

厚生労働科学研究費補助金研究報告書

平成 28 年 5 月 30 日

厚生労働大臣 殿

住 所 〒921-8112 石川県金沢市寺地2-11-1

フリカナ 研 究 者 氏 名 佐々木 洋 印  
( 所属研究機関 金沢医科大学 )

平成 27 年度厚生労働科学研究費補助金 ( 労働安全衛生総合研究事業 ) に係る研究事業を完了したので次のとおり報告する。

研究課題名 ( 課題番号 ) : 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の放射線被ばく量と  
水晶体混濁発症に関する調査 ( H25-労働-一般-04 )

国庫補助金精算所要額 : 金 2,400,000 円也 (うち間接経費 500,000円)

1. 厚生労働科学研究費補助金研究報告書表紙 (別添 1 のとおり)
2. 厚生労働科学研究費補助金研究報告書目次 (別添 2 のとおり)
3. 厚生労働科学研究費補助金総括研究報告書 (別添 3 のとおり)
4. 厚生労働科学研究費補助金分担研究報告書 (別添 4 のとおり)
5. 研究成果の刊行に関する一覧表 (別添 5 のとおり)
6. 研究成果による特許権等の知的財産権の出願・登録状況  
(総括研究報告書、分担研究報告書の中に、書式に従って記入すること。)
7. 健康危険情報
  - ・研究の結果、得られた成果の中で健康危険情報(国民の生命、健康に重大な影響を及ぼす情報として厚生労働省に報告すべきものがある場合や、研究過程において健康危険情報を把握した場合には、国民の生命、健康に重大な影響を及ぼすと考えられる内容と理由を簡潔に記入するとともに、その情報源(研究成果、研究者名、学会発表名、雑誌等の詳細)について記述すること。
  - ・既に厚生労働省に通報した健康危険情報であっても、本研究報告書の提出の時点において健康危険情報に該当すると判断されるものについては記述すること。
  - ・研究分担者、研究協力者の把握した情報・意見等についても研究代表者がとりまとめ、一括して総括研究報告書に記入すること。
  - ・なお、交付基準額等決定通知の添付文書において、健康危険情報を把握した際には、一定の書式で速やかに厚生労働省健康危機管理官まで通報していただくよう協力をお願いしているので、本件とともに留意すること。

(作成上の留意事項)

1. 宛先の欄には、規程第 3 条第 1 項の表第 9 号(難治性疾患克服研究事業に限る。)の右欄に掲げる一般公募型並びに同表第 2 2 号の右欄に掲げる一般公募型及び若手育成型については国立保健医療科学院長、同表第 2 1 号の右欄に掲げる一般公募型及び若手育成型については国立医薬品食品衛生研究所長を記載する。
2. 「5. 研究成果の刊行に関する一覧表」に記入した書籍又は雑誌は、その刊行物又は別刷り一部を添付すること。
3. 「1. 厚生労働科学研究費補助金研究報告書表紙」から「5. 研究成果の刊行に関する一覧表」までの報告書等、及び「5. 研究成果の刊行に関する一覧表」に記入した書籍又は雑誌の刊行物又は別刷りは、一括して製本すること。ただし、一冊に製本することが困難な場合は複数の分冊ごとに製本することとし、各々の分冊に表紙を付けるとともに分冊の番号(1/n冊、2/n冊、一等)を表示すること。
4. 研究報告書(当該報告書に含まれる文献等を含む。以下本留意事項において同じ。)は、国立国会図書館及び厚生労働省図書館並びに国立保健医療科学院ホームページにおいて公表されるものであること。
5. 研究者等は当該報告書を提出した時点で、公表について承諾したものとすること。
6. その他
  - (1)手書きの場合は、楷書体で記入すること。

(2)氏名は、自署又は記名押印で記入すること。

(3)日本工業規格A列4番の用紙を用いること。各項目の記入量に応じて、適宜、欄を引き伸ばして差し支えない。

---

別添 1

厚生労働科学研究費補助金研究報告書表紙

(作成上の留意事項)

研究報告書の表紙は、別紙 1「研究報告書表紙レイアウト」を参考に作成すること。

---

別添 2

厚生労働科学研究費補助金研究報告書目次

(作成上の留意事項)

研究報告書の目次は、別紙 2「研究報告書目次レイアウト」を参考に作成すること。

---

別添 3

厚生労働科学研究費補助金総括研究報告書

(作成上の留意事項)

総括研究報告書は、別紙 3「研究報告書レイアウト」を参考に作成すること。

---

別添 4

厚生労働科学研究費補助金分担研究報告書

(作成上の留意事項)

分担研究報告書は、別紙 3「研究報告書レイアウト」を参考に作成すること。

---

別添 5

研究成果の刊行に関する一覧表

(作成上の留意事項)

研究成果の刊行に関する一覧表は、別紙 4「研究成果の刊行に関する一覧表レイアウト」を参考に作成すること。

別紙 1

厚生労働科学研究費補助金  
労働安全衛生総合研究事業  
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の放射線被ばく量と  
水晶体混濁発症に関する調査に関する研究  
  
平成 27 年度 総括・分担研究報告書  
  
研究代表者 佐々木 洋  
  
平成 28 ( 2016 ) 年 5 月

作成上の留意事項

分担研究報告書がある場合は、「総括・分担研究報告書」と表記すること。

別紙 2

目 次	
I . 総括研究報告 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の放射線被ばく量と 水晶体混濁発症に関する調査に関する研究 佐々木 洋	----- 1
II . 分担研究報告	----- 該当なし
III . 研究成果の刊行に関する一覧表	----- 該当なし
IV . 研究成果の刊行物・別刷	----- 該当なし

厚生労働省科学研究費補助金（労働安全衛生総合研究事業）  
（総括・分担）研究報告書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の放射線被ばく量と  
水晶体混濁発症に関する調査に関する研究

研究代表者 佐々木 洋 金沢医科大学教授

## 研究要旨

東日本大震災による東京電力福島第一原子力発電所での緊急作業従事者における放射線累積被ばく量と水晶体混濁の関連について調査する。本研究では外部被ばく量の多い作業員を対象に、被ばく後3～5年における累積被ばく量と水晶体混濁発症の関係について細隙灯顕微鏡所見および撮影画像を分析し検討した。水晶体撮影は前眼部解析装置(EAS-1000、ニデック)および開発した簡易型徹照カメラを使用し、撮影画像から申請者が白内障の混濁病型について判定した。白内障は3主病型はWHO分類、Retorodots および Water clefts は金沢医科大学分類を用い、Vacuoles についてはその有無と局在について判定した。平成26年度に引き続き、平成27年度も福島第一原子力発電所、東電本店、新潟柏崎刈羽原子力発電所における眼科健診を行い、計540名(1080眼)の水晶体撮影を行った。データ提供への同意者は522名であったが、東電からのデータ提供に1年以上かかっており現在も全てのデータが揃っていない。H26年度までの放射線被ばく量を含む眼科検診データの提供があった507名を対象に、H26年度の水晶体混濁と被ばく量の関係について検討を行った。水晶体混濁の有所見率は皮質白内障 2.6% (95%Confidence interval (CI): 1.2-3.9)、瞳孔領皮質白内障 0.6% (95%CI: 0.1-1.7)、Retrodots 0.4% (95%CI: 0.04-1.4)、Water clefts 1.8% (95%CI: 0.6-2.9)、Vacuoles 13.0% (95%CI: 10.1-15.9)、後囊下中心 Vacuoles 5.9% (95%CI: 3.9-8.0)であった。被ばく量との関係は、外部実効線量(mSv)を水晶体の等価線量とし、入社時からH26年7月までの総被ばく量として計算した。507名の平均は $87.23 \pm 37.24$ mSvで、100mSv超えは135名(300mSv超えが1名、200-300mSvが7名、100-200mSvが127名)であった。水晶体等価線量と年齢には有意な相関があり、加齢にともない水晶体等価線量も増加した。水晶体混濁病型別に年齢調整を行ったうえで各混濁と水晶体等価線量の関係について検討した。透明水晶体眼  $86.62 \pm 1.82$ mSv に対し、皮質白内障眼  $99.9 \pm 41.08$ mSv、後囊下中心 Vacuoles 眼  $69.81 \pm 8.45$ mSv であり、水晶体等価線量と水晶体混濁には有意な関連は認められなかった。過去に低線量被ばくと水晶体混濁の関係について被ばく後早期から調査した報告はなく、本調査において被ばく後3-4年目で水晶体等価線量と水晶体所見に有意な関係がみられなかったことを確認できたのは意義がある。また放射線白内障の初期病変としてみられる後囊下中心 Vacuoles については、その増加が今後の白内障発症につながる可能性も十分にあるため、長期での縦断的調査が必要である。

研究分担者氏名：初坂奈津子  
 所属研究機関名：金沢医科大学  
 職 名：助 教

### A．研究目的

東日本大震災による東京電力福島第一原子力発電所での緊急作業従事者における水晶体への影響について調査する。本研究では外部被ばく量の多い作業員を対象に、被ばく後3～5年における累積被ばく量と水晶体混濁発症の関係について細隙灯顕微鏡所見および撮影画像を分析し検討した。平成26年度に引き続き、平成27年度も福島第一原子力発電所、東電本店、新潟柏崎刈羽原子力発電所における眼科健診を行った。さらにH25年度に開発した簡易型徹照カメラでの撮影画像解析システムの構築を行った。

### B．研究方法

震災による東電福島第一原発における緊急作業従事者約20,000名のうち、外部被ばく量が50mSv以上かつ現在も東京電力に在籍している約700名を対象とし、眼科調査に関するデータが収集可能であった者について水晶体混濁と累積被ばく量の関係を検討した。被ばく量の多い対象者には年1回の眼科健診が義務付けられており、散瞳下での細隙灯顕微鏡検査および水晶体撮影を行い、申請者の佐々木が白内障の有無を判定する。本調査では前眼部解析装置(EAS-1000、ニデック)と簡易型徹照カメラにて水晶体徹照画像・スリット画像撮影を行った。白内障(水晶体混濁)の評価は核、皮質、後囊下白内障の3主病型はWHO分類を使用し、程度0～3の4段階で評価し、皮質白内障に関しては瞳孔領3mm以内の混濁有無についても判定した。視機能に影響する副病型RetrodotsやWater cleftsについては金沢医大分類を用いて評価を行った(図1)。

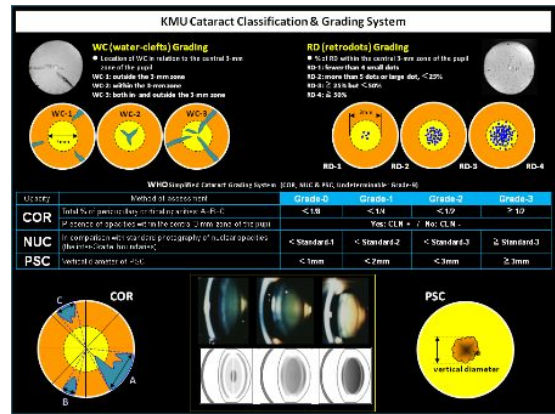


図 1

放射線による後囊下白内障の初期病変として重要なVacuolesは徹照画像判定が可能であり、後囊下にみられたVacuolesの個数と瞳孔領3mm内・外により評価した。統計解析については加齢白内障のリスクファクターである年齢等を調整したうえで、被ばく量と白内障との関連を検討した。統計解析は研究分担者の初坂が担当する。

### (倫理面への配慮)

対象者の個人情報および被ばく量に関しては、東京電力からの情報提供となる。健診では個人名は使用せず、測定機器には通し番号のみで登録を行う。

### C．研究結果

昨年度に引き続き本年度も福島第一原発、東電本店、新潟柏崎刈羽原発における健診を行い、計540名(1080眼)の水晶体撮影を行った。データ提供への同意者は522名であったが、東電からのデータ提供に1年以上かかっており現在も全てのデータが揃っていない。H26年度までの放射線被ばく量を含む眼科検診データの提供があった507名を対象に、H26年度の水晶体混濁と被ばく量の関係について検討を行った。水晶体混濁の有所見率は皮質白内障2.6% (95%Confidence interval (CI): 1.2-3.9)、瞳孔領皮質白内障0.6% (95%CI: 0.1-1.7)、Retrodots 0.4% (95%CI: 0.04-1.4)、Water clefts 1.8% (95%CI: 0.6-2.9)、Vacuoles 13.0% (95%CI: 10.1-15.9)、後囊下中心

Vacuoles 5.9% (95%CI: 3.9-8.0)であった。核白内障と後嚢下白内障はともに0.0%であった(図2)。

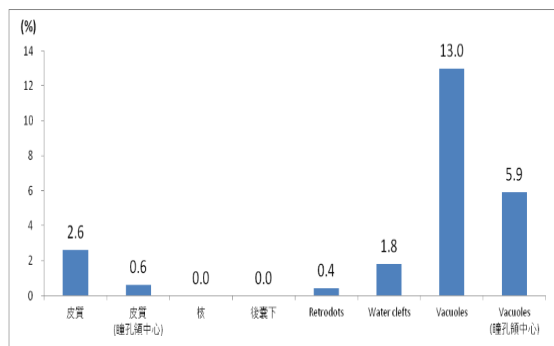


図 2

被ばく量との関係は、外部実効線量(mSv)を水晶体の等価線量とし、入社時からH26年7月までの総被ばく量として計算した。507名の平均は $87.23 \pm 37.24$ mSvで、100mSv超えは135名(300mSv超えが1名、200-300mSvが7名、100-200mSvが127名)であった。水晶体等価線量と年齢には有意な相関があり、加齢にともない水晶体等価線量も増加した。水晶体混濁病型別に年齢調整を行ったうえで各混濁と水晶体等価線量の関係について検討した。透明水晶体眼 $86.62 \pm 1.82$ mSvに対し、皮質白内障 $99.9 \pm 41.08$ mSv、後嚢下中心Vacuoles $69.81 \pm 8.45$ mSvであり、水晶体等価線量と水晶体混濁には有意な関連は認められなかった(図3)。

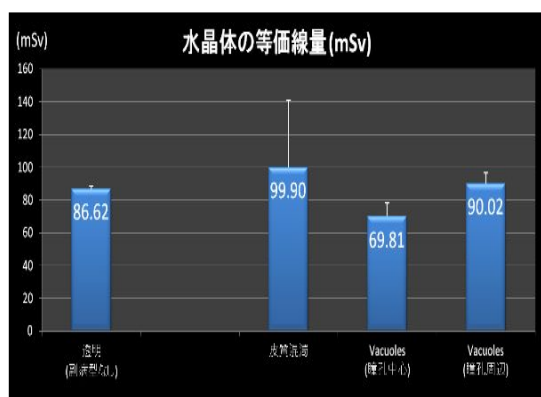


図 3

## D. 考 察

後嚢下中心Vacuolesの有病率が前年度1.96%と比較して急激に増えているがH26年度は新規の対象者が追加された事や、前眼部解析装置の他に新しく開発した簡易型徹照カメラによる詳細な画像診断になったことが有病率増加の要因の一つである可能性があり、H27年度の調査で再検討する必要がある。しかし5.9%に後嚢下中央3mm以内のVacuolesが見られたことは事実であり、今後のこの変化が後嚢下白内障発症につながる可能性は否定できない。

今回の調査では水晶体等価線量と水晶体混濁には有意な関連は認められなかった。過去に低線量被ばくと水晶体混濁の関係について被ばく後早期から調査した報告はなく、本調査において被ばく後3-4年目で水晶体等価線量と水晶体所見に有意な関係がみられなかったことを確認できたのは意義がある。また放射線白内障の初期病変としてみられる後嚢下中心Vacuolesについては、その増加が今後の白内障発症につながる可能性も十分にあるため、長期での縦断的調査が必要である。

本調査で開発した簡易型徹照カメラを健診に使用し、その評価を行った。前眼部解析装置(EAS-1000)は検者が画像を見て判断し、水晶体の深さを変えて徹照像を何枚も撮影する必要があり、検者の経験が必要とされる。また今回の健診ではほとんどの対象者が透明水晶体眼あるいは初期混濁であり、撮影時に検者が軽微な混濁を見落とすと、撮影画像にはその混濁が捉えられていない可能性もある。一方、簡易型徹照カメラは撮影深度が深く、1画像からより多くの情報を得る事が可能であり、EAS-1000と同等の画像が得られる事も確認している。涙液の汚れがある場合、得られた所見が混濁であるか涙液の汚れであるかの判断が難しい事があるのが課題として確認された。撮影時に生食点眼などで十分に眼表面を洗浄してから撮影する必要があるEAS-1000と簡易型徹照カメラの画像を合わせて診断する事で、混濁の見落としがな

く、より精度の高い画像診断が可能となった。今後長期での縦断的調査においては全国の多施設での健診も行われるため、本簡易型徹照カメラは有用であり、各健診施設に設置し調査に利用していきたい。

#### E . 結 論

被ばく後4年では白内障と水晶体等価線量には有意な相関が認められなかったが、放射線白内障の初期病変であるVacuolesが増加していることも事実であり、今後白内障を生じる可能性は否定できない。今後も長期的な調査が必要である。

#### F . 健康危険情報 なし

#### G . 研究発表

##### 1. 論文発表

1. N. Hatsusaka, K. Sasaki, Y. Kawakami, M. Sasaki, H. Sasaki : Casey Eye Institute (CEI) cameraによる混濁水晶体画像の評価 . 臨眼 68(10):1413-1420, 2014
2. 佐々木洋 : 放射線白内障 . 臨眼 68:1667-1672, 2014

##### 2 . 学会発表

1. N. Hatsusaka, K. Sasaki, H. Sasaki : A comparison between casey eye institute (CEI) camera system and the EAS-1000 camera in recording retro-dot opacities . 2013 ARVO (Seattle, '13.05)
2. 河上裕, 初坂奈津子, 佐々木麻衣, 佐々木一之, 佐々木洋 : Casey Eye Institute (CEI) cameraによる混濁水晶体画像の評価 . 第67回日本臨床眼科学会 . (横浜, '13.10)

3. 初坂奈津子, 佐々木麻衣, 佐々木一之, 佐々木洋 : 簡易型カメラによる混濁水晶体および眼内レンズ挿入眼の徹照撮影画像の評価 Casey (OHSU) カメラと EAS-1000との比較 . 第39回水晶体研究会 . (東京, '13.01)
4. P. Steinkamp, K. Sasaki, N. Hatsusaka, F. Fraunfelder, H. Sasaki : Correlating retroillumination Images of Lens Opacity Subtype with the Change in Vision . World Ophthalmology Congress of the International council of ophthalmology . (Tokyo, '14.04)
5. H. Osada, N. Hatsusaka, E. Shibuya, M. Sasaki, M. Takahashi, A. Nakano, A. Okamura, E. Kubo, T. Abe, K. Tsubata, H. Sasaki : Data-analysis pre-study of initial lenticular findings in emergency workers at Tokyo Electric Power Fukushima Nuclear Power Plant . 13th Congress of the International Society of Ocular Toxicology . (Kanazawa, '14.10)
6. N. Hatsusaka, H. Osada, E. Shibuya, A. Okamoto, M. Sasaki, M. Takahashi, A. Nakano, Y. Seki, E. Kubo, H. Sasaki : Lenticular findings in emergency workers at Tokyo Electric Power Fukushima Nuclear Power Plant at 4 years post-exposure. The 3rd International Conference on the Lens 2015. (Kona, '15.12)
7. 初坂奈津子, 長田ひろみ, 渋谷恵理, 岡本綾子, 佐々木麻衣, 高橋舞, 中野彩, 関祐介, 久保江理, 佐々木洋 : 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の被ばく後約3年での水晶体所見 . 第119回日本眼科学会総会 . (札幌, '15.04)
8. 初坂奈津子, 長田ひろみ, 渋谷恵理, 岡本綾子, 佐々木麻衣, 北舞, 中野彩, 関祐介, 久保江理, 佐々木洋 : 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の被ばく後約4年での水晶体所



見．第54回日本白内障学会総会・第41回水晶体研究会．(名古屋, '15.09)

9. 初坂奈津子, 長田ひろみ, 佐々木麻衣, 三田哲大, 渋谷恵理, 関祐介, 北舞, 中野彩, 佐々木一之, 佐々木洋:新しい簡易型徹照カメラによる混濁水晶体の評価．第36回金沢眼科集談会．(金沢, '15.12)

10. H. Osada, N. Hatsusaka, E. Shibuya, M. Sasaki, M. Takahashi, A. Nakano, A. Okamura, E. Kubo, T. Abe, K. Tsubata, H. Sasaki : Data-analysis pre-study of initial lenticular findings in emergency workers at Tokyo Electric Power Fukushima Nuclear Power Plant . 13th Congress of the International Society of Ocular Toxicology . (Kanazawa, '14.10 )

11. N. Hatsusaka, H. Osada, E. Shibuya, A. Okamoto, M. Sasaki, M. Takahashi, A. Nakano, Y. Seki, E. Kubo, H. Sasaki : Lenticular findings in emergency workers at Tokyo Electric Power Fukushima Nuclear Power Plant at 4 years post-exposure. The 3rd International Conference on the Lens 2015. (Kona, '15.12)

12. 初坂奈津子, 長田ひろみ, 渋谷恵理, 岡本綾子, 佐々木麻衣, 高橋舞, 中野彩, 関祐介, 久保江理, 佐々木洋: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の被ばく後約3年での水晶体所見．第119回日本眼科学会総会．(札幌, '15.04)

13. 初坂奈津子, 長田ひろみ, 渋谷恵理, 岡本綾子, 佐々木麻衣, 北舞, 中野彩, 関祐介, 久保江理, 佐々木洋: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の被ばく後約4年での水晶体所見．第54回日本白内障学会総会・第41回水晶体研究会．(名古屋, '15.09)

14. 初坂奈津子, 長田ひろみ, 佐々木麻衣, 三田哲大, 渋谷恵理, 関祐介, 北舞, 中野彩, 佐々木一之, 佐々木洋:新しい簡易型徹照カメラによる混濁水晶体の評価．第36回金沢眼科集談会．(金沢, '15.12)

H. 知的財産権の出願・登録状況  
(予定を含む。)

1. 特許取得
2. 特許取得  
なし
3. 実用新案登録  
なし
4. その他

--	--	--	--

作成上の留意事項

1. 「A. 研究目的」について
  - ・厚生労働行政の課題との関連性を含めて記入すること。
2. 「B. 研究方法」について
  - (1) 実施経過が分かるように具体的に記入すること。
  - (2) 「(倫理面への配慮)」には、研究対象者に対する人権擁護上の配慮、研究方法による研究対象者に対する不利益、危険性の排除や説明と同意(インフォームド・コンセント)に関わる状況、実験に動物に対する動物愛護上の配慮など、当該研究を行った際に実施した倫理面への配慮の内容及び方法について、具体的に記入すること。倫理面の問題がないと判断した場合には、その旨を記入するとともに必ず理由を明記すること。

なお、ヒトゲノム・遺伝子解析研究に関する倫理指針(平成25年文部科学省・厚生労働省・経済産業省告示第1号)、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)、遺伝子治療臨床研究に関する指針(平成16年文部科学省・厚生労働省告示第2号)、ヒト幹細胞を用いる臨床研究に関する指針(平成18年厚生労働省告示第425号)、厚生労働省の所管する実施機関における動物実験等の実施に関する基本指針(平成18年6月1日付厚生労働省大臣官房厚生科学課長通知)及び申請者が所属する研究機関で定めた倫理規定等を遵守するとともに、あらかじめ当該研究機関の長等の承認、届出、確認等が必要な研究については、研究開始前に所定の手続を行うこと。
3. 「C. 研究結果」について
  - ・当該年度の研究成果が明らかになるように具体的に記入すること。
4. 「F. 健康危険情報」について
  - ・研究分担者や研究協力者の把握した情報・意見等についても研究代表者がとりまとめて総括研究報告書に記入すること。
5. その他
  - (1) 日本工業規格A列4番の用紙を用いること。
  - (2) 文字の大きさは、10～12ポイント程度とする。

別紙4

研究成果の刊行に関する一覧表レイアウト(参考)

書籍

著者氏名	論文タイトル名	書籍全体の編集者名	書籍名	出版社名	出版地	出版年	ページ

雑誌

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年