

### 3. エックス線撮影検査及びエックス線写真の読影

#### (1) エックス線撮影法

じん肺法に基づき、じん肺健康診断及びじん肺管理区分の決定（以下「じん肺健康診断等」という。）においては、胸部エックス線写真を用いることとされている。じん肺健康診断等に用いることができる胸部エックス線写真には、アナログ画像であるフィルム写真、デジタル画像である「半導体平面検出器を搭載した一般撮影装置による写真」（以下「DR（FPD）写真」という。）、Computed Radiographyによる写真（以下「CR写真」という。）がある。

じん肺健康診断等を行う前に、次の事項を確認することになっている<sup>1)</sup>。

- ① 全肺野の細部まで十分に読影が可能であること。
- ② 適正な濃度とコントラストであること。
- ③ 陰影が強調されすぎていないこと。

じん肺の診断に当たっては、全肺野の細部まで十分に読影が可能な適正な濃度とコントラストをもつ胸部エックス線写真により実施することが必要であり、コントラストの強過ぎるもの等を用いることは避ける<sup>2)</sup>。

令和5年現在、じん肺健康診断等に用いられている胸部エックス線写真は、ほとんどがDR（FPD）写真あるいはCR写真であることから、本稿ではこれらの撮影法について述べる。スクリーン/フィルム（SF）システムによるフィルム写真の撮影条件等については、「じん肺診査ハンドブック改訂第4版（労働省安全衛生部労働衛生課編 1987年 中央労働災害防止協会発行）」<sup>3)</sup>を参照されたい。

胸部エックス線写真像は、じん肺の程度を把握するための基本的な資料であり、このためには、適正な胸部エックス線写真で区分を行う必要がある。

#### イ. じん肺健康診断等のためのDR（FPD）撮像表示条件

##### 1. 撮影条件：

撮影時の吸気は適切に行わせ、呼吸の吸気停止時に撮影を行う。

電圧	110～140 [kV]
焦点被写体間距離	180～200 [cm]
出力サイズ	ライフサイズ（半切または大角）
撮影倍率	等倍撮影（縮小撮影は認めない）
撮影条件表示	出力画像に「メーカー毎画像処理条件」が分かるように表示すること
グリッド	限定しない
空間分解能	限定しない

2. 画像処理条件（一般的表記）：

階調処理	肺野部の最高濃度を1.6~2.0程度とすること
周波数処理	マルチ周波数処理を原則行わないこと。ただし、縦隔の画質の劣化等臨床的な問題が生じる場合には、専門家による読影委員会において認められたマルチ周波数処理を行うことができる。

3. メーカー毎画像処理条件：

撮影においては、メーカー毎の画像処理条件<sup>4,5)</sup>を遵守しなければならない。これ以外の条件によるDR (FPD) 写真の審査は適正ではない。

ロ. じん肺健康診断等のためのCR撮像表示条件

1. 撮影条件：

撮影時の吸気は適切に行わせ、呼吸の吸気停止時に撮影を行う。

電圧	110~140 [kV]
焦点被写体間距離	180~200 [cm]
出力サイズ	ライフサイズ（半切または大角）
グリッド	高密度グリッド使用で撮影電圧が120[kV]前後の時は格子比12：1上記以上の撮影電圧の時は格子比14：1とすること
空間分解能（画素数）	画像サイズがフルサイズ（半切）の場合 イメージングプレート読み取り画素数3500×3500 [pixel] 以上とすること

2. 画像処理条件（一般的表記）：

階調処理	肺野部の最高濃度を1.6~2.0程度とすること
周波数処理	低空間周波数（0周波数）成分に対して高周波成分（0.2cycle/mm以上）におけるレスポンスを1.0~1.2倍程度とすること （なお、濃度に応じて周波数応答を変化させる場合であっても、上記範囲内であること。）

3. メーカー毎画像処理条件：

撮影においては、メーカー毎の画像処理条件<sup>4,5)</sup>を遵守しなければならない。これ以外の条件によるCR 写真の審査は適正ではない。

ハ. じん肺健康診断に用いる医療機器の必要要件<sup>6)</sup>

下記（1）から（4）の要件を満たす必要がある。

(1) 画像データの保存装置

・画像データの保存は、グレースケール10ビット（1024階調）以上、画素サイズ200ミクロン以下のフォーマットで行うこと。

(2) キャプチャー機器（CR又はDR（FPD）の撮影装置）及びビューワー（画像を表示するソフトウェ

ア)

・DICOM Part14に準拠したP-Value（グレースケール変換処理後の画素値）に対応した運用が行われていること。

(3) 医療用モニター（ディスプレイ）

・解像度は3メガピクセル（1536×2048ピクセル）以上のモニターを二面用いることが望ましい。6メガピクセル以上であればその限りでない。

・輝度が300cd/m<sup>2</sup>以上であること。

・DICOM Part14に準拠したキャリブレーション（表示の補正）がなされていること。

(4) イメージャー（フィルム出力装置）

・DICOM Part14に準拠したP-Valueの画像データを適切に出力すること。

## 二. モニターを用いたじん肺画像の読影方法

モニターにデジタル版じん肺標準エックス線写真と審査する画像を表示して、両者を比較し、どの型に最も近い陰影であるかを検討して診断する。

### 参考通達および図書

- 1) 基安労発0115第1号 (平成28年1月15日)
- 2) 基発0314第4号 (平成28年3月14日)
- 3) 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改訂第4版，中央労働災害防止協会，東京，1987
- 4) 基安労発0624第1号 (平成22年6月24日)
- 5) 基安労発0115第1号 (平成28年1月15日)
- 6) 基安労発0926第1号 (平成23年9月26日)

## (2) じん肺陰影の特徴

### イ. 粒状影

粒状影を示すじん肺の代表はけい肺であるが、炭坑夫肺、溶接工肺、その他のじん肺でも粒状影を示す。以下これらじん肺の粒状影の特徴について概説する。

#### (イ) けい肺

けい肺の胸部エックス線写真像は、その他のじん肺と同様に、一般的に、吸入粉じん量により異なり必ずしも一律ではない。初期の極めて線維化の弱い時期には、個々の粒状影は認めにくく、末梢の血管影が見えにくくなり、血管影と血管影との間に異常陰影が出現し次第に増加してくる。このような陰影は、上中肺野に初発する（特に側方部である）。けい肺の示す粒状影は、一般に濃厚で円形である。粒状影が両肺野に少数認められる段階のものをじん肺法では第1型としている。粒状影は、経過とともに次第に大きさと数を増してきて全肺野に及ぶようになる。遊離けい酸含有率の高い粉じんによるけい肺では、個々の結節の径が10mmに達することがある。

吸入粉じん量が少ない場合や粉じんばく露期間が短い場合等には、このような胸部エックス線写真像を示すよりも、次に述べる「その他のじん肺」に類似した所見を呈することがある。

#### (ロ) 炭坑夫じん肺

炭坑夫じん肺の胸部エックス線写真像は、けい肺に類似するが、けい肺の粒状影と比較すると、やや淡く、境界不鮮明な傾向にある。病理学的に線維化の程度が異なるためである。詳細は次に述べる「その他のじん肺」に記載する。

#### (ハ) 溶接工肺

溶接の際に発生する酸化鉄ヒュームが吸入されて、肺胞内でマクロファージに貪食されることにより生じる。胸部エックス線写真像にて中下肺野優位、左右均等に分布し、大きさが揃った淡い小粒状影を呈する。通常大陰影は形成せず、縦隔リンパ節腫大は伴わない。他のじん肺と異なり粉じん吸入環境からの離脱により陰影の改善を認めることがある。

#### (ニ) その他のじん肺

遊離けい酸含有率の低い粉じんや遊離けい酸を含まない粉じんによるじん肺のエックス線写真像およびその経過は、けい肺の場合と多少異なっている。このようなじん肺の粒状影も、一般的に粉じんの種類や吸入粉じん量により異なり、胸部エックス線写真像の推移も異なっている。一般に、粒状ではあるがその形は種々であり、小さく、濃度が低い(淡い)。このような粒状影は、進展に伴ってその数を増してくるが、けい肺のように個々の径を増すことは稀である。

その他のじん肺のなかで、Mixed Dust (結晶質けい酸および弱線維原性けい酸塩の混合粉じん) により生じ、病理学的に Mixed Dust Fibrosis (以下MDF) を示すじん肺がある。MDF主体のじん肺では、胸部エックス線写真上、けい肺で認める粒状影に比し淡く、その境界は不鮮明で粒状影がぼけて見える。これはMDF結節では、周囲への線維化波及による境界不明瞭な結節像が反映されている。また結晶質けい酸が極めて少ない混合粉じんによる macule 主体の病変は、強くなければ胸部エックス線写真では描出されない。なお、以前は非典型けい肺という表現も使われていたが、この表現は正確ではなく使用すべきではない。

#### ロ. 不整形陰影

不整形陰影は石綿肺のほかにその他のじん肺にも認められる。

#### (イ) 石綿肺

石綿肺の不整形陰影は、下肺野に初発し次第に中肺野に及んでくる。最も初期の変化は、両側下肺野の微細な粒状影、異常線状影である。進行してくると、小さな輪型の陰影が加わって、細網状、網目状等の不整形陰影がその密度を増し、肋横角(肋横隔膜角)が消失し、横隔陰影(横隔膜陰影)や心界(心陰影)は不明瞭になる。さらに進行すると、網状影や蜂窩状影も現われて肺容量が低下してくる。通常は対称性であるが時に一側に優勢なこともある。

石綿肺の特徴としては、以上述べた肺野の変化のほかに、胸膜プラークによる側壁胸膜の変化、横隔膜の変化、横隔膜上の石灰化影等があげられるが、これらについて後述する。

#### (ロ) その他のじん肺

その他のじん肺の場合にも、粒状影のほかに、種々の形の小さな濃度の低い(淡い)陰影が認められ、進展に伴ってその数を増してくる。

## ハ. 大陰影

けい肺の場合には、上肺野における粒状影がその数と大きさを増してきて、次第に個々の粒状影が識別できない塊状影となり、比較的鮮鋭な辺縁と濃厚な陰影を示す大陰影になるのが一般的な経過である。この大陰影の形成進展の前半では、肺野全般の粒状影分布はほとんど影響されない。しかし、収縮機転を伴う塊状影の形成に胸膜の癒着肥厚等が加わると、下肺野での気腫（性変化）が著明となり、肺門部の上方、側方、後方への偏位、心陰影ほか縦隔陰影の変形が生じ、下肺野での粒状影はエックス線写真像上粗あるいはほとんど認識できない状態となることがある。その際、他肺野の粒状影も同様に認識出来なくなっていることが多い。

その他のじん肺でも、吸入粉じん量の増加等により大陰影に発達することがあるが、石綿肺をはじめとする不整形陰影を主体とするじん肺で、大陰影が出現することはない。

## ニ. その他の変化

### (イ) 肺門影の変化

けい肺以外のじん肺でも肺門影の多少の増強を伴うが、特にけい肺ではその初期、肺野に明らかな粒状影を示さない以前にすでに肺門影の変化が目立ち、側面像も含め肺門リンパ節の腫脹が明らかな場合もある。著しい肺門部の病変は、肺門影を増強させ血管影の判読を困難とする。けい肺では、特に肺門リンパ節の高度の変化を伴うので、肺門影はコマ状、腎臓形等の輪郭が比較的是っきりした陰影を示し、さらに長期間にわたる粉じんばく露者及び吸じん後長期間を経た者にはしばしば卵殻状石灰像をみる。なお、肺門の偏位（上・側方かつ後方）はじん肺の進展とともに多少とも認められる場合が多い。

### (ロ) 肺気腫

一般にけい肺では結節周囲に気腫を呈することは少ない。一方炭坑夫じん肺では粉じん斑や炭粉結節周囲に気腫を伴うとの報告もあり、そのような気腫はfocal emphysemaとよばれる。大陰影を伴うじん肺では、大陰影が大きくなるにしたがって、その周囲残存肺の過膨張性変化/気腫化を生じ、傍癒痕性（paracicatricial）肺気腫とよばれる。

### (3) じん肺エックス線写真像の分類

じん肺法では、エックス線写真の区分は次のように定められている。

型	エックス線写真の像
第1型	両肺野にじん肺による粒状影又は不整形陰影が少数あり、かつ、じん肺による大陰影がないと認められるもの
第2型	両肺野にじん肺による粒状影又は不整形陰影が多数あり、かつ、じん肺による大陰影がないと認められるもの
第3型	両肺野にじん肺による粒状影又は不整形陰影が極めて多数あり、かつ、じん肺による大陰影がないと認められるもの
第4型	じん肺による大陰影があると認められるもの

じん肺管理区分の決定に当たっては、上記に掲げた第1型から第4型までの区分を行う必要があるが、それ以上の詳細な分類は必要ない。しかし、エックス線写真から得られる情報については、病変の進展の判断、種々の比較検討などのために必要な限度において分類する必要がある。

小陰影の密度（profusion rate：PR）と大陰影の有無に応じて第1～4型が決定されるが、「じん肺管理区分決定通知書」の「じん肺健康診断の結果」の欄の記号は、それぞれ次の意味を表すものである。

PR0：じん肺の所見がない。

PR1：エックス線写真の像が第1型である。

PR2：エックス線写真の像が第2型である。

PR3：エックス線写真の像が第3型である。

PR4：エックス線写真の像が第4型である。

#### イ. 小陰影の分類

##### (イ) 粒状影

粒状影のタイプは、主要陰影の径に従って分類する。

p = 直径1.5mmまでのもの

q = 直径1.5mmを超えて3mmまでのもの

r = 直径3mmを超えて10mmまでのもの

型の区分は、粒状影の密度に応じて次のように区分する。

第1型——両肺野に少数あるもの

第2型——両肺野に多数あるもの

第3型——両肺野に極めて多数あるもの

型の区分に当たっては、標準エックス線写真によることとする。標準エックス線写真は第1型、第2型及び第3型の中央のものを示しているほか、じん肺の所見がないと判断するエックス線写真の上限のもの、第1型の下限のものを示している。型の区分を行う際には明確にある型のものと判断できない場合があるため、12階尺度を用いることとする。

12階尺度の概要は次のとおりである。

- 0/- …… 正常構造が特によくみえるもの（普通若い人にみられる。このような所見はあまり多くない。）
- 0/0 …… じん肺の陰影が認められないもの
- 0/1 …… じん肺の陰影は認められるが、第1型と判定するに至らないもの
- 1/0 …… 第1型と判定するが、標準エックス線写真の“第1型（1/1）”に至っているとは認められないもの
- 1/1 …… 標準エックス線写真の“第1型（1/1）”におおむね一致すると判定されるもの
- 1/2 …… 第1型と判定するが標準エックス線写真の“第1型（1）”よりは数が多いと認められるもの
- 2/1 …… 第2型と判定するが標準エックス線写真の“第2型（2/2）”よりは数が少ないと認められるもの
- 2/2 …… 標準エックス線写真の“第2型（2/2）”におおむね一致すると判定されるもの
- 2/3 …… 第2型と判定するが標準エックス線写真の“第2型（2/2）”よりは数が多いと認められるもの
- 3/2 …… 第3型と判定するが、標準エックス線写真の“第3型（3/3）”よりは数が少ないと認められるもの
- 3/3 …… 標準エックス線写真の“第3型（3/3）”におおむね一致すると判定されるもの
- 3/+ …… 第3型と判定するが、標準エックス線写真の“第3型（3/3）”よりは数が多いと認められるもの

型の区分に当たっては、じん肺の種類に応じ対応する標準エックス線写真を用い、粒状影の密度に応じて区分する。

じん肺健康診断結果証明書には、従来の読影結果との推移を点検すること、疫学的情報を得ること等の目的から、この12階尺度により区分し記載することとし粒状影のタイプについて記載する。

分類	PR0			PR1			PR2			PR3		
細分類	0/-	0/0	0/1	1/0	1/1	1/2	2/1	2/2	2/3	3/2	3/3	3/+

#### （ロ）不整形陰影

不整形陰影は、主に線状、細網状、線維状、網目状、蜂窩状、斑状とよばれている像をいう。1971年ILO U/C分類では、不整形陰影のタイプをs、t、uと分類しているが、じん肺法ではこの区分は採用しない。

型の区分は、不整形陰影の密度に応じて次のように区分する。

- 第1型——両肺野に少数あるもの
- 第2型——両肺野に多数あるもの
- 第3型——両肺野に極めて多数あるもの

型の区分に当たっては標準エックス線写真によることとし、じん肺の種類に応じて対応する標準エックス線写真を用い、不整形陰影の密度に応じて、粒状影と同様に12階尺度を用いて区分する。

じん肺健康診断結果証明書には、粒状影の場合と同様に12階尺度を用いて記載する。

### (ハ) 小陰影の型の区分

粒状影及び不整形陰影の各々については、(イ)及び(ロ)で述べたごとく区分するが、(2)で述べたように、じん肺の엑스線写真には、しばしば両方の陰影が同時に明らかに存在することがある。このような場合の型の区分について、1971年ILO U/C分類では、「複合密度」の概念を示している。しかし、具体的な区分の方法を示すことは困難であるとされている。従って、小陰影を呈する엑스線写真について、じん肺法に定める第1型から第3型までの엑스線写真の区分を行う際には、じん肺の種類に対応する標準엑스線写真を用いて区分を行う。

じん肺健康診断結果証明書への記載に当たっては、粒状影及び不整形陰影の区分のほかに、小陰影の型の区分を12階尺度で記載する。

### ロ. 大陰影の分類

1つの陰影の長径が1cmを超えるものが大陰影であり、その径に従って次のように分類する。

- A — 陰影が1つの場合には、その最大径が1cmを超え5cmまでのもの(図1A)。数個の場合には、個々の影が1cm以上で、その最大径の和が5cmを超えないもの(図1B)。
- B — 陰影が1つ又はそれ以上で、Aを超えており、その面積の和が1側肺野の1/3(右上肺野相当域)を超えないもの(図2)。
- C — 陰影が1つ又はそれ以上で、その面積の和が1側肺野の1/3(右上肺野相当域)を超えるもの(図3)。

じん肺管理区分に係る大陰影の区分は、上記Cに該当するか否かの区分で足りるが、疫学的情報を得る等の目的からA、B、Cの区分を行う。

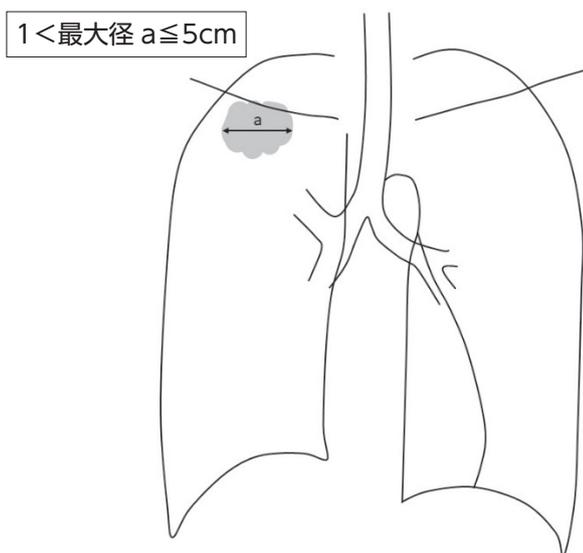


図1A

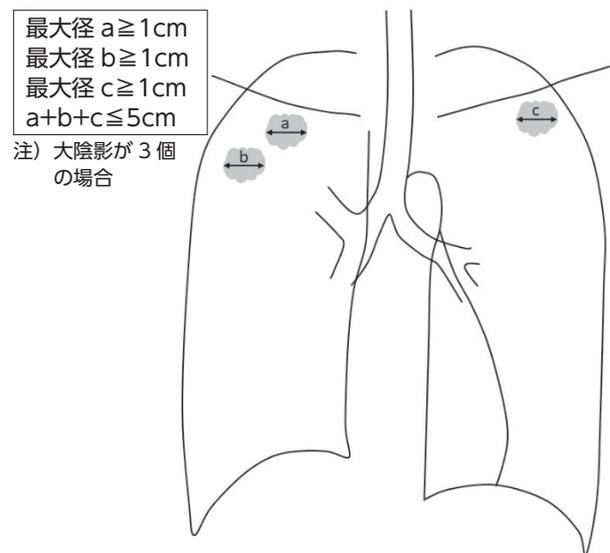


図1B

面積  $a+b+c$   
 $\leq$  一側肺野の  $1/3$   
 (右上肺野相当域)  
 注) 大陰影が 3 個の場合

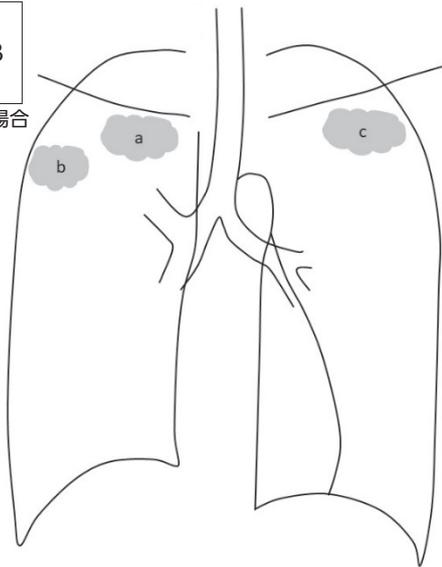


図 2

面積  $a+b+c$   
 $>$  一側肺野の  $1/3$   
 (右上肺野相当域)  
 注) 大陰影が 3 個の場合

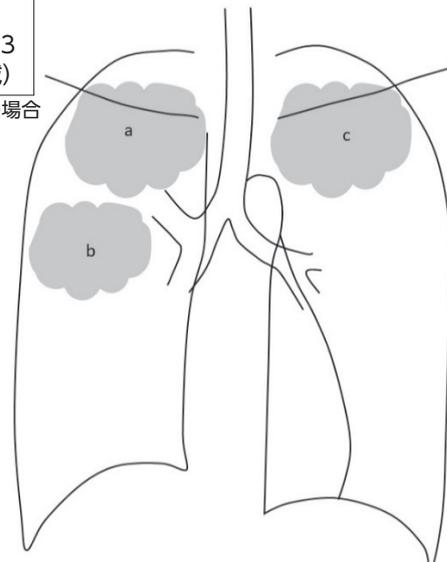


図 3

### ハ. その他の像

口で述べたじん肺エックス線写真の区分のほかに、エックス線写真に現れたじん肺所見以外の所見についても、合併症に関する情報、疫学的情報、保健指導のための資料の収集等の目的から、その所見の有無について読影の際に留意する必要がある。留意すべき所見は次のとおりである (図 4)。

- |                            |       |                          |      |
|----------------------------|-------|--------------------------|------|
| ① 胸膜肥厚等の胸膜の変化<br>(石灰化像を除く) | (pl)  | ⑥ 著明な肺気腫                 | (em) |
| ② 胸膜石灰化像                   | (plc) | ⑦ 肺門又は縦隔リンパ節の卵殻状<br>石灰沈着 | (es) |
| ③ 心臓の大きさ、形状の異常             | (co)  | ⑧ 肺又は胸膜のがん               | (ca) |
| ④ ブラ (のう胞)                 | (bu)  | ⑨ 気胸                     | (px) |
| ⑤ 空洞                       | (cv)  | ⑩ 肺結核                    | (tb) |

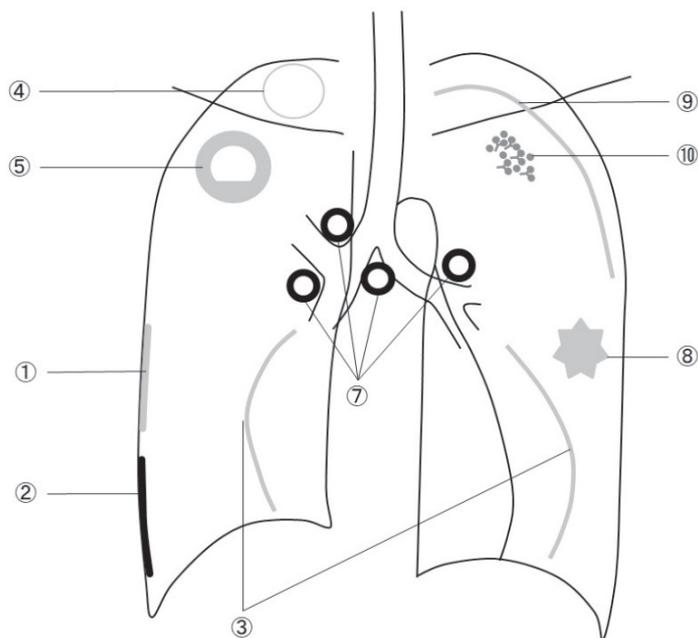


図 4

#### (4) じん肺標準エックス線写真の概略と使用法

近年エックス線写真はデジタル撮影が主流となっていることから、エックス線写真の区分にはじん肺標準エックス線写真集電子媒体版（平成23年3月）を用いることが望ましい。その構成は次表のとおりである。なお、標準エックス線写真については、今後改定される可能性もある為、その際は、最新版を参照されたい。

掲載画像番号	陰影の種類	エックス線写真の型(区分)	性別	年齢	粉じん作業歴	
01	所見なし 粒状影 大陰影	第0型(0/0)	男	33	鉄粉製造	15年
02		第0型(0/0)	男	42	トンネル運搬	15年
03		第0型(0/1)	男	69	耐火レンガ製造	35年
04		第1型(1/0)	男	79	耐火レンガ製造	41年
05		第1型(1/0)	男	58	トンネル掘削	21年
06		第1型(1/1)	男	76	耐火レンガ製造	55年
07		第1型(1/1)	男	69	耐火レンガ製造	43年
08		第2型	男	73	耐火レンガ成形	38年
09		第2型	男	65	石材運搬	39年
10		第3型	男	79	石材掘削	45年
11		第3型	男	66	トンネル掘削	11年
12		第4型(A)	男	71	掘進・採炭・坑内運搬	30年
13		第4型(B)	男	72	トンネル掘削	8年
14		第4型(C)	男	69	採炭・坑内運搬	31年
15	不整形陰影	第0型(0/1)	男	71	石綿吹付	12年
16		第1型(1/0)	男	78	船舶ボイラー補修等	35年
17		第1型(1/1)	男	67	鋳物工場内アーク溶接	38年
18		第2型	男	72	造船溶接	20年
19		第3型	男	66	造船溶接	28年
20	その他の陰影	第2型	男	77	黒鉛取扱	31年
21		第2型	男	73	金属研磨	40年
22		第2型	男	66	い草製品製造	36年
23	粒状影	組み合わせ		第0型、第1型、第2型、第3型		
24	不整形陰影	組み合わせ		第0型、第1型、第2型、第3型		

またじん肺標準エックス線フィルム（増補版、昭和53年）の構成は次表のとおりである。

じん肺の種類	フィルム番号	エックス線写真の型（区分）	性別	年齢	粉じん作業歴	
けい肺	1	第0型（0/0）	男	30	土木工事業・掘削	10年
	2	第0型（0/1）	男	62	金属鉱業・運搬	26年
	3	第0型（0/1）	男	49	製紙業・滑石粉取扱い	15年
	4	第1型（1/0）	男	51	土木工事業・掘削、窯業・タイル製造	16年
	5	第1型（1/1）	男	55	窯業・瓦成型、碎石業・碎石	21年
	6	第1型（1/1）	男	49	窯業・タイル成型	22年
	7	第2型（2/2）	男	67	金属鉱業・選鉱	41年
	8	第3型（3/3）	男	54	金属鉱業・削岩	21年
	9	第4型（A）	男	60	窯業・練瓦積	31年
石綿肺	10	第1型（1/0）	男	56	石綿製品製造業・加工	29年
	11	第1型（1/1）	男	55	石綿製品製造業・加工	32年
	12	第2型（2/2）	男	56	石綿紡績業・原料混合	29年
	13	第2型（2/2）	男	45	石綿製品製造業・加工	17年
	14	第3型（3/3）	男	55	石綿製品製造業・加工	32年
その他のじん肺	15	第1型（1/0）	男	47	炭素製品製造業・活性炭袋詰	7.5年
	16	第1型（1/0）	男	45	造船業・アーク溶接	27年
	17	第1型（1/0）	男	50	造船業・アーク溶接	32年
	18	第1型（1/1）	男	53	石炭鉱業・掘進	28年
	19	第2型（2/2）	男	52	金属鉱業・削岩	13年
	20	第3型（3/3）	女	58	炭素製品製造業・活性炭混炭	6年
	21	第4型（C）	男	56	炭素製品製造業・黒鉛粉砕	24年

フィルム番号	組合せエックス線写真の型
22	けい肺 0型、1型、2型、3型
23	石綿肺 0型、1型、2型、3型

### じん肺標準エックス線写真の使い方

エックス線写真の読影に当たっては、粉じん作業についての職歴調査の結果等により、どの種類のじん肺のエックス線写真を用いるかをまず判断し、各型の標準エックス線写真と対象者のエックス線写真を比較しながら12階尺度を用いて判断する。どこから第1型と判断するかについては、石綿肺とその他のじん肺の場合には第1型の下限（1/0）の写真を用いて判断し、けい肺については、じん肺の所見がないと判断する上限（0/1）の写真と第1型の中央（1/1）の写真とを用いて判断を行う。

## (5) じん肺の合併症・続発症の評価におけるCT検査の有用性

じん肺管理区分決定に際し、CT所見はあくまでも参考までで、単純エックス線写真の所見をもって決定される。しかし、管理区分2以上が疑われ、胸部エックス線写真においてじん肺陰影以外の異常陰影が認められた場合、その陰影を詳細に検討する際に胸部CT検査が有用である。胸部CT検査は、骨、縦隔陰影や既存のじん肺陰影のため胸部エックス線写真では十分に把握できない病巣の情報を得ることができる。以下にそれぞれの合併症・続発症についての留意点を述べる。

### 1. 肺結核

胸部CTは、空洞の有無や微小な粒状影の検出に優れている。病態の把握には過去画像との比較も有力になることが多い。

### 2. 結核性胸膜炎

胸部エックス線写真で描出されない胸水を確認できることがある。自覚症状で胸痛や発熱を認めるが、肺内に肺炎像を認めない場合には結核性胸膜炎の罹患を疑い、必要な検査（胸水中の結核菌検査、細胞診、アデノシンデアミナーゼ測定など）を行う。

### 3. 続発性気管支拡張症、続発性気管支炎

胸部エックス線写真でも気管支拡張がかなり進行した場合には読影しうるが、気管支の形態的变化を確認するためには胸部CTが有用であり、罹患領域における気管支壁肥厚や気管支陰影の円柱状、静脈瘤様、のう胞状拡張が確認できれば、気管支拡張症の診断が可能である。

### 4. 続発性気胸

続発性気胸は、じん肺の進行とともに発生頻度が増加する。じん肺の合併症のなかでも頻度が多く、致死的になる場合もある。一般的には胸部エックス線写真およびその他の所見（突然の胸痛、呼吸困難、呼吸音減弱など）により診断は確定する。しかし、じん肺または肺結核などによる胸膜癒着、大陰影にともなう気腫性嚢胞などにより非典型的な胸部エックス線写真の所見を示し、必ずしも診断を確定しえない場合もある。このような場合には胸部CT検査が有用である。

### 5. 原発性肺がん

2003年4月からじん肺の合併症に原発性肺がんが追加され、年に1回の肺がんに関する検査（肺がん罹患している疑いがないと診断された時以外は、胸部らせんCT検査および喀痰細胞診）の実施が事業者には義務づけられた。

肺がんは気胸とともに頻度が高く、また高度に進行したじん肺例では治療も制限されることが多いことから、早期に診断することが必要である。胸部エックス線写真で、典型的なじん肺の分布とは異なる陰影、新たに生じた陰影、進展の速い陰影などが認められた場合はCT検査が有用である。

## (6) じん肺の鑑別診断におけるCT検査の有用性

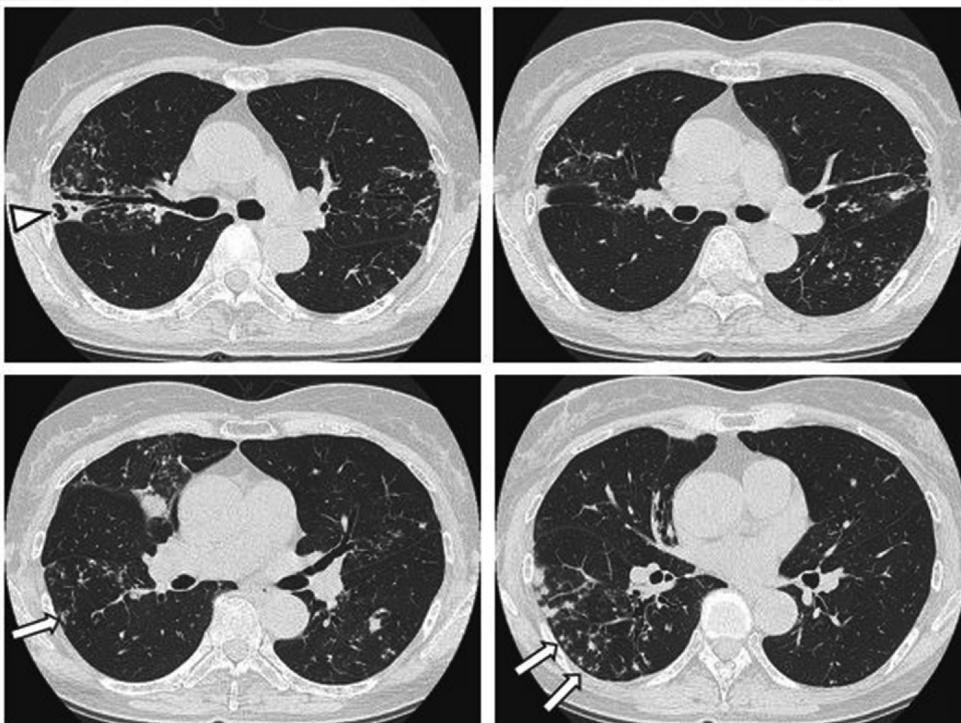
じん肺以外にも胸部エックス線写真にて粒状影を呈する疾患があり、それら鑑別疾患のCT所見を以下に挙げる。

（厚生労働省 労災疾病臨床研究事業費補助金事業「モニターを用いたじん肺画像診断に関する研究」じん肺 画像診断テキストーじん肺を正しく診断するためのポイントーより転載）

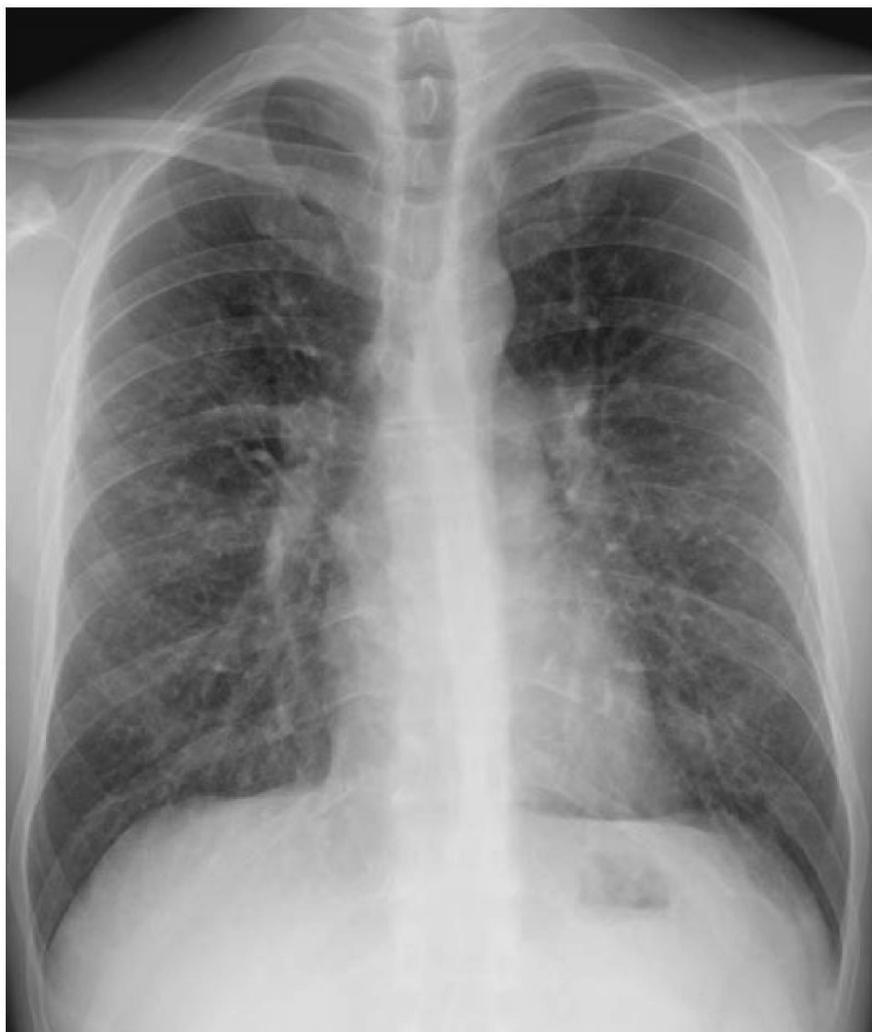
非結核性抗酸菌症（MAC症） ○60歳台 女性 ○鑑別：粒状影 第2型



胸部X線  
右側優位に両側の上中肺野に気管支拡張や壁肥厚が認められ、周囲に粒状影や結節影が認められる（矢印）。

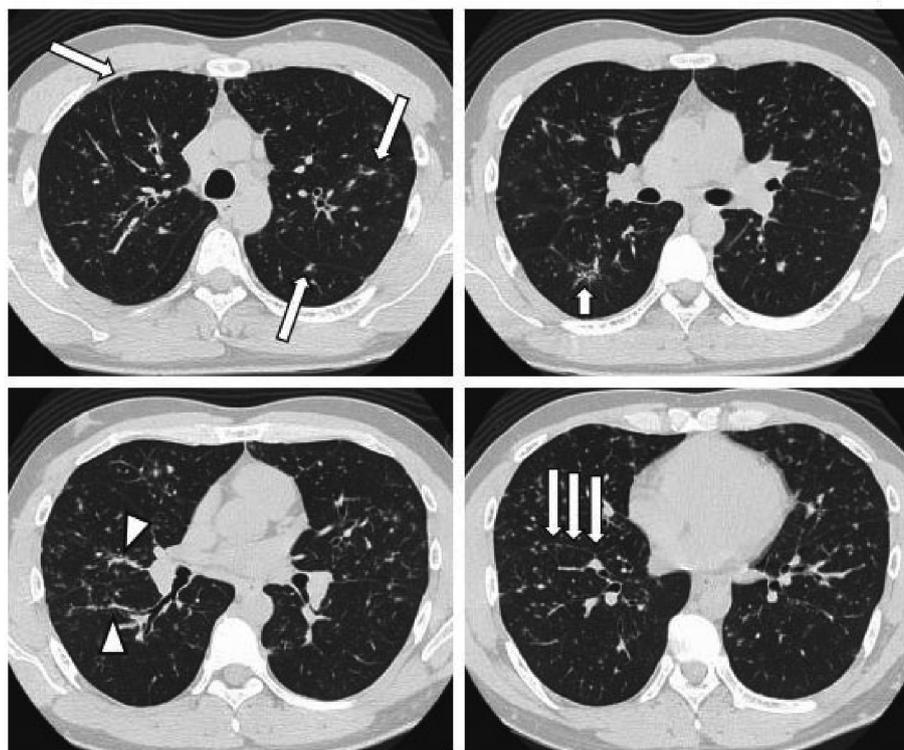


胸部CT  
肺野条件の薄層CTで、中肺野レベル優位に気管支拡張や気管支壁肥厚が認められ、末梢では胸膜と少し離れた小葉中心性粒状影や粒状影が融合した結節が認められる（矢印）。一部には空洞形成を伴う小葉性陰影が認められる（矢頭）。



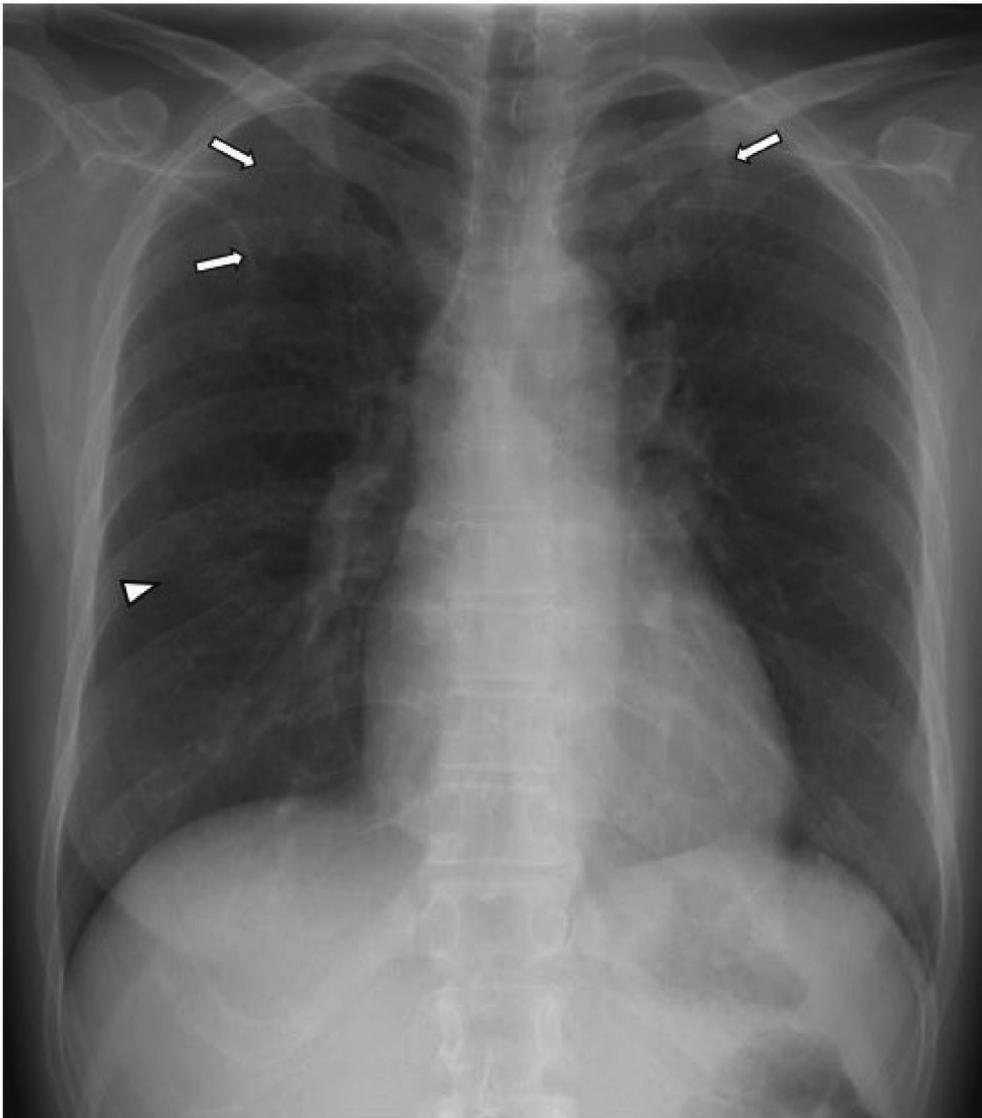
胸部X線

両側肺野にびまん性に粒状影が認められ、背景血管の走行が不明瞭な部分もあり、第3型のけい肺が疑われる。



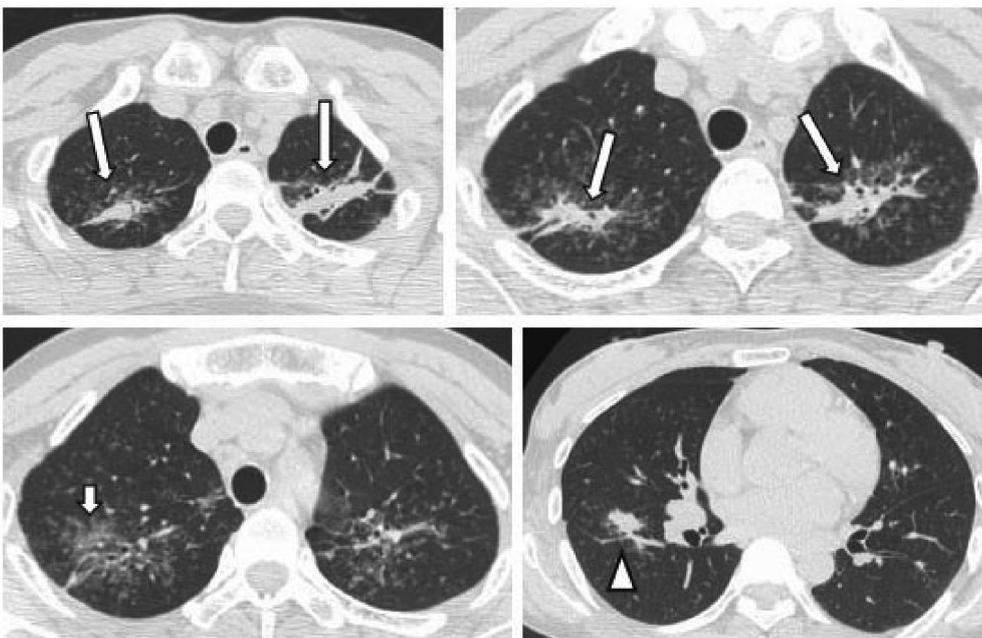
胸部CT

肺野条件の薄層CTで、両側上中肺野レベル主体に、不整形の粒状影、収縮機転を有する結節などがびまん性に認められる。多くは血管構造、胸膜、葉間胸膜に接している(長矢印)。また、気管支血管束の不整な肥厚像も認められ(矢頭)、病変がリンパ路性間質に親和性を有していることが疑われる。不整に粒状影が集簇している所見もみられるが(短矢印)、病変の軽度線維化によって収縮機転を生じている可能性がある。縦隔にリンパ節腫大も観察される。



#### 胸部X線

両側上肺野に比較的境界明瞭な透過性低下領域が認められる(矢印)。右側中肺野にも辺縁不明瞭な限局性の透過性低下領域が認められる(矢頭)。



#### 胸部CT

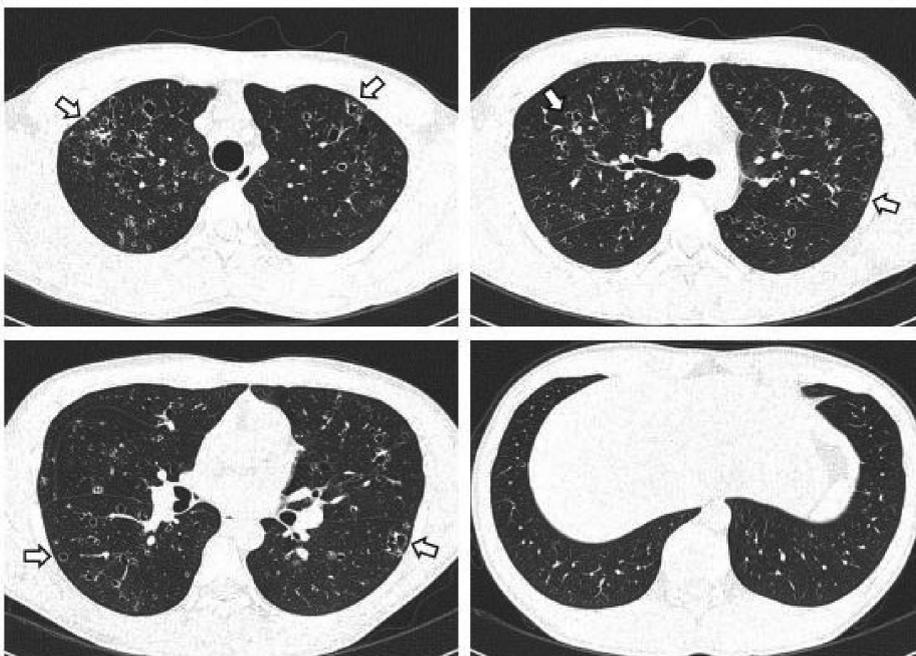
肺野条件の薄層CTで、両側上葉主体に、厚い索状影あるいは扁平な腫瘤様陰影が認められ、その周囲には微細な粒状影が集簇している(長矢印)。病変はひきつれを伴った不整形な形状をしており、ある程度の器質化、線維化を伴っている可能性が高い。尾側の肺にも淡い粒状影の集簇が認められ、多くは血管や気道との関連性が高い(短矢印)。右下葉の葉間胸膜に接しても不整形の腫瘤が認められるが(矢頭)、同部においてもその周囲には微細な粒状影が認められる。粗大陰影が胸部X線で第4型(A)として捉えられる可能性がある。

肺ランゲルハンス細胞組織球症 ○20歳台 男性 ○喫煙歴：不明 ○鑑別：粒状影 第2型



#### 胸部X線

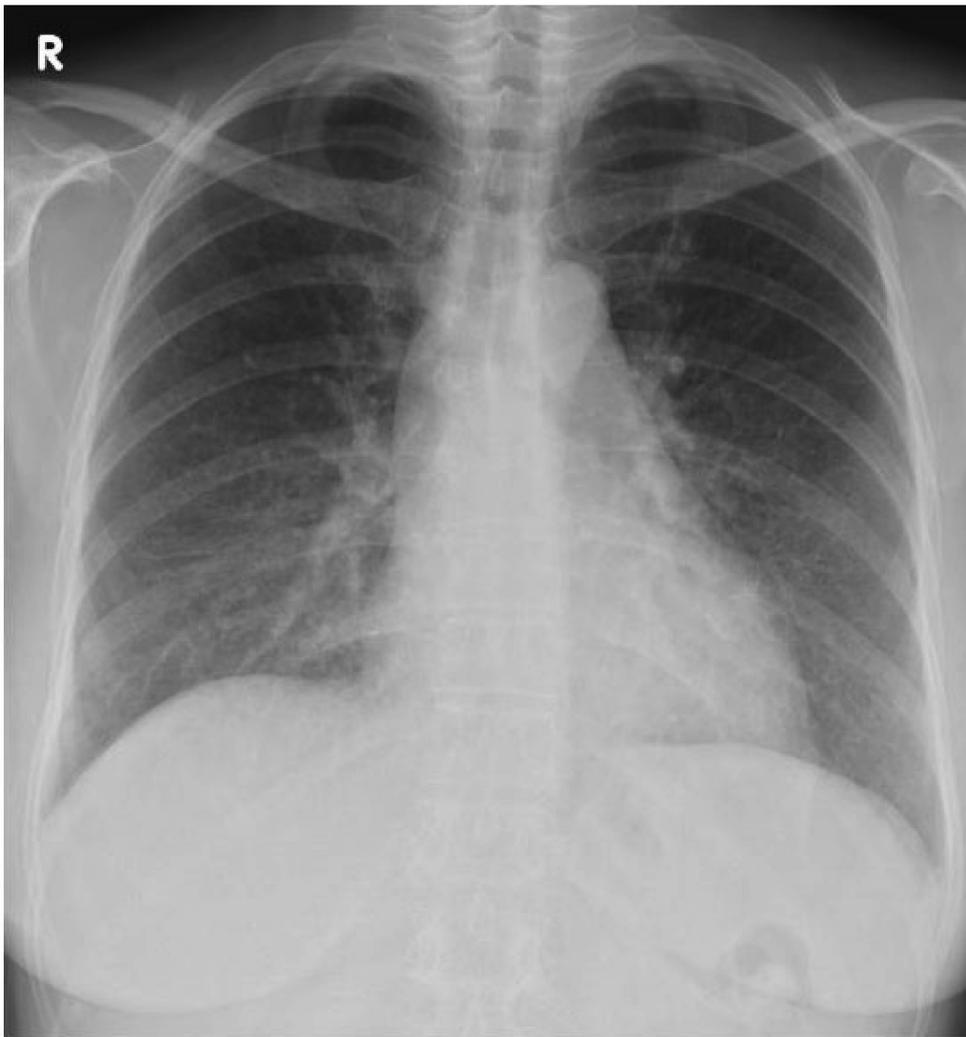
両側上中肺野優位に多数の粒状・結節影が認められる。肋骨横隔膜角部に病変は明らかでない。



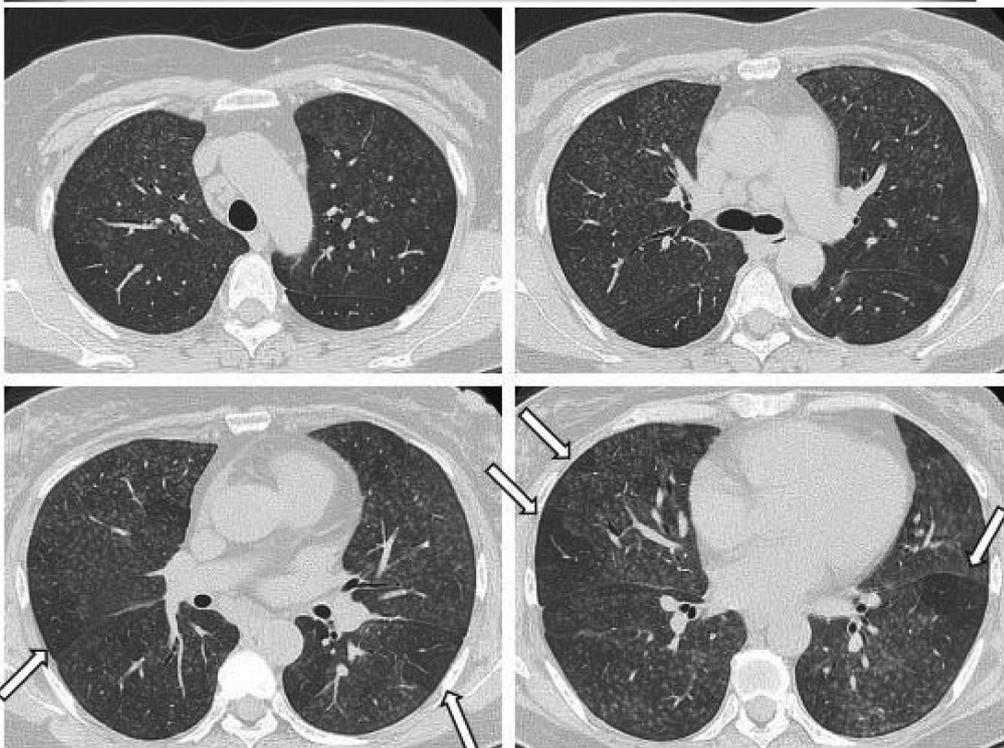
#### 胸部CT

肺野条件の薄層CTで、壁の厚さが不同で歪な形状の嚢胞が多数認められる（矢印）。10mm以下の小結節と空洞性結節の混在も確認される。肺底部には比較的病変が少ない。

非線維化性過敏性肺臓炎 ○50歳台 女性 ○鑑別：溶接工肺、い草染土じん肺



胸部X線  
両側肺野びまん性に境界不明瞭な淡い微細粒状影が多発性に認められる。



胸部CT  
肺野条件の薄層CTで、両側肺びまん性に極めて多数の淡い小葉中心性粒状影が認められる。  
Air trappingによると思われる低吸収域がモザイクパターンとして認められる(矢印)。

#### 【付】 じん肺審査におけるCT検査の位置づけ

じん肺審査におけるCT検査の位置づけは、通常の呼吸器診療と異なっており注意が必要である。

じん肺健康診断に用いる画像はじん肺法第3条にてエックス線写真とされている。従って日常の呼吸器診療においてCTは幅広く利用されているが、じん肺審査においては、CT所見に基づいて、PR分類を決定することは無い。あくまでも胸部エックス線写真をじん肺標準写真と対比して、じん肺のPR分類を決定することになる。ただCT画像をじん肺審査の際に参考とすることを妨げているわけではなく、特にじん肺所見があると総合的に判断する場合に利用して差し支えない。従って、じん肺審査の対象者がCTを撮像されている場合は、必要があれば地方労働局から申請者にCTの提出を依頼し、その所見を参考にしたいうえで、最終的には胸部エックス線写真の所見により、じん肺所見の有無を決定することは可能である。また、管理区分2以上と決定され、経過観察中に胸部エックス線写真においてじん肺陰影以外の異常陰影が認められた場合や臨床所見から合併症が疑われる場合は、その精査として胸部CT検査を積極的に施行すべきである。

## 4. 胸部臨床検査

### (1) じん肺の経過の調査

じん肺所見が初めて確認された時期及びその後のじん肺の経過を詳細に把握することは、健康診断実施時点でのじん肺の病像の的確な把握に不可欠であるとともに、じん肺の進展の程度に応じた適切な健康管理を進めていくうえでも極めて重要である。

粉じん作業に長期間従事している労働者では、初めてじん肺所見が確認された時期を受診者の問診によって正確に把握することが困難な場合が少なくない。また、じん肺のエックス線写真及び肺機能障害の程度を問診によりの確に把握することも困難な場合がある。従って、じん肺の経過の把握に当たっては、じん肺法第14条に基づき事業者が労働者にじん肺管理区分等を通知した書面（様式第5号「じん肺管理区分等通知書」）又は事業者が保存している「じん肺の健康管理の区分の決定通知書」（旧じん肺法によるもの）、「じん肺管理区分決定通知書」（様式第4号）等の書面を参考にするほか、事業場で作成している管理台帳、健康管理個人票等を利用して、できる限り正確に記載する必要がある。

### (2) 既往歴の調査

胸部の疾患の既往についての調査は、じん肺の診断、経過の判断のためのみならず、健康管理のための資料を得る上からも重要である。既往の調査に当たっては、既往の有無、罹患の時期等について調査を行う必要がある。なお、調査は、被検者に直接問診を行うか、あらかじめ、被検者に問診票に記入させて、検査の場面で再確認を行ってもよい。以下、調査の対象とすべき疾患の概略について述べる。

#### イ. 肺結核

肺結核がじん肺における重篤な合併症であることはよく知られている。また、じん肺の予後に悪影響を及ぼす。このため、既往歴の調査に当たっては特に注意を払う必要がある。

#### ロ. 胸膜炎

胸膜炎には結核性のものが多く、一般に経過は良好であるが胸膜胼胝をきたすことがある。このような変化を伴う場合、肺機能に影響を及ぼすことがある。また、胸膜炎の罹患はじん肺の進展等にも影響があるとの指摘もあり、その既往を点検する必要がある。

#### ハ. 気管支炎

じん肺の所見のある者に持続性のせき、たんの症状を訴える者が多いことが多くの調査で知られている。じん肺は気道の慢性炎症性変化を伴っていることは既に述べたとおりであり、このような慢性炎症性変化に細菌感染等が加わると膿性のたんを伴う気管支炎を発症する。このような気管支炎に何回も罹患すると肺の荒廃が進行し、肺機能障害も進行する。このような意味で、慢性的な気管支炎の既往を調査することは重要である。

#### ニ. 気管支拡張症

じん肺には、気管支自体の変化、肺実質の変化等により気管支拡張が起こりやすい。気管支拡張が広範に及ぶと感染をきたしやすくなり、じん肺有所見者の健康保持上からも十分な配慮が必要である。

#### ホ. 気管支喘息

じん肺と喘息とは自覚症として呼吸困難、せき、たんを伴うことから類以している部分もある。喘息における呼吸困難は発作的で、かつ、非発作時には症状が消失することから、典型的な喘息では鑑別は容易

である。

喘息は放置することにより気道のリモデリングを起こし、じん肺の予後、治療に影響を及ぼすことがある。一方、適切な治療により症状が改善し、リモデリングを予防できることから、的確に喘息の存在を把握し、対処しなければならない。そのためには既往歴のみならず、家族歴、気管支拡張剤投与前後の1秒量の変化、呼気中のFeNO、血清IgEや血中あるいは喀痰中の好酸球数により喘息の有無を知る必要がある。

#### へ. 肺気腫

大陰影を伴う進行したじん肺では、気腫性変化を伴ってくる。前述のように、特に石炭じん肺に肺気腫が合併することが指摘されている。一方、肺気腫はじん肺の肺機能障害に及ぼす影響が大きく、かつ、その変化が不可逆的なものである。肺気腫の有無は、このような意味でじん肺の肺機能障害を判断する際に極めて重要である。喫煙は肺気腫の進展に大きな影響を与えるため、判断に際しては喫煙の影響も考慮する必要がある。

#### ト. 心臓疾患

じん肺有所見者の訴える呼吸困難が、実はその患者の心臓疾患に起因していたということがしばしばあり、また、高齢者で冠動脈硬化症、高血圧性心疾患を伴う場合、じん肺と心疾患いずれが主体であるか決め難いことが少なくない。いずれにせよ心疾患患者はじん肺と同様の自覚症を伴うことから、既往歴をよく確かめ、心疾患の有無をできるだけ丹念に調べる必要がある。

### (3) 自覚症状の調査

じん肺では、一般的に画像所見が自覚症状の出現より先行し、当初は無症状であることが多い。しかし、病状の進行に伴って、画像所見は増強し、自覚症状が出現してくる。自覚症状には、じん肺そのものによるものと合併症によるものがある。また、自覚症状の内容や発現する時期と頻度が個々のじん肺患者によって異なる場合もある。そのため、じん肺に伴う症状を正しく聴取することは、じん肺の進行度の評価のみならず、合併症の診断や鑑別診断のためにも重要である。

#### イ. 呼吸困難

呼吸困難はじん肺の自覚症状として最も重要であり、多くのじん肺患者が最初に自覚する症状である。じん肺の進行例では日常生活に最も影響を与える症状である。そのため、じん肺患者における呼吸困難の程度を正確に把握することは、じん肺による肺機能障害の程度を客観的に判定するうえで重要である。一方、じん肺患者の高齢化に伴い、じん肺以外の疾患（例えば心不全、腎不全、貧血など）でも呼吸困難を訴えることに留意する。

呼吸困難の程度の判定に際しては、過去に頻用されたFletcher, Hugh-Jones分類に基づいて以下のように区分する。なお、呼吸困難が第Ⅲ度以上は2次検査の対象になる。

第Ⅰ度：同年齢の健康者と同様に仕事ができ、歩行、登山あるいは階段の昇降も健康者と同様に可能である。

第Ⅱ度：同年齢の健康者と同様に歩くことに支障ないが、坂や階段は同様に昇れない者

第Ⅲ度：平地でも健康者なみに歩くことができないが、自己のペースでなら1Km以上歩ける者

第Ⅳ度：50m以上歩くのに一休みしなければ歩けない者

第Ⅴ度：話したり、着物を脱ぐのにも息切れがして、そのため屋外に出られない者

## \* 距離は参考程度

呼吸困難は、じん肺の肺機能障害を判断するうえで重要であり、被検者から正確に聴き取る必要がある。聴き取りにあたっては問診票（60ページ）を用いる。問診票は、検査の場面で問診票に記載された方法により直接被検者から聴き取ってもよいし、あらかじめ被検者に記入させて、検査の場面で再確認を行ってもよい。

判定は問診票の記載に基づいて次のように行う。

第Ⅰ度——“息切れを感じない”、又は、①に“できる”

第Ⅱ度——①に“できない”、②に“歩ける”

第Ⅲ度——②に“歩けない”、③に“歩ける”、又は、③に“歩けない”、④に“歩ける”

第Ⅳ度——④に“歩けない”、⑤に“できる”

第Ⅴ度——⑤に“できない”

なお、現在、我が国や欧米では修正MRC（modified Medical Research Council；mMRC）息切れスケールが広く使われているが、じん肺健康診断で用いる呼吸困難分類とは異なる。両者で判定の基準が異なるだけでなく、じん肺健康診断で使用する呼吸困難分類では第Ⅰ度から、修正MRC息切れスケールでは0度から始まっていることに留意すること。

## ロ. せきとたん

じん肺は基本的に肺実質の線維性変化であるため、典型的なけい肺や石綿肺では、喀痰喀出は見られないこともある。一方、画像変化を伴うような炭鉱夫肺患者や慢性的な気道炎症を合併したじん肺患者では、せきやたんの喀出がみられる。またこれには喫煙歴も影響する。慢性的なせき、たんの症状を把握するための調査方法として以前からよく用いられている方法は、BMRC（British Medical Research Council）の呼吸器症状についての問診票を用いた方法である。この方法では、せき又はたんの有症者を、「1年のうち3か月以上毎日のようにせき又はたんがあり、2冬以上にわたるもの」としている。じん肺における気道の慢性炎症性変化の把握のためには、上記の定義を勘案して「1年のうち3か月以上毎日のようにせきとたんがある」ことを最低限把握する必要がある。

症状の把握に当たっては、呼吸器症状の調査の際に通常用いられているような問診票をもとにして行う必要がある。問診票への記載は、原則として検査の場面で被検者に質問をしてその結果を記入する。あらかじめ被検者に問診票を渡して記入させた場合でも、検査の場面では必ずチェックする必要がある。

このような方法でせき及びたんの症状があつて、かつ、たんの量が多く膿性である場合には「続発性気管支炎」の罹患を疑う必要がある。

一方、気管支拡張症や肺がんを合併した場合には、血痰がみられることがあり、血痰の有無についても聴取することが望ましい。

## ハ. 心悸亢進

じん肺が進行して肺機能障害が進行すると、肺高血圧を呈し、この結果右心負荷がかかり、肺性心となる。この状態になると、特に労作時に動悸が出現し、心悸亢進を訴えるようになる。心悸亢進をしばしば呼吸困難と誤って表現することがあるため、両者を区別して聴取する必要がある。

## ニ. その他の症状

じん肺では、気胸発症時や肺がん併発時などに胸痛を訴えることがある。また、気管支炎の合併や結核の合併では熱感や盗汗を訴えることがある。これらの心呼吸器系の自覚症状についても、合併症の罹患を念頭に検査の場面で聴き取りを行う。

## ホ. 喫煙歴の調査

喫煙はじん肺の罹患や進展と関連すると言われている。したがって、何歳から1日何本を何歳まで喫煙したか、また現在も喫煙しているか否かについて聞き取りして記録しておくことも重要であり、具体的には問診票を用いて調査を行う。また、じん肺診断書においても記載するように変更されている。

## (4) 他覚所見の検査

### イ. チアノーゼ

じん肺の進行に伴って肺機能障害が進行し、低酸素血症が生じるようになると、毛細血管の還元ヘモグロビン量が増加し、口唇などにチアノーゼを認めることがある。貧血で全ヘモグロビン量が低下している場合は、低酸素血症があってもチアノーゼは出にくいので注意を要する。

### ロ. ばち状指

呼吸機能障害が長期間持続した際に、指の先端が太鼓のばち状に太くなることがある。一般的にじん肺ではばち状指は出現しにくいと言われているが、肺がんの合併例でも認められることがあるため、出現時には肺がんの合併に注意が必要である。

## ハ. 副雑音

じん肺の進展に伴って呼吸音の減弱等の呼吸音の異常、水泡音や捻髪音等の副雑音が聴取されることがある。

石綿肺では、その早期から両肺底部に捻髪音が聴取されることが特徴であり、石綿ばく露労働者については特に注意を払う必要がある。

【付】問診票

氏名 (男・女) 生年月日 昭和 年 月 日 ( ) 才  
 記入 昭和 年 月 日  
 大正  
 平成

1. 次の病気にかかったり、かかっているとされたことがありますか？（はい、いいえのいずれかの□に✓の印をつけて下さい。）

- |             | はい                       | いいえ                      |
|-------------|--------------------------|--------------------------|
| ① 肺結核       | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| ② 胸膜炎（ろく膜炎） | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| ③ 慢性の気管支炎   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| ④ 気管支拡張症    | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| ⑤ 気管支喘息     | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| ⑥ 肺気腫       | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| ⑦ 心臓の病気     | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| ⑧ その他の胸部の病気 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

2. 「呼吸困難（息切れ）」について次の質問の「感じる」「感じない」のいずれかの□に✓印をつけて、「感じる」と答えた人は次の質問に移って下さい。

階段をのぼったり、ゆるやかな坂をのぼる時に息切れを感じますか？

感じる	<input type="checkbox"/>	感じない	<input type="checkbox"/>
			(ここで終了)

→ その程度はどの程度ですか？ 矢印に従って答えて下さい。

(「ここで終了」になる人は次の質問に進まなくて結構です。)

① 息切れを感じないで同年齢の健康な人と同じように仕事をしたり、坂や階段を登れますか？

できる	<input type="checkbox"/>	できない	<input type="checkbox"/>
	(ここで終了)		

② 同年齢の健康な人と同じように息切れを感じないで平らなところを歩くことができますか？

歩ける	<input type="checkbox"/>	歩けない	<input type="checkbox"/>
	(ここで終了)		

③平らなところを自分のペースでなら1Km以上休まずに  
続けて歩くことができますか？

歩ける  歩けない   
(ここで終り)

④息切れのために途中で休まずに平らなところを50m  
以上歩くことができますか？

歩ける  歩けない   
(ここで終り)

⑤話をしたり、衣報を脱ぐのにも息切れがし、息切れの  
ために外出することができませんか？

できる  できない

3. 「せき」についての次の質問のはい、いいえのいずれかの□に✓印をつけて下さい。

(「はい」の場合には矢印に従って次の質問に移って下さい。)

①冬に、朝起きると、いつも、すぐせきがでますか？

はい  いいえ

②そのようなせきは週5日以上でますか？

③冬に昼間や夜、よくせきがでますか？

④そのようなせきは1日7回以上、週5日以上でますか？

⑤このようなせきは、年に3か月以上続けて毎日のように  
でますか？

4. 「たん」についての次の質問のはい、いいえのいずれかの□に✓印をつけて下さい。

(「はい」の場合には矢印に従って次の質問に移って下さい。)

①冬に、朝起きると、いつもすぐ、たんがでますか？

はい  いいえ

②その様なたんは週5日以上でますか？

③冬に昼間や夜、よくたんがでますか？

④そのようなたんは1日2回以上、週5日以上でますか？

⑤このようなたんは、年に3か月以上続けて、毎日のように  
にでますか？

5. 動悸についての次の質問のはい、いいえのいずれかの□に✓印をつけて下さい。

	はい	いいえ
最近歩いたりすると動悸がしますか？	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

6. 喫煙について次の質問の①と②についてははい、いいえのいずれかの□に✓印をつけて下さい。  
(「はい」の場合には矢印に従って次の質問に移って下さい。)

	はい	いいえ
①今までにたばこを吸ったことがありますか？	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
↓		
②現在たばこを吸っていますか？	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
↓		
③何才の頃から吸いはじめましたか？		( )才頃から
↓		
④一日何本くらい吸いますか？		
├ 10本未満	<input type="checkbox"/>	
├ 10本～19本	<input type="checkbox"/>	
└ 20本以上	<input type="checkbox"/>	

## 5. 肺機能検査

### (1) 肺機能検査の体系 (図1)

じん肺の所見があると認められた者（エックス線写真像で一側肺野の1/3を超える大陰影があると認められた者を除く）のじん肺管理区分の決定に当たっては、じん肺による肺機能障害が著しいか否かを判断する必要がある。そのため、じん肺法においては、じん肺にかかっているか又はその疑いのある者で胸部エックス線撮影検査と胸部臨床検査により合併症に罹患している疑いのない者及び合併症に関する検査で療養を要する合併症に罹患していないと診断された者を対象に肺機能検査を行うこととされている。

肺機能検査は、1次検査と2次検査に分けて行う。

※1次検査では、スパイロメトリーによる検査を行い、パーセント肺活量（%VC）及び1秒率（FEV<sub>1</sub>/FVC）、パーセント1秒量（%FEV<sub>1</sub>）を求める。

2次検査では、動脈血ガスを測定する検査を行い、動脈血酸素分圧（PaO<sub>2</sub>）及び動脈血炭酸ガス分圧（PaCO<sub>2</sub>）を測定し、これらの結果から肺泡気・動脈血酸素分圧較差（AaDo<sub>2</sub>）を求める。

2次検査は、次のいずれかに該当する者に対して行う。

- ① 自覚症状、他覚所見等から1次検査の実施が困難と判断された者
- ② 1次検査の結果等から“著しい肺機能障害がある”と判定されないもので、下記のいずれかに該当する者
  - a) %肺活量が60%以上で80%未満の場合
  - b) 1秒率が70%未満かつ%1秒量が50%以上で80%未満
  - c) 呼吸困難度第Ⅲ度以上

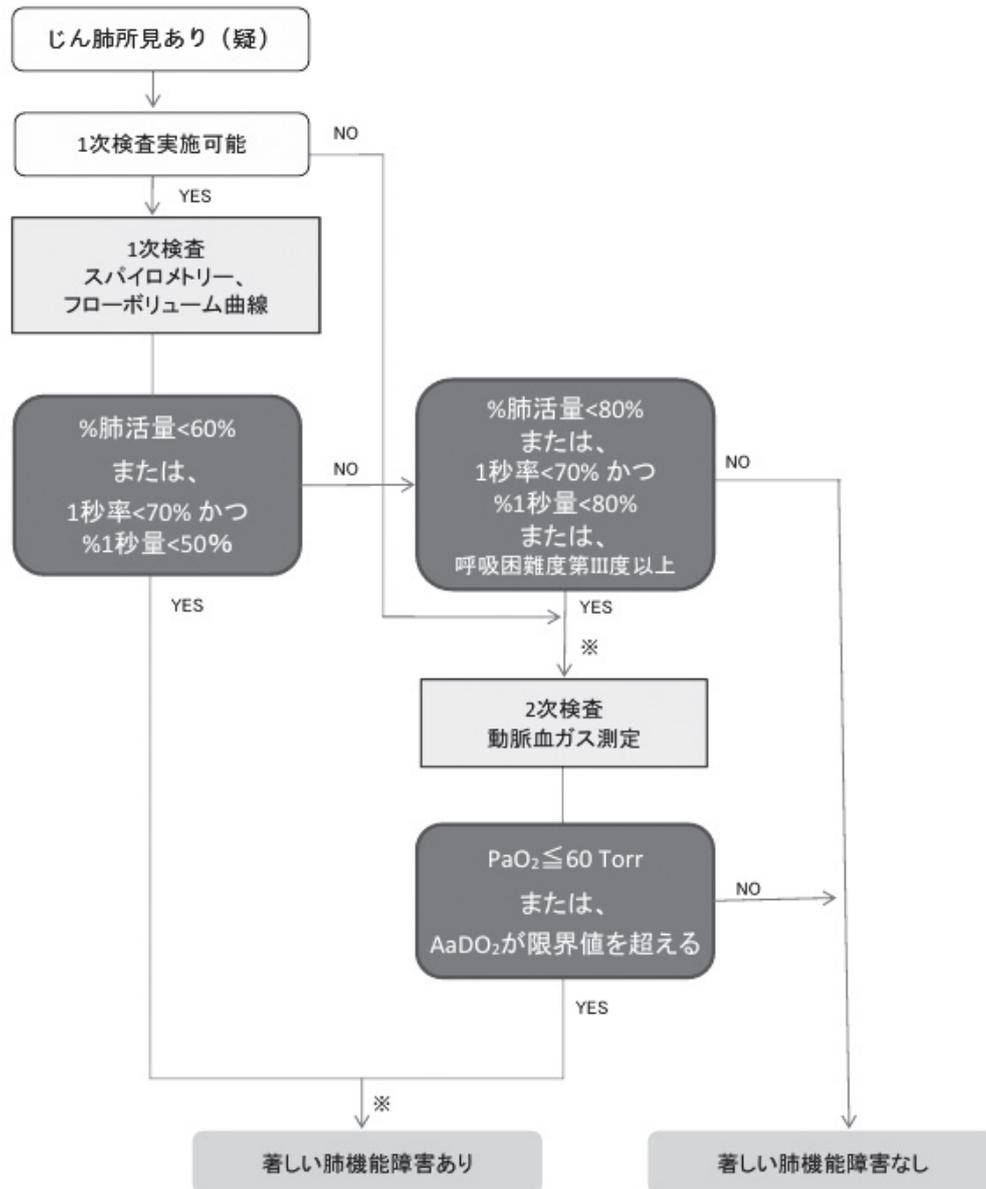
### (2) 1次検査の内容と方法

#### イ. スパイログラム

肺内気量の変化を口から出入りする気量で表し、気量を縦軸に、時間を横軸にとって表現した曲線をスパイログラムと呼ぶ。スパイログラムに基づく検査をスパイロメトリー、スパイロメトリーのための機器をスパイロメータという。（日本呼吸器学会「呼吸機能検査ハンドブック」参照）。

#### ロ. スパイロメータの種類

スパイロメータには直接換気量を測定する気量型と、気流量を積分して計算する気流型の2種類がある。どちらのタイプの機器を用いてもよいが、適切な保守管理と測定に際しての注意を怠ってはならない。



\* 肺機能検査の結果及び2次検査の実施の判定に当たっては、肺機能検査によって得られた数値をアにおいて示した判定基準に機械的にあてはめて判定することなく、粉じん作業の職歴、エックス線写真像、既往歴及び過去の健康診断の結果、自覚症状及び臨床所見、その他の検査等を含めて総合的に判断すること。過去には、例えば、%VC、%FEV1、呼吸困難度等が基準を満たさない例について、胸部写真等も踏まえて2次検査を行った事例もある。

\* 合併症にかかっている場合は肺機能検査を免除されていることに留意すること。

\* 喘息や心不全の急性増悪時に肺機能検査を行い、じん肺による肺機能障害かどうか評価が難しい例がみられることから、肺機能検査を行うに当たっては、検査を実施するタイミングに留意すること。

(昭和53年4月28日付け基発第250号「改正じん肺法の施行について」(最終改正平成23年3月31日))

図1. 肺機能検査のフローチャート

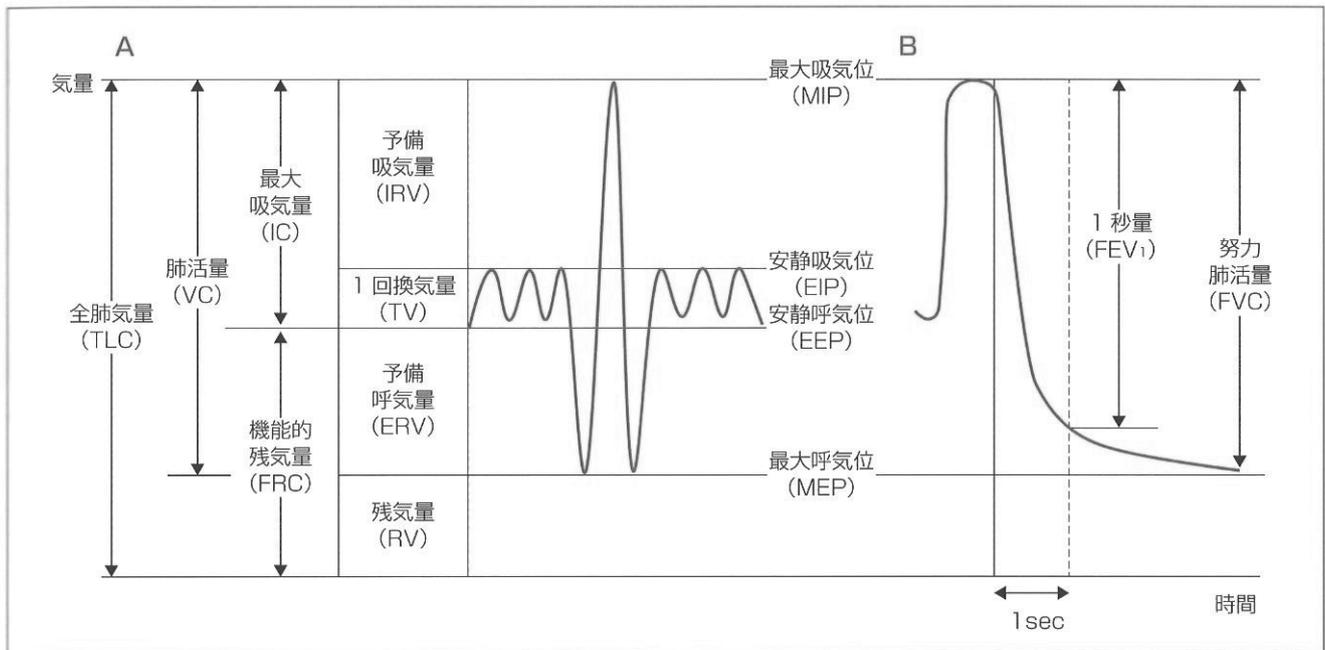
じん肺法における肺機能検査及び検査結果の判定等について：中央労働災害防止協会 安全衛生情報センター 平成22年6月28日

<https://www.jaish.gr.jp/anzen/hor/hombun/hor1-51/hor1-51-26-1-0.htm>別紙より引用、一部改変

## ハ. 測定指標

肺活量 (VC) は、ゆっくりとした呼吸での最大呼気位と最大吸気位間の肺気量変化のこと (図 2)。それに対して最大吸気位からできるだけ早く最大努力呼気をさせて得られるスパイログラムを努力呼気曲線 (Tiffeneau 曲線) の最大吸気位から最大呼気位間の肺気量変化を、努力性肺活量 (FVC) という (図 2)。努力呼気開始から 1 秒間の呼出肺気量である 1 秒量 ( $FEV_1$ ) は気流制限の指標として用いる。閉塞性換気障害の診断の指標として一秒率 ( $FEV_1/FVC$ ) が用いられる。予測値に対する肺活量や 1 秒量の割合をそれぞれ対標準肺活量 (%VC)、対標準 1 秒量 (% $FEV_1$ ) とし、その重症度判定の指標として用いる。

FVCの測定において、気流量 (flow) と肺気量 (volume) の関係を記録したものをフローボリューム (F-V) 曲線と呼ぶ (図 3)。気流は気量の時間に対する微分値であるので、時間—気量曲線において各肺気量における傾き ( $\Delta V / \Delta t$ ) を求めればF-V曲線が得られる (図 4)。F-V曲線は閉塞性換気障害や拘束性換気障害などの疾患においてそれぞれの疾患に特徴的な形を呈する。肺疾患の診断に有用であるとともに、実際の測定時にリアルタイムに見ながら行うガイドとしても有用である。



A: 緩徐な換気で測定した場合 (VC 手技)。

B: 努力換気で測定した場合 (FVC 手技) (Tiffeneau 曲線)。

縦軸は気量 (volume)、下方方向が呼気側、上方方向が吸気側を表す。横軸は時間軸であるが A と B では時間軸のスケールが異なる。

図 2. スパイログラムと肺気量分画

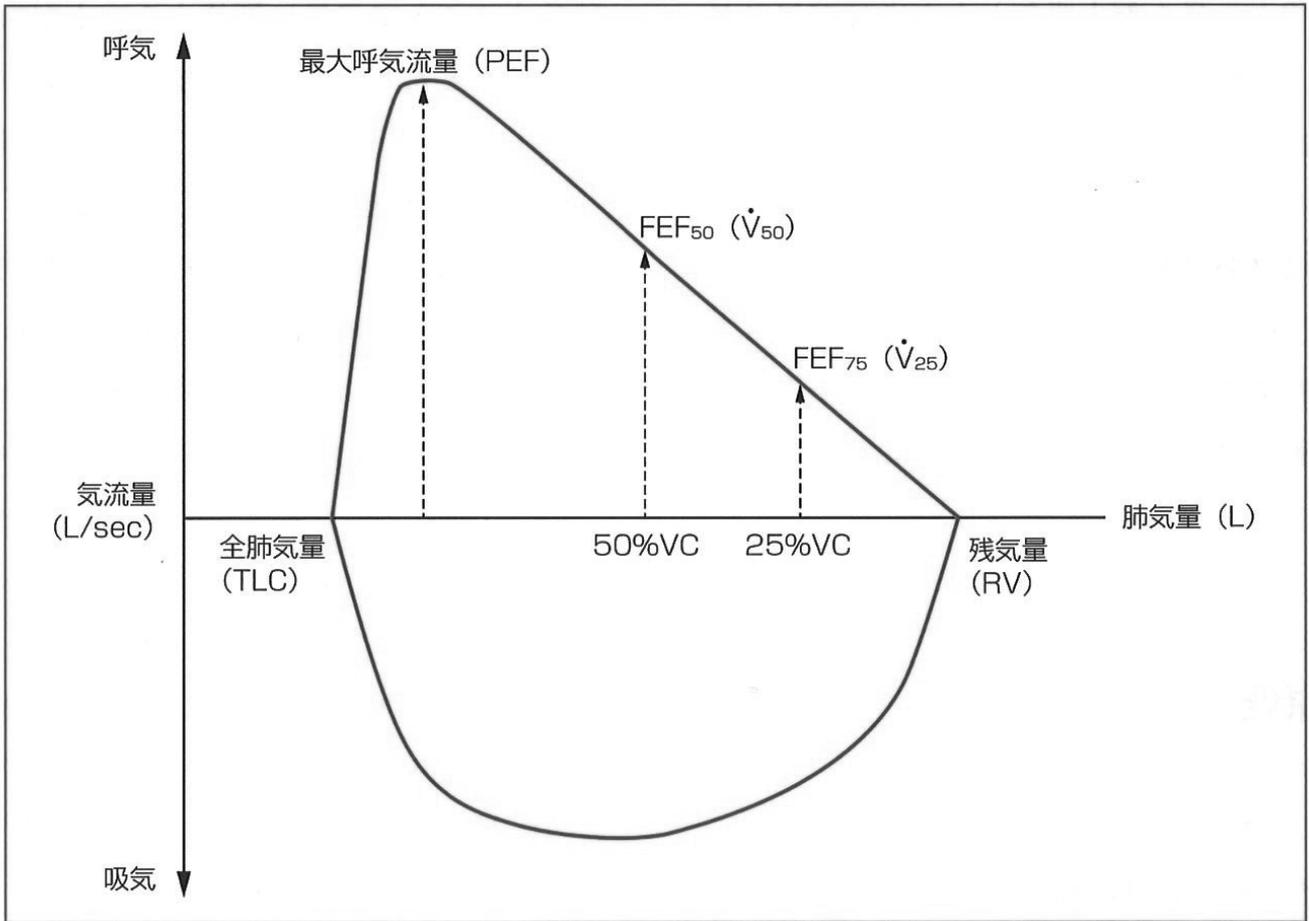


図 3. F-V 曲線

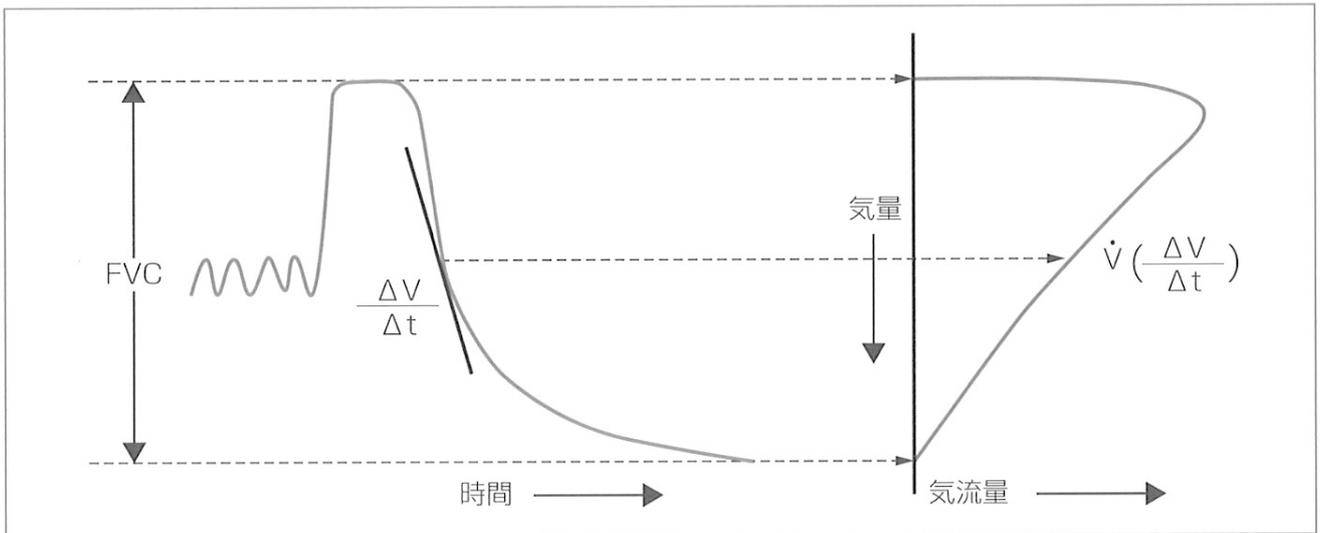


図 4. スパイログラム (時間—気量曲線) と F-V 曲線の関係

## 二. 検査の実際

### (イ) 測定前の準備

- ① [機器動作の確認] 検査室は快適な温度に保ち、検査を開始する前に機器のウォーミングアップ、較正と精度確認を行っておく。
- ② [被験者情報の収集] 相対的禁忌項目（表1）に該当しないことを確認する。被験者の全身状態（体調、耳の聞こえ方、目の見え方など）を観察し、性別、年齢、身長、体重など基本情報を機器に入力する。
- ③ [目的の説明と呼吸方法の指導] 検者は被験者に検査の目的や重要性を分かりやすく説明して理解させたのち、測定時の呼吸方法を指導する。FVC測定では検者自身が実際に努力呼吸を行ってみせる。
- ④ [測定体位と姿勢] 座位または立位で測定を行う。立位で行う場合には安全性を考慮し、すぐに座ることができるように椅子を用意しておく。きつい着衣（襟、ネクタイ、ベルト、下着など）は緩めさせ、椅子には深く腰掛け、背筋を伸ばし、肩に力が入らないようリラックスした姿勢をとってもらう。

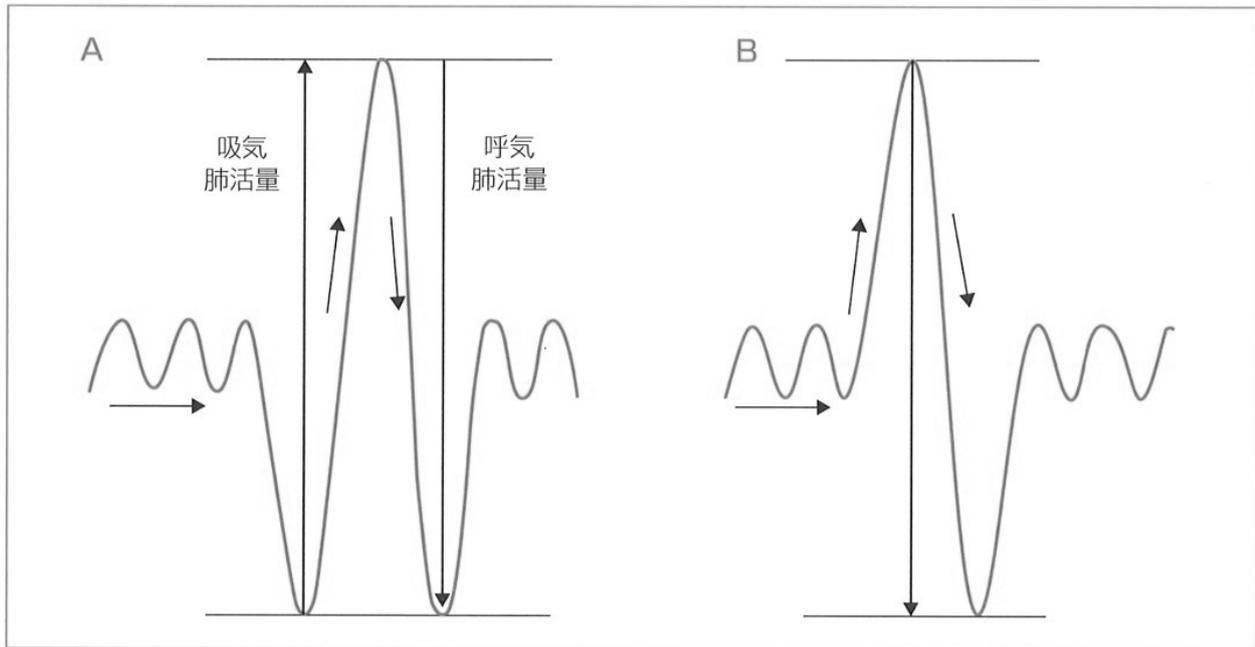
表1. スパイロメトリーの相対的禁忌

循環器への負担 血圧の変動	① 1週間以内の急性心筋梗塞 ② 低血圧、重症高血圧 ③ 重症不整脈 ④ 非代償性心不全 ⑤ 急性肺性心 ⑥ 臨床的に不安定な肺塞栓症 ⑦ 咳嗽失神の既往
頭蓋内圧・眼圧上昇	① 脳動脈瘤 ② 4週間以内の脳手術 ③ 継続する症状を伴う脳震盪 ④ 1週間以内の眼科手術
副鼻腔・中耳圧上昇	① 1週間以内の副鼻腔手術または感染 ② 1週間以内の中耳手術または感染
胸腔内圧・腹圧上昇	① 気胸 ② 4週間以内の胸部手術 ③ 4週間以内の腹部手術 ④ 妊娠後期
感染制御	① 結核を含む伝染性感染症の疑い ② 血痰、多量の分泌物、口腔内病変など

- ⑤ [マウスピース] 円筒状のディスプレイマウスピースか、つば付のシリコン製マウスピースを使用する。高齢者や顔面麻痺のある被験者など漏れが生じやすい場合は後者を用いる。マウスピースをくわえさせ、ノーズクリップをつける。マウスピースからの空気漏れがないことを確認し、それぞれの検査を開始する。
- ⑥ [フィルタ] 被験者間の感染を予防し、装置の汚染を防止するために、排出される唾液や喀痰などの汚染飛沫を除去する機能を有するディスプレイマウスピースを被験者毎に単回使用する。

### (ロ) 肺活量 (VC) の測定

VCの測定は、安静呼吸からゆっくりとした呼吸で最大呼気、最大吸気、最大呼気を行う。結果的に吸気肺活量のあとに呼気肺活量を測定することになり、これが標準法となっている（図5）。標準法では妥当なVC測定が得られない低肺機能などの被験者には、安静呼気から最大吸気、最大呼気を行う呼気肺活量をもって肺活量とする。標準法では吸気肺活量と呼気肺活量のうち大きいほうをVCとする。



A：標準法。吸気肺活量のあとに呼気肺活量を測定する。

B：標準法では妥当な肺活量測定が得られない被験者に行う。安静呼気から最大吸気，最大呼気を行う。

図5. 肺活量の測定方法

- ① [測定方法] スパイログラムをモニターしながら測定する。安定した安静呼吸を得ることは安静呼気位の正確な判定に重要である。少なくとも3回以上の安定した安静呼吸をさせる。安定した呼気位を視認し、次に、安静呼吸と同じスピードで最大呼気位まで呼出させる。最大呼出のプラトーに達したら、最大吸気位まで吸入させる。最大吸気のプラトーに達したら、再び最大呼出させプラトーを確認し、吸気させて測定終了とする。
- ② [妥当性の確認] 測定後、モニター上のスパイログラムで、1) 安静呼気位が安定していること、2) 最大呼気位と最大吸気位のプラトーが確認できること、3) 吸気肺活量と呼気肺活量がほぼ同じであることを確認できれば妥当な結果と判断する（閉塞性換気障害では吸気肺活量>呼気肺活量となる場合がある）（表2）。測定結果が妥当でなければ、良くない点を被験者にわかるように十分説明し、もう一度検査を行う。
- ③ [再現性の確認と結果の解釈] 妥当な2回以上の測定結果で再現性を判断する。最大のVCと2番目に大きいVCの差が0.15Lおよび最大VCの10%以下であれば再現性があると判断する（表2）。VCが最大値を示したスパイログラムを採択する。差が0.15Lあるいは最大VCの10%いずれか小さい値を超える場合は検査を繰り返す。最大8回まで実施しても再現性が得られない場合は、妥当な測定結果のうち肺活量が最大のものを採択し、報告書に理由を記載する。

表 2. 肺活量測定の妥当性・再現性と採択基準

	基準
妥当性	モニター上のスパイログラムで以下を確認する ①安静呼気位が安定 ②最大呼気位と最大吸気位のプラトーが確認できる ③IVC ≒ EVC
再現性	妥当な 2 回以上の測定結果で再現性を判断する 最大VCと 2 番目に大きいVCの差が0.15L以下および最大VCの10%以下
採択	最大のVCを示した測定結果を採択する

### (ハ) 努力肺活量 (FVC) の測定

1 回の検査で努力呼気曲線と F-V 曲線は同時に得られる。測定時は F-V 曲線をモニターしながら検査を実施する。

- ① [測定方法] 安静呼吸が安定したのち、安静呼気位から最大吸気位まで迅速に吸気を行わせ、2 秒以内に最大限の力で一気に努力呼気をさせて最大呼気位まで呼出させる。呼気終了後、最大限の力で一気に努力吸気をさせて最大吸気位まで吸気させて測定を終了する。努力呼気終了で測定を終了することが多いが、2019年の米国胸部学会 (ATS) / 欧州呼吸器学会 (ERS) ステートメントでは、努力呼気終了後に努力吸気肺活量 (FIVC) を測定することを推奨している。

努力呼気時は最低 6 秒以上呼気努力を続けるよう声をかけ、最低 2 秒以上呼気量が変化しないことを確認して測定終了とする (VC を測定している場合は、VC を呼出量の目安として声をかけを行う)。健常者では呼気時間が 6 秒あればほとんど十分であるが、閉塞性換気障害患者では、努力呼気終末で多大な呼気努力を要し、しかも呼気時間が著明に延長する。そのため、呼気排出時間がわずかつ持続している場合は 15 秒を超えたら努力呼気を終了とする。努力呼気時は被験者の状態に十分注意を払う。

- ② [妥当性の確認] 測定終了後、表 3 に示す 1) F-V 曲線のパターンが良好、2) 呼気開始が良好、3) 十分な呼気、4) FIVC と FVC の差が小さい、の 4 つ (FIVC 未測定時は a~c の 3 つ) を満たせば妥当性があると判断する。
- ③ [再現性の確認と結果の採択] 再現性の確認のため最低 3 回の測定を行う必要があるが、1 度の検査では最大 8 回までにとどめる。最良の 3 回分の記録を保存する。妥当な測定結果 3 回の

表 3. 努力肺活量測定の妥当性・再現性と採択基準

	基準
妥当性	① F-V 曲線のパターンが良好 ・最大吸気、呼気開始、ピーク、最大呼気努力の確認が得られている ・アーチファクト (咳や声出しなど) がない ② 呼気開始が良好 ・外挿気量が 0.10L あるいは FVC の 5% のいずれか大きい値より少ない ③ 十分な呼気 ・呼気プラトー (最低 1 秒以上呼気量の変化が 0.025L 未満) の確認 ・プラトーにならない場合は呼気時間が 15 秒以上 ④ FIVC と FVC の差が小さい ・ FIVC-FVC が 0.10L あるいは FVC の 5% のいずれか大きい値より少ない
再現性	① 妥当な測定結果 3 回の F-V 曲線のパターンを比較 ② 最大の FVC と 2 番目に大きい FVC の差が 0.15L 以下 ③ 最大の FEV <sub>1</sub> と 2 番目に大きい FEV <sub>1</sub> の差が 0.15L 以下
採択	ピーク到達までの呼気量が少なく、ピークフローが大きい、呼気努力の最も良好な曲線の測定を採択 (FVC と FEV <sub>1</sub> との和がより大きいことも参考にする)

F-V曲線のパターンを比較する。最大努力をした結果では、ほぼ同じ曲線パターンとなる。最大のFVCと2番目に大きいFVCの差が0.15L以下であれば再現性があると判断する(表3)。FVCとFEV<sub>1</sub>との和がより大きいことも参考にし、ピーク到達までの呼気量が少なく、ピークフローが大きい、呼気努力の最も良好な測定結果を採択する。

閉塞性換気障害があると、最大努力をしたときより少し弱い呼気をしたときのFEV<sub>1</sub>が大きくなることがある。このようなときは、ピーク到達までの呼気量がより少なく、ピークがより高いF-V曲線の測定結果を採択する。

#### ホ. 検査の流れ

検査はVC測定を先に行い、次にFVC測定を行う。FVCがVCよりも5%を超えて大きい場合はVC測定の努力不足が考えられるため再検査を行う。

#### へ. 再現性が得られない場合の結果の採択

##### ① 2回の良好な結果に再現性がない場合

一般に、呼吸機能検査の測定結果のばらつきは健常者では小さいが、閉塞性肺疾患患者では大きい。また、気管支喘息などでは努力呼気により気道れん縮が起り、測定を繰り返すごとに閉塞が強くなることもある。すなわち妥当な測定は得られても再現性が確認できないことがある。その場合は再現性にこだわらず、最大VC、良好なF-V曲線を採択し、その理由を報告書に記載する。

##### ② 1回しか良好な結果が得られない場合

被験者の状態から十分な検査回数が実施できない、あるいは要領の悪さから1回しか妥当な結果が得られない場合は、その1回の結果を採択し、その理由を報告書に記載する。被験者の理解があり疲労がなければ検査回数の上限を超えても良い。

#### ト. 基準値の算出と判定基準

##### ① %肺活量(%VC)の算出

2001年日本呼吸器学会の以下の予測式による正常予測値を用いて判定を行う。

%VC<80%を拘束性換気障害とし、%VC<60%を「著しい肺機能障害あり」、80%>%VC≥60%を「二次検査を要する」の判定基準として用いる。

(予測式) 男性:  $0.045 \times \text{身長 (cm)} - 0.023 \times \text{年齢} - 2.258$  (L)

女性:  $0.032 \times \text{身長 (cm)} - 0.018 \times \text{年齢} - 1.178$  (L)

##### ② 1秒率(FEV<sub>1</sub>/FVC)の算出

FEV<sub>1</sub>/FVCを計算し、%表示とする。70%未満を閉塞性換気障害とする。

##### ③ %1秒量(%FEV<sub>1</sub>)の算出

2001年日本呼吸器学会の以下の予測式による正常予測値を用いて判定を行う。

FEV<sub>1</sub>/FVC<70%を前提として、%FEV<sub>1</sub><50%を「著しい肺機能障害あり」、80%>%FEV<sub>1</sub>≥50%を「二次検査を要する」の判定基準として用いる。

(予測式) 男性:  $0.036 \times \text{身長 (cm)} - 0.028 \times \text{年齢} - 1.178$  (L)

女性:  $0.022 \times \text{身長 (cm)} - 0.022 \times \text{年齢} - 0.005$  (L)

**【参考】 機器の精度管理とメンテナンス**

最近の呼吸機能測定装置はコンピュータ内蔵で較正も半自動化され、無較正の装置も登場している。しかし、測定結果の信頼性と装置の精度を保つために、較正シリンジや健常者を用いて、機器が正確に作動していることを定期的を確認することが精度管理上重要である。2019年のATS/ ERSのステートメントではスパイロメータの規格、性能についてはISO 26782に準拠すべきとされ、本邦の機器はATS/ ERSの基準に準拠した装置が多い（表4）。

表4. スパイロメータに必要な規格

	規格
気量	測定範囲：8L以上（BTPS） 許容誤差：±3%または±0.05L 収集時間：15sec以上
気流	測定範囲：0～±14L/ sec 再現性：±5%または±0.2L/ sec 許容誤差：±10%または±0.3L/ sec 周波数応答：12Hzまでフラット（±5%） 回路抵抗：1.5cmH <sub>2</sub> O/ L/ sec未満（気流14L/ sec時）
表示 その他	ガス量はすべてBTPSで測定 肺活量測定時：時間-気量グラフ（リアルタイム） F-V曲線測定時：気流-気量グラフ（リアルタイム） 時間-気量グラフ（測定終了時） 較正用シリンジ許容誤差：±0.5%

**イ. 機器の精度管理とメンテナンス**

① [日常点検] 装置を安定させるため、電源投入後、10分以上（ガス分析計を有している場合は30分以上）ウォームアップ時間を取ったのち、環境条件（気温、湿度、気圧）を正確に入力する（表5）。気流型の装置では気流の較正は直接行うことができないので、較正用の3Lシリンジを用いて気量の較正と精度管理（期待値の±3%、シリンジ許容誤差0.5%を含む）を毎日行う。気量型の装置でも同様に気量の精度確認を毎日行う。また、装置の全体が正確に作動していることを確認するため定期的に

表5. 機器の点検

毎日	〈使用前〉 ・十分なウォーミングアップ ・コンピュータの動作確認 ・機器の清浄が保たれていること ・環境データ（気温、湿度、気圧）入力 ・気量と較正*と精度確認 〈使用后〉 ・電源スイッチOFF ・機器の清浄と消毒
週に1回	・既知健常者による測定値の精度確認
月に1回	・電源コードとプラグの安全点検
年に1～2回	・機器メーカーによる定期点検

\*気流型の測定装置のみ。

既知健常者の測定を行い、VC、FVC、FEV<sub>1</sub>の変動が100mL以内で、F-V曲線に変化がないことを確認する。

② [定期点検] 気量の直線性（気量型においてはベルの測定位置による直線性、気流型においては気流量による直線性）、装置の漏れ、較正シリンジの精度および漏れ、時間の精度、コンピュータソフトウェアなどについて、メーカーによる総合的な点検を半年あるいは1年ごとに行うことが望ましい（表5）。

## ロ. 感染対策

一般に、呼吸機能検査機器が感染源になって被験者や検者に感染が伝播することを防ぐため、適切な清掃と消毒が必要である。

① [日常的な清掃と消毒] 標準予防策（スタンダード・プリコーション）を遵守する。手が触れる環境表面では日常的な清拭を行い、埃や汚れを取り除いておく。その際、消毒薬を用いる必要はない。血液や体液で汚染された環境表面は、ただちに手袋を装着しペーパータオルで拭き取ったのち、0.1%（1000 ppm）次亜塩素酸ナトリウムで清拭消毒する。

② [検査時の感染予防] 検者は被験者ごとに手洗いをを行う。目に見える汚染がある場合は石鹸と流水による手洗いをを行う。目に見える汚染がなければ、アルコールをベースとした速乾性手指消毒薬や、皮膚過敏の場合には抗菌性石鹸を使用してもよい。手荒れのひどい検者は手袋を着用する。手袋は清潔であれば非滅菌のものでよい。

口腔粘膜に直接接触するマウスピースは被験者ごとに交換する。マウスピースを清潔に保つため、装置に接続する際は口にくわえる部分には触らないように注意して持つ。また、飛沫や微生物を捕捉するためディスポーザブルフィルタを使用する。ノーズクリップはティッシュペーパーなどでカバーして使用し、カバーは被験者ごとに交換する。

装置の口元に近い部分は被験者ごとに消毒用エタノールで清拭する。閉鎖型ではベルを5回以上フラッシュする。

③ [感染者への対応] COVID-19や結核が疑われる被験者の検査は行わない。飛沫予防策を必要とする病原体（マイコプラズマ、インフルエンザ、風疹など）に感染している、あるいは感染の疑いがある被験者は検査を控えることを原則とする。やむえない場合は順番をその日の最後とし、検者はサージカルマスクを着用する。

接触予防策を必要とする病原体（メチシリン耐性黄色ブドウ球菌など）が気道系に感染している被験者、口腔内に明らかな出血や血痰がある被験者は検査を控えることが望ましいが、やむえない場合は順番をその日の最後とする。

感染している被験者の検査後は装置の清掃と消毒を行う。

④ [検査機器の洗浄、消毒、保管]

マウスピースならびに装置の清掃と消毒を行う。装置内は1日の検査終了時および汚染が疑われたときにおこなう。

医療機器の感染のリスクはその機器が使用される部位によって決定され、クリティカル、セミクリティカル、ノンクリティカルに分けられる。クリティカル器具は無菌組織や血管系に挿入するもので、感染のリスクが高いため滅菌による処置が必要となる。マウスピース、トランスデューサー、呼吸回路は口腔粘膜と接触するためセミクリティカル器具に相当し、感染リスクは中等度である。高水準消毒を基本とするが、中水準消毒で結核菌その他の細菌、ほとんどのウイルスや真菌を不活化もしくは死滅させることができる。基本的に流水による洗浄が最も大切であり、乾燥ならびに保管は汚染されない場所で行う。熱や消毒薬は材質により腐食作用や劣化など装置に悪影響を及ぼす場合があるた

め、あらかじめ機器メーカーに消毒方法を確認しておく。ノーズクリップは粘膜とは接触しない無傷の皮膚に接触するため、ノンクリティカル器具に相当する。感染リスクは低いため、汚染時には低水準消毒液による浸漬もしくは消毒用エタノールで清拭する。

⑤ [消毒方法] 器具の材質や設備に応じて適切な消毒方法を選択する（表6）。

- a. **耐熱性・耐水性のある器具** シリコン製のマウスピースなど耐熱性・耐水性の器具はウォッシャー・デイスインフェクター（洗浄熱水消毒機）で高水準消毒を行う。あるいは流水下で確実な洗浄を行ったあとに高圧蒸気滅菌器にかける。
- b. **非耐熱性の器具** 熱を使用できない場合、あるいはウォッシャー・デイスインフェクターや高圧蒸気滅菌器が使用できない場合は、流水下で確実な洗浄を行ったあとに消毒液による浸漬消毒を行う。消毒薬には生体毒性があるため手袋を装着して行う。消毒液の種類によっては上記などの有害ガスを吸い込まないように注意する。
- c. **非耐熱性で浸漬消毒ができない器具** 基本的には滅菌の必要はないが、上記のいずれにも対応できない場合には予備洗浄、完全乾燥のあと（流水による予備洗浄ができない器具は消毒用エタノールで清拭の後）、酸化エチレンガス滅菌もしくは過酸化水素プラズマ滅菌を行う。
- d. **取り外しができない器具** ベル内など取り外しができない部分は、消毒用エタノールを染み込ませたガーゼなどにより一方向に清拭する。

表6 消毒方法

対象	消毒回数	消毒方法
マウスピース	・ 被験者ごと	〈高水準消毒〉 ・ ウォッシャー・デイスインフェクター（洗浄熱水消毒機）による熱水消毒（80～93℃、3～10分間） ・ 2%グルタラル20分以上浸漬*
トランスデューサー 取り外しできる呼吸回路	・ 1日の終了時 ・ 感染が疑われるとき	〈中水準消毒〉 ・ 0.1%次亜塩素酸ナトリウム10分間浸漬** ・ 消毒用エタノール（または70%イソプロパノール）10分間浸漬〈滅菌***〉 ・ 高圧蒸気滅菌 ・ 酸化エチレンガス滅菌 ・ 過酸化水素プラズマ滅菌
取り外しできない呼吸回路 流水洗浄できないもの	・ 1日の終了時 ・ 感染が疑われるとき	・ 消毒用エタノール清拭と回路乾燥
環境	・ 汚染時	・ 消毒用エタノール清拭 ・ 0.1%次亜塩素酸ナトリウム清拭
ノーズクリップ	・ 汚染時	・ 消毒用エタノール（または70%イソプロパノール）10分間浸漬 あるいは清拭
手・指	・ 被験者ごと	・ 石鹸と流水による手洗い ・ アルコールをベースとした速乾性手指消毒薬

\*：蓋付容器を使用し、換気を十分にして蒸気曝露に注意する。

\*\*：低残留毒性であるが、金属腐食性があり金属器具には使えない。

\*\*\*：滅菌を第一選択とする必要はない。

### (3) 2次検査の内容と方法

2次検査では、動脈血ガス分析を実施する。

#### イ. 動脈血ガス分析の概要

動脈血ガス分析は動脈血酸素分圧 ( $\text{PaO}_2$ )、動脈血二酸化炭素分圧 ( $\text{PaCO}_2$ )、pH、重炭酸イオン ( $\text{HCO}_3^-$ ) などが求められ、換気状態、酸素化能、酸塩基平衡の評価に有用である。また、これらの結果から、次の式により肺胞気—動脈血酸素分圧較差 ( $\text{AaDO}_2$ ) を求める。

$$\text{AaDO}_2 (\text{Torr}) = \text{P}_{\text{A}}\text{O}_2 - \text{PaCO}_2 / 0.83 - \text{PaO}_2$$

ただし、 $\text{P}_{\text{A}}\text{O}_2$ は肺胞気酸素分圧のことで、酸素を吸入していない室内気の状態であれば、数値として150Torrを使用する。

動脈血ガス分析の測定は、化学反を原理とした方法 (Van-Slike Nail法など)、電極法、質量分析法などがある。適切な保守管理と測定の際の注意を適切に行う限り、どの測定を用いてもよい。

#### ロ. 動脈血採血の実際

採血器具にはプラスチック製ディスポーザブル型の血液ガス測定用キットと再利用が可能なガラスシリンジなどがある。一般的に前者が用いられているが、後者でも差支えない。

動脈血採血は、安静時の安定している状態で行う。被験者が息こらえや過換気をするとう測定値に影響するので、採血者側は注意して被験者が安定した安静換気の状態であることを観察し確認する必要がある。

採血時の被験者の体位は、臥位の状態で採血することが望ましい。採血は、可能である限り酸素を吸入しない室内気で行うことが基本であるが、安全の観点などでやむを得ない場合には酸素吸入下の状態で行う。採血に際しては、採血部位、採血してから分析終了までのおよその時間、酸素吸入の有無と酸素吸入した場合の酸素流量および使用酸素器具などの測定時の条件を記録する。人工換気など何らかの手段での換気補助がある場合も、換気モード、圧、流量などの条件を記録する。採血部位は通常、橈骨動脈、上腕動脈、大腿動脈などである。上肢から採血する場合には、利き腕を避けることが望ましい。

血液ガスの試料は採血後、直ちに測定する。採血から測定まで時間がかかるほど、測定値が変化する。

#### ハ. 動脈血ガス分析の判定基準と評価

$\text{PaO}_2 \leq 60\text{Torr}$ または、 $\text{AaDO}_2$ が限界値 (表7) を超える場合を、「著しい肺機能障害あり」の判定基準としている。なお、81歳以上には、80歳の判定基準を便宜的に使用し、参考にする。

なお、年齢などの影響はあるものの、一般的な正常の目安は、 $\text{PaO}_2 \geq 75\text{Torr}$ 、 $35\text{Torr} \leq \text{PaCO}_2 < 45\text{Torr}$ 、および、 $7.35 \leq \text{pH} \leq 7.45$ 、 $21\text{mmol/L} \leq \text{HCO}_3^- < 27\text{mmol/L}$ とされる。一般に低 $\text{PaCO}_2$ は過換気および高 $\text{PaCO}_2$ は低換気の状態を表す。

#### ニ. パルスオキシメータ

経皮的に動脈血酸素飽和度 ( $\text{SpO}_2$ ) を測定する。非侵襲的であり、経時的に測定することが容易であるため、動脈血ガス分析の補助的役割をする。 $\text{PaO}_2$ と $\text{SpO}_2$ の関係は直線的なものではなく、S字曲線となる (図6)。このS字曲線となる関係は一定ではなく、様々な因子により変動する。一般的に「著しい肺機能障害あり」の目安となっている $\text{PaO}_2$ の値である60Torrは、 $\text{SpO}_2$ が90%前後のレベルにあたとされている。なお、パルスオキシメータでは $\text{PaCO}_2$ を評価することはできない。

表7 著しい肺機能障害があると判定する限界値 (AaDO<sub>2</sub>) (男性、女性)

年齢 (歳)	限界値 (Torr)	年齢 (歳)	限界値 (Torr)
21	28.21	51	34.51
22	28.42	52	34.72
23	28.63	53	34.93
24	28.84	54	35.14
25	29.05	55	35.35
26	29.26	56	35.56
27	29.47	57	35.77
28	29.68	58	35.98
29	29.89	59	36.19
30	30.10	60	36.40
31	30.31	61	36.61
32	30.52	62	36.82
33	30.73	63	37.03
34	30.94	64	37.24
35	31.15	65	37.45
36	31.36	66	37.66
37	31.57	67	37.87
38	31.78	68	38.08
39	31.99	69	38.29
40	32.20	70	38.50
41	32.41	71	38.71
42	32.62	72	38.92
43	32.83	73	39.13
44	33.04	74	39.34
45	33.25	75	39.55
46	33.46	76	39.76
47	33.67	77	39.97
48	33.88	78	40.18
49	34.09	79	40.39
50	34.30	80以上	40.60

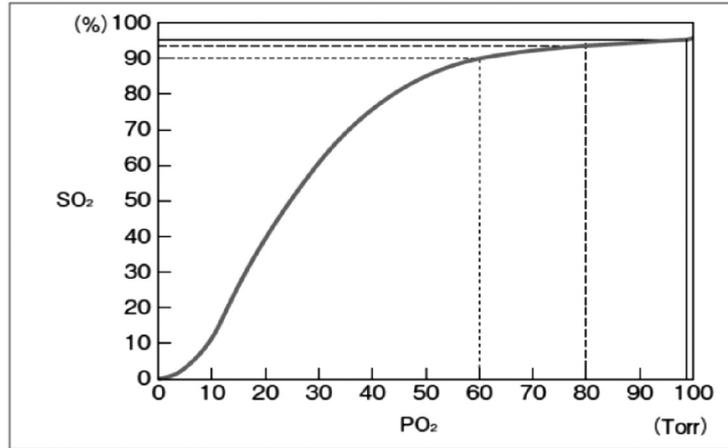


図 6. PaO<sub>2</sub>とSpO<sub>2</sub>の関係（日本呼吸器学会 酸素療法マニュアルより）

### 【付 1】 LMS法を用いたスパイログラムの基準値

LMS法を用いた新しい基準値は、直近の日本人の体格の変化に適応することと、コンピュータの計算能力の向上によるLMS法による基準値計算が生物における基準値として使われることが一般化したために、日本呼吸器学会肺生理専門委員会が中心となり2014年に新たにLMS法を用いた肺活量および努力肺活量、1秒量、1秒率の基準値が作成された。LMS法は、人間の各種臓器の大きさのように平均値を中心とした正規分布を取らない計測値を集計して、正常値を非線形曲線で得る方法である。このため、得られる理論正常値はより実態に沿うことになるが、一方で非線形曲線を記述するために数値表を参照する必要がある（呼吸器学会ホームページ上のExcelファイル参照）。

閉塞性換気障害の指標として固定値のFEV<sub>1</sub>/FVC<70%を用いた場合により生じる若年者での閉塞性換気障害の過小評価と高齢者での過剰診断の可能性をLMS法を用いることで是正できる。現在、研究など学術的にはLMS法を用いた正常値式を用いることが推奨されているが、実臨床においては検査機器への導入にはコンピュータが必要であることなどから未だ十分には普及していない。そのため、現在も身障者診断書・意見書（呼吸機能障害）の判定基準は2016年4月1日に改定されたが、その肺機能の基準値としてはLMS法を用いた2014年版は採用されず、2001年版の正常値式が現在も用いられている。同様に現在のじん肺健康診断の判定基準にも採用していない。

### 【付 2】 じん肺における呼吸機能評価に関する改訂の変遷

#### イ. 拘束性障害の評価指標

管理区分の決定する肺機能障害の程度の一つにパーセント肺活量（%VC）があるが、VCの正常値の予測式が欧米人を対象に求められ、日本人を対象に求められたものではなかった。日本呼吸器学会では多くの高齢者を含む日本人健康者を対象とした正常値式を1993年と2001年に発表した。予測式の使いやすさの問題、学会内部の問題、呼吸機能検査機器メーカーの問題、使用施設の問題等により、それらの正常値は普及していなかった。しかしながら、正常・異常の判定、異常の程度の判定には、多くの高齢者を含む日本人健康者を対象に求められた正常値

を使うべき事は明白であることから、平成22年7月1日よりVCの正常値の予測式が欧米人を対象とした「BaldwinらによるVCの基準値の予測式」から、「2001年に日本呼吸器学会から発表されたVCの基準値の予測式」に変更がなされた。

\* Baldwinらの式は男性16～69歳、女性16～79歳の被験者より仰臥位のスパイログラムで得られたデータで作成されている。仰臥位の肺活量は座位又は立位の肺活量に対して7～8%低いことや日本人の人種的体型の差により、2001年の基準値はBaldwinらの予測値より10～15%高値を示す。

#### ロ. 閉塞性換気障害の評価指標

閉塞性換気障害の評価指標としては1秒率（ $FEV_1/FVC$ ）がこれまで用いられ、以前のじん肺診査ハンドブック（73頁 表2、表3）では著しい肺機能障害があると判定する限界値（%）が示されていた。しかし、慢性閉塞性肺疾患の国際ガイドラインであるGOLDのガイドラインや日本呼吸器学会による慢性閉塞性肺疾患ガイドラインでは、1秒率は閉塞性換気障害の有無の判定のみ用い、重症度は予測値に対する1秒量の比率（ $\%FEV_1$ ）によって評価されている。また、以前より $FEV_1/FVC$ は閉塞性換気障害の重症度を示す指標としては適切でないとの指摘があった。これらを踏まえ、平成22年7月1日より「著しい肺機能障害がある」と判定するじん肺の基準として $FEV_1/FVC < 70\%$ 未満を前提に、 $\%FEV_1$ が判定基準として追加された。 $\%FEV_1$ の予測式はVCと同様「2001年に日本呼吸器学会から発表された $FEV_1$ の基準値の予測式」が用いられるが、「著しい肺機能障害がある」基準としては $\%FEV_1 < 50\%$ が採用された。なお、これらの基準値の変更に際して、平成18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）分担研究において平成6年度のじん肺管理区分の申請者データを元に検証が行われている。

また、これまでフローボリューム曲線から求められる $\dot{V}_{25}/HT$ が著しい呼吸機能障害の指標として用いられてきたが、ばらつきが多いことや年齢による低下が大きく、日本人の年齢別の正常予測値でみると、60歳以上において（正常予測値 - 1SD）が既に旧基準の著しい機能障害に相当する状態であったことから、平成22年7月1日の改定では $\dot{V}_{25}/HT$ は判断項目から除外されている。

#### （4）じん肺の呼吸機能の特徴

じん肺の呼吸機能の特徴は、①混合性換気障害 ②肺気量低下 ③肺拡散能低下である。

##### イ. 混合性換気障害

吸入粉じんが細気管支領域での炎症と肺実質の線維化を惹起する。それらにより、 $FEV_1$ およびVCの低下を来す。 $FEV_1$ が低下し、 $FEV_1/FVC < 70\%$ を満たした場合は閉塞性換気障害であり、VCが低下し $VC < 80\%$ を満たした場合は拘束性換気障害である。また、両方を満たす場合は混合性換気障害である。 $FEV_1$ かVCの減少は一様ではなく、どちらかの低下が先行したりするが、いずれにしてもVCおよび $FEV_1$ の双方が減少していくため、混合性換気障害にむかって進行する。

図7および図8にエックス線写真の区分ごとのFVCおよび $FEV_1$ の経過(6)を示す。図にあるPMFは塊状線維化巣（Progressive massive fibrosis）で、4型にあたる。0型から3型およびPMFの進行に伴い、

FVCおよびFEV<sub>1</sub>いずれも低下していく。低下の程度は正常範囲からやや下回る程度である。0型と1型ではほぼ正常であり、2型で正常範囲を逸脱しはじめる。換気障害が認められる割合の参考として、エックス線写真でじん肺の所見がある場合の閉塞性換気障害の有病率は16.4%、PMFに合致する陰影を認める場合の閉塞性換気障害の有病率は32.3%との報告がある(7)。

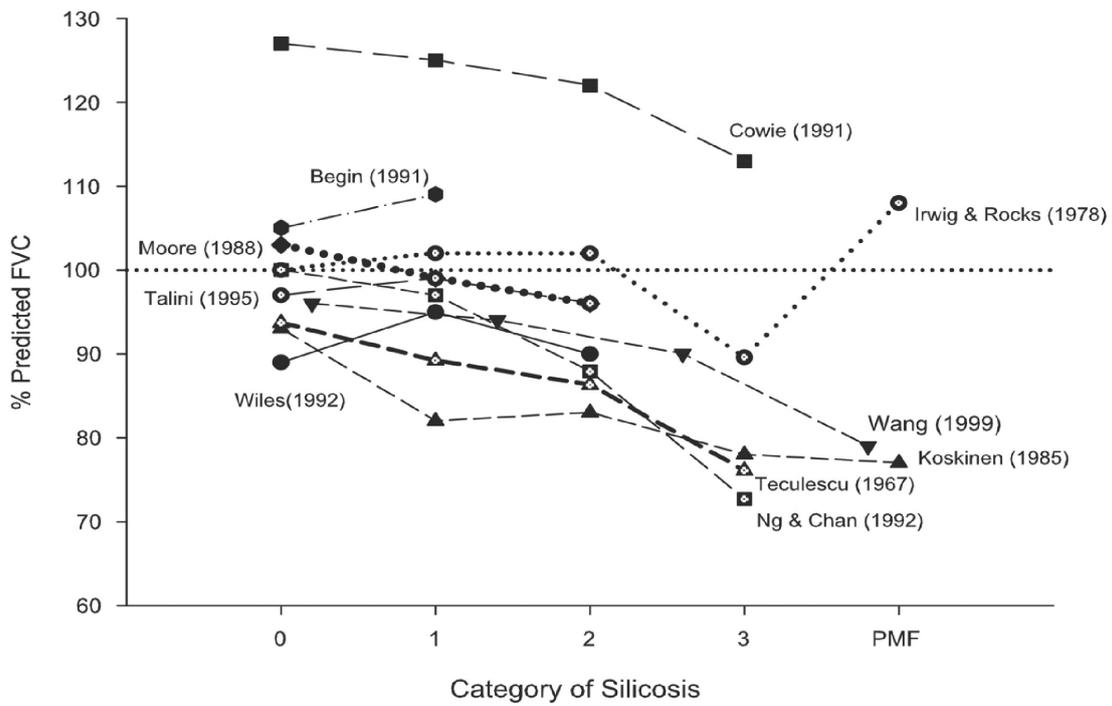


図7. FVCと胸部レントゲン分類との関係 (文献6より)

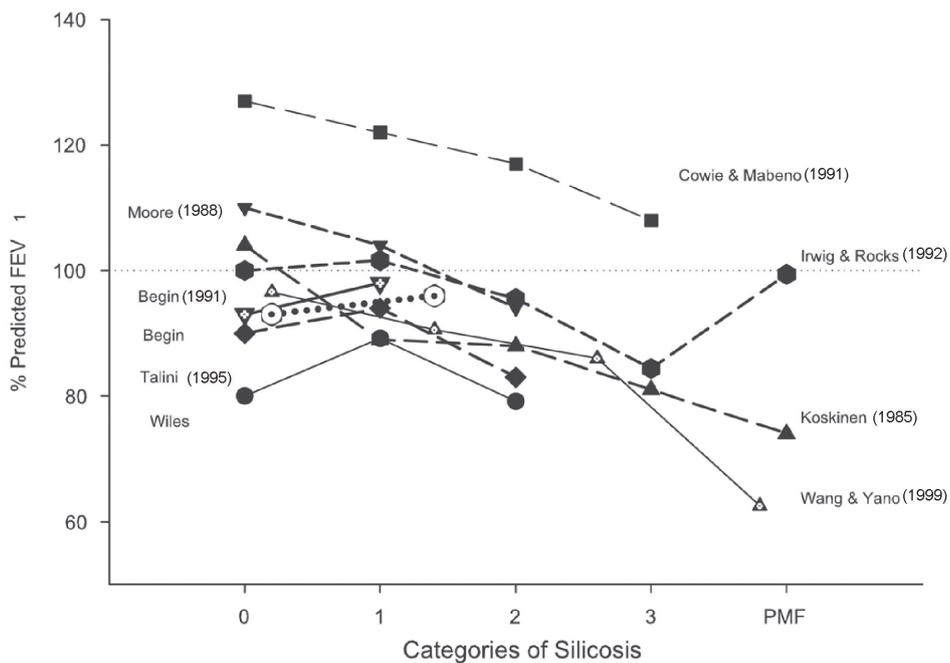


図8. FEV<sub>1</sub>と胸部レントゲン分類との関係 (文献6より)

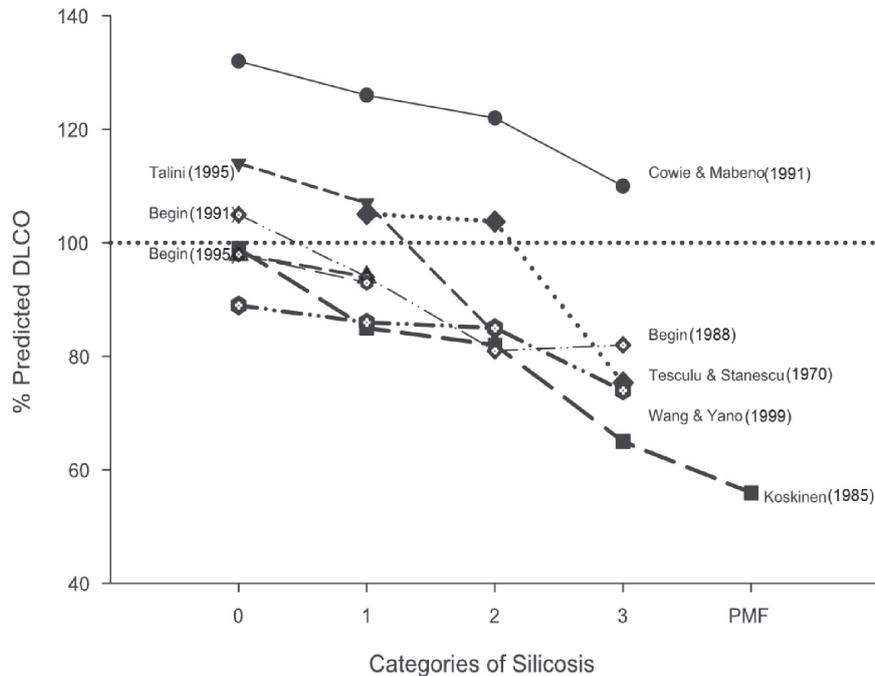


図9. DL<sub>CO</sub>と胸部レントゲン分類との関係（文献6より）

#### ロ. 肺気量低下

肺の線維化により弾性圧は増加するため、静肺コンプライアンスは低下する。そのため、全肺気量（TLC）、機能的残気量（FRC）、残気量（RV）の各肺気量が低下する。閉塞性換気障害が進行した場合にはRVが相対的に増加し、RV/TLCの増大がみられる。線維化のみならず気腫化をきたしている場合、線維化および気腫化の程度によって静肺コンプライアンスが変化する。気腫化の程度が強ければ、静肺コンプライアンスが大きくなり、それに伴ってFRCは増加する方向に動く。

#### ハ. 肺拡散能低下

じん肺の進行によりDL<sub>CO</sub>は徐々に低下していく。単位肺胞面積あたりのDL<sub>CO</sub>であるDL<sub>CO</sub>/VA値は、じん肺初期では正常をとり、進行にともない低下する。線維化および気腫化が併存する場合、DL<sub>CO</sub>は著しく低下するものの、見かけ上の換気障害はしばしば軽度である。エックス線写真上、0～2型ではDL<sub>CO</sub>値の低下は軽度であり、3型およびPMFになって低下がはっきりしてくる（図9）（6）。

#### ニ. 鑑別

肺機能変化がじん肺の進行の結果であるかどうか、粉じん吸入とは別の要因が関係していないか、などについては慎重に判断する必要がある。例えば、特発性間質性肺炎などの疾患のほか肥満や神経筋疾患による呼吸筋力の低下などでもVCは減少する。また、喫煙者では高率に慢性閉塞性肺疾患（COPD）を発症しており、FEV<sub>1</sub>が減少する要因となる。

#### （参考文献）

1. スパイロメトリー、呼吸機能検査ハンドブック、日本呼吸器学会 肺生理専門委員会編、メディカルレビュー社、東京：4-23、2021
2. 産業保健ハンドブックⅣ じん肺－臨床・予防管理・補償のすべて－ [追録版] 平成23年3月（財）

産業医学振興財団

3. 阿部直、他：じん肺有所見者の肺機能の評価に関する研究、平成17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）分担報告書
4. じん肺法における肺機能検査及び検査結果の判定等について：中央労働災害防止協会 安全衛生情報センター 平成22年 6月28日
5. Kubota M et al. Reference values for spirometry, including vital capacity, in Japanese adults calculated with the LMS method and compared with previous values. *Respir Investig* 52 : 242-250, 2014
6. Gamble JF, et al. Relationship between silicosis and lung function. *Scand J Work Environ Health*. 2004 Feb ; 30( 1) : 5-20.
7. Weissman DN. Progressive massive fibrosis : An overview of the recent literature. *Pharmacol Ther*. 2022 Dec ; 240 : 108232.

## 6. 合併症に関する検査

じん肺と密接な関連がある疾患を、じん肺法では合併症と定義し、じん肺法施行規則第1条にその具体的な疾患名を規定している。

じん肺健康診断においては、胸部エックス線撮影検査と胸部臨床検査の結果、合併症に罹患しているかまたはその疑いがあると診断された者に対しては、合併症に関する検査を行うこととされている。

以下、合併症の診断を行うための検査方法及びその結果の判定について述べる。

### (1) 肺結核

#### イ. 精密検査を必要とする者

胸部エックス線撮影検査で、じん肺の陰影以外の異常陰影が認められた場合には、肺結核の合併が疑われる。胸部臨床検査において肺結核の既往を認めた場合には、その経過について十分な聴き取りを行うと同時に、特に読影の際に注意を払う必要がある。また、自覚症状に、持続する微熱、盗汗等の症状の訴えがある場合、聴診により呼吸音に異常を認めた場合にも精密検査を行う。

#### ロ. 精密検査の方法

イで述べたような症状や所見があり、肺結核を合併しているか合併している疑いのある者に対しては、じん肺法第3条に基づいて次の項目のうち、医師が必要と認める項目について精密検査を行うこととされている。

- ① 結核菌検査
- ② 胸部CT検査（じん肺法ではエックス線特殊撮影と記されているが、今日では胸部CT検査がこれに相当する）
- ③ ツベルクリン反応検査
- ④ インターフェロン- $\gamma$ 遊離試験（Interferon- $\gamma$  release assay : IGRA）
- ⑤ 血沈

以下にそれらの概略について述べる。

#### (イ) 結核菌検査

たんや胃液または喉頭粘液から結核菌を証明することは、治療を要する結核に罹患しているか否かを判定する場合に重要である。

たんを用いた結核菌検査では、1回の検査で菌陽性にならないことがあり、三日連続の検たん（3連たん）が望まれる。

たんは、早朝起床時のものを採取して検査試料とする。胃液または喉頭粘液を用いる検査はたんがでないときに行う必要がある。胃液の採取は早朝空復時に行う。

抗酸菌が確認された場合は、核酸増幅同定検査（Polymerase Chain Reaction検査：PCR検査）により、検体入手後1日で結核菌か非結核性抗酸菌を鑑別することができる。ただし、血性の検体では、PCR検査は偽陰性となる場合があるので注意が必要である。

なおじん肺に結核が合併した場合、結核病巣とじん肺結節が分かれて存在する例（分離型）と、結核病巣とじん肺結節が一体となった例（結合型）がある。後者では結核の診断が困難なことがあるので、注意深い経過観察が必要である。

また、じん肺に合併した肺結核は難治性であり、治療期間も一般の肺結核に比べて長期間を要する。

#### (ロ) 胸部CT検査

胸部エックス線写真において確認されたじん肺以外の肺結核を疑わせる異常陰影について、その陰影の詳細に検討しようとする際、胸部CT検査が有用である。胸部CT検査は、重なり合う骨や縦郭、また既存のじん肺陰影のために胸部エックス線検査では十分に把握できない病巣の情報を得ることができる。また空洞の有無や、微小な散布影の検出にも優れている。病態の把握には、過去の画像との比較も有力になることが多い。

#### (ハ) ツベルクリン反応検査

ツベルクリン反応検査は、結核に感染した者のアレルギーを調べる検査であり、結核病巣の動態を必ずしも把握し得るものではないが、この検査結果は他の肺疾患との鑑別のための一助となる。

#### (ニ) インターフェロン- $\gamma$ 遊離試験

既往の結核感染を示すものであり、特に高齢者では活動性結核の判定には慎重でなければならないが、若年者では肺結核の補助診断として用いられる。

#### (ホ) 血沈

血沈については特異性が低いことから、今日では結核の診断に用いられる機会が減少している。

### ハ. 検査結果の判定

胸部エックス線撮影検査、胸部臨床検査及びロで述べた結核精密検査の諸検査の結果を総合し、肺結核の病態を判断する。

肺結核の分類は、結核病学会病型分類（1960年改訂）を基本とする。分類の概略は次のとおりである。

#### 第Ⅰ型 広汎空洞型

空洞面積の合計が拡がり1（第2肋骨前端上縁を通る水平線以上の肺野の面積を超えない範囲）を超し、肺病変の拡がりの合計が一側肺に達するもの

#### 第Ⅱ型 非広汎空洞型

空洞を伴う病変があつて、上記第Ⅰ型に該当しないもの

#### 第Ⅲ型 不安定非空洞型

空洞は認められないが、不安定な肺病変があるもの

#### 第Ⅳ型 安定非空洞型

安定していると考えられる肺病変があるもの

#### 第Ⅴ型 治癒型

治癒所見のみのもの

なお、第Ⅲ型か第Ⅳ型かが疑わしいときには第Ⅲ型と判定する。

「要治療」と判定されるものは一般に次のようなケースである。

①たん等の検査から結核菌の排菌が認められるもの

②上記分類で第Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ型に該当すると認められるもの

③上記分類で第Ⅳ型に該当すると認められる場合でも、経過、病巣の拡がり等から医師が治療を要すると診断したもの

## (2) 結核性胸膜炎

結核性胸膜炎は、肺内等の病巣に引き続いて起こることがあり、臨床上確認できない結核の肺内またはリンパ節病巣に引き続いて起こることもある。臨床上肺結核病巣を確認し得る場合の胸膜炎についてはその診断はさほど困難ではないが、臨床上病巣を確認できない場合に起こってくるものについては必ずしもその診断は容易ではない。

### イ. 精密検査を必要とする者

胸部エックス線写真や胸部CT検査で胸水を認め、自覚症状で胸痛や発熱等を認めるが、肺内に肺炎像を認めない場合には結核性の胸膜炎の罹患を疑い必要な検査を行う。

### ロ. 精密検査の方法

胸水中の結核菌検査、細胞診、アデノシンデアミナーゼ（ADA:adenosine deaminase）などを含めた胸水の検査を行う。結核菌の検出には、比較的大量の胸水が必要なことが多い。なお、胸腔鏡検査による生検で、乾酪壊死巣や菌体の確認ができれば、診断は確定する。

### ハ. 検査結果の判定

胸部エックス線写真や胸部CT検査で胸水を認め、かつ穿刺液から結核菌が検出されれば、結核性胸膜炎と診断し、要治療とする。また結核菌が検出されない場合でも、臨床症状、胸水が滲出性であること、細胞分画上リンパ球が優位、かつADAが高値（おおむね40U/LI以上）であり、胸水をきたす他の疾患を除外できれば、結核性胸膜炎として、治療の対象とする。なお発症のごく早期では、結核性胸膜炎であっても、白血球分画で好中球が優位の場合がある。このような場合は1週間程度期間をあけて、胸水の検査を試みる必要がある。

## (3) 続発性気管支炎

胸部臨床検査において持続するせき、たんの症状があると認められた者では一般に気道の慢性炎症性変化があると考えられる。このような状態に細菌感染等が加わった場合には治療が必要である。

### イ. 精密検査を必要とする者

胸部エックス線検査、胸部臨床検査で結核等の明らかな病変が認められないが、胸部臨床検査の自覚病状の調査で「1年のうち3か月以上毎日のようにせきとたんがある」と認められた者で、自覚症状、他覚所見等から罹患が疑われる者については精密検査を必要とする。

### ロ. 精密検査の方法

精密検査は、主に、たんについてその量、性状等について検査する。

#### (イ) たんの量の検査

たんの量は、起床後おおむね1時間のたんを採取してその量を測定する。

たんの量の測定は1回とするが、その判断に当たっては経過に十分な注意を払う必要がある。

#### (ロ) たんの性状の検査

たんの性状については、採取したたんについて、たんに占める膿の比率を調べる。

#### (ハ) たんについてのその他の検査

細菌感染が加わったことの確認のためには、(ロ) にあげたたんの性状の検査で、ほぼ把握することがで

きるが、場合によってはたんの中の細菌検査が必要となる場合がある。また、膿性たんの客観的な指標として、たんの好中球エラスターゼ値があり、膿性痰が持続する場合には検査して確認することが望まれる。

#### ハ. 検査結果の判定

たんの量については次のように区分する。

0	0
1	3ml未満
2	3ml以上10ml未満
3	10ml以上

たんの性状については、採取したたんについてその性状を調べ、Miller-Jonesの分類を参考に次のように区分する。

M <sub>1</sub>	膿を含まない純粘液たん
M <sub>2</sub>	多少膿性の感のある粘性たん
P <sub>1</sub>	粘膿性たん 1度（膿がたんの1/3以下）
P <sub>2</sub>	粘膿性たん 2度（膿がたんの1/3～2/3）
P <sub>3</sub>	粘膿性たん 3度（膿がたんの2/3以上）

気道感染の起炎菌としては、インフルエンザ桿菌と肺炎球菌が重要であるといわれている。

たんの量の区分が2以上で、たんの性状の区分がP<sub>1</sub>～P<sub>3</sub>の状態が、1年のうち、3ヶ月以上毎日のように続く場合には続発性気管支炎に罹患していると判定する。

#### （4）続発性気管支拡張症

##### イ. 精密検査を必要とする者

胸部臨床検査の自覚症状の調査において、多量のたんの喀出が続き、時に血痰もある者については、気管支拡張症を疑う必要がある。また、他覚所見の検査において、副雑音が聴取された場合にも注意を要する。胸部エックス線の単純撮影写真像では、気管支拡張がかなり進展した場合には読影しうる。背腹位撮影による画像では読影しがたいことがあり、胸部CT撮影を参考にして判断する必要がある。

##### ロ. 精密検査の方法

精密検査としては、エックス線撮影検査とたんに関する検査を行う。

##### （イ）エックス線特殊撮影による検査

気管支の形態的变化を確認するためには、胸部CT撮影が有用であり、気管支拡張の診断にしばしば用いられる。CT撮影画像において、気管支拡張症は円柱状、静脈瘤様、のう胞状に分類される。CT所見として、気管支内腔が併走する肺動脈より大きくなる。

##### （ロ）たんに関する検査

たんの量及び性状の検査については、「続発性気管支炎」の項で述べた方法と同一の方法により行う。このほか、血痰がある場合にはこれもあわせて確認する必要がある。

## ハ. 検査結果の判定

エックス線撮影あるいは胸部CT撮影検査で、気管支の陰影が円柱状、静脈瘤様、のう胞状に拡張していることが確認できれば、気管支拡張症の診断が可能である。

たんの量、性状については「続発性気管支炎」の場合と同様の基準で行い、気管支拡張が認められ、たんの量の区分が2以上で、たんの性状の区分がP<sub>1</sub>~P<sub>3</sub>の状態が、1年のうち、3ヶ月以上毎日のように続く場合には合併症と判定する。

### (5) 続発性気胸

続発性気胸は、じん肺の進行とともに発生頻度が増加する。じん肺の合併症の中でも頻度が多く、致死率も高い。突然の胸痛・呼吸困難の訴え、呼吸音の減弱の他覚所見に加えて、胸部エックス線写真で、肺野に気管支血管影を認めない透過性の高い部分が境界明瞭に確認できれば、診断は確定的である。

#### イ. 精密検査を必要とする者

上述したように、一般的には、胸部エックス線写真像及びその他の所見等で診断は確定するが、じん肺又は合併肺結核等による胸膜癒着、大陰影に伴う気腫性のう胞等により必ずしも診断を確定し得ない場合もある。このような場合には精密検査を行う必要がある。

#### ロ. 精密検査の方法

胸部CT検査が有用である。

## ハ. 検査結果の判定

エックス線写真または胸部CT検査で、罹患はほぼ確定し得る。気胸が認められた者は治療の対象とする。

### (6) 原発性肺がん

記述したように、平成15(2003)年4月から、じん肺の合併症に原発性肺がんが追加された。そして、年1回の肺がんに関する検査(肺がん罹患している疑いがないと診断された時以外は、胸部らせんCT検査および喀痰細胞診)の実施が事業者には義務付けられた。肺がんは気胸とともに、頻度が高く、また高度に進行したじん肺例では治療法も制限されることが多いことから、早期に診断することが必要である。

#### イ. 精密検査を必要とする者

典型的なじん肺の分布とは異なる陰影、新たに生じた陰影、進展の早い陰影などが認められた場合は、精密検査が必要となる。

#### ロ. 喀痰細胞診検査、気管支鏡検査、時にCTガイド下生検等を行う

#### ハ. 検査結果の判定

細胞診、病理組織などで原発性肺がんの確定診断が得られたら、治療の対象とする。なおPETは、一般的に悪性腫瘍の診断に有力であるが、じん肺の大陰影でも陽性となるので、その判断は慎重でなければならない。このような場合、MRIが大陰影と原発性肺がんの鑑別に有用なことが多い。

## 7. その他の検査

2から6までにあげた検査の他に、じん肺の病像をさらに把握するためのいくつかの検査がある。これらの検査のうちで重要なものは、心電図、心エコー検査である。

じん肺の病像をさらに詳細に把握することを目的とする場合には、医師の判断に基づいてこれらの検査を行う。以下、検査法の概略について述べる。

### (1) 心電図検査

じん肺が進展し肺循環障害が高度になると、ついには肺性心を招来する。肺性心の診断には心電図検査が有用である。三品らによる右室肥大の判定基準は次のとおりである。

#### イ. 確実な所見 (次の1以上に該当)

- ①  $RV_1 \geq 0.7mV$  で  $R/S_{V_1} \geq 1.0$  (又は  $V_{3R}$ )
- ②  $SV_5 \geq 0.7mV$  で  $R/S_{V_5} \leq 1.0$  (又は  $V_6$ )
- ③  $RAD \geq +100^\circ$  (RAD: 右軸偏位)

#### ロ. 強く疑われる所見 (次の1以上に該当)

- ①  $R_{V_1} \geq 0.7mV$ 、 $R/S_{V_1}$  (又は  $V_{3R}$ )  $\geq 1.0$
- ②  $R/S_{V_5}$  ( $V_6$ )  $\leq 1.0$  又は  $R_{V_1} + S_{V_5} > 1.05mV$
- ③  $rsr's'$ 、 $rsr'S'$ 、 $rsR'S'$  又は  $V_1(V_{3R})$  における slurred S
- ④ 肺性P
- ⑤ RAD:  $+90^\circ \sim +99^\circ$

### (2) 心エコー

- ① じん肺症は慢性呼吸不全を合併し肺高血圧をきたし持続的な肺高血圧は右心の肥大と拡張をもたらす肺性心となる。
- ② また、高齢者・喫煙者も多くで虚血性心疾患など心疾患の有無をできるだけ丹念に調べる必要がある。
- ③ 肺高血圧を示唆する心エコー所見を記載する。
  - ・ 右室径/左室径 (基部径)  $> 1.0$
  - ・ eccentricity index (収縮末期)  $> 1.1$
  - ・ 右室流出路血流速波形 AcT  $> 105msec$  二峰性
  - ・ 肺動脈弁逆流最大速度  $> 2.2m/sec$
  - ・ 肺動脈径  $> 25mm$
  - ・ 右室右房圧較差TRPG (Tricuspid Regurgitant Pressure Gradient) 40mmHg以上

## 【付】「じん肺健康診断結果証明書」(様式第3号)への記載に当たっての留意点

### 1. 一般的な留意点

過去のじん肺管理区分の結果を参考にし得るように、数回のじん肺管理区分決定の結果を記入する欄があり、これを利用することが望ましい。

### 2. 氏名、事業場等

- ① 事業場の欄は、常時粉じん作業に従事する労働者の場合はその所属事業場について、常時粉じん作業に従事する労働者であった者の場合は常時粉じん作業に従事した最終の事業場について記入する。
- ② 事業場の「業種」の欄は、日本標準産業分類の中分類により記入する。
- ③ 事業場の「所在地」の欄には、郵便番号もあわせて記入する。

### 3. じん肺の経過

- ① 「初めてのじん肺有所見の診断」の欄には、次のいずれかによりじん肺の所見があると初めて診断された年を記入する。なお、正確な時期が不明の場合には、“〇〇年頃”と記入する。
  - イ. じん肺健康診断、労働安全衛生法に基づく健康診断等の健康診断によりじん肺の所見があると診断された場合
  - ロ. 都道府県労働基準局長よりじん肺にかかっているとの決定を受けた場合
  - ハ. その他、医師によりじん肺の所見があると診断された場合
- ② 「前2回の決定状況」の欄への記載に当たっては次の点に注意する。
  - イ. 「前2回」とは、いわゆる固定的部分(健康診断結果を記載する部分以外の部分)に新たに記載しようとする時点以前の2回をいう。
  - ロ. 昭和53(1978)年3月31日前の決定を記載する場合は、「じん肺管理区分」の欄には旧法による「健康管理の区分」(管理1, 2, 3, 4)を、「F」の欄には、旧法のじん肺による心肺機能の障害の程度(F0, 1, 2, 3)を記入する。
  - ハ. 昭和53(1978)年3月31日以後の決定の記載に当たっては、じん肺法施行規則様式第4号「じん肺管理区分決定通知書」等を参考にして記入する。
- ③ 上記①、②以外の欄への記載に当たっては、「前2回の決定状況」に記載した以降のじん肺管理区分の決定経過を「じん肺管理区分決定通知書」等を参考にして順次追加して記入する。

### 4. 既往歴

- ① 粉じん作業に従事する以前の既往であっても、罹患時の年齢を記入する。
- ② 治癒と診断された後に再び同一疾患に罹患した場合には、再発と診断された時の年齢を記入する。
- ③ 数回の健康診断の結果を記入できる様式の場合には、いわゆる固定部分への記載時に罹患時の年齢を記入するが、初回記入時以降、同一疾患に再度罹患することがあるので、初回記入に当たっては年齢欄に余白を設けておくように注意する必要がある。
- ④ 合併症(じん肺法施行規則第1条)の要件に該当するか否かにかかわらず、罹患していると診断された場合には記入する。
- ⑤ 「気管支炎」は、せき、たんが持続するものをさし、いわゆる「急性気管支炎」は含めない。
- ⑥ 「気管支喘息」は、初めて罹患していると診断された時の年齢を記入するが、乳幼児期のものは含めない。

- ⑦ 「心臓疾患」については、具体的な疾患名がわかる場合にはその疾患名を、「その他の胸部疾患」については、具体的な疾患名を記入する。

## 5. 粉じん作業職歴

- ① 「粉じん作業名」の記載に当たっては、作業の内容を具体的に記載するとともに、末尾の（ 号）にじん肺法施行規則別表第1に掲げる粉じん作業の号数を記入する。
- ② 「現在の事業場に来る前」の粉じん作業職歴の欄への記載に当たっては、記載もれ等がないように、被検者から十分な聴取りを行って記入する。
- ③ 「現在の事業場に来てから」の粉じん作業職歴の欄への記載は、じん肺健康診断を実施するごとに、粉じん作業名、従事期間を追加して記入していく。
- ④ 粉じん作業従事年数の「累計」は、「粉じん作業に従事した期間の合計」に、現在の事業場に来てからの粉じん作業従事年数を順次加算して記入する。

## 6. エックス線写真による検査

### （1）撮影条件

「mAs」については、可能な限り記載する。

### （2）小陰影の区分

- ① 「粒状影」と「不整形陰影」の欄のうち「区分」の欄には、粒状影又は不整形陰影の型の区分を各々の「区分」の欄に12階尺度で、両方の陰影が明らかに認められる場合は、両方の「区分」の欄に12階尺度で記入する。
- ② 「粒状影」の場合には、陰影のタイプを区分し、「タイプ」の欄のp, q, rのいずれかを○でかこむ。
- ③ 上記の区分を行い、小陰影全体の型の区分を標準エックス線写真を用いて12階尺度により区分し、「小陰影の区分」の（0/-, 0/0, …… , 3/+）の該当する区分を○でかこむ。

### （3）大陰影の区分

- ① 大陰影をAからCまで区分し、「大陰影の区分」の欄の該当するものを○でかこむ。
- ② 小陰影が同時に存在する場合には「小陰影の区分」の欄にも該当する事項を記載する。

### （4）付加記載事項

次に該当するエックス線所見が認められる場合には、「付加記載事項」欄中の略号を○でかこむ。エックス線写真像に対応する略号は、次のエックス線所見の末尾の（ ）内のおりである。

- イ. 胸膜石灰化像を除いた胸膜肥厚等の胸膜変化（pl）
- ロ. 胸膜石灰化像（plc）
- ハ. 心臓の大きさ、形状の異常（co）
- ニ. ブラ（のう胞）（bu）
- ホ. 肺又は胸膜のがん（ca）
- ヘ. 空洞（cv）
- ト. 著明な肺気腫（em）
- チ. 肺門又は縦隔リンパ節の卵殻状石灰沈着（es）
- リ. 気胸（px）
- ヌ. 肺結核（tb）

## 7. 胸部に関する臨床検査

(1) 自覚症状

- ① 「呼吸困難」の欄の（Ⅰ，Ⅱ，……，Ⅴ）には、胸部臨床検査の項で述べた方法と判定により該当する呼吸困難の程度を○でかこむ。
- ② 「せき」及び「たん」の欄の（+，-）については、問診票の“せき”、“たん”の問診の各々⑤に“はい”と答えた場合には“+”に、それ以外の場合には“-”に○をつける。
- ③ 「心悸亢進」の欄の（+，-）については、問診票の“どうき”の問診に“はい”と答えた場合には、“+”に、“いいえ”と答えた場合には“-”に○をつける。
- ④ 上記以外の胸部の訴えがある場合には、「その他」の欄に具体的に記入する。

(2) 他覚所見

- ① 「チアノーゼ」及び「ばち状指」の欄には、各々その所見が認められる場合には“+”を○でかこむ。
- ② 「副雑音」の欄には、ラ音等の副雑音が聴取される場合には“+”を○でかこみ、聴取される部位を（ ）内に記載する。
- ③ 上記以外の所見が認められる場合には、「その他」の欄にその所見を具体的に記載する。

8. 肺機能検査

- ① 「年齢」の欄には、検査実施の日における満年齢を記入する。
- ② 「身長」の欄の“m”並びに「肺活量」、「努力肺活量」及び「1秒量」の欄の“l”は、各々小数点第2位まで記入する。
- ③ 第2次検査の「採血の部位」の欄には、耳朶からの採血を行った場合には“耳朶”、動脈から採血を行った場合には、動脈の名称を記載する。なお、動脈血採血に先立って耳朶血を採血し、耳朶血の酸素分圧が80 Torr未満であれば動脈血採血を行うこととなるので、このような場合には耳朶血による検査の結果を第1欄に、動脈血による検査の結果を第2欄に記入する。
- ④ 第2次検査を第1次検査と別の日に行う場合には、第2次検査に先立って第1次検査を行うこととされているので、第1次検査の結果を「第1次検査」の欄の第2欄に記入する。
- ⑤ 「判定」の欄の記載に当たっては、第1次検査及び第2次検査の結果のほか、他の検査結果も参考にして総合的に次のように判定を行い、F（-，+，++）のいずれかを○でかこむ。  
F（-） じん肺による肺機能の障害がない  
F（+） じん肺による肺機能の障害がある  
F（++） じん肺による著しい肺機能の障害がある

注）F（+）は閉塞性換気障害または拘束性換気障害があるものの、著しい肺機能の障害には該当しないものとする

9. 合併症に関する検査

(1) 自覚症状

せき、たん、胸痛、発熱等の自覚症状を具体的に記入する。

(2) 結核精密検査

- ① 「結核菌」の欄の+，-は、塗抹検査又は培養検査で菌陽性の場合には“+”を、菌陰性の場合には“-”を○でかこむ。

② 「エックス線特殊撮影」の欄には、撮影法と所見の概略を記入する。

(3) 肺結核以外の合併症に関する検査

① 「たん」の欄の量については、実測値を記入し、性状については、M<sub>1</sub>、M<sub>2</sub>、P<sub>1</sub>、P<sub>2</sub>、P<sub>3</sub>のいずれかを記号で記入する。

② たんについての検査を繰り返し行った場合には、その結果を第2欄に記入する。

③ 「エックス線特殊撮影」の欄には、撮影法及び所見の概略を記入する。

(4) 判定

「判定」の欄には、

① 検査の結果、罹患していると認められる疾患名を記載する。

② 罹患していると認められる疾患の状態が「合併症に関する検査」の項で述べた要療養の判定基準に合致していると認められるときは、「要療養」と記載する。

10. 医師意見

「医師意見」の欄には、諸検査の結果の判定等について意見がある場合に記載する。

### Ⅲ 健康管理のための措置

#### 1. 「じん肺管理区分」決定の流れ

事業者が行う就業時、定期、定期外、離職時の各健康診断の結果に基づくじん肺管理区分決定の流れは図1に示すごとくである。

このほか、常時粉じん作業に従事する労働者又は従事する労働者であった者は、いつでもじん肺健康診断を受けてじん肺法第15条に基づいて都道府県労働基準局長にじん肺管理区分の決定を申請できることとされている。また、事業者は、いつでも、常時粉じん作業に従事する労働者または従事する労働者であった者についてじん肺健康診断を行い、じん肺法第16条に基づいて申請を行うことができるとされている。これらの場合のじん肺管理区分決定の流れは図1とほぼ同様である。

このような手続きを経てじん肺管理区分が決定され、各区分に応じた措置が講じられることとなる。

##### (1) じん肺管理区分とは

じん肺管理区分（表1）は、基本的に粉じん作業従事者のじん肺予防のための作業内容の監督や指導、健康管理の指標となる分類である。

じん肺管理区分は、管理1、管理2、管理3イ、管理3ロ、管理4の5段階に分かれている。管理1はじん肺の所見がないという区分であるが、管理2以上はじん肺の所見があるということを示しており、数字が大きくなるに従い、じん肺が進行していることになる。

表1. じん肺管理区分（じん肺法第4条第2項）

管理区分	じん肺健康診断の結果
管理1	じん肺の所見がないと認められるもの*
管理2	エックス線写真の像が第1型で、じん肺による著しい肺機能の障害がないと認められるもの
管理3	イ エックス線写真の像が第2型で、じん肺による著しい肺機能の障害がないと認められるもの
	ロ エックス線写真の像が第3型又は第4型（大陰影の大きさが一側の肺野の3分の1以下のものに限り）で、じん肺による著しい肺機能の障害がないと認められるもの
管理4	(1) エックス線写真の像が第4型（大陰影の大きさが一側の肺野の3分の1を超えるものに限る）と認められるもの (2) エックス線写真の像が第1型、第2型、第3型又は第4型（大陰影の大きさが一側の肺野の3分の1以下のものに限り）で、じん肺による著しい肺機能の障害があると認められるもの

\* じん肺法上は、じん肺の陰影は認められるが第1型と判定するには至らないもの（PRO/1）も含まれる。

## (2) じん肺管理区分の決定申請について

### イ. 事業者によるエックス線写真等の提出（じん肺法第12条）

事業者はじん肺健康診断を行ったとき、又は労働者よりエックス線写真及びじん肺健康診断の結果を証明する書面が提出されたときは、じん肺の所見があると診断された労働者について、当該エックス線及びじん肺健康診断の結果を証明する書面その他厚生労働省令で定める書面を都道府県労働局長に提出しなければならない。

### ロ. 随時申請（じん肺法第15条、第16条）

常時粉じん作業に従事する労働者又は常時粉じん作業に従事していた労働者であったものは、いつでもじん肺健康診断を受けて、都道府県労働局長にじん肺管理区分を決定すべきことを申請することができる。

事業者は、いつでも常時粉じん作業に従事する労働者又は常時粉じん作業に従事する労働者であった者について、じん肺健康診断を行い、都道府県労働局長にじん肺管理区分を決定すべきことを申請することができる。

申請先と必要な書類は下記の通りである。

	申請先	必要な書類
上記イの場合	当該作業場の属する事業場の所在地を管轄する都道府県労働局労働基準部健康課又は健康安全課	(1) エックス線写真等の提出書（様式第2号） (2) じん肺健康診断結果証明書（様式第3号） (3) エックス線写真 （直接撮影による胸部全域の写真）
上記ロの場合	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 現在常時従事している又は常時従事していたがまだ作業場を退職していない場合</li> <li>当該作業場の属する事業場の所在地を管轄する都道府県労働局労働基準部健康課又は健康安全課</li> <li>・ 事業場を退職した場合</li> <li>決定を受ける者の住所を管轄する都道府県労働局労働基準部健康課又は健康安全課</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(1) じん肺管理区分決定申請書（様式第6号）</li> <li>(2) じん肺健康診断結果証明書（様式第3号）</li> <li>(3) エックス線写真 （直接撮影による胸部全域の写真）</li> <li>(4) 会社の倒産、廃止等により事業者証明が得られない場合、当該上司又は同僚、部下であった者の2名以上の証明書（職歴（粉じん作業歴）証明書） （じん肺の健康管理手帳の交付を受けている方又は以前にじん肺管理区分の決定を受けたことがある方は、証明を省略できる。）</li> <li>(5) じん肺健康診断の結果を証明する書面に職歴の記載がない場合、職歴（粉じん作業歴）申立書</li> </ul>

## (3) じん肺管理区分決定までの流れ（図1、図2）

都道府県労働局長はエックス線写真及びじん肺健康診断の結果を証明する書面その他厚生労働省令で定める書面が提出されたときは、これらを基礎として、地方じん肺診査医の診断または審査により、当該労働者の管理区分を決定する。

地方じん肺診査医によるじん肺管理区分決定の手順は、最初に①職歴の調査が行われる。粉じん作業に関する職歴が確認されると、次に②胸部エックス線写真上にじん肺所見があるかどうか確認される。じん

肺所見を認めなければ管理 1 となる。大陰影が見られ、じん肺エックス線写真像の分類 4 C 型に該当した場合は直ちに管理 4 と判定される。それ以外の例では胸部エックス線写真の小陰影の密度や大陰影の大きさによってじん肺胸部エックス線写真分類の 1 型から 4 B 型のどれかに区分され、続いて③合併症がないかどうか調べられる。合併症は現在 6 疾患（肺結核、結核性胸膜炎、続発性気管支炎、続発性気管支拡張症、続発性気胸、原発性肺がん）が認められているが、その診断には胸部エックス線写真の他に、胸部 CT や喀痰検査の結果などを総合的に検討して判断される。審査の結果合併症があると判断されたものは、直ちに要療養と認定される。④合併症がない者は、次に肺機能 1 次検査が実施される。じん肺による著しい肺機能障害があると判定された F (++) の者は管理 4 に該当する。F (++) ではないが、%肺活量が 60% 以上で 80% 未満の場合、1 秒率が 70% 未満かつ % 1 秒量が 50% 以上で 80% 未満、呼吸困難度がⅢ度以上、胸部エックス線分類が第 3 型又は第 4 型 (A、B) と診断されたものは、2 次検査に進む。2 次検査は動脈血ガス測定が行われ、動脈血酸素分圧が 60Torr 以下、または、肺胞気動脈血酸素分圧較差 (AaDO<sub>2</sub>) が限界値を超える場合は諸検査の結果と合わせて F (++) と判定され、同じく管理 4 に認定される。胸部エックス線写真の病型と肺機能検査に乖離が見られる場合は、その障害がじん肺に起因するものであるか否かを、職業歴やその他の因子を含めて、総合的に判断する必要がある。F (+) は閉塞性換気障害または拘束性換気障害があるものの、著しい肺機能の障害には該当しないものとする。

事業者は、じん肺健康診断に関する記録とじん肺健康診断に係るエックス線写真を 7 年間保存しなければならない。(じん肺法第 17 条 2)

なお、提出されたじん肺作業歴の調査や胸部エックス線写真などの検査結果のみでは適正なじん肺管理区分の決定ができない場合には、都道府県労働局長が再検査または検査項目を追加して行うように命じる場合がある。

じん肺の管理区分の決定がなされると、その結果は都道府県労働局長から事業者へじん肺管理区分決定通知書（様式第 4 号）により通知され、さらに事業者から当該労働者へじん肺管理区分等通知書（様式第 5 号）により通知される。随時申請における管理区分決定の通知は、直接申請者に伝えられる。(じん肺法第 14 条、じん肺法施行規則第 16 条・17 条) 管理区分決定に不服のある者は、決定があったことを知った日の翌日から起算して、60 日以内に厚生労働大臣に対して、審査請求をすることができ、中央じん肺診査医の診断又は審査を受けることになる。(じん肺法第 18 条、19 条) じん肺健康診断を実施した医師の診断と、地方じん肺診査医の審査に基づいた都道府県労働局長の管理区分決定結果は異なることもある。

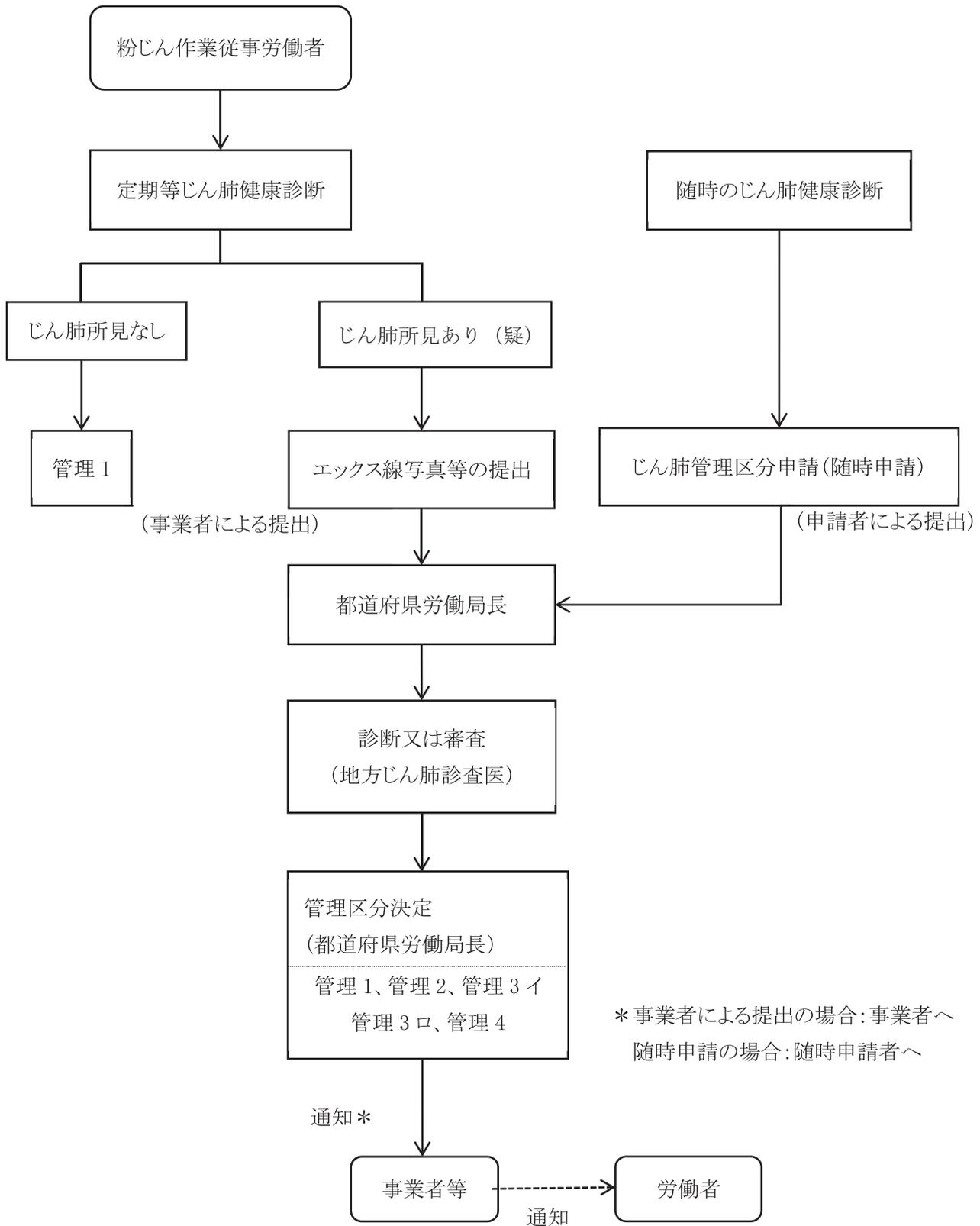
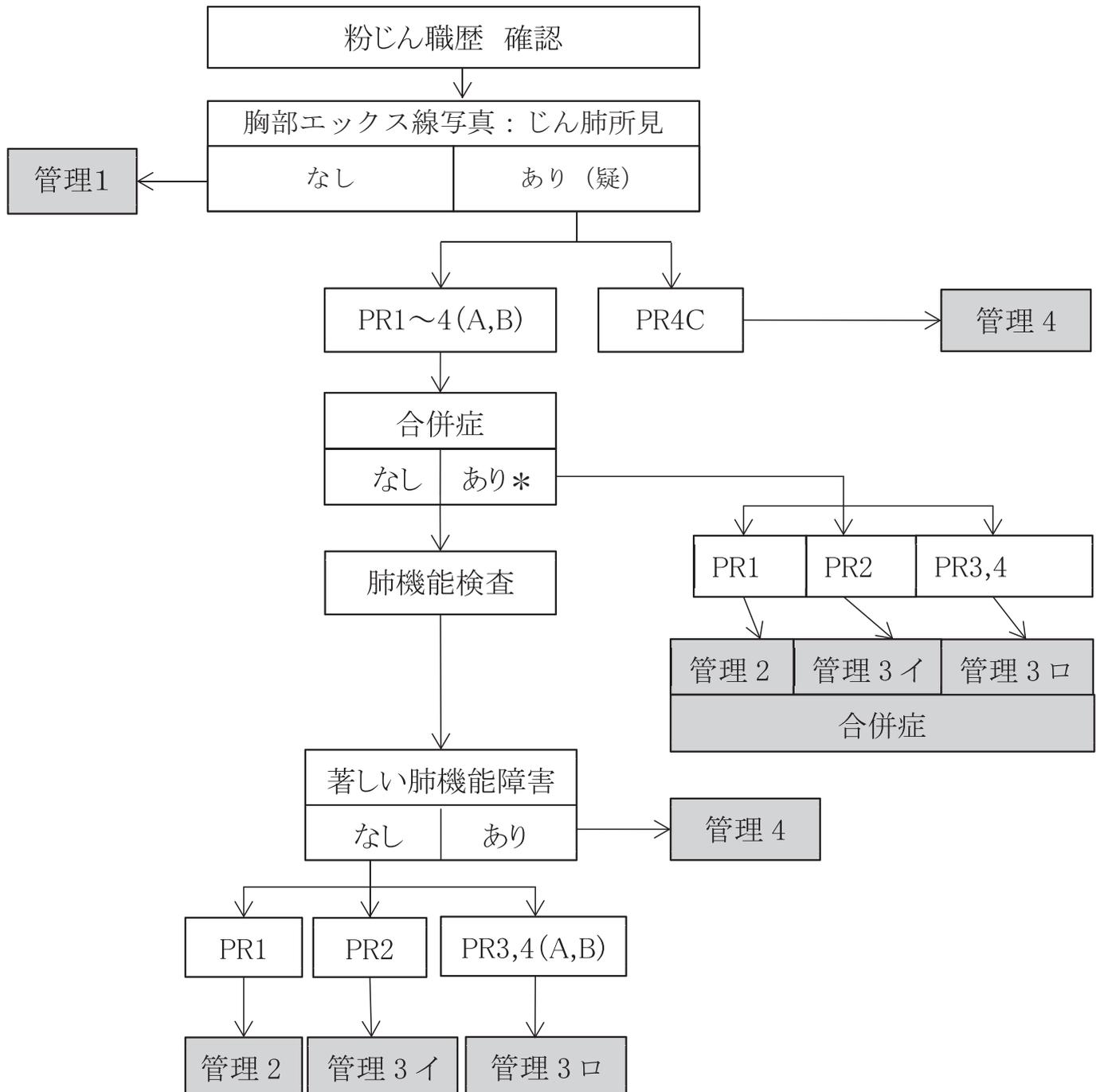


図 1. じん肺管理区分決定の流れ  
(労働衛生のしおり 平成27年度 P115図21 より引用 一部改変)



\* 合併症にかかっている場合は肺機能検査を免除されていることに留意すること。

\* 喘息や心不全の急性増悪時に肺機能検査を行い、じん肺による肺機能障害かどうか評価が難しい例がみられることから、肺機能検査を行うに当たっては、検査を実施するタイミングに留意すること。

(昭和53年4月28日付け基発第250号「改正じん肺法の施行について」(最終改正平成23年3月31日))

図2. じん肺診査医によるじん肺管理区分決定の手順

(産業保健ハンドブックⅣ じん肺 P104 図4-8より 一部改変)

+小陰影の分布密度 (profusion rate : PR)

粒状影の密度に応じて第 1 型から 3 型までに区分する。区分に当たっては標準エックス線写真/フィルムを参考にする。型の区分を行う際には12階尺度を用いる。

分類	PR0			PR1			PR2			PR3		
細分類	0/-	0/0	0/1	1/0	1/1	1/2	2/1	2/2	2/3	3/2	3/3	3/+

## 2. 健康管理のための措置

### (1) 一般的措置

#### イ. 有害因子のばく露の防止

#### (イ) 粉じんばく露の防止

じん肺の発生防止又はじん肺の進展防止のためには、粉じん作業に従事する労働者の粉じんばく露を防止することが重要である。このための具体的措置は労働安全衛生法に基づく「粉じん障害防止規則」に定められている。この規則による規制の対象となるのは、じん肺法の適用対象である粉じん作業のうち石綿関係作業（特定化学物質等障害予防規則により規制されている）を除いた作業と原則的に同じ作業である。各粉じん作業についてこの規則に基づいてとるべき措置の一覧は次表のとおりである。

表1 各粉じん作業に対する措置の一覧

粉じん作業	特定粉じん発生源	特定粉じん発生源に係る措置	呼吸用保護具を使用する作業
1 鉱物（湿潤な土石を除く。）を掘削する場所における作業。ただし、次に掲げる作業を除く。 イ 坑外の、鉱物等を湿式により試錐する場所における作業 ロ 屋外の、鉱物等を動力又は発破によらないで掘削する場所における作業	1 坑内の、鉱物等を動力により掘削する箇所	1 衝撃式削岩機を用いる場合衝撃式削岩機を湿式型とすること。 2 衝撃式削岩機を用いない場合湿潤な状態を保つための設備を設置すること。	1 坑内において衝撃式削岩機を用いて掘削する作業
1の2 ずい道等（ずい道及びたて坑以外の坑（採石法（昭和二十五年法律第二百九十一号）第二条に規定する岩石の採取のためのものを除く。）をいう。以下同じ。）の内部の、ずい道等の建設の作業のうち、鉱物等を掘削する場所における作業	1 坑内の、鉱物等を動力により掘削する箇所	1 衝撃式削岩機を用いる場合衝撃式削岩機を湿式型とすること。 2 衝撃式削岩機を用いない場合湿潤な状態を保つための設備を設置すること。	1の2 動力を用いて掘削する場所における作業
2 鉱物等（湿潤なものを除く。）を積載した車の荷台を覆し、又は傾けることにより鉱物等（湿潤なものを除く。）を積み卸す場所における作業（次号、第3号、第9号又は第18号に掲げる作業を除く。）			2 屋内又は坑内の、鉱物等を積載した車の荷台を覆し、又は傾けることにより鉱物等を積み卸す場所における作業

<p>3 坑内の、鉱物等を破碎し、粉碎し、ふるい分け、積み込み、又は積み卸す場所における作業。ただし、次に掲げる作業を除く。</p> <p>イ 湿潤な鉱物等を積み込み、又は積み卸す場所における作業</p> <p>ロ 水の中で破碎し、粉碎し、又はふるい分ける場所における作業</p>	<p>2 鉱物等を動力（手持式動力工具によるものを除く。）により破碎し、粉碎し、又はふるい分ける箇所</p>	<p>(1) 密閉する設備の設置をすること。</p> <p>(2) 湿潤な状態に保つための設備を設置すること。</p>	<p>2 屋内又は坑内の、鉱物等を積載した車の荷台を覆し、又は傾けることにより鉱物等を積み卸す場所における作業</p>
	<p>3 鉱物等をずり積機等車両系建設機械により積み込み、又は積み卸す箇所</p>	<p>湿潤な状態に保つための設備を設置すること。</p>	<p>7 屋内又は坑内において、手持式動力工具を用いて、鉱物等、炭素原料又はアルミニウムはくを破碎し、又は粉碎する作業</p>
	<p>4 鉱物等をコンベヤー（ポータブルコンベヤーを除く。以下この号において同じ。）へ積み込み、又はコンベヤーから積み卸す箇所（前号に掲げる箇所を除く。）</p>		
<p>3の2 ずい道等の内部の、ずい道等の建設の作業のうち、鉱物等を積み込み、又は積み卸す場所における作業</p>	<p>3 鉱物等をずり積機等車両系建設機械により積み込み、又は積み卸す箇所</p>	<p>湿潤な状態に保つための設備を設置すること。</p>	<p>2 屋内又は坑内の、鉱物等を積載した車の荷台を覆し、又は傾けることにより鉱物等を積み卸す場所における作業</p>
	<p>4 鉱物等をコンベヤー（ポータブルコンベヤーを除く。以下この号において同じ。）へ積み込み、又はコンベヤーから積み卸す箇所（前号に掲げる箇所を除く。）</p>	<p>湿潤な状態に保つための設備を設置すること。</p>	<p>2の2 動力を用いて鉱物等を積み込み、又は積み卸す場所における作業</p>
<p>4 坑内において鉱物等（湿潤なものを除く。）を運搬する作業。ただし、鉱物等を積載した車を牽引する機関車を運転する作業を除く。</p>			
<p>5 坑内の、鉱物等（湿潤なものを除く。）を充てんし、又は岩粉を散布する場所における作業</p>			<p>3 坑内の、鉱物等を充てんし、又は岩粉を散布する場所における作業</p>
<p>5の2 坑内であって、第1号から第3号まで又は前号に規定する場所に近接する場所において、粉じんが付着し、又は堆積した機械設備又は電気設備を移設し、撤去し、点検し、又は補修する作業</p>			<p>3の2 坑内であって、第1号から第3号まで又は前号に規定する場所に近接する場所において粉じんが付着し、又は堆積した機械設備又は電気設備を移設し、撤去し、点検し、又は補修する作業</p>
<p>5の3 坑内であって、第1号から第3号の2まで又は前2号に規定する場所に近接する場所において、粉じんが付着し、又は堆積した機械設備又は電気設備を移設し、撤去し、点検し、又は補修する作業</p>			<p>3の3 坑内であって、第1号から第3号の2に規定する場所に近接する場所において、粉じんが付着し、又は堆積した機械設備又は電気設備を移設し、撤去し、点検し、又は補修する作業</p>

6 岩石又は鉍物を裁断し、彫り、又は仕上げする場所における作業（第13号に掲げる作業を除く）。ただし、火炎を用いて裁断し、又は仕上げする場所における作業を除く。	5 屋内の、岩石又は鉍物を動力（手持式又は可搬式動力工具によるものを除く。）により裁断し、彫り、又は仕上げする箇所	(1) 局所排気装置を設置すること。 (2) プッシュプル型換気装置を設置すること。 (3) 湿潤な状態に保つための設備を設置すること。	4 屋内又は坑内において、手持式又は可搬式動力工具を用いて岩石又は鉍物を裁断し、彫り、又は仕上げする作業
	6 屋内の、研磨材の吹き付けにより、研磨し、又は岩石若しくは鉍物を彫る箇所	(1) 密閉する設備を設置すること。 (2) 局所排気装置を設置すること。	5 屋外の、研磨材の吹き付けにより、研磨し、又は岩石若しくは鉍物を彫る場所における作業
7 研磨材の吹き付けにより研磨し、又は研磨材を用いて動力により、岩石、鉍物若しくは金属を研磨し、若しくははばり取りし、若しくは金属を裁断する場所における作業（前号に掲げる作業を除く。）	6 屋内の、研磨材の吹き付けにより、研磨し、又は岩石若しくは鉍物を彫る箇所	(1) 密閉する設備を設置すること。 (2) 局所排気装置を設置すること。	5 屋外の、研磨材の吹き付けにより、研磨し、又は岩石若しくは鉍物を彫る作業における作業
	7-1 屋内の、研磨材を用いて、動力（手持式又は可搬式動力工具によるものを除く。）により岩石、鉍物若しくは金属を研磨し、若しくははばり取りし、又は金属を裁断する箇所（研削盤、ドラムサンダー等の回転体を有する機械に係る箇所を除く。）	(1) 局所排気装置を設置すること。 (2) プッシュプル型換気装置を設置すること。 (3) 湿潤な状態に保つための設備を設置すること。	6 屋内、坑内又はタンク、船舶、管、車両等の内部において、手持式又は可搬式動力工具、（研磨材を用いたものに限る。）を用いて、岩石、鉍物若しくは金属を研磨し、若しくははばり取りし、又は金属を裁断する作業
	7-2 屋内の、研磨材を用いて、動力（手持式又は可搬式動力工具によるものを除く。）により岩石、鉍物若しくは金属を研磨し、若しくははばり取りし、又は金属を裁断する箇所（研削盤、ドラムサンダー等の回転体を有する機械に係る箇所に限る。）	(1) 局所排気装置を設置すること。 (2) 湿潤な状態に保つための設備を設置すること。	
8 鉍物等、炭素原料又はアルミニウムはくを動力により破碎し、粉碎し、又はふるい分ける場所における作業（第3号、第15号又は第19号に掲げる作業を除く）。ただし、水又は油の中で動力により破碎し、粉碎し、又はふるい分ける場所における作業を除く。	8 屋内の、鉍物等、炭素原料又はアルミニウムはくを動力（手持式動力工具によるものを除く。）により破碎し、粉碎し、又はふるい分ける箇所	(1) 密閉する設備を設置すること。 (2) 局所排気装置を設置すること。 (3) 湿潤な状態に保つための設備を設置すること（アルミニウムに係る箇所を除く。）。	7 屋内又は坑内において、手持式動力工具を用いて、鉍物等、炭素原料又はアルミニウムはくを破碎し、又は粉碎する作業
9 セメント、フライアッシュ又は粉状の鉍石、炭素原料若しくは炭素製品を乾燥し、袋詰めし、積み込み、又は積み卸す場所における作業（第3号、第16号又は第18号に掲げる作業を除く。）	9 屋内の、セメント、フライアッシュ又は粉状の鉍石、炭素原料、炭素製品、アルミニウム若しくは酸化チタンを袋詰めする箇所	(1) 局所排気装置を設置すること。 (2) プッシュプル型換気装置を設置すること。	8 セメント、フライアッシュ又は粉状の鉍石、炭素原料若しくは炭素製品を乾燥するため乾燥設備の内部に立ち入る作業又は屋内において、これらの物を積み込み、若しくは積み卸す作業

<p>10 粉状のアルミニウム又は酸化チタンを袋詰めする場所における作業</p>	<p>9 屋内の、セメント、フライアッシュ又は粉状の鉱石、炭素原料、炭素製品、アルミニウム若しくは酸化チタンを袋詰めする箇所</p>	<p>(1) 局所排気装置を設置すること。 (2) プッシュプル型換気装置を設置すること。</p>	
<p>11 粉状の鉱石又は炭素原料を原料又は材料として使用する物を製造し、又は加工する工程において、粉状の鉱石、炭素原料又はこれらを含む物を混合し、混入し、又は散布する場所における作業（次号から第14号までに掲げる作業を除く。）</p>	<p>10 屋内の、粉状の鉱石、炭素原料又はこれらを含む物を混合し、混入し、又は散布する箇所</p>	<p>(1) 密閉する設備を設置すること。 (2) 局所排気装置を設置すること。 (3) プッシュプル型換気装置を設置すること。 (4) 湿潤な状態に保つための設備を設置すること。</p>	
<p>12 ガラス又はほうろうを製造する工程において、原料を混合する場所における作業又は原料若しくは調合物を溶解炉に投げ入れる作業。ただし、水の中で原料を混合する場所における作業を除く。</p>	<p>11 屋内の、原料を混合する箇所</p>	<p>(1) 密閉する設備を設置すること。 (2) 局所排気装置を設置すること。 (3) プッシュプル型換気装置を設置すること。 (4) 湿潤な状態に保つための設備を設置すること。</p>	
<p>13 陶磁器、耐火物、けい藻土製品又は研磨材を製造する工程において、原料を混合し、若しくは成形し、原料若しくは半製品を乾燥し、半製品を台車に積み込み、若しくは半製品若しくは製品を台車から積み卸し、仕上げし、若しくは荷造りする場所における作業又は窯の内部に立ち入る作業。ただし、次に掲げる作業を除く。 イ 陶磁器を製造する工程において、原料を流し込み成形し、半製品を生仕上げし、又は製品を荷造りする場所における作業 ロ 水の中で原料を混合する場所における作業</p>	<p>11 屋内の、原料を混合する箇所</p> <p>12 耐火レンガ又はタイルを製造する工程において、屋内の、原料（湿潤なものを除く。）を動力により成形する箇所</p> <p>13 屋内の、半製品又は製品を動力（手持式動力工具によるものを除く。）により仕上げする箇所</p>	<p>(1) 密閉する設備を設置すること。 (2) 局所排気装置を設置すること。 (3) プッシュプル型換気装置を設置すること。 (4) 湿潤な状態に保つための設備を設置すること。</p> <p>(1) 局所排気設備を設置すること。 (2) プッシュプル型換気装置を設置すること。</p> <p>(1) 局所排気装置を設置すること。 (2) プッシュプル型換気装置を設置すること。 (3) 湿潤な状態に保つための設備を設置すること。</p>	<p>9 原料若しくは半製品を乾燥するため、乾燥設備の内部に立ち入る作業又は窯の内部に立ち入る作業</p>

<p>14 炭素製品を製造する工程において、炭素原料を混合し、若しくは成形し、半製品を炉詰めし、又は半製品若しくは製品を炉出しし、若しくは仕上げする場所における作業。ただし、水の中で原料を混合する場所における作業を除く。</p>	<p>11 屋内の、原料を混合する箇所</p>	<p>(1) 密閉する設備を設置すること。 (2) 局所排気装置を設置すること。 (3) プッシュプル型換気装置を設置すること。 (4) 湿潤な状態に保つための設備を設置すること。</p>	<p>10 半製品を炉詰めし、又は半製品若しくは製品を炉出しするため、炉の内部に立ち入る作業</p>
<p>15 砂型を用いて鋳物を製造する工程において、砂型を成型し、砂型を壊し、砂落としし、砂を再生し、砂を混練し、又は鋳ばり等を削り取る場所における作業（第7号に掲げる作業を除く。）。ただし、水の中で砂を再生する場所における作業を除く。</p>	<p>13 屋内の、半製品又は製品を動力（手持式動力工具によるものを除く。）により仕上げする箇所</p>	<p>(1) 局所排気装置を設置すること。 (2) プッシュプル型換気装置を設置すること。 (3) 湿潤な状態に保つための設備を設置すること。</p>	<p>11 砂型を成型し、型ばらし装置を用いなくて、砂型を壊し、若しくは砂落としし、動力によらないで砂を再生し、又は手持式動力工具を用いて鋳ばり等を削り取る作業</p>
<p>16 鋳物等（湿潤なものを除く。）を運搬する船舶の船倉内で鋳物等（湿潤なものを除く。）をかき落とし、又はかき集める作業</p>	<p>14-1 屋内の、型ばらし装置を用いて砂型を壊し、若しくは砂落としし、又は動力（手持式動力工具によるものを除く。）により砂を再生し、砂を混練し、若しくは鋳ばり等を削り取る箇所</p>	<p>(1) 密閉する設備を設置すること。 (2) 局所排気装置を設置すること。 (3) プッシュプル型換気装置を設置すること。</p>	<p>12 鋳物等（湿潤なものを除く。）を運搬する船舶の船倉内で鋳物等（湿潤なものを除く。）をかき落とし、又はかき集める作業</p>
<p>17 金属その他無機物を製錬し、又は溶融する工程において、土石又は鋳物を開放炉に投げ入れ、焼結し、湯出しし、又は鋳込みする場所における作業。ただし、転炉から湯出しし、又は金型に鋳込みする場所における作業を除く。</p>	<p>14-2 屋内の、型ばらし装置を用いて砂型を壊し、若しくは砂落としし、又は動力（手持式動力工具によるものを除く。）により砂を再生する箇所</p>	<p>(1) 密閉する設備を設置すること。 (2) 局所排気装置を設置すること。</p>	<p>土石又は鋳物を開放炉に投げ入れる作業</p>

18 粉状の鉱物を燃焼する工程又は金属その他無機物を製錬し、若しくは溶融する工程において、炉、煙道、煙突等に付着し、若しくは堆積した鉱さい又は灰をかき落とし、かき集め、積み込み、積み卸し、又は容器に入れる場所における作業			13 炉、煙道、煙突等に付着し、若しくは堆積した鉱さい又は灰をかき落とし、かき集め、積み込み、積み卸し、又は容器に入れる作業
19 耐火物を用いて窯、炉等を築造し、若しくは修理し、又は耐火物を用いた窯、炉等を解体し、若しくは破碎する作業			14 耐火物を用いて窯、炉等を築造し、若しくは修理し、又は耐火物を用いた窯、炉等を解体し、若しくは破碎する作業
20 屋内、屋外、坑内又はタンク、船舶、管、車両等の内部において、金属を溶断し、アーク溶接し、又はアークを用いてガウジングする作業。			14 屋内、坑内又はタンク、船舶、管、車両等の内部において、金属を溶断し、アーク溶接をし、又はアークを用いてガウジングする作業。
20の2 金属をアーク溶接する作業			14 金属をアーク溶接する作業
21 金属を溶射する場所における作業	15 屋内の、手持式溶射機を用いないで金属を溶射する箇所	(1) 密閉する設備を設置すること。 (2) 局所排気装置を設置すること。 (3) プッシュプル型換気装置を設置すること。	15 手持式溶射機を用いて金属を溶射する作業
22 染土の付着した藺草を庫入れし、庫出しし、選別調整し、又は製織する場所における作業			16 染土の付着した藺草を庫入れし、又は庫出しする作業
23 長大ずい道の内部のホッパー車からバラストを取り卸し、又はマルチプルタイタンパーにより道床を突き固める場所における作業			17 長大ずい道の内部において、ホッパー車からバラストを取り卸し、又はマルチプルタイタンパーにより道床を突き固める作業
24 石綿を解きほぐし、合剤し、紡績し、紡織し、吹き付けし、積み込み、若しくは積み卸し、又は石綿製品を積層し、縫い合わせ、切断し、研磨し、仕上げし、若しくは包装する場所における作業	※石綿障害防止規則による		

これらの措置に加えて次のような規定がある。

- ①特定粉じん作業以外の粉じん作業を行う場合、屋内作業場では全体換気装置による換気の実施等、坑内作業場では換気装置による換気の実施等の措置
- ②局所排気装置及び除じん装置の定期自主検査、点検及び補修
- ③特定粉じん作業に従事する労働者に対する特別教育の実施
- ④粉じん作業場以外の場所への休憩設備の設置
- ⑤毎日1回以上の清掃と1月1回以上の堆積粉じんの除去
- ⑥特定粉じん作業を行う屋内作業場における6月以内ごとに1回の作業環境測定
- ⑦一定の特定粉じん発生源について、関係する機械、設備の設置、移転の際の計画の届出

#### (ロ) 粉じん以外の有害因子ばく露の防止

粉じん作業を行っている作業場では、粉じんのほかに主に呼吸器系に有害な因子が同時に存在している場合があり、このような作業場においては、粉じんによるじん肺にとどまらず、これらの因子による呼吸器系疾病を防止することが重要であることはいうまでもないが、加えて、じん肺有所見者の合併症罹患の防止のためにも、これらの因子へのばく露防止が極めて重要である。これらの因子の例としては次のようなものがあげられる。

- ①アンモニア、塩化水素、硝酸等の酸及びアルカリ
- ②カドミウム、ニッケルカルボニル、ベリリウム等の金属
- ③塩素、臭素等のハロゲン
- ④二酸化硫黄、二酸化窒素等
- ⑤ホルムアルデヒド、無水マレイン酸、TDI等の有機化合物
- ⑥合成樹脂の熱分解生成物
- ⑦木材粉じん、獣毛のじんあい、落綿等
- ⑧石綿、クロム酸塩又は重クロム酸塩製造工程等のがん原性物質及びがん原性工程

#### ロ. 健康相談

健康診断は断面的なものであるが、健康相談及び次に述べる保健指導は連続的なものである。労働者が自らの健康について専門的な指導を受けたいと希望する場合に、労働者のニーズに応じて専門的な援助を行うことが一般的に「健康相談」といわれている。「健康相談」を担うスタッフは、主に医師、保健婦、ケース・ワーカー等である。

健康相談は、一般に、労働者の要求に対してその道が開かれているのが通例であるが、単に窓口を開くことにとどまらず、利用の促進のために次のような点について十分な考慮が払われる必要がある。

- ①事業場の健康管理体制の中に位置づける
- ②担当者の自主性の尊重
- ③健康相談～措置の一貫性の確保
- ④諸情報の収集

#### ハ. 保健指導

「健康相談」が主に労働者の要求に対する対応として位置づけられるのに対して、「保健指導」は、一般

に、医師、保健婦等の専門的判断に基づいて対象者の意志とは無関係に働きかけが行われるものである。保健指導の端緒となるものの例には次のようなものがある。

- ①健康診断、受診、治療等の結果
- ②職場、家庭、地域等からの情報
- ③諸種の調査、職場巡視等から得られた情報

粉じん作業従事労働者に対する保健指導の一般的な内容は次のようなものである。

a. じん肺の進展防止のための指導

- ①作業方法、作業場所、作業時間等についての指導
- ②防じんマスク等の防じん対策についての指導
- ③受診勧奨等の指導

b. 合併症等の罹患防止のための指導

- ①作業場における粉じん以外の有害因子へのばく露防止のための指導
- ②喫煙習慣等の生活習慣に対する指導
- ③呼吸器系の感染症罹患防止のための指導
- ④早期発見、受診勧奨等の指導

c. 健康の保持、増進のための指導

なお、「保健指導」における留意点は「健康相談」の場合と同様である。

## 二. 集団を対象とした衛生教育

じん肺のように、その初期には明らかな症状を呈することなく長い経過を経て重篤化していく疾病については、特に集団を対象とした衛生教育の役割は重要であり、かつ、機会をとらえて繰り返し行われる必要がある。

衛生教育の意義、方法、留意点等については既に多くの成書が出されているので、対象とする事業場や労働者に応じてこれらを参考にされたい。

### (2) じん肺管理区分に基づく措置

#### イ. じん肺管理区分に基づく措置の体系

じん肺法では、個々の労働者のじん肺管理区分に応じた措置が体系的に定められており、その概要は図に示すとおりである。

以下、各措置の概要について述べる。

#### ロ. 粉じんばく露の低減措置

じん肺管理区分が管理2又は管理3イと決定された労働者については、粉じんばく露量を減らして、じん肺の進展を防止するために、同じ粉じん作業であっても粉じん濃度がより低い作業場所への移動、粉じん作業に従事する作業時間の短縮等の措置をとるように努力すべきことを事業者に義務づけている。

吸入粉じんを減少させるため局所排気装置の有効な使用とともに、個人ばく露を減らすため有効な防じんマスクの選択を行うとともに、適正なマスクの使用を指導する。マスクのフィットテストの施行も有意義である。マスク効率のよい電動ファン付き防じんマスクの使用も考慮する。

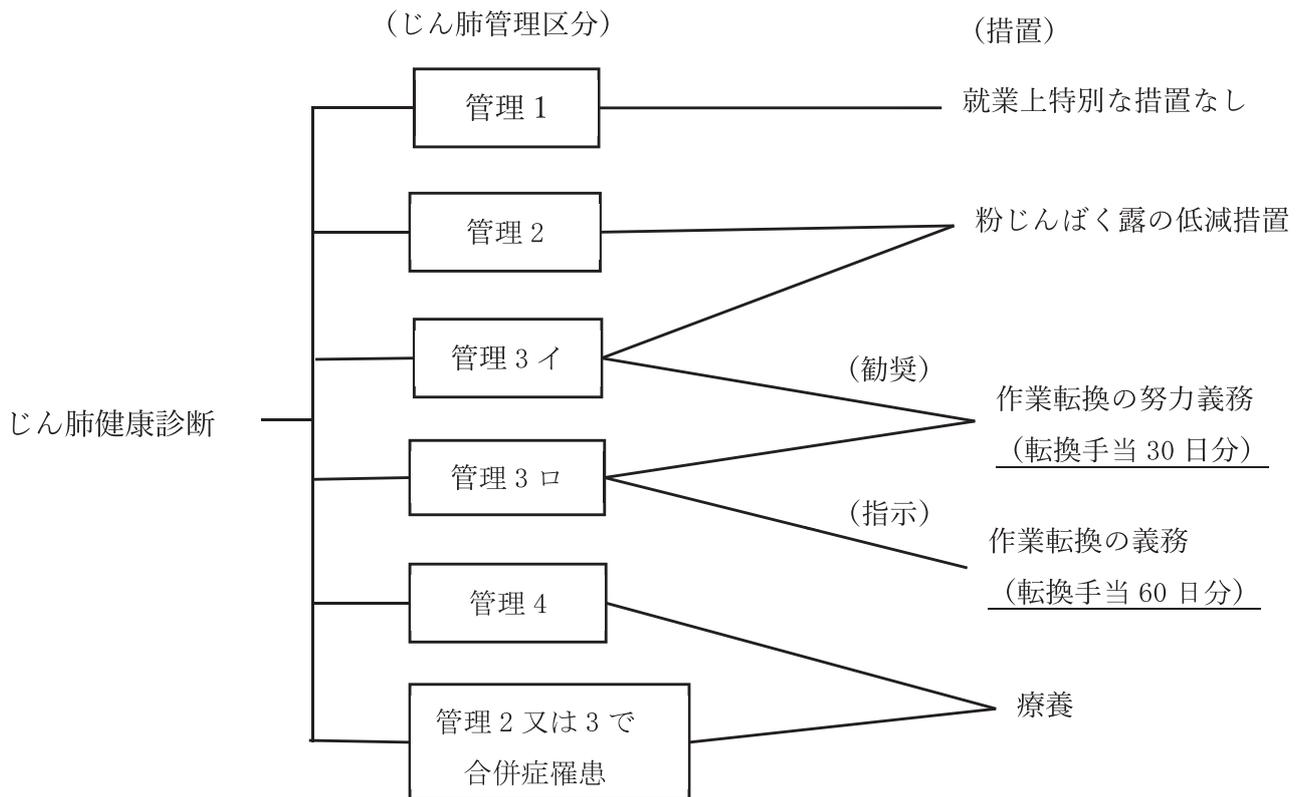


図. じん肺管理区分に基づく就業上の措置  
 (じん肺診査ハンドブック P119より引用、一部改変)

#### ハ. 作業転換（じん肺法第21条～第22条）

作業の転換とは、粉じん作業から労働者を粉じん作業以外の作業に転換することをいい、じん肺のより以上の進展を防止するためには、最も効果的な措置であるといえる。しかし、作業の転換は、長年従事してきた作業を離れることに伴う種々の社会的因子があり、労使の十分な協議、理解が不可欠である。

作業転換はじん肺管理区分に応じて次のような3段階がある。

##### a. 作業転換の勧奨

都道府県労働局長は、じん肺管理区分が管理3イである労働者が現に常時粉じん作業に従事しているときには、事業者に対してその労働者を粉じん作業以外の作業に従事するように勧奨することができる。

##### b. 努力義務による作業転換の促進

事業者は前記aの規定による勧奨を受けたとき、又はじん肺管理区分が管理3ロである労働者が現に常時粉じん作業に従事しているときには、その労働者を粉じん作業以外の作業に常時従事させるように努めなければならない。

##### c. 作業転換の指示

都道府県労働局長は、じん肺管理区分が管理3ロの労働者が現に常時粉じん作業に従事している場合において、地方じん肺診査医の意見により、当該労働者の健康を保持するため必要があると認めるときは、事業者に対してその者を粉じん作業以外の作業に常時従事させるべきことを指示することができる。

## 二. 療養

じん肺管理区分が管理 4 と決定された者及びじん肺管理区分が管理 2 又は管理 3 で合併症にかかっていると認められた者は療養を要するとされている。療養には休業して治療を受ける場合と就業しながら治療を受ける場合とがあり、治療を行う医師の判断にゆだねられる。

### 3. 離職後のじん肺有所見者の健康監視

じん肺は、粉じんばく露中止後も進展することがあることが知られている。このため、労働安全衛生法に基づいて、離職の際又は離職後、じん肺管理区分が管理2又は管理3であると認められた者に対して「健康管理手帳」が交付され、年1回国が健康診断の受診機会の供与を行っている。

今後、提起した改訂点をどのように改訂すべきかについて更なる検討を行う予定である。

#### 追加参考文献

- 1) Altınsoy B, Öz İİ, Erboy F, Tor M, Atalay F. Emphysema and Airflow Obstruction in Non-Smoking Coal Miners with Pneumoconiosis. *Med Sci Monit.* 13 ; 22 : 4887-4893. 2016
- 2) Santo Tomas LH. Emphysema and chronic obstructive pulmonary disease in coal miners. *Curr Opin Pulm Med.* 17(2) : 123-5. 2011
- 3) Kinsella M, Müller N, Vedal S, Staples C, Abboud RT, Chan-Yeung M. Emphysema in silicosis. A comparison of smokers with nonsmokers using pulmonary function testing and computed tomography. *Am Rev Respir Dis.* 141(6) : 1497-500. 1990
- 4) Fletcher CM. The clinical diagnosis of pulmonary emphysema ; an experimental study. *Proc Royal Soc Med* 1952 ; 45 : 577-584.
- 5) Hugh-Jones P, Lambert AV. A simple standard exercise test and its use for measuring exertion dyspnoea. *Brit Med J* 1951 ; 1 : 65-71.
- 6) Celli BR W, MacNee W, and committee members. Standards for the diagnosis and treatment of patients with COPD : a summary of the ATS/ERS position paper. *Eur Respir J* 2004 ; 23 : 932-946.
- 7) 宮本顕二 : MRC息切れスケールをめぐる混乱. *日呼吸会誌* 2008 ; 46 : 593-600.

【付】 参考図書・文献・通達

I じん肺の病像

2. じん肺の種類

- 1) 城戸優光. 粉じんとじん肺. 「じん肺ハンドブック第Ⅱ版」
- 2) Zenker FA. Ueber Staubinhalationskranken der lunge. Leipzig, 1986.
- 3) Petsonk EL, et al. Coal mine dust lung disease: new lessons from an old exposure. *Am J Respir Crit Care Med* 187:1178-85, 2013.

3. じん肺のエックス線写真像、CT像と病理所見との関連について

- 4) Bergin CJ, Müller NL, Vedal S et al. CT in silicosis: correlation with plain films and pulmonary function tests. *Am J Roentgenol.* 146:477-83, 1986
- 5) Grenier P, Chevret S, Beigelman C et al. Chronic diffuse infiltrative lung disease: determination of the diagnostic value of clinical data, chest radiography, and CT and Bayesian analysis. *Radiology.* 191:383-90, 1994
- 6) Talini D, Paggiaro PL, Falaschi F et al. Chest radiography and high resolution computed tomography in the evaluation of workers exposed to silica dust: relation with functional findings. *Occup Environ Med.* 52:262-7, 1995
- 7) Akira M, Yamamoto S, Inoue Y et al. High-resolution CT of asbestosis and idiopathic pulmonary fibrosis. *Am J Roentgenol.* 181:163-9, 2003
- 8) 加藤勝也 アスベストCT検診と胸膜プラーク. 画像診断 26, 1566-74, 2006
- 9) 日置辰一郎 榎堀 徹 土谷美知子ほか じん肺胸部X線陰影の減少—溶接工肺24例の長期観察—*一洛和会病院医学雑誌*; 29: 22-29, 2000
- 10) Takahashi M, Nitta N, Kishimoto T, et al. Computed tomography findings of arc-welders' pneumoconiosis: Comparison with silicosis. *Eur J Radiol.* 107:98-104, 2018
- 11) Nagelschmidt, G., : The relation between lung dust and lung pathology in pneumoconiosis. *Br J Ind Med* 1960, 17:247-259
- 12) Churg, A. M., Green, F. H. Y., : Pathology of occupational lung disease. First edition IGAKU-SHOIN New York · Tokyo, 1988
- 13) Craighead, J. E., Kleinerman, J., Abraham, J. L., et al. : Diseases associated with exposure to silica and nonfibrous silicate minerals. *Arch Pathol Lab Med* 1988, 112: 673-720
- 14) Churg, A. M., Green, F. H. Y., : Occupational lung disease. In : Churg, A. M., Myers, J. L., et al. Thurlbeck's pathology of the lung. Thieme, New York · Stuttgart, 2005, 769-861
- 15) Honma, K., Abraham, J. L., Chiyotani, K. et al. : Proposed criteria for mixed-dust pneumoconiosis : definition, descriptions, and guidelines for pathologic diagnosis and clinical correlation. *Hum Pathol* 2004, 35( 12):1515-1523
- 16) Craighead, J. E., Abraham, J. L., Churg, A. et al. : The pathology of asbestos-associated diseases of the lung and pleural cavities : Diagnostic criteria and proposed grading schema. *Arch Pathol Lab Med* 1982, 106:544-596

- 17) Oury TD., Sporn TA., Roggli VL : Pathology of Asbestos-Associated Diseases. Asbestosis. third edition, Springer-Verlag Berrin Heidelberg, 2014
- 18) Roggli VL, et al. Pathology of asbestosis- An update of the diagnostic criteria: Report of the asbestosis committee of the College of American Pathologists and Pulmonary Pathology Society. Arch Pathol Lab Med. 2010,134:462-480
- 19) 村尾誠, 長浜文雄, 菊地浩吉, 他 : じん肺図譜. 労働福祉事業団岩見沢労災病院, 1974
- 20) 齋藤芳晃 : 近年のわが国の珪肺症 - 遊離珪酸関連じん肺を中心として -. 栃木県じん肺研究会, 2008
- 21) 石綿関連疾患の診断基準及び手法に関する調査研究報告書. 平成23年度厚生労働科学研究 労働安全衛生総合研究事業, 2012
- 22) Kleinerman J , Green F, Laquer WM, et al. Pathology standards for coal workers pneumoconiosis. Arch Pathol Lab Med 1979; 103: 375-432

## II じん肺健康診断の方法と判定

### 3. エックス線撮影検査及びエックス線写真の読影

- 23) 基安労発0115第 1 号 (平成28年 1 月15日)
- 24) 基発0314第 4 号 (平成28年 3 月14日)
- 25) 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改訂第 4 版, 中央労働災害防止協会, 東京, 1987
- 26) 基安労発0624第 1 号 (平成22年 6 月24日)
- 27) 基安労発0115第 1 号 (平成28年 1 月15日)
- 28) 基安労発0926第 1 号 (平成23年 9 月26日)
- 29) 志田寿夫 珪肺、mixed dust pneumoconiosisおよび石綿非 日本胸部臨床、58巻10号、730-745、1999
- 30) Gross BH, Schneider HJ, Proto AV. Eggshell calcification of lymph nodes: an update. AJR Am J Roentgenol. 135:1265-8, 1980
- 31) Ferreira AS, Moreira VB, Ricardo HM et-al. Progressive massive fibrosis in silica-exposed workers. High-resolution computed tomography findings. J Bras Pneumol. 32 (6): 523-8, 2007
- 32) 厚生労働省 労災疾病臨床研究事業費補助金事業 モニターを用いたじん肺画像診断に関する研究  
じん肺 画像診断テキスト じん肺を正しく診断するためのポイント

### 5. 肺機能検査

- 33) じん肺法における肺機能検査及び検査結果の判定等について : 中央労働災害防止協会 安全衛生情報センター 平成22年 6 月28日
- 34) スパイロメトリー、呼吸機能検査ハンドブック、日本呼吸器学会 肺生理専門委員会編、メディカルレビュー社、東京 : 4-23、2021
- 35) 産業保健ハンドブックⅣ じん肺—臨床・予防管理・補償のすべて— [追録版] 平成23年 3 月

(財) 産業医学振興財団

- 36) 阿部直、他：じん肺有所見者の肺機能の評価に関する研究、平成17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）分担報告書
- 37) じん肺法における肺機能検査及び検査結果の判定等について：中央労働災害防止協会 安全衛生情報センター 平成22年 6月28日
- 38) Kubota M et al. Reference values for spirometry, including vital capacity, in Japanese adults calculated with the LMS method and compared with previous values. *Respir Investig* 52: 242-250, 2014
- 39) Gamble JF, et al. Relationship between silicosis and lung function. *Scand J Work Environ Health*. 2004 Feb;30(1):5-20.
- 40) Weissman DN. Progressive massive fibrosis: An overview of the recent literature. *Pharmacol Ther*. 2022 Dec;240:108232.

### Ⅲ 健康管理のための措置

#### 1. 「じん肺管理区分」決定の流れ

- 41) 労働衛生のしおり 平成27年度
- 42) 産業保健ハンドブックⅣ じん肺

#### 2. 健康管理のための措置

- 43) じん肺診査ハンドブック

#### 3. 離職後のじん肺有所見者の健康監視

- 44) Altinsoy B, Öz İİ, Erboy F, Tor M, Atalay F. Emphysema and Airflow Obstruction in Non-Smoking Coal Miners with Pneumoconiosis. *Med Sci Monit*. 13:22:4887-4893.2016
- 45) Santo Tomas LH. Emphysema and chronic obstructive pulmonary disease in coal miners. *Curr Opin Pulm Med*. 17(2):123-5.2011
- 46) Kinsella M, Müller N, Vedal S, Staples C, Abboud RT, Chan-Yeung M. Emphysema in silicosis. A comparison of smokers with nonsmokers using pulmonary function testing and computed tomography. *Am Rev Respir Dis*. 141(6):1497-500.1990
- 47) Fletcher CM. The clinical diagnosis of pulmonary emphysema ; an experimental study. *Proc Royal Soc Med* 1952 ; 45 : 577—584.
- 48) Hugh-Jones P, Lambert AV. A simple standard exercise test and its use for measuring exertion dyspnoea. *Brit Med J* 1951 ; 1 : 65—71.
- 49) Celli BR W, MacNee W, and committee members. Standards for the diagnosis and treatment of patients with COPD : a summary of the ATS/ERS position paper. *Eur Respir J* 2004 ; 23 : 932—946.
- 50) 宮本顕二：MRC息切れスケールをめぐる混乱。日呼吸会誌2008；46：593-600.





## (2) 膿性痰の客観的指標好中球エラスターゼの研究

研究協力者	大塚 義紀	(北海道中央労災病院 じん肺内科 院長)
研究分担者	岸本 卓巳	(医療法人岡山水清会 岡山水清会病院 院長)
研究協力者	木村 清延	(北海道中央労災病院 名誉院長)
	宇佐美郁治	(旭労災病院 呼吸器内科 院長)
	横山多佳子	(旭労災病院 呼吸器内科 部長)
	三浦 元彦	(東北労災病院 呼吸器内科 部長/副院長)
	植木 進一	(東北労災病院 中央検査部 部長)
	岩月 恵子	(旭労災病院 中央検査部 部長)
	谷 清彦	(北海道中央労災病院 中央検査部 部長)
研究代表者	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)

### 研究要旨

じん肺に合併する続発性気管支炎の診断に必要な膿性痰の判定は、主治医の肉眼にて判定される。客観的な指標をめざして喀痰中好中球エラスターゼ濃度を測定してきた。令和5年度の報告書の結果をうけて、新たに北海道中央労災病院のじん肺患者60名の喀痰にて測定をおこなった。膿性痰を判定するcut-off値は、1,195ng/mlで感度80%、特異度62%であった。また、旭労災病院から追加で提出された検体を含めて151検体では膿性痰のcut-off値は1,167ng/mlで感度70.5%、特異度63.3%であった。3病院のcut-off値はほぼ均一となり、膿性痰の判定基準は1,100ng/ml前後であった。令和6年度の北海道中央労災病院のcut-off値を用いて532検体を検証したところ、感度75.5%、特異度57.4%であり、目視の膿性痰の判定を傍証する客観的な指標となりうると考える。

### A. 研究目的

じん肺に合併する続発性気管支炎の診断に必要な膿性痰の判定は、主治医の肉眼による判定で行われる。そのため、従来から客観的な指標の開発が望まれてきた。令和5年度までの3病院による報告では、cut-off値にばらつきがあった。各病院間でじん肺患者背景にばらつきがあることも一因と考えた。

そこで今年度はPR4Cの患者も多く含まれ、じん肺の重症度も軽症から重症までそ

ろっている北海道中央労災病院の患者群で、従来とは異なりN-アセチルシステインとの反応時間を一定にして喀痰中エラスターゼの測定を行い、cut-off値を求めた。その後、前年度のデータ群と有意差がないか検討した。また、旭労災病院から新たに提出された喀痰のデータを検討しROC曲線にてcut-off値を求めた。最終的には、北海道中央労災病院のcut-off値を用いて、昨年度の他院および令和5年度の北海道中央労災病院のデータを検証

し、感度、特異度を求める。

## B. 対象と研究方法

(対象)

令和6年度新たに北海道中央労災病院じん肺患者60名(全員男性 81.2±7.4 (SD) 歳 全員男性)の喀痰を採取し検討した。

令和5年度の旭労災病院一般患者を含む151名(女性13名を含む 平均年齢 81.8±6.6歳)、東北労災病院一般患者を含む25名(女性3名を含む 平均年齢76.2±12歳)及び令和5年度に採取した北海道中央労災病院の一般患者を含む303例(女性9名を含む 平均年齢 78.4±8.6歳)の測定データを用いて比較検討した。

(方法)

じん肺患者の喀痰250μLから4mLを採取して試験管に分注、残った喀痰は細胞診検査部門にてMiller&Jones分類をおこないM痰(粘液痰)とP痰(膿性痰)の判定を行った。分注した喀痰に50mgN-アセチルシステインを添加して混和したのち一昼夜放置。その後、エラストラーゼ値を測定した。今回は、多核白血球を測定することがないためN-アセチルシステインとの反応時間を一昼夜に限定してエラストラーゼ値を測定した。

判定基準を求めるために、ROC曲線にて解析した(SPSS advanced statistics package ver 24.0を使用)。令和5年度と令和6年度の北海道中央労災病院のデータとの比較には、one-way ANOVA解析を行い、 $p < 0.05$ を有意とした。

(倫理面への配慮)

患者本人に対して説明書を用いて説明し、承諾書を書面にて得ている。本研究は、「研究倫理指針(令和3年4月16日)」を遵守して行っている。

## C. 研究結果

令和6年度に北海道中央労災病院にて採取した喀痰のエラストラーゼ値は、M痰で1,611±310(SE)ng/ml、P痰は6,330±170ng/mlであった。ROC曲線にて算出した結果は、図1に示す。面積は.739であり良好な結果を示す。cut-off値は1,195ng/mlであった。感度は80%、特異度は62.2%であった。

新たに提出された検体を含む旭労災病院のデータでは、M痰のエラストラーゼ値は2,829±597ng/ml、P痰のエラストラーゼ値は4,030±718ng/mlであった。ROC曲線にて算出したcut-off値は、1,167.6ng/mlで、感度70.5%、特異度63.3%であった(図2)。

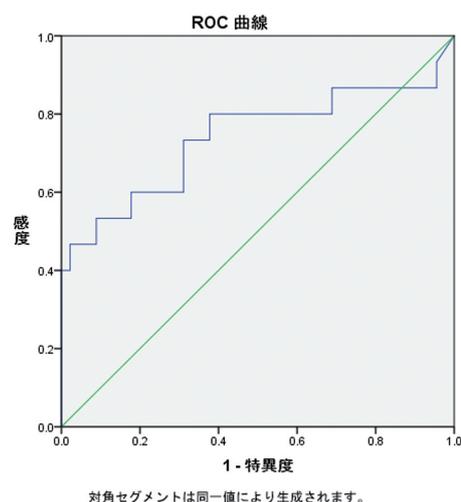


図1 エラストラーゼ測定ROC曲線  
(令和6年度北海道中央労災病院)

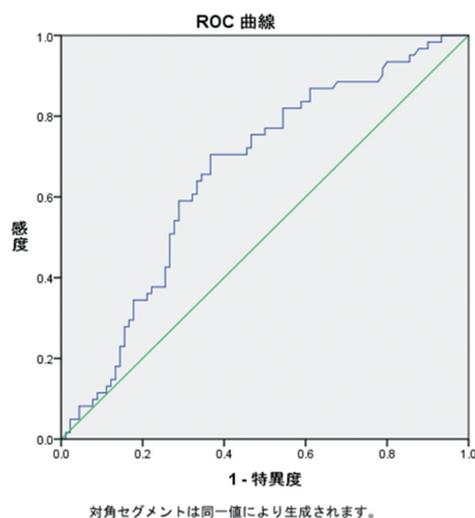


図2 エラストラーゼ測定ROC曲線  
(旭労災病院)

以上のデータと、東北労災病院の膿性痰を判定するcut-off値を表1に示す。いずれも1, 100ng/ml前後で収斂されてきている。

表1 各病院のROC曲線の面積・感度・特異度・cut-off値

病院名	面積	感度	特異度	cut-off値 (ng/ml)
旭労災	.660	.705	.633	1167.6
東北労災	.906	.875	1.00	990.0
R6道央労災	.739	.800	.622	1195.0

新たに測定した令和6年度の北海道中央労災病院のデータと令和5年度までの同院のデータのP痰およびM痰どうしを比較した。その結果、M痰どうし、P痰どうしいずれもP値が0.125、0.907と有意差はなく、同一の母集団を見ているものと考えた。

表2 北海道中央労災病院新旧喀痰データの検討

M痰		P痰
令和5年度		
n	241	48
エラストラーゼ	2328±193	7866±958
令和6年度		
n	45	15
エラストラーゼ	1611±310	6330±1702

平均値±SE 単位ng/ml  
一元配置分析 Post hoc解析 Dunnett T3

さらに今回求めた令和6年度北海道中央労災病院のcut-off値をもとに各病院のP痰、M痰を診断できるかを検討した。結果を表3に示す。旭労災のデータ以外の病院群でのデータでは、それぞれ78から87%の感度を示し、すべてのデータでも75.5%の感度が得られた。

表3 令和6年度年北海道中央労災病院カットオフ値による既データの判定結果

病院名	痰分類	n	カットオフ値 1, 195ng/ml	
			オフ値以上(%)	感度/特異度(%)
旭労災	P痰	61	42(68.9)	68.9/63.3
	M痰	90	33(36.7)	
東北労災	P痰	16	14(87.5)	87.5/100
	M痰	12	0(0.0)	
R5道央労災	P痰	55	43(78.2)	78.2/54.0
	M痰	248	114(46.0)	
R6道央労災	P痰	15	12(80.0)	80.0/62.2
	M痰	45	17(37.8)	
計	P痰	147	111(75.5)	75.5/58.5
	M痰	395	164(41.5)	

#### D. 考察

今回新たに60名のじん肺患者で喀痰中の好中球エラストラーゼ値を測定した。その結果、1, 195ng/mlのcut-off値を得た。このcut-off値にて、感度80%、特異度62.2%と良好な結果が得られた。また同値を用いて、今まで提出された喀痰542検体について検証すると全体でP痰の75.5%、旭労災病院のP痰の68.9%、東北労災病院のP痰については87.5%、2023年の北海道中央労災病院のP痰についても78.2%の感度で拾い上げることができた。最初の植木らの報告<sup>[1]</sup>では、1, 625ng/mlがcut-off値であったこと、表1に挙げるように3病院でcut-off値が1, 100ng/ml前後に収斂していた。今回のcut-off値1, 195ng/mlは、542例の喀痰のMiller&Jones分類された痰にて検証し、P痰の感度として70%から80%を拾い上げることができた。このcut-off値は、目視のP痰の傍証として妥当な値と考えられる。

前回の報告書にある北海道中央労災病院のcut-off値と今回新たに算出したcut-off値の違いについて検討した。前回の報告では、多

核球の測定を行うため、喀痰を十分に溶解させる必要があり、N-アセチルシステインを添加し、数日間かけて喀痰を完全に溶解させた後に測定を行うこともあった。一方、今回の測定では多核球の計測を行わなかったため、喀痰の溶解にかかる時間や経時的な変化の影響を割合均一にすることができ、測定結果がより安定したと考えられた。また、旭労災病院の検体処理については、複数技師による測定がなされていることが、データに若干のばらつきがでたと思われる。前処理工程の時間を明確に設定し、溶解時間を統一することや測定技師を一定にすることなど同一条件で測定することが精度の向上に寄与すると考えられる。石綿小体測定のように、地域で公認の測定センターを設けての喀痰中好中球エラスターゼ値測定を行うことで信頼の得られたデータ測定ができると思われる。

#### E. 結論

新たに60名での喀痰中好中球エラスターゼ値のcut-off値1, 195ng/mlを算出した。提出された542喀痰に対して検証し、全体で感度75.5%、特異度58.5%を得た。

#### F. 参考文献

[1]植木進一、大塚義紀ら. じん肺患者における膿性痰中の好中球エラスターゼ測定についての検討. 日本職災学会誌. 2021年：69巻：231-237.

#### G. 研究発表

##### 1. 論文発表

[1]植木進一、大塚義紀ら. じん肺患者における膿性痰中の好中球エラスターゼ測定についての検討. 日本職災学会誌. 2021年：69巻：231-237.

[2]谷 清彦、岩月恵子、植木進一ら. 喀痰

中好中球エラスターゼの測定－多施設共同研究－. 日本職災学会誌 73巻2号掲載予定.

##### 2. 学会発表

[1]大塚義紀. 労災疾病等医学研究令和5年度開始「じん肺」テーマについて. 日本職災学会誌. 2023年：71巻（臨時増刊号）：別96頁

#### H. 知的財産権の出願・登録状況

なし

### (3) じん肺審査における遠隔画像診断のネットワーク体制構想

研究分担者 丸山雄一郎 (浅間南麓こもろ医療センター 放射線科 部長)  
研究代表者 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)

#### 研究要旨

胸部エックス線写真の撮影装置のデジタル化やフィルムレス化に伴い、今後のじん肺審査はデジタル画像が主流になると予測されている。令和3年度までに、全国の都道府県労働局にじん肺診断用ビューアシステム端末が導入された。情報通信機器を活用し、クラウドサーバーで一元管理を行う「遠隔じん肺審査ネットワークシステム」の開発構想の中で、クラウド画像サーバーをどこに設置するか、その運用管理をどうするかなど、解決すべき課題も多いことから、より簡便な方法での構築を模索し、課題を抽出した。

簡易システム案の活用方法として、以下の3つを提案する。

1. じん肺読影に精通した医師が地方じん肺診査医に、簡便に遠隔サポートする仕組みの提案。
2. 地方じん肺診査医の判定の平準化のために、簡便な遠隔ネットワークシステムを活用したじん肺診断技術研修の実施方法の提案。
3. 「遠隔中央じん肺診査医会」構想の提案。

1は、専門医師の視覚的な評価で、配信側、受信側ともに4K医療用DICOMモニターを用いれば、汎用のネットワークやWEB会議システムを利用して、じん肺エックス線写真の遠隔観察が可能であることが示唆されたが、使用するモニター性能や配信方法によっては画質の劣化を認め、エックス線写真の完全性に課題があることが判明したため、じん肺審査時には、画質劣化が全く生じない遠隔画像通信方法を使用することが必要である。

2は、読影実習を含めた現行の「じん肺診断技術研修」の内容を担保し、簡便に実施する方式として、現地会場での受講と読影演習と、遠隔会場におけるオンライン講義視聴とオフライン読影実習を行い、オンラインで質疑応答を行うハイブリッド方式を提案した。第17回じん肺診断技術研修において実証実験を行ったところ、演習用画像とじん肺ビューアシステムが保存されたSSDを事務局から遠隔会場を担当する地方労働局に送付し、局所有のPCで読影演習を、また講義はWEB会議システムで受講する方式が、現状最も実現性の高い方式と考えられた。

3は、遠隔地で観察するじん肺審査対象のエックス線写真画質の真正性に懸念があり、中央じん肺診査医会を遠隔で行うためには、解決すべき課題は多い。

令和3年度までに、全国すべての地方労働局にじん肺診断用ビューアシステム端末が配備されていることから、この読影システムを上手に活用し、遠隔画像診断を目的としたじん肺審査用の専用ネットワークシステムが構築されることで、将来、中央じん肺診査医および地方じん肺診査医の業務改善に資する仕組みが実現されることを期待する。

## A. 研究目的

じん肺画像の読影において、従来のエックス線フィルムによる胸部エックス線写真読影に加えて、医療用モニターによるデジタル画像の読影も可能となっている。胸部エックス線写真の撮影装置のデジタル化やフィルムレス化に伴い、中央じん肺診査医会における審査及び労働局におけるじん肺管理区分の決定においても、今後のじん肺審査はデジタル画像が主流になると予測されており、すでにフィルム読影からモニター読影に移行しつつある。

医療用モニターを用いて胸部エックス線写真を読影する場合は、「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報告書」（平成23年1月）<sup>[1]</sup>に、じん肺健康診断に用いる医療機器の必要要件として(1)画像データの保存装置、(2)キャプチャー機器(CR又はDR(FPD)の撮影装置)及びビューワー(画像を表示するソフトウェア)、(3)医療用モニター(ディスプレイ)、(4)イメージャー(フィルム出力装置)について明記されている。この要件(1)～(4)の全てを満たす場合、じん肺健康診断受診者の胸部エックス線写真の画像データと、電子媒体版に収録された標準写真の画像データを、医療用モニターを用いて比較読影することが可能となっており、平成29年～令和元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)「じん肺審査におけるモニター読影ソフトの構築に関する研究」(研究代表者 芦澤和人)において、筆者らは、3MP医用モニターとじん肺読影に特化した読影ソフトからなる「じん肺用DICOMビューアシステム(PAXiS-じん肺ビューア)」を開発したことを報告した<sup>[2]</sup>。

令和3年度までに、厚生労働省および全国の都道府県労働局にじん肺診断用ビューアシ

ステム端末が導入された。

筆者らは令和元年～令和3年度労災疾病臨床研究「モニターを用いたじん肺画像診断に関する研究」(研究代表者 芦澤和人)で、じん肺審査における遠隔画像診断のネットワーク体制構想について検討し、その活用案を提案した<sup>[3]</sup>。円滑にかつ見読性を担保した上で遠隔読影を行うためには、これまで報告した一元管理を行うクラウド画像サーバーを用いて全国どこからでも画像を双方向に閲覧できる遠隔じん肺審査ネットワークシステムの構築が望ましいが、各労働局の読影端末に画像登録処理用ソフトを追加する必要があるなど、課題も多い。

本研究の目的は、クラウドサーバーで一元管理を行う「遠隔じん肺審査ネットワークシステム」の開発構想を模索し、実現に向けての課題を抽出しながら、現状で実現可能な方策を考案することである。

## B. 研究方法

情報通信機器を用いて、より簡便に、遠隔でじん肺審査等を行うネットワークの構築のために、どのような枠組みを構築し、インフラストラクチャーを整備すればよいかを考案する。

## C. 研究結果および考察

### 1. じん肺読影に精通した医師による地方じん肺審査の遠隔サポート

令和元年～令和3年度労災疾病臨床研究「モニターを用いたじん肺画像診断に関する研究」(研究代表者 芦澤和人)において、見島らが実施した地方じん肺診査医へのアンケート調査<sup>[4]</sup>によれば、39%の労働局が、ぜひ必要あるいは可能であればと回答していた。地方じん肺診査医からは、判定の難しい症例のサポートを望む意見や、審査の平準化

が図れるのではないかと期待する意見があり、地方じん肺診査会でのじん肺の型分類を含めた判定において、じん肺に精通した医師による遠隔サポートの希望がある。

可能であれば、一元管理を行うクラウド画像サーバーを用い、専用回線で画像を双方向に閲覧できる遠隔じん肺審査ネットワークシステムを用いることが望ましいが、簡便な遠隔じん肺審査ネットワークシステムとして、

- ① 都道府県労働局所有のじん肺読影用PC端末を、読影と通信の両方に使用するシステム
- ② 都道府県労働局所有のじん肺読影用PC端末は読影専用とし、通信用途に使用するPCを別途用意するシステム

の2案を提案した<sup>[5]</sup>。

第①案は、A地方局で開催される地方じん肺診査会の会場において、A労働局所有のじん肺読影用PC端末を、VPN回線を用いてインターネットに接続し、WEB会議システムで3MP医療用モニターに表示された申請者の画像を画面共有し、最寄りのB地方局に向いたじん肺読影に精通した医師が、インターネットに接続されたB労働局のじん肺読影用端末の3MP医療用モニターに配信された申請者の共有画面の画像を見ながら、WEB会議システムの通話機能で、地方じん肺診査医に助言するものである。

第①案のメリットは、画像サーバーに画像登録をするシステムが不要なので安価に構築できることと、各局は既存のPCおよび3MP医療用モニターを利用できることである。送信側および受信側で使用する局所有のじん肺読影システム用PCのGPUスペックは比較的高いことから、通信環境が確保できれば安定した送受信が可能であることである。

デメリットは各局所有のじん肺読影用PC端末に、WEB会議システムを導入する必要

があることと、じん肺読影用PC端末を、インターネットにVPN接続する必要があることである。従って地方局が所有するじん肺読影システムのPCを、インターネットにVPN接続することの同意を得る必要がある。

「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報告書」<sup>[1]</sup>には、じん肺の単純エックス線写真は3MP（2048×1536）の医療用モニターで観察する必要があるとされている。汎用のインターネットで画像を送受信する際に、本当に画質が劣化しないのかの検証が必要である。受け手の画像の表示は、送信側のA局と受信側のB局が使用する施設内のインターネット回線の速度に影響されるため、レイテンシが大きくなる可能性もある。

次に第②案を示す（図1）。送信側のA地方局所有のじん肺読影用PC端末は従来通り読影専用とし、ネットワークには接続しない。A地方局は、画像の表示用のじん肺ビューアとWEB会議システムの両方が実装されたPCを別途用意し、配信用PCとして通信用途に使用する。WEB会議システムで4K（8MP，3840×2160）モニターを画面共有して配信すると、受信側は解像度3840×2160の画像を観察できるため、配信用PCには4K外部モニターを接続しておく。VPN回線を用いてインターネットに接続し、送信用PCの4Kモニターに、読影用PCと同一の申請者のエックス線写真と比較するじん肺標準写真のDICOM画像を並べて表示させ、WEB会議システムで2画像を1画面として共有する。

フルHD/2K（1920×1080）では、画面共有時の画質は不良である。

受信側のじん肺読影に精通した医師は、最寄りのB地方局が所有するインターネットに接続された受信用PCの医療用モニターで送信された申請者のエックス線写真とじん肺標

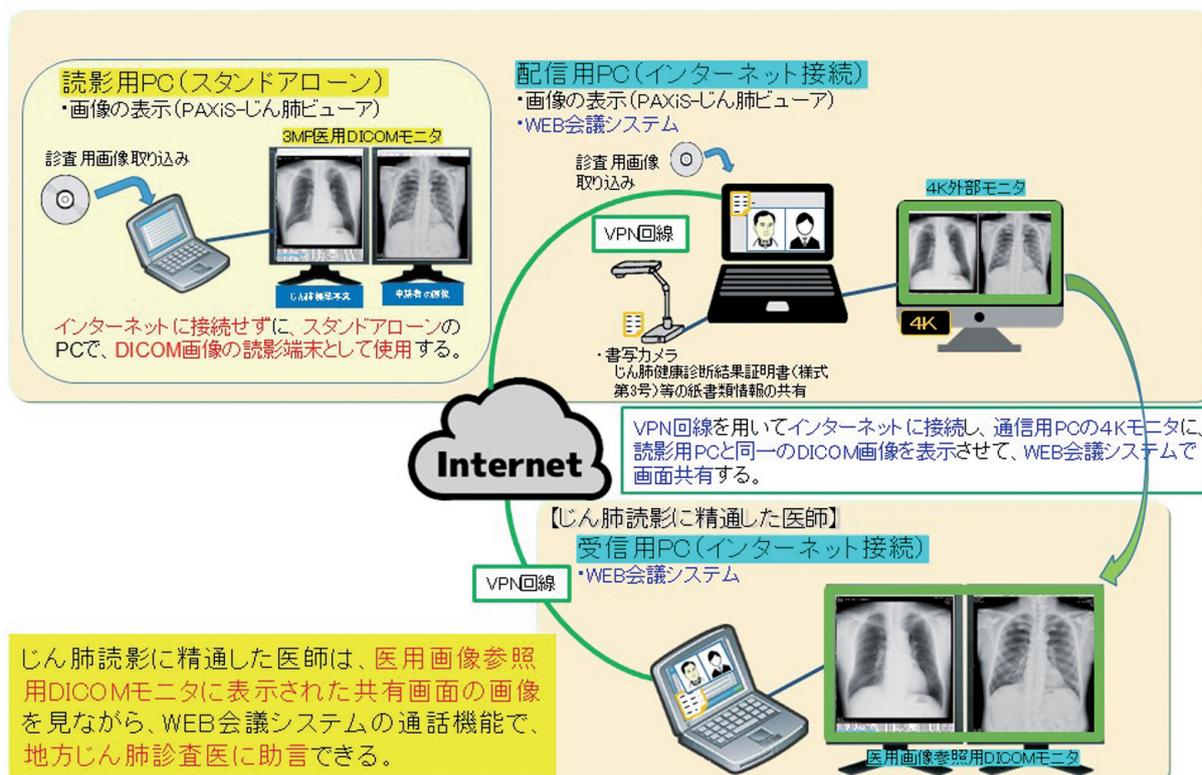


図1 じん肺読影に精通した医師による簡易版遠隔サポートシステム

標準写真のDICOM画像を医療用モニターで観察し、WEB会議システムの通話機能で、地方じん肺診査医に助言する。

第②案のメリットは、第①案同様、画像サーバーに画像登録をするシステムが不要なので安価に構築できることと、第①案と異なり、局所有のじん肺読影用PC端末に、WEB会議システムを導入する必要がなく、インターネット接続が不要なことである。

医療用DICOMモニターのほかに、比較的安価な医用画像参照用DICOMモニターも市販されており、令和5年度に、普及型の4K医療用DICOMモニターや、民生用4K簡易DICOMモニターを利用の可否を目的に、画像配信側および受信側に必要なモニター性能を検証する画質評価を行った<sup>[6]</sup>。

じん肺読影用として推奨されている3MP医療用DICOMモニターに表示させたじん肺

標準写真と比較して、配信側、受信側ともに4K医療用DICOMモニターの場合、肺野血管影の鮮鋭度、粒状影・大陰影・不整形陰影の密度および鮮鋭度の評価に、有意な差はなく、「同等」であった。配信側、受信側のいずれかが4K簡易DICOMモニターの場合、評価に有意な差があったが、視覚的には「ほぼ同等」であった。

陰影の鮮鋭度は配信側モニターよりも、受信側モニター特性の影響を受けやすい。

配信側、受信側ともに4K医療用DICOMモニターを用いれば、商業ベースで一般的に利用されている汎用のネットワークやWEB会議システムを利用して、じん肺エックス線写真を遠隔で観察することが可能であることが示唆された。専門家の意見として、4K医療用DICOMモニターあるいは4K簡易DICOMモニターに遠隔表示させた画像は、

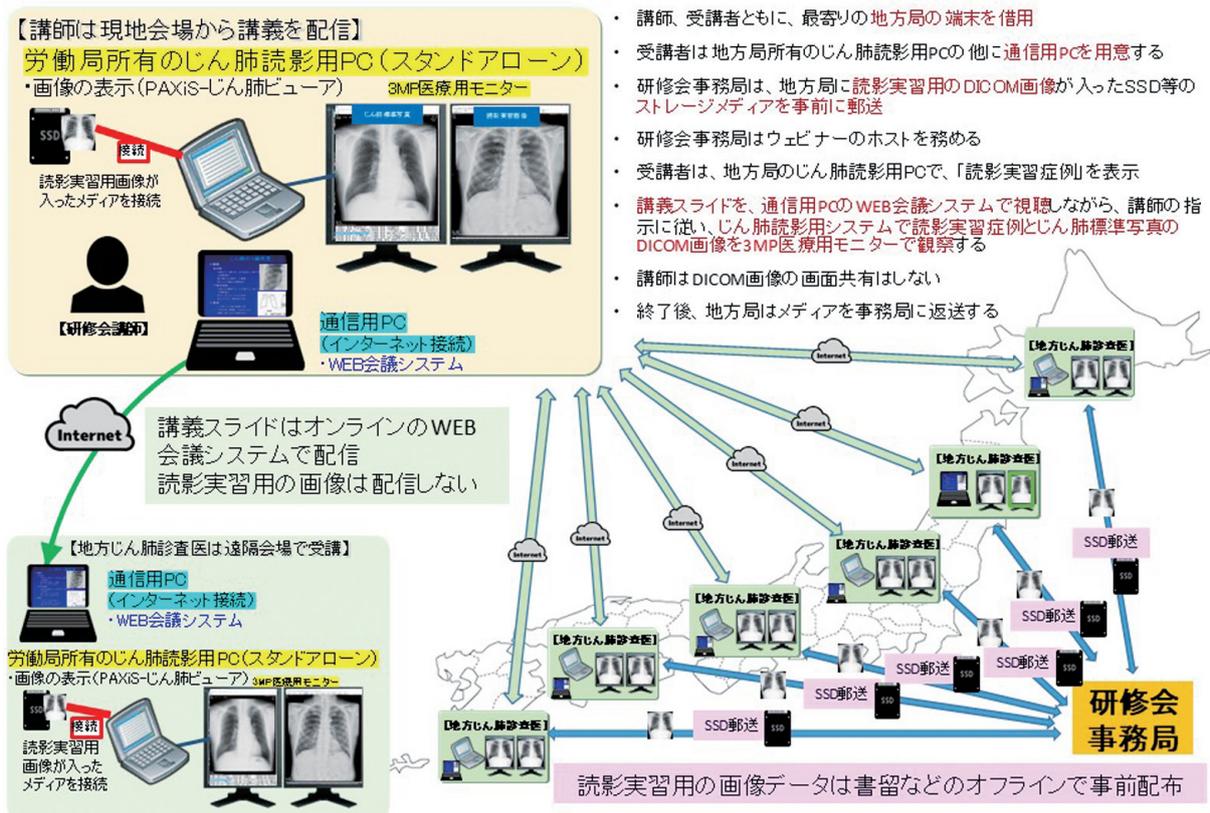


図2 ウェビナー講義とオフライン読影実習を併用するじん肺診断技術研修

じん肺読影の専門家が見る支援用画像として利用可能と判断された。

第①案、第②案を検討した結果、より実現性の高い方式は第②案と考えられたが、じん肺審査業務に利用するに当たっては、画質劣化が全く生じない遠隔画像通信方法を使用することが必要であり、課題は残った。

## 2. 遠隔ネットワークシステムを活用したじん肺診断技術研修の実施

現在、地方じん肺診査医等研修として、独立行政法人労働者健康安全機構（JOHAS）が、年1回、神奈川県川崎市で「じん肺診断技術研修」を開催しているが、平日2日間、全国から川崎市まで出張することが困難な地方じん肺診査医もいるものと推察される。

この研修では、講義だけでなく、実際のじん肺症例の胸部エックス線写真15例を読影・

判定し、その結果を講師が解説する実習形式が取り入れられており、全国の地方じん肺診査医の判定を平準化するために、大変有意義な研修である。全地方局にじん肺診断用ビューアシステム端末が配備されたことで、現行の「じん肺診断技術研修」の内容を担保する研修会を、遠隔ネットワークシステムを利用して開催できないか考案した。構想図を図2に示す。地方じん肺診査医は、最寄りの地方局で受講できるため、交通・宿泊等の心配も軽減され、より参加しやすくなると思われる。

じん肺診断技術研修をオンラインで実施するには、筆者らが「モニターを用いたじん肺画像診断に関する研究」<sup>[7]</sup>で報告したクラウド画像サーバーを用いた遠隔ネットワークシステムを利用するのが最も望ましいと考えるが、そのシステムが構築できるまでの暫定的



図3 講義（座学）の受講状況

な方法として、機器およびインフラの現状を鑑み、より簡便な方法での構築を模索した。筆者らは、WEB会議システムによる講義の視聴とオフライン読影実習を併用するじん肺診断技術研修を提案した。

JOHASのご協力をいただき、令和7年2月6日～7日に同機構が主催した第17回じん肺診断技術研修において、パイロットスタディとして、現地会場と遠隔会場のハイブリッド形式の接続検証および視聴・実習の検証を行った。遠隔会場での講義の受講はWEB会議システムを用い、インターネットに接続された汎用のPC端末で視聴可能であった（図3）。読影演習は、事前にJOHAS事務局より遠隔会場をお願いした地方労働局に送付された、演習用エックス線写真のDICOM画像とじん肺ビューアシステムが保存されたSSDを、地方労働局所有のじん肺読

影用PCに接続して、じん肺ビューアを起動して行った。受講者は、演習用のエックス線写真とじん肺標準写真を各モニターに表示し、両者を比較してどの型に最も近いかを検討して診断することができた（図4）。なお、JOHASから読影演習用の画像データをセキュリティを十分に確保した上で事前に関係する機関内で協議して用意したクラウドサーバーにアップロードし、遠隔会場担当の地方労働局にて画像データのダウンロードが可能かも検証したところ、画像データの転送が可能であることも確認できた。

判定結果は、JOHASが準備したGoogle Formによる回答画面から入力し、回答してもらった（図5）。

じん肺エックス線写真読影結果の講評と解説は、4KモニターをWEB会議システムで画面共有することで、3840×2160画素の解像度



図4 読影演習（実習）の受講状況

で演習用の写真とじん肺標準写真を並べて表示したじん肺ビューア画面を配信することができ、じん肺審査の実際に合った読影演習の解説を行うことができた（図6）。

### 3. 「遠隔中央じん肺診査医会」構想

各労働局におけるじん肺管理区分の決定後に中央じん肺診査医会における審査が必要な事案が発生する。クラウド画像サーバーを用いた遠隔ネットワークシステムで、全国から申請された全データが一元管理されれば、中央じん肺診査医は、必ずしも厚生労働省に出張しなくても、読影端末が配備されている最寄りの地方局に出向いてじん肺診断用ビューアシステム端末でDICOM画像を表示し、書画カメラで紙媒体のアナログ情報を共有し、WEB会議システムにて意見交換などの審議を行うことで、中央じん肺診査医会を遠隔会

議として開催することが可能となると思われる。

ただし、オンラインで参照する申請者のエックス線写真の画質が、オリジナルと同等の画質であることを担保する必要がある。画像データそのものを中央じん肺診査医が観察する遠隔地の会場に転送して、画像を高精細モニターに表示するのであれば画質の劣化はないが、クラウドサーバー内の画像をオンラインで表示させる場合は、通信時のデータ損失および画質劣化がないかを検証する必要がある。筆者らの読影実験で、じん肺読影用として推奨されている3MP医療用DICOMモニターに表示させたじん肺標準写真と比較して、配信側、受信側ともに4K医療用DICOMモニターの場合、肺野血管影の鮮鋭度、粒状影・大陰影・不整形陰影の密度および鮮鋭度の視覚的評価に有意な差はなく、「同等」で

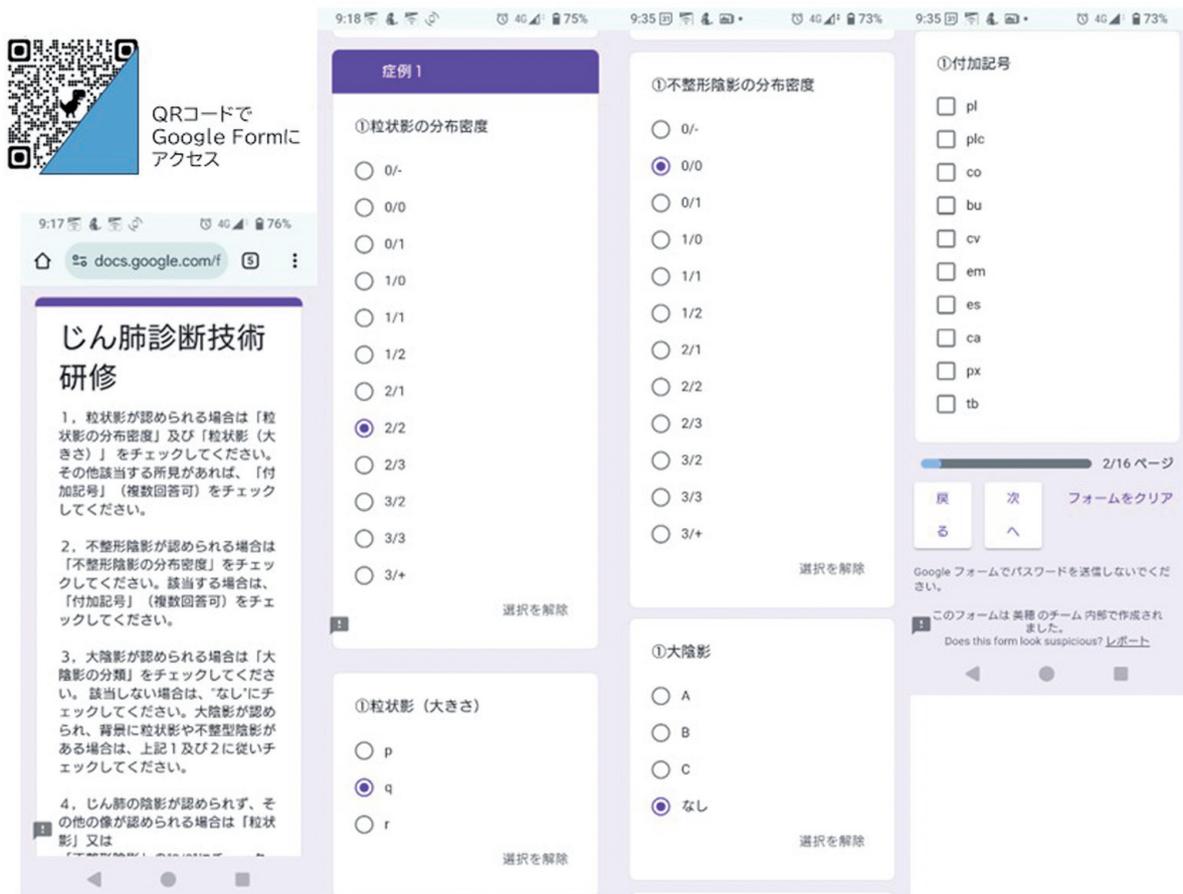


図5 Google Formを用いたオンライン回答画面

あったが、物理的な画像データの同等性も担保される必要がある。

「遠隔中央じん肺診査医会」を実現するには、解決すべき課題は多いと考えられた。

#### D. 結論

中央じん肺診査医及び地方じん肺診査医が遠隔でじん肺の診断又は審査をするためには、表示される画像の画質が担保されていなければならない。厚生労働省が示す「医療情報システムの安全管理に関するガイドライン第5.2版（令和4年3月）」<sup>[8]</sup>に明記されている「真正性」「見読性」「保存性」が保証された状態で保存されるとともに、「完全性」「見読性」なども考慮され、画質の劣化がなく配信側と受信側が同一の画像であることが必要

である。そのためにはクラウド画像サーバーを用いた専用回線による遠隔ネットワークシステムの構築は必須であるが、暫定的に、実現可能な簡便な仕組みを考案し、その利用方法を示した。

第1は、じん肺読影に精通した医師による地方じん肺診査医への遠隔サポートである。判定に苦慮するケースに遭遇した際などに、じん肺読影に精通した医師が簡便に遠隔サポートする仕組みを提案したが、使用するモニターの性能や配信方法により、専門医師の視覚的な評価で画質の劣化が認められており、エックス線写真の真正性に課題があることが判明したため、画質劣化が全く生じない遠隔画像通信方法を使用することが必要である。

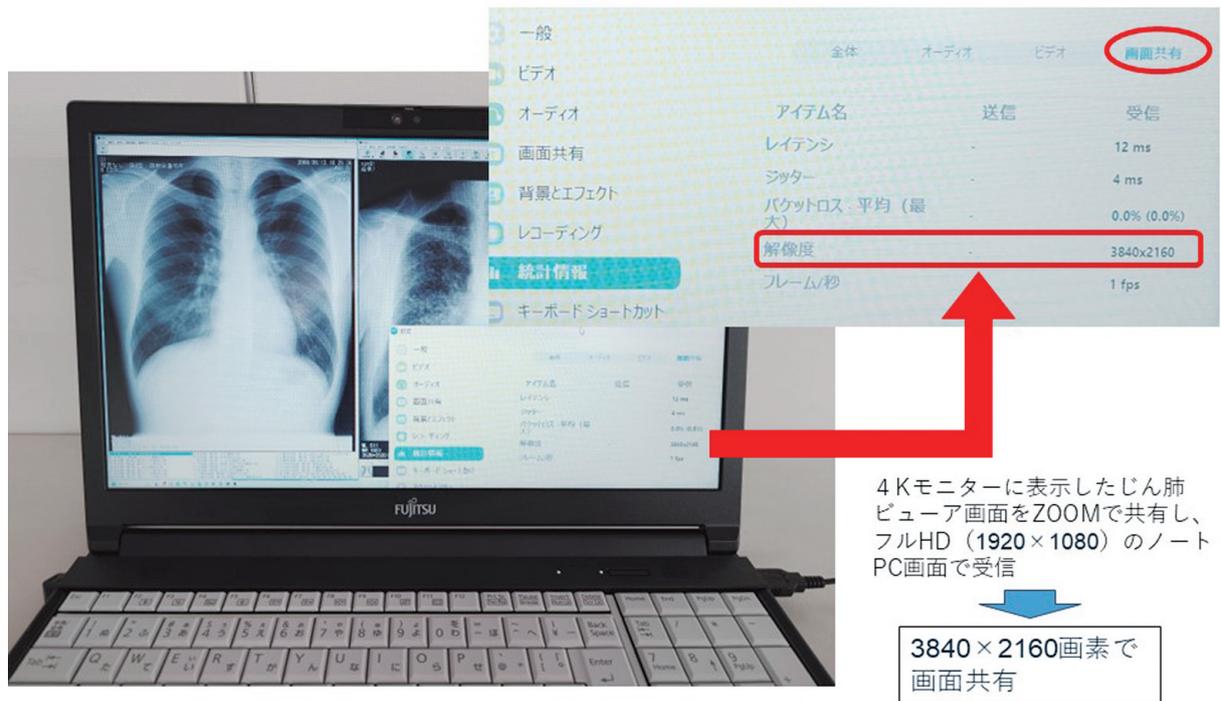


図6 4Kモニターを画面共有した際の解像度



図7 4Kモニターを画面共有した読影結果講評と解説

第2は、オンラインじん肺診断技術研修の実施である。地方じん肺診査医の判定の平準化のために、読影実習を含めた現行の「じん肺診断技術研修」の内容を担保し、簡便に実

施する方式として、オンラインでの講義視聴とオフライン読影実習を併用する方法を提案した。

じん肺診断技術研修をオンラインで実施す

るには、クラウド画像サーバーを用いた遠隔ネットワークシステムを利用するのが最も望ましいと考えるが、クラウド画像サーバーをどこに設置するか、その運用管理をどうするかなど、解決すべき課題も多い。そのシステムが構築できるまでの暫定的な方法として、現在JOHASや地方労働局が保有している機材やインフラを考慮し、現状最も実現性の高い方式は、筆者らが提案した、演習用画像とじん肺ビューアシステムが保存されたSSDを事務局から遠隔会場を担当する地方局に送付し、局所有のPCで読影演習を、また講義はWEB会議システムで受講する方式と考える。

全国の多くの地方じん肺診査医が研修に参加し易くなり、地方じん肺診査医の判定の平準化に資することが期待される。

第3として「遠隔中央じん肺診査医会」構想を提案したが、遠隔地で観察するじん肺審査対象のエックス線写真画質の真正性に懸念があり、解決すべき課題は多い。

しかし、令和3年度までに、全国すべての地方労働局にじん肺診断用ビューアシステム端末が配備されていることから、この読影システムを上手に活用し、遠隔画像診断を目的としたネットワークシステムが構築されることで、将来、中央じん肺診査医および地方じん肺診査医の業務改善に資する仕組みが実現されることを期待する。

## E. 参考文献

- [1]厚生労働省労働基準局安全衛生部労働衛生課. 村田喜代史(座長)他. 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報告書(平成23年1月). 厚生労働省. p. 12-14 2011. 1
- [2]丸山雄一郎、芦澤和人. じん肺審査におけるモニター読影ソフトの構想に関する研究: 厚生労働科学研究費補助金(労働安全衛生総合研究事業)平成29年~令和元年度総合研究報告書 p. 33-37 2020. 3
- [3]丸山雄一郎、加藤勝也、児島克英、筒井伸、芦澤和人. じん肺審査における遠隔画像診断のネットワーク体制構想2. 労災疾病臨床研究事業費補助金「モニターを用いたじん肺画像診断に関する研究」令和元年~令和3年度総合研究報告書(研究代表者 芦澤和人) p. 45-53 2022. 3
- [4]児島克英、芦澤和人、加藤勝也、高橋雅士. モニター導入状況に関する地方じん肺診査医アンケートの実施. 労災疾病臨床研究事業費補助金「モニターを用いたじん肺画像診断に関する研究」令和元年~令和3年度総合研究報告書(研究代表者 芦澤和人) p. 33-40 2022. 3
- [5]丸山雄一郎、芦澤和人. じん肺審査における遠隔画像診断のネットワーク体制構想—簡易システムの提案—. 労災疾病臨床研究事業費補助金「じん肺健康診断とじん肺管理区分決定の適切な実施に関する研究」令和4年度分担研究報告書 p. 55-65 2023. 3
- [6]丸山雄一郎、加藤勝也、芦澤和人. じん肺審査における遠隔画像診断のネットワーク体制構想—DICOM準拠医療用4K(8MP)モニターと簡易DICOM対応民生用4K(8MP)モニターに民生用WEB会議システムで表示させたじん肺標準写真の画質評価—. 労災疾病臨床研究事業費補助金「じん肺健康診断とじん肺管理区分決定の適切な実施に関する研究」令和5年度分担研究報告書 p. 103-110 2024. 3
- [7]丸山雄一郎、芦澤和人. じん肺審査におけるモニター読影ソフトの構想に関する

る研究：厚生労働科学研究費補助金（労働安全衛生総合研究事業）平成30年度総括・分担研究報告書 p. 47-50 2019. 3  
[ 8 ]厚生労働省医政局長. 医政発 0331 第50号「医療情報システムの安全管理に関するガイドライン 第5. 2版」の策定について（令和 4 年 3 月31日）

F. 健康危険情報

なし

G. 研究発表

なし

H. 知的財産権の出願・登録状況

なし



### Ⅲ. 研究成果の刊行に関する一覧表



## 研究成果の刊行に関する一覧表

### 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
芦澤和人、 加藤勝也	I 診断. 1 画像診断	日本肺癌 学会	悪性胸膜中皮腫診 療ガイドライン 2024	日本肺癌 学会	東京都	2024	388-392
芦澤和人、 加藤勝也	I 診断. 4 病期診断	日本肺癌 学会	悪性胸膜中皮腫診 療ガイドライン 2024	日本肺癌 学会	東京都	2024	414-416

### 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
岸本卓巳	3. 塵肺一問診のポイント, 典型的な画像所見, 鑑別診断について	間質性肺炎のみかた, 考えかた		285-295	2022
Ohtsuka Y, Ashizawa K, Kato K, Kato M, Inomata T, Fujimoto N, Mizunashi K, Yokoyama T, Kishimoto T, Kimura K, Nakayama M, Kimura B	MRI Patterns of Progressive Massive Fibrosis in Coal Workers with Pneumoconiosis	JJOMT	70	7-12	2022
猪又崇志、岡本賢三、 今野 哲、横山多佳子、 大塚義紀、岸本卓巳、 木村清延、宮本顕二	今日のじん肺 (1) 粉じんばく露を回避することで改善するじん肺	産業医学ジャーナル	45	84-88	2022
横山多佳子、猪又崇志、 大塚義紀、岡本賢三、 岸本卓巳、今野 哲、 木村清延、宮本顕二	今日のじん肺 (2) インジウム肺	産業医学ジャーナル	45	74-78	2022
岡本賢三、岸本卓巳	第2部 各論. VI. 職業性肺疾患 1 石綿肺 (アスベスト肺)	非腫瘍性疾患病理アトラス		289-296	2022

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年
谷野美智枝、岡本賢三、 木村清延	第2部 各論. VI. 職業性肺疾患 2珪肺	非腫瘍性疾患病理アト ラス		297-302	2022
森山寛史、岡本賢三	第2部 各論. VI. 職業性肺疾患 3超硬合金肺	非腫瘍性疾患病理アト ラス		303-308	2022
David A. Kaminsky, Shannon J. Simpson, Kenneth I. Berger, Peter Calverley, Pedro L. de Melo, Ronald Dandurand, Raffaele L. Dellacà, Claude S. Farah, Ramon Farré, Graham L. Hall, Iulia Ioan, Charles G. Irvin, David W. Kaczka, Gregory G. King, Hajime Kurosawa, Enrico Lombardi, Geoffrey N. Maksym, François Marchal, Ellie Oostveen, Beno W. Oppenheimer, Paul D. Robinson, Maarten van den Berge and Cindy Thamrin	Clinical significance and applications of oscillometry	EUROPEAN RESPIRATORY REVIEW		1-19	2022
小柳太作、岸本卓巳	粉状酸化チタン吸入に よるじん肺の1例	日呼吸誌	12 (6)	329-333	2023
岸本卓巳	わが国におけるじん肺 に合併した肺がんの労 災補償制度の変遷	産業衛生学雑誌	66 (4)	143-154	2024
大塚義紀	アスベスト関連肺疾患 - 中皮腫を除く	日本医師会雑誌	153巻特 別号2	226-227	2024
大塚義紀	じん肺 1) けい肺、 混合粉じん性じん肺	呼吸器内科	45巻 5号	452-456	2024
横山多佳子、黒川良太、 羽柴文貴、平田雄也、 香川友祐、宇佐美郁治	じん肺と石綿関連疾患 の労災補償	呼吸器内科	45巻	534-540	2024

## 学会発表

発表者氏名	発表タイトル名	発表誌名or学会名	巻号	ページ	出版年or 発表年月
横山多佳子、 青山由紀子、 三宅真由美、香川友祐、 宇佐美郁治	病院敷地内解体工事に おける環境空气中粉じ ん測定とアスペルギル スに対するモニタリン グ	第65回日本感染症学会 中日本地方学術集会		304	2022. 11
芦澤和人	じん肺診査における諸 問題とハンドブック改 訂	第59回日本医学放射線 学会秋季臨床大会			2023. 09
岸本卓巳	石綿健康被害救済法— 放射線科画像レポート の診査要件への追加を 含め、放射線科診断医 の果たす役割—	第59回日本医学放射線 学会秋季臨床大会			2023. 09
加藤勝也	新しいじん肺	第59回日本医学放射線 学会秋季臨床大会			2023. 09
横山多佳子、 宇佐美郁治	じん肺及び石綿関連疾 患に対する労災補償	日本産業衛生学会職業 性呼吸器疾患研究会第 4回独自集会			2023. 11
大塚義紀	労災疾病等医学研究令 和5年度開始「じん肺」 テーマについて	日本職災学会誌	71巻（臨 時増刊 号）	96	2023
岸本卓巳	呉の石綿関連疾患の歴 史とまとめ	第97回日本産業衛生学 会			2024. 5
吉山和俊、谷口寛和、 赤城和優、朝野寛視、 松尾 緑、行徳 宏、 竹本真之輔、黒濱大和、 小畑智裕、谷口大輔、 土肥良一郎、宮崎拓郎、 松本桂太郎、芦澤和人、 迎 寛	二相性胸膜中皮腫に対 する術前化学療法が劇 的に奏功した一例	第5回日本石綿・中皮 腫学会学術集会			2024. 9
加藤勝也、宮本聡志、 高尾総司、芦澤和人、 岸本卓巳	画像判定所見と石綿小 体数の相関に関する研 究	第5回日本石綿・中皮 腫学会学術集会			2024. 9

発表者氏名	発表タイトル名	発表誌名or学会名	巻号	ページ	出版年or 発表年月
赤城和優、谷口寛和、 吉山和俊、朝野寛視、 松尾 緑、行徳 宏、 竹本真之輔、芦澤和人、 迎 寛	ニボルマブ・イピリム マブ併用療法が長期奏 功した胸膜中皮腫の3 例	第5回日本石綿・中皮 腫学会学術集会			2024. 9
芦澤和人	じん肺診査の現状と課 題	第60回日本医学放射線 学会秋季臨床大会			2024. 10
加藤勝也	アスベスト関連肺・胸 膜病変の画像診断	第60回日本医学放射線 学会秋季臨床大会			2024. 10
香川友祐、横山多佳子、 羽柴文貴、平田雄也、 黒川良太、陸 美穂、 宇佐美郁治	病理解剖により肺悪性 腫瘍と十分量のアスベ スト小体が証明された 2例	第65回日本肺癌学会学 術集会			2024. 11
黒川良太、横山多佳子、 羽柴文貴、平田雄也、 香川友祐、宇佐美郁治	呼気中一酸化窒素濃度 が高値を示すじん肺症 患者の頻度とその特異 性の有無	第74回日本アレルギー 学会学術大会			2024. 11
大塚義紀、横山多佳子、 岸本卓巳、水橋啓一、 五十嵐毅、高橋 歩、 猪又崇史、木村清延、 宇佐美郁治、本田広樹、 福田智哉	労災疾病等医学研究令 和5年度開始「じん肺」 テーマについて	第72回日本職業災害医 学会学術大会			2024. 11