

201305014A (追補有)

厚生労働科学研究費補助金

厚生労働科学特別研究事業

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

平成 25 年度 研究報告書

主任研究者 祖父江友孝

平成 26(2014)年 4 月

厚生労働科学研究費補助金

厚生労働科学特別研究事業

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

平成 25 年度 研究報告書

主任研究者 祖父江友孝

平成 26(2014)年 4 月

目 次

I. 総括研究報告

- 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…………… 1
祖父江友孝 大阪大学大学院医学系研究科環境医学教授

II. 分担研究報告

1. 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疫学的検討…………… 9
祖父江友孝 大阪大学大学院医学系研究科環境医学
吉永信治 独立行政法人放射線医学総合研究所福島復興支援本部健康影響調査プロジェクト
2. 甲状腺等価線量の推計…………… 53
百瀬琢麿 日本原子力研究開発機構
栗原 治 放射線医学総合研究所
高田千恵 日本原子力研究開発機構
高橋 聖 日本原子力研究開発機構
3. 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…………… 71
谷口 信行 自治医科大学 臨床検査医学
宮川 めぐみ 虎の門病院 健康管理室（内分泌代謝科）

III. 研究成果の刊行に関する一覧表

I . 総括研究報告

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

研究代表者 祖父江友孝 大阪大学大学院医学系研究科環境医学教授

研究要旨

東京電力福島第一原子力発電所事故において緊急作業に従事した作業員（緊急作業従事者）のうち、ばく露群（甲状腺等価線量 100mSv（実効線量で 5mSv 相当）を超える被ばくをした緊急作業従事者）を対象として実施された甲状腺超音波検査結果を収集した。これに加えて、対照群（甲状腺等価線量 100mSv 以下。可能な限り被ばく線量の低い者）を設定し、福島県で実施されている健康調査における甲状腺結節（腫瘍）超音波診断基準を参考に判定基準を設定した上で甲状腺超音波検査を実施し、ばく露群と対照群の間で、検査結果を比較した。

比較に際して、東京電力及びその協力事業者が主に作業員の健康管理のために実施した内部被ばく線量評価の結果について、内部被ばく線量を算定する過程で適用された各種のパラメータ等を見直すことによって、より現実的な甲状腺等価線量を再推計した。また、中央登録のある作業員については、中央登録センターから事故前の累積線量情報の提供を受けた。

2014 年 1-3 月を中心に、ばく露群 1,972 人中 627 人および対照群 1,437 人に対して甲状腺超音波検査を行った。甲状腺の超音波検査による所見総合判定は、ばく露群 627 人、対照群 1462 人中、正常所見 (A1) は、ばく露群 320 人 (51.0%)、対照群 907 人 (63.1%) であった。二次検査不要 (A2) は、ばく露群 239 人 (38.1%)、対照群 392 人 (27.3%) であった。また、二次検査推奨 (B) および二次検査必要 (C) は、ばく露群と対照群でそれぞれ 67 人 (10.7%) および 1 人 (0.2%)、136 人 (9.5%) および 2 人 (0.1%) であった。年齢階級別に所見総合判定の結果をみると、ばく露群、対照群とも、年齢が高齢になるにしたがって、二次検査不要(A2)および二次検査推奨(B)の割合が高くなった。

緊急作業に従事していない等により内部被ばくの恐れがなく、内部被ばくによる線量の記録がない 1082 人を除いた 982 人について再評価を行った。信頼度分布 (A の方が信頼度が高い) は A:65 人、B:238 人、C:445 人、D:234 人となり、それぞれの甲状腺等価線量を推定した。

再評価後の線量別に比較した場合、二次検査推奨(B)となったものの割合が、線量の高い群で高い傾向があったが、統計学的には有意ではなかった。一方、二次検査不要(A2)となったものの割合は、線量の高い群で高い傾向があり、統計学的にも有意であった。解析の対象を甲状腺超音波受診歴のないものに限定した場合や内部被ばくによる甲状腺等価線量の評価方法の信頼度が低い作業員を解析から除外した場合にも同様に、線量の高い群で二次検査不要(A2)となったものの割合が高くなる結果が得られた。今後、ばく露群、対照群ともに、今回の検査で異常の指摘されたものに対する精密検査の結果の収集と解析に努めるとともに、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。

研究分担者氏名・所属機関名・職名

吉永 信治

独立行政法人 放射線医学総合研究所 チームリーダー

谷口 信行

自治医科大学 教授

宮川 めぐみ

国家公務員共済組合虎の門病院 医長

百瀬 琢磨

日本原子力研究開発機構東海研究開発センター核燃料サイクル工学研究所 次長

A. 研究目的

東京電力福島第一原発事故における緊急作業従事者の長期健康管理については、「東京電力福島第一原子力発電所における緊急作業従事者等の健康の保持増進のための指針」（以下、大臣指針）に基づき実効線量に応じた健診等が関係事業者に行われている。一方、東京電力では、大臣指針に基づく健診に加え、甲状腺等価線量 100mSv（実効線量で 5mSv 相当）を超える被ばくをした緊急作業従事者 1,972 人について独自に、甲状腺超音波検査を実施し、それらの結果を健康管理に活用することになった。甲状腺超音波検査を実施した場合、対象となる作業員の年齢（平均年齢 44.0 歳）を踏まえると、一定の割合で何らかの所見が見込まれるが、放射線と甲状腺検査結果との関連を検討するには、甲状腺被ばく線量の低い群についても、同様の検査を行って比較する必要がある。

本研究では、甲状腺等価線量が 100mSv を超えた被ばくをした緊急作業従事者（ばく露群）と比較可能な対照群（甲状腺等価線量 100mSv 以下。可能な限り被ばく線量の低い者）を設定の上、同様の検査を実施し、それらの検査結果を比較することによって放射線被ばくによる甲状腺の影響を疫学的に解析し、その結果を放射線影響や甲状腺臨床医学などの観点から評価することを目的とした。

B. 研究方法

1. 調査対象者

ばく露群として、甲状腺等価線量 100mSv（実効線量で 5mSv 相当）を超える被ばくをした緊急作業従事者を選択した

（東京電力社員（976 人）、協力的会社社員（996 人）合計 1,972 人）。また、対照群として、甲状腺等価線量 100mSv 以下とし、可能な限り被ばく線量の低い者を主に東電の社員（事務職員を含む）から選択した。対照群の選択の際、ばく露群の年齢階級毎の対象者数を踏まえて 2000 人を目標とした。

2. 甲状腺超音波検査

調査対象者に対して甲状腺超音波検査を実施し、福島県で実施されている健康調査における甲状腺結節（腫瘍）超音波診断基準を参考に、検査者が結節や嚢胞の有無・大きさを踏まえて A1、A2、B、C に振り分けた。検査者が、A1、A2、B、C に振り分けることが困難な場合は、検査時の画像データ若しくは画像の印刷物を別途設置する判定委員会により検討の上、最終の判定を行った。判定基準 A1、A2（判定基準 B、C 以外）については、郵送にて、必要な説明等を加えて判定結果を通知した。判定基準 B、C の場合については、その結果を郵送にて通知し、医療保険の枠組みで、精密検査の受診を勧奨した。精密検査においては、可能な範囲で、精密検査の結果（free T3、free T4、TSH、抗サイログロブリン抗体、抗ペルオキシターゼ抗体等の検査値）を本人同意の下、検査結果の写しを入手し、解析時の参考データとした。

3. 交絡因子等に関する情報の収集

超音波検査実施時に自記式調査票を用いて①身長・体重、②既往歴、③家族歴（甲状腺疾患の有無）、④医療被ばく歴（頭頸部若しくは胸部 CT 検査の有無・有る場合はその回数等）、⑤生活習慣（飲酒・喫煙）⑥甲状腺超音波検査の過去受診歴を尋ねた。また、基本属性として、氏名、住所、年齢を確認した。

4. 被ばく線量の把握および再評価

ばく露群、対照群ともに緊急作業従事に伴う甲状腺等価線量の情報を東京電力等の事業者から入手するとともに、中央登録センターの登録番号保有者については、本人の同意を得て、放射線影響協会から事故以前平常時の累積実効線量等の情報を入手し

た。ばく露群を中心に、甲状腺等価線量が推計された方法(甲状腺モニタによる測定、サーベイメータでの頸部測定からの推定、全身型ホールボディカウンタによる¹³⁷Csの測定結果からの推定等)や結果にかかわる情報を東京電力および協力企業から入手し、それらの妥当性等を検討した。さらに、内部被ばく線量を算定する過程で適用された各種のパラメータ等を見直すことにより現実的な甲状腺等価線量を推計した。

5. 統計解析

ばく露群と対照群の両群について、年齢、甲状腺検査結果、甲状腺等価線量、累積実効線量、生活習慣、既往歴の有無、医療被ばく歴、甲状腺超音波検査の受診歴を含む解析用データセットを作成した上で、両群における甲状腺結節等の発見割合の差を χ^2 検定等の手法で検定した。さらに、甲状腺等価線量との関連を検討するために、甲状腺結節等の発見割合を甲状腺等価線量で分類した線量群ごとに比較した。線量と検査結果の関連(年齢の影響を調整)については、線量群毎の甲状腺検査総合所見結果の分布や特定の判定結果となったものの割合が異なるかどうかをCochran-Mantel-Haenszel検定により検定した。統計解析には統計パッケージSAS 9.3を用いた。

6. 倫理面への配慮

調査対象者に対して研究班から研究概要について書面にて説明し、研究参加の同意を得た。また、画像データの他、線量管理のデータも活用する旨を書面にて説明した。また、要精査等の所見があった場合は、保険診療にて医療機関での精密検査受診を勧め、同意が得られた者について、医療機関より精密検査結果の収集を進めている。

研究対象者の個人情報、調査事務局(自治医大)において、外部からアクセスできない環境にて適切に保管し、作業を行った。調査事務局において、研究用IDを付加して連結可能匿名化を行い、研究施設においては、個人データは研究用IDを用いて管理した(図)。個人情報を含む個人票・質問票については、研究終了後はすみやかに処分することを予定している。入手したデータを公表する際には、個人が特定できないよう

に配慮し、必要な統計処理を経て公表するものとする。本研究の実施に際しては、臨床研究・疫学研究倫理指針を遵守し、大阪大学、自治医科大学、日本原子力研究開発機構(大阪大学に委託)、放射線医学総合研究所における倫理審査委員会の承認を得た上で行った。

C. 研究結果

1. 研究対象者の特性

研究に同意して検査を受診した対象者の数は、ばく露群627人、対照群1,437人で合計は2,064人であった。ばく露群の受診率は31.8%であった(表1)。東電社員の受診率62.0%に比べて、協力企業における受診率が2.2%と低かった。対照群として、1,437人が受診し(うち東電社員が1,300人)、受診者の多くは、本店(471人)、福島第二(697人)、および、柏崎刈羽(834人)で実施した検診を受診し、残りの62人が直接医療機関を受診した(表2)。対照群の参加者数について、当初は、1,972人を想定し、3地区での説明会を行い、さらに研究班事務局より対象となる方に希望を募ったが、最終的な参加者は672人と、想定した人数の約1/3に留まった。なお、検査は希望したが、研究への参加について不同意であった者が、対照群1人、ばく露群3人であった。以下、参加の同意の得られた者、対照群1,437人、ばく露群627人について検討した。

ばく露群と対照群における年齢分布は概ね類似しており、平均年齢はばく露群で43.0歳、対照群で41.7歳であった(表4-a)。なお、性別は全員男性であった。

2. 甲状腺超音波検査

嚢胞は、ばく露群253人、対照群426人で認められ、ばく露群で有意に多く見られた($p<0.001$)。その最大径(平均:mm)は、対照群4.8mm、ばく露群4.2mmであった。嚢胞内の結節の有無については、対照群45人、ばく露群24人で認められた。最大径(平均:mm)は、対照群6.6mm、ばく露群3.3mmであった。

結節は、ばく露群92人、対照群173人で認められ、ばく露群で多い傾向であった($p=0.07$)。その最大径(平均:mm)は、対照群9.3mm、ばく露群9.7mmであった。

甲状腺の超音波検査による所見総合判定は、ばく露群 627 人、対照群 1437 人中、正常所見(A1)は、ばく露群 320 人(51.0%)、対照群 907 人(63.1%)であった(表 5-a)。二次検査不要(A2)は、ばく露群 239 人(38.1%)、対照群 392 人(27.3%)であった。また、二次検査推奨(B)および二次検査必要(C)は、ばく露群と対照群でそれぞれ 67 人(10.7%)および 1 人(0.2%)、136 人(9.5%)および 2 人(0.1%)であった。年齢階級別に所見総合判定の結果をみると、ばく露群、対照群とも、年齢が高齢になるにしたがって、二次検査不要(A2)および二次検査推奨(B)の割合が高くなった(表 5-c3、表 5-c4、表 5-c5、表 5-c6)。喫煙状況については、ばく露群で喫煙者が多い傾向があったが、飲酒状況については、ばく露群、対照群の間に大きな差はなかった(表 6-a、表 6-c4、表 6-c6、表 7-a、表 7-c4、表 7-c6)。CT 検査受診歴(割合)については、ばく露群、対照群別に差はなかった(表 8-a、表 8-c4、表 8-c6)。超音波検査受診歴については、受診歴ありが対照群では 5.6%であったのに対して、ばく露群では 56.9%と極めて高く(表 9-a)、協力企業、東電ともに同様の傾向であった(表 9-b)。年齢別に見た場合、ばく露群においては、受診歴ありの割合に差はないのに対し、対照群においては、高齢者ほど受診歴ありの割合が高い傾向があった(表 9-c4、表 9-c6)。

3. 被ばく線量再評価

東京電力及びその協力事業者が主に作業者の健康管理のために実施した内部被ばく線量評価の結果について、内部被ばく線量を算定する過程で適用された各種のパラメータ等を見直すことによって、より現実的な甲状腺等価線量を推計した。

緊急作業従事者の体内から実測された放射性核種は、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{131}I 、 $^{132}\text{Te}/^{132}\text{I}$ であったが、本研究における内部被ばくによる甲状腺等価線量の評価において着目する核種は甲状腺等価線量に対する寄与の最も大きい ^{131}I のみとした。緊急作業後に実施された甲状腺モニタリング(甲状腺モニタまたは NaI シンチレーションサーベイメータによる甲状腺計測)、ホールボディカウンタ(WBC)による全身モニタリングの結

果、 ^{131}I の実測値が得られた場合はその値を基礎として ^{131}I の摂取量を評価した。また、それらの測定結果からは ^{131}I の実測値が得られなかったケースについては、WBC による ^{131}I の検出下限値からの ^{131}I 摂取量の推定、あるいは ^{137}Cs の実測値と $^{131}\text{I}/^{137}\text{Cs}$ 摂取量比からの ^{131}I の摂取量の推定などの方法によって ^{131}I による甲状腺等価線量を推計した。外部被ばくによる甲状腺等価線量への寄与分については、今回の事故における緊急作業に伴う線量とそれ以外の過去分を含む平成 25 年 3 月 31 日までの放射線業務に伴う線量について合算を行った。

甲状腺モニタによる甲状腺 ^{131}I の実測を信頼度 A、NaI サーベイメータによる甲状腺の実測および NaI-WBC による全身 ^{131}I の実測を信頼度 B、NaI-WBC での ^{131}I の MDA 又は ^{137}Cs 結果と $^{131}\text{I}/^{137}\text{Cs}$ 比からの推定を信頼度 C、PI-WBC での結果と I/Cs 比からの推定および同種同一作業員からの推定を信頼度 D と区分した。

緊急作業に従事していない等により内部被ばくの恐れがなく、内部被ばくの測定を実施していない 1082 人を除く 982 人について再評価を行い、信頼度分布は A:65 人、B:238 人、C:445 人、D:234 人となり、それぞれの甲状腺等価線量を推定した(表 10-a1、表 10-a2)。

4. 線量群ごとの検査結果の比較

甲状腺等価線量に基づいて対象者を 6 群(0-50, 50-100, 100-200, 200-500, 500-1000, 1000- mSv)に分類し、線量と所見総合判定の関連を年齢調整した上で解析した場合、線量と所見の間には有意な関連が認められた($p=0.0003$) (表 10-c1-1、表 10-c2-1)。同様に線量と二次検査不要(A2)の割合に有意な関連が認められたが($p=0.0002$) (表 10-d4、表 10-d5)、二次検査推奨(B) (表 10-d6、表 10-d7)あるいは二次検査必要(C) (表 10-d8、表 10-d9)と判定された人の割合と線量との間には有意な関連が認められなかった($p=0.1904$ 、 0.5073)。

解析を超音波受診歴がない対象者に限定した場合、甲状腺等価線量(6 群)と所見総合判定結果との関連は、年齢調整後でも有

意に異なっており ($p=0.0295$) (表 10-g 10)、線量が高くなるほど二次検査不要 (A2) の割合が有意に高くなった ($p=0.0018$) (表 10-g 13、表 10-g 14)。一方、二次検査推奨 (B) あるいは二次検査必要 (C) と判定された人の割合と線量との有意な関連は認められなかった ($p=0.9704$ 、 0.5441) (表 10-g 15、表 10-g 16 表 10-g 17、表 10-g 18)。内部被ばく評価の信頼度が極めて低い作業員 (信頼度：D 区分) を除外した解析も行ったところ、線量と検査結果との間には有意な関連が認められ ($p=0.0002$) (表 10-h1)、線量が高くなるほど二次検査不要 (A2) の割合が有意に増えたが ($p=0.0003$) (表 10-h4、表 10-h5)、二次検査推奨 (B) や二次検査必要 (C) の割合は有意に増えなかった ($p=0.1428$ 、 0.4741) (表 10-h6、表 10-h7、表 10-h8、表 10-h9)。さらに、内部被ばく評価の信頼度が D 区分以外で、超音波受診歴のない対象者に解析を限定した場合 (表 10-h10)、線量と検査結果あるいは二次検査不要 (A2) の割合との間には有意な関連があったものの (それぞれ $p=0.0119$ 、 0.0009) (表 10-h13、表 10-h14)、線量と二次検査推奨 (B) や二次検査必要 (C) との間には有意な関連は認められなかった ($p=0.8702$ 、 0.5627) (表 10-h15、表 10-h16、表 10-h17、表 10-h18)。

本文中カッコ内の表番号は、分担研究報告書「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疫学的検討」(研究分担者 祖父江友孝、吉永信治、土居主尚) の集計表番号を示す。

D. 考察

1. 結果の解釈

本研究では、ばく露群 (甲状腺等価線量が 100mSv を超えた被ばくをした緊急作業従事者) およびばく露群と比較可能な対照群 (甲状腺等価線量 100mSv 以下) を設定の上、同様の検査を実施し、それらの検査結果を比較することによって放射線被ばくによる甲状腺への影響を検討した。

甲状腺超音波検査所見総合判定の結果、二次検査推奨 (B) あるいは二次検査必要 (C) と判定された人の割合はばく露群と対照群と差がなかった。一方、二次検査不要

(A2) となったものの割合が、対照群に比べてばく露群で高い傾向にあり、また、再評価後の甲状腺等価線量を用いた解析でも、線量が高い群で同様の傾向にあった。ばく露群において、甲状腺超音波検査受診歴のあるものの割合が 56.9% と対照群の 5.6% に比べて極めて高いため、結果を解釈する際には注意を要するが、過去に甲状腺超音波検査を受けたことのない人に解析を限定した場合でも結果は大きく変わらなかった。今後、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に努める。

検査結果の評価に関して、診断基準の B 判定、C 判定がなされた対象者については、今後、free T3、free T4、TSH、抗サイログロブリン抗体、抗ペルオキシターゼ抗体等の情報を含め、今回のスクリーニングで異常の指摘されたものに対する精密検査の結果の収集と解析に努める。

2. 線量推計結果の妥当性

厚生労働省の指導の下に東京電力が定めた標準評価手法に基づく線量評価の方法は、作業の初日に急性吸入摂取があるなどの線量評価上のシナリオや ^{131}I の甲状腺の残留量などの実測データが得られなかった場合には、摂取量における $^{131}\text{I}/^{137}\text{Cs}$ 比を環境モニタリングデータの最大値を仮定するなど、保守的な仮定に基づくことを基本としており、緊急作業員の個人被ばく管理や健康管理の目的に適していると考えられる。本研究班において採用した線量評価の方法では、入手できる測定データの範囲で $^{131}\text{I}/^{137}\text{Cs}$ 比を最小二乗法による近似によって決定するなど現実的な方法を採用している。

線量推計結果の妥当性に関しては、今回測定方法に基づく信頼度の形で定性的に表すことを試みたが、今後はより詳細な定量的アプローチが必要であり、検討の余地が残されている。現段階においては、推計結果の疫学調査研究への適用にあたって以下のような点に留意すべきと考えられる。信頼度 A：線量評価上必要な個人毎の実測データに基づく現実的な評価結果であり、疫学調査研究への適用に適している。信頼度 B：限られた実測値に基づき現実的な評価を行った結果であり、疫学調査研究への適用は適当である。信頼度 C：限られた実測

値の中で環境モニタリングデータなどを基づく仮定のもとに推計した結果であり、大きな不確実性を伴う可能性があることから、疫学調査研究への適用にあたっては、相当の不確かさを伴うことを留意する必要がある。信頼度D：推定に相当の不確かさを伴う可能性がある例とともに、本人の実測値が得られない中で同一作業員と同じ線量であるとの仮定に基づく推計結果を含んでおり、極めて大きな不確実性を伴うことから、現段階における疫学調査研究への適用は慎重に行うべきである。

3. 検査の精度管理

検査を解釈する上で必要なのは、精度管理である。そこで、この研究では、次の3点について確認を行った。まず、甲状腺の腫瘍は10mm以下の小さい腫瘍の描出、判定が重要となることが多く、分解能が良く甲状腺に適した超音波検査装置、探触子を使用することが必要であり、検査機関への確認を行った。次に、求められるのは検査者の能力・技量である。超音波による検診は技師・医師の検査能力に依存するところが多く、同じ装置を使用しても熟練者とそうでないもの間には差が生じる。そこで、検査に従事する者は、一般社団法人日本超音波医学会が認定する超音波検査士（体表または検診の領域）を有するまたはそれに準じた経験と能力を有する技師とした。さらに、個々の能力を確認するため、本研究班の精度管理委員会で作成した超音波画像の問題について、一定以上の点数を取得した者とした。第3には、検査の判定基準である。多くの者を対象として超音波検査を行う場合、検者による判定のばらつきがあることはよく経験される。そこで、本調査では、福島県で行われている県民健康管理調査を参考に判定基準（A1,A2,B,C）を作成し使用した。これらの判定基準は、日本超音波医学会で作られている甲状腺結節（腫瘍）超音波判定基準を参考に作成されたもので、結節の性状、内部エコー、境界などについて良性所見、悪性所見として説明されている。今回の検査においては、経験を積んだ臨床検査技師が行っており、一定水準以上の判定は可能と考えられるが、10 mm以下の癌の診断は経験を積んだ医

師でも判断が難しい場合があり、さらに本研究では5.1 mm以上の結節をB判定とすることでより小さい甲状腺癌を発見することに主眼をおいて判定を行った。なお、嚢胞については、20.1 mm以上をB判定としているが、これは大きい嚢胞は、頸部の症状を起こす可能性があるためである。

E. 結論

東京電力福島第一原子力発電所事故において緊急作業に従事した作業員について、それぞれの作業員に適用された内部被ばく線量評価のアプローチの違いに応じて現時点で現実的と考えられる仮定に基づき、個人別の甲状腺等価線量を推計した。信頼度の区分がCおよびDのケースに関しては、定量的評価に際しては慎重に行う必要がある。

ばく露群627人および対照群1437人に対して甲状腺超音波検査を行ったところ、二次検査推奨（B）あるいは二次検査必要（C）と判定された人の割合はばく露群と対照群とで差がなく、また甲状腺等価線量との関連もなかった。一方、二次検査不要（A2）となったものの割合が、線量の高い群で高い傾向にあり、また、再評価後の甲状腺等価線量を用いた解析でも、線量が高い群で同様の傾向にあった。ただし、これらの結果は、対象者の選択にかかわるバイアス、被ばく線量の推計値に伴う不確かさなどの点から慎重に解釈する必要がある。今後、ばく露群、対照群ともに、今回のスクリーニングで異常の指摘されたものに対する精密検査の結果の収集と解析に努めるとともに、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。

F. 健康危険情報 なし

G. 研究発表

1. 論文発表

2. 学会発表

- 1) Sobue T, Yoshinaga S, Taniguchi N, Miyakawa M, Momose T. Thyroid Survey Plans for TEPCO Workers. The International Workshop on

Radiation and Thyroid Cancer,
Tokyo, Feb 21-23, 2014

H. 知的財産権の出願・登録状況（予定を含む）

1. 特許取得
なし
2. 実用新案登録
なし
3. その他
なし

II. 分担研究報告

厚生労働科学研究費補助金（厚生労働科学特別研究事業）
分担研究報告書

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疫学的検討

研究分担者 祖父江友孝 大阪大学大学院医学系研究科環境医学

研究分担者 吉永信治 独立行政法人放射線医学総合研究所福島復興支援本部健康影響調査プロジェクト

研究協力者 土居主尚 独立行政法人放射線医学総合研究所福島復興支援本部健康影響調査プロジェクト

研究要旨

東京電力福島第一原発事故における緊急作業従事者において、甲状腺等価線量 100mSv を超える被ばくをした緊急作業従事者 1,972 人（ばく露群）と対照群（甲状腺等価線量 100mSv 以下の者）を対象として、実施された甲状腺超音波検査の結果を比較した。その際、ばく露群を中心に甲状腺等価線量の再評価を行い、線量別に比較した。

2014 年 1-3 月を中心に、ばく露群 1,972 人中 627 人および対照群 1,437 人に対して超音波検査を含む甲状腺検査を行った。その結果、二次検査必要（C）と判定された人は合計 3 人で、この割合はばく露群と対照群で差がなく、再評価後の甲状腺等価線量との関連も認められなかった。また、二次検査推奨(B)となったものの割合が、線量の高い群で高い傾向があったが、統計学的には有意ではなかった。一方、二次検査不要(A2)となったものの割合は、線量の高い群で高い傾向があり、統計学的にも有意であった。解析の対象を甲状腺超音波受診歴のないものに限定した場合や内部被ばくによる甲状腺等価線量の評価方法の信頼度が低い作業者を解析から除外した場合も同様の結果が得られた。

A. 研究目的

東京電力福島第一原発事故における緊急作業従事者において、甲状腺等価線量 100mSv（実効線量で 5mSv 相当）を超える被ばくをした 1,972 人（ばく露群）について実施された甲状腺超音波検査と、対照群（甲状腺等価線量 100mSv 以下）について実施された甲状腺超音波検査の結果を比較することによって、放射線被ばくと甲状腺検査結果との関連を検討することを目的

とした。その際、ばく露群を中心に甲状腺等価線量の再評価を行い、その結果を用いて解析した。

B. 研究方法

調査事務局（自治医大）に集約された個人基本情報、超音波検査データ、線量再評価データを、匿名化した形で提供を受け、解析を行った。

ばく露群と対照群の両群について、年齢

(5歳階級)、甲状腺超音波検査結果(所見の有無とその種類)、甲状腺等価線量(内部被ばくと外部被ばくの別)、累積実効線量、内部被ばく線量推定の信頼度、生活習慣(喫煙歴の有無、飲酒歴の有無等)、医療被ばく歴(頭頸部若しくは胸部CT検査の受診歴の有無と回数)、甲状腺超音波検査の受診歴について集計を行った。さらに甲状腺超音波検査結果を甲状腺等価線量との関連から解析した。ただし、ばく露群、対照群ともに、甲状腺超音波検査で異常の指摘されたものに対する精密検査の結果の収集が終了していないので、今回の報告は、がん発見割合を含む詳細なデータは解析対象とせず、甲状腺超音波検査所見までの結果についての解析に限られた。

(倫理面への配慮)

調査事務局(自治医大)から提供を受けるデータは、すべて匿名化されたもののみを含む。本研究の実施に際しては、臨床研究・疫学研究倫理指針を遵守し、大阪大学、自治医科大学、日本原子力研究開発機構(大阪大学に委託)、放射線医学総合研究所における倫理審査委員会の承認を得た上で行った。

C. 研究結果

1) 甲状腺超音波検査の受診

甲状腺超音波検査はばく露群対象者1,972人中627人が受診し、受診率は31.8%であった(表1)。東電社員の受診率62.0%に比べて、協力企業における受診率が2.2%と低かった。対照群として、1,437人が受診し(うち東電社員が1,300人)、ばく露群と対照群の受診者数合計は2,064人であった。受診者の多くは、本店(471人)、福島第二(697人)、および、柏崎・刈羽(834人)

で実施した検診を受診し、残りの62人が直接医療機関を受診した(表2)。ばく露群のうちの36人は、2013年8-9月に受診した検査結果を用いたが、それ以外は2014年1-3月に実施した検査結果を用いた(表3)。ばく露群の年齢階級別受診者率は概ね一定であり、ばく露群受診者と対照群受診者の年齢分布も概ね類似していた(表4-a)。受診者の年齢分布の事業所別に見ても、東電と協力企業で大きな差はなかった(表4-b)。

2) 甲状腺超音波検査所見総合判定の結果

甲状腺超音波検査所見総合判定の結果は、ばく露群では、正常所見(A1)が51%、二次検査不要(A2)が38.1%、二次検査推奨(B)が10.7%、二次検査必要(C)が0.2%であった(表5-a)。対照群では、正常所見(A1)が63.13%、二次検査不要(A2)が27.36.9%、二次検査推奨(B)が9.56%、二次検査必要(C)が0.1%であり、対照群に比べて、ばく露群でのA2およびBの割合が高い傾向があった。事業所別に見ると、対照群の協力企業で正常所見(A1)異常なしの割合が高い傾向があった(表5-b1、表5-b2)。

年齢階級別に検査所見総合判定の結果をみると、ばく露群、対照群とも、年齢が高齢になるにしたがって、二次検査不要(A2)および二次検査推奨(B)の割合が高くなった(表5-c1、表5-c2、表5-c3、表5-c4、表5-c5、表5-c6)。ばく露群と対照群の年齢を調整した上で検査所見総合判定結果を比較したところ、両群における所見は有意に異なっており($p=0.0002$)、特に二次検査不要(A2)の割合が対照群に比べてばく露群では有意に高かった($p<0.0001$)。また、二次検査推奨(B)や二次検査必要(C)の割合は両群で有意な差はなかった($p=0.7038$ 、

0.8602)。

3) 生活習慣と医療被ばく歴

超音波検査時等に自記式質問票を用いて生活習慣や医療被ばく歴を調査した。喫煙状況については、ばく露群で喫煙者が多い傾向があったが、飲酒状況については、ばく露群、対照群の間に大きな差はなかった(表 6-a、表 6-b、表 6-c1、表 6-c2、表 6-c3、表 6-c4、表 6-c5、表 6-c6、表 7-a、表 7-b、表 7-c1、表 7-c2、表 7-c3、表 7-c4、表 7-c5、表 7-c6)。また、CT 検査受診歴(割合)については、ばく露群、対照群別、また、事業所別にも差はなかった(表 8-a、表 8-b)。年齢別に見ると、高齢者で受診歴ありが多かったが、ばく露群、対照群別で差はなかった(表 8-c1、表 8-c2、表 8-c3、表 8-c4、表 8-c5、表 8-c6)。

4) 超音波検査受診歴と超音波検査所見総合判定結果

超音波検査受診歴(割合)については、受診歴ありが対照群では 5.6%であったのに対して、ばく露群で 56.9%と極めて高く(表 9-a)、協力企業、東電ともに同様の傾向であった(表 9-b)。年齢別に見た場合、ばく露群においては、受診歴ありの割合に差はないのに対し、対照群においては、高齢者ほど受診歴ありの割合が高い傾向があった(表 9-c1、表 9-c2、表 9-c3、表 9-c4、表 9-c5、表 9-c6)。

ばく露群において、超音波検査受診歴がある場合とない場合とに分けて、年齢階級別検査所見総合判定の結果を比較すると、超音波検査受診歴がある場合に二次検査推奨(B)の割合が高く、20-29 歳において、超音波検査受診歴がない場合の二次検査不要(A2)の割合が高かった(表 9-d1、表 9-d2、

表 9-e1、表 9-e2)。二次検査必要(C)と判定された 3 人(ばく露群 1 人、対照群 2 人)のうち、2 人(いずれも対照群)は過去に超音波検査の受診歴を有し、1 人(ばく露群)は受診歴を有さない人であった(表 9-d5、表 9-e3)。

5) 甲状腺等価線量と内部被ばく評価信頼度

次にばく露群、対照群合わせて、再評価後内部被ばくを含む甲状腺等価線量別に集計を行った。内部被ばく評価信頼度別に、緊急作業時以前の累積線量を含む甲状腺等価線量の分布を見ると、信頼度の高い順の A、B、C、D に従って、甲状腺等価線量が高い傾向があった(表 10-a1、表 10-a2)。

さらに、緊急作業時以前の累積線量を含む甲状腺等価線量の分布を、ばく露群と対照群別にみると、ばく露群 627 人中 60 人は 100mSv 未満、対照群 1462 人中 28 人は 100mSv 以上と評価された(表 10-b-1、表 10-b-2、表 10-b-3、表 10-b-4、表 10-b-5、表 10-b-6)。

6) 甲状腺等価線量と所見総合判定結果の関連

甲状腺等価線量別に見た検査所見総合判定の結果の分布を見ると、甲状腺等価線量が高い方で、二次検査不要(A2)および二次検査推奨(B)の割合が高い傾向があった(表 10-c1-1、表 10-c1-2、表 10-c1-3、表 10-c1-4、表 10-c1-5、表 10-c1-6、表 10-c2-1、表 10-c2-2、表 10-c2-3、表 10-c2-4、表 10-c2-5、表 10-c2-6)。甲状腺等価線量別に見た受診者の年齢分布には大きな差はなかった(表 10-d1)。甲状腺等価線量別に見た検査所見総合判定が二次検査不要(A2)だった者の割合を、さらに年齢階級別にみると、高線

量の若年で A2 の割合が高く(表 10-d4、表 10-d5)、二次検査推奨 (B) だった者の割合を、さらに年齢階級別にみると、高線量の高齢群で B の割合が高い傾向があった(表 10-d6、表 10-d7)。

甲状腺等価線量に基づいて対象者を 6 群 (0-50, 50-100, 100-200, 200-500, 500-1000, 1000- mSv) に分類し、線量と検査所見総合判定の関連を年齢調整した上で解析した場合、線量と所見の間には有意な関連が認められた ($p=0.0003$)。同様に線量と経過観察(A2)は有意な関連が認められたが ($p=0.0002$)、二次検査推奨 (B) あるいは二次検査必要 (C) の割合と線量との間には有意な関連が認められなかった ($p=0.1904, 0.5073$)。

超音波検査受診歴ありの割合は、甲状腺等価線量が高いほど高かった(表 10-f1)。甲状腺等価線量別に見た検査所見総合判定が二次検査不要 (A2) だった者の割合を、さらに超音波受診歴別にみると、甲状腺等価線量にかかわらず、超音波検査受診歴ありで A2 の割合が高く(表 10-g4、表 10-g5)、甲状腺等価線量の低い群において、超音波受診歴ありで B の割合が高い傾向があった(表 10-g6、表 10-g7)。

甲状腺等価線量を内部被ばく由来に限って集計をした場合も、概ね同様の傾向であった(表 11-a1、表 11-a2、表 11-b-1、表 11-b-2、表 11-b-3、表 11-b-4、表 11-b-5、表 11-b-6、表 11-c1-1、表 11-c1-2、表 11-c1-3、表 11-c1-4、表 11-c1-5、表 11-c1-6、表 11-c2-1、表 11-c2-2、表 11-c2-3、表 11-c2-4、表 11-c2-5、表 11-c2-6)。

解析を超音波受診歴がない対象者に限定した場合、甲状腺等価線量 (6 群) と検査

所見総合判定結果との関連は、年齢調整後でも有意に異なっており ($p=0.0295$)、線量が高くなるほど二次検査不要 (A2) の割合が有意に高くなった ($p=0.0018$)。一方、二次検査推奨 (B) や二次検査必要 (C) の割合と線量との有意な関連は認められなかった ($p=0.9704, p=0.5441$)。調査対象者における内部被ばくによる甲状腺等価線量推定値の不確かさが結果に与える影響を抑えるため、内部被ばく評価の信頼度が極めて低い作業員 (信頼度 : D 区分) を除外した解析も行った。この場合、対象者を 6 群 (0-50, 50-100, 100-200, 200-500, 500-1000, 1000- mSv) に分類して年齢を調整した解析を行ったが、線量と検査結果との間には有意な関連が認められた ($p=0.0002$)。また、線量が高くなるほど二次検査不要(A2)の割合が有意に増えたが ($p=0.0003$)、二次検査推奨(B)や二次検査必要 (C) の割合は有意に増えなかった ($p=0.1428, 0.4741$)。さらに、内部被ばく評価の信頼度が D 区分以外で、超音波受診歴のない対象者に解析を限定した場合も同様に、線量と検査結果あるいは二次検査不要(A2)の割合との間には有意な関連があったものの(それぞれ $p=0.0119, 0.0009$)、線量と二次検査推奨(B)や二次検査必要 (C) との間には有意な関連は認められなかった ($p=0.8702, 0.5627$)。

D. 考察

甲状腺超音波検査所見総合判定の結果、二次検査推奨 (B) あるいは二次検査必要 (C) と判定された人数は合計 203 人および 3 人で、これらの割合は、ばく露群と対照群で有意な差はなかった。一方、二次検査不要

(A2)となったものの割合が、対照群に比べてばく露群で高い傾向にあり、また、再評価後の甲状腺等価線量を用いた解析でも、線量が高い群で同様の傾向にあった。ただし、ばく露群において、超音波検査受診歴のあるものの割合が 56.9%と対照群の 5.6%に比べて極めて高く、このことは、今回の結果を解釈する際に特に注意を要する点である。すなわち、過去の超音波検査で異常を指摘された人が、今回の検査を受診しているのかどうかによって、結果が大きく左右される。超音波検査受診歴のない人に解析を限定した場合でも、甲状腺等価線量が高くなるほど二次検査不要(A2)の割合が増えるという有意な関連が認められたので、超音波検査受診歴の影響は小さいことが考えられる。甲状腺の放射線被ばくと結節や腫瘍にかかわる知見は乏しく、研究結果は、放射線影響の観点に加え、年齢による交絡が十分に制御できていない可能性、線量が低くて健康な人が選択的に調査に協力したバイアスの可能性、線量推定値の不確かさが与える影響等を検討して慎重に解釈する必要がある。

E. 結論

ばく露群 627 人および対照群 1462 人に対して超音波検査を含む甲状腺検査を行ったところ、二次検査推奨 (B) あるいは二次検査必要 (C) と判定された人の割合はばく露群と対照群とで有意な差はなく、また甲状腺等価線量との有意な関連もなかった。二次検査不要(A2)となったものの割合が、対照群に比べてばく露群で高い傾向にあり、また、再評価後の甲状腺等価線量を用いた解析でも、線量が高い群で同様の傾向にあ

った。今後、ばく露群、対照群ともに、今回のスクリーニングで異常の指摘されたものに対する精密検査の結果の収集と解析に努めるとともに、ばく露群における過去の超音波検査の結果の収集と解析に努める。

G. 研究発表

1. 論文発表
なし

2. 学会発表

- 1) Sobue T, Yoshinaga S, Taniguchi N, Miyakawa M, Momose T. Thyroid Survey Plans for TEPCO Workers. The International Workshop on Radiation and Thyroid Cancer, Tokyo, Feb 21-23, 2014

H. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし

表目次

■事業所(東電・協力企業)・日時

表1 事業所別受診者数と受診率(受診率はばく露群のみ)

表2 地域別事業所別受診者数

表3 受診月別受診者数

■年齢(5歳階級)

表4-a 年齢階級別受診者数、受診者の年齢構成と受診率(受診率はばく露群のみ)

表4-b 年齢階級別事業所別受診者数と受診率(受診率はばく露群のみ)

■検査所見総合判定

表5-a 検査所見総合判定の結果(割合)

表5-b1 事業所別検査所見総合判定の結果(人数)

表5-b2 事業所別検査所見総合判定の結果(割合)

表5-c1 年齢階級別検査所見総合判定の結果人数

表5-c2 年齢階級別検査所見総合判定の結果割合

表5-c3 ばく露群における年齢階級別検査所見総合判定の結果人数

表5-c4 ばく露群における年齢階級別検査所見総合判定の結果割合

表5-c5 対照群における年齢階級別検査所見総合判定の結果人数

表5-c6 対照群における年齢階級別検査所見総合判定の結果割合

■喫煙歴、飲酒歴

表6-a 喫煙状況(割合)

表6-b 事業所別喫煙状況

表6-c1 年齢階級別喫煙状況別人数

表6-c2 年齢階級別喫煙状況別割合

表6-c3 ばく露群における年齢階級別喫煙状況別人数

表6-c4 ばく露群における年齢階級別喫煙状況別割合

表6-c5 対照群における年齢階級別喫煙状況別人数

表6-c6 対照群における年齢階級別喫煙状況別割合

表7-a 飲酒状況(割合)

表7-b 事業所別飲酒状況

表7-c1 年齢階級別飲酒状況別人数

表7-c2 年齢階級別飲酒状況別割合

表7-c3 ばく露群における年齢階級別飲酒状況別人数

表7-c4 ばく露群における年齢階級別飲酒状況別割合

表7-c5 対照群における年齢階級別飲酒状況別人数

表7-c6 対照群における年齢階級別飲酒状況別割合

■超音波、CT検査歴

表8-a CT検査受診歴(割合)

表8-b 事業所別CT検査受診歴

表8-c1 年齢階級別CT検査受診歴別人数

表8-c2 年齢階級別CT検査受診歴別割合

表8-c3 ばく露群における年齢階級別CT検査受診歴別人数

表8-c4 ばく露群における年齢階級別CT検査受診歴別割合

表8-c5 対照群における年齢階級別CT検査受診歴別人数

表8-c6 対照群における年齢階級別CT検査受診歴別割合

表9-a 超音波検査受診歴(割合)

表9-b 事業所別超音波検査受診歴

- 表9-c1 年齢階級別超音波検査受診歴別人数
- 表9-c2 年齢階級別超音波検査受診歴別割合
- 表9-c3 ばく露群における年齢階級別超音波検査受診歴別人数
- 表9-c4 ばく露群における年齢階級別超音波検査受診歴別割合
- 表9-c5 対照群における年齢階級別超音波検査受診歴別人数
- 表9-c6 対照群における年齢階級別超音波検査受診歴別割合
- 表9-d1 超音波検査受診歴がある場合の年齢階級別検査所見総合判定の結果人数
- 表9-d2 超音波検査受診歴がある場合の年齢階級別検査所見総合判定の結果割合
- 表9-d3 ばく露群における超音波検査受診歴がある場合の年齢階級別検査所見総合判定の結果人数
- 表9-d4 ばく露群における超音波検査受診歴がある場合の年齢階級別検査所見総合判定の結果割合
- 表9-d5 対照群における超音波検査受診歴がある場合の年齢階級別検査所見総合判定の結果人数
- 表9-d6 対照群における超音波検査受診歴がある場合の年齢階級別検査所見総合判定の結果割合
- 表9-e1 超音波検査受診歴がない場合の年齢階級別検査所見総合判定の結果人数
- 表9-e2 超音波検査受診歴がない場合の年齢階級別検査所見総合判定の結果割合
- 表9-e3 ばく露群における超音波検査受診歴がない場合の年齢階級別検査所見総合判定の結果人数
- 表9-e4 ばく露群における超音波検査受診歴がない場合の年齢階級別検査所見総合判定の結果割合
- 表9-e5 対照群における超音波検査受診歴がない場合の年齢階級別検査所見総合判定の結果人数
- 表9-e6 対照群における超音波検査受診歴がない場合の年齢階級別検査所見総合判定の結果割合

■ 甲状腺等価線量

- 表10-a1 内部被ばく評価信頼度別甲状腺等価線量別受診者数
- 表10-a2 内部被ばく評価信頼度別甲状腺等価線量別受診者割合
- 表10-b-1 ばく露群対照群別に見た甲状腺等価線量別受診者数(割合):総数
- 表10-b-2 ばく露群対照群別に見た甲状腺等価線量別受診者数(割合):内部被ばく評価信頼度A
- 表10-b-3 ばく露群対照群別に見た甲状腺等価線量別受診者数(割合):内部被ばく評価信頼度B
- 表10-b-4 ばく露群対照群別に見た甲状腺等価線量別受診者数(割合):内部被ばく評価信頼度C
- 表10-b-5 ばく露群対照群別に見た甲状腺等価線量別受診者数(割合):内部被ばく評価信頼度D
- 表10-b-6 ばく露群対照群別に見た甲状腺等価線量別受診者数(割合):内部被ばく評価信頼度#N/A
- 表10-c1-1 甲状腺等価線量別に見た検査所見総合判定の結果別受診者数:総数
- 表10-c1-2 甲状腺等価線量別に見た検査所見総合判定の結果別受診者数:内部被ばく評価信頼度A
- 表10-c1-3 甲状腺等価線量別に見た検査所見総合判定の結果別受診者数:内部被ばく評価信頼度B
- 表10-c1-4 甲状腺等価線量別に見た検査所見総合判定の結果別受診者数:内部被ばく評価信頼度C
- 表10-c1-5 甲状腺等価線量別に見た検査所見総合判定の結果別受診者数:内部被ばく評価信頼度D
- 表10-c1-6 甲状腺等価線量別に見た検査所見総合判定の結果別受診者数:内部被ばく評価信頼度#N/A
- 表10-c2-1 甲状腺等価線量別に見た検査所見総合判定の結果別受診者割合:総数
- 表10-c2-2 甲状腺等価線量別に見た検査所見総合判定の結果別受診者割合:内部被ばく評価信頼度A
- 表10-c2-3 甲状腺等価線量別に見た検査所見総合判定の結果別受診者割合:内部被ばく評価信頼度B
- 表10-c2-4 甲状腺等価線量別に見た検査所見総合判定の結果別受診者割合:内部被ばく評価信頼度C
- 表10-c2-5 甲状腺等価線量別に見た検査所見総合判定の結果別受診者割合:内部被ばく評価信頼度D
- 表10-c2-6 甲状腺等価線量別に見た検査所見総合判定の結果別受診者割合:内部被ばく評価信頼度#N/A
- 表10-d1 甲状腺等価線量別に見た年齢階級別受診者数
- 表10-d2 甲状腺等価線量別年齢階級別に見た検査所見総合判定がA1だった者の人数
- 表10-d3 甲状腺等価線量別年齢階級別に見た検査所見総合判定がA1だった者の割合
- 表10-d4 甲状腺等価線量別年齢階級別に見た検査所見総合判定がA2だった者の人数
- 表10-d5 甲状腺等価線量別年齢階級別に見た検査所見総合判定がA2だった者の割合
- 表10-d6 甲状腺等価線量別年齢階級別に見た検査所見総合判定がBだった者の人数
- 表10-d7 甲状腺等価線量別年齢階級別に見た検査所見総合判定がBだった者の割合
- 表10-d8 甲状腺等価線量別年齢階級別に見た検査所見総合判定がCだった者の人数
- 表10-d9 甲状腺等価線量別年齢階級別に見た検査所見総合判定がCだった者の割合
- 表10-e1 甲状腺等価線量別に見た年齢階級別受診者数(内部被ばく評価信頼度Dの者を除く)
- 表10-e2 甲状腺等価線量別年齢階級別に見た検査所見総合判定がA1だった者の人数(内部被ばく評価信頼度Dの者を除く)

