

長崎原爆被爆者におけるプルト ニウム内部被曝のオートラジオ グラフ分析

<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2018.e00666>

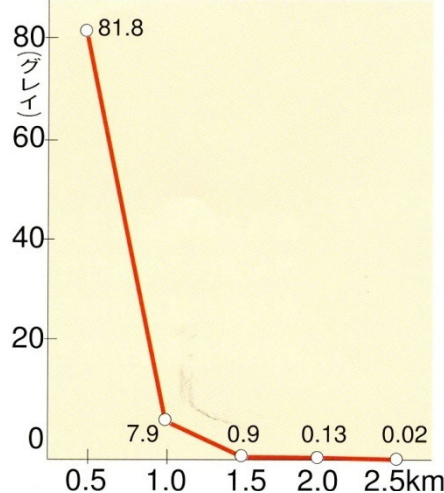
七條和子、高辻俊宏他

Department of Tumor and Diagnostic Pathology,
Atomic Bomb Institute, and Faculty of Environmental
Science, Nagasaki University

背景

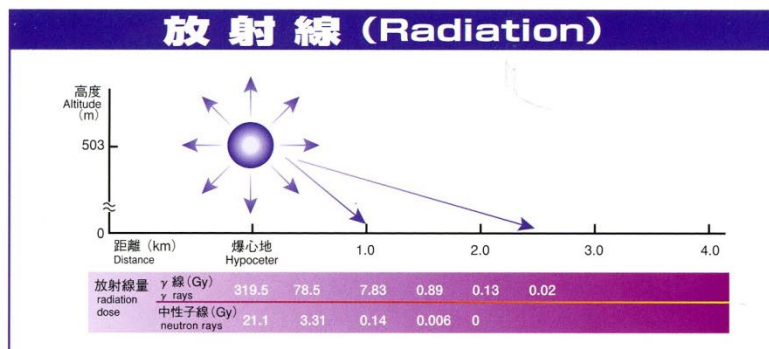
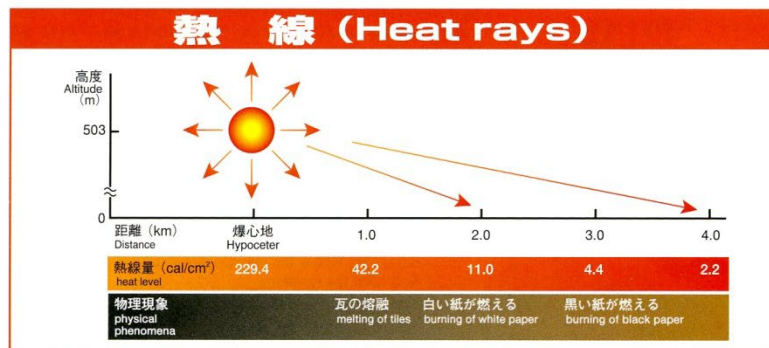
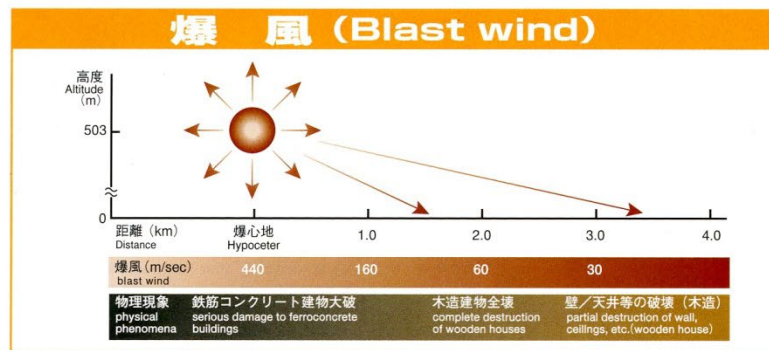
- プルトニウム型原爆は1945年8月9日11時2分に長崎市に落とされた。原爆被爆者の被ばく線量は実質的に外部被ばく線量で評価されている。(the Dosimetry System 2002:DS02).
- あまり多くの放射性物質が被ばく者には見つかっていないので内部被ばくの影響は見過ごされてきた。
- しかし、プルトニウムが24年後の1971年に、長崎の土に残っていることが報告された。
Sakanoue M, et.al. Plutonium content of soil at Nagasaki. Nature 234,92-93,1971

長崎原爆被爆者の放射線量(γ -Gy)



長崎原爆の物理的影響

Physical Effects Caused by the Nagasaki Atomic Bombing



爆発点の高度は1976年に発表された503±10mを用いた。

Analysis of all data in 1976 revealed the estimated height to be 503±10m (Kerr & Solomon). Kerr GD, Solomon DL: The epicenter of the Nagasaki weapon-A reanalysis of available data with recommended values. ORNL-TM-5139 (1976).

長崎原爆の爆発力は通常火薬 (TNT) 21ktに相当し、通常爆弾に比較して桁違いの爆風と高温状態が生じた。すさまじい爆風と熱線 (輻射熱) に加えて放射線も放出され、総エネルギーの50%が爆風、35%が熱線、15%が放射線として放出されたと考えられる。

Equivalent in force to 21 kilotons of gunpowder (TNT), the Nagasaki atomic bomb generated levels of blast and heat that cannot even be compared to those produced by conventional weapons. Radiation was released in addition to the ferocious blast wind and heat rays (radiant heat). It is thought that 50%, 35% and 15% of the total energy output was blast, heat and radiation, respectively.

目的

- **アルファ線放出核種**の残留を1945年に急性放射線障害で亡くなられた原爆死傷者の解剖標本の中に見つける。
- その原爆死傷者のアルファ粒子が**プルトニウム**かどうかを決定する。

1945

1973

2009

原爆

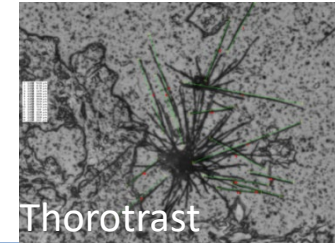
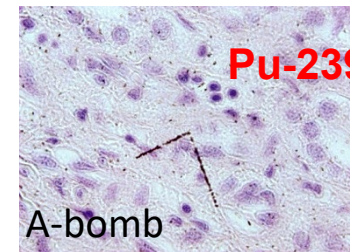
米軍病理研究所から資料返還

アルファ飛跡

(Am J Pathol. 1949)

(Pu-239 in the soil, 1971)

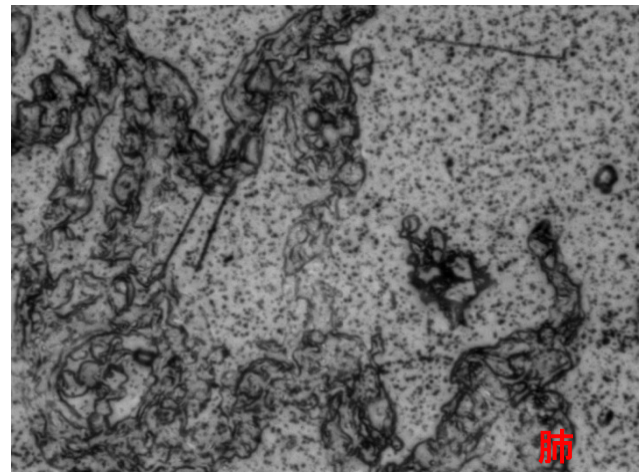
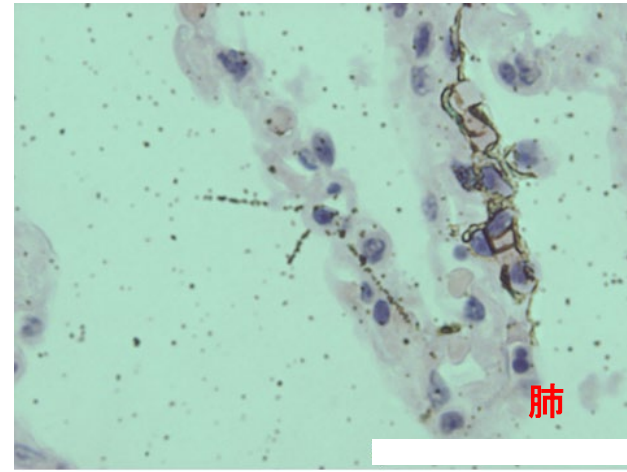
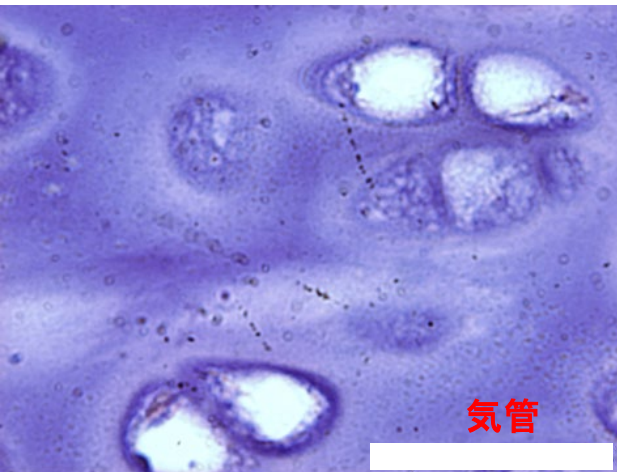
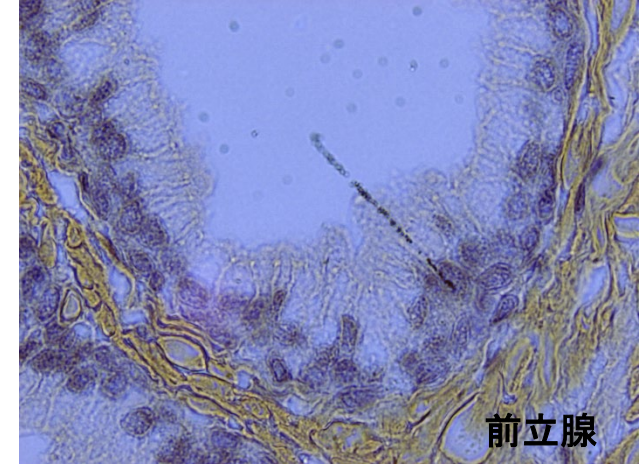
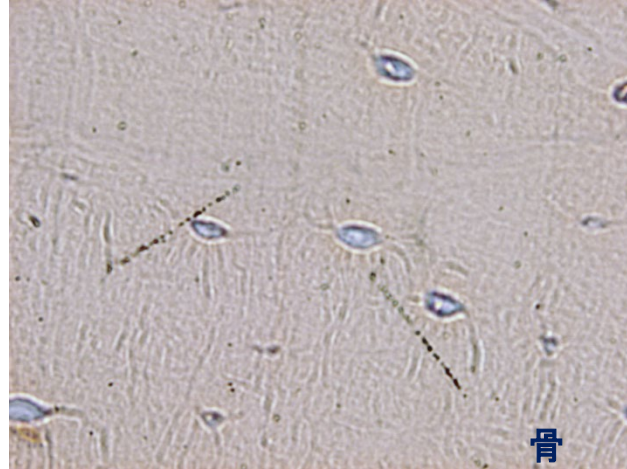
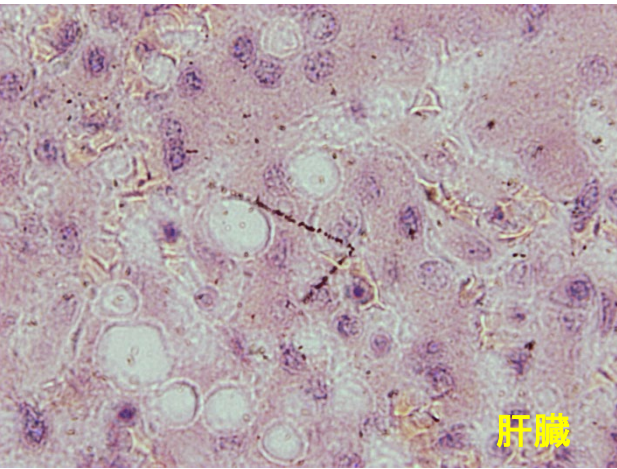
オートラジオグラフ法



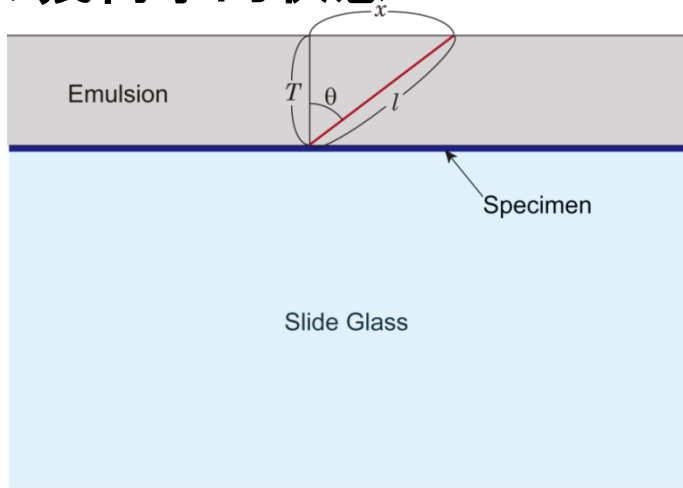
症例

群	症例 No	年齢	性	距離 (km)	生存日数 (day)	被爆時の遮蔽
被ばく者	1	uk	M	uk	16	不明
	2	21	M	0.8	38	屋内
	3	60	F	0.5	68	外屋外
	4	43	M	0.5	78	日本家屋(屋内)
	5	23	M	0.5	87	不明
	6	33	F	uk	125	倒れた家屋の下で火傷
	7	77	F	1.0	144	木の後ろに座っていた。屋外
非被ばく者	1	31	F	10	2480	
	2	37	F	210	2643	
	3	26	M	120	2731	
	4	54	M	110	2774	
	5	60	F	17	2840	
	6	31	M	47	3160	
	7	28	M	18	3197	

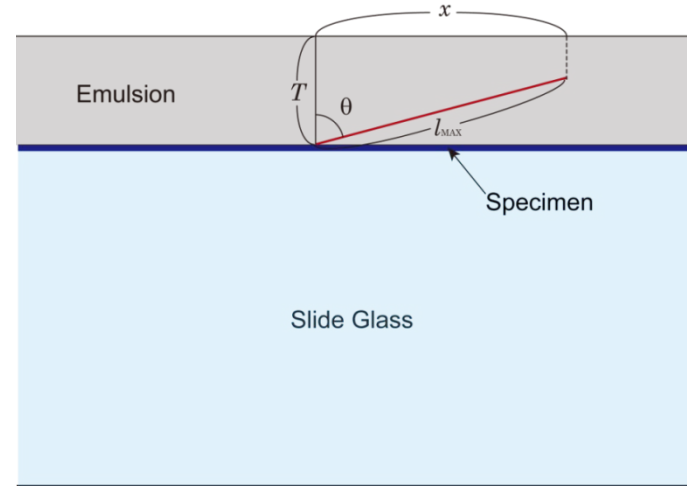
長崎原爆死傷者標本におけるアルファ線 放出核種



1) 組織標本から放出するアルファ粒子とスライド硝子と写真乳剤の間の幾何学的状態

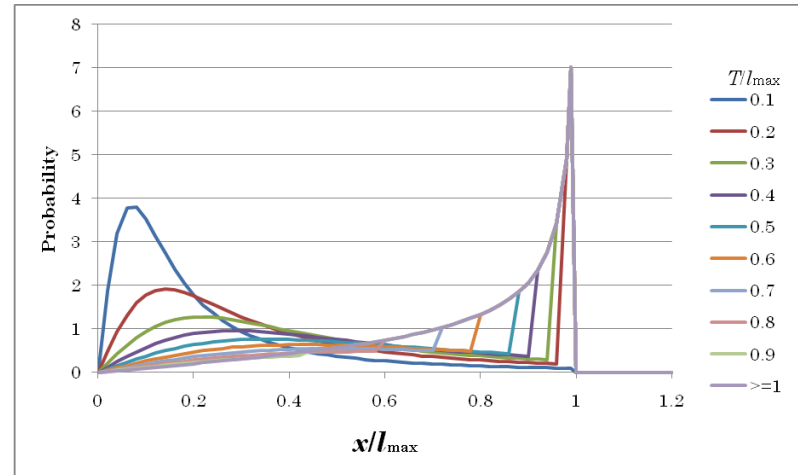
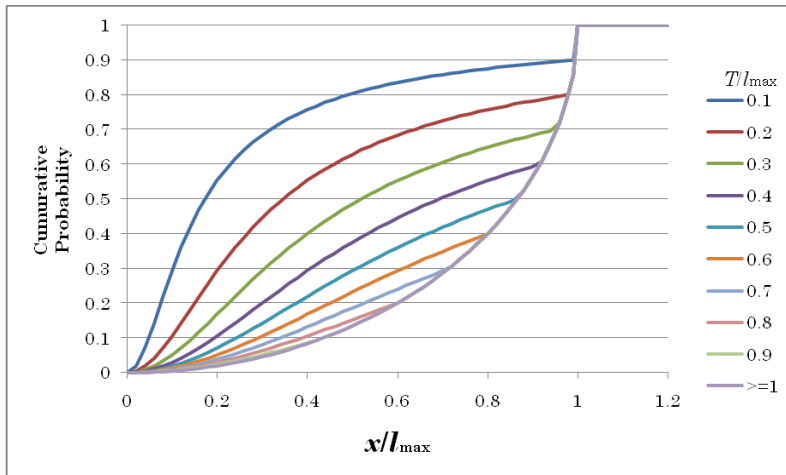


$$T < l_{MAX} \text{ and } x < \sqrt{l_{MAX}^2 - T^2}$$

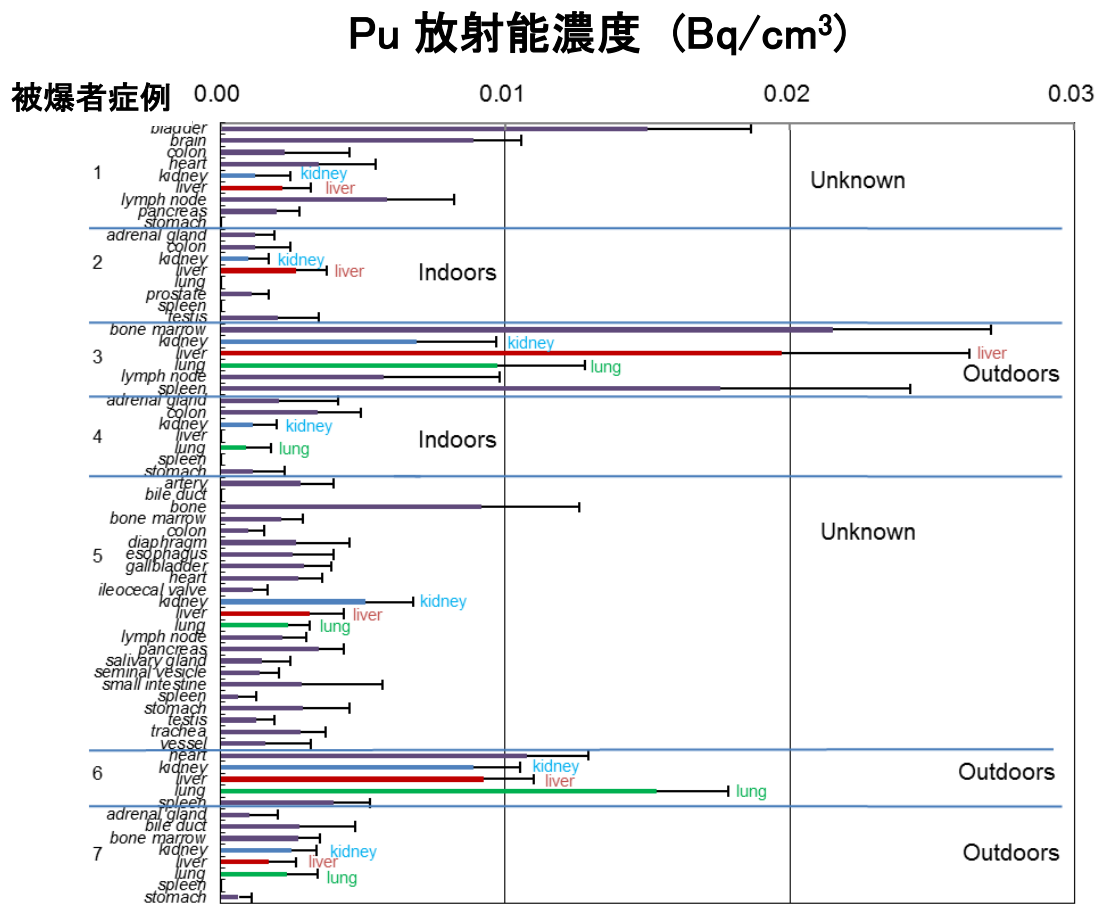
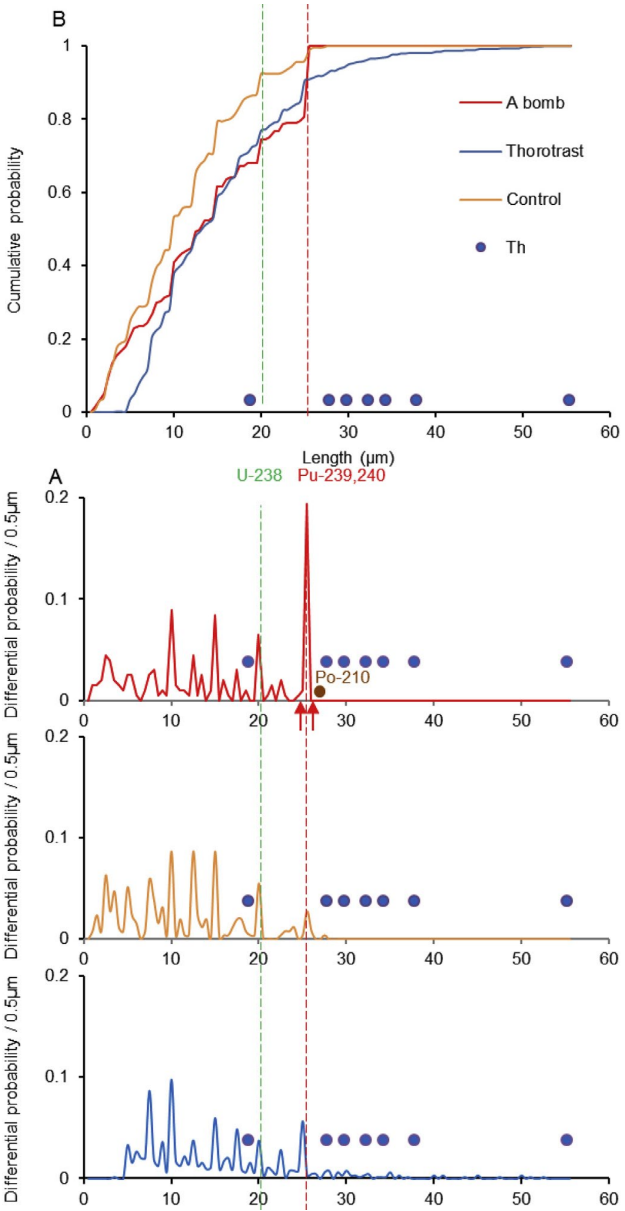


$$T \geq l_{MAX} \text{ or } x \geq \sqrt{l_{MAX}^2 - T^2}$$

2) 算出された累積確率と微分確率の乳剤厚さ依存性



累積、微分スペクトルの比較

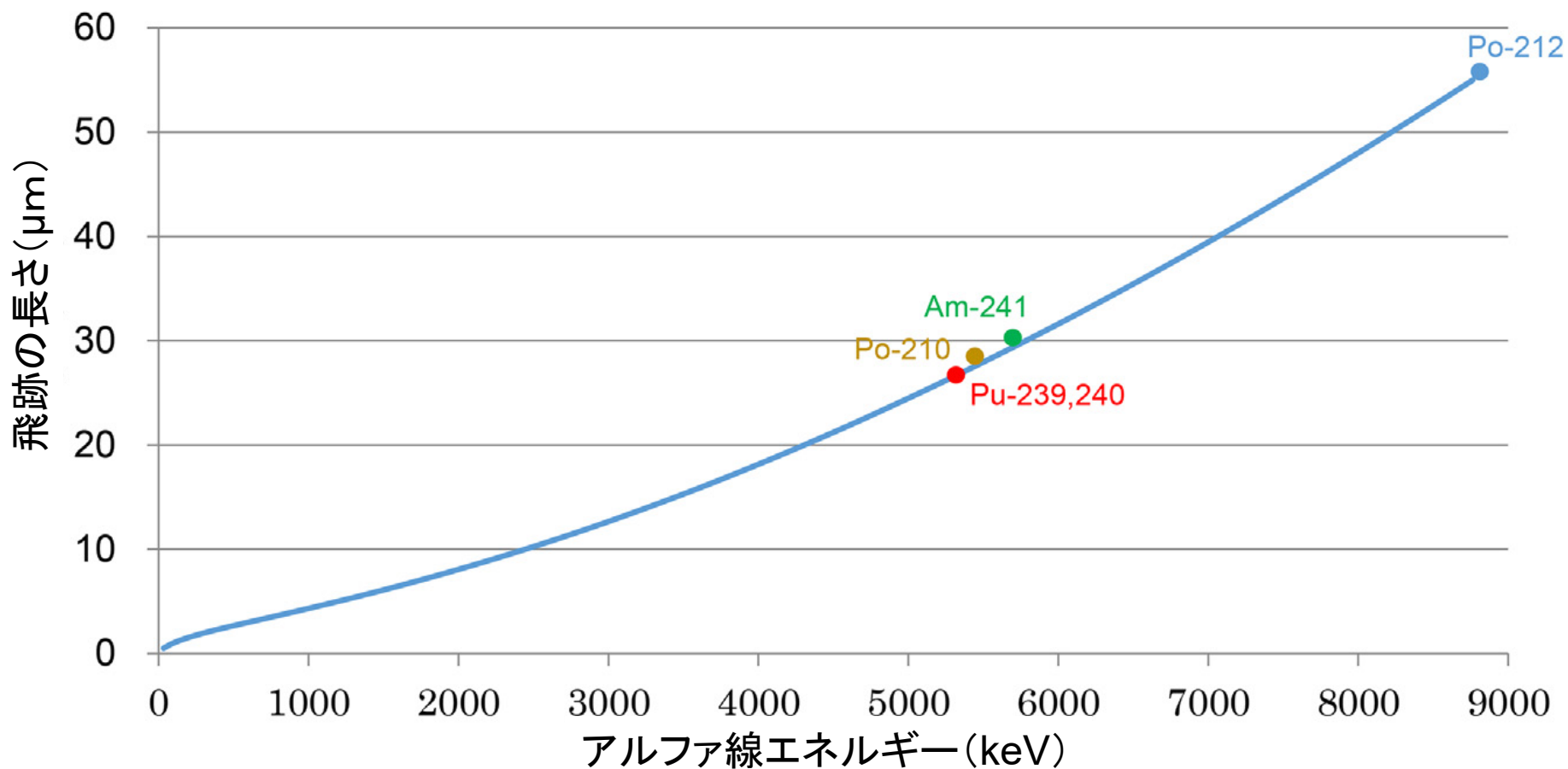


Control: 1; liver, lung, spleen, striated muscle, thyroid, 2; lung, 3; kidney, liver, lung, pancreas, spleen, 4; bladder, heart, kidney, liver, lung, spleen, 5; heart, lung, spleen, 6; kidney, lung, spleen, 7; heart, kidney, liver, spleen. No activity from Pu was detectable in the above organs examined of controls.

Figure 3

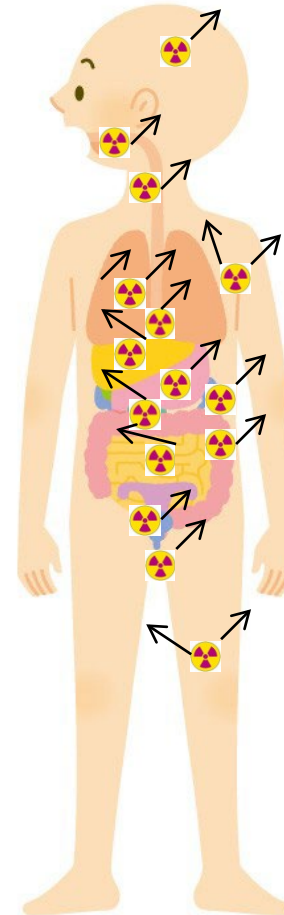
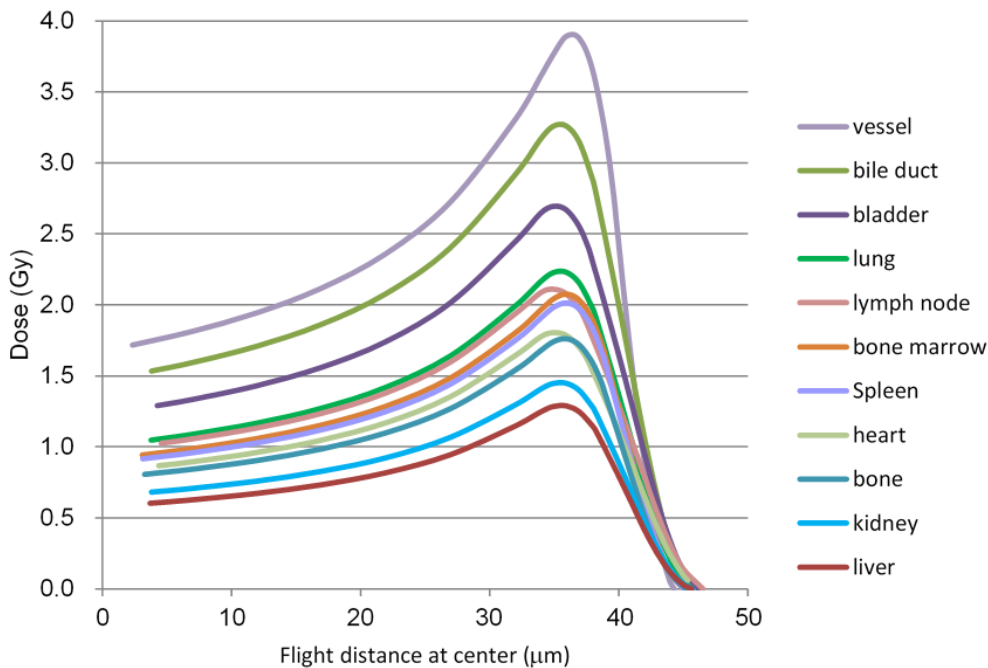
写真乳剤中の飛跡の長さ

A

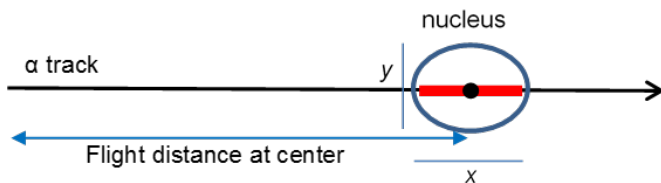


原子爆弾による内部被ばく

アルファ粒子一個が細胞核を通過する時の吸収エネルギー



Pu-239
↓ ↓ ↓
 α α α
↓
DNA 傷害
↓
がん?



まとめ

- 私たちはオートラジオグラフ法で長崎近距離原爆死傷者標本に残っているアルファ線放出核種Pu-239を見つけた。
- 原爆被ばく者には、Pu-239による内部被ばくがあったことがわかった。
- 屋外で被爆した者のほうがPu-239が高濃度であることから、原爆の影響であることが確認できた。