

話 題

原子力発電施設等放射線業務従事者に係る 第Ⅲ期放射線疫学調査結果

工藤 伸一*¹, 大島 澄男*¹

財団法人放射線影響協会では平成2年度に文部科学省（当時の科学技術庁）から放射線疫学調査の委託を受けて以来、これまで5年ごとに調査結果の取りまとめを行ってきた。平成2年度～6年度を調査期間とする第Ⅰ期調査の結果¹⁾については平成7年度に、平成7年度～11年度を調査期間とする第Ⅱ期調査の結果²⁾については平成12年度に公表した。

平成12年度～16年度を調査期間とする第Ⅲ期調査については今回、調査の開始当初から平成14年12月末までに観察した放射線業務従事者に関する死亡率調査の結果³⁾を取りまとめた。以下にその概要を報告する。

1. 調 査 目 的

この放射線疫学調査は、原子力発電施設等の放射線業務従事者（以下、「放射線業務従事者」と略記）を対象とし、低線量域の放射線が人体に与える健康影響についての科学的知見を得ることを目的としている。

2. 調 査 方 法

この放射線疫学調査では、原子力発電施設等において放射線業務に従事し、（財）放射線影響協会放射線従事者中央登録センター（以下、「中央登録センター」と略記）に登録されている放射線業務従事者を対象に、生死の追跡調査、死因調査などを行い、死亡率と放射線業務で受けた被ばく線量との関連について調査した。

現在、この放射線疫学調査の対象者は、平成11年3月末までに中央登録センターに登録された放射線業務従事者のうち、被ばく線量記録がある等の一定要件に該当する約27.7万人（男女計）となっている。調査対象者

の中央登録番号、氏名、性別、生年月日等の個人識別情報について中央登録センターから提供を受けた後、原子力事業者等の協力を得て、調査対象者の住所情報等を調査した。その後、当該住所地の市区町村長から住民票の写し等の交付を受けて生死を確認した（「後向き追跡調査」と称しており、この時点で、公的資料により初めて生死を確認したこととなる）。ただし、請求時点より5年を越えて遡る異動情報（死亡、転出）は交付されない。住民票の写しにより生存を確認した者については、それ以降、定期的（3～4年間隔）に住民票の写し等を取得することにより生死を確認した（この調査を、「前向き追跡調査」と称している）。

生死追跡調査の結果、この放射線疫学調査の開始当初から平成16年3月末までに約21.2万人（男女計）の生死を確認した。残る約6.5万人（男女計）は住所情報を得られなかった、あるいは入手した住所が住民登録先の住所ではなかった等の理由により生死を確認できなかった。

生死追跡調査で死亡を確認した者の死因は、厚生労働省の人口動態調査死亡票（～平成14年12月末）の磁気テープ転写分と照合することにより調査した。

調査対象者が放射線業務で受けた被ばく線量は、原子力事業者から中央登録センターへ登録された平成14年度までの従事年度毎の被ばく線量を用いた。

3. 解 析 方 法

前述したように、後向き追跡調査では生死の確認に制約があった。一方、前向き追跡調査は、死亡把握漏れの可能性が少なくと推測された。このため、この第Ⅲ期調査の主要な解析は、前向き追跡調査により平成16年3月末までに生死を確認できた200,583人（男性）を対象に、前向き調査の期間における死亡率解析とした。

放射線業務従事者の死亡率（主に悪性新生物）と、放射線業務による被ばく線量との関連を検討するために、前向き観察期間（平成3年～平成14年）を、平成7年、および平成12年を区切りとして3期間に分け、年齢は20歳～85歳未満を5歳階級に分けて層別化し、以下に述べる外部比較と内部比較を行った。

外部比較では、全日本人男性（20歳～85歳未満）の暦年、年齢区分毎の死亡率から期待死亡数を算出し、観察死亡数と期待死亡数の比（標準化死亡比、SMR）が1に等しいか、両側検定を行った（ p 値が0.05未満の場合に有意であると判断した）。なお、外部比較では、放射線被ばくによる発がんの潜伏期を仮定しなかった。

Shin-ichi KUDO and Sumio OHSHIMA : Radiation Epidemiology Study on Nuclear Industry Workers in Japan, Third Report.

*¹ 財団法人放射線影響協会；東京都千代田区鍛冶町1-6-19（〒101-0044）

E-mail: kudo@rea.or.jp

Radiation Effects Association; 1-6-19, Kaji-cho, Chiyoda-ku, Tokyo 101-0044, Japan.

内部比較では、解析対象者を年度別被ばく線量の累積値（以下、「累積線量」と略記）を、10、20、50、100mSvを区切りとする5群に分類した。年齢、暦年に加えて、解析対象者の最新住所地による地域（8分類）を調整し、死亡率が累積線量とともに増加する傾向があるか、片側検定を行った（ p 値が0.05未満の場合に有意であると判断した）。線量区分毎の期待死亡数は、地域、暦年、年齢毎の観察死亡数を線量区分毎の人年割合で配分して求めた。

内部比較では、放射線被ばくによる発がんの潜伏期について、白血病では2年、その他の新生物では10年を仮定した。なお、慢性リンパ性白血病を除く白血病、および白血病を除く全悪性新生物については潜伏期を0、5、10、15、及び20年と仮定した感度解析も行った（本稿未掲載）。

4. 解析対象集団の特性

解析対象者（男性：200,583人）の総観察人年は

第1表 死因別解析結果一覧

解析対象死因	死亡者数	外部比較	内部比較
		標準化死亡比（ ） 内は95%信頼区間	傾向性の片側 検定結果 p 値
全死因	7,670	0.98 (0.96–1.00)	0.088
非新生物疾患	3,319	0.90 (0.87–0.93)	0.326
外因死	1,168	1.10 (1.04–1.17)	0.140
全新生物	3,143	1.01 (0.98–1.05)	0.060
全悪性新生物	3,093	1.02 (0.98–1.05)	0.051
口腔，咽頭がん	62	0.86 (0.66–1.10)	0.441
食道がん	172	1.01 (0.87–1.18)	0.002
胃がん	568	0.98 (0.90–1.07)	0.075
結腸がん	177	0.90 (0.77–1.04)	0.644
直腸がん	148	0.99 (0.83–1.16)	0.241
肝がん	558	1.13 (1.04–1.23)	0.040
胆嚢がん	103	1.03 (0.84–1.25)	0.994
膵がん	173	0.95 (0.82–1.11)	0.335
肺がん	640	1.08 (1.00–1.17)	0.669
前立腺がん	61	0.97 (0.74–1.25)	0.428
膀胱がん	37	1.02 (0.72–1.40)	0.814
腎臓，泌尿器がん	48	0.90 (0.66–1.19)	0.537
非ホジキンリンパ腫	54	0.70 (0.53–0.92)	0.338
多発性骨髄腫	20	0.77 (0.47–1.18)	0.021
白血病（慢性リンパ性白血病を除く）	79	1.03 (0.82–1.29)	0.691
全悪性新生物（白血病を除く）	3,013	1.02 (0.98–1.06)	0.047
脳，神経系腫瘍	34	0.77 (0.53–1.08)	0.910

（外部比較の結果は、新生物について潜伏期を考慮せず、年齢、暦年を調整した解析結果である）

（内部比較の結果は、新生物について潜伏期を考慮し、年齢、暦年、最新住所地による地域を調整した場合である）

注1：標準化死亡比＝（観察死亡数）／（期待死亡数）

注2：95%信頼区間＝標準化死亡比（点推定値）の95%信頼区間を示す。この区間が1を跨いでいなければ、解析対象者集団の死亡率は、日本人男性死亡率と比べ有意差があると判断された。

注3：傾向性の片側検定結果 p 値＝累積被ばく線量の増加に伴って死亡率は増加していない、との帰無仮説を検定した結果を示す。この p 値が0.05（5%）未満である時、帰無仮説を棄却し、累積被ばく線量が増加するに従って、解析対象集団の死亡率は増加していると判断された。

注4：脳，神経系腫瘍には、非悪性の脳腫瘍を含む。

137.3 万人年であり、一人当たりの平均観察期間は 6.8 年であった。総集団線量は 2,453 人 Sv であり、一人当たりの平均累積線量は 12.2 mSv であった。出生年の最頻値は 1950 年代であった。また、死亡数は 7,670 人であり、このうち悪性新生物の死亡は 3,093 人であった。

5. 解析結果

第Ⅲ期調査結果を第 1 表に示す。

(1) 外部比較

全死因、非新生物疾患および全悪性新生物の SMR (95% 信頼区間) は、各々 0.98 (0.96-1.00), 0.90 (0.87-0.93) および 1.02 (0.98-1.05) であり、全悪性新生物を除いて有意に 1 より低かった。非新生物疾患の疾患別 SMR は有意に 1 より高いものはなかった (第 1 表未掲載)。部位別の悪性新生物の SMR は、肝がん、肺がんを除いて、有意に 1 より高いものはなかった。外因死の SMR は有意に 1 より高かった。

(2) 内部比較

慢性リンパ性白血病を除く白血病の死亡率では、累積線量とともに増加する有意の傾向は認められなかった (p 値 = 0.691)。白血病を除く全悪性新生物の死亡率では、累積線量とともに増加する有意の傾向が認められた (p 値 = 0.047)。

部位別の悪性新生物では、食道がん、肝がん、および多発性骨髄腫の死亡率は、累積線量とともに増加する有

意の傾向が認められた (食道がん: p 値 = 0.002, 肝がん: p 値 = 0.040, 多発性骨髄腫: p 値 = 0.021)。

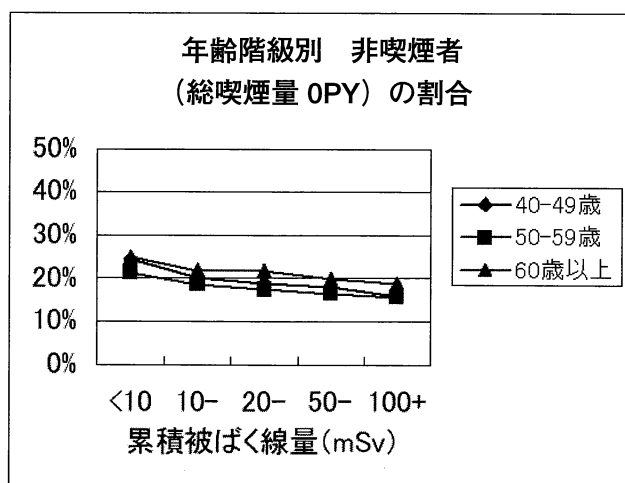
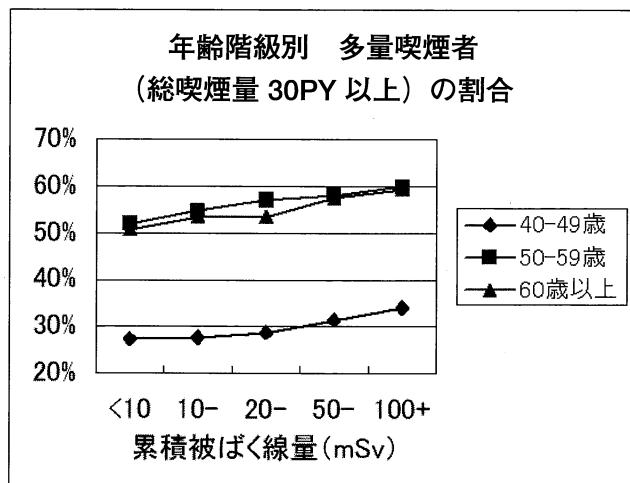
全死因、非新生物疾患、および外因死の死亡率では、累積線量とともに増加する有意の傾向は認められなかった (全死因: p 値 = 0.088, 非新生物疾患: p 値 = 0.326, 外因死: p 値 = 0.140)。また、非新生物疾患を疾患別にみても、死亡率が累積線量とともに増加する有意の傾向は認められなかった (いずれの疾患も、 p 値 > 0.05) (第 1 表未掲載)。

6. 交絡因子調査

低線量域の放射線による発がんへの影響は、あるとしても極めて小さいと考えられている。そのため、放射線以外にがん死亡率に影響を及ぼすと考えられている喫煙、飲酒等の生活習慣あるいは有害物質への曝露といった因子が何らかの形で被ばくと関係する可能性について調査することが必要とされている。このため平成 9 年度～11 年度にかけて行った第 1 次交絡因子調査⁴⁾に引き続き、平成 15 年度に第 2 次交絡因子調査⁵⁾を行った。

第 2 次交絡因子調査では、約 7 万 8 千人にアンケート票を自宅に郵送配布して自記式のアンケート調査を行い (回答率 62%)、喫煙習慣、飲酒習慣、有害作業従事歴、医療放射線被ばく歴等について調査を行った。

その結果を、生死追跡調査と同じように対象者を累積線量で 5 群に分け解析したところ、「累積線量が多い群



第 1 図 年齢・累積線量と総喫煙量の関係

総喫煙量 (PY) = (1 日当たりの喫煙本数) × (1 Pack / 20 本) × (喫煙経過年数)

割合と累積線量との関連は各年齢区分について $p < 0.001$ で有意である。なお、累積線量と年齢との交互作用は有意ではなかったが、ここでは年齢階級別に図示している。

ほど、多量喫煙者、中程度(清酒換算1~3合)飲酒者、有害作業従事経験者の割合が多く、逆に胃の集団検診受診者の割合が少ない」という、統計学的に有意な傾向が認められた。一例として第1図に多量喫煙者における年齢・累積線量群別総喫煙量を示す(比較のために非喫煙者も示す)。

これらの結果から、調査対象者の生活習慣等が死亡率調査における解析結果に交絡因子として影響を及ぼしている可能性が示唆された。

7. 考 察

(1) 外部比較

全死因および非新生物疾患の死亡率は、全日本人男性の死亡率と比べて有意に低かった。また、非新生物疾患別の死亡率にも、全日本人男性の死亡率と比べて有意に高い疾患はなかった(第1表未掲載)。これは主として、健康労働者効果(労働者は就職時に健康者のみが採用されるため、死亡率が一般国民のそれよりも低くなる現象)によるものと考えられた。

健康労働者効果の影響が小さいと考えられる全悪性新生物の死亡率は、全日本人男性の死亡率と比べて有意差は認められなかった。部位別の悪性新生物では、肝がん、肺がんの死亡率が、全日本人男性のそれと比べて有意に高かったが、喫煙、飲酒など生活習慣の影響の可能性も考えられた。

なお、白血病を含めその他の部位には有意に高いものはなかった。

(2) 内部比較

慢性リンパ性白血病を除く白血病の死亡率には、累積線量とともに増加する有意の傾向は認められなかった。

白血病を除く全悪性新生物の死亡率は、累積線量とともに増加する有意の傾向を示したが、これは、食道がん、および肝がんの死亡率が、累積線量とともに増加する有意の傾向を示していたことが反映されたためである。

なお、潜伏期を白血病で2年、その他の新生物で10年と仮定したが、これ以外の期間を潜伏期に仮定した感度解析の結果では、慢性リンパ性白血病を除く白血病の死亡率、および白血病を除く全悪性新生物の死亡率は、いずれも、累積線量とともに増加する有意の傾向は認められなかった。

部位別の結果では、食道がん、肝がん、および多発性骨髄腫の死亡率は、累積線量とともに増加する有意の傾向を示した。その他の部位の悪性新生物における死亡率は、前回第Ⅱ期調査で有意の増加傾向を示した胃がん、

直腸がんを含め、累積線量とともに増加する有意の傾向は認められなかった。

また、多数の検定を繰り返して行くと偶然に有意となることもあり得るので、これを避けるために行った多重比較法では、食道がんのみ有意であった。

食道がん、肝がんの死亡率が累積線量と有意の関連を示した結果の解釈に当たっては、発がんに関連する生活習慣等の交絡因子の影響等によってもたらされた可能性について考慮する必要がある。喫煙関連がんと喫煙非関連がんに分類し解析したところ、喫煙関連がんの死亡率は累積線量とともに増加する有意の傾向を示したが、喫煙非関連がんの死亡率は累積線量とともに増加する有意の傾向は認められなかった。このことは食道がん、肝がんが示した累積線量との有意の関連が交絡因子の影響等によってもたらされた可能性を補強するものと考えられる。

さらに、いまだ観察期間が短いため、偶然、死亡率と累積線量との有意の関連を示した可能性についても考慮する必要がある。

多発性骨髄腫の死亡率が累積線量と有意の関連を示したが、累積線量の多い群における極めて少数の症例に依存しているので、現時点で放射線との関係を論じるには慎重でなければならない。

外因死の死亡率は、全日本人男性の死亡率と比べて有意に高かったが、累積線量とともに増加する有意の傾向は認められなかった。これまでのところ、外因死と放射線との関連についての疫学的知見は乏しく、また、この第Ⅲ期調査では、外因死の死亡率と被ばく線量との関連について考察する上で必要な情報が無いので、これに関する詳細な考察を行うに至らなかった。

8. 総 合 評 価

今回の解析結果では、外部比較においては全悪性新生物、および白血病の死亡率は、全日本人男性に比べ有意差は認められなかった。部位別では、肝がん、肺がんの死亡率のみ有意に高かった。

内部比較においては、白血病を除く全悪性新生物の死亡率は、累積線量とともに増加する有意の傾向を示した。部位別では、食道がん、肝がん、および多発性骨髄腫の死亡率が、累積線量とともに増加する有意の傾向を示したが、白血病を含めその他の部位の悪性新生物には、死亡率が累積線量とともに増加する有意の傾向は認められなかった。

一部の消化器臓器の悪性新生物において、死亡率が累

積線量とともに増加する有意の関連を示したことについては、発がんに関連する生活習慣等が交絡因子として影響する可能性を考慮する必要があること、これらの部位がとりわけ放射線に腫瘍が誘発されやすい臓器として報告はされていないこと、さらに観察期間がまだ短いこと等から、現段階では放射線の影響によるものと認めることは困難である。多発性骨髄腫についても症例数が極めて少ないため、放射線との関係を論じるには慎重でなければならない。

以上のことを総合して評価すると、第Ⅲ期調査までの結果では、低線量域の放射線が悪性新生物の死亡率に影響を及ぼしている明らかな証拠は見られなかったと言える。

低線量域の放射線と健康影響について、より信頼性の高い科学的知見を得るためには、長期にわたって観察を継続し、生活習慣等による交絡の可能性等についてもより詳細な検討を必要とするため、今後ともこの放射線疫学調査を継続する必要がある。

参 考 文 献

- 1) 財団法人放射線影響協会；“科学技術庁委託調査報告書「原子力発電施設等放射線業務従事者に係る疫学的調査」(第Ⅰ期 平成2年度～平成6年度)”(1995)。
- 2) 財団法人放射線影響協会；“科学技術庁委託調査報

告書「原子力発電施設等放射線業務従事者に係る疫学的調査」(第Ⅱ期 平成7年度～平成11年度)”(2000)。

- 3) 財団法人放射線影響協会；“文部科学省委託調査報告書「原子力発電施設等放射線業務従事者に係る疫学的調査」(第Ⅲ期 平成12年度～平成16年度)”(2006)。
- 4) 財団法人放射線影響協会；“科学技術庁委託調査報告書「原子力発電施設等放射線業務従事者に係る疫学的調査」(第Ⅱ期 平成7年度～平成11年度 交絡因子調査編)”(2000)。
- 5) 財団法人放射線影響協会；“文部科学省委託調査報告書「原子力発電施設等放射線業務従事者に係る疫学的調査」(第Ⅲ期 平成12年度～平成16年度 第2次交絡因子調査編)”(2006)。

(2006年5月16日受付)



工藤 伸一 (くどう しんいち)

1963年生まれ。現在(財)放射線影響協会放射線疫学調査センター統計課に所属し、統計解析作業に従事している。

E-mail: kudo@rea.or.jp