

ONSA ニューズ

発行 平成7年7月

社団法人大阪ニュークリアサイエンス協会

〒541 大阪市中央区北久宝寺町2-3-6

TEL 06-262-6540 FAX 06-262-6541

印刷 東洋紙業高速印刷株式会社

スペースシャトル宇宙実験による 放射線生物影響に関する最新効果

PL学園女子短期大学 原田和樹

目 的

宇宙飛行士を含め人類が宇宙へ進出する際に乗り越えなければならない障害が2つある。1つが微小重力環境であり、もう1つは宇宙空間の高エネルギー重粒子（イオンビーム）の存在である。この重粒子線が宇宙空間内で生物に及ぼす影響が全く判っていないだけに重要な問題点である。

私の研究グループは、1992年9月に毛利衛博士を中心にスペースシャトル「エンデバー号」で実施された『第1次材料実験（ふわっと'92）(FMPT: First Material Processing Test)』と1994年7月に向井千秋博士を中心にスペースシャトル「コロンビア号」で実施された『第2次国際微小重力実験計画（IML-2:2nd International Microgravity Laboratory Mission）』に参加する機会を得て、大腸菌（*Escherichia coli*）の放射線感受性突然変異株（ミュータント）等の原核細胞やプラスミドDNAを用い、高エネルギー宇宙放射線の生物影響を細胞致死と突然変異誘発率で調べ、また、突然変異が生じた際のDNA上の分子レベルの変化を塩基配列で調べることも試みた。さらに、放射線損傷を起こした細胞内DNAの修復過程に微小重力がどのような影響を及ぼすかも調べた。



図1 ベイロードクルーの訓練風景

（左端は向井千秋博士、中央が原田和樹博士）

目 次

☆	スペースシャトル宇宙実験による放射線生物影響に関する最新成果	原田和樹	1
☆	平成7年度総会報告		4
☆	大阪ニュークリアサイエンス協会賞授賞論文 *放射化ハロゲンの一原子ベース化学	高橋成人	8
	*ニュークリアマイクロプローブによる分析技術の開発	高井幹夫	11
☆	事業報告及び事業予定		13
☆	大阪の歴史散歩道（近松門左衛門墓所）		16

材料と方法

IML-2 宇宙実験に使用した生物サンプルを表 1 に示したが、大腸菌細胞が 11 種類、放射線高抵抗菌 *Deinococcus radiodurans* (Deinococcus radiodurans) 細胞が 2 種類、更にはシャトルベクタープラスミド pZ189DNA を主に用いた。

これら生物サンプルの多くは乾燥状態にして、リアルタイム放射線モニタリング装置 (Realtime Radiation Monitoring Device; RRMD) のバイオスペースメン・ボックス (Biospecimen Box) やドシメーター (Dosimeter) に装填した。生物サンプルの安全性試験は、三菱重工業(株)高砂研究所で実施した。また IML-2 宇宙実験では、1993

年 1 月、宇宙飛行士たち (ペイロードクルー) にレクチャーを中心とした訓練を行なった。

スペースシャトル運用に関して、EMPT 宇宙実験では「エンデバー号」の飛行期間は 8 日間、軌道高度は 300km、軌道傾斜角は 57 度の円軌道であった。また、IML-2 宇宙実験では「コロンビア号」の飛行期間は 2 週間、軌道高度は 300km、軌道傾斜角は 28.5 度の円軌道であった。

生物サンプルは、飛行期間中、スペースラブ内で宇宙飛行士達による操作を経た後、シャトルの地球帰還後には NASA ケネディー宇宙センターにて一部実験・解析がなされ、その後、日本の私の研究室に輸送され解析が続行された。

表 1 IML-2 宇宙実験で RRMD とドシメーターに装填した生物サンプルのリスト
《 R R M D 》
《 Radiation Dosimeters 》

Escherichia coli	Escherichia coli
H/r30R (argF ⁻ amber)	H/r30R (argF ⁻ amber)
Hs30R (argF ⁻ amber, uvrA ⁻)	Hs30R (argF ⁻ amber, uvrA ⁻)
NG30 (argF ⁻ amber, recA ⁻)	NG30 (argF ⁻ amber, recA ⁻)
KMBL3835 (trpE9777 ⁻)	KMBL3835 (trpE9777 ⁻)
KY383 (trpE9777 ⁻ , lexA3 ⁻)	KY383 (trpE9777 ⁻ , lexA3 ⁻)
KY385 (trpE9777 ⁻ , recA56 ⁻)	KY385 (trpE9777 ⁻ , recA56 ⁻)
KY386 (trpE9777 ⁻ , uvrA6 ⁻)	KY386 (trpE9777 ⁻ , uvrA6 ⁻)
pol ^{ts} (pol ⁺ and exo ⁺ , recA ^{ts})	pol ^{ts} (pol ⁺ and exo ⁺ , recA ^{ts})
polA107 (pol ⁺ , 5'→3'exo ⁻ and 3'→5'exo ⁺ , recA ^{ts})	polA107 (pol ⁺ , 5'→3'exo ⁻ and 3'→5'exo ⁺ , recA ^{ts})
polA1 (pol ⁻ , 5'→3'exo ⁺ and 3'→5'exo ⁻ , recA ^{ts})	polA1 (pol ⁻ , 5'→3'exo ⁺ and 3'→5'exo ⁻ , recA ^{ts})
resA1 (pol ⁻ , 5'→3'exo ⁻ and 3'→5'exo ⁻ , recA ^{ts})	resA1 (pol ⁻ , 5'→3'exo ⁻ and 3'→5'exo ⁻ , recA ^{ts})
Shuttle Vector Plasmid DNA	Shuttle Vector Plasmid DNA
pZ189	pZ189
Deinococcus radiodurans	Deinococcus radiodurans
MR ₁ (wild type)	MR ₁ (wild type)
rec30 (recA ⁻)	rec30 (recA ⁻)
freeze-dried MR ₁ cells beforehand irradiated with radiation+liquid medium in silicone tubes	

結果と考察

IML-2 宇宙実験の中間結果を図 1 に示したが、大腸菌野生型細胞 (KMBL3835) とその突然変異細胞群である KY383 株 (lexA⁻)、KY385 株 (recA⁻)、KY386 株 (uvrA⁻) の場合では、バイオスペースメン・ボックス内のいずれの株も、宇宙と地上の間では、生存数に差はなかった。また、突然変異誘発率でも、KMBL3835 株、KY385 株、KY386

株に差は見られなかった。ドシメーター内も同様に KMBL3835 株、KY385 株、KY386 株、H/r30R 株のいずれも、宇宙と地上の間では、生存数に差は見られなかった。

一方、EMPT 宇宙実験では、図 2 に示すように、大腸菌 polA1 株 (pol⁻, 3'→5'exo⁻, rec^{ts}) では地上サンプルにくらべて宇宙サンプルでは約 1/7 に生存数が減少していた。この株は DNA ポリメ

ラーゼと3'→5'エクソヌクレアーゼというタンパク質(DNA修復酵素)の働きが欠けており、また、DNA組換え修復能が温度感受性になっている(図2bでは温度感受性に設定していない)。

現時点まで解析した結果をまとめると、高エネルギー宇宙重粒子線によるDNA損傷の修復には、除去修復系(pol 遺伝子)と3'→5'エクソヌクレアーゼ活性(3'→5'exo 遺伝子)が最も必要であり、次に、5'→3'エクソヌクレアーゼ活性

(5'→3'exo 遺伝子)と組換え修復能(recA 遺伝子)の順に必要となり、除去修復系のUVエンドヌクレアーゼ活性(uvrA 遺伝子)は殆ど必要ないと考える。

なお、宇宙重粒子線によって生じたプラスミド pZ189DNA 突然変異体の塩基配列上の変化において特異的領域(ホットスポット)出現の有無、ラディオデュランス細胞を用いた微小重力が及ぼすDNA修復過程への影響は現在解析中である。

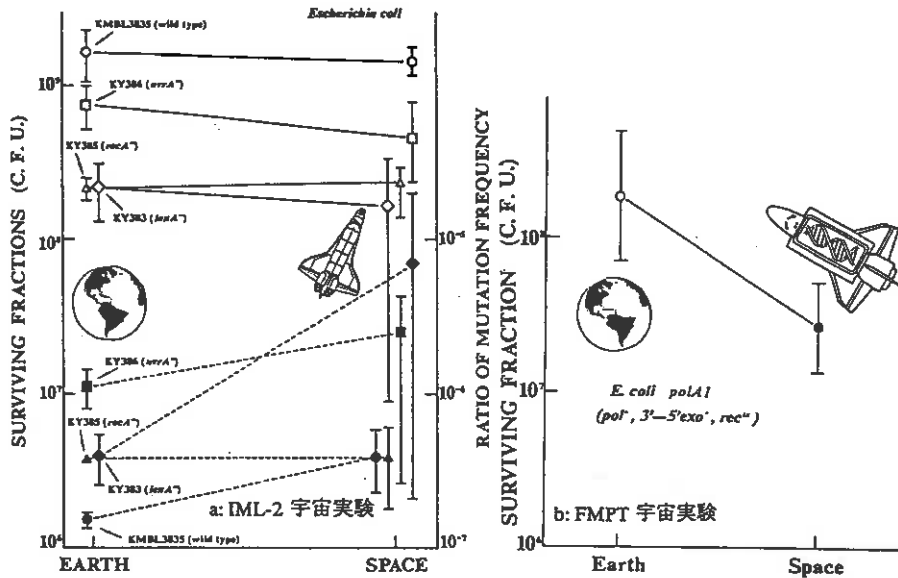


図2 宇宙空間と地球上における大腸菌 DNA 修復能欠損突然変異株の生存数と突然変異誘発率の比較 (2-a: IML-2 宇宙実験) (2-b: FMPT 宇宙実験)

謝 辞

本研究は多くの人の協力があってこそ実施できた。実験指導をしていただいた奈良県立医科大学の大西武雄教授と宇宙開発事業団宇宙実験グループの長岡俊治博士に感謝するとともに、本研究はPL学園女子短期大学の帯屋有里乃研究員と中野立央助手が主に遂行した。

関連参考文献

1) 原田和樹ほか：
宇宙利用シンポジウム, 10, 18-21(1993)
2) 長岡俊治、原田和樹ほか：

宇宙開発事業団成果報告 1,361-388(1994)

3) 原田和樹ほか：
放射線と産業, No.63, 25-29
4) Y. Obiya and K. Harada：
PL G. W. J. C. Bull., 21, 1-7(1994)
5) 原田和樹ほか：
宇宙生物科学, 8, 202-203(1994)
6) T. Nakano, K. Harada et al.：
Mutation Res., in press(1995)
7) K. Harada et al.：
Abst. 10th Int. Congress of Radiation Research, in press(1995)