

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

平成 20 年 12 月

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

1. はじめに

放射線研究センター長 溝畑 朗

本報告書は、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利用に関して、平成19年度の利用実績を、実施された共同利用研究成果とともに取り纏めたものです。

放射線施設としては、第1、第2線源棟、第1、第2放射化学実験棟、屋外管理棟があります。線源棟は、コバルト60などを線源とする γ 線照射施設、及びライナック、コッククロフト・ウォルトンなど電子線発生装置を備えた西日本最大級の放射線設備です。ここでは、特に γ 線と電子線が同時に利用でき、これら放射線と物質との相互作用を利用して、物理、化学、生物、医学などの様々な分野の研究とともに、放射線計測技術に関する研究に利用されています。この報告書に見られるように、放射線の利用とそれに関する研究は極めて多岐にわたっていますが、今後、医療分野や食品照射への飛躍的な展開も期待されています。

放射化学実験棟では、多種多様な非密封放射性核種が使用でき、トレーサ実験をはじめ、陽電子消滅法、元素分析などに利用されています。また、屋外管理棟には、低レベル放射能を測定できる半導体検出器と多重波高分析器、低バックグラウンド放射能測定器などがあり、学内の研究とともに企業等からの機器測定に利用されています。

府立3大学の統合再編と法人化から早くも3年が過ぎました。大阪府立大学先端科学研究所から引き継いだ放射線施設では、放射線研究センターが放射線施設の維持管理、放射線利用に関する教育訓練も担っております。今後とも全学の共同利用施設として、また、広く地域に開かれた施設として、安全に万全の配慮をしつつ、産学共同研究などに活用して参ります。学内外の関係各位におかれましては、この報告書をご高覧頂きますとともに、旧倍のご指導、ご鞭撻の程をお願い致します。

平成20年9月

目 次

ページ

1. はじめに

放射線研究センター長 溝畑 朗

2. 平成19年度共同利用研究報告

- 1) ライナックおよびコッククロフト・ウオルトン電子加速器の現状 1
(府大産学官) 谷口良一、小嶋崇夫、岡喬、奥田修一
- 2) 微弱電子ビームを用いた核反応分析法 2
(府大産学官) 佐々木遼也、谷口良一、小嶋崇夫、奥田修一
- 3) ライナックの超微弱電子ビームの開発 3
(府大産学官) 谷口良一、小嶋崇夫、岡喬、奥田修一
- 4) 冷却型 CCD 画像素子の放射線損傷 4
(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
(近畿大学) 小川喜弘 (電子研) 辻本忠
- 5) 熱蛍光シートを用いた高感度2次元放射線計測法 5
(府大産学官) 田中幸夫⁺、佐々木遼也、谷口良一、小嶋崇夫、奥田修一
(+ : 現、(株)日本電産)
- 6) 電力ケーブルの水トリー発生に伴う放射線の計測 6
(中部電力研究所) 熊澤孝夫 (府大産学官) 谷口良一
- 7) 電子ビームによるコヒーレント THz 放射光源とその利用 7
(府大産学官) 坂本泰一、芝山学、奥田修一、小嶋崇夫、谷口良一
(京大炉) 高橋俊晴 (Kangwon 大) S.Nam
- 8) 放射線を照射した酸化物微粒子を懸濁させた水の放射線分解による水素生成 9
(府大産学官) 芝野豊和、小嶋崇夫、岡喬、谷口良一、奥田修一
(府大院工) 堀史説
- 9) 放射線による磁性複合ナノ粒子の合成 10
(府大院工) 木下卓也、藤川祐喜、足立元明 (阪大院工) 清野智史、山本孝夫
- 10) 放射線照射による銀担持抗菌繊維の合成 11
(阪大院工) 清野智史、山本孝夫 (府大産学官) 小嶋崇夫、奥田修一
- 11) 高エネルギー粒子線照射による ZrCuAl 金属ガラスの構造変化の陽電子消滅測定 12
(府大院工) 福本由佳、石井顕人、岩瀬彰宏、堀史説
(東北大) 横山嘉彦 (京大炉) XuQiu、義家敏正

12) ZrCuAl バルク金属ガラスの緩和過程における自由体積変化	13
(府大院工) 石井顕人、岩瀬彰宏、堀史説 (東北大) 横山嘉彦、今野豊彦	
13) 電子線照射によるポリプロピレン平板へのグラフト共重合	15
(府大院工) 國枝弘史、安田昌弘	
14) 化合物系太陽電池の低エネルギー電子線照射効果	16
(JAXA) 森岡千晴、川北史朗、島崎一紀、今泉充、岐部公一 (府大産学官) 奥田修一、小嶋崇夫、岡喬 (府大院工) 岩瀬彰宏、堀史説	
15) 宇宙用太陽電池の高エネルギー電子線照射効果の研究	17
(府大院工) 普門貴志、小林一平、岩瀬彰宏	
16) 人工衛星搭載用半導体の放射線耐久テスト	18
(株FUDAI) 堂丸隆祥 (府大産学官) 小嶋崇夫、谷口良一、奥田修一 (SOHLA) 岡田貴紀、森國芳英、佐藤伸一	
17) 電子線照射による透明材料中の点欠陥の生成とその光電子デバイスへの応用	19
(金沢大院自然科学) 黒堀利夫 (府大産学官) 奥田修一、小嶋崇夫、岡喬	
18) 膜融合性高分子修飾リポソームによる粘膜を介した高効率な免疫誘導	21
(府大院工) 弓場英司、児島千恵、原田敦史、河野健司 (府大院生命) Tana、渡来仁	
19) <i>Saccharomyces cerevisiae</i> における放射線照射後の核酸代謝と DNA 損傷修復	23
(府大院理) 渡邊健、古田雅一 (府大院生命) 宮西順子、岸田正夫 (シスメックス株) 小田康雅、坂田孝	
20) 感温性モデルペプチドのガンマ線架橋によるナノ粒子化とその過程	24
(府大院理) 藤本真理、古田雅一、原正之 (JSR 筑波研究所) 村田充弘 (有)バイオエラスチックジャパン) 岩間眞道 (Univ. Minnesota) Dan. W Urry	
21) 各種未利用資源のストレス抑制効果	25
(府大院生命) 乾博	
22) メタボリックシンドローム予防に供する高機能ポリフェノールの開発	26
(府大院生命) 乾博	
23) 放射性発がん感受性の研究	27
(府大院理) 森展子	
24) マウス出血性水頭症原因遺伝子の同定	28
(府大院理) 森展子 (府大院生命) 名部美琴、桑村充	
25) γ 線架橋コラーゲンゲル上での骨形成	29
(府大院理) 原正之、瀧藤尊子	

26) 光増感反応による神経幹細胞に対する殺細胞活性の評価	30
(府大院理) 森英樹、今本理絵、原正之	
27) 植物-微生物共生系では、どの様にして固定窒素が一方向的に移動するのか?	31
(府大院理) 上田英二	
28) 植物の青色光応答を制御する光受容体キナーゼ (フォトトロピン) の解析	32
(府大院理) 岡島公司、吉原静恵、徳富哲	
29) 単分子観察による DNA の放射線切断に関する研究	33
(府大産学官) 森利明 (環太平洋大) 吉川祐子 (京大理) 吉川研一	
30) ヒト細胞における 4 アミノビフェニルの損傷乗り越え DNA 合成を介した 突然変異誘発およびその配列特異性	34
(府大産学官) 澤井知子、川西優喜、八木孝司 (神奈川工科大) 高村岳樹	
31) 抗動脈硬化作用薬の評価系の確立 マクロファージにおける ABCA1 と CD36 発現調節機構	35
(エフピー株) 卜部和則 (府大産学官) 川西優喜、八木孝司	
32) 新規大気汚染物質 3,6-dinitrobenzo[e]pyrene による DNA 損傷と遺伝毒性	36
(府大産学官) 川西優喜、萩尾聡一郎、西田裕、八木孝司 (京都薬大) 渡辺徹志 (京大工) 松田知成 (阪府立公衛研) 小田美光	
33) ベンゾ[a]ピレン-DNA 付加体形成におけるダイオキシン曝露の影響	37
(府大産学官) 椎崎一宏、川西優喜、八木孝司	
34) 大阪府立大学放射線研究センターの原子力人材育成への取り組み	38
(府大産学官) 小嶋崇夫、川西優喜、白石一乗	
3. 平成19年度共同利用報告会プログラム	39
4. 【センターレポート】最近の活動と放射線利用の勧め	41
(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」の活動概要	43
(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	45

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 2007 年の運転時間は 127 時間であった。前年の実績である 416 時間よりも大幅に減少している。図 1 に年間運転時間の、この 25 年間の推移を示す。2006 年の大規模な修理が完了していないこともあり、地下照射室が利用できないなど、利用方法に大幅な制限があることが主な原因であると思われる。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 302 時間であった。これは前年の 296 時間と、ほぼ同じであり順調に稼動していると言える。

[メンテナンス]

2006 年にライナックの大規模な修理を行った際、地下室に曲げるラインを一時的に閉鎖していた。これは、地下室のラインにある巨大なビーム走査用チェンバーがアルミニウム製であるのに対して、更新したビームラインがステンレス製であることから真空の接合に問題があったからである。従来、この部分はゴム製のガスケットで接合されていたが、ビームが照射される可能性の大きいこの部分がゴム製であることは、耐久性、信頼性の面から、何としても避ける必要があった。今回、この部分にアルミニウムとステンレスを爆着接合した特殊なフランジを用いることで問題を解決した。

[研究テーマ]

表 1 に 2007 年にライナックを利用した主要なテーマを示す。新たに開発した微弱ビームを利用したテーマとして、放射線検出器の較正、2次元熱蛍光装置の開発、電子線ラジオグラフィ、核反応分析などが登場している。

[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 4 回日本加速器学会年会・第 32 回リニアック技術研究会 (2007.8.1-3、和光)。

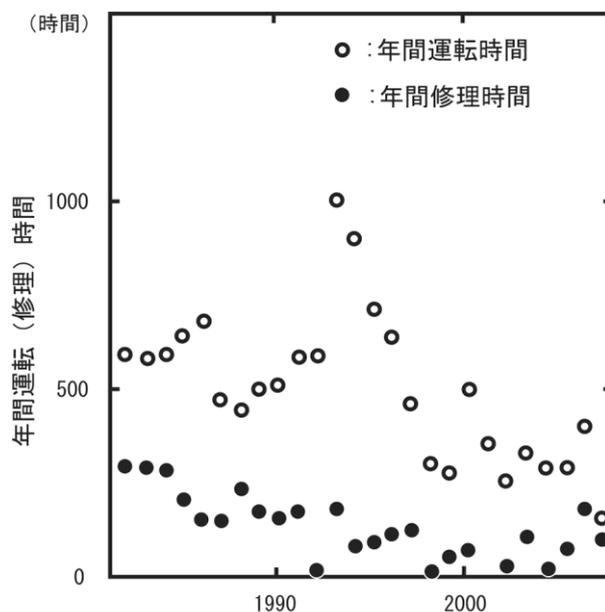


図 1 年間運転時間の推移

表 1 2007 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、化合物半導体の照射
光電子材料の開発
2次元熱蛍光装置の開発
電子線の準弾性散乱分析
貴金属ナノ微粒子の生成
極微量ウランの分析
ナノ粒子の電子線照射
人工衛星搭載放射線検出器の較正
人工衛星搭載太陽電池の照射試験

放射線照射による銀担持抗菌繊維の合成

阪大院工 清野智史*、山本孝夫
阪府大産学官 小嶋崇夫、奥田修一

(*本研究に関する連絡先：電話 06-6879-7887、メール seino@mit.eng.osaka-u.ac.jp)

【緒言】放射線を利用したナノ粒子材料の合成技術の開発を行なっている。貴金属イオン水溶液にガンマ線や超音波を照射すると、水溶液中に生成する還元種により貴金属イオンの還元反応が進行し、ナノ粒子が生成する。水溶液に担体ナノ粒子を分散させておくと、生成した貴金属ナノ粒子が担体粒子上に分散・担持した複合粒子が得られることを報告してきた^{1,2)}。今回、この複合ナノ粒子の合成プロセスを応用し、繊維製品への銀ナノ粒子の担持を試みた。銀は抗菌性を有する事が知られている。銀ナノ粒子を固定化することで繊維製品に抗菌性能を付与できると考えられる。

【実験方法】市販の木綿布を硝酸銀イオン水溶液に含浸し、2-propanol を添加した後、大阪府立大学においてコバルト 60 ガンマ線を照射した。照射後の水溶液から木綿布を回収し、水洗・乾燥して試験布とした。抗菌性と洗濯耐久性の評価は、織技協指定の試験機関である日本繊維製品品質技術センター（株）に検査を依頼した。

【結果と考察】開発した繊維の静菌活性値は、現品（洗濯前）では既存製品と同程度の活性を有し、また洗濯 10 回後では市販品を大きく上回る結果抗菌防臭加工の基準値である 2.2 を大きく上回っていることから、開発した繊維は十分な抗菌防臭効果と洗濯耐久性を備えていることが確認できた。複合ナノ粒子の合成技術の高度化と併せて、今後検討を進めていく予定である。

表 合成した繊維の静菌活性値

	現品	洗濯10回後
開発した繊維	4.7以上	4.6
既存の製品 (Ag-Fresh)	4.7以上	3.2

委託先：日本繊維製品品質技術センター

参考文献

- 1) S. Seino et.al., *Scripta Materialia*, 51 (2004) pp 467-472..
- 2) Y. Mizukoshi et.al., *Ultrasonics Sonochemistry*, 12 (2005) 191-195.

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) “Radiation Induced Synthesis of Gold/Iron-oxide Composite Nanoparticles Using High Energy Electron Beam” S. Seino, T. Kinoshita, T. Nakagawa, T. Kojima, R. Taniguchi, S. Okuda and T. A. Yamamoto, *J. Nanoparticle Research*, in press.
- 2) 「放射線による複合ナノ粒子の合成とその応用」；2. 放射線による複合ナノ粒子の生成プロセスの検討」小嶋崇夫、清野智史、谷口良一、奥田修一、山本孝夫、日本原子力学会 2007 年秋の大会、N23（9月27～29日、北九州国際会議場）

高エネルギー粒子線照射による ZrCuAl 金属ガラスの構造変化の陽電子消滅測定

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
原子力機構 石川法人
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】

金属ガラスは高強度、軟磁性などのさまざまな優れた特性を持つ。また金属ガラスは準安定的にアモルファス構造を持ち、外部から熱などのエネルギーを付与されることで、結晶化あるいは構造緩和を起こすことが知られている。これらの挙動は、アモルファスでは結晶における格子欠陥の代わりとなる自由体積の変化によって理解することができる。そこで本研究では、高エネルギー粒子線照射を用いて金属ガラスに外部から局所的なエネルギーを付与することによる金属ガラスの局所的な特性改質を目指し、その基礎研究として照射による自由体積変化を空隙の検出に敏感な陽電子消滅法を用いて観察した。

【実験方法】

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(直径 8 mm、長さ 50~60 mm)を、厚さ 0.4 mm に切り出し試料とした。この試料に Xe イオンを 100 MeV で 1×10^{12} 、 1×10^{13} 、 8×10^{13} ions/cm² 室温照射した。これらの試料に対して X 線回折、陽電子寿命測定、同時計数ドブラー広がり (CDB)測定を行った。

【結果】

X 線回折からは照射による金属ガラスの結晶化や広い構造の変化は確認できなかった。しかし、CDB 測定から照射によりわずかに自由体積サイズが変化し、その際に自由体積周囲の元素が拡散していることがわかった。また陽電子寿命測定からも照射による自由体積サイズの変化が確認された。しかし、今回の測定では損傷領域のみでなく未照射領域と平均して評価されたため見かけ上の変化が小さく、定量的な議論ができなかった。今後は低速陽電子ビーム等を利用し、照射による構造変化の定量的評価を行っていく予定である。

本研究に関する研究発表

1) 京大原子炉材料照射効果の解明と照射技術の高度化ワークショップ (2008 年 3 月 17 日大阪)

Xe イオン照射した ZrCuAl 金属ガラスの照射効果

福本由佳、堀史説、石井顕人、横山嘉彦、岩瀬彰宏

2) 日本物理学会年次大会 (3 月、大阪)

高エネルギーイオン照射した ZrCuAl 金属ガラスの陽電子消滅測定

福本由佳、石井顕人、岩瀬彰宏、石川法人、横山嘉彦、堀史説

ZrCuAl バルク金属ガラスの緩和過程における自由体積変化

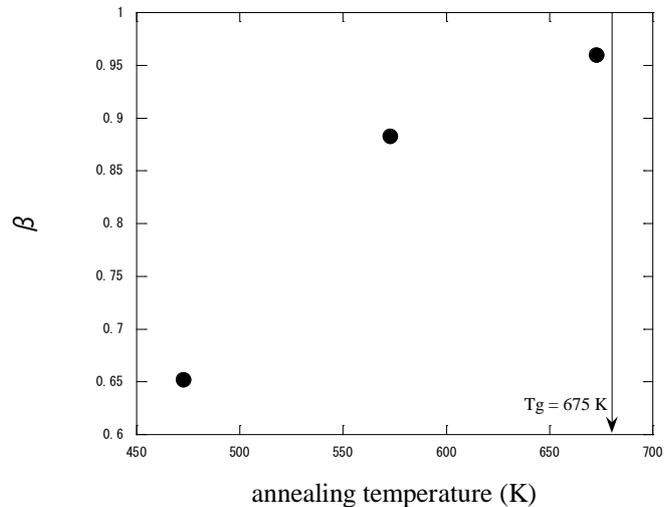
大阪府大院工学研究科 石井顕人、岩瀬彰宏、堀史説*
東北大金研 横山嘉彦、今野豊彦

(*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を説明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を示してきた。そこで、本件ではガラス転移温度 T_g 以下での自由体積緩和の挙動に注目し、陽電子消滅法により自由体積を直接観察する事で、焼鈍温度をパラメータとした緩和過程における自由体積変化(減少)を一般的な自由体積モデルを用いて評価・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($T_g = 675$ 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拡がり測定を行った。

【結果】 陽電子寿命測定による各焼鈍温度での自由体積変化は、密度変化と非常に良い整合性を有し、変化の過程及び変化前後の陽電子寿命値の差 $\Delta\tau = \tau_{as-cast} - \tau_{relaxed}$ に系統的な焼鈍温度依存性が観察された。得られた各温度での陽電子寿命値の変化は Kohlrausch-Watts-Williams (KWW) 関数 $\phi(\tau) / \phi_0 = \exp(-[\tau/t_0]^\beta)$ ($0 < \beta < 1$)、に良くフィットする事が分かった。ここで $\phi(\tau) = \tau(t) - \tau_{relaxed}$ 、 $\phi_0 = \tau_{as-cast} - \tau_{relaxed}$ 、 t_0 は緩和時間、 β は緩和の分布を表す。また、焼鈍温度が T_g に近づくにつれて β の値が 1 に近づく緩和過程の温度依存性を見出した。これは、他の組成比の Zr-基ガラスにおいても報告があるが、他の元素ベースの合金系とは異なる傾向が示唆されている。この結果より我々は、組成の違いにより自由体積周辺構造の局所的な結合状態及びクラスターの基本構造等の違いが、緩和過程に寄与していると考えている。



本研究に関する研究発表

学会発表

国内学会

1. 科研費特定領域「金属ガラスの材料科学」A04班会議 (3月、筑波)

堀史説、横山嘉彦、今野豊彦

金属ガラスの構造緩和過程における焼鈍温度依存性

2. 日本物理学会春季大会 (3月、鹿児島)

堀史説、石井顕人、今野豊彦、横山嘉彦

$Zr_{50}Cu_{40}Al_{10}$ 金属ガラスの構造緩和の温度依存性

3. 日本金属学会 2007年春期 (第138回) 大会 (3月、千葉)

石井顕人、堀史説、横山嘉彦、今野豊彦

$Zr_{50}Cu_{40}Al_{10}$ 金属ガラスの構造緩和過程における焼鈍温度依存性

4. 粉体粉末冶金協会平成 19 年度春季大会 (6 月、東京)
堀史説、石井顕人、横山嘉彦、今野豊彦
ZrCuAl 金属ガラスの構造緩和過程における自由体積の陽電子消滅測定
5. 東北大学金研金属ガラスセミナー (7 月、仙台)
堀史説
ZrCuAl 金属ガラスの構造緩和過程における自由体積の陽電子消滅測定
6. 日本物理学会秋季大会 (9 月、北海道)
石井顕人、堀史説、横山嘉彦、今野豊彦
Zr₅₀Cu₄₀Al₁₀ 金属ガラスの熱活性化過程における自由
7. 京都大学原子炉実験所専門会 陽電子科学とその理工学への応用 (11 月、大阪)
堀史説、石井顕人、福本由佳、岩瀬彰宏、横山嘉彦、今野豊彦
ZrCuAl 金属ガラスにおける自由体積構造緩和の陽電子消滅法による評価
8. 材料開発研究会 (12 月、大阪)
石井顕人、福本由佳、岩瀬彰宏、横山嘉彦、今野豊彦、堀史説
陽電子消滅法による ZrCuAl バルク金属ガラス中の自由体積緩和の研究
9. 特定領域研究発表会「金属ガラスの材料科学」(12 月、大阪)
今野豊彦、堀史説、横山嘉彦
金属ガラスの構造緩和と結晶化過程

国際会議

1. Fuminobu Hori, Akito Ishii, Akihiro Iwase, Yoshihiko Yokoyama and Toyohiko J. Konno
Relaxation behavior of the ZrCuAl bulk metallic glass investigated by positron annihilation techniques
The Doyama Symposium on Advanced Materials, 5-8 September 2007, Tokyo Japan
2. Akito Ishii, Fuminobu Hori, Yoshihiko Yokoyama, Toyohiko J Konno
Free volume relaxation process in Zr₅₀Cu₄₀Al₁₀ bulk metallic glass studied by positron annihilation techniques
2007 Mater. Res. Soc. fall meeting, Nov. 26-30, Boston, USA

発表論文

1. Akito Ishii, Fuminobu Hori, Yoshihiko Yokoyama, Toyohiko J. Konno
Free volume relaxation in Zr₅₀Cu₄₀Al₁₀ bulk metallic glasses studied by positron annihilation techniques
Materials Science of Bulk Metallic Glass NEWSLETTER 2007 vol.9 [No.14]p.6
2. Akito Ishii, Fuminobu Hori, Akihiro Iwase, Yoshihiko Yokoyama, Toyohiko J. Konno
Relaxation of Free Volume in Zr₅₀Cu₄₀Al₁₀ Bulk Metallic Glasses Studied by Positron Annihilation Measurements
Mater. Trans. (2008) accept
3. F.Hori, A.Ishii, A.Iwase, Y.Yokoyama and T.J.Konno
Free volume relaxation process in Zr₅₀Cu₄₀Al₁₀ bulk metallic glass studied by positron annihilation techniques
Mater. Res. Soc. Proc. (2008) accept
4. F.Hori, A.Ishii, A.Iwase, Y.Yokoyama and T.J.Konno
Relaxation behavior of the ZrCuAl bulk metallic glass investigated by positron annihilation techniques
Proc. of the DOYAMA Symp. on Adv. Mater. (2008) in press

電子線照射によるポリプロピレン平板へのグラフト共重合

阪府大院工 化学工学分野 國枝 弘史, 安田 昌弘*

(*本研究に関する連絡先：内線 5776, e-mail : yasuda@chemeng.osakafu-u.ac.jp)

ヒトを含めた動物細胞は、細胞同士が三次元的に接触・結合し、臓器や血管、骨の形成、外来の細菌からの保護、細胞の分化の支持など種々の重要な役割を果たしている。分子生物学的な観点から、細胞付着や細胞接着に使用されている種々のタンパク質とその役割は明らかとなってきた。しかしながら、細胞付着や細胞接着によって誘発される生体内における情報伝達や細胞分化の機能的なメカニズムは十分に理解されていない。これは組織培養用ディッシュを用いた細胞培養は二次元であり、生体外で三次元的な組織や臓器を構築することができないためである。この問題を解決するために、細胞を培養する担体として種々の官能基をグラフト鎖として持つ高分子微粒子を合成し、この担体を用いて上皮細胞株(Hela細胞), 繊維芽細胞株(MS-5細胞), 骨芽細胞株(MC3T3E1細胞)を培養した。その結果、各細胞はエポキシ基をグラフト鎖として導入された高分子微粒子に付着し、積層していることが確認できた。粒子への細胞の付着に影響を与える要因として、グラフト鎖の組成や粒子の曲率などが考えられる。今回は、粒子の曲率が細胞の付着に影響を与えるかを確認するために、細胞が接着した粒子に導入したグラフト鎖を平板面上で再現することにより細胞の付着、付着速度がどのように変化するかを確認した。平板にグラフト鎖を導入する手法として電子線を用いたグラフト重合を行った。

まず、電子線を 200 kGy 照射することにより、ポリプロピレン(PP)板上にラジカルを発生させた。その後、電子線を照射したポリプロピレン板をメタクリル酸グリンジル、メタクリル酸などモノマーを含んだ反応溶液に添加し、加熱した。

その結果、板上のラジカルを開始点としてグラフト鎖が導入された。グラフト鎖の導入量は平板重量に対して約 100 wt%導入された。その後、グラフト鎖を導入した PP 平板をよく洗浄した後、Hela 細胞を播種し 3 日間培養した。その結果、通常の PP 平板には Hela 細胞は付着しなかった。しかし、グラフト鎖を導入した PP 平板には Hela 細胞は付着し、なおかつトリパンブルーを用いて付着した細胞の生存を確かめたところ、生存していることが確認できた。

参考文献

- 1) H. Iwata *et al.*, *Biotechnol. Prog.* **7** (1991) 412-418
- 2) S. Asai *et al.*, *J. Chromatogr. A.* **1094** (2005) 158-164

本研究に関する研究発表

- 1) 國枝 他 化学工学会第 39 回秋季大会 (2007 年 9 月)

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, 岐部公一
大阪府立大学 産学官連携機構 奥田修一, 小嶋崇夫, 岡 喬
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)

化合物系太陽電池は、宇宙用太陽電池の主流であったシリコン太陽電池を超える高い変換効率の実現、および、従来の太陽電池では実現が難しかった薄膜での高効率化 (=宇宙機の軽量化) が期待されるため、JAXA でも化合物系太陽電池に対する研究を進めている。近年では化合物系太陽電池の「3 接合太陽電池 (InGaP/GaAs/Ge)」が、従来に比べ高い変換効率である上に宇宙用太陽電池として必須の特性である高い放射線耐性を併せ持つ太陽電池として注目され、多くの人工衛星に搭載されるようになった。しかしながらなぜ化合物太陽電池が放射線耐性に優れるかという点については十分な解明がされていない。その理由のひとつに、これまで一般的に放射線照射試験の対象としてきた 500keV 以上の電子線照射試験では複合的な欠陥が同時に生じるため、セル劣化の起因解明が困難である点が挙げられる。本研究では、大阪府立大学の 500keV 以下の低エネルギー電子線照射試験装置を用いて、これまで取得されていない低エネルギー領域の劣化特性を取得する。また、その結果から構成元素のうち最も軽い元素のみをはじき出すしきいエネルギーを導出し、その際の劣化特性との因果関係を調査することを目的としている。

平成 19 年度は 3 接合太陽電池およびシリコン太陽電池の低エネルギー領域の劣化特性を取得し、相対損傷係数を求めた (図 1)。1MeV 電子線を照射して特性が 10%劣化するフルエンスがあるエネルギーの電子線を照射して特性が 10%劣化するフルエンスで割った値を、そのエネルギーでの相対損傷係数と呼ぶ。シリコン太陽電池は高エネルギー領域の傾向と同傾向にあるが、3 接合太陽電池は高エネルギー領域での傾向とはやや異なる結果となった。照射結果について検討を進めると共に、試験システム側についても確認試験を継続しながら図 1 をより正確に調べる必要があると考えている。

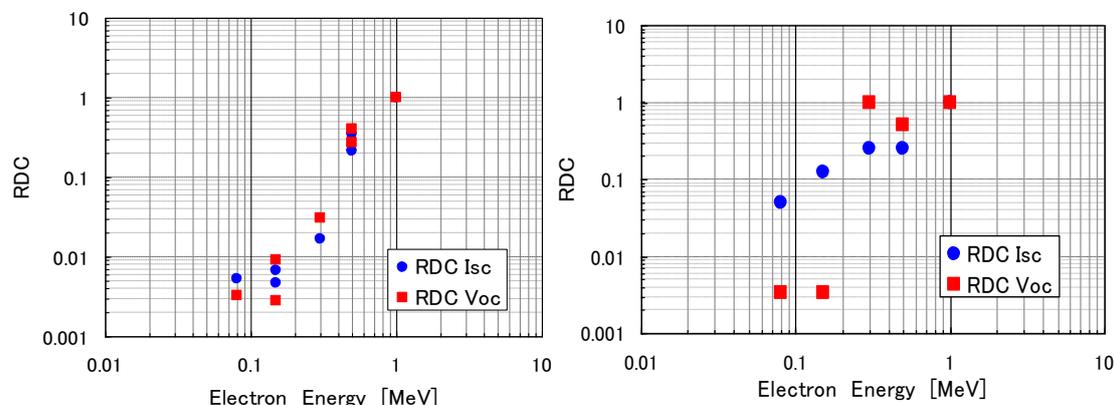


図 1 シリコン太陽電池 (左図) および 3 接合太陽電池 (右図) の相対損傷係数 (500keV 以下のデータを大阪府立大学で取得。500keV 以上のデータは他機関にて取得した結果を表示)

宇宙用太陽電池の高エネルギー電子線照射の研究

大阪府立大学大学院工学研究科マテリアル工学分野 普門貴志*
大阪府立大学工学部マテリアル工学科 小林一平
大阪府立大学大学院工学研究科マテリアル工学分野 岩瀬彰宏

(*本研究に関する連絡先：電話(内線)5741、メール cm0804@mtr.osakafu-u.ac.jp)

宇宙空間には様々な放射線帯が存在し、その放射線帯の影響を受け、人工衛星に搭載されている太陽電池が劣化してしまい、十分に発電できなくなってしまう。

我々は、昨年来、宇宙用太陽電池への照射効果の研究に取り組んできた。昨年度は、日本原子力研究開発機構高崎の一号加速器やサイクロトロン加速器で照射実験を行った。一号加速器では1MeVの電子線を室温でSi単結晶太陽電池に照射した。この一号加速器では、2MeV以下のエネルギーの電子線しか照射を行うことはできない。しかし、放射線帯における電子のエネルギーは、1MeVだけでなく、1MeVよりも低エネルギーの電子、1MeVより高エネルギーの電子が数多く存在している。一方、産学官連携機構・放射線研究センターにある電子線ライナックを用いれば、2MeV以上の高エネルギー電子線を照射することができる。

そこで、産学官連携機構の電子線ライナックを用いた研究に取り組むための照射装置、および、測定機器の整備を行った。宇宙空間は影の部分ではおよそ-100℃、日の当たる部分では100℃まで温度は達する。このため、宇宙空間のような非常に幅広い温度領域における太陽電池の照射効果を見るために、照射を行うためのチャンバー内では、太陽電池の温度を低温～室温の温度域で制御できるものとした。実際に液体窒素を用いてチャンバーを冷やすことで試料温度を液体窒素温度近くまで冷やすことができることを確認した。また、チャンバー上部には回転導入機構が装備されており、電子線照射を行った直後に「その場」で電流電圧特性を測定することができる。

現在、電子線照射はまだ実施していないが、未照射のSi単結晶太陽電池をサンプルとして、今回整備した装置を用いて、室温での電流電圧特性、低温での電流電圧特性のデータをそれぞれ取得することができた。

今後の予定としては、電子線照射を行った太陽電池に対して、照射エネルギー依存性や温度依存性について考察するためのデータを蓄積していきたいと考えている。

人工衛星搭載用半導体の放射線耐久テスト

(株)FUDAI 堂丸隆祥*

阪府大産学官 小嶋崇夫、谷口良一、奥田修一

SOHLA（東大阪宇宙開発協同組合） 岡田貴紀、森國芳英、佐藤伸一

(*本研究に関する連絡先：電話（内線）4256、メール dohmaru@mrh.biglobe.ne.jp)

[目的] SOHLA-2/PETSAT では民生品の積極的な採用を行う方針で開発を進めているが、元来、特殊な宇宙環境を想定して製造・スクリーニングされていないため、実機に搭載する部品については宇宙環境における部品の特性変化、故障耐性などを見極めた上で選定を行う必要がある。本試験ではガンマ線照射を行い、搭載予定部品への影響（トータルドーズ耐性）を調査することで SOHLA-2/PETSAT に搭載可能な部品の選定を行うことを目的とする。

[実験] 本試験では SOHLA-2 における通信系モジュールとして S バンド通信機に使用される FPGA について試験を実施した。ガンマ線照射は第2照射室において、線量率 15kR/h、線量 25kR で行った。照射の影響の評価は、消費電流の変化により判定した。

[結果と総括] 照射線量に対する消費電流の変化を図 1 に示す。ここでは動作確認用の LED の発光状態に応じて消費電流が大きく変化するため、最大電流値を用いた。図 1 の結果から、25kR の照射に対して消費電流の減少は約 1%であり許容範囲内であることがわかった。

結論として、ザイリンクス社製 FPGA（型番 XC2V1000）は放射線に対する十分な耐性を有するため、フライト品として使用可能と判定した。

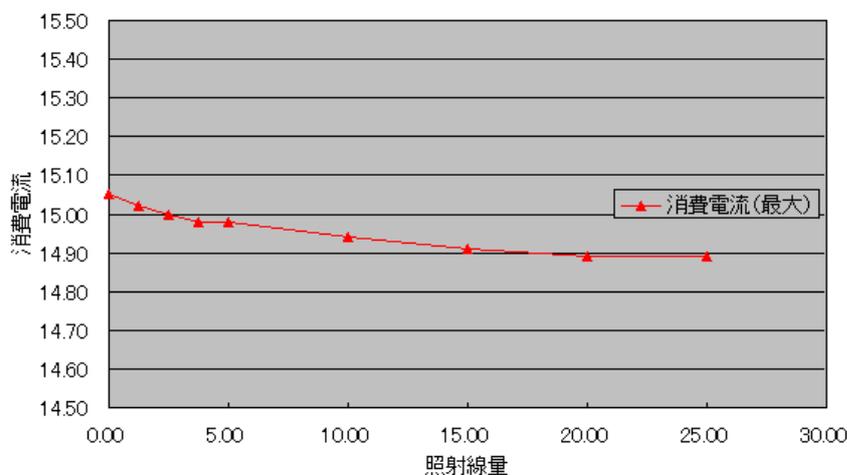


図 1 照射線量に対する消費電流の変化

電子線照射による透明材料中の点欠陥の生成とその光電子デバイスへの応用

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

(* : 電話 076-264-5478, laser@kenroku.kanazawa-u.ac.jp)

筆者らは、増幅した Ti:sapphire レーザーからの近赤外 (780 nm) ならびに第 2 高調波 (390 nm) フェムト秒 (fs) パルスによる透明材料の微細加工に関する研究を行っている。透明材料として弗化リチウム (LiF) 結晶を用いているが、それはアルカリハライド材料の中で、室温で安定なレーザー活性カラーセンター (点欠陥) の形成が可能であること、また単一青色吸収帯励起 (450 nm) により緑から赤色領域に広い蛍光帯が観測されるためである。これらの特徴を利用すれば、fs パルスによる微細加工によって、どのような機能を付加できたかを可視光領域で迅速に評価できる。ここで用いた“ホログラフィ書き込み技法”は、誘電体のみならず、半導体、高分子材料などに適用可能である。しかし、LiF はバンドギャップが ~ 14 eV に及ぶため、fs パルスの高いピークパワー密度による多光子吸収過程を利用した微細加工である。

これまで、筆者らは世界に先駆けて LiF 材料への fs レーザーによる安定なカラーセンターの直接形成 [1]、レーザー活性なチャンネル導波路や fs レーザーで書き込んだサブミクロン周期構造による赤色スペクトル領域での分布帰還型 (DFB) LiF:F₂ カラーセンターレーザーの発振を実現してきた [2, 3]

さらに、LiF の緑色領域の蛍光を利用した DFB カラーセンターレーザーの開発に取り組んでいる。赤色領域での発振に比較して、よりピッチの狭い周期構造の書き込みが必要なため、Ti:sapphire レーザーからの干渉した第 2 高調波 fs パルスを用いて 380 nm ピッチの周期構造を 15mm の結晶長に亘って作成した。引き続き、緑色のカラーセンター (F₃⁺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、競合する赤色蛍光を発する F₂ センターを抑圧しながらほぼ 5×10^{17} 個 cm⁻³ の F₃⁺ センターを結晶全面に均一に形成できた。最後に、この結晶を波長 450 nm で発振する OP0 (Optical Parametric Oscillator) レーザービームで線状に絞り込んで一次元回折格子上を励起することにより、図 1 に示すように、緑色領域での F₃⁺ センターによる室温 DFB レーザー発振に初めて成功した。スペクトル幅 0.5 nm, 変換効率 4%, ビーム発散角 20 mrad の発振特性を得ている。挿入図は緑色領域での DFB 発振の様子を示している。

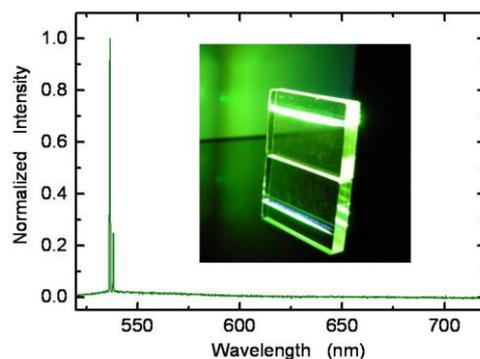


図 1 DFB F₃⁺ センターによる発振スペクトルとその写真.

参考文献

- [1] T. Kurobori, K. Kawamura, M. Hirano and H. Hosono: J. of Phys.: Condens. Matter, **15**, No. 25 (2003) L399-L405.
- [2] K. Kawamura, M. Hirano, T. Kurobori, D. Takamizu, T. Kamiya, and H. Hosono: Appl. Phys. Lett., **84**, No.3 (2004) 311-313.
- [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) 0-4.

本研究に関する研究発表

- 1) T. Kurobori, Y. Obayashi, T. Kurashima, Y. Hirose, T. Sakai and 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) 大林祥宏, 鈴木健二, 黒堀利夫, 酒井利明, 青島紳一郎, 岡喬, 小嶋崇夫, 奥田修一: “フッ化リチウム結晶への超短光パルス効果とその光電子素子への応用”, 2007年秋季第68回応用物理学会学術講演会, 5a-ZD-2 (2007) 北海道工業大学.
- 3) 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.

膜融合性高分子修飾リポソームによる粘膜を介した高効率な免疫誘導

阪府大院工 弓場英司、児島千恵、原田敦史、河野健司*

阪府大院生命 Tana、渡来仁

(*本研究に関する連絡先：電話（内線）5800、メール kono@chem.osakafu-u.ac.jp)

【緒言】近年、最も強力な抗原提示細胞である樹状細胞 (Dendritic cell: DCs) を利用した免疫療法が注目を集めている。DCs は自然免疫・獲得免疫の双方において重要な役割を果たしており、病原体の主要侵入門戸である粘膜組織では初期免疫応答に深く関わっている。DCs は以下の二種類の免疫を誘導できる。内在性抗原がプロセッシングを受け MHC class I 上に提示されて誘導される細胞性免疫と、外来性抗原がエンドソーム系でプロセッシングを受け MHC class II 上に提示されて誘導される液性免疫である。免疫療法の成功のためには細胞性免疫を誘導することが必要であるが、現行プロトコールである抗原タンパク導入ではそのほとんどが MHC class II 上に提示されてしまうことが問題となっている。したがって、細胞性免疫を誘導するために DCs の細胞質への抗原タンパクデリバリー法の開発が望まれている。我々はこれまでに、サクシニル化ポリグリシドール(SucPG)を修飾したリポソームによる内封物質の細胞質導入について検討を行ってきた¹⁾。SucPG リポソームは pH に応答して膜融合挙動を示すため、細胞内の酸性コンパートメントにおいて膜融合活性を示すと考えられている (Fig. 1)。更に近年、より疎水性の高い側鎖構造を有する 3-メチルグルタリル化ポリグリシドール(MGluPG)が高い膜融合活性を有することが明らかとなった²⁾。本研究では pH 応答膜融合性リポソームを用いて粘膜組織に存在する DCs への抗原タンパクデリバリーを行い、免疫応答に及ぼす脂質組成・高分子構造の影響について検討した。

【実験】卵黄ホスファチジルコリン(EYPC)もしくはジパルミトイルホスファチジルコリン(DPPC)とジオレオイルホスファチジエタノールアミン(DOPE)、モノホスホリルリピッド A(MPL)、SucPG もしくは MGluPG を含む混合薄膜に抗原タンパクとしてオブアルブミン(OVA)の PBS 溶液を加え分散し、OVA 内封リポソームを得た。リポソームの膜融合性は蛍光共鳴エネルギー移動(FRET)によって、細胞内動態はレーザー共焦点顕微鏡によって評価した。Balb/c もしくは C57BL/6 マウスの鼻粘膜にリポソームを投与し、所定期間後の血清中の OVA 抗体価を酵素免疫測定法(ELISA)にて、脾臓中のキラーT細胞活性を乳酸脱水素酵素(LDH)アッセイによって測定した。

【結果・考察】調製したリポソームの膜融合性を FRET によって評価したところ、DPPC より流動性の高い膜構造を有する EYPC リポソームは高い膜融合性を示した。このリポソームの DCs の細胞株である DC2.4 細胞における細胞内動態をレーザー共焦点顕微鏡によって観察したところ、DC2.4 細胞の細胞質に内封した抗原タンパクを高効率に導入できることが明らかとなった。このようなリポソームを用いてマウスの鼻粘膜に抗原タンパクの免疫を行い、血清中及び腸液中の OVA 抗体価を測定した (Fig. 2)。EYPC よりも流動性の低い膜構造を有する DPPC リポソームは血清中における IgG 抗体、腸液中

pH-Sensitive Fusogenic Liposome

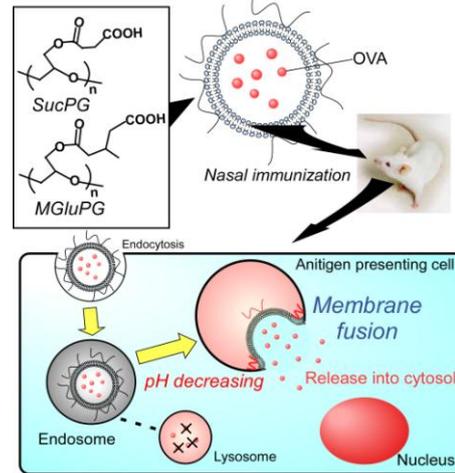


Figure 1. Antigenic protein delivery into mucosal antigen presenting cells using pH-sensitive fusogenic liposome.

における IgA 抗体の抗体価の上昇が認められ、効果的に液性免疫及び遠隔粘膜粘液を誘導できることがわかった。IgG サブクラスにおいては Th2 反応を示す IgG1・IgG2b の上昇が見られた。一方、EYPC リポソームは IgG サブクラスにおいては Th1 反応を示す IgG2a・IgG3 の上昇が見られたことから、細胞性免疫の誘導が唆された。そこで、LDH アッセイによって脾臓中の OVA 特異的キラーT細胞活性を測定した。DPPC リポソームにおいても OVA 特異的細胞傷害活性が認められたが、EYPC リポソームによる免疫群では極めて高い細胞障害活性が見られた。

構成脂質の違いによる免疫応答の差異は以下のように説明できる。流動性が低く、

高い安定性を持つ DPPC リポソームは鼻粘膜における安定性・滞留性が高く、粘膜下層への取り込み量は比較的高いと考えられる。しかし DPPC リポソームは膜融合性が低いため、取り込まれたリポソームのうちほとんどはエンドソーム系で分解され、液性免疫を誘導したと考えられる。一方、膜融合性の高い EYPC リポソームは粘膜下層への取り込み量は低いものの、その高い膜融合性によって免疫担当細胞の細胞質へ抗原タンパクをデリバリーした結果、細胞性免疫を誘導したものと考えられる。以上より、pH 応答膜融合性リポソームはその構成脂質や高分子構造を合目的に設計することで粘膜ワクチンや癌免疫療法に対する抗原キャリアとして応用できると考えられる。

【参考文献】

- 1) K. Kono, T. Igawa, T. Takagishi, *Biochim. Biophys. Acta*, **1325**, 143-154 (1997).
- 2) N. Sakaguchi, C. Kojima, A. Harada, K. Kono, *Bioconjugate Chemistry*, **19**, 1040-1048 (2008).

【本研究に関する研究発表】

- 1) 弓場英司、Tana、児島千恵、原田敦史、渡来仁、河野健司 膜融合性高分子で修飾したリポソームによる経粘膜免疫誘導、第 24 回日本 DDS 学会(六本木アカデミーヒルズ、2008 年 6 月)
- 2) Eiji Yuba, Tana, Chie Kojima, Atsushi Harada, Shinobu Watarai, Kenji Kono, **Transmucosal Induction of Antigen-Specific Immunity Using pH-Sensitive Fusogenic Liposomes**, 11th Liposome Research Days Conference (July, 2008, Yokohama)
- 3) 弓場英司、Tana、児島千恵、原田敦史、渡来仁、河野健司 膜融合性高分子修飾リポソームを用いた抗原タンパク質の細胞内デリバリーとその免疫活性化能、第 57 回高分子討論会(大阪市立大学 杉本キャンパス、2008 年 9 月)

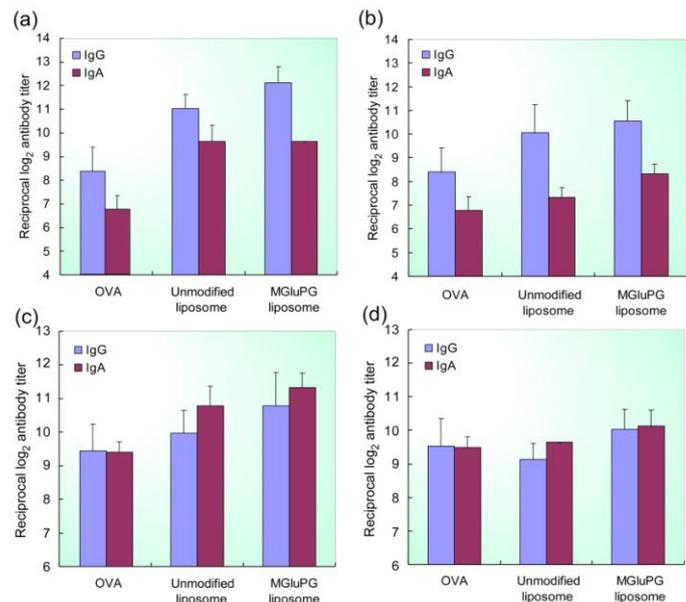


Figure 2. OVA specific antibody responses in sera (a, b) or in intestinal mucosa (c, d) at 42 days after nasal immunization with soluble OVA or OVA-encapsulating DPPC liposomes (a, c), EYPC liposomes (b, d).

Saccharomyces cerevisiae における放射線照射後の核酸代謝と DNA 損傷修復

渡邊健¹・宮西順子²・小田康雅³・坂田孝³・岸田正夫²・古田雅一^{1*}

¹ 大阪府立大学大学院 理学系研究科 生物科学専攻、² 大阪府立大学大学院 生命環境科学研究科 応用生命科学専攻、³ シスメックス株式会社

(*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]

放射線影響の研究において、真核生物のモデルである酵母が実験材料としてよく用いられ、DNA 修復に関するタンパク質である Rad51 のように、酵母で発見されたものがヒトにも保存されていたという報告はよくみられる。しかし、放射線照射後の生残率で比較すると、放射線に対して酵母はヒト細胞よりも数百倍強く、また原核生物の大腸菌と比べても数倍強い。この種間にみられる放射性抵抗性の差の要因を明らかにすることを目的とし、まずは放射線照射により生じる DNA 損傷の修復に着目した。今回、出芽酵母(*Saccharomyces cerevisiae*)に放射線(γ 線)照射し、照射後の増殖挙動、染色体 DNA の損傷修復を測定すると同時に細胞内の核酸量変化を調べ、DNA 損傷が修復される時期および修復速度について解析した。

[方法]

PBS 中に懸濁した *S. cerevisiae* にコバルト 60 γ 線を照射した後、YPD 液体培地中において 30°C で培養し、DNA 損傷に対する修復を促した。培養中の菌液について、1 時間おきに細胞数と核酸量の測定をフローサイトメーターにおいて行い、その変化を追った。また、定期的に培養中の細胞を回収し、低融点アガロースで包埋した状態で DNA の抽出を行い、パルスフィールドゲル電気泳動法(PFGE)によって染色体 DNA の状態を調べた。

[結果]

γ 線照射した *S. cerevisiae* は未照射時と比べ、照射後培養時において、増殖を開始するまでの誘導期が長くなった。また、増殖を開始する前に核酸量の増加が起こり、PFGE の結果から、染色体 DNA 損傷の修復がこの期間において顕著にみられた。これは γ 線照射によって DNA 損傷が生じることで細胞周期のチェックポイント機能が働き、細胞周期が停止または細胞周期の進行が減速している間に修復が起こったことを強く示唆している。現在、*S. cerevisiae* より放射線抵抗性の低い *E. coli* においても同様の実験を行っており、*S. cerevisiae* と DNA 損傷修復速度などの項目について比較検討したいと考えている。

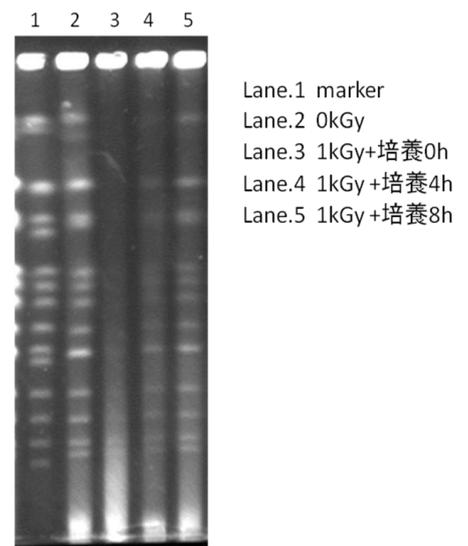


Fig. *S. Cerevisiae*における γ 線照射後の染色体DNA損傷とその修復

微弱電子ビームを用いた核反応分析法

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)

電子線形加速器から取り出される電子線は高エネルギーであり、しかもエネルギーや方向を精密に制御できるという長所を持っている。しかし、通常の強度の電子線を用いた放射線測定では、X線バーストの影響を強く受けることが難点であった。これは超微弱ビームを用いることで解決すると考えられることから、電子線形加速器から発生する微弱電子線を試料に入射し、電子の準弾性散乱による核反応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。

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。これは図 1 に示すように、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電子線は電磁氣的に集束、走査が容易であることから、 γ 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。

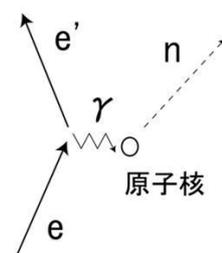


図1 電子の準弾性散乱

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。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り。これを用い、ビーム強度が nC 以下の微弱ビームの場合、通常のリニアゲート操作で、中性子の測定は可能であった。また、さらにビームを微弱化するとゲート操作なしでも中性子の測定は可能であった。この状態が確保できれば、高速中性子あるいは 2 次ガンマ線の測定も可能となり、新たな分析法の開発が考えられる。図 2 に測定体系を示す。また薄膜状の Pb 試料を用いた中性子の検出量と試料厚さの関係を図 3

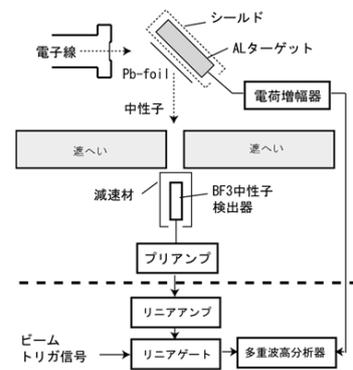


図2 実験体系

に示す。十分な線形性が得られており、約 0.51mg の Pb で一個の中性子を放出することが分かった。測定感度としては、今回評価した Pb よりも、光核分裂反応が利用できる U あるいは Th がより優れており、ppm 以下の分析が可能であると考えられる。

[参考文献] 1)谷口他、原子力学会 2007 年年会 A09

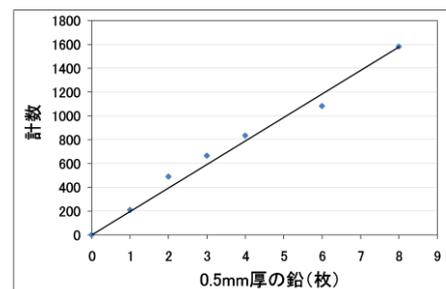


図3 Pb試料厚さと中性子検出量の関係

感温性モデルペプチドのガンマ線架橋によるナノ粒子化とその過程

藤本 真理^{1*}・古田 雅一¹・原 正之¹・村田 充弘²・岩間 眞道³・Dan.W Urry⁴

¹大阪府立大学大学院理学系研究科・²JSR 筑波研究所・³有限会社バイオエラスチックジャパン・⁴Department of Chemical Engineering and Materials Science, University of Minnesota

(*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]本研究においては、一定温度以上にすると凝集・微粒子化するエラスチンの基本構造 GVGVP を有する感温性ポリペプチドの粒子化過程とガンマ線架橋前後の構造変化について検討した。

[実験]5mg/ml のポリペプチド ((GVGVP)₂₅₁) 水溶液を調製し 0℃まで冷却した後 42℃まで昇温速度 (slow heating, fast heating, heat shock 法) を変化させて凝集させ、昇温速度変化によるポリペプチドの構造変化について円二色性分光法を用いて測定した。またポリペプチドを凝集させた状態で⁶⁰Co ガンマ線を照射し照射前後の構造変化についても検討した。

[結果及び考察]ポリペプチド水溶液を上記の昇温条件で転移温度以上にしポリペプチドを凝集させたとき、どの昇温条件に

おいても粒径のサイズはほぼ同じで 400nm 程度であった。しかし円二色性分光法により得られたスペクトル (Fig. 1) においては 210 nm に heat shock 法のみ正方向にはっきりとしたピークが現れ、Type II β-turn 構造が見られた。各昇温速度で凝集させたサンプルにガンマ線架橋を行うと、heat shock 法で作製した場合

のみ 150nm 程度の大きさの架橋粒子が得られ、ガンマ線架橋後も Type II β-turn 構造が見られた。以上のことから本ポリペプチドのガンマ線架橋による粒子化には Type II β-turn 構造の存在が必要であり、架橋後もそのまま構造を保持していることが推測される。

本研究に関する研究発表 (学会等報告)

- 1) 藤本真理、古田雅一、原正之、村田充弘、岩間眞道、Dan W. Urry、「ガンマ線架橋によるエラスチンモデルペプチドのナノ粒子化」、「平成 19 年度日本生物工学会大会」、1F10-2、広大・東広島、平成 19 年 9 月 25～27 日
- 2) 藤本真理、古田雅一、原正之、村田充弘、岩間眞道、Dan W. Urry、「温度感受性エラスチンモデルペプチドのガンマ線架橋による粒子化とその応用」、「第 29 回日本バイオマテリアル学会大会」、SYP-33、千里ライフサイエンスセンター・大阪、平成 19 年 11 月 26 日～27 日
- 3) 藤本真理、古田雅一、原正之、村田充弘、岩間眞道、Dan W. Urry、「感温性モデルペプチドのガンマ線架橋によるナノ粒子化とその過程」、「日本化学会第 88 春季年会」、2C5-31、立教大・東京、平成 20 年 3 月 26 日～30 日

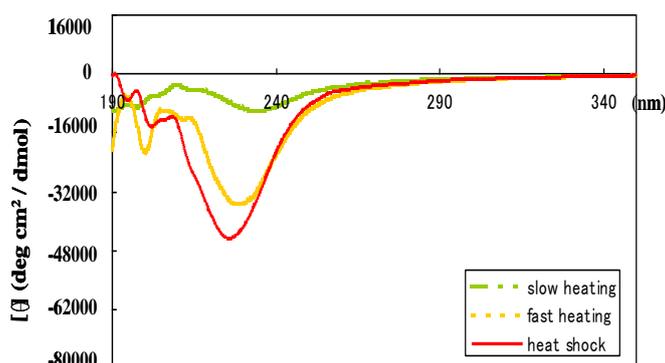


Fig. 1 昇温速度変化にともなう CD スペクトル変化
(0.5 mg/ml に希釈後 42℃で測定)

各種未利用資源のストレス抑制効果

大阪府立大学 生命環境科学研究科 乾 博

(本研究に関する連絡先 : 内線 2473、メール : inui@biochem.osakafu-u.ac.jp)

目的 : 各種未利用資源のストレス抑制効果を検討する。

方法 : 5週齢のSDラット(オス)を対照食、対照食に各種未利用資源5%を添加した試験食で2週間飼育し、飼育期間中の摂食量および体重増加量を測定した。飼育期間終了後に水浸漬ストレス負荷を行うことによりストレス性潰瘍を誘起し、各区の胃組織の胃腺部に発生している粘膜損傷部位の面積を比較した。

結果 : 飼育期間中の摂食量および体重増加量は各種未利用資源を添加した試験食および対照区において大きな差は認められなかった。

水浸漬ストレス負荷後の胃潰瘍形成率は、各種未利用資源の種類により大きく異なるものの、大半が対照区に比べて低い傾向を示した。

考察 : 各種未利用資源は、ラットの水浸漬ストレス負荷に対して潰瘍形成抑制効果を有することが示唆された。

メタボリックシンドローム予防に供する高機能ポリフェノールの開発

大阪府立大学 生命環境科学研究科 乾 博

(本研究に関する連絡先 : 内線 2473、メール : inui@biochem.osakafu-u.ac.jp)

目的 : メタボリックシンドローム予防に対して効果的かつ有効な食品素材の開発を目的として、ナリンギン、 α G ヘスペリジンおよびネオヘスペリジンジヒドロカルコン (NHDC) を HRP (西洋わさび由来) およびラッカーゼを用いて酸化重合させることにより酵素変換ポリフェノールを作成した。

高脂肪飼料摂取ラットでの効果を確認するため、*in vitro* での試験でリパーゼ阻害作用が確認された酵素変換ポリフェノールについて *in vivo* での作用について検討した。

方法 : HRP (西洋わさび由来) で酸化重合したナリンギン、ラッカーゼで酸化重合した α G ヘスペリジンおよび NHDC を 0.1%濃度添加した高脂肪飼料で 5 週間飼育し、各区の飼育期間中の摂食量及び体重増加量を測定した。

飼育期間終了後に各臓器の重量、血中および肝臓トリグリセライド (TG) ・TBARS 濃度を測定した。さらに、肝臓での脂質代謝調節因子の遺伝子発現をリアルタイム PCR を用いて比較した。

結果 : 飼育期間中の体重および摂食量は各区で大きな差は認められなかった。NHDC を除く新規重合化合物添加区の肝臓重量は対照区に比べ有意に低い値を示し、内臓脂肪はナリンギン添加区で最も低い値を示した。血中 TG および TBARS 濃度は対照区に比べ各新規重合化合物添加区で低い値を示した。

脂肪酸、コレステロールの合成に関わる酵素群の発現を活性化させる転写因子である SREBP1c、コレステロール代謝に関する転写因子である SREBP2 の発現は対照区に比べナリンギン添加区で有意に低下した。また、コレステロール合成の鍵酵素である HMG-CoA 還元酵素の発現レベルもナリンギン添加区で有意に低下した。

考察 : 酵素を用いて酸化重合させたポリフェノール類はメタボリックシンドローム予防、特に脂質の代謝において非常に高い効果を示すと推察された。

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)

マウスに放射線を照射すると、系統によって生じるがんの種類、発生率、発症時期は大きく異なる。これは、系統ごとに遺伝的バックグラウンドが異なるためである。ヒトの健康に対する放射線の影響を評価しようとするとき、必ずといっていいほどマウスを用いて実験を行うが、使用する系統によって影響評価の結果は大きく左右される。本研究課題では、放射線のヒト健康に及ぼす影響評価の標準化のために、放射線のがん誘発効果におけるマウス系統差の原因となる発がん感受性遺伝子(群)を明らかにすることが目的である。実験は、放射線によるリンパ腫誘発に高感受性を示す BALB/c 系統と、それに対して抵抗性を示す STS 系統との組み合わせを用いて遺伝解析を行う。

過去において、BALB/c と STS の系統間におけるリンパ腫の頻度の違いに大きく影響する遺伝子が 4 番染色体に存在することが報告されている[1]。この時点では、利用できる遺伝マーカーの数に限りがあり、また量的形質の解析手法も不十分であった。そこで、BALB/c と STS を交配した雑種第一代 F1 を BALB/c または STS に戻し交配し、遺伝子型と表現型との対応関係を Kaplan-Meier 法で解析した。その結果、リンパ腫感受性の BALB/c 系統への戻し交配では、4 番染色体に STS アレルをもつ個体においてリンパ腫発生は有意に低かった。STS への戻し交配では、どの染色体領域にも発がん感受性との関連は検出されなかった。以後、BALB/c バックグラウンドにおいて 4 番染色体の一部に STS アレルをもつコンジェニック系統を数種類作製し、リンパ腫感受性遺伝子の存在領域の絞り込みを行っている[2]。これまでに得られた結果では、リンパ腫誘発に抵抗性を示すコンジェニック系統は 4 番染色体中央部に STS 由来領域を含み、それらの系統と BALB/c 系統との F1 に放射線で誘発したリンパ腫のゲノムにおいて、4 番染色体中央部を中心に広く中頻度ヘテロ接合性消失があり、また、STS アレルの選択的消失が認められた[3]。平成 19 年度には、残りのコンジェニック系統についてリンパ腫発生状況を観察、現在、実験はほぼ終了し、データのまとめにはいつている。

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)

本研究に関する研究発表 (原著論文、その他報文、学会等報告)

2).Mori, N. and Okumoto, M. Susceptibility loci for radiation lymphomagenesis in mice, *In Radiation and Homeostasis*, Eds. by T. Sugahara, O. Nikaido and O. Niwa, Elsevier (Tokyo) pp.439-446, 2002.

3). 森展子 「放射線によるリンパ腫誘発感受性 —4 番染色体ヘテロ接合性消失の意義」放射線生物研究, 放射線生物研究会編 **41**, 291-300 (2006)

マウス出血性水頭症原因遺伝子の同定

阪府大院理学系生物科学 森展子*

阪府大院生命環境獣医病理学 名部美琴、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)

本学実験動物施設において、BALB/c バックグラウンドに4番染色体の一部を STS 由来染色体で置き換えたコンジェニックマウスを飼育中、そのうちの一系統に生まれた若年マウス複数に、頭部膨隆と頭蓋内出血を認めた。同じ系統中の非発症個体同士の交配によって得られた仔複数に、同様の病変が現れたため、この病変は常染色体劣性遺伝性であるとわかった。病理解剖の結果、これらのマウスには脳室拡張が認められ、水頭症であると判明した。この水頭症は多くの場合に脳内出血を伴ったので、出血性水頭症 (hemorrhagic hydrocephalus: *hhy*) と命名した。*hhy* ヘテロのキャリアマウス (BALB/c バックグラウンド) を STS 系統および日本産野生マウス MSM 系統に交配し、雑種第一代 F1 中に *hhy* キャリアを選別し、キャリア同士を交配することによって得られた発症個体の遺伝子型を調べることによって、*hhy* 突然変異を12番染色体上に位置づけた。この付近に水頭症遺伝子は報告されておらず、*hhy* は新規水頭症遺伝子であると判明した。*hhy* の浸透度は100%であった [1]。以後、*hhy* マウスは MSM に繰り返し戻し交配され、本学実験動物施設で維持されている。本研究課題では、*hhy* 遺伝子を同定し水頭症発症の分子的基础を明らかにすることが目的である。

これまでに、*hhy* 存在領域を 2.5Mb に絞りこみ、領域内に登録されている遺伝子全てについて脳内での発現を RT-PCR で解析した。その結果、調べた全ての遺伝子が発現していることがわかった[2]。このことから、*hhy* 突然変異はアミノ酸コード領域に存在するとの想定のもと、登録されている遺伝子全てを対象に RT-PCR 産物の塩基配列解析に着手した。その間、突然変異マウス維持の過程で偶然得られた組換え体を調べ、*hhy* の存在領域を約 1.0Mb に絞ることができた[3]。平成 19 年度は、*hhy* マウスの病変を、胎仔期に遡って調べた。その結果、胎生後期において、すでに脳室拡張が始まっているとわかった[4]。胎仔期の病理解析は現在も継続中である。

本研究に関する研究発表 (原著論文、その他報文、学会等報告)

- 1) 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 一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) 名部美琴、桑村充、山手丈至、小谷猛夫、森展子「水頭症ミュータントマウス *hhy* の病理発生における上衣・グリア細胞の役割」平成 18 年度共同利用報告会発表 (2007 年 6 月)

γ線架橋コラーゲンゲル上での骨形成

阪府大院理 生物科学 細胞組織工学研究G 瀧藤尊子、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)

【研究の目的】

Type I コラーゲンは真皮、骨、などに多く含まれている。骨形成は、コラーゲン繊維上に、骨芽細胞から分化した骨細胞などの働きで、リン酸カルシウムの結晶が形成・沈着することにより起きると考えられている。

我々は、これまでに本学のγ線施設を利用して、繊維化した Type I コラーゲンと非繊維化状態のコラーゲンをγ線架橋した2種類のゲルを作製してその構造や物理的な性質について詳しく解析し、報告してきた。1) 今回は将来のバイオマテリアルとしての利用に向けたコラーゲンゲルの生物学的な活性の評価として、骨化のモデル系である HOS 細胞を2種類のゲル上で培養し、その接着性や形態の変化などを比較したので報告する。

【実験方法】

酸性条件 (pH3) に調整した 4 ml/well 0.6% collagen 溶液(collagen BM, Type I ,pH3.0;Nitta Gelatin) を用いて、60mm dish 内でγ線照射によりゲル化・架橋を行い 12-well plate に移したものと、中性条件(pH7)に調整した 1ml/well 0.6% collagen 溶液を 12-well plate 内でゲル化させた後、γ線照射により架橋させた2種類のコラーゲンゲルを調製した。それぞれのゲル上に 1.5ml/well HOS 細胞 (RCB0992;RIKEN Cell Bank) を 1×10^5 cells/ml の濃度で播種して 37°C 5%CO₂ 下で3日間培養し、ゲル上での細胞の接着・増殖挙動を観察した。中性条件で作成したゲルをγ線処理した場合には、細胞の接着・増殖性が悪い結果を得たので、以後の実験では、酸性条件で架橋したゲルと、中性条件で作成した未照射のコラーゲンゲルを用いる事にした。

【結果】

繊維化ゲル上では、培養フラスコで培養した場合とほぼ同様に、細胞がほぼ均一に接着し、ゲル内にも一部侵入しながら増殖するのが観察された。一方、非繊維化ゲル上で培養した場合には、細胞の形態が著しく異なっていた。細胞は集塊状もしくは網目状に集合しながら増殖するが、ゲル内は侵入せず、また形態が明らかに変化して長く伸長した細胞が多く観察された。この細胞形態の違いについては、今のところまだ原因が明らかになっていないが、インテグリン等の細胞外マトリクス受容体を介した細胞接着能の違いに起因するものと考えている。

HOS 細胞の分化による骨化 (リン酸カルシウムの沈着) などについても、各種の染色方法を用いて検討したので、予備的な実験結果について併せて報告する。

参考文献

1) N Inoue et al. (2006) *J. Biomat. Sci. Polym. Edn*, 17(8), 837-858.

本研究に関する研究発表 (原著論文、その他報文、学会等報告)

1) 学会発表や報告など.

第 59 回日本生物工学会大会 講演要旨集 1110-5

第 29 回日本バイオマテリアル学会大会 予稿集 P2-160

光増感反応による神経幹細胞に対する殺細胞活性の評価

阪府大理・生物科学 森英樹*、今本理絵、原正之

(*本研究に関する連絡先：電話（内線）3618、メール morihide@b.s.osakafu-u.ac.jp)

【緒言】

光増感色素は光照射によって活性酸素を発生し、殺細胞活性を示すため、光線力学療法 (PDT) と呼ばれる癌治療法に利用される。この治療法のターゲットは癌細胞であるがその細胞種によって色素取り込み・排除能や活性酸素に対する感受性は異なり、細胞種に応じた光増感反応による殺細胞活性を評価する必要がある。神経幹細胞/前駆細胞は、自己複製能と多分化能（神経系における複数の種類の細胞を産生できる能力）を併せもつ未分化な細胞であり、正常な中枢神経組織において神経細胞の新生を担っている。近年、その自己複製能や調節遺伝子群の癌細胞との共通性から中枢神経系に生じる癌細胞の発生源としても注目されており、光増感反応による神経幹細胞への影響を調べる必要があると考えられる。本研究では、神経幹細胞やその分化細胞の生存率に対して光増感反応が及ぼす影響を評価した。

【実験方法】

胎齢 14.5 日目の胎児マウス脳由来の神経幹細胞および、分化誘導後の細胞に光増感色素を添加し、取り込み処理を行った。光増感色素には rhodamine 123、hematoporphyrin の 2 種類を用いた。色素含有培地を洗浄後、培地を添加した後光照射を行い、一晚培養後 MTT 法を用いて生細胞数を測定した。

【結果と考察】

ヒスチジン存在下における p-ニトロソジメチルアニリン酸化物測定法により光照射した光増感色素 rhodamine 123、hematoporphyrin のいずれからも一重項酸素の発生を確認した。神経幹細胞に光増感色素の取り込み処理後光照射を行った。rhodamine 123、hematoporphyrin いずれの光増感色素を用いた場合においても神経幹細胞は添加した色素濃度依存的に細胞数が減少した。殺細胞活性の強さは rhodamine 123 < hematoporphyrin であった。

神経幹細胞から 3 日間分化誘導した細胞でも同様に光増感反応を行った。rhodamine 123、hematoporphyrin いずれの光増感色素を用いた場合においても分化誘導後の細胞は添加した色素濃度依存的に細胞数が減少したが、その減少傾向は神経幹細胞の場合とは異なっていた。以上、rhodamine 123、hematoporphyrin 2 種類の色素を利用した光増感反応による神経幹細胞に対する殺細胞活性を確認することができた。

参考文献

1) Ryoji Waki, Sumiko Gamo, Masahiko Bessho, Masayuki Hara, Patterning cultured cells by visible light illumination with photosensitizers, *J. Biosci. Bioeng.* 2005, 100, 331-4.

植物-微生物共生系では、どの様にして固定窒素が一方向的に移動するのか？

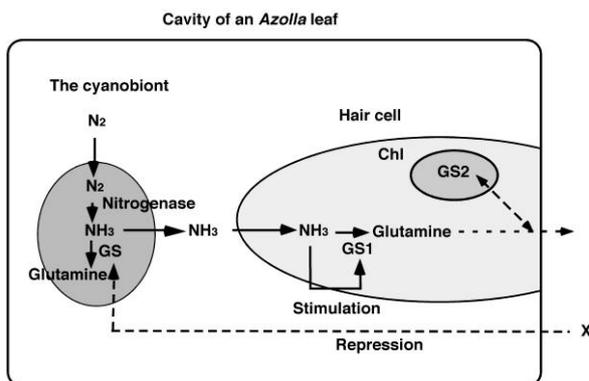
上田英二（阪府大院 生物）

（本研究に関する連絡先：電話（内線）3609, mail: uheda@b.s.osakafu-u.ac.jp）

植物と(窒素固定)微生物の共生系では、固定窒素が微生物から植物に一方向的にかつ効率よく流れる仕組みが存在しているものと思われる。しかし、その実体はよくわかっていない。私たちは水生のシダ・アカウキクサを用いて、共生微生物によって作られた固定窒素が一方向的にかつ効率的に植物に移動する仕組みを研究している。

アカウキクサでは葉の内腔（キャビティ）にランソウが共生している。共生ランソウは空気中の窒素を固定しアンモニアの形で植物に供給、一方、植物はランソウが放出したアンモニアを GS/GOGAT (glutamine synthetase/glutamate synthase) によって取り込むと考えられている。アカウキクサ キャビティには hair cell と呼ばれる植物由来の細胞が突出している。その形態的な特徴からアンモニアの取り込みに関与していると考えられているが、その機能についてはよくわかっていない。本研究では、アカウキクサにおける GS の分布を免疫電顕の手法を用いて調べることによって、ランソウによって固定放出されたアンモニアがどの様にして一方向的にかつ効率的に移動するのかを調べた。結果は以下の通りであった。アカウキクサ hair cell では、クロロプラストだけでなく細胞質にも大量の GS が認められた。ランソウフリーのアカウキクサを作成し同様に調べたところ、hair cell のクロロプラスト、細胞質ともに、ランソウを含むアカウキクサと比較して、著しく GS 含量が少なかった。さらに共生ランソウのニトロゲナーゼを特異的に阻害した場合にもアカウキクサフリーの場合と同様の結果が得られた。これらの結果から、アンモニアが共生ランソウから植物へ一方向的にかつ効率的に移動する仕組みは、次のように推察できた。

ランソウは宿主植物中で GS 合成が低く抑えられることによって、固定した窒素をアンモニアとして体外に放出する、この放出されたアンモニアがシグナルとして働き、アカウキクサ hair cell の細胞質 GS 合成を促進する。大量に合成された hair cell の細胞質 GS によってアンモニアは効率よくかつ迅速に植物に同化される。推察される関係を左図にまとめた。



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) 浮漂シダ植物オオアカウキクサの根の根冠脱離における頂端細胞の機能変化，津島（美濃）美穂 上田英二 今市涼子，日本植物学会第 71 回大会（東京理科大学，野田，千葉，9月6日）

植物の青色光応答を制御する光受容体キナーゼ(フォトトロピン)の解析

大阪府立大学 理学系研究科 岡島 公司 吉原 静恵 徳富 哲*

(*本研究に関する連絡先:電話(内線)3599、Eメール toxa@b.s.osakafu-u.ac.jp)

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。最近、同様に発現・精製したphot1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。さらにphot1のプロテオリシスによるペプチドマップの違いから明と暗状態で構造がおおきく異なることがわかった。

研究に関する研究発表(1. 原著論文 2. その他報文 3. 学会報告)

1-1) Iwata, T., Yamamoto, A., Tokutomi, S. and Kandori, H. (2007) Hydration and Temperature Similarly Affect Light-Induced Protein Structural Changes in the Chromophoric Domain of Phototropin. *Biochemistry* 46, 7016.

1-2) Sato, Y., Nabeno, M., Iwata, T., Tokutomi, S., Sakurai, M. and Kandori, N. (2007) Heterogeneous Environment of the S-H Group of Cys966 near the Flavin Chromophore in the LOV2 Domain of Adiantum Neochrome1. *Biochemistry* 46, 10258.

1-3) Eitoku, T., Nakasone, Y., Zikihara, K., Matsuoka, D., Tokutomi, S., and Terazima, M. (2007) Photochemical intermediates of Arabidopsis phototropin 2 LOV2 associated with conformational changes. *J. Mol. Biol.* 371, 1290.

1-4) Nakasone, Y., Eitoku, T., Matsuoka, D., Tokutomi, S., and Terazima, M. (2007) Dynamics of conformational changes of Arabidopsis phototropin 1 LOV2 with the linker domain. *J. Mol. Biol.* 367, 432.

2-1) Tokutomi, S., Matsuoka, D. and Zikihara, K. (2007) Molecular structure and regulation of phototropin kinase by blue light. *Biochim. Biophys. Acta* 1784, 133.

2-2) Matsuoka, D., Iwata, T., Zikihara, K., Kandori, H. and Tokutomi, S. (2007) Primary processes during the light-signal transduction of phototropin. *Photochem. Photobiol.*, 83, 122.

3-1) 岡島 公司 嶋田 崇史 松岡 大介 徳富 哲 シロイヌナズナ青色光受容体 Phototropin1 の LOV2-kinase 領域の光誘起構造変化 生物物理学会 2007年12月 横浜

3-2) 岡島 公司 嶋田 崇史 松岡 大介 徳富 哲 シロイヌナズナ Phot1 の LOV2ドメインによる光依存的キナーゼ活性調節機構の生化学的解析 日本植物生理学会 2008年3月 札幌

単分子観察によるDNAの放射線切断に関する研究

阪府大産学官 森 利明*

環太平洋大・次世代教育 吉川祐子

京大大学院理学研究科・物理 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)

【目的】 DNAを放射線で照射すると塩基の脱離や、不正常的な塩基の生成、DNA塩基と蛋白質間の結合（クロスリンク）、DNA鎖の切断（1本鎖および2本鎖切断）などの物理的・化学的な変化が生じる。これらのDNA損傷は修復酵素の対象となるが、容易に修復されるものと修復間違いや修復には困難をきたすものがある。なかでもDNAの二重鎖（2本鎖）切断は修復が困難で、結果として細胞のガン化や細胞死などがおこる。また活発に細胞分裂をしている細胞ほど放射線感受性が高いことがすでに知られている。その理由として細胞分裂期にはDNAが凝縮した状態からコイル状態に高次構造を変化していることが指摘されている。DNAは希薄水溶液中ではコイル構造をとるが、ポリアミンを加えると凝縮したグロビュール構造に変化する。ポリアミンにはもともとDNAを放射線損傷から保護する作用がある。その作用が、水の放射線分解で生じるヒドロキシルラジカル（OHラジカル）の捕捉効果によるものか、高次構造の変化によるものかこれまで明確にはなっていなかった。そこでわれわれは単分子観察手法を活用して放射線による二重鎖切断のモデル研究をおこなった。

【実験】 DNAは市販の166キロボルト塩基対、全長57マイクロンのT4ファージを、凝縮剤にはポリアミンの一種であるスペルミジンを用いた。線源は産学官連携機構のコバルト60（プール、20cm弱の線源）で、調整したサンプルをガンマ線照射し、照射後、蛍光顕微鏡を用いた単分子観察により個々のDNA分子の全長を測定して、DNAの高次構造変化とガンマ線によるDNA損傷との関連性を調べた。

【結果】 凝縮したDNAではコイル状態に比べて明らかにDNAの切断が抑制されていた。これはスペルミジンのラジカル捕捉効果によるものではなく、DNAの高次構造変化によるものであることを定量的かつ理論的に明らかにすることができた。

本研究に関する研究発表(原著論文、その他報文、学会発表など)

- 1) Y. Yoshikawa, T. Mori, N. Magome, K. Hibino, K. Yoshikawa, Chem. Phys. Lett., 456, 80-83 (2008).
- 2) Gordon Res. Conferences, DNA damage, Mutation & Cancer, March 9-14, 2008, Ventura, CA.
- 3) 10th International Workshop Radiation Damage to DNA, June 8-12, 2008, Urabandai, Japan.

ライナックの超微弱電子ビームの開発

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)

【はじめに】 電子線形加速器から出力される電子線パルスは、通常1パルスあたり 10^{13} 程度の電子を含む。我々はこれを微弱化し、最終的には単一電子を取り出すことをめざしている。このようにして取り出された高エネルギー電子は、 β 線とは異なり、

- ・ 方向が揃い、
- ・ エネルギーが単色であり、
- ・ 明確な時間原点を持っている。

このため、検出器、特に放射線画像検出器の感度校正、評価等に大きな威力を発揮すると考えられる。また放射線生物影響の研究にも寄与するものと考えられる。

【実験】 加速器からの電子ビームを微弱化するには、

- A) カソードのヒータ電流を絞り温度を下げる。
- B) グリッドパルサーのパルス幅を狭くする。
- C) 加速管に入る RF パルス幅を短くする。
- D) 狭いスリットを挿入する

という大きく分けて4種類の方法が考えられる。単純にカソードの温度を下げることでビームの微弱化を図った場合、数十 f C/pulse 近辺で微弱化の限界に達した。これは、起源が不明の暗電流のためであると推測された。本研究では、4つの方法を併用し、暗電流の影響を避けることによって、図2のようなデータを得た。これは、NaI(Tl)シンチレータに微弱ビームを直接照射し、放射線計測法と同様にパルス計測したものである。図中に、少しずつ微弱化したときの波高分布を3種類示している。波高分布は、本来電子ビーム中の電子のエネルギー分布を示すものであるが、これらの電子は、基本的には単色であることから、波高分布は、パルス中の電子の数を示すものと考えられる。図中に示している数字は、電子の数がポアソン分布に従って変動したと仮定し、波高と波高分布の関係から推定したものである。図のように1パルスあたり4個程度の電子という超微弱ビームが得られていることがわかる。

[本研究に関する研究発表]

- 1) "Ultra-Low Intensity Electron Beams of a Linear Accelerator for Irradiation", R. Taniguchi, T. Kojima and S. Okuda, *Radiat. Phys. Chem.* **76**, 1779-1782 (2007)
- 2) 「超微弱電子線ビームを用いた画像化分析法」, 谷口良一, 小嶋崇夫, 奥田修一, 田中幸夫, 佐々木遼也, 岩瀬彰宏, 日本原子力学会 2007 年秋の大会 (2007. 9. 27-29, 北九州)
- 3) 「超微弱電子線ビームを用いた2次元分析法」, 谷口良一, 小嶋崇夫, 奥田修一, 田中幸夫, 佐々木遼也, 岩瀬彰宏, 日本原子力学会春の年会 (2008.3.26-28, 大阪)

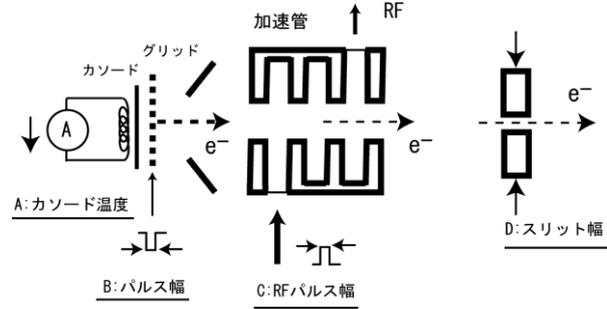


図1 電子線形加速器ビームの微弱化法

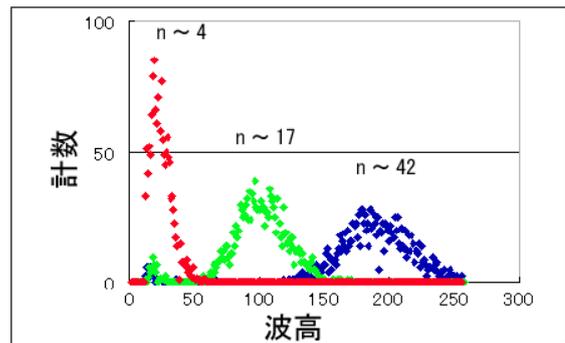


図2 NaI 検出器で測定した超微弱電子ビーム

ヒト細胞における 4 アミノビフェニルの損傷乗り越え DNA 合成を介した 突然変異誘発およびその配列特異性

大阪府立大学産学官連携機構 先端科学イノベーションセンター

澤井 知子、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) 4210、メール yagi-t@riast.osakafu-u.ac.jp)

都市大気浮遊粒子中には幾多の変異原性・発がん性をもつ多環芳香族炭化水素が存在し、その多くが代謝活性化を受け DNA 付加体を形成し、突然変異や発がんに関わると考えられている。また、近年、付加体など損傷を乗り越えて DNA 合成 (translesion DNA synthesis: TLS と略) を行う一群のポリメラーゼが発見され、誤りがちな複製によって突然変異を生じることがわかった。(H. Omori *et al Mol Cell*, 2001)。

誘発される突然変異の種類は作用する TLS ポリメラーゼや損傷ごとに異なるが、現在の TLS 研究はごく少数のモデル損傷でしか行われていないため、多環芳香族炭化水素のヒトへの健康影響評価を行うためには多種多様な DNA 損傷を対象として損傷ごとに TLS 率を比較し、各々の突然変異メカニズムを明らかにする必要がある。

そこで本研究では、まず 4-アミノビフェニル (4-aminobiphenyl、図1左: ABP と略) に着目した。ABP は化石燃料の燃焼で生成され、染料として広く工業的に使用されていた。また、たばこ煙中にも検出されている。近年 ABP は膀胱ガンを引き起こすことがわかり全面的に工業使用は禁止された。ABP は主に DNA 中のグアニンと付加体 (dG-ABP) を形成することがわかっており、構造も決定されている。(FA Beland *et al Chem Res Toxicol*. 1999)。(図1左)。さらに、発がん深く関わる *p53* 遺伝子上での ABP による突然変異ホットスポットが確認され (Z. Feng *et al, Carcinogenesis* 2002)、注目を集めている。

本研究では、ヒト *in vivo* TLS アッセイ系を確立し、dG-ABP を用いてヒト細胞で誘発される TLS の解析を行うことを目的とした。具体的には本研究室で行われている大腸菌の部位特異的修飾プラスミドを用いた TLS アッセイ

法をヒトに応用し、それぞれの付加体を持つプラスミド DNA を複製する際の①TLS の頻度②TLS の際に誘発する突然変異③TLS に関与する DNA ポリメラーゼを明らかにすることである。

アッセイに用いるプラスミドは dG-ABP を一分子含むよう作製した。まず dG-ABP を含む二種類のオリゴヌクレオチドを 32p で放射性標識し、これを電気泳動で展開し精製したのちシンチレーションカウンターにより定量を行った。オリゴヌクレオチドの配列は *p53* 遺伝子の codon248 と 249 の周辺配列を用いた。前者の配列は膀胱癌細胞における *p53* 遺伝子の変異発生および ABP 結合のホットスポット周辺配列であり、dG-ABP はちょうどホットスポットに位置している。後者はどちらのホットスポットでもない配列である。この二種類のオリゴヌクレオチドそれぞれを含む二種類の TLS assay プラスミドを作製し、ヌクレオチド除去修復欠損のヒト繊維芽細胞 (XP2OS) 内で複製させた後、インジケーター大腸菌に導入し TLS 率及び変異率を測定した。その結果 codon248 での TLS 率は codon249 の 50% 以下となり、TLS あたりの変異率について codon248 は 249 の 2.2 倍になり配列によって TLS およびその変異誘発率が異なることがわかった。今後は ABP の TLS を介した変異誘発に関わる TLS ポリメラーゼの特定を行う。

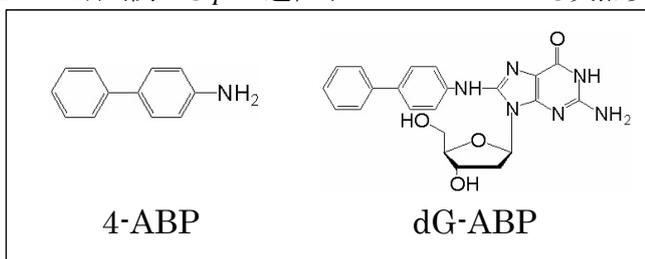


図1 .4-アミノビフェニル (4-ABP とその DNA 付加体)

抗動脈硬化作用薬の評価系の確立
マクロファージにおける ABCA1 と CD36 発現調節機構

エフピー株式会社 ト部和則

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：電話（内線）4210、メール yagi-t@riast.osakafu-u.ac.jp)

目的血管壁に侵入した単球はマクロファージに分化し、さらに酸化 LDL を細胞内に取り込み、脂肪滴（コレステロール）を蓄積した泡沫細胞となる。マクロファージ由来泡沫細胞は動脈硬化初期病変の形成に極めて重要である。マクロファージにおける酸化 LDL の取り込みは主に CD36 を介して行われ、排出は HDL 上に存在する apoAI 依存的に ABCA1 を介して行われるため、ABCA1 発現を亢進することで動脈硬化の発症および進展を抑制することが期待出来る。動脈硬化の危険因子として脂質異常症や糖尿病が挙げられ、これらの治療に PPAR alpha 作用薬であるフェノフィブラートや gamma 作用薬であるピオグリタゾンが用いられている。これらの薬剤は血清脂質作用や血糖降下作用のみならず、抗動脈硬化作用を有するとの報告がある。本実験では PPAR 等の核内受容体作用薬の ABCA1 発現に対する作用について検討を行っている。

方法 ヒト単球由来 THP-1 細胞を phorbol ester 存在下、48 時間培養することでマクロファージに分化させた。核内受容体作用薬、拮抗薬を添加し、24 時間後、ABCA1 発現をウエスタンブロット法にて検出した。

結果および考察 PPARalpha 作用薬である WY-14643 (wy)、PPARgamma 作用薬であるピオグリタゾン (pio) は濃度依存的に ABCA1 発現を亢進させた。Liver X receptor (LXR) 作用薬である 22 (R)-hydroxycholesterol も ABCA1 発現を亢進させた。LXR 拮抗薬 geranylgeraniol は wy、pio による ABCA1 発現亢進を抑制した。wy、pio は LXR の発現を亢進させることが知られており、wy、pio による ABCA1 発現亢進は、一部 LXR の発現亢進を介した作用と考えられる。

今後、放射ラベルしたコレステロールを用いてマクロファージにおけるコレステロール取り込みと排出に対する核内受容体の関与を調べる予定である。

新規大気汚染物質 3,6-dinitrobenzo[e]pyrene による DNA 損傷と遺伝毒性

阪府大産学官 川西優喜*、萩尾聡一郎、西田裕、八木孝司

京都薬科大学 渡辺徹志

京大工 松田知成

阪府立公衛研 小田美光

(*本研究に関する連絡先：電話 (072-254-9830(4224)、メール kawanisi@riast.osakafu-u.ac.jp)

【はじめに】

3,6-DNB[e]P(3,6-dinitrobenzo[e]pyrene)は、近年大気汚染物質として発見された新規変異原性ニトロ多環芳香族炭化水素である。この化合物は Ames 試験において最強の変異原物質である 1,8-Dinitropyrene に匹敵する活性を示す。しかし、ヒトに対する影響はまだわかっていない。そこでヒト培養細胞を用いて 3,6-DNB[e]P による DNA 付加体や遺伝毒性を調べた。

【DNA 損傷の検出】

3,6-DNB[e]P に曝露したヒト細胞株から DNA を抽出し、LC/MS/MS や ^{32}P ポストラベル(ポリアクリルアミド電気泳動)法を用いて、DNA 中の 3,6-DNB[e]P 由来 DNA 付加体の検出を試みた。その結果、 ^{32}P ポストラベル(ポリアクリルアミド電気泳動)法において少量ながら DNA 付加体を検出した。

【遺伝毒性試験】

次いで SCE(姉妹染色分体交換)誘発や小核誘導を指標として染色体異常誘発能を、ヒストン H2AX のリン酸化を指標に DNA 二重鎖切断を、また *Hprt* 遺伝子突然変異試験により突然変異誘発能を評価した。ところでこれら試験にはヒト肝がん由来細胞株 HepG2 を用いた。この細胞株は多くの代謝酵素を発現しているが、ニトロ多環芳香族炭化水素の代謝活性化に関わる *N-Acetyltransferase* 1 および 2(*hNAT1* および *hNAT2*)の活性が弱いことが知られている。このため、*hNAT1* および *hNAT2* を恒常的に高発現する HepG2 細胞株を樹立し HepG2 と共に遺伝毒性試験に用い、*NAT* が 3,6-DNB[e]P の遺伝毒性に与える影響も評価した。

その結果、各遺伝毒性試験において 3,6-DNB[e]P による遺伝毒性の上昇が見られた。しかし *N-Acetyltransferase* による代謝活性化はあまり見られなかった。

3,6-DNB[e]P の遺伝毒性発現には、DNA 付加体形成だけでなく活性酸素種の生成など他の機構も関与しているのかも知れない。

ベンゾ[a]ピレン-DNA 付加体形成におけるダイオキシン曝露の影響

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 (B[a]P) 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。この代謝活性化は第 I 相薬物代謝酵素 (CYP) によって引き起こされる。ダイオキシン受容体として知られる AhR (Aryl Hydrocarbon Receptor) は第 I 相薬物代謝酵素のうち、CYP1 ファミリーを強力に誘導する。ベンゾ[a]ピレンはリガンドとして AhR を活性化するため、代謝酵素の誘導によりその毒性が増幅されていると考えられる。一方、ダイオキシン (TCDD) はヒトのいかなる酵素でも代謝されず、DNA と付加体を形成しない。しかしながらリガンドとして AhR を活性化することで代謝酵素の誘導を介して B[a]P を始めとする発ガン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 に B[a]P を曝露し、DNA 付加体形成に寄与する CYP の同定と、TCDD 曝露の影響を検討した。B[a]P-DNA 付加体は ³²P ポストラベル法にて検出した。

組み換え CYP タンパクを用いた無細胞条件下で付加体形成を検討したところ、B[a]P を代謝する CYP 分子種のうち CYP1A1、CYP1B1、CYP2C19 による代謝物が DNA 付加体を形成することが分かった。また、発現する CYP 分子種が異なる MCF-7 細胞および SK-HEP-1 細胞を用いた実験により、CYP1B1 や CYP2C19 は B[a]P 付加体形成への寄与が低く、CYP1A1 が中心的な役割を担うことが分かった。TCDD 処理により、HepG2 細胞における CYP1A1 は数 10 倍に誘導されるため、TCDD と B[a]P の同時曝露では付加体形成が増加することが予想された。驚いたことに、TCDD との同時曝露では B[a]P 付加体形成は減少した。この「保護効果」は TCDD の前処理でも認められた。一方、CYP1A1 の阻害剤である Ellipticine や Omeprazole を同時曝露すると付加体形成は増加した。これらの結果は、細胞レベルでは無細胞条件とは異なり、CYP1A1 が付加体を減少させているように見える。前述の CYP1A1 阻害剤は CYP1A1 だけではなく CYP2C9 や CYP3A4 も阻害する。そこで CYP3A4 の特異的な阻害剤である Ketoconazole の影響を検討したところ、B[a]P 付加体は顕著に増加したことから CYP1A1 阻害剤による B[a]P 付加体形成の増加は「安全な」代謝物を産生する CYP3A4 の阻害によるものと予想された。一方、TCDD による B[a]P 付加体の減少は、DNA 修復系欠損細胞株でも認められたため、修復系による付加体の除去には TCDD は影響していない。付加体形成の減少には TCDD による GST や UGT 等の第 II 相薬物代謝酵素の誘導が原因と予想される。

以上の結果は B[a]P の DNA 付加体形成には CYP1A1 の発現量以外にも他の第 I 相薬物代謝酵素ならびに第 II 相薬物代謝酵素が関与することを示している。生体に対して TCDD が B[a]P のような発ガン前駆物質の毒性を増強するか否かは、これら多種の酵素の発現や誘導パターン、および多型による活性の違いが影響すると考えられる。

大阪府立大学放射線研究センターの原子力人材育成への取り組み

阪府大産学官 小嶋崇夫*、川西優喜、白石一乗

(*本研究に関する連絡先：電話（内線）4213、メール kojima@riast.osakafu-u.ac.jp)

大阪府立大学産学官連携機構では約 200 名が放射線業務従事者として指定されており、約 3 分の 2 が学部・大学院に所属する学生である。これらの学生に対する放射線取扱についての教育は事業所が実施する新規および継続の教育訓練、そして個々の専門性の高い研究を通して行われている。しかし、密封線源、非密封放射性同位元素または放射線発生装置のいずれかのみを用いて研究に従事する学生が多く、原子力・放射線に関する総合的な知識を習得する機会は稀である。そこで、放射線研究センターでは以下のような取り組みを通して原子力・放射線に関する総合的な知識を持つ人材の育成を行っている。

1) 放射線取扱基礎セミナー

平成 18 年より放射線に関する物理、化学、生物、放射線測定・管理、法令についてセミナーを実施している。学習の動機付けとして第 1 種放射線取扱主任者試験の受験を推奨しており、これまでに 1 名が合格している。

2) 放射線研究センターの施設を活用した実験・実習

本学の放射線施設を活用した密封線源、非密封放射性同位元素および放射線発生装置を用いた実験・実習が平成 19 年度文部科学省原子力人材育成プログラムの「原子力研究促進プログラム」に採択された。この実験・実習では電離箱による線量測定、ガンマ線スペクトル測定、非密封放射性同位元素の取扱など特に通常の専門的な教育研究活動では体験する機会の少ない「放射線測定・管理」を重視した内容とした。今回の実験・実習では授業・セミナーや各研究室での実験予定など参加学生の都合にあわせて可能な限り対応したため、2~4 名の少人数グループでの実験・実習となった。結果としてきめ細かな指導が可能になり教育的効果は高かったと思われる。

今後の展開

放射線取扱基礎セミナーを平成 20 年度も継続して実施している。放射線研究センターの施設を活用した実験・実習については、平成 20 年度以降も参加者の希望に沿った形での少人数での実習を行う予定である。

謝辞

本報告の一部は平成 19 年度文部科学省原子力人材育成プログラム「原子力研究促進プログラム」の事業として実施しました。

冷却型 CCD 画像素子の放射線損傷

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。さらに放射線を照射すると、これに加えて白線状のノイズも出現した。これらのノイズは放射線損傷の一種と考えられる。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]

CCD カメラを強い放射線環境下 (中性子、 γ) で使用した場合の拡大白黒反転画像を図 1 に示す。図 1 (a) に示すように、照射前は、ごく少数の白点ノイズのみが見られる程度であるが、照射中は図 1 (b) のように、極めて多数の白点が発生し、その数はバックの 1 万倍以上にも達している。さらに図 1 (c) では垂直に走る白線も出現している。これは、画像中で突然出現し、画面の下方に向かって伸び、画面下端に達している。白線の幅は 1 ピクセルであり輝度が周囲の画像よりも極端に高くなっていた。これらのことは、これらのノイズ現象の多くは、放射線誘起ノイズというよりも放射線損傷的な現象によって起こされたことを示している。また照射後残存した白点ノイズの多くは、同じ場所に出現する FPN (固定点ノイズ) であり、白線ノイズも固定パターンの特徴を多く持っていた。

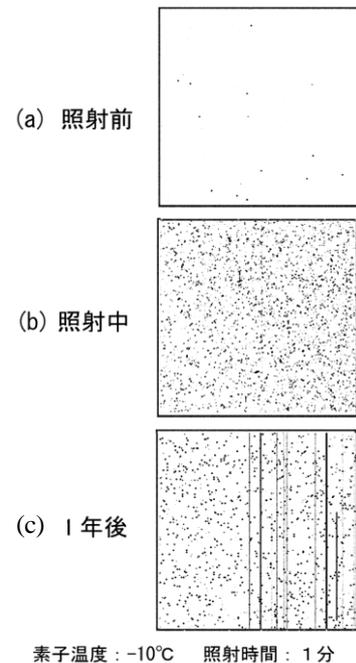


図 1 CCD 画像の照射変化

[本研究に関する研究発表]

- 1) 「冷却型 CCD 素子の白点ノイズと放射線照射損傷」, 谷口良一, 田中幸夫, 奥田修一, 小川喜弘, 丹羽健夫, 岡本賢一, 辻本忠, 非破壊検査協会平成 19 年度春季大会概要集 (2007 年 5 月 22 日、東京) pp85-88
- 2) 「冷却型 CCD 撮像素子の固定パターンノイズと中性子照射損傷」, 谷口良一, 田中幸夫, 奥田修一, 岡本賢一, 小川喜弘, 丹羽健夫, 辻本忠, 非破壊検査協会放射線分科会資料 No. 10403 (2007) pp7-9
- 3) 「冷却型 CCD 撮像素子の放射線損傷と白線ノイズ」, 谷口良一, 田中幸夫, 佐々木遼也, 奥田修一, 岡本賢一, 小川喜弘, 辻本忠, 非破壊検査協会放射線分科会資料 No. 10413 (2007) pp29-32
- 4) 「冷却型 CCD 撮像素子の放射線損傷」, 谷口良一, 田中幸夫, 佐々木遼也, 小嶋崇夫, 奥田修一, 岡本賢一, 小川喜弘, 辻本忠, 第 6 回放射線による非破壊評価シンポジウム講演論文集 (2008、東京) pp87-90

熱蛍光シートを用いた高感度 2次元放射線計測法

大阪府立大産学官連携機構 田中幸夫⁺、佐々木遼也、谷口良一^{*}、小嶋崇夫、奥田修一

(+ : 現、(株)日本電産)

(*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】

電子線形加速器の電子ビームを絞り、通常の電流量よりも 8 桁から 9 桁弱いビームを取り出し、電子線画像の測定を行った。電子は電氣的にフォーカス、コリメート、走査が可能であり、ラジオグラフィに適した放射線と言える。

【電子線ラジオグラフィ】

図 1 に示すアクリル製標準試料の微弱電子線透過像を測定した。このアクリル板は厚さ 2.5 cm で、径が 1 mm から 4 mm までの穴をあけ、深さ方向にも深さを 1 mm から 4 mm まで変化させた計 16 個の穴を配置したものである。このアクリル板を通して熱蛍光(TL)シートに電子線を照射した。ビーム電流は、通常の電子ビームの 10 万分の 1 程度である ($\sim 10\text{pC}$)。図 2 のように、径が 2 mm 深さ 2 mm の穴まで識別できることがわかった。

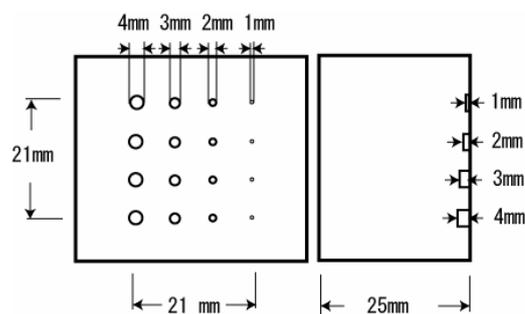


図 1 アクリル製標準試料

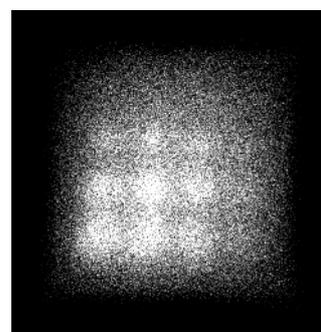


図 2 アクリル試料の透過像

【本研究に関する研究発表】

- 1) 「熱蛍光シートと 2次元光子計数装置を用いた新たな放射線画像測定法」、田中幸夫、谷口良一、小嶋崇夫、奥田修一、非破壊検査協会平成 19 年度春季大会概要集 (2007 年 5 月 22 日、東京) pp77-80
- 2) 「熱蛍光シートと 2次元光子計数装置を用いた新たな放射線画像測定法」、田中幸夫、谷口良一、小嶋崇夫、奥田修一、非破壊検査に関する研究発表会概要集 (2007 年 8 月 24 日、大阪) pp31-34
- 3) “TL Imaging System by Using a Two-Dimensional Photon Counter”, Y. Tanaka, R. Taniguchi, T. Kojima and S. Okuda, 15th International Conference on Solid State Dosimetry (Delft, The Netherlands Jul. 8-13, 2007,).
- 4) “Thermoluminescence from a Dosimeter Sheet Irradiated with Accelerated Electron Beams”, R. Taniguchi, S. Okuda, Y. Tanaka and T. Kojima, 15th Int. Conf. on Solid State Dosimetry (Delft, The Netherlands Jul. 8-13, 2007,).
- 5) 「超微弱パルスビームを用いた電子線ラジオグラフィ」、田中幸夫、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.10408 (2007) pp9-12
- 6) 「超微弱高エネルギービームを用いた電子線ラジオグラフィ」、田中幸夫、佐々木遼也、岩瀬彰宏、谷口良一、小嶋崇夫、奥田修一、日本非破壊検査協会 2007 秋の大会 (2007 年 10 月 19 日、札幌)
- 7) 「2次元光子計数装置と熱蛍光シートを用いた高感度放射線画像測定法」、田中幸夫、佐々木遼也、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講演論文集 (2008、東京) pp77-80

電力ケーブルの水トリー発生に伴う放射線の計測

中部電力(株)電力技術研究所 熊澤孝夫 府大産学官 谷口良一*

(*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】 架橋ポリエチレンを絶縁体とする CV ケーブルでは、“水トリー (water tree)” と呼ばれる特異な劣化現象があり、地中送・配電線路における停電故障の原因のトップを占めている。しかしながら、その発生メカニズムについては、これまでも多くの仮説が提唱されているものの、未だに明らかになっていない。そこで本研究では、水トリーの発生・進展に固体内核反応を初めとした未知の反応が寄与している可能性を想定し、その検証を目的として、架橋ポリエチレン試料に水トリーを発生させながら微弱な放射線の検出を試みた。

【実験】 図1に実験体系を示す。半導電性電極の周囲を架橋ポリエチレンで覆った電極試料を水道水に浸漬し、この電極と接地電極（金線）との間に交流電圧（ $\sim 3\text{kV}/2\text{kHz}$ ）を印加し、水トリーを発生させた。課電は1実験当たり1000時間程度継続し、その間、周囲に配置した ^3He 、 BF_3 中性子計数管、 CdZnTe 、 CdTe 、X線検出器および電流・電圧測定器からの各データを記録した。実験は、図2に示すように壁面厚18cmの鉄箱の中で行い、さらに箱の内外に中性子遮蔽材を配置して、宇宙線に由来する γ 線と中性子のバックグラウンドを同時に抑制した。これらの結果、 γ 線バックは約30分の1に、中性子は約4分の1にそれぞれ減少した。

幾つかの課電実験においては、水トリーの発生と同時期に γ 線と思われる応答の増加が観測されており、負荷電流のパルス状の増加や電磁ノイズ等も認められている。また、水トリーが発生した課電終了後の電極試料では、僅かであるが残留放射線が確認されている。ただし、中性子の有意な増加はほとんど認められていない。

[本研究に関する研究発表]

1) 熊澤孝夫, 谷口良一:「水トリーの発生・進展に伴う微弱放射線の検出」, 電気学会論文誌 A, Vol.127, No.2, pp.89-96 (2007)

2) 熊澤孝夫, 谷口良一:「水トリー発生に伴う放射線の計測(6)」, 日本原子力学会秋の大会 (2007年9月28日, 北九州), B16

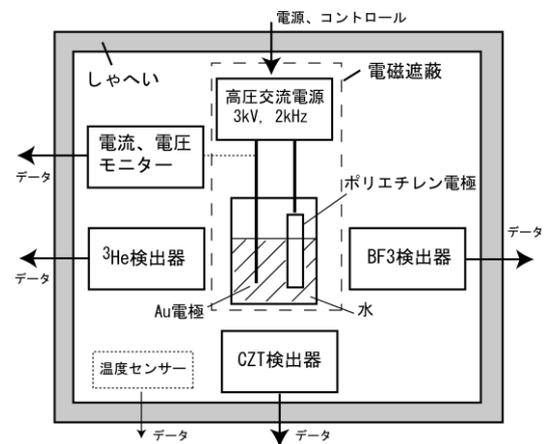


図1 実験体系

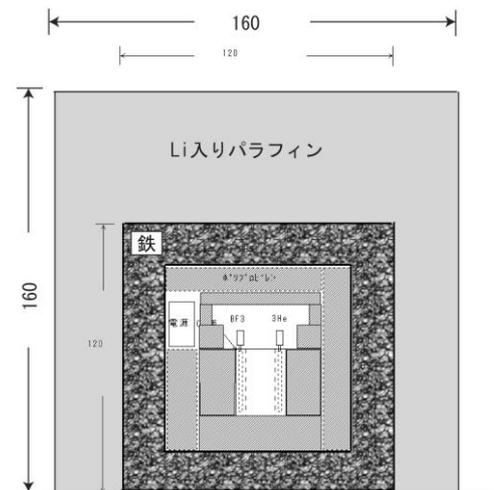


図2 γ 線および中性子の遮蔽

電子ビームによるコヒーレント THz 放射光源とその利用

阪府大 坂本泰一、芝山学、奥田修一*、小嶋崇夫、谷口良一

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)

われわれは高エネルギー電子バンチからのコヒーレント放射を利用して、種々の物質で吸収分光を行っている。他のテラヘルツ光源と比較して、特にピーク強度が高いという特徴がある[1]。高強度光が物質に及ぼす影響についてはほとんど研究されていない。京大炉 L バンド電子ライナックによる比較的安定なコヒーレント遷移放射光源[2]を利用して、テラヘルツ域での吸収分光を行い、種々の固体および液体試料に対して光の透過スペクトルを測定した。また光強度を変化させて、その影響を調べた。コヒーレント放射では半サイクルの光電場を形成することが可能で、物質にパルス的に高電界を印加して生じる新しい励起現象の研究が期待されている。大阪府大電子ライナックのビームにより、この光源確立のための研究を開始した。

京大炉電子ライナックの、コヒーレント遷移放射を用いた吸収分光光源の概念図を図 1 に示す。また公称粒径 20 nm のチタニア微粒子をテフロンフィルムではさんで厚さ 10 mm に固定した試料に対する光透過率の測定結果を図 2 に示す。この図に見られる細かい振動には、試料表面での反射光の干渉の影響が表れている。加速器の入射電子ビーム強度を増加させて光強度を 10 倍とすることによって、光透過率は 5-20% 増加した。光源強度の正確な定量は行われておらず、同じ光源条件での繰り返し実験は行っていないが、この傾向は再現している。同様の実験は、他の種類の試料についても行っている。

強力な光による物質の変化とその緩和過程の研究はほとんど行われておらず、定量的な現象の把握と理解が今後の課題である。これまでの準備研究の結果に基づき、平成 20 年度より、大阪府大の S バンド電子ライナックで、半サイクル光のコヒーレント放射光源の開発研究を開始した。

本研究の一部は、平成 19 年度京都大学原子炉実験所共同利用研究により、また平成 20 年度科学研究費補助金により行われた。

参考文献

- 1) T. Takahashi, J. Particle Accelerator Soc. Japan 2 (2005) 11-15.
- 2) Absorption Spectroscopy Using a Coherent Transition Radiation mm Wave Light Source, S. Okuda and T. Takahashi, Infrared Phys. Technol. 51 (2008) 410-412.

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) Absorption Spectroscopy Using a Coherent Transition Radiation mm Wave Light Source, S. Okuda and T. Takahashi, Infrared Phys. Technol. 51 (2008) 410-412.
- 2) Spectrum of Coherent Synchrotron Radiation from the JAEA Energy Recovery Linac, T. Takahashi, E. J. Minehara, R. Hajima, N.

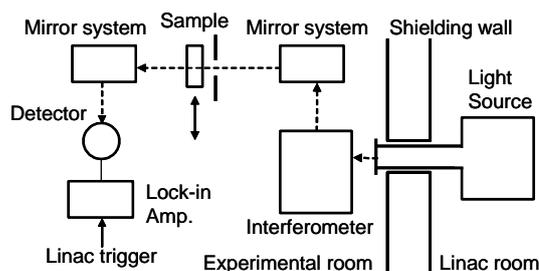


図 1 吸収分光測定配置の概念図

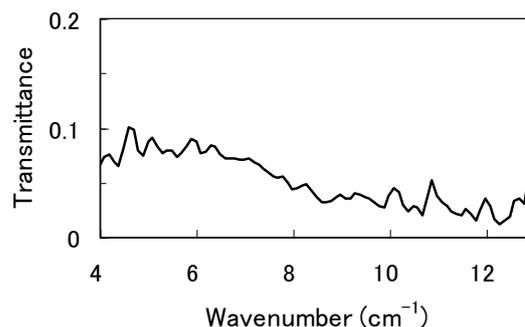


図 2 厚さ 10 mm、粒径 20 nm のチタニア微粒子の光透過率測定結果

- Nishimori, M. Sawamura, R. Nagai, N.Kikuzawa, H. Iijima, T. Nishitani and S.Okuda, 4th Int. Workshop on Infrared Microscopy and Spectroscopy with Accelerator Based Sources (Sept. 25-28, 2007, Awaji, Japan).
- 3) Absorption Spectroscopy Using a Coherent Transition Radiation mm Wave Light Source, S. Okuda and T. Takahashi, 4th Int. Workshop on Infrared Microscopy and Spectroscopy with Accelerator Based Sources (Sept. 25-28, 2007, Awaji, Japan).
 - 4) Absorption Spectroscopy with Coherent Radiation for Poly (Vinyl Alcohol) Aqueous Solution Irradiated with Gamma Rays, S. Okuda, M. Shibayama, T. Kojima and T. Takahashi, 4th Int. Workshop on Infrared Microscopy and Spectroscopy with Accelerator Based Sources (Sept. 25-28, 2007, Awaji, Japan).
 - 5) Transmission of mm Wave Light through Polyethylene Plates Irradiated with Gamma Rays, M. Shibayama, S. Okuda and T. Takahashi, 4th Int. Workshop on Infrared Microscopy and Spectroscopy with Accelerator Based Sources (Sept. 25-28, 2007, Awaji, Japan).
 - 6) Japan-Korea Research Cooperation on the Coherent Radiation Light Sources and Their Advanced Applications, S. Okuda, JSPS—KOSEF Core University Program Joint Seminar between Seoul National University and Kyoto University, "Generation and application of high-brightness radiation from relativistic electron beams", Sept. 13-14, 2007, Seoul, Korea).
 - 7) 電子ビームによるコヒーレント THz 放射光源とその利用、芝山学、奥田修一、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 18 年度共同利用報告書 (2007 年 9 月) 5.
 - 8) 電子加速器をベースにしたテラヘルツ光源と阪府大での研究、奥田修一、谷口良一、非破壊検査協会放射線分科会・赤外線サーモグラフィによる非破壊評価特別研究委員会 (2007.12.3、大阪大学) .
 - 9) コヒーレントテラヘルツ放射による透過試験のための基礎研究、奥田修一、芝山学、谷口良一、高橋俊晴、第 6 回放射線による非破壊評価シンポジウム(2008.1.31-2.1, 東京).
 - 10) 高強度コヒーレント放射光源による吸収分光実験、奥田修一、芝山学、高橋俊晴、谷口良一、小嶋崇夫、第 14 回 FEL と High-Power Radiation 研究会 (2008.3.6-7, 仙台) .
 - 11) Absorption Spectroscopy of Water and Aqueous Solutions using Coherent THz Radiation, S. Okuda, M. Shibayama, R. Taniguchi, T. Kojima and T. Takahashi, The 3rd International Symposium on Material Cycling Engineering (2008.3.13-15, Sakai, Osaka).
 - 12) コヒーレント放射利用吸収分光における光強度の効果、奥田修一、芝山学、小嶋崇夫、谷口良一、高橋俊晴、日本原子力学会春の年会 (2008.3.26-28, 大阪) A01.
 - 13) 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 年度共同利用報告会 (2008 年 7 月 4 日、大阪府大) .

放射線を照射した酸化物微粒子を懸濁させた水の放射線分解による水素生成

大阪府大・産学官連携 芝野豊和*、小嶋崇夫、岡喬、谷口良一、奥田修一
大阪府大院工 堀史説

(*本研究に関する連絡先：電話(内線)4213、メール shibano06qms@riast.osakafu-u.ac.jp)

粉末の状態で予め電子線またはガンマ線を照射した酸化物微粒子を用いて懸濁水を作製し、ガンマ線を照射して放射線分解により生成する水素の収量を測定した。酸化物微粒子の放射線照射は空気中および真空中で行い、照射時の雰囲気は微粒子の水素生成促進効果に与える影響について検討した。

1. 緒言 水の放射線分解により水素が生成するが、 TiO_2 、 SiO_2 、 Al_2O_3 などの微粒子が懸濁した水にガンマ線を照射すると、水素生成が促進されるという報告がある¹⁾。また、これまでの研究で、あらかじめ放射線を照射した(以下、前照射と表現する)微粒子を用いると、水素の収量が増加することが実験的に明らかになった²⁾が、その機構は解明されていない。本研究では、空気中または真空中で電子線を前照射した SiO_2 微粒子の懸濁水のガンマ線照射による水素の収量を測定し、照射時の雰囲気が微粒子の水素生成促進効果に与える影響について検討した。

2. 実験 本研究では Nanophase Tech. Corp.製の SiO_2 微粒子を使用した。前照射としてコッククロフト-ウォルトン型電子線加速器の電子線を微粒子に照射した。照射条件は加速電圧 500 kV、電流密度 0.71 A/cm^2 とし、空気中または真空中で照射した。吸収線量率は CTA フィルム線量計で測定し、積算線量を $0-6.9 \times 10^2 \text{ kGy}$ の範囲で変化させた。照射していない微粒子および前照射した微粒子をそれぞれ 1 wt% 水に懸濁させ、溶存気体を Ar ガスで置換し、10 rpm で回転させ攪拌しながらガンマ線を照射した。吸収線量率は 5 kGy/h 、吸収線量は 20 kGy とした。生成した水素はガスクロマトグラフィーで定量した。

3. 結果・考察 SiO_2 微粒子への前照射の吸収線量が増加するにつれて水素の収量も増加した。また、空気中で前照射を行った試料では、真空中で前照射を行った試料より低線量の前照射で水素収量の増加が見られた。この結果から、電子線の前照射時に空気中に存在する酸素が水素生成促進効果に影響を与えていると考えられる。

[参考文献]

- 1) S. Seino *et al.*, *J. Nucl. Sci. Technol.*, **38**, 633-636 (2001)
- 2) T. Kojima *et al.*, *J. Nucl. Sci. Technol.*, **43**, 1287-1288 (2006)

放射線による磁性複合ナノ粒子の合成

阪府大院工化学工学分野 木下卓也*、藤川祐喜、足立元明

阪大院工 清野智史、山本孝夫

(*本研究に関する連絡先：電話（内線）5603、メール t-kinoshita@chemeng.osakafu-u.ac.jp)

緒言

金は一般的に化学的に不活性な元素であるが、メルカプト基 (SH) やジスルフィド基 (SS) やスルフィド基 (RSR') のような硫黄を含む官能基とは Au-S 結合による強い親和性を持つ。金を磁性酸化鉄表面に固定した金磁性複合ナノ粒子は、遺伝子やタンパク質のような生体分子の単離やプロービングへの応用や DDS や MRI 造影剤などのような生体内利用が期待される。これらの応用に適する粒径は各用途で異なり、それぞれに最適化する必要がある。

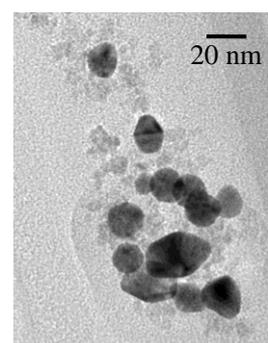
我々は放射線を用いたイオン還元法を改良した金磁性複合ナノ粒子の合成法を開発してきた。この方法は、水分子の放射線分解によって生成した還元性ラジカル (水和電子、水素ラジカルなど) を利用して金ナノ粒子を酸化鉄ナノ粒子表面に析出させる方法である。本研究では、酸化鉄ナノ粒子を共沈法で合成し、これを母体として放射線を用いて金を担持し複合ナノ粒子の合成を試みた。

実験

はじめに酸化鉄ナノ粒子を共沈法によって調製した。原料となる Fe^{3+} と Fe^{2+} の塩化鉄を 2 : 1 で混合した水溶液にポリビニルアルコール (PVA) を溶解させ、攪拌しながらアンモニア水溶液を添加した。次にこの得られた酸化鉄粒子分散液に塩化金酸および還元補助剤 2-プロパノール、PVA を添加した。これらの水溶液をガラスバイアル瓶に密封し、コバルト 60 ガンマ線源で 3 kGy/h、2 時間室温で照射し、複合ナノ粒子を得た。

結果と考察

右図に得られた粒子の TEM 像を示す。コントラストの薄い酸化鉄の周りに、コントラストの濃い金が付着していることがわかる。これらの粒子の水溶液中での二次粒径を評価したところ、合成温度や PVA 添加量などの合成条件により粒径を制御できることがわかった。生体内で利用する際には二次粒径が 100 nm 以下である必要があり、今回の結果では最小で 60 nm の複合ナノ粒子が生成していることから、生体内での利用にも期待が持てることが示された。



ガンマ線で合成した金磁性酸化鉄複合ナノ粒子の TEM 像

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) 「バイオ応用を目指した金磁性酸化鉄複合ナノ粒子の粒径制御」木下卓也、藤川祐喜、足立元明、清野智史、山本 孝夫、化学工学会第 73 年会 (2008 年 3 月 17-19 日 静岡大学)

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19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・量子ビーム誘起反応科学研究所

日 時：平成20年7月4日（金）9:40-17:50

場 所：大阪府立大学産学官連携機構・放射線研究センター講堂

9:40-9:45 開会の挨拶 放射線研究センター長 溝畑朗

9:45-10:45 【一般講演】 [座長：伊藤憲男（府大産学官）]

*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

谷口良一、小嶋崇夫、岡喬、奥田修一（府大産学官）

*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**（府大産学官、
*京大炉、**Kangwon 大）

*微弱電子ビームを用いた核反応分析法

佐々木遼也、谷口良一、小嶋崇夫、奥田修一（府大産学官）

*放射線を照射した酸化物微粒子を懸濁させた水の放射線分解による水素生成

芝野豊和、小嶋崇夫、岡喬、谷口良一、奥田修一、堀史説*（府大産学官、*府大院工）

10:45-11:00 休憩

11:00-12:00 【一般講演】 [座長：小嶋崇夫（府大産学官）]

*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、小林一平、岩瀬彰宏（府大院工）

*高エネルギー粒子線照射による ZrCuAl 金属ガラスの構造変化の陽電子消滅測定

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

*ZrCuAl バルク金属ガラスの緩和過程における自由体積変化

石井顕人、岩瀬彰宏、横山嘉彦*、今野豊彦*、堀史説（府大院工、*東北大）

*電力ケーブルの水トリー発生に伴う放射線の計測

熊澤孝夫、谷口良一*（中部電力研究所、*府大産学官）

12:00-13:15 放射線研究センター施設見学と昼食

13:15-14:00 【センターレポート】

*最近の活動と放射線利用のすすめ

14:00-14:15 休憩

14:15-15:15 【一般講演】 [座長：森利明（府大産学官）]

*植物-微生物共生系では、どの様にして固定窒素が一方向的に移動するのか？

上田英二（府大院理）

*植物の青色光応答を制御する光受容体キナーゼ（フォトトロピン）の解析

岡島公司、吉原静恵、徳富哲（府大院理）

* γ 線架橋コラーゲンゲル上での骨形成

原正之、瀧藤尊子（府大院理）

*放射線照射による微生物の増殖挙動および代謝変動に関する研究

渡邊健、宮西順子*、岸田正夫*、古田雅一（府大院理、*府大院生命）

15:15-15:30 休憩

15:30-16:30 【一般講演】 [座長：川西優喜（府大産学官）]

*光増感反応による神経幹細胞に対する殺細胞活性の評価

森英樹、今本理絵、原正之（府大院理）

*水頭症原因遺伝子 hhy の同定

森展子、森田健治、桑村充*、平野隆爾*（府大院理、*府大院生命）

*膜融合性高分子修飾リポソームによる粘膜を介した高効率な免疫誘導

弓場英司、Tana*、児島千恵、原田敦史、渡来仁*、河野健司（府大院工、*府大院生命）

*神経幹細胞をモデルとした放射線影響研究

白石一乗（府大産学官）

16:30-16:45 休憩

16:45-17:45 【一般講演】 [座長：白石一乗（府大産学官）]

*単分子観察による DNA の放射線切断に関する研究

森利明、吉川祐子*、吉川研一**（府大産学官、*環太平洋大、**京大理）

*新規大気汚染物質 3,6-dinitrobenzo[e]pyrene による DNA 損傷と遺伝毒性

川西優喜、萩尾聡一郎、西田裕、八木孝司、渡辺徹志*、松田知成**、
小田美光***（府大産学官、*京都薬大、**京大工、***阪府立公衛研）

*ベンゾ[a]ピレン-DNA 付加体形成におけるダイオキシン曝露の影響

椎崎一宏、川西優喜、八木孝司（府大産学官）

*大阪府立大学放射線研究センターの原子力人材育成への取り組み

小嶋崇夫、川西優喜、白石一乗（府大産学官）

17:45-17:50 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. センターレポート 最近の活動と放射線利用の勧め

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)

1. はじめに

大阪府立大学産学官連携機構・放射線研究センター[1]の放射線施設は、1959年大阪府立放射線中央研究所（大放研）の発足以来継承されてきた。その間、1990年の大阪府立大学との統合、2005年の法人化を経て、2009年で50年が経過する。研究センター組織は、4研究室教員10名で、これが現定員である。主要施設として、加速器・放射線照射施設、非密封RI取扱施設、動物実験施設、分析・計測装置等がある。

この報告では、研究センターの活動の現状について述べ、施設の活用についての提案を行う。

2. 放射線研究センターの諸活動

2.1 加速器の整備と利用

主な電子加速器として、ライナックとコッククロフト・ウォルトン加速器がある。これらは最近整備されて、新しい研究が行われている。OPU 18 MeV 電子ライナックは、研究用ライナックとして日本で最も古いものとなったが、高エネルギー加速器研究機構の加速器科学総合支援事業「大学等連携支援事業」による整備が行われた。

(1) 平成17-19年度 大阪府立大学における電子線の高度利用および大学院教育のための加速器の整備

(2) 平成20年度 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

この整備を経て、独自の研究開発が進められている。

(1) 超微弱電子線の開発[2]と利用研究

世界で最も微弱な電子線の発生に成功し、高感度線量計などの電子線応答特性測定、電子線ラジオグラフィ、制動放射の計測などが行われており、細菌や微生物に対する照射効果の研究が予定されている。

(2) 高強度テラヘルツ放射光源開発と物質の新たな励起に関する研究

電子ビームからのコヒーレント放射を利用し、高強度のパルステラヘルツ光源の開発と、ポンプ・プローブ実験系の構築が計画されている（平成20年度科研費による）。

600 keV コッククロフト・ウォルトン電子加速器は、低エネルギー領域で広く研究に利用できるものとしては、日本で数少ない1台となった。照射環境を整備し、非常勤職員の補助を受けて実験を行っている。利用研究の課題は、衛星用太陽電池の放射線影響（宇宙航空研究開発機構との共同研究）、アルカリハライドへの欠陥導入とレーザー開発（金沢大学との共同研究）、無機酸化物微粒子の照射などである。

2.2 放射線知識普及活動

(1) みんなのくらしと放射線展

大阪府立大学を事務局として関西9団体が構成する「みんなのくらしと放射線」知識普及実行委員会の主催による。25年継続し、のべ入場者は親子を中心に40万人以上となった。日本では最大規模の活動で、平成19年度日本原子力学会関西支部賞・功績賞を受賞した。

(2) 原子力人材育成プログラム（平成19年度採択課題）

原子力分野の人材育成が急務となっている現状から、文部科学省と経済産業省が連携して、平成19年度に本プログラムを開始した。本学からの申請で、原子力研究促進プログラム「大学所有の施設・装置を活用した実験・実習による放射線に関する幅広い知識の習得」（責任者：小嶋崇夫）、原子力の基盤技術分野強化プログラム（放射線安全）「生態影響に視点を置いた新しい放射線防護体系の構築に関する技術開発」（責任者：児玉靖司、京都大学（代表校）および長崎大学と共同提案）が採択された。後者は平成21年度まで継続される。

(3) 大阪府立大学の公開講座としての体験参加型講座、出前講義

2.3 その他の活動

(1) 放射線照射事業

(2) 機器測定、放射線計測、技術相談

依頼試料の放射線測定、民間や法人放射線施設周辺の放射線環境測定が行われている。

(3) 国際交流

韓国の江原国立大学校とは、産学官連携機構と自然科学大学との間で、また放射線研究センターとサイクロトロン研究所との間で、それぞれ国際交流協定が締結されている。そのほか各研究室では、諸外国研究者との共同研究が行われている。

(4) 学内放射線安全関連活動

放射線業務従事者を対象にした教育訓練講習会は、平成 20 年度に学生、教職員約 400 名が受講した。また平成 19 年度の産学官連携機構放射線業務従事者は 244 名であった。外部放射線施設の利用についても必要な手続きを行っている。核燃料、核原料物質については、学内唯一の取扱事業所として、全学の問題に対応している。

(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」 [3]

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 (所長：奥田修一)。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。将来、放射線を含めた新しいビーム利用への展開が期待される。

3. 課題と問題

現在研究センターが抱える問題は、少ない人員と限られた維持管理費にある。放射線の安全を確保し、共同利用を推進するために、学内外からの支援と協力が必要である。

4. 将来の可能性

(1) 府立大学における横断的な教育・研究拠点、産学官連携拠点の形成

放射線施設の特異性と学内共同利用での利用しやすさを活用して基礎研究を行い、研究シーズを広く探求する。またその成果に基づき、外部機関との共同研究などを推進する。教育分野では、原子力人材育成に貢献する。

(2) 周辺地域 (堺市、大阪府、関西) への放射線知識・利用技術の普及

(3) 全国の放射線総合利用研究拠点の形成

(4) 量子ビーム利用新展開

5. 放射線施設の利用案内

(1) 放射線照射、利用 (担当：量子線材料科学研究室)

(2) 機器測定、依頼試料の放射線計測、イオンビーム分析装置の利用 (担当：環境計測科学研究室)

(3) 機器測定、特定地点の放射線の線量率の測定 (担当：放射線生命科学研究室)

(4) 放射化学実験施設での非密封放射性同位元素の利用、管理区域での計測 (担当：遺伝子環境科学研究室)

(5) 動物実験施設、エックス線照射施設の利用 (担当：放射線生命科学研究室)

(6) 走査型電子顕微鏡、粉末 X 線回折装置 RINT-1500 などの計測機器の利用

6. 放射線施設と学内共同利用の活用

汎用の加速器・放射線利用研究環境を活用するのは、他機関では非常に困難である。本学の学生や教員は、放射線管理区域内で、さまざまな条件のもとで実験を行うことができる。また放射線施設の共同利用を通して、外部機関と共同研究を行うことができる。

このような条件を活用した例として、平成 20 年度に次の事業が採択された。

事業名：沖縄県産業振興公社沖縄イノベーション創出事業 (代表：沖縄の放射線検出器メーカー)

事業の内容：半導体検出器の開発、製品化 (平成 20-22 年度)

大阪府立大学の担当内容：放射線施設と機器の利用、計測システム開発

7. おわりに

社会の状況を反映して、放射線研究センターは厳しい管理状況にあるが、その利用環境は整っている。現在、これら施設と利用環境が活用できることが重要であり、大学の大きな特徴といえる。

参考資料

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

[2] 高齢の加速器が生み出す超微弱電子ビーム・百舌鳥の知恵、奥田修一、「産学官連携活動の実際」大阪府立大学編、中央経済社 (2008) pp.165-176

[3] <http://www.osakafu-u.ac.jp/affiliate/21science/607.html>

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」の活動概要

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。平成 19 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、学外との共同研究活動

(2) 民間との共同研究

株式会社 FUDAI との共同研究「量子線の応用に関する研究」(2006-2008 年度)

(3) 量子ビーム開発に関連する主な研究開発資金の状況

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

「大阪府立大学における電子線の高度利用および大学院教育のための加速器の整備

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し、超微弱ビームやコヒーレント放射などの独自に開発した量子ビームの利用環境を整えると共に、加速器が大学院教育に役立つよう整備する

2) 平成 20 年度科学研究費

代表：奥田修一

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

(4) 外国との交流

韓国、江原大学の自然科学大学、Cyclotron Research Institute との国際交流

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

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)。

3. その他の活動

(1) 放射線研究センター平成 18 年度共同利用報告会

放射線研究センターとの共催、放射線研究センター平成 18 年度共同利用報告書の発行

(2) 研究所季刊誌 RIQBS No.3 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

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

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准教授・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・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

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。

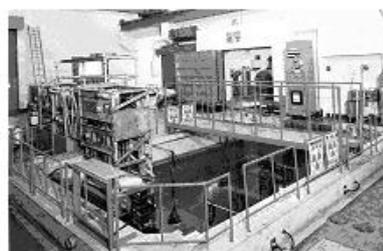


図 1 コバルト 60 ガンマ線源の水プール

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

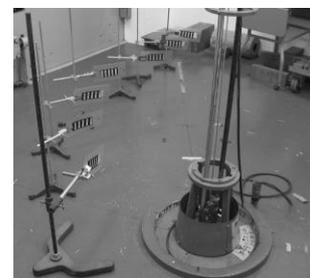


図 2 コバルト 60 照射風景
(線量計の較正)

- ・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
- ・物学分野 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。

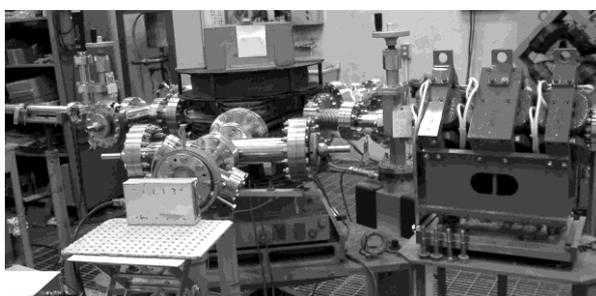


図3 電子線形加速器（OPU ライナック）

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）

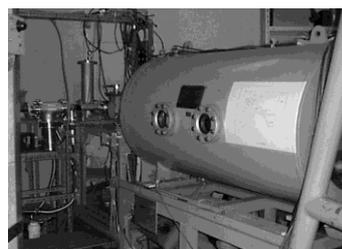


図4 低エネルギー電子線照射装置

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



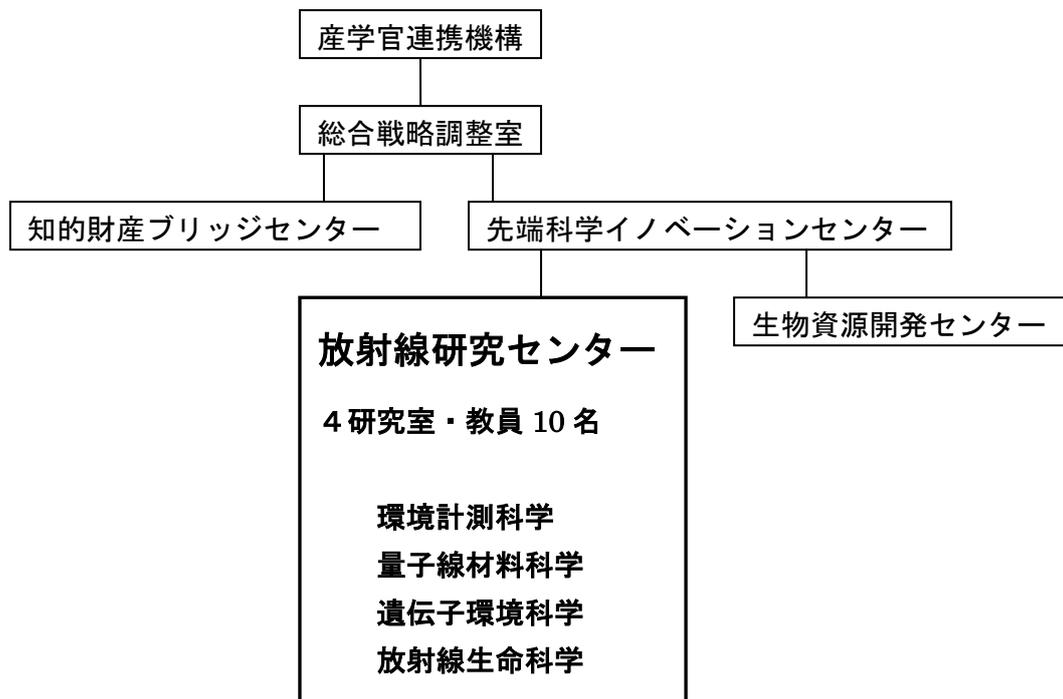
図9 X線非破壊検査装置



図10 γ 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

課題申請：6.1.2の申請様式で必要事項を記入、押印のうえ、提出してください。

↓

課題審査および安全審査の採択：課題の妥当性と安全性について審査の後、採択結果を通知します。

↓

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。

↓

照射実験

↓

成果報告書の提出：本報告書の様式で、例年、6月に開催される共同利用成果報告会までに提出してください。報告書を期日までに提出されない場合、利用された照射サービスは一般照射利用と見なし、使用料金を請求することになります。

↓

研究課題終了

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>

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。

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

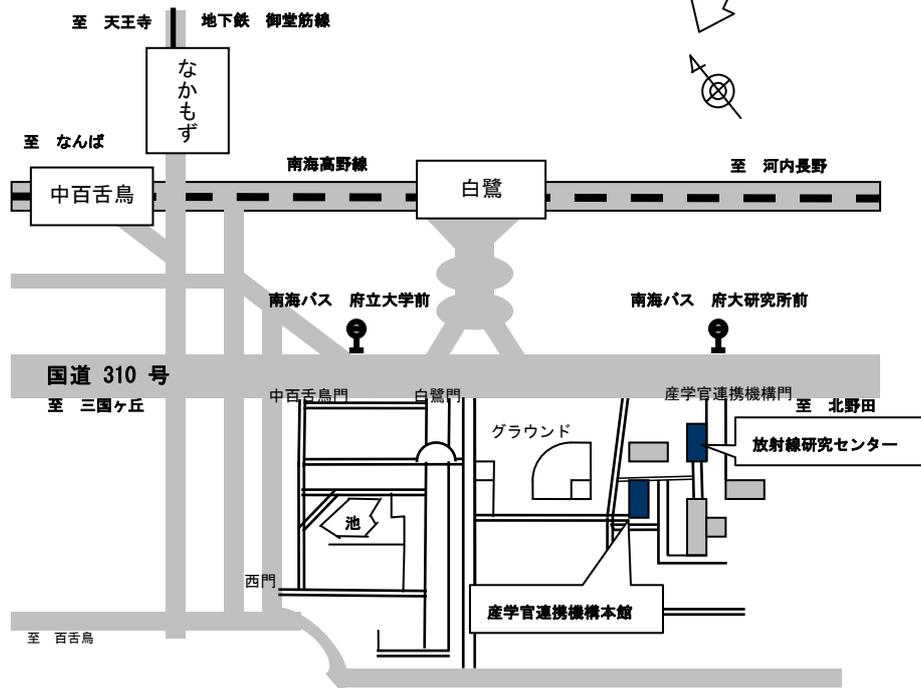
〒599-8570

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「なかもず駅」下車、5番出口 徒歩20分