

大阪府立大学産学官連携機構  
放射線研究センター

平成 20 年度  
放射線施設共同利用報告書

平成 21 年 10 月

*Radiation Research Center  
Organization of  
University-Industry-Government Cooperation  
Osaka Prefecture University*

## 1. はじめに

産学官連携機構・放射線研究センター長 奥田修一

この報告書は、大阪府立大学産学官連携機構・放射線研究センターの放射線施設における平成20年度共同利用の成果を、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、医学など様々な分野にわたり、今後新しい分野における研究が展開する契機となることも期待されます。

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、種々の非密封放射性同位元素が取り扱える放射化学実験施設、実験動物施設などがあります。これらは、学内外の研究者や技術者、また民間企業などにも広く利用されています。また関係機関と連携して、特徴ある放射線知識普及活動も行っています。この西日本における最大規模の放射線施設は、50年継承されてきました。永年にわたる研究やその他の活動の功績により、このたび日本原子力学会第1回（平成20年度）「原子力歴史構築賞」を受賞しました。

最近の放射線教育の動き、放射線利用の産業、医療分野への広がり、食品照射の動向、新しい量子ビームテクノロジーの進展などを見ると、放射線関連の基礎研究を行うための基盤的な施設はますます重要になることが予測されます。しかし一方で、放射線管理や施設の維持が困難であるために、外部利用に移行する組織が多いのが現状で、今後われわれが果たすべき役割の重さを痛感しています。

皆様には、この報告書を是非ご覧いただきますとともに、将来の科学技術の発展と人材の育成のため、当センターを今後ともご支援いただきますようお願い申し上げます。

平成21年9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20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・ウォルトン電子線加速器の現状	1
	(府大産学官) 谷口良一、岡喬、小嶋崇夫、奥田修一	
2)	コバルト 60 照射施設の現状	2
	(府大産学官) 小嶋崇夫、岡喬、谷口良一、奥田修一	
3)	コヒーレント放射によるポンプ・プローブ実験	3
	(府大産学官) 奥田修一、谷口良一、小嶋崇夫 (京大炉) 高橋俊晴 (Kangwon Univ.) S. Nam	
4)	透明材料のフェムト秒レーザー干渉加工とその可視域レーザーへの応用	5
	(金沢大) 黒堀利夫 (府大学産学官) 奥田修一、小嶋崇夫、岡喬	
5)	超微弱電子線の直接照射によるウラン検出の感度評価	7
	(府大産学官) 佐々木遼也、谷口良一、小嶋崇夫、奥田修一	
6)	Cf-252 小中性子源と2次元光子計数装置を用いた中性子ラジオグラフィ装置	8
	(府大産学官) 谷口良一、佐々木遼也、奥田修一 (京大炉) 岡本賢一 (近畿大) 小川喜弘 (電子研) 辻本忠	
7)	可搬型核種分析装置の開発	9
	(府大産学官) 谷口良一、小嶋崇夫 (株)原子力エンジニアリング) 新谷浩文、岡本景次	
8)	自然放射線測定による非破壊アスベスト検知装置の開発	10
	(府大産学官) 谷口良一、佐々木遼也、小嶋崇夫、奥田修一	
9)	強磁場を用いた X 線由来二次電子の吸収線量局所制御	11
	(京大病院) 伊東宏之、澤田晃、平岡眞寛 (国立がんセンター) 脇田明尚 (京大化研) 岩下芳久、野田章	
10)	冷却型 CCD 画像素子の放射線応答	13
	(府大産学官) 谷口良一、佐々木遼也、奥田修一 (京大炉) 岡本賢一 (近畿大) 小川喜弘 (電子研) 辻本忠	
11)	化合物系太陽電池の低エネルギー電子線照射効果	14
	(JAXA) 森岡千晴、川北史朗、島崎一紀、今泉充 (府大産学官) 奥田修一、小嶋崇夫 (府大院工) 岩瀬彰宏、堀史説	

12)	電流・電圧特性「その場」測定装置を用いた 宇宙用太陽電池の高エネルギー電子線照射効果の研究	15
	(府大院工) 普門貴志、岩瀬彰宏 (府大産学官) 奥田修一、谷口良一 (日本原子力研究開発機構) 大島武、佐藤真一郎	
13)	$\gamma$ 線照射還元法による Au/Pd 二元系金属微粒子の構造制御と評価	16
	(府大院工) 山本正明、田口昇、岩瀬彰宏、堀史説 (産総研ユビキタス) 秋田知樹、田中真悟	
14)	電子線照射したバルク ZrCuAl 金属ガラスの自由体積の挙動	17
	(府大院工) 福本由佳、石井顕人、岩瀬彰宏、堀史説 (東北大金研) 横山嘉彦 (京大炉) XuQiu、義家敏正	
15)	Pd <sub>40</sub> Ni <sub>40</sub> P <sub>20</sub> バルク金属ガラスの構造緩和過程における陽電子消滅測定	18
	(府大院工) 古川匠実、石井顕人、岩瀬彰宏、堀史説 (東京理科大) 春山修身	
16)	ZrCuAl バルク金属ガラスの緩和過程における自由体積サイズ分布評価	19
	(府大院工) 石井顕人、岩瀬彰宏、堀史説 (東北大金研) 横山嘉彦、今野豊彦	
17)	線源棟施設・設備図面の電子ファイル化	21
	(大阪ニュークリアサイエンス協会) 森秀信 (府大産学官) 小嶋崇夫	
18)	線源棟照射施設の保守管理	22
	(府大産学官) 小嶋崇夫、岡喬、谷口良一、奥田修一、豊留男、庄司芳博 (大阪ニュークリアサイエンス協会) 森秀信	
19)	ベンゾ[a]ピレンの DNA 付加体形成に対する TCDD 曝露の影響	23
	(府大産学官) 椎崎一宏、川西優喜、八木孝司	
20)	アポプラスト pH に依存した細胞壁ミドルラメラの崩壊と細胞脱離	24
	(府大院理) 福田一馬、上田英二	
21)	青色光受容体フォトトロピンの光依存的リン酸化シグナル伝達系の解析	25
	(府大院理) 吉原静恵、岡島公司、徳富哲	
22)	多環芳香族 DNA 損傷を部位特異的にもつプラスミドのヒト培養細胞内での複製機構	27
	(府大産学官) 川西優喜、澤井知子、八木孝司 (神奈川工大) 高村岳樹	
23)	塩酸セレギリンならびに関連物質の MAO 阻害活性	28
	(エフピー株式会社) ト部和則、西川亜希子 (府大産学官) 川西優喜、八木孝司	
24)	大気汚染物質 3-ニトロベンズアントロンによる DNA 損傷と突然変異の研究	29
	(府大産学官) 萩尾宗一郎、西田裕、川西優喜、八木孝司 (神奈川工大) 高村岳樹	
25)	神経幹細胞における選択的染色体分配を制御する因子に関する研究	30
	(府大産学官) 東田みずき、白石一乗、児玉靖司、原正之	
26)	高分子担体に固定化した繊維芽細胞と未分化血液細胞の共培養	31
	(府大学院工) 安田昌弘、國枝弘史 (日本大) 相澤信	
27)	過酸化水素殺菌処理による <i>Saccharomyces cerevisiae</i> の不活化挙動の解析	33
	(府大院理) 松永祐一、古田雅一 (シスメックス(株)) 小田康雅、坂田孝 (府大院生命環境) 岸田正夫	

28)	プロタミンによる DNA の高次構造変化と放射線感受性への影響	34
	(府大産学官) 森利明、(京都大) 鈴木麻里、Cecile Crozatier、吉川研一 (環太平洋大) 吉川祐子	
29)	放射線によるゲノム不安定化の記憶と子孫細胞への伝搬に関する研究	35
	(府大産学官) 田辺正輝、白石一乗、児玉靖司、原正之	
30)	マウス出血性水頭症原因遺伝子 <i>hhy</i> の発現解析	36
	(府大院理) 森田健治、森展子 (府大院生命環境) 平野隆爾、桑村充	
31)	放射線発がん感受性の研究	37
	(府大院理) 森展子	
32)	マウス神経幹細胞/前駆細胞の Rhodamin 123 排出能と光増感反応による殺細胞活性評価	38
	(府大院理) 吉田陽亮、森英樹、原正之	
33)	$\gamma$ 線照射による線維蛋白質の分子量変化	39
	(府大院理) 原正之、森英樹、小清水直喜、吉田真由美 (ノルウェー科学技術大) Bjorn E. Christensen	
34)	Bacillus 属細菌の放射線抵抗性と香辛料における増殖挙動について	40
	(府大院理) 古田雅一、浅野哲也、富井恵奈美、石川悦子、保科美幸	
35)	Alpha-elastin のガンマ線架橋によるナノ粒子化とその粒子化特性	42
	(府大院理) 藤本真理、原正之、古田雅一 (九州工大) 岡元孝二	
36)	糖代謝を指標とした <i>Saccharomyces cerevisiae</i> 放射線ストレス応答機構の解析	43
	(府大院理) 渡邊健、古田雅一 (府大院生命環境) 松井文彦、宮西順子、岸田正夫 (シスメックス株) 小田康雅、坂田孝	
37)	熱処理における酵母菌の増殖挙動解析及び、致死損傷の解析	44
	(府大院理) 荒井尊裕、古田雅一 (シスメックス株) 小田康雅、坂田孝 (府大院生命環境) 岸田正夫	
3.	平成 20 年度共同利用報告会プログラム	45
4.	放射線研究センター活動報告	
1)	日本原子力学会「平成 20 年度原子力歴史構築賞」受賞報告	47
	(府大産学官) 奥田修一 受賞対象：大阪府立放射線中央研究所および大阪府立大学の放射線施設	
2)	「平成 20 年度第 25 回記念みんなのくらしと放射線展」活動報告	48
	(府大産学官) 奥田修一	
5.	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	49
	(府大産学官) 奥田修一	
6.	公立大学法人 大阪府立大学 産学官連携機構・放射線研究センターにおける放射線施設の利用	51

# 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

大阪府立大産学官連携機構 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]

18MeV 電子ライナックの 2008 年の運転時間は 224 時間であった。前年よりも若干増加したが、長期的な減少傾向は続いている。図 1 に年間運転時間の、この 25 年間の推移を示す。2008 年は、故障が多発しており、修理時間も 100 時間に達している。一方、600keV コッククロフト・ウオルトン電子線加速器の運転時間は 254 時間であった。これは前年の 302 時間と、ほぼ同じであり順調に稼働していると言える。

**[メンテナンス]** 2008 年の前半、ライナックは連続した故障に悩まされた。

- ・水関連のトラブル：  
加速管の水冷管の取り付け不十分による  
冷却水喪失トラブル、照射室天井からの雨漏。
- ・SF6 のリーク
- ・地下ベンダー溶接個所の真空もれ
- ・クライストロンヒーター用共鳴トランスの故障
- ・RF アンプ（後段）故障
- ・ガン、真空インターロックの故障

これらの故障が連続して起こった。幸いなことに同時には起こらなかったが、修理に多くの時間を要し、前半の稼働率は極めて悪くなった。後半は順調に作動している。

## [研究テーマ]

表 1 に 2008 年にライナック等を利用した主要なテーマを示す。新たなテーマとして、医療照射装置関連の研究が登場している。開発を続けている微弱放射線関連では、電子線の直接照射によるウラン・トリウムの高感度分析法の研究が中心であった。これまでのような、重照射に代わり、比較的弱いビーム、軽い照射に重点が移りつつある。

## [本研究に関する研究発表]

- 1) 「大阪府立大学電子加速器と利用研究の現状」, 奥田修一, 谷口良一, 小嶋崇夫, 岡喬, 岩瀬彰宏, 第 5 回日本加速器学会年会・第 33 回リニアック技術研究会 (2008.8.6-8, 広島) .

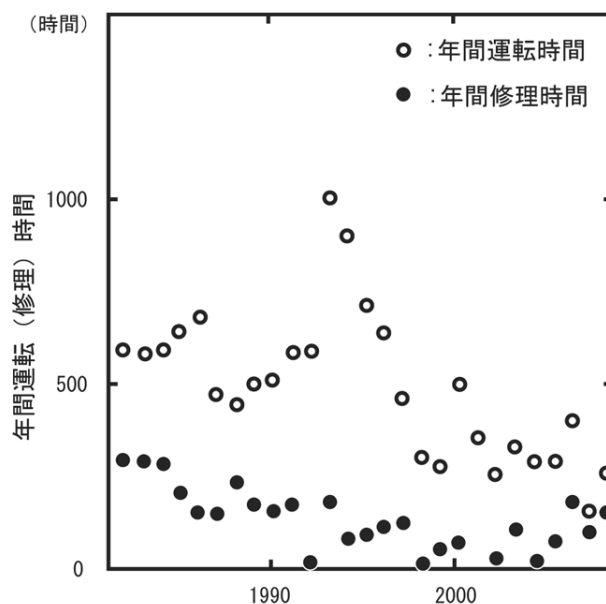


図 1 年間運転時間の推移

表 1 2008 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
強磁場下の X 線線量分布測定
医療用 X 線遮へいの研究
照射による岩塩の誘電率変化測定
人工衛星搭載太陽電池の照射試験

## コバルト 60 施設の現状

阪府大産学官 小嶋崇夫\*、岡喬、谷口良一、奥田修一

(\*本報告に関する連絡先：電話（内線）4213、メール kojima@riast.osakafu-u.ac.jp)

### 【学内利用の状況】

平成 20 年 1 月～12 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 291 時間 30 分、第 3 照射室 1 時間 00 分、第 4 照射室 80 時間 30 分、照射プール 1674 時間 24 分であり、合計 601 件 2047 時間 24 分であった。その場計測や温度制御を必要としない照射がほとんどで第 2 照射室と照射プールの利用が多い傾向に変化はない。

### 【学外利用の状況】

平成 20 年 1 月～12 月の依頼件数は計 227 件、照射手数料は計 10,305,950 円であった。学外利用による照射手数料は法人化以前より減少傾向にあったが、平成 20 年は前年比約 2.5 倍の増加を示した。主な利用目的は放射線検出器の特性試験、ケーブル類、カメラ、センサなどの耐放射線試験、放射線照射による物質改質などである。

各照射室の利用時間は、第 1 照射室 388 時間 53 分、第 2 照射室 88 時間 23 分、第 3 照射室 104 時間 29 分、第 4 照射室 169 時間 09 分、照射プール 333 時間 35 分であった。学外利用では照射室や照射プールから計装ケーブルを引き出して照射室外でモニタリングを行う照射中その場計測による利用が多いのが特徴である。また、大容量・長尺の試験体の照射依頼にも対応している。

### 【施設の状況】

平成 15 年 8 月を最後に線源が補充されていないため、補充当時の線源強度のほぼ 1/2 になっている。利用者の需要の多い 1) 第 4 照射室での 10 kGy/h の高線量率照射場の維持、2) 照射プールの  $\phi 20\text{cm}$  (強) 照射容器の線量率の向上、の 2 点に対する対策が課題である。2) については、 $\phi 10\text{cm} \rightarrow \phi 7.5\text{cm}$  への線源集合体の組み替えにより、小容量・高線量率の照射場を確保すると共に  $\phi 20\text{cm}$  (強) 線源の増強を検討している。

平成 21 年 3 月にコバルト第 1 および第 4 照射室のマスタースレイブマニプレータとコバルト照射施設放射線監視装置の定期点検を実施した。(参考文献(1)) 各装置ともに設置後相当年数が経過しているため、今後の保守管理計画の検討が必要である。

管理の省力化のため、建設・設置当時の施設・設備図面（所謂「青焼き」の図面）施設、設備図面の CAD 入力による電子ファイル化と立体図面の作成を開始した。(参考文献(2))

### 【参考文献】

- (1)「線源棟照射施設の保守管理」小嶋崇夫、岡喬、谷口良一、奥田修一、豊留男、庄司芳博、平成 20 年度大阪府立大学産学官連携機構放射線研究センター放射線施設共同利用報告書
- (2)「線源棟施設・設備図面の電子ファイル化」森秀信、小嶋崇夫、平成 20 年度大阪府立大学産学官連携機構放射線研究センター放射線施設共同利用報告書

# 冷却型 CCD 画像素子の放射線応答

大阪府立大産学官連携機構 谷口良一\*、佐々木遼也、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 撮像素子は高感度であり画像の定量性がすぐれ、ダイナミックレンジも広いことから、高感度ラジオグラフィ用として広く用いられている。ただし冷却型 CCD 画像には特徴的な白点ノイズが出現し、これが実用上の問題となっていた。本研究では、各種の放射線場における、これらのノイズ応答の解析結果を検討するとともに、これらのノイズの成因について考察した。

## [放射線照射応答]

冷却型 CCD の白点ノイズは、1 画素の大きさを持ち、周囲の画像とはかけ離れた輝度をもつという特徴がある。さらに、外見は同じであるが、常に同じ位置に出現するノイズ（FPN、固定点ノイズ）と出現位置が一定でないノイズ（ランダムノイズ）があることが知られている。図 1 は、ガンマ線照射時に CCD 画像に出現した白点ノイズを解析したものである。図中の白丸は固定点ノイズ、黒丸はランダムノイズの変化を示している。図の影の部分部分が $\gamma$ 線照射を行った時間帯である。図のように、ランダムノイズは放射線照射に伴って増大し、照射終了後は、速やかに元に戻っている。これに対して固定点ノイズに変化は見られない。図 2 は、ランダムノイズの出現数とガンマ線線量の関係を示している。明らかにランダムノイズの出現数は $\gamma$ 線照射量に比例している。これに対して固定点ノイズに関しては、放射線照射と明確な関係は得られていない。

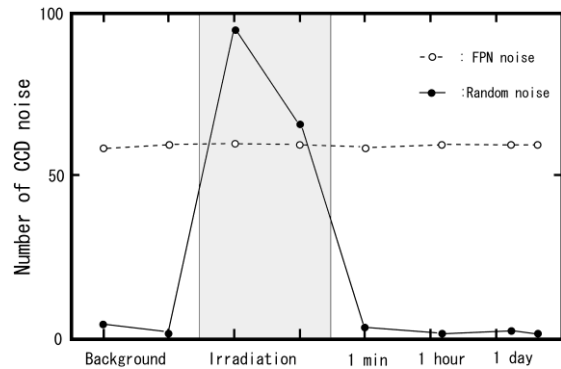


図 1  $\gamma$ 線照射による白点ノイズの変化

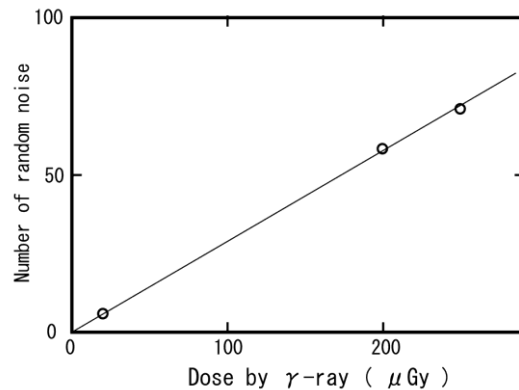


図 2  $\gamma$ 線線量とランダムノイズの関係

## [本研究に関する研究発表]

- 1) 「冷却型 CCD 素子の放射線照射応答」、谷口良一、佐々木遼也、奥田修一、小川喜弘、岡本賢一、辻本忠、非破壊検査協会平成 20 年度春季大会概要集（2008 年 5 月 20 日、東京）pp109-112
- 2) “Noise Characteristic of Neutron Images Obtained by Cooled CCD Device”, R. Taniguchi, R. Sasaki, S. Okuda, K. Okamoto, Y. Ogawa, T. Tsujimoto, 6<sup>th</sup> International Topical Meeting on Neutron Radiography (Sep. 14-18, 2008, Kobe, Japan) P108



# 化合物系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(JAXA) 森岡千晴\*, 川北史朗, 島崎一紀, 今泉 充

大阪府立大学 産学官連携機構 奥田修一, 小嶋崇夫

大阪府立大学大学院工学研究科 岩瀬彰宏, 堀 史説

(\*本研究に関する連絡先: 電話 029-868-4274, メール morioka.chiharu@jaxa.jp)

## 1. 背景と目的

3 接合太陽電池 (InGaP/GaAs/Ge) に代表される化合物系太陽電池の放射線劣化メカニズムは未解明な部分が多い。化合物系太陽電池に高エネルギー電子線を照射した場合、セル結晶内部には複数種の欠陥が生じるため欠陥評価は容易ではない。ところが、低エネルギー電子線を用いると、最も軽い元素のみをはじき出すこと (選択的はじき出し) が可能である。例えば InGaP では、300keV 程度以上の電子線を照射すると In、Ga、P が同時にはじき出されるが、100keV から 300keV 程度までの電子線では P のみをはじき出され、P 欠陥のみが生成されると算出されている<sup>[1]</sup>。本研究では、低エネルギー電子線を用いて P 欠陥が太陽電池特性に及ぼす影響、振舞いを明らかにすることを目的とする。

## 2. 実験概要・結果および今後の課題

3 接合太陽電池の 80keV~500keV の低エネルギー電子線劣化特性を取得した。その結果、3 接合太陽電池の特性劣化は InGaP セルの特性劣化が支配的であることが確認された。また、低エネルギー電子線による劣化は、高エネルギー電子線の劣化特性から外挿した傾向よりも劣化が大きい結果となった。この原因は不明だが、シリコン太陽電池では外挿結果とほぼ同様の結果が得られていることから、3 接合太陽電池が化合物系太陽電池であることが関与している可能性も考えられる。詳細検討の為に InGaP 単一接合セルの劣化特性を取得した (図 1 (a))。500keV、150keV 共に照射後に太陽電池特性の回復が確認され、それぞれ回復率、回復速度が異なった (図 1 (b))。欠陥種の特定および、欠陥種と回復現象の関係を検討することが今後の課題である。

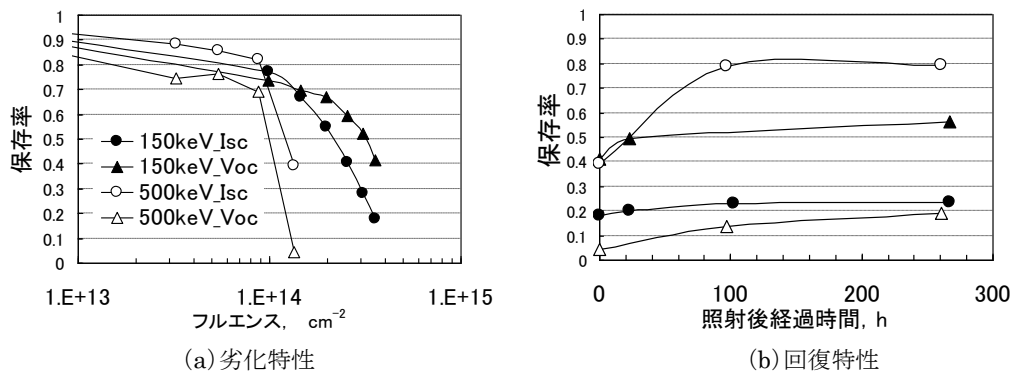


図 1 InGaP 単一接合太陽電池の劣化特性と回復現象@室温(150keV, 500keV の比較)

## 参考文献

[1] 住田泰史 他、大阪府立大学産学官連携機構放射線研究センター平成 16 年度放射線施設共同利用報告書

# 電流・電圧特性「その場」測定装置を用いた 宇宙用太陽電池の高エネルギー電子線照射効果の研究

大阪府立大学大学院工学研究科マテリアル工学分野  
大阪府立大学産学官連携機構  
日本原子力研究開発機構

普門貴志、岩瀬彰宏\*  
奥田修一、谷口良一  
大島武、佐藤真一郎

(\*本研究に関する連絡先：電話(内線)5646、メール iwase@mtr.osakafu-u.ac.jp)

宇宙用太陽電池の照射効果に関する研究は、これまでは室温下において 1 MeV の電子線や 10 MeV の陽子線の照射実験によって行われてきた。しかし、実際の宇宙空間には広いエネルギー範囲の電子線や陽子線などの荷電粒子が飛び交っており、太陽電池の温度は、太陽光の当たる部分では約 100 °C、陰になる部分では約-100 °Cとなる。我々は、このような宇宙用太陽電池の暴露環境をより正確に模擬するための装置を開発し、大阪府立大放射線研究センターの電子線ライナック加速器に設置した。この装置の特長は、高エネルギーの電子線照射と同時に電流・電圧特性を測定できることに加えて、低温(液体窒素温度)から高温まで照射温度を変化させることができるということである。

今回は、本装置を用いて宇宙用単結晶 Si 太陽電池に 10 MeV の電子線を室温で照射し、同時に電流電圧特性を測定した(図 1)。また、日本原子力研究開発機構(高崎)において 1 MeV の電子線、10 MeV の陽子線照射の実験も行ったので、併せて考察を行う。

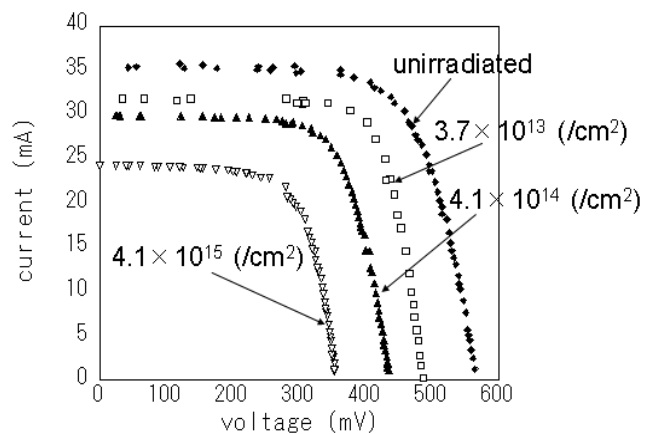


図 1. 電子線照射した宇宙用 Si 太陽電池の電流・電圧特性

## 参考文献

- 1) H. Y. Tada, *Solar Cell Radiation Handbook Third Edition*, JPL Publication 82-69 (1982).
- 2) G. P. Summers, E. A. Burke, P. Shapiro, S. R. Messenger, and R. J. Walters, *IEEE Trans. Nucl. Sci.*, **40**, (1993) 1372.

## 本研究に関する研究発表

- 1) T. Fumon, S. Okuda, R. Taniguchi, T. Ohshima, S. Sato, and A. Iwase, DEVELOPMENT OF APPARATUS FOR ELECTRON IRRADIATION AND IN-SITU I-V CHARACTERISTIC MEASUREMENT FOR SPACE SOLAR CELLS, *Proceedings of the 8<sup>th</sup> International Workshop on Radiation Effects on Semiconductor Devices for Space Applications*, (2008)203-206.

## γ線照射還元法による Au/Pd 二元系金属微粒子の構造制御と評価

阪府大院工マテリアル工学分野 山本正明、田口昇、岩瀬彰宏、堀史説\*  
産総研ユビキタス 秋田知樹、田中真悟  
(\*本研究に関する連絡先：電話（内線）5658、メール horif@mtr.osakafu-u.ac.jp)

【緒言】これまで超音波を用いた還元法において本来全率固溶である Au と Pd が、Au をコア、Pd がその周囲を覆うようなコアシェル構造のナノ微粒子の制御について報告してきた。さらにこのコアシェル微粒子は水素に対して高い活性を持つことも示されている。そして今回、超音波とは別の還元反応である γ線照射還元によるコアシェル構造の構造制御を目的として、Au/Pd ナノ微粒子を条件を変えて合成し、成長過程の微粒子の構造評価を試みた。

【実験】照射溶液は Au<sup>3+</sup>、Pd<sup>2+</sup> イオン水溶液(1:1)に界面活性剤として SDS 8 mM、PEG-MS 0.4 mM をそれぞれ添加したものをを用いた。照射には <sup>60</sup>Co 線源を用いた γ線を最大 10 kGy 大気中で照射し、照射途中(1 k, 2 k, 3 k, 5 k, 7.5 kGy)で抽出した溶液から TEM 試料を作成し、また同様に UV/vis (吸光度測定)、TEM (透過型電子顕微鏡) 及び STEM (走査型透過電子顕微鏡) 観察を行った。

【結果】Uv/vis 測定では、SDS、PEG-MS 共に金粒子の生成を示すピークが観察されたが、その成長過程が異なっていた。また超音波照射還元では PEG-MS ではコアシェル微粒子が生成されなかったのに対し、γ線照射ではいずれの界面活性剤においてもコアシェル (Au-コア、Pd-シェル) 構造の微粒子が STEM により確認された。さらに、PEG-MS はほぼ全ての微粒子がコアシェル構造であったのに対し SDS では合金とみられる微粒子や単体の微粒子も多く観察され SDS に比べ PEG-MS がコアシェル構造の均一性が高く構造制御に優位性がある事などが分かり、超音波還元法により同じ条件で作成した微粒子でも構造が異なることが分かった。

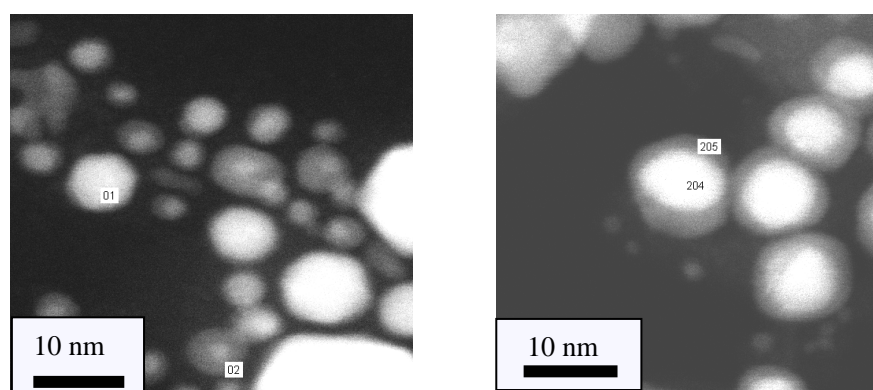


図 左 SDS(7.5 kGy)、右 PEG-MS(10 kGy)の STEM 像

### 本研究に関する研究発表

- 1) 日本金属学会 2009 年春季大会
- 2) N. Taguchi et al., Radiation Phys. and Chem. (in press)

## 電子線照射したバルク ZrCuAl 金属ガラスの自由体積の挙動

大府大院工 福本由佳、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 XuQiu、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】

バルク金属ガラスは熱力学的に準安定状態であるため、熱や応力により緩和を起すことが知られている。その緩和過程は自由体積の変化によって内部構造の挙動としてとらえる事ができる。一方、高エネルギー粒子線照射による結晶化挙動などの研究などが行われているが、照射による内部の自由体積緩和の挙動については殆どわかっていない。そこでバルク金属ガラスに電子線照射を行い、構造変化及び自由体積の変化を陽電子消滅法などの手法を用いて調べた。

### 【実験方法】

傾角鋳造法により作製したバルク状の  $Zr_{50}Cu_{40}Al_{10}$  金属ガラス(直径 8 mm,長さ 50~60 mm、円柱状)を厚さ 0.4 mm 程度に切り出した試料に、液体窒素温度 (77 K) で 28 MeV の電子線照射(京都大学原子炉実験所 KURRI-LINAC)を行なった。照射量は  $10^{17}$ ~ $10^{18}$  / $cm^2$  である。各々の試料に対して X 線回折、陽電子寿命測定、同時計数ドップラー拡がり測定を室温で行った。

### 【結果】

X 線回折ではいずれの照射量においても結晶化などの変化は確認されなかった。しかし、陽電子寿命測定とドップラー測定結果から、照射による金属ガラス中の自由体積サイズの増加が確認された。また、ドップラー測定の解析結果から自由体積周囲に分布する元素比率の大きな変化は確認されなかった。これらから、電子線照射により金属ガラス中の原子弾き出しが均等に起こり、照射欠陥が生成したと考えられる。導入された空隙周囲の原子の大きな拡散は室温以下では起こっていないことがわかった。この結果は、熱による構造緩和やイオン照射において、陽電子寿命が減少する傾向とは全く異なることがわかった。

### 本研究に関する研究発表

- 1) 金属学会 2008 年秋季大会 (9 月、熊本)、福本由佳、石井顕人、岩瀬彰宏、横山嘉彦、堀史説、電子線照射したバルク ZrCuAl 金属ガラスの自由体積の挙動
- 2) 「宇治キャンパス公開 2008」量子理工学研究実験センター第 9 回公開シンポジウム(QSEC) (10 月、京都)、福本由佳、石井顕人、岩瀬彰宏、横山嘉彦、堀史説、電子線照射した ZrCuAl バルク金属ガラスの陽電子消滅測定
- 3) 京都大学原子炉実験所専門研究会「陽電子科学とその理工学への応用」(2009年3月、大阪) 堀史説、福本由佳、石井顕人、横山嘉彦、岩瀬彰宏、粒子線照射したバルク ZrCuAl 金属ガラスの陽電子消滅測定

## Pd<sub>40</sub>Ni<sub>40</sub>P<sub>20</sub> バルク金属ガラスの構造緩和過程における陽電子消滅測定

阪府大院工マテリアル工学分野 古川匠実、石井顕人、岩瀬彰宏、堀史説\*  
東京理科大 春山修身

(\*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系バルク金属ガラスにおける構造緩和過程においては、自由体積変化と密度変化に焼鈍温度依存性がある事などが報告されている。一方、Pd系バルク金属ガラスでは緩和過程における顕著な温度依存性が見られず、合金系によりその緩和過程に違いがある事が予想される。そこで、Pd系バルク金属ガラスの緩和過程を自由体積変化に注目して陽電子消滅法により測定し、その緩和機構について調べた。

【実験方法】水焼入れ法にて作成されたPd<sub>40</sub>Ni<sub>40</sub>P<sub>20</sub>バルク金属ガラス試料(30 mm×φ8 mm、ガラス転移点  $T_g=570\text{K}$ )を厚さ0.6 mmに切出した。この試料を549±0.3Kのシリコンバス中でそれぞれ0, 5, 30, 90, 300, 2000 min 保持する等温焼鈍を行い、各試料に対してX線回折、陽電子寿命測定、同時計数ドップラー拡がり(CDB)測定を室温にて行った。この等温焼鈍過程のXRD測定では結晶化は起こっていなかった。

【結果】未焼鈍試料の陽電子寿命値は約157 psecであり、自由体積サイズはZrCuAl 3元系バルク金属ガラスの空隙と同程度であった。また陽電子寿命値は焼鈍により300minまで減少傾向を示し、密度緩和で評価されたstretched exponential型の緩和関数に良く一致した。また関数パラメータ $\beta$ も密度緩和の値0.66とほぼ一致し、これは緩和において広い活性化エネルギーを持ち、比較的 $T_g$ に近い温度でも緩和が複雑であることを示しており、自由体積変化と密度変化の直接的な対応を示している。一方CDB測定からは、Zr系と同様に自由体積周囲での原子の移動を示す原子比率の顕著な変化は見られなかった。以上より、Pd系の自由体積緩和は密度緩和との整合性が良く、長距離の原子拡散を行わないという点ではZr系と共通している事がわかった。

## ZrCuAl バルク金属ガラスの緩和過程における自由体積サイズ分布評価

大阪府大院工学研究科 石井顕人、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)

**【研究背景】** 金属ガラスは構造緩和により、破壊強度、電気抵抗率、ヤング率等の物性が変化する事が報告されており、実用化を視野に入れるとその制御は重要である。しかし、緩和過程の機構の詳細は明らかにされていない。我々は金属ガラスの物性に影響する因子として考えられている自由体積変化が密度の変化と良い相関を持っている事及びその緩和過程について熱力学的考察を行ってきた。本件ではこれまで平均化していた自由体積サイズの分布曲線を導出する事でより詳細な自由体積の本質及び緩和過程の評価・解析を行った。

**【研究内容】** 傾角鋳造法により作製した  $Zr_{50}Cu_{40}Al_{10}$  バルク金属ガラスを切り出し、ガラス転移点 ( $T_g = 689$  K) 以下でそれぞれ等温焼鈍 (473, 573, 673 K) を真空中にて行った。各温度での焼鈍過程を密度測定、X線回折 (XRD)、陽電子寿命測定、陽電子消滅ドップラー広がり測定を行った。自由体積サイズ分布に対応する陽電子寿命値分布曲線は陽電子消滅減衰曲線のラプラス逆変換により得られた。

**【結果】**  $Zr_{50}Cu_{40}Al_{10}$  バルク金属ガラスの自由体積サイズの分布曲線は図のように平均寿命値に対応した単一のピークを持ち半値幅は約 77 psec であった。さらに、この他のピークは見られなかったため、これらの事は金属ガラス中の自由体積が平均寿命値を中心としたサイズ分布を持っている事を示しており、多重空孔等の大きなボイドは存在しない事が明らかとなった。

右図は更に、構造緩和 (673 K) による分布曲線の変化も表しており、 $T_g$  以下の焼鈍により分布曲線のピークは平均寿命値変化にほぼ対応してシフトし、その半値幅は長寿命側が主に減少した。この結果は緩和過程において比較的大きいサイズの自由体積が減少する事を示している。このような測定は  $Ni_{25}Zr_{55}Al_{20}$  リボン材による報告があり、今後サイズ分布及びその緩和過程における変化の組成依存性の解明のため異なる組成における測定・評価が必要である。

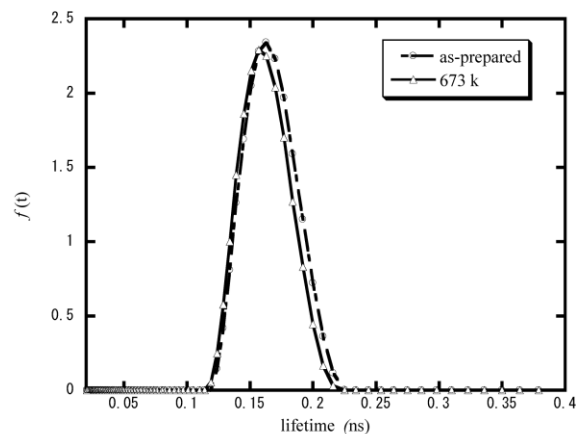


図. 構造緩和前後の  $Zr_{50}Cu_{40}Al_{10}$  バルク金属ガラスの自由体積サイズ分布曲線  $f(t)$ 。ここで  $t$  は陽電子寿命

## 本研究に関する研究発表

### 学会発表

#### 国内学会

1 日本金属学会 2008 年春期大会、3 月 26 日～28 日 武蔵工業大学 ○石井顕人、岩瀬彰宏、横山嘉彦、今野豊彦、堀史説、「Zr50Cu40Al10 金属ガラスにおける自由体積緩和の陽電子寿命測定法による観察」

2 日本金属学会 2008 年秋期大会、9 月 23～25 日 熊本大学 ○石井顕人、岩瀬彰宏、横山嘉彦、今野豊彦、堀史説「Zr50Cu40Al10 金属ガラスの自由体積緩和における陽電子寿命変化」

3 格子欠陥制御工学研究会(阿蘇 2008 年 9 月 26 日) ○石井顕人、岩瀬彰宏、横山嘉彦、今野豊彦、堀史説「Zr 基バルク金属ガラスの自由体積の直接観察とその挙動解析」

4 金属学会 2009 年春季大会(東京工業大学、2009 年 3 月 29 日) ○石井顕人、岩瀬彰宏、横山嘉彦、今野豊彦、堀史説「Zr50Cu40Al10 金属ガラスの熱的緩和挙動に関する研究」

#### 国際会議

Akito Ishii, Fuminobu Hori, Yoshihiko Yokoyama, Toyohiko J Konno (5 min oral presentation & 1 h poster), 「Free volume change in Zr50Cu40Al10 glassy alloy by the annealing studied by positron annihilation spectroscopy」, The International Workshop on Positron Studies of Defects, 1-5 September 2008 Prague Czech Republic

#### 発表論文

A. Ishii, F. Hori, A. Iwase, Y. Yokoyama and T. J. Konno, 「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」, Journal of Physics: Conference Series, (to be published)

## 線源棟施設・設備図面の電子ファイル化

大阪ニュークリアサイエンス協会 森秀信

阪府大産学官

小嶋崇夫\*

(\*本報告に関する連絡先：電話（内線）4213、メール [kojima@riast.osakafu-u.ac.jp](mailto:kojima@riast.osakafu-u.ac.jp))

### 【これまでの状況】

産学官連携機構放射線研究センターの線源棟放射線施設は昭和 30 年代に設計・建設され、その後三期の増築工事を経て昭和 55 年に現在の施設配置が完成した。1) 建設当時の設計図書は製本された状態で保管されているが、古いものでは作成後 50 年が経過しており、退色が目立ってきている。また、図面には現場指示での変更と思われる書き込みもあり、変更箇所を反映した図面を作成し一元管理しておく必要があった。

このような状況下で、施設図面の CAD 入力による電子ファイル化を開始した。

### 【作業手順】

CAD ソフトウェアの選定においては 1) データの共有が容易になるよう、廉価または無料であること、2) 施設図面の作成に必要となるデータ量を取り扱えること、などを考慮し、フリーソフトウェア”Jw\_cad（作業開始時は version 6.11）”<sup>2)</sup>を使用した。

図面の入力は設計図書に従って行い、図面の数字が鮮明ではない場合や実機と異なる場合は実機の採寸を行って入力データを作成した。

### 【進捗状況】

平成 20 年度中に第 1 線源棟の平面図、断面図、照射室展開図（図 1）等の入力を完了した。平面図を元に立体図（図 2）などを作成した。

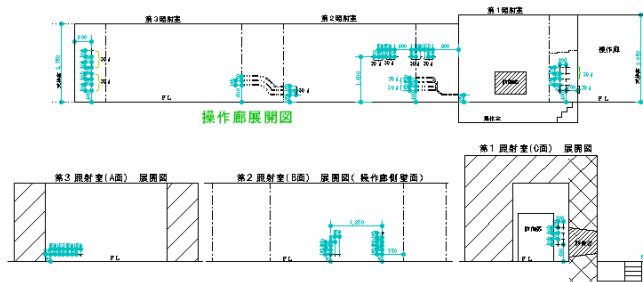


図 1 コバルト第 1～第 3 照射室スリーブ展開図

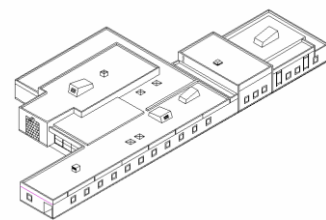


図 2 第 1 線源棟外観図

これらの図面を利用することにより、官庁手続き時に必要となる施設・設備図面の作成時間の短縮が図られると共に、照射利用者との打合せ資料の作成にも有効活用されることが期待できる。

### 【参考文献】

- 1) “大放研三十年のあゆみ”、大阪府立放射線研究所発行、1989 年
- 2) <http://www.jwcad.net/>



## 線源棟照射施設の保守管理

阪府大産学官 小嶋崇夫\*、岡喬、谷口良一、奥田修一、豊留男、庄司芳博  
大阪ニュークリアサイエンス協会 森秀信

(\*本報告に関する連絡先：電話（内線）4213、メール kojima@riast.osakafu-u.ac.jp)

平成 20 年度に実施した線源棟照射施設の保守管理に伴う主要な工事・作業の概要を以下に示す。

### 1) コバルト第 2 照射室内 100 V 電源および室内照明の改修

平成 20 年 7 月、コバルト第 2 照射室内の 100 V 電源の絶縁抵抗が低下したため、同電源の使用を停止ししゃへい壁貫通ケーブル孔を経由した照射室外からの給電に変更した。恒久的な措置として平成 21 年 2 月にコバルト測定廊～照射室内の既設配線を廃止し、照射室内での試験・作業用電源として 100 V 用コンセントをコバルト測定廊に新設した。漏電対策の水平展開として 1) コバルト第 2 照射室内照明の給電ルートをしゃへい壁貫通孔経由に変更、2) コバルト第 3 照射室の室内電源も同第 2 照射室と同様にコバルト測定廊に新設したコンセントからの給電に変更、の措置を行った。

### 2) 線源棟屋上防水シートの補修

平成 20 年 11 月にコバルト第 1～第 3 照射室屋上部分、平成 21 年 2 月にコバルト第 4 照射室屋上部分の線源棟屋上の防水シートの補修工事を実施した。

### 3) 照射プール準備室の蛍光灯交換

平成 21 年 2 月、照射プール準備室天井の蛍光灯の全数交換を実施した。

### 4) マスタースレイブマニプレータと放射線監視装置の分解点検・修理

平成 21 年 3 月、コバルト第 1 および第 4 照射室のマスタースレイブマニプレータの分解点検および動力伝達テープ等の部品交換およびコバルト第 1～第 3 照射室とコバルト第 4 照射室・照射プールの各系統の放射線監視装置(照射設備制御装置を含む)の点検を実施した。

## 謝辞

御協力頂いた大阪府立大学事務局施設課および作業従事者の方々に深く感謝致します。

## ベンゾ[a]ピレンの DNA 付加体形成に対する TCDD 曝露の影響

阪府大産学官 椎崎一宏\*、川西優喜、八木孝司

(\*本研究に関する連絡先： 072-254-9830 (内) 4224、shiizaki@riast.osakafu-u.ac.jp)

ベンゾ[a]ピレン (BaP) はタバコ煙等に含まれる発ガン物質であり、体内に取り込まれた後に代謝活性化を受けてゲノム DNA と付加体を形成し変異を引き起こす。この代謝活性化を主に担う CYP1A1 は、ダイオキシン受容体として知られる Aryl Hydrocarbon Receptor (AhR)により強力に誘導される。ダイオキシン (TCDD) はヒト生体内のいかなる酵素によっても代謝されないため、DNA と付加体を形成しない。しかし薬物代謝酵素の誘導を介して BaP を始めとする発がん前駆物質の毒性を増強する可能性が指摘されている。我々は、ヒト肝ガン由来細胞 HepG2 を用いて BaP 曝露後の付加体形成における TCDD の影響を検討した。BaP-DNA 付加体は <sup>32</sup>P ポストラベル法にて検出した。

TCDD 処理により HepG2 細胞における CYP1A1 は約 200 倍に誘導されたため、この際の BaP 付加体形成は増加することが予想された。しかし、BaP と TCDD の同時曝露では BaP 単独曝露よりも付加体量は減少した。この TCDD による「保護効果」は BaP の代謝活性体である BPDE 曝露時において、より顕著であった。TCDD の効果は BaP を曝露するより 12 時間~24 時間前の処理が最も有効であった。そこで TCDD の付加体形成抑制効果には何らかの遺伝子発現変化が関与しているものと考え、BaP 代謝酵素の mRNA 発現を BaP 単独および TCDD との同時曝露で比較した。その結果、第 I 相薬物代謝酵素では CYP1A1 が、第 II 相薬物代謝酵素では UGT1A1 mRNA が BaP 単独よりも TCDD との同時曝露で顕著に上昇していた。これらの酵素の共通の阻害剤である ketoconazole によって TCDD の作用は完全にブロックされたため、保護作用はこれら 2 つの代謝酵素の誘導が寄与していると考えられた。HepG2 細胞の UGT1A1 の強制発現株や siRNA 発現株を作成し、BaP および BPDE を曝露したところ、付加体量に変化は見られなかった。一方、CYP1A1 の阻害剤である Emodin、Danthron、Ellipticin、 $\alpha$ -Naphthoflavone、Omeprazole を処理したところ、すべての薬物によって TCDD の保護作用は減弱した。CYP1A1 の関与を明確化するため、マウス Hepa-1c1c 細胞およびその CYP1A1 欠損株、c37 細胞を用いて BPDE 曝露後の付加体形成ならびに TCDD による抑制作用を検討した。結果として Hepa-1c1c 細胞では HepG2 細胞同様に TCDD による付加体形成の抑制効果が認められたが、c37 株では抑制作用は全く認められなかった。

これらの結果から、TCDD 曝露による BaP 付加体形成抑制作用は CYP1A1 の誘導的発現によるものであると結論付けられた。CYP1A1 は BaP を BPDE に代謝活性化するだけでなく、BPDE をさらに安定代謝物に変換していると考えられた。CYP1A1 の BaP 毒性発現に対するこれら二面的な作用はそれぞれの反応速度、すなわち CYP1A1 の発現量に依存することが予想された。

## アポプラスト pH に依存した細胞壁ミドルラメラの崩壊と細胞脱離

福田一馬, 上田英二\* (阪府大院 生物)

(\*本研究に関する連絡先: 電話 (内線) 3616, mail: uheda@b.s.osakafu-u.ac.jp)

植物の細胞には細胞壁があり, それぞれの細胞は主にペクチンからなる中葉 (ミドルラメラ) を介して隣の細胞と接着している. ミドルラメラの崩壊とそれに伴う細胞脱離の現象は, アブシジョン (器官脱離), 根冠細胞の脱離, 果実の成熟, 花粉の形成など植物の生長過程で普遍的に見られる. しかし, ミドルラメラの崩壊や細胞脱離がどの様にして起こるかについては不明な部分が多い. 私たちは, アカウキクサ (水生シダ) の根の離層細胞がアポプラストの pH に依存して脱離することを発見した. アポプラスト pH に依存した細胞脱離はこれまで報告されていない. 私たちは, この細胞脱離の詳細を明らかにすることができれば, ミドルラメラ崩壊や細胞接着 (脱離) のメカニズムについての新しい知見が得られるのではないかと考えている.

アポプラスト pH に依存したアカウキクサ根の離層細胞の脱離について, これまでの研究から以下のことが判明している.

1. アポプラスト pH に依存した細胞脱離は, 非常に短時間で起こり約 10 分で完了する.
2. 細胞脱離は, 高濃度のマンニトール存在下 (高浸透圧下) でもおこる.
3. アポプラスト pH に依存した細胞脱離は, アポプラスト pH に依存したミドルラメラの崩壊 (ペクチンの分解) によって起こる.
4. 中性 pH 域 (pH 6.5-7.5) で起こるペクチンの分解は, 温度依存的であり, タンパク質分解酵素の前処理で阻害される. しかし, アクチノマイシンやシクロヘキシミドの前処理では阻害されない.
5. 市販の細胞壁分解酵素 (polygalacturonase, cellulase, pectinmethylesterase, hemicellulase,  $\beta$ -galactosidase) を処理してもこの細胞脱離の現象をミミックすることはできない.

以上のことから, アポプラストの pH に依存した細胞脱離は, アポプラストの pH に依存したペクチンの分解の結果起こると考えられる. ペクチンの分解にはおそらく細胞壁に存在する酵素が関与していると考えられるが, 詳しいことは不明であり, 現在検討を続けている.

### 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) Inhibition of nitrogen-fixing activity of the cyanobiont affects the localization of glutamine synthetase in hair cells of *Azolla*. Eiji Uheda and Kazuhiro Maejima, Journal of Plant Physiology (doi:10.1016/j.jplph.2009.04.005, In Press)

## 青色光受容体フォトトロピンの光依存的リン酸化シグナル伝達系の解析

阪府大院理生物科学 吉原静恵\*、岡島公司、徳富哲

(\*本研究に関する連絡先：電話（内線）4103、メール yoshihara@b. s. osakafu-u. ac. jp)

動物は視覚系により外界の物体の存在や運動を認識し、それらに対して素早い応答をおこなっている。一方、光合成をおこなう植物の大部分は移動能力を持たないが、適切な時期に発芽、分化、成長するために、光は重要な環境情報の一つである。植物の光受容体としては、赤色光をセンスするフィトクロムや、青色光をセンスするフォトトロピンやクリプトクロムなどが知られているが、私達研究グループではこれらのなかでも、フォトトロピン (phototropin) について光センシングの分子メカニズムの解明を目指した研究をおこなっている。

フォトトロピン (phot1, phot2) は植物において光屈性、葉緑体定位運動、気孔開口などを制御する青色光受容体である。N 末端側に光受容ドメインである FMN を結合した2つの LOV ドメイン (LOV1、LOV2) があり、C 末端側に Ser/Thr キナーゼドメインをもつ。LOV ドメインは光を受容すると保存された Cys 残基と FMN の間で共有結合が形成し、同時にドメインの構造変化が引き起こされる。キナーゼ活性は暗状態で主に LOV2 ドメインによって抑制されている。青色光による LOV ドメインの構造変化がこの抑制を解き、キナーゼは活性化される。フォトトロピンの自己リン酸化や他の分子のリン酸化により、青色光シグナルを下流に伝える。しかし、こうした光によるキナーゼ活性制御について分子レベルでの機構について詳細はわかっておらず、phot タンパク質の生化学的、生物物理学的解析が必要である。我々は以前、大腸菌で発現・精製したシロイヌナズナの phot2 がカゼインをリン酸化することを見いだした。①最近、この phot2 の LOV2+キナーゼが phot1 の N 末端側を人工的な基質としてリン酸化することを見いだした。phot1 と phot2 の N 末端側領域へのリン酸化の光強度依存性を調べると、phot1 の方がおよそ 10 倍感度が高かった。こうした違いは LOV2 ドメインのフォトサイクルの速度によると考えられる。一方、②フォトトロピンの下流で機能するシグナル伝達因子はいくつか同定されているが、生体内でのフォトトロピンのリン酸化基質は報告されていない。本研究では、フォトトロピンが制御する光依存的なシグナル伝達経路を明らかにするために、シロイヌナズナ野生株と phot1phot2 変異株を用いて、青色光依存的にリン酸化される基質の同定を目指している。

### 本研究に関する研究発表

#### 1) 学会発表

岡島公司、徳富哲、シロイヌナズナ青色光受容体phot1における光によるリン酸化活性制御機構の解析、2008年9月、日本植物学会年会 高知

岡島公司、徳富哲、シロイヌナズナphot1, phot2のLOV2-キナーゼ領域の生化学的解析、2009年3月、日本植物生理学会年会 名古屋

岡島公司、徳富哲、Biochemical analyses of LOV2-kinase peptide in Arabidopsis phototropin 1、2009年6月、International Congress on Photobiology、Dusseldorf, Germany

#### 2) 原著論文

Time-resolved Fourier transform infrared study on photoadduct formation and secondary structural changes within the phototropin LOV domain. Pfeifer A, Majerus T, Zikihara K, Matsuoka D, Tokutomi S, Heberle J, Kottke T. *Biophys J.* 2009, 96(4):1462-1470.

Oligomeric structure of LOV domains in Arabidopsis phototropin. Katsura H, Zikihara K, Okajima K, Yoshihara S, Tokutomi S. Stability of dimer and domain-domain interaction of Arabidopsis phototropin 1 LOV2. Nakasone Y, Eitoku T, Zikihara K, Matsuoka D, Tokutomi S, Terazima M. *J Mol Biol.* 2008, 383(4):904-913.

Structural basis of the LOV1 dimerization of Arabidopsis phototropins 1 and 2. Nakasako M, Zikihara K, Matsuoka D, Katsura H, Tokutomi S. *J Mol Biol.* 2008, 381(3):718-733.

Crystallization and preliminary X-ray diffraction analysis [correction of analysis] of the LOV1 domains of phototropin 1 and 2 from Arabidopsis thaliana. Nakasako M, Hirata M, Shimizu N, Hosokawa S, Matsuoka D, Oka T, Yamamoto M, Tokutomi S. *Acta Crystallogr Sect F Struct Biol Cryst Commun.* 2008, 64(Pt 7):617-621.

Involvement of electron transfer in the photoreaction of zebrafish Cryptochrome-DASH. Zikihara K, Ishikawa T, Todo T, Tokutomi S. *Photochem Photobiol.* 2008, 84(4):1016-23.

## 多環芳香族 DNA 損傷を部位特異的にもつプラスミドのヒト培養細胞内での複製機構

阪府大産学官 川西優喜\*、澤井知子、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 [kawanisi@riast.osakafu-u.ac.jp](mailto:kawanisi@riast.osakafu-u.ac.jp))

実際に環境中に存在する汚染物質が原因の DNA 損傷(付加体)を用いて、それら付加体に変異を誘発する過程を、ヒト細胞を用いて定量的に比較解析した。タバコ煙中にも存在し、重要な工業材料でもあったアミノビフェニルを対象にした。アミノビフェニル-dG を部位特異的に 1 箇所もつプラスミドを作製し、ヒト細胞内で複製させた。複製プラスミドを解析し、損傷乗り越え DNA 合成(TLS)の頻度と突然変異パターンを調べた。プラスミド作製の過程で <sup>32</sup>P 標識ヌクレオチドを用いた。この DNA 付加体が DNA 中に 1 分子存在するときの突然変異誘発率(塩基変化率)を算出し、周辺配列による比較の比較を試みた。

アミノビフェニル-dG 付加体を、実際の膀胱癌で見つかる p53 遺伝子変異ホットスポット模した配列に組み込んだ。そしてヒト培養細胞で複製したところ、変異ホットスポット(codon 248)に組み込んだ ABP 付加体はホットスポットではない配列(codon 249)のものに比べ、有意に高い突然変異率を示した。また、TLS 率は codon 248 の方が低かった。付加する場所が変異誘発に影響を与えることが分かった。次に、TLS ポリメラーゼの一つである polH を過剰発現した細胞で同様の複製実験を行った。その結果、codon 248 における TLS 率は、野性株に比べ低くなり、変異率は上昇した。Codon 249 では TLS 率、変異率とも野性株からの変化は無かった。これらのことから、codon 248 と 249 上の付加体は異なるポリメラーゼにより TLS されており、polH は codon 248 上の ABP 付加体を誤りがちに TLS することが示唆された。

### 本研究に関する研究発表

#### 論文

1) Tomoko Sawai, Masanobu Kawanishi, Takeji Takamura-Enya, Takashi Yagi (2009) Establishment of a method for analyzing translesion DNA synthesis across a single bulky adduct in human cells, *Genes and Environment*, **31**(1): 24-30

#### 学会発表

1) Tomoko Sawai, Masanobu Kawanishi, Takaharu Kanno, Takeji Takamura-Enya, Takashi Yagi, Quantitative Analysis of Translesion DNA Synthesis across Site-specific 4-Aminobiphenyl Adducts in Human Cells, 日本環境変異原学会第 37 回大会, 沖縄, 2008 年 12 月 4 日

## 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 ト部和則、西川亜希子

大阪府立大学産学官連携機構 川西優喜、八木孝司\*

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

パーキンソン病 (PD) は黒質線条体ドパミン作動性神経の変性により振戦、筋固縮、無動、姿勢調節障害を主体とする、アルツハイマー病に次いで多い神経変性疾患であり、PD 患者の脳内では神経伝達物質であるドパミンの明らかな減少が見られる。ドパミンはモノアミン酸化酵素 MAO-A、B により酸化的脱アミノ化され代謝されるが、PD の病変部である線条体では MAO-B が優位に存在するため、この部位におけるドパミンの代謝は MAO-B によって行われる。抗 PD 薬の塩酸セレギリンは MAO-B に対して選択的な阻害を示し、内因性のドパミン、L-DOPA 製剤由来のドパミンの代謝を抑制することで PD 症状を改善する。一方、MAO-A は小腸のチラミンの代謝に関与することから MAO-A の阻害はチラミンによる神経終末部からのノルアドレナリンの放出を促し、高血圧を引き起こす。本研究では、MAO 活性測定法を確立し、ラットの脳、肝臓、回腸ホモジネートを用いて、塩酸セレギリンならびに関連物質の MAO 阻害活性を求め、薬効評価および安全性の評価を行うことを目的とする。

実験は、ラット脳、肝臓、回腸より得たミトコンドリア分画を、MAO-A 基質として [<sup>14</sup>C] Serotonin、MAO-B 基質として [<sup>14</sup>C] Phenylethylamine と反応させる。反応はクエン酸の添加で停止させ、それぞれ酢酸エチル、オクタンで生成物を抽出し、液体シンチレーションカウンターで測定する。基質濃度、反応時間、タンパク量等、至適条件を設定し、既知の MAO-A、B 阻害剤の阻害活性を測定している。

## 大気汚染物質 3-ニトロベンズアントロンによる DNA 損傷と突然変異の研究

阪府大産学官 萩尾宗一郎\*、西田裕、川西優喜、八木孝司  
神奈川工科大学 高村岳樹

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

本研究で注目した 3-ニトロベンズアントロン (3-NBA) は、ディーゼル排ガスなどに含まれる大気汚染物質である。3-NBA はこれまでに、Ames 試験において強力な変異原性を示すことや、実験動物に対して変異原性を示すことが明らかにされ、ヒトへの発がん性が疑われている。3-NBA は、体内に取り込まれると代謝活性化を受け DNA 付加体を形成する。DNA 付加体の多くはヌクレオチド除去修復によって取り除かれるが、修復を受けなかった付加体の一部は損傷乗り越え DNA 合成 (TLS) を経て、突然変異や発がんにつながると考えられている。

本研究では、NBA の活性中間体である *N*-アセトキシ-3-アミノベンズアントロン (*N*-Aco-ABA) を対象にして、突然変異の解析を行った。

まず、*N*-Aco-ABA が作る DNA 付加体部位を特定するため、Polymerase stop assay を行った。具体的には、*supF* 遺伝子を持つプラスミド pMY189 と *N*-Aco-ABA を試験管内で反応させた後、*supF* 領域を複製させた。このとき *supF* 領域に DNA 付加体が存在すると、その部位で伸長反応が停止する。そこで、<sup>32</sup>P で放射性標識したプライマーを用い、停止位置を DNA 付加体生成部位として検出した。この結果、伸長反応はほとんどがグアニンでストップしており、*N*-Aco-ABA は主にグアニン付加体を形成することが示唆された。

次に、*N*-Aco-ABA 由来の付加体 (dG-*N*<sup>2</sup>-ABA, dG-C8-C2-ABA, dG-C8-*N*-ABA, dA-*N*<sup>6</sup>-ABA) を部位特異的に持つプラスミドを作製した後に、大腸菌内で複製させ、付加体による DNA 合成阻害について調べた。その結果、dG-*N*<sup>2</sup>-ABA、dG-C8-C2-ABA は DNA 合成を強力に阻害した。このことは ABA の付加する塩基や、結合様式の違いが DNA 合成阻害に影響することを示している。また、各付加体について複製プラスミドの塩基配列を解析したところ、dG-*N*<sup>2</sup>-ABA ではその 13 % に塩基置換型突然変異が見られた。他の付加体で変異がほぼ見つからなかったことと比較すると、この結果は dG-*N*<sup>2</sup>-ABA が誤りがちな TLS を誘発する可能性があることを示している。今後、ヒト培養細胞を用いて、同様に各付加体が起こす DNA 合成阻害について調べ、さらに突然変異の解析を行う予定である。

また現在、3-NBA がヒト培養細胞において形成する付加体の定量を、<sup>32</sup>P-ポストラベル/ポリアクリルアミドゲル電気泳動法を用いて行っている。これにより 3-NBA の曝露濃度や曝露時間の変化による付加体量の違いや、DNA 付加体の修復効率などのより詳細なデータを得る予定である。



## 神経幹細胞における選択的染色体分配を制御する因子に関する研究

大阪府立大学産学官連携機構 東田みずき、白石一乗、児玉靖司\*

大阪府立大学大学院理学系研究科 原正之

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

幹細胞は、細胞の基となる細胞であり、分化能及び自己複製能を示す。幹細胞が非対称分裂をする場合、娘細胞のうち、一方は分化するが、他方は再び同じ幹細胞になる。幹細胞における DNA 複製エラーなどによる突然変異の蓄積は、がんに結びつく可能性が高い。そこで幹細胞では DNA 複製エラーが蓄積しないような機構が存在するのではないかという仮定の下に Cairns により提唱されたのが“不死化鎖仮説”である。これは、幹細胞が非対称分裂をする際に、次に再び幹細胞となる娘細胞に古い鋳型 DNA 鎖をそのまま残して保持することで、複製エラーによる突然変異の蓄積を防いでいるという仮説である。これまでに“不死化鎖仮説”を検証した研究が多く発表され、仮説を肯定する結果もあるが、使用した細胞が幹細胞であるか明確でないことや、分子的メカニズムが全く明らかになっていないことから証明を疑問視する意見もある。そこで本研究では、マウス胎児脳由来の神経幹細胞を用いて“不死化鎖仮説”の検証を行った。これまでの研究で、5-bromo-2-deoxyuridine (BrdU) を細胞に取り込ませた後、十分に分裂させて BrdU ラベルを希釈して非対称分裂の確認を行った結果、古い鋳型 DNA 鎖を選択的に保持する細胞が約 3% 存在することが示唆された。本研究では、より精密な識別法として 5-chloro-2-deoxyuridine (CldU) / 5-iodo-2-deoxyuridine (IdU) double-label 法を確立して検証した。CldU/IdU double-label 法は、CldU と IdU を順に取り込ませ、それぞれのラベルを認識する抗体で免疫蛍光染色後、細胞質分裂阻害剤により二核細胞を作成し、二核の蛍光色を定量化した。その結果、対称分裂と考えられる、二核が同じ色を示す細胞が約 95% 存在し、非対称分裂と考えられる、二核が異なる色を示す細胞が約 3~4% 存在した。しかし、二核が異なる色を示す細胞は、本来存在しないはずの色の組み合わせのものが過半数であった。以上の結果は本実験系を行う際の手技上のミスを示唆しており、現在再検討を行っている。

# 高分子担体に固定化した繊維芽細胞と未分化血液細胞の共培養

大阪府立大学院工化学工学分野 安田昌弘\*、國枝弘史  
日本大学医学部機能形態学系生体構造医学分野 相澤信

(\*本研究に関する連絡先：電話（内線）5776、メール yasuda@chemeng.osakafu-u.ac.jp)

## 1. 緒言

細胞の機能発現や分化・増殖には、細胞同士の付着が密接に関与すると言われているが、細胞同士の付着や相互作用に関する研究は非常に少ない。

我々はこれまでに、エポキシ基を含む親水性高分子をグラフト鎖として有する高分子担体を合成し、この担体は骨芽細胞や繊維芽細胞などの細胞を付着・増殖させることができることを示した<sup>1)</sup>。

本発表では、上記高分子担体を細胞の支持体として用い、固定化した繊維芽細胞と未分化血液細胞とを共培養することにより、細胞間接着を確認した。

## 2. 実験

### 2.1 高分子担体の合成

メタクリル酸メチル、トリアクリル酸ペンタエリスリトール、およびアゾ基を有するモノマーである2,2'-アゾビス[N-(2-プロペニル)-2-メチルプロピオンアミド]を用いて懸濁共重合を行い、界面にアゾ基を有する高分子微粒子を合成した。次いでこの微粒子をメタクリル酸グリシジル、メタクリル酸共存下で加熱し、粒子界面にグラフト高分子を有する担体を作製した<sup>2)</sup>。また比較のために、ポリプロピレン板に放射線を照射し、同様のグラフト鎖を有する高分子表面も作成した。

### 2.2 細胞

マウス由来繊維芽細胞株 (MS-5 細胞)、ヒト由来 CD34 陽性造血幹細胞 (CD34 陽性細胞) を実験に用いた。MS-5 細胞は、CO<sub>2</sub> インキュベータ内で、10%(v/v) FCS を含む D-MEM を培地として培養した。ヒト由来 CD34 陽性細胞は臍帯血から CD34 抗体を固定化した磁気ビーズを用いて分離した。

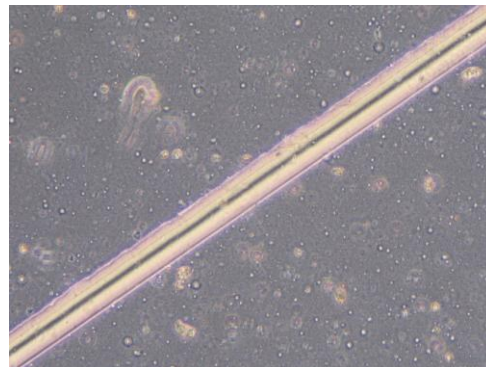
### 2.3 高分子担体共存下での細胞培養

組織培養用ディッシュに付着した細胞を、0.5%トリプシン-EDTA 液を用いて剥離・分散した。次いで、担体と細胞の懸濁液をディッシュ内で培養した。細胞の付着・増殖は、光学顕微鏡により観察し、細胞数はトリプシン-EDTA 溶液を用いて細胞を担体やディッシュから剥離・分散後、血球計算盤で実測した。

## 3. 結果

### 3.1 培養担体への造血支持細胞の付着に対するエポキシ基を含むグラフト鎖の効果

ポリプロピレン (PP) 板に放射線を照射し、メタクリル酸グリシジルおよびメタクリル酸をグラフト重合させたPP板と未処理PP板とを、生理食塩水中にHeLa細胞を懸濁させた細胞懸濁液(1~10×10<sup>4</sup>個)を疎水性外表面を有する組織培養ディッシュに入れて37℃にて120時間静置して、培養担体又は未処理PP板に造血支持細胞を付着させた。



(a) GMA-MA grafted PP plate

(b) Non treated PP plate

Figure 1 HeLa cell growth on PP

次いで、造血支持細胞が付着した培養担体又は未処理PP板を、10%のウシ胎仔血清を含むD-MEM中、5%

の炭酸ガス雰囲気下で37℃にて培養した。3日間の培養後の培養担体とHeLa細胞の様子を図1に示す。図より、未処理PP板では、HeLa細胞が付着(固定化)して伸長している様子は見えないのに対して、グラフト鎖を導入した担体にはHeLa細胞が付着(固定化)し伸長していることが明らかとなった。

### 3.2 担体を用いた細胞培養の最適化

担体に対するMS-5細胞の付着条件の最適化を行うために、担体界面に存在するグラフト鎖の組成を変化させ、細胞の付着確認を行った。その結果、グラフト鎖に存在するエポキシ基量が  $0.704 \times 10^{-3} \text{ mol / g}$  以下の場合、担体に対するMS-5細胞の付着が起らなかった。また、粒子界面に存在するヒドロキシル基は細胞の付着に影響しないことが分かった。

### 3.3 担体に固定化した繊維芽細胞と未分化造血幹細胞との共培養

図2に各条件におけるCD34陽性細胞の培養結果についてまとめた。その結果、CD34陽性細胞のみを培養した場合、培養できた期間は4週間であり、ディッシュ上に培養したMS-5細胞と共培養した場合、培養できた期間は8週間までであった。しかし、担体上に固定化したMS-5細胞と共培養した場合、8週間以上培養可能であった。

また、粒子上に固定化したMS-5細胞とCD34陽性細胞とを共培養したところ、CD34細胞はMS-5細胞の内部に取り込まれており、未分化のまま維持されていた。また、培養を初めて7週間後に観察したところ、図3に示すようにMS-5細胞と接着していたことを示す connexin43 を発現していることが細胞染色(褐色染色)から確認できた。

文献

- 1) 國枝ら：化学工学会第39回秋季大会講演，P088 (2007)
- 2) 安田ら：化学工学会第37回秋季大会講演，B303 (2005)

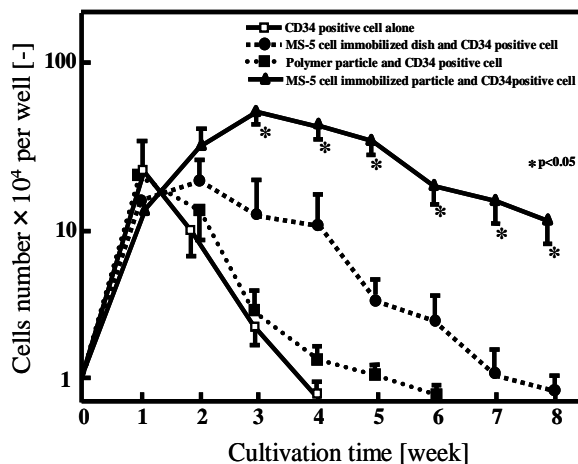


Figure 2 Co-culture between CD34 positive cell and MS-5 cell immobilized polymer particle

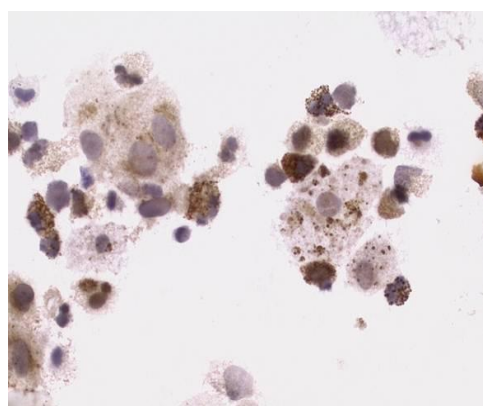


Figure 3 Co-culture between CD34 positive cell and MS-5 cell immobilized particle after 7weeks

# 過酸化水素殺菌処理による *Saccharomyces cerevisiae*

## 不活化挙動の解析

阪府大院理生物 松永祐一、古田雅一\*

阪府大院生命環境 岸田正夫

シスメックス (株) 小田康雅、坂田孝

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

### 〔目的〕

過酸化水素は殺菌作用をもち、有害な分解生成物を作る心配がないことから殺菌・消毒に広く用いられている。このように殺菌・消毒の用途で用いられている過酸化水素は生体内の  $\text{Fe}^{2+}$  イオン存在下で  $\text{OH}^-$  ラジカルを生じ、生体の構成成分に傷害を与えることが報告されている。本研究においては、細胞の大きさ故に様々な assay の結果を得られやすく、さらに酸化ストレスに関する研究でよく使用されている *Saccharomyces cerevisiae* を用いて、過酸化水素処理による生残率や増殖挙動の変化、及びゲノム DNA や呼吸活性に生じる損傷を調べ、酸化ストレスと同じ間接作用を起こす  $\gamma$  線照射処理と比較する。

### 〔方法〕

*S. cerevisiae* (BY4741 株) を YPD 液体培地に  $30^\circ\text{C}$  で 10 時間培養した菌液(対数増殖期)、24 時間培養した菌液(定常期)それぞれに過酸化水素水を等量加え、菌液は  $1 \times 10^7$  cells/ml、過酸化水素水は 2~30 mM までの濃度になるよう調製した。それらを  $30^\circ\text{C}$  で 1 時間保持し、処理後の生残率をコロニー計数法により調べた。過酸化水素水処理後の酵母の増殖については、同じ条件で過酸化水素処理した菌体を遠心分離により回収し、YPD 液体培地に加えて  $30^\circ\text{C}$  で培養しつつ、一定時間ごとに一定量採取し、フローサイトメーターにより菌数と核酸含有量の経時変化を調べた。過酸化水素処理後の DNA 損傷についてはパルスフィールドゲル電気泳動により調べた。また、過酸化水素処理後の代謝活性については MTT assay により評価した。

### 〔結果〕

生残率を求めることで、*S. cerevisiae* では 30 mM までの過酸化水素処理に対して定常期細胞は対数増殖期細胞と比べて抵抗性が高いことが確認できた。フローサイトメトリーの結果、定常期の細胞と対数増殖期の細胞は共に培養開始後、一定時間誘導期を経て核酸代謝活性が増加し、引き続き細胞数が増加することが明らかとなった。過酸化水素処理濃度が高くなるにつれて核酸量が増加を示す時間に遅れがみられ、生残率の減少と正の相関性を示した。パルスフィールドゲル電気泳動の結果、過酸化水素処理濃度の上昇に伴い、対数増殖期細胞のみに染色体 DNA の二本鎖切断が観察された。ただし同じ生残率を示す  $\gamma$  線照射処理と比べると、DNA 損傷は少なかった。MTT assay の結果では対数増殖期、定常期の細胞ともに生残率の減少に伴う発色度の低下がみられたが、コロニー計数による生残率が 1/100 以下となる過酸化水素処理では発色量に変化はみられなかった。

## プロタミンによるDNAの高次構造変化と放射線感受性への影響

阪府大産学官 森 利明\*

京大理学研究科・物理 鈴木麻里、Cecile Crozatier、吉川研一

環太平洋大 吉川祐子

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

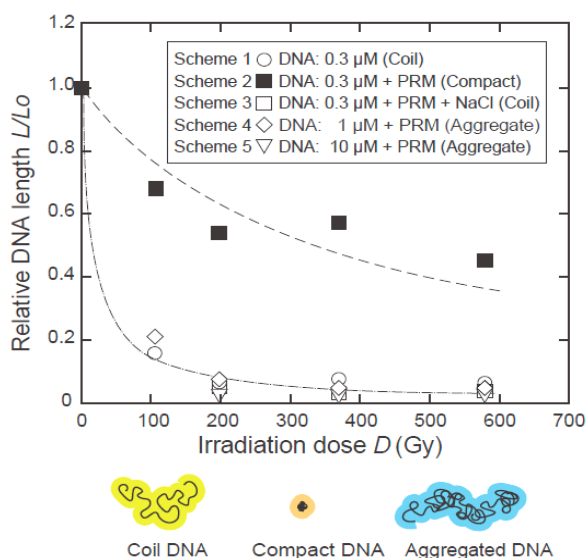
我々はこれまでに単分子観察の手法を活用して、DNAに対するポリアミンの保護作用が、主としてDNAの凝縮作用に起因していることを明らかにしてきた。<sup>1)</sup> 今回は精子核内に存在し、DNAと複合体を形成してDNAの高度な凝縮構造に関係していると考えられているプロタミンに注目し、DNAの高次構造変化と、ガンマ線による二重鎖切断による保護作用の関係を定量的に解析した。

【実験】 T4 フェージDNA（166 キロ塩基対、全長 57 ミクロン）を用い、産学官連携機構の施設を利用してコバルト照射をおこなった。照射後、蛍光顕微鏡を用いてDNAの長さを計測し、高次構造とDNA切断との関連性をしらべた。

【結果】 プロタミンを添加するとDNAはコイル状態からコンパクトに凝縮した状態に変化し、放射線による二重鎖切断が著しく抑制されることが明らかになった。

放射線による保護作用はDNAがコンパクトに凝縮した場合に限りみられた。DNA量が多いとDNAは集合体を形成するが、その状態では保護作用は失われた。

本研究の結果は、精子核でのDNAの凝縮不全とDNA損傷の関係を考える上で新たな知見を与えるものとして興味深い。



### 参考文献

- 1) Y. Yoshikawa, T. Mori, N. Magome, K. Hibino, K. Yoshikawa, *Chem. Phys. Lett.*, **456**, 80-83, 2008.

### 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) 日本環境変異原学会第37回大会、2008年12月沖縄。
- 2) 日本分子生物学会第31回大会、2008年12月神戸。
- 3) 本研究結果については現在投稿中。

## 放射線によるゲノム不安定化の記憶と子孫細胞への伝搬に関する研究

大阪府立大学産学官連携機構 田辺正輝、白石一乗、児玉靖司\*

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

【緒言】細胞が放射線によって被ばくすると、DNA 2重鎖切断等の DNA 損傷を生じる。被ばく後、生き残った生存細胞は、これらの DNA 損傷を正確に修復し、放射線を被ばくする前と同じように細胞分裂を行うと考えられてきた。ところが近年の研究により、放射線被ばくした生存細胞では、遅延型染色体異常が生じることが明らかになり、放射線によってゲノムが不安定化されることがわかってきた。さらに、これまでの当研究室の研究により、放射線によって誘発されるゲノム不安定化は、被ばくした 1 本の染色体だけで子孫細胞に伝搬されることが明らかになった。そこで本研究では被ばく染色体によってどのように子孫細胞に染色体不安定化が伝わるのかを明らかにするために、被ばくヒト染色体をマウス受容細胞に移入し、移入染色体の安定性について調べた。

【実験】ヒト 8 番染色体を含むマウス A9 細胞に、4Gy の X 線を照射後、直ちに微小核を形成させ X 線未照射のマウス m5S 細胞に微小核融合法により移入した。50 回以上分裂した微小核融合細胞について、被ばくしたヒト 8 番染色体の安定性について FISH 法を用いて解析し、遅延性染色体異常の生成頻度、異常の種類、及び数的異常頻度を計測した。また、テロメア-セントロメア-FISH 法によってテロメアシグナルの異常の有無を調べた。

【結果】被ばくしていないヒト 8 番染色体は、マウス m5S 細胞内で安定であった。4Gy 被ばくヒト 8 番染色体を移入した 8 種の微小核融合細胞について移入染色体の安定性を調べたところ、9 種類の染色体異常が高い(98%)割合で生じている細胞が 1 種、3 種類の染色体異常が高い(96%)割合で生じている細胞が 1 種あった。そこで、9 種類の染色体異常が見られた細胞について、染色体融合部にテロメア配列があるか否かをテロメア FISH 法で調べたところ、テロメア配列は残っていなかった。

【考察】本研究により、被ばくしていないヒト染色体がマウス m5S 細胞に移入後も安定であったことから、微小核融合法は移入染色体の安定性に影響を与えないことが分かった。また、被ばくヒト染色体 1 本の移入により、被ばくしていないマウス染色体との相互作用を経てゲノム不安定化が 2 種得られたことは、これまでの当研究室で得られた成果を指示している。テロメアシグナルの解析結果より、生じたヒト染色体とマウス染色体とによる転座は、DNA 2重鎖切断同士の結合による可能性が高いと考えられる。

# コヒーレント放射によるポンプ・プローブ実験

阪府大 奥田修一\*、谷口良一、小嶋崇夫

京大炉 高橋俊晴

Kangwon 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、テラヘルツ領域で連続スペクトルを持ち、極めて高い強度のパルス光である[1]。シンクロトロン放射では、電子バンチ形状を反映した単極のパルス電場、半サイクル光が得られる可能性があり、新しい励起光としての利用が期待される。現在までに、京都大学原子炉実験所の電子ライナックにおいて確立されたコヒーレント遷移放射光源[2]で、吸収分光を行ってきた。一部の試料については光強度の違いによる光透過率の変化を観測した。

本研究では、これまでの結果について解析するために、大阪府立大 (OPU) 18 MeV S バンド電子ライナックで、ポンプ・プローブ実験系を構築し、その特性の測定を行っている。

S バンドライナックの電子バンチ形状を反映したコヒーレント放射のパルス構造を図 1 に示す。光源の光強度の変化による物質中の透過率の変化は、光による物質の状態の変化を示唆する。この回復過程についての情報は、電子ビームのパルス構造を利用したポンプ・プローブ測定により得られることが期待される。また同じ測定系で電子ビームによる励起実験も行う。

OPU 電子ライナックによる光源系の概念図を図 2 に示す。光源としては、電子バンチ形状を反映する直線偏光のシンクロトロン放射と、光源配置が比較的簡単な遷移放射を利用する。現状のパルスラジオリスの系を基本にした。試料は、パルス電子ビーム、またはコヒーレント放射で励起し、プローブとして通常光源およびパルスコヒーレント放射を同期をとって利用する。現在基本的な光特性を測定しており、光源系の最適化を行っている。今後光源を最適化し、吸収分光測定を行う。

本研究の一部は、平成 20 年度の KEK 大学等連携支援事業および科研費（課題番号：20360421）によった。

## 参考文献

- 1) T. Takahashi, J. Particle Accelerator Soc. Japan 2 (2005) 11.
- 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) 大阪府立大学電子加速器の整備と多目的ビーム利用、奥田修一、谷口良一、小嶋崇夫、岡喬、第 5 回日本加速器学会年会・第 33 回リニアック技術研究会（2008.8.6-8, 東広島）, FO05.
- 2) Absorption Spectroscopy by Using the Coherent Radiation from Linac Electron Beams, S. Okuda, T. Takahashi, Y. Sakamoto, R. Taniguchi and T. Kojima, 30th Int. Free Electron Laser Conf. (Aug. 25-29, 2008, Gyeongju, Korea) TUPPH061.

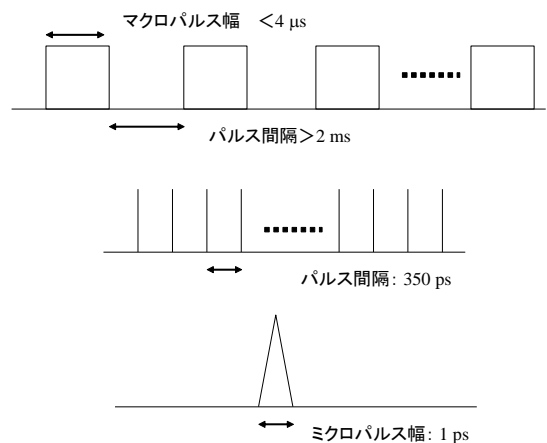


図 1 S バンド電子ライナックにおける電子ビームおよびコヒーレント放射の典型的なパルス構造

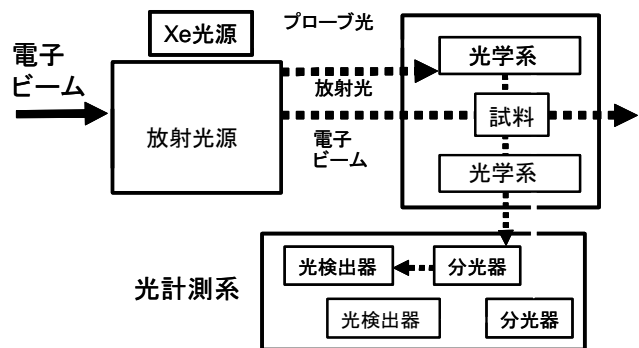


図 2 ポンプ・プローブ実験系の概念図

- 3) コヒーレント放射ポンプ・プローブ実験系の構築、奥田 修一、坂本泰一、小嶋崇夫、谷口良一、高橋俊晴、日本原子力学会秋の大会 (2008.9.4-6, 高知) I44.
- 4) Electron Linac Based Coherent Radiation Light Source Project at OPU, S. Okuda, Y. Sakamoto, R. Taniguchi and T. Kojima, XXIV Linear Accelerator Conf. (Sept. 29-Oct. 3, 2008, Victoria, Canada) TUP029.
- 5) Absorption Spectroscopy with the Coherent THz Radiation from Linac Electron Beams, S. Okuda, T. Kojima, R. Taniguchi, M. Shibayama, T. Takahashi, KURRI Progress Report 2007 (2008) CO4-6 p.196.
- 6) 京大炉電子ライナックによるコヒーレント THz 放射吸収分光系、奥田修一、高橋俊晴、第 43 回京都大学原子炉実験所学術講演会 (2009, 1, 22-23, 熊取) 報文集 p.152-155.
- 7) 高強度コヒーレント THz 放射による吸収分光、坂本泰一、奥田修一、高橋俊晴、小嶋崇夫、谷口良一、第 43 回京都大学原子炉実験所学術講演会 (2009, 1, 22-23, 熊取) 報文集 p.156-160.
- 8) 電子ビームによるコヒーレント THz 放射光源とその利用、坂本泰一、芝山学、奥田修一、小嶋崇夫、谷口良一、高橋俊晴、S.Nam、大阪府立大学産学官連携機構・放射線研究センター平成 19 年度共同利用報告書 (2008 年 12 月) p.7.
- 9) 電子線加速器を中心とした大阪府立大における新しい量子ビーム研究、奥田修一、第 9 回加速器量子ビーム実験室研究会、加速器量子ビーム実験室とビーム科学の新展開 (2009.2.2-3, 吹田) .
- 10) コヒーレント放射による吸収分光とポンプ・プローブ実験、奥田修一、坂本泰一、高橋俊晴\*、谷口良一、小嶋崇夫、第 15 回 FEL と High-Power Radiation 研究会 (2009.3.5-6,つくば) .
- 11) Absorption Spectroscopy of Water and Aqueous Solutions Using Coherent THz Radiation, S. Okuda, Y. Sakamoto, R. Taniguchi and T. Kojima, The 4th Int. Symp. Material Cycling Engineering (2009.3.10-11, Sakai, Osaka).
- 12) コヒーレント放射ポンプ・プローブ実験系の特性、奥田修一、坂本泰一、小嶋崇夫、谷口良一、高橋俊晴、日本原子力学会春の年会 (2009.3.23-25, 東京) .



## マウス出血性水頭症原因遺伝子 *hhy* の発現解析

阪府大院理学系生物科学 森田健治、森展子\*

阪府大院生命環境獣医病理学 平野隆爾、桑村充

(\*本研究に関する連絡先：電話 072-254-9837 (内線) 3593、メール morin@b.s.osakafu-u.ac.jp)

*hhy* マウスは、本学実験動物施設において、MSM のバックグラウンドで維持している常染色体劣性遺伝性の出血性水頭症 (hemorrhagic hydrocephalus: *hhy*) 突然変異である。その病態はきわめて特異で、*hhy* ホモ接合体は、生後まもなく脳脊髄液が脳室に貯留して頭部が膨隆し、水頭症を発症したとわかる。多くの症例で脳内に出血が認められるため、出血性水頭症と命名した。さらに、病理所見で大脳皮質下にヘテロトピアが認められた。胎仔期に脳室面で生まれたニューロンの軟膜側への移動が障害され、一部の細胞が皮質下に取り残されたと考えられる。これまでに原因遺伝子を 12 番染色体上にマップし、さらに 1Mb 領域に絞り込んだ(1-3)。この領域内に候補遺伝子を検索した結果、機能未知の遺伝子のエキソンの一つが欠失していることがわかった。

本研究課題では、*hhy* 遺伝子の機能を明らかにし、水頭症発症の分子的基盤解明を目的とする。*hhy* 遺伝子の機能は未知であるため、まず、BALB/c 系統の成体マウスにおいて、大脳およびその他の種々の組織における *hhy* の発現を RT-PCR で調べた。その結果、大脳、小脳、嗅球、眼球などの神経上皮組織に発現があり、体幹部では、肝臓、腎臓、肺、小腸、子宮で発現、生殖系臓器 (精巣、卵巣) に強い発現があった。心臓にも強い発現があったが、同じ間葉系組織であっても、筋肉、胸腺、脾臓 (すなわちリンパ系組織) には、ほとんど発現がなかった。すなわち *hhy* 遺伝子は、神経・上皮系組織だけでなく、循環系、間葉系の様々の臓器・組織で発現しており、基本的な細胞機能に関係する遺伝子であろうと推定された(4)。さらに、*hhy* タンパクの大脳組織内局在および神経上皮細胞内局在を調べるため、組換えタンパクを大腸菌で発現させ、*hhy* タンパク特異抗体を作製した。現在、これを用いた実験が進行中である。

### 参考文献

- 1) Kuwamura, M., Kinoshita, A., Okumoto, M., Yamate, J., Mori, N. Hemorrhagic hydrocephalus (*hhy*): a novel mutation on mouse chromosome 12, *Brain Res. Dev. Brain Res.* **152**, 69-72 (2004)
- 2) 伊吹将人「出血性水頭症原因遺伝子のファインマッピング」大阪府立大学総合科学部 2004 年度卒業研究論文。
- 3) 外岡武士「遺伝性水頭症原因遺伝子の同定 — 候補遺伝子群の検討 —」大阪府立大学総合科学部 2005 年度卒業研究論文
- 4) 森田健治「マウス出血性水頭症突然変異の原因遺伝子 *hhy* の発現解析」大阪府立大学理学部生物科学科 2008 年度卒業研究論文

### 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)

(投稿準備中であるため、学会発表、論文発表は差し控えている)

## 放射線発がん感受性の研究

阪府大院理学系生物科学 森展子\*

(\*本研究に関する連絡先：電話 072-254-9837 (内線) 3593、メール morin@b.s.osakafu-u.ac.jp)

放射線照射による発がん効果（がんの種類、頻度、発生時期）は、使用するマウスの系統によって大きく変化する。これは、遺伝的多型によるものであり、マウスを用いた放射線発がん実験によって得られた結果をヒトに外挿しようとするとき、大きな問題となる。本研究では、放射線のがん誘発効果におけるマウス系統差の原因である発がん感受性遺伝子（群）を明らかにし、放射線のヒト健康に及ぼす影響評価の標準化の一助とすることを目的とする。

これまでに、放射線によるリンパ腫誘発に高感受性の BALB/c 系統と抵抗性の STS 系統を組み合わせた遺伝交配系実験によって、放射線誘発リンパ腫感受性遺伝子を 4 番染色体上に位置づけた。また、BALB/c マウスの 4 番染色体の一部を STS マウスのそれで置き換えた、コンジェニック系統を複数作製し、4 番染色体中央部からテロメア付近までの広い範囲を、リンパ腫感受性遺伝子領域から除外した。遺伝解析とコンジェニックマウスの解析とから、リンパ腫感受性遺伝子領域として限定された、4 番染色体中央部からセントロメア近傍に広がる領域には、有意の関連性を示す二つの小領域が認められたことから、この領域には、リンパ腫感受性を支配する遺伝子が少なくとも 2 箇所があると推定された。このことを確かめるため、この小領域の一方に STS 由来部分を含むがもう一方の小領域には含まないコンジェニック系統を 3 系統作製し、コンジェニック系統またはそれと BALB/c との F2 交雑を放射線照射、それぞれの小領域に放射線リンパ腫感受性遺伝子が含まれるかをテストした。その結果、二つの小領域にそれぞれ、発がん感受性遺伝子が存在すると判明した。4 番染色体中央部約 7Mb 領域には、発がんに強い関連を示す遺伝子が存在した。この領域は、Okumoto らの CXS リコンビナントインブレットシリーズを用いた遺伝解析(1)によって示唆された 4 番染色体領域とオーバーラップした。この領域よりセントロメアよりの約 11.4 Mb の範囲には、弱い関連を示す新規発がん感受性遺伝子座があった。候補遺伝子は、現在のところ不明である。一方、強い関連を示したもう一つの発がん感受性遺伝子領域には、細胞周期進行制御因子の一つで、ヒト T 細胞リンパ腫でホモ欠損が高頻度で見つかるがん抑制遺伝子 p16 があり、BALB/c マウスはこの遺伝子に機能微弱型変異があることが知られている(2)。おそらく、p16 が候補遺伝子であると思われる（論文投稿中）

### 参考文献

- 1). Okumoto, M., Nishikawa, R., Imai, S., Hilgers, J. Genetic analysis of resistance to radiation lymphomagenesis with recombinant inbred strains of mice. *Cancer Res.* **50**, 3848-3850 (1990)
- 2). Zhang, S., Ramsay, E. S., Mock, B. A. *Cdkn2a*, the cyclin-dependent kinase inhibitor encoding p16INK4a and p19ARF, is a candidate for the plasmacytoma susceptibility locus, *Pctr1*. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* **95**, 2429-2434 (1998).

# マウス神経幹細胞/前駆細胞の Rhodamin 123 排出能と光増感反応による殺細胞活性評価

阪府大院理 細胞組織工学研究 G ○吉田陽亮、森英樹、原正之\*

(\*本研究に関する連絡先：電話 072-254-9842 (内線) 3602 メール hara@b.s.osakafu-u.ac.jp、○発表者)

## 【目的】

光増感反応とは、通常では光によって励起されない物質を、光で励起された光増感色素からのエネルギー遷移を介して励起させる反応である。動物細胞培養条件のような酸素存在下では、光増感色素の存在下での強光照射により細胞に傷害を与える活性酸素を生じる。この反応は特定の細胞を死滅させる方法として有効であり、光線力学療法としてがん治療にも利用されている。一方で、光増感色素を排出する ATP-Binding Cassette (ABC) transporter が体性幹細胞には高発現していることが知られている<sup>[1]</sup>。光増感反応の細胞濃縮方法としての可能性を検討するために、本研究ではマウス神経幹細胞 (NSC) の生存率に対する光増感反応の影響を評価した。

## 【方法】

胎齢 14.5 日目の胎生期マウス終脳由来の NSC を細胞密度  $3 \times 10^5$  cells/ml で播種し、成長因子を含む DMEM F12 で 1~2 週間培養した。浮遊培養した NSC と、これを 1% ウシ胎児血清(FBS) 存在下で分化誘導した細胞に  $10 \mu\text{M}$  の光増感色素 Rhodamin123 を取り込ませ、取込み量の経時変化を測定した。次に Rhodamin 123 を 90 分間取り込ませた細胞に光照射を行い、照射時間と細胞生存率を解析した。更に NSC のマーカーである Nestin, Sox 2, CD133 に対する抗体を用いた免疫染色により細胞の種類分布を調べるポピュレーション解析を行った。

## 【結果と考察】

色素の取込みは開始 90 分まで時間依存的に増加し、分化細胞のほうが未分化細胞よりも高い取込み量を示した。未分化細胞と分化細胞の取込み量の差は、一度取り込まれた Rhodamin 123 が ABC transporter により細胞外に排出される活性の差によると考えられる。NSC に ABC transporter ABCB1 の阻害剤である Cyclosporin A を与えた条件では、Rhodamin123 取込み量は増加した。また光照射時間に依存して生細胞数は減少したが、処理の前後で生細胞数中の NSC ポピュレーションには大きな変化は見られなかった。

以上の結果をまとめると、ABCB1 による細胞外排出活性のため NSC における細胞内 Rhodamin 123 濃度は低く保たれるものの、NSC に対する光増感反応の影響を減少させるほどではなかったと考えられる。今後は色素の排出時間や添加条件、ABC transporter の発現解析を行い、その活性を詳しく検証する必要がある。

## 参考文献

- 1) Islam MO, et al., FEBS Lett. 579, 3473-3480 (2005)

## γ線照射による線維蛋白質の分子量変化

阪府大院理 細胞組織工学研究 G ○原正之\*、森英樹、小清水直喜、吉田真由美、

ノルウェー科学技術大 Bjorn E. Christensen

(\*本研究に関する連絡先: 電話 072-254-9842 (内線) 3602, メール hara@b. s. osakafu-u. ac. jp)

**目的:** バイオマテリアルとして多用される、Type I コラーゲン、ならびにその変性物であるゼラチンの水溶液に対して、γ線照射を行うと蛋白質の架橋や分解が起きるとされている。その際の分子量の変化を、未変性状態の試料については多角度光散乱測定とゲルろ過を組み合わせた測定系 (SEC-MALLS: size exclusion chromatography - multi-angle laser light scattering)、変性状態の試料についてはポリアクリルアミドゲル電気泳動 (SDS-PAGE) にて詳細に解析した。

**方法:** 0.3%, 0.6% のブタ由来 Type I コラーゲン (PC)、0.3%, 0.6%, 3%, 5% のブタ由来 Type A ゼラチン (PG)、0.6%, 5% のサカナ由来ゼラチン (FG)、の水溶液に 0 (control), 0.25, 0.5, 1.0 kGy の γ線照射を行い試料を調製した。PC については、照射後に 90°C 5 分間の加熱変性処理を行った試料も併せて調製した。これらの試料を TSK GTSK G-3000 PWXL 等のカラムを用いた SEC-MALLS 測定に用いた。ゼラチンは 22°C、コラーゲンは 45°C で SEC-MALLS 測定を行った。

**結果・考察:** FG、PG とも、ガンマ線の照射により SEC の elution profile における主要なピークが低下してその幅、すなわち分子量分布が広がる傾向を示した。非加熱の PC は 2 本、加熱処理 PC は 3 本の主要なピークを示した。分子量分布が広がる傾向はゼラチンの場合と同様であった。非加熱の PC 試料が 2 本のピークを示したのは未変性の PC 分子を構成している 3 本の collagen subunit の一部が共有結合架橋していることを反映すると思われた。また分子量の変化は蛋白質濃度が低い場合により顕著であり、その原因は蛋白質の切断や架橋を引き起こす hydroxyl radical ( $\cdot\text{OH}$ ) の生成量が線量に依存してほぼ一定であるためと考えられた。

完全変性状態での蛋白質の分子量を SDS-PAGE で調べた結果においては、未照射の試料では明確な蛋白質のバンドが γ線の線量依存的に徐々に消失し、バンド間の染色が濃くなって泳動レーン全体が染まる染色像に変化した。この場合にも、SEC-MALLS の実験結果と同様に、低い蛋白質濃度で照射した場合のほうが、バンドの濃さの変化が顕著であった。以上の結果より、γ線照射により蛋白質のポリペプチド鎖を切断する反応と架橋する反応が起きるが、非加熱状態では非共有結合的なサブユニット間の会合状態は必ずしも解離しな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、その他報文、学会等報告)

1) Cross-linking and depolymerisation of  $\gamma$ -irradiated fish gelatin and porcine gelatin studied by SEC-MALLS and SDS-PAGE: A comparative study, Masayuki Hara, Naoki Koshimizu, Mayumi Yoshida, Ingvild J. Haug, Ann-Sissel T. Ulset, Bjørn E. Christensen, Journal of Biomaterials Science Polymer Edition, in press. (印刷中) .

## Bacillus 属細菌の放射線抵抗性と香辛料における増殖挙動について

阪府大院・理・生物科学 ○古田雅一\*、浅野哲也、富井恵奈美、石川悦子、  
保科美幸

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

【緒言】食品、医療器具等の殺菌に放射線照射は用いられているが、Bacillus 属細菌は芽胞を形成する事で通常の栄養細胞の状態よりも高い放射線抵抗性を示すことが知られ、殺菌を行う上で最も気をつけなければならない微生物種の一つとなっている。単に滅菌を達成するためには、放射線量を増やせばよいが、過大な照射は製品の劣化を引き起こすため、これを防ぐためにも、極力少ない線量で滅菌効果を高めることが必要である。しかし、低線量の放射線照射においては生残菌が生じる場合もあり、その生残菌がどのような増殖挙動を示すかを検討することは、安全性評価をする上で有用であると考えられる。

本研究においては天然の食品添加物に含まれる微生物群の中から大腸菌、酵母、Bacillus属細菌芽胞等を対象として通常行われている加熱殺菌と最近世界的に利用が拡大している放射線殺菌による微生物の増殖、不活化挙動を比較検討するとともに殺菌が必要とされる天然の食品添加物のなかから黒コショウを選び、殺菌済み黒コショウに存在する微生物群が加工食品の中でどのような増殖パターンを示すかについて、比較検討を行った。

【実験】B. subtilis 芽胞は栄研化学株式会社より購入した生菌数測定内部精度管理用枯草菌芽胞液を、B. megaterium 芽胞はレーベン・ジャパン株式会社より購入した標準株(ATCC (R) No. 8245)を用いた。栄養細胞についてはB. subtilis、B. megaterium 両菌体とも芽胞をSCDB 培地で約18 時間培養して得た。B. subtilis、B. megaterium の芽胞、栄養細胞をそれぞれ生理食塩水で $10^6$  cell/ml に希釈し、コバルト60  $\gamma$  線照射後の生残率をコロニーカウント法で求めた。次に、照射後の菌液(1ml)をSCDB 培地(5ml)に加えて、培養後の菌液について2 時間おきにフローサイトメトリー (Symex 社製のフローサイトメーターである BACTANA を用いた) によって、コロニーカウント法では捉えることのできない照射後の生残菌の増殖挙動、核酸代謝の変化を求めた。同じ方法で、 $\gamma$  線照射が芽胞の発芽、及び発芽後育成に与える影響について検討した。さらに市販の未殺菌の黒コショウ種子及び過熱水蒸気殺菌済みの黒コショウ種子の生残菌の市販のソーセージ中での増殖挙動についても検討した。

【結果と考察】コロニーカウント法によって得られた生残率を比較すると、B. subtilis よりもB. megaterium の方が芽胞、栄養細胞どちらの状態についても高い放射線抵抗性を示した。 $\gamma$  線照射後のB. subtilis、B. megaterium 両菌体についてSCDB 培地で培養すると、線量の増加に伴い、増殖を開始するまでの誘導期が長くなり、増殖開始前の核酸量の増加開始時間にも遅延が見られた。

B. subtilis、B. megaterium 芽胞、栄養細胞共に照射後の培養における個体数、核酸量の増加開始時間の遅延は、コロニーカウント法で求めた照射後の生残率の減少と負の相関性が

あり、生残率が同じ場合には個体数、核酸量変化は同様のパターンを示した。

また、 $\gamma$ 線照射は芽胞の発芽の過程そのものには遅延を引き起こさず、発芽後の栄養細胞の増殖開始に影響を与える可能性が示唆された。

10 kGy 照射後の黒コショウ種子に含まれる菌数は  $10^2$  CFU のオーダーまで減り、大多数の生残菌が芽胞形成菌であることが判明した。市販のソーセージに添加して 30°C で培養した。経日的にサンプリングして菌数を評価したところ、未殺菌、加熱殺菌済み、放射線殺菌済み、いずれの試料についても培養開始後 2 日間で生残菌数が試料 1 g 当たり  $10^9$  CFU レベルにまで増加し、それぞれの菌の増殖パターンには大きな違いが見られなかった。

#### **本研究に関する研究発表**

なし

## Alpha-elastin のガンマ線架橋によるナノ粒子化とその粒子化特性

<sup>1</sup>大阪府立大学大学院理学系研究科・<sup>2</sup>九州工業大学大学院生命体工学研究科

藤本 真理<sup>1\*</sup>・原 正之<sup>1</sup>・岡元 孝二<sup>2</sup>・古田 雅一<sup>1</sup>

(\*本研究に関する連絡先：電話(内線) 3542、メール fujimoto05@b.s.osakafu-u.ac.jp)

**[緒言]** 天然のエラスチン alpha-elastin (ウシ項靱帯由来) は 0.11mg/ml, 21.5 °C 以上で自己集合が起こりコアセルベートと呼ばれる相分離が形成される。この alpha-elastin の自己集合を利用して alpha-elastin を凝集させガンマ線で架橋を行うことで、安定した架橋粒子が得られないかどうかについて検討した。また、架橋粒子生成において alpha-elastin の濃度、凝集させる温度などの影響についても検討した。

**[実験]** 0.1, 1.0, 10 mg/ml の alpha-elastin (ウシ項靱帯由来, Elastin Product Co, Inc.より購入)水溶液を調製し 4°C まで冷却した後、各濃度の alpha-elastin 溶液を各温度 20, 40, 60°C まで 30 分かけて昇温させた。昇温後、魔法瓶にサンプルを入れて各温度に保温しガンマ線照射を行い架橋した。ガンマ線照射後、動的光散乱法を用いて粒径を測定した。

**[結果]** 1 mg/ml 溶液では、20, 40, 60°C のどの温度においても架橋粒子は得られなかった。10 mg/ml 溶液においては、60°C でガンマ線照射を行うと粒度分布が狭く安定した粒子が生成した。その大きさは 60°C で 400 nm 程度、また低温に冷却しても粒子が溶解することではなく 15°C で 140 nm 程度であった。他の温度 20, 40°C では安定した架橋粒子は得られなかった。また、0.1 mg/ml 溶液においても 20, 40, 60°C では安定した架橋粒子は得られなかった。以上の結果より、より高濃度・高温でガンマ線架橋を行うほうが安定した架橋粒子が得られるという傾向が見られた。

### 本研究に関する研究発表(原著論文、その他報文、学会等報告)

**原著論文** Preparation of alpha-elastin nanoparticles by gamma-irradiation, Mari Fujimoto, Kouji Okamoto, and Masakazu Furuta, Radiation Physics and Chemistry (in press)

**学会等報告**① Preparation of Elastin Polypeptide Nanoparticles by Gamma-Irradiation, M. Fujimoto, M. Furuta, M. Hara, T. Hayashi, M. Iwama, M. Murata and D.W.Urry, 8<sup>th</sup> World Biomaterials Congress, Amsterdam RAI convention center (The Netherlands) 28 May-1 June 2008, Poster P-Sat-B-328

② Preparation of alpha-elastin nanoparticles by gamma-irradiation, M. Fujimoto, K. Okamoto, and M. Furuta, The 2<sup>nd</sup> Asia Pacific Symposium on Radiation Chemistry, Waseda University (Tokyo) 29August -1 September 2008, Oral 1A-04

③ 放射線を利用した温度感受性モデルペプチドのナノ粒子化、藤本真理、古田雅一、原正之、村田充弘、岩間眞道、Dan. W. Urry、第 18 回バイオ・高分子シンポジウム、東京・上智大学中央図書館、2008 年 7 月 25 日 - 26 日、口頭 28

④ ガンマ線架橋による alpha-elastin のナノ粒子化条件の検討、藤本真理、岡元孝二、古田雅一、第 6 回日本エラスチン研究会、アルカディア市ヶ谷 私学会館、平成 20 年 12 月 12 日 - 13 日、口頭 4

⑤ Alpha-elastin のガンマ線架橋によるナノ粒子化とその粒子化特性、藤本 真理・原 正之・岡元 孝二・古田 雅一、日本化学会第 89 春季年会、日大・船橋キャンパス、2009 年 3 月 27 日 - 30 日、口頭 3H5-49

## 糖代謝を指標とした *Saccharomyces cerevisiae* 放射線ストレス応答機構の解析

阪府大院・理・生物科学 渡邊健、古田雅一\*

阪府大院・生命環境・応用生命 松井文彦、宮西順子、岸田正夫

シスメックス株式会社 小田康雅、坂田孝

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

【目的】生物は常に温度、飢餓、紫外線、放射線などのストレスに曝されながら生存している。ストレスに対し、生物は様々なストレス応答遺伝子を発現させることで自身を防護している。ストレス応答に関しては、現在までに熱ストレス、酸化ストレスなどについて多くの研究がされてきた。私たちはストレスの中でも、比較的研究報告が少ない放射線ストレスに着目した。放射線は生物に対し、放射線自体が損傷を与える直接作用と水分子を介することで発生するフリーラジカルが損傷を与える間接作用の 2 通りの作用を有する。そのため、他のストレスよりも応答機構が複雑である可能性がある。そこで、私たちは酵母における熱ストレス誘導物質として知られているトレハロースに着目し、この糖誘導を指標とすることで放射線ストレス応答機構を解明したいと考えている。今回、トレハロース誘導のシグナルに関して検討し、その候補として考えられる細胞内酸化度、細胞膜損傷について解析を行った。

【方法】YPD 培地中で対数増殖期まで培養した酵母(*Saccharomyces cerevisiae* BY4741)に  $^{60}\text{Co}$  ガンマ線を照射した。その後、以下の 3 点について測定を行った。1) 細胞内トレハロース含量…酵素法を採用した trehalose assay kit を用いて測定した。2) 細胞内酸化度…過酸化物質に特異的に結合するプローブを用い、分光蛍光強度計にて蛍光強度を測定した。3) 細胞膜損傷…核酸特異的プローブで染色された細胞の数をフローサイトメーターにて調べることで、膜損傷細胞数を測定した。これらの結果を酸化ストレス( $\text{H}_2\text{O}_2$ )、熱ストレスの場合と比較検討した。

【結果】熱ストレスを与えたとき、細胞内トレハロース含量の増加がみられたが、酸化ストレスと放射線ストレスではみられなかった。また、放射線ストレスでは細胞内酸化度の増加や細胞膜損傷については検出されなかったが、酸化ストレスでは細胞内酸化度の増加がみられ、熱ストレスでは細胞内酸化度のわずかな増加と細胞膜損傷が検出された。これらのことから放射線ストレスでは、酸化ストレスや熱ストレスとは異なる応答が起こること、細胞膜損傷がトレハロース誘導シグナルとなっている可能性が示唆された。現在、トレハロースと放射線ストレス抵抗性の関係をより深く知るため、BY4741 株とトレハロース合成酵素変異株を用いて、細胞内トレハロース含量と放射線ストレスに対する生存率の関係について解析を行っている。

### 本研究に関する研究発表

1) 宮西順子、松井文彦、渡邊健、小田康雅、坂田孝、古田雅一、岸田正夫「酵母 *Saccharomyces cerevisiae* を用いた放射線障害応答機構の解明」日本防菌防黴学会

2) 松井文彦、渡邊健、宮西順子、小田康雅、坂田孝、古田雅一、岸田正夫「酵母 *Saccharomyces cerevisiae* の放射線曝露における細胞応答」



## 熱処理における酵母菌の増殖挙動解析及び、致死損傷の解析

阪府大院 理 生物科学 荒井尊裕、古田雅一\*

阪府大院 生命環境 応用生命 岸田正夫

シスメックス㈱ 小田康雅 坂田孝

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

〔目的〕食品における一般的な殺菌方法は熱処理である。高温での熱処理は確実なものではあるが、栄養成分が損なわれてしまうことがある。逆に栄養成分を重視した熱処理を施すと、細菌が完全に死滅しない可能性がある。このように半致命的に損傷を受けた菌のことを損傷菌と呼び、この損傷菌には潜在的に増殖する能力を持つため、殺菌後の保存条件により食中毒が引き起こされたり、食品の賞味期限を短くしてしまうことがある。本研究では真菌類に属する

*Saccharomyces cerevisiae* を用い、熱処理を施した菌体の栄養分の異なる培地における増殖特性、細胞膜透過機能、ミトコンドリアの代謝系の変化を指標として損傷の状態を検討した。

〔方法〕酵母菌(*Saccharomyces cerevisiae* BY4741 株)を用いて、生理食塩水で菌液の濃度が  $1.0 \times 10^7$  cell/ml になるよう懸濁し、湯浴中にて 50°C から 80°C までの 10°C 間隔でそれぞれ 5、10、15、20 分間熱処理を行った。処理を行った菌液を富栄養培地である YPD 寒天培地と貧栄養培地である SD 寒天培地に播き、30°C で 2 日間静置した後、コロニーの数を計測した。また、20 分間熱処理した菌液を YPD 液体培地と SD 液体培地に添加し、振とう機にて、30°C で培養しながら、フローサイトメーターを用いて 2 時間ごとに菌数と核酸量を測定した。また、膜の損傷についてトリパンブルー染色法で、代謝活性について MTT assay で、DNA の 2 本鎖切断についてパルスフィールドゲル電気泳動法を用いて評価した。

〔結果〕50°C と 60°C については、YPD 培地と SD 培地共に未処理のものとは比べ、熱処理後の増殖開始時間の遅延は温度が上がるにつれて大きくなり、培地による差は見られなかった。しかし 50°C、10 分間でミトコンドリアの代謝活性は未処理の約 10% まで低下した。また 60°C では 10 分以上の処理条件では膜の損傷が見られた。これらの現象が生残率低下につながっていることが示唆される。70°C、80°C に温度を上げると、YPD 培地においては 15 分処理後も生残コロニーは現れたが SD 培地にはコロニーが見られなかった。20 分処理においては YPD, SD 両方の培地にコロニーは見られなかった。フローサイトメトリーの結果、YPD 培地と SD 培地の両方で増殖が起きず、核酸量の増加も見られなかった。すなわち、これらは 70°C と 80°C の 20 分処理については、すべての菌が死滅したことを示している。膜の損傷と代謝活性の不活化については 70°C、5 分間の処理ですでに 9 割を超える細胞に損傷がみられた。80°C では、コロニーが全く見られなかった 20 分処理条件において DNA の 2 本鎖切断も見られた。70°C と 80°C の処理条件では損傷菌が存在する可能性が示唆されたので、今後は培地成分を検討し、熱処理を与えた酵母がどのような環境下で再増殖が可能、または不可能であるかを調べていく。

## 透明材料のフェムト秒レーザー干渉加工とその可視域レーザーへの応用

金沢大学大学院自然科学研究科

黒堀 利夫\*

大阪府立大学産学官連携機構

奥田 修一, 小嶋 崇夫, 岡 喬

(\*本研究に関する連絡先: 電話 076-264-5478, laser@kenroku.kanazawa-u.ac.jp)

「フェムト秒(fs)干渉微細加工」は, fs 光パルスの持つユニークな二つの特徴を積極的に併用する微細加工である. fs パルスの一つの特徴である非常に短いパルス幅に伴う高いピークパワーを活かすことで, 非線形な多光子吸収過程などを介して多様な材料の任意の場所に誘起屈折率構造の導入や光の回折限界を超えた分解能での非熱的な加工などが可能になる. さらに, もう一つの特徴である高いコヒーレンス性を活かすことで, ホログラフィックな書き込みにより, 意図的に材料表面や内部にナノスケールの周期構造を形成することが可能になる. 筆者らは, fs パルスのこれらの際立った二つの特徴を最大限に活用した「単一パルス干渉露光法」の応用の一つとして, 二光束 fs パルスによって透明材料であるフッ化リチウム(LiF)結晶へのサブミクロン間隔の周期構造の直接書き込みと同時に同じ材料中に形成されるレーザー利得を有するカラーセンターからのルミネセンスとを併用した室温での二波長可視域, パルス動作分布帰還型(DFB:Distributed feedback)カラーセンターレーザー(CCL: Color center laser)光源の開発を行ってきた[1-6].

Fig. 1 に干渉した fs パルスで作製する LiF 結晶の  $F_3^+$  および  $F_2$  センターに基づく緑(540 nm 近辺)および赤色スペクトル(700 nm 近辺)領域での室温 DFB CCL の作製手順を示す. まず, 緑( $F_3^+$  センター), 赤色( $F_2$  センター)領域のどちらの発振を実現するかによって, 前者では増幅した Ti:sapphire レーザーからの第2高調波(390 nm)を用い, 後者に対しては, 基本波の近赤外(780 nm)光を用いて対応する周期構造を書き込んだ. 引き続き, 緑色( $F_3^+$  センター)によるレーザー発振に必要な十分な利得を形成するために大阪府立大学・産学官連携機構・放射線研究センターの Cockcroft-Walton 型加速器による低温(約 200 K)での電子線照射を実施した. 低温下での照射により, 競合する  $F_2$  センターを抑圧しながらほぼ  $5 \times 10^{17}$  個  $\text{cm}^{-3}$  の  $F_3^+$  センターだけを結晶全面に均一に形成した. 赤色の発振は,  $F_3^+$  センターを含む LiF と同様, 低温での電子線照射を行った後, 引き続き 473 K で 30 分間の異なる熱処理を経て  $F_3^+$  から  $F_2$  センターへの変換を行った. 最後に, 励起光源として Q スイッチ Nd:YAG レーザーの第三高調波(355 nm)励起光パラメトリック発振(OPO: Optical parametric oscillator)からの 460 nm 光(繰り返し周波数 1-10 Hz, パルスエネルギー 0.8-1.5 mJ)で周期構造領域を横励起配置でシリンダリカルレンズを介して線状に集光した.

このような過程を経て,  $F_2$  センターに基づく二種類の間隔 $\sim$ 502, 510 nm の周期構造を書き込んだ試料からの赤色 DFB レーザー発振(発振波長 698.0, 710.6 nm, スペクトル幅 $\sim$ 0.1 nm)と一種類の間隔 $\sim$ 380 nm の周期構造を書き込んだ試料からの  $F_3^+$  センターに基づく緑色 DFB レーザー発振(発振波長 536.6 nm, スペクトル幅 $\sim$ 0.5 nm)が実現できた. Fig. 2 にそのスペクトルおよびレーザー発振の様子を示した. 傾斜効率は赤色発振で $\sim$ 10 %, 緑色で $\sim$ 4 %, ビーム発散角 $\sim$ 20 mrad が得られた. 励起閾値エネルギーは緑, 赤色領域の DFB レーザー発振においてほぼ同じ 0.8 mJ であった.

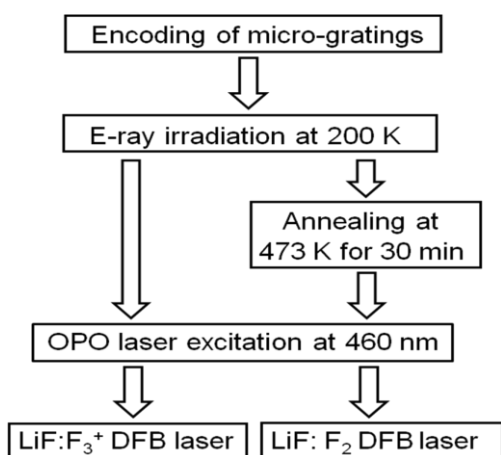


Fig. 1 Schematic diagram of the fabricated processes of a DFB color center laser based on the  $F_3^+$  and  $F_2$  centers in LiF.

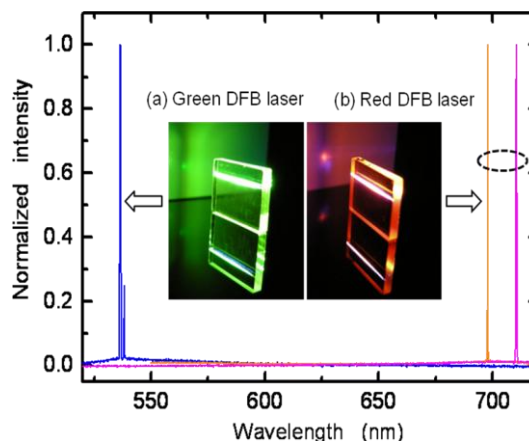


Fig. 2 DFB output spectra from LiF crystals with different fringe spacings.

(a) Photographs of the DFB laser action in the green and (b) red spectral regions are also shown in the insets.

#### 参考文献

- [1] T. Kurobori, K. Kawamura, M. Hirano and H. Hosono: J. of Phys.: Condens. Matter, **15**, No. 25 (2003) L399.
- [2] K. Kawamura, M. Hirano, T. Kurobori, D. Takamizu, T. Kamiya and H. Hosono: Appl. Phys. Lett., **84**, No.3 (2004) 311.
- [3] T. Kurobori, K. Kawamura, H. Hosono, T. Kojima, T. Oka and S. Okuda: in Proc. of JAIST International Symposium on Nano Technology, September 15-17, JAIST, Ishikawa (2005) O-4.
- [4] T. Kurobori, T. Sakai and S. Aoshima: Phys. Status Solidi A **204** (2007) 699.
- [5] 黒堀利夫: “透明材料のフェムト秒レーザー微細加工と放射線マイクロイメージングへの応用”, 平成 18 年度共同利用報告会特別講演, 大阪府立大学産官学連携機構・放射線研究センター2007 年 6 月 27 日.
- [6] T. Kurobori, Y. Obayashi, K. Suzuki, Y. Hirose, T. Sakai and S. Aoshima: Jpn. J. Appl. Phys. **47** (2008) 685.

#### 本研究に関する研究発表

- (1) T. Kurobori, Y. Obayashi, T. Kurashima, Y. Hirose, T. Sakai, S. Aoshima, T. Kojima and S. Okuda: “An optoelectronic device in bulk LiF with sub-micron periodic gratings fabricated by interference of 400 nm femtosecond laser pulses”, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B, **266**, No. 12-13 (2008) 2762-2765.
- (2) Y. Obayashi, T. Kurobori, Y. Hirose, T. Sakai and S. Aoshima: “Red and green distributed-feedback LiF color center lasers fabricated by interference of femtosecond laser pulses”, The Review of Laser Engineering, supplemental volume **2008**, (on-line journal: ISSN: 0387-0200) (2008) 1226-1229.
- (3) T. Kurobori, W. Zheng, Y. Hirose, T. Sakai and S. Aoshima: “Femtosecond-laser-encoded dual-beam distributed-feedback colour centre laser in bulk LiF”, *15<sup>th</sup> Int. Conf. on Luminescence and Optical Spectroscopy of Condensed Matter (ICL'08)*, Lyon, July, 2008, p.573.
- (4) 黒堀 利夫, 酒井 利明, 青島 紳一郎: “透明材料のフェムト秒レーザー干渉加工とその可視域レーザーへの応用”, **37 巻**, 7 号 (2009) 印刷中.

## 超微弱電子線の直接照射によるウラン検出の感度評価

大阪府立大産学官連携機構 佐々木遼也\*、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）4213、メール sasaki07qms@riast.osakafu-u.ac.jp)

高エネルギーの電子線を試料に入射し、電子の準弾性散乱に伴って発生する中性子を検出することによって試料の元素分析を行う方法を検討した。パルス電子線を用いた放射線測定では、 $\gamma$ バーストの影響を強く受けることが難点であったが、超微弱ビームを用いることで解決する。U,Th を僅かに含有する天然物を試料として用いた実験では、12MeV の電子で  $\mu\text{g}$  オーダーの検出が可能であった。

**電子の準弾性散乱：** 数 MeV 以上のエネルギーの電子線は重元素に対して直接核反応を誘起することができる。これは、重元素に高速電子が衝突し制動 X 線（仮想光子）が発生し、光核反応したものと理解されている。電子の準弾性散乱と呼ばれる、この反応で発生した中性子等を検出すれば核反応分析が可能となる。これは、①光核反応を利用した光量子放射化分析法と同様に、重元素の感度が高いことが期待される。特に U、Th 等の感度は高い。②電子線は電磁気的に集束、走査が容易であることから、 $\gamma$ 線法よりも局所的な感度が高く 2次元分析に適している。

**超微弱電子線の利用：** 一般に電子線加速器を用いた中性子測定には、制動 X 線による強烈な X 線バーストの問題を伴う。この問題を解決するため、我々はこれまで電子線形加速器の微弱ビーム発生の研究を行ってきた<sup>1)2)</sup>。微弱ビームを用い、U,Th を僅かに含有する天然物の検出感度を測定した。図 1 に測定体系を示す。また照射領域での U,Th の質量と中性子検出量の関係を図 2 に示す。十分な線形性が得られ、検出感度は 11MeV で約  $30\mu\text{g}$ 、12MeV で約  $8\mu\text{g}$  と見積もられ、ビームエネルギーが増大するにつれて検出感度は向上した。

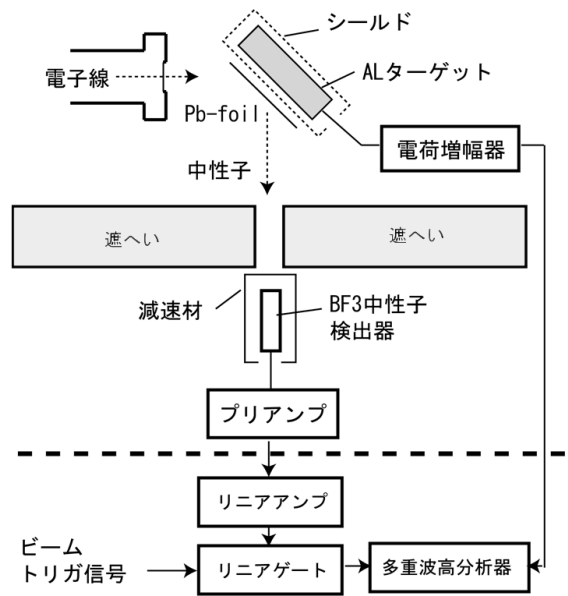


図 1 測定体系

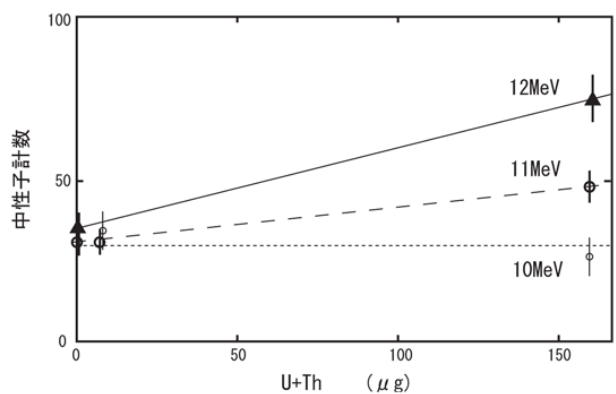


図 2 U,Th 量と検出量の関係 (10 分計数)

[参考文献] 1) 佐々木他、原子力学会 2008 年秋の大会 I19  
 2) 佐々木他、原子力学会 2009 年春の年会 G52

# Cf-252 小中性子源と 2次元光子計数装置を用いた 中性子ラジオグラフィ装置

大阪府立大産学官連携機構 谷口良一\*、佐々木遼也、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】

中性子ラジオグラフィは特徴ある非破壊検査法であるが、実用化という面から見ると X 線ラジオグラフィに比べて大幅に遅れている。この原因は主として線源に問題があると考えられる。中性子線源としては原子炉が有力であるが、わが国では社会的な問題から利用が制限されている。また可搬性も皆無に等しく、利用面での制約も大きい。このため、中性子ラジオグラフィの普及のためには小型で可搬性があり中性子強度の強い中性子源の開発が第一に求められてきた。具体的には小型加速器が有望であるが、現状では相当の開発期間が必要であると思われる。そのため次善の選択として、我々のグループは高感度の中性子画像化装置の開発を行ってきた。最も有望なものが、2次元光子計数装置と中性子有感シンチレータを組み合わせた中性子画像化装置であり、従来の中性子ラジオグラフィ装置の1万分の1から百万分の1という弱い中性子場においても実時間中性子画像を得ることに成功している。現在、この装置と RI 中性子源を組み合わせて、可搬性のある小型中性子ラジオグラフィ装置の開発を試みている。

## 【小型中性子ラジオグラフィ装置】

図1に試作した小型中性子ラジオグラフィ装置の概略を示す。装置は、約1MBqのCf-252中性子線源を用い、高密度ポリエチレンによる減速を基本とし、ZnS+LiFシンチレータと2次元光子計数装置による画像化を行う。ただし、各種の寸法は暫定的なものであり、この装置では、

- 1) モデレータの改良による熱中性子の取り出しの最適化
- 2) コリメータの改良による中性子の平行性の最適化
- 3) シンチレータと2次元光子計数装置の配置と光学系の改良
- 4) 画像の平坦性の確保
- 5) 漏洩線量の評価、画像装置および対人しゃへの確保

などの検討を行う予定である。画像装置を最も近接した状態では、 $10^2 \text{ n/cm}^2/\text{sec}$  程度の中性子強度が可能であるが、中性子の平行性、画面の平坦性などを考慮すれば、さらに弱い中性子場で使用する可能性が高い。また、装置の重量は、フレームを除けば、約80kgであるが、改良の余地も大きい。

## 【本研究に関する研究発表】

- 1) 谷口良一、荒木太朗：非破壊検査協会平成14年春季大会講演概要集（2002）pp169-172
- 2) 「Cf-252 小中性子源と2次元光子計数装置を用いた中性子ラジオグラフィ装置」、谷口良一、佐々木遼也、奥田修一、小川喜弘、岡本賢一、辻本忠、非破壊検査協会放射線分科会資料 No. 10415（2008年8月7日、柏崎）

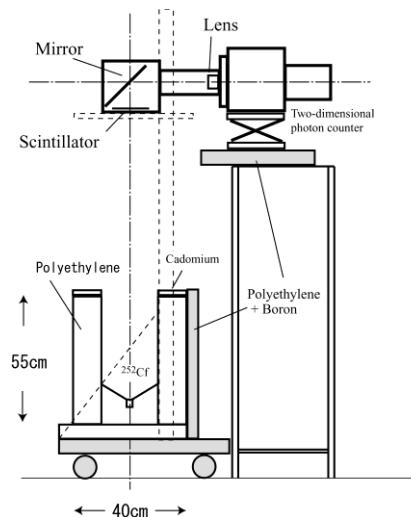


図1 2次元光子計数装置とCf-252中性子線源を用いた小型中性子ラジオグラフィ装置。減速材には、高密度ポリエチレンブロックを用いコリメータおよびしゃへいには、ボロン入りポリエチレンブロックおよびCdシートを用いている。

## 可搬型核種分析装置の開発

大阪府立大学産学官連携機構 谷口良一\*、小嶋崇夫

（株）原子力エンジニアリング 新谷浩文、岡本景次

（\*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】** 原子力発電所において、1次系冷却材中の配管内面沈着成分を低減させることは作業者の被曝低減の観点からも重要である。このため重鉛注入など水質管理上の工夫が検討されており、その成果を把握するためには、配管内面沈着成分の経年変化の測定を実施する必要がある。測定には従来 Ge 検出器が用いられてきたが、これは大掛かりな装置であり費用、作業の面で大きな負担となっていた。そこで、小型の核種分析装置を開発して測定の効率化を図る必要があった。

**【装置概要】** 本装置は、主検出器、並びにガード検出器（何れも CsI の結晶）を用いた。逆同時計数法によりバックグラウンドの低減を実現したものである。図 1 に装置の体系ブロック図を示す。

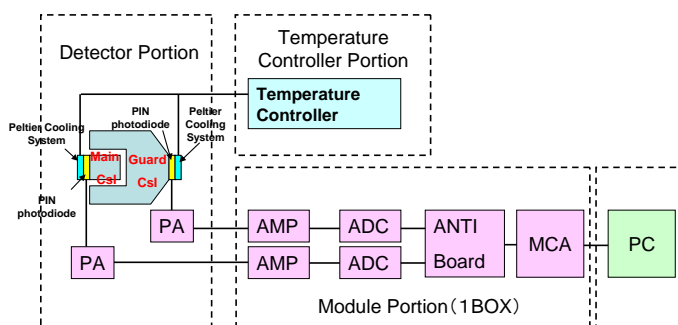


図 1.装置体系ブロック図

**【実験】** 最初に、密封線源を用いて

フォトピーク効率を求めた。目的核種

の 1 つである Co-58 の場合、配管内面沈着成分測定時には、Co-60 コンプトン連続部によるバックグラウンドの影響を受ける。このため、Co-60 と Co-58 を同時に照射した状態でのフォトピーク効率を確認した。又、Cs-137 のフォトピーク効率データも確認した。

続いて、Co-60、並びに Cs-137 の線源を用い、その配置距離を変えることで、測定装置への入射  $\gamma$  線束を変化させて、入射量（計算値）と測定値の関係より、直線性が崩れる入射  $\gamma$  線量を確認した。図 2 に測定上限確認結果を示す。実際の使用条件に換算すると、配管表面 5cm での空間線量で約 4mSv/h まで測定が可能ことが判った。

**【まとめ】** 以上の実験の結果、開発した可搬型核種分析装置は 1 次系冷却配管中の配管内面沈着成分を測定する能力を有していると評価された。又、本研究結果を基に得られた検出効率等の係数は、現場における測定値の解析上有用なものと考えられる。

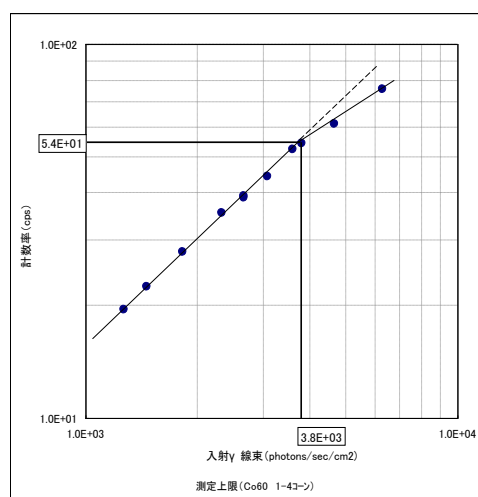


図 2 測定上限確認結果

# 自然放射線測定による 非破壊アスベスト検知装置の開発

大阪府立大産学官連携機構 谷口良一\*、佐々木遼也、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】 自然放射線を測定することで、アスベストを非破壊で検知する方法の開発を行っている。アスベスト中の自然放射線は通常の岩石よりも多いことを利用すれば、簡単に、非破壊かつ遠隔でアスベストの検知が可能である。しかし、その分解能（検知能力）は、アスベスト以外の周辺物質中の自然放射線の大小に依存する。本研究では、様々な材料中の自然放射線の強度と、その成分を測定することで、アスベストの分解能のおおまかな評価を試みた。

【自然放射線測定】 図1に、身の回りの材料、鉱物中の放射線強度の測定例を示す。測定した放射線の成分を、カリウムとU・Thの2つの成分に分けて2次元表示したものであり、縦軸をカリウム由来の自然放射線強度、横軸をU・Th由来の自然放射線強度として対数で表示している。図中の黒丸に3種類のアスベスト標準試料（白石綿、青石綿、茶石綿）等のデータを示している。鉱物の中でも熱水鉱床産のものが、右上に分布する傾向にあるが、特に3種類のアスベストは、これらの鉱物の中でも最大級の自然放射線を含むことが注目される。元来、アスベストは、かんらん石、角閃石等の造岩鉱物が熱水変成をうけて含水の繊維状鉱物になったものである。その成因から考えると、熱水鉱床で産出されるレキ青ウラン鉱石などと同様に土類

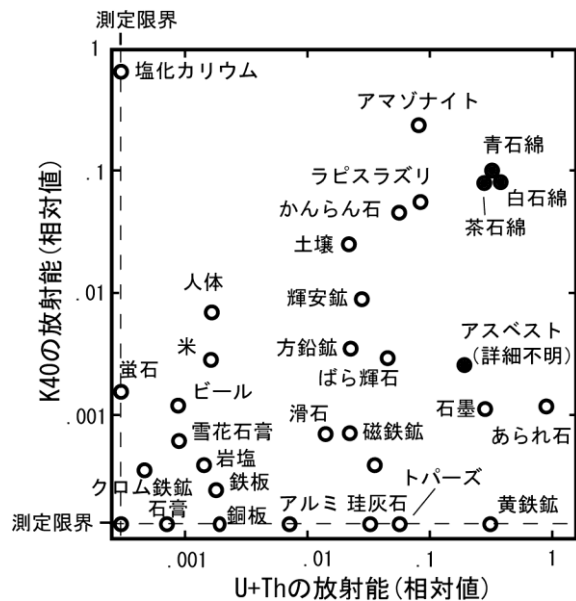


図1 各種材料中の自然放射線の測定値

元素である天然放射性核種を集積し、放射性物質をその母岩よりも多く含むと考えられる。アスベスト弁別に対して、重大な妨害要素となりえるのは、アマゾナイトなどの特殊な鉱物以外では、かんらん石などの造岩鉱物、あるいは土壌ということになる。これらの鉱物とアスベストの強度比は1桁程度であることから、このような材料中にあるアスベストは数%程度の濃度しか弁別できないことになる。

## 【本研究に関する研究発表】

- (1) 「放射線を利用したアスベストの高感度非破壊検知法」、谷口良一、小嶋崇夫、奥田修一、非破壊検査協会平成18年度秋季大会概要集（2006年10月26日、名古屋）pp73-74
- (2) 「アスベスト中の自然放射線の測定」、谷口良一、小嶋崇夫、奥田修一、原子力学会秋の大会(2006年9月札幌) F33
- (3) 「自然放射線を利用したアスベストの非破壊検知法」、谷口良一、小嶋崇夫、奥田修一  
第6回放射線による非破壊評価シンポジウム（2008年2月1日、東京）
- (4) 「自然放射線を利用したアスベスト検知法の検討」、谷口良一、小嶋崇夫、奥田修一、非破壊検査協会放射線分科会資料No. 10419（2008年12月19日、東京）pp5-8
- (5) 「自然放射線測定による非破壊アスベスト検知装置の開発」、谷口良一、佐々木遼也、小嶋崇夫、奥田修一、非破壊検査協会放射線分科会資料No. 10427（2009年7月2日、長崎）pp5-8

## 強磁場を用いた X 線由来二次電子の吸収線量局所制御

京大病院放射線治療科 伊東宏之\*、澤田晃、平岡眞寛  
国立がんセンター中央病院 脇田明尚  
京大化研 岩下芳久、野田章

(\*本研究に関する連絡先：電話 075-751-4215、メール itoh@kuhp.kyoto-u.ac.jp)

### 【概要】

日本人の 3 人に 1 人ががんで死亡する昨今、患者の負担の少ない放射線治療の有用性が注目されつつある。日本は炭素線や陽子線を用いた粒子線治療で世界をリードしてきた実績があるが、国内における放射線治療の多くは、X 線治療を用いて行われているのが現状である。X 線治療において、実際に患部に線量を付与するのはコンプトン電子やコンプトン電子が弾き出すデルタ線と呼ばれる低エネルギーの電子である。電子であれば、磁場を用いた軌道制御が可能<sup>1)</sup>である。本実験では、水等価の物質内で発生した二次電子を磁場で制御し、線量集中性を高める事が可能かを検証する。

### 【実験方法】

Fig. 1 のように 6-8MeV 電子線を用いて発生させた X 線を Pb コリメータで 2mm x 2mm に絞り、電子密度が水と等価のタフウォーター製ファントム (直方体型と球型) に照射する。有磁場下の測定には AVF 用永久磁石 (1/2 スケール) を使用し、磁極間隔 5.5cm でおよそ 0.46T での測定となった。有磁場下において、ファントム内におけるコンプトン散乱等で発生した二次電子は、ファントム外へ飛散した後、磁場によって偏向されてファントム内に再入射し、残余エネルギーを付与すると考えられる。検出器にはガフクロミックフィルム (EBT) を使用し、磁場の有無による吸収線量分布の差異を評価した。

### 【結果と考察】

Fig. 2 に測定した線量分布を示す。Fig. 2 の上図は磁場が存在しない状況での線量分布であり、下図は磁極間に設置して磁場が存在する状況での線量分布である。有磁場下では、ファントム内でも二次電子は偏向されるが、飛程が短いために線量分布には大きな変化は見られず、低線量域に偏りが見られる程度である。他方、ファントムから空气中に抜ける境界付近では線量分布に大きな変化が見られた。これは、ファントム内で発生した二次電子は、空气中に抜ける事で飛程が伸び、磁場による偏向効果が顕著になるからである。

### 【まとめ】

磁場による効果は、密度変化が急峻な領域で顕著であった。今後、実際の放射線治療では多方向から照射する事で腫瘍付近に高線量を局限する事が可能か検討する。



【参考文献】

- 1) W. H. Bostick, "Possible techniques in direct-electron-beam tumor therapy", Phys. Rev. 77, 564-565(1950)

【論文業績・学会発表等】

- 1) Medical Physics または Physics in Medicine and Biology (投稿予定)

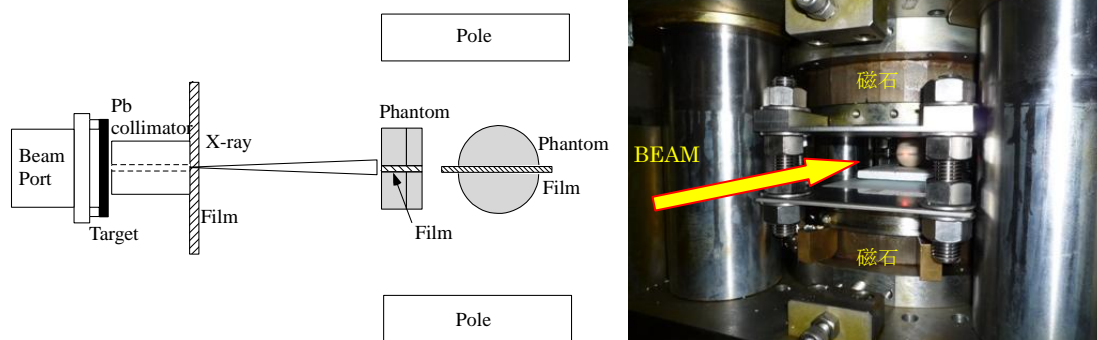


Fig.1 実験セットアップ

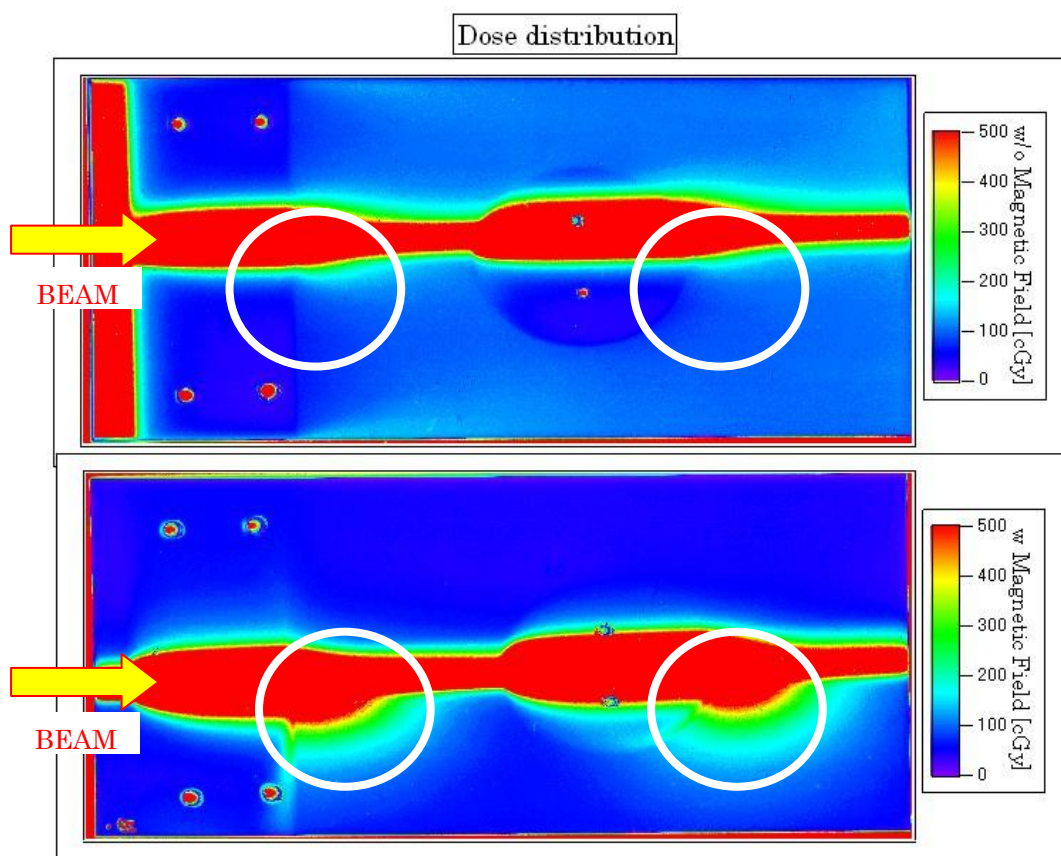


Fig.2 磁場が存在しない場合とする場合の線量分布 (上: 磁場なし、下: 磁場有り)

### 3. 大阪府立大学産学官連携機構・放射線研究センター平成20年度共同利用報告会プログラム

主催： 大阪府立大学産学官連携機構・放射線研究センター  
大阪府立大学 21 世紀科学研究機構・量子ビーム誘起反応科学研究所

日時：平成21年7月8日（水）10:30-18:05

場所：大阪府立大学産学官連携機構 5F 大講義室

10:30-10:35 開会の挨拶 放射線研究センター長 奥田修一

10:35-11:25 [活動報告] 座長：川西優喜（阪府大産学官）

1. ライナックおよびコッククロフト・ウオルトン電子線加速器の現状  
谷口良一、岡喬、小嶋崇夫、奥田修一（阪府大産学官）
2. コバルト 60 照射施設の現状  
小嶋崇夫、岡喬、谷口良一、奥田修一（阪府大産学官）
3. 日本原子力学会「平成20年度原子力歴史構築賞受賞」  
および「第25回記念みんなのくらしと放射線展」について  
奥田修一（阪府大産学官）

11:25-12:00 [一般講演] 座長：小嶋崇夫（阪府大産学官）

4. ダイオキシンによるベンゾ[a]ピレン-DNA 付加体抑制機構の解明  
椎崎一宏、川西優喜、八木孝司（阪府大産学官）
5. プロタミンによる DNA の高次構造変化と放射線感受性への影響  
森利明（阪府大産学官）、鈴木麻里\*、Cecil Crozatier\*、吉川研一\*、吉川祐子\*\*  
（\*京都大、\*\*環太平洋大）

12:00-13:00 昼食休憩および放射線研究センター施設見学

13:00-14:00 [特別講演] 座長：谷口良一（阪府大産学官）

6. 放射線計測の環境問題への応用あれこれ  
溝畑朗（阪府大産学官）

14:00-14:45 [一般講演] 座長：伊藤憲男（阪府大産学官）

7. 超微弱電子線の直接照射によるウラン検出の感度評価  
佐々木遼也、谷口良一、小嶋崇夫、奥田修一（阪府大産学官）
8. 強磁場を用いた X 線由来二次電子の吸収線量局所制御  
伊東宏之\*、澤田晃\*、平岡真寛\*、岩下芳久\*、野田章\*、脇田明尚\*\*  
（\*京都大、\*\*国立がんセンター）
9. コヒーレント放射によるポンプ・プローブ実験  
奥田修一、谷口良一、小嶋崇夫（阪府大産学官）、高橋俊晴\*、S. Nam\*\*  
（\*京大炉、\*\*Kangwon Univ.）

14:45-15:00 休憩

15:00-16:00 [一般講演] 座長：小嶋崇夫（阪府大産学官）

10. 電流・電圧特性「その場」測定装置を用いた宇宙用太陽電池の高エネルギー電子線照射効果の研究

普門貴志、岩瀬彰宏（阪府大院工）、奥田修一、谷口良一（阪府大産学官）  
大島武\*、佐藤真一郎\*（\*原子力機構）

11.  $\gamma$ 線照射還元法による Au/Pd 二元系金属微粒子の構造制御と評価

山本正明、田口昇、岩瀬彰宏、堀史説（阪府大院工）  
秋田知樹\*、田中真悟\*（\*産総研）

12. 電子線照射したバルク ZrCuAl 金属ガラスの自由体積の挙動

福本由佳、石井顕人、岩瀬彰宏、堀史説（阪府大院工）、横山嘉彦\*、XuQiu\*\*、義家敏正\*\*  
（\*東北大、\*\*京大炉）

13. Pd<sub>40</sub>Ni<sub>40</sub>P<sub>20</sub> バルク金属ガラスの構造緩和過程における陽電子消滅測定

古川匠実、石井顕人、岩瀬彰宏、堀史説（阪府大院工）、春山修身\*（\*東京理科大）

16:00-17:00 [一般講演] 座長：古田雅一（阪府大院理）

14. 大気汚染物質 3-ニトロベンズアントロンによる DNA 損傷と突然変異の研究

萩尾宗一郎、西田裕、川西優喜、八木孝司（阪府大産学官）、高村岳樹\*（\*神奈川工大）

15. 神経幹細胞における選択的染色体分配を制御する因子に関する研究

東田みずき、白石一乗、児玉靖司（阪府大産学官）、原正之（阪府大院理）

16. 放射線によるゲノム不安定化の記憶と子孫細胞への伝搬に関する研究

田辺正輝、白石一乗、児玉靖司（阪府大産学官）、原正之（阪府大院理）

17. マウス神経幹細胞/前駆細胞の Rhodamin123 排出能と光増感反応による殺細胞活性評価

吉田陽亮、森英樹、原正之（阪府大院理）

17:00-18:00 [一般講演] 座長：白石一乗（阪府大産学官）

18.  $\gamma$ 線照射による繊維蛋白質の分子量変化

原正之、森英樹、小清水直喜、吉田真由美（阪府大院理）  
Bjorn E. Christensen\*（\*ノルウェー科学技術大）

19. Bacillus 属細菌の放射線抵抗性と香辛料における増殖挙動について

古田雅一、浅野哲也、富井恵奈美、石川悦子、保科美幸（阪府大院理）

20. 熱処理における酵母菌の増殖挙動解析及び、致死損傷の解析

荒井尊裕、古田雅一（阪府大院理）、小田康雅\*、坂田孝\*（\*シスメックス株）  
岸田正夫（府大院生命）

21. 過酸化水素殺菌処理による Saccharomyces cerevisiae の不活化挙動の解析

松永祐一、古田雅一（阪府大院理）、小田康雅\*、坂田孝\*（\*シスメックス株）  
岸田正夫（府大院生命）

18:00-18:05 閉会の挨拶

終了後 交流会（報告会と同会場）

（発表者下線、一般講演各 15 分、含質疑応答）

## 4.

### 1) 日本原子力学会「平成 20 年度原子力歴史構築賞」受賞報告

大阪府立大学産学官連携機構・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)

原子力歴史構築賞は、日本原子力学会創立 50 周年を記念して新設された。原子力平和利用の進展と定着に、歴史的に重要な意味を持ち、あるいは多大な貢献をしてきた原子力関連施設や事績、資料を対象とし、その果たしてきた歴史的役割を広く内外に周知し顕彰するものである。このたび、大阪府立放射線中央研究所および大阪府立大学が「大阪府立放射線中央研究所および大阪府立大学の放射線施設」の功績を認められて受賞した。学会の創立 50 周年記念式典（2009 年 4 月 21 日、東京）で表彰式が行われた。

この受賞は、1959 年に発足した大阪府立放射線中央研究所から、本学産学官連携機構・放射線研究センターへ継承されている放射線施設の長年にわたる活動が評価されたものである。全 66 件の受賞のうち、大学としては本学を含む 10 件（7 大学）で、最も長い歴史を持っており、全体でも 6 番目となる。

#### 【受賞内容】

公立大学法人大阪府立大学産学官連携機構・放射線研究センターにおける放射線施設は、1959 年に発足した大阪府立放射線中央研究所（大放研）以来、約 50 年の歴史を持つ。その間、組織は、1990 年に大阪府立大学への統合、2005 年の法人化を経ながら、構成員がその施設と技術を継承して現在に至っている。現在の大学組織では、学内共同利用施設として位置づけられ、関西における放射線研究の拠点として、今日まで諸活動を続けてきた。

大規模放射線利用施設には、ライナックなど電子線加速器 2 台、イオン加速器 1 台、数量 4 PBq の  $^{60}\text{Co}$  ガンマ線照射施設、非密封放射性同位元素取扱施設などがある。これらは、外部機関や民間企業の多くの研究者や技術者に開かれた施設として、さまざまな条件で利用されてきた。多くの重要な研究成果により、国際的にも知られる存在となった。またこれらの成果は、多くの研究分野で重要な基礎データとして利用され、その後応用されて実用化が進んだものもあり、社会的貢献が高く評価されている。

これまでに蓄積されてきた経験や技術をもとに、技術支援、他の放射線施設の周辺環境放射線測定などが行われてきた。また放射線利用や安全に関する相談が数多く寄せられ、専門の研究員・教員が対応してきた。諸団体の施設見学や、マスメディアの取材にも随時応じている。日本原子力学会をはじめその他の学協会、外部組織の活動に積極的に参加し、社会からの多岐にわたる要請に応じてきた。

地域社会への放射線知識普及活動は、さまざまな形で行われている。中でも特筆すべき活動は、主に親子を対象とする放射線フェア「みんなのくらしと放射線展」の開催である。関西を中心とする放射線関連機関の共催で行われているが、これは大放研からの 25 年にわたる活動で、当初より一貫して中心的な役割をになり、大きく貢献してきた。これまでにのべ 45 万人以上が参加し、日本を代表する放射線知識普及活動と位置づけられている。

#### 参考文献

- 1) 大放研十年の歩み.
- 2) 大放研二十五年の歩み.
- 3) 大放研三十年の歩み.
- 4) 大阪府立大学放射線研究センターパンフレット.
- 5) 大阪府立大学産学官連携機構放射線研究センター平成 19 年度放射線施設共同利用報告書.
- 6) 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 Vol. 33, No. 4 (2007) 270-276.
- 7) 原子力学会の関連ホームページ <http://www.aesj.or.jp/awards/2008/historic.html>

## 2) 「平成 20 年度第 25 回記念みんなのくらしと放射線展」活動報告

大阪府立大学産学官連携機構・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である。これに関連して、特に若者や社会に向けた、放射線に関する科学技術についての正しい知識の普及活動が重要である。「みんなのくらしと放射線」知識普及実行委員会では、諸活動の中心となるイベントとして毎年放射線展を開催し、25 回目をむかえた。この活動の状況とこれまでの経緯について報告する。

「みんなのくらしと放射線展」は、大阪府立放射線研究所（大放研）が中心となり 1984 年以来継続して開催されてきた。主催は「みんなのくらしと放射線」知識普及実行委員会、大放研の施設を継承する大阪府立大学（事務局）を含め、関西を中心とする法人や放射線関連組織など、現在 9 つの団体に構成されている。また文部科学省、大阪府、大阪市、のほか関西諸機関の後援、協力を得ている。2008 年は、夏休み親子勉強博「第 25 回みんなのくらしと放射線展」として、「放射線と光の不思議な世界」をテーマに、大阪市の会場で 8 月 14 日から 4 日間行われた。毎年異なるテーマを掲げている。内容は放射線に関連する、サイエンスショー、ミニセミナー、展示やパネル、霧箱等工作や実験教室などである。実施に当たり、関係活動団体の連携協力を得ている。2008 年の来場者数は、親子を中心に約 15,500 人であった。これまでの利別来場者数を図 1 に示す。総参加者数はのべ 45 万人を超えた。昨年の開催風景を図 2 に示す。

放射線展の意義は、次のように考えられる。(1) 親子を中心とする多くの参加者が放射線の知識に触れることができたこと。(2) 委員会メンバーが手作り運営で企画・参加し、さらにスタッフとして 20 名余りの大学生や高校生の協力を得たが、市民や子供たちと直接触れ合うことで、放射線に関する認識を共有できたこと。このような双方向の作用が特に重要である。

中学生以下のアンケートでは、放射線展に対する印象は良好で、また確実に放射線についての知識が得られている。毎年訪れる親子も多いことがわかる。このように 25 年におよぶ放射線展の開催で、活動の継続がいかに重要であるかは、世代が変わってまた来場した親子の存在に表れている。来場者ばかりでなく、その周辺の人々への影響も考えると、放射線展継続の意義は大きい。

今年も 8 月 13-16 日の 4 日間、同じ開催場所での開催を予定している。

### 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.

### 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) 放射線知識普及活動「第 25 回みんなのくらしと放射線展」とこれまでの経緯、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、日本放射線安全管理学会（金沢、2008、11 月 3-5）A32-04.

2) みんなのくらしと放射線展 25 年の歩み、奥田修一、ONSA 研究会（2009.4.17、大阪）.

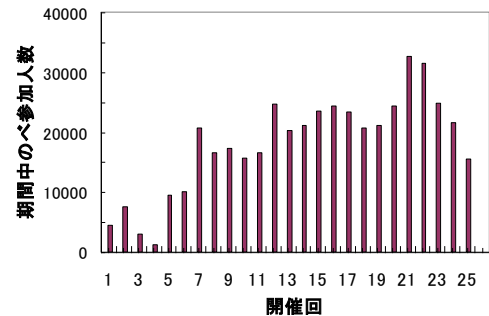


図 1 年別放射線展来場者数



図 2 科学実験教室

## 5.

### 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

大阪府立大学産学官連携機構 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」は、バーチャル研究所として、平成 18 年 (2006 年) 2 月 1 日に設立された。量子ビーム誘起反応を、量子ビームと物質との相互作用の基礎からとらえてその反応過程を解析し、複雑な生体における反応の解明にまで結び付けることが目的である。このような研究所群の所属する組織が、平成 21 年 4 月より、21 世紀科学研究機構として部局化され、部局横断的な研究の重要性が認識されている。本研究所も設立以来 3 年を経過し、新たに継続して活動することになった。平成 20 年度における活動の概要について報告する。

#### 1. 研究活動

##### (1) 量子ビームに関する所内研究活動

##### (2) 量子ビームに関する学外との共同研究活動

参考資料参照

##### (3) 量子ビーム開発のための主な外部資金の状況

###### 1) 大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構・大学等連携支援事業

課題：大阪府立大学における教育研究と知識普及活動のための汎用電子ライナックの整備

代表：奥田修一

内容：大阪府立大学の電子ライナックの整備により、超微弱ビームやコヒーレント放射などの量子ビームの利用を行うと共に大学院教育に役立てる

###### 2) 平成 20 年度科学研究費基盤(B)

課題：強力なピコ秒コヒーレント放射光電場による物質内電荷移動の研究

代表：奥田修一

期間：平成 20-22 年度の予定

##### (4) 民間と研究所との共同研究

###### 1) 「量子線の応用に関する研究」(2006-2008 年度)

##### (5) 外国との交流

###### 1) 国立江原大学校 (韓国)、自然科学大学および Cyclotron Research Institute との協定に基づく研究交流

###### 2) 同 Cyclotron Research Institute 所長 Soon-Kwon Nam 教授との共同研究

###### 3) JSPS の Asian Core Program (日中韓、2008 年度開始、拠点：京都大学) に参加

量子ビーム利用を目的として共同研究の予定

#### 2. 学会等発表

各所員が量子ビームに関する研究発表を行った (参考資料参照)。特に全体にわたる研究の成果

は下記にまとめられている。

- 1) 大阪府立大学産学官連携機構放射線研究センター平成 19 年度放射線施設共同利用報告書 (2008.12)

### 3. その他の活動

- (1) 大阪府立大学産学官連携機構放射線研究センター平成 19 年度共同利用報告会開催  
放射線研究センターとの共催

大阪府立大学産学官連携機構放射線研究センター放射線施設共同利用報告書  
平成 20 年度の成果報告ととりまとめについては、平成 21 年度実施予定

- (2) 広報活動

研究所季刊誌 RIQBS No.4 の発行

- (3) 放射線研究センター活動への参画

将来計画への提言

電子ライナックの整備、量子ビーム利用の高度化と 200 keV 陽子加速器の組み立て

### 5. 研究活動とその成果の公表

本研究所の研究活動とその成果については、次のホームページで公表している。またこの中で閲覧できるように、定期的な活動報告として RIPBS 掲示板 (No.1-4 既刊、No.5 準備中) を発行しており、活動成果をとりまとめて紹介している。

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

### 4. 参考資料

研究所ホームページ : <http://www.osakafu-u.ac.jp/affiliate/21science/607.html>

季刊誌 RIQBS No.1, No.2, No.3, No.4 (No.5 取りまとめ中)

## 研究員

産学官連携機構先端科学イノベーションセンター教授・奥田修一 (研究所長)

産学官連携機構先端科学イノベーションセンター助教・小嶋崇夫

産学官連携機構先端科学イノベーションセンター教授・谷口良一

産学官連携機構先端科学イノベーションセンター教授・児玉靖司

産学官連携機構先端科学イノベーションセンター助教・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

大学院工学研究科物質・化学系専攻准教授・堀史説

大学院理学系研究科生物科学専攻教授・原正之

大学院理学系研究科生物科学専攻准教授・古田雅一

## 研究所連絡先

産学官連携機構先端科学イノベーションセンター

量子線材料科学研究室 奥田修一

電話番号 : 072-236-2221 (代表)

E-mail : [okuda@riast.osakafu-u.ac.jp](mailto:okuda@riast.osakafu-u.ac.jp)

## 6. 公立大学法人大阪府立大学

### 産学官連携機構・放射線研究センターにおける放射線施設の利用

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。

#### 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。

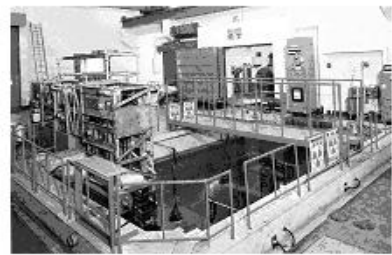


図1 コバルト 60 ガンマ線源の水プール

##### 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

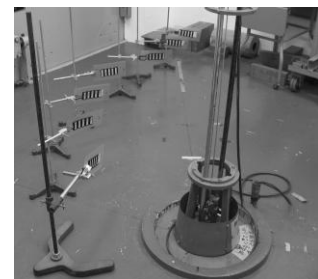


図2 コバルト 60 照射風景  
(線量計の較正)



- ・ 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。

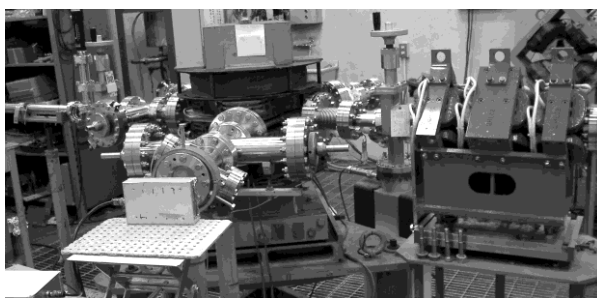


図 3 電子線形加速器（OPU ライナック）

### 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  
府大 COE 研究における水反応場解析  
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）

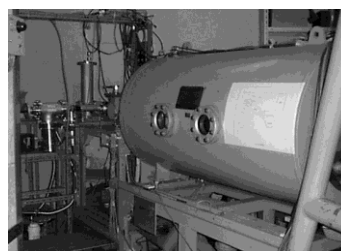


図4 低エネルギー電子線照射装置

### 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



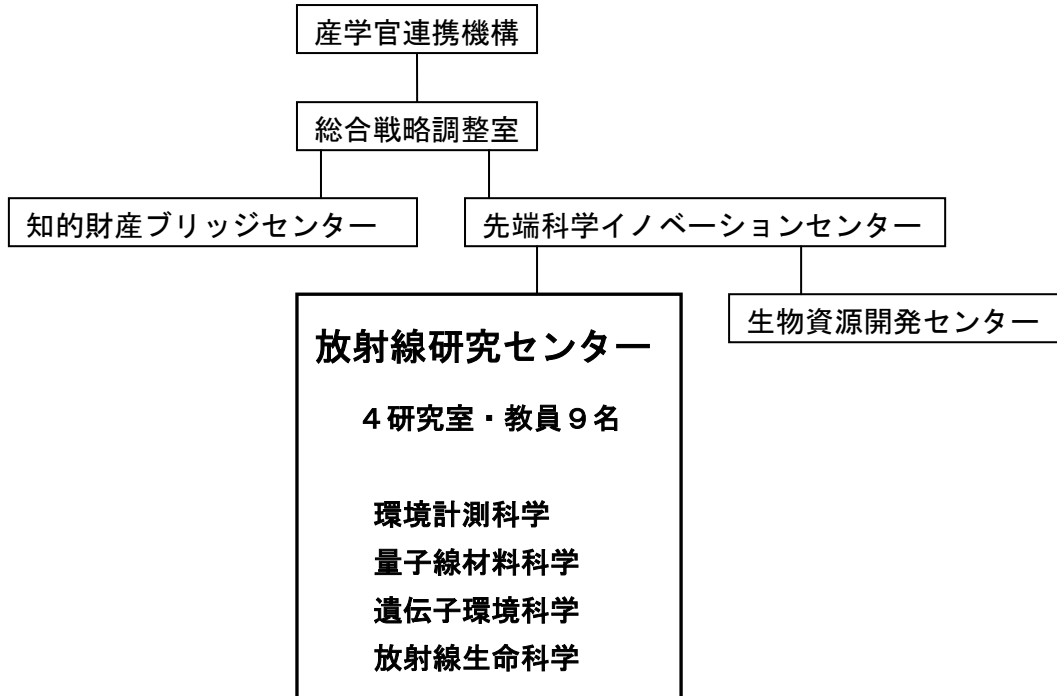
図9 X線非破壊検査装置



図10  $\gamma$ 線非破壊検査装置

## 5. 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ました。



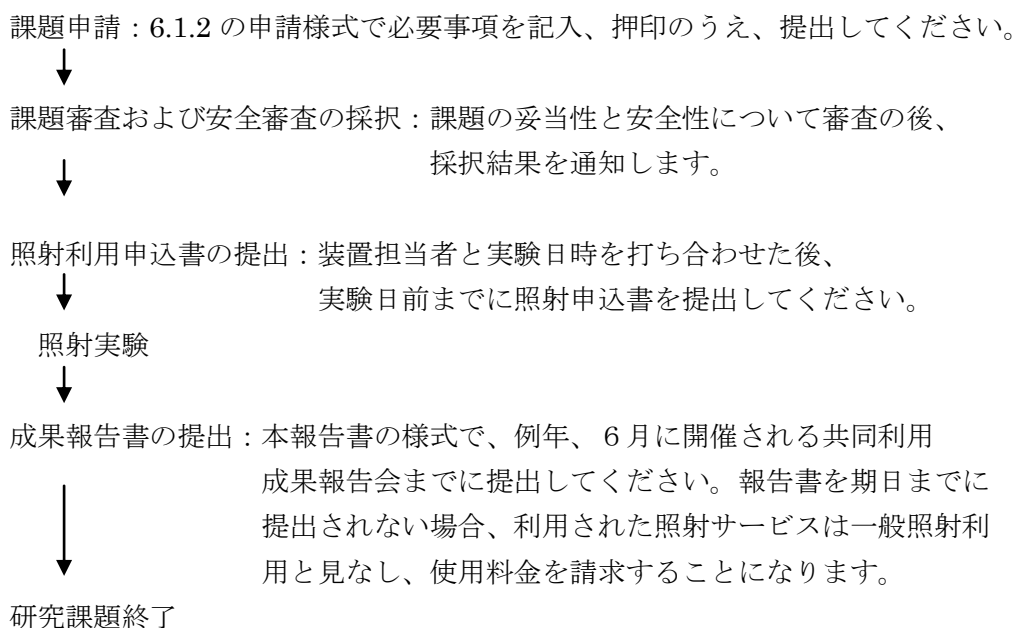
## 6. 放射線照射施設利用のてびき

放射線センターでは、保有する放射線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。

### 6.1 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。

#### 6.1.1 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、共同利用報告書等の書式は、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>

## 6.1.2

### 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 \_\_\_\_\_ ④

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 \_\_\_\_\_

## 6.2 一般照射利用の手続きと使用料金

産学官連携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。(6.2.2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。

### 6.2.1 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。

### 6.2.2 照射手数料

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

備考

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

## 7. 放射線施設の位置と経路

大阪府立大学 産学官連携機構  
放射線研究センター

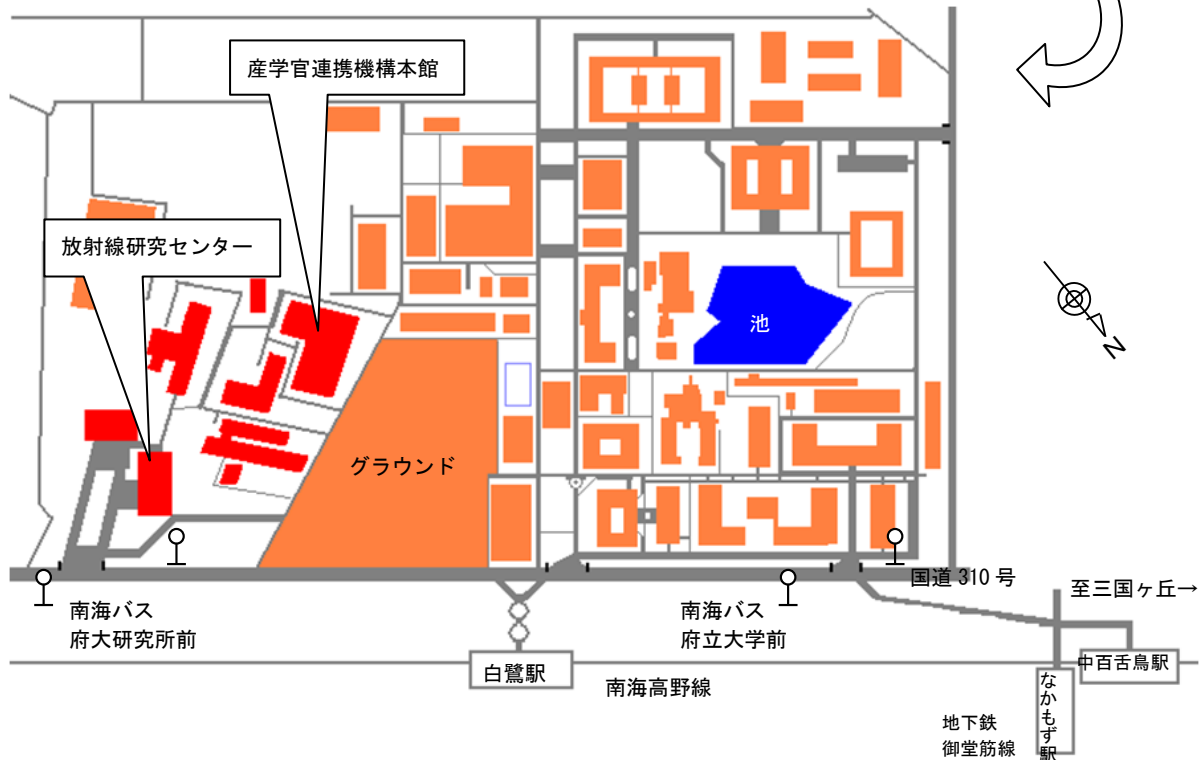
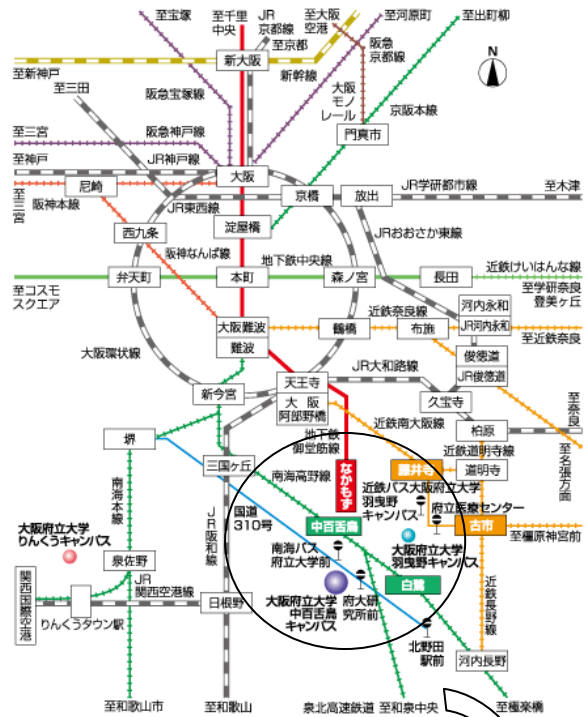
〒599-8570

大阪府堺市中区学園町1-2

Tel: (072) 236-2221 (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「なかもす駅」下車、5 番出口 徒歩 20 分