

放射化学

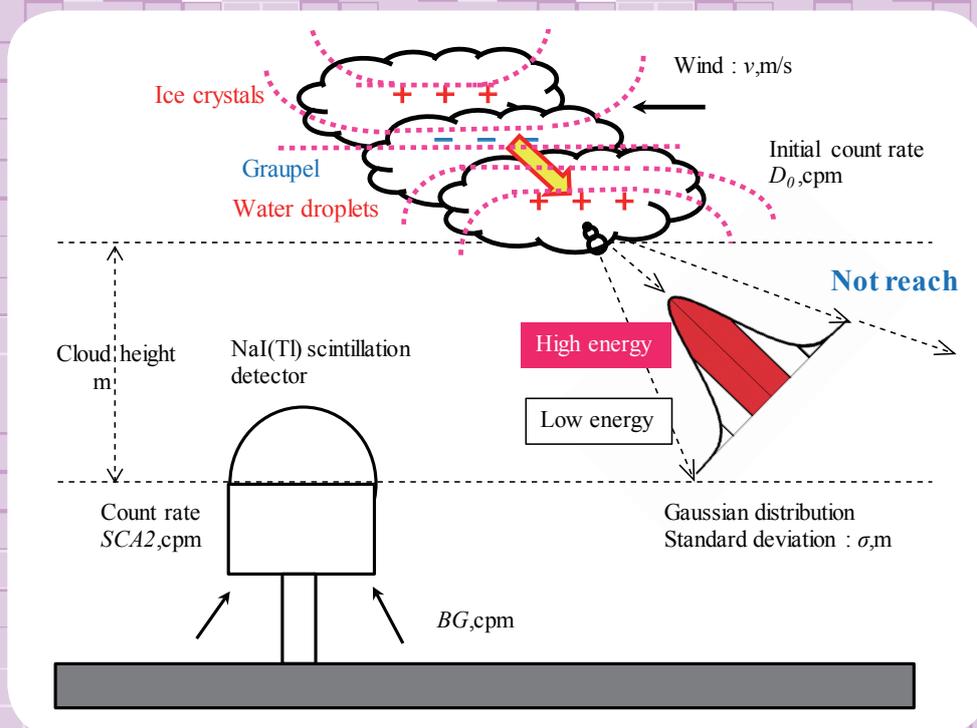
第39号

原著

低山地形により傾斜した冬季雷雲からの制動ガンマ線の解析

特集

2018日本放射化学会年会 奨励賞、若手優秀発表賞受賞者による研究紹介



放射化学

第 39 号

平成 31 年 (2019 年) 3 月 20 日

目次

原著

「低山地地形により傾斜した冬季雷雲からの制動ガンマ線の解析」(黒崎 裕人) 1

特集

2018 日本放射化学会年会 受賞者による研究紹介

奨励賞

放射化分析法を用いた固体地球化学試料中のハロゲン及び微量元素の定量 (関本 俊) 12

若手優秀発表賞

アルファ線核医学治療に向けた At-211 標識アミノ酸誘導体の検討 (張 子見) 17

MRTOF-MS 用 α -TOF 検出器の性能評価 (庭瀬 暁隆) 20

福島県大熊町で発見された放射性 Cs を含む不溶性粒子の破壊分析による

微量元素定量 (五十嵐 淳哉) 22

阻止電場 - 磁気ボトル型電子分光装置の開発および U-235m の内部転換

電子分光測定 (重河 優大) 24

ウランとネプツニウムの還元に誘起される析出反応 (大内 和希) 27

ニュース

JRR-3 の新規制基準適合確認への取り組み状況について (松江 秀明) 30

会議報告

2018 日本放射化学会・第 62 回放射化学討論会実施報告 (沖 雄一) 31

核化学夏の学校 (後藤 真一) 34

情報プラザ (国際国内会議) 37

学会だより.....	38
2018 日本放射化学会年会・第 62 回放射化学討論会プログラム	44
「放射化学」規定など	56
「放射化学」論文編集委員会規定	
「放射化学」発行規定	
「放射化学」論文投稿規則	
「放射化学」論文投稿の手引き	
学位論文要録執筆候補者の推薦について	
「会員の声」欄へのご寄稿のお願い	
会員の異動に伴う連絡のお願い	
賛助会員リスト	
広告	

表紙の説明

冬期に観測される雷雲から放出されるガンマ線の傾斜サーチライトモデル

原 著

低山地地形により傾斜した冬季雷雲からの制動ガンマ線の解析
Simulation of bremsstrahlung gamma ray from winter thunderclouds
which were tilted along the slope of the low mountain

黒崎 裕人

新潟県放射線監視センター

〒 945-0034 新潟県柏崎市三和町 5-48

Hirohito Kurosaki

Niigata Prefectural Institute of Environmental Radiation Monitoring

5-48 Sanwa-cho, Kashiwazaki-shi, Niigata, 945-0034, Japan

(2019 年 1 月 18 日受理)

要旨

日本海側の沿岸地において、冬季に雷雲から制動ガンマ線の検出例が報告されている。著者は 2018 年 1～3 月において、海岸から約 8 km 内陸の標高 207 m に設置した NaI 検出器で、風向が南～南西、風速は 3.3～6.7 m/s の条件下で 4 回のガンマ線を観測した。これらは従来の「沿岸部で強い季節風が吹くとき、雷雲からガンマ線が放出される」という条件とは大きく異なっていた。これらを 2011 年に提唱した「傾斜サーチライトモデル」で解析したところ、制動ガンマ線の計数率（計算値）の経時変化は実測値とよく一致した。ただし発生要因としては、測定局が立地する標高 351 m の低山地に対し、雷雲高度も 313～371 m と同レベルであったことから、南寄りの弱い風で雷雲が山裾にぶつかり、雷雲が傾斜したためと考えられた。よってこのモデルは、雷雲の季節風による傾斜だけでなく、低山地地形による傾斜でも、雷雲からの制動ガンマ線の発生事例を説明できることが確認された。

キーワード

制動ガンマ線、冬季雷雲、日本海沿岸、傾斜サーチライトモデル、低山地斜面

Key words

Bremsstrahlung gamma ray, Winter thundercloud, Coast of the Sea of Japan,
Titled searchlight radiation model, Slope of low mountain

1. はじめに

新潟県では、柏崎刈羽原子力発電所周辺の環境放射線モニタリングを、営業運転に先立つ 1983 年 10 月から継続実施しており、現在は、発電所周辺 30 km 圏内に、NaI (TI) シンチレーション検出器（以下、NaI 検出器という）を備えた 28 局のモニタリングポストなどで放射線を監視している。その際冬季の雷雲から、しばしば 5,000 keV

以上のガンマ線を含む数分間に及ぶ制動放射線が観測されてきた¹⁻⁵⁾。このような現象は、新潟県の他⁶⁻⁸⁾、石川県⁹⁾、福井県¹⁰⁻¹¹⁾など日本海に面した地域で観測されている。

新潟県が 2017 年度冬期間（2017 年 12 月～2018 年 3 月）において制動放射を観測した例は、計 5 局で延べ 10 回であった。その内、海岸から約 8 km 内陸に入った標高 202 m に位置する宮本

局では、半数の5回の制動放射（放射時間120～320秒）を観測した。その5回中4回はいずれも風速が弱く、かつ南寄りの風向きにも関わらず制動放射が発生していた。これらは、これまでの「日本海側の冬季雷雲は、強い季節風により制動放射を引き起こす」という発生条件とは大きく異なっていた。

また一方で、山地における制動放射の観測例は、富士山¹²⁾や乗鞍岳¹³⁾、国外ではチベット高原（中華人民共和国）¹⁴⁾、アラガツ山（アルメニア共和国）¹⁵⁾など、標高3,000 m級以上の高山に限られており、このような標高200 m程の低山地での観測例はなかった。

そこで著者は、2011年に提唱した「傾斜サーチライトモデル」⁵⁾を使い、宮本局で観測された制動放射の解明を試みた。このモデルは、雷雲から放出される制動放射線の線束密度が、全体でガウス分布の形状をしながら、雷雲の進行方向の斜め後方に放出されると仮定した時に、地上に設置したNaI検出器で観測される制動放射線の計数率SCA2と、その高エネルギー成分の割合を表す通過率の時間変動を幾何学的に算出するものである。

この解析により、宮本局での観測例が、「低山地地形により生じた雷雲傾斜が要因」で発生した初めての制動放射事例ではないかと考察を加え、モデル化したので報告する。

2. 方法

2.1 観測局（宮本局）の概要

宮本局（新潟県長岡市宮本町）の位置をFig. 1に示した。宮本局は、UPZ（柏崎刈羽原子力発電所から概ね30 km圏）内の空間放射線量率の常時監視を目的として設置され、2013年度から運用を開始している。宮本局は、北緯37度28分25秒、東経138度42分56秒に位置し、海岸から約8 km内陸に入っている。局の海側の南西から北東方向へは、標高300 m前後の山並みが続く東頸城丘陵があり、その中の標高351 mの八石山を貫く県道48号長岡西山線の薬師トンネル長岡市側出口の標高202 m（国土地理院ウェブサイトによる）に局舎が立地している。このため、北～西風の場合は山かげで風裏となる。NaI検出

器は、積雪対策のためアルミニウム製コンテナ局舎上の地上4.7 mの高さに設置されている。

2.2 測定機器

検出器は、(株)日立製作所製2インチ×2インチNaI検出器ADP-1122UR1（エネルギー補償式、温度補償式、検出器加温装置（35℃一定）付き、地上高さ4.7 m）であり、計数率及び空間放射線量率は1分値が算出できる。

電子記録計は、横河電機(株)製DX 2030を用い、通常モードの20秒値（1秒ごとの測定での20秒間の最大値）で測定されたデータを解析に使用した。

なお、これらの測定システムの時定数は、同レベルの機能のシステムで計測した際に時定数 $\tau = 3.3$ 秒であり¹⁶⁾、20秒間隔での変動には十分追従できることを確認している。

MCAは、(株)日立製作所製（エネルギー範囲50～5,000 keV、チャンネル数1,000 ch）を用い、線量率換算は、G(E)関数荷重演算方式（デジタル）で行った。

計数率SCA2は、50～3,000 keVの計数率の総和で求めた。

スペクトル解析には、ミリオンテクノロジーズ・キャンベラ(株)製スペクトルエクスプローラVer 1.30を用いた。

2.3 気象データ

宮本局には風向風速などの気象観測装置がないため、東側へ約10 km離れた気象庁のAMEDASアメダス長岡観測所（以下、AMEDAS長岡と略、北緯37度27分0秒、東経138度49分24秒、標高23 m）の測定値を利用することとし、インターネットで公開されている10分値を使用した。

また参考として、宮本局から山を挟んで南西側へ約5 km離れた西山局（北緯37度27分30秒、東経138度39分57秒、標高25 m）では、風向風速等を測定しているため、その測定値とも比較し、AMEDAS長岡のデータと大差がないことを確認した。これらの位置も合わせてFig. 1に図示した。

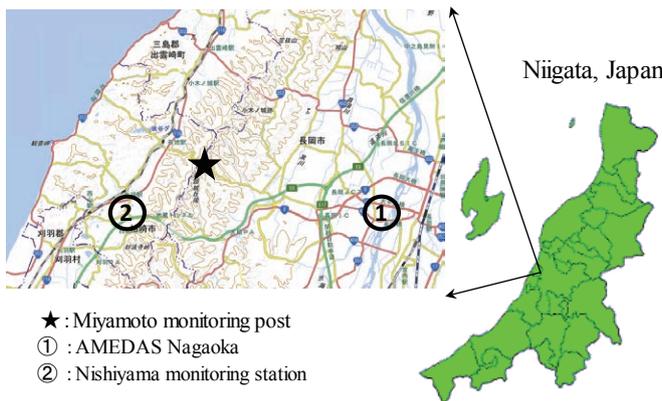


Fig. 1 Locations of the Miyamoto monitoring post and the weather measurement stations.

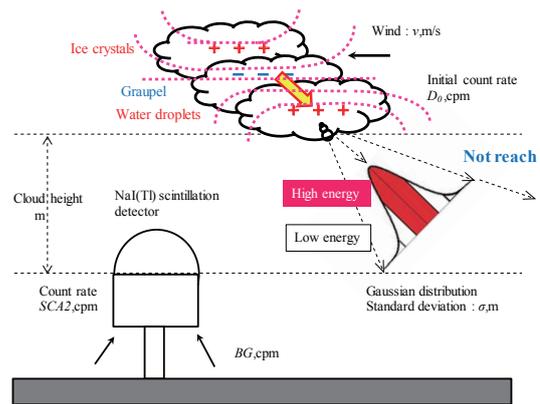


Fig. 2 Illustration of the tilted searchlight radiation model.

2.4 解析方法

2.4.1 雷雲からの制動放射の解析

雷雲からの制動放射の解析には、「傾斜サーチライトモデル」⁵⁾を用いた。このモデルは、冬季雷雲が三極構造になると言われている事をヒントに、強い季節風で傾斜した雷雲を想定し、雲の内側は電場が強い事から、電子の加速度も大きく制動放射も高エネルギー成分が放射され、一方、外側は電場が弱い事から低エネルギー成分が放射されるものと仮定し、著者らが考案したものである。イメージ図を Fig. 2 に示した。これにより制動放射線の放射角度に差が生ずることから、結果として地上の NaI 検出器では、常に低エネルギー成分が先に、遅れて高エネルギー成分が観測されること、及びその後の低エネルギー成分は距離減衰により地上に到達せず、検出されないという現象をうまく説明できる。

「傾斜サーチライトモデル」による地上で観測される計数率 $SCA2$ は、

計数率 =

$$(\text{雷雲線源初期値} / \text{傾斜後の距離減衰}) \times \text{ガウス分布項} + BG \quad (1)$$

で形成されており、具体的には②式で表される⁵⁾。

$$SCA2_{(L,H)} = \frac{D_0 \cdot \cos^2 \theta_{(L,H)}}{[v^2 \cdot \{(t-t_0)^2 + h^2\}] \sqrt{2\pi} \sigma} \exp \left\{ -\frac{v^2 \cdot (t-t_0)^2}{2\sigma^2} \right\} + BG \quad (2)$$

$\theta_{(L,H)}$ は、雷雲から地上へ向けて制動放射される際の、低高エネルギー成分の放射角度 (rad) を示す。 v は雷雲の移動速度 (m/s)、 t は経過時間 (s)、 t_0 は雷雲線源がモニタリングポストに最接近する際の経過時間 (s) である。

さらに、 D_0 は空気中での減衰を無視した場合の雷雲線源初期値 (cpm)、 h は雷雲高度 (m)、 σ は、ガウス分布に従い斜め下方に放射される制動放射線の広がり標準偏差 (m)、 BG は NaI 検出器のバックグラウンド値 (cpm) を示す。

②式において、 $SCA2_{(L,H)}$ (cpm) は、低エネルギー成分の計数率 $SCA2_L$ (cpm) と、高エネルギー成分の計数率 $SCA2_H$ (cpm) のそれぞれで成り立つことを示す。よって地上で観測される計数率 $SCA2$ (cpm) は、

$$SCA2 = SCA2_L + SCA2_H \quad (3)$$

で求められる。

2.4.2 通過率

観測された放射線の高エネルギー成分の割合を示す指標として通過率を用いた。通過率(実測値)は、実測した計数率 $SCA2$ と空間放射線量率の値から既報²⁾のとおり算出した。

通過率 (実測値) =

$$13.0 \times (\text{空間放射線量率} / \text{計数率 } SCA2) \times 100 \quad (4)$$

また、通過率（計算値）は「傾斜サーチライトモデル」⁵⁾を使って⑤式により求め、通過率（実測値）との一致度合いを検証した。

通過率（計算値）＝

$$\text{高エネルギー成分（計算値）} / \text{計数率} = (SCA2_H / SCA2) \times 100 \quad (5)$$

なお、著者らが開発した解析ソフトプログラム⁵⁾では、同時に4本までの雷雲線源から検知されるSCA2と通過率のピークを重ね合わせて、総SCA2（計算値）及び総通過率（計算値）として1秒単位で経過時間変化をグラフ化することができる。これらの計算値と実測値のグラフが一致するよう②式のパラメータ（ $\theta_{(L, H)}$ 、 t_0 及び σ ）を可変させ、各々の最適値を求めた。

2.4.3 雷雲移動速度と雷雲高度

②式において、雷雲移動速度 v は直接測定できないので、AMEDAS長岡で観測された風速を代入した。

また、同様に雷雲高度 h も直接求めることができない。そこで「傾斜サーチライトモデル」の特殊形（ $t \equiv t_0$ の時）である「点線源モデル」⁵⁾を用いて、雷雲高度 h を算出した。このモデルは、雷雲中の点線源から全方向に向かって放射されると仮定したモデルであるが、計数率SCA2のピークの頂部付近（ $t \equiv t_0$ の時、ガウス分布項は1になる）では、理論的に下方向への放射成分が地上で観測される主成分となることから、SCA2実測

値や「傾斜サーチライトモデル」とよく一致し、かつ雷雲高度 h を算出できるという利点がある。

$$SCA2 = \frac{D_0}{v^2 \cdot (t-t_0)^2 + h^2} + BG \quad (6)$$

⑥式が「点線源モデル」⁵⁾の式であり、これを展開して時間 t の関数で表すと

$$\frac{1}{SCA2 - BG} = \frac{v^2}{D_0} (t-t_0)^2 + \frac{h^2}{D_0} \quad (7)$$

となり、⑦式は $(t-t_0)^2$ を横軸に取れば、切片が h^2/D_0 で傾きが v^2/D_0 の直線となる。よって、雷雲移動速度 v を与えると、雷雲高度 h を算出することができる。

3. 結果と考察

3.1 気象状況

宮本局で制動放射が観測された5日間（平成30年1月9日～1月11日、2月7日及び3月1日）のうち代表的な天気図をFig. 3に、気象状況等をTable 1に示した。

天気図は、いずれも冬季に低気圧が発達しながら日本列島を横断していく典型的な冬型の気圧配置であった。このような天候の際に制動放射を伴う雷雲が発生しやすいと考えられた。Enotoら⁶⁾の冬季沿岸部での観測例でも、類似の天気図が示されている。

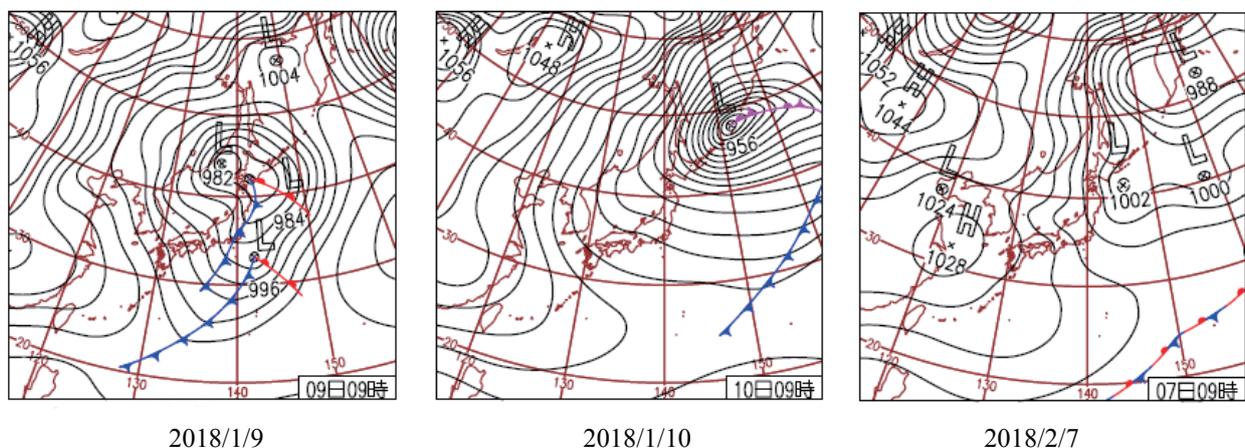


Fig. 3 Surface weather charts for Japan provided by Japan Meteorological Agency (JMA).

Table 1 Weather data at the AMEDAS Nagaoka and at the Nishiyama monitoring station.

Date Time(JST)	Amount of precipitation mm	Temp. °C	Wind direction	Wind velocity m/s
2018/1/9 23:10	0.5(1.5)	1.7	SSW(W)	3.3(2.4)
2018/1/10 10:10	0.0(0.5)	1.7	SSW(WSW)	3.8(2.3)
2018/1/11 7:00	0.5(0.0)	0.3	SW(SW)	6.7(2.9)
2018/2/7 19:50	0.0(0.0)	-0.5	S(S)	3.8(1.7)
2018/3/1 17:00	3.0(0.0)	5.7	W(W)	6.4(8.0)

() : Data at the Nishiyama monitoring station.

Table 2 NaI dose rates in 10 min intervals and duration of bremsstrahlung emission at the Miyamoto monitoring post.

Date Time(JST)	2018/1/9 23:10	2018/1/10 10:10	2018/1/11 7:00	2018/2/7 19:50	2018/3/1 17:00
NaI dose rate / nGy/h	61	57	66	53	32
Duration / sec	120	300	200	320	240

気象条件については、3月1日のみ西風であり、その場合、宮本局は山の風裏となり他の4事例と条件が大きく異なるため、以降、3月1日の事例は参考として扱った。

4事例について、AMEDAS長岡での気温は-0.5～1.7℃と低めであり、風向はS～SWと南よりで、風速は3.3～6.7 m/sと比較的弱いなど共通点が見られた。参考とした西山局のデータも()内に示した。風向は西寄りであったが、風速はいずれの日もAMEDAS長岡より弱く、「強い季節風が吹いた」状態ではなかったことが確認された。

3.2 制動放射の観測

宮本局のNaI検出器で観測された5回の制動放射による空間放射線量率(10分値)をTable 2に示した。4事例では53～66 nGy/hであり、前後の時刻から数nGy/h程度の上昇に留まっていたが、放射時間は120～320秒と比較的長く続いた。国外では40分¹⁴⁾や10分程度¹⁵⁾観測された事例はあるが、国内では5分間以上継続して制動放射を観測できた事は極めて希である。これは風が弱いことで雷雲の移動速度が遅かった事、また落雷による制動放射の消滅^{4,9)}が生じなかった事が要因と考えられた。

また、宮本局で観測された制動放射のうち、代

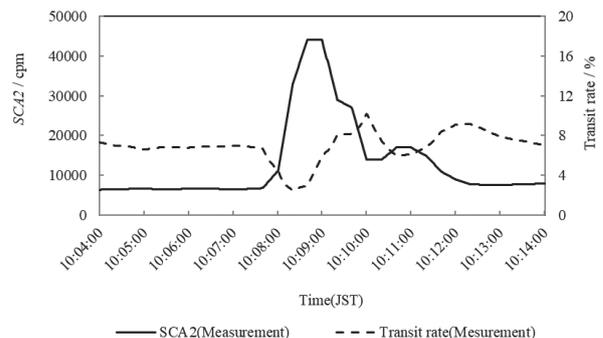


Fig. 4 Variations of NaI dose rate and transit rate in 20 sec intervals on Jan. 10, 2018 at the Miyamoto monitoring post.

表例として1月10日の計数率SCA2と通過率の時間変化例をFig. 4に示した。SCA2の上昇は10:07分40秒から始まり、10:08分40秒に最大値44,000 cpmを記録し、その後、10:09分40秒と10:10分40秒にピーク様の形状を示した。

通過率は、10:08分20秒に最低値となり10:10分に最高値を記録、その後低下したが、10:12分20秒に再びピークを迎え、その後徐々に低下した。

測定データが20秒値であったため、スムーズな変化を捉えたとは言いがたいが、それでもこの制動放射が既報⁵⁾の事例と同様に、複数のピークから形成されていると推測できた。

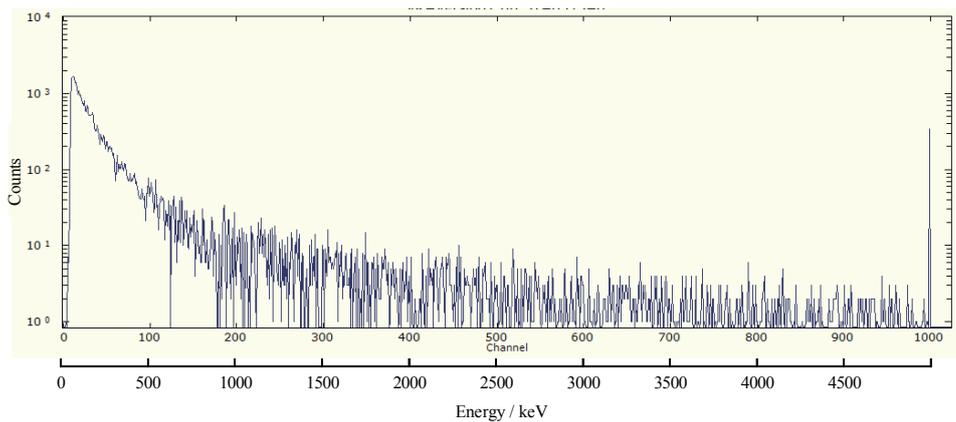


Fig. 5 Gamma ray spectrum (background-subtracted) by the NaI(Tl) detector on Jan. 10, 2018 at the Miyamoto monitoring post.

3.3 制動放射線のガンマ線スペクトル解析

観測された制動放射線のガンマ線スペクトル解析を行った。例として1月10日のピーク上昇時(10:10)からピーク上昇前(10:00)を差し引いたガンマ線差分スペクトルを Fig. 5 に示した。

既報¹⁻³⁾と同様に、低エネルギー成分の 50 keV から高エネルギー成分の 5,000 keV 以上まで連続したエネルギー放出が見られ、特に 3,000 keV 以上のエネルギー成分が観測されたことが制動放射の特徴であった。

3.4 雷雲高度の推定

宮本局で制動放射が観測された5日間のデータについて、雷雲高度の推定を行った。実測した計数率 SCA2 のピーク頂部付近のデータについて、⑦式に基づく解析を行った。

結果を Fig. 6 に示した。いずれも良好な直線関係が得られ、この直線の傾きと切片から雷雲高度 h を算出した。

結果を Table 3 に示した。推計された雷雲高度は 106 ~ 164 m と比較的低い値となったが、宮本局の検出器が 2.1 で述べたとおり既に 207 m の高さに位置することから、標高を加算した雷雲高度を求めた。その結果、宮本局の標高を加算した雷雲高度は、313 ~ 371 m となった。これは既報⁵⁾での 297 m や、Torii ら¹⁰⁾が福井県で冬季に観測した海拔約 300 m とほぼ同レベルであり、Tsuchiya ら⁷⁾が新潟県で観測した 290 ~ 560 m (2007 年) と 110 ~ 690 m (2008 年) の範囲にも入っていた。

3.5 傾斜サーチライトモデルによる制動放射の解析

これまでに得られた雷雲移動速度 v と雷雲高度 h を②式に代入して、計数率 SCA2 (計算値) と通過率 (計算値) を求め、各々実測値との比較を行った。これらはいずれも 4 本のピークが重なり合って形成されたと考えられ、各ピークごとに SCA2 を計算し、それらを合算して総 SCA2 (計算値) としてグラフに描いた。また、同様に通過率についても、各ピークごとに通過率 (計算値) を算出し、それらを合算して総通過率 (計算値)

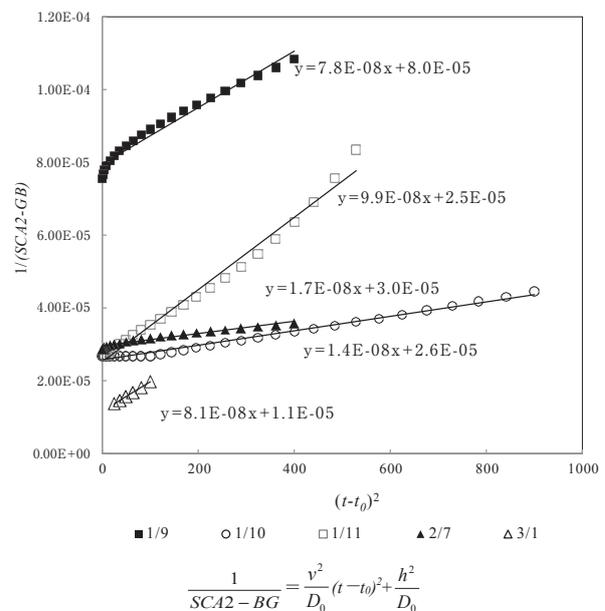
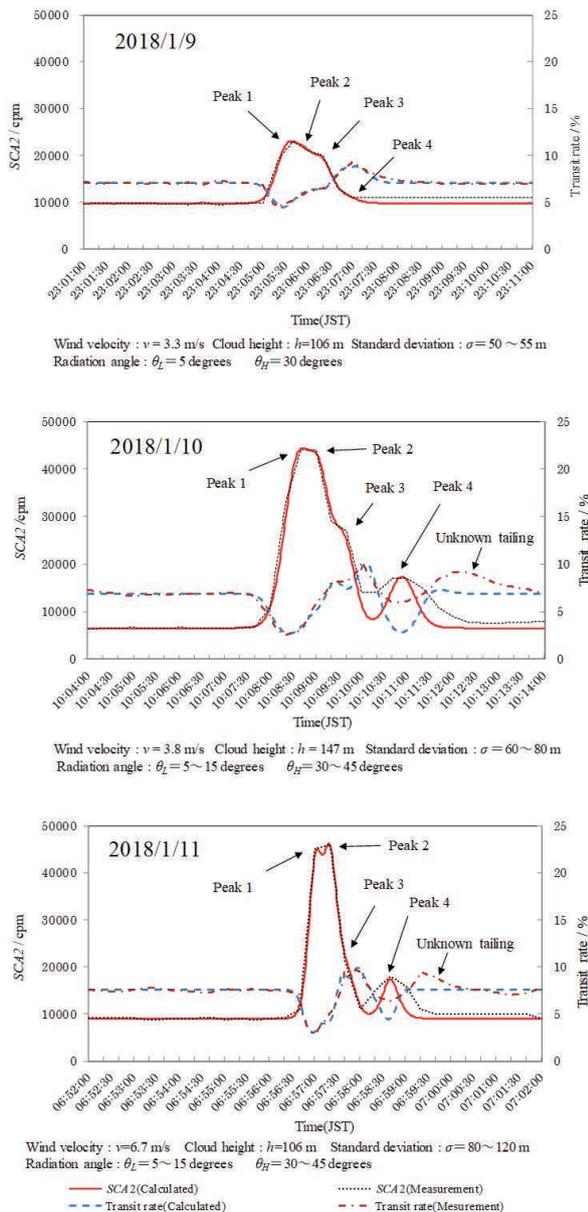
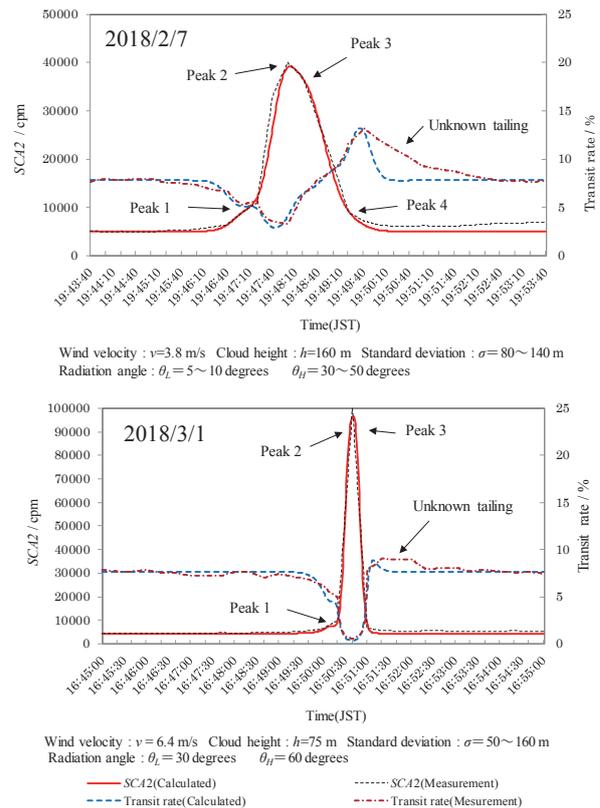


Fig. 6 Relationship between the value of $(t-t_0)^2$ and value of $1/(SCA2)$.

Table 3 Cloud height calculated by *the point source model* of bremsstrahlung emission at the Miyamoto monitoring post.

Date	2018/1/9	2018/1/10	2018/1/11	2018/2/7	2018/3/1
Cloud height calculated by <i>the point source model</i> h / m	106	164	106	160	75
Cloud height added elevation m	313	371	313	367	282

Fig. 7 Comparison between the measurement count rate (SCA2), transit rate and calculated data of these rates by *the tilted searchlight radiation model*.Fig. 8 Comparison between the measurement count rate (SCA2), transit rate and calculated data of these rates by *the tilted searchlight radiation model*.

としてグラフに描いた。

Fig. 7と Fig. 8には、これらを比較してその一致状況がわかるように示した。これらの時刻変化を整理すると、まず SCA2は上昇後、最高ピークを示し、それに伴って通過率は5%以下まで低下した。その後、SCA2は複数のピークを繰り返しながら徐々に低下した。SCA2の変動パターンは、2009年に著者ら⁵⁾が別地点(宮川局)で観測し

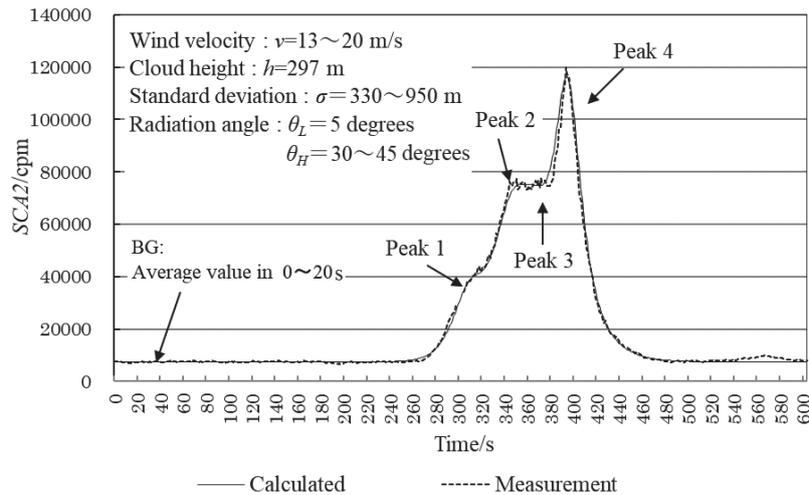


Fig. 9 Comparison between the measurement count rate (SCA2) and calculated data by the tilted searchlight radiation model.

Detected at the Miyagawa monitoring post on 17 Dec. 2009.

Adapted from H.Kurosaki *et al.*⁵⁾ Fig.12.

た状況 (Fig. 9) と異なった動きであった。それは SCA2 が徐々に上昇しながら最後に最高ピークを示す放射パターンであった。これら放射パターンの違いについては、今後、観測事例が増えることにより解明していきたい。

通過率の変動パターンは、最低値となった後、複雑なピークを繰り返しながら徐々に上昇し、SCA2 のピークが終わるころに最高値を示す状況が見られた。大まかに言えば、低エネルギー成分がピーク前半に、高エネルギー成分が後半に出現するという従前から確認されてきた現象²⁾が見られた。

しかし、この計数率 SCA2 (実測値) がほぼピーク前の状態に戻った後も続く通過率 (実測値) の最後のピークのテーリング現象は、このモデルの通過率 (計算値) では再現できなかった。つまり言い換えれば、このテーリング現象は、制動放射とは異なる原因で生じた放射線の存在を示唆している。

Enoto ら¹⁷⁾ は、北西の風、風速 17 m/s の条件の下で、落雷を伴うガンマ線フラッシュと直後の約 50 ms の時定数で減衰する短時間バースト (最大エネルギー約 10 MeV) を観測し、その発生メカニズムを詳細に考察した。その際に、落雷から 35 秒後にピークを持つ 511 keV (対消滅) 輝線を

1 分間にわたって検出し、それは光核反応により生成された陽電子によるものと報告した。この研究は本研究と比べ、強い季節風か否か、落雷の有無、短時間 (ms) バーストと長時間 (数分間) バースト、という点では大きな違いがある。

しかし、バースト後に 511 keV のエネルギーを有する放射線が、1 分間継続して観測された点は大変興味深い。本研究では、(i) ガンマ線スペクトル (Fig. 5) では、明確な 511 keV 輝線は検知されなかった、(ii) 測定データが 20 秒値であったためか、未知のテーリング現象の発生時 (Fig. 7 と Fig. 8) に 511 keV を含む SCA2 (実測値) のピークが明確に現れなかった、など確証は掴めなかった。ただし、著者らの過去の観測例で、通過率の BG 値より求めた平均エネルギーは 305 keV²⁾ と 335 keV³⁾ であったことから、通常 511 keV は高エネルギー側に分類されると考えられる。よって本研究で観測された未知のテーリング現象が、511 keV の輝線である可能性は残されている。

その場合、当然ながらそれ以前に陽電子を生成させる 10 MeV 以上のエネルギーを有するガンマ線が生じていたことになり、それは、Torii^{10,11)} や Enoto ら⁶⁾ が観測した TER (Transient energetic radiations)、または TGEs (Thunderstorm Ground

Table 4 Results of computation based on the tilted searchlight radiation model at the Miyamoto monitoring post.

Date	2018/1/9	2018/1/10	2018/1/11	2018/2/7	2018/3/1
Parameter					
Cloud height / m	313	371	313	367	282
Standard deviation / m	50~55	60~80	80~120	80~140	50~160
Radiation angle					
θ_L / degrees	5	5~15	5~15	5~10	30
θ_H / degrees	35	30~45	30~45	30~50	60

Enhancements)¹⁵⁾と呼ばれるものと考えられ、おそらく、本研究でも観測された 5 MeV 以上の高エネルギー成分 (Fig. 5) を含む制動放射線によるものと推定された。これを実証するには、今後 TER と 511keV 輝線の両方を同一事象内で捉えることが課題として残される。

なお、例外として扱った 3 月 1 日の SCA2 と通過率の経時変化は、Fig. 8 に示したとおり、ピーク幅がシャープで SCA2 (実測値) の最高値が 100,000cpm と他事例より高くなっていた。これは Table 1 に示したとおり、風向きが西風で風速が 6.4m/s (西山局では 8.0 m/s を記録) と他事例と異なり、この場合、宮本局が山の風裏になることが原因と考えられた。

これらの「傾斜サーチライトモデル」から得られた各パラメータを Table 4 に整理した。

3.6 低山地地形により傾斜した雷雲からの制動放射

3 月 1 日を除く 4 回観測した制動放射の際の風向風速は、当初想定していた「日本海側の冬季雷雲は、強い季節風で傾斜する」という条件とは大きく異なっていた。つまり風速は 3.3 ~ 6.7m/s であり、いずれも風向は南寄りであった。これは大野ら¹⁾ が測定した雷雲の移動速度 11.8 ~ 17.5 m/s や、既報⁵⁾ で想定した風速 13 ~ 20 m/s、Torii ら¹⁰⁾ が福井県内で観測した北風 7.3 ~ 7.6 m/s、さらには Enoto ら¹⁷⁾ の北西の風、風速 17 m/s の事例と比べても弱かった。もちろん原因として、計算に使用した風速データが AMEDAS 長岡の値で、宮本局から 10 km ほど離れている事や、宮本局の標高 202 m と AMEDAS

長岡の標高 23 m に差があるため、宮本局上空での正しい雷雲移動速度を反映していないという反論もあり得る。しかし、前述のとおり「傾斜サーチライトモデル」では、SCA2 のピーク変動に関しては忠実に再現できた。さらに、冒頭で述べたとおり宮本局での観測事例は、他の 27 局のモニタリングポストに比べ特異的に多い。また、4 回の観測時刻前後において、宮本局以外の他局で制動放射は観測されていない。

つまり、このような一見して制動放射が起こりにくい条件にも関わらず、同一局で特異的に観測できたという事実から、宮本局での観測事例はその特有の地形により生じたのではないかと考えた。

そこで Fig. 10 に宮本局の地形模式図を示した。

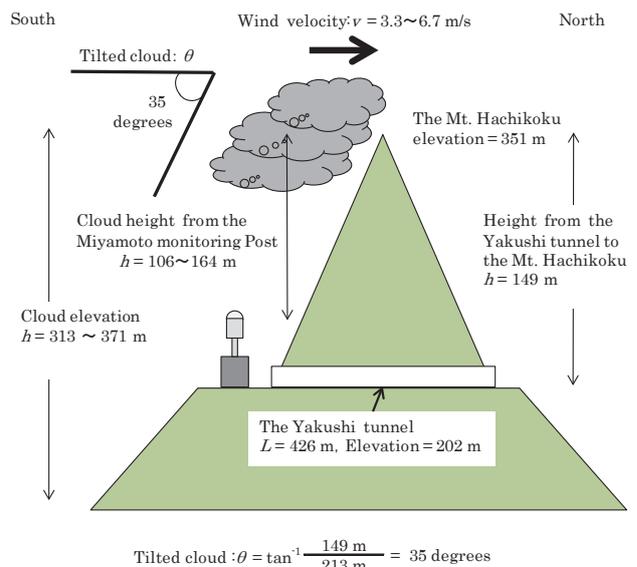


Fig. 10 Illustration of tilted cloud along the slope of the Mt. Hachikoku.

宮本局は、前述のとおり標高 351 m の八石山の中腹の標高 202 m に位置する。八石山は全長 426 m の薬師トンネルに貫かれ、宮本局のあるトンネル出口の南方向に開けている。

ここで、雷雲の高さは宮本局から 106 ~ 164 m 上と予測されたことから、ほぼ八石山と同レベルの高さにあったと考えられた。その場合、図のように風速が弱くても八石山にぶつかり、山斜面に沿って上昇することによって、雷雲が強制的に傾くとも考えられた。この場合、幾何学的に雷雲の傾斜角度は 35 度となる。よって、このような山地地形が傾斜した雷雲を形成し、制動放射を引き起こしたものであろうと推測できた。そしてこれは、これまでに観測例がない制動放射の発生メカニズムであると考えられた。

4. まとめ

宮本局で観測された冬季雷雲からの制動放射線の解析を行った。

宮本局で 2018 年 1 月 9 日から 3 月 1 日までの間に観測された 5 回中 4 回の制動放射は、いずれも風向は S ~ SW であり、風速は 3.3 ~ 6.7 m/s と比較的弱い状態であった。雷雲高度は「点線源モデル」で推計した結果 106 ~ 164 m であったが、宮本局の標高を加算すると雷雲高度は標高 313 ~ 371 m となった。

著者らが提唱した「傾斜サーチャイトモデル」の 4 本のピークを重ね合わせる方法でのシミュレーションの結果、計数率 SCA2 (計算値) の経時変化は、各事例ともに実測値と良く一致した。制動放射における低及び高エネルギー成分の放射は放射幅 $\sigma = 50 \sim 100$ m で、放射角度は $\theta_L = 5 \sim 10$ 度、 $\theta_H = 30 \sim 50$ 度であった。

これらを総合的に解析すると、高度 313 ~ 371 m にあった冬季雷雲が、風向 S ~ SW で、風速 3.3 ~ 6.7 m/s と比較的弱い風で移動しながら、標高 351 m の八石山にぶつかり、山斜面に沿って上昇することによって、雷雲が幾何学的に傾斜角度 35 度で強制的に傾いたと考えられた。この雷雲が傾斜することで制動放射線が放出され、標高 207 m の NaI 検出器 (宮本局) で観測されたと考えられた。

このような山地地形により冬季雷雲が傾斜し制動放射線を発生するというメカニズムは、これまで観測例がない貴重なデータである。

本研究の一部は、第 62 回放射化学討論会 (京都市、2018 年 9 月) で発表した。

引用文献

- (1) 大野峻史、黒崎裕人他、新潟県放射線監視センター年報、**8**、19(2010).
- (2) 大野峻史、黒崎裕人他、新潟県放射線監視センター年報、**8**、24(2010).
- (3) 大野峻史、黒崎裕人他、新潟県放射線監視センター年報、**8**、29(2010).
- (4) 大野峻史、黒崎裕人他、新潟県放射線監視センター年報、**9**、36(2011).
- (5) 黒崎裕人、大野峻史他、KEK Proc. 2011-7, Proc.12th Workshop on Environmental Radioactivity, 36(2011).
- (6) T. Enoto, H. Tsuchiya et al., J. Plasma Fusion Res. SERIES **8**, 208(2009).
- (7) H. Tsuchiya, T. Enoto et al., J. Geophys. Res. **116**, D09113(2011).
- (8) D. Umemoto, H. Tsuchiya et al., Phys. Rev. E**93**, 021201(2016).
- (9) Y. Wada, G. S. Bowers et al., Geophys. Res. Lett. GL077784(2018).
- (10) T. Torii, T. Sugita et al., Geophys. Res. Lett. **38**, L24801(2011).
- (11) T. Torii, T. Sugita et al., J. Atmos. Electr. **34**, 1(2014).
- (12) T. Torii, T. Sugita et al., Geophys. Res. Lett. **36**, L13804(2009).
- (13) H. Tsuchiya, T. Enoto et al., Phys. Rev. Lett. **102**, 255003(2009).
- (14) H. Tsuchiya, K. Hibino et al., Phys. Rev. D **85**, 92006(2012).
- (15) A. Chilingarian, J. Atmos. Terr. Phys. **107**, 68(2014).
- (16) 黒崎裕人、大野峻史他、新潟県放射線監視センター年報、**8**、32(2010).
- (17) T. Enoto, Y. Wada et al., Nature **551**, 481(2017).

Abstract

Several cases that the bremsstrahlung gamma rays were detected from winter thunderclouds along the coast of the Sea of Japan have been reported. In our monitoring, using the NaI(Tl) scintillator, the bremsstrahlung gamma rays were observed four times during Jan. to Mar. 2018, at an altitude of 207 m, about 8 km inland from the coast, under the weather conditions that wind directions were south - southwest and the wind speed of 3.3 - 6.7 m/s were blowing. However, it was different from the previous condition that the bremsstrahlung gamma rays were always caused by strong winter storm along the coast. By using "Tilted searchlight radiation model

(H.Kurosaki et al. 2011)" , the results of count rate calculated from this model were in good agreement with our measurement data. So, the bremsstrahlung gamma ray emissions might be caused by the tilted thunderclouds. Since the thunderclouds height of 313 to 371 m and the low mountain height of 351 m were almost same, the thunderclouds bumped into the mountain and tilted along the slope of the mountain by the weak wind of southerly. Therefore, it was well explained with this radiation model that the winter thunderclouds were tilted by not only strong winter storm but also along the slope of the low mountain.

特集 2018年度学会賞

奨励賞

関本 俊 (京都大学 複合原子力科学研究所 粒子線基礎物性研究部門)

受賞題目：放射化分析法を用いた固体地球化学試料中のハロゲン及び微量元素の定量

<授賞理由>

関本俊博士は、放射化学的な元素分析法として重要な中性子放射化分析法の主にハロゲンへの応用に関する基礎的研究とその地球化学試料への応用で顕著な成果を挙げており、2018年度日本放射化学会奨励賞の受賞者に選考された。その授賞理由を以下に述べる。

中性子放射化分析法 (Neutron activation analysis: NAA) は、元素の放射化に用いる中性子や検出に用いるガンマ線の高い透過力を用いて試料を非破壊で分析する手法で、複数の元素を高感度に定量できる利点がある。一方、より確度・精度の高い分析を行うには、ガンマ線スペクトル計測の際のバックグラウンドや干渉を減少させるために、中性子照射後の試料に敢えて化学処理を施し、目的元素を分離精製して分析する放射化学的 NAA (Radiochemical NAA; RNAA) を適用することが有効である。関本博士は、この RNAA を駆使し、その地球化学的に重要なハロゲン元素の分析への応用を進めた。ハロゲン元素 (この研究では主に塩素、臭素、ヨウ素が対象) は、相互に反応性が微妙に異なるため、地球科学試料中のこれらの元素存在度は、試料の生成過程やその後の変質に対して多様で貴重な情報を与える。このようなハロゲン元素への NAA への適用において、関本博士は主に RNAA を改良し、ガンマ線のバックグラウンドの低減やキャリアの利用による確度の向上や化学処理時間の短縮 (=半減期 25 分の ^{128}I の分析などで重要) を進めることにより、様々な地球科学試料中のハロゲン元素の正確な定量を実現した。具体的には、日本の堆積岩標準試料中の微量ハロゲン元素 (塩素、臭素、ヨウ素) を開発した RNAA 法で正確に定量し、元素分析法として現在汎用的に用いられている誘導結合プラズマ質量分析法 (ICPMS) の結果と比較した。その結

果、ICPMS 法で得られた同試料中の臭素およびヨウ素の定量値は、RNAA で得られた値と比べて系統的に低い傾向を示し、ICPMS 法を用いる際の試料前処理において、ハロゲン元素が定量的に回収できていないことを明らかにした。さらに関本博士は、本法を米国地質調査所発行の標準物質中のハロゲン元素に適用し、一部の塩素、臭素、ヨウ素の報告値の差を指摘し、その原因を明らかにした。関本博士のこれらの研究は、ハロゲン元素については、RNAA が、現在有力な微量元素分析法である ICPMS 法を凌ぐ手法であり、今後地球化学分野でも本法が重要になることを示唆している。上記の研究成果は、Analytical Chemistry 誌や Geostandards and Geoanalytical Research 誌などに報告されている。

その他、関本博士は、(i) 機器 NAA (Instrumental NAA; INAA) や光量子放射化分析法を利用した研究も進め、他の研究者と連携しながら、地球外起源物質 (小惑星探査機「はやぶさ」が持ち帰ったイトカワの微粒子など) の化学組成やその生成機構の解明に貢献、(ii) INAA を金属相中の微量元素などに適用し、特に南極などで回収されたスフェール粒子の起源を解明、などの成果を収めている。

以上の通り、関本博士は、RNAA などを用いたハロゲン元素などの微量元素の定量法の開発とその応用などで顕著な成果を挙げ、今後も微量ハロゲン元素の濃度定量が重要と考えられる隕石試料やマントル起源岩石への適用などでさらなる発展が見込まれ、その研究は放射化学・宇宙地球化学に新たな展開をもたらすものと高く評価できる。また、関本博士のこうした活動は、中性子放射化分析などを中心とした放射化学分野コミュニティの発展に大きく貢献するものと期待される。以上のことから、日本放射化学会は、関本俊

博士に日本放射化学会奨励賞を授与することに決した。

(日本放射化学会賞選考委員会)

＜奨励賞受賞者の紹介＞

関本俊さんをご紹介します。関本さんは1998年に京大工学部工業化学科に入学、その後、同大学院修士課程で物質エネルギー化学専攻へ進学されました。修士からは、熊取キャンパスの原子炉実験所（以下、京大炉）に居られた柴田誠一教授の研究室（同位体利用化学講座）へと進み、自らの新たな研究分野の扉を開きました。丁度そのタイミングで私は熊取を離れて吉田に移りましたが、研究・教育で柴田先生とのご縁が続いていたこともあり、熊取に行く度に昼夜問わず実験している彼の姿を見ていました。当時、研究に対するアプローチは論理的で繊細で、地道な考え方のできる珍しい学生という印象がありましたが、“印象”という意味では普段の風貌にも彼の個性の一端が表れています。もしお会いになったことが無ければ、刮目に値するものと思います。

大学院学生時代の彼は京大炉による放射化分析法を軸に研究を始めました。一例は深海底の堆積物中に含まれる地球外起源物質の分析です。米国ハワイ島沖の約5,000 mの海底で収集した堆積物から、直径100～300 μmの球状鉄質粒を選別し、イリジウムを含む白金族元素に着目して化学組成の同定を試みました。宇宙のどのような物質が、どのような影響を受けて形成されたのかを解明するための端緒となる成果でした。その後も、宇宙塵や標準物質など種々の分析することで、希少な物質でも非破壊で化学分析できる放射化分析法の有用性を内外に示しつつ、新たな発見に挑んできました。

博士課程修了後の2008年からは、京大炉の助教として引き続き研究を進めています。着任後は、高エネルギーの中性子や陽子を用いて核反応断面積の評価や、米国フェルミ国立加速器研究所の遮蔽グループと共に、同研究所高エネルギー加速器室内の放射性エアロゾルの挙動に関する研究に参画しました。また、京大炉の電子線形加速器を用いた医療用RIの製造に関する研究にも携わるなど、京大炉のみならず国内外の様々な施設、設備、

そして人と積極的に関わり、多くのことに興味を持って自発的に取り組んでいます。彼を見るにつけ、こうした“個性的な”若手が当学会をベースにして活躍の場を広げて行けるよう、支えていかなければならないと感じます。

そして今回の受賞にあるハロゲン研究の成果は、2006年に一旦停止し、高濃縮から低濃縮のウラン燃料へと積み替えられて再開した京大炉によって生まれたものです。有名英文誌にその成果が掲載されて注目を浴びたことから、関本さんに奨励賞を授けるに十分ではありますが、上述の如く彼はそこに留まる人物ではありません。彼のおもしろみは、中学や高校の教科書に自身の研究成果が書き加えられることを夢としているところです（私は恩師から同じ事を言われたのを思い出します）。今後、関本さんがこの手法を更に発展させ、地球化学的な研究を深めるのは勿論ですが、新しい分野における非破壊分析のニーズを発掘して行く姿を夢見つつ、進んでいかれることに期待しています。そして、いずれ教育者としても開眼して欲しいものです。簡単です。研究に取り組むその個性的な背中を見せればいいのですから。

(佐々木隆之)

＜奨励賞受賞者による研究紹介＞



放射化分析法を用いた固体地球化学試料中のハロゲン及び微量元素の定量

関本 俊
京都大学 複合原子力科学研究
所(旧 京都大学原子炉実験所)

ハロゲン元素は、地殻岩石やマントル物質など、地球化学分野において興味深い試料中で、重要な情報となることが知られている。それは、ハロゲンが元素間で揮発性が大きく異なることから、上記の試料中における、その含有量や相対的な存在度（一つのハロゲンに対する他のハロゲンの存在度）を知ることが、試料そのものの生成過程やその後の変成、つまりそれらの地上への堆積や溶融、沈み込みなどの地球化学的な現象を議論する上で役に立つからである¹。しかし、地殻岩石やマントル捕獲岩などの地球の物質中の、その存在度に関する正確な値はあまり報告されていない。このことは、産業技術総合研究所の地質調査総合センターが発行する標準岩石試料の標準値一覧データベースを見ても明らかである。ほとんどの火成岩、堆積岩試料において、ハロゲンの認証値はほとんど無く、いくつかの参考値が与えられているだけで、値の記載が無いものもある。これは、上記のような固体試料中の微量ハロゲン元素の定量分析が困難であることに起因する。通常、岩石試料中の微量ハロゲンの定量分析には、誘導結合プラズマ質量分析法 (Inductively coupled plasma mass spectrometry, ICPMS) や中性子放射化分析法 (Neutron activation analysis, NAA) が用いられてきた。ICPMS の場合、臭素やヨウ素は、pyrohydrolysis 法により試料からそれらの元素を抽出することにより定量可能であるが、フッ素、塩素の定量は不可能である。一方 NAA では、原理的に4つのハロゲン元素の定量分析が可能であり、特に塩素、臭素、ヨウ素は、放射化学的手法 (中性子照射後の試料における各元素の化学分離) を伴った NAA (Radiochemical NAA, RNAA) により、ルーチン的に定量可能である²。しかし

フッ素は、中性子を捕獲した核種である ^{20}F の半減期が 11 秒と非常に短いため、RNAA での定量は実質的には不可能である。尚、フッ素は、短寿命核種の分析に特化した NAA か、放射化学的手法を伴った光量子放射化分析を用いると、定量可能である³。

近年、筆者らは、従来の RNAA を改良し、それを用いて堆積岩標準試料中の微量ハロゲン元素 (塩素、臭素、ヨウ素) を精密に定量した。得られた堆積岩標準試料中の臭素、ヨウ素の定量値と、現在、一般的な元素分析法として汎用的に用いられる ICPMS により得られた定量値を比較すると、後者が系統的に低くなる傾向が示され、ICPMS の際の試料の前処理 (pyrohydrolysis 法) の段階で、臭素、ヨウ素が定量的に回収されていない可能性を示唆した (図 1)。上記の内容は、RNAA における改良点や分析値と共に、文献 4 及び文献 5 に詳細に説明されている。今後、本研究で用いられた RNAA が宇宙・地球化学分野において、微量ハロゲン濃度が重要である試料 (隕石試料、マントル起源岩石など) に適用されることが期待される。

次に、米国地質調査所が発行する標準物質の RNAA によるハロゲンの分析結果について述べる。13 種類・17 試料の分析を行ったが、本稿ではこれらのうち、玄武岩 3 試料 (BCR-2, BHVO-2, BIR-1a)、安山岩 1 試料 (AGV-2)、マンガンノジュール 2 試料 (Nod-A-1, Nod-P-1) の合計 6 試料の結果を示す。これら以外の 11 試料のうち、5 試料の塩素、9 試料の臭素及び、すべての試料のヨウ素は、筆者らの RNAA の結果が初の報告例であった (2016 年 8 月の時点)。また

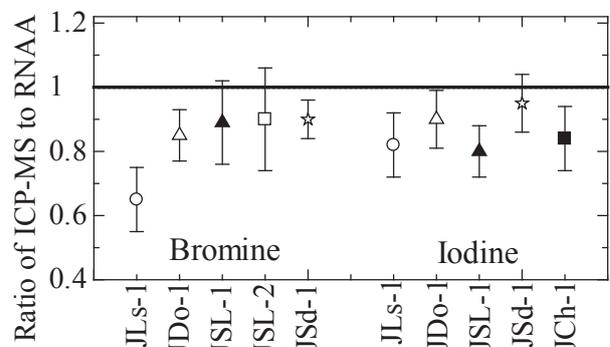


図 1 RNAA の値と ICPMS の値の比

過去にハロゲンの分析結果があるものについては、粗粒玄武岩1試料(DNC-1a)の塩素の文献値を除けば、RNAAの結果と文献値の間には矛盾は無かった。表1に、米国の標準物質のハロゲンの分析結果と文献値を示す。玄武岩、安山岩試料においては、RNAAの値は、イオンクロマトグラフィーやICPMSなどの値と、塩素、臭素では矛盾は無いが、ヨウ素ではICPMSの値がRNAAの値と比べるとかなり低い。これはpyrohydrolysis後の溶液をICPMSで分析する前に濃縮した結果、ヨウ素が損失したからであると考えられ

る。また塩素について両者の値をより詳細に比較するため、RNAAの値に対して、イオンクロマトグラフィーを用いた文献値の比を調べたところ(図2)、図1の臭素やヨウ素のときと同様に、pyrohydrolysisを伴ったイオンクロマトグラフィーの値がRNAAの値に比べて、系統的に低く、塩素もpyrohydrolysisにより定量的に抽出されるわけでは無いことが示された。

マンガンノジュール試料においては、臭素は、ICPMSの値がRNAAの値がより高く、ヨウ素はその逆であった。臭素における両者の矛盾は、

表1 米国地質調査所が発行する標準物質におけるハロゲンの分析値

岩石の種類	試料名	Cl (mg kg ⁻¹)	Br (mg kg ⁻¹)	I (mg kg ⁻¹)	分析手法 ^c	文献
玄武岩	BCR-2	112 ± 1	0.144 ± 0.008	0.082 ± 0.022	RNAA	6
		98 ± 8	- ^a	-	IC	9
		-	0.157 - 0.175 ^b	0.017 ± 0.004	ICP-MS	9
		89 ± 6	-	-	IC	10
		101	-	-	XRF	11
	BHVO-2	104 ± 4	0.240 ± 0.013	0.307 ± 0.050	RNAA	6
		150 ± 21	-	-	IC	9
		-	0.269 - 0.277 ^b	0.016 ± 0.002	ICP-MS	9
		81 ± 11	-	-	IC	12
		-	0.29 ± 0.10	0.020 ± 0.012	ICP-MS	12
		89 ± 7	-	-	IC	10
	BIR-1a	5.64 ± 0.43	0.039 ± 0.012	0.041 ± 0.009	RNAA	6
	BIR-1	26 ± 6	< 2	-	<i>Compiled values^d</i>	13
		44	-	-	IC	9
-		0.065 ± 0.026	0.014 ± 0.002	ICP-MS	9	
安山岩	AGV-2	72.8 ± 2.7	0.101 ± 0.007	0.197 ± 0.038	RNAA	6
		75 ± 3	-	-	IC	9
		-	0.107 - 0.145 ^b	0.007 ± 0.001	ICP-MS	9
		61 ± 3	-	-	IC	10
マンガンノジュール	Nod-A-1	4410 ± 160	14.8 ± 0.5	367 ± 9	RNAA	6
		-	40.9 ± 0.7	47.7 ± 3.2	ICP-MS	14
	Nod-P-1	1380 ± 140	5.93 ± 0.76	157 ± 17	RNAA	6
		-	30.3 ± 2.2	31.4 ± 0.3	ICP-MS	14

^a Not reported.

^b Number of analysis was two.

^c IC (Ion chromatography) and ICPMS were coupled with pyrohydrolysis.

^d Analytical methods for individual data were Spark-source Mass Spectrometry, Neutron Activation Analysis, Ion Selective Electrodes, Ion Chromatography, etc.

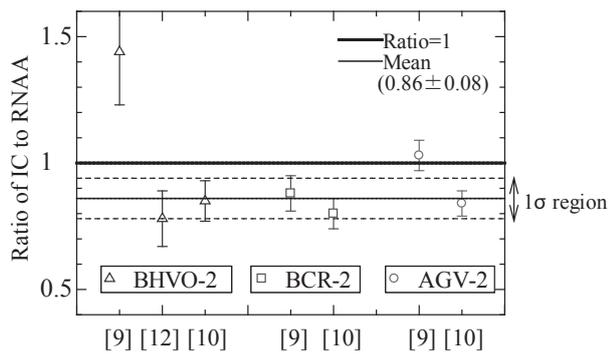


図2 RNAAの値とイオンクロマトグラフィ (Ion Chromatography, IC) の値の比

ICPMSにより臭素を定量した際の、質量数79における、 $(^{40}\text{Ar}^{39}\text{K})^+$, $(^{63}\text{Cu}^{16}\text{O})^+$, $(^{40}\text{Ar}^{38}\text{Ar}^1\text{H})^+$ などの分子イオンの妨害で説明できる。またヨウ素における矛盾は、ICPMSによる分析の際の試料の前処理の段階で、適切でない酸・加熱処理を行ったことにより、やはりヨウ素が失われてしまったことに起因すると考えられる。尚、米国の標準物質に関する上記の内容は、改良されたRNAAによる分析値や、それらが文献値と比較された結果と共に、文献6に詳細に説明されている。

この研究を進めるにあたり、海老原充 早稲田大学教授 (首都大学東京名誉教授) には、実験を始めるところから論文執筆に至るまで、丁寧にご指導頂いた事、深く感謝申し上げます。「RNAAによるハロゲンの分析」というテーマは、30年以上前から海老原充教授により始められ、筆者は2010年より共同研究者にして頂き、現在も続いています。この手法による分析値の信頼性が高いこと、またそのことが宇宙・地球化学分野において重要であることが、文献 [7-8] にも記されています。マンガンノジュール中の臭素の分析値に関して重要な助言を頂いた京都大学複合原子力科学研究所 (京大複合研) の福谷哲 准教授、大阪大学の藤井俊行 教授に感謝いたします。米国地質調査所が発行する標準物質は、清水建設株式会社との共同研究を通じて提供を受けました。共同

研究に際しご尽力頂きました木下哲一博士、谷本祐一博士 (現 いであ株式会社)、大石晃嗣博士 (現株式会社日本環境調査研究所) に深謝いたします。本成果は、京大複合研の研究用原子炉及びホットラボラトリを用いて得られた結果であり、当研究所が推進している共同利用研究の中でも、当施設の特長を最大限に生かした研究の成果です。共同利用や原子炉・ホットラボの関係者に深い謝意を表します。また今後この研究を続けるにあたり、三菱財団、住友財団、岩谷直治記念財団及び科学研究費補助金にサポートして頂いており、ここに記して謝意を表します。

参考文献

- (1) M.A. Kendrick *et al.*, *Earth Planet. Sci. Lett.*, **365**, 86-96 (2013)
- (2) H. Ozaki and M. Ebihara, *Anal. Chim. Acta*, **583**, 384-391 (2007)
- (3) T. Nakamoto *et al.*, *Anal. Sci.*, **23**, 1113-1119 (2007)
- (4) S. Sekimoto and M. Ebihara, *Anal. Chem.*, **85**, 6336-6341 (2013)
- (5) S. Sekimoto, *Isotope News*, **754**, 26-31 (2017)
- (6) S. Sekimoto and M. Ebihara, *Geostand. Geoanal. Res.*, **41**, 213-219 (2017)
- (7) 海老原充, *地球化学*, **47**, 139-147 (2013)
- (8) 海老原充, *地球化学*, **51**, 119-133 (2017)
- (9) A. Michel and B. Villemant, *Geostand. Newslett.*, **27**, 163-171 (2003)
- (10) Q. Wang *et al.* *Geostand. Geoanal. Res.*, **34**, 175-183 (2010)
- (11) D. Hanano *et al.* *Geochem. Geophys. Geosy.*, **11**, Q01004, 1-22. (2010)
- (12) H. Balcone-Boissard *et al.* *Geostand. Geoanal. Res.*, **33**, 477-485. (2009)
- (13) E.S. Gladney and I. Roelandts, *Geostand. Newslett.*, **12**, 63-118 (1988)
- (14) M.D. Axelsson *et al.* *Analyst*, **127**, 76-82. (2002)

特集 (2018 日本放射化学会年会 若手優秀発表賞受賞者による研究紹介)

アルファ線核医学治療に向けた At-211 標識アミノ酸誘導体の検討

張子見¹、兼田加珠子¹、豊嶋厚史²、深瀬浩一¹、篠原厚^{1,2}¹ 大阪大学大学院理学研究科、² 大阪大学放射線基盤機構)

近年、 α 線放出核種を医学利用して腫瘍を治療する α 線核医学治療の研究が国内外で進んでいる。 α 線核医学治療に用いることができる核種のうち、 ^{211}At は、加速器による大量製造が可能で、ハロゲンであるため様々な基質に付加することができる利点があり、有用な核種の一つである。これまで、 ^{211}At を標識した抗体を中心に、治験に進んだ薬剤候補もいくつかある [1]。しかし、核医学治療における ^{211}At の欠点として、その7.2時間の半減期の短さが挙げられる。というのも、抗体の腫瘍への集積量が最大となるのは、マウスでは投与から1~2日後であり [2]、抗体に標識された ^{211}At は癌へ集積するまで大方が崩壊し、血管やその他の正常組織へ余計な被ばくを引き起こす。これを踏まえて、集積時間のより短い ^{211}At を標識するに適した抗体の開発などが進んでいる [3]。

大阪大学の研究グループでは、癌細胞に特異的に吸収されるアミノ酸誘導体である L-alpha-Methyltyrosine (AMT) に ^{211}At を標識した ^{211}At -AAMTを薬剤候補とし、研究を進めてきた。 ^{211}At -AAMTは、PETプローブとして研究・応用が進んでいる、L-type amino acid transporter 1 (LAT1) 特異性を有する ^{18}F -FAMTのアナログ化合物である [4]。LAT1はアミノ酸トランスポーターであり、多種の癌細胞に高発現している一方で、正常細胞にはほとんど発現していない [5]。AMTおよび ^{18}F -FAMTがLAT1からガン細胞内に取り込まれる一方で、正常細胞に発現している他のアミノ酸トランスポーターにそれほど取り込まれないことが実験的に確かめられている [4]。 ^{18}F -FAMTのアナログ化合物である ^{211}At -AAMT

も同様な特異性を持つことが予測される。加えて、標識体内クリアランスが遅い高分子に比べて、アミノ酸等の低分子は代謝が速く、体内にすみやかに分布し、速やかに排出され、 ^{211}At の欠点を克服できる。以上のことにより ^{211}At -AAMTは α 線核医学治療に適した多種癌治療薬候補である。

先行研究として、McLaughlinらは1988年に ^{211}At -AAMTを合成し、メラノーマ細胞への取り込み実験を行った。当時は、メラノーマの色素合成プロセス内にチロシンが使用されることから、チロシン誘導体の中から特に取り込み成績の良かったAMTに ^{211}At を標識して ^{211}At -AAMTが合成された [6]。取り込み成績がよかったのは、色素合成プロセス以上に、 ^{211}At -AAMTにLAT1特異性があったからだと思われるが、当時はそのことが知られていなかった [6]。これとは別に、 ^{131}I をフェニルアラニンに標識した、4- ^{131}I -phenylalanineをグリオーマの治療に応用した研究の延長で、4- ^{211}At -L-phenylalanineを合成した先行研究も存在する [7]。以上のことから、アミノ酸誘導体に ^{211}At を標識して医学利用するというアイデアは決して新しいものではないものの、LAT1特異性に着目して、多種の癌治療に応用するというのが本研究の新規性であり目的である。

本研究では、 ^{211}At -AAMTを合成し、細胞実験ならび動物実験に使用できる液性で ^{211}At -AAMTを精製した。細胞実験によって、はじめて ^{211}At -AAMTのLAT1特異性を確かめた。そして動物実験を行い、 ^{211}At -AAMTの体内分布を取得し、すい臓がん細胞腫 PANC-1を担持させたマウスに投与したところ、有意な抗がん作用があることを確かめた。なお、本研究は論文化ならび特許化する内容が含まれるため、本寄稿では紹介的な内容としたい。

^{211}At -AAMTの合成

近年、 ^{211}At の修飾はスズ前駆体もしくはボロン酸前駆体を介して行われることが多いが、 ^{211}At -AAMTの合成において、そういった前駆体を合成することができなかった。代わりに本研究では先行研究と同様に水銀化によって、AMTにOne-Stepで直接 ^{211}At を付加した[8]。水銀化の粗溶液は ^{211}At -AAMT以外に多種のイオンを含むため、陽イオン-陰イオン交換カラムに通すことで脱塩して両性イオンの ^{211}At -AAMTを単離した。

^{211}At -AAMTの認識は、アナログ化合物であるIAMTとの比較を通して確かめた。安定のヨウ素を用いてMono-iodo-AMTとDi-iodo-AMTの生成を $^1\text{H-NMR}$ で確認したのち、放射性ヨウ素を用いて、TLCならびHPLCで ^{211}At -AAMTとMono-iodo-AMTの R_f 値ならび溶離時間の一致を確かめた。水銀化直後の粗溶液から、すべての ^{211}At が ^{211}At -AAMTとして存在していたことを確

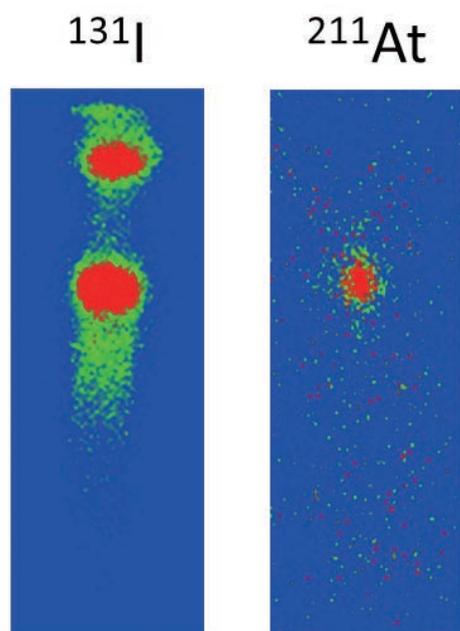


Fig. 1 Radio-TLC analysis results of crude solutions obtained from mercuriation with ^{131}I and ^{211}At , developed via $\text{BuOH}:\text{H}_2\text{O}:\text{AcOH} = 4:1:1$. As for the ^{131}I , mono-iodo-methyltyrosin ($R_f = 0.6$) and di-iodo-methyltyrosine ($R_f = 0.9$) have been characterized by $^1\text{H-NMR}$. In contrast, all of ^{211}At has distributed at the point of $R_f = 0.6$, therefore, only ^{211}At -AAMT has obtained by the mercuriation.

かめた (Fig. 1)。陽イオン-陰イオン交換によって、粗溶液から脱塩し、 ^{211}At -AAMTを0.2%酢酸溶液として溶出した。収率はおよそ50%程度であり、残りの ^{211}At は ^{211}At -AAMTから脱離してしまうためか、カラムに保持されないもしくは溶離できない成分でなかった。

^{211}At -AAMTの細胞実験

本研究では、 ^{211}At -AAMTのLAT1特異性を、ヒト膵臓がん細胞PANC-1を使用した細胞実験によって、初めて確認することができた。LAT1特異性の観察実験として、 ^{211}At -AAMTを加えた群、LAT1の特異的な阻害薬である2-aminobicyclo-(2,2,1)-heptane-2-carboxylic acid (BCH)をあらかじめ細胞に加えて ^{211}At -AAMTの取り込みをブロックした群と、AMTを十分に加えて ^{211}At -AAMTの取り込みを競合阻害した群の、1日後の細胞生存率を比べた (Fig. 2)。いずれの条件でも、 ^{211}At -AAMTを加えてから10分後に培地交換して、吸収されなかった成分を取り除いたのち、1日後にタンパク質量を定量することで細胞生存率を測定した。

その結果、 ^{211}At -AAMTのみを添加した条件では、細胞がほぼ死滅したのに対して、他の条件では、細胞生存率はコントロール群と同様の結果になった。この結果は、LAT1を特異的にブロック、もしくは ^{211}At -AAMTを競合的に阻害することで、癌細胞への ^{211}At -AAMTの吸収が抑制され、細胞死を引き起こす被ばく量に至らなかったためであり、すなわち ^{211}At -AAMTのLAT1特異性を示す。

^{211}At -AAMTの動物実験

動物実験では、 ^{211}At -AAMTを注入した正常マウス体内における ^{211}At の分布と、担癌マウスに対する抗がん作用を観察した。初めに正常マウスに ^{211}At -AAMTを注入したのち、1時間後に解剖して、各臓器内の放射エネルギーを測定した。基本的に、腎臓と尿に高濃度の ^{211}At が含まれていた一方で、胃と甲状腺においても ^{211}At が優位に検出された。前者は ^{211}At -AAMTとして、後者はフリーの ^{211}At が局在したことを反映する。この結果は、 ^{211}At -AAMTの良好なクリアランスを示す一方で、一部は体内で ^{211}At -AAMTから ^{211}At が外れてしま

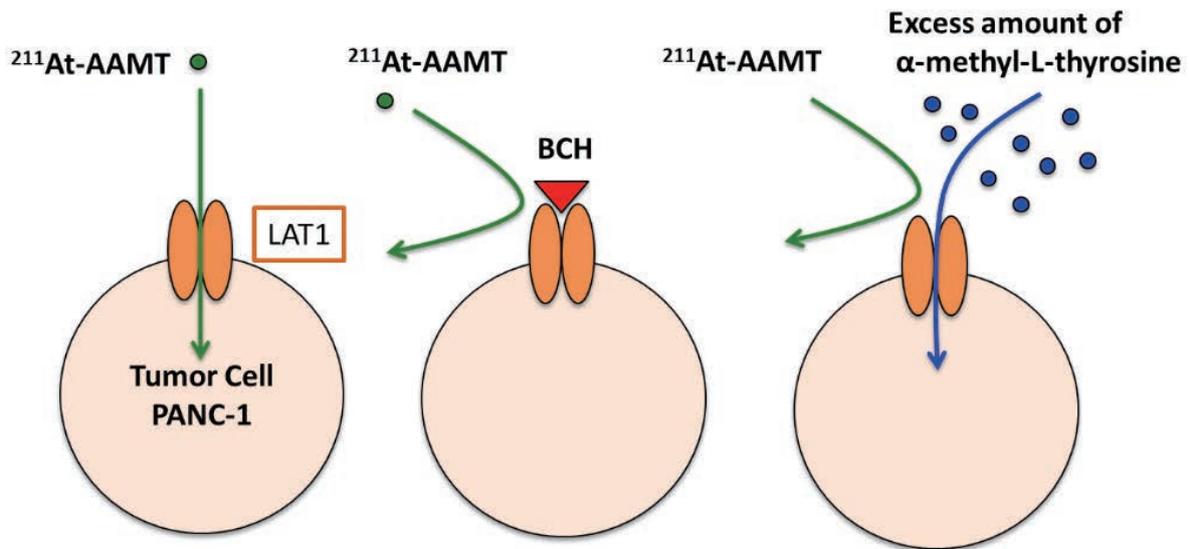


Fig. 2 Assay of ^{211}At -AAMT uptake via LAT 1. The human pancreas cancer cell line, PANC-1 has been used for the experiment. (BCH) contributes specific inhibition of LAT 1. Excess amount of AMT contributes competitive inhibition of ^{211}At -AAMT.

うことを示す。

膵臓癌を担持させたマウスに一定量の ^{211}At -AAMT を注入し、注入していない群と一緒に2か月間育成した。その間、体重を測定した結果、 ^{211}At -AAMT を注入したマウスではそれほど体重が変化しなかった一方で、注入していない群はすこし減少した。腫瘍サイズを計測した結果、 ^{211}At -AAMT を加えた群ではサイズが変化していない一方で、注入していない群は時間経過とともに成長した。これらの結果から、コントロール群は腫瘍が成長する一方で体重が減少しており、病状の進行によって相当な体重減少がある一方で、 ^{211}At -AAMT を注入した群は腫瘍縮小こそ観測されなかったものの、腫瘍の成長を阻害できたという意味で、抗がん作用が認められた。

今後の予定

以上のように ^{211}At -AAMT は LAT1 特異性があり、抗がん作用も確認できた。 ^{211}At -AAMT の合

成は作業時間が2時間程度かかるうえ、比放射能が低く、水銀を使用しているなど、改良の余地がある。動物実験では、癌への ^{211}At の集積率や副作用を評価する予定である。

引用文献

- [1] S. Poty, J. Nucl. Med. 59, 1020 (2018).
- [2] M. Ogawa, Bioconjug. Chem. 20, 2177 (2009).
- [3] J. Choi, Nucl. Med. Bio. 156, 10 (2018).
- [4] S. Jin, Expert. Opin. Ther. Targets 19, 1319 (2015).
- [5] D. Fotiadis, Mol. Aspects. Med. 34, 139 (2013).
- [6] W. McLaughlin J. Surg. Oncol. 37, 192 (1988).
- [7] N. Borrmann, Nuklearmedizin 52, 212 (2013).
- [8] G. Visser, J. Labelled. Comp. Radiopharm. 17, 657 (1980).

特集 (2018 日本放射化学会年会 若手優秀発表賞受賞者による研究紹介)

MRTOF-MS 用 α -ToF 検出器の性能評価

庭瀬暁隆^{1,2}、和田道治^{1,3}、P. Schury³、伊藤由太^{1,4}、加治大哉¹、M. Rosenbusch¹、
森本幸司¹、羽場宏光¹、木村創大¹、石澤倫^{1,5}、森田浩介^{1,2}、宮武宏也³、H. Wollnik^{1,6}
(理研仁科セ¹、九大理²、高工研³、JAEA⁴、山形大⁵、NMSU⁶)



原子核の質量は核種固有な物理量である。それを精密に測定することで原子核の存在限界や安定性に関する知見を得ることができ、核構造の研究や原子核理論のベンチ

マークとしての利用、更には核種の一意な同定を行うことが可能となる。

我々は気体充填型反跳分離装置 (GARIS-II[1]) と多重反射型飛行時間測定式質量分光器 (MRTOF-MS[2]) を組み合わせ、超フェルミウム原子核の精密質量測定に成功し [3]、原子番号のさらに大きな超重核への適用に向けてさらなる装置開発を進めている。

特に我々が目指しているのは、熱い融合反応である $^{48}\text{Ca}(^{243}\text{Am},3n)$ によって作られる ^{288}Mc および娘核 ^{284}Nh の精密質量である。この反応によって作られる ^{288}Mc は熱い融合反応では最も高い 8.5 pb という生成反応断面積が報告されており [4]、0.5 mg/cm² の標的厚と 2 pA のビーム電流を仮定すると、GARIS-II の焦点面で 1 日あたり 4 原子程度の収量が見積もられるが、MRTOF での質量測定効率を仮に 10% 程度とすると 3 日間の測定で 1 原子の質量測定しか行うことができない。このように超重核は極めて小さな生成反応断面積に起因して、一度に取り扱える量が少なく、得られた飛行時間信号が散乱粒子や分子イオンといったバックグラウンド事象ではない、真の超重核起因の信号であるという明確な判断が必要となる。

そこで我々は精密な質量測定だけでなく、原子核が崩壊する信号の相関計測を行うことができる検出器、“ α -ToF” の考案・開発を行った。超重核

の多くはその安定性から α 崩壊が主な崩壊モードであり、核の寿命決定の一因を担っている。また質量値だけでなく崩壊エネルギーや半減期も核種固有の値であるため、これらを相関して取得することによって、バックグラウンドの中から真の超重核起因のイベントを弁別することができる。

α -ToF は、オーストラリアの検出器会社である ETP 社 [5] のイオン検出器、MagneToF (14DM572) をベースに開発を行った。この検出器は入射粒子が impact plate と呼ばれる板に入射をし、板の表面から出てくる二次電子を磁場・電場によって等時的に捕集・増幅を行うことで粒子の入射タイミングを取得する検出器であるが、 α -ToF はその impact plate へ、二次電子放出物質をコーティングした Si 半導体検出器 (Hamamatsu S-3590) を埋め込んだ。重イオンが入射をすると Si 検出器表面より二次電子が放出され、それを利用し入射タイミング信号を取得する。入射した重イオンは検出器表面へ留まっており、そこで崩壊をした信号を Si 検出器で取得する。 α -ToF の原理図を Fig. 1 に示す。

MagneToF の impact plate へは通常 -2100V 程度の高電圧をかけて測定を行う。 α -ToF に埋め込まれた Si 検出器の表面は、電位を乱さないように impact plate と同電位にしてあるため、Si 検出器へのバイアス電圧は高電位基準にかけなければならない。その信号処理は既存の回路系では不可能である。そのため、高圧に浮いた信号処理回路の設計と開発も行った。回路の概念図を Fig. 2 に示す。高圧に浮いた回路基板上に信号を処理するプリアンプ回路やバイアス電圧を生成する電圧供給源を置き、プリアンプによって前段処理された信号は光通信によって通常の電位レベルにある後段増幅器系へと送信され、波形成形を行った後に波

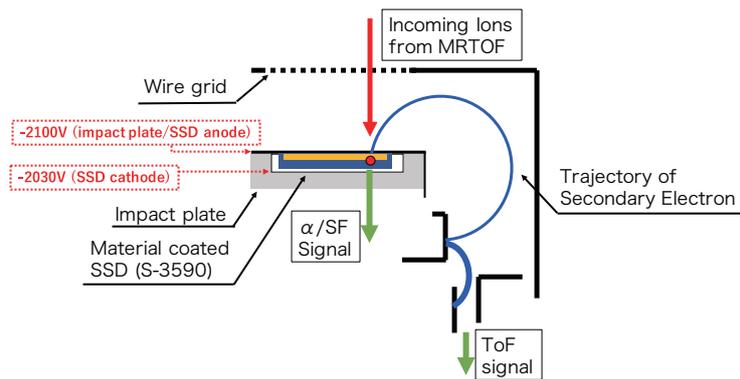
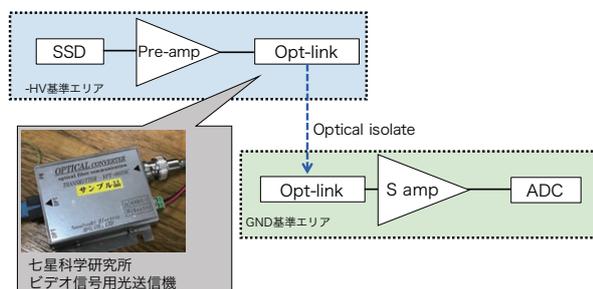
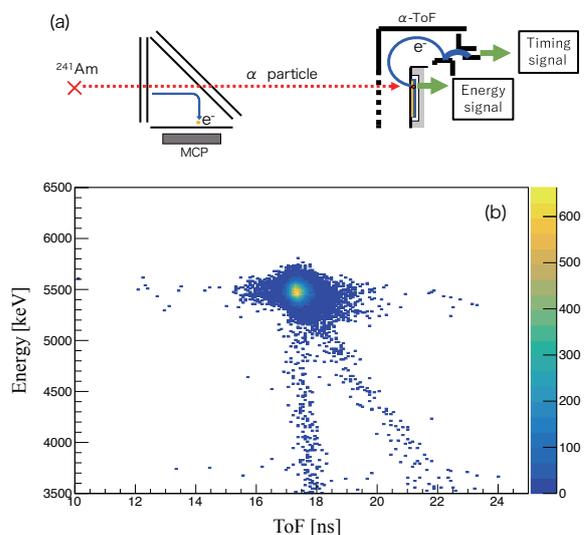
Fig.1. α -ToF systematics.

Fig.2. Concept of front-end signal processing circuit.

高値を取得する。このようにして高圧に浮いた Si 検出器からの信号処理を実現した。

α -ToF と信号処理回路を用いて性能評価試験を行った。 ^{241}Am 線源から放出された α 粒子の飛行時間とエネルギーを、MCP を用いた飛行時間検出器 [6] と α -ToF を組み合わせて測定を行った。実験セットアップと結果を Fig. 3 に示す。測定結果から、重イオンの飛行時間とエネルギーの相関計測が可能であることが示され、時間分解能とエネルギー分解能はそれぞれ 251.5 ± 6.8 ps/ 141.1 ± 0.9 keV と評価された。

本研究により α -ToF を用いて質量とエネルギーの相関計測が可能であることが示された。 α -ToF は既に MRTOF へとインストールされ、今後行われる GARIS-II と MRTOF を組み合わせた質量測定実験で使用される。オンラインでの α -ToF を用いた質量測定実験の結果については、今後の放射化学討論会で継続的に報告を行っていく予定である。

Fig.3. (a) Setup of Offline measurement.
(b) Two dimensional mapping of ToF-E.

引用文献

- (1) D. Kaji et al., Nucl. Inst. and Methods in Physics B317311(2013).
- (2) P. Schury et al., Nucl. Inst. and Methods in Physics B33539(2014).
- (3) Y. Ito et al., Phys. Rev. Lett. 120152501(2018).
- (4) Yu. Ts. Oganessian et al., Phys, Rev. C 87, 014302(2013).
- (5) <https://www.etp-ms.com>
- (6) K. Morimoto et al., RIKEN APR Vol.46, 191(2013).

特集 (2018 日本放射化学会年会 若手優秀発表賞受賞者による研究紹介)

福島県大熊町で発見された放射性 Cs を含む不溶性粒子の
破壊分析による微量元素定量五十嵐 淳哉¹、張 子見¹、二宮 和彦¹、篠原 厚¹、末木 啓介²、佐藤 志彦³⁽¹ 阪大院理、² 筑波大院数理物質科学、³ 原子力機構)

2011年3月11日に発生した東京電力福島第一原子力発電所事故では、高濃度に放射性Csを含む水に不溶な微粒子（不溶性粒子）が放出されたことがわかっている [1]。不溶性粒子は原子炉から直接放出されたもので、水に不溶であることから事故時の化学形態を維持しており、粒子分析による事故時の炉内環境解明が期待される。不溶性粒子はSiO₂を母材としており、粒径や形状、Cs濃度、¹³⁴Cs/¹³⁷Csの放射能比の違いからタイプAとタイプBの少なくとも2種類のタイプが存在することがわかっている [2]。不溶性粒子の生成過程については、母材であるSiO₂に注目して、原子炉鋼材やコンクリート、断熱材と熔融燃料との反応過程などが推測されている [3-5]。不溶性粒子は、事故を起こした複数の原子炉で生成したと考えられるが、各原子炉における詳細な生成過程については不明確な部分が多い。原子力事故では、冷却機能の喪失に伴う過熱により核燃料が破損することで放射性物質が放出される。この過程(事故進展)の違いにより、放出される放射性物質の量や種類が変化する。本研究では不溶性粒子中に微量に含まれると予想される⁹⁰Srに着目した。核燃料内に存在する元素の中でSrは、Csよりも揮発性の低い元素としてグループ分けされている [6]。一方でSrは熔融燃料とペDESTALコンクリートとの反応(MCCI)がもたらす還元雰囲気により揮発性が増すと考えられている [7]。したがって不溶性粒子中に含まれるSr/Csには、事故時におけるこれらの炉内環境や事故進展が反映されていると考えられる。本

研究では福島県双葉町と大熊町から発見された不溶性粒子を詳細に分析した。加えてSr-Rad Diskを用いた固相抽出法 [8] により粒子中のSrを分離した後、液体シンチレーションカウンタにて放射能測定することで⁹⁰Srを定量し、その結果から予想される粒子の生成過程を検討した。

双葉町で発見された不溶性粒子は、粒径が数百μm程度でEDS分析からはCsのピークが検出できないほど放射性Cs濃度が低いということがわかった。一方でGe検出器のγ線測定から放射性Csの放射能が数百から数千Bq程度含まれていることがわかった。また¹³⁴Cs/¹³⁷Csの値は0.9程度と小さく、これらの性質の類似性より双葉町で発見した不溶性粒子は1号機から放出されたタイプBであると考えられる [2]。福島県大熊町で発見された不溶性粒子は、粒径が数十から数百μmであり、EDS分析からはCsが検出できないほど放射性Cs濃度が低いといった性質はタイプBと類似していることがわかった。一方γ線測定からは、放射性Csの放射能を数十から数百Bq含み、¹³⁴Cs/¹³⁷Csの値は1.0でありタイプBから予想される値とは異なり、2号機または3号機由来であると考えられる。¹³⁴Cs/¹³⁷Csの値からは2号機または3号機由来であると推測されているタイプAと分類できるが、粒径やCs濃度の性質が異なることがわかった。このことから大熊町で発見された不溶性粒子はタイプA、Bに分類されない新しいタイプの粒子である可能性が示唆された。不溶性粒子中に含まれる⁹⁰Srの放射能については、0.04～1.3Bq程度含まれることがわかり、各粒子によって差が見られた。⁹⁰Sr/¹³⁷Csの放射能比では全ての粒子で10⁴のオーダーとなり各原子炉における顕著な値の差は見られず、粒子中に存在

する ^{137}Cs に対する ^{90}Sr の割合は極僅かであることがわかった。

不溶性粒子中に含まれる $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$ の値を土壤中の値と比較すると、土壤中の典型的な値 $10^{-4} \sim 10^{-3}$ [9] と類似していることがわかった。土壤には多くの放射性物質の放出イベントに伴う複数の原子炉からの汚染が蓄積していると考えられる。そこで原子炉建屋内の空気中の $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$ の値との比較を行った。すると不溶性粒子中の $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$ の値は原子炉建屋内の空気中の値 $10^{-4} \sim 10^{-2}$ [10] よりも小さいことがわかった (Fig. 1)。事故後ではMCCIがもたらす還元雰囲気により、空気中の $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$ は1号機原子炉建屋の値 10^{-2} [10] のように土壤中の典型的な値 $10^{-4} \sim 10^{-3}$ [9] よりも大きな $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$ の値が反映されることが考えられる。したがって双葉町と大熊町の不溶性粒子中の $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$ の値は 10^{-4} と極めて低く、これらの不溶性粒子は事故進展初期の段階で生成したと推測される。

引用文献

- [1] K. Adachi et al., Sci. Rep. 3, 2554 (2013).
- [2] Y. Satou et al., Geochem. J. 52, 0514 (2018).
- [3] Y. Abe et al., Anal. Chem. 86, 8521-8525 (2014).
- [4] J. Imoto et al., Sci. Rep. 7, 5409 (2017).
- [5] P. Martin et al., Front. Energy Res. 5, 1-9 (2017).
- [6] Y. Pontillon et al., Nuclear Engineering and design. 249, 1853-1866 (2010).
- [7] L. Soffer et al., Report JAERI-M92-012 p35-48 (1992).
- [8] Z. Zhang, et al., J. Nucl. Radiochem. Sci. 16, 15 (2016).
- [9] S. Sarata et al., Sci. Rep. 6, 23925 (2016).
- [10] TEPCO, 2011b 事故収束に向けた道筋の完了 http://www.tepco.co.jp/nu/fukushima-np/outline/pdf/f12np-gaiyou_2.pdf. (Accessed 2017.2.27)

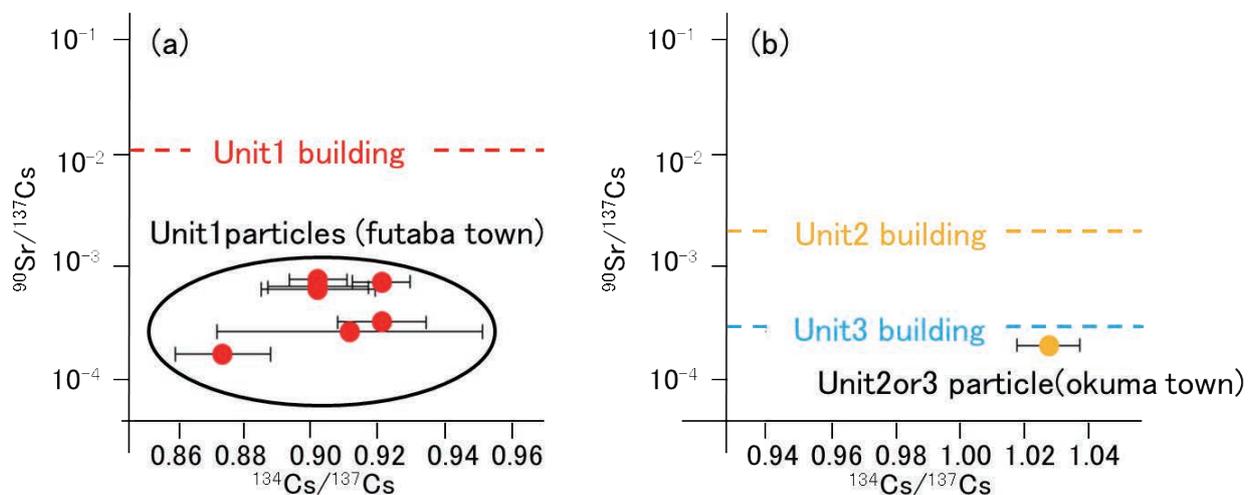


Fig. 1 The Comparison of $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$ in reactor building and particles. (a) Unit1 building and particles derived from Unit1 (found on futaba town). (b) Unit2 and 3 building and particle derived from Unit2 or 3 (found on okuma town).

特集 (2018 日本放射化学会年会 若手優秀発表賞受賞者による研究紹介)

阻止電場—磁気ボトル型電子分光装置の開発および ^{235}mU の
内部転換電子分光測定重河 優大¹, 笠松 良崇¹, 山北 佳宏², 安田 勇輝¹, 近藤 成美¹, 渡邊 瑛介¹, 篠原 厚¹¹ 大阪大学大学院理学研究科, ² 電気通信大学大学院情報理工学研究科

一般的に、原子核の半減期は化学状態によらず一定の値をとりますが、ごく一部の核種について、半減期が化学状態に依存してわずかに変化することが知られています。中でも ^{235}U の第一励起核である $^{235\text{m}}\text{U}$ という核種については、最大 9.8% [1] という非常に大きな半減期変化が報告されています。 $^{235\text{m}}\text{U}$ は $76.737 \pm 0.018 \text{ eV}$ [2] という非常に低い励起エネルギーを持ち、ほぼ 100% の分岐比で内部転換によって脱励起するため、壊変の際に原子核が外殻の軌道殻電子と相互作用します。従って、外殻電子の状態の変化、すなわち化学状態の変化に応じて、原子核の脱励起の確率、すなわち壊変定数が変化すると考えられます。過去の研究では、主に、 $^{235\text{m}}\text{U}$ の酸化数が増加すると半減期が長くなるという結果 [1] や、 $^{235\text{m}}\text{U}$ を様々な金属中に打ち込んだ場合に金属の種類に応じて系統的に半減期が変化するという結果 [3] が報告されています。しかしながら、報告例が非常に少ないこともあり、半減期変化の原因に対する理解は未だに不十分です。我々は、半減期に加えて内部転換電子のエネルギースペクトルを測定し、それを様々な化学状態について比較することによって、どのような過程によって $^{235\text{m}}\text{U}$ の半減期が変化しているのかを解明したいと考えてきました。

$^{235\text{m}}\text{U}$ の半減期および内部転換電子のエネルギースペクトルを測定するにあたって問題となるのが、数 10 eV の内部転換電子の固体中における平均自由行程の短さ (数原子層程度)、半減期の短さ (26 分程度)、扱える ^{235}U の量の制限、など

です。これらの問題を克服するために、我々は以前、高い検出効率 (8% 程度) を持つ阻止電場型電子分光装置を開発しました。この装置を用いて、銅板表面の $^{235\text{m}}\text{U}$ とそれに HF ガスを反応させた $^{235\text{m}}\text{U}$ 試料について、半減期とエネルギースペクトルの違いを観測することに成功しました [4]。しかしながら、測定のス/N が低く、エネルギースペクトルの分解能も悪かったため、スペクトルと半減期変化の関係について定性的な議論を行うに留まっていました。そこで今回、阻止電場—磁気ボトル型電子分光装置 [5, 6] の開発を行うこととしました。この装置では、強磁場と弱磁場からなる不均一磁場を用います。強磁場側で電子が発生すると、全ての角度に放出された電子が不均一磁場によって弱磁場側に導かれ、電子の向きが磁力線に平行な向きにそろいます。従って、弱

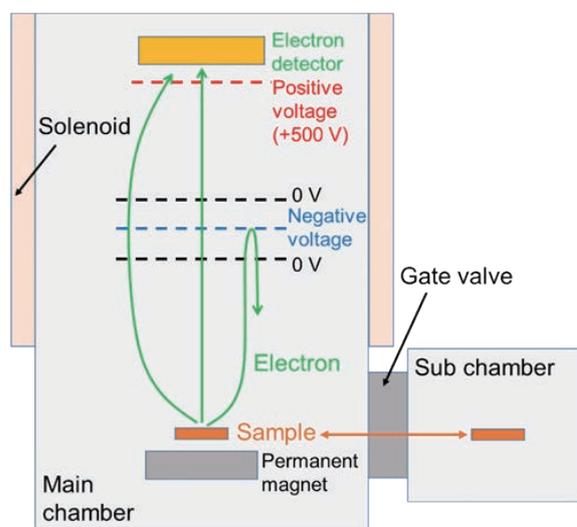


Fig. 1. The schematic view of the developed retarding-field magnetic bottle electron spectrometer.

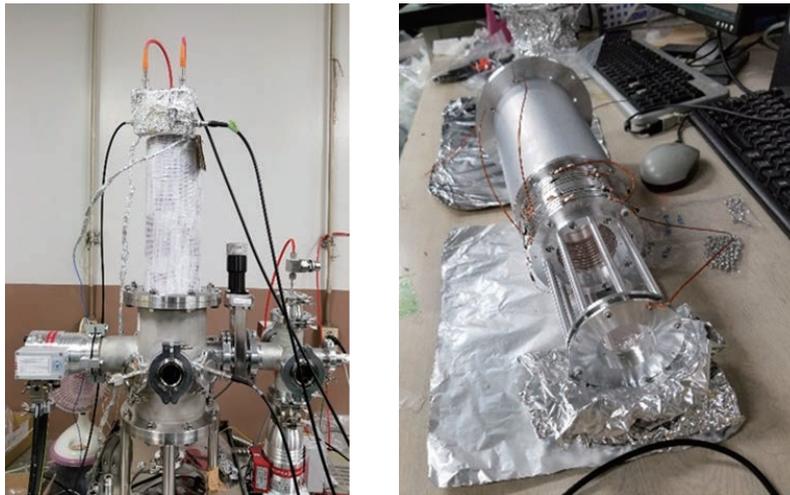


Fig. 2. The pictures of the fabricated magnetic-bottle spectrometer (left) and electrodes for analyzing the energy of electrons and collecting electrons to the channeltron detector.

磁場側に検出器を置くことで、全ての角度に放出された電子を検出器まで捕集することが可能となります。そして、弱磁場側に阻止電圧（負電圧）を印可することで電子のエネルギーを測定することができます。例えば弱磁場と強磁場の比が 0.01 であれば、エネルギー分解能 $\Delta E/E$ は 1% 程度となり、高い電子捕集効率と高いエネルギー分解能を同時に実現することが可能となります。我々が実際に開発した装置の概念図を Fig. 1、装置の写真を Fig. 2 に示します。Fig. 1 に示すように、強磁場を発生させるために真空チャンバー内に永久磁石を設置し、そのすぐ上に ^{235}mU 試料を置くこととしました。弱磁場は真空外に置かれたソレノイドに電流を流すことにより発生させました。検出器として、以前の阻止電場型電子分光装置で用いてきた大口径の MCP 検出器（検出面：直径 77 mm、ダークノイズ： ~ 13 cps）ではなく、チャンネルトロン（検出面：直径 25 mm、ダークノイズ： ~ 0.2 cps）を用いることで、検出器のノイズを大きく減らすことができました。チャンネルトロンの検出面は比較的小さいですが、検出器の直前に +500 V の正電圧を印可することによって、磁場によって広がった電子を検出面の内側まで捕集できるようにしました。また、この装置ではメインチャンバーをリークすることなくサブチャンバーを介して真空中に ^{235}mU 試料を導入

できるようにしました。これにより真空排気時間が以前の 40 分程度から数分程度まで短縮され、 ^{235}mU の減衰によるロスを低減することができました。

捕集効率が最大となるような磁場条件を決定するために、複数の磁場条件において ^{235}mU 試料から放出される電子の捕集効率を測定しました。まず、反跳核捕集装置 [7] を用いて、 ^{239}Pu 線源から α 壊変の反跳エネルギーによって飛び出してくる ^{235}mU を窒素 1 気圧中で銅箔の表面に捕集し、その銅箔を磁気ボトル型電子分光装置に導入しました。強磁場の大きさを永久磁石と測定試料の距離を変えることによって設定し、弱磁場の大きさをソレノイドに流す電流を変えることによって設定したうえで、電子計数率を測定しました。捕集効率を求める際は、得られた電子計数率を、最大の電子計数率（磁場なしの状態の電子計数率と立体角より算出）で割ることによって求めました。捕集効率の測定結果の一例を Fig. 3 に示します。このグラフは、磁石試料間距離 16 mm に対する測定結果で、縦軸が捕集効率、横軸がソレノイドに流した電流の大きさを表しています。電流を上げていくと、2 A 以上でほぼ 100% の捕集効率が得られることがわかりました。電子のエネルギー分解能は強磁場 / 弱磁場が大きいほど高くなるため、捕集効率が最大の中では最も小さい電流値で

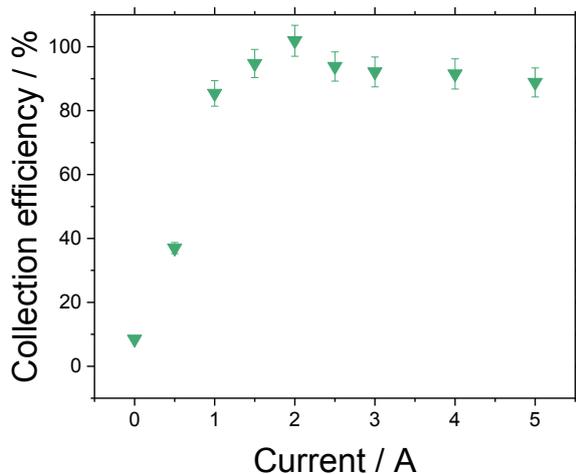


Fig. 3. Collection efficiency depending on the current applied to the solenoid for 16 mm of the distance between the permanent magnet and the $^{235\text{m}}\text{U}$ sample.

ある 2 A に設定することで、捕集効率を落とさずに最大のエネルギー分解能が得られると考えられました。

次に、磁気ボトル型電子分光装置を用いて複数の条件における $^{235\text{m}}\text{U}$ の半減期および内部転換電子エネルギースペクトルの測定を行いました。測定試料として、反跳核捕集装置を用いて銅箔表面に $^{235\text{m}}\text{U}$ を捕集したもの、捕集した $^{235\text{m}}\text{U}$ に HF ガスもしくは HCl ガスを 5 分間反応させたものを用いました。半減期の測定は阻止電圧 0 V にて行い、銅箔表面における半減期が 26.28 ± 0.04 min、HF ガス反応における半減期が 25.74 ± 0.04 min、HCl ガス反応における半減期が 25.90 ± 0.05 min であることがわかりました。旧電子分光装置で測定した場合、HCl ガス反応における半減期の誤差が 0.12 min 程度であったため、精度が大き

く向上したことがわかりました。次にエネルギースペクトルについては、旧電子分光装置に比べて S/N が大きく向上し、さらに 2 eV 程度のエネルギー分解能を実現することができました。また、塩化物系の $^{235\text{m}}\text{U}$ のスペクトルを初めて測定することに成功しました。以上のように、今回の研究では高い S/N と高いエネルギー分解能を同時に実現する磁気ボトル型電子分光装置を開発することに成功しました。現在、この装置を用いて複数の化学状態における $^{235\text{m}}\text{U}$ の半減期と内部転換電子エネルギースペクトルを測定し、半減期変化の原因についてエネルギースペクトルをもとに議論しているところです。

引用文献

- [1] M. N. de Mévergnies and P. Del Marmol, *Phys. Lett. B* **49**, 428 (1974).
- [2] F. Ponce, E. Swanberg, J. Burke, R. Henderson, and S. Friedrich, *Phys. Rev. C* **97**, 054310 (2018).
- [3] M. N. de Mévergnies, *Phys. Rev. Lett.* **29**, 1188 (1972).
- [4] Y. Shigekawa, Y. Kasamatsu, Y. Yasuda, M. Kaneko, M. Watanabe, and A. Shinohara, *Phys. Rev. C* **98**, 014306 (2018).
- [5] P. Kruit and F. H. Read, *J. Phys. [E]* **16**, 313 (1983).
- [6] Y. Yamakita, H. Tanaka, R. Maruyama, H. Yamakado, F. Misaizu, and K. Ohno, *Rev. Sci. Instrum.* **71**, 3042 (2000).
- [7] Y. Shigekawa, Y. Kasamatsu, and A. Shinohara, *Rev. Sci. Instrum.* **87**, 053508 (2016).

特集 (2018 日本放射化学会年会 若手優秀発表賞受賞者による研究紹介)

ウランとネプツニウムの還元に誘起される析出反応

大内 和希、音部 治幹、北辻 章浩

(日本原子力研究開発機構 原子力基礎工学研究センター 原子力化学ディビジョン 分析化学研究グループ)



1. 背景と目的

福島第一原子力発電所事故で発生した汚染水環境は不均一な系であり、①酸化還元雰囲気の変化(アクチノイドの原子価変化)、②アクチノイド(An)

コロイドや微粒子の形成、③局在化した地下水・循環水由来の無機イオン、燃料の被覆管、原子炉の構造材・腐食物との相互作用等を含む溶液条件となる。Anコロイドや微粒子は、溶存状態と移行挙動や反応性が大きく異なるため、汚染水が滞留する建屋内や汚染水貯蔵タンク内の安全性評価及び汚染水の適切な処理を行う上で汚染水中のAnコロイドの形成挙動を把握・解明することが重要である。これまでのAnの溶液化学研究では、各原子価のAnと無機イオン等の錯形成定数や溶解度等の平衡論的なパラメータが多く報告されている。しかし、これらは均一系での情報であるため、汚染水中のような不均一系でのコロイド反応への適用は困難であり、正確な把握・解明には不十分である。そこで、汚染水に近い原子価変化やコロイド反応などを含む複合反応系での速度論的なアプローチが有効と考え、コロイド反応の速度論的研究としてAnの原子価変化が引き金となる反応に着目し、研究に取り組んでいる。本研究ではAn元素であるウラン(U)とネプツニウム(Np)について、還元に誘起される析出反応を調査し、元素間での反応挙動を比較した。

2. 実験方法

U試料は、6価のウラニルイオン(UO_2^{2+})溶液(最終濃度1 mM)に支持電解質として過塩素酸ナトリウム(最終濃度1 M)を添加し、NaOHでpHを3.0~4.0に調整した。Np試料は、5価

と6価が混在するネプツニルイオン溶液(最終濃度1 mM)に過塩素酸ナトリウム(最終濃度1 M)を添加し、NaOHでpHを3.0~4.0に調整し、測定直前に+0.6 Vでバルク電解して原子価を5価(NpO_2^+)に調整した。還元反応と析出量は電気化学水晶振動子マイクロバランス(EQCM)、An析出物の電気抵抗値は電気化学インピーダンス法により測定した。作用極、対極及び参照極として、金、白金及び銀/塩化銀電極を用いた。

3. 結果と考察

Uについて、U(VI)からU(V)へ還元される-0.35 Vを印加して還元電流及び析出量の時間変化を測定したところ、還元反応に伴い電極上でのU(IV)析出物の形成を確認することができた。その形成過程は一次的な挙動ではなく、電解開始~析出開始までの過程、析出開始後一時的に速い還元・析出速度を示し析出物が成長する過程、一定の還元・析出速度で反応し続ける過程の3段階で進行することが分かった(Fig.1(a))。また、2段階目での電流値の増大は、形成する析出物が5価ウランの還元速度を増大する特異な触媒作用を示唆している(1), (2)。U(VI)からU(IV)の電解還元の電気量と析出量の関係から析出物の分子量を得ることができ、pH 4での電解析出反応を解析した結果、2段階目ではU(IV)水酸化物($\text{U}(\text{OH})_4$)、3段階目ではU(IV)酸化物(UO_2)として析出していることが分かった。以上から、Uの析出反応では、U(VI)からU(V)へ電解還元するとU(V)の不均化反応によりU(IV)イオンを形成し、U(IV)水酸化物として析出し始める。最終的にはこの析出物が酸化物へ状態変化する過程が推定される(Fig. 1(b))。

Npについて、pH 3と4のNp(V)溶液のサイクリックボルタモグラムの測定したところ、高い

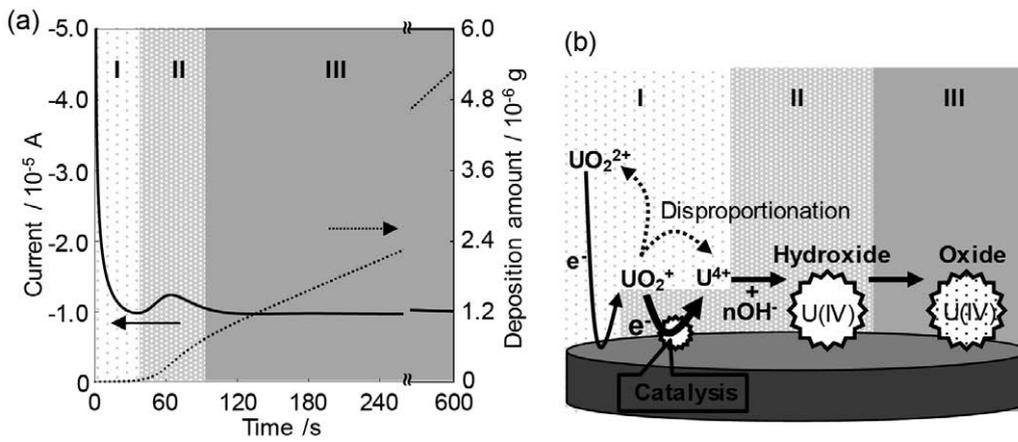


Fig. 1 (a) The behavior of deposition following the reduction of U(VI) as electrodeposition. $[\text{UO}_2^{2+}] = 1 \text{ mM}$, $[\text{NaClO}_4] = 1 \text{ M}$, pH 3.42. (b) The proposed formation mechanism of U deposits.

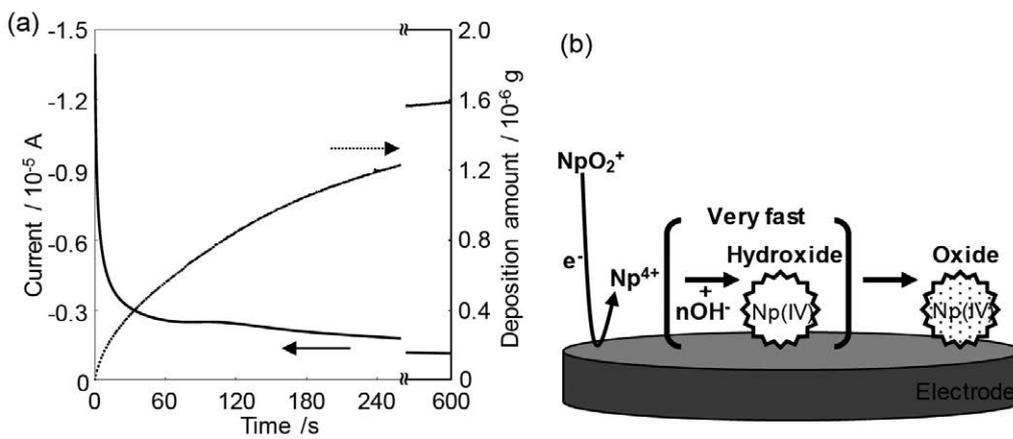


Fig. 2 (a) The behavior of deposition following the reduction of Np(V) as electrodeposition. $[\text{NpO}_2^+] = 1 \text{ mM}$, $[\text{NaClO}_4] = 1 \text{ M}$, pH 4.0. (b) The proposed formation mechanism of Np deposits.

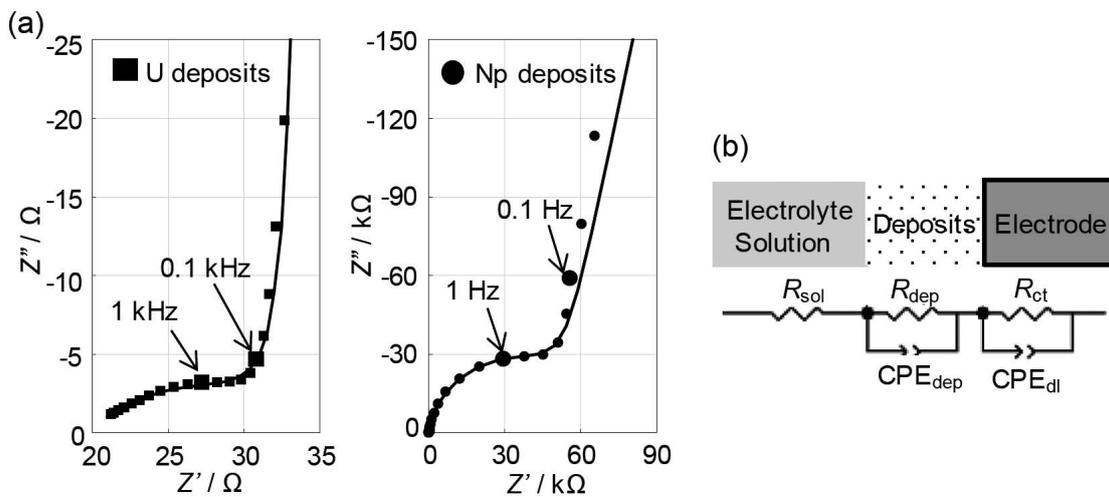


Fig. 3 (a) Impedance spectra of An deposits. $[\text{NaClO}_4] = 1 \text{ M}$, pH 3.5~4.0. U deposits: 20 nmol, Np deposits: 0.45 nmol. The solid lines are fittings of equivalent circuit (b).

pH ほどより正電位 (pH 3:-0.8 V、pH 4:-0.5 V) で還元種の析出が確認され、Np の析出反応にも U 同様水酸化物の関与が示唆される。一方、pH 4 で Np(V) が Np(IV) へ還元する電位として -0.75 V を印加し還元電流及び析出量の時間変化を測定したところ、電解開始直後より還元電流及び Np 析出物が観測されたが、1.6 μg 程度 (析出化学種 10 層程度相当) の析出で還元電流が観測できなくなり析出量が一定となった (Fig.2(a))。この析出挙動は、電解とともに U(IV) が析出し続ける U と大きく異なる。Np(V) の電解還元の電気量と析出量の関係を解析した結果、Np(IV) 酸化物 (NpO₂) として析出していることが分かった。以上のことから、Np の析出反応でも、還元反応に伴い Np(IV) 水酸化物が形成し、この析出物が酸化物へ状態変化する過程が推定されるが、析出量の時間変化の解析結果から水酸化物が観測されなかったことから水酸化物から酸化物への反応速度が U より速いことが示唆される (Fig.2(b))。また、電極表面が酸化物で覆われることにより Np(V) の還元が阻害されることが示唆される。

U と Np 間での析出反応が異なる要因を考察するために、各析出物のインピーダンススペクトルを測定した (Fig.3(a))。析出物を有する電極の等

価回路 (Fig.3(b)) に基づきスペクトルを解析したところ、U(IV) と Np(IV) 析出物の電気抵抗値は、それぞれ $6.7 \times 10^8 \Omega/\text{mol}$ 、 $1.1 \times 10^{14} \Omega/\text{mol}$ となり、Np(IV) 析出物は U(IV) 析出物よりも電気抵抗値が約 15 万倍大きかった。よって、Np 析出物による Np(V) の還元反応の障害は、電気抵抗の大きさによることが明らかになった。

4. まとめ

本研究では U と Np について、2 種の分析手法により還元を誘起される析出反応を調査し、元素間での反応挙動を比較した。U と Np ともに 4 価イオン形成後の析出過程は同様と考えられる。しかし、U では、形成した水酸化物による特異な触媒作用が明らかになった。また、形成した析出物の電気抵抗値により析出の進行にも大きな違いがあることが分かった。

引用文献

- (1) Y. Kitatsuji, H. Otobe, T. Kimura, S. Kihara, *Electrochim. Acta.* **141**, 6 (2014).
- (2) K. Ouchi, H. Otobe, Y. Kitatsuji, M. Yamamoto, *ECS Trans.* **75**, 51, (2017).

ニュース

JRR-3 の新規制基準適合確認への取り組み状況について

平素より JRR-3 施設供用に対して格別のご高配を賜り、厚く御礼申し上げます。JRR-3 では、既にお知らせしたとおり（平成 28 年 6 月 13 日）、新規制基準適合確認に係る設置変更許可申請を平成 26 年 9 月に行い、原子力規制庁の審査対応を進めていたところですが、昨年（平成 30 年）11 月 7 日に原子炉設置変更許可を取得しました。

今後、JRR-3 については、中性子ビーム実験、燃料・材料照射、R I 製造、シリコン半導体製造等のため、原子力規制庁からいただいた原子炉設置変更許可の内容を反映した基準地震動（当初の想定を上回るもの）を用いて、原子炉建家の耐震安全性を再評価し、原子炉建家の躯体（壁）は耐震基準を満足する見通しですが、屋根については、その一部が損傷するおそれがあることから補強工事を行うこととしました。また、事業者自ら率先して安全確保に取り組むため、平成 19 年度に改正された建築基準法を満足すべく、ビームホール等の建家・構築物に対して、耐震補強を行うこととしました。耐震補強工事については、作年度から今年度（平成 30 年度）にかけて、工事設計及び設工認取得を行い、平成 31 年度に着工する予定しており、運転再開時期は、工事完了後に施設定期検査を受検し、平成 32 年 10 月末を予定しております。

運転再開スケジュール等、詳細が分かり次第、JRR-3 ユーザーズオフィスの下記ホームページでご案内申し上げますので、引き続き、JRR-3 の運転再開に向けた取り組みに対し、ご理解とご支援を賜りますよう、何卒よろしくお願い申し上げます。

JRR-3 ユーザーズオフィスホームページ：<https://jrr3uo.jaea.go.jp/>

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
原子力科学研究部門 原子力科学研究所
研究炉加速器技術部 計画調整課 松江 秀明

【参考】：原子力機構プレス発表

JRR-3 の新規制基準適合性に係る原子炉設置変更許可の取得について

<https://www.jaea.go.jp/news/newsbox/2018/110701/>

会議報告

2018 日本放射化学会・第62回放射化学討論会 実施報告

沖 雄一（京都大学複合原子力科学研究所）

1. はじめに

昨年9月18日（火）から20日（木）まで開催されました、2018日本放射化学会年会・第62回放射化学討論会の概要につきまして、実行委員会からご報告いたします。多数のご参加を頂き感謝申し上げます。

本大会は、京都大学複合原子力科学研究所 大槻 勤教授を実行委員長として、京都大学吉田キャンパスにおいて開催されました（主催：日本放射化学会、共催：京都大学、京都大学大学院工学研究科、京都大学複合原子力科学研究所、日本化学会、日本分析化学会、日本放射線安全管理学会、日本原子力学会、日本薬学会、日本保健物理学会。協賛企業：9社）。また開催にあたっては京都市および（公財）京都文化交流コンベンションビューローの助成を受けました。

京大の研究室がホストとなった年会・討論会は宇治市で1971年（昭和46年）に、また泉佐野市で2003年（平成15年）に開催（柴田誠一実行委員長）されていますが、京大本部のある京都市の吉田キャンパスで開催されたのは、実に60年ぶりのことで、1958年（昭和33年）の第2回討論会以来となりました。

2. 年会概要

例年通り、原子核反応、放射性核種、放射線利用をキーワードに、幅広い分野の研究の交流の場として開催されました。今回は、招待講演・特別講演として、核反応を利用する核医学や医療RI、小惑星探査に関するトピックスなどをご紹介します。

大会会場は、懇親会を含めてすべて吉田キャンパス内の施設を利用しました。同じ建物に口頭発表のA、B会場と、ポスター発表および企業による機器展示用のP会場を設け、S会場として別の建物の階段教室を使用しました。

受付時に配布したのはプログラムの冊子（会場案内、広告も掲載）のみとし、講演要旨はWEBからダウンロードして頂きました。会場でダウンロードの手段をお持ちでなかった方にはご不便をお掛けしました。

2-1. 発表件数、参加者数など

本大会の発表件数は、一般発表119件（口頭発表53件、ポスター発表66件）、招待・特別講演5件でした。件数は以前に比べると少ないですが前回よりは若干多い程度で、ほぼ平年並みであると思います。また全参加者は、185名（女性比率10%）で、内訳は一般128名（女性9%）、学生57名（女性12%）でした。発表の内訳は、環境放射能39件（このうち福島第一原発事故関連の発表は25件）、核化学24件、原子核プローブ16件、放射化分析7件、医療用RI・核医学14件、その他19件でした。

2-2. 口頭発表およびポスター発表

一般の口頭発表は、講演時間を発表10分以内、討論含め15分以内、または発表15分以内、討論含め20分以内としました。A会場（核化学と



写真1 口頭発表の様子（B会場）

医療用 RI など)、B 会場 (環境放射能と原子核プローブなど) とともに、活発な議論が行われました (写真 1)。ポスター発表は、偶数の発表番号は 1 日目午後、奇数番号は 2 日目昼にそれぞれ 50 分間のコアタイムを設けて行いました。P 会場は、広さがあり、機器展示とともに余裕をもって実施できました。

2-3. 招待講演および特別講演

招待講演は 2 日目に 3 件、3 日目に 1 件行われました。お願いした講演は、「医療機関における BNCT がもたらす NCT 研究の方向性」鈴木実氏 (京大)、「電気自動車用リチウムイオン電池の現状と課題」安部武志氏 (京大)、「未知領域原子核の核分裂」西尾勝久 (原子力機構)、「はやぶさ 2」- 小惑星リュウグウからのサンプルリターン」橋省吾氏 (東大) でした。

また 2 日目に特別講演として、オークリッジ国立研究所の Rose A. Boll 先生に「Production of Trans-curium Elements and Medical (TAT) Isotopes at ORNL」という題で講演頂きました (写真 2)。

2-4. 特別セッション

2 日目に特別セッションとして「日本の RI 施設の現状と今後の課題」と題したパネルディスカッションを行いました。パネラーとして佐藤修彰 (東北大)、篠原厚 (阪大)、中島 覚 (広島大)、牧 大介 (京大) の各氏を招き、それぞれ RI 施設の現状と連携などの話題や、最近の法改正への対応状況などの報告をして頂きました。その後、短い時間でディスカッションが行われました。

3. 分科会

従来、昼食の時間帯に開催することが多い分科会ですが、今回は昼食後すぐの開始としました。

新たに分科会として組織された若手の会においては、第 1 回総会が開かれました。 α 放射体・環境放射能、原子核プローブ、核化学、放射化分析の各分科会では、従来通り情報提供、連絡事項に加えて以下の依頼講演などが行われました。

α 放射体・環境放射能分科会「保障措置環境試料分析の概要と高度環境分析研究棟の紹介」安田

健一郎氏 (原子力機構)。

原子核プローブ分科会「メスバウアー核をプローブとする機能性物質のキャラクタリゼーション」野村貴美氏 (首都大)

核化学分科会「放射光励起による能動的な ^{229m}Th の初生成: アイソマー精密分光へあと一步」吉見彰洋氏 (岡山大学)

放射化分析分科会 分科会各施設からの現状報告および放射化分析研究会総会

4. 表彰等

今回、学会から奨励賞が京都大学 関本 俊氏に授与されました。この関本氏の受賞講演 (「放射化分析法を用いた固体地球化学試料中のハロゲン及び微量元素の定量」) は最終日に行われました。また、実行委員会は、若手研究者の発表の中から若手優秀発表賞を選考しました。最近の年会・討論会では、実行委員会による選考で、優秀発表に対して会期中に賞を贈呈することが定着してきました。思い起こすと本学会では、京大原子炉の柴田誠一教授の下で行われた 2003 日本放射化学会年会・第 47 回放射化学討論会において、はじめてポスター賞の選考が行われました。その後、口頭発表も含めいろいろな形式で賞の選考が行われてきております。

今回の若手優秀発表賞では、口頭とポスターで別の審査基準を設けて別個に賞を出すのではなく、すべての発表に対して同じ審査基準で選考を行いました。審査を希望する若手研究者は、発表申し込み時に自らエントリーして頂きました。エントリーされたのは 45 件でした。

審査は、事前に了解を得た当日出席できる 41 名の会員の方に、審査員になって頂く方法で行い



写真 2 講演中の Boll 先生



写真3 若手優秀発表賞受賞者
(左から五十嵐氏、張氏、重河氏、庭瀬氏。大内氏は欠席。右端は大槻実行委員長)

ました。実行委員会の方で、各審査員の専門に近い4, 5件程度を割り当てて研究テーマ、研究実施内容、発表の3項目について採点頂きました。各発表を最低でも3名の審査員が審査するようにしております。

集計結果に基づき、以下の5名の方に実行委員長から若手優秀発表賞が授与されました(写真3)。

張子見氏(大阪大学大学院理学研究科)「アルファ線核医学治療に向けたAt-211標識アミノ酸誘導体の検討」、庭瀬 暁隆氏(理研仁科加速器科学研究センター)「MRTOF-MS用 α -TOF検出器の性能評価」

五十嵐淳哉氏(大阪大学大学院理学研究科)「福島県大熊町で発見された放射性Csを含む不溶性粒子の破壊分析による微量元素定量」

重河優大氏(大阪大学大学院理学研究科)「阻止電場-磁気ボトル型電子分光装置の開発およびU-235mの内部転換電子分光測定」

大内和希氏(日本原子力研究開発機構)「ウランとネプツニウムの還元に誘起される析出反応」

5. 懇親会

京大正門横、時計台に近いカフェレストランカンフォーラにおいて、2日目夕刻より懇親会が行われました。

大槻実行委員長の開会挨拶に続き、来賓として、京都大学工学研究科長 大嶋正裕先生にご挨拶を頂戴しました。吉田キャンパスでの開催が60年ぶりであることなどをご紹介頂き、京大、京都に大歓迎をして頂きました。続いて篠原会長の乾杯の音頭で、歓談となりました(写真4)。途中

Boll先生、佐藤修彰先生のお話を頂き、会の終わり近くに、来年の実行委員長を務められる原子力機構の木村貴海氏より、次回大会は福島県いわき市で開催される旨、アナウンスがありました。

6. 最後に

今回の年会・討論会は、長らくなかった京都での開催を目玉として、京大吉田キャンパスで行いました。複合原子力科学研究所(旧原子炉実験所)は、大阪府の熊取町にあり離れているため、多くの実行委員が吉田キャンパス周辺に泊まり込での準備となりました。今回、実行委員会は京大と阪大により組織されました。改めて実行委員はじめご協力頂きました方々に感謝致します。

学内施設での開催であり、授業用に配置されたスクリーンなどは、講演には使いづらい面があったかもしれませんが、簡素ですが必要十分な大会運営となったという見方もできるかと思います。

最後になりますが、大きなトラブルもなく開催できましたこと、参加者、講演者の皆様に心より感謝申し上げます。



写真4 懇親会での歓談の様子

会議報告

核化学夏の学校

後藤 真一 (新潟大学)

第57回核化学夏の学校が平成30年8月26日から28日の2泊3日の日程で、長野県長野市戸隠 旅館横倉にて新潟大学の主催で開催されました。本来の順番では数年前に担当するはずでしたが、討論会の開催との関係で何度かかわっていただき、10年ぶりの世話人となりました。各大学の大学院入試などの行事を考えると、なかなかまとまった日程を確保することが難しく、2泊3日の短い日程となってしまいましたが、一般26名、学生17名の計43名の方が参加されました。講義・話題提供は以下のとおりです。

○8月26日(日)

- ・開校式、自己紹介
- ・坂本先生を偲んで
羽場宏光氏、横山明彦氏、工藤久昭氏
- ・話題提供(1)：佐藤志彦氏(JAEA)「新生・若手の会について」
- ・話題提供(2)：横山明彦氏(金沢大)
「ウィーン大学 VERA 訪問について」

○8月27日(月)

- ・話題提供(3)：小荒井一真氏(東北大)
「東北大学における動物試料の採集と放射能測定による環境放射能調査」
- ・話題提供(4)：後藤淳氏(新潟大)
「ASURAで測定した福島における放射性セシウムの分布」
- ・講義(1)：駒義和氏(JAEA)
「福島第一原子力発電所の汚染物・廃棄物に関する放射化学分析データと考察」
- ・エクスカージョン
- ・懇親会

○8月28日(火)

- ・講義(2)：笹公和氏(筑波大)

「最近の加速器質量分析の現状について」

- ・話題提供(5)：小森有希子氏(理研)
「理研における超重元素研究の現状と将来計画」
- ・話題提供(6)：塚田和明氏(JAEA)
「原子力機構タンデム加速器における Es 利用研究ほかについて」
- ・話題提供(7)：篠原厚氏(大阪大)
「阪大の放射線科学基盤機構の紹介」
- ・閉校式

初日の夜は、昨年3月に亡くなられた坂本浩先生を偲んで、生前の坂本先生をよくご存じの方々に思い出をお話ししていただきました。その後、JAEAの佐藤氏による放射化学会若手の会の新たな活動についてのお話と意見交換、金沢大の横山氏のウィーン大学 VERA での研究活動についてお話がありました。

2日目は、福島第一原子力発電所の今後の廃炉措置に対して核化学がどのように協力できるかを考える機会にと、事故に関する話題提供と講義をまとめました。東北大学の小荒井氏と新潟大学の後藤淳氏からは、事故による環境汚染状況の調査に関する取り組みについてお話いただきました。その後、JAEAの駒氏をお招きして、福島第一原発における汚染物や廃棄物の分析に関してより現場に近い立場から現状と今後について講義していただきました。

3日目は実験施設に関する講義・話題で、はじめに、筑波大の笹氏に加速器質量分析についての基礎から最新の情報について教えていただきました。その後、JAEAの塚田氏と理研の小森氏に、それぞれの施設での最近の活動状況についてお話ししていただきました。最後に、大阪大の篠原氏に昨年秋に発足した大阪大学の放射線科学基盤機構についてご紹介いただきました。

当然(?)夜の学校も開校され、初日は、藤原先生作のイワナの骨酒用の器を工藤先生がご提供くださり、坂本先生へ献杯を捧げてスタートしました。旅館が貸し切りでしたので、心おきなくお酒とお話を楽しんでいただけたようでした。

国内有数のパワースポットである戸隠での開催ということで、短い日程でしたが2日目の午後はエクスカーションとしました。昼食に宿で戸隠そばをいただいた後、戸隠神社中社の大鳥居前で集合写真を撮り、その後はそれぞれ自由に過ごして

いただきました。多くの方は、戸隠神社の本社である奥社を参拝されましたが、運動不足の方にはだいぶ大変な道のりだったようです。

次回の第58回核化学夏の学校は、理化学研究所の羽場宏光氏にお引き受けいただきました。また、今回の夏の学校の開催にあたり日本放射化学会より開催費の補助をいただき、学生の参加費の軽減等に利用いたしました。最後に、今回の夏の学校に参加していただきました皆様に感謝いたします。



講義の様子



夜の学校



エクスカーション (戸隠神社奥社)



エクスカーション (天命稲荷神社)



集合写真（戸隠神社中社大鳥居）

情報プラザ (国際国内会議)

国内会議

第17回 同位体科学研究会

日時：2019年3月8日
場所：首都大学東京 南大沢キャンパス 国際
交流会館 (東京都八王子市南大沢)
URL：<https://www.isotope-sci.org/meeting>

第20回「環境放射能」研究会

日時：2019年3月12日～14日
場所：高エネルギー加速器研究機構 (茨城県つ
くば市)
URL：<http://rcwww.kek.jp/enviconf/>

2019年日本化学会第99春季年会

日時：2019年3月16日～19日
場所：甲南大学 岡本キャンパス (兵庫県神
戸市)
URL：<http://www.csj.jp/nenkai/99haru/index.html>

2019年日本原子力学会 春の年会

日時：2019年3月20日～22日
場所：茨城大学 水戸キャンパス (茨城県水
戸市)
URL：<https://confit.atlas.jp/guide/event/aesj2019s/top>

第56回 アイソトープ・放射線研究発表会

日時：2019年7月3日～5日
場所：東京大学 弥生講堂 (東京都文京区)
URL：https://www.jrias.or.jp/isotope_conference/

2019 日本放射化学会年会・第63回放射化学討
論会

日時：2019年9月24日～26日
場所：いわき産業創造館 (福島県いわき市)

国際会議

11th International Symposium on Target
Alpha Therapy (TAT11)

日時：1-5, April, 2019
場所：Ottawa, Ontario, Canada

6th International Conference on the Chemistry and
Physics of the Transactinide Elements (TAN 19)

日時：25-30, August, 2019
場所：Wilhelmshaven, Germany

2nd International Conference on Radioanalytical
and Nuclear Chemistry (RANC 2019)

日時：5-10, May, 2019
場所：Budapest, Hungary

ENVIRA 2019 - 5th International Conference
on Environmental Radioactivity

日時：8-13, September, 2019
場所：Prague Czech

10th International Conference on Nuclear
and Radiochemistry (NRC-10)

日時：24-28, August, 2020
場所：Manchester UK

学会だより

1. 日本放射化学会第84回理事会 [2018 学会年度第1回理事会] 議事要録抜粋

日時：2018年6月16日(土) 13:00-17:00

場所：東北大学東京分室 会議室A

出席者：[会長] 篠原、[副会長] 高橋、北辻、
[理事] 大矢、塚田、渡辺、石岡、緒方、
木下、桐島、佐藤、高宮、別所、箕輪、
[監事] 酒井

欠席者：[監事] 工藤

オブザーバー：宮本(放射化学編集委員長)

報告

- 事務局報告として、前回議事録の確認、会員の動向・会費納入状況、会計の報告ならびにメール回議の報告がなされた。長期会費未納者に対して3月31日付で除名した旨報告された。会計状況について、個人会費が減少していること、賛助会費は未納分の納入があったこと、予備費(繰り越し)が大幅に増加していることが報告された。
- 「放射化学」誌の次号の内容について宮本編集委員長から説明があった。学会年度期間の変更により中断した形となっている会計報告掲載について、引き続き和文誌に掲載することを確認した。これに関連して、会員限定でHP掲載やメール等で会計報告することをネット・広報委員会で検討することとした。
- 次回年会・討論会の準備状況が報告され、他学会への共催・後援依頼を例年どおりとするよう実行委員会に検討いただくこととした。

審議

- 2018学会年度学会賞の選考結果について、選考委員長から報告があり、受賞最終候補者の受賞が承認された。
- 阪大核物理センターからの国際共同研究拠点

- 申請に関するサポートレター要請について提案があり、承認された。
- 若手の会からの提案について議論し、若手の会の開催、他学会での発表助成及び放射化学会年会での若手招待講演について具体的な検討を進めてもらうこととした。関連して、討論会での若手発表賞の審査基準について議論し、今後、基準を明確化するとともに学会としての関与を強めるよう討論会実行委員会と調整することとした。
 - 2019年会・討論会及び創設20周年記念事業について議論した。JAEAでの開催及びその他の開催会場についての提案等があり、2021年の日本でのAPSORC開催も踏まえて、関東地区の学会員を中心に引き続き検討を進めることとした。次回理事会で2019年度の年会・討論会の開催地を決定することを確認した。関連して、年会・討論会のダブルネームの解消について議論した。学会員以外の参加も可能なように配慮する必要がある、他学会との連合的なものも検討する必要がある等の意見があった。今後、総会、メール等で会員の意見を聴取することとした。
 - 文部科学大臣表彰候補者の推薦について議論し、前年度の学会賞、奨励賞受賞者を推薦対象として検討することを基本とした。今年度は該当者がいないため候補者推薦を見送ることとした。
 - 会員に関する会則の一部変更について、入会費徴収に関する規定の追加の提案があり承認された。
 - 福島復興・廃炉推進に貢献する学協会連絡会及び他学会との協力について議論し、行事・渉外担当の3理事で対応を検討することとなった。関連して、福島関連ページを整備し、学協会連絡会にリンクを張ってもらうこととした。
 - 2018-2019年度の理事会・学会の運営方針に

ついて、篠原会長から説明があった。放射化学会の課題、今後の運営方針等が示された。理事会の質の向上、施策実施に向けたWG等立ち上げ等について、次回の理事会までに具体的に行動に移す方針が示された。

以上

2. 日本放射化学会第85回理事会 [2018学 年度第2回理事会] 議事要録抜粋

日時：2018年9月17日(土) 13:00-18:00

場所：京大吉田キャンパス 総合研究8号館2階
221号室

出席者：[会長] 篠原、[副会長] 高橋、北辻、
[理事] 塚田、渡辺、石岡、緒方、木下、
佐藤、高宮、別所、箕輪、[監事] 工藤、
酒井

欠席者：[理事] 大矢、桐島

報告

1. 事務局報告として、前回議事録の確認、会員の動向・会費納入状況、会計の報告ならびにメール回議の報告がなされた。
2. ネット・広報委員長から、会員のメールアドレスの登録ミスが発生したとの報告があった。正常に送信できないメールアドレスの情報をA・Sに伝える必要があるとの意見があった。
3. 日本アイソトープ協会の研究発表会の準備会合について、学生の参加登録料を有料化する案が議論されていると報告があった。

審議

1. 2017年度決算及び2019年度予算案について議論し、2019年予算案を一部修正のうえ、2017年度決算及び2019年度予算案が承認された。また、2019年討論会の会場予約に必要な前払い金を今年度の予備費から支出すること、及びAPSORC基金の受入れについて、現会長名で覚書を交わして手続きを進めることを確認した。
2. 若手の会に関する規定等について議論し、日本放射化学会若手の会規定案が一部修正のうえ承認された。

3. 来年度以降の学会・討論会の開催担当及び学会創設20周年記念事業について議論し、2019年度の討論会をJAEAが世話人となり、いわきで開催することが承認された。また、2020年は阪大での開催として検討を進めることが確認された。2021年のAPSORCについて、開催時期、実行組織などについて議論し、高橋副会長に検討を進めてもらうこととした。20周年記念事業について、2019年討論会を記念大会とすることとした。また、討論会名称の変更、特別セッションの開催など、検討を進めることとした。
4. 学会の法人化の検討として、法人化に係る経費などについて議論した。法人化の検討を始めること、WGを設置して具体的な内容の検討を進めることが承認された。WGのメンバーは、篠原会長、高橋副会長、北辻副会長、塚田理事、石岡理事、箕輪理事とすることとした。次回総会では、法人化の検討を始めることを提案し、会場から意見聴取することとした。
5. 年会・討論会のダブルネームの解消について、名称や討論会の在り方を議論した。ダブルネームを解消することとし、理事会案を「日本放射化学会 第〇〇回討論会」とすることとした。討論会の在り方については、非会員の参加や現地実行委員会による企画の自由度などのこれまでのメリットを残し、大きな変更はしない。法人に移行した場合、学会会計と討論会会計の一本化が必要であることを確認した。次回総会には、ダブルネームの解消のみを提案することとし、名称については理事会案として提示することとした。年会としての位置付けを明確にするため、次回以降の討論会HPにその旨明記することとした。
6. 若手支援策として、学生会員の年会費負担について議論した。討論会の参加登録料に差をつける必要がある、期間限定で理事会から補助する等の意見があった。年会費と参加登録料のバランスについて、今後も審議を継続することとした。
7. 関連学協会との連携強化に関して議論し、討論会初日の受付開始に合わせ、受付にてアンケートを実施することとした。
8. 会則の変更について、第3条(1)、第5条及び

付則の改定が承認された。前回の理事会で承認された第10条と共に、次回総会に改定を提案することとした。

9. 会長より、学会の活動を広げるため広報担当理事を設置する、学会の中長期的方向の議論を進める、分科会の在り方を来年に向けて議論する等の今後の方針の説明があった。酒井監事よりメールニュースが再始動したことが報告された。退会を申し出ている賛助会員への対応について、関係者から働きかけることとした。総会での議案について審議した。各分科会への支援をアピールすることとした。

以上

3. 第20回 日本放射化学会総会 報告概要

日時：2018年9月19日(水) 14:15-15:40

場所：京都大学 吉田キャンパス 総合研究3号館 S会場

出席者数83名、議長委任93名、個人委任1名、会員総数355名の1/5以上であり成立した。

会則の規定により、篠原会長が議長となり、議事が進められた。

報告事項

1. 会長報告

2. 2017学会年度事業報告

報告事項について総務より説明があった。

3. 関連学会アンケートの実施について

連携を深めるべき学協会を精査する目的のアンケートの実施について、渉外から報告があった。

4. 若手の会の成立

若手の会を放射化学会公認組織として設立することが報告された。

審議事項

1. 収支決算案及び会計監査報告

会計担当及び監事より説明があった。拍手による賛成多数をもって承認された。

2. 2018学会年度事業計画及び収支予算案

会長及び会計担当より提案があった。拍手による賛成多数をもって承認された。

3. 法人化に向けた準備WGについて

会長より法人化に関する理事会での検討状況、

メリット・デメリットの説明と、調査準備WGの設置について説明があった。会場より、維持運営に要する費用の質問があり、60万円程度の負担増が見込まれるとの回答があった。会場より財政負担が大きいとの意見があった。会長より、一層の会員増強等、多方面から検討・対処しつつ、法人化を目指した検討を進める旨、回答があった。法人化した後の事務局の場所について質問があり、今後の検討課題であり外部委託、若しくは自前で設置する両案を理事会で検討していく、との回答があった。

法人化の方向で検討を進めることが、拍手による賛成多数をもって承認された。

4. 年会・討論会のダブルネームについて

会長より、ダブルネームの解消を目的とし、放射化学討論会を学会の年会として明確に位置付けたうえで、名称を変更する提案があった。会場より、討論会の開催費用を全て学会で負担するのかなどの質問があった。開催費用に関する地方自治体等からの補助金等を今後も積極的に利用する、会計処理等に関して具体的な検討を理事会で進めるとの回答があった。共催学会員の参加登録料について質問があり、現在の取扱いを維持する旨、回答があった。日本化学会との関係性について意見があり、討論会発足の経緯を調査し理事会で検討する旨、回答があった。

法人化とダブルネームの解消を同時期に実施するのは、定款・法務局への登録等々の面で困難ではないか、との意見があった。ダブルネームについて、学会設立時に関わっていた会員から、当時の議論では学会設立10年を目途にダブルネームを解消する方向であった、と情報提供があった。歴史を継続しつつ、皆さんの意見を伺いながら、理事会で引き続き調査・検討していく旨、会長から回答があった。

ダブルネームを解消することとし、解消後の名称については会員からの意見を徴取して再検討することが、挙手による賛成多数をもって承認された。

5. 学会創立20周年記念事業について

会長より提案説明があり、拍手をもって承認された。

6. 会則の変更

会長より提案説明があり、拍手をもって承認された。

以上

4. 日本放射化学会第86回理事会 [2018学会年度第3回理事会] は、2018年12月1日(土)に開催されましたが、議事要録未承認のため、次号にて報告します。

5. 会員動向(平成30年7月~平成30年12月)

新規入会(正会員)

氏名	所属
日下 良二	日本原子力研究開発機構原子力基礎工学研究センター放射化学研究グループ
徳永 紘平	日本原子力研究開発機構核燃料・バックエンド研究開発部門人形峠環境技術センター環境技術開発課
永田 光知郎	大阪大学放射線科学基盤機構附属ラジオアイソトープ総合センター吉村研究室
松枝 誠	国立研究開発法人日本原子力研究開発機構福島研究開発部門福島環境安全センター放射線計測技術グループ
北澤 孝史	東邦大学理学部化学科錯体化学教室

新規入会(学生会員)

氏名	所属
五十嵐 淳哉	大阪大学大学院理学研究科化学専攻篠原研究室
山口 瑛子	東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻高橋研究室

所属変更(正会員)

氏名	所属
五十嵐 康人	茨城大学理学部
海老原 充	早稲田大学教育・総合科学学術院理学科地球科学専修地球化学研究室
及川 真司	公益財団法人海洋生物環境研究所中央研究所
神田 晃充	公益社団法人日本アイソトープ協会川崎技術開発センター
豊嶋 厚史	大阪大学放射線科学基盤機構
栗原 雄一	日本原子力研究開発機構人形峠環境技術センター環境保全技術開発部環境技術開発課

退会(正会員)

氏名
熊谷 禎晃

※前回、退会(学生会員)と報告しました稲垣誠会員は、正会員に種別変更しました。

○ 2017 学会年度 (2017 年 4 月 1 日 - 2018 年 3 月 31 日) 決算

収入の部

単位 (円)

項目	予算	決算	差額 (収入 - 予算)	備考
個人会費	2,319,000	2,250,000	-69,000	2017 年度以前、2018 年度、 入会金を含む
賛助会費	1,150,000	1,626,176	476,176	25 団体 (新規 2 団体)、2016 年度までの未納金を含む
雑収入	0	203,005	203,005	利息、寄付本販売、要旨集 補助返金
前年度繰越金	5,828,851	5,828,851	0	
収入合計	9,297,851	9,908,032	610,181	

支出の部

単位 (円)

項目	予算	決算	差額 (予算 - 支出)	備考
討論会補助	200,000	200,000	0	
要旨集補助	200,000	200,000	0	寄付として返金
出版事業費	1,710,000	1,355,417	354,583	
事務費	10,000	0	10,000	
雑誌校正・印刷費	1,350,000	1,288,741	61,259	放射化学 35・36 号、 JNRS17(pdf 化込) 英文誌英文校閲費
送料、封入作業費等	150,000	55,876	94,124	送料、封入作業等
J-Stage 用 pdf 化費	200,000	10,800	189,200	
会議費	510,000	469,112	40,888	旅費
理事会	450,000	469,112	-19,112	6,9,10,3 月理事会
委員会等	60,000	0	60,000	
研究会等補助	300,000	200,000	100,000	環境放射能研究会、 核化学夏の学校
事務局経費	740,000	567,494	172,506	
事務費	100,000	30,344	69,656	振込等手数料、封筒、 ファイル、印刷、事務局 旅費等
選挙関係	180,000	77,112	102,888	理事選挙
外部委託費用 (会費、 会員管理)	450,000	449,471	529	委託業務費
通信費	10,000	10,567	-567	資料送付費
ネットワーク管理運営費	24,500	24,439	61	ネット関係
プロバイダ費用	24,500	24,439	61	
学会賞	90,000	0	90,000	
共催金	5,000	0	5,000	
支出小計	3,779,500	3,016,462	763,038	
予備費 (繰り越し)	5,518,351	6,891,570	-1,373,219	
支出合計	9,297,851	9,908,032	610,181	

○次年度繰越金
(内訳)三井住友銀行
ゆうちょ銀行
現金
合計6,891,570 円
316,697 円
6,574,625 円
248 円
10,630,242 円○基金等
(内訳)基金 (黒田基金 40 万円を含む)
記念事業分
基金 (斎藤基金)3,738,672 円
2,810,924 円
627,393 円
300,355 円

○ 2019 学会年度 (2019 年 4 月 1 日 - 2020 年 3 月 31 日) 予算

収入の部

単位 (円)

項目	2018 学会年度	2019 学会年度	差額	備考
個人会費	2,228,000	2,177,000	-51,000	正会員 299, 学生 28
賛助会費	1,200,000	1,250,000	50,000	1 社増
雑収入	0	0	0	利息など
前年度繰越金	6,891,570	6,858,670	-32,900	
収入合計	10,319,570	10,285,670	-33,900	

支出の部

単位 (円)

項目	2018 学会年度	2019 学会年度	差額	備考
討論会補助	200,000	400,000	200,000	
補助金	200,000	200,000	0	2018 年度討論会
20 周年記念大会補助		200,000	200,000	20 周年記念事業
要旨集補助	200,000	0	-200,000	pdf 化による
出版事業費	1,560,000	1,660,000	100,000	
事務費	10,000	10,000	0	事務通信費
雑誌校正・印刷費	1,350,000	1,350,000	0	放射化学 39・40 号、英文誌
英文誌英文校閲費		100,000	100,000	英文誌キャンペーン
発送費 (送料、封入作業費等)	150,000	150,000	0	
J-Stage 用 pdf 化費	50,000	50,000	0	
会議費	510,000	600,000	90,000	
理事会	450,000	500,000	50,000	6・12・3 月理事会旅費 (3 月期は新旧理事参加予定)
委員会等	60,000	100,000	40,000	法人化 WG 等
研究会等補助	300,000	550,000	250,000	
環境放射能研究会	100,000	100,000	0	2 ~ 3 月開催
核化学夏の学校	100,000	100,000	0	7 ~ 8 月開催
若手の会補助		250,000	250,000	新規事業
その他	100,000	100,000	0	
事務局経費	560,000	660,000	100,000	
事務費	100,000	100,000	0	封筒印刷費、振込手数料など
選挙関係	0	100,000	100,000	選挙実施年 (隔年)
外部委託費用 (会費、会員管理)	450,000	450,000	0	AS 委託業務費
通信費	10,000	10,000	0	資料送付費
ネットワーク管理運営費	35,900	24,500	-11,400	
プロバイダ費用	24,500	24,500	0	
ドメイン更新料	11,400	0	-11,400	次回は 2021 年
学会賞	90,000	90,000	0	
楯	60,000	60,000	0	
表彰状印刷、額縁	30,000	30,000	0	
共催金	5,000	5,000	0	
支出合計	3,460,900	3,989,500	528,600	20 周年記念事業、若手の会補助、理事選挙 (隔年)
予備費 (繰越)	6,858,670	6,329,070	-529,600	学会活性化関連経費
支出合計	10,319,570	10,285,670	33,900	

2018 日本放射化学会年会・第62回放射化学討論会プログラム

- 口頭発表 発表 10 分以内、討論含め 15 分以内 (†は発表 15 分以内、討論含め 20 分以内)
 ポスター発表 コアタイムは 1 日目 14:00-14:50 (偶数番号), 2 日目 11:20-12:10 (奇数番号)
 会場 京都大学 吉田キャンパス 総合研究 3 号館および 8 号館
 S 会場 総合研究 3 号館 共通 115 室
 A 会場 総合研究 8 号館 231
 B 会場 総合研究 8 号館 127
 P 会場 総合研究 8 号館 NS ホール
 (*は若手優秀発表賞対象講演)

第1日 9月18日(火)

9:00

受付

10:00

A 会場
核・放射化学

座長: 菊永 英寿

- 1A01†** ^{254}Es 標的を用いて生成する中性子過剰 Fm 領域核の自発核分裂の測定
 (¹原子力機構, ²量研機構, ³名古屋大, ⁴新潟大, ⁵金沢大, ⁶徳島大) ○浅井 雅人¹, 塚田 和明¹, 廣瀬 健太郎¹, 豊嶋 厚史¹, 富塚 知博¹, Nadine M. Chiera¹, 伊藤 由太¹, 牧井 宏之¹, 永目 諭一郎¹, 西尾 勝久¹, Riccardo Orlandi¹, Kean Kun Ratha¹, 佐藤 哲也¹, 鈴木 颯人¹, 床井 健運¹, Mark J. Vermeulen¹, 柳原 陸斗¹, 西中 一朗², 鎌田 裕生³, 柴田 理尋³, 後藤 真一⁴, 廣瀬 耀⁴, 林 裕晃⁵, 阪間 稔⁶
- 1A02** Formation and thermochemical properties of oxychlorides of Nb and Ta - Towards the gas-phase investigation of the Superheavy Element dubnium (Db) oxychloride.
 (¹Japan Atomic Energy Agency, ²Ibaraki Univ., ³Niigata Univ.) ○Nadine M. Chiera¹, Tetsuya K. Sato¹, Masato Asai¹, Hayato Suzuki^{1, 2}, Katsuyuki Tokoi^{1, 2}, Tomohiro Tomitsuka^{1, 3}, Atsushi Toyoshima¹, Kazuaki Tsukada¹, and Yuichiro Nagame^{1, 2}
- 1A03*** 超重元素を対象とした低速原子ビーム源の開発
 (¹原子力機構先端研, ²新潟大院自然, ³茨城大院理工, ⁴茨城大理) ○富塚 知博^{1, 2}, 床井 健運^{1, 3}, 佐藤 哲也¹, 伊藤 由太¹, 鈴木 颯人^{1, 4}, 浅井 雅人¹, 塚田 和明¹, 豊嶋 厚史¹, Nadine M. Chiera¹, 後藤 真一², 永目 諭一郎^{1, 3}
- 1A04†** The Study on Carbonyl Complexes of Group VII Elements

B 会場
環境放射能

座長: 田上 恵子

- 1B01** 福島県浜通り地域の河川水中放射性セシウムの存在形態
 (¹金沢大環日セ, ²金沢大理工, ³ふくしま海洋科学館) ○長尾 誠也¹, 山岸 栄太², 諸角 季生², 島村 陽恵², 富原 聖一³, 落合 伸也¹
- 1B02*†** 多摩川集水域における底質中放射性セシウム濃度の季節変動
 (¹明大院理工, ²明大理工) ○秋山 将人¹, 萩原 健太², 小池 裕也²
- 1B03*** 能登半島七尾西湾底層水中の Rn-222 水平分布から見た地下水流出の寄与
 (¹金沢大学大学院自然科学研究科, ²金沢大学環日本海域環境研究センター, ³福井県立大学海洋生物資源臨海研究センター, ⁴ウヅホール海洋研究所) ○藤田 充司¹, 長尾 誠也², 落合 伸也², 杉本 亮³, Matthew A. Charette⁴, Paul B. Henderson⁴
- 1B04†** 共同分析法による海産物中の Po-210/Pb-210 分析法の評価
 (¹産総研物質計測, ²日本分析センター, ³保健医療科学院) ○三浦 勉¹, 太田 智子², 寺田 宙³

(¹RIKEN Nishina Center, ²IMP, CAS)
 ○Wang Yang^{1, 2}, Qin Zhi², Fan Fangli², Cao
 Shiwei², Zhang Jicai², Yang Jie²,
 Hiromitsu Haba¹, Yukiko Komori¹, Takuya
 Yokokita¹, Kouji Morimoto¹, Daiya Kaji¹

11:10
 休憩

A 会場
核・放射化学

座長：笠松 良崇

- 1A05** JAEA タンデム加速器および SPring-8 放射光実験に向けたアインスタイニウム試料の調製
 (¹原子力機構, ²茨城大院理工, ³筑波大院, ⁴阪大院理) ○塚田 和明¹, 豊嶋 厚史¹, 廣瀬 健太郎¹, 浅井 雅人¹, キエラ ナディーン¹, 床井 健運^{1, 2}, 鈴木 伸一¹, 柏原 歩那³, 二宮 秀美⁴
- 1A06** 放射光を利用したアインスタイニウムの水和構造研究
 (¹JAEA 物質科学, ²京産大理, ³JAEA 先端研) ○矢板 毅¹, 鈴木 伸一¹, 小林 徹¹, 塩飽 秀啓¹, 土井 玲祐¹, 山上 浩志², 塚田 和明³, 豊嶋 厚史³, 浅井 雅人³
- 1A07** 制動放射線照射によるアルカリ金属のキャリアフリーRI トレーサー製造
 (¹東北大サイクロ, ²東北大電子光セ) ○池田 隼人^{1, 2}, 菊永 英寿², 渡部 浩司¹
- 1A08*** MRTOF-MS 用の α -ToF 検出器の性能評価
 (¹理研仁科セ, ²九大理, ³高エ研, ⁴JAEA, ⁵山形大, ⁶NMSU) ○庭瀬 暁隆^{1, 2}, 和田 道治³, P. Schury³, 伊藤 由太^{1, 4}, 加治 大哉¹, M. Rosenbusch¹, 木村 創大¹, 森本 幸司¹, 羽場 宏光¹, 石澤 倫^{1, 5}, 森田 浩介^{1, 2}, 宮武 宇也³, H. Wollnik⁶

12:25
 昼食/ポスター発表

A 会場
核化学分科会

B 会場

α 放射体・環境放射能分科会

P 会場

ポスター発表 偶数番号コアタイム

14:50
 休憩・移動

S 会 場

15:15-15:45 招待講演1 座長：篠原 厚（大阪大学）
「医療機関における BNCT がもたらす NCT 研究の方向性」
（京都大学）鈴木 実

15:50-16:20 招待講演2 座長：佐々木 隆之（京都大学）
「電気自動車用リチウムイオン電池の現状と課題」
（京都大学）安部 武志

16:25-16:55 招待講演3 座長：（決まり次第お知らせします）
「未知領域原子核の核分裂」
（原子力機構・先端基礎研究センター）西尾 勝久

.....16:55.....
休 憩 ・ 移 動
.....17:10.....

A 会場
核・放射化学
 座長：後藤 真一

- 1A09** ブラッグカーブ測定による超重核の原子番号同定
 (1九大理, 2理研仁科センター) ○藤田 訓裕^{1, 2}, 齋藤 堯夫^{1, 2}, 庭瀬 暁隆^{1, 2}, 板東 慶伍^{1, 2}, 真部 健太^{1, 2}, 白坂 和也^{1, 2}, 末川 慶英^{1, 2}, 森田 浩介^{1, 2}
- 1A10** テクネチウム同位体を用いたコンプトンカメラ撮像実験
 (1量研機構, 2東海大学, 3原子力機構) ○初川 雄一¹, 橋本 和幸¹, 株木 重人², 櫛田 淳子², 塚田 和明³, 浅井 雅人³, 豊嶋 厚史³
- 1A11** 飛行中ミュオン触媒核融合サイクルと核反応断面積の計算
 (1東北大理, 2中部大工) ○木野 康志^{1, 2}, 山下 琢磨¹, 佐藤 元泰²
- 1A12*** 阻止電場一磁気ボトル型電子分光装置の開発およびU-235mの内部転換電子分光測定
 (1阪大院理, 2電通大院情報理工) ○重河 優大¹, 笠松 良崇¹, 山北 佳宏², 安田 勇輝¹, 近藤 成美¹, 渡邊 瑛介¹, 篠原 厚¹

B 会場
環境放射能

座長：小池 裕也

- 1B09*** 福島第一原発事故後の環境中からウシ硬組織へのSr-90の移行挙動
 (1東北大・理, 2東北大・高教機構, 3東北大病院, 4東北大・歯, 5東北大・災害研, 6東北大・医, 7岩手大・理工, 8東北大・農, 9東京医大) ○小荒井 一真¹, 木野 康志¹, 西山 純平¹, 金子 拓¹, 小野 拓実¹, 岡壽 崇^{1, 2}, 高橋 温³, 鈴木 敏彦^{4, 5}, 清水 良央⁴, 千葉 美麗⁴, 小坂 健^{4, 5}, 佐々木 啓一⁴, 漆原 佑介⁶, 福田 智一⁷, 磯貝 恵美子⁸, 関根 勉^{1, 2}, 福本 学^{6, 9}, 篠田 壽⁴
- 1B10** 層状珪酸塩へのハードな陽イオンの吸着構造の系統性：セシウムやストロンチウムの比較
 (東大院理) 山口 瑛子, ○高橋 嘉夫
- 1B11*** 粘土鉱物への特異的吸着によるラジウムの固定：ウラン鉱床近傍のコア試料解析
 (1東大院理, 2原子力機構人形峠センター, 3原子力機構先端研) ○山口 瑛子¹, 栗原 雄一², 田中 万也³, 小原 義之², 香西 直文³, 高橋 嘉夫¹
- 1B12** 簡易迅速 Sr 分析法の天然海水試料への適用
 (1慈恵医大・アイソトープ, 2日立製作所・ヘルスケア BU, 3愛知医大, 4名大・RIC 分館) ○箕輪 はるか¹, 加藤 結花², 小島 貞男³, 緒方 良至⁴
- 1B13** プラスチックシンチレータボトルを用いたLSCでのスペクトル解析
 (1日立製作所・ヘルスケア BU, 2慈恵医大・アイソトープ, 3愛知医大, 4名大・RIC 分館) ○加藤 結花¹, 箕輪 はるか², 小島 貞男³, 緒方 良至⁴

.....18:10.....

.....18:25.....

第2日 9月19日(水)

9:00

A 会場

放射化分析・原子核プローブ

座長：木野 康志

- 2A01*[†] ミュオン特性 X 線による非破壊同位体分析法の開発
(¹阪大院理, ²国際基督教大, ³KEK-MSL) ○工藤 拓人¹, 二宮 和彦¹, 久保 謙哉², 篠原厚¹, 反保 元伸³, 三宅 康博³
- 2A02 荷電粒子放射化分析法の放射性核種分析への適用性検討
(¹化研, ²原子力機構, ³京都大学) ○川上 智彦¹, 岡崎 航大¹, 田仲 睦¹, 浅井 雅人², 塚田 和明², 関本 俊³, 大槻 勤³
- 2A03 南極隕石 MIL 07710 および Y-790272 の鉱物組成
(¹金大理工, ²金大院自然, ³首都大院理工, ⁴早大教育) ○佐藤 涉^{1, 2}, 中川 真結², 白井 直樹³, 海老原 充⁴
- 2A04 機器中性子放射化分析と鉄-57 メスバウアー分光法による日本画用赤色黄色系岩絵具のキャラクタリゼーション
(¹武蔵大人文, ²根津化研, ³ワシントン州立大化学, ⁴東理大理, ⁵都市大原研, ⁶慶大文) ○薬袋 佳孝^{1, 2, 3}, ドナルド ウォール³, ナタリー ウォール³, 山田 康洋⁴, 岡田 往子⁵, 富沢 威⁶

B 会場

応用分野

座長：末木 啓介

- 2B01[†] ²³⁵U 中性子核分裂における即発高エネルギーガンマ線の測定
(¹原子力機構, ²ILL, ³JRC, ⁴CENBG, ⁵CSNSM, ⁶Univ. Manchester, ⁷京大炉)
○牧井 宏之¹, 西尾 勝久¹, 廣瀬 健太郎¹, R. Orlandi¹, R. Léguillon¹, 小川 達彦¹, T. Soldner², F.-J. Hambsh³, M. Aïche⁴, A. Astier⁵, S. Czajkowski⁴, R. Frost⁶, S. Guo⁴, U. Köster², L. Mathieu⁴, 大槻 勤⁷, C.M. Petache⁵, A. Pollitt², 関本 俊⁷, 高宮 幸一⁷, I. Tsekhanovich⁴
- 2B02 山地地形により発生した冬季雷雲からの制動放射について-雷雲横倒しモデルを用いた解析-
(新潟県放射線監視センター) ○黒崎 裕人
- 2B03 塩化揮発法を用いた土壌および焼却灰からの放射性セシウム濃度低減
(¹清水建設, ²中部大学, ³筑波大学) ○木下 哲一¹, 焦 発存², 浅田 素之¹, 川口 正人¹, 本多 真紀³, 末木 啓介³, 二宮 善彦²
- 2B04* バライト (BaSO₄) を用いた放射性核種の効果的な処理法の開発
(¹原子力機構・先端研, ²原子力機構・人形峠, ³東京大・院理) ○徳永 紘平^{1, 2}, 高橋 嘉夫³, 香西 直文²

10:05

休憩

10:15

A 会場

溶液化学・錯体化学

座長：北辻 章浩

- 2A05[†] X 線分光分析による多価金属水酸化物沈殿の固相構造の解明
(¹京大院工, ²原子力機構, ³東大院工) ○小林 大志¹, 中嶋 翔梧¹, 元川 竜平², 松村 大樹², 斉藤 拓巳³, 佐々木 隆之¹
- 2A06[†] 和周波発生分光法によるウランの溶媒抽出機構の研究
(原子力機構・基礎工センター) ○日下 良二, 渡邊 雅之
- 2A07 多座配位子が配位可能な発光性ニトリドテクネチウム錯体の合成、構造と電子状態
(¹阪大 RI セ, ²阪大院理, ³東北大院理, ⁴大同大教養, ⁵東北大高教セ) ○吉村 崇¹, 永田 光知郎¹, 城山 辰己², 木野 康志³, 高

B 会場

環境放射能・地球化学

座長：木下 哲一

- 2B05 首都圏に飛来した福島原発事故由来の放射性エアロゾル中の ¹²⁹I/¹³¹I 比
(¹首都大院理, ²早大教育, ³都産技研セ, ⁴理研, ⁵東大総博, ⁶RESTEC, ⁷東大院工)
○海老原 充^{1, 2}, 大浦 泰嗣¹, 白井 直樹¹, 永川 栄泰³, 櫻井 昇³, 羽場 宏光⁴, 松崎 浩之⁵, 鶴田 治雄⁶, 森口 祐一⁷
- 2B06 ヨウ素 129 を用いた日本海における海洋循環研究
(¹金沢大 LLRL, ²筑波大 AMS, ³水産研究・教育機構, ⁴北大院環境, ⁵長崎大院水産, ⁶国環研) ○松中 哲也¹, 長尾 誠也¹, 井上 睦夫¹, 落合 伸也¹, 笹 公和², 森田 貴己³, 三木 志津帆³, 本多 直人³, 工藤 勲⁴, 滝

山 努⁴, 関根 勉⁵, 篠原 厚²

川 哲太郎⁵, 荒卷 能史⁶, 本多 真紀², 末
木 啓介²

2B07 放射性炭素年代と古記録から探る山丹交
易の起源について

(¹名大 ISEE, ²函館高専) ○小田 寛貴¹, 中
村 和之²

.....11:10..... 11:00.....

休憩・移動

.....11:20.....

P 会場

ポスター発表 奇数番号コアタイム

.....12:10.....

昼食/ポスター発表

.....13:00.....

A 会場
原子核プローブ分科会

B 会場
放射化分析分科会

.....14:00.....

休憩・移動

.....14:15.....

S 会場

14:15-15:30 総会

15:40-16:20 特別講演 座長：西尾 勝久（原子力機構）
“Production of Transcurium Elements and Medical (TAT) Isotopes at ORNL”
(Oak Ridge National Laboratory) Rose A. Boll

16:30-17:30 特別セッション
「日本の RI 施設の現状と今後の課題」
パネラー：佐藤 修彰（東北大学）、篠原 厚（大阪大学）、中島 覚（広島大学）、牧 大介（京都大学）
司会 大槻 勤（京都大学）

.....17:30.....

休憩・移動

.....18:30.....

カフェレストラン カンフォーラ
(京大吉田キャンパス正門入ってすぐ左)
懇親会

.....20:30.....

第3日 9月20日(木)

9:00

A 会場

医療用 RI

座長：西中 一朗

- 3A01 アルファ線核医学治療に向けたアスタチン乾式分離法の条件検討
(¹阪大放射線機構, ²阪大院理, ³阪大院医, ⁴阪大 RI セ) ○豊嶋 厚史¹, 張 子見², 神田 晃充², 池田 卓海², 市村 聡一朗², 大江 一弘³, 永田 光知郎⁴, 吉村 崇⁴, 篠原 厚²
- 3A02* 乾式分離法により得た At-211 溶液中での化学種の時間変化
(¹阪大院理, ²阪大放射線機構, ³阪大 RI セ, ⁴阪大院医) ○池田 卓海¹, 豊嶋 厚史², 神田 晃充¹, 市村 聡一朗¹, 張 子見², 吉村 崇³, 永田 光知郎³, 大江 一弘⁴, 篠原 厚²
- 3A03* アルファ線核医学治療に向けた At-211 標識アミノ酸誘導体の検討
(¹阪大理, ²阪大放) ○張 子見¹, 兼田 加珠子¹, 豊嶋 厚史², 深瀬 浩一¹, 篠原 厚¹

9:45

休憩

10:00

A 会場

医療用 RI

座長：鷺山 幸信

- 3A04 核医学用 ²¹¹At 生成の効率化に向けたカメラ型アルファ線イメージング研究
(¹日本原子力研究開発機構, ²量子科学技術研究開発機構) ○瀬川 麻里子¹, 西中 一朗², 前田 亮¹, 藤 暢輔¹
- 3A05 乾式蒸留法で調製した溶液中でのアスタチン化学形
(¹量研東海, ²千葉大薬) ○西中 一朗¹, 橋本和幸¹, 鈴木 博元²
- 3A06 理研における At-211 の製造頒布
(¹理化学研究所, ²日本アイソトープ協会) 佐藤 望¹, 羽場 宏光¹, ○横北 卓也¹, Ghosh Kaustab¹, Wang Yang¹, 小森 有希子¹, 森 大輝¹, 高橋 和也¹, 木村 俊夫², 松本 幹雄²
- 3A07 加速器中性子を利用した Mo-99 の合成研究
(¹原子力機構, ²量研機構, ³千代田テクノ, ⁴東北大 CYRIC) ○塚田 和明^{1, 2}, 永井 泰樹², 橋本 和幸², 川端 方子^{2, 3}, 湊 太志¹, 佐伯 秀也³, 本石 章司³, 渡辺 智², 伊藤 正俊⁴

B 会場

原子核プローブ

座長：久保 謙哉

- 3B01 Photoactivity of glass samples characterized by Mössbauer spectroscopy
(¹ Faculty of Science, Tokyo Metropolitan University, ² Faculty of Science, Eötvös Loránd University) ○ALI, Ahmed¹, NOMURA, Kiyoshi¹, AKIYAMA, Kazuhiko¹, Ernő Kuzmann², Zoltán Homonnay², KUBUKI, Shiro¹
- 3B02*† 酸化亜鉛の n 型電気伝導性に寄与する格子欠陥とそのメカニズム
(¹金沢大院自然, ²金沢大理工) ○清水 弘通¹, 佐藤 渉^{1, 2}
- 3B03* 不純物 Ga をドーブした四酸化三鉄中の (¹¹¹In→)¹¹¹Cd 核スピン緩和
(¹金沢大院自然, ²金沢大理工) ○杉本 友亮¹, 竹中 聡汰¹, 藤沢 照功¹, 佐藤 渉²

9:50

B 会場

原子核プローブ

座長：小松田 沙也加

- 3B04† 混合原子価三核鉄錯体における電子ホッピング速度を決める因子のメスバウアー分光法による検討
(¹大同大, ²東レリサーチセンター, ³東邦大) ○酒井 陽一¹, 中本 忠宏², 小木 曾了¹, 高山 努¹, 川崎 武志³, 北澤 孝史³, 高橋 正³
- 3B05 Nb ドープ SrTiO₃ ペロブスカイト酸化物の ⁵⁷Fe メスバウアースペクトルの解析
(¹首都大学東京・理, ²明治大学・理工) ○野村 貴美^{1, 2}, 久富木 志郎¹, 山川 修平², 笠利 実希², 水沼 丈也², 小池 裕也²
- 3B06* 水素化アルミニウムリチウム固体に注入された ⁵⁷Mn 核のインビーム・メスバウアースペクトル
(¹東理大院理, ²電通大, ³ICU, ⁴阪大理, ⁵金沢大理, ⁶北陸大, ⁷理研, ⁸放医研) 佐藤 祐貴子¹, 山田 康洋¹, 小林 義男^{2, 7}, 久保 謙哉³, 三原 基嗣⁴, 佐藤 渉⁵, 宮崎 淳⁶, 長友 傑⁷, 安藤 貴俊², 高濱 矩子², 染 佳梨子², 佐藤 方実², 佐藤 眞二⁸, 北川 敦志⁸
- 3B07* 緑泥石中の鉄の化学状態に関するメス

パウアー分光研究

(¹金沢大院自然, ²福岡大理, ³金沢大理工)

○濱坂 佳武¹, 川田 知², 佐藤 渉³

.....11:00..... 11:05.....

休憩・移動

.....11:20.....

S 会場

11:20-11:50 招待講演4 座長:海老原 充(早稲田大学)

「はやぶさ2」-小惑星リュウグウからのサンプルリターン
(東京大学) 橋 省吾

11:55-12:25 奨励賞受賞講演 座長:松尾基之(東京大学)

「放射化分析法を用いた固体地球化学試料中のハロゲン及び微量元素の定量」
(京都大学) 関本 俊

.....12:25.....

昼食

.....13:10.....

A 会場
若手賞審査委員会

B 会場
若手会

.....14:00.....

休憩・移動

.....14:10.....

S 会場

若手賞表彰式

閉会式

.....15:00.....

ポスター発表

P会場

- P01* ⁶⁵Zn トレーサを用いた塩化亜鉛の等温ガスクロマトグラフィ
(¹新潟大院自然, ²新潟大理) ○守山 卓也¹, 後藤 真一¹, 工藤 久昭²
- P02* Rf の化学研究に向けた Zr、Hf および Th の硝酸系イオン交換実験
(¹阪大院理, ²阪大理, ³理研仁科セ) ○渡邊 瑛介¹, 二宮 秀美¹, 近藤 成美¹, 重河 優大¹, 安田 勇輝¹, 大内 昂輝¹, 速水 翔², 笠松 良崇¹, 横北 卓也³, 篠原 厚¹
- P03* Lr の化学研究に向けた加速器オンライン抽出装置による Eu と Am の溶媒抽出
(¹阪大院理, ²阪大理) ○二宮 秀美¹, 渡邊 瑛介¹, 速水 翔², 笠松 良崇¹, 篠原 厚¹
- P04* 加速器質量分析による Np-237 の定量に向けた Np-236g トレーサーの製造
(¹金沢大院自然, ²金沢大理工, ³筑波大, ⁴理研仁科センター, ⁵阪大院理) ○早川 優太¹, 山守航平¹, 坂口 綾³, 関口 佳汰³, 矢納 慎也⁴, 小森 有希子⁴, 横北 卓也⁴, 篠原 厚⁵, 横山 明彦²

- P05* 表面電離イオン源内における短寿命同位体の吸着脱離挙動の解析に向けたモンテカルロシミュレーション開発
(¹原子力機構先端研, ²茨城大院理工, ³ポール・シェラー研究所, ⁴新潟大院自然, ⁵茨城大理) ○床井 健運^{1, 2}, 佐藤 哲也¹, Robert Eichler³, 伊藤 由太¹, 富塚 知博^{1, 4}, 鈴木 颯人^{1, 5}, 浅井 雅人¹, 塚田 和明¹, 豊嶋 厚史¹, Nadine M. Chiera¹, 永目 諭一郎^{1, 2}
- P06 ノーベリウム²³⁸の化学研究に向けたMg、Ca、Sr、Ba、Raの水酸化物沈殿実験
(¹阪大理, ²阪大院理) 永瀬 将浩¹, ○笠松 良崇², 近藤 成美², 二宮 秀美², 渡邊 瑛介², 篠原 厚²
- P07 X線観測による超重核の原子番号直接同定に向けたSi-Ge検出器アレイの開発
(¹理研仁科セ, ²九大院理) ○加治 大哉¹, 光岡 駿^{1, 2}, 平野 剛^{1, 2}, 庭瀬 暁隆^{1, 2}, 森本 幸司¹
- P08 Rfの塩酸系での溶媒抽出挙動の有機溶媒依存性
(¹阪大院理, ²阪大理, ³理研仁科セ) 近藤 成美¹, ○笠松 良崇¹, 永瀬 将浩², 安田 勇輝¹, 重河 優大¹, 大内 昂輝¹, 神田 晃充¹, 二宮 秀美¹, 渡邊 瑛介², 羽場 宏光³, 久保木 祐生³, 小森 有希子³, 横北 卓也³, 矢納 慎也³, 佐藤 望³, 篠原 厚¹
- P09* α-HIBAを用いた3価ランタノイド・アクチノイドの陽イオン交換挙動
(¹筑波大院, ²JAEA先端基礎, ³阪大院理) ○柏原 歩那¹, 末木 啓介¹, 塚田 和明², 豊嶋 厚史², 二宮 秀美³
- P10* 乾式分離過程で発生した気相中アスタチン化合物の熱クロマトグラフ測定
(¹阪大院理, ²阪大放射線機構, ³阪大院医, ⁴阪大RIセ) ○市村 聡一郎¹, 豊嶋 厚², 張 子見¹, 池田 卓海¹, 篠原 厚¹, 大江 一弘³, 永田 光知郎⁴, 吉村 崇⁴
- P11* Ac-229のβ線一電子同時計数測定によるTh-229mの内部転換電子観測の試み
(¹阪大院理) ○重河 優大¹, 笠松 良崇¹, 安田 勇輝¹, 近藤 成美¹, 二宮 秀美¹, 渡邊 瑛介¹, 速水 翔¹, 篠原 厚¹
- P12 簡単な照射系を用いた光核反応励起関数の検証
(¹東北大電子光セ, ²JFEエンジニアリング, ³首都大) ○菊永 英寿¹, 柏木 茂¹, 高橋 健¹, 南部 健一¹, 塚田 暁¹, 野田 秀作², 井田 博之², 井村 亮太², 大浦 泰嗣³
- P13 Hauser-Feshbach統計モデルを用いたIa型超新星爆発の中でのp核生成理論計算
(¹清水建設) ○木下 哲一¹
- P14 福島県東部における河川水中の¹²⁹I濃度の分布
(¹環境研, ²金沢大環日本海セ) ○植田 真司¹, 落合 伸也², 長谷川 英尚¹, 柿内 秀樹¹, 佐藤 雄飛¹, 大塚 良仁¹, 久松 俊一¹
- P15* 放射性セシウムを含む都市ごみ焼却飛灰中重金属の存在形態分析条件の検討
(¹明大理工, ²明大院理工) ○高橋 朋基¹, 水沼 丈也², 笠利 実希², 小池 裕也¹
- P16* 可搬型NaIシンチレーションカウンタによる放射性セシウム¹³⁷の野外定量分析法の検討
(¹明大理工, ²明大院理工) ○持丸 貴之¹, 秋山 将人², 萩原 健太¹, 小池 裕也¹
- P17 生活圏河川水及び下水処理水のMRI・X線CT検査造影剤に起因するガドリニウム・ヨウ素のICPMS測定と他の金属元素・自然放射性核種との相関
(¹徳大院保健, ²首都大健康) 松本(川口) 絵里佳¹, ○阪間 稔¹, 富士 政広², 井上 一雅², 今川 亜弥佳¹, 宮本 夏実¹, 佐藤 隆文¹, 井原 智也¹, 井本 尚吾¹
- P18 ²³⁴Th/²³⁸U比および²²⁸Ra/²²⁶Ra比からみた日本海表層の物質循環
(¹金沢大LLRL, ²中央水産研究所, ³日本海区水産研究所, ⁴島根大臨海, ⁵新潟大臨海, ⁶島根県水産技術センター, ⁷松江水産事務所) ○諸角 季生¹, 井上 睦夫¹, 藤田 充司¹, 花木 祥太郎¹, 森田 貴己², 三木 志津帆², 本多 直人³, 広橋 教貴⁴, 安東 宏徳⁵, 佐藤 勇介⁶, 森脇 和也⁷, 長尾 誠也¹
- P19 Distribution of I-129 in forest soil from the boundary of Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant
(¹Hirosaki Univ., ²Fukushima Univ.) Guosheng Yang¹, Hirofumi Tazoe¹, Hirofumi Tsukada², Masatoshi Yamada¹
- P20 日本海沿岸域の海産物における福島第一原発事故由来の低レベル放射性セシウム濃度
(¹金沢大LLRL, ²中央水産研究所) ○井上 睦夫¹, 山下 詩央里¹, 竹原 亮成¹, 三木 志津帆², 長尾 誠也¹

- P21 水生植物のCs-137濃度に対する経根吸収の影響について
(¹量研機構放医研) ○田上 恵子¹, 内田 滋夫¹
- P22 可搬型モニタリングポストによる福島県内の空間放射線量率測定
(日本分析センター) ○宮田 賢, 田中 博幸, 佐藤 昭二, 太田 裕二, 磯貝 啓介
- P23 機器中性子放射化分析と同位体希釈誘導結合プラズマ質量分析法によるクロム鉄鉍試料
(GPt-5)の白金族元素の定量
(首都大学東京) ○白井直樹, Rabeya Akhter, 海老原充
- P24 福島第一原子力発電所近隣における2016年採取土壌の放射性セシウムの深度分布
(¹大阪大, ²茨城大, ³福島大, ⁴慈恵医大, ⁵京都大, ⁶東北大, ⁷尚絅学院大, ⁸原子力機構, ⁹筑波大, ¹⁰国環研, ¹¹東京理科大, ¹²早稲田大, ¹³金沢大, ¹⁴広島大, ¹⁵明治大, ¹⁶国際基督教大, ¹⁷東京大, ¹⁸弘前大, ¹⁹高エネ研) ○二宮 和彦¹, 北 和之², 篠原 厚¹, 河津 賢澄³, 箕輪 はるか⁴, 藤田 将史¹, 大槻 勤⁵, 高宮 幸一⁵, 木野 康志⁶, 小荒井 一真⁶, 齊藤 敬⁷, 佐藤 志彦⁸, 末木 啓介⁹, 竹内 幸生¹⁰, 土井 妙子¹⁰, 千村 和彦¹⁰, 阿部 善也¹¹, 稲井 優希¹, 岩本 康弘¹², 上杉 正樹¹³, 遠藤 暁¹⁴, 大河内 博¹², 奥村 真吾¹⁵, 小野 貴大¹¹, 小野崎 晴佳¹¹, 勝見 尚也¹², 神田 晃充¹, 金野 俊太郎¹², グエン タット タン¹⁴, 久保 謙哉¹⁶, 小池 裕也¹⁵, 末岡 晃紀¹², 鈴木 正敏⁶, 鈴木 健嗣³, 鈴木 杏菜¹, 高瀬 つぎ子³, 高橋 賢臣¹, 竹中 聡汰¹³, 張 子見¹, 中井 泉¹¹, 長尾 誠也¹³, 中村 駿介¹⁴, 南部 明弘¹, 西山 純平⁶, 西山 雄大⁵, 福田 大輔¹⁵, 藤井 健悟¹⁵, 宮澤 直希¹³, 村野井 友⁶, 森口 祐一¹⁷, 谷田貝 亜紀代¹⁸, 山守 航平¹³, 横山 明彦¹³, 吉田 剛¹⁹, 吉村 崇¹, 渡邊 明³
- P25* 安定同位体を用いた水田土壌の除染
(¹静岡大院・総合, ²徳島大・ARREMC, ³東大・RIC, ⁴イング, ⁵岩手医大・サイクロ, ⁶静岡大・理) ○出沢 良樹¹, 三好 弘一², 桧垣 正吾³, 森 一幸⁴, 世良 耕一郎⁵, 矢永 誠人⁶
- P26* 浪江町の野生アライグマの臓器ごとのCs-137放射能濃度の測定
(¹東北大・理, ²東北大院・理, ³東北大・高教機構, ⁴東北大病院, ⁵東北大院・歯, ⁶東北大・災害研, ⁷弘前大・保健学, ⁸弘前大・被ばく研, ⁹北海道科学大・薬, ¹⁰東北大・災害機構, ¹¹新潟大・農) ○小野 拓実¹, 小荒井 一真², 木野 康志², 田巻 廣明¹, 岡壽 崇^{2, 3}, 高橋 温⁴, 鈴木 敏彦^{5, 6}, 清水 良央⁵, 千葉 美麗⁵, 藤嶋 洋平⁷, Valerie Goh See Ting⁷, 有吉 健太郎⁸, 中田 章史⁹, 鈴木 正敏¹⁰, 山城 秀昭¹¹, 三浦 富智⁷, 関根 勉^{2, 3}, 篠田 壽⁵
- P27 近年の環境トリチウム濃度とその分析測定の実際
(¹九環協) ○島 長義¹, 玉利 俊哉¹
- P28 Ge半導体検出器を用いたサムピーク法による¹³⁴Csの定量の検討
(日本分析センター) ○鈴木 勝行, 秋山 正和, 太田 裕二, 磯貝 啓介
- P29 プルーム中を飛行する無人機に付着するエアロゾル量の推定
(¹岡山大, ²原子力機構, ³応用地質) ○長田 直之¹, 石崎 梓², 西澤 幸康³, 結城 洋一³, 眞田 幸尚²
- P30 つくばと飯館における福島第一原発事故由来の大気中放射性Cs濃度の変化と高濃度現象の要因
(¹国環研, ²ふくしま再生の会, ³高エネ研) ○土井 妙子¹, 高木 麻衣¹, 田中 敦¹, 菅野 宗夫², 土器屋 由紀子², 田尾 陽一², 榎本 和義³
- P31* 人形峠環境技術センター露天採掘場跡地におけるラジウムを高濃度に含む地下水の成因
(原子力機構) ○竹内 絵里奈, 富田 純平, 小原 義之
- P32* 一号機由来の放射性粒子に対するSEM-EDSによる成分分析
(¹筑波大学, ²JAEA, ³気象研) ○石井 達也¹, 末木 啓介¹, 松尾 一樹¹, 佐藤 志彦², 足立 光司³, 五十嵐 康人³
- P33* U-236 and uranium isotope ratios in soil samples from Hunan Province, China
(¹Hirosaki Univ., ²IHEP, CAS, China) Yang Shao^{1,2}, Guosheng Yang¹, Hirofumi Tazoe¹, Masatoshi Yamada¹
- P34 福島原発事故によって放出された核分裂生成核種と中性子誘導核種
(愛知医大医) ○小島 貞男, 有信 哲哉
- P35 東京電力福島第一原子力発電所事故により放出された¹²⁹Iの陸域での沈着
(¹環境科学技術研究所, ²核融合科学研究所, ³金沢大理) ○柿内 秀樹¹, 長谷川 英尚¹, 植田 真司¹, 赤田 尚文², 落合 伸也³, 久松 俊一¹
- P36* 大気由来放射性核種と炭素・窒素同位体比に基づいた熊木川河川水懸濁粒子の特性と時系列変化

の解析

(¹金大院自科, ²金大環日セ, ³金大理工地社系) ○田原 龍之介¹, 長尾 誠也², 落合 伸也², 長谷川 卓³, 後藤 晶子³

- P37* 2種類のケイ酸化合物からなる放射性粒子に対する組成分析
(¹筑波大, ²JAEA, ³気象研, ⁴東理大, ⁵工学院大) ○松尾 一樹¹, 末木 啓介¹, 石井 達也¹, 長谷川 涼¹, 佐藤 志彦², 足立 光司³, 五十嵐 康人³, 阿部 善也⁴, 中井 泉⁴, 坂本 哲夫⁵, 森田 真人⁵
- P38* 群馬県山岳湖沼における福島原発事故由来放射性セシウムの堆積評価
(¹金沢大院自然, ²金沢大環日セ, ³群馬水試, ⁴高知大) ○宮坂 将平¹, 長尾 誠也², 落合 伸也², 鈴木 究真³, 渡辺 峻³, 新井 肇³, 久下 敏宏³, 森 勝伸⁴
- P39 メスバウアー分光法による鉄担持木質炭化物中鉄のキャラクタリゼーション
(¹北見工大工, ²秋県大木研, ³大同大教養) 鈴木 京子¹, 鈴木 勉¹, ○山内 繁², 栗本 康司², 高山 努³, 酒井 陽一³
- P40* 密閉容器中の放射性物質に対する負ミュオンを用いた非開封元素分析法の開発
(¹阪大院理, ²国際基督教大, ³KEK-MSL) ○工藤 拓人¹, 二宮 和彦¹, 久保 謙哉², 篠原 厚¹, 反保 元伸³, 三宅 康博³
- P41* ZnO中の局所磁場発現におけるCo、Mnの共ドープ効果 - ⁵⁷Co 発光メスバウアー分光研究-
(¹金沢大院自然, ²金沢大理工) ○盛一 遼平¹, 加納 康大¹, 佐藤 渉^{1, 2}
- P42 ベンゼンおよびシクロヘキサンにおけるミュオン転移過程への分子構造の影響
(¹阪大院理, ²阪大RCNP) ○稲垣 誠¹, 二宮 和彦¹, 工藤 拓人¹, 寺田 健太郎¹, 佐藤 朗¹, 川島 祥孝², 友野 大², 篠原 厚¹
- P43* ¹¹¹Cdプローブを用いたペロブスカイト酸化物SrTiO₃中の局所構造観察
(¹一関高専, ²金大理工, ³京大複合研究) ○小松田 沙也加¹, 佐藤 渉², 大久保 嘉高³
- P44* ガンマ線核分光法を用いた金属パラジウム内の水素起因性欠陥観察
(¹金沢大院自然, ²京大複合研, ³金沢大理工) ○古本 雅之¹, 清水 弘通¹, 大久保 嘉高², 佐藤 渉^{1, 3}
- P45 熱分離法を用いたがん治療用⁶⁷Cu製造分離法の開発
(¹千代田テクノ, ²量研機構, ³原子力機構)
○太田 朗生^{1, 2}, 川端 方子^{1, 2}, 本石 章司^{1, 2}, 佐伯 秀也^{1, 2}, 橋本 和幸², 塚田 和明^{2, 3}, 初川 雄一², 永井 泰樹²
- P46* ラドンガス密封シリンジを利用したRn-Atジェネレーターシステムの開発
(¹金沢大院自然, ²金沢大理工学域, ³金沢大理工, ⁴福島県立医科大, ⁵量研, ⁶理研仁科センター) ○川崎 康平¹, 新 裕喜¹, 青井 景都², 鷲山 幸信⁴, 西中 一朗⁵, 羽場 宏光⁶, 矢納 慎也⁶, 横山 明彦³
- P47 核医学治療に向けたアルカリ土類金属錯体の合成と錯安定性評価
(¹阪大RIセ, ²関大院工, ³阪大院理) ○永田 光知郎¹, 矢島 辰雄², 笠松 良崇³, 篠原 厚³, 吉村 崇¹
- P48 中型サイクロトロンを用いた²¹¹Atの製造と化学分離
(¹福島医大ACRC, ²住重加速器サービス, ³住友重機械工業) ○鷲山 幸信¹, 粟生木 美穂¹, 佐々木 茂範², 小田 敬³, 西嶋 剣一¹, 高橋 和弘¹
- P49 電子線形加速器を利用した医療用核種製造システムの開発 Mo99-Tc99m製造のためのMo照射ターゲットの検討
(¹化研, ²東京大学, ³京都大学) ○川上 智彦¹, ジャン ジェウン², 鈴木祐未¹, 津口 明¹, 蓼沼克嘉¹, 関本 俊³, 上坂 充², 大槻 勤³
- P50* ²¹¹Rn-²¹¹Atジェネレーター開発のためのアスタチン溶媒抽出の研究 —¹³¹Iとの抽出挙動の比較及び酸化剤の効果の調査—
(¹金沢大院自然, ²金沢大理工学域, ³金沢大理工, ⁴福島県立医科大, ⁵量研, ⁶理研仁科センター) ○新 裕喜¹, 川崎 康平¹, 青井 景都², 横山 明彦³, 鷲山 幸信⁴, 西中 一朗⁵, 矢納 慎也⁶, 羽場 宏光⁶
- P51 ケイ素-アスタチン交換反応を用いたアスタチン標識アミノ酸誘導体の合成
(¹量研高崎, ²バングラデシュ国立核医学関連科学研究所, ³群大院理工) 渡辺 茂樹¹, Azim Mohammad Anwar-Ul^{1, 2}, 西中一朗¹, 佐々木一郎^{1, 3}, 大島康宏¹, 山田圭一³, 石岡典子¹

- P52* 核反跳現象を利用した金属内包フラーレンの合成に関する研究
(¹首都大学東京, ²国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構) ○伊藤 勇太¹, 秋山 和彦¹, 久富木 志郎¹, 初川 雄一²
- P53 金属内包フラーレン合成実験のための無担体 ¹³⁹Ce トレーサーの調製
(¹首都大院理, ²理研仁科セ) ○雨倉 啓¹, 秋山 和彦^{1, 2}, 久富木 志郎¹, 羽場 宏光²
- P54 貧酸素水塊環境下にある東京湾底質の堆積環境に関する研究
(¹東大院総合, ²横浜市環境科学研究所, ³京大複合研) ○松尾 基之¹, 小森 昌史^{1, 2}, 小豆川 勝見¹, 奥村 良³, 飯沼 勇人³, 高宮 幸一³
- P55 放射性バナジウム V-48 を用いた VRFB 膜透過評価法の開発
(¹東北大金研, ²京大複合研) ○白崎 謙次¹, 山村 朝雄²
- P56 ¹⁰⁵Ag の製造と精製
(¹京大複合研, ²京大院農) ○窪田 卓見¹, 岩田 佳代子², 福谷 哲¹, 高橋 知之¹, 高橋 千太郎¹
- P57 飛行時間法を用いた即発ガンマ線分析による Ni 基超合金の非破壊元素分析
(¹原子力機構, ²IMP) ○藤 暢輔¹, 黄 明輝^{1, 2}, 瀬川 麻里子¹, 前田 亮¹, 常山 正幸¹, 木村 敦¹, 中村 詔司¹
- P58 重粒子線により水中に生成する活性酸素量の LET 依存性
(放医研/量研) ○松本 謙一郎, 乳井 美奈子, 上野 恵美, 小川 幸大, 中西 郁夫
- P59 歴史上有名な人物の手になるとされる書の自然科学的真贋判定
(¹名大 ISEE, ²中央大文, ³多賀高校, ⁴龍谷大古典籍セ) ○小田 寛貴¹, 池田 和臣², 安 裕明³, 坂本 昭二⁴
- P60* ウラン/ネプツニウムの電解析出反応の違い
(¹原子力機構) ○大内 和希¹, 音部 治幹¹, 北辻 章浩¹
- P61 短寿命 α 線核種の合理的規制のためのデータ取得による安全性検証と安全管理・教育方法の開発
(¹阪大院理, ²阪大 RI セ, ³阪大放射線機構, ⁴阪大院医, ⁵京大複合研, ⁶東北大金研, ⁷東北大 EPL, ⁸理研, ⁹福島医大) ○篠原 厚¹, 吉村 崇², 豊嶋 厚史³, 兼田 加珠子³, 張 子見¹, 永田 光知郎², 渡部 直史⁴, 大江 一弘⁴, 畑澤 順⁴, 山村 朝雄⁵, 白崎 謙次⁶, 菊永 英寿⁷, 羽場 宏光⁸, 鷺山 幸信⁹
- P62 サムピーク法による ¹¹¹In 放射能の算定の試み
(¹名大 RIC, ²愛知医大) ○緒方 良至¹, 小島 貞男²
- P63* 液体シンチレーションカウンタによる緑茶中トリチウム直接測定におけるクエンチング挙動とその低減化
(¹静大院理, ²静大理, ³富山大水素研, ⁴静大学術院) ○戸苺 陽大¹, 仲田 萌子¹, 周 啓来², 波多野 雄治³, 原 正憲³, 大矢 恭久⁴
- P64* ミュオン X 線を使った銅鏡の非破壊元素分析
(¹国際基督教大学, ²高エネルギー加速器研究機構, ³大阪大学大学院, ⁴歴史民俗博物館) ○黒田 絢子¹, 反保 元信², 二宮 和彦³, 竹下 聡史², 三宅 康博², 齋藤 努⁴, 工藤 拓人³, 藤尾 慎一郎⁴, 上野 祥史⁴, 久保 謙哉¹
- P65 QQQ 型 ICP-MS/MS のコリジョン/リアクションセルにおけるアクチノイド分子イオン生成
(¹長岡技大, ²京大複合研, ³東北大金研, ⁴アジレントテクノロジー) ○鈴木 達也¹, 山村 朝雄², 阿部 千景³, 小無 健司³, 鹿籠 康行⁴
- P66 γ 線照射したフミン物質と Cu(II) との錯生成反応
(¹京大院工, ²京大複合研, ³岡山理大) ○佐々木 隆之¹, 後藤 涼平¹, 齊藤 剛², 小林 大志¹, 杉山 裕子³

「放射化学」規定など

「放射化学」論文編集委員会規定

(名称)

第 1 条 この規定は、日本放射化学会（以下、本会という）会則第 28 条に基づき、日本放射化学会の和文誌「放射化学」の「放射化学」編集委員会を設置し、その運営に当たるために定める。

(編集委員会の構成)

第 2 条 編集委員会は、編集委員長 1 名、編集担当理事 1 名、並びに編集委員約 5 名で構成する。編集委員長は、前委員長の推薦により選任され、理事会の承認を得て、会長が任命する。編集委員は、編集委員長の推薦により選任され、理事会の承認を得て会長が委嘱する。

第 3 条 編集委員長および編集委員の任期は 2 年とし、重任を妨げない。

(編集委員会)

第 4 条 編集委員会は、次の事項について企画・審議し、「放射化学」の継続的な発行を行う。

- (1) 「放射化学」誌の編集および発行に関すること
- (2) 「放射化学」誌への投稿論文の審査に関すること
- (3) 「放射化学」誌の編集委員長候補者及び編集委員候補者の推薦に関すること

(「放射化学」誌の発行)

第 5 条 本会が発行する「放射化学」誌は、1 年に 2 回発行し、それぞれ異なる巻数を割り振る。

(論文の審査)

第 6 条 編集委員会は、「放射化学」へ投稿された論文に対して、担当編集委員 1 名を決定する。審査を要する記事については、担当編集委員は審査員 1 名を選出し、審査を依頼する。

第 7 条 論文審査の手続きは、別に定める審査内規による。

第 8 条 本規定の改定は理事会の決議による。

付則 この規定は、2013 年 1 月 1 日から施行する。

「放射化学」発行規定

(目的)

第 1 条 日本放射化学会和文誌「放射化学」は、日本放射化学会（以下、本会）の目的を達成するために、
(i) 放射化学並びにその関連領域における重要な進歩を含む学術論文と (ii) 会員および関連分野の研究者にとって有益な最新トピックスをまとめた記事を掲載する。

(「放射化学ニュース」との関係)

第 2 条

「放射化学」は「放射化学ニュース」（2012 年まで発行、第 26 号が最終号）の後継誌であり、創刊年は 2013 年、巻数は第 27 巻からの発行とする。

(掲載記事)

第 3 条 「放射化学」は審査付き論文とそれ以外の放射化学関連分野の最新トピックスを掲載する。前者には、原著論文、総説論文、短報の各欄を設け、後者はこれまでの「放射化学ニュース」を引

き継ぎ、様々な記事を積極的に掲載する。

1. 審査付き論文

1-1. 原著論文は、新規な内容にもとづき論理的に明瞭な結論を含む学術論文をいう。

1-2. 総説論文は、当該分野のこれまでの研究の進展を専門的な立場から解説する学術論文とする。

1-3. 短報は、重要な研究成果を含んだ短い学術論文で、編集委員会は特に迅速な公表を行う。(未完でも学術的価値が高い学術論文を含む。)

1-4. この他に、編集委員会が認めた場合、上記以外の学術情報を掲載することがある。

2. 審査付き論文以外の記事

上記審査付き論文以外は固定した枠にとらわれない内容とし、主に各種特集記事、解説、トピックス、学位論文要録、施設だより、学会だより、研究集会だより(国内・国外)、情報プラザなどを掲載する。

3. 審査付き論文(第3条第1項)の投稿規則を第4条以降に定めるが、審査付き論文以外の記事(第3条第2項)に関する投稿規則は特に定めず、編集委員会の編集方式に従う。また本会の英文の論文誌 *Journal of Nuclear and Radiochemical Sciences* の発行規則は別に定める。

「放射化学」論文投稿規則

(投稿論文と依頼論文)

第4条 論文は投稿によるものと編集委員会からの依頼によるものとする。

(著者)

第5条 著者は本会会員であることを要しない。

(原稿の作成)

第6条 使用言語は日本語とする。

第7条 投稿論文の作成は、別に定める「放射化学」投稿の手引き(以下、「投稿の手引き」)に従うものとする。

第8条 原著論文、総説論文、短報以外の記事については、第6条、第7条に依らない形で原稿を作成できる。

(論文の受け付け)

第9条 原稿が、「投稿の手引き」に定める「投稿先」に到着した日付けをもって、論文の受付日とする。

(審査)

第10条 編集委員会は、査読者を委嘱して論文の掲載に関する意見を求め、掲載の可否に関する審査を行う。掲載可となった日付をもって受理日とする。投稿によるものと依頼によるものに関わらず、編集委員以外の査読者の意見を参考として、編集委員会が掲載の可否を決定する。

(論文の掲載)

第11条 掲載可となった論文は、速やかに論文誌上および論文誌 web サイトに掲載する。

(掲載料、別刷り)

第12条 論文および各種記事の掲載料は徴収しない。別刷りを作成する場合には実費を著者負担とする。

(原稿料)

(著作権)

第13条 論文誌に掲載された全ての論文等の著作権は本会に帰属する。原著論文、総説論文、短報については、著者は論文受理後速やかに「著作権譲渡同意書」を本会に提出しなければならない。

(本規則の改定)

第14条 本規則の改定には理事会の決定を要する。

付則 この規則は、2015 年 10 月 1 日から施行する。

「放射化学」論文投稿の手引き

1. はじめに

この「投稿の手引き」は日本放射化学会（以下、本会）和文誌「放射化学」論文投稿規定に基づき、編集委員会にて原稿の作成の指針として制定されたものである。

2. 投稿に際しての注意事項

- 1) 採否が決定するまで同一趣旨の論文を他誌に投稿してはならない。
- 2) 他誌に投稿中の論文を投稿してはならない。
- 3) 投稿後の著者に関する変更は認めない。
- 4) 図版を転載する場合は、著者にて転載許可を著作権者より得ること。
- 5) 投稿原稿は以下の「3. 原稿作成時の注意事項」に従って作成し、その電子ファイル（PDF ファイル、MS-Word ファイルなどが望ましい）を編集委員会に電子メールにより送付する。到着次第、編集委員長より受付日が記載された受け取りの電子メールが送付される。

3. 原稿作成時の注意事項

- 1) (原稿の構成) 原稿は以下の順でそれぞれ改ページして編成する。(1) 表紙（論文題名、著者名、研究の行われた機関、同所在地などを記す）、(2) 要旨およびキーワード（5 つ程度）、(3) 本文、(4) 引用文献、(5) 表、(6) 図、(7) 図の説明文。
- 2) (原稿の形式) A4 用紙を縦方向として、横書きに印字し、1 ページに 25 行程度とする。
- 3) (原稿の長さ) 短報以外は制限を設けない。短報は図表を含めて刷り上り 4 ページ以内を原則とする。なお刷り上がり 1 ページは約 2000 字であり、図・表は 1 枚につき 500 字とカウントする。
- 4) (要旨) 要旨として英文要旨（250 語以内）および和文要旨（400 字以内）の両方をつけること。
- 5) (引用の形式) 番号順とする。最初に引用された箇所の順で引用文献を並べる。引用文献の記載方法はアメリカ化学会発行の雑誌と同形式とする。なお本形式は本会の *Journal of Nuclear and Radiochemical Sciences* 誌と同様である。
- 6) (表) 表は説明も含めて英文で作成する。本文中では Table として引用する。
- 7) (図) 図は説明も含めて英文で作成する。本文中では Fig. として引用する。なお投稿時のファイルサイズは 10 Mbyte を超えないこと。
- 8) (その他) 図表などの数値や軸の表記では物理量 / 単位の形式をとることとし、物理量（単位）の表記は用いない。（例：Time/min とし、Time (min) は用いない。）
- 9) (カラーの図表) カラーの図表を掲載する場合には、原則として実費を著者負担とする。なお、論文誌 web サイト公開用の PDF 版については無料でカラーとすることができる。
- 10) (注意事項) 上記に著しく逸脱した原稿については、受け付けずに返却することがある。

4. 校正および論文誌発行後の正誤訂正

- 1) 著者校正は 1 回行う。返送期日に著しく遅れた場合には編集委員会の校正のみで校了とする。
- 2) 発行後 6 ヶ月以内に著者から訂正の申し出があった場合には、正誤訂正に関する記事を掲載することがある。

5. 投稿先

〒 319-1195 茨城県那珂郡東海村白方 2-4

日本原子力研究開発機構 安全研究センター 宮本ユタカ 編集委員長

Fax: 029-284-3665

e-mail: miyamoto.yutaka@jaea.go.jp

学位論文要録執筆候補者の推薦について

「学位論文要録」欄では、最近 2 年間の範囲で博士の学位を授与された会員の方々の学位論文内容を抄録の形で掲載致しております。現代の放射化学およびその関連領域における進歩についての情報を読者の方々に提供することが主な目的であります。しかし、編集委員会が広範な領域で活躍されている執筆候補者につきまして、遺漏なく情報を得ることは困難であります。このため、会員の皆様に同欄の執筆候補者（学位取得者）を推薦いただきたく存じます。自薦・他薦は問いません。詳しくは編集委員会にご照会下さい。

☆☆☆

「会員の声」欄へのご寄稿のお願い

本誌では、学会や学会出版物に関する会員の皆様の意見を掲載するために、「会員の声」欄を設けております。1000 字以内（形式自由）におまとめいただき、編集委員会または学会事務局にお送り下さい。掲載の可否につきましては当方にご一任下さい。

☆☆☆

会員の異動に伴う連絡のお願い

会員の移動に伴い、所属、連絡先等に変更が生じた場合には、以下の web ページを参照し、事務局（jnrs@ac-square.co.jp）までご連絡下さい。

会員情報変更等の手続き：<http://www.radiochem.org/community/update.html>

放射化学

第 38 号

平成 31 年 (2019 年) 3 月 20 日発行

編集

日本放射化学会編集委員会

委員長：宮本ユタカ、委員：佐藤 渉、鈴木 達也、井上 睦夫、藤 暢輔、
阪間 稔

連絡先：〒 319-1195 茨城県那珂郡東海村白方 2-4 日本原子力研究開発機構
安全研究センター

宮本ユタカ (e-mail: houshakagaku@radiochem.org)

発行

日本放射化学会

出版担当理事：佐藤 渉

Web: <http://www.radiochem.org/>

印刷

松枝印刷株式会社

〒 303-0034 茨城県常総市水海道天満町 2438

本誌掲載記事の著作権は日本放射化学会に帰属します。

賛助会員

株式会社アトックス

クリアパルス株式会社

サンゴバン株式会社

株式会社千代田テクノ

仁木工芸株式会社

東京ニュークリア・サービス株式会社

東京パワーテクノロジー株式会社

長瀬ランダウア株式会社

株式会社日本環境調査研究所

株式会社日立製作所

富士電機株式会社

ミリオンテクノロジーズ・キャンベラ株式会社

公益財団法人 原子力安全技術センター

新潟県放射線監視センター

公益社団法人 日本アイソトープ協会

国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構

公益財団法人 日本分析センター

公益財団法人 放射線影響協会

一般財団法人 放射線利用振興協会

関西電力株式会社

九州電力株式会社

中国電力株式会社

中部電力株式会社

東京電力ホールディングス株式会社

北海道電力株式会社

国内外の叡智をたずさえ、 原子力産業再生の最前線へ。

社会と産業を支えるクリーンエネルギー原子力。

アトックスは、その安全と安定した運転に欠かせないさまざまなメンテナンス事業を展開しています。

原子力発電所、原子燃料サイクル施設、ラジオアイソトープ (RI) 事業所などを対象に放射性汚染除去、産廃物処理、放射線管理施設の保守・補修業務をはじめ質の高いトータルメンテナンスを提供しています。

アトックスはこれからも、人と地球を見つめ、安全・清潔・便利さを追求し続けます。

人×技術でNext Stageへ



株式会社 アトックス

業務内容

■福島復興事業

- 放射線管理 ●環境修復 ●除染作業 ●滞留水処理
- 下水処理 ●廃棄物処理

■原子力発電関連施設・原子燃料サイクル施設のトータルメンテナンス

- 放射線管理 ●放射性汚染除染 ●廃棄物処理 ●ランドリー
- 清掃・区域管理 ●設備／装置運転・点検保守 ●輸送
- 分析 ●各種工事

■RI使用施設関連業務及び医療事業関連業務

- 放射線管理 ●放射性汚染除去 ●廃棄物処理補助
- 管理区域内清掃 ●施設／設備運転・点検保守 ●加速器運転
- フィルター交換 ●デコミッションング・設備工事
- 放射性薬剤取扱業務 ●同位体販売

■本 社：〒108-0014 東京都港区芝4-11-3 芝フロントビル
TEL.(03)6758-9000 FAX.(03)3453-3821

■事業開発部：〒108-0014 東京都港区芝4-11-3 芝フロントビル
TEL.(03)6758-9004 FAX.(03)3453-3821

■技術開発センター：〒277-0861 千葉県柏市高田1201
TEL.(04)7145-3330 FAX.(04)7145-3649

■RI・医療事業部署：東海営業所 TEL.(029)282-1662
大洗営業所 TEL.(029)266-1331
東京営業所 TEL.(04)7141-1321
大阪営業所 TEL.(06)6384-6730
玄海事業所 TEL.(0955)52-3241

URL: <http://www.atox.co.jp/> (本社) <http://www.atox-isotope.jp/> (同位体販売)

クリアパルス (株) が提供する主要製品

自社開発のハイブリッドICを用いた低雑音プリアンプ

低雑音スペクトロスコープ用プリアンプ

高性能パルスハイトアナライザ

多チャンネルプリアンプ、多チャンネルプリアンプ、多入力PHA

CdTe検出器プローブ、CsI(Tl)検出器プローブ、NaI(Tl)検出器プローブ、プラスチック検出器プローブ

電離箱、環境モニタ、高圧バイアス電源、NIMピン電源、ミニピン電源

電流電圧変換器、マルチワイヤビーム位置モニタ回路

加速器制御機器、信号変換器、アナログ/デジタル制御器

データ計測・収集・転送システム

その他物理計測器、特注機器



8630型ハンドボーン



8868A型IVC



580型プリアンプ



4066型アンプ



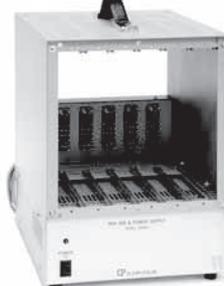
1216型PHA



6671型バイアス電源



E6660ミニピン電源



80110型プリアンプ



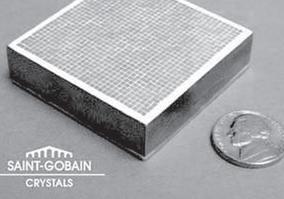
80112型MPX



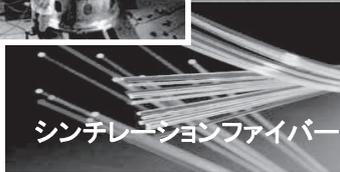
LYSO、LaCl₃、LaBr₃、NaI、CsI、BGO、CdWO₄、ZnS、YAG ...
 プラスチック、ファイバー、液体シンチレータ、アレイ状シンチレータ、
 ライトガイド、GM管、比例計数管、³He検出器等
 サンゴバンは、素材からプローブ・特殊用途まで、
 グローバル・スタンダードな最高品質のシンチレータを提供いたします。



イメージング用アレイ



SAINT-GOBAIN CRYSTALS



シンチレーションファイバー



プラスチックシンチレータ



サンゴバン株式会社

〒102-0083 東京都千代田区麴町 3-7

Tel 03-3263-0559 Fax 03-5212-2196

URL <http://www.detectors.saint-gobain.com/>

お問合せ yasuo.watanabe@saint-gobain.com

(担当 渡辺)

千代田テクノルは
放射線
 を から
測る 守る
 で
治す



放射線は危険な性質を持っている反面、有効に利用すれば人類に大きなメリットを与えてくれる無限の可能性をそなえています。

千代田テクノルは、医療・原子力・産業・放射線測定などの各分野において、放射線を安全に有効利用するための機器やサービスをトータルに提供。

放射線の「利用」と「防護」の双方において、お客様のあらゆるニーズにきめ細かく対応しています。

株式会社 **千代田テクノル**

URL: <http://www.c-technol.co.jp>

e-mail: ctc-master@c-technol.co.jp

千代田テクノル



JQA-GM8513
 Tokyo - Osaka
 Kashiwazaki Kanwa



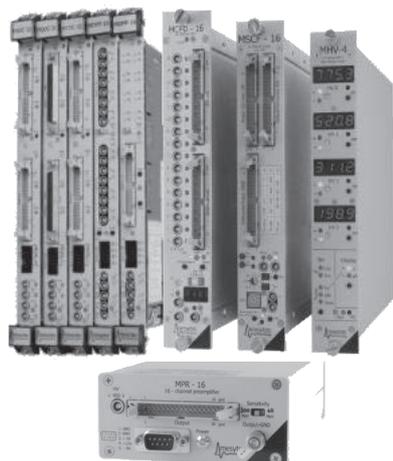
CdZnTe 半導体検出器 with 4kchMCA



GR1	FWHM $\leq 2.5\%$	10x10x10mm	CZT
GR1+	FWHM $\leq 2.0\%$	10x10x10mm	CZT
GR1A	FWHM $\leq 2.5\%$	10x10x10mm	CZT E/T/G 入出力
GR1A+	FWHM $\leq 2.5\%$	10x10x10mm	CZT E/T/G 入出力
RadAngel	FWHM $\leq 3.5\%$	5 x 5 x 5mm	CZT (学生教育用)

USB パスパワーのみで計測できます。(FWHM@662kev)

他にも 2x2mm Pixel 44 x 44 x 5/10/15mm アレイ検出器も製造可能です。



NIM/VME Electronics



- Preamp
- Shaping Amplifiers
- Multiplexed Readouts
- CFD
- VME(ADC,TDC,QDC, Pulse Processor)
- HV Supply
- Pulse shape Discriminator
- Remote control
- & electronics for Neutron Scattering

多入出力/多機能な NIM モジュール/スタンドアロンユニット、多入力 ADC,TDC、QDC に加え Pulse Processor モジュールもリリースされました。



仁木工芸株式会社

〒108-0073 東京都港区三田 3-9-7
 TEL 03-3456-4700 FAX 03-3456-3423
 Email niki_sales@nikiglass.com

お困りではありませんか？

- ・ **法改正対応**をサポートして欲しい！
- ・ PET用サイクロなど**加速器施設の線量計算**及び**放射化評価**がしたい！
- ・ RIを使用した**化学実験**をして欲しい！
- ・ **作業環境測定**など**法令に基づく放射線測定**を代行して欲しい！
- ・ **放射線施設を廃止**したい！
- ・ 施設を**変更許可申請**したいが業務が多忙のため代行して欲しい！
- ・ **サーベイメーター**を校正したい！
- ・ お米、果物、飲料水などの**放射能濃度**が知りたい！
- ・ 放射線に係わる業務に**悩み**がある。

そのお悩みTNSが解決いたします

安全設計・評価

- ◆ 施設設計
- ◆ 遮蔽設計
- ◆ 安全評価
- ◆ RI施設の許認可申請業務代行

施設の管理・運営

- ◆ 大規模施設の運用管理
- ◆ 放射線管理

研究及び技術開発サポート

- ◆ 研究サポート
- ◆ 技術開発サポート

受託試験研究

- ◆ 環境物質の分析、挙動解析
- ◆ トレーサー試験
- ◆ 解体廃棄物の物理特性試験

保守点検・工事

- ◆ 施設の保守・点検
- ◆ 施設の改造、解体工事

分析・測定・校正サービス

- ◆ 放射能分析
- ◆ 現地における放射線測定
- ◆ サーベイメーターの実用校正

各種機器販売

- ◆ 放射線管理区域の空調機器の販売
- ◆ 放射線管理区域用機器の製造・販売



東京ニュークリア・サービス株式会社

詳しくは弊社WEBサイトまで！ <http://www.tokyo-nucl.co.jp>

東京本社	TEL 03(3831)7957	〒110-0016 東京都台東区台東1-3-5 反町ビル7F
東海営業所	TEL 029(282)3114	〒319-1112 茨城県那珂郡東海村松村字平原3129-31
つくば開発センター	TEL 029(847)5521	〒300-2646 茨城県つくば市緑ヶ原4-19-2
関西事業所	TEL 078(570)5201	〒651-0096 兵庫県神戸市中央区雲井通4-2-2 マーク神戸ビル7F
六ヶ所事業所	TEL 0175(71)0710	〒039-3212 青森県上北郡六ヶ所村大字尾敷字野附1-4
いわき営業所	TEL 0246(66)1210	〒979-0202 いわき市四倉町上仁井田字南地田74-1

Luminess®

個人被ばく線量測定

ルミネスバッジサービス

お客様が好きなデザインを選べます
高品質なサービスを提供します

 **長瀬ランドア株式会社**

本社 / 〒300-2686 茨城県つくば市諏訪C22街区1
TEL.029-839-3322 FAX.029-836-8441
大阪営業所 / 〒550-8668 大阪市西区新町1丁目1番17号
TEL.06-6535-2675 FAX.06-6541-0931
ホームページアドレス / <https://www.nagase-landauer.co.jp>

ラジオアイソトープ(RI)取扱施設

RADIOISOTOPE(RI) HANDLING FACILITY

加速器取扱施設

ACCELERATOR HANDLING FACILITY

原子力施設

NUCLEAR POWER FACILITY

放射線モニタリング
施設の総合管理
施設・設備の設計・監理
放射能分析・測定
管理区域解除工事
コンサルタント業務
PET被験者管理システム

放射線管理
除染工事
放射能分析測定
原子力・核燃施設 D&D技術開発・事前調査・工事
コンサルタント業務

特殊施設管理技術の研究開発
放射線防護用品と機器の開発
除染関連技術の研究開発
研究・開発・調査業務の受託

ALARA
As Low As Reasonably Achievable

技術開発・研究

TECHNOLOGY STUDY AND DEVELOPMENT

JAPAN ENVIRONMENT RESEARCH CO., LTD.

 株式会社 **日本環境調査研究所**

ホームページ <http://www.jer.co.jp/>

本社 / 〒160-0023 東京都新宿区西新宿 6 丁目 24-1
技術開発研究所 / 〒342-0008 埼玉県吉川市旭 8 番 3
青森営業所 / Tel.0175-75-2130 東京営業所 / Tel.048-991-9461
仙台営業所 / Tel.022-715-6081 静岡営業所 / Tel.0537-86-7176
柏崎営業所 / Tel.0257-21-4868 掛川オフィス / Tel.0537-28-8181
福島営業所 / Tel.0244-26-5245 名古屋営業所 / Tel.052-588-5875
茨城営業所 / Tel.029-860-5073 大阪営業所 / Tel.06-4963-2500

Tel.03-5322-2271 Fax.03-5322-2272
Tel.048-991-9461 Fax.048-991-9460

作業環境測定機関11-4(放射性物質) ISO9001:2008認証

非密封放射性同位元素取扱施設(技術開発研究所)

管工事業/建具工事業/とび・土工事業/機械器具設置工事業

一般労働者派遣事業 高度管理医療機器等販売業・賃貸業

富士電機の放射線測定器



より正確に より簡単に

富士電機では、放射線管理システムをはじめ、放射線管理における様々な用途に応じた測定器類を取り揃えています。

〔取扱製品〕

放射線モニタリングシステム

R I 排水管理システム

出入管理システム

非密封R I 管理システム

従事者管理システム

各種サーベイメータ

個人線量計／環境線量計

モニタリングポスト

ホールボディカウンタ

体表面モニタ

食品放射能測定システム

その他



富士電機株式会社 放射線システム部

東京都日野市富士町1番地 〒191-8502 TEL 042 - 585 - 6024

<http://www.fujielectric.co.jp/> mail fric-info@fujielectric.co.jp

営業所

北海道 ☎ 011-221-5482

東京 ☎ 042-585-6024

関西 ☎ 06-6455-3891

東北 ☎ 022-716-0203

中部 ☎ 052-746-1032

九州 ☎ 092-262-7844



MIRION
TECHNOLOGIES

放射線安全 さらになる水準へ

放射化学のための測定システム



ゲルマニウム半導体検出器



InSpector1000™ : 可搬型
デジタルスペクトロサーベイメータ



PIPS 荷電粒子検出器



ISOCSTM :
ガンマ線分析システム



FASTSCAN™ :
ホールボディカウンタ

ミリオンテクノロジーズ・キャンベラ株式会社
URL : <http://www.canberra.com/jp/> E-mail : jp-sales@mirion.com

東京本社 03-5835-5402
大阪営業所 06-4806-5662



公益財団法人 原子力安全技術センター

放射線障害防止法に基づく登録機関業務

登録検査機関

問い合わせ先: 03-3814-7301

使用施設、貯蔵施設、廃棄施設等の施設検査・定期検査及び定期確認

登録定期確認機関

登録運搬物確認機関

問い合わせ先: 03-3814-7483

承認容器による輸送の運搬物確認

登録運搬方法確認機関

承認された積載方法による輸送の運搬方法確認

登録認証機関

問い合わせ先: 03-3814-7301

放射性同位元素装備機器の設計認証



登録資格講習機関

問い合わせ先: 03-3814-7100

第1種、第2種及び第3種の放射線取扱主任者免状取得のための講習

登録試験機関

問い合わせ先: 03-3814-7480

第1種及び第2種の放射線取扱主任者試験

登録定期講習機関

問い合わせ先: 03-3814-5746

放射線取扱主任者の資質向上のための講習

私たちは放射線障害防止法に基づく登録を受け、国に代わり、法令で定められた資格要件を備えた検査員、確認員、講師等によって業務を行っています。

〒112-8604

東京都文京区白山5丁目1番3-101号 東京富山会館ビル4階

ホームページ <http://www.nustec.or.jp/>

～アイソトープと放射線を用いた研究に携わる全ての皆さまへ～

第56回

アイソトープ・放射線研究発表会

会 期 : 2019年7月3日(水)～5日(金)

場 所 : 東京大学弥生講堂(東京都文京区)

参加費 (Web要旨集含む) :

事前登録7,000円 / 当日登録9,000円 / 学生無料

※今回から要旨集をWeb版にいたしました。

詳しくはホームページをご覧ください。

https://www.jrias.or.jp/isotope_conference/

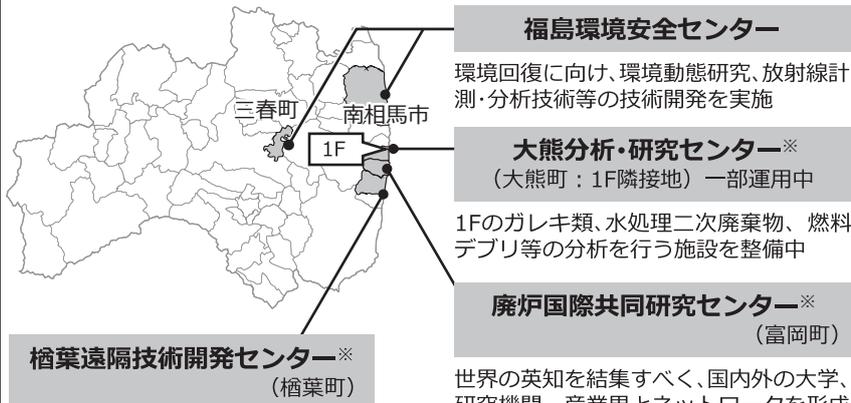
右記QRコードからアクセスできます⇒



皆さまのご参加をお待ちしております

主催 公益社団法人日本アイソトープ協会

我が国唯一の原子力に関する総合的な研究機関として、東京電力HD 福島第一原子力発電所(1F)の廃止措置及び環境回復に取り組んでいます



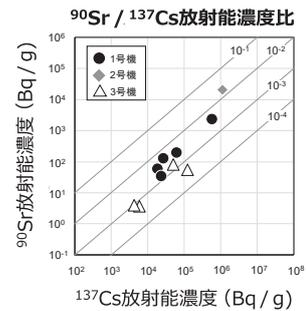
楢葉遠隔技術開発センター※
(楢葉町)

- ・遠隔操作ロボット等の開発実証 (実規模及び小規模エリアの試験)
- ・VR等による作業員の訓練
- ・施設共用及び技術支援

※ 福島イノベーション・コースト構想の拠点 (廃炉分野)

1F 事故で発生したガレキの放射化学分析の事例

^{137}Cs と ^{90}Sr との放射能濃度の相関関係に基づき、測定が容易な ^{137}Cs から、直接放射能の測定が困難な ^{90}Sr の放射能濃度を推定することができる可能性が示されました



国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

〒319-1184 茨城県那珂郡東海村大字舟石川765番地1

TEL : 029-282-1122 (代表) URL : <https://www.jaea.go.jp/>



確かな分析力を礎に
国民生活に貢献します

私たちは、環境放射能・放射線に関する分析専門機関です

分析の質の保証 **世界トップクラス**

環境と安全に対する国民の関心が高まる現在、日本分析センターは、環境放射能・放射線に関する分析専門機関として、国民に信頼される環境放射能データの提供に努めています。

環境試料に含まれるセシウム137、ストロンチウム90、トリチウム、プルトニウムなどの人工放射性核種からウラン、トリウムなどの自然放射性核種まで、様々な放射性核種の分析に対応しています。また、安定同位体比分析にも対応しています。

IAEAなど国際的な相互比較分析プログラムに参加して分析技術の客観的な評価を受けるとともに、国際標準化機構 (ISO) の認証・認定の取得やJCSS校正事業者 (区分：放射線・放射能・中性子) として登録しています。

確かな精度管理 **安全と信頼性**

日本分析センターは、分析結果の信頼性を確保するために、IAEAなどの国際機関が主催する環境放射能分析の国際相互比較分析のプロジェクトに参加しています。優れた成績を誇るほか、様々な認証・認定を取得しています。

価値ある実務研修 **技術者に学ぶ**

日本分析センターは、都道府県、その他の各地方からの要請に応じ、環境放射能分析・測定技術者への研修、専門技術者を派遣しての技術指導なども行っています。

環境放射線モニタリング等を行っている都道府県の実務担当者向けの研修のほか、民間機関及び地方自治体の実務担当者を対象とした研修コースなど、幅広く環境放射能に関する分析・測定研修を実施しています。

ホウ素中性子補足療法 (BNCT) の開発実用化に係る研究開発、放射性核種自動分離測定装置の実用化開発や原子力発電所固体廃棄物の処理・処分に関する受託研究を行っています。

一歩前へ **新技術開発への挑戦**

日本分析センターは、現在の分析技術に安んじず、ためらわずに技術開発を推進し、新しい分析法の研究・開発を行っています。

お問合せは 公益財団法人 日本分析センター 企画・広報グループ
<http://www.jcac.or.jp> e-mail webman@jcac.or.jp

〒263-0002 千葉県千葉市稲毛区山王町295番地3
電話 : 043-423-5325 F AX : 043-423-5372

放射線分野における科学技術の進展に貢献しています



～ 主な業務 ～

- 放射線影響に関する知識の普及・啓発
- 放射線影響に関する研究活動への奨励助成、顕彰
 - 放射線影響に関する調査研究
 - ICRP調査・研究連絡会の運営
- 原子力施設及び除染等事業場で働く放射線業務従事者の被ばく線量の一元的な登録管理
 - RI施設で働く放射線業務従事者の被ばく線量の登録管理
 - 放射線管理手帳制度の運用管理
- 国の指定を受けた放射線管理記録等の保存業務（原子力、除染、RI等）
- 原子力施設等で働く放射線業務従事者を対象にした低線量長期間被ばくによる健康影響の疫学調査

公益財団法人 放射線影響協会

〒101-0044 東京都千代田区鍛冶町1- 9 -16 丸石第2ビル5階
TEL 03-5295-1481 FAX 03-5295-1486 <http://www.rea.or.jp>

放射線従事者中央登録センター

TEL 03-5295-1786 FAX 03-5295-1486

放射線疫学調査センター

TEL 03-5295-1494 FAX 03-5295-1485

放射線利用事業の振興と

原子力の利用に係る知識及び技術の普及を振興するために

◆ 放射線・原子力利用の普及事業

- ・ 技術誌「放射線と産業」の刊行
- ・ 「放射線プロセスシンポジウム」の支援

◆ 照射サービス事業

- ・ **ガンマ線・電子線照射**：材料の耐放射線性試験、材料改質などいろいろな照射ニーズに応えます
- ・ 中性子照射：シリコンの半導体化

◆ 技術移転事業

- ・ 産業界からの中性子利用のいろいろなニーズに応えます

◆ 原子力研修事業

- ・ 第3種放射線取扱主任者講習
- ・ 教員免許状更新講習
- ・ 放射線業務従事者のための教育訓練
- ・ 原子力・放射線に関する研修会の開催

一般財団法人放射線利用振興協会

<http://www.rada.or.jp>

本部・東海事業所：〒319-1106 茨城県那珂郡東海村白方白根2-4 TEL 029(282)9533
高崎事業所：〒370-1207 群馬県高崎市綿貫町1233 TEL 027(346)1639

賛助会員はこのスペースに無料で広告を掲載することができます（年2回以上）

日本放射化学会 賛助会員募集

本会の学会活動にご参加頂ける賛助会員をご紹介下さい

連絡先： 日本放射化学会事務局

E-mail: office@radiochem.org

