

厚生労働省労災疾病臨床研究事業費補助金

放射線業務従事者の健康影響に関する疫学研究

(東電福島第一原発緊急作業従事者に対する疫学的研究)

第二期 (令和元年度～令和5年度)

第三者評価委員会報告書

委員長 圓藤 吟史

令和5年3月

目 次

はじめに	1
◆第三者評価委員会報告書	
第1章 第二期研究に対する評価	
1. 研究参加者の確保・研究実施体制・健康調査結果	3
2. 科学的な健康評価	
1) ベースライン調査	4
2) 統計検出力と分析方法	4
3) 線量評価	7
4) 死因調査	8
5) がん罹患調査	8
6) 甲状腺がん調査	9
7) 白内障調査	10
8) 心理的影響調査	11
9) 健康管理データベース	11
第2章 第三期にむけての提言	
1) 研究体制	12
2) コホートの追跡と分科会並びに研究組織	12
3) 統計的検出力と分析方法	15
4) 線量評価	15
5) 死因調査	15
6) がん罹患調査	16
7) 甲状腺がん調査	16
8) 白内障調査	17
9) 心理的影響調査	17
10) 健康管理データベース	18
第3章 第二期研究に対する評価と第三期に向けての提言【要約】	19
別紙 研究体制	23

◆統括および分担研究報告書

1. 統括本部	25
2. 臨床調査分科会 I	27
3. 臨床調査分科会 II	30
4. 解析評価分科会	35
5. 線量評価分科会	37
6. 死因・がん罹患調査分科会	41
7. 甲状腺がん調査分科会	44
8. 白内障調査分科会	48
9. 心理的影響調査分科会	50
10. 健康管理データベース分科会	52

はじめに

厚生労働省の労災疾病臨床研究事業費補助金を受け、令和元年度より独立行政法人労働者健康安全機構労働安全衛生総合研究所において「放射線業務従事者の健康影響に関する疫学研究」が開始された。

本研究は、平成23年3月に発生した東京電力福島第一原発の事故対応に当たった約2万人の緊急作業従事者を生涯にわたって追跡調査し、放射線の健康影響等を解明することを目的とする。

本研究では、前述の補助金公募要項において、5年に1回程度の頻度で、「国際的に研究実績が評価されている研究者を含んだ独立委員会（第三者委員会）を設置し、国際的な立場からの評価を受け、その結果を報告書にまとめて国際的に発信する必要がある」と示されていることに基づき、令和4年度、令和元年度からの研究評価を受けるために、関係学会からの推薦を受けた有識者を委員とする第三者委員会を設置し、以下のとおり委員会を開催した。

委員会では、統括本部および各分担研究者によるこれまでの研究報告を行い、これらを互選による委員長の主導のもと審議が行われ、主体性をもって本報告書がまとめられた。

末筆ながら、第三者委員会の委員長の任をお引き受けいただき、ご尽力いただいた圓藤吟史先生、その指名により副委員長として本報告書のとりまとめをいただいた立道昌幸先生、ならびに適確なご意見をいただいた委員各位に対して、心より御礼申し上げる次第である。

第三者評価委員会開催日時

第1回	令和4年11月28日（月）	13:30-17:30	フクラシア八重洲東京
第2回	令和4年12月7日（水）	13:30-17:30	フクラシア八重洲東京
第3回	令和5年2月20日（月）	13:30-17:30	フクラシア八重洲東京

第三者評価委員会名簿

上島 弘嗣	滋賀医科大学 NCD 疫学研究センター 特任教授
圓藤 吟史*	中央労働災害防止協会 大阪労働衛生総合センター 所長
大前 和幸	慶応義塾大学 名誉教授
甲斐 倫明	日本文理大学 教授
北岡 隆	長崎大学大学院医歯薬学総合研究科 眼科・視覚科学教室 教授
酒井 一夫	公益財団法人放射線影響協会 理事長

鈴木 元	国際医療福祉大学クリニック 院長
立道 昌幸**	東海大学医学部基盤診療学系 衛生学公衆衛生学 教授
堤 明純	北里大学 医学部 公衆衛生学 教授
東 尚弘	国立がん研究センターがん対策研究所 がん登録センター 東京大学大学院医学系研究科 公衆衛生学 教授

* : 委員長、 ** : 副委員長

令和 5 年 3 月 31 日

独立行政法人労働者健康安全機構労働安全衛生総合研究所
労働者放射線障害防止研究センター長
「放射線業務従事者の健康影響に関する疫学研究」
研究代表者 大久保利晃

第三者評価委員会報告書

第1章 第二期研究に対する評価

1. 研究参加者の確保・研究実施体制・健康調査結果

放射線業務従事者の健康影響に関する疫学研究（NEWS）において、研究対象母集団（19,812人）のうち、研究開始からの6年間で累積研究参加者が8,023人、累積健診受診者が6,286人に達したことは、研究者の努力として評価されるべきものとする。

本研究班代表者（大久保利晃）の、放射線影響研究所（以下「放影研」）から労働安全衛生総合研究所への移動にともなう業務の引継ぎは、第一期に収集したデータ（紙資料、電磁的記録、電磁的記録媒体）等の移譲から始まり、プライバシー保護の観点からも多大な労力と注意を必要とする業務であったと思われる。その後あらたに開始された、郵送調査方法による研究対象者の募集、研究同意取得の努力は、かつて放影研で行われたことのある被ばく対象者での追跡調査経験を生かして実施された。本研究では第一期、第二期を通じて、大きな支障なく研究を継続できたことは、分担研究者を含めた研究組織全体の努力の成果と言える。

本研究対象者の住所その他個人情報、国が東京電力（以下「東電」）の協力を得て作成、維持しているデータベースから毎年情報提供を受けている。一方、本研究でも疫学調査の結果、個別に随時住所変更などの情報を入手しており、結果として情報に時差が生じ、対象者本人に連絡を取るうえで支障が生じている。例えば、本人が住所変更を一方に通告した後で、その情報が別事業に提供され別事業のデータベースが更新されるまでの間に、別事業から旧住所に連絡してしまう不都合がこれまでに複数回生じているという。同一人を対象にしたデータベースが複数存在している状態はこの種の研究を進める上で好ましいことではなく、データベースの共有化が望まれる。

参加者リクルートの努力は、郵便調査以外でも継続されており、その成果は一定の評価ができる。協力健診機関の減少は残念であるが、本部主催の集中健診などの新しい試みで受診者数の確保を目指していることは評価できる。

全国展開している測定機関であれば精度管理がされており、その測定精度は向上している。したがって、一般的な臨床検査項目については、これまで行われていた1か所の検査機関に分析作業を集約する方法は、その作業負担の得失や、長距離輸送による時間的格差を考慮すると、意義が減少したのではないかという見解に賛同する。一方、放射線障害に特有の検査項目や画像診断については、研究代表者の元に集約して同一条件で管理するのが望ましい。特に画像は使用機器や読影者による差が無視できないので、電子データ（あるいはフィルムデータ）として研究代表者の下で管理保存することが望ましい。

2. 科学的な健康評価

1) ベースライン調査

ベースライン調査参加者 6,031 人（令和 4 年 12 月 31 日時点）について、緊急作業従事期間中の被ばく線量（mSv）と問診票に基づく社会経済状態および生活習慣との関連が分析された。被ばく線量と今後の疾病罹患、死亡等との因果関係を分析するに当たって、被ばく線量間におけるこれらの基本的な属性の異なりの有無を検討し、交絡要因となりうるものを描出し、その制御方法を理解しておくことは、きわめて重要である。

その点において、100mSv 以上の最も高い被ばく線量群の平均年齢は、全体の平均年齢（52.2 歳）よりも 2.8 歳若齢に偏っていることが明らかになった。100mSv 以上の群では、東電の労働者が占める割合が 85.2%と高く、全体の平均の 37%を大きく上回っていた。年齢が若いという特性は、質問票による高血圧、糖尿病、循環器疾患の有病率が低被ばく線量群より低いことと関係している可能性を示唆している。一方、東電の労働者が多いという特性は、検査を受ける機会が高く、また、その検査による疾病所見の発見率が高くなり、特に、白内障や甲状腺疾患を既往歴として問診票に記載する率が高くなるということと関連しているようであった。

次に被ばく線量の高い群（50～99mSv）の平均年齢が全体の平均年齢よりも 1.9 歳若齢に偏っていた。同時に大卒以上の割合が低く、既婚率が高く、余暇身体活動の高い人が多く、飲酒率が高く、喫煙率が低いことと関連しているようであった。

その他の項目の分析も含め、今回のベースライン調査成績に基づく分析は、今後の被ばく線量と疾病発症の因果関係の検討において、十分に考慮されるべきものであることを明瞭に示した。

2) 統計検出力と分析方法

第一期に行った検出力の試算では、仮に研究参加者を 7,200 人とした場合、7,200 人×40 年=288,000 人年を用いて、現在原爆被爆者の疫学調査から推定されているリスク推定値を前提にして、がん発症率が放射線被ばくによって 10%増加することを 80%の検出力で観察することは、今後 40 年の追跡を継続しても到達できない。つまり、放射線による影響を検出可能にするためには、研究参加者の 7,200 人ではなく、対象者全員（約 2 万人）を 40 年以上追跡する必要があるというのが結論であった。その後、甲状腺がんを含むがん種別に検出力を再計算する必要があるとの第三者評価委員会からの指摘を受けて、第二期ではがん種別の検出力計算が行われた。

第二期の検出力の計算結果は、いずれのがんにおいても 40 年間の追跡では検出力は最大 10%程度となることを示した。追跡期間を 20 年から 40 年に延長しても、また 2 倍の参加者数増加を見込んでも、どの組織のがんにおいても検出力の増加は数%程度で大きな向上は見出せないと結論した。

検出力の計算において多くの仮定を用いているが、それらの仮定の変更によっては検出

力の結果に影響を与える。低線量における放射線の過剰相対リスク（ERR）の仮定では、これまで報告されているよりも高いERR（2倍から10倍まで）の計算結果が報告されている。全がんと甲状腺がんにおいては、5倍以上高いERRであれば検出できる可能性が示された。甲状腺がんについては、チェルノブイリ除染作業者の疫学調査報告のERRを用いている。チェルノブイリ調査では、甲状腺のスクリーニングが行われており、その過剰診断による影響、および安定ヨウ素摂取不足による影響がERRの推定値にバイアスを与えている可能性がある。検出力の計算に用いられた甲状腺がんのERR=3.8 per Gyは、原爆データで推定されているERRよりも高い数値である。原爆被爆者の調査において、成人期の被ばくによる甲状腺がんリスクは、微小がんを除外した解析では、ほとんど検出できない（Furukawa et al. *Int. J. Cancer*: 132, 1222–1226 (2013)）。

一方、甲状腺潜在がん（Ezaki et al. https://doi.org/10.1269/jrr.32.SUPPLEMENT_193）および結節をエンドポイントとした解析では、線量との有意な相関が報告されている。超音波検診を実施すると有病率がパーセントオーダーの微小がんを検出することになるため、従来微小がんあるいは潜在がんとして解析対象にならなかった甲状腺がんに対する放射線影響の有無を検出する可能性がある。検出力の再検討が必要である。一方、交絡因子の影響を無視した検出力の計算は過大評価になる可能性がある。少なくとも、肺がんについては喫煙の影響を加味した検出力の計算を行う必要がある。

緊急作業者の中には、放射性ヨウ素を吸入し、甲状腺被ばく量が高い集団が含まれる。そこで、甲状腺の線量を推定し、甲状腺がんだけでなく、放射線感受性が高い可能性が示唆される甲状腺の良性疾患の検出力も調べておくことが今後の疫学調査において有用な情報になるかもしれない。

疫学調査で放射線の影響がないことを証明するのは理論的に不可能である。今回の検出力の計算では、原爆被爆者の疫学調査で推定されているリスク推定値を検証することは困難であることを示した。しかし、検出力が低くても、現在国際的に行われているプール解析による大規模疫学調査と異なっている特徴は、線量測定の高質、交絡因子の調査が十分に行われている点にある。本コホートの特性を活かして、放射線疫学調査（Japanese epidemiological study on low-dose radiation effects, J-EPISODE）の研究にあるように（Kudo, et al. *Health Phys.* 2022）、交絡因子のリスク比較によって作業者の健康管理の視点からの情報、すなわち放射線リスクよりも生活習慣の改善がリスクの低減策につながるというメッセージを、エビデンスに基づいて発信できることの意義は大きいかもしれない。この点からの解析が今後期待される。

詳細な検出力計算の結果、現状想定される放射線の影響の範囲では、対象者全員を長期間にわたって追跡しても、十分な検出力が得られる可能性は低く、今回の事故に対する緊急作業の放射線の影響がないことを証明することは不可能と考えざるを得ないし、逆に影響があると結論できるほどの大きなERRが算出される可能性もこれまでの知見から考えにくい。そのため、今後解析結果が出てきた時にどのように発表し、社会的コミュニケー

ションをしていくかの問題を考えておかなければならない。一つの方法としては、P 値の値を原義通り解釈して、放射線の影響がないのが真実である（帰無仮説が正しい）時に、現状の観察値（以上の極端値）が出てくる確率が P であるという説明をする。あるいは、社会的に許容範囲のある値（例えば運動不足による ERR） $ERR=X$ が真であるときの、観察値が出てくる確率を報告する、など、選択肢を広くとり慎重に検討する必要がある。いずれにしても一筋縄ではいかない表現になる可能性が高い。そのような状況に鑑み、解析評価の役割を超えるかもしれないが、全体の方向性に関して、リスクコミュニケーションの方法に関する知見を準備しておく必要があるかもしれない。

被ばく線量とがん発症リスクの検討を行うことが、本研究班の大きな役割であるが、残念ながら、もともと調査母集団、および調査標本数の少ないことによる限界から、検出力が小さいことが解析評価分科会（吉永信治）によって指摘されている。そのため、もう一つの重要な研究である、被ばく放射線量と非がん疾患、つまり有病率で表現される確定的影響、との関連の検討は、対象者数が多く全数を対象にできる調査項目もあり、もし被ばくとの因果関係があるとすると、十分な標本数になると考えられる。その点から、非がん疾患の有病者や測定値の調査方法を明らかにし、どのような指標を使えば、被ばく線量と非がん疾患との関係の分析における交絡を制御できるか、またバイアスを補正することができるか、という基礎的検討を行うことは重要である。

臨床調査分科会（Ⅱ）の目標は、将来実施する放射線とがんや非がん疾患の罹患および死亡などをエンドポイントとした疫学解析において、この集団でどのような交絡因子が想定されるかを明確にしておくことである。その観点から、本分科会の研究目標として掲げられた以下の 2 項目は妥当である。

- ① 「緊急作業従事者の就労・生活背景、また産業保健、医療受療環境等の健康管理状況等の社会的因子とそれらによる健康影響を明らかにする。」
- ② 「研究評価、健康診断及び事後指導において必要となる緊急作業従事者の社会的背景を理解できる情報を提供する。」

第二期の成果として、学歴と収縮期血圧、白血球数、HbA1c、 γ GTP 等との有意な関連が認められ、年齢調整後にも学歴と喫煙率や飲酒習慣との逆向きの関連が認められた。同様に、年収と喫煙率の逆向きの関連が認められた。これらの結果は、学歴が高いほどヘルス・リテラシーが高いという一般的な仮説を支持しており、がんや非がん疾患をエンドポイントとした疫学解析において、これらの社会的因子が交絡要因となることを意味している。一方、他の職業被ばく集団では学歴が低いほど現場勤務が多く、低収入で被ばく線量が高い傾向であるのに対し、本研究集団では、100mSv 以上の最も高い被ばく線量群では東電社員が占める割合が高く、学歴が高く、年収が多いという特徴がある。これは、一般の放射線作業従事者とは逆方向の関連であるため、疾患をエンドポイントとする解析をする際には東電社員か否かと、個々の影響因子のあいだに交互作用がある可能性が高いことに注意が必要である。循環器疾患をエンドポイントとする疫学解析においては、病態生理学的に

発生と関連する強いリスク因子（喫煙や大量飲酒など）のほか、精神的ストレスなどもリスク因子として知られている。また、飲酒量は中等量まではむしろプロテクティブに働くなど、疾患発症に係わる作用が線形でない。第二期までに収集したデータで十分かどうかを検討されたい。

また、本集団において避難経験の有無と被ばく線量に関連があった。この点に関して踏み込んだ解析はなされていないが、単純に考えれば、元々避難地区に居住し原発に勤務していた東電や関連企業の職員の多くが緊急事態として被ばく線量が高い業務に従事し、かつ必然的に避難せざるをえなかった事を反映していると思われる。一方、避難経験の有無は、社会的精神的ストレスのレベルと関連する事も考えられる他、居住地の生活環境（町中 vs. 田園）にも関連する可能性がある。心理社会的ストレスおよび居住地の生活環境は、過去の疫学調査でがんや非がん疾患との交絡が認められているため、避難経験の有無と関連するより適切なパラメータを検討する必要がある。

社会的因子としてのヘルス・リテラシーには、運動習慣や食習慣、および定期的な健康診断受診率などが含まれるが、これらの因子は本研究でカバーされているのかどうか、確認したい。

3) 線量評価

放射線疫学において臓器線量は被ばく影響を調べる重要な指標である。外部被ばく線量は個人モニターの情報をベースに臓器線量を推定するため、比較的精度の高い情報を得ることが可能であるが、内部被ばく線量推定では、ホールボディ検査（WBC: whole body counter）による情報と空気中の核種濃度分析データに基づく間接的な臓器線量評価になる。そのため、臓器線量のレベルに応じた推定値の不確かさを評価しておくことがポイントとなる。

第一期において、個人線量計指示値から法令で定められた実効線量を適切に評価できているかを調べた実験では、RANDO ファントムを用い、線源からの照射方向依存性を ROT（回転照射での実効線量）と ISO（等方照射での実効線量）で調べた結果、個人線量計指示値を使用することの妥当性を確認している。今後は ICRP の線量換算係数などの情報を用いて臓器線量を評価していく必要がある。事故後の線源からの照射方向やガンマ線エネルギーの情報が不確かな状況において、臓器線量の推定の精度も評価しておくことが期待される。

第二期において、 β 線による水晶体等価線量を個人線量計の指示値から推定する研究では、 β/γ 線量比をシミュレーションによって推定し、全面マスクによる β 線遮蔽性能実験を行った。この実験によって個人線量計の指示値から β 線の水晶体等価線量に換算するための補正係数を算出したことで、個人線量計で測定できていなかった水晶体の β 線による線量を適切に推定することが可能になった。この補正係数を用いた水晶体線量の推定では、 β/γ 線量比に用いた情報の不確かさなどから、水晶体の線量（ β 線 + γ 線）推定値の不確かさを評価しておくことも必要であろう。

内部被ばく線量評価では、厚労省を通じて得た実効線量以外の詳細情報を取得したことで、ヨウ素とセシウムの合計値としての実効線量から核種ごとの線量寄与を推定することが可能になり、内部被ばくによる臓器線量の推定精度が高まることが期待される。WBCで測定された情報を基礎に、I-131とCs-137の空气中濃度比などの情報を用いて、I-131が検出されていない作業員の甲状腺線量を推定する基礎ができた。また、短半減期核種（I-132、Te-132など）からの甲状腺線量への寄与を明らかにするために、炉内インベントリー比を用いた推定法を作成した。この方法は短半減期核種の推定には有効といえるが、摂取日による時間が核種存在比に大きく影響する、また、化学形も線量推定に大きく影響する要因であることから、不確かさの評価は避けられない。一定の線量となる場合にその線量推定の不確かさを評価しておくことが期待される。さらに、事故後安定ヨウ素剤を服用開始した後は、I-131の内部被ばくが抑制されるためI-131/Cs-137比に基づく甲状腺線量評価においては、安定ヨウ素剤服用の有無、服用時期の情報が必須である。

これらの推定法によって得られる甲状腺線量などの臓器線量のレベルに応じた精度をさらに高めていく必要がある。とくに、実効線量で250mSvを超えた作業員の甲状腺線量の推定精度に注目すべきである。

転座染色体の頻度を指標とした生物学的線量評価は物理的に推定した臓器線量の妥当性の検証に有用となるものである。実効線量で70mSv以上の作業員を対象にした74人の解析が進められている。緊急時作業から受けた被ばく線量の推定には、喫煙歴および医療被ばく歴が影響することがわかっている。そのために、転座染色体の頻度だけから緊急時作業による放射線被ばく線量を推定することはできない。CT検査の回数、喫煙歴（喫煙数など）に加えて年齢に伴う自然放射線からの蓄積頻度を加味した評価が必要であり、その精度を高めるための情報収集（医療被ばくと喫煙数）が不可欠である。情報不足および個人間のばらつきを加味した線量推定の不確かさを評価しておくことが期待される。

4) 死因調査

原発事故における放射線業務従事者19,812人における死因調査に関しては、同意の取得に精力的に取り組まれており追跡可能な対象者に対して可能な限りの努力をされている点は評価に値する。研究参加者の中で死因調査に対する同意が得られているのは3,646人（18.4%）と少ないが、これは、研究当初不要と考えられていた死因調査に対する同意取得を研究開始後途中から始めたためである。同意取得状況から、また、今後同意取得が得られる見込みの件数を加えても、サンプルサイズとして死因の解析はほぼ困難と思われる。

この点に関する解決策は第三期に向けての提言にて言及する。

5) がん罹患調査

原発事故後の放射線業務従事者においてがん罹患が増えるのかという疑問は社会の中心的関心事項であるために、がん罹患の正確な把握は非常に重要であることは言うまでもな

い。がん登録の利用に対する同意が7,537人から得られており、全国がん登録と継続的に照合してがん罹患を追っていくことは重要である。

しかし、本研究の対象者で同意が得られているのは7,537人と全緊急作業者の約半数に満たない。そのため同意が得られていない対象者の追跡が課題と考えられるため対策を提言に記す。

また、2015年以前のがん罹患は地域がん登録で補足することとなっている。放射線ばく露からがん罹患までの潜伏期間を考えると、この時期の罹患は少ない可能性が高いが、データの完全性を確保する意味では、数県ずつでも分けて47都道府県の罹患を調べる価値があると思われる。

6) 甲状腺がん調査

第一の研究課題は、平成25年度厚労科研費「東京電力福島第一原発作業員の甲状腺の調査等に関する研究」班（主任研究者 祖父江友孝、以下旧研究班）の要精検者に対する精検結果、および、過去の甲状腺超音波検査の結果の収集と解析は、旧研究班のデータを本研究に利用するための課題である。令和2年度報告書の時点で、対象者2,064人中、本研究へのデータ利用同意のとれた627人のデータを入手したことが報告されている。このうち、ベースライン調査で甲状腺超音波検査を受けたのは531人（ばく露群274人、対照群257人）であった。627人以外の旧研究班のデータを追加で取得する可能性があるのであれば、努力を継続してもらいたい。

第二の課題である緊急作業員約2万人の対象者全体に対する甲状腺超音波検査の実施方法を検討する本研究は、旧研究班のデータおよびNEWS調査で新たに実施する甲状腺超音波検査の同意、検査の精度管理などのデータを統合収集する調査である。その結果、甲状腺検査への同意は、ベースライン調査対象者6,006人中4,633人（77.1%）、縦断調査対象者1,326人中1,101人（83.0%）と高い率で同意が得られている事は評価される。さらに、甲状腺超音波検査の精度管理として、検査員向けの講習会を実施し、認定技師を養成してきた。また、甲状腺超音波検査情報システムを構築し、自治医大に画像データと所見を送信し、精度管理委員会が判定を行う中央判定の仕組みを完成し、運用してきた。これらの成果により、精度を保ちながら甲状腺超音波検査を進める体制ができあがったと評価される。

両課題ともに順調に調査が進んでいる。第三期においては以下の点に配慮し、さらに調査を進めて欲しい。

縦断調査集団の定義が明確に示されていないので、報告書に記載するようにして欲しい。令和元年度の分担報告書では、「厚労大臣指針では、指定緊急作業等に従事した間に受けた実効線量が100mSvを超える者は、3～5年に1回甲状腺検査を受けることとされている。」との記載があるが、実際の縦断調査集団は100mSv未満の者が大部分を占めており、縦断調査集団をどのように構成したのかが不明である。

データ解析は順調に進んでいる。実効線量が50mSv以上の集団で甲状腺がん罹患割合が

やや高い傾向がある。一方、結節やのう胞や甲状腺機能低下症に関しては、受診時年齢が上がるとう病率が上昇するが、実効線量とう病率の関連は見られていない。甲状腺がん罹患率とう線量の関連は、交絡やバイアスが存在しているため、さらに精緻な解析を行う必要がある。低線量群で超音波検査ができない協力健診機関への受診割合が多いといった検査供給体制の面でのバイアスのほか、高線量群で検査同意率が高い傾向が見うけられる。実際、実効線量が高い集団のほうで超音波検査回数が多い結果となっている。

超音波検査の精度管理という面では、一次検査の画像の中央判定を行っているところ、線量の高い50mSv以上の集団での中央判定率がベースライン調査で66.7～72.9%であるのに対し10mSv未満では47.1～50.7%と低く、縦断調査集団でもそれぞれ93.3～100%に対し79.3～85.7%と低くなっている。サンプル調査で良いので、地方の判定と中央判定に系統的違いが無いかどうか、検討しておく必要がある。さらに、二次検査での画像診断および針生検の実施判断に関する精度管理はなされていないことから、日常的に甲状腺がんの症例数を多数見ている施設と、少ない地方の施設とにより、長径10mm未満の微小がんに対するactive surveillanceの学会ガイドラインへの遵守度が異なる恐れがある。active surveillanceの学会ガイドライン遵守に地域的な揺らぎがあると発見率の交絡要因となるので注意が必要である。

以上、研究は順調に進んでいるが、バイアスの原因となりうる要因があり、その影響を解析しておく必要がある。

7) 白内障調査

白内障は水晶体の混濁であり、最も大きな危険因子は加齢であるが、放射線も明らかな影響を持っている。白内障は手術により視力を回復でき、診断されると軽症のうちには手術が行われる傾向があり、発症メカニズムや疫学の研究を難しくしている。放射線影響の研究は白内障発症メカニズム研究の端緒を開く可能性があり重要である。

今回の検討では、かなりの数の検診を行ない、徹照法で検出されるVacuoles等を詳細にみており、評価できる。特に最近では白内障手術が早く行われる傾向にあり、はっきりとした水晶体の変化である皮質白内障等を検討するだけでは経過を追うことができず、初期変化であるVacuolesを徹照カメラで検出しており、その結果30～40歳であってもVacuolesが検出されていることやVacuolesを伴っていても視力そのものは良好なことが多いことなどを見出しており、世界初の大規模での結果で評価できる。

従来の研究では水晶体混濁分類システム(LOCS: lens opacities classification system)分類等を使用しており、検者の主観が入る余地が多かったが、徹照カメラでは白内障の初期変化であるVacuolesの検出に優れ、十分な徹照が得られない場合に眼科医がその原因を検証している研究手法は評価できる。しかしVacuolesの変化検出が細隙灯顕微鏡検査では難しく、細隙灯顕微鏡検査のみしか行っていない場合、両検査の所見の比較・整合性が問題になる。

東電職員のアンケート調査では高線量の人に白内障が多かった結果がでていますが、高線量の人が受診しやすい状況ではなかったかという点と、徹照カメラでの Vacuoles を含む Stage1 を白内障と理解してアンケートに答えていた可能性があり、注意が必要である。この点からも水晶体の初期変化と白内障の定義をはっきり分ける必要がある。

ヒトの眼による観察では徹照カメラ、細隙灯検査の結果を標準化しにくく、AI の導入が望まれていたが、白内障の初期変化である Vacuole の自動検出を行っており、感度 90%、特異度 96% と優れた結果が得られ、標準化への道が開かれ評価できる。

8) 心理的影響調査

線量をばく露要因とするさらなる解析を進めていくとともに、行動を含めた心理社会的影響への継続的な調査観察が必要である。

解析・分析にあたっては、年齢、教育歴を含めた主要交絡要因を調整した評価を行うこと。それぞれのイベントの解析時に交絡を調整するために、一般集団でもどのような因子が交絡になるのか？という視点での交絡要因の文献的考察が十分になされることが肝要である。

不安・気分障害の増悪因子となっているライフイベントについては、最近1年間の「仕事上の出来事（昇進、配点、仕事上のトラブル）」「自分自身の病気・けが」「東電職員に対する差別」、「避難経験」、「家族離散・別居」それら以外の個人的な出来事（結婚、離婚、転居、交通事故など）、および、家族の問題（病気、死亡、その他）の経験が高頻度であったと報告されているが、これら項目のうちのいずれが増悪因子となっていたかの解析がされることが重要である。

9) 健康管理データベース

緊急作業従事者の健康管理データベースを構築して、生涯にわたる総合的な健康状態の継続調査（PHR: Personal Health Record）、および、その活用による利用者の健康の維持増進に貢献するとする考え方は好ましいものと考えられる。長期健康調査は、これから高齢化を迎える研究参加者に対する健康度向上に、大きな貢献が期待される。研究対象者のフォローアップにも有用な手段として利用できる可能性がある。さらに、対象者のセルフケアを向上させるツールとなっていくことを期待する。

研究への継続的な参加を促すための、情報の効果的なフィードバックは重要な課題であり、健診データを利用した健康介入する方法はこれまで多数の実績があることから、ヘルスケアアプリの知見を集約した一層の工夫が望まれる。また、健康に関する介入を行うことから、放射線影響に対するアウトカムが修飾される可能性がある。したがって、これらの介入による生活習慣や健康状態の変化と、放射線障害への修飾がいかなる関連を想定しているか詳細に記述する必要がある。

第2章 第三期にむけての提言

1) 研究体制

第二期の5年間と第三期以降の30年間の追跡期間が予定されている本疫学研究を統括し指揮するのは、研究本部である労働安全衛生総合研究所労働者放射線障害防止研究センターである。配布された第3回第三者委員会資料では4名、HP上では2名の研究員が本センター所属のようであるが、全員昇給も賞与もない非正規研究員である。今までは属人的な力によって研究が継続されていると推測するが、「非正規研究員のみ組織」という有り様は、今後30年間の調査を継続しなければならない組織としては異様であり、脆弱であり、現研究員にとっても、将来、研究参加を志す若い研究員にとっても不安定であり魅力的ではない。本疫学研究の遂行を指示しスポンサーとなっている厚生労働省および受託機関である労働者健康安全機構は、本研究が国際的にも国内的にも日本にとって学問的に重要な研究と認識しているのであれば、労働者放射線障害防止研究センターを今後30年間の追跡に耐えうる強靱な組織に変革することを提言する。

また、分科会から「当方らはそもそも研究業務専属機関・人員ではないので、研究環境の確保が難しい。」との指摘があり、第三期に向けた研究遂行体制のあり方に関する全体的な検討も必要である。

そうした中、研究本部と各分科会との役割分担が明確でなく、第三期の調査に向けた調査方針と体制に関し「最終的な放射線被ばく等の主要な健康影響評価における交絡因子の選定及び検討は、統括本部により行われる」とされているものの統括本部の位置づけとして、研究本部が統括本部の役割を担えるのか、あるいは研究本部と各分科会が共同して統括本部を組織して担当するのか課題として残る。

2) コホートの追跡と分科会並びに研究組織

郵便調査での返信数や新規参加希望者数は残念ながら多くはなく、今後も大きな増加は見込めないと予想される。新規研究参加者のリクルート努力は第三期でも継続していただきたいが、もっと重要で最大の注力が必要なのは、現在の研究参加者6,000人強の追跡・確保・脱落防止である。参加率は30%程度と不十分としても、追跡率が高ければ、解析データの信頼性は格段に高くなる。追跡率を向上させ、コホートの特性を正しく理解するためには、研究に参加している人たちだけではなく、全ての緊急作業者の社会経済的な特性を理解する必要がある。緊急作業者は、所属企業だけでも数千社以上に及び、社会経済的な背景もさまざまである。それに加えて、被ばく線量などの条件により、各種の健康診断など国や事業所からの支援事業が交錯競合している。さらに対象者の退職に伴い、健康診断の実施主体が職域から地域に移行しつつある。そのような状況下で、「東電福島第一原発緊急作業従事者に対する疫学的研究のあり方に関する専門家検討会」の方針により健診項目にがん検診を実施することになっているが、予算的に実行不可能である。5年に1回

のがん検診に意義があるのか検討する必要がある。また、甲状腺と前立腺はがん罹患が有意に増えており、過剰診断の疑いについても検討が必要である。今後、長期間にわたりコホートを継続するためには、この機会に各種の事業を統合するなどの効率化を検討すべきと思われる。

「厚労省には独自のデータベース」があり、本研究はそれを活用しており、また、事業者は事業者で記録を持っている。各組織それぞれで対応するのは非効率であり、本研究にデータ集約あるいはデータ照合することが必須と考える。

限りある人的・金銭的資源の中で、必要な研究には資源を投入し、優先順位の低い研究は整理することも重要である。例えば、以下の項目が挙げられる。

臨床調査分科会（Ⅰ）：原爆被爆者の寿命調査（The Life Span Study, LSS）コホート類似の研究は興味深いのが、放射線曝露シナリオが異なるという点を除けばLSSを凌駕することは困難と推定され、集団代表性や参加人数ではNIPPON DATA等を凌駕できないことが予想される。本調査を長期間継続する意義を再検討してほしい。

臨床調査分科会（Ⅱ）：最大の存在意義は、必要な交絡要因の抽出と有無の解析であると考えられるが、第一期、第二期でもその任は未達なのか。

生体試料の保存：将来の調査研究のために血液および尿保存、ヒトゲノム・遺伝子解析調査のために血液保存を行っているが、第三期の健康調査において、研究目的を明確にして血液、尿を保存する対象者や検体を絞ることができないか検討してほしい。

これらを含め、研究班内で吟味してから、中断の決定も含めて、第三期の研究実施体制をデザインしていただきたい。

第一期、第二期の質問票で交絡因子となる要因に関するデータは取得されており、第三期に取得するにしてもその情報量は少なくなると思われる。統括本部で今後の当該分科会のあり方を討議されたい。今後の疫学統計解析においては、現在の班員より疫学統計の専門性の高い研究者の参画が必須であることより、特に「臨床調査分科会（Ⅱ）」にも専門性の高い研究者の供給が必要と考える。

本部主催の集中健診の実施機関として、同一機構内の機関である労災病院の利用を推進してはどうか。例えば、多くの労災病院に設けられ、社会とのつながりに積極的な治療就労両立支援センターを窓口にする等のアイデアは考えられないか。

長期のコホート研究で直面する課題の一つに、診断機器や検査項目測定手法の性能向上により、結果の経時的連続性が損なわれる場合のあることがあげられる。実臨床であればたいした問題にはならない機器等の性能向上に起因する変動も、subclinicalな影響についても研究対象である本疫学研究では、大きな影響を与える変動であり、その対応に難渋する課題である。この課題を継続的に注視する体制も考慮してはどうか。

解析評価分科会（吉永信治）の報告にあるように、もともと、本コホート母集団の対象者数は、がん罹患リスクの検討には十分な検出力を持たないと報告されている。したがって、そのような状況下で必要かつ可能な対処は、今後の研究体制の中で、不断の分析を通

じての交絡要因の制御方法の検討 --- これには、被ばく線量調査の標準化、検査データの標準化等を含む、追跡対象者中の追跡不明率増加の防止、等が必要不可欠である。そのためには、長期間の研究体制が維持できる組織の構築と研究継続の基盤が必要と考える。

第一期、第二期の研究成果で十分な社会的因子の情報が得られているのか、今後さらに新規交絡因子候補に関する情報を取得していく必要があるのかについて、研究本部と分科会で協議して判断していただきたい。

臨床調査分科会（Ⅱ）の分担テーマの社会的因子については、発がんをはじめとする健康影響解析の際の交絡要因情報として重要な意味を有するが、第一期と第二期研究・解析で示された情報以外の重要な情報が、第三期以降の研究で新たに発見される可能性があるのかどうかについて、研究班内で吟味してから第三期をデザインしていただきたい。なお、本分科会の研究環境の確保にも留意すべきである。

本分科会の分析の中で、学歴と採血結果の関係のところでは、収縮期血圧に影響する飲酒の交絡が検討されていなかった。また、同様に、白血球数との関係では、喫煙の交絡が検討されていなかった。それぞれ、飲酒量と喫煙量も共分散分析（analysis of covariance, ANCOVA）で調整しておれば、結果として示されていたものとは異なっていたであろうと推測する。この点は、分担研究者自身が述べているように、研究業務専属の機関および研究員が不在であることと関係している可能性がある。

最終的な放射線被ばく等の主要な健康影響評価における交絡因子の選定についてが可能か十分に検討されるべきものとする。

個別提言として課題を列挙する。

- ① 非がん疾患の同定アルゴリズムを、交絡因子の制御と非がん疾患同定におけるバイアスを補正する方法を探求する検討を、さらに進める必要がある。また、これまでに、東電労働者とそれ以外の労働者では、健診等を受ける機会や質も異なることが想定され、東電労働者・非東電労働者等の違いによる、非がん疾患の発症やその有病率の同定に影響を与える要因の分析が必要である。今後さらに、放影研のこれまでの経験を生かした調査分析に期待したい。
- ② 郵便調査（試行調査）は、定年後に本調査に協力する対象者が増加することを示唆しており、第三期においても郵便調査を継続されたい。
- ③ 500mSv以下の線量域、とりわけ100mSv以下の線量域での心血管疾患のリスクがあるかどうかは、放射線防護の領域で大きな課題となっている。本調査は統計パワーが欠けているため、確率的影響をエンドポイントとする疫学調査に関しては大きな結果を期待できない。一方、大動脈弓部および腹部大動脈の石灰化、頸動脈のIMT（頸動脈の内膜中膜複合体厚）の変化など動脈硬化の初期変化を定量的に評価できれば、興味深い解析になる。そのためには、第三期に向けてXPや超音波検査の画像データを定量的に評価するツール開発を進めることが重要と考える。
- ④ 将来、福島原発事故後の緊急被ばく状況の線量を使った本調査と、計画被ばく時の

放射線量を使った放射線影響協会の放射線作業従事者の疫学調査とのプール解析が可能になると思われる。プール解析をスムーズに実施するためには、交絡因子に関する質問票に両調査で齟齬がないことが重要であり、第三期においては、その点も確認されたい。

3) 統計的検出力と分析方法

検出力の計算は、現在原爆被ばく者の疫学調査から推定されているリスク推定値を検証することは困難であることを示した。しかし、甲状腺がんについての検出力の計算について次の検討が必要である。原爆被爆者の調査において、成人期の被ばくによる甲状腺がんリスクは、微小がんを除外した解析では、ほとんど検出できていない (Furukawa et al. Int. J. Cancer: 132, 1222-1226 (2013))。一方、甲状腺潜在がん (Ezaki et al. https://doi.org/10.1269/jrr.32.SUPPLEMENT_193) および結節をエンドポイントとした解析では、線量との有意な相関が報告されている。超音波検診を実施すると有病率がパーセントオーダーの微小がんを検出することになるため、従来微小がんあるいは潜在がんとして解析対象にならなかった甲状腺がんに対する放射線影響の有無を検出する可能性がある。したがって、検出力の再検討が必要である。

本研究が向かうべきは、現行のリスク推定値の検証だけでなく、なぜリスク推定が困難なのかを、生活習慣などの交絡因子を量的に明らかにすることで放射線リスクの実体を理解することにつながる可能性がある。交絡因子の中でも喫煙や飲酒を定量的に評価し解析することが求められる。解析評価は、NEWSの疫学の限界と特徴を考え、放射線影響が発生したかを調査するために必要なデータ取得し、交絡要因を含めた適切な統計解析によって、放射線リスクの大きさを推定する研究となるように進める必要がある。

4) 線量評価

外部被ばくと内部被ばくそれぞれの線量評価課題を整理し、線量推定の精度を高める研究が行われてきた。しかし、緊急時作業員の物理測定には限界があるため、それを補うための染色体異常頻度測定による生物学的線量評価は重要な補完データとなる。染色体異常の解析を行う上で医療被ばく歴を加味する必要がある。一方で医療被ばく歴は疫学調査に必要な情報でもある。染色体異常頻度を用いた生物学的線量評価をさらに進めると同時に、医療被ばく歴の推定について検討を進めてほしい。緊急作業員の中には放射性ヨウ素の過剰摂取を避けるために、安定ヨウ素剤摂取が行われた。これは甲状腺線量の評価に影響することから、直接測定でない放射性ヨウ素の摂取推定による評価の場合にはこの因子を評価する必要がある。

5) 死因調査

本研究は、人類の世界史に残る未曾有の原発事故における放射線障害の調査として、世

界からの関心度も高く、研究としては死亡、並びに死因に関するハードアウトカムについては当然ながら全数を持って解析する必要がある。疫学研究は、長期に渡る追跡が必要であることから、研究に関する倫理指針は数年毎に大きく変わりながら今日に来ている。そして将来変わる可能性も想定できる。予測できない指針の変更にて巨額の税金からの研究費を使用してバイアスのあるデータで放射線障害の理解が減ぜられることは人類にとっても損失である。すでに死亡者も出ていることから同意取得は不可能な状態である。現在は、研究の実施については、国民への還元が重視されている。したがって、今回の研究対象者の死因調査については、科学的倫理の立場、研究に関する法律家の立場、一般国民の立場を含めた検討委員会を立ち上げ、本人同意について、不要、オプトアウトでも可能か等改めて議論することを提言する。

6) がん罹患調査

がん罹患を追跡するには、2015年までの罹患は地域がん登録、2016年以降は全国がん登録に照合することになるが、地域がん登録については47都道府県において2015年までのがん罹患を管理するものであり、2023年現在、ほぼデータは固まっているものと考えられる。一度調査を実施すれば今後実施する必要がないと考えられ、少しずつでも行えば不可能ではないと考えられる。

全国がん登録については同意取得率が低いことがネックになっているが、がん登録等の推進に関する法律においては「国のがん対策の企画立案又は実施に必要ながんに係る調査研究」のための厚生労働大臣による全国がん登録情報の提供を規定した17条においては同意を必須条件とはしていないことに可能性があるかもしれない。

もちろん同意免除の濫用は研究倫理上も避けるべきであることは前提であるものの、社会的重要性および本研究が福島原発事故から学ぶ唯一の機会であるという非代替性にも鑑み、厚生労働省担当課と協議の上、本条による同意免除の適用可能性については検討する価値がある。

7) 甲状腺がん調査

甲状腺がんのSIR（標準化罹患比）が有意に高かったという報告は既存の知見と照らし合わせても理解できるが、期待値の計算に用いられた罹患率が、臨床的な甲状腺がん罹患に基づいているものであれば期待値は小さく計算され、報告書のコメントにもあるように検診による過剰発見が観察値を押し上げていることになり、SIRは過大評価されていることになる。一般集団での検診による臨床症状を呈する前段階の甲状腺がんを含めた甲状腺がん罹患率を基に期待値を計算しないと、科学的なSIRにはならない。しかし、IARCは、核事故後の一般集団に対する甲状腺スクリーニングは実施しないことを推奨している*。つまり、今回防災活動に参加していない非被ばく集団をリクルートして、新たに甲状腺がん検診を実施することは推奨されない。したがって、既存の甲状腺スクリーニングによる一

般集団における甲状腺がん罹患率情報を検索して見つければ、その情報を利用して SIR を再計算することが推奨される。既存情報が無い場合は、第二期までにリクルートされた調査集団内で、低線量曝露群（群分類基準については議論の余地はある）を比較対照群とみなして、線量に応じた罹患率の変化を検討する事になろう。ただし、第 1 章で指摘したスクリーニングの受診率や同一人の受診頻度や、中央判定と地方判定での画像判定の精度の違い、あるいは微小がんはすぐさま手術せず active surveillance せよとの学会ガイドラインへの遵守状況に線量と関連して差がないかどうか、発見率に影響を与えられるので、これらの交絡因子（候補）を最終モデルで適切に調整してもらいたい。

* IARC TECHNICAL PUBLICATION NO. 46, THYROID HEALTH MONITORING AFTER NUCLEAR ACCIDENTS, 2018.

8) 白内障調査

第二期最終年として、後囊下混濁の初期段階である Vacuole について検診によるバイアスが入りやすいため、徹照法と細隙灯顕微鏡検査の両検査の所見の比較・整合性の検証が望まれる。

さらに第三期では、以下のような内容を期待したい。まず線量と白内障の関連を解析するにあたっては、やはり「白内障」・「水晶体の変化」の定義の明確化が求められる。「水晶体の変化」や「白内障」の代わりに Stage1 や Stage2 以上といった用語を使用し、主観を排除することが望ましいかもしれない。次に、最近の白内障は早期に手術が行われることが多く、長期に放射線影響を見ていく場合、エンドポイントをどこに置くかを明確にすべきである。今回の放射線影響はごく微小な可能性があり、白内障とまでは言えないかもしれない Stage1 のみにエンドポイントをおく解析と Stage2 以上を含む白内障をエンドポイントとした解析の両方を推奨したい。ただし検診機会が多い東電職員では白内障・水晶体の変化を高率に検出する可能性があり、注意が必要である。白内障では加齢が最も大きな危険因子であるが、年齢以外のリスク因子を検討して欲しい。線量を問題とする場合、医療被ばくと共に、事故対応以外での職業被ばく線量も考慮する必要がある。最後に、ヒトの観察による評価ではバイアスが生じる可能性が否定できず、さらなる AI の活用を期待したい。

9) 心理的影響調査

線量をばく露要因とするさらなる解析を進めていくとともに、行動を含めた心理社会的影響への継続的な調査観察が必要である。

追跡調査は、退職、失業といったイベントや孤立・孤独等の状況を測定予定とのことだが、把握するイベントの時系列を常に確認し、評価にあたっては、要因間の構造を精査し、因果関係の逆転に留意することが、肝要と思われる。

以上より、緊急作業従事者の中長期的な精神的健康を明らかにするという当初目的を達

成するために、引き続き、精緻な追跡調査と解析を進められたい。追跡調査中に発生するイベントがばく露要因とアウトカムの関連に及ぼす影響は単純ではないと推測され、要因間の関連を明確にできるよう調査解析を行われたい。

10) 健康管理データベース

データベースを用いた行動変容を期待するのであれば、単に健診データが基準値からはずれているというだけの情報では不足すると思われる。NIPPON Data などから得られたアルゴリズムを活用して、根拠のあるリスク評価を提供する等の工夫が必要と考える。

データベース構築の目的（生涯にわたる総合的な健康状態の継続調査）に鑑み、資金的な支援を含めて、持続的に事業継続のための検討を行う必要がある。

第3章 第二期研究に対する評価と第三期に向けての提言【要約】

放射線業務従事者の健康影響に関する疫学研究（NEWS）は、国が東京電力（以下「東電」）の協力を得て作成、維持しているデータベースから情報提供を受けるとともに、参加者を募って実施されている。その結果、累積研究参加者数が研究開始から6年間8,023人、累積健診受診者が6,286人に達したことは、参加者の理解と、研究者の努力として評価されるべきものとする。

ベースライン調査において被ばく線量群別にみると、所属企業、年齢、学歴、既婚率といった属性や高血圧、糖尿病、循環器疾患といった有病率などにおいて特徴が認められた。今後のこれらの中から交絡要因となりうるものを描出し、その制御方法を理解した上で、被ばく線量と疾病発症の因果関係の検討にすべきであることが示された。

第二期の検出力の計算結果は、どのがんにおいても40年間の追跡では検出力は最大10%程度となることを示した。しかし、非がん疾患の有病者や測定値の調査方法を明らかにし、どのような指標を使えば、被ばく線量と非がん疾患との関係の分析における交絡を制御できるか、またバイアスを補正することができるか、という基礎的検討を行うことは重要である。また、検出力が低くても、線量測定の高質、交絡因子の調査が十分に行われていることから、作業員の健康管理の視点からの情報、すなわち放射線リスクよりも生活習慣の改善がリスクの低減策につながるというメッセージを、エビデンスに基づいて発信できることの意義は大きいかもしれない。

第二期の成果として、学歴と収縮期血圧、白血球数、HbA1c、 γ -GTP等との有意な関連が認められ、年齢調整後にも学歴と喫煙率や飲酒習慣との逆向き関連が認められた。同様に、年収と喫煙率の逆向き関連が認められた。これらの結果は、学歴が高いほどヘルス・リテラシーが高いという一般的な仮説を支持しており、がんや非がん疾患をエンドポイントとした疫学解析において、これらの社会的因子が交絡要因となることを意味している。

第二期において、 β 線による水晶体等価線量を個人線量計の指示値から推定する研究では、 β/γ 線量比をシミュレーションによって推定し、全面マスクによる β 線遮蔽性能実験を行った。この実験によって個人線量計の指示値から β 線の水晶体等価線量に換算するための補正係数を算出したことで、個人線量計で測定できていなかった水晶体の β 線による線量を適切に推定することが可能になった。内部被ばく線量評価では、ヨウ素とセシウムの合計値としての実効線量から核種ごとの線量寄与を推定することが可能になり、内部被ばくによる臓器線量の推定精度が高まることが期待される。WBCで測定された情報を基礎に、I-131とCs-137の空気中濃度比などの情報を用いて、I-131が検出されていない作業員の甲状腺線量を推定する基礎ができた。また、短半減期核種（I-132, Te-132など）からの甲状腺線量への寄与を明らかにするために、炉内インベントリー比を用いた推定法を作成した。この方法は短半減期核種の推定には有効といえる。

転座染色体の頻度を指標とした生物学的線量評価は物理的に推定した臓器線量の妥当性

の検証となるものである。実効線量で70mSv以上の作業者を対象にした74人の解析が進められている。

死因調査に関しては、同意の取得に精力的に取り組まれており追跡可能な対象者に対して可能な限りの努力をされている点は評価に値する。しかし、今後同意取得が得られる見込みの件数を加えても、サンプルサイズとして死因の解析はほぼ困難と思われる。

原発事故後の放射線業務従事者においてがん罹患が増えるのかという疑問は社会の中心の関心事項であるために、がん罹患の正確な把握は非常に重要であることは言うまでもない。がん登録の利用に対する同意が7,537人から得られており、全国がん登録と継続的に照合してがん罹患を追っていくことは重要である。しかし、同意が得られているのは全緊急作業者の約半数に満たないため、同意が得られていない対象者の追跡が課題と考えられる。

甲状腺がん調査では、第一の研究課題は、平成25年度厚労科研費「東京電力福島第一原発作業員の甲状腺の調査等に関する研究」班（主任研究者 祖父江友孝、以下旧研究班）のデータを本研究に利用するための課題である。令和2年度報告書の時点で、対象者2,064人中、本研究へのデータ利用同意のとれた627人のデータを入手したことが報告されている。627人以外の旧研究班のデータを追加で取得する可能性があるのであれば、努力を継続してもらいたい。第二の課題は、旧研究班のデータおよびNEWS調査で新たに実施する甲状腺超音波検査の同意、検査の精度管理などのデータを統合収集する調査であり、甲状腺超音波検査情報システムを構築し、自治医大に画像データと所見を送信し、精度管理委員会が判定を行う中央判定の仕組みを完成し、運用してきた成果により、精度を保ちながら甲状腺超音波検査を進める体制ができあがったと評価される。

白内障調査では、かなりの数の検診を行ない、徹照法で検出されるVacuoles等を詳細にみており、評価できる。特に最近では白内障手術が早く行われる傾向にあり、初期変化であるVacuolesを徹照カメラで検出しており、その結果30～40歳であってもVacuolesが検出されていることやVacuolesを伴っていても視力そのものは良好なことが多いことなどを見出しており、世界初の大規模での結果で評価できる。従来は水晶体混濁分類システム（LOCS: lens opacities classification system）分類等を使用した検査所見の比較・整合性が課題となり、水晶体の初期変化と白内障の定義をはっきり分ける必要がある。

心理的影響調査では、線量をばく露要因とするさらなる解析を進めていくとともに、年齢、教育歴を含めた主要交絡要因を調整した評価を行うこと。それぞれのイベントの解析時に交絡を調整するために、一般集団でもどのような因子が交絡になるのか？という視点での交絡要因の文献的考察が十分になされることが肝要である。

緊急作業従事者の健康管理データベースを構築して、生涯にわたる総合的な健康状態の継続調査（PHR: Personal Health Record）、および、その活用による利用者の健康の維持増進に貢献するとする考え方は好ましいものとする。長期健康調査は、これから高齢化を迎える研究参加者に対する健康度向上に、大きな貢献が期待される。研究対象者のフォ

ローアップにも有用な手段として利用できる可能性がある。さらに、対象者のセルフケアを向上させるツールとなっていくことを期待する。

第三期に向けての提言

第二期の5年間と第三期以降の30年間の追跡期間が予定されている本疫学研究を統括し指揮するのは、研究本部である労働安全衛生総合研究所労働者放射線障害防止研究センターである。研究員は全員非正規研究員であり、今後30年間の調査を継続しなければならない組織としては脆弱であることから、本疫学研究の遂行を指示しスポンサーとなっている厚生労働省および受託機関である労働者健康安全機構は、本センターを今後30年間の追跡に耐えうる強靱な組織に変革することを提言する。また、分科会も本研究業務専属の人員ではないので研究環境の確保が難しく、第三期に向けた研究遂行体制を抜本的に整備する必要がある。

現在の研究参加者6,000人強の追跡・確保・脱落防止が最も重要で、最大の注力が必要である。追跡率を向上させ、コホートの特性を正しく理解するためには、研究に参加している人たちだけではなく、全ての緊急作業者の社会経済的な特性を理解する必要がある。緊急作業者は、所属企業だけでも数千社以上に及び、社会経済的な背景もさまざまである。それに加えて、被ばく線量などの条件により、各種の健康診断など国や事業所からの支援事業が交錯競合している。

限りある人的・金銭的資源の中で、必要な研究には資源を投入し、各種の事業を統合するなどの効率化を図り、優先順位の低い研究は整理することも重要である。

個別提言として、主な課題を列挙する。

- ① 非がん疾患の同定アルゴリズムを、交絡因子の制御と非がん疾患同定におけるバイアスを補正する方法を探求する検討を、さらに進める必要がある。
- ② 対象者の定年に伴い、第三期においても郵便調査を継続されたい。
- ③ 第三期に向けてXPや超音波検査の画像データを定量的に評価するツール開発が重要と考える。
- ④ 本調査と放射線影響協会の放射線作業従事者を対象とした疫学調査とのプール解析を実施するために、交絡因子に関する質問票に両調査で齟齬がないよう確認されたい。
- ⑤ 喫煙や飲酒といった生活習慣などの交絡因子を定量的に評価し解析することが求められる。
- ⑥ 染色体異常頻度測定による生物学的線量評価は重要な線量評価の補完データとなる。
- ⑦ 死因について全数調査が可能か、検討委員会を立ち上げ議論することを提言する。
- ⑧ がん罹患調査について同意免除の適用可能性を検討する価値がある。
- ⑨ 甲状腺がん調査では交絡因子（候補）を最終モデルで適切に調整してもらいたい。

- ⑩ 白内障の初期段階である Vacuole の所見と徹照法と細隙灯顕微鏡検査の所見との比較検証が望まれる。
- ⑪ 心理的影響調査では、線量をばく露要因とするさらなる解析を進めていくとともに、行動を含めた心理社会的影響への継続的な調査観察が必要である。
- ⑫ 健康管理データベースでは、根拠のあるリスク評価を提供する工夫が必要であり、生涯にわたるデータベースの構築に向けて資金的な支援を含めて検討する必要がある。

研究体制

大久保 利晃	研究代表者 研究統括	独立行政法人 労働者健康安全機構 労働安全衛生総合研究所 労働者放射線障害防止研究センター
溝上 哲也	統括部門	独立行政法人 労働者健康安全機構 労働安全衛生総合研究所 労働者放射線障害防止研究センター
朝長 健太	統括部門	独立行政法人 労働者健康安全機構 労働安全衛生総合研究所 労働者放射線障害防止研究センター
胡 歆	統括部門	独立行政法人 労働者健康安全機構 労働安全衛生総合研究所 労働者放射線障害防止研究センター
吉永 信治	解析評価	広島大学 原爆放射線医科学研究所 放射線影響評価研究部門 計量生物研究分野
明石 眞言	線量評価	東京医療保健大学 東が丘・立川看護学部
栗原 治	線量評価	国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構 量子生命・医学部門 放射線医学研究所 計測・線量評価部
数藤 由美子	線量評価	国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構 量子生命・医学部門 放射線医学研究所 計測・線量評価部
辻村 憲雄	線量評価	国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構 核燃料サイクル工学研究所 放射線管理部
百瀬 琢磨	線量評価	国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構 福島研究開発部門 福島研究開発拠点
大石 和佳	臨床調査（Ⅰ）	公益財団法人 放射線影響研究所 広島臨床研究部
喜多村 紘子	臨床調査（Ⅰ）	産業医科大学 産業医実務研修センター
星 北斗	臨床調査（Ⅱ）	公益財団法人 星総合病院
小笹 晃太郎	死因・がん罹患	京都府立医科大学 保健管理センター
祖父江 友孝	甲状腺がん調査	大阪大学大学院医学系研究科 社会医学講座 環境医学
谷口 信行	甲状腺がん調査	自治医科大学 医学部医学科 臨床検査医学
宮川 めぐみ	甲状腺がん調査	医療法人誠医会宮川病院 内科／国家公務員共済組合連合会虎の門病院 内分泌代謝科
佐々木 洋	白内障調査	金沢医科大学 眼科学講座／総合医学研究所 プロジェクト研究センター 環境原性視覚病態研究部
江口 尚	心理的影響調査	産業医科大学 産業生態科学研究所 健康支援部門 産業精神保健学
真船 浩介	心理的影響調査	産業医科大学 産業生態科学研究所 健康支援部門 産業精神保健学
大神 明	健康管理 データベース	産業医科大学 産業生態科学研究所 社会環境部門 作業関連疾患予防学

統括および分担研究報告書

1. 統括本部

研究代表者 大久保 利晃

東京電力株式会社福島第一原子力発電所の事故対応作業においては、平成23年3月14日から同年12月16日まで、緊急作業員の放射線緊急被ばく線量限度が100mSvから250mSvに引き上げられた。この期間に19,812人が作業に従事し、174人が通常作業の5年間線量限度である100mSvを超えて被ばくしたと推定されている。残りは100mSv未満だが、大部分は合計線量が10mSv未満であった。本研究の目的は、これら緊急作業従事者全員を対象として、緊急作業による健康影響を生涯にわたり追跡調査することである。

平成26年の本研究開始から、この対象者19,812名に研究参加の呼びかけを続けているが、令和4年12月31日までの結果は、研究参加同意者8,023名(40.5%)、参加拒否者3,843名(19.4%)、未返信者4,992(25.2%)、宛先不明者1,734名(8.8%)、死亡757名(3.8%)、その他463名(2.3%)であった。参加者の内、1,345人は研究が提供する健診を受診せず、質問票などの研究にのみ協力すると回答した。また、健診受診を希望した内、研究班が企画する健康診断を受診した人は6,286人(31.7%)で、419人は受診希望があったにもかかわらず自己都合や近くに協力機関がないなどの理由で未受診状態であった。

研究参加者の居住地は全都道府県に分布しており、全対象者の健康調査を進めるには各県に研究協力機関を設置する以外にはない。そこで、各県に少なくとも1機関、労働者の健康診断を中心に業務を行う医療機関に研究協力を依頼し、受託機関の保健師など健康診断を主務とする医療関係者が本研究担当窓口(リサーチ・コーディネーター)として選任される体制を構築した。研究開始以来、協力機関数は多少の変化があったが、最近では減少傾向にあり現在約60機関になっている。

各健診機関での受診時には血液・尿・便などを採取し、臨床検査等を行っているが、研究開始当時には各機関の間で検査精度の差がかなり認められた。そこで、2017年より採取された血液などの検体は、全て茨城県筑波市にある検査所へ輸送し一元的に分析している。また、血液と尿の一部を保存用に分注し、 -80°C で冷凍保存し、将来緊急作業員に何らかの健康異常が認められた場合、過去の生化学的変化を調査できるようにした。

研究参加の初回に受診する多項目健診を「ベースライン調査(B)」と呼び、2回目以降を「縦断調査(Lx)」と呼ぶ。上記の健診受診者数6,286人はB健診のことで、L1健診(B健診受診後第1回目の縦断健診)や基本健診は含まれていない。B健診は5年以上の長期間にわたって行われ、今後も受診する者が少なくはないと想定されるが、引き続いてこれらをベースラインとして組み込むこととする。なお、令和4年度には、研究参加を希望した者のうち、健診希望がありながら受診待ちになっていた者が全参加希望者の5.2%を残すのみとなった。

令和元年度から開始したL1調査参加者は年度別にみると、2019年度7名、2020年度

1,130名、2021年度1,014名、2022年度（受診予定を含む）1,116名であり、総計3,267名である。

緊急作業時の被ばく線量と年齢の関係では、被ばく線量5mSv未満群の平均年齢が最も高く53.4歳（SD11.0）であった。最も平均年齢が低かったのは100mSv以上群で49.6歳（SD10.7）であった。既婚率は、100mSv以上群が88.7%と最も高く、10mSv以上20mSv未満群が78.8%と最も低かった。教育歴は、大学卒以上の割合は5mSv未満群で41.0%と最も高く、100mSv以上群が21.7%と最も低かった。一方で高等学校卒では、5mSv未満群が39.8%で最も低く、100mSv以上群で70.8%と最も高かった。被ばく線量別に原子炉制御業務に就いた人の割合を比較すると100mSv以上群で56.6%と最も多く、次いで50mSv以上100mSv未満群が43.7%、最も低かったのが5mSv未満群で13.5%であった。

被ばく限度が引き上げられた10か月間の緊急作業従事期間では、7か月以上勤務した割合は、50mSv以上100mSv未満群で69.2%と最も高く、次いで100mSv以上群が68.9%であった。一方で、5mSv未満群は6.9%と比較的割合が低かった。5mSv未満群では1か月～3か月の期間で勤務した割合が最も高く、75.2%であった。

本研究では、受診者には研究目的を説明した上で、健診結果を研究に使用する同意を尋ね、同意者には自筆の署名を求めている。その上で、過去からの病歴を含む健康履歴に関する詳細な質問票への記入を求めている。

過去の疾病罹患に関する質問の内、甲状腺疾患、白内障の既往が高線量群に有意に多い傾向が認められた。高血圧、脂質異常症についても既往割合が被ばく線量の高い群に多い傾向が認められたが、がんや心血管疾患罹患歴では被ばく線量との関係は認められなかった。

次に健診結果と作業内容、被ばく線量との関係を述べる。ベースライン受診者の被ばく線量・作業内容と①末梢血検査値、②肝機能検査、糖代謝、脂質代謝、血圧、肥満など、いわゆるメタボリックシンドロームに関連する項目、③腎機能パラメーター、④C反応性蛋白、前立腺特異抗原、ペプシノゲンI/IIの比、などとの関係を検討した。その結果、被ばく線量別でヘマトクリット、好中球、好酸球、血小板数、アルカリフォスファターゼ、ロイシンアミノペプチターゼ、 γ GTP、収縮期血圧、腹囲、カルシウム、無機リンで群間差が統計的に有意になった。作業内容別では、血色素、ヘマトクリット、平均赤血球血色素濃度、白血球、総ビリルビン、乳酸脱水素酵素、アルカリフォスファターゼ、ロイシンアミノペプチターゼ、 γ GTP、総コレステロール、HDLコレステロール、中性脂肪、収縮期血圧、腹囲、クレアチニン、尿酸、クロール、カルシウム、ペプシノゲンI/IIの比などで群間差が統計的に有意になった。しかし、これらの統計学的な差はいずれも偶発的なもので、線量別にみても作業内容別にみても意味のある差とは考えられなかった。

以上の結果報告は1回のみ診断結果を調査したもので、今後長期にわたる観察を続けた場合に、これとは異なる結果が出る可能性を否定するものではない。

本研究の目的は、福島第一原子力発電所の事故後の収束作業による放射線被ばくの健康

影響を観察することであり、過去の同様の研究から、最大の関心事はがん罹患の増加にある。しかし、研究対象者は線量限度を引き上げた一定期間において緊急作業に携わった限られた人達であり、総数は限定されている。したがって、観察対象疾病をがん罹患に絞ると、検出力は十分とは言えない。全がんを研究対象にしても、有意な増加を検出するためには、40年以上の期間観察を続けなければならない。有意な増加が観察されないことを確かめることも、将来の原子力作業の安全閾値を研究する意味はある。しかし、対象疾患をがんに限らず、罹患率のより高い循環器疾患などを同時に観察することも検討すべきであろう。また、受診者全数を対象に測定する項目、例えば血圧や多くの生化学的検査のように連続量として変化を観察できる項目にも関心を向けるべきである。

2. 臨床調査分科会（I）

分科会委員長 研究分担者 大石 和佳
研究分担者 喜多村 絢子

1. 当該研究の目標と変遷

- 1) 2014～2018年度の本疫学研究第一期、臨床調査分科会（大久保利晃 委員長）は統括研究機関である放射線影響研究所（以下「放影研」という。）に設置された統括研究本部のもとで、緊急作業従事者に対する研究参加・健康診断受診の勧奨および全国での健診実施を実施してきた。2019年度からの第二期では、統括研究機関が放影研から労働安全衛生総合研究所（以下「安衛研」という。）へ移転したことに伴い、統括研究本部も安衛研へ移行した。したがって、2019～2020年度にかけて臨床調査分科会 I は、安衛研へ本疫学研究の業務継承を行い、統括研究機関業務を補佐することを目標とした。
- 2) 2019年度は、安衛研へ本疫学研究に関する業務の引継ぎ、健診関連業務の補佐および支援、第一期に放影研で収集・保存した本疫学研究に関する、紙資料、電磁的記録、電磁的記録媒体の安衛研への移動計画と実施を目標とした。
- 3) 2020年度は、第一期に放影研で収集・保存した本疫学研究に関する生体試料の安衛研への輸送計画と実施を目標とした。また、本疫学研究への参加勧奨に対する未反応者（過去の研究参加・健診受診を勧奨する郵便に反応がなかった者）に対する試行郵便調査を行い、2021年度に本調査業務を安衛研へ引き継ぐことを目標とした。
- 4) 2021年度以降は、将来個人の被ばく線量と生活習慣病等の非がん疾患の有病率や罹患率との関連を検討することを想定して、非がん疾患の有病者を同定するアルゴリズムの作成を目標とした。

2. 研究成果の概要（研究開始以来の主要な成果）

<論文発表>

- Kitamura H, Okubo T, Kodama K; Nuclear Emergency Workers Study Group. Epidemiological study of health effects in Fukushima nuclear emergency workers—study design and progress report. Radiat Prot Dosimetry, 2018,182: 40-48.
- Kitamura H, Ohishi W, Kodama K, Ohkubo T. Epidemiological study of health effects in Fukushima Emergency Workers: Progress report on the Health Examination Study, 2016-2019. Environmental Advances 9 (2022) 100275.

<学会発表>

- 大石和佳. 東電福島第一原発緊急作業従事者に対する疫学的研究：放影研成人健康調査での経験を活かした臨床（健診）調査の概要. 第2回 東電福島第一原発緊急作業従事者に対する疫学的研究カンファレンス. (2016. 3. 11)
- Kitamura H, Kodama K, Okubo T. Epidemiological study of health effects in Fukushima nuclear emergency workers—Study design and progress report. UNSCEAR Technical Events in Japan to Present the Highlights of UNSCEAR Reports on Levels and Effects of Radiation Exposure due to the Fukushima Accident. (2016. 11. 14-11. 15)
- Kitamura H, Okubo T, Kodama K. Epidemiological study of health effects in Fukushima nuclear emergency workers (Nuclear Emergency Workers Study: NEWS)—Study design and progress report. 15th Coordination and Planning Meeting of the WHO REMPAN Collaborating Centers. (2017. 7. 3-7. 5)
- 喜多村絃子. 東電福島第一原発緊急作業従事者に対する疫学的研究：研究参加者の推移および研究参加勧奨の取り組みの報告. 第4回東電福島第一原発緊急作業従事者に対する疫学的研究カンファレンス. (2018. 3. 14)
- Kitamura H, Okubo T. Baseline Survey of the Epidemiological Study of Health Effects in Fukushima Emergency Workers. WHO REMPAN Webinar “Public Health consequences of Fukushima nuclear disaster: 10 years towards recovery”. (2021. 3. 23)
- 喜多村絃子、大石和佳、児玉和紀、藤瀬瞳実、川波祥子、大久保利晃. 東電福島第一原発緊急作業従事者に対する疫学的研究～第1期健康診断結果のまとめ～. 第94回日本産業衛生学. (2021. 5. 18-5. 21)
- 藤瀬瞳実、喜多村絃子、今泉美彩、山田美智子、大石和佳、大久保利晃. 放射線業務従事者の健康影響に関する疫学研究—郵便調査. 第31回日本産業衛生学会全国協議会. (2021. 12. 3-12. 5)

< 2019 年から 2020 年度の成果：放影研から安衛研への事業継承 >

- 第一期に収集され放影研に保存されていた本疫学研究に関する資料および生体試料の安衛研への移動方法・手順に関する研究計画書の別紙を作成し、IRB の審査・承認を得て、作業を実施した。
 - 資料の移転について：2020 年 3 月 6 日に IRB で承認され、同年 3 月末までに放影研から安衛研へ紙資料、電磁的記録、電磁的記録媒体の移動が完了した。
 - 試料の移送について：2020 年 11 月 20 日に IRB で承認され、同年 12 月 2 日に放影研から安衛研へ試料の輸送が完了した。

< 2020 年度の成果：本疫学研究への勧奨に対する未反応者に対する試行郵便調査 >

- 2021 年度以降の郵便調査の本格実施に備えて、①郵便調査回答者の特徴をとらえること、②返信率の向上に資する策を試し評価すること、③郵便調査回答者を研究参加・健診受診へ結びつけること、④郵便調査用質問票に改善が必要な点がないか確認すること、を目的として試行調査を行った。
 - これまで研究参加・健診受診を勧奨する郵便に一度も反応がなかった者 913 名に対する郵便調査への返信率は 18.0%（164 名）であった。
 - 郵便調査資料の送付 1 週間前に予告葉書を送付、送付資料にボールペンを同封、郵便調査回答者にはクオカードを後日進呈、締め切り 10 日前にリマインドの葉書を送付等は、返信率向上に資する策として今後考慮すべき方法であると考えられた。
 - 郵便調査回答者 164 名に行った任意アンケートに約 99%が回答し、本調査への協力理由として、62.3%が「研究に参加あるいは協力したいと思ったから」、を選択した。
 - 任意アンケートの回答者の中で、46.6%が「NEWS の健診を受けてみたい」、15.5%が「もう少し詳しく知りたい」、を選択した。
- ✓ 以上のことから、本疫学研究への勧奨に対する未反応者に対する郵便調査は、研究参加率および健診受診率の向上に寄与する方法であると考えられた。
- ✓ 2021 年度に郵便調査の業務を安衛研に継承した。

< 2021 年度の成果：非がん疾患の有病者同定のプロセスの確立（試行調査） >

- 本疫学研究において将来的に、個人の被ばく線量と生活習慣病等の非がん疾患の有病率や罹患率との関連を検討することが想定される。そのためには追跡対象とする非がん疾患の有病者をより確実に同定するプロセスを確立する必要がある。

そこで、2021 年度は、高血圧症および B 型／C 型肝炎を対象とし、2016 年 1 月 20 日～2021 年 10 月 29 日までの本疫学研究の健診受診者全員および東電社員のベースライン調査データを用いて、①当該疾患の有病者を同定すること、②自記式質問票で申告された有病者と比較すること、を目的として試行調査を実施した。当該疾患の有病者を抽出するアル

ゴリズムを作成し、(1) 自己申告の情報を優先するアルゴリズムと (2) 客観的情報を優先するアルゴリズムに分けてアルゴリズムの有用性を評価した。

- 高血圧症およびB型／C型肝炎のいずれにおいても客観的情報を優先するアルゴリズムの方がより確実に有病者を同定できる可能性が示された。しかしながら、どの疾患においても治療の介入によって、客観的情報である血圧測定値や肝炎ウイルスマーカー値が影響を受けることから、自記式質問票（健康と生活習慣に関する質問票）からの既往・現病歴の情報、薬剤情報などを組み合わせることは、より確実な当該疾患の有病者の同定において重要であることが示された。
- ✓ 非がん疾患を抽出するアルゴリズムの作成は、有病者を同定するプロセスとして有用であるが、自己申告の情報の信頼性には限界があるため内容を十分精査して用いること、より適切な客観的情報を選択し組み合わせること、が重要である。

<第三期の目標>

原爆被爆者で放射線被ばくとの関連が示唆されている非がん疾患や前がん病変を中心に有病者を同定するアルゴリズムの作成を進め、同時にアルゴリズムに必要な客観的情報（画像検査等）の客観的な精度や信頼性を評価する方法を検討する。

3. 臨床調査分科会（Ⅱ）

分科会委員長 研究分担者 星 北斗

本研究は、「東電福島第一原発緊急作業従事者に対する疫学的研究」（以下、「主研究」という）の対象となる緊急作業従事者について放射線被ばくによる長期にわたる健康影響を検討するにあたり、その交絡因子となりうる緊急作業従事者の就労・生活背景、また産業保健、医療受療環境等の健康管理状況等の社会的因子とそれらによる健康影響を明らかにすることを目的とするとともに、健康診断およびその事後指導において必要となる対象者の社会的背景を理解することを目的とする。

令和元年度第三者委員会にて「交絡因子の取り扱いは本研究のかなめの一つであり、担当部署は統括研究機関の責任であることを明確にすべきである」との指摘があったが、これについては、交絡因子の取扱い担当部署は、統括本部（統括研究機関（労働安全衛生総合研究所））の責任であることを確認しており、最終的な放射線被ばく等の主要な健康影響評価における交絡因子の選定及び検討は、統括本部により行われる。一方、当分担研究は、緊急作業従事者の社会的因子そのものの研究及びその実態の情報提供を目的としており、当分担研究結果は研究全体への参考情報として研究に貢献するものである。

当研究は主研究第一期当初より継続して行われており、以下のような研究内容及び結果

を提示している。

第一期

- ① 緊急作業当時の就労・生活背景等を文献調査（平成 27 年度）
- ② 作業に関係した事業者インタビュー調査（平成 27 ～ 28 年度）
- ③ 上記調査まとめとそれに基づく緊急作業者の分類方法についての検討（平成 29 年度）
- ④ 上記検討に基づく質問紙の試作・試行（平成 30 年度）

第二期

- ⑤ 既存の質問（学歴等）による社会的因子の健康影響についての検討（令和元年度）
- ⑥ 新たな質問（避難経験、年収等）の社会的因子としての意義の検討（令和 2 年度）
- ⑦ 新たな質問（避難経験、年収等）と被ばく線量との関連性の検討（令和 3 年度）
- ⑧ 新たな質問（避難経験、年収等）と BMI ・ 血圧との関連性の検討（令和 4 年度）

また上記以外にも、緊急作業従事者の疾病発生傾向等の臨床調査上影響を与えかねない事象がないかを継続的に現地調査により確認を行っている。

①の研究では、報道資料等を中心に、緊急作業従事者の就労・生活状況等を文献調査したが、不明な点も多かった。

②の研究では緊急作業従事者を多く擁した 12 社の緊急作業担当者にインタビュー及び文書回答にて調査を実施した。

③の研究では、それらの結果から、緊急作業従事者は、その就労・生活背景等から、以下の【1】～【4】のような分類が可能であると当研究では考えた。

【1】時期的分類

- | |
|--|
| <ol style="list-style-type: none">(1) 超緊急作業期（2011 年 3 月頃）(2) 作業環境準備期（2011 年 4 月頃～ 6 月頃）(3) 緊急作業後期（2011 年 7 月頃～ 10 月）(4) 廃炉作業期（2011 年 11 月～現在） |
|--|

【2】就労パターン分類

- | |
|---|
| <ol style="list-style-type: none">(1) 長期就労・長期低線量パターン(2) 長期就労・一時高線量パターン(3) 短期就労・予定期間パターン(4) 短期就労・線量限度パターン |
|---|

【3】出自分類

- (1) 地元採用者
- (2) 単身赴任者
- (3) 短期就労者

【4】就労状況分類

- (1) 現在も就労しており週1回以上1F内での作業あり
- (2) それ以外の就労者
- (3) 退職者

なお、これらについては、主研究の中で取得されているデータから分類可能なものもあるため、臨床研究の中で新たに確認しなければならない点は以下の2点と考えられた。

- (1) 震災・原発事故による被災・避難生活の有無について
- (2) 緊急作業に従事した際の雇用形態について

上記(1)については、避難経験の有無、避難した期間、帰還状況について、同(2)については、緊急作業従事(2011年)当時の雇用形態(無期、有期等)、専門職性の有無、年収について質問紙上で設問することとした。それらは、④の研究で実際の質問紙を作成して試行し、縦断調査1回目の質問紙上で実施されることとなった。

なお、この質問で問われている「避難経験」とは、2011年の東日本大震災及び福島第一原子力発電所事故により住民として避難生活を要したことを言う。東京電力等からの業務上指示で避難したことを問うたものではない。

なお、初回臨床調査である「ベースライン調査」においても、緊急作業従事者の学歴、緊急作業従事内容等、社会的因子について質問が行われている。今後の社会的因子の影響の評価方法の検討のため、まずはこの学歴と臨床調査結果についての関連性を検討した(⑤の研究)。その結果、以下のようなことがわかった。

- (1) 対象集団の震災当時の年齢によって学歴傾向は大きく異なる。これは学生時代の時代背景等の影響と思われる。
- (2) 緊急作業従事内容は学歴によって大きく異なる。例えば、最終学歴が中学卒業の者は他の学歴の者に比べて土木従事者が多かった。
- (3) 学歴の差は一部の採血結果、既往歴、とくに血圧(収縮期血圧)に関連性があると思われた。(最終学歴が中学卒、高校卒、大学卒、大学院卒の全ペアで有意な差があり(分散分析、 $p < .001$)、低学歴程血圧が高かった)
- (4) 年齢、生活習慣の影響が大きいと思われるが、年齢で調整しても(とくに収縮期血

圧で) 一定の傾向がみられ、学歴が独立因子として差を生じさせている可能性が考えられた。

- (5) しかし、学歴はそもそも複雑なものであり、また就労・生活背景、時代背景により大きく異なってしまうため、本研究で一定の社会的因子として利用するには問題があると思われ、他の自然科学的に評価可能な社会的因子を必要とすると考えられた。
- (6) 緊急作業就業内容の回答は「その他」回答が多く、この質問結果から放射線ばく露量を推定するには不十分と思われた。他に詳細な線量評価を行って、個別の線量を把握する必要があると考えられた。

なお、当研究では、この結果について、生活習慣の情報を加えて学歴と血圧等の関係を検討してはいない。今後、研究上必要となれば学歴と臨床調査結果についての関連性を生活習慣で調整したうえで再検討を行う。

⑥の研究では、縦断調査1回目で行った質問（避難経験及び緊急作業当時の雇用形態等）の令和2年度研究報告作成時点で集計できた383名分の結果から、質問の妥当性を検討した。その結果、以下のようなことがわかった。

- (1) 緊急作業従事者の1/5程度は避難経験をしている可能性があり、また震災（事故）当初程避難経験者の従事割合は多いと考えられた。（研究対象者のうち、避難生活経験者の割合は、緊急作業従事開始月が（2011年）3月の者が34%、4月が29%、5月以降が12～13%であった。）
- (2) 年収は定量的で評価しやすい社会的因子の代表的指標であると言えるが、年齢によりその意義が大きく異なる為、評価方法についてはさらなる検討が必要である。（若年層では比較的低收入に集中し、年齢層が上がると収入層も上昇するが、高齢層では再び落ち込む。）

この結果から、今後特に避難経験、緊急作業当時年収の回答結果から、その社会的因子の意義について評価を進めていくことにした。

⑦の研究では、令和3年度研究報告作成時点で集計できた縦断調査1回目の1,294名分の結果から、避難経験及び緊急作業当時の年収と、緊急作業時累積被ばく線量との関連性を検討した。その結果、以下のようなことがわかった。

本研究対象において、緊急作業時累積被ばく線量は緊急作業当時の年収及び避難経験の有無と相関性がある。（比較的高収入、避難経験ありの者の方が被ばく線量が高いものが多い。
(表1参照)

表 1. 緊急作業時累積被ばく線量と、緊急作業時年収、避難生活経験の割合（令和3年度報告内容）

		緊急作業時累積被ばく線量（mSV）						合計	合計の割合
		<5.0	<20.0	<50.0	50.0 ≤				
年収 (万円)	<200	44 (53.0%)	28 (33.7%)	11 (13.3%)	0 (0.0%)		83	6.5%	
	<400	79 (44.9%)	67 (38.1%)	27 (15.3%)	3 (1.7%)		176	13.8%	
	<600	149 (47.2%)	103 (32.6%)	44 (13.9%)	20 (6.3%)		316	24.8%	
	<800	171 (52.1%)	97 (29.6%)	42 (12.8%)	18 (5.5%)		328	25.8%	
	800 ≤	195 (52.7%)	88 (23.8%)	54 (14.6%)	33 (8.9%)		370	29.1%	
	合計	638 (50.1%)	383 (30.1%)	178 (14.0%)	74 (5.8%)		1,273		
避難生活 経験期間	なし	576 (56.5%)	293 (28.8%)	116 (11.4%)	34 (3.3%)		1,019	78.7%	
	半年程度まで	32 (30.2%)	39 (36.8%)	22 (20.8%)	13 (12.3%)		106	8.2%	
	半年程度以上	38 (22.5%)	60 (35.5%)	44 (26.0%)	27 (16.0%)		169	13.1%	
	合計	646 (49.9%)	392 (30.3%)	182 (14.1%)	74 (5.7%)		1,294		

なお、年齢と緊急作業時累積被ばく線量との間に一定の傾向は見られなかった。

緊急作業当時の年収が比較的高い者に緊急作業時累積被ばく線量が高いものが多いのは、東電社員や管理職等職級の高い者が長期に現場に関わり続けた結果と思われる。

また、避難経験がある者の方が緊急作業時累積被ばく線量が高いものが多いのは、地元在住者ほど福島第一原発での作業に早期から関わる頻度が高かったためと思われる。（出張者の多くは受託作業が終われば福島第一原発から離れたと思われる。）

これらの結果から、緊急作業当時の年収及び避難経験の有無は、緊急作業時累積被ばく線量との関連性が同われ、その結果、臨床調査で今後明らかにされていく長期的な健康影響の評価において検討を要する可能性のある因子であると当研究では考えている。

今後第二期の中では、縦断調査1回目の対象者全体でこれまでの研究結果を見直し、緊急作業当時の年収等と避難経験と、緊急作業従事内容（被ばく線量を含む）、また健診結果等との関連性の検討を行っていく予定である。

また、社会的因子の質問方法について、次期以降の調査でどのように質問していくかの検討も行う予定である。

また、今後の研究の中では、社会経済的因子、避難経験に関する健康影響の文献的調査も進めていきたいと考えている。

第三期では緊急作業当時の年収や避難経験等、本研究対象集団に特有の社会的因子が、緊急作業従事内容とどのような関連性があったかを明らかにしながら、それら社会的因子が、健康影響を与えているのかの検討をすすめ、主研究の健康影響評価において、交絡因

子として評価が必要なものについては他の因子との独立性等を検討して、実際の評価方法を検討する予定である。あわせて、現地調査も継続的に実施し、緊急作業従事者の健康状態について何らかの変化の兆候がないか観察を続けていく予定である。

なお、当研究で取り扱っている緊急作業従事時の年収等社会的因子は、質問紙による回答結果でしかなく、公的情報を得たうえで調査しているものではないので、その情報の正確性・客観性に注意が必要となっている。しかし、それらの因子は研究対象者の社会的背景を明らかにするという当研究の目的に基づいて調査対象として選定しており、また、主研究も社会経済的因子そのものを研究しているわけではないし、そもそも、長期の健康影響評価においてどのような社会経済的因子の情報を取得することが必要とされているか一般的な共通認識も存在しないので、どのような質問ないし調査を行えば、適切な長期の健康影響評価上の社会経済的因子の調整が行えるかは現段階では不明な点が多い。今後の研究の中でそれらの検討を進めるとともに、主研究の研究目的が果たされる範囲内で必要な社会経済的因子の情報検討を行いたい。

また、当院は福島第一原子力発電所の現地調査可能な位置にあり、かつ臨床調査（健診）の一実施機関でもあるので、それらの要素を活かし当分担研究を主研究開始当初から継続的に行っているが、一般的な一医療機関であり、本来専ら研究業務を行う組織ではないので、十分な研究環境を整えることは困難である。今後、研究上の必要性が増すことがあれば、当分担研究の研究組織自体の再検討が必要と考える。

4. 解析評価分科会

分科会委員長 研究分担者 吉永 信治

1. 研究目的

本分科会での主要な目的は他の分科会と連携し、蓄積した研究データの統計解析、あるいはそれらの評価を行うことである。

2. 研究課題への取り組み

今期においては十分な解析を行うためのデータが蓄積されていないため、第1期調査に対して第三者評価委員会から指摘された事項のうち、特に解析評価に関連した事項として、甲状腺がんを含むがんの種類別の検出力を再計算した。

3. 研究成果（結果）の概要

2021年10月現在で研究へ協力参加している約6,000人のうち、女性あるいは性別不明、さらには線量不明の人を除いた5,887人を対象に検出力を計算した。計算では、長期にわたる追跡調査を想定し、全ての固形がんを合わせたものに加え、放射線との関連が先行研究で報告されている主要な部位別がん（胃がん、結腸がん、肺がん、前立腺がん、白血病、

甲状腺がん)の罹患について、緊急作業従事中に受けた線量の増加に従うリスク増加の傾向性に対する検出力を計算した。

使用したデータは、研究対象者の属性、生年、性別、緊急作業線量(実効線量)、公表されている人口動態統計による全死因死亡率、全国がん登録によるがん罹患率のデータである。線量に応じたがんリスクの過剰相対リスクの数値は、主として原爆被ばく者の寿命調査で報告された数値を用いたが、甲状腺がんについては、成人期に被爆した原爆被爆者やその他の疫学研究の大部分では放射線に関連した増加が示されていないため、保守的な仮定として、チェルノブイリの作業者を対象とした Kesminiene ら(2012)で報告された数値を用いた。

計算の手順として、まず、放射線被ばくとは関係なく発症するであろうベースラインがん罹患数を算出し、その線量に応じてがんが直線的に増加するというモデルに基づき、放射線による増加分を算出し、ベースラインおよびベースラインと増加分を合わせた2つの数値の比が線量の増加によって増えていく傾向性に対する検定統計量を計算し、片側検定を想定した検出力を計算した。

計算では、2018年の死亡率あるいはがん罹患率がその後も一定であるという仮定、研究対象者全てについて、2016年に一斉に調査が開始されたという仮定、放射線によるがんリスクが年齢にかかわらず一定という仮定を用いた。また、被ばくからがん発症までの最小潜伏期間は考慮しなかった。喫煙あるいはほかの生活習慣等に関連した交絡因子の影響、緊急作業以外で受けた、例えば医療被ばく、また通常の放射線業務による職業被ばく、さらには環境被ばくなどの影響は無視できるものと仮定した。また、研究対象者の各臓器・組織の推定線量が利用不可能であるため、実効線量が各臓器・組織の線量に等しいものと仮定した。

結果として、40年間追跡調査をした場合のベースライン罹患数およびベースラインと放射線による過剰分を足した予測罹患数、検出力は表1に示すとおりで、検出力は全固形がんでは10%、あるいはそのほかの部位別がんについては10%を下回る結果となった。

表1. 40年間の追跡調査で予想されるベースライン罹患数、予測罹患数および検出力

	全固形がん	胃がん	結腸がん	肺がん	前立腺がん	白血病	甲状腺がん
ベースライン罹患数	2,225	371.5	228.6	349.5	401.3	30.1	17.6
予測罹患数	2,236	373	231	352	405	30.5	18.6
検出力	10.3%	6.7%	8.3%	7.1%	8.2%	6.5%	9.9%

検出力は追跡年数や研究対象者の増加に伴って少しずつ増加するが、研究対象者が今の3倍に相当する約1万8,000人になったとしても、検出力は全固形がんと甲状腺がんでは15~16%程度、その他のがんでは10%程度と計算された。さらに、放射線被ばくによる

がんリスク増加について想定した単位線量当たりの過剰相対リスクの数値を大きくした場合の検出力も計算したが、想定するがんリスクの推定値が5倍とか10倍程度でなければ、高い検出力を確保することは難しいことが示唆された。

甲状腺がんについては、かなり高めのリスク推定値を想定したため、その結果については慎重に解釈する必要がある。また、甲状腺がんは、内部被ばくによる甲状腺の線量が非常に高いグループをここでは含むため、それらの内部被ばくを考慮した計算がより重要であると考えられる。また、今回の検出力計算は平成30年度に固形がん全体に対して計算した検出力と計算方法は多少異なるが、結果はおおむね一致していた。

今回の検出力計算の結果からは、放射線によるがんリスクが現在の知見から得られている数値よりも大幅に高くない限りは、本研究で統計的に被ばくによるリスク増加を検出することが難しいことが示唆された。しかし、たとえがんリスクの検出は難しいとしても、今回、唯一の対象集団における放射線による健康影響を継続的にモニタリングし、それらの結果を情報発信していくことは重要と考えられる。

4. 第三期の目標

死因・がん罹患調査分科会、甲状腺調査分科会など他の分科会との連携により、交絡因子の与える潜在的な影響や各種バイアスについての評価を進めるとともに、解析におけるそれらの因子の取り扱いの検討を進める。さらに、蓄積したデータに基づき、放射線被ばくと健康影響の関連の解析を開始する。

5. 線量評価分科会

分科会委員長 研究分担者 明石 眞言
研究分担者 栗原 治
研究分担者 数藤 由美子
研究分担者 辻村 憲雄
研究分担者 百瀬 琢磨

研究目的

厚生労働省の労災疾病臨床研究事業の一つとして、東電福島第一原発事故に係る緊急作業に従事した作業員（以下、緊急作業従事者）を対象とした疫学研究が進められている。本研究分科会では、この疫学研究に用いる緊急作業従事者の被ばく線量の精緻化を図ることを目的として、既存の被ばく線量を導出過程から検証するとともに、研究対象とする臓器線量への換算係数及び被ばく線量の不確実性などを評価した。また、一部の緊急作業従事者については、安定型染色体異常を指標とする生物学的線量推定を行い、物理学的線量評価値との比較を行った。

研究課題への取り組み

本研究事業の第一期研究（2014～2018年度）においては、物理学的線量の再評価方法の検討及び生物学的線量推計の実施体制の構築を主に行った。第二期研究では、厚生労働省から研究代表機関（独立行政法人労働者健康安全機構労働安全衛生総合研究所、以下、安衛研）を介して提供された緊急作業従事者約（2万人分）の個人線量データの検証を行うとともに、事故当時に使用された個人線量計の指示値から各臓器線量（吸収線量）への換算係数の整備、また、本研究事業ボランティアから提供された血液試料を用い、安定型染色体異常である染色体転座の頻度に基づく生物学的線量推計を試みた。さらに、第一期及び第二期研究を通じて、事故当時に採取された緊急作業従事者（約230名分）の尿試料中に含まれる I-129（物理学的半減期：約1570万年）の分析方法の検討を行った。

研究成果の概要

(1) 高線量緊急作業従事者の甲状腺線量測定の精度検証

放射線医学総合研究所（現、量子科学技術研究開発機構）において事故直後からフォローアップを継続している高線量（250 mSv 以上）緊急作業従事者6名に対し、当時の甲状腺線量測定の精度を評価するために、個人の頸部 MRI 画像から作成された数値ファントム及び検出器モデルを組み込んだ数値シミュレーションを行った。甲状腺線量計測は、被検者頸部の前方に近接させた放射線検出器を用いて、甲状腺中に残留する放射性ヨウ素（主に I-131）から放出される γ 線の一部を測定することにより、その残留量を定量する方法である。その際、検出器の検出効率を決定する際に使用する物理ファントムと被検者との形態上の差異が、放射性ヨウ素の甲状腺残留量の評価に誤差をもたらすことになる。研究の結果、この測定誤差は検出器位置の不確かさを考慮しても $\pm 20\%$ 以内であることが確認された。他方、数値ファントムを作成する過程において、甲状腺体積の個人差が顕著であることが判明し、甲状腺吸収線量を議論する際に重要な修飾因子となることが示唆された。

(2) 電子式個人線量計指示値に基づく実効線量・臓器線量の評価

事故当時に使用された電子式個人線量計（ZP-1460）について、高線量率（100 mSv/h 以上）下での応答試験や人体形状ファントムに設置したときの回転・等方照射試験等により、指示値が実効線量を適切に評価することを確認した。また、事故直後に福島第一原発構内に存在していたと考えられる核種から放出される主要な γ 線に対し、個人線量計指示値から実効線量または臓器線量（赤色骨髄、結腸、肺、甲状腺、水晶体）への換算係数を整備した。他方、同個人線量計で測定されなかった β 線については、全面マスク等の防護装備による減衰率の実験的評価に加え、事故直後に存在した放射性核種が放射性降下物として地表面に存在した場合の β 線線量を、各核種の放射能比及びその時間変化も考慮しながら、計算シミュレーションを用いて評価した。 β 線線量は地表からの

高さによって大きく変化し、個人線量計指示値となる γ 線の1cm線量当量に対する緊急作業従事者の目の高さ付近の β 線による3mm線量当量との比は、最大で0.25程度と評価された。ただし、実際の地表面の凹凸による β 線の吸収や全面マスクの遮へい効果等を考慮すると同比は相当低くなることが見込まれる。

(3) 既存被ばく線量評価値の検証・解析

安衛研から提供を受けた緊急作業従事者約2万人分の個人被ばく線量に関する複数のデータセットの内容を精査するとともに、各データセット間の関連性を保持したリレーショナルデータベースの構築を行った。F71には公表された緊急作業線量の確定値、F72には緊急作業期間における月毎の線量値が外部被ばく線量（実効線量、水晶体線量、及び、皮膚線量）と内部被ばく線量（預託実効線量）、F73には作業毎に測定された個人線量計データ（指示値）が収録されており、階層構造になっている。この他、東京電力が収集した自社及び協力企業の緊急作業従事者の内部被ばく線量データ（検出核種の体内残留量測定値、測定日、摂取日、測定方法等）が収録されたTECがある。

F71-73の線量データを確認したところ、F71の緊急線量とF72の月毎緊急線量の合計値はほぼ一致したものの、F72の月別緊急線量とF73の緊急作業期間中の個人線量計指示値の合計値は一致しなかった。これは、F72には、免振重要棟での滞在線量やJビレッジから福島第一原発構内までの移動線量などが、個人線量計指示値とは別に加算されているためであり、滞在期間や移動回数によって個別に評価されたことを確認した。また、F72には、外部被ばく線量として、実効線量（1cm線量当量）、水晶体線量（3mm線量当量）及び皮膚線量（70 μ m線量当量）があるが、いずれも同じ値である場合が大半を占めていた。これは、前述のとおり、個人線量計が β 線に対して感度を有していなかったためと考えられる。その他、F72の内部被ばく線量（預託実効線量）はデータが無い場合が多く、また、東京電力社員の場合は記録レベル（2 mSv）が適用されていた。

TECの内部被ばく線量データについては、使用された体外計測装置の種類、I-131未検出の際の推定法、追加測定の有無、個別評価などの条件により、約20種類の線量評価方法に分類された。体内残留測定値、測定日及び摂取（仮定）日を用いて内部被ばく線量の検証計算を行ったところ、I-131検出者については大体再現可能であった。内部被ばく線量への寄与が大きいI-131が未検出であった場合は、①福島第一原発構内における毎日のダストサンプリングから得られたI-131とCs-137の空气中放射性物質濃度比を、体外計測から算出された¹³⁷Cs摂取量に適用してI-131摂取量を推定する方法、または、②体外計測におけるI-131の検出下限値相当量が測定時に体内に残留していたと仮定して推定する方法、のいずれかの内、低い内部被ばく線量になる方法が採択された。しかしながら、①についてはサンプリングが短時間しか行われておらず、また、事故発生後の最初の1週間が欠測であること、さらに環境中の放射能比と吸入の際の摂取量比は必ずしも一致しないことから不確実性が大きく、②についても過大評価が見込まれる。そ

ここで、I-131 と Cs-137 の両方が検出された緊急作業従事者を抽出し、I-131 による被ばくが顕著であった 2011 年 3 月及び 4 月における一定期間毎に分類し、各対象者の体外計測結果から摂取量比の分布を求め、その代表値を I-131 未検出者に適用する方法を提案した。この結果、低線量になるほど、該当者が増加する自然な内部被ばく線量（預託実効線量）分布が得られた。また、この結果に基づき、甲状腺、肺、結腸、骨表面に対する内部被ばくによる臓器線量を試算した。

(4) 染色体分析に基づく生物学的線量推定

末梢血リンパ球の染色体が受けた傷害の度合は被ばく線量に応じた量として観察されるため、これを利用した線量推計が可能である。本研究では、安定型染色体異常の一形態である転座染色体の発生頻度を指標した生物学的線量推計を実施した。ベースライン調査（2018 年度採血を行った 62 名）により、生物学的推定線量と個人線量計で測定された外部被ばく線量との間に正の相関があることを確認するとともに、生物学的推定線量には被検者の喫煙歴及び医療被ばく歴が関与することを明らかにした。さらに、安定型染色体異常頻度に加齢による上昇が認められたため、年齢の異なるボランティアの血液を用いて検量線の補強が必要であることが示唆された。外部被ばく線量 70 mSv 以上の緊急作業従事者（2020 年度採血分、54 名）を対象とした生物学的線量推計については、現在解析を継続中である。

(5) 尿中ヨウ素 129 分析に関する研究

事故当時に日本原子力研究開発機構において体外計測を行った緊急作業従事者については、517 名分の尿試料を採取し、内 230 名分が現在も保管されている。これらの尿試料中に含まれる I-129 が検出できれば、環境中におけるヨウ素同位体比（I-131/I-129）から、採取時における尿中 I-131 量を評価することが出来、I-131 未検出者の内部被ばく線量評価に資する可能性がある。ただし、I-129 を測定するには、加速器質量分析装置（Accelerator Mass Spectrometry: AMS）を用いて行う必要があり、そのための分析方法の開発に取り組んできた。尿中のヨウ素の分離には、イオン交換樹脂または CL レジンを用いる方法を試行し、模擬尿試料を用いてヨウ素の回収率を評価した。次年度に AMS を用いた実尿試料の分析を行う予定である。

第三期の目標

第三期は、他の研究分科会と研究代表機関である安衛研との連携を一層強化し、各分科会が要望する線量データベースの構築を進めるとともに、線量評価のさらなる精緻化、個人の行動情報を考慮した被ばく線量及びその不確実性の評価を行うことを目指し、疫学研究全体の研究成果の創出に貢献できるよう努める。

6. 死因・がん罹患調査分科会

分科会委員長 研究分担者 小笹 晃太郎

1. 研究目的

死因・がん罹患調査では、放射線業務従事者の健康影響に関する疫学研究の対象者の追跡および生死の確認を行い、主要な帰結である死因およびがん罹患情報の収集を行うことを目的とする。

2. 研究課題への取り組み

研究目的を達成するために、まず、追跡に関する下記の項目に関する同意取得を行っている（番号は同意書からの抜粋のため欠番がある）。

(1) 東電、元請企業および緊急作業時の所属企業が保有する、緊急作業の状況や被ばく線量および法定健診の結果に関する資料の提供を受けること。(4) 将来転居したときの変更後の住所、婚姻等により改名したときの変更後の氏名等、および生死の確認・追跡を行うに必要な情報を得るために、法律で定められた手続きに従い、住民票を照会すること。(5) 居住地の都道府県の地域がん登録、または国立がん研究センターの全国がん登録よりがん罹患情報の提供を受けること。(6) 放射線作業従事者の法定健診の過去および将来の結果を、健診実施機関より提供を受けること。(7) 甲状腺検査（血液検査、超音波検査、細胞診など）を受けた医療機関より、精密検査結果および関連する診療情報の提供を受けること。(9) 将来、もしお亡くなりになった場合には、法律に定められた手続きにより厚生労働省から人口動態調査死亡票（死亡診断書に基づくもの）の情報の提供を受け、あなたの情報（姓名、生年月日、住所等）と照合して死因を調べること。

その実務は主に健診受診時に実施するため、統括本部で行われている。追跡人年の計算に必要な追跡起点の確定を行うためには、緊急作業を開始した時点および緊急作業から離脱した時点を確認する必要がある。住所・生死等の追跡情報を取得するためには、現況調査や健診予約時の連絡を利用する。帰結情報（死因・がん罹患）の取得のために、人口動態調査死亡票の死因情報を2011年より、全国がん登録情報を2016年より取得しているが、前者においては個人照合に関する課題があり、後者については主に健診受診者である明示の同意者に限定されるという問題がある。

3. 研究成果の概要

調査開始時から令和4年10月31日までの累計は、ベースライン健診受診者が6,221人であり、そのうちの同意取得者は、(1)が6,141人(99%)、(4)が6,083人(98%)、(5)が6,149人(99%)、(6)が6,160人(99%)、(7)が6,165人(99%)であった。2020年度以後に加えられた(9)への同意者は、この期間のベースライン健診累計受診者314人のうち197人(63%)であった。郵送およびウェブサイトからの取得も含む同意者の総数および追跡対象者19,812人のうちに占める割合は、(1)が7,815人(39%)、(4)が7,657人

(39%)、(5)が7,750人(39%)、(6)が7,794人(39%)、(7)が7,785人(39%)、(9)が4,103人(21%)であった。

死亡・死因の追跡は、統計法に基づき、2011年から2019年末までの本研究対象者の該当する世代の日本全国の人口動態統計に基づく死亡者情報の交付を受けた。この情報について前記項目(9)に同意のあった4,103人を対象として照合したところ1人の死亡が確認された。照合された死亡者が少なかったことは、同意を得てからの追跡期間が短かったためであると考えられた。なお、2017年以後の人口動態統計データの死因に関するレイアウトが変更されたので、現在照合ソフトの更新を行っている。これらのことより標準化死亡比の算出は行わなかった。

がん罹患の追跡は、前記項目(5)に同意のあった7,537人(照合時点までの数、男7,526人、女10人、性別不明1人)について、全国がん登録に対して2016年から2018年に診断された新生物(ICD-10: C00～D48)の登録情報の利用申請を行い、情報の交付を受けた。対象者からの第1原発(first primary)である総固形がん(C00～C80)の罹患は男140例、女<10例であった(10例未満の数は非開示につき<10と表記する、以下同様)。主要部位の男性の罹患数を表1に示した。白血病およびリンパ腫は男<10例、女なし、大腸の上皮内がん(D010～D012)は男16例、女なしであった。このほか、良性新生物(D10～D36)は男<10例、女なし、性状不詳または不明の新生物(D37～D48、この中には境界性状と考えられる真正多血症、骨髄異形成症候群などが含まれる)は男<10例、女なしであった。第2原発がん以降は男<10例、女なしであった。

国立がん研究センターより公開されている情報に基づき、同期間の暦年別全国年齢別罹患率を標準率とした標準化罹患比(SIR)を求めた(表1)。まず、総固形がんの標準化罹患比(SIR)が有意に高かった。胃、肝・胆・膵、前立腺、腎・尿路、甲状腺、および上皮内のがん(大腸および大腸以外)でSIRの点推定値が1.1以上(標準集団より10%以上高い)であり、前立腺、甲状腺、大腸の上皮内がんで統計学的に有意に高かった。一方、結腸～直腸および肺のがんではSIRの点推定値は0.9以下であった。その他の部位のがんおよび白血病・リンパ腫のSIRの点推定値は0.9～1.1の範囲にあった。これらの結果は、健診・人間ドックでスクリーニング検査の実施されているがんでSIRが高いことを示しており、それは上皮内がんのSIRが高いこととも整合する。一方、臨床的に発見されるがんやスクリーニングが行われていないがんのSIRは全国水準から概ね逸脱していないと考えられた。したがって、がんのSIRが高いことは本研究での健診や自主受診による健診での過剰発見による可能性が高いと思われた。なお、これらのうち本疫学研究の健診で発見されたものがどのくらいあるのかを検討する必要がある。

表 1. 部位別がん罹患数と標準化罹患比 (SIR)、男性、2016～2018 年

ICD コード	部位	罹患数	期待数	SIR (95%信頼区間)
C00-C80	総固形がん	140	108.3	1.29 (1.09, 1.53)
C16	胃	19	16.6	1.14 (0.69, 1.79)
C18-C20	大腸	19	22.0	0.86 (0.52, 1.35)
C22-C25	肝・胆・膵	14	11.3	1.23 (0.67, 2.07)
C34	肺	10	14.5	0.69 (0.33, 1.27)
C61	前立腺	26	13.8	1.89 (1.23, 2.78)
C64-C68	腎・尿路	15	8.5	1.77 (0.99, 2.91)
C73	甲状腺	16	2.0	8.01 (4.58, 12.9)
上記以外の C00-C80	その他の部位	21	19.6	1.07 (0.66, 1.64)
C81-C96	白血病・リンパ腫	<10	—*	0.91 (0.36, 1.87)
D010-D012	上皮内がん (大腸)	16	8.7	1.84 (1.05, 2.98)
上記以外の D00-D09	上皮内がん (大腸以外)	<10	—*	1.24 (0.50, 2.56)

* 観察罹患数が<10のため不記載

3. 第三期の目標

今後、がん罹患では15年、死亡では30年を目途に結果を得ることを目標としたい。研究作業として、まず、追跡人年の確定、特に追跡起点の確定が必要であり、そのためには作業従事状況の確認が必要なため、線量評価分科会との共同作業が必要となる。住所・生死等の追跡情報の取得のためには、現況調査や健診予約時の連絡における死亡情報の「漏れ」の問題を克服する必要があるが、住民票調査を行うにあたっては除票保存期間内に行う必要がある。いずれにしても、ある時点に一斉に、生存確認調査および死亡時点の調査が必要であると思われる。

死因調査について全対象者(19,812人)から同意取得することは非現実的であり、主に健診受診者である同意取得者のみを対象とした解析では重大な偏りの生じる可能性がある。そのような偏りを避けるため、またその偏りを評価するために、非受診者も含む全員を対象として死因情報を収集する必要がある。したがって、全対象者について死亡・死因情報を利用可能とする態勢を整えることが必要である。

がん罹患情報の収集については、2015年末までの情報を47都道府県の地域がん登録から収集することは、患者の住所地と診療・届出医療機関の所在地の相違によるがん登録情報の都道府県間移送の問題や、登録精度の違いによるデータの質の問題とともに、実務的に非現実的である。原発事故から2016年までおよそ5年であるので、固形がんの放射線リスクを評価することにより支障はないと考えられるが、白血病のように被ばく後短期間に増加する疾病については死亡情報の利用など別の方策を考える必要がある。

放射線リスク解析については解析評価分科会で議論されることになろうが、追跡人年を確定するための課題のほか、線量評価分科会における緊急作業時およびそれ以外の線量評価と、それらをどのように加算・累積するかは課題がある。解析モデルとしては、緊急作業時の被ばく線量とその他の線量を時間依存変数として取り扱うのかなどの放射線リスク解析特有の諸問題がある。また、質問票調査等で得られる放射線以外のリスク因子を交絡因子としてどのように取り扱うのか、すなわち、これらのリスク因子については健診受診者では収集可能であるが、未受診者ではむずかしいので多重代入法 (multiple imputation) などを必要とするという課題がある。さらには、本研究での健診や自主的に受診している健診による過剰発見がんの取り扱いの問題がある。一般的には、健診等の受診と被ばく線量に関連がなければ、健診受診によるがんの過剰発見はベースライン罹患率の上昇のみへの影響となり放射線リスク推定には影響しないが、高線量被ばく者ほど健診をよく受診するという傾向があればリスク推定に影響する。いずれについても、解析評価分科会での作業にゆだねられる部分が大きいと思われる。

7. 甲状腺がん調査分科会

分科会委員長 研究分担者 祖父江 友孝
研究分担者 谷口 信行
研究分担者 宮川 めぐみ

研究目的

この研究の目的は、【課題 A】平成 25 年度厚生労働科学研究費補助金特別研究事業東京電力福島第一原発作業員の甲状腺の調査等に関する研究」(主任研究者 祖父江友孝、以下旧研究班)の要精検者に対する精検結果、および、ばく露群における過去の甲状腺超音波検査の結果の収集と解析に努める点、に加えて、【課題 B】緊急作業員約 2 万人の対象者全体に対する甲状腺超音波検査の実施方法を検討し、検査結果を収集解析することである。

以上の目的により、緊急作業員の健康状態に関する情報を収集し、緊急時の原子力発電所事故への対応策について、より詳細かつ正確な情報を提供することを目指す。また、この研究によって、原子力発電所作業員や緊急作業員など、放射線にさらされる可能性のある職業に従事する人々の健康管理に役立つ情報を提供することも期待される。

研究課題への取り組み

この研究では、令和元年度の第一期第三者委員会報告書の第 II 章第二期研究への提言に対して、以下の取り組みを行った。

- ① 重点的に調査すべきポイント：甲状腺がんにおいては、低線量グループを含めて同じ抽出率で比較対照群を設定して甲状腺検査を実施すべきである。

- 対応：低線量群と高線量群で同じ抽出率となると、低線量群の受診者数をより増やすよう受診勧奨をすることになる。しかし IARC 専門家レポートにおいて不利益が利益を上回ることから低線量群への甲状腺スクリーニングは勧められていないため、受診勧奨は倫理的には適切ではないと考える。低線量群はもともと対象者が多いため、受診率が低くても受診者数は高線量に比べてかなり多い。受診動機に係るバイアスについては、それを調整する指標（例えば過去の甲状腺超音波検査歴、所見の有無、家族歴、その他健診受診自体に関わる要因など）を用いて層別化解析することで対応したい。
- ② 重点的に調査すべきポイント：さらに、異常者には、同じクライテリアでの甲状腺生検、疑わしい症例が見つかった場合の非手術的経過観察（active surveillance）のクライテリアの統一を徹底して比較検討をすることを推奨したい。
- 対応：全国 127 の専門医療機関に二次検査受け入れを了承いただいております。超音波検査で異常が認められた場合は、同じクライテリアで紹介・受診勧奨している。しかし各専門医療機関での検査や治療選択など個々の例に関しては、結果の報告を受けるのみであり、臨床判断に介入することは適切ではないと考える。
- ③ 重点的に調査すべきポイント：良性甲状腺疾患においては、結節やのう胞は頻度高く発見されるため、有用なデータがもたらされると期待される。日本人は、潜在がんが高い事が知られているが、今回の調査が成人の甲状腺結節の自然史に関する新たな知見を提供する可能性がある。亜臨床的甲状腺機能低下症は、高線量被ばくした群で観察される可能性がある。
- 対応：甲状腺がん、甲状腺機能低下症（潜在性を含む）、結節、のう胞、4つの疾患を主要評価疾患とし、重点的に検討を行った。診断基準を作成し、超音波検査、血液検査、医療機関からの二次検査情報、がん登録情報、質問票を利用して総合的に検討した。

以上の取り組みにより、甲状腺がんを含む主要評価疾患について詳細なデータを収集し、総合的に検討することができた。

研究成果（結果）の概要

① 【課題 A】

旧研究班データについて、2,064人の対象者のうち、627人のデータを安衛研から入手し、甲状腺超音波検査を受けた531人（ばく露群274人、対照群257人）のデータを確認した。今後は、NEWS研究を軸として旧研究班データを有効活用することが計画されている。

また、過去の甲状腺超音波検査歴の把握については、甲状腺疾患既往歴、甲状腺超音波検査受診歴、受診医療機関へのコンタクトの同意取得と情報収集を、質問票および同意書に含めて情報収集している。今年度は緊急作業後の超音波検査受検回数を集計した。

② 【課題 B】

自治医大に精度管理委員会を設置している。この委員会では、甲状腺超音波検査に従事する技師の育成や、超音波所見の中央判定、要二次検査者の専門医療機関への紹介に関する取り組みを行っている。年 2 回の初心者研修と経験者研修を実施し、甲状腺超音波検査の技術・知識の向上に努めている。また、一定基準を満たした検査者や健診機関に対して認定技師や認定機関の認定を行っており、令和 4 年 12 月時点で、113 人の認定技師と 40 施設の認定施設が存在している。さらに、2017 年 4 月からは全例で中央判定を行い、各健診機関に結果を送信している。要二次検査者については、専門医療機関に紹介し結果を収集することで、より正確な情報を得ることを目指している。これらの取り組みにより、各健診機関の甲状腺超音波検査の精度向上・維持を図り検査を実施している。

令和 4 年 10 月末時点、ベースライン調査受診者 6,203 人中、甲状腺超音波検査に同意したのは 4,779 人 (77.0%) であり、縦断調査受診者 2,540 人中、同意したのは 1,920 人 (75.6%) であった。ベースライン調査も縦断調査も低線量群では超音波検査ができない健診機関への受診割合が多く、高線量群での同意率が高い傾向がある。全体的に不同意率は低く、0.5%であった。

中央判定の実施率について、ベースライン調査においては、中央判定を実施した人数は 3,284 人で、NEWS 対象者の 19,808 人に対する割合は 16.6%、健診受診者の 6,203 人に対する割合は 52.9%であった。縦断調査においては、中央判定を実施した人数は 1,916 人で、NEWS 対象者の 19,808 人に対する割合は 9.7%、健診受診者の 2,540 人に対する割合は 75.4%であった。高線量群で超音波中央判定の実施率が高い傾向があった。

甲状腺超音波検査における最終判定について、B 判定（要二次検査）の割合はベースライン調査では 15.5%、縦断調査では 16.8%であり、C 判定は 0 人であった。ベースライン調査も縦断調査も年齢が上がるにつれて B 判定の割合が増加する傾向があり、高線量群で B 判定割合の明らかな増加は観察されなかった。

B・C 判定を受けた患者の二次検査結果取得率について、ベースライン調査では B 判定者の 39.2%が二次検査結果を取得し、そのうちの 74 名 (37.2%) が細胞診を実施し、細胞診結果を確認した者は 72 名であった。B 判定者の 14.2% (72/508) で細胞診の結果が確認され、そのうちがんまたは疑いは 5 人であった。縦断調査では、B 判定者の 45.0%が二次検査結果を取得し、そのうちの 29 名 (20.0%) が細胞診を実施し、細胞診結果を確認した者は 23 名であった。B 判定者の 7.1% (23/322) で細胞診の結果が確認され、そのうちがんまたは疑いは 2 人であった。

甲状腺がん累積罹患の診断基準は、1) 医療機関情報またはがん登録情報でがんの診断ある場合を確定例、2) 細胞診で悪性、または 3) 質問票で甲状腺がんの既往がある場合を疑い例とし、震災以前に甲状腺がんの既往があった 4 人を除いた健診受診者 6,199 人で集計

した。震災後の甲状腺がん累積罹患は30人（確定7人、疑い23例）、累積罹患率は0.5%であった。超音波中央判定ありの対象者においても同じであった。甲状腺がんの震災時年齢は30～50歳台であった（対象者も30～50歳台が多い）。実効線量別に見ると、実効線量50mSv以上の被ばく者において罹患率が高い傾向があった。また、罹患者の20%が震災後5年未満、60%が5～10年で診断され、20%が震災後10年以上であった。さらに、甲状腺がんの診断に関連する要因として、緊急作業後の甲状腺超音波検査受検回数を検討したところ、線量が高い方が累積受検回数も多く、甲状腺がん診断の機会も多かったことが明らかになった。

甲状腺機能低下症の診断基準は、TSHが基準値を超え、かつFreeT4が基準範囲上限以下、または質問票で甲状腺機能低下症の治療中または甲状腺ホルモン剤服用中とし（ただし質問票で甲状腺機能低下症以外の甲状腺疾患の治療中または手術歴ある場合や頸部の放射線治療歴がある場合は除外）、甲状腺血液検査を受けた対象者で集計した。ベースライン調査受診者6,192人のうち、甲状腺機能低下症の有病率は3.5%であった。受診時年齢が上がると有病率が上昇する傾向があったが、実効線量階級と有病率との間に明らかな関連はなかった。

結節の診断基準は、一次検査（超音波検査）で最大径5.1mm以上の結節またはのう胞内結節がある場合と定めた。ベースライン調査受診者で超音波中央判定がある3,284人を対象に集計し、結節の有病率は15.2%であった。また、受診時年齢が上がるにつれて有病率は上昇していたが、実効線量階級と有病率との間には明らかな関連は認められなかった。

結節と同様に、のう胞も一次検査（超音波検査）で最大径が5.1mm以上ののう胞を診断基準とし、ベースライン調査受診者のうち超音波中央判定が行われた3,284人を対象に集計した。のう胞の有病率は11.3%であり、受診時年齢が上がるにつれて有病率も上昇する傾向が見られた。一方、実効線量階級との間には明らかな関連は認められなかった。

第三期の目標

第三期の目標として、健診データの更新とともに、超音波検査結果および主要評価項目を中心に集計を行い、現在利用可能なデータをすべて分析に取り入れて実施することにより、重要なデータが欠落していないかを確認し、長期観察の体制を確立することである。また、二次検査結果取得率を上げるため、二次検査結果受診の有無を把握する仕組みを整備し、結果の取得率を上げる対策を実施することが重要である。さらに、超音波検査や二次検査紹介に伴う健診機関の負担軽減を図りつつ、死因・がん罹患分科会と共同して、甲状腺がん罹患状況を全国がん登録との照合により把握する仕組みを作り、線量評価分科会と共同して、甲状腺被ばく線量についての再評価を踏まえて、検査対象者の選定や結果の解析を進めることが目標である。

8. 白内障調査分科会

分科会委員長 研究分担者 佐々木 洋

研究目的

水晶体は人体の中でも放射線感受性の高い組織の1つであり、従来考えられていた閾値以下の低線量放射線被ばくでも白内障を発症することが報告されている。白内障調査分科会では、緊急作業従事者の白内障調査を行い、放射線被ばくと白内障発症との関連について、長期経過観察のもと明らかにすることを目的としている。

研究課題への取り組み

白内障分科会では2つの調査を並行して行っている。1つは実効線量 50mSv 以上の現東電社員に対する調査として、2013年から毎年眼科検診を行っている。検診場所は福島第1・第2原子力発電所、柏崎刈羽原子力発電所、東京本社の3か所となる。白内障は眼科医による細隙灯顕微鏡での診断および2台のカメラ（前眼部解析装置 EAS-1000（ニデック）、および簡易型徹照カメラ（LOVEOX））を用いた画像診断を合わせた評価とし、すべて散瞳下での検査としている。もう1つは全国の対象者に対して、眼科クリニックをベースとした全国調査となる。こちらは3年に1回を1クールと設定し2018年から開始した。2018～2020年度は第1クール、2021～2023年度は第2クールとなり、現在第2クールの2年目にあたる。調査施設は日本白内障学会および日本眼科医会の協力を得て、全国71か所で行っている。白内障の診断は散瞳下による眼科医の診断としているが、一部の施設には簡易型徹照カメラを設置し、水晶体画像撮影も行っている。両調査とも診断された検査結果（所見および水晶体画像）は金沢医科大学 精度管理委員会で最終判定を行っている。

白内障は放射線白内障の診断基準となっている Merriam & Focht (1962) の分類を基準に6種類の白内障病型の評価とした。視機能低下につながるとされている3主病型（皮質、核、後囊下）および2副病型（Retrodots (RD)、Waterclefts (WC))、そして放射線白内障の初期変化とされる微小な混濁 Vacuoles (VC) とし、VCについては局在（後囊中心の有無）も評価した（図1参照）。診断を行う眼科医には白内障6病型に対する診断マニュアルを配布し、一定の評価が可能となる所見表に記載する形式をとった。一般の眼科診療では細隙灯顕微鏡を用いた眼科医の肉眼診断が基準となるが、このような微小混濁を追跡する調査には水晶体撮影カメラによる徹照画像も必須と考えている。また深層学習を用いた画像認識処理による水晶体混濁の自動計測を目指した水晶体混濁自動計測システムの開発も行っており、撮影された徹照画像から白内障を自動検出するシステムを構築している。最終判定が普遍的な評価となるよう検討している。

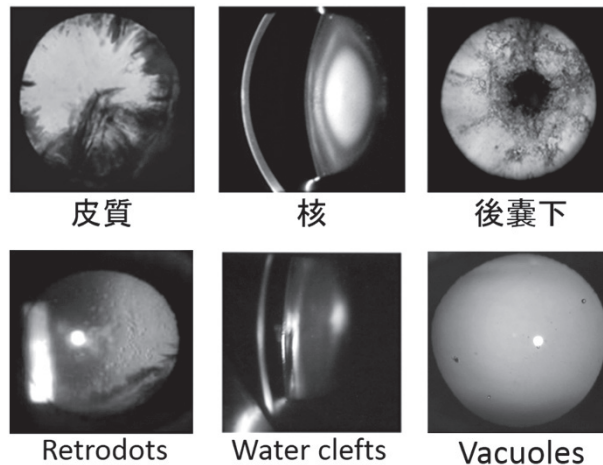


図1. 本研究で検討する白内障病型

研究成果（結果）の概要

東電社員を対象とした調査は、新型コロナウイルスの影響を受け2020～2021年度は中止となっていたが、2022年度から再開した。一方で過去に行った検診データの画像解析を開始している。まず本研究に対する同意を得られた対象者の集計と抽出作業を行い、白内障5病型および微小混濁であるVCの有病率の検討を進めている。また同一対象者での7年間の経過観察も合わせて検討する予定である。

全国調査に関して、第1クールは497名（平均年齢54.2±10.0歳）の参加者となった。VC等の微小混濁もない透明眼（白内障なし）は、26.4%であった。VCを含む放射線白内障の初期変化および白内障があった人は73.0%となり、白内障術後となる眼内レンズ眼は0.6%であった。その中で白内障ありと診断された363名の視力は、矯正視力1.0以上が90.1%、視力0.7-0.9が7.9%、視力0.6以下が2.1%となった。これらの結果から、事故後8年から10年たっているが、今回の対象者の9割近くがまだ白内障がない、あるいは水晶体の変化があるが視力は良好であることが確認できた（図2参照）。水晶体後囊中心のVCの有病率は30代が8.3%、40代が12.7%となった。特に若い30代・40代の後囊下VCが今後どのように変化していくのか追跡する必要がある。ICRPが設定した現在の閾線量における仮説の1つに、「全ての微小水晶体混濁が被ばく後20年以上で視覚障害性白内障に進行する」とある。この若い対象者の経過観察を行うことで、その仮説の検証も可能と考えているが、20年という年月は加齢性白内障の影響があることから、慎重な検討が必要と考えている。現在、第2クールを開始している。第2クールの対象者はNEWS研究の同意・協力を得ている約7,000名に案内を送り、受診希望で返信のあった3,504名となる。そのうち検診可能な対象者（受診希望施設や日程の調整が可能である人）が約2,500名となり、2021～2022年度で計1,474名が終了した。残りの1,000名は2023年度に行う予定となっている。

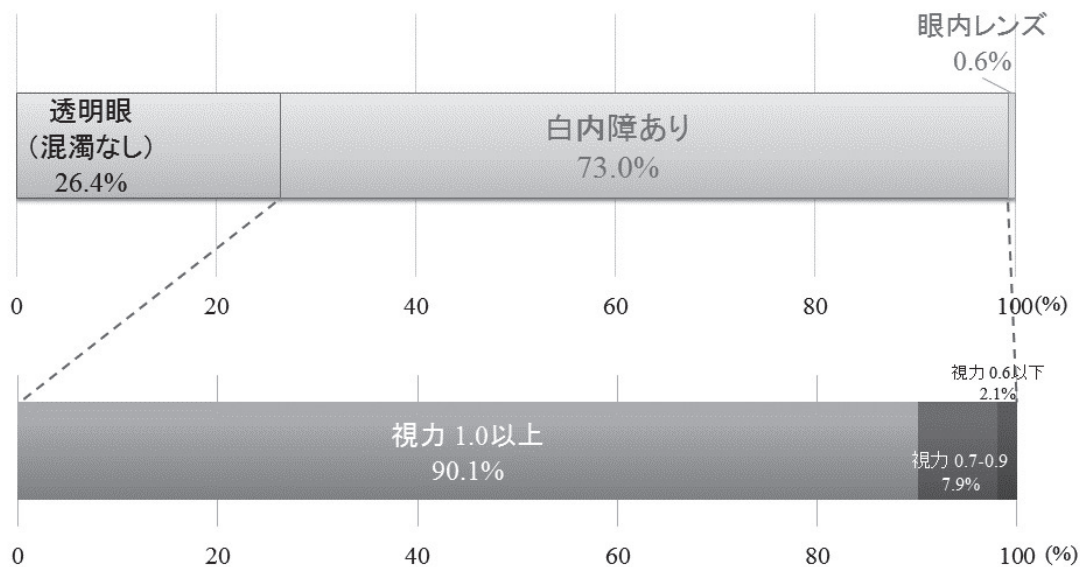


図2. 第1クールの結果

全国調査のような多施設研究では、画像データを元に大量のデータ解析と追跡調査が必要となる。客観的な評価を行うためには、水晶体混濁の自動解析システムの構築が急務となっている。VCの検出モデルについて、東電検診の多量の画像解析によりモデルの精度を上げるとともに、放射線白内障に特化したモデルとしてさらに幅広い検診で利用できるよう汎用性を高めている。

第三期の目標

第三期も今期と同様に白内障調査を継続する予定である。全国調査は第3クールに入り、簡易型徹照カメラを多くの施設に設置し、対象者の少ない県に対しては施設間のカメラの移動なども考慮し、できるだけ多くの水晶体撮影を試みる。そして過去のデータ解析においては、白内障の結果の詳細な検討とともに被ばく線量との関連も検討する必要がある。

9. 心理的影響調査分科会

分科会委員長 研究分担者 江口 尚
研究分担者 真船 浩介

2014年度から5年間にわたって実施した「東電福島第一原発緊急作業従事者に対する疫学的研究」における「原発緊急作業従事者の心理的影響の評価に関する研究」（第一期調査）及び2019年度以降の「放射線業務従事者の心理的影響に関する研究」における「放射線業務従事者の心理的影響の評価に関する研究」（第二期調査）では、放射線業務従事者における緊急作業の心理的影響について、質問紙調査と面接調査を併用し、検討した。また、

面接調査では、面接者による評価のばらつきを抑えるとともに、多数の対象者に対応できる調査実施体制の構築を進めた。

【質問紙調査】

質問紙調査は、2022年10月31日までに回答が返送された5,249件のうち、研究参加への同意が得られ、属性情報と照合できた4,735名を対象として解析を行った。本報告では、各対象者の初回調査のみを分析の対象とした。質問紙調査では、アウトカム指標として、心理的ストレス(K6)、アルコール関連問題(AUDIT)、不眠症状(AIS)、心的外傷後ストレス障害(PTSD)症状(IES-R)の4尺度を使用した。また、ばく露変数として、東京電力福島第一原子力発電所への入構時期、緊急作業の従事期間、緊急作業の内容について回答を求めた。精神的健康との関連が想定される調整変数としては、緊急作業に伴う中傷や差別(スティグマ)、調査時点から過去1年間のライフイベント、現在と緊急作業時の2時点の社会的支援、ストレス対処行動(BSCP)、首尾一貫感覚(SOC3-UTHS)、レジリエンス(CD-RISC2)、自己効力感、自尊感情、生活・仕事満足度の9尺度を使用した。心理的ストレス(K6)と不眠症状(AIS)の有所見率は、日本における労働者を対象とした先行研究と比べても顕著な相違はみられなかった。心理的ストレス、不眠症状、アルコール関連問題、PTSD症状は、スティグマ、ライフイベント、社会的支援、ストレス対処行動の一部、自尊感情、仕事・生活満足度などのストレス関連要因との有意な関連が明らかになった。特に、スティグマは、先行研究と同様に、強い関連がみられた。また、緊急作業における社会的支援は、スティグマやライフイベント等の影響を考慮しても、労働者の精神的健康等の保護因子として重要であることが示唆された。特に、緊急作業に従事する期間が30日以上長期に及ぶ場合に、緊急作業時の上司の社会的支援が重要な保護因子になると考えられた。

【面接調査】

面接調査は、2022年10月31日までの健診調査受検者のうち、面接調査により有効な回答が得られた3,504名(男性3,489名、女性3名、不明12名)を対象に分析した。面接調査では、面接者による評価のばらつきを抑えるため、構造化面接法を採用し、世界保健機関統合国際診断面接法(WHO-CIDI)コンピューター版面接(CAPI)を使用した。本研究では、WHO-CIDIからうつ病モジュールのみを使用し、うつ病の有病率を評価し、調査時点から最近1ヶ月、最近12ヶ月、生涯のうつ病所見について、米国精神医学会のDSM-IV-TRと世界保健機関のICD-10の2つの基準により評価した。DSM-IV-TRにおける「大うつ病性障害」(296.xx)の有病率は、最近1か月で0.2%(8名)、最近12か月で1.9%(66名)、生涯で6.9%(242名)と判定された。ICD-10における「精神病症状を伴わない重症うつ病エピソード」(F32.2、F33.2)の有病率は、最近1か月で0.1%(5名)、最近12か月で1.1%(37名)、生涯で3.3%(117名)と判定された。日本における大規模な先行研究では、DSM-IV-TR、ICD-10のそれぞれの基準で、生涯は4.3%、2.3%、最近12ヶ月は2.2%、

0.9%、最近1ヶ月は0.3%、0.1%の有病率であり、至近1年以内では本研究と同等であったが、生涯有病率は本研究がやや高率であった。なお、本研究では、CIDIのうつ病モジュールのみを抜粋して、使用していたため、標準的な解析プログラムでは、再発時の年齢が十分に推定できていない課題が生じていた。2022年度は年齢の計算方法を改良し、再発時期の推定を改善した。その結果、発災前にうつ病の既往がある群では、ない群に比べ、発災後のうつ病の発症が有意に多い傾向は既報の通りであったが、プログラム改善前は、その関連の強さが過小評価されていたことが示唆された。さらに、ICD-10を基準とした場合、実効線量が100mSv以上の被ばく群で生涯有病率と発災後の罹患率が有意に高かった。

【面接調査の実施体制】

本研究では、緊急作業と精神的健康との関連を検討するため、症状の発症時期を特定できる妥当な面接調査手法の併用を重視している。2014～2015年度に、既存の構造化面接法の検討を行い、本研究では、世界保健機関統合国際診断面接法（WHO-CIDI）コンピューター版面接（CAPI）のうつ病モジュールの採用を決定した。さらに、全国各所の研究協力機関で面接調査を展開するため、実施者を養成する研修を継続的に実施してきた。2020年度は新型コロナウイルス感染症の感染拡大等の影響が顕著になり、各研究協力機関で実施される健康調査時の構造化面接の実施継続が困難となった。2021年度の後半から、多数の対象者に調査を一斉実施する会場型健康調査が企画され、構造化面接を実施する機会が得られた。そこで、十分な調査精度を担保し、全国で調査を実施できる体制を整備するため、構造化面接の実施は調査専門機関に委託し、継続的に調査を担当できる面接者を対象として、定期的に研修を実施することにより、質の高い調査を安定して実施できる体制を構築した。会場型での調査委託は、面接調査に専従する人員を割けない研究協力機関の負担軽減にも寄与する方法である。2022年度も既に実査を担当している調査員の質の担保と関東地方での実査に対応する調査員の増員を図るため、WHO-CIDIが指定する教育訓練を行い、構造化面接調査の持続可能性のさらなる改善を図った。

10. 健康管理データベース分科会

分科会委員長 研究分担者 大神 明

◆ 当分科会設立の経緯および分科会の目標

本疫学研究の全体目的として、生涯にわたり詳細な健康診断を実施して長期的かつ総合的に健康状態を継続調査すること、がある。本疫学研究にて集約される健康上データは、研究対象者への保健指導などを通じた緊急作業従事者の健康の維持増進に貢献することが期待される。しかしながら本調査の対象者となった健診受診希望の意思表示をした健診参加者へは、その結果に対しての保健指導の方法及び結果説明についてのプロトコルは未整備である。集約された作業従事者の健康管理データベースを効果的にフィードバックし、

継続的な有効活用に関に繋げるかに関する研究を実施することを目的として第二期より加わることになった。

◆ 当該研究で行ってきたこと

(1) 本疫学研究の健診実施機関における判定基準値の実態調査（2020年～2021年）

当疫学研究に参加している全国各地の45カ所の健診機関の健康診断結果通知票を入手し、そこに記載されている各検査項目の基準値（所見ありとして何らかのアラートを出す基準値）の比較検討を実施した。

(2) 健診データにおける健康評価に関するリスクマトリックスの作成（2020年～2021年）

健診データを用いて、いわゆる「健康評価」を行うことを目的に、2020年までに実施された本疫学研究の多項目健診受診者および基本健診受診者の匿名化健診データを用い、健康評価に関するリスクマトリックスの作成を試みた。

① 多項目健診および基本健診において、健診項目を系統別に10種類の群（肥満/るいそう、血圧、肝機能、耐糖能、脂質、腎機能、炎症、貧血または多血症、心電図、胸部X線）に分け、各群中の健診項目に対して、検査値の度数分布を元に基準値を設定した。

② リスク項目の中で、基準値に応じて「低リスク群」「中リスク群」「高リスク群」の3群に分類し、10種類のリスク項目の中で設定基準値に準じてリスクレベルを判定した。

(3) リスクマトリックスによるデータベースの縦断的検討：基本健診及び多項目健診のデータに適用した場合のリスク分布（2021年～）

オンラインコミュニティに登録している2019年度基本健診885名、2020年度基本健診1,564名のデータを用いて、(2)のリスクマトリックスから求めたリスク評価を行った。次に、基本健診データのうち、2019年度と2020年度の2回のデータが揃っている参加者を継続参加者と定義し、このデータについて各年度のリスク評価および変化量の解析を行った。

2019年と2020年の年次変化について、数値として評価される項目、すなわち①肥満/るいそう（BMI）、②血圧（収縮期血圧：BP-s）（拡張期血圧：BP-d）、③肝機能（AST/GOT、ALT/GPT、 γ -GTP）、④耐糖能（BS）、⑤脂質（HDL、LDL、TG）、⑥炎症（WBC）の各項目について、2019年度から2020年度の増減をdeltaとして個人別に求め、2020年のリスク群ごとに集計した。その結果、肥満/るいそうの項目では、2020年の高リスク群は前年比BMI値が平均で0.20kg/m²増加していた一方で、中リスク群では-0.03kg/m²とほぼ変化なく、低リスク群では-0.20kg/m²と現象していた。同様に血圧、肝機能、中性脂肪の各項目で高リスク群は前年度からの正の増加傾向を示していた。

(4) 健診データベース活用アプリの開発と制作（2020年～）

健診結果をフィードバックするシステムについて、以下の項目について設計指針を策定し、同時に仕様書案を作成した。

- A. システム稼働環境要件定義、セキュリティ要件定義
- B1. 運用業務フロー策定
- B2. メール発信、受信機能の設計
- B3. システム機能構成設計
- B4. 処理対象情報の種類の策定
- C1. 問診内容・様式の設計
- C2. データの取込仕様・機能
- C3. 過去健診データの取込仕様・機能
- D1. 健診結果票フォーマット仕様・処理機能設計
- D2. 個人毎データ評価技法、表現方法の開発

アプリケーションの概要であるが、登録者はログイン画面よりエントリーする。ログイン後に認証画面に移動し、初回認証では確認キー入力を経て、メニュー画面に至る。メニュー画面より健診データを参照したい場合は、そのタブをクリックすると、健診項目画面に移る。その中から任意の項目をクリックするとデータグラフ表示画面になり、自己のデータ推移を確認できる。メニュー画面中の、「健診データから見た評価」については、本研究における「健診データにおける健康評価に関するリスクマトリックス」による評価を新しい知見として採用した。これらのリスク評価は、リスク項目。検査項目の医学的な説明もコンテンツとして作成した。この画面では10項目のリスク項目を低リスク（青）、中リスク（黄）、高リスク（赤）の色別で表示し、その背景色は総合評価を示し、同様に色分けして提示することとした。

◆ 第二期残り1年間での達成予定

残り1年間はパイロットアプリの実証を行い、操作性やセキュリティなど、本稼働に向けた改訂作業とリスクマトリックスの妥当性についての検証を行う予定である。

◆ 第三期以降に対する研究目標

実際にアプリを用い、本調査の対象者となった健診受診希望の意思表示をした健診参加者に対して健診結果を開示しつつ、縦断的な基本健診データの解析結果を踏まえて、引き続きリスクマトリックスの妥当性の検証を行い、研究対象者への保健指導などを通じた緊急作業従事者の健康の維持増進に貢献することを目標とする。

◆ 当該研究を進めるにあたって支障になった点

健診受診者のエントリー数が健診年度により増減する点、各健診機関からのデータ精度向上についてまだ改善の余地がある点、以上が課題と思われる。

◆ 今後改善すべき点への提案

本研究では、受診済（質問票を含む）データを基盤として、健診項目異常判定に関する新しい判定論理を検討することとなり、将来的には健康予測的な従来の健診では触れていない領域まで踏み込むことになると思われるため、健診参加者に対して健診に基づきどんな解析結果が提供されるのか、また今後はどういった情報を取得していくのかなど、段階的な将来計画を健診参加者に提示する必要がある。

また、説明をした上で完全な理解に基づく「参加同意」を得た上で、健診アプリの実施体制を構築する必要があり、データの管理、システムのメンテナンス、サービス対応などを研究基盤として整備することが必要と思われる。

