

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 期 平成 7 年度 ~ 平成 1 1 年度)

平成 1 2 年 1 2 月

財団法人 放射線影響協会

はじめに

我が国における原子力産業は、原子力利用の研究・開発から始まり、今日まで 40 数年を経た。この間、原子力産業に従事する人々に対する放射線防護の研究は重要な課題として位置づけられ、放射線が生体に及ぼす影響について長年研究が行われてきている。

原子力開発の先進国である米国、英国等では、この分野に関する疫学的データを得るため、かねてより原子力産業従事者の疫学調査が行われている。また、最近では WHO(世界保健機関)の専門機関である国際がん研究機関(IARC)が推進役となって国際共同研究も進められている。しかしながら、低線量域の放射線が人体に与える健康影響については依然として未解明な点が少なくない。

こうした状況のもと、我が国でも平成 2 年に、科学技術庁が低線量域の放射線が人体に与える健康影響について科学的知見を得ることを目的として国内の原子力発電施設等で放射線業務に従事する者の疫学調査を実施することを決定した。

科学技術庁の委託を受けて(財)放射線影響協会は平成 2 年度～平成 6 年度に「原子力発電施設等放射線業務従事者に係る疫学的調査」の第一期調査を実施し、平成 7 年 9 月に科学技術庁は「低線量域の放射線が健康影響、特にがんに影響を及ぼしたとする証拠は見られなかった」との結果を発表した。

引き続き(財)放射線影響協会では、科学技術庁の委託を受けて平成 7 年度～平成 11 年度に第二期調査を実施し、その結果を本報告書としてとりまとめた。

結果としては、「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との明確な証拠は見られなかった」というものであるが、低線量域の放射線が人体に及ぼす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、長期にわたる調査が必要なことはいうまでもない。そのため、今後ともこの放射線疫学調査を継続していくことが望まれる。

最後に、本調査の実施にあたり、専門的立場からご指導、ご助言を頂いた各界の方々、情報提供および調査現場での調査実施体制の構築にご協力、ご尽力頂いた原子力事業関係者の皆様に深く感謝の意を表す。

平成 12 年 12 月

財団法人 放射線影響協会  
理事長 松平寛通

## 目 次

1 . 第 期調査の概要 .....	1
2 . 調査目的 .....	5
3 . 調査体制 .....	7
4 . 調査方法 .....	9
4 . 1 概 要 .....	9
4 . 2 調査集団の設定 .....	9
4 . 3 生死確認調査 .....	10
4 . 3 . 1 住所調査 .....	10
4 . 3 . 2 住民票による生死確認調査 .....	10
4 . 3 . 3 生死確認調査の結果 .....	11
4 . 4 解析対象集団の設定 .....	11
4 . 5 解析対象集団の特性 .....	12
4 . 6 死因の調査 .....	17
4 . 7 被ばく線量の調査 .....	17
5 . 解析手法 .....	19
5 . 1 外部比較 .....	19
5 . 2 内部比較 .....	20
5 . 3 被ばく線量の取扱い .....	20
5 . 4 観察人年の計算 .....	21
5 . 5 潜伏期の取扱い .....	21
6 . 解析結果 .....	23
6 . 1 死因別死亡数 .....	23
6 . 2 外部比較 .....	23
6 . 3 内部比較 .....	25
7 . 考 察 .....	44
7 . 1 解析対象集団について .....	44
7 . 2 解析方法について .....	45
7 . 3 死因の調査結果について .....	46
7 . 4 主要な解析結果について .....	46
7 . 5 諸外国の研究結果について .....	49
7 . 6 考察のまとめ .....	50
8 . 総合評価 .....	51
9 . 今後の課題 .....	52
・参考文献 .....	54
補遺 - 1 全解析対象集団の内部比較解析 .....	57
補遺 - 2 全解析対象集団の後ろ向きバイアスの検討 .....	64
補遺 - 3 放射線業務従事者の住所地を調整した解析 .....	66
補遺 - 4 ( 1 ) 本報告書で用いた用語の解説 .....	82
( 2 ) 委員会名簿 .....	90

## 1. 第 期調査の概要

### 1.1 調査目的

この疫学調査は、原子力発電施設等で従事する放射線業務従事者（以下「放射線業務従事者」という）を対象とした放射線疫学調査であり、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。

### 1.2 調査方法

この疫学調査は（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」という）に登録された放射線業務従事者を対象とする追跡調査であり、生死を確認する調査と、死因を確認する調査を行った。

1990年度（平成2年度）～1994年度（平成6年度）の調査期間に行われた第 期調査は、過去にさかのぼって生死を確認するいわゆる「後向き追跡調査」であった。

1995年度（平成7年度）～1999年度（平成11年度）を調査期間とする第 期調査では、第 期調査において生存が確認されていた者を追跡して生死を確認するいわゆる「前向き追跡調査」と、新たに調査対象として追加された者についての「後向き追跡調査」を行っている。

調査集団は、1995年（平成7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一定要件に該当する約24万4千人とした。

調査対象者の生死確認は、中央登録センターから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を入手して、その後、これらの者について原子力事業者等の協力を得て住所情報を調査し、当該住所地区市区町村長から住民票等を取得することによって把握した。住所不詳や除票保存期間（5年間）切れにより生死を確認できなかった者は解析対象から除いた。

解析対象集団は、1999年（平成11年）3月末までに生死の確認ができた約17万6千人（男性）を「全解析対象集団」とし、そのうち第 期調査で生存が確認され、第 期調査期間に行った前向き追跡調査で生死が確認された約11万9千人を「前向き解析対象集団」とした。

生死確認調査で死亡が確認された者について、厚生省の人口動態調査死亡票の磁気テープ転写分（1986年（昭和61年）～1997年（平成9年））と照合することにより、死因を調査した。

調査対象者の被ばく線量は、中央登録センターに登録された放射線業務従事者の実効線量当量を用いた。

### 1.3 解析方法

放射線業務による被ばくと死亡率との関連を検討するために、上記の2つの解析対象集団について、以下に述べる外部比較と内部比較をそれぞれ行った。全体の観察期間を1990

年（平成 2 年）および 1995 年（平成 7 年）を区切りとして 3 期間に分け、年齢階級は 20 歳～85 歳未満を 5 歳階級に分けて層別化した。また、放射線による発がんの潜伏期（白血病は 2 年、その他の新生物は 10 年）を考慮した解析と考慮しない解析の両方を行った。

外部比較では、解析対象集団の死亡率が年齢階級別、暦年期間別の日本人男性の死亡率と同率であるとして期待死亡数を求め、観察死亡数と期待死亡数の比（標準化死亡比：SMR）を求め、統計学的有意性の検定を行った。

内部比較では、解析対象集団を累積線量 10、20、50、100mSv を区切りとする 5 群に分類し、累積線量群別の観察死亡数と期待死亡数の比（O/E 比）が累積線量とともに増加する有意な傾向性があるか否かについて統計学的有意性の検定を行った（p 値が 0.05 未満の場合に有意であると判断した）。この場合の期待死亡数は、累積線量群別の死亡率が解析対象集団の年齢階級別、暦年期間別の死亡率と同率であるとして求めた。

また、補完的に解析対象者の住所地に基づき国内を 8 地域に分けて調整した解析も行った。

#### 1.4 解析対象集団の特性

全解析対象集団 175,939 人の一人当たりの平均観察期間は約 7.9 年であった。出生年の最頻値は 1950 年代であった。一人当たりの平均累積線量は約 12mSv、総集団線量は約 2,109 人・Sv であった。また、死亡数は 5,527 人、このうち死因が悪性新生物のものは 2,138 人であった。

前向き解析対象集団 119,484 人の一人当たりの平均観察期間は約 4.5 年であった。出生年の最頻値は 1950 年代であった。一人当たりの平均累積線量は約 15mSv、総集団線量は約 1,826 人・Sv であった。また、死亡数は 2,934 人、このうち死因が悪性新生物のものは 1,191 人であった。

#### 1.5 解析結果

##### (1) 外部比較結果

潜伏期を考慮しない場合の全死因、非新生物および全悪性新生物による死亡の SMR は、全解析対象集団では各々 0.90、0.80 および 0.94、前向き解析対象集団では各々 0.94、0.86 および 0.98 であり、前向き解析対象集団の全悪性新生物以外の SMR はすべて有意に 1 を下回っていた。

一方、白血病を含む部位別の悪性新生物の SMR については、全解析対象集団、前向き解析対象集団とも、潜伏期を考慮するしないにかかわらず、胃がん（全解析対象集団、潜伏期を考慮しない場合、SMR = 0.89）を除き、1 と有意に異なるものはなかった。

##### (2) 内部比較結果

後向き追跡調査の期間を含む全解析対象集団は、前向き解析対象集団に比べ生死確認

の割合が低いことから、死亡の把握漏れによるバイアスが含まれている可能性が高いと推測されたため、内部比較は主として前向き解析対象集団に対して行った。

全死亡率は累積線量とともに増加する有意な傾向性を示したが、その原因は主として外因死（ $p$  値 = 0.000）にあると認められた。白血病の死亡率には有意な傾向性は認められなかった（ $p$  値 = 0.453）。白血病を除く全悪性新生物の死亡率では有意な傾向性は認められなかったが（ $p$  値 = 0.095）、潜伏期を考慮すると有意な傾向性を示した（ $p$  値 = 0.033）。食道、胃および直腸の悪性新生物の死亡率は有意な傾向性を示した（食道： $p$  値 = 0.001、胃： $p$  値 = 0.006、直腸： $p$  値 = 0.031）。潜伏期を考慮しても食道、胃および直腸の悪性新生物の死亡率は、同様に有意な傾向性を示した。

## 1.6 考察

以下に主要な解析結果の考察をまとめる。

### （1）外部比較

放射線業務従事者の全死因および非新生物の死亡率は日本人男性の死亡率と比べて有意に低く、これは主に健康労働者効果によるものと考えられる。この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日本人男性の死亡率と比べて有意な増加は見られなかった。また、白血病を含め部位別にみても、日本人男性の死亡率と比べて有意に増加している悪性新生物はなかった。

したがって、日本人男性と比べて、この集団の悪性新生物による死亡率は高くなかった。

### （2）内部比較

白血病については、累積線量とともに増加する有意な傾向性は認められなかった。白血病を除く全悪性新生物については、前向き解析対象集団で潜伏期を考慮した場合には、累積線量とともに増加する有意な傾向性を示したが、これは、食道、胃および直腸の悪性新生物の死亡率が累積線量とともに有意に増加していることが反映されたことによるものである。潜伏期を考慮しない場合、並びに全解析対象集団や、住所地を調整した解析ではいずれも有意な傾向性は認められなかった。

部位別の結果では、食道、胃および直腸の悪性新生物の死亡率が累積線量とともに増加する有意な傾向性を示した。ただし、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胃および直腸の悪性新生物の傾向性は有意ではなかった。上記 3 部位以外の部位の悪性新生物には有意な傾向性は認められなかった。第 1 期調査で有意な傾向性が認められていた膵臓がん（潜伏期を考慮した場合）も、第 2 期調査では有意な傾向性は認められなかった。これら部位別の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、さらに未だ観察期間が短いことについて注意しなければ

ばならない。

また、多発性骨髄腫は住所地を調整した解析（前向き解析対象集団で潜伏期を考慮しない場合）で有意な傾向性を示した。しかし、症例数が極めて少ないので、放射線との関係を論じる段階にはない。

外因死の死亡率は日本人男性と比べて有意な増加は見られなかったものの、累積線量とともに増加する有意な傾向性が認められた。外因死と放射線との関連についての疫学的知見が乏しいこと、また、外因死について考察する上で必要な情報が無いことから、詳細な考察を行うことは出来なかった。

#### 1.7 評価

今回の解析結果では、全悪性新生物の死亡率については日本人男性と比べて増加は認められず、また白血病を含め部位別の死亡率についても同様に増加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については、累積線量とともに増加する明確な傾向性は認められなかった。また、一部の消化管の悪性新生物と外因死の死亡率は累積線量とともに増加する有意な傾向性を示したが、白血病を含めその他の部位の悪性新生物にはそのような傾向性は認められなかった。

一部の消化管の悪性新生物に見られた累積線量との有意な関連については、発がんに関係を有する生活習慣等の交絡因子の影響等の可能性を考慮する必要があること、さらに従来報告されている原爆被爆者や海外の原子力産業従事者に関する疫学調査の知見と必ずしも整合性がないことから、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。

以上のことを総合して評価すると、第 期調査の結果では、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との明確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、長期にわたる観察が必要であるので、今後ともこの疫学調査を継続するとともに、交絡因子の影響等についても調査検討が必要である。

## 2. 調査目的

我が国の原子力産業は、1956年（昭和31年）から開始された研究・開発、1966年（昭和41年）から開始された商業用原子力発電およびそれに伴う核燃料加工等に分類される。

これらの原子力事業所所在地を表2.1に示す。また、これらの原子力事業所で働く放射線業務従事者は、1995年（平成7年）3月末には累計約30万人に達している。

科学技術庁は、低線量域の放射線が人体に与える健康影響について科学的知見を得ることを目的として、放射線業務従事者に対する疫学調査を1990年（平成2年）12月から開始した。科学技術庁から委託を受けた（財）放射線影響協会（以下「協会」という）は、1990年度（平成2年度）～1994年度（平成6年度）に第1期調査を実施し、科学技術庁にその調査結果を報告<sup>1)</sup>するとともに、主要調査結果を学術専門誌に公表した<sup>2)</sup>。

しかしながら、第1期調査では、観察期間が短く調査対象者数・観察死亡数が少ないこと、および過去にさかのぼって死亡を調べたために、生死の把握に限界があったこと等の問題点があるとされた。放射線疫学調査の信頼性を一層向上させるためには、第1期調査において生存が確認された集団を継続して追跡調査を行うとともに、調査対象者数の規模を拡大すること、喫煙等の生活習慣や医療被ばく等の要因（交絡因子）の影響を検討することおよび悪性新生物でも治癒率の高いがんが最近増加しつつあることを考慮して罹患状況を把握することを検討する必要があるとされた。

このような背景のもと、協会は第1期調査に引き続き、科学技術庁から委託を受けて1995年度（平成7年度）～1999年度（平成11年度）に第2期調査を実施した。第2期調査では、第1期調査に引き続いて死亡調査を行ったほか、新たに交絡因子調査の実施と、罹患調査の実行可能性についての調査と検討を行った。死亡調査では、放射線業務従事者の悪性新生物、非新生物等による死亡率が日本人男性の死亡率と異なるか否かを検討するとともに、放射線業務による被ばくと悪性新生物、非新生物等による死亡率との関連の有無を検討した。



表 2.1 我が国の原子力事業者

(放射線従事者中央登録管理制度登録事業者)

事業の種類	事業者名	原子力事業所所在地(県)
原子力 研究・開発	日本原子力研究所	茨城県、青森県
	核燃料サイクル開発機構	茨城県、岡山県、福井県
商業用 原子力発電	北海道電力株式会社	北海道
	東北電力株式会社	宮城県
	東京電力株式会社	福島県、新潟県
	中部電力株式会社	静岡県
	北陸電力株式会社	石川県
	関西電力株式会社	福井県
	中国電力株式会社	島根県
	四国電力株式会社	愛媛県
	九州電力株式会社	佐賀県、鹿児島県
	日本原子力発電株式会社	茨城県、福井県
燃料加工 ・その他	原子燃料工業株式会社	茨城県、大阪府
	住友金属鉱山株式会社	茨城県
	日本ニュークリア・フュエル株式会社	神奈川県
	三菱原子燃料株式会社	茨城県
	株式会社ジェー・シー・オー	茨城県
	日本原燃株式会社	青森県

(1999年(平成11年)3月末時点)

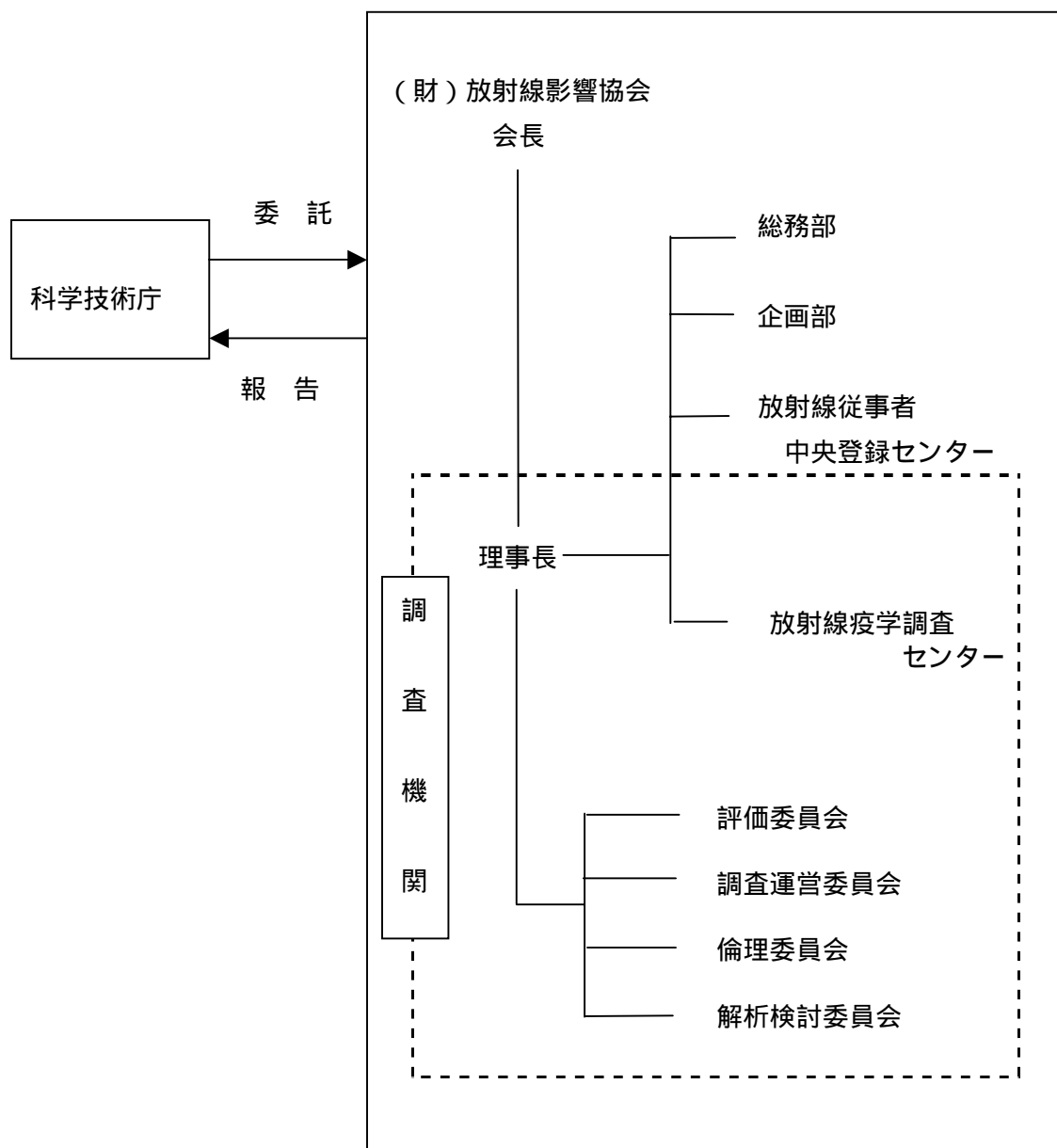
### 3 . 調査体制

この疫学調査は、科学技術庁からの委託により（財）放射線影響協会放射線疫学調査センターが実施した。「放射線疫学調査の調査体制」を図 3.1 に示す。協会に外部からの学識経験者等により構成される評価委員会、調査運営委員会、倫理委員会、解析検討委員会を設置し、この疫学調査が適正かつ効率的に進められるよう各委員会において検討・審議を行った。

この疫学調査では、放射線業務従事者の氏名、生年月日、住所、被ばく線量等の個人情報を取扱うこととなるため、調査の実施にあたり、科学技術庁は、「行政機関の保有する電子計算機処理に係る個人情報の保護に関する法律」（昭和 63 年法律第 95 号）に基づき、総務庁長官に対して個人情報ファイルを保有することを通知した。また、総務庁長官はこれを受けて必要事項を官報で告示<sup>3)</sup>した。

協会では、法律専門家等の学識経験者で構成する倫理委員会において、調査開始時および随時に調査方法、個人情報ファイルの内容およびその取扱い等について倫理的妥当性の審議を行った。さらに、協会内において秘密保持規程を整備し、個人情報に係る資料・データの安全確保に努めるとともに、併せて個人情報取扱者の範囲を限定して守秘義務を課すなどの措置を講じ、個人情報の保護に努めた。

図3.1 放射線疫学調査の調査体制



## 4. 調査方法

### 4.1 概要

この疫学調査は中央登録センターに登録された放射線業務従事者を対象とする追跡調査であり、生死を確認する調査と、死因を確認する調査を行った。

1990年度(平成2年度)～1994年度(平成6年度)の調査期間に行われた第一期調査は、過去にさかのぼって生死を確認するいわゆる「後向き追跡調査」であった。

1995年度(平成7年度)～1999年度(平成11年度)を調査期間とする第二期調査では、第一期調査において生存が確認されていた者を追跡して生死を確認するいわゆる「前向き追跡調査」と、新たに調査対象として追加された者についての「後向き追跡調査」を行っている。

調査集団は、1995年(平成7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(中央登録集団)のうち、被ばく線量記録がある等一定要件に該当する約24万4千人とした。

調査対象者の生死確認は、中央登録センターから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を入手し、その後、これらの者について原子力事業者等の協力を得て住所情報を調査して(住所調査)、当該住所地市区町村長から住民票等を取得することによって把握した(住民票による生死確認調査)。住所不詳や除票保存期間(5年間)切れにより生死を確認できなかった者は解析対象から除いた。

解析対象集団は、1999年(平成11年)3月末までに生死の確認ができた約17万6千人(男性)を「全解析対象集団」とし、そのうち第一期調査で生存が確認され、第二期調査期間に行った前向き追跡調査で生死が確認された約11万9千人を「前向き解析対象集団」とした。

中央登録集団から解析対象集団を得るまでの流れおよび相互関係等を図4.1に示す。

死亡者の原死因は、死亡が確認された者について厚生省の人口動態調査死亡票の磁気テープ転写分(1986年(昭和61年)～1997年(平成9年))と照合することにより情報を得た。

また、解析に必要な調査対象者の被ばく線量情報は、実効線量当量であり、その情報は中央登録センターから入手した。

### 4.2 調査集団の設定

放射線業務従事者に対する「被ばく線量登録管理制度」発足以降、1995年(平成7年)3月末までに中央登録センターに登録された者は累計約30万人である。

第一期調査では、1989年(平成元年)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について調査を行った。

第二期調査では、第一期調査の対象者に加え、1989年(平成元年)4月から1995年(平

成 7 年)3 月末までに中央登録センターへ新たに登録された放射線業務従事者、並びに第 1 期調査では調査の対象にしなかった 1989 年(平成元年)3 月末までに中央登録センターに登録された核燃料加工事業所のみに従事した放射線業務従事者および女性の放射線業務従事者を新たに調査対象に含めて、調査対象者数の規模を拡大した。

これにより、1995 年(平成 7 年)3 月末までに中央登録センターに登録された累計登録者の中から下記に該当する者を除外した 243,740 人(男性:241,705 人、女性:2,035 人)を対象者とする調査集団が設定された(図 4.1 を参照)。

(1) 中央登録センターに登録されたが放射線業務に従事しなかった者

理由:放射線業務に従事した者を調査対象としているため。

(2) 日本国籍を有しない者

理由:外国籍の者は住民票による生死確認調査ができないため。

なお、調査集団全体の中で、第 1 期調査において生存が確認されていた 119,849 人(男性)を対象に、第 II 期調査ではその後の生死を確認する前向きを追跡調査も行った。

#### 4.3 生死確認調査

##### 4.3.1 住所調査

第 1 期調査で新たに調査対象に加えた者については、登録者氏名、生年月日、性別、放射線従事者中央登録番号および最近従事した事業所名等の情報を中央登録センターから入手した。これらの情報をもとに、原子力事業者等の協力を得て、調査対象者が従事していた原子力事業所に保管されている書類に記載された住所情報を調査した。

##### 4.3.2 住民票による生死確認調査

第 1 期調査で新たに調査対象に加えた者については、住所調査で得られた住所地の市区町村長に対し、住民基本台帳法(昭和 42 年法律第 82 号)に基づいて住民票または除票の写しの交付を請求して生死の確認を行った。また、第 1 期調査において生存が確認されていた者についても、住民票に記載された住所地の市区町村長に対し、住民票または除票の写しの交付を請求して生死の確認を行った(前向き追跡調査)。

生死の確認は、住民票または除票の写しの交付に基づいて行い、原則として、住民票または転出除票の写しが交付された者を生存と判断し、死亡除票が交付された者を死亡と判断した。

なお、除票の保存期間は、住民基本台帳法施行令第 34 条により消除された日から 5 年間で定められている。したがって、保存期間を過ぎた死亡除票や転出除票は入手不可能である。

#### 4.3.3 生死確認調査の結果

調査集団 243,740 人（うち、男性は 241,705 人）のうち、1999 年（平成 11 年）3 月 31 日までに 73.4%（男性では 73.6%）の 178,844 人（うち、男性は 177,896 人）の生死が確認された。なお、調査集団のうち第 1 期調査において生存が確認されていた 119,849 人（男性）の第 II 期調査における生死確認は前向きを追跡調査であり、1999 年（平成 11 年）3 月 31 日までに 119,498 人（99.7%）の生死が確認された。（図 4.1 を参照）

調査集団について累積線量群別に生死を確認できた者の割合を表 4.3 - 1 に示す。これによれば、累積線量が多い群ほど生死を確認できた者の割合が高く、累積線量が少ない群ほどその割合は低い傾向にあった。一方、表 4.3 - 2 に示すように、前向きに追跡した場合には、累積線量群間で生死を確認できた割合には殆ど差異がなく 99.7%であった。

住民票または除票の写しによる生死確認ができなかった理由は、住所情報が得られなかったこと、あるいは住所情報が不正確であったため住民票または除票の写しが得られなかったこと等のためである。なお、女性は調査対象者 2,035 人中、生死が確認された者は 948 人（46.6%）と低い割合にとどまったが、これは結婚等により姓を変更した等の理由が加わったことによるものと推測される。

#### 4.4 解析対象集団の設定

第 1 期調査においては、下記の全解析対象集団および前向き解析対象集団の 2 つの解析対象集団を設定した（図 4.1 を参照）。

##### （1）全解析対象集団

「4.3.3 生死確認調査の結果」で述べたように、1999 年（平成 11 年）3 月 31 日までに住民票または除票の写しが交付され、生死の確認ができた者は 178,844 人（男女）であったが、下記に該当する者を除外した 175,939 人（男性）を全解析対象集団とした。

1）転出日または死亡日が除票の写しの交付日から 5 年さかのぼった日付よりも古い者（1,860 人）

理由：除票の保存期間は 5 年間と定められているが、交付日より 5 年以前に消除された住民票についても、除票が交付されたものがあつたため。

2）個人の観察期間にわたって、年齢が 20 歳未満の者および 85 歳以上の者（97 人）

理由：人口動態統計では年齢 5 歳階級別死因別死亡数が記載されており、18 歳～19 歳の死亡数が得られないため、外部比較の際の標準死亡率が求められない。

また、85 歳以上の死亡では死亡診断書の正確性に問題のあることが少なくないことを考慮したため。

3）女性（948 人）

理由：少数であるため信頼性のある統計学的解析結果が得られないと判断したため。ただし、死亡者の死因調査は実施した。

## (2) 前向き解析対象集団

第 期調査は、住民票または除票の交付日から過去にさかのぼって死亡を解析した後向き追跡調査であり、調査集団の中で生死を確認できた割合も比較的低い値にとどまった。後向き追跡調査では、調査対象者の生死を確認できる割合が調査対象者の放射線業務に関する就労状況や原子力事業所における住所情報記載書類の保管の有無などに依存する可能性があり、調査結果の信頼性が前向き調査より劣る場合も少なくない。第 期調査において生存が確認されていた者については、第 期調査において前向きに追跡調査を行い生死の情報を蓄積した。

前向きに追跡した調査対象者(119,849人)については、1999年(平成11年)3月31日までに119,498人(99.7%)の生死が確認された。このうち、観察開始時点で85歳以上となっている者14人を除いた119,484人を前向き解析対象集団とした。

## 4.5 解析対象集団の特性

### (1) 全解析対象集団

全解析対象集団は175,939人であり、一人当たりの平均観察期間は約7.9年であった。

累積線量分布を表4.5-1に示す。一人当たりの平均累積線量は約12mSv、総集団線量は約2,109人・Svであった。

出生年分布を表4.5-2に示す。出生年の最頻値は1950年代であった。累積線量群別の出生年分布を図4.5-1に示す。

### (2) 前向き解析対象集団

前向き解析対象集団は119,484人であり、一人当たりの平均観察期間は約4.5年であった。累積線量分布を表4.5-1に示す。一人当たりの平均累積線量は約15mSv、総集団線量は約1,826人・Svであった。

出生年分布を表4.5-2に示す。出生年の最頻値は1950年代であった。累積線量群別の出生年分布を図4.5-1に示す。

前向き解析対象集団は、全解析対象集団に比べ平均年齢が約3歳高いこと、一人当たりの平均観察期間が全解析対象集団では約7.9年であるのに対し、前向き解析対象集団では約4.5年であること等の差異がある。

図 4 . 1 放射線疫学調査集団について

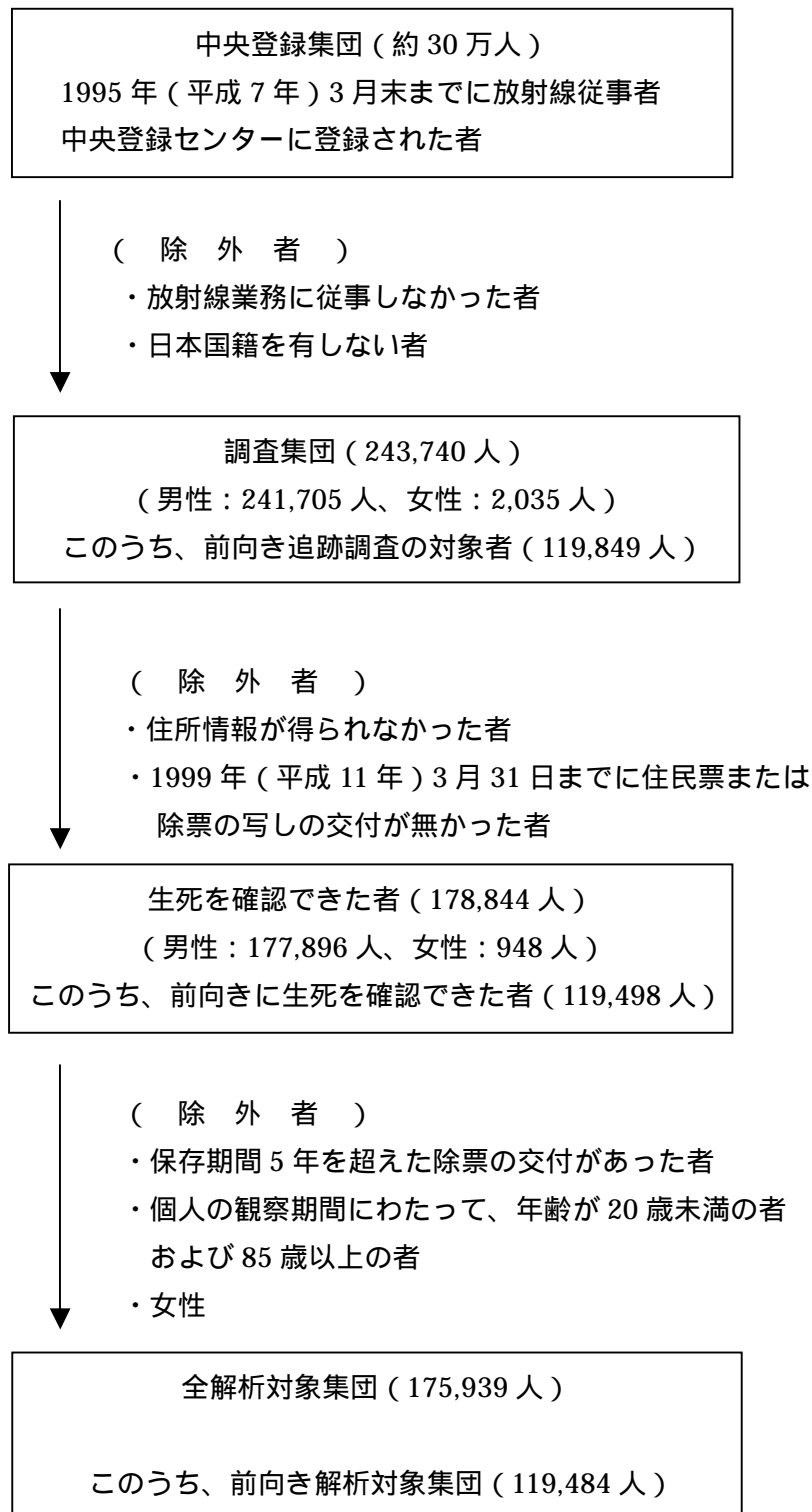




表4. 3-1 累積線量群別 調査集団の生死確認割合

累積線量群 (mSv)	調査集団(人) (A)	生死確認者(人) (B)	割合 B/A (%)
<10	193,167	134,317	69.5
10-	19,911	16,487	82.8
20-	18,488	16,441	88.9
50-	7,884	7,424	94.2
100+	4,290	4,175	97.3
合計/平均	243,740	178,844	73.4

表4. 3-2 累積線量群別 前向きに追跡した者<sup>(注)</sup>の生死確認割合

累積線量群 (mSv)	前向きに 追跡した者(人) (A)	生死確認者(人) (B)	割合 B/A(%)
<10	83,452	83,233	99.7
10-	12,482	12,422	99.5
20-	13,237	13,197	99.7
50-	6,663	6,641	99.7
100+	4,015	4,005	99.8
合計/平均	119,849	119,498	99.7

(注:前向きに追跡した者;調査集団のうち第I期調査で生存が確認されていた者)

表4. 5-1 解析対象集団の累積線量分布

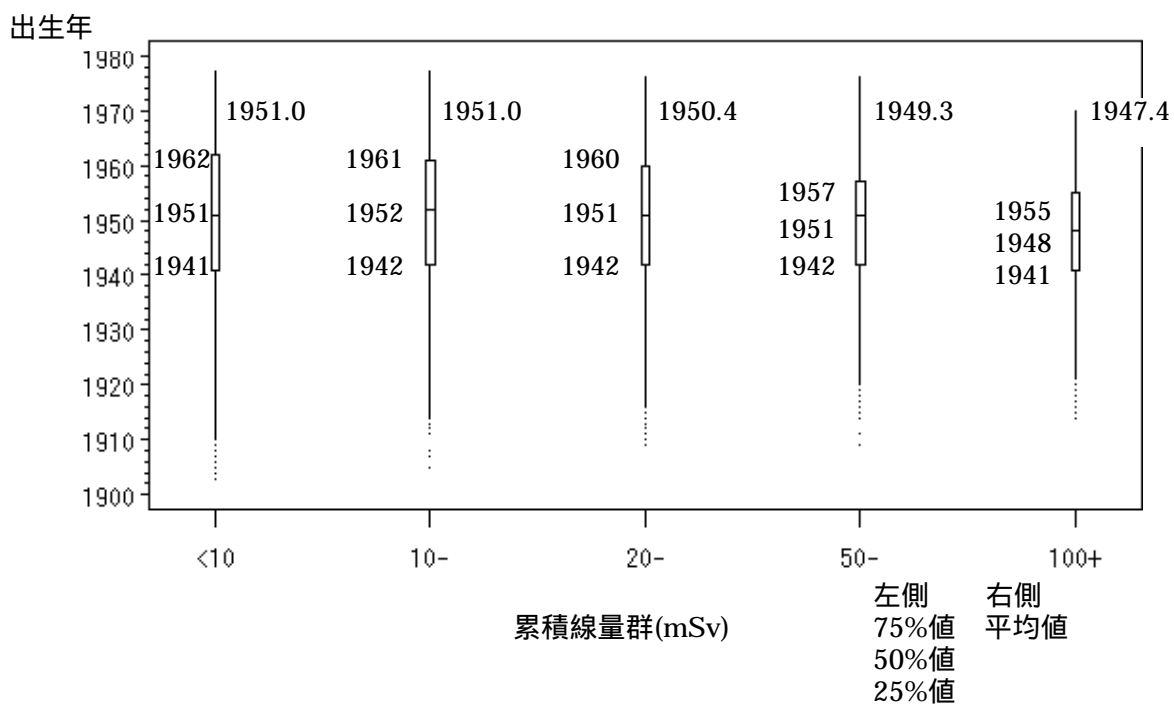
累積線量群 (mSv)	全解析対象集団			前向き解析対象集団		
	人数	割合 (%)	平均累積線量 (mSv)	人数	割合 (%)	平均累積線量 (mSv)
<10	131,809	74.9	1.6	83,220	69.6	1.7
10-	16,309	9.3	14.3	12,421	10.4	14.4
20-	16,270	9.2	31.6	13,197	11.0	31.9
50-	7,390	4.2	69.8	6,641	5.6	70.2
100+	4,161	2.4	154.0	4,005	3.4	154.7
合計	175,939	100.0	12.0	119,484	100.0	15.3

表4. 5-2 解析対象集団の出生年分布

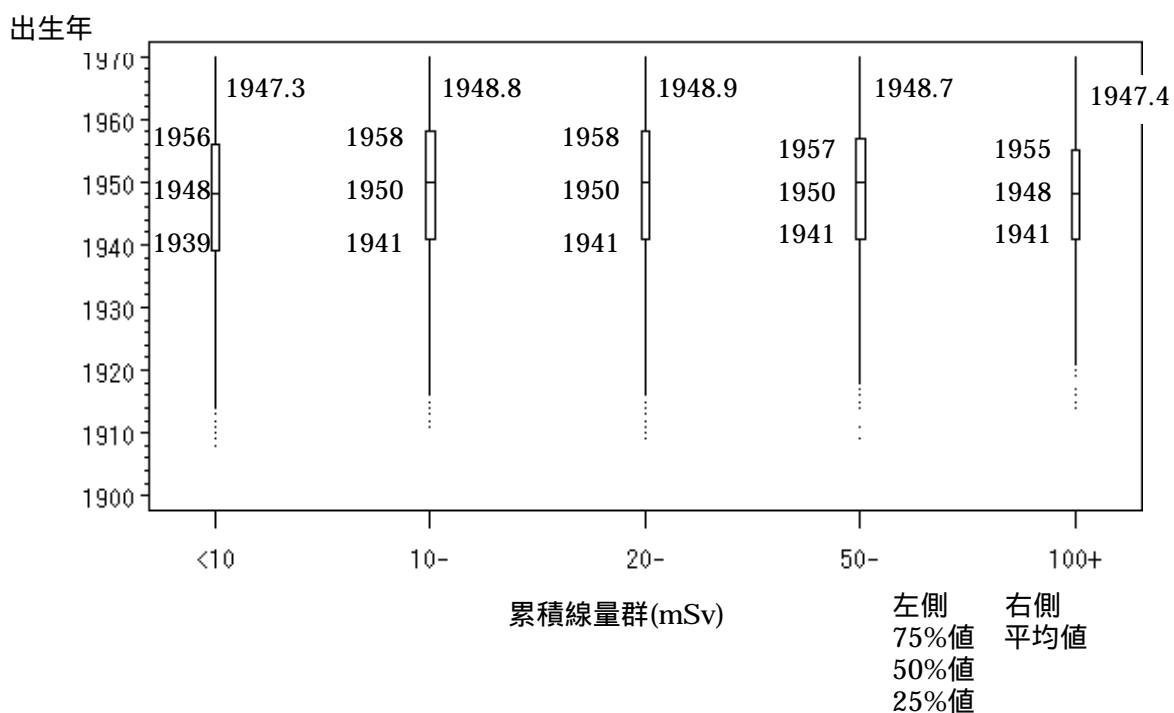
出生年	全解析対象集団		前向き解析対象集団	
	人数	割合 (%)	人数	割合 (%)
-1919	1,300	0.7	1,055	0.9
1920-1929	9,078	5.2	7,936	6.6
1930-1939	26,105	14.8	20,661	17.3
1940-1949	42,775	24.3	33,171	27.8
1950-1959	46,962	26.7	35,753	29.9
1960-1969	36,745	20.9	20,681	17.3
1970-1979	12,974	7.4	227	0.2
合計	175,939	100.0	119,484	100.0

図4.5-1 累積線量群別出生年分布

1. 全解析対象集団 (N=175,939)



2. 前向き解析対象集団 (N=119,484)



#### 4.6 死因の調査

生死確認調査で確認した死亡者の原死因は、統計法（昭和 22 年法律第 18 号）に基づき総務庁長官の承認を得て、厚生省の人口動態調査死亡票の磁気テープ転写分（以下「死亡テープ」という）を用いて調査した。入手した死亡テープの内容は、1986 年（昭和 61 年）から 1997 年（平成 9 年）の間に全国で死亡した 20 歳以上の男女の生年月日、死亡年月日、死亡時住所コードおよび原死因である。

原死因については、死亡年が 1994 年（平成 6 年）までは、第 9 回修正国際疾病傷害死因分類（以下「ICD-9」という）を基本とした死因基本分類表<sup>4)</sup>による死因および死因基本分類表をもとに作成された死因簡単分類表<sup>4)</sup>による死因を用いた。

また、1995 年（平成 7 年）以降の死亡については第 10 回修正国際疾病傷害死因分類（以下「ICD-10」という）を基本とした死因基本分類表<sup>5)</sup>による死因および死因基本分類表をもとに作成された死因簡単分類表<sup>5)</sup>による死因を用いた。

生死確認調査で確認した死亡者の原死因を得るために、死亡テープから性別、生年月日、死亡年月日および死亡時住所コードがその死亡者と一致する者を選び、その者の原死因を生死確認調査で確認した死亡者の死因とした。

全解析対象集団 175,939 人のうち、生死確認調査で確認した死亡者 5,527 人を死亡テープと照合した結果、5,494 人（99.4%）の死因が判明した。また、前向き解析対象集団 119,484 人のうち、生死確認調査で確認した死亡者 2,934 人については 2,917 人（99.4%）の死因が判明した。生死を確認できた女性 948 人のうちの死亡者 6 人についても同様に死因を調査し、6 人の死因が判明した。

なお、前述したように 1995 年（平成 7 年）から死因統計に ICD-10 が適用されたほか、死亡診断書の記載方法が変更され、原死因選択ルールが改正されている。このため、平成 7 年人口動態統計によれば、年次推移を観察する場合には留意する必要があるとされている<sup>6)</sup>。1995 年（平成 7 年）の死亡診断書の記載方法の変更と原死因選択ルールの改正は全国統一的に適用されていることから、調査に用いた原死因はすべて同程度の影響を受けていると考えられ、比較検討を行う上で特に問題があるとは考えられない。

#### 4.7 被ばく線量の調査

この疫学調査に用いた被ばく線量は、調査の対象となった個人ごとの 1957 年度（昭和 32 年度）～1997 年度（平成 9 年度）の年度単位の線量記録である。この線量記録は、各原子力事業者が放射線管理のために記録し、年度ごとに中央登録センターに登録したものである。

中央登録センターは、放射線業務従事者の被ばく線量記録の一元的登録管理を行うために 1977 年度（昭和 52 年度）に設立された。この登録制度では、放射線業務従事者が複数の原子力事業所で放射線業務に従事した場合でも、その線量記録が重複したり、脱落する

ことはない。また、登録業務が開始される以前の線量記録についても、各原子力事業者から中央登録センターに登録されている。

なお、ある放射線業務従事者が同一年度に複数の原子力事業所において放射線業務に従事した場合、その線量記録は、合算して個人の実効線量当量（単位は mSv）として中央登録センターから提供された。

放射線疫学調査に使用する被ばく線量記録は長期間にわたっており、この間に放射線量の概念や放射線量単位の経年的変遷、線量測定・評価等の技術進歩および各原子力事業所による測定方法の違いなどが認められる。このため、過去の個人線量測定記録を疫学調査に用いることへの妥当性、測定値の信頼性を評価する必要があるとされており、第 1 期調査では協会内に線量評価専門委員会を設けて評価・検討した<sup>7) 8)</sup>。第 2 期調査においても同様に、中央登録センターから提供を受けた線量記録を、この疫学調査に用いることの妥当性について、原子力事業所における被ばく管理の実態、被ばく線量の測定・評価技術等の諸条件を調査のうえ検討・評価した結果、線量記録の妥当性、整合性は十分に確保されていることを確認した。

## 5 . 解析手法

この疫学調査では、放射線業務従事者集団において放射線による健康影響が見られるとすれば、解析対象集団の悪性新生物の死亡率は日本人男性のそれより高くなり、かつその集団内部の悪性新生物の死亡率は累積線量とともに増加するものとの考え方に立って解析を行った。

このため、全解析対象集団と前向き解析対象集団の2つの集団について、日本人男性の死因別死亡率と比較する外部比較と、解析の対象集団を累積線量で群別した上で群ごとの死因別死亡率を比較する内部比較をそれぞれ行った。これらの解析手法および観察期間等の取扱いについて以下に示す。なお、解析プログラムには EPICURE 等を用いた<sup>9)</sup>。

### 5 . 1 外部比較

外部比較では放射線業務従事者と日本人男性との死因別死亡率を比較し、放射線業務従事者の悪性新生物（主に白血病、その他の悪性新生物）および非新生物の死亡率が日本人男性と異なるか否かを検討した。なお、参考のために部位別の悪性新生物の死亡率解析も併せて行った。

また、第I期調査の外部比較では、全死因、非新生物、全新生物、悪性新生物および白血病を除く全悪性新生物の死亡率が日本人男性の死亡率よりも低かったことから、これらの結果が再現されるか否かを検討することも第II期調査の外部比較の目的の一つとした。

解析対象集団の死亡率を日本人男性の死亡率と比較・検討するために、次式によって標準化死亡比（SMR）を計算した。

$$\text{SMR} = \text{観察死亡数} / \text{期待死亡数}$$

ここで外部比較における期待死亡数は、解析対象集団の死因別死亡率が日本人男性の年齢5歳階級別死因別死亡率と同率であると仮定して求めた死亡数である。この期待死亡数を算出するに当たり、この疫学調査の観察期間である1986年（昭和61年）～1997年（平成9年）を以下の3期間に分けて、各期間毎に日本人男性の年齢5歳階級別死因別死亡率を求め、それを各々の期間における標準死亡率とした。

- ・ 1986年（昭和61年）～1989年（平成元年）
- ・ 1990年（平成2年）～1994年（平成6年）
- ・ 1995年（平成7年）～1997年（平成9年）

また、SMRの95%信頼区間(以下「95%CI」という)を求め、併せて両側検定を行った<sup>10)</sup>。算出した両側検定のp値が0.05未満の場合には、「有意水準5%で解析対象集団の死亡率は日本人男性の死亡率に比べて有意に低い、若しくは有意に高い」と判断した。

## 5.2 内部比較

放射線業務従事者の累積線量と主に悪性新生物（主に白血病、その他の悪性新生物）の死亡率との関連の有無を検討するために、解析対象集団を累積線量により5群（10mSv未満、10mSv以上20mSv未満、20mSv以上50mSv未満、50mSv以上100mSv未満および100mSv以上）に分け、観察死亡数（O）と期待死亡数（E）の比（O/E比）および95%信頼区間を求めた。また、参考のため、非新生物による死亡率解析および部位別の悪性新生物の死亡率解析も併せて行った。

各累積線量群の期待死亡数は、各群が解析対象集団全体の年齢5歳階級別死因別死亡率で死亡したと仮定して求めた。なお、期待死亡数の計算に当たっては、データを年齢（20歳以上85歳未満の5歳階級別）、暦年（外部比較に記述した3期間）で層別した。

なお、「4.3.3 生死確認調査の結果」で既述したとおり、調査集団について生死を確認できた者の割合を累積線量群別に比較すると、累積線量の少ない群ほど生死を確認できた者の割合は低い傾向にあった。「7. 考察」で後述するが、これは生死の追跡にバイアスが潜在している可能性を示唆している。一方、前向きに追跡した場合にはこの割合に殆ど差異がなかった。このため、内部比較の解析は主として前向きに追跡した集団について行い、全解析対象集団についての内部比較の解析結果は補遺 - 1 に示した。

累積線量と死亡率との関連の有無を検討するため、スコア検定統計量を用いて傾向性の片側検定を行った<sup>10)</sup>。算出した片側検定のp値が0.05未満の場合には、「有意水準5%で、解析対象集団の死亡率は累積線量とともに増加する」という有意な傾向性を示す結果が得られたと判断した。なお、スコア検定統計量を算出する際の各線量群ごとの代表値には累積線量の平均値を使用した。

一般的に観察数が少ない場合、スコア検定統計量が近似的に標準正規分布に従うとすることは、信頼性に問題があるとされているため、この疫学調査では死亡数が30未満でかつ片側検定のp値が0.100未満の場合には、0から1の一樣乱数を用いて観察死亡数のシミュレーションを10万回繰り返すことによりp値を算出した<sup>11) 12)</sup>。

また、悪性新生物の死亡率は地域によって異なることが知られている。この疫学調査で対象とした原子力事業所に従事する放射線業務従事者の住所地は国内各地に分散しているため、内部比較では年齢、暦年に加え住所地に基つき地域を調整した解析を行った（補遺 - 3）。

## 5.3 被ばく線量の取扱い

この疫学調査では、放射線業務に従事開始以降、中央登録センターに登録された年度線量を積算した累積線量を用いて解析に供した。ある放射線業務従事者が同一年度に複数の原子力事業所において放射線業務に従事した場合、その線量記録は合算して個人の実効線量当量（単位は mSv）として中央登録センターから提供された。線量積算の際には、年度

線量は当該年度において月単位で一様に放射線を受けたものとして取扱った。また、死亡年度の線量は当該年度の4月1日から死亡日までに月単位で一様に放射線を受けたものとして取扱った。検出限界未満(X値)は0mSvとして取扱った。

#### 5.4 観察人年の計算

死亡率は死亡数を観察人年の総和で除して得られるが、その計算には観察人年を求める必要がある。この疫学調査では、個人ごとの観察人年は個人ごとの観察開始日から観察終了日までの観察期間として算出した。なお、1人を1年間観察した場合の観察人年は1人年となる。

##### (1) 全解析対象集団について解析する場合

観察開始日は、初めて線量の記録がされた年度の4月1日と、最初に取得した住民票または除票の写しの交付日から5年さかのぼった日付のうち、新しい日付の方とした。

観察終了日は最終生存確認日(注)としたが、死亡テープが1997年(平成9年)12月31日までしか得られていないため、その翌日以降の人年は計算していない。

(注：最終情報が住民票の場合には住民票の写し交付日、転出除票の場合には転出年月日、死亡除票の場合には死亡年月日である。)

したがって、観察開始日から観察終了日までの観察期間は個人によって異なるが、全解析対象集団に含まれる者の観察期間は1986年(昭和61年)11月28日(最初の住民票交付日から5年さかのぼった日付)から1997年(平成9年)12月31日(死亡テープの最終日付)の間に存在する。

個人ごとの観察開始日から観察終了日までの観察人年を年齢5歳階級ごとに算出し、個々の解析対象者の観察人年の総和を求めて、全解析対象集団の総観察人年とした。

##### (2) 前向き解析対象集団について解析する場合

観察開始日は最初の住民票の写しの交付日とし、観察終了日は全解析対象集団の場合と同様とした。

したがって、前向き解析対象集団に含まれる者の観察期間は1991年(平成3年)11月28日(最初の住民票の交付日)から1997年(平成9年)12月31日(死亡テープの最終日付)の間に存在する。

個人ごとの観察開始日から観察終了日までの観察人年を年齢5歳階級ごとに算出し、個々の解析対象者の観察人年の総和を求めて、前向き解析対象集団の総観察人年とした。

#### 5.5 潜伏期の取扱い

被ばくからがん発生までに数年のずれ(潜伏期)があると考えられているので、新生物に関する解析は潜伏期を考慮しない場合と考慮する場合について行った。潜伏期を考慮する場合には、白血病については潜伏期を2年、白血病以外の新生物では潜伏期を10年とし



た<sup>11)24)</sup>。

この疫学調査において潜伏期を考慮する場合には、観察終了日から潜伏期に相当する期間をさかのぼった期間に受けた線量は除外し、かつ観察開始日の設定に当たっては、「5.4 観察人年の計算」で述べたように初めて線量の記録がされた年度として、実際に被ばくが記録された初めての年度から、潜伏期に相当する期間だけ繰り下げた年度を用いた。

## 6 . 解析結果

### 6 . 1 死因別死亡数

#### ( 1 ) 全解析対象集団

全解析対象集団のうち、生死確認調査で確認した死亡者の死因別死亡数を表 6.1 - 1 に示す。

#### ( 2 ) 前向き解析対象集団

前向き解析対象集団のうち、生死確認調査で確認した死亡者の死因別死亡数を表 6.1 - 1 に示す。なお、前向き解析対象集団の死亡数は全解析対象集団の死亡数に含まれている。

#### ( 3 ) 女性の死因別死亡数

女性については解析対象集団に含まれていないが、表 6.1 - 2 に死亡者の死因別死亡数を示す。

### 6 . 2 外部比較

全解析対象集団の死因別標準化死亡比(SMR)を表 6.2 - 1 ~ 表 6.2 - 2、図 6.2 - 1 ~ 図 6.2 - 2 に、前向き解析対象集団の死因別標準化死亡比 ( SMR ) を表 6.2 - 3 ~ 表 6.2 - 4、図 6.2 - 3 ~ 図 6.2 - 4 に示す。外部比較の解析結果から得られた特徴的な事項を以下に記す。

なお、外部比較の解析では、解析対象者の住所地に基づいた地域の調整は行っていない。

#### ( 1 ) 全解析対象集団

全死因および新生物以外の死因：

全死因の SMR は 0.90 ( 95%CI : 0.87-0.92 ) であり、日本人男性の死亡率に比べて有意に低かった。死因不明、外因死を除いた全死因でも、SMR は 0.86 ( 95%CI : 0.84-0.89 ) と、日本人男性の死亡率に比べて有意に低かった。

一方、外因死の SMR は 1.06 ( 95%CI : 0.99-1.13 ) と 1 より高かったが、有意ではなかった。

非新生物 ( 外因死を除く ) の SMR は 0.80 ( 95%CI : 0.77-0.84 ) であり日本人男性の死亡率に比べて有意に低かった。

全新生物：

良性および性質不詳の新生物を含めた全新生物については、潜伏期を考慮しない場合の SMR は 0.94 ( 95%CI : 0.90-0.98 ) であり、日本人男性の死亡率に比べて有意に低かった。また、潜伏期を 10 年とした場合の SMR は 0.96 ( 95%CI : 0.92-1.01 ) であった。

全悪性新生物、白血病を除く全悪性新生物：

全悪性新生物では潜伏期を考慮しない場合の SMR は 0.94 (95%CI : 0.90-0.98) であり、日本人男性の死亡率に比べて有意に低かった。潜伏期を 10 年とした場合の SMR は 0.97 (95%CI : 0.92-1.02) であった。

白血病を除く全悪性新生物でも、ほぼ同様の結果が得られ、潜伏期を考慮しない場合の SMR は 0.94 (95%CI : 0.90-0.98) であり、日本人男性の死亡率に比べて有意に低かった。また、潜伏期を 10 年とした場合の SMR は 0.97 (95%CI : 0.92-1.01) であった。

部位別の悪性新生物：

白血病では潜伏期を考慮しない場合の SMR は 0.89 (95%CI : 0.68-1.14)、潜伏期を 2 年とした場合の SMR も 0.89 (95%CI : 0.68-1.15) であり、1 より低かったが、有意ではなかった。

慢性リンパ性白血病を除く白血病では、潜伏期を考慮しない場合の SMR は 0.90 (95%CI : 0.69-1.16)、潜伏期を 2 年とした場合の SMR は 0.91 (95%CI : 0.69-1.17) であり、1 より低かったが、有意ではなかった。

胃の悪性新生物では潜伏期を考慮しない場合の SMR は 0.89 (95%CI : 0.81-0.98) であり、日本人男性の死亡率に比べて有意に低かった。また、潜伏期を 10 年とした場合の SMR は 0.90 (95%CI : 0.80-1.01) であった。

なお、部位別の検討では、日本人男性に比べて死亡率が有意に低い悪性新生物は、胃の悪性新生物（潜伏期を考慮しない場合）のほかには認められず、有意に高い悪性新生物はなかった。

## (2) 前向き解析対象集団

全死因および新生物以外の死因：

全死因の SMR は 0.94 (95%CI : 0.90-0.97) であり、日本人男性の死亡率に比べて有意に低かった。死因不明と外因死を除いた全死因でも、SMR は 0.91 (95%CI : 0.88-0.95) と、日本人男性の死亡率に比べて有意に低かった。

一方、外因死の SMR は 1.04 (95%CI : 0.94-1.14) と 1 より高かったが、有意ではなかった。

非新生物（外因死を除く）の SMR は 0.86 (95%CI : 0.82-0.91) であり、日本人男性の死亡率に比べて有意に低かった。

全新生物：

良性および性質不詳の新生物を含めた全新生物については、潜伏期を考慮しない場合の SMR は 0.98 (95%CI : 0.92-1.04) であった。また、潜伏期を 10 年とした場合の

SMR は 0.98 ( 95%CI : 0.93-1.04 ) であった。

全悪性新生物、白血病を除く全悪性新生物 :

全悪性新生物、白血病を除く全悪性新生物の潜伏期を考慮しない場合の SMR はいずれも 0.98 ( 95%CI : 0.93-1.04 ) であり、潜伏期を 10 年とした場合の SMR はいずれも 0.99 ( 95%CI : 0.93-1.05 ) であった。

部位別の悪性新生物 :

白血病では潜伏期を考慮しない場合と潜伏期を 2 年とした場合の SMR は、いずれも 0.90 ( 95%CI : 0.60-1.31 ) であり、1 より低かったが、有意ではなかった。

慢性リンパ性白血病を除く白血病では潜伏期を考慮しない場合と潜伏期を 2 年とした場合の SMR は、いずれも 0.92 ( 95%CI : 0.61-1.33 ) であり、1 より低かったが、有意ではなかった。

胃の悪性新生物では潜伏期を考慮しない場合の SMR は 0.94 ( 95%CI : 0.82-1.07 ) であり、潜伏期を 10 年とした場合の SMR は 0.95 ( 95%CI : 0.82-1.08 ) であった。

なお、部位別の検討では、日本人男性に比べて死亡率が有意に低い悪性新生物、および有意に高い悪性新生物はなかった。

### 6.3 内部比較

前向き解析対象集団の死因別累積線量群別 O/E 比および傾向性の検定結果を表 6.3 - 1 ~ 表 6.3 - 2 に示し、解析結果について特徴的な事項を以下に記す。

なお、全解析対象集団についての内部比較の解析結果は補遺 - 1 に示した。

全死因および新生物以外の死因 :

全死因の死亡率は累積線量とともに増加する有意な傾向性を示した ( p 値=0.000 )。しかし、死因不明と外因死を除いた全死因の死亡率には累積線量とともに増加する有意な傾向性は認められなかった ( p 値=0.081)。

一方、外因死の死亡率は累積線量とともに増加する有意な傾向性を示した ( p 値=0.000 )。

非新生物 ( 外因死を除く ) の死亡率には累積線量とともに増加する有意な傾向性は認められなかった ( p 値=0.197 )。

全新生物 :

良性および性質不詳の新生物を含めた全新生物の死亡率は、潜伏期を考慮した場合のみ累積線量とともに増加する有意な傾向性を示した ( 潜伏期を考慮しない場合 ; p 値 =0.129、潜伏期 10 年 ; p 値=0.035 )。

全悪性新生物、白血病を除く全悪性新生物:

全悪性新生物の死亡率は、潜伏期を考慮した場合のみ累積線量とともに増加する有意な傾向性を示した（潜伏期を考慮しない場合；p 値=0.095、潜伏期 10 年；p 値=0.025）。

白血病を除く全悪性新生物の死亡率も、潜伏期を考慮した場合に累積線量とともに増加する有意な傾向性を示した（潜伏期を考慮しない場合；p 値=0.095、潜伏期 10 年；p 値=0.033）。

部位別の悪性新生物：

白血病の死亡率には累積線量とともに増加する有意な傾向性は認められなかった（潜伏期を考慮しない場合；p 値=0.453、潜伏期 2 年；p 値=0.419）。

食道、胃および直腸の悪性新生物の死亡率は累積線量とともに増加する有意な傾向性を示した。

食道がん：潜伏期を考慮しない場合；p 値=0.001、潜伏期 10 年；p 値=0.000

胃がん：潜伏期を考慮しない場合；p 値=0.006、潜伏期 10 年；p 値=0.016

直腸がん：潜伏期を考慮しない場合；p 値=0.031、潜伏期 10 年；p 値=0.009

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な傾向性を示したものはなかった。なお、第 1 期調査において死亡率が累積線量とともに増加する有意な傾向性を示した膵臓がん（潜伏期 10 年）についても、今回はそのような傾向性は認められなかった。

表 6. 1- 1 解析対象集団の死因別死亡数 (1)

死 因	ICD-9 基本分類番号	ICD-10 基本分類番号	全解析 対象集団	前向き解析 対象集団 (注1)
全死因			5,527 (注2)	2,934 (注3)
全死因 (死因不明、外因死を除く)	1-89 <sup>(注4)</sup>	1100-18300 <sup>(注4)</sup>	4,539	2,520
外因死	91-101 <sup>(注4)</sup>	20100-20400 <sup>(注4)</sup>	955	397
非新生物 (外因死を除く)	1-26,39-89 <sup>(注4)</sup>	A00-B99, D50-R99	2,354	1,305
全新生物	140-239	C00-D48	2,185	1,215
全悪性新生物	140-208	C00-C97	2,138	1,191
[ 部 位 別 ]				
口腔、咽頭	140-149	C00-C14	38	24
食道	150	C15	100	63
胃	151	C16	428	230
結腸	153	C18	144	63
直腸	154	C19-C21	95	49
肝臓	155	C22	405	232
胆嚢	156	C23-C24	70	46
膵臓	157	C25	127	67
肺	162	C33-C34	397	238
前立腺	185	C61	32	21
膀胱	188	C67	27	14
腎並びにその他及び 部位不明の泌尿器	189	C64-C66,C68	32	20
脳、神経系の新生物 <sup>(注5)</sup>	191,192, 225, 237.5 ,237.6, 239.6	C70, C71,C72 D32,D33, D420,D421,D429, D430-D434,D437, D439	26	12
白血病	204-208	C91-C95	60	28
白血病 <sup>(注6)</sup> (慢性リンパ性白血病を除く)	204-208 但し204.1を除く	C91-C95 但しC911を除く	60	28
非ホジキンリンパ腫	200, 202 但し202.4を除く	C82 - C85, C96	46	22

表 6. 1- 1 解析対象集団の死因別死亡数 (2)

死 因	ICD-9 基本分類番号	ICD-10 基本分類番号	全解析 対象集団	前向き解析 対象集団 (注1)
多発性骨髄腫	203	C88, C90	20	8
全悪性新生物 (白血病を除く)	140-203	C00-C97 但しC91-C95を除く	2,078	1,163

(注1) 前向き解析集団の死亡数は、全解析集団の死亡数の内数である。

(注2) 死因が同定できなかった33名を含む。

(注3) 死因が同定できなかった17名を含む。

(注4) 死因簡単分類番号を表す。

(注5) 悪性、良性および性状不詳の新生物。

(注6) 慢性リンパ性白血病は0例である。

表 6. 1- 2 女性の死因別死亡数

死 因	ICD-9 基本分類番号	ICD-10 基本分類番号	死亡数
全死因			6
外因死	91-101 <sup>(注)</sup>	20100-20400 <sup>(注)</sup>	1
非新生物 (外因死を除く)	1-26,39-89 <sup>(注)</sup>	A00-B99, D50-R99	2
全新生物	140-239	C00-D48	3
全悪性新生物	140-208	C00-C97	3
[部 位 別]			
胃	151	C16	2
卵 巢	183	C56	1

(注)死因简单分類番号を表す。



表 6. 2 - 1 全解析対象集団 死因別標準化死亡比(SMR)  
(潜伏期:0年)

死因	観察 死亡数	期待 死亡数	SMR	95%信頼区間	両側検定結果 p値
全死因	5,527	6,168.8	0.90	(0.87 - 0.92)	0.000
全死因(死因不明、外因死を除く)	4,539	5,266.1	0.86	(0.84 - 0.89)	0.000
外因死	955	902.7	1.06	(0.99 - 1.13)	0.085
非新生物(外因死を除く)	2,354	2,933.8	0.80	(0.77 - 0.84)	0.000
全新生物	2,185	2,332.3	0.94	(0.90 - 0.98)	0.002
全悪性新生物 [部位別]	2,138	2,273.9	0.94	(0.90 - 0.98)	0.005
口腔、咽頭	38	48.3	0.79	(0.56 - 1.08)	0.159
食道	100	119.3	0.84	(0.68 - 1.02)	0.085
胃	428	481.9	0.89	(0.81 - 0.98)	0.015
結腸	144	141.6	1.02	(0.86 - 1.20)	0.875
直腸	95	109.5	0.87	(0.70 - 1.06)	0.180
肝臓	405	390.2	1.04	(0.94 - 1.14)	0.471
胆嚢	70	73.1	0.96	(0.75 - 1.21)	0.765
膵臓	127	129.5	0.98	(0.82 - 1.17)	0.860
肺	397	410.9	0.97	(0.87 - 1.07)	0.510
前立腺	32	33.8	0.95	(0.65 - 1.34)	0.818
膀胱	27	23.4	1.15	(0.76 - 1.68)	0.525
腎並びにその他及び 部位不明の泌尿器	32	37.4	0.86	(0.58 - 1.21)	0.421
脳、神経系の新生物 <sup>(注1)</sup>	26	37.7	0.69	(0.45 - 1.01)	0.067
白血病	60	67.6	0.89	(0.68 - 1.14)	0.390
白血病 <sup>(注2)</sup> (慢性リンパ性白血病を除く)	60	66.5	0.90	(0.69 - 1.16)	0.462
非ホジキンリンパ腫	46	57.3	0.80	(0.59 - 1.07)	0.153
多発性骨髄腫	20	17.8	1.12	(0.69 - 1.74)	0.685
全悪性新生物 (白血病を除く)	2,078	2,206.3	0.94	(0.90 - 0.98)	0.007

(注1)悪性、良性および性状不詳の新生物。

(注2)慢性リンパ性白血病は0例である。

表 6. 2- 2 全解析対象集団 死因別標準化死亡比(SMR)  
(潜伏期:白血病 2年、その他の新生物 10年)

死因	観察 死亡数	期待 死亡数	SMR	95%信頼区間	両側検定結果 p値
全新生物 (注1)	1,644	1,706.3	0.96	(0.92 - 1.01)	0.134
全悪性新生物 (注1)	1,611	1,665.7	0.97	(0.92 - 1.02)	0.184
[ 部 位 別 ]					
口腔、咽頭	32	34.6	0.92	(0.63 - 1.30)	0.715
食道	70	87.8	0.80	(0.62 - 1.01)	0.065
胃	315	349.4	0.90	(0.80 - 1.01)	0.070
結腸	106	104.2	1.02	(0.83 - 1.23)	0.902
直腸	72	79.2	0.91	(0.71 - 1.15)	0.453
肝臓	294	280.9	1.05	(0.93 - 1.17)	0.451
胆嚢	57	55.6	1.03	(0.78 - 1.33)	0.905
膵臓	94	95.6	0.98	(0.79 - 1.20)	0.906
肺	318	314.7	1.01	(0.90 - 1.13)	0.874
前立腺	27	28.4	0.95	(0.63 - 1.38)	0.866
膀胱	20	18.4	1.09	(0.66 - 1.68)	0.795
腎並びにその他及び 部位不明の泌尿器	27	27.7	0.98	(0.64 - 1.42)	0.971
脳、神経系の新生物 (注2)	16	24.5	0.65	(0.37 - 1.06)	0.107
白血病	58	65.0	0.89	(0.68 - 1.15)	0.420
白血病 (注3) (慢性リンパ性白血病を除く)	58	63.9	0.91	(0.69 - 1.17)	0.496
非ホジキンリンパ腫	32	40.3	0.79	(0.54 - 1.12)	0.219
多発性骨髄腫	14	13.5	1.04	(0.57 - 1.74)	0.998
全悪性新生物 (白血病を除く)	1,566	1,622.3	0.97	(0.92 - 1.01)	0.166

(注1) 白血病を含めて潜伏期10年とした。  
(注2) 悪性、良性および性状不詳の新生物。  
(注3) 慢性リンパ性白血病は0例である。

表 6. 2 - 3 前向き解析対象集団 死因別標準化死亡比(SMR)  
(潜伏期:0年)

死因	観察 死亡数	期待 死亡数	SMR	95%信頼区間	両側検定結果 p値
全死因	2,934	3,137.7	0.94	(0.90 - 0.97)	0.000
全死因(死因不明、外因死を除く)	2,520	2,754.9	0.91	(0.88 - 0.95)	0.000
外因死	397	382.7	1.04	(0.94 - 1.14)	0.481
非新生物(外因死を除く)	1,305	1,513.7	0.86	(0.82 - 0.91)	0.000
全新生物	1,215	1,241.2	0.98	(0.92 - 1.04)	0.465
全悪性新生物 [部位別]	1,191	1,212.6	0.98	(0.93 - 1.04)	0.544
口腔、咽頭	24	26.7	0.90	(0.58 - 1.34)	0.672
食道	63	65.0	0.97	(0.74 - 1.24)	0.854
胃	230	245.0	0.94	(0.82 - 1.07)	0.354
結腸	63	77.3	0.81	(0.63 - 1.04)	0.115
直腸	49	58.5	0.84	(0.62 - 1.11)	0.240
肝臓	232	206.1	1.13	(0.99 - 1.28)	0.076
胆嚢	46	40.1	1.15	(0.84 - 1.53)	0.391
膵臓	67	69.9	0.96	(0.74 - 1.22)	0.779
肺	238	230.3	1.03	(0.91 - 1.17)	0.634
前立腺	21	21.6	0.97	(0.60 - 1.49)	0.985
膀胱	14	13.4	1.04	(0.57 - 1.75)	0.987
腎並びにその他及び 部位不明の泌尿器	20	20.6	0.97	(0.59 - 1.50)	0.985
脳、神経系の新生物 <sup>(注1)</sup>	12	17.6	0.68	(0.35 - 1.19)	0.226
白血病	28	30.9	0.90	(0.60 - 1.31)	0.661
白血病 <sup>(注2)</sup> (慢性リンパ性白血病を除く)	28	30.3	0.92	(0.61 - 1.33)	0.740
非ホジキンリンパ腫	22	29.5	0.74	(0.47 - 1.13)	0.195
多発性骨髄腫	8	10.1	0.79	(0.34 - 1.57)	0.622
全悪性新生物 (白血病を除く)	1,163	1,181.7	0.98	(0.93 - 1.04)	0.597

(注1)悪性、良性および性状不詳の新生物。

(注2)慢性リンパ性白血病は0例である。

表 6. 2 - 4 前向き解析対象集団 死因別標準化死亡比(SMR)  
(潜伏期:白血病 2年、その他の新生物 10年)

死因	観察 死亡数	期待 死亡数	SMR	95%信頼区間	両側検定結果 p値
全新生物 <sup>(注1)</sup>	1,096	1,115.5	0.98	(0.93 - 1.04)	0.570
全悪性新生物 <sup>(注1)</sup> [部位別]	1,076	1,090.1	0.99	(0.93 - 1.05)	0.681
口腔、咽頭	22	23.8	0.92	(0.58 - 1.40)	0.791
食道	50	58.3	0.86	(0.64 - 1.13)	0.308
胃	208	219.7	0.95	(0.82 - 1.08)	0.450
結腸	60	69.6	0.86	(0.66 - 1.11)	0.278
直腸	45	52.2	0.86	(0.63 - 1.15)	0.351
肝臓	207	183.8	1.13	(0.98 - 1.29)	0.094
胆嚢	44	36.4	1.21	(0.88 - 1.62)	0.243
膵臓	60	62.9	0.95	(0.73 - 1.23)	0.766
肺	217	209.8	1.03	(0.90 - 1.18)	0.642
前立腺	21	20.3	1.04	(0.64 - 1.58)	0.960
膀胱	13	12.4	1.05	(0.56 - 1.80)	0.970
腎並びにその他及び 部位不明の泌尿器	19	18.5	1.03	(0.62 - 1.60)	0.994
脳、神経系の新生物 <sup>(注2)</sup>	8	15.2	0.52	(0.23 - 1.03)	0.084
白血病	28	30.9	0.90	(0.60 - 1.31)	0.660
白血病 <sup>(注3)</sup> (慢性リンパ性白血病を除く)	28	30.3	0.92	(0.61 - 1.33)	0.740
非ホジキンリンパ腫	18	26.3	0.68	(0.41 - 1.08)	0.129
多発性骨髄腫	6	9.1	0.66	(0.24 - 1.43)	0.383
全悪性新生物 (白血病を除く)	1,052	1,063.1	0.99	(0.93 - 1.05)	0.743

(注1) 白血病を含めて潜伏期10年とした。  
(注2) 悪性、良性および性状不詳の新生物。  
(注3) 慢性リンパ性白血病は0例である。

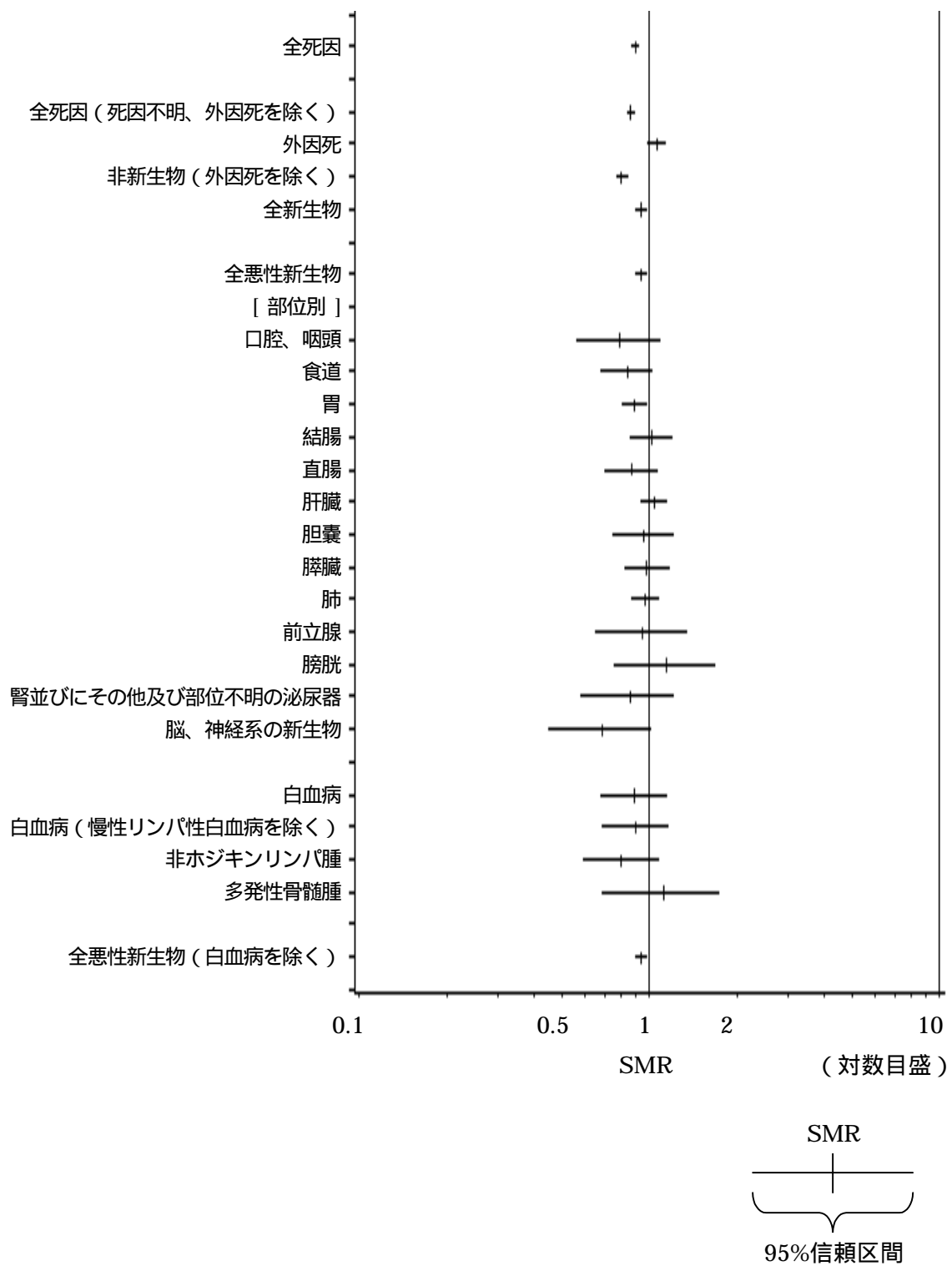


図6. 2-1 全解析対象集団 死因別標準化死亡比(SMR)  
(潜伏期0年)

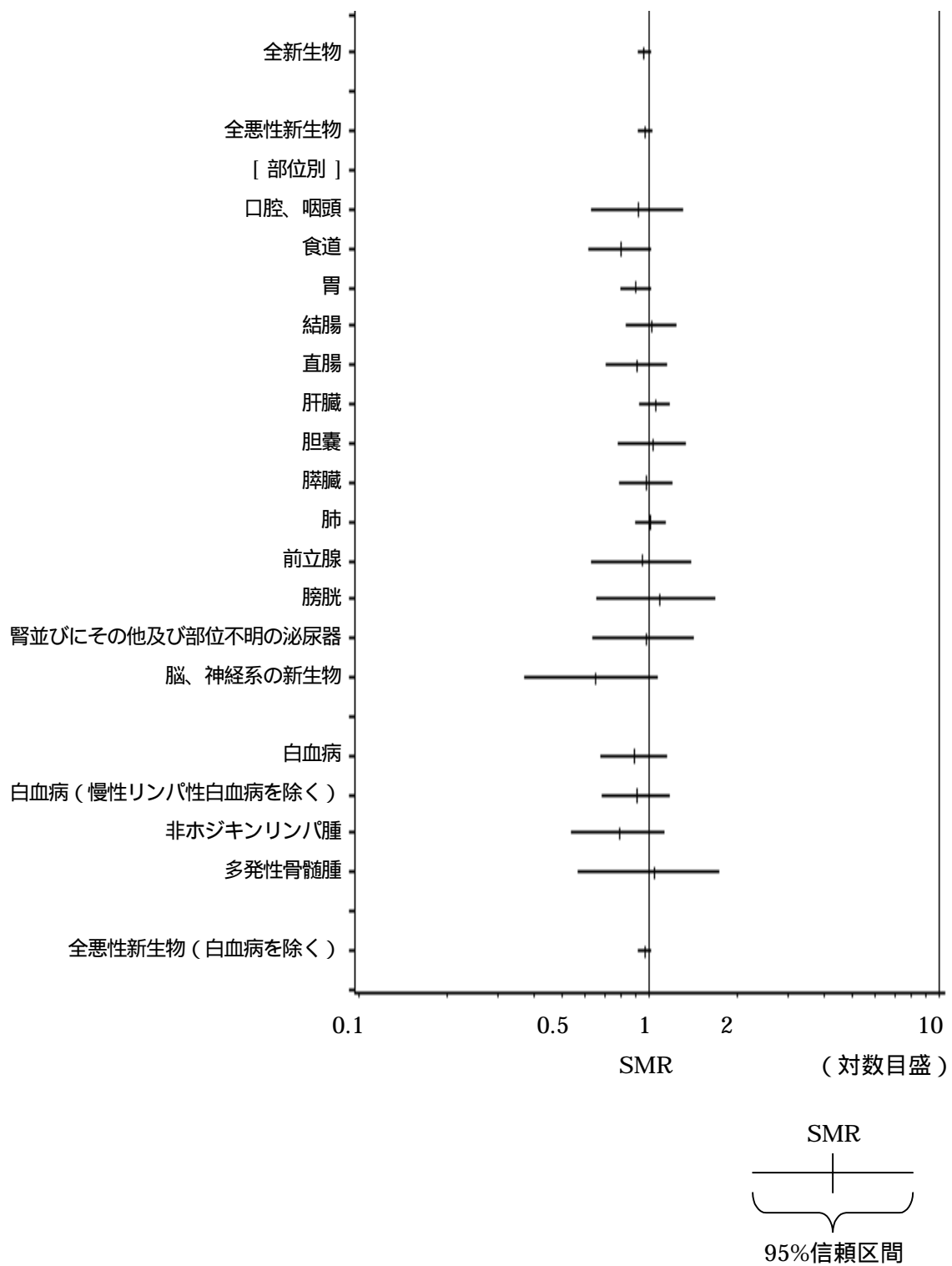


図6. 2-2 全解析対象集団 死因別標準化死亡比(SMR)  
 (潜伏期:白血病2年、その他の新生物10年)

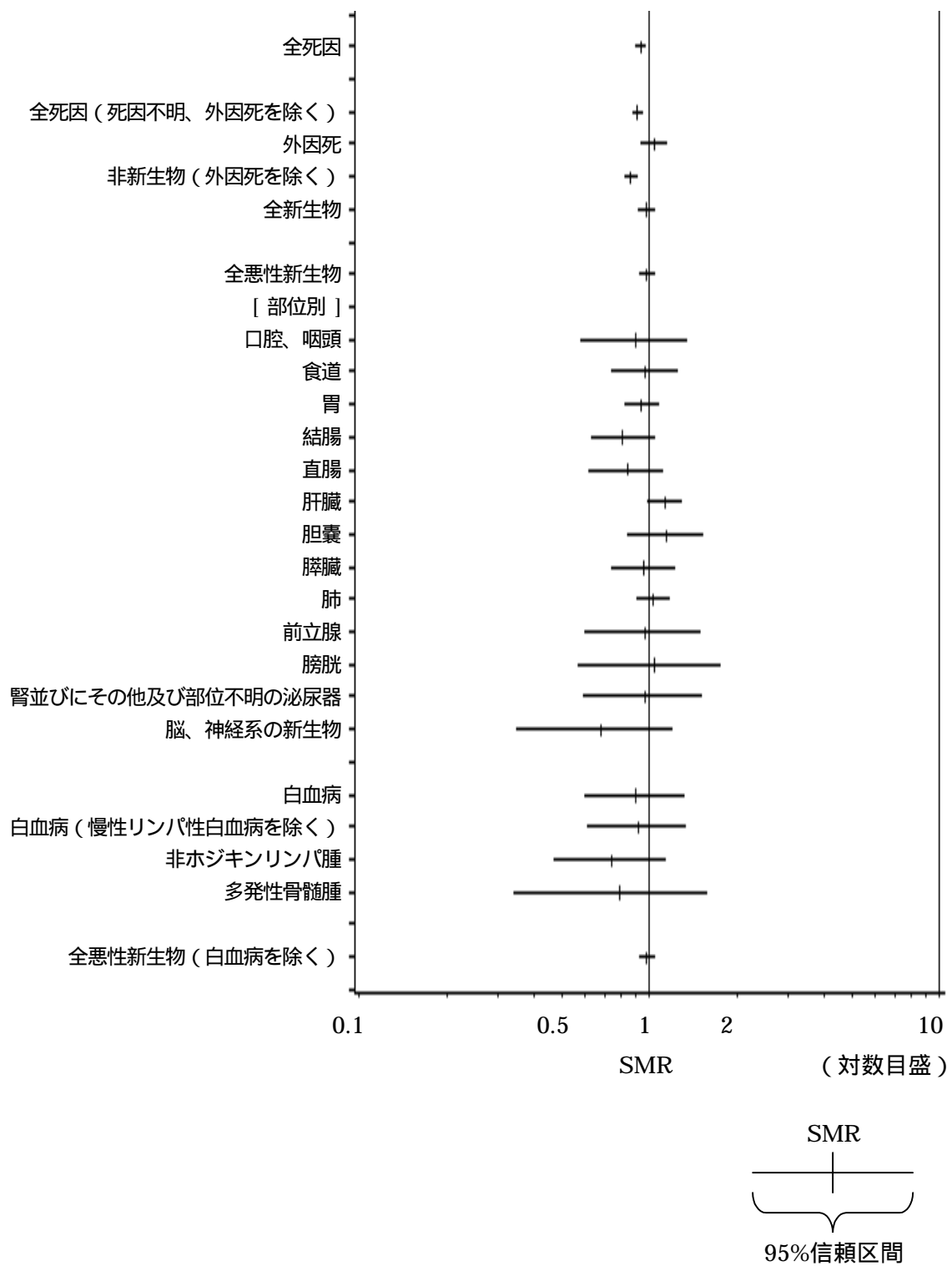


図6. 2-3 前向き解析対象集団 死因別標準化死亡比(SMR)  
(潜伏期0年)

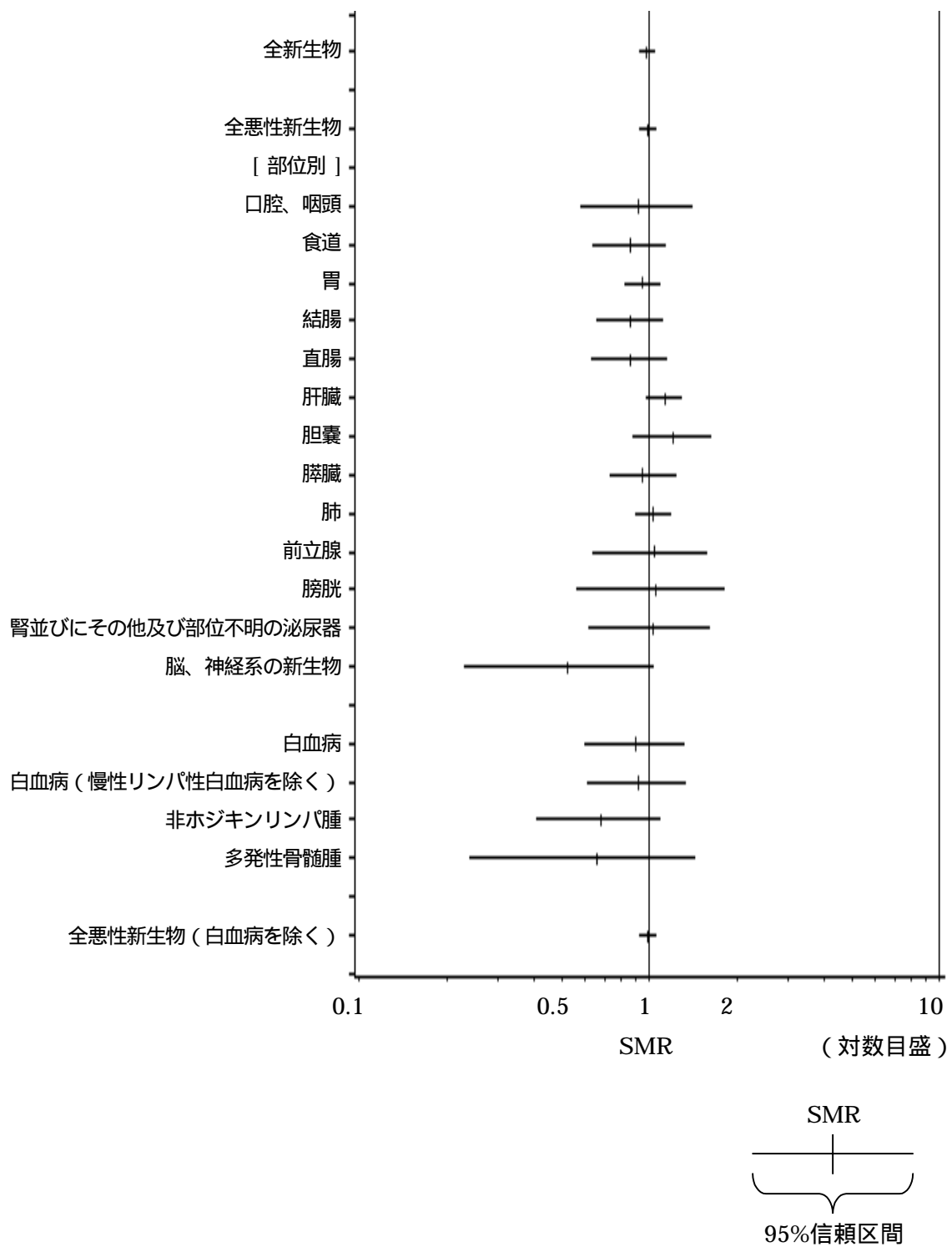


図6. 2-4 前向き解析対象集団 死因別標準化死亡比(SMR)  
 (潜伏期:白血病2年、その他の新生物10年)



表 6.3-1 前向き解析対象集団:死因別累積線量群別O/E比及び傾向性の検定結果(1)  
(潜伏期:0年)

死 因	累積線量群(mSv)					傾向性の 片側検定結果 p値
	<10	10-	20-	50-	100+	
	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	
	95%信頼区間	95%信頼区間	95%信頼区間	95%信頼区間	95%信頼区間	
全死因	2014 2115.8 0.95 (0.91 - 0.99)	320 285.0 1.12 (1.00 - 1.25)	349 300.2 1.16 (1.04 - 1.29)	138 145.5 0.95 (0.80 - 1.12)	113 87.5 1.29 (1.07 - 1.55)	0.000
全死因 (死因不明、 外因死を除く)	1767 1827.0 0.97 (0.92 - 1.01)	269 241.9 1.11 (0.98 - 1.25)	292 254.4 1.15 (1.02 - 1.29)	107 122.6 0.87 (0.72 - 1.05)	85 74.1 1.15 (0.92 - 1.42)	0.081
外因死	236 276.7 0.85 (0.75 - 0.97)	46 41.4 1.11 (0.81 - 1.48)	56 44.0 1.27 (0.96 - 1.65)	31 22.0 1.41 (0.96 - 2.00)	28 12.8 2.18 (1.45 - 3.15)	0.000
非新生物 (外因死を除く)	914 946.1 0.97 (0.90 - 1.03)	142 125.4 1.13 (0.95 - 1.34)	150 131.9 1.14 (0.96 - 1.33)	57 63.4 0.90 (0.68 - 1.17)	42 38.2 1.10 (0.79 - 1.49)	0.197
全新生物	853 880.8 0.97 (0.90 - 1.04)	127 116.5 1.09 (0.91 - 1.30)	142 122.5 1.16 (0.98 - 1.37)	50 59.2 0.84 (0.63 - 1.11)	43 35.9 1.20 (0.87 - 1.61)	0.129
全悪性新生物	835 864.0 0.97 (0.90 - 1.03)	125 114.1 1.10 (0.91 - 1.31)	138 119.9 1.15 (0.97 - 1.36)	50 58.0 0.86 (0.64 - 1.14)	43 35.2 1.22 (0.89 - 1.65)	0.095
[ 部 位 別 ] 口腔、咽頭	18 17.5 1.03 (0.61 - 1.63)	3 2.3 1.30 (0.27 - 3.81)	3 2.4 1.26 (0.26 - 3.70)	0 1.1 0.00 (0.00 - 3.29)	0 0.7 0.00 (0.00 - 5.32)	0.861
食道	38 45.9 0.83 (0.59 - 1.14)	4 6.0 0.67 (0.18 - 1.71)	8 6.3 1.27 (0.55 - 2.50)	10 3.0 3.33 (1.60 - 6.12)	3 1.8 1.66 (0.34 - 4.85)	0.001
胃	146 165.0 0.89 (0.75 - 1.04)	32 22.3 1.43 (0.98 - 2.02)	28 23.7 1.18 (0.79 - 1.71)	10 11.8 0.85 (0.41 - 1.56)	14 7.2 1.93 (1.06 - 3.25)	0.006

表 6.3-1 前向き解析対象集団:死因別累積線量群別O/E比及び傾向性の検定結果(2)  
(潜伏期:0年)

死 因	累積線量群(mSv)					傾向性の 片側検定結果 p値
	<10	10-	20-	50-	100+	
	観察死亡数	観察死亡数	観察死亡数	観察死亡数	観察死亡数	
	期待死亡数	期待死亡数	期待死亡数	期待死亡数	期待死亡数	
	O/E比	O/E比	O/E比	O/E比	O/E比	
95%信頼区間	95%信頼区間	95%信頼区間	95%信頼区間	95%信頼区間		
結腸	48 46.5 1.03 (0.76 - 1.37)	4 5.8 0.69 (0.19 - 1.76)	6 6.1 0.98 (0.36 - 2.14)	4 2.9 1.40 (0.38 - 3.59)	1 1.7 0.59 (0.02 - 3.31)	0.590
直腸	32 35.3 0.91 (0.62 - 1.28)	4 4.7 0.84 (0.23 - 2.16)	7 4.9 1.41 (0.57 - 2.92)	2 2.4 0.82 (0.10 - 2.97)	4 1.6 2.57 (0.70 - 6.58)	0.031
肝臓	164 166.6 0.98 (0.84 - 1.15)	24 22.6 1.06 (0.68 - 1.58)	29 23.7 1.22 (0.82 - 1.76)	8 11.8 0.68 (0.29 - 1.34)	7 7.3 0.95 (0.38 - 1.96)	0.615
胆嚢	39 33.4 1.17 (0.83 - 1.60)	2 4.4 0.46 (0.06 - 1.65)	4 4.6 0.86 (0.24 - 2.21)	0 2.2 0.00 (0.00 - 1.67)	1 1.4 0.74 (0.02 - 4.12)	0.901
膵臓	46 48.4 0.95 (0.70 - 1.27)	11 6.4 1.71 (0.85 - 3.05)	4 6.8 0.59 (0.16 - 1.50)	4 3.3 1.20 (0.33 - 3.07)	2 2.0 0.99 (0.12 - 3.57)	0.476
肺	172 175.7 0.98 (0.84 - 1.14)	30 22.2 1.35 (0.91 - 1.93)	26 23.2 1.12 (0.73 - 1.64)	5 10.6 0.47 (0.15 - 1.10)	5 6.2 0.80 (0.26 - 1.87)	0.817
前立腺	18 15.8 1.14 (0.67 - 1.80)	0 1.9 0.00 (0.00 - 1.97)	0 1.9 0.00 (0.00 - 1.90)	1 0.9 1.17 (0.03 - 6.54)	2 0.5 4.13 (0.50 - 14.93)	0.105 <sup>(注3)</sup>
膀胱	13 10.5 1.24 (0.66 - 2.13)	0 1.3 0.00 (0.00 - 2.89)	1 1.3 0.75 (0.02 - 4.18)	0 0.6 0.00 (0.00 - 6.11)	0 0.3 0.00 (0.00 - 10.90)	0.880
腎並びにその他 及び部位不明 の泌尿器	12 14.4 0.83 (0.43 - 1.45)	2 1.9 1.03 (0.13 - 3.73)	4 2.0 1.97 (0.54 - 5.05)	2 1.0 2.01 (0.24 - 7.28)	0 0.6 0.00 (0.00 - 6.02)	0.391

表 6. 3 - 1 前向き解析対象集団:死因別累積線量群別O/E比及び傾向性の検定結果(3)  
(潜伏期:0年)

死 因	累積線量群(mSv)					傾向性の 片側検定結果 p値
	<10	10-	20-	50-	100+	
	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	
	95%信頼区間	95%信頼区間	95%信頼区間	95%信頼区間	95%信頼区間	
脳、神経系 の新生物 <sup>(注1)</sup>	11	0	1	0	0	0.897
	8.2	1.3	1.4	0.7	0.4	
	1.34	0.00	0.71	0.00	0.00	
	(0.67 - 2.39)	(0.00 - 2.84)	(0.02 - 3.98)	(0.00 - 5.38)	(0.00 - 9.40)	
白血病 <sup>(注2)</sup>	19	2	5	1	1	0.453
	19.7	2.8	3.0	1.5	1.0	
	0.96	0.71	1.68	0.65	1.04	
	(0.58 - 1.51)	(0.09 - 2.57)	(0.55 - 3.93)	(0.02 - 3.61)	(0.03 - 5.78)	
非ホジキン リンパ腫	17	1	3	0	1	0.566
	15.7	2.2	2.3	1.1	0.7	
	1.08	0.46	1.30	0.00	1.47	
	(0.63 - 1.73)	(0.01 - 2.55)	(0.27 - 3.81)	(0.00 - 3.25)	(0.04 - 8.20)	
多発性骨髄腫	6	0	0	1	1	0.120 <sup>(注4)</sup>
	5.9	0.7	0.8	0.4	0.2	
	1.02	0.00	0.00	2.71	4.72	
	(0.37 - 2.21)	(0.00 - 4.94)	(0.00 - 4.83)	(0.07 - 15.12)	(0.12 - 26.27)	
全悪性新生物 (白血病を除く)	816	123	133	49	42	0.095
	844.2	111.2	116.9	56.4	34.2	
	0.97	1.11	1.14	0.87	1.23	
	(0.90 - 1.04)	(0.92 - 1.32)	(0.95 - 1.35)	(0.64 - 1.15)	(0.89 - 1.66)	

(注1)悪性、良性および性状不詳の新生物。

(注2)慢性リンパ性白血病は0例。

(注3)シミュレーション計算によるp値である。

(注4)シミュレーション計算によるp値である。

表 6.3-2 前向き解析対象集団:死因別累積線量群別O/E比及び傾向性の検定結果(1)  
(潜伏期:白血病 2年、その他の新生物 10年)

死 因	累積線量群(mSv)					傾向性の 片側検定結果 p値
	<10	10-	20-	50-	100+	
	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	
	95%信頼区間	95%信頼区間	95%信頼区間	95%信頼区間	95%信頼区間	
全新生物 <sup>(注1)</sup>	785 819.7 0.96 (0.89 - 1.03)	118 105.7 1.12 (0.92 - 1.34)	126 106.4 1.18 (0.99 - 1.41)	42 45.5 0.92 (0.67 - 1.25)	25 18.7 1.34 (0.87 - 1.98)	0.035
全悪性新生物 <sup>(注1)</sup>	770 805.0 0.96 (0.89 - 1.03)	115 103.6 1.11 (0.92 - 1.33)	124 104.4 1.19 (0.99 - 1.42)	42 44.6 0.94 (0.68 - 1.27)	25 18.3 1.36 (0.88 - 2.01)	0.025
[ 部 位 別 ] 口腔、咽頭	17 16.6 1.03 (0.60 - 1.64)	2 2.1 0.95 (0.12 - 3.43)	3 2.1 1.44 (0.30 - 4.22)	0 0.9 0.00 (0.00 - 4.24)	0 0.4 0.00 (0.00 - 10.13)	0.782
食道	28 37.5 0.75 (0.50 - 1.08)	6 4.8 1.26 (0.46 - 2.74)	5 4.8 1.04 (0.34 - 2.42)	8 2.0 3.95 (1.71 - 7.78)	3 0.8 3.56 (0.73 - 10.40)	0.000
胃	136 154.3 0.88 (0.74 - 1.04)	28 20.4 1.37 (0.91 - 1.98)	26 20.7 1.26 (0.82 - 1.84)	13 9.0 1.45 (0.77 - 2.48)	5 3.6 1.38 (0.45 - 3.22)	0.016
結腸	47 45.3 1.04 (0.76 - 1.38)	3 5.6 0.54 (0.11 - 1.57)	7 5.7 1.23 (0.50 - 2.54)	2 2.4 0.84 (0.10 - 3.04)	1 1.0 1.00 (0.03 - 5.55)	0.544
直腸	29 33.5 0.86 (0.58 - 1.24)	3 4.4 0.68 (0.14 - 1.99)	7 4.4 1.60 (0.64 - 3.29)	4 1.9 2.12 (0.58 - 5.43)	2 0.8 2.52 (0.31 - 9.11)	0.009
肝臓	149 153.7 0.97 (0.82 - 1.14)	21 20.4 1.03 (0.64 - 1.57)	25 20.3 1.23 (0.80 - 1.81)	6 8.9 0.67 (0.25 - 1.46)	6 3.6 1.65 (0.61 - 3.59)	0.207
胆嚢	38 32.8 1.16 (0.82 - 1.59)	3 4.2 0.71 (0.15 - 2.07)	2 4.3 0.46 (0.06 - 1.67)	0 1.8 0.00 (0.00 - 2.01)	1 0.7 1.34 (0.03 - 7.47)	0.875

表 6. 3 - 2 前向き解析対象集団:死因別累積線量群別O/E比及び傾向性の検定結果(2)  
(潜伏期:白血病 2年、その他の新生物 10年)

死 因	累積線量群(mSv)					傾向性の 片側検定結果 p値
	<10	10-	20-	50-	100+	
	観察死亡数	観察死亡数	観察死亡数	観察死亡数	観察死亡数	
	期待死亡数	期待死亡数	期待死亡数	期待死亡数	期待死亡数	
	O/E比	O/E比	O/E比	O/E比	O/E比	
95%信頼区間	95%信頼区間	95%信頼区間	95%信頼区間	95%信頼区間		
膵臓	44 44.8 0.98 (0.71 - 1.32)	8 5.8 1.38 (0.60 - 2.72)	6 5.9 1.01 (0.37 - 2.21)	1 2.5 0.40 (0.01 - 2.22)	1 1.0 0.99 (0.03 - 5.54)	0.659
肺	161 164.1 0.98 (0.84 - 1.15)	25 20.3 1.23 (0.80 - 1.82)	25 20.5 1.22 (0.79 - 1.80)	3 8.5 0.35 (0.07 - 1.03)	3 3.6 0.84 (0.17 - 2.45)	0.780
前立腺	18 16.1 1.12 (0.66 - 1.77)	0 1.9 0.00 (0.00 - 1.95)	0 1.9 0.00 (0.00 - 1.94)	2 0.8 2.53 (0.31 - 9.12)	1 0.4 2.86 (0.07 - 15.92)	0.192
膀胱	12 9.9 1.21 (0.62 - 2.11)	0 1.2 0.00 (0.00 - 3.15)	1 1.2 0.83 (0.02 - 4.65)	0 0.5 0.00 (0.00 - 7.43)	0 0.2 0.00 (0.00 - 18.54)	0.849
腎並びにその他 及び部位不明 の泌尿器	11 14.2 0.77 (0.39 - 1.39)	4 1.9 2.16 (0.59 - 5.53)	4 1.8 2.18 (0.60 - 5.59)	0 0.8 0.00 (0.00 - 4.64)	0 0.3 0.00 (0.00 - 11.55)	0.521
脳、神経系 の新生物 <sup>(注2)</sup>	7 6.0 1.17 (0.47 - 2.42)	1 0.8 1.20 (0.03 - 6.68)	0 0.8 0.00 (0.00 - 4.71)	0 0.3 0.00 (0.00 - 11.81)	0 0.1 0.00 (0.00 - 32.71)	0.828
白血病 <sup>(注3)</sup>	19 19.8 0.96 (0.58 - 1.50)	2 2.8 0.71 (0.09 - 2.57)	5 3.0 1.69 (0.55 - 3.95)	1 1.5 0.66 (0.02 - 3.66)	1 0.9 1.13 (0.03 - 6.28)	0.419
非ホジキン リンパ腫	13 13.3 0.98 (0.52 - 1.67)	1 1.8 0.56 (0.01 - 3.12)	3 1.8 1.67 (0.35 - 4.89)	1 0.8 1.27 (0.03 - 7.05)	0 0.3 0.00 (0.00 - 11.80)	0.510
多発性骨髄腫	5 4.5 1.11 (0.36 - 2.58)	0 0.6 0.00 (0.00 - 6.43)	0 0.6 0.00 (0.00 - 6.62)	0 0.2 0.00 (0.00 - 15.03)	1 0.1 10.00 (0.25 - 55.73)	0.131 <sup>(注4)</sup>

表 6. 3 - 2 前向き解析対象集団:死因別累積線量群別O/E比及び傾向性の検定結果(3)  
(潜伏期:白血病 2年、その他の新生物 10年)

死 因	累積線量群(mSv)					傾向性の 片側検定結果 p値
	<10	10-	20-	50-	100+	
	観察死亡数	観察死亡数	観察死亡数	観察死亡数	観察死亡数	
	期待死亡数	期待死亡数	期待死亡数	期待死亡数	期待死亡数	
	O/E比	O/E比	O/E比	O/E比	O/E比	
95%信頼区間	95%信頼区間	95%信頼区間	95%信頼区間	95%信頼区間		
全悪性新生物 (白血病を除く)	754 787.2 0.96 (0.89 - 1.03)	112 101.3 1.11 (0.91 - 1.33)	121 102.1 1.19 (0.98 - 1.42)	41 43.6 0.94 (0.68 - 1.28)	24 17.9 1.34 (0.86 - 1.99)	0.033

- (注1)白血病を含め潜伏期10年とした。  
(注2)悪性、良性および性状不詳の新生物。  
(注3)慢性リンパ性白血病は0例。  
(注4)シミュレーション計算によるp値である。

## 7. 考察

この疫学調査は、低線量域の放射線が人体に与える健康影響について科学的知見を得ることを目的として実施され、中間的結果が得られた。ここでは、最初に解析結果に共通する要因と考えられる解析対象集団、解析方法および死因の調査結果について考察し、次に主要な解析結果について考察を加える。

### 7.1 解析対象集団について

第 期調査では、第 期調査で生存が確認されていた者について前向きに追跡調査を行うとともに、調査対象者数の規模を拡大した。このことによって、観察人年は第 期調査の約 53.3 万人年から約 139.4 万人年（全解析対象集団）へと増大した。しかし、なお第 期調査においても、解析対象集団の平均年齢が若く平均観察期間が 10 年に満たないために死亡数が少ないこと、また、一人当たりの平均累積線量も少ないこと等から、低線量域の放射線被ばくに伴うがん死亡率のリスクを評価するのに足る十分な統計学的検出力を持つには至ってはいない。

また、後向き追跡期間を含む全解析対象集団の解析結果は、調査対象者の生死の把握漏れにより、累積線量群間で生死確認率の差異による影響を含んだものとなっている可能性がある。

即ち、「4.3.3 生死確認調査の結果」で述べたように、調査対象者のうち生死を確認できた者の割合は調査集団全体では 73.4%であり、これを累積線量群別にみると、累積線量の少ない群ほどその割合が低くなっていた。それに比べて、前向きに追跡した場合にはどの累積線量群においても 99.7%前後と殆ど差異がなかった（表 4.3 - 1、表 4.3 - 2）。

一方、外部比較の結果において、全死因、全悪性新生物の SMR は全解析対象集団では各々 0.90、0.94 であるのに対し、前向き解析対象集団では各々 0.94、0.98 であった（表 6.2-1、表 6.2-3）。また、全解析対象集団について、後向き追跡期間と前向き追跡期間に分けて全死因、全悪性新生物の SMR を算出したところ、後向き追跡期間では各々 0.84、0.86、前向き追跡期間では各々 0.92、1.00 であった（補遺 - 2）。このように、後向き追跡期間を含む全解析対象集団の SMR が前向き追跡期間のみから成る前向き解析対象集団の SMR より小さいことは、全解析対象集団における生死の把握漏れの割合が生存者よりも死亡者において多いことを示唆している。さらに、累積線量群別に後向き追跡期間と前向き追跡期間に分けて SMR を算出した結果も補遺 - 2 に示す。

したがって、本報告書では生死を確認できない者によるバイアスが少ないと見込まれる前向き解析対象集団の解析結果を主要な結果と位置づけ、この解析結果を中心に考察した。

前向き解析対象集団の観察人年は約 53.9 万人年であり、全解析対象集団よりも更に統計学的検出力が劣るが、全解析対象集団の内部比較の結果（補遺 - 1）は、前向き解析対象集団の解析結果と同様な傾向を示しており、相互の結果に矛盾は認められない。

## 7.2 解析方法について

この疫学調査では、まず外部比較で解析対象集団の悪性新生物、非新生物等による死亡率と日本人男性の死亡率とが異なるか否かについて検討した。さらに内部比較では、解析対象集団を累積線量によって群分けし、悪性新生物、非新生物等による死亡率が累積線量とともに増加する傾向を示すか否かについて検討した。これは、もしこの解析対象集団において放射線による健康影響が見られるとすれば、まず解析対象集団の悪性新生物の死亡率は日本人男性のそれより高くなり、かつその集団内部の悪性新生物の死亡率は累積線量とともに増加するものとの考え方に立って解析を行ったものである。

しかしながら、外部比較に関しては、死亡の把握漏れと健康労働者効果という二つの要因がSMRを低める方向に働いている問題と、比較する両集団の放射線被ばく以外の発がんに係わる諸要因が同じでない可能性が高いという問題がある。前者の問題は前向き解析対象集団では、特に悪性新生物の死亡率に関してその影響は小さいが、後者の問題は、その影響がSMRを上下どちらに歪める方向に働くかが予想つかないため、結果の判定を難しくしている。

また、内部比較においても、累積線量群間で放射線被ばく以外の発がんに係わる諸要因が均一であるとは限らないという問題が残っている。

この疫学調査の対象集団のような低線量域の放射線による発がんのリスクは、比較的高線量の被ばく者集団に関する疫学調査において、これまでに得られたリスクの大きさからみても、もしあるとしても、極めて小さいことが予想される。一方、発がんには喫煙、飲酒、食生活等の生活習慣をはじめ、職業、大気汚染など様々な要因が関連していることが明らかになっている。したがって、このような低線量域の放射線による健康影響を誤り無く評価するためには、大規模な集団を観察すると同時に、生活習慣等の交絡因子の影響を取り除く必要がある。しかしながら、この疫学調査の解析では放射線以外の要因として考慮したのは、性、年齢、暦年だけである。即ち、性に関しては解析対象を男性に限定して性別の影響を除き、年齢、暦年に関しては層別解析を行ってその影響を調整したが、他の要因に関しては解析対象者から直接情報を取得していないため、調整することができなかったことに留意する必要がある。

日本人における部位別のがん死亡率には大きな地域差があることが知られており<sup>13)14)</sup>、地理的差異の原因として生活習慣等の地域差が考えられている。調査の対象となった放射線業務従事者の住所地は国内各地に分散しているが、生活習慣等の地域差に関する情報は得ていない。この疫学調査においては、追加的な解析として、データを更に住所地に基づき地域を調整した内部比較の解析を行った。調査対象者は転居により住所地を変更している場合もあるので、いつの時点の住所地を採るべきかの選択の問題があったが、最終住所地または死亡時住所を採用した。また、地域単位としては、県別に区分すると対象者の数が極めて少ない県があることを考慮して全国を8地域に分けた(補遺-3)。



### 7.3 死因の調査結果について

生死確認調査によって把握した死亡者 5,527 人(男性)を死亡テープと照合した結果 5,494 人(99.4%)の死因が判明した。この死因が判明した割合は第 1 期調査の場合(99.4%)と同様の割合であり、死因の同定がほぼ同じ程度の正確性をもって行われたものと考えられる。また、死因不明者の存在は死因別死亡数を少なくするが、死因が不明であった 33 名の累積線量はいずれも 0~50mSv 未満の範囲にあるため、何らかの特定死因による死亡率と累積線量との間には関連があるにもかかわらず、関連がないとの結果をもたらすバイアスにはならないと考えられる。

### 7.4 主要な解析結果について

#### 日本人男性死亡率との比較について

前向き解析対象集団では、全死因、非新生物の SMR はそれぞれ 0.94、0.86 といずれも有意に 1 より小さい値を示した。このように放射線業務従事者の死亡率が日本人男性に比べて低い理由として健康労働者効果<sup>15)16)17)</sup>が考えられ、非新生物の SMR が低いのは、健康労働者効果が非新生物で相対的に強いためと考えられる。全新生物および全悪性新生物の SMR はともに 0.98 と 1 に近い値を示した。部位別の悪性新生物については、日本人男性の死亡率と比較して有意に増加しているものはなかった。

しかし、観察期間が未だ短いことのほかに、この疫学調査の解析対象集団の生活習慣など、様々な社会的要因の状況が日本人男性と異なる可能性があることに留意する必要がある。

#### 白血病の死亡率と累積線量との関連について

白血病は放射線との関連が特に強い疾患として知られているが、第 1 期調査においては第 1 期調査に引き続き、白血病の死亡率が累積線量とともに増加する有意な傾向性は認められなかった。しかしながら、第 1 期調査においても観察死亡数が少なく、一人当たりの平均累積線量も少ないことから、統計学的検出力が小さいことに留意する必要がある。

#### 白血病を除く全悪性新生物の死亡率と累積線量との関連について

白血病を除く全悪性新生物の死亡率は、前向き解析対象集団で潜伏期を考慮した場合にのみ、累積線量とともに増加する有意な傾向性を示した。これは後述するように、食道、胃および直腸の悪性新生物の死亡率が累積線量とともに有意に増加していることが反映されたことによるものである。潜伏期を考慮しなかった場合には、累積線量に対する有意な傾向性は認められなかった。なお、全解析対象集団でも死亡率が累積線量とともに増加する有意な傾向性は認められなかったが、p 値は有意水準(5%)に近い値が得られた(補遺 - 1)。また、データを更に住所地に基づき地域を調整した追加解析でも死亡率が累積線量とともに増加する有意な傾向性は認められなかった(補遺 - 3)。このように、解析方法に

よってすべて同様な結果を示している訳ではないため、白血病を除く全悪性新生物の死亡率と累積線量との関連についても未だ確定的なことを言える段階ではない。

#### 部位別の悪性新生物の死亡率と累積線量との関連について

部位別の悪性新生物についての内部比較結果では、食道、胃および直腸の悪性新生物の死亡率が累積線量とともに増加する有意な傾向性を示した。しかし、それ以外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な傾向性は認められなかった。

また、データを更に住所地に基づき地域を調整した追加解析では、食道、胃の悪性新生物については有意となり、直腸の悪性新生物は、前向き解析対象集団で潜伏期 10 年を考慮した場合にのみ有意となった。なお、この追加解析では、前向き解析対象集団で潜伏期を考慮しない場合のみ、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な傾向性を示した。しかし、死亡数が極めて少ないことに留意する必要がある（補遺 - 3）。

第 期調査では、膵臓がん（潜伏期を考慮した場合）に有意な傾向性が認められていたが、第 期調査では有意な傾向性は認められなかった。

原爆被爆者の追跡調査に関する最新の報告書<sup>18)</sup>によれば、白血病以外にも食道、胃、結腸、肝臓および肺など主要な部位の悪性新生物の死亡率に有意な増加が認められているが、直腸の悪性新生物に関しては放射線との統計学的な関連は認められていない。ただし、同報告書によれば、現時点においては、放射線発がん性に部位間に明確な違いがあるとは言えないとしており、食道、胃および直腸の悪性新生物が特に放射線に誘発されやすい悪性新生物であるとは考え難い。

この第 期調査で食道、胃および直腸の悪性新生物の死亡率が累積線量とともに増加する有意な傾向性を示したことは、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も考えられる。

#### 多重比較の問題について

一つの集団で多数の異なった部位を解析した場合、5%の有意水準を用いた検定では統計学的に有意な結果は、偶然によっても 20 回に 1 回生じ得る。今回の調査のように多数の検定を繰り返して行う場合には、解析結果を慎重に解釈することが必要である。食道、胃および直腸の悪性新生物について、検定の多重性を調整した p 値（Bonferroni の方法により算出<sup>19)</sup>）を求めたところ、食道がんでは有意であった（潜伏期を考慮しない場合；調整後 p 値=0.023、潜伏期 10 年；調整後 p 値=0.000）が、胃がん（潜伏期を考慮しない場合；調整後 p 値=0.129、潜伏期 10 年；調整後 p 値=0.264）、直腸がん（潜伏期を考慮しない場合；調整後 p 値=0.515、潜伏期 10 年；調整後 p 値=0.158）の調整した p 値は 0.05 より大きくなった。したがって、胃がん、直腸がんについては、多数の傾向性の検定を行ったために偶然小さな p 値が得られた可能性も考えられる。

## 交絡因子の影響について

この死亡調査とは別に実施した交絡因子調査（注）の結果、累積線量が多い者ほど喫煙者の割合が大きく、1日の喫煙本数、総喫煙量も多いこと、飲酒率については累積線量群間で差が認められないが、累積線量の多い者ほど多量飲酒者の割合が大きいたことが判明した。交絡因子調査の対象とした集団はこの疫学調査の解析対象集団とは異なることから、交絡因子調査結果を解析対象集団に直接適用することは出来ないが、累積線量群によって生活習慣が異なるという結果は示唆的である。

仮に解析対象集団と交絡因子調査の集団とが同一の傾向をもっているとすると、一部の消化管の悪性新生物と累積線量との関係は、これらの交絡因子の影響による可能性も考えられる。例えば、食道がんについては、喫煙と飲酒が重なった場合には死亡率、罹患率が特に高くなることが知られているので<sup>13)20)</sup>、累積線量と死亡率との関連はこれらの要因の交絡によるという可能性もある。ただし、喫煙と強い関連を示すことが知られている肺がんについては、今回の調査では、死亡率が累積線量とともに増加する傾向性が認められていない。したがって、喫煙と飲酒の影響だけでは、今回のすべての結果について整合性をもって説明することが不可能であるため、さらに他の交絡因子の関与についても検討する必要がある。

（注）交絡因子調査：平成9年10月から平成11年3月に、現に放射線業務に従事している者など約6万人を対象に喫煙、飲酒、医療被ばく等についてアンケート調査を行い、約5万人から回答を得た。全解析対象集団（約17.6万人）のうちこのアンケート調査の回答を得た者は約3.5万人であり、前向き解析対象集団（約11.9万人）では約2.2万人である。

## 全死因および外因死の死亡率について

全死因および外因死の死亡率は、累積線量とともに増加する有意な傾向性を示した。

全死因の死亡率と累積線量との関連は、外因死および死因不明を除く全死因の死亡率には累積線量とともに増加する有意な傾向性は認められないことから、主として外因死の死亡率が累積線量とともに有意に増加していることが反映されたことによるものである。なお、外因死のSMRは前向き解析対象集団では1.04（95%CI：0.94 - 1.14）であり、日本人男性の外因死の死亡率と比べて有意に増加しているとは言えない。

外因死は、不慮の事故、自殺、その他の外因等による死亡であるが、これらの死因と放射線との生物学的な因果関係は考え難いので、何らかの別の要因が関係している可能性も考えなければならない。外因死と放射線に関する疫学調査の国内外の報告は乏しく、また、この疫学調査では外因死について考察する上で必要な生活状況や就業状況等についての詳細な情報が無いので、これに関する詳細な考察は出来なかった。

## 7.5 諸外国の研究結果について

これまでの諸外国における原子力産業従事者を対象とした研究でも、白血病や白血病を除く全悪性新生物の死亡率と累積線量との間に有意な関連を認めたものは少ない。ただし、白血病以外の悪性新生物の部位別検討では、多発性骨髄腫だけではなく、前立腺がん、膀胱がん、肺がんおよび消化管のがん等多様な部位について、死亡率と累積線量との関連が報告<sup>2 1)</sup>されているが、その結果は一貫しておらず、低線量域の放射線により特定の部位の悪性新生物が誘発されることを支持する結果は得られていない。

食道がんの死亡率と累積線量との間に有意な関連が認められた最近の調査事例としては、米国の3施設（ハンフォード施設、オークリッジ研究所、ロッキーフラット施設）従事者を対象にした合同調査<sup>2 2)</sup>（1993年（平成5年）発表）、米国のロスアラモス研究所の従事者を対象にした調査<sup>2 3)</sup>（1994年（平成6年）発表）がある。

低線量域の放射線疫学調査では膨大な対象集団を必要とすることから、WHO（世界保健機関）の専門機関である国際がん研究機関（IARC）は、1990年代初めまでに大規模な集団の追跡調査から得られたデータが蓄積されていた米国、英国、カナダの3カ国における原子力産業従事者のがん死亡調査データをプールした解析を行い1995年（平成7年）にその結果を発表した<sup>1 1)</sup>。これによると、全死因や白血病を除く全悪性新生物（固形がん）の死亡率と累積線量との間には関連が認められなかったが、白血病（慢性リンパ性白血病を除く）の死亡率と累積線量との間には有意な関連が認められたとしている。また、多発性骨髄腫の死亡率も累積線量と有意な関連を示したとしている。

英国では放射線業務従事者国家登録制度を利用した放射線疫学調査が行われており、1992年（平成4年）に第1回解析結果を発表し、その後、1999年（平成11年）に第2回解析結果を発表した<sup>2 4)</sup>。これによると、全死因および白血病を除く全悪性新生物（固形がん）の死亡率と累積線量との間には関連が認められなかったが、部位不明のがんの死亡率と累積線量との間に統計学的に有意な関連が認められたとしている。また、多発性骨髄腫、直腸がんおよび白血病（慢性リンパ性白血病を除く）の死亡率は累積線量との間に統計学的に有意ではないが関連を示したとしている。

上述のように、諸外国における原子力産業従事者を対象とした疫学調査において、放射線との有意な関連を示す結果を得ているものもあるが、必ずしもそれぞれの調査結果が整合性のとれた結果とはなっていない。

なお、今回の解析結果で有意な傾向性を示した食道の悪性新生物については、上記の諸外国の研究結果において同様な結果を得ているものもあるので、今後とも疫学調査を継続して行っていく中で注意して観察する必要がある。

## 7.6 考察のまとめ

以下に主要な解析結果の考察をまとめる。

### (1) 外部比較

放射線業務従事者の全死因および非新生物の死亡率は日本人男性の死亡率と比べて有意に低く、これは主に健康労働者効果によるものと考えられた。この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日本人男性の死亡率と比べて有意な増加は見られなかった。また、白血病を含め部位別にみても、日本人男性の死亡率と比べて有意に増加している悪性新生物はなかった。

したがって、日本人男性と比べて、この集団の悪性新生物による死亡率は高くなかった。

### (2) 内部比較

白血病については、累積線量とともに増加する有意な傾向性は認められなかった。白血病を除く全悪性新生物については、前向き解析対象集団で潜伏期を考慮した場合には、累積線量とともに増加する有意な傾向性を示したが、これは、食道、胃および直腸の悪性新生物の死亡率が累積線量とともに有意に増加していることが反映されたことによるものである。潜伏期を考慮しない場合、並びに全解析対象集団や、住所地を調整した解析ではいずれも有意な傾向性は認められなかった。

部位別の結果では、食道、胃および直腸の悪性新生物の死亡率が累積線量とともに増加する有意な傾向性を示した。ただし、多数の検定を繰り返して行う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胃および直腸の悪性新生物の傾向性は有意ではなかった。上記3部位以外の部位の悪性新生物には有意な傾向性は認められなかった。第1期調査で有意な傾向性が認められていた膵臓がん（潜伏期を考慮した場合）も、第2期調査では有意な傾向性は認められなかった。これら部位別の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、さらに未だ観察期間が短いことについて注意しなければならない。

また、多発性骨髄腫は住所地を調整した解析（前向き解析対象集団で潜伏期を考慮しない場合）で有意な傾向性を示した。しかし、症例数が極めて少ないので、放射線との関係を論じる段階にはない。

外因死の死亡率は日本人男性と比べて有意な増加は見られなかったものの、累積線量とともに増加する有意な傾向性が認められた。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、この疫学調査では外因死について考察する上で必要な生活や就業等に関する状況についての情報が無いので、これに関する詳細な考察を行うことは出来なかった。

### (3) 統計学的関連の解釈

疫学調査においては、ある要因と疾病との関係が統計学的に有意な関連を示したとしても、偏りや交絡因子の影響の有無を十分検討する必要がある。さらにまた、因果関係を判断するためには、多数の研究結果で一致した傾向を示していることや、医学的・生物学的に合理的な説明が付くこと等が求められる。

この疫学調査では、平均観察期間は全期間でも8年、前向き解析対象集団に限ると5年弱であるから、原爆被爆者集団の追跡調査が40年を超える長期間であるのと比べても、まだ極めて短いと言わざるをえない。

また、今回の解析結果に見られた部位別の悪性新生物の死亡率と累積線量との関連は、食生活、喫煙、飲酒など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生じた可能性が考えられるが、対象者全員について発がんに関連する生活習慣等の情報を取得していないため、これらの交絡因子が解析結果に与える影響の有無を直接検証することができない。

さらにまた、原爆被爆者の追跡調査から得られている知見と比べて、部位によって食い違う結果が得られており、諸外国における原子力産業従事者を対象とした疫学調査結果とも必ずしも一致するものでない。外因死に見られた累積線量との関連についても、これを医学的・生物学的に合理的に説明することは困難である。

## 8. 総合評価

今回の解析結果では、全悪性新生物の死亡率については日本人男性に比べて増加は認められず、また白血病を含め部位別の死亡率も同様に増加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については、累積線量とともに増加する明確な傾向性は認められなかった。また、一部の消化管の悪性新生物と外因死の死亡率は累積線量とともに増加する有意な傾向性を示したが、白血病を含めその他の部位の悪性新生物にはそのような傾向性は認められなかった。

一部の消化管の悪性新生物に見られた累積線量との有意な関連については、発がんに関係を有する生活習慣等の交絡因子の影響等の可能性を考慮する必要があること、さらに従来報告されている原爆被爆者や海外の原子力産業従事者に関する疫学調査の知見と必ずしも整合性がないことから、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。

以上のことを総合して評価すると、第 期調査の結果では、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との明確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、長期にわたる観察が必要であるので、今後ともこの疫学調査を継続するとともに、交絡因子の影響等についても調査検討が必要である。

## 9. 今後の課題

今回の調査では、未だ観察期間が短いという問題のほかに、放射線業務従事者の放射線被ばく以外の発がんに係わる諸要因が交絡している可能性も考えられ、放射線と健康影響との関連を調査する上で解析結果の解釈を困難にしている問題が明らかとなった。

このような背景を踏まえて、今後は以下の諸点を考慮して調査を継続すべきである。

### (1) これまでの調査の継続

本調査開始以降、これまでの調査において 5,500 を超す死亡数が確認されたが、白血病など部位別のがんについては死亡数が未だ少なく、十分な統計学的検出力があるとは言えない。したがって、今後もこれまでの調査集団について調査を継続する必要がある。

また、第 1 期調査の期間中に交絡因子調査の対象となった者は、同期間中に拡大された調査集団にも含まれており、すでに生死確認調査の対象とされているところである。今後もこれらの者について生死確認調査を継続することによって、飲酒や喫煙などの交絡因子を考慮した統計解析を行うことが可能となるため、交絡因子調査の対象となった者の生死確認調査を継続することは、とりわけ重要である。

### (2) 生活習慣等に関する新たな調査の検討

放射線業務従事者集団の死亡に係わる要因を分析していく上で、発がんに大きな影響を与える生活習慣については、喫煙と飲酒のみならず、その他の食生活や生活環境に関する情報を得ることができれば、より緻密な疫学的解析が可能となるものと期待されるので、新たな生活習慣調査の可能性について検討する必要がある。

### (3) がん罹患調査の検討

近年のがん医療技術の進歩に伴いがんの治癒成績が向上し、がん罹患者の半数はがん死亡に至らない時代となっている。特に甲状腺がん等の致死率の低いがんについては、死亡調査のみでは放射線とがんとの関連を正確に把握することは困難である。このような背景から、第 1 期調査においては本調査とは別に、本調査集団の一部についてがん罹患調査に関する予備的調査が実施された。調査の結果では、個人情報の保護に関する制度的環境が整えば、罹患情報による疫学調査が技術的には可能であり、その調査結果は有効に活用できることが確認された。

今後の調査においては、がん登録およびがん登録情報の利用に関する個人情報の保護に関する制度的な制約との整合を図ったうえで、罹患調査の可能性の検討が必要である。

### (4) 調査対象者の理解と協力の確保

本調査の実施においては、主に広報活動を通じ、放射線疫学調査の開始、継続について調査対象者へ周知し、理解、協力が得られるよう努めてきたところである。しかしながら、最近の個人情報保護に関する社会的意識の高まりに伴い、政府において個人情報

保護システムのあり方についての検討が進められており、個人情報保護基本法、疫学的研究における倫理的規範等の制定に向けた審議が行われている。個人情報の利用をめぐる環境の変化に対応するため、この疫学調査においても、法制定をはじめとする個人情報保護の動向を踏まえた的確な措置を講じる必要がある。



・ 参考文献

- 1 ) 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 期 平成 2 年度～平成 6 年度), 財団法人 放射線影響協会, 平成 7 年 3 月
- 2 ) Hosoda Y, Kuba M, Miyake T, Kudo S, Matsudaira H, Kaneko M, Yoshimura T,  
Akiba S, Tango T, Minowa M, Murata M, Yoshimoto Y, Kusumi S, Iwasaki T,  
and Kumatori T, : First analysis of mortality of nuclear industry workers in  
Japan,1986-1992. J Health Phys,32,173-184(1997).
- 3 ) 平成 3 年 5 月 1 日総務庁告示第 30 号,平成 5 年 11 月 1 日総務庁告示第 67 号,  
平成 8 年 2 月 1 日総務庁告示第 12 号,平成 11 年 12 月 20 日総務庁告示第 172 号
- 4 ) 「疾病、傷害および死因統計分類提要 昭和 54 年版」財団法人 厚生統計協会
- 5 ) 「疾病、傷害および死因統計分類提要 ICD-10 準拠」財団法人 厚生統計協会
- 6 ) 「平成 7 年 人口動態統計 」財団法人 厚生統計協会
- 7 ) 沼宮内弼雄,石黒秀治,河田 燕,南 賢太郎,吉本泰彦, : 放射線疫学調査(第 期)に  
係る個人線量の信頼性(1). RADIOISOTOPES,46,833-843(1997)
- 8 ) 沼宮内弼雄,石黒秀治,河田 燕,南 賢太郎,吉本泰彦, : 放射線疫学調査(第 期)に  
係る個人線量の信頼性(2). RADIOISOTOPES,46,917-932(1997)
- 9 ) EPICURE. HiroSoft International Corporation, Seattle, WA, USA(1993)
- 1 0 ) Breslow N E, Day N E. Statistical methods in cancer research : Volume II - The  
design and analysis of cohort studies. IARC (1987)
- 1 1 ) Cardis E,Gilbert E,Carpenter L,Howe G,Kato I,Armstrong BK,Beral V,Cowper G,  
Douglas A,Fix J,Fry SA,Kaldor J,Lave C,Salmon L,Smith PG,Voelz GL,Wiggs LD,  
: Effects of low doses and low dose rates of external ionizing radiation, cancer  
mortality among nuclear industry workers in three countries. Radiat Res,  
142,117-132(1995)
- 1 2 ) Gilbert E S, : Some Computer Simulations Based on the Linear Relative Risk  
Model. Report No.PNL-7867, Pacific Northwest Laboratory, Richland,WA(1991)
- 1 3 ) 渡辺 昌,「日本人のがん」,金原出版株式会社 1997 年 11 月
- 1 4 ) 富永祐民,大島 明,黒石哲生,青木國雄,「がん・統計白書 - 罹患 / 死亡 / 予後 - 1999」,  
篠原出版新社 1999 年 5 月
- 1 5 ) Carpenter L, Beral V, Fraser P, et al. : Health related selection and death rates in  
the United Kingdom Atomic Energy Authority Workforce. Brit J Indust Med,47,  
248-258(1990)
- 1 6 ) Howe G R, Chairelli A M, Lindsay J P, : Components and modifiers of the healthy  
worker effect,Evidence from three occupational cohorts and implications for  
industrial compensation. Am J Epid, 128, (6), 1364-1375(1988)

- 17) 小山幸次郎, : 長期追跡集団における Healthy Worker Effect. 癌の臨床, 45, 1307-1310(1999)
- 18) Pierce DA, Shimizu Y, Preston DL, Vaeth M, Mabuchi K, : Studies of the mortality of atomic bomb survivors. Report 12, Part 1. Cancer: 1950-1990. Radiat. Res, 146, 1-27(1996)
- 19) 古川俊之, 丹後俊郎, 「新版医学への統計学」, 朝倉書店 1998年2月
- 20) Tuyns A J. Cancer of the Esophagus in Brittany: an incidence study in Ill-er-vilaine. Int. J. Epidemiol, 4, 55-59(1975)
- 21) United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Sources and effects of ionizing radiation. ( 1994 )
- 22) Gilbert E S, Cragle D L, Wiggs L D, : Updated analysis of combined mortality data for workers at the Hanford Site, Oak Ridge National Laboratory, and Rocky Flats Weapons Plant. Radiat Res , 136, 408-421 (1993)
- 23) Wiggs LD, Johnson ER, Cox-DeVore CA, Voelz GL, : Mortality through 1990 among white male workers at the Los Alamos National Laboratory: considering exposures to plutonium and external ionizing radiation. Health Phys, 67, 577-588(1994)
- 24) Muirhead CR, Goodhill AA, Haylock RGE, Vokes J, Little MP, Jackson DA, O'Hagan JA, Thomas JM, Kendall GM, Silk TJ, and Berridge GLC, : Occupational radiation exposure and mortality, second analysis of the National Registry for Radiation Workers. J Radiol. Prot, 19, 3-26(1999)



## 補遺 - 1 全解析対象集団の内部比較解析

全解析対象集団の死因別累積線量群別 O/E 比および傾向性の検定結果を付表 1.1～付表 1.2 に示し、以下に解析結果について特徴的な事項を記す。

全死因および新生物以外の死因：

全死因の死亡率は累積線量とともに増加する有意な傾向性を示した (p 値=0.002)。しかし、死因不明と外因死を除いた全死因の死亡率には有意な傾向性は認められなかった (p 値=0.118)。

一方、外因死の死亡率は累積線量とともに増加する有意な傾向性を示した (p 値=0.000)。非新生物 (外因死を除く) の死亡率には累積線量とともに増加する有意な傾向性は認められなかった (p 値=0.356)。

全新生物：

良性および性質不詳の新生物を含めた全新生物の死亡率には、累積線量とともに増加する有意な傾向性は認められなかった (潜伏期を考慮しない場合 ; p 値=0.093、潜伏期 10 年 ; p 値=0.073)。

全悪性新生物、白血病を除く全悪性新生物：

全悪性新生物の死亡率には累積線量とともに増加する有意な傾向性は認められなかった (潜伏期を考慮しない場合 ; p 値=0.061、潜伏期 10 年 ; p 値=0.053)。

白血病を除く全悪性新生物の死亡率にも累積線量とともに増加する有意な傾向性は認められなかった (潜伏期を考慮しない場合 ; p 値=0.064、潜伏期 10 年 ; p 値=0.055)。

部位別の悪性新生物：

白血病の死亡率は累積線量とともに増加する有意な傾向性は認められなかった (潜伏期を考慮しない場合 ; p 値=0.392、潜伏期 2 年 ; p 値=0.301)。

食道、胃の悪性新生物の死亡率は累積線量とともに増加する有意な傾向性を示した。

食道がん：潜伏期を考慮しない場合 ; p 値=0.017、潜伏期 10 年 ; p 値=0.000

胃がん：潜伏期を考慮しない場合 ; p 値=0.002、潜伏期 10 年 ; p 値=0.019

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な傾向性を示したものはなかった。

付表 1.1 全解析対象集団:死因別累積線量群別O/E比及び傾向性の検定結果(1)  
(潜伏期:0年)

死 因	累積線量群(mSv)					傾向性の 片側検定結果 p値
	<10	10-	20-	50-	100+	
	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	
	95%信頼区間	95%信頼区間	95%信頼区間	95%信頼区間	95%信頼区間	
全死因	4026 4157.4 0.97 (0.94 - 1.00)	571 499.7 1.14 (1.05 - 1.24)	552 509.8 1.08 (0.99 - 1.18)	222 231.6 0.96 (0.84 - 1.09)	156 128.5 1.21 (1.03 - 1.42)	0.002
全死因 (死因不明、 外因死を除く)	3349 3420.0 0.98 (0.95 - 1.01)	455 406.9 1.12 (1.02 - 1.23)	447 416.7 1.07 (0.98 - 1.18)	168 189.1 0.89 (0.76 - 1.03)	120 106.3 1.13 (0.94 - 1.35)	0.118
外因死	657 713.0 0.92 (0.85 - 1.00)	108 89.6 1.20 (0.99 - 1.45)	100 89.9 1.11 (0.91 - 1.35)	54 41.0 1.32 (0.99 - 1.72)	36 21.4 1.68 (1.18 - 2.33)	0.000
非新生物 (外因死を除く)	1740 1774.8 0.98 (0.94 - 1.03)	244 211.4 1.15 (1.01 - 1.31)	226 215.9 1.05 (0.92 - 1.19)	86 97.5 0.88 (0.71 - 1.09)	58 54.4 1.07 (0.81 - 1.38)	0.356
全新生物	1609 1645.2 0.98 (0.93 - 1.03)	211 195.5 1.08 (0.94 - 1.24)	221 200.8 1.10 (0.96 - 1.26)	82 91.6 0.89 (0.71 - 1.11)	62 51.9 1.19 (0.92 - 1.53)	0.093
全悪性新生物	1572 1610.0 0.98 (0.93 - 1.03)	207 191.2 1.08 (0.94 - 1.24)	215 196.4 1.09 (0.95 - 1.25)	82 89.6 0.91 (0.73 - 1.14)	62 50.8 1.22 (0.94 - 1.56)	0.061
[ 部 位 別 ] 口腔、咽頭	29 28.7 1.01 (0.68 - 1.45)	6 3.4 1.76 (0.65 - 3.84)	3 3.4 0.87 (0.18 - 2.55)	0 1.6 0.00 (0.00 - 2.36)	0 0.9 0.00 (0.00 - 4.17)	0.910
食道	72 75.5 0.95 (0.75 - 1.20)	4 8.9 0.45 (0.12 - 1.15)	9 9.1 0.98 (0.45 - 1.87)	12 4.1 2.89 (1.50 - 5.05)	3 2.4 1.26 (0.26 - 3.69)	0.017
胃	290 320.5 0.90 (0.80 - 1.02)	52 38.7 1.34 (1.00 - 1.76)	49 39.8 1.23 (0.91 - 1.63)	19 18.5 1.03 (0.62 - 1.61)	18 10.5 1.72 (1.02 - 2.71)	0.002

付表 1.1 全解析対象集団:死因別累積線量群別O/E比及び傾向性の検定結果(2)  
(潜伏期:0年)

死 因	累積線量群(mSv)					傾向性の 片側検定結果 p値
	<10	10-	20-	50-	100+	
	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	
	95%信頼区間	95%信頼区間	95%信頼区間	95%信頼区間	95%信頼区間	
結腸	118 108.7 1.09 (0.90 - 1.30)	5 12.9 0.39 (0.13 - 0.91)	12 13.2 0.91 (0.47 - 1.59)	6 5.9 1.01 (0.37 - 2.21)	3 3.3 0.91 (0.19 - 2.67)	0.711
直腸	73 71.2 1.03 (0.80 - 1.29)	6 8.6 0.70 (0.26 - 1.52)	8 8.8 0.91 (0.39 - 1.79)	4 4.1 0.98 (0.27 - 2.52)	4 2.4 1.68 (0.46 - 4.30)	0.251
肝臓	293 303.3 0.97 (0.86 - 1.08)	47 36.5 1.29 (0.95 - 1.71)	41 37.4 1.10 (0.79 - 1.49)	12 17.6 0.68 (0.35 - 1.19)	12 10.2 1.17 (0.61 - 2.05)	0.410
胆嚢	56 53.3 1.05 (0.79 - 1.37)	4 6.1 0.66 (0.18 - 1.68)	7 6.3 1.12 (0.45 - 2.30)	1 2.8 0.36 (0.01 - 2.01)	2 1.6 1.26 (0.15 - 4.57)	0.616
膵臓	92 95.9 0.96 (0.77 - 1.18)	16 11.3 1.42 (0.81 - 2.30)	9 11.6 0.78 (0.36 - 1.47)	7 5.3 1.33 (0.53 - 2.74)	3 3.0 1.00 (0.21 - 2.93)	0.366
肺	301 302.6 0.99 (0.89 - 1.11)	37 34.6 1.07 (0.75 - 1.47)	42 35.6 1.18 (0.85 - 1.60)	9 15.6 0.58 (0.26 - 1.10)	8 8.7 0.92 (0.40 - 1.82)	0.736
前立腺	26 24.6 1.06 (0.69 - 1.55)	1 2.8 0.36 (0.01 - 2.02)	2 2.8 0.71 (0.09 - 2.57)	1 1.2 0.85 (0.02 - 4.73)	2 0.6 3.08 (0.37 - 11.12)	0.160
膀胱	23 20.5 1.12 (0.71 - 1.68)	2 2.4 0.85 (0.10 - 3.06)	1 2.4 0.41 (0.01 - 2.29)	1 1.1 0.91 (0.02 - 5.09)	0 0.6 0.00 (0.00 - 5.98)	0.858
腎並びにその他 及び部位不明 の泌尿器	21 24.0 0.87 (0.54 - 1.34)	4 2.9 1.39 (0.38 - 3.56)	5 3.0 1.69 (0.55 - 3.95)	2 1.4 1.46 (0.18 - 5.29)	0 0.8 0.00 (0.00 - 4.74)	0.488

付表 1.1 全解析対象集団:死因別累積線量群別O/E比及び傾向性の検定結果(3)  
(潜伏期:0年)

死 因	累積線量群 (mSv)					傾向性の 片側検定結果 p値
	<10	10-	20-	50-	100+	
	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	
	95%信頼区間	95%信頼区間	95%信頼区間	95%信頼区間	95%信頼区間	
脳、神経系 の新生物 <sup>(注1)</sup>	22 19.5 1.13 (0.71 - 1.71)	1 2.4 0.42 (0.01 - 2.32)	2 2.5 0.81 (0.10 - 2.94)	0 1.1 0.00 (0.00 - 3.35)	1 0.6 1.72 (0.04 - 9.57)	0.633
白血病 <sup>(注2)</sup>	41 43.8 0.94 (0.67 - 1.27)	6 5.8 1.04 (0.38 - 2.26)	8 5.9 1.34 (0.58 - 2.65)	4 2.9 1.40 (0.38 - 3.58)	1 1.6 0.64 (0.02 - 3.56)	0.392
非ホジキン リンパ腫	38 34.4 1.11 (0.78 - 1.52)	1 4.2 0.24 (0.01 - 1.34)	6 4.3 1.40 (0.51 - 3.05)	0 2.0 0.00 (0.00 - 1.82)	1 1.1 0.88 (0.02 - 4.89)	0.791
多発性骨髄腫	17 15.1 1.13 (0.66 - 1.80)	1 1.8 0.56 (0.01 - 3.13)	0 1.8 0.00 (0.00 - 2.02)	1 0.8 1.21 (0.03 - 6.74)	1 0.5 2.17 (0.06 - 12.11)	0.411
全悪性新生物 (白血病を除く)	1531 1566.1 0.98 (0.93 - 1.03)	201 185.4 1.08 (0.94 - 1.25)	207 190.4 1.09 (0.94 - 1.25)	78 86.8 0.90 (0.71 - 1.12)	61 49.2 1.24 (0.95 - 1.59)	0.064

(注1)悪性、良性および性状不詳の新生物。

(注2)慢性リンパ性白血病は0例。

付表 1.2 全解析対象集団:死因別累積線量群別O/E比及び傾向性の検定結果(1)  
(潜伏期:白血病 2年、その他の新生物 10年)

死 因	累積線量群(mSv)					傾向性の 片側検定結果 p値
	<10	10-	20-	50-	100+	
	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	
	95%信頼区間	95%信頼区間	95%信頼区間	95%信頼区間	95%信頼区間	
全新生物 <sup>(注1)</sup>	1222 1261.8 0.97 (0.92 - 1.02)	168 153.0 1.10 (0.94 - 1.28)	175 148.6 1.18 (1.01 - 1.37)	51 58.0 0.88 (0.65 - 1.16)	28 22.6 1.24 (0.82 - 1.79)	0.073
全悪性新生物 <sup>(注1)</sup>	1195 1236.3 0.97 (0.91 - 1.02)	165 149.9 1.10 (0.94 - 1.28)	172 145.7 1.18 (1.01 - 1.37)	51 56.9 0.90 (0.67 - 1.18)	28 22.2 1.26 (0.84 - 1.82)	0.053
[ 部位別 ] 口腔、咽頭	25 24.6 1.02 (0.66 - 1.50)	4 3.0 1.32 (0.36 - 3.38)	3 2.9 1.04 (0.21 - 3.04)	0 1.1 0.00 (0.00 - 3.33)	0 0.4 0.00 (0.00 - 8.66)	0.840
食道	45 53.6 0.84 (0.61 - 1.12)	6 6.5 0.92 (0.34 - 2.00)	7 6.4 1.10 (0.44 - 2.27)	9 2.5 3.61 (1.65 - 6.85)	3 1.0 3.05 (0.63 - 8.92)	0.000
胃	220 241.1 0.91 (0.80 - 1.04)	38 29.6 1.28 (0.91 - 1.76)	35 28.7 1.22 (0.85 - 1.70)	17 11.3 1.51 (0.88 - 2.42)	5 4.3 1.16 (0.38 - 2.71)	0.019
結腸	83 81.9 1.01 (0.81 - 1.26)	6 9.7 0.62 (0.23 - 1.34)	13 9.4 1.38 (0.73 - 2.35)	2 3.6 0.56 (0.07 - 2.02)	2 1.4 1.45 (0.18 - 5.22)	0.432
直腸	53 55.0 0.96 (0.72 - 1.26)	5 6.8 0.73 (0.24 - 1.71)	8 6.6 1.22 (0.53 - 2.39)	4 2.6 1.56 (0.42 - 3.98)	2 1.0 1.99 (0.24 - 7.19)	0.081
肝臓	216 224.0 0.96 (0.84 - 1.10)	33 28.0 1.18 (0.81 - 1.66)	32 27.0 1.19 (0.81 - 1.68)	6 10.8 0.55 (0.20 - 1.20)	7 4.2 1.65 (0.66 - 3.40)	0.235
胆嚢	48 43.9 1.09 (0.81 - 1.45)	5 5.2 0.97 (0.31 - 2.25)	2 5.1 0.39 (0.05 - 1.42)	1 2.0 0.50 (0.01 - 2.81)	1 0.8 1.25 (0.03 - 6.94)	0.799



付表 1.2 全解析対象集団:死因別累積線量群別O/E比及び傾向性の検定結果(2)  
(潜伏期:白血病 2年、その他の新生物 10年)

死 因	累積線量群 (mSv)					傾向性の 片側検定結果 p値
	<10	10-	20-	50-	100+	
	観察死亡数	観察死亡数	観察死亡数	観察死亡数	観察死亡数	
	期待死亡数	期待死亡数	期待死亡数	期待死亡数	期待死亡数	
	O/E比	O/E比	O/E比	O/E比	O/E比	
95%信頼区間	95%信頼区間	95%信頼区間	95%信頼区間	95%信頼区間		
膵臓	68 72.2 0.94 (0.73 - 1.19)	11 8.7 1.27 (0.63 - 2.27)	11 8.5 1.29 (0.65 - 2.31)	3 3.3 0.91 (0.19 - 2.65)	1 1.3 0.78 (0.02 - 4.36)	0.414
肺	245 245.8 1.00 (0.88 - 1.13)	31 28.7 1.08 (0.73 - 1.53)	34 28.3 1.20 (0.83 - 1.68)	4 10.8 0.37 (0.10 - 0.95)	4 4.4 0.92 (0.25 - 2.35)	0.795
前立腺	22 21.0 1.05 (0.66 - 1.59)	1 2.4 0.42 (0.01 - 2.34)	1 2.4 0.43 (0.01 - 2.37)	2 0.9 2.19 (0.27 - 7.89)	1 0.4 2.53 (0.06 - 14.07)	0.188
膀胱	16 15.5 1.03 (0.59 - 1.67)	2 1.8 1.12 (0.14 - 4.03)	2 1.7 1.15 (0.14 - 4.14)	0 0.7 0.00 (0.00 - 5.56)	0 0.3 0.00 (0.00 - 14.54)	0.775
腎並びにその他 及び部位不明 の泌尿器	17 20.7 0.82 (0.48 - 1.32)	5 2.6 1.95 (0.63 - 4.55)	5 2.5 2.04 (0.66 - 4.76)	0 1.0 0.00 (0.00 - 3.83)	0 0.4 0.00 (0.00 - 10.13)	0.528
脳、神経系 の新生物 <sup>(注2)</sup>	14 12.4 1.12 (0.62 - 1.89)	1 1.5 0.66 (0.02 - 3.68)	1 1.4 0.73 (0.02 - 4.08)	0 0.5 0.00 (0.00 - 7.34)	0 0.2 0.00 (0.00 - 21.80)	0.832
白血病 <sup>(注3)</sup>	39 42.6 0.92 (0.65 - 1.25)	6 5.6 1.07 (0.39 - 2.33)	8 5.7 1.40 (0.61 - 2.76)	4 2.7 1.48 (0.40 - 3.78)	1 1.4 0.72 (0.02 - 4.02)	0.301
非ホジキン リンパ腫	26 24.4 1.07 (0.70 - 1.56)	1 3.1 0.33 (0.01 - 1.83)	4 3.0 1.35 (0.37 - 3.46)	1 1.2 0.85 (0.02 - 4.72)	0 0.4 0.00 (0.00 - 8.25)	0.715
多発性骨髄腫	13 10.8 1.20 (0.64 - 2.05)	0 1.3 0.00 (0.00 - 2.86)	0 1.2 0.00 (0.00 - 3.01)	0 0.5 0.00 (0.00 - 7.79)	1 0.2 5.93 (0.15 - 33.06)	0.351

付表 1.2 全解析対象集団:死因別累積線量群別O/E比及び傾向性の検定結果(3)  
(潜伏期:白血病 2年、その他の新生物 10年)

死 因	累積線量群 (mSv)					傾向性の 片側検定結果 p値
	<10	10-	20-	50-	100+	
	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	
	95%信頼区間	95%信頼区間	95%信頼区間	95%信頼区間	95%信頼区間	
全悪性新生物 (白血病を除く)	1162 1201.9 0.97 (0.91 - 1.02)	159 145.6 1.09 (0.93 - 1.28)	168 141.6 1.19 (1.01 - 1.38)	50 55.3 0.90 (0.67 - 1.19)	27 21.6 1.25 (0.82 - 1.82)	0.055

- (注1)白血病を含め潜伏期10年とした。  
(注2)悪性、良性および性状不詳の新生物。  
(注3)慢性リンパ性白血病は0例。

## 補遺 - 2 全解析対象集団の後向きバイアスの検討

「4.3.3 生死確認調査の結果」で述べたように調査集団について生死を確認できた者の割合を累積線量群別に比較すると、累積線量の少ない群ほど生死を確認できた者の割合は低くなっており、生死の追跡にバイアスが潜在している可能性が推測された。一方、前向きに追跡した場合には累積線量群間に生死を確認できた割合は殆ど差異がなかった。

この疫学調査においては、全解析対象集団を解析する場合、最初に生死を確認できた日付（最初の住民票等交付日）から5年さかのぼった日付を原則的に観察開始日とし、最初の住民票交付日（但し、転出者は転出日、死亡者は死亡日）までの後向き追跡期間、および最初に生存を確認できた日付から最終生存確認日までの前向き追跡期間の両方の期間を通算して計算している。

もし生存者と死亡者との間で生死の確認割合が異なる場合には、死亡率にバイアスがもたらされ、解析結果に影響を与える恐れがある。しかし、この疫学調査では、実際の追跡データによって直接的にそのことを確認することが出来ない。このため、全解析対象集団について後向き追跡期間と前向き追跡期間における標準化死亡比（SMR）を求め、後向き追跡期間におけるバイアスについて検討した。この検討にあたり、下記の指標を後向きバイアスと定義した。これは、後向き追跡期間における生存者と死亡者の生死把握率が等しい場合の  $SMR_{\text{後向き}}$  が  $SMR_{\text{前向き}}$  に等しいと仮定した場合、この指標は後向き追跡調査における生存者の把握率に対する死亡者の把握率の比となり、バイアスが無い場合に1となる。生存者よりも死亡者の把握率が小さい時、1より小さくなる。

$$\text{後向きバイアス} = SMR_{\text{後向き}} / SMR_{\text{前向き}}$$

この結果によれば、全死因、全悪性新生物のSMRは後向き追跡期間では各々0.84、0.86、前向き追跡期間では各々0.92、1.00であり、後向き追跡期間のSMRは前向き追跡期間のSMRに比べ全死因で9%、全悪性新生物で14%小さいことが確認された。

この原因としては、後向き追跡期間における生死確認調査において、住所情報が得られなかったこと、あるいは住所情報が不正確であったこと等に起因して生存者と死亡者の生死確認割合が異なっていたことが示唆される。

また、累積線量群別にみても、いずれも後向き追跡期間のSMRは前向き追跡期間のSMRに比べ小さかった。特に20-mSv群および100+mSv群では後向きバイアスは各々0.78、0.74であり、各累積線量群では生存者と死亡者の生死を確認できた割合に差異があることが推測される。しかしながら、10-mSv群では全死因の後向きバイアスはほぼ1に近いので、後向き追跡調査においても生存者と死亡者はほぼ同じ割合で生死を確認できたことが推測さ

れる。

( 1 ) 全死因の後向きバイアス

累積線量群 ( mSv )	後向きSMR 95%信頼区間	前向きSMR 95%信頼区間	後向きバイアス の大きさ 95%信頼区間
<10	0.83 (0.79-0.87)	0.88 (0.84-0.92)	0.94 (0.89-1.00)
10-	1.00 (0.87-1.13)	1.02 (0.91-1.13)	0.98 (0.83-1.16)
20-	0.82 (0.70-0.94)	1.05 (0.94-1.16)	0.78 (0.65-0.93)
50-	0.80 (0.63-1.00)	0.88 (0.74-1.03)	0.91 (0.69-1.20)
100+	0.86 (0.62-1.18)	1.17 (0.97-1.41)	0.74 (0.51-1.05)
全 体	0.84 (0.81-0.87)	0.92 (0.89-0.95)	0.91 (0.87-0.96)

( 2 ) 全悪性新生物の後向きバイアス

累積線量群 ( mSv )	後向きSMR 95%信頼区間	前向きSMR 95%信頼区間	後向きバイアス の大きさ 95%信頼区間
<10	0.85 (0.79-0.92)	0.98 (0.91-1.04)	0.87 (0.78-0.96)
10-	0.94 (0.75-1.18)	1.06 (0.88-1.26)	0.89 (0.67-1.17)
20-	0.85 (0.66-1.07)	1.14 (0.96-1.34)	0.75 (0.56-0.99)
50-	0.83 (0.55-1.21)	0.87 (0.66-1.14)	0.95 (0.60-1.51)
100+	1.01 (0.59-1.62)	1.21 (0.88-1.61)	0.83 (0.48-1.46)
全 体	0.86 (0.80-0.92)	1.00 (0.95-1.06)	0.86 (0.79-0.94)

### 補遺 - 3 放射線業務従事者の住所地を調整した解析

発がんは、生活習慣と強く関連しているとされており、放射線の影響を評価するためには、放射線以外の発がん要因と考えられている生活習慣等の因子の影響を取り除く必要がある。また、その生活習慣は、特に地域によって異なることに注意が必要とされている。

この疫学調査の対象にした原子力事業所に従事する放射線業務従事者の住所地は、原子力事業所の所在地のみならず、国内各地に分散している。放射線業務従事者の居住歴は多様であると推測されるが、居住歴について確認可能な情報は、この疫学調査を開始した以降の生死確認調査で得た住民票等に基づく情報に限られる。

このため、層別変数として年齢、暦年に加え、最新の住所地に基づいて地域を調整した内部比較の解析を実施した。住所地（地域）は、最新の生死確認調査において、住民票または除票の写しが交付された市区町村が所在する都道府県をもとに分類した地域とした。別表に示すように最新の住所地による地域区分を、北海道・東北、関東、北陸、中部、近畿、中国、四国、九州・沖縄の8地域とした。

#### (1) 前向き解析対象集団（付表 3.1～付表 3.2）

全死因および新生物以外の死因：

全死因の死亡率は累積線量とともに増加する有意な傾向性を示した（ $p$  値 = 0.017）。しかし、死因不明と外因死を除いた全死因の死亡率には有意な傾向性は認められなかった（ $p$  値 = 0.296）。

一方、外因死の死亡率は累積線量とともに増加する有意な傾向性を示した（ $p$  値 = 0.000）。

非新生物（外因死を除く）の死亡率には累積線量とともに増加する有意な傾向性は認められなかった（ $p$  値 = 0.371）。

全新生物：

良性および性質不詳の新生物を含めた全新生物の死亡率には、累積線量とともに増加する有意な傾向性は認められなかった（潜伏期を考慮しない場合； $p$  値 = 0.333、潜伏期 10 年； $p$  値 = 0.119）。

全悪性新生物、白血病を除く全悪性新生物：

全悪性新生物の死亡率には累積線量とともに増加する有意な傾向性は認められなかった（潜伏期を考慮しない場合； $p$  値 = 0.280、潜伏期 10 年； $p$  値 = 0.099）。

白血病を除く全悪性新生物の死亡率にも累積線量とともに増加する有意な傾向性は認められなかった（潜伏期を考慮しない場合； $p$  値 = 0.271、潜伏期 10 年； $p$  値 = 0.116）。

部位別の悪性新生物：

白血病の死亡率には累積線量とともに増加する有意な傾向性は認められなかった（潜伏期を考慮しない場合；p 値=0.538、潜伏期 2 年；p 値=0.503）。

食道、胃の悪性新生物の死亡率は累積線量とともに増加する有意な傾向性を示した。

食道がん：潜伏期を考慮しない場合；p 値=0.002、潜伏期 10 年；p 値=0.000

胃がん：潜伏期を考慮しない場合；p 値=0.012、潜伏期 10 年；p 値=0.025

直腸がんの死亡率は潜伏期を考慮した場合のみ、累積線量とともに増加する有意な傾向性を示した（潜伏期を考慮しない場合；p 値=0.071、潜伏期 10 年；p 値=0.024）。

多発性骨髄腫の死亡率は潜伏期を考慮しない場合のみ、累積線量とともに増加する有意な傾向性を示した（潜伏期を考慮しない場合；p 値=0.047、潜伏期 10 年；p 値=0.070）。

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な傾向性を示したものはなかった。

## （2）全解析対象集団（付表 3.3～付表 3.4）

全死因および新生物以外の死因：

全死因の死亡率は累積線量とともに増加する有意な傾向性は認められなかった（p 値=0.098）。また、死因不明と外因死を除いた全死因の死亡率にも有意な傾向性は認められなかった。（p 値=0.443）。

一方、外因死の死亡率は累積線量とともに増加する有意な傾向性を示した（p 値=0.002）。

非新生物（外因死を除く）の死亡率には累積線量とともに増加する有意な傾向性は認められなかった（p 値=0.657）。

全新生物：

良性および性質不詳の新生物を含めた全新生物の死亡率には、累積線量とともに増加する有意な傾向性は認められなかった（潜伏期を考慮しない場合；p 値=0.267、潜伏期 10 年；p 値=0.236）。

全悪性新生物、白血病を除く全悪性新生物：

全悪性新生物の死亡率には累積線量とともに増加する有意な傾向性は認められなかった（潜伏期を考慮しない場合；p 値=0.204、潜伏期 10 年；p 値=0.199）。

白血病を除く全悪性新生物の死亡率にも累積線量とともに増加する有意な傾向性は認められなかった（潜伏期を考慮しない場合；p 値=0.199、潜伏期 10 年；p 値=0.192）。

部位別の悪性新生物：

白血病の死亡率には累積線量とともに増加する有意な傾向性は認められなかった  
(潜伏期を考慮しない場合；p 値=0.504、潜伏期 2 年；p 値=0.428)。

食道、胃の悪性新生物の死亡率は累積線量とともに増加する有意な傾向性を示した。

食道がん：潜伏期を考慮しない場合；p 値=0.023、潜伏期 10 年；p 値=0.000

胃がん：潜伏期を考慮しない場合；p 値=0.007、潜伏期 10 年；p 値=0.047

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な傾向性を示したものはなかった。

別表 最新の住所地による地域区分について

地域	都道府県	地域	都道府県	地域	都道府県
北海道・東北	北海道 青森県 岩手県 宮城県 秋田県 山形県 福島県	中部	山梨県 長野県 岐阜県 静岡県 愛知県 三重県	四国	徳島県 香川県 愛媛県 高知県
関東	茨城県 栃木県 群馬県 埼玉県 千葉県 東京都 神奈川県	近畿	滋賀県 京都府 大阪府 兵庫県 奈良県 和歌山県	九州・沖縄	福岡県 佐賀県 長崎県 熊本県 大分県 宮崎県 鹿児島県 沖縄県
北陸	新潟県 富山県 石川県 福井県	中国	鳥取県 島根県 岡山県 広島県 山口県		



付表 3.1 前向き解析対象集団:死因別累積線量群別O/E比及び傾向性の検定結果(1)  
( 潜伏期:0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
	<10	10-	20-	50-	100+	
	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	
	95%信頼区間	95%信頼区間	95%信頼区間	95%信頼区間	95%信頼区間	
全死因	2014 2085.7 0.97 (0.92 - 1.01)	320 291.5 1.10 (0.98 - 1.23)	349 310.1 1.13 (1.01 - 1.25)	138 152.4 0.91 (0.76 - 1.07)	113 94.2 1.20 (0.99 - 1.44)	0.017
全死因 (死因不明、 外因死を除く)	1767 1805.4 0.98 (0.93 - 1.03)	269 247.0 1.09 (0.96 - 1.23)	292 261.8 1.12 (0.99 - 1.25)	107 127.2 0.84 (0.69 - 1.02)	85 78.5 1.08 (0.86 - 1.34)	0.296
外因死	236 268.6 0.88 (0.77 - 1.00)	46 42.7 1.08 (0.79 - 1.44)	56 46.4 1.21 (0.91 - 1.57)	31 24.2 1.28 (0.87 - 1.82)	28 15.1 1.86 (1.23 - 2.68)	0.000
非新生物 (外因死を除く)	914 936.6 0.98 (0.91 - 1.04)	142 128.0 1.11 (0.93 - 1.31)	150 135.1 1.11 (0.94 - 1.30)	57 65.1 0.88 (0.66 - 1.13)	42 40.2 1.04 (0.75 - 1.41)	0.371
全新生物	853 868.9 0.98 (0.92 - 1.05)	127 119.0 1.07 (0.89 - 1.27)	142 126.7 1.12 (0.94 - 1.32)	50 62.1 0.81 (0.60 - 1.06)	43 38.4 1.12 (0.81 - 1.51)	0.333
全悪性新生物	835 851.9 0.98 (0.92 - 1.05)	125 116.4 1.07 (0.89 - 1.28)	138 124.1 1.11 (0.93 - 1.31)	50 60.9 0.82 (0.61 - 1.08)	43 37.7 1.14 (0.83 - 1.54)	0.280
[ 部 位 別 ] 口腔、咽頭	18 17.1 1.05 (0.62 - 1.66)	3 2.4 1.26 (0.26 - 3.69)	3 2.5 1.20 (0.25 - 3.50)	0 1.2 0.00 (0.00 - 3.02)	0 0.8 0.00 (0.00 - 4.78)	0.890
食道	38 46.0 0.83 (0.59 - 1.13)	4 5.9 0.68 (0.18 - 1.73)	8 6.1 1.32 (0.57 - 2.60)	10 3.1 3.28 (1.57 - 6.03)	3 2.0 1.51 (0.31 - 4.41)	0.002
胃	146 163.1 0.90 (0.76 - 1.05)	32 22.6 1.42 (0.97 - 2.00)	28 24.4 1.15 (0.76 - 1.66)	10 12.2 0.82 (0.39 - 1.51)	14 7.7 1.81 (0.99 - 3.04)	0.012

付表 3.1 前向き解析対象集団:死因別累積線量群別O/E比及び傾向性の検定結果(2)  
( 潜伏期:0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
	<10	10-	20-	50-	100+	
	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	
	95%信頼区間	95%信頼区間	95%信頼区間	95%信頼区間	95%信頼区間	
結腸	48 47.1 1.02 (0.75 - 1.35)	4 5.6 0.72 (0.20 - 1.85)	6 6.0 1.01 (0.37 - 2.19)	4 2.8 1.44 (0.39 - 3.70)	1 1.6 0.61 (0.02 - 3.42)	0.554
直腸	32 34.5 0.93 (0.63 - 1.31)	4 4.7 0.85 (0.23 - 2.18)	7 5.2 1.34 (0.54 - 2.77)	2 2.8 0.73 (0.09 - 2.63)	4 1.8 2.18 (0.60 - 5.59)	0.071
肝臓	164 165.0 0.99 (0.85 - 1.16)	24 23.5 1.02 (0.65 - 1.52)	29 24.3 1.19 (0.80 - 1.71)	8 11.8 0.68 (0.29 - 1.34)	7 7.4 0.95 (0.38 - 1.96)	0.645
胆嚢	39 32.9 1.18 (0.84 - 1.62)	2 4.3 0.47 (0.06 - 1.69)	4 4.8 0.84 (0.23 - 2.14)	0 2.4 0.00 (0.00 - 1.55)	1 1.6 0.62 (0.02 - 3.47)	0.933
膵臓	46 47.4 0.97 (0.71 - 1.29)	11 6.7 1.63 (0.82 - 2.92)	4 7.2 0.56 (0.15 - 1.43)	4 3.6 1.11 (0.30 - 2.85)	2 2.1 0.95 (0.12 - 3.44)	0.547
肺	172 171.9 1.00 (0.86 - 1.16)	30 23.1 1.30 (0.88 - 1.86)	26 24.4 1.06 (0.70 - 1.56)	5 11.7 0.43 (0.14 - 1.00)	5 6.9 0.72 (0.24 - 1.69)	0.919
前立腺	18 15.8 1.14 (0.68 - 1.80)	0 1.8 0.00 (0.00 - 2.01)	0 2.0 0.00 (0.00 - 1.89)	1 0.9 1.07 (0.03 - 5.94)	2 0.5 3.99 (0.48 - 14.40)	0.109
膀胱	13 9.6 1.36 (0.72 - 2.32)	0 1.5 0.00 (0.00 - 2.44)	1 1.7 0.58 (0.02 - 3.22)	0 0.8 0.00 (0.00 - 4.85)	0 0.4 0.00 (0.00 - 9.09)	0.925
腎並びにその他 及び部位不明 の泌尿器	12 14.0 0.86 (0.44 - 1.50)	2 2.0 0.98 (0.12 - 3.55)	4 2.2 1.82 (0.50 - 4.65)	2 1.1 1.85 (0.22 - 6.70)	0 0.7 0.00 (0.00 - 5.50)	0.454

付表 3.1 前向き解析対象集団:死因別累積線量群別O/E比及び傾向性の検定結果(3)  
( 潜伏期:0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
	<10	10-	20-	50-	100+	
	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	
	95%信頼区間	95%信頼区間	95%信頼区間	95%信頼区間	95%信頼区間	
脳、神経系 の新生物 <sup>(注1)</sup>	11	0	1	0	0	0.917
	7.9	1.4	1.5	0.7	0.4	
	1.39	0.00	0.66	0.00	0.00	
	(0.69 - 2.48)	(0.00 - 2.69)	(0.02 - 3.67)	(0.00 - 5.00)	(0.00 - 8.22)	
白血病 <sup>(注2)</sup>	19	2	5	1	1	0.538
	19.2	2.8	3.2	1.7	1.1	
	0.99	0.72	1.57	0.58	0.93	
	(0.60 - 1.54)	(0.09 - 2.60)	(0.51 - 3.66)	(0.02 - 3.22)	(0.02 - 5.20)	
非ホジキン リンパ腫	17	1	3	0	1	0.595
	15.6	2.2	2.3	1.2	0.7	
	1.09	0.46	1.30	0.00	1.36	
	(0.63 - 1.74)	(0.01 - 2.55)	(0.27 - 3.80)	(0.00 - 3.20)	(0.03 - 7.58)	
多発性骨髄腫	6	0	0	1	1	0.047 <sup>(注3)</sup>
	6.0	0.8	0.8	0.3	0.1	
	1.00	0.00	0.00	3.63	7.22	
	(0.37 - 2.18)	(0.00 - 4.71)	(0.00 - 4.59)	(0.09 - 20.20)	(0.18 - 40.21)	
全悪性新生物 (白血病を除く)	816	123	133	49	42	0.271
	832.7	113.7	120.9	59.2	36.6	
	0.98	1.08	1.10	0.83	1.15	
	(0.91 - 1.05)	(0.90 - 1.29)	(0.92 - 1.30)	(0.61 - 1.10)	(0.83 - 1.55)	

(注1)悪性、良性および性状不詳の新生物。

(注2)慢性リンパ性白血病は0例。

(注3)シミュレーション計算によるp値である。

付表 3.2 前向き解析対象集団:死因別累積線量群別O/E比及び傾向性の検定結果(1)  
( 潜伏期:白血病 2年、その他の新生物 10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
	<10	10-	20-	50-	100+	
	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	
	95%信頼区間	95%信頼区間	95%信頼区間	95%信頼区間	95%信頼区間	
全新生物 <sup>(注1)</sup>	785 810.1 0.97 (0.90 - 1.04)	118 107.5 1.10 (0.91 - 1.32)	126 110.6 1.14 (0.95 - 1.36)	42 47.9 0.88 (0.63 - 1.18)	25 19.9 1.26 (0.81 - 1.86)	0.119
全悪性新生物 <sup>(注1)</sup>	770 795.1 0.97 (0.90 - 1.04)	115 105.4 1.09 (0.90 - 1.31)	124 108.7 1.14 (0.95 - 1.36)	42 47.2 0.89 (0.64 - 1.20)	25 19.6 1.27 (0.82 - 1.88)	0.099
[ 部 位 別 ] 口腔、咽頭	17 16.1 1.06 (0.61 - 1.69)	2 2.2 0.92 (0.11 - 3.33)	3 2.2 1.34 (0.28 - 3.92)	0 1.0 0.00 (0.00 - 3.65)	0 0.5 0.00 (0.00 - 7.82)	0.840
食道	28 37.5 0.75 (0.50 - 1.08)	6 4.7 1.27 (0.47 - 2.77)	5 4.7 1.06 (0.34 - 2.46)	8 2.1 3.77 (1.63 - 7.42)	3 0.9 3.21 (0.66 - 9.38)	0.000
胃	136 153.2 0.89 (0.75 - 1.05)	28 20.6 1.36 (0.91 - 1.97)	26 21.2 1.23 (0.80 - 1.80)	13 9.2 1.41 (0.75 - 2.41)	5 3.8 1.30 (0.42 - 3.04)	0.025
結腸	47 45.8 1.03 (0.76 - 1.37)	3 5.4 0.56 (0.11 - 1.62)	7 5.5 1.26 (0.51 - 2.60)	2 2.3 0.85 (0.10 - 3.08)	1 0.9 1.05 (0.03 - 5.88)	0.507
直腸	29 32.8 0.88 (0.59 - 1.27)	3 4.4 0.68 (0.14 - 1.98)	7 4.7 1.49 (0.60 - 3.07)	4 2.1 1.88 (0.51 - 4.81)	2 1.0 2.10 (0.26 - 7.60)	0.024
肝臓	149 152.5 0.98 (0.83 - 1.15)	21 21.0 1.00 (0.62 - 1.53)	25 21.0 1.19 (0.77 - 1.76)	6 9.0 0.67 (0.25 - 1.46)	6 3.5 1.73 (0.64 - 3.77)	0.205
胆嚢	38 32.1 1.18 (0.84 - 1.62)	3 4.3 0.70 (0.14 - 2.04)	2 4.7 0.43 (0.05 - 1.55)	0 2.0 0.00 (0.00 - 1.89)	1 1.0 1.05 (0.03 - 5.85)	0.917

付表 3.2 前向き解析対象集団:死因別累積線量群別O/E比及び傾向性の検定結果(2)  
( 潜伏期:白血病 2年、その他の新生物 10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
	<10	10-	20-	50-	100+	
	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	
	95%信頼区間	95%信頼区間	95%信頼区間	95%信頼区間	95%信頼区間	
膵臓	44 44.0 1.00 (0.73 - 1.34)	8 6.0 1.34 (0.58 - 2.65)	6 6.3 0.95 (0.35 - 2.07)	1 2.7 0.37 (0.01 - 2.04)	1 1.0 0.97 (0.03 - 5.41)	0.723
肺	161 161.4 1.00 (0.85 - 1.16)	25 20.7 1.21 (0.78 - 1.79)	25 21.7 1.16 (0.75 - 1.71)	3 9.3 0.32 (0.07 - 0.95)	3 4.0 0.75 (0.16 - 2.20)	0.884
前立腺	18 15.9 1.13 (0.67 - 1.79)	0 1.9 0.00 (0.00 - 1.97)	0 1.9 0.00 (0.00 - 1.91)	2 0.9 2.21 (0.27 - 7.98)	1 0.4 2.62 (0.07 - 14.58)	0.229
膀胱	12 9.1 1.31 (0.68 - 2.29)	0 1.4 0.00 (0.00 - 2.73)	1 1.6 0.65 (0.02 - 3.59)	0 0.7 0.00 (0.00 - 5.49)	0 0.3 0.00 (0.00 - 13.00)	0.909
腎並びにその他 及び部位不明 の泌尿器	11 13.8 0.80 (0.40 - 1.43)	4 2.0 2.04 (0.56 - 5.22)	4 2.0 1.99 (0.54 - 5.10)	0 0.9 0.00 (0.00 - 4.09)	0 0.4 0.00 (0.00 - 9.99)	0.600
脳、神経系 の新生物 <sup>(注2)</sup>	7 5.7 1.22 (0.49 - 2.52)	1 0.9 1.09 (0.03 - 6.09)	0 0.9 0.00 (0.00 - 4.27)	0 0.4 0.00 (0.00 - 10.19)	0 0.1 0.00 (0.00 - 28.88)	0.856
白血病 <sup>(注3)</sup>	19 19.3 0.98 (0.59 - 1.53)	2 2.8 0.72 (0.09 - 2.60)	5 3.2 1.58 (0.51 - 3.68)	1 1.7 0.58 (0.02 - 3.24)	1 1.0 1.02 (0.03 - 5.67)	0.503
非ホジキン リンパ腫	13 13.3 0.97 (0.52 - 1.67)	1 1.7 0.58 (0.02 - 3.21)	3 1.8 1.68 (0.35 - 4.91)	1 0.8 1.26 (0.03 - 7.01)	0 0.3 0.00 (0.00 - 10.89)	0.523
多発性骨髄腫	5 4.6 1.10 (0.36 - 2.56)	0 0.6 0.00 (0.00 - 5.93)	0 0.6 0.00 (0.00 - 6.71)	0 0.2 0.00 (0.00 - 18.60)	1 0.1 15.79 (0.40 - 87.95)	0.070 <sup>(注4)</sup>

付表 3.2 前向き解析対象集団:死因別累積線量群別O/E比及び傾向性の検定結果(3)  
 ( 潜伏期:白血病2年、その他の新生物10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
	<10	10-	20-	50-	100+	
	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	
	95%信頼区間	95%信頼区間	95%信頼区間	95%信頼区間	95%信頼区間	
全悪性新生物 (白血病を除く)	754 777.7 0.97 (0.90 - 1.04)	112 103.0 1.09 (0.90 - 1.31)	121 106.1 1.14 (0.95 - 1.36)	41 46.0 0.89 (0.64 - 1.21)	24 19.1 1.25 (0.80 - 1.87)	0.116

- (注1)白血病を含め潜伏期10年とした。  
 (注2)悪性、良性および性状不詳の新生物。  
 (注3)慢性リンパ性白血病は0例。  
 (注4)シミュレーション計算によるp値である。

付表 3.3 全解析対象集団: 死因別累積線量群別O/E比及び傾向性の検定結果(1)  
( 潜伏期 :0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
	<10	10-	20-	50-	100+	
	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	
	95%信頼区間	95%信頼区間	95%信頼区間	95%信頼区間	95%信頼区間	
全死因	4026 4105.5 0.98 (0.95 - 1.01)	571 511.3 1.12 (1.03 - 1.21)	552 527.5 1.05 (0.96 - 1.14)	222 243.9 0.91 (0.79 - 1.04)	156 138.8 1.12 (0.96 - 1.32)	0.098
全死因 (死因不明、 外因死を除く)	3349 3386.4 0.99 (0.96 - 1.02)	455 415.6 1.09 (1.00 - 1.20)	447 428.2 1.04 (0.95 - 1.15)	168 196.3 0.86 (0.73 - 1.00)	120 112.4 1.07 (0.89 - 1.28)	0.443
外因死	657 695.6 0.94 (0.87 - 1.02)	108 92.4 1.17 (0.96 - 1.41)	100 95.8 1.04 (0.85 - 1.27)	54 45.8 1.18 (0.89 - 1.54)	36 25.4 1.42 (0.99 - 1.96)	0.002
非新生物 (外因死を除く)	1740 1757.1 0.99 (0.94 - 1.04)	244 216.1 1.13 (0.99 - 1.28)	226 222.1 1.02 (0.89 - 1.16)	86 101.1 0.85 (0.68 - 1.05)	58 57.7 1.00 (0.76 - 1.30)	0.657
全新生物	1609 1629.4 0.99 (0.94 - 1.04)	211 199.5 1.06 (0.92 - 1.21)	221 206.2 1.07 (0.94 - 1.22)	82 95.2 0.86 (0.69 - 1.07)	62 54.7 1.13 (0.87 - 1.45)	0.267
全悪性新生物	1572 1594.0 0.99 (0.94 - 1.04)	207 195.3 1.06 (0.92 - 1.22)	215 201.8 1.07 (0.93 - 1.22)	82 93.3 0.88 (0.70 - 1.09)	62 53.6 1.16 (0.89 - 1.48)	0.204
[ 部位別 ] 口腔、咽頭	29 28.6 1.02 (0.68 - 1.46)	6 3.4 1.75 (0.64 - 3.80)	3 3.4 0.87 (0.18 - 2.55)	0 1.6 0.00 (0.00 - 2.28)	0 0.9 0.00 (0.00 - 3.94)	0.922
食道	72 75.5 0.95 (0.75 - 1.20)	4 8.8 0.45 (0.12 - 1.16)	9 8.9 1.02 (0.47 - 1.93)	12 4.2 2.83 (1.46 - 4.94)	3 2.6 1.15 (0.24 - 3.35)	0.023
胃	290 317.1 0.91 (0.81 - 1.03)	52 39.4 1.32 (0.99 - 1.73)	49 41.0 1.19 (0.88 - 1.58)	19 19.3 0.99 (0.59 - 1.54)	18 11.2 1.60 (0.95 - 2.53)	0.007

付表 3.3 全解析対象集団:死因別累積線量群別O/E比及び傾向性の検定結果(2)  
( 潜伏期 :0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
	<10	10-	20-	50-	100+	
	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	
	95%信頼区間	95%信頼区間	95%信頼区間	95%信頼区間	95%信頼区間	
結腸	118 108.4 1.09 (0.90 - 1.30)	5 12.9 0.39 (0.13 - 0.91)	12 13.3 0.90 (0.47 - 1.58)	6 6.1 0.99 (0.36 - 2.16)	3 3.4 0.88 (0.18 - 2.58)	0.743
直腸	73 70.3 1.04 (0.81 - 1.31)	6 8.4 0.71 (0.26 - 1.55)	8 9.1 0.88 (0.38 - 1.74)	4 4.5 0.89 (0.24 - 2.27)	4 2.6 1.51 (0.41 - 3.87)	0.355
肝臓	293 302.4 0.97 (0.86 - 1.09)	47 37.5 1.25 (0.92 - 1.67)	41 37.8 1.09 (0.78 - 1.47)	12 17.3 0.70 (0.36 - 1.21)	12 10.0 1.20 (0.62 - 2.09)	0.387
胆嚢	56 52.8 1.06 (0.80 - 1.38)	4 6.0 0.66 (0.18 - 1.69)	7 6.4 1.09 (0.44 - 2.25)	1 2.9 0.34 (0.01 - 1.91)	2 1.8 1.12 (0.14 - 4.03)	0.688
膵臓	92 93.9 0.98 (0.79 - 1.20)	16 11.7 1.37 (0.78 - 2.22)	9 12.4 0.72 (0.33 - 1.38)	7 5.7 1.22 (0.49 - 2.52)	3 3.2 0.93 (0.19 - 2.72)	0.491
肺	301 298.2 1.01 (0.90 - 1.13)	37 35.8 1.03 (0.73 - 1.43)	42 37.1 1.13 (0.82 - 1.53)	9 16.6 0.54 (0.25 - 1.03)	8 9.3 0.86 (0.37 - 1.70)	0.856
前立腺	26 24.3 1.07 (0.70 - 1.57)	1 2.8 0.36 (0.01 - 1.99)	2 3.0 0.67 (0.08 - 2.43)	1 1.3 0.76 (0.02 - 4.24)	2 0.6 3.19 (0.39 - 11.51)	0.175
膀胱	23 19.8 1.16 (0.74 - 1.74)	2 2.6 0.76 (0.09 - 2.74)	1 2.7 0.37 (0.01 - 2.05)	1 1.2 0.84 (0.02 - 4.70)	0 0.7 0.00 (0.00 - 5.61)	0.892
腎並びにその他 及び部位不明 の泌尿器	21 23.3 0.90 (0.56 - 1.38)	4 3.1 1.31 (0.36 - 3.34)	5 3.2 1.56 (0.51 - 3.65)	2 1.5 1.31 (0.16 - 4.72)	0 0.9 0.00 (0.00 - 4.07)	0.589



付表 3.3 全解析対象集団:死因別累積線量群別O/E比及び傾向性の検定結果(3)  
( 潜伏期 :0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
	<10	10-	20-	50-	100+	
	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	
	95%信頼区間	95%信頼区間	95%信頼区間	95%信頼区間	95%信頼区間	
脳、神経系 の新生物 <sup>(注1)</sup>	22 19.2 1.15 (0.72 - 1.73)	1 2.4 0.41 (0.01 - 2.30)	2 2.6 0.78 (0.09 - 2.81)	0 1.2 0.00 (0.00 - 3.16)	1 0.6 1.57 (0.04 - 8.76)	0.676
白血病 <sup>(注2)</sup>	41 42.8 0.96 (0.69 - 1.30)	6 6.0 1.00 (0.37 - 2.18)	8 6.3 1.26 (0.55 - 2.49)	4 3.1 1.29 (0.35 - 3.32)	1 1.8 0.56 (0.01 - 3.14)	0.504
非ホジキン リンパ腫	38 34.9 1.09 (0.77 - 1.50)	1 4.1 0.24 (0.01 - 1.36)	6 4.0 1.49 (0.55 - 3.23)	0 1.9 0.00 (0.00 - 1.96)	1 1.1 0.94 (0.02 - 5.23)	0.754
多発性骨髄腫	17 15.0 1.13 (0.66 - 1.82)	1 1.9 0.51 (0.01 - 2.86)	0 2.0 0.00 (0.00 - 1.89)	1 0.7 1.37 (0.04 - 7.61)	1 0.4 2.66 (0.07 - 14.83)	0.356
全悪性新生物 (白血病を除く)	1531 1551.2 0.99 (0.94 - 1.04)	201 189.3 1.06 (0.92 - 1.22)	207 195.5 1.06 (0.92 - 1.21)	78 90.2 0.87 (0.68 - 1.08)	61 51.8 1.18 (0.90 - 1.51)	0.199

(注1)悪性、良性および性状不詳の新生物。

(注2)慢性リンパ性白血病は0例。

付表 3.4 全解析対象集団: 死因別累積線量群別O/E比及び傾向性の検定結果(1)  
( 潜伏期: 白血病 2年、その他の新生物 10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
	<10	10-	20-	50-	100+	
	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	
	95%信頼区間	95%信頼区間	95%信頼区間	95%信頼区間	95%信頼区間	
全新生物 <sup>(注1)</sup>	1222 1248.5 0.98 (0.93 - 1.04)	168 156.2 1.08 (0.92 - 1.25)	175 153.8 1.14 (0.98 - 1.32)	51 61.3 0.83 (0.62 - 1.09)	28 24.1 1.16 (0.77 - 1.68)	0.236
全悪性新生物 <sup>(注1)</sup>	1195 1222.6 0.98 (0.92 - 1.03)	165 153.1 1.08 (0.92 - 1.26)	172 151.1 1.14 (0.98 - 1.32)	51 60.3 0.85 (0.63 - 1.11)	28 23.8 1.18 (0.78 - 1.70)	0.199
[ 部位別 ] 口腔、咽頭	25 24.2 1.03 (0.67 - 1.53)	4 3.1 1.31 (0.36 - 3.36)	3 3.0 1.01 (0.21 - 2.94)	0 1.2 0.00 (0.00 - 2.95)	0 0.5 0.00 (0.00 - 6.84)	0.879
食道	45 54.1 0.83 (0.61 - 1.11)	6 6.3 0.95 (0.35 - 2.06)	7 6.1 1.15 (0.46 - 2.37)	9 2.5 3.61 (1.65 - 6.86)	3 1.0 2.94 (0.61 - 8.60)	0.000
胃	220 238.7 0.92 (0.80 - 1.05)	38 30.0 1.27 (0.90 - 1.74)	35 29.6 1.18 (0.83 - 1.65)	17 12.0 1.42 (0.83 - 2.27)	5 4.8 1.05 (0.34 - 2.45)	0.047
結腸	83 81.4 1.02 (0.81 - 1.26)	6 9.8 0.61 (0.23 - 1.34)	13 9.7 1.34 (0.71 - 2.29)	2 3.7 0.54 (0.07 - 1.96)	2 1.4 1.45 (0.18 - 5.25)	0.460
直腸	53 53.9 0.98 (0.74 - 1.29)	5 6.9 0.72 (0.24 - 1.69)	8 7.1 1.13 (0.49 - 2.23)	4 3.0 1.36 (0.37 - 3.47)	2 1.2 1.67 (0.20 - 6.02)	0.164
肝臓	216 222.9 0.97 (0.84 - 1.11)	33 28.7 1.15 (0.79 - 1.61)	32 27.5 1.16 (0.80 - 1.64)	6 10.8 0.55 (0.20 - 1.21)	7 4.0 1.74 (0.70 - 3.58)	0.224
胆嚢	48 43.1 1.11 (0.82 - 1.48)	5 5.3 0.94 (0.31 - 2.19)	2 5.4 0.37 (0.05 - 1.33)	1 2.1 0.47 (0.01 - 2.63)	1 1.0 0.99 (0.03 - 5.53)	0.861

付表 3.4 全解析対象集団:死因別累積線量群別O/E比及び傾向性の検定結果(2)  
( 潜伏期:白血病 2年、その他の新生物 10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
	<10	10-	20-	50-	100+	
	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	
	95%信頼区間	95%信頼区間	95%信頼区間	95%信頼区間	95%信頼区間	
膵臓	68 70.5 0.96 (0.75 - 1.22)	11 9.1 1.21 (0.60 - 2.16)	11 9.4 1.17 (0.59 - 2.10)	3 3.7 0.81 (0.17 - 2.38)	1 1.3 0.75 (0.02 - 4.20)	0.536
肺	245 242.9 1.01 (0.89 - 1.14)	31 29.3 1.06 (0.72 - 1.50)	34 29.5 1.15 (0.80 - 1.61)	4 11.6 0.35 (0.09 - 0.89)	4 4.7 0.85 (0.23 - 2.17)	0.886
前立腺	22 20.3 1.08 (0.68 - 1.64)	1 2.5 0.41 (0.01 - 2.26)	1 2.6 0.38 (0.01 - 2.14)	2 1.2 1.71 (0.21 - 6.19)	1 0.4 2.29 (0.06 - 12.78)	0.279
膀胱	16 15.0 1.06 (0.61 - 1.73)	2 1.9 1.03 (0.13 - 3.73)	2 1.9 1.03 (0.12 - 3.71)	0 0.8 0.00 (0.00 - 4.77)	0 0.3 0.00 (0.00 - 11.97)	0.831
腎並びにその他 及び部位不明 の泌尿器	17 20.0 0.85 (0.50 - 1.36)	5 2.7 1.86 (0.60 - 4.33)	5 2.7 1.86 (0.61 - 4.35)	0 1.2 0.00 (0.00 - 3.18)	0 0.5 0.00 (0.00 - 7.73)	0.650
脳、神経系 の新生物 <sup>(注2)</sup>	14 12.2 1.15 (0.63 - 1.92)	1 1.6 0.63 (0.02 - 3.53)	1 1.5 0.68 (0.02 - 3.81)	0 0.6 0.00 (0.00 - 6.70)	0 0.2 0.00 (0.00 - 20.28)	0.858
白血病 <sup>(注3)</sup>	39 41.4 0.94 (0.67 - 1.29)	6 5.8 1.03 (0.38 - 2.23)	8 6.2 1.30 (0.56 - 2.56)	4 3.0 1.34 (0.37 - 3.44)	1 1.6 0.62 (0.02 - 3.46)	0.428
非ホジキン リンパ腫	26 24.7 1.05 (0.69 - 1.54)	1 3.0 0.34 (0.01 - 1.88)	4 2.8 1.41 (0.39 - 3.62)	1 1.1 0.92 (0.02 - 5.13)	0 0.4 0.00 (0.00 - 8.56)	0.684
多発性骨髄腫	13 10.6 1.22 (0.65 - 2.09)	0 1.4 0.00 (0.00 - 2.55)	0 1.3 0.00 (0.00 - 2.79)	0 0.5 0.00 (0.00 - 7.74)	1 0.1 7.14 (0.18 - 39.79)	0.348

付表 3.4 全解析対象集団:死因別累積線量群別O/E比及び傾向性の検定結果(3)  
 ( 潜伏期:白血病 2年、その他の新生物 10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
	<10	10-	20-	50-	100+	
	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	観察死亡数 期待死亡数 O/E比	
	95%信頼区間	95%信頼区間	95%信頼区間	95%信頼区間	95%信頼区間	
全悪性新生物 (白血病を除く)	1162 1189.1 0.98 (0.92 - 1.04)	159 148.6 1.07 (0.91 - 1.25)	168 146.7 1.15 (0.98 - 1.33)	50 58.6 0.85 (0.63 - 1.13)	27 23.1 1.17 (0.77 - 1.70)	0.192

- (注1)白血病を含め潜伏期10年とした。  
 (注2)悪性、良性および性状不詳の新生物。  
 (注3)慢性リンパ性白血病は0例。

## 補遺 - 4

### (1) 本報告書で用いた用語の解説

#### EPICURE

放射線疫学解析のための統計解析ソフトウェア。人年計算プログラム (DATAB)、回帰分析プログラム (AMFIT、PEANUTS など) から構成されている。(財)放射線影響研究所による原爆被爆者の追跡調査をはじめ、IARC (国際がん研究機関) による米国、英国、カナダの3ヶ国合同解析においても使用されている。

ICD-9、ICD-10 (国際疾病分類を参照)

#### O/E 比

一般に観察死亡数(O:observed)と、期待死亡数(E:expected)の比を O/E 比と呼ぶ。

この疫学調査では、内部比較における観察死亡数と期待死亡数の比を O/E 比と呼び、外部比較の場合には、標準化死亡比 (SMR) と呼ぶ。(期待死亡数を参照)

#### p 値

得られた結果より、さらに偏った結果が起こる確率を p 値 (p-value) という。あらかじめ決めておいた小さな確率 (これを有意水準と呼ぶ) よりも、得られた p 値が小さければ有意と判断する。この疫学調査では、有意水準を 5% としたので、p 値 が 0.05 より小さい場合に有意と判断した。(有意を参照)

#### p 値 (片側検定: 内部比較)

「累積被ばく線量の増加に伴って死亡率が上昇する」あるいは「累積被ばく線量の増加に伴って死亡率が下降する」の両方を同時に検定する場合を両側検定という。これに対して、一方のみを検定する場合を片側検定という。この疫学調査では、傾向性の検定の際に片側検定の p 値を算出した。得られた片側検定の p 値が 0.05 未満であれば有意水準 5% で累積被ばく線量の増加とともに、死亡率が有意に上昇すると判断した。

#### p 値 (両側検定: 外部比較)

「SMR が 1 より大きい」あるいは「SMR が 1 より小さい」の両方を同時に検定する場合を両側検定という。これに対して、一方のみを検定する場合を片側検定という。

この疫学調査では、SMR の検定の際に両側検定の p 値を算出した。得られた両側 p 値が 0.05 であれば、「SMR = 1 だとすると、今以上に大きなまたは小さな SMR を得る確率は 5% である」ということになる。得られた両側検定の p 値が 0.05 未満であれば有意水準 5%

で、「SMR は 1 と有意に異なる」と判断した。

SMR （標準化死亡比を参照）

悪性新生物

体を作っている細胞の一部が自立的に、また無限に増える病気をいう。これを一般には「がん」と呼ぶ。

因果関係（causality）

ある因子の存在が、規則性をもってある疾病を起こさせるとき、その因子と病気の間に関係があるという。ある因子と病気の発生との間に、単に統計的な関係があるからといって、直ちに因果関係があるとはいえない。統計学的な関連から、疫学的に因果関係ありと判断する基準として、1）関連の一致性（異なった疫学研究でも同じような結果が認められること）、2）関連の強固性（相対危険度などが高く、統計的に極めて有意、量反応関係があること）、3）関連の特異性（検討された要因との関係が必要かつ十分なこと）、4）関連の時間性（要因が作用してから結果が現われるまでの時間的關係が妥当であること）、5）関連の整合性（諸分野における既存の知識と矛盾しないこと）などがあげられる。

疫学（epidemiology）

疫学とは人間集団を対象として人間の健康およびその異常の原因を宿主、病因、環境の各面から包括的に考究し、健康増進と疾病予防をはかる学問である。

解析対象集団

解析に用いた集団。第 1 期調査では全解析対象集団は 175,939 人、前向き解析対象集団は 119,484 人である。

観察期間

個人毎に生死を観察した期間。各解析対象者について下記の観察開始日から観察終了日までを観察期間とした。

観察開始日

全解析対象集団について解析する場合：

初めて被ばく線量が記録された年度の 4 月 1 日と、住民票等の写し交付日の 5 年前の日付とのうち、新しい期日を観察開始日とした。

前向き解析対象集団について解析する場合：

最初の住民票の写し交付日を観察開始日とした。

#### 観察終了日

原則として、最終生存確認日とした（最終情報が住民票の場合には住民票の写しの交付日、転出除票の場合には転出年月日、死亡除票の場合には死亡年月日である）。

なお、死因照合のために、1997年（平成9年）12月31日までの人口動態調査死亡票の磁気テープ転写分を入手したため、その日以降に住民票等の交付があった者については、すべて1997年（平成9年）12月31日を観察終了日とした。

#### 観察死亡数

観察期間における解析対象集団の死亡数を観察死亡数という。

#### 期待死亡数（外部比較）

外部比較における期待死亡数とは、解析対象集団の死亡率が標準集団の5歳階級別死因別死亡率と等しいと仮定した場合の解析対象集団の死亡数を示す。この疫学調査では、日本人男性全体を標準集団とした。（標準化死亡比を参照）

#### 期待死亡数（内部比較）

内部比較における期待死亡数とは、解析対象集団を累積線量でグループ分けし、各累積線量群が解析集団全体の5歳階級別死因別、暦年期間別の死亡率で死亡する（累積線量群間の死亡率に差がない）と仮定した場合の累積線量群毎の死亡数である。（O/E比を参照）

#### 健康労働者効果（healthy worker effect）

職業病等の研究において観察された次のような現象をいう。すなわち、病気や障害の重い人は、通常、職に就きにくいために、労働者の全体的な死亡率が一般人口のそれよりも低くなる現象である。したがって、一般人口の死亡率を比較の対照として用いる場合、この影響を考慮する必要がある。

#### 検出限界未満（X値）

原子力事業者から中央登録センターに登録される線量記録であるX値のことである。測定用具（測定器）を用いて個人の被ばく線量を測定した結果、測定用具の検出限界未満であったことを言う。

#### 原死因（underlying cause of death）

原死因とは、(a) 直接死亡を引き起こした一連の病的事象の起因となった疾病若しくは

損傷又は(b) 致命傷を生ぜしめた事故又は暴力の状況をいう。すなわち、死亡を起こすもとなつた疾病や傷害をいう。

#### 交絡因子 (confounding factor)

今、知りたいと考えている要因(この疫学調査では放射線)と結果(この疫学調査では死亡)との関係をゆがめる第 3 の因子のことを交絡因子という。放射線とがんとの関係を考える場合、喫煙等が交絡因子と考えられる。

#### 国際がん研究機関(IARC: International Agency for Research on Cancer)

がん研究の国際協力の推進を目的に、世界保健機関(WHO)の専門機関として 1965 年にフランスのリヨンに設立された機関であり、日本は 1972 年(昭和 47 年)から参加している。

また、原子力産業従事者のがんリスクに関する国際共同研究も推進している。

#### 国際疾病分類(ICD: International Classification of Diseases)

有用な死因統計及び疾病統計を得るには、その分類が適正でなければならない。また、これら統計の国際比較に当たっては、国際的な統一が要請される。このため、WHO は、国際疾病分類(ICD)を定め、各国の死因又は疾病に関する諸統計に使用することを勧告している。第 9 回修正の国際疾病分類(ICD-9)は、1976 年(昭和 51 年)に WHO 総会において採択されたものである。また、第 10 回修正の国際疾病分類(ICD-10)が、1990 年(平成 2 年)に WHO 総会において採択され、日本では 1995 年(平成 7 年)から使用されている。

#### 死因簡単分類表

我が国の死因構造を全体的に概観することを目的として、死因基本分類表をもとに作成した分類表である。国際疾病分類第 9 回修正(ICD-9)及び国際疾病分類第 10 回修正(ICD-10)を基本として作成されている。

#### 実効線量当量 (effective dose equivalent)

放射線が人体に与える確率的影響をより適切に評価するために実効線量当量が用いられる。放射線が人体に与える影響は、吸収線量が同じであっても、受けた放射線の種類、組織(器官)によっていろいろ変わってくる。そこで、吸収線量に放射線の種類やエネルギーによって決まる係数(これを線質係数という)をかけて補正する。補正した線量のことを線量当量という。人体に現われる放射線の影響は、同じ種類の同じエネルギーの放射線を受けても、放射線を受けた組織によっていろいろ変わるため、下式に示すようにそれぞれの組織の線量当量に、組織ごとに決められている放射線に対する感受性を表す係数(これを荷重係数という)をかけて加え合わせ、これを実効線量当量という。ICRP の 1990 年勧



告では実効線量 (effective dose) という簡潔な名称に変更している。

$$He = tWtHt$$

He : 実効線量当量

Wt : 組織 t における荷重係数

Ht : 組織線量当量

なお、実効線量当量の概念が、国内法令に導入されるまでの線量 (ミリレム単位で記録) についても、mSv に単位換算して実効線量当量の相当値として加算している。

#### 死亡時住所コード

死亡した時点における現住所地コード。死亡した場所のコードとは必ずしも一致しない。ここで使用するコード番号は自治省大臣官房情報政策室が設定している「全国地方公共団体コード」であり、統計に用いる都道府県等の区域を示す標準コード (行政管理庁告示) 及び日本工業規格 (JIS) として制定されている市区町村ごとの 5 桁の番号である。

#### シミュレーションによる解析

この疫学調査ではスコア検定統計量を算出し傾向性の検定を行っている。しかし、死亡数が少ない場合には、算出した統計量が標準正規分布に従うとすることは信頼性に問題があるとされている。このため、この疫学調査においては、国際がん研究機関 (IARC) が 3ヶ国 (米国、英国、カナダ) 合同解析研究で実施しているシミュレーションによる解析事例を参考にした。まず、0~1 の一様乱数を発生させ、1 つの乱数を 1 人の死亡に模擬して累積線量群別の観察人年の割合に対応するよう、その乱数を各累積線量群の死亡者に模擬した死亡データを作成する。このシミュレーション操作を多数繰り返して各回のスコア検定統計量 ( $Z_j$ ) を求め、観察データから得たスコア検定統計量 ( $Z^*$ ) 以上になる  $Z_j$  の個数を  $m$  とする。最後にシミュレーションの  $p$  値は、 $p$  値 =  $m / (\text{シミュレーション回数})$  で求められる。

#### 住民票

住民票とは、「住民基本台帳法」(昭和 42 年法律第 81 号) 第 6 条に基づき、市区町村長がその住民について個人単位に作成する帳票をいい、世帯ごとに編成管理されている。同法第 12 条では、何人でも住民票の写しの交付を請求することができる」と規定している。ただし、交付の請求には、請求事由についてどのような目的に利用するのかを明らかになる記載を必要としている。市区町村長は、請求が不当な目的によるものでないことを確認して交付する。

#### 消除された住民票 (除票)

市区町村長は、住民が転出、死亡等により住民基本台帳の記録から除くべき事由が生じ

たときは、その者の住民票を消除することとなっており、消除された住民票には、「除票」の押印を行い措置することが定められている。

また、消除された住民票は、その消除された日から 5 年間保存することとされており、住民票写しと同様の交付請求手続きにより保存期間中の除票の写しの交付を受けることができる。

#### 人口動態調査死亡票の磁気テープ転写分（死亡テープ）

厚生省が作成した人口動態調査死亡票の情報を磁気テープに転写したものであり、統計法に基づき総務庁長官の承認を得て、使用することができる。

この疫学調査では、1986 年（昭和 61 年）から 1997 年（平成 9 年）の間に全国で死亡した 20 歳以上の男女の生年月日、死亡年月日、死亡時住所コード、原死因をテープに転写したものを総務庁長官の承認を得て入手した。

#### 人口動態統計

人口動態統計は、出生、死亡、婚姻、離婚、死産の 5 種類の「人口動態事象」について、その実態を明らかにするために、各種届書等から移記することによって得られた調査資料をまとめたものであり、「人口動態統計（月報）」「人口動態統計（年報）」等として公表されている。

#### 人年

追跡研究において疾病異常等の発生率を求める際に、個々の対象者の観察期間が異なる場合がある。そのようなときに観察期間を考慮に入れた分母を決める目的で考案された単位が人年であり、1 人 1 年間観察した場合、1 人年という。例えば 20 人を 0.5 年間観察した場合も、5 人を 2 年間観察した場合も 10 人年になる。

#### 信頼区間（95%）

標本抽出を繰り返して、その都度信頼区間を計算した時、推計学的に 100 回のうち 95 回は真の値を含んでいる範囲のことを 95%信頼区間という。

この疫学調査では、以下の式に基づいて、SMR 又は O/E 比の 95%信頼区間を算出した。

$$\text{上限値} : \frac{1}{2E} \chi_{0.025}^2 (2O + 2)$$

$$\text{下限値} : \frac{1}{2E} \chi_{0.975}^2 (2O)$$

上式で  $E$  は期待死亡数、 $O$  は観察死亡数を示す。また、 $\chi_{0.975}^2(2O)$  は、自由度  $2O$  の 2

値の上側確率が 0.975 となる値を示す。

#### スコア検定統計量（内部比較）

曝露量の増加に伴い、リスクが増加するかどうかを検定するための統計量のことを言う。この疫学調査では被ばく線量の増加に伴い、死亡率が上昇するかどうかを検定した。このスコア検定統計量（ ）により、片側検定の p 値が決定される。

#### 潜伏期

有害化学物質や放射線あるいは微生物などの外部からの刺激に曝露した後、生物個体に影響が現れるまでに時間がかかる場合がある。この期間を潜伏期という。海外の原子力産業従事者を対象とした疫学調査では、白血病で 2 年、他の固形腫瘍で 10 年の潜伏期を設定することが一般的であるが、他の潜伏期間を設定した事例も見られる。この疫学調査では、解析結果の比較を可能とするため白血病で 2 年、その他の新生物で 10 年の潜伏期を設定した。また、低線量域の放射線を長期に受けた場合の潜伏期は明確に決まっている訳ではないので、潜伏期を考慮しない場合と潜伏期を考慮した場合の両方について解析した。

#### 多重比較

統計的検定では計算により求めた統計量（検定統計量）が出現する確率が、予め定めた有意水準（一般には 5%あるいは 1%）と比較して有意性の判断を行う。有意水準を 5%とすることは、95%は正しいが 5%は間違っている可能性があり、統計学的に有意な結果は、偶然によっても 20 回に 1 回は起こり得ることを意味している。このため、多数の検定を繰り返して行う場合（多重比較）には、検定回数に応じて有意水準が増加してしまうことが問題とされており、全体の有意水準を 5%に抑えることが必要とされている。

#### 調査集団

本調査では、1995 年（平成 7 年）3 月までに中央登録センターに登録された者約 30 万人のうち、実際には放射線業務に従事しなかった者等を除いた約 24 万人を調査集団とした。

#### 低線量域（低線量・低線量率）

原子放射線の影響に関する国連科学委員会（UNSCEAR：United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation）の 1994 年報告書では吸収線量（absorbed dose）の場合で 0~0.2Gy、等価線量（equivalent dose）の場合で 0~0.2Sv を低線量（low dose）、また、あらゆる放射線に対して 0.1Gy/day 以下を低線量率（low dose rate）としている。

標準化死亡比 (SMR : Standardized Mortality Ratio)

ある集団の観察死亡数と、その集団が標準集団と同じように死亡したと仮定した場合の死亡数 (期待死亡数) の比を標準化死亡比 (SMR) と言い、以下の式で計算される。

$$\text{SMR} = (\text{観察死亡数}) / (\text{期待死亡数})$$

有意

有意であるとは、ある結果が単に偶然に起きたとは考えにくいということであり、有意でないとは、ある結果が偶然でも起こりうるという意味である。通常、統計的有意性の判断は、p 値と有意水準によって行われる。p 値が有意水準よりも小さいときに有意であると判断し、p 値が有意水準よりも大きいときに有意ではないと判断する。(p 値を参照)

## (2) 委員会名簿

敬称略、五十音順

は委員長

平成 12 年 12 月 1 日現在

### 評価委員会

#### [委員]

青山 喬	滋賀医科大学 名誉教授
秋葉 澄伯	鹿児島大学医学部 教授
草間 朋子	大分県立看護科学大学 学長
沼宮内弼雄	(財)放射線計測協会 相談役
馬淵 清彦	(財)放射線影響研究所 疫学部長(平成 12 年 3 月 31 日まで)
簗輪 眞澄	国立公衆衛生院 疫学部長
吉村 健清	産業医科大学 産業生態科学研究所臨床疫学教室 教授

#### [顧問]

熊取 敏之	(財)放射線影響協会 顧問
粟冠 正利	東北放射線科学センター 会長
重松 逸造	(財)放射線影響研究所 名誉顧問
菅原 努	(財)体質研究会 理事長
吉澤 康雄	東京大学 名誉教授

[線量評価専門委員] (平成 11 年 7 月 1 日より平成 12 年 3 月 31 日まで)

池沢 芳夫	(財)放射線計測協会 事業部次長兼技術開発室長
石黒 秀治	核燃料サイクル開発機構 人形峠環境技術センター 副所長
河田 燕	成蹊大学 工学部長
沼宮内弼雄	(財)放射線計測協会 相談役
南 賢太郎	(財)高度情報科学研究機構 データベース部 部長
吉本 泰彦	放射線医学総合研究所 人間環境研究部 第六研究室長

### 調査運営委員会

足立 哲雄	中部電力(株) 原子力管理部 放射線安全グループ 部長 (平成 11 年 7 月 1 日より)
飯塚 光由	(株)東芝 原子力フィールド技術部 部長代理(平成 11 年 12 月 1 日より)
石田順一郎	核燃料サイクル開発機構 安全推進本部次長(平成 10 年 10 月 1 日より)
鹿志村 攻	動力炉・核燃料開発事業団 安全部次長 (平成 9 年 10 月 20 日より平成 10 年 9 月 30 日まで)

金子 正人 東京電力(株) 原子力本部 放射線管理担当部長  
(平成12年6月30日まで)

熊谷 正彦 日本ニュークリア・フュエル(株) 管理部 部長代理  
(平成11年2月20日より)

祖父江友孝 国立がんセンター研究所 がん情報研究部 がん発生情報研究室長  
征矢 郁郎 三菱重工業(株) 軽水炉プラント技術部 部長代理  
西川 峰之 関西電力(株) 原子力事業本部 保安管理グループチーフマネジャー  
西堀 俊雄 日本ニュークリア・フュエル(株) 管理部 副技師長  
(平成11年2月19日まで)

野村 保 動力炉・核燃料開発事業団 安全部 次長 (平成9年10月19日まで)

野本 健二 日本原子力発電(株) 発電技術部 放射線管理室長  
(平成9年7月1日より平成11年6月30日まで)

備後 一義 日本原子力研究所 東海研究所 保健物理部 部長  
(平成9年9月30日まで)

船本 久雄 日本原子力発電(株) 発電技術部 放射線管理室長  
(平成9年6月30日まで)

松林 秀彦 (株)日立製作所 原子力事業部 放射線管理センタ長  
三ヶ尻元彦 (株)東芝 原子力フィールド技術部 部長代理(平成11年11月30日まで)

村田 紀 千葉県がんセンター 疫学研究部長 (平成12年3月31日まで)

山川 英昭 日本原子力発電(株) 発電技術部 放射線管理グループマネージャー 次長  
(平成11年7月1日より)

山本 克宗 日本原子力研究所 東海研究所 保健物理部 部長  
(平成9年10月1日より)

餘吾 静英 中部電力(株) 原子力管理部 担当部長 (平成11年6月30日まで)

吉川 進 東京電力(株) 原子力本部 放射線管理担当部長(平成12年7月1日より)

吉本 泰彦 放射線医学総合研究所 人間環境研究部 第六研究室長

#### 倫理委員会

渥美 雅子 弁護士 (平成12年4月1日より)

稲葉 裕 順天堂大学医学部 衛生学教室 (平成12年4月1日より)

浦川道太郎 早稲田大学法学部 教授

曾田 研二 (財)横浜市総合保健医療財団 横浜市総合保健医療センター センター長  
(平成12年3月31日まで)

長岡 昌 科学評論家

橋本 達也 日本原子力発電(株) 顧問

堀部 政男 中央大学法学部 教授

松井 義孝 弁護士 (平成 12 年 3 月 31 日まで)  
岩崎 民子 (財)放射線影響協会 放射線疫学調査センター センター長  
(平成 12 年 5 月 31 日まで)  
村田 紀 (財)放射線影響協会 放射線疫学調査センター センター長  
(平成 12 年 6 月 1 日より)

#### 解析検討委員会

秋葉 澄伯 鹿児島大学医学部 教授  
清水由紀子 (財)放射線影響研究所 疫学部 副部長  
丹後 俊郎 国立公衆衛生院 理論疫学室長  
村田 紀 千葉県がんセンター 疫学研究部長  
吉村 健清 産業医科大学 産業生態科学研究所臨床疫学教室 教授  
吉本 泰彦 放射線医学総合研究所 人間環境研究部 第六研究室長