

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  
平成25年度～27年度 総合研究報告書  
研究代表者 佐々木 洋  
平成28(2016)年 4 月

別紙2

総合研究報告書目次レイアウト (参考)

目 次	
I. 総合研究報告 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 佐々木 洋	----- 1
II. 研究成果の刊行に関する一覧表	----- 該当なし
III. 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。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)、瞳孔縁皮質白内障 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径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)。

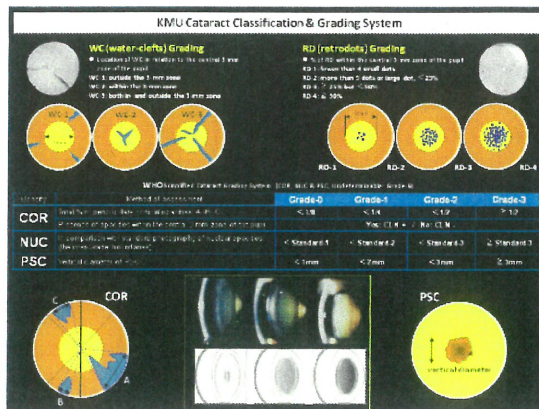


図 1

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の個数と瞳孔径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

平成25年度は福島第一原子力発電所および東電本店職員331名(662眼)の眼科健診を行った。H26年度は新潟柏崎刈羽原発の職員も追加した計510名(1020眼)の健診を行った。さらにH27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。本年度の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。



20代 78名、30代 124名、40代 145名、50代 152名、60代 6名、年齢不明 2名である。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)、瞳孔縁皮質白内障 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。核白内障と後囊下白内障はともに 0.0%であった(図 2)。

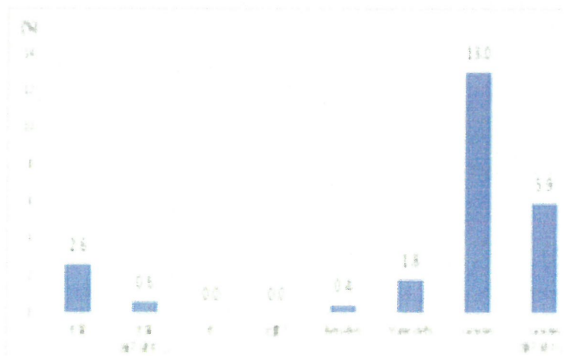


図 2

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(図3)。

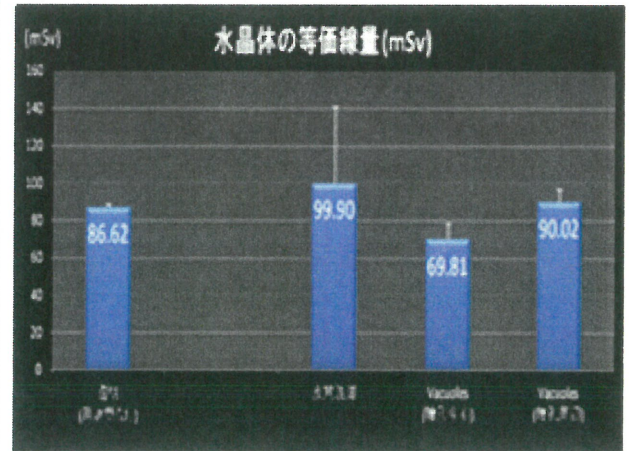


図 3

#### D. 考 察

後囊下中心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%に後囊下中央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囊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。

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る、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. A. Arnarsson, H. Sasaki, F. Jonasson : Twelve-year Incidence of Exfoliation Syndrome in the Reykjavik Eye Study. Acta Ophthalmol. 91:157-162, 2013
  2. 佐々木洋 : 1. 白内障の有病率. 眼科特集白内障の常識. 55:227-233, 2013
  3. 佐々木洋 : 加齢白内障のリスクファクター. 日本白内障学会誌. 25:9-17, 2013
  4. 佐々木洋 : 感覚器疾患白内障. 今日のためのガイドライン外来診療2014. 546-549, 2014
  5. 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
  6. 佐々木洋 : 放射線白内障. 臨眼 68:1667-1672, 2014
  7. 初坂奈津子 : 水晶体. ターゲット別! 画像診断助けガイド 基本画像から最新モダリティまで. 増刊号 68(11):87-92, 2014
  8. 佐々木洋 : 眼内レンズ術後. ターゲット別! 画像診断助けガイド 基本画像から最新モダリティまで. 増刊号 68(11):270-275, 2014
  9. 佐々木洋 : 放射線障害の病理 放射線による細胞死. 病理と臨床. 33:44-49,2015
2. 学会発表
  1. 佐々木洋 : 白内障病型と白内障手術適応. 第52回日本白内障学会総会. (千葉, '13.06)
  2. 佐々木洋 : インターベンショナルラオロジー従事者における放射線被曝と白内障. 第67回日本臨床眼科学会. (横浜, '13.10.)

3. 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)
4. M. Takahashi, H. Osada, N. Mita, E. Shibuya, N. Hatsusaka, Y. Takahashi, Y.Sakamoto, K. Sasaki, E. Kubo, H. Sasaki: Contrast acuity in eyes with different types of lens opacity. 2013 ARVO. (Seattle,'13.05)
5. K. Nagai, N. Mita, N. Hatsusaka, R. Honda, K. Sasaki, H. Sasaki : Factors influencing visual function in eyes with retrodots by difference in size. 2013 ARVO. (Seattle,'13.05)
6. 遠田詩野, 坂本保夫, 渋谷恵理, 高橋舞, 三田哲大, 初坂奈津子, 佐々木麻衣, 長田ひろみ, 高橋依子, 久保江理, 浅野浩一, 佐々木一之, 佐々木洋: 白内障の混濁型からの視機能の予測. 第39回水晶体研究会. (東京, '13, 01)
7. 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)
8. 高橋舞, 佐々木麻衣, 渋谷理恵, 初坂奈津子, 佐々木一之, 久保江理, 佐々木洋: 日本人における白内障主病型および副病型の有所見率. 第52回日本白内障学会総会. (千葉, '13.06)
9. 遠田詩野, 初坂奈津子, 坂本保夫, 高橋舞, 長田ひろみ, 久保江理, 佐々木洋: 白内障の混濁病型からの視機能予測. 第52回日本白内障学会総会. (千葉, '13.06)
10. 初坂奈津子, 田村美華, 三田哲大, 佐々木一之, HM.Cheng, F.Jonasson, 佐々木洋: 日本人・台湾人・アイスランド人における水晶体屈折力の比較. 第52回日本白内障学会総会. (千葉, '13.06)
11. 浅野浩一, 高橋舞, 初坂奈津子, 坂本保夫, 佐々木一之, F. Jonasson, 佐々木洋: 白内障における混合型混濁病型の特徴. 第52回日本白内障学会総会. (千葉, '13.06)
12. 三田哲大, 初坂奈津子, 渋谷理恵, 佐々木麻衣, 高橋舞, 長田ひろみ, 柴田奈央子, 佐々木一之, 久保江理, 佐々木洋: 透明水晶体眼内高次収差と水晶体・後方散乱強度の関係. 第49回日本眼光学学会. (京都, '13.09.)
13. 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.)
14. 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)
15. 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)

16. P. Steinkamp, K. Sasaki, N. Hatsusaka, F. Fraunfelder, H. Sasaki: Use of the casey eye institute camera for recording lens opacity sub-types and correlation with vision quality. 13th Congress of the International Society of Ocular Toxicology. (Kanazawa, '14.10)

17. N. Hatsusaka, H. Osada, E. Shibuya, A. Okamoto, M. Sasaki, M. Takahashi, A. Nakano, Y. Seki, E. Kubo, H. Sasaki: Lenticular findings in emergeny 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)

18. 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)

19. 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)

20. 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

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし

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  
・全体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. 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