


放射線疫学調査

第Ⅲ期調査結果の概要



財団法人 放射線影響協会
放射線疫学調査センター



放射線疫学調査センターは、文部科学省からの
委託を受け、放射線疫学調査を実施しています。

疫学とは

疫学とは、人間集団の中で病気がどのようにおこっているのかを調べ、病気の予防や健康の増進に役立てようとしている学問です。疫学では、まず病気がいつ、どこで、どんな人達におこっているのかを調べます。さらにこれらの情報を基にどのような要因（例えば、喫煙、飲酒、放射線など）がその病気の発生に関与しているかを明らかにし、病気の予防に役立てます。

放射線疫学調査

放射線疫学調査は、放射線を受けた人の集団でどのような病気がどのような頻度で発生するか、特にがんを中心として明らかにする調査です。これらの結果を用いて放射線業務従事者や一般の人々に対する放射線被ばくの影響をより少なくする有効な対策を見つけ出すことができます。例えば、放射線業務従事者に対しては、健康への影響が容認できるレベルの放射線の被ばく線量を適切に定めるための基礎データを提供することが可能になります。この放射線疫学調査では原子力発電施設などで働く放射線業務従事者を対象集団としています。この調査の目的は、低線量の放射線を長期に受けることによる健康への影響、特にがんで死亡する危険との関連性についてできるだけ明らかにすることです。



はしがき

文部科学省は、原子力発電施設などの放射線業務従事者を対象に低線量放射線の被ばくが人の健康、特にがんによる死亡に影響を及ぼすかどうかを明らかにしようとする疫学調査を、(財)放射線影響協会(以下「協会」という)に委託して、平成2年12月から実施しています。

平成12年度から平成16年度まで実施した第Ⅲ期放射線疫学調査(以下「第Ⅲ期調査」という)の結果が、平成18年2月に文部科学省から公表されました。

このような放射線疫学調査は、その性質から長期間にわたり観察を行わなければ確実な結果を得ることはできませんが、今回、平成2年度から平成6年度まで、及び平成7年度から平成11年度まで各々実施した第Ⅰ期放射線疫学調査、第Ⅱ期放射線疫学調査(以下、各「第Ⅰ期調査」、「第Ⅱ期調査」という)の期間を含め、平成16年度までの調査結果を第Ⅲ期調査結果報告として中間的に取りまとめを行いました。

本パンフレットは、その調査結果報告書の概要についてまとめたものです。



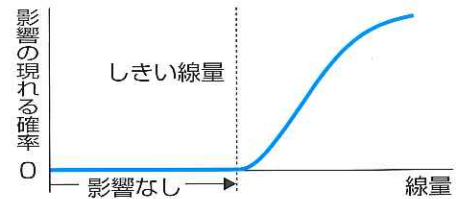
1. 調査の目的と進め方

●調査の目的

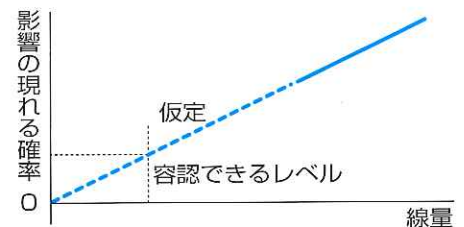
放射線による被ばくの制限値として設定された放射線量の限度（「線量限度」という）は、わが国では国際放射線防護委員会（ICRP）^{*1}の勧告を基礎にして定められています。ICRPは、短時間に多くの放射線を受けた広島・長崎の原爆被爆者等に対する健康影響の研究結果に基づき、放射線の影響から人体を守る（放射線防護という）立場から勧告をしています。すなわち、「放射線の影響は、確定的影響と確率的影響に分類され、確定的影響ではしきい線量が認められるので、それ以下に制限する。一方、確率的影響は、被ばく線量に比例した一定の割合で低線量域^{*2}でも現れると慎重な仮定をして、その影響が社会的に容認されるレベルとなるよう放射線量を制限する」という慎重な考え方です。しかし、低線量域放射線を長期にわたり受けたことによる人体への確率的影響は、十分には確認されていません。このため、本調査は低線量域の放射線被ばくが健康に与える影響について科学的知見を得ることを目的としています。

●調査の進め方

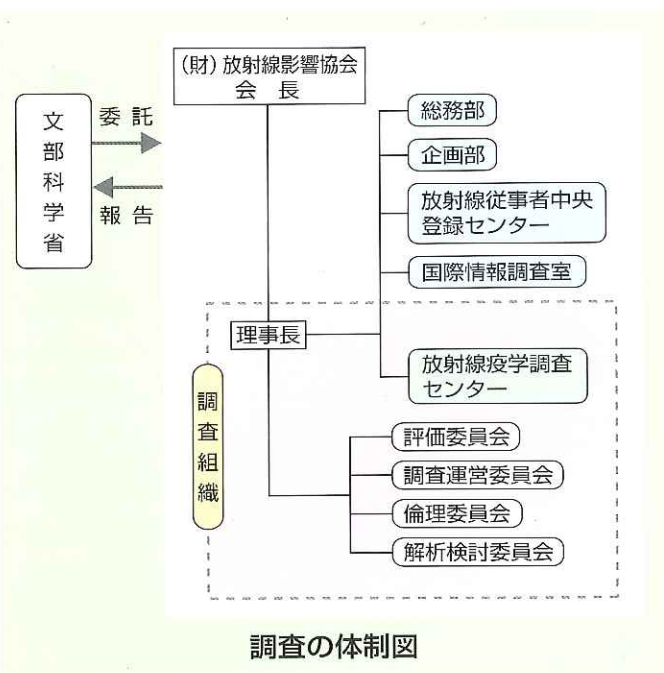
この疫学調査は、平成2年度より財放射線影響協会に設置されている放射線疫学調査センターが行っています。調査に当たっては、外部の放射線疫学の学識経験者、放射線防護の専門家などで構成される調査運営委員会を設け、調査方法などについて検討を加え、業務が適正、かつ効率的に進められるよう努力してきました。また統計解析や結果の評価に当たっては、外部の放射線疫学、疫学統計学の専門家、学識経験者などで構成する解析検討委員会及び評価委員会を設置し、専門的、客観的な立場からの検討を加えています。さらに、調査の方法・内容や個人情報の取り扱いにおいて、調査対象者のプライバシーを侵したり、個人情報の保護に欠けたりすることのないよう、外部の有識者などに委員を委嘱した倫理委員会を設け、その意見や指導に基づいて具体的な措置を講じています。



確定的影響（皮膚障害や不妊など）
被ばく線量に応じて症状の重さが決まる影響で、線量にしきい値があります。



確率的影響（がんや遺伝的影響）
被ばく線量に応じて現れる確率が決まる影響で、線量の低い所（点線の部分）の影響は仮定です。



調査の体制図

*1 国際放射線防護委員会：放射線防護に関する基本的な考え方、原則、方策などの基本的な基準などを検討・勧告する委員会です。その勧告は、世界各国の放射線防護法令の規範となっており、我が国でも基本的にその勧告を尊重して法令、その他の基準値が定められています。

*2 低線量の一般的な定義はありませんが、放射線影響に関する国連科学委員会1994年報告書では、100～200ミリシーベルト以下の範囲と定義しています。ちなみに人は、1人当たり年間2.4ミリシーベルト（世界平均）の放射線を受けています。



2. 調査対象集団及び調査方法

●調査対象集団

調査対象者は、当協会放射線従事者中央登録センター（以下「中登センター」という）に登録された全国の原子力発電施設などの放射線業務従事者のうち、放射線業務に従事したことがあるなど一定の条件を満足する者です。

第Ⅲ期調査の対象者は、平成11年3月までに登録された約34万3千人のうち、実際には放射線業務に従事しなかった者などを除いた約27万7千人です。

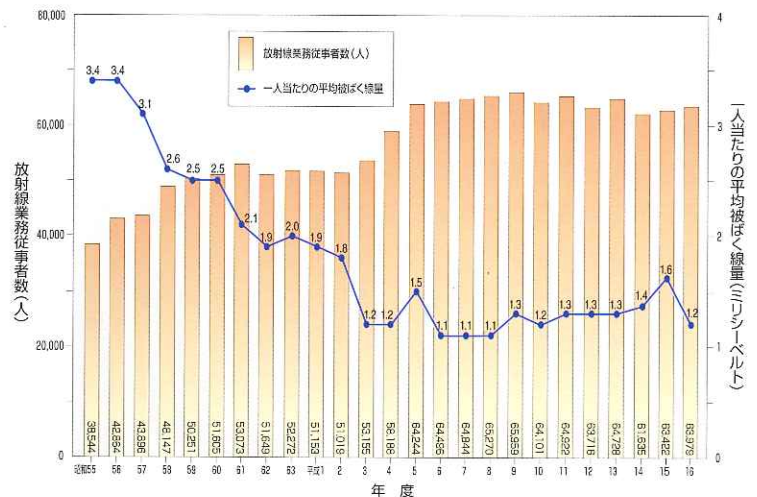
●調査方法

調査は、調査対象者の生死と死因を把握し、これと被ばく線量との関係を統計学的に解析することによって行ないます。

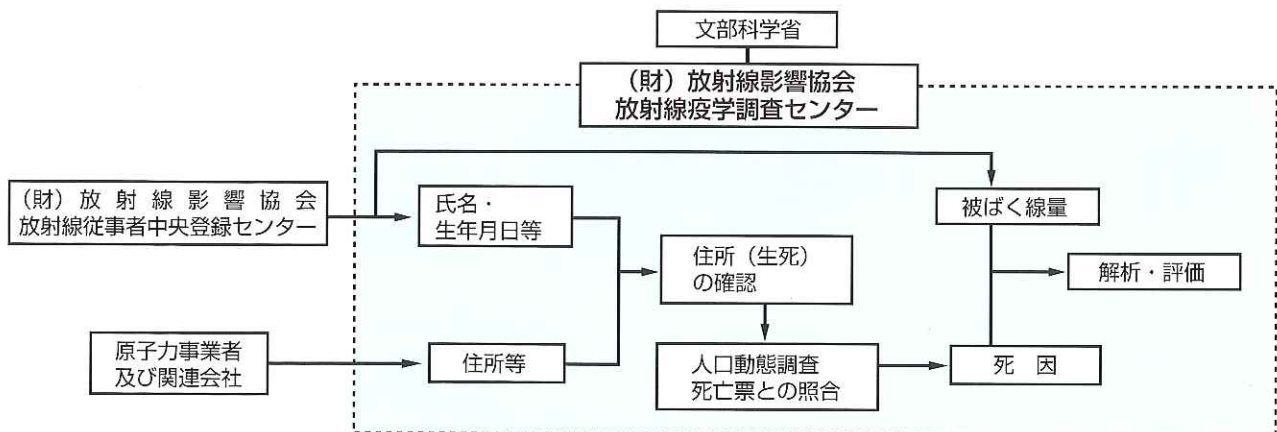
調査対象者の住所を、原子力事業者などの協力を得て把握し、その後、その住所地の市区町村長から住民票などの写しを得ることによって調査対象者の生死を確認します。

次に、死亡が確認された者について、厚生労働省の人口動態調査死亡票*と照らし合わせることにより、死因を確認します。

また、調査対象者の被ばく線量の累計（以下「累積線量」という）は、中登センターに登録されている線量記録の提供を受けて計算します。



放射線業務従事者数と一人当たりの平均年間被ばく線量



* 人口動態調査死亡票：厚生労働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を、統計法に基づき総務庁長官(当時)の承認を得て使用しました。



3. 解析対象集団及び解析・評価の方法

●解析対象集団

調査対象者のうち

- ①平成 16 年 3 月末までに生死が確認できた約 20 万 8 千人(統計学的解析を行う上で女性の対象者が少ないので男性のみを対象としました)を対象集団(以下「全解析集団」という)とした解析
- ②一旦、生存が確認され、その後の追跡調査でも生死の確認ができた約 20 万 1 千人(男性のみ)を対象集団(以下「前向き集団」という)とした解析をしました。

②の集団は、被ばく線量に関わらずほぼ完全に生死の確認(99.7%)ができたため、①の集団(76.5%)に比べて結果の信頼性がより高いと考えられるので、②の集団の結果について述べます。しかし、①の集団の結果もほぼ同様なものでした。

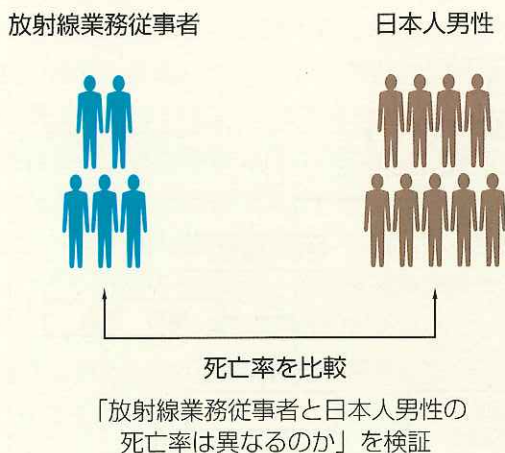
前向き集団の対象者数は 200,583 人、平均観察期間(個人毎に生死を観察した期間を観察期間といい、集団の観察期間の平均値を平均観察期間といいます)

は約 6.8 年、平均累積線量は約 12.2 ミリシーベルト(mSv と表します)、総集団線量は 2,447 人・シーベルト(人・Sv と表します)で、全死亡数は 7,670 人でした。

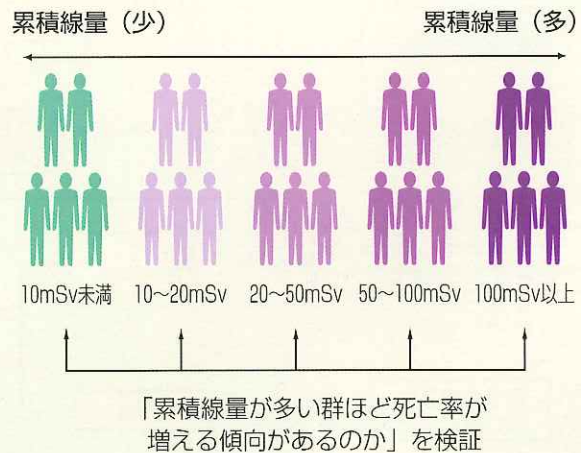
●解析・評価の方法

収集された死因、累積線量の情報などは、統計学的に整理して解析します。統計解析では、解析対象集団について、①死因別死亡率の一般日本人男性(以下「日本人男性という」と)との比較と、②累積線量の多少と死因別死亡率との関係について解析を行います。また、②の解析については放射線による発がんの潜伏期*(白血病は 2 年、その他のがんは 10 年としました)を考慮した解析を行いました。さらに解析には対象者の住所地(地域差)を考慮しました。なお、潜伏期間を 0、5、15、20 年とした解析、および住所地を考慮しない解析も行いました。

日本人男性との死亡率比較



線量と死亡率の関係



*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刺激を受けた後、体に影響が現れるまでに時間がかかる場合があり、この期間を潜伏期といいます。放射線の影響は、一定期間後に現れ、その後増加していきます。白血病2年、その他のがん10年という期間は、放射線による発がんが現れ始める最小潜伏期間とされています。

疫学研究では、統計的に有意な結果が得られた場合でも、それが必ずしも因果関係を検証したことにはならないことに注意する必要があります。そのため、統計解析の結果について、

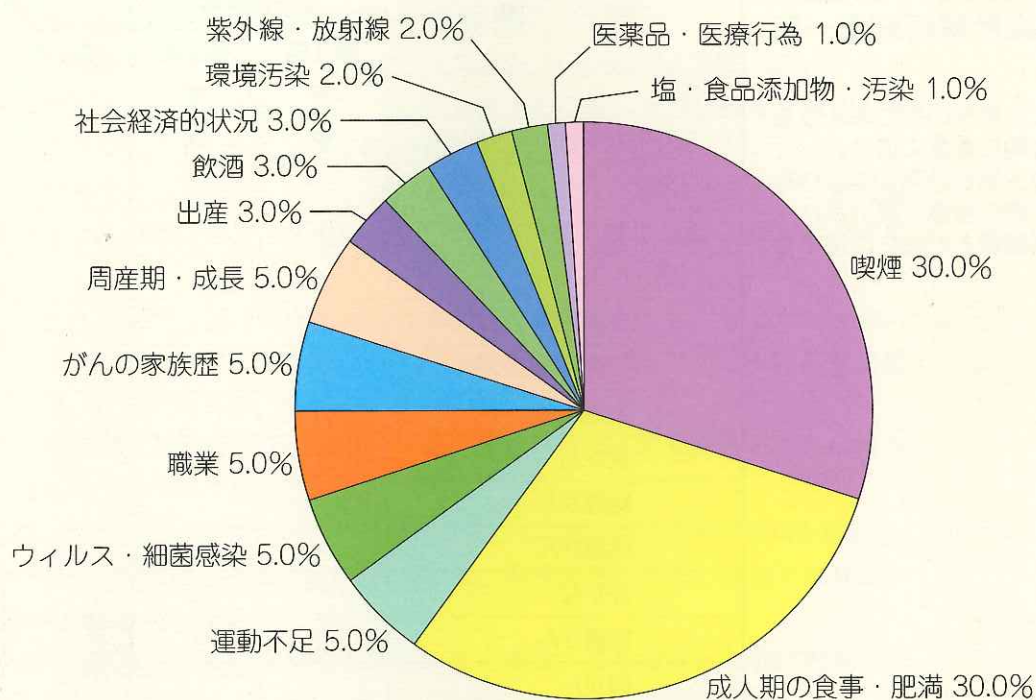
① 調査に偏り*¹がないか

② 交絡因子*²の影響は取り除かれているか

③ これまでの同様の研究における結果と整合性はあるか

④ 医学的・生物学的に正しいものであるかなどの視点から考察し、評価を行います。

アメリカ人についてのガンの原因



Harvard Center for Cancer Prevention: Harvard Report on Cancer Prevention, Volume 1: Causes of Human Cancer, Cancer Causes Control 7:S3-S59, 1996.

* 1 偏り：調査の時に、その集団を代表する適切な調査対象者グループを選べなかったり、正しい情報が得られなかったりした時に生ずる誤差のことをいいます。

* 2 交絡因子：統計解析により、ある要因A（例：放射線）によりある結果X（例：がんによる死亡）が起こるという結果が得られたと仮定します。他の要因B（例：喫煙）によっても結果Xが起こる場合、要因Aと要因Bとが関連性を示している時には、要因Bを交絡因子といいます。この場合に結果Xを起こす要因Bの影響を取り除いて初めて要因Aによって結果Xが起こるという結論が得られます。



4. 解析結果

(1) 死因別死亡率の日本人男性との比較

解析対象集団の死亡率が日本人男性と比較して高いか否かを調べるために、標準化死亡比（SMR）を計算しました。SMRとは、この集団の年次別年齢階級別死亡率が日本人男性のそれと同じであるとして算出した死亡数（期待死亡数という）に対する実

際の死亡数（観察死亡数という）の比です。SMRが1より小さければ日本人男性より解析対象集団の方が死亡率が低く、1より大きければ日本人男性より死亡率が高いことを示します。

第Ⅱ期及び第Ⅲ期調査の死因別統計解析結果一覧

- ▼ 日本人男性の死亡率よりも統計的に有意に低い。
- △ 日本人男性の死亡率よりも統計的に有意に高いか、累積線量とともに増加する。

死 因	日本人男性との死亡率比較		線量と死亡率の関係	
	第Ⅱ期	第Ⅲ期	第Ⅱ期	第Ⅲ期
全死因	▼	▼	△	
非新生物（外因死を除く）	▼	▼		
外因死		△	△	
全新生物				
全がん				
白血病を除くがん				△
口腔、咽頭がん				
食道がん			△	△
胃がん			△	
結腸がん				
直腸がん			△	
肝がん		△		△
胆嚢がん				
膵がん				
肺がん		△		
前立腺がん				
膀胱がん				
腎臓、泌尿器がん				
非ホジキンリンパ腫		▼		
多発性骨髄腫				△
白血病（慢性リンパ性白血病を除く）				
脳、神経系腫瘍				

線量と死亡率の関係についての結果は、新生物について潜伏期を考慮し、年齢、暦年、最新住所地による地域を調整した場合である。

（実施期間）
 第Ⅱ期調査
 平成7年度～平成11年度
 第Ⅲ期調査
 平成12年度～平成16年度

全ての死因（以下「全死因」という）とがん以外の疾患のSMRは、それぞれ0.98と0.90で、統計学的に有意に低いことがわかりました（表中▼）。勤労者には健康な人が多いため、勤労者の集団を対象にした疫学調査ではがん以外の疾患による死亡率は一般の集団より低くなるといわれています。これを健康労働者効果といいますが、この調査でもその効果が認められたと考えられます。

全てのがん（以下「全がん」という）のSMRは1.02でした。がんは健康労働者効果が小さいとされているので、全がんのSMRがほぼ1であるということは、解析対象集団の全がんによる死亡率が日本人男性の死亡率と差がないことを示しています。

外因死のSMRは1.10で有意に高くなっています。

なお、部位別のがんについては肝がんと肺がんで日本人男性の死亡率より有意に高く、非ホジキンリンパ腫で低くなっています。

（2）累積線量の多少と死因別死亡率との関係について

解析対象集団を累積線量別に、10mSv未満、10mSv以上20mSv未満、20mSv以上50mSv未満、50mSv以上100mSv未満、100mSv以上の5群に分け、被ばく線量の増加とともに死亡率が増加するかについて傾向性の検定を行いました。

ここで記載した結果は、年齢、暦年、及び最新住所地による地域を調整し、放射線被ばくによる発がんの潜伏期を白血病で2年、その他の新生物で10年と仮定した結果を示します。

全死因、非新生物疾患、及び外因死の死亡率は、累積線量とともに増加する有意の傾向は認められなかった。また、非新生物疾患を疾患別にみても、死亡率は累積線量とともに増加する有意の傾向は、認められませんでした。

良性及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の傾向は認められませんでした。

白血病を除く全悪性新生物の死亡率は、累積線量とともに増加する有意の傾向を示した。

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

食道、肝臓の悪性新生物及び多発性骨髄腫の死亡率は、累積線量とともに増加する有意の傾向を示しました。

その他の部位の悪性新生物には、前回の第Ⅱ期調査において増加傾向が有意であった胃、直腸の悪性新生物を含めて、死亡率が累積線量とともに増加する有意の傾向は認められませんでした。

なお、食道、肝臓の悪性新生物及び多発性骨髄腫の死亡率と線量との関係について、それぞれ多重比較法*による解析を行ったところ、食道の悪性新生物は有意でしたが、肝臓の悪性新生物及び多発性骨髄腫は、統計学的に有意な結果が偶然得られた可能性があることが確認されました。

*多重比較法：同じような検定を多数回繰り返すと、偶然有意な検定結果が得られる可能性があるため、これを避けるための検定方法をいいます。



5. 考察と結論

(1) 結果のまとめ

この疫学調査では、放射線業務従事者のがん死亡率は全がんは、日本人男性と比べて高くはありませんでした。部位別のがんでは、肝がんと肺がんで高くなり、非ホジキンリンパ腫で低くなっています。外因死は有意に高くなっていました。

また累積線量との関係では、食道がん、肝がん、多発性骨髄腫の死亡率が有意な傾向を示しましたが、白血病を含めてその他の部位がんにはそのような増加傾向は認められませんでした。白血病を除く全がんについては、食道がんなどの一部のがんの傾向が反映され、線量とともに増加する傾向を示しました。

疫学的調査において統計学的に有意な関連が観察されても、因果関係があると判断するためには、

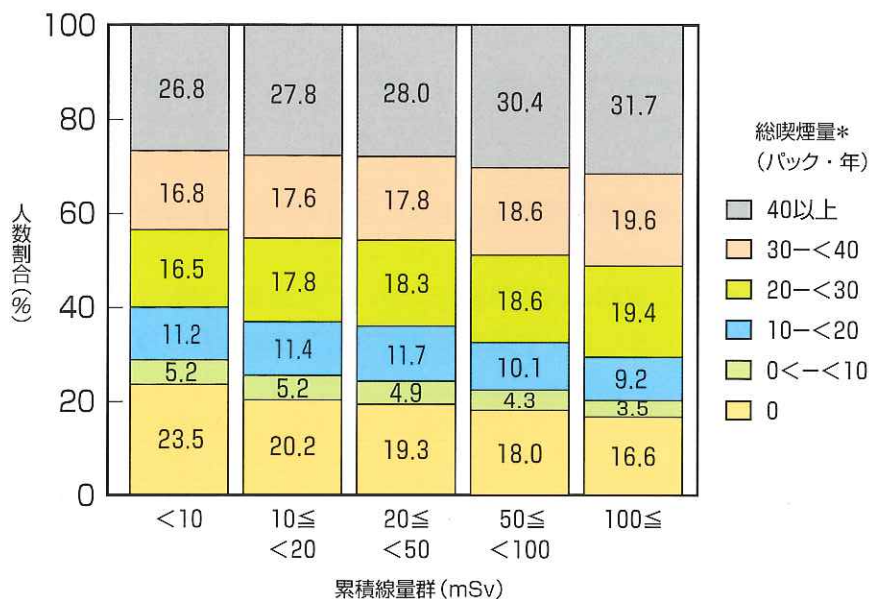
- 1) 偏りや交絡因子の影響を検討し、
 - 2) 多数の研究で一致した結果が得られ、
 - 3) 医学的・生物学的に合理的な説明が見つ
- ことが求められます。この観点から、今回の結果を考察しました。

(2) 交絡因子調査の結果

第Ⅲ期調査では、解析結果に影響を与える可能性のある交絡因子について調べる必要があるということで、第Ⅱ期調査に引き続き生死追跡調査とは別に、平成15年度に放射線業務従事者の生活習慣に関する調査を行いました。

この交絡因子調査では、約7万8千人の自宅宛てに郵送でアンケート票を配布して自記式の調査を行い（回答率62%）、喫煙習慣、飲酒習慣、有害作業従事歴、医療放射線被ばく歴等を調べました。その結果を、生死追跡調査と同じように対象者を累積線量で5群に分け解析したところ、「累積線量が多い群ほど、多量喫煙者、中程度（清酒換算1～3合）飲酒者、有害作業従事経験者の割合が多く、逆に胃の集団検診受診歴の割合が少ない」という統計学的に有意な傾向が認められました。

この結果から、調査対象者の生活習慣などが今回の解析結果に交絡因子として影響を及ぼしている可能性が推測されました。



総喫煙量と累積線量との関連

* 総喫煙量 = (1日当たりの喫煙本数) × (1パック/20本) × (喫煙経験年数)

(3) 諸外国の放射線疫学調査との比較

アメリカやイギリスをはじめとして、諸外国においても原子力産業従事者に関する疫学調査が行われてきました。下表に示す調査では、全がんと放射線との関連を認めたものは国際がん研究機関 (IARC) の15ヶ国共同研究に限られます。白血病についても、有意な関連を認めたものはIARCの行った3国 (アメリカ、イギリス、カナダ) 合同解析及びカナダの調

査に限られています。またこれまでの多くの調査では、食道がん、肺がん、膀胱がん、多発性骨髄腫など多様な部位のがんについて、線量との有意な関連が報告されているのがありますが日本の今回の調査も含めて、共通した結果というものは得られていません。したがって、現段階では、それらの個々の結果に断定的な意味をもたせる見方は正しくありません。

諸外国の放射線疫学調査 解析対象	第Ⅲ期調査 (前向き解析)	3国合同解析 (IARC:1995)	15力国共同研 (IARC:2005)	英国原子力産業施設 (WRRW:1999)	米国原子力発電所従事者 (2004)	カナダ原子力産業施設 (2004)
解析対象者数(人)	200,583	95,673	407,391	124,743	53,698	45,468
観察期間(年)	1991~2002	1943~1988	1943~2000	1955~1992	1979~1994	1957~1994
総観察人数(万人/年)	137	212	519	206	70	61
平均観察期間(年)	6.8	22.2	12.7	16.5	13.0	13.4
死亡者数(人)	7,670	15,825	24,158	12,765	1,190	1,559
集団線量(人/Sv)	2,450	3,843	7,892	3,810	1,380	614
平均累積線量(mSv/人)	12.2	40.2	19.2	30.5	25.7	13.5
参考文献		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)

(1) Cardis E S et al. IARC Technical Report No.25 (1995) (2) Cardis E S et al. BMJ 331, 77-80 (2005)

(3) Muirhead CR et al. J Radiol Prot 19 3-26 (1999) (4) Howe G et al. Radiat Res 162 517-526 (2004) (5) Lydia B et al. Radiat Res 161 633-641 (2004)

(4) 解析結果の解釈

白血病死亡率に放射線被ばくとの増加傾向は、認められませんでした。しかし、この調査対象集団の年齢も若く、観察期間も短いということを考慮する必要があります。

また、食道がん、肝がん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ましたが、交絡因子の影響を受けている可能性があること、これらの部位がとりわけ放射線に腫瘍が誘発されやすいとの報告がされていないこと、他の調査結果との整合性がないこと、さらに観察期間が未だ短いことから現段階では放射線の直接的な影響を示すものと認めることは困難です。

多発性骨髄種についても症例数が極めて少ないため、放射線との関係を論じるには慎重でなければなりません。

(5) 結論

第Ⅲ期調査の結果からは低線量域の放射線ががん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ます。

より信頼性の高い科学的知見を得るためには、今後もこの疫学調査を継続するとともに、交絡因子の影響についても調査検討する必要があります。



- ◆最寄りの交通機関
- ◆JR神田駅より徒歩約5分
- ◆東京メトロ銀座線神田駅より徒歩約5分
- ◆JR新日本橋駅下車出口(4)または出口(6)より徒歩約5分
- ◆東京メトロ銀座線三越前駅下車出口(1)より徒歩約6分

財団法人 放射線影響協会
放射線疫学調査センター

〒101-0044 東京都千代田区鍛冶町1-9-16 丸石第2ビル5F
 TEL03-5295-1497(広報) FAX03-5295-1485
 URL <http://www.rea.or.jp>