針が提案され、了承された。さらに会費値上げの種々のオプションについて説明があり、審議の結果、学生会員の会費値上げは行わないことで一致し、正会員のみ年額5,000円のところ2,000円値上げし、7,000円とすることに決定した。学生会員は3,000円で据え置く。さらに、現在討論会実行委員会が行っている要旨集(JNRS誌 Supplement)の発行に対する学会からの補助（送料込みで60万円）を10万円減額することと、雑誌出版の諸経費の節約を見込み、会費値上げとあわせて約80万円の増収をはかることが提案され、了承された。会費値上げに関しては、会則の改正を要することから、次回総会にて提案することとなった。

以上

5. 会員動向（平成20年2月～平成20年6月） 新規入会（学生会員）

氏名	所属
村山 裕史	新潟大学理学部化学科
結城 輝	新潟大学理学部化学科
厚地 正樹	広島大学自然科学研究支援 開発センター
菊池 貴宏	茨城大学 理学部理学科化学 コース

所属変更（個人会員）

氏名	所属
北代 邦彦	株式会社 WDB 大阪大学大学院理学研究科
菊永 英寿	化学専攻 無機化学講座放射 化学研究室
宮崎 淳	日本大学 生産工学部 教養・ 基礎科学系
阿部 琢也	東京大学大学院 工学系研 究科 原子力専攻
二宮 和彦	大阪大学大学院 理学研究科
佐藤 深	札幌市立北栄中学校

退会 (個人会員)

氏名	氏名
朽山 修	広瀬 篤志
森 友隆	西川 祐介
和泉 拓郎	清水 亮介
荒井美和子	並木健太郎
須田 泰市	樋口 英雄
坂元 聡	

6. 日本放射化学会入会勧誘のお願い

日本放射化学会では新会員の募集をしております。ぜひ新会員をご勧誘下さいますよう、よろしくお願い申し上げます。

入会申込手続「入会申込書」を事務局に提出して頂くとともに、「入会申込金 (入会金と1年分の会費)」を下記口座に振り込んで下さい。

「入会申込書」提出先:

〒590-0494 大阪府泉南郡熊取町朝代西2丁目1010番地
京都大学原子炉実験所 柴田研究室内 日本放射化学会事務局

「入会申込金」振込先 (郵便振替口座):

口座名: 日本放射化学会
口座番号: 00100-2-577302

1. 入会申込書

次ページの書式をコピーして使用して下さい。日本放射化学会のホームページ <http://www.radiochem.org/index-j.html> からダウンロードすることもできます。後述の「入会申込書」記入のしかたに従って記入して下さい。

2. 入会申込金 (入会金と1年分の会費)

下表を参考にして下さい。振り込みの際には内訳を振込用紙に記入して下さい。

	入会金	会費	合計
正会員	1,000円	5,000円	6,000円
学生会員*	0円	3,000円	3,000円

* 学生会員とは、学部あるいは大学院に在学中の会員をさします。

3. 「入会申込書」記入のしかた

- 文字は楷書で明瞭に記入して下さい。
- ふりがな、氏名、ローマ字つづりとして、すべて姓と名を分け、氏名は自署して下さい。文字の判別がしやすいように明確に記入願います。ローマ字は慣用のローマ字で記入して下さい。
- 生年月日 西暦で記入して下さい。
- 性別 該当する所を○で囲んで下さい。
- 会員種別 正会員、学生会員のいずれかを○で囲んで下さい。
- 勤務先・就学先 勤務先あるいは就学先の名称・部局・部・課・学科名・研究室等は詳しく記入して下さい。所在地住所には郵便番号も忘れずに記入願います。電話番号は直通以外は内線まで記入して下さい。職(学年)は、学生会員の場合には学部学生あるいは大学院生の旨を明記した上で学年も記入して下さい。また、学生会員の場合には指導教官名も記入願います。勤務先あるいは就学先で電子メールアドレスをお持ちの方は必ず記入して下さい。
- 自宅 自宅住所は、アパート名○○様方等も忘れずに記入して下さい。
- 雑誌等送付先 勤務先(就学先)あるいは自宅のいずれかを○で囲んで下さい。
- 最終学歴、年次、学位、大学、学部、学科等略さず、年次は西暦で記入して下さい。また、学位の記入も願います。
- 備考欄 備考欄は自由記入欄です。学会への要望事項(運営、事業、会誌、広報、部会など)についてご意見を頂戴できれば参考にさせていただきます。また、ご自身の専門分野などについて記入頂いても結構です。