

1993年12月24日

マンハッタン計画労働者の肺ガン

京都大学原子炉実験所 小出 裕章

プルトニウムを体内に摂取した労働者の例としては、(1)マンハッタン計画作業者被曝集団、(2)ロッキーフラッツ火災事故被曝集団、(3)その他がある。このうち、(1)のマンハッタン計画作業者の集団は、1944年から45年にかけて、原爆製造に従事した高学歴、均一な年齢の白人集団という特異な集団であるが、被曝後すでに50年近く経過しており、プルトニウムの発ガン性を評価する上での重要な集団である。この集団に対する追跡調査がずっとなされてきたが、被曝後37年目までには、肺ガンが発生せず、プルトニウム推進派は「プルトニウムなど危険でない」という宣伝に用いてきた。しかし、1986年9月から87年10月にかけて行われた42年目までの追跡調査においては、とうとう1名が肺ガンで死んでいて調査にやっとなかった。さらに、この調査の終了後、1988年11月、1989年6月と相次いで肺ガンによる死者がでた。その上、1990年5月には非常に希な骨肉腫でも1名が死亡するという事態となった。

この集団について、ゴフマンは1981年の「Radiation and Human Health」の中で、32年目の調査結果を受けて詳細な検討を展開し、肺ガン死亡者数を予測している。ここでは、ゴフマンの解析を踏まえ、さらに1990年までの調査結果を含めて、修正してみる。

マンハッタン計画でPuに被曝して追跡調査を受けてきた26人の労働者の一覧を次頁に表に示す。労働者一人ひとりに Subject 番号がつけられているが、番号は1から27までふられていて、14が欠番になっている。この理由は定かでない。

喫煙歴別のPu蓄積量、および肺ガン死期待数の評価

喫煙歴別 分類と人数	Pu蓄積量 (1977) μCi	排泄を 考慮 25%up	吸入と 沈着の比 x 6.67	μCiから μg への 換算 x 16.3	肺ガン 吸入量 μg	余命全期間 の肺ガン 期待数 [人]
喫煙者、4名	0.281	0.351	2.34	38.1	5.38	7.1(4)
非喫煙者9名	0.446	0.558	3.71	60.5	1074.5	0.06
中断者、12名	0.757(0.397)	0.496	3.31	54.0	5.38	10
不明者 1名	0.023	0.029	0.19	3.10		?
合計	1.507	1.884	12.6	205		14.1

) 中断者12名は喫煙者と同様に扱うが、ゴフマンはPu蓄積量を半分になっている。

Pu蓄積量の評価は一番新しい1986~87の評価値を用いることもできるが、そうするとPu蓄積量を小さめに評価することになり、Puの危険性を過大評価することになるので、あえて、ゴフマンと同様1977年の評価値を用いた。

マンハッタン計画、P u被曝労働者の一覧、とくに喫煙歴

	Deposition[nci]			Total NCi・y At 1987	死亡年月(年齢)、死因	喫煙歴 タバコの種類(禁煙の年)
	1977	1982	1987			
1	120	51	43	2110		紙巻(1984)、葉巻
2	11	8	7.2	325		紙巻(1972)、葉巻
3	230	95	69	4690	89/6(66)、肺ガン	紙巻(1986)
4	180	63	58	3260		紙巻とパイプ、喫煙中
5	140	55	44	1100		非喫煙者
6	84	42	43	1930		紙巻(1971)、葉巻(1977)
7	89	62	86	2320		非喫煙者
8	57	34	48	1100		非喫煙者
9	100	40	54	3030		紙巻(1982)
10	45	14	(14)	835	85/1(71)、肺ガン	紙巻喫煙
11	38	11	13	755		紙巻喫煙中
12	26	18	15	876		非喫煙者
13	7	2	1.4	56		紙巻(1972)
14	欠番					
15	(23)	(10)	(10)	187	59/ (36)、心筋梗塞	喫煙歴不明
16	(18)	(7)	(18)	328	75 (52)、交通事故	紙巻喫煙
17	71	34	34	1930		紙巻(1976)
18	62	33	30	1640		パイプ(1985)
19	21	10	11	555		非喫煙者
20	34	39	13	736	90/5(66)、骨ガン	非喫煙者
21	28	8	10	440		紙巻(1972)、 $\pi^{\circ} 17^{\circ}$ と葉巻(82)
22	23	8	7.9	197		紙巻(1956)、 $\pi^{\circ} 17^{\circ}$ (1980)
23	32	8	8.3	476		非喫煙者
24	20	11	10	427		非喫煙者
25	14	3	4.8	156	88/11(70)、肺ガン	紙巻(1980)、 $\pi^{\circ} 17^{\circ}$ (1969)
26	7	4	3.0	127		紙巻(1967)、 $\pi^{\circ} 17^{\circ}$ (1974)
27	27	7	(7.4)	318	82/12(62)、肺炎/心臓	非喫煙者

Deposition で () で示したものは、すでに死亡している Subject についての評価値。

喫煙歴別に整理した Subject

	人数(死者)	Subject番号、()は死者、網掛けは肺ガン、骨ガン死者
喫煙者	4人(2人)	4, (10), 11, (16)
非喫煙者	9人(2人)	5, 7, 8, 12, 19, (20), 23, 24, (27)
中断者	12人(2人)	1, 2, (3), 6, 9, 13, 17, 18, 21, 22, (25), 26
不明者	1人(1人)	(15)

マンハッタン計画において、Puに被曝したのは、1944年から45年にかけてのことであった。上の評価によれば、喫煙歴不明のまま死んでしまった1名を除くと、4名の喫煙者には7名の死者がでることになる。しかし、これでは死にすぎになってしまい、実際には4名全員の死以上に死者を出すことができない。また、非喫煙者であれば、9名のうち、死なねばならないのは、わずか0.06人であり、実質的には死者がでないと考えて良い。喫煙中断者、12名には10名の肺ガン死が予測されており、このグループではほぼ全員が肺ガンで死ぬことになる。しかし、これらの数値は余命全期間にわたっての予測値であり、調査はいまだに1990年までの46年しかできていない。したがって、この期間に肺ガンで死ぬ数は、余命全期間に予測される数より小さくなる。平均年齢25歳の男性が被曝後46年後の71歳までに放射線誘発肺ガンで死ぬ割合は、ゴフマンの表45から余命全期間に死ぬ数の72.79%である。

余命全期間にわたる肺ガンの死亡数を評価するに当たって、ゴフマンはいくつかの仮定を用いている。そのうち、特に重要な仮定は、マンハッタン計画での労働者が扱っていたプルトニウムの化学形である。実際には溶液であったことがはっきりしており、二酸化プルトニウムのような、不溶性でクラスYに分類されるような化合物ではない。ゴフマンは控えめに、吸入したプルトニウムのうち10%は不溶性であったとの考慮を払っているが、もし全量が可溶性で、クラスWに分類されるようなものであったとすれば、肺での滞在半減期について(50/95)の補正が必要となる。

また、25歳の時点で生きていた95943人のうち、71歳までに自然の肺ガンで死ぬ数は、同じくゴフマンの表45より3971.55人であり、割合にすれば、4.1%となる。自然発生肺ガンについてもゴフマンは喫煙の影響を考慮しており、喫煙者の肺ガン死率は非喫煙者の10倍としている(邦訳420頁)。その場合、非喫煙者の自然肺ガン死亡率は、全体の自然肺ガン死亡率の24%となり、喫煙者のそれはその10倍、240%となる。したがって、71歳までの自然肺ガン死亡率は、非喫煙者1.0%、喫煙者9.8%となる。こうして、1990年までに予測されるPu被曝誘発肺ガン死と自然肺ガン死の数を評価すると以下のごとくなる。

結局、プルトニウム吸入による肺ガン死の期待値は被曝後46年(1990年の時点)で5.3件、自然に発生する肺ガンの期待値をいれても約6人である。一方、この期間にすでに3人が肺ガンで死亡している。したがって、数字の上では、実際の肺ガン死者はゴフマンによる予測の半分である。しかし、この程度の違いは疫学という分野においてはゴフマンが述べているとおり、全く問題にするに足りない。ゴフマンの評価はかなり正確であったと言うべきであろう。

肺ガン死期待数の補正值

喫煙歴別 分類	人数	余命全期 の肺ガン 期待数 [人]	1990年までの 46年間での 肺ガン死期待数 (x 0.7279)	吸入物質が クラスW化合物 とした補正 (x 50/95)	自然肺ガン 死期待数 (4.1%)	合計 [人]	実際 [人]
喫煙者	4	4	2.9	1.5	0.4	1.9	1
非喫煙者	9	0.06	0.04	0.02	0.09	0.1	0
中断者	12	10	7.3	3.8	0.6	4.4	2
合計	25	14.1	10.2	5.3	1.1	6.4	3