

被曝労働者の疫学調査について



被曝労働者の集団で累積被曝線量とともにがん死亡率が増加するという調査結果が報告されているが、これは喫煙習慣の違いによる見かけの増加であるとみなす見解がある。

この論文はその見解が妥当であるかを検証したものである。

検証の結果、喫煙習慣の影響は観察された固形がんの増加の27%しか説明できなかった。喫煙の影響を補正したERR係数は0.68/Svであった。

(固形)がん死亡率は100mSv以下に閾値をもたず単調に増加している。

NAGAI KOKO

2014/11/25

文部科学省委託調査報告書

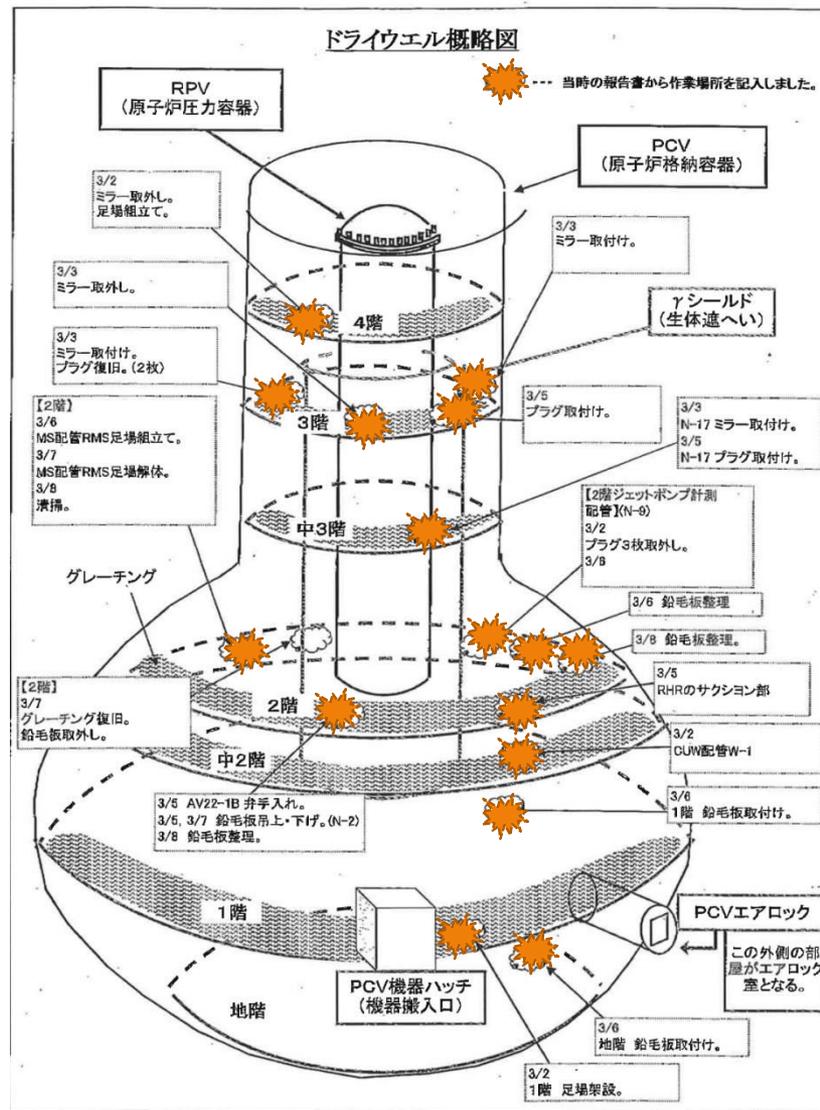
原子力発電施設等
放射線業務従事者等に係る疫学的調査
(第Ⅳ期調査 平成17年度～平成21年度)

平成22年3月

財団法人 放射線影響協会

作業員Uの格納容器内での作業状況 (島根第1原発, 1979. 3.2-3.6)

格納容器3階の最大線量が1-1.5 R/h であつたことが記録されている。(1R=8.8 mGy)



コホートの属性

4

- ◆ 20歳から85歳までの男性被曝労働者
203,904人
- ◆ 観察期間 1991年~2007年の17年
- ◆ 総観察人年 220万人年、平均観察年 10.9年
- ◆ 死亡数 14,224 がん死亡数 5,711
- ◆ 平均被曝線量 13.3mSv,
- ◆ 被曝量100mSv以下の人数割合 97%

表2. 1-2 調査対象者の生死確認結果

	男性	女性	合計
(1) 調査対象者	274,558	2,570	277,128
①住所情報が入手できなかった者	35,459	852	36,311
②2009年（平成21年）3月末までに住民票の写し等の交付を受けることができなかった者	28,932	293	29,225
(2) 生死を確認できた者（=(1)-①-②）	210,167	1,425	211,592
調査対象者に対する割合	76.6%	55.4%	76.4%

注：2009年（平成21年）3月31日までの生死確認調査による。

分析の方法

6

- 死因別死亡率の外部比較と内部比較をおこなっている。
 - 外部比較；コホートの死亡率と国民の死亡率を比べる。
 - 内部比較；被曝線量によってコホートを群別し、線量による死亡率の増加傾向を見る。
- 外部比較は健康労働者効果の影響をもつという弱点があるので、ここでは取り上げない。

内部比較の分析方法

7

- LNTモデルを用い死亡率のERR係数 β を求める定量分析と、死亡率の線量による増加の有無を検定する分析があるが、報告書は後者の定性分析しかおこなっていない。
 - 調査書は、結果が生活習慣の影響のため否定される可能性があるとして、白血病以外の死因の β の値を報告していない。

仮説の検定

8

- 「被曝累積線量によって死亡率は増加しない」を帰無仮説とし、スコア検定をおこなう。
- P値（帰無仮説の正しい確率）が有意水準（0.05）以下であれば、帰無仮説を棄却する。
- 死亡率が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と表現する。
 - 検定については、たとえば E.クライツィグーの「数理統計学2」（培風館）の第3章「仮説の検定」を参照のこと。

累積線量群のカテゴリー化

9

表3. 1-2 累積線量分布
(前向き観察)

第1線量群	10未満
第2線量群	10以上20未満
第3線量群	20以上50未満
第4線量群	50以上100未満
第5線量群	100以上

累積線量群 (mSv)	解析対象者		
	人数	割合(%)	平均累積線量 (mSv)
<10	151,782	74.4	1.5
10-	18,171	8.9	14.4
20-	18,696	9.2	31.8
50-	9,172	4.5	70.1
100+	6,083	3.0	163.8
合計	203,904	100.0	13.3
／平均			

注:2009年(平成21年)3月31日までの生死確認調査による。

注:累積線量は、2007年度(平成19年度)までの年度線量の累積値である。

層化抽出

10

コホートのデータを死亡率に影響を与える因子jによって層に分割する。

累積線量群⇒		<10	10-	20-	50-	100+
層	j=1	死亡率 (O/E)				
	2					
	3					
	4					
	5					
統計量 (O/E)						

j= (年齢, 暦年, 居住地域)

年齢 : 5歳刻みで $(85-20)/5=13$ 層

暦年 : 5年刻みで4層

居住地域 : 8層

$13*5*8=416$ 層

層データの統計量

11

- 表に記載された観察死亡数 O 、期待死亡数 E 、 O/E は、層データごとに得た値の統計量である。
 - 期待死亡数 E とは、死亡率が累積線量によらず一定であるとしたときの死亡数。したがって、期待死亡数 E の線量群間比と観察人年の線量群間比は、各層で見れば等しいことになる。

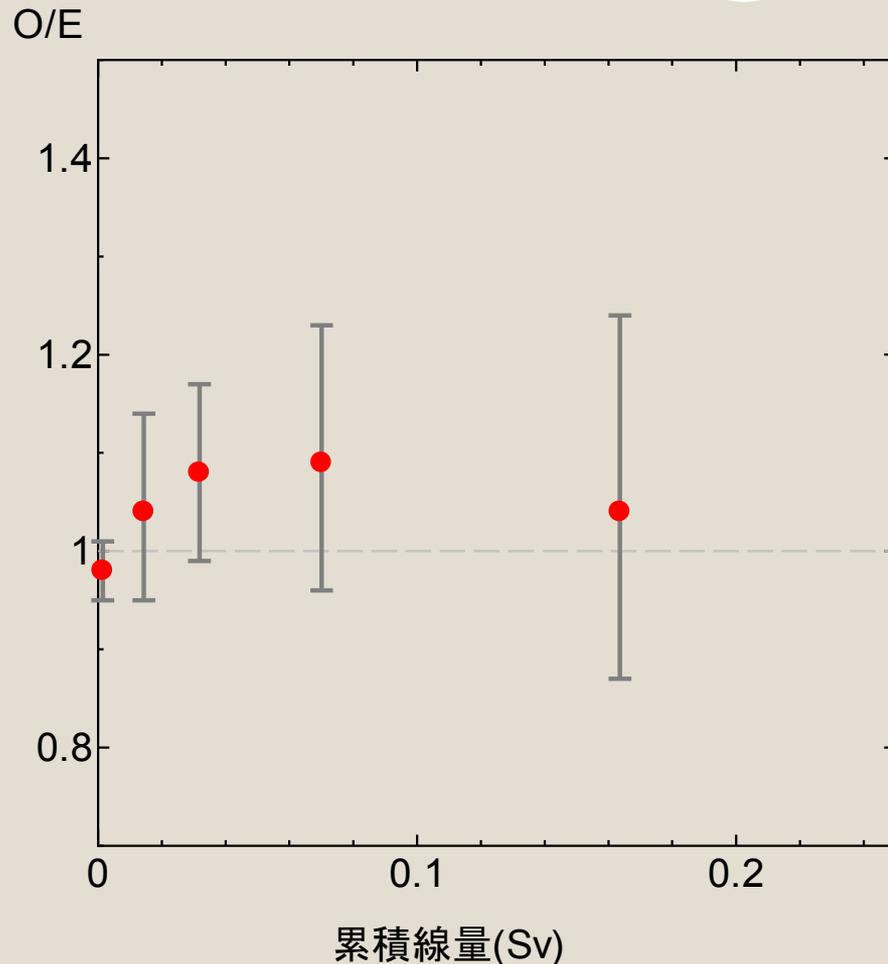
報告書の内部比較（層データは非公開）

表3.4-1 死因別累積線量群別O/E比および傾向性の検定結果(1)
 (前向き観察、最短潜伏期; 白血病2年 その他の新生物10年、年齢、暦年、地域を調整)

死 因	累積線量群 (mSv)					傾向性の 片側検定結果 p値 ^{注1}
	<10	10-	20-	50-	100+	
	観察死亡数 期待死亡数 O/E比 95%信頼区間	観察死亡数 期待死亡数 O/E比 95%信頼区間	観察死亡数 期待死亡数 O/E比 95%信頼区間	観察死亡数 期待死亡数 O/E比 95%信頼区間	観察死亡数 期待死亡数 O/E比 95%信頼区間	
全死因 ^{注2}	10,315 10,515.5 0.98 (0.96 - 1.00)	1,408 1,287.5 1.09 (1.04 - 1.15)	1,434 1,343.6 1.07 (1.01 - 1.12)	639 652.7 0.98 (0.90 - 1.06)	428 424.8 1.01 (0.91 - 1.11)	0.136
非新生物疾患	4,586 4,675.5 0.98 (0.95 - 1.01)	646 568.0 1.14 (1.05 - 1.23)	643 593.4 1.08 (1.00 - 1.17)	255 286.7 0.89 (0.78 - 1.01)	180 186.1 0.97 (0.83 - 1.12)	0.609
全新生物 ^{注3}	3,915 3,987.8 0.98 (0.95 - 1.01)	501 486.0 1.03 (0.94 - 1.13)	532 500.0 1.06 (0.98 - 1.16)	249 230.4 1.08 (0.95 - 1.22)	129 121.8 1.06 (0.88 - 1.26)	0.031
全悪性新生物 ^{注3}	3,822 3,902.6 0.98 (0.95 - 1.01)	494 475.0 1.04 (0.95 - 1.14)	526 488.9 1.08 (0.99 - 1.17)	245 225.3 1.09 (0.96 - 1.23)	124 119.1 1.04 (0.87 - 1.24)	0.032

がんの相対死亡率O/Eのグラフ

13



悪性新生物をがんと表記した。
誤差棒は95%信頼区間。

検定結果

14

- がんに対し、 $p = 0.032$ 。

累積線量とともにがん死亡率が増えることが
統計的に有意になった

- がんの最短潜伏期間を10年としている。
 - 白血病の最短潜伏期間は2年程度である。白血病を除いたがんの検定では、 $p=0.024$ をえている。

がん死亡率の増加（部位別）

15

検定で増加が統計的有意となったがん5部位のp値と死亡数

死因	p 値	死亡数
肺	0.007	1,110
肝臓	0.025	860
食道	0.039	289
非ホジキンリンパ腫	0.028	103
多発性骨髄腫	0.032	31

報告書の結論

16

- 白血病を除くがんの死亡率に、累積線量の増加にともなう有意の増加傾向が認められたが、生活習慣等の交絡による影響の可能性を否定できない。
- 低線量域の放射線ががん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。

この結論は妥当か？

17

明確な証拠は認められなかったという報告書の結論は間違いである。

報告書は検定結果を否定する根拠として、生活習慣についてのアンケート結果（放影協会が実施）を挙げている。それによれば、被曝線量と喫煙者比率の間に有意な相関が見いだされたという。そこで、この影響の程度を算定する。

2006年交絡調査アンケート

18

- 交絡調査アンケートの回答数 45,382人
- 回答率61.7%
 - コホート（203,904人）本体の約4分の1に相当する。
 - 第1次調査アンケート（2,000年）の方法に問題があるので考察から除外した。

「第2次交絡因子調査編」, 放射線影響協会, 2006年1月

アンケート集団の線量群別の喫煙比率

19

	<10	10-	20-	50-	100+
現在喫煙者	0.45	0.49	0.51	0.52	0.55
過去喫煙者	0.32	0.31	0.30	0.30	0.28
非喫煙者	0.23	0.20	0.19	0.18	0.16

喫煙比率による交絡の算定

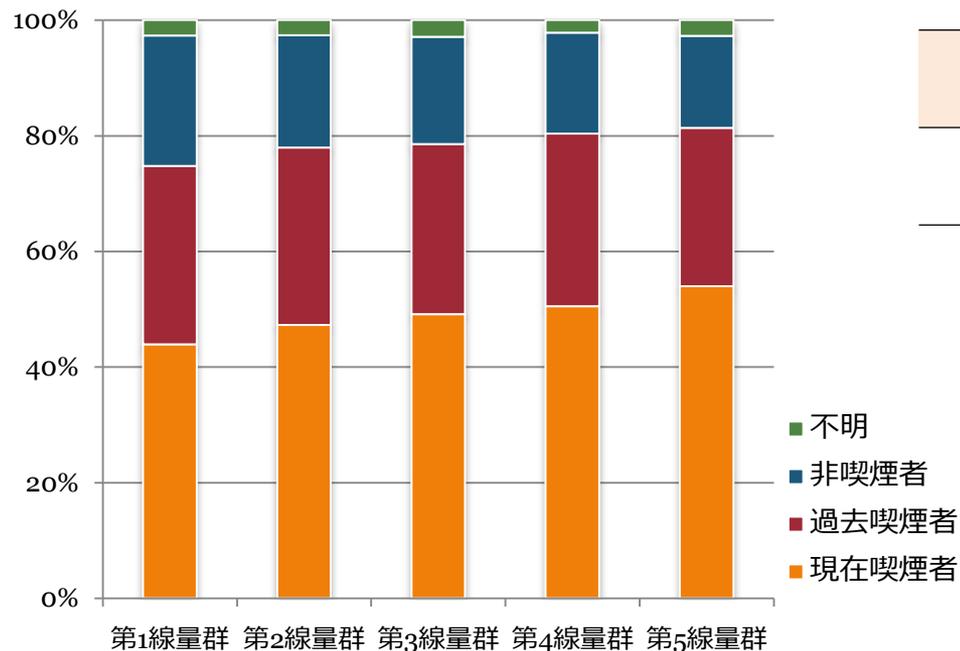
20

線量群別の喫煙比率(アンケート回答)

放影協会アンケート, 2006年

喫煙者のがん死亡相対リスク

国立がん研究センター, 2008年



非喫煙者	現在喫煙者	過去喫煙者
1	1.80	1.84

国立がん研究センターの用いたコホートの年齢属性は、観察開始時で40-79歳で観察期間およそ10年である。これから得たリスク値と国民年齢分布に調整したリスク値が報告されているが、原発労働者には素のリスク値を当てはめるのが妥当と考えた。

第一群に対する相対リスクRR

21

線量群(mSv)	<10	10-	20-	50-	100+
観察RR	1.00	1.06	1.10	1.11	1.06
喫煙交絡RR	1.00	1.02	1.02	1.02	1.03
交絡補正RR	1.00	1.05	1.08	1.09	1.03

交絡補正RR = 1 + 観察RR - 喫煙交絡RR. 第1群(<10mSv)の平均被曝線量は1.5mSvで、これをコントロール群(被曝線量0)とみなした。

第1群に対する過剰相対リスクERR

22

ERR (RR-1)



がん過剰死亡数

23

がん観察死亡数 (>10mSv)		1,389
過剰死亡数	観察	108
	交絡補正	82

補正後の過剰死亡数は82人、喫煙交絡率は 24%

過剰死亡数

24

	観察値	補正值	交絡率
がん	108	82	24%
肺	42	29	31%
肝臓	33	30	10%
食道	21	18	13%

部位別の交絡率は10%~31%

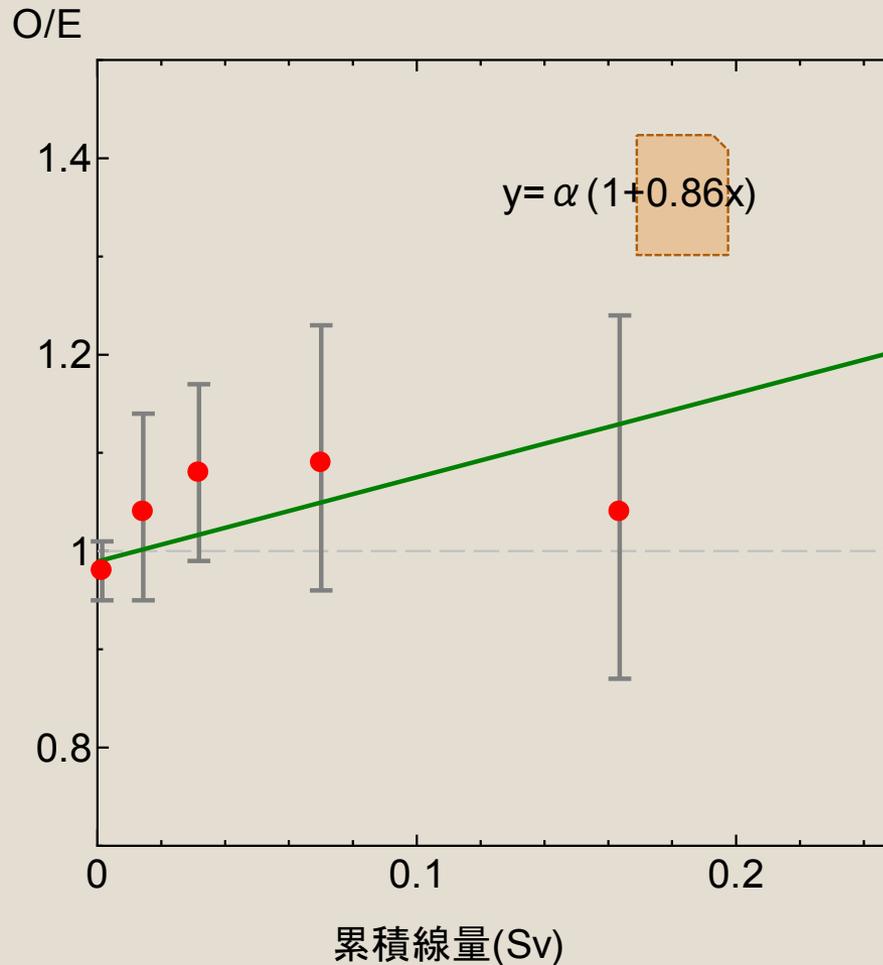
LNTモデルによる喫煙交絡

25

- 次に、LNT(Linear Non-threshold)モデルにより過剰相対リスク (ERR)係数 β (/Sv)を求める。
- 観察値から求めた β と、喫煙交絡を補正し求めた β' を比較し、喫煙交絡の観察値に占める割合を算定する。

がんの β

26



観察ERR係数

$$\beta = 0.86/\text{Sv}$$

期待死亡数Eの重み付けをして回帰直線を求める。

β の交絡補正

27

	観察 (β)	喫煙交絡補正 (β')	交絡率 ($1-\beta'/\beta$)
がん	0.86	0.61	29%
白血病を除くがん	0.93	0.68	27%

補正後 $\beta'=0.61(/Sv)$. LNTモデルで喫煙交絡率は29%。

部位別 β の交絡補正

28

死因	観察 (β)	喫煙交絡補正 (β')	交絡率 ($1-\beta'/\beta$)
がん	0.86	0.61	0.29
白血病を除くがん	0.93	0.68	0.27
肺	2.57	1.90	0.26
肝臓	2.44	2.16	0.11
食道	3.50	2.98	0.15

ここまでのまとめ

29

- 報告書は
 - 傾向検定のp値のみ報告
 - 喫煙交絡は可能性が否定できないという理由で有意な増加を事実上否定している。
- 私たちは
 - 喫煙交絡率は **27%** 程度にすぎないこと、
 - β の観察値が **0.93/Sv**, 喫煙交絡を補正した値 β' が **0.68/Sv** であることを知った。

主な疫学調査の β

30

日本被曝労働者,2010 a	0.93	β	男性、白血病を除くがん
日本被曝労働者 (喫煙者率補正)	0.68	β'	同上
15カ国被曝労働者,2007 b	0.58	(-0.10,1.39,90%CI)	男性90%, 固形がん、カナダ国を除く、 1年以上勤務
上記のうちの日本のみ c	0.92	(-3.81,8.37, 90%CI)	1年以上勤務
原爆被爆者,2012 d	0.31	(0.21,0.42,95%CI)	男性、固形がん、女性はこの β は0.66

- a** 「放射線業務従事者等に係る疫学調査,」放射線影響協会, 2010年3月
- b** E.Cardis et al., Radiation Research 167, 396(2007).
- c** Y.Hosoda et al., J.Health Phys. 32, 173 (1997).
- d** K.Ozasa et al., Radiation Research 177, 229 (2012).

被曝労働者の β は、原爆被爆者の2倍以上。(男性)

調査の予算はエネルギー対策費から

31

(文部科学省、経済産業省及び環境省所管)

6 エネルギー対策特別会計

この会計は、燃料安定供給対策、エネルギー需給構造高度化対策、電源立地対策、電源利用対策及び原子力損害賠償支援対策に関する経理を明確にするため、「特別会計に関する法律」(平19法23。以下「法」という。)第2条第1項第6号の規定により設置されたものであり、エネルギー需給勘定、電源開発促進勘定及び原子力損害賠償支援勘定に区分されている。

「H23決算エネルギー特別会計」、財務省

調査の目的

32

(II) 経費の概要及び事業実績

平成 23 年度における実績の概要は、次のとおりである。

(1) 電源立地対策(実績額 223,260,913 千円)

(イ) 原子力推進及電源立地地域振興経費(実績額 216,051,935 千円)

(a) 電源立地等推進対策委託費(実績額 1,249,820 千円)

(b) 原子力施設等防災対策等委託費(実績額 9,275,656 千円)

(iv) 原子力発電施設等従事者追跡健康調査等委託費

原子力発電施設等における放射線業務従事者が被ばくしている低線量域の放射線が人体に及ぼす影響を明らかにし、**従事者等の放射線に対する不安を取り除くための調査**を実施し、財団法人放射線影響協会に対し 239,714 千円を支出した。

「H23決算エネルギー特別会計」、財務省

労働者の命を守るための調査を

33

放射線の不安を取り除くための調査であるのなら、報告書の結論は最初から決まっている。現行の線量限度で問題ないという根拠を提供している。

超過死亡数の数値からすれば、現行の線量限度を大幅に引き下げるべきである。（1/10ないし1/5）

被曝労働者を**モルモット**に研究を続けてはいけない。

調査は独立性の高い機関に

34

- 放影協会の調査委員会に、電力会社・原発企業からの委員が多数含まれている。
- 文部科学省には厚生労働省のようなCOI（利益衝突）管理指針がないのだろうか。
- 改善策
 - 調査の管轄を厚生労働省に移し、調査予算は労働者保護の費目からとする。
 - 委託先を国立がん研究センターなどに移行するか広げる。

被害者が誰か特定できるか？

35

リスクはあっても小さいと主張する人がいる。82人の死亡数というのは少ないだろうか。

さらなる問題は、10mSv以上の被曝労働者のだれが82人の一人なのか分からないことである。もちろん10mSv未満の労働者にもその不安は払しょくできない。

10mSv以上被曝者のがん死亡数	1,389
10mSv以上の観察過剰死亡数	108
10mSv以上喫煙者率補正後過剰死亡数	82

参考文献

- 「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>
- 「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>
- 「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

参考文献 (続き)

- E.Cardis et al., Radiation Research 167, 396(2007).
- Y.Hosoda et al., J.Health Phys. 32, 173 (1997).
- K.Ozasa et al., Radiation Research 177, 229 (2012).

- 「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
- 「H23決算エネルギー特別会計」, 財務省, https://www.mof.go.jp/budget/budger_workflow/account/fy2011/kessan_23_26.pdf

被曝労働者は労災の認定を求めている

38

全国原発で働いている作業員のみなさんへ

梅田隆亮

福島をはじめ全国原発で働いているみなさん、ご苦労様です。高熱高湿の作業場での仕事は毎日が大変なことでしょう。

わたしは、1979年に島根原発と敦賀原発に、日立プラント建設の孫請けで5人の班長としてはいりました。ところがこの仕事が終わり北九州に帰ってしばらくすると、身体に異常を感じるようになりました。そこでいくつも病院を回ったのですが異常はないというのです。わたしも自分の状況をどう説明したらいいのか弱っていました。たとえば、午前中は仕事場で仕事をしていても昼飯を食べたあと、急に体の力が抜ける、危なくて仕事を続けることができない、午後からは家に帰りたいと申し出る、こんなことがちょくちょく起こりました。調子が悪い、病院に行く、診察の順番が回ってくる頃には普通に帰っている、こんなことが繰り返し続いたのです。身体のこの不調とうまく付き合うしかないと思いました。

文書全文は次のサイトにあります。
<http://koko.matrix.jp/lab/>