

## DS02 に基づく誘導放射線量の評価

今中哲二\*

京都大学原子炉実験所

第2回「原爆体験者等健康意識調査報告書」等に関する検討会	参考資料1
平成23年2月24日(木)	

(今中参考人提出資料)

### 1. はじめに

広島・長崎原爆による残留放射線被曝は、土壌や建物が原爆中性子により放射化したことによる誘導放射能からの被曝と、核分裂生成物やウラン・プルトニウムといった原爆材料の fallout、いわゆる「黒い雨」にともなう被曝とに分類される。残留放射線による被曝は、被曝当時の位置や行動に大きく依存し、初期放射線による被曝に比べ、個人被曝量の正確な評価は困難である。DS86 では、Okajima らが残留放射線被曝に関するそれまでの仕事のレビューを行っている<sup>(1)</sup>。その結果によると、誘導放射能については爆心地での最大外部被曝量として、広島で 80R、長崎で 30~40R という値になり、黒い雨にともなう外部被曝量としては、長崎・西山地区で 20~40R、広島のみ斐・高須地区で 1~3 R という値を示している。一方、Gritzner らは、輸送計算を用いて土壌中に生成する放射エネルギーを求め、爆心地での無限積算外部被曝量として、広島で 140cGy、長崎で 70cGy という値を報告している<sup>(2)</sup>。

DS02 では、初期放射線に関してのみ見直しが行われ、残留放射能については検討されていない。残留放射線による被曝は、初期放射線による被曝に比べ、一般的にはかなり小さいものと考えられているが、特殊な例では無視できない被曝があったと思われる。本報告では、DS86 報告書にある Gritzner らの計算結果を DS02 に応用することにより、距離と時間の関数として誘導放射能による地上 1 m での外部被曝（空气中組織カーマ）を求めた。また、放射化された粉塵の吸入にともなう被曝量についても簡単に見積もってみた。

### 2. 評価方法

#### 2-1. DS86 での誘導放射能被曝計算

DS86 では、2次元輸送コード DOT4 などを用いて、原爆炸裂点で発生する即発中性子や上昇する火球からの遅発中性子の地上への伝播計算が行われている<sup>(3)</sup>。DOT4 の計算体系は R-Z 円筒 2次元で、R 方向 120 メッシュ (0~2800m)、Z 方向 99 メッシュ (-0.5~1500m) に分割され、そのうち 50cm の地面層は Z 方向に 21 メッシュに刻まれている。DOT4 計算では、各メッシュ中点での中性子エネルギー束が得られる。Gritzner らは、その中性子束と土壌組成から、土壌各メッシュでの中性子放射化生成量を計算し、各核種からのガンマ線による地上 1 m での被曝量を計算した。表 1 に、Gritzner らが誘導放射能計算の対象とした核種とその土壌中組成を示す<sup>(2)</sup>。

Gritzner の計算によると、誘導放射線に寄与する主な核種

表 1 誘導放射能計算の対象元素

元素	原子密度 (× 10 <sup>-24</sup> atom cm <sup>-3</sup> )	
	広島	長崎
Na	5.451E-4	2.556E-4
Al	2.061E-3	2.816E-3
Si	9.315E-3	6.806E-3
P	4.247E-6	2.424E-5
K	7.191E-4	1.150E-4
Ca	1.583E-4	2.267E-4
Sc	8.708E-8	3.483E-7
Ti	2.567E-5	1.034E-4
Cr	3.087E-6	2.289E-6
Mn	6.659E-6	1.796E-5
Fe	2.482E-4	8.247E-4
Co	4.916E-8	2.950E-7
Ni	6.668E-8	7.201E-7
Cu	4.436E-7	6.284E-7
Mg	8.180E-5	2.367E-4
V	3.428E-7	2.628E-6

\* IMANAKA Tetsuji, Kyoto University; [imanaka@rri.kyoto-u.ac.jp](mailto:imanaka@rri.kyoto-u.ac.jp)

は、 $^{27}\text{Al}$  (半減期 2.24m)、 $^{56}\text{Mn}$  (2.58h)、 $^{24}\text{Na}$  (15.0h)、 $^{46}\text{Sc}$  (83.8d) で、時間とともに主役が交代する。Gritzner らの計算結果は、DS86 報告書 Vol. 2I に図表で示されている。

## 2-2. DS86 と DS02 の放射化量比

DS02 では土壤中放射化量の計算は行われていないが、無遮蔽地上 1 m での放射化量を Santro らが計算している<sup>(4)</sup>。ここでは、DS86 と DS02 の地上 1 m での  $^{60}\text{Co}$  放射化量の比をそのまま誘導放射線量の比として採用する。誘導放射線に寄与する核種はいずれも主に熱中性子反応によって生成するものであり、第 1 近似としてはこの方法で十分であろう。図 1 は、DS86 と DS02 での  $^{60}\text{Co}$  生成量の比である。広島の爆心近辺で比が 1 より小さいのは、爆発点高さが 580m から 600m に変わったため、遠距離で 1 より大きい理由のひとつは、15kt が 16kt に変わったためである。長崎の比が 0.8～0.9 になっている理由のひとつは、断面積ライブラリーが ENDF/B5 から ENDF/B6 になったためと思われる。図 1 の DS02/DS86 比を、Gritzner らによる DS86 報告書の値に掛けることにより、DS02 に基づく誘導放射線量を求めた。

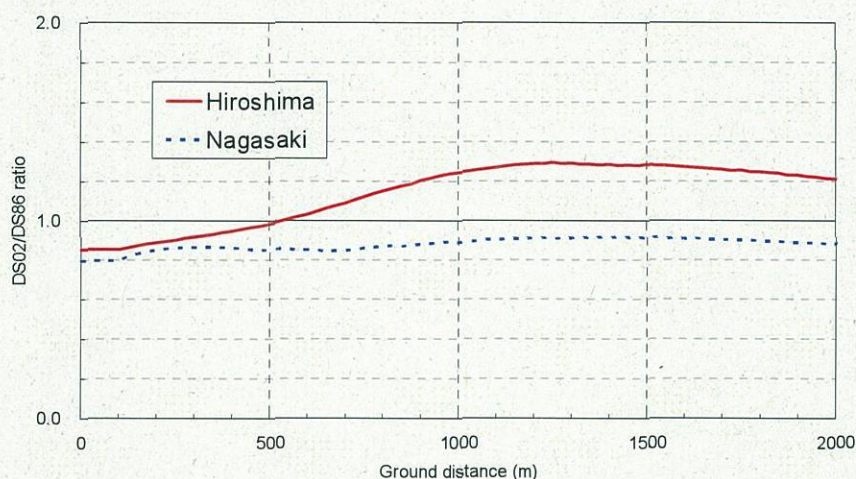


図 1 地表 1 m での  $^{60}\text{Co}$  放射化量比 : DS02/DS86

## 3. 計算結果

### 3-1. 誘導放射線量率

誘導放射能による地上 1 m での放射線量率が変化する様子を、図 2 と図 3 に広島と長崎について示した。図からわかるように、放射線量率は時間とともに急速に減衰する。爆発 1 分後の爆心地での放射線量率は、広島で約 600 cGy/h、長崎で約 400 cGy/h となっているが、広島・長崎ともに、1 日後にはその 1000 分の 1 に、1 週間後には 100 万分の 1 にまで減少している。それでも、自然放射線レベルを  $1 \times 10^{-5}$  cGy/h 程度とすると、爆心近辺では約 1 年近く自然レベル以上の放射線量率が続いていたことになる。図には、爆心近辺での測定値をいくつか示した。Pace & Smith は米軍調査団の GM 管による測定値である<sup>(5)</sup>。米軍調査団は、長崎と広島での爆心近辺と黒い雨地帯で広範なサーベイをおこなっている。広島の宮崎と増田<sup>(6)</sup>、長崎の増田ら<sup>(7)</sup>の測定はネイヤ型宇宙線計、篠原ら<sup>(8)</sup>はローリツェン検電器による測定である。これらの測定値と計算値を比較すると、広島はまずまずであるが、長崎では篠原らや増田らの測定値に比べ計算値はその 6～8 倍である。違いの理由は定かではないが、一応、計算の方が大きめの方向であることを示唆している。