

# 放射線副読本と近代科学の精神

永井宏幸

NAGAI Hiroyuki

福岡市東区御島崎1丁目19-401 nagai.koko@gmail.com

【キーワード】 近代科学の精神, 原発労働者, 疫学調査, 放射線副読本

## 1. 放射線副読本と近代科学の精神

2012年4月に配布された「中学生のための放射線副読本解説編【教師用】」には、学習のポイント指導上の留意点が次のように記述されている。[1]

100ミリシーベルト以下の低い放射線量と病気との関係については、明確な証拠がないことを理解できるようにする。

しかし、どのようにすれば、このことを子供たちに理解させられるのだろうか。理屈抜きで結果を覚えさせればいいのかだろうか？

近代科学は、論証と実証によって正しい知識が得られることを人々に示した。ある考え方が正しいかどうかを教会という権威に委ねるほかなかった一般市民が、科学的方法を身につけることによって、判断に関与できると考えるようになった。理科教育は知識を伝えるだけでなく、この近代科学の精神を次世代に伝える役割を持つはずである。

この視点から、放射線副読本のいう低線量域の放射線と病気の関係がどこまでわかってきているのかを検証する。

## 2. 原発労働者の疫学調査

放射線が人体に及ぼす影響を調べる日本の研究には、原爆被爆者の疫学調査と原発等で働く被曝労働者の疫学調査があるが、本稿では、注目されることの比較的小さい後者を取り上げる。

日本の原子力発電所等で働く被曝労働者の被曝線量は、放射線影響協会（以下、協会）の放射線従事者中央登録センターに記録されている。文部科学省は、このデータの解析を協会に委託してきたが、その第IV期

報告書が2010年に公表された。[2]

解析の対象（以下、コホート）は、被曝労働者のうち20歳から84歳までの男性203,904人であった。観察期間は1991年11月から2007年11月で、この間の死亡者の総数は14,224人、がんを死因とする死亡者の数は5,711人であった。

解析は、コホートの死亡率が国民一般に比べて大きくないかを調べる外部比較と、コホートの死亡率が被曝線量に応じて増加していないかを調べる内部比較に分かれる。まずその要点を紹介する。

### (1) 外部比較

コホートの死因別死亡率を国民（同年齢男性）のそれと比較するために、その比で定義された標準死亡率比（以下、SMR）を計算している。

死亡率は年齢や暦年で変わるので、年齢と暦年でそれぞれのデータを層に分けてSMRを計算する。報告書にはこれを統計処理してえたSMRの中央値、95%信頼区間、p値が報告されている。

p値はデータがSMR=1と統計誤差の範囲内で矛盾しない確率を示すもので、SMRの中央値が1より大きく $p < 0.05$ のとき統計的に有意にSMR > 1であると判定する。（SMRの中央値が1より小さいときは、SMR < 1が有意になったと判定する。）

統計的に有意にSMR > 1であった主要な死因を表1に示しておく。

全死因のSMRは1.01であるが、これは $p = 0.25$ であるので統計的に有意にSMR > 1であるとは判定しない。

がんは $p = 0.03$ であるので、統計的に有意にSMR > 1であると判定される。SMRの最確値は1.04である。

統計的に有意にSMR > 1であると判定されたがんの

部位で死亡数の多いものは肺がんと肝臓がんであった。その死亡率は、国民平均より肺がんで8%、肝臓がんで13%だけ高い。

表 1. 外部比較

死因	SMR	95%信頼区間	p 値
全死因	1.01	(0.99-1.03)	0.250
がん	1.04	(1.01-1.07)	0.003
肺がん	1.08	(1.02-1.14)	0.007
肝臓がん	1.13	(1.06-1.21)	<0.001

### (2) 内部比較

コホートの死亡率と被曝線量の関係調べる。被曝線量は10mSv未満, 10mSv-20mSv, 20mSv-50mSv, 50mSv-100mSv, 100mSv以上の5被曝線量群にカテゴリ化して扱われている。データは年齢・暦年・居住地で層化される。層ごとに被曝線量群の相対死亡率を計算して被曝線量に応じて増加しているかどうかを検定する。この相対死亡率は、死亡率が被曝線量に依存しないと仮定して得られる平均死亡率を基準にしたときの各被曝線量群の死亡率の比である。もし層で死亡率が被曝線量に依存しないならば、層の相対死亡率は、統計的誤差を別にしてどの被曝線量群でも1に等しくなる。

報告書は増加傾向の検定をおこなった結果をp値で報告している。p値は、相対死亡率が被曝線量によって増加しないと仮定してデータの示すような増加傾向があらわれる統計的確率を与える。報告書では $p < 0.05$ のとき死亡率が被曝線量に応じて増加することが統計的に有意になったと判定する。

増加傾向が有意であった死因の主なものを表2に示しておく。

内部比較はがんの潜伏期間を考慮して行われる。表の「がん」は全がんを対象に一律10年の潜伏期間を仮定して分析しているが、「がん\*」は潜伏期間がそれより短いことがわかっている白血病を除いての分析である。表3, 5, 6の「がん\*」も同じ。

なお、死亡数が外部比較と内部比較とで異なっているのは潜伏期間の考慮したためである。

表2. 内部比較

	死亡数	p
がん	5,211	0.032
がん*	5,089	0.024
肺がん	1,110	0.007
肝臓がん	860	0.025

この分析で、がん死亡率が被曝線量とともに増加していることが統計的に有意になった。また、部位別では、肺がんと肝臓がんの死亡率が被曝線量とともに増加していることが統計的に有意になった。

### (3) 総合評価

以上にみたように、放射線被曝によるがん死亡率の増加は外部比較と内部比較の結果から明白である。しかし、報告書は結論を次のように述べている。

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確な証拠は認められなかったと言える。

外部比較では、…白血病を除く全悪性新生物の死亡率は、全日本人男性死亡率に比べ有意に高かったが、生活習慣等の影響の可能性を否定できない。

内部比較では、…白血病を除く全悪性新生物および喫煙関連の悪性新生物の死亡率に、被曝量の増加にともなう有意の増加傾向が認められた。しかし、これらの悪性新生物から肺の悪性新生物を除いた場合には、有意の増加傾向は認められなかった。非喫煙関連の悪性新生物の死亡率に、被曝量にともなう有意の増加傾向は認められなかった。

これらの事実を勘案すると、今回認められた白血病を除く全悪性新生物の死亡率と被曝量との有意な関連は、生活習慣等の交絡による影響の可能性を否定できない。

分析で明らかになったがん死亡率の増加はたばこや酒の影響によるもので、放射線被曝の結果であるとはいえないというのである。

協会はこれを証明しようと2000年と2006年に交絡調査をおこなっている。この調査には相当の予算と労力を要したはずだが、得られた結果は次のように漠としたものであった。

喫煙者(現在喫煙者と過去喫煙者)の割合...は、被曝量とともに増加する有意の傾向を示した...飲酒者(現在飲酒者と過去飲酒者)の割合には、被曝量との関連は認められなかった。

はたしてこれだけの事で相対死亡率の増加を喫煙の結果だと考えてよいのだろうか。以下、この点を検証する。

### 3. 報告書の検証

諸外国で行われている放射線被曝労働者の疫学調査はそのほとんどが、過剰相対リスク (ERR) というものを算定している。これは放射線の影響を調査するとき標準的に使われている指標である。あえてERRの計算を避けたこの調査報告書はかなり特殊なものであるといてよい。

ERRは被曝グループの死亡率の被曝なしグループの死亡率に対する比から1を引いて定義される。ERRに‘閾値なし線形’ (LNT) モデルを適用すると、相対死亡率は $y=1+\beta x$ と書くことができる<sup>注</sup>。xは被曝線量で、単位をSvにとると、 $\beta$ は1SvあたりのERRを与える。

$\beta$ を正確に計算するには相対死亡率の層別データが必要である。筆者は文部科学省に、層別データを協会が開示することに同意してほしいと要請をおこなったが、受け入れられなかった。やむなく報告書に記された相対死亡率の中央値を用いて $\beta$ を計算することにした。このため正確さにやや欠ける面があるのはやむをえない。

がん死亡率を例にとって計算の方法を説明する。

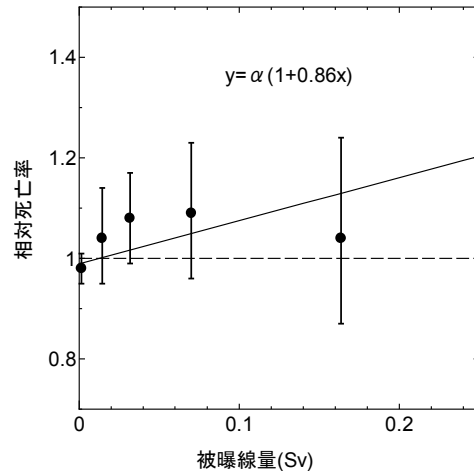
被曝線量の平均値に対して被曝線量群の相対死亡率をグラフに描くことができる(図1)。被曝線量群の被曝線量の平均はそれぞれ、1.5, 14.4, 31.8, 70.1, 163.6mSvである。各被曝線量群の相対死亡率に期待死亡数 (E) の重みをつけて回帰直線を求める。これは観察人年の重みをつけたのと同様である。

重みの比率は、がん死亡の場合、小さい方から順に100, 12.2, 12.5, 5.8, 3.1であった。回帰直線として $y=0.99(1+0.86x)$ が得られた。 $\beta=0.86$ である。がん死亡率が1Svの被曝で1.86倍になることがわかった。100mSvの被曝ならがん死亡が8.6%だけ増えるこ

<sup>注</sup> 報告書の相対死亡率は平均死亡率に対するものなので $y=\alpha(1+\beta x)$ となる。

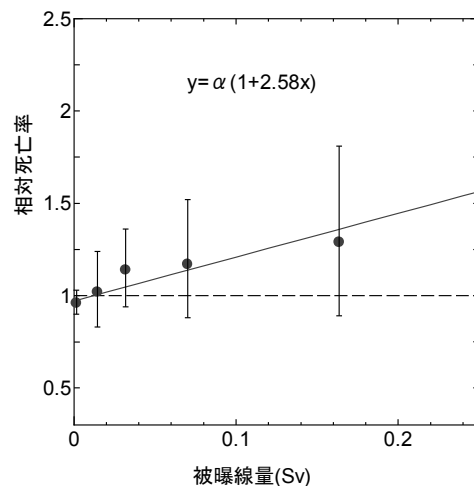
とになる。

図1.がんの相対死亡率



肺がんの相対死亡率と重みつき回帰直線も図2に示しておく。

図2.肺がんの相対死亡率



報告書が統計的に有意に増加していると判定した死因のうち、主な死因の $\beta$ の値を表3に示す。p値は報告書からの引用である。

表3.  $\beta$  (ERR/Sv)

死因	p 値	$\beta$
がん	0.032	0.86
がん*	0.024	0.93
肺がん	0.007	2.58
肝臓がん	0.025	2.44

さて次に、いま求めたERRが喫煙によるがん死亡率の増加によって説明できるかどうかを調べよう。計算のもとになるのは2006年におこなった協会の交絡調査である。[3]

協会は45,281人のアンケート回答（本コホートの22%）を集計して、被曝線量が増えるに従って喫煙者の割合が増えていると指摘している。アンケートの集計を表4に示す。協会はこの集計にもとづく定量的分析は行っていない。

表4. 被曝線量別の喫煙率（交絡調査）

線量群	<10	10-	20-	50-	100+
非喫煙者	23%	20%	19%	18%	16%
現在喫煙者	45%	49%	51%	52%	55%
過去喫煙者	32%	31%	30%	30%	28%

国立がん研究センターの調査[4]によれば、男性の喫煙によるがん死亡リスクは、非喫煙者を1として喫煙者1.8、過去喫煙者1.8に、また肺がん死亡リスクは喫煙者4.2、過去喫煙者3.0になるという(表5)。

表5. 喫煙によるがん死亡相対リスク

	がん	肺がん
非喫煙者	1.0	1.0
現在喫煙者	1.8	4.2
過去喫煙者	1.8	3.0

この値を使って交絡調査集団の喫煙に起因するがん死亡の相対リスクを計算する。具体的には、死亡リスクと被曝線量の間線形関係を仮定して、死亡リスクに本コホートの被曝線量群の期待死亡数（観察人年）の重みを付けて回帰直線を求めれば、これから1SvあたりのERR（ $\beta'$ と記す）をえることができる。

がんと肺がんの $\beta$ と $\beta'$ を表6にまとめておいた。

がんについては $\beta'=0.19$ である。これは $\beta$ の22%であり、死亡率の増加を喫煙では説明することができない。喫煙の影響を補正すると1Svあたりの正味のERRは0.67になる。

喫煙の影響がさらに大きいと予想される肺がんでは $\beta'=0.45$ であるが、これも喫煙の影響は17%にすぎず死亡率の増加を説明することはできない。喫煙の影響を補正すると1Svあたりの正味のERRは2.13となる。

100mSvの被曝で肺がんの死亡率は21.3%増加することになる。

以上から、喫煙率の違いで説明できる死亡率の増加は非常に小さいことがわかった。

表6. 喫煙の影響

	がん	がん*	肺がん
$\beta$	0.86	0.93	2.58
$\beta'$	0.19	0.19	0.45
$\beta-\beta'$	0.67	0.74	2.13
$\beta'/\beta$	22%	20%	17%

#### 4. 理科教師の責務

原発被曝労働者の疫学調査の報告書を批判的に検証してきた。

子供たちにこうした調査が存在することを知らせることなく、100mSv以下なら放射線は安全であると信じさせていいのだろうか。

正しい知識は、与えられた情報を鵜呑みにすることでは得られない。理科教師にはこの近代科学の精神をこどもたちに伝える役割がある。筆者は報告書の分析作業を通じてこのような思いを強くした。

最後に、同趣旨の分析がほかにも報告されていることを付記しておきたい。[5]

[1] 「放射線に関する副読本」, 文部科学省, 2012年4月, [http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shuppan/sonota/attach/1313004.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/shuppan/sonota/attach/1313004.htm)

[2] 「原子力発電施設等放射線業務従事者等に係る疫学的調査（第IV期調査）」, 放射線影響協会, 2010年3月, <http://www.rea.or.jp/ire/houkoku>

[3] 「原子力発電施設等放射線業務従事者等に係る疫学的調査（第IV期調査）第2交絡因子調査編」, 放射線影響協会, 2006年1月, <http://www.rea.or.jp/ire/houkoku>

[4] 「たばこに関する科学的知見の収集に係る研究」, 祖父江友孝ほか, 2008年4月, [http://www.who.int/fctc/reporting/Japan\\_reference\\_4.pdf](http://www.who.int/fctc/reporting/Japan_reference_4.pdf)

[5] 「がんリスクは10ミリシーベルトでも有意に増加」, 松崎道幸, 日本の科学者 Vol.48, No.1, January 2013