

原爆被爆者の平均余命に関する研究

末 永 昌 美

広島大学原爆放射線医科学研究所放射線分子疫学研究分野
(主任：早川式彦教授)

受付：平成16年12月8日

受理：平成17年1月17日

放射線被曝は、がん死亡や発がんリスクを有意に高めることが明らかにされている。また、がん以外で放射線被曝と有意な関連が見られる疾患があることも報告されている。しかしながら、被爆者の平均余命と放射線の影響に関する報告は多くない。

本研究では、広島大学原爆放射線医科学研究所に登録されている被爆者228,764人（男性103,050人、女性125,714人）を用い、1975、1980、1985、1990、1995年の各年次における被爆者の生命表を作成し平均余命を算出した。さらに、生命表から死因別死亡確率および特定死因を除去した場合の平均余命の伸びを求め、放射線被曝の余命への影響についても検討した。

1975~1995年において、被爆者の平均余命は男女ともに年々延びており、50~54歳の平均余命の伸びは、男性2.45年、女性4.32年であった。また、1975年と比べて、男性で1985年以降、女性で1980年以降、平均余命は有意に延びていた。被曝状況別では、入市およびその他の被爆者と比べて、男女ともに直爆者で余命は短い傾向にあった。死因別死亡確率は、がん、肺がん、大腸がん、前立腺および乳がんが上昇する傾向が認められた。特に、がんは男女ともに直爆者で有意に高い傾向にあり、男性では有意に上昇していた。一方、胃および子宮がんは年々低下する傾向にあった。特定死因を除去した場合の平均余命の伸びは、男女ともにがんを除去した場合が最も伸びが大きかった。被曝状況別で、がんを除去した場合の余命の伸びは、入市およびその他の被爆者と比べて男女ともに直爆者で大きく、特に男性の直爆者で伸びは大きかった。

生命表法を用いた本研究において、入市およびその他の被爆者と比べて直爆者におけるがん死亡は放射線の影響を受けていることが確認された。

Key words : Atomic bomb survivors, Life table, Life expectancy, Cancer

原爆被爆者のがん死亡率、死亡リスクおよび発がんリスクに関する研究は多く行われ、放射線被曝はがん死亡や発がんリスクを有意に高めることが明らかにされている^{6,20,23,29,31,35,37}。また、がん以外で放射線被曝と有意な関連がある疾患も報告されている^{10,31,34}。一方、放射線被曝の寿命への影響に関してはさまざまな報告がある^{3,22,23,26}。しかし、被爆者の平均余命に関する報告は多くない²⁷。

広島原爆の被爆者を対象とした広島大学原爆放射線医科学研究所（原医研）によれば、0 Gy 群に対する1 Gy 当たりの相対リスクが白血病を除く全がんで有意に高い³⁵ことから、高線量の被爆者でがん死亡の増加による寿命の短縮傾向が認められている。

長崎原爆による被爆者を用いて研究が行われている長崎大学原爆後障害医療研究施設でも、高線量被爆者は死亡リスクが高く、寿命は短い傾向にあることが報告されている^{22,23}。しかし、低線量から中程度の線量で被曝した男性では、3 km 以遠で被曝した者と比べて死亡率が有意に低く、寿命が長い傾向にあった^{22,26}。また、50~99 cGy で被曝した男性の平均余命は長い傾向も認められている²⁷。

原爆被爆者の寿命および死亡について、Life Span Study (LSS) 集団³⁰を用いて調査が行われている放射線影響研究所（放影研）でも、高線量の被爆者に関してがん死亡率の増加による寿命の短縮傾向は認められている³³。しかし、低線量被曝に関しては、特定量

の放射線量に被曝した被曝者が比較可能な非被曝者よりも長寿であることを支持する結果は得られなかったとしている³⁾。

がん死亡率が、線量の増加とともに特に高線量の被曝者で増加し、寿命の短縮傾向を認める報告がなされているが、低線量の被曝者では相反する報告がなされている。

本研究では、被曝者の生命表を作成し、放射線被曝が平均余命に及ぼす影響について検討した。また、がんならびにがん部位別（胃，食道，肺，直腸を含む大腸，前立腺，乳房，子宮），心疾患，脳血管疾患の死亡確率を求めて死因と放射線被曝との関連について、さらに、特定死因を除去した場合の平均余命の伸びを求めて放射線被曝の寿命への影響について検討を行った。

対象および方法

原医研における被曝者集団は、1965年に行われた全国被曝者調査で把握された広島県内在住の被曝者を基本とし、これに1969～1976年にかけて行われた爆心地から2 km 以内の原爆被災全体像調査で把握した被曝者および広島県内に在住する行政的に原爆被曝者として認められた者を加えて構成されている。詳細に

ついてはすでに報告されている²⁴⁾。現在、1997年までデータが整備されており、登録されている被曝者は約28万人である。

本研究では、ABS ファイルに登録されている被曝者228,764人（男性103,050人，女性125,714人）を被曝状況別に、爆心地より約2 km 以内で被曝した直接被曝者（直曝者），8月6日の被曝当日から8月9日までに爆心地より約2 km 以内の地域に入った入市被曝者（入市），その他の被曝者（その他）の3群に分類した。その他の被曝者とは直曝者および入市被曝者以外の全被曝者で、爆心地より約2 km 以遠で被曝した直接被曝者および4日目以降の入市被曝者である。胎内被曝者および外国人被曝者は解析対象から除外した。対象期間は1973～1997年とし、対象疾患はがん，心疾患，脳血管疾患とした。がんについては部位別で、胃，食道，肺，直腸を含む大腸，前立腺，乳房，子宮とした。死亡に関する情報は、目的外使用の承認を受けた人口動態調査死亡小票に基づいたもので、死因は国際疾病分類（ICD）の第8回（1973～1978年），第9回（1979～1994年），第10回（1995～1997年）を用い、各回の改訂での死因のつながりが確保できるように留意した。

生命表^{1,36)}とは一定期間におけるある人口集団の死亡状況を、死亡率，生存数，定常人口，平均余命など

表1 被曝状況別・性別による各年の被曝者人口および死亡数（広島県）

被曝状況	性		1975	1980	1985	1990	1995 年
直 爆 者 ^{*1}	男	被曝者数 ^{*4}	20,129	18,280	16,456	14,470	12,492
		死亡数 ^{*5}	2,006	2,009	2,058	1,990	1,967
	女	被曝者数	27,075	25,377	23,517	21,395	19,034
		死亡数	1,827	1,822	2,020	2,210	2,260
入 市 ^{*2}	男	被曝者数	31,136	28,927	26,086	22,619	18,748
		死亡数	4,592	4,709	4,554	4,621	4,122
	女	被曝者数	27,438	27,281	26,171	24,272	21,770
		死亡数	1,793	2,086	2,415	2,623	2,758
そ の 他 ^{*3}	男	被曝者数	23,730	24,855	25,556	25,510	24,316
		死亡数	1,994	2,211	2,436	2,662	2,873
	女	被曝者数	38,971	43,925	45,767	45,146	42,867
		死亡数	2,240	2,624	3,311	3,668	4,061
計	男	被曝者数	74,995	72,062	68,098	62,599	55,556
		死亡数	8,592	8,929	9,048	9,273	8,962
	女	被曝者数	93,484	96,583	95,455	90,813	83,671
		死亡数	5,860	6,532	7,746	8,501	9,079

*1 爆心地より約2 km 以内で被曝した直接被曝者

*2 3日以内に爆心地より約2 km 以内の地域に入った入市被曝者

*3 その他の被曝者

*4 7月1日現在の被曝者数

*5 各年とその前後2年間の計5年分の死亡数

の生命関数によって表したものである。現実の人口集団の年齢構成に関係なくその集団の死亡状況のみを表しているため、年齢構成の異なる集団間の比較が可能である。わが国には、完全生命表¹⁴⁾、簡易生命表¹³⁾、都道府県別生命表¹⁷⁾、市区町村別生命表^{5,15)}等がある。5年に1回の国勢調査が実施される年に国勢調査人口および人口動態統計確定数の結果を用いて作成されるのが完全生命表（第10回生命表以降）で、これを補う形で、簡易生命表が1948年以降に毎年、推計人口および人口動態統計概数に基づいて作成されている。

都道府県別生命表は1965年以降、国勢調査人口および国勢調査年を含む前後1年間の計3年間の死亡数に基づき作成され、1985年からは市区町村別生命表も同様に作成されている。その他に生命表の原理を応用した特殊な生命表³⁶⁾として、労働力生命表や配偶関係別生命表⁹⁾、結婚の生命表がある。

被爆者の生命表を作成するにあたり、わが国の市区町村別生命表^{5,15)}で用いられている C.L. Chiang の方法^{1,18,36)}を用いた。この方法は各国で比較的用いられしており、平均余命に対する誤差計算式が確立されてい

表2 主な死因別・性別・被爆状況別の各年死亡数*5（広島県）

死 因	性	被爆状況	1975	1980	1985	1990	1995 年	
がん	男	直爆者* ¹	514	541	608	658	673	
		入市* ²	1,003	1,044	1,102	1,163	1,206	
		その他* ³	456	547	696	826	1,078	
	女	直爆者	436	445	456	538	559	
		入市	413	443	481	534	630	
		その他	470	577	766	851	988	
(再掲)	胃	直爆者	183	180	119	122	128	
		入市	371	332	280	260	221	
		その他	163	150	182	146	193	
	女	直爆者	132	111	91	95	81	
		入市	127	119	98	97	89	
		その他	133	147	168	160	160	
	肺	男	直爆者	72	98	106	122	123
			入市	170	213	232	222	266
			その他	72	86	115	160	212
	女	直爆者	41	46	50	75	72	
		入市	31	36	45	55	84	
		その他	45	63	95	94	119	
食道	男	直爆者	21	21	25	24	34	
		入市	34	31	45	49	36	
		その他	20	20	28	35	53	
	女	直爆者	8	10	7	10	6	
		入市	7	6	10	10	8	
		その他	16	8	9	9	18	
大腸 (含む直腸)	男	直爆者	38	42	63	68	64	
		入市	80	87	97	118	132	
		その他	41	53	65	88	100	
	女	直爆者	29	37	41	62	75	
		入市	42	50	65	56	78	
		その他	41	74	89	113	117	
前立腺	男	直爆者	9	11	21	20	34	
		入市	23	31	45	52	72	
		その他	12	12	19	25	45	
乳房	女	直爆者	35	27	35	34	41	
		入市	17	21	24	29	19	
		その他	26	37	37	35	51	
子宮	女	直爆者	53	24	15	14	16	
		入市	50	14	15	9	12	
		その他	54	21	20	24	21	
心疾患	男	直爆者	274	333	354	366	300	
		入市	693	779	796	848	630	
		その他	283	334	395	479	410	
	女	直爆者	302	338	412	480	423	
		入市	289	375	538	612	555	
		その他	348	469	661	834	762	
脳血管疾患	男	直爆者	407	352	289	200	233	
		入市	1,131	987	796	651	576	
		その他	443	420	374	344	335	
	女	直爆者	407	381	397	356	373	
		入市	428	476	435	455	448	
		その他	564	589	631	595	679	

*1, *2, *3, *5 表1の脚注と同じ

る。また、人口が少ないことによる偶然変動を小さくするため、年齢5歳階級ごととした。計算には死亡年齢区間生存期間割合を用いた。死亡年齢区間生存期間割合とは、その年齢階級内で死亡した人がその区間で生存した長さの割合で、1975, 1980, 1985, 1990, 1995年の完全生命表からそれぞれ算出した^{1,18)}。生命関数は、作成基礎期間中の死亡数と期間の中央人口(作成基礎期間の中間時点における人口)をもとにして計算した¹⁸⁾。本研究で、人口は1975, 1980, 1985, 1990, 1995年の7月1日時点の広島県内居住の被爆者数(表1)とし、死亡数は観察年の死亡数とその前後2年間の計5年分(表2)とした。0-4歳で被爆した被爆者が1995年には50-54歳となることから、被爆者の生命表は50-54歳から作成した。高齢者では平均余命の変動が大きいので、85歳以上にまとめた。算出された平均余命は標本分散から95%信頼区間を求めた¹⁾。

死因別死亡確率は、生命表上である年齢の者が将来その死因で死亡すると思われる確率である^{16,36)}。性別、被爆状況別の死因別死亡確率を算出し、95%信頼区間を求めた。

ある死因が克服された場合、その死因によって死亡していた者は、その死亡年齢以降に他の死因で死亡することになる。その結果、死亡時期が繰り越され、余命が延びることになる。この延びは、その死因のために失われた余命としてみることができ、これによって各死因の平均余命への影響の大きさを測ることができる^{16,36)}。特定死因を除去した場合の生命表上の死亡率

の計算は Jordan の方法³⁶⁾を用いた。被爆状況および男女別で、特定死因を除去した場合の平均余命の延びを算出した。

結 果

平均余命の年次推移

1) 性別

性別、年齢5歳階級別による平均余命の年次推移を表3に示した。このうち、図1に50-54, 65-69,

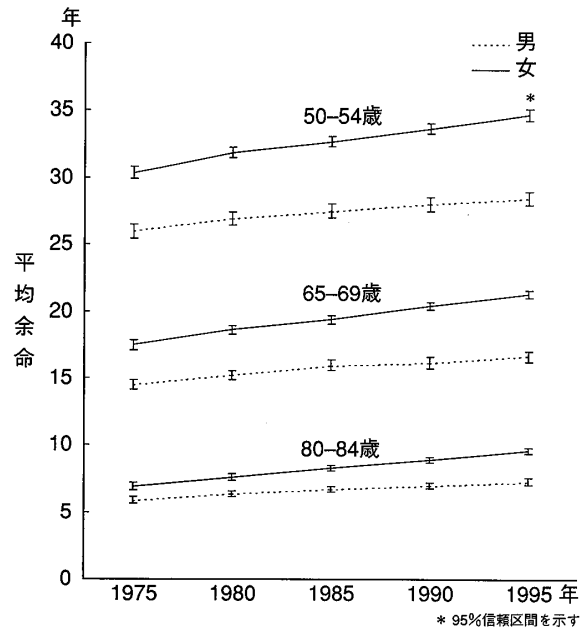


図1 性別による特定の年齢階級における平均余命の年次推移

表3 性別・年齢5歳階級別・観察年別による平均余命および95%信頼区間(広島県)

性	年齢階級	1975		1980		1985		1990		1995	
		平均余命	95%信頼区間	平均余命	95%信頼区間	平均余命	95%信頼区間	平均余命	95%信頼区間	平均余命	95%信頼区間
男	50-54	25.97	(25.42-26.51)	26.90	(26.39-27.41)	27.48	(26.98-27.99)	27.99	(27.48-28.51)	28.42	(27.92-28.93)
	55-59	22.05	(21.61-22.50)	22.69	(22.20-23.18)	23.47	(23.00-23.94)	23.88	(23.42-24.33)	24.06	(23.58-24.54)
	60-64	18.12	(17.73-18.52)	18.84	(18.43-19.24)	19.48	(19.02-19.94)	20.10	(19.68-20.53)	20.21	(19.80-20.63)
	65-69	14.48	(14.13-14.84)	15.18	(14.82-15.53)	16.01	(15.64-16.37)	16.20	(15.78-16.62)	16.66	(16.28-17.05)
	70-74	11.23	(10.92-11.53)	11.75	(11.44-12.07)	12.49	(12.17-12.81)	12.85	(12.52-13.18)	13.02	(12.63-13.40)
	75-79	8.39	(8.12- 8.66)	8.84	(8.57- 9.10)	9.34	(9.06- 9.61)	9.60	(9.31- 9.89)	10.09	(9.80-10.38)
	80-84	5.91	(5.66- 6.16)	6.34	(6.13- 6.55)	6.70	(6.48- 6.92)	7.02	(6.79- 7.25)	7.31	(7.08- 7.53)
	*85-	3.88		4.09		4.42		4.76		4.86	
女	50-54	30.36	(29.91-30.80)	31.84	(31.45-32.23)	32.65	(32.27-33.04)	33.66	(33.26-34.06)	34.68	(34.28-35.07)
	55-59	25.92	(25.49-26.34)	27.32	(26.95-27.70)	28.15	(27.79-28.50)	29.18	(28.84-29.53)	30.12	(29.76-30.49)
	60-64	21.59	(21.19-21.99)	22.85	(22.49-23.21)	23.67	(23.33-24.01)	24.79	(24.48-25.10)	25.63	(25.32-25.94)
	65-69	17.48	(17.11-17.86)	18.60	(18.27-18.93)	19.37	(19.06-19.69)	20.38	(20.09-20.68)	21.29	(21.02-21.57)
	70-74	13.57	(13.22-13.92)	14.51	(14.20-14.81)	15.26	(14.97-15.55)	16.20	(15.93-16.48)	17.03	(16.77-17.29)
	75-79	10.02	(9.70-10.34)	10.84	(10.57-11.12)	11.60	(11.35-11.85)	12.36	(12.12-12.60)	13.11	(12.88-13.34)
	80-84	6.95	(6.67- 7.24)	7.59	(7.37- 7.81)	8.24	(8.03- 8.45)	8.89	(8.70- 9.08)	9.60	(9.42- 9.77)
	*85-	4.57		4.85		5.42		5.93		6.54	

* 85歳以上の95%信頼区間は算出されない

(単位 年)

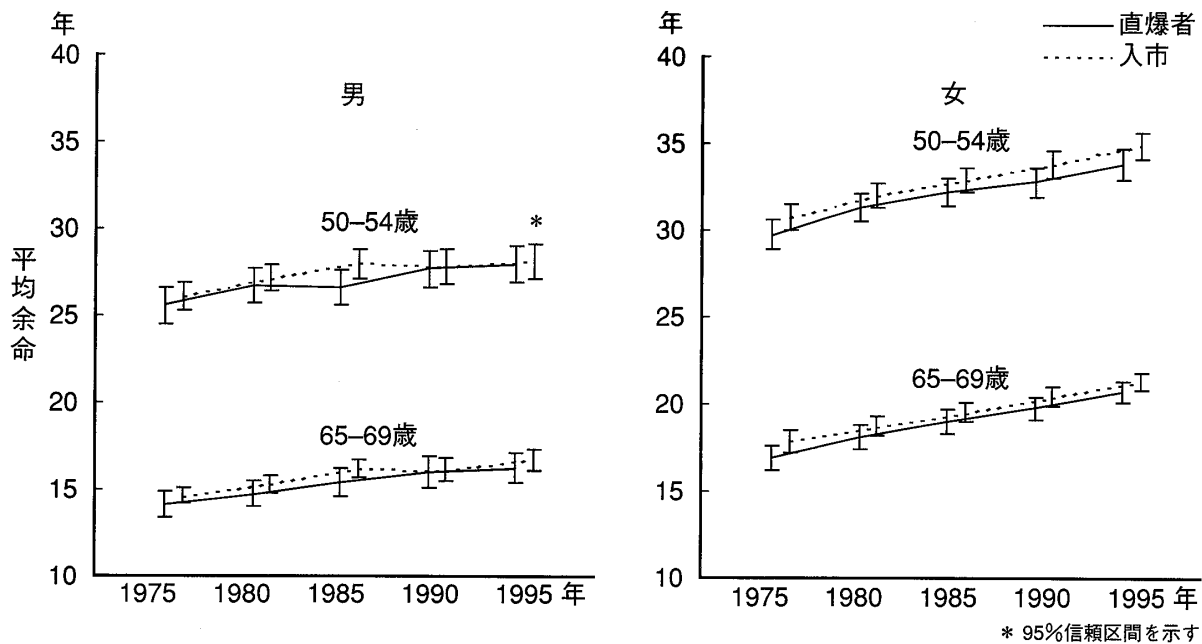


図2 被爆状況別による特定の年齢階級における平均余命の年次推移

80-84歳の平均余命の年次推移を示した。1975~1995年において、男女ともにすべての年齢階級で平均余命は延びており、最も低い年齢階級である50-54歳の余命の伸びは、男性2.45年、女性4.32年であった。1975年と比べて男性で1985年以降、女性で1980年以降、平均余命は有意に延びていた。男女別ではすべての年齢階級で男性と比べて女性の余命が有意に長くなっていた。

2) 被爆状況および性別

性別、年齢5歳階級別、被爆状況別による平均余命の年次推移を表4に示した。このうち、直爆者および入市被爆者の50-54、65-69歳の平均余命の年次推移を図2に示した。被爆状況別でみると、男女ともにすべての年齢階級で平均余命は延びていた。1975~1995年において、50-54歳の余命の伸びは男性の直爆者2.36年、入市被爆者2.06年、その他の被爆者2.76年であり、女性の直爆者4.09年、入市被爆者4.12年、その他の被爆者4.49年であった。50-54歳の余命は、男性の直爆者およびその他の被爆者では1990年以降、入市被爆者では1985および1995年で、女性の直爆者および入市被爆者では1985年以降、その他の被爆者では1980年以降、1975年と比べて有意に延びていた。直爆者は男女ともに入市およびその他の被爆者と比べて80歳以上を除き、平均余命は短い傾向が見られた。80歳以上では平均余命に差は見られなかった。

死因別死亡確率

50-54歳における性別、被爆状況別による主な死因の死亡確率を表5に示した。このうち、主な死因の死亡確率の推移を図3に示した。がん死亡確率は、入市およびその他の被爆者と比べて男女ともに直爆者で有意に高い傾向にあり、男性の直爆者では有意に上昇していた。がん部位別では、肺、大腸(直腸を含む)、前立腺、乳房で上昇傾向が認められた。一方、胃および子宮は低下傾向にあった。乳房では、入市およびその他の被爆者と比べて直爆者で有意に高い傾向が見られた。心疾患は男女ともに被爆状況別で大きな差はなく、1990年まで上昇していたが、1995年で低下していた。一方、脳血管疾患は、ゆるやかな低下が見られ、直爆者男性で有意に低い傾向が認められた。

特定死因を除去した場合の平均余命の伸び

特定死因を除去した場合、性別、被爆状況別の50-54歳における平均余命の伸びを表6に示した。特定死因を除去した場合の平均余命の伸びは、男女ともにがんを除去した場合が最も大きくなっており、男性ではゆるやかに上昇していた。また、被爆状況別では、入市およびその他の被爆者と比べて男女ともに直爆者で最も大きくなっていった(図4)。一方、心疾患を除去した場合、余命の伸びの平均は、男性1.11歳、女性0.96歳であり、脳血管疾患では、男性1.11歳、女性1.01歳であった。がん部位別では1歳未満であった。

考 察

近年, 日本人の高齢化が進むなか, 被爆者の平均余命にも変化が見られることから, 本研究では被爆者の生命表を作成し, 平均余命と放射線被曝との関連について検討した。また, 生命表から, がん, 心疾患, 脳血管疾患, がん部位別 (胃, 食道, 肺, 直腸を含む大腸, 前立腺, 乳房, 子宮) の死亡確率およびこれらの死亡を除去した場合の平均余命の伸びを算出し, 死因と放射線被曝との関連についても検討した。

被爆者の生命表は, 1975, 1980, 1985, 1990, 1995年の5年ごとで, C.L. Chiangの方法^{18,36)}を用いて作成した。本方法は, 各国で比較적으로よく用いられており, 平均余命に対する誤差計算式が確立されている。また, わが国の市区町村別生命表^{5,15)}のように人口集団が少ない場合に用いられることから, 比較的小さな集団である被爆者集団でも用いることができる。本方法で用いた死亡年齢区間生存期間割合は1975, 1980, 1985, 1990, 1995年の完全生命表からそれぞれ算出したが, 他の年で算出された死亡年齢区間生存期間割合を用いても得られた結果に大きな違いはない^{1,36)}。被爆者の生命表は0-4歳で被爆した被爆者が1995年に50-54歳となるため, すべての観察年も50-54歳から作成した。本方法において50-54歳から作成した生命表と0-4歳から作成した生命表を比べても, 算出された平均余命は50-54歳以上で一致していた。また, 結婚後の年数から作成される結婚の生命表³⁶⁾や配偶関係別生命表^{9,36)}のように20歳から作成される生命表も存在する。したがって, 50-54歳から作成された生命表は問題がないと判断した。

1975~1995年において, 性別による被爆者の平均余命はすべての年齢階級で男女ともに伸びており, 男性と比べて女性でより長くなっていた。これは, 完全生命表による日本人の平均余命の年次推移^{14,16)}と同様であった。日本人の平均寿命は, 1960年代後半から中高年齢層の死亡率の改善により伸びてきて, 近年では高齢者死亡率の減少, 特に70~80歳代の脳血管疾患の死亡率の激減が平均寿命の伸びに影響している^{16,25)}。そこで, 被爆者の脳血管疾患による死亡確率を見てみると, 一般の日本人と同様に年々減少しており, 被爆者でも高齢者の脳血管疾患による死亡率の減少が影響して平均余命が伸びていることが観察された。この理由として, 被爆者は原爆医療法で健康管理が強化されており, 被爆者健康診断の受診率も高い⁶⁾ことがあげられる。特に, 循環器疾患では検診, 医療,

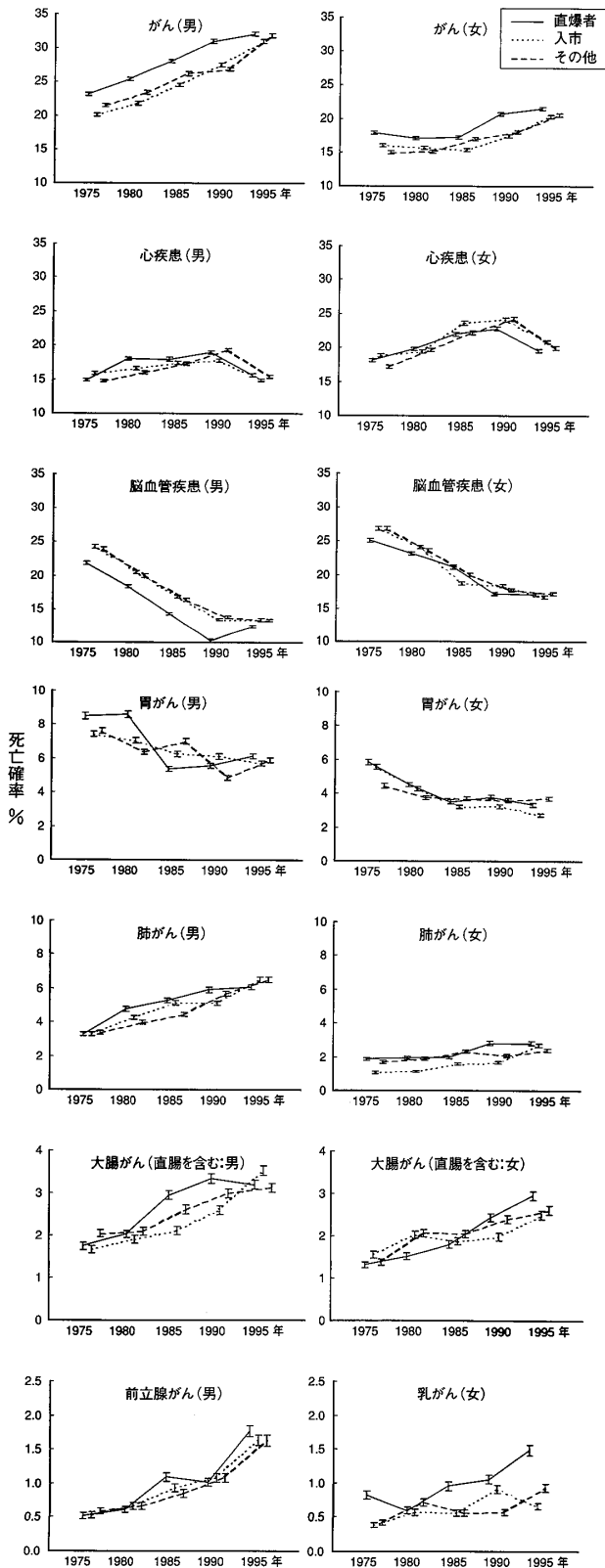


図3 性別・被爆状況別による主な死因の死亡確率の推移 (50-54歳)

表6 性別・被爆状況別・観察年別による特定死因を除去した場合の平均余命の伸び(50-54歳)：広島県

除去した死因	性	1975			1980			1985			1990			1995		
		直爆者*1	入市*2	その他*3	直爆者	入市	その他	直爆者	入市	その他	直爆者	入市	その他	直爆者	入市	その他
がん	男	2.70	2.43	2.43	2.69	2.47	2.77	3.47	2.89	3.09	3.58	3.37	3.17	3.66	3.69	3.66
	女	2.00	1.81	1.70	2.02	1.69	1.65	2.08	1.65	1.84	2.20	1.82	1.81	2.31	1.91	1.76
(再掲) 胃	男	0.93	0.86	0.97	0.80	0.70	0.68	0.55	0.66	0.72	0.54	0.67	0.51	0.52	0.57	0.56
	女	0.58	0.52	0.47	0.46	0.41	0.40	0.36	0.28	0.37	0.39	0.33	0.30	0.24	0.23	0.24
肺	男	0.33	0.33	0.34	0.47	0.45	0.41	0.55	0.55	0.43	0.55	0.54	0.52	0.57	0.70	0.64
	女	0.18	0.13	0.15	0.21	0.15	0.17	0.23	0.14	0.19	0.28	0.17	0.17	0.27	0.24	0.20
食道	男	0.11	0.07	0.10	0.11	0.06	0.08	0.11	0.10	0.10	0.11	0.15	0.13	0.20	0.16	0.18
	女	0.04	0.02	0.06	0.04	0.01	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02
大腸(含む腸)	男	0.15	0.16	0.17	0.17	0.19	0.24	0.29	0.22	0.28	0.30	0.21	0.29	0.34	0.37	0.30
	女	0.13	0.17	0.14	0.17	0.16	0.20	0.17	0.24	0.23	0.24	0.18	0.23	0.33	0.28	0.19
前立腺	男	0.02	0.03	0.04	0.04	0.05	0.02	0.06	0.04	0.06	0.06	0.07	0.07	0.10	0.11	0.10
乳房	女	0.12	0.08	0.09	0.09	0.10	0.10	0.20	0.09	0.10	0.20	0.16	0.11	0.23	0.11	0.16
子宮	女	0.26	0.23	0.20	0.12	0.06	0.06	0.07	0.06	0.06	0.06	0.04	0.05	0.08	0.05	0.05
心疾患	男	1.02	1.07	1.00	1.19	1.18	1.14	1.20	1.12	1.09	1.27	1.15	1.22	1.03	1.00	0.97
	女	1.10	0.86	0.93	1.08	0.96	0.95	1.05	1.07	0.97	1.08	1.03	0.99	0.83	0.74	0.80
脳血管疾患	男	1.62	1.70	1.71	1.26	1.38	1.38	0.96	1.02	1.05	0.66	0.85	0.86	0.75	0.76	0.70
	女	1.43	1.42	1.62	1.18	1.20	1.24	1.01	0.85	0.97	0.81	0.72	0.69	0.72	0.64	0.70

*1, *2, *3 表1の脚注と同じ

(単位 年)

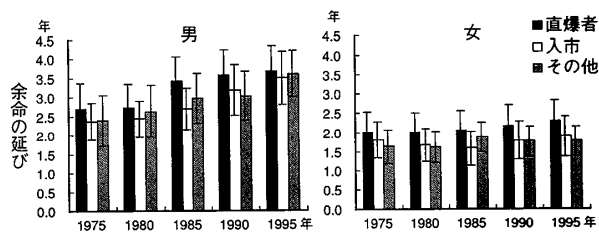


図4 がん死亡を除去した場合の平均余命の伸びの推移(50-54歳)

生活指導の成果が表れているものと思われる。被爆者の平均余命は、一般の日本人と比較したが、生活習慣や環境の与える影響を考える上で、本来ならば、終戦直後から広島で生活した人を control とした方がよいと思われる。しかし、市・県のような小さな人口集団は、日々刻々と大きな変化(転入および転出、市町村合併等による人口の増減)があり、一定ではない。そのため、このような変化がない日本人全体との比較を行った。解析結果は示してはいるが、広島市および県民の生命表を作成し平均余命を算出したところ、平均余命は直爆者より長く、入市およびその他の被爆者より短い傾向にあった。非被爆者と比べて、全死因死亡率の標準化死亡率は被爆者で低いとの報告があり⁶⁾、余命は死亡率に基づいて算出されるため、被爆者で非被爆者と比べて余命が伸びていることが考えられた。

次に、被爆状況別による生命表を作成するために、

ABS ファイルに登録されている被爆者を直爆者、入市およびその他の被爆者の3群に大きく分類した。被爆状況別による分類は、被爆時の遮蔽効果が考慮されていない。そのため、被爆距離および遮蔽効果を考慮した被曝線量評価システムが開発⁸⁾されて以来、原医研でも放射線被曝のリスク評価は被曝線量により行われてきた^{10,20,35,37)}。しかし、ABS ファイルに登録されている被爆者のうち、被曝線量(ABS93D)⁸⁾が付与されている被爆者は19%(このうち被曝線量0 Gyの対照群38%)で、線量が付与されていない被爆者が81%いる。入市被爆者では線量が付与できないが、入市被爆者は放射性降下物または残留放射線の影響を受けて、被曝している可能性が考えられている¹⁹⁾。放射研でも入市者は残留放射線に被曝した可能性がある者として被曝しなかった者とは異なるとされる^{11,32)}。入市被爆者でも原爆当日に入市した被爆者は、原爆投下後4日目以降に入市した者と比べて、がん死亡の相対リスクが有意に高かったとの報告がある¹⁹⁾。また、放射性降下物と誘導放射線による慢性的被曝の寄与について検討し、入市被爆者の被曝線量を推定している報告もある²¹⁾。低線量被曝の影響に関心が高まるなか、線量は付与されていないが直爆者より低線量で被曝している可能性が考えられる入市被爆者について、直爆者と比較、検討する意義があると考えられる。

1975~1995年において、性別、被爆状況別による平均余命は、50-54、55-59、60-64、65-69、70-74、

75-79歳の直爆者、入市およびその他の被爆者のすべてで延びていたが、しかし、直爆者では入市およびその他の被爆者と比べて男女ともに余命が短くなっていた。すでに他の論文でも、近距離被爆者の死亡率は有意に高く^{6,20,23,29,31,34,35,37}、寿命が短い傾向にある^{3,33}ことは報告されている。死亡率に基づいて作成される生命表から算出される平均余命も直爆者で短い傾向にあったことは、これらの報告と一致していた。

本研究において、直爆者の平均余命は入市およびその他の被爆者と比べて短い傾向が認められたが、入市被爆者とその他の被爆者で両者の余命に大きな差はなかった。早期入市者を原爆投下後1ヶ月以内に入市した者とする放影研では、後期入市者（1ヶ月以降に入市した者）および0 rad被爆群と比較して、早期入市者の死亡率は低い傾向にあったことが報告されている¹¹。長崎大学原爆後障害医療研究施設では、低線量から中程度の線量で被曝した男性で3 km以遠で被曝した者と比べて死亡率が低く、寿命が長い傾向にあり^{22,26}、平均余命も長くなっていたこと²⁷が報告されている。しかし、放影研はこれに対し、特定量の放射線量に被曝した被爆者が比較可能な非被爆者よりも長寿であることを支持する結果は得られなかったとしている³。低線量被曝者の寿命に関しては相反する報告がなされているが、これらは集団のサイズや観察方法、対照群の設定が異なっている。比較する対照群の選択によって過剰相対死亡率が異なる^{4,28}。さらに、低線量被曝者のがんリスクのしきい値の存在に関しては、現在、議論されている^{2,7,12,28}。また、家族崩壊が甚大であった被爆者でがん死亡率が高いことや被爆者手帳が交付されてからの期間が死亡率に関係することを示唆する報告⁶や、近距離被爆者と遠距離被爆者に関して地域差による過剰リスクを検討した報告もある^{6,29,34}。今後、これらの要因を考慮して被爆者の平均余命を検討するとともに、被曝線量で分類した被爆者の平均余命を算出し、低線量被曝の余命への影響について詳細な研究を行う必要がある。

死因別死亡率は、日本人の三大死因であるがん、心および脳血管疾患の死亡率に加えて、これまでのがん部位別による研究で、有意に高い相対リスクを示すがんが報告されている^{20,29,35,37}ので、がん部位別（胃、食道、肺、直腸を含む大腸、前立腺、乳房、子宮）の死亡率も算出した。1975～1995年において、50-54歳のがん死亡率は一般の日本人^{13,16}と同様、男女ともに年々上昇しており、特に男性では有意に上昇していた。被曝状況別では、男女ともに直爆者で有意に高い傾向にあり、近距離被爆者でがん死亡率が有

意に高いとする他の報告^{20,31,34,35,37}と同様であった。がん部位別では、肺、大腸、前立腺、乳房で上昇する傾向にあり、胃および子宮は低下する傾向が認められた。これは日本人の年齢調整死亡率の年次推移と同様であった¹⁶。被爆者で乳がんの相対リスクが増加しているとの報告があり^{20,37}、本研究でも乳房の死亡率は直爆者で有意に高い傾向が認められた。しかし、本研究で用いたがん部位別による死亡数は少ないので、ばらつきが大きい。また、放影研のLSS報告書の最新版によれば、部位別による固形がんの過剰相対リスクの推定値は、すべての部位で同じであったことから、がん部位別解析による相対リスクの差異の同定は注意を要することが明らかになったと報告されている³¹。したがって、がん部位別による死亡率の解析については注意を要すると考える。男性の脳血管疾患の死亡率は、入市およびその他の被爆者と比べて直爆者で有意に低くなっていた。これは、がん死亡率が直爆者で有意に高いことにより、がん以外の脳血管疾患の死亡率が直爆者で有意に低くなったものと考えられる。死因別死亡率は、男性ではがんが最も高く、女性ではがんより心および脳血管疾患が高くなっていたが、一般の日本人^{13,16}においても同様の傾向が認められている。また、男女ともに心疾患では1990年まで上昇し1995年で低下しており、脳血管疾患では1990年まで低下し1995年でわずかに上昇していた。これらの傾向は、長崎原爆による被爆者および一般の日本人においても同様に認められている。これは、1995年以降、第10回ICDが使用されたことに関係するもので、従来、他の死因に分類されていたものが移動したことによる影響が大きいと考えられる^{13,16}。

ある死因を除去した場合の平均余命の延びを算出することで、その死因によって失われた余命の平均余命への影響の大きさを測ることができる^{16,36}。1975～1995年において、特定死因を除去した場合の平均余命の延びは、男女ともにがんを除去した場合が最も延びが大きかった。被曝状況別では、入市およびその他の被爆者と比べて、がんを除去した場合の余命の延びは男女ともに直爆者で最も大きかった。特に男性の直爆者は延びが大きいため、がんによる死亡の影響を大きく受けていることが示唆された。一方、心および脳血管疾患による死亡を除去した場合の平均余命の延びは、男女ともに平均1歳前後で、余命への影響はがんほど大きくはなかった。被爆者と非被爆者の平均余命の差を算出した放影研の研究によれば、0歳男性の被爆者においてがんによる寿命短縮は約3年であるのに対し、がん以外の疾患では約0.4年であった³³。

本研究でも、がんによる死亡が最も大きく余命へ影響していた。

生命表法を用いた本研究においても、他の研究と同様、入市およびその他の被爆者と比べて直爆者におけるがん死亡は放射線の影響を受けていることが確認された。今後も、被爆者の平均余命に関して継続して研究を行うとともに、放射線被曝に関わる他の要因についても検討し、原爆被爆者の死因と放射線影響について、さらなる研究を行っていく必要がある。

謝 辞

稿を終えるにあたり、ご校閲を承りました広島大学原爆放射線医科学研究所・放射線分子疫学研究分野早川式彦教授に深甚なる謝意を表します。また、ご指導、ご教授をいただきました同分野吉田成人助手および竹崎嘉彦助手に感謝の意を表します。また、広島原爆被爆者ファイルから被爆者集団の抽出にご尽力いただいた広島大学原爆放射線医科学研究所・附属国際放射線情報センター技術専門職員隅田治行氏に深く感謝いたします。

参 考 文 献

1. **Chiang, C.L.** 1984. The Life Table and Its Applications. Robert E. Krieger Co., Florida.
2. **Clarke, R.H.** 2004. Draft recommendations from ICRP at the start of the 21st century. *Health Phys.* **87** : 306-311.
3. **Cologne, J.B. and Preston, D.L.** 2000. Longevity of atomic-bomb survivors. *Lancet* **356** : 303-307.
4. **Cologne, J.B. and Preston, D.L.** 2001. Impact of comparison group on cohort dose response regression: an example using risk estimation in atomic-bomb survivors. *Health Phys.* **80** : 491-496.
5. 府川哲夫 1989. 1985年市区町村別生命表について. *厚生指標* **36** (7) : 8-15.
6. **Hayakawa, N., Ohtaki, M., Ueoka, H., Matsuura, M., Munaka, M. and Kurihara, M.** 1989. Mortality statistics of major causes of death among atomic bomb survivors in Hiroshima Prefecture from 1968 to 1982. *Hiroshima J. Med. Sci.* **38** : 53-67.
7. **Hoel, D.G. and Li, P.** 1998. Threshold models in radiation carcinogenesis. *Health Phys.* **75** : 541-250.
8. **Hoshi, M., Matsuura, M., Hayakawa, N., Ito, C. and Kamada, N.** 1996. Estimation of radiation doses for atomic-bomb survivors in the Hiroshima University Registry. *Health Phys.* **70** : 735-740.
9. 石川 晃 1999. 配偶関係別生命表：1995年. *人口問題研究* **55** (1) : 35-60.
10. 笠置恵子 2002. 広島原爆被爆者における30年間のがん以外の死亡に関する研究, 1968-1997. *広大医誌* **50** : 73-83.
11. **Kato, H., Brown, C.C., Hoel, D.G. and Schull, W.J.** 1982. Studies of the mortality of A-bomb survivors. Report 7. Mortality, 1950-78: Part 2. Mortality from causes other than cancer and mortality in early entrants. *Radiat. Res.* **91** : 243-264.
12. 近藤宗平 1998. 人は放射線になぜ弱いのか第3版. 講談社, 東京.
13. 厚生省大臣官房統計情報部 (編) 1996. 平成7年 簡易生命表. 厚生統計協会, 東京.
14. 厚生省大臣官房統計情報部 (編) 1998. THE 18TH LIFE TABLES. 厚生統計協会, 東京.
15. 厚生統計協会 (編) 1993. 1990年市区町村別生命表. 厚生統計協会, 東京.
16. 厚生統計協会 (編) 1996. 国民衛生の動向1996年. *厚生指標* **43** (9) : 36-87.
17. 厚生統計協会 (編) 1997. 平成7年 都道府県別生命表. 厚生統計協会, 東京.
18. 厚生統計協会 (編) 2003. 厚生統計テキストブック第4版. 厚生統計協会, 東京.
19. **Matsuura, M., Hayakawa, N. and Shimokata, H.** 1995. Survival analyses of atomic bomb survivors in Hiroshima Prefecture, Japan, 1968-1982-cancer mortality risk among early entrants. *Hiroshima J. Med. Sci.* **44** : 29-38.
20. **Matsuura, M., Hoshi, M., Hayakawa, N., Shimokata, H., Ohtaki, M., Ikeuchi, M. and Kasagi, F.** 1997. Analysis of cancer mortality among atomic bomb survivors registered at Hiroshima University. *Int. J. Radiat. Biol.* **71** : 603-611.
21. **Matsuura, T. and Sugahara, T.** 2002. On the existence of a threshold in the dose-response relationship from the epidemiological data of atomic bomb survivors. paper submitted to the First Asian and Oceanic Congress for Radiation Protection (AOCR-1), Seoul, Korea : 20-24.
22. **Mine, M., Okumura, Y., Ichimaru, M., Nakamura, T. and Kondo, S.** 1990. Apparently beneficial effect of low to intermediate doses of A-bomb radiation on human lifespan. *Int. J. Radiat. Biol.* **58** : 1035-1043.
23. 三根真理子, 奥村 寛, 本田純久, 近藤久義, 横田賢一, 朝長万左男 1998. 長崎原爆被爆者の死亡率解析. *広島医学* **51** : 311-313.
24. 務中昌巳, 栗原 登, 早川式彦, 湯崎 稔, 山本 修, 上岡洋史, 大瀧 慈, 渡辺正治, 宇吹暁, 池内 実, 平岡正行, 隅田治行 1981. 原爆被爆者人口の構築に関する研究. *広大原医研年報* **22** : 257-287.
25. 小田清一 2003. 保健衛生統計指標の変遷 (解

- 説/特集). 保健の科学 45 : 25-30.
26. **Okumura, Y. and Mine, M.** 1997. Effects of low doses of A-bomb radiation on human lifespan. IAEA-TECDOC-976, 414-416.
 27. 奥村 寛, 三根真理子, 本田純久, 近藤久義 1997. 放射線ホルミシスの実証—新しいパラダイムを求めてII. 原爆放射線の相対リスク. 日本原子力学会誌 39 : 528-531.
 28. **Pierce, D.A. and Preston, D.L.** 2000. Radiation-related cancer risks at low doses among atomic bomb survivors. Radiat. Res. 154 : 178-186.
 29. **Pierce, D.A., Shimizu, Y., Preston, D.L., Vaeth, M. and Mabuchi, K.** 1996. Studies of the mortality of atomic bomb survivors. Report 12, Part I. Cancer: 1950-1990. Radiat. Res. 146 : 1-27.
 30. **Preston, D.L., Kato, H., Kopecky, K.J. and Fujita, S.** 1987. Studies of the mortality of A-bomb survivors. 8. Cancer mortality, 1950-1982. Radiat. Res. 111 : 151-178.
 31. **Preston, D.L., Shimizu, Y., Pierce, D.A., Suyama, A. and Mabuchi, K.** 2003. Studies of mortality of atomic bomb survivors. Report 13. Solid cancer and noncancer disease mortality: 1950-1997. Radiat. Res. 160 : 381-407.
 32. **Roesch, W.C. (ed.)** 1987. US-Japan Joint reassessment of atomic bomb radiation dosimetry in Hiroshima and Nagasaki. Final report Vol. 1. Radiation Effects Research Foundation, Hiroshima.
 33. **Shimizu, Y., Kato, H., Schull, W.J. and Hoel, D.G.** 1992. Studies of the mortality of A-bomb survivors. 9. Mortality, 1950-1985: Part 3. Noncancer mortality based on the revised doses (DS86). Radiat. Res. 130 : 249-266.
 34. **Shimizu, Y., Pierce, D.A., Preston, D.L. and Mabuchi, K.** 1999. Studies of the mortality of atomic bomb survivors. Report 12, part II. Noncancer mortality: 1950-1990. Radiat. Res. 152 : 374-389.
 35. 末永昌美, 松浦正明, 下方浩史, 池内 実, 星正治, 隅田治行, 平岡正行, 鎌田七男, 伊藤千賀子, 早川式彦 1996. ABS93D による広島県在住原爆被爆者の悪性新生物のリスク評価. 長崎医学会誌 71 : 313-318.
 36. 山口喜一, 南條善治, 重松峻夫, 小林和正 (編) 1995. 生命表研究. 古今書院, 東京.
 37. **Zhurussova, T., Matsuura, M. and Hayakawa, N.** 2003. Analysis of cancer mortality among atomic bomb survivors in Hiroshima Prefecture, 1968-1997. Hiroshima J. Med. Sci. 52 : 1-7.

Study on Life Expectancy of the Hiroshima Atomic Bomb Survivors

Masami SUENAGA

Department of Epidemiology, Division of Bio-Medical Informatics,
Research Institute for Radiation Biology and Medicine, Hiroshima University
(Director: Prof. Norihiko HAYAKAWA)

In order to examine the relationship between life expectancy and radiation effects among atomic bomb survivors, we prepared life tables for 1975, 1980, 1985, 1990, and 1995 for 228,764 atomic bomb survivors (males: 103,050, females: 125,714) registered at the Hiroshima University Research Institute for Radiation Biology and Medicine. For this period, the life expectancy of atomic bomb survivors extended year after year for both sexes, with the extension of the life expectancy at the ages of 50–54 being 2.45 years for males and 4.32 years for females. By exposure status, those proximally exposed about 2 km from the hypocenter (directly exposed) tended to show shortened life expectancy as compared with early entrants and other survivors. Conditional probability of dying from cancer was significantly high among those directly exposed, especially in males. The extension of life expectancy after the exclusion of specific causes of death was the greatest when cancer death was excluded. By exposure status, the extension of life expectancy after the exclusion of cancer death was the greatest among those directly exposed, especially among males. In conclusion, we confirmed the presence of radiation effects on cancer mortality in those directly exposed, as compared with other two groups.