

厚生労働省労働基準局安全衛生部労働衛生課編

# じん肺診査ハンドブック

# 目 次

## I じん肺の病像

- 1 じん肺の定義と肺気腫
- 2 じん肺の種類、エックス線写真像と病理所見との関連

### 【付】じん肺と肺気腫

- 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

(1) けい肺

(2) 石綿肺

(3) 炭坑夫じん肺

(4) 溶接工肺

(35) その他のじん肺

### 3 じん肺の定義

- 4 じん肺の合併症・続発症

(1) 続発性気管支炎

(2) 続発性気管支拡張症

(3) 続発性気胸

(4) 原発性肺がんその他の疾病

## II じん肺健康診断の方法と判定

- 1 じん肺健康診断の体系

(1) じん肺健康診断時の項目

(2) じん肺健康診断の種類、対象労働者及び実施時期

- 2 粉じん作業についての職歴の調査

- 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

(2) じん肺陰影の特徴

(3) じん肺エックス線写真像の分類

(4) じん肺標準エックス線フィルム写真の概略と使用方法

(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

(6) じん肺の鑑別診断における CT 検査の有用性

### 【付】じん肺審査における CT 検査の位置づけ

- 4 胸部臨床検査

(1) じん肺の経過の調査

(2) 既往歴の調査

(3) 自覚症状の調査

(4) 他覚所見の検査

【付】問診票	.....
5 肺機能検査	.....
(1) 肺機能検査の体系	.....
(2) 1次検査の内容と方法	.....
(3) 2次検査の内容と方法	.....
【付1】LMS法を用いたスパイログラムの基準値	.....
【付2】じん肺における肺呼吸機能評価に関する改訂の変遷	.....
(4) じん肺の肺呼吸機能の特徴検査結果の判定	.....
(5) その他の検査	.....
6 合併症に関する検査	.....
(1) 肺結核	.....
(2) 結核性胸膜炎	.....
(3) 続発性気管支炎	.....
(4) 続発性気管支拡張症	.....
(5) 続発性気胸	.....
(6) 原発性肺がん	.....
7 その他の検査	.....
(1) 心電図検査	.....
(2) <u>心エコー選択的肺胞気管支造影</u>	.....
【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	.....
III 健康管理のための措置	
1 「じん肺管理区分」決定の流れ	.....
(1) <u>じん肺管理区分とは</u>	.....
(2) <u>じん肺管理区分の決定申請について</u>	.....
(3) <u>じん肺管理区分決定までの流れ</u>	.....
2 健康管理のための措置	.....
(1) 一般的措置	.....
(2) じん肺管理区分に基づく措置	.....
3 離職後のじん肺有所見者の健康監視	.....
【付】1. 参考図書・文献・ <u>通達</u>	.....
2. じん肺法、関係政省令	.....

# I じん肺の病像



# I じん肺の病像

—じん肺の臨床、病理等については、すでに多くの成書で述べられているため、詳細については成書にゆずり、じん肺法改正の作業の過程で検討の焦点となった主な医学的問題のうち、次の事項について述べる。

- ① じん肺と肺気腫との関連
- ② じん肺のエックス線写真像と病理所見との関連
- ③ じん肺の定義
- ④ じん肺の合併症・続発症

## 1. じん肺の定義と肺気腫

じん肺(Pneumoconiosis)という用語は、Zenker(1866)の提唱によるもので、「粉じんを吸入することによって起こる肺の病変」<sup>1)</sup>をじん肺と定義した。

Wilson (1909)は、「じん肺とは、種々の工業的粉じんを習慣的に吸入することによって生ずる肺の散在性結節性増殖である」<sup>2)</sup>と定義した。これは、粉じんが単に肺に沈着しているだけでなく、その局所において生体に反応を起こしたものでないとじん肺と呼ぶべきことを明らかにした点ですぐれているとされている。

じん肺の病像、起因粉じん等についての研究の進展を踏まえて、1971年にブカレストで開催された第4回国際じん肺会議では、じん肺は、「肺内の粉じん集積が存在することに対する組織反応(the accumulation of dust in the lung and the tissue reactions to its presence)」と定義するとされている。

日本では、昭和30(1955)年制定の「けい肺及び外傷性せき髄障害に関する特別保護法(昭和30年法律第91号)」において、けい肺の定義がなされている。それによると、けい肺は、「遊離けい酸じん又は遊離けい酸を含む粉じんを吸入することによって肺に生じた線維増殖性変化の疾病」と定義されている。また、けい肺に合併した肺結核も「けい肺」に含めて保護の対象とすることを明記している。

昭和35(1960)年に制定された「じん肺法(昭和35年法律第30号)」のじん肺の定義では、じん肺の病像を明記していないが、行政解釈では「鉱物性粉じんを吸入することによって肺に生じた線維増殖性変化の疾病」としており、「じん肺法」においては、合併した肺結核もじん肺に含めている。

その後、1で述べたような細気管支～肺胞レベルの病変の形態学的把握、Fletcherらによる慢性細気管支炎の定義を用いた粉じんばく露労働者及びじん肺有所見者の呼吸器症状有症率の実態解明、肺生理学、肺機能検査法の進歩による細気管支～肺胞レベルでの肺機能障害の把握、剖検例の集積、HRCT検査(High resolution computed tomography)SAB等の撮影法による細気管支～肺胞レベルの形態学的変化の把握等の医学の進歩により、じん肺の病像が詳細に把握されるに至った。

従来、じん肺の病変は、線維増殖性変化としてとらえられてきたが、上述の研究成果から、じん肺の病変は、線維増殖性変化のほかに、気道の慢性炎症性変化、気腫性変化を伴ったものであることが明らかにされてきている。気道の慢性炎症性変化及び気腫性変化については、粉じんばく露以外の因子、特

に喫煙、加齢との関連も示唆されているが、粉じんが相当程度関与しているとの報告が多く、じん肺有所見者に多く認められる病変と考えられる。

—このような点また、有機性の粉じんによるじん肺への適用の可能性も考慮し、昭和53(1978)年に以上をふまえて、改正されたじん肺法においては、じん肺は、「粉じんを吸入することによって肺に生じた線維増殖性変化を主体とする疾病」と定義されることになった。

なお、従来、じん肺と合併した肺結核はじん肺の定義に含められていたが、肺結核及びじん肺の進行経過に応じてじん肺と密接な関係があると認められる疾病は、「合併症」として定義されることになった。

じん肺は、その早期の段階から気腫様変化を伴うことが多く、肺気腫がじん肺有所見者の肺機能低下に及ぼす影響は大きいといわれてきた。しかし、肺気腫の臨床診断は従来必ずしも容易でないとわられてきており、特に、じん肺の場合、通常のエックス線写真、肺機能検査等の検査では把握しにくいといわれている。

—近年、選択的気管支肺胞造影 (Selective Alveolo-Bronchography : SAB) (検査法はⅡの7参照のこと) の普及により、比較的容易に細気管支及び肺胞領域における病的な形態変化を表現することが可能になり、これに伴ってじん肺における気腫像に関する知見も漸次増加してきている。

—肺気腫についての最初の定義は、1919年にLaennecによる「肺の過膨張状態で、肺組織の萎縮を伴うもの」という定義である。その後、1959年に開催されたCiba Guest Symposiumでは、肺気腫は次のように定義されている。

—Emphysema is condition of the lung characterized by increase beyond the normal in the size of air spaces distal to the terminal bronchiole either from dilatation or from destruction of their walls.

1961年のWHOの専門家会議では、単なる壁の拡張によるものが除かれて次のように定義されている。

Emphysema is a condition of the lung characterized by increase beyond the normal in the size of air spaces distal to the terminal bronchiole, with destructive changes in their walls.

また、1962年のAmerican Thoracic Societyでも次のように定義されている。

Emphysema is an anatomic alteration of the lung characterized by an abnormal enlargement of the air spaces distal to the terminal, non-respiratory bronchiole accompanied by destructive changes of the alveolar walls.

肺気腫は、Ciba Guest Symposiumで次のように分類されている。

—イ. 拡張のみのもの

① 病変の広がりが均一なもの——代償性肺気腫や太い気道の部分的閉塞に由来する肺気腫

② 主として呼吸細気管支に生じるもの——粉じん吸入による限局性肺気腫(Focal Emphysema)

—ロ. 肺組織の破壊を伴うもの

——① 小葉中心性肺気腫 (Centrilobular Emphysema)——

——② 汎細葉性肺気腫 (Panacinar Emphysema)——

——③ 不規則性肺気腫 (Irregular Emphysema)——瘢痕形成に伴うもの

—これらのうち、粉じん沈着に伴って起こる Focal Emphysema と瘢痕形成に伴う Irregular Emphysema はその発生過程が今日おおむね明らかであり、かつ、これだけでは有意の臨床所見を呈さないものが多いといわれている。— 一般に注目されている肺気腫は、1958 年に Leopold と Gough により提唱された Centrilobular Emphysema と、1959 年に Wyatt により提唱された Panlobular、Panacinar Emphysema である。正常肺及びこれらの肺気腫の形態像の模式図は図 1 に示すとおりである。—

—じん肺における肺内変化は極めて複雑かつ多彩で、SAB によっても読解し難い所見もあり、将来における研究の進歩を待たなければならない部分も残されているものの、SAB は肺気腫の有無、その型及び破壊の程度、細気管支及びその周辺の形態変化等については良い情報を提供しているといえる。—

—粉じん作業従事労働者を対象として SAB を用いて肺内変化を追求した事例を紹介する。—

—図 2 の写真は、銅山の坑内作業歴 35 年の労働者の胸部エックス線直接撮影による写真像及び SAB の所見である。胸部エックス線直接撮影による写真像では粒状影が認められず、不整形陰影が軽度に表現されている程度であるが、SAB の所見においては、風船状に拡張した小葉中心性肺気腫の像 (矢印) が認められる。部分的には正常に近い構造も表現されている。—

—図 3 の写真は、硫黄鉱山で 25 年間粉じん作業に従事した 69 歳の男性の労働者の胸部エックス線直接撮影による写真像と SAB 所見である。胸部エックス線写真では、両側上肺野に散布性粒状影が比較的密に分布し、両側下肺野は気腫様変化を思わせる過透過になっており、横隔膜も下降している。SAB の所見では、正常の肺胞構造は全く失われて細葉単位に融合拡張しており、この部分に造影剤が多く流入している。小葉中心性肺気腫と混合型かもしれないが、汎細葉性肺気腫と考えるとよい所見である。更に、気管支及び細気管支の壁の不整が著明である。—

—図 4 はベンガラ ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) を用いて 20 年間レンズ研磨に従事していた 59 歳の男性の症例である。胸部エックス線写真では、右の中肺野から下肺野にかけてブラ (bullae) 様の透亮像がみられ、特に下肺野では不規則な線状影の増強がみられる。SAB 所見においては、 $\text{B}_6$  の高度の気管支炎とブラの存在が認められ、その周囲に径が  $800 \sim 1,200 \mu$  にも達する duct ectasis が多数存在している。下肺野においては  $\text{B}_{10}$  の気管支拡張が著明であり、矢印のごとく横隔膜に接して irregular emphysema もみられる。—

—図 5 は活性炭袋詰作業に 5 年間従事した 58 歳の女性の症例である。胸部エックス線写真では極めて微細な粒状影が密在しており、いわゆるスリガラス様陰影 (ground glass appearance) であるが不整形陰影が主体である。SAB の所見では、肺胞への造影剤の流入がみられず、枯枝状になって先端が拡張しており、クローバーの葉のような変化 (矢印) があることから focal emphysema 又は duct ectasis の所見と考えられる。—

図 1—正常肺及び肺気腫の模式図

T. B. — 終末細気管支

$\text{RB}_{1-3}$  — 第 1～3 次呼吸細気管支

A. D. — 肺胞道

図 2-1 銅山の坑内作業者の胸部エックス線直接撮影による写真像

図 2-2 銅山の坑内作業者の SAB 所見

図 3-1 硫黄鉱山での粉じん作業従事労働者の胸部エックス線撮影による写真像

図 3-2 硫黄鉱山での粉じん作業従事労働者の SAB 所見

図 4-1 レンズ研磨従事労働者の胸部エックス線直接撮影による写真像

図 4-2 レンズ研磨従事労働者の SAB 所見

図 4-3 レンズ研磨従事労働者の SAB 所見

図 5-1 活性炭取扱い作業者の胸部エックス線直接撮影による写真像

図 5-2 活性炭取扱い作業者の SAB 所見

## 2. じん肺の種類エックス線写真像と病理所見との関連

じん肺は、粉じんの種類による分類と作業別による分類（炭坑夫じん肺、溶接工肺など）とがある。表の中で、インジウム肺まで前半は粉じんの種類によるじん肺ものを、炭鉱夫じん肺以降後半は作業別によるじん肺を挙げた。なお、表には主な発生職場を示している（表1）。

ここに以下では代表的なじん肺を説明する（表1）。

### 1. けい肺（Silicosis）

遊離けい酸（シリカ）を吸入することによる肺の病変は三つに分類される。

#### ①急性けい肺症（Acute silicosis または silicoproteinosis）

短期間に高濃度の遊離けい酸を吸入することで発症する肺胞蛋白症に似た病態である。

#### ②急速じん肺（Accelerated silicosis）

高濃度の遊離けい酸を含む粉じんを吸入することによって、5年から10年の短期間でけい肺を発症する病態をいう。

#### ③慢性けい肺症（Chronic silicosis）

濃度の高い遊離けい酸を含む粉じんを吸入することによって、粉じんばく露からおおよそ10年以降に発症するけい肺である。

ア）単純型けい肺：遊離けい酸により形成されたけい肺結節と呼ばれる硝子化した膠原線維からなる結節が上肺野背側を中心に多数みられるけい肺症。

イ）複雑型けい肺症：けい肺結節が増大または癒合してできる進行性塊状線維化塊状果（PMF:Progressive massive fibrosis）を形成するにいたる、それらを併せ持つけい肺症。

### 2. 混合粉じん性じん肺（MDP: Mixed dust pneumoconiosis）

遊離けい酸と線維形成が弱いけい酸塩の混合物を吸入して発症するじん肺で、斑（macule）、結節、PMFを形成する。けい肺結節の球形に対して星芒状を示しめす。遊離けい酸の含有比率によって画像や病理の所見が異なる。

### 3. 石綿肺（Asbestosis）

けい酸塩の一種である石綿を吸入して発症するじん肺であり、職業的に大量吸入を伴う職業で発症する。病変の陰影はけい肺とは異なり、下肺野から上肺野へと進展する。特発性肺線維症（IPF:Idiopathic pulmonary fibrosis）と似た画像を呈するため、職歴等を含めて鑑別することが重要である。

### 4. 炭坑夫じん肺（CWP: Coal workers' pneumoconiosis）

炭坑内の粉じんによって発症するけい肺、混合粉じん性じん肺を主に指す。けい肺同様に進行して大陰影を呈する。

なお近年、炭坑内の粉じんによって発症する肺疾患群である炭坑夫じん肺、けい肺、混合粉じん性じん肺、粉じん起因性のびまん性肺線維症（DDF: Dust related diffuse fibrosis）を包括して炭坑粉じん肺疾患（CMDLD: Coal mine dust lung disease）とする概念が提唱されている。

### 5. 溶接工肺（Welder's lung）

溶接の際に発生するヒューム（主成分は酸化鉄、以下同じ。）を吸入することによって発症するじん肺である。非粉じん作業に配置転換することで病変に改善が認められる唯一のじん肺である。最近ではヒュームに含まれるマンガンによる神経障害が問題となっている。

## 6. その他

けい酸塩肺（滑石肺、ろう石肺、ペントナイト肺、けい藻土肺等）、炭素系じん肺（炭肺、黒鉛肺、活性炭肺等）、金属肺（鉄肺、アルミニウム肺、アルミナ肺等）等のじん肺があり、これらは、けい肺と比較して肺の線維化が弱い。じん肺の胸部エックス線写真像は、じん肺の肺内病変を投影したものであり、エックス線写真に表現されている異常陰影とその原因となる病理学的変化との関連は、じん肺の病像を理解する上で有用である。

—以下、じん肺のエックス線写真像と病理所見との関連について、けい肺、石棉肺、その他のじん肺別に概説する。

### —(1) けい肺

#### イ. 粒状影

—けい酸粉じんは、他の粉じんに比べて気管支周囲の間質に移行しやすく、所属リンパ腺の変化は最も強い。間質変化が進行し強い線維化が起ると、けい肺に特徴的な3～10mmの粒状影がエックス線写真に現われてくる。けい肺の初期には粒状影が明らかに認められないが、これは、粉じん巣が大部分1.5mm以下で、かつ、線維化が進行していないためである。また、粒状影は、通常、中～下肺野に初めて認められることが多いが、この時期でも肺の後上部の粉じん巣の密度は高い。

—粒状影は、粉じん巣が大きく、線維化が強いほど明確なものとして認められる。

表1 じん肺の種類、起因物質、主な発生職場、大陰影

左右とも後上部(右S<sup>3</sup>、S<sup>3</sup>、S<sup>6</sup>、左S<sup>3</sup>、S<sup>4+5</sup>、S<sup>6</sup>等)に結節が融合することによって生じる。融合は、結節内細気管支の閉塞によって生じる局所的無気肺による結節の接近、無気肺部の線維化等によると考えられる。塊状巣内に取り込まれた気管支の狭窄はブラ形成の主因となる。通常、塊状巣を形成した際にみられる胸膜の肥厚・癒着は後外上部に起こり前上部にまでは及ばない。

### —(2) 石棉肺

#### イ. 不整形陰影

石棉肺における線状影を主体とする不整形陰影は、長い石棉粉じんによる細気管支～肺胞の変化を表現したものであり、陰影の重なりによって少数の粒状影が現われることがあっても、これは、肺内に結節性の変化があることを意味しない。

病理学的には、細気管支粘膜が肥厚し、粘膜下組織に次第に細胞増殖、線維増殖、平滑筋増殖をみるようになる。

線状影を主体とする不整形陰影は、これらの変化が重なり合ったものである。細気管支炎が進行すると、無気肺、細気管支拡張が起こる。このため、細網状、網状の像が加わり、更に進行すると、蜂窩状影を呈するようになる。

### ロ. 大陰影

細気管支～肺胞の変化が進展した結果大陰影にまでなることは殆んどない。下肺野に大陰影様の陰影が認められることがあるが、これは胸膜肥厚、無気肺、不整形陰影の重なりによると考えられる。

#### ハ、胸膜の変化

肺野の変化が明らかでないときでも、胸膜に肥厚、石灰化が現われ、時間とともに進行する。これは、石綿粉じんの胸膜への到達によって形成されるものと考えられる。

#### （3）その他のじん肺

このじん肺に属するものは、非典型けい肺（低濃度けい酸けい肺）、炭素系じん肺（炭素肺、炭鉱夫じん肺、黒鉛肺、活性炭肺等）、けい酸塩肺（滑石肺、ろう石肺、ペントナイト肺、けい藻土肺等）、金属肺（溶接工肺、鉄肺、アルミニウム肺、アルミナ肺等）等のじん肺であり、これらは線維化が弱く、結節が小さいじん肺である。

#### イ、粒状影

これらのじん肺では、肺胞内に粉じんが貯溜し1.0～1.5mmの大きさの小結節が形成される。炭鉱夫じん肺では、粉じん巢周辺に局所肺気腫が高頻度に発生するといわれている。吸入粉じん量が増加すれば塊状巣にまでなる例もあるが、多くの例では、小結節密在のままで局所肺気腫が広汎に起こり、細気管支変化も加わる。

粒状影は、線維化が弱いために濃度の低い極めて小さな陰影である。

#### ロ、不整形陰影

密在する小結節の陰影が重なり合うと容易に粒状影としては認められないことがある。密在する小結節により細い血管影がみえにくくなり、肺野に粒状と認めることが困難な濃度の低い陰影が重なって、不整形陰影を形成する。

#### ハ、大陰影

吸入粉じん量が増加すると、肺胞に粉じんが充満し塊状巣を形成する。胸膜癒着を伴うものもある。塊状巣内に非結核性、非炎症性の組織壊死による空洞が生じることも少なくない。このような例としては、滑石肺、ろう石肺、硫化鉄肺、黒鉛肺がある。

じん肺の種類	起因物質	主な発生職場
けい肺	遊離けい酸（シリカ）	採石業、採鉱業、窯業、鋳物業、金属精錬業、セメント製造業、船舶製造業、けい酸化学工業、他
石綿肺	石綿（アスベスト）	石綿加工業、石綿セメント製造業、断熱性石綿製品、ブレーキライニング製造等、その他の石綿製品取り扱い作業
滑石肺	滑石（タルク）	滑石粉砕作業、ゴム工場等
ろう蠟石肺	蠟石	ガラス熔融用坩堝製造
けい珩藻土肺	珩藻土	珩藻土採掘、粉砕作業等

<u>陶土肺</u>	<u>カオリナイト(クレー)</u>	<u>乾燥カオリンの粉砕、袋詰め作業等(陶磁器用、製紙コーティング)</u>
<u>アルミニウム肺</u>	<u>アルミニウム</u>	<u>アルミニウム粉末製造業(塗料原料)等</u>
<u>アルミナ肺</u>	<u>アルミナ(酸化アルミニウム)</u>	<u>アルミニウム再生工場(溶滓の粉砕、節別作業)等</u>
<u>ボーキサイト肺</u>	<u>酸化アルミニウム、けい酸</u>	<u>ボーキサイト精錬作業</u>
<u>黒鉛肺</u>	<u>黒鉛</u>	<u>黒鉛精錬工場、電極工場</u>
<u>炭素肺</u>	<u>カーボンブラック(無晶型炭素)</u>	<u>製墨工場、カーボンブラック工場</u>
<u>活性炭肺</u>	<u>活性炭</u>	<u>活性炭製造工場</u>
<u>炭肺</u>	<u>炭粉、石炭粉</u>	<u>木炭、石炭の粉砕作業(練炭製造業等)</u>
<u>超硬合金肺</u>	<u>タングステン、コバルト</u>	<u>金属切削、研磨、加工、金型作成</u>
<u>ベリウム肺</u>	<u>ベリウム</u>	<u>ベリウム化合物、ベリウム精錬、航空機製造工程、原子炉等</u>
<u>インジウム肺</u>	<u>インジウム錫酸化物</u>	<u>ITO ターゲット製造・リサイクル液晶パネル作業、はんだ材料製造作業、歯科合金溶解作業等</u>
<u>炭坑夫じん肺</u>	<u>石炭粉じん、けい酸</u>	<u>炭坑の採炭、掘進、支柱作業等</u>
<u>窯業じん肺</u>	<u>陶土</u>	<u>窯業原料の粉砕、ふるい、成形</u>
<u>溶接工肺</u>	<u>酸化鉄、マンガ、けい酸等</u>	<u>アーク電気溶接作業、ガス切断作業</u>
<u>い草染土じん肺</u>	<u>粘土</u>	<u>い草栽培、畳表、ござ、花むしる織機作業</u>
<u>歯科技工じん肺</u>	<u>けい酸、コバルト、アルミニウム、インジウム等</u>	<u>義歯研磨、切削作業</u>

(城戸優光、「粉じんとじん肺」、「産業保健ハンドブックⅣ じん肺ハンドブック第2 Ⅱ版—P20」(平成20年5月27日) P20表3-3 城戸優光 より、一部改変)

#### 参考文献

- 1) Zenker FA. Ueber Staubinhalationskranken der lunge. Leipzig, 1986.
- 2) 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.

## 付録. じん肺と肺気腫



じん肺は、その早期の段階から気腫様変化を伴うことが多く、従来、肺気腫がじん肺有所見者の肺機能低下に及ぼす影響は大きいといわれてきた。しかし、肺気腫の臨床診断は必ずしも容易でなく、特に、じん肺の場合、通常のエックス線写真検査、肺機能検査等の検査では把握しにくいと考えられる。

2009年頃最近の文献から、炭坑夫じん肺では、喫煙とは独立して肺気腫と閉塞性換気障害を来すことや、また、石炭のばく露量が増えるほど、肺気腫を含む COPD (Chronic Obstructive Pulmonary Disease) での死亡者が増えることに関するという報告がある。実際の臨床の場では、じん肺症例で肺気腫を合併している例が多くみられるが、これには粉じん作業従事者には喫煙者が多かったことも影響していたものと考えら思われる。また、大陰影を伴う場合は、その周囲に不規則性 (irregular) あるいは傍癒痕性 (paracicatricial) 肺気腫を呈することが多い。

大陰影の存在はが喫煙とは関連関係なく、ガス交換の低下に関連関係するため、大陰影を認めないけい肺患者のうち肺気腫と認められたのは僅かのみであるとする報告と、けい肺の程度は喫煙とか肺気腫のパーセントとは独立してガス交換に関連していたという報告等もあり、一定した見解が得られていないと考えら思われる。現時点では、粉じん吸入により局所的な肺気腫の発症はあり得るが、閉塞性換気障害までは来さないと考えられており、今後のさらなる検討が必要である。

## 32. じん肺のエックス線写真像、とCT画像と病理所見との関連について

じん肺の胸部エックス線写真像は、CT画像は、じん肺の肺内病変を投影反映したものであり、エックス線写真、CT写真に表現されている異常陰影とその原因となる病理学的変化との関連は、じん肺の病変を理解する上で有用である。

以下、じん肺のエックス線写真像と、CT画像と病理所見との関連について、けい肺、石綿肺、炭坑夫じん肺、溶接工肺、その他のじん肺別に概説する。

### (1) けい肺

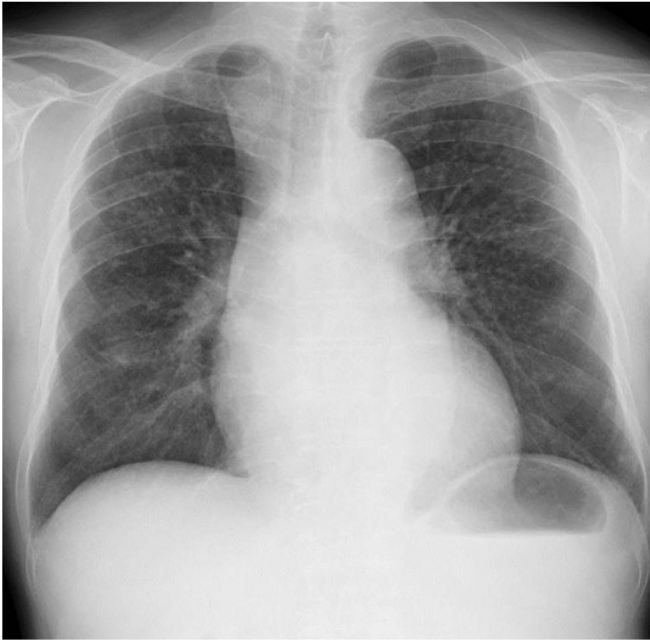
#### イ. 粒状影

けい酸粉じんは、他の粉じんに比べて線維起因性が強く結節形成を起こし、リンパ行性病変進展により気管支周囲の間質に移行しやすく、所属リンパ腺の変化は最も強い。間質変化が進行し強い結節状線維化が起こるとCT画像にて粒状影として描出され、けい肺に特徴的な3～10mmの粒状影がエックス線写真に現われてくる(図1)。けい肺の初期にはCT画像では粒状影を認めるものの胸部エックス線写真にて粒状影が明らかに認められない。が、これは、粉じん巢の大部分が小さく、が大部分1.5mm以下で、かつ、線維化が進行していないためである。

また、粒状影は、通常、中～下肺野に初めて認められることが多いが、この時期でも肺の後上部の粉じん巢の密度は高い。

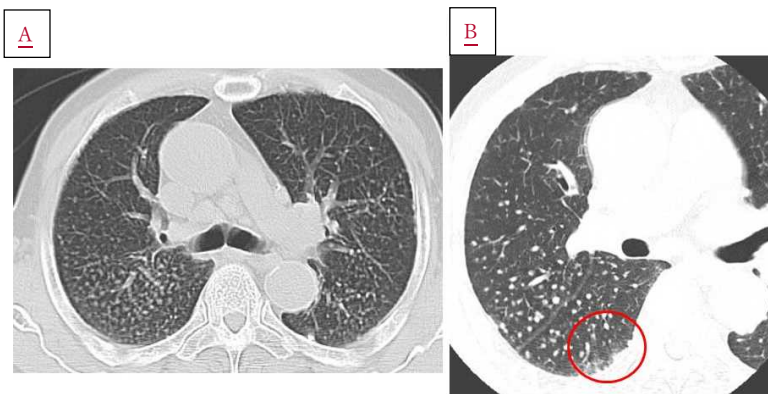
粒状影は、粉じん巢が大きく、線維化が強いほど明確なものとして認められる。

CT画像/HRCTにてけい肺の粒状影は、細気管支周囲の病変であることを反映して、小葉中心性分布を示す(図2①)。個々の粒状影は、比較的境界明瞭で、内部に石灰化を伴う場合もある。さらに吸入粉じんは小葉中心部からリンパ流によるクリアランスに伴い胸膜直下に移動し、そこでも線維化巣を形成し、いわゆる“pseudo-plaque”という病変を形成することもある(図2②)。この場合には、うなると小葉中心性分布では無く、広義間質に病変が分布し、リンパ行性病変の形態をとる。



〔図 1 ①〕けい肺胸部エックス線写真像

上肺野優位、左右対称に比較的境界明瞭な粒状影を多数認める。



〔図 2 ②〕けい肺 CT 画/HRCT 像

A 胸部単純 CT 肺野条件 (7mm 厚) では上肺野背側優位に密に分布する粒状影を認める。

B HRCT (High resolution computed tomography) (2mm 厚) では、粒状影が小葉中心構造と連続して胸膜と少し距離をおいて存在しており、小葉中心性分布の所見である。背側では胸膜と接する粒状影も認められ、いわゆる“pseudo-plaque”の所見である(円内)。

病理組織での結節病巣が粒状影として画像に現れる。けい肺結節 silicotic nodule は、線維起因性の高い遊離けい酸の濃度が大きく関与し、肺内堆積粉じん中 18%以上の濃度の場合に生じるとされ、病理組織では、細胞成分の乏しい同心円状の硝子化層を有する粉じん沈着性の境界明瞭な 3～6mm 径の結節像を呈する。この結節が主体のじん肺が「けい肺」と診断される。じん肺の予防・管理などによりけい肺は著しく減少した。

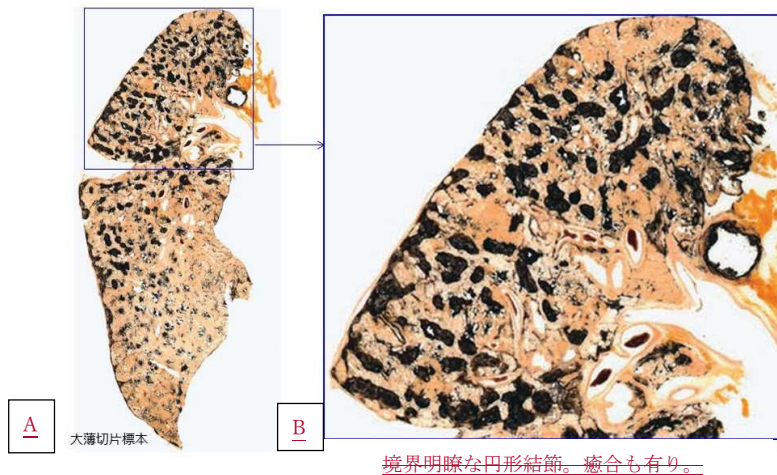


図 1 けい肺結節

A 上方に分布が強い。

B 境界明瞭な円形結節。癒合も有り。

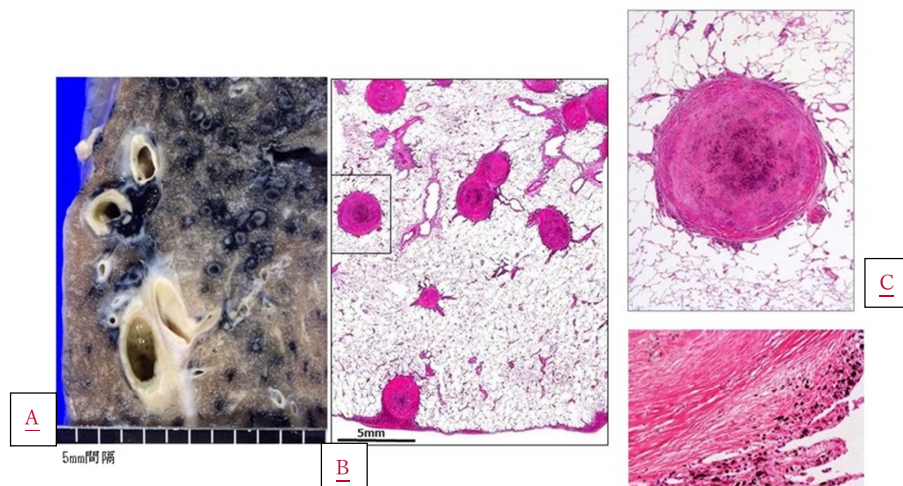


図 2 けい肺結節

A 境界明瞭な黒色円形結

B 境界明瞭な円形結節。癒合傾向像や胸膜に波及する像がみられる。

C 同心円状の硝子化層を有する細胞成分の乏しい結節。

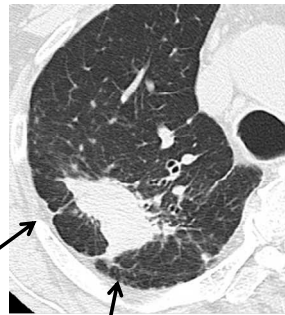
#### ロ. 大陰影

左右とも後上部(右 S3、S2、S6、左 S3、S1+2、S6 等)にけい肺結節が融合することによって生じ、胸部エックス線写真像で径 1cm を超えるものを大陰影とする。病理組織では、大陰影におおよそ相当するものとして、進行性塊状線維化 (progressive massive fibrosis (PMF)) 病巣がある。その径は、1cm 以上とする病理学者の定義もあるが、胸部エックス線写真像での大陰影に相当するサイズとして径 1cm よりも径 2cm 以上とするじん肺病理学者の定義が妥当とされる。

A



B



C



#### 図 けい肺症 大陰影

A 胸部エックス線写真像 両側上肺野に腫瘤影を認め、周囲には上肺野優位の粒状影を伴っている。

B CT 肺野条件 比較的境界明瞭な腫瘤形成を認める。周囲に線維化所見を伴っており、末梢肺は若干過膨張しており低吸収化している (矢印)。大陰影は病理像で示したようにけい肺結節が集簇し塊状化して生じるため、周囲のけい肺結節が目立たなくなっている。

C CT 縦隔条件 筋肉よりもやや高吸収を呈している。壊死や石灰化の所見を認めることもあるが、本症例では認められない。



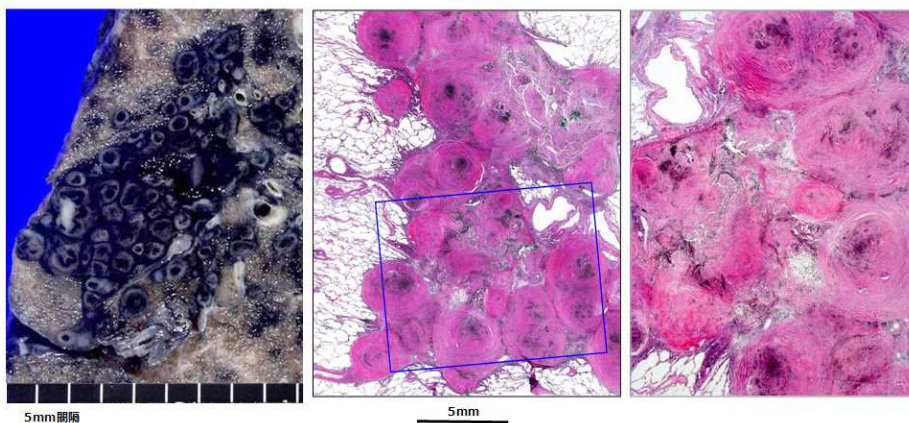


図 けい肺の大陰影を裏付ける進行性塊状線維化

Progressive massive fibrosis :- (PMF)

けい肺結節が癒合して 2cm 以上の塊状病巣を形成

## (2) 石綿肺

### イ. 不整形陰影

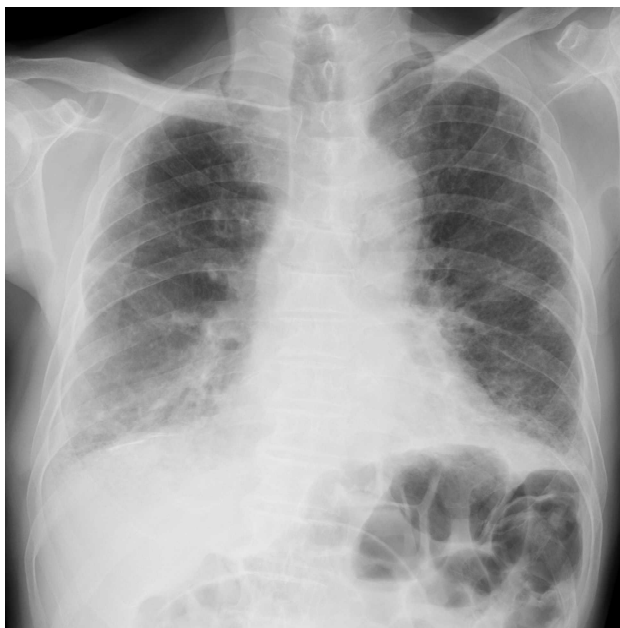
胸部エックス線写真像にて、微細な線状・網状影が両側下肺野外側から内側、上方に向かって広がり不整形陰影を呈する。線維性収縮のため、下肺野は縮小する。また、病変が進行するに従って、心陰影の境界は不鮮明となり、中・下肺野主体に輪状の蜂巢肺所見を呈してくる。石綿肺における線状影を主体とする不整形陰影は、長い石綿粉じんによる細気管支～肺泡の変化を表現したものであり、陰影の重なりによって少数の粒状影が現われることがあっても、これは、肺内に結節性の変化があることを意味しない。

—病理学的には、細気管支粘膜が肥厚し、粘膜下組織に次第に細胞増殖、線維増殖、平滑筋増殖をみるようになる。

—線状影を主体とする不整形陰影は、これらの変化が重なり合ったものである。細気管支炎が進行すると、無気肺、細気管支拡張が起こる。このため、細網状、網状の像が加わり、更に進行すると、蜂窩状影を呈するようになる。石綿肺の CT 画像/HRCT 所見としては下肺野優位、胸膜下優位に牽引性気管支拡張を伴ったすりガラス影から網状影を呈し、蜂巢肺も認める。早期病変で胸膜直下や小葉中心に網状あるいは粒状影を呈し (intralobular core lines, subpleural dots)、さらに病変が進むと胸膜下曲線様陰影 (subpleural curvilinear lines) を認め、これが石綿肺の特徴的 CT 画像/HRCT 所見である。石綿肺では特発性肺線維症 (IPF: Idiopathic pulmonary fibrosis) に比し、牽引性気管支拡張が弱く、蜂巢肺所見も典型的ではない場合が多い。これらの所見は細気管支中心性の線維化であることが理由である。石綿肺の診断において、胸膜ブランクの存在があっても subpleural curvilinear line や subpleural dots を HRCT

検査で確認することが肝要である。特発性肺線維症 (IPF) や気腫合併肺線維症 (CPFE: Combined pulmonary fibrosis and emphysema)、膠原病肺、線維化性過敏性肺臓炎等との鑑別は画像所見のみならず職業歴や経過等を十分に考慮して判断する。

A



B



C

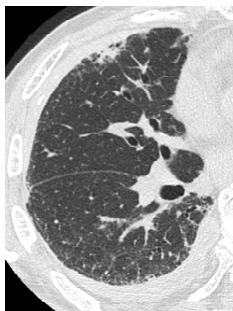


図 石綿肺 断熱作業 18 年

- A 胸部エックス線写真真像 下肺野やや優位に網状影とすりガラス影を認め、上肺野にも変化が及んでいる。PR2 型の所見である。右横隔膜上には板状の石灰化胸膜ブランクを認めている。
- B、C HRCT 肺野条件では肺底部では牽引性気管支拡張と蜂巣肺とっていかどうか程度の小嚢胞集簇像(+)、蜂巣肺のサイズは IPF/UIP に比し、小さめで揃っている。上肺野では胸膜下主体に fibrotic consolidation と呼ばれる不整形の consolidation を認める。中肺野背側では、胸膜下粒状影、胸膜下線状影の所見を認めている。

石綿はけい酸塩の繊維状鉱物で、石綿による線維化は大量のばく露により生じ、病理組織では、呼吸細気管支壁と周囲肺胞隔壁に及んだ線維性変化から始まり、その線維化が緩徐に広がり、隣接病巣との接合、及びおよび胸膜下無気肺硬化の線維化とを随伴して、胸膜下からの不規則不整な広い線維化像を形成する。胸膜下無気肺硬化を伴わない早期の場合に、画像での subpleural dot-like lesions や subpleural curvilinear lines として現れる。けい肺のような結節は形成しない。この一連の線維性変化は細胞成分が乏しく、進行は緩徐である。線維形成の高度進行過程で細気管支末梢部の拡張が起こり蜂巣肺を呈することがある。

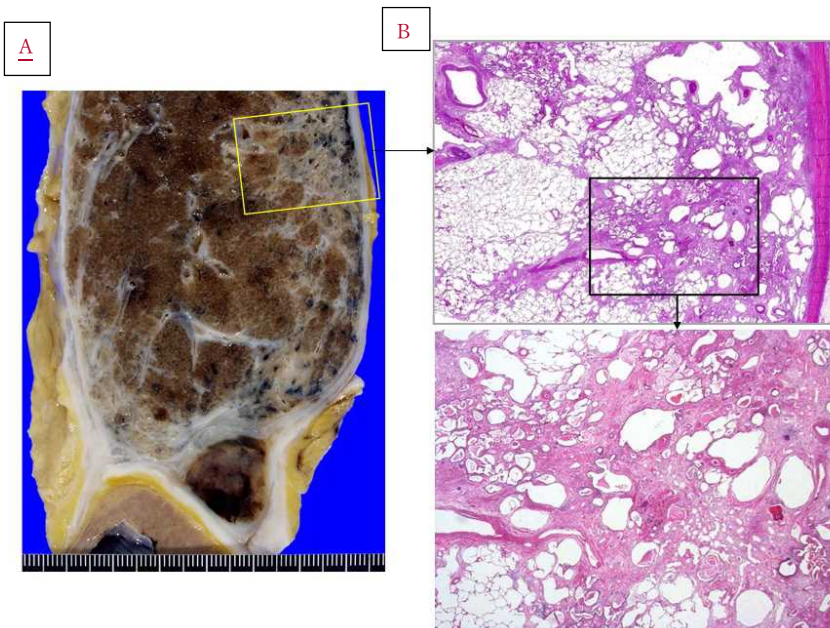


図 石綿肺の線維化

- A 胸膜下からの不整形蒼白色調線維化。びまん性胸膜肥厚を随伴。  
石綿小体数：194 万本/g(dry)
- B 小葉（細葉）中心性線維化の連結および肺胞組織部の線維化と合わさり、幅の広い線維化領域を形成。線維化領域内に細気管支拡張の嚢胞像が散在。



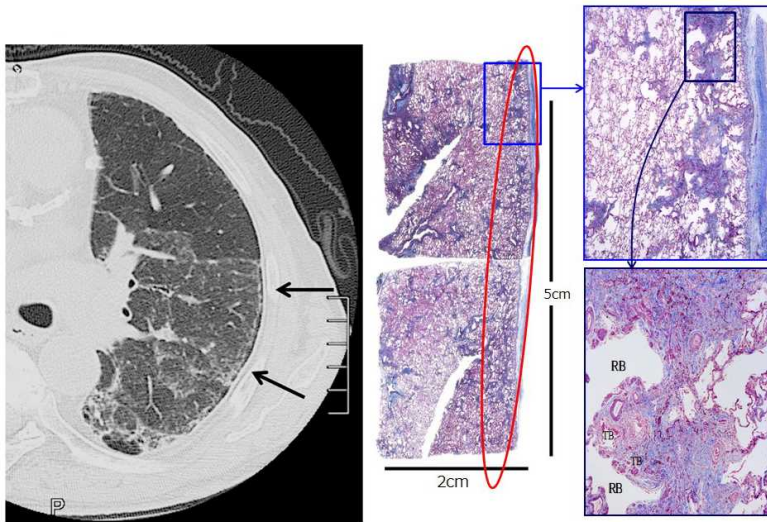


図 subpleural curvilinear lines

呼吸細気管支部中心性（細葉中心性）の線維巣が隣接病巣と連結した変化

厚労省「岸本班」研究から

## ロ. 大陰影

石綿肺では細気管支～肺胞の変化が進展した結果大陰影にまでなることは殆んどない。下肺野に大陰影様の陰影が認められることがあるが、これは胸膜肥厚、無気肺、不整形陰影の重なりによると考えられる。

## ハ. 胸膜の変化プラーク

胸膜プラークは、壁側胸膜が硝子化し、時に石灰化も加わる限局性の層状高度線維性肥厚である。

胸部エックス線写真像にて、肺野の変化が明らかでないときでも、胸膜に肥厚、石灰化が現われ、時間とともに進行する。胸膜肥厚として描出され、背側外側部、横隔膜面、心横隔膜角の胸膜に好発する。第7～10 肋間後外側、第6～9 肋間外側、心膜上縦隔側の胸膜なども特徴的である。石灰化を伴うと認識しやすくなる。

CT 画像では筋肉と同程度の吸収値を呈する限局性・板状の胸膜肥厚である。ばく露後10 年程度を経て生じ、時間の経過とともに厚みを増し、石灰化を伴ってくるものもある。両側性が多いが片側性のものもあり、葉間胸膜にも見られることがある。

肺野の変化が明らかでないときでも、胸膜に肥厚、石灰化が現われ、時間とともに進行する。これは、石綿粉じんの胸膜への到達によって形成されるものと考えられる。

A



B



#### 図 胸膜プラーク

A 胸部エックス線写真像 両側中下肺野に板状や斑状の陰影を多数認める。横隔膜上の板状石灰化所見は特徴的で石灰化を伴う胸膜プラークの所見である。

B 胸部CT 縦隔条件 板状の限局性胸膜肥厚を両側に多数認め、典型的な石灰化胸膜プラークの所見である。両側背側縦隔側の胸膜プラークの石灰化は壁側胸膜より存在しており、陳旧性結核関連の石灰化との鑑別点となる所見である。

### (3) 炭坑夫じん肺

炭坑夫じん肺は炭素系じん肺に分類されているが、日本では岩盤掘削による遊離けい酸ばく露や、けい酸塩ばく露の、純粋な炭素ではない粉じん成分を吸入することにより、画像での淡い小葉中心性陰影から粒状および大陰影までの多彩な線維化病巣像を呈する。

#### イ. 粒状影

胸部エックス線写真像では、上肺野優位、左右対称に多数の粒状影を認める。けい肺の粒状影と比較すると境界が不鮮明なものが多い(図1、2)。

CT画像/HRCTでは、びまん性粒状影を認め、けい肺と同様に主に小葉中心性の分布を呈するが、リンパ流によるクリアランスに伴い胸膜直下にも分布する。典型的には上葉、背側に優位で、内部に石灰化を伴うこともある。けい肺の粒状影と比べ、境界が不鮮明な傾向がある(図2)。

ばく露する遊離けい酸が高い場合にはけい肺結節をつくり、低い場合には下記に述べる混合型線維化巣 mixed dust fibrosis をつくる。採炭の遊離けい酸・けい酸塩ばく露がかなり低い作業では、純粋な炭肺としての、下記に述べる粉じん斑 dust macule が主体となる。このように、作業内容により線維化像は異なり、それが画像に現れる。



図1 炭坑夫じん肺 粒状影

胸部エックス線写真像

両側全肺野、左右対称に多数の粒状影を認め、けい肺の粒状影と比較し、境界はやや不鮮明である。



図2 炭坑夫じん肺 粒状影

胸部エックス線写真像

上肺野優位、左右対称に多数の粒状影を認める。



図 薄層CT 肺野条件(1.25 mm厚)

多数の粒状影が認められ、主に小葉中心性に分布するが、背側では胸膜と接する粒状影も認められる。

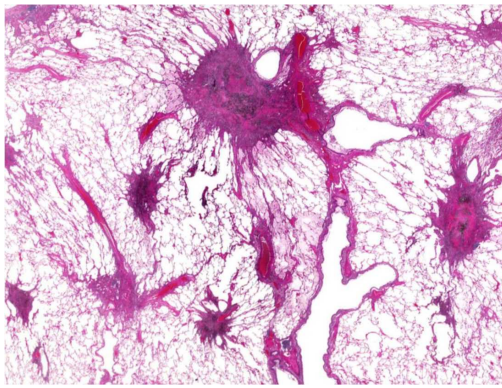


図 星芒状結節

大小の星芒状結節。大きい線維化結節は、MDF (Mixed dust fibrosis) とけい肺結節の中間的な結節像。

## ロ. 大陰影

エックス線写真像にて、両肺の後上部主体に胸部エックス線写真にて径 1cm を超える大陰影が認められることがあり、病理組織での径 2cm 以上の進行性塊状線維化 (progressive massive fibrosis (PMF) におよそ相当する。炭坑夫じん肺では、結節病巣の癒合による癒合型 PMF と、癒合ではない単一型 PMF とがある。

## (4) 溶接工肺

### イ. 粒状影

胸部エックス線写真像所見は、中下肺野やや優位に左右均等に分布する比較的大きさが揃った軟らかい小粒状影である。個々の粒状影はけい肺例などに比べると淡く、辺縁は不鮮明なものが多い。

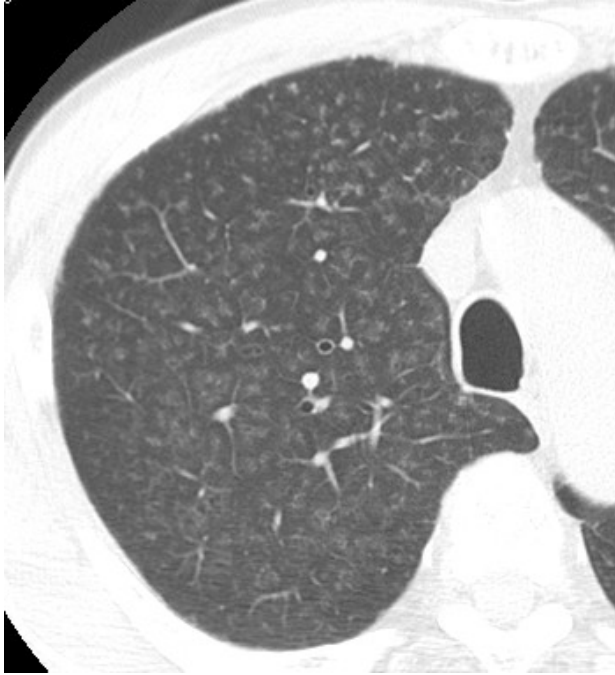
CT 画像/HRCT 所見は、軽症例では細気管支周囲に鉄食食マクロファージが集簇することによる分岐状影のみを認め、病変の進行に伴い分岐状影周囲にすりガラス影を伴ってくる (図)。さらに小葉中心性の

微細粒状影や結節状のすりガラス影を認め、結節状のすりガラス影を伴うような症例では夏型過敏性肺臓炎と類似した所見を呈する（図）。



図 溶接工肺 胸部エックス線写真像

中下肺野優位に密に分布するやや不整形の小粒状影を認める。



変更されたフィールド コード

図 溶接工肺 胸部CT 肺野条件 すりガラス濃度の粒状影例 (61 M; 溶接 46 年)

小葉中心性の結節状のすりガラス濃度の粒状影を呈する症例では、過敏性肺臓炎様の所見を呈し特徴的所見である。

病理組織では細葉（小葉）中心性の病巣で、暗茶色顆粒状粉じん食食マクロファージの肺胞腔内充満像および同粉じん沈着による肺胞隔壁・細気管支壁部の肥厚像を呈し、結節はつくらない。線維性変化は乏しい。沈着粉じんは鉄染色で濃青色を呈する鉄成分よりなる。この鉄成分は吸収やリンパ路で運ばれ軽減され得る。



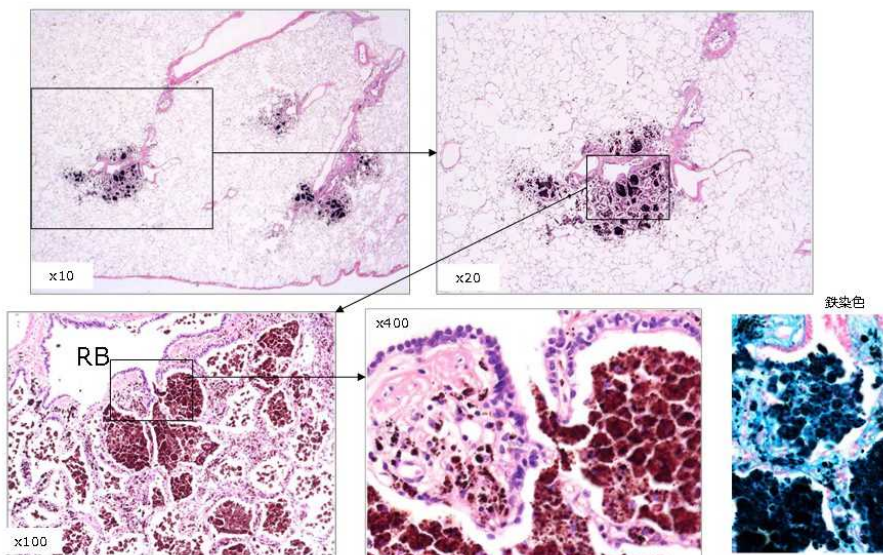


図 溶接工肺

粉じん斑としての線維化。腔内RB周囲肺胞腔内・RB壁部の鉄成分貪食組織球の高度集簇が見られ、線維化に乏しい。

### ロ. 大陰影

純粋な溶接の際のヒュームの吸入のみでは大陰影は生じないが、同時に行う鑄造、研磨の作業の際に発生する他の粉じんを吸入することで肺で見られるような大陰影を生じることがある。

### (35) その他のじん肺

このじん肺に属するものは、非典型けい肺（低濃度けい酸けい肺）、炭素系じん肺（炭素肺、炭鉱夫じん肺、黒鉛肺、活性炭肺等）、けい酸塩肺（滑石肺、ろう石肺、ペントナイト肺、けい藻土肺等）、炭素系じん肺（炭肺、黒鉛肺、活性炭肺等）、金属肺（溶接工肺、鉄肺、アルミニウム肺、アルミナ肺等）等のじん肺であり、これらは線維化が弱く、境界不明瞭な粒状～淡い小葉中心性陰影の結節が小さいじん肺である。

### イ. 粒状影

これらのじん肺では、呼吸細気管支壁や周囲の肺胞内に粉じんが貯溜し様々な程度の線維化が生じ、濃度の低い粒状や淡い小葉中心性の陰影として現あられる。線維化周囲に気腫性変化を随伴する傾向がある。

1.0～1.5mmの大きさの小結節が形成され

る。炭鉱夫じん肺では、粉じん巢周辺に局所肺気腫が高頻度に発生するといわれている。



—吸入粉じん量が増加すれば塊状単にまでなる例もあるが、多くの例では、小結節密在のままで局所肺気腫が広汎に起こり、細気管支変化も加わる。

粒状影は、線維化が弱いために濃度の低い極めて小さな陰影である。

遊離けい酸濃度が低く、線維起因性の低いけい酸塩粉じんによって形成される結節は、細胞成分が目立ち線維化が周囲肺組織に波及した境界不明瞭な星芒状を呈し、病理組織学的にけい肺結節と区別し、混合型粉じん線維化 mixed dust fibrosis と名付けられている。肺内堆積中の遊離けい酸濃度が 18%未満で、けい酸塩粉じんと相まって生じるとされ、この結節病巣像が主体のじん肺は病理では混合型粉じん性じん肺 mixed dust pneumoconiosis と呼んでいる。じん肺の予防・管理などにより、けい肺に代わってこの種のじん肺が相対的に増えてきた経緯がある。

画像の進歩により、CT 画像上の淡い小葉中心陰影のじん肺が増加している。その画像に相当する病理組織像は、呼吸細気管支壁中心性の終末細気管支～肺胞道壁、随行する肺動脈周囲間質部を含む、線維成分よりも細胞成分の多い、非結節状線維性肥厚像であり、粉じん斑 dust macule と呼ばれている。この軽いじん肺の線維性変化は、肺内堆積中の遊離けい酸濃度が 1%未満で、不活性粉じんおよび線維起因性の低いけい酸塩粉じんばく露によって生じるとされている。このようなじん肺には炭肺や鉄肺（溶接工肺）などがある。線維化の程度が極めて弱い状態では、ばく露環境から離脱することにより病変の軽減があり得る。

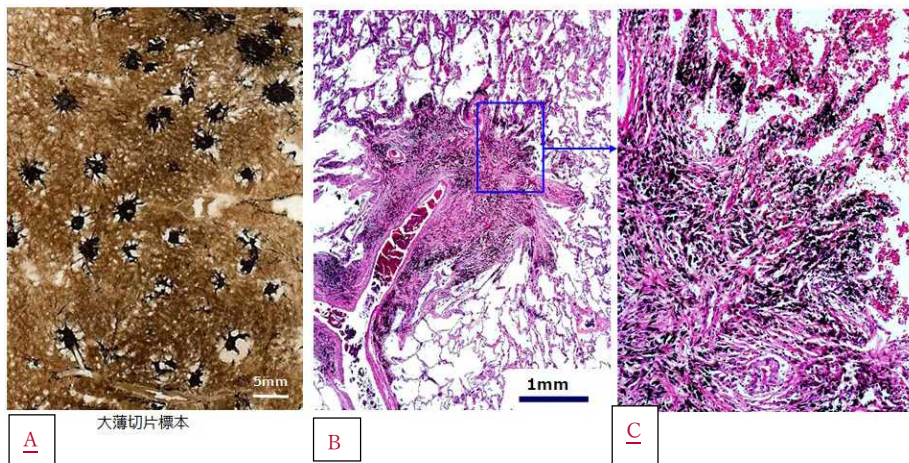


図 混合型粉じん線維化 mixed dust fibrosis (MDF)

A 星芒状黒色結節

B 周囲の間質に沿っての線維化波及。硝子化層状線維化像をみない。

C 細胞成分目立つ。

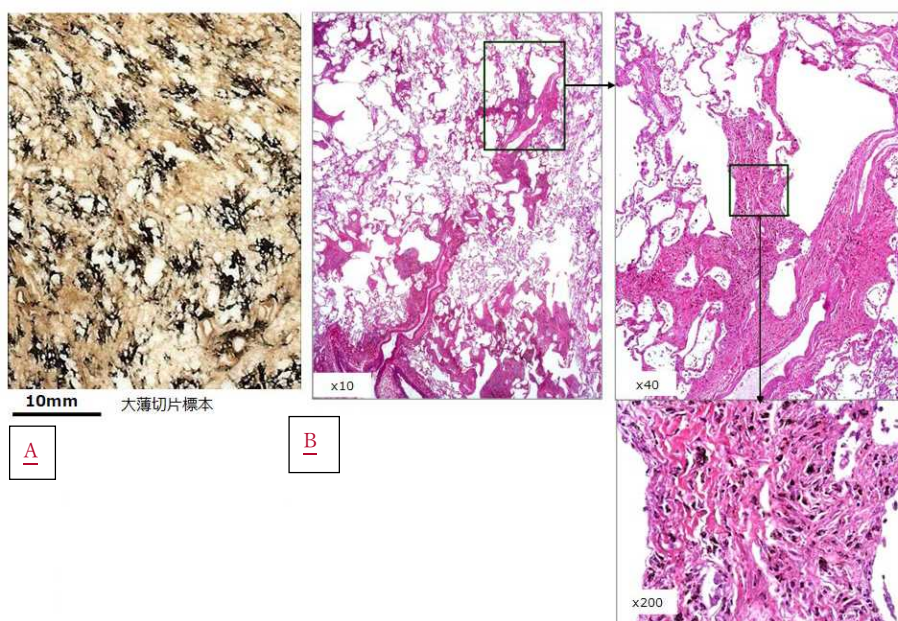


図 粉じん斑 dust macule

A 非結節状の境界明瞭な斑状黒色病変。

B 呼吸細気管支壁からの bronchovascular bundle に沿った線維性肥厚。

肥厚部の線維増生は強くなく、組織球や線維芽細胞の細胞成分が目立つ。

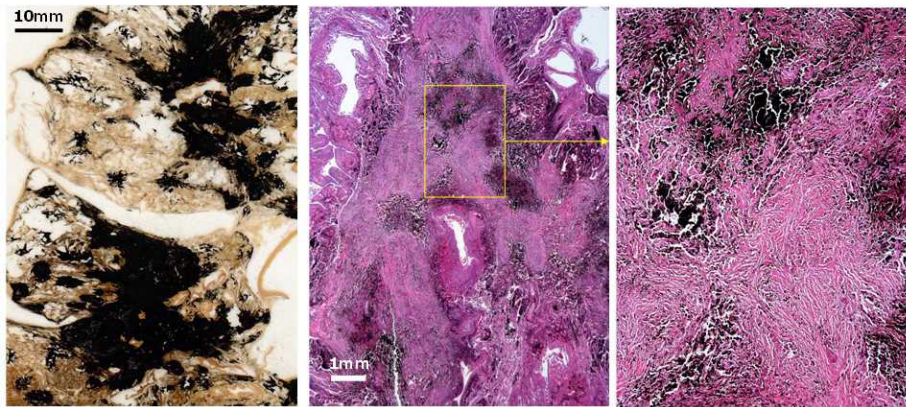
## ロ. 不整形陰影

密在する小結節の陰影が重なり合うと容易に粒状影としては認められないことがある。密在する小結節により細い血管影がみえにくくなり、肺野に粒状と認めることが困難な濃度の低い陰影が重なって、不整形陰影を形成する。

下葉下部に間質性肺線維化の像を呈することがあるが、上肺野など、背景にじん肺としての病変が通常認められる。

## ハ. 大陰影

混合型粉じん線維化 mixed dust fibrosis もその癒合により吸入粉じん量が増加すると、肺胞に粉じんが充満し塊状巣を形成する。し、胸部エックス線写真像にて径 1cm を超えるものを大陰影とする。病理組織では径 2cm 以上のものを進行性塊状線維化 progressive massive fibrosis (PMF) と呼び、おおそ大陰影に相当する。胸膜癒着を伴うものもある。塊状巣内に非結核性、非炎症性の組織壊死による空洞が生じることも少なくない。このような例としては、滑石肺、ろう石肺、硫化鉄肺、黒鉛肺がある。



大薄切片標本

A

B

図 MDP じん肺の大陰影を裏付ける進行性塊状線維化：  
progressive massive fibrosis (PMF)

A MDP が癒合し 2cm 以上の塊状病巣形成。不整形傾向。

B 塊状部は高度に線維化、MDP 像はわからなくなる。

## 4. じん肺の合併症・続発症

じん肺の病変の進展に伴って種々の疾病が合併または続発してくる。これらの疾病のうち、従来肺結核は最も重要な合併症であったが、近年、療養を要する者に占める肺結核合併者の比率が低下してくるとともに、療養者の死因に占める肺結核の割合も、結核に対する治療法の進歩等に伴って減少してきている。

る。じん肺有所見者に肺結核罹患率が高いことは従来から知られており、じん肺の健康管理対策における肺結核管理の比重は極めて高かった。しかし、近年、療養を要する者に占める肺結核合併者の比率が相対的に低下してくるとともに、療養者の死因に占める肺結核の割合も、結核に対する治療法の進歩等に伴って減少してきている。しかし、このような傾向が認められるとはいえ、肺結核がじん肺の重要な合併症であることは言うまでもない。また、肺機能障害の進行の結果、肺循環に負荷がかかり、右心不全、肺性心に至ることもよく知られている。

しかし、近年、これらの諸疾病以外の呼吸器系諸疾病とじん肺との関連性が注目されるようになった。具体的にこれらの疾病としては、慢性気管支炎、気管支拡張症、肺気腫、自然気胸、胸膜炎、肺炎、肺化膿症、肺がん等があげられる。このうち、石綿ばく露労働者に肺がん、中皮腫の発生頻度が高いことが既に国の内外で知られている。

その他の疾病については、じん肺との因果関係について、疫学、臨床、病理学等の分野からの調査研究が進められてきており、これらの成果をもとに、じん肺法では次の65つの疾病を合併症とし、罹患者は療養の対象とすることとしている。

- ① 肺結核
- ② 結核性胸膜炎
- ③ 続発性気管支炎
- ④ 続発性気管支拡張症
- ⑤ 続発性気胸
- ⑥ 原発性肺がん

これらの65つの疾病のうち、①及び②は、前述したように、肺結核とじん肺との密接な関連性を考慮して合併症として規定されたものである。

③から⑤に掲げる疾病は、じん肺の基本的な病変(線維増殖性変化、気道の慢性炎症性変化、気腫性変化)を素地として発症すると考えられる疾病である。⑥の原発性肺がんについては、疫学的検討にてじん肺有所見群での肺がんに対するリスクの高さから、原発性肺がんもじん肺の法的な合併症として扱うことになった。

以下、合併症として規定するための医学的根拠について検討された専門家会議での検討結果の概略を紹介する。

### (1) 続発性気管支炎

じん肺有所見者のせき、たん等の呼吸器症状有症率について、今日用いられている慢性気支炎の定義を用いた報告は諸外国では多いがわが国では極めて少ない。



—諸外国の報告では炭坑夫を対象とした疫学的な調査結果が多く、じん肺有所見者には対照者に比べて有症率が高いとする報告と高くはないとする報告とがある。また、エックス線写真像と有症率との関連についての報告は少なく、これらの報告ではエックス線写真像の進展に伴って有症率が増加するとの報告と関連性が認められないとする報告とがある。

わが国における疫学的調査では、地域、じん肺の種類を限定しないで、エックス線写真像と有症率との関連を調査しており、それによると、じん肺有所見者では対象者に比べて有症率が高く、かつ、エックス線写真像の進展に伴って有症率が増加することが認められている。

じん肺と呼吸器症状との関連については、粉じんばく露、じん肺のエックス線写真像、喫煙、加齢等との関連が指摘されているが、諸報告を総合的に評価すると、対象者に比べてじん肺有所見者では有症率が高いと考えられ、エックス線写真像の進展につれて有症率も増加すると考えられる。

持続性のせき、たんの症状を呈する気道の慢性炎症性変化はじん肺の病変と考えられ、一般的には不可逆性の変化と考えられるが、このような病変に細菌感染等が加わった状態は一般に可逆性であり、このような場合には積極的な治療を加える必要がある。このような病態をじん肺法では「続発性気管支炎」と呼称し、合併症としている。

## (2) 続発性気管支拡張症

じん肺による気管支拡張の発生機転として、気管支の炎症・痙攣等の気管支自体の変化、リンパ節腫脹・~~一~~じん肺結節病変等の肺の萎縮性変化等の病変が指摘されている。じん肺有所見者における気管支拡張についての疫学的調査の報告は少ない。わが国においても、療養中のじん肺患者を対象とした調査結果の報告はあるが、対照群をとって発生頻度を比較検討した報告は極めて少ない。しかし、前述した発生機転についての考察、療養中のじん肺患者を対象とした気管支造影による検索の結果等から、じん肺有所見者は気管支拡張を招来しやすいと考えられる。

気管支拡張は不可逆性の変化であるが、これに細菌感染等が加わった場合には積極的な治療の対象とする必要があり、じん肺法では、「続発性気管支拡張症」と呼称し、合併症としている。

## (3) 続発性気胸

近年、~~一般人口における自然気胸の発生頻度が増加する傾向があることが指摘されており、じん肺有所見者についても、同様の傾向が患者を対象とした調査結果から明らかにされている。また、呼吸器疾患で入院した患者を対象とした調査によれば、じん肺以外の呼吸器系疾患で入院した患者よりもじん肺で入院した患者の方に気胸の発生頻度が高いことが報告されている。~~

—エックス線写真像別の~~（気胸の）~~発生頻度を患者を対象とした調査結果からみると、大陰影の所見の認められる者には発生頻度が高いことが認められている。~~おり、フィールド調査においても同様の傾向が認められている。~~大陰影の所見のある者では、気腫性変化、プラ形成を伴いやすいことが指摘されており、発生頻度とこれらの病変との関連が推測される。大陰影を呈さないエックス線写真像の者については、大陰影の所見のある者に比べて発生頻度は低い、エックス線写真像の進展に伴って発生頻度が増加する傾向が認められている。

じん肺法では、じん肺有所見者に起こった気胸を「続発性気胸」と呼称し、合併症としている。

近年、「続発性気胸」は肺がんとともに合併症としての頻度が多く、また高度なじん肺を伴った例に発生する気胸は、難治であることも多く、死亡率が高いことが知られている。また、「自然気胸」と異なり、癒着や線維化を伴ったじん肺例では、気胸が発生しても漏れ出た空気が Free - air とならない場合がある。そのため立位の胸部エックス線写真像では、肺尖部にその air が認められず、肺底部にのみ認められるような場合もある。「続発性気胸」の発生が疑われた場合は、その点を考慮して、CT 検査を迅速に行うなど、早期の診断が求められる。

#### (4) 原発性肺がん

じん肺患者においてかなり以前より肺がん合併率の高いことが指摘されてきたが、喫煙との関連が複雑に関与するため、真の因果関係が長い間検討されてきた。原発性肺がんの合併にて医療実践上の不利益が認められるとして労働基準局長通達（昭和 53-（1978）年 11 月 2 日基発第 608 号）にて管理 4 の患者のみが肺がんの労災補償対象として認められた。平成 12（2000）年から「じん肺有所見者に発生した肺がんに係る医療実践上の不利益に関する専門検討会」において、じん肺の存在により肺がんの発見・治療が困難になるといった「医療実践上の不利益」について、臨床症例を収集し、画像診断及び治療面から検討を行ったにさらに労災補償を行う観点から症例収集を行い医療実践上の不利益を検討する会が立ち上がった。同検討会における検討の結果、管理 2 では不利益はなく、画像診断の上で PR2、PR3（管理 3）のじん肺では肺がんの診断率が落ちることが明らかにされた。また、管理 3 以上では手術率が下がることも明らかにされ、労働基準局長通達（平成 14-（2002）年 3 月 27 日基発第 0327005 号）にて管理 3 における肺がんも労災補償の対象とされるに至った。その後、1997 年に IARC が結晶質シリカを発がん性 Group 11 に分類し、また分子生物学、病理学、疫学的研究の集積からも肺がん発生との医学的関連性が強く示唆されたことを受けて、最終的に労働基準局長通達（平成 14-（2002）年 11 月 11 日基発第 1111001 号）にて、管理 2 を含めたじん肺有所見者にみられる肺がんも、じん肺の合併症とされることになった。

その他の肺炎、肺化膿症等の疾患については、じん肺有所見者に有意に発生頻度が高いとの報告はなく、現時点でじん肺との関連を評価することは困難である。

一般に、じん肺の病変の進行展に伴って合併症発症のリスクが増加する傾向が認められていることから、合併症罹患をおさえる意味でもじん肺の進行展防止が極めて重要であると考えられる。また呼吸器に有害なガス・蒸気等へのばく露低減・防止のほか、感染症に対する予防、喫煙に対する指導等についても日常の健康管理活動の中で留意する必要がある。

##### —(4) その他の疾病

—上記以外の疾病のうち、じん肺と悪性腫瘍との関連が注目されているものの、石綿ばく露労働者における悪性腫瘍についての疫学的な調査報告を除いては必ずしも報告は多くない。しかし、わが国における最近の調査結果によれば、石綿肺以外のじん肺で療養している者（じん肺管理区分が管理 4 相当の者）における肺がんの発生頻度は一般人口における発生頻度よりも高い傾向があることが指摘されている。—石綿肺に合併した肺がんの症例は 1935 年に報告され、その後世界各国において石綿ばく露労働者を対象とした疫学第査が行われてきている。これら多くの調査報告では、石綿ばく露労働者では、石綿肺のほかに、肺がん、胸膜又は胸膜の中皮腫の発生頻度が非ばく露労働者に比べて有意に高いことが明らかにされている。

—その他の肺炎、肺化膿症等の疾患については、じん有所見者に有意に発生頻度が高いとの報告はなく、現時点でじん肺との関連を評価することは困難である。

—一般に、じん肺の病変の進展に伴って合併症発症の危険が増加する傾向が認められていることから、合併症罹患をおさえる意味でもじん肺の進展防止が極めて重要であると考えられる。また呼吸器に有害なガス・蒸気等へのばく露低減・防止のほか、感染症に対する予防、喫煙に対する指導等についても日常の健康管理活動の中で留意する必要がある。

## II じん肺健康診断の方法と判定

### 1. じん肺健康診断の体系

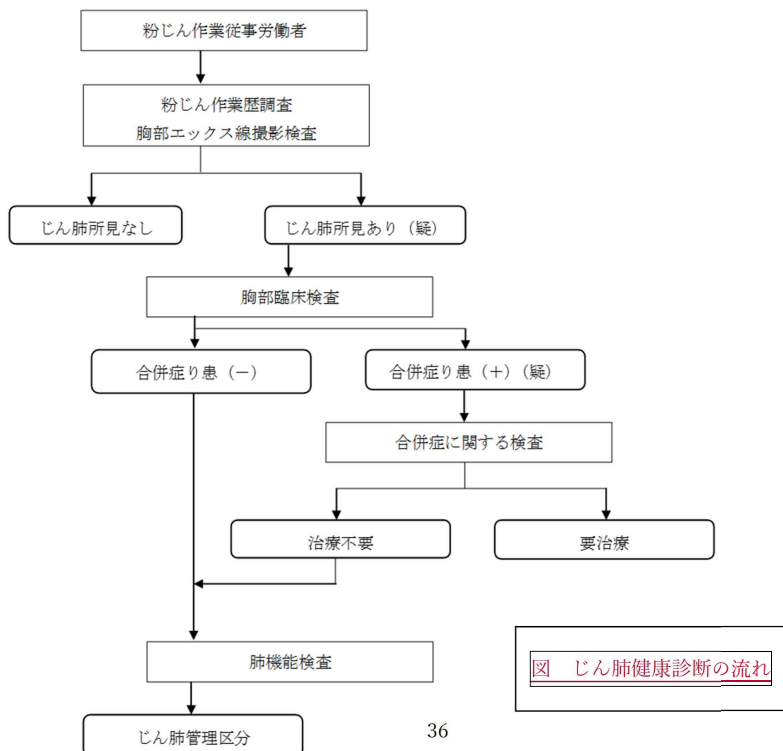
#### (1) じん肺健康診断の項目

じん肺法に基づくじん肺健康診断の項目は、**じん肺**法第3条により次のように定められている。

- ① 粉じん作業歴の調査
- ② **胸部**エックス線直接撮影検査
- ③ 胸部臨床検査
- ④ 肺機能検査
- ⑤ 合併症に関する検査

これらの項目による健康診断で、粉じん作業従事労働者のじん肺管理区分及び合併症罹患の有無の判定が行われるが、上記①から⑤の調査または検査の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、**じん肺**法第13条第3項により都道府県労働**基準**局長が再検査または検査項目を追加して行うよう命ずる場合がある。

諸検査の流れは図6のとおりである。





## (2) じん肺健康診断の種類、対象労働者及び実施時期

じん肺法に基づいて事業者が行うこととされている健康診断は、次のとおりである。

- ① 就業時健康診断（第7条）
- ② 定期健康診断（第8条）
- ③ 定期外健康診断（第9条）
- ④ 離職時健康診断（第9条の2）

以下、これらの健康診断の対象労働者、時期等について概説する。

### イ. 就業時健康診断

就業時健康診断は、粉じん作業に従事することとなった労働者が、じん肺にかかっているかどうか、じん肺の程度がどの程度かを把握し、その労働者の就労上及び健康管理上の指標を得ることをその目的としている。

この目的から、新たに常時粉じん作業に従事することとなった労働者に対して就業の際に健康診断を行うこととされている。ただし、就業前に粉じん作業に従事したことがない者及び次のいずれかに該当する労働者については就業時健康診断の実施が免除されている。

就業前に受けたじん肺健康診断 と就業日との期間	当該じん肺健康診断の結果 決定されたじん肺管理区分
1年以内	1, 2, 3—イ
6月以内	3—ロ

### ロ. 定期健康診断

定期健康診断は、じん肺の早期発見とじん肺有所見者の経過の的確な把握を目的としている。対象労働者及び頻度については、医学的な検討結果を踏まえて次のように定められている。

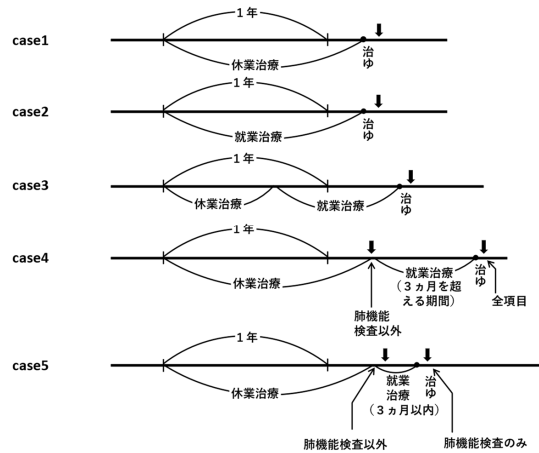
粉じん作業従事との関連	じん肺管理区分	頻 度
常時粉じん作業に従事	1	3年以内
	2, 3	1年以内
常時粉じん作業に従事したことがあり 現に非粉じん作業に従事	2	3年以内
	3	1年以内

### ハ. 定期外健康診断

定期外健康診断は、従来無所見とされていた労働者がじん肺健康診断以外の健康診断でじん肺所見があるか又はその疑いがあると診断された場合に、適正にじん肺管理区分を決定し、それに基づいて適切な措置を講ずる必要があることから定められている。

また、合併症に罹患し療養している者は、その療養の経過中にじん肺が進行展するおそれがあることから、休業の有無にかかわらず合併症により1年を超えて療養した後に、休業又は療養を要しないと診断された場合にも定期外健康診断を行うこととされている。

合併症により療養をした者の定期外健康診断は、次のような場合に行う。



(注) ↓：定期外健康診断  
療養の期間が1年以内のときは、合併罹患前のじん肺管理区分が治癒後のじん肺管理区分となる。また、じん肺健康診断の際に合併症罹患が認められたときは、肺機能検査を行わずエックス線写真の像の区分によりじん肺管理区分が決定される。

二. 離職時健康診断

常時粉じん作業に従事する労働者は、事業場に所属している間は事業場の健康管理體系に包含され、日常的な健康管理対策の対象とされている。しかし、このような労働者が離職すると、事業場の健康管理體系における一貫した健康管理の対象から外れることとなる。このような観点から、次に掲げるような一定の者については、離職の際に事業者健康診断の実施を請求できるとされており、このような請求があった場合には、事業者は健康診断を行うこととされている。

粉じん作業従事との関連	じん肺管理区分	直前のじん肺健康診断から離職までの期間
常時粉じん作業に従事	1	1年6月以上
	2, 3	6月以上
常時粉じん作業に従事したことがあり現に非粉じん作業に従事	2, 3	6月以上

2. 粉じん作業についての職歴の調査

粉じん作業歴は、労働者が現在の事業場に就業するまでの期間と現在の事業場に就業した後の期間とに分けて、事業場名と下記の表のじん肺法施行規則（昭和35年労働省令第6号）別表を参考に粉じん作業名（括弧内には該当の号数1～24を記載）、粉じん作業従事期間をじん肺健康診断結果証明書に記載する。

作業名は、それぞれの作業名を記載するが、「～する場所における作業」と表現することもあり注意を要する。

近年、歯科技工じん肺や、超硬合金じん肺、ベリリウム肺、インジウム肺、高純度シリカによる急進じん肺なども認められるようになった。

じん肺に罹患するおそれのある作業は、じん肺法施工規則別表に次の24の作業が列挙されている。

表 じん肺施行規則別表

- 1 土石、岩石又は鉱物（以下「鉱物等」という。）（湿潤な土石を除く。）を掘削する場所における作業（次号に掲げる作業を除く。）。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験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
- 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号の2、第9号又は第18号に掲げる作業を除く。）
- 3 坑内の、鉱物等を破碎し、粉碎し、ふるい分けわけ、積み込み、又は積み卸す場所における作業（次号に掲げる作業を除く。）。ただし、次に掲げる作業を除く。
  - 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
  - ロ 水の中で破碎し、粉碎し、又はふるい分けわける場所における作業
  - ハ 設備による注水をしながらふるい分けわける場所における作業
- 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
- 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。
- 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（次号に掲げる作業を除く。）
- 5の2 ずい道等の内部の、ずい道等の建設の作業のうち、コンクリート等を吹き付ける場所における作業
- 5の3 坑内であつて、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
- 6 岩石又は鉱物を裁断し、彫り、又は仕上げる場所における作業（第13号に掲げる作業を除く。）ただし、次に掲げる作業を除く。
  - イ 火炎を用いて裁断し、又は仕上げる場所における作業
  - ロ 設備による注水又は注油をしながら、裁断し、彫り、又は仕上げ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、鉱物若しくは金属を研磨し、若しくはばり取りし、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。）ただし、設備による注水又は注油をしながら、研磨材を用いて動

- 力により、岩石、鉱物若しくは金属を研磨し、若しくはばり取りし、又は金属を裁断する場所における作業を除く。
- 8 鉱物等、炭素を主成分とする原料（以下「炭素原料」という。）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~~わ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、次に掲げる作業を除く。
- イ 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~~わける場所における作業
- ロ 設備による注水又は注油をしながら、鉱物等又は炭素原料を動力によりふるい分けわける場所における作業
- ハ 屋外の、設備による注水又は注油をしながら、鉱物等又は炭素原料を動力により破碎し、又は粉碎する場所における作業
- 9 セメント、フライアッシュ又は粉状の鉱石、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3号の2、第16号又は第18号に掲げる作業を除く。）
- 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
- 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。）
- 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。
- 13 陶磁器、耐火物、けい~~藻~~そう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
- 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。
- 15 砂型を用いて鋳物を製造する工程において、砂型を造型し、砂型を~~こわし壊~~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、設備による注水若しくは注油をしながら、又は水若しくは油の中で、砂を再生する場所における作業を除く。
- 16 鉱石専用埠頭に接岸している鉱石専用船の鉱物等（湿潤なものを除く。）を運搬する船舶の船倉内で鉱物等（湿潤なものを除く。）をかき落とし、若しくはかき集める作業又はこれらの作業に伴い清掃を行う作業（水洗する等粉じんの飛散しない方法によつて行うものを除く。）  
又はかき集める作業
- 17 金属その他無機物を製錬し、又は熔融する工程において、土石又は鉱物を開放炉に投げ

- 入れ、焼結し、湯出しし、又は鑄込みする場所における作業。ただし、転炉から湯出しし、又は金型に鑄込みする場所における作業を除く。
- 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~~堆積たい積~~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
- 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
- 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。ただし、屋内において、自動溶断し、又は自動溶接する作業を除く。~~
- 20 の 2 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
- 22 染土の付着した藁草を庫入れし、庫出しし、選別調整し、又は製織する場所における作業
- 23 長大ずい道（著しく長いずい道であつて、厚生労働大臣が指定するものをいう。）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
- 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

粉じん作業の職歴の調査は、事業場の名称、従事している、又は従事していた粉じん作業の内容及び従事した期間を把握することによって行う。

この調査によって、粉じんへのばく露期間を確認することができると同時に、ばく露した粉じんの種類を推定することができる。また、その結果は、疫学的な評価を行う際のばく露の指標として重要なものである。

粉じん作業の職歴の調査に当たって注意すべき点は、別表に掲げられている作業のなかで、4 号の作業、12 号の作業のうちの「原料若しくは調合物を溶解炉に投げ入れる作業」、13 号の作業のうちの「窯の内部に立ち入る作業」、16 号の作業、19 号の作業、20 号の作業以外のものは、「～する場所における作業」と表現されており、各号に掲げられている作業行動（例えば、1 号の場合には「掘削する」）に該当する作業を行っていないとしても、その場所で別の作業（例えば、現場事務）を行っていれば、その作業は粉じん作業に該当するということである。

粉じん作業についての職歴を正確に把握するためには、事業場の衛生管理者等から被検者の粉じん作業の職歴に関する記録を提出させ、これをもとに調査することが望ましい。特に、被検者から正確な情報を聴き取り得ない場合には、この方法によることが有効である。

被検者のばく露の程度を把握するためには、ばく露期間のみでなく、ばく露度濃度を把握することが重要であるが、蓄積ばく露量の推定には、過去からの正確なばく露レベルについてのデータが集積されている必要があり、必ずしも容易ではない。しかし、じん肺が短期間で進行している労働者等においては、高濃度の粉じんにばく露されていることが考えられる。そのような場合、粉じん作業を行う屋内

作業場については、労働安全衛生法(昭和 47 年法律第 57 号)第 65 条により粉じん濃度の測定が事業者に義務づけられており、かつ、その記録を7年間で保存することとされているので、その測定結果を参考とすることが診断の一助となるとともに、予防及び進行展の防止のための諸対策を講ずる基礎となる。

### 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

じん肺の診断に当たって、最も望ましい胸部エックス線フィルム像は、肺の細部までよく判る至適な濃度とコントラストをもつフィルム像であり、コントラストの強いものは避けるべきである。

現在、撮影方法としては低圧撮影と高圧撮影の方法があるが、高圧撮影法を採用する利点として次の諸点があげられる。

- ① 低圧撮影に比べて短時間撮影が可能となる。
- ② 電源電圧のドロップ、フォトタイマーの作動不足、露出条件不良などの影響が少なくなる。
- ③ 骨部の陰影の減弱度が大きく、肺の変化をみるのに適している。(ただし、石灰化影は骨部と同様に見にくくなる。)
- ④ 肺野の辺縁部、中心部とも、濃度とコントラストが平均化し、病変の存在する位置によって微細な変化が見落とされる危険が極めて少なくなる。
- ⑤ 国の内外において、すでに高圧撮影が標準化されており、国際的診断基準もこれにより確立されている。

なお、高圧撮影法の場合、二次散乱線が増加する等の不利な点があるが、適切な散乱線除去法をとれば読影に適切なフィルム像を得ることができる。従って、じん肺の胸部エックス線撮影検査の方法として高圧撮影法を採用することが望ましい。

以下、撮影法について概説する。

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像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像には、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(FPD:Flat panel detector)を搭載した一般撮影装置による写真」(以下「DR(Digital radiography)(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像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が過度なもの等を用いることは避ける<sup>2)</sup>。

令和5(2023)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、適切な胸部エックス線写真を用いて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、メーカーに照会の上、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. メーカー毎の画像処理条件：

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)写真の審査は適切ではない。

## 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. メーカー毎の画像処理条件：  
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 写真の審査は適切ではない。

- 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(CRDR(FPD)又は CRDR(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。

二三. 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)

#### イ. 装置等

##### （イ）エックス線発生装置

###### a. 装置の定格

変圧器式の場合、基本的には最高定格電圧 150kV、最高定格電流 500mA の容量の規格のものが望ましいが、少なくとも最高定格電圧 125kV、最高定格電流 300mA の容量の規格のものが必要である。コンデンサ式の場合、最高定格電圧を 150kV、コンデンサ容量 1 $\mu$ F の容量の規格のものが望ましいが、少なくとも最高定格電圧 125kV、コンデンサ容量 1 $\mu$ F の容量の規格のものが必要である。

なお、変圧器式の場合には、電源の容量を十分にし、かつ、変動を避けるため専用のトランスを持つことが望ましい。

###### b. タイマー

変圧器式の場合には、1/30 (0.03) 秒以下で撮影が可能のように、精度のよいタイマー（ $\pm 20\%$ ）を備えつけることが望ましい。

コンデンサ式の場合には、短時間露出ができるような波尾切断方式を用いなければならない。

###### c. エックス線管

回転陽極管を必ず備えており、焦点は実効焦点として 1mm のものが望ましい。

###### d. フィルター

— 二次エックス線束の総ろ過は、付加フィルターとエックス線管固有のものとを合わせて少なくともアルミニウム 2.5mm 相当とする。—

##### （ロ）照射野の制限

— 多重絞りにより、照射野を被検者の検査部位だけに制限するとともに、絞りの影が撮影したフィルムの少なくとも下縁には見えるようにすることが望ましい。—

##### （ハ）グリッド

① 格子比 10:1 位のものを用いる。ただし、固定式のグリッドを用いる場合は 1cm 当たり 40 本程度の格子があることが望ましい。

② グリッドを使用しない場合には、2.4m の焦点フィルム間距離で、フィルムと被写体との間隙を 20 $\sim$ 25cm 離すこととする。

##### （ニ）増感紙

— 良い鮮鋭度と短時間露出が最もよく両立するためには、中間感度（標準感度）の増感紙を使う。—

##### （ホ）エックス線フィルム

— 一般目的用で中間感度のものとする。また、フィルムの大きさは、両肺を横隔膜肋骨角

（似下「肋横角」という。）まで含めてカバーするのに必要な程度のものとする。ことが望ましい。

##### （ヘ）現像

— 自動現像装置を用いることとするが、これ以外の場合でも、定時恒温現像を厳密に守らなければならない。—

##### （ト）その他装置に関する事項

— 三相交流エックス線発生装置、高速回転陽極管、微小焦点等を使用することによりフィルム像の質的改

善を図るようにすることが望ましい。

#### ロ. 撮影条件

- ① 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。
- ② 焦点フィルム間距離は、1.8m 以上とすることが望ましい。1.5m 以下にしてはならない。
- ③ 撮影は100kV以上で行い、撮影時間は1/30（0.03）秒より長くならないようにする。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、上記条件による鮮明なフィルムでエックス線写真像の区分を行う必要がある。

## （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、炭坑夫じん肺、溶接工肺、その他のじん肺でも粒状影を示す。以下、これら、けい肺とその他の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、個々の粒状影結節像は認めにくく、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、上中下肺野に初発する（特に側方部である）。次第に上肺野に及んでくる。けい肺の示す粒状影は結節像、一般に濃厚濃度が高くで円形である。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Ⅰ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典型的なけい肺では、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。詳細は次に述べる後述する「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。

#### （ロニ）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~~及びその経過は、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~~エックス線写真像上、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~~エックス線写真像では描出されない。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るべきではない。

#### ロ. 不整形陰影

不整形陰影は石綿肺のほかにも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~~(肋横膈膜角)~~が消失し、横膈陰膜影~~(横膈膜陰影)~~や心界~~(心陰影)~~は不明瞭になる。さらに進行すると、~~網状影のう状影~~や蜂窩状影も現われて~~くる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、~~胸膜ブランクによる~~側壁胸膜の変化、横膈膜の変化、横膈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~~ほとんど余り~~影響されないが、~~しかし、収縮機転を伴う塊状影の形成に夫塊状影の形成は萎縮機転を伴い、~~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~~中心影の変型縦膈陰影の変形が生じ、~~横膈膜の下降と天幕形成、雨垂状血管像等をみるに至り、~~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~~識別認識できないしえない~~状態と~~さえることがある。その際、このようになると他肺野の粒状影も同様に認識でき出来なくなっている~~明瞭に判読されないことの方が多い。

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、石綿肺では、

大陰影が出現することは極めて少ない。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。

## 二. 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、断層像や側面像も含めて肺門リンパ節の腫脹が明白な明らかな場合が少なくないもある。著しい肺門部の病変は、肺門影の濃度を増強させまし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、肺門影はコンマ状、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）はじん肺の進行期とともに多少とも認められる場合が多い。

### (ロ) 肺気腫

一般にじん肺はその種類を問わず、程度の差はあれ気腫性変化を伴い、けい肺では結節の周囲に気腫を呈することは少ない。著明でないが気腫が目立ち、肺野は明るく、その部分の結節像は粗となり、かつ、判別に困難さを加えてくる。その他のじん肺では、小結節周囲の局所の気腫が主で、プラの発生はけい肺に比べれば少ない。大陰影を伴うじん肺では、その周囲の肺気腫が著しいのみならず、上下肺野におけるプラの像も著名になる。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、傍瘻痕性 (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、 <u>じん肺による</u> 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、 <u>じん肺による</u> 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、 <u>じん肺による</u> 大陰影がないと認められるもの
第4型	<u>じん肺による</u> 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ではない。しかし、エックス線写真像から得られる情報については、病変の進行期の判断、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 (PR : 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。

PR<sub>0</sub>: じん肺の所見がない。

PR<sub>1</sub>: エックス線写真の像が第 1 型である。

PR<sub>2</sub>: エックス線写真の像が第 2 型である。

PR<sub>3</sub>: エックス線写真の像が第 3 型である。

PR<sub>4</sub>: 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(~~m~~) = 直径 1.5mm を超えて 3mm までのもの

r(~~n~~) = 直径 3mm を超えて 10mm までのもの

—(上記中カッコ内は旧来用いられていたタイプについての記号である。)—

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—両肺野に粒状影があるが少数あるもの

第 2 型—両肺野に粒状影が多数あるもの

第 3 型—両肺野に粒状影が極めて多数あるもの

型の区分に当たっては、標準エックス線フィルム写真によることとする。標準エックス線フィルム

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フィルム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、標準エックス線フィルム写真の“第 1 型(1/1)”に至っているとは認められないもの

1/1 ……標準エックス線フィルム写真の“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、標準エックス線フィルム写真の“第 1 型(1/1)”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、標準エックス線フィルム写真の“第 2 型(2/2)”よりは数が少ないと認められるもの

2/2 ……標準エックス線フィルム写真の“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 フィルム写真 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 フィルム写真 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 フィルム写真 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 フィルム写真 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 フィルム写真 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 とともにこととし 粒状影のタイプについて記載する。

分 類	PR <sub>1</sub>			PR <sub>2</sub>			PR <sub>3</sub>			PR <sub>4</sub>		
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分類は採用しない。

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 不整形陰影があるが少数あるもの

第 2 型—両肺野に 不整形陰影が多数あるもの

第 3 型—両肺野に 不整形陰影が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 フィルム写真 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 フィルム写真 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) その他の陰影

典型的な粒状影や不整形陰影ではなく、例えば小葉中心性の淡いすりガラス状の粒状影を示したり、粒状影や不整形陰影と混在したりするものをその他の陰影とする。

型の区分は、その他の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する。

### (三ハ) 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、じん肺のエックス線写真像には、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、小陰影を呈するエックス線写真について、じん肺法に定める第1型から第3型までのエックス線写真像の区分を行う際には、じん肺の種類に対応する標準エックス線フィルム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。

1<最大径a≤5cm

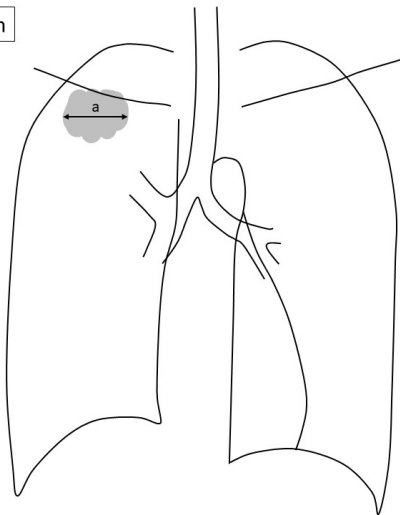


図 1A

最大径 $a \geq 1\text{cm}$   
最大径 $b \geq 1\text{cm}$   
最大径 $c \geq 1\text{cm}$   
 $a+b+c \leq 5\text{cm}$

注) 大陰影が3個の場合

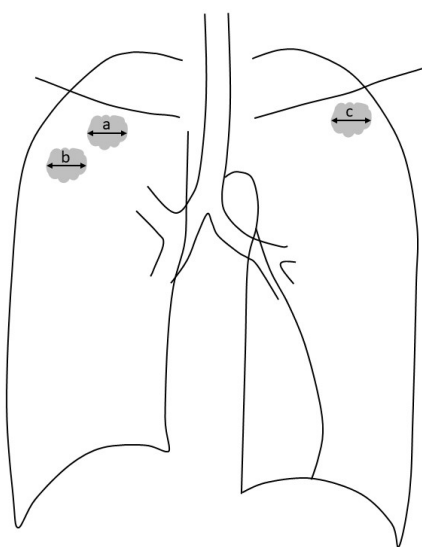


図 1B

面積 $a+b+c$   
 $\leq$  側肺野の $1/3$   
(右上肺野相当域)

注) 大陰影が3個の場合

1

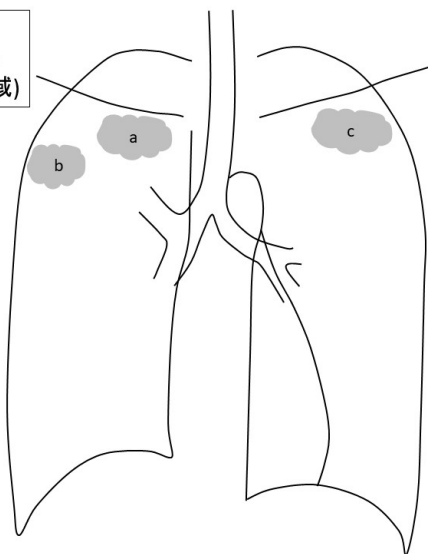


図 2

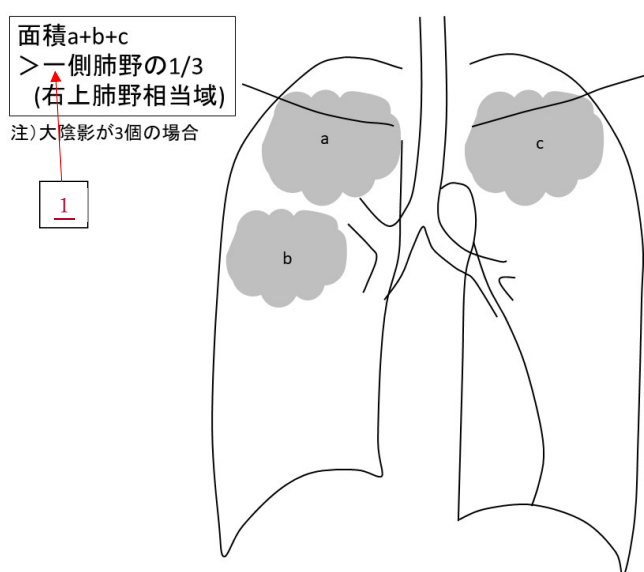


図 3

#### ハ. その他の像

口で述べたじん肺エックス線写真像の区分小陰影、大陰影のほかに、エックス線フィルム写真像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（石灰化像を除く） | （pl）  | ① |
| ②・胸膜石灰化像               | （p1c） | ② |
| ③・心臓の大きさ、形状の異常         | （co）  | ③ |
| ④・ブラ（のう胞）              | （bu）  | ④ |
| ⑤・空洞                   | （cv）  | ⑤ |
| ⑥・著明な肺気腫               | （em）  |   |
| ⑦・肺門又は縦隔リンパ節の卵殻状石灰沈着   | （es）  | ⑥ |

⑧・肺又は胸膜のがん

(ca) ⑦

⑨・気胸

(px) ⑧

⑩・肺結核

(tb) ⑨

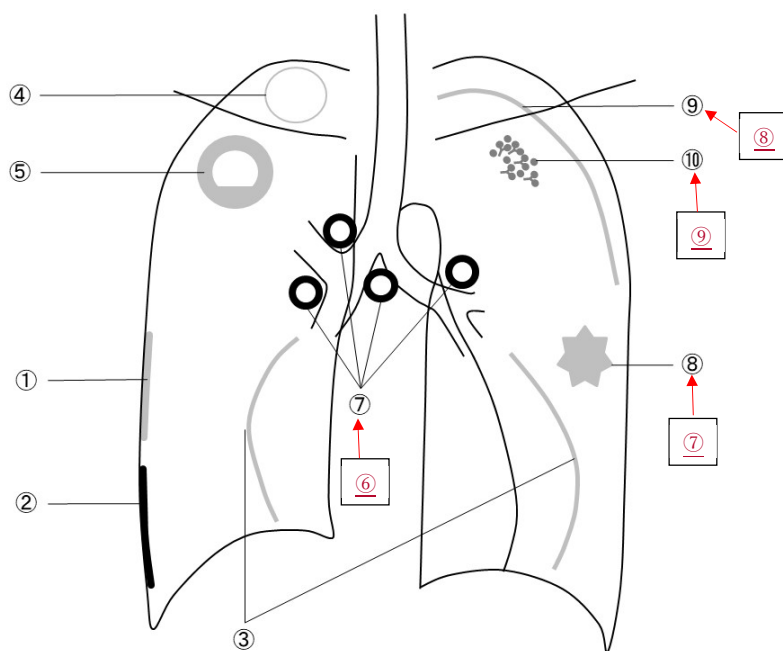


図 4

#### (4) じん肺標準エックス線フィルム写真の概略と使用法

じん肺のエックス線写真像の区分の判定に当たっては、「じん肺標準エックス線フィルム」が用いられてきたところ、デジタル画像の普及に対応するため、平成 23 (2011) 年に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、エックス線写真像の区分には「じん肺標準エックス線写真集」(平成 23 年 3 月)の-フィルム版及び電子媒体版が作成された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、さらに、「じん肺標準エックス線写真集」については、令和 5（2023）年から今後改定が検討され、令和 8（2026）年に改定版が発行されたされる可能性もあり、その際は、最新版を参照されたい。エックス線写真像の区分に用いるじん肺標準エックス線フィルム（増補版）の構成は次表のとおりである。

表 じん肺標準エックス線写真集（令和 7 年度改定版（仮））

通番	陰影の種類	型（区分）	年齢	性別	粉じん作業歴
1	所見なし	第 0 型 (0/0)	33	男	鉄粉製造 15 年
2	所見なし	第 0 型 (0/0)	42	男	トンネル運搬 15 年
3	粒状影	第 0 型 (0/1)	69	男	耐火レンガ製造 35 年
4	粒状影	第 1 型 (1/0)	79	男	耐火レンガ製造 41 年
5	粒状影	第 1 型 (1/0)	58	男	トンネル掘削 21 年
6	粒状影	第 1 型 (1/1)	76	男	耐火レンガ製造 55 年
7	粒状影	第 1 型 (1/1)	69	男	耐火レンガ製造 43 年
8	粒状影	第 1 型 (1/1)	89	男	石の粉碎・運搬 30 年
9	粒状影	第 2 型 (2/2)	73	男	耐火レンガ製造 38 年
10	粒状影	第 2 型 (2/2)	65	男	石材運搬 39 年
11	粒状影	第 2 型 (2/2)	79	男	クレー 23 年、レンガ 6 年
12	粒状影	第 3 型 (3/3)	79	男	石材掘削 45 年
13	粒状影	第 3 型 (3/3)	66	男	トンネル掘削 11 年
14	大陰影	第 4 型 (A)	71	男	掘進・採炭・坑内運搬 30 年
15	大陰影	第 4 型 (A)	79	男	レンガ 11 年コンクリ 34 年
16	大陰影	第 4 型 (B)	72	男	トンネル掘削 8 年
17	大陰影	第 4 型 (B)	81	男	石材掘削、運搬 46 年
18	大陰影	第 4 型 (C)	69	男	採炭・坑内運搬 31 年
19	大陰影	第 4 型 (C)	79	男	石材加工 42 年
20	不整形陰影	第 0 型 (0/1)	71	男	石綿吹付 12 年
21	不整形陰影	第 1 型 (1/0)	78	男	船舶ボイラー補修等 35 年
22	不整形陰影	第 1 型 (1/0)	74	男	石綿加工 25 年
23	不整形陰影	第 1 型 (1/1)	77	男	石綿吹きつけ 10 年
24	不整形陰影	第 1 型 (1/1)	67	男	鋳物工場アーク溶接 38 年
26	不整形陰影	第 2 型 (2/1)	70	男	石綿使用 40 年
28	不整形陰影	第 2 型 (2/1)	78	男	断熱・保温作業 31 年
25	不整形陰影	第 2 型 (2/2)	72	男	造船溶接 20 年
27	不整形陰影	第 2 型 (2/2)	68	男	石綿板の作成 30 年
29	不整形陰影	第 2 型 (2/2)	73	男	断熱・保温作業 34 年

30	その他の陰影	第2型(2/2)	52	男	粉状酸化チタン袋詰め作業 23 年
31	不整形陰影	第3型(3/3)	66	男	造船溶接 28 年
32	不整形陰影	第3型(3/3)	54	男	石綿吹きつけ 15 年
33	その他の陰影	第1型(1/2)	41	男	電気アーク溶接作業 17 年
34	その他の陰影	第2型(2/2)	77	男	黒鉛取扱 31 年
35	その他の陰影	第2型(2/2)	73	男	金属研磨 40 年
36	その他の陰影	第2型(2/2)	66	男	い草製品製造 36 年
37	その他の陰影	第2型(2/2)	65	男	ベリリウム磁器製造 2 ヶ月
38	その他の陰影	第2型(2/2)	58	男	溶接 23 年
39	粒状影	それぞれの陰影について、各型（区分）を一覧できるようまとめたもの。			
40	不整形陰影				

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	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	金属鋁業・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
い	5	第1型	—(1/1)—	男	55	窯業・瓦成型、砕石業・砕石	21 年
	6	第1型	—(1/1)—	男	49	窯業・タイル成型	22 年
肺	7	第2型	—(2/2)—	男	67	金属鋁業・選鋁	41 年
	8	第3型	—(3/3)—	男	54	金属鋁業・削岩	21 年
	9	第4型	—(A)—	男	60	窯業・練瓦積	31 年
石	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
綿	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
肺	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	年
	18	第1型	—(1/1)—	男	53	石炭鋁業・掘進	32 年
	19	第2型	—(2/2)—	男	52	金属鋁業・削岩	28 年
	20	第3型	—(3/3)—	女	58	炭素製品製造業・活性炭混炭	13 年
	21	第4型	—(C)—	男	56	炭素製品製造業・黒鉛粉碎	6 年
							24 年



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。

表 じん肺標準エックス線フィルム (増補版、昭和53年)

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、砕石業・砕石	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				

#### イ. じん肺標準エックス線フィルム写真の使い方

個々の標準エックス線フィルムの詳細については、標準エックス線フィルムに添付されている解説書に記載されているので参照されたい。エックス線フィルム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フィルム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フィルム写真の間に読影のト対象とするフィルムのエックス線写真を置いて比較しながら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

他のじん肺の場合には第1型の下限(1/0)のフィルム写真とを用いて判断し、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)のフィルム写真と第1型の中央(1/1)のフィルム写真とを用いて判断を行う。また、100kV未満の撮影電圧で撮影されたフィルムを読影する場合、撮影電圧により多少陰影が異なることがあるため、標準エックス線フィルムでは、けい肺の第2型(2/2)及び石棉肺の第1型(1/1)については低圧撮影によるフィルムも添付されており、これらを参考に読影する必要がある。これらのフィルムを用いても判断し難い場合には、高圧撮影（撮影電圧100kV以上）により再撮影を行って読影を行う必要がある。

#### (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画像所見はあくまでも参考までであり、単純エックス線写真像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像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像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検査は、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像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像でも気管支拡張がかなり進行した場合には読影し得るが、気管支の形態的变化を確認するためには胸部CT検査が有用であり、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像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像の所見を示し、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

平成15（2003）年のじん肺法施行規則の改正により、同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像で、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。

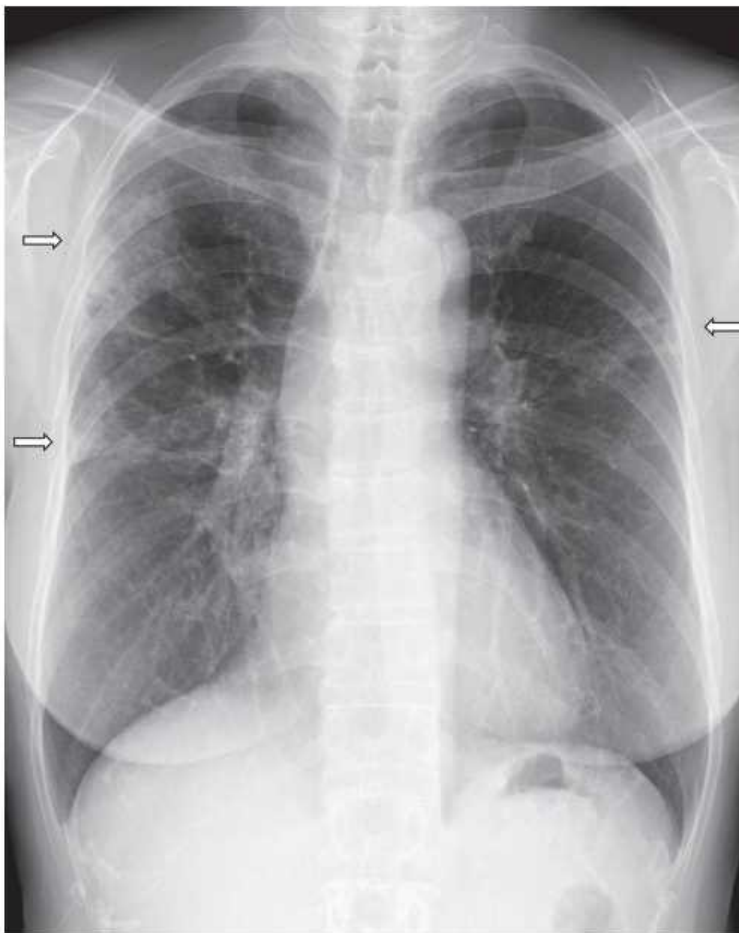
#### (6) じん肺の鑑別診断における CT 検査の有用性

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

(厚生労働省 令和3年度 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」 分担研究 「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～」より転載)

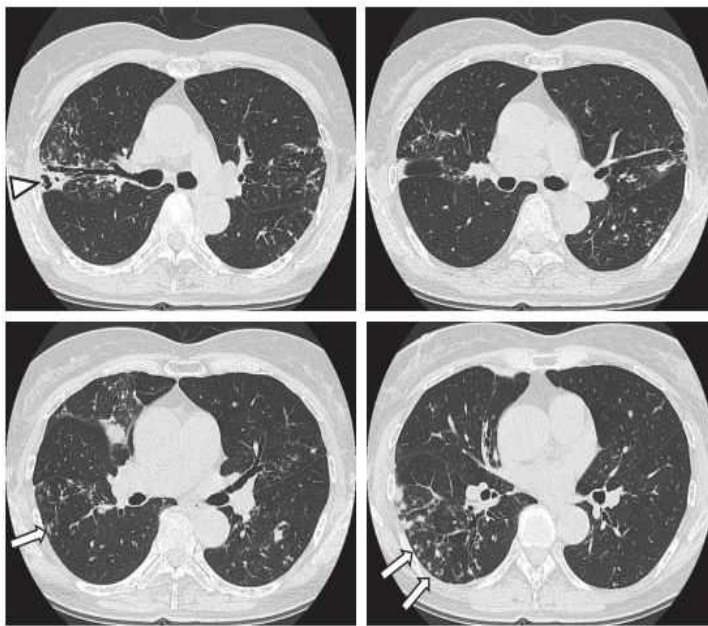
## 症例 非結核性抗酸菌症（MAC 症）

● 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）。

ロ. 組合せエックス線写真の使い方

—じん肺のエックス線写真を読影する場合、その写真がおおよそどの型に分類されるかを判断してからその型の標準写真を取り出して見くらべ、診断を行っている。この作業は一見簡単そうに見えるが、実際に行う場合には複数の標準写真を並べて見くらべなければならないので、シャウカステンのゆとりがないとフィルムの交換をしなければならず、大変な作業となる。このため、読影者は「頭の

中の標準写真」によって読影してしまう傾向があり、それにより読影結果の偏りが生じるおそれがある。そのため、スクリーニング用として標準エックス線フィルムの中に組合せエックス線写真が新たに加えられた。

—この組み合わせ写真の実際の使用方法は慎重でなければならず、これのみで型の決定を行ってはいけない。まず、読影する写真をこの組み合わせ写真によって0～3型にふるい分ける。次に、ふるい分けた型に相当する標準写真により、肺野全体の影を対象とした最終診断を行うこととされたい。

#### サルコイドーシス

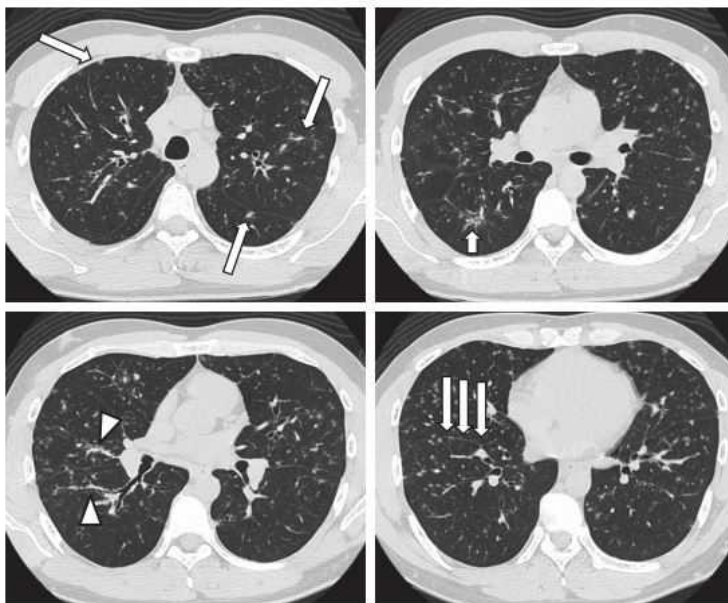
##### 診断例 サルコイドーシス②

●40歳代 男性 ●鑑別：粒状影 第3型



##### ▲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型の珪肺が疑われる。



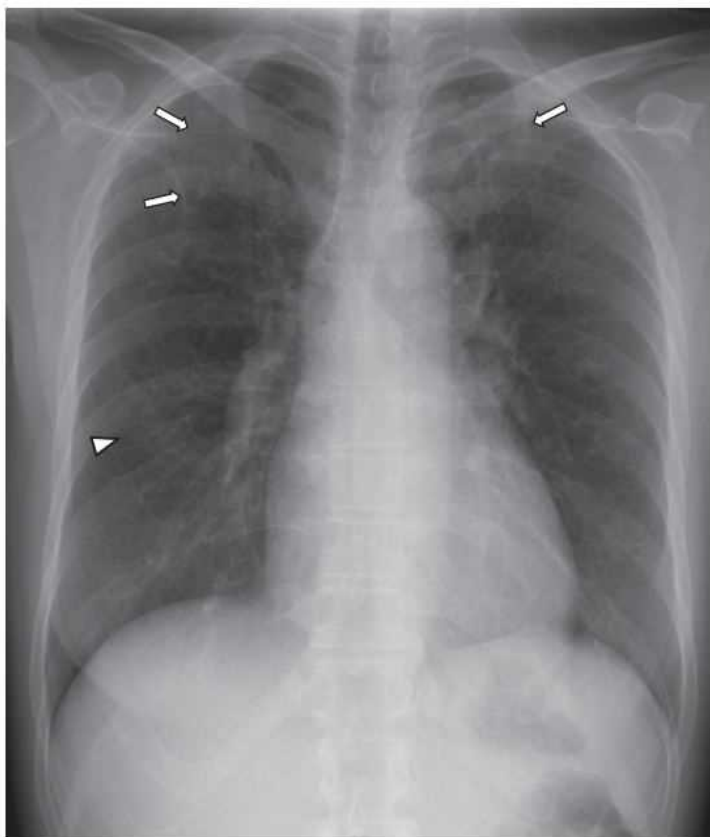
#### ▲胸部CT

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。不整形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。



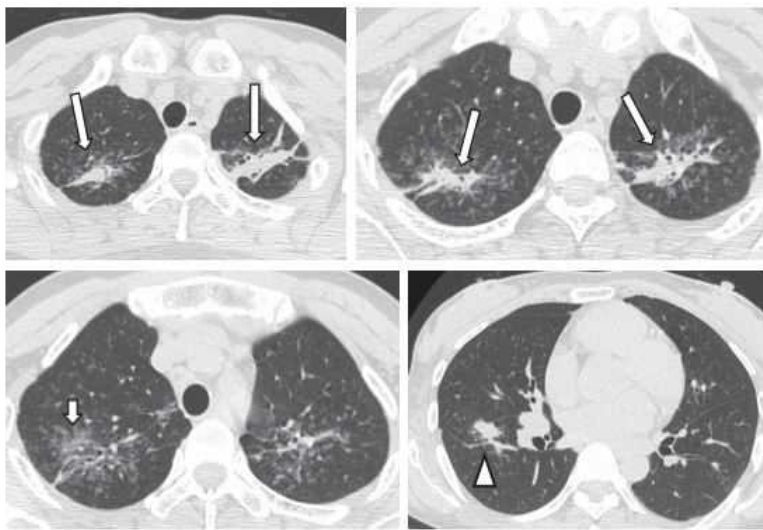
## 症例 サルコイドーシス④

● 50歳台 男性 ● 鑑別：大陰影 第4型 (A)



### ▲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。

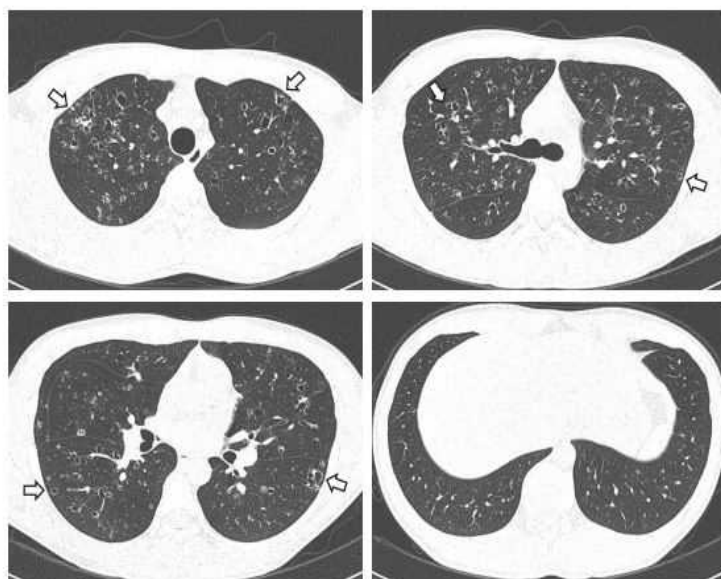
## ランゲルハンス細胞組織球症①

● 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。

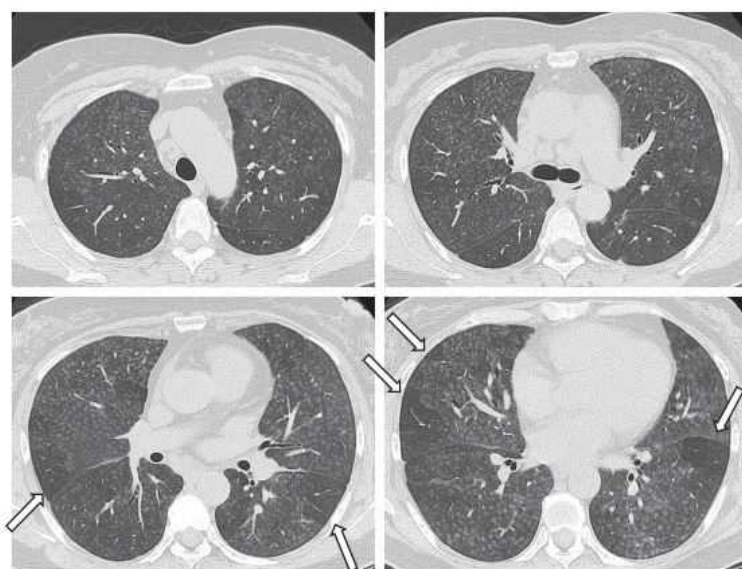
## 症例 非線維化性（亜急性）過敏性肺臓炎

● 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 条においてエックス線写真とされており、**胸部**エックス線写真をじん肺標準**エックス線**写真と対比して、じん肺の PR 分類を決定することになる。したがって日常の呼吸器診療において CT **検査**は幅広く利用されているが、じん肺審査においては、エックス線写真を用いずに CT **画像所見**に基づいて PR 分類を決定することはない。ただし、CT **画像写真**をじん肺健康診断の際に CT 検査の限界も考慮しつつ参考資料として閲覧して、特にじん肺所見があると総合的に判断する場合には、利用して差し支えない。

したがって、じん肺審査の対象者が CT **検査を実施撮像**されている場合は、必要があれば都道府県労働局から申請者に CT **画像写真**の提出を依頼することができる。

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像**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**実施施行**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上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像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」（様式第5号））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でも重要である。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。じん肺には肺結核の合併率が高く、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肺腫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

じん肺の有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。喘息における際の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、健康者と何ら変わりがないところまで回復することから、典型的な喘息では鑑別は容易である。感染性喘息では、せき、たんを伴うことが多い。

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、ことに感染性喘息はやがて慢性肺気腫を招来しやすいから、じん肺の予後、治療に影響を及ぼすところが夫でありことがある。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、また、気管支拡張剤による治療が有効なことから、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、呼吸中のFeNO、血清IgEや血中あるいは喀痰中の好酸球数によりスパイログラフィー施行等によって喘息の有無を知る必要がある。

#### ヘ．肺気腫

大陰影を伴う進行したじん肺では、程度の差はあれ気腫性変化を伴うものが多いであり、つてくる。前述のように、特に石炭鉱夫じん肺に肺気腫が合併することが指摘されている。一方、じん肺と肺気腫との関連についてはすでに述べたところである。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状を伴うことから、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、多くのじん肺また、患者が最初に意識し、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上うえで重要である。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。苦しめられるのが呼吸困難である。

—呼吸困難の程度の判定に際しては、調査は通常聴取りによって調査を行う。呼吸困難の分類にはいくつかの方法があるがよく用いられるのは過去に頻用されたFletcher, Hugh-Jonesの分類であるに基づき、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。この分類を基礎として次のように区分する。

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者

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上ることができない者

第Ⅲ度：平地でも健康者と同様のペースなみに歩くことはできないが、自己のペースであればなら1Km——以上歩くことができる者

第Ⅳ度：50m以上歩く場合にに一休みしなければ歩くことができない者

第Ⅴ度：会話や話したり、着物を脱ぐ場合のでも息切れするがして、そのため屋外に出でられない者

\* 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上で重要であり、被検者から正確に聴き取る必要がある。聴き取りに当たっては、問診票（○ページ）を用いると比較的的確な判断が可能である。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（mMRC: modified Medical rResearch cCouncil+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じん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。気道の慢性炎症性変化に伴う症状を把握するためには、せきとたんの症状についての確に調査する必要がある。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現在最も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。肺機能の低下に伴って体動時に心悸亢進を訴えることがあるが、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。  
その他の心呼吸器系の自覚症状についても、検査の場面で聴取を行う。胸痛、熱感、脱力感、盗汗等の訴えがある場合には合併症の罹患を疑う必要がある。

#### ホ．喫煙歴の調査

喫煙はじん肺の罹患や進行と特に呼吸器症状との関連が注目されているが、その影響の的確な評価については必ずしも明確にされていない。関連すると言われている。したがって、何歳から何歳まで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聴き取り、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、平成22年7月からじん肺健康診断結果証明書においても記載するように変更されている。しかし、じん肺有所見者の健康保持のために行う保健指導等の場面では、喫煙歴の情報は重要であり、問診票を用いて調査を行う。

#### (4) 他覚所見の検査

—主に、視診と聴診により他覚所見の検査を行う。

#### イ．チアノーゼ視診

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、動脈血中の酸素分圧が低下してくる。毛細管血の還元ヘモグロビン量が増加するとし、口唇など等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。  
が出現するほか、ばち状指が出現することもある。

#### ロ. 副雑音聴診

じん肺の進行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。

#### ハ. ばち状指

呼吸肺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。

【付】問診票

	記入	昭和	年	月	日
	大正				
氏名	(男・女)	生年月日	昭和	年	月 日 ( ) 才
			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	□	□
② 胸膜炎 (ろく膜炎)	□	□
③ 慢性の気管支炎	□	□
④ 気管支拡張症	□	□
⑤ 気管支喘息	□	□
⑥ 肺気腫	□	□
⑦ 心臓の病気	□	□
⑧ その他の胸部の病気	□	□

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して下さい。

階段~~やをのぼったり~~、ゆるやかな坂を~~上のぼる~~時に息切れを 感じる 感じない  
 感じますか？ □ □  
 (ここで終わり)

→ その程度はどの程度ですか？ 矢印に従って答えて下さい。  
 (「ここで終わり」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 できる できない  
 をしたり、坂や階段を登れますか？ □ □  
 (ここで終わり)

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 歩ける 歩けない  
 ところを歩くことができますか？ □ □  
 (ここで終わり)

③ 平らなところを自分のペースでなら 1Km 以上休まずに 歩ける 歩けない  
 続けて歩くことができますか？ □ □  
 (ここで終わり)

④息切れのために途中で休ま~~ずにない~~と平らなところを 50m 歩ける 歩けない  
 以上歩~~くことができますか~~けませんか？ ☐ ☐  
 — (ここで終~~わり~~)

⑤会話や話をしたり、衣報を脱~~ぐ際~~ぐのにも息切れがし、息切れの できる で  
 きない  
 ために外出することができませんか？ ☐ ☐

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。)

	はい	いいえ
①冬に、朝起きると、いつも、すぐせきがでますか？	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
↓		
②そのようなせきは週 5 日以上でますか？	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
↓		
③冬に昼間や夜、よくせきがでますか？	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
↓		
④そのようなせきは 1 日 7 回以上、週 5 日以上でますか？	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
↓		
→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？	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

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。)

	はい	いいえ
①冬に、朝起きると、いつもすぐ、たんがでますか？	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
↓		
②そのようなたんは週 5 日以上でますか？	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
↓		
③冬に昼間や夜、よくたんがでますか？	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
↓		
④そのようなたんは 1 日 2 回以上、週 5 日以上でますか？	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
↓		
→⑤このようなたんは、年に 3 か月以上続けて、毎日のよう にでますか？	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

5. どうき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 <u>どうき動悸</u> 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して下さい。）

	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、フロー・ボリューム曲線の検査を行い、スパイロメトリーによる検査よりパーセント肺活量 (%VC) 及び 1 秒率 ( $FEV_{1.0}/FVC$ )、パーセント 1 秒量 ( $FEV_1$ ) を求める。を求め、フロー・ボリューム曲線の検査より最大呼出位から努力肺活量の 25% の肺気量における最大呼出速度 ( $V_{25}$ ) 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 ( $P_{aO_2}$ ) 及び動脈血炭酸ガス分圧 ( $P_{aCO_2}$ ) を測定し、これらの結果から肺泡気・動脈血酸素分圧較差 ( $AaDO_2$ ) を求める。

動脈血ガスの測定に先立って耳朶血の酸素分圧を測定し、酸素分圧が 80TORR 以上であれば動脈血採血を省略して「著しい肺機能障害がない」と判定してよい。

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、た者以外の者で、下記のいずれかに該当する者 1 次検査の結果が“要 2 次検査”の基準に至っており、かつ、胸部臨床検査の呼吸困難の程度が第Ⅲ度以上のもの

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%未満の場合

③上記①、②に該当しない者で、1 次検査の結果が“要 2 次検査”の基準に至っていないが、胸部臨床検査の c) 呼吸困難の程度が第Ⅲ度以上の場合の者

④上記①から③までに該当しないが、エックス線写真像が第 3 型又は第 4 型と診断された者

この体系をフローチャートにすると図 7 のごとくとなる。

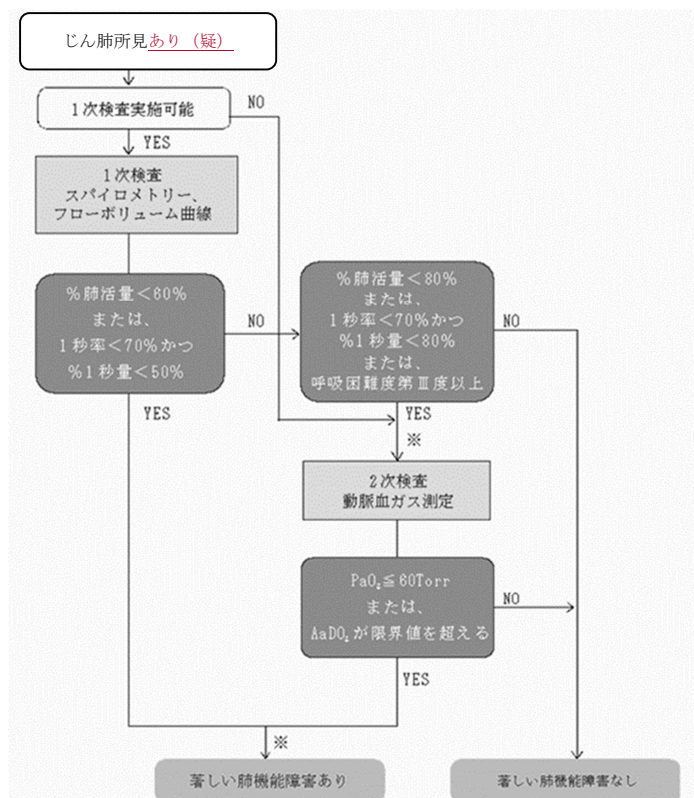
### (2) 1 次検査の内容と方法

#### イ. スパイロメトリーによる検査スパイログラム

肺内気量の変化を口から出入りするガス量で表し、気ガス量を縦軸に、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器械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上記において示した判定基準に機械的に当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 ー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<sub>1</sub>）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<sub>1</sub>/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<sub>1</sub>）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。

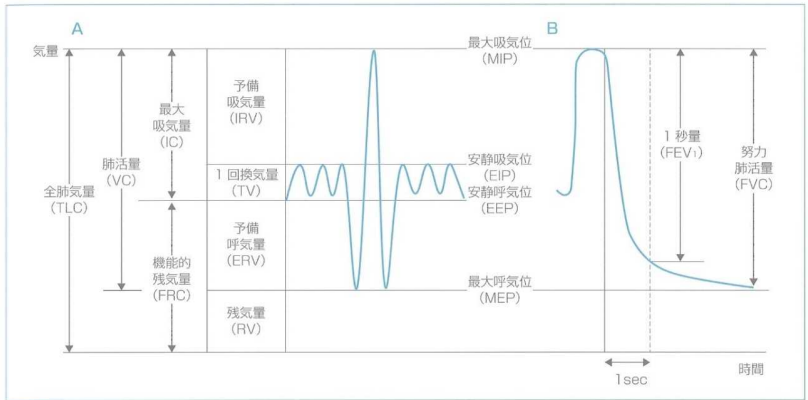


図2 スパイログラムと肺気量分画

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）、下方向が呼気側、上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 ースパイログラムと肺気量分画

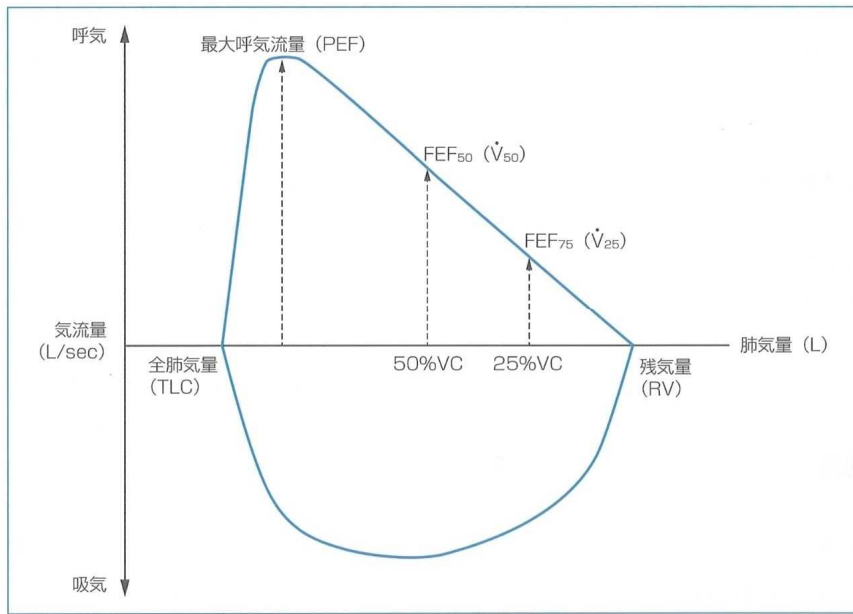


図3 F-V 曲線

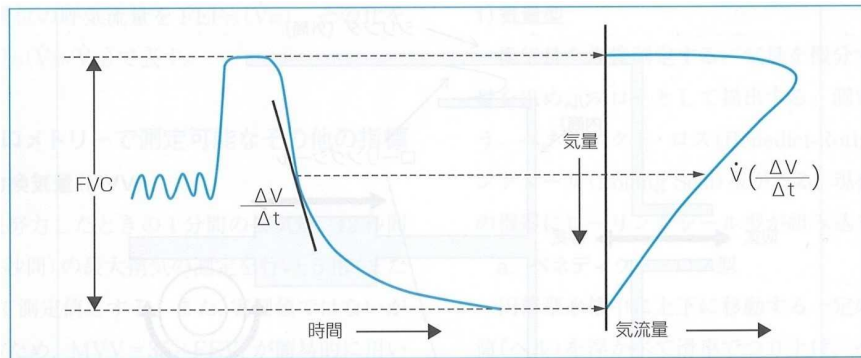


図4 スパイログラム（時間—気量曲線）とF-V 曲線の関係

## ニ. 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 **【 被検者情報の収集 】** 相対的禁忌項目（表 1）に該当しないことを確認する。被検者の全身状態（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 】** 検査者は被検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 測定では検査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おう。

表 1 スパイロメトリーの相対的禁忌

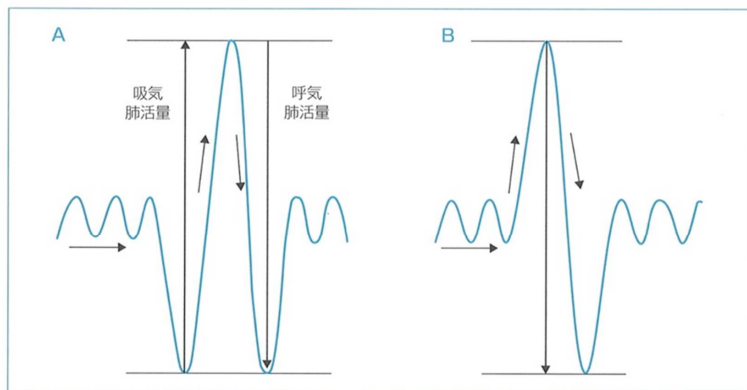
循環器への負担 血圧の変動	① 1 週間以内の急性心筋梗塞 ② 低血圧、重症高血圧 ③ 重症不整脈 ④ 非代償性心不全 ⑤ 急性肺性心 ⑥ 臨床的に不安定な肺塞栓症 ⑦ 咳嗽失神の既往
頭蓋内圧・眼圧上昇	① 脳動脈瘤 ② 4 週間以内の脳手術 ③ 継続する症状を伴う脳震盪 ④ 1 週間以内の眼科手術
副鼻腔・中耳圧上昇	① 1 週間以内の副鼻腔手術または感染 ② 1 週間以内の中耳手術または感染
胸腔内圧・腹圧上昇	① 気胸 ② 4 週間以内の胸部手術 ③ 4 週間以内の腹部手術 ④ 妊娠後期
感染制御	① 結核を含む伝染性感染症の疑い ② 血痰、多量の分泌物、口腔内病変など

⑤ **【 マウスピース 】** 円筒状のディスポーザブルマウスピースか、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検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 】** 被検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ポーザブルフィルタを被検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検者には、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。安静呼吸から最大吸気、最大呼気を行う。

図5 ー肺活量の測定方法

- 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吸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。安定した呼吸位を視認し、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) 安静呼吸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**分かる**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 ー肺活量測定 of 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安静呼吸位が安定 ②最大呼吸位と最大吸気位のプラトーが確認できる ③ IVC $\div$ 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 0.15 L 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

吸気排気量 (IVC: inspiratory vital capacity) 最大呼吸位から最大吸気したときの肺活量

呼気肺活量 (EVC: expiratory vital capacity; IVC) 最大吸気位から最大呼出したときの肺活量

#### (ハ) 努力肺活量 (FVC) の測定

1 回の検査で努力呼吸曲線と 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、安静呼吸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吸をさせて最大呼吸位まで呼出させる。呼吸終了後、最大限の力で一気に努力吸気をして最大吸気位まで吸気させて測定を終了する。努力呼吸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、努力呼吸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。

努力呼吸時は最低 6 秒以上呼吸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かけを行う)。健常者では呼吸時間が 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、努力呼吸終末で多大な呼吸努力を要し、しかも呼吸時間が著明に延長する。そのため、呼吸排出時間がわずかに持続している場合は 15 秒を超えたら努力呼吸を終了とする。努力呼吸時は被検者の状態に十分注意を払う。

②② 【妥当性の確認】 測定終了後、表 3 に示す ①1) F-V 曲線のパターンが良好、②2) 呼吸開始が良好、③3) 十分な呼気、④4) FIVC と FVC の差が小さい、の 4 つ (FIVC 未測定時は ①a～③e 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

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0.10 L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 FVC と FVC の差が小さい ・FVC-FVC が0.10 L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0.15 L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0.15 L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)

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>が大きくなることもある。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。

#### ヘ. 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、呼吸肺機能検査の測定結果のばらつきは健常者では小さいが、閉塞性換気障害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こり、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

被検者の状態から十分な検査回数を実施できない、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。被検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

最近の呼吸肺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に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）。

表 5 ー機器の点検

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 ・気量の較正*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。

## ロ. 感染対策

一般に、**肺呼吸機能**検査機器が感染源になって被検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 】** 検者は被検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検者ごとに交換する。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、カバーは被検者ごとに交換する。

装置の口元に近い部分は被検者ごとに消毒用エタノールで清拭する。閉鎖型ではペルを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検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検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検者、口腔内に明らかな出血や血痰がある被検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。

感染している被検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日の検査終了時及びおよび汚染が疑われたときになおこなう。

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・ディスイnfek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・ディスイnfek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蒸気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** ペ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 ー消毒方法

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〉 ・ウォッシャーディスインフェクター（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（PaO<sub>2</sub>）、動脈血二酸化炭素分圧（PaCO<sub>2</sub>）、pH、重炭酸イオン（HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>）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、次の式により肺泡気ー動脈血酸素分圧較差（AaDO<sub>2</sub>）を求める。

$$AaDO_2 (T\pm\text{torr}) = P_{A_{O_2}} - PaCO_2/0.83 - PaO_2$$

ただし、 $P_{A_{O_2}}$ は肺泡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15049±Torrを使用する。

動脈血ガス分析の測定は、化学反応を原理とした方法（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プレイ型の血液ガス測定用キットと再利用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、後者でも差し支えない。

動脈血採血は、安静時の安定している状態で行う。被検者が息こらえや過換気をすると測定値に影響するので、採血者側は注意して被検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。

採血時の被検者の体位は、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  $\text{PaCO}_2$  は過換気の状態をおよぼし、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るとされている。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。

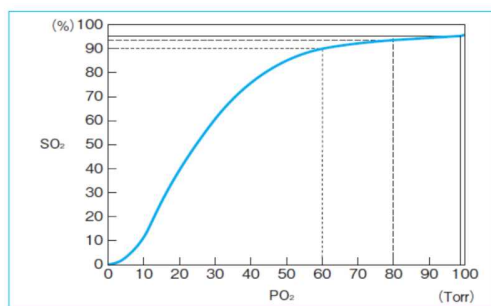


図 6  $\text{PaO}_2$  と  $\text{SpO}_2$  の関係（日本呼吸器学会 酸素療法マニュアルより）

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

#### 【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平成26（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（2014IRSスパイロメトリー基準値計算用（Zscore追加）.xlsx）参照）。

閉塞性換気障害の指標として固定値の $FEV_1/FVC < 70\%$ 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、現在も身体障害者認定要領診断書・意見書（呼吸器機能障害）の判定基準は平成28（2016）年4月1日に改正されたが、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】じん肺における肺呼吸機能評価に関する改定訂の変遷

##### イ. 拘束性換気障害の評価指標

管理区分を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歳の被検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改訂第4版（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<sub>1</sub>)によって評価されている。また、以前よりFEV<sub>1</sub>/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(2010)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<sub>1</sub>/FVC<70%未満を前提に、%FEV<sub>1</sub>が判定基準として追加された。%FEV<sub>1</sub>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<sub>1</sub>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<sub>1</sub><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 $\dot{V}_{25}/HT$ が著しい肺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肺機能障害に相当する状態であったことから、平成22(2010)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) じん肺の肺呼吸機能障害の特徴

じん肺の呼吸肺機能障害の特徴は、①混合性換気障害 ②肺気量低下 ③肺拡散能力低下である。

##### 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<sub>1</sub>およびVCの低下を来す。FEV<sub>1</sub>が低下し、FEV<sub>1</sub>/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<sub>1</sub>かVCの減少は一樣ではなく、どちらかの低下が先行することがある。いずれにしてもVCおよびFEV<sub>1</sub>の両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にエックス線写真像の区分ごとのFVCおよびFEV<sub>1</sub>の経過<sup>[46]</sup>を示す。図にあるPMFは進行性塊状線維化巣(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、エックス線写真像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<sup>[47]</sup>。



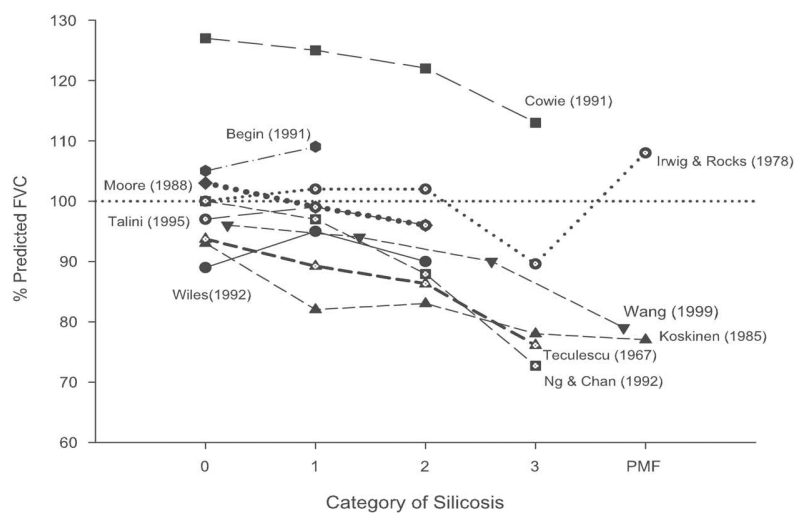


図7 ーFVCとエックス線写真画像胸部レントゲン分類との関係（文献6より）

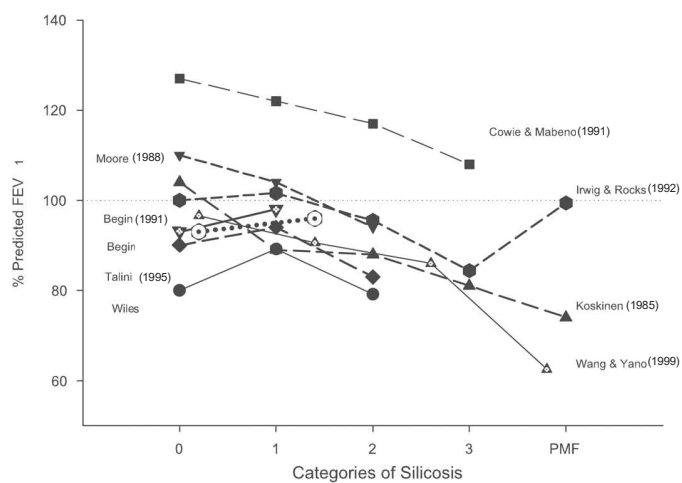


図8 ーFEV<sub>1</sub>とエックス線写真画像胸部レントゲン分類との関係（文献6より）

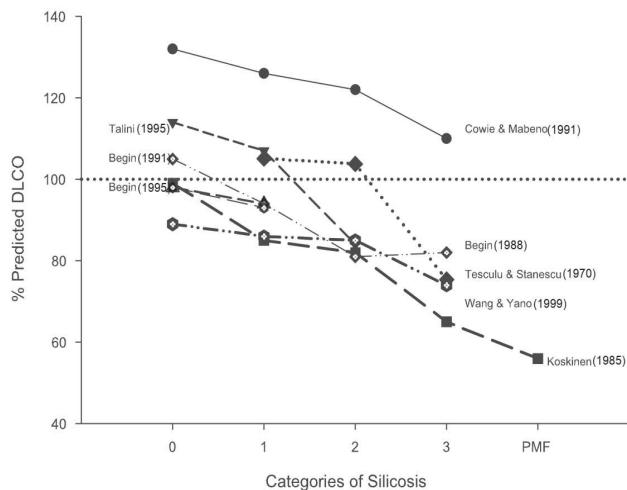


図9 DL<sub>CO</sub>とエックス線写真像胸部レントゲン分類との関係（文献6より）

## 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. 肺拡散能力低下

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>/V<sub>A</sub>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。エックス線写真像上、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）。

## 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.

スパイロメーターには機械式と電子式がある。前者には湿式と乾式とがある。肺内気量の変化に応じて自由に移動する円筒又はふいごの動きをペンの動きに変え、記録紙の上にスパイログラムを描記する装置が機械式スパイロメーターである。気流速度をフローメーターにより電氣的に検出し、電子回路で積算して気量変化を求める装置が電子式スパイロメーターである。通常、それぞれの指標の値がデジタル表示されるか又はプリントアウトされるが、スパイログラムは、必要に応じてブラウン管又はX-Yレコーダーに表示される。

機械式スパイロメーターは、構造が単純で大きい誤差を生ずることがなく、価格が安いのが特色であるが、機械的な構造に由来する抵抗（インピーダンス）が結果に影響すること、計算の手間がかかることが欠点である。電子式スパイロメーターではこのような欠点は回避されており、操作が簡単で特性もよく、次に述べるフロー・ボリューム曲線の指標を含めて結果を直ちに読み取ることができる特色がある。ただし、校正を常時行っておくことが大切である。

(イ)検査法

a. ベネディクト・ロス型レスピロメーターを用いるスパイロメトリー

最もよく用いられている13.5ℓベネディクト・ロス型スパイロメーターの構造は図8のごとくである。

なお、スパイログラフィーを行うときは弁を取りはずして換気時の抵抗を減らす。

また、カイモグラフの速度は、⑧の速度切替レバーを用い、肺気量分画の測定では速度1（低速度）を、努力肺活量、1秒量の測定では速度60（高速度）を用いる。

スパイログラムは次のようにして求める。

- ① スパイロメーターの準備をととのえた後、まず被検者に立位又は坐位でなるべく楽な姿勢をとらせ、検査の目的、方法などを十分に説明する。マウスピースを正しくくわえさせ、ノーズクリップで鼻を閉塞する。マウスピースはくわえた時に上下の歯の

間げきを確保するためのストッパーがついたものを用いる。ディスポーザブルのマウスピースを用いる時には、唇とマウスピースとの間から空気がもれないように特に注意する。高齢者などで、口からの空気もれのあるときには、絆創膏で唇とマウスピースを固定するとよい。

② 被検者の呼吸の状態が平静にもどったら、活栓をまわしてスパイロメーターの回路に連結し、ベルの中のガスを呼吸させる。同時にスイッチを低速度目盛1（32mm/分）に入れて、記録紙を回転させる。

③ 数回の安静換気を行わせて、基準位が安定したことを確かめる。

④ 安静換気につづいて、特に深い吸気を行うことなく安静吸気の終わりに続いて、ゆっくり最大呼出を行わせる。呼出が終わったら安静呼吸に戻らせる。この場合の最大呼出は急激に行うことなく、ゆっくり行わせる。

⑤ スパイログラム上で、呼気位がもとの基準位に戻ったのを確認したら、ゆっくりと吸気を行わせる。最大吸気位に達したと思われたら、再びゆっくりとできるだけ頑張つて呼出させる。十分に呼出したら、再び安静呼吸に戻し基準位を記録した後、被検者からマウスピースをはずす。

最大呼気位及び最大吸気位に達すると、スパイログラムはほぼ水平にギザギザを描き、横ばいの状態となる。これは被検者が適切に行ったか否かの目安になる。なお、測定開始時と終了時の基準位とはほぼ一致する。大きな差、ずれがあるときは空気もれがあると考えられる。マウスピースのくわえ方に注意するとともに、スパイロメーターの回路の点検を行う必要がある。

⑥ 次に回路内の空気を入れかえた後、再び被検者にマウスピースをくわえさせ、努力呼出曲線の検査を行う。すなわち、数回安静呼吸をした後、できるだけ頑張つて最大吸気位に達したら、カイモグラフの回転を高速（速度目盛60、32mm/秒）に切り替えるとともにできるだけ速く、かつ、できるだけ一気に呼出を行わせる。呼出が完全に終わったことを確認してスイッチを切り、ノーズクリップをとり、マウスピースから口をはずす。この最大努力下に呼出させたガス量が、努力肺活量（FVC）で、呼出開始からの1秒間の呼出ガス量が1秒量（FEV<sub>1.0</sub>）である。（図9参照）

スパイログラムによって得られる肺気量諸値は、図10の残気量、機能的残気量を除いた値である。

スパイログラムから得られた実測値（高さmm）にベルファクターを乗じて得られたガス量は大気圧、室温、水蒸気飽和状態（ATPS: ambient temperature and pressure, saturated with water vapor）であり、これを37℃、大気圧、水蒸気飽和状態（BTPS: body temperature and ambient pressure, saturated with water vapor）に換算する。換算に当たっては表1の係数を用いれば便利である。

表1—ATPS からBTPS への換算のための表

A	B	C	A	B	C
℃	P <sub>H2O</sub>	BTPS—Factor	℃	P <sub>H2O</sub>	BTPS—Factor

6	7.0	1.174	22	19.8	1.091
7	7.5	1.168	23	21.1	1.085
8	8.0	1.164	24	22.4	1.080
9	8.6	1.159	25	23.8	1.075
10	9.2	1.153	26	25.2	1.068
11	9.8	1.146	27	26.7	1.063
12	10.5	1.143	28	28.3	1.057
13	11.2	1.138	29	30.0	1.051
14	12.0	1.133	30	31.8	1.045
15	128	1.128	31	33.7	1.039
16	13.6	1.123	32	35.7	1.032
17	14.5	1.118	33	37.7	1.026
18	15.5	1.113	34	39.9	1.020
19	16.5	1.107	35	42.2	1.014
20	17.5	1.102	36	44.6	1.007
21	18.7	1.096	37	47.0	1.000

b. ~~電子式スパイロメーターを用いたスパイロメトリー~~

~~電子式スパイロメーターには、フラッシュ型のもつと熱線型のもつとがある。検査法は次のとおりである。~~

- ~~① 電子式スパイロメーターを電源につなぎ、スイッチをONにして検出部である気速計が温まるのを待つ。気速計が温まらないうちに呼気を気速計に吹き込むと、水滴が付着して正しい測定ができなくなる。~~
- ~~② 気速計の校正を行う。~~
- ~~③ 被検者に、検査の目的、要領を十分に説明して理解させる。~~
- ~~④ スパイロメーターに性別、年齢、身長、室温等の情報を入力する。~~
- ~~⑤ 被検者を立位又は坐位とし、正しい、安定した姿勢をとらせる。~~
- ~~⑥ 検出部を被検者に正しく保持させ、マウスピースを口にくわえさせる。これとともに、ノーズクリップで鼻からの呼吸をとめる。~~
- ~~⑦ この時、一時呼吸をとめさせる。~~
- ~~⑧ 手早く準備をすませたら、被検者に深吸気をさせる。最大吸気位でスパイロメーターのトリガーが働いたことを確認する。~~
- ~~⑨ できるだけ速やかに、かつ、できるだけ大量の呼出を一気に行わせる（努力呼出）。~~
- ~~⑩ 最大呼気位まで呼出を終了したことが確かめられたら、被検者に軽く吸気を行わせる。この吸気でスパイロメーターのトリガーが作動する。~~
- ~~⑪ ブラウン管又はX-Yレコーダーの表示を見て、正しい努力呼出が行われたか否かをチェックする。~~
- ~~⑫ 必要な指標の値を読み取る。~~

- ⑬ 少なくとも2回この操作を行う。もし、この2回の検査成績が異なるときには、更に1回検査を追加する。
- ⑭ 電子式スパイロメーターでは、準備が整ってから呼出に入るまでに時間がかかると誤差が大きくなる。この場合には、リセット・スイッチを押すか、又は操作をはじめからやり直す。
- ⑮ 電子式スパイロメーターの表示した数値はBTPSに換算されているので、特に換算を行う必要はない。

（ロ）パーセント肺活量及び1秒率の算出

a. パーセント肺活量（%VC）の算出

このようにして得られた肺活量と身長及び年齢から算出された肺活量基準値との比をとり、パーセント肺活量を算出する。肺活量基準値の算出に当たってはBaldwinらによる式を用いる。なお、Baldwinらの式では肺活量はmlの単位で得られる。しかし、肺活量はlの単位で表すことが便利なので計算式は次のように表現できる。この場合の身長はmの単位で表す。

——— 男性： $(2.763 - 0.0112 \times \text{年齢}) \times \text{身長(m)}$ ———

——— 女性： $(2.178 - 0.0101 \times \text{年齢}) \times \text{身長(m)}$ ———

Baldwinらの式は、背臥位の健常者について求められたものである。健康診断における肺活量の測定は、通常、立位で行われるため、Baldwinらの式で計算して得られる値は、健常予測値として用いるのではなくて、1つの尺度として利用するにすぎないので、被検者の検査時の体位が異なるが便宜的にこれを利用する。———

———  $\text{パーセント肺活量} = \text{肺活量} / \text{肺活量基準値} \times 100 (\%)$ ———

——— なお、算出に当たっては、図11に示すノモグラムを用いるとよい。———

b. 1秒率（FEV<sub>1.0</sub>%）の算出

通常、1秒率はGaenslerによるものを用いる。1秒率を算出するためには、スパイログラムより努力肺活量と1秒率を求め、これより算出する。

———  $1 \text{ 秒率} = 1 \text{ 秒率} / \text{努力肺活量} \times 100 (\%)$ ———

ロ. フロー・ボリューム曲線の検査

スパイログラムは、縦軸に肺気量を、横軸に時間をとって表現されるものであるが、フロー・ボリューム（Flow=volume）曲線は縦軸に気流速度を、横軸に呼出気量をとって表現された図形である。普通フロー・ボリューム曲線というときは、呼気時のものであり、吸気時のものは、吸気フロー・ボリューム（Inspiratory flow=volume）曲線と呼ぶ。横軸上の原点は曲線の左端で最大吸気位に、右端は努力呼出終了時の呼気位に相当する。この2点間の距離は努力肺活量である。この図形から最大吸気位から呼出を行う際の任意の肺活量における呼気気流速度を求めることが出来る。（図12参照）———

フロー・ボリューム曲線の高さは、呼出の際にみられる最大の気流速度、すなわちPeak flowを表し、図形からそのPeak flowに到達したときの肺気量も知ることができる。フロー・ボリューム曲線のはじめの部分は、被検者の肺・胸部系の換気力学的特性に加えて、被検者の呼出努力の程度によつてきまる(Effort-dependent)が、曲線の終わりに近い部分の形状は、被検者の努力の程度に影響されことなく(Effort-independent)、肺・胸部系の換気力学的特性によって決定される。

フロー・ボリューム曲線を求めるには最大吸気位から努力呼出を行う間の時々刻々の肺気量とそれに対応する呼気(又は吸気)気流速度とを同時に測定する。この曲線の横軸上に表示される“気量-Volume”は本来“肺内気量”であるべきであるが、曲線の起点と終点は最大吸気位と努力呼出の終わり(吸気フロー・ボリューム曲線の場合は最大呼気位と努力吸入の終わり)であるから、それは必ずしも残気量を含めた肺内気量の絶対値でなくともよい。日常の検査では、呼出(又は吸入)された気量をこれにあてる。しかし、努力呼出の際には胸腔内圧が上昇し、肺内ガスが圧縮されるので呼気量と肺内気量の変化とは必ずしも一致しない。気道閉塞が強いほど肺内ガス圧縮は著明となる。フロー・ボリューム曲線を求めるには、体プレシスモグラフを用いて肺内気量を測定する方法もあるが、臨床検査では気速計で呼気(又は吸気)気流速度を求めて、それを積分するか、スパイロメーター(ふいご型、WEDGE型、box型)を用いて求めた気量を採用することが普通に行われている。この場合の呼気量(又は吸気量)は肺気量の変化分とは正確に等しくはなく、実用的に両者の差は無視できるとの立場にたっている。スパイロメーターを用いてフロー・ボリューム曲線を求めるため努力呼出を行うには、スパイロメーターの機械的インピーダンスが曲線の形状に影響を及ぼすので、あらかじめその性能を吟味する必要がある。気速計を用いて測定をする場合には気速計の周波数特性に注意しなければならない。20Hz位までの変化に忠実に反応するFleisch型気速計、あるいはこの目的のために作製された熱線流量計は十分利用できる。曲線をオッシロスコープ、特にストレージ型オッシロスコープに表示し、これを写真撮影する方法が望ましい。気流速度をA-D変換して記憶素子に記憶させ、それを加算して呼出気量を求め、ブラウン管にフロー・ボリューム曲線を表示し、また評価のためのパラメーターを算出する方法もとられるようになった。曲線をX-Yレコーダーで描記する方法は便利ではあるが、X-Yレコーダーの周波数特性の制約をうけて曲線に変形をきたすことがある。この変形は呼出初期の立上がり部分に著しいが、曲線の評価を呼出の終わりの部分に限定して行うのであれば、検出部と表示部の周波数特性にさほど神経質にならずとも実用上大きな支障はない。

#### [フロー・ボリューム・メーターの較正]

フロー・ボリューム曲線を調べるためのフロー・ボリューム・メーターのほとんどは電子式のスパイロメーターそのもの又はその応用型である。気流速度の測定にはいろいろな種類の検出器が用いられているが、いずれのものであっても、検査実施の際に患者の気道内分泌物がとび出して検出器にひっかかってその精度をくわらせることがある。したがって、検出器は使用のたびに清浄にしなければならない。検出器は水洗できるものが望ましいが、なかには構造上の理由で水洗できないものもある。最低1日1回は水洗を行う必要があるが、可能なら検査のたびに目で見えて検出器に喀痰が付着していないことを確かめる。検出器(気速計)は予備を少なくとも1台用意しておいて必要に応じて取替えることが望ましい。

なお、検出器の較正のためにプラスチック製の容量一定のピストン式の簡単な装置が市販されている。これを検出器に接続して一定量の空気を検出器に送り、メーターの読みを送った空気既知量と比

較する。この操作を異なる送気速度で数回試みればフロー・ボリューム・メーターの日常の較正の目的を達することができる。この較正は、頻回に検査を行うときには少なくとも1日1回、及び、検査中にメーターの読みに不審を生じたときには適宜較正を行う。この簡便な較正では不十分な場合にはメーカーに修理・点検を依頼する。メーターの読みと送気量との相違が僅かである限りは補正係数で読みを補正してもよいが、両者の相違が著しい場合にはメーカーによる修理を行う必要がある。

上述したようなピストン型較正器が手許にない場合には、ベネディクト・ロス型レスピロメーターを代りに用いることができる。

#### （イ）検査法

検査は、スパイロメトリーに準じて行う。最大吸気位から、被検者に最大限の速やかな努力性呼出を行わせる。少なくとも適当な間隔を置いて3回検査を反復する。

#### （ロ） $V_{25}$ （努力肺活量の25%における最大呼出速度）の算出

努力肺活量の25%における呼出速度(l/秒)を読みとる。

なお、気管や喉頭の狭窄がなく、Peak flowがカットされたような型を示す場合は、呼出努力が十分でない場合であり、このような曲線は採用するべきではない。

### （3）2次検査の内容と方法

2次検査は、（1）で述べたように、1次検査で“要2次検査”と判断された者等に対して行う。

#### イ、肺胞気・動脈血酸素分圧較差（AaD<sub>o2</sub>）測定の意義

呼吸機能障害の総括的評価の指標として動脈血ガスは重要な意義を有する。ことに末梢気道・肺野領域を中心とする、いわゆる肺の末梢領域における障害を検知する手段としてその役割は重い。近年、血液ガス分圧測定の技術が進歩したので測定そのものの実用性も十分高まったといえる。しかしながら、動脈血の酸素又は炭酸ガス分圧が肺におけるガス交換障害のみならず、循環障害あるいは組織レベルにおけるガス代謝障害を含めて、生体におけるガス運搬障害を総体的に反映することは当然であり、またその評価に当たって、酸素分圧と炭酸ガス分圧とを別個に評価することは、妥当性を欠くくらいがあり、何らかの検討の必要性が考えられてきた。

動脈血酸素分圧の異常低下は、すなわち、いわゆる低酸素動脈血症であり、それ自体の生理学的意義は大きい。しかしながら、動脈血酸素分圧の異常低下を認めたからといって直ちに肺におけるガス交換障害が原因であるとはいえない。また、動脈血酸素分圧が正常範囲内にあっても、肺胞換気の状態によっては肺胞レベルにおける交換障害が存在しないとは断定できない。したがって、肺におけるガス交換障害の評価を肺胞気・動脈血酸素分圧較差（AaD<sub>o2</sub>）について検討することが望ましい。AaD<sub>o2</sub>は肺におけるガス交換障害の総括的評価の指標であって敏感にその異常を反映することが知られている。

#### ロ、検査法

肺胞気・動脈血酸素分圧較差を算出するためには、動脈血の酸素及び炭酸ガス分圧を測定する必要がある。酸素分圧及び炭酸ガス分圧の測定は動脈より採血した動脈血を用いて行うが、上腕又は股動脈採血の前段階で耳朶血を採血し、これを用いて酸素分圧を測定し、測定結果が80-TORR以上であれ



ば、上腕又は股動脈からの採血を省略して、「著しい肺機能障害がない」と判定してよい。また、2次検査を1次検査との別の目に行う場合には、必要に応じて2次検査に先立って1次検査もあわせて行う。(なお、TORRはトリチェリ(torricelli)の略である。トリチェリは真空の分野で用いられ、水銀柱1mmにほぼ等しい。したがって1TORR=1mmHgと取り扱って差し支えない。)

検査方法の基本は次に述べるとおりである。

#### (イ) 採血の方法

##### —a. 動脈血採血

##### —(a) 動脈の穿刺部位

普通上腕動脈から採血するが、穿刺困難な場合は大腿動脈を穿刺する。また橈骨動脈から採血してもよい。上腕動脈を穿刺するときは、硬い腱膜のところは避け、正中神経に刺入しないように気を付ける。大腿動脈では内側に太い静脈が走っているから、誤って静脈血を採血しないように注意する。

##### —(b) 必要な器具と薬品

5ml 又は 10ml ルアロック注射器 硬めの腕枕 生ゴム片  
バイアル入りのヘパリン (1,000 単位/ml) アルコール綿 水銀

##### —(c) 採血の手順

- ① 呼吸の状態によって検査成績が変わるから、常に静かな呼吸をするように指示する。できるだけ採血に先立って 20 分間静臥させる。
- ② ヘパリンを約 0.2ml 注射器にとる。(なお、使用するヘパリンの量は、注射器の内面をうるおし、かつ、その死腔をうめる量である。ヘパリンに溶解している  $O_2$  及び  $CO_2$  は、血液中に含まれている  $O_2$  及び  $CO_2$  に比べれば著しく少ないため、その絶対量はあまり問題にならない。)
- ③ 注射器内部によくヘパリンをゆきわたらせる。
- ④ 死腔をヘパリンで満たして、注射器内部の気泡を完全に駆除し、更に採血するときに気泡が入らぬようにする。
- ⑤ 腕枕を被検者の肘関節の下に入れ、前腕をやや外転させる。(図 13 参照)

図 13—採血時の腕の位置

- ⑥ 穿刺部位を清潔にする。石鹸水であらかじめ洗っておく方がよい。消毒はアルコール綿により、穿刺する皮膚をよく拭く。
- ⑦ 針の刺入を行う前に、まず指先で肘関節部の上腕動脈の脈拍を触れて、動脈の存在位置とその走行をよく調べる。次に動脈の真上から刺入角度約  $30^\circ$  で皮膚を穿刺し、血管の走行に沿って針先をすすめ、針先が拍動の最もよく触れる点にくるようにする(大腿動脈では垂直に刺入する)。皮膚穿刺の刺激のため被検者の換気量が増加していることが多いから、ここで再び呼吸を静かにさせ、数呼吸待ってさらに針をすすめ動脈を穿刺する。穿刺に成功すれば、血液は拍動性に注射器内に上がってくる。通常の検査のためには 3ml を採血すればよい。(図 14 参照)

図 14—動脈穿刺

⑧ 採血後、針を抜き取ったら皮下出血を防止するため、直ちに動脈穿刺部位より心臓に近い部位を指でしっかりと 5 分間圧迫する。(図 15 参照)

図 15—圧迫

⑨ 採血に用いた注射器に時計皿に入れた水銀を 1 滴吸込み、すぐに針先にゴム片をつけて針孔を塞ぐ。注射筒を両手のひらにはさんで、これをころがすように動かし、ヘパリンを血液全体に行き渡らせる。(図 16 参照)

図 16—針先をふさぐ

⑩ 血液サンプルは、採血後できるだけ速かに分析を終了する。採血終了から分析までに時間をおくと、血液サンプルの酸素分圧、炭酸ガス分圧、pH が変化するので補正を行わなければならない。補正を行う場合でも、経過時間が長くなると誤差が大きくなるので、極力、採血後、短時間に分析を終了すべきである。

#### b. ガラス毛细管採血

採血に当たって被検者に十分に安静を保たせることは動脈血採血の場合と同様である。

耳朵を切開して、内腔をヘパリンに浸したガラス毛细管を用いて耳朵血を採血する。(図 17 参照)

あらかじめ耳朵を加湿し、摩擦して十分充血させたいうえで耳朵を十分深く切開して自然に流出してくる血液は、前毛细管血液とみなされるので、動脈血として測定に供しうる。

採血部位を切開したら、最初の血液の 1 滴は拭き取り、続いて流出する血液をガラス毛细管に採取する。採血後毛细管の一侧をパテで塞ぎ、他側から鉄片を挿入しその側もパテで塞ぐ。毛细管の外側に磁石をあてて中の鉄片を動かし、採血直後にヘパリンと血液を混和する(図 17 参照)。測定直前に血漿と血球を混和するのはもちろんである。採取した血液サンプルは、空気と接触すると酸素分圧が実際より高い値に出てくることがあるため、手早く採血を終了しなければならない。

ガラス毛细管による採血法は、採血量が少なくてすむ。

図 17—ガラス毛细管への採血

#### (ロ) 酸素分圧及び炭酸ガス分圧の認定

原則として、血液ガス分析は採血後直ちに実施すべきである。室温の下で血液の  $O_2$  分圧は分単位でも急速に低下することを銘記すべきである。

動脈血の酸素及び炭酸ガス分圧の測定方法には、正確に速く測定でき、検体量が少なく済む等の理由により電極法が勧められる。ここでは、IL社のILメーターとラジオメーター社のアストラップ装置を例に測定法の実際を示す。

#### ~~a. 酸素分圧測定の実際~~

##### ~~(a) $\text{Po}_2$ 電極の整備~~

キュベット内に電極を固定しているネジをゆるめて $\text{Po}_2$ 電極をとり出し、次のようにして電極の整備をする。(図18参照)

図18 クラーク電極

##### ~~[ILメーターの $\text{Po}_2$ 電極の場合]~~

電解液とポリプロピレン膜の交換は、図に従って行う。(図19参照)

膜の交換がすんだら電極の先端をよく観察する。もし気泡があつたら、指で軽く膜面を押さえて輪状毛管部の方へこれを追い出す。さらに、電極の先端部を下に向けて振りながら、毛管部の気泡を電解液貯留槽へ移動させる。

電極をキュベット内に挿入する際には、事前に電極の外表面とキュベットの内面をガーゼで拭き、乾いた状態にしておく必要がある。キュベット内の電極は、固定ネジによって締める。締めすぎると、白金電極先端の電解液と輪状毛管部の電解液との交通が途絶し、逆にゆるすぎると、試料室の気密性が得られず、いずれも、不安定で測定不能の原因となる。適当なネジ締めにするには、ネジを締めながら、急に抵抗を感じ始めたところから約半回転さらに締めればよい。試料排出口又は注入口の一方を塞いでおいて、他方から注射器で空気を軽く押し込み、空気もれをテストしながら、電極固定ネジを締めていき、空気もれがなくなる所まで締めれば、最も確実である。

電極を固定したら試料室に生理食塩水などの伝導性液体を注入する。切換えスイッチを $\text{Po}_2$ 測定位置にし、電源スイッチを“MEMB CHK”(メンブランチェック)に切り換える。電極が正常に働いている場合、メーターの針は $\text{Po}_2 0$ を指す。針が振り切れるときは、ポリプロピレン膜に穴があいているか、キュベット内が濡れている場合である。“MEMB CHK”で異常の時は、試料室の生理食塩水を蒸留水で洗った後に、空気を注入して試料室を空にしてから、電極をキュベットから取り出し、キュベット内面と電極の外表面などをガーゼでよく拭きとる。このような処置によって“MEMB CHK”が正常になることもあるが、なお異常があるときは、再び膜を交換し正常になるようにする。“MEMB CHK”が正常であつたら、試料室に蒸留水を満たしておく。膜を交換したばかりの電極は、不安定であるから一晩放置した方がよい。

膜の定期的交換は通常1か月毎に行うが、“MEMB CHK”が不良となれば直ちに行う。

図19  $\text{Po}_2$ 電極の整備 (ILメーター)

##### ~~[アストラップの $\text{Po}_2$ 電極の場合]~~

基本的には、IL メーターの  $\text{Po}_2$  電極と同じである。内部電極はジャケットからはずせるようになっている。

ポリプロピレン膜の交換は、図 20 に示す順序に従って行い、同時に電解液も交換する。ただし、アストラップでは簡単なメンブランチェックの装置は付属していない。膜が不良のときは、 $\text{Po}_2$  ゼロ溶液を注入したときには、指針が目盛の 0 から大きくずれるか、液体サンプルを入れたときに、指針が不安定で左右に振れるか、あるいは、メーターの感度が異常に高くなる。この場合は膜を交換する。

図 20  $\text{Po}_2$  電極の整備 (アストラップ)

#### (b) $\text{Po}_2$ 電極の校正

$\text{Po}_2$  電極の校正は、被検血液の一部をガス平衡装置トノメーターによって、既知の  $\text{Po}_2$  の混合ガスで平衡させたものによって行う。これが最も正確な方法である。臨床検査としては、それほどまでの正確さは要求されないで、既知  $\text{Po}_2$  の混合ガスか、または既知  $\text{Po}_2$  の混合ガスと平衡に達している水溶液で校正する。

IL メーターとアストラップとの校正法を以下に述べる。装置によって校正法が決められているのではなく、いずれの方法を用いてもよい。

#### [IL メーターの $\text{Po}_2$ 電極の校正]

IL メーターでは、 $\text{Po}_2$  電極のゼロ点調整に、 $\text{O}_2$  を含まない約 10%  $\text{CO}_2$  混合  $\text{N}_2$  ガス ( $\text{Po}_{\text{O}_2}$  電極の校正にも用いる) を用いる。もちろん、 $\text{O}_2$  を含まない  $\text{N}_2$ 、 $\text{He}$  などを用いてもよい。高い方の  $\text{Po}_2$  点の校正には、室内空気 (20.93%  $\text{O}_2$ ) 又は  $\text{N}_2$  に 5%  $\text{CO}_2$  と 12%  $\text{O}_2$  をまぜた混合ガスを用いる。

$\text{Po}_2$  電極校正の手順は、次のようにして行う。

- ① 切り替えスイッチを“160 $\text{Po}_2$ ”にセットする。
  - ② 校正ガスの流量調整がしやすいように、試料室を通して出てくるガスをビーカーに入れた少量の水の中に導き、生ずる気泡を観察する。まず  $\text{O}_2$  ゼロのガスを試料室に流入させる。静かに小流量からはじめ、気泡がボコボコと一つずつ数えられる程度に調節する。この量で 5~10 秒間流したら、ガスの注入を一時止める。
  - ③ 約 20 秒の間隔で  $\text{O}_2$  ゼロガスの注入を繰り返し、メーターの針が安定して働かなくなるまで続ける。毎回のガス注入は、温度平衡の点から少量とし、数回気泡が出る程度にする。
  - ④ “ $\text{Po}_2$  ZERO” 調節ツマミを回して、メーター指針が  $\text{Po}_2$  0mmHg を指すように調節する。
  - ⑤ 更に  $\text{O}_2$  ゼロガスを少量流し、指針が 0mmHg からずれていないことを確かめたら、“ $\text{Po}_2$  ZERO” ツマミをロックして動かないようにする。
  - ⑥ 次に、12%  $\text{O}_2$  混合ガスあるいは空気を、 $\text{O}_2$  ゼロガスの場合と全く同じ流量、間隔で注入し、メーター指針が安定するまで続ける。
  - ⑦ “ $\text{Po}_2$  BALANCE” ツマミを回して、指針を校正ガスの  $\text{O}_2$  分圧に合わせる。
- 校正ガスの  $\text{Po}_2$  は、

$$\text{Po}_2 (\text{mmHg}) = (P_{\text{B}} - 47) \times \text{ガスの濃度}(\%) / 100$$

~~—————  $P_g$  大気圧~~  
~~————— 47—37℃のときのガス体中の飽和水蒸気圧~~  
~~により算出する。~~

~~この場合“ $P_{O_2}$  BALANCE”ツマミをいっぱい回しても、メーターの針が合わせようとしている目盛までこない場合は、メーター裏面の“ $P_{O_2}$  RANGE”切換えスイッチを操作して、針が合うようにする。~~

~~⑧ 校正ガスをもう一度注入して、校正を再確認する。~~

~~—[アストラップの $P_{O_2}$ 電極の校正]—~~

~~アストラップでは、電極の校正に水溶液を用いる。ゼロ点調整には、~~

~~0.01モル 硫酸液 5ml~~

~~硫酸ソーダ 100mg(日分量でよい)~~

~~の割合に加えた溶液を用いる。溶液を作るには、針をつけた注射器の外筒に（内筒を抜き取った）硫酸ソーダを入れ、硼酸液を注入したら内筒を挿入して注射筒内で溶解して作る。作った溶液は1日は使用し得る。~~

~~電極の感度を調整するには、付属している恒温槽中の循環水を用いる。その $P_{O_2}$ は空気の $P_{O_2}$ と平衡に達するためには、水温が37℃になってから30分以上経っている必要がある。~~

~~実際の手順を簡単に述べる。~~

~~① 試料室に0.2ゼロ溶液(室温でよい)を満たし、針が安定するのを待って、ゼロ点調節ネジを目盛の0に合わせる。~~

~~② 試料室をゆっくりと蒸留水で2～3回よく洗浄する。~~

~~③ 恒温槽に注射器の針先を入れ、循環水を注射器内に数回出し入れした後これを採取し、 $P_{O_2}$ 電極の試料室に注入する。指針が上がって安定したら、感度調整ツマミを回して、 $P_{O_2}$ 目盛を空気の $P_{O_2}$ に合わせる。~~

~~④ 電極が確実に校正されたら、室内空気を試料室に注入し、その時のメーターの日盛を読み、これを“gas reading”として記録しておく。~~

~~—血液の $P_{O_2}$ を実測する前には、毎回室内空気を試料室に注入し、5mmHg以内のずれならば、メーターの針を元の“gas reading”にもどしてから実測に移る。測定終了後にも同様のチェックを行う。いずれの場合も5mmHg以上指針がずれているときには、恒温槽の水で電極を校正し直す必要がある。~~

~~このように、 $P_{O_2}$ 電極は、二点校正を行う必要があるが、0点はほとんどずれることがないので、毎日1回校正すればよい。しかし、 $P_{O_2}$ の感度調節（高 $P_{O_2}$ の校正）は測定毎に頻回に行う必要がある。~~

~~—(c) 血液 $P_{O_2}$ の実測~~

~~ルアロック注射器に採取した血液の $P_{O_2}$ は、次の手順で測定する。~~

~~① 試料注入口に付けてあるルアロックアダプターに、血液の入った注射器をはめ、血液をゆっくり注入して、試料室のサンプル出口につないだビニールチューブに血液が見え始めるまで行う。この際、試料室内に気泡があってはいけない。~~

② メーターの指針は、しだいに上昇し約1分30秒で安定し、約15秒間持続するから、その間に目盛を読みとる。試料注入から指針が安定する（プラトーに達する）までの時間は、電極の条件、特に膜の厚さに関係するので一定ではない。

アストラップでは、メーターの読みがそのまま血液の  $P_{O_2}$  を表すが、IIメーターでは、電極の校正をガスで行っているために次式により補正する。

$$\text{—————} (\text{メーターの読み}) \times 1.02 = P_{O_2}$$

上式の係数 1.02 は経験的に得られた値である。装置や手技の違いによって値が異なる可能性があるので、各検査室において実験的に求める方がよい。そのためには、まず、 $O_2$  を含むガス（たとえば  $P_{O_2}$  が 149mmHg だったとする）で電極を正確に校正する。次に、同じガスと完全に平衡に達した 37℃ の水（例えばアストラップの恒温槽内の循環水）の  $P_{O_2}$  を測定する。この水に対するメーターの読みが 146mmHg だったとすれば、係数は、 $149/146=1.02$  として求められる。

③ 測定が終わったら、試料室をまず生理食塩水で十分に洗浄した後に蒸留水で洗浄する。

④ 電極校正の項で述べた方法により電極の感度をチェックし、ずれを修正する。蒸留水を注入して試料室を満たし、 $P_{O_2}$  膜を乾燥させないようにする。

#### b. 炭酸ガス分圧の測定の実際

〔IIメーターの場合〕

実際の  $P_{CO_2}$  電極は、図 21 に示すような構造をしている。 $CO_2$  透過膜としては、テフロン又は II アスチック膜が用いられている。膜とガラス電極の間には、常に一定量の  $NaHCO_3$  溶液（ $10^{-3}$  モル）が薄い層をなして介在するように、4 重にしたナイロンメッシュを入れてある。この電解液中には、電極の動作が安定するように、 $10^{-4}$  モルの  $NaCl$  と少量の  $AgCl$  が加えてある。ガラス電極の先端内部には、1/10 規定の  $HCl$  水溶液が封入してある。これによって、 $H^+$  イオン濃度は常に一定に保たれているが、 $NaHCO_3$  溶液側の  $H^+$  濃度は、サンプルから膜を通して透過してくる  $CO_2$  によって変動する。この両液の  $H^+$  濃度差にガラス薄膜は感応して起電力を生じる。この起電力を増幅してメーターの針の振れとしてとり出す。

—この  $P_{CO_2}$  電極は、 $CO_2$  の 1～100% の範囲において直線性が認められている。

図 21  $P_{CO_2}$  電極

#### —(a) $P_{CO_2}$ 電極の整備

$P_{CO_2}$  電極は、固定しているネジをゆるめてキューベットから取り出す。図 22 に示す手順によって、電極の膜の交換、電解液の交換を行う。終了したら気泡の有無をしらべ、気泡があれば内部のガラス電極を抜いて気泡を除く。最後に、電極の外表面を拭いて乾燥状態にし、更にキューベット内面もよく拭いてから、電極をキューベットに装着する。電極の固定ネジを締める強さは、 $P_{O_2}$  電極の場合と同じく気密にせねばならないが、決して強すぎないようにする。切換えスイッチを  $P_{CO_2}$  測定位置にし、 $P_{O_2}$  電極と同じ方法でメンブランチェックを行い、電極の整備を終わる。

—(b)  $P_{\text{CO}_2}$ 電極の校正

$P_{\text{CO}_2}$ 電極の校正は、 $\text{CO}_2$ を含む混合ガスを試料室に注入して二点校正を行う。

—二点校正には、濃度の異なる2種の $\text{CO}_2$ 混合ガスを用いる。—一般には、5%  $\text{CO}_2$ +12%  $\text{O}_2$ + $\text{N}_2$ のものと10%  $\text{CO}_2$ + $\text{N}_2$ の2種類の混合ガスが用いられる。これらのガスの $\text{CO}_2$ の混合比率は正確である必要はない。例えば、5%  $\text{CO}_2$ の代わりに4.5%であってもよい。しかし、混合ガス中の $\text{CO}_2$ 濃度は、 $\pm 0.03\%$ の精度で、正確な値がわかっているものでなくてはならない。

図 22— $P_{\text{CO}_2}$ 電極の整備

[メーターのslope 校正]

$P_{\text{CO}_2}$ 電極の二点校正は、slope 校正という方法で行う。その利点は、大気圧が変化しても2種の混合ガスの $P_{\text{CO}_2}$ を求める必要がないことである。

—メーターのslope 感度勾配を校正するには、まず $\text{CO}_2$ ratioを次のごとく計算する。—

$$\text{CO}_2\text{ratio} = \frac{\text{高濃度ガスの } \text{CO}_2 \text{ (}\%) \text{—}}{\text{低濃度ガスの } \text{CO}_2 \text{ (}\%) \text{—}} \times 10$$

例えば、4.98%  $\text{CO}_2$ と9.96%  $\text{CO}_2$ の2種類の混合ガスを校正に用いる場合なら、—

$$\text{CO}_2\text{ratio} = \frac{9.96}{4.98} \times 10 = 20.0$$

である。—

校正は次の手順で行う。

- ① 切換スイッチを $P_{\text{CO}_2}$ に入れる。
- ② ガス湿潤器を通した $\text{CO}_2$ ガスを試料室へ送る。ガスの流量は、1秒間に気泡1個の速さに調節し、これ以上流量を増さないようにしながら送気を続ける。
- ③ “ $P_{\text{CO}_2}$  BALANCE” ツマミを回して、メーターの針を目盛の最低点10.0に合わせる。
- ④ 次に高濃度  $\text{CO}_2$ ガスを、湿潤器を通さずに直接試料室に送る。この場合、ガスは乾燥状態にあるから、ガス流量は低濃度  $\text{CO}_2$ を流したときよりさらに少なくなるように調節する。
- ⑤ メーター裏面の“ $P_{\text{CO}_2}$  SLOPE”ツマミを回して、指針を $\text{CO}_2$  ratio の目盛に合わせる。上述の例ならば、20.0に合わせる。
- ⑥ 低濃度  $\text{CO}_2$ を再び送り、メーターの針が10.0にもどることを確認する。もしこれがずれているならば、slope 校正を繰り返す。

以上で、電極slope 校正が終わる。

このようにしてslope 校正をした電極は、 $\text{CO}_2$ ガスに対して図 23 の太線のごとく感応する。横軸は、 $\text{CO}_2$ ガスの濃度(対数目盛)、縦軸はメーターの目盛である。

図 23— $P_{\text{CO}_2}$ 電極の校正

[ $P_{\text{CO}_2}$ を測定するための校正]

—上述の方法でslope 校正をした電極で $P_{\text{CO}_2}$ を測定するときには次の方法で一点校正を行う。—

まず低濃度 CO<sub>2</sub> の P<sub>eo2</sub> を計算する。例えば、大気圧が 750mmHg で CO<sub>2</sub> が 4.98% ならば、

$$P_{eo2} = (750 - 47) \times \frac{4.98}{100} = 35.0 \text{ mmHg}$$

となる。

低濃度 CO<sub>2</sub> を試料室に流し、“P<sub>eo2</sub> BALANCE” ツマミを回して、指針をそのガスの P<sub>eo2</sub> の目盛に合わせる。ここでは 35.0 に合わせればよい。その結果、メーターの CO<sub>2</sub> に対する slope は、平行移動して破線（図 23）に移るので、未知の P<sub>eo2</sub> の試料を注入した時の指針の読みは直接試料の P<sub>eo2</sub> となる。

この場合、較正に低濃度 CO<sub>2</sub> を用いる理由は、その値が血液の P<sub>eo2</sub> に近く、slope 較正に多少の誤差があっても測定誤差は比較的小さくなるからである。したがって、試料の P<sub>eo2</sub> が高い場合には、高濃度 CO<sub>2</sub> で較正する方がよい。

メーターの日盛には、血液の P<sub>eo2</sub> 測定に便利のように 10～100 を目盛ってある。もしこの目盛で 20～200mmHg の範囲を固定したいときは、適切な濃度の CO<sub>2</sub> ガスを流し、較正ガスの実際の P<sub>eo2</sub> の値の 1/2 に指針を合わせておき、未知 P<sub>eo2</sub> の試料に対するメーターの読みを 2 倍すれば求める P<sub>eo2</sub> が得られる。

—[CO<sub>2</sub> 濃度 (%) を測定するための較正]

これはガス中の CO<sub>2</sub> 濃度を測定する場合に行われる一点較正である。

方法は P<sub>eo2</sub> の較正と全く同様にすればよい。例えば、4.98% CO<sub>2</sub> を較正ガスとして試料室に流し、指針を 49.8 に合わせる。未知の濃度のガスを通したとき、目盛の読みが 56.5 であったとすれば、試料ガスの CO<sub>2</sub> 濃度は読みを 1/10 にして 5.65% ということになる（測定精度からすれば 5.7% と読むのが正しい）。

—(c) P<sub>eo2</sub> の測定

血液サンプルについてその P<sub>eo2</sub> を測定する手順は、P<sub>eo2</sub> 電極の場合とほとんど同じであるので省略する。P<sub>eo2</sub> 電極の応答時間（response time）は、P<sub>o2</sub> 電極より長く 2 分 30 秒前後である。

—[アストラップの場合]

① まず血液の pH を実測する（詳細は[付]参照）。

② アストラップ装置に付属している小型トノメーターに血液を入れ、3～4% CO<sub>2</sub>+O<sub>2</sub> と 7～8% CO<sub>2</sub>+O<sub>2</sub> の混合ガスで平衡させる。このトノメーターは、2 種のガスによって同時に平衡させるようになっており、それぞれ 2 つずつ試料室があるので、1 回の操作で 2 回チェックすることができる（図 24）。もちろん、ガスの正確な CO<sub>2</sub> 濃度がわかっていなければならない。また、試料室に入れる前の血液は、血漿と血球を十分に混和しなくてはならない。血液の混合は、両掌に注射器をはさんで転がすようにすればよい。

図 24 アストラップのトノメーター



③ トノメーターを約5分間振盪しガス平衡に達したら、pH電極で血液のpHを測定する。一方、平衡に用いたCO<sub>2</sub>ガスの濃度と大気圧からP<sub>eo2</sub>を算出する。

④ 得られた2組のpH、P<sub>eo2</sub>の値を図25のごとく座標上にとり(A、B)両者を直線で結ぶ。

図25 血液のCO<sub>2</sub>滴定曲線からP<sub>co2</sub>を求める方法(アストラップ法)

⑤ はじめに求めた血液のpHとこの直線との交点(C)を求め、これと対応するP<sub>eo2</sub>の値を読んで血液のP<sub>eo2</sub>を求める。

この方法では、血液のS<sub>o2</sub>が90%以下の場合には、補正が必要であるが詳細は省略する。

#### [付] pH測定の実際

##### ④電極の校正

###### -(i) 二点校正

2種類の標準緩衝液(pH=6.84、pH=7.384)を用いて電極を校正し、電極のスロープをセットする。電極の安定が良ければ、1週間に1回程度行えばよい。実際の校正は次のように行う。

① 電極内に生理食塩水と空気とを少量ずつ交互に吸引して電極を洗う。あまり長く吸引すると、電極が冷えて誤差を生じる。

② 空気を吸引して電極を空にしてから、pH=6.84の緩衝液を電極内に満たす。毛細管内に気泡があると、誤差の原因になるので注意を要する。

③ 電極の先端をKCl溶液槽に入れ、カロメル電極とブリッジする。

④ 切替えスイッチをpHにいれる。

⑤ メーターの針が振れるから、これをpH6.84の目盛にくるように、“pH BALANCE”ツマミで合わせる。

⑥ 次に空気と生理食塩水とで洗浄し、pH=7.384の緩衝液について同様の操作を行う。この場合メーターの針の修正には“pH SLOPE”ツマミを用いる。

——上記の操作を繰り返して、針の振れが正確に合うようにする。

###### -(ii) 一点校正

測定前後には、毎回pH7.384の緩衝液を用いて電極を校正する必要がある。実施法は二点校正と同様であるが、指針のズレを修正するには、“pH SLOPE”ツマミではなく、“pH BALANCE”ツマミによって行う。

##### ④ pHの実測

一点校正に続いて、空気と生理食塩水とで電極を手早く洗った後、次の手順で血液pHを測定する。

① 試料導入前に電極内に空気を通して空にする。

② 電極内に検体を満たす。

③ KCl溶液槽に電極の先端をつけると、針の振れはきわめて早く安定するので、そのpH値を読みとる。pH電極の応答時間(response time)は1～5秒である。

- ④ 終了したら、まず生理食塩水を流して電極を洗い、ついで空気と生理食塩水で繰り返し洗浄する。
- ⑤ 最後に生理食塩水（又は蒸留水）を電極に満たしておき、次の測定まで電極が乾燥しないように注意する必要がある。
- ⑥ 測定に当たっての注意
 

ガラス電極により正確に pH を測定するためには、次のような点に注意する。

  - ① ガラス電極が温度平衡に達していること。すなわち、冷たい試料を吸引した場合、電極の洗浄が長すぎる場合の影響に留意しておく必要がある。
  - ② 結合溶液に用いる飽和 KCl 溶液及びカロメル電極内の飽和 KCl 溶液の底部には、常に KCl の結晶が認められるようにしておくこと。
  - ③ 校正用の標準緩衝液の pH が正確であること。びん入りの緩衝液は、新しいものでも pH が変化しているものがある。ラジオメーター社のアンブル入り緩衝液は、その点ほとんど不安がない。びん入りのものは常に冷蔵し、また液を透かして見て浮遊物が認められるものは不良である。

#### （ハ）測定値の補正

採血終了から各々の値を読み取るまでの経過時間に基づいて測定値の補正を行う。このためには補正用ノモグラムが利用できるが、各自の施設でそれぞれの実情に応じて作成した計算式又はノモグラムを用いる方がよい。補正をするにしても試料の保存時間は極力短時間にとどめる努力をすべきである。やむを得ず未補正の成績を記載するときは、必ず「未補正」と明記し、併せて採血終了から分析終了までの経過時間を記載するものとする。

補正のための Kelman と Nunn によるノモグラムは図 26 及び図 27 に示しており、図 26 は 37℃ に保温の場合であり、図 27 は室温に放置した場合である。

このノモグラムの使用方法是次のとおりである。

##### a. $P_{\text{O}_2}$ の補正

A の経過時間(分)に対応する B の  $P_{\text{O}_2}$  の数値を読み取り、実測値からその数値を減ずる。

##### b. pH の補正

A の経過時間(分)に対応する C の pH の数値を読み取り、実測値にその数値を加える。

##### c. $P_{\text{O}_2}$ の補正

D のノモグラムの左の経過時間と  $P_{\text{O}_2}$  実測値から下段の数値を読み取り、実測値にその数値を加える。

図 26—37℃ に保温した場合の  $P_{\text{O}_2}$ 、 $P_{\text{CO}_2}$ 、pH の補正のためのノモグラム

図 27—室温に放置した場合の  $P_{\text{O}_2}$ 、 $P_{\text{CO}_2}$ 、pH の補正のためのノモグラム

#### （ニ）肺泡気・動脈血酸素分圧較差の算出

肺泡気・動脈血酸素分圧較差 ( $Aa\text{D}\text{O}_2$ ) を求めるためには、まず、肺泡気酸素分圧 ( $PA_{\text{O}_2}$ ) を肺泡式を用いて算出する。このためには、動脈血炭酸ガス分圧 ( $P_{\text{aCO}_2}$ )、吸入気酸素分圧 ( $PI_{\text{O}_2}$ )、吸入気酸

素濃度 ( $PI_{O_2}$ )、ガス交換率 ( $R$ ) を知らなければならない。これらの値を用いれば、次式により  $PA_{O_2}$  が算出できる。

$$PA_{O_2} = PI_{O_2} - \frac{Paco_2}{R} + \frac{1-R}{R} Paco_2 \cdot FIO_2$$

これらの値を知るためには、恒常状態において被検者の呼気と動脈血とを同時に採取して分析する。しかし、ガス交換率を 0.83 と仮定することにより、近似的には呼気分析を省略し計算をすることができる。空気呼吸時には  $PI_{O_2} \approx 150$  TORR、 $\frac{1-R}{R} Paco_2 \cdot FIO_2$  の項はほぼ 1~2 TORR である。そこで、 $PA_{O_2}$  は次式を用いて計算することができ、これには  $Paco_2$  の値がわかればよい。

$$PA_{O_2} = 150 - \frac{Paco_2}{0.83}$$

従って、次式によって  $AaDO_2$  を求めることができる。

$$AaDO_2 = PA_{O_2} - Pa_{O_2} = 150 - \frac{Paco_2}{0.83} - Pa_{O_2}$$

このような方法で得られる  $AaDO_2$  は、動脈血ガス分析の成績のみから計算することができる便利さがあるが、動脈血採血は、必ず恒常状態の下で行わなければならない。また、 $Paco_2$ 、 $Pa_{O_2}$  は高い精度でなければならない。耳朶血の分析で得られた値はこの目的には適当でない。

(なお、検査方法の記述、図等については、長野準他著「肺機能検査入門」(金原出版、1974)より、長野先生の承諾を得て転用させていただいた)

#### [血液ガス分析装置の校正]

毎日使用する前及び電極の膜を張り換えた後には、 $O_2$  及び  $CO_2$  について既知分圧の校正ガスを用いて二点校正を行う。校正を行う場合には予めボンベにつめた  $O_2$ 、 $CO_2$ 、 $N_2$  からなる成分既知の 2 種類の混合ガスを用いるが、その成分に関しては通常それぞれの機器のメーカーが指定している。校正を行う場合、厳密に言えば、この成分既知の混合ガスで平衡させたトノメーター血を用いるが、日常の検査に当たってはこれほどまでにする必要はない。

校正は次のように行う。

校正用混合ガスを電極に流し込むに当たっては、

- ① 精密減圧弁を用いてゆっくりガスを流す。決して急に大量に流してはならない。
- ② 電極に達する前に十分加湿しておく。
- ③ 電極液がガスと十分に平衡に達する時間流す。

に注意する。

三点校正によって校正曲線の傾斜とズレをチェックする。

なお、多数の検体の分析を行うときには、特に頻回に検体の  $O_2$  及び  $CO_2$  の分圧値に近い一点で一点校正を行うことが望ましい。この一点校正でメーターの指示値が著しくズレている場合、及びこの指示値の変動が著しい場合には、二点校正を行って確認するか、又は、電極の膜の張り換えを行ったうえで改めて二点校正を行う。

pH メーターの校正は、市販されている標準液を使用して行い、原則として二点校正とする。

#### （４）検査結果の判定

肺機能検査の結果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次に述べる判定のために基準値に機械的にあてはめて判定することなく、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等を含めて総合的に判断する必要がある。特に、過去の健康診断の記録等から、著しい肺機能障害が持続する状態が疑われる者についての判定に当たっては、従前から行われてきた諸検査の結果を十分参考として、総合的な判定を行う必要がある。

なお、次のような判定を行った場合には、特に法定の検査以外の検査結果も含めて、その医学的事由をできるだけ詳細に「じん肺健康診断結果証明書」の「医師意見」の欄に記入する。

- ① 次に述べる基準として示されている要件に該当しない場合であっても、医師が総合的な評価に基づいて著しい肺機能障害の有無の判定を行った場合
- ② 既往歴の調査、過去の健康診断の記録等から「著しい機能障害がある」状態が持続しているおそれがあると認められ、次に述べる基準として示されている要件に該当しないが２次検査以外の肺機能検査の結果等を総合して「著しい肺機能の障害がある」と判定した場合

#### イ. １次検査の結果の判定

##### （イ）「著しい肺機能障害がある」と判定する基準

次のいずれかに該当する場合には、一般的に「著しい肺機能障害がある」と判定する。

- ① パーセント肺活量 60%未満の場合
- ② １秒率が表 2(男性)又は表 3(女性)に掲げる限界値の表の左欄の値未満の場合
- ③  $V_{\text{max}}$ を身長(m)で除した値が表 4(男性)又は表 5(女性)に掲げる限界値の表の左欄の値未満であり、かつ、呼吸困難の程度が第Ⅲ度、第Ⅳ度又は第Ⅴ度の場合

表2. 1秒率の限界値（％） （男性）		表3. 1秒率の限界値（％） （女性）		表4. $V_{1.0}$ /身長 <small>の限界値</small> <small>(l/sec/m)</small> （男性）		表5. $V_{1.0}$ /身長 <small>の限界値</small> <small>(l/sec/m)</small> （女性）	
年齢 (歳)	著しい肺機能障 害があると判定 する限界値	2次検査を要す ると判定する 限界値	年齢 (歳)	著しい肺機能障 害があると判定 する限界値	2次検査を要す ると判定する 限界値	年齢 (歳)	著しい肺機能障 害があると判定 する限界値
21	62.39	76.77	21	70.31	81.19	21	0.95
22	62.01	76.39	22	70.05	80.93	22	0.94
23	61.64	76.02	23	69.79	80.67	23	0.92
24	61.27	75.65	24	69.53	80.41	24	0.91
25	60.90	75.28	25	69.27	80.15	25	0.90
26	60.52	74.90	26	69.00	79.88	26	0.89
27	60.15	74.53	27	68.74	79.62	27	0.88
28	59.78	74.16	28	68.48	79.36	28	0.87
29	59.40	73.78	29	68.22	79.10	29	0.86
30	59.03	73.41	30	67.96	78.84	30	0.85
31	58.66	73.04	31	67.70	78.58	31	0.84
32	58.28	72.66	32	67.44	78.32	32	0.83
33	57.91	72.29	33	67.18	78.06	33	0.82
34	57.54	71.92	34	66.92	77.80	34	0.81
35	57.17	71.55	35	66.66	77.54	35	0.80
36	56.79	71.17	36	66.39	77.27	36	0.79
37	56.42	70.80	37	66.13	77.01	37	0.78
38	56.05	70.43	38	65.87	76.75	38	0.77
39	55.67	70.05	39	65.61	76.49	39	0.76
40	55.30	69.68	40	65.35	76.23	40	0.75
41	54.93	69.31	41	65.09	75.97	41	0.74
42	54.55	68.93	42	64.83	75.71	42	0.73
43	54.18	68.56	43	64.57	75.45	43	0.72
44	53.81	68.19	44	64.31	75.19	44	0.71
45	53.44	67.82	45	64.05	74.93	45	0.70
46	53.06	67.44	46	63.78	74.66	46	0.69
47	52.69	67.07	47	63.52	74.40	47	0.68
48	52.32	66.70	48	63.26	74.14	48	0.66
49	51.94	66.32	49	63.00	73.88	49	0.65
50	51.57	65.95	50	62.74	73.62	50	0.64
51	51.20	65.58	51	62.48	73.36	51	0.63
52	50.82	65.20	52	62.22	73.10	52	0.62
53	50.45	64.83	53	61.96	72.84	53	0.61
54	50.08	64.46	54	61.70	72.58	54	0.60
55	49.71	64.09	55	61.44	72.32	55	0.59
56	49.33	63.71	56	61.17	72.05	56	0.58
57	48.96	63.34	57	60.91	71.79	57	0.57
58	48.59	62.97	58	60.65	71.53	58	0.56
59	48.21	62.59	59	60.39	71.27	59	0.55
60	47.84	62.22	60	60.13	71.01	60	0.54
61	47.47	61.85	61	59.87	70.75	61	0.53
62	47.09	61.47	62	59.61	70.49	62	0.52
63	46.72	61.10	63	59.35	70.23	63	0.51
64	46.35	60.73	64	59.09	69.97	64	0.50
65	45.98	60.36	65	58.83	69.71	65	0.49
66	45.60	59.98	66	58.56	69.44	66	0.48
67	45.23	59.61	67	58.30	69.18	67	0.47
68	44.86	59.24	68	58.04	68.92	68	0.46
69	44.48	58.86	69	57.78	68.66	69	0.45
70	44.11	58.49	70	57.52	68.40	70	0.44
71	43.74	58.12	71	57.26	68.14	71	0.43
72	43.36	57.74	72	57.00	67.88	72	0.42
73	42.99	57.37	73	56.74	67.62	73	0.40
74	42.62	57.00	74	56.48	67.36	74	0.39
75	42.25	56.63	75	56.22	67.10	75	0.38
76	41.87	56.25	76	55.95	66.83	76	0.37
77	41.50	55.88	77	55.69	66.57	77	0.36
78	41.13	55.51	78	55.43	66.31	78	0.35
79	40.75	55.13	79	55.17	66.05	79	0.34
80	40.38	54.76	80	54.91	65.79	80	0.33

表6. 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

（ロ）「2次検査を要する」と判定する基準1次検査の結果等から「著しい肺機能障害がある」と判定されない者で、次のいずれかに該当し、かつ、呼吸困難の

程度が第Ⅲ度、第Ⅳ度又は第Ⅴ度で、じん肺による著しい肺機能の障害がある疑いがあると認められる場合には2次検査を行う。

① パーセント肺活量が60%以上で80%未満の場合

② 1秒率が表2(男性)又は表3(女性)に掲げる限界値の表の右欄の値未満の場合

③  $V_{\text{max}}$ を身長(m)で除した値が表4(男性)又は表5(女性)に掲げる限界値の表の右欄の値未満の場合

また、上記に該当しない場合であっても、呼吸困難の程度が第Ⅲ度、第Ⅳ度又は第Ⅴ度で、じん肺による著しい肺機能の障害がある疑いがあると認められる場合には2次検査を行う。

#### ロ. 2次検査の結果の判定

—肺胞気・動脈血酸素分圧比較差の値が表6の限界値を超える場合には、諸検査の結果とあわせて一般的には「著しい肺機能障害がある」と判定する。—

なお、「じん肺健康診断結果証明書」の肺機能検査の判定の欄の記載に当たっては、1次検査、2次検査及びその他の諸

調査・検査の結果等を総合的に医師が判断して「じん肺による肺機能の障害がない」と判定した場合にはF(—)、「じん肺による肺機能の障害がある」と判定した場合にはF(+), 「じん肺による著しい肺機能の障害がある」と判定した場合にはF(++)と記載する。

#### —(5) その他の検査

1次及び2次検査によって、一般的には肺機能障害が著しいか否かを判断することはできるが、ケースによっては、これらの情報で必ずしも判断し得ない場合がある。このような場合には、医師の判断に基づいて次に掲げる検査のうち必要と認められる検査を行い、これらの結果を含めて総合的な判断を行う必要がある。

—このような検査としては次のものがある。—

① 肺気量測定

② 呼吸抵抗測定

③ 肺コンプライアンス測定

④ 一酸化炭素拡散能力測定

⑤ クロージング・ボリューム測定

⑥ 負荷試験（運動又は薬物）

以下各検査の概要等について概説する。

イ. 肺気量測定

スパイログラムの項で説明したごとく、スパイログラムにより次の肺気量諸値を求めることができる。

- 予備吸気量 (inspiratory resting volume, IRV)
- 1 回換気量 (tidal volume, TV)
- 予備呼気量 (expiratory reserve volume, ERV)
- 最大吸気量 (inspiratory capacity, IC)=IRV+TV
- 肺 活 量 (vital capacity, VC)=IC+ERV

その他の肺気量には、機能的残気量 (functional residual capacity, FRC)、残気量 (residual volume, RV)、全肺気量 (total lung capacity, TLC) があるが、これらの肺気量を得るためには機能的残気量を測定すればよい。以下、機能的残気量の測定方法について述べる。

機能的残気量の測定方法として用いられるのは、大別すると次のごとくになる。

① ガス希釈法 (gas dilution method)

開放回路法

—— 閉鎖回路法

② 物理的方法 (pneumatometric method)

—— 減圧法

—— 体ブレスモグラフィ法

③ X線学的方法 (radiologic method)

現在一般に用いられているのは、He を指示ガスとした閉鎖回路法（恒量式、変量式）と体ブレスモグラフィ法である。

(イ) 閉鎖回路法の測定原理

既知濃度の指示ガスを含んだ既知容量のバッグと肺とを連絡し、反覆して呼吸させ、両者の空間内のガスを十分に混合させて、肺内気量による指示ガス濃度の変化より肺に存在する気量を知らうとするものである。

指示ガスとしては肺で吸収されないものを用いると、混合前後のガス量は変化しないから次の式が成立する。

—— 指示ガス量  $= V_B \cdot F_X = (V_B + V_L) \cdot F_X$

——  $V_B$  : 混合ガスの容積

——  $V_L$  : 機能的残気量

——  $F_X$  : 混合前の指示ガス濃度

——  $F_X$  : 混合後の指示ガス濃度

——  $V_B$ 、 $F_X$ 、 $F_X$  をあらかじめ知ることができるので  $V_L$  を求めることができる。

—— 実際の測定では装置の死腔などが関係するので複雑となる。

—この方法に変量式と恒量式とがあるが、肺での酸素摂取による回路内のガス量の減少を一定流量の  $Q_d$  で補うようにしたのが恒量式で、その装置のないものが変量式となっているものである。装置の構成からみると変量式に酸素補充装置のついたものが恒量式といえる。

#### a. 変量式閉鎖回路法

—装置の組合せは図 28 に示すごとくである。— 注意としては回路の死腔を減らすために、サッド・バルブを除いて、太いゴム管をつけ管の上端まで水を満たす。その代りとして J-バルブを付ける。—  
—吸気側の J-バルブの前にブローワーを付けて回路内のガス混合を容易にすると同時に、吸気のさいの抵抗減弱を図る。回路の途中にカサロメーターをつけ、He 濃度を測定できるようにする。—

図 28—ヘリウム変量式閉鎖回路法の装置

#### (a) 測定方法(図 29)

- ① 被検者を 15～20 分間休息させておく。
- ② 約 1000ml のヘリウムを回路に入れ、カイモグラフのドラムを回してヘリウム線をひく。
- ③ ブローワーを回して回路内のヘリウムを十分に混和してヘリウム濃度を読む。(F<sub>1</sub>)
- ④ 被検者が 7～10 分間呼吸するのに十分な酸素を加えて、回路を混和した後にヘリウム濃度を読む。(F<sub>2</sub>)
- ⑤ 被験者の呼気の終わりに回路を開き、同時にストップウォッチを押して 20 秒ごとにヘリウム濃度を読み (F<sub>3</sub>)、スパイロの基線がヘリウム線と交叉したときに回路を閉じる。
- ⑥ 回路内のヘリウム濃度が一定になってから最終のヘリウム濃度を読む。(F<sub>4</sub>)

図 29—変量式閉鎖回路法のスパイロ

#### (b) 機能的残気量の算出

測定中のヘリウム量は一定であるから次の式が求められる。

$$V_{He} = (FRC' + V_D + V_{He}) \times F_4$$

——  $V_D$  : 回路の死腔

——  $F_4$  : 最終のヘリウム濃度

——  $V_{He}$  : 測定の初めに回路に入れたヘリウムの量

$$\therefore FRC' = \frac{V_{He}}{F_4} - (V_D + V_{He})$$

$$V_D = \frac{V_{He}}{F_4} = V_{He}$$

$$\therefore FRC' = \frac{V_{He}}{F_4} - \frac{V_{He}}{F_4}$$

算出されたこの値から、trace error を補正し、さらにマウスピースなどの測定具の死腔を引いたものが求められる機能的残気量となる。



—————  $FRC = FRC - [\text{trace. error} + \text{測定具の死腔}]$  —————

#### b. 恒量式閉鎖回路法

—変量式のものに酸素を追加して回路内気量を一定にするための装置が必要である。これまでにゴタルト社製のブルモテストとブルモアナライザーの組合せが普及している。

##### (a) 測定方法(図30)

—測定回路内にヘリウム ( $V_{He}$ ) と空気 ( $V_{air}$ ) とを加えてブローワーを回して十分に混和させた後にヘリウム濃度を読み ( $F_1$ )、そのときのガス量を知る ( $V_1$ )。

—被検者と回路を連結し、スパイログラムの基準線が水平になるように酸素を加える。ヘリウム濃度を測定しながら回路内のヘリウム濃度が一定になるのをみてから、さらに2～3分間測定をつづけて回路を閉じて、最終のヘリウム濃度を読む ( $F_2$ )。そのときのガス量を知る ( $V_2$ )。

図30 恒量式閉鎖回路法のスパイロ

$$V_B = \frac{V_{He}}{He_1} = (V_A + V_{He})$$

$$FRC = \frac{He_1 - He_2}{He_2} (V_B + V_{sp1}) + (V_{sp1} - V_{sp2})$$

$V_{He}$  : 加えたヘリウム量  $V_A$  : 加えた空気量  $V_B$  : スパイロメーターの回路の死腔量

$He_1$  : ヘリウムがスパイロメーターの回路に完全に分布したときのヘリウム濃度

$He_2$  : ヘリウムが肺—スパイロメーターの回路全体に平等に分布したときのヘリウム濃度

$V_{sp1}$  : 患者を連結する前のスパイロメーターのベル内の混合ガスの容量

$V_{sp2}$  : 測定を終了したときのスパイロメーターのベル内の混合ガスの容量

##### (b) 機能的残気量の算出

$$V_{He} = (V_B - V_{He} - V_{air}) \times F_1$$

$$V_B = \frac{V_{He}}{F_1} = (V_{He} - V_{air})$$

$$V_{He} = (FRC' + V_B - V_{He} - V_{air}) \times F_2$$

$$FRC' = \frac{V_{He}}{F_2} = (V_B - V_{He} - V_{air})$$

##### (ロ) 体ブレチスモグラフ法(後述)

##### (ハ) 肺気量諸値の正常範囲

肺気量諸値のうち、一般に肺機能障害の評価に用いられる指標は残気率(残気量/全肺気量)であり、仰臥位の場合の残気率の予測値については、Baldwinらのものがよく使われており、次のとおりである。

年 齢	16～34 歳	35～49 歳	50～69 歳
残気率(男性、女性)	20.0%	23.4%	30.8%

## ロ、呼吸抵抗測定

### (イ) オッシレーション法

#### a. オッシレーション法について

呼吸インピーダンスの測定は、いわゆる呼吸抵抗の特性をとらえる方法としてすぐれており、肺・胸郭系の共振点でのインピーダンスは、呼吸抵抗そのものを表す。オッシレーション法(Freed-oscillation technique)による呼吸インピーダンス測定の方法は、DuBoisらによって開発された。今日わが国で広く利用されている方法は、その基本原理こそ原法と同じであるが、具体的方法としては原法とはかなり異なるものである。

被検者の安静換気の気流に上乗せした形でふいご、又はピストンでつくり出した既知周波数の発振Sine波を加える。この時被検者の口腔部で、発振周波数に等しい圧波及び気流波が得られる。被検者の口にくわえたニューモタコグラフ及び圧測定器から検出された気流速度、並びに口腔内圧から被検者の安静換気に相当する値を差し引いたそれぞれの変化分、すなわち $\Delta V$ 及び $\Delta P$ からその周波数における肺・胸郭系の呼吸インピーダンス $Z$ を求めることが出来る。

$$Z = \frac{\Delta P}{\Delta V}$$

この呼吸インピーダンスは、肺・胸郭系の粘性抵抗 $R_a$ (抵抗 $=\frac{\Delta P_{Res}}{V}$ 、弾性抵抗 $X_c$ (容量リアクタン

ス $=\frac{\Delta P_C}{V}$ )及び慣性抵抗 $X_L$ (誘導リアクタンس $=\frac{\Delta P_I}{V}$ )の各成分を要素として含んでいる。もしも入力

Sine波の発振周波数が肺・胸郭系の発振周波数に等しければ、弾性抵抗と慣性抵抗とは相殺されて、呼吸インピーダンスは肺・胸郭系の粘性抵抗を表す。(ブラウン管オッシログラフに表示した図形において、X-Y軸上のインピーダンスのリサーチはX軸上にP、Y軸上にVをとるので、その勾配 $\frac{V}{P}$ は粘性抵抗の逆数を表す)。このようにして得られた圧・気速図形から、呼吸器の抵抗特性としてのインピーダンスを種々の発振周波数においてとらえることができ、かつ、肺・胸郭系の共振点ではとくに呼吸抵抗としてとらえることが出来る。

#### b. 検査手技

DuBoisらの方法では“Trans-thoracic pressure”のSine波形をつくるために体ブレチスモグラフを用いており、この方法は呼吸インピーダンスの厳密な測定のために、その後、今日においても採用されている。現在わが国で普及しているいわゆるオッシレーション法は、口腔にSine波入力にあたえる方式をとっている。ラウドスピーカーを発振源とし周波数を変えられるもの、ふいごを発振源とし周波数を変えられるもの、ふいごを発振源とし3Hzに固定したものがある。前二者はオッシロスコープ上に圧・気速図形を表示し、後者は直読式である。

測定に当たっては、被検者を坐位とし、な

図 31 オッシレーション法で呼吸インピーダンスを求める原理図

るべく楽な姿勢をとらせる。ノーズクリップ

をかけた上でマウスピースをくわえさせ、口で呼吸させ

る。マウスピースの口を舌でふさぐことのないよう注意することが必要である。1、2回深呼吸をさせた上でリラックスさせ、安静換気になった時点で測定を行う。圧・気速図形の読取りは、口腔内圧と気流速度とそれぞれの Peak to peak とする(図 31)。

健康診断に本法を応用する場合の共振周波数は 3Hz 及び又は共振周波数とする。オシロスコープに表示した図形から呼吸インピーダンスを読み取るには、ある程度熟練を要する。呼吸の安定しない対象では、読取りが難しい。共振点を求めるに当たって、圧・気速図形が偏平となり、完全に一本の線とならない場合がしばしばある。このような場合は、厳密な意味での共振周波数における呼吸抵抗は得られない。また 3Hz では圧・気速図形が楕円形であり十分扁平でないので、前述したように、圧・気流速度の Peak to peak の幅を読み取る原則に注意して測定を行う。圧・気速図形の読取りが困難なときは、ストレージ型のオシロスコープを用いるとよい。

一周波数を 3Hz に固定したスクリーニング用の呼吸抵抗計では、共振周波数での呼吸抵抗の測定はできないが、直読式であるから、指針が安定したところで値を読み取ればよく、とくに熟練した技術を要しない。

#### e. 呼吸インピーダンスの評価

—Brody らは、18～85 歳の健常男子 57 名と 18～79 歳の健常女子 44 名中の 66 名について、坐位、安静換気時に周波数 10 Hz の DuBois らの装置に準じたもので測定を行って次のような値を得た。

全対象 (66 名、平均年齢 41.9 歳)

$3.46 \pm 1.65 \text{ cmH}_2\text{O}/\ell/\text{sec}$  (range 0.6～9.6、SEE=0.20)

男子健常例 (36 名、平均年齢 40.8 歳)

$3.24 \pm 1.91 \text{ cmH}_2\text{O}/\ell/\text{sec}$  (range 0.6～9.6、SEE=0.32)

女子健常例 (30 名、平均年齢 43.3 歳)

$3.72 \pm 1.12 \text{ cmH}_2\text{O}/\ell/\text{sec}$  (range 1.19～5.9、SEE=0.21)

—松田らは、1,356 例の日本人健常例につき下記の如き値を得た。これは、共振点で読み取った呼吸抵抗値である(表 7)。

—立川は、健常者 20 例について厳密に測定を行い、3Hz インピーダンスとして、 $2.38 \pm 0.51 \text{ cm H}_2\text{O}/\ell/\text{sec}$  を得た。さらにその対象から厳しい基準に従って 12 例を選び、3Hz 呼吸インピーダンスを求め、 $2.23 \pm 0.45 \text{ cm H}_2\text{O}/\ell/\text{sec}$  を得た。

表7 日本人の健常例の呼吸抵抗値 (松田ら)

年 齢	男	女
20～29	$2.03 \pm 0.44$	$2.94 \pm 0.63$
30～39	$2.33 \pm 0.53$	$3.18 \pm 0.71$
40～49	$2.50 \pm 0.29$	$3.23 \pm 0.48$
50～59	$2.81 \pm 0.54$	$3.30 \pm 0.53$
60～	$3.06 \pm 0.71$	$3.81 \pm 0.39$

(単位 :  $\text{cmH}_2\text{O}/\ell/\text{sec}$ )

—横山らは、ルーチンの検診のために 3Hz 呼吸抵抗計を用い、男子健常者 199 例、女子健常者 183 例につき 3Hz 呼吸インピーダンスを測定し、その平均値を表す回帰式と危険率 5%での棄却限界を表す実験式とを得た。

—平均値を表す回帰式

—（男子） $7.20 = 0.002 \times [\text{年齢}] + 0.028 \times [\text{身長}]$

—（女子） $6.03 = 0.003 \times [\text{年齢}] + 0.019 \times [\text{身長}]$

—危険率 5%での棄却限界を表す実験式

—（男子） $8.26 = 0.006 \times [\text{年齢}] + 0.033 \times [\text{身長}]$

—（女子） $7.97 = 0.002 \times [\text{年齢}] + 0.031 \times [\text{身長}]$

—身長：単位 cm、145cm 以上に適用

—以上のように、健常者の呼吸インピーダンスは報告者によって周波数が異なっている。しかし 3～9Hz の周波数範囲内では、健常者の呼吸インピーダンスには有意の差異がないとされている。したがって、現在統一されている周波数 3Hz におけるインピーダンスの正常値を検討する場合に、上記の諸報告は有用な参考となろう。いうまでもなく、肺・胸郭系の換気力学的特性の不均衡を伴う疾患例では、発振周波数が共振周波数を離れるに伴って呼吸インピーダンスが著しく増加するので、異なる発振周波数の下で求めた疾患例の呼吸インピーダンスを相互に比較することはできない。異常例を選び出すという単純に診断的スクリーニングの目的からすれば、条件の許す限り発振周波数の低いところで測定を行うのが有利である。

(ロ) 体プレチスモグラフィ

a. 標準方式

—体プレチスモグラフィには Pressure plethysmograph、Volume plethysmograph がある。前者は、肺胞内圧の変化を箱内の圧変化として測定し、後者は肺胞内圧の変化を箱内変化としてとらえる。図 32 は Pressure plethysmograph の標準的な装置を示したものである。いずれの場合にも、被検者に浅く速い呼吸 (Panting) を行わせ、箱内圧変化、又は容量と気流速度を測定する。この 2 つの値の比から気道抵抗を算出する。オッシロスコープの X、Y 軸上にこの 2 つの値を描かせれば、その傾斜から気道抵抗を読み取ることができる。

図 32 体プレチスモグラフィ

b. 正常範囲

—健康人の気道抵抗の平均値と標準偏差は次のとおりである (表 8)。

—また、起動抵抗又はその逆数のコンダクタンスは年齢とほとんど関係がない。

表8 健康人の気道抵抗の平均値と標準偏差

1. Panting			
	男 子	女 子	男女共
DuBois et al	1.43±0.47	1.82±0.42	1.50±0.49
Marshall & DuBois	0.91±0.17	1.39±0.18	0.99±0.23
Briscoe & DuBois	1.11±0.57	1.41±0.51	1.23±0.55
Nadel & Comroe	1.18±0.29	1.09±0.25	1.14±0.27
Jaeger & Otis	1.69±0.46	2.05±0.26	1.73±0.43
Schmidt & Cohns	1.68±0.81	—	—

2. 安静呼吸			
Jaeger & Otis	1.22±0.39	1.43±0.41	1.26±0.39

——男子  $C=0.28$  ( $V=0.73$ ) ——  
男子  $C=0.28$  ( $V=0.73$ ) ——  
女子  $C=0.29$  ( $V=0.27$ ) ——  
又は、 $C=0.24V$ 、 $R=4.2/V$   
ただし、 $C$ ：コンダクタンス、 $R$ ：気道抵抗 ( $\text{cmH}_2\text{O}/\text{l}/\text{sec}$ )、 $V$ ：肺気量 ( $\text{l}$ ) である。——

#### ハ、肺コンプライアンス測定

——肺の弾性の変化を表現するために、静止下で測定する静コンプライアンス (static compliance) と動的状態で測定する動コンプライアンス (dynamic compliance) の2つの方法がある。——

肺コンプライアンスを求めるためには、換気量、口腔・食道内圧差の結果が必要である。——

##### (イ) 気量の測定

###### a. 口で測定する方法

——気流速度計の電気的出力を積分回路を通して電気的に積分する方法が一般的である。市販の気速計は積分回路を備えている。しかし、よほど安定した気速計でないと、気速計の出力のわずかなドリフトがすべて積分されるから、スパイログラムの基線が一方方向に著しくずれやすく、場合により数秒間の測定にさえ困ることがある。そのため適当な low-cut filter が用いられるが、filter を通して換気量を記録すると静的な測定ができないばかりでなく、filter の時定数が不適当であるといろいろと位相を変化させるから細心の注意が必要となる。——

——この点、レスピロメーターポテンシオメーターを取り付けて記録する方法は、ドリフトが少ないので安心して使用できる。しかし本法は閉鎖回路になるので長時間にわたる測定には向かないし、レスピロメーターの周波数特性が悪いと速い変化に追従しえない欠点がある。——

###### b. 胸部の動きから測定する方法

——容積変化型プレチスモグラフ (volume displacement plethysmograph) を用いると被検者が呼吸する換気量を胸部の動きを通してレスピロメーターに導くことができる。——

——ただ本装置は、前述のレスピロメーターのみによる測定法よりも周波数特性がきわめて悪いので、速い変化には追従し得ないのが欠点である。また、気道抵抗が高いと肺胞気の圧縮によって、口での流速と胸部での流速にはかなりの差を生ずる。——

##### (ロ) 圧力の測定

——気管支と肺全体の粘性抵抗を求めるには、口腔内圧と胸膜表面圧との圧差を測定する必要がある。——普通、電気圧差計 (differential electromanometer) が用いられる。その感度は水柱  $1\text{cm}$  の圧力が正確に測定できるもので、 $1\sim 100\text{cmH}_2\text{O}$  の圧力範囲で直線性があり、しかも少なくとも  $DC\sim 20\text{Hz}$  の周波数において忠実に作動できるものを用いるべきである。——

###### a. 口腔内圧の測定

——口腔内圧 ( $P_{ao}$ ) を測定するには、マウスピースに側管をつけ、側圧で測定する。この際、注意すべきことは Bernoulli 効果である。円管内を流体が流れる場合、霧吹きや水流ポンプにみられるように、管内には管のその点から先の粘性抵抗分の圧力のみならず、流れの方向とは無関係に陰圧を生じる。これを Bernoulli 効果、あるいは Venturi 効果と呼んでいる。空気が流れる場合の陰圧度は次式によって求められる。——

$$p = \frac{\rho v^2}{2g} = \frac{0.56 V^2}{A^2} \dots \dots \dots (1)$$

ただし、g：重力の加速度、ρ：ガスの密度、v：線速度、V：量速度 (ℓ/sec)、

A：円管の断面積 (cm<sup>2</sup>)、0.56：空気の場合の係数  $\left(\frac{\rho}{2g}\right)$

したがって、実際の口腔内圧を求めるには、側管から得られる側圧に Bernoulli 効果による圧降下分だけの圧力を加えねばならない。一般に内径 3cm 以上ある管を用いると問題がないが、それより狭い場合には気流速度が早くなると圧が低く出る。

#### b. 胸膜面での圧力測定

胸膜面での圧力 (PI) を直接測定することはむずかしいので、食道内圧を測定することによって代用する。食道内圧は胸腔内圧をよく反映するが、まったく等しくはなく、また、測定方法を誤ると著しく異なった値を示すので、食道内圧の測定には以下に示す細心の注意が必要である。

##### (a) 圧測定用カテーテル

最も基準となるカテーテルは図 33 のごとく、内径 0.14cm、外径 0.19cm、長さ 100cm のポリエチレン管で、先端から 10cm の間に多数の穴をあけ、その部を長さ 10cm、周囲 3.5cm、厚さ 0.06mm 程度のラテックス薄膜による袋で覆い、気密にしたものである。

##### (b) 食道内におけるカテーテルの位置

食道内圧は、重力の影響を受け、食道内でのバルーンの位置によってかなり異なる。立位では、1cm 下位になると 0.20～0.25cmH<sub>2</sub>O 圧が増すといわれている。また静圧のみならず、動的測定時にも著しい差を生じやすいので、食道内圧測定に当たってはこの点に注意しなければならない。

理想的な位置としては、胃噴門と気管支分岐部までの約 15cm の範囲で、これより下では胃内圧、上では気管支内圧や動きの影響、いわゆる tracheal artefact が出現して食道内圧は著しく変形する。鼻口からカテーテルの先端が 45cm 入った場所が多くの被検者でおよそこの部に相当するが、個人差もあるので、以下に示す方法で正しい位置にあるかどうか確かめた方がよい。

最も基本となる手技は、バルーン内に 1ml の空気を入れたカテーテルを鼻口からまず 60cm 挿入し、空気圧力計につなぎ、バルーン全体が胃内にあることを吸気時に陽圧になることによって確かめる。

次いで、呼吸による圧変化が逆転し、吸気時に陰圧方向に変化するまでカテーテルを徐々に引きぬく。この際注意しなければならないことは、バルーンの一部、上方約 1cm が胸腔内食道まで引き上げられた時にこの逆転が出現することで、従って、この位置からカテーテルをさらに 10cm 引き上げると、バルーンの先端は噴門上 1cm 以上のところにあることになる。

次に、tracheal artefact が出現するか否かを調べる口腔内圧測定用の側管のある部より先で気道を閉じ、口腔内圧 (= 気管内圧) を ±40cmH<sub>2</sub>O 程度変化させた際の口腔内圧・食道内圧差 (transpulmonary pressure) を測定する。バルーン内空気量は 0.2ml とする。この際、喉頭を閉じないように注意する。もし食道内圧が正しく胸腔内圧を反映しているとすれば、気流が存在しないため、

transpulmonary pressure は肺気量変化のみによって変化するから、±40cmH<sub>2</sub>O の圧変化による肺胞気の圧縮伸展を考えなければ、肺気量は一定であり、気管内圧変化によっても変動がみられないはずである。しかし、バルーンが気管支内圧の影響を直接受けると著しく変動する。これを tracheal artefact という。

—図 34 は Milie-Emili らが示した tracheal artefact を表している。バルーン先端が鼻口から 35cm あるいはそれ以下にあると、気管内圧を  $\pm 40\text{cmH}_2\text{O}$  変化させても口腔・食道内圧差にはほとんど変動をみないが、それより口側になると著しく変化することが示されている。

—tracheal artefact を簡単に検出するには、上述の方法以外に、被検者の顎を前後に曲げさせるとか、気管の部分の体表から指で圧迫して、食道内圧が変化しないことを確かめてもよい。

—もし tracheal artefact がみられたら、消失するまでカテーテルを押し進める。artefact は突然消失するのが普通であるから、それからさらに 1cm 程度押し進めて固定する。この際カテーテルを進めすぎて、バルーン先端が一部胃内にあると静的な測定にはあまり差し支えないが、動的な測定には好ましくない。

—(c) バルーン内気量

—最も適当なバルーン内空気量は、前述した規格のカテーテル・バルーンを使用する場合 0.2ml である。これより多いと、圧絶対値が低下し陰圧度を減じるばかりでなく、相対的にも陰圧度、圧変化が少なくなる。Milie-Emili が測定した値は図 35 に示すごとくである。一方 0.2ml より少ないと、今後はバルーン自身の弾性のため、実際よりもより陰圧になりやすい。図 36 はバルーン内空気量を、0.2、2、4ml にした場合の肺の圧量曲線で図 33 から extrapolate して求めた理論的な圧量曲線がバルーン内気量 0.2ml の曲線に最も近いことが知られる。

—なお、以上は静的な測定を行う場合のバルーン内気量であるが、絶対値に関係のない動的な測定、例えば最大換気時の圧変化をみる際には 0.5ml 程度に増やすとよい。

バルーン内空気量を 0.2ml にするには、まず、すり合わせのよい 10ml の注射筒を用意し、わずかの圧で内筒が移動するのを確かめ、バルーン内に 8ml 空気を入れ、8ml 出し入れする。次いで被検者に Valsalva あるいは咳を行わせて胸腔内圧を高め、バルーンを圧迫した際、注射筒内に 8ml の空気が出てくることを 2、3 回繰り返して確かめ、そのうち 0.2ml のみをカテーテル内に入れて圧力計に連絡する。

—測定中も、ことに最大吸気位食道内圧を測定する際にはバルーン内空気量が極めて敏感に影響するため、なるべく頻回に空気量を確認した方がよい。そのためには注射筒に 7.8ml 入れてバルーンと連結し、同様に胸腔内圧を高めて注射筒に 8.0ml の空気が戻るかどうかを確認すればよい。

図 34—tracheal artefact (Milie-Emili ら、1964)

—— 口腔内圧、したがって気管支内圧を  $\pm 40\text{cmH}_2\text{O}$   
—— 変化させた際にみられる口腔・食道内圧差の変動  
—— とバルーンの深さとの関係

図 35—バルーン内気量と食道内圧  
——  $\circ$  : 0.2ml —  $\bullet$  : 2ml —  $\times$  : 4ml

図 36—バルーン内気量を 0.2ml ( $\circ$ )、2ml ( $\bullet$ )、  
4ml ( $\times$ ) とした際の圧量曲線  
—— 点線は図 33 においてバルーン内気量ゼロ  
—— の値を extrapolate した際の値

#### (d) 体位

—臥位になると立位、坐位より食道内圧絶対値は陰圧度を減じ、実際の胸腔内圧より陽圧になる。臥位で横隔膜が上昇すること、重力の変化、心や肝の影響によると推測されている。臥位での食道内圧測定は特別の場合を除いて普通は行われない。

#### (ハ) 肺コンプライアンスの計算

##### a. 記録方法

—肺コンプライアンスは口腔・食道内圧差(以下圧差と略す)と気量との関係から求められる。この際計算のもとになるデータとして、気量曲線、圧差曲線をそのまま用いてもよいが、ブラウン管オシロスコープ上に両者のリサージュ(圧量曲線)を描かせ写真にとる方法あるいはXYプロッター上に直接描かせる方法を用いると便利である。とくに storage oscilloscope を用いると画面に記録された圧量曲線をペンでトレースすることが可能で、極めて実用的である。なお圧量曲線を直接記録するための装置も市販されている。

—なお注意すべきこととしては、動肺コンプライアンスを比較的速い換気で求める際に、XYプロッターはその周波数特性が十分でなく使用できない点があげられる。直接のデータを用いるか、あるいはブラウン管オシロスコープによらねばならない。

##### b. 静肺コンプライアンスの求め方

—静的な圧量図 (static recoil curve) を求めるには、被検者に気流阻止装置 (電動式、手動式いずれでもよいが、マウスピースの先を手で押さえて気流を遮断する。)を通して換気させ、気量と圧差をオシログラフに記録する(図 37)。安定した曲線が得られたら、被検者にゆっくり最大吸気位まで吸気をさせ、一定した最大吸気位食道内圧が得られたことを確かめ、次いでゆっくりと呼出をさせ、その間 0.3~0.50 ごとに気流を遮断し、圧がその間一定になるのをみたら開放し、遮断と開放を繰り返して最大呼気位まで呼出させる。遮断時間は 0.5~1.0 秒程度で、この時間があまり短か

図 37—静的圧量曲線記録のための圧差  
——( $P_{oes-ph}$ ) と気量 (V) との測定

ざると圧が平衡に達しないことがある。遮断中はあまり力んで呼出しないうちからかじめ注意を与える。tracheal artefact があると、遮断中力んで気管内圧が上昇した際、圧がより陰圧になるから注意を要する。このようにして得られた呼気時の静的圧量図において、安静呼気位と 0.50 吸気位の 2 点を結ぶ直線の傾斜から静肺コンプライアンス [ $\Delta V / \Delta P, l/cmH_2O$ ] が求められる。吸気時得られる圧量曲線は測定前の換気の様式 (volume history) によって著しく異なるので、肺コンプライアンスの測定には用いられない。



e. 動肺コンプライアンスの求め方

原則として静肺コンプライアンスと同様に肺の圧量関係から求められる(図38)。1回換気量が0.50程度の安静時換気運動から求められた圧差、量の両曲線において、あるいは圧量曲線に描かせて、安静呼気位において気流速度がゼロの点、並びに安静吸気位で同じくゼロになる点と同位相の圧差、量( $\Delta P$ 、 $\Delta V$ )とから計算される。圧量曲線ではこの2点を結ぶ傾斜に相当する。

動肺コンプライアンスは換気数によって異なるから、測定時の換気数を忘れずに記載しておく。

図38 動肺コンプライアンスの測定

$C_{st}$ : 静肺コンプライアンス、 $C_d$ : 動肺コンプライアンス

(二) 正常値の範囲

肺弾性は加齢に伴って低下する。その正常値についてはいろいろな報告があるが、一例を示すと次のとおりである。

静肺コンプライアンス (l/cm H<sub>2</sub>O)

対象者数	年 令	平均値	標準偏差	範 囲
11	young	0.15	0.03	0.08~0.18
21	old	0.13	0.04	0.08~0.23

対 象	回帰式 (l/cm H <sub>2</sub> O)	正 常 範 囲
若年成人	$(0.00343 \times \text{height in cm}) - 0.425$	65~145% of C
成 人	$0.05 \times \text{FRC in l}$	$0.070 \times \text{FRC}$ to $0.038 \times \text{FRC}$

静肺コンプライアンスの低下が著しくない場合にも動肺コンプライアンスの換気数依存性が異常となる場合が少なくない。2Hz(1分間換気数120)以上で、動肺コンプライアンスの低下が換気数ゼロの場合の動肺コンプライアンス(≡静肺コンプライアンス)に比べて有意な低下を来たしているか否かを検討する。

じん肺有所見者の肺機能障害の判定には、肺コンプライアンスの換気数依存性が用いられることがある。

動肺コンプライアンス換気数依存性は、呼吸数が増加した場合の動肺コンプライアンスの低下とのみ現在理解されている。しかし、近年慣性抵抗(Inertance)のため換気数が増加すると、動肺コンプライアンスはむしろ増加する例もあることが報告され、評価の基準の設定には議論の余地が残されている。

いずれにしても、換気数依存性をみているための基準値として、換気数ゼロでの動肺コンプライアンスが要求される。換気数ゼロでの動肺コンプライアンスをOtisらは静的な、“肺内でも気流がない状態”と定義した。したがって、Volume step法による静肺コンプライアンスが換気数ゼロでの動肺コンプライアンスに相当すると述べている。

しかし、これまでの健常者での報告では、とくに基準を定めず、呼吸数と動肺コンプライアンスの絶対値より判断している報告、基準として呼気静肺コンプライアンスをとり、それに対する比で標準化した報告、安静呼気位からの吸気静肺コンプライアンスを基準とした報告などがある。このうち、

呼気静肺コンプライアンスを基準にとり、19 歳と 20 歳の非喫煙健常男子 8 例で検討した石川らは、動肺コンプライアンス/静肺コンプライアンスは 1Hz 付近まではほとんど低下せず、1.5Hz における  $2\sigma$  の下限は呼気静肺コンプライアンスの 80%以上であったことを報告した。Picken らは 24 歳から 35 歳までの非喫煙健常者 6 例の平均値と  $2\sigma$  を示したが、これによれば換気数の増加に伴って動肺コンプライアンスは連続的に低下し、1.2Hz での  $2\sigma$  は呼気静肺コンプライアンスのほぼ 55%となった。一方、安静呼吸位からの吸気静肺コンプライアンスを基準とした Woolecock らの若年健常者 4 例では、動肺コンプライアンスの換気数依存性が認められなかった。このようにいわゆる健常者についても動肺コンプライアンスに換気数依存性があるものと、ないものが存在している。換気数依存性を示した、いわゆる健常者の中には潜在性の異常を有したものがあつたことも否定できないので、この点今後の検討を要するところであろう。

換気数ゼロの動肺コンプライアンスの設定に関し 24 歳から 36 歳までの健常者で検討した杉山らの報告では、安静呼吸位並びに安静呼吸位で約 2 秒ずつ口腔気流を停止させた Volume-step 法より求めたコンプライアンスを 100 とすれば、静肺圧量曲線の安静呼吸位より 0.51 呼吸位で求めた呼気静肺コンプライアンスは  $133 \pm 14$  となり、吸気静肺コンプライアンスは  $90 \pm 19$  であった。一方動肺コンプライアンスは呼気静肺コンプライアンスを基準にとれば全例換気数依存と判断され、Volume-step 法のそれを基準とすれば、非喫煙者の 5 例では、明らかな換気数依存性を認めがたく、残る 4 例、そのうち 3 例は喫煙者であつたが換気数依存性ありと判定されたことを述べた。従つて、弁別性からいって換気数ゼロの動肺コンプライアンスとしては一回換気量での Volume-step 法により求めたコンプライアンスを採用することが一応推奨される。

Flenley らは、1.5Hz での動肺コンプライアンスが静肺コンプライアンスの 80%以下を換気数依存性ありとする基準を用い、11 例の健常者を調べ 6 例に依存性を認めた。このことと石川らの若年健常者 8 例 1.5Hz で 80%以上であつたこと、および Woolecock らは基準として安静呼吸位よりの吸気静肺コンプライアンスをとつてはいるが、29 歳から 50 歳までの 8 例のうち 1 例を除き最高の呼吸数 (1.0～1.5Hz) での動肺コンプライアンスは 80%以上であつたことを参考として、本検査法による成績の評価には換気数ゼロの動肺コンプライアンスを基準に、1Hz で動肺コンプライアンス 80%以下を換気数依存性ありと判定するとの提案がなされている。

## ニ. 酸化炭素拡散能力 ( $D_{LCO}$ ) 測定

### (イ) 測定方法

酸化炭素を使用する  $D_{LCO}$  測定法には、breath-holding 法、steady state 法、rebreathing 法、equilibration 法があるが、breath-holding 法について述べる。

図 39 に示すごとく、装置は、91 のベネディクトーロス型レスピロメーター、クリスティーの balloon-box system、Maurer の 5 方向弁、J-valve とこれらを結合するゴム管よりなる。その他必要なものとして、1～21 の sample bag、bag の端を clamp する棒子、mouth piece、nose clip、それにガス測定用として、赤外線酸化炭素分析装置、He 分析のためのカサロメーターである。ガス測定用として、ガスクロマトグラフを使用することもできる。また使用混合ガスは、0.3%CO、10%He、20%O<sub>2</sub>、70%N<sub>2</sub>を使用している。ガスクロマトグラフを用いる場合は、分析でのキャリアー・ガスとして He を使用するため、混合ガスの He の代りに Ne を使用する。本法では、あらかじめ何らかの方法で全肺気

量を知っておく必要がある (He 稀釈法によって機能的残気量を測定し、それにレスピロメーターで測定した最大吸気量を加えて全肺気量とする)。

測定に先立って、タリスティ型 balloon box 及び、それをつなぐゴムチューブを使用ガスでよく洗っておいた後、balloon を上記混合ガスで満たしておく。また sampling bag は、十分空気を吸引して空にしておく。検査は、普通坐位で行う。

まず、マウスピースを通して室内空気を呼吸させておき、次に強制最大呼出を行った後、合図とともに balloon 内の混合ガスを一挙に最大吸気位まで吸わせる。そして、その位置で、吸気の初めから正確 10 秒間呼吸を停止させた後、合図とともに、急速に最大呼出を行わせる。この際、死腔を洗い流すために、最初の呼気部分の 750ml をレスピロメーター内に棄てる。残りの呼気ガスを、呼吸停止の最後の時点の肺胞気として採取するために、sampling bag の方に 5 方弁を切りかえる。このようにして採取した sample gas と、吸入すべき混合ガスの CO 濃度と He 濃度を測定するのであるが、混合ガスを吸入した最初の肺胞内 CO 濃度 ( $F_{ACO}$ ) は、吸入ガスが残気量でうすめられた濃度である。He は不活性ガスであり、肺から吸収排泄されないから、 $F_{AmCO}$  は、吸入ガス CO、He 濃度、 $F_{ICU}$ 、 $F_{IHe}$ 、呼出 He ガス濃度  $F_{AHe}$  より次の式で算出される。

$$F_{AmCO} = F_{ACO} F_{AHe} / F_{IHe} \quad (A)$$

肺毛細管血の CO 分圧 ( $P_{cCO}$ ) は非常に小さいから、これを無視すると、呼吸停止中の肺胞内 CO 濃度は、exponential に下降して、t 秒後の CO 濃度は次のようになる。

$$dV_{CO}/dt = -D_{LCO} P_{ACO}$$

$$V_A \times dF_{ACO}/dt = -D_{LCO} (P_B - 47) - F_{ACO}$$

$$\therefore \int dF_{ACO}/F_{ACO} = -D_{LCO} (P_B - 47) / V_A \int dt$$

$$\ln F_{ACO} = -(P_B - 47) D_{LCO} / V_A \cdot t + C$$

$$t = 0 \text{ のとき、} F_{ACO} \text{ は } F_{AmCO} \text{ であるから } C = \ln F_{AmCO}$$

$$\therefore \ln F_{ACO}/F_{AmCO} = -(P_B - 47) D_{LCO} / V_A \cdot t$$

$$\therefore F_{ACO} = F_{AmCO} e^{-(P_B - 47) D_{LCO} \cdot t / V_A}$$

これが Krogh の式である。

ゆえに t を秒にすると

$$D_{LCO} = V_A \times 60 / (P_B - 47) t - \ln F_{ACO} / F_{AmCO}$$

(A) 式を代入し

$$D_{LCO} = V_A \times 60 / (P_B - 47) t - \ln [F_{ICU} / F_{AmCO} \times F_{AHe} / F_{IHe}]$$

$V_A$  : 肺胞気量 (STPD、あらかじめ測定しておいたもの)

$P_B$  : 大気圧

t : breath-holding time (秒)

ln : 自然対数、 $2.303 \times \log$

$F_{ICU}$ 、 $F_{IHe}$  : 吸入された混合ガス中の CO 及び He 濃度

$F_{A.CO}$ 、 $F_{A.He}$  : breath-holding 後に呼出された混合ガス中の CO 及び He 濃度

—COの測定には赤外線分析計、Heの測定にはカサロメーターが利用される。この際ガス濃度は実際の濃度でなくても、濃度比が求められればよいから、吸入気のCO及びHeを100になるようにメーターを調整すると計算は容易になる。ガスクロマトグラフィーを用いてHeをキャリアー・ガスにする場合、混合ガスをHeの代りにNeにすればよい。

—呼吸停止時間は、Forsterは、吸気のはじめから死腔を洗い肺胞気を呼出するまでの時間としているが、Gaenslerは、吸気のはじめから呼気のはじめまでとしている。各々一定の規準に基づいて行う。また呼吸停止時間は、レスピロメーターの記録から正確に求めた方がよい。

—測定は3回繰り返して行ったものを平均して実測値とする。

#### —(ロ) 正常範囲

— $D_{LCO}$ の正常値の範囲としては、breath-holding methodによるOgilvieらの式があり、次のとおりである。

$$D_{LCO}=13.5 \times \text{体表面積(m}^2\text{)}=6.8(\text{ml/分} \cdot \text{mmHg)}$$

#### ホ、クロージング・ボリウム測定

—末梢気道の呼吸機能異常を早期に検出し得る方法として考案されたものである。

—測定方法の原理は、ナイトロジェンメーターとポテンシオメーターをつけたスパイロメーターを用い、最大呼気位から最大吸気位まで純酸素を吸入させ、次いで0.5l/sec以下のスピードで最大呼気位まで呼出させて、 $N_2$ 濃度と呼気量をX-Yレコーダーに記録する。図40のIV相に相当する部分が、クロージング・ボリウム (CV) にあたるとしている。

図40—クロージング・ボリウム

#### —(イ) 測定方法

—クロージング・ボリウムを測定するのに大別して2つの方法がある。その1つは“Bolus-technique”である。これは、最大呼気位より最大吸気位まで吸入を行うに当たり、そのはじめの時期に指標ガスを数mlないし数百ml吸入させる方法である。指標ガスとしてHe、Argon、 $^{133}\text{Xe}$ 又は $N_2$ が用いられた。

—第2の方法は“Resident-gas-technique”と呼ばれ、指標ガスとしては $N_2$ を用いる。これは最大呼気位より100% $O_2$ を最大吸気位まで吸入させ、それに続いて一定の速度で呼出を行う際の呼気量と呼気 $N_2$ 濃度との関係を見る方法である。

—指標ガスの種類及びその分析方法をどのようにするかにより、個々の測定法に相違がある。 $^{133}\text{Xe}$ -bolus法は肺局所の換気の不均等の検討もでき、研究のためには高く評価されるべき方法であるが、ラジオアイソトープを用いる点で制約が存在する。アルゴンを指標ガスとするには質量分析計が必要である。Heを指標ガスとする時には、簡便なCritical-orifice-helium-analyzer、helium-leak-detectorが利用できる。

#### —(ロ) 正常範囲

—クロージング・ボリュームには定時の被検者の体位、吸入・呼出時の気流速度、吸入開始肺気量などが影響するので、明確にされた条件の下で正常値を規定しなければならない。

—成人について、Anthoniesen ら、Leblanc ら、McCathy ら、Susskind ら、Buist & Ross が年齢との関係を検討した。これらの報告について、用語を NHLI の勧告に従って統一し、phase IV に移行するとき（彎曲点）の気量をクロージング・キャパシティー（ml）、それから残気量を差引いたものをクロージング・ボリューム（CV）とし、それぞれ、全肺気量（TLC）に対する百分比、CC/TLC（%）、肺活量（VC）に対する百分比、CV/VC（%）に整理してみると、いずれの報告でもクロージング・ボリュームは年齢とともに増加する傾向が認められている。この中で Buist & Ross の報告は前記 NHLI の方式にほぼのっとり、BMRC の質問表でも所見のない非喫煙者を対象（男子 132 名、女子 152 名）に測定を行ったものであり、最も参考になる。

——男子

—— $CV/VC (\%) = 0.562 + 0.357 \times \text{年齢} (\pm 4.15 \text{ SEE})$

—— $CC/TLC (\%) = 14.878 + 0.496 \times \text{年齢} (\pm 4.09 \text{ SEE})$

——女子

—— $CV/VC (\%) = 2.812 + 0.293 \times \text{年齢} (\pm 4.90 \text{ SEE})$

—— $CC/TLC (\%) = 14.420 + 0.536 \times \text{年齢} (\pm 4.43 \text{ SEE})$

#### へ. 負荷試験（運動又は薬物）

運動負荷による肺機能検査の意義を要約すれば次のとおりとなる。

- ① 種々の肺機能検査では、把握できない潜在的な機能障害を見出すことができる。
- ② 呼吸困難等による労働能力の低下を運動負荷による被検者の反応から、把握することができる。

—この為、被検者に運動をさせて身体負荷を与えた時に、これ以上運動をすることが困難なレベルを把握することを目的とする。

—薬物負荷による肺機能検査の意義は、通常の肺機能検査において認められる肺機能障害が、機能的なものか、器質的变化によるものかを確認することにある。このため、気管支拡張剤吸入前後の肺機能検査結果を比較検討する。

#### （イ）検査方法

##### a. 運動負荷

—エルゴメーター又はトレッドミルを用いて、一定の負荷をかけた後に、諸種の肺機能検査を行う。

肺機能検査の項目としては、換気量の測定、動脈血ガスの測定等の検査があげられる。

##### b. 薬物負荷

—気管支拡張剤を含むエアロゾルをネブライザーで被検者に吸入させて諸種の肺機能検査を行う。

#### —（ロ）検査結果の判定

—運動負荷試験の判定については、検査法ともあわせて現在研究が進められており、現在までに、学会等で認められた基準等は出されていない。したがって、個々のケースごとに、適正な方法による検査を行い、他の検査結果ともあわせて総合的に判定することとする。

—薬物負荷試験は、既往歴等から、閉塞性の疾病罹患が疑われるケースについて、負荷前後の検査結果を比較検討する。判定の基準等については、運動負荷試験と同様に、一定の基準等が出されていないため、他の検査結果ともあわせて総合的に判定することとする。

〔なお、検査方法の記述、図表、正常範囲等については、肺機能セミナー編「臨床肺機能検査」第3版、日本胸部疾患学会肺生理専門委員会「大気汚染による呼吸障害を検出するための呼吸機能検査法の現時点における考え方とその評価」より転用させていただいた。〕

## 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

~~肺結核の区分は、従来の活動性による区分は採らず、次のように区分する。~~

~~肺結核——病変なし~~

~~——病変あり——治療を要しないと判断されるもの~~

~~——治療を要すると判断されるもの~~

### 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注意を要する精密検査を行う。

~~このような症状や所見が認められた時には、次に述べるような肺結核の精密検査を行う必要がある。しかし、これらの症状や所見は肺結核に特異なものとは必ずしもいえないことから、特に、従来からの経過に十分な注意を払い、必要に応じてエックス線フィルム等の過去の資料について検討する必要がある。~~

### 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、じん肺法施行規則第63条に基づき、~~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~~）エックス線特殊撮影による検査（CT検査）

③ 赤血球沈降速度検査（血沈）ツベルクリン反応

④ ツベルクリン反応インターフェロン- $\gamma$ 遊離試験（Interferon- $\gamma$  release assay：IGRA）赤血球沈降速度検査

~~⑤ 血沈~~

以下にそれらの概略について述べる。

—これらの検査法の詳細については、すでに多くの成書に記載されているので、ここではそ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、菌陰性の場合にも繰り返して検査を行う必要がある。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ないときに行う必要がある。胃液の採取は早朝空腹時に行う。

抗酸菌が確認された場合は、核酸増幅同定検査（PCR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。

結核菌の確認は、たん等の塗抹標本を、チールネルゼン法により染色して菌を確認するほか、3%小川培地を用いて結核菌培養を行って確認する。

#### (ロ) エックス線特殊撮影による検査（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、その陰影を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。

よく用いられる撮影法には、多方向撮影、断層撮影法がある。

断層撮影法は、ある任意の層のみの像を鮮明にとらえようとするものであり、直接撮影では必ずしも明確にとらえられない病巣の位置、病巣の状態等をとらえることができる。特に進行したじん肺に合併した肺結核の確認には有用である。

場合によっては気管支造影が用いられることもある。

#### (ハ) 赤血球沈降速度検査（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。

#### (ニ) 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。

なお、インターフェロン-γ遊離試験（IGRA：Interferon-γ release assay）は、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。

#### (ニ) 赤血球沈降速度検査



~~—赤血球沈降速度は、人体の種々の状態によって影響を受け、肺結核以外の疾病によっても沈降速度の促進がみられる。~~

~~—肺に病変が相当程度あり、ほかに沈降速度を促進するような原因を認め得ない場合には、肺結核病巣の病態の判断に際しての一助となり得る。~~

#### 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

胸部エックス線フイルム写真像や胸部 CT 画像検査で肋横角に変化胸水を認め、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た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。

結核性胸膜炎の合併が疑われる場合には、じん肺法第3条に基づいて、医師が必要と認める場合に、たん又は胸腔滲出液の菌検査を行い結核性胸膜炎の罹患について確認する。

—たんの中に結核菌を認めることがしばしばあるため、たんの結核菌の検査を実施する。検査の方法は肺結核の項で述べた方法と同様の方法を用いる。また、滲出液を採取して滲出液の結核菌検査も行うことが望ましい。滲出液の結核菌検査は塗抹標本による検査と結核菌の培養検査を行う。塗抹標本による検査では陰性であることが多く、培養検査では多量の滲出液を用いると菌陽性になる場合が多い。

#### ハ．検査結果の判定

胸部エックス線写真像や胸部CT画像検査で胸水を認め、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。像で初期の滲出性の陰影が認められ、たんや滲出液中に結核菌を証明すれば結核性胸膜炎と診断し得る。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、細胞分画でリンパ球が優位、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。

胸膜の滲出性の陰影が両側性の場合、胸膜に接した肺野に小さい病巣がある場合等にも自覚症状、他覚所見を参考にして、結核性胸膜炎と診断し、要治療とする

#### (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

胸部エックス線撮影検査、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、膿性たん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。ただし、この検査結果が陰性であったとしても、採取された検体が適切に採取されたものではなかったこと等も考えられることから、この検査結果のみをもって、合併症の有無が機械的に判定されるものではなく、あくまで、総合的な医学的判断で判定することとする。

#### 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~~と~~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持続性気管支炎に罹患していると判定し、治療の対象とする。

#### (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行した場合には読影し得る。このような場合には、次に述べる特殊な方法によるエックス線撮影検査胸部 CT 撮影は省略してもよい。しかし、左肺下葉にあるような場合には、背腹位撮影によるフィルム画像では読影しがたいことがあり、胸部 CT 画像撮影他の検査結果等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、エックス線特殊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、気管支造影胸部CT検査撮影が有用であり、気管支拡張症の診断にしばしば用いられている。しかし、造影剤自体の有害作用、造影剤の貯溜による影響等が指摘されており、造影剤を用いたエックス線撮影検査の濫用は避けるべきである。拡張が疑われ、断層撮影法等によって気管支の拡張が確認し得ない場合に気管支造影を行う。通常の気管支造影のほかに、造影剤の使用量が少ない選択的気管支造影もある。気管支造影法の概略は次のとおりである。

—咽頭及び喉頭を噴霧麻酔法で麻酔した後、カテーテル又はメトランゼンを気管内に挿入して造影剤を注入する。この方法では被検者の体立を変換し、またカテーテルを挿入する部位を変えながら、できるだけ全体の気管支の造影を行うことが望ましい。

—造影剤としては、ディオノジールが広く用いられている。

—造影に伴う副作用としては、注入後のせきの発作があるほか、造影剤の貯溜による影響もある。エックス線撮影は、正面像のほか、側面像、斜位方向の像の撮影も望ましい。造影剤を用いたエックス線撮影のほかに、断層撮影によっても気管支の拡張を確認し得る。また、拡大撮影が用いられることもある。

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

エックス線検査撮影あるいは胸部CT撮影検査で、気管支の陰影がのう状、円柱状、瘤状、数珠状静脈瘤様、のう胞状に拡張していることが確認できされれば、気管支拡張症の診断が可能であるは確定する。

たんの量、性状の判定については「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治療の対象とする。

#### (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、致命率も高い。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像で、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。

—一般に、気胸は胸部エックス線写真像で把握しうる。胸部エックス線写真においては、一般に、肺野の線状影を認め得ない半透明の部分認められる。なお、吸気位及び呼気位において、胸部エックス線撮影を行えば、診断はより確かになる。その範囲は、病変の部位、病変の種類等により異なるが、背腹位の胸部エックス線直接撮影写真で確認し得る。これに加えて、胸痛、呼吸困難の自覚症状又は呼吸音の消失等の他覚所見の結果が加わ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追加して行う必要がある。

#### ロ．精密検査の方法

胸部CT検査が有用である。

背腹位の胸部エックス線直接撮影検査により確認し得ない場合には、側位又は斜位のエックス線撮影検査を行う。

#### ハ．検査結果の判定

エックス線写真像または胸部CT画像検査によりで、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

前述したように、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 まではあげた検査の他に、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、心エコー検査と選択的肺胞気管支造影である。

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。

### (14) 心電図検査

じん肺が進行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「(「珪肺剖検例における右室肥大大心電図について」判定基準を中心として」日本災害医学会会誌 (1968 年 16 巻 8 号 537～551 ページ)」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  $R/S_{V1} \geq 1.0$  (又は  $V_{3R}$ )
- ②  $S_{V5} \geq 0.7mV$  で  $R/S_{V5} \leq 1.0$  (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  $RV_1 \geq 0.7mV$ 、 $R/S_{V1}$  (又は  $V_{3R}$ )  $\geq 1.0$
- ②  $R/S_{V5}$  ( $V_6$ )  $\leq 1.0$  又は  $RV_1 + S_{V5} > 1.05mV$
- ③②  $rsr' s'$ 、 $rsr' S'$ 、 $rsR' S'$  又は  $V_1$  ( $V_{3R}$ ) における slurred S
- ④③ 肺性 P
- ⑤④  $RAD : +90^\circ \sim +99^\circ$

### —(2)— 選択的肺胞気管支造影

—肺内の変化を形態学的に把握するためには、造影剤を用いたエックス線撮影検査が用いられる。このためには、従来より気管支造影によるエックス線撮影検査が行われているが、末梢まで必ずしも十分に造影し得えず、造影できても末梢気道及び肺胞の微細な変化を十分把握し得ないという欠点があった。また、造影剤を多く使用するため、造影剤による影響も無視し得なかった。このような問題点を改善するために近年開発された選択的肺胞気管支造影(Selective alveolobronchography:SAB)は、気管支肺胞系の形態学的変化を把握するのに有用である。

#### —イ. 検査法

—上気道を局所麻酔した後、エックス線テレビジョンの透視下で、ガイドワイヤーの入ったカテーテルを喉頭を経て気管支に挿入し、ウェッジさせない程度にできるだけ末梢にまで進める。咳嗽発作をおさえるために、2%キシロカイン液 10 cc に硫酸アトロピンを混入して噴霧吸入させてもよい。カテーテルは、血管撮影用のもの(KIFA “赤”)を用いるとよい。カテーテルを上葉枝に挿入しやすいように適当

に彎曲させて使用する。目的の気管支に挿入後ガイドワイヤーを抜去し、1～3 ccの油性ディオノジールを手動で注入し、造影剤が周辺の気管支に流入するように空気約3 ccを圧を加えないでフラッシュする。この操作を行った後に、エックス線管微小焦点(50～100 ミクロンの径)と高感度の稀土類増感紙を使用し、4倍拡大になるように被写体とフィルムとの距離を調節して撮影を行う。この方法によれば、末梢気道や肺胞の病変を撮影することができる。この方法は、気管支造影法に比べ造影剤が少量ですむが、ヨード過敏者には実施すべきではない。細気管支肺胞系からの造影剤の排出は24時間で90%であるが、時に1週間位残留することもある。このような場合には、十分な医学的管理を行う必要がある。選択的肺胞気管支造影によって得られるエックス線写真像の評価に当たっては、これらの所見が、肺の一部の領域の所見であり、必ずしも肺全体の病変を表現しているものではないことに留意すべきである。

## (2) 心エコー検査

- 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、じん肺罹患者には高齢者・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は以下の通り。
  - ・ 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 > 25 mm
  - ・ 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

- ①—過去の健康診断じん肺管理区分の結果を参考にし得るように、~~1枚の証明書に~~数回の健康診断じん肺管理区分決定の結果を記入できる様式がする欄があり、これを利用することが望ましい。
- ②—上記の様式を用いる場合には、様式の上半分のいわゆる固定的な部分(健康診断結果を記載する部分以外の部分)への記載事項の多くが数回の健康診断に共通して使用されるために、記載もれや誤りの記載がないように注意する必要がある。

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—(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—(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. ①—「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. ②—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」の欄には旧じん肺法による「健康管理の区分」(管理1,2,3,4)を、「F」の欄には、旧じん肺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. ③—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)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~~も、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11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き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フィルム写真を用いて12階尺度により区分し、「小陰影の区分」の（0/ー、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（ ）内のとおりである。

- イ．胸膜石灰化像を除いた胸膜肥厚等の胸膜変化（p1）
- ロ．胸膜石灰化像（p1c）

- 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（eg）
- 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“動悸どうき”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、耳朵からの採血を行った場合には“耳朵”、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朵血を採血し、耳朵血の酸素分圧が80Torr~~0RR~~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朵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

粉じん作業従事労働者の健康管理に当たっては、事業場における一般的な健康管理対策に加えて、じん肺の予防、じん肺有所見者のじん肺の進展防止措置、合併症罹患者に対する適切な治療等の措置が不可欠である。

じん肺法における健康管理の体系は図 41 に示すとおりである。

じん肺の進展防止のためには、粉じんばく露の低減・中止を基本とした措置が定められているが、これらの措置を講ずるための基本となる医学的要件は「じん肺管理区分」である。「じん肺管理区分」はじん肺法第 4 条により次のように定められている。

じん肺管理区分		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以下のものに限る。）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以下のものに限る。）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

## 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 142 に示す「とおりごとく」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 142 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、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 以下のものに限る。）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 以下のものに限る。）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（PR0/1）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	(1) エックス線写真等の提出書（じん肺法施行規則様式第 2 号） (2) エックス線写真（直接撮影による胸部全域の

	<p>道府県労働局労働基準部健康課又は健康安全課</p>	<p>写真)じん肺健康診断結果証明書(様式第3号)</p> <p>(3) じん肺健康診断結果証明書(じん肺法施行規則様式第3号)エックス線写真(直接撮影による胸部全域の写真)</p> <p>(4) DR(FPD)撮像表示条件確認表(エックス線写真がDR(FPD)の時)</p> <p>(5) CR撮像表示条件確認表(エックス線写真がCRの時)</p>
上記ロ.の場合	<p>・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</p> <p>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</p> <p>・事業場を退職した場合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</p>	<p>(1) じん肺管理区分決定申請書(じん肺法施行規則様式第6号)</p> <p>(2) エックス線写真(直接撮影による胸部全域の写真)</p> <p>(3) じん肺健康診断結果証明書(じん肺法施行規則様式第3号)エックス線写真(直接撮影による胸部全域の写真)</p> <p>(4) DR(FPD)撮像表示条件確認表(エックス線写真がDR(FPD)の時)</p> <p>(5) CR撮像表示条件確認表(エックス線写真がCRの時)</p> <p>(6) じん肺管理区分決定申請書中の事業者(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(以下「最終事業場」という。)の事業者)の粉じん作業従事証明</p> <p>(7) 事業場の廃止、事業者の死亡、行方不明、その他やむを得ない理由により事業者の証明を得ることができない場合は、当時の上司又は同僚であった者の証明等その者が常時粉じん作業に従事していた事実について客観的に確認し得る資料</p> <p>(次に掲げるときにおいては、新たに事業者がの粉じん作業従事証明を得させる必要はない。)</p> <p>ア 過去において常時粉じん作業に従事した経験があり、すでに粉じん作業から離れた</p>

		<p><u>者で法第 15 条第 1 項に基づく申請を行ったことのある者が、2 回目以降の申請を行う場合において、前回の申請以降新たに粉じん作業に従事していないとき。</u></p> <p><u>イ 粉じん作業に係る健康管理手帳の所持者が、申請を行う場合において、手帳交付後新たに粉じん作業に従事していないとき。</u></p> <p><u>— 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）</u></p> <p><u>—（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。）</u></p> <p><u>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</u></p>
--	--	--

### （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像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 4C 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像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像分類の 1 型から 4B 型のいずれ  
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検査写真の他に、胸部 CT 検査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、胸部エックス線写真像分類が第 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



部エックス線写真像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条第2項）。

なお、提出された粉じん肺作業歴の調査や胸部エックス線検査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に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ができる。（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。

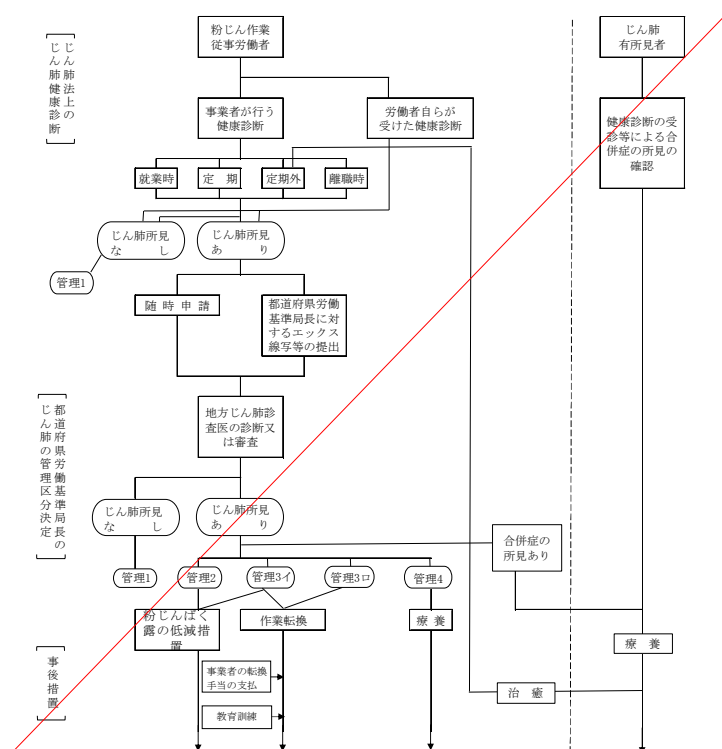


図 41—じん肺法における健康管理の体系

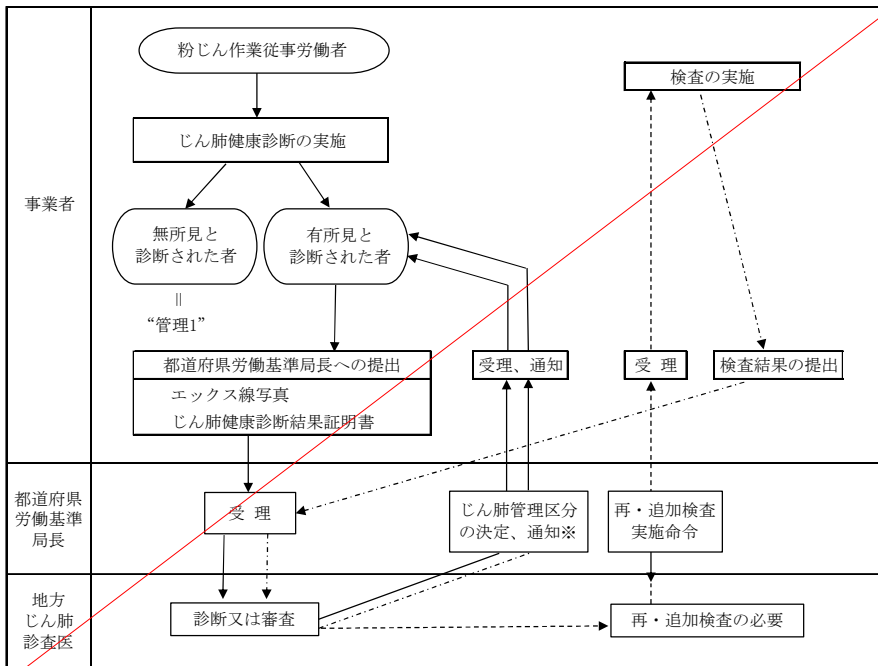


図 42—じん肺管理区分決定の流れ

注 1—破線は、再検査または追加検査を行った場合を示す。

注 2—※の決定では有所見と診断されて提出された者であっても“管理1”と決定される場合もある。

注 3—は再・追加検査実施の流れを、——は再・追加検査に基づくじん肺管理区分決定の流れを示す。

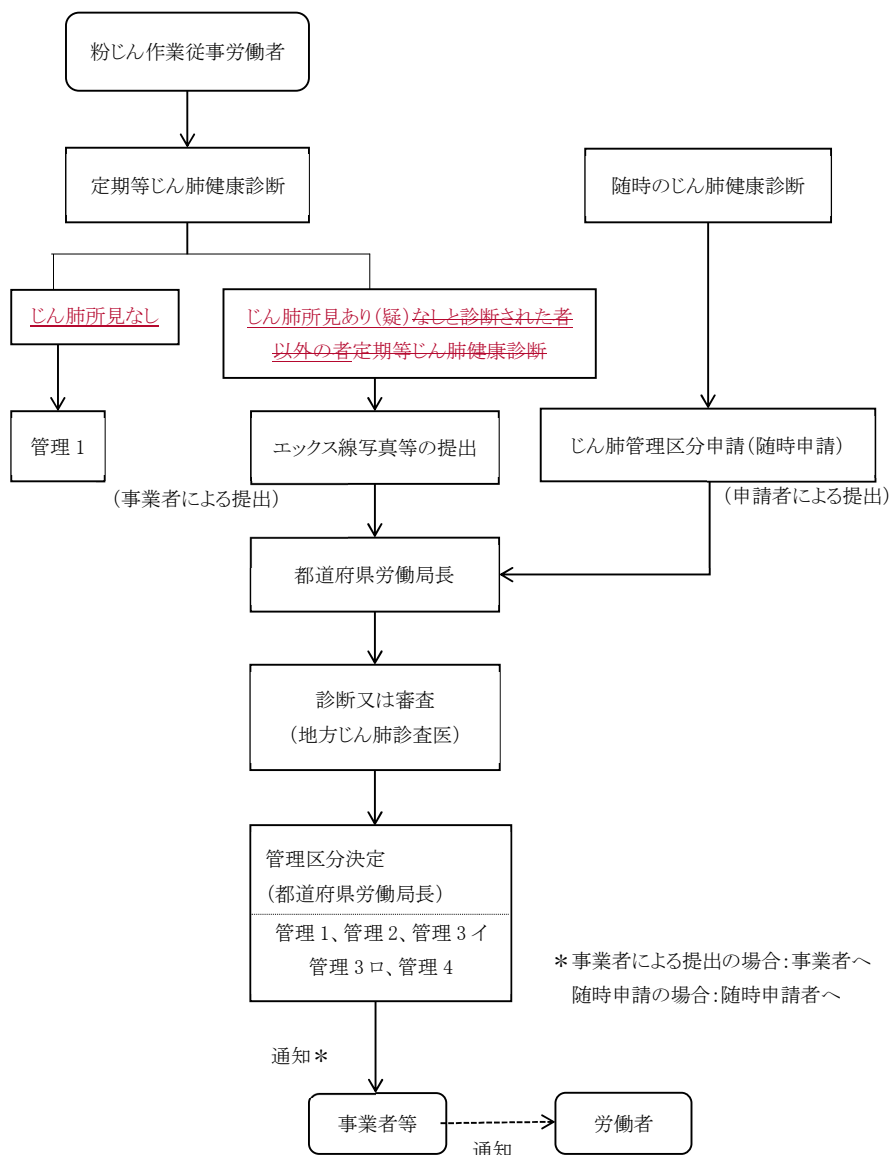
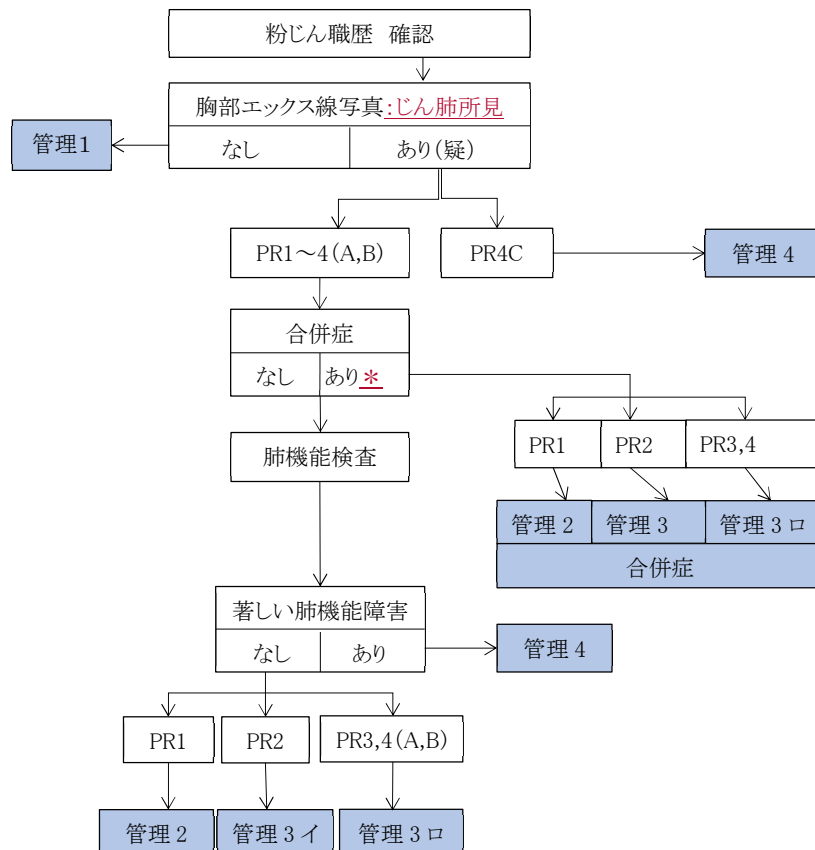


図 1 じん肺管理区分決定の流れ

(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」(平成 20 年 5 月 27 日第 2 版) 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

粉じん作業従事労働者の健康管理は、一般的な健康管理対策に加えて、じん肺健康診断の結果に基づいて個々の労働者に着目した健康管理のための具体的措置がとられる必要がある。ここでは、前者の一般的な健康管理対策のうち主要なものについて述べる。

#### 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行防止のためには、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（昭和54年労働省令第18号）」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 19 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 鉱物等(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、鉱物等を湿式湿潤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の設置すること。	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	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。	1の2 動力を用いて掘削する場所における作業

<p><u>和 25 二十五年法律第 291 二百九十一号) 第二條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</u></p>		<p><u>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の設置すること。</u></p>	
<p>2 鉱物等(湿潤なものを除く。)を積載した車の荷台を<del>く</del><u>つがえし覆し</u>、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、<u>第 3 号の 2</u>、第 9 号又は第 18 号に掲げる作業を除く。)</p>			<p>2 屋内又は坑内の、鉱物等を積載した車の荷台を<del>く</del><u>つがえし覆し</u>、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 坑内の、鉱物等を破碎し、粉碎し、ふるい<del>分け</del><u>わけ</u>、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>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<del>わけ</del><u>わけ</u>る箇所</p>	<p>(1) 密閉する設備<del>の</del><u>を設置すること。</u> (2) 湿潤な状態に保つための設備<del>の</del><u>を設置すること。</u></p>	<p>2 屋内又は坑内の、鉱物等を積載した車の荷台を<del>く</del><u>つがえし覆し</u>、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 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	湿潤な状態に保つための設備を <u>を</u> 設置すること。	<u>7 屋内又は坑内に</u> <u>おいて、手持式動力工具を用いて、</u> <u>鉱物等、炭素原料</u> <u>又はアルミニウム</u> <u>はくを破碎し、又</u> <u>は粉碎する作業</u>
--	------------------------------------	---------------------------------	--

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 ロ 水の中で破碎し、粉碎し、又はふるい <u>分けお</u> <u>ける</u> 場所における作業	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。）	<u>—湿潤な状態に保つ</u> <u>ための設備の設置</u>	
<u>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</u>	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	<u>湿潤な状態に保つ</u> <u>ための設備を設置す</u> <u>ること。</u>	<u>2 屋内又は坑内の、</u> <u>鉱物等を積載した車の荷台を覆し、又は傾けるこ</u> <u>とにより鉱物等を</u> <u>積み卸す場所にお</u> <u>ける作業</u>
	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。）	<u>湿潤な状態に保つ</u> <u>ための設備を設置す</u> <u>ること。</u>	<u>2の2 動力を用い</u> <u>て鉱物等を積み込</u> <u>み、又は積み卸す</u> <u>場所における作業</u>



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、 <u>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。</u>			
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			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
5 の 2 坑内であつて、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 <u>たい積堆積</u> 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			<u>3 の 2 坑内であつて、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</u> 3 の 2—粉じんが付着し、又は <u>たい積</u> 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

5の3 坑内であつて、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			3の3 坑内であつて、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
6 岩石又は鉱物を裁断し、彫り、又は仕上げる場所における作業（第13号に掲げる係る作業を除く。）ただし、火炎を用いて裁断し、又は仕上げる場所における作業を除く。	5 屋内の、岩石又は鉱物を動力（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、又は仕上げる箇所	(1) 局所排気装置を <del>を</del> 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。 (23) 湿潤な状態に保つための設備を <del>を</del> 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鉱物を裁断し、彫り、又は仕上げる作業
	6 屋内の、研磨材の吹き付けにより、研磨し、又は岩石若しくは鉱物を彫る箇所	(1) 密閉する設備を <del>を</del> 設置すること。 (2) 局所排気装置を <del>を</del> 設置すること。	5 屋外の、研磨材の吹き付けにより、研磨し、又は岩石若しくは鉱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、鉱物若しくは金属を研磨し、若	6 屋内の、研磨材の吹き付けにより、研磨し、又は岩石若しくは鉱物を彫る箇所	(1) 密閉する設備を <del>を</del> 設置すること。 (2) 局所排気装置を <del>を</del> 設置すること。	5 屋外の、研磨材の吹き付けにより、研磨し、又は岩石若しくは鉱物を彫る作業における作業

<p>しくはばり取りし、若しくは金属を裁断する場所における作業（前号に掲げる係る作業を除く。）</p>	<p>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、鉱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。）</p>	<p>(1) 局所排気装置をの設置すること。 (2) プッシュプル型換気装置を設置すること。 (23) 湿潤な状態に保つための設備の設置すること。</p>	<p>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、鉱物若しくは金属を研磨し、若しくはばり取りし、又は金属を裁断する作業</p>
	<p>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、鉱物若しくは金属を研磨し、若しくはばり取りし、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。）</p>	<p>(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。</p>	

8 鉱物等、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、又はふるい分けお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、又はふるい分けおける場所における作業を除く。	8 屋内の、鉱物等、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、又はふるいわけ分ける箇所	(1) 密閉する設備の設置すること。 (2) 局所排気装置の設置すること。 (3) 湿潤な状態に保つための設備の設置すること（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、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
9 セメント、フライアッシュ又は粉状の鉱石、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	(1) 局所排気装置を設置すること。 (2) プッシュブル型換気装置を設置すること。 局所排気装置の設備	8 セメント、フライアッシュ又は粉状の鉱石、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
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	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	(1) 局所排気装置を設置すること。 (2) プッシュブル型換気装置を設置すること。 局所排気装置の設備	8 セメント、フライアッシュ又は粉状の鉱石、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
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 <u>もの物</u> 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。）	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	(1) 密閉する設備 <u>をの設置すること。</u> (2) 局所排気装置 <u>をの設置すること。</u> (3) <u>プッシュプル型換気装置を設置すること。</u> (43) 湿潤な状態に保つための設備 <u>をの設置すること。</u>	
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入される作業。ただし、水の中で原料を混合する場所における作業 <u>を除く。</u>	11 屋内の、原料を混合する箇所	(1) 密閉する設備 <u>をの設置すること。</u> (2) 局所排気装置 <u>をの設置すること。</u> (3) <u>プッシュプル型換気装置を設置すること。</u> (34) 湿潤な状態に保つための設備 <u>をの設置すること。</u>	

<p>13 陶磁器、耐火物、けい<u>藻そ</u>う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。</p> <p>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</p> <p>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<u>をの設置すること。</u></p> <p>(2) 局所排気装置<u>をの設置すること。</u></p> <p>(3) <u>プッシュブル型換気装置を設置すること。</u></p> <p>(34) 湿潤な状態に保つための設備<u>をの設置すること。</u></p> <p>(1) <u>局所排気設備を設置すること。</u></p> <p>(2) <u>プッシュブル型換気装置を設置すること。</u></p> <p><u>局所排気設備の設置</u></p> <p>(1) 局所排気装置<u>をの設置すること。</u></p> <p>(2) <u>プッシュブル型換気装置を設置すること。</u></p> <p>(23) 湿潤な状態に保つための設備<u>をの設置すること。</u></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、<u>半製品を炉詰めし、又は半製品若しくは製品を</u></p>	<p>11 屋内の、原料を混合する箇所</p>	<p>(1) 密閉する設備<u>をの設置すること。</u></p> <p>(2) 局所排気装置<u>をの設置すること。</u></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するため、炉の内部に立ち入る作業</p>

<p>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>(3) <u>プッシュブル型換気装置を設置すること。</u></p> <p>(24) 湿潤な状態に保つための設備<u>を設置すること。</u></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<u>をの設置すること。</u></p> <p>(2) <u>プッシュブル型換気装置を設置すること。</u></p> <p>(23) 湿潤な状態に保つための設備<u>を設置すること。</u></p>	
<p>15 砂型を用いて鋳物を製造する工程において、<u>砂型を造形し、</u>砂型を<u>壊しこわし</u>、砂落としし、砂を再生し、砂を混練し、又は鑄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>14-1 屋内の、型ばらし装置を用いて砂型を<u>壊しこわし</u>、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、若しくは鑄ばり等を削り取る箇所</p>	<p>(1) 密閉する設備<u>をの設置すること。</u></p> <p>(2) 局所排気装置<u>をの設置すること。</u></p> <p>(3) <u>プッシュブル型換気装置を設置すること。</u></p>	<p>11 <u>砂型を造形し、</u>型ばらし装置を用いなくて、砂型を<u>壊しこわし</u>、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鑄ばりを削り取る作業</p>
	<p>14-2 屋内の、型ばらし装置を用いて<u>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</u></p>	<p>(1) 密閉する設備<u>を設置すること。</u></p> <p>(2) <u>局所排気装置を設置すること。</u></p>	
<p>16 鋳石専用埠頭に鋳物等（湿潤な</p>			<p>12 鋳石専用埠頭に接岸している鋳石</p>

<u>ものを除く。）を</u> <u>運搬する船舶の船</u> <u>倉内で鉱物等（湿</u> <u>潤なものを除</u> <u>く。）をかき落と</u> <u>し、又はかき集め</u> <u>る作業</u>			専用船の船倉内で 鉱物等（ <u>湿潤な</u> <u>ものを除く。）を</u> <u>運搬する船舶の船</u> <u>倉内で鉱物等（湿</u> <u>潤なものを除</u> <u>く。）をかき落と</u> <u>し、又はかき集め</u> <u>る作業</u>
<u>17 金属その他無機</u> <u>物を製錬し、又は</u> <u>溶融する工程にお</u> <u>いて、土石又は鉱</u> <u>物を開放炉に投げ</u> <u>入れ、焼結し、湯</u> <u>出しし、又は鑄込</u> <u>みする場所におけ</u> <u>る作業。ただし、</u> <u>転炉から湯出し</u> <u>し、又は金型に鑄</u> <u>込みする場所にお</u> <u>ける作業を除く。</u>			<u>土石又は鉱物を開放</u> <u>炉に投げ入れる作業</u>
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 <u>溶融溶接</u> する工程 において、炉、煙 道、煙突等に付着 し、若しくは <u>堆積た</u> <u>い積</u> 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 <u>堆積た</u> <u>い積</u> 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			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、若しくは破砕する作業			し、若しくは修理し、又は耐火物を用いた窯、炉等を解体し、若しくは破砕する作業
20 屋内、 <del>屋外、</del> 坑 内又はタンク、船舶、管、車両等の内部において、 <u>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。</u> <del>ただ、屋内において、自動溶断し、又は自動溶接する作業を除く。</del>			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 <u>。</u>
<u>20 の 2 金属をアーク溶接する作業</u>			<u>14 金属をアーク溶接する作業</u>
21 金属を容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 <u>をの設置すること。</u> (2) 局所排気装置 <u>をの設置すること。</u> (3) <u>プッシュプル型換気装置を設置すること。</u>	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、又は製機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、 <u>又は</u> 庫出しする作業
23 長大ずい道の内部のホッパー車か			17 長大ずい道の内部において、ホッ

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 <u>突き つき</u> 固める場所におけ る作業			バー車からバラス 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 <u>突きつき</u> 固め る作 業
<u>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</u>	<u>※石綿障害防止規則 による</u>		

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ままでもないが、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. じん肺の進行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。

## ニ. 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、その概要は次図に示すとおりである。

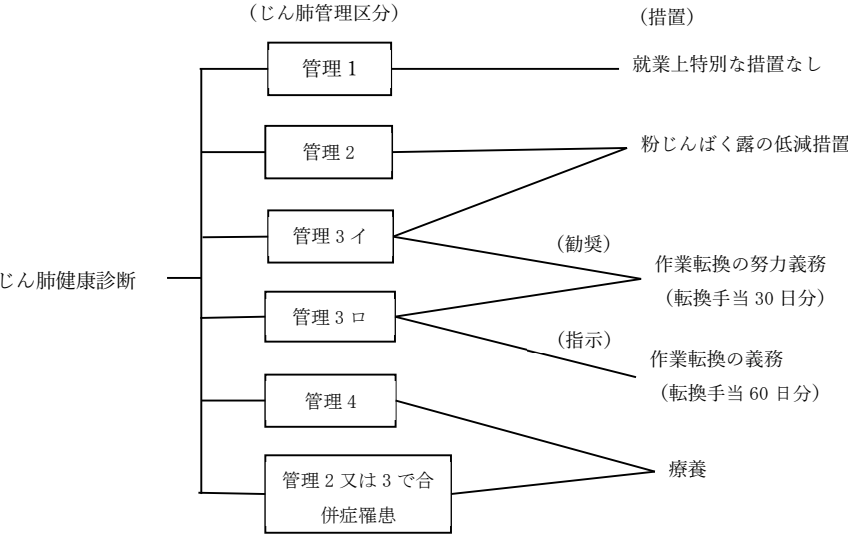
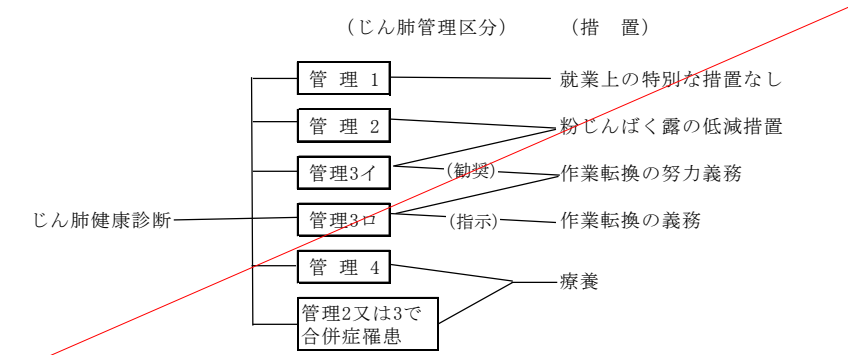


図 じん肺管理区分に基づく就業上の措置

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、じん肺の進行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<sup>1</sup>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。高いマスク効率のよい防護性能を有する電動ファン付き呼吸用保護具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）

じん肺のより以上の進展を的確に防止するためには、じん肺所見のある労働者を粉じん作業から離すことが最も望ましいことである。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行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。じん肺法では、じん肺の程度に応じて次の 3 段階とされている。

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、事業者都道府県労働基準局長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させるように勧奨することができるとされている。

##### b. 努力義務による作業転換の努力義務促進—作業の転換

事業業者者は、前記 a④a. 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努めなければならないとされている。

##### c. 作業転換の指示

都道府県労働局長は、常時粉じん作業に従事しているじん肺管理区分が管理 3 ロの労働者についてが現に常時粉じん作業に従事している場合において、その労働者の健康保持のため必要と認められる場合には、都道府県労働基準局長は地方じん肺診査医の意見により、基づいて当該労働者の健康を保持するため必要と認めるときは、事業者に対してその労働者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よう指示することができるとされている。

## 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。

これらのことを図にして整理したのが、下記の図 2 である。

図 2：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)

### 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行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.