

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 17 年 8 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、大阪府立大学先端科学研究所の放射線施設利用に関して、平成16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まとめたものである。

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、植物育成棟、屋外管理棟がある。線源棟にはコバルト60などを線源とするγ線照射施設及びライナックなど電子線発生装置がある。線源棟では、特にγ線と電子線が利用でき、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る。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るが、今後、医療分野への飛躍的な展開が期待される。

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る。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している。

大阪府立大学先端科学研究所の放射線施設は府立3大学の統合再編と法人化にともなって、平成17年度から公立大学法人大阪府立大学産学官連携機構に引き継がれた。産学官連携機構では放射線研究センターが放射線施設の維持管理を担うことになりました。引き続き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17年8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 16 年度共同利用研究報告	
1) 電子ライナックの現状	1
(府大産学官) 谷口良一, 小嶋崇夫, 松田八束, 奥田修一 (府大先端研) 中村茂樹	
2) 電離箱型照射線量率計の校正とガンマ線照射場の値付け	2
(府大産学官) 小嶋崇夫, 松田八束, 岡喬, 谷口良一, 奥田修一, 白石一乗 (府大先端研) 中村茂樹 (ONSA) 赤坂信弘	
3) 大阪府大先端研放射線施設の安全管理の現状	3
(府大産学官) 松田八束, 八木孝司, 奥田修一, 汐見信行, 岡喬, 谷口良一, 小嶋崇夫, 伊藤憲男, 清田俊治, 白石一乗, 川西優喜, 阿賀田政吉, 小嶋宏和 (府大先端研) 阿部康夫, 中村茂樹, 柴田せつこ (府大院工) 堀史説 (府大院生) 和田野晃, 乾博	
4) マイナスイオン加工した繊維製品より放出される 放射線による被ばく線量評価について	5
(府大産学官) 伊藤憲男, 溝畑朗	
5) 電子線ライナックの超微弱電子ビームの開発	7
(府大産学官) 谷口良一, 小嶋崇夫, 奥田修一 (府大工) 若松はるか	
6) 超微弱パルス電子線の利用研究	8
(府大産学官) 奥田修一, 谷口良一, 小嶋崇夫 (府大工) 若松はるか (府大院理) 古田雅一	
7) 電子線ラジオグラフィ技術の開発	10
(府大産学官) 谷口良一, 小嶋崇夫, 奥田修一 (府大工) 若松はるか	
8) 光中性子法による超微弱ウラン定量技術の開発	11
(府大産学官) 谷口良一 (府大院工) 岩瀬彰宏 (日立) 川崎智 (原環センター) 佐々木朋三	
9) 高エネルギー電子線からのコヒーレント THz 放射の計測と利用	12
(府大産学官) 奥田修一, 谷口良一, 小嶋崇夫 (府大工) 力安敬太郎 (京大炉) 高橋俊晴 (Kangwon National Univ.) Soon-Kwon Nam	
10) PdSi 系, AgSi 系における Si 原子の照射促進拡散 —XPS、RBS による評価—	14
(府大院工) 岩瀬彰宏 (府大工) 加藤雄三郎 (原研) 石川法人, 知見康弘, 馬場祐治 (京大) 土田秀次	

11)	過飽和合金系 FeCu の電子線照射による照射促進偏析 (府大院工) 岩瀬彰宏, 堀史説 (府大工) 中川将 (府大産学官) 谷口良一 (ONSA) 北川通治, 大嶋隆一郎	15
12)	高エネルギー電子線照射による FeRh 合金の反強磁性 -強磁性変態温度の変化 (府大院工) 福住正文, 岩瀬彰宏 (府大産学官) 谷口良一 (岡山大理) 小野文久	16
13)	γ線によるセラミックスの照射損傷に及ぼす周辺材料/環境の影響 (名大工) 小幡祥堂, 吉田朋子, 田辺哲朗, Allen Chen (府大産学官) 奥田修一, 小嶋崇夫	18
14)	陽電子による金属ガラスの構造緩和過程における 自由体積と電子状態の変化の研究 (府大院工) 堀史説, 今野豊彦, 岩瀬彰宏 (府大工) 矢野貴明(現 東北大院生) (東北大金研) 横山嘉彦	20
15)	Cz-Si 中の潜在欠陥の陽電子消滅法による検出と評価 (府大院工) 堀史説, 岩瀬彰宏, 中川聡子 (現 総研大院生) (ONSA) 大嶋隆一郎	21
16)	透明材料中の機能性点欠陥を用いた光電子デバイスの開発 (金沢大院自然) 黒堀利夫 (府大産学官) 奥田修一, 小嶋崇夫, 岡喬	22
17)	銅イオン照射した鉄中の微小銅析出形成初期過程の研究 (府大院工) 堀史説, 岩瀬彰宏 (府大工) 田中真治 (現 TIS(株)) (九大応力研) 蔵元英一	24
18)	γ線・電子線照射による非熱平衡反応場を利用した 貴金属微粒子の生成と評価 (府大院工) 前田修大, 廣木大栄, 堀史説, 岩瀬彰宏 (府大産学官) 小嶋崇夫, 谷口良一, 奥田修一	25
19)	放射線照射によって誘起される固体表面活性に関する研究 (府大産学官) 高柳健太郎, 小嶋崇夫, 谷口良一, 奥田修一 (阪大産研) 清野智史 (阪大院工) 山本孝夫	26
20)	ジアリールエテンの放射線照射効果 (府大院工) 入江せつ子, 岡邦雄 (府大産学官) 小嶋崇夫 (九大院工) 入江正浩	27
21)	シロイヌナズナにおける 酸化損傷塩基 8-oxodGTP の除去に関わる酵素の探索 (阪大院) 渡辺千尋 (山口大農) 滝本晃一 (府大院理) 大谷謙二 (府大産学官) 森利明	28
22)	ヌクレオチド酸化損傷塩基の除去にかかわる酵素の探索 (府大産学官) 森利明 (山口大農) 渡辺千尋, 滝本晃一	29

23)	植物青色光センサーフォトリピンのキナーゼ活性解析 (府大院理) 徳富哲, 松岡大介	30
24)	$\gamma$ 線架橋コラーゲンの研究 (府大院生) 井上直樹 (府大院理) 別所昌彦, 古田雅一, 原正之 (府大産学官) 小嶋崇夫, 奥田修一	31
25)	DNA の高次構造変化と二本鎖切断反応 ー 1 分子可視化法の活用ー (名古屋文理短食栄) 吉川祐子, 馬籠信之 (府大産学官) 森利明	33
26)	アルキルシクロブタノン類生成を指標とした種々の放射線照射食品の検知 (府大院理) 古田雅一 (府立公衆衛生研) 尾花裕孝	34
27)	pH感受性膜融合リポソーム ー リポプレックス複合体を用いた多機能型遺伝子ベクターの設計 (府大院工) 坂口奈央樹, 児島千恵, 原田敦史, 河野健司	36
28)	放射線発がん感受性遺伝子に関する研究 (府大院理) 森展子 (府大先端研) 奥本正昭 (府大総科) 伊吹将人 (府大農) 梅迫誠一, 飯賀紗代子, 高橋征浩	39
29)	マウス神経幹細胞に及ぼす X 線照射の影響 (府大院生) 加藤智朗 (産総研) 金村米博 (府大産学官) 白石一乗, 児玉靖司 (府大院理) 原正之	42
30)	低線量放射線による個体影響 (府大産学官) 白石一乗, 小嶋崇夫, 児玉靖司	43
31)	放射線ホルミシス ー放射線遮蔽装置を用いたゾウリムシの増殖実験ー (府大産学官) 川西優喜, 松田八束, 谷口良一, 白石一乗, 奥山勝幸, 汐見信行, 八木孝司 (府大先端研) 米澤司郎	45
3.)	平成 16 年度共同利用報告会プログラム	46
4.)	特別講演 「 $\gamma$ 線照射による金と磁性酸化鉄が複合したナノ粒子材料の合成」 山本孝夫 (阪大院工)	48
5.)	放射線共同利用施設の現状	51
5.1	放射線研究センターの組織の概要	
5.2	放射線照射利用施設	
5.2.1	コバルト 60 ガンマ線照射施設	
5.2.2	高エネルギー電子線照射施設	
5.2.3	低エネルギー電子線照射施設	

5.3	機器測定	
5.3.1	放射線計測	
5.3.2	粉末X線回折装置 RINT-1500	
5.4	放射化学実験施設	
5.5	実験動物施設	
5.6	安全管理	
5.6.1	放射性同位元素・放射線発生装置の新規（継続新規）使用許可申請	
5.6.2	放射線業務従事者のための教育	
5.6.3	RI の保管と使用状況	
5.7	見学者および研究協力	
5.8	平成 17 年 4 月大阪府立大学の法人化に伴う放射線施設の経緯	
<b>6.</b>	<b>放射線照射施設の利用のてびき</b>	<b>58</b>
添付資料 1 :	放射線施設利用研究課題申請書(学内共同利用)	61
添付資料 2 :	放射線施設利用料金表	62
添付資料 3 :	放射線研究センター案内図	64

## 電子ライナックの現状

大阪府立大先端研 谷口良一\*、小嶋崇夫、松田八束、中村茂樹、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2004年の運転時間は262時間であった。前年の実績である305時間よりも若干減少している。図1に年間運転時間の、この25年間の推移を示す。2005年は5月末時点で95時間である。10<sup>18</sup>e/cm<sup>2</sup>を越えるような重照射も行っているが、電源系の老朽化により、パルスラジオリシス、微弱ビームのような軽度の照射に重点が移りつつある。

【メンテナンス】水冷却系のトラブルが2件、真空系のトラブルが2件あった。水冷却系のうち1件は、電源室からの地下配管中の短絡事象であり、加速器というよりも、線源棟全体の配電ネットワークの老朽化を示すものといえる。同様の事象はコッククロフト型電子線加速器でも兆候が見られる。新ライナックあるいは、サイクロトロン導入が急がれているが、まず、この電源事情を改善する必要がある。

4月からの大学法人化に伴い、ライナックも新たな施設として、再度、施設検査を受けた。その際、長年切り離されていた、第2照射室に向かうラインを再度接続した。今後このラインは、超微弱ビーム用として活用する予定である。

【研究テーマ】表1に2004年にライナックを利用した主要なテーマを示す。このうち、パルスラジオリシスと金属材料照射、微弱電子ビームの3テーマで年間運転時間の半数近くを占めている。新たなテーマとしては、人工衛星搭載の素子、樹脂の放射線試験、ナノ粒子の照射試験などがあげられる。

本研究に関する研究発表

(1. 原著論文、2. その他報文、3. 学会等報告)  
3-1) 「大阪府立大学先端研電子・イオン加速器の現状」  
奥田修一,他4名、第1回日本加速器学会年会、第29回  
リニアック技術研究会(8月4日～8月6日、船橋)

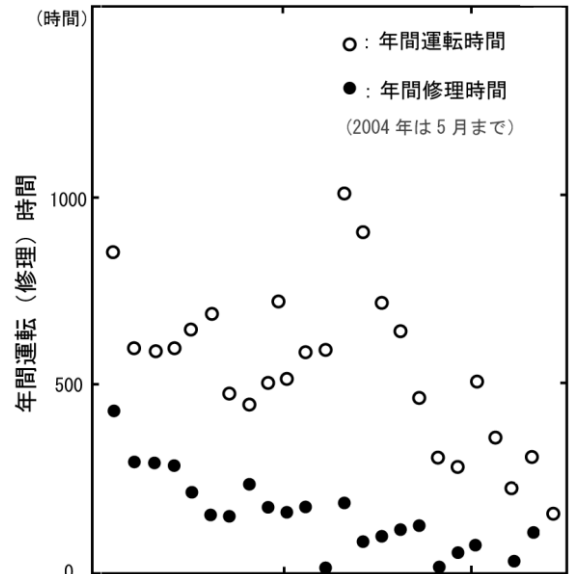


図1 年間運転時間の推移

表1 2004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
複合材料、セラミックの照射
パルスラジオリシス
環境ホルモンの電子線照射分解
極微量ウランの分析
ナノ粒子の電子線照射
放射線検出器の較正

# 電離箱型照射線量率計の校正とガンマ線照射場の値付け

大阪府大産学官 小嶋崇夫\*, 松田八束, 岡喬, 谷口良一, 奥田修一, 白石一乗

大阪府大先端研 中村茂樹

大阪ニュークリアサイエンス協会 赤坂信弘

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

大阪府立大学先端科学研究所放射線総合科学研究センター（現：産学官連携機構放射線研究センター）のコバルト 60 照射施設は 4 つの照射室及び照射プールを備えており、数  $\mu\text{Gy/h}$  ~ 10  $\text{kGy/h}$  の範囲での照射が可能である。照射は学内・学外の利用に供されており、線量のトレーサビリティを確保することは実験データの信頼性向上の点で重要である。

ガンマ線照射場の値付けには、米国ビクトリーン社製ラドコン 500 型照射線量率計と同社製電離箱（容量：0.33 及び 33 ml）を使用した。測定器は独立行政法人産業技術総合研究所計量標準総合センターの標準場において校正を行い、照射線量率-照射線量計出力電流間の校正係数を得たものを使用した。この測定器により、大阪府立大学先端科学研究所放射線総合科学研究センターの第 2 照射室（公称 444 TBq）及び第 3 照射室（公称 3.7 TBq）のコバルト 60 ガンマ線源による照射場の値付けを実施した。

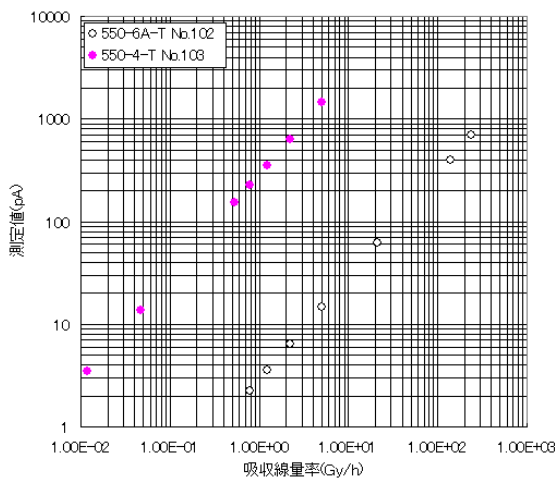


Fig. 1 各電離箱の出力電流と吸収線量率

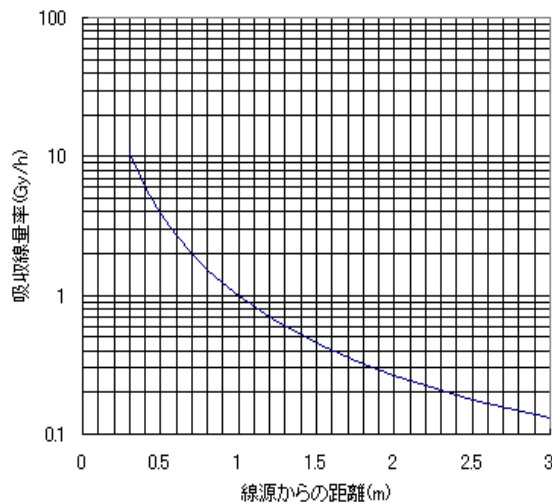


Fig. 2 コバルト第 3 照射室の吸収線量率分布



# 大阪府大先端研放射線施設の安全管理の現状

## Present Status of Radiation Safety Management at Research Institute for Advanced Science & Technology, Osaka Prefecture University

松田八束、阿部康夫、八木孝司、奥田修一、汐見信行、岡 喬、中村茂樹、谷口良一、  
小嶋崇夫、伊藤憲男、柴田せつこ、清田俊治、白石一乗、川西優喜、堀 史説  
和田野晃、乾 博、阿賀田政吉、小嶋宏和  
大阪府立大学・先端科学研究所

### 1. はじめに

昭和 35 年 7 月 31 日に線源棟、動植物育成棟が完成してから今日までに満 44 年と 4 ヶ月が経過した。当施設は平成 2 年（1990 年）に大阪府立放射線中央研究所から大阪府立大学先端科学研究所(先端研)に統合再編された。平成 17 年 4 月 1 日から独立法人新生大阪府立大学として新たに出発することになります。施設の規模と利用形態は、昭和 50 年代までは少しずつ拡大され続けて来た。その後は昭和の終わりごろまではほぼ同じであった。その後は、施設および放射線管理の人員は大きく削減され、極限まで切り詰められている。

### 2. 先端研放射線施設の概要

放射線施設と主要設備を表 1 に示す。学内での共同利用、学外との共同研究による利用のほか、設置以来民間への照射サービスも行われている。これらのなかで Co60 $\gamma$  線の照射業務の運用は、社団法人ニュークリアサイエンス協会によって行われている。全国的に放射線施設の維持管理が難しくなっている状況を反映して、本施設の利用のニーズが増加している。

### 3. 放射線安全管理体制

当先端科学研究所は 65 名の教員が在籍し、放射線業務従事者数は事務職員を含めて 83 名（学生 33 名は除く）である。放射線総合科学研究センターの現教員数は 17 名で、将来約

表 1 先端研放射線施設と主要設備

#### 線源棟施設

Co60 $\gamma$  線照射施設：4 照射室、照射用プール、総量約 4.7  
PBq

その他の密封線源（主として非破壊検査用）

電子線加速器：18MeV 電子ライナック、3 照射室

60～600keV コッククロフト・ワルトン型加速器

イオン加速器：1MeV バンデグラフ（14MeV 中性子発生用）

#### 第 1・第 2 放射化学実験棟

222 核種の RI によるトレーサー実験設備

#### 動物実験施設

マウスへの X 線照射設備

#### 植物育成棟

#### 屋外管理棟放射線施設

低レベル放射線測定、放射化分析装置

#### 生物資源開発センター

Ca-45, C-14, P-32, S-35 等 16 核種 トレーサー実験設備

有機廃液焼却設備、廃棄物貯蔵庫、排水貯留槽

10名までの減員が予定されている。これには施設の維持管理についての現場の要請は反映されていない。放射線管理は「大阪府立大学先端科学研究所放射線障害予防規程」及び「同実施細則」に基づいて進められている。管理組織は、放射線管理系統図に従って、研究所長、安全衛生委員会、放射線障害予防委員会、放射線取扱主任者、放射線管理部が軸となっている。管理部には管理部長と管理部員が置かれ、管理部長は管理部の業務全般について総括管理している。環境（空間線量・排気・排水・表面汚染）測定を民間委託している。

#### 4. 今後の安全管理

施設設備規模の見直し、一部施設のコールド化の検討、使用核種の種類と数量の削減、新しい法令の取り入れと障害予防規程の改訂と変更申請、学内の安全委員会の一本化を目指した体制作りへの貢献などの多くの問題解決が今緊急の課題である。これらは全て少人数で安全管理を確保するための最低限の目標である。

# マイナスイオン加工した繊維製品より放出される 放射線による被ばく線量評価について

環境計測科学分野 伊藤憲男、溝畑 朗

最近の機器測定依頼において、繊維製品に放射線元素であるトリウムとウランを含んだ鉱石などを付着させたマイナスイオン加工繊維製品の放射線線量率測定依頼が増えてきた。トリウムとウランは放射性系列核種で構成されている。そのため、低エネルギーから高エネルギーの $\gamma$ 線と $\beta$ 線そして $\alpha$ 線が鉱石等でマイナスイオン加工された繊維製品の表面から放出されている。放射線線量率依頼に対して、 $\gamma$ 線サーベイメータで測定している。しかし、皮膚に密着して使用するという繊維製品の特徴のため、 $\alpha$ 線や $\beta$ 線の放射線被ばく量を含んだ線量率で評価することが検討されている。

$\gamma$ 線についての線量率の評価は、 $\gamma$ 線サーベイメータの測定である程度推定できるが、文部科学省で検討されている表示義務レベルである  $10\mu\text{Sv/年}$  というような低い線量率に対して測定は困難である。したがって、 $\gamma$ 線の被ばく線量についても、計算による方法が必要となってくる。計算の方法としては、直径  $30\text{cm}$ 、高さ  $150\text{cm}$  の円柱容器に水が満たされているとして、その円柱容器表面にある放射能濃度でトリウム及びウランが付着しているとし、そこから放出される $\gamma$ 線により内部の水が吸収するエネルギーを推定して評価する方法が簡単で適当な計算方法と考えられる。トリウム系列及びウラン系列核種からは、多数の $\gamma$ 線が放出されるが、その中でトリウム系列核種の  $^{208}\text{Tl}$  から放出されるエネルギー  $2614\text{keV}$  の $\gamma$ 線が、他の $\gamma$ 線の寄与より4倍以上で線量率に寄与している。

$\beta$ 線についても多種のエネルギー（最大エネルギーで  $17\text{keV}\sim 3.3\text{MeV}$ ）の $\beta$ 線が放出されている。 $3.3\text{MeV}$  の $\beta$ 線で、水中での飛程が約  $1.5\text{cm}$  である。試料と接触している付近の身体について線量率を評価すれば良く、 $\beta$ 線のエネルギースペクトルの情報と各エネルギー $\beta$ 線にたいするエネルギー損失の情報があれば、ある程度吸収エネルギーが見積もれると考えられる。 $\beta$ 線は、皮膚への被ばくの寄与が大きいと予測される。

$\alpha$ 線による被ばく線量の評価は、 $\gamma$ 線と $\beta$ 線と比べて難しい。それは、試料の表面の状態によって身体表面に照射される量が大きくなるためである。繊維製品については、ほとんど繊維内に $\alpha$ 線がとどまっており、身体表面にとどかないとするとして、 $\alpha$ 線による放射被ばくを考えなくても良いとすることもできるが、一部の $\alpha$ 線については身体表面までとどくとして評価する必要がある。 $6.5\text{MeV}$  以上のエネルギーを持つ $\alpha$ 線については皮膚の角質を通過して基幹細胞まで到達するので、皮膚のみの影響として評価する。

概算であるが計算による推定では、被ばく線量の寄与は、大きい順に、 $\alpha$ 線、 $\beta$ 線、 $\gamma$ 線となった。

Tag:89 Live:3599 Reat:3600 2003-5-6 17:41:32

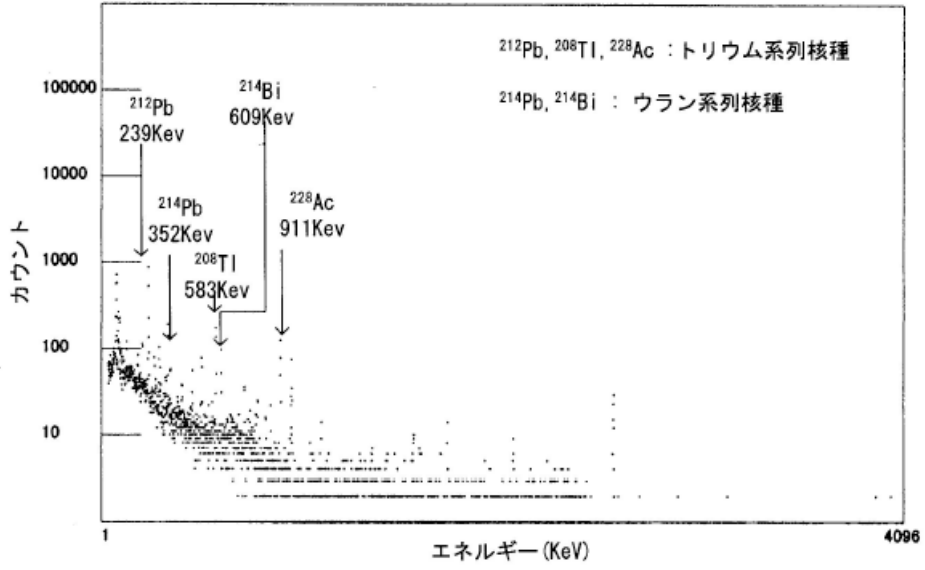


図 マイナスイオン加工した繊維製品の $\gamma$ 線スペクトル

# 電子線ライナックの超微弱電子ビームの開発

大阪府立大先端研 谷口良一\*、 若松はるか、 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)

電子線形加速器から取り出した f C 以下の超微弱電流ビームの測定を行った。NaI(Tl)シンチレーション放射線検出器に直接ビームを照射した測定では、 $\sim 10$  量子/pulse の評価が可能であった。電荷量に換算すると約 2aC/pulse となる。

**はじめに:** 電子線形加速器から出力される電子線は、1パルスあたり  $10^{13}$  コ程度の電子を含む。本研究はこれを微弱化し、最終的には単一電子とすることをめざしている。ただし、f C 未満の超微弱電子ビームの場合、ビーム電流を直接モニターすることは不可能に近い。そこで本研究では図1のように、ビーム経路の中央にスリットを設置し、ビームをカットし、スリット手前の電流を高感度の電荷有感型増幅器で間接的に測定するとともに、NaI(Tl)シンチレーション検出器に直接ビームを照射し、パルス放射線検出の手法でビームをモニターすることを試みた。

**実験結果:** 図2に結果を示す。図は横軸に NaI 検出器で得られたパルス波高(エネルギー) 縦軸に計数を対数で示している。f C の超微弱電子線ビームであっても電子数は千個を超える。そのため出力応答はパイルアップし、エネルギー分布というよりもパルス中の電子をあらわすスペクトルとなる。図中の右側の分布は、比較的大きな電流パルスで得られたものであり、RFパルスの幅を絞って、より微弱化したものが左側の分布である。分布のゆらぎがすべて量子の統計ゆらぎであると仮定すると右側のビームが 40、左側が平均 16 個の量子(電子)から成り立つビームであることを示している。電荷量に換算すると約 2aC/pulse となる。

本研究の一部は、文部科学省科学研究費補助金(課題番号: 15560729)の補助の下で行われた。

本研究に関する研究発表

3-1) 「超微弱パルス電子ビームの形状計測」谷口他、原子力学会 2004 年秋(9月15日京都)

3-2) 「超微弱パルス電子ビームの電荷計測」谷口他、原子力学会 2005 年春(3月30日相模原)

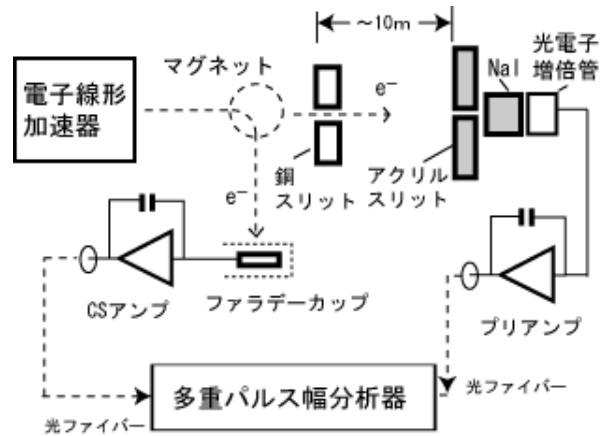


図1 超微弱電子ビーム測定体系

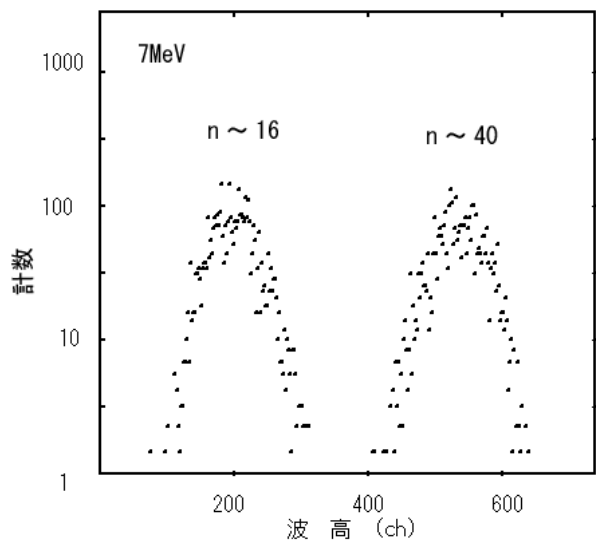


図2 NaI(Tl)検出器を用いた超微弱電子ビームの測定例

# 超微弱パルス電子線の利用研究

大阪府大産学官 奥田修一\*、若松はるか、谷口良一、古田雅一、小嶋崇夫

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

これまでの研究においてわれわれは、大阪府立大学の18 MeV 電子ライナックで極めて低い線量での照射が行える照射場を確立し、利用研究を開始した。

電子線のエネルギーは約 10 MeV である。この照射系を図 1 に示す。パルス幅はサブマイクロ秒から 4 マイクロ秒で、パルスあたりの電子の電荷量として昨年度の 3 fC よりさらに少ない数 aC が得られた。これを集束し、また電磁石や厚さ 1 mm 程度の Al 散乱板により、広げて利用する。電子線の強度の測定は電気的に行い、検出限界以下では高感度放射線線量計を用いる。この照射場により、次の研究を行っている。

- 1) パルス電子線によるラジオグラフィ
- 2) 高感度線量計の特性測定
- 3) 制動放射 X 線のエネルギー分布測定
- 4) 細菌や微生物に対する照射効果

電子線の線量と、個人被ばく線量計として用いられる熱蛍光線量計 (TLD) の信号との関係を調べ、線形関係を確認した (図 2)。この結果から、電子線の線量モニタとして利用できることが明らかになった。実験はイメージングプレートでも行い、2 次元の像がえられた。今後さらに実験を行い、照射条件との関係を調べる。

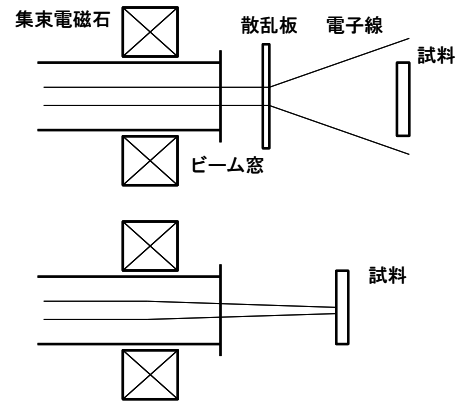


図 1 超微弱電子線照射配置図  
(上：広域照射系、下：集束系)

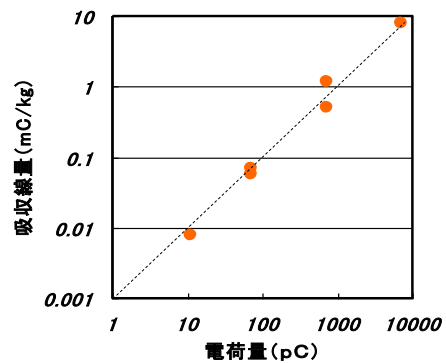


図 2 TLD 信号の電子線量依存性

## 本研究に関する研究発表 (1. 原著論文、2. その他報文、3. 学会等報告)

- 2-1) 大阪府立大学先端科学研究所における加速器に関わる研究, 奥田修一, 谷口良一, 松田八束, 岡喬, 中村茂樹, 小嶋崇夫, 伊藤憲男, 岩瀬彰宏, 京都大学原子炉実験所 KUR Report, KURRI-KR-110 (2004) pp.86-88.
- 2-2) 大阪府立大学先端研電子・イオン加速器の現状, 奥田修一, 谷口良一, 松田八束, 岡喬, 中村茂樹, 小嶋崇夫, 伊藤憲男, 岩瀬彰宏, 第 1 回日本加速器学会年会・第 29 回リニアック技術研究会要旨集 (2004) pp.42-44.
- 2-3) 電子線ライナックの精密ビーム電流モニターの開発, 谷口良一, 小嶋崇夫, 奥田修一, 第 1 回日本加速器学会年会・第 29 回リニアック技術研究会要旨集 (2004) pp.584-585.
- 2-4) 超微弱ライナック電子線の利用研究, 奥田修一, 若松はるか, 谷口良一, 小嶋崇夫, 古田雅一, 第 1 回日本加速器学会年会・第 29 回リニアック技術研究会要旨集 (2004) pp.605-606.

- 2-5) 国内の加速器関連施設 大阪府立大学 (OPU) 加速器施設, 奥田修一, 日本加速器学会誌 1 (2004) p.53.
- 2-6) 大学の放射線・加速器施設の現状 ー大阪府立大学からの報告ー, 奥田修一, 日本加速器学会誌 (2005).
- 3-1) 大阪府立大学先端科学研究所における加速器に関わる研究, 奥田修一, 谷口良一, 松田八束, 岡番, 中村茂樹, 小嶋崇夫, 伊藤憲男, 岩瀬彰宏, 京都大学原子炉実験所加速器研究会 (2004年8月10-11日).
- 3-2) 超微弱パルス電子ビームの形状計測. 谷口良一, 小嶋崇夫, 奥田修一, 日本原子力学会 2004年秋の大会 (2004年9月15-17日, 京都大学) K9.
- 3-3) 超微弱パルス電子線の利用研究, 奥田修一, 谷口良一, 古田雅一, 小嶋崇夫, 若松はるか, 日本原子力学会 2004年秋の大会 (2004年9月15-17日, 京都大学) K11.
- 3-4) フローサイトメトリー微生物測定装置を用いた酵母の放射線影響の解析, 古田雅一, 塚本育子, 前田泰昭, 奥田修一, 坂田孝, 小田康雅, 日本原子力学会 2004年秋の大会 (2004年9月15-17日, 京都大学) K45.
- 3-5) 超微弱パルスビームを用いた電子線ラジオグラフィ, 谷口良一, 若松はるか, 小嶋崇夫, 奥田修一, 非破壊検査協会 2004年秋の大会要旨集 pp.223-224.
- 3-6) *Euglena gracilis* の放射線照射に対するトレハロースの蓄積, 古田雅一, 山田佳美, 丸山あゆ美, 中澤昌美, 上田光宏, 榎本俊樹, 宮武和孝, 第47回日本放射線影響学会大会 (2004年11月25-27日, 長崎).
- 3-7) フローサイトメトリー微生物測定装置を用いた微生物の放射線影響の解析, 古田雅一, 塚本育子, 前田泰昭, 奥田修一, 坂田孝, 小田康雅, 第40回日本食品照射研究協議会年次大会, (2004年12月3日, 東京).
- 3-8) 先端研における量子線施設と利用研究, 奥田修一, 大阪府立大学ニュー・フロンティア材料研究会第198回講演会 (2004.12.7, 大阪府大).
- 3-9) 超微弱パルス電子ビームの電荷計測, 谷口良一, 若松はるか, 小嶋崇夫, 奥田修一, 日本原子力学会 2005年春の大会 (2005年3月29-31日, 東海大学) K28.

# 電子線ラジオグラフィ技術の開発

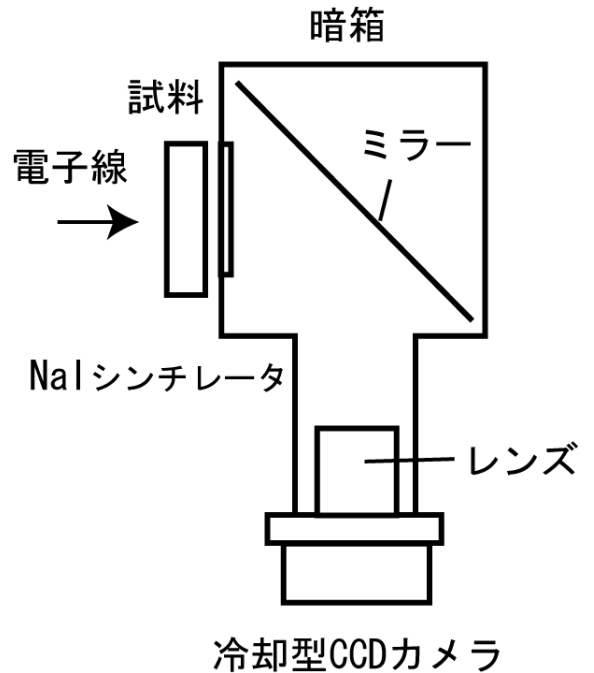
大阪府立大先端研 谷口良一\*、 若松はるか、 小嶋崇夫、 奥田修一

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

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画像測定を行った。電子線ラジオグラフィには散乱線の影響を受けやすいという問題があった。超微弱ビームを用いた場合、粒子弁別の手法を用いることで2次放射線の弁別が可能であり、元素弁別等の、より高度な分析も期待できる

## 1.はじめに

電子線形加速器から出力される電子線は、1パルスあたり  $10^{13}$  コ程度の電子を含む。通常の放射線計測法では、1パルスあたりに多数の放射線が入射することになり個々の応答を分解して測定することは、ほとんど不可能に近い。電子1つ1つの応答が判別できるならば、放射線パルス計測の手法が適用可能となり、エネルギー弁別、粒子弁別が可能で画像計測が期待できる。そのため我々は、最終的には、1パルスあたり電子1個の微弱ビームを取り出すことを目標に、電子ビームの微弱化を試みてきた。今回、この微弱化ビームを用いたラジオグラフィを試みた。その結果、3fC程度に減衰していると推定された微弱ビームを用いた電子線透過像の形状計測が可能であった。



## 2.微弱電子線ラジオグラフィ

図2に示すような、アクリル製の標準パターンを試作し、電子線を照射し、透過した電子線の2次元分布を薄型のNaIシンチレータと高感度の冷却型CCDカメラを組み合わせることで画像計測した。fCという微弱ビームであっても、含まれる電子の数は  $10^4$  を超える。そのため、2次元放射線計測の手法が適用可能である。図3に電子線透過画像の測定例を示す。

図1 超微弱電子線ラジオグラフィ測定体系

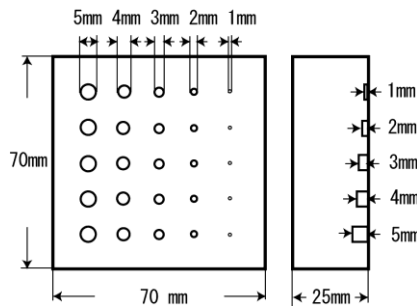


図2 標準試料

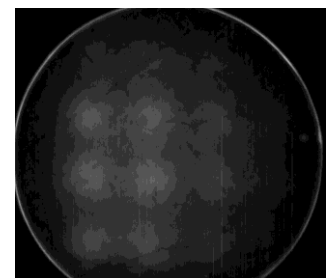


図3 電子線透過画像の例

本研究に関する研究発表 (1. 原著論文、2. その他報文、3. 学会等報告)

3-1) 「超微弱パルスビームを用いた電子線ラジオグラフィ」 谷口良一, 他3名、非破壊検査協会秋の大会

(11月17日新大阪)



# 光中性子法による超微量ウラン定量技術の開発

日立製作所 川崎 智  
大阪府立大先端研 谷口良一\*, 岩瀬彰宏  
原環センター 佐々木朋三

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

電子線形加速器の制動 X 線を用いて発生する光中性子の測定により極微量のウランを遠隔かつ非破壊で定量化する技術を開発している。現状では、0.1Bq/g 程度の極微量ウランの定量化が可能であると評価されている。

## 1.はじめに

ウランは広い分布を持った、何処でも見られる土類金属であるが、時と場合によっては、極めて特殊な扱いを受けることがある。例えば、ウラン取扱い施設で発生する廃棄物を処分する際には、当該廃棄物に含まれているウラン濃度が基準値以下であることを検認することが必要である。この検認作業はサンプル分析でも可能であるが、効率化の観点から非破壊測定での検認作業の実用化が望まれている。

## 2.光中性子の検出

ウランの定量には従来から、ウランそのものから放出されるガンマ線の検出が用いられてきた。ところが、ウラン自身の放射能は極めて弱い上に、その放射線のエネルギーも低く (<160keV)、測定対象がある程度の大きさを持つ場合、事実上表面近傍の検査しかできないというのが現状であった。これに対して我々は、電子線ライナックから取り出される高エネルギーの制動 X 線を試料に照射し、光核分裂の結果放出される中性子を検出することを試みた。この場合、上記のエネルギーの制約が大幅に改善されるとともに、検出感度も原理的には数桁向上することが期待できる。図 1 に実験体系を示す。

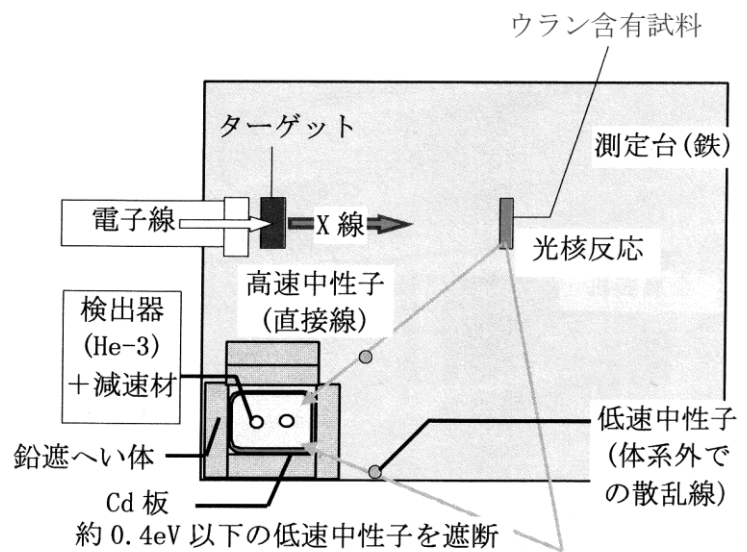


図 1 光中性子を用いた極微量ウランの測定体系

ライナックの制動 X 線が極めて大きく検出器の動作に制限があることから現状では、光核分裂反応による遅発中性子の検出にとどまっているが、それでも検出感度は 0.1Bq/g 程度が得られており、従来法よりも 1 桁以上高感度となっている。

本研究は、経済産業省からの委託による開発研究の一部として行われた。

# 高エネルギー電子線からのコヒーレント THz 放射の計測と利用

大阪府大先端研 奥田修一\*、力安敬太郎、谷口良一、小嶋崇夫  
京大原子炉 高橋俊晴 Kangwon National Univ. Soon-Kwon 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)

コヒーレント放射は、サブミリ-ミリ波領域で連続スペクトルを持ち、従来の光源に比べて高強度のパルス光である。エネルギー回収型放射光リングの計画があり、高平均強度のコヒーレント放射の利用も考えられている。われわれも18 MeV SバンドOPU電子ライナックのビームにより、コヒーレント遷移放射光源の準備を行っている。

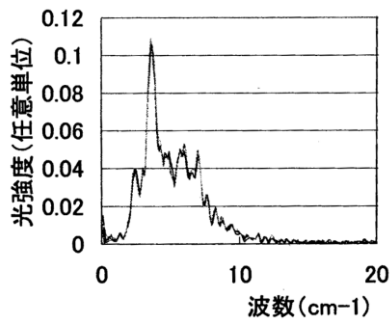


図 1 コヒーレント遷移放射のスペクトルの測定結果

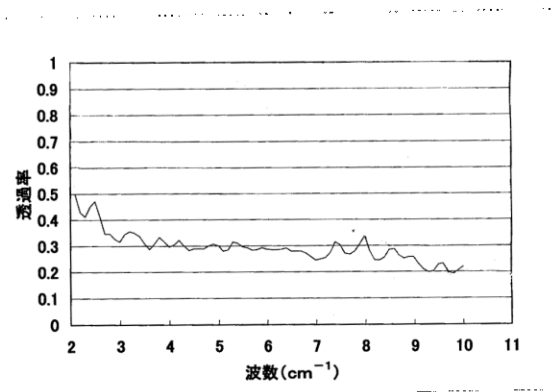


図 2 TiO<sub>2</sub> 微粒子試料に対する光の透過率の波数依存性測定結果

本研究では、京大炉 L バンド電子ライナックを用いて確立された比較的安定なコヒーレント遷移放射光源を利用して、放射線照射実験に用いている TiO<sub>2</sub> 微粒子のミリ波域での吸収分光を行い、粒径を変えて変化を調べた。

エネルギー37 MeV、パルス幅 4  $\mu$ s、繰り返し 13 Hz のビームを用いる。加速ビームを Al 箔を通過させ、後方のコヒーレント遷移放射を鏡で加速器室外に輸送して利用する。コヒーレント放射は Martin-Pupplet 干渉分光器を通した後、集光して試料を通過させ、液体ヘリウム冷却 Si ボロメータとロックインアンプで平均強度を測定する。得られた干渉パターンから透過光のスペクトルを求める。加速器の運転条件は、通常のエネルギースペクトルをそろえるビーム調整の後、放射強度が最大となるように変化させるが、この過程で 1 桁以上放射強度が増大する。この条件は、電子バンチの圧縮の結果と考えられる[1]。

試料が無い場合の光源スペクトルの 4 回の測定結果を図 1 に示す。スペクトルの再現性は比較的良い。試料がない場合に測定された光源としてのスペクトルは、短波長および長波長側で低下し、本測定系での測定波数範囲を 2-10  $\text{cm}^{-1}$  とした。透過率は、試料がある場合とない場合の各 3-4 回の測定結果を平均して求めた。

厚さ 0.1 mm の PET フィルムではさんだ厚さ 3 mm の TiO<sub>2</sub> 微粒子を試料として用いた。平均粒径と密度は、それぞれ 7 nm, 0.48  $\text{g}/\text{cm}^3$  である。この微粒子は、放射線照射により誘起される化学

反応の研究に用いている。

試料に対する光の透過率の波数依存性を図 2 に示す。この波数域での透過率は 0.2-0.5 で、緩やかな波数依存性が見られる。細かい振動は、試料をはさんでいるフィルムによる光の干渉の結果と考えられるがこの評価は行っていない。粒径 200 nm の試料では、透過率が高くなる結果が得られた。現在これらの結果についての解析を行っている。

本研究で、京大炉の電子ライナックを用いて、コヒーレント遷移放射を利用して TiO<sub>2</sub> 微粒子の吸収分光を行い、新たな知見を得た。現在これらの結果をもとに大阪府立大学でコヒーレント放射光源の準備を行っている。

## 参考文献

- [1] T. Takahashi, J. Particle Accelerator Soc. Japan 2 (2005) 11-15.
- [2] S. Okuda et al., Proc. 23rd Int. FEL Conf. (2001, Darmstadt, Germany) pp. II49-50.

## 本研究に関する研究発表 (1. 原著論文、2. その他報文、3. 学会等報告)

- 1-1) Coherent radiation from high-current electron beams of linear accelerators and its applications, S. Okuda, M. Takanaka, M. Nakamura, R. Kato, T. Takahashi, S. Nam, R. Taniguchi, T. Kojima. Radiation Physics and Chemistry (in press).
- 2-1) 短パルス電子線からの遠赤外コヒーレント放射と材料評価への利用、奥田修一、大阪大学産業科学研究所附属産業科学ナノテクノロジーセンター加速器量子ビーム実験室平成 15 年度報告書 (2004) p.30.
- 3-1) Coherent radiation from high-current electron beams of linear accelerators and its applications, S. Okuda, Int. Conf. “P. A. Cherenkov and Modern Physics” (June 22-25, 2004, Moscow-Troitsk, Russia).
- 3-2) 高エネルギー電子バンチを用いたコヒーレント放射光源の評価、奥田修一、力安敬太郎、小嶋崇夫、谷口良一、S. Nam、日本赤外線学会平成 16 年度研究発表会 (2004.10.14-15、福井) 2004-IR-18, pp.35-36.

# PdSi 系、AgSi 系における Si 原子の照射促進拡散、 —XPS、RBS による評価—

大阪府立大学工学部 岩瀬彰宏\*、加藤雄三郎

日本原子力研究所 石川法人、知見康弘、馬場祐治

京都大学 土田秀次

(\*本研究に関する連絡先：電話 3643、メール: iwase@mtr.osakafu-u.ac.jp)

金属中の Si 原子の照射促進拡散や照射誘起析出の研究は、1970-80 年代を中心に多くやられているが、その大部分は、偏析 Si の試料中での濃度分布を評価したものであり、その電子的状態や化学結合状態を議論した例はあまりない。そこで、放射光の単色 X 線を用いた吸収分光法 (XPS, XANES) を用いて照射促進偏析の状態を調べた。またラザフォード後方散乱法 (RBS) による評価も試みた。試料は Si 単結晶上に Pd, Ag を 100nm 厚さでコーティングしたものである。コーティング膜の厚さは RBS 法により測定した。これらの試料は、奈良女子大ペレットロン加速器を用いて 3 MeV の Si イオン、1 MeV の O イオンを室温において照射した。照射後、KEK 放射光施設において 2.2keV の X 線による XPS 測定をおこなった。照射しない試料では、Si に関する光電子のピークは全く見られないが、イオン照射後の XPS スペクトルを測定すると、Si の 1s 電子および SiO<sub>2</sub> の 1s 電子に対応するピークのちょうど間に新たなピークが出現した。これは Si 原子から Pd(Ag)原子への電子移動に伴う化学シフトによるものであると考えられる。すなわち、基板の Si 原子が照射促進拡散により蒸着膜表面にまで拡散し、Pd(Ag)との化学結合が生じた結果であると説明できる。Si の表面への偏析は RBS 法によっても測定したが、ほとんど偏析は認められなかった。これは、Si の偏析量及び Pd(Ag)との結合は極く微量であるためであると考えられる。Pd と Si は平衡状態で化合物 (シリサイド) を形成することが知られているが、熱平衡相図によれば Si と Ag は常温常圧では混じりあわない。本実験結果は、イオン照射という非平衡状態において、Si と Ag の結合が生じたことを示しており、興味深い結果である。

本研究に関する研究発表

- 1) A. Iwase et al., Nucl. Instr. Meth. B (2005) to be published.
- 2) 岩瀬他 日本物理学会秋季大会 (2004 年 9 月、青森大学)  
加藤他 日本物理学会 60 回年次大会 (2005 年 3 月 東京理科大学)

## 過飽和合金系 FeCu の電子線照射による照射促進偏析

大阪府立大学工学部 岩瀬彰宏\*、中川将、堀史説

大阪府立大学産学官連携機構 谷口良一

大阪ニュークリアサイエンス協会 北川通治、大嶋隆一郎

(\*本研究に関する連絡先：電話 3643、メール: iwase@mtr.osakafu-u.ac.jp)

溶質原子が過飽和状態で存在する過飽和合金では、放射線照射により時効析出を起こす温度よりはるかに低い温度で溶質原子の拡散、偏析が生ずる。これは照射促進拡散、あるいは照射促進偏析と呼ばれる現象で、放射線照射により導入された非熱平衡欠陥が溶質原子とカップリングして拡散することで説明できる。照射促進偏析によって析出物が生ずると転位の運動に対する障害となり、材料の硬化、脆化につながる。多量の放射線をあびる原子炉材料にとってこれは重大な問題である。一方、照射促進偏析を利用すれば、大きさの揃ったナノメートルサイズの析出物を試料中に分布させることができ、その数密度も照射量によってコントロールできる。この特徴を活かして、材料中にナノ変調構造を作ることが可能となる。そこで、電子線ライナック加速器からの電子ビームを FeCu などの過飽和合金に照射し、試料の硬度や電気抵抗、中性子小角散乱による照射促進偏析の評価を行う研究をスタートさせた。現在、照射チェンバーを組み立て、真空度や照射温度制御のテストを行っている。

### 参考文献

- 1) K. Morita, S. Ishino, T. Tobita, Y. Chimi, N. Ishikawa, A. Iwase, J. Nucl. Mater. 304(2002) 153-160.
- 2) S. Ishino, Y. Chimi, Bagiyono, T. Tobita, N. Ishikawa, M. Suzuki, A. Iwase, J. Nucl. Mater. 323(2003)354-359.
- 3) 飛田、相澤、鈴木、岩瀬、日本原子力学会和文論文誌 3(2004) 331-339.

### 本研究に関する研究発表

今年度から開始するテーマであるため、無し

# 高エネルギー電子線照射による FeRh 合金の 反強磁性—強磁性変態温度の変化

大阪府大院工材料工学分野 福住正文\*、岩瀬彰宏  
大阪府大産学官連携機構 谷口良一  
岡山大学理学部 小野文久

(\*本研究に関する連絡先：Tel 072-254-9809 (内線 3625)、E-mail address fukuzumi@mtr.osakafu-u.ac.jp)

【はじめに】Fe-Rh 合金では Fe/Rh 濃度比が化学量論的組成からずれることにより強磁性相が安定化することから、結晶構造の乱れが強磁性発現の 1 要因であると考え、結晶の乱れを制御良く導入するため高エネルギー電子ビームを Fe-50at.%Rh に照射し、磁性がどう変化するか検討した。

【実験方法】試料として Fe-50at.%Rh 合金を用い、先端科学研究所 LINAC により 8 MeV の電子線照射を室温にて行った。照射前後の試料について、構造変化ならびに磁気特性の照射効果を調べるため、XRD 測定ならびに SQUID を用いた磁化率測定を行った。さらに、大型放射光施設 SPring-8 にてミクロな磁気状態を元素選択的に評価できる XMCD 測定を行った。また原研高崎 TIARA にて電気抵抗測定も行った。

【結果】XRD 測定の結果、照射量増加に伴い格子膨張が起こり、照射前と比べて格子定数は約 0.3% 膨張していた。この値は反強磁性から強磁性への相転移時の格子定数の変化と同等である。さらに磁化率測定により、照射によって反強磁性相から強磁性相への遷移温度が約 35K 下がり、室温においても強磁性を示した。さらに、放射光 XMCD 測定によって照射による誘起された強磁性状態を XMCD のスペクトルとして明確に捉えた。照射前の試料の電気抵抗は室温付近で AF 相から FM 相への磁性変態に伴って大きく減少している。また、温度を上昇させながら測定した電気抵抗と下降させながら測定した電気抵抗に違いがある、いわゆるヒステレシスが見られるが、これは AF-FM 変態が一次相変態であることによる。2MeV 電子線を  $3 \times 10^{18}/\text{cm}^2$  照射することにより、電気抵抗が大きく変化する温度は低温にシフトしている。これは、電子線照射により、AF-FM 変態温度が低温にシフトしたことを示すものである。

## 本研究に関する研究発表(1.原著論文、2.その他報文、3.学会等報告)

1-1) “Modification of lattice structure and magnetic properties of Fe-Rh alloys by energetic electron irradiation”, Masafumi FUKUZUMI, Ryoichi TANIGUCHI, Seiji KOMATSU, Fumihisa ONO and Akihiro IWASE, Materials Research Society Symp. Proc. (2004) in press

3-1) 「高エネルギー粒子線照射した Fe-Rh 合金の構造変化と磁性」福住正文、谷口良一、堀史説、知見康弘、小松征史、小野文久、神原正、岩瀬彰宏、日本物理学会第 58 回年次大会 (2003 年 9 月 20 日～9 月 23 日 岡山大学)

3-2) “Modification of lattice structure and magnetic properties of Fe-Rh alloys by energetic electron irradiation”, Masafumi FUKUZUMI, Ryoichi TANIGUCHI, Seiji KOMATSU, Fumihisa ONO and Akihiro IWASE, Materials Research Society 2003 Fall Meeting (December 1-5, 2003 Boston, MA)

3-3) 「高エネルギー荷電粒子ビームによる Fe-Rh 合金の照射誘起磁気相変態」福住正文、谷口良一、石川法人、

知見康弘、小松征史、小野文久、岩瀬彰宏、フォーラム 21 (2004 年 1 月 10 日 京都大学)

3-4) 「高速重イオンによる Fe-Rh 合金の照射誘起磁気相変態」福住正文、谷口良一、石川法人、知見康弘、小松征史、小野文久、神原正、堀史説、岩瀬彰宏、日本物理学会第 59 回年次大会 (2004 年 3 月 27 日～3 月 30 日 九州大学)

3-5) 「FeRh 合金の磁性における量子線照射効果」福住正文、谷口良一、石川法人、知見康弘、神原正、小野文久、岩瀬彰宏、日本原子力学会 2004 年秋の大会 (2004 年 9 月 15 日～9 月 17 日 京都大学)

3-6) 「FeRh 金属間化合物電子線照射に伴う磁性および電気伝導度変化」福住正文、石川法人、知見康弘、小野文久、岩瀬彰宏、第 14 回 TIARA 研究発表会 (2005 年 6 月 23 日～6 月 24 日 高崎シティーギャラリー コアホール)

# γ線によるセラミックスの照射損傷に及ぼす 周辺材料/環境の影響

名古屋大学工学部 小幡祥堂 吉田朋子 田辺哲朗\* Allen Chen  
大阪府立大学産学官連携機構 奥田修一 小嶋崇夫

(\*現: 九州大学大学院総合理工学研究院 TEL: 092-642-3795 E-mail: tanabe@nucl.kyushu-u.ac.jp)

**1. 序論** シリカガラスの照射効果についてはこれまで広く研究されており、シリカガラス内に生成する欠陥の種類、生成過程、また光学的性質についての多くの報告がある。照射に伴う試料内の欠陥生成には入射粒子（光子、中性子、荷電粒子）が引き起こす電子励起効果と原子弾き出し効果が密接に関連していることが知られている。しかし、照射中の試料の、周囲の環境（ガス、試料容器（材料）等）から発生する二次電子・光子或いは X 線が欠陥生成に与える影響についてはこれまで系統的な研究は行われていない。本研究の目的は、γ線照射下にあるシリカガラス内で起こる照射効果に周囲の環境からの二次電子・光子或いは X 線がどのような影響を及ぼすかを明らかにすることである。

**2. 手法** 試料には無水溶融シリカガラス（東芝セラミクス社製 10 x 10 x 0.1mm<sup>3</sup>）を用い、シリカガラスのみ、シリカガラスを各種の材料板（鉛、黒鉛等）でサンドイッチ状に挟み込んだものそれぞれに対して、名古屋大学あるいは大阪府立大学産学官連携機構・放射線研究センターの<sup>60</sup>Co 線源施設でγ線照射を行った。照射前後のシリカガラスの紫外可視光吸収スペクトルを V550UV-VIS spectrophotometer（日本分光社製）を用いて測定し、生成される欠陥を評価した。また MCNP コード<sup>1)</sup>を用いて各種材料板から発生しそれに挟みこまれたシリカガラス内へ打ち込まれる電子のエネルギー分布等について挟み込む材料やその厚さを変えて評価し、実験結果と比較した。

**3. 結果考察** まずγ線照射された材料板内部で発生し外部に放出されてくる電子数をその厚さを変えて計算したところ、鉛板は厚さ 0.5mm、黒鉛板は厚さ 1mm 以上に厚くしても発生する電子数は殆ど変化しないことが分かった。そこで、シリカガラスを鉛板の間または黒鉛板の間（鉛板：10x10x0.5mm<sup>3</sup>、黒鉛板：10x10x1mm<sup>3</sup>）にサンドイッチ状に挟みこんだ状態でγ線を照射した時と、シリカガラスのみにγ線照射した時にシリカガラス中に発生する電子数の差を計算した。電子数の差をγ線 1 光子あたりで規格化した値をシリカガラスの厚さに対してプロットしたものが図 1 である。図からわかるように電子数の差は、シリカガラスの厚さを薄くするほど大きくなっていることから、0.1mm のシリカガラスを鉛板の間または黒鉛板の間に挟みこんだ状態でγ線照射を行った。γ線照射後の試料には明瞭な着色は見られなかったが、紫外可視光吸収スペクトルの測定結果から E' 酸素欠陥 (≡Si ·) に帰属される 5.8eV

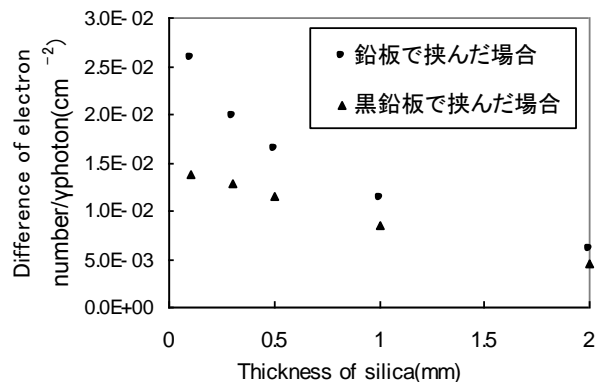


図1 金属板で挟んだ場合と挟まなかった場合におけるシリカガラス内で発生する電子数の差



の吸収の成長が認められた。またこの 5.8eV の吸収は、黒鉛板よりも鉛板で挟んだ場合の方が大きくなった。この結果は図で示されるように黒鉛板よりも鉛板で挟んだ場合の方がシリカガラス中に発生する電子数が多くなるというシミュレーションの結果とよく対応している。即ち、原子番号の大きい材料の方が、 $\gamma$ 線照射によって発生するコンプトン電子、二次電子または光子（X線）の数が多く、これらがシリカガラス中に侵入するため、E' 酸素欠陥生成を促すことを示したと言える。

## 参考文献

- 1) J.F. Briesmeister, ed., MCNP<sup>TM</sup>—A General Monte Carlo N-Particle Transport Code, Version 4C, LA-137090M, Los Alamos National Laboratory, USA (2000)

## 本研究に関する研究発表

日本原子力学会 2004 年春の年会 岡山大学

日本原子力学会 2005 年春の年会 東海大学

# 陽電子による金属ガラスの構造緩和過程における 自由体積と電子状態の変化の研究

大阪府大工学研究科 堀史説\*、今野豊彦、岩瀬彰宏  
大阪府大工 矢野貴明(現 東北大院生)  
東北大金研 横山嘉彦

(\*本研究に関する連絡先：電話(内線) 072-254-9812(3624)、E-mail; horif@mtr.osakafu-u.ac.jp)

## 【研究背景】

金属ガラスは、耐酸化性、超高強度特性、超ソフト磁性、超弾性伸び特性、音響低減衰能など様々な特性を有するうえ、従来型アモルファス金属と比べ、不規則相の安定性が高いため、100K/sという比較的低い冷却速度において試料が作製でき、バルク材料を得る事が可能となった。そのために、これからの材料としての将来性が期待されている。これまで、金属ガラスにガラス転移点以下で恒温熱処理を施すと、構造緩和による密度変化が生じ、機械的性質が変化することが報告されている。しかしこの様な原子レベルの隙間(自由体積)の変化の詳細な機構については殆んど解明されていない。本研究では、Zr-Cu-Al系金属ガラスの構造緩和における密度変化と自由体積及び電子状態の変化についての知見を得ることを目的とし、微細空隙の観測に有効な手段である陽電子寿命及び同時計数ドップラー拡がり(CDB)測定を行った。

## 【研究内容】

傾角鋳造法によって作製された  $Zr_{50}Cu_{40}Al_{10}$  金属ガラス(直径 8mm、長さ 50~60mm、円柱状)を、厚さ 0.8mm 程度に切り出し、真空中( $1.0 \times 10^{-5}$  torr)において恒温熱処理を行い、XRD、CDB 測定を行った。本実試料は焼鈍温度により密度の変化量が異なり、400°Cで一番大きな密度変化が現われる。また、等温焼鈍過程では 1000s 程度で急激に密度減少が始まり 3600s でほぼ一定となる。そこで、同様の等温焼鈍過程における陽電子寿命および CDB 測定を行った。また、ガラス転移温度( $T_g$ )付近で 100 秒ほど熱処理した後、ガラス転移温度  $T_g$  以下の 400°Cで等温焼鈍-陽電子測定を行った。

## 【結果】

以上の実験から次の事が分かった。

陽電子寿命測定によって、密度測定と同様の変化が観察され、自由体積にして原子空孔 1 個程度の構造緩和が起こっていることがわかった。また、結晶化過程においては原子の顕著な移動・拡散が観察されたが、構造緩和のみの過程においては原子配置の顕著な変化は観察されずに自由体積が減少していることなどがわかった。

## 本研究に関する研究発表

- 1) Free volume change in a crystallization process of a Zr-Cu-Al metallic glass studied by positron annihilation techniques, F.Hori, T.Yano, Y.Yokoyama, Y.Akeno and T.J.Konno, 12th Int. Symp. on Metastable and Nano Mater. ISMANAM2005 (France) July,3-7, 2005
- 2) Relaxation and crystallization behaviors of the Zr-Cu-Al metallic glass T.Yano, Y.Yorikado, Y.Akeno, F.Hori, Y.Yokoyama, A.Iwase, A.Inoue and T.J.Konno, Mater. Trans. JIM (submitted)

# Cz-Si 中の潜在欠陥の陽電子消滅法による検出と評価

大阪府大工学研究科 堀史説\*、岩瀬彰宏

大阪府大工院 中川聰子(現 総研大院生)

大阪ニュークリアサイエンス協会 大嶋隆一郎

(\*本研究に関する連絡先：電話（内線）072-254-9812(3624)、E-mail; horif@mtr.osakafu-u.ac.jp)

## 【研究背景】

チョクラルスキー法により作成された単結晶シリコン (CZ-Si) 中の潜在欠陥は、非常に微小・微量で検出が困難であるがゆえに、その性質は不明な点が多い。これらの欠陥は、放射線環境下では二次欠陥を形成しデバイスや電池としての特性劣化を誘発し、一方では高集積化上の問題点としても重要視され、その性質解明は急務である。そこで、原子サイズレベルでの欠陥検出に有効な陽電子消滅ドップラー拡がり測定法による評価を行った。まず CZ-Si 中に結晶成長時に混入する不純物酸素に起因する酸素誘起欠陥形成核に対する添加ホウ素の濃度依存性等を調べ、酸素誘起欠陥の核形成に高濃度ホウ素拡散が寄与している事を示した。また、欠陥の荷電状態による陽電子の検出効率温度依存性の違いを利用し、ウエハ上の各位置での測定温度依存性について調べた。その結果より、ウエハの場所に依存した潜在欠陥種及びその荷電状態等を評価した。

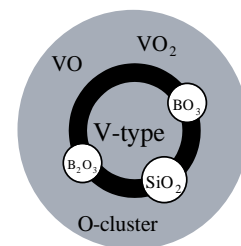
## 【実験方法】

Cz (チョクラルスキー法) により作製した単結晶シリコンをウエハの中心から 15mm、33mm(OSF-ring 上)、59mm 位置の 3ヶ所を特定し、各々の位置での陽電子測定を行った。また高濃度ホウ素添加 CZ-Si ( $10^{17} \sim 10^{20}/\text{cm}^3$ )、non-dope CZ-Si、FZ-Si 等を同様に測定して比較した。これら全て CDB 測定を室温に行い、電子の運動量分布を比較した。CZ-Si については 10K から室温まで測定し、温度依存性についても評価した。

## 【結果】

本実験により以下のことがわかった。

酸素誘起欠陥の核形成には、添加元素のホウ素が大きく影響していた。陽電子捕獲率温度依存性を利用することでウエハの場所による欠陥の荷電状態を特定することにより、不純物や添加元素について結晶成長時導入欠陥に起因した潜在欠陥が図のような分布を示すことがわかった。



Cz-Si 中の欠陥分布

## 本研究に関する研究発表

1) Study on grown-in defects in Cz-Si by positron annihilation: S.Nakagawa, F.Hori and R.Oshima, Material Science Forum vols.445-446, pp.159-161 (2004)

# 透明材料中の機能性点欠陥を用いた光電子デバイスの開発

金沢大学大学院自然 黒堀 利夫\*

大阪府大産学官連携機構 奥田 修一, 小嶋 崇夫, 岡 喬

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

これまで、弗化リチウム(LiF)材料は~14 eVに及ぶ大きなバンドギャップのために、材料中にカラーセンター(点欠陥)を導入する手段として唯一放射線照射が用いられてきた。室温(RT)での放射線照射によって、波長450 nm付近に安定な $F_2$ 、 $F_3^+$ 吸収帯が形成され、この吸収帯励起により、それぞれ波長640 nm, 540 nmをピークとする広い蛍光帯が観測される。

筆者らは、数十 $TW/cm^2$ 程度のパワー密度を有する再生増幅モード同期チタンサファイアレーザからの近赤外フェムト秒(800 nm (1.55 eV), 100fs)パルスがこの材料に照射すると、多光子励起により上記のレーザ活性カラーセンターが導入できることを報告した[1]。さらに、fsシングルパルス干渉露光装置を用いることで、LiF結晶中にフォトンのみでカラーセンターと各種微細構造の同時書き込みが可能であり、チャンネル導波路と回折格子を組み合わせることにより、分布帰還型(DFB)カラーセンターレーザ発振も実現してきた[2-4]。

しかし、fsパルス照射だけではサブミクロンオーダーピッチの屈折率の周期構造は書き込めても、レーザ発振のための十分な利得を得ることは難しい。そこで、レーザ発振に必要な十分な利得を得るためには、fsパルス照射後、さらに $F_2$ 蛍光帯領域(640 nm)での発振ではRTでの放射線照射、あるいは $F_3^+$ 蛍光帯領域(540 nm)での発振では低温での放射線( $\gamma$ 線, 電子線)照射が必要となる。

特に、今回は $F_3^+$ 蛍光帯領域での発振を実現するため、府大先端研ラボにおいて、ドライアイス温度での $^{60}Co$   $\gamma$ 線照射および500 keV電子線照射を実施した。図1は、 $-60$   $^{\circ}C$ で $\gamma$ 線を284 kGy(吸収線量)照射後、形成された吸収スペクトルおよびそれを2個のGaussianで分離したスペクトルを示している。半値幅の広い $F_3^+$ と狭い $F_2$ 帯に分離が可能であった。図2はこの吸収帯(2.8 eV, 450 nm)励起時のRTでの蛍光スペクトルを示している。

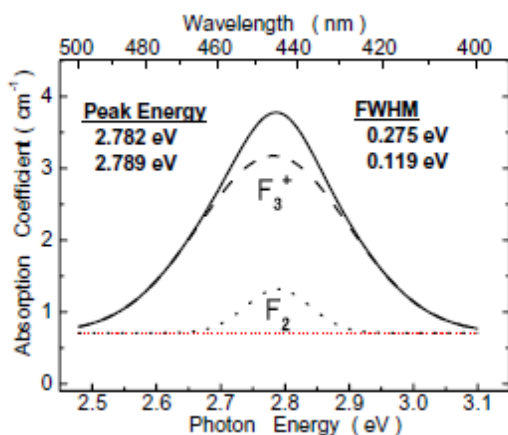


図1  $\gamma$ 線照射後の2.8 eV吸収帯のスペクトルとそのGaussian分離。

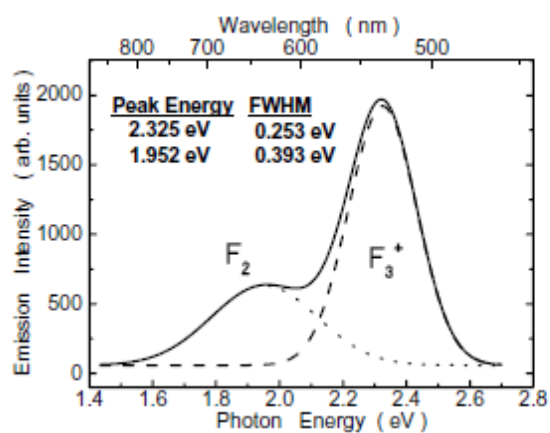


図2 2.8 eV帯光照射による $F_2$ と $F_3^+$ センターによる蛍光スペクトル。

図1, 2から, 低温での $\gamma$ 線照射により,  $F_2$ センターに比較して $F_3^+$ センターが優勢に形成されていることが分かる. この結果は, RTでのfsパルス照射と類似の結果[1]となり, fsパルス照射の場合, 格子系へのエネルギー移動が起こる前にエネルギーが散逸することを示している. 生成した $F_3^+$ センターの個数をSmakulaの式で見積もると,  $\sim 1 \times 10^{16}$  個 $\text{cm}^{-3}$ 程度であった. さらに高い $F_3^+$ センター濃度を得るため, コッククロフト-ウォルトン型500 keV電子線加速器による電子線照射を実施した. 材料への連続照射のため,  $\sim 9 \times 10^{16}$  個 $\text{cm}^{-3}$ 程度の $F_3^+$ センターの濃度が得られたが, 温度上昇 ( $-20$  °C程度) のため, 同時に $F_2$ センターの生成も増加した. RTでの $F_3^+$ センターによる安定なレーザ発振を得るには, 図1にも示す450 nm付近に重なって形成される $F_2$ センターによる吸収帯を抑制して, $F_3^+$ センターだけを選択的に生成するのが理想である. そのためには電子照射時, ドライアイス温度に近い温度に材料を保持することが必要である.

今後, 電子線照射による,  $F_3^+$ センターの効率的な生成法の確立とそれを用いた電子デバイスの開発を行う計画である.

#### 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, T. Kitao, Y. Hirose, K. Kawamura, D. Takamizu, M. Hirano and H. Hosono: Radiation Measurements, 38, No. 4-6 (2004) 759-762.
- [4]T. Kurobori, T. Yamakage, Y. Hirose, K. Kawamura, M. Hirano and H. Hosono: Jpn. J. Appl. Phys., 44, No. 2 (2005) 910-913.

# 銅イオン照射した鉄中の微小銅析出形成初期過程の研究

大阪府大工学研究科 堀史説\*、岩瀬彰宏

大阪府大工 田中真治 (現 TIS(株))

九大応用力学研究所 蔵元英一

(\*本研究に関する連絡先：電話（内線）072-254-9812(3624)、E-mail; horif@mtr.osakafu-u.ac.jp)

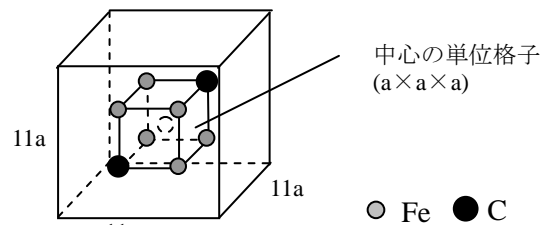
## 【研究背景】

鉄と銅は結晶構造が異なり二元系合金の中でも固溶限が低く室温ではほとんど混ざらない。また高エネルギー粒子線照射により多量の照射欠陥が導入された結果、フェライト中に含まれる不純物銅原子の析出物形成が促進され材料に著しい強度劣化を生じることが一般的に知られている[1]。このような照射欠陥と不純物の相互作用を利用した新たなものづくりの手法の確立を目指し、照射によってバルク中にナノサイズの微粒子の創製を試みる。これにより同様の相互作用を有する二元系金属元素を用いて制御性のよいナノ微粒子の生成が可能になる。そこで本研究では照射欠陥及び目的とする元素を同時に導入できるイオン照射を行い、Fe 中に Cu ナノ微粒子形成過程を詳細に調べることを目的とし、焼鈍過程における銅原子の挙動について陽電子消滅測定法および電子顕微鏡を用いて調べた。また、原子サイズスケールでの銅の集合過程を詳細に評価するために陽電子消滅における電子運動量分布の計算機シミュレーションを試みた。

## 【研究内容】

CDB 測定法による詳細な評価のために、種々の欠陥での計算機シミュレーションを行い、実験結果の考察を行った。計算は superimposed atom method(SAM)の手法により行い、bcc 鉄中に銅原子と空孔の欠陥対を導入し、それぞれの欠陥での電子運動量分布を求めた。

また実験は 0.1mm の厚さまで圧延しディスク状に打ち抜いた(3mm<sup>φ</sup>)高純鉄(ATMIRON-5N)を用い、九州大学応用力学研究所のタンデム加速器にて Cu<sup>2+</sup>照射(2.4MeV)を行い、銅原子および欠陥の導入を同時に行った。照射欠陥及び堆積イオンは試料表面から 500nm 深さ付近に約 1at%の銅原子が導入される。これらの試料について、20min/20K の等時焼鈍を行いながら、その都度室温にて CDB 測定を行った。



鉄中の空孔-銅原子対

## 【結果】

今回の計算結果から、単純な銅原子-空孔対が形成されれば、陽電子によって検出されることがわかった。また、イオン照射直後は銅原子-空孔対はあまり形成されておらず、焼鈍によって空孔の拡散が起こり、360K 程度から銅の析出核形成が顕著になることなどが示された。

## 本研究に関する研究発表

1) Nano size Cu-particle formation in iron by Cu ion implantations, F.Hori, S.Tanaka, E.Kuramoto and A.Iwase, The Sixth International Symposium on Swift Heavy Ions in Matter 2005 (Germany)

# γ線・電子線照射による非熱平衡反応場を利用した 貴金属微粒子の生成と評価

大阪府大工院 前田修大\*  
大阪府大 廣木大栄, 堀史説, 岩瀬彰宏  
産官学連携機構 小嶋崇夫, 谷口良一, 奥田修一

(本研究に関する連絡先：電話(内線)3623、メール hr103@mtr.osakafu-u.ac.jp)

○目的：γ線や電子線照射による非熱平衡反応場を利用し、液相中で作製したナノ微粒子を XRD や TEM などを用いて解析し、他製法による微粒子の生成機構と比較・検討する。

○実験：塩化金(III)酸ナトリウムを 0.5mM 含むよう純水・界面活性剤で調整した試料を作製し、それぞれ 4ml ずつ 10mm 角のセルに入れ、標準照射試料とした。そして室温・大気雰囲気中でコバルト 60 を線源とする γ線照射と、LINAC による電子線照射を別個に行った。一定照射量毎にセルを順に取り出して吸光度測定を行い、各照射時間に対する微粒子の生成量を推定した。

○結果：Au イオン溶液は淡黄色を呈するが、γ線や電子線を照射することにより還元反応が起こり、濃赤色に変化する。吸光度測定では 530nm 付近の波長で吸収が見られ、照射量の増加に伴い吸収量も増加する (図 1)。これは Au 微粒子に特有な表面プラズモンによる吸収であり、本実験結果は、それぞれの放射線照射により還元反応が進み、Au 微粒子が生成されたことを示している。図 1 の 530nm におけるプラズモンピークが Au 微粒子の生成量に比例するものと考え、照射線量との関係を示したものが図 2 である。ここで縦軸は図 1 の各吸収曲線の基線から上のピークの面積を表している。図 2 のように、γ線照射による還元では、超音波還元などでは見られなかった照射線量のしきい値が存在することが明らかとなった。本講演では電子顕微鏡による生成微粒子の観察結果についても報告する。

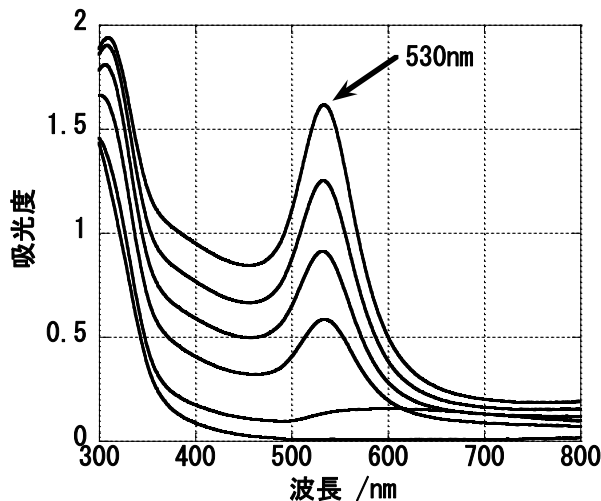


図 1：γ線照射での吸光度

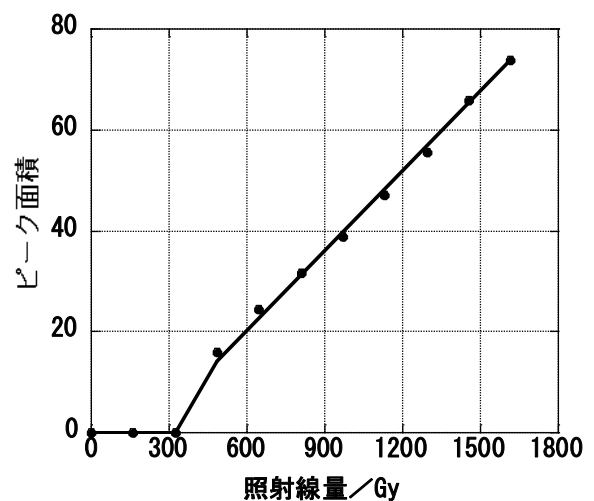


図 2：プラズモンピークの面積変化

本研究に関する研究発表 (1. 原著論文 2. その他報文 3. 学会等報告)

- 3-1) 「γ線照射による貴金属イオン還元反応とナノ微粒子生成」前田修大、中西美緒子、小嶋崇夫、谷口良一、堀史説、奥田修一、岩瀬彰宏、日本物理学会第 60 回年次大会 (2005 年 3 月 24 日～27 日 東京理科大学)
- 3-2) 「高エネルギー放射線による非平衡反応場を利用したナノ微粒子の生成と評価」前田修大、廣木大栄、堀史説、小嶋崇夫、谷口良一、奥田修一、岩瀬彰宏、日本物理学会第 61 回年次大会発表予定 (2005 年 9 月 19 日～22 日 同志社大学)

# 放射線照射によって誘起される固体表面活性に関する研究

大阪府大産学官 高柳健太郎\*、小嶋崇夫、谷口良一、奥田修一

大阪大学産研 清野智史

大阪大学院工 山本孝夫

(\*本研究に関する連絡先：電話（内線）4213、メール gr201@mtr.osakafu-u.ac.jp)

チタニアやアルミナなどの固体微粒子が共存する水に放射線を照射すると、水の放射線分解が促進される[1,2]。また放射線場での金属の表面腐食の抑制効果や酸化皮膜のぬれ性の改善などが観測されているが、これらは放射線によって誘起される固体表面の活性によると考えられる。これらの現象は、水素生成や冷却水による冷却効率の改善、表面の防食などに重要な意味を持つが、その機構は十分明らかにされていない。本研究により放射線誘起固体表面活性の機構が明らかになり、材料の最適化が行えると、水素などの有益な物質の生成や、材料表面の高機能化による新たな応用が可能となる。

本研究では、酸化物微粒子の懸濁水に放射線を照射した場合の反応について知見を得ることを目的とする。パルス電子線などの放射線を試料に照射すると放射線分解により、試料中に様々な短寿命中間活性種が生成される。試料セルにパルス電子線を照射したあと、分析光は生成物に吸収されて光の強度が減少する。検出器でこの光の吸収を測定することにより、短寿命中間体の生成・減衰の様子を動的に観測することができる。この測定方法をパルスラジオリシスという。この測定方法により、短寿命中間体の反応の初期過程を調べ、微粒子添加効果を定量的に評価した。また、 $\gamma$ 線照射による水素の収量を測定し、短寿命中間体の反応との関係を調べ、水素生成の反応機構について検討した。

## 参考文献

- 3) Y.Wada, *et al.*, *Prog. Nucl. Energy*, **29** 251(1995).
- 4) S.Seino, *et al.*, *Radioisotopes*, **49** 354 (2000).

## 本研究に関する研究発表（1. 原著論文、2. その他報文、3. 学会等報告）

3-1) “Pulse radiolysis on nanoparticle dispersing aqueous solution.”, K.Takayanagi et al, Proc. of the 1st Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan and the 29th Linear Accelerator Meeting in Japan, Funabashi, Aug. 4 – 6. 2004 (2004) p662.



## ジアリールエテンの放射線照射効果

大阪府大院工 入江せつ子\*、岡邦雄

大阪府大産学官 小嶋崇夫

九州大学院工 入江正浩

(\*本研究に関する連絡先：電話（内線）3621、メール irie@chem.osakafu-u.ac.jp)

ジアリールエテンを用いた高感度放射線カラー線量計を目指し研究を進めている。フォトクロミック化合物であるジアリールエテンは熱的に安定であるので、放射線線量計として用いることができる。今年度はアモルファスジアリールエテン膜の放射線感受性を検討した。ベンゾチオフェン環をもつジアリールエテンアモルファス薄膜の放射線感受性は低かったが、2,4-ジフェニルフェニル基を5位に持つ1,2ビス(2,4-ジメチル3チエニル)ペルフルオロシクロペンテン膜は放射線により感度良く着色した。

本研究に関する研究発表 (1. 原著論文、2. その他報文、3. 学会等報告)

1-1)

1) "The Radiation-Induced Coloration of Amorphous Photochromic Dithienylethene Films." S. Irie, M-S. Kim, T. Kawai, and M. Irie, Bull. Chem. Soc. Jpn., 77(5), 1037-1040 (2004)

3-1)

1) 「ジアリールエテンを用いた超高感度放射線カラー線量計(2)蛍光体の添加量の検討」入江せつ子, 田中由紀, 木島直人, 前田修一, 入江正浩, 日本化学会第84春季年会(3月26日-29日, 西宮市) .

2) 「The Radiation-Induced Coloration of Amorphous Photochromic Dithienylethene Films.」 S. Irie, M-S. Kim, and M. Irie,」 International Symposium on Photochromism. (September 12-15, Arcachon)

3) 『アモルファスジアリールエテン膜の放射線感受性』,入江せつ子, 金明淑, 入江正浩, 第47回日本放射線化学討論会(10月9日-11日, 札幌)

# シロイロナズナにおける 酸化損傷塩基 8-oxodGTP の除去に関わる酵素の探索

渡辺千尋\*、滝本晃一（山口大学農学部・生物機能科学、\*現阪大大学院）  
大谷謙二（理学研究科・生物科学）、○森 利明（産学官連携機構）

はじめに

地球上の生物は日常的に酸化ストレスをうけている。DNA の酸化によって不正常的な修飾塩基が生成すると、複製の過程で DNA 塩基の置換がおこったり、DNA の複製そのものが阻害されることがある。修飾塩基は突然変異や細胞死の原因になるため、生物には DNA 損傷を修復するシステムが幾重にも備わっていて酸化損傷から生体を防御している。

DNA 合成にかかわるヌクレオチドは DNA より、酸化損傷を受けやすいと考えられている。大腸菌で発見された MutT 修復酵素は、酸化した不正常的なヌクレオチドが DNA に取り込まれることを防いでいる。同様の働きをもつ酵素は植物にも存在することが予想されるので、シロイロナズナを用いて、酸化修飾したヌクレオチドを除去する酵素蛋白の探索をおこなった。

## 2. 基質の合成と酵素活性をもつ蛋白質の探索

8-hydroxy-2'-deoxyguanosine 5'-triphosphate (8-oxodGTP)、  
8-hydroxy-2'-deoxyguanosine 5'-diphosphate (8-oxodGDP)、  
8-hydroxy-2'-deoxyguanosine 5'-monophosphate (8-oxodGMP)は、それぞれ対応する  
2'-deoxyguanosine 5'-triphosphate (dGTP)、 2'-deoxyguanosine 5'-diphosphate (dGDP)、  
2'-deoxyguanosine 5'-monophosphate (dGMP)から合成した。

50  $\mu$  M の 8-oxodGTP を基質に用いて、シロイロナズナから抽出した蛋白質を作用させると 8-oxodGTP が減少して 8-oxodGDP や 8-oxodGMP が生成してくる様子を HPLC で観察した。

その結果、8-oxodGTP を脱リン酸化する酵素活性を持つ蛋白質を精製することができた。

# ヌクレオチド酸化損傷塩基の除去にかかわる酵素の探索

大阪府大産学官連携機構 森 利明\*

山口大学農学部 渡辺千尋、滝本晃一

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

## 1. はじめに

地球上の生物は日常的に酸化的なストレスをうけている。DNA の酸化によって不正常的な修飾塩基が生成すると、複製の過程で DNA 塩基の置換がおこったり、DNA の複製そのものが阻害されることがある。修飾塩基は突然変異や細胞死の原因になるため、生物には DNA 損傷を修復するシステムが幾重にも備わっていて、酸化損傷から生体を防御している。

DNA 合成にかかわるヌクレオチドは DNA より、酸化損傷を受けやすいと考えられている。大腸菌で発見された MutT 修復酵素は、酸化した不正常的なヌクレオチドが DNA に取り込まれることを防いでいる。同様の働きをもつ酵素は植物にも存在することが予想されるので、シロイロナズナを用いて、酸化修飾したヌクレオチドを除去する酵素蛋白の探索をおこなった。

## 2. 基質の合成

酸化ヌクレオチドとして使用した 8-hydroxy-2'-deoxyguanosine 5'-triphosphate (8-oxodGTP)、8-hydroxy-2'-deoxyguanosine 5'-diphosphate (8-oxodGDP)、8-hydroxy-2'-deoxyguanosine 5'-monophosphate (8-oxodGMP)は、それぞれ対応する 2'-deoxyguanosine 5'-triphosphate (dGTP)、2'-deoxyguanosine 5'-diphosphate (dGDP)、2'-deoxyguanosine 5'-monophosphate (dGMP)から合成した。合成は、出発物質のヌクレオチド (50 mg) を 40 ml の 20 mM リン酸緩衝溶液 (pH 7) に溶解し、アスコルビン酸 100 mg と過酸化水素 (30%) 0.5 ml を加え、暗条件下、37°C で 3 時間反応させた。過剰の過酸化水素はカタラーゼ 120  $\mu$ g 加え、37°C で 30 分インキュベートして分解した。反応溶液は減圧下で 60°C に加熱し、エバポレーションで乾燥した。この際、温度が 65°C 以上になると収率が減少するので、エバポレーション中の温度管理は慎重におこなった。これに純水 1 ml を加え、0.45  $\mu$ m のフィルターでろ過した反応溶液を液クロで分析すると、出発物質が溶出した後に、目的の 8-位の水素が水酸基に置換した酸化ヌクレオチドが溶出してくることを UV スペクトルで確認した。これを分取し、再度、エバポレートして濃縮した後、凍結乾燥した。合成した 8-oxodGTP、8-oxodGDP、8-oxodGMP はフリーザーで保管した。

## 3. MutT 関連の酵素活性をもつ蛋白の探索

基質として 30~50  $\mu$ M の 8-oxodGTP 溶液 100  $\mu$ l を作成し (pH 7)、シロイロナズナから抽出したタンパク質を加え、37°C で 30 分間反応させたのち、液クロで 8-oxodGTP、8-oxodGDP と 8-oxodGMP の濃度を測定して、Mut T 関連の酵素活性を調べた。

現在、基質 (8-oxodGTP) を脱リン酸化する活性を持つタンパク質の抽出条件を探索している。

# 植物青色光センサーフォトリポピンのキナーゼ活性解析

H 1 6 年度所属 大阪府大先端科学研究所 生体電子工学研究分野

現 所属 大阪府立大学大学院 理学系研究科 生物科学専攻

徳富 哲\*、松岡大介、

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

フォトリポピンは、屈性、葉緑体定位運動、気孔開口など光合成活性の最適化と深く関わる生理機能の光制御を担う青色光受容体である。同分子はN-末端側に二つの発色団結合ドメイン、LOV1とLOV2、を持ち、C-末端側はセリン/スレオニンキナーゼドメインを形成している。LOV1とLOV2は、発色団として1個のフラビンモノヌクレオチド(FMN)を非共有結合している。光受容に際し、1) まずFMNが吸収した青色光エネルギーにより発色団とその近傍に何らかの化学反応が生じ、2) これがLOVドメインなどのタンパク質部分に構造変化を引き起こし、3) その結果キナーゼ活性が調節されると考えられているが、その分子機構やその後のシグナル伝達は大部分が未知である。フォトリポピンのキナーゼ活性についてはこれまで、植物細胞膜画分や昆虫細胞で発現させたものの自己リン酸化について関する自己リン酸化反応しか知られていなかった。我々は大腸菌を用いて発現したシロイヌナズナのフォトリポピンの1) キナーゼドメインが一般的な基質であるカゼインを光非依存的にリン酸化すること、2) LOV2ドメインがその活性の光制御を行っていること、3) LOV1はLOV2のキナーゼ活性光制御の光感度調節を行うことを見つけ、現在論文投稿中である。

## 本研究に関する研究発表 (1. 原著論文、2. その他報文、3. 学会等報告)

- 2-1) Matsuoka, D., Nakasako, M., Zikihara, K. and Tokutomi, S. LOV Photoreceptors in Plants; Molecular Structure and Signal Transduction. (2005) In *Proceedings of the 15th International Symposium on Flavins and Flavoproteins* (Nishino, T. ed) Architect Tokyo, in press.
- 2-2) Tokutomi, S. and Matsuoka, S. (2004) Two LOV domains in phototropin, a blue-light photoreceptor in plants. *Appl. Biol. Sci.* 12, 1-8..
- 3-1) 「植物光環境センサーの分子構造と作用機構」徳富哲、日本化学会第84春季年会、シンポジウム「生体分子光化学の新展開」、1S5-03 (神戸、2004年3月26日～3月29日) (招待講演)
- 3-2) 「Blue-light-regulated molecular switch of kinase activity」Matsuoka, D. & Tokutomi S. (日本植物生理学会2004年度学会、3月27日-29日、2004年、東京)、講演要旨集236.
- 3-3) 「Light-regulation of kinase activity in Arabidopsis phototropin.」 D. Matsuoka and S. Tokutomi, 53th Yamada Conference on Light Sensing and Signal Transduction in Plant Photomorphogenesis, 24 (Okazaki, Japan, 2004年6月5日～9日)
- 3-4) 「Structure and regulation of kinase activity in phototropin」 S. Tokutomi, D. Matsuoka and M. Nakasako, 14th International Photobiology Congress Symposium 18 Plant Blue Light Receptors, S18-04, (Cheju, Korea, 2004年6月10日～15日) (招待講演)
- 3-5) 「シロイヌナズナ青色光受容体フォトリポピンの光によるキナーゼ活性制御機構について」松岡大介、徳富哲、第27回日本分子生物学会年会、1PB-556 (神戸、2004年12月8日～11日)

## γ線架橋コラーゲンゲルの研究

井上直樹<sup>1</sup>、別所昌彦<sup>2</sup>、古田雅一<sup>3</sup>、小嶋崇夫<sup>4,5</sup>、奥田修一<sup>4,5</sup>、原正之<sup>1,3,4,\*</sup>

(<sup>1</sup>農学生命科学研究科、<sup>2</sup>COE 博士研究員、<sup>3</sup>理学系研究科、<sup>4</sup>産学官連携機構、<sup>5</sup>工学研究科、

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

(研究目的) 我々はコラーゲンやゼラチンなど、動物由来の繊維性蛋白質やその他の各種高分子の架橋ハイドロゲルを調製・改質して医療・衛生素材など高付加価値な素材として利用するための研究を行っている。本研究では、コラーゲン Type I-A (ブタ由来) を用い、大阪府大・先端科学研究所の <sup>60</sup>Co-γ線照射施設を利用してγ線を照射したときに起こる架橋・ハイドロゲル形成の機構を明らかにすることを目的としている。

(実験方法及び結果) 0.3%コラーゲン Type I-A 溶液 (pH 3) に 0.5~17 kGy/h の線量率 (単位時間当たりの線量) でγ線照射を行ったところ、ある一定以上の照射量で架橋反応の進行により、ハイドロゲルが生成することを見出した。さらに、そのハイドロゲルは照射量依存的に収縮していくことが確認された (図 1)。なお、中性条件 (pH 7) で調製したコラーゲンゲル (中性ゲル) にγ線照射を行った場合でも分子間の架橋が進行するが、酸性条件 (pH 3) で作成したハイドロゲル (酸性ゲル) と比較しても、膨潤特性など性質は大きく異なっている (図 2)。また、SEM を用いて架橋コラーゲンゲルの構造を観察したところ、中性ゲルではコラーゲン繊維の網目構造がみられたが、酸性ゲルでは確認されず、構造の異なるコラーゲンゲルが生成されている

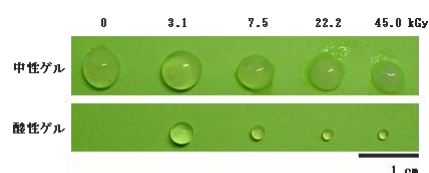


図 1 γ線照射後のハイドロゲル

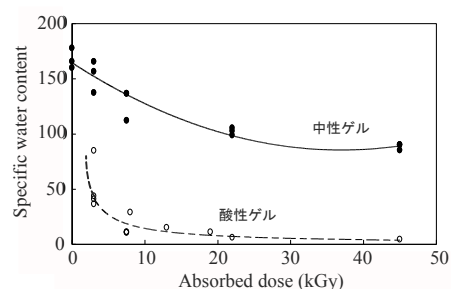


図 2 照射量と膨潤率との関係

本研究に関する研究発表 (1. 原著論文、2. その他報文、

### 3. 学会等報告)

#### 1. 原著論文

- 1) Characterization of biopolymer hydrogels produced by  $\gamma$ -ray irradiation, Takao Kojima, Masahiko Bessho, Masakazu Furuta, Shuichi Okuda, Masayuki Hara, Radiation Physics and Chemistry, 71, (2004) 235-238.
- 2) Absorption and desorption of gelatin hydrogel cross-linked by  $\gamma$ -ray irradiation, Masahiko Bessho, Masakazu Furuta, Takao Kojima, Shuichi Okuda, Masayuki Hara, Journal of Biomaterial Science Polymer Edition, 16, 715-724.

#### 3. 学会等報告

- 1)  $\gamma$ 線照射により架橋したコラーゲン蛋白質の研究, 井上直樹, 別所昌彦, 古田雅一, 小嶋崇夫, 奥田修一, 原正之, 2004 日本生物工学会大会 平成 16 年 9 月 21-23 日 (名古屋)
- 2)  $\gamma$ 線架橋コラーゲンゲル上での細胞培養, 金川梓, 井上直樹, 別所昌彦, 古田雅一, 小嶋崇夫, 奥田修一, 原正之, 2004 年度日本生物工学会大会 平成 16 年 9 月 21-23 日 (名古屋)

- 3) Collagen gel cross-linked by gamma-irradiation at neutral and acidic condition, Naoki Inoue, Azusa Kanagawa, Masahiko Bessho, Masakazu Furuta, Takao Kojima, Shuichi Okuda, Masayuki Hara, YABEC2004, 2004.9.23-25, Osaka
- 4)  $\gamma$ 線架橋コラーゲンゲルの性質 1,井上直樹、別所昌彦、古田雅一、小嶋崇夫、奥田修一、原正之,日本バイオマテリアル学会シンポジウム 2004、平成 16 年 11 月 15-16 日 (つくば)
- 5)  $\gamma$ 線架橋コラーゲンゲルの性質 2,井上直樹、金川梓、別所昌彦、古田雅一、小嶋崇夫、奥田修一、原正之,日本バイオマテリアル学会シンポジウム 2004、平成 16 年 11 月 15-16 日 (つくば)
- 6) Collagen gel cross-linked by gamma-irradiation : part 1, Masahiko Bessho, Naoki Inoue, Masakazu Furuta, Takao Kojima, Shuichi Okuda, Masayuki Hara, Fourth Asian Symposium on Biomaterials, & Second International Symposium on Fusion of Nano and Bio Technologies, 2004.Nov 17-18, Tsukuba
- 7) Collagen gel cross-linked by gamma-irradiation : part 2, Masahiko Bessho, Naoki Inoue, Azusa Kanagawa, Masakazu Furuta, Takao Kojima, Shuichi Okuda, Masayuki Hara, Fourth Asian Symposium on Biomaterials, & Second International Symposium on Fusion of Nano and Bio Technologies, 2004.Nov 17-18, Tsukuba
- 8)  $\gamma$ 線照射によるコラーゲン蛋白質の架橋・ゲル化, 原正之、井上直樹、別所昌彦、古田雅一、小嶋崇夫、奥田修一,第 4 回日本再生医療学会総会 平成 17 年 3 月 1-2 日 (大阪)
- 9)  $\gamma$ 線架橋コラーゲンゲル上での細胞培養、原正之、金川梓、別所昌彦、古田雅一、小嶋崇夫、奥田修一、第 4 回日本再生医療学会総会 平成 17 年 3 月 1-2 日 (大阪)
- 10) ガンマ線照射によるコラーゲン溶液からの架橋ハイドロゲル生成、別所昌彦、井上直樹、古田雅一、小嶋崇夫、奥田修一、原正之、日本化学会第 85 春季年会 平成 17 年 3 月 26-29 日 (横浜)
- 11)  $\gamma$ 線により架橋されたコラーゲンゲル上での細胞培養、金川梓、井上直樹、別所昌彦、古田雅一、小嶋崇夫、奥田修一、原正之、日本化学会第 85 春季年会 平成 17 年 3 月 26-29 日 (横浜)

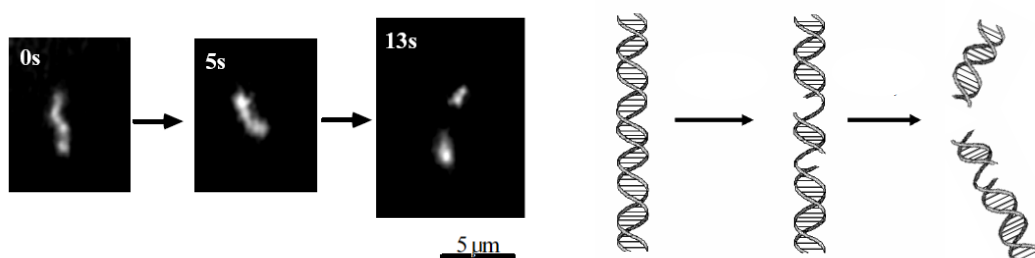
# DNA の高次構造変化と二本鎖切断反応

## — 1 分子可視化法の活用 —

吉川祐子、馬籠信之、森利明\* (名古屋文理短食栄、府大産学官\*)

生体の遺伝情報の担体であるゲノムDNAは、その各々の全長は数十 $\mu\text{m}$ ～数 $\text{cm}$ と極めて長い分子であり、細胞の機能にはこのような長いDNA分子の特性が関与していると期待される。私たちは、これまで蛍光顕微鏡による単一分子鎖観察法を活用して、溶液中の長鎖DNAの動的な高次構造変化を系統的に調べてきた。そのなかで、次のようなことを明らかとなってきた。1) 長鎖DNAの折り畳み転移は、On/Off型のスイッチングである、2) 折り畳み構造は、凝縮剤の分子構造、塩濃度、速度過程に依存して変化し、ドーナツ(toroid)、棒状(rod)、糸巻き状(spool-like)などの多様な形態を示す、3) DNAの折り畳み構造と制限酵素感受性との間に高い相関がみられる、4) ヒストンH1と長鎖DNAの複合体は、数千塩基対が折り畳まれ、コイル状に解きほぐされた構造が共存するような部分凝縮構造をとる、5) DNAの高次構造は溶液環境に依存して特異的な変化を示す。例えば、アスコルビン酸は長鎖DNAに作用して部分凝縮を引き起こすが、そのときに二次構造も特徴的な変化を示す。

本研究では、単一分子鎖研究手法を長鎖DNAの二本鎖切断反応の定量的な解析に応用した。放射線や紫外線、環境中の様々な変異原、さらには好氣的代謝過程で生じる活性酸素などにより、DNAは塩基損傷や単鎖、二本鎖切断を受ける。細胞はDNA鎖切断の修復能力をもっているが、二本鎖切断が致死の原因になることも多い。そこで、二本鎖切断反応の計測法の開発は重要な意味を持つ。蛍光顕微鏡による長鎖DNAの単一分子鎖観察により二本鎖切断の実時間測定を行うと、活性酸素による切断活性の定量的な評価が可能となる。本研究では、活性酸素による長鎖DNAの二本鎖切断反応が、アスコルビン酸等の抗酸化剤によってどのように抑制されるのかを定量的に解析し、DNAの高次構造変化との相関関係を調べた。今後、本計測手法を応用して、DNAの放射線損傷に関する実験を展開することを計画している。



DNA 二本鎖切断反応の一分子測定

左図: 蛍光顕微鏡像(溶液中)、 右図: 二本鎖切断反応の模式図

# アルキルシクロブタノン類生成を指標とした 種々の放射線照射食品の検知

大阪府立大学理学部生物科学科 古田雅一\*

大阪府立公衆衛生研究所 尾花裕孝

(\*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)

## 1. 緒言

脂肪を含む食肉などに照射された放射線を検知するには、脂肪成分の分解生成物である2-ドデシルシクロブタノン (DCB) や2-テトラデシルシクロブタノン (TCB) の分析が有効であるとされている。シクロブタノン類は安定性が高いとされているが、加熱処理された後でも照射履歴を検出できるかを、独自に開発したシクロブタノン分析法により検証した。

## 2. 方法

$^{60}\text{Co}$   $\gamma$  線により照射した食肉を一般的な方法で加熱加工・調理した。豚ミンチ肉に香辛料などの具材を加え均一化した後羊腸に充填し、40分間燻煙、85°Cで30分間茹でソーセージを調製した。調理は190°Cのホットプレート上で5分間加熱した。牛肉を220°Cのホットプレート上で片面30秒ずつ加熱した。牛肉に玉ねぎ、市販の牛丼の素、水を加えて30分間加熱した。鳥モモ肉を220°Cのホットプレート上で5分間加熱した。鳥モモ肉に空揚げ粉をまぶし、180°Cの天ぷら油中で4分間揚げた。卵を沸騰水中で10分間加熱した。卵を200°Cのホットプレート上でかき混ぜながら2分間加熱した。卵に小麦粉、バター、などを加え、180°Cのホットプレート上で片面2分間ずつ加熱した。

調理用ミルで粉碎均一化した試料10gとエキストレルート（ケイソウ土）を混合し、高速溶媒抽出セルに充填した。抽出は高速溶媒抽出装置 (DIONEX ASE200) を使用し、酢酸エチルにより、100°C、10.5Mpaで20分間抽出した。抽出液を50mLに定容後、半量を濃縮乾固後脂肪重量測定に使用し、10mLにアセトニトリルを約10mL加え、-20°Cで放置し脂肪を沈殿除去した。脱脂した抽出液を濃縮後シリカゲル固相カラム (Mega BondElut Si 1g/6mL) に負荷し、ヘキサン10mLを流出させた。さらに2%エーテル/ヘキサン10mLを溶出させてシクロブタノン画分を得た。GC/MSによりDCBとTCBを測定した。

より高温での安定性を確認するために、牛脂にDCBおよびTCBを添加し、100、150、200°Cの電気炉中で1時間放置し、残存するシクロブタノンを測定した。

## 3. 結果

今回検討した加熱処理では、加熱による水分の減少や他食材との混合による重量ベースでのシクロブタノン濃度の増大や減少は認められたが、Fatベースで濃度を表すと、加熱処理前後で大きな濃度変化は認められなかった。また、加熱による食品成分変性もGC/MS測定にほとんど影響を及ぼ



さなかった。食品としての品質が保たれた範囲の加熱では、試料内部温度が100°Cを超えることはないと考えられたので、DCBとTCBを高温下で放置してみると、100°Cでは安定であったが、150°Cでは45%程度に減少し、200°Cでは消失した。200°Cでは夾雑ピークが大幅に増大しており、脂肪成分の大幅な変性が示めされた。DCBやTCBの熱安定性は一般的な脂肪成分と同程度であることが示唆された。一方加熱によるDCBやTCBの生成は認められなかった。

(理工学における同位元素発表会にて発表予定)

#### **本研究に関する研究発表（学会等報告）**

1. 「アルキルシクロブタノン類生成を指標とした種々の放射線照射食品の検知」、尾花裕孝、古田雅一、第41回理工学における同位元素・放射線研究発表会（7月9日、東京）
2. 「ガンマ線照射食品を加熱調理したときの2-アルキルシクロブタノンの変化」、尾花裕孝、古田雅一、田中之雄、第40回日本食品照射研究協議会年次大会、（12月3日、東京）

# pH感受性膜融合リポソームーリポプレックス複合体を用いた 多機能型遺伝子ベクターの設計

大阪府大院工 坂口奈央樹, 児島千恵, 原田敦史, 河野健司\*  
(\*本研究に関する連絡先: (内線) 3318, [kono@chem.osakafu-u.ac.jp](mailto:kono@chem.osakafu-u.ac.jp))

## [緒言]

遺伝子治療においては、標的細胞に効率よく遺伝子を導入し、しかも安全なベクターの開発が望まれている。標的細胞に遺伝子を導入し、その効果的な発現に導くためには、ベクターが、細胞への結合と細胞内部への侵入、エンドソームからの脱出、細胞核への移行、核内における転写など、細胞内外の様々な過程に関わる機能を併せもつことが必要である(図1)。我々はこれまでに、新しいタイプの人工ベクターとして、弱酸性環境下で膜融合性となるサクシニル化ポリグリシドール(SucPG)修飾リポソームとリポプレックス(カチオン性脂質-DNA複合体)との複合体(SucPG複合体)を設計し、その遺伝子ベクターとしての機能を検討してきた[1]。SucPG複合体は、その表面にトランスフェリンを結合することにより、標的細胞膜上のトランスフェリンレセプターとの特異的相互作用によって、効率よく結合して、取り込まれ、酸性の内部環境をもつエンドソームと融合することによって遺伝子を効率よく細胞質内に導入する。本研究では、遺伝子導入と発現に関わる種々の過程をサポートする機能を、SucPG複合体に付与することによって、効率のよい遺伝子導入を実現する多機能型遺伝子ベクターの構築を試みた。

## [実験]

SucPG修飾リポソームは、SucPGと卵黄ホスファチジルコリンの混合薄膜に各種水溶液を加え、水和させた後、エクストルーダー(孔径50nm)を用いて調製し、さらに水溶性カルボジイミドを用いてトランスフェリンを結合させた。リポプレックスは、カチオン性脂質 TRX-20 あるいは DC-chol、ジオレ

オイルホスファチジエタノールアミン(DOPE)、ジラウロイルホスファチジルコリンからなるカチオン性リポソームとプラスミドDNAをインキュベートし、複合化することによって調製した。トランスフェリンを結合したSucPGリポソームとリポプレックスを混合し、インキュベートすることによってSucPG複合体を調製した。

## [結果と考察]

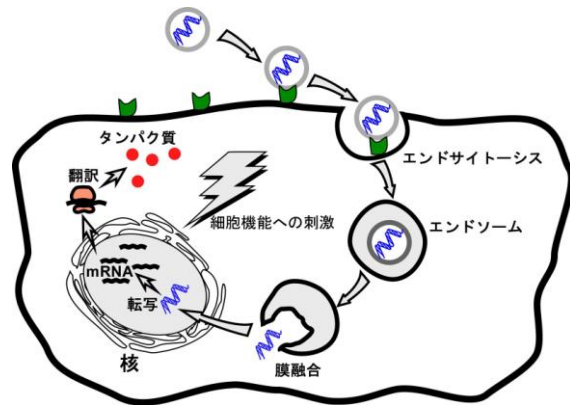


図1. 多機能性ベクターによる遺伝子導入機構

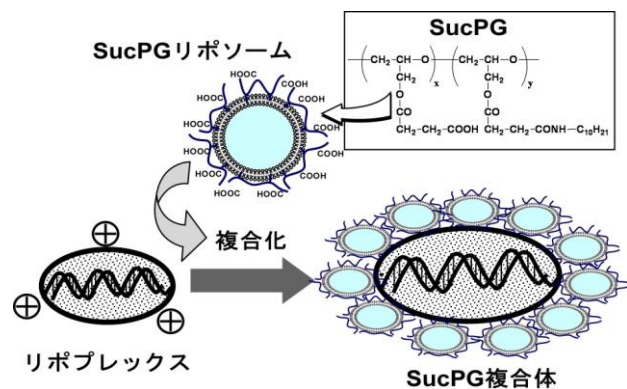


図2. SucPG複合体の調製

**SucPG 複合体の粒径の影響.** SucPG 複合体は、トランスフェリンとそのレセプターとの特異的相互作用によって標的細胞に結合し、エンドサイトーシスによって取り込まれる。粒子がエンドサイトーシスによって細胞に取り込まれる効率は、その粒径に依存することから、SucPG 複合体の粒径は、その遺伝子導入活性に影響を与えるものと予想される。SucPG 複合体をリン酸緩衝生理食塩水中で調製した場合、その粒径は、約 700~800nm であったが、5%グルコース水溶液中で調製した場合、その粒径は 200~300nm であった。これらの SucPG 複合体による HeLa 細胞へのルシフェラーゼ遺伝子の導入について検討した結果、粒径の小さな SucPG 複合体は、血清非存在下では 1.4 倍、また 10%血清存在下では 5 倍高い遺伝子導入活性を示した。また、粒径の小さな SucPG 複合体をもちいて HeLa 細胞への EGFP 遺伝子の導入について調べたところ、86%の HeLa 細胞に EGFP の発現を誘導し、この SucPG 複合体が極めて高い遺伝子導入活性を示すことがわかった。

**SucPG 複合体へのカルシウムイオンの封入の効果.** カルシウムイオンは、種々の細胞機能に関与することが知られている。そこで、塩化カルシウム水溶液を封入した SucPG 複合体を調製し、その遺伝子導入活性に及ぼすカルシウムイオン封入の効果について調べた。これらの SucPG 複合体による HeLa 細胞への EGFP 遺伝子の導入を行ったところ、カルシウムを封入した SucPG 複合体は、未封入のものに比べて顕著に EGFP の発現の増大が見られた。また、同様に塩化マグネシウムを封入し、その効果を検討したところ、遺伝子発現の増大が見られなかったことから、カルシウムイオン特異的に遺伝子発現が促進されていることが示唆された。また、カルシウムイオン封入 SucPG 複合体は、細胞による取込量が增大したことから、カルシウムイオンが細胞内に導入させることによって、細胞のエンドサイトーシスが亢進し、遺伝子導入活性の増大につながったものと考えられる。

**SucPG 複合体へのヒストン脱アセチル化酵素阻害剤の封入の効果.** ヒストンのアセチル化および脱アセチル化は転写の調節に関わり、ヒストンのアセチル化は、転写の促進につながるということが知られている。そこで、ヒストン脱アセチル化酵素の活性を阻害し、転写を促進することを目的として、その阻害剤であるトリコスタチン A を封入した SucPG 複合体を調製し、その効果について検討した。ルシフェラーゼ遺伝子の導入によるルシフェラーゼの発現量は、トリコスタチンの封入によって約 5 倍増大した。同様に EGFP 遺伝子の導入を行ったところ、EGFP を発現した細胞の割合は、トリコスタチン A の封入によって変化しなかった。このことは、トリコスタチン A が、細胞内の遺伝子発現量の増大を誘導していることを示している。

**SucPG 複合体へのコルチゾールの封入の効果.** グルココルチコイドは、細胞質内に存在するレセプターと結合すると、細胞核内に移行することが知られている。そこで、グルココルチコイドの一種であるコルチゾールを封入した SucPG 複合体を調製した。SucPG 複合体を形成している SucPG リポソーム内にコルチゾールを封入した場合、遺伝子導入効率に影響を与えなかったが、コアのリポプレックス部位に封入した場合、3 倍程度の遺伝子発現の促進が見られた。リポプレックス部位のコルチゾールがレセプターと結合し、遺伝子の細胞核への移行を促進したものである。

本研究課題に関する発表

1-1) K. Kono, H. Akiyama, T. Takahashi, T. Takagishi, A. Harada, "Transfection activity of polyamidoamine dendrimers

having hydrophobic amino acid residues in the periphery", *Bioconjugate Chem.*, 16, 208-214 (2005)

- 2-1) T. Takahashi, A. Harada, T. Takagishi, K. Kono, "Transfection Activity of Cationic Lipids Having Polyamidoamine Dendrons", 7th World Biomaterials Congress (Sydney, Australia, May 2004) Abstract, p.1803
- 2-2) N. Sakaguchi, K. Koiwai, A. Harada, K. Kono, Effect of particle size on transfection activity of complexes of pH-sensitive fusogenic liposome and lipoplex, 4th Asian international symposium on biomaterials (Tsukuba, Japan, November 2004), Abstract, p.318
- 2-3) T. Takahashi, A. Harada, K. Kono, Preparation of Efficient Gene Carriers Using Polyamidoamine dendrimer lipids, 4th Asian international symposium on biomaterials (Tsukuba, Japan, November 2004), Abstract, p.344
- 3-1) 坂口奈央樹, 小岩井一倫, 原田敦史, 河野健司, 微粒子化された pH 感受性膜融合リポソーム-リポプレックス複合体による高効率遺伝子導入, 第 20 回日本 DDS 学会, 予稿集 p. 306
- 3-2) 河野健司・坂口奈央樹・小岩井一倫・原田敦史, pH 感受性膜融合リポソーム-リポプレックス複合体を用いた多機能型遺伝子ベクターの設計, 日本バイオマテリアル学会シンポジウム 2004, 予稿集 p. 42-43
- 3-3) 坂口奈央樹, 小岩井一倫, 原田敦史, 高岸徹, 河野健司, pH 感受性膜融合リポソーム-リポプレックス複合体の微粒子化とその遺伝子導入活性, 第 53 回高分子学会年次大会, 予稿集 p.1941
- 3-4) 坂口奈央樹, 原田敦史, 小岩井一倫, 河野健司, 微粒子型 pH 感受性膜融合リポソーム-リポプレックス複合体による高効率遺伝子導入, 第 53 回高分子討論会, 予稿集, p. 5158

# 放射線発がん感受性遺伝子に関する研究

森展子<sup>1)</sup>, 奥本正昭<sup>2)</sup>, 伊吹将人<sup>3)</sup>, 梅迫誠一<sup>4)</sup>, 飯賀紗代子<sup>4)</sup>, 高橋征浩<sup>5)</sup>

大阪府大・<sup>1)</sup> 理学系研究科生物科学専攻, <sup>2)</sup> 旧先端研, <sup>3)</sup> 総合科学部自然環境科学科, <sup>4)</sup> 農学生命科学研究科, <sup>5)</sup> 農学部獣医学科

連絡先: 電話 (内線) 3593, メール: morin@b. s. osakafu-u. ac. jp

## 要旨

### 【はじめに】

俗に「がん体質」といわれるように、がんの発生には遺伝的要因が関係している。特に乳がん、前立腺がん、大腸がんなどの自然発生がんのうち、相当部分が遺伝的要因によって説明できるという報告がある<sup>1)</sup>。これらの「がん体質」の遺伝子、すなわち発がん感受性遺伝子の同定は、がんの予防と治療にとって重要である。しかしながら、「がん体質」は多くの場合多数の因子が関係するため、ヒトのように遺伝的に不均一な集団を解析することは容易ではない。マウスでは発がん感受性に違いのある近交系が多く樹立されている。本研究では、発がん感受性の異なる系統間の遺伝交配を用い、放射線でがんを誘発させ発がん感受性（リンパ腫、乳がん）を解析した。

### 【結果】

- (1) 219頭の(BALB/c X STS)F1 X BALB/c マウスを用い、放射線によるリンパ腫誘発感受性の連鎖解析を行った。その結果、D4Mit17(31.4 cM)近傍、および、D4Mit302 (42.5 cM) -D4Mit255 (48.5 cM) の6 cM領域の2箇所で、有意水準を越える $\chi^2$ 値(それぞれ、16.0と19.1)が得られた。コンジュニクラインの解析によって、D4Mit302とD4Mit9の間2 cM領域に感受性遺伝子座があること、推定上の感受性2遺伝子座の中間D4Mit86 (37.6 cM) からD4Mit302(42.5 cM)までの約5 cM領域には、感受性遺伝子座はないことを確認した。
- (2) BALB/cHeA-*p53*<sup>KO/+</sup>とMSM/Ms-*Atm*<sup>KO/+</sup>を交配したF<sub>1</sub>雌マウスに5GyのX線を照射したところ、乳癌は*p53*<sup>KO/+</sup> *Atm*<sup>+/+</sup>マウスでは31%、*p53*<sup>KO/+</sup>*Atm*<sup>KO/+</sup>マウスでは58%に発生した。*p53*ヘテロ欠損が乳癌を発生させ、*Atm*ヘテロ欠損は乳癌の発生をさらに増加させた。乳癌のゲノムワイドのLOHスクリーニングにより、がん抑制遺伝子は5, 8, 9, 10, 11, 12番染色体に存在することが判った。これらのLOH領域を絞り込み候補遺伝子を探索した。*p53*<sup>KO/+</sup>マウスに発生した乳癌41例中40例(98%)において*p53*の野生型アリルが消失しており、乳癌発症に*p53*の機能喪失が主要な役割を演じていることが判った。

### 【考察】

遺伝解析の結果リンパ腫感受性遺伝子が4番染色体複数領域に存在するという結果が得られた。これらの領域は、他の系統の組み合わせにおいて4番染色体上に検出された領域<sup>2)</sup>より近位にある。

## 参考文献

- 1) Lichtenstein, P., Holm, N. V., Verkasalo, P. K., Iliadou, A., Kaprio, J., Koskenvuo, M., Pukkala, E., Skytthe, A. and Hemminki, K. (2000) Environmental and heritable factors in the causation of cancer. *New Engl. J. Med.* **343**, 78-85.
- 2) Tamura Y, Maruyama M, Mishima Y, Fujisawa H, Obata M, Kodama Y, Yoshikai Y, Aoyagi Y, Niwa O, Schaffner W, Kominami R. (2005) Predisposition to mouse thymic lymphomas in response to ionizing radiation depends on variant alleles encoding metal-responsive transcription factor-1 (Mtf-1). *Oncogene* **24**, 399-406.

## 本研究に関する研究発表 (1. 原著論文、2. その他報文、3. 学会等報告)

### 1. 原著論文

- 1-1) M. Kuwamura, A. Kinoshita, M. Okumoto, J. Yamate, N. Mori (2004) Hemorrhagic hydrocephalus (hhy): a novel mutation on mouse chromosome 12. *Dev. Brain Res.* **152**, 69-72.
- 1-2) S. Ogawa, D.-P. Hong, N. Mori, S.-I. Umesako, C.-W. Song, M. Okumoto (2004) Allelic loss analysis of lymphomas induced in Fas-heterozygous deficient mice. *J. Vet. Med. Sci.*, **66**, 97-102.
- 1-3) S. Umesako, K. Fujisawa, S. Iiga, N. Mori, M. Takahashi, D.-P. Hong, C.-W. Song, S. Haga, S. Imai, O. Niwa, M. Okumoto (2005) Atm heterozygous deficiency enhances development of mammary carcinomas in p53 heterozygous knockout mice. *Breast Cancer Res.* **7**, R164-170.

### 2. その他報文

- 2-1) 「X線分割照射した p53ヘテロ欠損 BALB/c マウスにおける乳腺腫瘍の高発生」 森展子、梅迫誠一、山手丈至、洪斗杓・奥本正昭, 乳癌基礎研究 13, 17-26 (2004).
- 2-2) 「Atm および p53ヘテロ欠損マウスの乳癌におけるがん抑制遺伝子領域の解析 — 9, 10, 12 番染色体における解析—」 飯賀紗代子・梅迫誠一・森展子・杉本憲治・奥本正昭, 乳癌基礎研究 13, 29-32 (2004).
- 2-3) 「Atm および p53ヘテロ欠損マウスの乳癌におけるがん抑制遺伝子領域の解析—乳癌の発生状況とアレル消失領域のゲノムワイドスクリーニング—」 梅迫誠一, 飯賀紗代子, 高橋征浩, 森展子, 藤澤可恵, 芳賀敏美, 今井俊介, 岡田利也, 奥本正昭, 乳癌基礎研究 13, 33-36 (2004).
- 2-4) 文部科学省科学研究費補助金 (基盤研究 C 2) 「放射線発癌感受性を支配する遺伝子の解析」 森展子 (代表者), 奥本正昭 (分担), 山手丈至(分担), 平成 16 年度実績報告書 (課題番号 14580571).

### 3. 学会等報告

- 3-1) 「Atm および p53ヘテロ欠損マウスにおける乳癌発生に関与する候補がん抑制遺伝子の検討」 梅迫誠一, 飯賀紗代子, 高橋征浩, 森展子, 藤澤可恵, 丹羽太貫, 奥本正昭, 日本分子生物学会春季シンポジウム (奈良, 2004 年 5 月 19~20 日)
- 3-2) 「Development of mammary carcinomas in p53- and/or Atm-heterozygous deficient mice and analysis of putative tumor suppressor genes」 M. Okumoto, S. Umesako, S. Iiga, M. Takahashi, N. Mori, K. Fujisawa, O. Niwa, (Innsbruck, 2004 年 7 月)
- 3-3) 「放射線照射p53ヘテロ欠損マウスにおける乳腺腫瘍発生を修飾する因子」 森展子, 藤澤可恵, 山手丈至, 奥本正昭, 日本癌学会第63回総会 (福岡, 2004年9月29~10月1日)
- 3-4) 「Atmおよびp53ヘテロ欠損の乳がん発生に及ぼす影響と関与するがん抑制遺伝子の解析」 奥本正昭, 梅迫誠一, 飯賀紗代子, 高橋征浩, 森展子, 藤澤可恵, 丹羽太貫, 日本癌学会第63回総会 (福岡, 2004年9

月29～10月1日)

- 3-5) 「A novel mutation hemorrhagic hydrocephalus (hhy) maps to mouse chromosome 12」 Nobuko Mori, Mitsuru Kuwamura, Asako Kinoshita, Masaaki Okumoto, Jyoji Yamate: 18th International Mouse Genome Conference (Seattle, 2004年10月18～22日)
- 3-6) 「マウスにおける放射線誘発リンパ腫感受性の遺伝解析」 森展子, 船岡希恵子, 奥本正昭, 長岡勉, 日本放射線影響学会第47回大会 (長崎, 2004年11月27日)
- 3-7) 「p53 遺伝子ヘテロ欠損マウスにおいて Atm 遺伝子ヘテロ欠損が乳がん発生を増加させる」 奥本正昭, 梅迫誠一, 飯賀紗代子, 高橋征浩, 藤沢可恵, 森展子, 丹羽太貫, 日本放射線影響学会第47回大会 (長崎, 2004年11月27日)
- 3-8) 「遺伝性出血性水頭症突然変異 *hhy* のファインマッピングと候補遺伝子 *Bcl11b* の検討」 伊吹 将人, 森 展子, 山手 丈至, 木下 麻子, 桑村 充, 高橋 征浩, 奥本 正昭, 木南 凌, 井澤武史, 蒲生 寿美子, 第27回日本分子生物学会 (神戸, 2004年12月10日)
- 3-9) 「マウス乳がんの12および8番染色体上アレル消失領域における遺伝子発現の解析」 飯賀紗代子, 杉本憲治, 梅迫誠一, 高橋征浩, 森展子, 藤沢可恵, 丹羽太貫, 奥本正昭, 第27回日本分子生物学会 (神戸, 2004年12月10日)
- 3-10) 「p53 ノックアウトマウス胸腺リンパ腫の19番染色体上 Pten 及び D19Mit56-Mit51 領域における高頻度アレル消失」 高橋征浩, 久保喜平, 梅迫誠一, 飯賀紗代子, 森展子, 奥本正昭, 第27回日本分子生物学会 (神戸, 2004年12月10日)

## マウス神経幹細胞に及ぼすX線照射の影響

加藤智朗<sup>1</sup>、金村米博<sup>2</sup>、白石一乗<sup>3,4</sup>、児玉靖司<sup>3,4</sup>、原正之<sup>1,2,3,4,\*</sup>

(<sup>1</sup>農学生命科学研究科、<sup>2</sup>独立行政法人・産業技術総合研究所、<sup>3</sup>理学系研究科、<sup>4</sup>産学官連携機構、

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

脳・脊髄からなる中枢神経系は、従来、その機能が失われると再生が難しい臓器とされてきた。近年、中枢神経系において多分化能と自己複製能を有した神経幹細胞が存在すると考えられるようになり、神経の機能的再生への興味から多くの研究が行われてきた。1992年に neurosphere 法が報告されて以来、生体外での培養が容易になったものの、細胞表面に特異的に発現する適当な分子マーカーがあまり多くは見つかっていないため、神経幹細胞がどういう細胞であるのか具体的に証明した報告例は少なく、未だ未解明の点が多い。本研究では脳の形成と維持に重要な役割を果たしていると考えられる「神経幹細胞・前駆細胞；NSPC」と呼ばれる細胞群が放射線という環境ストレスにどのように応答して挙動が変化するかを、成体の脳内で引き起こされる変化について検討した。その結果、以下のことが示された。

- ・マウス脳へ 10 Gy の X 線を照射することにより SVZ 領域での活発な細胞増殖は抑制される。
- ・その増殖抑制は、その後自然に回復することはないが、そのことは生命の維持に関わるほどの影響を持たない。
- ・放射線の直接的な影響かそれに伴った脳内環境の変化によるものか定かではないが、SVZ 領域の細胞を高濃度の成長因子を含む環境で半強制的に増幅させようとしても、もはやそれに応答する細胞はかなり減少している。
- ・さらに、成長因子に応答して増幅した細胞でも、そこから生産されるニューロンはその成熟がスムーズに進行しない可能性を示唆した。また、同時に成体脳でニューロンを生産している細胞はアストロサイトである可能性を示唆した。

これらの現象の起きる詳しいメカニズムについては、今後さらに研究を進めることが必要であると考えられる。



## 低線量放射線による個体影響

大阪府大産学官 白石一乗\*、小嶋崇男、児玉靖司

(\*本研究に関する連絡先：電話（内線）4241、メール shiriash@riast.osakafu-u.ac.jp)

これまで、放射線による生物影響は被爆者の疫学的調査や、高線量域で行われた動物実験での結果と放射線量のゼロの値を原点として結んだ直線外挿から推測されてきた。また放射線防護における放射線荷重計数の根拠となる、RBE (relative biological effectiveness) も同様の手法で求められてきた。そのため、放射線防護の見地からすると、いかなる微量な放射線であろうとも生体に害を及ぼすと考えられてきた。さらに、チェルノブイリ原子炉事故、セミパラチンスク核実験の被曝者においては、被曝した人の孫の世代でも突然変異頻度の上昇が見られるとの報告もある。その一方で低線量の原爆被曝者では、延命や発ガンリスクの低下といった疫学調査の結果も存在している。実際の社会生活での被曝は多くの場合、低線量域で起こるので、そこでの研究報告は非常に重要な知見を含んでいる。しかしながら、これらの報告の多くは疫学的検証の成果であり、被曝線量の推定、標本の収集等、データ作成の点でばらつきが介在する可能性は否定できない。さらに、動物実験においては低線量域での実験は対照群との差が出にくいいため、膨大な時間と労力が必要とされるので、研究報告があまりなされていないのが現状である。本報告では大阪府立大学・産学官連携機構・放射線研究センターの所有する、放射線施を用いた、低線領域における個体影響の結果を報告する。

まず初めに、マウスの P (pink-eyed dilution) 遺伝子の復帰突然変異を指標に、電離放射線での低線量域における胎児及び次世代への影響を報告する。この復帰突然変異は放射線に対して高感度であり、復帰突然変異した細胞は網膜色素細胞において、一つずつ測定できるため、必要な実験動物が少なく済むという利点がある。X線発生装置で 0.08~0.45Gy (線量率: 0.5Gy/min) の照射を、10日にわたり10回行い、突然変異頻度を測定した。その結果、胎児、及び次世代への影響は観察されなかった。続いて、低線量連続照射実験のために大阪府立大学・放射線研究センターの所有するコバルト 60 ガンマ線源を改変して、低線領域連続照射場を作成した。0.004Gy/min の線量率で低線源照射場を用いて、胎児及び次世代影響を観察した。積算線量で 4.0、6.0 Gy 照射された胎児の突然変異頻度は上昇しなかったが、その出産頭数は減少した。今回の実験により急性照射より連続照射の方が発生過程に大きく影響することが示された。これは、放射線で損傷した胚や精子を積極的に排除することで、次世代へゲノム異常を伝搬させないための防御機構である可能性がある。生殖細胞や初期胚での生物応答は成熟した体細胞とは異なることは十分考えられる (論文1)。生物のゲノム安定性機構は個々の細胞における DNA 修復、細胞周期制御、さらにアポトーシスなど様々な段階で保持されているが、個体発生過程においてもその機構が積極的に関与していることが考えられる (報告1)。

次に本研究センターの所有する X 発生装置を用いた、マウス個体での放射線適応応答について報告する。これまで放射線適応応答の指標として脾臓コロニーの有意な増殖を報告してきた。今回、我々は形成される脾臓コロニーが骨髄死抑制にどのような役割を持つのかを検証した。骨髄

細胞に *in vitro* 直接照射し、骨髄移植による外因性脾臓コロニー形成能と生存率を求めた。骨髄幹細胞数はマウスへの 0.5Gy 前照射後、8 日目には半減し、14 日後でも回復しなかった。一方で、前照射マウスから回収された骨髄での移植は対照群と比較して、30 日生存率に差がなかった。この結果は事前照射によって骨髄幹細胞の生存に関わる機能が向上していることを示唆している。また、前照射 14 日後の骨髄幹細胞は *in vivo* での 5Gy 照射に対して弱い抵抗性を示した。しかしながら、前照射 8 日後の骨髄幹細胞も同様の放射線抵抗性を示し、脾臓コロニーが形成されているのに骨髄死を防ぐことができなかった。これは脾臓コロニーを形成する細胞が直接、骨髄死抑制を担う訳ではないことを示唆する（報告 2、報告 3）。また、放射線適応適応応は 1mmGy/min 程度の低線領域でも誘導され、顕著に脾臓コロニーが増加する。この機構には p53 遺伝子が関与すると考えられており（論文 2）、今回報告した骨髄死抑制機構がどのように制御されているのか、分子生物学的に解析することが今後の課題である。

### 本研究に関する研究発表（1. 原著論文、2. その他報文、3. 学会等報告）

- 1-1) Toyoshima M, Shimura T, Adiga SK, Taga M, Shiraishi K, Inoue M, Yuan ZM, Niwa O., Transcription-independent suppression of DNA synthesis by p53 in sperm-irradiated mouse zygotes., *Oncogene*. 2005 May 5;24(20):3229-35.
- 1-2) Shiraishi K, Tachibana A, Yonezawa M and Kodama S., Adaptive response of bone marrow stem cells induced by low-dose rate irradiation in C57BL/6 mice. *High Levels of Natural Radiation and Radon Areas: Radiation Dose and Health Effects (International congress)* 1276, 264-265, 2005.
- 3-1) 日本原子力研究所第 9 回黎明研究成果報告
- 3-2) 第 4 7 回日本放射線影響学会報告
- 3-2) 「低線量放射線に応答する生体機能に関する研究」成果報告

# 放射線ホルミシス

## ー放射線遮蔽装置を用いたゾウリムシの増殖実験ー

大阪府大産学官 川西優喜、松田八束、谷口良一、白石一乗、奥山勝幸、汐見信行、八木孝司\*、米澤司郎

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

1987年フランスの Planel らは、自然放射線を鉛板で遮蔽してゾウリムシを培養するとその増殖が抑制され、遮蔽した自然放射線を低線量線源で補償すると増殖が回復することを報告した(1)。本研究ではこの現象の追試を試みた。

我々の遮蔽装置は15 cm厚の鉄板で作られた箱で、外側に10 cm厚のパラフィン層をもつ。鉄箱内の $\gamma$ 線量をNaIシンチレーション検出器で測定したところ外部の約1/50(内部: 2.1 nGy/hr、外部: 109 nGy/hr)、 $^3\text{He}$ 計数管による測定では中性子線量は外部の約1/4であった。尚 Planel らの実験は $\gamma$ 線を約1/6(内部: 30 nGy/hr、外部: 200 nGy/hr)に減じたものである。この鉄箱内に、アルミホイル包装した発泡スチロール箱を設置、これに温度制御用恒温水を循環させ培養装置とした。同一の発泡スチロール箱を鉄箱外にも置き対照培養装置とした。温度制御精度は0.1°Cで鉄箱内・外の培養装置温度差は常に0.1°C以内であった。

上述の装置を用いて Planel らと同じヨツヒメゾウリムシ(*Paramecium tetraurelia*, mating type VII)を培養、増殖を観察した。鉄箱内と外の培養装置で、Planel らと同様自家生殖を誘導しエイジを揃えたゾウリムシ個体を10日間培養、個体数を計数し増殖曲線を描いた。その結果鉄箱内・外でゾウリムシの増殖に差は見られず、本条件下では、自然放射線遮蔽による増殖抑制があるとは結論できなかった。

謝辞 奈良女子大学理学部高木由臣教授にゾウリムシ培養を指導していただきました。

### 参考文献

1) Planel, H., et al., *Health Physics*, 52(5): 571-578 (1987)

### 本研究に関する研究発表 (1. 原著論文、2. その他報文、3. 学会等報告)

3-1) 「自然放射線を遮蔽するとゾウリムシの増殖抑制が起こるというのは本当か」、川西優喜他、第17回変異・発癌抑制機構研究会(6月26-27日、愛知県瀬戸市)

3-2) 「自然放射線遮蔽によるゾウリムシの増殖抑制効果を確認する」、川西優喜他、第47回放射線影響学会(11月25-27日、長崎県長崎市)

### 3. 大阪府立大学産学官連携機構

#### 放射線研究センター共同利用報告会プログラム

日時、場所：平成 17 年 6 月 27 日（月）9:50-17:50 大阪府立大学産学官連携機構・放射線研究センター講堂

9:50-10:00 開会の挨拶 放射線研究センター長 溝畑 朗

10:00-11:30 【一般講演】 [座長：松田八束（府大産学官）]

\* 銅イオン照射した鉄中の微小銅析出形成初期過程の研究, 堀史説, 田中真治, 蔵元英一\*, 岩瀬彰宏（府大院工, \*九大応力研）

\* Cz-Si 中の潜在欠陥の陽電子消滅法による検出と評価, 堀史説, 中川聰子, 大嶋隆一郎\*, 岩瀬彰宏（府大院工, \*ONSA）

\* 陽電子による金属ガラスの構造緩和過程における自由体積と電子状態の変化の研究, 堀史説, 矢野貴明, 今野豊彦, 横山嘉彦\*, 岩瀬彰宏（府大院工, \*東北大金研）

\* 高エネルギー電子線照射による FeRh 合金の反強磁性-強磁性変態温度の変化, 福住正文, 谷口良一, 鈴木基寛\*, 高垣昌史\*, 水木純一郎\*\*, 岩瀬彰宏（府大院工, \*JASRI, \*\*原研）

\* 過飽和合金系 FeCu の電子線照射による照射促進偏析, 岩瀬彰宏, 中川将\*, 谷口良一\*\*, 北川通治\*\*\*, 大嶋隆一郎\*\*\*（府大院工, \*府大工, \*\*府大産学官, \*\*\*ONSA）

\* PdSi 系, AgSi 系における Si 原子の照射促進拡散 -XPS, RBS による評価-, 岩瀬彰宏, 加藤雄三郎\*, 石川法人\*\*, 知見康弘\*\*, 馬場祐治\*\*, 土田秀次\*\*\*（府大院工, \*府大工, \*\*原研, \*\*\*京大）

\*  $\gamma$  線・電子線照射による非熱平衡反応場を利用した貴金属微粒子の生成と評価, 前田修大, 谷口良一\*, 小嶋崇夫\*, 奥田修一\*, 堀史説, 岩瀬彰宏（府大院工, \*府大産学官）

11:30-12:15 【一般講演】 [座長：森利明（府大産学官）]

\*  $\gamma$  線架橋コラーゲンの研究, 井上直樹, 別所昌彦\*, 古田雅一\*, 小嶋崇夫\*\*, 奥田修一\*\*, 原正之\*（府大院生, \*府大院理, \*\*府大産学官）

\* マウス神経幹細胞に及ぼす X 線照射の影響, 加藤智朗, 金村米博\*, 白石一乗\*\*, 児玉靖司\*\*, 原正之\*\*\*（府大院生, \*産総研, \*\*府大産学官, \*\*\*府大院理）

\* アルキルシクロブタノン類生成を指標とした種々の放射線照射食品の検知, 古田雅一, 尾花裕孝\*（府大院理, \*府立公衆衛生研）

12:15-13:45 放射線照射施設見学（約 20 分）および昼食

13:45-14:30 【一般講演】 [座長：伊藤憲男（府大産学官）]

\* 大阪府大先端研放射線施設の安全管理の現状, 松田八束, 阿部康夫\*, 八木孝司, 奥田修一, 汐見信行, 岡喬, 中村茂樹\*, 谷口良一, 小嶋崇夫, 伊藤憲男, 柴田せつ子\*, 清田俊治,

白石一乗, 川西優喜, 堀史説\*\*, 和田野晃\*\*\*, 乾博\*\*\*, 阿賀田政吉, 小嶋宏和 (府大産学官, \*府大先端研, \*\*府大院工, \*\*\*府大院生)

\* 電子ライナックの現状, 谷口良二, 小嶋崇夫, 松田八束, 中村茂樹\*, 奥田修一 (府大産学官, \*府大先端研)

\* 電子線ライナックの超微弱電子ビームの開発, 谷口良二, 若松はるか\*, 小嶋崇夫, 奥田修一 (府大産学官, \*府大工)

14:30-15:30 【一般講演】 [座長: 岩瀬彰宏 (府大院工) ]

\* 高エネルギー電子線からのコヒーレント THz 放射の計測と利用, 奥田修一, 力安敬太郎\*, 谷口良一, 小嶋崇夫, 高橋俊晴\*\*, Soon-Kwon Nam\*\*\* (府大産学官, \*府大工, \*\*京大炉, \*\*\*Kangwon National Univ.)

\* 光中性子法による超微弱ウラン定量技術の開発, 川崎智, 岩瀬彰宏\*, 谷口良一\*\*, 佐々木朋三\*\*\* (日立, \*府大院工, \*\*府大産学官, \*\*\*原環センター)

\* 電離箱型照射線量率計の校正とガンマ線照射場の値付け, 小嶋崇夫, 中村茂樹\*, 松田八束, 岡喬, 谷口良一, 奥田修一, 白石一乗, 赤坂信弘\*\* (府大産学官, \*府大先端研, \*\*ONSA)

\* 放射線照射によって誘起される固体表面活性に関する研究, 高柳健太郎, 小嶋崇夫, 谷口良一, 奥田修一, 清野智史\*, 山本孝夫\*\* (府大産学官, \*阪大産研, \*\*阪大院工)

15:30-15:45 休 憩

15:45-16:30 【特別講演】 [座長: 奥田修一 (府大産学官) ]

\* γ線照射による金と磁性酸化鉄が複合したナノ粒子材料の合成, 山本孝夫 (阪大院工)

16:30-17:45 【一般講演】 [座長: 児玉靖司 (府大産学官) ]

\* 低線量域放射線による個体影響, 白石一乗 (府大産学官)

\* 放射線ホルミシス ～放射線遮蔽装置を用いたゾウリムシの増殖実験～, 川西優喜, 松田八束, 谷口良一, 白石一乗, 奥山勝幸, 汐見信行, 八木孝司, 米澤司郎\* (府大産学官, \*府大先端研)

\* 放射線発がん感受性遺伝子に関する研究, 森展子, 奥本正昭\*, 伊吹将人\*\*, 梅迫誠一\*\*\*, 飯賀紗代子\*\*\*, 高橋征浩\*\*\* (府大院理, \*府大先端研, \*\*府大総科, \*\*\*府大農)

\* シロイヌナズナにおける酸化損傷塩基 8-oxodGTP の除去に関わる酵素の探索, 渡辺千尋, 滝本晃一, 大谷謙二\*, 森利明\*\* (山口大農, \*府大院理, \*\*府大産学官)

\* DNA の高次構造変化と二本鎖切断反応 – 1 分子可視化法の活用 –, 吉川祐子, 馬籠信之, 森利明\* (名古屋文理大短大食物栄養, \*府大産学官)

17:45-17:50 閉会の挨拶 産学官連携機構 奥田修一

(発表者下線)

18:00-19:00 交流会 (同会場)

4. 特別講演

「 $\gamma$ 線照射による金と磁性酸化鉄が複合したナノ粒子材料の合成」

阪大院工 山本孝夫

大阪府立大学産学官連携機構・放射線研究センター  
2005.6.27日

$\gamma$ 線照射による  
金と磁性酸化鉄が複合した  
ナノ粒子材料の合成

大阪大学大学院 工学研究科  
ビジネスエンジニアリング専攻  
http://www.mit.eng.osaka-u.ac.jp/  
山本 孝夫  
takao@mit.eng.osaka-u.ac.jp  
http://www.mit.eng.osaka-u.ac.jp/tf/web/frame.html

(1)

◆従来技術(2)

金ナノ粒子  
◎特徴的な色調を有する。  
(抗原抗体やDNAの相補的結合により色調が変化)  
◎-SH基を有する生体分子が選択的に金と結合。(コーティング剤が不要)

生体分子  
(核酸、タンパク質、抗体)

ナノ粒子を使った遺伝子診断  
プローブDNA<sub>1</sub> 標的DNA  
プローブDNA<sub>2</sub> 金ナノ粒子  
目視検出できる  
既報C.A.Mikin等  
標的DNAが存在するとピンク色から青色に変化

特定生体分子の検出は可能だが、  
結合した生体分子の分離・回収・誘導はできない

(4)

◆複合粒子の概略

既存研究  
磁性ナノ粒子  
金ナノ粒子  
複合化  
金/酸化鉄磁性複合ナノ粒子  
金ナノ粒子  
酸化鉄ナノ粒子  
☆バイオ分野での活躍が期待される新材料  
50 nm

(生体分子と結合・生体内への導入)のために必要な条件は  
・有害な界面活性剤や有機溶媒を使用しない  
・水溶液中で分散  
・放射線や超音波を利用して、水溶液中で合成することに成功  
・他に例のない独自の手法

(2)

◆期待される用途の例(3)

金ナノ粒子  
プローブDNA<sub>1</sub> 標的DNA  
プローブDNA<sub>2</sub> 金ナノ粒子  
目視検出だけ  
既報C.A.Mikin等  
標的DNAが存在するとピンク色から青色に変化

複合化の効果  
金酸化鉄複合ナノ粒子  
プローブDNA<sub>1</sub> 標的DNA  
金ナノ粒子  
目視検出 + 分離回収  
特定遺伝情報を持つDNAのスクリーニングが可能に  
ゲノミクス・プロテオミクスにおけるツールとなる可能性

(5)

◆従来技術(1)

磁性ナノ粒子・磁気ビーズ ◎磁石による分離・回収・誘導は可能

磁性粒子(コア)  
有機物 or 重合体(シェル)  
(デキストラン, PEG, etc.)  
生体分子  
(核酸、タンパク質、抗体)

特異吸着する分子を磁場で回収・分離・誘導  
⇒磁気ビーズとして検査・診断分野で実用化

×目的生体分子ごとにコーティング材が必要  
×市販品の磁気ビーズはマイクロメートルサイズと大きい(水中での分散性、比表面積)  
×生体分子がコーティング剤と結合して失活する場合あり

(3)

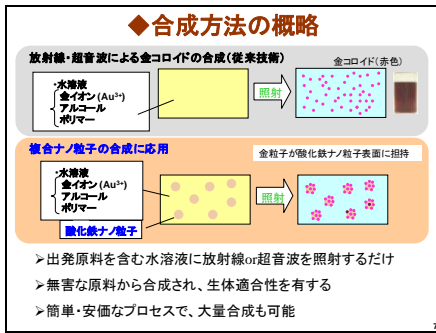
金/磁性酸化鉄複合ナノ粒子を合成する意義

両者の特徴を併せ持つ新材料!  
◎磁場による分離・回収・誘導  
◎金と-SH基の選択的結合性  
◎金特有の色調  
鉄も金も生体適合性が高い

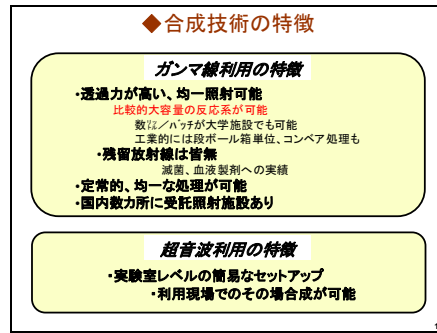
・応用ニーズから  
- 金と鉄の生体適合性 ⇒ ドラッグデリバリー (DDS)  
- 金と生体分子との結合性 ⇒ 生体分子フローピング  
多方向に利用できる新材料の可能性

・合成技術から  
- 鉄コア/金シェル構造: 水分散系で成功例がない  
- 界面活性剤不要・生体適合性、生体分子を失活させない

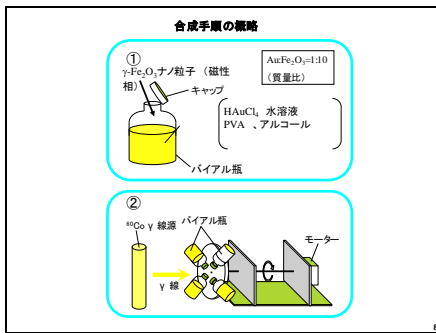
(6)



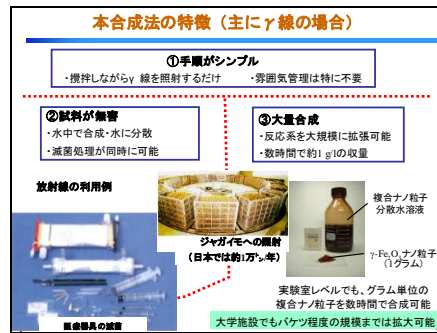
(7)



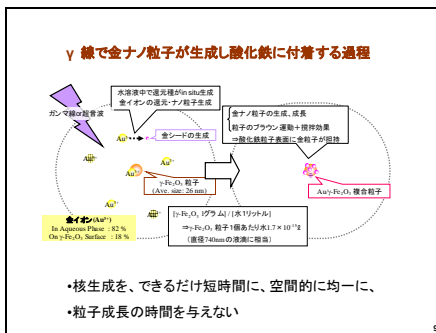
(10)



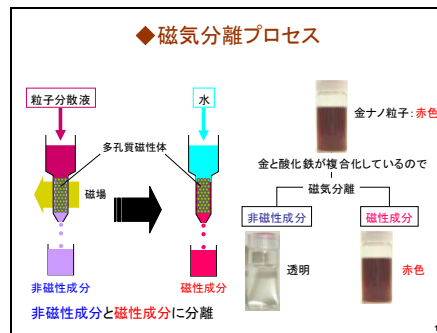
(8)



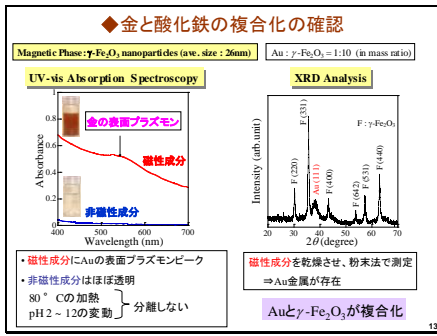
(11)



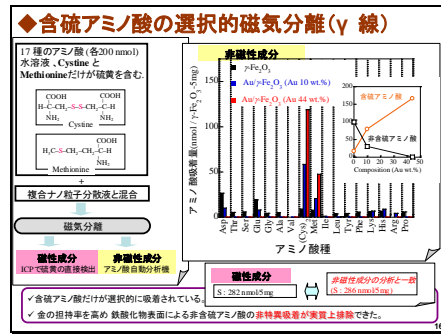
(9)



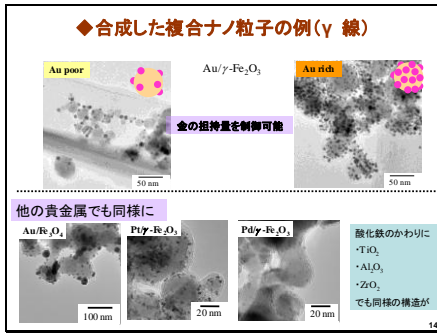
(12)



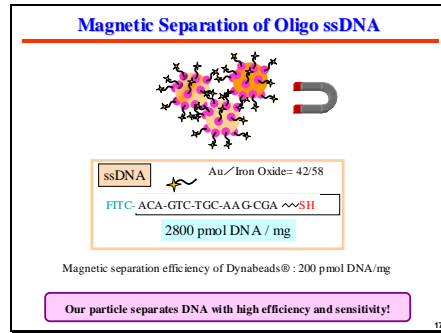
(13)



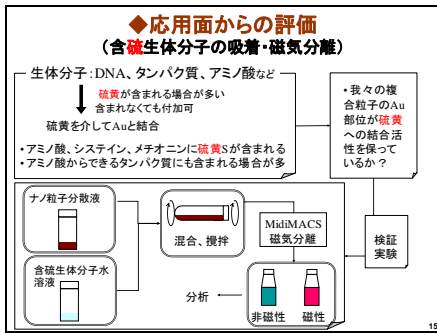
(16)



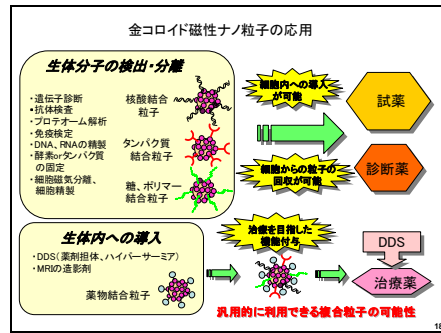
(14)



(17)



(15)



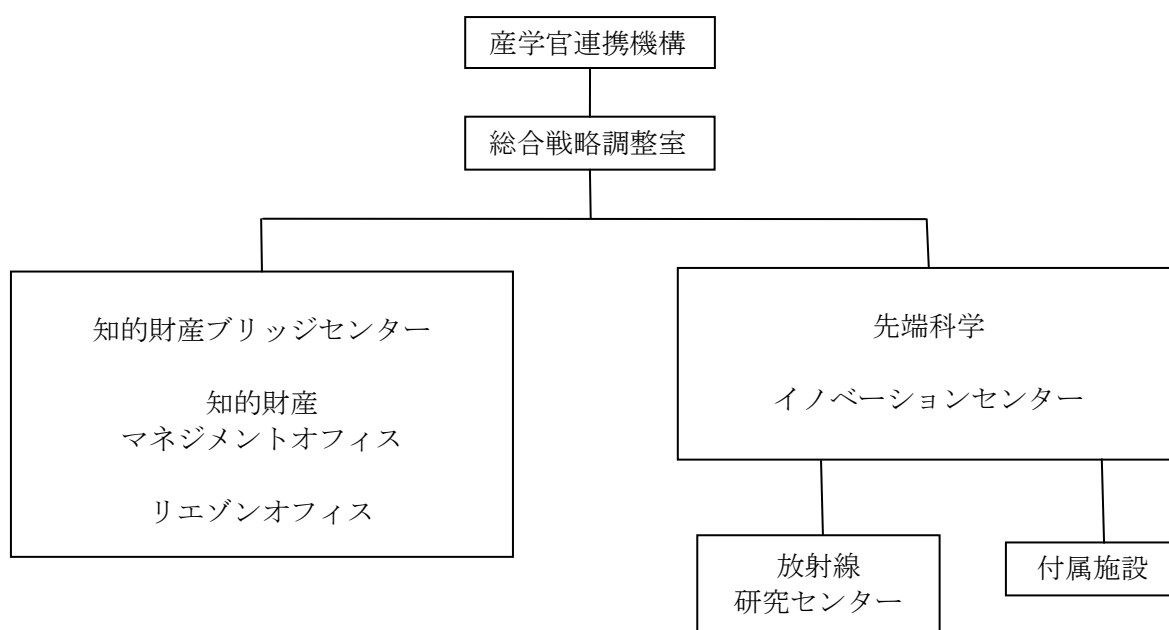
(18)



## 5. 放射線共同利用施設の現状

### 5.1 放射線研究センターの組織の概要

平成17年4月の法人化に伴い、大阪府立大学は公立大学法人となった。旧大阪府立大学先端科学研究所の放射線総合科学研究センターは、放射線・加速器関連施設および教員組織共に、産学官連携機構の放射線研究センターに移行した。その組織の概要は次のとおりである。



#### 放射線研究センター教員組織

- ・環境計測科学研究室  
溝畑朗 教授（センター長）、伊藤憲男 助手
- ・量子線材料科学研究室  
奥田修一 教授、谷口良一 助教授、岡喬 講師、小嶋崇夫 助手
- ・遺伝子環境科学研究室  
八木孝司 教授、森利明 助手、川西優喜 助手
- ・放射線生命科学研究室  
児玉靖司 教授、白石一乗 助手
- ・アイソトープ利用研究室  
汐見信行 教授、松田八束 助教授

### 5.2 放射線照射利用施設

線源棟放射線照射利用施設は、量子線材料科学研究室を主に、放射線化学研究室および放射線物理学研究室の協力のもとに維持管理を行っている。

## 5.2.1 コバルト 60 ガンマ線照射施設

### 1) ガンマ線源の数量

各ガンマ線照射室に保管されているコバルト 60 線源の数量は表 1 のとおりである。

表 1 コバルト線源の保管数量

第 1 照射室	第 2 照射室	第 3 照射室	第 4 照射室および照射プール
数量	439	334	2.78
個数	9	1	1

(2005 年 3 月 31 日現在、数量単位 TBq)

照射施設の保守管理の状況はほぼ昨年度の通りであった。ガンマ線照射場の精度を再確認するために、電離箱線量計をガンマ線標準場を持つ機関において感度較正し、本施設の照射室における線量率を再測定した。

### 2) ガンマ線照射施設の利用状況

学内外の利用者による照射利用の実績を表 2 に示した。学内利用は主に第 2 照射室及び照射プールに集中しているが、学外利用では第 1、第 3 及び第 4 照射室の利用が多いという傾向は前年度までの傾向と比較して変化していない。本年度に第 4 照射室の利用時間がほぼ倍増したのは約 10kGy/h で 40 時間以上の照射試験の申込が複数あったためであり、本施設での高線量率照射が一つの特色となっていることを示している。

学内での利用課題は次の通りである。

ポリジメチルシロキサンのグラフト重合、実験動物用飼料、床敷用チップ、プラスチック実験器具の滅菌、ジアリールエテンの照射効果、マウス神経細胞のアポトーシス実験、酸化ナノ粒子共存水溶液の照射効果、金・パラジウム水溶液中での微粒子作成、LiF 結晶の照射効果、画像表示素子用微粒子の照射効果、ハツカネズミの低線量照射実験、ムコン酸誘導体の固相重合、牛心膜・手術用糸、生体弁の改質、コラーゲン・ゼラチン・ポリペプチド水溶液の放射線架橋、ステアリン酸の照射効果、ミンチ肉、冷凍牛肉、鶏肉、香辛料の照射試験\*、乾燥 DNA の架橋、ポリビニルアルコール・生体材料水溶液の改質など。

学外の照射利用の内容は次の通りである。

ガンマ線チェンバ、CIC、BF3 計数管のガンマ線照射特性試験、プリント基板の耐放射線特性試験、三味線用テトロン糸、撥の品質改善、ポリプロピレン製 IC タグの耐放射線特性試験、光ファイバーケーブルの放射線特性試験、水中サーベイメータの耐放射線特性試験、線量計プローブの特性試験、空洞電離箱の特性試験、プラスチック・ゴムの耐放射線特性試験、CCD センサ。半導体の耐放射線特性試験、イソプロパノール・ブロモホルム混合溶液の照射効果、陶器の成分分析のための照射、差圧伝送器の耐放射線特性試験、光学用ガラス材料の照射効果、モーター用電線の耐放射線特性試験、真珠の品質改善、乾燥茶葉の照射試験\*など。

(注\*：食品への照射は試験・研究の用途に限定。)

表 2 コバルト照射設備の利用件数と利用時間

照射室	利用件数	利用時間(h)
第 1 照射室	13	389
第 2 照射室	75	975
第 3 照射室	24	121
第 4 照射室	12	740
照射プール	148	610
合計	272	2835

### 3) コバルト 60 ガンマ線極長時間、大線量照射プロジェクト

コバルト 60 照射施設では、大線量照射を目的としたプロジェクトを計画している。ここでは、放射線研究センターのコバルト 60 ガンマ線大規模照射施設の特徴を活かして、何ヶ月に

もわたる長期間照射を行う。これによって、極めて高い線量での照射や、低線量率での長時間照射など極めて特殊な条件での照射が実現する。

試料の条件：照射により有害なガスなどを出さない、最大数 cm 角程度の大きさの試料で、個数は数個まで。照射中に 10-20 度の温度上昇の可能性はある。

照射条件：コバルトプール施設を利用し、最大線量率は約 30 kGy/h。同時に多くの試料を照射し、定期的に内部の状況、温度などを確認する。他の照射を行う場合には照射を中断することがある。このような照射の管理は原則として施設管理グループが行う。

### 5.2.2 高エネルギー電子線照射施設

年間の運転時間は 262 時間で昨年よりも 10%減少した。年度末に、水冷系の電源の故障が起こった。これは、線源棟電源室にある水冷系電源から、水冷装置があるライナック第一照射室までの配線の何れかの部分で接地が起こり短絡したものであるが、場所を特定することができなかったため、ケーブルの再配線を行った。また、第 3 照射室ターゲットウィンドウ基部のクイックジョイント部の真空漏れにより、一時ライナック全体の真空がダウンするというトラブルが起こり、O-リングの交換を行った。その他、イオンポンプのエレメント交換等も行った。

主な研究題目は、微弱電子ビームの測定法の研究、電子線ラジオグラフィの研究、FeRh の電子線照射、微弱ウランの分析、放射線による水素の発生、環境ホルモン物質の分解、化合物半導体の照射、放射線によるナノ微粒子の合成、などであった。

2003 年 3 月に石川島播磨重工業株式会社より電子線ライナックの寄附を受けた。これを利用すれば設備の老朽化の問題を軽減することが可能である。現在稼働中の電子線ライナックの稼働を維持しつつ、同時に、かつ並行して新たな電子線加速器を構築する作業に入っている。2005 年度中の運用開始を予定している。

表 3 ライナック照射設備の使用件数と使用時間

使用者数	使用件数	使用時間
12 名	40 件	262 時間

### 5.2.3 低エネルギー電子線照射施設

今年度の外部照射は化学メーカーによる 5 件で、内容はシートの架橋であった。使用時間は 31 時間 45 分。また共同研究の宇宙航空研究開発機構 (JAXA) による照射時間は 19 時間であった。装置の正常な運転を維持するための点検、ビーム調整は 15 件、44 時間 45 分であった。

## 5.3 機器測定

### 5.3.1 放射線計測

放射線計測科学研究分野と、一部放射線化学研究分野が担当している放射線計測は次のとおりである。マルチチャンネル波高分析器による測定、GM カウンターによる測定、低バックグラウンド放射能測定器による測定、事業所等において行う放射線の測定については、主に企業からの測定依頼があり、2004 年度は 120 件の測定を行った。その主な利用目的は、企業等で扱っている鉱石またはその粉末およびこれらを利用した製品の安全性と法的手続確認のためのデータ取得であった。昨年度依頼があった非常に小型の X 線発生器からの X 線スペクトルの測定結果を利用して、放射線検出器の特性を評価する実験を共同研究として行った。

量子線材料科学研究分野が担当し、滋賀県甲賀町の社団法人日本アイソトープ協会甲賀研究所と株式会社コーガアイソトープで、事業所における特定地点の放射線の線量率の測定を年 2 回行っている。放射線の漏洩が無いことを測定により確認し、先端研所長名の証明書を発行している。地元住民と事業者とが取り交わした協定では、公的機関の証明に基づいて、事業活動が行われることとしている。

### 5.3.2 粉末X線回折装置 RINT-1500

利用者数と利用時間を表4に示す。

表4 X線回折装置の利用者数と利用時間

延使用者数	使用時間
121名	605時間51分

### 5.4 放射化学実験施設

放射化学実験施設は、アイソトープ利用研究分野を主に、放射線化学研究分野の協力のもとに維持管理が行われた。先端研以外に学内外の利用がそれぞれ一件ずつあった。

### 5.5 実験動物施設

#### 5.5.1 実験動物施設の維持・管理

施設の管理は放射線健康科学研究分野が主担し、全学共同利用施設として「研究所動物実験指針」と「研究所実験施設運営会議及び利用の細則」に基づいて運営している。平成16年4月から平成17年3月までの期間では、当分野の他に、研究所内2分野、また工学部1研究室から利用があった。

#### 5.5.2 実験動物施設内エックス線照射施設の維持・管理

施設の管理は放射線健康科学研究分野が担当して研究所内、学内及び照射手数条例に基づく学外の照射依頼に応える体制にある。平成16年4月から平成17年3月までのエックス線照射装置の使用実績は以下の表に示す通りであった。

表5 実験動物施設内エックス線照射施設の利用状況

月	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	合計
照射回数	25	39	46	23	16	36	21	35	42	60	20	27	390
時間(分)	132	187	132	127	54	114	64	160	150	172	120	125	1537

### 5.6 放射線施設の安全管理

放射線管理業務は管理部が、また放射性同位元素等及び放射線発生装置の取扱いの安全管理は各施設責任者等がそれぞれ中心となって行っている。

平成16年度は前年度に引続き、平成15年5月16日付で許可された放射性同位元素等の許可使用証（文部科学省）に基づいて実務が行われた。この年度は新法令に基づく放射線管理の4年めに当たるが、次年度にはさらに法令改正が準備されている。厚生労働省の電離放射線防止規則第26条第3項の規定並びに国家公務員法の人事院規則05が平成13年3月27日付けで一部改正されたことに伴い、平成13年度より、放射線業務従事者特別健康診断の実施回数が年2回に変更されている。平成16年度には平成17年度からの独立公立大学法人への移行に伴って発生する事業主の変更によって国立大学では行われなかった事業所の廃止及び新規事業所の申請が必要となった。平成16年4月より平成17年3月迄に行った放射線防護のための措置の概要は以下のとおりである。

#### 5.6.1 放射性同位元素・放射線発生装置の新規使用許可申請書の提出

変更の概要は次のとおりである。

##### イ) 密封されていない放射性同位元素

<sup>90</sup>Sr など1群3核種、<sup>22</sup>Na など2群15核種、<sup>13</sup>N など3群27核種、<sup>3</sup>H など4群4核種合計49

核種。合計、298.9221(一群換算) MBq

ロ) 密封された放射性同位元素

ガンマ線照射及び非破壊検査用  $^{60}\text{Co}$ 、校正用  $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{226}\text{Ra}\text{-Be}$ 、非破壊検査用  $^{192}\text{Ir}$ 、 $^{169}\text{Yb}$ 、蛍光 X 線分析装置線源  $^{55}\text{Fe}$ 、 $^{57}\text{Co}$ 、 $^{109}\text{Cd}$ 、 $^{241}\text{Am}$

ハ) 表示付放射性同位元素装備機器

表示付 ECD No.6 を 1 台設置する

ニ) 放射線発生装置

直線加速装置 (ハイボルテージ・アルコ社製) 1 台を使用

5.6.2 放射線業務従事者のための教育

放射線障害防止法第 22 条に基づき、放射線業務従事者のための教育訓練を行った。

- (a) 新規取扱者のための教育訓練は、初めて管理区域に立ち入る前に、放射線障害防止法の施行規則第 21 条の 2 に規定されている項目及び時間数について行い、受講者に対して修了証を手交した。教育訓練の実施日時及び受講者数は下表のとおりである。

実施日	受講者数
4 月 26 日 10 時 - 17 時	63 名

- (b) 放射線業務従事者が取扱等業務を開始した後、1 年を超えない期間ごとに受けることを義務づけられている再教育の実施日時、並びに受講者数は下表のとおりである。

実施日時	受講者数
平成 16 年 3 月 24 日 10:30 - 11:30	65 名
平成 16 年 4 月 7 日 10:30 - 11:30	43 名

5.6.3 RI の保管と使用状況

- 1) 平成 16 年度における非密封 RI の年間受入量及び年間使用量を以下に示す。

平成 16 年度非密封 RI の使用状況

平成 17 年 3 月 31 日現在

群	核種	年間 受入量 (MBq)	年間 使用量 (MBq)	各分野等別年間使用数量 (MBq)				
				基-1	生-4	材-2	放-1	放-3
2	$^{22}\text{Na}$	0	1.2	1.2				
3	$^{24}\text{Na}$	78.3	78.3				78.3	
	$^{32}\text{P}$	92.5	92.5			18.5		74
4	$^3\text{H}$	16.65	16.65		3.7			9.25
	$^{14}\text{C}$	1.85	1.85					1.85
合計		189.3017	190.5017	1.2017	3.7	18.5	78.3	85.1

2) 平成 17 年 3 月 31 日現在での主な非密封、密封 RI 及び核燃料物質の在庫量を以下に示す。

(a) 非密封 (平成 17 年 3 月 31 日)

群別	核種	数量 (MBq)		
2	$^{22}\text{Na}$	0.955	2 群合計	0.955
4	$^3\text{H}$	315.3	4 群合計	315.3
			合計	316.255

(b) 密封線源 (平成 17 年 3 月 31 日)

保管場所	核種	個数	数量(MBq)
線源棟	$^{60}\text{Co}$	85	$3931.8 \times 10^6$
	$^{137}\text{Cs}$	4	$92.75 \times 10^3$
	$^{226}\text{Ra}$	1	36.31
	$^{226}\text{Ra}\text{-Be}$	1	363.21
屋外管理棟	$^{241}\text{Am}$	2	5.277
	$^{55}\text{Fe}$	3	8.135
合計		103	$3.9318 \times 10^9$

## 5.7 見学者および研究協力

線源棟コバルト照射施設を中心に、例年通り学内外また国外からの見学者があった。また、放射線研究センターに係る国内外機関との研究協力・交流および活動内容は次のとおりである。

独立行政法人宇宙航空研究開発機構と大阪府立大学

航空宇宙分野における開発利用に係る包括的な研究開発協力に関する協定 (平成 16 年 12 月～)

放射線照射施設、加速器施設を利用した共同研究

江原国立大学校・自然科学大学 (韓国) と産学官連携機構

学術交流協定 (平成 17 年 2 月～)

放射線研究センターを中心とした研究協力と学生を含めた学術交流

大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構と大阪府立大学

加速器科学総合支援事業における大学等連携支援事業 (平成 17 年度)

大阪府立大学の加速器の高度利用を目的とする事業に対する支援

## 5.8 平成 17 年 4 月大阪府立大学の法人化に伴う放射線施設の経緯

産学官連携機構放射線取扱主任者 奥田修一

大阪府立大学の放射線施設は、平成 17 年度大阪府立大学の法人化に際し、平成 16 年度国立大学法人化におけるような継続が認められず、府立施設の廃止と法人施設の新たな使用許可が必要となった。この経緯は次のとおりである。またこの後、平成 17 年 6 月 1 日の法令改正への対応を行った。

- ・平成 16 年 11 月以前は、大阪府立大学の法人化における放射線施設継続の手続きについて、国立大学の法人化におけるものと同様と考えられてきた。
- ・平成 16 年 11 月 9 日、法人化における手続きの確認のため文部科学省原子力安全課放射線規制室を訪問（阿部、奥田）し、府立施設の廃止と法人施設の使用許可申請手続きを行うよう指示を受けた。これを受け、事前審査のための新法人での使用許可申請書の作成を開始した。この際主として次の点を変更した。

RI 廃水処理方式の希釈・排水への変更

ファンデグラーフ加速器（DT 中性子源）の廃止

非密封 RI 取扱核種数の大幅削減

表示付 ECD ガスクロマトグラフ装置の追加

- ・平成 17 年 2 月 5 日、使用許可申請書原稿を事前審査のため文部科学省へ送付した。その後指導により 2 度の修正を行った。
- ・4 月 1 日付けで使用許可申請書を送付し、この後法人化施設の発足まで放射線施設の使用を見合わせた。その後公立大学法人大阪府立大学登記簿謄本の写しを送付した。
- ・4 月 20 日付けで使用許可申請が許可された。
- ・4 月 27-28 日、原子力安全技術センターによる施設検査が行われた。
- ・5 月 2 日付けで施設検査合格となり、先端科学研究所放射線施設が廃止された。産学官連携機構放射線取扱主任者が選任された。
- ・5 月 3 日、産学官連携機構放射線施設の使用を開始した。
- ・5 月 19 日、放射線障害予防規程届、旧施設の廃止届、放射線取扱主任者選任届、廃止に係る措置の届を関係書類と共に文部科学省へ送付した。

## 6. 放射線照射施設の利用のてびき

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。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 利用可能な放射線照射施設および装置

#### (1)コバルト 60 ガンマ線照射施設

	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	50~100kGy/h	大線量照射
照射プール	5PBq	5k~100kGy/h	大線量水中照射

#### (2)高エネルギー電子線照射装置 (ライナック) : エネルギー : 4 ~ 16 MeV

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

#### (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

#### (4)その他

低エネルギー電子線照射装置 (100keV)、イオン注入加速器

X線照射装置、γ線非破壊検査装置、X線非破壊検査装置

### 6.2 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。

書類送付先 : 産学官連携機構放射線研究センター

伊藤秀和 (内線 4261)



## 6.2.1 学内共同利用の手続きの流れ

課題申請：添付資料1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。

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

## 6.3 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となります。(添付資料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。

### 6.3.1 一般照射利用の手続き

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

↓

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。

放射線施設利用研究課題申請書（学内共同利用）

放射線研究センター長 殿

下記の通り申請します

平成 年 月 日 申請者、所属 \_\_\_\_\_ 氏名 \_\_\_\_\_ ⑩

1. 提案課題の種類（該当する項目に○印）

新規、 継続、 緊急 継続の場合は前課題名を記入

2. 実験責任者

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

3. 実験課題名

--

4. 共同研究者（所属機関、部局、身分）

--

5. 使用希望装置（該当する項目に○印）

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

6. 使用希望条件

使用日数： \_\_\_\_\_ 占有照射室： \_\_\_\_\_

利用条件： \_\_\_\_\_

7. 実験概要（含、従来成果、期待される成果）

8. 備考

9. 放射線研究センター内 連絡者

氏名 \_\_\_\_\_ 内線番号 \_\_\_\_\_

## 大阪府立大学産学官連携機構手数料および使用料一覧表

### 1. 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

1. 「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。
2. 「Th」は、照射時間を表し、その単位は 1 時間とする。
3. 「TH」は、照射室占用時間を表し、その単位は 1 時間とする。
4. 「Tm」は、照射時間を表し、その単位は 1 分間とする。
5. 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。
6. 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。

### 2. 非破壊検査手数料

区 分		金 額	
放射性同位元素による場合		10,100 円+1,300 円×Tt	
放射線発生装置による場合		10,300 円+2,900 円×Tt	
区 分	単 位	金 額	
フィルムを必要とする場合	工業標準寸法 (8.5 cm×30.5 cm)	1 枚	3,200 円
	工業大型寸法 (11.4 cm×43.2 cm)		3,500 円
	四つ切寸法 (25.4 cm×30.5 cm)		3,800 円

備考 「Tt」は、照射時間を表し、その単位は 10 分間とする。この場合において 10 分間に満たない端数は、10 分間とする。

### 3. 機器測定料

区 分		単 位	金 額	加 算 額	
放射能自動測定器による測定		1 時間	9,400 円	超過 1 時間につき 6,700 円	
マルチチャンネル波高分析器による測定			12,100 円	同 6,600 円	
液体シンチレーションカウンターによる測定			2,700 円	同 1,400 円	
低バックグラウンド放射能測定器による測定			3,200 円	同 500 円	
その他の機器による測定	放射線研究センターにおいて行う測定	1 件	電子常磁性共鳴吸収装置による測定	15,300 円	
			GM カウンターによる測定	5,600 円	
			X 線透過測定	15,500 円	1 件追加につき 9,200 円
			γ 線透過測定	15,600 円	同 1,700 円
	事業所等において行う放射線の測定		4 時間	22,100 円	
		超過 1 時間	5,500 円 (勤務時間外の時間を含む場合には、6,900 円)		
区 分		加 算 額			
試料の調製		試料を乾燥固化、溶解、粉碎その他の方法で加工する場合又は秤量、浸漬等の前処理をする場合でそれに要する時間が 15 分間を超えるとき 超過 1 時間につき 5,500 円			
		特別に薬品、原材料等を必要とする場合 実費			
事業所等へ放射線研究センターの職員を派遣するにつき旅費等を必要とする場合		職員の旅費に関する条例（昭和 40 年大阪府条例第 37 号）の規定により算定した旅費に相当する額又は非常勤職員の報酬及び費用弁償に関する条例（昭和 40 年大阪府条例第 38 号）に規定により算定した費用弁償に相当する額			

備考

1. 時間の計算については、1 時間に満たない端数は 1 時間とする。
2. 勤務時間とは、職員の勤務時間、休日、休暇等に関する条例（平成 7 年大阪府条例第 4 号）第 3 条の規定により定められた勤務時間とする。

### 4. 施設使用料

区 分	単 位	金 額	備 考
放射線施設の利用	1 日 1 人	3,000 円	

# 大阪府立大学 産学官連携機構

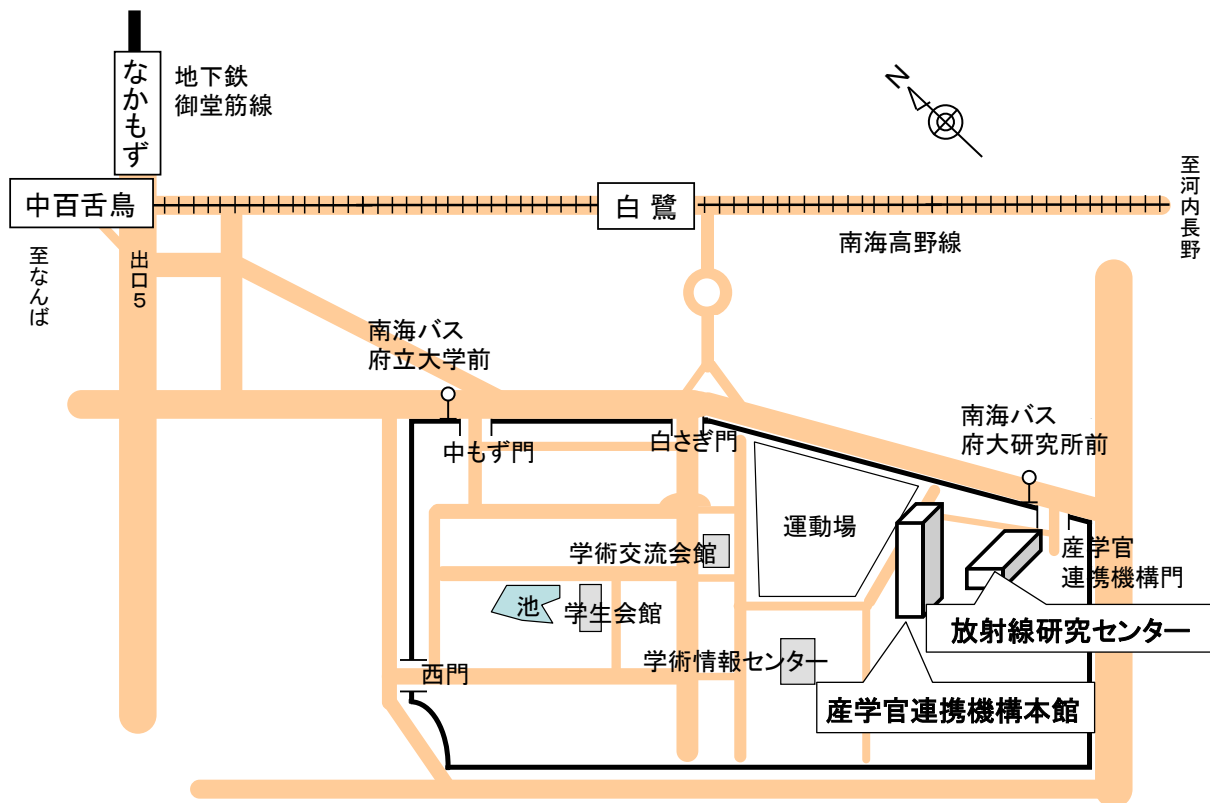
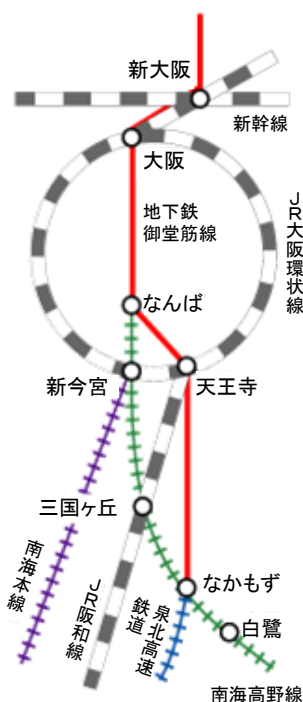
## 放射線研究センター

〒599-8570 大阪府堺市学園町1-2

Tel : (072) 236-2221 (代)

Fax : (072) 254-9938

ホームページ : <http://www.riast.osakafu-u.ac.jp>



- 地下鉄御堂筋線 なかもず駅下車 5番出口 徒歩20分
- 南海高野線 白鷺駅下車 徒歩15分