

厚生労働科学研究費補助金  
労働安全衛生総合研究事業

じん肺エックス線写真による診断精度向上に関する研究

平成29年度 総括・分担研究報告書

研究代表者 芦澤 和人

平成 30 (2018) 年 3 月

厚生労働科学研究費補助金（労働安全衛生総合研究事業）  
総括・分担研究報告書

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  
研究者一覧

研究代表者

長崎大学大学院 医歯薬学総合研究科 臨床腫瘍学 教授 芦澤 和人

研究分担者

労働者健康安全機構 岡山労災病院 呼吸器内科 副院長 岸本 卓巳  
獨協医科大学 放射線医学講座 講師 荒川 浩明  
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 大塚 義紀  
川崎医科大学 放射線医学（画像診断2） 教授 加藤 勝也  
医療法人友仁会 友仁山崎病院 院長 高橋 雅士  
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 仁木 登  
天理よろづ相談所病院 放射線部診断部門 放射線診断学 部長 野間 恵之  
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 本田 純久  
東京大学大学院 薬学系研究科 医薬政策学 特任准教授 五十嵐 中  
地域医療機能推進機構 諫早総合病院 放射線科 診療部長 林 秀行

研究協力者

滋賀医科大学 放射線医学講座 准教授 新田 哲久  
岡山大学病院 小児放射線科 講師 新家 崇義  
天理よろづ相談所病院 放射線部診断部門 放射線診断学 医員 西本 優子  
産業医科大学 産業生態科学研究所 作業関連疾患部門 教授 大神 明  
新日鐵住金(株)君津製鐵所 安全環境防災部 安全健康室 統括産業医 宮本 俊明  
新日鐵住金(株)君津製鐵所 安全環境防災部 安全健康室 産業医 長谷川将之

# 目次

## I. 総括研究報告

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 .....	1
芦澤 和人 (長崎大学大学院 医歯薬学総合研究科 臨床腫瘍学 教授)	

## II. 分担研究報告

(1) PR0/1, 1/0の標準化 -症例の前向き収集について- .....	5
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)	
(2) デジタル標準写真とアナログ標準写真の整合性についての検討 .....	13
高橋 雅士 (医療法人友仁会 友仁山崎病院 院長)	
(3) モニター診断の最適化 .....	19
野間 恵之 (天理よろづ相談所病院 放射線部診断部門 放射線診断学 部長)	
(4) 欧米先進国のじん肺スクリーニング調査 .....	23
荒川 浩明 (獨協医科大学 放射線医学講座 講師)	
(5) じん肺のコンピュータ診断支援システムの開発 .....	27
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)	
(6) 電動ファン付き防じんマスクの通常防じんマスクを比較対照とした コストベネフィット評価のプロトコール開発に関する研究 .....	31
五十嵐 中 (東京大学大学院 薬学系研究科 医薬政策学 特任准教授)	
(7) 電動ファン付き防じんマスクと通常防じんマスクの比較に関する研究 .....	35
岸本 卓巳 (労働者健康安全機構 岡山労災病院 呼吸器内科 副院長)	
(8) 作業現場における呼吸用保護具の装着感に関する調査 .....	47
長谷川 将之 (新日鐵住金株式会社君津製鐵所 安全環境防災部 安全健康室 産業医)	

III. 研究成果の刊行に関する一覧表 .....	51
---------------------------	----

## 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 呼吸器内科学	副院長）
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 呼吸器内科学	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	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 放射線診断学	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	（東京大学大学院 薬学系研究科 医薬政策学	特任准教授）
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 放射線診断学	医員）
大神 明	（産業医科大学 産業生態科学研究所 作業関連疾患部門	教授）
宮本 俊明	（新日鐵住金(株)君津製鐵所 安全環境防災部 安全健康室	統括産業医）
長谷川将之	（新日鐵住金(株)君津製鐵所 安全環境防災部 安全健康室	産業医）

### 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画像を含めた新たな症例の追加を検討するため、作成当時の基本的合意事項・課題を再確認した。また、じん肺症例45例に対して、単純X線デジタル画像を2社×2種のモニターで読影実験を行い、モニター診断の適正化を検討した。地方じん肺診査医に対して、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アンケート調査を行った。低線量CT画像を前向きに収集し、じん肺の存在診断に関して、特にPR0/1と1/0の鑑別に焦点をおき、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。

一次予防に関しては、マスク効率に優れる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を行う調査研究を立案し、装着感・精神的ストレスの調査や粉じん作業者のマスク漏れ率や吸入粉じん量等を検討した。

## A. 背景

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<sup>1)</sup>。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)フィルム版及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<sup>2)</sup>、平成26年～28年度の厚生労働科研究費 芦澤班「じん肺の診断基準及び手法に関する調査研究」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とするとともに、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<sup>3)</sup>。

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。

## B. 目的

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)フィルム版及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ガイドライン等で提示することにある。また、平成26年～28年度の厚生労働科研究費 芦澤班「じん肺の診断基準及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やじん肺規制の諸外国の動向を調査・検討する。

## C. 対象と方法

「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するため、作成当時の基本的合意事項・課題を検討した。また、単純X線デジタル画像を種々のビューワで読影し、モニター診断の最適化を行う。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する。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、特にPRO/1と1/0の鑑別に焦点をおき、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する。

一次予防に関しては、より効率の良いマスク施行の調査を行う。具体的には、マスク効率に優れる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を行う調査研究を立案し、粉じん作業者の吸入粉じん量等を検討する。また、作業現場における呼吸用保護具の装着感に関する調査を行う。さらに、介入予防による費用対効果の解

析を行う。

#### D. 結果

「じん肺標準エックス線写真集」（平成23年3月）フィルム版及び電子媒体版が作成される過程で確認された基本的合意事項・課題を、議事録を用いて検証した。電子媒体版の必要要件や画像掲載の基本方針などが確認できた。また、残された課題や新たな症例収集の必要性に言及されていることが再確認された。アナログ版と電子媒体版の整合性に関しては、0型、2型、3型では視覚的にはほぼ整合性が保たれているが、1型ではやや整合性に乱れが認められた。

モニター診断に関しては、2社×2種(1M、3M)のモニターを使用して、4名の読影者がじん肺45症例の型分類の読影実験を行った。その結果、メーカー間およびモニターサイズの比較において、両者の読影結果に有意差は認められず、統計的に有意な中程度の一致が認められた。また、読影者内一致の検討でも1Mモニターと3Mモニター間には中等度の一致が認められた。

低線量CT画像に関しては、今年度、労災病院から36例の症例を前向きに収集することができた。これらの症例のうち2例の評価困難例を除いたCTでの病型評価は、0/1 12例、1/0 5例、1/1 8例、2以上 9例と比較的バランスのとれた症例群であった。

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。PR0/1と1/0の症例において、CADによる単純X線写真上の粒状影の個数では有意差はなかったが、CT画像の定量評価による分類結果では有意差がみられた。また、医師による病型とCT画像を用いた粒状影の個

数による定量評価の結果は一致した。

じん肺診査における諸外国の動向調査に関しては、欧米先進国6カ国を対象に、粉じん職場におけるスクリーニングのガイドラインを比較検討した。結果、CTをスクリーニングに使用している国はなく、単純X線写真の使用が推奨されていた。また、検診の間隔に関しては指定がない国もみられた。

防じんマスクに関しては、常時呼吸用保護具を使用している男性作業員13名に対して、PAPRと通常防じんマスクのクロスオーバーによる装着感・精神的ストレスの調査が行われた。装着感に関する指標では、防じんマスクに対してPAPRの方が、マスク内の暑さで有意に良好であり、一方マスクの重さに関しては有意に不良であった。精神的ストレスに関する指標では、憂鬱、集中力低下、仕事中断の3項目で有意に防じんマスクの方が良好な結果を示した。

#### E. 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、改めて、作成当時の残された課題や新たな症例収集の必要性を再確認することができた。アナログ版と電子媒体版の整合性に関しては、地方じん肺診査医への電子媒体版に関するアンケートを行っているところであり、その調査結果が待たれる。また、アンケートでは、電子媒体版を実際に判定区分決定に使用して不都合な点があれば、その具体例を記載してもらっており、これらの意見も踏まえて今後の対応を考えていく予定である。

モニター診断に関しては、メーカーおよびモニターサイズが異なっても、じん肺の型分類の正解率に有意差は認められないと考えられる。また、3Mモニターにおいて、モニター

の種類(カラー/モノクロ)も読影結果には影響しないことが確認された。村田班の先行研究では、じん肺診断に適切なモニターサイズは3M以上の検討結果であったが、今回の読影実験結果から、日本医学放射線学会電子情報委員会のデジタル画像の取り扱いに関するガイドラインと同様に、1Mモニターもフィルムの代替えとして使用できると考えられる。地方じん肺診査医へのアンケートの現段階の結果では、モニターで診査が行われている局は極めて少数のようであり、今後のモニター診断導入の参考資料となると考えられる。

低線量CT画像は、溶接工肺の混在などもみられたため、CAD評価も併せ可能な限りの多数例を次年度までに収集する予定である。胸部単純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る。

CT画像におけるCADを用いた粒状影の個数による定量的な評価は、じん肺のPR0/1、PR1/0を含めた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、より多数例での検討を行うことで、データベースの構築とCADの精度向上をはかっていきたい。

欧米先進国の粉じん職場におけるスクリーニングは、単純X線写真が主体であり、フランスでは必要に応じてCTが使用されることが明らかとなった。ただ、粉じん職場での健康維持のためのガイドラインではあり、じん肺診査を対象としたものではないことにも注意が必要である。

マスク装着感に関する今回の調査は2日間と短期間であり、マスクの重さや慣れによる影響が強く影響した可能性が考えられた。今後マスクの軽量化が進めば軽減される可能性

があり、PAPRの有用性向上が期待される。

研究分担者の岸本らは、溶接作業に従事する作業員に対するPAPRと従来型の防じんマスクの比較を行う調査研究について企画・立案し、平成30年1月に調査を開始したところである。来年度はパイロット研究成果を吟味し、より良い計画を策定して対象を拡大し、また研究を継続する予定である。

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、漏れ率や粉じん吸入量などの客観的評価項目は、PAPRによる大きな改善が示唆された。この数値から推計したじん肺発症の絶対リスク減少と、二つのマスクの費用の差分を用いることで、今後一定の被験者数を確保し調査が行われれば、1症例回避当たりのICERが今後算出可能となると考えられる。

## F. 文献

1. 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.
2. 「じん肺法におけるじん肺健康診断等に関する検討会」報告書、平成22年5月13日.  
<http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r98520000006bik.html>
3. 厚生労働科学研究費補助金(労働安全衛生総合研究事業) じん肺の診断基準及び手法に関する調査研究 平成26~28年度 総合研究報告書

## （1）P/R0/1, 1/0の標準化 - 症例の前向き収集について -

研究分担者 林 秀行<sup>1</sup>、大塚 義紀<sup>2</sup>、岸本 卓巳<sup>3</sup>、仁木 登<sup>4</sup>、加藤 勝也<sup>5</sup>、芦澤 和人<sup>6</sup>

所属 1 諫早総合病院 放射線科 診療部長

所属 2 北海道中央労災病院 呼吸器内科学 副院長

所属 3 岡山労災病院 呼吸器内科学 副院長

所属 4 徳島大学大学院 社会産業理工学研究部 特命教授

所属 5 川崎医科大学 放射線医学（画像診断 2）教授

所属 6 長崎大学大学院 医歯薬学総合研究科 臨床腫瘍学 教授（研究代表者）

**研究要旨** 本研究は胸部CTによるじん肺診断の基準を確立することを目的とする。じん肺の画像診断は、現在専ら胸部単純X線写真が用いられているが、過去の報告や昨年までの本研究班での研究にて、これに胸部CT検査を加えることで的確な診断に寄与する可能性が示唆された。しかし、現時点でその基準となる画像が適切な画像及びその診断基準が十分とは言えず、その標準化を目標とした症例収集を行うこととした。

### A. 背景

現在じん肺健康診断は、粉じん作業についての職歴調査のほか、胸部単純X線撮影や胸部に関する臨床検査、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。一方で、一般診療における胸部画像検査では、胸部単純X線撮影に加えて、胸部CT検査が診断において広く行われており、じん肺健康診断における、胸部CT撮影の活用促進を求める意見がある。

胸部CT検査が胸部単純X線写真と比較して診断能が高いことは、種々の疾患について研究でなされており、じん肺の診断についても、胸部CT検査での基準フィルム作りの検討は過去にも試みられたことがあるが、評価基準が明確でなく、十分には実用化されていない。

### B. 芦澤班での研究成果

我々は、平成27年度から29年度の班研究において、珪肺の診断において胸部CTが一定の割合で胸部単純X線写真よりも有用である事を示し、早期のじん肺を診断するにあたって胸部CTを撮影することを推奨する旨学会発表を行った（資料1）。この際に、特に問題となるP/R0/1, 1/0の境界については、珪肺の診断に従事する胸部放射線科医及び呼吸器内科医の合議で一定の境界線を設けた。

但し、この研究には限界があり、それは後方視的な研究であることと、その影響でスライス厚が厚い症例を用いていることが問題となった。また、P/R0/1, 1/0の境界においては、熟練した評価者における合議で決定したものはあるが、客観性、再現性が不十分との意見もあった。



## C. 目的

じん肺診断の確信度を上げるため、胸部単純X線撮影に加えて胸部CT検査を行う際に、適切な胸部CTの基準となる症例を提示すること。特にP/R0/1, 1/0の境界を明確にすること。

## D. 前向きの画像収集

北海道中央労災病院にて、じん肺を疑われ撮像される胸部CTの画像を前向きに収集することとした。収集する画像については、①1.25mm厚の薄いスライス厚の画像については肺野条件、縦隔条件の両者、②肺野条件については1.25mm厚 (TS-CT)、5 mm厚の両者、③同時期に撮像された胸部単純写真の画像を前向きに収集することとした。

①については、Computer-Aided Diagnosis (CAD) との兼ね合いがある。昨年までの芦澤班のCADによるデータ解析は、仁木先生の元1 mm厚程度の薄いスライス厚の縦隔条件でなされてきた。これは、比較的ノイズの多い肺野条件よりも、血管との連続の解析に縦隔条件の方が有利であるということに起因している。しかし、日常診療においては肺野の微細な結節の評価には肺野条件が用いられていることから、縦隔条件の画像収集は余計な負担がかかることとなる。そこで、薄いスライス厚の肺野条件の画像でもCADの解析に耐えうるよう、ソフトウェアの開発を行うこととし、そのための画像データとして肺野条件、縦隔条件の両者の画像を収集することとした。

②について、昨年度までの研究では5 mm厚での標準画像の作成を考えていた。画像診断の進歩によりTS-CTの評価が優れていることは間違いのない事実であるが、全ての施設で同様の画像が得られるわけではなく、5 mm程度の標準画像が必要という意見からで

あった。今回、CADを有効に利用しつつ、現在も広く用いられている5 mm程度の画像も診断に取り入れていくためには、それらの画像の比較を行うことが必要と思われ、それら両者の画像を収集して検討することとした。

③については、同様にこれまで診断の中心であった胸部単純X線写真とTS-CT、また5 mm程度の画像を再検討することで、どのような症例において胸部単純写真の限界があるかを再認識することを目的とし、収集することとした。

まとめると、TS-CTの評価、これには客観性を持たせるためにCADを取り入れていくこと。この評価と同一症例の5 mm厚の画像、胸部単純写真の画像を比較することで、これまでの画像評価との関連を再検討することを目的とし、前向きの画像収集を行うこととした。

## E. 現在までの収集状況

2018年1月末の時点で、36例のデータ収集ができています。これらの症例について2名の研究分担医（放射線科医）でスコアリングを行った。アスベスト曝露を疑うものなど2例の評価困難例を除いたCT評価の結果は、0/1 12例、1/0 5例、1/1 8例、2以上 9例と比較的バランスのとれた症例群であったが、溶接工肺の混在もあり、CAD評価も併せ可能な限りの多数例を次年度までに収集予定である。

## F. まとめ

CADに適応し、今後の診断の基準となるようなCT画像 (TS-CT及び5 mm厚)、及び胸部単純写真の画像の前向き収集を行うこととし、現在収集過程である。

## G. 参考資料、文献

1. 文献じん肺法におけるじん肺健康診断等

に関する検討会報告書 平成22年 5月 (厚生労働省)

2. Comparison of chest radiography and high-resolution computed tomography findings in early and low-grade coal worker's pneumoconiosis. *EJR* 51 : 175-180, 2004
3. The Japanese classification of computed tomography for pneumoconiosis with standard films : comparison with the ILO international classification of radiographs for pneumoconiosis. *J Occup Health* 43 : 24-31, 2001

## Diagnosis of early pneumoconiosis in dust-exposed workers: Comparison of chest radiography and CT

Hideyuki Hayashi<sup>1,10)</sup>, Kazuto Ashizawa<sup>1)</sup>,  
Masashi Takahashi<sup>2)</sup>, Katsuya Kato<sup>3)</sup>, Hiroaki Arakawa<sup>4)</sup>,  
Takumi Kishimoto<sup>5)</sup>, Yoshinori Otsuka<sup>6)</sup>, Satoshi Noma<sup>7)</sup>,  
Sumihisa Honda<sup>8)</sup>, Masataka Uetani<sup>9)</sup>

- 1) Department of Clinical Oncology, Nagasaki University Graduate School of Biomedical Sciences  
2) Department of Radiology, Yujin-Yamazaki Hospital  
3) Department of Radiology, Kawasaki Medical School Hospital  
4) Department of Radiology, Dokkyo Medical University  
5) Asbestos Research Center, Okayama Rosai Hospital  
6) Department of Internal Medicine, Hokkaido Chuo Rosai Hospital  
7) Department of Radiology, Teiji Hospital  
8) Department of Public Health & Nursing, Nagasaki University Graduate School of Biomedical Sciences  
9) Department of Radiological Science, Nagasaki University Graduate School of Biomedical Sciences  
10) Department of Radiology, Isahaya General Hospital

Nagasaki University

## Introduction

- ✓ Pneumoconiosis, which is an occupational lung disease caused by the inhalation of silica, coal particles, or asbestos, still has a serious effect on occupational health worldwide.
- ✓ Because patients with early stage pneumoconiosis do not have pulmonary dysfunction, radiological examination is essential for diagnosing pneumoconiosis for both clinical and epidemiologic purposes.
- ✓ Workers with possible exposure to occupational dust are legitimately screened with a PA chest radiograph, which is classified in the Japanese Classification of Radiographs of Pneumoconiosis.

Nagasaki University

## Objective

A chest radiography (CR) is employed as an image evaluation of pneumoconiosis, but we sometimes encounter the cases where CT is more useful in the detection of subtle pathological change.

The aim of this study was to compare CR with CT in the diagnosis of early pneumoconiosis.

Nagasaki University

## Material and Methods

- ✓ CR and CT examinations were performed in 132 workers with an occupational history of mining, recruited from two laborers' hospitals.
- ✓ We selected 109 cases of silicosis and coal workers' pneumoconiosis, and excluded 23 cases of arc-welders' lung.



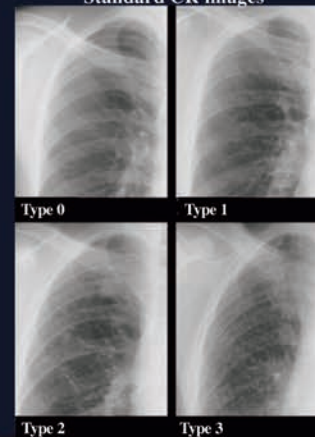
Nagasaki University

Silicosis and coal workers' pneumoconiosis  
109 cases



Five readers, who were experienced chest radiologists or pulmonologists, graded the chest CT findings in 72 cases with consensus.

Standard CR images



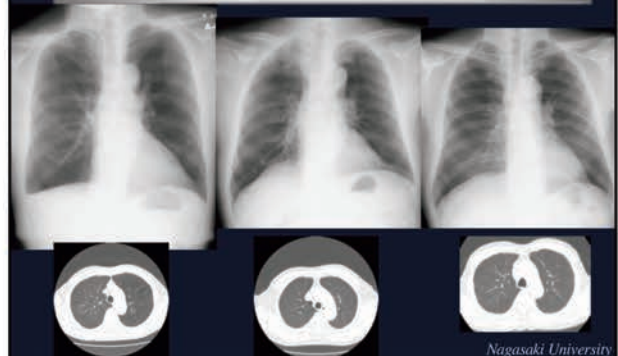
### Observer performance of the experienced chest radiologists or pulmonologists for CR images (n=109)

score	5/5 agreement	4/5 agreement	3/5 agreement
0/1	4	14	11
1/0	1	7	28
1/1		3	14
>1/1		2	4
total	5(4.6%)	26(24%)	57(52%)

- ✓ All 5 readers provided identical scores in only 5 of 109 cases (4.6%).
  - ✓ More than 3 of 5 readers provided identical scores in 88 of 109 cases (81%).
- These cases were re-evaluated by all readers and a final decision was made with consensus.

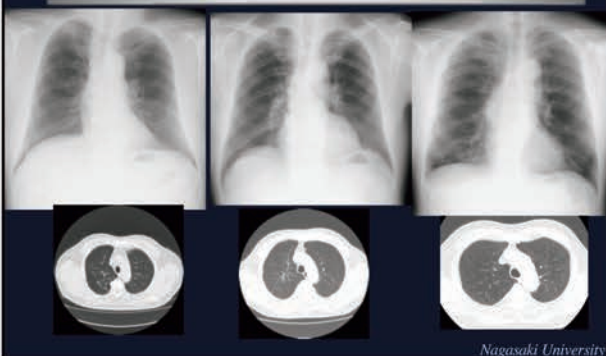
Nagasaki University

### Case judged as 0/1 on CR



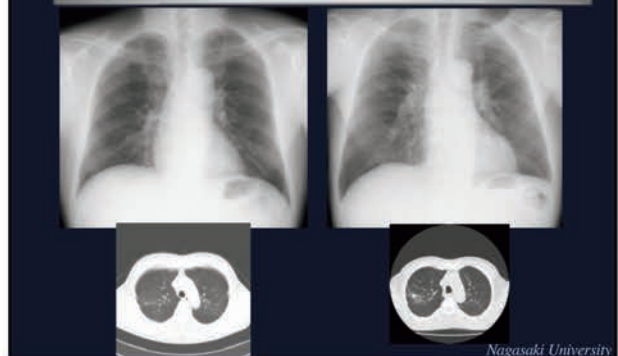
Nagasaki University

### Case judged as 1/0 on CR



Nagasaki University

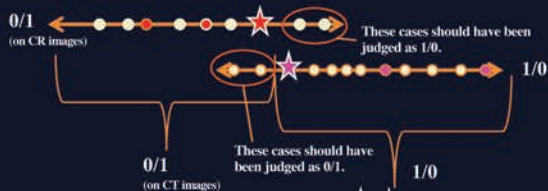
### Case judged as 1/1, >1/1 on CR



Nagasaki University

### Discrepancy in judgment

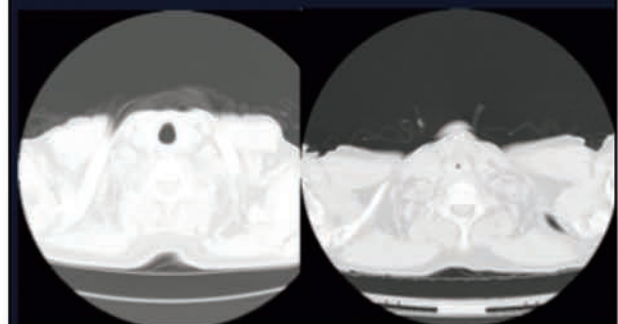
- ✓ Discrepancy in judgment between CR and CT was often seen in PR 0/1 and 1/0 cases.



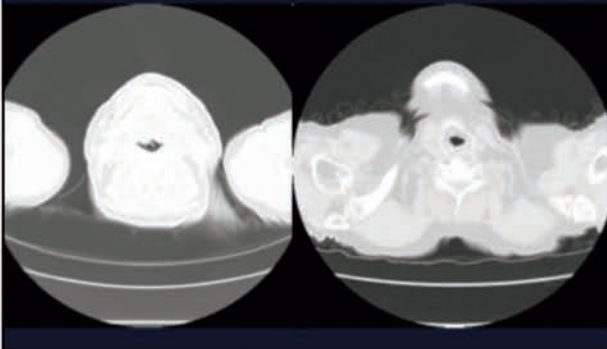
- ✓ We don't have any borderline cases ★★
- ✓ To score CT images, we selected representative borderline cases of 0/1 and 1/0 with consensus.

Nagasaki University

### Representative borderline cases of 1/0



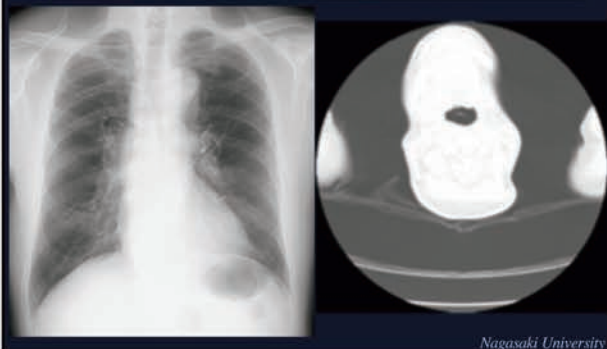
### Representative borderline cases of 0/1



### Comparison of both CR and CT scores (n=72)

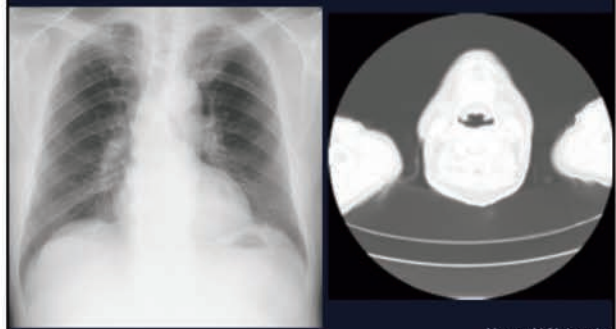
CT	CR	0/1	1/0	1/1	>1/1
0/1		21	13	3	
1/0		5	9	2	1
1/1			4	8	
>1/1		1	1	2	2

### Representative case of 0/1 (CR score =CT score)



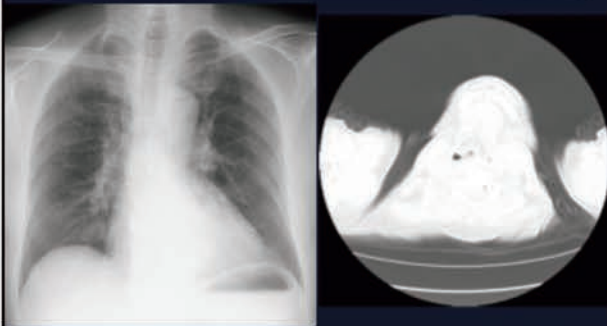
Nagasaki University

### Representative case of 1/0 (CR score =CT score)



Nagasaki University

### Representative case of 1/1 (CR score =CT score)



Nagasaki University

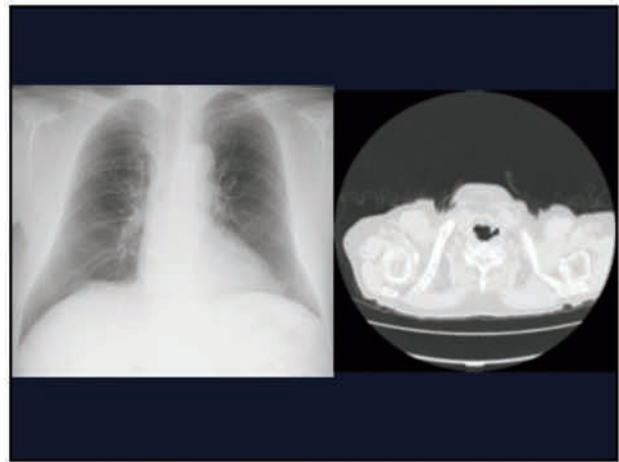
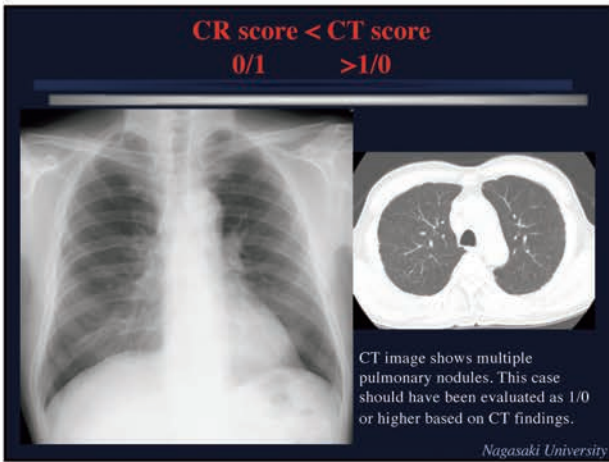
### Comparison of both CR and CT scores (n=72)

CT	CR	0/1	1/0	1/1	1/1<
0/1		21	13	3	
1/0		5	9	2	1
1/1			4	8	
1/1<		1	1	2	2

CR score = CT score, 40 cases

CR score < CT score, 13 cases

CR score > CT score, 19 cases



**Advantages of CT examination in the evaluation of early pneumoconiosis**

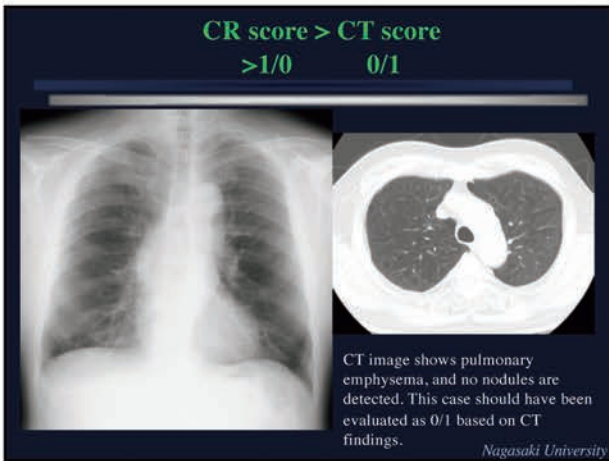
- ✓ There are some cases in which tiny nodules can only be depicted on CT.
- ✓ Such cases judged by CT.
- ✓ HRCT is well known to be superior to CR for evaluating the lung parenchyma.
- ✓ Savranlar et al. also reported higher discordance rates in cases of early pneumoconiosis with negative CR findings than in cases of low-grade pneumoconiosis.
  - ✓ Savranlar A et al. 2004 EJR

*Nagasaki University*

**Comparison of both CR and CT scores (n=72)**

CT \ CR	0/1	1/0	1/1	1/1<
0/1	21	13	3	
1/0	5	9	2	1
1/1		4	8	
1/1<	1	1	2	2

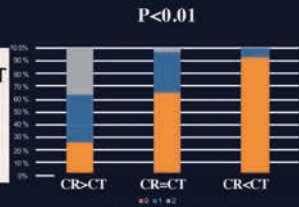
**CR score = CT score, 40 cases**  
**CR score < CT score, 13 cases**  
**CR score > CT score, 19 cases**



### Correlation between the incidence of pulmonary emphysema and CR/CT scores

**Pulmonary emphysema**  
 0: none  
 1: mild  
 2: marked

	CR>CT	CR=CT	CR<CT
0	5	26	12
1	7	13	1
2	7	1	0

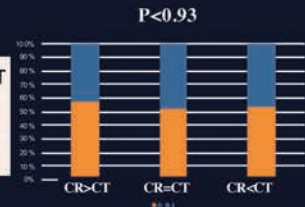


Incidence of pulmonary emphysema was significantly higher in patients whose CR score was higher than the CT score than vice versa.

### Correlation between the incidence of subpleural nodules and CR/CT scores

**Subpleural nodules**  
 0: none  
 1: present

	CR>CT	CR=CT	CR<CT
0	11	21	7
1	8	19	6

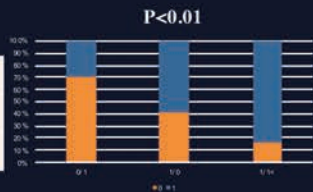


With respect to CR and CT scores, the incidence of subpleural nodules was not a dominant factor.

### Correlation between the incidence of subpleural nodules and CT scores

**Subpleural nodules**  
 0: none  
 1: present

	0/1	1/0	1/1<
0	26	7	3
1	11	10	15



The incidence of subpleural nodules correlated with CT scores.

### Discussion

- ✓ The diagnosis of pneumoconiosis is usually based on CR findings. However, the judgment of type classification of pneumoconiosis on CR images, especially in PR 0/1 and 1/0 cases, was discordant even among experienced chest radiologists or pulmonologists.
- ✓ We selected representative CT cases to judge the type classification of pneumoconiosis correctly.
- ✓ Discrepancy in judgment between CR and CT was often seen in PR 0/1 and 1/0 cases.
- ✓ There are some cases in which tiny nodules can only be depicted on CT.
- ✓ While, in cases of emphysema, CR scores tend to be higher than the CT scores.

Nagasaki University

### Limitations

- ✓ Retrospective study
- ✓ Small sample size
- ✓ Variation of slice thickness
- ✓ Reference setting

### Conclusion

- ✓ CT is more sensitive than CR in the evaluation of early pneumoconiosis.
- ✓ Using CT as a standard screening method together with CR may be recommended to distinguish between normal and early pneumoconiosis.

Nagasaki University

## （２）デジタル標準写真とアナログ標準写真の整合性についての検討

研究分担者 高橋 雅士<sup>1</sup>、新田 哲久<sup>2</sup>、芦澤 和人<sup>3</sup>

所属 1 医療法人友仁会 友仁山崎病院 放射線科 院長

所属 2 滋賀医科大学 放射線医学講座 准教授

所属 3 長崎大学大学院 医歯薬学総合研究科 臨床腫瘍学 教授（研究代表者）

**研究要旨** じん肺のデジタル版の課題を明らかにするために、まずその作成過程を再度検証した。また、アナログ版との整合性を肉眼的に比較検討した。更に、デジタル版の問題点、課題を明らかにするために、地方じん肺診査医にアンケートを作成した。

### A. 背景

デジタル撮影によるじん肺標準エックス線画像に関する検討会では、厚生労働科学研究費村田班の検討結果をもとに3回の会議が行われた後、平成23年1月に報告書が作成され、その後同年3月にじん肺標準エックス線画像のデジタル版としてDVDが厚生労働省から発刊された。このDVDは現在全国のじん肺診査に用いられているところである。このデジタル版は、アナログ版との整合性を担保することが前提であったが、アナログ版とは異なる症例を用いている点、また全国的にじん肺患者が減少している点などにより、完全な整合性を有することは容易ではないという問題点もある。

### B. 方法

#### 1) デジタル版作成の意義についての再検証

デジタル版が作成される過程で確認された基本的合意事項・課題を、議事録を再度検証することにより検証した。議事録は厚生労働省がホームページ上で公開しているものを閲

覧した。

#### 2) デジタル版とアナログ版の整合性の検討

2名の胸部放射線科医が、consensus readingにより同じカテゴリーのアナログフィルムとデジタル画像を1対1で比較し、以下の評価を個々の病型毎に行った。

・ Profusionの多寡の視覚的評価

アナログ≒デジタル

アナログ>デジタル

アナログ<デジタル

#### 3) 地方じん肺診査医へのデジタル版に関するアンケート

デジタル版の課題を実際の使用である地方じん肺診査医にアンケートを行うことで明らかにすることにした。併せて、地方局における診査のデジタル化（モニター化）の進捗状況についても質問項目に盛り込むこととした。

### C. 結果

1) デジタル版作成の意義についての再検証  
議事録を通して以下の合意事項や課題が明



らかとなった。

・デジタル版の必要要件

(1) じん肺として典型的な所見を示し、読影に影響を来す他の所見の混在がないこと。

(2) 同一人における胸部エックス線写真以外の情報(粉じん作業歴、胸部CT写真等)を勘案し、じん肺の程度として妥当と認められること。

(3) 医師間で読影結果のばらつきが小さいこと。

(4) 現行画像集との整合性が確保できること。

・画像掲載の基本方針

①所見なし(第0型(0/0))については、CRで撮影された画像とDRで撮影された画像の両方を収録する。

②粒状影と不整形陰影については、第1型、第2型及び第3型の典型例に加えて、有所見と判定するか否かの境界となる第0型(0/1)と第1型(1/0)の画像を収録する。

③粒状影と不整形陰影については、現行画像集と同様、第0型、第1型、第2型及び第3型の典型例から組合せ写真を作成し、収録する。

④粒状影については、適切な画像が選定できれば、陰影の大きさが「p」(直径1.5mmまで)の画像だけでなく、「q」(直径1.5~3mm)や「r」(直径3~10mm)の画像も収録する。

⑤大陰影(第4型)については、「A」「B」及び「C」の画像を収録する。

⑥その他の陰影については、第1型と第2型の画像を収録する。また、い草肺、溶接工肺等、多様な粉じん作業歴を持つ画像を収録する。

⑦すべての型について、典型例として適切な画像が複数ある場合は、極力収録する。

⑧症例の少ない型等、胸部エックス線写真のみでは医師間の判断のばらつきが大きくなる

可能性が想定されるものについては、参考として同一患者の胸部CT写真も収録する。

・残された課題

“遊離ケイ酸の少ない「その他」を粒状影の中の範疇に入れるべきか”

なお、「その他」と分類した3例(候補番号26~28)は、粉じん作業歴から、遊離けい酸の少ない粉じんの吸入が想定されたものである。画像所見は粒状影に近いが、「粒状影」として分類したもの(候補番号6~16)と比較して陰影が淡い。遊離けい酸の少ない粉じんは、肺内で沈着しても炎症及び組織の変化を起こしにくいいため、今回は「粒状影」とは別の分類としたが、今後さらなる知見の収集に努め、必要に応じて見直しを行うことが望ましい。

“新たな症例収集の必要性について”

個別検討において、より典型的な画像が得られた場合には追加又は置換を考慮するとした画像の型、また、新画像集の構成に含まれるが、厚生労働科学研究からの候補画像に含まれなかった型については、新たな症例を収集する必要性が高い。具体的には、下記の型が挙げられる。

①大陰影のうち、第4型(A)及び第4型(C)に相当する画像。

②不整形陰影のうち、第0型(0/1)及び第3型に相当する画像。

③その他の陰影のうち、第1型に相当する画像。また、厚生労働科学研究からの候補画像に含まれなかった粉じん作業歴(特にアーク溶接)を持つ画像。

上記①~③以外の型についても、今後の研究等で典型例として適切な画像が収集された場合には、追加又は置換を考慮することが望ましい。

2) アナログ版とデジタル版の整合性の検討

	アナログ版		デジタル版
0/1	②	≒	③
	③	≒	③
1/0	④	<	④
	④	<	⑤
1/1	⑤	<	⑥
	⑥	>	⑥
	⑤	<	⑦
	⑥	≒	⑦
2/2	⑦	≒	⑧
	⑦	≒	⑨
3/3	⑧	≒	⑩
	⑧	≒	⑪
4A	⑨	≒	⑫
	⑫	≒	⑭

(丸番号は個々の画像集の症例番号)

0型、2型、3型では視覚的にほぼ整合性が保たれているが、1型ではやや整合性に乱れがあった。ただし、アナログ症例の中にも同じ1/1で差があり、整合性の評価は単純ではなかった。

1/1については、アナログとデジタルの各種症例のprofusionの関係は下記の関係が確認された。このうち組み写真で使用している1型は比較的profusionの高い症例⑦を使用していることが確認できた。



3) 地方じん肺診査医へのデジタル版に関する送付したアンケートを資料1として添付する。

#### D. 考察

じん肺標準エックス線フィルムは昭和53年に出版され、長らくじん肺診査の現場で使用されてきたが、近年、エックス線画像はデジタル化され、CR, DRが主体となっている。このために、厚生労働科研村田班では、デジタル標準写真集を作成し、平成23年に出版され、今日に至っている。このデジタル版の作成にあたっては、アナログ版との整合性の担保が重要視されたが、これら二者は使用している症例も異なり、必ずしもその目的が達成されているとはいえない。今回、アナログ版とデジタル版をside by sideで比較したが、0型から3型の病変密度の段階的変化が必ずしもアナログ版と同様でないことが判明した。これは、このデジタル版を使用しているじん肺診査医から少なからず見聞している意見に一致している。また、デジタル版の作成にあたっては、これを最終版とはせず、不足とされる病型については今後適宜追加することとされている。とくに、溶接工肺などの線維化の少ないじん肺や不整形陰影については、このデジタル版においては、不十分の感を否めず今後の大きな課題と考えられる。今後は、アナログ版との整合性、不足している病型の補填などを考慮し、デジタル版の改訂を行っていく必要がある。

また、これらをより客観的に評価するために、全国の地方じん肺診査医にアンケートを作成し、今後のデジタル版の改訂のための参考資料となるようにした。また、今後の労働局におけるじん肺診査のモニター化を念頭に、地方労働局のデジタル化の現状についても同時に情報を集めることとした。これらの

結果については、次回の報告書で記載をしたい。

#### E. 参考文献

1. じん肺健康診断におけるエックス線デジタル撮影画像の活用に関する研究：平成19～21年度総合研究報告書：厚生労働科学研究費補助金労働安全衛生総合研究事業
2. じん肺健康診断等におけるデジタル画像の標準化ならびにモニター診断および比較読影方法の確立に関する研究：平成22年度総括研究報告書：厚生労働科学研究費補助金労働安全衛生総合研究事業

2018 年 1 月吉日

〇〇労働局  
地方じん肺診査医各位

厚生労働省科学研究  
労働安全衛生総合研究事業班会議  
研究代表者 芦澤 和人  
研究分担者 高橋 雅士

## デジタル版じん肺画像とモニター導入に関するアンケートについて

謹啓

平素はじん肺行政にご協力を賜り誠にありがとうございます。

さて、じん肺診査に関しては、平成 23 年 1 月 21 日付けの「デジタル撮影によるじん肺標準エックス線画像に関する検討会の報告書」に基づき、同年 3 月に厚生労働省よりじん肺標準エックス線写真集電子媒体版が出版され、じん肺診査にご使用頂いているところです。

この作成に当たっては、アナログ画像集との整合性が確保できていることが必要条件とされ、また、発行後の課題として、症例において不足している病型や分類の画像については適宜追加又は置換を考慮するとされています。

厚生労働省科学研究労働安全衛生総合研究事業班会議（芦澤班）では、デジタル版発行後 7 年を経過した現在、上記の課題、問題点を精査し、より精度の高い写真集を作成すべく検討を重ねているところです。

地方じん肺診査医の先生方におかれましては、どうかこれらの趣旨をご理解いただき、現行のデジタル版写真集について忌憚のないご意見を頂戴いたしたくアンケートへのご協力をお願いする次第です。

また、今後のモニター読影の環境整備の参考のために、貴労働局におけるモニターの導入状況あるいは今後の予定についても併せて状況をお聞かせいただきたくお願いする次第です。ご多忙中、申し訳ございませんがご協力の程、お願い申し上げます。

謹白

**【アンケート回答期間】 2018 年 1 月～2 月に開催のじん肺診査医会**



### （3）モニター診断の最適化

研究分担者 野間 恵之<sup>1</sup>、西本 優子<sup>2</sup>、加藤 勝也<sup>3</sup>、高橋 雅士<sup>4</sup>、本田 純久<sup>5</sup>、芦澤 和人<sup>6</sup>

所属 1 天理よろづ相談所病院 放射線部診断部門 部長

所属 2 天理よろづ相談所病院 放射線部診断部門 医員

所属 3 川崎医科大学 放射線医学（画像診断2） 教授

所属 4 医療法人友仁会 友仁山崎病院 院長

所属 5 長崎大学大学院 医歯薬総合研究科 地域リハビリテーション学 教授

所属 6 長崎大学大学院 医歯薬総合研究科 臨床腫瘍学 教授（研究代表者）

**研究要旨** 従来から、じん肺健康診断には胸部直接X線撮影（XP）と「じん肺標準X線フィルム」の比較による診査が行われていたが、平成19～21年度および平成22年度の厚生労働科学研究「じん肺健康診断におけるエックス線デジタル撮影画像の活用に関する研究」、ならびに「じん肺健康診断等におけるデジタル画像の標準化ならびにモニター診断および比較読影方法の確立に関する研究」において、適切な撮影条件や標準化装置を用いることでじん肺健康診断をデジタル画像システムで行うことが可能であることが示されている。本研究では、じん肺健康診断に導入するモニターの至適条件（モニターマトリックス、カラー/モノクロ）について検討を行う。

#### A. 背景

じん肺管理区分の判定は、申請者から提出された胸部X線写真を「じん肺標準X線フィルム」（昭和53年）（以下「標準フィルム」）と比較して行われていた。しかし、標準フィルムはアナログ写真であるため、経年劣化と複製による画質低下が問題であった。一方、近年の画像診断機器の発達により、CR（Computed radiography）やDR（Digital radiography）といったデジタル撮影装置、および画像診断用モニタが広く普及しており、実臨床においてはフィルムレスが一般的となっている。このような状況を鑑みて、平成19～21年度の厚生労働科学研究「じん肺健康診断におけるエックス線デジタル撮影画像の活用に関する研究」、ならびに平成22年度

厚生労働科学研究「じん肺健康診断等におけるデジタル画像の標準化ならびにモニター診断および比較読影方法の確立に関する研究」（いずれも主任研究者 村田喜代史）が行われた。これらの研究により①ダイナミックレンジ圧縮処理をじん肺表示条件に加える妥当性、②じん肺診断に適切なモニタサイズは3M以上、③カラーモニターは白黒モニターと同等であることが示され、適切な撮影条件や標準化装置を用いることで、じん肺健康診断をデジタル画像システムで行うことが可能であることが示されている。

また、日本医学放射線学会電子情報委員会のデジタル画像の取り扱いに関するガイドライン3.0版では、胸部X線画像診断用モニタについて、1M以上のモニタであればフィルム

に代替して使用することができると明記している。

デジタル画像撮影装置の急速な導入と普及により、臨床の現場ではじん肺患者の診療にモニター診断が広く使用されている現状を考慮して、じん肺健康診断にもモニター診断を導入する時期が来ていると考えられる。本研究では、村田班における検討結果や日本医学放射線学会のガイドラインを踏まえて、じん肺診査に最適なモニター条件を明らかとすることを目的とする。

## B. 目的

じん肺診査に最適なモニターの条件を明らかにする。

## C. 検討方法

2社×2種のモニターを使用して、4名の読影者（AK、KK、TM、NS）がじん肺症例の型分類を行い、読影者内一致、読影者間一致について検討した。

### ① モニターの種類

2社（EIZO、JVC）の、2種類のマトリクスサイズ（1M、3M）のモニターを検討対象とした。1Mモニターはどちらもモノクロモニターであるが、3MモニターはEIZOはカラーモニター、JVCはモノクロモニターである。

### ② 対象症例

平成26～28年度の芦澤班で使用した症例（岡山労災病院の前向き研究症例）から45例を抽出した。症例の内訳を表1に示す。

型分類は、平成26～28年度の芦澤班におい

表1 検討症例45例の型分類うちわけ

型分類	0/1	1/0	1/1	2	3	4
症例数	7	6	6	8	4	14

て合議で決定されたもので、これをゴールドスタンダードとした。

### ③ 読影方法と検討項目

読影の順番は、EIZO1M → EIZO3M → JVC1M → JVC3Mとした。

読影は各モニターとも1回で、4名で同時に読影し、独立して型分類を行った。ゴールドスタンダードを正解として、読影者内および読影者間の一致率、各読影者の正診率を求めた。

また、メーカー間（EIZO-JVC）、モニターサイズ間（1M-3M）において、カッパ係数を計算し、McNemar検定で有意差検定を行った。

## D. 結果

### ① 読影者内一致

結果を表2に示す。各読影者とも1Mと3Mモニターの比較で、中等度の一致を示すものが多かった。EIZO3M（カラーモニター）とJVC3M（モノクロモニター）においても、大

表2 読影者内一致

読影者	E1-E3	J1-J3	E1-J3	E3-J1	E1-E3	J1-J3
1	.670	.679	.389	.245	.431	.477
2	.313	.446	.295	.477	.385	.206
3	.496	.549	.321	.364	.479	.437
4	.435	.716	.356	.580	.650	.673

表3 各モニターにおける正診率

読影者	E1	J1	E3	J3	平均
1	82.2	77.8	71.1	71.1	75.5
2	68.9	70.0	80.0	82.2	75.3
3	80.0	68.9	62.2	73.3	71.1
4	44.4	60.0	62.2	62.2	57.2

きな差はみられなかった。各モニターに於ける正診率にも大きな差はなかった（表3）。

表4 各モニターにおける読影者間一致

	E1	J1	E3	J3	E1+J1	E3+J3
1月2日	0.06	0.245	0.361	0.206	0.148	0.279
2月3日	0.09	0.024	0.207	0.173	0.108	0.24
3月4日	0.008	0.257	0.274	0.348	0.177	0.321
1月4日	0.212	0.039	0.035	0.015	0.055	0.097
1月3日	0.087	0.08	0.012	0.047	0.053	0.097
2月4日	0.019	0.024	0.272	0.166	0.176	0.18

### ③ 読影者間一致

結果を表4に示す。読影者間一致は1Mモニター、3Mモニターのともに中等度以上の一致を示すものはなかった。

表5 正解・不正解の一致の程度

	EIZO3M	JVC3M	EIZO1M	JVC1M
不正解	55例 30.6%	50例 27.8%	56例 31.1%	56例 31.7%
正解	125例 69.4%	130例 72.2%	124例 68.9%	123例 68.3%

### ④ メーカー間（EIZO-JVC）とモニターサイズ間（1M-3M）の比較

メーカー間とモニターサイズ間の比較では、4名の読影結果を合わせて検討を行った。

各モニターの正解・不正解の一致の程度には、大きな差は認められなかった（表5）。

メーカー間の比較（表6）では、3MモニターではMcNemar検定の正確有意確率（両側）0.522、カッパ係数0.476、1Mモニターでは正確有意確率（両側）1.000、カッパ係数0.316であった。モニターサイズの比較（表7）では、EIZOでは正確有意確率（両側）1.000、カッ

表6 メーカー間の比較

	McNemar検定 正確有意確立（両側）	カッパ値
EIZO3-JVC3	0.522	.476
EIZO1-JVC1	1.000	.316

表7 モニターサイズの比較

	McNemar検定 正確有意確立（両側）	カッパ値
EIZO1-EIZO3	1.000	.414
JVC1-JVC3	0.296	.562

パ係数0.414、JVCで正確有意確率（両側）0.296、カッパ係数0.562であった。

以上より、メーカー間およびモニターサイズの比較において、両者の読影結果に有意差は認められず、統計的に有意な中程度の一致が認められた。

## E. 考察

メーカー間（EIZO-JVC）とモニターサイズ間（1M-3M）の比較において、両者に統計的に有意な中程度の一致が確認できた。

読影者内一致の検討でも1Mモニターと3Mモニター間には中等度の一致が認められていることから、メーカーおよびモニターサイズが異なっても、じん肺の型分類の正解率に有意差は認められないと考えられる。また、3MモニターはEIZO（カラー）、JVC（モノクロ）であるが、モニターの種類（カラー/モノクロ）は読影結果には影響しないと考えられる。

村田班ではじん肺診断に適切なモニタサイズは3M以上の検討結果であったが、今回の読影実験結果から、日本医学放射線学会電子情報委員会のデジタル画像の取り扱いに関する



るガイドラインと同様に、1Mモニターもフィルムの代替えとして使用できると考えられる。

なお、今回の検討で読影者間一致が低い結果となった。これについては、対象症例に含まれる0/1、1/0、1/1が合計19例（42%）と約半数を占めており、じん肺の型分類の難しさを反映した可能性がある。また、1台のモニターを4名で観察する状況であったため、読影者とモニターの位置関係や距離が影響した可能性がある。

## F. 結語

じん肺症例のモニター診断において、1Mモニターの診断能は、3Mモニターとほぼ同等であると考えられる。

## G. 参考文献

1. 村田喜代史 じん肺健康診断におけるエックス線デジタル撮影画像の活用に関する研究：平成19～21年度総合研究報告書：厚生労働科学研究費補助金労働安全衛生総合研究事業、2010.
2. 村田喜代史 じん肺健康診断等におけるデジタル画像の標準化ならびにモニター診断および比較読影方法の確立に関する研究  
URL： [http://www.mhlw.go.jp/seisakunitsuite/bunya/hokabunya/kenkyujigyou/kenkyuuhiseika/dl/seika\\_43.pdf](http://www.mhlw.go.jp/seisakunitsuite/bunya/hokabunya/kenkyujigyou/kenkyuuhiseika/dl/seika_43.pdf)
3. 日本医学放射線学会電磁情報委員会 デジタル画像の取り扱いに関するガイドライン3.0  
URL： [www.radiology.jp/member\\_info/guideline/20150417.html](http://www.radiology.jp/member_info/guideline/20150417.html)

## （４）欧米先進国のじん肺スクリーニング調査

研究分担者 荒川 浩明

所属 獨協医科大学 放射線医学講座 講師

**研究要旨** 欧米先進国6カ国を対象に、粉じん職場におけるスクリーニングのガイドラインを比較検討した。すべての国で、胸部単純写真が使用されているが、CTを用いている国はなかった。また、健診の間隔は指定がない国も見られた。健常者を対象とするガイドラインであり、じん肺有所見者の健診とは異なることに注意が必要である。

### A. 背景

胸部単純写真によるじん肺の診断ではじん肺の重症度や存在について、軽症例ほどCTと齟齬を生じることが知られている<sup>1-4</sup>。2014-16年の労働安全衛生総合研究事業・芦澤研究班では、地方じん肺診査会において、じん肺の重症度0/1, 1/0の境界例などを中心に、胸部単純写真に加えて胸部CTの必要性があることを報告した。

また、じん肺症例では、肺癌の合併が有意に高いことが知られている<sup>5-7</sup>。特に、じん肺に合併する慢性間質性肺炎症例では、その頻度が極端に高くなる。そのような症例においては、もともとあるじん肺陰影のために肺癌の検出が難しい<sup>6</sup>。CTをスクリーニングに導入することにより、患者の不利益を少しでも減らすことが可能となるかも知れない。

粉じん職場における労働者に対するスクリーニングに胸部CTを導入することの是非については、議論が必要である。諸外国の状況はどの様になっているかも、考慮する必要がある。今回の研究では、粉じん職場でのスクリーニングがどの様に行われているか、

諸外国のガイドラインを検討してみた。

### B. 目的

欧米の諸外国において、粉じん職場でのじん肺の検診がどの様に行われているか、その内容と頻度などについて、調査する。

### C. 対象と方法

イギリス、フランス、米国、カナダ、オーストラリア、ドイツなどを対象に、各国政府またはその管轄下にある労働安全の団体が公表しているガイドラインを調査した。調査はインターネットを検索した。ドイツについては、当該機関が発刊している書籍のコピーを当たった。

### D. 結果

フランス<sup>8</sup>

フランスでは、INRS (Institut national de recherche et de sécurité) が、職業病防止、労働災害の研究、それらの具体的な推進をする機関である。

Tableau no. 25 du regime generalにある

Elements de prevention medical (2014年7月)は、結晶性珪酸によるじん肺のための予防策が提言されている。

それによれば、入職時健診として、胸部単純写真と肺機能を施行することが推奨されている。

定期健診は胸部単純写真と肺機能またはいずれかを定期的に行うこととされているが、その周期は決められていない。

離職後健診についても記述があり、基本的に5年ごとに行われるべきだが、医師の裁量により短縮が可能であり、検査方法も医師の裁量に委ねられている特徴がある。

CTについては、定期健診での使用の言及はないが、陰影が軽微で疑わしい症例や、画像と肺機能の乖離が大きい場合など、珪肺の正しい診断に有用であるとの記載がある。

#### イギリス<sup>9)</sup>

イギリスの労働衛生はHealth and Safty Executive (HSE) が政府の監督省庁であり、Health surveillance for those exposed to respirable crystalline silica (RCS)

(January 2016改訂)により、珪肺に対する予防策が提唱されている。それによれば、

- ・呼吸器問診と肺機能検査は入職時から毎年行う
- ・胸部単純写真は入職時、15年目、その後3年ごとに行う
- ・CTは胸部単純写真が異常な場合に行う

などとされている。胸部単純写真は40年間保管することを提唱している。

CTについては、将来的に放射線被曝が低減されればスクリーニングに取り入れられ頻度も高まると記載されている。

#### 米国<sup>10)</sup>

Department of Health and Human

Services管轄下のCenters for Disease Control and Preventionの一つであるNational Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH) がガイドライン (Coal workers' health surveillance program) を提唱している。

それによれば、胸部単純写真、肺機能 (スパイロメトリー)、問診などを入職時および5年ごとに行うことが勧告されている。ただし、入職後初回は3年目に行うこととされている。CTについての記載は無い。

#### カナダ<sup>11)</sup>

Canadian Centre for Occupational Health and Saftyによれば、入職時および定期健診として、胸部単純写真、肺機能検査とともに、労働者に対し教育を行うことが勧告されているが、その周期は記載されていない。CTについての記載は無い。

#### オーストラリア<sup>12)</sup>

オーストラリアの労働衛生の監督はSafe Work Australiaが行っている。結晶性珪酸にばく露する職場での健康モニターリングとして、入職時に、職歴の聴取、呼吸器問診、理学所見 (特に呼吸器)、肺機能検査、胸部単純写真 (ILOの様式で読影) など行う。

また、定期検診としては、胸部単純写真以外は毎年行うが、胸部単純写真は必要に応じて施行する事としている。CTについての記載は無い。

#### ドイツ<sup>13)</sup>

ドイツではドイツ法定災害保険 (Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung) がガイドラインの出版をしている。ガイドラインはインターネットでは閲覧できないため、本の該当部のコピーを参照した。そのガイドライン

によれば、職業歴の聴取、理学所見、胸部単純写真（ILOに則って読影）、スパイロメトリーを行うこととし、期間は3年ごとと定められている。本人の申し出がある場合や、重篤な病気に罹患した場合、あるいは主治医が必要とみなした場合は3年以内でも検査を行うことができる。

#### E. 考察

各国政府またはその管轄下にある労働災害を担当する団体のホームページを検索し、珪酸や石炭などの粉じん曝露職場における労働者の健康スクリーニングのガイドラインを検索した。欧米諸国では、CTをスクリーニングに使用している国はないものの、胸部単純写真が殆どの国で使用が推奨されていた。CTの使用についてはイギリスで被爆の観点からの懸念を示しており、将来の低被爆のCTに期待する記載があった。フランスでは、じん肺診断におけるCTの有用性に言及しており、必要に応じてCTが使用されうるものと考えられる。

定期健診の間隔については、オーストラリアで毎年行うとされているが、その他の国では数年間隔である。ドイツは3年ごと、米国では5年ごと、イギリスでは入職後15年後、以後3年ごとである。フランス、カナダは何時行うべきかについての記載がなかった。

このように、欧米先進国での粉じん職場でのスクリーニングに対する法的な縛り、あるいはガイドラインは我が国と比べ緩やかで、患者本人や主治医判断に頼る傾向が見られる。イギリス、フランスなどのように、疑わしい症例ではCTの使用に言及しており、主治医の判断で症例ごとに対応していると考えられる。

今回の検索では粉じん職場での健康維持のためのガイドラインであり、じん肺がない労働者を対象としている点に注意が必要である。

じん肺有所見者はこれらのスクリーニングのプログラムから外れるものと考えられる。また、じん肺の補償に関する検査は別途行われるものであり、じん肺診査を対象としたものではないことにも注意すべきである。

#### F. 参考文献

1. Gevenois, P.A., et al., Low grade coal worker's pneumoconiosis. Comparison of CT and chest radiography. *Acta Radiol*, 1994. 35(4): p. 351-6.
2. Remy-Jardin, M., et al., Coal worker's pneumoconiosis: CT assessment in exposed workers and correlation with radiographic findings. *Radiology*, 1990. 177(2): p. 363-71.
3. Begin, R., et al., Computed tomography scan in the early detection of silicosis. *Am Rev Respir Dis*, 1991. 144 (3 Pt 1): p. 697-705.
4. Savranlar, A., et al., Comparison of chest radiography and high-resolution computed tomography findings in early and low-grade coal worker's pneumoconiosis. *European Journal of Radiology*, 2004. 51(2): p. 175-180.
5. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, in Silica, some silicates, coal dust and para-aramid fibrils. 1997, IARC: Lyon. p. 41-242.
6. Arakawa, H., et al., Pulmonary malignancy in silicosis: Factors associated with radiographic detection. *Eur J Radiol*, 2009. 69(1): p. 80-6.
7. Katabami, M., et al., Pneumoconiosis-

- related lung cancers : preferential occurrence from diffuse interstitial fibrosis-type pneumoconiosis. *Am J Respir Crit Care Med*, 2000. 162(1) : p. 295-300.
8. Institut National de Recherche et de Sécurité. Affections dues à la silice cristalline, aux silicates cristallins, au graphite ou à la houille. Tableaux des maladies professionnelles 2014 ; Available from : <http://www.inrs.fr/publications/bdd/mp/tableau.html?refINRS=RG%2025&section=prevention-medicale>.
  9. Health and Safety Executive. Health surveillance for those exposed to respirable crystalline silica (RCS). 2016 ; Available from : <http://www.hse.gov.uk/pubns/books/healthsurveillance.htm>.
  10. The National Institute for Occupational Safety and Health. COAL WORKERS' HEALTH SURVEILLANCE PROGRAM. 2017 ; Available from : <https://www.cdc.gov/niosh/topics/cwhsp/ecwhsp.html>.
  11. Canadian Centre for Occupational Health and Safety. Answers Fact Sheets. 2017; Available from : <http://www.ccohs.ca/oshanswers/diseases/silicosis.html>.
  12. Safe Work Australia. Crystalline silica health monitoring. 2013 ; Available from: <https://www.safeworkaustralia.gov.au/doc/crystalline-silica-health-monitoring>.
  13. Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung. Mineral Dust, Part1 : Respirable crystalline silica dust. In *Guidelines for Occupational Medical Examinations-Prophylaxis in Occupational Medicine*. 27-35 : 2007. Gentner Verlag.

## （５）じん肺のコンピュータ診断支援システムの開発

研究分担者 仁木 登

所属 徳島大学大学院 社会産業理工学研究部 特命教授

**研究要旨** 我国において毎年24万人前後の粉じん労働者がじん肺健康診断を受診している。CT画像は胸部単純X線撮影に比べて第0型0/1、第1型1/0の微小（2-3 mm）な粒状影を検出することができるため、労災認定条件の鑑別に有用である。本研究は多様なCT画像から珪肺・石綿肺・溶接工肺の粒状影・不整形陰影を高精度に検出し、じん肺の診断を支援するシステムを開発する。

### A. 背景

じん肺は、粉じんを肺に吸入することによって生じる職業性呼吸器疾患である。近年、歯科技工じん肺や超硬合金じん肺などの新たな粉じん作業従事労働者数が増加している。じん肺健康診断として胸部単純X線や肺機能検査が実施されている。胸部単純X線によって第0型、第1型、第2型、第3型、第4型に分類され、第1型以上の患者は労災認定となる。CT画像は胸部単純X線に比べて第0型0/1、第1型1/0の微小（2-3 mm）な粒状影を検出することができるため、CT検査による診断法が検討されている。我々はじん肺CT検診のコンピュータ診断支援システム（CAD: Computer aided detection/ diagnosis）を研究開発する。既存の肺結節の検出法を改良して珪肺・石綿肺・溶接工肺の微小な粒状影・不整形陰影を高精度に検出し、じん肺CT画像診断するシステムに拡張する。

### B. 目的

本研究は（１）多様な撮影装置・撮影条件のCT画像から珪肺・石綿肺・溶接工肺の粒状

影・不整形陰影の高精度な検出法の開発、（２）珪肺・石綿肺・溶接工肺の質的診断のための定量化法の開発、（３）（１）と（２）の機能を有するじん肺のコンピュータ診断支援システムを開発する。

### C. 対象と方法

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例を用いた。撮影条件を表1に示し、病型区分別の職業歴を表2に示す。これらのCT画像に（１）じん肺CT画像データベースの作成、（２）粒状影の定量的評価を適用した。

表1 CT画像の撮影条件

装置	Aquilion PRIME
管電圧[kV]	120
管電流[mA]	240
スライス厚[mm]	1.0
画素間隔[mm]	0.625, 0.781
再構成間隔[mm]	1.0
再構成関数	FC13-H, FC52

表2 X線写真の病型区分と職業歴

病型区分	職業歴	
第0型 0/1	窯業	3症例
	船舶製造業	1症例
	随道掘削	1症例
第1型 1/0	窯業	5症例
	建設業	2症例
第1型 1/1	採石業	2症例
	船舶製造業	1症例
	窯業	3症例
第1型 1/2	セメント製造業	1症例
	採石業	1症例
	採石業	4症例
第2型 2/2	採鉱業	1症例

(1) じん肺CT画像データベースの作成

(1) - (a) 粒状影のマニュアル抽出

ウィンドウ条件は肺野条件に設定し、Axial面を用いて右肺尖部、右肺底部、左肺尖部、左肺底部の順番で抽出した。読影者は1人で、抽出は2回行い、1回目と2回目の読影間隔は半年以上と1週間である。

(1) - (b) 粒状影の自動検出

肺がんCT検診のCADを改良し、微小結節(直径1.5mmから3.0mm)の検出を可能にした。1回目と2回目の論理和に自動検出結果を重ね合わせ粒状影を新たに見直し粒状影があればデータベースに追加した。

(2) 粒状影の定量的評価

粒状影が球であると仮定して、粒状影の大きさは、体積、または体積から求められる直径で定義した。じん肺の重症度を、粒状影の個数、直径、体積によって評価した。

D. 結果

粒状影の抽出結果を図1に示す。X線写真の診断結果と一致しない症例が合計17症例あった。粒状影の直径と累積頻度の関係を図2に示す。頻度とグラフの傾きから重症度を評価できる可能性を示した。

X線写真の診断結果とCT画像の定量評価により分類した結果における粒状影の平均個数と標準偏差を求めた結果を図3に示す。CT画像の分類では、粒状影の個数を用いた。また、Mann-Whitney U検定を行うとX線写真の診断結果では有意差はなかったが、CT画像の定量評価による分類結果では有意差があった。

CT画像を用いた定量評価に基づく病型区分と第1、3回小班会議の比較分類結果を表3に示す。粒状影の個数と第3回小班会議の診断結果が一致した。

E. 考察

珪肺・石綿肺・溶接工肺の微小な粒状影・不整形陰影を高精度に検出し、じん肺の診断を支援するシステムを開発している。CT画像による粒状影の個数・直径・体積からじん肺の重症度を定量評価し、X線写真の診断結果と比較・評価した。多症例の粒状影を統計解析し、高度じん肺診断に有用であることを示した。

F. 文献

1. K.Hino, M.Matsuhira, H.Suzuki, Y.Kawata, N.Niki, K.Kato, T.Kishimoto, K.Ashizawa : Quantitative assessment for pneumoconiosis severity diagnosis using 3D CT images, Proc. SPIE Medical Imaging, 2018.



図1 粒状影の抽出結果 (病型区分および粒状影个数)

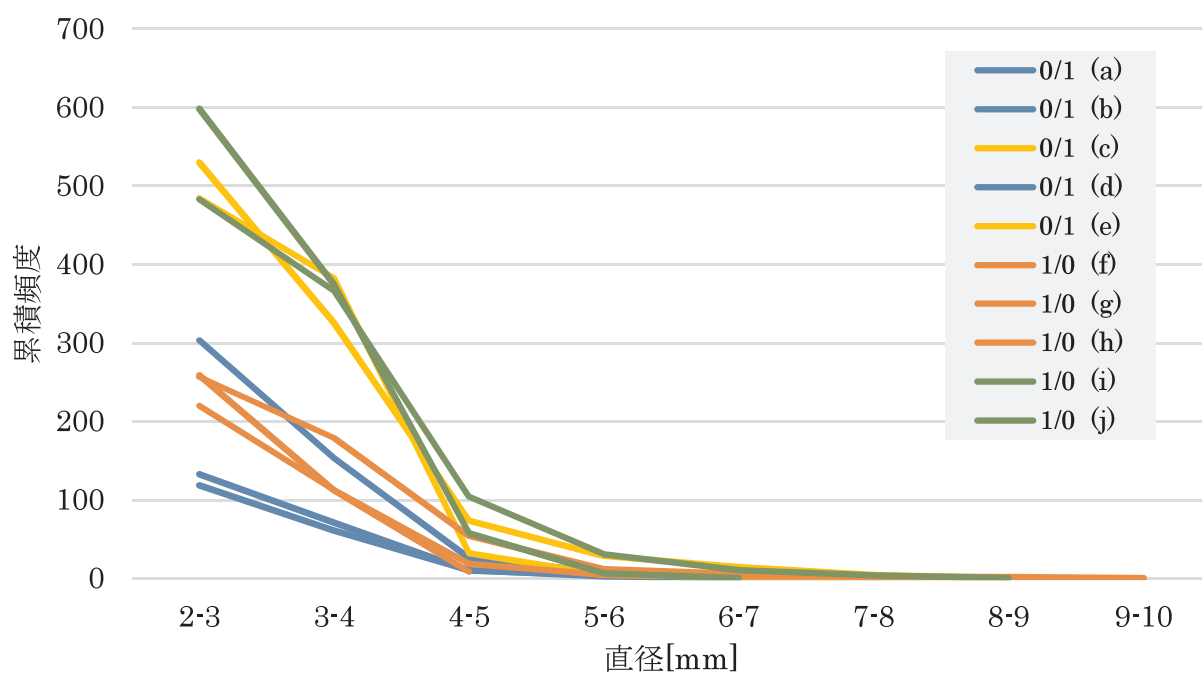


図2 粒状影の直径と累積頻度  
(第1回小班会議におけるXP合議スコア：第0型 0/1・第1型 1/0)



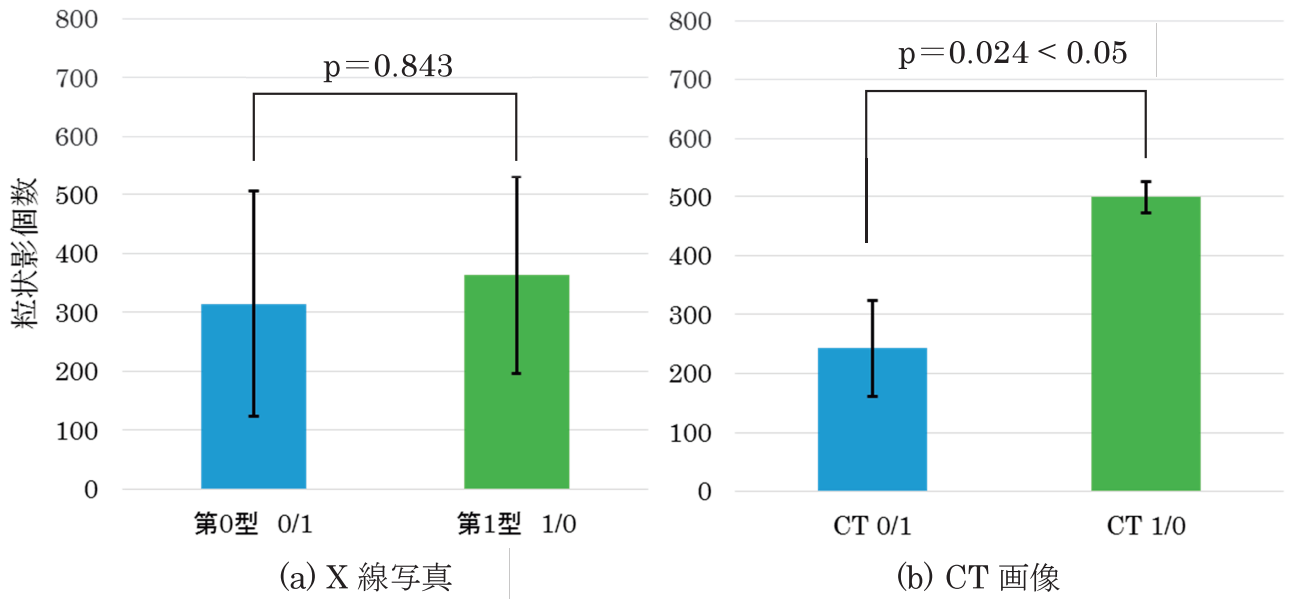


図3 粒状影の平均個数と標準偏差

表3 CT画像を用いた定量評価に基づく病型区分と小会議の合議スコアの比較評価

症例番号	粒状影個数	第1回小班会議		第3回小班会議	
		XP合議スコア	XP合議スコア	CT合議スコア	CT合議スコア
(a)	119	0/1	0/1	0/1	0/1
(b)	133	0/1	0/1	0/1	0/1
(c)	530	0/1	0/1	1/0	1/0
(d)	306	0/1	0/1	0/1	0/1
(e)	484	0/1	0/1	1/0	1/0
(f)	222	1/0	0/1	0/1	0/1
(g)	258	1/0	0/1	0/1	0/1
(h)	259	1/0	0/1	0/1	0/1
(i)	483	1/0	1/0	1/0	1/0
(j)	598	1/0	4A	4A	4A

## （6）電動ファン付き防じんマスクの通常防じんマスクを比較対照とした コストベネフィット評価のプロトコール開発に関する研究

研究分担者 五十嵐 中

所属 東京大学大学院 薬学系研究科 医薬政策学 特任准教授

**研究要旨** 進行中の研究のプロトコールと期待されるアウトカムを元に、電動ファン付き防じんマスク（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を検討した。現在進行中・計画中の研究を参考に、費用対効果評価の採用方法を検討した。主観的評価項目ではやや結果にゆれが見られたが、漏れ率や粉じん吸入量などの客観的評価項目は、PAPRによる大きな改善が示唆された。この数値から推計したじん肺発症の絶対リスク減少と、二つのマスクの費用の差分を用いることで、1症例回避当たりのICERが計算できる。将来的には、じん肺の予後を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。

### A. 目的

これまでの研究では、低線量CTによるじん肺健診の費用対効果に関して、CTの効率性が有所見者割合に大きく依存する（近年では1.0%を下回る）こと、肺がん発見者をアウトカム指標にすると費用対効果が悪くなり、むしろ偽陽性者減少を指標にすべきことを明らかにしてきた。

本年度は、作業現場における防じんマスクに着目し、電動ファン付き防じんマスクと通常の防じんマスクを比較する費用対効果研究のプロトコール作成を計画した。

なお医療経済評価領域における「コスト・ベネフィット」、とくに「ベネフィット（benefit, 便益）」は、本来は健康アウトカムの改善を金銭換算したものをさす。しかし本研究ではアウトカムの金銭換算を行った Cost-benefit analysis（費用便益分析）に特化することは目標としない。健康アウトカム

の金銭換算を行わずにアウトカム1単位改善あたりの費用（増分費用効果比 Incremental Cost-Effectiveness Ratio: ICER）を算出して評価する費用効果分析 Cost-Effectiveness Analysis・費用効用分析 Cost-Utility Analysisも含めて、広い意味での「費用対効果の評価」を取扱うものである。

### B. 対象と方法

粉じん作業に従事する際に着用が推奨される防じんマスクに関しては、通常の防じんマスクでは漏れが発生する確率が高く、漏れがじん肺の発症に繋がるのが指摘されている。電動ファン付きの防じんマスクは、通常マスクに比べて高コストである一方で、装着感の改善を通して、漏れ率減少ひいてはじん肺の発症減少が見込める。この点について研究班内において、実際の作業現場において電動ファン付き防じんマスク（Powered Air

Purifying Respirator, PAPR) と通常の防じんマスクとを比較する調査のプロトコル開発とパイロット調査が進行中である。

これまでに行われたパイロット調査の結果と専門家へのヒアリングを参考に、電動ファン付き防じんマスクの費用対効果を評価する研究のプロトコルを確定する。

### C. 結果

現在、PAPRと通常防じんマスクの比較について、以下の二つの研究が研究班内で進行中である。

1) 常時呼吸用保護具を使用している作業員に対する、PAPRと通常防じんマスクのクロスオーバーによる装着感・精神的ストレスの調査

2) 溶接作業に従事する作業員に対する、PAPRと通常防じんマスクの主観的評価指標(装着感や疲労感)・客観的評価指標(漏れ率ならびに粉じん曝露量)の評価

これに先だって実施された研究では、健常人を被験者としてPAPR・通常防じんマスクそれぞれを装着させ、一定時間装着後の身体機能を比較した。しかし、身体機能に関して二つのマスクで差が見られなかった。

1) の調査のパイロット版(N=9)では、PAPRと通常の防じんマスクとで漏れ率の平均が0.51% vs. 32.86%と、大きな差があった。吸入粉じん量を測定できた3名では、同様にPAPRと通常防じんマスクで大きな差が見られた。

2) の研究では、マスク内の暑さに関してはPAPRが有意に優れていた一方で、精神的ストレス指標に関しては集中力低下・仕事中断・憂うつ感の三項目に関して通常の防じんマスクが良好な値を示した。調査が短期間であったことから、慣れの有無の影響も示唆された。

これらのデータを受けて、費用対効果評価の援用方法を検討した。

主観的な評価指標(装着感や疲労感、作業効率)は、現段階ではマスクへの慣れなどの他の要因の影響も大きく、アウトカム指標として用いるにはやや困難な部分も残されている。

一方で客観的評価指標(粉じん曝露量やマスクの漏れ率)に関しては、少ない被験者数のパイロット研究においてもPAPRと通常防じんマスクで大きな差が観察されている。

そのため、費用対効果評価研究のアウトカムとしては、累積吸入量から推計した超過じん肺罹患数を設定し、じん肺罹患1人減少あたりのICERとして算出することを基本とすべきと推定した。疲労感その他の要素は、慣れその他の要因の影響を最小化しつつ、労働生産性全体への影響を評価する指標(WPAIなど)を別途とすることで、影響の定量化ができると考えた。

### D. 考察

電動ファン付き防じんマスクについて、進行中の研究で得られるデータを活用した分析の方法を検討した。

主観的評価項目ではやや結果に揺れがみられたものの、客観的評価項目の漏れ率ならびに吸入量粉じん量は、PAPRの導入により大きな数値の改善が見られた。測定そのものにやや困難な部分があるが、一定の被験者数を確保した上での調査を今後実施したうえで、その結果を用いたじん肺1例発症回避あたりのICERが算出可能となる。

本来、健診・診断領域の費用対効果は、疾患の罹患者発見増加ではなく疾患の死亡者減少や、生命予後・QALYなどより意義の大きなアウトカム指標で測定すべきものである。「発症回避」をアウトカムにとった場合、発症後に発生する医療費(すなわち、じん肺の治

療コスト)は分析に組み込めなくなる。将来的には、じん肺の予後を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. 文献

なし。



## （7）電動ファン付き防じんマスクと通常防じんマスクの比較に関する研究 －電動ファン付き防じんマスク（PAPR）の主観的並びに客観的な効果の検討－

研究分担者 岸本 卓巳

所属 岡山労災病院 呼吸器内科学 副院長

**研究要旨** 日本におけるじん肺の発生は著しく減少したが、今でもなおゼロとなっていない。その原因の1つとして防じんマスクの適正な着用が行われていないことが想定される。そこで、マスク効率に優れる電動ファン付き防じんマスク（PAPR）の効果と従来型の防じんマスクの比較を行い、作業者の吸入粉じん量を計測する計画を立案した。粉じん作業者の吸入粉じん量が両マスクによりどの程度の差異があるか、PAPRにより新たなじん肺発生がどの程度抑制され得るか検討する。

### A. 背景

粉じん作業においては、労働安全衛生法により粉じんの発散を防止するために局所排気装置等の設置や作業者に対して粉じん吸入を阻止するために防じんマスクの着用が推進されている。しかし、現在でも粉じん吸入によって発生するじん肺の減少が下げ止まっていることも事実である。

我々は平成12年度の岡山産業保健推進センターの調査研究によって、岡山県の粉じん作業者の胸部レントゲンを調査して、1,006例中174例（17.3%）ではじん肺の1型には至らぬが、じん肺所見を認めるPR0/1の所見以上を有し、なおかつ40歳未満の4例ではじん肺1型（PR1/0）であることを報告した<sup>1)</sup>。一方、これら対象者の97%では何らかの防じんマスクの着用があったことから、その原因がマスクの漏れであることが疑われた。

平成15年度の調査研究にて、粉じん作業者の防じんマスクの漏れ率が平均24.3%あったことにより、じん肺有所見の原因の一部には

防じんマスクの漏れがあることを確認した。そこで、マスクの漏れ率の高い作業者に対して、その場でマスクの適切な着用指導を行ったところ、漏れ率が5.8%低下することも確認した。

平成18年度の調査研究<sup>2)</sup>では、この傾向は石綿除去作業者においても同様であることを確認し、同作業には電動ファン付き防じんマスク Powered Air Purifying Respirator（PAPR）の着用が必要であるとする国の方針に大きく貢献した。

平成20年度の調査研究<sup>3)</sup>では、平成15年度のマスクの漏れを調査した事業場に対して、定期的なマスクの適正使用の指導を行ったが、同一事業場の作業者のマスクの漏れ率を計測したところ、7事業場中漏れ率が低下した事業場が2事業場であったのに反して5事業場では増加しており、一時的な教育効果は長期には維持できないことが判明した。そのため、通常の防じんマスクでの防じん効果が一定以上上がらないことから、平成27年度の

調査研究<sup>4)</sup>では、PAPRの生理学的な優位性を確認するため通常の防じんマスクとPAPRの比較試験を行ったが、その効果は作業時の脈拍の増加を抑える程度でPAPRの生理学的効果についてはその優位性を示唆する結果が得られなかった。そこで、今回はPAPRの費用対効果についてその優位性を示すため、作業者に対する主観的な評価とともにマスク効率を加味した粉じん作業個人個人の粉じん吸入量を測定して客観的な評価を行い、その効果についても検討することを目的とした。

PAPRの費用対効果があり、粉じん作業現場で使用された場合には、吸入粉じん量が低下して新たなじん肺患者が減少すれば、粉じん作業者の健康保持のために有用である。その結果、日本における新たなじん肺発生を抑制することができると思われる。

## B. 目的

一般粉じん作業における粉じん吸入防止におけるPAPRの効果の評価を行い、今後の日本におけるじん肺患者発生を減少させることが可能か評価することを目的とする。PAPRの着用により呼吸が楽になり、作業効率が向上する一方マスクの圧着する皮膚の刺激が少ないなどの自覚症状が少なく、作業後の疲労感が少ないなどメリットがある。一方、マスクの漏れ率が少なく、吸入粉じん量が有意に少ないなど新たなじん肺発生回避効果がある。

作業者の曝露濃度と防じんマスクの効率を測定することによって、作業者が1日に曝露される吸入粉じん量を計算でき、その作業者が将来じん肺になる危険性が想定できる。PAPRの使用によりじん肺抑制効果があれば、高価であっても事業主がPAPRを導入する可能性が高くなり、マスクの価格も低下することが予想される。その結果、将来の日本

におけるじん肺患者数の減少につながる。

## C. 対象と方法

平成15年度及び20年度の岡山産業保健推進センターの研究で防じんマスクの効率を測定した4事業場他、我々の研究の趣旨に賛同していただける粉じん作業場で現在粉じん作業を行っている100人を対象とする。

通常防じんマスクとPAPRの比較を主観的あるいは客観的に評価して、PAPRの有用性について評価する。

主観的評価方法としてアンケート調査票(別紙)を2枚用意して回答をお願いする。(通常防じんマスクとPAPRの着用の感触と疲労感の比較)

客観的評価方法として粉じん作業場の個人曝露濃度の測定とマスクの漏れ率の測定(通常防じんマスクとPAPR着用における差を粉じん作業中の8時間で比較する)、曝露サンプラーを装着することにより個人曝露量を測定するとともにマスクの漏れ率とマスク内の陽圧について、専用器械を使用して測定する。

通常防じんマスクとPAPRを8時間着用して、マスクを着用した際の吸入粉じん曝露量を計算して、PAPRの費用対効果を算定する。

## D. 結果

日本におけるじん肺の発生は著しく減少したが、今でもなおゼロとなっていない。その原因の1つとして防じんマスクの適正な着用が行われていないことを我々は報告してきた。そこで、マスク効率に優れるPAPRの効果と従来型の防じんマスクの比較を行う調査研究について企画、立案した。対象事業所との調整を行って、平成30年1月に調査を開始したところであり、その一部をパイロット研究報告として別紙に報告する。来年度にはパイロット研究成果を吟味し、より良い計画を

策定して対象を拡大し研究を継続し、その結果を報告する予定である。

#### E. 文献

1. 平成15年調査研究報告書 粉塵作業場におけるマスク効率と呼吸機能に関する研究 平成16年3月（岡山産業保健推進センター）
2. 平成18年調査研究報告書 石綿飛散が想定される作業現場における石綿作業環境測定とマスク効率に関する調査 平成19年3月（岡山産業保健推進センター）
3. 平成20年調査研究報告書 防じんマスク適正使用の教育指導の効果に関する検討 平成21年3月（岡山産業保健推進センター）
4. 平成27年調査研究報告書 電動ファン付呼吸用保護具着用による負荷の軽減の調査研究 平成28年3月（岡山産業保健総合支援センター）



## 電動ファン付マスクの使用アンケート票

整理番号(            )

① 初めにお聞きします。

1	お名前			
2	年齢は？		歳	
3	性別は？	1. 男	2. 女	
4	粉じん作業の経験は？	年	月	
5	呼吸器疾患はありますか？	1. ない	2. ある	差支えなければ、疾患名をお書きください。
6	タバコは吸いますか？	1. ない	2. ある	(        ) 歳～ (        ) 歳まで 1日に (        ) 本

② 今回のテストで電動ファン付マスクを使用した方にお聞きします。

設	問	回 答 該当するものに○を付けてください。							
1	今までの使用期間は？	1. 1年以上		2. 3か月以上		3. 3か月未満			
2	息苦しさ（息を吸うとき）は感じますか？	1. 全く感じない	2. 少し感じる	従来の防じんマスクと比べて		3. 強く感じる	従来の防じんマスクと比べて		
				① 多い	② 同じぐらい	③ 少ない	① 多い	② 同じぐらい	③ 少ない
3	息苦しさ（息を吐くとき）は感じますか？	1. 全く感じない	2. 少し感じる	従来の防じんマスクと比べて		3. 強く感じる	従来の防じんマスクと比べて		
				① 多い	② 同じぐらい	③ 少ない	① 多い	② 同じぐらい	③ 少ない
4	作業中、息切れをしたことがありますか？	1. 全くない	2. 少しある	従来の防じんマスクと比べて		3. 強く感じる	従来の防じんマスクと比べて		
				① 多い	② 同じぐらい	③ 少ない	① 多い	② 同じぐらい	③ 少ない
5	口で呼吸することはありますか？	1. 全くない	2. 少しある	従来の防じんマスクと比べて		3. 強く感じる	従来の防じんマスクと比べて		
				① 多い	② 同じぐらい	③ 少ない	① 多い	② 同じぐらい	③ 少ない
6	動きにくさを感じますか？	1. 全く感じない	2. 少し感じる	従来の防じんマスクと比べて		3. 強く感じる	従来の防じんマスクと比べて		
				① 多い	② 同じぐらい	③ 少ない	① 多い	② 同じぐらい	③ 少ない
7	作業後の疲労感を感じますか？	1. 全く感じない	2. 少し感じる	従来の防じんマスクと比べて		3. 強く感じる	従来の防じんマスクと比べて		
				① 多い	② 同じぐらい	③ 少ない	① 多い	② 同じぐらい	③ 少ない
8	マスクの漏れは感じますか？	1. 全く感じない	2. 少し感じる	従来の防じんマスクと比べて		3. 強く感じる	従来の防じんマスクと比べて		
				① 多い	② 同じぐらい	③ 少ない	① 多い	② 同じぐらい	③ 少ない
9	粉じんを吸っていると感じることはありますか？	1. 全く感じない	2. 少し感じる	従来の防じんマスクと比べて		3. 強く感じる	従来の防じんマスクと比べて		
				① 多い	② 同じぐらい	③ 少ない	① 多い	② 同じぐらい	③ 少ない
10	顔等に粉じんが付着することはありますか？	1. 全く感じない	2. 少し感じる	従来の防じんマスクと比べて		3. 強く感じる	従来の防じんマスクと比べて		
				① 多い	② 同じぐらい	③ 少ない	① 多い	② 同じぐらい	③ 少ない
11	汗の量は増えていませんか？	1. 全く増えていない	2. 少し増えている	従来の防じんマスクと比べて		3. かなり増えている	従来の防じんマスクと比べて		
				① 多い	② 同じぐらい	③ 少ない	① 多い	② 同じぐらい	③ 少ない
12	メガネが曇りませんか？	1. 全く曇らない	2. 少し曇る	従来の防じんマスクと比べて		3. ひどく曇る	従来の防じんマスクと比べて		
				① 多い	② 同じぐらい	③ 少ない	① 多い	② 同じぐらい	③ 少ない
13	マスク内の湿気を感じますか？	1. 全く感じない	2. 少し感じる	従来の防じんマスクと比べて		3. 強く感じる	従来の防じんマスクと比べて		
				① 多い	② 同じぐらい	③ 少ない	① 多い	② 同じぐらい	③ 少ない
14	マスク内の臭いを感じますか？	1. 全く感じない	2. 少し感じる	従来の防じんマスクと比べて		3. 強く感じる	従来の防じんマスクと比べて		
				① 多い	② 同じぐらい	③ 少ない	① 多い	② 同じぐらい	③ 少ない
15	マスク内の暑さ（寒さ）を感じますか？	1. 全く感じない	2. 少し感じる	従来の防じんマスクと比べて		3. 強く感じる	従来の防じんマスクと比べて		
				① 多い	② 同じぐらい	③ 少ない	① 多い	② 同じぐらい	③ 少ない
16	作業の効率が上がったと感じますか？	1. 全く変わらない	2. 少し上がった	従来の防じんマスクと比べて		3. かなり上がった	従来の防じんマスクと比べて		
				① 多い	② 同じぐらい	③ 少ない	① 多い	② 同じぐらい	③ 少ない
17	ファンの音は気になりますか？	1. 全く気にならない		2. 少し気になる		3. すごく気になる			
18	視界に変化を感じませんか？	1. 全く感じない	2. 少し感じる	従来の防じんマスクと比べて		3. 強く感じる	従来の防じんマスクと比べて		
				① 多い	② 同じぐらい	③ 少ない	① 多い	② 同じぐらい	③ 少ない
19	マスクの大きさは気になりますか？	1. 全く気にならない	2. 少し気になる	従来の防じんマスクと比べて		3. かなり気になる	従来の防じんマスクと比べて		
				① 多い	② 同じぐらい	③ 少ない	① 多い	② 同じぐらい	③ 少ない
20	マスクの重さは感じますか？	1. 全く感じない	2. 少し感じる	従来の防じんマスクと比べて		3. 強く感じる	従来の防じんマスクと比べて		
				① 多い	② 同じぐらい	③ 少ない	① 多い	② 同じぐらい	③ 少ない

③ 今回電動ファン付きマスクを使用した後の自覚症状について、各質問に対し最も当てはまる項目の□に✓を付けてください。

	設問	回答		
1	保護具を付けている間のイライラ感	<input type="checkbox"/> なかった(0)	<input type="checkbox"/> 多少あった(1)	<input type="checkbox"/> 強くあった(6)
2	保護具を付けている間の不安感	<input type="checkbox"/> なかった(0)	<input type="checkbox"/> 多少あった(1)	<input type="checkbox"/> 強くあった(6)
3	保護具を付けている間の落ち着かない感じ	<input type="checkbox"/> なかった(0)	<input type="checkbox"/> 多少あった(1)	<input type="checkbox"/> 強くあった(6)
4	保護具を付けている間のゆううつ感	<input type="checkbox"/> なかった(0)	<input type="checkbox"/> 多少あった(1)	<input type="checkbox"/> 強くあった(6)
5	保護具を付けている間の体調不良	<input type="checkbox"/> なかった(0)	<input type="checkbox"/> 多少あった(1)	<input type="checkbox"/> 強くあった(6)
6	保護具を付けている間の集中力低下	<input type="checkbox"/> なかった(0)	<input type="checkbox"/> 多少あった(1)	<input type="checkbox"/> 強くあった(6)
7	保護具を付けている間の作業ミス	<input type="checkbox"/> なかった(0)	<input type="checkbox"/> 多少あった(1)	<input type="checkbox"/> 強くあった(6)
8	保護具を付けている間の強い眠気	<input type="checkbox"/> なかった(0)	<input type="checkbox"/> 多少あった(1)	<input type="checkbox"/> 強くあった(6)
9	保護具を付けている間のやる気の低下	<input type="checkbox"/> なかった(0)	<input type="checkbox"/> 多少あった(1)	<input type="checkbox"/> 強くあった(6)
10	保護具着用後のぐったりした疲れ	<input type="checkbox"/> なかった(0)	<input type="checkbox"/> 多少あった(1)	<input type="checkbox"/> 強くあった(6)

# 通常防じんマスクと電動ファン付き防じんマスク（PAPR）の 有用性の比較パイロット試験

研究分担者 岸本 卓巳

所属 岡山労災病院 呼吸器内科学 副院長

## 1. 方法

2018年1月31日に炭酸ガスアーク溶接作業場において半自動で溶接を行っている9名の作業員に対して通常の防じんマスク（1001、1005、1015、1111型）着用の際と電動ファン付き防じんマスク（BL-1005、SY28RX2型）を着用した際のマスクの漏れ率を測定し、比較検討した。

マスクの漏れ率の測定は興研株式会社及び株式会社重松製作所の担当者が施行し、両測定機器に差がないことを確認したのち(株)重松製作所の測定機器にて両マスクの漏れ率の測定を行った。また、9名中3名には午前10時30分から80分間、粉塵用個人サンプラーを装着して、粉塵曝露量を測定するとともに、興研のスタッフにより作業時の呼吸量の測定を行った。また、これら9名を含む粉塵作業員16名には電動ファン付き防じんマスク（PAPR）の着用に対する感想を別紙の如き簡易アンケート用紙に記入していただいた。

## 2. 結果

対象者16名はすべて男性であった。マスク効率を測定した9名の粉塵曝露歴は5～10年（平均7.9年）で、通常防じんマスクとPAPRの漏れ率は表1に示す如くである。防じんマスクにメリヤスのカバーを付けていた作業員が3名あり、締め紐が伸びて緩い作業員が4名、排気弁が変形していた作業員が2名あった。そのうち、作業員6、8は上述の2点が認められた。

これら9名の防じんマスクの漏れ率の平均は32.86%であった。メリヤス、締め紐の伸び・緩み、排気弁の変形等、防じんマスクの漏れ率を大きくする要因のなかった2例ではいずれも漏れ率は5.07%、9.14%と良好であったのに対して、マスクの漏れの原因となる前述の3点のいずれかがあった7例の漏れ率の平均は40.22%であり、漏れ率が10%未満であった作業員はいなかった。

一方、PAPRの漏れで、最も漏れ率が大きかった作業員でも1.11%であり、平均は0.51%であった。

粉塵曝露量と呼吸量を測定した3名の結果は表3に示す。1カ月作業を行ったと仮定した際のマスクの漏れ率を考慮した吸入粉じん量は表の右端に示す。通常防じんマスクとPAPRの装着において吸入粉じん量に大きな差異を認める。PAPR使用についての簡易アンケート調査（表2）による感想では、16名中14名（87.5%）が通常防じんマスクに比べて呼吸が楽に感じ、今後PAPRを使用していきたいと答えた。一方、マスクの大きさが少し気になるが10名（62.5%）、重さが気になるが9名（56.3%）、視界の変化がすごく気になるが3名（18.8%）、少し気になるが10例（62.5%）であった。また、動きにくさを少し感じるは4名（25.0%）であった。また、ファンの音が気になるが2例（12.5%）あった。

表1 通常防じんマスクとPAPRの漏れ率

作業者	作業内容	測定器	マスク		漏れ率 (%)	漏れ率平均 (%)	備考
1	炭酸ガスアーク溶接 (半自動)	興研	1015	通常マスク	30.13	20.13	メリヤス有
		重松			10.13		
		興研	BL-1005	PAPR	1.07	1.11	
		重松			1.07		
		重松			SY28RX2		
2	炭酸ガスアーク溶接 (半自動)	興研	1015	通常マスク	30.05	50.03	メリヤス有
		重松			70.00		
		興研	BL-1005	PAPR	0.34	0.66	
		重松			0.78		
		重松			SY28RX2		
3	炭酸ガスアーク溶接 (半自動)	興研	1015	通常マスク	2.63	5.07	
		重松			7.50		
		興研	BL-1005	PAPR	0.00	0.53	
		重松			0.64		
		重松			SY28RX2		
4	炭酸ガスアーク溶接 (半自動)	重松	1111	通常マスク	39.43	—	締め紐伸び
			BL-1005	PAPR	0.43	0.58	
			SY28RX2		0.73		
5	炭酸ガスアーク溶接 (半自動)	重松	1005	通常マスク	81.10	—	排気弁変形
			BL-1005	PAPR	0.26	0.53	
			SY28RX2		0.80		
6	炭酸ガスアーク溶接 (半自動)	重松	1111	通常マスク	34.10	—	締め紐伸び、排気弁不良
			BL-1005	PAPR	0.40	0.40	
			SY28RX2		0.39		
7	炭酸ガスアーク溶接 (半自動)	重松	1001	通常マスク	9.14	—	
			BL-1005	PAPR	0.29	0.34	
			SY28RX2		0.39		
8	炭酸ガスアーク溶接 (半自動)	重松	1001	通常マスク	42.99	—	メリヤスカバー有、締め紐緩い
			BL-1005	PAPR	0.16	0.21	
			SY28RX2		0.25		
9	炭酸ガスアーク溶接 (半自動)	重松	1111	通常マスク	13.78	—	締め紐伸び (緩い)
			BL-1005	PAPR	0.15	0.23	
			SY28RX2		0.30		

表2 簡易アンケート用紙

電動ファン付き呼吸用保護具の調査アンケート票

整理番号( )

氏名		年齢	
----	--	----	--

①初めにお聞きます。

1 性別	1 男	2 女	
2 粉じん作業の経験	年 月		
3 普段使用されているマスクはどんなマスクですか？	マスクの種類やメーカーなど分かる範囲でお書きください		
4 呼吸器疾患はありますか？	1 ない	2 ある	差し支えなければ、疾患名をお書きください

②防じんマスクと比較して電動ファン付き呼吸用保護具におけるアンケートをお願いいたします。

設 問	回 答 該当するものに○を付けてください				
	1 面体形		2 ルーズフィット形		
1 この度装着された電動ファン付き呼吸用保護具を教えてください。	製品名:		製品名:		
2 防じんマスクと比較して電動ファン付きは呼吸が楽に感じましたか？	1 感じた	2 少し感じた	3 変わらない	4 少し苦しい	5 苦しい
3 マスクの大きさは気になりますか？	1 まったく気にならない	2 あまり気にならない	3 変わらない	4 少し気になる	5 気になる
4 視界に変化を感じませんか？	1 全く気にならない		2 少し気になる		3 すごく気になる
5 マスクの重さは感じますか？	1 まったく感じない	2 あまり感じない	3 変わらない	4 少し感じる	5 かなり感じる
6 動きにくさを感じますか？	1 まったく感じない	2 あまり感じない	3 変わらない	4 少し感じる	5 かなり感じる
7 ファンの音は気になりますか？	1 全く気にならない		2 少し気になる		3 すごく気になる
8 今後、電動ファン付き呼吸用保護具を使用していきたいと思いませんか？	1 思う	2 思わない	その理由等があればお答えください		

表3 粉塵曝露量と吸入量

作業者	作業内容	マスク	漏れ率 (%)	個人曝露濃度		呼吸量測定結果		
					(mg/m <sup>3</sup> )	平均呼吸量 (m <sup>3</sup> /分)	吸入粉塵量 (mg/分)	吸入粉塵量 (mg/月)
1	炭酸ガス アーク溶接 (半自動)	通常 マスク	20.13	R	0.04	0.0156	0.00065	1.26
				T	0.10	0.0156	0.0016	3.09
		PAPR	1.11	R	0.04	0.0156	0.00065	0.67
				T	0.10	0.0156	0.0016	0.16
5	炭酸ガス アーク溶接 (半自動)	通常 マスク	39.43	R	1.39	0.0272	0.038	143.84
				T	1.48	0.0272	0.038	151.41
		PAPR	0.43	R	1.39	0.0272	0.038	1.57
				T	1.48	0.0272	0.038	1.65
6	炭酸ガス アーク溶接 (半自動)	通常 マスク	81.10	R	0.05	0.0204	0.001	7.79
				T	0.08	0.0204	0.0017	13.24
		PAPR	0.26	R	0.05	0.0204	0.001	0.02
				T	0.08	0.0204	0.0017	0.04

R = 吸入性粉じん

T = 総粉じん

### 3. 考察

我々は平成12年度の調査で、岡山県において1,006例の粉塵作業者の胸部レントゲン写真を読影し、その17.3%がPRO/1以上のじん肺有所見者であることを報告した。そして、これら粉塵作業にあたっている作業者の97%は何らかの防じんマスクを装着していることを確認したため、これらの有所見の原因として防じんマスクの漏れが大きく関わっていることではないかと考え、防じんマスクの漏れ率について研究をはじめた。

特に粉塵別では溶接におけるヒュームでは総粉塵量の約80%が吸入性粉塵であり、その粒型が細かいためじん肺発生の可能性が高いのではないかと考えた。

平成15年度には柴田理研のマスクフィッティングテスターを用いて粉塵作業者178名のマスクの漏れ率を測定したところ、平均漏れ率は24.3%であった。特に造船溶接作業では平均漏れ率が39.6%と高かった。

今回パイロットテストで行った溶接作業者の防じんマスクの平均漏れ率は32.86%であり、平成15年度の24.3%を超え、造船溶接作業者の39.6%と同等であった。特に漏れの原因としてメリヤスの使用、締め紐の伸び・緩み、排気弁の変形が大きく関わっていた。特にメリヤスの使用や締め紐の伸び・緩みは15年前の調査の時点と同様であった。

一方、PAPRの漏れ率の平均は0.51%と極めて低く、マスク効果には全く問題はなかった。この漏れ率を考慮して実際の吸入粉塵量を計算したところ表3に示すように吸入粉塵量に大きな差が認められた。今回は1カ月あたりとして計算したが、これが1年あるいは5年と経過すると蓄積吸入粉塵量がじん肺を生じるような吸入量となる可能性があることが判った。

通常の防じんマスクのメリヤスの使用や締

め紐の伸び・緩み、フィルター交換等について、平成16年から5年間各粉塵作業場に出向いてマスクの適正使用について指導を行った。その結果、指導直後にはマスクの漏れは大きく改善したものの、長期的な指導効果には問題があることを平成20年度に報告書にまとめた。

このような防じんマスクの漏れは吸入粉塵量の増大をもたらし、新たなじん肺発生の大きな要因になりうる。一方、高価とはいえそのマスク効果の確かなPAPRとの対比実験を行ったところ、メリヤスの使用、締め紐の伸び・緩み、排気弁の変形等、負の要因がたとえ存在しても、PAPRの漏れは極めて小さいことが示唆された。

一方、作業者にPAPRを使用した後の感想では、呼吸が楽で、今後も使用したいという感想をほぼ全員からいただいた。一方、PAPRの大きさ、重さや視界の変化、作業のしにくさについては、今後の問題としてより詳細な意見を聴取する必要があると思われる。

この結果を基に、より多くの粉塵作業者を対象とした調査を行うとともに粉塵作業者のPAPRの着用に対する感想あるいは意見をまとめて作業者の主観的な効果について評価する予定である。

今回のパイロット研究は労働安全衛生コンサルタントの西出忠司氏、横溝浩氏、岡山産業保健総合支援センターの島村明氏、株式会社興研、株式会社重松製作所による協力もとの結果報告であり、報告誌上であるが、改めてこれらの人々の協力と多大な尽力に深謝の意を表す。

# 溶接作業者の呼吸量測定結果報告書

興研株式会社 技術本部  
飯能研究所 湯浅 久史

2018年1月31日の現場調査（パイロット試験）と併せて実施した作業者の呼吸量測定結果につきまして、以下の通りご報告申し上げます。

## 1. 試験方法及び条件

### (1) 呼吸サンプリング装置

呼吸サンプリング装置の外観と構成について図1に示した。

また、装置の仕様を表1に示した。

### (2) 試験方法及び条件

被験者となる作業者にサンプリング装置を装着させ、定性法にて顔面との密着性を確認した。次いで、作業者に日常の作業を実施してもらい、その間の呼吸データ及び作業内容を記録した。計測時間は、作業者の作業工程が1巡以上終了し、呼吸が安定したとみられる時間とした。特に、作業者Bでは、計測開始後720秒までは機械の故障により通常の作業工程を行っていなかったため、故障から復

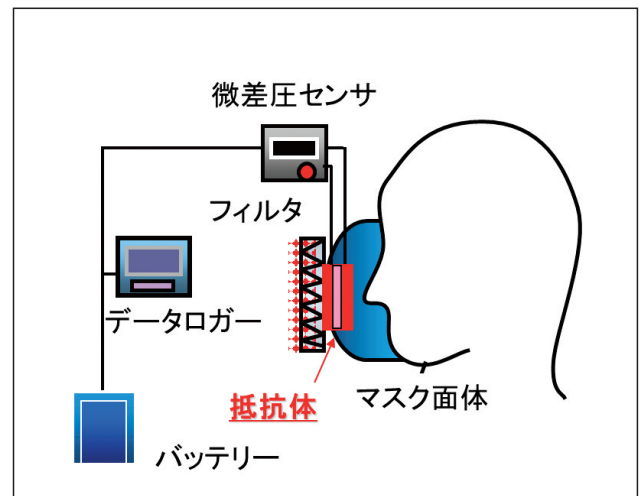


図1 呼吸サンプリング装置の外観（左）と構成（右）

表1 呼吸サンプリング装置の仕様

マスク面体	興研(株)製半面形マスク面体を改造
差圧センサ応答速度	10msec
データ受信間隔	0.1sec
フィルタ捕集効率	防じんマスク用RL2フィルタを使用
マスク吸気抵抗	70Pa at 40L/min
マスク排気抵抗	70Pa at 40L/min

表 2 呼吸量測定の実験条件

作業員	3名 (A, B, Cとする)
測定時間	10分以上20分以下 (作業工程のルーチンが一通り終了し呼吸が安定するまで)
呼吸データ解析時間	計測開始 2分経過後から
解析データ	① 毎分呼吸量, MV (L/min) ② 平均一回換気量, VT (L) ③ 呼吸回数, F (cycle/min) ④ 平均吸気ピーク流量, PF (L/min)

表 3 被験者情報

被験者 ID	年齢 (歳)	身長 (cm)	体重 (kg)	体表面積 BSA (m <sup>2</sup> )	作業工程
A	42	168	57	1.64	サス受け部品のロボット溶接工程
B	28	162	52	1.54	リアトーションのロボット溶接工程
C	20	175	57	1.69	フロントクロス of ロボット溶接工程

帰してからの呼吸データを解析した。呼吸量測定条件及び解析した呼吸データを表 2 に示した。

### (3) 被験者情報及び作業工程

呼吸量測定における被験者情報を表 3 に示した。

体表面積はDu Bois式 (BSA=身長<sup>0.725</sup>×体重<sup>0.425</sup>×0.007184) より算出した。

作業員Aの工程は、車のサスペンションの springs 受け部品のロボット溶接であり、部品はφ100mm×高さ100mm程度の薄板金属部品を扱っていた。部品質量も軽く、工程での移動も多くないことから作業負荷としては低いことが予想された。

作業員Bの工程ではφ100mm×長さ1m程度の金属管 (重量12kg程度) を持ち上げて移動させる工程であり、金属管の持ち運び頻度も4回/分程度と高く移動距離も5m程度あり、作業負荷として高いものと考えられた。なお、呼吸データの測定開始から720秒後までは機械の故障により作業が止まっており、

他の作業員と会話しながら修理を行っていたため解析から除外した。

作業員Cは横500mm×縦300mm、厚み3mm程度の軽量部品を扱う工程であり、移動距離も2m程度と短く作業負荷は大きくないと予想された。ただし、仕掛部品が終了した際には通路を挟んだ逆側まで部品が満載されたカゴを取りに行く必要があるため、その瞬間は力を要するため呼吸量が高くなることが見込まれた。

## 2. 試験結果

各被験者の呼吸量測定結果のまとめを表 4 に示した。また、波形データを図 2 に示した。

結果より、被験者Aの平均呼吸量 (MV) は 15.6L/min、Bが27.2L/min、Cが20.4L/min となり、前述の作業工程から推測したように負荷の大きな作業では呼吸量が高くなった。



表4 呼吸量解析結果

作業者	MV (L/min)	VT (L)	F (cycle/min)	PF (L/min)
A	15.6	0.8	19.4	58.2
B	27.2	1.1	25.1	97.8
C	20.4	1.1	18.2	59.9

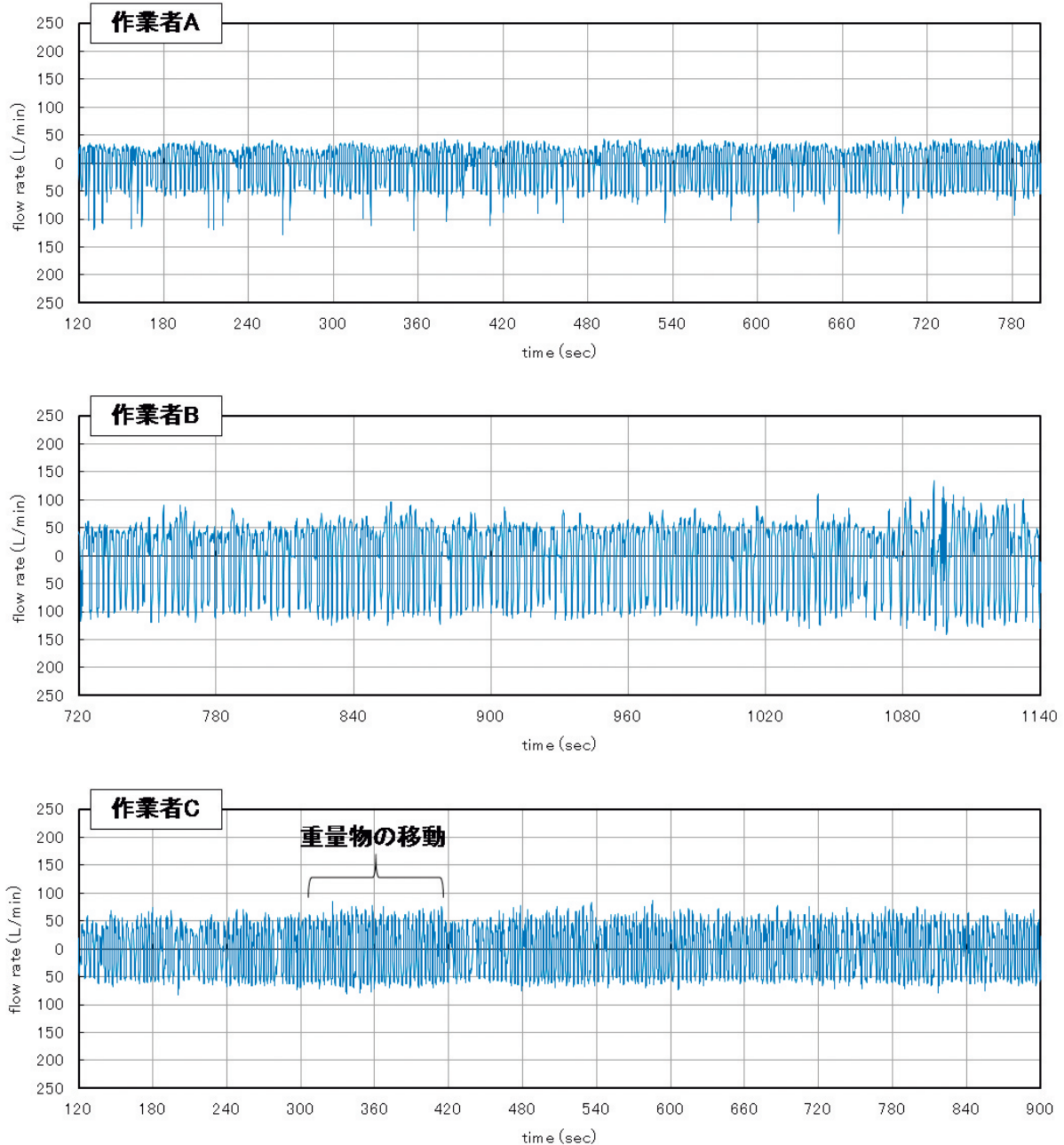


図2 各作業者の作業中の呼吸波形

## （８）作業現場における呼吸用保護具の装着感に関する調査

研究協力者 長谷川 将之<sup>1,2</sup>，大神 明<sup>2</sup>，宮本 俊明<sup>1</sup>，池上 和範<sup>2</sup>，安藤 肇<sup>2</sup>

所属 1 新日鐵住金株式会社君津製鐵所 安全環境防災部 安全健康室

所属 2 産業医科大学 産業生態科学研究所 作業関連疾患予防学研究室

### A. 背景

粉じん作業労働者数は、昭和55年の572,086人から、その後減少傾向にあるものの、近年は45万人前後で推移しており、毎年24万人前後の粉じん作業労働者が、じん肺健康診断を受診している。じん肺の新規有所見者は長期的には大幅減少しているが、ここ数年減少せず、今なお年間約200人発生している現状から、呼吸用保護具の適切な着用を促進する対策が必要である。

### B. 目的

呼吸用保護具は粉じんによる健康障害を防止するために、多くの粉じん作業場で使用されている保護具であるが、その装着による息苦しさや不快感が不適切な使用に繋がっている懸念がある。平成27年の労働安全衛生法の一部を改正する法律により、電動ファンを内蔵した呼吸用保護具が国家検定の対象となり、一部の特定化学物質では電動ファン付き防じんマスクの使用が推奨されるなど、呼吸用保護具に新たな選択肢が生じている<sup>1),2)</sup>。電動ファン付き防じんマスクは面体内部が常に陽圧になるため、従来の呼吸用保護具と比較すると高い防護性能と快適性を併せ持つ特徴があり、その快適性から保護具の適切な使用や生産性の向上が期待される。今回、現場作業者を対象に、保護具の種類による装着感

や疲労度を調査し、労働者に対する作業管理の指導に活かすことを目的とした。

### C. 対象と方法

調査対象者は常時呼吸用保護具を使用している男性作業員13名であった。調査開始前に質問票（Ⅰ）を用いて作業歴や作業時間、嗜好品等に関する情報を得た。対象者の基本属性を表1に示す。疾病加療中の者を1名認めしたが、消化器疾患であった。

被験者を2群に分け、クロスオーバー法に則り、通常の防じんマスク着用、電動ファン付き防じんマスク着用の2種類の状態で測定を行った（図1、2）。作業環境は装着感や疲労度などの調査項目に影響を与えることが想定されるため、作業中の気温、湿度、暑さ指数（WBGT）の測定を行った（表2）。作業内容としては通常の業務を各種保護具毎に2日間行い、作業終了後に質問票（Ⅱ）を用いて保護具の装着時間、装着感や疲労度、精神的ストレスに関する情報を得た。

本調査で使用した呼吸用保護具の規格を以下に示す。溶接作業などの粉じん作業場で普及している防じんマスク（PL2）と同等の粒子捕集効率を有するPAPRを選択した。

## 防じんマスク

- ・DR28SL2W  
(PL2、粒子捕集効率95%以上)
- ・サカキ式1005RR-05型  
(PL2、粒子捕集効率95%以上)

## PAPR

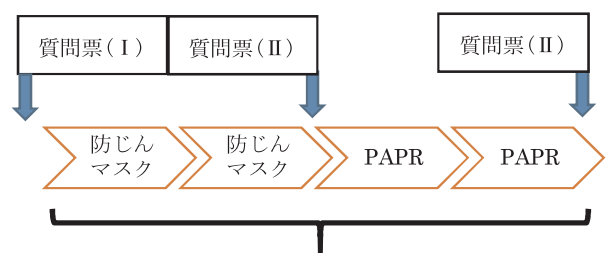
- ・Sy28RX2  
(半面形、PL1、粒子捕集効率95%以上、  
ブレスレスポンス式、大風量形)
- ・BL-100S  
(半面形、PL1、粒子捕集効率95%以上、  
ブレスレスポンス式、大風量形)

表1 対象者の基本属性

	平均	標準偏差
年齢 (歳)	35.5	12
身長 (cm)	175.2	5.7
体重 (kg)	78.9	16.6
平均作業時間 (時間/日)	5.2	1.0
平均保護具着用時間 (時間/日)	4.8	0.7



図1 測定順序



※呼吸用保護具は  
通常業務に合わせて装着

図2 調査のプロトコール

表2 調査期間の作業環境

	平均値	標準偏差
気温 (°C)	10.4	3.6
湿度 (%)	27.1	12.3
黒球 (°C)	16.0	7.0
WBGT (°C)	8.3	4.2

WBGT-213A (京都電子工業株式会社) を用いて測定

## D. 倫理的配慮

本調査は産業医科大学倫理委員会の承認を得ており、また、個人情報の取り扱い及び保管には万全の配慮を行った。

## E. 統計学的手法

従属変数を評価指標、独立変数を保護具の種類として、Wilcoxonの符号付き順位検定を行った。

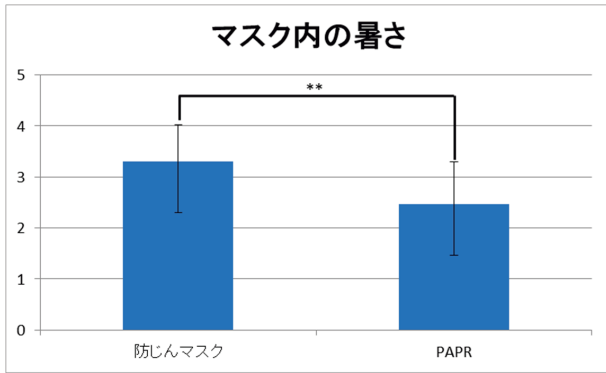
## F. 結果

### 装着感に関する指標

マスク内の湿度、マスク内の暑さ、息苦しさ、口呼吸の頻度、疲労感、発汗といった指標においては防じんマスクに対してPAPRの方が良好な値を示した。このうち、統計学的に有意な差を認めた項目はマスク内の暑さのみであった(図3)。一方、装着感、息切れ、保護具の重さといった指標においては、PAPRより防じんマスクの方が良好な値を示した。このうち、統計学的に有意な差を認めた項目は保護具の重さのみであった(図4)。

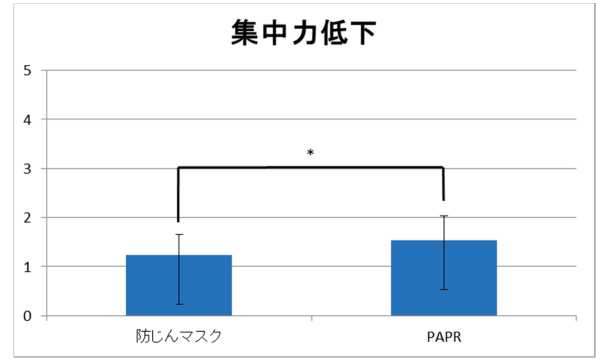
### 精神的ストレスに関する指標

精神的ストレスに関する指標としては、憂鬱、集中力低下、仕事中断が増えたといった項目で統計学的に有意差を認め、いずれの項目においても防じんマスクの方がPAPRよりも良好な値を示した。



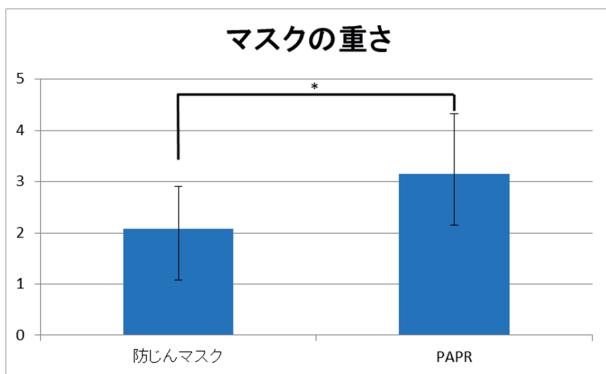
1. とても涼しい～5. とても暑い の5段階  
エラーバーは平均値の標準偏差を示す  
\*\*:  $p < 0.01$  Wilcoxon符号付き順位検定

図3 マスク内の暑さ



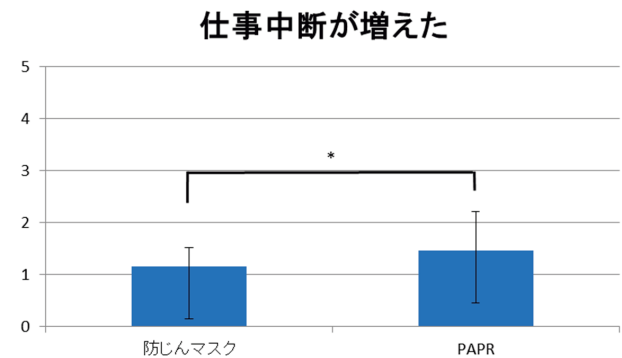
1. 全くなかった～5. 強くあった の5段階  
エラーバーは平均値の標準偏差を示す  
\*:  $p < 0.05$  Wilcoxon符号付き順位検定

図6 集中力の低下



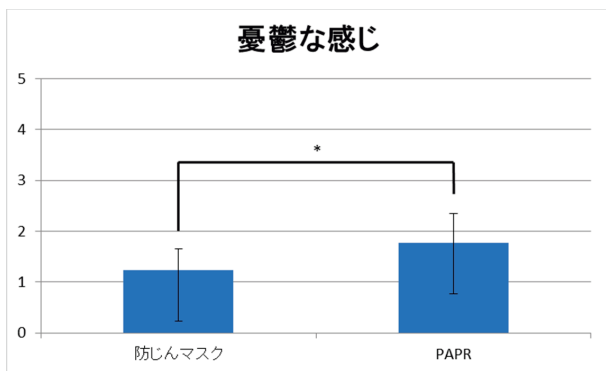
1. とても軽い～5. とても重い の5段階  
エラーバーは平均値の標準偏差を示す  
\*:  $p < 0.05$  Wilcoxon符号付き順位検定

図4 マスクの重さ



1. ほとんどない～5. ほとんどずっと の5段階  
エラーバーは平均値の標準偏差を示す  
\*:  $p < 0.05$  Wilcoxon符号付き順位検定

図7 仕事の中断が増えた



1. 全くなかった～5. 強くあった の5段階  
エラーバーは平均値の標準偏差を示す  
\*:  $p < 0.05$  Wilcoxon符号付き順位検定

図5 憂鬱な感じ

## G. 考察

本調査においてマスク内の暑さについては有意にPAPRの方が良好な結果を示した。高原らによる呼吸用保護具の違いによる暑熱環

境下での体温や呼吸数、自覚症状への影響に関する調査<sup>3)</sup>においても、PAPRが直腸温の上昇や呼吸数などの生体負担が小さかったと報告されていることから、PAPRが体温上昇やそれに伴う不快感を軽減する可能性が示唆された。また、有意差を認めなかったが、息苦しさにおいてPAPRの方が良好な結果を示した点についても、川波らによる防じんマスクの種類による呼吸への影響に関する報告<sup>4)</sup>においてPAPRが換気の補助に有効である可能性が示されている点において、相違ない結果であったと考えられる。本調査は冬季に実施され、調査期間中の作業環境は平均気温 10.4℃、WBGT 8.3℃と低値であったにもかかわらず有意差を認めたことから、夏季や

暑熱職場においては体温上昇やそれに伴う不快感、息苦しさにに対する軽減効果が更に期待されると考えられた。

マスクの重さについてはメーカー基準として防じんマスクは平均163.5g以下(DR28SL2W; 170g以下、サカキ式1005RR-05型:157g以下)である一方、PAPRは平均347g以下(Sy28RX2; 311g以下、BL-100S; 383g以下)と2倍近い重量となることから妥当な結果であると考えられた。Sy28RX2は面体にバッテリーを内蔵するタイプで、BL-100Sはベルトやポケットに装着したバッテリーケースから電源コードを介してマスクに電力を供給するタイプであるが、Sy28RX2の方が重さの訴えが強かったことから、総重量よりも面体の重さが影響したことが考えられた。

精神的ストレスに関する指標では、憂鬱、集中力低下、仕事中断が増えたといった項目で有意に防じんマスクの方が良好な結果を示した(図5、6、7)。本調査ではPAPRの装着期間が2日間と短期間であり、対象者からは面体部の重量増加に伴う接顔面(特に鼻背部)の違和感に関する意見や、狭い作業場において電源コードが作業時に邪魔になるといった意見があったことから、使い慣れていないことが精神的ストレスに関する指標に影響を及ぼしたと考えられた。また、集中力低下については、バッテリー一体型であるSy28RX2は防じんマスクと比較してほとんど差を認めなかったが、電源コードを有するBL-100Sにおいて訴えが強かったことから、集中力を要する作業においてはコードを有するタイプのPAPRは適さない可能性が示唆された。

## H. 調査の限界と今後の展望

本調査では短期間の装着感を評価したが、保護具への慣れによる影響が強く影響した可能性が考えられたことから、今後は長期的

な装着を想定した調査により、慣れの影響に配慮した調査が望まれる。また、本調査は冬季の非暑熱作業において実施されたが、夏季や暑熱作業においては異なる結果となることが想定されることから、様々な作業環境を想定した調査が必要であると考えられた。

## I. 結語

本調査では、PAPRの装着が暑熱による不快感を軽減する可能性が示唆された。また、PAPRの装着感は防じんマスクの装着感に劣ることはなく、マスクの重さや慣れが影響したと考えられる精神的ストレスについては今後マスクの軽量化が進めば軽減される可能性があり、PAPRの有用性向上が期待される。

## J. 文献

1. 厚生労働省, 電動ファン付き呼吸用保護具の規格. 厚生労働省告示第四百五十五号, 2014
2. 厚生労働省, 労働安全衛生法施行令の一部を改正する政令及び労働安全衛生規則等の一部を改正する省令の施行について. 基発0930第9号, 2015.
3. 高原 しおん 砂田健一, 川波 祥子, 井上 仁郎, 堀江 正知, 明星 敏彦 暑熱環境における5種類の防じんマスク装着による体温及び呼気ガスの変化(第30回産業医科大学学会総会学術講演・展示抄録集). Journal of UOEH. 2013; 35(1): 75
4. 川波 祥子 上野しおん, 中田 博文, 松井 亜弓, 濱本 貴史, 井上 仁郎, 堀江 正知. 防じんマスクの種類による呼吸への影響(第31回産業医科大学学会総会学術講演・展示抄録集) Journal of UOEH 2014; 36(1): 87

## 研究成果の刊行に関する一覧表

書籍：なし

雑誌：

学会発表：

1. 溶接工肺のCT所見：珪肺との比較、高橋雅士（友仁山崎病院 放）、新田哲久（滋賀医大 放）、岸本卓巳（岡山労災病院 呼内）、大塚義紀（北海道中央労災病院 呼内）、芦澤和人（長崎大学 臨床腫瘍学）、第316回公益社団法人日本医学放射線学会関西地方会、平成29年 6月 3日、ホテルエルセラール大阪
2. CT Findings of Malignant Pleural Mesothelioma and Correlation with the Survival Period. Kato Katsuya, Genba Kenichi, Ashizawa Kazuto, Kishimoto Takumi, Fujimoto Nobukazu, Aoe Keisuke, Takeshima Yukio, Inai Kouki. World Congress Thoracic Imaging Boston(WCTI2017). MA, USA. 2017/ 06/ 18
3. 胸部 3次元CT画像を用いたじん肺の粒状影の空間分布パターン解析、日野公貴、鈴木秀宣、河田佳樹、仁木 登（徳島大）、加藤勝也（川崎医科大）、岸本卓巳（岡山労災病院）、芦澤和人（長崎大）、電子情報通信学会 医用画像研究会、平成29年 7月 6-7日、東北大学 片平桜ホール
4. 胸部 3次元CT画像を用いたじん肺の粒状影解析、日野公貴、鈴木秀宣、河田佳樹、仁木 登（徳島大）、加藤勝也（川崎医科大）、岸本卓巳（岡山労災病院）、芦澤和人（長崎大）第36回日本医用画像工学会大会、平成29年 7月27-29日、じゅうらくプラザ（岐阜市）
5. 3次元CT画像を用いたじん肺の重症度診断のための定量的評価、日野公貴、鈴木秀宣、松廣幹雄、河田佳樹、仁木登、加藤勝也、岸本卓巳、芦澤和人、第40回日本生体医工学会中国四国支部大会、2017. 10.
6. 3次元CT画像を用いたじん肺の重症度診断における粒状影の定量的評価、日野公貴、鈴木秀宣、松廣幹雄、河田佳樹、仁木登、加藤勝也、岸本卓巳、芦澤和人、第10回呼吸機能イメージング研究会、2018. 2.
7. Quantitative assessment for pneumoconiosis severity diagnosis using 3D CT images, K.Hino, H. Suzuki, M.Matsuhira, Y.Kawata, N.Niki, K.Kato, T.Kishimoto, K.Ashizawa: Proc. SPIE Medical Imaging, 2018.2.

# Quantitative assessment for pneumoconiosis severity diagnosis using 3D CT images

Koki Hino<sup>(1)</sup>, Mikio Matsuhiro<sup>(1)</sup>, Hidenobu Suzuki<sup>(1)</sup>, Yoshiki Kawata<sup>(1)</sup>, Noboru Niki<sup>(1)</sup>,  
Katsuya Kato<sup>(2)</sup>, Takumi Kishimoto<sup>(3)</sup>, Kazuto Ashizawa<sup>(4)</sup>

(1) Tokushima University, 2-1, Minamijosanjima-cho, Tokushima, Japan 770-8506;

(2) Kawasaki Medical School, 577, Matsushima, Kurashiki, Okayama, Japan 701-0192;

(3) Okayama Rosai Hospital, 1-10-25, Chikkomidorimachi, Minami-ku, Okayama, Japan 702-8055;

(4) Nagasaki University, 1-14, Bunkyo-machi, Nagasaki, Japan 852-8521

## ABSTRACT

Pneumoconiosis is an occupational respiratory illness that occur by inhaling dust to the lungs. 240,000 participants are screened for diagnosis of pneumoconiosis every year in Japan. Radiograph is used for staging of severity rate in pneumoconiosis worldwide. CT imaging is useful for the differentiation of requirements for industrial accident approval because it can detect small lesions in comparison with radiograph. In this paper, we extracted lung nodules from 3D pneumoconiosis CT images by two manual processes and automatic process, and created a database of pneumoconiosis CT images. We used the database to analyze, compare, and evaluate visual diagnostic results of radiographs and quantitative assessment (number, size and volume) of lung nodules. This method was applied to twenty pneumoconiosis patients. Initial results showed that the proposed method can assess severity rate in pneumoconiosis quantitatively. This study demonstrates effectiveness on diagnosis and prognosis of pneumoconiosis in CT screening.

**Keywords:** pneumoconiosis, computed tomography, computer aided diagnosis

## 1. INTRODUCTION

Pneumoconiosis is an occupational respiratory illness that occur by inhaling dust to the lungs. 240,000 participants are screened for diagnosis of pneumoconiosis every year in Japan. Radiograph is used for staging of severity rate in pneumoconiosis worldwide. The International Labor Office (ILO) provides a staging of pneumoconiosis using radiographs [1]. Its advantages are relatively low cost, low radiation dose, and wide availability. However, the chest radiograph is relatively insensitive for detecting early stage pneumoconiosis [2]. Chest CT scans are more sensitive than routine radiographs in detecting pneumoconiosis. However, the utility of CT as a screening modality is still a question of debate [3]. The reason is that CT scans are not recommended for routine surveillance due to the increased radiation exposure and the lack of scoring scheme [4]. Since 1992, several classification or coding systems for evaluating pneumoconiosis in CT studies have been reported [5]. We have analyzed the relationship between the size and frequency of lung nodules so as to quantify the severity rate of pneumoconiosis so far [6]. We extracted lung nodules from 3D pneumoconiosis CT images by two manual processes and automatic process, and created a database of pneumoconiosis CT images. We used this database to analyze, compare, and evaluate visual diagnostic results of radiographs and quantitative assessment (number, size and volume) of lung nodules. This method was applied to twenty pneumoconiosis patients. The results showed that the proposed method can assess severity rate in pneumoconiosis quantitatively. This study demonstrates effectiveness on diagnosis and prognosis of pneumoconiosis in CT screening.

## 2. MATERIALS AND METHODS

### 2.1 Materials

This study was approved by institutional review board in Nagasaki University. The scanning was carried out with 120 kV, 240mA, 1mm slice thickness, 512x512 matrix, pixel size of 0.625mm or 0.781mm, 1mm reconstruction interval, and

FC13-H or FC52 convolution kernel. Private information that was contained in DICOM header information is replaced by a DICOM anonymization system [7].

Pneumoconiosis was classified into 12 stages based on a guideline defined by ILO: 0/-, 0/0, 0/1, 1/0, 1/1, 1/2, 2/1, 2/2, 2/3, 3/2, 3/3, 3/+. The total number of patients is twenty: stage 0/1 is five, stage 1/0 is five, stage 1/1 is five, and stage 2/2 is five. The stages were certified by consensual decision of physicians.

## 2.2 Methods

### 2.2.1 Manual extraction of lung nodules

Extraction of pulmonary nodules was set under the conditions of window level - 500 and window width 1500 and extracted using an axial plane. Extraction procedure was achieved in the order of right lung apex part, right lung bottom part, left lung apex part and left lung bottom part. This procedure was repeated many times. Micro nodules was extracted twice by one person. The period between the first time and the second time was more than 6 months or one week.

### 2.2.2 Detection of lung nodules

Our group has developed computer aided detection (CADe) and computer aided diagnosis (CADx) systems for lung cancer CT screening [8][9]. This CADe has detection functions for multi diseases; lung nodules, pleural diseases, emphysema, and osteoporosis [10][11][12]. In early stage of pneumoconiosis, a lot of small nodules are occurred, so this CADe is set so that nodules from 1 mm to 3 mm can be detected. The CADe detection result on the first and second logical sums are superimposed and newly reviewed, and if a nodule is detected, it is added to the database.

### 2.2.3 Quantitative assessment of pneumoconiosis

Severity rate in pneumoconiosis was assessed by number, size and volume of lung nodules. Assuming that nodules have spherical shape, nodule size is defined by a diameter that is computed from nodule volume. The number of nodules was counted by three dimensional labeling method.

### 2.2.4 Comparison and evaluation of the first and second manual extraction

To assess the inter-observer variability in the manual detection process, we computed precision, recall, and  $F$  scores based on the first and the second manual extractions. Additionally, the coincidence rates by size of the lung nodules were evaluated.

### 2.2.5 Comparison and evaluation between visual diagnostic results of radiographs and quantitative assessment results of CT images

Compared with the diagnosis obtained physicians' visual assessments based on radiographs, we investigated whether the quantitative assessments based on 3D CT images can improve the classification of severity rate of pneumoconiosis.

## 3. RESULTS

Fig.1 shows three dimensional distributions of lung nodules that extracted by this method. In Fig.1 (a), (b), (c), (d), (e) are stage 0/1, (f), (g), (h), (i), (j) are stage 1/0, (k), (l), (m), (n), (o) are stage 1/1, and (p), (q), (r), (s), (t) is stage 2/2. Several cases are found which do not coincide with diagnostic results mainly in cases of low severity rate. Table 1 shows evaluation results of the coincidence rates by sizes of lung nodules from first and second extraction results. For small nodules from 2mm to 4mm in diameter, the coincidence rate was low, and the coincidence rate was high for nodules with 4mm or more. This showed a similar tendency in other cases. Fig.2 shows the relationship between the number and volume of lung nodules in each case. It is suggested that it may not be accurately in the disease type classification using radiographs. Fig.3 shows the results of calculating the average number and standard deviation of lung nodules for each type classification of radiographs and CT images. Classification of CT images was classified according to the number of nodules. Table 2 shows the results of comparisons with radiographs and CT classification. Mann-Whitney U test was performed for each type, and comparison was performed at a signification level of 0.0083 (0.05 / 6) by the Bonferroni correction. As a result, there was no significant differences in classification of radiographs, but significant differences were found in classification using CT images. By quantitative assessment using CT images, there is a possibility that the severity rate of pneumoconiosis can be accurately classified.



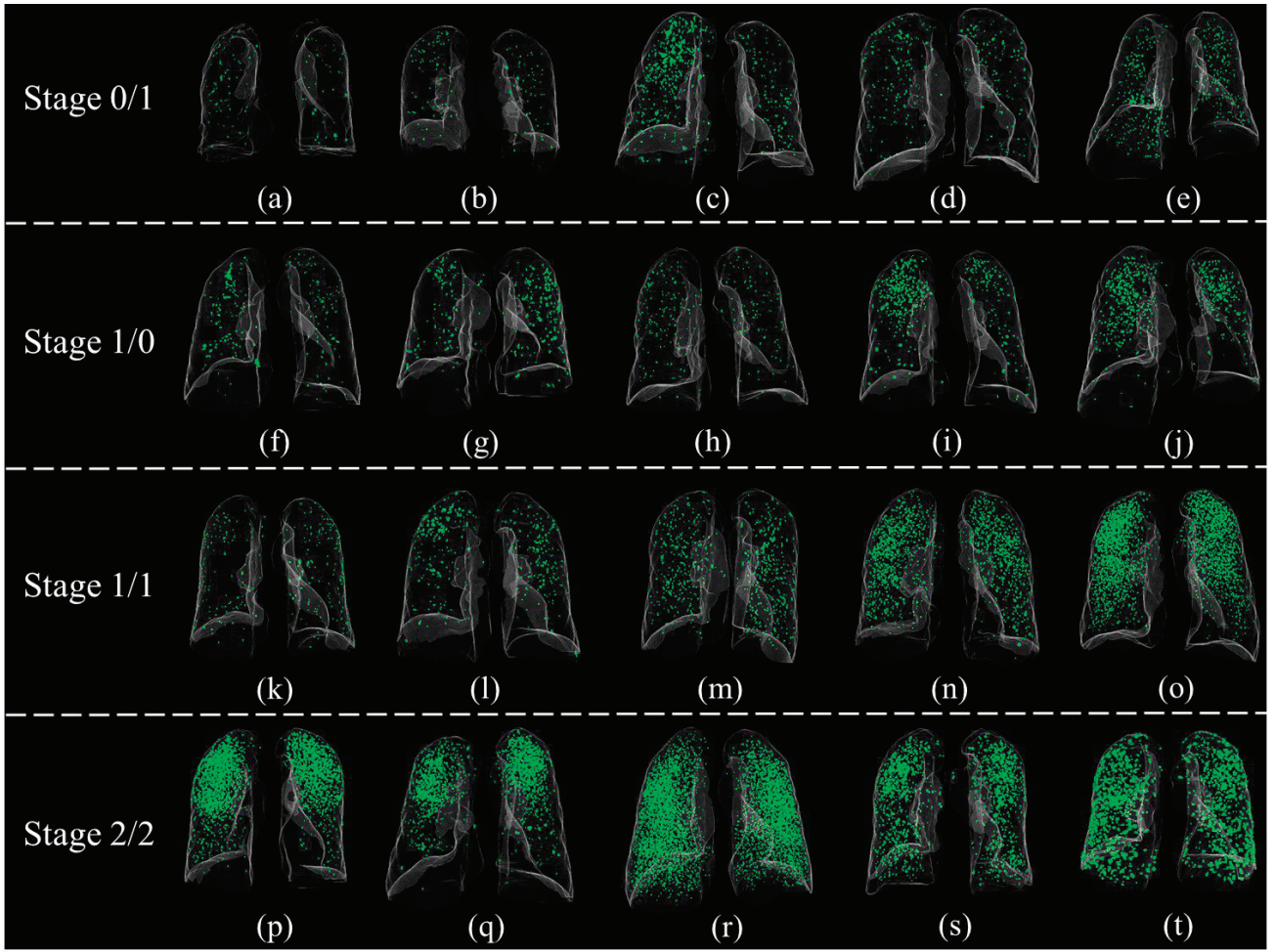


Fig.1 Three dimensional distribution of extracted lung nodules.

Table 1: Coincidence rate by size of lung nodules of first and second times (case 1/0(g)).

diameter[mm]	The number of lung nodules			Coincidence rate	
	Final	First	Second	First	Second
$0 < d < 1$	0				
$1 \leq d < 2$	1	0	1		
$2 \leq d < 3$	75	51	68	0.654	0.872
$3 \leq d < 4$	124	118	121	0.944	0.968
$4 \leq d < 5$	42	42	42	1	1
$5 \leq d < 6$	6	6	6	1	1
$6 \leq d < 7$	4	4	4	1	1
$7 \leq d < 8$	1	1	1	1	1
$8 \leq d < 9$	1	1	1	1	1
$9 \leq d < 10$	0				

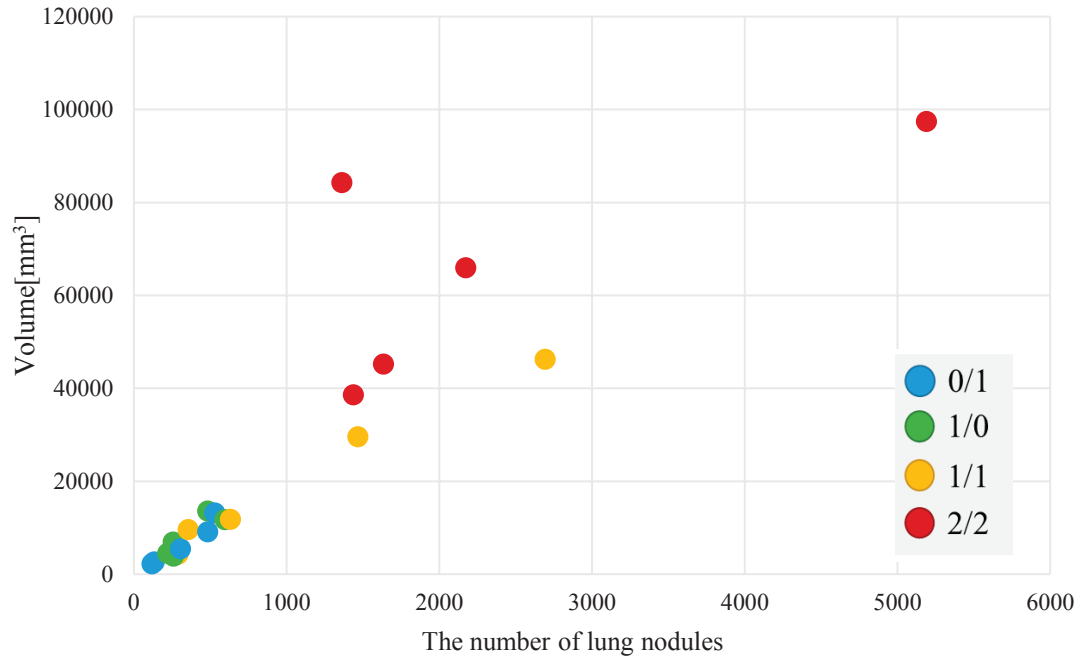


Fig.2 Relationship between the number of lung nodules and volume

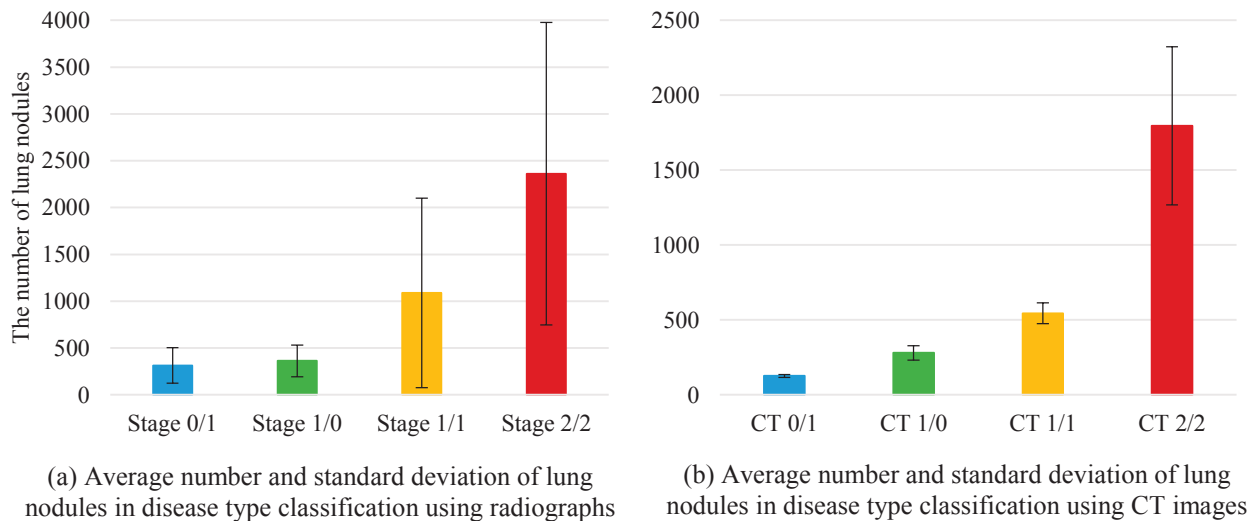


Fig 3. The evaluation results of the disease type classification using the radiographs and the disease type classification using the CT images

Table 2: Comparison disease type classification with radiographs and CT  
(a) Classification of radiographs

Radiographs	
Disease type classification	p-value
Stage 0/1-1/0	0.7540
Stage 0/1-1/1	0.1171
Stage 0/1-2/2	0.0090
Stage 1/0-1/1	0.0758
Stage 1/0-2/2	0.0090
Stage 1/1-2/2	0.1745

(b) Classification of CT images

CT images		
Disease type classification	p-value	
CT 0/1-1/0	2.26E-19	*
CT 0/1-1/1	1.59E-17	*
CT 0/1-2/2	2.26E-19	*
CT 1/0-1/1	0.0062	*
CT 1/0-2/2	0.0040	*
CT 1/1-2/2	0.0062	*

\*:  $p < 0.0083$  (0.05 / 6)

#### 4. CONCLUSIONS

We extracted lung nodules from 3D pneumoconiosis CT images by two manual processes and automatic process. We used this database to analyze, compare, and evaluate visual diagnostic results of radiographs and quantitative assessment (number, size and volume) of lung nodules. By presenting the results of quantitative assessment using CT, it becomes possible to more accurately classify severity of pneumoconiosis, and high diagnostic accuracy can be expected.

#### ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported (in part) by JSPS Grant-in-Aid for Scientific Research on Innovative Areas (Multidisciplinary Computational Anatomy), JSPS KAKENHI Grant Number 26108007.

## REFERENCES

- [1] International Labour Organization, “Guidelines for the use of the ILO international classification of radiographs of pneumoconiosis, revised edition 2011,” 2011.
- [2] C.W. Cox, C.S. Rose, D.A. Lynch, “State of the Art: Imaging of Occupational Lung Disease,” *Radiology*, vol.270, no.3, pp.681-696, 2014.
- [3] B. Satija, S. Kumar, U.C. Ojha, D. Gothi, “Spectrum of high-resolution computed tomography imaging in occupational lung disease,” *Indian Journal of Radiology and Imaging*, vol.23, no.4, pp.287-296, 2013.
- [4] E.L. Petsonk, C. Rose, R. Cohen, “Coal Mine Dust Lung Disease, New Lessons from an Old Exposure,” *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, vol.187, no.11, pp.1178-1185, 2013.
- [5] N. Sukanuma, Y. Kusaka, K.G. Hering, T. Vehmas, T. Kraus, H. Arakawa, J.E. Parker, L. Kivisaari, M. Letourneux, P.A. Gevenois, S. Tuengerthal, M.D. Crane, H. Shida, M. Akira, D.A. Henry, Y. Nakajima, Y. Hiraga, H. Itoh, Y. Hosoda, “Reliability of the proposed international classification of high resolution computed tomography for occupational and environmental respiratory diseases,” *Journal of Occupational Health*, vol.51, no.3, pp.210-222, 2009.
- [6] H. Suzuki, M. Matsuihiro, Y. Kawata, N. Niki, K. Kato, T. Kishimoto, K. Ashizawa, “Computer aided diagnosis for severity assessment of pneumoconiosis using CT images,” *Proc. SPIE* vol.9785, pp.978531, 2016.
- [7] H. Suzuki, M. Amano, M. Kubo, Y. Kawata, N. Niki, H. Nishitani, “Anonymization server system for DICOM images,” *Proc. SPIE* vol.6516, pp.65160Z, 2007.
- [8] K. Kanazawa, Y. Kawata, N. Niki, H. Satoh, H. Ohmatsu, R. Kakinuma, M. Kaneko, N. Moriyama, K. Eguchi, “Computer-aided diagnosis for pulmonary nodules based on helical CT images,” *Comput. Med. Imag. Graphics*, vol. 22, no. 2, pp. 157–167, 1998.
- [9] Y. Kawata, N. Niki, H. Ohmatsu, M. Kusumoto, T. Tsuchida, K. Eguchi, M. Kaneko, N. Moriyama, “Quantitative classification based on CT histogram analysis of non-small cell lung cancer: Correlation with histopathological characteristics and recurrence-free survival,” *Medical Physics*, vol.39, no.2, pp.988-1000, 2012.
- [10] E. Takahashi, Y. Kawata, N. Niki, Y. Nakano, M. Harada, N. Moriyama, “Computer aided diagnosis for osteoporosis based on vertebral column structure analysis,” *Proc. of SPIE*, vol.8315, pp.831533, 2012.
- [11] H. Suzuki, R. Mizuguchi, M. Matsuihiro, Y. Kawata, N. Niki, Y. Nakano, H. Ohmatsu, M. Kusumoto, T. Tsuchida, K. Eguchi, M. Kaneko, N. Moriyama, “Quantitative assessment of smoking-induced emphysema progression in longitudinal CT screening for lung cancer,” *Proc. of SPIE*, vol.9414, pp.94142O, 2015.
- [12] M. Matsuihiro, H. Suzuki, Y. Kawata, N. Niki, Y. Nakano, H. Ohmatsu, M. Kusumoto, T. Tsuchida, K. Eguchi, M. Kaneko, “Peripleural lung disease detection based on multi-slice CT images,” *Proc. of SPIE*, vol.9414, pp.94142W, 2015.

