

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 23 年度  
放射線施設共同利用報告書

平成 25 年 2 月

*Radiation Research Center  
Research Organization  
for University-Community Collaborations  
Osaka Prefecture University*

## 1. はじめに

地域連携研究機構・放射線研究センター長 奥田修一

地域連携研究機構の放射線研究センターは、2年目を迎えました。また放射線総合科学研究活動を継承している組織としては、発足以来53年目となります。

当センターには、コバルト60ガンマ線源や電子線加速器による放射線照射利用施設、非密封放射性同位元素を取り扱う放射化学実験施設、実験動物施設、大規模なクリーンルーム施設などがあります。これら学内共同利用施設は、学外の研究者、技術者や民間企業などにも広く利用されています。

センターの教員は、これまで個別に大学院の分野を担当してきました。しかしこのたび、関係者のご尽力により、全員がそろって担当する「量子放射線系専攻」が、平成25年度に工学研究科に新設されます。これによって、特徴ある施設および教員の教育・研究の活力を総合的に活かすことができます。

平成23年3月の原子力発電所事故以来、センターの教職員は、講演、セミナーなどの知識普及活動、各方面からの相談、技術指導、放射線計測などに追われてきました。このたび平成24年度から3年の計画で、文部科学省「原子力人材育成等推進事業・復興対策特別人材育成事業」として、「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」のプログラムがスタートし、地域貢献活動をより効果的に進めます。

このように本学の特徴として、量子放射線に関する大学院教育・研究および地域貢献を行う拠点形成の基盤が整いました。

この報告書は、平成23年度の放射線研究センターにおける共同利用の成果を、関連する情報と共にとりまとめたものです。内容は、物理、化学、生物、医学など科学技術の様々な分野にわたります。取りまとめ時期の関係で、今年度の成果も加えました。さらに平成23年度の年報も合わせることにしました。

皆様には、この報告書を是非ご覧いただきますとともに、学内外に今後の活動が期待される放射線研究センターに対して、一層のご協力、ご支援をいただきますようお願い申し上げます。

平成25年1月

# 目 次

ページ

## 1. はじめに

放射線研究センター長 奥田修一

## 2. 平成23年度共同利用研究報告

- 1) ライナックおよびコッククロフト・ウオルトン電子加速器の現状・・・・・・・・・・・・・・・・ 1  
(府大地域連携) 谷口良一、小嶋崇夫、岡喬、奥田修一
- 2) クリーンルーム施設共同利用状況・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 2
- 3) プラズマ実験室の整備状況・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 3  
(府大地域連携) 松浦寛人
- 4) 放射性セシウムで汚染した瓦礫を焼却処理した時に排出される粒子の  
大気環境への影響・・ 4  
(府大地域連携) 伊藤憲男、溝畑朗
- 5) 除染用ストリップابلペイントの除染性能評価・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 5  
(府大地域連携) 伊藤憲男  
(ジャパンカーボライン(株) 猿渡晋吾、上田雅文 (神東塗料(株) 波多野健
- 6) 家庭用簡易浄水器による放射性ヨウ素 I-131 の除去特性に関する研究・・・・・・・・ 6  
(ウォーターエージェンシー) 久保典亮  
(府大地域連携) 森利明
- 7) IP の長時間露光法の検討・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 8  
(府大地域連携) 谷口良一、小嶋崇夫、奥田修一
- 8) The response characteristics of dosimeters and its application to  
radiography・・ 9  
(府大地域連携) 下邨広元、谷口良一、奥田修一、宮丸広幸、松浦寛人、小嶋崇夫
- 9) 水トリー発生に伴う微弱放射線の計測・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 10  
(府大地域連携) 谷口良一 (中部電力(株) 熊澤孝夫
- 10) 電子線形加速器を用いたパルス撮像装置の開発・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 11  
(府大地域連携) 谷口良一、伊藤憲男
- 11) 電子線形加速器を用いた超高感度アスベスト検出法の検討・・・・・・・・・・・・ 12  
(府大地域連携) 谷口良一、小嶋崇夫、奥田修一
- 12) 冷却型 CCD 画像素子の放射線損傷・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 13  
(府大地域連携) 谷口良一、奥田修一 (京大炉) 岡本賢一 (近畿大) 小川喜弘  
(電子研) 辻本忠

13)	CIGS 太陽電池の低エネルギー電子線照射効果	14
	(宇宙航空研究開発機構) 川北史朗、今泉充、艸分宏昌 (府大地域連携) 奥田修一、小嶋崇夫、岡喬	
14)	InP 基板上への type-II InAs/GaSb 超格子の MBE 成長	15
	(府大地域連携) 河村裕一 (府大地域連携・住友電気工業) 三浦広平 (住友電気工業) 猪口康博	
15)	アルカリハライド結晶中における $\gamma$ 線照射による $Ag^+$ イオンから $Ag^-$ イオンへの変換過程	16
	(府大院理) 河相武利、南祐輔	
16)	電子線照射した $Zr_{50}Cu_{40}Al_{10}$ バルク金属ガラスの自由体積局所構造の変化	17
	(府大院工) 小野寺直利、石井顕人、岩瀬彰宏、堀史説 (東北大金研) 横山嘉彦 (京大炉) 佐藤紘一、徐虬、義家敏正 (原子力機構) 斎藤勇一、石川法人	
17)	Zr 系バルク金属ガラスの緩和過程における局所構造変化に関する研究	19
	(府大院工) 石井顕人、小野寺直利、岩瀬彰宏、堀史説 (東北大金研) 横山嘉彦、今野豊彦	
18)	InGaAs/GaAsSb シングルヘテロ構造の 2 次元電子伝導特性	21
	(府大地域連携) 川又修一、河村裕一 (府大院工) 中野紘亮	
19)	$\gamma$ 線照射還元場を用いた多元系ナノロッドの合成	22
	(府大院工) 永田光一郎、岡本晃彦、岩瀬彰宏、堀史説	
20)	高強度 THz 半サイクル光が誘起する物質の変化	23
	(府大地域連携) 奥田修一、小松大悟、谷口良一、小嶋崇夫 (京大炉) 高橋俊晴 (Kangwon National Univ.) S. Nam	
21)	バイオディーゼル燃料中のフォルボールエステルの分解に関する研究	24
	(府大地域連携) 松浦寛人、古田雅一、今村清、前田泰昭、奥田修一 (府大院工) サンティ・コンメイ	
22)	塩化物水溶液中での鉄の腐食へのガンマ線照射の影響	25
	(府大院工) 井上博之、井手原龍一、岩瀬彰宏 (府大地域連携) 小嶋崇夫	
23)	ガンマ線照射還元による金ナノロッド粒子の合成	26
	(府大院工) 岡本晃彦、永田光一郎、岩瀬彰宏、堀史説	
24)	フェナレノンの光遺伝毒性メカニズムの解析	27
	(府大地域連携) 東垣由夏、川西優喜、八木孝司 (神奈川工大) 高村岳樹	
25)	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	28
	(エフピー株) 高畑和恵、卜部和則、西村哲也、片山未佳、奥田直子、新野智香、 松本麻依 (府大院理) 川西優喜、八木孝司	
26)	塩酸セレギリンならびに関連物質の MAO 阻害活性	29
	(エフピー株) 高畑和恵、卜部和則、西村哲也、片山未佳、奥田直子、新野智香、 松本麻依 (府大院理) 川西優喜、八木孝司	

27)	サンマの鱗から抽出した I 型コラーゲンの性質の解析 . . . . .	30
	(府大院理) 森英樹、原正之	
28)	天然型オーキシン極性移動制御物質の探索 . . . . .	31
	(府大院理) 上田純一 (府大高等教育) 宮本健助	
29)	植物の青色光受容体フォトトロピンの光依存キナーゼの制御機構 . . . . .	33
	(府大院理) 岡島公司、嘉祥寺谷幸子、徳富哲	
30)	耐熱性酵母の高温下における細胞応答と発酵特性 . . . . .	35
	(府大地域連携) 古田雅一、石川悦子、小池佳都子	
	(府大院理) 荒井尊裕、松永祐一 (府大院生命) 岸田正夫	
	(Khon Kaen Univ.) Leelavatcharamas Vichai	
31)	糸状菌 <i>Aspergillus aculeatus</i> におけるセルロース応答因子 ClbR の機能解析 . . . . .	36
	(府大院生命) 國武絵美、谷修治	
32)	<i>Bacillus</i> 属細菌芽胞の発芽過程・増殖挙動に及ぼす放射線効果 . . . . .	37
	(府大地域連携) 古田雅一、石川悦子、小池佳都子 (府大院理) 向原岳	
33)	パプリカ粉末と食肉の混合物に添加された <i>Bacillus</i> 属細菌の増殖動態の解析 . . . . .	39
	(府大地域連携) 古田雅一、石川悦子、小池佳都子 (府大院理) 阪井俊夫	
34)	乾燥状態における <i>Enterobacter sakazakii</i> , <i>Escherichia coli</i> の放射線感受性変化 . . . . .	41
	(府大地域連携) 古田雅一、石川悦子、小池佳都子 (府大院理) 藤井夏日	
35)	ガンマ線照射高分子ゲル上におけるマウス神経幹細胞/前駆細胞の培養 . . . . .	42
	(府大院理) 川瀬文音、森英樹、原正之	
36)	重金属イオンのマウス神経幹細胞/前駆細胞の神経分化に対する影響 . . . . .	44
	(府大院理) 佐々木豪、森英樹、原正之	
37)	出血性水頭症突然変異マウスにおいて欠損している <i>Ccdc85C</i> の発生期 大脳皮質における役割について . . . . .	45
	(府大院理) 森展子 (府大院生命) 桑村充、田中夏樹	
38)	マウス 4 番染色体ヘテロ接合性消失と放射線誘発リンパ腫感受性 . . . . .	46
	(府大院理) 岡田圭輝、森展子	
39)	Carcinostatic effects of platinum nanocolloid combined with gamma-ray radiation on human esophageal squamous cells carcinoma: an in vitro study . . . . .	47
	(大阪物療大・阪府大) 李強、(府大高等教育) 田中良晴	
	(県立広島大) 斉藤靖和、(大阪物療大) 三羽信比古	
40)	ヒト正常食道細胞に対する放射線と白金コロイドの影響に関する研究 . . . . .	48
	(大阪物療大・阪府大) 李強 (府大高等教育) 田中良晴	
	(大阪物療大) 三羽信比古	
41)	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」の活動 . . . . .	50
	(府大地域連携) 奥田修一	
42)	「平成 24 年度第 29 回みんなのくらしと放射線展」活動報告 . . . . .	51
	(府大地域連携) 奥田修一	
	「みんなのくらしと放射線」知識普及実行委員会 委員	



# ライナックおよびコッククロフト・ウォルトン電子加速器の現状

大阪府立大地域連携研究機構 谷口良一\*、小嶋崇夫、岡 喬、奥田修一

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

## [現状]

電子ライナックの2011年の運転時間は140時間であった。前年の133時間と同程度である。図1に年間運転時間の、この25年間の推移を示す。2011年の修理時間は71時間であった。一方、コッククロフト・ウォルトン電子線加速器の運転時間は264時間であった。これは前年の294時間と同程度であり、順調に稼働していると言える。

## [メンテナンス]

1) **電子銃用絶縁トランスの修理**：ライナック電子銃およびグリッドパルサーに電源を供給している絶縁トランスの内部導線が破断した。原因は、トランス内部に充填されている絶縁油の放射線分解生成物による腐食であると推測された。本トランスは設置されて約30年経過しており、基本的には老朽化が原因である。

2) **電子銃カソードの交換**：ライナック電子銃のカソードのエミッションが、ここ数年来低下し続けており、2012年に入ってから、ほとんど使用に堪えないレベルとなった。このカソードは約10年程度使用しており、6月に交換した。本ライナックの加速管は、一度大気に晒した場合、脱ガスに長時間を要するようになっており、今回の場合も、約3か月の期間を要し、正常なビームが得られたのは9月末であった。

## [研究テーマ]

表1に2011年にライナック、コッククロフト等を利用した主要なテーマを示す。主な研究題目は、微弱電子ビームの測定法の研究、ウラン等の高感度分析、電子線ラジオグラフィの研究、液体窒素のオゾン爆発現象の研究、光量子放射化を利用したアスベストの高感度検出法の開発。衛星用太陽電池の耐放射線性の研究などであった。

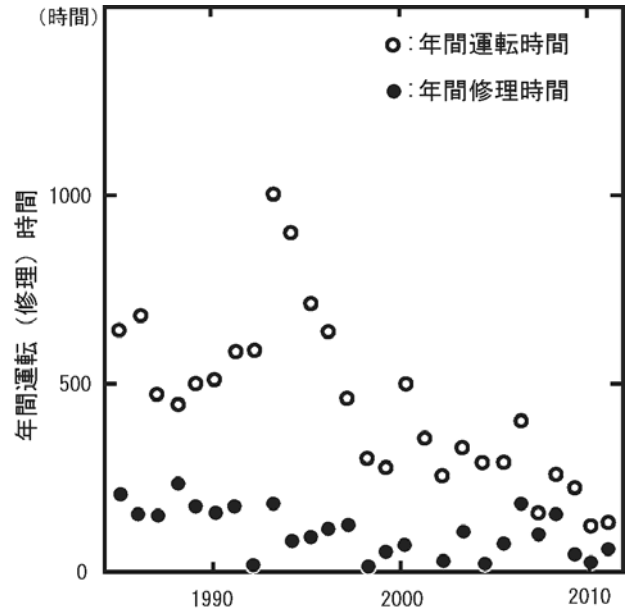


図1 年間運転時間の推移

表1 2011年の主な実験テーマ

ラジオグラフィ
微弱電子ビームの取り出しと利用
金属材料、半導体の照射
ウラン・トリウムの高感度分析
X線遮へいの評価
アスベストの高感度分析
人工衛星搭載太陽電池の照射試験
ビームモニターの開発
パルスビーム画像撮像装置の開発

## [本研究に関する研究発表]

1) 「大阪府立大学放射線研究センターにおける加速器科学研究の現状」奥田修一、谷口良一、宮丸広幸、下邨広元、小嶋崇夫、第9回日本加速器学会概要集(2012年8月、大阪) THPS008

## クリーンルーム施設共同利用状況

### Activities of Facilities for Clean Room

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有しており、室内はクラス 1000, クラス 100, クラス 10 の3つに分かれている。室内の清浄度を保つため垂直層流方式（ダウンフロー方式）を採用している。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集中配管により使用が可能である。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る。現在（2012年12月）の利用登録者数は289人で、下記のテーマの研究が行われている。

#### 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 「超伝導複合構造dドットの研究」 地域連携研究機構 川又修一
- 3 「太陽エネルギーを利用する光触媒, 太陽電池, 熱電変換素子の薄膜化」  
工学研究科 津久井茂樹
- 4 「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
- 5 「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
- 6 「ゾルーゲル法による無機酸化物薄膜の作製」 工学研究科 忠永晴治
- 7 「昆虫細胞増殖系を用いたアミラーゼの蛋白工学的研究」 生命環境科学研究科 新田康則
- 8 「マイクロマシン作製」 工学研究科 平井義彦
- 9 「マイクロマシン用微細パターンの作製」 工学研究科 川田博昭
- 10 「TEOS/Ozone 減圧 CVD における膜形成の高速化」 工学研究科 足立元明
- 11 「強誘電体/半導体積層・磁性半導体・圧電デバイスの作製」 工学研究科 藤村紀文
- 12 「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
- 13 「酸化チタン薄膜光触媒の親水化特性評価」 工学研究科 竹内雅人
- 14 「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
- 15 「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
- 16 「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
- 17 「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
- 18 「強誘電体デバイスの信頼性を向上させるために各素子の改善を進める研究」  
工学研究科 齋藤丈靖
- 19 「ナノ粒子のAFMによる観察」 21世紀科学研究機構 児島千恵
- 20 「シリコンフォトニック結晶ナノ共振器におけるラマン効果増大の検討」  
21世紀科学研究機構 高橋和
- 21 「金属ナノ粒子を用いたナノ構造体の構築」 21世紀科学研究機構 床波志保
- 22 「新規高性能熱電材料の開発」 21世紀科学研究機構 小菅厚子
- 23 「合成したナノ材料の観察と評価」 21世紀科学研究機構 八木俊介
- 24 「単一分子のキラリ識別法の確立」 21世紀科学研究機構 西野智明
- 25 「ナノスケール素子における電磁応答制御と操作」 21世紀科学研究機構 戸川欣彦
- 26 「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」 21世紀科学研究機構 許岩
- 27 「遷移金属酸化物の物性評価」 21世紀科学研究機構 山田幾也
- 28 「界面制御による機能性分子デバイスの創成」 21世紀科学研究機構 野内亮



## プラズマ実験室の整備状況

阪府大地域連携・放射線研究センター 松浦寛人\*

(\*本研究に関する連絡先：電話（内線）4212、メール [matsu@me.osakafu-u.ac.jp](mailto:matsu@me.osakafu-u.ac.jp))

A10 棟 110 室(生産センターボイラー室)に設置されていた 3 種類のプラズマ実験装置を C14 棟へ移設、整備を進めている。

直流グロー放電装置は、工学部学生の卒業研究の 1 テーマとして製作されたが、簡便な運転手順、安定した長時間放電のため、プラズマシースの基礎研究、特にシース熱流束の計測法の開発に供してきた。[1]現在、真空容器本体と放電回路の再組み立てはほぼ終了し、冷却系と計測器の整備を行っている。

大気圧放電装置は、工学部学生が使用していた平板+針電極を用いた直流放電タイプであったが、移設を期に装置をいったん分解し、新しく購入した低周波交流電源を用いた誘電体バリア型放電装置に組みなおした。別報で紹介する様に、この装置は材料照射に適したジェット型のプラズマを安定に生成することが出来、現在、溶液中の有害化学物質の分解の基礎実験を開始している。今後、滅菌等のプラズマの生物学的応用についても研究を広げるべく、計測器などの整備を進めている。

MPD アークジェット装置は、数年前に静岡大学より移管したもので、核融合炉周辺プラズマと同等のパルスプラズマを生成可能で、プラズマ対向材料の第一候補であるタングステンへの照射を計画していた。[2] しかしながら、装置サイズが大きすぎ扱いが困難であったため、一旦装置全体を分解し、最低限のパーツを元にコンパクトに再組み立てを検討している。

これらの装置を用いた共同研究のご提案を歓迎する。

### 参考文献

- 1) "Experimental measurement and PIC simulation of the sheath heat flux", H.Matsuura et al., 16<sup>th</sup> ESCAMPIG/5th ICRP joint conference(2002,Grenoble).
- 2) "Study on plasma heat road effect on Tungsten for the fusion reactor structure materials", H.Matsuura, 第 5 回工学研究科国際学術講演会(2010,大阪府大).

### 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) 該当なし

# 放射性セシウムで汚染した瓦礫を焼却処理した時に排出される粒子の大気環境への影響

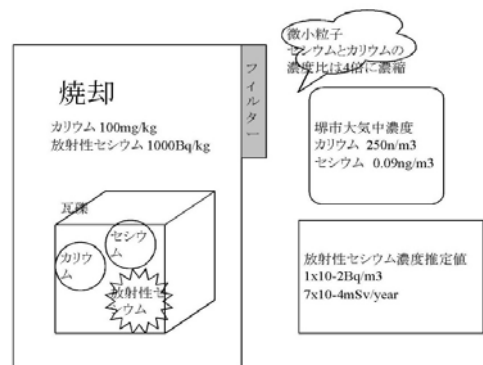
大阪府立大学 地域連携機構 伊藤憲男\*、溝畑 朗

(\*本研究に関する連絡先:電話 072-254-9813 e-mail:ito\_no@riast.osakafu-u.ac.jp)

**はじめに** 東日本大震災で生じた瓦礫が引き続いておきた東京電力福島第一原子力発電所の事故で生じた放射性物質で汚染されたため、処理が迅速に進んでいない。この処理が遅れている要因として、瓦礫を焼却施設で処理する際に発生する放射性物質(放射性セシウム)を含んだ粒子の健康影響が一般の人々に懸念され、瓦礫の焼却処理がなかなか進んでないように思える。そこで、我々は、一般大気中に粒子として存在するカリウム(K)とセシウム(Cs)の濃度(非放射性物質としての質量濃度  $\text{ng/m}^3$ )の観測データより、一般大気中での放射性セシウムの放射能濃度( $\text{Bq/m}^3$ )を推定し、さらに年間被ばく量を推定し、瓦礫処理が円滑に進めるためのデータを提供する。

**放射性セシウムの濃度の推定方法** 瓦礫をごみ焼却施設で焼却処理する際にその焼却施設から排出される粒子状放射性セシウムの濃度を推定するために、一般大気中の粒子状の非放射性のカリウムとセシウムの濃度から次式より推定を行った。

$A_{cs} = A_k \cdot C_{cs} / k$   $A_{cs}$ : 大気中での放射性セシウムの放射能濃度  
 $A_k$ : 大気中での放射性カリウムの放射能濃度  
 $A_k(\text{Bq/m}^3) = C_k \cdot 3.2 \times 10^{-8}$   
 $C_k$ : カリウムの大気中濃度( $\text{ng/m}^3$ ) カリウム  $1\text{g} = 32\text{Bq}$   
 $C_{cs}/k$ : 大気中での放射性セシウムと放射性カリウムの放射能比  
 $C_{cs}/k = G_{cs}/k \cdot K_c$   
 $G_{cs}/k$ : 瓦礫での放射性セシウムと放射性カリウムの濃度比  
 $K_c$ : 焼却施設から粒子として排気されるときにカリウムに対してセシウムが濃縮される濃縮度



今回はがれきでのセシウムとカリウムの濃度比を土壌での値として、この値と大気中での観測値と比較して、濃縮度を4(4倍に濃縮される)とした。この推定のために以下の4点を前提とした。(1)非放射性セシウムと放射性セシウムの焼却処理され一般大気に粒子として排出される挙動は同じである。(2)カリウムは、セシウムと同じアルカリ金属で化学的性質が似ている。ただし、融点、沸点が違うため、粒子としては同じように排出されない。(3)カリウムは、放射能を有している。(32Bq/g, 0.012%含んでいる天然放射性同位元素 40K のため) そのため、焼却施設から排出される放射性粒子の指標となる。(4)粒子のカリウムは焼却施設から排出される粒子の影響を大きく受けている。以上の仮定をもとに、堺市でのカリウムとセシウム観測データ(カリウム  $250\text{ng/m}^3$  セシウム  $0.09\text{ng/m}^3$ )を使用して、瓦礫を焼却した際に放出される放射性セシウムの濃度を推定した。観測地点はゴミ焼却施設から2kmであった。結果を表で示す。この結果より、瓦礫でのカリウムの含有率が  $100\text{mg/kg}$  でも、放射性セシウムの濃度は  $0.01\text{Bq/m}^3$  で、自然放射性粒子鉛 214 の平均濃度( $5\text{Bq/m}^3$ )の濃度に比べて十分低いことが分かった。さらに、年間被ばく量についても約  $7 \times 10^{-4}\text{msV}$  で問題ないレベルであることが分かった。

表 瓦礫での放射性セシウムの放射能を  $1000\text{Bq/kg}$  とした時の、瓦礫のカリウムの含有率に対する推定値。

瓦礫		大気		人体
含有率(mg/kg)	放射能濃度(Bq/kg)	放射能濃度(Bq/kg)	放射能濃度( $\text{Bq/m}^3$ )	年間被ばく量(mSv/year)
10000	310	1000	$1 \times 10^{-4}$	$7 \times 10^{-6}$
1000	31	1000	$1 \times 10^{-3}$	$7 \times 10^{-5}$
100	3.1	1000	$1 \times 10^{-2}$	$7 \times 10^{-4}$
10	0.31	1000	$1 \times 10^{-1}$	$7 \times 10^{-3}$
1	0.031	1000	1	$7 \times 10^{-2}$



## 除染用ストリップابلペイントの除染性能評価

大阪府立大学地域連携機構 伊藤憲男\*

ジャパンカーボライン株式会社 猿渡晋吾 上田雅文、神東塗料株式会社 波多野 健

(\*本研究に関する連絡先:電話 072-254-9813 e-mail:ito\_no@riast.osakafu-u.ac.jp)

米国カーボライン社製ストリップابلペイント (Alara1146 Cavity Decon<sup>®</sup>) を使用して、放射性セシウムで汚染した建造物の除染の試験を行い、その有効性が確認された。

このストリップابلペイントは水系塗料で、除染対象試料の表面に塗布後約 8 時間後に、乾燥してシート状になり試料から引き剥がせる。その際、試料表面に付着した放射性物質をシート上に回収することができる。

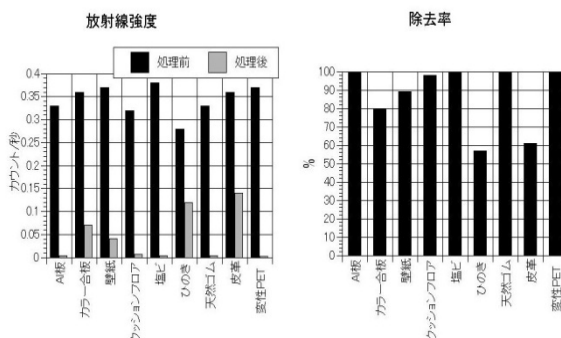
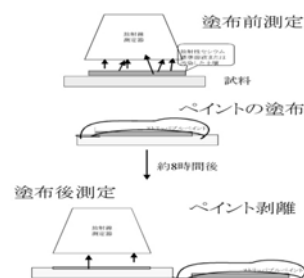
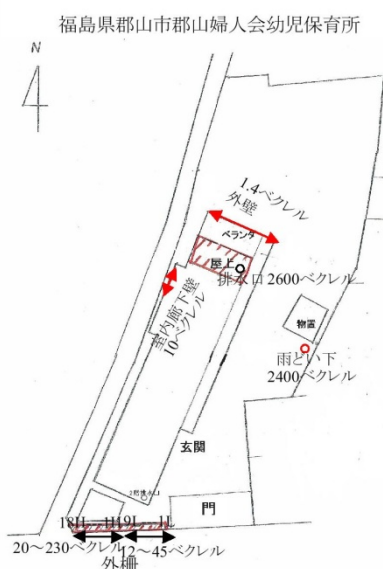
1. 実験室において、放射性物質を回収する効率を、(a)放射性セシウムの溶液と(b)放射性セシウムで汚染した土壌を使用して、試験対象の材質を変えながら確認した。その結果、ほとんどの試料で 80%以上の除去率で除染が行えることが分かった。しかし、除去率が悪い材質もあることも確認できた。

2. 福島県郡山市内の保育所で、実地試験を行った。回収したシートに放射性セシウムが回収され、約 70%の除去率で除染が行えたと推定できた。しかし、どの程度回収されたか又はどの程度放射性物質が除染されたかは現段階では推定のみである。室内についても回収が行え微量であるが放射能が確認でき、室内の汚染確認と除染に有効性が示された。

今後の課題として、放射線量率の高い現場での汚染状況の確認と除染の確認方法を確立する

### 実地試験実施箇所

回収したシートの放射能(ベクレル)を示す



## 家庭用簡易浄水器による放射性ヨウ素 I-131 の除去特性に関する研究

ウォーターエージェンシー 久保典亮

阪府大 放射線科学研究センター 森 利明\*

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

### 【はじめに】

2011年3月11日に東日本をおそった巨大地震により東京電力福島第一原子力発電所で未曾有の放射能漏れ事故が発生。大量に放出された放射性物質の一部(放射性ヨウ素 I-131)が水道水に混入し社会問題となった。

1986年4月26日のチェルノブイリ原子力発電所の事故においても I-131 による放射線被ばくが問題になったが、我が国においてはこのような過酷な原子力発電所の事故を想定しておらず、水道水中に I-131 が混入するなどということを前提にした家庭用簡易浄水器による放射性物質の除去試験はおこなわれていなかった。放射性ヨウ素と非放射性ヨウ素は同位体であり化学的性質は同じといっても、活性炭への吸着特性などが同等かどうかという学術的裏づけはなく、非放射性ヨウ素の除去性能試験がそのまま適用できるのかということも分かっていなかった。I-131 の半減期は8日のため水道水への混入は事故後1ヵ月程度で終息したが、このような緊急事態における家庭用簡易浄水器の性能特性についてのデータがなかったため、家庭用浄水器に使われている各種の濾過材が I-131 に対してどのような挙動を示すのか確認することを目的におこなった。酸性度(pH)や水道水中の塩素酸などによって微量のヨウ素がどのように化学変化するかは、すでに明らかになっていたのをそれを参考にした。

### 【除去特性試験】

I-131 の除去特性試験は I-131 の 1 MBq 標準液(NaI 日本アイソトープ協会)を水道水で希釈して試験溶液を作成し、各種の浄水器用濾過材を用いて除去性能を評価した。

I-131 の測定には日立アロカメディカルのオートウエルガンマ測定装置(ARC-360)を使用した。試験溶液の放射能濃度の確認のため Ge 検出器で測定をおこなった。

厚生労働省がおこなった「水道水における放射性物質対策中間取りまとめ」(平成23年6月)では、「水道原水中の放射性ヨウ素の多くは粒子状ヨウ素、ヨードメタン(ヨウ化メチル)を含む有機態ヨウ素、次亜ヨウ素酸又はヨウ化物イオンの形で存在すると考えられ浄水処理工程における残留塩素の影響により、浄水中には放射性ヨウ素の大部分がヨウ素酸イオンの形で存在すると考えられる」と述べられている。したがって容液が中性の場合、ヨウ化ナトリウム溶液(ヨウ素)またはヨウ素酸ナトリウム溶液(ヨウ素酸)を加え、活性炭カラムおよびイオン交換樹脂カラムに通水した。ただしヨウ化ナトリウムを加える場合にはヨウ化物イオンの酸化による形態変化を避けるためチオ硫酸ナトリウムを用いて残留塩素を分解した。水温は $20^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ 、pHの調整には

水酸化ナトリウムまたは塩酸を用いた。I-131 は 300~400 Bq/kg になるように調整した。

活性炭およびイオン交換樹脂は以下のものを使用した。

活性炭：クラレケミカル社製、カラム容積 60 ml、流速 SV200

イオン交換樹脂：オルガノ社製MB-2（陰イオン交換樹脂）、流速 SV250

## 【結果】

ヨウ素イオンとヨウ素酸イオンでは吸着能力に大きな差があることが確認された。水道水に添加した I-131 は濃度に換算するとピコ(p)またはフェムト(f)モル(mol/L)レベルであり、その除去には分子と濾過材の接触特性が重要なファクターになる。

今回の結果からヨウ素の形態の違いに特有の吸着性能があることが明確になった。水道水には衛生性を保つため遊離残留塩素が含まれており、これがヨウ素を酸化するためヨウ素イオンはヨウ素酸に変化する。そのため家庭用の簡易浄水器で I-131 を吸着除去することは困難であると思われる。

本試験の実施にあたり一般社団法人浄水器協会に加盟する多くの企業・メーカーから資材の提供と協力、及び貴重な助言をいただいた。

## 【関連する研究発表】

- 1) 平成 23 年度 全国給水衛生検査協会 関東甲信越支部研究発表会  
「水道水中の放射性ヨウ素の形態と家庭用浄水器による除去について」(財団法人日本食品分析センター 嶋内裕、杉本理子)
- 2) 平成 23 年度全国飲料水検査研究発表会(一般社団法人全国給水衛生検査協会)「水道水中の放射性ヨウ素の形態と家庭用浄水器による除去について」(財団法人日本食品分析センター 嶋内裕、杉本理子)
- 3) 第 13 回「環境放射能」研究会、「家庭用簡易浄水器による放射性ヨウ素 I-131 の除去特性に関する試験結果について」、森 利明、久保典亮、田中俊介
- 4) 第 9 回水道技術国際シンポジウム, 2012 年 11 月横浜、「Radioactive Iodine in the Tap Water and the Residential Water Purification System」 Hiroshi Shimauchi, Noriaki Kubo and Yukio Kobayashi

## IP の長時間露光法の検討

大阪府立大地域連携研究機構 谷口良一\*、小嶋崇夫、奥田修一

(\*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]** イメージングプレート (IP) で微弱な放射線画像の測定した場合、長時間露光が必要となる。ところが IP にはカブリ、フェーディング等の現象があり長時間露光は有効ではなかった。本研究では、遮へい付の低温照射装置を開発し、これらの問題の解決をはかった。

**[実験]** 実験は、①IP をアルミニウム製のカセットに収めて常温で保存、②IP カセットを冷蔵庫に入れ、約 1°C で保存、③カセットの上下に厚さ 1mm の鉄板を置き、サンドイッチした形で冷蔵庫に保存、④さらに厚さ 1cm の鉛板を 2 枚用意し、上記の体系をさらにサンドイッチする形で保存、の 4 つの条件で行った。測定結果を図 1 に示す。常温保存の場合、フェーディングの影響を強く受けることから、感度そのものが低い。従ってバックグラウンドのカブリの影響が表れる点も低温保存よりも数倍遅く (40 日付近) になっている。逆に低温照射では、図のように、数十日以上での保存で、カブリの影響が強く現れ、保存時間が 50 日付近では、常温時の数倍のカブリが見られる。これに対して、若干の鉄遮へいを追加したデータ (図中の四角) では、カブリは劇的に低減され、常温保存よりも少なくなっている。さらに鉛遮へいを加えた本格的な遮へい体系 (図中の三角) では、カブリがほぼ無視できる程度にまで低減されている。

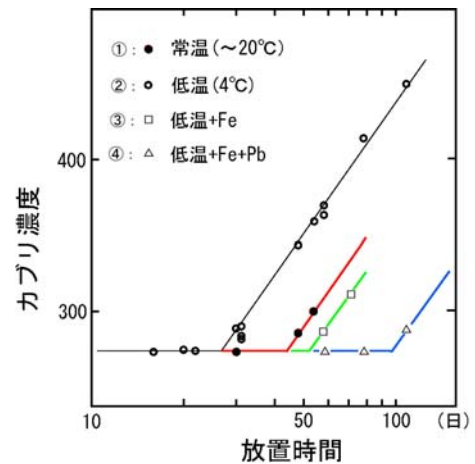


図 1 遮へいによるカブリ除去効果

**[低温照射装置]** これらの結果をもとに、試作した低温照射装置を図 2 に示す。これは図 1 の④の条件を参考として、厚さ 1mm のステンレス板で 10 段の棚を作り、さらに、その間に厚さ 3mm の鉛板を配置したものであり、同時に 10 枚の IP の低温長時間照射を、低バックグラウンドで行うことができる。また、この装置を冷蔵庫内に設置した外観を図 3 に示す。

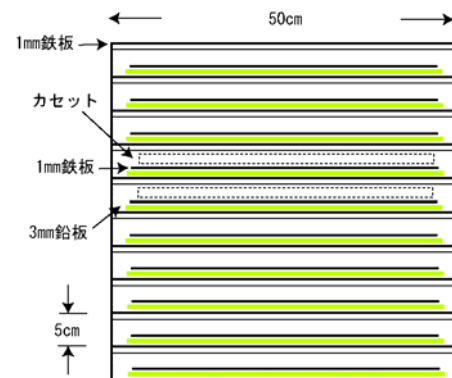


図 2 試作した低温照射装置

### [本研究に関する研究発表]

- 1) 「IP の長時間露光の検討」 谷口良一、小嶋崇夫、奥田修一、非破壊検査協会第 8 回放射線による非破壊評価シンポジウム論文集 (2012 年 2 月、東京) pp31-34
- 2) 「イメージングプレートの低温長時間露光の検討」 谷口良一、小嶋崇夫、奥田修一、非破壊検査に関する研究発表会講演概要 (2012 年 8 月、大阪) pp17-21



図 3 低温照射装置の外観

# The response characteristics of dosimeters and its application to radiography

大阪府立大学 放射線研究センター 下邨広元\*、谷口良一、奥田修一  
宮丸広幸、松浦寛人、小嶋崇夫

(\*本研究に関する連絡先：電話（内線）4214、メール dw105008@edu.osakafu-u.ac.jp)

放射線を物質に照射することにより、電離や励起が起こり、その後の拡散、緩和等の過程を経て種々の反応が誘起される結果、様々な物質や状態が生まれる。放射線によって固液界面に誘起される反応は、特に原子炉工学分野で重要な意味を持ち、放射線誘起表面活性（Radiation Induced Surface Activation, RISA）と呼ばれているがその機構は明らかでない。本研究では、RISAの機構を研究するために局所的な吸収線量を評価し、放射線種依存性についての知見を得る。熱蛍光線量計（Thermo Luminescence Dosimeter : TLD）とイメージングプレート（Imaging plate : IP）の二種類の放射線線量計を用いて応答特性を調べることを目的とした。さらに微弱電子線照射場の二次元測定の実用として、IPによる電子線ラジオグラフィの基本特性測定を行った。その結果、微弱電子線照射場においてTLDで線量をモニターしている状況下で、電子線の入射電荷量とIPの出力信号の間にはFig.1より線形関係が成立することが明らかになった。電子線ラジオグラフィの像の特徴としてFig.2より試料の縁の部分に、散乱挙動による最も大きいコントラストが発生することが明らかになった。

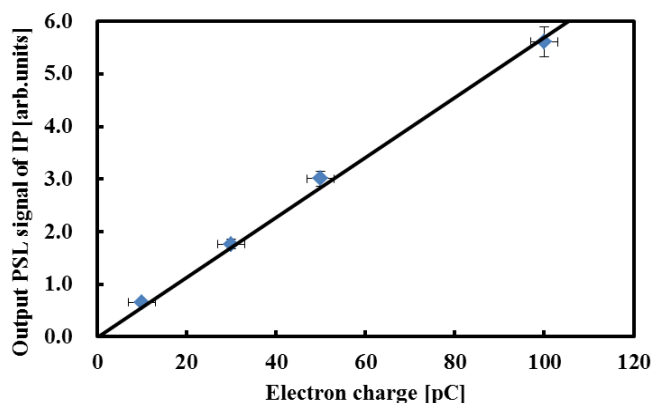


Fig 1. 電子線の入射電荷量と IP の出力信号の関係

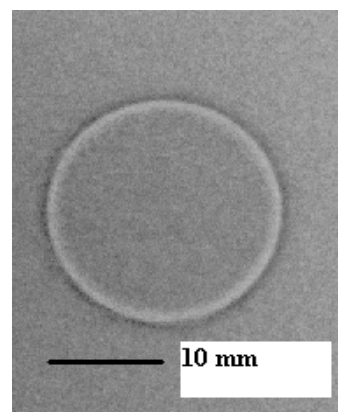


Fig 2. 電子線ラジオグラフィの例

## 参考文献

- [1] J. Miyahara, Y. Amemiya, and T. Matsushita, Imaging Plate, *J. Phys. Soc. Jpn.* 45 (1990), pp. 398-404.
- [2] K. Tanaka, T. Yabuuchi, T. Takahashi, T. Ikeda, and S. Okuda, Calibration of imaging plate for high energy electron spectrometer, *Rev. Sci. Instrum.* 76, 013507 (2005), pp. 1-5.

## 本研究に関する学会発表

- 1) 12th International Conference on Radiation Shielding (ICRS-12)、奈良県新公会堂、2012年9月2日～7日
- 2) 2011 Fall Meeting of the AESJ、北九州国際会議場、2011年9月19日～22日



# 水トリー発生に伴う微弱放射線の計測

大阪府立大学地域連携研究機構 谷口良一\*  
中部電力(株)エネルギー応用研究所 熊澤孝夫

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

## 1. はじめに

架橋ポリエチレン絶縁電力ケーブルには、水トリーと呼ばれる特異な劣化現象があるが、その発生のメカニズムについては不明な点が多い。本研究では、水トリー発生に伴う放射線の発生を測定している。昨年、水トリーの発生実験中にNaIシンチレータの測定値が、時間単位で、ゆっくりと変化する現象が観測された。具体的には、図1に示すように、早朝から夕方に計数が増加し、夜減少する現象であった。スペクトルを見る限り、自然界に存在するラドンの娘核種であるPb214とBi214の変化と見て矛盾しない。この奇妙な変動の原因を調べるため、今回、同じ体系でバックグラウンドの長期間測定を行った。

## 2. 実験

図2に結果を示す。測定は純粋なバックグラウンド以外に、試料をセットしないで高電圧を課電した状態でのバックグラウンドの測定も行った。図のように結果は、前者の日変化が $0.7 \pm 0.7\%$ 、後者が $0.2 \pm 0.5\%$ となり、変化は観測されなかった。ちなみに図1での計数の日変化は最大で、 $3.0 \pm 0.5\%$ の増加量である。この結果から判断すると、前回観測された変動は、水トリー課電実験に由来するものと言える。

### [本研究に関する研究発表]

- 1) 「水トリー発生に伴う放射線の計測：(13)課電水イオンとの関係」熊澤孝夫、谷口良一、原子力学会 2011 年秋の大会 (2011 年 9 月、北九州) J20
- 2) 「水トリー発生に伴う放射線の計測：(14)バックグラウンド変動の評価」谷口良一、熊澤孝夫、原子力学会 2011 年秋の大会 (2011 年 9 月、北九州) J21
- 3) 「水トリー発生に伴う放射線の計測：(15)時間変動の評価」谷口良一、熊澤孝夫、原子力学会 2012 年秋の大会 (2012 年 9 月、東広島) I58

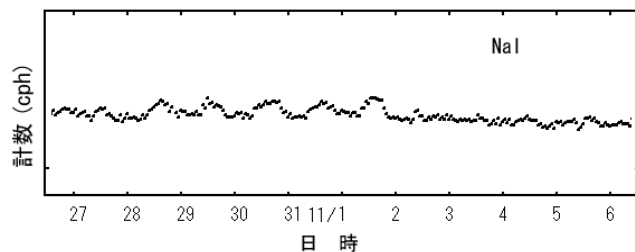


図1 NaIシンチレータで見られた脈動状の計数変化

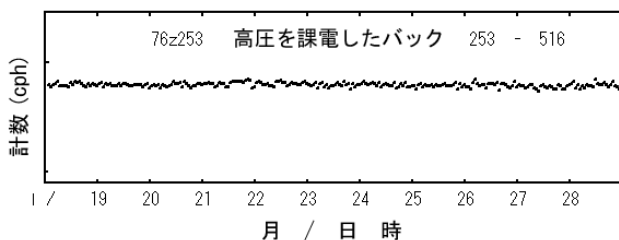
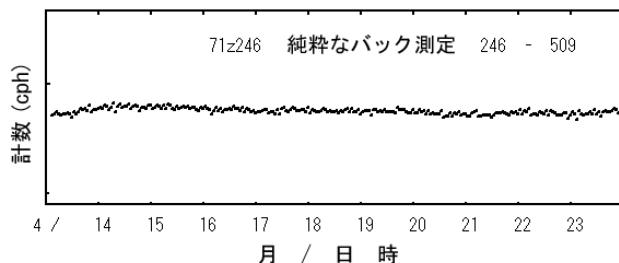


図2 バックグラウンド測定におけるNaIの変化

# 電子線形加速器を用いたパルス撮像装置の開発

大阪府立大学地域連携研究機構 谷口良一\*、伊藤憲男

(\*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]** 電子線形加速器は、数マイクロ秒のパルスビームを出力することから、これに同期した撮像を行うことで、パルス撮像が可能となる。これによって激しい動きを伴う過渡現象の観察が可能となる。本研究では、液体窒素の放射線誘起爆発現象の観察を目的として、超高感度撮像デバイスである冷却型 CCD カメラを用いたシステムの開発を行った。この冷却型 CCD カメラは安価である上に高感度であり定量性にも優れている。近年では紫外から赤外まで感度を有するものが開発されており、数十  $\mu$  秒オーダーのパルス撮像も可能である。

**[実験]** 撮像にはビットラン製の BU40L を用いた。図 1 に、そのパルス撮像性能の評価体系を示す。カタログ値では、このカメラの最短シャッター時間は 0.1msec とされている。

図のような体系での評価の結果、撮像は  $66 \mu\text{sec}$  の遅れを伴い、実質的なシャッター幅は  $54 \mu\text{sec}$  であることが明らかとなった。このシステムを用い、加速器ビームによる空気の発光のパルス撮像実験体系を図 2 に示す。実験は大阪府立大学の電子線形加速器を用いて行った。図のように、Ti 箔のウインドウを介して空気中に取り出された電子ビームは、空気中を約 20cm 飛行した後、アルミニウム製のビームストッパーに入射し、ここで電流が測定された。一方、ビームと 90 度方向に約 1 m 離れた位置に CCD カメラを設置した。光学系には石英ガラス製の紫外線対応レンズを用いた。また、加速器のメイントリガを遅延させた信号を CCD のトリガとして使用した。図 3 に、得られた空気発光画像を示す。ビームは画像の左から右に飛行しており、ビーム径は、空気による散乱の影響を受け、右側に行くほど大きくなっていることが分かる。

本研究の一部は、日本学術振興会科学研究費補助金（基盤研究 C:22560829）を受けたものである。

## [本研究に関する研究発表]

- 1) 「Study of Ozone Explosion of Liquid Nitrogen Induced by Intensive Irradiation」 R.Taniguchi, N.Ito, T.Kojima,S.Okuda, Proc.of 25<sup>th</sup> Workshop on Radiation Detectors and Their Uses (Feb1-3, Tsukuba,2011)pp76-83
- 2) 「Observation of Ozone Explosion of Liquid Nitrogen Induced by Electron Irradiation,」 R.Taniguchi, N.Ito, T.Kojima and S.Okuda, Proc. IMRP2011 (June 13-16, Montreal Canada 2011)p228
- 3) 「電子線による空気の発光とビームモニターとしての応用」 谷口良一、伊藤憲男、第 9 回日本加速器学会概要集 (2012 年 8 月、大阪) THPS143

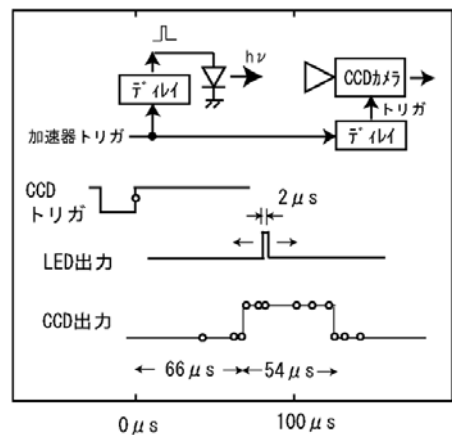


図 1 パルス撮像の時間分解能評価

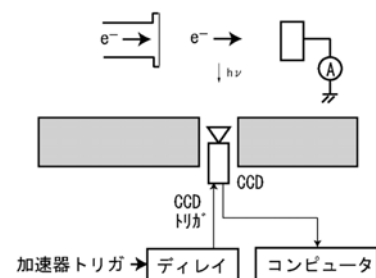


図 2 撮像体系

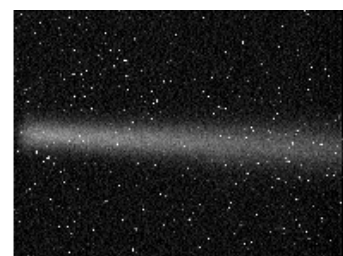


図 3 空気の発光画像

# 電子線形加速器を用いた超高感度アスベスト検出法の検討

大阪府立大学地域連携研究機構 谷口良一\*、小嶋崇夫、奥田修一

(\*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】** アスベスト中には通常の方法よりも高いレベルの自然放射線(U, Th)が存在している。ただし、アスベスト中の自然放射線は極めて微弱である。本研究では、高エネルギーX線を照射し、アスベストに含まれる微量のウラン・トリウムからの放射線を増幅し、放射線を画像化することで、アスベストの繊維構造が識別することをめざしている。天然繊維、人工繊維で、ウラン、トリウムを多く含むものは皆無に近いことから、本手法を発展させればアスベスト1本の検出も可能となると考えられる。

**【実験】** 図1に実験体系を示す。実験には大阪府立大学放射線研究センターに設置されている電子線形加速器を用いた。電子ビームは、厚さ1mmの金ターゲットに射し、ここで制動X線に変換され、後方に設置した試料を照射する。実験では、アスベストと同程度のウラン・トリウムを含む耐火レンガの粉末試料を用い、一定時間照射した後、Ge半導体検出器で残留放射線を測定した。

図2に結果を示す。図の横軸は経過時間を対数で示し、縦軸は、照射による放射線の増強度を対数で示している。また、この値は照射電子ビームの電流値で規格化している。図のように照射直後は、11.5MeVの場合、放射線の値が70倍程度増幅されている。また増幅度は電子線エネルギーに極めて敏感であった。

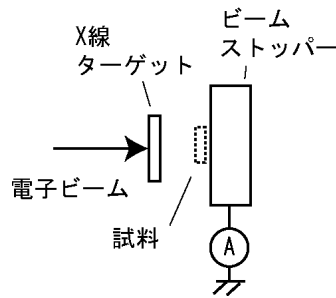


図1 照射体系

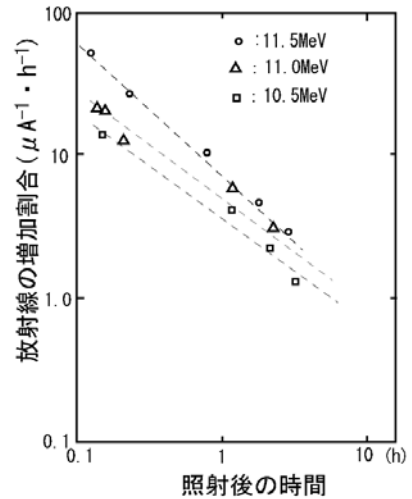


図2 放射線増幅度の変化

次に模擬試料を照射した後にイメージングプレートに密着させ、長期間低温露光し、その後、画像化したものを図3に示す。照射をしない場合、同様の放射線パターンが現れるのは、通常数ヶ月の低温露光が必要である。これに対してX線で照射した試料は、より短期間で画像化されている。

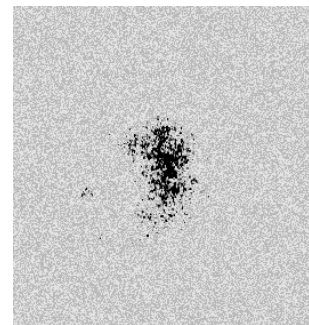


図3 照射画像

11MeV、0.7μA  
20分照射、24日間露光

本研究の一部は、科学技術振興機構平成23年度研究成果展開支援プログラム(A-Step)によるものである。

## 【本研究に関する研究発表】

- 1) 「電子線形加速器を用いた超高感度アスベスト検出法の検討」  
谷口良一、伊藤憲男、小嶋崇夫、奥田修一、第9回日本加速器学会概要集(2012年8月、大阪)THPS131

## 冷却型 CCD 画像素子の放射線損傷

大阪府立大地域連携研究機構 谷口良一, 奥田修一  
京都大学原子炉実験所 岡本賢一  
近畿大学 小川喜弘  
電子科学研究所 辻本 忠

(\*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】冷却型 CCD には特徴的な白点ノイズの問題がある。このノイズには、外見は同じであるが、ランダムノイズと固定パターンノイズ (FPN) の 2 種類がある。FPN は放射線損傷の一種と考えられ、ランダムノイズは放射線誘起ノイズの一種であると考えられている。ただしランダムノイズに関しては不明な点が多い。今回、冷却型 CCD に中性子照射を行い、ランダムノイズと FPN の比較を行った。

【実験】中性子照射を行った冷却型 CCD は、BJ40L (ビットラン) で、1 画面あたり 772×580 画素で構成されている。このカメラを近大原子炉 B 設備で中性子照射した。

得られた CCD 画像中にみられた白点ノイズの拡大写真の例を図 1 に示す。図中に際立って明るい白点が見られるが、他の画像との比較によって、左から 2 点目は固定点ノイズであることが明らかとなっている。他の白点はランダムノイズである。図のように、固定点ノイズもランダムノイズも 1 画素の大きさを持った、孤立点ノイズであり、外形から両者を区別することは困難である。ただし、固定点ノイズは純粋な 1 画素ノイズであるのに対して、ランダムノイズは図の右端のノイズのように、隣接したノイズを伴うことがある。

【解析】ランダムノイズと FPN は、ともに 1 画素ノイズで外見上は区別できない。ただし図 2 で見られるように、若干相違している可能性もある。図 2 は、照射時の 1 画面をサーベイし、白点ノイズが隣接して現れている部分を抜きだし、拡大したものである。全体で 13 例見出されたが、その中の 11 例を表示している。この CCD 画像の全画面中に白点ノイズは 402 個あり、うち FPN が 131 個、ランダムノイズが 271 個であった。図 2 のような形状を示したものはランダムノイズのみであり、FPN は、すべて 1 画素ノイズであった。また、その形状は特徴的であり、横型か斜め型が多数を占めている。このような形状を、粒子飛跡で説明することは困難である。ランダムノイズの起源に関しては、さらなる研究が必要である。

### 【本研究に関する研究発表】

- 1) 「冷却型 CCD のランダムノイズの起源の検討」 谷口良一、奥田修一、岡本賢一、小川喜弘、辻本忠、非破壊検査協会放射線部門講演会資料 RT-00027 (2012 年 7 月、青森) pp19-24
- 2) 「冷却型 CCD の放射線応答」 谷口良一、奥田修一、岡本賢一、小川喜弘、辻本忠、非破壊検査協会秋季講演大会講演概要集 (2012 年 10 月、東京) pp91-92

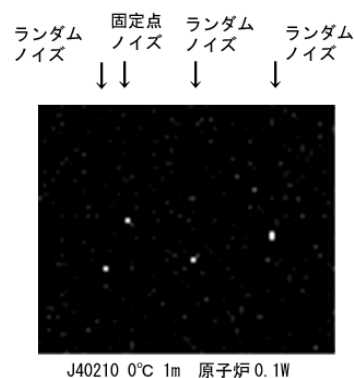


図 1 白点ノイズの例

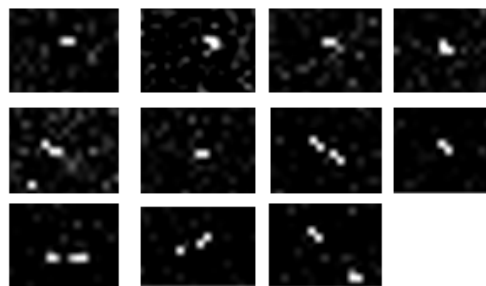


図 2 ランダムノイズで見られた隣接

## CIGS 太陽電池の低エネルギー電子線照射効果

宇宙航空研究開発機構 川北史朗、今泉充、艸分宏昌

大阪府立大学・放射線研究センター 奥田修一\*、小嶋崇夫、岡 喬

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

CIGS 太陽電池は、薄膜系太陽電池の中で一番変換効率が高いこと、フレキシブル基板に形成することで軽量化かつ柔軟な構造が可能であること、宇宙環境における放射線耐性が高いことから、次世代の宇宙用太陽電池として大きく注目されている。特に、放射線耐性の高さは、地上での放射線照射試験だけでなく、実宇宙環境における実証実験においても証明されている。この CIGS 太陽電池の放射線特性に関して多くの研究が行われているが、そのメカニズムは解明されていない。そこで、我々は CIGS 中に選択的に欠陥を生成することができる 1 MeV 以下の電子線照射試験装置を用いた照射試験を行い、CIGS 結晶中に特定の欠陥を生成し、その欠陥が CIGS 太陽電池の性能に及ぼす影響を測定することで、性能を低下させる照射欠陥の起源の解明に向けた研究を行っている。

ここでは、CIGS 中に銅のみの欠陥を生成することができる 250keV の電子線の照射試験を行った。その結果、すべての欠陥を生成する 1 MeV の電子線や陽子線照射試験の結果と異なり、電子線照射によって EL 強度が増加することが分かった(図 1 に電子線照射による CIGS 像の変化を示す)。また、これまでの同エネルギーの電子線照射によって、キャリア濃度の増加や光電流電圧特性の Roll Over の改善が観測されている。これらの現象は、CIGS 太陽電池の光照射効果と挙動が一致することから、そのメカニズムは同じであることが推察される。今後は、定量的な評価に向けた実験を行い、本現象のメカニズムの解明に向けて研究を進めていく。



図 1 電子線照射による CIGS 太陽電池の EL 像の変化。測定温度は 120K .電子線の照射量は  $3 \times 10^{15} \text{cm}^{-2}$ .

### 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) S. Kawakita, M. Imaizumi, H. Kusawake, S. Okuda, S. Ishizuka and S. Niki, “ Radiation Defects in CIGS Thin-Film Solar Cells by Low-Energy Electrons”, PVSEC-21 (Fukuoka) 2011.

# InP 基板上への type-II InAs/GaSb 超格子の MBE 成長

大阪府大<sup>1</sup> 住友電気工業<sup>2</sup>

河村裕一\*<sup>1</sup>, 三浦広平<sup>1,2</sup>, 猪口康博<sup>2</sup>

(\*電話 (内線) 3574、メール kwmr@riast.osakafu-u.ac.jp)

波長 3 $\mu\text{m}$  以上の赤外光を検出できるフォトダイオードは、微量の温暖化ガスや有毒ガスの検知への応用が期待される。受光材料には、既存の HgCdTe の代替として type-II InAs/GaSb 超格子 (superlattice; SL) が有望である[1]。しかし InAs/GaSb SL の結晶成長の基板に通常用いられる GaSb 基板は赤外領域での吸収が大きく、裏面入射構造のフォトダイオードの作製には基板の除去が必要という課題がある。これを克服するため GaAs 基板の使用が報告されているが[2]、GaAs と GaSb の格子定数差は約 7.8% と大きく、良好な結晶の成長が難しい。今回、GaSb との格子定数差が約半分の 3.8% で、かつ赤外領域での透過率が高い InP 基板上に高品質の InAs/GaSb SL の成長に世界で初めて成功したので報告する。

結晶成長には分子線エピタキシー (Molecular beam epitaxy; MBE) 法を用いた。原料は固体ソースを使用した。InP:Fe(100)基板表面を As フラックス照射下で加熱して酸化物を除去し、厚さ 0.5 $\mu\text{m}$  の GaSb バッファ層を成長した。その後厚さ 3.5nm の InAs と厚さ 2.1nm の GaSb からなる InAs/GaSb SL を成長した。ペア数は 50 対とした。InAs/GaSb SL 成長時の基板温度は 450 $^{\circ}\text{C}$  とした。InAs/GaSb SL の結晶性評価のため、X 線ロックンクカーブ (X-ray rocking curve; XRC) の測定、表面の光学顕微鏡観察、フォトルミネッセンス (Photoluminescence; PL) 測定を行った。

InP 基板上 InAs/GaSb SL の XRC から、周期構造を示すサテライトピークが明確に観察された (Fig. 1)。InAs/GaSb SL のメインの回折ピークは GaSb バッファ層のピークと重なっていた。原因は InAs に Sb が混入し InAs の格子定数が GaSb に近くなったためと考えられる。GaSb バッファ層のピーク位置から GaSb バッファ層は完全に格子緩和していると見られる。しかし光学顕微鏡観察より InP 基板上 InAs/GaSb SL にはクロスハッチが発生していないことが分かった。InP 基板上 InAs/GaSb SL とレファレンスの GaSb 基板上 InAs/GaSb SL の温度 4K での PL スペクトルを Fig. 2 に示す。いずれも波長約 6.5 $\mu\text{m}$  の発光ピークを示した。InP 基板上 InAs/GaSb SL は GaSb 基板上 InAs/GaSb SL と比べて発光ピーク強度が大きく良好な光学的特性を有すると考えられる [3]。InP 基板上に高品質の InAs/GaSb SL を用いたフォトダイオードを作製できると期待できる。

参考文献

[1] C. H. Grein, H. Cruz, M. E. Flatté, H. Ehrenreich; Appl. Phys. Lett., Vol.65, 2530 (1994)

[2] B. -M. Nguyen, D. Hoffman, E. K. Huang, S. Bogdanof, P. -Y. Delaunay, M. Razeghi, and M. Z. Tidrow; Appl. Phys. Lett., Vol.94, 223506 (2009)

[3] K. Miura, Y. Iguchi and Y. Kawamura; 19<sup>th</sup> MBE International Conf, Nara, Japan (2012)

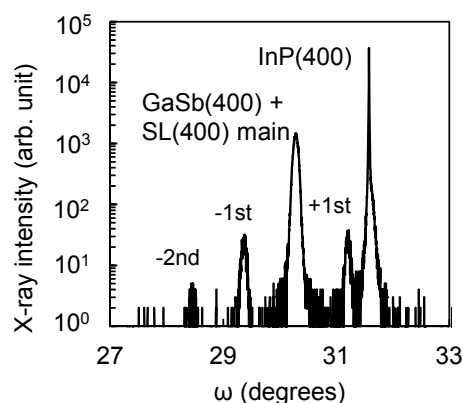


Fig. 1 XRC of the InAs/GaSb SL grown on InP substrate.

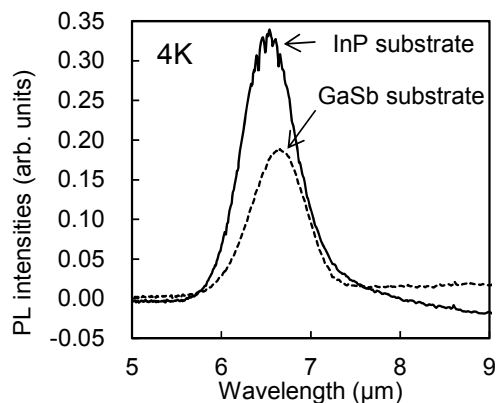


Fig. 2 PL spectra of the InAs/GaSb SLs grown on InP and GaSb substrates.

# アルカリハライド結晶中における $\gamma$ 線照射による $\text{Ag}^+$ イオンから $\text{Ag}^-$ イオンへの変換過程

大阪府立大学理学系研究科 河相武利\*、南祐輔

(\*本研究に関する連絡先：電話（内線）4065、メール buri@p.s.osakafu-u.ac.jp)

$\text{Ag}^+$ イオンを含んだアルカリハライド結晶に、電解着色、付加着色、放射線照射などを行うと、F センターに起因した吸収バンドと共に、近紫外領域に別の吸収バンドが現れることが知られている。種々の研究より、この吸収バンドは、 $\text{Ag}^-$ イオンに起因したものであることが分かっている[1,2]。 $\text{Ag}^-$ イオンは、最外殻電子配置として  $5s^2$  を持ち、 $\text{Tl}^+$ 型イオンの 1 つである。この系は、電子格子相互作用が比較的弱いことや発光特性が単純であるなど、他の  $\text{Tl}^+$ 型センターとは異なった特徴を持っている。今回は、 $\text{Ag}^+$ イオンから  $\text{Ag}^-$ イオンへの変換過程についての情報を得るために、0.02mol%の  $\text{Ag}^+$ イオンを含んだ KBr 結晶に対して $\gamma$ 線照射を行い、 $\text{Ag}^-$ イオンに起因した吸収バンドの成長過程を調べた。

図 1 は、 $\gamma$ 線照射量を変えていったときの吸収スペクトルの変化であり、295nm 付近にピークを持つ吸収バンドが、 $\text{Ag}^-$ イオンに起因した吸収バンドである。 $\gamma$ 線照射量が増加するに従って、吸収バンドが成長しているのが分かる。そこで、図 2 にガンマ線照射量と吸収強度の関係をプロットした。12kGy 以下の照射量では、ほぼ線形に吸収強度が増加しており、 $\text{Ag}^+$ イオンから  $\text{Ag}^-$ イオンへの変換が、 $\gamma$ 線照射量に比例していることが分かる。一方、12kGy から 30kGy へと照射量が増加すると、吸収強度は減少する。このことから、ある一定濃度以上の  $\text{Ag}^-$ イオンの存在が、 $\text{Ag}^+$ イオンから  $\text{Ag}^-$ イオンへの変換過程を阻害していると考えられる。

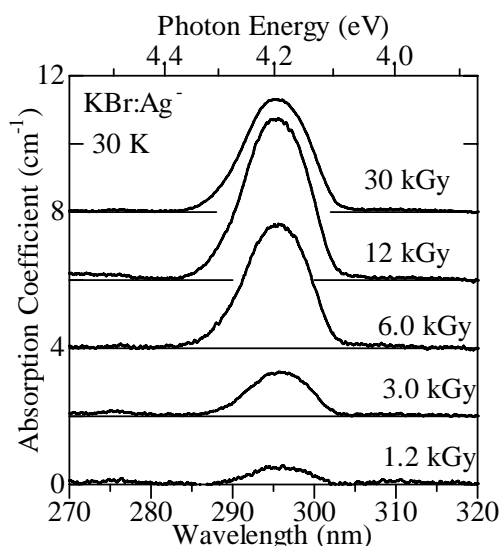


図1.  $\gamma$ 線照射による吸収バンドの変化

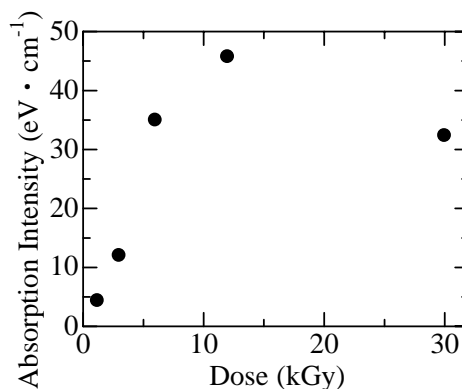


図2. 吸収強度の $\gamma$ 照射線量依存性

## 参考文献

- [1] W. Kleemann, Z. Physik **234** (1970) 362.
- [2] S. Shimanuki, phys. stat. sol. (b) **148** (1988) 251.

## 電子線照射した $Zr_{50}Cu_{40}Al_{10}$ バルク金属ガラスの自由体積局所構造の変化

大府大院工 小野寺直利、石井顕人、岩瀬彰宏、堀史説\*

東北大金研 横山嘉彦

京大原子炉 佐藤紘一、徐虬、義家敏正

原子力機構 斎藤勇一、石川法人

(\*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】

アモルファス状態で準安定的に固体となるバルク金属ガラスは、熱などのエネルギーを与えることによって、他のガラスにも見られるように緩和や結晶化を起こすことが知られている。この過程にともない金属ガラスの様々な物性が変化することが報告されており[1]、とりわけ自由体積変化との相関も指摘されている[2, 3]。このエネルギー付与方法の一つとして、局所領域へ高密度エネルギー付与が可能で多くの制御パラメータを有する粒子線が非平衡なアモルファスに及ぼす照射効果についてはほとんど解明されていない。本研究では、特に局所原子構造に由来した安定性を持つと考えられている Zr 基の共晶系バルク金属ガラスに対し室温及び 573K で電子線照射した場合の照射効果について、主に自由体積変化の視点から陽電子消滅法で評価した結果を報告する。

### 【実験方法】

試料は傾角鋳造法により作製した ZrCuAl バルク金属ガラス  $Zr_{50}Cu_{40}Al_{10}$  の棒状試料(~10 cm × 8 mm φ)を 0.5 mm 程度のディスク状に切出した。この試料に対し室温で 8 MeV (京都大学原子炉実験所)、573K で 2 MeV (日本原子力機構高崎) の電子線照射を行なった。照射量は  $2 \times 10^{17} \sim 2 \times 10^{18} / \text{cm}^2$  である。照射前後の各試料について、X 線回折測定、陽電子寿命測定及び同時計数ドップラー拡がり測定を行なった。

### 【結果】

X 線回折ではいずれの照射においても結晶化は起こっていないことが確認できた。Fig. 1 に示すように室温及び 573K 照射における電子線照射後の陽電子寿命値変化からは、室温照射で自由体積の増加を示す陽電子寿命及び S-パラメータの増加を観測したのに対し、573K 照射では反対に減少する傾向を示した。しかし、573K では等温焼鈍のみ行った場合、構造緩和を起こし自由体積は陽電子寿命値で 15 ps も減少するのに対し[4]、この温度で照射を行うと、その減少は 3 ps 程度に抑えられた。

### 【考察】

室温照射における照射量に依存した陽電子寿命の増加は、電子線照射により局所的な原子の弾き出し損傷が残留し、自由体積サイズが増加したことを示している。一方、573K での照射では熱的な構造緩和により自由体積サイズの増加が抑制されている。このように金属ガラスへの高温での電子線照射では結晶化せずに照射効果が抑制されることがわかった。



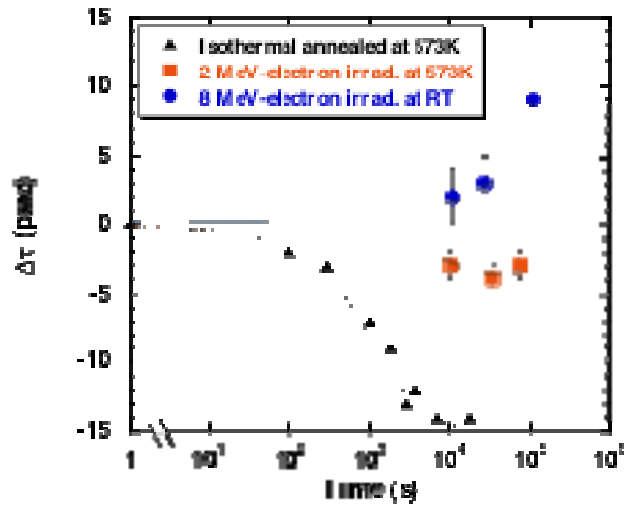


Fig. 1 室温および 573 K で電子線照射した  $Zr_{50}Cu_{40}Al_{10}$  の照射時間に対する陽電子寿命変化 (比較のため、573 K で焼鈍のみ行った場合の陽電子寿命変化も示す[4])

#### 参考文献

- 1) Y. Yokoyama, et al., Mater.Trans. 46 (12) (2005) 2755-2761
- 2) A. Ishii, et al., Mater.Trans. 49 (9) (2008) 1975-1978
- 3) F. Hori, et al., J.Alloys&Compounds. 434-435 (2007) 207-210
- 4) A. Ishii, et al., Mater. Trans. 49 (2008) 1975-1978

#### 本研究に関する研究発表

##### 学会発表

1. N.Onodera, A.Ishii, Y.Fukumoto, A.Iwase, Y.Yokoyama and F.Hori, "Local structure and hardness change of  $Zr_{50}Cu_{40}Al_{10}$  bulk glassy alloy after swift heavy ion irradiation", European-Materials Research Society Spring meeting, France, 9-13 May, (2011)
2. 小野寺直利、石井顕人、岩瀬彰宏、斎藤勇一、石川法人、佐藤紘一、徐虬、義家敏正、横山嘉彦、堀史説、「粒子線照射による  $Zr_{50}Cu_{40}Al_{10}$  バルク金属ガラスのナノ構造変化」、第7回 励起ナノプロセス研究会 (2011年11月、大阪)
3. 小野寺直利、石井顕人、岩瀬彰宏、斎藤勇一、石川法人、佐藤紘一、徐虬、義家敏正、横山嘉彦、堀史説、「電子線照射した  $Zr_{50}Cu_{40}Al_{10}$  バルク金属ガラスの自由体積局所構造の変化」、日本金属学会第149回秋季大会 (2011年11月、沖縄)
4. 堀史説、小野寺直利、石井顕人、岩瀬彰宏、横山嘉彦「粒子線照射した  $ZrCuAl$  バルク金属ガラスの特性変化と内部構造」、日本物理学会秋季大会 (9月21-24、富山)
5. 小野寺直利、石井顕人、岩瀬彰宏、横山嘉彦、河裾厚男、前川雅樹、藪内敦、堀史説「粒子線照射した  $Zr_{50}Cu_{40}Al_{10}$  バルク金属ガラスの自由体積局所構造および機械的特性の変化」材料物性工学談話会 (1月、大阪)

#### 発表論文

1. A study of defects in electron- and ion-irradiated  $ZrCuAl$  bulk glassy alloy using positron annihilation techniques, F.Hori, N.Onodera, Y.Fukumoto, A.Ishii, A.Iwase, A.Kawasuso, A.Yabuuchi, M.Maekawa and Y.Yokoyama, Journal of Physics: Conf. Series 262 (2011) 012025

## Zr系バルク金属ガラスの緩和過程における局所構造変化に関する研究

大阪府大院工 石井顕人、小野寺直利、岩瀬彰宏、堀史説\*  
東北大金研 横山嘉彦、今野豊彦

(\* 本研究に関する連絡先：電話（内線）072-254-9812(5658)、E-mail; horif@mtr.osakafu-u.ac.jp)

Zr-Cu-Al バルク金属ガラスの加熱焼鈍による構造緩和過程における自由体積及び局所構造変化について、主に陽電子および EXAFS の結果に基づいて考察した。試料は  $Zr_xCu_{90-x}Al_{10}$  ( $x=45\sim 65$ ) の組成範囲で傾角鋳造法により作成したものを  $\phi 8\times 50$  mm サイズに切り出し、X線回折(XRD)、密度測定(アルキメデス法)、広域 X 線吸収微細構造(EXAFS)、陽電子消滅寿命測定、同時計数ドップラー拡がり(CDB)測定を行った。

全ての合金組成において焼鈍による密度の上昇、すなわち構造緩和を確認した。この条件の下で、それぞれのバルク金属ガラスを構造緩和させた。その結果、 $Zr_xCu_{90-x}Al_{10}$  ( $x=45\sim 55$ ) の組成範囲においては密度上昇に対応した陽電子寿命の減少すなわち自由体積サイズの減少が確認されたが、 $Zr_xCu_{90-x}Al_{10}$  ( $x=60, 65$ ) については、密度の上昇(図(a))にも関わらず陽電子寿命は変化しなかった(図(b))。一方、緩和前後の CDB 測定の結果からは、自由体積周囲に存在する局所構造の元素比率に顕著な変化は観測されなかった。以上の結果から、緩和過程において自由体積サイズの変化の有無に関わらず、その周囲の原子の拡散および再配列は起こらない事が示された。さらに、EXAFS 測定結果より、Cu-Zr 結合の割合は  $Zr_{45}Cu_{45}Al_{10}$  組成以外では増加した。これらの結果から、 $Zr_xCu_{90-x}Al_{10}$  ( $x=50, 55$ ) では自由体積の収縮とそれに関与しない Cu-Zr の結合割合の変化が緩和に寄与し、Zr 組成が多くなると自由体積は収縮せずに別の領域での Cu-Zr の結合の割合の変化が緩和に大きく寄与している事を突き止めた。以上の結果より、Zr-Cu-Al バルク金属ガラスの緩和過程においては、自由体積の緩和のみではなく、それ以外の領域を含む、組成に依存した複合的な緩和機構が存在する事が示された。

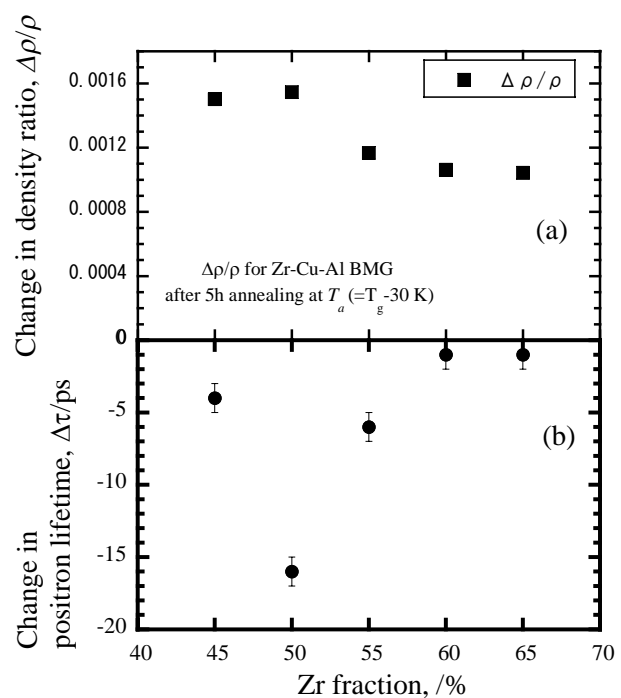


図  $Zr_xCu_{90-x}Al_{10}$  ( $x=45 - 65$ ) バルク金属ガラスの等温焼鈍後の密度上昇(a)と陽電子寿命値変化(b)

本研究に関する研究発表

### 国内学会発表

1. 石井顕人、峯野慎也、小野寺直利、岩瀬彰宏、今野豊彦、横山嘉彦、堀史説「Zr-Cu-Al バルク金属ガラス中の自由体積緩和に対する組成依存性の陽電子消滅測定」日本物理学会秋季大会 (2011年9月、富山)
2. 石井顕人、小野寺直利、峯野慎也、岩瀬彰宏、横山嘉彦、今野豊彦、堀史説「Zr-Cu-Al バルク金属ガラスの構造緩和過程の合金組成依存性」日本金属学会 (2011年11月、沖縄)
3. 石井顕人、峯野慎也、小野寺直利、岩瀬彰宏、横山嘉彦、堀史説「亜共晶 ZrCuAl バルク金属ガラスの構造緩和過程における局所構造変化」陽電子科学研究会 (2011年11月、大阪)

4. 石井顕人、峯野慎也、小野寺直利、岩瀬彰宏、横山嘉彦、今野豊彦、堀史説「Zr-Cu-Al<sub>13</sub> 元系バルク金属ガラスの構造緩和による局所構造変化の合金組成依存性」日本金属学会春季大会（2012年3月、横浜）
5. 石井顕人、峯野慎也、岩瀬彰宏、横山嘉彦、今野豊彦、堀史説「Zr-Cu-Al バルク金属ガラス中の局所構造の合金組成依存性」日本金属学会秋大会 2010年9月、北海道大学

#### 国際会議発表

1. Akito Ishii, Naoto Onodera, Shinya Mineno, Akihiro Iwase, Fuminobu Hori, Yoshihiko Yokoyama, Toyohiko J. Konno, "Influence of compositional variations on the relaxation behavior of free volume in ternary Zr-Cu-Al bulk glassy alloys", 18th International Symposium on Metastable, Amorphous and Nanostructured Materials (ISMANAM 2011) Spain, June, (2011)

#### 発表論文

1. Free volume change in Zr<sub>50</sub>Cu<sub>40</sub>Al<sub>10</sub> glassy alloy by the annealing studied by positron annihilation spectroscopy, A Ishii, F Hori, Y Fukumoto, A Iwase, Y Yokoyama and T J Konno, Journal of Physics: Conference Series 265 (2011) 012013
2. Free volume in Zr-based bulk glassy alloys studied by positron annihilation techniques, A.Ishii, A.Iwase, Y.Yokoyama, T.J.Konno, Y.Kawasuso, A.Yabuuchi, M.Maekawa, and F.Hori, Journal of Physics: Conf. Series 225 (2010) 012020
3. 石井顕人 学位論文「陽電子消滅・放射光分光測定を用いたZr-Cu-Alバルク金属ガラスの構造緩和に関する研究」2012年3月大阪府立大学

## InGaAs/GaAsSb シングルヘテロ構造の2次元電子伝導特性

大阪府大・地域連携 川又 修一\*、河村 裕一

大阪府大・工 中野 紘亮

(\*本研究に関する連絡先：電話（内線）3650、メール shu-kawamata@riast.osakafu-u.ac.jp)

InGaAs/GaAsSb タイプII 多重量子井戸構造を用いた波長 2  $\mu\text{m}$  帯の光検出器が開発されている。さらに、検出器の性能向上および長波長化を目指して、InGaAs 層に窒素をドーピングした InGaAsN/GaAsSb タイプII 多重量子井戸構造における光学的研究が進められている。本研究では、InGaAs/GaAsSb の基礎物性について明らかにする目的で、シングルヘテロ構造をもつ結晶について電気伝導測定を行った。測定試料は、半絶縁性 InP 基板に InGaAs を 1.45  $\mu\text{m}$ 、さらに Si ドープした GaAsSb を 0.1  $\mu\text{m}$ 、分子線エピタキシー (MBE) 法により成長させたものである [1, 2]。InGaAs と GaAsSb の界面に2次元伝導電子系が形成されている。

低温における電気抵抗およびホール抵抗の磁場依存性を測定することにより、2次元電子系の電気伝導に関する量子効果を観測し、キャリア濃度、移動度、および有効質量を求めることができる。電気抵抗およびホール抵抗測定のため、試料基板に In を用いてリード線を取り付けた後、電気抵抗は交流4端子法、ホール抵抗は交流5端子法により測定した。図1および図2に、温度 2 K において 0~90000 Oe の磁場範囲で測定した電気抵抗およびホール抵抗の磁場依存性をそれぞれ示す。電気抵抗にはシュブニコフ・ド・ハース効果による量子振動が観測されている。これに対応して、ホール抵抗には量子ホール効果によるプラトーが観測されている。今後、定量的な解析により、キャリア濃度、移動度、および有効質量を求める。

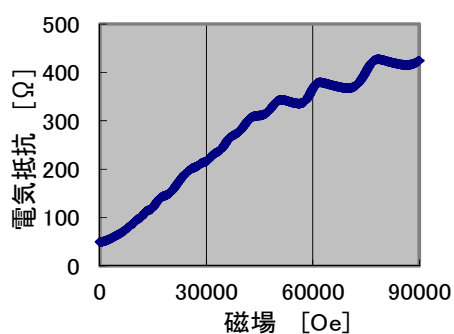


図1 電気抵抗の磁場依存性 ( $T=2$  K)

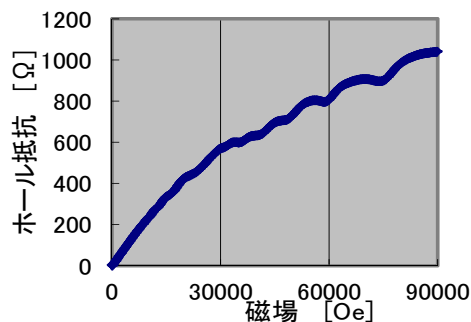


図2 ホール抵抗の磁場依存性 ( $T=2$  K)

### 参考文献

- 1) A. Yamamoto, Y. Kawamura, H. Naito and N. Inoue, J. Crystal Growth, 201/202 (1999) 872.
- 2) H. Takasaki, Y. Kawamura, T. Katayama, A. Yamamoto and N. Inoue, J. Crystal Growth, 227-228 (2001) 294.

## γ線照射還元場を用いた多元系ナノロッドの合成

阪府大工マテリアル工学分野 永田光一郎、岡本晃彦、岩瀬彰宏、堀史説\*

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

金ナノ粒子は粒子表面において可視領域付近の光に共鳴し、強い光吸収を示す表面プラズモン吸収を示す。この表面プラズモン吸収は金ナノ粒子の粒径、形状に大きく依存し、特にロッド状に形状制御された金ナノ粒子では、可視域と近赤外域に二つの吸収ピークを持つことから、特殊な光学特性を持つ機能材料として注目されている。我々はこれまでに、様々な照射励起反応場を用いて Au ナノロッド、Au(コア)-Pd(シェル) 二元系球状微粒子等の合成を行ってきた。多元系粒子は相分離や固溶等の状態によって大きく特性が変化する事は知られており、それらの報告は数多くある。しかし、多元系ナノロッドの照射励起反応場による生成の報告はほとんどない。そこで、本研究ではγ線による AuPd 二元系ナノロッドの生成を試み、生成したナノ粒子の光学特性や粒径、構造について評価した。

照射は二段階に分けて行った。第一段階では、 $\text{Au}^{3+}$  ( $\text{NaAuCl}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ : 0.5 mM) に界面活性剤 CTAB (80 mM)、 $\text{AgNO}_3$  (0.11 mM)、 $\text{H}_2\text{SO}_4$  ( $2.58 \times 10^{-3}$  mM)、アスコルビン酸 (1.2 mM)、及び純水を加えた溶液を調製し、Ar ガスでバブリング後、大気中、室温で  $^{60}\text{Co}$  線源による γ線照射を線量 6 kGy、線量率 5.3 kGy/h で行った。第二段階は生成した Au ナノロッド溶液 (Au nanorod: 0.2 mM) に  $\text{Pd}^{2+}$  ( $\text{PdCl}_2 \cdot 2\text{NaCl} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ : 0.2 mM)、及び純水を加え、再度 Ar ガスでバブリング後、γ線照射を線量 6 kGy、線量率 5.3 kGy/h で行い照射終了後、可視光-紫外光吸光度測定 (UV/vis) を行った。生成した粒子は回収し、透過型電子顕微鏡 (TEM) にて観察を行った。

生成したナノロッドのアスペクト比は第一段階が 3.1、第二段階が 3.0、平均粒径は第一段階が約 16 nm、第二段階が約 15 nm で、二段階照射でのサイズ成長はほとんど見られなかった。これに対し、図のように第二段階照射前後の吸光度で特性に大きな変化が見られた。すなわち照射前はロッド生成を示す吸収ピーク (525 nm, 740 nm) が顕著に現れていたが、照射後は短波長、長波長の吸収ピークが共に減少しており、また両ピーク波長が短波長側にシフトしていることから、第二段階で Au ナノロッドの表面で金の再溶解と Pd 被覆の現象が起きたことが考えられる。

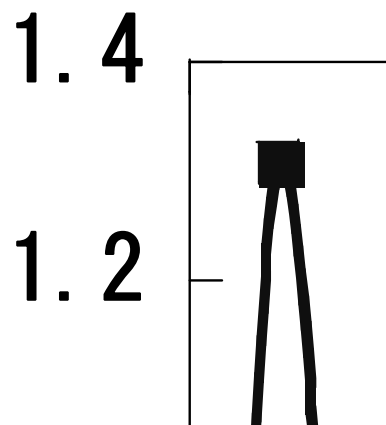


図 吸光度測定結果 (第二段階前後)

### 本研究に関する研究発表

- 1) 「γ線照射還元反応を用いた AuPd 二元系ナノロッドの創製」日本物理学会 2012 年春期大会 (3 月、兵庫)、永田光一郎、岡本晃彦、田口昇、岩瀬彰宏、堀史説、秋田知樹、田中真悟
- 2) 「超音波照射還元法を用いた Au-Pd 二元系ナノロッドの合成」、材料開発研究会平成 23 年度第 3 回研究会 (12 月大阪)、永田光一郎、岡本晃彦、岩瀬彰宏、秋田知樹、田口昇、田中真悟、堀史説

# 高強度 THz 半サイクル光が誘起する物質の変化

大阪府立大学・放射線研究センター 奥田修一\*、小松大悟、谷口良一、小嶋崇夫

京都大学原子炉実験所 高橋俊晴

Kangwon National Univ. S. Nam

(\*本研究に関する連絡先：電話（内線）4227、メール okuda@riast.osakafu-u.ac.jp)

高エネルギー電子バンチからのコヒーレント放射は、極めて高いパルス強度が特徴である[1]。特に単一極の電場（半サイクル光）は、物質中にパルス電場を与えて、コヒーレントでブロードバンドという特徴ある光による電子や極性分子の挙動制御が可能になると考えられる。本研究では、京大炉 Lバンド電子ライナックによるコヒーレント遷移放射光源[2]を利用して数種の試料に対して吸収分光を行い、光の透過スペクトルを測定し、光強度の影響について調べた。また大阪府立大学の S バンド電子ライナックを用いて開発した、時間分解でこの現象を解析する測定系を開発した。

吸収分光では、エネルギー37 MeV の電子ビームを用いた。コヒーレント遷移放射を鏡で加速器室外に輸送した(図1)。Martin-Puplett 干渉分光器を通した後、集光して試料を通過させ、液体ヘリウム冷却 Si ボロメータで強度を測定した。

公称粒径 26 nm のシリカ微粒子を、厚さ 3 mm の無水石英板で挟んで厚さ 5 mm とした試料の、光の透過率の波数依存性の結果を図2に示す。この図に見られる周期的な振動は、入射光と、石英板表面での反射光の干渉に起因する。この図に示すように光強度を 1 桁変えると、数%の透過率の変化が観測された。これは、光により微粒子内に誘起された何らかの変化を示唆する。半サイクル光による効果の可能性はあるが、光のパルス波形が十分把握できていない。このような現象は、他の試料についても認められた。

半サイクル光の効果について調べるために、光源の工夫によるデータの集積と、時間分解による過渡現象の測定が必要である。

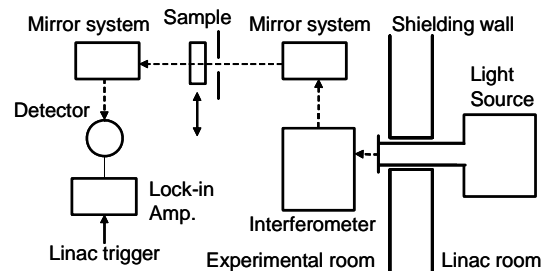


図1 吸収分光測定配置の概念図

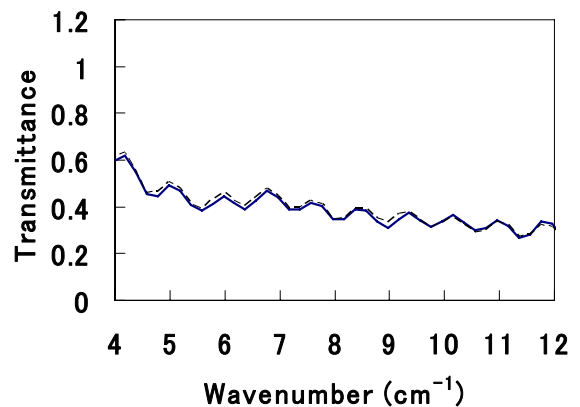


図2 無水石英板ではさんだシリカ微粒子の光透過率測定結果（破線は最初の光強度、実線は10分の1の強度）

## 参考文献

- [1] T. Takahashi, J. Particle Accelerator Soc. Japan 2 (2005) 11-15.
- [2] S. Okuda and T. Takahashi, Infrared Phys. Technol. 51 (2008) 410.

## 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) 放射線研究センターの加速器・放射線利用施設と量子線誘起現象の研究、奥田修一、第70回テクノラボツアー「放射線」に関する最近の話題と最新の技術・研究について（2011.7.13、大阪府大）。
- 2) 量子ビーム科学研究のための大阪府立大学加速器施設の現状、奥田修一、谷口良一、小嶋崇夫、岡喬、宮丸広幸、第7回日本加速器学会年会（2011.8.1-3、つくば）MOPS015.
- 3) Facilities and research activities for nuclear engineering in Radiation Research Center of Osaka Prefecture University, S. Okuda, R. Taniguchi, M. Furuta, Y. Kawamura, H. Matsuura, H. Miyamaru, T. Mori, S. Kawamata, K. Morimoto, N. Ito, T. Kojima, S. Kiyoda, M. Anpo, Proc. 2011 Int. Symp. on Structural Integrity in Nuclear Engineering (Oct. 27-30, 2011, Hefei, China) pp. 21-27.

## バイオディーゼル燃料中のフォルボールエステルの分解に関する研究

阪府大地域連携 松浦寛人\*、古田雅一、今村清、前田泰昭、奥田修一

阪府大院工マテリアル工学分野 サンティ・コンメイ

(\*本研究に関する連絡先：電話（内線）4212、メール [matsu@me.osakafu-u.ac.jp](mailto:matsu@me.osakafu-u.ac.jp))

中南米原産のジャトロファは、その種子の油分が軽油代替のバイオ燃料として注目を集めている。しかし、種子に含まれているフォルボールエステルは発ガン作用を含む強い毒性を持つため、食用は無論のこと燃料としてもジャトロファオイルを利用した場合、人体への健康影響が懸念され、フォルボールエステルの無害化方法の開発が望まれている。[1] また、産出国では油を採った種子の絞りかすを家畜の飼料として利用することも考えられており、発がん性物質であるフォルボールエステルの処理問題はより重大である。フォルボールエステルは活性酸素の作用で無害なフォルボールに変換されるため、活性ラジカルを供給できる物理的手段が一つの候補となる。

本研究では、フォルボールエステルを含んだ溶液サンプルをコバルト 60 ガンマ線及び新しく製作した大気圧プラズマジェット(Fig.1,[2])で照射し、フォルボールエステルの減少を高速液体クロマトグラフ法で始めて確認することができた。両照射法の効果の違い、分解のメカニズムについて研究を継続中である。

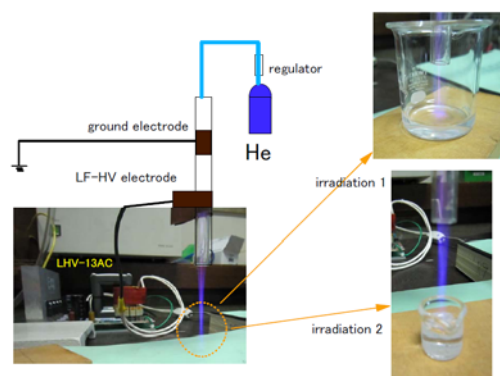


Fig.1 大気圧プラズマジェット

### 参考文献

- 1) "Toxicity of Jatropha curcas phorbol esters in mice", Li C. -Y. et al, Food and Chemical Toxicology 48, (2010)620-625.
- 2) "High-Speed Photographs of a Dielectric Barrier Atmospheric Pressure Plasma Jet", M.Teschke, et al., IEEE Trans. Plasma Sci. 33, (2005)310-311.

### 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) "Quantitative Estimation of Heat Flux of Atmospheric Pressure Plasma Jet", H.Matsuura, Proc. 5<sup>th</sup> IC-PLANTS(2012, Inuyama)P-16.
- 2) "Plasma application for Detoxification of Jatropha phorbol esters", S.Kongmany, H.Matsuura, M.Furuta, S.Okuda, K.Imamura, Y.Maeda, 11th APCPST/25th SPSM joint Conference (2012, Kyoto)3-P92.

## 塩化物水溶液中での鉄の腐食へのガンマ線照射の影響

阪府大院工マテリアル工学分野 井上博之\*、井手原龍一(学生)、岩瀬彰宏

阪府大放射線研究センター 小嶋崇夫

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

原子力設備のさらなる安定化のため、放射線照射下での鉄鋼材料の水溶液腐食について関心が寄せられている。筆者らは、放射線研究センターの照射プールならびに  $^{60}\text{Co}$  線源を活用し、塩化物水溶液中での純鉄の腐食へのガンマ線照射の影響を、各種環境因子の関数として検討した。

純鉄の小片試料と 80mL の試験液を入れた試験管を、ステンレス鋼製の照射容器に納め、照射プール底に設置された  $^{60}\text{Co}$  線源の中心部に差し込み、40 ならびに 12, 2 kGy/h の吸収線量率下で、3 から 4 日間の浸漬試験を実施した。試験液には 1.0mM から 5.0 M の濃度の NaCl 水溶液を用いた。試験中、室内大気ならびに Ar ガス、高純度  $\text{N}_2$  ガスを照射容器の気相部に流通させ、試験液をそれぞれのガスで飽和した。腐食速度は浸漬試験前後での試料の質量変化から測定した。

図 1 に測定結果の一例を示す。40 kGy/h の照射下での大気飽和溶液中の腐食速度 (■印) は、非照射下の同じ溶液の場合 (□印) と比較し、いずれの塩化物イオン濃度でも一桁以上高くなっている。つまり、塩化物水溶液中での鉄の腐食は、その濃度によらず、放射線照射により顕著に加速された。低濃度の溶液中での腐食速度は、溶液を不活性ガスの Ar で飽和 (脱気) することにより大きく抑制された。高純度  $\text{N}_2$  で脱気した場合の抑制は、Ar の場合と比較すると限定的であった。常温の非照射下では、高純度  $\text{N}_2$  は、Ar と同じく不活性ガスとして振る舞う。しかし照射下においては、ラジオリシスによって窒素分子が酸化され、硝酸イオンなど酸化剤が生成し、腐食を促進したと推測される。

### 本研究に関する研究発表

- 1) “塩化物水溶液中での鉄の全面腐食挙動へのガンマ線照射の影響”，井上博之，小嶋崇夫，岩瀬彰宏，日本原子力学会 2012 年春の年会 予稿集， p. 330
- 2) “ガンマ線照射下における塩化物水溶液中での鉄の腐食挙動”，井上博之，小嶋崇夫，岩瀬彰宏，材料と環境 2012 講演集，pp. 79-80
- 3) “ガンマ線照射下での鉄の全面腐食挙動への溶液 pH の影響”，井手原龍一，井上博之，小嶋崇夫，岩瀬彰宏，第 59 回 材料と環境討論会 講演集 pp.81-82

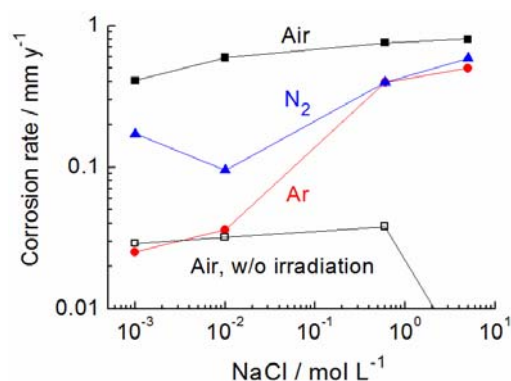


図 1 室内大気ならびに高純度  $\text{N}_2$  ガス、Ar ガスで飽和された NaCl 水溶液中における、40 kGy/h での照射下での純鉄の腐食速度 (ただし、□印のプロットは、比較のため測定した、非照射下の大気飽和溶液中での速度を示す。)



## ガンマ線照射還元による金ナノロッド粒子の合成

阪府大院工マテリアル工学分野 岡本晃彦、永田光一郎、岩瀬彰宏、堀史説\*

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

[諸言]金ナノ粒子は粒子表面において可視領域付近の光に共鳴し、強い光吸収を示す表面プラズモン吸収を起こすことが知られている。これは粒子の形状やサイズに大きく依存するため、様々な物理的・化学的手法からその制御が試みられている。一方、ロッド状に形状制御された金ナノロッドは可視域と赤外域に二つの吸収ピークを持つことから、その光学的特性が注目されている。本研究グループでは、これまで超音波や放射線を利用した種々の励起反応場を用いて様々な金属ナノ粒子の合成を行い、励起反応に起因した特殊な構造のナノ粒子を合成してきた。ナノロッドは一般的に平衡反応場である化学反応による合成が多く、複雑なプロセスを必要とする<sup>1)</sup>。照射還元によるナノ粒子作製法は励起反応を用いる事で、強制的にかつ制御性よく非平衡ナノ構造を作製可能である。そこで本研究では $\gamma$ 線による金ナノロッド合成を試み、 $\gamma$ 線線量率に着目してナノロッド生成について検討した。

[実験] 純水 21.78 ml に金錯体( $\text{NaAuCl}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ :0.46 mM)及び界面活性剤 CTAB(73.46 mM)、添加剤として  $\text{AgNO}_3$ (0.11 mM)、 $\text{H}_2\text{SO}_4$ 、アスコルビン酸(1.10 mM)を加えた溶液に大気中、室温で<sup>60</sup>Co線源による $\gamma$ 線照射を線量 5.0 kGy、線量率は 2.0~14.5 kGy/h で照射した。照射後、溶液の吸光度測定を行った。また生成したナノ粒子を回収し、透過型電子顕微鏡(TEM)観察を行った。

[結果及び考察] 吸光度測定の結果では、どの線量率においても 530 nm 及び 700 nm 付近に二つのプラズモン吸収ピークが確認された。これらは TEM 観察から、アスペクト比は線量率に依存して 1.5~1.9、平均粒径 12~20 nm の金ナノロッドであることがわかった。ナノロッドの一般的な生成には、金の種結晶を作製し、それらを使って成長させる 2 段階プロセスが必要である。しかし今回の方法では、金の種結晶粒子を必要とせずに $\gamma$ 線照射のみによる 1 プロセスでの金ナノロッド合成が可能であることがわかった。また、生成ナノロッドのアスペクト比は線量率に依存するが、その傾向は一樣ではないことがわかった。これは照射の還元速度(還元種の生成密度)と関係しており、結晶粒の成長速度と界面活性剤 CTAB が粒子の特定面を保護する速度のバランスが線量率によって異なっているためと考えられる。

### 参考文献

- 1) Nikoobakht and M.A.El-sayed, Chem. Mater. 15, 1957(2003)

### 本研究に関する研究発表

- 1) 「 $\gamma$ 線照射励起反応場を用いた金ナノロッドの合成」ナノ学会第 9 回大会 (2011 年 6 月北海道)、岡本晃彦、田口昇、山本正明、岩瀬彰宏、堀史説
- 2) 「 $\gamma$ 線照射還元を用いて作製した金ナノロッドの構造と特性」、第 67 回 日本物理学会秋季大会 (2011 年 9 月富山)、岡本晃彦、田口昇、永田光一郎、岩瀬彰宏、堀史説
- 3) 「 $\gamma$ 線照射励起反応場における金ナノロッドの創成と構造評価」、応用物理学会第 7 回励起ナノプロセス研究会 (2011 年 11 月大阪)、岡本晃彦、田口昇(現産総研)、永田光一郎、岩瀬彰宏、堀史説
- 4) 「照射励起反応場を用いた金ナノロッドの合成」、第 149 回 日本金属学会秋季大会 (2011 年 10 月沖縄)、岡本晃彦、田口昇(現産総研)、永田光一郎、岩瀬彰宏、堀史説

## フェナレノンの光遺伝毒性メカニズムの解析

阪府大産学官 東垣由夏、川西優喜\*、八木孝司

神奈川工科大 高村岳樹

(\*本研究に関する連絡先：電話（内線）4224、メール [kawanishi@riast.osakafu-u.ac.jp](mailto:kawanishi@riast.osakafu-u.ac.jp))

【緒言】フェナレノン(PhO)は大気中に存在する変異原性を持つ多環芳香族化合物であり、紫外線(UVA)を照射すると、効率よく一重項酸素を発生する。紫外線と PhO の共処理による遺伝毒性について、*umu* 試験や小核試験が行われているものの、詳細な光遺伝毒性はわかっていない。そこで本研究では、紫外線照射下の PhO が誘発する突然変異誘発能、および細胞毒性、遺伝毒性を解析した。

【方法】突然変異誘発能を調べるため、*supF* シャトルベクターを用いて、紫外線照射下の PhO が誘発する突然変異の解析を行った。次に、細胞毒性と遺伝毒性をコロニー形成試験ならびに小核(MN)試験とコメットアッセイを用いて調べた。

【結果と考察】まず、*supF* シャトルベクターを用いた結果、突然変異率は UVA 照射によって PhO 濃度依存的に増加し、10 mM では未処理の約 9 倍程であった。また突然変異パターンを解析したところ、ほとんどの塩基置換は G:C 対で起こっていた。このことから、紫外線照射下の PhO は突然変異を誘発するということが明らかになった。次に細胞毒性、および遺伝毒性を解析した結果、UVA を照射すると PhO 濃度依存的にコロニー形成率が減少したのに対し、MN 頻度および TailDNA は PhO 濃度依存的に増加した。このことから、紫外線照射下の PhO は細胞毒性および遺伝毒性を誘発するということが明らかになった。さらに、この要因を詳細に解析するため各種活性酸素消去剤を共存させコメットアッセイを行ったところ、アジ化ナトリウムを共存させた場合のみ、TailDNA が減少した。アジ化ナトリウムは一重項酸素を消去するので、UVA 照射下の PhO は一重項酸素を発生し、これが DNA 損傷を誘発するということが示された。さらに生じる DNA 損傷の種類を類推するため、各種 DNA 修復系欠損 CHO 株を用いて小核試験とコメットアッセイを行った。その結果 MN 試験では相同組換修復(HR)欠損株と塩基除去修復(BER)欠損株で、コメットアッセイでは BER 欠損株でそれぞれ遺伝毒性が減少した。つまり、UVA 照射下の PhO は DNA 鎖切断もしくは小さな塩基損傷を誘発するということが推定される。

今後、紫外線照射下の PhO が誘発する塩基損傷を一分子のみもつ oligo を RI で標識し、部位特異的修飾プラスミドを作製後、細胞に導入することでより詳細な突然変異を解析したい。

### 【本研究に関する研究発表（学会報告）】

- 1) フェナレノンと紫外線の共処理による突然変異の解析、東垣由夏、川西優喜、高村岳樹、八木孝司書、日本環境変異原学会 第 40 回大会 2011 年 11 月（東京）
- 1) 紫外線照射下のフェナレノンが誘発する DNA 損傷の修復と突然変異の解析、東垣由夏、川西優喜、高村岳樹、八木孝司書、日本環境変異原学会 第 41 回大会 2012 年 11 月（静岡）

## 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 高畑和恵、卜部和則、西村哲也、片山未佳、奥田直子、新野智香、松本麻依  
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)

細胞膜モノアミントランスポーター (MAT) は、神経終末から放出されたモノアミンを  $\text{Na}^+/\text{Cl}^-$  依存性に神経終末に再取り込みすることで、シナプス前および後受容体活性の持続時間の制御、他のシナプスへの拡散の制限、神経伝達物質の再利用を可能にしており、神経伝達の制御に重要な役割を担っている。MAT は、いくつかの精神神経疾患との関連性が示唆されており、また、現在承認されている抗うつ薬の多くはノルアドレナリントランスポーターあるいはセロトニントランスポーターに対して親和性を有している。また、パーキンソン病治療薬であるセレギリン塩酸塩はドパミンの代謝に関わる B 型モノアミン酸化酵素を選択的に阻害し、脳内のドパミン濃度を上昇させる薬物であるが、長期投与ではモノアミン再取り込み阻害作用も示す<sup>1)</sup>。ドパミン代謝抑制に加えて、再取り込み抑制活性を有する化合物は、シナプス間隙でのドパミン濃度を効果的に増加させると考えられることから、パーキンソン病治療のゴールドスタンダードである L-DOPA の効果の増強あるいは持続に関与する可能性が推察される。また、パーキンソン病では、運動症状に加え、うつなど非運動症状の併発が認められることから、パーキンソン病を含む精神神経症状に対する治療薬の開発にもつながると期待できる。本研究では、MAT への親和性および神経伝達物質の再取り込み阻害活性の評価系を確立することで、セレギリン塩酸塩および関連物質の薬効評価および安全性の評価を行うことを目的とする。

hMAT 高発現 HEK293 細胞を用いて、各種 MAT 阻害薬 GBR12935, atomoxetine および paroxetine の [<sup>3</sup>H]ドパミン、 [<sup>3</sup>H]ノルアドレナリン、 [<sup>3</sup>H]セロトニンの取り込み阻害活性を測定したところ、既存の報告と同等の IC<sub>50</sub> 値を示した。一方、蛍光色素 ASP<sup>+</sup>を用いた細胞内への取り込み活性の評価では、細胞内への取り込みは認められるものの、 [<sup>3</sup>H]基質での実験よりも感度および特異性が低かった。

現在、関連物質の取り込み阻害活性の評価およびトランスポーターへの結合実験を実施している。

### 参考文献

- 1) Zsilla G, Földi P, Held G, Székely AM, Knoll J. The effect of repeated doses of (-) deprenyl on the dynamics of monoaminergic transmission. Comparison with clorgyline. Pol J Pharmacol Pharm. 1986;38(1):57-67.

## 塩酸セレギリンならびに関連物質の MAO 阻害活性

エフピー株式会社 高畑和恵、卜部和則、西村哲也、片山未佳、奥田直子、新野智香、松本麻依  
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)

パーキンソン病では、主な病理学的所見として黒質線条体ドパミン (DA) 神経系の変性・脱落が認められ、L-DOPA や DA 受容体アゴニスト等による薬物療法が行われている。選択的 B 型モノアミン酸化酵素 (MAO-B) 阻害薬であるセレギリン塩酸塩は、内在性および L-DOPA 由来の DA 代謝の抑制を介して DA 神経伝達を賦活することにより抗パーキンソン病作用を示す。セレギリン塩酸塩は経口後速やかに吸収される一方で、代謝が早く生物学的利用率は低いことから、非経口の投与経路により初回通過効果を回避し脳内到達率を高めることで、より低用量で有効性および安全性の高い治療薬となる可能性が推察された。そこで、本研究では、セレギリン塩酸塩および関連物質溶液の皮下投与後の脳および末梢組織の MAO-B 阻害活性および MAO-A/B 選択性の比較により、薬効および安全性の評価を行うことを目的に検討を行った。

7 週齢 SD 系雄性ラットにセレギリン塩酸塩あるいはその異性体 D-デプレニル塩酸塩溶液の単回皮下投与 0.5 および 24 時間後、または、ミニ浸透圧ポンプによるセレギリン塩酸塩溶液の持続皮下投与 24 時間後、組織 (脳、肝臓、回腸) を摘出しミトコンドリア画分を得た。MAO 活性は、MAO-A 基質 [ $^{14}\text{C}$ ]serotonin あるいは MAO-B 基質 [ $^{14}\text{C}$ ] phenylethylamine とミトコンドリア画分との酵素反応後に得られた代謝物の放射活性を液体シンチレーションカウンターにて測定し評価した。

セレギリン塩酸塩溶液 (0.01~10 mg/kg) 単回皮下投与 0.5 時間後の脳内 MAO-A および MAO-B 阻害活性は、単回皮下投与 24 時間後および持続皮下投与 (0.01~10 mg/kg/24 hrs) 24 時間後のそれらと同等であり、その MAO-A/B の選択性は約 140 倍であった。また、セレギリン塩酸塩溶液 (10 mg/kg) の皮下投与 24 時間後の脳、肝臓および回腸における MAO-B 阻害率はそれぞれ 83%、12%および 56%であり、脳>回腸>肝臓の順で MAO-B 阻害活性が強かった。セレギリンの異性体 D-デプレニル塩酸塩溶液 (0.1~10 mg/kg) の単回皮下投与 0.5 時間後の MAO-B 阻害活性は、セレギリン塩酸塩溶液皮下投与時と比較して約 75 倍弱かった。

本研究の結果、セレギリン塩酸塩溶液の皮下投与は脳内 MAO-B 活性を選択的かつ不可逆的に阻害すること、セレギリン塩酸塩溶液の持続皮下投与は単回皮下投与時より低い血中濃度で同等の MAO-B 阻害活性を示すこと、また、セレギリンは異性体間で効力が異なることが明らかになった。L-体であるセレギリンの持続皮下投与は、MAO 選択性を保持しながら、セレギリンあるいはその代謝物の血中濃度に依存して出現する副作用を軽減する可能性が推察され、生物学的利用率の改善が図れる投与経路であると考えられる。

**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)**

本内容は、共同研究完了報告書 (平成 20 年 4 月 1 日から平成 24 年 3 月 31 日) としてまとめた。

## サンマの鱗から抽出した I 型コラーゲンの性質の解析

阪府大理・生物科学・細胞組織工学分野 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)

【背景と目的】 I 型コラーゲン(Type I collagen)は、様々な動物種の結合組織などに豊富に含まれる線維性蛋白質である。我々は、ブタなどの動物由来の I 型コラーゲンの  $\gamma$  線架橋ならびに化学架橋した線維化および非線維化ハイドロゲルについて、詳しく研究を進めてきた<sup>1)</sup>。

近年、ブタやウシの他に魚由来のコラーゲンが海産性の生物から抽出され、マリンコラーゲンと称して食品や化粧品などに幅広く利用されてきている。本研究では、水揚げ量としては膨大な量が水産業で捕獲されながら、水揚げの際に剥がれ落ちる為に産業廃棄物となっているサンマの鱗に着目し、これからコラーゲンを抽出し、ブタ由来コラーゲンおよびタイ鱗由来コラーゲンとの比較しながら、その物理的特性を評価した。

ちなみに、魚類の鱗は交差的に配向したコラーゲン線維とリン酸カルシウムを含む天然の複合材料であり、生物分類学上も極めて多様性を示すが、サンマの鱗は青色で円鱗（えんりん）に分類され、タイの鱗の様に鋸歯状の突起を辺縁部に持つ櫛鱗（しつりん）とは形状が大いに異なる。

【実験方法】 サンマの鱗を 4°C 下にて EDTA 含トリス塩酸緩衝液中で脱灰し、凍結乾燥後、ペプシンを加えた 0.5 M 酢酸に浸して低温でタンパク質を可溶化した。コラーゲンを抽出するために 0.7 M NaCl を加えて塩析を行った。SDS-PAGE で分子量を確認し、アミノ酸分析によってアミノ酸組成を調べた。また、三重らせん構造を有するコラーゲンがゼラチン化する変性温度を調べるため 10~40°C の条件で CD スペクトル測定を行った。

【結果と考察】 I 型コラーゲンをほぼ未変性の状態でサンマの鱗より、抽出、精製出来た<sup>2)</sup>。精製標品は I 型に典型的な  $\alpha_1 + 2\alpha_2$  の subunit 組成を持つ事を SDS-PAGE により、3 重螺旋構造を保持している事を CD スペクトルにより、それぞれ確認した。アミノ酸分析の結果、サンマ鱗コラーゲンはブタコラーゲンよりもヒドロキシプロリン(Hyp)量が少なかった。CD スペクトル測定によるとサンマ鱗コラーゲンの変性温度はブタコラーゲンよりも低く、タイ鱗コラーゲンよりわずかに低い 24°C 付近であった。Hyp は 3 重螺旋鎖間の水素結合による安定化に寄与する為、コラーゲン線維の形成能はブタコラーゲンやタイ鱗コラーゲンよりも低く、pH の中和により常温（約 25°C）ではしっかりとした白色の線維化ハイドロゲルを形成できなかった。魚類一般に当てはまる事であるが、I 型コラーゲンの変性温度は、生息域の水温とも関係すると推察される。サンマ鱗コラーゲンは変性温度が低く、ハイドロゲルとしての利用には、適さない様に思われる。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) H. Mori, K. Shimizu, M. Hara, Dynamic viscoelastic properties of collagen gels in the presence and absence of collagen fibrils, *Mater. Sci. Eng.* (2012) C32, 2007-2016.

2) H. Mori, Y. Tone, K. Shimizu, K. Zikihara, S. Tokutomi, T. Ida, H. Ihara, M.Hara, Studies on fish scale collagen of pacific saury (*Cololabis saira*), *Mater. Sci. Eng.* (2013) C33 174-181.

## 天然型オーキシン極性移動制御物質の探索

大阪府立大学大学院 理学系研究科 上田純一\*

大阪府立大学 高等教育推進機構 宮本健助

(\*本研究に関する連絡先：電話（内線）3596、メール ueda@b.s.osakafu-u.ac.jp)

植物の成長、発達に重要な役割を担っている植物ホルモンのオーキシン (Indole-3-acetic acid, IAA) は極性移動を示すことが知られている。現在まで、オーキシン極性移動制御物質としては、非天然型の化合物である 2,3,5-triiodobenzoic acid (TIBA)、*N*-(1-naphtyl)phthalamic acid (NPA)、9-hydroxyfluorene-9-carboxylic acid (HFCA)がその阻害剤として知られているにすぎない。本研究においては、広く植物界より天然型のオーキシン極性移動制御物質を探索することを目的とした。本年度は、昨年度新たに開発した放射性オーキシンと明所で生育させたダイコン (*Raphanus sativus* L.) 芽生え胚軸切片を用いた生物検定系を利用して、各種植物抽出物を対象に天然型オーキシン極性移動制御物質のスクリーニングを行った。

American Radiolabeled Chemicals Inc. の[1-<sup>14</sup>C]IAA (3.7 MBq/ml) を 37 KBq/ml に調整し、1.5 ml エッペンドルフチューブに 20  $\mu$ l ずつ分注した。明所で 6 日間生育させたダイコン (*Raphanus sativus* L.) 芽生え胚軸より 20 mm の切片を調整し、その頂端側から[1-<sup>14</sup>C]IAA を取り込ませ、暗所、室温にて 10~18 時間培養した。培養終了後、切片の他端 2 mm を切り出してバイアルに移し、液体シンチレーションカウンター (2 ml) を加えてそこに含まれる放射活性を測定し、オーキシン極性移動活性とした。

植物界より広く天然型オーキシン極性移動制御物質を探索する目的で開始した一連の研究において、昨年度の研究結果からキク科のニガヨモギ (*Artemisia absinthium* L.) 地上部の酢酸エチル可溶性 (NE) 画分に比較的強力な少なくとも 2 種類のオーキシン極性移動阻害物質の存在が明らかにされた。そこで、本年度はこれらの阻害物質に関して、各種クロマトグラフィーによる精製を繰り返し、この内の一つを単離し、その化学構造を決定した。各種機器分析を行った結果、これを 4-hydroxy- $\beta$ -thujone と同定した。もう一つのオーキシン極性移動阻害物質については単離、構造決定を進めているところである。さらに他のキク科植物についてもオーキシン極性移動制御物質の探索を進めている。

### 参考文献

- 1) Kiyotaka Okada, Junichi Ueda Masako K. Komaki, Callum J. Bell and Yoshiro Shimura. Requirement of the auxin polar transport system in early stages of *Arabidopsis* floral bud formation. *Plant Cell*, 3:677-684 (1991)
- 2) Mariko Oka, Junichi Ueda, Kensuke Miyamoto, Ryoichi Yamamoto, Takayuki Hoson and Seiichiro Kamisaka. Effect of simulated microgravity on auxin polar transport in inflorescence axis of *Arabidopsis thaliana*. *Biol. Sci. Space*, 9:331-336 (1995)

### 本研究に関する研究発表

#### 論文

- 1) Kensuke Miyamoto, Eiji Ueda, Mariko Oka, Junichi Ueda

Auxin polar transport and automorphosis in plants Auxin polar transport and automorphosis in plants

Biological Sciences in Space 25: 57-68 (2011)

2) Junichi Ueda, Kensuke Miyamoto, Eiji Uheda, Mariko Oka

Auxin transport and a graviresponse in plants : Relevance to ABC proteins

Biological Sciences in Space 25: 69-75 (2011)

3) Junichi Ueda, Tomohiro Tada, Tomoki Hoshino, Kensuke Miyamoto, Eiji Uheda, and Mariko Oka

Isolation of PsPINs and PsAUX1 cDNAs encoding putative auxin efflux and influx carriers and/or facilitators, respectively, from etiolated epicotyls of an agravitropic pea (*Pisum sativum* L.) mutant, *ageotropum* Biological Sciences in Space (in press)

#### 学会発表等

1) Junichi Ueda, Kensuke Miyamoto, Eiji Uheda and Mariko Oka

Close relationships between auxin polar transport and a gravitropic response of epicotyls in the early growth stage of etiolated pea seedlings

ISLSWG Workshop "Plant Biology in Space" held in Freiburg, Germany, August 1-3, 2012

2)Junichi Ueda

Important role of auxin polar transport in automorphogenesis in plants

Special lecture in The Research Institute of Horticulture in Skierniewice, Poland, August 8, 2011

3) 植物の重力応答反応とオーキシン動態

上田純一、宮本健助、上田英二、岡真理子、戸田雄太

宇宙利用シンポジウム（第28回） 2012年1月23日～24日 日本学術会議

4) ニガヨモギ(*Artemisia absinthium* L.)から単離した新規オーキシン極性移動阻害物質の構造

新井司、戸田雄太、宮本健助、上田純一、繁森英幸

新規素材探索研究会 第11回セミナー 2012年7月18日（水）新横浜フジビューホテル

5) ニガヨモギ (*Artemisia absinthium* L.) 由来新規オーキシン極性移動阻害物質に関する化学的研究

新井司、戸田雄太、宮本健助、上田純一、長谷川剛、広瀬克利、長谷川宏司、繁森英幸

第2回植物生理科学シンポジウム 平成24年7月14日 北海道大

6) 黄化エンドウ芽生え上胚軸の重力応答反応とオーキシン動態

上田純一、宮本健助、上田英二、岡真理子

日本宇宙生物科学会第26回大会 2012年9月27日～9月29日 徳島大学

7) Auxin Transport宇宙実験のためのオーキシン排出キャリア抗体の作製

鎌田源司、上田純一、東端晃

日本宇宙生物科学会第26回大会 2012年9月27日～9月29日 徳島大学

8) ニガヨモギ(*Artemisia absinthium* L.)に含まれる新規オーキシン極性移動阻害物質

戸田雄太、加藤聖隆、宮本健助、上田英二、新井司、繁森英幸、長谷川宏司、上田純一

日本植物学会第76回大会 2012年9月15日～17日 兵庫県立大（姫路）

9)  $\alpha$ -メチレン- $\gamma$ -ラクトン構造を有する新規オーキシン極性移動阻害物質

戸田雄太、新井司、黒田裕一、長谷川剛、繁森英幸、長谷川宏司、北川仁一朗、宮本健助、上田英二、上田純一

植物化学調節学会第47回大会 2012年10月27日～28日 山形大学農学部

10) ニガヨモギ (*Artemisia absinthium* L.) から単離した新規オーキシン極性移動阻害物質に関する研究

新井司、戸田雄太、宮本健助、上田純一、長谷川宏司、繁森英幸

第23回日本化学会関東支部茨城地区研究交流会 平成24年11月30日（金）日立シビックセンター

## 植物の青色光受容体フォトトロピンの光依存キナーゼの制御機構

阪府大理学系研究科 岡島 公司、嘉祥寺谷 幸子、徳富 哲\*

(\*本研究に関する連絡先：電話 (内線) 4110、メール toxan@b.s.osakafu-u.ac.jp)

植物は光を光合成のエネルギーとして利用するだけでなく、環境からの情報としても利用している。光を感知するための複数の光受容体 (フィトクロム、クリプトクロム、フォトトロピン) とそのシグナル伝達システムを発達させてきた。フォトトロピン (phot) は光屈性、葉緑体定位運動、気孔開口、葉の展開等を制御し、ほとんどの植物に保存されている青色光受容体である<sup>参考文献[1]</sup>。Phot 分子は約 1000 アミノ酸残基から成り、FMN を保持した LOV ドメインを 2 つ (LOV1, LOV2)、光受容ドメインとして、N 末端側にもち、Ser/Thr キナーゼを C 末端側にもつ。キナーゼの活性は主に LOV2 によって制御され、暗所では抑制されている。青色光照射により LOV2 内で FMN と Cys 残基間で一過的な共有結合ができると、抑制が解除され、phot は自己リン酸化や基質のリン酸化を行う。しかし、LOV2 によるキナーゼの制御機構に関しての分子レベルでの詳細はわかっていない。我々は光依存的なキナーゼ活性調節を行える最小のドメインセットであるシロイヌナズナ LOV2-キナーゼペプチド (AtP1L2K, AtP2L2K) を大腸菌で発現精製し、それらが光照射による吸収スペクトル変化、光依存的な構造変化とキナーゼ活性を示すことを確認している<sup>参考文献[2,3]</sup>。この実験系を利用して、以下の研究を行った。(1) LOV2 の光反応中間体 (S390) の寿命の長さが異なる P1L2K, P2L2K と P1L2K\_R513K のキナーゼ活性の光強度依存性を測定し、S390 の寿命が光感受性の要因の一つになることを示した<sup>原著論文(1)</sup>。(2) P2L2K\_D720N の X 線小角散乱 (SAXS) による低分解能の溶液構造の解析を行い、分子形状が円筒系をしていることを明らかにした。さらに、青色光照射によって長軸方向に数 Å 伸びる構造変化をしていることがわかった<sup>参考文献[4]</sup>。(3) *in vivo* 解析から phot1 の基質として示唆された PKS4 について、大腸菌で発現させた PKS4 の断片が P1L2K によってリン酸化されることを示した<sup>原著論文(2)</sup>。

単細胞性緑藻クラミドモナス (Cr) は 1 種類の phot を持っており、それらをシロイヌナズナで発現させると phot 依存の青色光応答を相補することから、基本的なシグナリング機構が保存されていると考えられる。最近、クラミドモナスの phot 全長 (CrPFul) の大量調製が可能になり、さらに CrPFul が人工基質として AtP1Nt を光依存的にリン酸化することがわかった<sup>原著論文(3)</sup>。全長の phot の構造学的知見を得るために CrPFul と CrPL2K の SAXS の測定を行った。分子構造モデルを比較することで、これまでにわかっていなかった phot 全長での各ドメインの空間配置や構造変化を明らかにしようとしている。



## 参考文献

- [1] Phototropin blue-light receptors. JM. Christie *Annu. Rev. Plant Biol.*, (2007) 58, 21-45
- [2] Blue light-regulated molecular switch of Ser/Thr kinase in phototropin. D. Matsuoka & S. Tokutomi *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* (2005) 102, 13337-42
- [3] LOV2-linker-kinase phosphorylates LOV1-containing N-terminal polypeptide substrate via photoreaction of LOV2 in Arabidopsis phototropin1. K. Okajima, D. Matsuoka & S. Tokutomi, *FEBS Lett.* (2011) 585, 3391-5
- [4] Light-induced movement of the LOV2 domain in an Asp720Asn mutant LOV2-kinase fragment of Arabidopsis phototropin 2. Y. Takayama, M. Nakasako, K. Okajima, A. Iwata, S. Kashojiya, Y. Matsui & S. Tokutomi, *Biochemistry* (2011) 50, 1174-83

## 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）

### 原著論文

- 1) Photosensitivity of Kinase Activation by Blue Light Involves the Lifetime of a Cysteiny-Flavin Adduct Intermediate, S390, in the Photoreaction Cycle of the LOV2 Domain in Phototropin, a Plant Blue Light Receptor. K. Okajima, S. Kashojiya, S. Tokutomi *J. Biol. Chem.* (2012) 30;287(49):40972-81.
- 2) Phytochrome Kinase Substrate 4 is phosphorylated by the phototropin 1 photoreceptor. E. Demarsy, I. Schepens, K. Okajima, M. Hersch, S. Bergmann, J. Christie, K. Shimazaki, S. Tokutomi, C. Fankhauser *EMBO J.* (2012) 31(16):3457-67.
- 3) Mutations in N-terminal flanking region of blue light-sensing light-oxygen and voltage 2 (LOV2) domain disrupt its repressive activity on kinase domain in the Chlamydomonas phototropin. Y. Aihara, T. Yamamoto, K. Okajima, K. Yamamoto, T. Suzuki, S. Tokutomi, K. Tanaka, A. Nagatani *J. Biol. Chem.* (2012) 287(13):9901-9.

### 学会発表

- (1) 植物の青色光受容体キナーゼ（フォトリロビン）のシグナリング機構 岡島 公司 タンパク質科学学会年会（2012）6月, 名古屋
- (2) Photocycle in LOV2 is involved in the light sensitivity of kinase activity in phototropin. Okajima K, Kashojiya S, Tokutomi S. *International symposium on plant environmental sensing*, (2012) Mar. Nara, Japan
- (3) Lys475 is critical for light-activation of kinase in Arabidopsis phototropin1. Kashojiya S, Okajima K, Tokutomi S. *International symposium on plant environmental sensing*, (2012) Mar. Nara, Japan
- (4) シロイヌナズナ phot1 LOV2-キナーゼペプチドを用いた LOV2 の N 末端側領域へのアミノ酸変異導入解析 嘉祥寺谷 幸子、岡島 公司、徳富 哲 日本植物生理学会年会（2012）3月, 京都
- (5) Life time of a signaling state in the LOV2 is involved in light sensitivity of kinase activation in Arabidopsis phototropin. Okajima K, Kashojiya S, Tokutomi S. *Gordon Research Conference, Photosensory Receptors & Signal Transduction*, (2012) Jan, Galveston, U.S.A.

## 耐熱性酵母の高温下における細胞応答と発酵特性

阪府大放セ量子線化学生物学分野 古田雅一\*、石川悦子、小池佳都子  
阪府大院理生物化学専攻 荒井 尊裕、松永 祐一  
阪府大院生命環境 岸田正夫  
Khon Kaen Univ. Leelavatcharamas Vichai

(\*本研究に関する連絡先: 電話 072-254-9844 (内線) 3542、メール mfuruta@b.s.osakafu-u.ac.jp)

【目的】 ガソリンなどの代替燃料としてバイオエタノールが生産されており、その生産過程でも酵母が利用されている。現在バイオエタノールの生産では原料を加水分解するときの温度が90℃であり、後の酵母による発酵工程においては25℃前後に温度を下げる必要があり、その冷却コストに費用を要することが問題点として指摘されている。

最近熱耐性酵母として発見された*Kluyveromyces marxianus*は*Saccharomyces cerevisiae*よりも高温下で生育が可能であるため、同時に十分な発酵も期待される。本研究においては高い酵母熱抵抗性変異体や耐熱性酵母の熱抵抗性の機構を明らかにするためにパン酵母と耐熱性酵母の高温下での増殖特性や細胞応答について比較検討した。

【方法】 酵母菌(*Saccharomyces cerevisiae* BY4741株、協会7号株、熱抵抗性KKU01株、*Kluyveromyces marxianus* IFO 0482)を用い、通常の培養温度 (*S. cerevisiae*: 30℃、*K. marxianus*: 40℃) よりも高温下での増殖挙動をフローサイトメトリーにより評価するとともにYPD平板培地を用いたコロニー計数法により生残率を求めた。さらにMTTアッセイ、トリパンブルー染色により、熱処理後の細胞の状態を検討した。発酵特性は10%グルコースに菌体 (~10<sup>7</sup> CFU/mL) を添加し、各温度でしんとう培養し、溶液中のエタノール含量を酵素法 (E-液状キット エタノール、Diasys Diagnostics System GmbH) にて定量した。

【結果】 熱耐性酵母は*S.cerevisiae*BY4741株が増殖できない40℃以上の温度でも増殖することが分かった。MTTアッセイの結果、熱抵抗性酵母は*S.cerevisiae*BY4741に比べてどの熱処理条件においても代謝活性が上回っていた。トリパンブルー染色による細胞膜の損傷についても同様に、どの処理条件においても熱耐性株の方が耐性を示す傾向がみられた。

発酵特性に関しては30℃以下においては*Kluyveromyces marxianus* IFO 0482株は*Saccharomyces cerevisiae* 協会7号株と同等の発酵力を示したが、43℃では*Saccharomyces cerevisiae* 協会7号株、BY4741株よりは発酵力が強く培養開始から10時間程度は30℃と同程度の発酵力が維持されていた。

### 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) 学会発表や報告など.

「耐熱性酵母の高温下における細胞応答と発酵特性」古田雅一、荒井尊裕、松永祐一、石川悦子、小池佳都子、岸田正夫、Leelavatcharamas Vichai、日本農芸化学会 2012 年度大会(京都) (3月21~26日、京都市)

# 糸状菌 *Aspergillus aculeatus* におけるセルロース応答因子 CibR の機能解析

阪府大院・生命環境応用生命 國武絵美, 谷修治\*

(\*本研究に関する連絡先: 電話 (内線) 4645、メール shuji@biochem.osakafu-u.ac.jp)

【目的】糸状菌 *Aspergillus aculeatus* は、現在工業的に利用されているセルロース系バイオマス分解酵素と協調的に基質に作用して、効率よく単糖にまで加水分解する特徴を有す酵素を分泌生産する。これは、本菌がこれまでにない種々の基質特異性を有す酵素を分泌生産していることを示している。これら特長的な酵素を利活用することを目的として、まず、転写装置工学の手法を用いて本菌の酵素を大量生産するための分子基盤を構築することを目指している。

【方法及び結果】*A. aculeatus* におけるセルロース系バイオマス分解酵素の生産は、転写レベルで複数の経路により調節されている<sup>(1)</sup>。我々はこれまでに、セルロース応答制御に関わる新奇転写因子様タンパク質 CibR (cellobiose response regulator) を同定し、セロビオヒドロラーゼ I 遺伝子 (*cbhI*) やキシラナーゼ Ib 遺伝子 (*xynIb*) のセルロースにตอบสนองした発現を誘導することを見いだした。そこで本研究では、リコンビナント CibR の *in vitro* における各遺伝子プロモータへの結合を electrophoresis mobility shift assay (EMSA) により解析した。

CibR の全長 (MalE-CibR<sub>whole</sub>) と DNA 結合ドメインのみ (MalE-CibR<sub>DNA</sub>) を MalE との融合タンパク質として発現し、アミロースレジンを用いて精製したタンパク質と、各遺伝子プロモータ約 1 kb を 50 bp 程度の重なりを持つように 200 bp ずつの断片に分割し、それを <sup>32</sup>P ラベルした DNA プローブを用いて EMSA を行った。MalE-CibR<sub>whole</sub> と MalE-CibR<sub>DNA</sub> は、*in vitro* においてともに各遺伝子プロモータには特異的に結合しなかった。しかし、我々の最近の研究により、CibR が他の経路特異的転写因子と相互作用していることが明らかとなり、CibR の DNA への特異的結合には、相互作用因子が必要であることが推測された。今後は、CibR とその相互作用因子の DNA 結合特性を、EMSA や ChIP assay により解明する計画である。

## 参考文献

1) Tani S., Kanamasa S., Arai M., Sumitani J., and Kawaguchi T. *Curr. Genet.* (2012) 58(2): 93-104.

## 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) Kunitake E., Tani S., Sumitani J., and Kawaguchi T. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* (in press)

3) Kunitake E., Tani S., Sumitani J., and Kawaguchi T. 11<sup>th</sup> European Conference on Fungal Genetics. (Marburg, Germany 2012)

## ***Bacillus* 属細菌芽胞の発芽過程・増殖挙動に及ぼす放射線効果**

阪府大放セ量子線化学生物学分野 古田雅一\*、石川悦子、小池佳都子

阪府大院理生物化学専攻 向原岳

(\*本研究に関する連絡先: 電話 072-254-9844 (内線) 3542、メール [mfuruta@b.s.osakafu-u.ac.jp](mailto:mfuruta@b.s.osakafu-u.ac.jp))

### **【目的】**

食品の殺菌には主に加熱殺菌法が用いられているが、透過力が強く温度上昇が少ない放射線殺菌法が栄養成分や香気成分の劣化を防ぐために有効である。従って香辛料などの乾燥食品に対しては放射線殺菌の普及が進んできている。照射量を増やせば殺菌効果は上がるが食品も劣化してしまうため、極力少ない線量で殺菌する必要がある。自然界に普遍的に存在し、食品殺菌の指標菌とされている *Bacillus* 属細菌は芽胞を形成することで大腸菌のような栄養型細菌よりも高い放射線抵抗性を示す。そのため放射線照射後の芽胞がどのような回復挙動を示すかを検討することは放射線殺菌の有効性を評価するために重要である。本研究では香辛料の代表的汚染菌である *B. licheniformis* と *B. megaterium* の芽胞を用いて、照射後の発芽増殖の挙動について検討した。

### **【方法】**

*B. licheniformis* と *B. megaterium* の栄養細胞をそれぞれの芽胞形成培地に播種し 37°C で培養後、形成した芽胞を回収した。ガンマ線処理した芽胞の増殖挙動について、コロニー形成・濁度・代謝熱の観点から検討するべく次の実験を行った。まずは回収した芽胞に <sup>60</sup>Co ガンマ線を照射し、コロニーカウントする芽胞は寒天培地に塗布し、それ以外は液体培地に添加した。その後濁度測定する芽胞は、37°C で振とう培養しながら分光光度計で濁度を測定した。もう一方の熱測定を行う芽胞は 37°C でインキュベートしながら芽胞の代謝熱を測定した。さらにガンマ線照射後の芽胞の発芽・増殖挙動をリアルタイムで観察するため、ディッシュ上に芽胞を吸着させ、液体培地を添加した後に、37°C でインキュベートしながら高感度カメラ付位相差顕微鏡で連続撮影した。

### **【結果】**

コロニーカウントの結果を見ると、高線量域で途端にコロニー数が減少していた。ところが濁度測定と熱測定の結果では、どちらの芽胞とも線量の増加に伴って増殖開始が遅れているように見えるものの、高線量であっても増殖開始と共に濁度が低線量と同等に増加していた。次に照射後芽胞のライブセルイメージングの結果と、照射後の芽胞を培養しながら顕微鏡観察した写真を見ると、始めは芽胞が発芽して伸長しているものの、その後伸長芽胞が減少するという現象が認められた。このことから、照射後芽胞は発芽後増殖の過程で何らかの障害を生じ、増殖能を失う VNC 菌となっている可能性が示唆された。そこで現在は、照射による損傷を解析するため、DNA や細胞膜を染色することでガンマ線照射後の芽胞が発芽増殖の過程で細胞内のどの部位で障害

が生じ、増殖停止の原因となっているのかを検討している。また、パルスフィールドゲル電気泳動を用いて、ガンマ線照射によって損傷を生じたDNA鎖が発芽後増殖のどの過程で修復が行われているのかも併せて検討中である。

#### **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) 学会発表や報告など.

「*Bacillus* 属細菌芽胞の発芽過程・増殖挙動に及ぼす放射線効果」向原岳<sup>1</sup>、小田康雅<sup>2</sup>、坂田孝<sup>2</sup>、上村貴之<sup>3</sup>、古田雅一<sup>1</sup>（<sup>1</sup>大阪府大院・理・生科、<sup>2</sup>シスメックス(株)、<sup>3</sup>タイテック(株)）第47回日本食品照射研究協議会大会、アルカディア市ヶ谷（12月2日、東京）

## パプリカ粉末と食肉の混合物に添加された *Bacillus* 属細菌の増殖動態の解析

阪府大放セ量子線化学生物学分野 古田雅一\*、石川悦子、小池佳都子

阪府大院理生物化学専攻 阪井俊夫

(\*本研究に関する連絡先: 電話 072-254-9844 (内線) 3542、メール [mfuruta@b.s.osakafu-u.ac.jp](mailto:mfuruta@b.s.osakafu-u.ac.jp))

【目的】食品添加物として使用される香辛料は、製造元で微生物の汚染を受けるため、食品への添加後の汚染菌の増殖を予防するためにも、適切な殺菌処理が必要とされる。現在、我が国においては過熱水蒸気による殺菌が一般的に利用されているが、加熱による色や風味の劣化が問題視されている。一方、放射線殺菌は温度上昇が軽微なため品質保持の点で有利であり、我が国では許可申請中であるが、殺菌処理後の生残菌の増殖回復挙動についてのデータが不足している。そこで、本研究では食品への着色料としてよく使用されるパプリカ粉末を用いて、<sup>60</sup>Co 由来γ線照射処理と加熱処理による殺菌効果の比較を行うために、滅菌した食肉（保存料無添加ソーセージまたはステーキ用牛肉）へのパプリカ粉末添加による生残菌の増殖挙動を観察した。

また、代表的な香辛料汚染菌である *Bacillus* 属細菌から *B. subtilis* を選び、パプリカ粉末と食肉（共に滅菌済み）を混合したものに新たに外部から *B. subtilis* 芽胞液を添加して、その時の *B. subtilis* の増殖動態を調べた。

### 【方法】

#### ①香辛料の生残菌の食肉中での増殖挙動の調査：

ソーセージは市販のフードプロセッサを用いて30秒間破碎処理を行い、冷凍した状態で20 kGyのγ線照射を行うことにより滅菌した。牛肉についても同様の処理を行った。

パプリカ粉末は、未殺菌のもの、工場で過熱水蒸気殺菌処理をされたもの、γ線を30kGy照射して滅菌したもの、オートクレーブにより滅菌したものの4種類を用いた。

これらのパプリカ粉末4 gと食肉17gをバイアル内でよく混合し、37°Cで培養して、0日目から4日目まで1日毎に菌体を回収したものを適度に希釈して培地に塗布し、コロニーカウントによりサンプル内の生菌数を求めた。菌体の回収は、0.05%のTween80を含む0.1%ペプトン水とサンプルをストマッカー用袋内で混合して、ストマッカーで200回転/分で2分間攪拌することで行った。なお、コロニー数計測においては、食品衛生検査指針に則り、標準寒天平板培地・ポテトデキストロース平板培地・デゾキシコレート平板培地の3種類を用いて行った。

また、コロニー数計測と同時に、非破壊的な手法である熱測定を30°Cで1週間程度行い、試料内の微生物の増殖挙動をモニターした。この時、パプリカ粉末1.1 g、食肉5 gの分量でバイアル内に混合して測定を行った。

#### ②食肉中におけるパプリカ粉末の有無と、外部から添加した菌の増殖の関係：

20 kGyの $\gamma$ 線照射により滅菌処理をしたソーセージ及び牛肉と、オートクレーブや30 kGyの $\gamma$ 線照射により滅菌したパプリカを①と同様の割合でバイアル内に混合し、そこに外部から菌液を加えて、①と同様にコロニーカウント及び熱測定を行った。

外部から添加した菌は、Raven社より購入した*B. subtilis* ATCC6633株の標準芽胞液と、本来パプリカ粉末の表面に付着し生存していた菌（*B. subtilis*以外にも*B. cereus*、*B. licheniformis*、*Enterobacter aerogenes*、*Penicillium*属など雑多な菌を含んでいる）を回収した液をそれぞれ $1.0 \times 10^2$  CFU/mlに希釈して用いた。

## 【結果・考察】

### ①香辛料の生残菌の食肉中での増殖挙動の調査：

ソーセージを用いた場合も牛肉を用いた場合も、30 kGyの $\gamma$ 線照射処理をしたパプリカとオートクレーブ処理をしたパプリカを用いたサンプルではコロニー数の増加も熱測定での増殖挙動も最後まで見られなかった。また予め過熱水蒸気により殺菌されたパプリカ粉末にはごくわずかな生残菌( $10^2$ オーダー)が存在し、ソーセージと混合した場合には、3日経過の時点で菌の増殖が見られた。しかし、牛肉との混合では培養期間において増殖が見られなかった。以上の結果からパプリカには何らかの抗菌成分が含まれ、共存する菌体に作用している可能性が示唆され、牛肉の場合はパプリカに含まれる抗菌成分がソーセージの場合よりも比較的有効に作用し、菌の増殖が抑えられた可能性が考えられる。

### ②食肉中におけるパプリカ粉末の有無と、外部から添加した菌の増殖の関係：

ソーセージ・牛肉ともに、滅菌済みパプリカ粉末を含むサンプルでは*B. subtilis*のコロニー数の増殖も熱測定での増殖挙動も見られなかった。新たに加えた菌が寒天培地上に全く表れなかった事から、パプリカ由来成分の*B. subtilis*に対する作用は殺菌的なものであると考えられる。また、パプリカ粉末に元来付着していた菌を用いて同様の実験を行った場合では、30 kGyの $\gamma$ 線照射を行ったパプリカ粉末とソーセージが混合された場合に菌の増殖が認められるという現象が観察された。オートクレーブ処理済みのパプリカ粉末を添加した場合はこれまでと同様に菌の増殖が観察されなかったことから、パプリカ粉末への処理方法による成分の曝露の程度や、菌種によるパプリカ由来成分への感受性の違いが原因となったの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) 学会発表や報告など。

「パプリカ粉末と食肉の混合物に添加された *Bacillus* 属細菌の増殖動態の解析」 阪井俊夫、石川悦子、小池佳都子、古田雅一、第47回日本食品照射研究協議会大会、アルカディア市ヶ谷（12月2日、東京）

# 乾燥状態における *Enterobacter sakazakii*, *Escherichia coli* の 放射線感受性変化

阪府大放射線量子線化学生物学分野 古田雅一\*、石川悦子、小池佳都子  
阪府大院理生物化学専攻 藤井夏日

(\*本研究に関する連絡先: 電話 072-254-9844 (内線) 3542、メール mfuruta@b.s.osakafu-u.ac.jp)

**[目的]** *Enterobacter sakazakii* は環境に広く分布する腸内細菌科に属する菌のひとつで、とくに乳児用調製粉乳を介して乳幼児に感染し、髄膜炎や壊死性腸炎を引き起こす日和見性病原菌として知られている。本菌の熱耐性は他の大腸菌群とさほど変わらず、調製粉乳の場合、70℃以上の条件で調乳することで殺菌可能とされている。しかし、乾燥に対しては抵抗性が強く、調製粉乳中で数年間にわたり生存したという報告がある、発表者らは、包装済みの製品に対しても有効で、かつ、品質劣化の少ない非加熱殺菌法として世界的にも高く評価されているガンマ線殺菌に着目し、乾燥環境下の放射線感受性の変化について *Escherichia coli* と比較検討した。

**[方法]** *E. sakazakii* (ATCC51329) を TSB 培地に、*E. coli* (K-12株) を LB 培地に植えてそれぞれ定常期まで培養した。このそれぞれに<sup>60</sup>Co ガンマ線を照射した後、平板培地に播き、翌日コロニーカウント法により生残率を求め、液体培地中における放射線感受性を評価した。乾燥環境下における放射線感受性の評価については、同様に定常期まで培養した菌液から遠心分離により菌体を回収し、シリカゲルを敷いたデシケータ内にて0、24、48時間放置するという乾燥ストレスを与えた。これにガンマ線を照射した後、コロニーカウント法により生残率を調べた。

**[結果]** 液体培地中で照射した場合の生残曲線は *E. sakazakii* と *E. coli* で差はなく、生残菌数は1 kGyあたりおよそ3 log CFU減少し、D<sub>10</sub>値は0.4 kGyであった。乾燥状態で照射した場合の生残率は、*E. sakazakii* と *E. coli* とともに液体培地中よりも高い値を示し、生残菌数は *E. sakazakii* で1 kGyあたりおよそ1 log CFUの減少、*E. coli* でおよそ2 log CFUの減少であった。生残曲線は両者で異なる傾向を示し、*E. sakazakii* では乾燥処理時間が0時間から24、48時間と長くなるにつれて、D<sub>10</sub>値は0.6、0.8、1.1 kGyと変化し、放射線抵抗性の向上が見られた。一方、*E. coli* のD<sub>10</sub>値は乾燥処理時間に関わらず0.5~0.6 kGyを示し、放射線抵抗性の向上は見られなかった。現在は湿度条件や乾燥処理時間を変えるなどして、さらに研究を進めているところである。

## 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) 学会発表や報告など。

「乾燥状態における *Enterobacter sakazakii*, *Escherichia coli* の放射線感受性変化」藤井夏日、石川悦子、小池佳都子、古田雅一、日本防菌防黴学会第38回年次大会シンポジウム、千里ライフサイエンスセンター (8月30~31日、吹田市)



## ガンマ線照射高分子ゲル上におけるマウス神経幹細胞/前駆細胞の培養

阪府大理・生物科学・細胞組織工学分野 川瀬 文音、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)

【背景と目的】コラーゲンやポリビニルアルコール (PVA:polyvinylalcohol) などのハイドロゲルは柔軟で生体親和性の高い材料であり、組織工学(tissue engineering)分野では細胞培養担体(scaffold)として利用されている。神経幹細胞/前駆細胞(NSPC: neural stem/progenitor cell)は、未分化状態を維持しながら分裂増殖する自己複製能と、ニューロン(neuron)やアストロサイト(astrocyte)、オリゴデンドロサイト(oligodendrocyte)といった中枢神経系を構成する細胞系譜への多分化能を、併せて有する細胞である<sup>1)</sup>。NSPCは上皮細胞増殖因子(EGF)や塩基性線維芽細胞増殖因子(bFGF)を含むDMEM/F12を基本培地として無血清培養下で浮遊培養すると、ニューロスフェア(neurosphere)とよばれる細胞集塊を形成し未分化状態のまま増殖する。一方、培地へのウシ胎仔血清(FBS)添加により集塊が培養器材底面に接着し、細胞が周囲に遊走してニューロンやアストロサイトへの分化が始まる。浮遊培養系は培地交換の遠心分離と沈殿再懸濁の際に、細胞が痛み易くまた操作も煩雑である。この為、接着系でNSPCの未分化状態を維持しながら高密度に培養可能な実験系の確立が望まれている。本研究ではこの興味から、PVAゲルならびにI型コラーゲンゲルの神経幹細胞/前駆細胞培養担体としての適合性を評価した。

【実験方法】7.5%(w/v)PVA水溶液に20kGyのガンマ線を照射し、PVAゲルを調製した。ブタ由来のI型コラーゲンの酸性水溶液を原料として、pHを中和後に中性条件37℃で保温することにより0.5%(w/v)コラーゲンゲルを調製した。これら2種類の高分子ゲル上において、マウス胎仔脳由来のNSPCを培養し、培養期間におけるニューロスフェア形成の観察、細胞数の測定を行った。細胞の採取や培養方法などは、下記の文献に準拠する方法を用いた<sup>1)</sup>。

ゲル上で培養した細胞については、抗Tubulin $\beta$  III抗体(ニューロンマーカー)、抗GFAP抗体(アストロサイトマーカー)や抗nestin抗体(神経幹細胞マーカー)、抗Sox2抗体(神経幹細胞マーカー)を用いた蛍光免疫染色法によって評価した。

【結果と考察】ガンマ線照射PVAゲル上では、接着はしているもののニューロスフェアに類似の細胞集塊の形成が観られた。一方、コラーゲンゲル上においては、細胞が接着し早期に周囲に遊走してしまい、上記の集塊が形成されなかった。蛍光免疫染色法ではPVAゲル上培養細胞においてGFAP陽性が確認されたが、神経幹細胞マーカーであるnestin陽性やSox2陽性の細胞も確認された。コラーゲンゲル上培養では見られなかった神経幹細胞マーカー陽性細胞が、PVAゲル上培養では観察されたことから、PVAゲル上でのNSPCの培養では、細胞は未分化の状態を維持しているものと考えられる。これらの実験結果よりガンマ線照射PVAゲルは、未分化なNSPCの接着培養基材としての利用可能性が示された。NSPCは神経系の再生医療における細胞移植治療や、神経系の細胞を用いた代替試験系への応用が期待される細胞種であり、これらの目的には未分化なNSPCを増殖させる必要があるため、PVAの今後の利用が期待される。

#### 参考文献

1) H. Mori, K. Ninomiya, M. Kino-oka, T. Shofuda, M. O. Islam, M. Yamasaki, H. Okano, M. Taya, Y. Kanemura, Effect of neurosphere size on the growth rate of human neural stem/progenitor cells, *Journal of Neuroscience Research* (2006) 84, 1682-1691.

#### 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) ガンマ線照射高分子ゲル上におけるマウス神経幹細胞/前駆細胞の培養、川瀬 文音、森 英樹、原 正之 日本農芸化学会 2012 年度大会 2012 年 3 月 12 日～25 日（京都）

## 重金属イオンのマウス神経幹細胞/前駆細胞の神経分化に対する影響

阪府大理・生物科学・細胞組織工学分野 佐々木 豪、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)

【目的と背景】自己複製能と、多分化能を併せ持つ中枢神経系の神経幹細胞は、胎生期脳内では分裂を繰り返しながらニューロンやアストロサイトの供給を担っている。水銀、鉛などの重金属が、生理機能の障害や、発生異常など、様々な神経毒性を有する事は古くから知られている。1990年代より生体外の培養方法が確立して様々な研究に広く用いられるようになった中枢神経系の神経幹細胞<sup>1)</sup>に対する毒性については、詳しくは報告されていない。そこで本研究では培養したマウス神経幹細胞/前駆細胞 (NSPC: neural stem/progenitor cells) を用いて重金属イオンの細胞毒性を評価した。生体を用いた(in vivo)動物試験は、確かな方法ではあるが多くの手間と費用を有する。NSPCを用いて、生体外(in vitro)の毒性試験系を確立する事の利点は、生体外で培養した細胞を用いて、再現性の高い簡便な試験を極めて多検体で行う事ができる事にある。

【実験方法】既存の方法に従って採取・培養した、E14 ICR マウス脳由来 NSPC<sup>2)</sup>と、ならびにラット褐色細胞腫由来細胞株 (PC12)<sup>3)</sup>の2種類の細胞を実験に用いた。重金属イオンとしては塩化物(ZnCl<sub>2</sub>, CdCl<sub>2</sub>, CuCl<sub>2</sub>, HgCl<sub>2</sub>, PbCl<sub>2</sub>)を用いた。重金属曝露 24 時間後の細胞生存率を、dehydrogenase による生細胞数測定法(WST 法)により評価し、最小阻害濃度以下の重金属曝露条件下にて NSPC を1週間分化誘導した。分化誘導後に生じたニューロン及びアストロサイトを免疫染色にて染め分け、蛍光顕微鏡画像下にて分化率の解析と細胞形態の観察を行った。

【結果と考察】培養した NSPC に対して HgCl<sub>2</sub> は 50 μM、PbCl<sub>2</sub> は 350 μM、CdCl<sub>2</sub> は 20 μM の曝露で細胞生存率の低下がみられた。またより低濃度の曝露条件 (HgCl<sub>2</sub> は 35 μM、PbCl<sub>2</sub> は 50 μM、CdCl<sub>2</sub> は 2.5 μM) で NSPC の分化率、細胞形態を変化させた。今後はさらに様々な条件で増殖、分化、形態変化、などへの影響を評価すべく研究に取り組んでいる。

### 参考文献

- 1) B.A. Reynolds, W. Tezlaff, S.Weiss, A multipotent EGF – responsive striatal embryonic progenitor cell produces neurons and astrocytes, *J. Neurosci.* (1992) 12, 4565-4574.
- 2) H. Mori, Y. Yoshida, M. Hara, Neural stem/progenitor cells damaged by reactive oxygen species evolved by photosensitizing reaction, *Neurosci. Lett.* (2011) 493, 24-28.
- 3) E. Goto, M.Mukozawa, H. Mori, M.Hara, A rolled sheet of collagen gel with cultured Schwann cells: model of nerve conduit to enhance the neurite growth, *J. Biosci. Bioeng.* (2010) 109, 512–518.

### 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) 重金属イオンの神経幹細胞/前駆細胞の分化に対する影響の in vitro 評価、佐々木豪、森英樹、原正之 日本生物工学会 2011 年度大会 平成 23 年 9 月 26 日～28 日（東京）
- 2) 重金属イオンのマウス神経幹細胞/前駆細胞の神経分化に対する影響、佐々木豪、森英樹、原正之 日本農芸化学会 2012 年度大会 2012 年 3 月 12 日～25 日（京都）

## 出血性水頭症突然変異マウスにおいて欠損している *Ccdc85C* の発生期 大脳皮質における役割について

大阪府大・院・理学系・生物科学専攻 森展子\*

大阪府大・院・生命環境科学・獣医病理 桑村充、田中夏樹

(\*本研究に関する連絡先：電話 072 (254) 9837、メール morin@b.s.osakafu-u.ac.jp)

本学動物実験施設において、常染色体劣性の出血性水頭症 (hemorrhagic hydrocephalus, *hhy*) 突然変異マウスを BALB/c の遺伝的バックグラウンドで系統樹立し維持している。*hhy* 突然変異をホモにもつ個体 (以下、*hhy* マウスと略す) は、出生後 2 週間もすると、ほぼ全てが水頭症を発症する。水頭症発症個体の脳内にしばしば出血が見られることから、「出血性」水頭症と呼んでいる。BALB/c バックグラウンドでは病態の重篤度に変化が見られ、水頭症が軽度である個体は生殖可能年齢に達して生存した。それらの個体の一部には低いながら繁殖能力があったが、比較的短命である。この突然変異マウスの大脳皮質下髄質領域には、本来皮質を構築すべき錐体ニューロンが細胞塊 (異所性灰白質またはヘテロトピア) となって存在する。ヒトにおいても遺伝性のヘテロトピアが報告されており、難治性のてんかん患者の多くはヘテロトピアをもつとされているが、*hhy* 突然変異マウスでは、てんかん発作が観察されたことはない。

*hhy* の原因遺伝子 *Ccdc85c* は、コイルド-コイル領域をもつ以外特徴のないタンパクをコードしている<sup>1)</sup>。*Ccdc85C* に対する免疫染色では、発生期の神経幹細胞の存在部位である側脳室壁表面が強く染まる。発生期の神経幹細胞は、強い極性を示す放射状グリアである。マウスでは、放射状グリアは胎仔期に増殖しながら皮質ニューロンを産生する。胎生後期にはニューロン産生を止めグリアを産生し始める。出生直後には脳室壁表面を覆う上皮細胞および他のグリアに姿を変え、側脳室壁表面から急速に姿を消す。*Ccdc85C* に対して免疫染色すると、放射状グリアの頂端部膜周辺が特に強く染まる。放射状グリアの消失とともに染色性は弱くなる。*hhy* マウスでは *Ccdc85C* が遺伝的に欠損しており、特異抗体で染まらない。*Ccdc85C* が欠損すると、ニューロン産生期に放射状グリアの形状に異常が見られ、本来側脳室壁表面にある細胞体が、脳表面側に大量に移動する。これらの細胞では、脳室壁表面にある幹細胞で発現している転写因子 *Pax6* が発現し分裂増殖するが、まもなく *Pax6* 発現は弱まり、替わってニューロン前駆細胞の転写因子 *Tbr2* の発現が優勢になる。分裂停止したニューロンは脳表面側にあり *Tbr1* を発現する。発生が進んだ出生後の大脳皮質層構造はほぼ正常に形成されているので、側脳室壁表面から脳表面側に移動した放射状グリアはニューロンに分化したと考えられる。ヘテロトピアは、移動の足場でもある放射状グリアが早期消失したために、移動できなくなったニューロンの変わり果てた姿である。*Ccdc85C* が放射状グリア細胞内で果たしている役割については現在のところ不明である。

### 研究成果

- 1) Mori, N., Kuwamura, M., Tanaka, N., Hirano, R., Nabe, M., Ibuki, M., Yamate, J. *Ccdc85c* encoding a protein at apical junctions of radial glia is disrupted in *hhy* mice. *Am. J. Pathol.* 314–327, 2012.

## マウス 4 番染色体ヘテロ接合性消失と放射線誘発リンパ腫感受性

阪府大院理生物科学専攻 岡田圭輝 森展子\*

(\*本研究に関する連絡先：電話 072 (254) 9837、メール morin@b.s.osakafu-u.ac.jp)

本学動物実験施設はコンベンショナルな動物実験施設であり、施設内に X 線照射装置が設置されているため、同飼育施設で維持・繁殖させている種々の系統のマウスを施設内で X 線照射し、長期にわたって観察を必要とする発がん実験を行うことができる。私たちは、この施設において、放射線によるリンパ腫誘発に感受性の BALB/c 系統を遺伝的バックグラウンドとし、放射線によるリンパ腫誘発に抵抗性を示す STS 系統マウスの 4 番染色体のリンパ腫抵抗性関連領域をもつマウス (C.S コンジェニックマウス) 数系統を樹立し維持してきた。放射線によるリンパ腫誘発に抵抗性を示す染色体領域は二つあり、がん抑制遺伝子 *Cdkn2a* と *Cdkn2b* および *Mtap* を含む多くのヒト腫瘍で欠失が見られる染色体中央部 D4Mit302–DMit9 領域 (第一領域)、および第一領域のセントロメア側に隣接して D4Mit17 近傍を中心とする第二の領域がある<sup>1)</sup>。第一の領域内に STS 対立遺伝子を持つ C.S コンジェニックマウスを、BALB/c マウスと交配し雑種第一代 (F1) マウスに X 線照射してリンパ腫を誘発させると、腫瘍の約 30% にヘテロ接合性消失 (loss of heterozygosity, LOH) (注 1) が検出され、ほとんどが STS 由来対立遺伝子の消失を示した。一方、第二の領域について同様の実験をしても、LOH はほとんど生じない (昨年共同利用報告)。これらの結果は、第一の領域に存在するがん抑制遺伝子の BALB/c 対立遺伝子が、リンパ腫誘発に感受性を付与していることを示唆している。今回、第一領域内に STS 対立遺伝子を持つ C.S コンジェニックマウス 2 系統を BALB/c マウスと交配、生まれた雑種第一代 (F1) マウスに X 線誘発したリンパ腫を用いて、D4Mit302–DMit9 の範囲にある複数のマーカーを標的としてプライマーを設計し、第一領域内の LOH を詳細に調べた。その結果、がん抑制遺伝子 *Cdkn2a* と *Cdkn2b*、および *Mtap* を含む約 200kb 領域で、LOH が最も高頻度であった。現在、これらのがん抑制遺伝子の発現を RT-PCR で調べ、また mRNA の塩基配列を調べている。

(注 1) ヘテロ接合体に生じた腫瘍において、ある遺伝マーカーの一方の対立遺伝子バンドが消失することを、loss of heterozygosity (略して LOH) という。LOH が見られる遺伝マーカーの近傍には通常、がん抑制遺伝子があり、遺伝的および/またはエピジェネティックなメカニズムによって不活性型に変化していることが多い。

### 参考文献

- 1) Mori, N. Two loci controlling susceptibility to radiation-induced lymphomagenesis on mouse chromosome 4: *Cdkn2a*, a candidate for one locus, and a novel locus distinct from *Cdkn2a*. *Radiat. Res.* **173**, 2010.
- 2) Okada, Y. and Mori, N. 「マウスリンパ腫における *Cdkn2a/b* 遺伝子座の系統特異的アレル消失」第 71 回日本癌学会学術総会 (2012 年 9 月 札幌) ポスター発表。

# Carcinostatic effects of platinum nanocolloid combined with gamma-ray radiation on human esophageal squamous cells carcinoma: an *in vitro* study

大阪物療大保健医療・阪府大 李 強  
 阪府大高等教育 田中 良晴\*  
 県立広島大生命環境 齊藤 靖和  
 大阪物療大保健医療 三羽 信比古\*\*

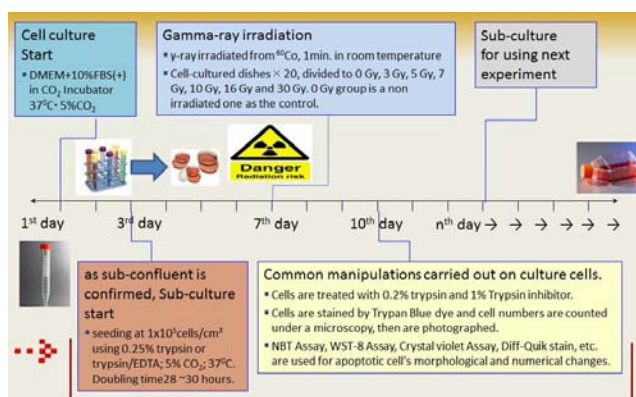
(\*本研究に関する連絡先：電話（内線）3869, E-mail:yoshitan@las.osakafu-u.ac.jp)

(\*\*To whom correspondence should be addressed to E-mail: Miwa@butsuryo.ac.jp)

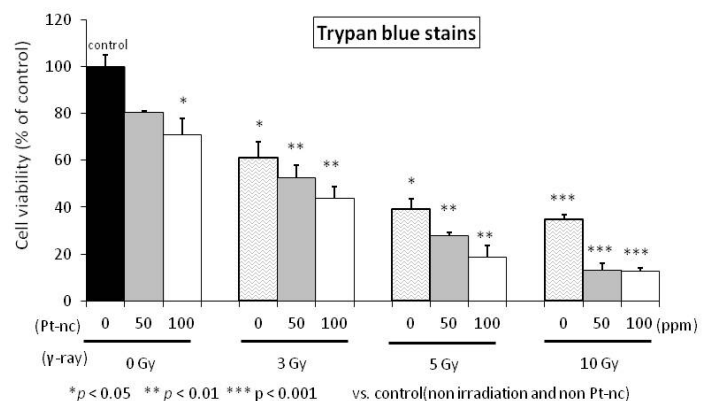
**Background and Objective :** Therapeutics for human esophageal squamous cells carcinoma (ESCC) has seen a notable improvement, but it is still a devastating disease with a poor prognosis, and is the seventh leading cause of death from cancer throughout the world. Therefore, substances such as platinum nanocolloid (Pt-nc) have been regarded as the research objects and attention is paid to its nano size which can easily enter the cell membrane and be unable to accumulate within renal tubules or collecting ducts as if platinum formulations for pharmaceuticals occurred. In this study, Pt-nc (2 nm Pt in 4% PVP {polyvinylpyrrolidone}) administered together with PVP, a protective agent to make stable particle's form, was used for treating KYSE-70 cells at different concentrations. This was deep to confirm whether Pt-nc-combination radiotherapy on ESCC promotes the carcinostatic effect, and whether this effect has occurred through Pt-nc- or radiation-induced apoptosis or both of them.

**Methods and Materials :** KYSE70 cell line was used in this study (Fig.1). The <sup>60</sup>Cobalt gamma-ray launching unit equipped at the radiation research center, Osaka Prefecture University, was used for irradiation. The proliferative status of esophageal cancer cells was measured by crystal violet staining, trypan blue dye-exclusion assay and WST-8 assay. Cell morphological changes were determined using Hoechst 33342 staining and crystal violet staining. Colony formation rate was examined by Diff-Quik staining.

**Results and Conclusions :** Although Pt-nc or gamma-ray radiation could inhibit the growth of KYSE-70 cells, the combined usage exerted a remarkable carcinostatic effect in a dose- and time-dependent manner than when used singularly ( $p < 0.05$ ). By the fluorescence micrographic observation, the changes of KYSE-70 cells treated with Pt-nc and thereafter irradiated with gamma-ray revealed distinct apoptotic morphological changes. It was suggested that Pt-nc is an agent of potential use for the treatment of ESCC in combination with radiotherapy and they may produce a synergistic effect for the growth-inhibition of cancer cells. We guessed that this antitumor effect occurred through an efficient scavenging mechanism for reactive oxygen species (ROS) that either included platinum- or radiation-induced apoptosis or even included both of them.



**Fig.1 Timeline and protocol of the experiment.** It is observed that gamma-ray irradiation influenced KYSE-70 cells from the human esophageal squamous carcinoma.



**Fig.2 Carcinostatic effects of platinum nanocolloid (Pt-nc) alone and a combination with radiation on KYSE-70 cells at 48 hours post-irradiation of gamma-ray.** It indicates that the tendency for the viability of cultured-living KYSE-70 cells decreases as long as there is an increasing concentration of Pt-nc. Statistical analysis was performed using student's *t*-test.

## ヒト正常食道細胞に対する放射線と白金コロイドの影響に関する研究

大阪物療大保健医療・阪府大 李 強

阪府大高等教育

田中 良晴\*

大阪物療大保健医療

三羽信比古

(\*本研究に関する連絡先：電話（内線）3869、メール yoshitan@las.osakafu-u.ac.jp)

昨年度の本報告会で、培養ヒト食道がん細胞株 KYSE70 を用い、放射線照射、抗がん剤の組み合わせでがん細胞に対する殺傷効果を高めるための基礎データ取得について報告した。また、本年の李の演題において、白金コロイド処理とガンマ線照射により、KYSE70 への殺傷効果が高まることを報告した。逆に正常細胞に対しては放射線への防御効果がある薬剤が理想的である。すなわち、種々の薬剤ですでに報告されているような、がん細胞選択的殺傷効果<sup>1-4)</sup>を持つか否かを検証する。

今回、対照となる正常細胞を入手したため、がん細胞に対する処理条件でいかなる影響があるかを検討するための基礎データ取得を目的とした。

Esophageal Epithelial Cell (Epi-C: ヒト正常食道上皮細胞, Cosmo Bio, SCR2720)を用い、WST-8 法でまず増殖曲線を求めた結果、集団倍化時間は約 44 時間であった。放射線照射時に対数増殖期になるように、35 mm 直径の細胞培養用 6 well plate に  $5.0 \times 10^3$  cells/cm<sup>2</sup> の濃度で撒き、1 日後に大阪府立大学 21 世紀科学研究機構のコバルト-60 線源から発するガンマ線を 0 R, 300 R, 500 R, 1000 R 照射した。3 日後にトリパンブルー染色により細胞の生存率を、クリスタルバイオレット染色により細胞死（ネクロシスおよびアポトーシス）率を、ヘキスト染色により細胞死（アポトーシス）率の割合を観察した。一方で、白金コロイドを 0 ppm, 50 ppm, 100 ppm, 200 ppm となるように加え、非照射で 3 日間培養して、上述の染色を行なった。

トリパンブルー染色による結果、 $\gamma$ 線の 37%致死線量は 300-500 R (図 1)、白金コロイドの半数致死濃度は約 50 ppm であった (図 2)。今後は、両者を併用して、相加効果、相乗効果、あるいは相反効果が見られるかを検討する予定である。

### 参考文献

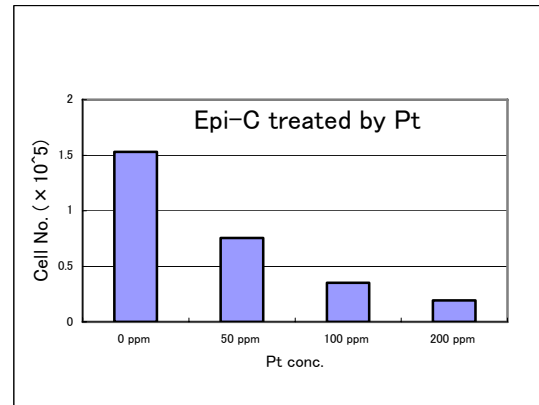
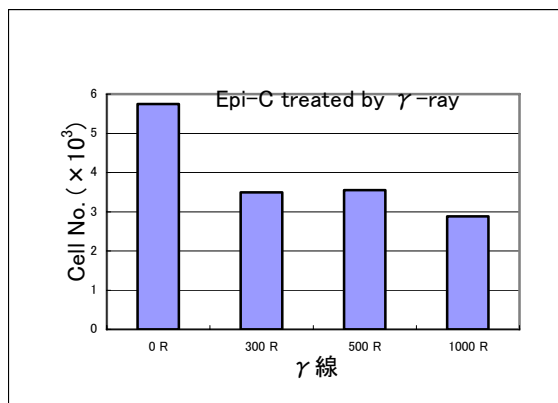
1. Saitoh Y, Okayasu H, Xiao L, Harata Y, Miwa N. Neutral pH hydrogen-enriched electrolyzed water achieves tumor-preferential clonal growth inhibition over normal cells and tumor invasion inhibition concurrently with intracellular oxidant repression. *Oncol. Res.* 17(6):247-55, 2008
2. Asada R, Kageyama K, Tanaka H, Matsui H, Kimura M, Saitoh Y, Miwa N: Antitumor effects of nano-bubble hydrogen-dissolved water are enhanced by coexistent platinum colloid and the combined hyperthermia with apoptosis-like cell death. *Oncol. Rep.* 24(6):1463-70, 2010

3. Liao F, Saitoh Y, Miwa N. Anticancer effects of fullerene [C60] included in polyethylene glycol combined with visible light irradiation through ROS generation and DNA fragmentation on fibrosarcoma cells with scarce cytotoxicity to normal fibroblasts. *Oncol Res.* 19(5):203-16, 2011

4. Asada R, Kageyama K, Tanaka H, Kimura M, Saitoh Y, Miwa N. Carcinostatic effects of diverse ascorbate derivatives in comparison with aliphatic chain moiety structures: Promotion by combined hyperthermia and reduced cytotoxicity to normal cells. *Oncology Letters* 3:1042-1046, 2012

図1 ガンマ線による Epi-C への影響

図2 白金コロイドによる Epi-C への影響





## 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」の活動

大阪府立大学・放射線研究センター 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)

放射線研究センターの活動の一つは、地域貢献である。長年にわたり放射線知識普及活動を続けてきたが、平成23年の原子力発電所事故により、各方面からの依頼に応える形での研修、講演、セミナーなどの頻度が増えている。文部科学省では、平成24年度原子力人材育成等推進事業の復興対策特別人材育成事業の公募を行い、本学の提案した事業「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（平成24-26年度）」が採択され、今年度より活動を開始した。その概要を報告する。

**実施機関：**公立大学法人大阪府立大学地域連携研究機構

**協力機関：**みんなのくらしと放射線知識普及実行委員会、関西の放射線・原子力関連団体および機関等

**事業の目的：**放射線・原子力分野の指導の人材が豊富な関西の関連機関が連携し、大阪府立大学の放射線施設や放射線測定機器などを活用した実践的な教育研修を、地方自治体、民間、一般市民など社会で活動する組織における指導的立場の人々、そして大学院学生を対象として行う。放射線に関する幅広い知識と高い安全取扱い技術を習得し、特に放射線防護を基盤としたリスクコミュニケーションの力を身につけ、住民の不安に対して適切に対処できる指導者としての人材を育成する。

**育成対象者：**社会で活動する組織で指導的立場にある人々、大学院学生など

**事業内容：**少人数のグループで、ニーズに合った効果的研修

講習および実習の内容の更新と事業モデルの構築

**研修の内容：**

1. 消防署員の研修

放射線事故対応を背景に、計測器や装備の利用技術や放射線安全取扱い技術の習得のため、特に模擬訓練を加えた実践的研修

2. 中等教育学校教員の研修

環境・エネルギーと放射線についての教育を行う中等教育学校理科教員を対象とし、授業の方法や使用教材を考慮した研修

3. 保健所職員、自治体職員の研修

放射線に関する基礎知識の習得と、一般市民へのリスクコミュニケーション能力の向上をめざす研修

4. 民間技術者の研修

放射線安全取扱い技術の習得と、専門性に適合した効果的な研修

5. 一般市民（市民グループの代表者）の研修

放射線についての正しい知識に基づき、メディアなどからの情報を正しく理解し、それを一般の人々に伝えるための研修

6. 大学院学生の研修

将来原子力に関連する分野のリーダーとなる契機になる研修

**本研究に関する案内**

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



## 「平成 24 年度第 29 回みんなのくらしと放射線展」活動報告

大阪府立大学・放射線研究センター 奥田修一\*

「みんなのくらしと放射線」知識普及実行委員会 委員

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

原子力、放射線の分野で人材育成が急務とされる。中学校理科の学習指導要領の改訂、平成 23 年の原子力発電所事故、このような社会情勢の中で、毎年夏休みに開催される「みんなのくらしと放射線展<sup>1,2)</sup>」は、今年で 29 回目を迎えた。平成 23 年の第 28 回放射線展では、市民が現在最も必要としている知識を提供する場とし、例年と様子の異なる放射線展を開催したが、今年はその結果を踏まえ、イベントの一部で対象を絞った形での開催となった。その概要を報告する。

### 第 29 回みんなのくらしと放射線展「くらしの放射線サマースクール 2012」

#### 【目的】

小・中学生、高校生、中学・高校教員、子育て層と、一般の方を対象にした企画とともに、広くあらゆる世代の人々が、放射線に関する正しい知識を学び、ともに考える機会を持つことで、放射線としっかり向き合い、正しく怖がることができるようになるための環境を整えることを目的とした。

#### 【主催】

「みんなのくらしと放射線」知識普及実行委員会、(事務局) 公立大学法人大阪府立大学

協力団体：放射線知識普及連携プロジェクト

#### 【後援】

文部科学省、近畿経済産業局、大阪府、大阪市、堺市、大阪府教育委員会、大阪市教育委員会、堺市教育委員会、(財)大阪科学技術センター

#### 【開催日と会場】

平成 24 年 8 月 17 日～19 日、大阪科学技術センター

#### 【内容】

- 「放射線親子セミナー」小・中学生及び保護者対象  
親子で放射線の知識を学ぶ体験型の講座（ガイドツアー・クイズラリー・フィールドワーク・霧箱工作・ミニセミナー）
- 「くらしの放射線サマースクール 2012」高校生対象  
サイエンスカフェと高校生対抗のプレゼンテーションバトル「科学の目でニュースを読む」
- 「これからの放射線教育メソッド」中学・高校教諭対象  
放射線教育の「あるべき姿」についてのモデル授業と意見交換会
- 「くらしの放射線フォーラム 2012」子育て層と広く一般の方対象  
専門家やマスコミ関係者も加わり、「放射線リスクに関するマスメディアの情報の解釈と向きあい方」をテーマとする、放射線展の集大成としてのフォーラムイベント
- 「放射線なっとく展示」広く一般の方対象  
放射線に関する基礎知識、環境や食品、人体影響等についてパネルでの分かりやすい解説、簡易放射線測定器による測定体験、相談カウンターにおける放射線に関する疑問や不安への専門家による個別相談
- 「放射線ガイドツアー、放射線クイズラリー」子供たちや一般の方対象  
放射線展の会場を巡りながらの放射線についての解説と会場に設置してあるクイズのラリー



図 1 展示とガイドツアー風景

のべ約 1400 名の参加があり、限られた人数ながら密度の濃いものとなった。現在の社会情勢において一定の成果が得られたと考えている。来年度以降どのように継続していくかについては今後検討が必要である。多くの若者が正しい放射線の知識に触れることができるような放射線知識普及活動の地道な継続が望まれる。

長年にわたる本活動に、後援などの形でご支援、またご協力いただいた関係各機関の皆様、また関係団体、グループや個人として毎年ご協力いただいている皆様に感謝します。

#### **参考文献**

- 1) 大阪府立大学の放射線知識普及活動の現状、奥田修一、放射線 33 (2007) 270.
- 2) 社団法人大阪ニュークリアサイエンス協会：<http://homepage2.nifty.com/onsa/>
- 3) 大阪府立大学放射線研究センター：<http://www.riast.osakafu-u.ac.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) 第 28 回「みんなのくらしと放射線展」、奥田修一、JAPI Newsletter 2011. 12. 1、放射線照射利用促進協議会.
- 2) 第 29 回「みんなのくらしと放射線展」報告、阿部康夫、ONSA ニュース No. 22-2 (2011. 10)

3.

## 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

大阪府立大学地域連携研究機構 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)

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」の活動目的は、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である。この研究所は、地域連携研究機構・放射線研究センターと密接に連携している。平成 24 年度、新たな学士課程が発足したが、それに先立ち、平成 23 年度には新しい教員の所属組織が設置されたのを契機に、多くのセンター教員が入れ変わった。さらに、センター教員全員で担当する工学研究科大学院「量子放射線系専攻」が、平成 25 年度に新設されることになった。研究所の活動意義は変わらないが、センターの新しい動きに合わせて、その役割と位置づけ、所員の構成を見直す必要がある。以下に 23 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
- (3) 国立江原大学校（韓国）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 22 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 23 年度共同利用報告会  
(2013 年開催予定、放射線研究センターとの共催)
- (2) 広報活動：研究所季刊誌 RIQBS No.5 の準備
- (3) 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. 研究活動とその成果の公表

[http://chokai.riast.osakafu-u.ac.jp/~housya3/contents/riqbs\\_syokai.html](http://chokai.riast.osakafu-u.ac.jp/~housya3/contents/riqbs_syokai.html)

### 研究所員

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	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

地域連携研究機構放射線研究センター 量子線材料科学研究室 奥田修一  
電話番号：072-252-1161（代表） E-mail：okuda@riast.osakafu-u.ac.jp

## 放射線研究センターの活動記録

# 環境計測科学研究室

LABORATORY OF ENVIRONMENTAL MEASUREMENT

教授	谷口 良一	Professor	Ryoichi Taniguchi
准教授	宮丸 広幸	Associate Professor	Hiroyuki Miyamaru
助教	伊藤 憲男	Assistant Professor	Norio Ito

## 1. 研究現況 (Current Projects)

本研究室は、放射線研究センターにある放射線施設を維持管理すると共に、放射線計測技術の開発、応用の研究を行っている。また放射線分析技術の利用に関して学内外や外国との共同研究を行っている。

### 1.1 大気エアロゾル粒子のキャラクタリゼーションに関する研究(Research on Characterization of Atmospheric Aerosol Particles)

センター敷地内において、大気エアロゾル粒子を連続して捕集してその成分を分析して、長期変動や季節変動に関する観測データを蓄積している。捕集した試料については、放射化分析、蛍光エックス線分析法により元素分析も行っている。

### 1.2 放射線利用分析及び検査の研究 (Research on Sample Analysis by the Use of Radiation)

環境中天然及び人工放射性核種の測定、または、工業製品中に残存する天然放射性核種の測定への応用を進めた。エネルギー分散型蛍光エックス線分析装置による大気エアロゾル粒子の分析方法について検討した。

### 1.3 電子ライナックの要素開発と電子線利用研究 (Development of the Components of an Electron Linac and Beam-Application Researches)

高性能で汎用性を備えた加速器システムへの整備を行い、超微弱電子線の発生の研究を行うとともに、放射線画像検出法の開発を行った。また、この電子線を利用した高感度核反応分析法、アスベスト分析法、電子線ラジオグラフィ、放射線照射によって誘起される液体窒素の爆発現象などの研究を行った。

### 1.4 イオンビームによる加速器分析法の高度化に関する研究 (Development of Ion-beam Accelerator Analysis)

現有するタンデムイオン加速器のイオン源の整備を行った。これに加え今年度末には産技総研から譲渡を受け

た 990keV ディスクトロン型のイオン源ならびに各種分析装置が付属した加速器システムの大規模移設作業をおよそ1ヶ月間にわたり行った。現在、起動のための整備を進めている。

### 1.5 熱外中性子検出器とデジタル波形処理に関する研究 (Study on epi-thermal neutron detector and digital processing)

加速器BNCT用加速器中性子源に対するスペクトル計測を念頭に位置敏感型の比例計数管の開発と、波形のデジタル処理による高度な信号処理について研究を進めている。今年度は検出器の応答特性のシミュレーションと、プロトタイプの検出器の製作を行った。

## 2. 研究発表 (Publications)

### 2.1 学会誌原著論文 (Original Articles in Refereed Journals)

1) Neutron and Gamma-ray Dose Evaluation on Accelerator Neutron Source using p-Li Reaction for BNCT, Hiroyuki Miyamaru and Isao Murata, Progress in NUCLEAR SCIENCE and TECHNOLOGY, Vol. 1, p.533-536 (2011)

A compact moderator assembly for an accelerator neutron source using the p-Li reaction was designed to examine the performance of epithermal neutron generation and the shielding of fast neutrons and secondary gamma rays. Neutron and gamma-ray transport in the assembly were simulated using the Monte Carlo code MCNP4C. The primary neutron intensity at a beam target was estimated from the nuclear reaction data using the DROSG-2000 code. The use of heavy water, Flualtal TM, carbon, and beryllium was investigated as moderators. The epithermal and fast neutron intensities at the moderator assembly exit were evaluated. The dimensions of the moderator were limited because the distance between the beam target and an irradiation position should be less to obtain sufficient epithermal neutrons for clinical treatment. Our results indicated that the use of heavy water as a moderator was suitable for epithermal neutron production with higher flux and decreasing number of fast neutrons. Gamma rays generated directly at the target were suppressed by using a thick bismuth block placed along

the beam axis. Secondary gamma rays generated by the cadmium sheet used for shielding thermal neutrons were found to contribute significantly to the increase in the gamma-ray dose, which became almost equal to that by fast neutrons.

2) Feasibility study on BNCT-SPECT using a CdTe detector, I. Murata, T. Mukai, H. Miyamaru, S. Yoshida, Progress in NUCLEAR SCIENCE and TECHNOLOGY, Vol. 1, p.267-270 (2011)

3) Measurement of Charged-Particle Emission Double-Differential Cross Section of Fluorine for 14.2 MeV Neutrons, Keitaro Kondo, Isao Murata, Kentaro Ochiai, Naoyoshi Kubota, Hiroyuki Miyamaru, Chikara Konno and Takeo Nishitani, Journal of NUCLEAR SCIENCE and TECHNOLOGY, Vol. 48, No. 8, p. 1146–1157 (2011)

We carried out detailed measurement of the double-differential cross sections of fluorine for the emissions of protons, deuterons, tritons, and  $\gamma$ -particles with 14.2 MeV incident neutrons. An improved charged-particle spectrometer with a pencil DT-neutron beam furnished at the FNS facility of the Japan Atomic Energy Agency enabled us to obtain precise data with a fine energy resolution over a wide energy range and an angular range from 15 to 150°. The present experiment is the first simultaneous measurement of the four different kinds of charged particles and provides useful data to establish a nuclear reaction model of fluorine as well as to confirm previous experimental data. Angular-differential cross sections for several discrete peaks corresponding to excited states of residual nuclei were extracted to discuss the reaction mechanism of charged-particle emission. The obtained data suggest that the charged-particle emission reaction of fluorine has a complicated mechanism in which there are contributions from the direct reaction, pre-equilibrium, and equilibrium processes. The obtained data were compared with the nuclear data evaluated in JENDL-3.3 and ENDF/B-VII.0. The results show large differences in the energy and angular distributions of emitted particles and the charged-particle production cross sections between the measured and evaluated data.

4) Development of a thick CdTe detector for BNCT-SPECT, I. Murata, T. Mukai, S. Nakamura, H. Miyamaru, I. Kato, Applied Radiation and Isotopes 69 (2011) 1706–1709

As well known, it is difficult to know the exact treatment effect of boron neutron capture therapy (BNCT). It depends on the irradiation time, which is changed rather flexibly. At present, it is once fixed before BNCT. Then the actual stopping time is adjusted during BNCT by some means like activation foils. The author's group hence started development of a single-photon emission computed tomography (SPECT) system for BNCT to know the effect of BNCT in real time. By adopting a side surface (1  $\times$  2 mm<sup>2</sup>) of a CdTe detector (1  $\times$  2  $\times$  20 mm<sup>3</sup>) as radiation entrance window, acceptable spatial resolution and high detection efficiency were simultaneously achieved. Also in about 30 min acceptable number of counts for 478 keV gamma-rays could be expected. In addition, employing a Schottky type detector the energy resolution could be improved. Discrimination of 478 keV and annihilation gamma-rays would thus be successfully made. In the next phase, it is planned to design and develop an array type detector to be implemented in the BNCT-SPECT system.

5) Long Term Observation of Atmospheric Aerosols at

Sakai,Osaka,Japan,Norio Ito, Akira Mizohata, International Conference on Solar Radiation and Aerosol(April 14-15,Kathmandu,Nepal) pp72-74

We have continuously observed the aerosols with 3 kind of samplers; automatic daily sampler(DS), Andersen sampler(AS) and Low pressure Andersen sampler(LPAS) at Sakai, Osaka,Japan. We started these sampling from 1986(DS), 1993(AS) and 2000(LPAS). Yearly mean of fine particles(<2.1 $\mu$ m) has decreased by about 10 $\mu$ g/m<sup>3</sup> from 1993 to 2009. By contrast the coarse particles(>2.1 $\mu$ m) do not have explicit decrease. The main constituents in fine particles are carbon matters(EC and OC) and ions(sulphate and nitrate). Ions do not have decrease trend. These trend indicate that the decrease of fine particles might be caused by the decrease of carbon matters.

6) Growth Retardation of Paramecium and Mouse Cells by Shielding Them from Background Radiation, M.Kawanishi, K.Okuyama, K. Shiraiishi, Y. Matsuda, R.Taniguchi, N.Shiomi, M. Yonezawa, T.Yagi, J. of Radiation Research, Vol.63,No.3(2012)pp404-410

7) Study of Ozone Explosion of Liquid Nitrogen Induced by Intensive Irradiation,R.Taniguchi,N.Ito,T.Kojima,S.Okuda, Proc. of 25th Workshop on Radiation Detectors and Their Uses, (Tsukuba, Japan, Feb 1-3, 2011)pp76-83

8) 「放射線を利用した非破壊検査技術」, 谷口良一, 電気評論, 96 巻 7 号 (2011) pp23-27

9) 「冷却型 CCD の照射損傷とノイズ特性の変化」, 谷口良一, 非破壊検査, Vol.59,No.3(2010)pp119-124

10) 「アスベストの非破壊検査法」, 谷口良一, 佐々木遼也, 小嶋崇夫, 奥田修一, 放射線と産業, 125 号 (2010)pp26-30

## 2.2 国際会議論文 (招待講演,あるいは,査読・プロシーディングのあるもの) (Invited Papers at Conferences and Papers Reviewed and Printed in Conference Proceedings)

1) Observation of Ozone Explosion of Liquid Nitrogen Induced by Electron Irradiation, R. Taniguchi, N.Ito, T.Kojima and S.Okuda, Proc. IMRP2011 (June 13-16, Montreal Canada 2011)p228

## 2.4 報告書その他 (Reports and Other Publications)

1) Concentration Changes of Elements on Kosa Event, N. Ito, A. Mizohata, Y. Nakano, KURRI Progress Report 2010 pp225

2) 「福島第一原子力発電所事故以降の堺市で観測した放射性エアロゾルの濃度変化」, 伊藤憲男, 第 28 回エアロゾル科学・技術討論予稿集 pp153-154

3) 「福島第一原発事故後に堺市で観測した放射性エアロゾルの濃度変化」, 伊藤憲男, 第 52 回大気環境学会

年会講演要旨集 pp463

- 4) 「ライナックおよびコッククロフト・ウォルトン電子加速器の現状」谷口良一, 小嶋崇夫, 岡喬, 奥田修一, 平成 22 年度放射線施設共同利用報告書 (2012 年 1 月, 大阪府立大学) p1
- 5) 「コバルト 60 施設照射利用の現状」小嶋崇夫, 谷口良一, 奥田修一, 平成 22 年度放射線施設共同利用報告書 (2012 年 1 月, 大阪府立大学) p2
- 6) 「冷却型 CCD 画像素子の放射線損傷」谷口良一, 奥田修一, 岡本賢一, 小川喜弘, 辻本忠, 平成 22 年度放射線施設共同利用報告書 (2012 年 1 月, 大阪府立大学) p12
- 7) 「高強度 THz 半サイクル光による過渡現象の研究」奥田修一, 小松大悟, 谷口良一, 小嶋崇夫, S.Nam, 平成 22 年度放射線施設共同利用報告書 (2012 年 1 月, 大阪府立大学) p15
- 8) 「液体窒素のオゾン爆発現象の研究」谷口良一, 伊藤憲男, 小嶋崇夫, 奥田修一, 平成 22 年度放射線施設共同利用報告書 (2012 年 1 月, 大阪府立大学) p18
- 9) 「水トリー発生に伴う微弱放射線の計測」谷口良一, 熊澤孝夫, 平成 22 年度放射線施設共同利用報告書 (2012 年 1 月, 大阪府立大学) p19
- 10) 「高エネルギー X 線照射による高感度アスベスト検出」谷口良一, 小嶋崇夫, 奥田修一, 平成 22 年度放射線施設共同利用報告書 (2012 年 1 月, 大阪府立大学) p21
- 11) 「IP の長時間露光法の検討」谷口良一, 小嶋崇夫, 奥田修一, 平成 22 年度放射線施設共同利用報告書 (2012 年 1 月, 大阪府立大学) p22
- 12) 「可搬型核種分析装置の開発」谷口良一, 小嶋崇夫, 新谷浩文, 岡本景次, 平成 22 年度放射線施設共同利用報告書 (2012 年 1 月, 大阪府立大学) p24

## 2.3 学会発表等 (Presentations at Meetings etc.)

2.3.1 学会・国際会議 (Presentations at Meetings of Academic Societies and Conferences)

- 1) 「インパクトリー: 広がる放射線・アイソトープの利用〜環境・医療・加速器・材料分析科学への展開〜」, 宮丸広幸 2011 年秋季第 72 回応用物理学会学術講演会 (2011 年 8 月 29 日, 山形)
- 2) 「福島第一原子力発電所事故以降の堺市で観測した放射性エアロゾルの濃度変化」, 伊藤憲男, 第 28 回エアロゾル科学・技術討論会 (8 月 27~29 日, 堺)
- 3) 「福島第一原発事故後に堺市で観測した放射性エアロゾルの濃度変化」, 伊藤憲男, 第 52 回大気環境学会年会 (9 月 14~16 日, 長崎)
- 4) 「Long Term Observation of Atmospheric Aerosols at Sakai, Osaka, Japan」 Norio Ito, Akira Mizohata, International Conference on Solar Radiation and Aerosol (April 14-15, Kathmandu, Nepal)
- 5) 「IP と超微弱電子線を用いた電子線ラジオグラフィ」

下邨広元, 谷口良一, 小嶋崇夫, 奥田修一, 第 8 回放射線による非破壊評価シンポジウム講演論文集, (2011 年 2 月 9 日, 東京) pp35-38

- 6) 「IP の長時間露光の検討」谷口良一, 小嶋崇夫, 奥田修一, 第 8 回放射線による非破壊評価シンポジウム講演論文集, (2011 年 2 月 9 日, 東京) pp31-34
- 7) 「放射線透過試験関連の ISO 規格の進捗状況」加藤潔, 稲見隆, 柏俊史, 釜田敏光, 窪田聡, 谷口良一, 脇部康彦, 大岡紀一, 第 8 回放射線による非破壊評価シンポジウム講演論文集, (2011 年 2 月 10 日, 東京) pp59-64
- 8) 「ISO 16371-1 規格の紹介及び動向」窪田聡, 加藤潔, 稲見隆, 柏俊史, 釜田敏光, 谷口良一, 脇部康彦, 大岡紀一, 第 8 回放射線による非破壊評価シンポジウム講演論文集, (2011 年 2 月 10 日, 東京) pp65-72
- 9) 「ISO 17636-2 規格紹介と今後について」脇部康彦, 窪田聡, 加藤潔, 稲見隆, 柏俊史, 釜田敏光, 谷口良一, 藤岡和俊, 大岡紀一, 第 8 回放射線による非破壊評価シンポジウム講演論文集, (2011 年 2 月 10 日, 東京) pp73-78
- 10) 「水トリー発生に伴う放射線の計測(13): 課電水とイオンとの関係」熊澤孝夫, 谷口良一, 日本原子力学会 2011 年秋の大会 J20 (2011 年 9 月 20 日, 北九州)
- 11) 「水トリー発生に伴う放射線の計測(14): バックグラウンド変動の評価」谷口良一, 熊澤孝夫, 日本原子力学会 2011 年秋の大会 J20 (2011 年 9 月 20 日, 北九州)
- 12) Observation of Ozone Explosion of Liquid Nitrogen Induced by Electron Irradiation, R.Taniguchi, N.Ito, T.Kojima and S.Okuda, Proc. IMRP2011 (June 13-16, Montreal Canada 2011) p228

## 2.3.2 研究会等 (Presentations at Seminars etc.)

- 1) 「超微弱電子線と IP を用いた電子線ラジオグラフィ」下邨広元, 谷口良一, 小嶋崇夫, 奥田修一, 第 37 回非破壊検査に関する研究発表会, (2011 年 8 月 23 日, 大阪)
- 2) 「電子線照射による自然放射能の高感度オートラジオグラフィ」谷口良一, 小嶋崇夫, 奥田修一, 非破壊検査協会放射線部門講演会資料 RT-00017 (2012 年 2 月 25 日, 東京) pp32-35

## 3. 教育 (Education)

### 3.1 研究科授業科目 (Lectures in Graduate Courses)

- 1) 工学研究科, 航空宇宙海洋系専攻前期課程, 宇宙環境利用工学特論, 谷口良一, 宮丸広幸

### 3.2 学部授業科目 (Lectures in Undergraduate Courses)

- 1) 教育機構, 共通, 物理学 II, 宮丸広幸
- 2) 教育機構, 共通, 物理学 I, 谷口良一



3) 工学部, 共通, 量子力学 I, 谷口良一, 宮丸広幸

## 4. 各種の活動 (Miscellaneous)

### 4.1 研究費補助金等 (External Funds)

4.1.1 文部省科学研究費 (Grants from the Ministry of Education, Science, Culture and Sports)

- 1) 基盤研究 (C) 「液体窒素の放射線誘起爆発現象の研究」, 谷口良一 (代表), 伊藤憲男 (分担)
- 2) 基盤研究 (C) 「指向性比例計数管とデジタル波形処理による加速器中性子源のスペクトル評価」, (代表) 宮丸広幸
- 3) 基盤研究 (B) 「BNCTのための治療効果リアルタイム測定用 SPECT 装置の開発研究」, (分担) 宮丸広幸

4.1.2 教育・研究奨励寄付金その他の研究助成金 (Other Funds)

- 1) 独立行政法人高エネルギー加速器研究機構「大阪府立大学における電子線の高度利用及び大学院教育のための加速器の整備」, 谷口良一, 宮丸広幸 (分担)
- 2) 「大阪府熊取町の自然環境に関する研究」伊藤憲男, 原子燃料工業株式会社
- 3) 「放射性汚染物質の除染研究」伊藤憲男, 株式会社ジー・イー・エス
- 4) 「粉体試料の放射性物質」伊藤憲男, 大東化成株式会社
- 5) 東邦金属工業株式会社, 「柔軟性と耐久性を兼ね備えた放射線遮蔽材の開発」, 宮丸広幸 (代表)
- 6) 「アスベスト中の自然放射線を利用した超高感度検出法の開発」谷口良一, 科学技術振興機構, 研究成果展開事業 (A-Step)

### 4.2 維持管理・サービス (Maintenance and Services)

地域連携研究機構・放射線研究センターの第 1, 第 2 線源棟および屋外管理棟とその中にある放射線照射施設の管理と利用の実施について, 当研究室が担当している。また地域連携研究機構・放射線研究センター施設の放射線管理に関する業務にも参加している。

4.2.1 維持管理

- 1) 第 1, 第 2 線源棟, 屋外管理棟の保守点検と維持管理
  - 2) 高エネルギー電子線照射施設, 低エネルギー電子線照射施設, X 線照射装置等の保守点検と維持管理
  - 3) 線源棟放射線管理実務, 自主点検, 消防訓練
  - 4) IBA (Ion Beam Analyzer) 装置の維持管理
- 宮丸広幸: 大阪府立大学創基 130 年記念事業企画委員会委員

4.2.2 サービス (学内外)

- 1) 高エネルギー電子線, 低エネルギー電子線, コバルト 60 ガンマ線照射の実施

2) 非破壊検査の実施

3) 放射線分析測定の実施

4) 放射線照射および施設利用に関する技術相談

4.2.3 その他の放射線管理関連業務

1) 放射線業務従事者教育訓練

「放射線を利用した検査法と分析法」谷口良一, 大阪市立大学放射線業務従事者教育訓練研修 (2011 年 4 月 15 日, 大阪)

4.2.4 放射線利用関連広報・学外対応

1) 社団法人・大阪ニュークリアサイエンス協会諸事業への参画

2) 「みんなのくらしと放射線」知識普及実行委員会活動への参画

### 4.5 講師派遣 (Part-Time Lecture)

伊藤憲男: 日本環境測定分析協会 環境測定技術事例発表会 (10 月 3 日)

伊藤憲男: 出前講義 大阪府学校給食協会 (10 月 21 日)

伊藤憲男: 日本油化学会 基準油脂分析試験法セミナー (11 月 24 日)

伊藤憲男: 此花区女性会公開講座 (1 月 20 日)

伊藤憲男: 中国地域エネルギーフォーラム 教員放射線講座 (3 月 24 日)

谷口良一: 「放射線の正しい知識とつきあい方」エコセミナー (2012 年 1 月 30 日, 大阪府立大学)

谷口良一: 食品に残る放射線について, 茨木市教育委員会学校給食部会研修会 (2012 年 2 月 8 日, 茨木)

谷口良一: 「放射能の影響と従業員の健康管理について」, なにわ運送業組合研修会 (2012 年 1 月 7 日, 大阪)

### 4.6 研究会の開催 (Seminars Sponsored)

1) 大気環境学会・近畿支部エアロゾル部会・日本エアロゾル学会・都市大気エアロゾルと健康影響に関する研究会「エアロゾルセミナー」伊藤憲男, (2011 年 3 月 23 日, 大阪府立大学, 堺市)

### 4.11 学会活動等 (Activities in Academic Societies etc.)

谷口良一: 応用物理学会会員, 日本原子力学会会員, 中性子学会会員, 日本非破壊検査協会会員, 同協会理事。  
宮丸広幸: 応用物理学会会員, 同放射線分科会幹事, 日本原子力学会会員, 日本中性子捕捉療法学会会員  
伊藤憲男: 大気環境学会, 同近畿支部運営委員, エアロゾル部会代表, 日本エアロゾル学会会員, 同学会「都市大気エアロゾルと健康影響に関する研究会」世話人, 日本アイソトープ協会会員

# 量子線材料科学研究室

## DIVISION OF QUANTUM-BEAM MATERIALS SCIENCE

教授	奥田 修一	Professor	Shuichi Okuda
准教授	松浦 寛人	Associate Professor	Hiroto Matsuura
助教	小嶋 崇夫	Assistant Professor	Takao Kojima

### 1. 研究現況 (Current Projects)

本研究室は2002年4月に発足した。2011年4月に大学の組織改編により、所属部局が地域連携研究機構となったが、放射線研究センターおよび研究室の構成は継続している。古田雅一准教授が教授に昇任して移籍、同月に松浦寛人助教が准教授に昇任して、2011年度は3名の教員構成となった。放射線研究センターの線源棟内にある放射線照射施設を、環境計測科学研究室と共同で維持管理すると共に、放射線の利用研究、核融合プラズマの研究、加速器を中心に新しい量子線の発生・利用研究を行っている。研究全般にわたり環境計測科学研究室との共同研究を、また量子線の利用に関して学内外との共同研究を行っている。

#### 1.1 電子ライナックの要素開発と電子線利用研究 (Development of the Components of an Electron Linac and Beam-Application Researches)

16 MeV OPU 電子ライナックについては、より高性能で汎用性を備えた加速器システムへの整備を続けており、新しい量子線利用研究と大学院教育のための環境整備を進めた。超微弱電子線の発生の研究を行うとともに、この電子線を利用した高感度線量計の特性研究、高感度核反応分析法、電子線ラジオグラフィなどの研究を行った。今後も利用研究の進展が期待される。

#### 1.2 新しい量子線の開発と応用 (Development and Application of New Quantum Beams)

高エネルギー電子バンチからのコヒーレント放射を利用してサブミリーミ波域の吸収分光測定を、京都大学原子炉実験所の共同利用実験で行った。また過渡的な現象を調べるための新しい吸収分光測定系を大阪府立大学において準備した。韓国の加速器施設との共同研究を行った。

#### 1.3 プラズマ固体表面相互作用 (Plasma surface interaction)

プラズマと固体が接する境界層(シーブ)を介した熱輸送の基礎過程及びその制御を研究している。対象とするプ

ラズマは、核融合科学研究所や京都大学エネルギー理工学研究所、筑波大学プラズマ研究センターの核融合プラズマ、本学のグロー放電プラズマや大気圧放電プラズマなど多岐にわたる。各プラズマのパラメーターに応じた最適な熱流束測定装置(サーマルプローブ)の開発も進めている。

#### 1.4 液中有害化合物の無害化(Degradation of toxic compounds in solutions)

中南米原産のジャトロファは、その種子の油分が軽油代替のバイオ燃料として注目を集めている。しかし、種子に含まれているフォルボールエステルは発ガン作用を含む強い毒性を持つため、人体への健康影響が懸念され、フォルボールエステルの無害化方法の開発が望まれている。フォルボールエステルは活性酸素の作用で無害なフォルボールに変換される。活性ラジカルを供給できる物理的手段として、本学のコンパクト60ガンマ線源や大気圧放電プラズマ源を利用して、効率的な無害化法の開発を行っている。

#### 1.5 他の共同研究 (Other Collaboration Researches)

地域連携研究機構放射線研究センターや他の放射線施設を利用する次のような共同研究に参画した。

- 1) 中性子ラジオグラフィに関する研究
- 2) 人工衛星搭載部品の放射線照射試験に関する研究

### 2. 研究発表 (Publications)

#### 2.1 学会誌原著論文 (Original Articles in Refereed Journals)

1) "Neutral particle transport simulation around the V-shaped target with DEGAS 2 code", H.Matsuura, N.Inagaki, S.Kado, S.Masuzaki, and A.Tonegawa, Plasma Fusion Research, 6(2011) 2401104, A method proposed most recently for heat flux reduction in a divertor is to use a so-called V-shaped target plate. A numerical study of neutral behavior around the V-shaped target in the divertor simulator, Test Plasma produced by Directed current

device for sheet plasma (TPD-SheetIV), using DEGAS 2 is reported. The neutral distribution and H-alpha emission profile are modeled and compared for three types of targets, mainly for the low-density attached condition. Under this condition, excited atoms are produced by electron impact with recycled atoms near the target, and hence, H-alpha emission has a peak there.

## 2.2 国際会議論文 (招待講演, あるいは, 査読・プロシーディングのあるもの) (Invited Papers at Conferences and Papers Reviewed and Printed in Conference Proceedings)

1) "Facilities and Research Activities for Nuclear Engineering in Radiation Research Center of Osaka Prefecture University", S. Okuda, R. Taniguchi, M. Furuta, Y. Kawamura, H. Matsuura, H. Miyamaru, T. Mori, S. Kawamata, K. Morimoto, N. Ito, T. Kojima, S. Kiyoda, M. Anpo, 2011 Int. Symp. on Structural Integrity, (Oct. 27-30, 2011, Hefei, China).

For the structural integrity in nuclear engineering it is important to investigate the phenomena taking place in the intense radiation fields and to develop the new non-destructive examination technologies of radiography. Radiation Research Center in Osaka Prefecture University has large-scale radiation facilities such as cobalt-60  $\gamma$  ray irradiation facilities, X-ray sources, electron accelerators, and laboratories for handling radioisotopes. From the characteristics of the radiation facilities in the center and the research activities using the facilities the future worldwide collaborations of the researchers in nuclear engineering are expected in the center.

2) "Measurement of LHD divertor heat flux response of plasma detachment with the Hydride Directional Langmuire Probe", H.Matsuura, K.Nagaoka, T.Morisaki, S.Masuzaki, and M.Osakabe, 21st International TOKI Conference on Plasma Physics and Controlled Nuclear Fusion, (2011, 11.28-12.1, Toki,Gifu),

Measurement and control of divertor heat flux are a crucial issue for realization of fusion burning plasmas. However, time-dependent heat flux is often difficult to estimate experimentally, because thermal diffusion process in thermal probe tips takes time longer than the discharge duration of present experiments. In this paper, a new reconstruction method for time-dependent heat flux from time evolution data of the thermal probe tip temperature is proposed. The

heat flux of the Large Helical Device divertor leg was analyzed by the proposed method as the function of the time from thermal probe data for the first time. This indicates that heat flux measurement with thermal probes would become monitoring tools even for the future fusion devices.

3) "Facilities and research activities for nuclear engineering in Radiation Research Center of Osaka Prefecture University", S.Okuda, R.Taniguchi, M.Furuta, Y.Kawamura, H.Matsuura, H.Miyamaru, S.Kawamata, T.Mori, K.Morimoto, N.Ito, T.Kojima, S.Kiyoda, and M.Anpo, The 2011 international symposium on structural integrity (ISSI), (2011.10.27-30, Hefei,China).

4) "Stability of the sheath simulation with a PIC code for the probe head design", H.Matsuura and N.Inagaki, 33rd Dry Process Symposium, (2011.11.10-11, Kyoto), Particle in Cell (PIC) simulation is a very powerful tool to study the sheath structure. But careless choice of geometry parameter easily lead to unstable and unrealistic sheath behavior. In this work, 1D simulation results are compared with the kinetic model results. In order to apply PIC simulation to more complicated probe system, 2D simulation and its stability are also studied. From these study, importance of careful simulation model for simultaneous simulation of sheath fine structure and large scale bulk plasma is confirmed.

## 2.4 報告書その他 (Reports and Other Publications)

1) 放射線RI塾  $\gamma$ 線照射が生み出すブルー真珠の科学, 奥田修一, Isotope News, No. 686 (2011) pp. 23-26.

2) 第28回「みんなのくらしと放射線展」, 奥田修一, JAPI Newsletter 2011. 12. 1, 放射線照射利用促進協議会, pp. 12-18

3) 高感度中性子ラジオグラフィの実用化に関する研究 (XIII), 谷口良一, 奥田修一, 岡本賢一, 小川喜弘, 辻本忠, 平成 22 年度近畿大学原子炉共同利用報告書 (2011) pp. 14-18

4) ライナックおよびコッククロフト・ウォルトン電子線加速器の現状, 谷口良一, 小嶋崇夫, 岡喬, 奥田修一, 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 22 年度放射線施設共同利用報告書(2012 年 1 月)p.1.

5) コバルト 60 施設照射利用の現状, 小嶋崇夫, 谷口良一, 奥田修一, 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 22 年度放射線施設共同利用報告書 (2012 年 1 月) p.2.

6) Radiation Degradation and Damage Coefficients of InGaP/GaAs/Ge Triple-Junction Solar Cell by

Low-Energy Electrons of the Cockcroft-Walton Accelerator at Osaka Prefecture University, 今泉充, 川北史朗, 島崎一紀, 森岡千晴, 奥田修一, 小嶋崇夫, 岡喬, 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 22 年度放射線施設共同利用報告書 (2012 年 1 月) p.11.

7) 冷却型 CCD 画像素子の放射線損傷, 谷口良一, 奥田修一, 岡本賢一, 小川喜弘, 辻本忠, 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 22 年度放射線施設共同利用報告書 (2012 年 1 月) p.3.

8) 高強度 THz 半サイクル光による過渡現象の研究, 奥田修一, 小松大悟, 谷口良一, 小嶋崇夫, S.Nam, 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 22 年度放射線施設共同利用報告書 (2012 年 1 月) p.15.

9) 液体窒素のオゾン爆発現象の研究, 谷口良一, 伊藤憲男, 小嶋崇夫, 奥田修一, 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 22 年度放射線施設共同利用報告書 (2012 年 1 月) p.18.

10) 高エネルギーX線照射による高感度アスベスト検出, 谷口良一, 小嶋崇夫, 奥田修一, 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 22 年度放射線施設共同利用報告書 (2012 年 1 月) p.21.

11) IP の長時間露光法の検討, 谷口良一, 小嶋崇夫, 奥田修一, 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 22 年度放射線施設共同利用報告書 (2012 年 1 月) p.22.

12) 「平成 23 年度第 28 回記念みんなのくらしと放射線展」活動報告, 奥田修一, 「みんなのくらしと放射線」知識普及実行委員会委員, 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 22 年度放射線施設共同利用報告書 (2012 年 1 月) p.49.

13) 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, 奥田修一, 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 22 年度放射線施設共同利用報告書 (2012 年 1 月) p.61.

14) Development of the Real Time Monitoring Method for the Divertor Heat Load, H.Matsuura, K.Nagaoka, T.Morisaki, S.Masuzaki, M.Osakabe, Ann. Rep. NIFS, Apr:2010-Mar:2011(2011)48

15) Measurement of the Heat Flux Change Due to Confinement Transition in Heliotron J, H.Matsuura, S.Ohshima, H.Okada, T.Misuuchi, K.Nagaoka, T.Mutoh, Ann. Rep. NIFS, Apr. 2010-Mar. 2011 (2011) 504

16) 「ダイバーター熱負荷の実時間計測法の開発」, 松浦寛人, 平成23年度核融合科学研究所LHD実験共同研究報告書

17) 「ヘリオトロンJにおける閉じ込め遷移に伴う熱流束変化の計測」, 松浦寛人, 平成22年度核融合科学研究所双

方向共同研究報告書

18) 「高温タングステン表面へのシース熱流束の計測とその制御」, 松浦寛人, 平成22年度核融合科学研究所双方向共同研究報告書

19) 「境界層プラズマにおける静的および動的プロセスの計測と制御」, 松浦寛人, 平成22年度核融合科学研究所研究会共同研究報告書

## 2.5 学会発表等 (Presentations at Meetings etc.)

### 2.5.1 学会・国際会議 (Presentations at Meetings of Academic Societies and Conferences)

1) 超微弱電子線と IP を用いた電子線ラジオグラフィ, 下邨広元, 谷口良一, 小嶋崇夫, 奥田修一, 非破壊検査協会平成 23 年度非破壊検査に関する研究発表会

2) 量子ビーム科学研究のための大阪府立大学加速器施設の現状, 奥田修一, 谷口良一, 小嶋崇夫, 岡喬, 宮丸広幸, 第 7 回日本加速器学会年会 (2011.8.1-3, つくば)

3) Radiation Degradation and Damage Coefficients of InGaP/GaAs/Ge Triple-Junction Solar Cell by Low-Energy Electrons, M. Imaizumi, C. Morioka, T. Sumita, T. Ohshima and S. Okuda, 2011 37th IEEE Photovoltaic Specialists Conference (2011, 6. 19-24, Seattle, USA)

4) Facilities and research activities for nuclear engineering in Radiation Research Center of Osaka Prefecture University, S. Okuda, R. Taniguchi, M. Furuta, Y. Kawamura, H. Matsuura, H. Miyamaru, T. Mori, S. Kawamata, K. Morimoto, N. Ito, T. Kojima, S. Kiyoda, M. Anpo, "2011 Int. Symp. on Structural Integrity in Nuclear Engineering (Oct. 27-30, 2011, Hefei, China)"

5) RADIATION DEFECTS IN CIGS THIN-FILM SOLAR CELLS BY LOW-ENERGY ELECTRON, Shirou Kawakita, Mitsuru Imaizumi, Hiroaki Kusawake, Shuichi Okuda, Shogo Ishizuka and Shigeru Niki, 21th International Photovoltaic Science and Engineering Conference, Nov.28-Dec.2, 2011, Fukuoka, Japan

6) 「LHDダイバーターレグの熱流束分布」, 松浦寛人, 永岡賢一, 森崎友宏, 増崎貴, 長壁正樹, 江角直道, 日本物理学会第 67 回年次大会, (2012.3.25, 関西学院)25pYG-6

7) 「大気圧プラズマジェットの基本特性」, 松浦寛人, 第 59 回春季応用物理学関係連合講演会, (2012.3.17, 早稲田)17a-A7-13

8) "Quantitative Estimation of Heat Flux of Atmospheric Pressure Plasma Jet", H.Matsuura, 5th International Conference on Plasma-Nanotechnology & Science

(2012.3.9, 犬山)P-16

9) "Design and application of a thermal probe to an atmospheric pressure plasma jet", H.Matsuura, 4th International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials, (2012.3.6, 春日市)P2001A

10) "Sheath stability conditions for PIC simulation", H.Matsuura and N.Inagaki, Plasma conference 2011, (2011.11.24, 金沢)24P044-P

11) "Effect of V-shaped target plate on the neutral particle behavior", H.Matsuura, H.Komukai, A.Tonegawa, and S.Masuzaki, Plasma conference 2011, (2011.11.23, 金沢)23P144-B

12) "Heat conduction analysis of a composite metal", H.Matsuura, R.Ohyama, S.Turu, A.Rusinov, and M.Sakamoto, Plasma conference 2011, (2011.11.23, 金沢)23G06

13) 「新しい再構成法を用いた時間依存プラズマ熱流束の解析」, 松浦寛人, 永岡賢一, 第72回応用物理学学会学術講演会, (2011.8.31, 山形大)31a-ZJ-1

14) "Optimization of the Thermal Shielding Design of a Temperature Gradient Type Thermal Probe", H.Matsuura and N.Inagaki, 第24回プラズマ材料科学シンポジウム (2011.7.20, 阪大) P2-4

15) 「放射線還元法における二元系ナノ粒子生成過程の研究」, 清野智史, 村尾侑紀, 多門徳人, 守屋利春, 景山悟, 大久保雄司, 久貝潤一郎, 中川貴, 山本孝夫, 小嶋崇夫, 上野浩二, 日本原子力学会2011年秋の大会, (2011.9.19-22, 北九州) D09

16) 「腐食電位センサー構造材YSZの放射線照射挙動」, 中野耕介, 岩瀬彰宏, 小嶋崇夫, 日本原子力学会2011年秋の大会, (2011.9.19-22, 北九州) F06

17) 「塩化物水溶液中での鉄の全面腐食挙動へのガンマ線照射の影響」, 井上博之, 岩瀬彰宏, 小嶋崇夫, 日本原子力学会2012年春の年会, (2012.3.19-21, 福井)H04

18) 「マイクロ波誘電吸収法による新規線量計測への適用性研究」, 泉佳伸, 松尾陽一郎, 河田拓也, 砂川武義, 小嶋崇夫, 本原子力学会2012年春の年会, (2012.3.19-21, 福井)M04

19) 「周期局在光を用いたサブナノ粒子トラップシステム」, 滝直也, 水谷康弘, 岩田哲朗, 小嶋崇夫, 古澤孝弘, 2011年精密工学会秋季大会学術講演会(2011.9.20-22, 金沢)M33

20) 「周期局在光および偏光解析法を用いたナノ粒子トラップシステムの開発 (第2報) —ナノ周期構造の形状パラメータの検討—」, 滝直也, 水谷康弘, 岩田哲朗, 小嶋崇夫, 山本洋揮, 古澤孝弘, 2012年精密工学会春季大会学術講演会(2012.3.14-16, 東京)M08

## 2.5.2 研究会等 (Presentations at Seminars etc.)

1) 放射線研究センター, 奥田修一, 大阪府立大学地域連携研究機構シンポジウム (2011.12.9, 大阪府大)

2) ライナックおよびコッククロフト・ウォルトン電子線加速器の現状, 谷口良一, 小嶋崇夫, 岡喬, 奥田修一, 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22年度放射線施設共同利用報告会 (2011年11月28日).

3) 地域連携研究機構における放射線研究センターの発足と今後の活動, 奥田修一, 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22年度放射線施設共同利用報告会 (2011年11月28日).

4) 地域連携研究機構放射線研究センターの施設と活動, 放射線研究センター教員, 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22年度放射線施設共同利用報告会 (2011年11月28日).

5) 量子線材料科学研究室の研究紹介, 奥田修一, 松浦寛人, 小嶋崇夫, 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22年度放射線施設共同利用報告会 (2011年11月28日).

6) IPの長時間露光法の検討, 谷口良一, 奥田修一, 小嶋崇夫, 第8回放射線による非破壊評価シンポジウム (2012.2.9-10, 東京)

7) IPと微弱電子線を用いた電子線ラジオグラフィ, 下邨広元, 奥田修一, 谷口良一, 小嶋崇夫, 第8回放射線による非破壊評価シンポジウム (2012.2.9-10, 東京)

8) 「量子線材料科学研究室の研究活動」, 奥田修一, 松浦寛人, 小嶋崇夫, 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22年度共同利用報告会(2011.11.28)

9) 「ヘリオトロンJにおける静電プローブによる周辺プラズマ揺動計測」, 大島慎介, 橋本紘平, 竹内正樹, 山本聡, 長崎百伸, 水内亨, 岡田浩之, 南貴司, 小林進二, 花谷清, 木島滋, 松浦寛人, 佐野史道, 九州大学筑紫キャンパス応用力学研究所, 第6回QUEST研究会 (2011.8.2)

## 2.5.3 教育・研究機関等における講演 (Lectures at University and Institute)

1) 古墳と技術のさんぽみち, 奥田修一, 大阪府大花まつりセミナー(2011.4.3, 大阪府大)

2) 放射線研究センターの加速器・放射線利用施設と量子線誘起現象の研究, 奥田修一, 第70回テクノラボツアー—「放射線」に関する最近の話題と最新の技術・研究について— (2011.7.13, 大阪府大)

3) 大阪府立大学放射線研究センターと特徴ある地域連携・放射線知識普及活動, 奥田修一, 北海道地区大学等放射線施設協議会, 放射線安全管理研修会 (2012, 2, 3, 札幌)

4) 放射線の基礎知識 (放射線とその作用の基礎), 奥田

修一, 山口大学教育学部ちやぶ台理科ネット公開講座,  
2012.3.24, 13:00-16:20, 山口大学大学会館"

### 3. 教育 (Education)

#### 3.1 研究科授業科目 (Lectures in Graduate Courses)

- 1) 工学研究科, 物質・化学系専攻前期課程, 量子線材料科学特論, 奥田修一.
- 2) 工学研究科, 物質・化学系専攻前期課程, 物質系特別演習第一, 第二, 奥田修一.
- 3) 工学研究科, 物質・化学系専攻前期課程, 物質系特別研究第一, 第二, 奥田修一.
- 4) 工学研究科, 物質・化学系専攻後期課程, 量子線応用工学特別講義, 奥田修一.
- 5) 工学研究科, 物質・化学系専攻後期課程, 物質系特別演習第三, 第四, 奥田修一.
- 6) 工学研究科, 物質・化学系専攻後期課程, 物質系特別研究第三, 第四, 奥田修一.

#### 3.2 学部授業科目 (Lectures in Undergraduate Courses)

- 1) 工学部, 共通, 物性概論, 奥田修一
- 2) 工学部, 機械工学, 熱力学演習, 松浦寛人
- 3) 教育機構, 共通, 物理学 II, 松浦寛人
- 4) 教育機構, 数理科学・応用化学, 物理学実験, 小嶋崇夫

#### 3.3 学生 (Students)

- 1) 奥田修一, 小嶋崇夫; 下邨広元, 大阪府立大学大学院・工学研究科, 物質・化学系専攻, マテリアル工学分野修 2

### 4. 各種の活動 (Miscellaneous)

#### 4.1 研究費補助金等 (External Funds)

##### 4.1.3 教育・研究奨励寄付金その他の研究助成金 (Other Funds)

- 1) 京都大学原子炉実験所共同利用研究, 奥田修一 (代表), 小嶋崇夫
- 2) 独立行政法人宇宙航空研究開発機構「化合物系太陽電池の放射線照射効果に関する研究」, 奥田修一 (代表), 小嶋崇夫
- 3) 平成 23 年度核融合科学研究所 LHD 実験共同研究「ダイバーター熱負荷の実時間計測法の開発」, 松浦寛人 (代表)
- 4) 平成 23 年度核融合科学研究所双方向共同研究, 「ヘリオトロン J における閉じ込め遷移に伴う熱流束変化の計測」, 松浦寛人 (代表)
- 5) 平成 23 年度核融合科学研究所双方向共同研究, 「高温タングステン表面へのシーズ熱流束の計測とその制御」, 松浦寛人 (代表)

#### 4.2 維持管理・サービス (Maintenance and Services)

地域連携研究機構・放射線研究センターの第 1, 第 2 線源棟およびその中にある放射線照射施設の管理と利用の実施については, 放射線研究センターの教員の協力の下に, 当研究室が担当している. また地域連携研究機構・放射線研究センター施設の放射線管理に関する業務にも参加している.

##### 4.2.1 維持管理

- 1) 第 1, 第 2 線源棟の保守点検と維持管理
- 2) 高エネルギー電子線照射施設, 低エネルギー電子線照射施設, トランス型電子線加速器, コバルト 60 ガンマ線照射施設, X 線照射装置および各機器の保守点検と維持管理
- 3) 線源棟放射線管理実務, 自主点検

##### 4.2.2 サービス (学内外)

- 1) 高エネルギー電子線, 低エネルギー電子線, コバルト 60 ガンマ線照射の実施
- 2) 非破壊検査の実施
- 3) 各種機器測定の実施
- 4) 放射線照射および施設利用に関する技術相談

##### 4.2.3 その他の放射線管理関連業務

- 1) 放射線業務従事者教育訓練
- 2) 放射線管理の実務

##### 4.2.4 放射線利用関連広報・学外対応

- 1) 社団法人・大阪ニュークリアサイエンス協会諸事業への参画
- 2) 「みんなのくらしと放射線」知識普及実行委員会活動への参画

#### 4.3 海外出張等 (Visits Abroad)

##### 4.3.1 海外出張 (Official Visits Abroad)

- 1) 2011 Int. Symp. on Structural Integrity に参加, 研究発表, 奥田修一 (10月27日~30日, 中国, 合肥)
- 2) 松浦寛人, 7th Asia-Pacific International Symposium on the Basic and Application of Plasma Technology 参加のため (台北市, 2012年4月14日~16日)

#### 4.5 講師派遣 (Part-Time Lecturers)

- 1) 奥田修一, 第 2 種放射線取扱主任者受験準備講習会「密封線源と利用機器」, 財団法人電子科学研究所主催, 大阪, 2011年6月29日

#### 4.6 研究会の開催 (Seminars Sponsored)

- 1) 奥田修一: 平成 22 年度放射線研究センター放射線施

設共同利用報告会 (2011 年 11 月 28 日, 大阪府立大学・  
学術交流会館)

日本放射線化学会理事, 日本化学会会員

2) 松浦寛人: NIFS 共同研究研究会「高性能プラズマ制  
御へ向けた先進ヘリカルプラズマ研究の進展」同研究会  
「境界層プラズマにおける静的および動的プロセスの計  
測と制御」プラズマ物理クラスター周辺・ペダスタル物  
理サブクラスター平成 23 年度第 2 回会合 合同研究会  
(2012 年 1 月 5 日-6 日, 核融合科学研究所)

#### 4.8 受賞 (Awards)

1) 奥田修一: 平成 23 年度科学技術分野の文部科学大臣  
表彰科学技術賞 (理解増進部門) (2011 年 4 月 20 日)

#### 4.10 新聞・テレビ報道等 (Appearances in Mass Media etc.)

- 1) 朝日新聞, 「子供向け恒例「放射線展」原発のあおり  
自粛型, 2011 年 7 月 20 日
- 2) 電気新聞, 「放射線展, 大阪で開幕」, 2011 年 8 月  
19 日
- 3) 電気新聞, 「放射線理解へシンポ, 人体への影響など  
解説」, 2011 年 8 月 26 日

#### 4.11 学会活動等 (Activities in Academic Societies etc.)

奥田修一: 日本原子力学会会員, 日本原子力学会関西支  
部委員, 日本原子力学会加速器・ビーム科学部会会員,  
日本原子力学会「放射線と社会・環境」研究専門委員会  
委員, 日本物理学会会員, 応用物理学会会員, 応用物理  
学会放射線分科会会員, 日本保健物理学会会員, 日本非  
破壊検査協会会員, 日本非破壊検査協会放射線分科会幹  
事, 日本非破壊検査協会評議員, 日本非破壊検査協会中  
性子ラジオグラフィ研究委員会委員, 日本放射線安全管  
理学会会員, 日本アイソトープ協会主任者部会会員, 日  
本アイソトープ協会主任者部会近畿支部委員, 大学等放  
射線施設協議会理事, 日本赤外線学会会員, 日本金属学  
会会員, 日本加速器学会会員, リニアック技術研究会世  
話人会委員, FEL と High-Power Radiation 研究会世話  
人, NPO 安心科学アカデミー会員, 社団法人大阪ニュー  
クリアサイエンス協会理事, 放射線照射利用促進協議会  
協議員, 第 9 回日本加速器学会組織委員, 第 9 回日本加  
速器学会実行委員, みんなのくらしと放射線知識普及実  
行委員会委員長, 放射線知識普及連携プロジェクト実行  
委員, 京都大学原子炉実験所保健物理委員会委員, 熊取  
町原子力問題対策協議会委員

松浦寛人: 日本物理学会会員, プラズマ核融合学会会員,  
日本機械学会会員, 核融合エネルギーフォーラム会員,  
応用物理学会会員, 応用物理学会プラズマ・エレクトロ  
ニクス分科会会員, 応用物理学会プラズマ・エレクトロ  
ニクス分科会幹事, PLASMA2011 プログラム委員

小嶋崇夫: 日本原子力学会会員, 日本放射線化学会会員,

# 量子線化学生物学研究室

## Quantum-beam Chemistry and Biology

教授	古田雅一	Professor	Masakazu Furuta
准教授	森 利明	Associate Professor	Toshiaki Mori
助教	清田俊治	Assistant Professor	Shunji Kiyoda

### 1. 研究現況 (Current Projects)

#### 1.1 放射線を利用した殺滅菌，食品保存に関する研究 (Radiation decontamination of microorganisms for food preservation)

放射線は医用材料の滅菌や農作物の殺虫・検疫処理，食品の殺菌・衛生化に国際的に広く実用化されている。これらの処理の基礎となる汚染菌の付着状況や指標菌の選定，生理活性体の機能低下を最小限に抑える線量範囲など，殺滅菌の保証に必要な基礎的情報を得るために酵母，芽胞形成細菌などを用いて放射線感受性の機構を調べている。

酵母については *Saccharomyces cerevisiae* BY4741 株と *Shizosaccharomyces pombe* SG168 株の <sup>60</sup>Co ガンマ線に対する感受性を比較し，前者よりも後者の方が抵抗性であることを見出した。また過酸化水素処理においても同様に後者の方が抵抗性が高く，その際に熱や浸透圧ストレス防御物質として知られているトレハロースが生合成されることを見出した。さらに耐熱性酵母 *Kluyveromyces marxianus* IFO 0482 株について同様の検討を行ったところ，40℃においては良好な発行特性を示したが，トレハロースの蓄積は見られず，本株の代謝機能はトレハロースにより防御されるのではなくそれ自体が耐熱性であることが示唆された。

黒コショウ，パプリカなどの香辛料から分離同定された *Bacillus megaterium* 芽胞の放射線照射後の増殖回復挙動については，ライブセルイメージングと，顕微鏡観察の結果から，始めは照射の有無にかかわらず芽胞が発芽して伸長しているものの，その後伸長芽胞が減少するという現象が認められた。このことから，照射後芽胞は発芽後増殖の過程で何らかの障害を生じ，増殖能を失う VNC 菌となっている可能性が示唆された。

またパプリカ粉末を用いて，滅菌した食肉（保存料無添加ソーセージまたはステーキ用牛肉）への生残菌の増殖挙動を調べたところ，パプリカには何らかの抗菌成分が含まれ，共存する菌体に作用している可能性が示唆され，また，代表的な香辛料汚染菌である

*Bacillus subtilis* 芽胞をパプリカ粉末と共に食肉（共に滅菌済み）に添加した場合にも，増殖は抑制されることが見いだされた。

乾燥状態の香辛料からも分離され，乾燥に強いとされる *C. sakazakii* は *E. coli* よりも乾燥時の放射線抵抗性が高いことが示された。*C. sakazakii* の高い乾燥耐性にはトレハロース蓄積による細胞内酸化度の抑制が関わっている可能性が示唆された。また *E. coli* についてはプラズマ処理による殺菌効果についても確認した。

また現在，脂質を含む食品の放射線照射に際して特異的に生成するアルキルシクロブタノンを用いた放射線照射食品の検知，さらに同化合物の遺伝的毒性，発がん性の有無に関する安全性解析を行っている。

#### 1.2 放射線による DNA の損傷と修復に関する研究 (DNA damage and repair by ionizing radiations)

昨年度から引き続いて DNA の放射線による損傷の研究をおこなった。今年度は蛍光顕微鏡で DNA を可視化して，その分子長を計測することにより，放射線による DNA の切断と照射線量の関係を詳細にしらべた。

#### 1.3 放射性ヨウ素 I-131 の簡易浄水器による除去の研究 (Removal of radioactive I-131 by simple water purification system)

2011年3月の東京電力福島第一発電所の原発事故で環境中に大量の放射性物質が放出された。関東では水道水に放射性ヨウ素 I-131 が検出されておおきな社会問題になった。家庭用の簡易浄水器でヨウ素 I-131 を吸着除去できるかどうか検討をおこなった。

#### 1.4 モリブデン錯体の合成と性質 (Synthesis and characterization of molybdenum complexes)

オリゴマー分子によるゲスト分子取り込みは，金属イオンを取り込むクラウンエーテルやカリックスアレーンなどを活用して超分子のホスト-ゲスト化学としてきわめて多彩な構造の分子が研究されてきた。今回，



アニオンをゲストにする多核錯体の合成を目指して、すべてのモリブデン原子が配位不飽和な8核環状モリブデン錯体を新たに合成した。さらにアニオンを取り込んだ8核および12核環状錯体を合成し、X線結晶構造について検討を行った。

## 2. 研究発表 (Publications)

### 2.1 学会誌原著論文 (Original Articles in Refereed Journals)

1) "Relaxation Behaviors of Free Radicals From gamma-Irradiated Black Pepper Using Pulsed EPR Spectroscopy", Hiromi Kameyaj, Masahiro Kikuchi, Hideyuki Hara, Masakazu Furuta, Setsuko Todoriki, Yasuhiko Kobayashi, Mitsuko Ukai, Yuhei Shimoyama *Applied Magnetic Resonance* 42(2), 153-159 (2012).

Using electron paramagnetic resonance (EPR) spectroscopy, we revealed the relaxation behaviors of free radicals in  $\gamma$ -irradiated black pepper. Upon  $\gamma$ -irradiation, typical doublet peaks were detected. Relaxation times ( $T_1$  and  $T_2$ ) were observed using pulsed EPR. We found that  $T_1$  and  $T_2$  values varied with the  $\gamma$ -irradiation dose levels and these values showed a dependence on the dose level of the  $\gamma$ -irradiation treatment.

### 2.2 国際会議論文 (招待講演, あるいは, 査読・プロシーディングのあるもの) (Invited Papers at Conferences and Papers Reviewed and Printed in Conference Proceedings)

1) "Facilities and research activities for nuclear engineering in radiation research center of Osaka Prefecture University", Okuda, S., Taniguchi, R., Furuta, M., Kawamura, Y., Matsuura, H., Miyamaru, H., Mori, T., Kawamata, S., Morimoto, K., Ito, N., Kojima, T., Kiyoda, S., Anpo, M., ISSI2011 - Structural Integrity in Nuclear Engineering, Shan-Tung Tu, Zhengdong Wang, George C. Sih, ed., 21-27 East China University of Science and Technology Press.(2011)

### 2.3 総説論文, 著書, 訳書 (Review Article, Books and Translations)

#### 2.3.1 総説論文 (Review Articles)

- 1) 「大学等の専門家と中学校・高等学校との連携強化はいかにあるべきか? 第5回放射線教育セミナーの考察と今後の活動」古田雅一, 日本原子力学会誌 53(4), 294-295 (2011)
- 2) 「照射食品の検知法・分析法について (1)」古田雅一, JAPI Newsletter, Vol. 14, No. 2, 6-9 (2011)
- 3) 「最近の食品照射の国際動向 - 欧州食品安全機関

(EFSA) の見解を中心に」古田雅一, 食品照射, 46(1) 27-31 (2011)

4) 「放射線・放射能の基礎知識」古田雅一, 環境管理技術 29(5), 1-8 (2011)

#### 2.3.2 著書・訳書 (Books and Translations)

1) 「微生物孢子」渡部一仁, 土戸哲明, 坂上吉一 編, (古田雅一を含め44名にて共同執筆) (株)サイエンスフォーラム

### 2.4 報告書その他 (Reports and Other Publications)

1) 実践事例-「みんなのくらしと放射線展」による教員, 一般市民, 子どもに対する知識普及, 古田雅一, 新技術振興渡辺記念会報告書, pp. 89-95.

2) 「[海外レポート]IMRAP 参加報告」古田雅一, JAPI Newsletter, Vol. 14, No. 6, 2 (2012)2月

### 2.5 学会発表等 (Presentations at Meetings etc.)

#### 2.5.1 学会・国際会議 (Presentations at Meetings of Academic Societies and Conferences)

1) "Current Status of Food Irradiation in Japan", Masakazu Furuta, International Symposium on Food Irradiation - Role of Irradiation in Food Safety & Security - May 16-19, 2011. Hotel Plaza and Korea University (5月16日~5月19日, 韓国, ソウル) .

2) 「微生物制御法の基礎知識-超音波殺菌の最近の話題-」古田 雅一, 日本防菌防黴学会学術講演会 2011 及び第39回通常総会 (5月23日, 吹田市)

3) "Safety analysis of 2-alkylcyclobutanone derived from irradiated foods as a unique radiolytic product" Masakazu Furuta, International Meeting on Radiation Processing (IMRP Montreal 2011), Hilton Montreal Bonaventure, Canada, June 13-16, 2011.

4) 「パブリカ抽出成分が殺菌ストレスを与えた *Bacillus* 属細菌に及ぼす影響」, 阪井俊夫, 古田雅一, 第48回アイソトープ・放射線研究発表会(7月6-8日, 日本科学未来館7階, 東京) .

5) "Effect of high-temperature culture on the cellular response of *Saccharomyces cerevisiae* and thermotolerant yeast", Masao Kishida, Masakazu Furuta, Takahiro Arai, Leelavatcharamas Vichai, The 25<sup>th</sup> International Conference on Yeast Genetics and Molecular biology (YEAST 2011), July 11-16, 2011, Olsztyn, Poland (7月11~16日, ポーランド)

6) "Effect of Trehalose on Radiation and Oxidative Stresses in *Saccharomyces cerevisiae*", Masakazu Furuta, Takeru Watanabe, Fumihiko Matsui, Yuichi Matsunaga, Masao Kishida, World Congress of Microbes-2011, 1st Annual International Symposium of Mycology (ISM) Beijing, China, July 30 - August 1, 2011 (7月30日~8月1日, 中国,

北京)

- 7) 「乾燥状態における *Enterobacter sakazakii*, *Escherichia coli* の放射線感受性変化」藤井夏日, 石川悦子, 小池佳都子, 古田雅一, 日本防菌防黴学会第38回年次大会シンポジウム, 千里ライフサイエンスセンター (8月30~31日, 吹田市)
- 8) 「微生物胞子の物理的殺菌を考える」古田雅一, 日本防菌防黴学会第38回年次大会シンポジウム, 千里ライフサイエンスセンター (8月30~31日, 吹田市)
- 9) “Accumulation of trehalose by reactive oxygen stress in fission yeast *Shizosaccharomyces pombe*”, Nakatani, Y., Furuta, M., Kishida, M., International Union of Microbiological Societies 2011 Congress (IUMS2011), 6-10 September 2011, Sapporo Convention Center, Sapporo business Innovation Center (9月6~10日, 札幌市)
- 10) 「アニオンを取り込むモリブデン(V)多核錯体の合成・結晶構造」, 清田俊治, 吉田諒一, 赤司治夫, 柴原隆志, 錯体化学会第61回討論会 (9月, 岡山)
- 11) 「 $\gamma$ 線照射条件下でのDNA二重鎖切断確率: 単一DNA分子観察手法の活用」下林俊典, 吉川研一, 森利明, 吉川祐子, 日本放射線影響学会第54回大会, 2011年11月, 神戸市
- 12) 「大気圧プラズマジェットによる殺菌・滅菌処理」本間壯, 小池佳都子, 古田雅一, 武村祐一朗, Plasma Conference 2011, 石川県立音楽堂, (11月22~25日 金沢市)
- 13) 「パプリカ粉末と食肉の混合物に添加された *Bacillus* 属細菌の増殖動態の解析」阪井俊夫, 石川悦子, 小池佳都子, 古田雅一, 第47回日本食品照射研究協議会大会, アルカディア市ヶ谷 (12月2日, 東京)
- 14) 「*Bacillus* 属細菌芽胞の発芽過程・増殖挙動に及ぼす放射線効果」向原岳, 小田康雅, 坂田孝, 上村貴之, 古田雅一, 第47回日本食品照射研究協議会大会, アルカディア市ヶ谷 (12月2日, 東京)
- 15) 「耐熱性酵母の高温下における細胞応答と発酵特性」古田雅一, 荒井尊裕, 松永祐一, 石川悦子, 小池佳都子, 岸田正夫, Leelavatcharamas Vichai, 日本農芸化学会2012年度大会(京都) (3月21~26日, 京都市)

### 2.5.3 教育・研究機関等における講演 (Lectures at Universities and Institute)

- 1) 「放射線と食品の安全とは」古田雅一, 府民公開講座 今だから聞きたい放射線のこと ~放射線の影響とその安全について~大阪府立男女共同参画・青少年センター(ドーンセンター) (4月23日, 大阪市)
- 2) 「見て測って知ろう放射線」古田雅一, 特別展「親子で放射線の正しい知識を勉強しよう」セミナー(財)福井県原子力センター「原子力の科学館 あつとほうむ」(5月5日, 敦賀市)

- 3) 「放射線と食品の安全とは」古田雅一, 農林水産省安全対策講座, (6月9日, 大阪市).
- 4) 「放射線に関する入門講座及び大阪府立大学「放射線研究センター」見学会」, 古田雅一, 中学校理科スキルアップ研修 (6月10日, 堺市).
- 5) 「食品照射の内外の動向」古田雅一, 学術振興会「プラズマ照射による医療用品の滅菌, エンドトキシンならびにプリオン不活化法と応用」に関する研究開発専門委員会, 平成23年度第4回合同委員会 (6月27日, 吹田市).
- 6) 「放射線と食品の安全とは」古田雅一, 食の安全推進会議 (7月4日, ホテルプリムローズ大阪).
- 7) 「農業分野における放射線利用」古田雅一, 平成23年度大阪府農業教育研究会, 大阪府教育センター (7月5日, 大阪市).
- 8) 「量子線の化学, 生物作用をどう利用する?」古田雅一, 第70回テクノラボツアー - 「放射線」に関する最近の話題と最新の技術・研究について -, 大阪府立大学学術交流会館 (7月13日, 堺市).
- 9) 「放射線の基礎とその利用」古田雅一, 工業技術会(株)『放射線リスクと食品』基礎講座, 東京半蔵門, J C I Iビル (7月19日, 東京都)
- 10) 「食品の放射能汚染に対する正しい知識」古田雅一, 月桂冠株式会社昭和蔵ホール (7月29日, 京都市)
- 11) 「お話し会「放射線ってなんだろう」」古田雅一, 第28回みんなのくらしと放射線展, 子供対象「見て測って知ろう!放射線」, (財)大阪科学技術センター (8月18日, 大阪市)
- 12) 「放射線と食品の安全とは」古田雅一, コープしが「放射性物質と食の安全・安心学習会」, G-NET しが滋賀県立男女共同参画センター (9月10日, 近江八幡市)
- 13) 「放射線と食品の安全性について」古田雅一, 近畿ブロック病性鑑定ネットワーク協議会・勉強会, エルおおさか (大阪府立労働センター) 5階 研修室2 (9月13日, 大阪市)
- 14) 「放射線と食の安全」古田雅一, 平成23年度生活教養講座, 和歌山県消費生活センター研修室 (9月28日, 和歌山市)
- 15) 「殺菌を目的としたガンマ線照射に対する微生物の応答挙動」古田雅一, 放射線研究センター平成23年度共同利用報告会, 大阪府立大学学術交流センター, (11月28日, 堺市)
- 16) 「食品と放射線について」古田雅一, 食品の安全にかかわる組合員リーダー向けセミナー, 日本生活協同組合連合会 組合員活動部, 生協会館新大阪 9F 会議室(12月9日, 大阪市)
- 17) 「食品と放射線について」古田雅一, NACS 環境問題研究会 公開講座, 大阪府環境情報プラザ (12月10日, 大阪市)

- 18) 「放射線と食品の安全性 ～放射線の食品に対するリスクをどう考えるか～」古田雅一, 福島県, 消費者庁主催 第2回食の安全・安心アカデミー (消費者コース) コラッセふくしま (4階多目的ホール) (1月17日), 郡山市労働福祉会館 (3階大ホール) (1月18日) (1月17日, 福島市, 1月18日, 郡山市)
- 19) 「放射線と食品の安全性とは」古田雅一, 衛生科学研究会 2012年冬季勉強会, 財団法人日本食品分析センター 大阪支所 2階会議室(2月10日, 大阪市)
- 20) 「放射線と食品の安全性 ～放射線の食品に対するリスクをどう考えるか～」古田雅一, 平成23年度「福島牛」販売・料理指定店拡大推進会議, 郡山ビューホテル(2月26日, 郡山市)
- 21) 「放射線についての基礎知識と食品への影響」古田雅一, 大阪いずみ市民生活協同組合第3回 食の安全についての組合員コミュニケーション企画「みんなで考えよう!話そう!私たちの食卓は大丈夫?」(3月2日, 生協堺東本部ホール, 堺市; 3月12日, 東大阪市民会館 大集会室 (3階), 東大阪市)
- 22) 「食品中の放射性物質の基準値を考える」古田雅一, 全大阪消費者団体連合会学習会, 大阪府社会福祉会館3階301会議室 (3月14日, 大阪市)

### 3. 教育 (Education)

#### 3.1 研究科授業科目 (Lectures in Graduate Courses)

- 1) 理学系研究科生物科学専攻「生物工学特論」古田雅一

#### 3.2 学部授業科目 (Lectures in Undergraduate Courses)

- 1) 理学部生物科学科「微生物学」古田雅一
- 2) 共通教育「情報基礎BI」古田雅一
- 3) 共通教育「自然科学への招待」  
全学部1回生対象の初年次ゼミ, 森 利明

#### 3.3 学生 (Students)

- 1) 古田雅一; 藤井夏日, 大阪府立大学・理学系研究科 (修2)
- 2) 古田雅一; 向原岳, 大阪府立大学・理学系研究科 (修2)
- 3) 古田雅一; 阪井俊夫, 大阪府立大学・理学系研究科 (修1)
- 4) 古田雅一; 中谷由衣, 大阪府立大学・理学系研究科 (修1)

#### 3.4 他大学における教育 (Lectures at Other Universities)

- 1) 神戸松蔭女子学院大学「自然科学史 A, B」古田雅一,

## 4. 各種の活動 (Miscellaneous)

### 4.1 研究費補助金等 (External Funds)

#### 4.1.2 受託研究 (Research Contracts)

- 1) 「アルキルシクロブタノン類を指標とした照射食品の安全性解析」古田雅一 (代表), 内閣府食品安全委員会食品健康影響評価技術研究

#### 4.1.3 教育・研究奨励寄付金その他の研究助成金 (Other Funds)

### 4.2 維持管理・サービス (Maintenance and Services)

- 古田雅一: 大阪府立大学地域連携研究機構放射線研究センター非密封放射性物質使用施設, 管理者  
清田俊治: 大阪府立大学地域連携研究機構危険物屋内貯蔵所, 危険物保安監督者

### 4.3 海外出張等 (Visits Abroad)

#### 4.3.1 海外出張 (Official Visits Abroad)

- 1) International Symposium in Seoul, Republic of Korea, from 16th to 19th May 2011 に出席, 研究発表, 古田雅一 (5月16日～5月19日, 韓国, ソウル)
- 2) International Meeting on Radiation Processing(IMRP Montreal 2011)に出席, 研究発表, 古田雅一 (6月13日～6月19日, カナダ, モントリオール)
- 3) World Congress of Microbes-2011, 1st Annual International Symposium of Mycology (ISM) に出席, 研究発表, 古田雅一 (7月30日～8月1日, カナダ, モントリオール)

### 4.4 研究者等の受入れおよび来訪 (Visitors and Students)

#### 4.4.1 共同研究 (Cooperative Researches)

- 1) 関西電子ビーム株式会社「電子線照射生分解性ガルの工業化技術基礎開発に関する研究」.
- 2) 株式会社ウォーターエージェンシー「家庭用簡易浄水器による放射性ヨウ素 I-131 の除去特性に関する研究」

### 4.5 講師派遣 (Part-Time Lecturers)

- 1) 古田雅一, 神戸松蔭女子学院大学

### 4.11 学会活動等 (Activities in Academic Societies etc.)

- 古田雅一: 日本化学会正会員, 高分子学会正会員, 日本農芸化学会正会員, 日本バイオマテリアル学会正会員, 日本防菌防黴学会正会員, 同学会評議員, 日本放射線影響学会正会員, 日本生化学会正会員, 日本食品照射研究協議会会員, 同協議会理事, 日本アイソトープ協会会員, 日本原子力学会会員, 同学会関西支部「原

子力オープンスクール」ワーキンググループ委員，  
（社）日本原子力産業会議関西原子力懇談会「放射線  
利用動向調査委員会」委員，「みんなの暮らしと放射  
線」放射線フェア専門部会委員，大阪ニュークリア  
サイエンス協会放射線科学研究会企画委員，同応用生  
体科学研究会企画委員，放射線照射利用促進協議会会  
員，同協議会理事. NPO 法人放射線教育フォーラム会  
員，NPO 法人安心科学アカデミー会員

森利明：日本化学会正会員，日本放射線影響学会正会  
員，日本放射線化学会正会員，放射線生物研究会正会  
員，日本分子生物学会正会員，The Society for Free  
Radical Biology and Medicine (USA)正会員

清田俊治：日本化学会正会員

# 量子ナノ材料科学研究室

DIVISION OF QUANTUM NANO MATERIAL SCIENCE

教授 河村裕一  
准教授 川又修一

Professor Yuichi Kawamura  
Associate Professor Shuichi Kawamata

## 1. 研究現況 (Current Projects)

**概要** 当研究室では、ナノ構造を有する新しい半導体材料の結晶成長と物性評価、及びそれを用いた新原理量子効果光デバイスの実現、およびナノ構造超伝導体・磁性体を用いた新奇量子現象の探索とその応用について研究を行っている。

### 1.1 分子線エピタキシャル成長による化合物半導体量子井戸構造の作製と応用 (Growth of Compound Semiconductor Quantum Well Structure Grown by Molecular Beam Epitaxy and Device Application)

InP 基板上の InGaAsSbN 系化合物半導体は波長 2 ~ 3  $\mu\text{m}$  帯の中赤外領域における新しい材料系として注目されており、環境計測・化学分析・医療などで有用なナノ構造高性能中赤外発光及び受光デバイスの材料として期待されている。本年度は分子線結晶成長法 (MBE 法) により InP 基板上の InAsSbN 赤外量子井戸レーザダイオード及び InAs/GaSb 量子井戸赤外光検出器の特性評価を行った。まず InAsSbN 量子井戸レーザに関しては、InAsSbN 量子井戸活性層の最適化を目的として、量子井戸幅を 3nm に固定し、成長温度を 450°C から 480°C の範囲で変えて発光特性を調べた。N 原子の濃度は 1% に固定した。Sb の濃度は 0%, 2%, 4% 及び 6% とした。その結果、Sb が 0% の場合においては成長温度を 480°C から 450°C に下げることにより、PL 強度が約一桁増大することがわかった。しかし Sb が 2% の場合においては発光強度は 480°C と 450°C で同程度であった。このことより、いずれの成長温度においても Sb 濃度 2% の場合にもっとも発光強度が強くなることが明らかとなった。他方赤外検出器に関しては、InGaAs/GaSb 層タイプ II 量子井戸においてタイプ II 特有の発光特性を初めて見出した。また波長 8  $\mu\text{m}$  帯 InAs/GaSb タイプ II 量子井戸においては InP 基板上に高品質のエピタキシャル層を成長することに初めて成功した。

### 1.2 超伝導複合構造 d ドットの作製 (Fabrication of Superconducting Composite Structure, d-dot)

d 波超伝導体では方向によりクーパー対波動関数の位相が  $\pi$  異なる。正方形の d 波超伝導体を s 波超

伝導体で取り囲む構造である d ドットでは、d 波と s 波の秩序パラメーター間に位相干渉が起こり、d 波超伝導体のコーナーに位相差  $\pi$  に対応する半磁束量子  $\phi_0/2$  ( $\phi_0$ : 磁束量子) が外部磁場ゼロにおいても自発的に発生する。d ドット 4 隅の左上と右下に + の磁束が発生する場合と、- の磁束が発生する場合は縮退しており、量子 2 準位系が形成できることから、論理回路素子、量子ビット等への応用が考えられている。以下の手順により、従来型 s 波超伝導体 Pb に囲まれた d 波超伝導体である銅酸化物高温超伝導体  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$  (BSCCO) 単結晶 d ドットを作製した。Si 基板にポリイミドにより接着した BSCCO 単結晶をテープにより剥離劈開し、厚さ 2  $\mu\text{m}$  以下程度にした。フォトリソグラフィした後、カウフマン型イオンソースを有するイオンミリング装置を用いて、36  $\mu\text{m}$  角、基板表面からの高さ 1.2  $\mu\text{m}$  に加工した。再度フォトリソグラフィした後、Pb を 0.35  $\mu\text{m}$  蒸着しリフトオフした。走査型 SQUID 顕微鏡を用いて、作製した d ドット周辺 64 $\times$ 64  $\mu\text{m}$  の範囲における磁束分布観測を温度 4.0 K で行ったところ半整数磁束量子の観測に成功した。ただし本来 d ドットの 4 つのコーナーに発生する半磁束量子が、2 つのコーナーにおいてのみ観測された。今後、加工作業条件を最適化し、d ドット作製方法を確立する。

## 2 研究発表 (Publications)

### 2.1 学会誌原著論文 (Original Articles in Refereed Journals)

- 1) Y. Kawamura and T. Shono  
Absorption Change Induced by Electric Field of an InGaAsP/InAlAs/InP Asymmetric Quantum Well Structure Grown on InP Substrates  
Jpn. J. Appl. Phys. 50, pp.1120-1122 (2011)
- 2) M. Yoshikawa, K. Miura, Y. Iguchi and Y. Kawamura  
Characterization of InGaAsSbN layers grown on InP by MBE  
Phys. Status Solidi C8 N0.2 pp.390-392 (2011)
- 3) Y. Kawamura  
InP-based InGaAsSbN quantum well laser diodes in the 2 $\mu\text{m}$  wavelength region  
Electronics and Communications in Japan  
Vol.94, No.5 pp.33-38 (2011)

## 2.5 学会発表等 (Presentations at Meetings etc.)

### 2.5.1 学会・国際会議 (Presentations at Meetings of Academic Societies and Conference)

- 1) 第72回応用物理学会学術講演会 (9月, 山形)  
光吉謙太, 河村裕一  
「InGaAsN/AlAsSb共鳴トンネル素子の特性」  
講演予稿集第1分冊
- 2) 第72回応用物理学会学術講演会 (9月, 長崎)  
三浦広平, 猪口康博, 河村裕一  
「InGaAs/GaAsSb量子井戸の光学的特性」  
講演予稿集第1分冊
- 3) 第59回応用物理学関係連合講演会 (3月, 神奈川)  
水田昇吾, 正野琢也, 河村裕一  
「InP基板上のInAsSbN単一量子井戸の特性」
- 4) 第59回応用物理学関係連合講演会 (3月, 神奈川)  
三浦広平, 猪口康博, 河村裕一  
「InP基板上のInAs/GaSb量子井戸のMBE成長」  
講演予稿集第1分冊
- 5) BIT's 1st Annual World Congress of Nano Science and Technology (October, Dalian, China)  
S. Kawamata  
Fabrication and Magnetic Flux Distribution of BSCCO d-dot Embedded in s-wave Superconductor.
- 6) International workshop on Pathbreaking Phase Sciences in Superconductivity 2012 (PPSS2012) (January, Osaka, Japan)  
S. Kawamata, M. Yamamoto, T. Yamashita, T. Yotsuya, M. Kato, Y. Kawamura and T. Ishida  
Fabrication and Magnetic Flux Distribution of BSCCO Single Crystal d-dot.
- 7) 日本物理学会 2011 年秋季大会(9月, 富山)  
山下剛, 川又修一, 四谷任, 加藤勝, 石田武和  
Bi<sub>2</sub>.16Sr<sub>1.85</sub>CaCu<sub>2</sub>O<sub>8+δ</sub>を用いた s-dot の作製と磁束分布.  
講演概要集第3分冊
- 8) 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22年度共同利用報告会(11月, 堺)  
川又修一, 河村裕一, 山下剛, 石田武和, 加藤勝, 四谷任  
イオンミリング法を用いた超伝導複合構造 d ドットの作製.
- 9) 第19回渦糸物理国内会議 (12月, つくば)  
加藤勝, 石田武和, 川又修一, 町田昌彦, 小山富男  
超伝導複合体 d-dot の磁束構造.
- 10) 東北大学金属材料研究所共同利用研究会 「ナノ構造超伝導体」 (12月, 仙台)  
川又修一, 河村裕一, 山下剛, 石田武和, 加藤勝, 四谷任

BSCCO 単結晶 d ドットの作製と磁束分布観測.

## 3 教育(Education)

### 3.1 研究科授業科目 (Lectures in Graduate Courses)

- 1) 工学研究科 電子数物系専攻 修1前期  
半導体物理特論 河村裕一
- 2) 工学部 電子物理工学科 学1後期  
物理学基礎実験 河村裕一
- 3) 工学研究科 電子数物系専攻 修1後期  
電磁気物性特論 川又修一
- 4) 工学部 電子物理工学科 学2前期  
統計物理 川又修一
- 5) 工学部 電子物理工学科 学3後期  
磁性・超伝導 川又修一
- 6) 工学部 電子物理工学科 学4前期  
電子物理学英語演習 川又修一

### 3.2 学生(Students)

- 1) 正野琢也 大阪府立大工学研究科 M2  
「InAsSbN 量子井戸レーザの研究」
- 2) 光吉謙太 大阪府立大工学研究科 M1  
「光制御型共鳴トンネル素子の研究」
- 3) 堀内誠 大阪府立大工学研究科 M1  
「InP 上の InGaAsN 層の特性に関する研究」
- 4) 水田昇吾 大阪府立大工学部 B4  
「MBE 成長 InAsSbN 単一量子井戸の評価」
- 5) 日比野暁 大阪府立大工学部 B4  
「歪補償 InGaAs/GaAsSb 量子井戸の評価」
- 6) 中野紘亮 大阪府立大工学部 B4  
「InGaAs/GaAsSb シングルヘテロ構造の2次元電子伝導特性」
- 7) 白藤重俊 大阪府立大工学部 研究生  
「光変調器に関する研究」

## 4. 各種の活動 (Miscellaneous)

### 4.1 研究費補助金等

- 1) 共同研究 住友電気工業  
「中赤外光検出器の開発」 河村裕一
- 2) 科学研究費 基盤研究 (C)  
「新材料系を用いた波長 3 μm 帯高性能赤外半導体デバイスの研究」 河村裕一
- 3) 科学研究費 基盤研究 (C)  
「酸化物高温超伝導体 BSCCO 単結晶を用いた d ドットの作製と論理回路の構築」  
川又 修一

### 4.2 海外出張等 (Visits Abroad)

川又修一:

平成23年10月22日～平成23年10月27日

中華人民共和国 大連 世界 Expo センター  
国際会議 ナノ S&T 2011 第 1 回国際年次会議 に参加お  
よび成果報告.

#### **4.4 学会活動等 (Activities in Academic Societies etc.)**

河村裕一：応用物理学会会員，日本真空学会会員，  
電気学会会員，応用物理学会応用電子物  
性分科会幹事，パワー半導体レーザ技術  
調査専門委員会委員

川又修一：日本物理学会会員，低温工学・超電導学  
会会員，日本物理学会大阪支部委員

# 放射線施設の共同利用と維持管理

## COMMON USE AND MAINTENANCE OF FACILITIES AND APPARATUS IN THE CENTER

### 1. 放射線照射利用施設 (Irradiation Facilities)

#### 1.1 コバルト 60 ガンマ線照射施設 ( $^{60}\text{Co}$ Gamma-Ray Irradiation Facilities)

##### 1) 学内利用の状況

平成 23 年 4 月～平成 24 年 3 月の各照射室の利用時間は、第 1 照射室 0 時間、第 2 照射室 214 時間 08 分、第 3 照射室 17 時間 30 分、第 4 照射室 3 時間 20 分、照射プール 3,059 時間 51 分であり、合計 502 件 3,294 時間 50 分であった。研究課題（照射依頼書に記載された照射目的）は次のとおりである。

##### 【生物関連分野】

- ・  $\gamma$  線によるトレハロースの分解
- ・ 酵母 (*S. pombe*) の殺菌
- ・ *B. subtilis* の殺菌
- ・ *B. subtilis* 菌液およびパプリカ抽出液の殺菌
- ・ コラーゲンゲルの殺菌
- ・ 芽胞の殺菌
- ・ 酵母の殺菌
- ・ バイオポリマーの殺菌
- ・ *S. cerevisiae*, *S. pombe* の殺菌
- ・ 酵母菌液の放射線照射効果
- ・ 香辛料の殺菌
- ・ 牛肉の殺菌
- ・ 食品の殺菌
- ・ パプリカ・トウガラシ粉末の殺菌
- ・ 飼料滅菌
- ・ 培養皿の滅菌、溶液への影響解析
- ・ 細胞培養プレートの滅菌
- ・ ケラチン固定化プレートの滅菌
- ・ 微生物細胞の不活性化
- ・ 高分子材料の架橋
- ・ ゼラチンゲルの架橋
- ・ コラーゲンゲルの架橋
- ・ ポリマーの放射線架橋
- ・ コラーゲンの架橋
- ・ アルギン酸ゲルの架橋
- ・ アルギン酸の変質

- ・ アルギン酸の変性
- ・ 大腸菌の放射線ストレス応答
- ・ 微生物の放射線感受性
- ・ 培養がん細胞の  $\gamma$  線による変化
- ・ 大腸菌の放射線影響評価
- ・ 大腸菌への照射効果に関する研究
- ・ 実習用マウス照射
- ・ 生物（マウス）照射

##### 【化学・材料関連分野】

- ・ 照射による金属系複合ナノ粒子の合成
- ・ ナノ粒子の生成
- ・ 酸化物材料の放射線照射誘起伝導度 (RIC) 測定
- ・ 欠陥生成 ( $\text{Ag}^+$  から  $\text{Ag}^-$  への変換)
- ・ シリカ複合ゲルの合成
- ・ 酸化物微粒子の大線量照射効果
- ・ 水の放射線分解による水素ガスの発生
- ・ 酸化物微粒子懸濁水の放射線分解
- ・ 照射下の水溶液中での金属の腐食効果
- ・ 照射下での金属片の腐食試験
- ・ プラスチックの放射線劣化評価
- ・ SD カードの放射線特性
- ・  $\gamma$  線をイメージングプレートで計測
- ・ TLD の精度
- ・ フィルムの性能チェック
- ・ 照射プール容器内の線量測定 (短時間照射の精度確認)
- ・ フィルム線量計の放射線感受性線源近傍の線量分布測定

##### 2) 学外からの利用状況

平成 23 年 4 月～平成 24 年 3 月の依頼件数は計 278 件、照射手数料は計 6,823,400 円であった。各照射室の利用時間は、第 1 照射室 99 時間 59 分、第 2 照射室 114 時間 31 分、第 3 照射室 73 時間 34 分、第 4 照射室 0 時間、照射プール 513 時間 34 分であった。利用課題は次のとおりである。

【放射線測定器、各種センサ、ケーブル等の耐放射線性および照射特性試験】

- ・ ポケット線量計の  $\gamma$  線特性試験
- ・ サーベイメータ・半導体素子の線量計直線性方向特性試験
- ・ 電離箱の  $\gamma$  線特性試験



- ・線量計プローブの線量計の作動確認
- ・線量計プローブの応答確認
- ・CICの $\gamma$ 線特性試験
- ・BF<sub>3</sub>(比例計数管)の $\gamma$ 線連続照射
- ・ $\gamma$ 線照射によるラベルの化学変化
- ・放射線変色プラスチックへの $\gamma$ 線照射効果
- ・電子機器の放射線試験
- ・分析計の耐放射線試験
- ・電波レベル計の耐放射性検証
- ・光ファイバの耐放射線特性の評価
- ・電子機器の放射線耐力試験
- ・光ファイバ心線の耐放射線性の評価
- ・電子デバイスの評価試験
- ・除湿機の社内試験
- ・エポキシ系接着剤の $\gamma$ 線による影響調査
- ・有機リン化合物の抽出剤の耐放射線性
- 【放射線照射による改質・特性変化】
- ・植物種子への $\gamma$ 線照射が生育に及ぼす効果
- ・微生物の改善
- ・テトロン糸の品質改善
- ・ジアセチレン誘導体の固相重合
- ・TL法のための香辛料前処理

## 1.2 高エネルギー電子線照射施設 (High Energy Electron Irradiation Facilities)

電子ライナックの2011年度の運転時間は246時間であった。前年度の127時間よりも増加した。図1に年間運転時間の、この25年間の推移を示す。2011年の修理時間は71時間であった。利用内容をみると、微弱ビームを利用した分析法、ラジオグラフィなど、軽度の照射に重点が移りつつある。

本年度の主な改修項目を以下に列挙する。

- 1)電子銃用絶縁トランスの修理：ライナック電子銃およびグリッドパルサーに電源を供給している絶縁トランスの内部導線が破断したため分解、修理した。トランス内部に充填されている絶縁油の放射線分解生成物による腐食が原因であった。
- 2)電子銃カソードの交換：ライナック電子銃のカソードを10年ぶりに交換した。本ライナックの加速管は、一度大気に晒した場合、脱ガスに長時間を要するようになっており、今回の場合も、正常なビームが得られるのに約3か月の期間を要した。

なお、主な研究題目は、微弱電子ビームの測定法の研究、アスベスト等の高感度分析、電子線ラジオグラフィ、液体窒素のオゾン爆発の研究などであった。

## 1.3 低エネルギー電子線照射施設 (Low Energy Electron Irradiation Facilities)

平成22年1月～12月のコッククロフト・ウオルトン電子線加速器は、衛星用太陽電池の耐放射線性の研究を中心に、264時間運転した。これは前年の294時間と同程度であり、順調に稼動している。

## 2. 機器測定 (Measurement with Advanced Instruments)

### 2.1 放射線計測 (Radiation Measurement)

福島原発事故に関する放射線遮蔽材料の開発が民間企業で盛んとなり、これに関連したCo60ガンマ線透過率測定的外部依頼が本年は急激に増加した。本年度の依頼件数は40件以上、測定実施回数は180回を超えた。この透過率測定については1試料あたりの手数料が安価に設定されているため、多数の測定を1度に依頼する例が多々見られた。また測定の説明、測定の実施ならびにデータ処理、証明書の作成までを1名の担当教員で行っており、その負荷も大きく、加えて設備の老朽化や人員不足のため対応しきれない状況があった。また、試験結果の証明書は大学が書面で依頼者に渡されるが、これが企業の商品パンフレットに無断利用されたり、共同研究に該当しないものを共同研究開発と詐称したりする事例が複数発見された。原発事故以前は依頼件数も少なく、上記のような問題は発生しなかったが、証明書の流用のような事例のように、大学が不測のトラブルに巻き込まれる懸念だけでなく、大学の信用力の低下につながりかねない。本測定業務については今後抜本的見直しが必要である。

一方、マルチチャンネル波高分析器による測定、GMカウンターによる測定、低バックグランド放射能測定器による測定は285件あり、ほとんどが福島第1原発事故にともなう放射能測定の依頼であった。熊取町の環境放射能測定も例年通り行われた。企業からのトリウム、ウラン系列核種分析も数件あった。

また、環境計測科学研究室が担当し、滋賀県甲賀町の社団法人日本アイソトープ協会甲賀研究所と株式会社コーガアイソトープで、事業所における特定地点の放射線の線量率の測定を年2回行っている。放射線の漏洩が無いこと

を測定により確認し、地域連携研究機構長名の証明書を発行している。地元住民と事業者とが取り交わした協定では、公的機関の証明に基づいて、事業活動が行われることとしている。

置の使用実績は以下の表に示す通りであった。

### 3. 放射化学実験施設 (Tracer Laboratories)

放射線化学生物學研究室と分子細胞遺傳學研究室が中心となり、関連各部署の協力を得て、放射化学実験施設の維持管理を行った

平成 23 年 4 月から同 24 年 3 月までの 1 年間に、放射線センター各研究室(含兼担)の他、工学域 1 研究室、生命環境科学域 4 研究室、高等教育推進機構 2 研究室による施設の継続的な利用があった。またこれらの他に、学外から(民間企業)の継続的な利用が 1 件あった。

この 1 年間に当施設が受け入れた非密封 RI は、前年度からの繰り越しを含め、 $^3\text{H}$  が 74 MBq、

$^{14}\text{C}$  が 22 MBq、 $^{22}\text{Na}$  が 3.7 MBq、 $^{24}\text{Na}$  が 35.6 MBq、 $^{32}\text{P}$  が 120 MBq であった。

また学内外の者の施設見学を数件受入れた。遺伝子環境科学研究室が中心となり、関連各部署の協力を得て、放射化学実験施設の維持管理を行った。

月	4	5	6	7	8	9
照射回数	3	4	8	2	1	3
時間(分)	21	32	62	11	5	14
10	11	12	1	2	3	合計
5	3	2	2	1	1	53
22	28	10	10	3	8	226

### 4. 実験動物施設 (Animal Laboratory)

#### 4.1 実験動物施設の維持・管理 (Maintenance and Service of Animal Laboratory)

公立大学法人大阪府立大学動物実験規程が策定され(平成 20 年度)、本学の動物実験は全てその規程に従って行われることになった。それにより本施設の利用希望者は、実験計画書を全学動物実験委員会に申請し、審議を経て承認を得ることが必要になった。現在、本施設は中百舌鳥キャンパスにおける唯一の共同利用動物実験施設である。平成 22 年 4 月から平成 23 年 3 月までの期間では、理学部 3 研究室、工学部 1 研究室による利用があった。

#### 4.2 動物実験施設エックス線照射施設の維持管理 (Maintenance and Service of a X-ray Machine)

エックス線照射装置施設の管理は、放射線生命科学研究室が担当して機構内、学内、及び学外の照射依頼に応える体制にある。平成 22 年 4 月から平成 23 年 3 月までのエックス線照射装

## 5. 公立大学法人大阪府立大学

### 地域連携研究機構・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。

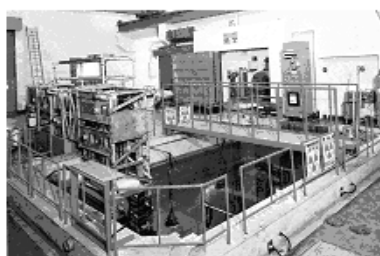


図1 コバルト 60 ガンマ線源の水プール

#### 1.1 主な照射設備

	線源強度	線量率	用途
第1照射室	1 PBq	1~100Gy/h	大線量精密照射
第2照射室	500TBq	10~1kGy/h	大線量精密照射
第3照射室	3TBq	0.05~5Gy/h	小線量、非破壊検査
第4照射室	5PBq	50~10kGy/h	大線量照射
照射プール	5PBq	1k~10kGy/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

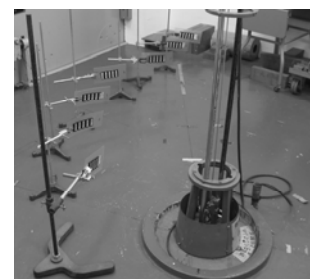


図2 コバルト 60 照射風景  
(線量計の較正)

- ・ 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。

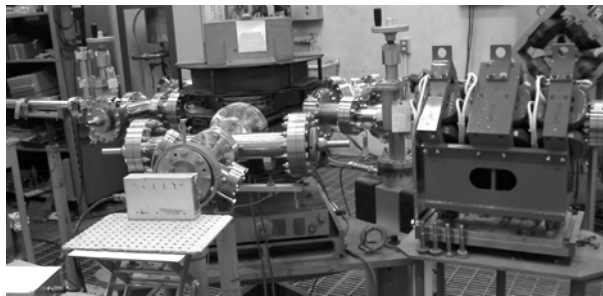


図 3 電子線形加速器（OPU ライナック）

### 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  $\gamma$ 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（ダウンフロー方式）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ました。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の共同利用施設案内をご覧ください。

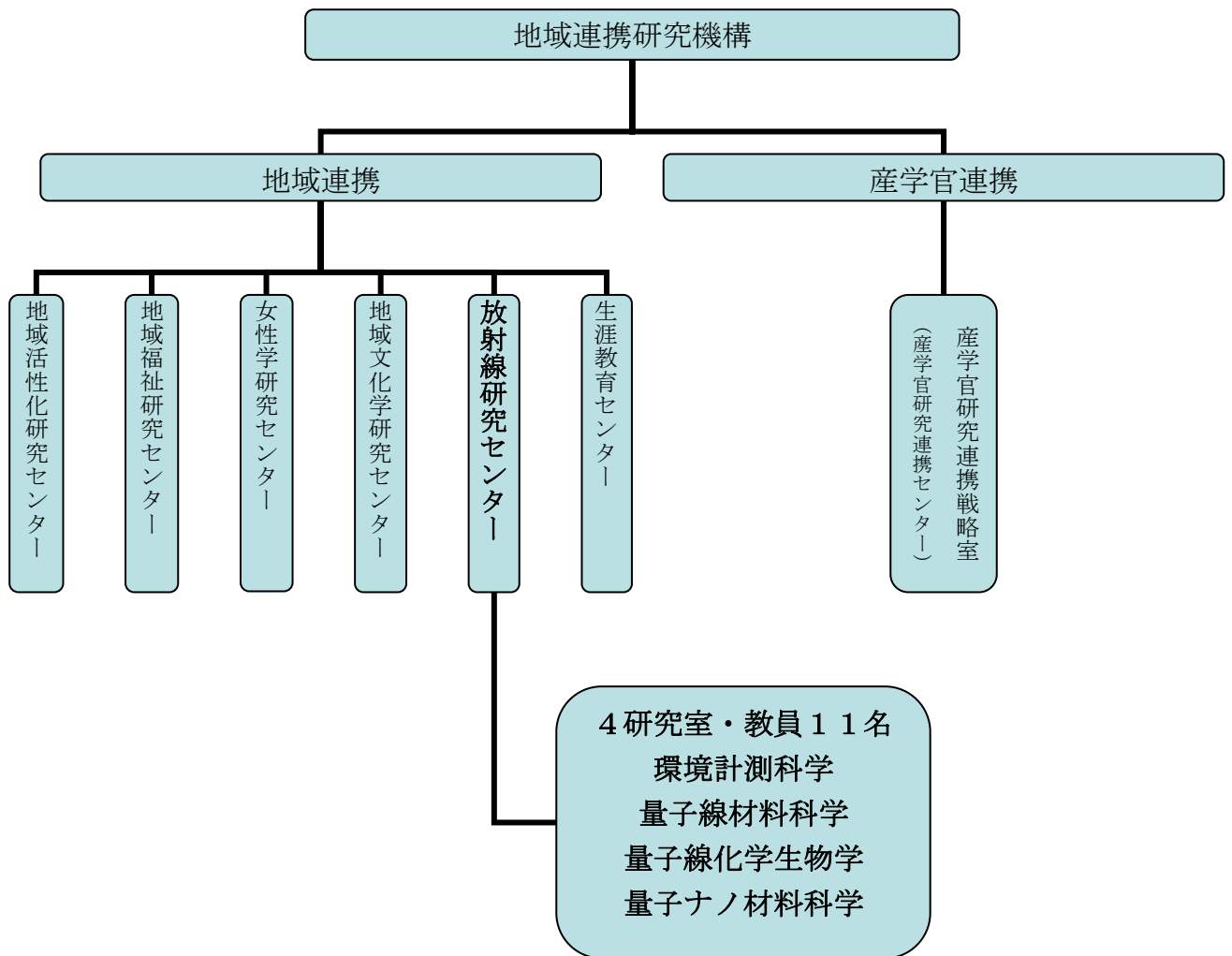
<http://www.riast.osakafu-u.ac.jp/facility/index.html#clean>



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。



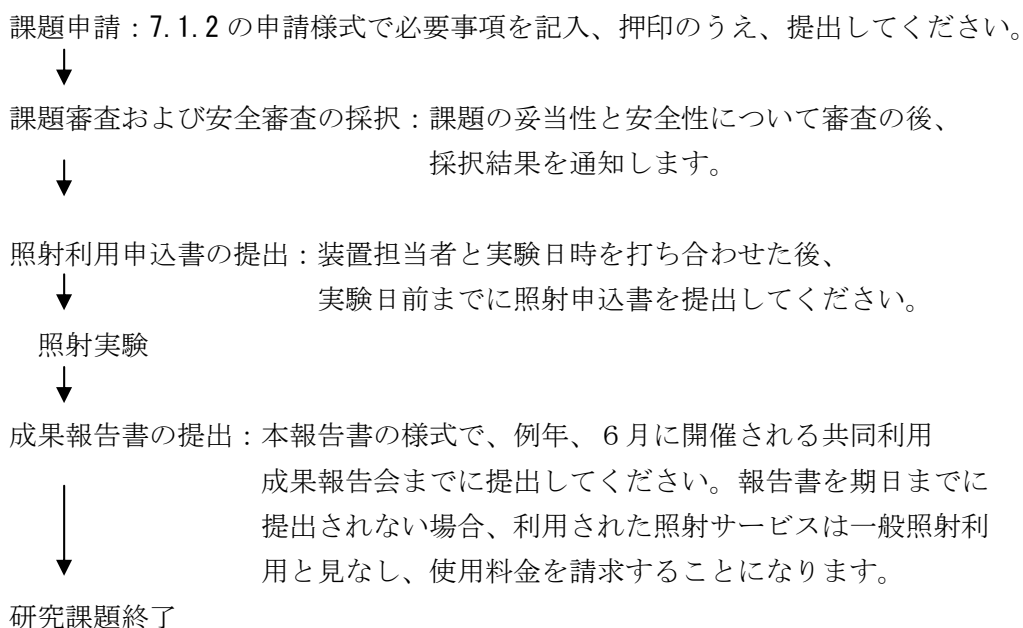
## 7. 放射線照射施設利用のてびき

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/facility/co60.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 \_\_\_\_\_ (印)

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

地域連携研究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：装置担当者の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	
生装置に放射線発による場合	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. 連絡先

大阪府立大学 地域連携研究機構  
放射線研究センター

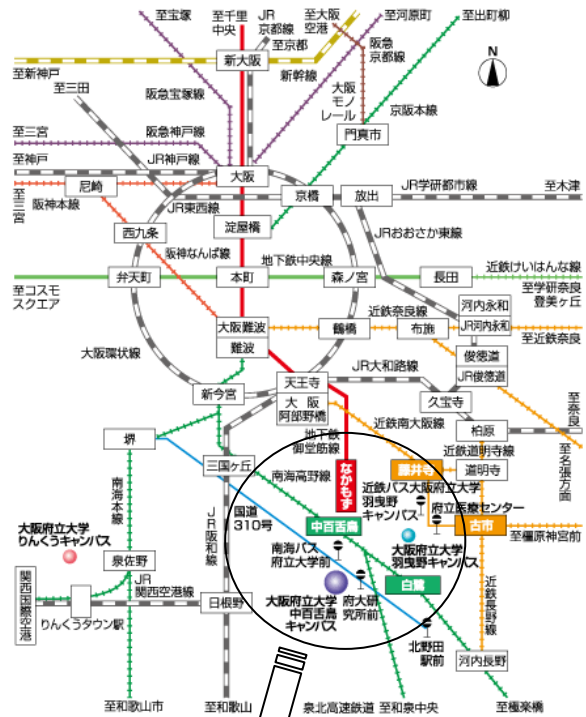
〒599-8570

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>



- ◆南海高野線「白鷺駅」下車、徒歩15分
- ◆南海本線「堺駅」またはJR阪和線「三国ヶ丘駅」から南海バス31・32系統（国道310号経由の「福町」、「北野田駅前」行）「府大研究所前」下車
- ◆地下鉄御堂筋線「なかもず駅」下車、5番出口 徒歩20分