

平成 31 年度原子力施設等防災対策等委託費
(低線量放射線による人体への影響に関する疫学的調査) 事業

(原子力規制委員会原子力規制庁委託調査報告書)

令和 2 年 3 月

公益財団法人 放射線影響協会

本報告書は、原子力施設等防災対策等委託費による委託業務として、(公財)放射線影響協会が実施した「平成31年度原子力施設等防災対策等委託費(低線量放射線による人体への影響に関する疫学的調査)事業(契約書第1条で定めた委託業務題目)」の成果を取り纏めたものです。

目 次

I. 概 要	2
1. 本事業への協力の意思確認及び生活習慣等に係る調査業務	2
2. 事業対象者に関する情報の更新等業務	2
2. 1 事業対象者の被ばく線量に関する情報の更新	2
2. 2 住民票の写し等の交付請求による調査対象者の住所地及び生死確認	2
2. 3 事業対象者の死因情報の継続使用に関する手続き	2
3. がん罹患情報の活用方策の検討	2
4. 本事業の理解促進活動	3
4. 1 ホームページによる放射線疫学調査関連情報の周知	3
4. 2 国内外の論文投稿・学会発表	3
5. 委員会活動	3
II. 事業内容	4
1. 本事業への協力の意思確認及び生活習慣等に係る調査業務	4
1. 1 住民票の写し等の交付請求による調査対象者の住所地及び生死確認	4
1. 2 インフォームド・コンセント	10
2. 事業対象者に関する情報の更新等業務	13
2. 1 事業対象者の生存等に関する情報の更新	13
2. 2 事業対象者の死因情報の継続使用に関する手続き	13
3. がん罹患情報の活用方策の検討	13
3. 1 2016年全国がん登録情報の利用承認	14
3. 2 臓器線量の再構築等の活用方策について	14
4. 本事業の理解促進活動	15
4. 1 ホームページによる放射線疫学調査関連情報の周知	15
4. 2 国内外の論文投稿・学会発表	16
5. 委員会活動	18
5. 1 放射線疫学調査 倫理審査・個人情報保護委員会	18
5. 2 放射線疫学調査 調査研究評価委員会	18
5. 3 放射線疫学調査 あり方検討会フォローアップ委員会	19
巻末参考資料	21

I. 概 要

本年度は、平成 27 年度に策定した健康影響評価計画に基づき、調査対象者の生死等情報の把握、事業対象者への意思確認調査（インフォームド・コンセント）及び生活習慣等調査を行うとともに、令和元年度から利用が可能になったがん罹患情報を利用するため「がん登録等の推進に関する法律」にもとづく手続きを行い、国立がん研究センターからリンケージデータを取得した。また、意思確認調査への回答状況について分析等を行い、回答率向上について具体的方策を取った。さらに本事業の理解促進活動としては、平成 26 年度までに取得したデータをもとに解析した結果について学会発表、論文投稿等を行うとともに、ホームページ等により本疫学調査について情報発信した。

1. 本事業への協力の意思確認及び生活習慣等に係る調査業務

前年度に引き続き、放射線疫学調査の対象者となることについての意思確認調査を実施した。調査は事業対象者約 40,000 人に対し、説明資料一式を再度郵送すること、また、これまでの郵送配付において、宛先不明の理由で意思の確認がなされなかった約 1,000 人の事業対象者に資料を配付することにより行い、本年度は、令和元年 10 月までに、2,754 人から調査対象者となることについての同意を得た。本年度までの調査結果は平成 27 年度に構築した専用のデータベースに格納した。

2. 事業対象者に関する情報の更新等業務

2. 1 事業対象者の被ばく線量に関する情報の更新

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。）から 2018 年度（平成 30 年度）までの被ばく線量情報等の提供を受け、データベースに反映した。

2. 2 住民票の写し等の交付請求による調査対象者の住所地及び生死確認

本年度は、30,500 人の調査対象者について生死追跡調査を行い、1,361 市区町村に対し住民票の写し等の交付を請求し、この内 1,359 市区町村から計 30,496 人の調査対象者について住民票の写し等の交付を受ける等して回答を得た、データベースに反映した。

2. 3 事業対象者の死因情報の継続使用に関する手続き

統計法（平成 19 年法律第 53 号）第 33 条規定に基づき、調査票情報の継続保有の申請を行い、承認を受けた。

3. がん罹患情報の活用方策の検討

提供が開始された診断年 2016 年全国がん登録情報について、「がん登録等の推進に関する法律」第 17 条第 1 項第 3 号の規定に基づき利用申請を行い、承認された。調査研究評価委員会等において、全国がん登録データベースの精度、並びに、疫学調査データベースと全国がん登録データベースのリンケージ結果データの集計方法等について検討を行った。ま

た、前年度の臓器線量構築検討会報告書に基づき、第Ⅴ期解析対象者の臓器線量の試算を行った。

4. 本事業の理解促進活動

4. 1 ホームページによる放射線疫学調査関連情報の周知

調査結果等について広く周知し、事業対象者の協力を得るためにホームページ、放影協ニュース等による情報発信を行った。

4. 2 国内外の論文投稿・学会発表

国内外の機関に積極的に引用される調査として専門家に認知されることを目的に、学会発表 15 回、論文投稿 5 編（2 編は公表済み、2 編は受理され近刊、1 編は投稿中）を行った。

5. 委員会活動

本事業においては的確かつ円滑な実行を図る目的として、個人情報の取扱い及び疫学研究に係る倫理的事項に係わる「放射線疫学調査 倫理審査・個人情報保護委員会」、並びに調査研究計画、調査の実施、がん罹患情報の活用に係わる「放射線疫学調査 調査研究評価委員会」を設置した。また、「平成 28 年度疫学調査あり方検討会」が策定した報告書を踏まえ、「放射線疫学調査 あり方検討会フォローアップ委員会」を設置し、事業の進捗状況の確認を行った。

II. 事業内容

1. 本事業への協力の意思確認及び生活習慣等に係る調査業務

1. 1 住民票の写し等の交付請求による調査対象者の住所地及び生死確認

がん罹患調査、死因解析等のために、調査対象者の住所地及び生死の情報を可能な限り最新の状態に保つ必要がある。調査対象者の住所地及び生死の確認（以下、「生死追跡調査」という。）は、本年度においても、前年度に引き続き、個人情報保護に留意しつつ、全国の市区町村（特別区及び政令市の行政区を含む。以下、同様。）から住民票の写し等を取得することにより行い、その結果の集計及び放射線疫学調査ファイルの更新を行った。

(1) 生死追跡調査

法令により、消除された住民票（以下、除票と言う。）の保存期限は5年であると定められていることから、1人の調査対象者について少なくとも4年に1度、住民票の写し等の取得による生死追跡調査を行うこととしている。本年度は、前年度の調査終了までに生存が確認されていた調査対象者の内23,874人及び平成27年度から実施している意思確認調査において、平成11年4月以降に中央登録センターに放射線業務従事者として登録された者のうち新たに本疫学調査の対象者となることに同意した6,626人（以下、「新規調査対象者」という。）、計30,500人について生死追跡調査を行った。

以下に、本年度の生死追跡調査の結果を報告する。

1) 住民票の写し等の交付請求及び取得

i) 住民票の写し等の交付請求

本年度は、(a)本年度中に当該調査対象者についての直近の生死追跡調査から4年が経過する者（平成27年度の生死追跡調査で住民票の写しを取得した者のうち、平成30年度に交付請求を行わなかった者）及び3年が経過する者（平成28年度に住民票の写しを取得した者）の内の一部の者、(b)前年度（平成30年度）の生死追跡調査において住民票の写し等の交付請求先の市区町村から他の市区町村への転出が判明した者並びに(c)前年度（平成30年度）またはそれ以前の生死追跡調査において「該当者なし」等の理由で住民票の写しを交付されなかった者の内、再調査を行うこととした者、新規調査対象者、並びに前年度（平成30年度）までに実施した意思確認調査において郵送した説明資料が配達されずに協会に返送された者の内、住所の再調査を行うこととした者、計30,500人の調査対象者について、1,361市区町村に対し住民票の写し等の交付を請求した。

なお、本年度、住民票の写し等を請求した者には、前年度までに意思確認調査に回答していなかった者及び同調査において本放射線疫学調査の調査対象者となることに同意しない旨の回答をした者は含まれていない。また、前年度までに同意書が無いとの理由で住民票の写し等の交付を受けられなかった市区町村に住所を持つ調査対象者については、意思確認調査を実施し、調査対象者となることに同意する回答を得られた者に

ついでのみ、意思確認書の写しを添えて、住民票の写し等の交付請求を行った。
本年度、住民票の写し等を請求した調査対象者の内訳は表 1 の通りである。

ii) 住民票の写し等の取得

i) の住民票の写し等の交付請求により取得した住民票の写し等及び取得できなかった住民票の写しは、その内容により以下の通りの区分に分類し、整理している。

- ①住民票の写しの取得（氏名、住所等が変更されていないもの）
- ②住民票の写しの取得（氏名、住所等が変更されているもの）
- ③除票の写しの取得（死亡による消除）
- ④除票の写しの取得（転出（海外への転出を含む。）による消除）
- ⑤住民票なし（「該当者なし」（調査対象者が当該の市区町村の住民ではなく、当該調査対象者の住民票が作成されていないことによる）のため）
- ⑥住民票なし（住民票の消除後 5 年（保存期限）以上経過のため）
- ⑦除票の写しの取得（不在住等の事由による市区町村長の職権による消除）
- ⑧その他

本年度は、住民票の写し等の交付を請求した 1,361 市区町村の内、1,359 市区町村から、計 30,496 人の調査対象者について、住民票の写し等の交付等による回答を得た。他の 2 市（4 人）については、住民票の写し等の交付を受けられなかった。本年度に住民票の写し等の交付を請求した調査対象者について、取得した住民票の写し等及び取得できなかった住民票の写し等の内訳は表 2 の通りである。

（巻末参考資料 23 頁参照）

表 1 本年度に住民票の写し等の交付を請求した調査対象者の内訳

請求の内訳	人数
(a) 前回住民票の写し ^{注-1}	19,456
(b) 前回転出除票の写し ^{注-2}	1,806
(c) 前回「該当者なし」等 ^{注-3}	492
※ 新規調査対象者 ^{注-4}	6,626,
※ 郵便不達者の住所再調査 ^{注-5}	2,120
合計	30,500

注-1 直近の生死追跡調査から4年が経過する者（平成27年度の生死追跡調査において住民票の写しを取得した者のうち平成30年度に交付請求を行わなかった者）及び3年が経過する者（平成28年度に住民票の写しを取得した者）の内の一部の者の調査

注-2 前年度（平成30年度）の生死追跡調査において他の市区町村への転出が判明した者の調査

注-3 前年度（平成30年度）またはそれ以前の生死追跡調査において、「該当者なし」等の回答を得た者の内の一部の者の再調査

注-4 前年度（平成30年度）までの意思確認調査において本疫学調査の対象者となることに同意し、新規に調査対象者となった者の調査

注-5 前年度（平成30年度）までの意思確認調査において郵送した説明資料が配達されずに協会に返送された者の住所の再調査

表 2 本年度に取得する等した住民票の写し等の内訳

(令和2年3月現在)

区分	人数
住民票の写し ①②	27,169
除票の写し（転出） ④	2,362
内、国内の他市区町村への転出	2,340
内、海外への転出	22
除票の写し（死亡） ③	781
該当者なし等 ⑤⑥⑦	184
不交付	4
合計	30,500

2) 生死追跡調査の状況

平成 27 年度から実施してきた意思確認調査が本年度に終了することを受け、次年度以降の生死追跡調査対象者について、放射線疫学調査ファイル（以下、「疫学 DB」という）の状況とともに整理した。これまでの疫学 DB は全調査対象者 277,128 人（男性 274,559 人、女性 2,569 人）から構成されており、そのうち生存が確認された対象者の一部について年度ごとに生死追跡調査を実施し、その調査結果について疫学 DB を更新してきた。平成 27 年度から意思確認調査を実施することにより、疫学 DB は新規に調査対象者となった 14,853 人（男性 14,514 人、女性 346 人）を加えて 291,981 人（男性 289,066 人、女性 2,915 人）となった。今後の生死追跡の対象者はすべて本疫学調査の対象者となることに同意した者となるため、疫学 DB の内訳は令和 2 年 3 月現在で次の通りとなった。(1) 生存者は 80,055 人（男性 79,218 人、女性 837 人）、(2) 死亡者は 35,048 人（男性 34,956 人、女性 92 人）、(3) 調査の結果追跡できなくなった者は 140,632 人（男性 139,497 人、女性 1,135 人）となった。意思確認調査において不同意の意思を表明した者、意思確認調査を実施できなかった者及び回答がなかった者等が合わせて 92,110 人（男性 91,502 人、女性 608 人）であり、平成 15 年度から平成 21 年度までの間に実施した「説明と同意の確認」調査において、本年度までに同意しない旨の回答をした者及び郵送した説明資料が不達となり最終的な意思の確認がなされなかった者が 13,212 人（男性 13,024 人、女性 188 人）であった。なお、(4) 事業所に照会した時点で住所情報が得られず、当初から生死追跡調査の対象とならなかった者は 36,246 人（男性 35,395 人、女性 851 人）である。

詳細は表 3 の通りである。

(巻末参考資料 24 頁参照)

3) 住民票の写し等取得の年度推移

全国の市区町村から住民票の写し等を取得することによる生死追跡調査を開始して 29 年が経過した。その間に得た各年度の住民票の写し等取得実績の推移を図 1 に示す。

4) 生死追跡調査における「脱落」等の発生

i) 追跡先住所不明

住民票の写し等の取得による生死追跡調査において、市区町村から「該当者なし」という回答を受けた調査対象者の一部については、前年度までに取得した最新の住民票の写し等を当該市区町村に提示し、再度、住民票の写し等の交付請求を行った。他市区町村への転出が判明した者については、次回の調査までに除票の保存期間である 5 年を超えることのないよう、必要に応じて追加の住民票の写し等の交付請求を行った。

しかしながら、調査対象者が転出元又は転出先の市区町村で転出又は転入の手続きをしないこと等により、調査対象者の追跡先の住所が不明となることがあるため、「脱落」が発生することがある。

本年度は 184 人（本年度調査分の 0.60％）の「脱落」があった。

ii) 海外転出

海外への転出が判明した調査対象者については、以降の追跡が困難であるため、生死追跡調査を継続しないこととしている。

本年度は 22 人（同 0.07％）の海外転出があった

iii) 住民票の写し等の不交付

住民票の写しの交付制度等の見直しのために改正された住民基本台帳法が平成 20 年 5 月に施行されたことにより、以降、市区町村の判断によっては、住民票の写し等が交付されない可能性が生じた。住民票の写し等の請求先となった市区町村に対しては、本疫学調査の意義を説明すること等により、市区町村の理解及び協力を得ることに努めているが、やむを得ず住民票の写し等が交付されない場合は、当該の調査対象者に対して意思確認調査を実施し調査対象者となることに同意する旨の回答を得たうえで住民票の写し等についての交付請求を行うこととしている。

前述の通り、本年度は、2 市による住民票の写し等の不交付があり、4 人分（同 0.01％）の住民票の写し等を取得できなかった。

表 3 生死追跡状況（既存の調査対象者）

（令和 2 年 3 月現在）

追跡結果	人数（男 女）
(1) 生存	80,055 (79,218 837)
(2) 死亡	35,048 (34,956 92)
(3) 脱落	140,632 (139,497 1,135)
（脱落の内訳）	
初回追跡時脱落 ^{注-1}	24,655 (24,365 290)
住所不明等 ^{注-2}	9,987 (9,941 46)
不同意 ^{注-3}	12,480 (12,292 188)
郵便不達 ^{注-4}	732 (732 0)
IC 不同意 ^{注-5}	13,122 (13,006 116)
IC 郵便不達 ^{注-6}	1,185 (1,164 21)
IC 未回答等 ^{注-7}	77,803 (77,332 471)
不交付 ^{注-8}	668 (665 3)
(4) 住所情報無し ^{注-9}	36,246 (35,395 851)
合計	291,981 (289,066 2,915)

注-1 原子力事業者から入手した住所情報に基づいて初めて行う住民票の写し等の請求において、該当者なし、除票の保存期間経過、職権消除等の理由で、住民票の写し等を取得できずに脱落した調査対象者の数

注-2 一旦、住民票の写し等を取得した後の再調査において、該当者なし、除票の保存期間経過、職権消除、海外転出等の理由により脱落した調査対象者の数

- 注-3 第2次交絡因子調査又は「説明と同意の確認」調査において、調査対象者となることに同意しない旨の回答をした者の数
- 注-4 「説明と同意の確認」調査において、郵送した説明資料が不達となり最終的な意思の確認がなされなかった者の数
- 注-5 「意思確認調査」において、不同意の意思を表明した者の数
- 注-6 「意思確認調査」において、郵送した説明資料が不達となり最終的な意思の確認がなされなかった者の数
- 注-7 「意思確認調査」において、回答がなかった者、回答に不備がある等で最終的な意思の確認がなされなかった者の数
- 注-8 市区町村の協力を得られなかったことにより、住民票の写し等を取得できなかった調査対象者の数
- 注-9 原子力事業者から住所情報を入手できなかったため、当初から住民票の写し等の取得による生死追跡調査の対象とならなかった者の数

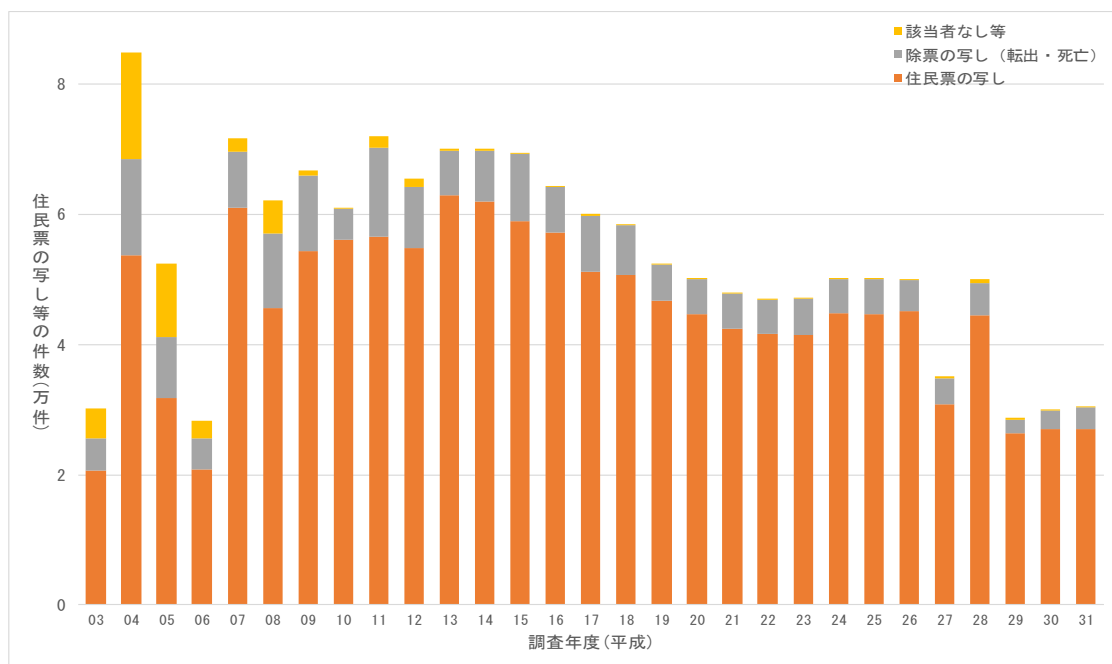


図1 住民票の写し等の取得実績

(2) 放射線疫学調査ファイルの管理等

本疫学調査の実施に当たっては、平成11年3月までに放射線業務従事者として登録した者のうち調査対象者となった277,128人についての情報を収めたデータベースを、インタ

一ネット及び協会の計算機ネットワークから独立した計算機上に構築している。平成 11 年 4 月以降に放射線業務従事者として登録した者のうち、意思確認調査により本疫学調査の対象者となることに同意する旨の回答を得た者 14,853 人については、調査対象者として当該データベースに新たに登録等を行った。このデータベースの管理のために開発した「放射線疫学調査に係る情報処理システム」（以下、「情報処理システム」という。）により、年度毎に行う生死追跡調査の対象者の抽出、市区町村長に提出するための住民票の写し等の請求書類の作成、交付を受けた住民票の写し等の記載事項等の計算機への入力並びにデータベースに登録された情報の更新及び修正を行った。

（3）意思確認調査及び生活習慣等調査の調査結果の管理のためのデータベースの構築

本疫学調査の調査対象者となることについての諾否、アンケート調査の回答内容等、両調査において本年度に得られた調査結果を、これらを保管し、管理するために平成 27 年度に構築したデータベースに格納した。

1. 2 インフォームド・コンセント

本放射線疫学調査において、平成 27 年度からの新たな取り組みとしてがん罹患調査及び生活習慣等調査を実施することとしている。そこで、あらかじめ放射線疫学調査の事業対象者からインフォームド・コンセントを受けることにより今後の放射線疫学調査の円滑な実施に資することを目的として、本年度も放射線疫学調査の対象者となることについての意思確認調査（以下、「意思確認調査」という。）を前年度に引き続いて実施した。

意思確認調査は、平成 27 年度に策定した「放射線疫学調査の対象者となることについての意思確認調査実施要領」（以下、「意思確認調査実施要領」という。巻末参考資料 25～29 頁参照。）に基づき、平成 27 年度から順次行っており、本年度がその最終年度である。

以下に、意思確認調査の本年度における進捗、結果等を述べる。

（1）意思確認調査の実施（説明資料の配付）

意思確認調査実施要領に基づき、①郵送及び②原子力発電施設等の事業所での現地配付の 2 通りの方法により、事業対象者に対して説明資料（巻末参考資料 30～44 頁参照）を配付することとしている。なお、説明資料には生活習慣等調査回答用紙が添付されており、本疫学調査の対象者となることに同意していただける場合に回答を依頼している。

これらの配付方法の対象は、それぞれ、

- ① 郵送調査 … 平成 26 年度までに既に本放射線疫学調査の調査対象者であって、生死追跡調査において生存していること及び住所が確認された者（約 16.5 万人（平成 26 年度末現在））
- ② 現地調査 … 現地説明会（上述）を開催した事業所において現に放射線業務に従事している者等（約 7 万人）

である。このため、①及び②の両方の方法により、2 部以上の説明資料の配付を受ける者がいる可能性があることに留意しなければならない。

本年度は、平成 29 年度及び平成 30 年度に意思確認調査を実施した事業対象者のうち、回答がなかった者について未回答の理由を分析・検討した結果、送付資料を見落としている可能性があることから回答を促すお知らせのハガキを発送し、それでも回答が無かった者約 40,000 人について、送付資料を廃棄してしまった可能性があると考えられたことから再度、説明資料を送付した。また、宛先不明等の理由により郵便が不達となり意思確認調査を実施できなかった 2,120 人については、住民票の写し等を請求し、その時点において確認できる最新の住所に説明資料を郵送した。

最終的に 1,187 人については複数回説明資料を郵送したが、宛先不明等の理由により郵便が不達となり意思確認調査を実施できなかった。

(2) 意思確認調査の結果

本年度は、38,302 人の事業対象者に実施した意思確認調査に対して、4,052 人からの回答があった（令和元年 10 月 2 日現在）。

これらの内、本放射線疫学調査の調査対象者となることに同意するとの回答をした者は 2,754 人、同意しないとの回答をした者は 1,093 人であった。説明資料の配付数に対する同意の取得率は約 7.2%であった。

平成 27 年度からの通算では、調査対象者となることに同意するとの回答をした者は 81,355 人、同意しないとの回答をした者は 16,399 人となった。

同意するとの回答をした者の内、放射線疫学調査ファイルの既存の調査対象者と照合できなかった者は、本放射線疫学調査の新規の調査対象者となり、今後、放射線従事者中央登録センターに照会し、放射線業務従事者として登録されていることが確認できた場合に、生死追跡調査等を行い各種の情報の取得を行うこととなる。

また、意思確認書への記入内容等に不備がある等の理由により調査対象者となることについての諾否を判断できなかった者及び郵送調査及び現地調査の両方の調査において重複して回答した者が計 205 人（平成 27 年度からの通算では 4,704 人）あった。

本年度までにおける意思確認調査の結果を表 4 に示す。

表4 意思確認調査 回答状況

調査年度	調査方法	回答				未回答	計			
		同意	不同意	その他	計					
		(令和1年9月10日配付分、令和1年10月2日回収分まで)								
平成27年度	郵送調査		10,687	2,209	1,930	14,826	15,273	30,099		
		既存対象者	10,684	2,207						
		新規対象者候補	3	2						
	現地調査		2,252	705	74	3,031	2,586	5,617		
		既存対象者	863	200						
		新規対象者候補	1,389	505						
計		12,939	2,914	2,004	17,857	17,859	35,716			
	既存対象者	11,547	2,407							
	新規対象者候補	1,392	507							
平成28年度	郵送調査		14,230	2,292	813	17,335	26,998	44,333		
		既存対象者	14,224	2,291						
		新規対象者候補	6	1						
	再調査(郵送)		1,762	561	256	2,579	11,541	14,120		
		既存対象者	1,759	557						
		新規対象者候補	3	4						
	現地調査		17,460	3,582	515	21,557	22,345	43,902		
		既存対象者	6,544	1,051						
		新規対象者候補	10,916	2,531						
	計		33,452	6,435	1,584	41,471	60,884	102,355		
		既存対象者	22,527	3,899						
		新規対象者候補	10,925	2,536						
平成29年度	郵送調査		16,838	2,770	442	20,050	31,490	51,540		
		既存対象者	16,829	2,765						
		新規対象者候補	9	5						
	再調査(郵送)		1,184	424	86	1,694	10,820	12,514		
		既存対象者	1,181	421						
		新規対象者候補	3	3						
	現地調査		4,082	404	55	4,541	4,908	9,449		
		既存対象者	1,747	164						
		新規対象者候補	2,335	240						
	計		22,104	3,598	583	26,285	47,218	73,503		
		既存対象者	19,757	3,350						
		新規対象者候補	2,347	248						
平成30年度	郵送調査		7,841	1,674	204	9,719	16,154	25,873		
		既存対象者	7,837	1,672						
		新規対象者候補	4	2						
	再調査(郵送)		1,610	610	113	2,333	16,929	19,262		
		既存対象者	1,609	608						
		新規対象者候補	1	2						
	現地調査		655	75	11	741	637	1,378		
		既存対象者	338	27						
		新規対象者候補	317	48						
	計		10,106	2,359	328	12,793	33,720	46,513		
		既存対象者	9,784	2,307						
		新規対象者候補	322	52						
平成31年度	郵送調査		144	24	2	170	745	915		
		既存対象者	144	24						
		新規対象者候補	0	0						
	再調査(郵送)		2,610	1,069	203	3,882	33,505	37,387		
		既存対象者	2,609	1,066						
		新規対象者候補	1	3						
	計		2,754	1,093	205	4,052	34,250	38,302		
		既存対象者	2,753	1,090						
		新規対象者候補	1	3						
	合計	郵送調査		49,740	8,969	3,391	62,100	90,660	152,760	
			既存対象者	49,718	8,959					
			新規対象者候補	22	10					
再調査(郵送)			7,166	2,664	658	10,488	72,795	83,283		
		既存対象者	7,158	2,652						
		新規対象者候補	8	12						
郵送調査計 (延べ数)			56,906	11,633	4,049	72,588	80,172	152,760		
		既存対象者	56,876	11,611			163,455	236,043		
		新規対象者候補	30	22						
現地調査			24,449	4,766	655	29,870	30,476	60,346		
		既存対象者	9,492	1,442						
		新規対象者候補	14,957	3,324						
計 (延べ数)		81,355	16,399	4,704	102,458	110,648	213,106			
	既存対象者	66,368	13,053			193,931	296,389			
	新規対象者候補	14,987	3,346							

2. 事業対象者に関する情報の更新等業務

2. 1 事業対象者の生存等に関する情報の更新

本年度の生死追跡調査において入手した住民票の写し等の情報に基づき、30,496 人の調査対象者について、データベースを更新した。そのうち、転居による住所の変更又は氏名の変更があった者は 2,141 人、転出による住所変更があった者は 2,362 人、死亡した者は 781 人、該当無し等により追跡できなかった者は 184 人であった。なお、住民票の写し等の交付を受けられなかった 2 市（不交付を含む。）に係る 4 人の調査対象者については、データベースの更新を保留し、脱落者とした。

また、このデータベース及び情報処理システムについては、定期的に保守点検を行うことにより、その正常維持を図るとともに、データのバックアップを定期的に又は適宜行い、データを適正に保管している。

2. 2 事業対象者の死因情報の継続使用に関する手続き

統計法（平成 19 年法律第 53 号）第 33 条規定に基づき、平成 31 年 4 月 1 日に調査票情報の継続保有の申請を厚生労働省に対して行い、平成 31 年 4 月 9 日に承認を受けた。これらの死因情報を用いて解析を行い、学会発表、論文作成を行った。

3. がん罹患情報の活用方策の検討

本疫学調査では、これまで主に、被ばく線量とがん死亡との関係を解析することで、低線量放射線の健康影響を評価してきたが、医療技術の進展等に伴いがんの致死率（致命率）が低下している現状を考慮し、健康指標として死亡だけでなく、がん罹患も調査することにより、より精度の高い健康影響の評価を行う必要性が高まっている。一方、がん罹患情報に関しては、一部の都道府県で地域がん登録制度があったものの、本疫学調査の対象者は全国に所在しているので、全員を対象としたがん罹患情報の把握は困難であったが、平成 28 年 1 月全国がん登録制度が発足した。これらの状況を鑑み、平成 27 年度からの調査においては、放射線被ばくによる健康影響、特にがんの発生に及ぼす影響を評価する際、その評価指標としてがん罹患を新たに加えることとしている。

平成 27 年度においては、全国がん登録制度に基づくがん罹患情報を活用するため、法的根拠、申請手続、全国がん登録データベース届出項目、利用可能時期、疫学調査解析での利用法等について調査研究評価委員会において審議した。特に、調査対象者のがん罹患情報の収集方法に関しては、収集項目等並びにがん罹患情報の保管及び管理のためのシステム開発の要件定義として、全国がん登録データベースから提供を受ける項目を確認した。

平成 28 年度には全国がん登録データベース整備の進捗状況、利用手続マニュアル等の整備状況、本疫学調査での利用可能時期等について調査研究評価委員会において審議した。また、がん罹患リスクの評価に用いる臓器線量構築について検討を行った。

平成 29 年度においては、調査研究評価委員会において、全国がん登録データベースの利用申請方法等について検討を行った。また、臓器線量構築検討会を設置し臓器線量への変換方

策等について検討した。

平成 30 年度においては、調査研究評価委員会において、公開された 2016 年全国がん登録の概要について検討を行った。また、臓器線量構築検討会において、記録線量から臓器線量への換算係数を構築した。

令和元年度においては、提供が開始された診断年 2016 年の全国がん登録情報について、法第 17 条第 1 項第 3 号の規定に基づき、利用申請を行い、承認された後にリンケージを行った。調査研究評価委員会等において、公表された 2016 年全国がん登録情報の精度、並びに疫学調査データベースと全国がん登録データベースのリンケージ結果データの集計方法等について検討を行った。また、前年度の臓器線量構築検討会報告書に基づき、第 V 期解析対象者について、1957～2010 年の記録線量から臓器線量への試算を行った。

3. 1 2016 年全国がん登録情報の利用承認

提供が開始された診断年 2016 年全国がん登録情報について、令和元年 5 月、当協会理事長から厚生労働大臣あての全国がん登録情報の提供の申し出を、事前相談の上、国立がん研究センターに対して行った。当協会は、省令により提供を受けることができる機関として定められており、法第 17 条第 1 項第 3 号の規定に基づいて、「非匿名化情報」の利用申請を行った。8 月に開催された利用と提供に関する審査委員会での審査を経て、応諾の通知を厚生労働大臣から受け取った。その後、調査研究対象者と全国がん登録情報をリンケージするために、リンケージ用外部照合データを作成し、国立がん研究センターに送付した。リンケージの結果、がん罹患情報を付加したリンケージ結果データが提供され、リンケージが可能ながん罹患件数の算定方法、部位別がん罹患数の集計方法、上皮内がんの扱い等について、調査研究評価委員会、あり方検討会フォローアップ委員会において審議した。

3. 2 臓器線量の再構築等の活用方策について

新しい疫学調査では、評価指標として従来の死亡に加え、平成 28 年に始まった全国がん登録制度のがん罹患情報を利用することとしている。線量については、従来、記録線量である個人線量当量をそのままリスク推定に用いていたが、放射線リスク評価の国際比較可能性を高めるために、新調査では臓器線量を用いることとして、平成 29 年度及び 30 年度に臓器線量構築検討会を設置した。平成 30 年度は、線量計レスポンスの試験の実施、日本人成人男性モデルの臓器線量換算係数の推計、日本の原子力発電所における光子エネルギー、ジオメトリ分布に関する先行研究の調査を経て、2 年間の検討の結果、記録線量から臓器線量への換算係数の構築方法をまとめ、検討会報告書を取りまとめた。本年度は、臓器線量構築検討会報告書の換算係数に基づき、第 V 期解析対象者について 1957～2010 年の記録線量から臓器線量への試算を行った。

4. 本事業の理解促進活動

本事業の理解促進を図り、本事業が国内外の機関に積極的に引用される調査として専門家

に認知されることを目的に、以下の学会発表、論文投稿等を行った。

4. 1 ホームページによる放射線疫学調査関連情報の周知

本年度は以下の更新を行った。

更新日	更新内容
4/9	放射線疫学調査についてのご説明（詳細説明資料）の掲載と放射線疫学調査健康影響評価計画書の一部変更に関する告知
6/6	第 92 回日本産業衛生学会の発表要旨の掲載
6/6	保健物理への論文掲載の告知
6/6	Health Physics への論文掲載の告知
10/9	臓器線量構築検討会報告書の掲載
10/9	第 16 回 国際放射線研究会議 学会発表要旨の掲載
10/9	第 40 回韓国疫学会発表要旨の掲載
10/31	ヨーロッパ放射線防護週間 2019 学会発表要旨の掲載
11/29	第 62 回 日本放射線影響学会 大会発表要旨の掲載
12/12	第 2 回日本放射線安全管理学会・日本保健物理学会合同大会発表要旨の掲載
2/24	第 30 回日本疫学会学術総会発表要旨の掲載

なお、当協会が年 4 刊発行（約 1,000 部／刊）している放影協ニュースに「本事業への協力の意思確認及び生活習慣等に係る調査業務」の一環として「放射線疫学調査へのご協力のお願い」や学会発表内容について掲載し、原子力事業者や RI 等事業者、除染等事業者を初めとする関係機関に配布するとともに、ホームページに掲載して広く周知を行った。

4. 2 国内外の論文投稿・学会発表

国内外の機関に積極的に引用される調査として専門家に認知されることを目的に、喫煙・食事等の生活習慣調査に基づいた交絡の解析（発表①、②、⑥、⑦、⑧、⑪、⑬、⑭、⑮及び論文②）、第Ⅴ期調査における最新の解析結果の概要紹介（発表⑩）、記録線量から臓器線量への変換に関する検討（発表④、⑤、⑨、⑫及び論文⑤）、調査対象者となることへの意思確認調査の概要（発表③）低線量率に焦点をあてた米国放射線業務従事者疫学調査の公開データの再解析（共同研究。論文①、③）及び放射線疫学調査の専門機関として他機関からの要請による疫学調査における誤差の解説を行うなど（論文②）、計 15 回の学会発表と 5 編の論文投稿を行った。（論文①、②は掲載済み。③、④については受理された。）

このうち、第Ⅴ期調査までに明らかになった種々の交絡を調整した解析については、現在実施中の第Ⅵ期調査において全調査対象者に対する生活習慣調査を行っており、今後も重点的に調査・発表を行う。また、記録線量から臓器線量換算係数の推計方法の検討や、それに基づく臓器線量を用いた第Ⅴ期調査リスク推計の再解析への換算を今後進めていき、これら推計方法と換算結果の発表を行う。

(1) 学会発表

(巻末参考資料 47～63 頁参照)

- ① 放射線業務従事者におけるがん罹患歴と 20 歳時 BMI との関連. 第 30 回日本疫学会学術総会. 京都大学（京都）2020.2.22
- ② 男性放射線業務従事者における累積線量群別成人期の体重増加と生活習慣等の関連. 第 2 回日本放射線安全管理学会・日本保健物理学会合同大会、東北大学（仙台）2019.12.7
- ③ 日本の放射線業務従事者を対象とした疫学調査におけるインフォームド・コンセント. 第 2 回日本放射線安全管理学会・日本保健物理学会合同大会、東北大学（仙台）2019.12.7
- ④ 我が国の原子力発電所における放射線業務従事者の被ばく光子エネルギーおよびジオメトリ分布について. 第 2 回日本放射線安全管理学会・日本保健物理学会合同大会、東北大学（仙台）2019.12.4
- ⑤ ガラスバッジ、電子線量計または OSL 線量計を使用した原子力産業従事者の光子被ばくに対する線量計レスポンス試験：Experiments on dosimeter response to photon exposure for nuclear industry workers with glass badge, electronic personal dosimeter or optically stimulated luminescence dosimeter in use. 日本放射線影響学会第 62 回大会、京都大学（京都）2019.11.15
- ⑥ 放射線業務従事者における累積線量と有害業務従事歴との関連：Correlation between the cumulative dose and a hazardous job history among Japanese nuclear workers (J-EPISODE). 日本放射線影響学会第 62 回大会、京都大学（京都）2019.11.15
- ⑦ 男性放射線業務従事者における健診受診に関連する要因：Factors associated with

the participation of male Japanese nuclear workers in medical examinations. 日本放射線影響学会第 62 回大会、京都大学（京都）2019.11.15

- ⑧ Confounding between the cumulative dose and a hazardous job history among Japanese nuclear workers (J-EPISODE). European Radiation Protection Week 2019 (ERPW2019), ストックホルム大学 (スウェーデン、ストックホルム) 2019.10.14-18
- ⑨ Reconstruction of organ dose for Japanese nuclear workers and reanalysis of cancer mortality risk for J-EPISODE 1991-2010. European Radiation Protection Week 2019 (ERPW2019), ストックホルム大学 (スウェーデン、ストックホルム) 2019.10.14-18
- ⑩ The latest results of Japanese epidemiological study on low-dose radiation effects (J-EPISODE). カソリック大学セントメリー病院 (韓国、ソウル) 2019.9.19
- ⑪ Quantifying the adjusting effect for radiation risk estimate of mortality by adjustment for smoking among Japanese nuclear workers. 16th International Congress for Radiation Research (ICRR2019), Manchester Central (イギリス、マンチェスター) 2019.8.29
- ⑫ Reconstruction of organ dose for Japanese Epidemiological Study on Low-Dose Radiation Effects: J-EPISODE. 16th International Congress for Radiation Research (ICRR2019), Manchester Central (イギリス、マンチェスター) 2019.8.25-29
- ⑬ 放射線疫学調査に潜む誤差. 第 56 回アイソトープ・放射線研究発表会、東京大学 (東京) 2019.7.4
- ⑭ 放射線業務従事者における単身赴任歴とがん死亡との関連 (第 V 期疫学調査結果). 第 92 回日本産業衛生学会、名古屋国際会議場 (名古屋) 2019.5.23
- ⑮ 放射線業務従事者における健康診断受診からの経過年数による食習慣の違い. 第 92 回日本産業衛生学会、名古屋国際会議場 (名古屋) 2019.5.23

(2) 論文

(巻末参考資料 64~75 頁参照)

- ① Effect of Radiation Dose Rate on Cancer Mortality among Nuclear Workers: Reanalysis of Hanford Data. *Health Phys.* 117, 13–19, 2019.
- ② 放射線疫学調査に潜む誤差. *Isotope News* 2020 年 2 月号 28-31.
- ③ Effect of radiation dose rate on circulatory disease mortality among nuclear workers: Reanalysis of Hanford data. *Health Phys.* (受理)
- ④ Direct Comparison between Radiation Risk and Smoking Risk on Cancer Mortality among Nuclear Workers in Japan (J-EPISODE). *Jpn. J. Health. Phys.* (受理)
- ⑤ Dosimeter response to photon exposure of electronic personal dosimeters, radio photoluminescent glass dosimeters, and optically stimulated luminescence dosimeters used by nuclear workers in Japan. *Radiat. Prot. Dosim.* (投稿中)

5. 委員会活動

5. 1 放射線疫学調査 倫理審査・個人情報保護委員会（令和2年2月27日開催）

○ 「人を対象とする医学系研究に関する倫理指針」に基づく研修

「人を対象とする医学系研究に関する倫理指針」に基づき委員の研修として、本年度より利用が可能になったがん登録情報について国立がん研究センターより講師を招いて「全国がん登録制度の仕組み、法律上の規定等について」の演題で講義をしていただいた。委員からは「がん登録等の推進に関する法律」の要求事項や注意事項の理解が深まり、有意義な研修であったとの評価を得た。

○ 委員会議事

委員会では以下の事項について報告した

① がん罹患情報の取り扱いについて

「がん登録等の推進に関する法律」は開示の制限規定（法第35条）、全国がん登録情報等の利用及び提供等の制限規定（法第26条）が定められており、「個人情報の保護に関する法律」に基づく開示請求の適用除外となり、また、「人を対象とする医学系研究に関する倫理指針」に基づく利用方法も制限される等、がん登録情報の高度なレベルの管理が求められることから、協会の対応状況について報告。

② 配偶者から暴力（DV）被害を受けている人の住民票交付請求における扱いについて

総務省からの通達に基づく市区町村のDV被害者保護に関する取り組み内容を踏まえると、協会がこれまで行ってきた管理方法で特に問題は生じないことを報告。

③ 個人情報の廃棄方法について

これまで個人情報が記された紙媒体は保管期限が過ぎれば細断処理されていたが、機器の老朽化により溶解処理に変更されたことに伴う対応状況について報告。

④ 海外研究機関との共同研究について

海外研究機関との共同研究に係る進捗状況について報告

これらの内容について、特に新たな指導を受けるものはなかった。

5. 2 放射線疫学調査 調査研究評価委員会

○ 本年度第1回委員会（令和元年11月7日開催）

本年度の論文・学会発表の状況、意思確認調査の進捗状況、コホートの設定状況、がん罹患情報の活用状況、臓器線量変換作業の進捗状況、第VI期報告書案、第VII期調査計画案、海外研究機関との共同研究について報告した。

討議の結果、以下の指導を受けた。

- ・ コホートの設定について部分集団を設定するのは良いが、全体を使って行うことも重要であるので十分検討すること。
- ・ がん罹患情報の取得と利用を進めること。
- ・ 第VI期報告書の構成を議論の内容を踏まえて検討し、次回委員会で報告すること

○ 本年度第2回委員会（令和2年1月21日開催）

第V期調査と第VI期調査におけるコホートの特性と解析について、がん罹患情報の活用状況、第VI期報告書案、第VII期調査計画について報告した。

討議では

- ・ 意思確認調査が終了し、コホートを設定することができたが、線量群別の人数を見ると高線量群に合わせてマッチングすることは難しいことからプロペンシティスコアなど全体のデータを使用する手法を考えること。
- ・ がん罹患情報が活用できるようになったことにより、死因には直接関与しない上皮内がんの扱いについて検討を行うこと。
- ・ 過去2回行われた生活習慣調査と今回行われた生活習慣調査で複数回の回答をしている人についてどの回答内容を使用するか予め決めておくこと、生活習慣調査で尋ねた内容が罹患や死亡といったイベントに因果関係を持ってくることから、観察開始時期をどの様にするか検討して決めておくこと。

との指導があり、第VI期報告書案については、前回議事を踏まえた修正がされていることが確認された。

5. 3 放射線疫学調査 あり方検討会フォローアップ委員会

○ 本年度第1回委員会（令和元年12月10日開催）

がん罹患情報の活用状況、臓器線量変換作業の進捗状況、第VI期報告書の構成、論文・学会発表の状況について報告した。

討議の結果、以下の指導を受けた。

- ・ 線量群別の傾向を見ると、どの変数であっても線量“0”の人だけ傾向が違うようなので、モデル化を考えるなど扱いを考慮すること。
- ・ 雇用機関別の傾向を見ると、「プラントメーカー」と「その他」に雇用されている人と、それ以外の人に違いが見られることから注意すること。
- ・ コホートの設定、解析についてはまず全体を使って行うことを考え合わせてマッチングについても進めること。
- ・ がん罹患情報の活用では2016年のデータから使用できることに対し、第VI期調査は2015年から開始されていることから、2015年に調査対象者となった人については罹患情報を取得できない可能性があることに注意すること。

○ 本年度第2回委員会（令和2年1月23日開催）

第V期調査と第VI期調査におけるコホートの特性と解析について、がん罹患情報の活用状況、第VI期報告書案、第VII期調査計画について報告した。

討議の結果、以下の指導を受けた。

- 今回、作成されたコホートをマッチングさせると色々な課題が見えており、プロペンシティスコアやモデル化など今後の解析手法について検討しておくこと。
- がん罹患情報について一人のデータとして複数レコードがリンケージされた場合、同一の罹患情報なのか注意して特定すること。
- 上皮内がんの取り扱いについては放射線業務従事者と一般の人のデータに健康意識の違いによるバイアスが生じる可能性があること、また専門家でない人はそのバイアスは分からないまま罹患率を判断してしまう可能性があるので注意すること。また、両方の解析を行うとしても本当の比較には含めないということは予め決めておくこと。
- 第VI期報告書には日本で行う本疫学調査が海外のものとは異なり、生活習慣等の交絡因子を考慮できること、広島・長崎の疫学調査と同じ日本人として比較できることなど、その意義など必要性について記載すること。

平成 31 年度原子力施設等防災対策等委託費
(低線量放射線による人体への影響に関する疫学的調査) 事業

(原子力規制委員会原子力規制庁委託調査報告書)

(巻末参考資料)

(原子力規制委員会原子力規制庁委託調査報告書)
平成 31 年度原子力施設等防災対策等委託費
(低線量放射線による人体への影響に関する疫学的調査) 事業

(巻末参考資料)

目 次

1. 調査活動	23
1. 1 住民票の写し等の交付請求及び交付の状況 (都道府県別)	23
1. 2 生死追跡状況の詳細	24
2. インフォームド・コンセント (意思確認調査)	26
2. 1 放射線疫学調査の対象者となることについての意思確認調査 実施要領	26
3. 国内外への情報発信	47
3. 1 学会発表	47
3. 2 論文発表	64

1. 調査活動

1. 1 住民票の写し等の交付請求及び交付の状況（都道府県別）

都道府県名	請求		回答				取得率(%) (b.+c.+d.)/a.	
	市区町村数	a. 件数	b. 住民票写し	c. 除票写し (転出)	d. 除票写し (死亡)	e. 該当者なし		f. 不交付
北海道	90	1,180	1,019	130	24	7	0	99.4
青森	32	911	803	91	15	2	0	99.8
岩手	19	75	70	4	1	0	0	100.0
宮城	33	968	859	88	19	2	0	99.8
秋田	16	74	65	4	5	0	0	100.0
山形	19	62	60	1	1	0	0	100.0
福島	39	3,164	2,814	208	130	12	0	99.6
茨城	43	4,751	4,437	202	98	14	0	99.7
栃木	19	199	186	9	4	0	0	100.0
群馬	27	147	132	11	4	0	0	100.0
埼玉	67	1,027	940	54	28	5	0	99.5
千葉	55	1,308	1,199	62	38	6	3	99.3
東京	53	1,725	1,489	175	43	18	0	99.0
神奈川	54	1,972	1,771	120	75	6	0	99.7
新潟	35	1,229	1,110	96	8	15	0	98.8
富山	13	141	128	13	0	0	0	100.0
石川	17	204	185	17	1	1	0	99.5
福井	16	1,811	1,604	160	31	16	0	99.1
山梨	11	23	20	3	0	0	0	100.0
長野	26	62	57	2	2	1	0	98.4
岐阜	26	67	65	1	1	0	0	100.0
静岡	39	1,654	1,374	239	21	20	0	98.8
愛知	61	498	398	80	15	4	1	99.0
三重	20	114	95	17	2	0	0	100.0
滋賀	16	92	79	11	1	1	0	98.9
京都	29	361	316	24	13	8	0	97.8
大阪	69	736	668	46	18	4	0	99.5
兵庫	45	1,287	1,154	80	49	4	0	99.7
奈良	22	95	89	3	2	1	0	98.9
和歌山	11	43	42	1	0	0	0	100.0
鳥取	12	77	71	4	2	0	0	100.0
島根	10	310	279	20	10	1	0	99.7
岡山	23	193	173	13	6	1	0	99.5
広島	27	474	444	18	10	2	0	99.6
山口	16	184	159	13	11	1	0	99.5
徳島	11	28	22	3	3	0	0	100.0
香川	13	138	121	14	3	0	0	100.0
愛媛	18	381	322	38	19	2	0	99.5
高知	15	24	21	1	2	0	0	100.0
福岡	63	807	674	90	35	8	0	99.0
佐賀	15	811	707	95	3	6	0	99.3
長崎	17	254	226	15	11	2	0	99.2
熊本	29	91	78	9	4	0	0	100.0
大分	16	104	90	11	3	0	0	100.0
宮崎	10	45	38	5	2	0	0	100.0
鹿児島	25	533	457	56	8	12	0	97.7
沖縄	19	66	59	5	0	2	0	97.0
合計	1,361	30,500	27,169	2,362	781	184	4	99.4

(本文 5 頁参照)

1. 2 生死追跡状況の詳細

(令和2年3月現在)

群 ^{注-1}	登録時期 ^{注-2}	生死追跡調査の 開始時期	人数 (男 女)	生死追跡状況の内訳		
				追跡結果	人数(男 女)	
A-1	昭和63年度以前	平成3年度以降	114,900 (114,898 2)	生存	36,308	(36,307 1)
				死亡	24,622	(24,622 0)
				脱落	53,970	(53,969 1)
				住所情報無し	0	(0 0)
A-2	昭和63年度以前	平成7年度以降	62,609 (62,608 1)	生存	3,305	(3,304 1)
				死亡	2,628	(2,628 0)
				脱落	27,676	(27,676 0)
				住所情報無し	29,000	(29,000 0)
B	昭和63年度以前	平成8年度以降	4,074 (4,074 0)	生存	1,166	(1,166 0)
				死亡	348	(348 0)
				脱落	1,955	(1,955 0)
				住所情報無し	605	(605 0)
E	昭和63年度以前	平成8年度以降	4,296 (2,779 1,517)	生存	734	(576 158)
				死亡	339	(269 70)
				脱落	1,641	(1,082 559)
				住所情報無し	1,582	(852 730)
C	平成1~6年度	平成8年度以降	57,861 (57,345 516)	生存	14,981	(14,814 167)
				死亡	5,278	(5,266 12)
				脱落	33,394	(33,139 255)
				住所情報無し	4,208	(4,126 82)
D	平成7~10年度 (燃料加工事業者の みの従事者及び女 子)	平成11年度以降	33,388 (32,855 533)	生存	9,104	(8,933 171)
				死亡	1,800	(1,790 10)
				脱落	21,633	(21,320 313)
				住所情報無し	851	(812 39)
F	平成11年度以降 (意思確認調査にお ける新規調査対象 者)	平成30年度以降	14,853 (14,507 346)	生存	14,457	(14,118 339)
				死亡	33	(33 0)
				脱落	363	(356 7)
				住所情報無し	0	(0 0)
合計			291,981 (289,066 2,915)	生存	80,055	(79,218 837)
				死亡	35,048	(34,956 92)
				脱落	140,632	(139,497 1,135)
				(脱落の内訳)		
				初回追跡時脱落 ^{注-3}	24,655	(24,365 290)
				住所不明等 ^{注-4}	9,987	(9,941 46)
				不同意 ^{注-5}	12,480	(12,292 188)
				郵便不達 ^{注-6}	732	(732 0)
				IC 不同意 ^{注-7}	13,122	(13,006 116)
				IC 郵便不達 ^{注-8}	1,185	(1,164 21)
				IC 未回答等 ^{注-9}	77,803	(77,332 471)
				不交付 ^{注-10}	668	(665 3)
住所情報無し ^{注-11}	36,246	(35,395 851)				

注-1 第Ⅰ期放射線疫学調査解析対象: A-1
 第Ⅱ期放射線疫学調査解析対象: A-1、A-2、B、E及びC
 第Ⅲ期、第Ⅳ期及び第Ⅴ期放射線疫学調査解析対象: A-1、A-2、B、E、C及びD
 第Ⅵ期及び第Ⅶ期放射線疫学調査解析対象: A-1、A-2、B、E、C、D及びF

注-2 放射線業務従事者として登録された時期

注-3 原子力事業者等から入手した住所情報に基づいて初めて行う住民票の写し等の請求において、該当者なし、除票の保存期間経過、職権消

除等の理由で、住民票の写し等を取得できずに脱落した調査対象者の数

注・4 一旦、住民票の写し等を取得した後の再調査において、該当者なし、除票の保存期間経過、職権消除、海外転出等の理由により脱落した調査対象者の数

注・5 第2次交絡因子調査又は「説明と同意の確認」調査において、調査対象者となることに同意しない旨の回答をした者の数

注・6 「説明と同意の確認」調査において、郵送した説明資料が不達となり最終的な意思の確認がなされなかった者の数

注・7 「意思確認調査」において不同意の意思を表明した者の数

注・8 「意思確認調査」において、郵送した説明資料が不達となり最終的な意思の確認がなされなかった者の数

注・9 「意思確認調査」において回答がなかった者、回答に不備等があり最終的な意思の確認がなされなかった者等の数

注・10 市区町村の協力を得られなかったこと等により、住民票の写し等を取得できなかった調査対象者の数

注・11 原子力事業者から住所情報を入手できなかったため、当初から住民票の写し等の取得による生死追跡調査の対象とならなかった者の数

(本文 7 頁参照)

2. インフォームド・コンセント（意思確認調査）

2. 1 放射線疫学調査の対象者となることについての意思確認調査 実施要領

（本文 10 頁参照）

意思確認調査の実施のために策定した「放射線疫学調査の対象者となることについての意思確認調査 実施要領」の全文を次の通り掲載する。この実施要領は放射線疫学調査の研究計画の一部として策定されたものである。

- ・ 放射線疫学調査の対象者となることについての意思確認調査 実施要領（本文）
.....27 ページ
- ・ 別紙 1 ① 放射線疫学調査の対象者となることについてのお願い
.....32 ページ
- ・ 別紙 2 ② 放射線疫学調査についてのご説明と調査へのご協力のごお願い（あらまし）
.....33 ページ
- ・ 別紙 3 ③ 放射線疫学調査の対象者となることについての意思確認書
.....37 ページ
- ・ 別紙 4 [詳細説明資料] 放射線疫学調査についてのご説明
.....38 ページ
- ・ 別紙 5 「放射線疫学調査の対象者となることについての同意」の撤回の申出書
.....46 ページ

放射線疫学調査の対象者となることについての意思確認調査 実施要領（本文）

放射線疫学調査の対象者となることについての意思確認調査 実施要領

1. 背景及び目的

放射線疫学調査の対象者となることについての意思確認調査（以下、意思確認調査と言う。）は、「低線量放射線による人体への影響に関する疫学的調査」（以下、放射線疫学調査と言う。）における平成 27 年度からの新たな取り組みとしてがん罹患調査及び生活習慣等調査を実施するに当たり、あらかじめ放射線疫学調査の研究対象者からインフォームド・コンセントを受けることにより、今後の放射線疫学調査の円滑な実施に資することを目的とする。

2. 実施対象者

放射線疫学調査の研究対象者全員を意思確認調査の実施対象とする。

3. 実施内容

実施対象者に放射線疫学調査、意思確認調査等について説明する資料等を配付し、実施対象者が放射線疫学調査の対象者となることについて同意するか否かについての意思の確認を行う。また、これと併せて生活習慣等調査を実施し、放射線疫学調査の対象者となることに同意した実施対象者から生活習慣等の情報を取得する。

4. 実施方法

（1）配付資料

実施対象者に配付する資料等（以下、説明資料等と言う。）は次の通りとする。

- 放射線疫学調査の対象者となることについてのお願い（別紙 1）
- 放射線疫学調査についてのご説明と調査へのご協力のお願い（あらまし）（別紙 2）
- 放射線疫学調査の対象者となることについての意思確認書（以下、意思確認書と言う。）（別紙 3）
- 生活習慣等調査回答用紙
 - ・ [詳細説明資料] 放射線疫学調査についてのご説明（別紙 4）
 - ・ パンフレット「放射線疫学調査－低線量放射線による健康への影響を明らかにする－」
 - ・ 返信用封筒

資料包については、放射線疫学調査の研究計画等の中で生活習慣等調査について定められた内容に従って作成されたものを用いる。パンフレットは、放射線疫学調査の広報のために作成されたものを用いる。

データ管理のため、郵送するための宛名及び宛先を表示する資料包並びに実施対象者から回収する資料包及び包については、管理番号を付番する。また、実施対象者が協会に郵送すべき資料の区別を容易にするため、資料包及び包については、白色以外の用紙を用い

る。

(2) 資料の配付方法

説明資料等は、次の1)及び2)の通り、実施対象者に対し郵送し、又は、事業所等において直接配付する。

なお、実施対象者によっては、1)及び2)の双方の対象となることがあるため、重複して資料を配付することがあることに留意する。

1) 郵送による配付

平成26年度までに既に放射線疫学調査の調査対象者であった実施対象者約16.5万人については、把握している住所宛に説明資料等を郵送する。

郵送を試みた結果、宛先不明等の理由により実施対象者に説明資料等を届けられなかった場合は、その翌年度以降、住民票の写し等によって実施対象者の最新の住所を確認することができれば、説明資料等を再度郵送することとする。

2) 事業所での直接配付

意思確認調査を実施する事について協力を得られた原子力発電施設等の事業所において、現に当該事業所において放射線業務に従事している実施対象者に対して、説明資料等を直接配付する。

(3) 意思確認書及び生活習慣等調査回答用紙の回収方法

放射線疫学調査の調査対象者となることについての意思及び署名等のその他必要事項は、実施対象者が意思確認書に自記するものとする。さらに調査対象者となることに同意した実施対象者は、併せて、生活習慣等のアンケートへの回答を生活習慣等調査回答用紙に記入する。

意思確認書及び生活習慣等調査回答用紙（調査対象者となることに同意しない実施対象者にあつては意思確認書のみ）は、返信用封筒を用いて協会まで郵送する。郵送のための費用は協会が負担する。なお、郵送以外の手段による意思確認書等の送付方法は実施対象者に案内しないが、実施対象者がファクシミリ等によって意思確認書等を送付した場合であっても、有効な回答として扱うものとする。

回答までの期限は設けないこととするが、意思確認調査のための資料を事業対象者本人が受け取った後、実施対象者が説明資料等を受け取った日から3週間程度以内の回答を求める。

説明資料の郵送から一定期間回答が得られない実施対象者に対しては、説明資料を1度のみ再送することとする。

(4) 対象者からの問合せ等の受付

放射線疫学調査、意思確認調査等について、実施対象者から問合せ、質問等があった場

合は、その内容を問合せ記録票に記録する。

電話等により調査対象者となることに同意しない旨又は同意の撤回の意思の表明があった場合は、当該実施対象者に対して、改めて不同意の意思を記した意思確認書又は「放射線疫学調査の対象者となることについての同意」の撤回の申出書（別紙5）の書面による回答を求める。ただし、電話等による不同意等の意思の表明があった時点で、速やかに、当該実施対象者を調査対象から除外する等の措置を講じるものとする。調査対象から除外する等の措置に際しては、当該調査対象者の氏名、住所及び生年月日を確認することにより本人確認を行う。

実施対象者からの問合せ等は、電話（フリーダイヤル）、ファクシミリ（フリーダイヤル）又は電子メールにより受けることとし、そのための電話番号、メールアドレス等は専用のものを用意する。

（5）データ管理

実施対象者から回収した意思確認書及び生活習慣等調査回答用紙は、実施対象者が記入した内容を計算機に入力し、データベース化して保存する。意思確認書については、スキャナーを用いて画像化したデータを計算機に入力し保存する（調査対象者となることに同意しない実施対象者については、必ずしも、意思確認書の画像化をしなくとも良いものとする。）。

その他、実施対象者の同意の可否に応じて、次の措置を行う。

1）調査対象者となることに同意する実施対象者について

- ・ 既存の調査対象者でない実施対象者については、疫学 ID 番号を新たに付番する。
- ・ 画像化した意思確認書のデータは、調査対象者の疫学 ID 番号と紐付けることによりデータベース化して管理する。
- ・ 放射線疫学調査ファイル中の当該調査対象者のデータ（レコード）に「同意フラグ」を付加する。
- ・ 調査対象者として以降の情報（住民票の写し等の取得による生死確認、がん罹患、線量情報）の取得を行う。

2）調査対象者となることに同意しない実施対象者について（放射線疫学調査ファイル中に当該調査対象者のデータ（レコード）が存在する場合）

- ・ 当該レコードに「不同意フラグ」を付加し、以降の調査対象から除外されるよう措置する。
- ・ 氏名及び住所のデータを匿名化する。ただし、住所コード（全国地方公共団体コードによる）は、削除しない。また、当該対象者に関する情報のうち、解析等を行うために必要なもの（氏名及び住所以外のもの）は削除しない。

調査対象者となることについての同意を撤回する実施対象者についても、同様の措置

を行うものとする。

5. 実施スケジュール

(1) 郵送による配付

平成 27 年度から平成 29 年度までの間に、約 16.5 万人を対象に次の通り実施するものとする。

- ・平成 27 年度 約 3 万人
- ・平成 28 年度 約 8 万人
- ・平成 29 年度 約 5.5 万人

年度毎に数回に分けて実施し、1 回当たりの郵送の対象者は 1 万人から 1.5 万人程度とする。

回答を得られない実施対象者に対する再送は、適宜行う。

(2) 事業所での直接配付

事業所から意思確認調査について協力を得られた時点から、順次実施する。

6. 実施体制

- ・放射線疫学調査センター長（統括責任者）
- ・調査課（対象者抽出、説明資料等作成、発送、受信、入力、集計）
- ・統計課（生活習慣等調査票の作成等、集計）
- ・個人情報保護課（事業所との折衝、説明会の実施、問合せ対応）
- ・広報課（パンフレット作成、広報対応）
- ・研究参与（生活習慣等調査票の内容の検討、説明資料等検討）

7. 実施結果のとりまとめ

実施結果は、年度毎に集計し報告する。集計する項目は以下のとおりとする。

- ① 実施対象者数（同意数、不同意数）
- ② 問合せの内容及び件数
- ③ その他

8. 個人情報等の保護、管理

意思確認調査の実施に伴い取り扱われる個人情報等については、「個人情報の保護に関する法律」、「行政機関の保有する個人情報の保護に関する法律」、「人を対象とする医学研究に関する倫理指針」等、各種法令及び指針並びに協会が定めた放射線疫学調査に係る諸規程等を遵守することにより、適正に管理する。

(1) 個人情報等の取扱い者及び取扱い場所

個人情報等の取扱いは、放射線疫学調査個人情報保護規則の定めに基づき、統括管理者が指名した保管責任者及び秘密資料取扱者が行うものとし、取扱い場所は原則電子計算機室とする。

なお、個人情報等の取扱いに係る作業の一部を外注して実施する場合は、外注業者との請負契約書に秘密保持に関する事項等を規定するものとする。

(2) 個人情報等の保管期間

意思確認調査において取得した情報・資料の保管期間は次表の通りとする。

情報・資料	保管期限
意思確認書及び生活習慣等調査回答紙の内容を計算機に入力したデータ	無期限
意思確認書及びそれを画像化したデータ (調査対象者となることに同意した実施対象者に係るもの)	無期限
意思確認書及びそれを画像化したデータ (調査対象者となることに同意しなかった実施対象者に係るもの)	意思確認調査の後に廃棄
生活習慣等調査回答紙	意思確認調査の後に廃棄

(3) 個人情報の開示

調査対象者から個人情報の開示について問合せがあった場合は、本人に限り国に開示請求ができることを説明し、次の国の担当部署部局を案内する。

担当部局： 原子力規制庁 長官官房
放射線対策・保障措置課 放射線規制室
所在地： 東京都港区六本木1丁目9-9
電話： 03-5114-2155 (代表)

以上

1

公益財団法人 放射線影響協会 理事長

原子力発電施設等で放射線業務に従事されたことのある皆様へ
放射線疫学調査へのご協力をお願い

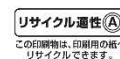
公益財団法人放射線影響協会では、原子力規制委員会原子力規制庁からの委託により、低線量放射線の健康影響を調べるため、原子力発電施設等で放射線業務に従事されたことのある方々を対象とした放射線疫学調査を実施しています。

本疫学調査の開始以来、長年にわたり調査対象者の皆様のデータを蓄積し、平成 26 年度には、それまでの調査結果を第 V 期報告として取りまとめ、公表することができました（同封のパンフレットをご覧ください。）。これはひとえに、以前にもアンケート調査にご回答いただいた方々をはじめ、調査対象者の皆様、放射線業務従事者の皆様のご協力の賜物と深く感謝いたしております。

さて、この度、当協会では、本疫学調査において新たな取り組みを開始するに当たり、その内容について放射線業務に従事されたことのある皆様にご説明し、改めて本疫学調査の対象者となることについてのご確認をお願いすることといたしました。

つきましては、お手数をおかけして誠に恐れ入りますが、同封の説明書等をご覧の上、本疫学調査の対象者となることについてのご意思等をご回答くださいますようお願いいたします。また、調査対象者となることに同意していただける場合には、併せて生活習慣等調査にもご回答くださいますようお願いいたします。

本疫学調査は、低線量放射線の健康に与える影響を調べるための大切な調査です。より信頼性の高い結果を得るためには、多くの方々の協力が必要です。本疫学調査の趣旨をご理解の上、ご協力いただきますようよろしくお願い申し上げます。



2

放射線疫学調査についてのご説明と調査へのご協力のお願い（あらまし）

本紙は公益財団法人放射線影響協会が国の委託を受けて行う放射線疫学調査についての説明と、皆様への調査に対するご協力のお願いのあらましを述べたものです。

本疫学調査の詳細については、同封のパンフレット「放射線疫学調査－低線量放射線による健康への影響を明らかにする－」および詳細説明資料「放射線疫学調査についてのご説明」をご覧ください。また、協会のホームページ（<http://www.rea.or.jp/>）も併せてご覧ください。

今回お届けする資料は次の通りです。各資料をご確認ください。

- ㊦ 放射線疫学調査へのご協力のお願い
- ㊦ 放射線疫学調査についてのご説明と調査へのご協力のお願い（あらまし）（本紙）
- ㊦ 放射線疫学調査の対象者となることについての意思確認書（薄黄色）
- ㊦ 生活習慣等調査回答用紙（ピンク色）
 - ・ [詳細説明資料] 放射線疫学調査についてのご説明
 - ・ パンフレット「放射線疫学調査－低線量放射線による健康への影響を明らかにする－」
 - ・ 返信用封筒

※ 資料㊦および資料㊦（調査対象者となることに同意されない場合は資料㊦のみ）に必要事項をご記入の上、返信用封筒にて当協会までご返送ください。



公益財団法人 放射線影響協会
放射線疫学調査センター

電話： 0120-574-571（フリーダイヤル）

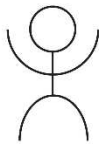
fax： 0120-854-858（フリーダイヤル）

電子メール： chosa@rea.or.jp

※ faxまたは電子メールでのお問合せの際、返信が必要な場合は、ご連絡先を明記してください。

国の委託により放射線疫学調査を実施しています

公益財団法人放射線影響協会は、国（原子力規制委員会原子力規制庁）から委託を受けて、原子力発電施設等で放射線業務に従事されたことのある方々を対象とした放射線疫学調査を実施しています。



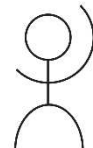
低線量域放射線の健康影響を明らかにします

本疫学調査は、科学的解明がなされていない低線量域の放射線被ばくによ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います。

調査の成果は皆様に還元されます

本疫学調査で得られる成果は、放射線業務に従事されたことのある方々をはじめ、一般の方々にも、低線量放射線の健康影響に関する知識を広め、皆様の理解を深めるために活用されることが期待されるものです。

また、本疫学調査にご協力いただいた方には、リーフレット等をお届けすることで、本疫学調査の進捗や結果を定期的にお知らせいたします。



平成 27 年度から新しい調査を始めます

本疫学調査では、平成 26 年度まで、主に

- 住民票の写し等の取得による調査対象者の方々の生死及び住所の確認
- 人口動態調査死亡票との照合による死因の確認
- 放射線従事者中央登録センターからの被ばく線量情報の受領
- 一部の調査対象者の方々に対する生活習慣等のアンケート調査

等により必要な情報を取得することで調査を実施し、一定の成果を得てきました。

平成 27 年度以降は、これらに加えて、

- 全ての調査対象者の方々に対する生活習慣等のアンケート調査
- 全国がん登録制度を活用したがん罹患調査

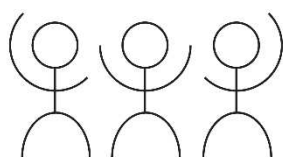
を本疫学調査における新たな取り組みとして開始します。

改めて皆様のご協力をお願いいたします

本疫学調査において新たな取り組みを開始するに当たり、改めて皆様に本疫学調査へのご協力をお願いするとともに、本疫学調査の調査対象となることについてのご意思を確認させていただくこととなりました。

本疫学調査の対象者となることに同意していただいた方については、本疫学調査を実施するために、氏名、住所、被ばく線量等の情報を取得させていただきます。なお、本疫学調査の結果として公表されるものから、個人が特定されることは決してありません。

本疫学調査で得られる成果を確かなものとするためには、できるだけ多くの方々のご協力が必要です。皆様には、本疫学調査の趣旨をご理解いただき、本疫学調査へのご協力をお願いいたします。



調査対象者となることに同意される場合も、 同意されない場合も、ご回答をお願いいたします

- 本疫学調査の調査対象者となることに同意される場合も、同意されない場合も、次ページの「ご回答の流れ」に沿って、調査対象者となることについてのご意思等をご回答ください。
- 調査対象者となることに同意される場合は、お手数ですが、生活習慣等に関するアンケートにもご回答をお願いいたします。
- たいへん恐れ入りますが、ご回答は、できるだけ本説明資料を受け取った日から 3 週間以内をお願いいたします。それ以降であっても、「同意する／同意しない」のご意思が固まりましたら、その時点でぜひご回答をお寄せください。
- 対象の皆様によっては、本説明資料を重複して 2 回以上受け取られることがありますが、その場合でも、ご回答は一度のみで結構です。

ご回答の流れ

下の図の流れに沿って、本疫学調査の対象者となることについてのご意思等をご回答ください。

・お届けした各資料をご覧のうえで、調査対象者となるかどうかをご判断ください。

放射線疫学調査の調査対象者となると…

- ・氏名、住所、被ばく線量等の情報を、あらかじめ決められた方法により取得し、放射線の健康影響を調べるための解析に使用いたします。詳しくは詳細説明資料「放射線疫学調査についてのご説明」にある「3. 調査で使用する情報」(P.3~4)をご覧ください。
- ・この放射線疫学調査の進捗状況および調査結果についてのお知らせを定期的にお届けします。

調査対象者となること…

同意する

同意しない

・ 図「意思確認書」(薄黄色)の「同意します」に「✓」を記入してください。
・ ご署名等の必要事項を記入してください。

・ 図「意思確認書」(薄黄色)の「同意しません」に「✓」を記入してください。
・ ご署名等の必要事項を記入してください。

・ 図「生活習慣等調査回答用紙」(ピンク色)にご回答を記入してください。

・ 図「意思確認書」(薄黄色)と図「生活習慣等調査回答用紙」(ピンク色)の両方を返信用封筒に入れ、封をしてください。

・ 図「意思確認書」(薄黄色)のみを返信用封筒に入れ、封をしてください。

・ 返信用封筒を、そのまま郵便ポストに投函してください。
※ 切手等は不要です。

別紙3 ㊦ 放射線疫学調査の対象者となることについての意思確認書

3

(黒色のペンまたはボールペンで記入してください。)

放射線疫学調査の対象者となることについての意思確認書

公益財団法人 放射線影響協会 理事長 殿

「低線量放射線による人体への影響に関する疫学的調査（放射線疫学調査）」について、調査の内容を理解し、同調査の対象者となることに

同意します

同意しません

※ 同意される方も、同意されない方も、以下についてご自身でご記入ください。

記入日：平成 年 月 日

(フリガナ)

氏 名： _____

生年月日： 大正・昭和・平成 年 月 日


性 別： 男性 ・ 女性

住 所： _____

(住民票のある住所を記載してください。)

- ※ 詳細説明資料「放射線疫学調査についてのご説明」等の内容をご理解いただき、放射線疫学調査の対象者となること（放射線疫学調査の実施のため、協会が保管するあなたの被ばく線量の他、公的機関から取得する住民票の写し並びにがん罹患及び死亡原因に関する情報を協会が使用することを含みます。）についてご自身でご判断したうえで、「同意します」または「同意しません」にチェックをしてください。同意いただけない場合でも、あなたに不利益が生じることはありません。
- ※ 同意いただける場合は、㊦「生活習慣等調査等回答用紙」（ピンク色）にもご記入のうえ、この意思確認書と併せて協会まで郵送してください。
- ※ 同意いただけない場合であっても、氏名、生年月日、性別および住所をご記入のうえ、この意思確認書を協会まで郵送してください。氏名等の情報は、本疫学調査で情報の取得を行う対象から除外する際に必要となります（この意思確認書は、情報の取得を行う対象から除外する措置を講じた後に、廃棄されます。）。

事務処理欄 ※この欄には記入しないでください。

リサイクル適性 
この印刷物は、印刷用の紙へ
リサイクルできます。

詳細説明資料

放射線疫学調査についてのご説明

この説明書は、原子力発電所等において放射線業務に従事されたことのある方を対象として実施する放射線疫学調査について説明するものです。

内容を十分ご理解されたうえで、☑「放射線疫学調査の対象者となることについての意思確認書」(および☑「生活習慣等調査回答用紙」)にご記入のうえ、返信用封筒にて当協会までご返送ください。

公益財団法人 放射線影響協会 放射線疫学調査センター

1. 放射線疫学調査の背景と目的

(1) 放射線疫学調査の背景と目的

公益財団法人放射線影響協会（以下、「協会」と言います。）では、国からの委託により、原子力発電施設等で放射線業務に従事されたことのある方々を対象とした放射線疫学調査を平成2年度から実施しています。本疫学調査は、科学的解明がなされていない低線量域の放射線被ばくによ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います。

(2) 放射線疫学調査のこれまでの結果（第V期報告）

これまでの調査においては、白血病を含めたほとんどのがんによる死亡率と被ばく線量との間に関連は認められませんでした。一部のがんについては被ばく線量が高くなると死亡率も高くなるという傾向が見られました。しかしながら、全調査対象者のうちの生活習慣調査回答者を対象とした解析では、喫煙等の放射線以外の要因が一部のがん死亡率と被ばく線量との関連に影響を及ぼす可能性が高いことを示唆する結果が得られました。

(3) 生活習慣等調査の必要性

また、これまでの調査から、低線量放射線の健康影響についてより信頼性の高い調査結果を得るためには、放射線以外の要因を考慮した解析を本疫学調査の全ての対象者の皆様について行う必要があるとの結論に至りました。そのためには、被ばく線量だけでなく、健康に影響を及ぼす可能性のある生活習慣等の情報をできるだけ多くの対象者の方々から提供していただくことが必要となります。

(4) がん罹患調査の必要性

これまでは主に被ばく線量とがん死亡との関係を解析することで低線量放射線が健康に影響を及ぼしているかどうかの評価をしてきましたが、医療技術の向上等に伴いがんの致死率（致命率）が低下している現状を考慮し、死亡だけではなく、がん罹患したかどうかについても調査することにより、より精度の高い健康影響の評価をすることの必要性が高まってきました。

(5) 対象者となることについてのお願いとご意思の確認

これまでの調査における課題を克服するために、平成27年度以降、全ての調査対象者の方々を対象とした生活習慣等調査および全国がん登録制度を活用したがん罹患調査を柱とする新たな調査を開始するに当たり、原子力発電施設等で放射線業務に従事されたことのある皆様へ、本疫学調査の対象者となることについてのご意思を改めて確認させていただくことといたしました。

本疫学調査で得られる成果は、放射線業務に従事されたことのある方々をはじめ、一般の方々にも、低線量放射線の健康影響に関する知識を広め、皆様の理解を深めるために活用されるのが期待されるものです。皆様には、本疫学調査の趣旨をご理解いただき、本疫学調査へのご協力をお願いいたします。

2. 放射線疫学調査の実施について

本疫学調査は、「人を対象とする医学系研究に関する倫理指針」（平成26年文部科学省・厚生労働省告示第3号）に基づき倫理審査委員会として協会に設置された「放射線疫学調査倫理審査・個人情報保護委員会」において、倫理的観点および科学的観点からの公正中立な審査を経て、実施計画の承認を受け、協会の理事長が実施を許可したものです。

本疫学調査の名称、期間および対象ならびに実施体制については次の通りです。

(1) 放射線疫学調査の名称、期間および対象

調査の名称	低線量放射線による人体への影響に関する疫学的調査
調査の期間	平成27年4月から平成47年3月まで（予定）
調査の対象となる人	放射線従事者中央登録センターに放射線業務従事者として登録されたことがあり、かつ、日本国内に居住されている日本国民である方

(2) 放射線疫学調査の実施体制

調査を実施する機関	公益財団法人 放射線影響協会 放射線疫学調査センター
調査を実施する機関の長	<理事長名> (公益財団法人 放射線影響協会 理事長)
調査の責任者	<センター長名> (公益財団法人 放射線影響協会 放射線疫学調査センター センター長)

3. 放射線疫学調査で使用する情報

本疫学調査の調査対象者となることに同意していただいた方につきましては、次に述べるとおり、本疫学調査のために必要な情報を取得し、使用させていただきます。

なお、本疫学調査では多くの個人情報を扱いますが、調査の結果として公表されるものは、取得した情報を集団として統計的な手法を用いて解析したものであるため、公表の内容から個人が特定されることは決してありません。

(1) 放射線疫学調査のために必要な情報は次のように取得させていただきます

情報の取得元	情報の種類	情報の取得方法
調査対象者ご本人	氏名、性別、生年月日、住所、同意の可否	放射線疫学調査の対象者となることについての意思確認書
	喫煙歴、飲酒歴等の生活習慣等の情報	生活習慣等調査 (5年に1度程度の調査)
公益財団法人 放射線影響協会 放射線従事者中央登録センター	登録番号、氏名、性別、生年月日、登録年月日、各年度の年線量、就業情報	電子記録等の受領
市区町村長	氏名、性別、生年月日、住所、転出等年月日、死亡年月日	住民票(除票)の写しの取得
厚生労働省	死因	人口動態調査死亡票との照合
国立がん研究センター (または地域がん登録)	がんの診断日、がんの種類等	全国がん登録データベース ^{注)} (または地域がん登録データベース)との照合

注) 当協会は、次の法令の規定により、「厚生労働大臣が全国がん登録データベースを用いて全国がん登録情報又は特定匿名化情報を提供できる者」として指定されています。

- ・「がん登録等の推進に関する法律」(平成25年法律111号)
- ・「がん登録等の推進に関する法律施行規則」(平成27年厚生労働省令第137号)

(2) 取得した情報は次のように使わせていただきます

- 住民票(除票を含みます。)の写しにより、調査対象者の方の生死の状況、住所等を確認します。
- 亡くなられたことが分かった調査対象者の方について、その死因を取得するために、生年月日、死亡年月日、住所等の情報と厚生労働省から提供を受ける人口動態調査死亡票とを照合します。
- 調査対象者の方のがん罹患情報を取得するために、氏名、住所等の情報と全国がん登録データベース(または地域がん登録データベース)に登録されている情報とを照合します。
- 以上により取得した情報から、統計的手法により、死亡率(またはがん罹患率)と被ばく線量との間に関連があるかについて解析します。さらに生活習慣等のアンケート調査による結果を考慮した統計解析を行います。解析に当たっては、氏名等の個人識別情報は用いません。
- 調査対象者の方に対して、8.で述べるお知らせやアンケート調査等のご案内をお送りするために、氏名および住所を使用します。

(3) 取得した情報は、以下の場合を除いて第三者に提供されることはありません

- 上で述べた情報の取得のために必要な情報(氏名、性別、生年月日、住所等)を情報の取得元に示す必要がある場合
- 裁判所や警察等の公的機関から、法律に基づく照会を受けた場合

4. 調査対象者となることについての同意の自由

本疫学調査の対象者となることについて同意するかどうかは、皆様の自由意思に基づくものです。本疫学調査に協力しないことで皆様が不利益を受けることはありません。

なお、同意されない方につきましては、今後は3. で述べた「放射線疫学調査で使用する情報」の取得を行いません。

5. 調査対象者となることについての同意の撤回

一旦、対象者となることに同意された場合でも、途中で同意を撤回したい場合は、いつでも撤回することができます。その場合は、調査への同意撤回のお申し出のための書類をお送りいたしますので、当調査のお問合せ先(本書裏表紙をご参照ください。)にご連絡ください。

6. 個人情報の保護と資料・情報の保管・廃棄

調査対象者の皆様の個人情報は、「行政機関の保有する個人情報の保護に関する法律」、「人を対象とする医学系研究に関する倫理指針」等を遵守し、厳重に保管、管理します。

協会においては、関係職員に守秘義務を課すとともに個人情報を取扱う者を限定するなど、資料および情報の安全管理の規程を定め、これを遵守することによって、個人情報が外部に漏えいしたりすることがないように、厳重な取り扱いをします。

また、これらの資料および情報は、協会の通常の執務スペースとは物理的に区画化され、インターネットや協会内の他のネットワークから独立した安全な環境で保管、管理します。

必要なくなった資料または情報を廃棄または消去する際には、復元不可能な方法を用い、確実に廃棄または消去されたことを協会職員が確認します。

7. 放射線疫学調査の実施計画の閲覧および情報公開

協会ホームページ (<http://www.rea.or.jp/>) に本疫学調査の実施計画の概要や進捗状況を掲載する予定です。

8. 調査結果の公表について

本疫学調査の調査結果は、報告書として取り纏めて国に報告し、学会や学術雑誌などで発表する他、協会ホームページ上に掲載する予定です。公表結果から個人が特定されることは決してありません。

また、本疫学調査の調査対象者となることに同意いただいた皆様には、リーフレット等を通じて、定期的に調査結果をわかりやすくお知らせする予定です。

9. 調査により生じる利益相反について

「倫理審査・個人情報保護委員会」において、本疫学調査に関する利益相反^{注)}がないことの確認を受けました。今後においても、同委員会は、本疫学調査において公正かつ適正な判断が損なわれることのないよう、継続的に利益相反についての確認を行います。

注) 利益相反とは

利益相反とは、外部との経済的な利益関係等により「公正」かつ「適正」な判断が損なわれる、またはそのように疑われる可能性のあることを言います。

10. 調査のための費用

本疫学調査は国（原子力規制委員会原子力規制庁）からの委託により、公益財団法人放射線影響協会放射線疫学調査センターが実施します。調査のために必要な費用はこの委託費によりまかなわれるため、調査対象者の皆様に費用のご負担をおかけすることはありません。

11. 皆様にしていただきたいこと（ご回答の方法について）

皆様にはお手数ではございますが、本疫学調査の調査対象者となることに同意するかどうかのご意思を、以下の要領でご回答ください。

- ① 本説明資料を含むお届けした各資料をご熟読ください。
- ② 本疫学調査の調査対象者となることに同意するかどうかのご意思等を、「放射線疫学調査の対象者となることについての意思確認書」（薄黄色）にご記入ください。

※ 調査対象者となることに同意していただける場合

- ③ 「生活習慣等調査回答用紙」（ピンク色）にご自身の状況をご記入ください。
- ④ 「放射線疫学調査の対象者となることについての意思確認書」（薄黄色）と「生活習慣等調査回答用紙」（ピンク色）の両方を同封の返信用封筒に入れ、封をして、協会まで郵送^注してください。

※ 調査対象者となることに同意していただけない場合

- ③ 「生活習慣等調査回答用紙」（ピンク色）への記入は必要ありません。
- ④ 「放射線疫学調査の対象者となることについての意思確認書」（薄黄色）のみを同封の返信用封筒に入れ、封をして、協会まで郵送^注してください。

注）郵送料は協会が負担いたしますので、切手等は不要です。切手を貼らずにそのまま投函してください。

また、たいへん恐れ入りますが、できるだけ本説明資料を受け取った日から3週間以内にご回答ください。

3週間経過後であっても、本疫学調査の調査対象者となることについて、「同意する／同意しない」のご意思が固まりましたら、その時点でぜひご回答をお寄せください。

ご回答をいただけない場合、後日、再度のご案内をお届けすることがございますが、ご了承ください。

なお、本説明資料は、

- ① 郵送（主に平成10年度以前に従事者登録された方向け）
- ② 原子力発電施設等での配付（主に放射線業務に現在従事されている方向け）

の2通りの方法により皆様にお届けしております。そのため、対象の皆様によっては、本説明資料を重複して2回以上受取られる場合もありますが、その際はなにとぞご容赦くださいますようお願いいたします。

本説明資料を重複して受け取られた場合でも、ご回答は一度のみで結構です。

皆様のご協力をよろしくお待ちしております

本疫学調査に関するご相談・お問合せ先

公益財団法人 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5階



電話：0120-574-571（フリーダイヤル）

※ お電話によるお問合せ受付時間
9時30分～17時
（土日祝日、年末年始を除く。）

fax：0120-854-858（フリーダイヤル）

電子メール：chosa@rea.or.jp

※ faxまたは電子メールでのお問合せの際、返信が必要な場合は、ご連絡先を明記してください。

本疫学調査に関する最新の情報は、放射線影響協会ホームページ（<http://www.rea.or.jp/>）に掲載されています。本説明資料と併せてご覧ください。

別紙5 「放射線疫学調査の対象者となることについての同意」の撤回の申出書

(黒または青色のペンまたはボールペンで記入してください。)

「放射線疫学調査の対象者となることについての同意」の撤回の申出書

公益財団法人 放射線影響協会 理事長 殿

「低線量放射線による人体への影響に関する疫学的調査（放射線疫学調査）」の
対象者となることについての同意を撤回します。

※ 同意を撤回される方は、以下についてご自身でご記入ください。

記 入 日： 平成 年 月 日

(フリガナ)

氏 名： _____

生年月日： 大正 ・ 昭和 ・ 平成 年 月 日

性 別： 男性 ・ 女性

住 所： _____

(住民票のある住所を記載してください。)

※ 同意を撤回する方は、氏名、生年月日、性別および住所をご記入のうえ、この申出書を協会まで郵送してください。

※ 氏名等の情報は、本疫学調査で情報の取得を行う対象から除外する際に必要となります（この申出書は、情報の取得を行う対象から除外する措置を講じた後に、廃棄されます。）。

事務処理欄 ※この欄には記入しないでください。

3. 国内外への情報発信

3. 1 学会発表

(1) 第30回日本疫学会学術総会（京都）2020.02.22

P-264

放射線業務従事者におけるがん罹患歴と20歳時BMIとの関連

○西出 朱美、工藤 伸一、吉本 恵子、古田 裕繁、三枝 新
公益財団法人放射線影響協会放射線疫学調査センター

背景・目的 当協会では、放射線業務による被ばく者の健康への影響に関する知見を得る為に疫学調査を行っている。その一環として自記式生活習慣等調査票による調査を実施した。欧米諸国では成人期全体を対象とした肥満のみならず小児肥満からの移行が多いといわれる若年成人期の肥満について、後年のがん罹患率を上昇させるとの報告がある。成人期の日本人男性では、やせ及び肥満群で全がん発症率が高くなるU字型の関連が観察されているが、若年成人期の肥満とがん罹患についての報告は少ない。本研究では、男性放射線業務従事者のがん罹患歴と累積線量、20歳時のBMIとの関連を検討した。**【方法】** 当協会放射線従事者中央登録センターより提供を受けた2015年度までの累積線量、及び2017年2月10日までに前述の調査票により取得した生年月日、性別、既往歴、体重・身長に関する有効回答を用いた。既往歴について選択肢「がん」を選んだ回答をがん罹患歴ありとし、20歳時のBMIは20歳時の体重と現在の身長で算出した。がん罹患歴を目的変数、累積線量群、年齢群、20歳時BMI群を説明変数としロジスティック回帰によりオッズ比を求めた。**【結果】** 調査同意者のうち、無効回答を除外した男性33,433人を解析対象とした。平均回答時年齢は57.0歳、平均累積線量は23.3mSv、がん罹患有りの者は2,222人であった。がん罹患を目的変数、累積線量群のみを説明変数として解析した結果、累積線量が最も低い群に比べ他の群でがん罹患歴のオッズ比は有意に高かった。しかし、年齢群、20歳時のBMI群を説明変数に追加後はがん罹患歴と累積線量群の有意な関連はみられず、高い年齢群、やせ及び過体重群でがん罹患歴のオッズ比は有意に高かった。**【結論】** 放射線業務従事者のがん発症について、20歳時のBMIは被ばく累積線量以上に影響している可能性が示唆された。低線量放射線被ばくによるがん罹患リスクを検討する際には、このような放射線被ばく以外の要因による影響の排除が必要である。回答時の体重は、がん罹患により減少する可能性が考えられ、本研究では用いなかった。今後、前向き調査を計画しており、精度の高い情報で体重変動も含む検討を行う予定である。**【利益相反】** 開示すべきCOI関係にある企業などはありません。

3C1-2

男性放射線業務従事者における累積線量群別成人期の体重増加と生活習慣等との関連

The difference between cumulative dose groups in weight change during adulthood and the association with unhealthy lifestyle in male nuclear workers

西出朱美¹⁾、工藤伸一¹⁾、吉本恵子¹⁾、古田裕繁¹⁾、三枝新¹⁾

Akemi NISHIDE¹⁾, Shin'ichi KUDO¹⁾, Keiko YOSHIMOTO¹⁾, Hiroshige FURUTA¹⁾, Shin SAIGUSA¹⁾

(公財)放射線影響協会・放射線疫学調査センター¹⁾

Radiation Effects Association, Institute of Radiation Epidemiology¹⁾

【背景・目的】低線量放射線被ばくががんリスクの検討にあたっては、交絡を避けるために放射線以外のがん発生促進因子に留意する必要がある。成人期の体重増加による脂肪組織からの生体活性物質過剰分泌もがん発生を促進するため、本研究では放射線業務従事者を対象に自記式生活習慣等調査票を用い20歳時と現在の体重情報を取得し、成人期の「体重増加」と累積線量群との関連、さらに「体重増加」と関連する生活習慣等を検討することを目的とした。

【方法】当協会放射線従事者中央登録センターより提供を受けた2015年度までの累積線量、前述の自記式調査票により2017年2月10日までに得られた回答時年齢、性別、現在の体重・20歳時の体重、及び生活習慣に関する有効回答を用いた。成人期の体重増加については、現在の体重が20歳時の体重より5kg以上多い者を「体重増加」とし、累積線量との関連、並びに生活習慣等因子との関連を検討した。「体重増加」を目的変数とし、説明変数を累積線量群(モデル1)、同様に「体重増加」を目的変数とし、説明変数を生活習慣等因子(モデル2)としたロジスティック回帰モデルを用い、オッズ比(95%CI)を算出した。

【結果】年齢、現在の体重、20歳時の体重、食習慣、運動習慣情報のある男性32224名を対象とした。2015年までの平均累積線量は23.2mSv(IQR:0.6-24.9)、回答時平均年齢56.7歳(S.D.±14.0)であり、「体重増加」は18435名(57.2%)の対象者でみられた。累積線量群別(0-10mSv、10-30mSv、30-50mSv、 ≥ 50 mSv)による「体重増加」の割合は、低い群から56.1%、58.0%、59.5%、59.5%であり、10-30mSv群、30-50mSv群、 ≥ 50 mSv群それぞれのオッズ比は0-10mSv群と比較した場合、1.08(1.02-1.15)、1.15(1.06-1.25)、1.15(1.08-1.23)であった。また、いくつかのがん罹患予防につながる生活習慣を持つ者では「体重増加」のオッズ比が有意に低かった(運動習慣「あり」(0.74、0.70-0.77)、バランスを考慮した食事「とっている」(0.82、0.78-0.87)、塩加減の濃い料理「ほとんど食べない」(0.88、0.82-0.95)、油っこい料理「ほとんど食べない」(0.67、0.62-0.72))。20歳時のBMI区分別「体重増加」のオッズ比(参照「18.5-25」)は、「25以上」(0.43、0.39-0.47)では有意に低く、「18.5未満」(1.85、1.68-2.04)では有意に高かった。

【考察・結語】高線量群では「体重増加」の割合が高い。一方、がん罹患予防につながる生活習慣により「体重増加」は抑制される。成人期の体重増加とがん罹患リスクとの関連が報告されており、「体重増加」と累積線量との関連がみられることから、放射線の影響を検討する際には「体重増加」を交絡因子の一つとして考慮することが必要であると考えられる。

3C1-3

日本の放射線業務従事者を対象とした疫学調査における インフォームド・コンセント

Informed Consent in J-EPISODE(Japanese epidemiological study on low dose radiation effects)

吉本恵子¹⁾、石沢昇¹⁾、三枝新¹⁾

Keiko YOSHIMOTO¹⁾, Noboru ISHIZAWA¹⁾, Shin SAIGUSA¹⁾

放射線影響協会 放射線疫学調査センター¹⁾

Institute of Radiation Epidemiology, Radiation Effects Association¹⁾

背景：国の委託により、当協会において放射線業務従事者を対象とした疫学調査を1990年度から実施してきた結果、放射線リスクを検討する上で生活習慣等を考慮することが不可欠であることが判明した。そこで、新たな取り組みとしてがん罹患調査及び生活習慣等アンケート調査を、関連する法令等を遵守し実施することとなった。これらの調査を円滑に遂行するためには、あらかじめ研究対象者からインフォームド・コンセント(オプトイン)を受けることが適当と判断された。

目的：本疫学調査におけるインフォームド・コンセントの方法及び同意率について検討する。

方法：インフォームド・コンセントは2015年度から、説明文書を①郵送配付及び②事業所配付の2通りの方法により研究対象者に配付することで実施した。①では既存の研究対象者(1998年度末までに放射線業務従事者として登録され、氏名、住所情報等を国が保有)であって2014年度末までに生存が確認された約16.5万人に説明文書を郵送した。一定期間回答がない研究対象者には、再依頼のハガキを郵送し、それでもなお回答がない場合には再度説明文書一式を郵送した。②では調査の意義、方法等の説明会を開催後、原子力発電施設等事業所において現に放射線業務に従事している研究対象者(1998年度以前及び1999年度以降に放射線業務従事者として登録された者で氏名、住所情報等を国が把握していない)に約6万通の説明文書を直接配付した。この6万の中には一部①の研究対象者が含まれる。説明文書は本疫学調査に関する説明資料、意思確認書、生活習慣等に関するアンケート調査票等である。結果：同意者数は2019年9月末現在、全体で約8万人となり、同意率は約38%であった。配付方法別では、①では同意者数は約5.5万人で同意率は約37%、②では同意者数は約2.5万人で同意率は約41%であり、郵送配付よりも事業所配付の同意率が高かった。また、年齢群別同意率では、調査時年齢(40未満、40-49、50-59、60-69、70-79、80以上)が高くなるにつれ同意率が約17%から48%と高くなる傾向があったが、80歳以上では約36%で、病気が理由で意思確認ができない者が多いと推測された。被ばく線量群別同意率は線量群間(10未満、10-19、20-49、50-99、100以上(単位mSv))で約36%から39%とあまり大きな差は見られなかった。配付方法①及び②の両方で説明文書を受取る可能性があることから重複回答が懸念され、集計の結果約2,800人が重複して回答していた。

結論：生体試料を用いない放射線疫学調査におけるインフォームド・コンセントはこれまであまり例を見ないが、一般的な郵送によるアンケート調査の回答率は約30%と言われている。また、福島県民健康調査のアンケート調査の回答率は約27.7%であったことから、今回のインフォームド・コンセントの同意率は概ね納得できるものであると考えられる。今後の本疫学調査ではインフォームド・コンセントを受けた約8万人が調査対象となる。

*この調査は原子力規制委員会 原子力規制庁の委託事業で行われた。

1B1-6

我が国の原子力発電所における放射線業務従事者の被ばく光子エネルギーおよびジオメトリ分布について

Energy and geometry distribution of photon exposed to nuclear workers at Japanese NPP

古田裕繁¹⁾、西出朱美¹⁾、工藤伸一¹⁾、三枝新¹⁾

Hiroshige FURUTA¹⁾, Akemi NISHIDE¹⁾, Shin'ichi KUDO¹⁾, Shin SAIGUSA¹⁾

放射線影響協会 放射線疫学調査センター¹⁾

Institute of Radiation Epidemiology, Radiation Effects Association¹⁾

背景：放射線業務従事者の1cm線量当量の個人記録線量(1957-2010年)から疫学調査のリスク推定に用いる臓器吸収線量を再構築するためには、被ばく者集団の被ばく光子エネルギーおよびジオメトリに関する情報が不可欠である。先行研究であるIARC15ヵ国共同研究の線量誤差研究では、研究参加施設の専門家の意見を基に、光子エネルギー分布(NPPでは100-300keV:300-3000keV=10:90、その他の施設では20:80)並びにジオメトリ分布(NPPおよびその他施設共に前方AP:等方ISO=50:50)を仮定して、臓器線量換算係数の推計を行った。

目的：我が国の放射線業務従事者コホートJ-EPIISODEの大部分を占めるNPPについて、IARC研究の光子エネルギー、ジオメトリ分布が適用できることを検証する。

資料・方法：文献調査の結果、ICRP1977年勧告に基づく実効線量当量概念の導入検討に際して、電力各社が1980年代に共同で、定期検査中および運転中におけるガンマ線のエネルギー分布、入射方向分布に関する調査を実施していたので、関連調査資料を利用した。同調査によると、入射方向分布については、NaIシンチレーション検出器にスリット付鉛キャップを被せ、各スリットの開閉による計測値の変化を測定した。また、エネルギー分布については、NaI検出器の出力結果であるガンマ線波高分布データを基に、レスポンス行列法を適用して、ガンマ線のエネルギー分布を推計した。

なお、定期検査中の調査報告書のエネルギー分布については、ガンマ線エネルギー分布の図表はなく、波高分布図のみが掲載されていたので、グラフの数値を読図し、Stripping法でコンプトン散乱部分を除去して、入射ガンマ線エネルギー分布の試算を行った。

結果・考察：日本のNPPの定期検査中および運転中の調査結果は、光子のエネルギー分布およびジオメトリ分布共に、IARC研究の仮定と矛盾するものではなかった。J-EPIISODEの第V期解析に用いた線量データは1957-2010年であるが、本調査資料はその中間時点のものであった。日本では1980年代のNPPにおける線量低減対策の結果、線量率は大きく低下したが、BWR、PWRの原子炉の構造、線源の種類、作業員の作業内容は基本的に大きな違いはないので、本調査資料のエネルギーおよびジオメトリ分布の結果は全期間を代表すると考えても問題ない。

結論：IARC研究のエネルギーおよびジオメトリの仮定を日本に適用することに問題ない。

謝辞：文献調査に尽力いただいた関係者及び調査資料の開示に協力いただいた電力各社に感謝する。この研究は原子力規制庁の委託事業の中で行った。

参考資料：放射線影響協会「臓器線量構築検討会報告書」平成31(2019)年3月

(5) 日本放射線影響学会第62回大会(京都) 2019.11.15

PS2-56

Experiments on dosimeter response to photon exposure for nuclear industry workers with glass badge, electronic personal dosimeter or optically stimulated luminescence dosimeter in use

ガラスバッジ、電子線量計またはOSL線量計を使用した原子力産業従事者の光子被ばくに対する線量計レスポンス試験

○Hiroshige Furuta, Akemi Nishide, Shin-ichi Kudo,
Keiko Yoshimoto, Shin Saigusa
Institute of Radiation Epidemiology, Radiation Effects Association

○古田 裕繁、西出 朱美、工藤 伸一、吉本 恵子、三枝 新
放射線影響学会 放射線疫学調査センター

Background: Japanese nuclear workers cohort study has been conducted since 1990 and analyzed radiation risk in association with $H_p(10)$. However, evaluation of risks using organ absorbed dose is recommended. In addition, data from the National Cancer Registry became usable. The most comprehensive preceding study on reconstructing organ dose was the Study of Errors in Dosimetry under the framework of the IARC 15-Country Collaborative Study, which conducted experiments on dosimeter response to photon exposure for three types of dosimeter used before 1990s. These data were useful for the Japanese study but not sufficient. Usage of dosimeters in Japan developed from those to glass badge (GB), electronic personal dosimeter (EPD) or optically stimulated luminescence (OSL) dosimeter in around 2000.

Aim: To describe the experiments on dosimeter response for GB, EPD and OSL dosimeter.

Materials and Methods: Following the IARC's approach, the experiments on dosimeter response were carried out within the two laboratories of JAEA. X rays of N-150 and N-250, and ^{137}Cs source were used. Three types of dosimeters were selected for the study. To simulate working conditions, combinations of a specific photon energy; 119 keV, 207 keV and 662 keV, and a specific geometry; AP and ISO geometry, were applied for RANDO phantom set up on the horizontally rotating device with an angle between the rotation axis and the source.

Results: Data on dosimeter response to air kerma were calculated along with uncertainty, which were compatible with IARC's data. This work was funded by the Nuclear Regulation Authority, Japan.

(6) 日本放射線影響学会第62回大会(京都) 2019.11.15

OS9-1

Correlation between the cumulative dose and a hazardous job history among Japanese nuclear workers (J-EPISODE)

放射線業務従事者における累積線量と有害業務従事歴との関連

○Shin-ichi Kudo, Akemi Nishide, Keiko Yoshimoto,
Hiroshige Furuta, Shin Saigusa
Institute of Radiation Epidemiology, Radiation Effects Association

○工藤 伸一、西出 朱美、吉本 恵子、古田 裕繁、三枝 新
(公財)放射線影響協会 放射線疫学調査センター

Background: Radiation Effects Association has conducted the Japanese Epidemiological Study on Low-Dose Radiation Effects (J-EPISODE) to investigate health effects of low-dose radiation among nuclear workers since 1990. The study identified lifestyle factors and socio-economic status as confounders. In the study, excess relative risks (ERRs) were reduced by adjusting confounding factors, such as smoking. To estimate ERRs precisely, further studies of other potential confounding factors are needed.

Aim: To explore the potential role of a hazardous job history, such as exposure to asbestos, a carcinogen, as a confounder of the cumulative dose among Japanese nuclear workers.

Materials and Methods: The study population comprised Japanese nuclear workers employed in the industry until the end of March 1999. A lifestyle questionnaire was distributed to a part of workers in 1997 and 2003. A hazardous job history included exposure to asbestos, powder dust, chrome, nickel, arsenic, organic solvents, benzene, aromatic amines, coke ovens, and coal tar were inquired. The radiation dose was supplied by the Radiation Dose Registry Center of the Radiation Effects Association. The cumulative dose was based on exposure data recorded between 1957 and 2010.

Results: The number of cohort was 75,442 who responded to the questionnaire survey. The mean cumulative dose was 25.8 mSv. Positive associations were found between the cumulative dose and a job history of exposure to asbestos, powder dust, and arsenic. These results suggest that a hazardous job history should be taken into account when estimating radiation exposure risks.

This work was funded by the Nuclear Regulation Authority, Japan.

(7) 日本放射線影響学会第62回大会(京都) 2019.11.15

OS9-2

Factors associated with the participation of male Japanese nuclear workers in medical examinations

男性放射線業務従事者における健診受診に関連する要因

○Akemi Nishide, Shin-ichi Kudo, Keiko Yoshimoto,
Hiroshige Furuta, Shin Saigusa
Radiation Effects Association

○西出 朱美、工藤 伸一、吉本 恵子、古田 裕繁、三枝 新
(公財)放射線影響協会

Background: Nuclear workers undergo medical examinations once every 6 months due to health-related risks of occupational radiation exposure. Most former workers aged 40-74y should participate in medical examinations as beneficiaries of National Health Insurance. However, some workers do not undergo regular medical examinations. Job category and history of diseases were reported as factors associated with participation in medical examination among the beneficiaries.

Aim: The purpose of this study was to examine factors associated with the participation of current and former nuclear workers in medical examinations.

Materials and Methods: A self-administered questionnaire was distributed to nuclear workers. Of the responders, male radiation workers, whose necessary information was obtained, were enrolled in this study. Multivariate logistic regression analysis was used to calculate the odds ratio. The dependent variable was participation in medical examination in a year. The independent variables were the cumulative radiation dose ($50\text{mSv} >$, $50\text{mSv} = <$), age, type of industry, job category, years of schooling, and history of diseases.

Results: Cumulative radiation dose of $50\text{mSv} = <$ was solely associated to less participation in medical examination in a year. This association between participation in medical examination and cumulative radiation dose was attenuated after the other factors were added to the model. The factors related to medical examination participation were age, type of industry, job category, years of schooling, and history of diseases. An increasing participation in medical examination among nuclear workers with higher cumulative radiation would contribute to reduction of their incidence of cancer or non-cancer, as medical examination plays an important role in early diagnosis.

(8) European Radiological Protection Research Week 2019、(スウェーデン、ストックホルム) 2019.10.14-18

P56

Confounding between the cumulative dose and a hazardous job history among Japanese nuclear workers (J-EPISODE)

Shin'ichi Kudo¹, Akemi Nishide¹, Keiko Yoshimoto¹, Hiroshige Furuta¹, Shin Saigusa¹

¹Institute of Radiation Epidemiology, Radiation Effects Association

s_kudo@rea.or.jp

Background

The Japanese Epidemiological Study on Low-Dose Radiation Effects (J-EPISODE) has been carried out to investigate health effects of low-dose radiation among nuclear workers since 1990. The study identified lifestyle factors and socio-economic status as confounders. In the study, excess relative risks (ERRs) were reduced by adjusting confounding factors, such as smoking. To estimate ERRs precisely, further studies of other potential confounding factors are needed.

Aim

To explore the potential role of a hazardous job history, such as exposure to asbestos, a carcinogen, as a confounder of the cumulative dose among Japanese nuclear workers.

Materials and methods

The study population comprised Japanese nuclear workers employed in the industry until the end of March 1999. A lifestyle questionnaire was distributed to a part of workers in 1997 and 2003. A hazardous job history included exposure to asbestos, powder dust, chrome, nickel, arsenic, organic solvents, benzene, aromatic amines, coke ovens, and coal tar were inquired. The radiation dose was supplied by the Radiation Dose Registry Center of the Radiation Effects Association. The cumulative dose was based on exposure data recorded between 1957 and 2010.

Results

The number of cohort was 75,442 who responded to the questionnaire survey. The arithmetic mean cumulative dose was 25.8 mSv. Positive associations were found between the cumulative dose and a job history of exposure to asbestos, powder dust, and arsenic. These results suggest that a hazardous job history should be taken into account when estimating radiation exposure risks.

This work was funded by the Nuclear Regulation Authority, Japan.



Confounding between the cumulative dose and a hazardous job history among Japanese nuclear workers (J-EPISEDE)



Shin'ichi Kudo, Akemi Nishide, Keiko Yoshimoto, Hiroshige Furuta, Shin Saigusa
Institute of Radiation Epidemiology, Radiation Effects Association, Japan

Background: Confounding to smoke was found in the Japanese Epidemiological Study on Low-Dose Radiation Effects (J-EPISEDE) which have been carried out since 1990. To estimate radiation effects precisely, further studies of other potential confounding factors are needed.

Aim: To explore the confounding between cumulative dose* and hazardous job history among Japanese nuclear worker. (* 1957-2010, supplied by Radiation Dose Registry Center.)

Cohort definition:

- Male worker who have Japanese nationality.
- Employed until the end of March, 1999.
- Replier of self-administered lifestyle questionnaire survey (1997 and/or 2003).

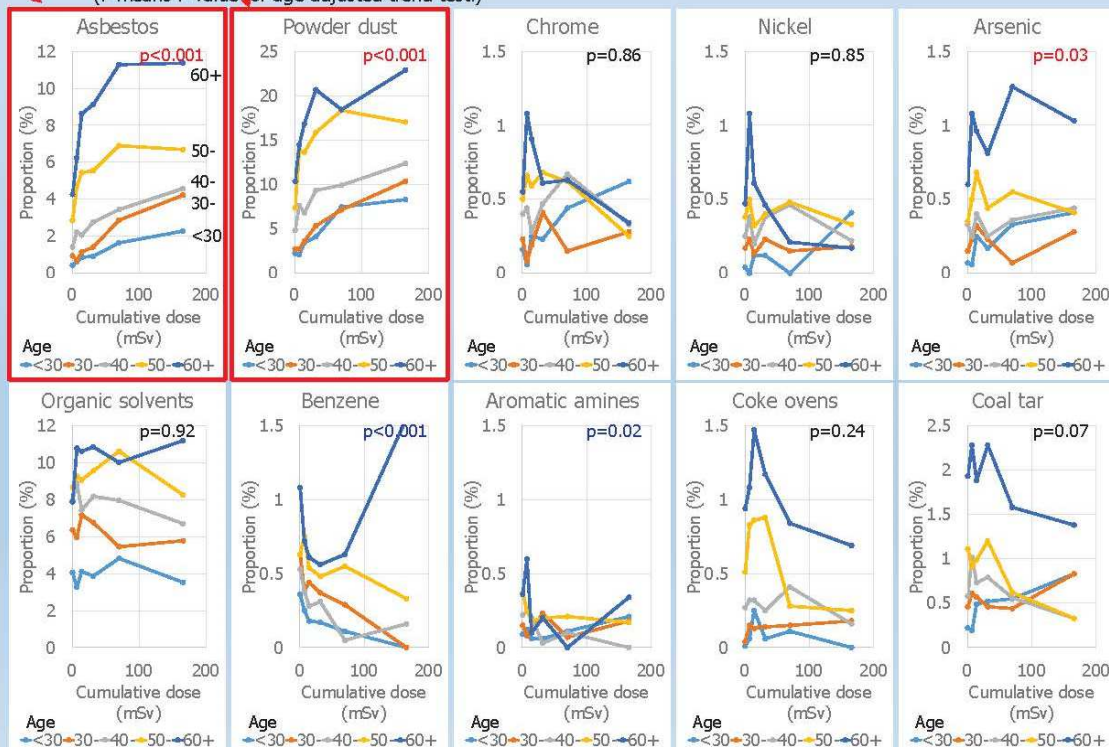
Results:

- N=75442, mean cumulative dose=25.8 mSv.
- Positive confounding between cumulative dose and asbestos, powder dust.
- Positive confounding to arsenic, but the number of job history was small.
- Negative confounding to benzene and aromatic amines, but the numbers of job history were small.

Table. The number & proportion of workers who have job history.

Job	Asbestos	Powder dust	Chrome	Nickel	Arsenic	Organic solvents	Benzene	Aromatic amines	Coke ovens	Coal tar
Number	2323	6199	315	219	284	5609	377	147	311	655
Proportion	3.1%	8.2%	0.4%	0.3%	0.4%	7.4%	0.5%	0.2%	0.4%	0.9%

Figure. Cumulative dose & proportion of the worker who have job history by age at questionnaire survey groups. (P means P-value for age-adjusted trend test.)



This study was funded by the Nuclear Regulation Authority of the Government of Japan. <http://www.rea.or.jp/ire/english/>

(9) European Radiological Protection Research Week 2019、(スウェーデン、ストックホルム) 2019.10.14-18

P55

Reconstruction of organ dose for Japanese nuclear workers and reanalysis of cancer mortality risk for J-EPISODE 1991-2010

Hiroshige Furuta¹, Akemi Nishide¹, Shin'ichi Kudo¹, Keiko Yoshimoto¹, Shin Saigusa¹

¹ Institute of Radiation Epidemiology, Radiation Effects Association

furuta@rea.or.jp

Background

Japanese Epidemiological Study on Low-Dose Radiation Effects (J-EPISODE) has been conducted since 1990 and analysed health effects in association with photon exposure assessed in $H_p(10)$. However, it is under way to estimate cancer morbidity and mortality risk evaluated in organ absorbed dose.

Aim

To reconstruct organ dose during 1957 to 2010, and reanalyse cancer mortality risk of the fifth J-EPISODE analysis 1991-2010.

Materials and methods

The reconstruction method of organ dose principally followed the approach adopted in the IARC 15-Country Collaborative Study, which conducted experiments on dosimeter response to photon exposure for three types of dosimeter; old film dosimeter, multi-element film dosimeter and thermoluminescence dosimeter (TLD). Usage of dosimeters in Japan developed from those to glass badge (GB), electronic personal dosimeter (EPD) or optically stimulated luminescence (OSL) dosimeter in around 2000.

Therefore, dosimeter response data under combinations of a specific photon energy (119 keV, 207 keV and 662 keV) and a specific geometry (antero-posterior geometry and isotropic geometry) were experimented in the same way of the IARC study for GB, EPD and OSL dosimeter.

Conversion coefficients from recorded dose to organ dose were reconstructed using these data on dosimeter response as well as coefficients from kerma to organ dose for each year and site where workers were exposed to photon, followed by reconstruction of organ dose for colon, lung and red bone marrow during 1957 to 2010.

Results

Organ absorbed dose for several tissue/organs were calculated for each participant during 1957 to 2010. Then, Poisson regression method was applied for estimating ERR (Excess Relative Risk) for cancer death.

This work was funded by the Nuclear Regulation Authority, Japan.



Reconstruction of organ dose for Japanese nuclear workers and reanalysis of cancer mortality risk for J-EPISODE 1991-2010

Hiroshige Furuta, Akemi Nishide, Shin'ichi Kudo, Keiko Yoshimoto, Shin Saigusa
Institute of Radiation Epidemiology, Radiation Effects Association, Japan



What is J-EPISODE 1991-2010?

- ✓ A cohort study on health effects for Japanese nuclear workers
- ✓ Cohort size 204,103 male, mean cumulative dose 13.9 mSv in $H_p(10)$
- ✓ All cancer death excl. leukaemia: 7,929 and leuk. (excl. CLL): 207
- ✓ Suggested smoking as a confounder

Aim

- ✓ To construct conversion coefficients from dosimeter readings to organ absorbed dose for photon exposure in working conditions.
- ✓ To reanalyze cancer mortality risk for J-EPISODE 1991-2010 using organ absorbed dose.

What was the preliminary result of reanalysis of cancer risk using organ absorbed dose?

- Temporarily converted individual dosimeter reading of $H_p(10)$ to organ dose, considering dosimeter type, facility type of work place and exposed period.
Mean cumulative dose: Colon 11.0 mGy, Lung 11.5 mGy, Red bone marrow (RBM) 10.1 mGy
- Temporarily reanalyzed cancer mortality risk for all cancers, lung and leukaemia. Applied colon dose for estimating all cancers, lung dose for lung cancer, and RBM dose for leuk.
- Applied Poisson regression LNT model for stratified data;
Attained age: every 5 years, Region: 8
Calendar year: 1991-94, 1995-99, 2000-04, 2005-10
Dose: <5, 5- , 10- , 20- , 50- , 100+ (mGy or mSv)
Lag: 2 years for leuk. and 10 years for others

End point	Dose	ERR and 90% CI	
All cancers excl. leukaemia	$H_p(10)$	1.20 Sv ⁻¹	0.43 1.96
	Colon	1.24 Gy ⁻¹	0.27 2.21
Lung cancer	$H_p(10)$	3.15 Sv ⁻¹	1.34 4.96
	Lung	3.98 Gy ⁻¹	1.74 6.22
Leukaemia (excl. CLL)	$H_p(10)$	-0.27 Sv ⁻¹	-4.07 3.52
	RBM	-1.57 Gy ⁻¹	-6.32 3.18

4. Result:

Due to change of dose unit from Sv to Gy, the mean dose value apparently decreased, and consequently the slope angle of the estimated LNT line increased.

Conclusion :

- ✓ Results of reconstruction of organ dose and preliminary reanalysis were consistent with the previous studies.
- ✓ Dosimeter response data are usable for other cohort studies.
- ✓ Further reanalysis will be conducted using organ dose.
- ✓ New cohort has started which will utilize;
 - Organ absorbed dose.
 - Cancer incidence data from National Cancer Registry which became available in 2019.
 - Lifestyle questionnaire survey including smoking, eating habits, cancer history, CT history, and so on, conducted for all participants in 2015-19.

References :

- I. Thierry-Chef, et al. Study of a selection of 10 historical types of dosimeters: Variation of the response to $H_p(10)$ with photon energy and geometry of exposure. Radiat. Prot. Dosim. (2002)
- I. Thierry-Chef, et al. The 15-country collaborative study of cancer risk among radiation workers in the nuclear industry: Study of errors in dosimetry. Radiat. Res. (2007)
- H. Furuta, et al. Dosimeter response to photon exposure of electronic personal dosimeters, radio photoluminescent glass dosimeters, and optically stimulated luminescence dosimeters used by nuclear workers in Japan. Radiat. Prot. Dosim. (Submitted)

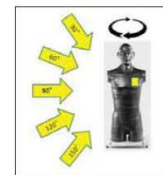
- This study was funded by the Nuclear Regulation Authority, Japan.

How was organ absorbed dose reconstructed?

- Followed the approach of the IARC 15-country collaborative study [1,2].
- Assumed the working environment of photon exposure received by workers as same as the IARC study;
Energy distribution
100-300 keV : 300-3000 keV = 10 : 90 for NPP
= 20 : 80 for other facilities
Geometry distribution
Antero-posterior (AP) : Isotropic (ISO) = 50 : 50
- Obtained the data of dosimeter response (Sv/Gy), readings per air kerma, by dosimeter type.
Made use of response data of the IARC study for film badge (FB) and thermoluminescence dosimeter (TLD).
- Newly experimented at Japan Atomic Energy Agency calibration laboratories in the same way as IARC study for recently used personal dosimeter types in Japan; glass badge (GB), electronic personal dosimeter (EPD) and optically stimulated luminescence dosimeter (LB [Lumines badge]) [3].
Mean energy of the source: 119, 207 and 662 keV
Geometry: AP and ISO estimated from ROT(θ)



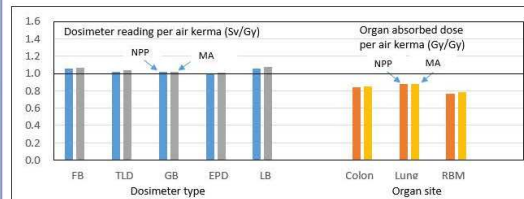
Device to simulate rotational geometry with angle to source



Simulation of isotropic (ISO) irradiation

- Developed the conversion coefficients from air kerma to organ absorbed dose for Japanese adult male voxel phantom.

6. Result:



- The dosimeter responses were close to 1, regardless of dosimeter type.
- The conversion coefficients from air kerma to organ absorbed dose were approximately 0.8.

(10) 第40回韓国疫学会 (韓国、ソウル) 2019.9.19

The latest results of Japanese epidemiological study on low-dose radiation effects (J-EPISODE)

Shin'ichi Kudo¹

¹ Institute of Radiation Epidemiology, Radiation Effects Association

Japanese epidemiological study on low-dose radiation effects (J-EPISODE) has been commenced since 1990. In this study, we found severe confounding by life-style or socio-economic status, especially smoking. When we adjusted for smoking, the ERRs/Sv decreased by more than half in some causes of death. There were two reasons of decreasing ERRs/Sv by adjustment for smoking. The one was blue collar worker who have high cumulative dose tends to smoke. Another one was difference of socio-economic status between low dose group and high dose group. Consideration to confounding is needed when discussing radiation risk.

A new Life-style questionnaire survey has been started since 2015. In addition, we are preparing to examine incidence analysis and converting effective dose to organ dose. The results of analysis by using organ dose will be released in near future.

This work is fully funded by Japanese Nuclear Regulation Authority.

(1 1) 16th International Congress for Radiation Research (イギリス、マンチェスター)
—) 2019.8.29

Quantifying the adjusting effect for radiation risk estimate of mortality by adjustment for smoking among Japanese nuclear workers

Shin'ichi Kudo¹, Akemi Nishide¹, Keiko Yoshimoto¹, Hiroshige Furuta¹, Shin Saigusa¹

¹Institute of Radiation Epidemiology, Radiation Effects Association

Background: Blue-collar workers have a higher tendency to smoke than white-collar workers. In the case of nuclear workers, it is likely that the group exposed to high doses of ionizing radiation show higher smoking rates than that exposed to low doses. This means the confounding to smoke exists in nuclear workers.

Aim: To quantify the adjusting effect for radiation risk estimate of mortality by adjustment for smoking among Japanese nuclear workers.

Methods: Vital statuses were obtained by application of subjects' residence registration cards. The causes of deaths were determined by record linkage with vital statistics death records and coded according to ICD10. To obtain the information of confounding factors, two lifestyle questionnaire surveys were performed in 1997 and 2003. Personal dose equivalent Hp(10) values were used for in the analysis. The excess relative risks per Sv (ERR/Sv) were obtained by Poisson regression. Doses were lagged two years for leukaemia and 10 years for other diseases.

Results: In the present study, 71733 male nuclear workers who had responded to the survey were assembled as a cohort. The mean cumulative dose was 25.5 mSv. Statistically significant ERRs/Sv were shown for all causes, all diseases (total amount of cancers and non-cancers), all non-cancer diseases, and liver cancer. However, they were not statistically significant after adjustment for smoking; for example, the ERR/Sv for all diseases declined from 1.32 (90% confidence interval: 0.40, 2.34) to 0.77 (-0.08, 1.72).

Conclusions: Thus, we could quantify the decreasing effect in ERR/Sv by adjusting for smoking. Our study shows that smoking is an important confounder in the assessment of radiation and the associated health risks, if a correlation between smoking and radiation dose is suggested. This work was fully funded by Japan's Nuclear Regulation Authority.

(12) 16th International Congress for Radiation Research (イギリス、マンチェスター)
—) 2019.8.25-29

**Reconstruction of organ dose for Japanese Epidemiological Study on Low-Dose
Radiation Effects: J-EPISODE**

Hiroshige Furuta¹, Akemi Nishide¹, Shin'ichi Kudo¹, Keiko Yoshimoto¹, Shin Saigusa¹
¹Institute of Radiation Epidemiology, Radiation Effects Association

Background: J-EPISODE, a cohort study for Japanese nuclear workers, has been conducted since 1991 and analysed health effects in association with radiation exposure evaluated in $H_p(10)$.

Aim: To compile conversion coefficients from dosimeter readings (Sv) to organ dose (Gy).

Methods: The reconstruction method of organ dose principally followed the approach adopted in the IARC 15-Country Collaborative Study [1]. However, the method was modified considering usage practice of dosimeters in Japan and body size of Japanese. Despite the IARC's framework with $H_p(10)$ being the common quantity, it was simplified using air kerma as common quantity.

Results:

- 1) Findings of the preceding studies on Japanese NPPs in 1980's provided evidences that the assumptions of distribution of energy and geometry of photon exposure in IARC study were applicable for Japanese workers.
- 2) Dosimeter response data under a specific energy and a specific geometry were newly experimented in the same way as IARC study for recently used personal dosimeters in Japan: glass badge, electronic personal dosimeter and optically stimulated luminescence dosimeter, while those for film badge and thermoluminescence dosimeter referred IARC study data.
- 3) Conversion coefficients from air kerma to organ dose were developed for Japanese adult male voxel phantom, revealing small differences from Caucosoid model.

Conclusions: Combining the above results, conversion coefficients from dosimeter readings to organ dose by nuclear facility, calendar year and organ/tissue were compiled, which will be used for reconstructing organ dose and applied for risk analysis on cancer morbidity and mortality.

This work was funded by Nuclear Regulation Authority, Japan.

References: [1] Thierry-Chef, et al., The 15-country collaborative study of cancer risk among radiation workers in the nuclear industry: Study of errors in dosimetry, Radiation Research, 2007

Keywords: organ dose, cohort study, nuclear worker

パネル討論 1(1)

放射線疫学調査に潜む誤差 Errors behind radiation epidemiologic studies

(公財) 放射線影響協会 放射線疫学調査センター*1

○工藤 伸一*1

(KUDO, Shin'ichi*1)

1. はじめに

放射線による生物影響の検討方法は大きく分けて実験と疫学に分けられる。DNA、染色体等をターゲットとした細胞実験は生体分子レベルでの解析ができるが、全身への影響を評価することは困難である。また、動物実験は人に危害を及ぼさないが、得られた結果をそのまま人には適用できない。人間集団を対象とした疫学研究は人の集団から直接データを得ることができ、影響の強さを定量化できる。また、時には疾患の原因が不明であっても、その予防策がわかることもある。しかし実験データと違い倫理的、その他の問題により無作為割り付けが困難であるため、データに誤差を含む。本発表ではこの疫学調査における誤差について報告する。

2. 誤差の種類

誤差にはサンプル数が増えればゼロに近づく偶然誤差と、サンプル数が増えてもゼロに近づかない系統誤差がある。疫学の場合、前者で問題となるのは検出力であり、後者で問題となるのは健康労働者効果を始めとする選択バイアス、交絡等がある。交絡とは、調べようとする要因（ここでは放射線）以外の要因が結果（ここでは死亡、がん罹患等の健康影響）に影響を及ぼしていることを指し、この放射線以外の要因を交絡因子と呼ぶ。この影響は深刻であり、日本の放射線業務従事者の場合、死亡に大きな影響を及ぼす喫煙を調整すると放射線リスク（ここでは死亡リスク）推定値は半分程度、死因によってはそれ以上減少した。

3. 疫学調査の課題解決に向けて

偶然誤差の解決には解析対象者の増加が必要であり、例えば他の研究機関、他国との共同研究等が考えられる。系統誤差の解決には、交絡因子の適切な調整等が挙げられる。また、今後は生物学的な知見を疫学調査に用いることも期待される。

*1 Radiation Effects Association, Institute of Radiation Epidemiology

(14) 日本産業衛生学会 (名古屋) 2019.5.23

O24-01

放射線業務従事者における単身赴任歴とがん死亡との関連

工藤 伸一、西出 朱美、吉本 恵子、
古田 裕繁、三枝 新

公益財団法人放射線影響協会 放射線疫学調査センター

【背景・目的】単身赴任は日本以外ではあまり例のない就業形態と言われている。単身赴任による健康影響については幾つかの調査が実施されているが、死亡を指標とした調査は少ない。放射線影響協会では1990年より放射線業務従事者を対象としたコホート調査を行っている。コホートの一部に対して2003年に実施した生活習慣等アンケート調査(以下「アンケート調査」)では、単身赴任歴、喫煙等の生活習慣、教育年数等の社会経済状態のデータを取得した。本発表では、放射線業務従事者における単身赴任歴と悪性新生物(以下「がん」)死亡との関連について報告する。

【方法】アンケート調査の対象者は2003年7月1日時点で40歳以上85歳未満の男性従事者とした。これらについて2002年3月末までの累積線量が10mSv以上の場合には全員を、10mSv未満の場合は40%を抽出し、生活習慣等に関する自記式アンケート票を郵送により73,542人に配付した。生死の確認は地方自治体への住民票の写しの交付申請により行い、死亡が確認された者については、厚生労働省より提供を受けた人口動態調査死亡票との照合により死因を把握した。被ばく線量については放射線影響協会放射線従事者中央登録センターより提供を受けた。観察開始日は回答日から2年経過した日付とし、観察終了日は最終生存確認日、死亡日、2010年12月31日のうち最も早い日とした。本報告における解析対象者は以下の3つを満たす者である。(1)1999年3月末日までに放射線業務に従事した日本人男性、(2)2003年から2004年にかけて実施した生活習慣等アンケート調査の回答が有効であった者、(3)観察開始日<観察終了日であった者。ポアソン回帰モデルを用いて年齢、地域を調整し、単身赴任歴がない群を基準群として、単身赴任歴が1年未満の群、1-2年の群、3年以上の群について死亡相対危険(以下「RR」)を算出した。さらに被ばく線量、生活習慣、社会経済状態による調整も行った。被ばく線量については10年の潜伏期を仮定した。

【結果、考察】前述の解析対象者の条件を満たす者は41,742人(配布者に対して57%)であり、解析対象者を2005年から2010年末まで観察した結果、総観察人年は21万人年となった。また、アンケート回答時の平均年齢は54.9歳(±9.6歳)、平均累積線量は25.6 mSvであった。解析対象者全体の58%に相当する24,259人が単身赴任歴を有していた。白血病を除く全がんにおける単身赴任歴が1年未満の群、1-2年の群、3年以上の群のRRは、単身赴任歴がない群と比べて有意差はなかった。一方、単身赴任歴が3年以上の群において、胃がんでは有意に低いRRが、肺がんでは有意に高いRRが見られた。いずれの死因においても被ばく線量、生活習慣、社会経済状態による調整は解析結果にほとんど影響を与えなかった。

【結論】放射線業務に従事する職業集団において、単身赴任歴ががん死亡に影響を与えている可能性が示唆された。

※ 本調査は原子力規制委員会原子力規制庁の委託業務として実施した。

(15) 日本産業衛生学会 (名古屋) 2019.5.23

O18-03

放射線業務従事者における健康診断受診からの 経過年数による食習慣の違い

西出 朱美、工藤 伸一、吉本 恵子、

古田 裕繁、三枝 新

公益財団法人放射線影響協会

【背景・目的】 疾病予防に、健康診断(以下、健診)の定期的な受診が果たす役割は大きい。健診受診することにより現在の健康状態を認識するだけでなく、必要に応じて生活習慣等を含めた疾病予防のための適切なアドバイスを受けることができる。放射線影響協会では放射線業務従事者における低線量被ばくの健康リスクを評価するためにコホート調査を行っており、調査対象者となることに同意を得たコホートに対し生活習慣等アンケート調査を実施し健診受診及び罹病と関連が深いと考えられる食習慣等の情報を取得した。本研究は、男性の放射線業務従事者(退職者含む)において、最後に健診を受けた日からの経過年数(以下、経過年数)による食習慣の違いについて検討することを目的とした。

【方法】 放射線業務従事者を対象に2015年度より実施した自記式生活習慣等アンケート調査票に設けた健診受診及び食習慣の質問への有効回答、かつ必要な個人情報(年齢、性別等)が2017年2月10日までに得られた男性の放射線業務従事者を対象とした。健診受診の質問内容は、「最後に健診を受けた日(1年以内・1-3年以内・3-5年以内・5-10年以内・11年以上)」である。この情報を用い、解析対象者を最後に健診を受けた日からの経過年数別に5群に分けた。食習慣の質問内容は、「バランスの良い食事(とっている・とっていない)、野菜(よく食べる・普通・ほとんど食べない;以下同様)、塩加減の濃い料理、甘味の強い料理、油っこい料理」の5項目である。これら5項目の食習慣について、健康に良くない食習慣の割合を経過年数群ごとに求め、群間で健康に良くない食習慣を持つ者の割合に違いがあるか、年齢を調整した上でCochran-Mantel-Haenszel testを用い検討した。

【結果】 解析対象者は、33,438人であり、平均年齢は56.5歳(S.D.±14.0歳)(経過年数別:1年以内、55.1歳;1-3年以内、66.4歳;3-5年以内、67.4歳;5-10年以内、68.6歳;11年以上、70.7歳)であった。食習慣では、5項目で健康に良くない食習慣の割合に群間の差がみられ($p < 0.001$)、この割合は経過年数が長い群で高かった。

【考察】 経過年数が短いほど健康に良くない食習慣の割合が低いことから、健診の定期的な受診は、健康に良い食習慣を形成させる、何かしらの良い影響を受診者に与えている可能性が示された。さらに、経過年数が長い者の属性を検証し、健診受診を推進する活動を通じ定期的な受診を上昇させることにより、健康に良くない食習慣が低減する可能性があると考えられる。

※ 本調査は原子力規制委員会原子力規制庁の委託業務として実施した。

3. 2 論文発表

(1) Effect of Radiation Dose Rate on Cancer Mortality among Nuclear Workers: Reanalysis of Hanford Data. *Health Phys.* 117, 13-19, 2019.

(以下、オープンアクセスでないためアブストラクトのみ掲載)

Effect of Radiation Dose Rate on Cancer Mortality among Nuclear Workers:
Reanalysis of Hanford Data.

Sasaki M(1), Kudo S(2), Furuta H(2).

Author information:

(1)Radiation Safety Research Center, Nuclear Technology Research Laboratory,
Central Research Institute of Electric Power Industry, Tokyo, Japan.

(2)Institute of Radiation Epidemiology, Radiation Effects Association, Tokyo,
Japan.

The excess relative risk of mortality for all cancers excluding leukemia among nuclear workers was reanalyzed by taking the annual dose as the dose rate into consideration using publicly available epidemiological data from the Hanford site dedicated to the cohort study of nuclear workers in the United States, the United Kingdom, and Canada (Three Countries Study). Values of the dose rate (cut points) were chosen at 2 mSv y intervals from 2 to 40 mSv y, and risk estimates were made for 32,988 workers, considering doses accumulated below the cut point and above the cut point to have different effects. Although the procedure to extract the study population and the methodology used for analysis basically followed those in the Three Countries Study, additional examinations were also carried out for different risk models, lag periods, and impacts of adjusting the monitoring period to find the effect of the dose rate. As a result, no statistically significant difference in dose rate was found among the excess relative risks under different calculation conditions.

DOI: 10.1097/HP.0000000000001039

PMID: 31136363 [Indexed for MEDLINE]

Health Phys. 2019 Jul;117(1):13-19. doi: 10.1097/HP.0000000000001039.

(2) 放射線疫学調査に潜む誤差. Isotope News 2020年2月号 28-31.

Jpn. J. Health Phys., 54 (1), 29 ~ 39 (2019)

DOI: 10.5453/jhps.54.29

解説

英国の放射線業務従事者 (NRRW) を対象とした 最新の疫学調査の概要

工藤 伸一^{*1, #}, 西出 朱美^{*1}, 吉本 恵子^{*1}, 古田 裕繁^{*1}, 三枝 新^{*1}

(2018年9月19日受付)

(2018年12月5日採択)

Outline of the Latest Analysis of Radiation Epidemiological Study among UK National Registry for Radiation Workers (NRRW)

Shin'ichi KUDO^{*1, #}, Akemi NISHIDE^{*1}, Keiko YOSHIMOTO^{*1}, Hiroshige FURUTA^{*1} and Shin SAIGUSA^{*1}

In August 2018, the latest analysis of the UK National Registry for Radiation Workers (NRRW 3rd update) has been published. The NRRW studies have been published almost every ten years since the first analysis (1992). The series of NRRW aimed to analyse cancer risk from low dose occupational radiation exposure. This latest analysis is the study using third analysis data and an additional ten years of follow-up information, but did not include additionally dosimetry information. As the set of ten years lag period, only the risks of cancer were analysed, but excluding leukaemia risks owing to its lag period as two years. The same statistical methods were used in the series of NRRW study. This review provides an outline and summary of the key points of NRRW 3rd update. We denote introduction in chapter 1, summary in chapter 2, comparison with previous studies and other studies in chapter 3, discussion about results in chapter 4, meaning and limitation in chapter 5 and conclusion in chapter 6.

KEY WORDS: low dose radiation, radiation risk, cancer, cohort study, epidemiological study.

I はじめに

2018年8月、英国の放射線業務従事者を対象とした疫学研究「National Registry for Radiation Workers (NRRW)」の最新論文 Cancer mortality and incidence following external occupational radiation exposure: an update of the 3rd analysis of the UK national registry for radiation workers¹⁾ (以下、本論文) が British Journal of Cancer 誌より発表された。NRRW 研究とは、現英国公衆衛生庁放射線影響局により実施されている英国国家登録された放射線業務従事者を対象としたコホート研究であり、放射線業務による被ばくの健康への影響を検討するために1976年より実施されている研究である。解析対象者数は17万人、総観

察人年は370万人年と単一国では最大規模の疫学研究となっている。

この研究の第1回解析²⁾は1992年、第2回解析³⁾は1999年、第3回解析⁴⁾は2009年に発表されている。本論文では追跡期間が前回より10年延長されたが、線量の累積期間は延長されていない。このため潜伏期10年を仮定するがんを対象とし、潜伏期2年を仮定する白血病等は、解析対象から除外されている。解析の結果、白血病を除く全がん (Excess Relative Risk per Sievert (以下 ERR/Sv) = 0.28 (90%CI: 0.10, 0.48))¹⁾、その他の疾患において線量とともに有意に増加するリスク推定値が示された。これらの結果に基づいて著者らは、前回解析と比べて狭い信頼区間を実現し、得られたリスク推定値は原爆被爆者を対象とした原爆被爆者寿命調査 (Life Span Study: 以下 LSS)^{5,6)} 論文と一致していると結論づけている。

*1 (公財)放射線影響協会放射線疫学調査センター; 東京都千代田区鍛冶町1-9-16丸石第2ビル5階 (〒101-0044)
Institute of Radiation Epidemiology, Radiation Effects Association;
1-9-16 Maruishi Dai-ni Building 5F, Kajicho, Chiyoda-ku, Tokyo
101-0044, Japan.

Corresponding author; E-mail: s_kudo@rea.or.jp

¹⁾ 以下、特に記載がなければ90%信頼区間を指す。

本稿では、本論文の概要といくつかのポイントとなる点について概括する。

II 論文の概要

本論文の目的は、職業被ばくによる低線量・低線量率放射線によるがんリスク（死亡、罹患）を検討することである。研究デザインはコホート研究であり、解析対象者のうち、半分強を国防省、核兵器・原子力潜水艦等の軍事関連施設の従事者が占め、2割を使用済み燃料再処理、燃料加工など燃料サイクル事業施設の従事者が占める。生死の状況、死亡者の死因については、全国規模で実施されている National Health Service Central Registers で確認された。線量データは記録線量が使用されており、臓器線量への変換等はなされていない。記録線量はガンマ線、X線、そして少ないがベータ線、中性子線量の合算値となっている。内部被ばくの線量は使用されていないが、内部被ばくを受けた可能性のある従事者が特定された。線量の累積については10年の潜伏期を仮定している。

解析対象者は167,003人、1955年1月1日から2011年12月31日における総観察人年は3,684,391人年、平均累積被ばく線量は25.3 mSvとなっている。全死亡、全がん、また、いくつかの部位において、線量とともに有意に増加する過剰相対リスク（ERR/Sv）を示した。これらの結果に基づいて著者らは「本論文は前回解析で得られたがん死亡と職業被ばくとの関連を更に補強するものとなった。追跡期間の延長により、前回より狭い信頼区間を実現でき、得られたリスク推定値はLSSの調査結果と一致している」と結論づけている。

III 前回までの研究、及び他の研究との比較

1. 手法、集団特性等

Table 1 にコホートの組成、解析手法、集団特性を示す。「IV 解析結果についての考察 4. 潜伏期変更解析」で後述するが、NRRW では潜伏期の仮定により解析対象者数、観察人年が異なる方法を採用している。表中では観察死亡数、総観察人年は前回（NRRW 3rd）、今回（NRRW 3rd update）とも潜伏期10年の値を記載し、比較が可能となっているが、解析対象者数、平均線量については前は潜伏期0年、今回は10年の値となっているため、比較の際には注意を要する。

コメント

コホートは軍事関連従事者が全体の半分強、燃料加工・再処理従事者が2割強、電力従事者が1割となっており、8割を原子力発電施設従事者が占める日本とは組成が異なる。

2. 死亡解析、罹患解析結果

Tables 2, 3 に、前回及び今回の死亡解析結果及び罹患解析結果の抜粋を示した。太字は線量とともに有意に増加するERR/Svと90%信頼区間（CI）を示している。なお、今回の解析では白血病、非がんを対象としていないため、表に含めなかった。

前回及び今回の解析の結果において有意に高いERR/Svを示した疾患は、死因別では、全死亡、全新生物、全がん、白血病を除く全がん、白血病・肺・胸膜を除く

Table 1 The comparison of methodology and cohort member characteristics between NRRW 3rd and NRRW 3rd update.

	NRRW 3rd ^{a)} (2009)	NRRW 3rd update ^{b)} (2018)
Cohort	Army (AWE, MOD, UKAEA, Rolls Royce Submarines) <i>n</i> = 107,415 (63%) Electronic (British Energy Generation and Magnox Electric) <i>n</i> = 16,550 (9%) Nuclear fuel cycle (British Nuclear Fuels Ltd) <i>n</i> = 40,284 (23%) Others	Followed to NRRW 3rd
Radiation dose category	0-, 10-, 20-, 50-, 100-, 200-, 400 + mSv	Followed to NRRW 3rd
Adjusted variables	Attained year, Sex, Calendar period, Industrial classification, First employer	Followed to NRRW 3rd
Lag (year)	2 years for leukaemia, 10 years for others	10 years leukaemia was not analyzed.
Population	<i>n</i> = 174,541 ^{a)} (lag 0 years)	<i>n</i> = 167,003 ^{b)} (lag 10 years)
Total death	<i>n</i> = 23,326 ^{b)}	<i>n</i> = 34,819 ^{b)}
Total person-year	2,430,000 person-years ^{b)}	3,684,391 person-years ^{b)}
Mean external dose	24.9 mSv ^{a)}	25.3 mSv ^{b)}

^{a)} Under 0 year lag assumption.

^{b)} Under 10 year lag assumption.

Abbreviation

AWE: Atomic Weapon Energy

MOD: Ministry Of Defence

UKAEA: United Kingdom Atomic Energy Authority

Table 2 ERR/Sv and 90% CI of mortality by causes of death.

Cause of death	NRRW 3rd ⁹⁾ (2009)		NRRW 3rd update ¹³⁾ (2018)	
	Number of deaths	ERR/Sv ^a (90%CI)	Number of deaths	ERR/Sv ^a (90%CI)
All causes	23,326	0.145 (0.00, 0.3)	34,819	0.173 (0.05, 0.30)
All neoplasms	7,812	0.268 (0.01, 0.55)	11,770	0.243 (0.03, 0.48)
All malignant neoplasms	7,684	0.279 (0.02, 0.56)	11,641	0.27 (0.05, 0.51)
All solid cancers			10,779	0.238 (0.01, 0.48)
All malignant neoplasms ex leukaemia	7,455	0.275 (0.02, 0.56)	11,329	0.285 (0.06, 0.53)
All malignant neoplasms ex lung, pleura and leukaemia	5,118	0.323 (0.02, 0.67)	8,114	0.366 (0.11, 0.65)
Stomach	518	0.336 (-0.51, 1.58)	659	0.274 (-0.47, 1.34)
Rectum	303	1.687 (0.19, 4.12)	472	1.716 (0.42, 3.61)
Liver	89	0.80 (-1.19, 8.28)	195	1.61 (-0.04, 6.18)
Larynx	67	4.071 (0.57, 12.02)	93	2.588 (0.11, 7.63)
Trachea, bronchus and lung	2,230	0.106 (-0.35, 0.67)	3,058	0.028 (-0.38, 0.51)
Pleura	107	1.311 (-0.87, 5.69)	157	1.057 (-0.96, 5.21)
Uterus	19	17.805 (<-1.93, 72.27)	30	7.002 (<-1.93, 31.5)
Ovary	18	<-1.929 (<-1.93, 89.13)	41	10.571 (<-1.93, 69.9)
Bladder	301	0.40 (-0.64, 2.07)	447	1.489 (0.28, 3.19)
Lymphatic or haematopoietic incl leukaemia	612	0.655 (-0.28, 1.97)	874	0.693 (-0.10, 1.74)
Non-Hodgkin lymphoma	237	0.777 (-0.50, 2.88)	353	1.307 (-0.05, 3.31)
Multiple myeloma	113	1.195 (-0.88, 5.96)	175	1.496 (-0.21, 4.8)

^a Significant ERR/Sv and 90%CI are shown in bold font

Table 3 ERR/Sv and 90% CI of incidence by cancer site.

Cancer site	NRRW 3rd ⁹⁾ (2009)		NRRW 3rd update ¹³⁾ (2018)	
	Number of cases	ERR/Sv ^a (90%CI)	Number of cases	ERR/Sv ^a (90%CI)
All neoplasms ^b	11,996	0.302 (0.08, 0.54)	21,842	0.332 (0.15, 0.52)
All malignant neoplasms ^b	11,165	0.281 (0.06, 0.53)	19,816	0.271 (0.09, 0.47)
All solid cancers ^b			18,214	0.221 (0.03, 0.42)
All malignant neoplasms ex leukaemia ^b	10,855	0.266 (0.04, 0.51)	19,296	0.283 (0.10, 0.48)
All malignant neoplasms ex lung, pleura and leukaemia ^b	8,443	0.305 (0.05, 0.58)	15,637	0.278 (0.07, 0.5)
Stomach	618	0.305 (-0.44, 1.37)	846	0.2 (-0.42, 1.05)
Rectum	586	1.307 (0.21, 2.85)	1,115	1.084 (0.23, 2.2)
Liver	86	-0.09 (<-1.93, 6.58)	206	0.2 (-1.50, 3.43)
Larynx	165	0.839 (-0.46, 3.05)	253	0.128 (-0.81, 1.66)
Trachea, bronchus and lung	2,222	0.051 (-0.41, 0.62)	3,263	0.13 (-0.28, 0.61)
Pleura	190	1.354 (-0.71, 5.51)	396	2.4 (0.48, 5.22)
Non-melanoma skin cancer	326	1.497 (0.23, 3.4)	5,460	0.797 (0.40, 1.24)
Uterus	58	10.523 (0.27, 39.4)	104	5.366 (<-1.94, 26.2)
Ovary	15	<-1.934 (<-1.93, 61.13)	61	8.265 (1.12, 34.85)
Bladder	748	0.646 (-0.15, 1.72)	1,158	0.914 (0.16, 1.88)
Lymphatic or haematopoietic incl leukaemia	831	1.344 (0.34, 2.67)	1,614	0.919 (0.22, 1.78)
Non-Hodgkin lymphoma	305	1.284 (-0.18, 3.53)	707	1.261 (0.24, 2.63)
Multiple myeloma	149	3.597 (0.77, 8.94)	277	2.806 (0.76, 6.13)

^a Significant ERR/Sv and 90%CI are shown in bold font

^b Exclude non-melanoma skin cancer

全がん、直腸がん、喉頭がんであり、罹患部位別では、全新生物、全がん、白血病を除く全がん、白血病・肺・胸膜を除く全がん、直腸がん、非黒色腫皮膚がん、白血病を含むリンパ造血系がん、多発性骨髄腫であった。また、今回初めて解析対象となった固形がんも死因別、罹患部位別ともに有意に高いERR/Svを示した。

前回は有意でないが今回は有意に高いERR/Svを示した疾患は死因別では、膀胱がん、罹患部位別では、胸膜がん、卵巣がん、膀胱がん、非ホジキンリンパ腫であった。

前回は有意に高いERR/Svを示したが、今回は有意でない疾患は、罹患部位別の子宮がんであった。全皮膚がんについては、前回罹患部位別で有意に高いERR/Svを

示したが、今回は解析対象外であった。

3. これまでの解析結果、及び他の研究との比較

固形がんでは死亡 (ERR/Sv = 0.24 (0.01, 0.48)), 罹患者 (ERR/Sv = 0.22 (0.03, 0.42)) とともに, LSS⁹⁾ (死亡 ERR/Gy = 0.29 (0.17, 0.43), 罹患者 ERR/Gy = 0.30 (0.16, 0.46)) とよく一致し, 固形がんから肺がんと胸膜がんを除いた場合も同様の傾向を示した。本論文の 85% の対象者を含む INWORKS⁷⁾ では白血病を除く固形がんは 37% 高い ERR/Gy = 0.33 (0.12, 0.56) を示しているが, 信頼区間の重なりは大きい。Mayak⁸⁾ (死亡 ERR/Gy = 0.12 (95%CI: 0.03, 0.21), 罹患者 ERR/Gy = 0.06 (-0.001, 0.13)) では本論文の結果より小さな ERR/Sv を示している。

コメント

本論文で取り上げられた LSS, INWORKS 以外の研究, NRRW の第 1 回解析²⁾, 第 2 回解析³⁾, 第 3 回解析⁴⁾, 日本 (J-EPISODE: Japanese Epidemiological Study On low Dose Effect)⁹⁾, 15 か国解析¹⁰⁾, 米国 (軍事関連従事者を主体としたプール解析)¹¹⁾, 米国 (原子力発電施設主体)¹²⁾, フランス^{13,14)}, カナダ¹⁵⁾ との比較結果を以下に述べる (Table 4)。

1) NRRW 第 1 回, 第 2 回解析

白血病を除く全がんにおいて, 観察死亡数が第 1 回から約 8 倍に増加し, 狭い信頼区間を実現している。第 1 回では有意ではなく今回有意な結果となったことは信頼

区間が狭くなったことも一因であるが, 点推定値自体も調査の継続に伴い上昇している。この傾向は, 胃がん, 肝がんでも見られるが, 肺がんではそのような傾向は見られない。

2) 日本

日本のデータは喫煙情報を有する 71,733 人を対象として喫煙調整した結果を示している。白血病を除く全がんの ERR/Sv の点推定値はほぼ等しいが信頼区間の幅の違いにより, 有意性は異なっている (日本: 0.29 (-0.81, 1.57), NRRW 3rd update: 0.285 (0.06, 0.53))。また日本, NRRW 3rd update とともに肝がんの ERR/Sv は他の死因と比べて幾分高い値を示している。この原因として累積線量と肝炎ウイルスの関連の可能性が考えられ, 日本ではこの検討のために肝炎ウイルス感染歴を質問項目に含めた生活習慣等アンケート調査を実施しているところである。

3) 15 か国解析

いずれの死因も 15 か国解析の ERR/Sv は NRRW 3rd update より高い値を示しており, これは公表後に不備があったと発表されたカナダのデータが寄与している可能性がある^{16,17)}。しかしカナダを除いた場合も, 白血病を除く全がんの ERR/Sv は 0.58 (-0.22, 1.55) と依然高い点推定値を示している¹⁸⁾。

4) 米国 (Pooled)

白血病を除く全がんの観察死亡数は 10,877 人と

Table 4 The comparison of ERR/Sv with other studies.

No.	Study	All cancers excluding leukaemia		Stomach cancer		Liver cancer		Lung cancer	
		Observed deaths	ERR/Sv (90%CI)	Observed deaths	ERR/Sv (90%CI)	Observed deaths	ERR/Sv (90%CI)	Observed deaths	ERR/Sv (90%CI)
1	NRRW 1st ²⁾	1,435	-0.467 (-0.12, 1.20) ^{*1}	139	-0.126 (-1.20, 2.13)	20	-0.196 (<-1.96, 12.83) ^{*2}	491	0.124 (-0.80, 1.52) ^{*3}
2	NRRW 2nd ³⁾	3,020	0.086 (-0.28, 0.52)	255	-0.032 (-0.95, 1.49)	43	0.60 (<-1.95, 9.67) ^{*2}	959	-0.11 (-0.72, 0.72) ^{*3}
3	NRRW 3rd ⁴⁾	7,455	0.275 (0.02, 0.56)	518	0.336 (-0.51, 1.58)	89	0.80 (-1.19, 8.28)	2,230	0.106 (-0.35, 0.67)
		<i>10,885</i>	<i>0.266 (0.04, 0.51)</i>	<i>618</i>	<i>0.305 (-0.44, 1.37)</i>	<i>86</i>	<i>-0.09 (<-1.93, 6.58)</i>	<i>2,222</i>	<i>0.051 (-0.41, 0.62)</i>
4	NRRW 3rd update ¹⁾	11,329	0.285 (0.06, 0.53)	659	0.274 (-0.47, 1.34)	195	1.61 (-0.04, 6.18)	3,058	0.028 (-0.38, 0.51)
		<i>19,296</i>	<i>0.283 (0.10, 0.48)</i>	<i>846</i>	<i>0.2 (-0.42, 1.05)</i>	<i>206</i>	<i>0.2 (-1.50, 3.43)</i>	<i>3,263</i>	<i>0.13 (-0.28, 0.61)</i>
5	J-EPISODE ⁹⁾	1,326	0.29 (-0.81, 1.57)	218	-0.20 (-2.94, 2.55)	138	3.89 (-0.46, 10.34)	319	0.94 (-1.24, 3.90)
6	15-country ¹⁰⁾	5,024	0.97 (0.27, 1.80)	347	0.49 (<0, 3.92)	62	6.47 (<0, 27.0)	1,457	1.86 (0.49, 3.63)
7	US (Pooled) ¹¹⁾	10,877	0.14 (-0.17, 0.48)					3,514	0.069 (-0.43, 0.66)
8	US (NPP) ¹²⁾	368	0.506 (-0.21, 4.64) ^{*4}	16	19.50 (-2.23, 141)			125	0.246 (<-2.51, 8.44)
9	France ^{13,14)}	2,312	0.34 (-0.56, 1.38) ^{*4}	98	4.02 (<0, 13.74)	80	1.71 (<0, 8.47)	585	1.20 (-0.63, 3.55)
10	Canada ¹⁵⁾	468	1.20 (-0.73, 4.33)					174	3.13 (-0.45, 10.4)

Italic denotes the results of incidence.

*1: All cancers.

*2: Liver and gallbladder.

*3: Trachea, bronchus, lung, pleura.

*4: Solid cancers.

NRRW 3rd update の 11,329 人に迫る規模となっており、肺がんでは 3,514 人と NRRW 3rd update の 3,058 人を上回っている。ERR/Sv は白血病を除く全がんが 0.14 (-0.17, 0.48) と NRRW 3rd update 0.285 (0.06, 0.53) の半分、肺がんでは 0.069 (-0.43, 0.66) と NRRW 3rd update 0.028 (-0.38, 0.51) の倍であるが、いずれも有意ではない。

5) 米国 (NPP), フランス, カナダ

これらの研究における ERR/Sv は NRRW 3rd update より高い値を示しているが、胃がん、肺がんでは観察死亡数が少ないため、信頼区間は広がっている。

本論文の結果は、他の研究と比較して観察死亡数、罹患数が多いため信頼区間は狭い。ただし研究間ではコホートの組成 (例えば主たる雇用先が発電施設か、軍需関連か等) や、調整変数等の解析条件が異なることには留意する必要がある。

IV 解析結果についての考察

以下の記述は特に記載がなければ死亡解析の結果に基づく。

1. 喫煙による交絡

喫煙による交絡について検討するために、白血病を除く全がんから、さらに肺がん、胸膜がんを除外した解析を行っている。その結果、ERR/Sv が 0.28 (0.06, 0.53) から 0.37 (0.11, 0.65) と上がることで、および COPD (慢性閉塞性肺疾患: 原因の 90% 以上が喫煙) の ERR/Sv が -0.62 (-0.96, -0.18) と負であることから、累積線量と喫煙との交絡 (累積線量が高い従事者ほど喫煙率が高いこと) はありそうにない、むしろ負の相関がある可能性を示唆している。しかしながら前回解析では、喫煙関連の非がん (著者注: おそらく循環器系疾患のこと) において累積線量と死亡率との有意な正の関連が見られたことから、喫煙による交絡についてのシンプルな解釈は困難であるかもしれない、と述べている。

コメント

日本の調査¹⁹⁾では、喫煙情報を有しない者を含む 204,103 人を対象として白血病を除く全がんから肺がんを除外した場合、ERR/Sv が 1.20 (0.43, 1.96) から 0.66 (-0.18, 1.50) へと減少した。また、国際がん研究機関 (International Agency for Research on Cancer: 以下 IARC) による 15 か国解析¹⁰⁾では、白血病を除く全がんから

肺、胸膜がんを除外した場合、ERR/Sv が 0.97 (0.27, 1.80) から 0.59 (-0.16, 1.51) へと減少し、いずれも累積線量と喫煙との交絡が疑われる結果となっている。INWORKS⁷⁾においても、固形がんから喫煙関連がんを除外した場合に ERR/Gy が 0.47 から 0.37 と減少することは、喫煙による交絡の可能性が幾分あることを示唆している^{20,21)}。

このように喫煙による交絡の状況はコホートごとに異なる。また、NRRW の前回解析と今回解析においても喫煙による交絡の状況が異なることが示唆されたことは、同一コホートにおいても観察期間の延長により、線量、喫煙状況が変化し、その結果として交絡の状況が変化する可能性があると言える。

2. 健康労働者生存効果

高線量被ばく者の寄与を調べるため、累積線量を 400 mSv 未満、200 mSv 未満、100 mSv 未満に限定した解析を行っている。白血病を除く全がんの ERR/Sv は、線量群を限定しても有意なままであったが、白血病・肺・胸膜を除く全がんでは全線量を用いた場合のみに有意で、400, 200, 100 mSv 未満に限定した場合には有意性は消失した。解析対象とする線量をより低い範囲に限定するごとに ERR/Sv が増加することは、高線量群の相対リスクが低いことを意味し、これは健康労働者生存効果 (Healthy Worker Survivor Effect: HWSE) の可能性があるためと述べている。

コメント

HWSE は、従事を継続する者は離職する者に比べて健康になる傾向、言い換えれば健康な者が従事を継続できる集団として選択されるプロセスを言う。Arrighi²²⁾は、「曝露が死亡率に影響を与えないという仮定の下では、長期従事者は短期従事者より曝露量が多くなるが、HWSE により長期従事者の死亡率は短期従事者より低くなる」と述べている。HWSE は日本のデータ²³⁾においても、従事年数の増加と共に死亡相対リスクが減少する傾向として見られている (Fig. 1)。INWORKS の白血病論文²⁴⁾においても、解析対象とする線量をより低い範囲に限定する方法が用いられているが、信頼区間は広がるものの、点推定値はほとんど変わらないという結果となっている。前述した日本のデータでは非がんに比べてがんは、より弱い HWSE を示している。INWORKS の結果は白血病では HWSE が存在しないことを示唆している可能性が考えられる。

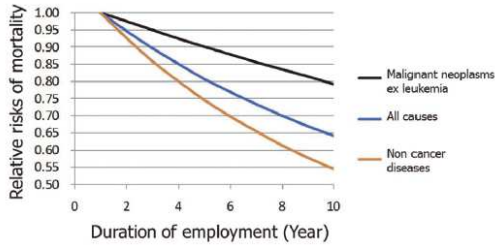


Fig. 1 Relative risks of mortality by duration of employment with Japanese cohort.

3. 内部被ばくの検討

内部被ばくの検討のために2つの方法が行われている。1つは内部被ばくモニター（以下では単に「内部被ばく」という）の有無による層別調整、もう1つは内部被ばくのある者（解析対象者全体の25%、がん死亡者では31%）を除外する方法である。前者の方法では、死因解析において、白血病を除く全がんは有意ではなくなったが、白血病・肺・胸膜を除く全がんは有意なままであった。後者の方法では、白血病を除く全がんのERR/Svは0.28 (0.06, 0.53) から0.66 (0.20, 1.18) へと増した（罹患解析では60%増）。白血病・肺・胸膜を除く全がんは0.74 (0.22, 1.33) と有意なままであった。この方法では、直腸がんと膀胱がんは有意性が消失したが、胃がんでは0.27 (-0.47, 1.34) から2.65 (0.60, 5.82) と10倍になった。

内部被ばくのある従事者は外部被ばく線量も高い傾向があり、100 mSv以上を被ばくしたがん死亡者のうちの67%を占める。また、100 mSv未満に限定した解析にお

いて、内部被ばくのある従事者とない従事者のサブグループ解析の結果、ERR/Svは双方とも1.2であった（筆者注：おそらく白血病を除く全がんの結果）。全線量域の解析において、100 mSv未満に限定した場合に比べてERR/Svが減少することは前述のHWSEによると思われるが、その効果は高線量群をより多く含む内部被ばくのある従事者の方が強い。

コメント

INWORKSの非がん論文²⁵⁾では、循環器系疾患、虚血性心疾患、脳血管疾患のいずれも内部被ばくのある群が、ない群に比べて高いERR/Svを示した。これについてINWORKSの著者らは考察で以下のように述べている。「内部被ばく状況のデータは、内部被ばくの有無のみであり、従事期間のどの時点で内部被ばくが発生したのかはわからない。このため内部被ばくがある者は、従事の最初から最後まで内部被ばくがあったと仮定した。しかし内部被ばくが従事開始から発生することは考えにくいため、観察年年初めの部分は内部被ばくがないにもかかわらず、内部被ばくがある群の観察年数として累積される。観察初期は低線量であるから、この結果、内部被ばくがある群における低線量群では人年の水増しによる死亡率（＝観察死亡数/観察年数）の減少が発生する。一方、内部被ばくがない群ではこれと逆のことが起こる。本調査で見られた内部被ばくのある群が、ない群より高いERRを示した原因はこれによる」。Fig. 2はこの状況の模式図である。内部被ばくのある群の低線量域では死亡率の分母である人年が増え、死亡率が下がる。高線量域では人年が増える度合いは低線量域より少ないた

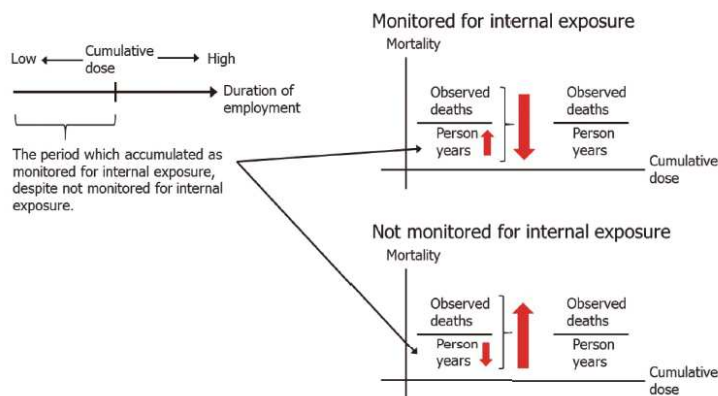


Fig. 2 Treatment of internal exposure period and predicted results in NRRW.

め死亡率はほとんど変わらない。この結果、ERRの傾きを大きくさせる。

NRRWにおける内部被ばく状況のデータも、内部被ばくの有無のみであるため、本論文においても内部被ばく状況が誤分類された結果、人年が誤分類されたことについて言及されている。しかし内部被ばくのある者を除外した結果、ERR/Svが増加することは、「内部被ばくありの群におけるERR/Sv < 内部被ばくなしの群におけるERR/Sv」を意味し、これはINWORKS非がん論文²⁵で示された「内部被ばくありの群におけるERR/Sv > 内部被ばくなしの群におけるERR/Sv」とは逆の結果となっている。内部被ばくのある者を除外した解析結果はINWORKSのがん論文⁷にも記載されている。白血病を除く全がんのERR/Gyの点推定値は0.48であり、内部被ばくのない者のERR/Gyは0.72であるため、こちらも「内部被ばくありの群におけるERR/Gy < 内部被ばくなしの群におけるERR/Gy」という結果となっている。これらの結果を勘案すると、INWORKS非がん論文において言及された人年の誤分類の効果はそれほど大きなものではなく、内部被ばくのある者を除外した解析結果は、その集団内における内部被ばくのある者の線量と死亡率に左右される可能性が考えられる。

4. 潜伏期変更解析

潜伏期について10年の他に15年、20年を仮定した解析が行われている。白血病を除く全がんのERR/Svは以下のとおりである。

10年	0.28 (0.06, 0.53)
15年	0.27 (0.03, 0.53)
20年	0.35 (0.08, 0.65)

コメント

IARCによる15か国非がん論文²⁶、INWORKS非がん論文²⁵、フランスの放射線疫学論文¹³、日本の放射線疫学調査報告書²⁷では潜伏期が長くなるほどERRが単調

に増加する傾向が示されているが (Table 5)、本論文では10年から15年の部分が増加とはなっていない。この原因はNRRW以外の解析では潜伏期間の人年を0 mSvとして含めるが、NRRW解析では除外することに起因している可能性がある (Fig. 3)。前者では総観察死亡数は潜伏期の有無にかかわらず不変であり、累積線量が少なくなるため線量群ごとのERRは低線量側に移動し、この結果ERR/Svの傾きが大きくなる (Fig. 4)。累積線量の減少により線量カテゴリーを移動するケースもあるが、全体への寄与は少ない。後者では潜伏期を考慮すると総観察死亡数が減少し、ERRの傾きは死亡数の減少度合いと累積線量の減少度合いによって決定される。潜伏期間における人年を除外すべきかどうかについての共通見解はないと筆者は理解しているが、前者の方法を採用している研究が多いようである。これは潜伏期の考慮にかかわらず観察死亡数が一定であることのみならず、一因である可能性が考えられる。

5. 従事年数による調整

従事年数を0-9, 10-29, 30年以上に区分して調整変数に加えた場合、ほとんどの死因において調整前と同様の結果が得られた。白血病を除く全がんのERR/Svは以下のとおりである。

従事年数調整前	0.28 (0.06, 0.53)
従事年数調整後	0.37 (0.09, 0.88)

コメント

一般に累積線量と従事年数とは正の相関（線量の高い従事者ほど長い従事年数を有する、別の言い方をすれば長い従事年数の結果として高い累積線量を有する）があると考えられる。白血病を除く全がんのERR/Svの点推定値が従事年数の調整で30%増加したことは累積線量（≒従事年数）と死亡率との負の相関、すなわち高線量群におけるHWSEの存在を示唆している (Fig. 5)。15か国解析¹⁰、日本の解析⁹では従事年数の調整はERR/

Table 5 ERR/Sv and CI for various lag assumption.

Lag (year)	15-country study ²⁶ Circulatory diseases	INWORKS ²⁵ Circulatory diseases	France ¹³ Solid cancers	J-EPISODE ²⁷ All cancers ex leukaemia
0		-0.04 (-0.85, 0.89)	0.80 (0.15, 1.46)	
2	-0.14 (-0.53, 0.32)	0.09 (-0.03, 0.22)	0.05 (-0.78, 1.00)	
5	-0.02 (-0.46, 0.48)	0.13 (0.004, 0.27)	0.14 (-0.71, 1.12)	1.10 (0.40, 1.80)
10	0.09 (-0.43, 0.70)	0.22 (0.08, 0.37)	0.34 (-0.56, 1.38)	1.20 (0.43, 1.96)
15	0.48 (-0.23, 1.31)	0.29 (0.13, 0.46)	0.36 (-0.63, 1.50)	1.27 (0.39, 2.15)
20		0.30 (0.12, 0.49)		1.58 (0.45, 2.72)

95%CI for 15-country study, 90%CI for other studies.

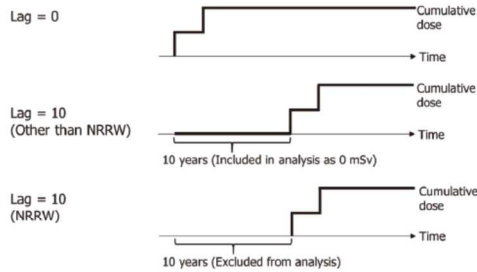


Fig. 3 The comparison in methodology of person-year calculation and radiation dose accumulation between NRRW and other studies.

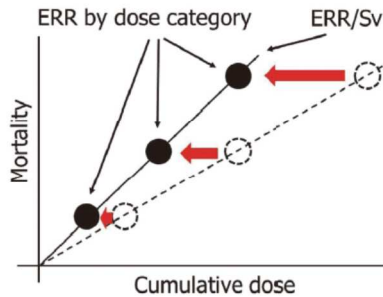


Fig. 4 ERR/Sv increases by lag assumption. Circles denotes ERRs by dose category. ERRs by dose category move left due to decreasing cumulative dose by lag assumption.

Sv を大きく増加させた。白血病を除く全がんの ERR/Sv と 90%CI を Table 6 に示す。

6. 罹患解析

罹患を指標とした疾患別の ERR/Sv は Table 3 に示したとおりである。罹患についても死亡と同様の解析が行われている。

内部被ばくでの調整は、死亡解析と異なり罹患解析ではほとんど影響がみられなかった。ただし大腸は 0.42 (-0.13, 1.12) から 0.71 (0.06, 1.55) と有意に高い ERR/Sv を示し、逆に非ホジキンリンパ腫は 1.26 (0.24, 2.63) から有意ではなくなった。

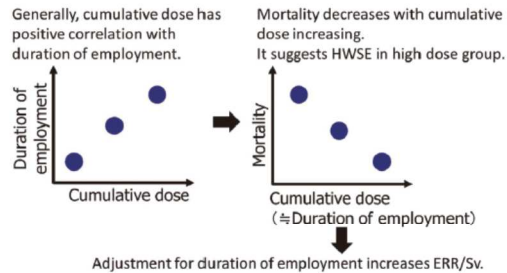


Fig. 5 Adjustment for duration of employment increases ERR/Sv by HWSE in high dose group.

内部被ばくのある従事者を除外した場合、白血病を除く全がんの ERR/Sv は 0.28 (0.10, 0.48) から 0.62 (0.25, 1.02) と ERR/Sv は増加した。部位別では直腸のみが除外後も有意に高い ERR/Sv を示した。

従事年数の調整は白血病を除く全がんの ERR/Sv を 0.28 (0.10, 0.48) から 0.34 に増加させたが、白血病・肺・胸膜を除く全がんでは影響がみられなかった。白血病を含むリンパ造血系では ERR/Sv が 0.92 (0.22, 1.78) から減少し有意ではなくなった。

コメント

非黒色腫皮膚がんは前回の 326 例から 5,460 例と大幅に増加した。前回解析までは、初めて発生したがんが非黒色腫皮膚がんの場合は、他の部位のがんが記録されていない場合、及び部位不明や二次がんが死亡した場合のみに非黒色腫皮膚がんとして分類されていた。今回の update では初めて発生したがんが非黒色腫皮膚がんの場合は全て非黒色腫皮膚がんとして分類された。症例数の大幅な増加はこのことに起因すると思われる。ERR/Sv は前回の 1.497 (0.23, 3.4) から 0.797 (0.40, 1.24) と点推定値は約半分となったが、信頼区間が狭くなったため前回同様、今回も線量とともに有意に増加するリスク推定値が示された。

7. 部位別解析

部位別解析の詳細な結果は、Tables 2, 3 に示した。

Table 6 ERR/Sv and 90% CI before and after adjustment for duration of employment in study of 15-country and Japan.

Study	15-country study ¹⁰⁾	J-EPISODE ⁹⁾
Before adjustment for duration of employment	0.31 (-0.23, 0.93)	0.29 (-0.81, 1.57)
After adjustment for duration of employment	0.97 (0.27, 1.80)	0.83 (-0.42, 2.32)

性別解析では女性の直腸（死亡）、卵巣（罹患）で有意に高い ERR/Sv が得られたが、女性の死亡、罹患の多くは最低線量カテゴリーに属し、観察死亡数も十分ではない。内部被ばくのある者を除外した解析では、直腸（罹患）のみが全体を対象とした場合の 1.084 (0.23, 2.2) より大きな 1.70 (0.16, 3.94) という ERR/Sv が示された。

V 研究の意義と限界

線量記録の不確かさが最大の研究の限界と述べている。特に放射線業務が開始されてから初期に用いられたフィルムバッジの検出限界値が高いこと、また、最初の 20～30 年における中性子被ばくの記録が不十分であることが示されている。

次いで内部被ばくの定量的な記録が無く、フラグのみであることが述べられている。初期から従事を開始し、累積線量が 100 mSv を超えるような従事者は、この誤差が大きいかも知れないことが示唆されている。しかしこのような不確かさにもかかわらず、100 mSv 未満に限定した解析において有意に高い ERR/Sv が得られたことを述べている。

最後に喫煙、高血圧、BMI 等の交絡に関する情報がないことを、研究の限界として述べている。

コメント

本研究の意義は、集団特性が比較的均一と思われる単一国のコホートをを用いて、370 万人年という単一国では最大規模の観察年数に基づき、死亡解析のみならず罹患解析の結果も示したことである。

著者らは線量記録の不確かさが最大の研究の限界と述べているが、これは古い時代の線量記録を用いた調査に共通した問題である。WAKEFORD は「初期の放射線業務では光子線量のみならず中性子線量、放射性核種の吸入等についても記録されていない可能性があり、そのような状況で光子線量のみを用いて解析した場合にはリスクが過大に推定される。（低線量放射線による有意に高いリスクがあるとの）INWORKS の結果の解釈に当たってはその点を念頭に置く必要がある。」と述べている²⁸⁾。また、FROME らは初期の欠損線量について最低検出限界値等を仮定する等の補正を行わない場合、補正を行った場合よりリスク推定値が 50% 増となることを示している²⁹⁾。本論文では 1950 年代の線量データが使用されており、著者らも述べているように線量記録の不確かさを含んでいることについては留意する必要がある。

内部被ばくの量的な記録が無く、フラグのみであるこ

とは、この NRRW コホートを含む INWORKS でも同様の問題がある。

喫煙、高血圧、BMI 等の交絡に関する情報がないことは多くの放射線疫学調査に共通の問題である。特に健康状態に大きな影響を与える喫煙を調整した放射線業務従事者を対象とした死亡調査は、日本の他には Mayak を数えるのみである³⁰⁾。

VI 結論

本論文は前回解析で得られたがん死亡と職業被ばくとの関連を更に補強するものとなった。追跡期間の延長により、前回より狭い信頼区間を実現でき、得られたリスク推定値は LSS の調査結果と一致している、と著者らは結論づけている。

コメント

膨大な観察年数により ERR/Sv の信頼区間は狭く、いくつかの死因において線量と共に有意に増加するリスク推定値が得られている。これらについて著者らは、前回解析で得られたがん死亡と職業被ばくとの関連を更に補強するものとなったと述べているが、結果の解釈に当たってはいくつかの留意すべき点がある。

「V 研究の意義と限界」で述べたように、著者らは本研究には線量記録の不確かさがあることを述べている。これは INWORKS 等、古い時代の線量記録を使用した研究に共通の問題である。さらに、内部被ばくの情報フラグのみであること、交絡に関する情報がないこと等の限界もある。

著者らは得られたリスク推定値は LSS の調査結果と一致しているとも述べているが、被ばく線量や線量率、また、解析対象コホートの年齢構成、ベースラインリスク等の特性や解析モデルが異なる研究間で結果を比較する際には注意が必要である。

以上述べたように本論文にはいくつかの留意すべき点があり、本論文の結果のみをもって低線量放射線による健康影響が見られたと結論づけることはできない。

利益相反の開示

開示すべき利益相反はない。

参考文献

- 1) R. G. E. HAYLOCK, M. GILLIES, N. HUNTER, W. ZHANG and M. PHILLIPSON; Cancer mortality and incidence following external occupational radiation exposure: an update of

- the 3rd analysis of the UK national registry for radiation workers. *Br. J. Cancer*, **119**, 631–637 (2018).
- 2) G. M. KENDALL, C. R. MUIRHEAD, B. H. MACGIBBON, J. A. O'HAGAN, A. J. CONQUEST, et al.; Mortality and occupational exposure to radiation: first analysis of the national registry for radiation workers, *BMJ*, **304**, 220–225 (1992).
 - 3) C. R. MUIRHEAD, A. A. GOODILL, R. G. HAYLOCK, J. VOKES, M. P. LITTLE, et al.; Occupational radiation exposure and mortality: second analysis of the national registry for radiation workers. *J. Radiol. Prot.*, **19**, 3–26 (1999).
 - 4) C. R. MUIRHEAD, J. A. O'HAGAN, R. G. HAYLOCK, M. A. PHILLIPSON, T. WILLCOCK, et al.; Mortality and cancer incidence following occupational radiation exposure: third analysis of the national registry for radiation workers. *Br. J. Cancer*, **100**, 206–212 (2009).
 - 5) D. L. PRESTON, E. RON, S. TOKUOKA, S. FUNAMOTO, N. NISHI, et al.; Solid cancer incidence in atomic bomb survivors: 1958–1998. *Radiat. Res.*, **168**, 1–64 (2007).
 - 6) K. OZASA, Y. SHIMIZU, A. SUYAMA, F. KASAGI, M. SODA, et al.; Studies of the mortality of atomic bomb survivors, report 14, 1950–2003: an overview of cancer and noncancer diseases. *Radiat. Res.*, **177**, 229–243 (2012).
 - 7) D. B. RICHARDSON, E. CARDIS, R. D. DANIELS, M. GILLIES, J. A. O'HAGAN, et al.; Risk of cancer from occupational exposure to ionising radiation : retrospective cohort study of workers in France, the United Kingdom, and the United States (INWORKS), *BMJ*, H5359 (2015).
 - 8) M. SOKOLNIKOV, D. PRESTON, E. GILBERT, S. SCHONFELD and N. KOSHURNIKOVA; Radiation effects on mortality from solid cancers other than lung, liver, and bone cancer in the Mayak worker cohort: 1948–2008. *PLoS One*, **10**, e0117784 (2015).
 - 9) S. KUDO, J. ISHIDA, K. YOSHIMOTO, S. MIZUNO, S. OHSHIMA, H. FURUTA and F. KASAGI; Direct adjustment for confounding by smoking reduces radiation-related cancer risk estimates of mortality among male nuclear workers in Japan, 1999–2010., *J. Radiol. Prot.*, **38**, 357–371 (2018).
 - 10) E. CARDIS, M. VRIJHEID, M. BLETNER, E. GILBERT, M. HAKAMA, et al.; The 15-country collaborative study of cancer risk among radiation workers in the nuclear industry: estimates of radiation-related cancer risks, *Radiat. Res.*, **167**, 396–416 (2007).
 - 11) M. K. SCHUBAUER-BERIGAN, R. D. DANIELS, S. J. BERTKE, C. Y. TSENG and D. B. RICHARDSON; Cancer mortality through 2005 among a pooled cohort of U.S. nuclear workers exposed to external ionizing radiation, *Radiat. Res.*, **183**, 620–631 (2015).
 - 12) G. R. HOWE, L. B. ZABLOTSKA, J. J. FIX, J. EGEL and J. BUCHANAN; Analysis of the mortality experience amongst U.S. nuclear power industry workers after chronic low-dose exposure to ionizing radiation, *Radiat. Res.*, **162**, 517–526 (2004).
 - 13) C. METZ-FLAMANT, O. LAURENT, E. SAMSON, S. CAER-LURHO, A. ACKER, D. HUBERT, D. B. RICHARDSON and D. LAURIER; Mortality associated with chronic external radiation exposure in the French combined cohort of nuclear workers, *Occup. Environ. Med.*, **70**, 630–638 (2013).
 - 14) C. METZ-FLAMANT, E. SAMSON, S. CAER-LURHO, A. ACKER and D. LAURIER; Solid cancer mortality associated with chronic external radiation exposure at the French atomic energy commission and nuclear fuel company, *Radiat. Res.*, **176**, 115–127 (2011).
 - 15) L. B. ZABLOTSKA, R. S. D. LANE and P. A. THOMPSON; A reanalysis of cancer mortality in Canadian nuclear workers (1956–1994) based on revised exposure and cohort data, *Br. J. Cancer*, **110**, 214–223 (2014).
 - 16) J. P. ASHMORE, N. E. GENTNER and R. V. OSBOURNE; Incomplete data on the Canadian cohort may have affected the results of the study by the International Agency for Research on Cancer on the radiogenic cancer risk among nuclear industry workers in 15 countries, *J. Radiol. Prot.*, **30**, 121–129 (2010).
 - 17) Canadian Nuclear Safety Commission; Verifying Canadian nuclear energy worker radiation risk: a reanalysis of cancer mortality in Canadian nuclear energy workers (1957–1994) Summary report INFO-0811 (2011).
 - 18) E. CARDIS, M. VRIJHEID, M. BLETNER, E. GILBERT, M. HAKAMA, et al; Risk of cancer after low doses of ionising radiation: retrospective cohort study in 15 countries, *BMJ*, doi: 10.1136/bmj.38499.599861.E0 (2005).
 - 19) S. KUDO, J. ISHIDA, K. YOSHIMOTO, S. MIZUNO, S. OHSHIMA, H. FURUTA and F. KASAGI; Fifth analysis of mortality of nuclear industry workers in Japan, 1991–2010, *Jpn. J. Health Phys.*, **51**, 12–18 (2016) (in Japanese).
 - 20) M. P. LITTLE; Ionising radiation in the workplace, *BMJ*, **351**, h5405 (2015).

- 21) S. IWAI, T. SEMBA, K. ISHIDA, S. TAKAGI and T. IGARI; Epidemiological studies of radiation workers in nuclear facilities. *J. At. Energy Soc. Jpn.*, **59**, 377–384 (2017).
- 22) H. M. ARRIGHI and I. HERTZ-PICCIOTTO; The evolving concept of the healthy worker survivor effect. *Epidemiology (Cambridge, Mass.)*, **5**, 189–196 (1994).
- 23) S. KUDO, J. ISHIDA, K. YOSHIMOTO, S. MIZUNO, S. OHSHIMA and F. KASAGI; Mortality among Nuclear Industry Workers Considering Radiation Dose and Duration of Employment. *48th Annual Meeting of Japan Health Physics Society*, **42**, (2015) (in Japanese). Available at: <http://www.rea.or.jp/ire/pdf/20150703announce.pdf>, Accessed 23 October 2018.
- 24) K. LEURAUD, D. B. RICHARDSON, E. CARDIS, R. D. DANIELS, M. GILLIES, J. A. O'HAGAN, et al.; Ionising radiation and risk of death from leukaemia and lymphoma in radiation-monitored workers (INWORKS) : an international cohort study. *Lancet Haematol.*, **2**, e276–e281 (2015).
- 25) M. GILLIES, D. B. RICHARDSON, E. CARDIS, R. D. DANIELS, J. A. O'HAGAN, et al.; Mortality from circulatory diseases and other non-cancer outcomes among nuclear workers in France, the United Kingdom and the United States (INWORKS). *Radiat. Res.*, **188**, 276–290 (2017).
- 26) M. VRIJHEID, E. CARDIS, P. ASHMORE, A. AUVINEN, J. M. BAE, et al.; Mortality from diseases other than cancer following low doses of ionizing radiation: results from the 15-country study of nuclear industry workers. *Int. J. Epidemiol.*, **36**, 1126–1135 (2007).
- 27) REA, Nuclear Regulatory Agency commissioned report: Epidemiology study of effects of low dose radiation on human health. The fifth report 2010–2014, Radiation Effect Association (2015) (in Japanese).
- 28) R. WAKEFORD; The growing importance of radiation worker studies. *Br. J. Cancer*, **119**, 527–529 (2018).
- 29) E. L. FROME, D. L. CRAGLE, J. P. WATKINS, S. WING, C. M. SHY, et al.; A mortality study of employees of the nuclear industry in Oak Ridge, Tennessee. *Radiat. Res.*, **148**, 64–80 (1997).
- 30) S. KUDO, J. ISHIDA, K. YOSHIMOTO, H. FURUTA and F. KASAGI; Differences in the methods used in radiation epidemiological cohort studies among nuclear workers in each country. *Jpn. J. Health Phys.*, **52**, 265–274 (2017) (in Japanese).



工藤 伸一 (くどう しんいち)
 (公財)放射線影響協会放射線疫学調査
 センター統計課所属。1991年より放射
 線業務従事者を対象とした疫学調査の統
 計解析を担当している。
 E-mail: s_kudo@rea.or.jp