

平成28年度
放射線施設共同利用報告書

平成30年3月

*Radiation Research Center
Organization for Research Promotion
Osaka Prefecture University*

大阪府立大学研究推進機構
放射線研究センター

平成 28 年度
放射線施設共同利用報告書

平成 30 年 3 月

*Radiation Research Center
Organization for Research Promotion
Osaka Prefecture University*

1. はじめに

大阪府立大学研究推進機構・放射線研究センター長 谷口良一

大阪府立大学研究推進機構の放射線研究センターは、大規模な放射線施設とクリーンルームなど、国内の他の大学には見られない特徴ある研究設備を有しています。そのため、学内の共同研究をはじめ、学外の大学や企業の共同利用の場として広く利用されてきました。この共同利用報告書は、これらの施設を利用した共同利用の成果の紹介と研究者相互の情報交換の手段として、2003年から毎年刊行され、今回で15冊目となります。

現在のセンター教員11名は、物理、化学、生物、工学など広い分野で、施設を活かした特徴ある研究を行ってきました。これに加えて2013年度からは、大学院工学研究科に「量子放射線系専攻」が新設され、大学院教育も担当しています。また2017年度からは、新たに発足した研究推進機構のセンターとして、研究活動を継続しています。

原子力・放射線分野で関係の深い放射線障害防止法が2017年4月に改正されました。この法律は、放射線業務に従事する人と周辺の住民の放射線障害を防止することを目的として制定されましたが、今回の改正では、新たに放射線施設の安全防護対策が強化されました。これは国際的な要請にもとづくもので、悪意を持った第三者の侵入あるいは犯罪行為を防止することを目的としています。求められている対策は保有する放射性物質の量によって異なりますが、国内最大クラスの放射線源を保有する当センターは、同じく国内最大クラスの対策を求められています。この対策の詳細は、今後2年の間に立案して規制当局に認めてもらう必要があります。

当センターでは、前述の学生の教育に加えて、2012-2014年度には文部科学省原子力人材育成事業「地域に根付いた放射線施設活用による関西連携指導者人材育成」、2014年度からは「大規模放射線施設を利用した人材育成」事業を行い、学生、技術者の教育をはじめ、地域の放射線教育を行ってきました。そのため、年間では、百人を超える研修生、学生、研究者、数百人の見学者を受け入れてきました。これらの活動が今後も続けられるかどうかは、現在立案しているセキュリティ対策に大きく依存します。正念場に立っていると言えます。

現在、放射線研究センターは、文部科学省の共同研究拠点として認められることを目標に活動を行っています。これまでも当センターは共同研究拠点的な活動を続けてきました。本施設が共同利用拠点として認められたとしても、その活動は本質的には変化しませんが活動の規模と広がりには期待できます。

これからも当施設の共同利用を継続し、共同研究の輪が大きく広がることを期待しています。今後とも当センターの活動に、よろしくご協力をお願いしたいと思います。

2017年12月

目 次

ページ

1. はじめに

放射線研究センター長 谷口良一

2. 平成28年度共同利用研究報告

1) 放射線研究センター施設の現状・・・・・・・・・・・・・・・・	1
(阪府大地域連携) 谷口良一、宮丸広幸、小嶋崇夫	
2) クルックス管からの低エネルギーX線評価手法の開発 ・・・・・・・・	2
(阪府大研究推進) 秋吉優史 (日本科学技術振興財団) 掛布智久 (千代田テクノル) 谷口和史 (放射線教育フォーラム) 宮川俊晴	
3) 大線量線源モニターのためのファイバー伝送型ガンマ線計測器の開発・・・・・・・・	5
(阪府大院工) 大村究 (阪府大研究推進) 宮丸広幸、小嶋崇夫、谷口良一	
4) [特別講演概要] 放射線を用いた材料改質と分析ー放射線センターの各施設を用いた 研究とその後の展開ー・・・・・・・・・・・・・・・・	6
(阪府大院工) 岩瀬彰宏	
5) 耐放射線性を向上させた半導体プリアンプの開発・・・・・・・・	9
(阪府大院工) 史豊銓 (阪府大地域連携) 小嶋崇夫、谷口良一	
6) 長寿命ベータ崩壊核種の短寿命化・・・・・・・・	10
(阪府大地域連携) 谷口良一、宮丸広幸、伊藤憲男、小嶋崇夫、岡本賢一 (阪府大院工) 白井志樹	
7) 大線量水中放射線場での距離測定・・・・・・・・	11
(阪府大地域連携) 谷口良一、岡本賢一、伊藤憲男、小嶋崇夫、宮丸広幸 (阪府大院工) 豊蔵悠史	
8) CCDカメラの放射線損傷・・・・・・・・	12
(阪府大地域連携) 谷口良一、岡本賢一、伊藤憲男、小嶋崇夫、宮丸広幸 (阪府大院工) 白井志樹、大村究	
9) X線・ガンマ線透過試験業務に関する報告・・・・・・・・	13
(阪府大研究推進) 宮丸広幸	
10) 堺市で観測した大気エアロゾルのアンチモンの粒径分布と濃度変化・・・・・・・・	14
(阪府大研究推進) 伊藤憲男、溝畑朗	
11) γ 線照射還元法によるNi合金ナノ粒子の合成・・・・・・・・	15
(阪府大院工) 戸田晋太郎、田中元彬、谷真海、岩瀬彰宏、堀史説 (産総研) 田口昇、田中真悟 (阪府大高等教育) 松井利之 (京大炉) Xu Qiu	

12)	ガンマ線を用いた Pd ナノ粒子担持グラフェン合成における担体へのイオン吸着の寄与・・・	16
	(阪府大院工) 谷真海、東海旭宏、仲西穂高、田中元彬、戸田晋太郎、岩瀬彰宏、堀史説 (阪府大人間社会) 興津健二 (東北大金研) 水越克彰 (京大炉) Xu Qiu	
13)	γ線照射還元法を用いた Cu ナノ粒子合金化による耐酸化性向上に関する研究・・・	18
	(阪府大院工) 田中元彬、戸田晋太郎、谷真海、岩瀬彰宏、堀史説 (産総研) 田口昇、田中真悟 (阪府大高等教育) 松井利之 (京大炉) Xu Qiu	
14)	B2 型 FeRh 金属間化合物中の粒子線照射導入欠陥における水素捕獲・・・	20
	(阪府大院工) 角倉優雅、岩瀬彰宏、堀史説 (京大炉) 徐虬 (九大応力研) 大澤一人 (原子力機構) 斎藤勇一	
15)	陽電子消滅測定系を用いた微小試験片評価手法の開発・・・	22
	(阪府大院工) 安藤太一、秋吉優史 (産総研) 山脇正人 (原子力機構) 平出哲也	
16)	模擬地下水溶液中での純チタンならびに純銅、ニッケル基合金の分極挙動に対するガンマ線照射の影響・・・	25
	(阪府大院工) 湯川卓司、井上博之 (阪府大地域連携) 小嶋崇夫	
17)	放射線照射下における熱電特性の測定影響・・・	27
	(阪府大院工) 春元雅貴 (阪府大地域連携) 谷口良一	
18)	Raspberry Pi model B+ の放射線への耐性についての調査・・・	28
	(阪府大研究推進) 松浦寛人 (大阪工大宇宙推進工学) 田原弘一、八木隆太	
19)	遺伝子欠損株を用いた大気圧プラズマジェット滅菌法の研究・・・	29
	(阪府大研究推進) 松浦寛人、古田雅一、坂元仁、土戸哲明 (阪府大院工) 藤山貴友 (京大エネ研) 門信一郎	
20)	部位特異的にシスプラチン DNA 鎖内架橋をもつプラスミドの作製と損傷乗り越え DNA 複製の解析・・・	30
	(阪府大院理) 炬口茜、福本航大、川西優喜、八木孝司 (福岡大理) 倉岡功	
21)	マウス細胞の形質転換時における DNA 修復遺伝子の発現抑制・・・	31
	(阪府大院理) 馬場亮、川西優喜、八木孝司	
22)	ラット間葉系幹細胞の光増感色素固定化基材への接着と光照射による細胞死誘導条件の解析・・・	32
	(阪府大院理) 八木秀郁、森英樹、原正之	
23)	X線誘発テロメア不安定化の機構解析・・・	34
	(阪府大院理) 坂本佳美、白石一乗、児玉靖司	
24)	X線及び紡錘糸形成阻害剤ノコダゾールによる誘発小核の運命追跡・・・	35
	(阪府大院理) 富野菜央、白石一乗、児玉靖司 (阪府大院生命) 杉本憲治	
25)	アストロサイトの DNA 2 本鎖切断修復に関する解析・・・	36
	(阪府大院理) 泉谷彬元、白石一乗、児玉靖司	
26)	胎児期のマウス脳組織における X線誘発 DNA 2 本鎖切断修復動態・・・	37
	(阪府大院理) 尾家彩加、白石一乗、児玉靖司	
27)	酵母を用いた重金属のバイオアッセイ法の確立・・・	38
	(阪府大院理) 西村元志、水谷結、原島小夜子、川西優喜、八木孝司	

28)	セレギリン塩酸塩ならびに関連物質のモノアミノトランスポーターへの親和性および再取り込み阻害活性	39
	(エフピー(株) 西村哲也、高畑和恵、塚本由夏、卜部和則 (阪府大院理) 川西優喜、八木孝司	
29)	植物におけるオーキシン極性移動制御機構に関する生理化学的研究 (II)	40
	(阪府大高等教育) 宮本健助 (阪府大院理) 上田純一	
30)	酵母 <i>Saccharomyces cerevisiae</i> の酸化ストレスにおけるカタラーゼとトレハロースの役割	42
	(阪府大院生環) 西本琢登、岸田正夫 (阪府大研究推進) 古田雅一 (阪府大院工) TUAN ANH DO	
31)	低エネルギー電子線発生装置を用いた滅菌検証	44
	(阪府大研究推進) 古田雅一 (21世紀科学研究セ) 土戸哲明 (日立造船(株)) 福田直晃、吉良典子、長谷川剛史、生杉浩一、上野絵理、宇野愛、岡本拓也、平野知子	
32)	Co-60 ガンマ線照射に伴う PTFE の物性変化に関する分子レベル解析	45
	(阪府大研究推進) 古田雅一 (阪大工) 松垣あいら、中野貴由、岡崎正之 (広大医歯薬保健学) 平田伊佐雄、加藤功一 (滋慶医療科学大学院大) 岡崎正之	
33)	放射線損傷スクレオシドである 5,6-ジヒドロチミジンを指標とした照射食品検知法の開発	47
	(阪府大研究推進) 石川悦子、藤山貴友、古田雅一 (大阪府立公衆衛生研) 福井直樹、高取聡、北川陽子、藤原拓也、起橋雅浩、梶村計志 (三栄源エフ・エフ・アイ(株)) 尾花裕孝	
34)	Q 値 100 万を超えるシリコンナノ共振器を用いた応用デバイス開発	49
	(阪府大院工) 伊藤隆浩、高橋和	
35)	Nano-in-Nano 集積化によるナノ流路内での流体切断	50
	(阪府大院工) 川岸啓人、川又修一、許岩	
36)	二層グラフェンに対する電極接触抵抗の起源	52
	(阪府大院工) 野内亮	
37)	塗布型有機半導体デバイスの光電特性評価とプロセス開発	53
	(阪府大院工) 永瀬隆、小林隆史、内藤裕義	
38)	キラル磁性とスピンエレクトロニクス応用	54
	(阪府大院工) 戸川欣彦	
39)	PVD 法を用いた薄膜・ナノ粒子合成による熱電材料、燃料電池、水素吸蔵合金への応用	55
	(阪府大院工) 津久井茂樹、田島聡一郎、井上陸、古川暢昭、森本隆之、山中俊弥、鈴木一輝、山本遼	
40)	大規模放射線施設を利用した原子力人材育成(2)	56
	(阪府大地域連携) 谷口良一、岡本賢一、白井志樹、大村究、坂元仁、伊藤憲男、秋吉優史、宮丸広幸、小嶋崇夫、松浦寛人、古田雅一	

41)	さくらサイエンスプラン(S2016F0711012)報告書 (Report on Japan-Asia Youth Exchange Program in Science)	57
	(ラオス国立大) Santi Kongmany, Viengkhone Vannachack (阪府大研究推進) 松浦寛人	
42)	さくらサイエンスプラン(S2016F0711012)報告書(2) (Report on Japan-Asia Youth Exchange Program in Science)	58
	(ラオス国立大) Viengkhone Vannachack, Santi Kongmany(阪府大研究推進) 松浦寛人	
3.	平成28年度共同利用報告会プログラム	59
4.	大阪府立大学 21世紀科学研究所「量子ビーム誘起反応科学研究所」活動報告	61
	(阪府大研究推進) 奥田修一	
5.	公立大学法人大阪府立大学 研究推進機構・放射線研究センターにおける施設の利用	62
1	コバルト60ガンマ線照射施設	62
2	高エネルギー電子線照射施設	63
3	低エネルギー電子線照射施設	64
4	非密封放射線施設および、その他の照射施設	64
5	クリーンルーム施設	65
6	放射線研究センター組織	66
7	放射線照射施設利用のてびき	67
8	クリーンルーム施設利用状況 (2016年度)	70
9	連絡先	72

注)

○組織改革に伴い平成29年4月に地域連携研究機構は研究推進機構に名称変更されました。本報告書は平成28年度のものであることから、両方の名称が混在しています。読み替えていただければ幸いです。

○過去2004(平成16)年度以降、2015(平成27)年度までの共同利用報告書PDFファイルは、大阪府立大学研究推進機構、放射線研究センターWebページにて、ご覧になれます。

<http://www.riast.osakafu-u.ac.jp/index.html>

研究成果タブを選択してください。

放射線研究センター施設の現状

大阪府大地域連携 谷口良一*、宮丸広幸、小嶋崇夫

(*本研究に関する連絡先：電話（内線）4293、メール tan@riast.osakafu-u.ac.jp)

【電子線ライナック】

2016年、ライナックの運転は行わなかった。故障があった訳ではないが運転時間、修理時間ともに0時間となった。この間、利用の申込はあったが運転体制が整わなかったのが主な原因である。図1に年間運転時間の、この25年間の推移を示す。運転時間は長期的に見ても単調減少している。ただし2017年度の照射利用時間は増加している。

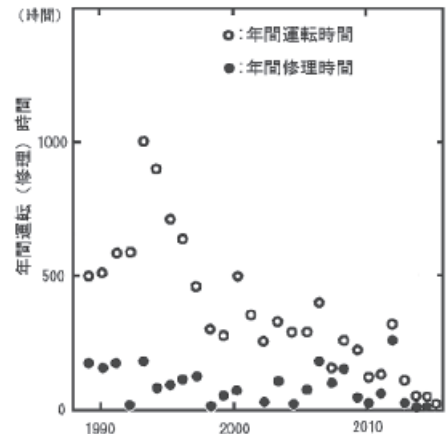


図1 ライナック年間運転時間の推移

【コッククロフトウォルトン電子線加速器】

2016年の運転時間は約79時間であった。前年の55時間に比べて若干増加している。主として宇宙機器用の太陽電池の照射試験に使用している。

図1 ライナックの運転時間の推移

【コバルト60照射施設】

表1 コバルト60照射施設の利用状況

2016年度のコバルト利用の状況を表1に示す。昨年度は、後半期に線源棟屋上の防水工事があり、工事の2回にわたる入札と、それに伴う現場立ち

	2016年度照射時間合計	2015年度照射時間合計
学内利用	1976時間	3952時間
学外利用	697時間	2683時間

入りがあり、さらに工事そのものも2か月以上を要した。線源棟の放射線遮へい構造は屋上部分が脆弱であり、この部分に立ち入りがある場合、放射線照射の大半が不可能となる。このため、照射時間は1年前に比べて、学内、学外ともに半減している。ただし次年度の利用は現時点では回復基調にある。

照射利用の用途として学内では、殺菌、滅菌の研究、生体材料の照射、放射線環境下の金属の腐食の研究等があげられる。学外では、放射線検出器の特性試験、カメラ等の電子機器の照射試験、光ファイバー、ケーブル等の耐放射線試験などがあげられる。

2014年度末から文科省の委託事業として「大規模放射線施設を利用した原子力人材育成事業」が開始された。コバルト60照射プールを利用した水中実験研修を中心の課題としており、水中照射機器、水中放射線検出器、水中カメラ等が整備された。また放射線安全管理対策として、大画面表示の環境放射線モニターが多数設置され、コバルト60照射プールの上面にシャッターが設置された。

2017年の法令改正に伴い、大規模放射線施設の安全管理、特にセキュリティ対策の強化が求められている。当施設では、照射業務以外に、共同研究、上記の研修事業、各種の見学等があり、これらの事業と法令上の制約を、どのように調和させていくのかということが、この数年の課題となる。

クルックス管からの低エネルギーX線評価手法の開発

阪府大研究推進 秋吉 優史
日本科学技術振興財団 掛布 智久
千代田テクノル 谷口 和史
放射線教育フォーラム 宮川 俊晴

(*本研究に関する連絡先：電話（内線）4221、メール akiyoshi@riast.osakafu-u.ac.jp)

平成29年3月に公布された中学校学習指導要領の改訂に伴い、全国の中学校教育現場において放射線教育を適切に実施することが喫緊の課題となっている。特に、「電流とその利用」単元の静電気と電流に関する内容の取扱に於いて「真空放電と関連付けながら放射線の性質と利用にも触れること」という内容が新学習指導要領に於いて新しく追加されており、クルックス管の活用が不可欠である。電子線の観察のみならず、放出されるX線を活用した様々な放射線教育コンテンツが提案されており、放射されるX線についても報告が行われているが[1,2]、10-20keV程度の低エネルギーX線について本質的な理解がされておらず、正確な評価が行われていない。測定自体が困難であることに加えて、ごく僅かなエネルギー変動により大幅に透過率が変わる(図1)ため、ガラス管外部へ漏洩するX線量が測定の度に大きく変動し同一の装置についても放出される線量を保証することが出来ないことが明らかとなっている。さらに経年変化により管内に封入したガス圧が減少すると放電に必要な印加電圧が上昇するため、購入時期によっても大きく挙動が異なった。ガラスバジを用いた試行的な実験では、製品によっては短時間とはいえ10mSv/hを超える線量率となる恐れが示唆されており、クルックス管を安全に運用するためのガイドラインの策定が急務である。

特に、低エネルギーX線の測定手段は非常に限られている。一般的なシンチレーター式や半導体式のサーベイメーターは、20keV以下ではハウジングによる吸収や素子の検出効率変化のために、全く役に立たない。GMサーベイメーターでは検出は可能であるがエネルギースペクトルの異なる低エネルギーX線に対する実効線量への校正が出来ない。アラニン線量計やガラス線量計などが原理的に正確な吸収線量評価が可能な測定手段であるが、そのたびに变化するクルックス管からの線量をその場で評価することが出来ない。このため、一般の教育現場で低エネルギーX線線量評価を可能とする手段を確立する必要がある。

本研究では、GMサーベイメーターでの測定値とガラス線量計の測定結果、遮蔽体を用いた応答から大まかなエネルギースペクトルを評価した上で線量評価を行う。また、ペルチェ冷却式高性能霧箱による低エネルギーX線からの光電子の飛程観察(図2)を行う事でエネルギースペクトルの評価を行うことも検討する。図2下は誘導コイル放電針間隔20mmでクルックス管を動作させた際のX線からの光電子の飛跡であり、20keVでの空気中での電子の飛程4mmと概ね一致している。図3はAl板をクルックス管とGMサーベイメーター(インスペクターUSB, GM管径45mm)の間に入れて遮蔽を行った際の減衰挙動である。測定体系を図4に示す。アルミ板か

らの光電子は 20mm 以上ギャップを開けて GM 管に到達しないよう配慮した。誘導コイルの放電針距離は 20mm であり、印加電圧は 20kV 強と見積られる。クルックス管前面から GM 管測定中心までの測定距離は 50cm で、遮蔽無しで 40kcpm 程度と飽和していない程度の計数率である。近似曲線から得られる線減衰係数は 7.55cm^{-1} で、アルミの 20keV での線減衰係数は 8.85cm^{-1} 、30keV では 2.82cm^{-1} であり [3]、20keV 強という値は印加電圧から得られる値と極めて良い一致を示している。より低エネルギー側に X 線エネルギーのスペクトル分布があり、3 成分程度に分けて解析を行う予定であったが、1 成分で十分な近似が得られた。クルックス管自体のガラス管壁を透過する際に低エネルギーの成分は吸収されていると考えられる。

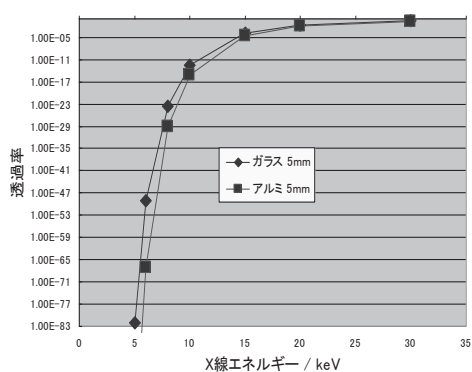


図 1. 低エネルギー X 線の透過率

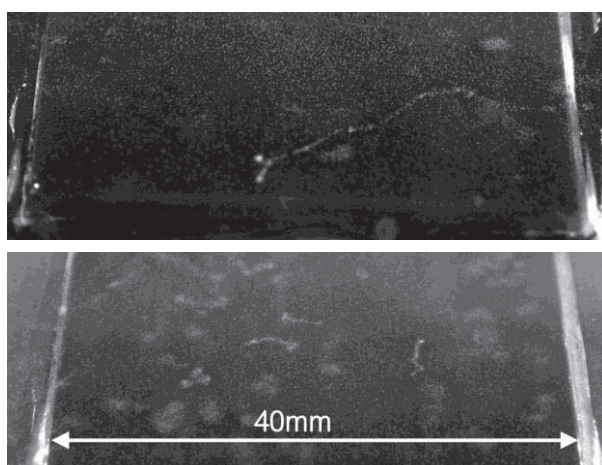


図 2. β 線 (上)、低エネルギー X 線からの光電子の飛跡 (下) の比較

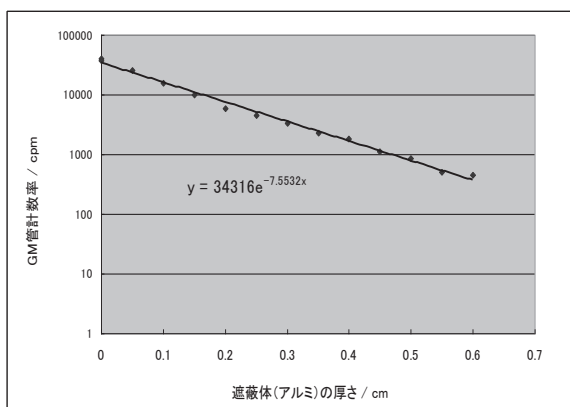


図 3. 放電針距離 20mm でのクルックス管からの X 線を Al 板で遮蔽した測定結果



図 4. クルックス管からの X 線を Al 板で遮蔽しての測定体系。図 3 の結果は距離 50cm の場合。

参考文献

- [1] イメージングプレートを用いたクルックス管からの漏洩線量分布測定, 藤淵 俊王ら, 放射線安全管理学会誌, 10 (2011) 40-45.
- [2] 教育現場における冷陰極管の漏洩 X 線について, 宇藤茂憲, 福岡教育大学紀要, 66 (2017) 第 3 分冊, 1-11.
- [3] アイソトープ手帳, 2011, 丸善出版株式会社

本研究に関する研究発表（原著論文、その他報文、学会等報告）

■ Development of radiological educational program using a Peltier-cooling-type high performance cloud chamber, M. Akiyoshi, H. Ando, Y. Okuno, H. Matsuura, Proc. of The fifth international symposium on radiation education (ISRE2016) (2017) 54-62.

■ ペルチェ冷却式高性能霧箱の開発, 秋吉 優史, ESI News, 35 (2017) 121-132.

■ 放射線教育におけるペルチェ冷却式高性能霧箱の活用, 秋吉 優史, 日本放射線安全管理学会誌, Vol 16-2 (2017) 72-78.

■ ペルチェ冷却式高性能霧箱製作のための要素技術, 秋吉 優史, 日本放射線安全管理学会誌, Vol 16-2 (2017) 79-84.

■ 現場に届く放射線教育コンテンツ支援プロジェクト, 秋吉 優史, 放射線教育フォーラムニュースレター, No.69 (2017) (印刷中) .

■ 未来の博士育成ラボ（2016年4月、堺），秋吉 優史，高性能ペルチェ冷却霧箱を使って放射線の世界をのぞいてみよう！（招待講演）

■ みんなの暮らしと放射線展 親子セミナー 保護者対象ミニツアー（2016年8月、大阪），秋吉 優史，結局どれくらい放射線は身体に影響があるの？

■ OPU TECH-THON（2016年10月、なかもず），秋吉 優史，高性能ペルチェ霧箱の開発

■ 上北山中学 教科研修会（2016年11月、奈良県上北山村），秋吉 優史，授業に使える放射線に関する学習指導例（招待講演）

■ 科学の祭典京都大会 交流会（2016年11月、京都），秋吉 優史，普及型ペルチェ冷却式高性能霧箱を用いた放射線教育プログラム

■ 日本放射線安全管理学会 第15回学術大会（2016年11月、岡山），秋吉 優史、安藤 太一、奥野 泰希、松浦 寛人，ペルチェ冷却式高性能霧箱を用いた、高校生に対する放射線教育実例

■ 大阪府立大学・大阪市立大学ニューテックフェア 2016（2016年12月、大阪），秋吉 優史，普及型ペルチェ冷却式高性能霧箱の開発

■ 関西原子力懇談会 廃棄物処分動向調査委員会（2016年12月、大阪），秋吉 優史，関西地区における一般人への放射線に関する知識普及活動の紹介

■ 日本原子力学会 2017年春の年会（2017年3月、平塚），秋吉 優史，放射線透過検査/厚さ計/密度計の概念を学習可能な放射線教育用教材の開発（2C17）

■ 平成29年度第1回放射線教育フォーラム勉強会（2017年6月、東京），秋吉 優史，現場に届く放射線教育コンテンツ支援プロジェクト（招待講演）

■ 未来の博士育成ラボ（2017年6月、堺），秋吉 優史，放射線の世界をのぞいてみよう！

■ 日本放射線安全管理学会 第16回学術大会（2017年6月、大分），秋吉 優史，大阪府立大学におけるふるさと納税制度を用いた放射線教育支援活動（P-6），秋吉 優史，関西地区におけるオープンスクール活動と新規放射線教育コンテンツ（D2-4）

■ みんなの暮らしと放射線展 親子セミナー 保護者対象ミニツアー（2017年8月、大阪），秋吉 優史，結局どれくらい放射線は身体に影響があるの？

■ 中国地域エネルギー環境教育研究会 広島市教師力アップセミナー（2017年8月、広島），秋吉 優史，現場に届く放射線教育コンテンツ支援プロジェクト（招待講演）

■ 日本原子力学会 2017年秋の大会（2017年9月、札幌），秋吉 優史，ペルチェ冷却式高性能霧箱の高性能化とクルックス管を用いた光電子観察

大線量線源モニターのためのファイバー伝送型ガンマ線計測器の開発

阪府大院工 大村 究

大阪府立大学研究推進機構 宮丸広幸, 小嶋崇夫, 谷口良一

(*本研究に関する連絡先: 電話 (内線) 4231, メール ma106003@riast.osakafu-u.ac.jp)

1. はじめに

本学では大線量 Co60 ガンマ線源を所有しており,これを活用した研究,教育さらに外部利用が活発に行われている.近年,放射線源を扱う施設では,その取り扱いにより高い安全性が求められる.そこで,従来の管理法に加えて新たに線源位置や移動などをリアルタイムで計測するシステムを検討している.本研究では,光ファイバーによって,水中に設置したシンチレータからの信号を水上の光電子増倍管まで伝送するシステムを構築した.これにより光電子増倍管が高線量に曝されず,防水処理が不要になり,システムの安全性,信頼性の向上を図れる.

2. 方法

検出システムは小型の CsI シンチレータと光電子増倍管の間に約 10 m の長さの光ファイバーや集光レンズを挟んだ構造である.CsI シンチレータから成る検出器を水中に複数個配置し,その出力を線量及び線源間距離との相関を解析することで,線源位置や移動を評価した.また,モンテカルロシミュレーションを用いた計算を行い,線源による水中線量分布についても評価し,実験値の妥当性と検出器の最適な配置などを検討している.

3. 結果

図 1 に線源検出器間距離とその出力である線量率の関係を示す.距離に対して指数関数的に線量率が変化している.図 2 には,ある基準点からの検出器の動き方と,その移動量に対応する出力の変動率を示す.検出器は上下二つに配置しており,基準点での二つの検出器の出力比を基準として,検出器を移動させた場合の出力比の変動率を示している.また,シミュレーションによる計算結果もプロットしており,実験結果と良い一致を示している.図 2 の結果より,平面移動時の出力比の変動率は,上下移動時の出力比の変動率に比べて,変化が緩やかになることが分かる.これは,線源と上下の検出器間距離の差が,平面移動に比べて上下移動では顕著になるからだと考えられる.図 1 及び図 2 の結果より,検出器の出力が線源間距離に依存して指数関数的に変化するため,検出器に対する線源位置は推定できる.また,二つの検出器の出力比の変動率より,線源の検出器に対する動き方が推定できる.

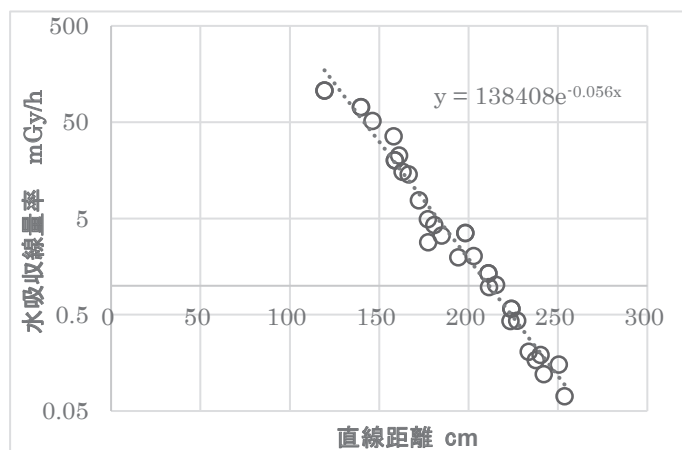


図 1 線源検出器間距離と水吸収線量率の関係

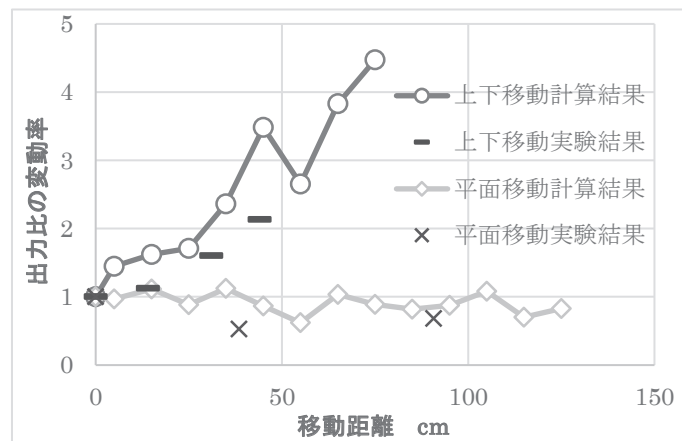


図 2 実験及びシミュレーションにおける検出器の移動と出力変動率

また,シミュレーションによる計算結果もプロットしており,実験結果と良い一致を示している.図 2 の結果より,平面移動時の出力比の変動率は,上下移動時の出力比の変動率に比べて,変化が緩やかになることが分かる.これは,線源と上下の検出器間距離の差が,平面移動に比べて上下移動では顕著になるからだと考えられる.図 1 及び図 2 の結果より,検出器の出力が線源間距離に依存して指数関数的に変化するため,検出器に対する線源位置は推定できる.また,二つの検出器の出力比の変動率より,線源の検出器に対する動き方が推定できる.

本研究に関する研究発表

「大線量線源モニターのためのファイバー伝送型ガンマ線計測器の開発」 大村 究, 他
第 54 回 アイソトープ・放射線研究発表会 (2017 年 7 月,東京)

放射線を用いた材料改質と分析—放射線センターの各施設を用いた研究とその後の展開—

工学研究科 物質・化学系専攻 岩瀬彰宏

電磁波や高エネルギー粒子（イオン、電子、中性子、陽電子）など各種放射線は、物質中の電子や格子を励起する作用を持つため、材料の分析や改質の手段として用いられる。筆者は、原子力研究所在籍時代から現在まで、特にイオン加速器、電子加速器を用いた物質と荷電粒子の相互作用の基礎過程や材料改質の研究を行ってきた。ここでは、15年前に大阪府大・先端科学研究所に赴任してきた当初、府大放射線センターのライナック加速器やRBS測定装置、コバルト60ガンマ線施設を用いて行った研究について紹介し、その後の展開についても述べてみたい。

先端科学研究所に赴任1年目（2003年度）、まず着手した研究は鉄ロジウムという2元合金（金属間化合物）の照射効果である。前任の大嶋先生が、この合金の塑性変形時の結晶構造変化を主に電子顕微鏡で研究されていたこともあったので、とりあえずライナック加速器の高エネルギー電子線で照射したらどうなるだろうかという単純な動機で始めた研究であった。9MeVの電子線を照射して、まずは簡単にできる格子定数を測ったのだが、照射で0.3%の増加が確認された。この0.3%という格子膨張は、実は室温より少し上でこの合金が低温相の反強磁性から強磁性への磁性転移を起こすのに伴って変化する格子の膨張とまったく同じ値であった。そこで、もしかしたら電子線照射により磁性転移が起こったのかもしれないと思い、SQUIDを用いて磁化の温度依存性を測ると、確かに磁性転移温度が低温側にシフトし、室温で強磁性相が安定化していることが確認された。これらの結果は、当時博士後期課程に在籍している学生がその年のポストンでのMRS学会で発表し、proceedings論文とした[1]。鉄ロジウムの照射効果の研究は、その後、磁性材料の専門家である本学、松井教授との共同研究として、多くの学生の協力も得て、原子力機構東海のタンデム加速器、量子研究機構のTIARA加速器、さらには、大型放射光施設（Spring8,KEK-PF）なども用いて大きく発展し、多くの論文の出版や国内外での招待講演に至っている[2]。

同じく赴任1年目に4年生1名の卒業研究も担当することとなった。当時、先端研には島津製作所のRBS装置があったことと、研究室に簡単な蒸着装置があったことから、これらを活用してできる卒研テーマとして選んだのが、イオン照射による異種元素界面のミキシングであった。そこで、アルミナやシリカなどの酸化物上に金、ビスマスを蒸着し、東海村の原子力研究所（当時）や奈良女子大のタンデム加速器（ペレトロン）を用いて高エネルギーイオンを照射した。照射に当たっては、前年まで原研東海で同じ研究室にいた研究者仲間や、奈良女子大の先生に大変お世話になった。イオン照射した試料は2.4MeVのHeイオンを用いたRBS測定を行った。その結果、金属・酸化物界面で異種原子のミキシングが起り、ミキシングの度合いは、イオンの電子的阻止能（LET）が大きいほどその効果は大きいこと、酸化物と金属の組み合わせに大きく依存することなどが

わかった。これらの成果は、テーマ担当の卒研究生がその年の秋の物理学会で発表するとともに、次の年にイタリアで開催された国際学会でも発表され、論文にもなっている[3]。この「電子励起ミキシング」の研究は、その後しばらく進展はなかったが、2011年ごろ、原子力機構（原研が組織替えした新名称）東海のタンデム加速器で、CイオンによるRBS測定と200 MeV Xeによる照射が交互に行えるシステムが開発されたので、それを用いて、改めてBi-アルミナ系のXeイオン照射によるRBSスペクトルの変化を連続的にとらえることができた。スペクトルを解析してBiのアルミナ内部への拡散距離の照射量（照射時間）依存性から拡散係数の導出を試み、それが、アルミナ融点近くでの自己拡散係数に近いことなどを明らかにした[4,5]。

府立大赴任2年目（2004年度）には、貴金属イオンを含む溶液を放射線照射して還元し、ナノ微粒子を作成する研究を同じ研究グループの堀准教授と一緒に開始した。コバルト60施設におけるガンマ線やライナックからの高エネルギー電子線を貴金属イオン溶液に照射する実験を行うとともに、線質効果の有無を確認するために、理化学研究所（和光）のAVFサイクロトロン加速器+リングサイクロトロン加速器を利用した1.6 GeV Cイオン照射も併せて行い、ナノ微粒子の形状やサイズ分布を電子顕微鏡で、また吸光度をUV-vis分光計で測定した。その結果、ナノ微粒子のサイズは照射速度（グレイレート）に大きく依存し、照射速度が大きいほどサイズの小さい微粒子が生成することが分かった。本研究の結果は、当時この研究を担当していた博士前期課程の院生がボストンでのMRS学会で発表し proceedings 論文にまとめるとともに[6]、その後、博士後期課程の院生がまとめてフルペーパーとして発表している[7]。その後、各種放射線、特にガンマ線によるナノ微粒子創製研究は、堀准教授のもとで大いに発展し、多くの論文執筆や学会発表が行われている[8]。

2005年度には、その年に配属されてきた卒研究生とともに、電子ライナック加速器用の高温照射チェンバーを組み立て、原子炉圧力容器鋼の模擬材料である鉄銅合金の照射促進偏析による銅ナノ微粒子の析出と、それによる硬度、電気伝導度変化の研究を行った。本研究も、当該卒研究生が院に進学後、MRS学会で発表し、proceedings 論文としてまとめるとともに[9]、そのあとを継いだ社会人ドクターコースの学生がQST高崎での電子線照射実験も行い、博士論文としてまとめるに至った[10]。

以上のように、府立大先端科学研究所に赴任したときに本学放射線施設を用いて行った研究の多くがその後発展し、その成果は多くの論文として蓄積されている。当時の実験から現在までいろいろとお世話になっている本学放射線センター・工学研究科量子放射線専攻の奥田先生、谷口先生、小嶋先生に改めて感謝するとともに、放射線センター・量子放射線専攻における教育・研究が今後ますます発展されることを期待するものである。

引用文献

- [1] M. Fukuzumi, R. Taniguchi, S. Komatsu, F. Ono, A. Iwase,
Mat. Rec. Soc. Symp. Proc. 792(2004) 393-397
- [2] 岩瀬彰宏、松井利之、最近の研究「放射光を用いた鉄ロジウム合金のイオンビーム照射
誘起構造・磁気変態の研究」金属学会報 までりあ 54 巻 (2015) 390-397.
- [3] R. Nakatani, R. Taniguchi, Y. Chimi, N. Ishikawa, H. Tsuchida, A. Iwase
Nucl. Instr. Meth. B230(2005) 234-239.
- [4] M. Matsuda, T. Asozu, M. Sataka, A. Iwase, Nucl.Instrum.Methods 314(2013)43-46
- [5] M. Hayashi, M. Matsuda, T. Asozu, M. Sataka, M. Nakamura, A. Iwase
Nucl.Instrum.Methods314(2013)176-179
- [6] N. Maeda, T. Hiroki, F. Hori, S. Okuda, R. Taniguchi, T. Kojima, T. Kambara, T. Abe,
A. Iwase, Mater. Res. Soc. Symp. Proc. 900(2006) 0900-O06-16. pp152-157.
- [7] N. Taguchi, A. Iwase, N. Maeda, T. Kojima, R. Taniguchi, S. Okuda, T. Akita, T. Abe,
T. Kambara, H. Ryuto, F. Hori, Radiation Physics and Chemistry, 78(2009)
1049-1053
- [8] T.Hori, K.Nagata, A.Iwase, and F.Hori, Jpn. J. Appl. Phys. 53 (2014) 05FC05
- [9] Shou Nakagawa, F. Hori, H. Ohno, N. Ishikawa, R. Oshima, M. Kitagawa, A. Iwase
Mater. Res. Soc. Symp. Proc., 1043(2008) 1043-T09-04.
- [10]Tohru Tobita, Shou Nakagawa, Tomoaki Takeuchi, Masahide Suzuki, Norito
Ishikawa, Yasuhiro Chimi, Yuichi Saitoh, Naoki Soneda, Kenji Nishida, Shiori
Ishino, Akihiro Iwase, J. Nucl. Mater, 452(2014) 241-247

耐放射線性を向上させた半導体プリアンプの開発 Development of Semiconductor Preamplifier with Radiation Endurance

大阪府立大学放射線研究センター*1、○史豊銓*1、小嶋崇夫*1、谷口良一*1

(SHI, Fengguan*1; KOJIMA, Takao*1; TANIGUCHI, Ryoichi*1)

1. はじめに

半導体素子は、放射線に敏感な装置であるとされてきた。そのため、これまで耐放射線性を有する半導体素子が研究対象とされ開発されてきた。しかし半導体製造装置の製造技術の進歩はそれよりも早く進み、集積回路は、日々高集積化され、それと同時に、現在の半導体素子は以前に比べて放射線に対して極端に弱くなっている。例えば、現在福島事故炉の処理で半導体素子の放射線損傷が大問題となっているが、将来、惑星探査機や長期間使用する静止衛星などでは新たな問題となると考えられる。

我々のグループは、現在、大線量放射線をモニターする放射線検出器のプリアンプとして、耐放射線性を有する半導体増幅器を開発している。これは 1MGy 以上のガンマ線照射に耐えることを目標としており、上記の問題の解決にも寄与するものと考えられる。

2. 実験

実験では接合型 FET (2SK246) を Co-60 ガンマ線で照射した。その際の FET 特性測定例を図 1 に示す。これは FET のソースを接地し、ゲート電圧を変化させた時のドレイン電流を測定したものである。図中に示すカットオフ電圧(V_{th})と相互コンダクタンス(図 1 中の応答曲線の傾き、 g_m)に特に注目した。照射量の増加によるこれらのパラメータの変化の様子を図 2 に示す。図 2 は線量を横軸(対数)にとり上図に V_{th} の変化、下図に g_m の変化を表示している。 V_{th} は照射によって絶対値が減少し、 g_m も減少している。どちらの変化も照射量が 10kGy を超えた時点から明確となっている。

3. 結果および考察

集積回路化されたプリアンプでは、一般に照射量が 100Gy から特性変化が見られ、1kGy 以上の照射には耐えられないとされてきた。今回の実験結果を見る限り、単体の FET 素子を用いることで、100kGy 程度までの変化は許容できる見通しが得られた。また回路技術的な対応も有効であると考えられる。例えば温度補償に類似した技術などである。FET を差動型に配置することで放射線照射によるカットオフ電圧の変化を相殺し、十分な負帰還を加えることで相互コンダクタンスの変化を抑制する回路構成などを計画している。

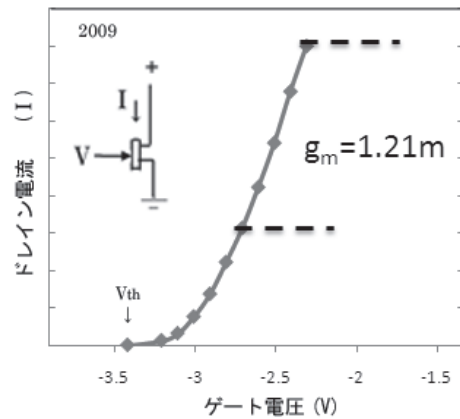


図 1 FET の特性測定例

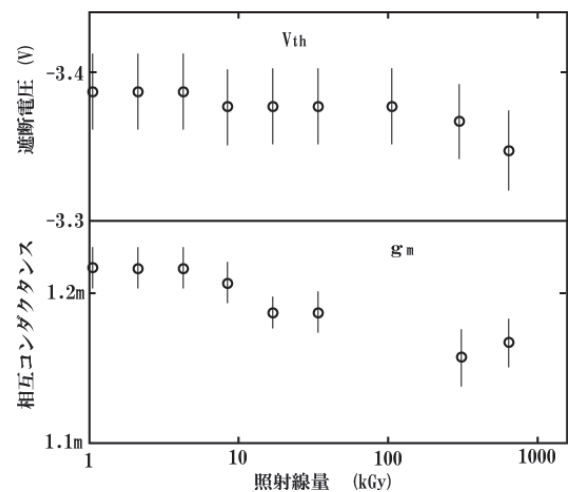


図 2 γ 線照射によるカットオフ電圧(上)と相互コンダクタンス(下)の変化

*1Radiation Research Center Osaka Prefecture University

長寿命ベータ崩壊核種の短寿命化

阪府大産学官 谷口良一、宮丸広幸、伊藤憲男、小嶋崇夫、岡本賢一
 阪府大院工 白井志樹*

(*本研究に関する連絡先：電話(内線) 4231、メール ma106005@edu.osakafu-u.ac.jp)

1. はじめに

我々は現在、福島第一原子力発電所事故による Cs-137 の環境汚染問題を念頭に、長寿命ベータ崩壊核種の短寿命化の検討を行っている。長寿命ベータ崩壊核種は、何らかの方法で核を励起することで崩壊の禁制度を下げることができ、理論的に短寿命化が可能であると従来から指摘されていた。そこで本研究では、半減期 1000 億年の自然放射性核種である La-138 を試料としてガンマ線、電子線を照射して、短寿命化の評価を行っている。

2. 原理

ベータ崩壊は崩壊前後の原子核の状態によって崩壊確率が決まるとされており、原子核の主要な状態因子である核スピンとパリティを用いて統計的に議論されている。崩壊に伴うスピンとパリティの変化による禁制度の分類を表 1 に示す。表 1 中の $\log(ft)$ はベータ崩壊のエネルギーと半減期を乗じた値の常用対数値であり、スピンとパリティの変化が大きいほどベータ崩壊の起こる確率が低いことを表している。試料として用いている La-138 の崩壊図を図 1 に示す。La-138 は図 1 中の実線で示すように分岐して崩壊するが、基底状態では共にスピン変化 3 の第三禁制遷移に分類されるため、半減期 1000 億年の超長寿命核種となっている。しかし、点線で示しているように第一励起レベルからの崩壊となれば、スピン変化 1 の許容遷移となり、禁制度を大幅に下げることができる。

表1 ベータ崩壊の禁制度の分類

スピン変化	パリティ変化	$\log(ft)$	禁制度
0	なし	2.9~3.7	超許容遷移
0,±1	なし	4.4~6.0	許容遷移
0,±1	あり	6~10	第一禁制遷移
±2	あり、なし	10~13	第二禁制遷移
±3	あり	>15	第三禁制遷移

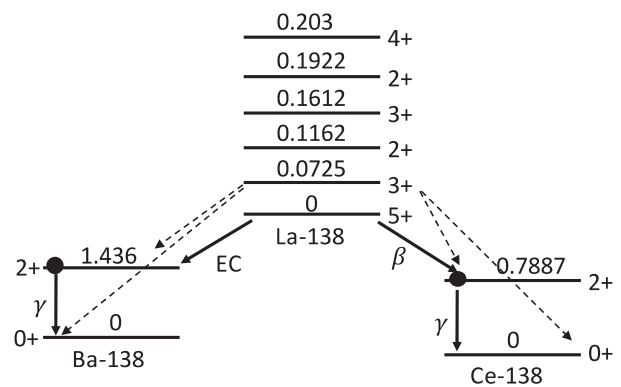


図1 La-138の崩壊図

3. 実験

現在、本学が所有するコバルト 60 ガンマ線源と電子線形加速器を利用して、ガンマ線、X 線照射と La 試料のガンマ線スペクトル測定を繰り返し行っており、La-138 のスペクトルに照射線量に応じた若干の変化を観測している。

本研究は平成 28 年科学研究費助成金(挑戦的萌芽研究)による。

[本研究に関する研究発表]

「La 中に含まれるアクチニウム系列核種の分析」白井志樹、谷口良一、宮丸広幸、伊藤憲男、岡本賢一、第 54 回アイソトープ・放射線研究発表会(2017 年 7 月 東京)

「長寿命ベータ崩壊核種の短寿命化」谷口良一、伊藤憲男、宮丸広幸、小嶋崇夫、岡本賢一、辻本忠、白井志樹、日本原子力学会「2017 年秋の大会」(2017 年 9 月 北海道)

大線量水中放射線場での距離測定

大阪府立大学放射線研究センター 谷口良一*, 岡本賢一、伊藤憲男、小嶋崇夫、宮丸広幸
 大阪府立大学大学院工学研究科 豊蔵悠史

(*本研究に関する連絡先：電話（内線）4293、メール tan@riast.osakafu-u.ac.jp)

[はじめに]

レーザー距離計を水中大線量場で線量測定や線源の形状測定に応用する中で、レーザー距離計の耐放射線性を評価した。また、チェレンコフ光によって得られた線量分布とレーザー距離計によって得られた距離分布を併用して、信頼性の高い水中線量分布評価を行った。

[レーザー距離計の放射線影響の評価]

レーザー距離計を水中放射線場で使用する際の放射線影響を評価した。実験ではレーザー距離計の測定距離を一定にした上で吸収線量率が変化するように、ステージを移動させた。その結果、10 Gy/h という高線量下でも、測定値に変化は見られなかった。ただし標準偏差は増加している。この測定値バラツキの原因を考察するため、標準偏差増加の原因を、測定距離に乘算して生じる積算的な成分と測定距離に相関のない加算的な成分に大別して、どちらが支配的な成分であるのかを検討した。その結果、この誤差は距離に相関のない加算的なノイズが支配的であると考えられた。言い換えると、レーザー距離計内部で距離を算出した後にノイズが混入しているのではないかと推測される。

[画像輝度の定量的評価]

チェレンコフ光画像と、その部分の線量分布の定量的な関係性を評価するために、図2のような体系で実験を行った。図では左側に線源を1本、右側に7本配置している。その際の輝度分布を図3に示す。線源分布強度は線源の幾何学体系に依存することから、図3のようにピーク輝度の比は7倍とはなっていない。また色成分によって感度に差がみられる。ただし、信号のしきい値を適切に設定することで、計算による予想値と良い一致が得られることが示された。

[本研究に関する研究発表]

1) 「大線量水中放射線場での距離測定」豊蔵悠史、谷口良一、岡本賢一、伊藤憲男、小嶋崇夫、宮丸広幸
 幸非破壊検査協会放射線部門講演会資料（2017年3月、小倉）pp35-38

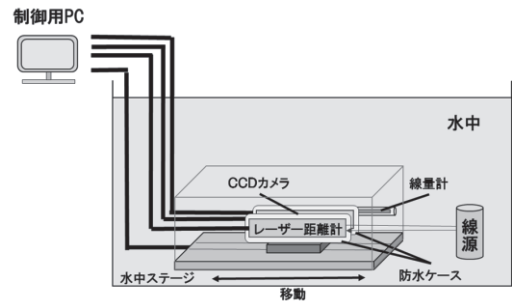


図1 水中実験体系

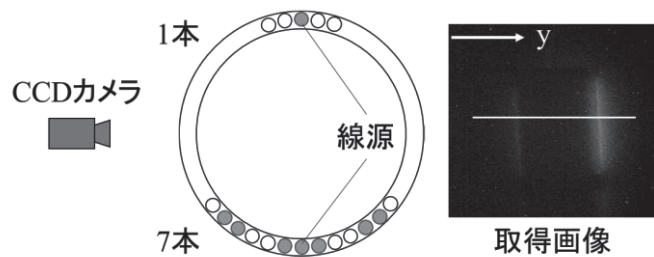


図2 線源とカメラの配置

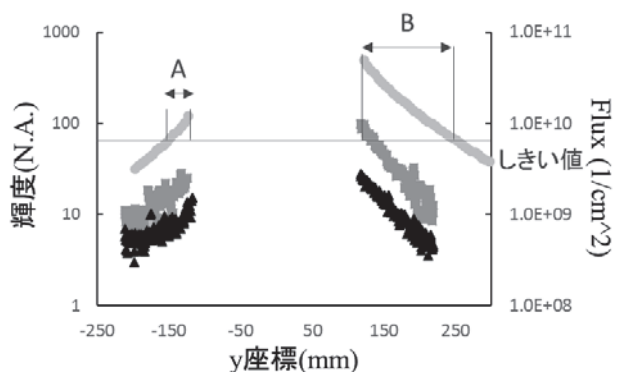


図3 得られた輝度分布

CCD カメラの放射線損傷

大阪府立大学放射線研究センター 谷口良一*, 岡本賢一、伊藤憲男、小嶋崇夫、宮丸広幸

大阪府立大学大学院工学研究科 白井志樹、大村究

(*本研究に関する連絡先：電話（内線）4293、メール tan@riast.osakafu-u.ac.jp)

[はじめに]

大阪府立大学では、文部科学省の原子力人材育成事業として大規模放射線施設を利用した水中実験研修を行っている。その中の重要な項目が水中カメラの放射線誘起ノイズの観察である。実験では、機器を損傷しないランダムノイズを主として観察するが、放射線損傷の一種である固定点ノイズも想定外に発生した。その理由を考察した。

[固定点ノイズの発生]

放射線照射によって CCD カメラに出現するノイズにはランダムと固定点ノイズがある。ランダムノイズは発生後ただちに消滅し、放射線誘起ノイズの一種とされるが、発生の詳しいメカニズムは明らかになっていない。白点ノイズには、他に固定点ノイズがあり、一度発生すると消えないで同じ位置にとどまる。このノイズは放射線損傷の一種であり、このノイズが多数発生するとカメラ画像は劣化し、研修実験での使用に耐えられなくなることも考えられる。ただ、ガンマ線環境下では、ランダムノイズの発生数に比べ、固定点ノイズは極端に少ないことが知られている。大気中のコバルト照射での実験で評価した結果では、約 10mGy の照射で固定点ノイズが 1 個発生すると予想されていた。このため研修計画においては、カメラが 10mGy/h 以上の線量場に晒されないことを原則とし、さらに、これ以下の線量であっても 10 分以上の照射を避けることを留意した。ところが 3 年間の研修の結果、想定外に多くの固定点ノイズが発生していることが明らかとなった。図 1 に示すように、これらのノイズは 1 画素ノイズであり、典型的な固定点ノイズの形態を示している。ところが、このカメラの照射線量は総計でも数 mGy 以下であり、前述の 10mGy よりも小さい。にもかかわらず 4 個もの固定点ノイズが出現したことには基本的な問題があると考えている。すなわち、散乱線の多い水中照射が原因ではないかと推測している。

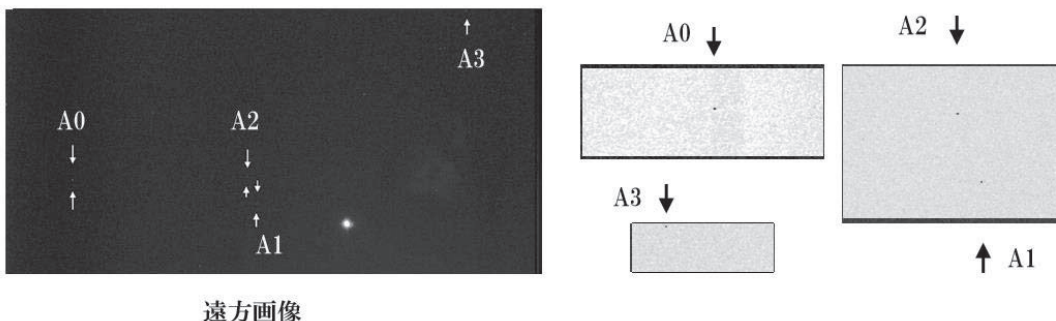


図 1 4 個の固定点ノイズの部分拡大、強調した画像

[本研究に関する研究発表]

1) 「水中カメラの放射線損傷」谷口良一、白井志樹、大村究、伊藤憲男、岡本賢一、宮丸広幸、小嶋崇夫、非破壊検査協会放射線部門講演会資料（2017 年 9 月、浜松）pp45-48

X線・ガンマ線透過試験業務に関する報告

大阪府立大学 研究推進機構 宮丸 広幸

(*本研究に関する連絡先：電話（内線）4232,メール miyamaru@riast.osakafu-u.ac.jp)

1. 緒言

本学ではX線や γ 線の透過測定試験を学外より広く引き受けている。通常は1年あたり数件程度の割合での依頼であったが、原子力発電所事故以降は放射線防護服、防護シートの開発に関連した測定依頼が急増し、100件を超える依頼があった。近年は落ち着いた状況を取り戻しており、本発表では透過測定試験の現状について報告する。

2. 試験概要

γ 線透過測定試験体系の概略を図1に示す。小型のCo60小線源コンテナにガイドチューブを接続し、ワイヤーにて線源を遠隔で出し入れする。線源位置であるチューブの終端を3cm ϕ の穴のある鉛ブロック内に挿入し、ビーム状の γ 線にする。約30cm先に同様の穴あき鉛ブロックを配置し、その後方に体積1Lの電離箱(PTW32002)を配置する。電離箱の周りは鉛ブロックで囲われている。試験体は電離箱の前の鉛ブロックの手前に穴を覆うように配置する。この条件にて試験体の無い場合との線量率の変化から透過率を算出する。現在受け入れている試験体の大きさは10cm四方で厚み1cm程度を受け入れ対象としている。X線についても類似な方法で行っている。鉛を試験体として行った測定結果では、鉛3mmtにおいて透過率84%(計算値82%)を示す。鉛のコバルト60 γ 線に対する線減弱係数より求めた計算値と実験値は近い値である。実験値の不確定性には線源を1つの試験体ごとに出し入れすることによる線源強度のばらつきも含まれており、これまでの結果より測定誤差は $\pm 3\%$ と評価している。

3. 現状について

近年、外部からの依頼ではJIS規格に準じた試験条件を依頼するものがあったが、現在の試験環境の制限から対応していない。透過測定試験を取り扱う拠点が全国的にも少なく、放射線遮へいに関連した民間企業にとっては、証明書発行を行っている本学の試験業務は極めて貴重であると思われる。このため、本学発行の証明書は企業間での取引等にも用いられているようである。証明書が商品の宣伝に使われそうになった過去の事例もあり、発行する証明書の用途については、依頼者と予め取り決めを設ける等の対策が必要であり、今後の課題である。

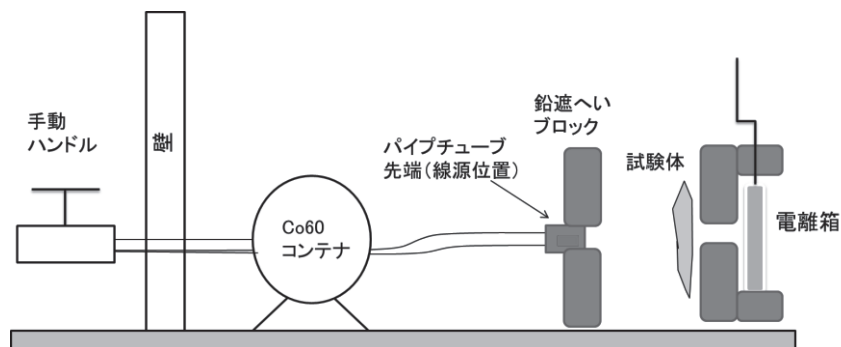


図1 透過試験体系の概略図

堺市で観測した大気エアロゾルのアンチモンの粒径分布と濃度変化

大阪府立大学研究推進 伊藤憲男、溝畑 朗

(本研究に関する連絡先: ito_no@riast.osakafu-u.ac.jp)

古くから知られた元素であるアンチモン(Sb)は、現在は主に、鉛との合金で充電用電池の電極として、または、プラスチック等の難燃用の添加剤として利用されている。Sbは、周期律表で砒素の下に位置し同様に毒性が高い(100mgで中毒症状)。しかし、天然にも土壌中に存在し、食物から毎日0.002~1.3mg摂取している。また、大気中にも粒子として存在することが知られており、呼吸により体内に取り込んでいる可能性がある。この呼吸によるSbの健康影響を評価するためには、大気中での濃度及び濃度変化と粒径分布を知る必要がある。そこで、我々が堺市で観測したSbの、粒径分布、平均濃度、標準偏差、頻度分布、季節変化をここで示す。

Sbの粒径分布のデータは、2012年に大阪府立大学(大阪府堺市)において9粒径範囲で大気エアロゾルを捕集できるアンダーセンサンプラーでポリエチシート上に得られた試料を元素分析して得られたデータである。平均濃度等は、2007年に大阪府立大学で毎日メンブレンフィルター上に粒径で分けず捕集された試料を元素分析して得られたデータより算出したものである。

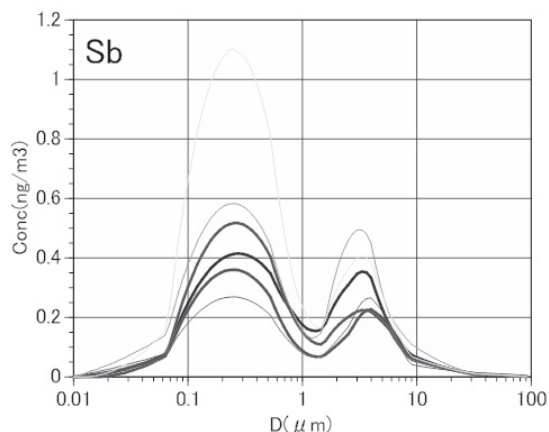


Fig.1 Size distribution of Sb in aerosols collected at Sakai,0214-0221 in 2012.

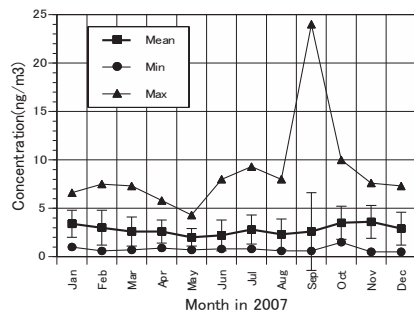


Fig.3 Monthly change of Sb in aerosols collected at Sakai, 2007.

元素分析は、京都大学原子炉実験所の原子炉を使用し中性子放射化分析法で行った。Sbを分析するための照射条件は、熱中性子束 $5.5 \times 10^{12} \text{ n/sec/cm}^2$ で2時間であった。照射終了約2週間後に、Sbから生成された放射性Sb(^{124}Sb)から放出されるガンマ線(1661keV)の強度を測定し、Sbの濃度を算出した。

粒径分布の結果より、Sbは主に微小粒径($<2.1 \mu\text{m}$)として存在し、特に $0.43 \mu\text{m}$ 以下の粒径範囲に一番多く存在していることが分かった(Fig.1)。2012年の6期間の、中心粒径D50(累積濃度が50%となる粒径)と全粒径範囲の濃度TCを表で示す(Table1)。

Table 1 Central diameter and total concentration of Sb collected by 9 particle size separation at Sakai in 2012.

Period(2012)	D50(μm)	TC(ng/m^3)
Feb 14-21	0.94	1.7
Apr 3-10	0.68	1.7
Jun 5-12	0.64	1.3
Aug 7-14	0.69	1.2
Oct 9-16	0.67	2.3
Dec 11-18	0.57	3.3

D50:Central diameter TC:Total Concentration

2007年の毎日の濃度変化より、濃度の頻度分布を得た(Fig.2)。これより、 $1\text{-}3 \text{ ng}/\text{m}^3$ の範囲に集中していることが分かった。平均濃度と標準偏差は、 $2.8 \pm 1.9 \text{ ng}/\text{m}^3$ で、最小濃度は $0.5 \text{ ng}/\text{m}^3$ 最大濃度は $24 \text{ ng}/\text{m}^3$ であった。この平均濃度より、毎日約 0.06 mg を呼吸により吸引していると推定できる。

2007年の毎月の平均濃度、標準偏差、最小値、最大値をFig.3に示す。平均濃度が高かった月は、1月($3.4 \text{ ng}/\text{m}^3$)、10月($3.5 \text{ ng}/\text{m}^3$)、11月($3.6 \text{ ng}/\text{m}^3$)であった。最も低かった月は、2月($2.0 \text{ ng}/\text{m}^3$)であった。日最高濃度($24 \text{ ng}/\text{m}^3$)を9月30日に観測した。この日は、臭素の濃度も高くなった。臭素も難燃剤として使用されており、この高濃度は、プラスチック、ポリエチレンなど燃焼からの粒子の影響を受けていたと推定される。

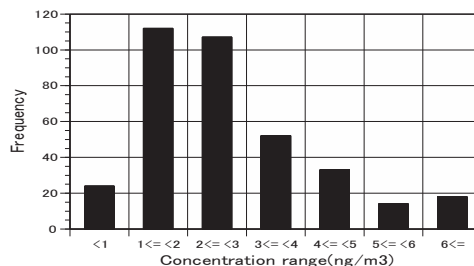


Fig.2 Frequency distribution for daily concentrations of Sb in aerosols collected at Sakai, 2007.

本研究に関する発表「堺市で観測した大気エアロゾルのアンチモンの粒径分布と濃度変化」伊藤憲男、溝畑 朗
第57回大気環境学会年会(9月7~9日 2016札幌)

γ線照射還元法による Ni 合金ナノ粒子の合成

戸田晋太郎、田中元彬、谷真海、岩瀬彰宏、田口昇^A、田中真悟^A、松井利之^B、XuQiu^C、堀史説*

阪府大院工、産総研^A、大阪府大推進機構^B、京大原子炉^C

(*本研究に関する連絡先：電話（内線）5658、メール horif@mtr.osakahu-u.ac.jp)

【緒言】 金属ナノ微粒子(nano-particles、以下 NPs)は量子サイズ効果によりバルク状態とは異なる物性を示し、その特性を生かした様々な応用が検討され研究されている。NPs は金属イオンを溶媒中で還元させることにより得ることが可能である。この方法では、還元電位の低い金属イオン還元反応を励起促進しかつ合成過程の制御性が良いなど一般的な化学還元に対する優位性を持つ。一方、比較的還元電位の高い Ni は触媒等の様々な用途で用いられておりその合金粒子も非常に高い触媒活性を示すとの報告がある^{1),2)}。しかし、ナノサイズの Ni 合金の構造制御に還元電位が律速することからナノサイズ以下の超微粒子化とともに合金化することは難しく、特性と構造の関連性についての理論的解明には至っていない。そこで我々は、Ni を含む多元系金属ナノ微粒子の合成制御を目的として、合金化や還元合成の制御性の高さが実証されてきた水溶液中での放射線照射還元法^{3),4)}による Ni 合金 NPs の合成を試みた。また照射還元中の制御法としてラジカル補足剤を用いたラジカルバランスの制御が生成粒子に及ぼす影響について調べた。

【実験方法】 界面活性剤 Polyvinylpyrrolidone(PVP)とラジカル補足剤としてのアスコルビン酸をそれぞれ0.1mMと1mMになるように添加した20mLの金属錯体(Ni:, Au:)水溶液をPET製の容器に密閉しArガスで脱気を行った。調製した溶液を京大原子炉コバルトガンマ線照射施設において総線量20kGyの照射を行った。それぞれの試料についてUV-vis吸光度測定、X線光電子分光(XPS)、粉末X線回折測定(PXRD)、透過型電子顕微鏡(TEM)等による生成粒子の構造評価および分析を行った。

【結果】 図1はAu-Ni合金NPsのTEM観察画像である。粒径や分散性において比較的良質なNPsが得られていることが分かる。また、粒径は添加剤や付与エネルギーによって制御可能であった。図2は図1のNPsのXPSスペクトルである。NPsには金属Niが含まれており、AuとNiの合金化を示唆している。このように、放射線照射による異種イオンの同時還元によりNi-Au合金NPsの合成制御が可能であることがわかった。

【参考文献】

- 1) Chunhua Cui *et al. Nature Mater.* **12**, (2013) 765-771
- 2) H. Zhu *et al. Journal of Catalysis* **320**, (2014) 52–62
- 3) A. Okamoto, K. Nagata, N. Taguchi, A. Iwase, and F. Hori, *Jpn. J. Appl. Phys.* **51** (2012) 11PH01
- 4) T. Hori, K. Nagata, A. Iwase, and F. Hori, *Jpn. J. Appl. Phys.* **53**, (2014) 05FC05

【本研究に関する研究発表】

- 1) ○戸田晋太郎、田中元彬、東海旭宏、仲西徳高、谷真海、興津健二、水越克彰、岩瀬彰宏、阪本雅昭、徐虬、堀史説

“γ線照射還元法を用いた多元系金属ナノ微粒子の合成”

第51回京大原子炉学術講演会（2017年1月 大阪）

- 2) ○戸田晋太郎、田中元彬、岩瀬彰宏、田口昇、田中真悟、徐ギョウ、堀史説

“γ線照射還元法を用いた多元系金属ナノ微粒子の合成”

日本金属学会2017年春季講演大会（2017年3月 東京）優秀ポスター発表賞

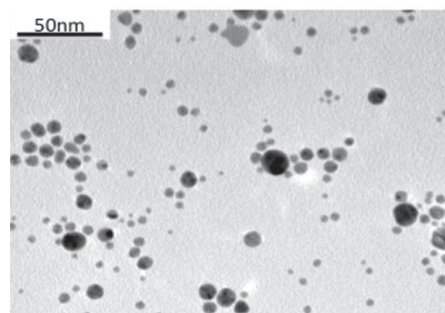


図1 照射還元合成した Ni-Au NPs の TEM 観

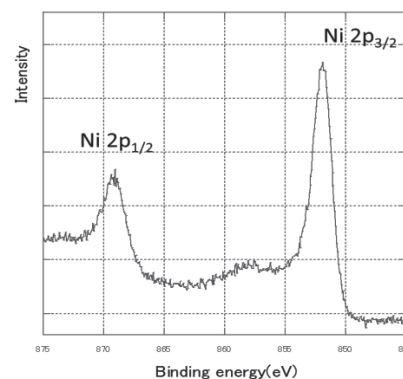


図2 照射還元合成した Au-Ni NPs の XPS スペクトル

ガンマ線を用いた Pd ナノ粒子担持グラフェン合成における 担体へのイオン吸着の寄与

阪府大院工 谷真海、東海旭宏、仲西穂高、田中元彬、戸田晋太郎、岩瀬彰宏、堀史説
大阪府立大学人間社会システム工学科 興津健二
東北大金研 水越克彰
京大原子炉 Xu Qiu

(*本研究に関する連絡先：電話（内線）5658、メール horif@mtr.osakafu-u.ac.jp)

【研究背景】

ガンマ線を水溶液に対し照射すると、水分子が分解され、水素ラジカルやヒドロキシルラジカル、水和電子等が生成する。当研究グループでは、このガンマ線によって生じる活性種を利用し金属ナノ粒子の合成を行ってきた。また、不活性なグラフェンを含む水溶液中でガンマ線照射によるナノ粒子合成を行うと、生成したナノ粒子が担持されることを報告している[1]。本研究では、照射前のグラフェン表面への貴金属イオン吸着がナノ粒子の生成・担持に影響すると考え、ガンマ線照射前にしばらく静置することによる担持生成物の違いを評価検討した。

【実験方法】

グラフェン（厚さ 6-8 nm、幅 5 μm 、STREM CHEMICALS 製）、 $\text{PdCl}_2 \cdot 2\text{NaCl} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ および Pd イオンの還元助剤として 2-プロパノールを所定濃度含む水溶液 20 mL を調製し、Ar ガスで大気をパージした後、線量率 10.7 $\text{kGy} \cdot \text{h}^{-1}$ 、57 min(照射線量 10 kGy)のガンマ線照射を行った。照射は京都大学原子炉実験所にて行った。このとき、溶液調製直後および 96 h 静置した後の試料にそれぞれガンマ線の照射を行う事により金属イオン吸着の異なる試料とした。照射前の静置によるイオン吸着量は、ICP-AES により測定した。照射後の試料は遠心分離によって母液より分離・洗浄した後に凍結乾燥させ、TEM 観察を行った。

【結果と考察】

調製後 24 時間静置した水溶液中の Pd イオン濃度は、0.5mM から 0.13mM に減少しており、Pd イオンの一部がグラフェン表面に吸着されていることがわかった。照射により生成したナノ粒子の TEM 像を図 1 に示す。図 1 (a)は、調整直後にガンマ線照射した試料である。図 1 (b)は、96 h 静置後ガンマ線照射試料である。Pd ナノ粒子の平均粒径は調整直後に照射した試料、96h 静置後照射した試料のいずれも約 19 nm であり、平均粒径には大きな差異はないが、調製直後に照射した試料では担持されていない Pd ナノ粒子(図 1(a)矢印)が散見され、グラフェン表面における分布も不均一であった。よってナノ粒子の前駆体である Pd イオンは、バルク溶液中で還元される場合とグラフェン表面に吸着され還元される場合で、最終的に生成するナノ粒子の担体粒子毎の担持具合などに差が現れることがわかった。

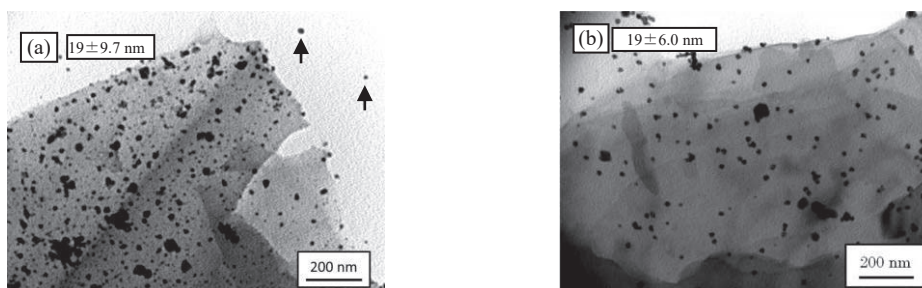


図 1. 溶液調製直後(a)および 96 h 静置後(b)の照射で得た Pd ナノ粒子担持グラフェンの TEM 像

参考文献

[1]A. Tokai, K. Okitsu, F. Hori, Y. Mizukoshi, Y. Nishimura, S. Seino, A. Iwase, *Mater. Lett.*, **199** (2017) 24-27.

本研究に関する研究発表

- 1) 「放射線および水中プラズマを利用した 貴金属/グラフェンナノコンポジットの合成」、東海 旭宏、興津 健二、堀 史説、水越 克彰、西村 芳実、岩瀬 彰宏、2016年9月大阪
- 2) 「電子線照射による Pd ナノ粒子担持グラフェンの合成: グラフェンの構造制御による Pd ナノ粒子の微細化」、谷真海、東海旭宏、興津健二、水越克彰、西村芳実、岩瀬彰宏、阪本雅昭、堀史説、2016年10月京都
- 3) 「照射還元による担体への Pd ナノ粒子合成担持への線質効果」、谷真海、東海旭宏、興津健二、水越克彰、岩瀬彰宏、徐虬、堀史説、日本金属学会、2017年3月東京

γ線照射還元法を用いた Cu ナノ粒子合金化による耐酸化性向上に関する研究

田中元彬、戸田晋太郎、谷真海、岩瀬彰宏、田口昇^A、田中真悟^A、松井利之^B、XuQiu^C
、堀史説

大阪府大院、独立行政法人産総研^A、大阪府大推進機構^B、京大原子炉^C

(*本研究に関する連絡先：電話（内線）5658、メール horif@mtr.osakafu-u.ac.jp)

【緒言】近年、ナノ微粒子は省資源かつ高機能な材料として注目を集めている。中でも、Cu ナノ微粒子は資源として安価であり、高い電気伝導率を有しているため Ag ナノ微粒子に代わる導電性ナノインクや電気的材料等の幅広い分野での利用が期待されている。しかし、Cu ナノ微粒子は酸化および溶液中での溶解が起こりやすいなどナノサイズでの安定化が問題となる。我々のグループでは非平衡還元反応を励起促進する照射場還元法を用いて、これまでに Cu と Au を合金化したナノ微粒子合成に成功しており、Cu 単体のナノ粒子と比較しても耐酸化性を持つことが分かっている。本実験では、Cu-Au および Cu-Ag 二元系ナノ微粒子の合成と構造制御について比較検討した。

【実験方法】純水に銅錯体(Cu(COOCH₃)₂·H₂O)、金錯体 NaAuCl₄·2H₂O、銀錯体 AgNO₃、界面活性剤 SDS(8mM)を加えた溶液が 20 mL となるよう、イオン濃度を Au:Cu, and Ag:Cu=1:1, 2:1, 4:1 の濃度比で調整した。Ar ガスで脱気後 γ 線照射(線量率 2.0kGy/h, 照射線量 20 kGy)を行った。照射直後の溶液は吸光度分析(UV-vis)、透過型電子顕微鏡、高分解能走査型透過電子顕微鏡(HRTEM)による観察及びエネルギー分散型 X 線分析(EDS)による元素分析を行った。

【結果】図 1 は混合比 2:1 の (a)Au-Cu と(b)Cu-Ag の吸光度測定結果を示す。(a)では Au の表面プラズモン(SPR)ピークが主に現れているが、(b)では Ag と Cu に由来する 2 つの SPR が独立して現れている。このことから、Cu-Ag において Cu 粒子がより多く生成したことが分かる。図 2 は生成した粒子の TEM 像を示す。Cu と Au イオン、Cu と Ag

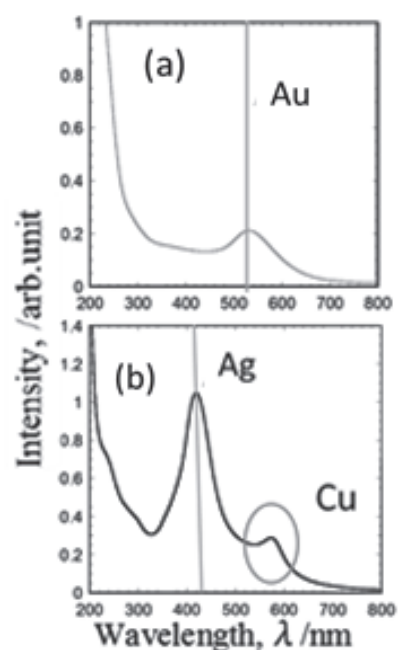


図 1 試料の吸光度測定(a)Cu-Au (b)Cu-Ag

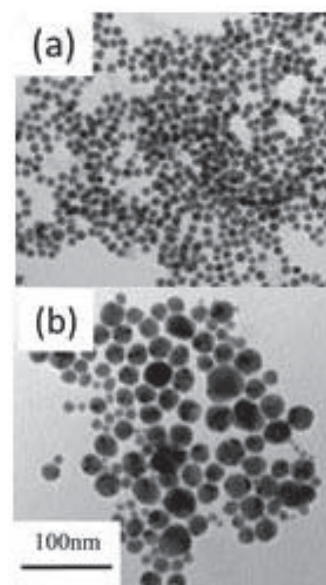


図 2 試料の TEM 画像(a)Cu-Au (b)Cu-Ag

イオンを同時照射還元にて生成した粒子は分散性の良い球状であった。平均粒径は Au-Cu が 10nm、Ag-Cu が 20nm と元素の組合せによって粒径に大きな違いが生じた。これらの違いは還元電位の異なる組合せによって、照射中の粒子生成過程での異種イオン間の酸化-還元平衡度が異なったことが大きな要因ではないかと考えられる。

本研究に関する研究発表（原著論文、その他報文、学会等報告）

- 1) γ 線照射還元による Cu ナノ粒子生成時の添加イオン効果 日本金属学会 2016 年秋期講演大会
- 2) Cu 系ナノ粒子の γ 線照射還元プロセスによる合金化と構造評価 材料物性工学談話会 2017

B2 型 FeRh 金属間化合物中の粒子線照射導入欠陥における水素捕獲

阪府大院工マテリアル工学分野 角倉優雅、岩瀬彰宏、堀史説*

京大原子炉 徐虬

九大応力研 大澤一人

原子力機構 斎藤勇一

(*本研究に関する連絡先：電話（内線）5658, メール horif@mtr.osakafu-u.ac.jp)

1. はじめに

近年、金属合金の中の空孔において多量に水素捕獲する可能性のある金属が第一原理計算により報告されており、水素脆化に対する水素挙動や水素による欠陥の安定化などが期待されている。特に規則型化合物合金においては、各空孔種により水素/空孔捕獲比が異なり、中でもB2型規則構造のFe-AlにおいてはAl空孔において最大12個の水素原子が捕獲されるとの計算結果がある。一方で、同じB2型構造であるFe-Rh合金ではFe空孔でのみ最大で3個の水素原子捕獲が起こり、Rh空孔では水素を安定に捕獲できない。そのため、空孔への水素原子捕獲は構造に由来するものではなく、化合物の合金元素に依存すると考えられる。今回B2型Fe-Rhにおいて空孔における水素原子との相互作用について調べるために、電子線照射により空孔を導入した試料に電解水素チャージ後の経時変化について陽電子消滅測定を行った。

2. 実験方法

実験：アルゴンガス雰囲気中でアーク溶解によって作成した3 cm径のボタン型Fe50at.%Rhを5 mm×5 mm×0.5 mmに切り出し、表面を鏡面研磨した。その後、真空中にて1073 Kで24時間焼鈍を行った試料に対し京都大学原子炉研究所にて8 MeVの電子線照射（照射量 1×10^{18} e⁻/cm²）を室温にて行った。照射後の試料に0.01 wt.% NH₄SCN中で0.3 A/cm²の電流値で電解水素チャージを行い、照射前後においてX線回折測定(XRD)、陽電子寿命測定、同時計数ドップラー広がり測定を行った。また、上と同様の条件で電解水素チャージを行った後の経時変化を陽電子寿命測定により評価した。

3. 結果と考察

照射前の試料の陽電子寿命は118 psとバルクの自由消滅としてはやや高い値を示していることから、試料中にわずかに残留空孔が存在していたと考えられる。電子線照射後の陽電子寿命は156 psまで増加したことから空孔が導入されたことがわかる。しかし計算で求めた陽電子寿命はFe空孔で178 ps、Rh空孔で180 psとなり、どちらの空孔とも一致しない。[1]これは導入された空孔量が陽電子で検出できる飽和濃度に達していないためである。Fig. 1に照射後試料への電解水素チャージ後の陽電子寿命の経時変化を示す。水素注入後に陽電子寿命は144 psまで減少し、その後の室温保持で148 psまで回復したが、照射後の陽電子寿命である156 psまで回復していない。これは空孔に水素原子が捕獲され、その後の室温保持によって徐々に空孔から水素

が解離したものと考えられる。しかし、7日間に保持でも完全に照射直後の寿命まで回復していないことから、室温で長時間保持しても空孔から解離しない水素原子が残っている可能性を示している。このことから、照射によって導入された異なる空孔種にそれぞれ水素原子が捕獲され、室温で再解離するものと解離せずに安定に空孔-水素ペアが残っている可能性を示唆していると考えられる。また Fig. 2 は陽電子消滅ドップラーS-W 相関図である。未照射試料と照射後の試料を比較すると、照射後の試料の S パラメータが増加していることから、照射により空孔が導入されたことを示している。また照射後の試料において水素注入を行うと S パラメータが減少していることから、水素捕獲していることを示している。

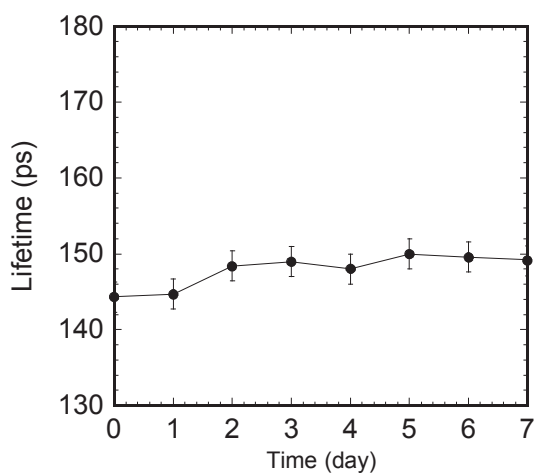


Fig. 1 電子線照射後に電解水素チャージを行った Fe-Rh の陽電子寿命の経時変化

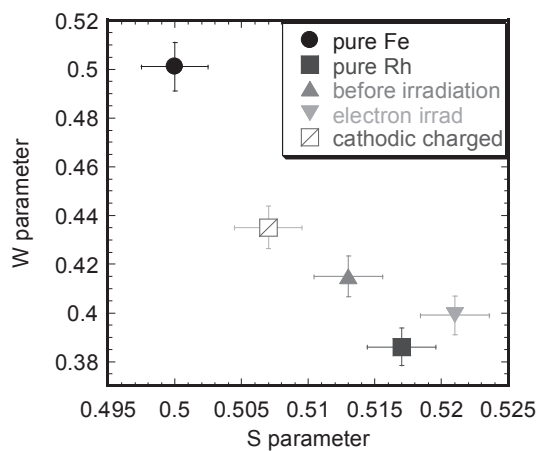


Fig. 2 電子線照射前後と照射後の水素注入試料における S-W 相関図

参考文献

- 1) R.Oshima., M. Fukuzumi, F. Hori, M.Komatsu, and M,Kiritani, The Jpn. Inst.Metals Proc, 12, 981 (1999).

陽電子消滅測定系を用いた微小試験片評価手法の開発

阪府大院工 安藤 太一*、秋吉 優史

産業技術総合研究所 山脇 正人

日本原子力研究開発機構 平出 哲也

(*本研究に関する連絡先：電話（内線）4214、メール ma106001@riast.osakafu-u.ac.jp)

1. 研究の背景と目的

陽電子寿命計測法(PALS)は金属、半導体などのナノメートルサイズの空孔欠陥を評価する上で有用な手段である。特に原子炉産業においては放射線による損傷挙動の解明は材料の開発を進めていく上で重要な課題であり、PALS が注目されている。しかしながら、PALS は試料の形状、数の制約により測定方法が制約されてきた。照射場が非常に限られており、放射化の影響がある中性子照射後試料の評価に於いてこの制約は非常に大きな問題で、PALS 適用の大きな妨げになっている。微小な試験片 1 枚で計測を行うことができれば、PALS 適用の敷居が低くなり、今後 PALS は様々な場面で活用できるようになると考えられる。そこで本研究では、任意の形状の試験片 1 枚での陽電子寿命計測を可能とすることを目的とする。

2. 実験方法

陽電子寿命測定は陽電子と同時に放出される 1.28 MeV の γ 線と電子と対消滅時に放出される 0.511 MeV の γ 線の時間差を計測することによって、材料内での陽電子の寿命を計測する。従来の陽電子寿命計測システムを図 1 に示す。陽電子寿命測定は試料に入射した陽電子の寿命を数十万～数百万イベント集めて寿命スペクトルを作成し、解析を行う。その為線源からランダムな方向に放出される陽電子をすべて測定を行いたい試料に入射させる必要があるため、2 枚の試験片で挟み込む手法が一般的である。今回構成する微小試験片用の構成図を図 2 に示す。本システムは 1 枚の試験片とプラスチックシンチレータで陽電子線源を挟み込み、シンチレータで陽電子を検出した場合の信号は排除処理することによって、試料 1 枚に入射した陽電子の寿命のみを計測する構成になっている。

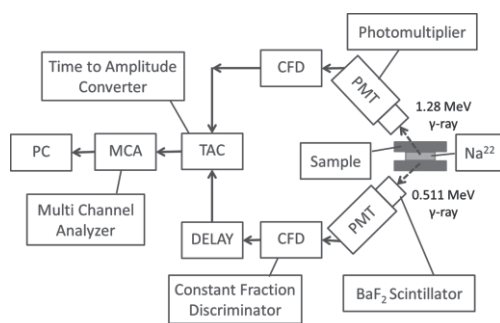


図 1 従来の陽電子寿命計測システム

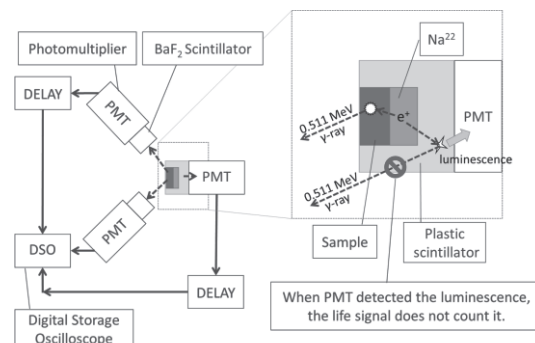


図 2 考案した陽電子寿命計測システム

3. 結果及び考察

実際に構成したシステムで陽電子寿命計測を行い、アンチコインシデンス処理の動作を確かめた。図3に寿命スペクトル、表4に寿命成分と割合を示す。緑点は試験片二枚での計測を行い、青点は試験片1枚で計測を行った。2枚で計測した場合と1枚で計測した場合を比較すると長寿命領域に試料の寿命ではないノイズ成分が混ざってしまっている事が分かる。今回の場合はプラスチックシンチレータ成分が混ざっている。赤点はアンチコインシデンス処理をした場合である。本来は2枚で計測した点に重なるはずだが、解析の結果14%あったプラスチックシンチレータの成分が11%程にしか減らせていなかった。

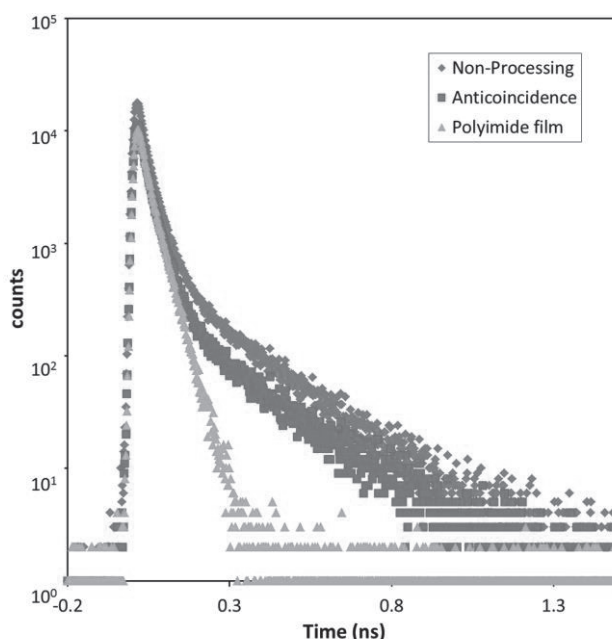


図3 本システムで取得した陽電子寿命スペクトル

表1 寿命成分とその割合

FWHM (ns)	0.183 ± 0.001 ns		
	τ 1 (Source)	τ 2 (Polyimide)	τ 3 (Plastic scintillator)
Non-Processing	0.139 ± 0.006 ns	0.383 ± 0.006 ns	2.111 ± 0.017 ns
	28.80 ± 1.51%	56.75 ± 1.41%	14.45 ± 0.17%
Anticoincidence	0.144 ± 0.008 ns	0.383 ± 0.008 ns	2.111 ± 0.025 ns
	30.16 ± 2.06%	58.37 ± 1.95%	11.47 ± 0.21%

4. 今後の展望

1枚で計測を行ったことによるノイズ成分を3%程度しか減らせなかった原因として、プラスチックシンチレータの発光が検知できていない可能性があると考えている。一方でプラスチックシンチレータの発光回数を線源の放射能と比較してみると放出された陽電子全体の38%は発光に関与していた。そのため、アンチコインシデンスのデータ処理システムもうまく動作していない可能性があると考えられる。今後試料に入射しない陽電子を検出するシステムを見直し、ノイズの割合を減らしていこうと考えている。

本研究に関する研究発表（原著論文、その他報文、学会等報告）

- 1) 安藤 太一, 山脇 正人, 秋吉 優史, 陽電子消滅測定系を用いた 微小試験片評価手法の開発, 京都大学原子炉実験所専門研究会「陽電子とその理工学への応用」(2016年12月、熊取)
- 2) 安藤 太一, 山脇 正人, 秋吉 優史, 陽電子消滅測定系を用いた微小試験片評価手法の開発, 第54回 アイソトープ・放射線研究発表会 (2017年7月、東京) .

模擬地下水溶液中での純チタンならびに純銅、ニッケル合金の 分極挙動に対するガンマ線照射の影響

阪府大院工 マテリアル工学分野 湯川卓司

阪府大 放射線研究センター 小嶋崇夫

阪府大院工 マテリアル工学分野 井上博之

(本研究に関する連絡先：電話（内線）5708、メール swb02173@edu.osakafu-u.ac.jp)

1. 緒言

使用済み核燃料の直接処分では、ガラス固化体の処分と比較し、インベントリや発熱量など廃棄体の特性が異なることや、濃縮度や燃焼度など燃料の多様性を考慮する必要がある。よって、閉じ込め機能の高度化や、設計の柔軟性確保等の観点から幅広い候補材料に対する適用性の検討も必要と考えられる。従来、処分容器候補材のうち基本材料である炭素鋼を対象に設計が検討されているが、チタンや銅、ニッケル合金も代替材料として候補材料になりうる。

処分容器は処分場に侵入した地下水と反応し腐食する。処分容器と地下水の界面では、廃棄体からの放射線によるラジオリシス反応で、過酸化水素(H_2O_2)や酸素ガス(O_2)などが生成し、容器材料の腐食を助長する可能性がある。また、地下水は、炭酸塩や塩化物イオン等の化学種を含む中性近傍 (NNpH) から弱アルカリ性の条件が想定される。しかし、処分場内に浸透した地下水は、コンクリート支保との接触によりアルカリ性となる可能性がある。

本研究は、ガンマ線照射下の不活性ガス雰囲気、pH が 8 から 13 の微量の塩化物イオンを含む炭酸水素塩/炭酸塩水溶液中での純チタンや純銅、ニッケル合金の分極特性を測定し、非照射下での測定結果と比較した。

2. 実験方法

試験極には、直径 1mm の純チタン、純銅ならびに UNS N10276 (Hastelloy[®] C-276) の線材を使用した。以下、それぞれを”Ti”ならびに”Cu”、”C276”とする。この線材をらせん状に加工し、直径が約 6mm のコイル状電極とした。試験溶液は、いずれも 50 mM の NaCl を含む、(1) 1 M Na_2CO_3 ならびに (2) 1 M $NaHCO_3$ 、(3) 1 M Na_2CO_3 + 0.1 M NaOH の 3 種類とした。以下、(1)ならびに (2)、(3)の各溶液の名称を、それぞれの pH に準じ、”pH8”ならびに”pH12”、”pH13”とする。試験溶液の容量は 250mL とし、Ar ガス吹き込みで脱気してから使用した。参照電極には Ag/AgCl 電極を、対極には白金を用いた。各電極を試験液に浸漬した状態で試験セルをステンレス鋼製の照射容器にセットし、プール底に設置された ^{60}Co 線源に容器を差し込み、ガンマ線を照射した。なお、本研究の実施期間中の照射容器内の吸収線量率は、6.2~7.1 kGy/h であった。ガンマ線照射下で一定期間浸漬後、同じく照射下において試験極の分極特性を測定した。自然電位より卑な電位から 20 mV/m で貴側へ電位を掃引した。試験液の温度は室温（プールの水温）とした。測定中は、照射容器の気相部へ Ar ガスを導入した。

3.結果と考察

ガンマ線照射下および非照射下で、pH8 および pH12, 13 の各試験溶液中に Ti ならびに Cu、C276 の試験極を 72 時間浸漬し、その後、そのまま照射下あるいは非照射下で各電極の分極特性を測定した。紙面の都合上、ここでは pH8 の結果のみを示す。Fig.1 に示した pH8 の試験液では、いずれの材料でも、同じ過電圧下でのカソード電流密度は、ガンマ線照射下の方が、非照射下と比較し大きかった。また、分極曲線から推定される各電極の腐食電位も、同じくガンマ線照射下の方が貴となった。照射による水のラジオリシス反応で生成された H_2O_2 や O_2 が酸化剤として作用し、その結果、カソード電流が増加し、腐食電位が貴化したと推察される。ただし、照射によるカソード電流密度の増加の割合は、Ti と Cu ではそれぞれ 10 倍程度であるのに対して、C276 は 1.5 倍程度であった。C276 は Ti や Cu と比較し、 H_2O_2 や O_2 などラジオリシス反応生成物の還元反応速度が低い可能性が考えられる。

4. 結言

ガンマ線照射下において、50mM の塩化物イオンを含む pH8 から 13 の 1M の炭酸水素または炭酸塩水溶液の模擬地下水中で、純チタンならびに純銅、ニッケル基合金(UNS N10276)の分極測定を行った。

- (1) いずれの試料も、検討したアルカリ性の模擬地下水中において、ガンマ線照射によりカソード電流が増加し、それに伴って腐食電位が貴化した。これはラジオリシスによって生成した酸化性化学種によって、腐食の還元反応が促進されたことに起因すると推察される。
- (2) 照射によるカソード電流の増加は、純チタンと純銅で特に顕著であった。 UNS N10276 の増加は、純チタンと純銅と比較すると軽微であった。

参考文献

- 1) 日本原子力研究開発機構: JAEA-Research 2015-016, (2015)

本研究に関する研究発表

- 1) 湯川卓司、井上博之、小嶋崇夫、立川博一、谷口直樹 第 64 回材料と環境討論会、E-102

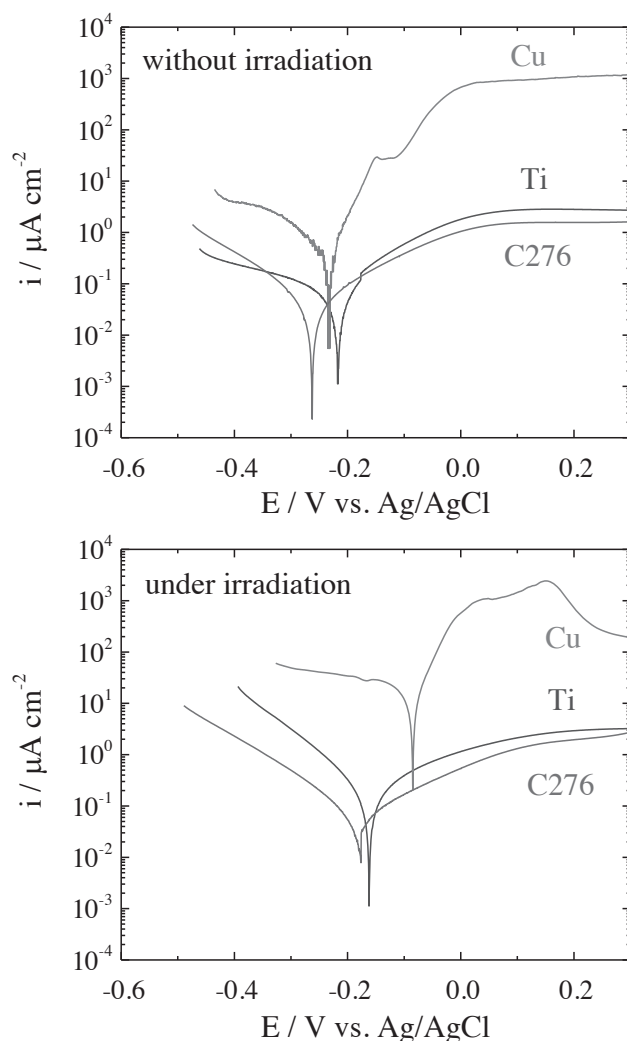


Fig.1 pH8 の溶液中でのガンマ線照射下および非照射下における各種電極の分極曲線

放射線照射下における熱電特性の測定影響

阪府大院工 春元 雅貴*

阪府大地域連携 谷口 良一

(*本研究に関する連絡先：電話（内線）4231、メール mx106007@riast.osakafu-u.ac.jp)

[はじめに] 半導体である熱電材料はその熱電特性に光誘起キャリアあるいは放射線誘起キャリアの影響を受けると考えられる。また、熱起電力の測定は放射線誘起電力や電離空気の影響を受けやすい。これまでの実験では、X線照射下において装置自身が受ける照射影響を調べるとともに、図1に示すように熱電素子の熱起電力により放射線誘起電力が変化することが示唆された。本報告では、X線照射装置及びCo60γ線源を用いてSi(100)基板の照射下での熱起電力をさらに詳しく調べた。

[実験1] 図1に示した熱起電力によってX照射時の放射線誘起電力が変化した結果についてさらに調べるため、試料両端に僅かなバイアス電圧を印加した状態でX線を照射し、その電圧変化を測定した。試料はn型Siを用い、電源には絶縁のためバッテリーを用いた。X線の条件は管電圧60kV、ビーム径約10cm、線量率約100mGy/sとした。結果を図2に示す。図のように放射線照射下では熱起電力かどうかに関係なく、僅かなバイアス電圧により、起電力が変化することがわかった。

[実験2] 大阪府立大学が所有するCo60ガンマ線源を用い、ガンマ線照射下での熱起電力の測定影響を調べた。試料はn型Siを用い、線量率は4Gy/hとした。熱起電力が50μV未満では若干の電圧上昇がみられたが、温度差を大きくし、熱起電力を増加させると測定電圧は減少する傾向がみられた。

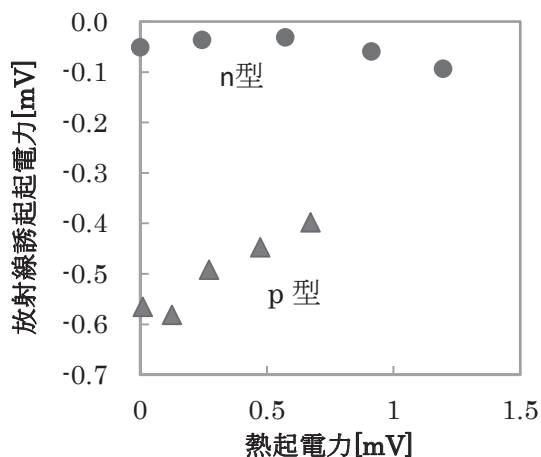


図1 Siの熱起電力による放射線誘起電力変化

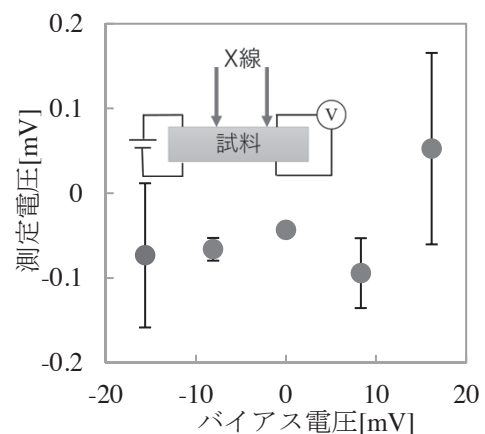


図2 電圧印加による放射線誘起電力変化

本研究に関する研究発表

- 1) 第54回アイソトープ・放射線研究発表会 予稿集 [放射線照射下における熱電素子の応答評価]
春元雅貴、谷口良一 (2017年7月、東京大学弥生講堂) 1a-II-08
- 2) 第78回応用物理学会秋季学術講演会 予稿集 [放射線照射下における熱電素子の応答評価]
春元雅貴、谷口良一 (2017年9月、福岡国際会議場) 5p-A503-15

Raspberry Pi model B+ の放射線への耐性についての調査

阪府大研究推進 松浦寛人

大阪工業大学 宇宙推進工学研究室 田原 弘一教授 八木 隆太

(*本研究に関する連絡先 : proiteres02@gmail.com)

人工衛星を開発するにあたって、放射線の影響を考慮するのは重要なことである。宇宙区間では放射線の影響でシングルイベントが起こり、ビット反転やラッチアップを起こす可能性がある。

搭載予定の計算機がどのくらいの頻度でシングルイベントを起こすのかを知ることで、運用に支障がないか実験した。

ガンマ線照射環境下でのプログラムの起動を確認した。また、試験終了時までプログラムが動き続けていることを確認した。

よって、想定していた計算機は人工衛星への搭載に問題がないことを確認した。



遺伝子欠損株を用いた大気圧プラズマジェット滅菌法の研究

阪府大研究推進 松浦寛人*、古田雅一、坂元仁、土戸哲明

阪府大院工量子放射線工学分野 藤山貴友

京大エネルギー理工学研 門信一郎

(*本研究に関する連絡先：電話（内線）4220、メール matsu@me.osakafu-u.ac.jp)

我々は大気圧プラズマジェットを長いビニールチューブ内部に導入し、プラズマ照射による滅菌効果を調べている。今回、遺伝子操作により活性酸素（スーパーオキシドアニオンおよび過酸化水素）への耐性酵素もたない大腸菌の遺伝子欠損株を用意し、自然株（WILD TYPE）とプラズマ不活化処理の効果の違いを調べた。サンプル設置位置には直接プラズマフレームは接していない。図1はその一例を示す。抗酸化耐性を失ったサンプルはいずれも急速に不活化されている様子がわかる。また、この傾向はプラズマ源からの距離によらず共通であった。

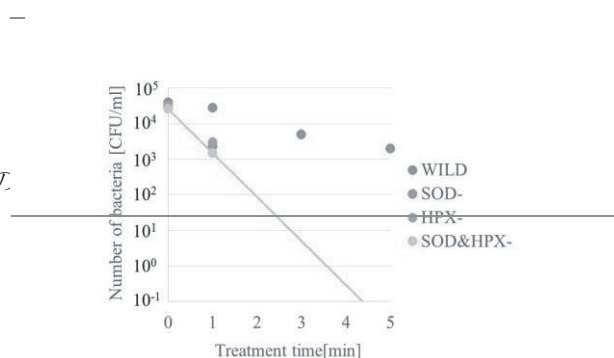
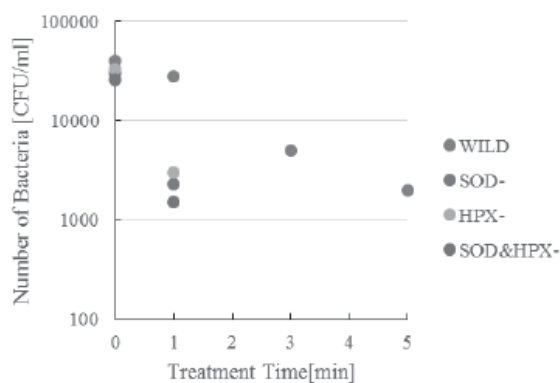
この結果は、プラズマの処理が活性ラジカルのめでの成果である。

参考文献

- 1) "The Effect of Active Radical Production on the Plasm Industry", H.Matsuura, Y.Onishi, S.Kongmany, M.Furuta, K.Imamura, Y.Maeda, S.Okuda, Plasma Medicine 4(1-4), (2014)29-36.

本研究に関する研究発表（原著論文、その他報文、学会等報告）

- 1) "Plasma sterilization mechanism study with mutant bacteria", H.Matsuura, T.Fujiyama, J.Sakamoto, T.Tsuchido, M.Furuta, 13th Asia-Pacific Conference on Plasma Science and Technology, (2016, Shanghai).
- 2) 「大気圧ガスプラズマジェットによる細管中の大腸菌の不活化」, 藤山貴友、坂元仁、松浦寛人、土戸哲明、古田雅一、日本防菌防黴学会第43回年次大会, (2016、品川).



部位特異的にシスプラチン DNA 鎖内架橋をもつプラスミドの作製と 損傷乗り越え DNA 複製の解析

阪府大院理学系研究科分子細胞遺伝学分野 炬口茜*, 福本航大、川西優喜、八木孝司

福岡大学理学部化学科 倉岡功

(*連絡先：電話(内線)4224、メール swc04069@edu.osakafu-u.ac.jp)

【目的】

化学物質や放射線によって生じる DNA 損傷は、細胞死や突然変異生成の原因となる。通常、DNA 損傷は修復されるが、修復される前に複製がおこなわれると、損傷部位が鋳型となるところで複製フォークが停止し細胞死が引き起こされる。これを回避して複製を継続する機構を損傷乗り越え DNA 合成 (Translesion DNA synthesis = TLS) という。TLS には損傷塩基に遺伝的に正しく対をなすような塩基を取り込み突然変異が生じないエラーフリーな経路と、誤った塩基を取り込み突然変異が生じるエラープロンな経路があり、どちらの経路をたどるかは、生じた DNA 損傷とはたらく TLS ポリメラーゼの種類によって異なる。そこで、本研究では DNA 損傷のなかでもシスプラチンによってグアニン間に形成された DNA 鎖内架橋に着目し、それらに対しておこる TLS と突然変異誘発における TLS ポリメラーゼの役割を調べることを目的とする。

【実験方法】

シスプラチン DNA 鎖内架橋を部位特異的にもつ配列を *LacZ* 遺伝子に組み込んだプラスミドを作製し、XP2OS(SV)細胞と各 TLS ポリメラーゼとの二重欠損株に導入し複製させた。正常細胞ではシスプラチンによって形成された DNA 鎖内架橋は NER により修復されるが、本実験で使用する XP2OS(SV)細胞は NER が欠損しているため、DNA 鎖内架橋が取り除かれない。そのため、DNA 損傷をもつ側の鎖を鋳型にして複製が行われると、細胞から回収したプラスミドの *LacZ* 遺伝子の読み枠が正しくなり、大腸菌が Xgal / IPTG を含んだ LB 寒天培地上で青色コロニーを形成する。一方 DNA 損傷をもたない側の鎖を鋳型にして複製が行われると、*LacZ* 遺伝子の読み枠がずれ、大腸菌が白色コロニーを形成する。これらの複製プラスミドの青白コロニーから TLS 頻度を、シーケンス解析から TLS の際に誘発する突然変異の頻度と種類を調べた。

【結果・考察】

Pt-GTG を XP2OS(SV)細胞と、各 TLS ポリメラーゼとの二重欠損株 (Δ Pol η 、Pol κ Δ PIP、 Δ Pol ι)内で複製させた結果、DNA 鎖内架橋をもたない対照のプラスミドに比べて、複製率が低下した。そのため、Pt 架橋が DNA 複製を阻害することがわかった。

本研究に関する学会発表

The 12th International Conference and 5th Asia Congress on Environmental Mutagens, 「Comparative error-free and error-prone translesion DNA synthesis of an intra-strand crosslink formed by cisplatin, in nucleotide excision repair-deficient XP cells lacking TLS polymerases.」

Akane Takenokuchi¹, Kodai Fukumoto¹, Isao Kuraoka², Masanobu Kawanishi¹, Takashi Yagi¹

¹Graduate School of Science, Osaka Prefecture University, ²Fukuoka University

マウス細胞の形質転換時における DNA 修復遺伝子の発現抑制

大阪府立大学・理学系研究科 馬場 亮 川西優喜 八木孝司*

*本研究に関する連絡先：電話（内線）4210、メール yagi-t@riast.osakafu-u.ac.jp)

【背景と目的】

がん細胞は、個々の細胞の増殖が厳密に制御された生体内で突然変異を蓄積していくことで段階的に悪性化し、利己的な増殖を繰り返す。しかし多くの場合、細胞に突然変異のもととなる DNA 損傷が生じて DNA 修復機構がはたらくため、突然変異は蓄積しないはずである。このような生体内で細胞ががん化する 1 つの機構として DNA 修復系遺伝子の不活性化によって、DNA に損傷が残りやすくなり、それが原因となって突然変異がより生じやすくなることが考えられる。そこで本研究では、ICR マウス近二倍体細胞の不死化時、また形質転換時に、ヒト腫瘍細胞で発現低下が報告されている *O*⁶-メチルグアニン修復酵素（MGMT）とミスマッチ修復酵素（MLH1）がどの程度不活性化されるのかを調べた。

【方法と結果】

単層増殖能と接触阻止能があるマウス不死化二倍体細胞 m5S に三酸化二ヒ素 (As_2O_3) を単独処理、もしくはホルボール 12-ミリスタート 13-アセタート (TPA) と共処理することで細胞を形質転換した。そして形質転換しフォーカスを形成した細胞を単離した。その細胞を用いて、定量的リアルタイム PCR 法を行った結果、形質転換細胞において MGMT と MLH1 の発現低下が認められた。また、形質転換細胞の増殖の様子を m5S 細胞と比較したところ、形質転換細胞は m5S 細胞よりも増殖能が高いことが分かった。これは形質転換細胞の接触阻止能の喪失を示唆する。その後、形質転換細胞に対して *N*-メチル-*N*-ニトロソウレア (MNU) を処理することで細胞内に突然変異を蓄積させ、細胞を悪性化させることができると考え、形質転換細胞に対し、2 ヶ月半にわたって MNU を処理した。そして樹立した悪性化細胞においても定量的リアルタイム PCR 法による MGMT の発現解析と増殖能の評価を行った。その結果、多くの悪性化細胞において ICR マウス由来細胞や m5S 細胞および形質転換細胞よりも増殖能が高いことが確認され、MGMT の発現低下も認められた。

【今後の予定】

悪性化細胞の MLH1 の発現解析を行った後、その細胞を用いて次世代シーケンサーによる RNA-seq 解析を行い、DNA 修復遺伝子を含めた他のがん関連遺伝子の発現が低下していないかどうか調べる。それと共に、MGMT と MLH1 の発現低下の原因がプロモーターのメチル化か突然変異かを、プロモーター領域のバイサルファイトシーケンシングや、コーディング領域のシーケンシングによって調べる。そして最後には、樹立した悪性化細胞を軟寒天中でコロニー形成させ、それらを ICR マウスに移植して、悪性化細胞の腫瘍形成能を調べた後、細胞の悪性化に至るいくつかの段階でどのような DNA 修復遺伝子の発現が変化するかを調べていく予定である。

ラット間葉系幹細胞の光増感色素固定化基材への接着と 光照射による細胞死誘導条件の解析

阪府大院理 生物科学 細胞組織工学 八木 秀郁、森 英樹、原 正之*

(*本研究に関する連絡先：電話（内線）3602、メール hara@b.s.osakafu-u.ac.jp)

【緒言】間葉系幹細胞は骨、脂肪、軟骨細胞への多分化能を有することから骨疾患治療や創薬研究に利用されている。このような幹細胞の培養プロセスにおいて余分な細胞を除去する技術は一定の品質を確保する上で重要である。本研究では光増感反応を利用して単層培養している間葉系幹細胞を部分的に細胞死誘導する技術を開発することを目的としている。光増感反応とは、光増感剤に特定の波長の光を照射し、その光エネルギーで励起された光増感剤が周囲の酸素分子と反応して活性酸素種（Reactive oxygen species : ROS）を発生させる反応である¹⁾。この反応で発生する ROS は細胞の除去に応用できる。そこで、本研究では光増感反応に基づいて培養底面からの ROS を生じる培養基材を開発し、その培養基材上で誘導される細胞死について解析した。

【実験】光増感色素である Hematoporphyrin (HP) を、アミノ基が付加された MAS コートスライドガラス表面にカルボジイミド (EDC) とスクシンイミド (NHS) の反応を用いて固定した。分光光度計で HP 固定化スライドガラスの吸収スペクトルを測定した。また、*p*-ニトロソジメチルアニリン (RNO) 法を用いて光照射による ROS の発生を確かめた。HP 固定化スライドガラス上での細胞培養のためにチャンバーを取り付け、ラット骨髄由来間葉系幹細胞 (rMSC) を培養した²⁾。本実験では平面照射型白色 LED 光をスライドガラスに照射し、光増感反応によって ROS を発生させ、培養底面から細胞に酸化ストレスを与えた。

【結果および考察】HP と反応させたスライドガラスの吸収スペクトルは HP に特徴的な Soret 帯及び Q 帯の吸収が見られ、HP が固定化されていることを確認した。また、HP 固定化量や光照射時間の違いに応じた ROS の発生量の差が確認できた。HP を固定化したスライドガラス上に、rMSC は接着し、光照射を行うことで細胞死が誘導された。HP の固定化量および光照射時間の長さによって細胞死に至る様子は異なった。ROS の発生量が比較的多い HP 固定化量が多い条件では、短時間で細胞死が誘導され死細胞の細胞体が培養底面に接着したまま残った。一方、ROS 発生量が比較的小さい場合、細胞はゆっくりと形態を変化させ、培養底面から剥がれて細胞死に至った。以上の結果より、培養底面からの光増感反応に基づいた ROS 発生は、間葉系幹細胞に細胞死を誘導し、細胞の部分的除去およびパターンニング技術への応用が期待できる方法であることが示唆された。

参考文献

1) Neural stem/progenitor cells damaged by reactive oxygen species evolved by photosensitizing reaction,

Hideki Mori, Yosuke Yoshida, Masayuki Hara, *Neuroscience Letters*, (2011) 493, 24-28.

2) Gamma-cross-linked nonfibrillar collagen gel as a scaffold for osteogenic differentiation of mesenchymal stem cells, Takako Takitoh, Masahiko Bessho, Motohiro Hirose, Hajime Ohgushi, Hideki Mori, Masayuki Hara, *Journal of Bioscience and Bioengineering* (2015) 119, 217-225.

本研究に関する研究発表（原著論文、その他報文、学会等報告）

1) Clusters of neural stem/progenitor cells cultured on the soft poly (vinyl alcohol) hydrogel crosslinked by gamma-irradiation, Hideki Mori, Masayuki Hara, *J. Biosci. Bioeng.* (2016) 121, 584-590.

2) Neural stem/progenitor cells cultured on the Matrigel-immobilized polyacrylate-grafted polyamide mesh, Masanori Fujita, Ryosuke Naka, Hideki Mori, Masayuki Hara, 9th International Conference on Fiber and Polymer Biotechnology (IFPB2016), Sept. 7-9, 2016, Osaka-Seikei College., Osaka, Japan)

3) 光増感反応で生じた活性酸素種がラット間葉系幹細胞の分化へ及ぼす影響、城田祐介、森英樹、原正之、第 68 回日本生物工学会大会 (2016 年 9 月 28 日-30 日、富山市、富山国際会議場)

4) 紫外線照射コラーゲンゲル上で培養した脳毛細血管内皮細胞におけるインテグリン遺伝子の発現解析、土岐麻菜、佐藤綾香、森英樹、原正之、第 68 回日本生物工学会大会 (2016 年 9 月 28 日-30 日、富山市、富山国際会議場)

5) ポリアミド繊維上における神経幹細胞／前駆細胞の接着と三次元的な伸展、森英樹、藤田雅徳、原正之、第 68 回日本生物工学会大会 (2016 年 9 月 28 日-30 日、富山市、富山国際会議場)

6) 光増感色素固定化培養基材を用いた LED 光照射によるラット間葉系幹細胞の細胞死誘導、八木秀郁、森英樹、原正之、日本バイオマテリアル学会 関西ブロック第 12 回若手研究発表会 (2017 年 8 月 31 日、奈良市、奈良女子大)

X線誘発テロメア不安定化の機構解析

大阪府大・院・理・生物科学・放射線生物 坂本佳美、白石一乗、児玉靖司*

(*本研究に関する連絡先：電話(内線)4240、kodama@riast.osakafu-u.ac.jp)

[背景と目的]

放射線によるテロメア不安定化は、染色体不安定化の要因として注目されている。テロメア配列を標的としたFISHを用いると、通常染色体あたり4個のドット状のテロメアシグナルが検出される。本研究では、X線照射によってテロメアシグナル数に異常が生じることに着目し、その誘発メカニズムについて探るために、酸化ストレスや複製ストレスとの関連性について調べた。

[材料と方法]

マウス胎児線維芽細胞にX線照射(0.2Gy、0.3Gy、0.4Gy、0.5Gy)し、照射2~3時間後にM期細胞を回収した。染色体標本を作製し、テロメアFISHによりテロメアシグナルを検出した。テロメアシグナル異常として染色体あたりの過剰(5個以上)数と欠失(3個以下)数を計測した。また、酸化ストレスの関与を調べるため、酸化剤として過酸化水素を用いた。過酸化水素処理は100 μM、200 μMの過酸化水素を含む培地で1時間培養後、染色体標本を作製してテロメアシグナル異常解析を行った。さらに、複製ストレスの関与を調べるために、DNA複製阻害剤であるアフィジコリン処理を行った。アフィジコリン処理では、0.2 μMのアフィジコリンを含む培地で16時間培養した後、テロメアシグナル異常解析を行った。

[結果と考察]

これまでに、X線照射によりテロメアシグナル異常のうち、過剰のみが有意に($p < 0.0001$)誘発されることがわかった。さらに、アスコルビン酸(AsA)を照射前に処理すると、X線によるシグナル過剰の誘発は抑制された。このことは、X線誘発テロメアシグナル異常に酸化ストレスが関与していることを示唆している。そこで、細胞に過酸化水素を処理したところ、X線被ばくの場合と同様に、テロメアシグナル過剰のみが誘発されることがわかった。このことは、X線によるテロメアシグナル異常が、過酸化水素処理によって生じるものと同様のラジカルによってテロメアに誘発される酸化損傷に由来することを示唆している。また、アフィジコリンを処理することにより、テロメアシグナル過剰が生じることがわかった。このことより、X線によって生じたテロメアシグナル過剰にも複製ストレスが関わっている可能性が示唆された。現在の実験データだけでは実証は不十分であるが、X線によって生じた酸化ストレスがテロメア部位に酸化損傷を引き起こし、それが複製ストレスとなり、テロメアシグナル過剰を生じさせているかもしれない。

本研究に関する研究発表

坂本佳美、白石一乗、児玉靖司、X線誘発テロメアシグナル異常への酸化ストレスの関与、日本放射線影響学会第60回大会講演要旨集、p118、千葉市、2017年。

X線及び紡錘糸形成阻害剤ノコダゾールによる誘発小核の運命追跡

大阪府大・院・理・生物科学・放射線生物 富野菜央、白石一乗、児玉靖司

大阪府大・院・生命・応用分子生物 杉本憲治

(*本研究に関する連絡先：電話（内線）4240、kodama@riast.osakafu-u.ac.jp)

[背景と目的]

小核は、染色体1～数本、または染色体断片を含む主核より小さな核であり、娘細胞核への分配に失敗した染色体や染色体断片がその起源となる。小核の運命についてはまだ不明なことが多く、例えば、小核の主核への「再取込み」現象は、chromothripsis とよばれる大規模な染色体組換えの原因となる可能性が示唆されているが詳細な機構は明らかではない。本研究では、X線、及び紡錘糸形成阻害剤ノコダゾールで誘発した小核に着目し、ライブセルイメージングを用いてその運命を追跡することにより、両者によって誘発される小核の主核への再取込み頻度について解析した。また、小核内でのDNA2本鎖切断(DSB)が、主核細胞の細胞周期において経時的にどのように蓄積するのかを明らかにするために、ノコダゾールで小核を誘発した細胞を用いて、DSB蓄積小核の出現頻度とDNA周期との関係を調べた。

[材料と方法]

- (1) マウス m5S 細胞に小核誘導し、ライブセルイメージングにより72時間撮影した。小核は、ノコダゾール(終濃度100 ng/ml)で6時間処理、もしくはX線照射(2Gy)で誘導した。
- (2) ノコダゾール誘発小核のDSB蓄積と細胞周期について免疫染色によって解析した。前述と同様にノコダゾールを処理し、小核誘導と細胞周期同調を行った。同調培養直後と12～30時間にかけて3時間毎に細胞を固定し、 γ -H2AX陽性小核とBrdU陽性主核の陽性率を計測した。

[結果と考察]

ライブセルイメージングの結果、ノコダゾール誘発小核含有細胞において、小核の主核への再取込みが20%(2/10系統)の細胞で起こっていることが分かった。一方、X線誘発小核においては、主核への再取込みは見られなかった。また、DNA合成期細胞の出現頻度は、分裂期からリリース後15時間でピークを示し、その後次第に減少した。一方、DSB含有小核の出現頻度は、少し遅れて24～30時間後にピークとなった。このことは、小核にみられるDSBは、主核細胞がDNA合成後期からG2期のタイミングで蓄積することを示している。小核では、主核に比べて細胞周期が遅延していることが示唆されていることを考慮すると、小核でのDSBは早期染色体凝縮によって引き起こされた可能性がある。したがって、ノコダゾールによって誘発した小核ではDSBが蓄積し、この小核が主核に取り込まれることで主核ゲノムの不安定化を引き起こす可能性がある。一方、本研究とは異なり、p53変異型細胞を用いた同様の先行研究においては、X線誘発小核の再取込みが確認されていることから、小核の取り込みとp53タンパク質の関連性について今後調べる予定である。

本研究に関する研究発表(原著論文、その他報文、学会等報告)

富野菜央、白石一乗、杉本憲治、児玉靖司、小核でのDNA2本鎖切断蓄積タイミングの解析、日本放射線影響学会第60回大会講演要旨集、p120、千葉市、2017年。

アストロサイトの DNA2 本鎖切断修復に関する解析

大阪府大・院・理・生物科学・放射線生物 泉谷彬元、白石一乗、児玉靖司

(*本研究に関する連絡先：電話(内線)4240、kodama@riast.osakafu-u.ac.jp)

【背景と目的】

一般に細胞の放射線感受性は、1) 細胞分裂頻度の高いものほど、2) 将来の分裂回数が多
いものほど、3) 形態及び機能が未分化なものほど高いという事実があり、これをベルゴニ
ー・トリボンドーの法則という。したがって、神経系細胞における放射線感受性は、未分化
細胞である神経幹/前駆細胞 (NSPC) では高く、分化細胞であるアストロサイトでは低いと
予想される。アストロサイトは、脳の構造維持、シナプス周辺でのイオン環境維持、並びに
血液脳関門などにおいて役割を担う細胞であり、近年では、脳機能の制御にも役割を果たし
ていることが報告されている。しかしながら、アストロサイトの DNA 損傷修復に関する研
究報告は少ない。そこで本研究は、アストロサイトにおける X 線による DNA 2 本鎖切断
(DSB) の修復動態とアポトーシス誘導について調べた。

【材料と方法】

- 1) DNA 2 本鎖切断 (DSB) の検出マーカーとして、リン酸化ヒストン H2AX (γ -H2AX) を用いた。蛍光免疫染色法により、細胞当たりの DSB 数を γ -H2AX フォーカス数として定量化し、X 線照射後のアストロサイトとニューロンの DSB 修復動態を比較した。
- 2) アポトーシスは、DAPI 染色で核が凝集した細胞を計測した。これを用いて、X 線誘発アポトーシスをアストロサイトとニューロンで比較した。また、フローサイトメトリーにより、サブ G1 フラクシオンを定量してアポトーシス誘導を計測した。
- 3) 過酸化水素処理による DSB 修復動態とアポトーシス誘導を前述した方法で調べた。

【結果と考察】

アストロサイト、及びニューロンにおいて、X 線誘発 DSB は照射 0.5 時間後に増加し、その後修復時間と共に減少して 24 時間後にはほぼ未照射レベルになった。この DSB 修復動態に細胞間での相違はみられなかった。一方、アポトーシスは、ニューロンでは 6 時間後に誘発率 60%に達し、24 時間後も持続して誘発された。これに対し、アストロサイトでは有意な誘発はみられなかった。すなわち、アストロサイトとニューロンは、どちらも分化細胞であるにも関わらず、両者には放射線感受性に違いがあり、前者は後者に比べ放射線抵抗性であることが示唆された。この結果は、ベルゴニー・トリボンドーの法則に当てはまらないものである。そこで、過酸化水素による DSB 修復動態を調べたところ、アストロサイトとニューロンでほぼ同じ応答であった。一方、過酸化水素によるアポトーシスを調べたところ、処理 6 時間後にニューロンとアストロサイトで誘発率の上昇がみられた。アストロサイトは、X 線誘発アポトーシスには抵抗性であるが、過酸化水素によるアポトーシスには感受性であることがわかった。このような相違がなぜ生じるのかは、現在のところ不明である。

胎児期のマウス脳組織における X 線誘発 DNA2 本鎖切断修復動態

大阪府大・院・理・放射線生物学分野 尾家彩加、白石一乗、児玉靖司

(*本研究に関する連絡先：内線 4240、kodama@riast.osakafu-u.ac.jp)

【背景と目的】

マウス胎児脳組織の放射線感受性に関しては、胎齢期によって感受性が異なることがこれまで示唆されている。しかし、胎児期のマウス脳組織に多く含まれている神経幹/前駆細胞の放射線誘発 DNA2 本鎖切断 (DSB) を測定する際には、脳組織から神経幹/前駆細胞を分離培養して、ニューロスフェアを形成させる必要がある。この場合、*in vivo* での修復動態をどの程度反映するのかが不明となる。そこで本研究は、妊娠マウスを X 線照射後、胎児マウスの脳組織から神経幹/前駆細胞を採取し、培養を介さずにフローサイトメーターを用いて直接計測する方法を用いて、胎齢期のマウス脳組織における DNA2 本鎖切断修復動態を解析した。

【材料と方法】

胎齢 14.5 日の ICR マウス胎児に X 線を 2 Gy 照射した後、胎児脳組織の線条体由来細胞を回収し、フローサイトメーターによる解析を行った。DSB を検出するためにリン酸化ヒストン H2AX(γ -H2AX)に対する蛍光抗体を用い、細胞あたりの γ -H2AX 蛍光強度を測定した。また、幹細胞マーカーとして SSEA-1 を用いた。フローサイトメーターによる解析に加えて組織染色を行うことにより、線条体組織断面における DSB 集積部位を検出した。この解析では、DSB の検出に 53BP1(Ser 25)に対する抗体と神経細胞マーカーとして β III-tubulin を使用した。

【結果・考察】

フローサイトメーターを用いた実験系では、幹細胞マーカーである SSEA-1 と γ -H2AX の両方に陽性を示す細胞フラクションを検出した。その結果、0~2Gy の線量域において、DSB 数の線量依存的増加が確認され、この検出系が DSB 数計測法として有用であることが分かった。また、DSB 数は照射後 1 時間でピークを示し、24 時間後には未照射レベルまで減少した。一方、ニューロスフェア形成を介した *in vitro* 照射による DSB 検出では、照射後 0.5 時間でピークとなり 24 時間後に未照射レベルまで減少することから、*in vivo* とは DSB 数のピークを示す照射後時間がずれることが分かった。組織染色による DSB 検出においても、線条体の神経幹/前駆細胞が存在する部分で照射後に DSB が検出され、24 時間後には減少することが明らかとなった。

本研究に関する研究発表 (原著論文、その他報文、学会等報告)

白石一乗、尾家彩加、児玉靖司、胎児期のマウス脳組織における X 線誘発 DNA2 本鎖切断修復動態、日本放射線影響学会第 60 回大会要旨集、p158、千葉市、2017 年

酵母を用いた重金属のバイオアッセイ法の確立

大阪府立大学 理学系研究科 西村元志、水谷結、原島小夜子、川西優喜、八木孝司*

(*本研究に関する連絡先：電話（内線）4210、メール yagi-t@riast.osakafu-u.ac.jp)

緒言

重金属は一般に体内に蓄積して、人体に様々な影響与えることが知られている。これらの重金属は鉱山・精錬所、製品の製造工場などから排煙や排水とともに環境中に排出され、河川や土壌を汚染しているため、世界中で健康被害が深刻な問題となっている。代表的な重金属の検出法として機器分析法があるが、機器分析法は特殊な技術や分析機器を必要とする上、時間と費用の負担も大きいという問題がある。本研究では、重金属の検出が可能なレポーターアッセイ酵母を作製し、アッセイ方法を最適化するとともに、環境試料からの重金属検出を試み、簡便迅速な一次スクリーニング系としての酵母レポーターアッセイ法の有用性を評価した。

実験方法

重金属化合物により発現が誘導されることが知られている4つの出芽酵母の遺伝子 (*JLP1*、*SEO1*、*CUP1*、*GSH1*) のプロモーターをPCRで増幅し、その下流に大腸菌 *lacZ* 遺伝子を組み込んで、レポータープラスミドを構築した。これらを酢酸リチウム法により野生株酵母 W303a に導入して、重金属応答酵母を樹立した。19種類の重金属化合物を用いたレポーターアッセイ法により、作製した酵母の重金属応答性を確認した。また、重金属化合物の酵母に対する細胞毒性も調べた。培地を加えた96穴マイクロプレートの各ウェルに滅菌水に溶解した重金属化合物または河川水の濃縮試料の希釈液を添加し、菌体数を調整したアッセイ酵母菌液を培地に加え、30℃で18時間培養した。細胞毒性は重金属曝露の前後の菌体数(濁度)の変化から相対増殖抑制率(Relative growth inhibition)を算出して調べた。新しいプレートにONPGを含む発色液と被験物質で処理した酵母菌液を加え、37℃で2時間インキュベートし、レポーター活性(Increase of induction)を測定した。

結果と考察

19種類の重金属化合物は酵母に対して異なる細胞毒性を示し、10種類の重金属がいずれかの酵母でレポーター遺伝子の発現を誘導した。*JLP1-lacZ* 発現酵母、*SEO1-lacZ* 発現酵母はカドミウムに対して、*CUP1-lacZ* 発現酵母は銅や銀に対して特に高いレポーター活性を示した。さらに銅含有量が高いと報告されている兵庫県多田銀銅山周辺の河川水の濃縮試料に *CUP1-lacZ* 発現酵母が高い応答を示した。このことから本アッセイ法は重金属による環境汚染評価に有用な簡便迅速で安価な一次スクリーニング系として期待できる。

参考文献

1) Ito-harashima, S., Mizutani, Y., Nishimura, M., Kim, H. J., Kim, Y. J. (2017) A pilot study for construction of a new cadmium-sensing yeast strain carrying a reporter plasmid with the *JLP1* promoter. *The Journal of Toxicological Sciences*. **42** (1): 103-109.

セレギリン塩酸塩ならびに関連物質のモノアミントランスポーターへの親和性 および再取り込み阻害活性

エフピー株式会社 西村哲也、高畑和恵、塚本由夏、卜部和則

大阪府立大学理学系研究科 川西優喜、八木孝司*

(*本研究に関する連絡先:電話(内線)072-254-9862(4210)、メール yagi-t@riast.osakafu-u.ac.jp)

ドーパミントランスポーター (DAT)、ノルエピネフリントランスポーター (NET) およびセロトニントランスポーター (SERT) は、主に各モノアミン作動神経終末の細胞膜上に局在している。これらのモノアミントランスポーター (MAT) は、シナプス間隙に遊離された神経伝達物質を神経終末へ再取り込みし、シナプス前および後受容体活性化の持続時間の制御、周辺シナプスへの拡散の制限、代謝を免れた神経伝達物質の再利用を担っており、神経間のシグナル伝達の制御に重要な役割を担っている。

パーキンソン病は安静時振戦、筋強剛、無動、姿勢反射障害などの運動症状を特徴とする一方、うつ、認知機能障害などの非運動症状も高頻度に併発する。病理学的にも黒質線条体ドーパミン (DA) 神経の変性・脱落による線条体 DA 量の低下に加え、非ドーパミン神経系の機能障害が報告されている。セレギリン塩酸塩は、B型モノアミン酸化酵素阻害作用による DA 代謝抑制に加え、DA 再取り込み阻害作用を有することから、シナプス間隙の DA 濃度を効率的に増加させることにより、運動症状を改善すると考えられている。MAT は抗うつ薬のターゲット分子であることから、セレギリン塩酸塩の MAT への親和性を修飾することにより、パーキンソン病患者での運動症状の改善に加え精神症状に対する効果が期待できる。本研究はモノアミン再取り込み阻害活性の評価系を用いて、セレギリン塩酸塩関連物質の MAT への親和性に関する構造活性相関を行うことを目的とする。

モノアミン再取り込み阻害活性の評価系には、これまでラット脳シナプトソームを用いてきたが、MAT のアミノ酸配列には種差が存在することから、薬物のモノアミン再取り込み阻害活性の評価に影響する可能性が考えられる。今回、ヒト MAT を安定発現させた HEK293 細胞を用い、薬物のモノアミン取り込み阻害活性を測定し、ラット脳シナプトソームでの結果と比較した。hDAT 発現細胞において、DAT 阻害薬である GBR-12935 の $[^3\text{H}]\text{DA}$ 取り込み阻害の IC_{50} 値は 23.8 nM であり、ラット脳シナプトソームでの IC_{50} 値 (25.8 nM) とほぼ一致した。hNET 発現細胞において、NET 阻害薬である Nomifensine の $[^3\text{H}]\text{Norepinephrine}$ 取り込み阻害の IC_{50} 値は 27.3 nM であり、ラット脳シナプトソームでの値 (30.8 nM) とほぼ一致した。また、hSERT 発現細胞において、SERT 阻害薬である Fluoxetine の $[^3\text{H}]\text{Serotonin}$ 取り込み阻害の IC_{50} 値は 23.3 nM であり、ラット脳シナプトソームでの値 (160 nM) より低値を示した。以上より、ラット脳シナプトソームを用いた薬物のカテコールアミン再取り込み阻害活性評価には、種差による影響の少なく、ヒトに外挿可能な評価系であることが示唆された。

現在、関連物質の取り込み阻害活性の評価を実施し、構造活性相関について評価している。

植物におけるオーキシン極性移動制御機構に関する生理化学的研究 (II)

大阪府立大学・高等教育推進機構 宮本 健助*

大阪府立大学大学院・理学系研究科 上田 純一

(*本研究に関する連絡先：電話 (内線) 3872、メール miyamoto@las.osakafu-u.ac.jp)

オーキシン (Indole-3-acetic acid, IAA) は、Darwin らによる光屈性研究に端を発し、発見された植物ホルモンである。この IAA は、主に茎頂分裂組織や若い葉で合成され、茎の中を求底的に極性移動しつつ多面的成長・発達の制御に重要な役割を担っている。IAA 極性移動には細胞の反極性側の原形質膜上に存在する IAA 取り込みキャリアと極性側の原形質膜に配置する排出キャリアが重要な役割を果たしている。我々は、IAA の極性移動制御の分子機構や生理作用機構の解明を目的に、(1) ~ (3) の研究を展開した。成果概要は以下の通りである。

(1) *Bryophyllum calycinum* における IAA による二次離層形成誘導: *Bryophyllum calycinum* の茎切片中央部に IAA を投与すると、投与部位の上部に二次的な離層が形成されることと、投与部の上部で老化が誘導される新規の現象を見出した。これらの現象は切片上部切り口からの IAA 投与によって抑制された。高濃度 IAA はエチレン生成を誘導することから両ホルモンの相互作用による二次離層形成制御の可能性を示唆した。

(2) 重力屈性制御機構: 重力応答が正常な Alaska と重力応答突然変異体 *ageotropum* エンドウ芽生えを対象とし、重力刺激に応答して質的・量的変動を示す生理活性物質の探索を試み、重力屈性刺激誘導性生長抑制物質として β -(Isoxazolin-5-on-2yl)-alanine の同定に成功した。

(3) 天然型 IAA 極性移動制御物質の探索: 多様な二次代謝産物を含むキク科植物のモッコウおよびビャクジツを対象に、放射性 IAA とダイコン胚軸切片を用いた生物検定法を駆使して IAA 極性移動制御物質の探索を行い複数の化合物の単離に成功した。現在、その化学構造の解明を試みている。

本研究に関する研究発表

1) 原著論文

Saniewski M., Goraj-Koniarska J., Gabryszewska E., Miyamoto K., Ueda J.: Auxin effectively induces the formation of the secondary abscission zone in *Bryophyllum calycinum* Salib. (Crassulaceae). *Acta Agrobotanica* 69(3): 1660, doi:10.5586/aa.1660 (2016)

Ueda J., Saniewski M., Miyamoto K.: Chapter 8. Auxin, One Major Plant Hormone, in Soil. *In: Bioactive Compounds in Agricultural Soils.* (Szajdak L. W. ed.), Springer (ISBN 978-3-319-43106-2), pp. 175-206 (2016)

宮本健助、岡 真理子、上田英二、上田純一: 植物の成長戦略と重力—自発的形態形成と頂芽優勢の観点から—。 *Space Utilization Research* 30: G-39, <http://repository.exst.jaxa.jp/dspace/handle/a-is/561715> (2016)

2) 学会報告等

- 宮本健助、岡 真理子、上田英二、上田純一：植物の成長戦略と重力—自発的形態形成と頂芽優勢の観点から—。第30回宇宙環境利用シンポジウム（相模原、2016年1月19・20日）
- Hayashi N., Miyamoto K., Uheda E., Ueda J., Oka M. : Auxin polar transport and graviresponse in etiolated maize seedlings. 日本植物生理学会大会（岩手、2016年3月18日～20日）
- 村山忠隆、上田英二、上田純一、宮本健助：黄化エンドウ芽生え上胚軸の成長・発達およびオーキシン極性移動は、過重力刺激に対して極めて耐性である。第6回植物生理化学会シンポジウム（大阪・堺、2016年7月23・24日）
- 岡田一穂、戸田雄太、繁森英幸、上田純一、宮本健助：天然型オーキシン極性移動阻害物質であるデヒドロコスタスラクトンの生理作用およびその作用機構。（同上）
- 大宮由芽、長谷川 剛、山田小須弥、宮本健助、上田純一、長谷川宏司、繁森英幸：エンドウ (*Pisum sativum* L.) 芽生え由来の β 複素環アラニン化合物による重力屈性機構の解明。（同上）
- 村山忠隆、上田純一、宮本健助：黄化エンドウ芽生え上胚軸の成長・発達およびオーキシン極性移動に対する重力刺激の影響：特に過重力刺激の観点から。日本植物学会第80回大会（沖縄、2016年9月15日～18日）
- 岡田一穂、戸田雄太、上田純一、宮本健助：黄化芽生えにおける天然型オーキシン極性移動阻害物、デヒドロコスタスラクトンの生理作用。（同上）
- Ueda J., Miyamoto K., Uheda E., Oka M., Kamada M., Shimazu T., Higashibata A. : Altered auxin polar transport is essentially related to morphogenesis in response to changed gravity conditions in etiolated pea seedlings. AMS2016 (11th Asian Microgravity Symposium-2016) (Hokkaido, 2016年10月25日～29日)
- Murayama T., Oka M., Uheda E., Ueda J., Miyamoto K. : Growth and auxin polar transport in etiolated pea seedlings under hypergravity conditions. (同上)
- 林 直哉、宮本健助、上田純一、岡 真理子：植物の姿勢制御におけるオーキシン極性移動の役割—カルシウムイオン動態の関与。日本宇宙生物科学会第30回大会（愛知、2016年10月13日～15日）
- 鎌田源司、藤高弥生、宮本健助、上田純一、嶋津 徹、東端 晃：オーキシン排出キャリア抗体を用いたエンドウ芽生え形態形成の解析。（同上）
- 岡 真理子、林 直哉、宮本健助：黄化エンドウ芽生え上胚軸の姿勢制御におけるオーキシン極性移動の役割—特にカルシウムイオン動態の観点から—。植物化学調節学会第51回大会（高知、2016年10月28日～30日）
- 戸田雄太、岡田一穂、浅見留依、繁森英幸、上田純一、宮本健助：キク科薬用植物中の天然型オーキシン極性移動制御物質の探索とその作用機構。（同上）

酵母 *Saccharomyces cerevisiae* の酸化ストレスにおけるカタラーゼとトレハロースの役割

阪府大院生環応生 西本琢登、岸田正夫

阪府大研究推進 古田雅一

阪府大院工量子放射線 TUAN ANH DO

(*本研究に関する連絡先：電話（内線）4642、メール masyksd@biochem.osakafu-u.ac.jp)

〔目的〕

酵母 *S. cerevisiae* では、放射線の間接作用で発生する活性酸素種 (ROS) からの細胞防護に対して 2 種類あるカタラーゼのうち Catalase T が主に機能することを昨年度の本学会大会において報告している。しかしながら、Catalase T 以外にも関与する因子が示唆されていた。一方、トレハロースは、*S. cerevisiae* において熱ショックや ROS を介する細胞毒性に対してラジカルスカベンジャーとして機能することで生存に重要な役割を担っているとの報告がある¹⁾。そこで、放射線曝露等により発生した ROS に対する防護機能について、*S. cerevisiae* のカタラーゼの活性量変化とトレハロースの蓄積量変化をもとに両者の役割を解明することを目的とした。

〔方法〕

使用菌株は *S. cerevisiae* 野生型株 BY4741 とその 2 種のカタラーゼ遺伝子の片方を欠失した株 Δ cta、 Δ ctt、両方とも欠失した株 Δ cta-ctt、およびトレハロース合成酵素遺伝子を欠失した株 Δ tps1 を用いた。これらの株を Glucose-yeast extract-peptone (GYE) 培地で 30°C、24 時間培養後集菌し、過酸化水素処理後および γ 線照射後の菌体生残率、カタラーゼ活性、細胞内トレハロース量を測定した。そして各遺伝子の変異が与える影響を解析した。

〔結果〕

各欠損株に対する酸化ストレスの影響を解析するために、 H_2O_2 処理後の生残率を測定した。その結果、 Δ ctt、 Δ cta-ctt の生残率は野生株と比べて著しく低下し、10 mM 以上の H_2O_2 処理で生残の確認ができなかった。一方、 Δ cta の生残率は野生株との差がほとんど認められなかった。 Δ tps1 の生残率は野生株と比べ少し低下するが Δ ctt や Δ cta-ctt ほどの劇的な低下は認められなかった。各変異株の 24 h 培養時のカタラーゼ活性の測定を行った結果、 Δ ctt、 Δ cta-ctt ではカタラーゼ活性も低下していたが、 Δ tps1、 Δ cta では野生株の 2 倍程度にカタラーゼ活性が上昇した。この結果から H_2O_2 処理による Δ ctt、 Δ cta-ctt の生残率の低下はカタラーゼ活性、特に Catalase T 活性の低下に起因することが示唆された。しかしながら Δ tps1 の少しの生残率の低下の原因はわからなかった。そこで各変異株の 24 h 培養時のトレハロース含量を測定した。その結果、 Δ tps1 では細胞内トレハロース量が低下しており、

その $\Delta tps1$ の生残率低下はトレハロース量低下によるラジカル消去能低下の影響であることが示唆された。一方、 Δcta 、 Δctt 、 $\Delta cta-ctt$ は野生株に比べ2倍程度の細胞内トレハロース量の増加が認められた。この原因は明らかではないが、 H_2O_2 処理による酸化ストレスからの酵母細胞の防護には、CatalaseTの活性化と細胞内へのトレハロースの蓄積が協調して関係している可能性が示唆された。現在、放射線照射後についても解析を進めている。

参考文献

1) Benaroudj N. et al. : *J. Biol. Chem.* 276: 24261–24267 (2001)

本研究に関する研究発表（原著論文、その他報文、学会等報告）

1) **Roles of catalase and trehalose in protection from hydrogen peroxide toxicity in *Saccharomyces cerevisiae***, Takuto Nishimoto, Takeru Watanabe, Masakazu Furuta, Michihiko Kataoka, Masao Kishida, *Biocontrol Sciences*, 21(3) 179-182 (2016)

2) **Isolation and Characterization of a Variant Manganese-resistant Strain of *Saccharomyces cerevisiae***, Tuan Anh Do, Toshio Sakai, Masao Kishida, Masakazu Furuta *Biocontrol Sciences* 21(4), 253-260 (2016)

3) Roles of catalase and trehalose in the protection from toxicity of hydrogen peroxide in *Saccharomyces cerevisiae*, Takuto Nishimoto, Takeru Watanabe, Tuan Anh Do, Masakazu Furuta, Masao Kishida, 14th International Conference on Yeasts (ICY2016), 11-15 September 2016 at Awaji Island in Japan

4) 酵母 *Saccharomyces cerevisiae* の酸化ストレスにおけるカタラーゼとトレハロースの役割、西本琢登、TUAN ANH DO、古田雅一、岸田正夫、日本防菌防黴学会第42回年次大会（2016年9月、東京）

低エネルギー電子線発生装置を用いた滅菌検証

大阪府立大学 研究推進機構・放射線研究センター 古田雅一、
21世紀科学研究センター・微生物制御研究センター 土戸哲明
日立造船(株) 福田直晃 吉良典子、長谷川剛史、生杉浩一、上野絵理、宇野愛、
岡本拓也、平野知子

(*本研究に関する連絡先：電話 (内線) 3542 or 3590、メール mfuruta@b.s.osakafu-u.ac.jp)

日立造船(株)が研究開発を行った低エネルギーの電子線を用いたPETボトル滅菌装置のさらなる高度化への展開を目的としてガンマ線、電子線、紫外線など様々な照射線源の適用，運用性について実験、検証を行った。

本研究に関する研究発表（原著論文、その他報文、学会等報告）

1) 食品容器殺菌への放射線利用の現状と展望 古田雅一, 福田直晃 FFI JOURNAL 221 (2016) 297-300

Co-60 ガンマ線照射に伴う PTFE の物性変化に関する分子レベル解析

阪府大研究推進 古田雅一

阪大工 松垣あいら、中野貴由、岡崎正之

広大医歯薬保健学 平田伊佐雄、加藤功一

滋慶医療科学大学院大 岡崎正之

(*本研究に関する連絡先：電話（内線） 3542, 3590、メール mfuruta@b.s.osakafu-u.ac.jp)

【目的】

ポリテトラフルオロエチレン(PTFE)は、人工血管や縫合糸のような医療材料素材として用いられている。最近、医療材料の滅菌方法として Co-60 放射線照射が密封した状態で照射可能なことから広く普及している。PTFE に対しては劣化が懸念されことから放射線照射の適用が制限されており、放射線照射による PTFE の物性への影響に関しては詳細な検討が十分にはなされていないのが現状である。本研究では、医療機器材料安全管理学の観点から Co-60 放射線照射後の PTFE の物性変化について分子、ナノレベルでの考察を行うことにした。

【実験材料及び方法】

ニチアス株式会社製 PTFE のダンベル型 7 号形状 (JIS K 6251) の試料片 (試験部断面積 : $2 \text{ mm} \times 0.5 \text{ mm} = 1.0 \text{ mm}^2$) を作製し、各試料 (N = 5) を 0, 1, 5, 15, 50, 100 kGy にて Co-60 γ 線照射し引張試験に供した。放射線照射は、大阪府立大学放射線研究センターにて行った。引張試験機としては、株式会社イマダ製デジタルゲージ ZTS-500N、電動スタンド MX2-500N、及びチャック FC-20 上下 2 個を用いて計測した。クロスヘッド引張速度は 50 mm/min 一定とした。

化学分析用試料としてニチアス株式会社製 PTFE 板状試料 (15 mm x 15 mm x 1 mm) を用いた。この板状試料を大阪府立大学放射線研究センターにて Co-60 γ 線照射することにより、Raman 分析、XPS 解析、X 線回折に供した。

【実験結果及び考察】

引張破断強度は、放射線照射により急速に引張破断強度は低下し、5 kGy 照射では非照射試料の強度に比べておよそ 1/4 に低下し、50 kGy 以上では、照射により著しく脆化した。

Raman 分析の結果では、放射線照射に伴う CF_2 伸縮振動由来ピークの変化が認められた。XPS 表面化学分析の結果においては、C1s および F1s の原子濃度(A.C.)にはほとんど変化は認められず、Raman 分析の結果と総合的に判断して C-F 結合は切断されることなく、主として C-C 結合が切断されたと推察される。X 線回折の結果では、 18.0° 付近の(004)回折線ピーク強度が増加した。このことは、放射線照射に伴い結晶化が進んだことを示唆している。一方、半値幅はやや大きくなり、微細結晶が増加したことを意味し、C-C 結合の切

断により分子量の小さい分子が増加したものと推察され、Raman 分析の結果を支持するものである。

このように、引張破断強度は低照射線量領域ですでに急激な低下を示すものの、大きなストレスが掛からない限り使用可能と思われるが、50 kGy 以上の照射では PTFE 試料自体が脆化するため、使用に当たっては十分な注意が必要である。

本研究に関する研究発表（原著論文、その他報文、学会等報告）

- 1) Molecular Level Analyses of Mechanical Properties of Basic Medical Used Plastics Irradiated by Co-60 Gamma-ray for Sterilization, Masakazu Furuta, Aira Matsugaki, Takayoshi Nakano, Isao Hirata, Koichi Kato and Masayuki Okazaki, World Biomaterials Congress (WBC2016), May 17-22, 2016, Montreal (Canada)

放射線損傷ヌクレオシドである5,6-ジヒドロチミジンを指標とした照射食品検知法の開発

阪府大研究推進 石川悦子、藤山貴友、古田雅一

大阪府立公衆衛生研究所(現大阪健康基盤研究所) 福井直樹、高取聡、北川陽子、
藤原拓也、起橋雅浩、
梶村計志

三栄源エフ・エフ・アイ株式会社 尾花裕孝

(*本研究に関する連絡先：電話(内線) 3542、3590 メール mfuruta@b.s.osakafu-u.ac.jp)

【目的】

γ線等の放射線照射は、生レバーのように従来の衛生管理技術では完全な殺菌処理が不可能な食品に対する殺菌方法として有望である。食品の放射線照射を適切に評価・運用するためには照射履歴の検知が不可欠である。食肉の照射履歴の検知には、アルキルシクロブタノン(ACB)法が有用である。しかし、ACBは、脂質が放射線照射を受けることで生成するため、脂質含有量の少ない生レバー(約4%)では、必ずしも適用が容易でない。我々は、放射線照射によりDNA中のチミジン(dThd)から生成する損傷ヌクレオシドである5,6-ジヒドロチミジンに着目し、これを検知指標とした新規照射食品検知法(DHdThd法)を開発している¹⁾。今年度は前年度の牛生レバーに続き、脂質を多く含む牛ミンチ(約15%)を試料として、DNA抽出法の最適化を図り、既存のACB法との相関性を検証した。

DHdThd法は、以下の3工程《①DNA抽出、②DNAのヌクレオシドへの分解、③LC-MS/MSによる測定》から構成される

①DNA抽出：試料を溶解液中で粉碎後、プロテアーゼKによりタンパク質を分解した。次にフェノール・クロロホルム抽出およびエタノール沈殿により粗DNAを得た。さらに粗DNAにRNase処理を施し、フェノール・クロロホルム・イソアミルアルコール抽出およびエタノール沈殿を経てDNAを回収した。DNAは滅菌水に溶解し、吸光度から濃度および収量を算出した。

②DNAのヌクレオシドへの分解：DNAを熱変性後、ヌクレアーゼP1、アルカリホスファターゼおよびホスホジエステラーゼによりヌクレオシドに分解した。次いでリン酸およびクロロホルムを添加して混和した。遠心分離後、上清を限外濾過処理して試験液とした。

③LC-MS/MSによる測定：試験液中のDHdThdおよびdThdを測定した。検知指標には、DNA中のdThdに対するDHdThdの存在比を示すDHdThd/dThdを用いた。

その結果、照射の指標となる DHdThd/dThd には明確な正の線量依存性が認められ、公定法である ACB 法との間にも正の相関関係があることが確認された。

本研究に関する研究発表（原著論文、その他報文、学会等報告）

1) Determination of irradiation histories of raw beef livers using liquid chromatography-tandem mass spectrometry of 5,6-dihydrothymidine, Naoki Fukui, Satoshi Takatori, Yoko Kitagawa, Masahiro Okihashi, Etsuko Ishikawa, Takatomo Fujiyama, Keiji Kajimura, Masakazu Furuta, Hiroataka Obana, Food Chemistry, 216, 186-193 (2017).

2) 常温保存下における照射レトルト牛井中 2-アルキルシクロブタノンの安定性について(2)
北川陽子, 起橋雅浩, 高取聡, 福井直樹, 梶村計志, 尾花裕孝, 古田雅一, 食品照射 (2016)
in press

3) 放射線損傷ヌクレオシドである 5,6-ジヒドロチミジンを指標とした照射食品検知法の開発、
福井 直樹、高取聡、北川陽子、藤原拓也、起橋雅浩、石川悦子、藤山貴友、梶村計志、古田雅一、尾花裕孝、第 52 回日本食品照射研究協議会 技術セミナー/教育講演会(2016 年 12 月、東京)

Q 値 100 万を超えるシリコンナノ共振器を用いた応用デバイス開発

阪府大院工電子物理工学分野 伊藤隆浩、高橋和

(*本研究に関する連絡先：電話（内線）3537、メール y-takahashi@pe.osakafu-u.ac.jp)

1.概要 フォトニック結晶高 Q 値ナノ共振器は、革新的デバイス創生が期待され、多数の物質において研究されてきた。近年、注目を集めているのが、ナノ材料を付加して新機能を創出する試みである。我々は、 Q 値 100 万以上を有するシリコンナノ共振器の大量作製に成功しており、この研究分野での新たな展開を目指している。ナノ材料をナノ共振器に付加する際、シリコン表面を最適化するために、表面酸化や自己組織化単分子膜(SAM)による前処理を加えるのが一般的である。そこで、これらの前処理が Q 値へ与える影響を調べた。

2.実験と結果 図 1 に、実験に用いたマルチヘテロナノ共振器構造を示す。表 1 に前処理を加える前後での Q 値と共振波長の変化をまとめる。 Q_{loss} は、 $1/Q_{\text{loss}} = 1/Q_{\text{exp}}(\text{after}) - 1/Q_{\text{exp}}(\text{before})$ で計算される。図 2(a)、(b)は、SAM 処理を行ったサンプルと行っていないサンプルを、金ナノ粒子溶液に浸けた後の顕微鏡写真であり、(c)は金ナノ粒子を付加したフォトニック結晶表面の SEM 画像である。SAM 処理を行わない場合、金ナノ粒子はほとんど付着しなかった。

本研究に関する研究発表（原著論文、その他報文、学会等報告）

- 1) Tatsuya Nakamura, Yasushi Takahashi, et al., “Improvement in the quality factors for photonic crystal nanocavities via visualization of the leaky components”, Optics Express, **24**, 9541 (2016).
- 2) Kenichi Maeno, Yasushi Takahashi, et al., “Analysis of high-Q photonic crystal L3 nanocavities designed by visualization of the leaky components”, Optics Express, **25**, 367 (2017).
- 3) Daiki Yamashita, Yasushi Takahashi, Takashi Asano, and Susumu Noda, “Lasing dynamics of microwatt-threshold Raman silicon lasers using high-Q nanocavities”, Photonics West 2017, **10098-67**, San Francisco, USA.
- 4) Kohei Ashida, Yasushi Takahashi, et al., “Photonic crystal nanocavities with Q factor of 2 million fabricated by CMOS compatible process”, Photonics West 2017, **10098-67**, San Francisco, USA.
- 5) 伊藤隆浩、高橋和他、「Q 値 100 万を超えるシリコン ナノ共振器への液相ポストプロセ付加」応用物理学会 2017 春、パシフィコ横浜、**14p-P7-7**.

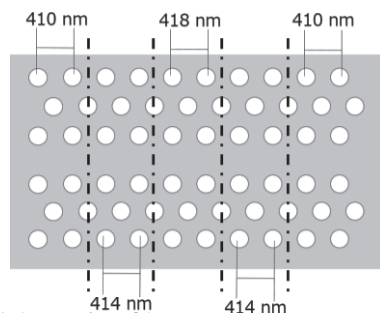


Fig. 1. Schematic of heterostructure nanocavity.

Table 1. Summary of Experimental results.

	$Q_{\text{exp}}(\text{before})$ [million]	$Q_{\text{exp}}(\text{after})$ [million]	Q_{loss} [million]	Wavelength shift [nm]
100°C O ₂ anneal (1H)	2.35	2.04	6.79	-0.198
200°C O ₂ anneal (1H)	2.04	1.25	3.64	-0.501
Poly-L-lysine solution	1.36	1.14	3.04	0.578

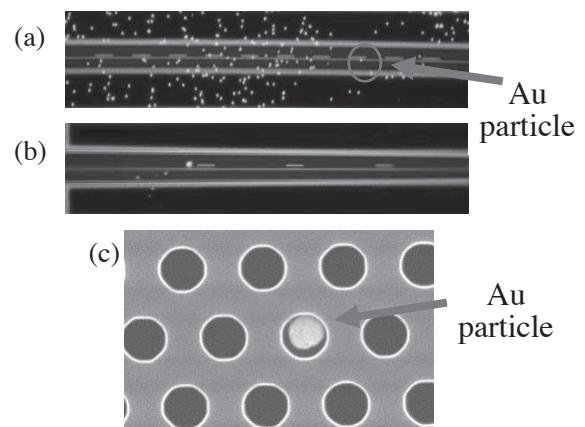


Fig. 2. Microscope image for silicon photonic crystal soaked in Au particle solution. (a) using poly-L-lysine solution. (b) not using. (c) SEM image of Si photonic crystal with a Au particle.

Nano-in-Nano 集積化によるナノ流路内での流体切断

阪府大院工量子放射線工学分野 川岸啓人、川又修一

阪府大院工化学工学分野 許岩*

(*本研究に関する連絡先：電話（内線）3579、メール xu@chemeng.osakafu-u.ac.jp)

1. 緒言

反応器のスケールダウンには比表面積の増加、廃液の減少、省エネルギーなど多くの利点があり、これまでに多くの研究がなされてきた。現在ではマイクロ流体チップによる油 - 水系微小液滴反応場で合成や分析が行われている。しかし、あまりに高い比表面積であると既存の油 - 水系などでは界面が不安定になる為、fL(10^{-15} L)の液滴体積が限界である。液滴の大きさをさらに小さく、例えばaL(10^{-18} L)スケールの液滴を作製する事が出来れば、1分子レベルでの反応プロセスを構築出来ると期待される。これは通常の実験溶液濃度(μ M程度)で、溶媒中に溶質分子を1分子のみ含むように区画化すると、aLスケールになる為である。本研究ではこの溶媒中に溶質が1分子だけ存在するaL液滴を1分子液滴(Single Molecule Droplet)と定義し、1分子液滴の作製を目的とする。目的達成の為、本研究ではナノ流路内に高精度なナノパターンを作製する事が可能な Nano-in-Nano集積化技術^[1]を用いる。疎水性の流路内に親水性のナノパターンを構築する事で、ナノパターン上に生成する液滴の体積はaLスケールとなる。更にバルクからの液滴切り取りという精密流体制御を、温度制御により達成する。

2. 手法

本研究ではナノ流路内に構築した親水 - 疎水界面を利用してaL液滴を作製する。まず Nano-in-Nano集積化技術を用いてガラス製ナノ流路内に金ナノパターンを構築する。さらにシランカップリング剤によりガラス流路のみに疎水化を施す。この流路へ水を導入すると、親水性である金パターン上に水を保持させる事が出来る。また加熱法や圧力法によってバルクから液滴を切り取り、aL液滴の作製を行う。

3. 実験・結果

本研究ではマイクロ流路基板として、フォトリソグラフィ、ドライエッチングによって導入用のマイクロ流路をガラス基板に構築した。ナノ流路基板はEBリソグラフィとドライエッチングにより幅800 nm、深さ300 nmの設計でナノ流路を得た後、Nano-in-Nano集積化によってナノ流路内に500 nm × 500 nmと200 nm × 200 nmの設計の金パターンを構築した。これら二枚のガラス基板を接合する事でナノ流体チップを作製した。このチップに疎水化操作^[2]を行い、チップ内を十分にリンスした後、焼成した。疎水化チップへ圧力により水を導入、加熱や空気圧により液滴の切り取りを行った。

参考文献

- 1) Xu Y., *et al*, Lab Chip, 2015, 15 (9), 1989-1993.
- 2) Wong J. X. H., *et al*, J. Chem. Educ, 2013, 90 (9), 1203-1206..

本研究に関する研究発表（原著論文、その他報文、学会等報告）

- 1) cheminas35, 川岸啓人、山口晃司、川又修一、河村裕一、許岩 (2017)
- 2) 6th Joint Symposium of Asia Five Universities, Hiroto Kawagishi, Shuichi Kawamata, Yan Xu (2017)

二層グラフェンに対する電極接触抵抗の起源

阪府大院工電子物理工学分野 野内 亮*

(*本研究に関する連絡先：電話（内線）3628、メール r-nouchi@pe.osakafu-u.ac.jp)

電極接触部に局在し出現する寄生抵抗は接触抵抗と呼ばれる。電極間距離（チャンネル長）が短い電子素子ではチャンネル抵抗が低くなるため、素子の全抵抗に対して電極接触抵抗が占める割合が相対的に大きくなる。従って、多くの場合、接触抵抗は低減させることが望ましいが、そのためにはまず、接触抵抗を生じさせる要因について正しく理解しておくことが肝要である。

本研究では、二層グラフェンをチャンネル材料とした電子素子を対象に、当該素子における電極接触抵抗について包括的な理解を得ることを目的とした。より有名なのは、高易動度のため大きな注目を集め続けている単層グラフェン（単原子層グラファイト）ではあるが、バンドギャップが無いためトランジスタのオンオフ比が高く取れない。その代わりに、層間ポテンシャル差の導入で有限のバンドギャップが形成される二層グラフェンが注目を集めている。

二層グラフェンにバンドギャップを形成するための層間ポテンシャル差の導入には、ゲート電圧によって面に垂直な方向の電場を印加する手法が主に用いられてきている¹⁾。さらに、電極接合において、電極金属と二層グラフェンの Fermi 準位を揃えるために有限の電荷が接合を通して移動するため、ここでも層間ポテンシャル差が意図せず導入されてしまう²⁾。従って、電極から二層グラフェンへ移動する（即ち、電極直下の二層グラフェン内の）電荷キャリア種（電子か正孔か）と、チャンネル中央部でゲート電圧により誘起されるキャリア種とが異なる場合、電極近傍で *pn* 接合が形成されることになる。この *pn* 接合を介した伝導はバンドギャップを介したバンド間伝導であり³⁾、同一バンド内の伝導と比べ電気抵抗は増大する。この電気抵抗増大は電極接合に付随するものであり、電極接触抵抗の新たな起源となることを明らかにした。

参考文献

- 1) Y. Zhang *et al.* Nature **459**, 820 (2009).
- 2) T. Ohta, A. Bostwick, T. Seyller, K. Horn, and E. Rotenberg, Science **313**, 951 (2006).
- 3) R. Nouchi, Appl. Phys. Lett. **105**, 223106 (2014).

本研究に関する研究発表（原著論文、その他報文、学会等報告）

- 1) R. Nouchi, Nanotechnology **28**, 134003 (2017).
- 2) Ryo Nouchi: “Metallic Electrode Contacts to Layered Semiconductors”, GM-2016 Graphene and related Materials: Properties and Applications (May 23-27, 2016, Paestum, Italy). Invited.
- 3) Ryo Nouchi: “Metallic Electrode Contacts to Layered Semiconductors”, The 11th Annual IEEE International Conference on Nano/Micro Engineered and Molecular Systems (April 17-20, 2016, Miyagi, Japan). Invited.

塗布型有機半導体デバイスの光電特性評価とプロセス開発

阪府大院工 電子物理工学分野 永瀬 隆、小林 隆史、内藤 裕義*

(*本研究に関する連絡先：電話（内線）6521、メール naito@pe.osakafu-u.ac.jp)

フレキシブルデバイスの実現に向けて、塗布法や各種の印刷技術を活用できる有機半導体デバイスの開発が急務となっている。近年、普及が進んでいる有機 EL ディスプレイのフレキシブル化や製造コストの低減を図るためには、バックプレーン回路を構成する有機トランジスタのキャリア移動度の向上や動作安定性の確保が不可欠であり、また、現在主流の蒸着型有機 EL よりもコスト低減が期待できる塗布型有機 EL の発光特性の改善や動作機構の詳細を明らかにしておく必要がある。平成 28 年度は、有機トランジスタの動作安定性が素子構造に強く依存し、有機半導体/高分子絶縁体界面近傍をチャンネル領域とするトップゲート有機トランジスタでは電圧連続印加に伴う動作不安定性を大幅に改善できることを明らかにした。また、非ハロゲン有機溶媒を用いたスピコート製膜から $5 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ を超える高キャリア移動度を得ることに成功した。更に低分子半導体/高分子絶縁体混合膜を電荷蓄積層として機能させることで、トランジスタ型の不揮発性有機メモリを塗布プロセスで作製できることを示した。電気化学プロセスによって形成した ZnO 電極と高分子半導体を用いることで、 8600 cd/m^2 , 1.5 cd/A の高い発光特性を示す逆構造の塗布型有機 EL 素子の作製に成功し、インピーダンス分光による等価回路解析から逆構造素子の動作機構を明らかにした。また、インピーダンス分光から有機半導体デバイスの動作性能を左右するドリフト移動度とキャリア寿命を同時に評価する新たな手法を開発した。

本研究に関する研究発表（原著論文、その他報文、学会等報告）

- 1) K. Takagi, T. Nagase, T. Kobayashi, and H. Naito, “High operational stability of solution-processed organic field-effect transistors with top-gate configuration”, *Org. Electron.* **32**, 65-69 (2016).
- 2) S. Sanda, T. Nagase, T. Kobayashi, K. Takimiya, Y. Sadamitsu, and H. Naito, “Effect of spinning rate on the performance of solution-processed dioctylbenzothienobenzothiophene-based top-gate organic transistors”, *Abstracts of 12th Inter. Conf. Nano-Molecular Electronics*, 176 (2016).
- 3) F. Shiono, T. Nagase, T. Kobayashi, and H. Naito, “Organic floating-gate transistor memory based on solution-processed organic films”, *Proc. Inter. Display Workshops* **23**, 1440-1441 (2016).
- 4) M. Takada, T. Kobayashi, T. Nagase, and H. Naito, “Inverted organic light-emitting diodes using different transparent conductive oxide films as a cathode”, *Jpn. J. Appl. Phys.* **55**, 03DC06 (2016).
- 5) M. Takada, S. Furuta, T. Kobayashi, T. Nagase, T. Shinagawa, M. Izaki, and H. Naito, “Inverted organic light-emitting diodes with an electrochemically deposited zinc oxide electron injection layer”, *J. Appl. Phys.* **120**, 185501 (2016).
- 6) K. Takagi, T. Nagase, T. Kobayashi, and H. Naito, “Determination of deep trapping lifetime in organic semiconductors using impedance spectroscopy”, *Appl. Phys. Lett.* **108**, 053305 (2016).

キラル磁性とスピントロニクス応用

大阪府立大学 院工 電子物理工学分野 戸川欣彦

(*本研究に関する連絡先：電話（内線）3557、メール y-togawa@pe.osakafu-u.ac.jp)

キラル磁性結晶に固有に現れる“キラルスピントロン格子¹”に着目し、そのスピン位相を制御することを目指して研究を進めている。キラルスピントロン格子はスピンの片巻きならせん状に周期配列したキラルな磁気秩序であり、秩序配列に対して位相が定義される。スピン位相物体の機能を開拓することでスピン位相制御に基づくスピントロニクス応用が期待される。

研究グループでは、ソリトン空間群に属する単軸性層状カルコゲナイト単結晶 CrNb_3S_6 などに注目して、キラルスピントロン格子などのキラル磁気秩序に関する研究を進めている。高規格クリーンルーム内に設置されている微細加工装置を駆使して計測用ナノデバイスを作製し、透過型電子顕微鏡法を用いた実空間および逆空間での精密磁気構造解析、輸送特性の精密計測などの実験を行っている。キラルスピントロン格子が示す周期可変・非線形・非対称・離散性などの固有の性質を反映し、特異な物性が現れることが明らかになってきており、物質機能の評価を精力的に進めている。

参考文献

1) Y. Togawa et al., Phys. Rev. Lett. **108**, 107202 (2012).

本研究に関する研究発表（原著論文、その他報文、学会等報告）

- 2) Y. Togawa, Y. Kousaka, K. Inoue, J. Kishine, “Symmetry, structure and dynamics of monoaxial chiral magnets”, J. Phys. Soc. Jpn. **85**, 112001 (2016), Invited Review Paper, Cover image on JPSJ web site.
- 3) D. McGrouther, R. Lamb, M. Krajenak, S. McFadzean, S. McVitie, R. L. Stamps, A. O. Leonov, A. N. Bogdanov, Y. Togawa, “Internal structure of hexagonal skyrmion lattices in cubic helimagnets”, New J. Phys. **18**, 095004 (2016).
- 4) A. O. Leonov, Y. Togawa, T. L. Monchesky, A. N. Bogdanov, J. Kishine, Y. Kousaka, M. Miyagawa, T. Koyama, J. Akimitsu, Ts. Koyama, K. Harada, S. Mori, D. McGrouther, R. Lamb, M. Krajenak, S. McVitie, R. L. Stamps, K. Inoue, “Chiral Surface Twists and Skyrmion Stability in Nanolayers of Cubic Helimagnets”, Phys. Rev. Lett. **117**, 087202 (2016).
- 5) V. Laliena, J. Campo, J. Kishine, A. S. Ovchinnikov, Y. Togawa, Y. Kousaka, K. Inoue, “Incommensurate- commensurate transitions in the monoaxial chiral helimagnet driven by the magnetic field”, Phys. Rev. B **93**, 134424 (2016).

PVD 法を用いた薄膜・ナノ粒子合成による熱電材料、燃料電池、水素吸蔵合金への応用

阪府大院工 津久井茂樹、田島聡一郎、井上 陸、古川暢昭、森本隆之、山中俊弥、
鈴木一輝、山本 遼

(*本研究に関する連絡先：電話（内線）5748、メール tsukui@chemeng.osakafu-u.ac.jp)

物理蒸着（PVD）法としてクリーンルームに設置されている高周波（RF）スパッタリング法とパルスレーザー堆積（PLD）法を利用した。対象は熱電変換材料と燃料電池、水素吸蔵合金であり、PVD 法でそれぞれの材料の薄膜およびナノ粒子を合成し、高機能材料を開発する。

熱電変換材料では、①常温使用の量子型赤外センサーの高性能化(図 1) に成功し、②無次元性能指数の高い発電デバイス開発の可能性を示唆できた(表 1)。

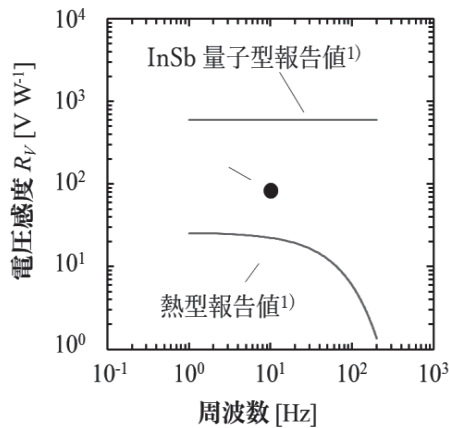


図 1 市販センサ報告値と本研究の電圧感度(室温)

表 1 熱発電デバイスの無次元性能指数の筆禍宇

	材料	ゼーベック係数 S [$\mu\text{V}\cdot\text{K}^{-1}$]	電気導電率 σ [$\Omega^{-1}\cdot\text{m}^{-1}$]	熱伝導率 κ [$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\text{K}^{-1}$]	無次元性能指数 $ZT[-]$ (at 300 K)
本研究 ナノホール 無	Bi ₂ Telluride/Si (基板)	-1500	6.2	130	1.0×10^{-4}
	Bi ₂ Telluride/Si (薄膜)	-1500	3.2×10^4	130	0.17
本研究 ナノホール 有	Bi ₂ Telluride/Si (基板)	-1500	6.2	20	6.8×10^{-4}
	Bi ₂ Telluride/Si (薄膜)	-1500	3.2×10^4	20	1.08
	Bi ₂ Telluride/Si (薄膜)	-1500	3.2×10^4	1.5	14.4
	Fe ₂ VAl/Si	-1500	1.3×10^5	30	2.9
文献値(バルク)	Bi ₂ Telluride	-240	7.7×10^4	1.5	0.93

燃料電池では、ナノ粒子利用による低温で高出力(図 2)、高耐久性(図 3)のセルの開発の目処が立った。

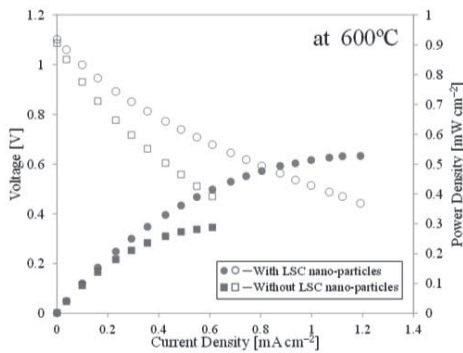


図 2 ナノ粒子修飾による高性能化

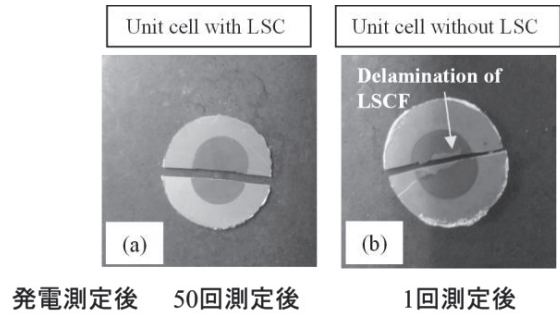


図 3 ナノ粒子修飾による高耐久性

水素吸蔵合金では、薄膜化による水素脆化の抑制を確認することができた(図 4)。

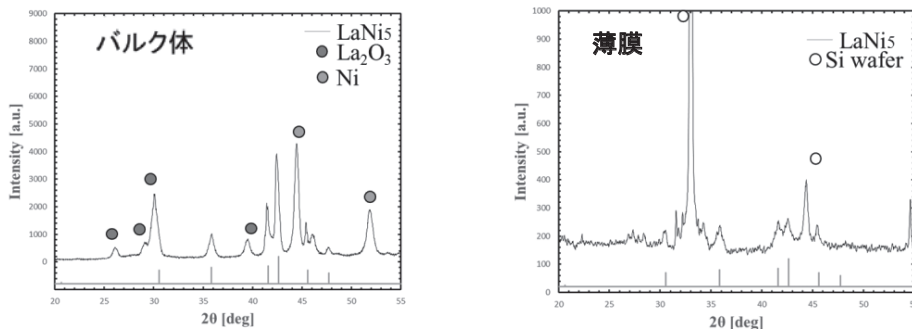


図 4 水素吸蔵合金 LaNi₅の水素吸蔵後の XRD 測定結果。(a)バルク体、(b)薄膜。

大規模放射線施設を利用した原子力人材育成(2)

大阪府立大学放射線研究センター 谷口良一*, 岡本賢一, 白井志樹, 大村究, 坂元仁,
伊藤憲男, 秋吉優史, 宮丸広幸, 小嶋崇夫, 松浦寛人, 古田雅一

(*本研究に関する連絡先: 電話 (内線) 4293、メール tan@riast.osakafu-u.ac.jp)

【はじめに】放射線研究センターでは、文科省の原子力人材育成事業として「大規模放射線施設を利用した人材育成事業」を平成 26 年度から開始した。本事業はコバルト照射プールを利用して高線量下の水中作業の経験を積んだ人材を育成することが目的である。昨年度からは、工学研究科の集中講義「量子放射線計測演習」として正式なカリキュラムともなった。

【研修】実験は、移動ステージに防水ケースに収められた高感度カメラ、放射線検出器、レーザー距離計を載せ、水深 4.7m のプール底に沈め、遠隔操作で、水中での放射線分布の測定を行い、距離を測定するとともに水中で画像撮影を行い、線源周辺に発生するチェレンコフ光を観察する。またカメラを線源に近づけることによって、放射線影響で画像上に特徴的な白点ノイズが発生する様子を観察する。さらに高感度放射線検出器を用いて、水上、水中での漏えい放射線の評価も行った(図 1)。昨年度は図 2 に示す可動式シャッターを照射プールの上部に設置した。実験中は図 2 (a) のようにシャッターは開いた

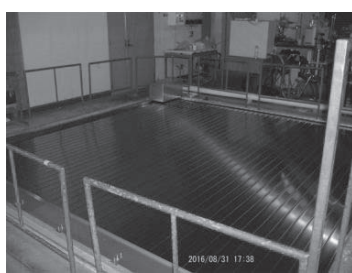


図 1 水中での微弱放射線の測定

状態であるが使用後は図 2 (b) のような状態となる。また実験中も余分な表面部分はシャッターを途中で閉じる。これによって、転落事故、線源引上げ事故の可能性が大幅に低下し、研修生の安全が、より一層確保できるようになった。



(a) シャッター開



(b) シャッター閉

図 2 照射プール上部に設置した可動式シャッター



図 3 表面除染測定実習

研修は 2 日間の日程で行い、放射線安全教育、放射線計測等の講義を行った後に、水中での放射線分布測定、水中での画像計測とカメラの放射線損傷実験、非密封放射線施設を利用した表面汚染の測定、除染等の実験を行った(図 3)。研修は 7 回行い、参加者総数は 25 名であった。

【本研究に関する研究発表】

- 1) 「大規模放射線施設を用いた水中放射線測定研修」谷口良一、伊藤憲男、岡本賢一、坂元仁、宮丸広幸、秋吉優史、小嶋崇夫、松浦寛人、古田雅一、アイソトープ協会放射線研究会予稿集 (2017 年 7 月、東京) 3a-III-05

さくらサイエンスプラン(S2016F0711012)報告書
(Report on Japan-Asia Youth Exchange Program in Science)

ラオス国立大学 Santi Kongmany, Viengkhone Vannachack

阪府大研究推進 松浦寛人*

(*本研究に関する連絡先：電話（内線）4220、メール matsu@me.osakafu-u.ac.jp)

The activities of this program was hosted by the Department of Quantum and Radiation Engineering, Graduate School of Engineering, Osaka Prefecture University. The program started on February 20th and ended on February 25th. In this activities, there are 5 undergraduate students and 2 lectures from Faculty of Natural Science (FNS), National University of Laos (NUOL) taking part in this program.

No.	Date (yy-mm-dd)	Activity description
1.	2017-02-20	- Visiting with President of Osaka Prefecture University
2.	2017-02-21	- Visiting Dean office of Graduate School of Engineering - Gamma ray irradiation (3 kGy) on E.colli.
3.	2017-02-22	- Irradiation of plasma on PE sample (Phorbol 12,13-diacetate, PDA) for 5,10,15min. - Gamma ray irradiation on PDA in aqueous solution (1.5 and 3 kGy)
4.	2017-02-23	- Visiting KUR and KUCA, Kyoto University RRI. - Sakai city museum and Osaka Castle.
5.	2017-02-24	- Dose measurement with NaI detector - cloud chamber (Frog box) experiment

All practical activities for this program were conducted at different Laboratories belonging to the Department of Quantum and Radiation Engineering. Materials used in the activities were provided by the Department under the support from Sakura Science Program.

参考文献

1) JST web page : <http://ssp.jst.go.jp/index.html>.

本研究に関する研究発表（原著論文、その他報文、学会等報告）

1) Long report: http://www.plasma.riast.osakafu-u.ac.jp/~matsu/sakura/Report_Dr-Santi.pdf

さくらサイエンスプラン(S2016F0711012)報告書
(Report on Japan-Asia Youth Exchange Program in Science)

ラオス国立大学 Viengkhone Vannachack, Santi Kongmany

阪府大研究推進 松浦寛人*

(*本研究に関する連絡先：電話（内線）4220、メール matsu@me.osakafu-u.ac.jp)

The participants in Physics and Biology group (1 Physics student, 1 Biology student and 1 Biology lecturer) did an experiments detail as below:

1. **Construction of plasma source**
2. **Test of plasma with plasma indicator**
3. **Irradiation of plasma on *E.Colli***
4. **Colony count of *E.Colli* sample after 20h incubation**

We found that the number of *E.Colli* were decreased but not really effective. This might because of the method during the irradiation. When we compared the sterilization of *E.Colli* by electrical discharge plasma and gamma-ray irradiation the result showed that gamma-ray irradiation on *E.Colli* the colony were decreased significantly.

From the SAKURA Exchange Program in Science, participants have learned a lot of knowledge on advantages of the radiation technology and got more skills on doing an experiments. Moreover, from this program, all participants are impressing on Japanese culture, especially in OSAKA, the people is so kind and work hard, the city is neat and clean. We would like to express our sincerely thanks to SAKURA Exchange Program in Science and also all professor who are related to this program to give an opportunity for us to attend the beneficial program.

参考文献

1) JST web page : <http://ssp.jst.go.jp/index.html>.

本研究に関する研究発表（原著論文、その他報文、学会等報告）

1) Long report : http://www.plasma.riast.osakafu-u.ac.jp/~matsu/sakura/Report_Viengkhone.pdf

大阪府立大学研究推進機構・放射線研究センター平成 28 年度共同利用報告会

日時：平成 29 年 11 月 21 日（火）9:10 - 17:20

場所：大阪府立大学 C 1 3 棟講堂

参加費：無料

プログラム（下線講演者）

（講演各 15 分、含質疑応答）

- 9:10 開会のあいさつ 研究推進機構長 山手丈至
- 9:20 - 10:05 [生物効果 1] 座長：白石一乗（阪府大院理）
- 9:20 部位特異的にシスプラチン DNA 鎖内架橋をもつプラスミドの作製と損傷乗り越え DNA 複製の解析
炬口 茜、福本航大、川西優喜、八木孝司（阪府大院理）、倉岡 功（福岡大理）
- 9:35 マウス細胞の形質転換時における DNA 修復遺伝子の発現抑制
馬場 亮（阪府大院理）、川西優喜、八木孝司（阪府大院理）
- 9:50 ラット間葉系幹細胞の光増感色素固定化基材への接着と光照射による細胞死誘導条件の解析
八木 秀郁、森 英樹、原 正之（阪府大院理）
- 10:05 休憩
- 10:15 - 11:15 [生物効果 2] 座長：古田雅一（阪府大研究推進）
- 10:15 X 線誘発テロメア不安定化の機構解析
坂本佳美、白石一乗、児玉靖司（阪府大院理）
- 10:30 X 線及び紡錘糸形成阻害剤ノコダゾールによる誘発小核の運命追跡
冨野菜央、白石一乗、児玉靖司（阪府大院理）、杉本憲治（阪府大院生命）
- 10:45 アストロサイトの DNA 2 本鎖切断修復に関する解析
泉谷彬元、白石一乗、児玉靖司（阪府大院理）
- 11:00 胎児期のマウス脳組織における X 線誘発 DNA 2 本鎖切断修復動態
尾家彩加、白石一乗、児玉靖司（阪府大院理）
- 11:15 - 12:00 [放射線計測] 座長：伊藤憲男（阪府大研究推進）
- 11:15 クルックス管からの低エネルギー X 線評価手法の開発
秋吉優史（阪府大地域連携）、掛布智久（日本科学技術振興財団）、谷口和史（千代田テクノル）、
宮川俊晴（放射線教育フォーラム）
- 11:30 大線量線源モニターのためのファイバー伝送型ガンマ線計測器の開発
大村 究（阪府大院工）、宮丸広幸、小嶋崇夫、谷口良一（阪府大地域連携）
- 11:45 耐放射線性を向上させた半導体プリアンプの開発
史 豊銓（阪府大院工）、小嶋崇夫、谷口良一（阪府大地域連携）
- 12:00 昼休み
- 13:00 - 13:45 [特別講演] 座長：谷口良一（阪府大研究推進）
- 13:00 放射線を用いた材料改質と分析－放射線センターの各施設を用いた研究とその後の展開－
岩瀬彰宏（阪府大院工）
- 13:45 休憩

- 13:55 - 14:55 [材料効果 1] 座長：秋吉優史（阪府大研究推進）
- 13:55 γ 線照射還元法による Ni 合金ナノ粒子の合成
戸田晋太郎、田中元彬、谷 真海、岩瀬彰宏、堀 史説（阪府大院工）、田口 昇、田中真悟（産総研）、松井利之（阪府大地域連携）、Xu Qiu（京大炉）
- 14:10 ガンマ線を用いた Pd ナノ粒子担持グラフェン合成における担体へのイオン吸着の寄与
谷 真海、東海旭宏、仲西穂高、田中元彬、戸田晋太郎、岩瀬彰宏、興津健二、堀 史説（阪府大院工）、水越克彰（東北大金研）、Xu Qiu（京大炉）
- 14:25 γ 線照射還元法を用いた Cu ナノ粒子合金化による耐酸化性向上に関する研究
田中元彬、戸田晋太郎、谷 真海、岩瀬彰宏、堀 史説（阪府大院工）、田口 昇、田中真悟（産総研）、松井利之（阪府大地域連携）、Xu Qiu（京大炉）
- 14:40 B2 型 FeRh 金属間化合物中の粒子線照射により導入した異なる欠陥における水素捕獲
角倉優雅、岩瀬彰宏、堀 史説（阪府大院工）、徐 虬（京大炉）、大澤一人（九大応力研）、齋藤勇一（量研機構高崎）
- 14:55 休憩
- 15:05 - 16:35 [材料効果 2] 座長：河村裕一（阪府大研究推進）
- 15:05 陽電子消滅測定系を用いた微小試験片評価手法の開発
安藤太一（阪府大院工）、秋吉優史（阪府大地域連携）、山脇正人（産総研）、平出哲也（原子力機構）
- 15:20 模擬地下水溶液中での純チタンならびに純銅、ニッケル基合金の分極挙動に対するガンマ線照射の影響
湯川卓司、井上博之（阪府大院工）小嶋崇夫（阪府大地域連携）
- 15:35 放射線照射下における熱電特性の測定影響
春元雅貴（阪府大院工）、谷口良一（阪府大地域連携）
- 15:50 Q 値 100 万を超えるシリコンナノ共振器を用いた応用デバイス開発
伊藤隆浩、高橋 和（阪府大院工）
- 16:05 Nano-in-Nano 集積化によるナノ流路内での流体切断
川岸啓人、川又修一、許岩（阪府大院工）
- 16:20 休憩
- 16:30 - 17:30 [放射線基礎・教育] 座長：川又修一（阪府大研究推進）
- 16:30 大規模放射線施設を利用した原子力人材育成(2)
谷口良一、岡本賢一、白井志樹、大村 究、坂元 仁、伊藤憲男、秋吉優史、宮丸広幸、小嶋崇夫、松浦寛人、古田雅一（阪府大地域連携）
- 16:45 長寿命ベータ崩壊核種の短寿命化
白井志樹、（阪府大院工）、谷口良一、宮丸広幸、伊藤憲男、小嶋崇夫、岡本賢一（阪府大地域連携）
- 17:00 遺伝子欠損株を用いた大気圧プラズマジェット滅菌法の研究
松浦寛人、古田雅一、坂元仁、土戸哲明（阪府大地域連携）、藤山貴友（阪府大院工）、門信一郎（京大エネ研）
- 17:15 閉会のあいさつ 放射線研究センター長 谷口良一

大阪府立大学 21 世紀科学研究所 「量子ビーム誘起反応科学研究所」活動報告

大阪府立大学研究推進機構 奥田修一

(*本報告に関する連絡先：電話（内線）4227、メール okuda@riast.osakafu-u.ac.jp)

2016 年度、大阪府立大学 21 世紀科学研究所の「量子ビーム誘起反応科学研究所」は、量子ビームによって誘起される反応の過程を、量子ビームと物質との相互作用の基礎に基づいて解析し、複雑な生体における反応の解明にまで結び付けることを目標に掲げた。これまで地域連携研究機構・放射線研究センターおよび大学院工学研究科「量子放射線系専攻」と連携し、学際研究を部局横断的に推進してきた。この研究所は、2017 年度に新たに発足した研究推進機構に、放射線研究センターと併置された 21 世紀科学研究所の 1 号研究所の中に位置づけられた。またこれを機に所長交代と新たな所員の参加が行われた。以下に 2016 年度の活動の概要を示す。

1. 研究活動

- (1) 量子ビームに関する所内研究活動、学外との共同研究活動
- (2) 主な外部資金：科学研究費補助金、宇宙航空研究開発機構（JAXA）との共同研究
- (3) 交流協定に基づく韓国、国立江原大学サイクロトロン研究所、原子力研究所との交流
- (4) 大学間交流協定に基づくベトナムダラット大学との交流
- (5) 大学間交流協定に基づくラオス国立大学との交流

2. 学会等発表（下記にまとめられている）

- (1) 大阪府立大学地域連携研究機構・放射線研究センター平成 27 年度共同利用報告書

3. その他の活動

- (1) 大阪府立大学地域連携研究機構・放射線研究センター平成 27 年度共同利用報告会
(2016 年 11 月 18 日開催、放射線研究センターとの共催)
- (2) 放射線研究センター活動への参画：将来計画への提言と加速器の整備

4. 研究所と研究活動の紹介

http://www.osakafu-u.ac.jp/academics/orp/21c/quantum_beam/

研究所員（2016 年度）

地域連携研究機構放射線研究センター	教授・奥田修一（研究所長）	教授・谷口良一
	教授・古田雅一	教授・松浦寛人 助教・小嶋崇夫
大学院理学系研究科生物科学専攻	教授・児玉靖司	教授・原正之 助教・白石一乗
大学院工学研究科物質・化学系専攻	教授・岩瀬彰宏	准教授・堀史説

研究所連絡先

研究推進機構放射線研究センター 放射線安全管理学研究室 松浦寛人
電話番号：072-252-1161（代表） E-mail：matsu@riast.osakafu-u.ac.jp

5. 公立大学法人大阪府立大学

研究推進機構・放射線研究センターにおける施設の利用

放射線研究センターには、コバルト 60 ガンマ線源と 18 メガ電子ボルトの高エネルギー電子線加速器を主な放射線源とする日本有数の放射線照射施設があります。これらは非密封放射性同位元素の取扱い施設とともに、学内外や民間にも利用されています。またクリーンルーム施設もあり、学内外や企業との共同研究に利用されています。

1. コバルト 60 ガンマ線照射施設

ガンマ線源は、材料の改質、耐放射線性試験、滅菌や生物への照射などが行われています。また、固体表面活性による反応促進、人工衛星搭載機器の照射効果などは、新しい研究として注目されています。主な照射設備を 1.1 で紹介しています。超高線量率照射から低線量率照射、大気中照射から水中照射まで、多様な照射条件に対応可能な、西日本最大の照射施設を有しています。

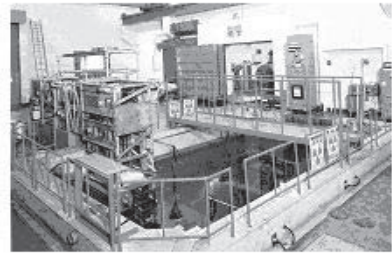


図1 コバルト 60 ガンマ線源の水プール

1.1 主な照射設備

2016年4月1日現在

	線源の数量	線量率	用途
第1照射室	97.6 TBq	1~100 Gy/h	大線量精密照射
第2照射室	78.6 TBq	10~100 Gy/h	大線量精密照射
第3照射室	0.66 TBq	0.1~1 Gy/h	小線量、非破壊検査
第4照射室	1623 TBq	100~1000 Gy/h	大線量照射
照射プール	1623 TBq	10~50 kGy/h	大線量水中照射

1.2 コバルト線源の主な照射対象

- ・生物分野
 - 植物の突然変異種発現
 - 微生物の特性改良
 - 医療器具・動物飼料等の滅菌
- ・化学分野
 - 放射線分解と有用生成物の生成
 - 架橋反応の利用による電線被覆材の開発
 - 楽器の弦の改良

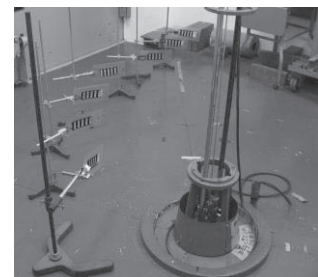


図2 コバルト 60 照射風景
(線量計の較正)

- ・ 工学分野 トランジスタ・IC などの電子部品・機器の照射試験
原子力発電所で使用する電子機器、光学部品、ケーブルの試験
人工衛星に搭載する電子機器の照射試験
- ・ 物理分野 放射線検出器の較正、線量計の特性試験
ガラス・真珠・宝石等の着色
超微粒子の生成

2. 高エネルギー電子線照射装置（ライナック）

電子線加速器では、線量率が極めて高いことを利用した金属材料の照射効果の研究、放射線がパルス状に出力されることを利用した、物質の過渡的变化を調べる研究、超微弱ビームの発生と利用、新しいラジオグラフィ法の開発研究などが行われています。

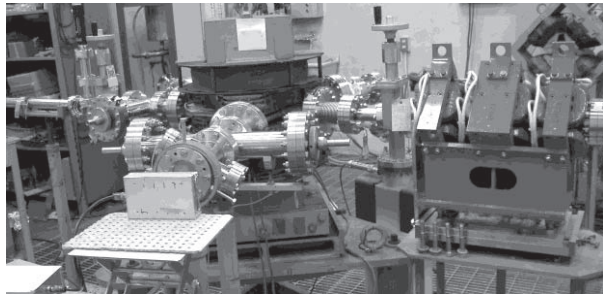


図3 電子線形加速器（OPU ライナック）

2.1 主な照射設備

	粒子束密度	用途
地下照射室	～ 10^{13} e/cm ² /sec	水平照射、大面積照射
第2照射室	～ 10^{12} e/cm ² /sec	精密照射
第3照射室	～ 10^{14} e/cm ² /sec	大線量照射、分析

2.2 ライナックの主な照射対象

- ・ 生物分野 医療器具等の滅菌
微弱電子線の生物影響
- ・ 化学分野 放射線照射による光吸収過渡現象の研究（パルスラジオリシス）
架橋反応の利用によるタイヤ、被覆材等の開発
液体窒素の照射効果の観測
- ・ 工学分野 耐放射線性の高い金属、合金の大線量照射
人工衛星に搭載する機器の耐久性加速試験
超微量のウラン検出法の開発

- ・物理分野
 - 放射線検出器の較正
 - 電子線による材料中への欠陥導入と、それを利用した分析
 - 貴金属ナノ微粒子の生成
 - 加速器の高性能化、超微弱電子線の開発
 - 加速器を利用した高輝度サブミリ、ミリ波光源の開発と利用

3. 低エネルギー電子線照射装置（コッククロフト・ウオルトン型加速器）

エネルギー : 60~600 keV

用途 : 表面照射、表面処理

照射対象例 : 人工衛星部品の照射
物質の表面改質（硬化、濡れ性の変化）

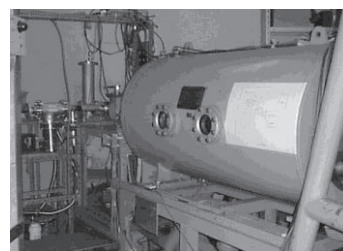


図4 低エネルギー電子線照射装置

4. 非密封放射線施設および、その他の照射装置

非密封放射性同位元素は、トレーサーとしての利用を中心に、化学、農学、生命科学、医学の研究において、種々の特徴ある施設として広く利用されています。



図5 非密封放射線施設

用途 : 放射性同位元素によるトレーサー実験
材料の陽電子利用分析
放射性同位元素による年代測定
環境汚染物質の元素分析
環境放射線の測定



図6 トレーサー実験に用いられる
RI 標識化合物

その他の照射設備 :

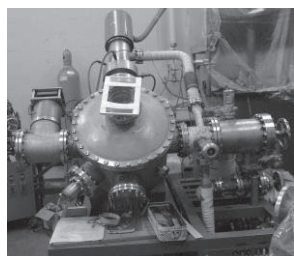


図7 低エネルギー電子線照射装置（100keV）



図8 X線照射装置



図9 X線非破壊検査装置

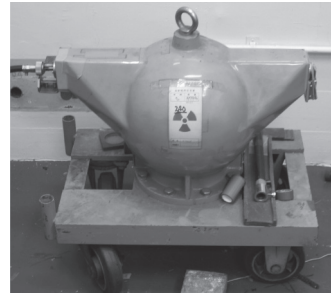


図10 γ 線非破壊検査装置

5. クリーンルーム施設

本学のクリーンルームは全国でも有数のレベルと規模を持っています。クリーンルームはクラス 1000, クラス 100, クラス 10 の3つに分かれており、室内の清浄度を保つため、垂直層流方式（ダウフロー方式）を採用しています。クリーンルームは空調設備のある天井、全面アルミダイキャスト製グレーティングの作業室、各種ガスや超純水の配管のある床の3層構造となっています。またクリーンルーム内では超純水や、各種の高純度ガスが使用出来るようになっていきます。クリーンルーム内には先端材料や先端デバイスを作製するための最新の装置が設置されており、学内のみならず企業など外部との共同研究が活発に行われています。なお、利用については、放射線研究センターHPの実験施設をご覧ください。

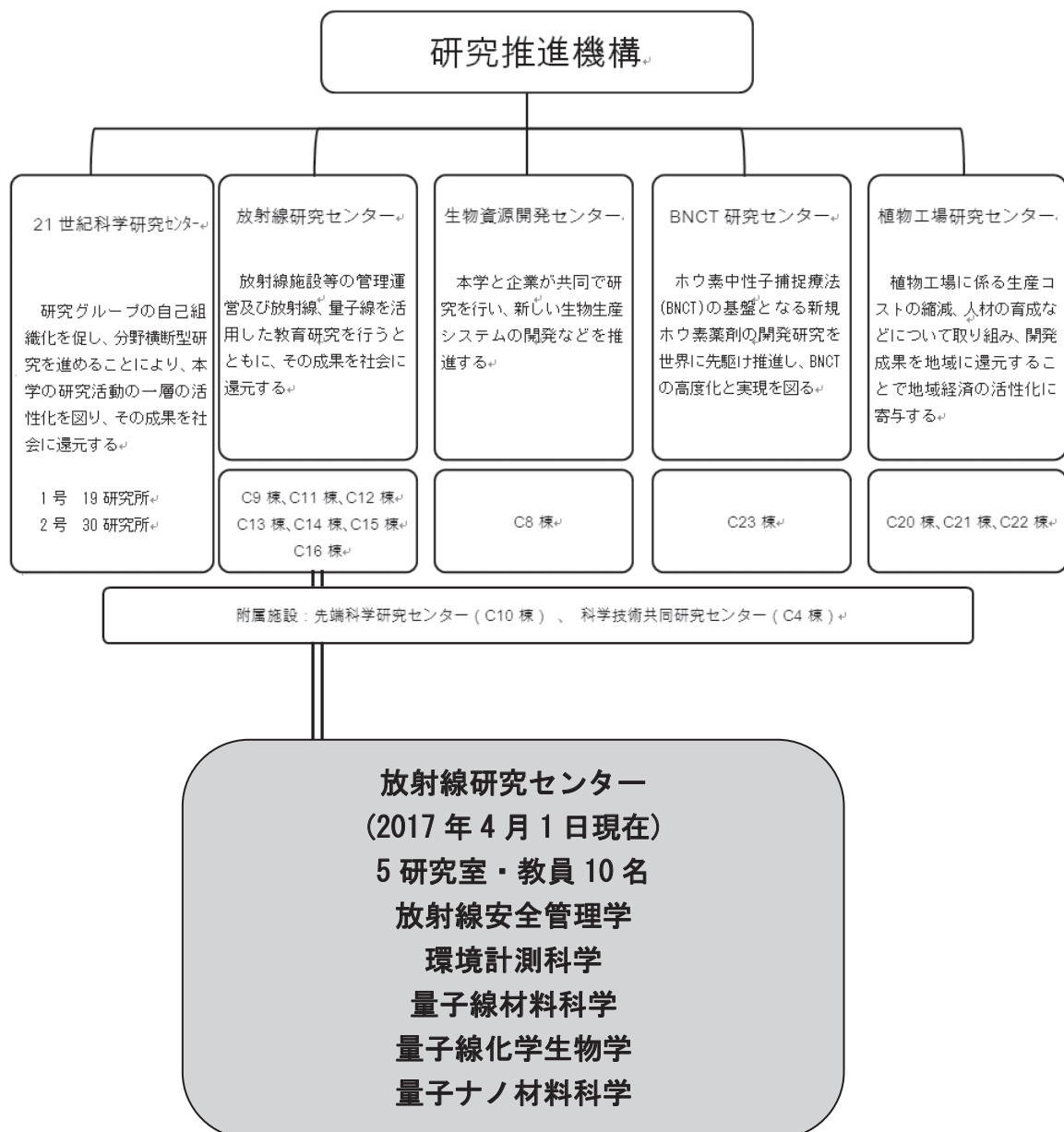
<http://www.riast.osakafu-u.ac.jp/index2.html>



図11 クリーンルーム室内図

6. 放射線研究センター組織

1959年に発足した大阪府立放射線中央研究所に設置され、整備された放射線設備は、1990年に大阪府立大学附属研究所（後の先端科学研究所）に引き継がれ、2005年における大阪府立大学の法人化にともない、産学官連携機構・放射線研究センターに引き継がれ、さらに2011年における大学の機構改革で地域連携研究機構・放射線研究センターに引き継がれました。さらに2017年研究推進機構傘下のセンターとして改組されました。



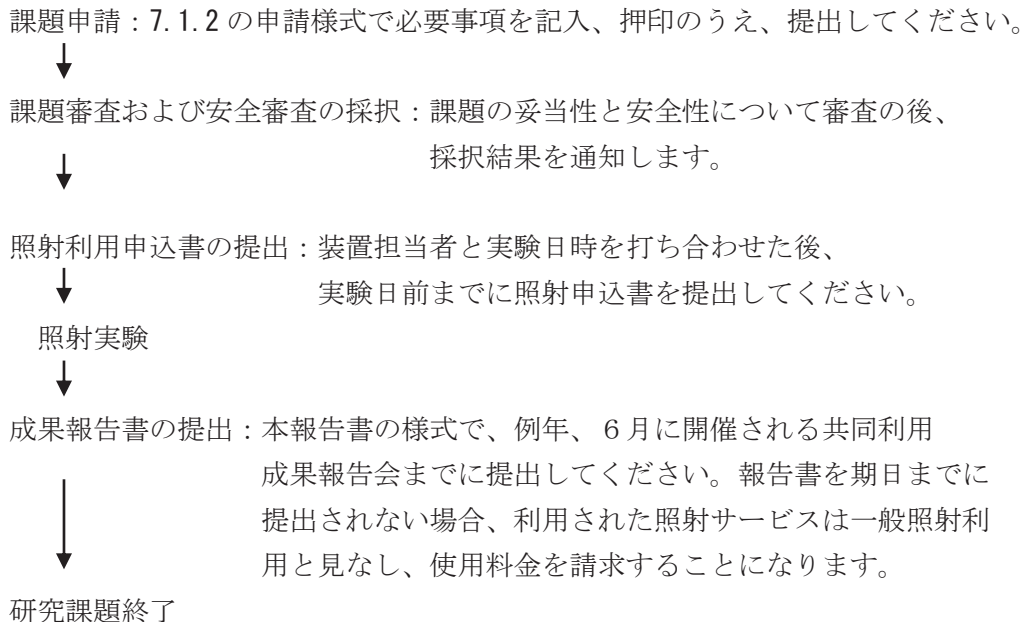
7. 放射線照射施設利用のてびき

放射線センターでは、保有する研究施設を広く一般のユーザーに開放しています。また、府立大学の学内共同利用施設としても利用可能ですが、この場合は研究課題の事前審査と研究成果の公開が必要となります。一般の照射申し込みは随時、学内共同利用の課題申請は年2回受け付けています。いずれの利用の場合でも安全に関する審査は不可欠です。

7.1 学内共同利用の手続き

添付の申請用紙に、必要事項を記入、押印のうえ、下記に送ってください。課題の募集は6月と12月の年2回行います。申請課題の有効期限は、6月申請が1年、12月申請が半年とし、複数年にわたる研究課題は、継続課題として再度申請してください。

7.1.1 学内共同利用の手続きの流れ



注 1) 放射線装置を用いた実験を行う場合、実験者の作業を要しない単純照射をのぞいて、実験者の放射線業務従事者登録が必要となります。この手続きには、放射線障害防止法にもとづいた放射線業務従事者講習会への参加が義務付けられています。講習会は年に2回、当センターで開催されています。実験を予定されている方は、早めに受講されることをお勧めします。

注 2) 共同利用研究課題申請書、放射線施設利用申込書等の書式は、ホームページからダウンロードが可能です。

URL: <http://www.riast.osakafu-u.ac.jp/index2.html>

7.1.2

放射線施設利用研究課題申請書（学内共同利用）

放射線研究センター長 殿

下記の通り申請します

平成 年 月 日 申請者 所属 _____ 氏名 _____ ⑩

1. 提案課題の種類（該当する項目に○印）

新規 継続 緊急 継続の場合は前課題名を記入

2. 実験責任者

氏名 _____ 所属 _____ 内線番号 _____

3. 実験課題名

--

4. 共同研究者（所属機関、部局、身分）

--

5. 使用希望装置（該当する項目に○印）

(a) ライナック (b) コバルト 60 (c) コッククロフト (d) その他

6. 使用希望条件

使用日数： _____ 占有照射室： _____

利用条件： _____

7. 実験概要（含、従来 of 成果、期待される成果）

8. 備考

9. 放射線研究センター内 連絡者

氏名 _____ 内線番号 _____

7.2 一般照射利用の手続きと使用料金

研究推進機構放射線研究センターでは、保有する放射線施設を広く一般のユーザーに開放しています。一般の照射申し込みは随時受け付けています。この場合、施設の維持に要する費用の一部を負担していただくことになります。(7.2.2 の料金表を参照してください。) また、装置と実験者の安全に関する審査は不可欠ですから、実験の内容を照射申込書に記入していただく必要があります。

7.2.1 一般照射利用の手続き

照射利用申込書の提出 : 装置担当者と実験日時を打ち合わせした後、実験日前までに照射申込書を提出してください。実験日までに安全性について審査を行っています。

↓

照射利用

↓

照射終了 : 照射時間が確定した後、これに相当する照射料金が府立大学から請求されます。

7.2.2 照射手数料

区 分		金額 / 1 照射条件につき	
放射性同位元素による場合	照射プール内での照射	17,000 円+2,400 円×V×Th	
	照射室での照射	被照射物の占有容積が 10 リットル未満	9,500 円+4,800 円×Th
		被照射物の占有容積が 10 リットル以上 50 リットル未満	9,500 円+9,500 円×Th
		被照射物の占有容積が 50 リットル以上	19,000 円+19,000 円×Th
	照射室占用による照射	19,000 円+19,000 円×TH	
生装置による放射線発射の場合	ライナックによる場合	34,400 円+1,000 円×Tm	
	コッククロフト・ウォルトンによる場合	28,800 円+500 円×Tm	
	X 線照射装置による場合	8,800 円+300 円×Tm	
照射証明書の交付		1 通につき 1,500 円	

備考

- 「V」は、被照射物の占有容積を表し、その単位は 1 リットルとする。
- 「Th」は、照射時間を表し、その単位は 1 時間とする。
- 「TH」は、照射室占用時間を表し、その単位は 1 時間とする。
- 「Tm」は、照射時間を表し、その単位は 1 分間とする。
- 占有容積等の計算については、1 リットルに満たない端数は 1 リットル、1 時間に満たない端数は 1 時間、1 分間に満たない端数は 1 分間とする。
- 照射プール内での照射を行う場合で被照射物をバスケット内に入れるときの被照射物の占有容積は、7 リットルまでとする。

8. クリーンルーム施設利用状況（2016年度）

2016年度における放射線センターのクリーンルーム施設の「利用申請者数」および「利用テーマ」は下記の通りである。

「利用登録者数」 231人

「利用テーマ」

- 1 「化合物半導体を用いた高性能赤外デバイスの研究」 地域連携研究機構 河村裕一
- 2 「銅酸化物高温超伝導体の微細加工」 地域連携研究機構 川又修一
- 3 「PLD法およびRFスパッタ法等による、エネルギー応用薄膜（燃料電池、熱電変換材料、水素吸蔵合金、二次電池等）の作製と評価」 工学研究科 津久井茂樹
- 4 「超LSI用半導体材料の表面物性」 高等教育推進機構 上浦良友
- 5 「強誘電体／半導体積層デバイス，磁性半導体デバイス，圧電デバイスの作製」
工学研究科 藤村紀文
- 6 「希薄磁性半導体における電界スピン制御」 工学研究科 藤村紀文
- 7 「生体高分子のナノ分子工学」 生命環境科学研究科 北村進一
- 8 「超伝導体ナノファブリケーションによる新奇物性と応用」 工学研究科 石田武和
- 9 「金ナノ粒子を用いた高感度センサの開発」 工学研究科 長岡勉、椎木弘
- 10 「リン脂質で修飾したシリコンウエハー電極を用いる分子伝導体ナノワイヤーの作製」
理学系研究科 杉本豊成
- 11 「強磁性秩序をもつ酸化物誘電体単結晶薄膜の合成と機能特性」
21世紀科学研究機構 松井利之
- 12 「乾式・湿式製膜による各種薄膜材料の作成とデバイス応用」 工学研究科 齋藤丈靖
- 13 「シリコンフォトリソニック結晶ナノ共振器におけるラマン効果増大の検討」
工学研究科 高橋和
- 14 「金属ナノ粒子を用いたナノ構造体の構築」 工学研究科 床波志保
- 15 「新規高性能熱電材料の開発」 理学系研究科 小菅厚子
- 16 「ナノスケール素子における電磁応答制御と操作」 工学研究科 戸川欣彦
- 17 「バイオマテリアル工学と微細加工技術を基盤としたマイクロ・ナノバイオインターフェースの創製」 工学研究科 許岩
- 18 「機能性有機材料および液晶材料の物性に関する研究」 工学研究科 内藤 裕義
- 19 「ヘテロナノ構造を利用したエネルギー材料の創製」 工学研究科 牧浦理恵
- 20 「有機磁性体微小結晶の熱伝導測定」 理学系研究科 細越裕子
- 21 「マイクロ・ナノデバイスによる細胞発達制御」 21世紀科学研究機構 萩原将也
- 22 「相変化光記録材料カルコゲナイド化合物の結晶構造解析」 理学系研究科 久保田佳基

- 2 3 「生体材料（歯科用チタンインプラントやセラミックス系材料）、タンパク質など生体分子用の吸着材の表面濡れ性測定（水滴接触角測定）」 工学研究科 竹内雅人
- 2 4 「表面形状を制御した酸化亜鉛ナノ粒子表面の濡れ性に関する研究（膜厚測定、水滴接触角測定）」 工学研究科 竹内雅人
- 2 5 「MEMS 型ガスセンサのシロキサン耐性を向上させうる吸着材の開発に関する研究（水滴接触角測定）」 工学研究科 竹内雅人
- 2 6 「高難度ガス分離を実現する無機多孔体に内包した金属-有機構造体の開発」
工学研究科 堀内 悠
- 2 7 「SIMS を使った材料中の拡散研究」 工学研究科 沼倉宏、仲村龍介

以上

9. 連絡先

大阪府立大学 研究推進機構 放射線研究センター

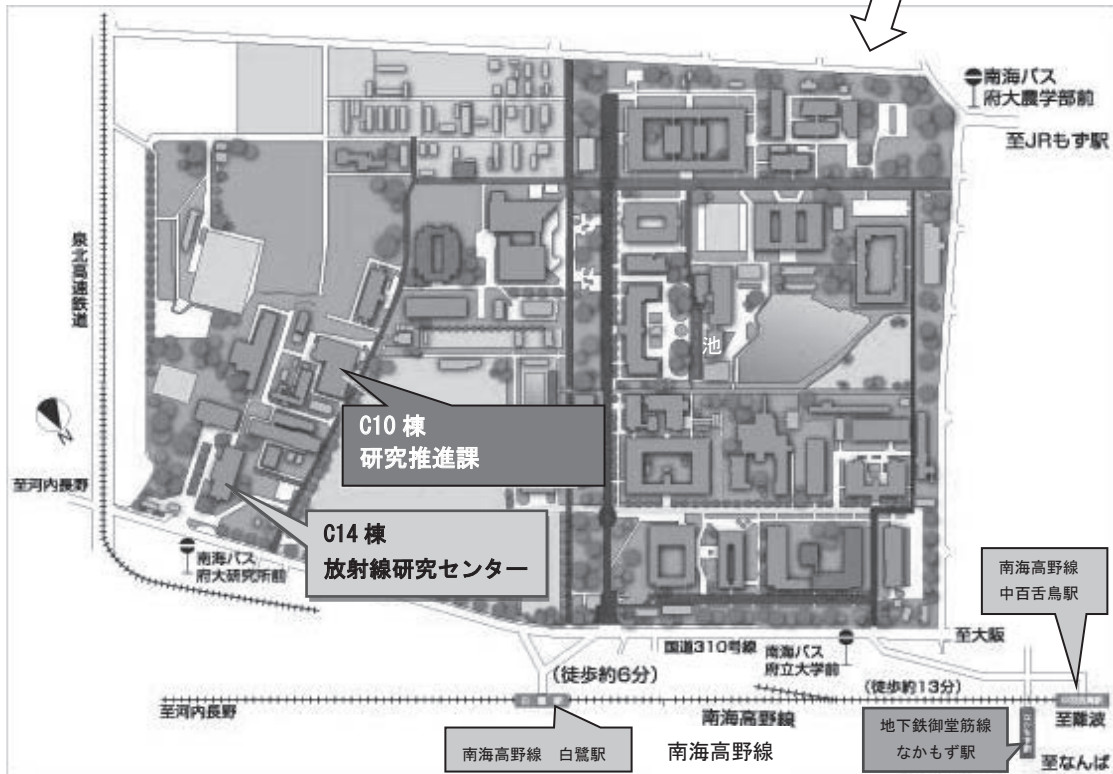
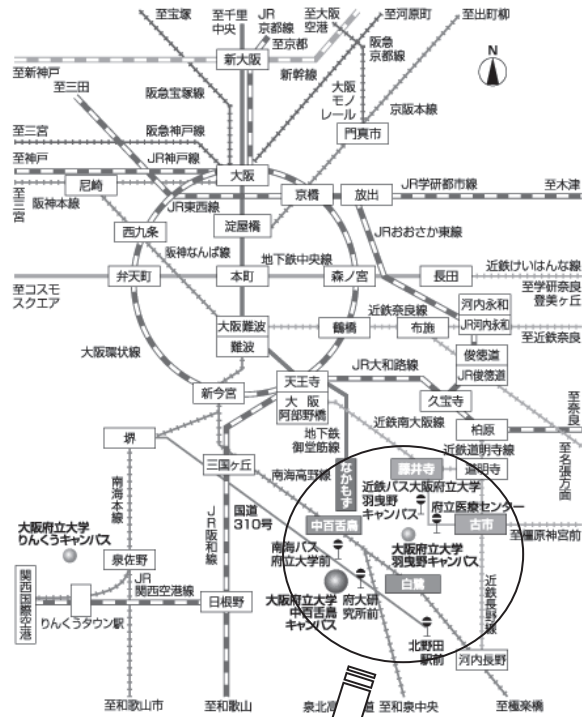
〒599-8570

大阪府堺市中区学園町1-2

Tel: (072) 252-1161 (代)

Fax: (072) 254-9938

<http://www.riast.osakafu-u.ac.jp>



【駅から徒歩の場合】

- ◆南海高野線「白鷺駅」下車徒歩 20 分「中百舌鳥駅」徒歩 25 分
- ◆地下鉄御堂筋線「なかもず駅」(5 番出口) 徒歩 25 分

【駅からバスをご利用の場合】

- ◆南海高野線「中百舌鳥駅」・地下鉄御堂筋線「なかもず駅」から南海バス（北野田駅前行 31、32、32-1 系統）で約 5 分、「府大研究所前」下車
- ◆南海本線「堺駅」から南海バス（北野田駅前行 31、32、32-1 系統）で約 25 分、「府大研究所前」下車
- ◆JR 阪和線・南海高野線「三国ヶ丘駅」から南海バス（北野田駅前行 31、32、32-1 系統）で約 15 分、「府大研究所前」下車



大阪府立大学
OSAKA PREFECTURE UNIVERSITY