

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
放射線施設共同利用報告書

平成 19 年 9 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18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、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、コッククロフト・ウオルトン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、医療分野や食品照射への飛躍的な展開も期待される。

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されている。

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こともなっており、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、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を担っております。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19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18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) 線源棟照射施設の保守管理 2
(府大産学官) 小嶋崇夫、岡喬、谷口良一、奥田修一、小嶋宏和、豊留男
(ONSA) 森秀信
- 3) 超微弱電子線の暗電流波形 3
(府大産学官) 谷口良一、小嶋崇夫、岡喬、奥田修一
- 4) 光中性子法による極微量ウラン定量技術の開発 4
(日立) 川崎智 (府大産学官) 谷口良一、奥田修一
(原環センター) 佐々木朋三
- 5) 電子ビームによるコヒーレント THz 放射光源とその利用 5
(府大産学官) 芝山学、奥田修一 (京大炉) 高橋俊晴 (Kangwon Univ.) S. Nam
- 6) 冷却型 CCD 放射線画像の感度とノイズ特性の比較 6
(府大産学官) 谷口良一、田中幸夫、奥田修一 (京大炉) 岡本賢一
(近大) 小川喜弘、丹羽健夫 (電子研) 辻本忠
- 7) 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 7
(府大産学官) 田中幸夫、谷口良一、岡喬、小嶋崇夫、奥田修一
- 8) 放射線を利用したアスベストの高感度非破壊検知法 8
(府大産学官) 谷口良一、小嶋崇夫、奥田修一
- 9) 可搬型核種分析装置の開発 9
(府大産学官) 谷口良一、小嶋崇夫
(株)原子力エンジニアリング) 中村貴次、新谷浩文、岡本景次
- 10) 金属ガラスの構造緩和過程における温度依存性の陽電子消滅測定 12
(府大院工) 石井顕人、堀史説 (東北大金研) 横山嘉彦、今野豊彦
- 11) 化合物系太陽電池の低エネルギー電子線照射効果 13
(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 (府大院工) 岩瀬彰宏、堀史説
- 12) 宇宙環境を想定した民生用半導体の耐久テスト 14
(株)FUDAI) 堂丸隆祥 (府大産学官) 小嶋崇夫、谷口良一、奥田修一
(SOHLA) 古山寛一、小林千里、田部博之

13)	自然放射線の生物影響実験における細胞培養液中放射能の寄与	15
	(府大産学官) 松田八束、川西優喜、奥山勝幸、白石一乗、八木孝司、谷口良一、奥田修一 (元府大) 汐見信行 (奈良医大) 米澤司郎	
14)	微粒子共存溶液中での芳香族系有機化合物の放射線分解初期過程	16
	(府大産学官) 小嶋崇夫、谷口良一、奥田修一	
15)	放射線照射還元による貴金属ナノ微粒子の創成と評価	17
	(府大院工) 前田修大、堀史説、岩瀬彰宏 (府大産学官) 小嶋崇夫、谷口良一、奥田修一 (理研) 阿部知子、神原正	
16)	放射線照射によって誘起される固液複合系での反応	19
	(府大産学官) 芝野豊和、小嶋崇夫、谷口良一、岡喬、奥田修一 (府大院工) 堀史説	
17)	シリコーンポリマー前駆体セラミックス繊維の合成に関する放射線利用	20
	(府大院工) 成澤雅紀、北憲一郎、住本竜一、間渕博 (日本原子力研究機構) 杉本雅樹 (福島高専) 伊藤正義	
18)	新規国内活性炭の研究	21
	(株アトックス) 山下大地 (府大産学官) 八木孝司	
19)	ジアリールエテンの放射線照射効果	22
	(府大院工) 入江せつ子、岡邦雄 (府大産学官) 小嶋崇夫、白石一乗	
20)	ムコン酸ベンジルエステル誘導体の固相重合反応の機構解析	23
	(市大院工) 古川大輔、森悠、松本章一 (府大院工) 岡邦雄	
21)	γ 線架橋コラーゲンゲルの研究	25
	(府大院理) 小清水直喜、原正之	
22)	放射線架橋ハイドロゲルを用いた抗菌性を有するヨウ素吸収体の調整と抗菌性	26
	(府大院理) 古田雅一、安田裕美、吉田悠貴、別所昌彦、原正之 (府大産学官) 小嶋崇夫、奥田修一	
23)	放射線を利用した温度感受性エラスチンモデルペプチドのナノ粒子化と DDS としての応用	28
	(府大院理) 藤本真理、古田雅一、原正之 (府大産学官) 小嶋崇夫、奥田修一 (バイオエラスチックジャパン) 岩間眞道 (JSR 筑波研) 村田充弘 (Univ. Minnesota) Dan W. Urry	
24)	青色光受容体フォトトロピンの光依存的リン酸化シグナル伝達系の解析	32
	(府大院理) 吉原静恵、岡島公司、徳富哲 (神戸大) 松岡大介	
25)	放射線照射による長鎖 DNA の切断と添加剤による抑制効果	34
	(府大産学官) 森利明 (環太平洋大) 吉川祐子	
26)	胆汁酸由来化合物による突然変異と DNA 損傷箇所の特徴	35
	(府大産学官) 川西優喜、西田裕、八木孝司 (国立がんセンター) 戸塚ゆ加里、若林敬二	

27)	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 (府大産学官) 澤井知子、川西優喜、八木孝司 (横浜工大) 高村岳樹	36
28)	omeprazoleによるアリアル炭化水素受容体の活性化とCYP1A1阻害作用 (府大産学官) 椎崎一宏、川西優喜、八木孝司	37
29)	温度応答性高分子で修飾したリポゾームの抗がん剤放出挙動： 組成最適化による温度応答の鋭敏化 (府大院工) 廣瀬淳、河野健司	38
30)	植物・微生物共生系における微生物の侵入機構—Gunnera-Nostoc共生系の場合— (府大院理) 上田英二	39
31)	嗅覚系における神経細胞の発生・分化の分子機構に関する研究 (府大院理) 廣田順二	40
32)	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) 卜部和則、小林豊 (府大産学官) 川西優喜、八木孝司	41
33)	遺伝学研究における疾患モデルマウス利用 (府大院理) 森展子 (府大院生命) 名部美琴	42
34)	X線照射による胎生期神経幹細胞・前駆細胞の初期応答 (府大院理) 脇亮二、原正之 (府大産学官) 白石一乗、児玉靖司	43
35)	染色体移入による放射線誘発染色体不安定性の解析 (府大産学官) 縄田寿克、白石一乗、児玉靖司 (鳥取大院医) 押村光雄	44
36)	神経幹細胞における不均等分裂機構の検証 (府大産学官) 永木恵美、白石一乗、児玉靖司 (府大院理) 原正之	45
3.	平成18年度共同利用報告会プログラム	46
4.	特別公演 「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」 (金沢大院自然科学) 黒堀利夫 (府大産学官) 奥田修一、小嶋崇夫、岡喬	48
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 (府大産学官) 奥田修一	53
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	55

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 2006 年の運転時間は 414 時間であった。前年の実績である 262 時間よりも大幅に増加している。図 1 に年間運転時間の、この 25 年間の推移を示す。2006 年は大規模な修理を行ったこともあり、修理時間も大幅に増加した。一方、600keV コッククロフト・ウオルトンの運転時間は 296 時間であった。これも前年の 58 時間よりも大幅に増加している。

[メンテナンス] 2006 年は、ライナックの大規模な修理を行った。これは、老朽化したビームラインを交換し、フランジを単一の規格に統一して一新した。また、バルブ、真空ポンプ、Q マグネット等も更新した。電気系統においても、RF 系、電源を中心に更新を行った。故障の発生は、ライナックで 1 件、SF6 の漏れが起こった。またコッククロフトでは RF 系電源にトラブルが発生し修理におよそ 3 ヶ月を要した。

[研究テーマ] 表 1 に 2006 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、電子ビームによるナノ微粒子生成、金属材料照射、極微量ウランの分析、微弱電子ビームの 4 テーマで年間運転時間の半分近くを占めている。また、新たに開発した微弱ビームを利用したテーマとして、人工衛星搭載の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) 「大阪府立大学先端研電子・イオン加速器の現状」

奥田修一,他 4 名、第 3 回日本加速器学会年会、第 31 回

リニアック技術研究会 (8 月 2 日～8 月 4 日、仙台)

2) “Low-Intensity, Pulsed-Beam Generation System Using the OPU Linac”,

Proceedings of. 2006 Linear Accelerator Conference(Aug.21-25, Knoxville, USA, 2006) pp58-60, R. Taniguchi, T. Kojima, S. Okuda and Y. Tanaka.

3) “Low-Intensity Electron Beam Monitoring and Beam Application at

OPU Linac”, Proceedings of. 2006 Linear Accelerator Conference

(Aug.21-25, Knoxville, USA, 2006) pp. 286-288, S. Okuda T. Kojima and R. Taniguchi.

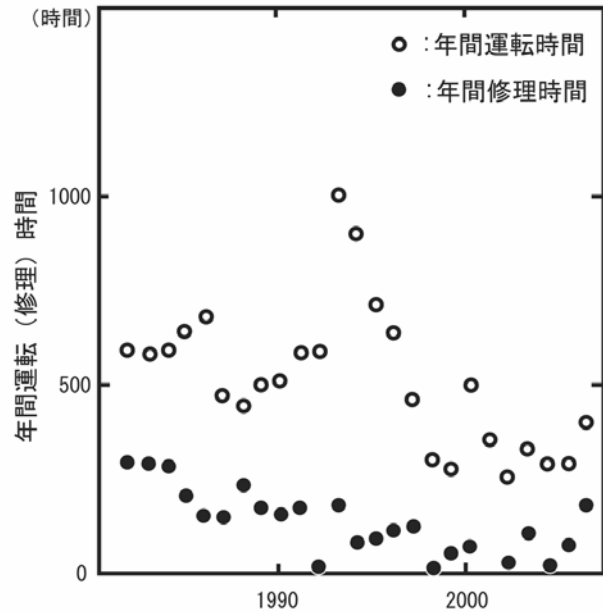


図 1 年間運転時間の推移

表 1 2006 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
パルスラジオリシス
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

線源棟照射施設の保守管理

阪府大産学官連携機構 小嶋崇夫*、岡喬、谷口良一、奥田修一、
小嶋宏和、豊留男

大阪ニュークリアサイエンス協会 森秀信

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

平成 18 年度に実施した線源棟照射施設の保守管理に伴う主要な工事・作業の概要を以下に示す。

1) コバルト照射プール用純水装置循環ポンプ周辺配管の更新

平成 18 年 2 月、オルガノ社製自動純水装置 MBA-6000(標準純化処理量 6.0 m³/h)を設置したが、照射プールからの戻り水に気泡が含まれ、純水装置樹脂槽内に滞留するため安定した運転ができなかった。平成 18 年 6 月に循環ポンプ周辺の配管および弁を更新した結果、気泡の滞留は月単位での経過観察でも無視できる程度に減少し、純水装置の安定運転が可能になった。

2) コバルト第 1～第 3 照射室放射線監視装置の点検・調整

コバルト照射施設の放射線監視装置は照射室内の放射線量を常時監視し、照射室の運転操作に対するインターロック機能を有しており、線源の安全な取扱のために重要な役割を果たしている。今年度は、コバルト第 1～第 3 照射室設置された監視盤、エリアモニタ 6 台の点検・調整を実施した。

3) コッククロフト-ウォルトン型電子線表面処理装置排気系の変更

同装置の排気系には昭和 44 年の設置以来油回転ポンプと油拡散ポンプを使用してきたが、排気速度の向上と運転管理の省力化を目的として油拡散ポンプをターボ分子ポンプに変更した。

謝辞

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

超微弱電子線の暗電流波形

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】 加速器からの電子ビームを微弱化するには、(1)カソードのヒータ温度を下げる、(2)電子銃のパルス幅を狭くする、(3)加速 RF パルス幅を短くする、(4)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が、本研究では、これらを併用することで、1パルスあたり数 aC という超微弱パルスを得た¹⁾。しかし、余りに狭いスリットを用いることは、ビームの S/N を悪化させ好ましくない。一方、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、この暗電流の起源を調べるために微弱電子ビームのエネルギースペクトルとパルス波形を観測することを試みた。

【実験】 図1に示すように、NaI(Tl)シンチレータに微弱ビームを直接照射し、そのときの光電子増倍管のアノード電流波形を観測した。図2に示すように微弱化に伴い電流パルスは、2つの部分に分れる傾向が見られた。前半部分は電子銃のエミッションを絞ることで小さくなるが、後端部分はそれほど変化しない。

次に、この微弱化したビームに対して、加速 RF パルスを短くしてビームを再微弱化した結果を図3に示す。図3(a)は0.1pCのビームを示すが、波形は2つのパルスに分かれている上に、エネルギースペクトルは5MeV 近くの幅で広がっている。さらにRFパルスのパルス幅を短くし、電子パルスの後半部分を削った結果、後半部分の鋭いパルスが消えると同時にエネルギースペクトルの広がりも大幅に改善した。このことは、微弱ビームにおけるエネルギースペクトルの広がりも、パルス波形で見られる後半部分のパルスが原因であることを意味している。同時に、2重化したパルスの後半部分が暗電流の主たる成分であると考えられる。

[本研究に関する研究発表]

1) 「超微弱電子線パルスの波形測定」谷口良一,他3名

第3回日本加速器学会年会、第31回リアック技術研究会 (8月2日～8月4日、仙台)

2) “Response Evaluation of Radiation Detectors by Using Ultra Low Intensity Electron Beams”, Proc. of 20th Workshop on Radiation Detectors and Their Uses, (November 2006, KEK) pp.86-95., R. Taniguchi, Y. Tanaka,

T. Kojima and S. Okuda

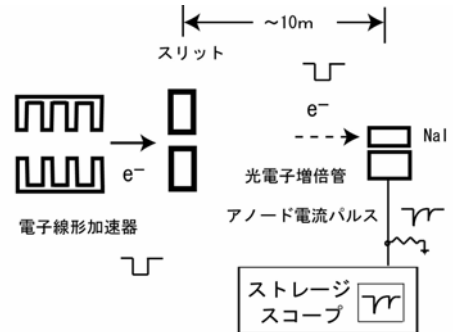


図1 微弱ビーム波形計測体系

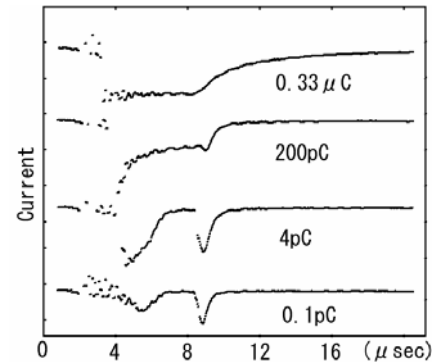
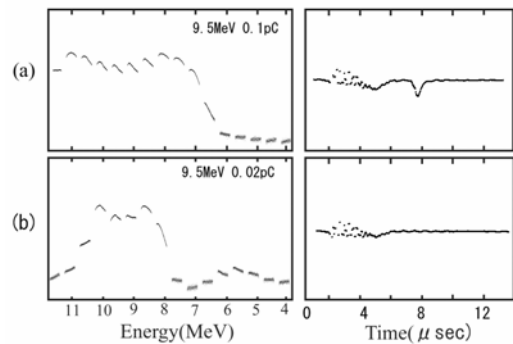


図2 微弱化に伴うパルス波形の変化



(1) エネルギースペクトル (2) パルス波形

図3 微弱ビームの波形とエネルギーの変化

(a) RF パルス短縮前 (b) RF パルス短縮後

光中性子法による極微量ウラン定量技術の開発

日立製作所 川崎 智
府大産学官 谷口良一*、 奥田修一
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)

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非破壊で定量化する技術を開発している。本方式では走査測定が必須であり、応答関数を用いた方法の適用性を 20L 模擬ドラム廃棄物試験で確認した。

1.はじめに

ウラン取扱い施設で発生する廃棄物を処分するには、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り、今後制定が予想されるクリアランス基準値は 0.3Bq/g 程度以下になると考えられる。この検認作業としては、効率化の観点から非破壊測定技術の実用化が望まれており、電子線形加速器の制動 X 線を用いて発生する光中性子を検知して、極微量ウランを定量する技術(光中性子法)を開発している。

光中性子法では、制動 X 線が強い指向性を有することから、測定対象がドラム廃棄物のように大きい場合には、走査測定が必須である。応答関数を用いたデータ処理方法を定式化し、20L 模擬ドラム廃棄物試験によりその適用性を確認した。

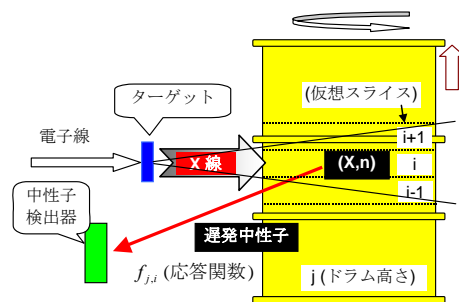
2.データ処理方式

応答関数を用いたデータ処理の概要を図 1 に示す。図では、制動 X 線が 3 つの仮想スライスにだけ有効に照射されることを想定している。応答関数は、対象物内部の密度(材質は既知)が均一であり、スライス内のウラン分布を種々想定したモデルに対して、モンテカルロ計算で求める。

3.結果

20L 模擬ドラム廃棄物を測定した結果を図 2 に示す。応答関数は、検出感度が最も小さくなるスライス内ウラン分布の場合を採用した。

ウラン量測定値は、設定値に対して 0.73 から 2.04 であり、応答関数を用いた走査測定方式を適用できる見通しを得た。



走査測定によるウラン評価の基本式：

$$A = \sum_i a_i = \frac{\sum_j P_j}{(f_{j_0, j_0-1} + f_{j_0, j_0} + f_{j_0, j_0+1})}$$

A : 廃棄物内の総ウラン量
a_i : i スライス内のウラン量
P_j : j 位置の高さで X 線照射した時の中性子の測定計数率
f_{j,i} : 応答関数
j₀ : ドラム缶の高さ方向中央の位置

図 1 データ処理方式の概要

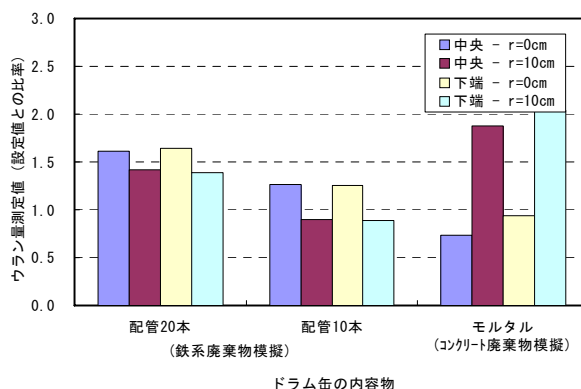


図 2 20L 模擬ドラム廃棄物測定結果

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。

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 芝山 学、奥田 修一* 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)

高エネルギー電子バンチからのコヒーレント放射は、他のテラヘルツ光源と比較して、特に長波長域で高強度という特徴がある。本研究では、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[1]を利用して、高分子板材などのテラヘルツ域での吸収分光を行い、光の透過特性やガンマ線照射効果について調べた。

高エネルギー電子バンチが金属箔を通過すると、前方と後方にコヒーレント遷移放射が放射される。この放射は、バンチの形状により決まる連続スペクトルを持つ。パルス的に高強度で、サブミリからミリ波域すなわちテラヘルツ域にスペクトルが広がり、特にミリ波の長波長域での吸収分光に適している。励起光源としても重要である。ポリエチレンは遠赤外での窓材に利用されている。また人工関節に用いる材料の滅菌のためのガンマ線照射による影響がテラヘルツ光を用いて調べられている[2]。本研究では、材料の照射に伴う変化と窓材の特性変化を調べることを目的としている。

エネルギー37 MeV、パルス幅4 μs 、繰り返し13 Hz の電子ビームを用いた。コヒーレント遷移放射を加速器室外に輸送して利用する。放射は Martin-Puplett 干渉分光器を通した後、集光して試料を通過させ、液体ヘリウム冷却 Si ボロメータとロックインアンプで平均強度を測定した。測定波数範囲は3-15 cm^{-1} である。厚さ5 mm のポリエチレン板を試料として用い、ガンマ線照射は大阪府大および京大炉で行った。

試料に対する光の透過率の波数依存性を図1に示す。細かい振動は、試料表面での反射光の干渉の結果であり、この影響は、厚みを変えて測定した結果から評価する。ガンマ線照射による透過率の低下が観測される。線量40 kGy では、透過率のわずかな上昇も観測された。このような変化は、架橋と分解による結果と考えられるが、透過率の上昇は遠赤外窓材として用いられる高分子板の特性向上を意味する。現在これらの変化の原因について解析を行っている。実験は、微粒子無機材料、高分子材料、生体物質など種々の試料についても行っており、興味深い結果が得られている。強力な光による励起効果の研究は今後の課題である。現在大阪府立大学でもコヒーレント放射光源の開発を準備しており、コヒーレントシンクロトロン放射による高強度半サイクル光の利用を行う予定である。

参考文献

1) T. Takahashi, J. Particle Accelerator Soc. Japan 2 (2005) 11-15. 2) K. Yamamoto et al., Appl. Phys. Lett. 85 (2004) 5194.

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) 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, Radiat. Phys. Chem. 75 (2006) 903.

2) 電子ビームからの強力なコヒーレントテラヘルツ放射の研究と今後の展開, 奥田修一, ONSA 研究会第31回放射線科学研究会(大阪, 2006年10月20日).

3) テラヘルツ放射による新しい検査法と大阪府大での研究, 奥田修一, 谷口良一, 日本非破壊検査協会放射線分科会(2007.2.2, 東京) NDI 資料10405, pp.16-19.

4) コヒーレント放射によるテラヘルツ吸収分光実験, 奥田修一, 芝山学, 高橋俊晴, 谷口良一, 小嶋崇夫, 第13回 FEL と High-Power Radiation 研究会(2007.3.5-6, 宇治).

5) 京大炉電子ライナックのコヒーレント放射光源による吸収分光実験, 芝山学, 奥田修一, 高橋俊晴, 日本原子力学会 2007 年春の年会(2007.3.27-29, 名古屋).

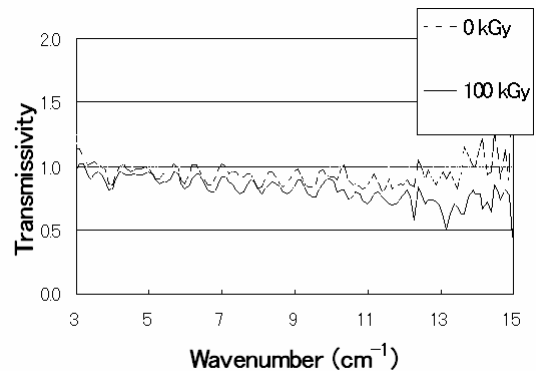


図1 ポリエチレン板の光透過率の波数依存性 (ガンマ線照射の吸収線量を右上に示す)

冷却型 CCD 放射線画像の感度とノイズ特性の比較

大阪府立大産学官連携機構 谷口良一*、 田中幸夫、 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、 丹羽健夫
 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 は定量性にすぐれ、

感度の面でも SIT 管に匹敵するものであり、放射線画像用としての使用例も多い。近年、デジタルカメラ、ビデオ用として新たに開発される CCD も多いが、これらを比較検討した例は見受けられない。本研究では、この 10 年間に開発された 5 種類の CCD カメラによる中性子画像の感度とノイズ特性を比較した。

【実験】 表 1 に検討した CCD を示す。これらを用いた中性子画像装置はいずれも近畿大学原子炉 B 設備(中性子量、 1.4×10^4 n/cm²/sec)を用いてテストした。比較検討には ZnS(Ag)+LiF 系シンチレータを用いた。図 1 に得られた中性子画像の例を示す。

これらの画像中に見える白点ノイズ(黒点)の画素数をノイズ出現率とし、横軸に感度、縦軸にノイズ出現率をとり、5 種類の CCD を比較したものが図 2 である。図の縦軸は対数で表示している。図のように、感度は機種によって 3 倍ほど異なり、ノイズ出現率では実に 100 倍もの違いが現れている。

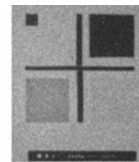
検討した CCD の中では、BS40C と BJ41L は、いずれも最新の機種であり、感度、ノイズ特性のいずれの場合でも新しい機種が優れている傾向にある。

[本研究に関する研究発表]

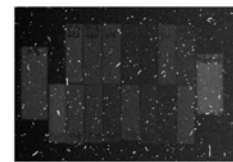
- 1) 「各種冷却型 CCD を用いた放射線画像の感度とノイズ特性の比較」, 谷口良一, 他 6 名, 非破壊検査協会平成 18 年度春季大会(2006 年 5 月 23 日, 東京)
- 2) “Comparative Study on Neutron Sensitivity and Noise Characteristics.”, 8th World Conf. on Neutron Radiography (Oct. 16-19, USA, 2006) T433, R. Taniguchi, Y. Tanaka, S. Okuda, K. Okamoto, Y. Ogawa, T. Niwa and T. Tsujimoto

表 1 検討した 5 種類の冷却型 CCD 装置

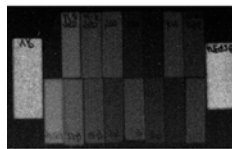
機種	CCD	画素	備考
BS30L	ICX074AL	659×494	
C4880	S7170	1000×1018	背面照射型
BJ31L	ICX084AL	1280×1024	
BS40C	ICX415AQ	782×582	カラー
BJ41L	ICX285AL	1360×1024	



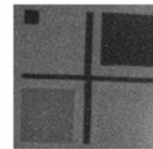
(a) BS30L



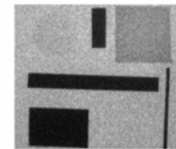
(b) C4880



(c) BJ31L



(d) BS40C



(e) BJ41L

図 1 CCD 画像の例 (露光時間、1 分)
 撮像温度は、(a),(c),(d),(e)が
 -10°C、(b)が-50°Cである。

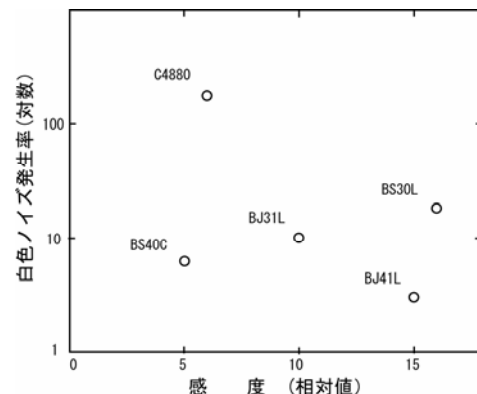


図 2 5 種類の CCD のノイズと感度の比較

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

大阪府大産学官 田中幸夫*、谷口良一、岡喬、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 ar0101@mtr.osakafu-u.ac.jp)

1. 緒言

熱蛍光シートと2次元光子計数装置を組み合わせた新たな放射線画像装置を開発した。これは、放射線を照射したTLシートを加熱し、発生するTL光子の分布を2次元計数し、これをコンピュータメモリーに集積し画像化する。これまでの放射線画像法に比べ定量性に優れ、広いダイナミックレンジが期待される。本研究ではこの装置を用いて微弱電子線と中性子線の画像化を試みた。

2. 実験方法

微弱電子線の発生には、産学官連携機構の電子線形加速器を用いた。この装置の概略図を図1に示す。スリットにより微弱化した電子線を熱蛍光線量計(TLD)に照射した。試料には BaFX:Eu²⁺ (X=Cl,Br,I)を主材料としたイメージングプレート(IP)を用いた。

図2に本研究で開発した2次元 TL 読み出し装置の概略図を示す。この装置で、照射された6つの試料の昇温により発生した光子の数および2次元画像を5分毎に測定した。

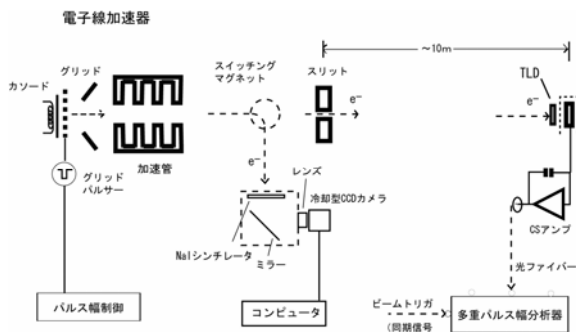


図1 微弱電子線発生の概略図

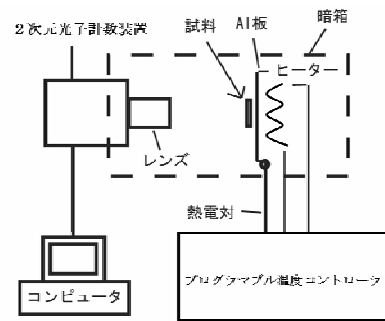


図2 2次元TL画像化装置

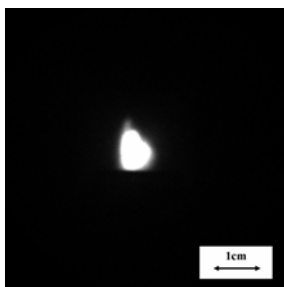


図3 電子線画像

(10 MeV 127 pC 電子線照射)

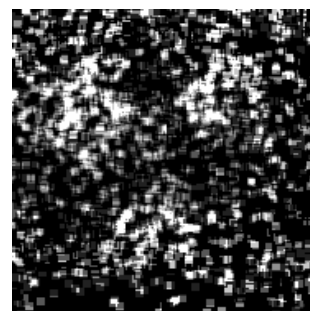


図4 中性子画像

参考文献

Y. Tanaka, R. Taniguchi, T. Kojima, S. Okuda, "Thermo-Luminescence Imaging by using a Two-Dimensional Photon Counter" 8th World Conference on Neutron Radiography(2006)PO25

放射線を利用したアスベストの高感度非破壊検知法

大阪府立大産学官連携機構 谷口良一*、小嶋崇夫、奥田修一

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

【はじめに】 アスベスト中に含まれる自然放射能の高感度測定を行った。アスベストは、かんらん石、角閃石等の造岩鉱物が熱水変成をうけて含水の繊維状鉱物になったものである。その成因から考えると、熱水鉱床で産出されるレキ青ウラン鉱石などと同様に土類元素である天然放射性核種（ウラン、トリウム）を集積し、放射性物質を、その母岩よりも多く含む可能性がある。本研究では、この点に着目し、アスベスト試料を低バックグラウンドのGe検出器体系で測定し、そのγ線スペクトルを評価することを試みた。

【実験】 図1(a)に結果を示す。この測定に用いたアスベストは、金属冶金に用いられていたものである。放射線量としては、土壌の数倍程度であり、極めて微弱であるが、そのスペクトルには、いくつかの注目すべき点が見られた。

- (1) 明瞭なγ線ピークがいくつか見られる。これらのは大半はウラン238とその崩壊系列からのものである。
- (2) 図1(b)に比較のため、当センターで採取した土壌のスペクトルを示す。このスペクトルでも、いくつかのγ線ピークが見られるが、図1(a)とは、パターンが、かなり異なっていることが分かる。

通常の岩石あるいは土壌中の自然放射線核種のウラン/トリウム比は0.2~0.5であり、トリウムが優勢である。そのため図1(b)のスペクトルではトリウム系列のピークが目立っている。これに対して図1(a)の試料のU/Th比は約2.5と評価された。すなわち、ウラン系列が圧倒的に目立ったスペクトルとなっている。これは熱水変成を受ける過程で、より水溶性の高いウランが集積されたということであるが、このことを利用すれば、より高感度のアスベスト検知が可能であると考えられる（図2）。この方法は、非破壊かつ非接触、遠隔の検知法であることから、建築、土木、医学などの分野での幅広い応用が考えられる。

【本研究に関する研究発表】 1) 「アスベスト中の自然放射線の測定」, 谷口良一、他2名, 原子力学会秋の大会（2006年9月, 札幌）、2) 「放射線を利用したアスベストの高感度非破壊検知法」, 谷口良一、小嶋崇夫、奥田修一, 非破壊検査協会平成18年度秋季大会（2006年10月, 名古屋）

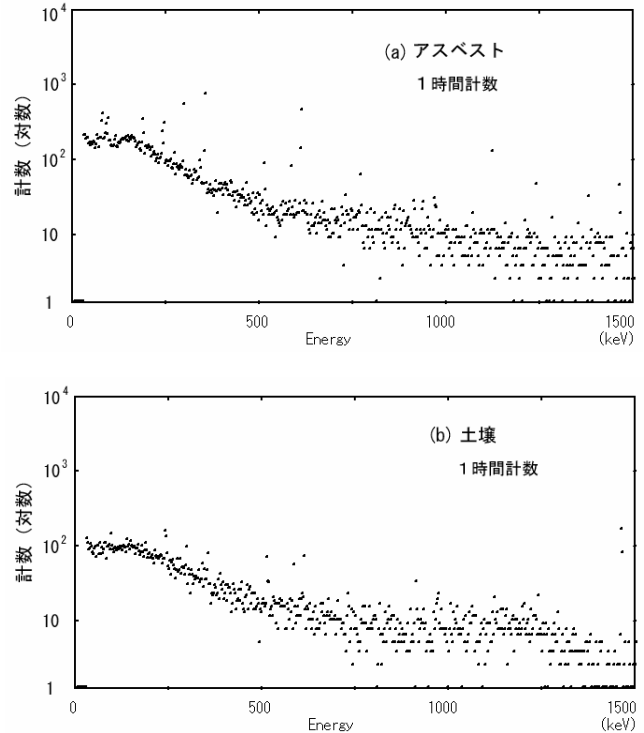


図1 アスベスト(a)および土壌(b)からのγ線スペクトル測定例

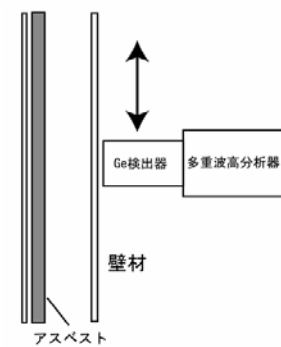


図2 放射線測定によるアスベスト検知法の概略

可搬型核種分析装置の開発

産学官連携機構 谷口良一*、小嶋崇夫

(株)原子力エンジニアリング 中村貴次、新谷浩文、岡本景次

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

1. はじめに

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

本研究は、可搬型核種分析装置の開発に際し運用上不可欠となる係数算出や、性能評価を目的として実施したものである。

2. 実施場所

産学官連携機構 放射線研究センター

3. 研究期間

平成18年7月1日～平成18年12月31日

4. 装置概要

本装置は、主検出器、並びにガード検出器（何れも CsI の結晶）を用いた逆同時計数法※によりバックグラウンドの低減を実現したものである。

図1に装置の体系ブロック図を、図2に装置概観写真を示す。

※：逆同時計数法

主検出器とガード検出器に同時に入射計数した光子を無効とし、主検出器で計測されるγ線スペクトルのバックグラウンドを低減する信号処理手法。

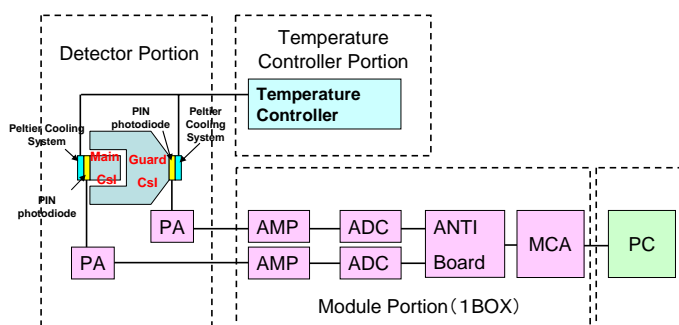


図1.装置体系ブロック

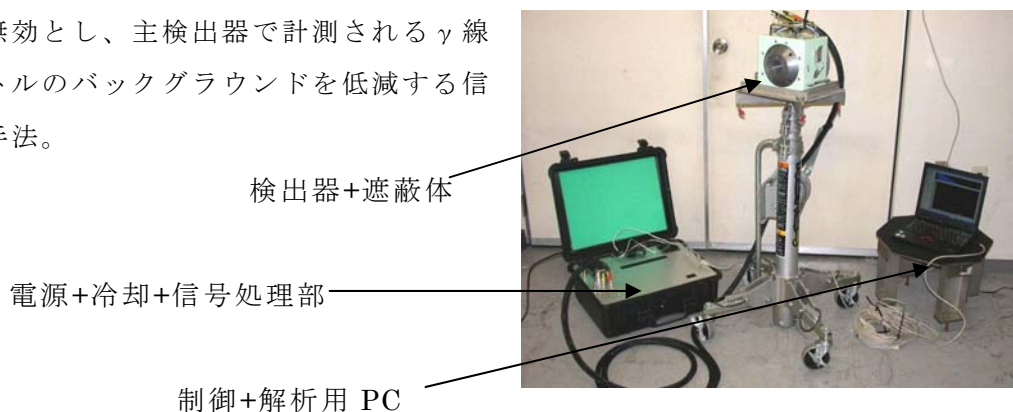


図2.装置概観写真

5. 実施内容及び結果

5-1 フォトピーク効率確認

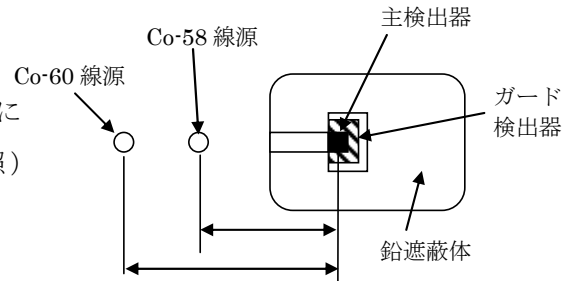
密封線源を用いてフォトピーク効率を求めた。目的核種の1つである Co-58 の場合、配管内面沈着成分測定時には、Co-60 コンプトン連続部によるバックグラウンドの影響を受ける。このため、Co-60 と Co-58 を同時に照射した状態でのフォトピーク効率を確認した。又、Cs-137 のフォトピーク効率データも確認した。

a. 実施方法

線源棟照射室で当該核種をそれぞれ目的強度になるように配置し、測定を実施した。(図3参照)

・使用線源

Co-58 密封線源	0.3MBq
Co-60 密封線源	17GBq
Cs-137 密封線源	0.3MBq



線源から主検出器中央まで距離を確認する。

図3. フォトピーク効率確認試験線源配置

b. 実施結果

図4にエネルギーとフォトピーク効率の関係を示す。

尚、図4中の Co-58 (811keV) のフォトピーク効率は実機配管測定を考慮し、Co-60/Co-58 比 5~9 で模擬した結果を平均したものである。

5-2 測定上限確認

a. 実施方法

Co-60、並びに Cs-137 の線源を用い、その配置距離を変えることで、測定装置への入射γ線束を変化させていき、入射量(計算値)と測定値の関係より、直線性が崩れる入射γ線量を確認する。

図5に線源移動台を用いての試験状況を示す。

・使用線源

Cs-137 密封線源	74GBq
Co-60 密封線源	17GBq

b. 実施結果

図6に測定上限確認結果を示す。これらの図より、Co-60 の場合、本装置は $3.8E+03$ (photon/sec/cm²) の入射γ線束まで直線性があり、これを基に現場条件を反映して評価すると配管表面5cmでの空間線量で約4mSv/hまで測定が可能なが判った。

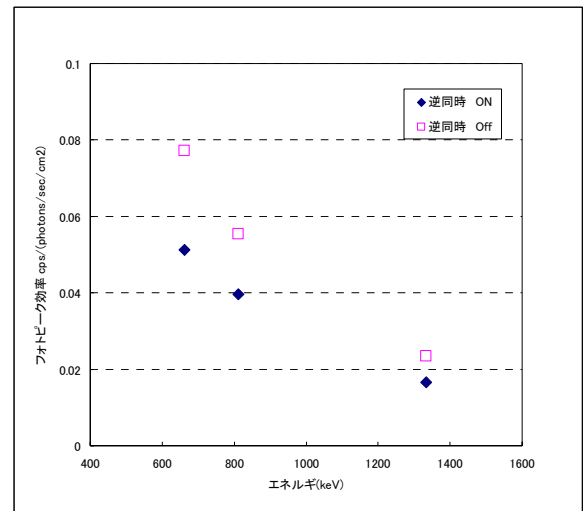


図4. フォトピーク効率確認結果

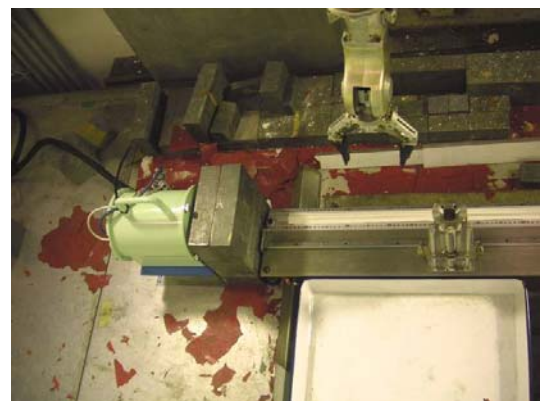


図5. 線源移動台を用いての試験状況

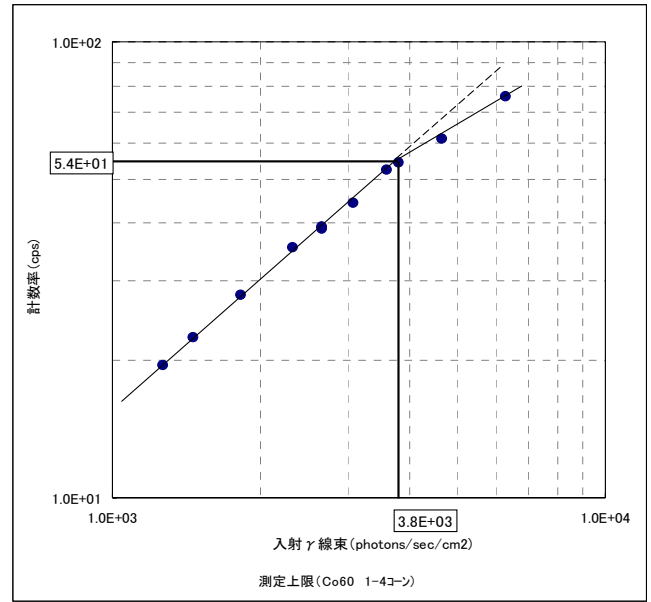
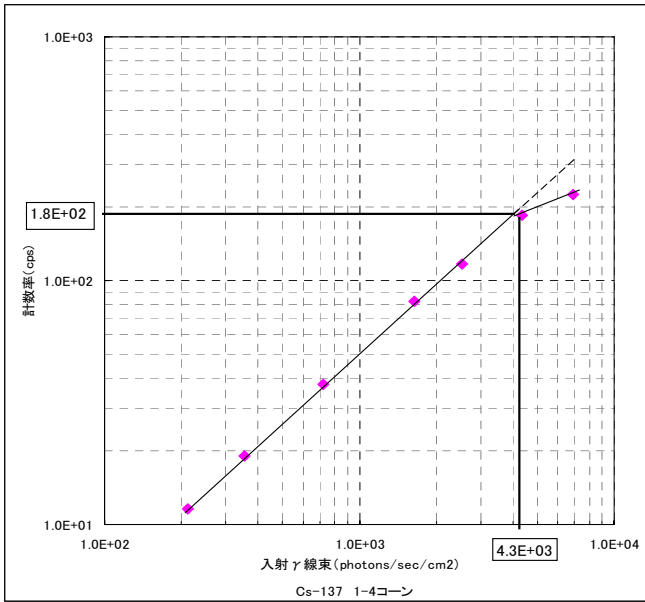


図 6 測定上限確認結果

6. まとめ

可搬型核種分析装置は1次系冷却配管中の配管内面沈着成分を測定する能力を有していることが判った。又、本研究結果を基に得られた係数を反映させることで、現場での測定データを濃度分結果として換算する為に必要な係数を得た。

金属ガラスの構造緩和過程における温度依存性の陽電子消滅測定

大阪府大工学研究科 石井顕人、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(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 T_g (ガラス転移温度)以下での構造緩和における密度変化と自由体積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】

バルク体の $Zr_{50}Cu_{40}Al_{10}$ 金属ガラス(直径 8mm、長さ 50~60mm、円柱状)を、厚さ 0.8mm 程度に切り出した試料を用いた。この試料を真空中(1.0×10^{-5} torr)においてそれぞれ 473, 573, 673K で等温焼鈍を行い、そのつど XRD、陽電子寿命、CDB 測定を行った。

【結果】

以上の実験から次の事が分かった。陽電子寿命の変化が、密度の変化と同様の傾向が観察され、自由体積変化が密度変化に大きく寄与していることがわかった。また構造緩和過程における自由体積の変化は stretched exponential(KWW)的な緩和過程であることなどがわかった。

本研究に関する研究発表

学会発表（国内、国際会議）

- 1) 科研費特定領域金属ガラスの材料科学 A05 班研究会 (1月、仙台)、堀史説、横山嘉彦、今野豊彦、陽電子消滅法による Zr-Cu-Al 金属ガラス中の自由体積評価
- 2) 日本金属学会 2006 年春期大会 (3月、東京)、堀史説、横山嘉彦、今野豊彦、陽電子消滅法による Zr-Cu-Al 金属ガラス中の自由体積評価
- 3) 日本物理学会年次大会 (9月、千葉)、堀史説、石井顕人、岩瀬彰宏、今野豊彦、横山嘉彦、ZrCuAl 金属ガラス中の自由体積と緩和過程における陽電子による評価
- 4) The Fifth International Conference on Bulk Metallic Glasses, BMG V, (Awaji, Japan, Oct, 2006) T.J.Konno, F.Hori and Y.Yokoyama, Relaxation and crystallization behavior of the Zr50Cu40Al10 metallic glass

発表論文

Relaxation process in Zr-Cu-Al bulk metallic glasses by positron annihilation, F.Hori, T.Yano, Y.Yokoyama, and T.J.Konno, J. Alloys & Compounds, online available 2006

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 先端科学研究所 奥田修一, 岩瀬彰宏, 小嶋崇夫, 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)

宇宙機に搭載される太陽電池は, 高い変換効率を有しているのはもちろんであるが, 軌道上に存在する放射線に対する高い耐性が必要とされる. 近年, 化合物系太陽電池は Si 以上の高い変換効率及び, Si 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 でもこれらセルに対する放射線照射効果の研究を進めてきた^{1,2)}. しかしながら, 我々がこれまで遂行してきた 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, セル劣化の起因説明が困難であった. 本研究では, 化合物系太陽電池に低エネルギー電子線を照射することで, 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, その際のセル劣化特性との因果関係を調査することを目的とする.

対象とする太陽電池としては, まず InGaP セルを予定している. InGaP は現在宇宙用として最も効率が高い 3 接合太陽電池 (宇宙光下で変換効率 27% 以上) のトップセルとして用いられているセルであるが, 高い放射線耐性を有し, かつ照射欠陥が電流注入によりアニールアウトされセル特性が回復することが報告されている³⁾.

18 年度は, 昨年度に引き続き電子線照射下での計測システムの構築を主に行った. 電子線照射量を正確に計測することを目的に, 別の加速器による同照射条件での太陽電池の劣化挙動の比較評価を行った. 日本原子力研究開発機構の電子線照射装置を用いて, 大阪府立大学の電子線加速器と同条件 (エネルギーおよびフルエンス) の照射試験を行い, 劣化特性を比較評価した. 宇宙用シリコン太陽電池に 500keV 電子線を照射し, 電気性能の劣化挙動を比較した結果を図 1 に示す. 短絡電流 (Isc) の劣化特性も開放電圧 (Voc) の劣化特性も, 両加速器の差は約 0~7% と概ね良い一致を示しており,

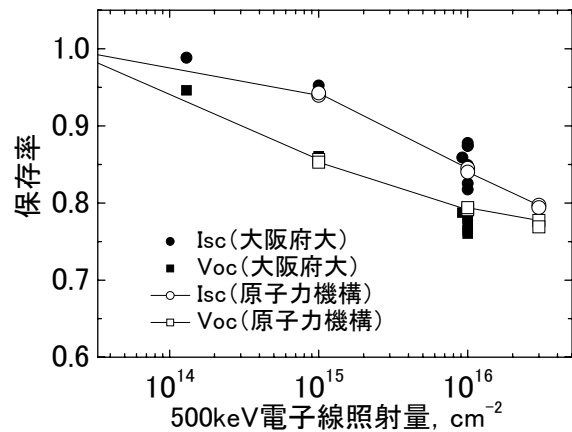


図 1 大阪府立大学と原子力機構の電子線加速器を用いて実施した宇宙用シリコン太陽電池の 500keV 電子線による電気性能の劣化挙動の比較

500keV 電子線照射試験での計測システムに問題がないことが確認できた. 19 年度はシリコン太陽電池以外の太陽電池での確認として 3 接合太陽電池を用いた照射試験を実施するとともに, InGaP などの化合物太陽電池の劣化メカニズムの研究を進める.

参考文献

- 1) S. Kawakita et al. *Jpn. J. Appl. Phys.*, **41** (2002) L797.
- 2) T. Sumita et al. *Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. B* **206** (2003) 448
- 3) N. Dharmarasu et al. *Appl. Phys. Letters*, **79** (2001) 2399

宇宙環境を想定した民生用半導体の耐久テスト

㈱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) 古山寛一、小林千里、田部博之

(*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における情報系モジュールを構成するパネルコントロールマネージャ（PCM）とCPU統合器（CPUI）、姿勢制御系（ACS）、推進形（PROP）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 15 kRad/h～38 kRad/h、線量 35 kRadで行った。照射の影響の評価は、半導体の消費電流を照射前後で2セット測定するか、または照射を5回に分け6セット測定することにより実施した。

[結果と総括] 合計2回のガンマ線照射試験の結果、SOHLA-2/PETSAT用の半導体製品について搭載可否の目処をつけることが可能となった。結果の概要を下表に示す。今後のフライトモデルの設計に際し、今回の試験結果を半導体製品の選定情報として活用する。

表 選定半導体製品(合格品)

種類	メーカー	型番
CPU	RENESAS	H8S2556FC20
	RENESAS	H8/3694F
SRAM	TOSHIBA	TC55NEM208AFGN70
	RENESAS	M5M51008DFP-55H
EEPROM	ATMEL	
	ATMEL	
CAN コントローラ	Philips	PCA80C250T
サーキットブレーカ	LT	LTC11531S8
AD 変換コントローラ	MAXIM	MAX1238

自然放射線の生物影響実験における細胞培養液中放射能の寄与

Contribution of Natural Radioisotopes in Culture Solution at Radiation Effect Experiment on Bio

松田八束*, 川西優喜, 奥山勝幸, 白石一乗, 八木孝司, 谷口良一, 奥田修一
汐見信行¹, 米沢司郎²

Yatsuka MATSUDA, Masanobu KAWANISHI, Katsuyuki OKUYAMA, Kazunori SHIRAISHI, Takashi YAGI,
Ryouichi TANIGUCHI, Shuuichi OKUDA, Nobuyuki SIOMI¹, Morio YONEZAWA²

阪府大産学官,¹ 同退職,² 奈良医大

Res., Indus., Univ., and Gov. Coop., Osaka Pref. Univ.

²Nara Medical Univ.

(*本研究に関する連絡先: メール yaka@riast.osakafu-u.ac.jp)

1. はじめに: 小線量放射線の生物応答に関する実験的研究を行う場合、放射線を遮蔽した空間と特に放射線の遮蔽をしないコントロールとしての空間が必要である。わが施設に保有する鉄遮蔽箱の内外において γ 線を計測すると、コントロール空間の約50分の一の線量率をもつ空間が得られることが分った。このような環境いわゆる極低線量放射線に対する生物応答実験で実測が困難な放射線の概略の実効線量率の明細を見積もる必要がある。実測が容易でない培養液中における γ 線及び β 線の吸収線量率計算を試みた。その方法及び結果について述べる。

2. 実験条件: 2. 1 鉄箱内外における γ 線計測; 遮蔽用の鉄箱の遮蔽壁とその大きさは次のとおりである。鉄箱の内容積: 85cm×85cm×52cm 鉄板の厚さ: 18cm, パラフィン層の厚さ: 上部 50cm×横 25cm×下部 10cm, 箱の後ろ側面は壁と接近しており空間的余裕がないためパラフィン層は無し。2. 2 培養液中の⁴⁰Kの定量; ゾウリムシの飼育に用いる培養液中の⁴⁰Kの濃度を実測するため、10倍濃縮した培養液 60ml を用意し、ポリスチレン容器に移し、低バックグラウンド型 γ 線計測装置(鉛遮蔽箱: 鉛厚 10cm、内容積 32cm[W]×32cm[D]×42cm[H])である HPGe 検出器による計測を行った。試料及びポリスチレン空容器の計測時間は共に 4日間(345600秒)であった。定量結果は原液に換算して $2.76 \times 10^{-3} \text{ Bq/g} \pm 15.7\%$

3. 実効線量率計算: 3. 1 γ 線による実効線量率; 培養液は 10~60ml を用いることが多いと仮定して(実際、55mm ϕ ×10mm 深さのポリスチレンシャーレに約 5mm 深さに液を充たしている)、培地中の⁴⁰Kから放出される γ 線の生物に与える実効線量率を概算する。近年推奨されている放射線の遮蔽計算マニュアルで用いられる方法を用いて計算した結果は以下の通りであった。

$$\dot{E}_R = 0.0496[\text{nGy/hr}]$$

3. 2 β 線による実効線量率; 高速電子に対する電離及び励起による比エネルギー損失(衝突損失を示すベータの式)を用いて、微小区間ごとに電子が周りの物質に与えるエネルギーを計算することによって実効線量率を概算した。⁴⁰Kから放出される β 線のエネルギー分布を単純な一山形分布を仮定して見積もった結果は以下の通りである。

$$0.26 [\text{nGy/hr}]$$

4. 今後の問題: 古典的な簡単な計算法(アイソトープ便覧改定 3 版 p224)を用いると $1.1[\text{nGy/hr}]$ となり様々な近似で用いたパラメーターの詳細な検討を行っている。尚、中性子に関しては別のところで発表する予定である。空気中に残留する α 放射体の寄与についても検討する必要性が残されている。

参考文献: 汐見信行, 米沢司郎, 八木孝司, 松田八束, 谷口良一, 白石一乗, 川西優喜, 極低線量放射線に対する生物応答, 研究課題番号 15310042 平成 15~平成 17 年度文部科学省科学研究補助 基盤研究(B) 研究成果報告書, 平成 18 年 3 月 研究代表者 汐見信行 大阪府立大学 産学官連携機構

微粒子共存溶液中での芳香族系有機化合物の放射線分解初期過程

阪府大放射線研究センター 小嶋崇夫*、谷口良一、奥田修一

(*TEL: 072-236-2221 (内線) 4213、メール kojima@riast.osakafu-u.ac.jp)

酸化物微粒子を共存させた系で芳香族系有機化合物のモデルであるフェノールの放射線分解が促進される効果について、放射線照射初期過程で生成する水和電子、OH ラジカルなどの短寿命中間活性種の挙動に着目し、その挙動を電子線パルスラジオリシス法による過渡変化測定により観測し、ガンマ線照射後の放射線分解生成物分析の結果と比較した。

排水中に含まれる毒性を有するフェノール、クロロフェノールのような芳香族系有機化合物の分解・除去について、TiO₂、Al₂O₃などの微粒子が共存するフェノール水溶液に放射線を照射した場合、フェノール水溶液のみに放射線を照射したときよりもフェノールの分解が促進され、全有機炭素(TOC)量も減少が促進されるとの結果が報告されている。ここでは、放射線照射初期過程で生成する水和電子、OH ラジカルやフェノール由来の短寿命中間活性種がフェノールの分解過程に与える影響について調べた。

マイクロ秒パルスラジオリシス装置により測定した結果では、0.005 wt% TiO₂ 微粒子を懸濁させた 2 mM フェノール水溶液の過渡吸収スペクトルで 400 nm 付近に存在するフェノキシラジカルの吸収ピークが微粒子を添加しないフェノール水溶液で得られた過渡吸収スペクトルでの吸収ピークに比べて減少した。従って、微粒子添加が放射線照射によるフェノール分解過程での短寿命中間活性種の挙動に影響を与えていることを示している。

放射線照射還元による貴金属ナノ微粒子の創成と評価

阪府大院工マテリアル工学分野 前田修大、堀史説*、岩瀬彰宏

阪府大産学官 小嶋崇夫、谷口良一、奥田修一

理研 阿部知子、神原正

(*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】

放射線化学の分野では、液相中に放射線を照射すると非平衡の還元反応場が導入されることは良く知られている。本研究では γ 線・パルス電子線・重イオン線等の各種放射線照射によって液相中でAu/Pd ナノ微粒子を合成し、その合成微粒子の放射線種依存性を比較・評価することを試みた。

【実験方法】0.5mM の Au^{3+} ・ Pd^{2+} 両イオンと界面活性剤を含む溶液試料を作製し、室温・大気雰囲気中で約1MeV の γ 線照射 (^{60}Co)、10MeV のパルス電子線照射 (LINAC)、1.62GeV のC イオン照射 (リングサイクロトロン)をそれぞれ行った。照射線量毎にUV/vis による吸光度測定を行うことで還元反応度を測定し、TEM によって生成微粒子の形状・粒径などを観察した。以上の結果から各放射線照射による微粒子の生成機構などについて検討した。

【結果】どの照射においても還元が起これ溶液の着色が現れ、UV-vis 測定では照射線量の増加に伴い吸光度も増加しており (図参照)、これは照射により還元反応が進み微粒子が合成されたことを示している。またTEM 観察でも照射線量が同じでも照射線種の違いにより粒径の異なる微粒子が生成していることが確認され、線量依存性のみならず線質依存性が現れることなどが判明した。

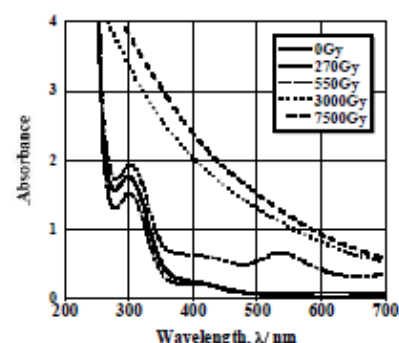


図. パルス電子線照射による Au/Pd 溶液の吸光度変化

本研究に関連する研究発表 (原著論文、その他報文、学会等報告)

【学会発表】

- 1) 日本物理学会春季大会 (3月、愛媛)、堀史説、広木大栄、小嶋崇夫、岩瀬彰宏、秋田知樹、田中真悟、超音波照射により作成した AuPd ナノ微粒子の構造評価
- 2) 日本物理学会春季大会 (3月、愛媛)、田中真悟、秋田知樹、香山正憲、堀史説、第一原理計算による貴金属ナノ微粒子のコア・シェル界面電子構造
- 3) 日本物理学会春季大会 (3月、愛媛)、前田修大、堀史説、岩瀬彰宏、GeV 重イオン照射による貴金属ナノ微粒子の作製と評価
- 4) 第4回ナノ学会 (5月、京都)、堀史説、高谷弘枝、大嶋隆一郎、超音波照射により作成した Au-Pd 系ナノ微粒子の陽電子測定

Positron annihilation study of Au-Pd nanoparticles prepared by sonochemical method

- 5) 第4回ナノ学会 (5月、京都)、秋田知樹、廣木大栄、岩瀬彰宏、田中真悟、小嶋崇夫、堀史説、超音波照射により作成した AuPd ナノ微粒子の電子顕微鏡観察

TEM observations of AuPd nano-particles prepared by sonochemical techniques

- 6) 日本物理学会年次大会 (9 月、千葉)、田口昇、長谷直基、田中真悟、秋田知樹、小嶋崇夫、岩瀬彰宏、堀史説、超音波照射法により作成した Au-Pd ナノ微粒子の構造と電子状態
- 7) 日本鉄鋼協会・日本金属学会関西支部 第 3 回材料開発研究会 (12 月、京都)、超音波照射法により作成した AuPd 超微粒子の特性と構造評価、長谷直樹、田口昇、岩瀬彰宏、秋田知樹、田中真悟、小嶋崇夫、堀史説
- 8) 京都大学量子理工学研究実験センター第 7 回シンポジウム、パルス電子線照射による貴金属ナノ微粒子の作成、前田修大、小嶋崇夫、谷口良一、堀史説、奥田修一、岩瀬彰宏

9) Handai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium (Japan, January, 2006)

S.Tanaka, F.Hori, T.Akita, M.Kohyama

First-principles calculations of Au-Pd core-shell nanoparticles

10) 14th International Conference on Positron Annihilation 14, (Hamilton, Canada, July, 2006)

F.Hori, T.Kojima, S.Tanaka, T.Akita, T.Iwai, T.Onitsuka, N.Taguchi and A.Iwase

Characterization of sonochemically synthesized Au-Pd nanoparticles by using slow positron beam.

11) GOLD2006: New Industrial Applications for Gold, (Ireland, September, 2006)

S.Tanaka, F.Hori, T.Akita, M.Kohyama

Atomic and electronic structures of binary Au-Pd core-shell nanoparticles

12) MRS 2006 Fall Meeting (Boston, USA, November, 2006)

T.Akita, T.Hiroki, S.Tanaka, T.Kojima, M.Kohyama, A.Iwase, F.Hori

Analytical TEM observation of Au-Pd nanoparticles prepared by sonochemical method.

13) 4th Asia Pacific Congress on Catalysis, (Singapore, December, 2006)

T.Akita, T.Hiroki, S.Tanaka, T.Kojima, M.Kohyama, A.Iwase and F.Hori,

Analytical TEM observations of Au-Pd core-shell particles prepared by sonochemical techniques.

【発表論文】

1) Synthesis of Au Nano-particles under Energetic Irradiation Fields

N.Maeda, T.Hiroki, F.Hori, S.Okuda, R.Taniguchi, T.Kojima, T.Kambara, T.Abe and A.Iwase

Mater. Res. Soc. Symp. Proc. (2006).

放射線照射によって誘起される固液複合系での反応

大阪府大産学官 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 br0101@mtr.osakafu-u.ac.jp)

1. はじめに

水の放射線分解により水素が生成するが、 TiO_2 や 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。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が、その機構は解明されていない。本研究では、まず TiO_2 微粒子懸濁水へのガンマ線照射により生成する水素の収量と微粒子の特性との関係を調べた。さらに、電子線を前照射した TiO_2 微粒子の懸濁水のガンマ線照射による水素の収量と微粒子の帯電状態の関係を調べ、電子線照射による微粒子の懸濁状態の変化を観察した。

2. 実験方法

本研究で使用した TiO_2 微粒子は4種類で、以下 Nano Tek[®] (Nanophase Tech. Corp.製)、SSP-25、SSP-20、SSP-M (堺化学工業(株)製) と呼ぶ。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、電流値 150–300 μA で、吸収線量を 140 kGy–1 MGy の範囲で変化させた。微粒子懸濁水の作製には、超純水製造装置 (ミリポア工業(株)製) で精製された超純水 (比抵抗値: 18 M Ωcm 以上) を使用した。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、ガンマ線を照射した。吸収線量率は 9.2 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. 結果および考察

照射試料から生成した水素の G 値を図 1 に示す。同じ TiO_2 でも微粒子の種類により水素生成の G 値が異なる。TEM 観察の結果および懸濁水における微粒子の沈降状態の違いから、これは微粒子の凝集状態が影響していると考えられる。また、Nano Tek[®] では前照射により G 値が減少し、SSP-20、SSP-25 では増加した。微粒子の帯電状態を調べるため、ゼータ電位を測定したところ、Nano Tek[®] では前照射によって電位の絶対値が減少した。

4. 結論

TiO_2 微粒子の前照射によりゼータ電位の絶対値に変化があることが明らかになった。これにより、前照射が微粒子の帯電の状態に影響を与え、水素の収量が増加することがわかった。

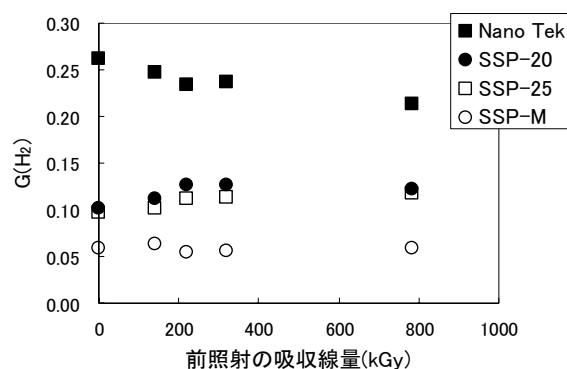


図 1 前照射の吸収線量と水素生成の G 値の測定結果

シリコンポリマー前駆体セラミックス繊維の合成に関する放射線利用

阪府大工学研究科 成澤雅紀*、北憲一郎、住本竜一、間渕博

日本原子力研究機構 杉本雅樹

福島高専 伊藤正義

(*本研究に関する連絡先：TEL: 072-254-9312 (内線) 5653、メール nar@mtr.osakafu-u.ac.jp)

1. 緒言 SiC 長繊維はポリカルボシラン(PCS)を出発物質として製造されており[1]、FRP や繊維強化セラミックス基複合材料(CMC ; Ceramics Matrix Composite)への応用が注目されている[2,3]。当研究室では、これまでにポリカルボシラン(PCS)に対して相溶性を有するタイプのポリマーについてブレンドを行い、それによる紡糸性の変化、セラミックス繊維とした場合の特性変化などについて研究を行ってきた[4,5]。さらに近年、我々は工業的により広く利用されている主鎖が Si-O-Si 骨格よりなるシリコン樹脂系の前駆体をセラミックス繊維の合成原料として利用できるのではないかと考え、基礎的な検討を始めている。ファイバーの細線化、表面、内部の空孔制御、大量に使える場合は、低コスト化へとつなげられるものと期待される。このような新規な系に関しての不融法はまだ十分に確立されていない。

2. 実験方法 ポリカルボシラン (PCS) に対して、メチルヒドロゲンシリコンオイルを 15-40mass% 混合した前駆体を調整し、これを 543K で紡糸した繊維について、熱酸化不融法、各種の放射線照射不融法を試みた。一方、熱硬化性ではあるが、単独でのセラミックス収率が高い、ポリメチルシルセスキオキサン樹脂に関して、400-450K 付近における紡糸性の評価を行った。

3. 結果 PCS-H-oil ブレンドポリマーにおいて、 γ 線照射の利用は熱酸化過程に比した場合、同じ程度の酸素の取り込み量では、焼成時における繊維表面での若干の溶融が避けられず、形の不正な繊維が得られる傾向があった。電子線照射の場合には、断面から見た場合、繊維表面近傍に空孔が多く生成するものの、繊維の外観としては良好な繊維が得られた。ただしこの場合の酸素取り込み量は熱酸化照射の場合よりも高く、10-15mass%に登った。繊維断面構造に空孔が存在しがちな特性があるが、ブレンドポリマー繊維の有効な架橋法として注目に値する。また、1273K でのセラミックス収率が 83%の高収率にのぼる PMSQ 繊維の紡糸に成功した。あまりにも溶融温度が低いために、熱酸化不融法は不適であることが判明し、放射線照射の適用が期待される

参考文献

- [1] S.Yajima, J.Hayashi and M.Omori, *Chem. Lett.* (1975) 931.
- [2] M.Narisawa, T.Shimoo, K.Okamura, M.Sugimoto and T.Seguchi, in "Fine Ceramic Fibers," edited by A.R.Bunsbell and M.H.Berger(Marcel Dekker, NewYork, 1999).
- [3] M.Sugimoto, Y.Morita, T.Seguchi and K.Okamura, *Key Eng. Mater.* **164-165** (1999) 11.
- [4] A.Idesaki, M.Narisawa, K.Okamura, M.Sugimoto, Y.Morita, T.Seguchi and M.Itoh, *J.Mater.Sci.* **36** (2001) 357.
- [5] M. Narisawa, K. Shimoda, M. Nishioka, T. Iseki, H. Mabuchi, K. Okamura, K. Oka and T. Doumaru, *J. Ceram. Soc. Jpn.*, **114** (2006) 511.

本研究に関する研究発表

- ・ 「ブレンドポリマー法による炭化ケイ素系マイクロチューブの合成」
(府大院工) 北憲一郎, 成澤雅紀, 間渕博, (福島工業高専) 伊藤正義, 日本セラミックス協会 第 19 回秋季シンポジウム講演予稿集. (2006) 386.

新規国内活性炭の研究

株式会社アトックス東京営業所 山下大地

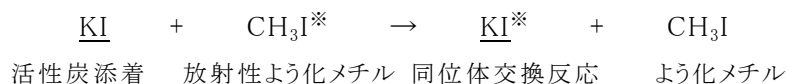
阪府大産学官 八木孝司*

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

1. 研究目的

原子力発電所では、万一、事故が発生した場合、これらの“放射性物質”を建屋外に放出しないように、これら除去する機能を有していなければなりません。その機能において、必要不可欠なものとして活性炭が挙げられます。活性炭は多孔質固体吸着体であり、気体中の物質を吸着する能力(吸着反応性)があり、一般的に原子力発電所の事故時に発生する放射性希ガスなどを除去することができます。

しかしながら、放射性希ガスの中でも、放射性の有機ヨウ素(CH_3I など)に対しては、活性炭表面の細孔が水分に覆われるため、その吸着能力が著しく低下するという欠点があります(大半は無機型であります)。そのため、一般的に原子力発電所では下記に示すようなヨウ素の同位体交換反応が期待できる物質、KI を添着させた改良型の活性炭が利用されています。



現在、この KI 添着の活性炭は①海外製のものが多く、納期に5~6ヶ月を要する。②高額である。③活性炭の寿命が短い。といった欠点が挙げられるため、代替品の導入が期待されています。

そこで当社では、今回、中部電力株式会社殿と共同で、国内産の活性炭に着目し、また、KI 添着の活性炭と比較して、活性炭の寿命が長いと言われている KI+TEDA(トリエチレンジアミン)添着の活性炭について、ヨウ素除去(捕集)効率試験を中心に、その他の物性試験等を実施し、総合的に評価していきます。

2. 研究概要

- ① 様々な銘柄(メーカー)の活性炭について、ヨウ素除去効率試験を実施し、性能評価を実施します(⇒製造過程の違いによる性能比較)。
- ② KI 添着の活性炭および KI+TEDA(トリエチレンジアミン)添着の活性炭について、経過試験を実施し、その経年劣化の度合いを比較します(⇒活性炭の寿命について比較)。

3. ヨウ素除去効率試験

ガス状の放射性有機ヨウ素(放射性ヨウ化メチル、 CH_3I)を調整し、ボンベに封入します(密閉系)。温度や湿度の条件を実際の原子力発電所と同じ条件下で、ボンベ内の放射性有機ヨウ素を試験装置内にセットしてある5段の活性炭カートリッジに一定時間通気させます。通気が終了し次第、Ge 半導体検出器にて各カートリッジに捕集された放射エネルギーを測定し、その結果から、ヨウ素除去(捕集)効率を求めます。

ジアリールエテンの放射線照射効果

阪府大院工応用化学分野 入江せつ子*、岡邦雄

阪府大産学官 小嶋崇夫、白石一乗

(*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。フォトクロミック分子は、励起状態において化学結合を組み替えるチャンネルをもつため、光を受けると電子状態の異なる別の異性体へ変換する。光のかわりに、放射線（ γ 線、X線、電子線）を用いても同様に励起状態が生成し、色変化が誘起されると考えられる。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。放射線感受性の向上を目指して、有機、無機蛍光体添加の検討を行った。無機蛍光体を用いた際、より高感度化が認められた。高感度が認められた系を用いて、高分子フィルムの作製を試みた。

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) *S. Irie, et al.,*

Ultrahigh Sensitive Color Dosimeters Composed of Photochromic Diarylethenes and Fluorescent Metal Complexes.

Chem. Lett., 35, 1434 (2006).

3) *S. Irie, et al.,*

Color Dosimeters Using Photochromic Diarylethenes.

XXIst IUPAC Symposium on Photochemistry (Kyoto, Japan, April, 2006)

ムコン酸ベンジルエステル誘導体の固相重合反応の機構解析

阪市大院工 古川大輔、森悠、松本章一*

阪府大院工 岡 邦雄

(*本研究に関する連絡先：メール matusmto@a-chem.eng.osaka-cu.ac.jp)

分子内異性化反応や光二量化反応などの一分子反応，あるいは低分子間での二分子反応では，反応性は反応中心の原子や置換基の動きやすさによって支配される．反応空間と呼ばれる反応中心のまわりの空間の大きさと形が重要となる．また，分子と分子の隙間が生成物の結晶中の歪を解消する役目を果たしている．ところが，重合の成長反応では，生成物であるポリマーが一次元に長くつながった共有結合構造をもち，スタッキング条件の厳しい要求を満たしたものが重合することになる．不飽和化合物であるムコン酸エステルは，分子の化学構造だけでなく，結晶中での分子充填構造に依存して，トポケミカル重合，EZ光異性化反応，[2+2]光環化二量化反応のすべての反応が可能な化合物であり，かつ生成物のいずれかを選択的に生じるため，固相反応の機構を詳しく解析するために適した化合物である¹⁻⁴⁾．本研究では，固相反応中の結晶内での化学構造変化に伴って，結晶が伸びたり，縮んだり複雑に構造変化しながら生成物の結晶に至る過程を追跡し，結晶構造と反応過程での変化の詳細な観察から，反応機構について明らかにした．

Figure 1 に示すように，モノマーが繊維周期よりも長い距離でスタッキングした場合には結晶は収縮し，逆に密にスタッキングした場合は膨張しながら反応する．いずれのケースでも，収縮，膨張によらず，反応速度は重合に伴う変化量の絶対値に依存する．粉末X線回折と単結晶構造解析法によって，ムコン酸エステルの固相重合の反応過程を連続的に追跡し，モノマー結晶から高分子結晶へと変化するときには繊維軸方向に膨張する重合系も確認した(Figure 2)．ここで，重合反応系は2つの型に分類される⁵⁾．均一反応機構では，モノマーとポリマーが共存した固溶体を形成し，各重合率における単結晶構造解析が可能で，全重合過程で結晶構造変化の観測が可能である．一方，不均一反応機構では反応途中で

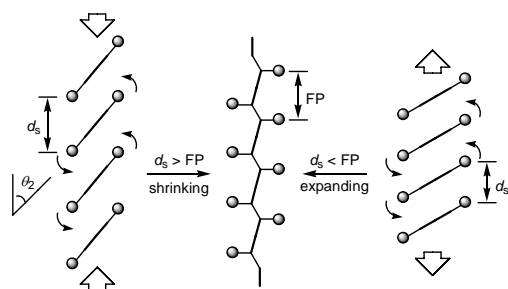


Figure 1. Schematic model for the shrinking and expanding of crystals during polymerization in the solid state. Monomer molecules translationally stack in a column with a stacking distance (d_s) larger or smaller than the fiber period (FP) of the resulting polymer, leading to shrinkage and expansion, respectively, in the column direction.

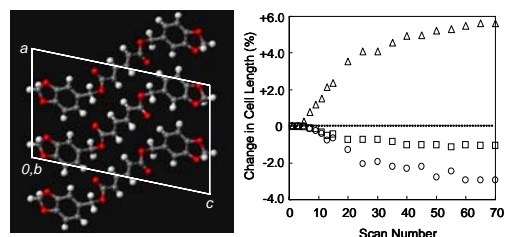


Figure 2. Single crystal structure of a muconate monomer and a change in the lattice lengths during the continuous X-ray radiation. Polymer chains are formed along the b -axis. The conversion into the polymer was approximately 50% after 70 X-ray diffraction measurement cycles. Circle: a -axis, triangle: b -axis, square: c -axis.

相分離構造を生じる。これらの重合機構のうち、どちらに従うかは結晶中の構造変化で決まり、モノマー結晶から高分子結晶への構造変化の割合が小さいと前者、大きいと後者となる。最終的に収縮が起こる場合でも、重合のごく初期段階では全ての方向の結晶格子が膨張過程を経て一時的に体積も増大することを直接観測することに成功した。固溶体ではモノマーとポリマーが共存するため、構造的な歪を解消するためにすべての軸方向にいったん膨張が起こり、その後、高分子結晶構造へ次第に収束すると推察される。

次に、格子変化の追跡に加えて、モノマー構造とポリマー構造に分離して結晶構造を解析し、それぞれの構造に含まれる歪みについて検討した。収縮型の重合では、ポリマーの生成に伴って全体の結晶格子に歪みが生じる。一方、膨張型の重合では、主に生成するポリマーのコンフォメーションに歪みが蓄積される。これら歪みの蓄積は、重合反応速度にも影響することが予想される。そこで、光重合に比べて遅い速度で進行する熱重合反応を温度可変顕微 IR 測定により追跡した。種々の温度で IR スペクトルを連続測定し、各時間における重合率を算出することで反応性を比較したところ、収縮を伴って進むモノマーの熱重合では、明らかに反応の誘導期が観察された (Figure 3)。誘導期の後、重合は加速的に進化した。誘導期の長さは重合温度や用いる結晶の大きさに依存し、高温になるほど、また微結晶になるほど、誘導期は短くなる。これは、結晶が小さく、また温度が高いほど歪みを開放しやすく、さらに、モノマー相からポリマー相への転移が起こりやすいと考えられるためと考えられる⁶⁾。対照的に、膨張型モノマーでは誘導期が見られず、ある程度重合が進行してから連続的に結晶構造が大きく変化した。このように、誘導期の発生は、結晶内の歪みと深く関連付けられることを明らかにした。

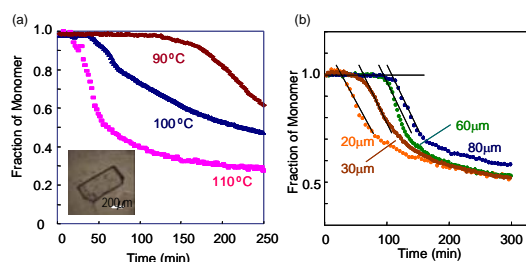


Figure 3 Observation of induction period during the thermal polymerization of 4-chlorobenzyl (*Z,Z*)-muconate. The polymerization was monitored by FT-IR spectroscopy under temperature control. (a) Effect of temperature. (b) Effect of crystal thickness.

参考文献

- 1) A. Matsumoto, *Top. Curr. Chem.*, **254**, 263 (2005).
- 2) 松本章一, 高分子, **55**, 270 (2006).
- 3) A. Matsumoto, T. Tanaka, K. Oka, *Synthesis*, **2005**, 1479.
- 4) A. Matsumoto, D. Furukawa, H. Nakazawa, *J. Polym. Sci., Part A, Polym. Chem.*, **44**, 4952 (2006).
- 5) D. Furukawa, A. Matsumoto, in preparation.
- 6) T. Ueno, D. Furukawa, A. Matsumoto, in preparation.

本研究に関する研究発表

- 1) A. Matsumoto, D. Furukawa, Y. Mori, T. Tanaka, K. Oka, *Cryst. Growth Des.*, **7**(6), 1078-1085 (2007).

γ線架橋コラーゲンゲルの研究

小清水直喜、原正之*

(*大阪府立大学大学院理学系研究科 連絡先: 内 3602 hara@b.s.osakafu-u.ac.jp)

1. 緒言

コラーゲンは生体適合性の高さから医療用具や医薬品の被覆剤などとして広く利用されてきた。医療用具の滅菌に用いられる γ線や電子線などの電離放射線は、化学薬品を用いず、また条件に応じてコラーゲンを変性、架橋、分解させる作用を持つので、その影響や反応機構を定量的に調べることは医療用材料としての用途開発において重要である。本研究では、0.3% コラーゲン (Cell matrix Type I-A または Collagen BM; 新田ゼラチン) に γ線を照射することにより作製された架橋コラーゲンゲルの性質について検討した。

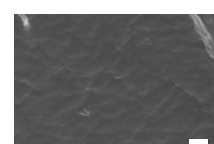
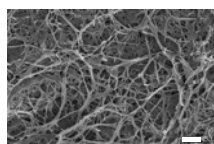
2. 実験方法

ブタ由来の Type I コラーゲン(Cell matrix, Type I-A, 0.3 %, pH3.0 および Collagen BM Type-I, 0.6 %, pH3.0; 新田ゼラチン株式会社) を用い、酸性 (pH 3) または中性(pH 7) の上記濃度の各コラーゲン溶液 3 ml を 12well-plate に入れ、室温にて 2.3-45 kGy の ⁶⁰Co, γ線を照射してゲルを作製した。得られたゲルを蒸留水中で 48 時間膨潤させた後、ゲルの膨潤率を求めた。

3. 結果と考察

酸性条件では、一定線量以上の γ線を照射するとコラーゲン分子が架橋し、溶液から無色透明のコラーゲンゲルが生成し、線量依存的な収縮が顕著であった (下図右: 酸性ゲル)。一方、中性では pH の中和時にやや白濁した通常のコラーゲンゲルが生成し、γ線照射によっても著しい収縮は見られなかった (下図左: 中性ゲル)。上記 2 種類のゲルをホモジナイズし、雲母に吸着・乾燥後に原子間力顕微鏡 (AFM) による表面構造の観察を行うと、中性ゲルにのみコラーゲン繊維特有の縞模様が見られたので、下記の走査型電子顕微鏡 (SEM) による観察結果と併せて、中性ゲルは繊維化ゲル、酸性ゲルは非繊維ゲルであることが確かめられた。次にコラーゲンの構造や状態の変化に伴う ΔH を評価するため、示差走査熱量測定 (DSC) により温度上昇時の熱の出入りを調べた。ゲルを純水で 48 時間膨潤後、示差走査熱量測定 (DSC)測定を行った。中性ゲルには、酸性ゲルに見られない吸熱反応のピークが見られたので、コラーゲンの繊維化に関わる熱の出入りによるものと考えられた。

中性ゲル (繊維化) SEM 像 (bar: 1 μm) 酸性ゲル (非繊維化) SEM 像 (bar: 1 μm)



4. 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) A novel collagen hydrogel cross-linked by gamma-irradiation in acidic pH condition, N. Inoue, M. Bessho, M. Furuta, T. Kojima, S. Okuda, M. Hara, (2006) *Journal of Biomaterials Science Polymer Edition*, 17(8), 837-858.

2) Various cross-linking methods for collagens: merit and demerit of methods by radiation, M.Hara, (2006) *Journal of Oral Tissue Engineering*, 3(3), 118-124

放射線架橋ハイドロゲルを用いた抗菌性を有するヨウ素吸収体の調製と抗菌性

阪府大院理生物科学 古田雅一*、安田裕美、吉田悠貴、別所昌彦、原正之

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（内線）3542、メール mfuruta@b.s.osakafu-u.ac.jp)

1. 目的

近年、薬剤河川、湖沼などの環境水やプール、浴槽、上水タンク、クーリングタワーなどの微生物汚染による食中毒やレジオネラなどの新たな感染症が頻発し、大きな社会問題となっている。このような状況下、抗菌剤を含む様々な抗菌加工製品が市場に出回ると同時に抗菌剤の多用が環境汚染を引き起こし、同時に耐性菌の出現による新たな感染症の発生も懸念されている。

ヨウ素は国産でまかなえる数少ない天然資源で、抗菌剤としての効力、安全性にも優れている。しかしながら環境中での抗菌力の持続性や高 pH、有機溶媒中での効力の持続性に問題があり、適用範囲が限られている。一方ヨウ素はポリビニルピロリドン (PVP) やポリエチレングリコール (PEG) に吸着し、包接体を形成することが知られていると同時にこれらの高分子は放射線照射によりハイドロゲル化することも知られている。

そこで本研究においては放射線照射により調製したハイドロゲルにヨウ素を吸着させ、ヨウ素の吸収、徐放特性、効菌力について検討し、持続的な抗菌性を有する環境保全用及び医療用ハイドロゲル開発のための基礎情報の取得を目的とする。

2. 方法

ゼラチン (Type A, ブタ由来)、ゼラチン (Type B, ウシ由来)、ポリビニルピロリドン (PVP)、ポリエチレングリコール (PEG)、ポリビニルアルコール (PVA) の 10% 水溶液を調製し、サンプルビンに 30ml ずつ分注した。それぞれを、 -17kGy/h で放射線 (^{60}Co ガンマ線) 照射し、溶液をゲル化させた。

得られたハイドロゲルを一晩以上水洗 ($0.1\% \text{NaN}_3$ 入り) して未反応のポリマーを除き、膨潤度、ゲル強度などを確認した。その後、約 0.5cm 角のゲルブロックを切り出して重量を測り (約 0.3 g)、ヨウ素溶液 10 ml 中に一定時間浸して定時的に溶液をサンプリングし、有効ヨウ素量の減少を上記測定法により定量した。ヨウ素量の減少が検出されなくなってから (およそ一昼夜) 溶液からゲルを取り出し、PBS 50 ml に移す。室温で静置。4 ml ずつ一定時間ごとにサンプリングし、ヨウ素量を測定した。

3. 結果

すべての高分子について一晩以内にヨウ素は架橋ハイドロゲルに吸収された。ヨウ素の徐放については PVP、PEG については他のゲルに加えて極端に遅く、持続的な徐放が期待された。それぞれのゲルから放出されたヨウ素を含んだゲルを大腸菌 (XL1-blue 株) に添加して抗菌試験を行ったところ、いずれのゲルにおいても十分な抗菌力が保持されていることが判明した。

遅い徐放挙動を示した PVP をゼラチンに添加した複合架橋ゲルを調製し、徐放速度の変化を調べたところ、ヨウ素剤の徐放速度の調節の可能性が示された。

4) 参考文献

なし

本研究に関する研究発表（原著論文、その他報文、学会等報告）

3) 学会発表や報告など.

1. 放射線架橋ハイドロゲルを用いた抗菌性を有するヨウ素吸収体の調製、古田雅一、安田裕美、吉田悠貴、別所昌彦、小嶋崇夫、原正之、奥田修一、日本防菌防黴学会 2006 年度若手の会、平成 18 年 10 月 14 日、近畿大学農学部
2. Fabrication of iodine absorbers using radiation-crosslinked hydrogels and their antibacterial activity-放射線架橋ハイドロゲルを用いたヨウ素吸収体の調製と抗菌性-、Masakazu Furuta, Hiromi Yasuda, Yuuki Yoshida, Masahiko Bessho, Takao Kojima, Shuichi Okuda, Masayuki Hara、大阪府立大学 21 世紀 COE プログラム第 2 回「資源循環科学・工学」国際会議 平成 19 年 1 月 29 日～31 日（大阪府大、ポスター）

放射線を利用した温度感受性エラスチンモデルペプチドのナノ粒子化と DDS としての応用

阪府大院理生物科学 藤本 真理*・古田 雅一・原 正之

阪府大産学官 小嶋崇夫、奥田修一

有限会社バイオエラスチックジャパン 岩間真道

JSR 筑波研究所 村田充弘

University of Minnesota Dan W. Urry

(*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]

現在、ガン組織に選択的に到達しやすいとされるナノサイズの徐放用高分子担体の研究が盛んに行なわれているが、微粒子の合成に不可欠な架橋反応に汎用されている化学架橋剤には発ガン性や毒性があり、ポリマー担体自体にも生体適合性に問題があるものが多い。必要な部位に適量の治療薬を効率よく持続的に投与でき、しかも低浸撃性の徐放薬システムとして生体適合性の高いナノサイズの徐放用高分子担体の開発が望まれている。

本研究においては温度制御により容易に微粒子化する温度感受性ポリペプチドの特性と放射線架橋の特性を活かして、ナノサイズの微粒子の作製を試みた。一般に温度感受性ポリマーには、低温では水と親和して溶解するが高温では水素結合が切断され、水と相分離し凝集粒子化するという性質がある。このような特性を持つポリマーの代表的なものとして、ポリ *N*-イソプロピルアクリルアミドがある。しかし、これはモノマー担体自体の生体適合性が欠ける。そこで、生体適合性がよく、同時に温度感受性もあるポリマーを探したところコラーゲンと同様に生体結合組織の一部を占めているエラスチンに行きついた。エラスチンのポリペプチド鎖には (グリシン-バリン-グリシン-バリン-プロリン) のアミノ酸配列が存在し、一定温度以上にするこことによって凝集し、コアセルベートと称される分子集合体を形成する。このペプチドを凝集させ、架橋剤の残留性がなく、滅菌が可能である放射線を利用してナノサイズの架橋微粒子を調製し、得られた粒子を用いて抗癌薬剤の担持・徐放の検討した。

[実験方法]

1. 架橋ナノ粒子の作製

温度感受性のあるポリペプチド poly[(GVGVP)]₂₅₁ 水溶液を調製し、凝集速度、保温温度、照射量を変化させて⁶⁰Co ガンマ線を照射した。架橋粒子の生成を確認した後、粒径測定装置により粒径分布を調べた。また、架橋前後のポリペプチドの粒径や疎水性に関する温度感受性について、動的光散乱法による粒径測定や疎水性測定試薬を用いて検討した。

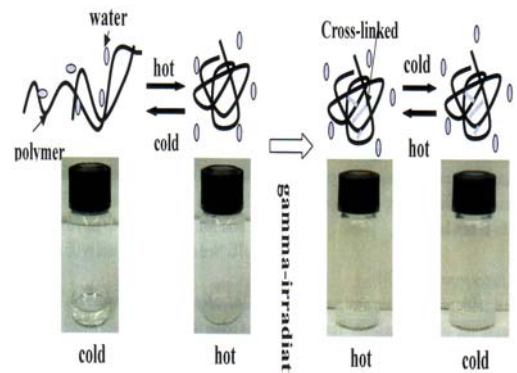


Fig 1. 架橋ナノ粒子の作製原理

2. 架橋ナノ粒子への薬剤の担持と徐放

1. で作製した架橋ナノ粒子に抗癌剤であるメトトレキセート (MTX) の担持・徐放を検討した。徐放量の測定については高速液体クロマトグラフィー (HPLC) を使用した。

[結果と考察]

Poly[(GVGVP)]₂₅₁ 水溶液を低温で十分に溶解させた後 Fig 1. にあるように温度を上げてポリペプチド溶液を凝集させた。昇温速度 (凝集速度) を検討した結果、架橋前ではゆっくりと凝集させたり、瞬間的に凝集させる手法の違いによる粒径分布の差はほとんど見られず、400 nm に平均を持つ粒子が得られた。それぞれの手法で、凝集させたポリペプチドを凝集温度 (42°C) を保った状態でガンマ線 (30 kGy) により架橋を行なった。その結果、ゆっくりと凝集させる手法で作製したポリペプチド溶液では、架橋ナノ粒子は得られなかったが、瞬間的にポリペプチドを凝集させると、Fig 2. に示すような粒径分布を持つ粒子が得られた。架橋前では、粒子の粒径平均分布が 400 nm 前後であったが、42°C で 30 k Gy ガンマ線照射を行うことにより、転移温度以下の温度に戻しても 200 nm 以下のポリペプチド架橋ナノ粒子が得られた (Fig 2)。架橋後は架橋前より粒径が小さくなっているのは、ガンマ線によりポリペプチド鎖が架橋されているため、架橋前よりポリペプチドが密になっているからではないかと推測される。

また、架橋ナノ粒子に抗癌剤であるメトトレキセート (MTX) を担持させ、徐放を行なうと初期 (1, 2 時間後) に 8 割程度の薬剤が徐放されてしまい、残りの 2 割りが徐々に徐放されるという結果に至った (Fig 3)。これは、薬剤の大半が粒子の表面に存在し、疎水性相互作用が弱く、容易に水溶液中に放出されてしまう可能性が高いと推測される。初期徐放量を減少させる手段を検討する必要がある。

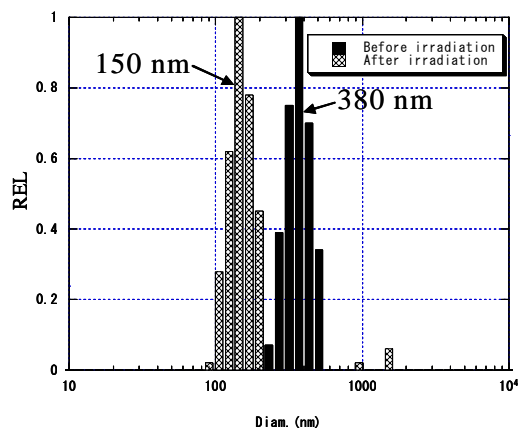


Fig 2. 架橋前後の粒径分布

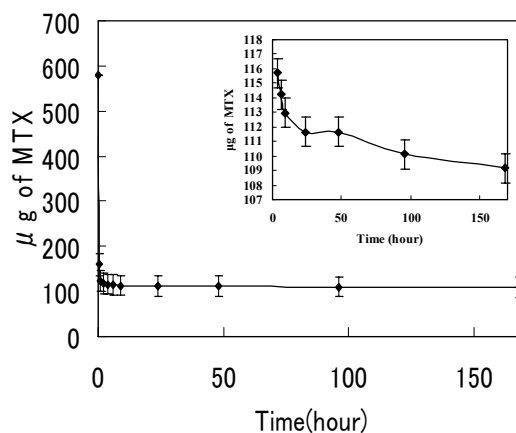


Fig 3. 架橋ナノ粒子からの MTX 徐放

1) 参考文献

- [1] Dan W. Urry, T. Cooper Woods, Larry C. Hayes, Jie Xu, David T. Mcpherson, Timothy M. Parker, Masamichi Iwama, Masakazu Furuta, Toshio Hayashi and Mitsuhiro Murata; Elastic Protein-Based Biomaterials: Elements of Basic Science, Controlled Release, and Biocompatibility, Books part II 31-54
- [2] D. Neradovic, O. Soga, C.F. Van Nostrum and W.E. Hennink; *Biomaterials* 25 (2004)

[3] John D. Pruitt, Ghaleb Husseini, Nataya Rapoport and William G. Pitt; *Macromolecules* 33 (2000) 9306-9309

[4] R. Herrero-Vanrell, A.C. Rincon, M. Alonso, V. Reboto, I.T. Molina-Martinez and J.C. Rodriguez-Cabello; *Journal of Controlled Release* 102 (2005) 113-122

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）

3) 学会発表や報告など.

1. DDS を目的としたエラスチンモデルペプチドの放射線架橋およびナノ粒子化の検討、古田雅一、藤本真理、原正之、岩間眞道、村田充弘、Dan W. Urry、第9回日本組織工学会。平成18年9月7日、8日、京都テルサ

2. 温度感受性エラスチンモデルペプチドの放射線架橋によるナノ粒子開発、古田雅一、Elena Constantinoiu、中村妙子、田中奈津子、藤本真理、林壽郎、岩間眞道、村田充弘、Dan W. Urry。日本原子力学会 2006 秋の大会、平成 18 年 9 月 27～29 日、北海道大学工学部

3. 放射線を利用した温度感受性エラスチンモデルペプチドのナノ粒子化と DDS としての応用 (Fabrication of Elastic Polypeptides Nano-particles by gamma-irradiation and application to DDS), 藤本真理、古田 雅一、原 正之、岩間 眞道、村田 光弘、Dan W. Urry、平成 18 年度 (第 2 回) 日本原子力学会関西支部「若手研究者による研究発表会」平成 18 年 10 月 26 日 (木) 大阪大学 中之島センター

4. Fabrication of elastic polypeptide nano-particles by gamma-irradiation and application to DDS、Mari Fujimoto, Masakazu Furuta, Masayuki Hara, Toshio Hayashi, Masamichi Iwama, Mituru Murata, Dan W. Urry, NANO-BIO-TOKYO 2006 Dec. 4-7, Hongo Campus, Univ. Tokyo. (ポスター)

5. Fabrication of elastic polypeptide nano-particles by gamma-irradiation and application to DDS (放射線を利用した温度感受性エラスチンモデルペプチドのナノ粒子化と DDS としての応用) Mari Fujimoto, Masakazu Furuta, Masayuki Hara, Toshio Hayashi, Masamichi Iwama, Mitsuhiro Murata and Dan W. Urry; 大阪府立大学 21 世紀 COE プログラム第 2 回「資源循環科学・工学」国際会議、平成 19 年 1 月 29 日～31 日 (大阪府大、ポスター)

6. 放射線を利用した温度感受性エラスチンモデルペプチドのナノ粒子化と DDS としての応用、藤本真理、古田雅一、原正之、村田充弘、岩間眞道、ダンダブリュウユウリ 日本化学会第 87 春季年会、平成 18 年 3 月 25 日～28 日 (吹田市・関西大学)

青色光受容体フォトトロピンの光依存的リン酸化シグナル伝達系の解析

阪府大 理 吉原 静恵*、岡島 公司、松岡 大介¹、徳富 哲

(*本研究に関する連絡先: 電話 (内線) 3598、メール yoshihara@b. s. osakafu-u. ac. jp、¹神戸大 農)

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

フォトトロピンは、フラビンの一種 FMN (flavin mononucleotide) を結合する 2 つの LOV ドメインとセリン/スレオニンキナーゼ領域からなる色素タンパク質である。植物の青色光受容体として、光屈性、葉緑体光定位運動、気孔開口などを制御している。モデル植物シロイヌナズナは 2 種類のフォトトロピン (phot 1 と phot 2) を持っており、両者とも青色光受容体としてはたらいっているが、植物は 2 つのフォトトロピンを光強度に依存して使い分けている。phot は光依存タンパク質キナーゼとして機能していると考えられる。光受容に際し、①まず FMN が吸収した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る。③の光依存的リン酸化活性に関して、これまで phot キナーゼ活性の基質としては phot 自身、すなわち自己リン酸化しか知られていなかったが、本研究室の先攻研究によって、一般的なセリン/スレオニンキナーゼの基質であるカゼインが phot2 キナーゼの良い基質になることが解り、このキナーゼ活性測定系を用いて以下のことが明らかになった¹。キナーゼドメインは constitutive なキナーゼ活性をもち、暗中には LOV2 がその阻害サブユニットとして結合し、光により解離しキナーゼ活性阻害が解除される。この様に LOV2 が光スイッチとして機能し、LOV1 は光感度を低下させるアテニュエーターの作用を持つ。フォトトロピンの下流で機能するシグナル伝達因子はいくつか同定されているが、生体内でのフォトトロピンのリン酸化基質は報告されていない。そこで本研究では、フォトトロピンが制御する光依存的なシグナル伝達経路を明らかにするために、フォトトロピンのリン酸化基質の同定を目指している。

参考文献

1) D. Matsuoka & S. Tokutomi : *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **102**, 13337-13342 (2005).

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) 原著論文

Blue light-regulated molecular switch of Ser/Thr kinase in phototropin. Matsuoka D and Tokutomi S, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **102**, 13337-13342 (2005)

Primary Processes During the Light-signal Transduction of Phototropin. Matsuoka D, Iwata T, Zikihara K, Kandori H, Tokutomi S. *Photochem. Photobiol.* 83(2):470 (2007)

2) 報文.

3) 学会発表や報告など.

Direct roles of LOV domains in blue-light regulated phototropin kinase activity, Matsuoka D, Zikihara K, Tokutomi S, The 20th IUBMB International Congress of Biochemistry and Molecular Biology and 11th FAOBMB Congress, 京都, 2006年6月, 国内会議, 研究発表

Phototropin, a Blue Light Regulated Ser/Thr kinase in Plants, Matsuoka D, Zikihara K and Tokutomi S, Biochemistry and Molecular Biology of Sensor Enzymes and Proteins; Satellite Meeting of the 20th IUBMB International Congress of Biochemistry and Molecular Biology and 11th FAOBMB Congress, 仙台, 2006年6月, 国際会議, 研究発表

Distinct roles of LOV domains in blue light photoreceptors, Tokutomi S, Gordon Research Conference, Photosensory Receptors & Signal Transduction, Barga, Italy, 2006年5月, 国際会議, 研究発表

Phototropin; Photoreaction and Photoregulation of Kinase Activity, Tokutomi S, International Plant Photobiology Meeting, Paris, France, 2006年4月, 国際会議, 研究発表

放射線照射による長鎖 DNA の切断と添加剤による抑制効果

阪府大産学官 森 利明*

環太平洋大・次世代教育 吉川祐子

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

DNA の放射線による二重鎖切断の様子を、蛍光顕微鏡をもちいて直接観察することによって、DNA の高次構造が密に凝縮したグロビュール状態と、伸びたコイル状態では、放射線による DNA 切断効率が異なることを見いだしてきた。今回は抗酸化剤の添加で DNA 切断がどの程度抑制されるか検討した。

DNA の切断は蛍光顕微鏡による単一分子観察法を活用して調べた。実験では、166 キロ塩基対、全長 57 ミクロンの T4 フェージ DNA を用い、DMSO、G ルチンまたは G ヘスペリジンを含む DNA 溶液を、コバルト 60 による 0~800Gy のガンマ線照射を行った。

照射後、溶液中の個々の DNA 分子の長軸長を測定して、非照射群と照射群を比較検討した。

DMSO はヒドロキシルラジカルを効率良く捕捉する。蕎麦の実に多く含まれるルチンや柑橘類の皮に多く含まれるヘスペリジンは、ビタミン P とも呼ばれているビタミン様物質で、毛細血管の強化、血流改善、抗酸化作用等の生理作用を有する。これらの化合物のグルコース誘導体である G ルチンと G ヘスペリジンは抗酸化物質である。ガンマ線照射では、水分子の電離によりヒドロキシルラジカル等の活性酸素が生成して、DNA 鎖の切断が引き起こされる。

結果は、DMSO、G ルチン、G ヘスペリジン共に、DNA 二重鎖切断を顕著に抑制することが明らかとなった。また線量の増加とともに切断は増えた。

DMSO や G ルチン、G ヘスペリジンは水の放射線分解で生じるヒドロキシルラジカルを捕捉するにもかかわらず DNA の切断が観測されたということは、放射線が長鎖 DNA に直接損傷を与えた結果と考えられる。

胆汁酸由来化合物による突然変異と DNA 損傷箇所の特徴

阪府大産学官 川西優喜、西田裕、八木孝司*

国立がんセ研がん予防ブ 戸塚ゆ加里、若林敬二

(*本研究に関する連絡先: 電話 (内線) 072-254-9862(4220)、メール yagi-t@riast.osakafu-u.ac.jp)

【目的】 近年の疫学調査は、胆汁酸と大腸がん発がんとの関連性を示唆している。二次胆汁酸レベルの高い集団は大腸がん発がん高リスクグループであるとの調査結果が報告されている。ところで発がんの原因は遺伝子の異常(突然変異)であると考えられている。突然変異はしばしば、ある特定の塩基置換を伴っていたり共通の塩基配列部位で起こっていたり、特異的な特徴を持つことがある。そこで本研究では、内因性有機酸である胆汁酸が誘発する突然変異の特徴を分子レベルで明らかにする。また胆汁酸が DNA 上のどの配列(塩基)を損傷するかを解析し、突然変異との関連を調べる。

【方法】 *N*-ニトロソ抱合胆汁酸を試験管内で突然変異解析用 *supF* シャトルベクタープラスミドに処理し、プラスミド上に胆汁酸由来付加体を作り、このプラスミドをヒト培養細胞に導入し複製させ、生じる突然変異の種類を解析する。同時に胆汁酸が *supF* 遺伝子上のどの位置に DNA 付加体を作ったかを、Polymerase Stop Assay 法を用いて明らかにする。すなわち *N*-ニトロソ抱合胆汁酸を処理した *supF* シャトルベクタープラスミドを鋳型に、³²P で放射性標識したプライマーをハイブリダイズし、DNA Polymerase で伸長反応を行う。伸長反応は付加体部位で停止する。伸長産物をポリアクリルアミド電気泳動で展開し、イメージングプレートにて可視化し、停止位置をバンドとして検出・定量する。停止位置が、突然変異部位と一致するかどうかを明らかにする。

【結果・考察】 *N*-ニトロソ抱合胆汁酸で処理したプラスミドは、ヌクレオチド除去修復(NER)正常ヒト細胞に比べ、NER 欠損ヒト細胞内では複製効率が低かった。このことは胆汁酸由来 DNA 付加体が NER で修復されることを示唆している。また両細胞において G:C から T:A への塩基置換型変異の誘発が確認された。現在放射性 ³²P を用いて DNA 付加体生成位置を解析中である。

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) 日本環境変異原学会第 36 回大会発表予定

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

澤井 知子^{1*}、川西 優喜¹、高村 岳樹²、八木 孝司¹

¹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、²横浜工科大学

(*本研究に関する連絡先: 電話 072-254-9830(内線)4224、メール tomoko3y@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、発がんと深く関わる 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。

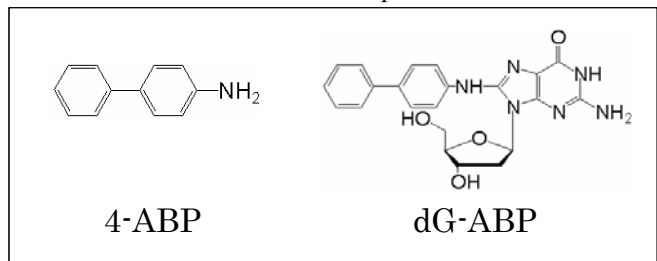


図1 .4-アミノビフェニル(4-ABPとそのDNA付加対)

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。

現在、アッセイ系の確立を終え、ヒト細胞での ABP、TLS 率を測定中である。本研究会では途中経過ではあるが、現在までのデータを紹介します。

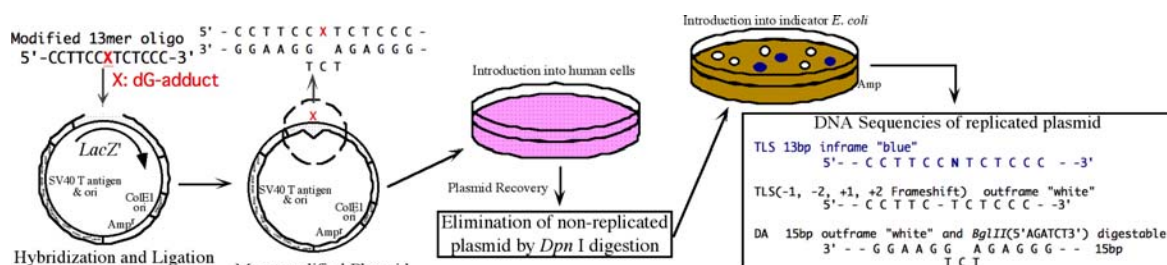


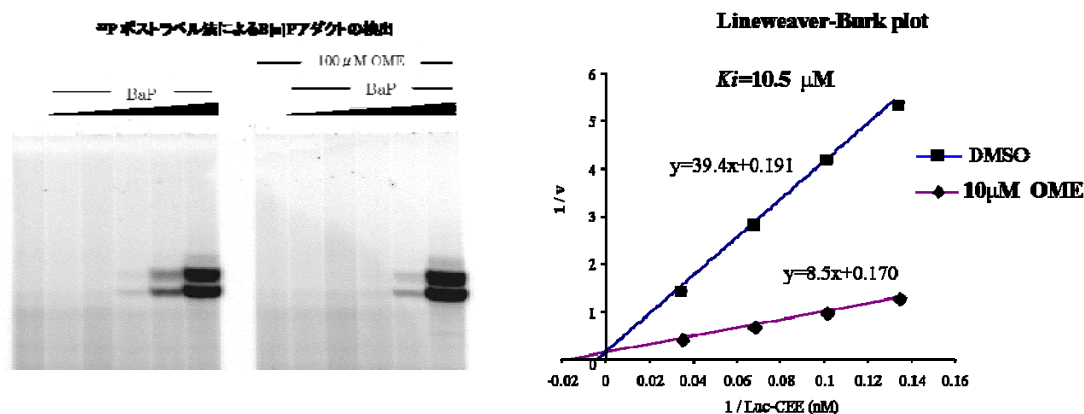
図.2 部位特異的修飾プラスミドを用いたヒト細胞内 TLS 実験の概略

omeprazole によるアリール炭化水素受容体の活性化と CYP1A1 阻害作用

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：電話 072-254-9830, メール shiizaki@riast.osakafu-u.ac.jp)

omeprazole (OME) はプロトンポンプ阻害効果やヘリコバクターピロリ菌への抗菌作用を持ち、十二指腸潰瘍治療薬として臨床で広く用いられている。一方で OME はダイオキシンレセプターとして知られるアリール炭化水素受容体 (AhR) を活性化し薬物代謝酵素、CYP1A1 を誘導する。benzo[a]pyrene (BaP) やメチルコランスレンなどの多環芳香族炭化水素は AhR のリガンドであり、CYP1A1 を誘導する事によって自身が代謝されて変異原性が増加する。OME 単独投与では多環芳香族炭化水素に見られるような発癌性や催奇形性は認められていないが、多環芳香族炭化水素との複合暴露時には CYP1A1 の誘導を介して毒性を修飾する可能性がある。そこで我々はヒト由来 HepG2 細胞およびマウス由来 Hepa-1c1c7 細胞に OME および BaP 同時暴露した。予想と異なり、HepG2 細胞における DNA-BaP 付加体形成は OME の同時暴露によって増加せず、逆に抑制された(左図)。また、BaP 曝露によってアポトーシスが誘導されるマウス Hepa-1c1c 細胞では、BaP 曝露による細胞死を OME は濃度依存的に抑制した。これら BaP の細胞毒性に関与する CYP1A1 の発現について検討したところ、OME は BaP による CYP1A1 mRNA およびタンパクの誘導に変化を与えなかった。しかしながら、生細胞を用いた EROD 活性で CYP1A1 活性に対する影響を検討したところ、OME 存在下で EROD 活性は顕著に抑制された。リコンビナントヒト CYP1A1 および CYP1A1 特異的な基質を用いた実験により、OME の CYP1A1 阻害作用は競合的阻害であることが分かった(右図)。これらの結果から OME は AhR の活性化を介して BaP の毒性を増強するのではなく、むしろ CYP1A1 の活性の阻害作用により BaP の毒性を抑制する事が明らかとなった。



本研究に関する研究発表 (原著論文、その他報文、学会等報告)

シンポジウム「内・外環境と生物応答」平成 18 年 (福岡)

日本環境変異原学会第 35 回大会 平成 18 年 (大阪)

温度応答性高分子で修飾したリポソームの抗がん剤放出挙動： 組成最適化による温度応答の鋭敏化

大阪府立大学大学院 工学研究科 応用化学分野 廣瀬淳、河野健司*

(*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> 我々はこれまでに、鋭敏な温度応答性を示すリポソームの構築を目指して、2-エトキシエトキエチルビニルエーテル(EOEOVE)-オクタデシルビニルエーテル(ODVE)ブロック共重合体を複合化したリポソームを設計、調製し、ポリ(EOEOVE)鎖の親水性から疎水性への転移にともなってリポソームの内包物質が放出されることを明らかにした。本研究では、抗癌剤アドリアマイシン(ADR)を内封したリポソームに体温付近で転移するEOEOVE-ODVEブロック共重合体とポリエチレングリコール(PEG)を導入することで、血中滞留性とマイルドな加温に対する高感度応答性を併せ持つインテリジェントリポソームの構築を試みた。ここでは、リポソームの温度応答性に及ぼすリポソーム組成の影響を検討し、組成最適化による温度応答性のさらなる改善を試みた。また、組成を最適化したリポソームを担癌マウスに投与し、その腫瘍成長抑制効果を調べた。

<実験1>EOEOVE-ODVE共重合体(MW11000、転移温度37°C)、PEG(MW2000)脂質、卵黄ホスファチジルコリン、ジオレオイルホスファチジルエタノールアミン(DOPE)およびコレステロール(Chol)からなる混合薄膜に緩衝液を加え、エクストルーダー(孔径100nm)を用いて共重合体およびPEGで修飾したリポソームを得た。さらに、pH勾配法によってリポソーム内部にADRを封入した。リポソームからのADRの放出は、50%血清を含むHepes緩衝生理食塩水中で行い、ADRの蛍光強度を測定することで評価した。また、担癌マウス(Balb/C、8週齢、♀)に組成最適化リポソーム等をADR6mg/kg投与し、投与から24時間後、RFハイパーサーミアを用いて腫瘍を42°Cで10分間加温した。腫瘍サイズと体重を2日おきに測定することで、腫瘍成長抑制効果を評価した。

<結果・考察>図1は組成最適化した温度応答性高分子EOEOVE-ODVE共重合体とPEG脂質で修飾したリポソームのADR放出の温度依存性を示す。体温付近の37°CでADR放出率は10%以下であるが、42°Cでは90%以上のADR放出率を示した。また、EOEOVE-ODVE共重合体を含まないリポソームは、45°CにおいてもADRを10%程度しか放出しなかった。これよりEOEOVE-ODVEを修飾し、その含率や脂質組成を最適化したリポソームはマイルドな加温に対して高感度にADRを放出することが示された。

図2はADRを封入した温度応答性高分子修飾リポソーム、温度応答性高分子を含まないADR封入リポソームおよびフリーのADR水溶液の腫瘍成長抑制効果を示す。腫瘍に局所加温を施した場合、ADR水溶液やEOEOVE-ODVE共重合体を含まないリポソームより温度応答性リポソームが最も高い腫瘍成長抑制効果を示した。これは温度応答性リポソームが腫瘍に十分集積した後で局所加温を施すことにより、内封されたADRが効果的に放出され、腫瘍に強く作用したためと考えられる。また、温度応答性リポソーム投与による体重減少といった副作用は見られなかった。したがって、組成最適化された温度応答性高分子修飾リポソームは、マイルドな局所加温によって標的腫瘍への抗癌剤送達を制御できるインテリジェントキャリアとして有用であることが明らかになった。

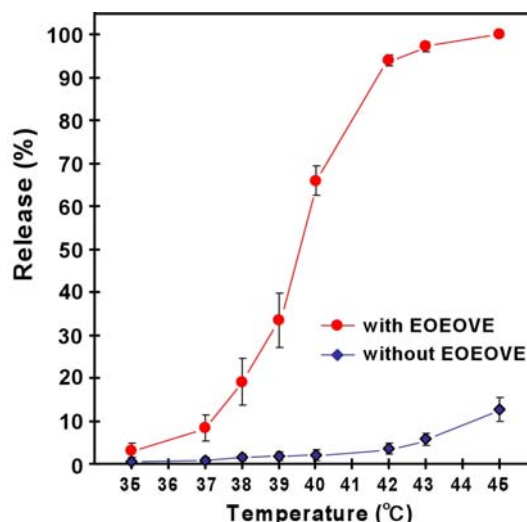


Fig. 1. Temperature-dependent release of ADR from EOEOVE-ODVE modified and unmodified liposomes in Hepes-buffered saline with 50% fetal bovine serum. After 3 min incubation.

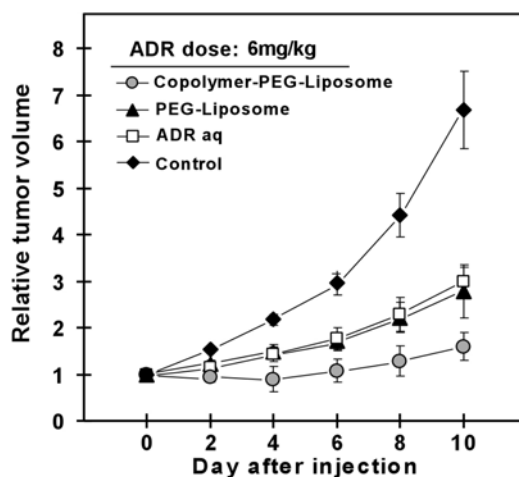


Fig. 2. Time course of relative tumor volume after injection of various liposomes containing ADR and free ADR solution with local tumor heating at 42°C.

植物・微生物共生系における微生物の侵入機構 — *Gunnera - Nostoc* 共生系の場合 —

阪府大 理院 生物 上田英二

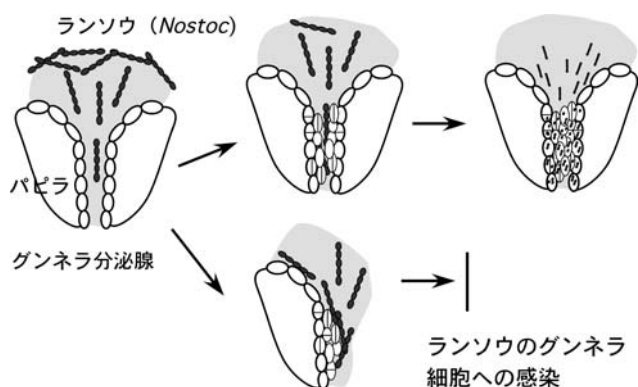
(*本研究に関する連絡先：電話（内線）3587、メール uheda@b.s.osakafu-u.ac.jp)

グンネラーランソウ (*Gunnera - Nostoc*) 共生系は、植物・ランソウ共生系の中で唯一、ランソウが植物細胞の中まで侵入する共生系である。グンネラの葉柄基部には複数のパピラ(papilla)からなる分泌腺があり粘液を分泌している。ランソウは複数のパピラによって形成される“穴”を通して分泌腺の奥深く入り込んだ後、グンネラ細胞に取り込まれる。ランソウのグンネラ細胞への感染に関して、粘液にホルモゴニア誘導能があること、ランソウの侵入に伴いグンネラ細胞が分裂することなどが知られているが、分泌腺の奥深くで何が起きているかについてはよくわかっていない。私たちは、パピラによって形成される“穴”の役割を明らかにするため、パピラを一つずつ取り除きランソウ感染に及ぼす効果を調べた。その結果、ランソウのグンネラ細胞への感染が成立するためにはパピラが2つ以上残っていること、感染は2つのパピラの間で起こること、パピラが1つの時はグンネラ細胞の分裂は起こるが感染は起こらないことがわかった(下図)。感染が成立するためには、ランソウは分裂しているグンネラ腺細胞に挟まれなければならないと考えられる。この挟まれることがどのように感染成立と関係するかについて検討を加えた。

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）

植物・微生物共生系における微生物の侵入機構 — *Gunnera - Nostoc* 共生系の場合 —,

上田英二, 日本植物学会 近畿地区会 (2006.11.25 阪大)



研究課題：嗅覚系における神経細胞の発生・分化の分子機構に関する研究

大阪府立大学 理学系研究科 生物科学専攻 廣田 順二

(*本研究に関する連絡先：電話 (内線) 3612、メール hirota@b.s.osakafu-u.ac.jp)

研究目的：

ヒトやマウスの嗅覚神経系は、**嗅覚受容体 (odorant receptor: OR)** によって数十万もの匂い分子を識別している。OR 遺伝子はゲノム上最大の遺伝子ファミリーを形成する多重遺伝子であり、その総数はマウスにおいて約千個に及び、全遺伝子の4%を占める。嗅神経細胞における OR 遺伝子の発現は、免疫系の抗原受容体遺伝子と同様に、1つの細胞で1種類の遺伝子が、対立遺伝子の一方からのみ発現するという極めて興味深い発現様式をとる。しかしながら、嗅覚系の根幹とも言える OR 遺伝子発現の分子機構は未解明のままである。2004年にマウスクローン技術を用いた実験によって、遺伝子組換えなどにより遺伝子再構成が、OR 遺伝子発現機構にはあてはまらないことが示された。

OR 遺伝子は、大きく2つのクラス、Class I と Class II 遺伝子に分類される。Class I は系統発生的により古く、魚類の OR に類似しており、水溶性の匂い物質をリガンドとすると考えられている。一方、Class II は陸棲動物特異的な OR として揮発性の匂い分子を検出するとされている。実際、単離した嗅神経細胞のカルシウムイメージングによるリガンド探索の結果、Class I 遺伝子を発現する細胞は脂肪酸やアルコールなどの水溶性の匂い分子に、Class II は揮発性分子に応答することが報告されている。

研究成果と状況：

嗅覚受容体 (OR) 多重遺伝子は、2つのクラス (Class I: 魚類タイプ、Class II: 陸生動物タイプ) に分類される。LIM ホメオドメイン型転写因子 Lhx2 は、Class II OR である *M71* 遺伝子のプロモーター領域に存在するホメオドメイン配列に結合する (文献1, 2)。Lhx2 遺伝子欠損マウスでは、*M71* のみならず調べたすべての Class II OR 遺伝子の発現が認められなかったが、ほとんどの Class I OR 遺伝子は発現していた。これらの結果から、Lhx2 遺伝子の欠損はクラス依存的に OR 遺伝子発現に異なる影響を及ぼすことが明らかとなり、Class I と Class II OR の遺伝子発現が異なる機構/経路で制御されていることが示唆された。

参考文献

- 1) The LIM-homeodomain protein Lhx2 is required for complete development of mouse olfactory sensory neurons. Hirota, J. and Mombaerts, P, *Proceeding of National Academy of Science, USA* (2004) 101, 8751-8755
- 2) The promoter of the mouse odorant receptor gene M71. Rothman, A., Paul Fineststein, P., Hirota, J. and Mombaerts, P. *Molecular and Cellular Neuroscience* (2005) 28, 535-548

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) Hirota, J.; Omura, M.; Mombaerts, P., Differential impact of Lhx2 deficiency on expression of class I and class II odorant receptor genes in mouse. *Mol Cell Neurosci* 34, 679-688 (2007)
- 2) 特に無し
- 3) 特に無し

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、小林豊
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、CD36 発現を抑制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高脂血症や糖尿病が挙げられ、これらの治療に Peroxisome proliferators-activated receptor (PPAR) alpha や gamma 作動薬が用いられている。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、抗炎症作用を有するとの報告がある。本実験では PPAR 等の核内受容体作動薬の CD36 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。核内受容体作動薬、拮抗薬を添加し、24 時間後、CD36 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 作動薬である WY-14643 (WY)、PPARgamma 作動薬である pioglitazone (pio) は濃度依存的に CD36 発現を亢進させた。一方、内因性 Liver X receptor (LXR) 作動薬である 22 (R)-hydroxycholesterol は CD36 発現を抑制した。LXR 拮抗薬 geranylgeraniol は CD36 発現に明らかな影響を及ぼさなかったが、WY および pio による CD36 発現亢進をさらに高めた。HDL によるマクロファージからのコレステロール引き抜きに ATP-binding cassette-1 transporter (ABCA1) が関与しており、ABCA1 の発現は LXR 作動薬で強く誘導されるとの報告がある。今後、CD36 と ABCA1 発現調節、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。

遺伝学研究における疾患モデルマウス利用

大阪府立大学大学院理学系研究科生物科学専攻・遺伝子医学研究室 森 展子*

大阪府立大学獣医学科 名部美琴

(*本研究に関する連絡先：電話 (内線) 4221, メール morin@b.s.osakafu-u.ac.jp)

本学実験動物飼育施設において、遺伝子医学研究室が維持・繁殖しているマウスに、水頭症突然変異マウス、および、BALB/c バックグラウンドの p53 遺伝子欠損マウスがある。水頭症突然変異マウスは BALB/c バックグラウンドにおいて自然に発生したものであるが、現在は MSM マウスのバックグラウンドに置き換えられている。この突然変異マウスは、蓄積する脳脊髄液による内圧のため、生後 1-2 週間で頭頂部のドーム型膨張が認められ、また、病気の進展とともに脳内に出血する傾向が強い。この特徴から、この突然変異を出血性水頭症(hemorrhagic hydrocephalus: *hhy*)と命名した (1)。*hhy* マウスは、その多くが原因不明のままとなっている小児の先天性水頭症の病態解析モデルとして利用が期待される。遺伝解析の結果、12 番染色体に原因遺伝子が存在すると判明、現在、遺伝子同定と病態解析を進めている。

p53 遺伝子欠損マウスは Bradley らによって作製され(2)、オランダ癌研究所において BALB/c バックグラウンドに置き換えられたものであり、同研究所分子遺伝学部門 P. Demant 博士より分与された。p53 遺伝子をヘテロ欠損したマウスは強いがん易罹患性を示し、生後 1 年を越えると種々のがんを自然に発症する。このマウスは、低い線量の放射線照射によって、リンパ腫、肉腫、腺がんなど、さまざまな種類のがんを発症するが、発がんスペクトルは、遺伝的バックグラウンドによって大きく変化する。BALB/c の遺伝的バックグラウンドをもつ p53 ヘテロ欠損マウスは、放射線照射するとリンパ腫と乳腺腫瘍を発症しやすい。このマウスを、放射線によるリンパ腫誘発に抵抗性を示すマウス系統 (例えば MSM) と交配し、軽く放射線照射すると、乳腺腫瘍が高頻度で誘発される。これを乳がんモデル実験系に用いれば、乳腺腫瘍関連遺伝子の解析が可能であり、現在、8 番染色体高頻度 LOH 領域、特にカドヘリン遺伝子群の存在領域の解析に焦点をあて、研究をすすめている。

参考文献

(1) Kuwamura M *et al.*, Hemorrhagic hydrocephalus (*hhy*): a novel mutation on mouse chromosome 12. *Brain Res Dev Brain Res.* **152**: 69-72 (2004).

(2) Donehower LA *et al.*, Mice deficient for p53 are developmentally normal but susceptible to spontaneous tumours. *Nature.* **356**: 215-221 (1992).

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) 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* の上衣細胞の形態」関西実験動物研究会 (京都) 2006 年 12 月

2) 森展子、梅迫誠一、奥本正昭 「マウスにおける放射線誘発乳腺腫瘍と 8 番染色体ヘテロ接合性消失-カドヘリン遺伝子群の関与-」第 16 回乳癌基礎研究会 (鴨川) 2006 年 7 月

X線照射による胎生期神経幹細胞・前駆細胞の初期応答

阪府大理・生物科学 脇亮二、原正之*

阪府大産学官 白石一乗、児玉靖司

(*大阪府立大学大学院理学系研究科 連絡先: 内 3602 hara@b.s.osakafu-u.ac.jp)

【緒言】

本研究では、脳内における神経系細胞発生の源である神経幹細胞・前駆細胞 (NSPC : Neural Stem / Progenitor Cell) について着目し、放射線照射に対して NSPC がどのような初期反応を示し、その後の増殖能・分化能がどう変化するのか、胎生期マウスを用いて検討した。

【実験方法】

ICR 妊娠マウスに 2 Gy の X 線を照射し、照射から 1, 2, 6, 24, 48 時間 (h) 後に、胎齢 14.5 日目の胎児マウス (Fig. 1) を子宮から取り出し、脳切片及び培養系にて NSPC の放射線影響を調べた。まず、照射後の胎児脳の状態を、頭部冠状断面のクリューバー・バレラ (KB) 染色によって観察した。続いて、脳内細胞の変化、特に NSPC が多く存在する側脳質周囲の変化を、免疫組織染色を用いて調べた。

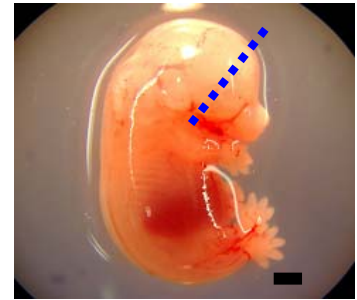


Fig. 1 胎齢 14.5 日目マウス
青点線が切片の断面
(Bar = 1 mm)

【結果と考察】

胎児期マウスへの 2 Gy の X 線照射により、照射から 24 時間後の側脳室周囲層において、組織の崩壊や変形などの形態変化が現れ、48 時間後もその変形した形態は修復されなかった (Fig. 2)。

また、照射後の NSPC を分化誘導させたが、特徴的な形態変化は見られなかった。今後、放射線が NSPC の細胞運命や分化調節機構に関わる様々な因子へ、どのような影響を与えるのか詳細に調べる事が課題である。

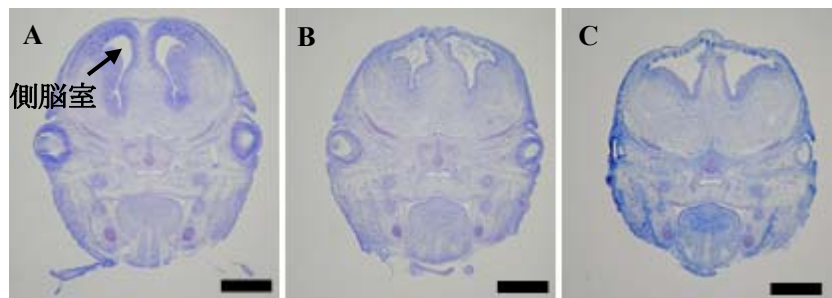


Fig. 2 胎齢 14.5 日目マウスの頭部冠状断標本
A は 0 Gy, B と C は 2 Gy 照射したマウスで、B は照射から 24 時間後、C は照射から 48 時間後の標本. Bar = 1 mm

染色体移入による放射線誘発染色体不安定性の解析

縄田寿克¹ 白石一乗^{1*} 押村光雄² 児玉靖司¹

¹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放射線生命科学研究室

²鳥取大学大学院医学系研究科機能再生医科学専攻機能再生・遺伝子機能工学研究室

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

【緒言】

細胞が放射線を被ばくすると2重鎖切断等のDNA損傷を生じる。2重鎖切断は、細胞にとって最も有害なDNA損傷である。これまで被ばく後の生存細胞は、これらのDNA損傷を正確に修復し、放射線を被ばくする前と同じように細胞分裂を行うと考えられてきた。しかし、近年、放射線被ばく後の生存細胞には、細胞死、細胞分裂異常、染色体異常、及び遺伝子突然変異などの遅延性障害が生じることが明らかになってきた。このような遅延性障害は、放射線被ばくによりゲノム不安定性が誘起されることによって生じると考えられている。従来、発がんはDNAに生じた突然変異が直接の原因であると考えられてきたが、1990年代半ば以降の研究成果によって、細胞分裂を経て蓄積されたゲノム不安定性によって誘発された遺伝子変化が発がんに関与している可能性が示唆されている。しかしながら、放射線によるゲノム不安定性誘発メカニズムは明らかではない。そこで本研究では、ゲノム不安定性を表す指標のうちで、これまでに最も報告例の多い遅延性染色体異常に着目し、放射線による遅延性染色体異常誘発のメカニズムの解明を目指した。

【材料と方法】

被ばく染色体が、遅延性染色体異常誘発の引き金を担っているかどうかを調べるため、微小核融合法により、被ばくしていないヒト6番染色体を移入したマウス不死化細胞、及び被ばくしたヒト6番染色体を移入したマウス不死化細胞を樹立した。これらの細胞中のヒト染色体の変化に着目し、ヒト染色体に特異的な蛍光DNAプローブを用いた蛍光着色法により、染色体解析を行った。

【結果と考察】

被ばくしていないヒト6番染色体を移入した3種の細胞について、それぞれ40、28、38個の分裂期細胞を染色体解析した結果、染色体異常は全く見られなかった。このことはこの実験系が放射線による遅延性染色体形成の解析に適していることを示唆している。一方、被ばくしたヒト6番染色体を移入した1種の細胞について、18個の分裂期細胞を染色体解析したところ、すべての細胞で染色体異常が見られた。このうち、最も多く見られた染色体異常(78%)は、マウス染色体とヒト6番染色体が転座した染色体異常であった。これは染色体移入した際に生じた異常と考えられる。この異常に加えて、ヒト/マウス転座型染色体のヒト6番染色体に欠失が見られたものが2個(11%)、及びヒト/マウス転座型染色体同士が融合して形成された二動原体染色体が2個見られた(11%)。これら転座型染色体に見られた2タイプの変異は、細胞の増殖過程で生じた遅延性染色体異常と考えられる。したがって、本研究の結果は、被ばく染色体が遅延性染色体異常誘発の引き金を担っていることを示唆している。

神経幹細胞における不均等分裂機構の検証

永木恵美¹, 白石一乗^{1*}, 原正之², 児玉靖司¹

¹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放射線生命科学研究室

²大阪府立大学大学院理学系研究科細胞組織工学研究室

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

【背景と目的】

胚性幹細胞などの初期胚発生における幹細胞が均等分裂を行い増殖するのに対し、組織幹細胞は不均等分裂により違う性質をもつ2つの娘細胞を作ることがある。娘細胞のうちのひとつは自己複製能をもつ幹細胞として機能し続け、もう一方は機能細胞に分化して最終的には細胞死により組織から排除される。そのため幹細胞における突然変異は発がんに結びつく可能性が高いと考えられるが、分裂が盛んな小腸のヒト上皮細胞ではがんはほとんど発生しない。このことから幹細胞には DNA 複製エラーが起こらないような機構が存在しているのではないかと考えられ、その機構として Cains によって提唱されたのが immortal strand 仮説である。この仮説は、DNA 複製エラーによる突然変異の蓄積を避けるため、幹細胞は非対称分裂により鋳型 DNA 鎖を含む2重鎖 DNA を将来幹細胞になる娘細胞側に選択的に保持し続けるというものである。多くの研究者の注目を集めたこの仮説は、³[H] thymidine や thymidine 類似体である bromodeoxyuridine (BrdU) を DNA に取り込ませた際の不均等な分布を調べることにより、小腸のクリプト細胞において検証され、それを支持する成果も多数発表されている。しかし他の実験材料では仮説に否定的な結果も多く、完全には証明されていないのが現状である。そこで本研究は、マウスの脳から採取した神経幹細胞を使用して、Cains によって提唱された幹細胞の immortal strand 仮説が正しいのか否かを検証することを目的として行った。

【材料と方法】

マウスの成体脳および胎児脳から神経幹細胞、胎児から線維芽細胞を分離して培養系に移した。神経幹細胞は neurosphere 法により1週間培養して増殖させた後、鋳型 DNA 鎖と新生 DNA 鎖を識別するために thymidine 類似体である BrdU 存在下で2回分裂させ、新生 DNA 鎖に BrdU を取り込ませラベルした。その後 BrdU を除去して更に1週間培養した細胞を抗 BrdU 抗体を用いて蛍光染色し、蛍光顕微鏡によって BrdU ラベルされた細胞の存在割合を解析した。対照として線維芽細胞も同様に処理して解析した。

【結果と考察】

BrdU 除去してから1週間培養後のマウス胎児の神経幹細胞は、蛍光顕微鏡での解析により、細胞全体が BrdU ラベルされている細胞、まだらに BrdU ラベルされている細胞、及び全く BrdU ラベルされていない細胞の3種に分類できた。BrdU ラベルを保持している細胞は6959個中770個で11.1%であった。そのうち細胞全体が BrdU でラベルされている細胞は201個で2.9%、まだらに BrdU を保持している細胞は569個で8.2%であった。神経幹細胞の倍加時間は約20時間なので、BrdU を除去してから約10回分裂していると考えられる。鋳型 DNA 鎖と新生 DNA 鎖がランダムに分配されるとすると、7回の分裂で BrdU ラベルは検出不可能になることが想定される。従って7回以上分裂しているにも関わらず11.1%もの細胞が BrdU ラベルを保持しており、更に2.9%は細胞全体が BrdU ラベルされたままであるという本研究の結果は、鋳型 DNA 鎖と新生 DNA 鎖をランダムに分配していない細胞が神経幹細胞の中に存在することを示唆している。

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18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19年6月27日（水）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

9:45-10:30 【一般講演】 [座長：小嶋崇夫（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 芝山学、奥田修一、谷口良一、小嶋崇夫、
高橋俊晴*、S.Nam**（府大産学官、*京大炉、**Kangwon大）

*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（府大産学官）

10:30-10:45 休憩

10:45-12:00 【一般講演】 [座長：伊藤憲男（府大産学官）]

金属ガラスの構造緩和過程における温度依存性の陽電子消滅測定 石井顕人、堀史説、横山嘉彦、
今野豊彦*（府大院工、*東北大金研）

放射線照射還元による貴金属ナノ微粒子の創成と評価 堀史説、前田修大、岩瀬彰宏、小嶋崇夫、
谷口良一*、奥田修一*、阿部知子**、神原正**（府大院工、*府大産学官、**理研）

*放射線照射によって誘起される固液複合系での反応 芝野豊和、小嶋崇夫、谷口良一、岡喬、
奥田修一、堀史説*（府大産学官、*府大院工）

*微粒子共存溶液中での芳香族系有機化合物の放射線分解初期過程 小嶋崇夫、谷口良一、奥田修一
（府大産学官）

新規国内活性炭の研究 山下大地、八木孝司（アトックス、*府大産学官）

12:00-13:10 放射線研究センター施設見学と昼食

13:10-14:00 【特別講演】 [座長：奥田修一（府大産学官）]

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 黒堀利夫
（金沢大院自然科学）

14:00-14:15 休憩

14:15-15:00 【一般講演】 [座長：川西優喜（府大産学官）]

- * γ 線架橋コラーゲングランの研究 原正之、小清水直喜（府大院理）
- *放射線架橋ハイドロゲルを用いたヨウ素吸収体の調製と抗菌性 古田雅一、安田裕美、吉田悠貴、別所昌彦、原正之、小嶋崇夫*、奥田修一*（府大院理、*府大産学官）
- *感温性エラスチンモデルペプチドの放射線照射によるナノ粒子化とその応用 藤本真理、古田雅一、原正之、小嶋崇夫*、奥田修一*、岩間眞道**、村田充弘***、Dan W. Urry****（府大院理、*府大産学官、**バイオエラスチックジャパン、***JSR 筑波研、****Minnesota 大）
- 15:00-16:00 【一般講演】 [座長：白石一乗（府大産学官）]
- *放射線照射による長鎖 DNA の切断と添加剤による抑制効果 森利明、吉川祐子*（府大産学官、*環太平洋大・次世代教育）
- *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 澤井知子、川西優喜、高村岳樹*、八木孝司（府大産学官、*神奈川工大）
- *omeprazole によるアリール炭化水素受容体の活性化と CYP1A1 阻害作用 椎崎一宏、川西優喜、八木孝司（府大産学官）
- *温度応答性高分子で修飾したリポソームの抗がん剤放出挙動：組成最適化による温度応答の鋭敏化 廣瀬淳、河野健司（府大院工）
- 16:00-16:15 休憩
- 16:15-17:45 【一般講演】 [座長：森利明（府大産学官）]
- *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 名部美琴、桑村充、山手丈至、小谷猛夫、森展子*（府大院生命、*府大院理）
- *X 線照射による胎生期神経幹細胞・前駆細胞の初期応答 原正之、脇亮二、白石一乗*、児玉靖司*（府大院理、*府大産学官）
- *染色体移入による放射線誘発染色体不安定性の解析 縄田寿克、白石一乗、押村光雄*、児玉靖司（府大産学官、*鳥取大院医）
- *マウス神経幹細胞における不均等分裂の検証 永木恵美、白石一乗、原正之*、児玉靖司（府大産学官、*府大院理）
- *青色光受容体フォトリロピンの光依存的リン酸化シグナル伝達系の解析 吉原静恵、岡島公司、徳富哲（府大院理）
- *自然放射線の生物影響実験における細胞培養液中放射能の寄与 松田八束、川西優喜、奥山勝幸、白石一乗、八木孝司、谷口良一、奥田修一、汐見信行*、米澤司郎**（府大産学官、*元府大、**奈良医大）
- 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. 特別講演

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科学研究科
大阪府大産学官

黒堀 利夫*
奥田 修一, 小嶋 崇夫, 岡 喬

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

弗化リチウム (LiF) 材料は、従来からの放射線分野のみならず、光電子分野、マイクロイメージング分野、有機LED分野等で応用され、これらの分野で欠かせない材料となっている。筆者らは、特に、この材料の光電子分野への応用を目指して研究を行ってきた。

LiF結晶はアルカリハライド材料の中でも、光学的、熱的特性に優れている。しかし、この分野への応用を考える時、この材料の室温で安定なカラーセンターの形成と緑から赤の領域に亘る広い蛍光帯の特徴は魅力的である。しかし ~ 14 eVにおよぶ大きなバンドギャップのため、この材料中への点欠陥形成は、

これまで放射線照射に限定されてきた。しかし、 \sim 数百TW/cm²のTi:sapphireレーザーの出現により、光だけで点欠陥の導入や微細加工も可能になってきた。

筆者らは、この光源からの近赤外フェムト秒 (800 nm, 100 fs) パルスを用いて、LiF材料へのカラーセンターの形成とサブミクロンの機能性構造を同時に書き込めることを初めて報告した[1]。その後、この材料中にfsパルスで書き込んだ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、赤のスペクトル領域での分布帰還型 (DFB) カラーセンターレーザーの発振を実現してきた[2, 3]。この材料は、また fs レーザーでどのような素子を実現できるかを示す材料としても有効である。

府大先端研ラボでの共同利用では、特に、LiF材料中のレーザー活性F₃⁺センターを用いた緑のスペクトル領域でのDFB発振を実現するための実験を実施してきている。緑領域でのDFB発振のためには、400 nm以下の周期的微細構造を fs レーザーで書き込むと同時

に、レーザー発振に必要な十分な利得を得るために、低温での放射線照射が必要となる。選択的に高い濃度の

F₃⁺センター濃度の形成は、図1の実験配置で、温度200 Kに保持しながら、Cockcroft-Walton型加速器による電子線照射で実施した。ほぼ 5×10^{17} 個 cm⁻³のF₃⁺センターが形成されたが、同時に 2×10^{17} 個 cm⁻³程度のF₂センターも形成されており、今後照射温度の最適化による単一のF₃⁺センターの生成法の確立、ならびに低温照射

に引き続く効率的なセンター変換等の確立が必要となる。

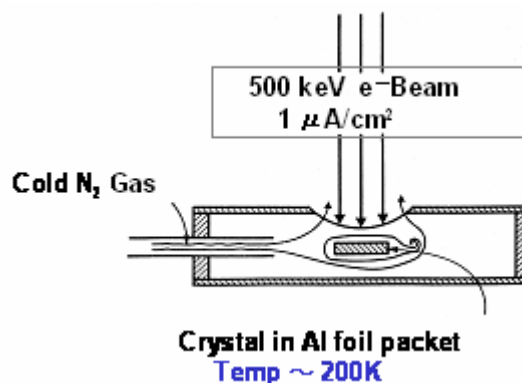


図1 低温での電子線照射配置

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.

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

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

大阪府立大学では、教育・研究上の枠組を超えた分野(部局)横断型の研究グループの自己組織化を誘導するため、平成18年に「21世紀科学研究所」が設置された。この研究所はいわゆるバーチャルである。われわれはこれにしたがい、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目的で、「量子ビーム誘起反応科学研究所」を平成18年(2006年)2月1日に設立した(<http://www.osakafu-u.ac.jp/research/21science/>)。平成18年度における活動は下記のとおりである。

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

参考資料参照

(2) 民間との共同研究

株式会社 FUDAI 「量子線の応用に関する研究」(2006-2007年度)

(3) 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)。特に研究所全体の活動紹介に関する発表は次のとおり。

1) 大阪府立大学平成17年度放射線研究センター共同利用報告会(2006.6、府大)、

研究所現状報告

2) 日本機能性イオン協会第5回定例総会記念講演会(2006.7、新大阪、大阪府立大学出前講義)、量子ビーム利用の現状と府立大での量子ビーム利用研究紹介

3) 日本加速器学会(2006.8、仙台)

4) ONSA 研究会(2006.10、大阪)

テラヘルツ光関連研究の現状と府立大学における研究および研究所の紹介

5) 大阪大学産業科学研究所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第6回研究会「量子ビーム誘起反応の解明と応用」(2007.1、阪大)、大阪府大での量子ビーム利用研究

6) 放射線照射促進協議会講演会(JAPI)(2007.1、大阪)

量子ビーム研究の意義と RIQBS 活動紹介

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.1, No.2 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、電子ライナックの改善と陽子加速器の導入

4. 参考資料

季刊誌 RIQBS No.1, No.2

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・岩瀬章宏

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

学部・分野等：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。

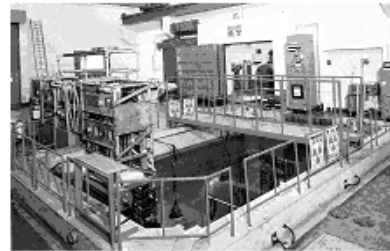


図1 コバルト 60 ガンマ線源の水プール

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	50~100kGy/h	大線量照射
照射プール	5PBq	5k~100kGy/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
- ・ 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

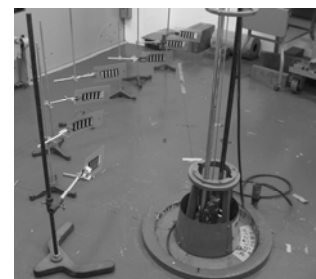


図2 コバルト 60 照射風景
(線量計の較正)

人工衛星に搭載する電子機器の照射試験

- ・ 物理分野 放射線検出器の較正、線量計の特性試験
ガラス・真珠・宝石等の着色
超微粒子の生成

2. 高エネルギー電子線照射装置（ライナック）

電子線加速器では、線量率が極めて高いことを利用した金属材料の照射効果の研究、放射線がパルス状に出力されることを利用した、物質の過渡的变化を調べる研究、超微弱ビームの発生と利用、新しいラジオグラフィ法の開発研究などが行われています。

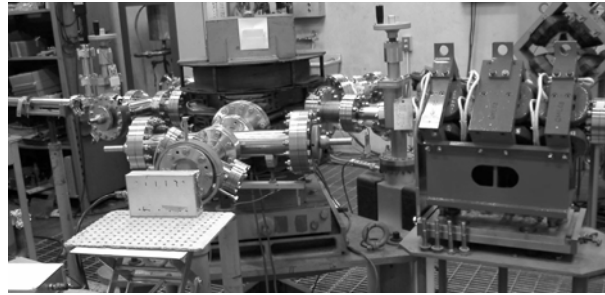


図3 電子線形加速器（OPU ライナック）

2.1 主な照射設備

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

2.2 ライナックの主な照射対象

- ・ 生物分野 医療器具等の滅菌
微弱電子線の生物影響
- ・ 化学分野 放射線照射による光吸収過渡現象の研究（パルスラジオリシス）
架橋反応の利用によるタイヤ、被覆材等の開発
府大 COE 研究における水反応場解析
液体窒素の照射効果の観測
- ・ 工学分野 耐放射線性の高い金属、合金の大線量照射
人工衛星に搭載する機器の耐久性加速試験
超微量のウラン検出法の開発
- ・ 物理分野 放射線検出器の較正
電子線による材料中への欠陥導入と、それを利用した分析
貴金属ナノ微粒子の生成
加速器の高性能化、超微弱電子線の開発
加速器を利用した高輝度サブミリ、ミリ波光源の開発と利用

3. 低エネルギー電子線照射装置（コッククロフト・ウオルトン型加速器）

エネルギー：60～600 keV

用途：表面照射、表面処理

照射対象例：人工衛星部品の照射

物質の表面改質（硬化、濡れ性の変化）

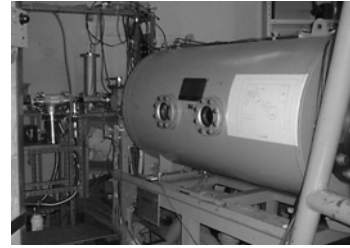


図4 低エネルギー電子線照射装置

4. 非密封放射線施設および、その他の照射装置

非密封放射性同位元素は、トレーサーとしての利用を中心に、化学、農学、生命科学、医学の研究において、種々の特徴ある施設として広く利用されています。



図5 非密封放射線施設

用途：放射性同位元素によるトレーサー実験
材料の陽電子利用分析
放射性同位元素による年代測定
環境汚染物質の元素分析
環境放射線の測定



図6 トレーサー実験に用いられる
RI 標識化合物

その他の照射設備：



図7 低エネルギー電子線照射装置（100keV）



図8 X線照射装置



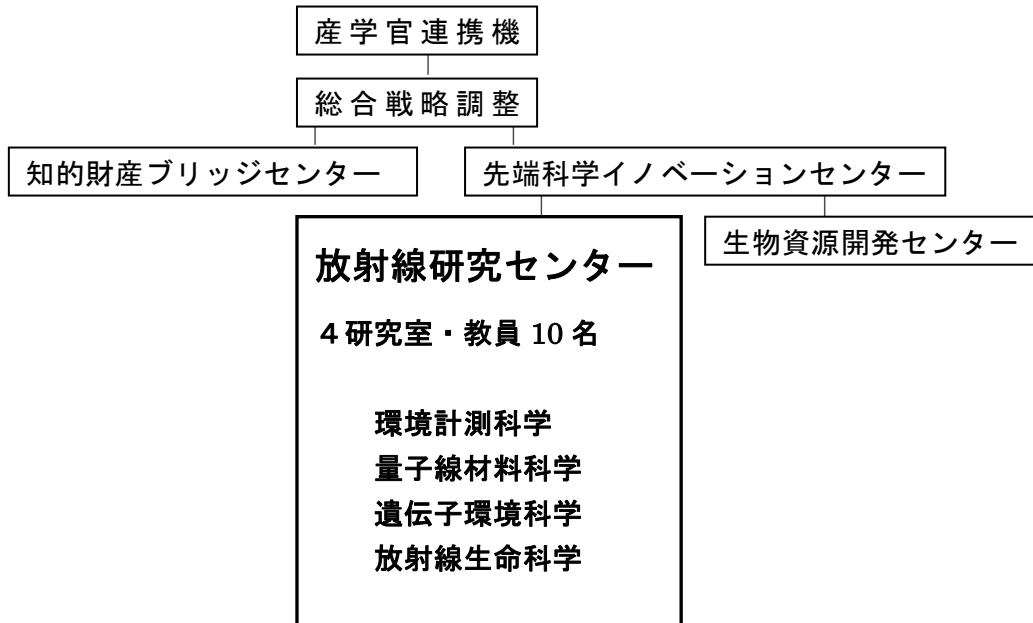
図9 X線非破壊検査装置



図10 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 _____ ㊟

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	
放射 線装 置発 生場 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

ホームページ:

<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」、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