

## じん肺エックス線写真による診断精度向上に関する研究

研究代表者 芦澤 和人

所属 長崎大学大学院 医歯薬学総合研究科 臨床腫瘍学 教授

### <研究分担者>

岸本 卓巳	（労働者健康安全機構 岡山労災病院 アスベスト疾患ブロックセンター	センター長）
荒川 浩明	（獨協医科大学 放射線医学講座	講師）
大塚 義紀	（労働者健康安全機構 北海道中央労災病院 呼吸器内科	副院長）
加藤 勝也	（川崎医科大学 放射線医学（画像診断2）	教授）
高橋 雅士	（医療法人友仁会 友仁山崎病院 放射線科	院長）
仁木 登	（徳島大学大学院 社会産業理工学研究部 理工学域	特命教授）
野間 恵之	（天理よろづ相談所病院 放射線部診断部門	部長）
本田 純久	（長崎大学大学院 医歯薬学総合研究科 地域リハビリテーション学	教授）
五十嵐 中	（横浜市立大学 医学群（健康社会医学ユニット）	准教授）
林 秀行	（地域医療機能推進機構 諫早総合病院 放射線科	診療部長）

### <研究協力者>

新田 哲久	（滋賀医科大学 放射線医学講座	准教授）
新家 崇義	（岡山大学病院 小児放射線科	講師）
西本 優子	（天理よろづ相談所病院 放射線部診断部門	医員）
丸山雄一郎	（J A長野厚生連 浅間南麓こもろ医療センター 放射線科	部長）
加藤 宗博	（労働者健康安全機構 旭労災病院 呼吸器科	部長）

### 研究要旨

「じん肺標準エックス線写真集」電子媒体版におけるCT画像を含めた症例の差し替えや新たに追加が必要な症例に関して、地方じん肺診査医への電子媒体版の使用状況やモニター診断の有無等の現状把握のためのアンケート調査結果も考慮して検討し、新しい症例の候補を抽出した。また今後、中央や地方のじん肺診査におけるモニター診断を想定して、「じん肺標準エックス線写真」と「じん肺健康診断受診者の胸部エックス線写真」を比較読影できるシステムの開発を構想した。じん肺の存在診断に関しては、症例数を増やしてCTにおける粒状影の定量化、CAD（コンピューター支援診断）の応用を試みた。さらに、低線量CT画像の前向き収集を行った。

一次予防に関しては、電動ファン付き防じんマスク（PAPR）と従来型の防じんマスクの比較調査研究を行い、マスク効率や労働者の装着感などを検討した。

## A. 研究目的

現在じん肺健康診断は、粉じん作業の職歴調査の他、胸部単純X線撮影や臨床検査、肺機能検査等の方法を用い診断基準に則って行われている(労働省安全衛生部労働衛生課編、「じん肺診査ハンドブック」中央労働災害防止協会、平成16年、東京)。じん肺管理区分の決定における胸部X線写真の区分の判定において「じん肺標準エックス線フィルム」(昭和53年)に、新たに「じん肺標準エックス線写真集」(平成23年3月)フィルム版および電子媒体版が加わった。しかし、標準X線写真の症例の偏り、添付されているCT画像と標準X線写真の病型の整合性、デジタル画像のモニター診断の普及などの問題点が指摘されている。

また、じん肺健康診断に、一般診療で広く用いられている胸部CTの活用促進を求める意見がある。他方、平成22年5月のじん肺法における、じん肺健康診断等に関する検討会の報告書(「じん肺法におけるじん肺健康診断等に関する検討会」の報告書、平成22年5月13日、<http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r9852000006bik.html>)のなかで、胸部CT検査に関する3つの課題(①放射線被曝量が単純X線写真に比べて高いこと、②事業者がじん肺健康診断の費用を負担すること、③読影技術の普及が必要であること)が示されたことから、平成26年～28年度の厚生労働科学研究費 芦澤班「じん肺の診断基準および手法に関する調査研究」(厚生労働科学研究費補助金(労働安全衛生総合研究事業) じん肺の診断基準および手法に関する調査研究 平成26～28年度 総合研究報告書)では、課題①について、じん肺の存在診断における低線量CTの通常線量CTに対する非劣性を明らかにするとともに、じん肺の鑑別診断におけるCTの単純X線写真に対する優位性を証明し

たところである。他方、新たなじん肺発生がゼロではない現状に鑑み、じん肺発生に対する一次予防の重要性を再検討する必要がある。

本研究では、現在じん肺診査の画像診断に用いられている「じん肺標準エックス線写真集」(平成23年3月)フィルム版および電子媒体版に新たな症例を追加することで標準写真の取りまとめを行い、同時にデジタル画像におけるモニター診断のポイントを提示することにある。また、平成26年～28年度の厚生労働科学研究費 芦澤班「じん肺の診断基準および手法に関する調査研究」を継続し、じん肺健診における胸部CT検査の課題を整理し、診断精度向上のための読影技術を示すとともに、今後の施策を検討するうえで重要な基礎資料を提示する。他方、粉じん患者の新規発生を抑えるため、粉じん労働者の防じんマスク効率を調査・検討する。

## B. 研究方法

「じん肺標準エックス線写真集」電子媒体版における症例の偏りなどを検討し、CT画像を含めた新たな症例の追加を検討した。地方じん肺診査の現状(電子媒体版の使用状況やモニター診断の有無等)把握のためアンケート調査を行い、今後の電子媒体版の症例追加の方針やモニター診断導入の参考資料とした。また、低線量CT画像を労災病院から前向きに収集し、じん肺の存在診断に関して、CTにおける粒状影の定量化、CAD(コンピューター支援診断)の応用を試み、読影技術の普及方策を検討した。

一次予防に関しては、粉じん作業者を対象として、電動ファン付き防じんマスク(PAPR)と従来型の防じんマスクのマスク効率や作業現場における呼吸用保護具の装着感に関する比較調査を行った。さらに、介入

予防による費用対効果の解析も行った。  
(倫理面への配慮)

事前に研究目的を説明し、全ての作業者の研究同意を得てから調査を開始した。

### C. 研究結果

平成30年8月3日に、医療用モニターを用い、「じん肺標準エックス線写真集」電子媒体版の全症例を見直し、それぞれの症例について、そのまま採用するか差し替えが望ましいかについて参加者の合議により判定を行った。さらに、症例の差し替えや追加が必要な病型に対して、芦澤班で岡山労災病院から前向きに収集した98例の症例と、新芦澤班で北海道中央労災病院から収集した62例の症例から事務局にて、候補となる症例13例を抽出。これに、芦澤班で収集した溶接工肺症例11例、研究分担者の施設（天理よろづ相談所病院、獨協医科大学、岡山労災病院、および関連病院）から、計42例の症例を追加し、研究分担者・協力者計10名の合議で症例を選択した。結果、20例の候補が抽出された。今後、班会議にて更に議論を重ね、「じん肺標準エックス線写真集」電子媒体版を改定する予定である。

モニター診断に関しては、中央じん肺診査医会における審査および労働局におけるじん肺管理区分の決定にあたり、医療用モニターを用いて胸部X線写真を読影する際に、より簡便に「じん肺標準エックス線写真」と「じん肺健康診断受診者の胸部エックス線写真」を比較読影できるシステムの開発を構想した。

地方じん肺診査医へのアンケート結果では、デジタル版の標準写真と旧アナログ版の整合性については、95%の都道府県で担保されているという回答であった。モニター導入は19%にとどまり、また導入を検討している

県が34%、導入の予定はない県が66%であった。

低線量CT画像に関しては、北海道中央労災病院から62例の症例を前向きに収集することができた。これらの症例について9名の研究分担医および研究協力者の合議で病型の決定を行った。2例の評価困難例と5例の必要な全ての画像が得られていない症例を除いた55例のCTでの病型評価は、0/1 25例、1/0 15例、1/1 8例、2以上7例であった。

CADに関して、芦澤班第1回小班会議（平成21年8月21日）において合議制で病型を再決定した25例を用い、じん肺CT画像データベースの作成、および粒状影の定量的評価を行った。じん肺の重症度を粒状影の個数、大きさとCT値、分布型によって評価したところ、単純X線写真の診断結果と一致しない症例があった。

防じんマスクに関しては、作業員76名に対して、PAPRと通常防じんマスクの比較検討を行った。通常防じんマスクの平均もれ率は25.95%と高率であり、PAPRのマスクのもれ率は $0.47 \pm 0.46$  (0.08~3.59)%とその防じん作用は明らかによかった。アンケート調査では、呼吸が楽で、粉じん吸入量が少ないというメリットを指摘し、59.7%がPAPRを使用したいという結果を得た。

### D. 考察

「じん肺標準エックス線写真集」電子媒体版の症例の偏りや不足に関しては、これまでも指摘を受けているところであるが、今回の検討結果から、最終的に、現行の「じん肺標準エックス線写真集」の改訂において、①CT（特にHRCT）が撮影されており、胸部単純X線写真とCTの所見が揃っている症例が望ましい ②不整形陰影・その他の陰影については、差し替えおよび追加が望ましいことで一

致した。現時点で、20例の候補が抽出されており、今後、班会議にて更に議論を重ね、「じん肺標準エックス線写真集」電子媒体を改定する予定である。

デジタル版の標準画像とアナログ版の標準画像の整合性については、ほぼ95%の審査医が十分あるいはおおよそ担保されていると回答していたが、デジタル版においては、石綿肺の画像が不足している点、軽度の不整形陰影の画像が不足している点、その他の陰影が十分に病型をカバーできていない点などが指摘されている。これらに対しては、前述したように画像の適格性、入れ替え症例の検討などを行っており、新しいデジタル標準写真集は、より地方じん肺審査医にとって利用しやすいものになると思われる。

地方局のモニター導入については、19%にとどまり、その機種や機能についてもバラツキが大きく、精度管理上問題が大きいことが推測される。また、現在、多くの医療施設では、画像がデジタル化されており、ハードコピー作成環境が激減している。従って、ソフトコピーによる審査を安定して行える環境作りはじん肺審査の精度管理を維持する上で急務であると思われる。

モニター診断に関しては、「じん肺標準エックス線写真集」電子媒体版の取扱いに準拠して、1台のPC端末にインストールされた単一アプリケーションソフト内で、「じん肺標準エックス線写真DICOM画像」と「じん肺健康診断受診者の胸部エックス線写真DICOM画像」を、2面の医療用モニターに同時に表示できるシステムを開発しており、じん肺X線写真のモニター読影の推進に資するシステムと考える。

CADの評価においては、通常線量と超低線量の1mm厚CTなどを加えて症例収集を行う必要があるため、旭労災病院にて新たに

CTデータを収集する予定である。最終的に、単純X線写真およびCT画像の収集が終了した時点で、CADでの定量的な評価と併せて、PR0/1、PR1/0症例を含めた適切な胸部CTの病型基準となる症例提示を試みたい。

CT画像におけるCADを用いた粒状影の個数、大きさとCT値、分布型による評価は、じん肺の病型の判断に有用であることが示された。今後、前述の前向きで収集している症例群を追加し、多症例の粒状影を統計解析し、高度じん肺診断支援システムの開発を目指す。

防じんマスクに関しては、PAPRは通常防じんマスクと比較して、粉じん吸入濃度を有意に軽減していることが実証された。アンケート調査では、マスクの重さや大きさ、ファンの音さらには動きにくさが気になる人もいたが、通常防じんマスクと比較して呼吸が楽あるいはやや楽と感じた人は85.6%であり、マスク効率だけでなく、作業者のアンケート結果からも有用であると考えられた。

また、PAPRと通常の防じんマスクを比較する費用対効果研究の方法論の検討では、客観的な評価項目ではじん肺罹患減少、主観的な評価項目ではストレス指標に加えて生産性損失の評価指標であるWPAIが有用と思われた。将来的には、じん肺の予後モデル化した上での、生命予後・QALYなどをアウトカムとしたより精緻な医療経済評価が望まれる。

## E. 結論

「じん肺標準エックス線写真集」電子媒体版の症例の偏りや不足を今年度再確認し、差し替えおよび追加が望ましい症例に関して、候補症例を抽出した。来年度、班会議にて更に議論を重ね、「じん肺標準エックス線写真集」電子媒体を改定する予定としている。

デジタル版の標準画像とアナログ版の標準画像の整合性については、ほぼ担保されていることが確認できたが、現行デジタル版は、溶接工肺などのその他の陰影や石綿肺などに不足がみられ、今後改訂を行う。また地方局へのモニター導入によってじん肺審査のデジタル化を推進すべきと考える。

PAPRは通常防じんマスクに比較して有意に粉じん吸入量を減少させる効果があり、呼吸のしやすさ等のメリットが大きいことから着用したいと望む作業者が過半数を占めることから、今後の新たなじん肺防止のため活用していく必要がある。

#### F. 健康危険情報

該当なし

#### G. 研究発表

##### 1. 論文発表

- [ 1 ]Takahashi M, Nitta N, Kishimoto T, Ohtsuka Y, Honda S, Ashizawa K  
Computed tomography findings of arc-welders'pneumoconiosis: Comparison with silicosis  
Eur J Radiol 2018; 107: 98-104.
- [ 2 ]日野 公貴, 松廣 幹雄, 鈴木 秀宣, 河田 佳樹, 仁木 登, 加藤 勝也, 岸本 卓巳, 芦澤 和人: 3次元CT画像を用いたじん肺の重症度診断基準の定量的評価, 第37回日本医用画像工学会大会, OP13-2, 2018. 7.
- [ 3 ]日野 公貴, 松廣 幹雄, 鈴木 秀宣, 河田 佳樹, 仁木 登, 加藤 勝也, 岸本 卓巳, 芦澤 和人: 3次元CT画像を用いたじん肺の重症度診断基準に関する粒状影の定量的評価, 電子情報通信学会技術研究報告医用画像Vol. 118, No. 286, pp. 13-15, 2018. 11.

##### 2. 学会発表

- [ 1 ]Takahashi M, Nitta, N, Kishimoto T, Otsuka Y, Ashizawa K  
CT findings for Arc-welders' pneumoconiosis: Comparison with silicosis 第77回日本医学放射線学会総会(横浜) 2018. 4. 14.
- [ 2 ]日野 公貴, 松廣 幹雄, 鈴木 秀宣, 河田 佳樹, 仁木 登, 加藤 勝也, 岸本 卓巳, 芦澤 和人: 胸部3次元CT画像を用いたじん肺の粒状影定量的評価, 第26回日本CT検診学会学術集会, 2019. 2.

#### H. 知的財産権の出願・登録状況

##### 1. 特許取得

該当なし

##### 2. 実用新案登録

該当なし

##### 3. その他

該当なし

