

## 広島原爆早期入市者の疾病記録と誘導放射能による被曝量の評価

(京大原子炉、広島大院工<sup>1</sup>、広島大平和科学研究センター<sup>2</sup>、札幌医大<sup>3</sup>)

○今中哲二、遠藤暁<sup>1</sup>、川野徳幸<sup>2</sup>、田中憲一<sup>3</sup>

### 1. はじめに

広島・長崎の原爆被災者が受けた放射線は、『初期放射線』と『残留放射線』に分類される[1]。『初期放射線』には、爆発の瞬間に放出される‘即発放射線’、ならびに上昇する火球中の核分裂生成物から放出される‘遅発放射線’が含まれ、その被曝が問題となる時間域は、原爆炸裂時から、火球が上昇して地表への影響が無視できるようになる約20秒後までである。『残留放射線』には、原爆中性子によって爆心地周辺の土壌などが放射化されることともなう‘誘導放射線’と、いったん上空にあがった核分裂生成物等が、いわゆる黒い雨などとともに地表に降下したことによる‘フォールアウト放射線’がある。広島・長崎原爆の初期放射線による被曝については、DS02 と呼ばれる個人線量評価体系が策定され、放射線影響研究所 (RERF) で実施されている被爆生存者追跡疫学研究 (LSS 調査) での個人線量評価に適用されている[2]。LSS 調査では、その調査集団の大部分において、残留放射線の寄与は初期放射線に比べて無視できるものとされ、個人線量の評価において残留放射線は考慮されていない。

一方、原爆投下の後に広島・長崎に入市した人々や黒い雨をあびた人々の中で放射線被曝との関連を思わせるようなさまざまな症状が現れたことは広く知られている[3]。我々のグループは、日米合同 WG のメンバーとして DS02 策定の作業が終了した後、残留放射線量評価の取り組みを続けている[4,5]。誘導放射線による被曝については、DS02 での中性子束計算の延長として、土壌中放射化核種からの放射線線量率を、爆心からの距離ならびに原爆炸裂からの時間の関数として計算した[6,7]。さらに、早期入市者の行動記録をセル入力すると積算外部被曝を求めることができる簡易 Excel ツール InDose07.xls を開発し公開してきた[8,9]。本報告では、InDose07.xls の広島原爆早期入市者への適用例を紹介する。

### 2. 誘導放射線量計算と簡易 Excel ツール

図1は、地上1mでの誘導放射線率の時間変化、図2は、爆発直後から無限時間にわたる誘導放射線

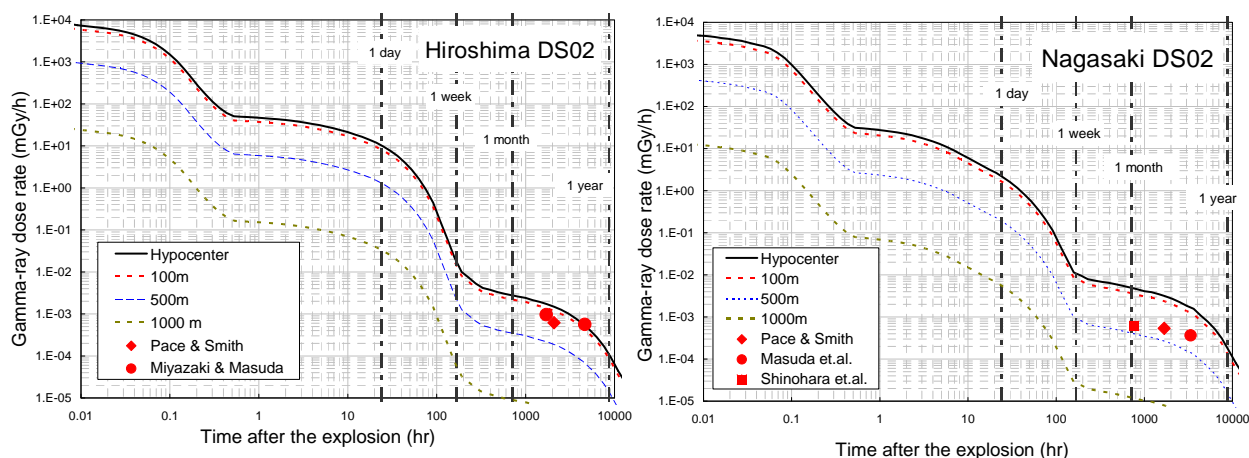


図1 誘導放射能による地表1mでの放射線量率の時間変化  
爆心地からの距離別。Pace & Smith、Miyazaki & Masuda、Shinohara は測定値。

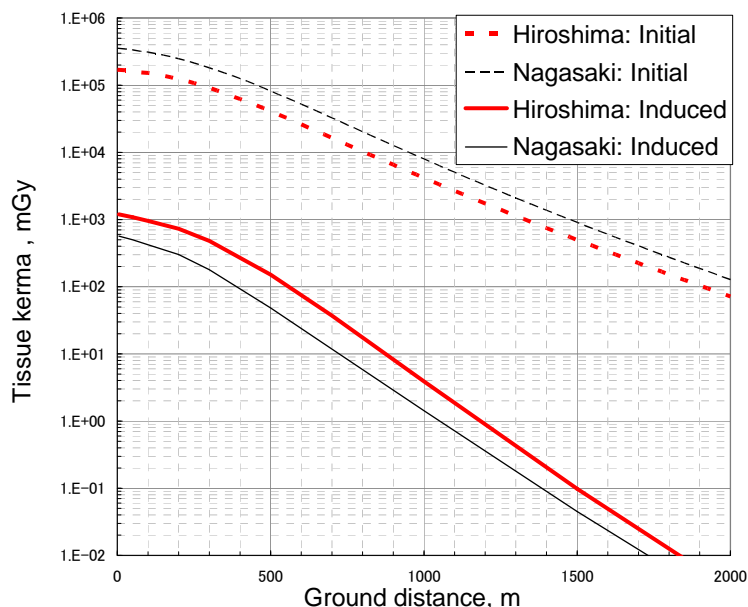


図2. 爆発直後から無限時間までの積算の誘導放射線量と初期放射線量. 横軸は爆心地からの距離.

量の積算値を、初期放射線量と比較したものである。図2から、初期放射線に被曝した人が誘導放射線を受けたとしても、初期放射線量に比べ無視できると言ってよいであろう。一方、爆心地へ原爆直後に入市した人がそこにずっととどまったとすれば、1 Gy 近くの外部被曝となることも計算上はあり得ると言えよう。図3は、早期入市者積算線量を計算する InDose07 のインプット例である。この仮想例では、広島原爆の爆発40分後の午前9時に2km以内に入り、10時40分に爆心付近に到達して2時間滞在した後、14時20分に2km外へ出たとし、積算外部被曝は78.6mGyとなっている。

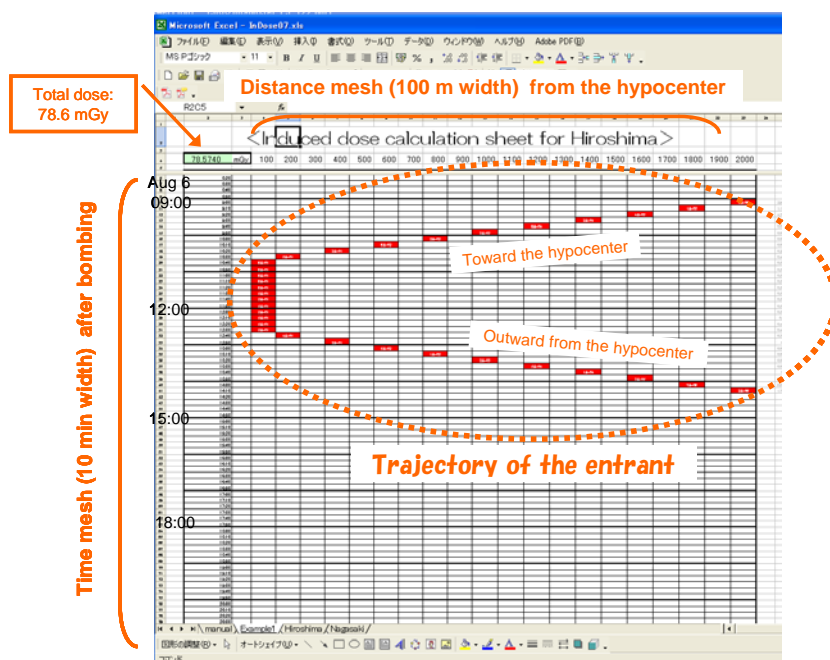


図3. 誘導放射線個人線量計算ツール InDose07.xls.

セルの位置は(時刻、爆心距離)に対応し、セル内の値はその距離に10分間居たときの被曝量。行動軌跡に対応するセルを色づけし、マクロで被曝量を積算する。

3. 早期入市者の行動聞き取り調査

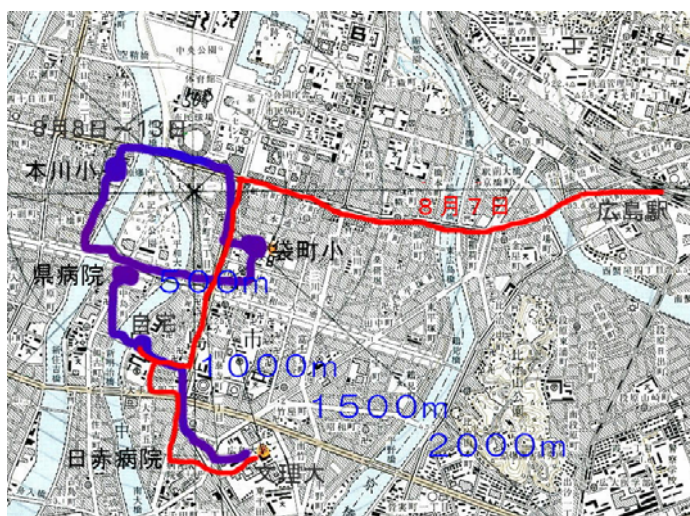
2008年8月6日、『見過ごされた被爆～残留放射線・63年後の真実～』というNHKスペシャルで、広島原爆後に早期入市し体調を崩した人の証言や、急性放射線障害を思わせる症状についてABCC（RERFの前身）による聞き取り調査記録が残っていることが放映された。そのNHKスペシャルを制作したディレクターの協力を得て、RERFに記録が残っている早期入市者2名（AとB）と面談し、原爆当時の行動についての聞き取りを行った。また、急性症状を思わせる体験のなかった早期入市者2名（CとD）についても同様の聞き取りを実施した。面談を行ったのは、2009年5月から6月にかけてであった。

◇ Aさん（症状有り、女性）：原爆投下時は19歳で、郊外約5kmの工場で学徒動員中。8月7日に爆心から900mの自宅へ。それから一週間家族を捜して爆心近辺の救護所など市内を歩き回った。この間、1.4kmの文理大グラウンドに野営。14日に郊外へ疎開して発病。表1にABCC調査票からの抜粋、図4は面談で得られたAさんの当時の行動である。

表1. AさんのABCC調査票より（1954年3月29日記録）

	発症日	程度					期間
		軽度	中等	強度	不明	無	
発熱	1週間後			✓			1週間 8/13-8/20
全身倦怠	1週間後			✓			1ヵ月 8/13-9/13
嘔吐						✓	
悪心						✓	
食欲不振	数日後		✓				約3週間 8/8-8/30
下痢（非血性）	1週間後			✓			約10日 8/13-8/23
下痢（血性）					✓		？
口内痛	1週間後			✓			約1週間 8/13-8/20
咽喉痛	1週間後			✓			約1週間 8/13-8/20
歯肉痛	1ヵ月後			✓			約2週間 9/6-9/20
歯齦出血	1ヵ月後			✓			約2週間 9/6-9/20 （化膿有り）
斑点出血						✓	
その他の出血						✓	
脱毛	1ヵ月後	✓					約2週間 30-35%

・ 一般的な健康状態としては、疲れやすく、貧血気味。・ 聞き取りの信頼度は good.



<8月7日>			<8月8日～13日>		
時刻	場所	距離, m	時刻	場所	距離, m
10:00	広島駅	2200	0:00	文理大	1400
10:20	大正橋	2000	8:00	文理大	1400
11:00	稲荷橋	1400	9:00	大手町7丁目	900
12:00	紙屋町	200	12:00	県病院	700
13:00	白神社	500	14:00	袋町小	500
14:00	大手町7丁目	900	16:00	本川小	400
15:00	"	900	18:00	文理大	1400
16:00	日赤	1400	24:00	"	1400
18:00	文理大	1400			
24:00	"	1400			

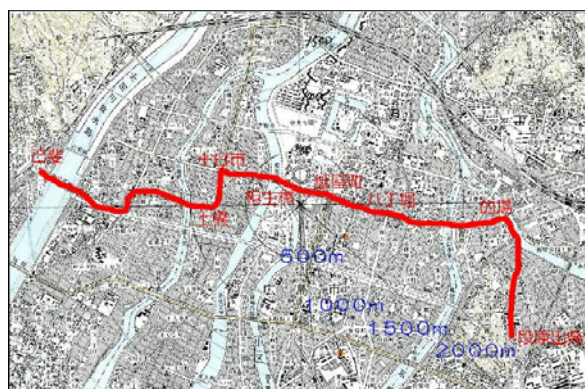
図4. Aさんの行動経路とIndose07のインプット情報



◇ Bさん（症状有り、女性）：原爆投下時は12歳で3.1kmの女学校で被爆。無遮蔽野外の初期線量は1.5mGy。8月7日午後4時頃に比治山裏の自宅を出発。市内を東から西に電車通りを徒歩で横断。己斐を経て夜中の12時に宮島口に到着。叔父宅に一週間滞在したのち帰宅。帰宅後、周期的な腹痛、血便、やせ細るが1カ月後に回復。表2はBさんのABCC調査票抜粋、図4は行動軌跡である。

表2. BさんのABCC調査票より（1949年11月29日の記録と思われる）

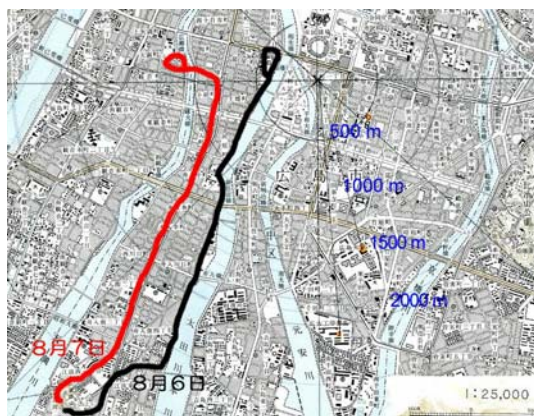
	発症日	程度					期間
		軽度	中等	強度	不明	無	
発熱						✓	
全身倦怠	9月12日	✓					1と1/2ヵ月
嘔吐	9月12日			✓			20日間
悪心	9月12日			✓			20日間
食欲不振	9月12日		✓				
下痢（非血性）	9月12日			✓			1と1/3ヵ月
下痢（血性）	9月12日			✓			1ヵ月
口内痛						✓	
咽喉痛						✓	
歯肉痛						✓	
歯齦出血						✓	
斑点出血						✓	
その他の出血					✓		
脱毛	10月5日頃		✓				3ヵ月



時刻	位置	爆心距離m
8月7日		
16:00	南段原出発	2300
16:20	大正橋	2000
16:30	的場	1800
17:00	八丁堀	800
17:20	紙屋町	300
17:30	原爆ドーム前	100
17:40	相生橋	300
18:00	十日市	800
18:20	土橋	800
19:00	己斐駅	2000

図5. Bさんの行動経路(8月7日)とIndose07のインプット情報

◇ Cさん（症状なし、女性）：原爆投下時は21歳で、3.5kmの山陰の自宅で被爆し、初期線量はゼロ。肉親捜しのため8月6日と7日の両日入市。図6に行動経路とインプット情報。



<8月6日>			<8月7日>		
時刻	場所	距離、m	時刻	場所	距離、m
10:00	江波出発	3500	11:00	江波出発	3500
10:30	舟入2丁目	2000	11:30	舟入	2000
11:00	河原町	1000	12:00	舟入中	1000
11:30	本川小学校	400	12:20	土橋	800
13:30	"	400	12:30	天満橋	1000
14:00	河原町	1000	13:00	天満橋	1000
14:30	舟入2丁目	2000	13:20	土橋	800
15:00	江波帰宅	3500	14:00	舟入中	1000
			15:00	舟入	2000
			16:00	江波帰宅	3500

図6. Cさんの行動経路(8月6日と7日)とIndose07のインプット情報

◇ Dさん（症状なし、男性）：原爆投下時は14歳（中学2年）で、広島市郊外（西10km）の工場で学徒動員中。当日は自宅に帰れず、7日に爆心近くを通過して1.4kmの自宅跡へ。8日は肉親疎開の郊外へ出かけ、9日は爆心近くを通過して中学の様子を見に行った。図7に行動経路を示す。

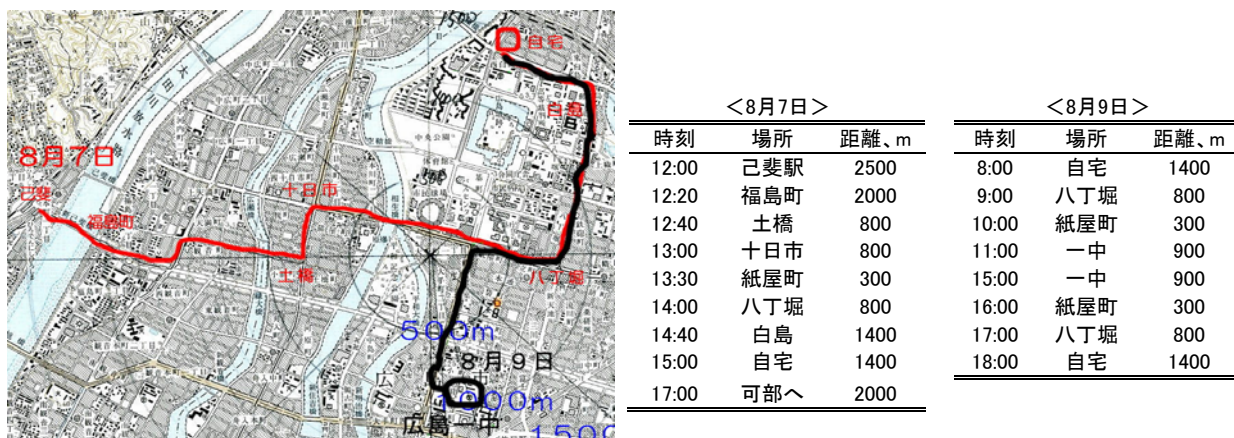


図7. Dさんの行動経路(8月7日と9日)とIndose07のインプット情報

#### 4. 外部被曝計算結果と考察

InDose07を用いた誘導放射線外部被曝の計算結果を表3に示す。最も被曝量が大きかったのは、症状のなかったCさんで約24mGyである。Cさんは、原爆当日、爆心地から500mの病院に入院していた肉親を捜すため、爆心附近に数時間滞在したことが主な被曝原因である。

ABCCの面接調査で急性放射線障害に類似した症状の記録のあるAさん、Bさんの被曝は9.4 mGyと2.6 mGyであり、放射線影響に関する‘常識’では急性放射線障害を起こすような被曝量ではない。ABCCの面接記録と我々の被曝量評価を矛盾なく説明するための仮説として、以下の3つを考えている。

- I. ABCC面接記録にある症状は、放射線被曝とは無関係で、他の要因による疾病である。
- II. InDose07で求めた被曝量は実際の被曝を大きく過小評価している。たとえば、放射化量計算に用いた土壌組成が不相当であるとか、本報告で考慮していない内部被曝の寄与が大きかった。
- III. 原爆被曝という極限的な状況下では、放射線被曝の影響が他の影響と相乗的に作用し、閾値が大きく下がって急性放射線障害のような疾病が観察された。

IIの内部被曝の寄与については、文献6で、原爆ガレキ片付け作業の模擬実験で得られた空气中塵埃濃度2mg/m<sup>3</sup>を基に誘導放射線内部被曝を計算してみたところ0.06μSvとなり、誘導放射線の吸入にともなう内部被曝は外部被曝に比べ無視できる値となった。黒い雨については、今回評価した4名はいずれも遭遇していない。IとIIIの仮説については、我々の側から積極的な検証作業はできず、open questionと考えている。

表3. InDose07を用いた誘導放射線外部被曝計算結果

	Aさん	Bさん	Cさん	Dさん
症状の有無	有り	有り	無し	無し
入市の日	8月7日～13日	8月7日	8月6日、7日	8月7日、9日
外部被曝量	5.5 (7日) + 3.9 (8～13日) =9.4 mGy	2.6 mGy	23.5 (6日) + 0.2 (7日) =23.7 mGy	3.0 (7日) + 1.0 (9日) =4.0 mGy

早期入市者が経験した疾病について以下の情報を追加しておく。表4は、NHK関係者が米国科学アカデミーのABCCアーカイブから入手した1952.7.14付けと1953.10.13付け報告からの抜粋である[10,11]。2009年6月に今中らは文献11の報告者である玉垣秀也医師と面談したが『放射線障害としか考えられないような症例を複数経験した』とのことであった。また、原爆当時医学生で、広島に早期入市して救護活動に従事した門田可宗医師は、自らの出血斑の体験について詳細な手記を残している[12]。

表4. 米国科学アカデミー-ABCC アーカイブからの抜粋

No	行動履歴 (時間×距離)						症状						死亡日	情報源 (*信頼度低)	
	8月6日	8月7日	8月8日	8月9日	8月10日	以降	血性下痢	菌膿出血	出血斑 紫斑	脱毛					
	程度	発症日	期間												
1	6×1000						?	中	中	1/2	9月15日	?			
2	4×1200	24×1200	10×1200			8/14-16 1200	強								
3		10×1000					?		軽	2/3	9月20日	60日			
4										1/2	9月30日	7日			
5	2×2000	5×1000	5×1000	5×1000	5×1000	8/11-12 5×1000				2/3	9月1日	30日			
6		8×1300	24×1300	24×1300	14×1300		中	軽		2/3	46年2月	?			
7		7×1000 3×1700					軽		中	1/2	8月17日	90日			
8		20×2100	7×100 17×2200	7×1300 17×2200	8×1500 16×2200	8/11 15×2200		強	中	2/3	8月27日	?			
9			2×900 5×1500 3×2200	2×900 5×1500 3×2200	2×900 5×1500 3×2200	8/11-14 同じ									
10					6×500	8/11-16 同じ			軽?						
11		3×1000 8×1-3000	12×1000						軽						
12						8/24 11×600	中			2/3	9月1日?				
13	8月7～14日 毎日						強	中	強	中	9月半ば	?	'45.10.2	妻	
14	8月7日、8日 終日						無?	中	無?	中	'46年5月		'46.6.28 肺炎	息子*	
15		15×800	24×800	24×800	24×800	8/11-14 同じ				?					
16		12×2500	24×2500	24×2500	16×2500	8/17-22 同じ									
17	8月15日～17日						中	無?	中	?				'45.12.6 ガン	妻
18		10×800	10×800	10×800	10×800	8/11-13 同じ				中	8月30日	2年?			
19		12×1000	8×2000												
20	5×1500	24×1200	6×1200 10×200				軽?		中	軽	8月25日	2-3カ月			
21	8月10日～16日 (爆心)						無	中	中	中	?			'45.11.6	母
22					15×1000	8/11-15 11×1000 12×800	軽		中	中	9月5日	?			
23	8月7日～13日						無	軽	中	無				'46.1.24	父*
24	8月8-9日						?	?	?	?				'46.5.23	息子*
25		6×2500	3×1000 21×2500	24×2500	24×2500	8/11-14 24×2500 (6×800 1日)	軽?	軽	中						

[1] 今中哲二、第43回京大原子炉学術講演会報文集、15-20、2009。  
 [2] Young R, Kerr G ed. Dosimetry System 2002. <http://www.rerf.jp/library/archives/scids.html>  
 [3] 広島市・長崎市原爆災害誌編集委員会編。広島・長崎の原爆災害、岩波書店、1979  
 [4] 広島“黒い雨研究会”中間報告 2010 <http://city.youth-service.com/01publication/0301BlackRain2010.pdf>  
 [5] Aoyama and Oochi ed. HiSoF Report <http://city.youth-service.com/0100publication.html>  
 [6] 今中哲二、KURRI-KR-114, 2005. [http://hlweb.rri.kyoto-u.ac.jp/shibata-lab/DS02/Final\\_pdf/Imanaka-2.pdf](http://hlweb.rri.kyoto-u.ac.jp/shibata-lab/DS02/Final_pdf/Imanaka-2.pdf)  
 [7] T. Imanaka et al, Radiation and Environmental Biophysics. 47: 331-336 (2008).  
 [8] InDose07(暫定版)使用方法 2007 <http://www.rri.kyoto-u.ac.jp/NSRG/sonota/0801/InDoseDocs.pdf>  
 [9] T. Imanaka et al. Radiation Protection Dosimetry, 2011 doi:10.1093/rpd/ncr370  
 [10] Report from McDonald to Taylor/Reynolds, <http://www.rri.kyoto-u.ac.jp/NSRG/reports/14-7-1952.pdf>  
 [11] Report from Tamagaki to Research Committee, <http://www.rri.kyoto-u.ac.jp/NSRG/reports/13-10-1953.pdf>  
 [12] Monden Y., <http://www.rri.kyoto-u.ac.jp/NSRG/reports/A724-A732Monden.pdf>

Medical Questionnaires of Early Entrants after the Hiroshima Bombing and Their Radiation Exposure Due to Neutron-induced Radioactivity.

T, Imanaka, S. Endo, N. Kawano and K. Tanaka

[imanaka@rri.kyoto-u.ac.jp](mailto:imanaka@rri.kyoto-u.ac.jp)