

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 24 年度  
放射線施設共同利用報告書

平成 26 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

地域連携研究機構は発足から3年目を迎えました。2013年度からは、地域連携のための6研究センターの組織と、産学官連携のための組織について、それぞれ副学長が統括することになりました。また放射線研究センターは、大規模な放射線施設を継承して、設立以来54年目になります。

当センターの全教員が担当する「量子放射線系専攻」が、2013度に工学研究科に新設され、博士前期課程11名、同後期課程3名の学生諸君を迎えることができました。ベトナムからの留学生がおり、今後諸外国の学生も教育できると期待されます。

密封・非密封放射性同位元素取扱い施設、加速器施設、実験動物施設、クリーンルーム施設などの大規模な利用施設は、教職員が管理運用にあたっています。学内共同利用を中心に、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。本学における研究拠点としての重要性が評価され、主要なコバルト60ガンマ線源の更新が10年ぶりに認められました。

特徴ある放射線知識普及活動「みんなのくらしと放射線展」は、2013年8月に第30回を迎え、広い年齢層を対象に放射線の知識を普及する本来の形を基本に、より充実した内容で行われました。また、文部科学省原子力人材育成等推進事業の本学としての取り組み、「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」は、2012年度から3年の計画で着実に成果をあげています。さらに、韓国、ラオス、ベトナムなどとの国際交流の基盤が整いつつあり、教育研究、地域貢献、国際交流の拠点の役割を果たそうとしています。

この報告書は、2012年度以降の放射線研究センターの共同利用の成果を、関連情報と共にまとめたものです。内容は、科学技術の広範な分野にわたります。皆様には、是非ご覧いただき、また放射線研究センターの今後の活動に、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。

2014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24年度共同利用研究報告	
1)	電子線ライナックの現状・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	1
	(府大地域連携) 谷口良一、宮丸広幸、小嶋崇夫、奥田修一	
2)	超微弱ライナック電子線照射場の線量分布のイメージングプレートを用いた評価・・・	2
	(府大院工) 下邨広元	
	(府大地域連携) 谷口良一、奥田修一、宮丸広幸、松浦寛人、小嶋崇夫	
	(Kangwon National Univ.) S. Nam	
3)	冷却型 CCD 画像素子のランダムノイズの研究・・・・・・・・・・・・・・・・	3
	(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	
4)	自然放射線を利用した放射線画像・・・・・・・・・・・・・・・・	4
	(府大地域連携) 谷口良一、伊藤憲男	
5)	高強度 THz 半サイクル光が誘起する物質の変化・・・・・・・・・・・・・・・・	5
	(府大地域連携) 奥田修一 (府大院工) 斉藤秀輝 (京大炉) 高橋俊晴	
	(Kangwon National Univ.) S. Nam	
6)	電子線形加速器を用いた連続パルス撮像装置の開発・・・・・・・・・・・・・・・・	6
	(府大地域連携) 谷口良一、伊藤憲男	
7)	プラズマ照射実験装置の現状・・・・・・・・・・・・・・・・	7
	(府大地域連携) 松浦寛人	
8)	Degradation of Phorbol esters in aqueous solution by advance oxidation processes	8
	(府大院工) Santi Kongmany	
	(府大地域連携) 奥田修一、松浦寛人、古田雅一、今村清、前田泰昭	
9)	バイオディーゼル燃料中のフォルボルエステル分解に関する研究・・・・・・・・	9
	(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	
10)	EL による CIGS 太陽電池の低エネルギー電子線照射効果・・・・・・・・	10
	(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 (府大院工) 奥野泰希	
11)	Zr 基バルクアモルファス合金への電子線照射に対する緩和効果・・・・・・・・	11
	(府大院工) 石井康嗣、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 (京大炉) 佐藤紘一、徐虬、義家敏正	

12)	γ線照射還元法を用いた Au-Pd ナノロッドの合成	14
	(府大院工) 永田光一郎、堀達朗、小林直暉、岩瀬彰宏、堀史説 (独)産総研) 秋田知樹、田中真悟	
13)	γ線照射還元法を用いた銅イオンの還元及びナノ微粒子の生成	16
	(府大院工) 堀達朗、岡本晃彦、永田光一郎、岩瀬彰宏、堀史説 (独)産総研) 秋田知樹、田中真悟	
14)	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	18
	(府大院工) 井手原龍一、井上博之、岩瀬彰宏 (府大地域連携) 小嶋崇夫	
15)	InGaAsN/GaAsSb タイプ II 量子井戸構造における 2 次元電子伝導特性	20
	(府大院工) 日比野暁 (府大地域連携) 川又 修一、河村 裕一	
16)	InP 基板上への赤外センサ用 type-II InAs/GaSb 超格子の作製	21
	(府大地域連携) 河村裕一 (住友電気工業) 三浦宏平、猪口正博	
17)	ガンマ線照射による不完全キューバン様モリブデン多核錯体から大環状錯体の合成	22
	(府大地域連携) 清田俊治	
18)	2-アルキルシクロブタノン類を指標とした照射食品の簡易検知法と精度管理体制の構築に関する研究	23
	(府立公衆衛生) 北川陽子、起橋雅浩、尾花裕孝 (府大地域連携) 古田雅一	
19)	出芽酵母の放射線ストレス影響の解析	25
	(府大院生命) 西本琢登、岸田正夫 (府大地域連携) 古田雅一	
20)	培養地衣菌の増殖に対するガンマ線の影響	26
	(秋田県立大) 小林優維、原光二郎、小峰正史、山本好和 (府大地域連携) 古田雅一	
21)	大腸菌遊泳速度に及ぼすガンマ線照射の効果	28
	(府大院理) 藤本恵理子 (府大院理・高等教育) 加藤幹男 (府大地域連携) 古田雅一 (岐阜医療科学大) 渥美龍男	
22)	医療用材料の放射線滅菌に関する研究	29
	(滋慶医療科学技術大学院大) 林壽郎 (府大地域連携) 古田雅一	
23)	放射線/白金コロイド併用によるヒト食道由来のがん細胞・正常細胞へ及ぼす影響の比較研究	30
	(大阪物療大) 李強、三羽信比古 (府大高等教育) 田中 良晴	
24)	Propylaminopentane 関連化合物の hERG チャネルへの親和性	32
	(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	
25)	フェナレノンと UVA が生成する塩基損傷とヒト細胞株を用いた突然変異の解析	33
	(府大院理) 長野聖也、東垣由夏、川西優喜、八木孝司 (神奈川工大) 高村岳樹	
26)	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	34
	(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)	ガンマ線照射によるアルギン酸分解の粘度測定による評価	35
	(府大院理) 山本隆也、森英樹、原正之	
28)	ゼラチンハイドロゲルの力学的特性に関する研究	36
	(府大院理) 富永晃輝、森英樹、原正之	
29)	羊毛由来ケラチンハイドロゲルの力学的特性と足場材料としての利用	37
	(府大院理) 高木優輔、尾崎由季、森英樹、原正之	
30)	クロマチンの凝縮は放射線による損傷からゲノム DNA を保護する	38
	(府大地域連携) 森利明 (遺伝研) 前島一博 (立命館大) 吉川祐子 (同志社大) 吉川研一	
31)	天然型オーキシン極性移動制御物質	39
	(府大院理) 上田純一 (府大高等教育) 宮本健助	
32)	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	42
	(府大地域連携) 奥田修一	
33)	「平成 25 年度第 30 回みんなのくらしと放射線展」活動報告	43
	(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	
3.	平成 24 年度共同利用報告会プログラム	45
4.	大阪府立大学 21 世紀科学研究所「量子ビーム誘起反応科学研究所」活動報告	47
	(府大地域連携) 奥田修一	
5.	公立大学法人大阪府立大学地域連携研究機構・放射線センターにおける施設の利用	48

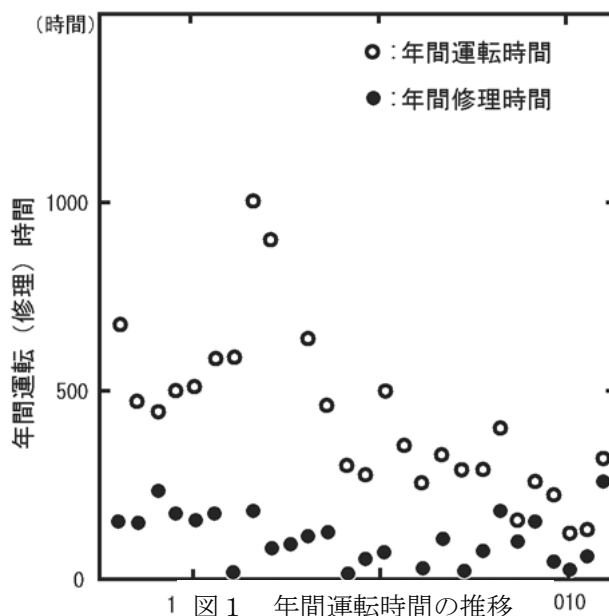
## 電子線ライナックの現状

大阪府立大地域連携研究機構 谷口良一\*、宮丸広幸、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)

### [現状]

電子ライナックの2012年の運転時間は349時間であった。前年の140時間よりも大幅に増大している。図1に年間運転時間の、この25年間の推移を示す。2012年の修理時間は294時間であった。これも大幅に増大している。これは電子銃のカソード交換に要した時間が大半を占める。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いる。今回の場合も、脱ガスに約3か月という期間を要した。正常なビームが得られたのは9月末であった。



2011年4月から放射線障害防止法が改正され、高エネルギー加速器の放射化物の管理が強化された。2014年4月までの猶予期間があるものの、本年度の年末は、この対策に追われた。X線ターゲット類を放射化物として保管する体制を整えるとともに、対策が難しい空気の放射化に対しては、X線ターゲット使用時に、ターゲット遮へいを確実に併用するなどの対策をとり、2013年6月の施設検査の後、認可された。

### [研究テーマ]

表1に2012年にライナック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、電子線による空気の発光の観測とビームモニターへの適用検討、液体窒素のオゾン爆発現象の研究、イメージングプレート(IP)の電子線応答の研究、衛星用太陽電池の耐放射線性の研究などであった。

表1 2012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
空気発光の観察
ウラン・トリウムの高感度分析
IPの電子線応答評価
液体窒素のオゾン爆発の研究
人工衛星搭載太陽電池の照射試験
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

## 超微弱ライナック電子線照射場の線量分布の イメージングプレートを用いた評価

府大院工 下邨広元\*  
府大放射線研究センター 谷口良一、奥田修一、宮丸広幸、松浦寛人、小嶋崇夫  
Kangwon National University S. Nam

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

通常のライナック電子線はエネルギーや方向は制御できるが、高感度放射線線量計の特性研究などのための十分低い強度に電子線を微弱化することはできなかった。我々は、大阪府立大学の16 MeV ライナックを用いて、超微弱ライナック電子線の発生に成功し、その照射場を利用して種々のビーム利用実験を行っている。超微弱ライナック電子線の1パルス当たりの最小電荷量はfCの領域である。その結果、超微弱ライナック電子線の照射場の測定にイメージングプレート (IP) を用いることが可能となった。

IPは、時間の経過に依存するフェーディング特性を持つ。この特性を知るために校正されたガンマ線 ( $\gamma$  線) 照射場を用いて、照射終了から読み取りまでの時間を変えてその影響を調べた。そして、その影響を受けない平衡状態に達するのに必要な時間を求めて、最適な時間が経過した後にIPを読み取った。校正された $\gamma$ 線照射場に対するIPの応答を基にして、電子線に対するIPの応答を評価した。本研究では、ライナック電子線のエネルギーを8 MeVにし、その電荷量を約10 pC/pulseとした。電子線の強度は、あらかじめ特性を測定した放射線線量計で測定した。電子線は、IPに対して垂直に照射された。IPを用いて得られた電子線の像を解析した結果、超微弱ライナック電子線の照射場の二次元線量分布を得ることができた。照射場の応用の一例として電子線ラジオグラフィについてFig.1に示す。試料は、1円硬貨である。

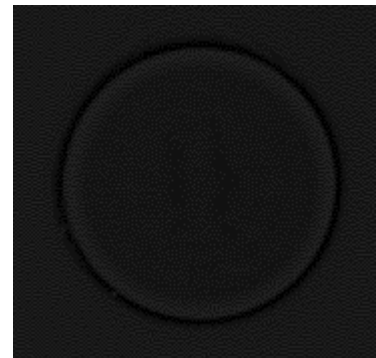


Fig 1.電子線ラジオグラフィの例

### 参考文献

- [1] 平成23年度 放射線施設共同利用報告書、大阪府立大学地域連携研究機構 (2013), pp. 9.
- [2] J. Miyahara, Y. Amemiya, and T. Matsushita, Imaging Plate, *J. Phys. Soc. Jpn.* 45 (1990), pp. 398-404.
- [3] 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) 第10回日本加速器学会年会 名古屋大学 東山キャンパス 豊田講堂 2013年8月3日～5日
- 2) 12th International Conference on Radiation Shielding (ICRS-12) 奈良県新公会堂 2012年9月2日～7日

# 冷却型 CCD 画像素子のランダムノイズの研究

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 の白点ノイズには、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、ランダムノイズの生成の分析を行った。

**[実験]** 実験結果の一例の拡大画像を図 1 に示す。図の左側と右下に明るい固定点ノイズがあり、右上に明るいランダムノイズが見える。わずかに見える、比較的暗いノイズはランダムノイズであることが確認されている。

ランダムノイズの出現率および輝度を、原子炉の出力、露光時間、素子温度等を変化させて評価した。一例として図 2 に原子炉出力（放射線線量率）、露光時間（放射線線量）を変化させ、ランダムノイズの平均輝度がどのように変化したのかを示している。ランダムノイズの出現率は線量率に比例することが知られているが、平均輝度に関しては単純な関係ではない。

図 3 に得られた結果をまとめている。比較的明瞭な結果が得られたランダムノイズの出現率に関しても、素子温度が高くなると減少するなど説明が困難な関係もある。平均輝度に関しては謎が多い。

ランダムノイズが放射線誘起ノイズであることは確実であるが、どのようなプロセスで、どのような大規模な応答を出力するかという点が今後の研究課題である。

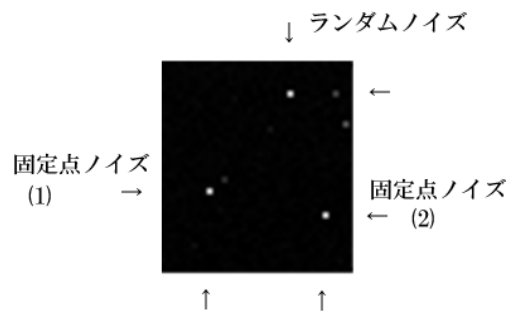


図 1 白点ノイズの拡大画像

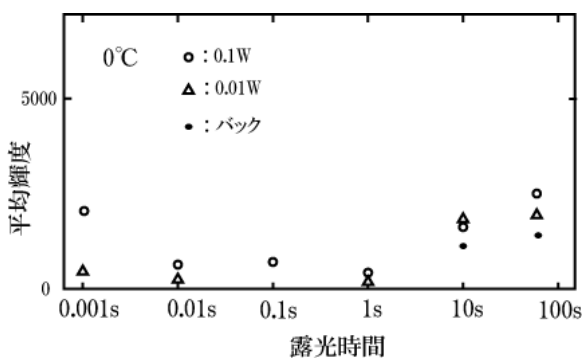


図 2 ランダムノイズの平均輝度と、露光時間、原子炉出力の関係

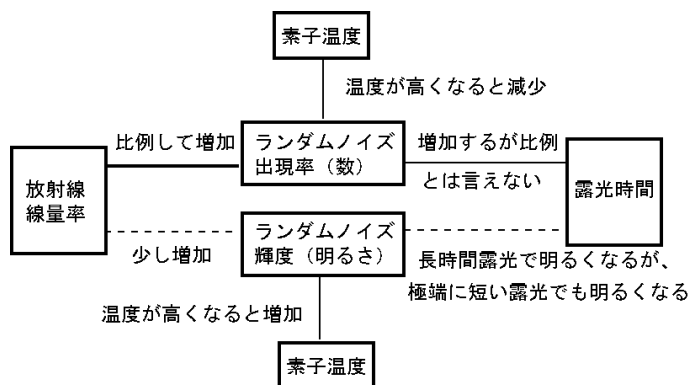


図 3 ランダムノイズと各種の撮像条件との関係

## [本研究に関する研究発表]

1) 「冷却型 CCD の放射線誘起ノイズとガンマ線照射損傷」 谷口良一、奥田修一、岡本賢一、小川喜弘、辻本忠、原子力学会春の年会予稿集 (2013 年 3 月、大阪) I56



# 自然放射線を利用した放射線画像

大阪府立大地域連携研究機構 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】** 特別な中性子源を用いずに宇宙線由来の環境中性子のみを用いた中性子ラジオグラフィの開発を行っている。環境中性子は極めて微弱である上に、数にして数桁以上多い環境 $\gamma$ 線が混在しており、実用に耐える画像を得るためには強力な $n/\gamma$ 弁別の開発が不可欠である。現在開発中の中性子画像装置は、中性子有感蛍光板と2次元光子計数装置の組み合わせであり、 $\gamma$ 線と中性子線によるパルス発光量の違いを利用して弁別を行うことで $\gamma$ 線の応答を2桁以上圧縮することが可能となった。

**【実験】** 試作した中性子画像装置を図1に示す。図のように暗箱中にシンチレータを設置し、これを2次元光子計数装置で画像化する。図2のカドミウムテストパターンを置き約600時間環境放射線で計測を行った結果を図3に示す。図3の総計数は2587371個であるが、1画素あたり約10個であり、 $n/\gamma$ 比から推定すると中性子計数は0.2個にすぎない。これでは判別不能であるので、図3は $10\times 10$ の平均化処理を行い、1画素あたりの中性子数を20個程度確保した。ただし、同じ画素中には、千個程度のガンマ線の応答が同居している。この応答は、多くの場合ポアソン統計に従って変動するため、揺らぎの標準偏差は平均値の平方根（ $\sim 32$ 個）である。このため、中性子の応答の多くはガンマ線の変動に埋もれてしまう。図3では、十文字パターンが僅かに現れているがガンマ線応答の揺らぎが強く明瞭な画像とは言えない。今後、測定時間をさらに長くするか、ガンマ線の応答をさらに圧縮する必要がある。

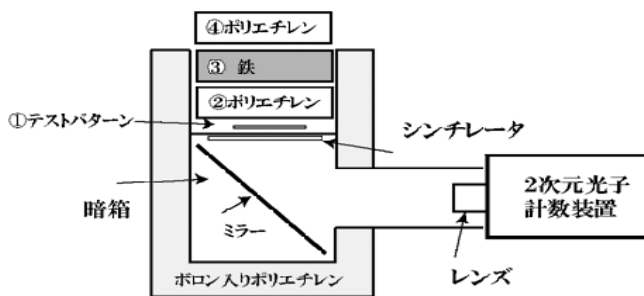


図1 2次元光子計数装置を用いた、中性子画像化装置

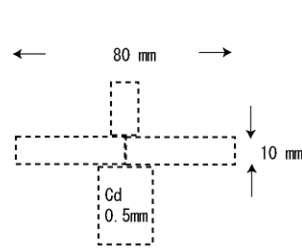


図2 テストパターン

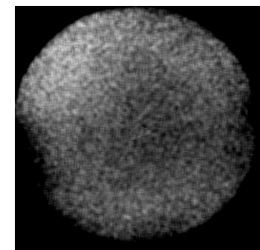


図3 環境中性子を用いた中性子画像

本研究の一部は、科学技術振興機構、研究成果展開支援プログラム(A-Step)による。

## 【本研究に関する研究発表】

- 1) 「環境中の中性子を用いたラジオグラフィ」、谷口、伊藤、非破壊検査協会放射線部門講演会資料 RT-00036 (2012.11.29.大阪) pp23-26
- 2) 「環境中性子を用いたラジオグラフィ：(1)環境中性子の評価」、谷口、伊藤、非破壊検査協会放射線部門ミニシンポジウム概要集 (2013.2.22、東京) pp7-10
- 3) 「環境中性子を用いたラジオグラフィ：(2)画像検出器の検討」、谷口、伊藤、非破壊検査協会放射線部門講演会資料(2013.7.10 東京)
- 4) 「微弱中性子画像計測における $n/\gamma$ 弁別」、谷口、伊藤、非破壊検査協会秋季講演大会概要集 (2013.11.27 広島) pp 113-114

# 高強度 THz 半サイクル光が誘起する物質の変化

大阪府立大学地域連携研究機構 奥田修一\*

大阪府立大学工学研究科 斉藤秀輝

京都大学原子炉高橋実験所 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。通常の THz 光源では、強度が十分でなく、吸収の大きい水や水溶液については、反射を利用して実験を行っているが、透過測定の実験データは比較的少なく、また強度依存性の研究は行われていない。

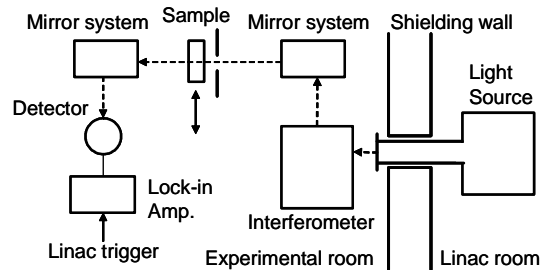


図1 吸収分光測定配置の概念図

本研究では、京大原子炉実験所 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]を利用して水及び水溶液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る。これまでに基礎的な測定を行っている。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利用して結果を解析する。

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。液体試料は、厚さ 3 mm の無水石英板で挟んで保持する。これまでに光強度を変えることによる、透過率のわずかな変化が観測された。今後測定を継続すると共に、大阪府大のライナックによる実験を準備する。

## 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) 大阪府大放射線研究センターの加速器利用研究の現状、奥田修一、谷口良一、宮丸広幸、小嶋崇夫、岡喬、第 10 回日本加速器学会年会（2013.8.3-6, 名古屋）SSFP21.

2) 高強度コヒーレント放射による吸収分光、斉藤秀輝、奥田修一、高橋俊晴、第 10 回日本加速器学会年会（2013.8.3-6, 名古屋）SAP028.

# 電子線形加速器を用いた連続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、連続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複数の CCD カメラを用いたシステムの開発を行った。

**【実験】** 開発した照射体系の概略を図 1 に示す。図のようにカメラを 3 台用意し、それぞれ照射試料を観察した。

CCD(1)はビームの直交方向から観測するもので、紫外線対応とした。また試料の反対側に青、赤の LED を設置し、

ビームと同期して一定の光パルスを発光させ、光信号の標準とするとともに、試料を透過した各波長の透過率の変化を画像輝度から逐次算出できるようにした。

CCD(2)は、前方から試料を可視光対応の画像を中心に撮像し、CCD(3)は、試料の後

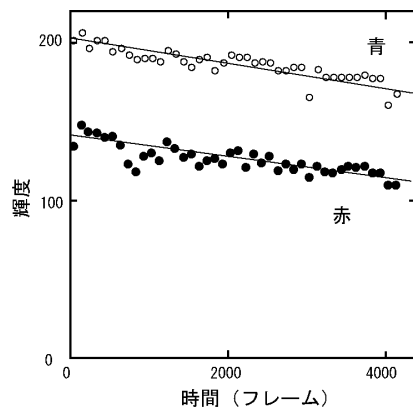


図 2 電子線照射によるガラスの着色と透過率の変化

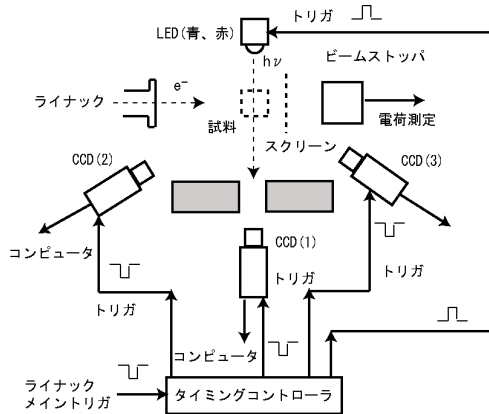


図 1 開発した電子線照射観測装置

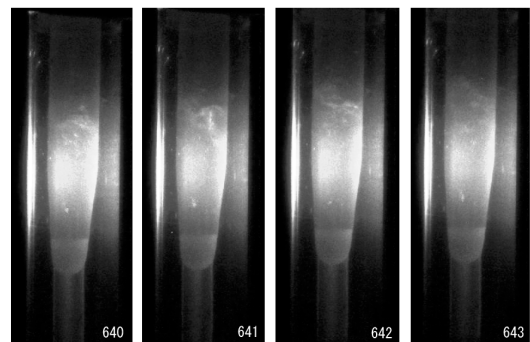


図 3 電子線照射時の液体窒素の連続ストロボ画像 (66msec 間隔)

方画像を可視光で連続撮像する。開発した測定体系では、2色の LED で逐次透過率を測定しており、透過率の変化を画像計測による輝度変化から観測した。図 2 に測定例を示す。大線量照射によるこれらの着色現象は、着色と脱色を逐次繰り返すとされており、温度に強く依存する。これらの現象をダイナミックに捉えることができた。電子線照射に伴う発光の画像を観測した場合、電子線パルス幅  $4 \mu\text{sec}$  に相当する高い時間分解能を持ったストロボ撮影が可能となる。図 3 にその 1 例を示す。内側のガラス管に充たされた液体窒素の中央部分に電子ビームが照射されている。上部の液面は、激しく変化しているが、各画像の液面の変化は十分弁別可能となっている。

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) 「電子線を用いた連続パルスラジオグラフィ法の開発」 谷口良一、伊藤憲男、非破壊検査協会春季講演大会概要集(2013年5月、東京)pp113-114

## プラズマ照射実験装置の現状

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))

C14 棟 111-2 室をプラズマ実験室として改修し、移設整備を進めてきたプラズマ実験装置を用いた実験を開始している。

直流グロー放電装置は、1 時間程度の排気で  $10^{-4}$ [Pa] のベース圧力に達した後、10[Pa] 程度の動作ガス(窒素、アルゴン、ヘリウム)を充填して、1000[V] 程度の電圧を円盤電極間に印加し 100[mA] 程度の放電を安定に維持する。生成されたプラズマは陰極に開けた穴を通して測定部に導かれる。本装置を用いた新型サーマルプローブの原理検証を平成 25 年度に予定している。サーマルプローブはプラズマ熱流束の直接計測とプラズマパラメーターの推定に用いることのできる装置であるが、短パルス高熱流束のダイバータープラズマの計測のための改良を行っている。[1]

誘電体バリア型大気圧プラズマジェット装置は、ヘリウムガス流に 10kHz-10kV 低周波交流電圧を印加し、多数のマイクロプラズマ弾を生成する。[2]本装置の電源への投入電力は 50[W] 程度であり、熱量計測によりプラズマ照射面への熱負荷は高々 1[W] にすぎない。しかし、放電中に生成される電子により、周辺ガスや溶液との相互作用で多数の活性ラジカルが生成される。そのため、熱を使わない溶液中の有害化学物質の分解や滅菌等のプラズマの生物学的応用についても研究を開始している。電極構造を並列したリング状から、針電極を用いてアルゴンを動作ガスとすることもできる新たな大気圧放電装置の試作も平成 25 年度より進めている。

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) "Improvement of thermal probe method for the plasma diagnostics", H.Matsuura et al., *Contrib. Plasma Phys.* 44(2004)677-682.
- 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) 「温度勾配型サーマルプローブの小型化」, 松浦寛人、大西雄馬、大島慎介、門信一郎、水内亨、永岡賢一, 第 29 回プラズマ・核融合学会年会講演会(2013, 東工大) 05aE45P.
- 2) "Calorimetric Estimation of Atmospheric Pressure Plasma Jet Heat flux onto Aqueous Solution Samples", H.Matsuura, Y.Onishi, S.Kongmany, and S.Okuda, *Proc. 9<sup>th</sup> AEPSE* (2013, Jeju) P4-2.

## Degradation of Phorbol esters in aqueous solution by advance oxidation processes

<sup>a</sup> Graduate School of Engineering, Osaka Prefecture University

Santi Kongmany<sup>a\*</sup>

<sup>b</sup> Radiation Research Center, Osaka Prefecture University

Shuichi Okuda<sup>b</sup>, Hiroto Matsuura<sup>b</sup>,

(\* 072-252-1161- 4227, dw105003@edu.osakafu-u.ac.jp)

Masakazu Furuta<sup>b</sup>, Kiyoshi Imamura<sup>b</sup>,

Yasuaki Maeda<sup>b</sup>

Phorbol esters (PEs) are highly toxic tetracyclic-diterpenoids due to their well-known biological effects such as skin irritancy, inflammation, tumor promotion, etc. [1]. The PEs are naturally found as the main toxin in *Jatropha curcas* L. (*J. curcas* L.) seed oil which is currently promoted as a potential feedstock for bio-diesel production [2]. However, direct and indirect releasing PEs into environment has been concerned [3]. In our recent-study, *J. curcas* phorbol esters (*J.PEs*, 10 mg/L) in aqueous solution were completely degraded in 15 min with plasma irradiation (Fig. 1). In case of <sup>60</sup>Co- $\gamma$ -ray irradiation, the

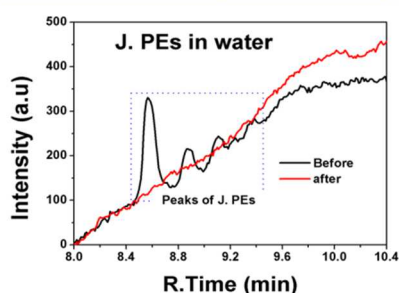
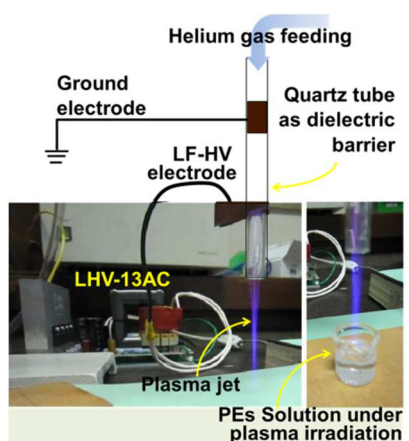


Fig. 1. Dielectric barrier discharge plasma used in the study of *J.PEs*.

### Papers and Conferences

- 1) S. Kongmany, et al., 2013, Journal of Physics: Conference Series **441** (2013) 012006.
- 2) S. Kongmany et al., 11<sup>th</sup> APCPST and 25<sup>th</sup> SPSM, Kyoto, Japan (2012).
- 3) S. Kongmany et al., Annual Meeting of the Atomic Energy Society of Japan (AMAESJ), Osaka, Japan (2013)
- 4) S. Kongmany et al., International Meeting on Radiation processing (IMRP-17), Shanghai, China (2013).

degradation of standard phorbol 12,13-diacetate (PDA, 10 mg/L) in aqueous solution was first investigated. It was found that more than 99% of PDA could be degraded in 17 min (442 Gray) using <sup>60</sup>Co- $\gamma$ -ray source with dose rate of 1.56 kGy/h (Fig. 2).

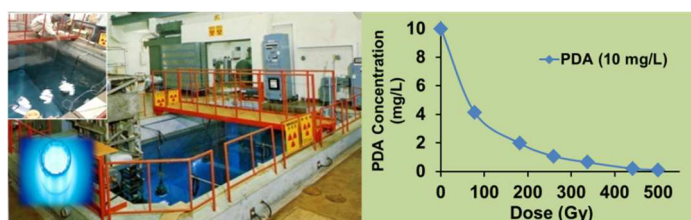


Fig. 2. <sup>60</sup>Co- $\gamma$ -ray irradiation facility used in the study on the degradation of phorbol esters.

### References

- 1) G. Goel, et al., 2007, *International journal of toxicology* 26: 279–88. doi:10.1080/10915810701464641.
- 2) W. Haas, et al., 2002, *J. Nat. Prod.* 59: 1434–1440.
- 3) R. K. Devappa, et al., 2010, *Biomass and Bioenergy* 34: 1125–1133. doi:10.1016/j.biombioe.2010.03.001.

## 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)

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(PEs)の無害化方法の開発が望まれている。[1] 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。放射線研究センターで新たに試作した誘電体バリア放電型の大気圧プラズマジェットが有効な作用を示すことが我々のグループによって始めて示された。しかしながら、フォルボールエステルの種類によって消失効率に違いがあり、ラジカル生成機構の定量化とより高効率なプラズマ源の開発が必要である。

また、コバルト 60 ガンマ線照射時のフォルボールエステルの分解過程(図 1)が詳細に調べられた。純水にガンマ線照射を行うと OH ラジカル濃度(●)は 1kGY でほぼ一定値に飽和するが、標準フォルボールエステル(PDA)が存在すると、PDA の消失(○)と生成されたラジカルの消費(◆)がよく対応している。ラジカルスカベンジャーの PEs 分解に及ぼす効果も調べられた。

両照射法の効果の違い、中間性生物、分解のメカニズムについて研究を継続中である。

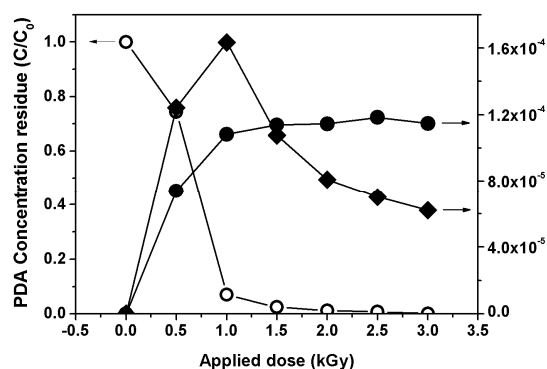


Fig.1 ガンマ線照射時の PEs 分解過程

### 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.

### 本研究に関する研究発表（原著論文、その他報文、学会等報告）

- 1) "Plasma application for Detoxification of Jatropha phorbol esters", S.Kongmany, H.Matsuura, M.Furuta, K.Imamura, Y.Maeda, S.Okuda, Journal of Physics: Conference Series, 441(2013)012006.
- 2) 「水溶液中のフォルボール 12,13 ジアセテートのガンマ線誘起不活化」, サンティ・コンメイ、松浦寛人、古田雅一、奥田修一、原子力学会 2013 年春の年会(2013, 近畿大学) F39.

## EL による 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

大阪府立大学大学院工学研究科 奥野泰希

(\*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、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注目されている。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 強度の増加が観測された (図 1)。また、このときの太陽電池の電気性能を測定したところ、照射前に比べてその電気性能が向上することが確認された(図 2)。これらの減少は、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。

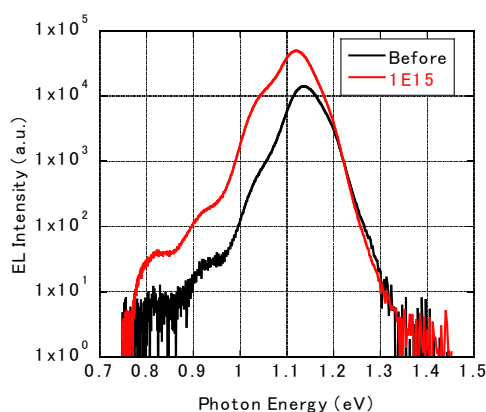


図 1 CIGS 太陽電池の電子線照射による EL 強度の増加

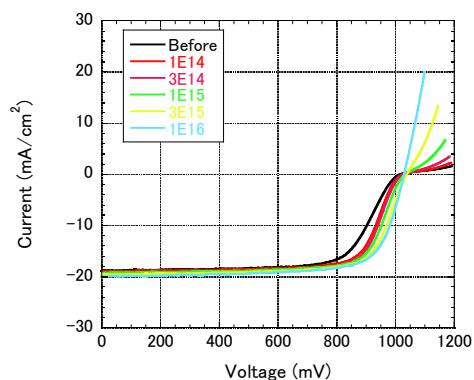


図 2 電子線照射による電気性能の向上

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, "INCREASE OF CARRIER DENSITY IN CIGS THIN-FILM SOLAR CELLS BY HIGH-ENERGY ELECTRON IRRADIATION" E-MRS SPRING MEETING (STRASBURG) 2012.

## Zr 基バルクアモルファス合金への電子線照射に対する緩和効果

大府大院工 石井康嗣、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  
京大原子炉 佐藤紘一、徐虬、義家敏正

(\*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】

Zr 基バルク金属ガラスは高いガラス形成能と機械的特性を有しており、これらの特性は自由体積と呼ばれる結晶状態に比べて過剰な空隙と密接に関係している。<sup>1)</sup> バルク金属ガラスは非平衡状態であるため、熱などのエネルギーを与えることによって緩和や結晶化のような構造変化を示すため、様々なエネルギー付与による特性改質が試みられている。その一つが焼鈍である。ガラス転移温度以下で焼鈍することによって構造緩和と呼ばれる現象が起こり、結晶化はせずアモルファス状態を保ったまま密度の上昇と自由体積の収縮を起こす。<sup>1,2)</sup> 近年の研究では、金属ガラス中での固体的な強い結合領域と液体的な弱い結合領域の存在が指摘されており、構造緩和がこういった領域に影響を与えることが示唆されている。<sup>3,4)</sup> さらに、バルク金属ガラスは急冷による生成過程において過剰な空隙（自由体積）を内包するが、室温付近ではこの自由体積は余剰に凍結されているため低温でも長時間で緩和がすすむ。そのため、低温での予備焼鈍により余剰な自由体積は除去され理想ガラス状態に近づく。このような予備焼鈍により硬さ等の特性も変化することがわかってきている。もう一つの特性改質へのアプローチが電子線やイオンといった粒子線照射であり、我々は粒子線照射がバルク金属ガラスの機械的特性と自由体積に及ぼす影響を研究している。本年度は電子線照射前に予備焼鈍を行うことにより、バルク金属ガラスの電子線照射効果における構造緩和に対する予備焼鈍の影響についての検討を行った。

### 【実験方法】

試料は傾角鋳造法により作製したバルク金属ガラス  $Zr_{50}Cu_{40}Al_{10}$  (10 cm × 6~8 mm φ) の棒状試料を 0.5 mm 程度のディスク状に切出したものを用いた。ガラス転移温度以下である 673 K で 5 時間焼鈍により構造緩和させた試料と焼鈍を行わない試料に対してそれぞれ室温で 8 MeV(京都大学原子炉実験所 LINAC)の電子線照射を行なった。照射量は  $1 \times 10^{17} \sim 2 \times 10^{18}$  /cm<sup>2</sup> 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った。

### 【結果と考察】

Fig. 1 に予備焼鈍を行った  $Zr_{50}Cu_{40}Al_{10}$  バルク金属ガラスの電子線照射線量に対する電子線照射後の陽電子寿命値変化を示す。これまで未焼鈍での同様の実験では線量の増加につれ、陽電子寿命の変化が大きくなり最大照射量となる  $2 \times 10^{18}$  e/cm<sup>2</sup> では約 10 psec の陽電子寿命値の増加が見られ、電子線照射による弾き出し損傷によって形成した大きな空隙の存在を示した。また、低線量  $1 \times 10^{17}$  e/cm<sup>2</sup> でもわずかに空隙の変化が起こっていた。一方、予備焼鈍を行った場合も照射による陽電子寿命の増加が観測されるが、その傾向は予備焼鈍無しの場合と異なり比較的低線量から変化が観測された。すなわち予備焼鈍無しの場合の  $2 \times 10^{18}$  e/cm<sup>2</sup> での 10 psec もの寿命増加が予備焼鈍後の照射では  $10^{17}$  e/cm<sup>2</sup> で既に 10 psec 程度の変化を示した。しかし、Fig.2 に示す通り予備焼鈍の有無に関わらず長周期構造の形成を示すようなドップラープロファイルの大き



な変化は観測されなかった。金属ガラスは構造緩和によって化学的短距離秩序が形成されるという報告<sup>5)</sup>があり、予め焼鈍をした場合は理想ガラス状態に近づくために単範囲の規則構造が予備焼鈍無しの場合に比べて緻密化したことが予想される。そのため本質的なランダム構造ではなく、単範囲秩序が形成されており結晶への照射効果と同様に弾き出し損傷が主に生じており、これに対し急冷後のそのままの状態では無秩序なアモルファス領域が残留しており、照射によってこれらの領域へのエネルギー付与によって格子欠陥的な弾き出し損傷ではなくランダム構造の単範囲規則化も同時に生じているために空隙生成が顕著に現れるまでに必要な線量が高くなるためであると考えられる。そのためZr基バルク金属ガラスにおいては電子線照射による損傷は局所的な単範囲規則化と弾き出し損傷が起こり得るため、照射効果はマトリクスの状態に依存することが分かった。

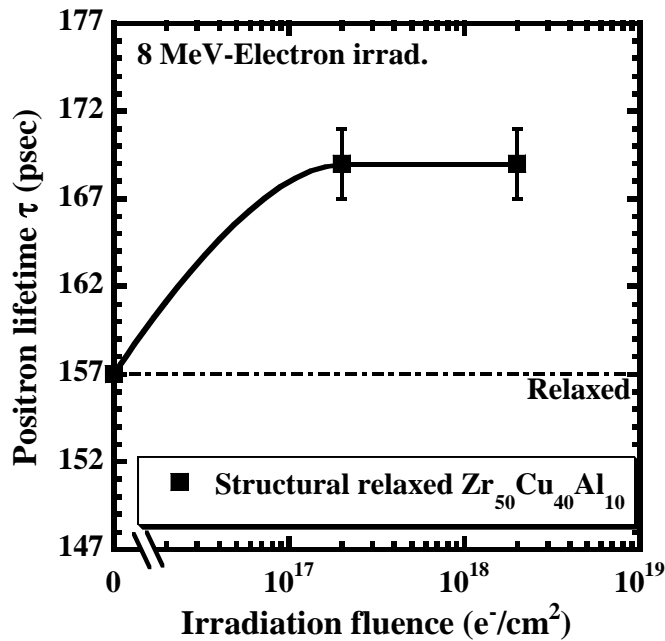


Fig. 1 予備焼鈍した  $Zr_{50}Cu_{40}Al_{10}$  バルク金属ガラスへの電子線照射による陽電子寿命変化

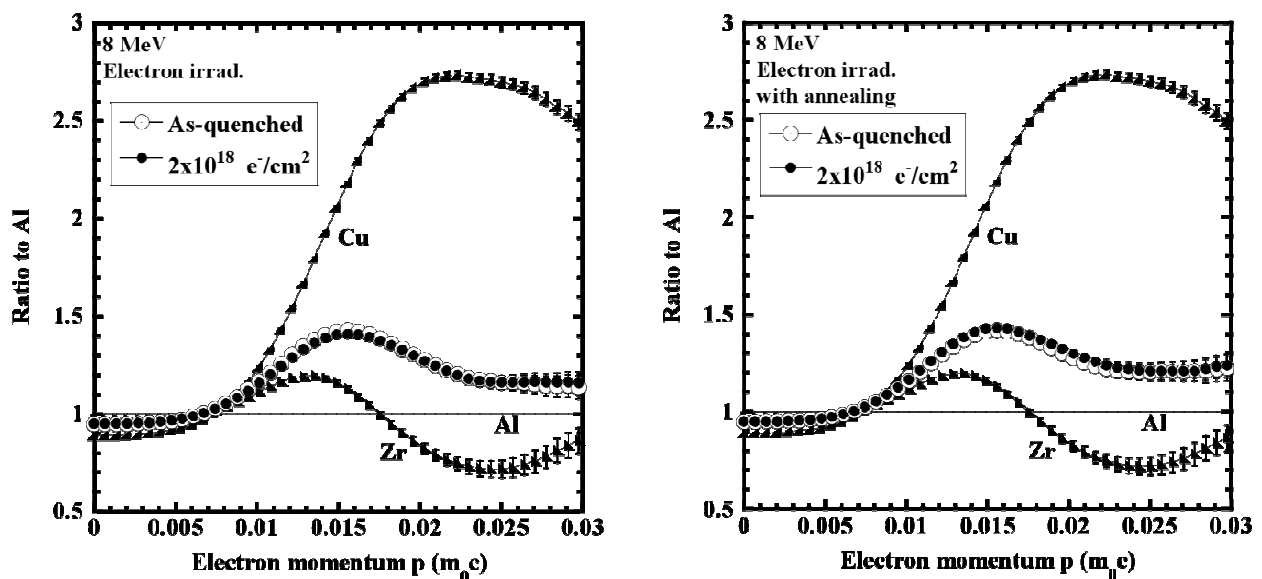


Fig. 2 未焼鈍 (左) 予備焼鈍 (右)  $Zr_{50}Cu_{40}Al_{10}$  バルク金属ガラスへの電子線照射前後でのドップラープロファイル

## 参考文献

- 1) Yokoyama Y, Akeno Y, Yamasaki T, Liaw P K, Buchanan R A and Inoue A 2005 Mater. Trans. 46 2755-61.
- 2) Ishii A, Hori F, Iwase A, Fukumoto Y, Yokoyama Y and Konno T J 2008 Mater. Trans. 49 1975-78
- 3) Ichitsubo T and Matsubara E 2009 Mater. Sci. Eng. A 521-522 236-42
- 4) Shimono M and Onodera H 2007 Mater. Sci. Eng. A 449-451 717-21
- 5) Komatsu T and Matusita K 1986 J. Mater. Sci. 21 1693

## 本研究に関する研究発表 学会発表

1. N Onodera, A Ishii, A Iwase, Y Yokoyama, K Sato, Q Xu, T Yoshiie and F Hori “Positron annihilation study of free volume in electron irradiated  $Zr_{50}Cu_{40}Al_{10}$  bulk glassy alloy: Effects of thermal relaxation before irradiation” 16th International Conference on Positron Annihilation (ICPA-16) Bristol, United Kingdom August 19-24, 2012
2. 小野寺直利、石井顕人、岩瀬彰宏、横山嘉彦、佐藤紘一、徐虬、義家敏正、堀史説、「バルク状  $ZrCuAl$  アモルファス合金への電子線照射による局所構造変化の組成依存性」、日本物理学会 2012 秋季大会（2012 年 9 月 18-21 日、横浜）
3. N.Onodera, A.Ishii, K.Ishii, A.Iwase, Y.Yokoyama, Y.Saitoh, N.Ishikawa, A.Yabuuchi and F.Hori, “Irradiation Effect of Swift Heavy Ion for  $Zr_{50}Cu_{40}Al_{10}$  Bulk Glassy Alloy”, 8th International symposium on Swift Heavy Ions in Matter (SHIM 2012), Kyoto, Japan, 24-27 October, 2012
4. F. Hori, N. Onodera, K. Ishii, A. Ishii, A. Iwase, and Y. Yokoyama, Measurements of hardness and free volume change of eutectic and hypoeutectic  $ZrCuAl$  bulk glassy alloys after heavy ion irradiation, 8th International symposium on Swift Heavy Ions in Matter (SHIM 2012), Kyoto, Japan, 24-27 October, 2012
5. 小野寺直利、石井康嗣、岩瀬彰宏、横山嘉彦、徐虬、佐藤紘一、義家敏正、堀史説、「Zr 基非晶質バルク合金への粒子線照射効果に関する研究」、第 47 回京都大学原子炉実験所学術講演会（2013 年 1 月 29-30 日、大阪）
6. 堀史説 第 48 回放射線科学研究会（平成 24 年 7 月 13 日大阪）アモルファス金属への粒子線照射によるナノ構造・特性変化,
7. 石井康嗣、小野寺直利、岩瀬彰宏、横山嘉彦、堀史説, Zr 基バルクアモルファス合金への重イオン照射による強度と局所構造変化, 材料物性工学談話会（1 月 18 日、大阪）

## 発表論文

1. Positron annihilation study of free volume in electron irradiated  $Zr_{50}Cu_{40}Al_{10}$  bulk glassy alloy: Effects of thermal relaxation before irradiation, N Onodera, A Ishii, A Iwase, Y Yokoyama, K Sato, Q Xu, T Yoshiie and F Hori, Journal of Physics: Conf. Series 443 (2013) 012022
2. Local structure and hardness change of  $Zr_{50}Cu_{40}Al_{10}$  bulk glassy alloy after heavy ion irradiation, N.Onodera, A.Ishii, Y.Fukumoto, A.Iwase, Y.Yokoyama, F.Hori, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B 282 (2012) 1-3

## γ線照射還元法を用いた Au-Pd ナノロッドの合成

阪府大院工マテリアル工学分野 永田光一郎、堀達朗、小林直暉、岩瀬彰宏、堀史説\*  
独立行政法人産総研 秋田知樹、田中真悟

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

Au 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 Au 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 Au 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。ま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、多元系ナノロッドの合成は新たな機能性材料としての可能性がある。しかしながら、形状を制御した上に多元系で構造を制御することは容易ではない。我々はこれまでに、様々な照射励起反応場を用いて Au ナノロッドの合成および球状 Au(コア)-Pd(シェル)の合成制御に成功してきた。そこで、本研究ではγ線照射還元反応場を用いて Au-Pd ナノロッドの生成を試み、さらに生成したナノ粒子の光学特性などについて評価した。

ナノ粒子の合成は初めに Au ナノロッドの合成とそれに引き続き Pd イオンを添加してからそれぞれγ線の照射を二段階に分けて行った。第一段階では、 $\text{Au}^{3+}(\text{NaAuCl}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} : 0.47 \text{ mM})$ に界面活性剤 CTAB(75 mM)、 $\text{AgNO}_3(0.11 \text{ mM})$ 、 $\text{H}_2\text{SO}_4(2.58 \times 10^{-3} \text{ mM})$ 、アスコルビン酸(1.1 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 6.0kGy、線量率 4.8、6.0 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 : 0.23 mM)に  $\text{Pd}^{2+}(\text{PdCl}_2 \cdot 2\text{NaCl} \cdot 3\text{H}_2\text{O} : 0.23\text{mM})$ 、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 6kGy、線量率 4.75、8.0 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。

右図に各線量率における照射した溶液の吸光度測定結果を示す。第一段階照射後の溶液はどちらの線量率でも2つのピークが見られることから Au ナノロッドが生成していることがわかる。第二段階照射後は 4.8 kGy/h の溶液は長波長側のピークが消えており、Au 表面が消失したものと考えられる。また TEM 観察ではナノロッドの大きさやアスペクト比に大きな変化は見られなかった。一方で 8.0 kGy/h で照射した溶液は長波長側のピークが低波長側に 40 nm シフトしていた。このことから、第一段階で生成した Au ナノロッドの表面で Pd との反応が生じた結果、ロッド表面を Pd が覆い、コアシェル型のロッドが生成したものと考えられる。

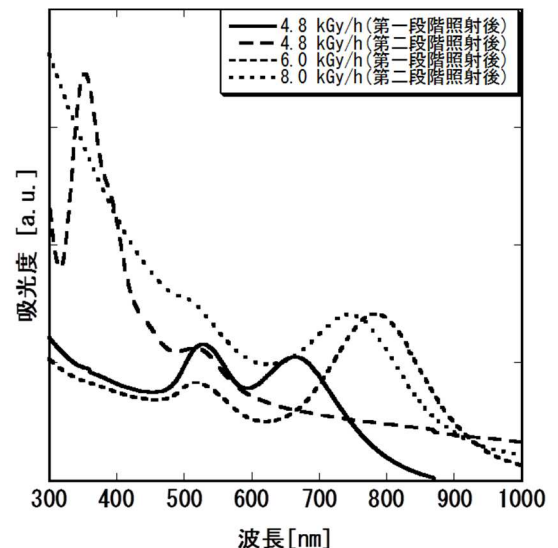


図 各照射における吸光度測定結果

## 本研究に関する研究発表

- 1) ナノ学会 2012年 6月 開催場所 大阪大学  
発表題目「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」  
著者 阪府大工 永田光一郎、岡本晃彦、岩瀬彰宏、堀史説  
産総研ユビキタス 秋田知樹、田中真悟
- 2) GOLD2012 2012年 9月 開催場所 京王プラザホテル東京  
発表題目「Synthesis of bimetallic Au-Pd nanorods by using ultrasonic irradiation reduction method」  
著者 Osaka Prefecture University, K.Nagata, A.Okamoto, T.Akita, A.Iwase, and F.Hori  
Research Institute for Ubiquitous Energy Devices, AIST, S.Tanaka, N.Taguchi,
- 3) 第8回励起ナノプロセス研究会 2012年 12月 開催場所 大阪大学  
発表題目「照射励起還元によるAu-Pd合金ナノロッドの合成とその光学的特性」  
著者 阪府大院工 永田光一郎、岡本晃彦、堀達朗、岩瀬彰宏、堀史説

## γ線照射還元法を用いた銅イオンの還元及びナノ微粒子の生成

阪府大工 堀達朗、岡本晃彦、永田光一郎、岩瀬彰宏、堀史説\*

独立行政法人産総研 秋田知樹、田中真悟

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

【緒言】銅ナノ微粒子は資源として安価であり、単体金属としては銀に次ぐ導電率を持つため、銀ナノ微粒子に代わる導電性ナノインクや電気的材料等の幅広い分野での利用が可能である。また可視光域の560~580 nm 付近に局在表面プラズモン共鳴に起因するピークを持つことから、光学的な応用も期待できる材料であり、元素戦略的観点から特に重要な元素の粒子である。一般に銅微粒子は既に化学的手法を用いて合成されているが、表面活性が高いため、反応中や生成後に酸化・再溶解が起こりやすく、酸化防止、ナノサイズ化制御での大量合成が非常に難しい。本研究では、還元反応の励起・促進が可能な照射場還元法の一つであるγ線を用いて高エネルギー反応場下において水系溶媒中での銅ナノ微粒子の合成を試みた。

【実験方法】純水に銅錯体として $\text{Cu}(\text{COOCH}_3)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ : 0.50 mM, 界面活性剤SDS:10 mM, ジエチレングリコール(DEG): 0 or 8.5 vol%を加えた水溶液20 mLを照射溶液として調製後、10分間Arガスで脱気し、これらの溶液をプラスチック容器に入れてγ線照射(大阪府立大学放射線研究センター)を線量率 4.70 kGy/h、照射線量 20 kGyで照射時間 4時間15分行った。照射温度はすべて室温で一定に保持して行った。照射後の溶液は紫外可視分光光度計(UV/vis)を用いて吸光度測定を行い、生成した粒子は回収して、透過型電子顕微鏡(TEM)による観察を行った。

【結果】図1, 2にそれぞれの溶液のγ線照射前後の吸光度測定結果を示す。γ線照射後のDEG未添加の溶液の吸光度スペクトルには570 nm付近に銅ナノ微粒子の生成に対応するプラズモン吸収ピークが現れ、γ線照射によって銅ナノ微粒子が生成したことが示唆される。また300 nm付近に酸化銅(II)ナノ微粒子の生成に対応するプラズモン吸収ピークも見られた。TEM観察からγ線照射で生成した粒子は単分散で平均粒径13nm, 標準偏差11nmの粒子であり、また電子線回折パターンからfcc構造の純銅であることが確認でき、銅ナノ微粒子の合成が可能であることがわかった。これは溶液にγ線を照射することによって起こる水の放射線分解により、溶液中に強力な還元種である水和電子( $e_{aq}$ )が導入され、銅イオンの還元を促進したためだと考えられる。一方DEGを添加した溶液もγ線照射によって銅ナノ微粒子が生成した。同時に酸化銅(I)ナノ微粒子も生成したが、DEG未添加の溶液に比べその吸収ピーク強度は減少しており、DEGを添加することで銅ナノ微粒子の酸化を抑制できることがわかった。TEM観察からは平均粒径17nm, 標準偏差4nmとより単分散な粒子が得られた。以上の結果は、γ線照射の還元過程においてDEGがラジカル捕捉剤として作用し、γ線照射で生成する酸化性ラジカルであるヒドロキシラジカル量を減少させたためであると考えられる。

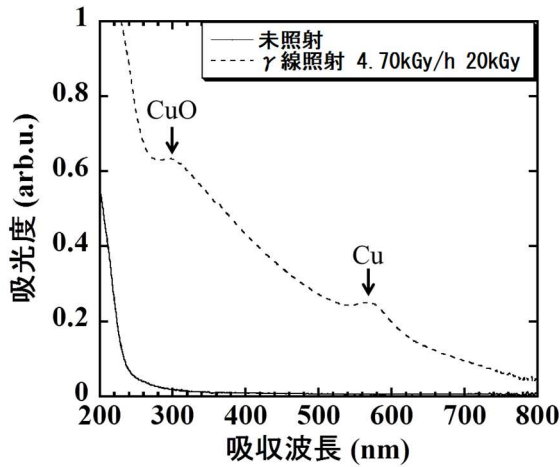


図1  $\gamma$ 線照射前後の溶液の吸光度  
スペクトル (DEG 未添加)

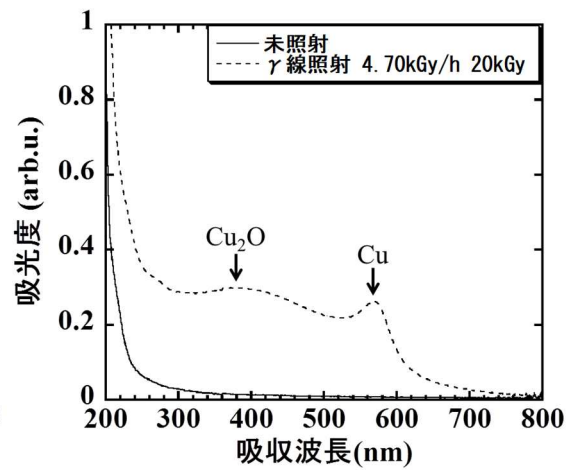


図2  $\gamma$ 線照射前後の溶液の吸光度  
スペクトル (DEG 添加)

#### 参考文献

- 1) Thi My Dung Dang et al., Adv. Nat. Sci.: Nanosci. Nanotechnol. 2(2011) 025004

#### 本研究に関する研究発表

- 1) 日本鉄鋼協会・日本金属学会関西支部材料開発研究会 (2012年12月関西大学)

「 $\gamma$ 線照射還元法による銅ナノ微粒子の合成」

堀達朗、岡本晃彦、永田光一郎、岩瀬彰宏、堀史説

- 2) 第152回 日本金属学会春季大会 (2013年3月東京理科大学)

「 $\gamma$ 線照射励起還元法を用いたCu系ナノ微粒子の合成」

堀達朗、岡本晃彦(院生)、永田光一郎(院生)、岩瀬彰宏、堀史説

# 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

阪府大院工マテリアル工学分野 井手原龍一\*、井上博之、岩瀬彰宏  
大阪府立大学 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)

## 1. はじめに

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持たれている。筆者のグループでは、従来ほとんどデータが無かった、大気開放下での腐食挙動について検討している<sup>1)</sup>。本報では、試験溶液の pH が、ガンマ線照射下での塩化物水溶液中での純鉄の腐食速度に与える影響について検討した結果を報告する。

## 2. 実験方法

試験片には、表面と側面を #120 のエメリー紙で乾式研磨仕上げした純鉄板 (>99.99 %, 10×20 mm, 厚さ ; 1 mm) を用いた。試験片は、ホウ珪酸ガラス製の治具を用いて、溶液中に垂直方向につり下げた。溶液には 1 mM ならびに 10 mM, 0.6 M, 5 M の NaCl 水溶液を用いた。これらの溶液に 0.1 mM 及び 1 mM HCl ならびに 10 mM H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>, 1 mM 及び 100 mM NaOH を添加して溶液 pH を変化させた。溶液の容量はいずれも 80 mL とした。試験片を浸漬した溶液に対し、吸収線量率が 12 kGy/h のガンマ線を連続照射した。照射下での浸漬時間はいずれも 72 h とした。液温は 26 から 28°C であった。浸漬中は、小型ポンプで、試験溶液の気相部へ室内大気を導入した。比較のため、気相部へ Ar ガスを導入した条件下での浸漬試験もおこなった。腐食速度はエタノール中で超音波洗浄後、実験前後の重量減少量から求めた。

## 3. 結果および考察

Fig. 1 と 2 に、1 mM ならびに 5 M NaCl 溶液へ種々の化学種を添加して pH を変化させた溶液中での、純鉄の腐食速度に対するガンマ線照射の影響を示す。黒塗りのプロットはガンマ線照射下、白抜きのプロットは非照射下での腐食速度をそれぞれ示す。いずれの NaCl 溶液中でも、ガンマ線照射下の腐食速度は、非照射下の数倍にあたる 0.3 から 0.4 mmy<sup>-1</sup> に増加している。10 mM ならびに 0.6 M NaCl 中においても、照射下では同様の水準まで腐食速度は増加した。図中の各結果は、試料を浸漬する前後に測定した溶液 pH の平均値に対してプロットした。また、矢印の両端は、浸漬前ならびに浸漬後の pH を示す。両図に示されているとおり、照射下では非照射下と比較し、よりアルカリ側の pH 域まで高い腐食速度が維持された。照射下では、溶液のラジオリシスで生じた酸化性ラジカルあるいは過酸化水素によって酸化皮膜の保護性が低下し、よりアルカリ側の pH まで高い腐食速度が維持された可能性が推察される。Fig. 3 の(a)と(b)に気相部に Ar ガスを導入した条件下で、ガンマ線照射による腐食速度への溶液 pH の影響を検討した結果を示す。比較のため、大気を導入した Fig. 1 と 2 の結果を図中に破線で示した。1 mM NaCl 中での Ar ガス下での腐食速度は、大気開放下での非照射を下回るレベルにまで低下した。

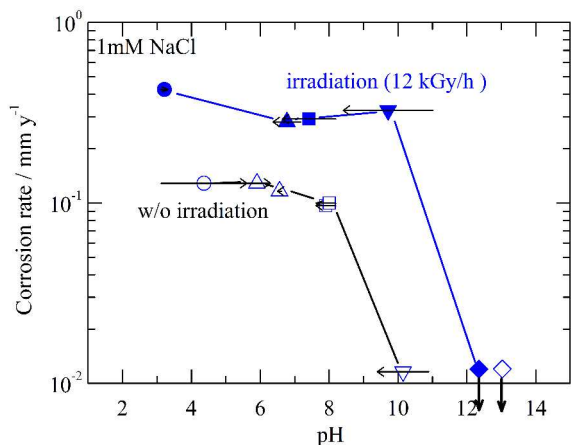


Fig.1 照射ならびに非照射下における 1mM NaCl 中の腐食速度の pH 依存性 (■, □: 添加剤なし, ●, ○: 1mM HCl, ▲, △: 10mM H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>, ▼, ▽: 1mM NaOH, ◆, ◇: 100mM NaOH)

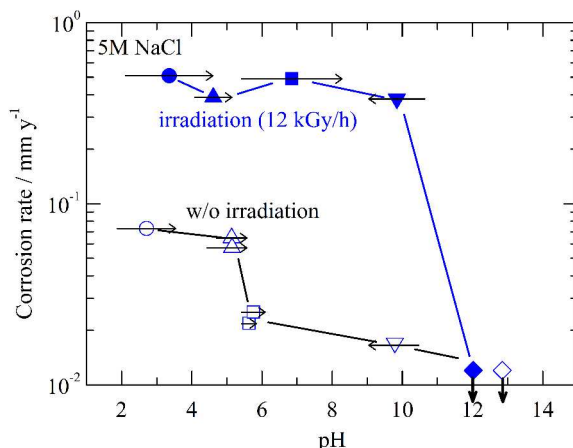


Fig.2 照射ならびに非照射下における 5M NaCl 中の腐食速度の pH 依存性 (■, □: 添加剤なし, ●, ○: 1mM HCl, ▲, △: 10mM H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>, ▼, ▽: 1mM NaOH, ◆, ◇: 100mM NaOH)

これより、大気開放下での照射による腐食速度の増加は、大気から溶解した O<sub>2</sub> や N<sub>2</sub> を含む溶液のラジオリシスによって、H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> や NO<sub>3</sub><sup>-</sup> が生成<sup>2)</sup>したことに起因すると推察される。

一方、5M NaCl 中では、O<sub>2</sub> や N<sub>2</sub> の溶解度は小さい反面、腐食反応で溶出した Fe<sup>2+</sup> の溶解度は、塩化物イオンとの錯体の形成により、同じ濃度の希薄塩化物水溶液と比較すると高い。このため、ラジオリシスによって生じた OH ラジカルとの反応により Fe<sup>2+</sup> が Fe<sup>3+</sup> となり、強い酸化剤として作用した可能性が推察される。また、塩化物イオンと酸化性ラジカルとの反応によって生じた ClO<sup>-</sup> が<sup>3)</sup>同じく酸化剤として作用した可能性もある。

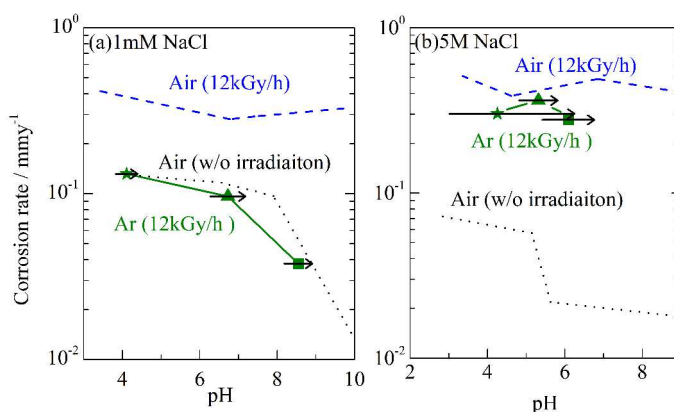


Fig.3 気相部に Ar ガスを導入した塩化物水溶液中での腐食速度 (破線は Fig.1 ならびに Fig.2 の結果を示す。■: 添加剤なし, □: 0.1mM HCl, ▲: 10mM H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>)

1)井上博之, 小嶋崇夫, 岩瀬彰宏, 材料と環境 2012 講演集, Paper No. A-103 (2012), 2) Y.Etoh, H.Karasawa, E.Ibe, M.Sakagami and T.Yasuda, J.Nuclear Sci. and Tech.,24, 672(1987), 3)M. Kelm and E. Bohnert, Nuclear Technology,129, 119(2000)

#### 本研究に関する研究発表

- (1) 第 59 回材料と環境討論会 (腐食防食学会秋季大会 2012) ,(2) 原子力学会 2012 春の年会  
(3) 材料と環境 2013 (腐食防食学会春季大会) ,(4) 第 60 回材料と環境討論会 (腐食防食学会秋季大会 2013)



## InGaAsN/GaAsSb タイプ II 量子井戸構造における 2次元電子伝導特性

大阪府大・工

日比野 暁

大阪府大・地域連携

川又 修一\*、河村 裕一

(\*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 マイクロメートル帯の光検出器が開発されており、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[1-3]。今回、我々は InGaAs/GaAsSb シングルヘテロ(SH, N=0%)、Si ドープしていないタイプ II 量子井戸(MQW, N=0%)、および InGaAs 層に窒素を 0.6 ~ 1.5%までドーピングした InGaAsN/GaAsSb (N=0.6, 1.2, 1.5%) タイプ II 量子井戸について、2次元電子の伝導特性測定を行ったので比較報告する。2 ~ 6 K におけるいくつかの温度において、磁場領域 -9 ~ +9 Tesla での電気抵抗およびホール抵抗の磁場依存性を測定した。温度  $T=2$  K における各サンプルの電気抵抗の磁場依存性を図 1 に示す。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。振動周期の温度依存性を解析することにより、有効質量を求めることができる。有効質量は自由電子の質量を  $m_e$  として、シングルヘテロ(SH, N=0%) では  $0.044m_e$ 、N=0.6%では  $0.053 m_e$ 、N=1.2%では  $0.059 m_e$  と、窒素をドーピングすることで大きくなることがわかった。

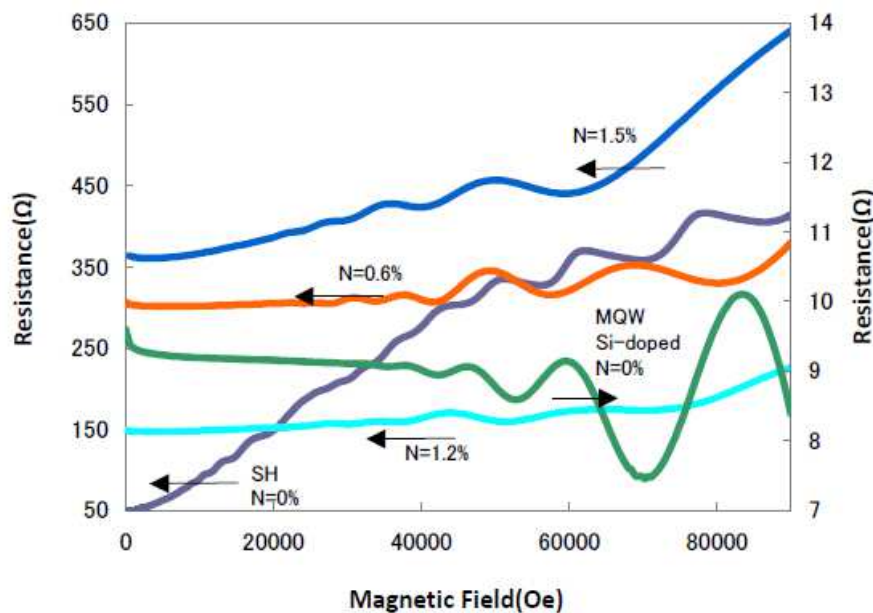


図 1 InGaAsN/GaAsSb (N=0, 0.6, 1.2, 1.5%)における電気抵抗の磁場依存性

### 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.
- 3) H. Matsui, M. Narushima, Y. Kawamura, N. Inoue, S. Endo, H. Uozaki and N. Toyota, Jpn. J. Appl. Phys. 36 (1997) L1287

# InP 基板上への赤外センサ用 type-II InAs/GaSb 超格子の作製

大阪府立大 地域連携 河村裕一\*

住友電気工業 三浦宏平、猪口正博

(\*本研究に関する連絡先：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。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、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。我々は、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 基板の使用を考えている。今回 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[1]。

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。

Fig.1 は InP 基板上 InAs/GaSb SL の TEM 画像である。平坦な界面の SL が形成されていることがわかる。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. 2)。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。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。

## 参考文献

- [1] “Type II InAs/GaSb superlattice grown on InP substrate”  
K. Miura, Y. Iguchi and Y. Kawamura J. Crystal Growth 378 (2013) pp.121-124

Fig.1

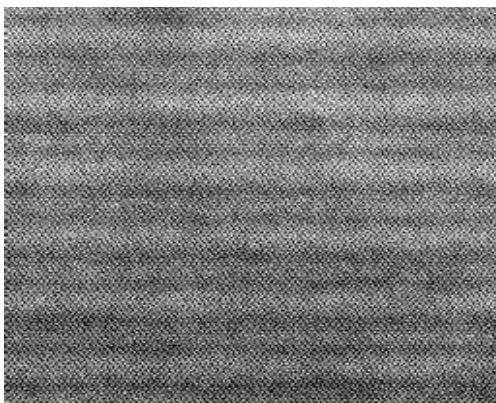
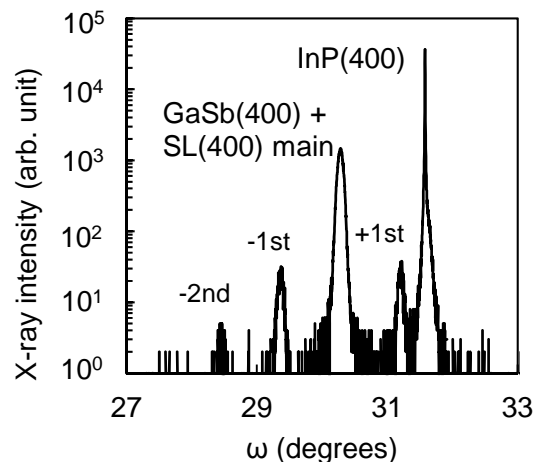


Fig.2

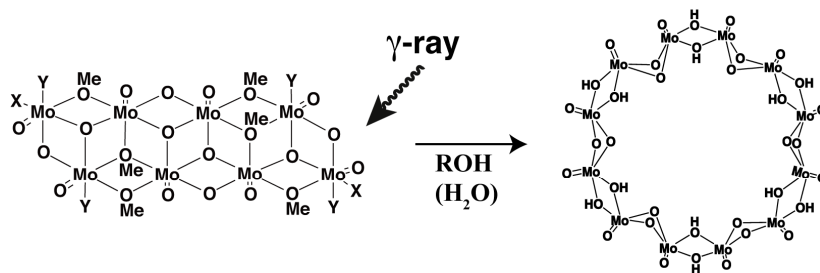


# ガンマ線照射による不完全キューバン様モリブデン多核錯体から大環状錯体の合成

大阪府立大学地域連携機構 清田俊治\*

(\*本研究に関する連絡先：電話（内線）4283、メール kiyoda@riast.osakafu-u.ac.jp)

[はじめに] 筆者は  $\text{MoCl}_5$  がメタノール中で  $\text{AgBPh}_4$  または  $\text{AgBF}_4$  と反応して  $[\text{Mo}_8\text{O}_{16}(\text{OMe})_4\text{X}_2\text{Y}_4]$  タイプの不完全キューバン様  $\text{Mo}_8$  核錯体を生じることを見いだした。この不完全キューバン様  $\text{Mo}_8$  核錯体は、2-フェニレンジアミンやテレフタル酸ジアニオンと反応して大環状  $\text{Mo}$  多核錯体を生成することも明らかにした。本研究では、ガンマ線照射により生じる  $\text{OH}$  基を架橋基として、大環状  $\text{Mo}$  多核錯体の生成を試みた。



不完全キューバン様  $\text{Mo}_8$  核錯体  
 $[\text{Mo}_8\text{O}_{16}(\text{OMe})_4\text{X}_2\text{Y}_4]$

大環状  $\text{Mo}$  多核錯体  
 $[\text{Mo}_{12}\text{O}_{12}(\mu\text{-O})_{12}(\mu\text{-OH})_{12}]$

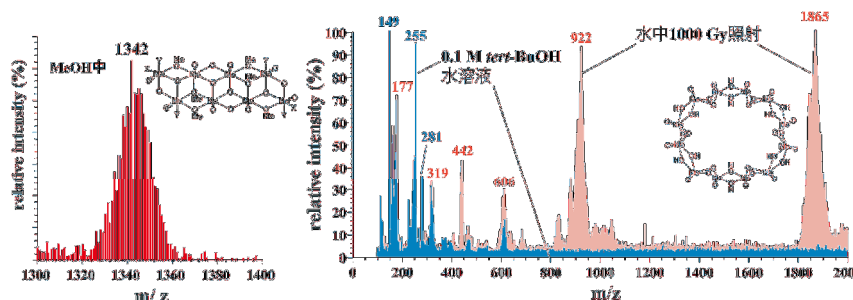
[実験] 不完全キューバン様  $\text{Mo}_8$  核錯

体の水溶液にガンマ線照射し、照射試料を ESI-MS 質量分析により環状  $\text{Mo}_{12}$  核錯体に相当する  $m/z = 1900$  付近のシグナルが現れるか確認した。また、 $\text{OH}$  基補足のために *tert*- $\text{BuOH}$  を添加した実験を行い、 $m/z = 1900$  付近のシグナルの出現に影響するか確認した。

不完全キューバン様  $\text{Mo}_8$  核錯体  $[\text{Mo}_8\text{O}_{16}(\text{OMe})_4\text{X}_2\text{Y}_4]$  のメタノール溶液試料の ESI-MS スペクトルには、 $m/z = 1300$  付近に  $[\text{Mo}_8\text{O}_{16}(\text{OMe})_4\text{X}_2\text{Y}_4]$  と考えられるシグナルが見えるが、水溶液の ESI-MS スペクトルには、 $m/z = 1300$  付近のシグナルは見え、 $m/z = 1850$  付近に、 $[\text{Mo}_{12}\text{O}_{12}(\mu\text{-O})_{12}(\mu\text{-OH})_{12}]$  に相当するシグナルが現れる。

この  $m/z = 1850$  付近のシグナルはガンマ線を  $1\text{ kGy}$  照射したとき、最大となった。また、不完全キューバン様  $\text{Mo}_8$  核錯体の水溶液に *tert*- $\text{BuOH}$

を添加した試料には  $m/z = 1850$  付近のシグナルは見られないことから、 $m/z = 1850$  付近のシグナルが、 $\text{OH}$  基を架橋基とする化合物である可能性を示している。



[本研究に関する研究発表]

ESI-MS スペクトル ( $[\text{Mo}_8\text{O}_{16}(\text{OMe})_4\text{X}_2\text{Y}_4]$  の ESI-MS)

1) 「モリブデン(V)環状多核錯体によ

るアニオンの取り込み」 清田俊治、赤司治夫、寺岡淳二、柴原隆志、錯体化学会第 62 回討論会講演要旨集(2012 年 9 月、富山)p193.

2) 「酸素架橋した不完全キューバン型と大環状型モリブデン錯体」

清田俊治、寺岡淳二、錯体化学会第 63 回討論会講演

要旨集(2013 年 11 月、沖縄)p363.

## 2-アルキルシクロブタノン類を指標とした照射食品の 簡易検知法と精度管理体制の構築に関する研究

大阪府立公衆衛生研究所 北川陽子、起橋雅浩、尾花裕孝

阪府大放射線量子線化学生物学分野 古田雅一\*

(\*本研究に関する連絡先：電話（内線）4227、メール [mfuruta@b.s.osakafu-u.ac.jp](mailto:mfuruta@b.s.osakafu-u.ac.jp))

【背景・目的】冷凍ギョーザ中毒事例以降、加工食品中の安全性についての社会的な関心が高い。アジアを含む諸外国では食品の殺菌等を目的に、国内で禁止されている食品の放射線照射が実施されている。香辛料等農産物については検疫所で検査されているが、その加工食品については対象とされていない。本研究は、加工食品の原材料照射の検知において、アルキルシクロブタノン類を検知指標として選び、照射の有無を確実に区別できる精度管理体制の構築を目的とする。そのために簡便かつ精度が高い分析法を開発し、地方衛生研究所の協力を得て外部精度管理試験を実施する。

【分析法開発】2-アルキルシクロブタノンは、脂肪成分に放射線を照射した時に特異的に生成する物質である。2-アルキルシクロブタノン分析は、脂肪抽出、脂質成分を除く精製、GC-MS 測定 of 3 工程に大別される。厚労省通知試験法は脂肪抽出の操作に長時間を要し、脱脂などの精製も時間を要する。そのため本研究のような多数の検体を同時処理する精度管理試験には不向きであり、研究の必要条件を満たす分析法を構築する必要があったので、まず独自の2-アルキルシクロブタノン分析法を開発した。脂肪抽出では、試料への溶媒であるヘキサンの浸透性を高めるために、試料とケイソウ土をよく混合し試料の水分を除いて 振とう抽出する方法を構築し、迅速性、簡便性、効率性を満たすことができた。精製は2段階とし、脂肪抽出液を-20℃に冷やすことにより穏やかに大部分の脂肪を沈殿除去した。さらにシリカゲルカラムにより精製し、GC-MS 測定の妨害となる成分を除いた。開発した分析法を、一般的な添加回収試験及び通知試験法に従い妥当性を評価した結果、良好な結果が得られた。さらにガンマ線を照射した牛肉、豚肉や鶏唐揚げ試料を分析したところ、線量依存的に2-アルキルシクロブタノンの生成を確認し、検知法として実用性が高いことを確認した。

【外部精度管理試験】8機関の地方衛生研究所の協力を得て、外部精度管理試験を実施した。対象食品は加熱前状態のハンバーグパテを使用し、陽性試料は大阪府立大学の放射線照射施設で2種を作成した。これと非照射の陰性試料の合計3種を、食用タール色素で着色の上、外部精度管理試料とした。参加機関は3種の試料を提示した分析法を用いて試験し、2-ドデシルシクロブタノン (2-DCB) 及び2-テトラデシルシクロブタノン (2-TCB) の脂肪当たり濃度と、照射履歴の陽性または陰性の判定を行った。参加機関が同時に行った添加回収試験結果は、67~122%と概ね良好であった。各機関より報告された2-アルキルシクロブタノン類の測定値については、 $\bar{X}$ -R 管理図により平均値と範囲を評価した。 $\bar{X}$  管理図では中央値を目標値としたが、8機

関の平均値もその 93～102%の範囲内であった。8 機関中 3 機関が 1 項目以上で管理限界を超えた。内訳は 1 機関が平均値で 1 項目のみ、1 機関は平均値で 4 項目全て、1 機関は平均値で 2 項目と範囲で 3 項目であった。しかし、照射履歴の判定に関しては、全ての機関で適正な回答を得た。

【結論】食品照射検知を全く経験したことがない各機関が実施した外部評価精度管理試験においても、誤検知などが全く無い結果を得ることができたことから、開発した照射検知法は高精度であるだけでなく、実用性も極めて高いと判断できる。安定性に問題が少ない化学物質を検知指標としたことにより、原材料を加熱調理した加工食品においても、放射線照射検知の精度管理体制の基礎を構築できた。

## 参考文献

なし

## 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) 「アルキルシクロブタノン指標とした照射食品の簡易検知法の検討」北川陽子、起橋雅浩、中山裕紀子、中辻直人、小阪田正和、柿本葉、福井直樹、高取聡、尾花裕孝（大阪府立公衆衛生研究所）、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）、第 103 回 日本食品衛生学会学術講演会、2012 年 5 月 10～11 日、タワーホール船堀、東京。

## 出芽酵母の放射線ストレス影響の解析

阪府大院生命環境 西本琢登、岸田正夫

阪府大放射線量子線化学生物学分野 古田雅一\*

(\*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))

放射線曝露による影響には生体内高分子を直接損傷する直接作用と生体内の水分子を励起することで生じる ROS による間接作用が存在する。そのために放射線の作用機序について詳細に解析することは困難とされてきた。

本研究では放射線照射に対して真核生物で耐性が高い出芽酵母を使用した。また、抗酸化酵素であるカタラーゼに着目し、間接作用で発生する ROS の影響を解析することを目標とした。そこで、カタラーゼ遺伝子二種を各々欠損させた株 *cta1*、*ctt1* を用いて放射線照射後の生残率を測定したところ *cta1* は野生株と変わらなかったが、*ctt1* は著しい感受性が認められた。また、ROS の一つである過酸化水素による生残率も放射線と同様の傾向を示した。しかし、カタラーゼ活性との相関がみられず、その他の因子が影響している可能性が示唆された。現在、カタラーゼ以外の抗酸化酵素について影響を調べている。

### 参考文献

なし

### 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) 「出芽酵母の放射線ストレスに対するカタラーゼの影響」、西本琢登<sup>1</sup>、岸田正夫<sup>1</sup>、古田雅一<sup>2</sup> (大阪府立大・<sup>1</sup>院生命環境、応用生命・<sup>2</sup>地域連携研究期機構、放射線研究センター)、酵母遺伝フォーラム 2012 年 9 月 4~5 日京都大学宇治キャンパス。
- 2) 「出芽酵母の放射線ストレスに対するカタラーゼの影響」、西本琢登<sup>1</sup>、古田雅一<sup>2</sup>、片岡道彦<sup>1</sup>、岸田正夫<sup>1</sup> (大阪府立大・<sup>1</sup>院生命環境、応用生命・<sup>2</sup>地域連携研究機構、放射線研究センター)、第 35 回日本分子生物学会年会 2012 年 12 月 11~14 日、福岡国際会議場、福岡マリンメッセイ報文。

## 培養地衣菌の増殖に対するガンマ線の影響

秋田県立大・生物資源 小林優維、原光二郎、小峰正史、山本好和

阪府大放射線量子線化学生物学分野 古田雅一\*

(\*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】

地衣類特有の二次代謝産物である地衣成分には、紫外線のような強光からの保護などの役割が示唆されている。放射線は放射性物質が放出する粒子や電磁波のことであり、その発生の仕方は種類によって異なる。ガンマ線は原子核から放出される電磁波であり、強い透過力を持っている。物質を構成する原子を電離させ、分子内の化学構造を切断するなどの作用がある。

本研究では分離培養した地衣菌に、ガンマ線を照射することによってその二次代謝を変化させ、新規成分を生合成させることを目的としている。今回は培養地衣菌の増殖に対する影響について報告する。

### 【方法】

実験には外観から判別しやすい色素を産生する *Arthonia cinnabarina* を用いた。照射実験の一週間前に各条件に対し、反復数 3 個のサンプルを用意した。サンプルは、麦芽酵母エキス (MY) 培地を分注した 60 mm シャーレに約 50 mg に秤量した地衣菌を移し、4 分割後、これらが等間隔になるように植え付けた。サンプルをコバルト 60 ガンマ線照射施設で照射した後、20°C の環境下で培養した。4 週間後、重量を測定、増加比を算出、比較した。さらに 6 種の地衣菌 (*Acarospora fuscata*, *Amygdalaria panaeola*, *Cladonia cristatella*, *Flavoparmelia caperata*, *Aspicilia contorta*, *Chaenotheca furfuracea*) についても同様の実験を行っている。

### 【結果・考察】

照射条件を 0、0.5、1、2、4、8 kGy で行ったところ、0~1 kGy では増加比の差は見られなかった。また、8 kGy ではマイナスの値がみられ、培養地衣菌の死滅が確認された。このことから、*Arthonia cinnabarina* の増殖の限界放射線量は 4~8 kGy の間にあると考えられた。そこで 4~8 kGy の間の変化を確認するために、照射条件を 0、1、2、4、5、6、7、8 kGy にして実験を行った。結果、4 kGy 以上はどれも大きな差はなく、なだらかな減少傾向が見られた。7 kGy と 8 kGy ではマイナスであった。

これらの結果から、*A. cinnabarina* の培養地衣菌は、0~1 kGy での放射線による損傷が 4 週間の増殖の過程で回復し、2 kGy 以上で回復不能な損傷が蓄積し、7~8 kGy でほとんどの細胞で増殖不能になったと考えられる。

今後、実験中の 6 種を含め 40 種以上の地衣菌に対して同様の実験を行い、種による影響の違いを確認する予定である。

## 参考文献

なし

## 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) 「培養地衣菌の増殖に対するガンマ線の影響」 小林優維、原光二郎、小峰正史、\*古田雅一、山本好和（秋田県立大・生物資源、\*大阪府立大学）日本地衣学会第11回大会（筑波）、筑波大学春日キャンパス（つくば市天王台1-1-1）、2012年7月14日（土）-15日（日）。



## 大腸菌遊泳速度に及ぼすガンマ線照射の効果

阪府大理 藤本恵理子 阪府大院理・高等教育 加藤幹男\*

阪府大産学官 古田雅一 岐阜医療科学大 渥美龍男

(\*本研究に関する連絡先: 電話(内線)4097、メール [mkato@b.s.osakafu-u.ac.jp](mailto:mkato@b.s.osakafu-u.ac.jp))

大腸菌は、複数のべん毛を束ねて、それぞれの基部にあるモーターを回転させることによって推進力を得ている。我々は先に、一個のべん毛モーターの回転運動を顕微鏡で観察しながら、2MeV プロトンビームを照射し、その運動を停止する過程をとらえることに成功した<sup>1)</sup>。このとき、べん毛モーターの停止は、平均 60kGy を照射することで得られた。

そこで、本研究では、培養液中を遊泳する大腸菌にガンマ線を照射し、その後の遊泳速度を測定した。対数増殖期初期にある大腸菌をガンマ線で処理したところ、生残率を  $10^{-9}$  以下にする線量 (6kGy) を照射しても、遊泳速度は未照射対照と同程度であった。一方、遊泳する細胞の割合は、照射によって3分の1から4分の1に減少した。本結果は、ガンマ線照射によって生存能力を失った大腸菌においても、ある程度の割合で正常な運動能力を持つ菌体が存在することを示している。

### 参考文献

- 1) Real-time observation of *Escherichia coli* cells under irradiation with a 2-MeV  $H^+$  microbeam. Kato M., Meissl W., Umezawa K., Ikeda T., Yamazaki Y. *Applied Physics Letters* **100**: 193702. DOI, 10.1063/1.4714911

### 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) Effect of gamma ray irradiation on the swimming speed of *Escherichia coli*. Fujimoto E., Furuta M., Atsumi T., Mikio Kato. 日本生物物理学会2012年度年会, 2012年9月 名古屋.

## 医療用材料の放射線滅菌に関する研究

滋慶医療科学技術大学院大学 林 壽郎

阪府大放射線量子線化学生物学分野 古田雅一\*

(\*本研究に関する連絡先：電話（内線）4227、メール [mfuruta@b.s.osakafu-u.ac.jp](mailto:mfuruta@b.s.osakafu-u.ac.jp))

### 研究目的

臨床現場で安全な医療用材料を供給するための放射線滅菌法は、多くの利点を有しており、血液浄化医療用材料をはじめ広範な領域で急激な需要増大が見られるが、課題も残されている。本共同研究の目的は、医療用材料の放射線滅菌に関して、それぞれのケースについて、適切な滅菌条件による滅菌効果と、最大の課題である放射線照射により生起する材料劣化の度合い及びその経時変化を材料物性測定により評価するモデル実験を遂行し、最適の放射線滅菌条件を策定するものである。

### 研究内容

現在すでに臨床使用されている医療用材料の中で、特に放射線照射で材料劣化され易い試料を最初に選択し、所定条件での放射線( $\gamma$ 線)滅菌を行い、滅菌後の微生物関連の評価による滅菌効果と材料劣化に関する材料物性の実験的評価の対比を同時進行で積み重ね、最適の滅菌条件を見出し、放射線滅菌バリデーシンの部分的再評価を実施する。本研究は、その後に展開させて行く一連の医療用材料の放射線滅菌に関する研究の端緒を開くものと位置づけられる。

### 参考文献

なし

### 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）

なし

# 放射線／白金コロイド併用による ヒト食道由来のがん細胞・正常細胞へ及ぼす影響の比較研究

大阪物療大保健医療	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)

昨年度の本報告書で、培養ヒト食道がん細胞株 KYSE70 を用い、白金コロイド処理とガンマ線照射により、がん細胞に対する殺傷効果が高まることを報告した。今回は、さらに詳細に条件を検討し、相乗効果がみられるかを検証した。

また、対照となる Esophageal Epithelial Cell (Epi-C：ヒト正常食道上皮細胞, Cosmo Bio, SCR2720)に対して、KYSE70 と同条件の処理を施し比較し、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。

いずれの細胞も、対数増殖期に 35 mm 直径の細胞培養用 6 well plate に  $2.0\sim 5.0\times 10^3$  cells/cm<sup>2</sup> の濃度で撒き、1 日後に白金コロイドを 0 ppm, 50 ppm, 100 ppm となるように加え、3 時間後に大阪府立大学 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 ( $\approx 3$  Gy), 500 R ( $\approx 5$  Gy), 700 R ( $\approx 7$  Gy) 照射した。KYSE70 細胞では 2 日後に、Epi-C では 3 日後にトリパンブルー染色により細胞の生存率を、ヘキスト染色により細胞死 (アポトーシス様変化) 率の割合を観察した。

細胞の生存率に関しては、正常細胞、がん細胞共、線量／用量依存的に減少した。がん細胞で、繰り返しのある二元配置用分散分析を行なった所、ガンマ線と白金コロイド処理の相互作用は見られなかった。従って、両者はがん細胞に対して相加効果を持つと考えられる。

アポトーシス様細胞出現率に関しては、正常細胞、がん細胞共同様な線量／用量依存的に増加した。がん細胞で繰り返しのある二元配置用分散分析を行なった所、ガンマ線と白金コロイド処理の相互作用は見られなかった。従って、両者は相加効果を持つと考えられる。

正常細胞の実験は 2 回のみであるが、現在の結果ではガンマ線／白金コロイド併用によるがん細胞選択的殺傷効果は見られない。また、相乗効果も見られなかったため、他の抗がん剤とガンマ線の組み合わせでも研究を行なう予定である。

## 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

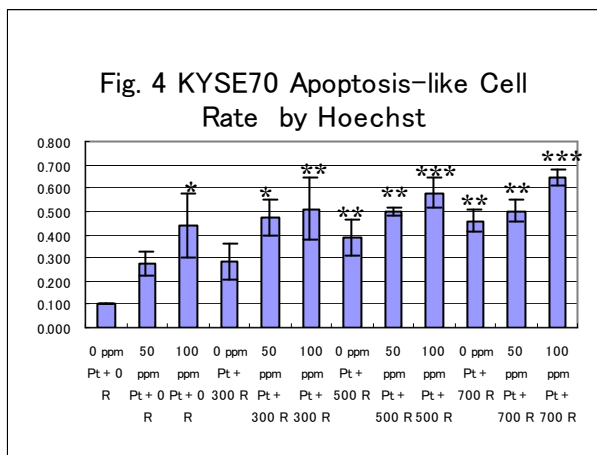
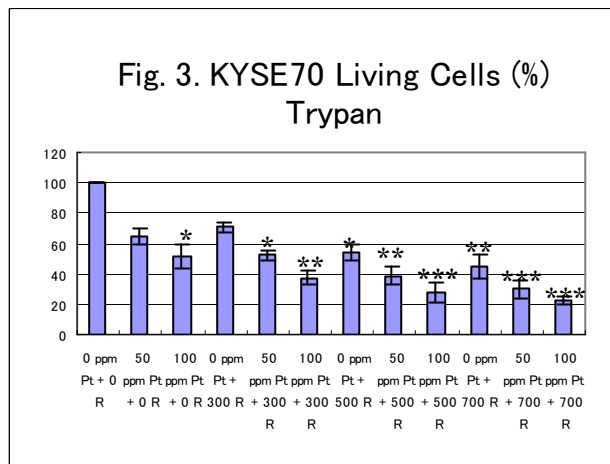
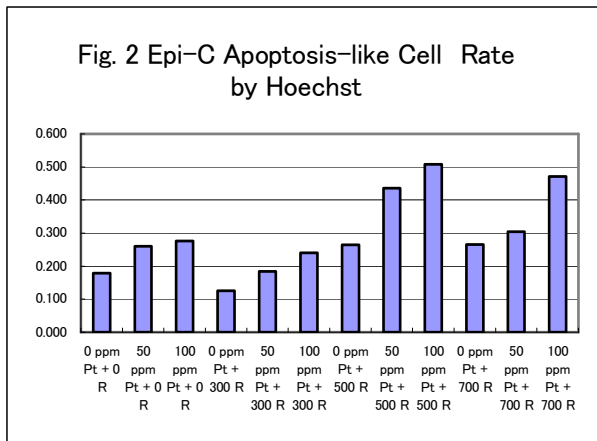
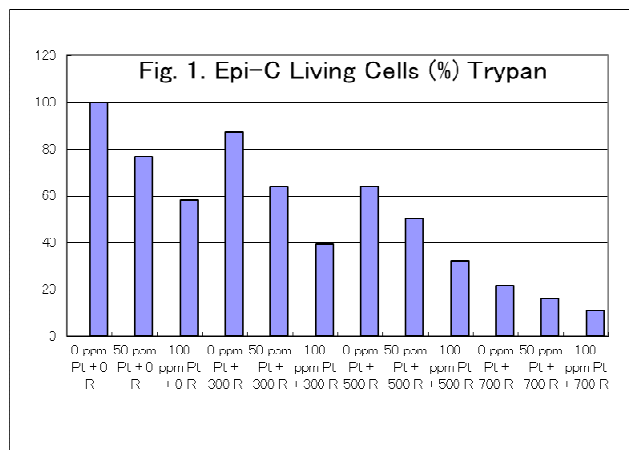
4. Asada R, Kageyama K, Tanaka H, Kimura M, Saitoh Y, Miwa N. Carcinostatic effects of diverse ascorbate derivatives in comparison with aliphatic chain moiety structures: Promotion by combined hyperthermia and reduced cytotoxicity to normal cells. *Oncology Letters* 3:1042-1046, 2012

図 1 ガンマ線/白金コロイドによる Epi-C への影響(Trypan blue)

図 2 ガンマ線/白金コロイドによる Epi-C への影響(Hoechst)

図 3 ガンマ線/白金コロイドによる KYSE70 への影響(Trypan blue)

図 4 ガンマ線/白金コロイドによる KYSE70 への影響(Hoechst)



## Propylaminopentane 関連化合物の hERG チャンネルへの親和性

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)

薬物による QT 間隔の延長は Torsades de Pointes (TdP) という致死性の心室頻拍の要因となる。臨床現場での安全性および医薬品開発後期での開発中止リスクの回避などの観点から、開発早期段階での心室再分極過程に対する評価を実施することは重要である。QT 間隔の延長を誘発する薬物の多くは、遅延整流性 K<sup>+</sup>電流 (IKr) 阻害により活動電位の再分極を抑制する。その IKr チャンネルの  $\alpha$  サブユニットが hERG チャンネルであることから、薬物の QT 間隔への影響を評価する *in vitro* 評価系として、hERG チャンネル発現細胞を用いた電気生理学的評価が安全性薬理試験として実施されている。近年、hERG 発現細胞株を用いたリガンド結合実験による評価が、電気生理学的評価と高い相関性を示すことが報告され<sup>1)</sup>、創薬スクリーニング初期段階での化合物の QT 間隔延長のリスク評価のみならず、hERG チャンネルへの影響に関する化合物の特性 (脂溶性など) や構造活性相関に関する研究などに有用なツールとなりうると考えられる。本研究では、hERG チャンネル阻害活性の評価系を確立することで、propylaminopentane 関連化合物の安全性および構造活性相関に関する評価を行うことを目的とする。

hERG チャンネルの基質タリウム<sup>+</sup>の細胞内への透過を利用した蛍光法を用いて、作出した hERG 安定高発現 HEK293 細胞株において、hERG チャンネルが機能的に発現していることを確認した。この細胞株から調製した細胞膜標品を用いて、<sup>3</sup>H]dofetilide による飽和結合実験を行ったところ、特異的結合は認められるものの、測定誤差が大きいことが明らかになった。

現在、細胞膜調製方法の改良および hERG 安定高発現 HEK293 細胞株を用いた whole cell 法への変更など最適な評価系確立を目指して検討中である。

### 参考文献

- 1) Diaz GJ, Daniell K, Leitza ST, Martin RL, Su Z, McDermott JS, Cox BF, Gintant GA. The [<sup>3</sup>H]dofetilide binding assay is a predictive screening tool for hERG blockade and proarrhythmia: Comparison of intact cell and membrane preparations and effects of altering [K<sup>+</sup>]<sub>o</sub>. J Pharmacol Toxicol Methods. 2004;50(3):187-99.

## フェナレノンと UVA が生成する塩基損傷とヒト細胞株を用いた突然変異の解析

阪府大・理 長野聖也、東垣由夏、川西優喜、八木孝司\*

神奈川工科大・応用化学 高村 岳樹

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

フェナレノン (PhO) は大気中に存在する多環芳香族化合物であり、紫外線 (UVA) を受けて効率よく一重項酸素を発生し、光遺伝毒性を示す。一重項酸素は DNA 中の dG と反応し、Spiroiminodihydantoin (Sp) を産生する。Sp には S 体と R 体の 2 つの立体異性体が存在する。

今回我々は、Sp がヒト細胞内で誘発する突然変異の頻度と種類を明らかにするため、Sp を部位特異的に 1 分子のみもつプラスミドを作製した。これをヒト細胞 (WI38VA13, XP2OS(SV)) に導入し複製、その複製率と娘プラスミドの塩基配列を解析した。その結果、陰性対照である非修飾プラスミドの複製率を 100%とした場合、Sp 修飾プラスミドの TLS による複製率は 41%であり、Sp は DNA 複製を阻害することがわかった。また、娘プラスミドの塩基配列を調べたところ、TLS したプラスミドの内 27%に塩基置換型変異を確認した。Sp はヒト細胞において変異原性を持つことがわかった。なおこれらは 1 つの異性体の結果であり、現在もう一方の異性体が誘発する変異を解析中である。

### 本研究に関する研究発表

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、日本環境変異原学会第 41 回大会、2012 年 11 月

## 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)

膜貫通蛋白質であるモノアミントランスポーター (MAT) は、シナプス間隙から神経伝達物質を除去するために機能している。神経終末への急速なモノアミン再取り込みは、シナプス前および後受容体活性化の持続時間および周辺の他のシナプスへの拡散を制限しており、また、代謝を免れた神経伝達物質の再利用を可能にしており、神経間のシグナル伝達の制御に重要な役割を担っている。

パーキンソン治療薬のセレギリン塩酸塩は、B型モノアミン酸化酵素阻害作用によるドパミン代謝抑制により抗パーキンソン作用を発現すると考えられるが、弱いドパミン再取り込み阻害作用を有することが報告されている<sup>1)</sup>。ドパミン代謝抑制に加え、ドパミン再取り込み阻害作用を有する化合物は、シナプス間隙でのドパミン濃度を効率的に増加させると考えられることから、ドパミン前駆物質 L-DOPA (パーキンソン病治療のゴールドスタンダード) の効果の増強および効果持続時間の延長が期待できる。また、MAT はいくつかの精神疾患との関連性が示唆されており、また、多くの抗うつ薬のターゲット分子であることから、MAT への親和性を修飾することにより、パーキンソン病患者で高率に認められる精神症状に対する効果が期待できる。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 細胞における、MAT 阻害薬<sup>3</sup>H]WIN35428、<sup>3</sup>H]Nisoxetine および<sup>3</sup>H]Paroxetine を用いた競合結合実験を行い、各種 MAT 阻害薬 fluoxetine、imipramine、GBR12935、methylphenidate、desipramine、atomoxetine および nomifensine の阻害定数 (K<sub>i</sub>) を求めた。その結果、既報の値と同等の K<sub>i</sub> 値を示したことから、評価系の妥当性が確認できた。

現在、関連物質の取り込み阻害活性およびトランスポーターへの親和性の評価を実施している。

### 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.

## ガンマ線照射によるアルギン酸分解の粘度測定による評価

阪府大院理 生物科学専攻 細胞組織工学分野

山本 隆也、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](mailto:hara@b.s.osakafu-u.ac.jp))

【緒言】褐藻類由来のアルギン酸はマンヌロン酸(M)、グルロン酸(G)の2種類の単糖を含む、直鎖上の酸性多糖である。分子内にMM, GG, MG の各ブロックを多く含む領域が存在し、カルシウムイオンの存在下では主にGG ブロック間の非共有結合によりハイドロゲルを形成する。アルギン酸は食品添加物、医療用具など、多様な用途で利用されており、放射線の照射により限定分解する事で分子量を変化させ、その水溶液やゲルの物性を改変出来る。基礎的な知見を得るため、今回はガンマ線照射によるアルギン酸ナトリウム水溶液の粘度変化について測定を行った。

【実験方法】分子量分布の異なる4種類の市販アルギン酸ナトリウム試料を用い、1%の水溶液を調製した。バイアル瓶に入れた溶液に0~10 kGy のガンマ線を照射後、0.1%, 0.08%, 0.06%, 0.04%, 0.02%, 0.01%に希釈し、オストワルド粘度計を用いて、25℃にて超純水を基準の溶媒として試料溶液の粘度を測定した。また、4種類のうち、1つのアルギン酸ナトリウム試料を用い、1%の水溶液を調製し、0~2 kGy のガンマ線を照射後、0.1%, 0.075%, 0.05%, 0.025%, 0.01%に希釈し、オストワルド粘度計を用いて、10℃、25℃、40℃の温度条件下にて超純水を基準の溶媒として試料溶液の粘度を測定した。

【結果と考察】アルギン酸ナトリウム水溶液は照射したガンマ線の線量が大きくなるほど粘度が低くなっていた。試料溶液の粘度は1 kGy 以下の低線量域で大きく減少し、1 kGy 以上の線量では線量依存的な粘度低下はそれほど顕著ではなくなった。この結果からガンマ線は1kGy 以下の比較的低い線量でもアルギン酸の分解を生じさせると推察された。異なる温度条件下での粘度測定でもアルギン酸ナトリウム水溶液の粘度は線量依存的に変化していた。また、温度条件を10℃にした場合、ガンマ線を照射した試料でも比較的高い粘度を示した。これは溶媒である水の粘度が顕著に上がることに起因すると考えられる。ガンマ線照射後のアルギン酸溶液の加工において試料が高い粘度を示すことが必要な場合は10℃以下に冷やして作業を行うと良いと考えられる。今回の実験の結果により、2 kGy 以下の低い線量のガンマ線のアルギン酸に対する効果、および、アルギン酸溶液の粘度の変化が明らかになった。この結果は今後、ガンマ線を用いたアルギン酸加工の際に、物性を調節し、より好ましい物性を示す製品の開発に役立てることが出来ると考えられる。



## ゼラチンハイドロゲルの力学的特性に関する研究

阪府大院理 生物科学専攻 細胞組織工学分野

富永 晃輝、 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](mailto:hara@b.s.osakafu-u.ac.jp))

**【緒言】**我々は、ゼラチンやコラーゲンのハイドロゲルについて、 $\gamma$ 線架橋や化学架橋を行い、その膨潤特性や力学的な特性を明らかにする研究を進めてきた。今回は凝固際の温度管理を行って異なる条件で調製したブタ由来のゼラチンゲルを用いて、粘弾性などの力学的な特性の違いを明らかにしたので報告する。

**【実験方法】**実験には5、10、15、20% (w/v) に調製したブタ由来タイプ A ゼラチン溶液を用いた。70°Cで溶かしたゼラチン溶液を型に入れて直径2.6 cm、高さ1 cmの円柱状のゲル試料を作製した。ゼラチン溶液をゲル化させるために、条件①では室温に1時間静置した後、4°Cで一晩静置、条件②ではゼラチン溶液を型に入れてから直ぐに4°Cで一晩静置した。条件①と条件②で作製したゼラチンゲルの力学的特性を知るために圧縮試験を行い、圧縮一ひずみ曲線をもとにヤング率を求めた。さらに、条件①で作製したゼラチンゲルに線量5、10、20 kGyの $\gamma$ 線照射を施した $\gamma$ 線架橋ゼラチンゲルに関しても室温、40°C、60°Cに加温した条件下で圧縮試験をおこないヤング率を求めた。

**【結果と考察】**室温で1時間静置した後に4°Cでゲル化した条件①のゼラチンゲルは4°Cで急冷した条件②のゲルに比べてヤング率は高かった。また、放射線架橋したゼラチンゲルでは室温ではゼラチン濃度や $\gamma$ 線照射線量の高さに応じてゼラチンゲルのヤング率は高くなる傾向があったが、40°C、60°Cでは線量5、10 kGyで架橋したゼラチンゲルのヤング率はゼラチン濃度による大きな違いは見られなかった。ゲル調製条件の違いによってゼラチンゲルの力学的特性が大きく変化した。これらの結果は次の3つの要因によるものであると考えられた。1) ゼラチン分子鎖間の非共有結合に依存し、高温で軟化溶解する熱可塑性物理ゲルとしてのゼラチン分子の性質、2) 放射線架橋によるゼラチン分子鎖間の共有結合、3) 放射線照射による架橋反応と競争的に起こるタンパク質加水分解反応。このような仮説に基づいて、各ゼラチンゲルの力学的な特性の違いと、分子集合体としての構造の関係を、さらに詳しく明らかにしたいと考えている。

### 本研究に関する研究発表（原著論文、その他報文、学会等報告）

1) Dynamic viscoelastic properties of collagen gels in the presence and absence of collagen fibrils, Hideki Mori, Kousuke Shimizu, Masayuki Hara, Materials Science and Engineering C (2012) 32, 2007-2016.

## 羊毛由来ケラチンハイドロゲルの力学的特性と足場材料としての利用

阪府大院理 生物科学専攻 細胞組織工学分野  
高木 優輔, 尾崎 由季, 森 英樹, 原 正之\*

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

【緒言】ケラチン (keratin) は上皮系細胞の角質化による産物で、毛髪、羽毛、角、爪、表皮など動物体の表層部を保護する役割を果たす組織の主成分となる線維性タンパク質である。これらの角質化組織は一般的に用いられるようなタンパク質可溶化溶媒に不溶で、分解酵素の作用も受けにくく物理的、化学的に安定であることが知られている。ケラチンのこのような特性は、多くのシステイン残基が鎖間で多くのジスルフィド結合を形成していることによるものである。我々は界面活性剤の SDS 等を用いて可溶化した獣毛由来のケラチンを細胞培養基材として利用する為の基礎的な研究をこれまで行ってきた[1-2]。

本研究では、新たにタンパク質変性剤として知られるグアニジン塩酸塩を用いて容易に羊毛由来ケラチンハイドロゲルを作製する方法を確立し、その材料としての特性を評価した。

【実験方法】ヒツジ(*Ovis aries*)の体毛をグアニジン塩酸塩と 2-メルカプトエタノールを含む溶解液で処理し、不溶成分を濾過して可溶化ケラチン溶液を得た。この溶液を純水に対し透析しグアニジンの濃度を下げることでケラチンタンパクが自己凝集し、ハイドロゲルが得られる。オートクレーブ処理 (121°C, 15 min) 後、これらのゲルについて動的粘弾性測定と引っ張り試験を行った。また、細胞培養基材(scaffold)としての利用可能性を調べるため、神経細胞モデル株の PC12 細胞 (pheochromocytoma)、骨芽細胞モデル株の HOS 細胞 (human osteosarcoma)、マウス胚性線維芽細胞(MEF)の 3 種類の接着性細胞をゲル上に播種し培養した。

【結果と考察】上記の方法で作製したケラチンハイドロゲルは、走査型電子顕微鏡 (SEM) による観察から粒子状の多孔質構造を持ち、SDS-PAGE の結果やフーリエ変換赤外分光測定 (FT-IR) の結果から、もとのケラチン分子構造を保っていることが示された。動的粘弾性測定と引っ張り試験の結果、貯蔵弾性率 ( $G'$ ) 40 kPa、ヤング率 120 kPa 程度であった。ゲル上に播種した細胞に対して生細胞数測定を行ったところ、各細胞の増殖が確かめられた。さらに、ゲル上にそれぞれ播種した 3 種類の接着細胞の培養終了後、SEM による観察を行ったところ、各細胞のゲルへの接着が確認された。本研究では、これまでの先行研究では煩雑な手順を必要としたケラチンハイドロゲルの調製を簡便に行うことが可能となった。この方法で調製したハイドロゲルは界面活性剤等の残留による細胞傷害について考慮する必要がほとんど無く、かつ架橋等を目的とした化学的処理無くして比較的力学的特性に優れている。またケラチンはコラーゲン等と同様存在量が多いため、単一成分で容易に三次元基材を作製でき、硬組織をはじめとする力学的強度に乏しい生体材料では適用の難しかった箇所、部位への適用可能性が示唆されている。

### 本研究に関する研究発表 (原著論文、その他報文、学会等報告)

- 1) Purification of porcine hair keratin subunits and their immobilization for use as cell culture substrates, Yuki Ozaki, Yusuke Saito, Hideki Mori, and Masayuki Hara, Biosci. Biotech. Biochem, (2013) 77 (9) , 1894-1900.
- 2) ブタ毛ケラチンサブユニット固定化表面の解析、尾崎由季, 齊藤雄介, 森英樹, 原正之、日本バイオマテリアル学会 第7回関西若手研究発表会、平成24年8月2日 (甲南大学) (ポスター)

## クロマチンの凝縮は放射線による損傷からゲノム DNA を保護する

阪府大地域連携研究機構 森 利明\*

遺伝研構造遺伝学 前島一博

立命館総合科学技術 吉川祐子

同志社生命医科学 吉川研一

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

細胞中の核 DNA（クロマチン）の凝縮状態を変化させることによって、凝縮状態のちがいで放射線による損傷に変化がみられるか研究をおこなった。実験は DNA を含む核をヒトの培養細胞から抽出し、うすいカバーガラスに貼り付ける技術を用いた。この方法により、実験操作中の物理的な損傷を避けることができた。核のなかの DNA の凝縮状態を変化させるためマグネシウムイオン ( $Mg^{2+}$ ) を用いた。DNA は  $Mg^{2+}$  を加えると凝縮した状態になった。一方、これに EDTA を加えて  $Mg^{2+}$  を取り除くと DNA は脱凝縮した。

このようにしてクロマチンの凝縮状態を変化させた核を用意し、それぞれにガンマ線を照射し、DNA 切断を TUNEL アッセイ法によって蛍光色素のシグナルとして検出した。

放射線によって起こる DNA 損傷は、クロマチンの凝縮状態の違いに非常に敏感で、凝縮状態では、凝縮していない状態にくらべて 16 倍もの放射線耐性があることがわかった。DNA 損傷を定量的に解析した結果、高線量 (100Gy 以上) の放射線を照射した場合、損傷は線量の 2 乗に比例して増加することがわかった。一方、低線量 (100Gy 以下) では放射線量に比例して増加していた。解析の結果、放射線による DNA 損傷は (DSB) は独立した DNA の一本鎖切断が 2 回起こる反応 (高線量で顕著) と、DSB が 1 回の反応で起こる (低線量で顕著) という 2 つの経路で発生していることが明らかになった。

放射線による DNA 損傷には、水の放射線分解で発生するヒドロキシルラジカルが関係していると考えられている。そこでラジカルスカベンジャーの DTT を加えて実験をおこなったところ、DNA が凝縮していなくても DNA 損傷はほとんど検出されなかった。

クロマチンの凝縮はガンマ線による損傷から DNA を保護しているだけでなく、炭素イオンの重粒子線を用いた実験でも、クロマチンが凝縮することにより DNA 損傷を抑制していることがわかった。さらに抗がん剤として用いられるシスプラチンも DNA が脱凝縮すると凝縮した状態より 10 倍も多く DNA に結合した。

DNA はコンパクトに折りたたまれて凝縮すると、放射線や化学物質による損傷を受けにくいことが明らかになった。

### 本研究に関する研究発表（原著論文）

1) Chromatin Compaction Protects Genomic DNA from Radiation Damage, Hideaki Takata, TomoHanafusa, Toshiaki Mori, Mari Shimura, Yutaka Iida, Kenichi Ishikawa, Kenichi Yoshikawa, Yuko Yoshikawa, Kazuhiro Maeshima, *PLoS ONE*, **8**(10), e75622 (2013).

## 天然型オーキシン極性移動制御物質

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) は特異な移動、すなわち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を制御する物質としては、非天然型の化合物である 2,3,5-triiodobenzoic acid (TIBA)、*N*-(1-naphthyl)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。天然型オーキシン極性移動を探索する過程で、昨年、本研究に関する先行研究において、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) 画分には、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、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結果、これを 4-hydroxy- $\beta$ -thujone と同定した。そこで本年度は、もう一方のオーキシン極性移動阻害物質の単離および化学構造の決定を目指した。

オーキシン極性移動は以下に示す手順に準拠して評価した。すなわち 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 (*Raphanussativus* 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。

ニガヨモギ (*Artemisia absinthium* L.) 地上部の酢酸エチル可溶性 (NE) 画分をシリカゲルカラムクロマトグラフィー、同薄層クロマトグラフィー、逆相高速液体クロマトグラフィーを用いて順次精製を行った結果、4-hydroxy- $\beta$ -thujone とともに、かすかに芳香を有する淡黄色油状物質を得た。各種機器分析に供した結果、この活性物質は新規germacranolide型のsesquiterpene lactoneであることが示された。各種機器分析スペクトルよりその化学構造を3-hydroxy-4,6,7(H)-germacra-1(10),11(13)-dien-6,12-olideと決定することに成功した。当該化合物は上記の生物検定系において、0.25  $\mu$ g/plantのdoseで対照に比べ、そのオーキシン極性移動を約50%に低下させた。

### 本研究に関する研究発表

#### 論文

- 1) Junichi Ueda, Yuta Toda, Kiyotaka Kato, Yuichi Kuroda, Tsukasa Arai, Tsuyoshi Hasegawa, Hideyuki Shigemori, Koji Hasegawa, Jinichiro Kitagawa, Kensuke Miyamoto and Eiji Ueda Identification of dehydrocostus lactone and 4-hydroxy- $\beta$ -thujone as auxin polar transport inhibitors. *Acta Physiologiae Plantarum* 35:2251-2258 (2013)
- 2) Kazuma Fukuda, Yoshiya Yamada, Kensuke Miyamoto, Junichi Ueda and Eiji Ueda Separation of abscission zone cells in detached *Azolla* roots depends on apoplast pH. *Journal of Plant Physiology* 170: 18-24 (2013)

- 3) Kensuke Miyamoto, Agnieszka Marasek-Ciołakowska, Justyna Góraj, Elżbieta Węgrzynowicz-Lesiak, Junichi Ueda, Marian Saniewski  
Morphactin stimulates stem elongation and thickening in decapitated *Bryophyllum calycinum*. *Acta Agrobotanica* 66: 21–28 (2013)
- 4) Kensuke Miyamoto, Mariko Oka, Eiji Ueda and Junichi Ueda  
Changes in metabolism of cell wall polysaccharides in oat leaves during senescence: Relevance to the senescence-promoting effect of methyl jasmonate. *Acta Physiologiae Plantarum* 35:2675–2683 (2013)
- 5) Tsukasa Arai, Yuta Toda, Kiyotaka Kato, Kensuke Miyamoto, Tsuyoshi Hasegawa, Kosumi Yamada, Junichi Ueda, Koji Hasegawa, Hideyuki Shigemori  
Arbabilide, a novel polar auxin transport inhibitor isolated from *Artemisia absinthium*. *Tetrahedron* 69: 7001-7005 (2013)
- 6) Junichi Ueda, Kensuke Miyamoto, Eiji Ueda, Mariko Oka, Sachiko Yano, Akira Higashibata and Noriaki Ishioka  
Close relationships between auxin polar transport and graviresponse in plants. *Plant Biology* doi:10.1111/plb.12101 (2013)
- 7) Junichi Ueda, Miyako Sakamoto-Kanetake, Yuta Toda, Kensuke Miyamoto, Eiji Ueda and Hiroyuki Daimon  
Auxin polar transport is essential for the early growth stage of etiolated maize (*Zea mays* L. cv. Honey Bantam) seedlings. *Plant Production Science (in press)*
- 8) Elżbieta Węgrzynowicz-Lesiak, Justyna Góraj, Kensuke Miyamoto, Junichi Ueda, Marian Saniewski  
Effects of auxin polar transport inhibitors on the growth of the excised 4<sup>th</sup> internode in tulips. *Journal of Horticultural Research (in press)*

#### 学会発表等

- 1) Kensuke Miyamoto; Mariko Oka; Eiji Ueda; Junichi Ueda  
Effect of simulated microgravity conditions on a 3-dimensional clinostat on lateral bud growth induced by removal of shoot apex in Alaska pea seedlings. 34th Annual Meeting International Gravitational Physiology "Gravitational Effects from Micro to Macro Biology" June 23 (SUN) - 28 (FRI), 2013 Honokuni Toyohashi Art Center, Toyohashi City, Aichi, Japan
- 2) Keizo Yonemori, Chinawat Yapwattanaphun, Soichiro Nishiyama, Junichi Ueda  
Identification of plant hormones in endosperm liquid of mangosteen fruit at young developmental stages. 2013 PGRSA (Plant Growth Regulation Society of America) Conference, July 28-August 1, 2013 at the Renaissance Orlando at SeaWorld, 6677 Sea Harbor Drive, Orlando, FL, 32821-8007. The conference will be a joint meeting with the ISHS XII International Symposium on Plant Bioregulators in Fruit Production.
- 3) Soichiro Nishiyama, Junichi Ueda, Keizo Yonemori  
Effect of ABA treatment on tannin accumulation at an early stage of fruit development in persimmon (*Diospyros*

kakithunb.)

2013 PGRSA (Plant Growth Regulation Society of America) Conference. July 28-August 1, 2013 at the Renaissance Orlando at SeaWorld, 6677 Sea Harbor Drive, Orlando, FL, 32821-8007. The conference will be a joint meeting with the ISHS XII International Symposium on Plant Bioregulators in Fruit Production.

4) 植物の重力応答反応はオーキシン動態から説明可能か

黒田裕一、宮本健助、上田英二、上田純一

第3回 植物生理科学シンポジウム 2013年7月13日

5) ラッカセイの根でみられる細胞脱離について

鯉淵瑞樹、山田喜也、宮本健助、上田純一、上田英二

第3回 植物生理科学シンポジウム 2013年7月13日

6) オートムギの葉の老化過程における細胞壁多糖類の変化：ジャスモン酸メチルの影響

宮本健助、岡真理子、上田英二、上田純一

日本植物学会 2013年9月13日～15日

7) エンドウおよびトウモロコシのオーキシン排出キャリアー抗体を用いた形態形成の解析

鎌田源司、上田純一、東端 晃

日本宇宙生物科学会 2013年9月27日～28日

8) 球根植物におけるガム物質の形成制御およびその化学組成：ヒアシンズ (*Hyacinthus orientalis* L.) を中心として

宮本健助、Anna JareckaBoncela、Marian Saniewski、上田純一

植物化学調節学会 2013年10月31日～11月1日

9) 宇宙植物実験「宇宙環境を利用した植物の重力応答反応機構および姿勢制御機構の解析」に向けて

宮本健助、上田英二、岡真理子、上田純一

2013宇宙WG/RT合同研究会2013年12月5日

## 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では、長年にわたり放射線知識普及活動が続けており、2011年の東京電力福島第一原子力発電所事故により、各方面からの依頼に応じて研修、講演、セミナーなどの頻度が増えていた。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（2012-2014年度）」が採択されて、活動を行っている。2012年度研修実績は、196名であった。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 25 年度第 30 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<sup>1)</sup> 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)

毎年夏休みに開催される「みんなのくらしと放射線展」は、30 回目を迎えた。放射線に関する正しい知識が長期的にまた広い年齢層に求められる中で、2012 年度までの結果を踏まえ、また関西の大学や研究機関の活動紹介を行うなど、より内容を充実させての開催となった。その概要を報告する。

### 第 30 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 2013」

#### 【目的】

小・中学生、保護者及び高校生を中心に放射線に関する正しい知識を学び、ともに考える機会を提供することで、「放射線としっかり向き合い、正しく怖がる」ための環境を整える。

【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、(一財)大阪科学技術センター

【開催日と会場】2013 年 8 月 23 日～25 日、大阪科学技術センター

#### 【内容】

#### ■「放射線親子セミナー2013」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（サイエンスショー・ガイドツアー・フィールドワーク・霧箱工作・ミニツアー（保護者対象））

#### ■「第 2 回ハイスクール放射線サマークラス」高校生対象（出場 6 校）

特別授業、高校生対抗のプレゼンテーション（テーマ：放射線の測定方法、人体影響、利用）、発展学習

#### ■「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

#### ■「発見！体験！放射線わかるラボ、展示、ワークショップ」広く一般の方対象

放射線のくらしへの利用やかかわり、福島の影響と今後、そこが知りたい！放射線 Q&A、放射線測定体験、食品の放射能モニタリング、わくわくサイエンスショー、光の万華鏡工作

#### ■「放射線クイズラリー&ガイドツアー」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

#### ■「特別展示、関西の原子力・放射線研究施設」広く一般の方対象

大阪府立大学、京都大学、近畿大学、福井大学、若狭湾エネルギー研究センター、理化学研究所、兵庫県立大学

約 1300 名の来場者があり、熱心にイベントを楽しんでもらえたとの印象がある。これまでより深く踏み込んだ活動も取り入れ、関西の機関との連携も重視した取り組みにより、充実した放射線展であったと言える。さらに今後の継続が望まれる。

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。

### 参考資料

1) 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 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 (2012)

2) 第 30 回みんなのくらしと放射線展報告、大嶋隆一郎、ONSA ニュース Vol. 23-2 (2013)



図 1 展示とフィールドワーク



### 3. 平成 24 年度共同利用報告会プログラム

日時：平成 25 年 12 月 26 日（木）13:10-17:50

場所：大阪府立大学学術交流会館多目的ホール

参加費：無料

#### プログラム（下線講演者）

13:10-13:15 開会の挨拶 放射線研究センター長 奥田修一

13:15-13:55 [特別講演] 座長：奥田修一（阪府大地域連携）

1. The Effect of tapered undulator in the 4th generation light source.  
S.Nam（江原大学）

13:55-14:00 休憩

14:00-15:40 [一般講演] 座長：松浦寛人（阪府大地域連携）

2.  $\gamma$ 線照射還元法を用いた Au-Pd ナノロッドの合成  
永田光一郎、堀達朗、小林直暉、岩瀬彰宏、堀史説（阪府大院工）  
秋田知樹、田中真悟（産総研）
3. 超微弱ライナック電子線照射場の線量分布のイメージングプレートを用いた評価  
下邨広元（阪府大院工） S.Nam（江原大）  
谷口良一、奥田修一、宮丸広幸、松浦寛人、小嶋崇夫（阪府大地域連携）
4.  $\gamma$ 線照射還元法を用いた銅イオンの還元及びナノ微粒子の生成  
堀達朗、岡本晃彦、永田光一郎、岩瀬彰宏、堀史説（阪府大院工）
5. Zr 基バルクアモルファス合金への電子線照射に対する緩和効果  
石井康嗣、小野寺直利、岩瀬彰宏、堀史説（阪府大院工）  
横山嘉彦、今野豊彦（東北大金研）  
佐藤紘一、徐虬、義家敏正（京大原子炉）
6. 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（阪府大院工）

15:40-15:45 休憩

15:45-17:45 [一般講演] 座長：川西優喜（阪府大院理）

7. ガンマ線照射によるアルギン酸分解の粘度測定による評価  
山本隆也、森英樹、原正之（阪府大院理）
8. ゼラチンハイドロゲルの力学的特性に関する研究  
富永晃輝、森英樹、原正之（阪府大院理）
9. 羊毛由来ケラチンハイドロゲルの力学的特性と足場材料としての利用  
高木優輔、尾崎由季、森英樹、原正之（阪府大院理）

10. クロマチンの凝縮は放射線による損傷からゲノム DNA を保護する

森利明 (阪府大地域連携) 吉川祐子 (立命館大)

吉川研一 (同志社大) 前島一博 (遺伝研)

11. フェナレノンと UVA が生成する塩基損傷とヒト細胞株を用いた突然変異の解析

長野聖也、東垣由夏、川西優喜、八木孝司 (阪府大院理)

高村 岳樹 (神奈川工大)

12. 放射線／白金コロイド併用によるヒト食道由来のがん細胞・正常細胞へ及ぼす  
影響の比較研究

田中良晴 (阪府大高等教育) 李強、三羽信比古 (大阪物療大)

17:45-17:50 閉会の挨拶 河村裕一 (阪府大地域連携)

(発表者下線、一般講演各 20 分、含質疑応答)

18:00- 第 2 部 (交流会) C14 棟 3 階セミナー室

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

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。2013 年度、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」が新たにスタートした。当研究所の活動はこの専攻の研究方針と重なる部分が多い。活動の方針を見直す時期に来ているが、他専攻、他研究科の教員との連携組織としての、当研究所の意義は大きい。以下に 2012 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）サイクロトロン研究所との交流

### 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 23 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 24 年度共同利用報告会  
(2013 年 12 月 26 日開催、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

## 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。

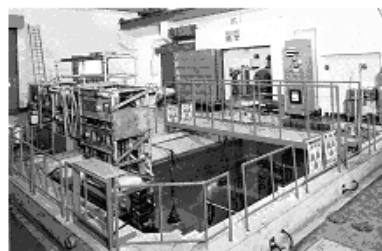


図1 コバルト 60 ガンマ線源の水プール

##### 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

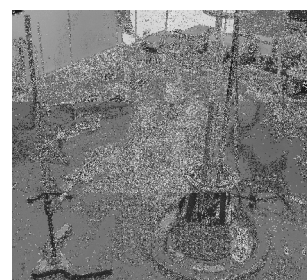


図2 コバルト 60 照射風景  
(線量計の較正)

- 楽器の弦の改良
- ・ 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。

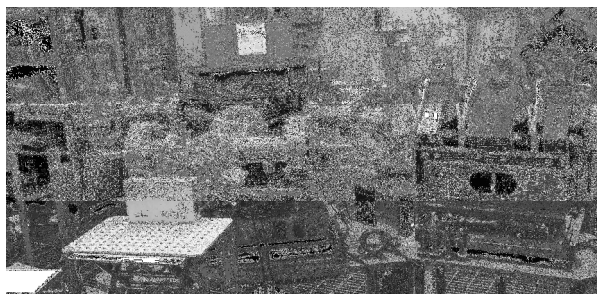


図3 電子線形加速器（OPU ライナック）

### 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）

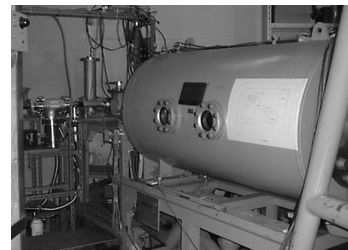


図4 低エネルギー電子線照射装置

### 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 :

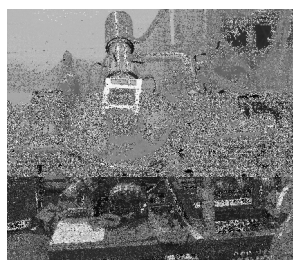


図7 低エネルギー電子線照射装置（100keV）

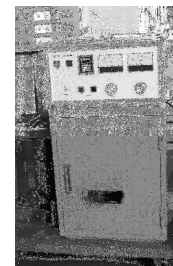


図8 X線照射装置



図9 X線非破壊検査装置

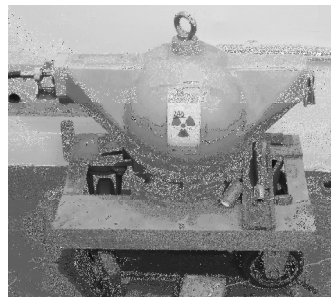


図10  $\gamma$ 線非破壊検査装置

## 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きます。クリーンルーム内には先端材料や先端デバイスを作製するための最新の装置が設置されており、学内のみならず企業など外部との共同研究が活発に行われています。なお、利用については、放射線研究センターHPの共同利用施設案内をご覧ください。

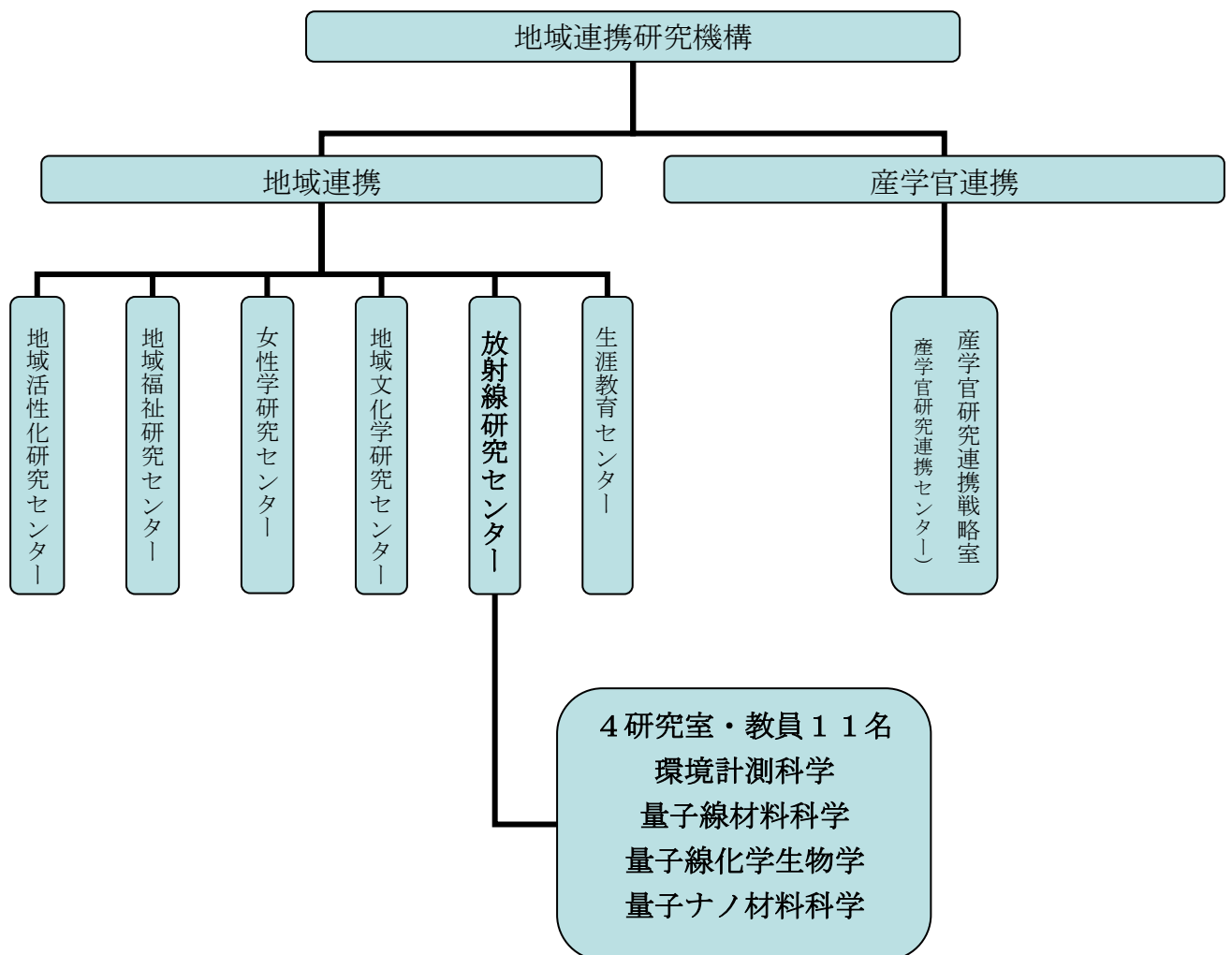
<http://www.riast.osakafu-u.ac.jp/facility/index.html#clean>



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。





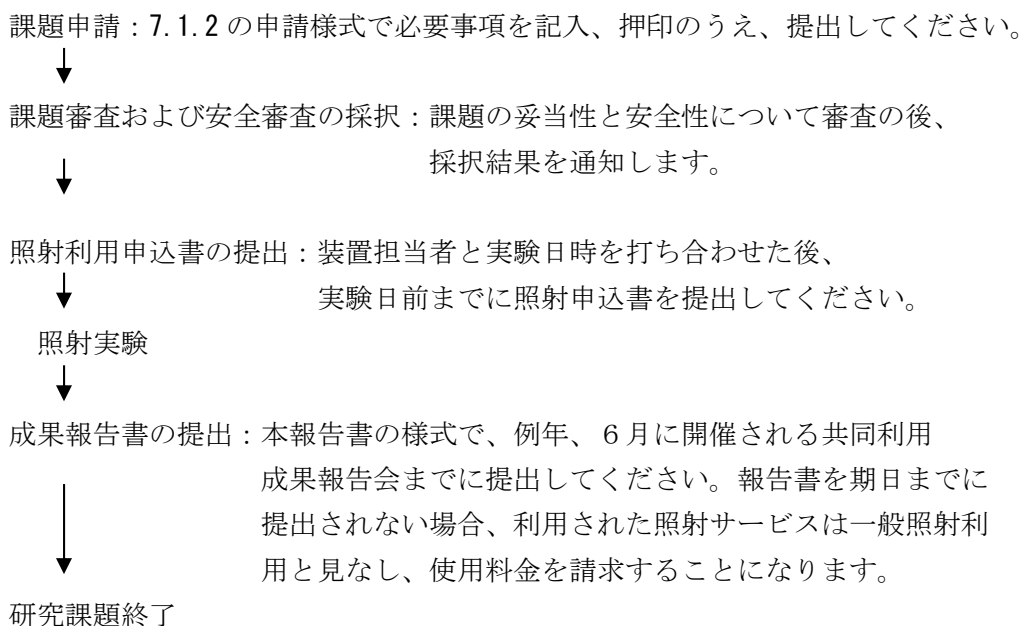
## 7. 放射線照射施設利用のてびき

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 \_\_\_\_\_ ⑩

1. 提案課題の種類（該当する項目に○印）

新規                      継続                      緊急                      継続の場合は前課題名を記入

2. 実験責任者

氏名 \_\_\_\_\_ 所属 \_\_\_\_\_ 内線番号 \_\_\_\_\_

3. 実験課題名

--

4. 共同研究者（所属機関、部局、身分）

--

5. 使用希望装置（該当する項目に○印）

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

6. 使用希望条件

使用日数： \_\_\_\_\_ 占有照射室： \_\_\_\_\_

利用条件： \_\_\_\_\_

7. 実験概要（含、従来成果、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 : 装置担当者と実験日時を打ち合わせの後、実験日前までに照射申込書を提出してください。実験日までに安全性について審査を行っています。

↓

照射利用

↓

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

### 7.2.2 照射手数料

区 分		金額 / 1 照射条件につき	
放射 性 同 位 元 素 に よ る 場 合	照射プール内での照射	17,000 円+2,400 円×V×Th	
	照射室での照射	被照射物の占有容積が 10 リットル未満	9,500 円+4,800 円×Th
		被照射物の占有容積が 10 リットル以上 50 リットル未満	9,500 円+9,500 円×Th
		被照射物の占有容積が 50 リットル以上	19,000 円+19,000 円×Th
	照射室占用による照射	19,000 円+19,000 円×TH	
生 装 置 に よ る 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