

労災疾病臨床研究事業費補助金

「じん肺健康診断とじん肺管理区分決定の適切な実施に関する研究」

令和4年～令和6年度 総合研究報告書

研究代表者 芦澤 和人

令和7（2025）年 3月

労災疾病臨床研究事業費補助金
「じん肺健康診断とじん肺管理区分決定の適切な実施に関する研究」
総合研究報告書

じん肺健康診断とじん肺管理区分決定の適切な実施に関する研究
研究者一覧

研究代表者

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

研究分担者

医療法人岡山水清会 岡山水清会病院	院長	岸本 卓巳
川崎医科大学 総合放射線医学	教授	加藤 勝也
東北大学 環境・安全推進センター	教授	黒澤 一
浅間南麓こもろ医療センター 放射線科	部長	丸山雄一郎
奈良県総合医療センター 放射線診断科	副部長	西本 優子

研究協力者

北海道中央労災病院 じん肺内科	院長	大塚 義紀
東北労災病院 呼吸器内科	部長/ 副院長	三浦 元彦
東北大学 環境・安全推進センター	教授	小川 浩正
仙台市立病院 呼吸器内科	部長	小荒井 晃
北海道中央労災病院 病理診断科	部長	岡本 賢三
長崎大学大学院 医歯薬学総合研究科 臨床腫瘍学	客員研究員	鎌田 理嗣
長崎大学病院 放射線科	助教	筒井 伸
北海道中央労災病院	名誉院長	木村 清延
北海道中央労災病院/ 北海道大学	名誉院長/ 名誉教授	宮本 顕二
旭労災病院 呼吸器内科	院長	宇佐美郁治
旭労災病院 呼吸器内科	部長	横山多佳子
東北労災病院 中央検査部	部長	植木 進一
旭労災病院 中央検査部	部長	岩月 恵子
北海道中央労災病院 中央検査部	部長	谷 清彦

目 次

I. 総合研究報告

じん肺健康診断とじん肺管理区分決定の適切な実施に関する研究	1
芦澤 和人（長崎大学大学院 医歯薬学総合研究科 臨床腫瘍学 教授）	

II. 分担研究報告

（1）じん肺診査ハンドブック（案）	7
（2）膿性痰の客観的指標好中球エラスターゼの研究	111
大塚 義紀（北海道中央労災病院 じん肺内科 院長）	
（3）じん肺審査における遠隔画像診断のネットワーク体制構想	115
丸山 雄一郎（浅間南麓こもろ医療センター 放射線科 部長）	

III. 研究成果の刊行に関する一覧表	127
---------------------------	-----

I．総合研究報告

労災疾病臨床研究事業費補助金
「じん肺健康診断とじん肺管理区分決定の適切な実施に関する研究」
令和4年～令和6年度総合研究報告書

じん肺健康診断とじん肺管理区分決定の適切な実施に関する研究

研究代表者	芦澤 和人	(長崎大学大学院 医歯薬学総合研究科 臨床腫瘍学 教授)
研究分担者	岸本 卓巳	(医療法人岡山水清会 岡山水清会病院 院長)
	加藤 勝也	(川崎医科大学 総合放射線医学 教授)
	黒澤 一	(東北大学 環境・安全推進センター 教授)
	丸山雄一郎	(浅間南麓こもろ医療センター 放射線科 部長)
研究協力者	西本 優子	(奈良県総合医療センター 放射線診断科 副部長)
	大塚 義紀	(北海道中央労災病院 じん肺内科 院長)
	三浦 元彦	(東北労災病院 呼吸器内科 部長/副院長)
	小川 浩正	(東北大学 環境・安全推進センター 教授)
	小荒井 晃	(仙台市立病院 呼吸器内科 部長)
	岡本 賢三	(北海道中央労災病院 病理診断科 部長)
	鎌田 理嗣	(長崎大学大学院 医歯薬学総合研究科 臨床腫瘍学 客員研究員)
	筒井 伸	(長崎大学病院 放射線科 助教)
	木村 清延	(北海道中央労災病院 名誉院長)
	宮本 顕二	(北海道中央労災病院/北海道大学 名誉院長/名誉教授)
	宇佐美郁治	(旭労災病院 呼吸器内科 院長)
	横山多佳子	(旭労災病院 呼吸器内科 部長)
	植木 進一	(東北労災病院 中央検査部 部長)
	岩月 恵子	(旭労災病院 中央検査部 部長)
	谷 清彦	(北海道中央労災病院 中央検査部 部長)

研究要旨

「じん肺診査ハンドブック」は発刊より40年以上経過し、内容の変更も数多い。これを現状に沿う内容にするため、改訂すべき点を検討し、新しい「じん肺診査ハンドブック（案）」を提示した。更に、それに対するアンケート調査を実施し反映させ、最終的な「じん肺診査ハンドブック（案）」とした。

その中で、呼吸機能検査の判定の基準となる肺活量（VC）および一秒量（FEV1）について、現行のものと2013年のLMS法による予測式について比較検討を行い、LMS法を採用した場合、FEV1の点で認定の範囲が狭まる場合があること、VCの点で認定の範囲が広がることを明らかにした。続発性気管支炎の診断に必要な膿性痰の判定について、好中球エラスターゼ測定が客観的な指標となりうるかを検討した。cut-off値を1, 195ng/mlとすることで感度75.5%、特異度57.4%が得られた。

都道府県労働局所有のじん肺読影用PC端末は現地での読影専用とし、通信用途に別途PCを用意するという、簡便で安価な仕組みの「遠隔じん肺審査ネットワークシステム」を考案した。そのシステムに用いるモニ

ターとして、普及型 4 K医療用DICOMモニターや民生用 4 K簡易DICOMモニターを検証し、いずれもじん肺読影の専門家が使用する支援用画像として利用可能と判断された。また、地方診査医の判定の平準化を目指し、遠隔ネットワークを活用した研修方法を考案した。パイロットスタディを実施したところ、遠隔会場でも現地会場と同等の研修が可能であり、本方式による遠隔研修の実施可能性は高いと考えられた。更に「遠隔中央じん肺診査医会」についても構想した。遠隔画像診断を目的としてネットワークをつなぐことで、将来、中央じん肺診査医および地方じん肺診査医の業務改善に資する仕組みが構築されることを期待する。

A. 研究目的

じん肺診査ハンドブックは1978年の刊行から40年以上の期間が経っていることから、医療の進展、医学的知見の集積、研究成果物の集積などを踏まえ、現状にあったじん肺診査ハンドブック案を作成することとした。また、作成されたハンドブック案については、アンケート調査によるフィードバックを経て、最終版とすることとした。

その中で、呼吸機能検査の判定基準について、見直しおよび確認作業を行うこととした。2001年と2013年のLMS法の新基準の肺活量（VC）と一秒量（FEV1）についての比較を行い、予想される影響について検討することとした。

また、続発性気管支炎の診断に必要な膿性痰の判定について、好中球エラスターゼ測定が客観的な指標となりうるかを検討した。

令和元年～令和3年度労災疾病臨床研究「モニターを用いたじん肺画像診断に関する研究」（研究代表者 芦澤和人）において情報通信機器を活用しクラウドサーバーで一元管理を行う「遠隔じん肺審査ネットワークシステム」を構想してきたが^[1]、今回、それを基により簡便で安価なシステムの構築を検討した。

B. 研究方法

1978年版じん肺診査ハンドブックの現状にはそぐわない点を抽出し、改訂案を作成した。また、この改定案に対し、令和6年3月に労

災病院、地方労働局へアンケートを送付し回収した。

呼吸機能の予測式について、2001年および2013年の日本呼吸器学会（JRS）の提案の基本となる論文等について、文献的に検討し比較した。

好中球エラスターゼについて、令和5年度に3施設で喀痰試料を採取・測定し、cut-off値を検討した。施設間のcut-off値のばらつきを認めたため、原因を検証し、令和6年度に試料を追加してcut-off値の設定を見直し、過去の試料について感度・特異度の再評価を行った。

情報通信機器を用いて、より簡便に遠隔でじん肺審査等を行うネットワークの構築のための枠組みを考案した。また、それに必要となる普及型の4 K医療用DICOMモニターや民生用4 K簡易DICOMモニター及び、商業ベースで一般的に利用されている汎用のネットワークやWEB会議システムが遠隔での観察に使用することができるかどうかを、画像配信側および受信側について検証した。情報通信機器を活用したオンライン研修のパイロットスタディを行い、その有効性を検証した。

（倫理面への配慮）

アンケート調査の内容に侵襲性はなく、内容は、個人情報を取り扱うものではない。

喀痰中好中球エラスターゼの検討においては、患者本人に対して説明書を用いて説明し、

承諾書を書面にて得た。本研究は、「研究倫理指針(令和3年4月16日)」を遵守して行う。

C. 研究結果

ハンドブックの全体的な構成を見直した。また、「じん肺における画像上の異常陰影と病理所見を対比した画像」「じん肺エックス線写真像のシェーマ」「既存のCT画像があればそれを活用できること」「単純エックス線写真とCTの比較」「粒状影において鑑別が必要となる主な疾患の単純エックス線画像とCT画像」「臨床検査の項目を現代の医療にあわせたアップデート」などを盛り込んだ。最終的な構成は以下の通りである(分担研究報告(1))。

I. じん肺の病像

1. じん肺の定義
2. じん肺の種類
3. じん肺のエックス線写真像、CT像と病理所見との関連について

4. じん肺の合併症・続発症

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
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
4. 胸部臨床検査
5. 肺機能検査
6. 合併症に関する検査
7. その他の検査

III. 健康管理のための措置

1. 「じん肺管理区分」決定の流れ
2. 健康管理のための措置
3. 離職後のじん肺有所見者の健康監視

アンケートについて、令和6年6月20日時点で、29労災病院中10労災病院から(回収率34.5%)、72労働局中59労働局から回答があった(回収率81.4%)。ハンドブックの各項目

についての評価は、全ての項目で「よく理解できる」と「理解できる」を合わせて88%以上であった。新たに追加された項目の審査への有用度については、全ての項目で、「非常に有用」と「かなり有用」を合わせると88%以上であった。

呼吸機能検査について、平均身長でVC予測値を比較すると、男女とも若年でLMS法が低く、高齢になると2001年の予測式が低くなっていた。平均身長でFEV1予測値を比較すると、男性ではLMS法の方が2001年の予測式よりも全年齢で低い値を示していた。女性では、2001年とLMS法はほぼ一致していた。

令和6年度に北海道中央労災病院にて採出した喀痰中エラスターゼ値のcut-off値は1,195ng/mlであった。感度は80%、特異度は62.2%であった。また同値を用いて、今まで提出された喀痰542検体について検証すると、全体でP痰の感度75.5%、特異度58.5%であった。

簡便な遠隔じん肺審査ネットワークシステムとして、都道府県労働局所有のじん肺読影用PC端末を読影と通信の両方に使用するシステム(第①案)、都道府県労働局所有のじん肺読影用PC端末は読影専用とし、通信用途に使用するPCを別途用意するシステム(第②案)を提案した。第①案のメリットは、既存のPCとモニターを利用でき安価に構築できること、デメリットは各局所有のじん肺読影用PC端末をVPN接続しWEB会議システムを導入する必要があることである。第②案のメリットは、各局所有のじん肺読影用PC端末をインターネット接続しWEB会議システムを導入する必要があること、デメリットは4K表示可能なPC端末を別途用意する必要があることである。WEB会議システムを介した画質については、配信側、受信側ともに4K医療用DICOMモニターであれば有意

差はなく「同等」であった。いずれかが4K簡易DICOMモニターの場合、評価に有意差はあったが視覚的には「ほぼ同等」であった。

年1回開催されている「じん肺診断技術研修」について、ウェビナーで講義とオンライン読影実習を行うじん肺診断技術研修（研修①案）と、ウェビナー講義とオフライン読影実習を併用するじん肺診断技術研修（研修②案）を提案した。研修①案のメリットは既存の読影端末を利用することができれば、ネットワーク環境を整備するだけで可能なことであり、課題はネットワーク接続の同意が得られるかである。また、ZOOMウェビナーの場合、2画面を同時に配信することはできないので、講義スライドと読影実習用画像の同時配信はできない。研修②案のメリットは、労働局所有のじん肺読影用PCをスタンドアロンで使用するため、研修会利用目的での借用許可が得られれば実現可能なことである。講義はウェビナーシステムで聴講するので、受信側は通信用PCを用意する必要があるが、個人情報とは含まれないと考えられ、VPN接続である必要はない。デメリットは読影実習用の画像データを事前配布する必要があり、事務作業が煩雑な点である。

中央じん肺診査医会における診査が必要な事案について、画像サーバーを用いた遠隔ネットワークシステムが構築されるまでの暫定的な運用として、オフライン画像参照とWeb会議を併用することを提案した。

D. 考察

全体として、現代の医療状況に即した改定に対し、肯定的な評価が得られた。CT画像については、CT所見についての記載が評価される一方で、診査への組み込みを求める意見が複数あった。

呼吸機能検査の判断基準となる、VCおよ

びFEV1の予測式について、JRSの新基準を採用した場合の影響について比較を行った。LMS法導入の利点は、より正確に実際を反映することになることである。LMS法導入の課題として、計算が煩雑であり、まだ十分に普及していないことがあげられる。なお、身障者診断書・意見書（呼吸機能障害）の判定基準は2001年版の正常値式が現在も用いられている。また、LMS法の利点としてあげた正確さが、従来法よりも厳しい基準になってしまう場合があると判明した。これまで認定されていた一部の病態が、認定外として判断される可能性が生じる。これをカバーするには、法律変更などの手続きが必要となる。

北海道中央労災病院の前年度と今年度のcut-off値の違いには、今年度の方が喀痰の溶解にかかる時間や経時的な変化の影響を割合均一にすることができ、測定結果がより安定したことによると考えられた。前処理工程の時間を明確に設定し、溶解時間を統一するなど同一条件で測定することが精度の向上に寄与すると考えられる。

簡便な遠隔じん肺審査ネットワークシステムとして第①案と第②案を提案した。より実現性の高い方式は第②案と考えられたが、じん肺審査業務に利用するに当たっては、画質劣化が全く生じない遠隔画像通信方法を使用することが必要であり、課題は残った。

全地方局にじん肺診断用ビューアシステム端末が配備されたことで、現行の「じん肺診断技術研修」の内容を担保する研修会を、遠隔開催できないか検討した。パイロットスタディの結果は良好であり、同システムを利用した遠隔研修は、地方じん肺診査医にとって交通・宿泊等の心配も軽減され、より参加しやすい研修となるものと考えられた。

各労働局におけるじん肺管理区分の決定後に中央じん肺診査医会における審査が必要な

事案が発生するが、画像サーバーを用いた遠隔ネットワークシステムが実現すれば、中央じん肺診査医会を遠隔会議として開催することが可能となると思われた。但し、画像サーバー内の画像をオンラインで表示させる場合は、通信時のデータ損失および画質劣化がないかを検証する必要がある。筆者らの読影実験で、視覚的評価に有意な差はなく、「同等」であったが、物理的な画像データの同等性も担保される必要がある。「遠隔中央じん肺診査医会」を実現するには、解決すべき課題は多いと考えられた。

E. 結論

現状に即した「じん肺診査ハンドブック」の改訂案を作成した。アンケートの結果、改定案には概ね肯定的な評価が得られた。

呼吸機能検査にLMS法を導入した場合、著しい肺機能障害の認定範囲が若干広がるが、FEV₁に関しては若干狭まることがわかった。LMS法はまだ十分に普及していないこと、FEV₁/FVCに代えて正常下限値を使用するかどうか、が課題として残った。

喀痰中の好中球エラスターゼ検査についてcut-off値1,195ng/mlを算出し、感度75.5%、特異度58.5%を得た。このcut-off値は、目視のP痰の傍証として妥当な値と考えられるが、検査法として採用するには更なる検討が必要と考えられた。

配信側、受信側ともに4K医療用DICOMモニターを用い、商業ベースで一般的に利用されている汎用のネットワークやWEB会議

システムを利用する、簡便で安価な仕組みの「遠隔じん肺審査ネットワークシステム」を考案した。このシステムを用い、①専門医が地方診査医を遠隔でサポートする仕組み、②地方診査医の判定の平準化を目指した遠隔ネットワークを活用した研修方法、③「遠隔中央じん肺診査医会」構想、を提案した。②についてはパイロットスタディを実施し、現地研修と同等の研修が可能であった。遠隔画像診断を目的としたネットワークシステムが構築されることで、将来、中央じん肺診査医および地方じん肺診査医の業務改善に資する仕組みが実現されることを期待する。

F. 参考文献

[1]丸山雄一郎、加藤勝也、児島克英、筒井伸、芦澤和人. じん肺審査における遠隔画像診断のネットワーク体制構想 2. 労災疾病臨床研究事業費補助金「モニターを用いたじん肺画像診断に関する研究」令和元年～令和3年度総合研究報告書（研究代表者 芦澤和人）p. 45-53 2022. 3

G. 健康危険情報

なし

H. 研究発表

巻末の業績表参照

I. 知的財産権の出願・登録状況

なし

Ⅱ. 分担研究報告

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（案）

じん肺診査ハンドブック（案） 目次

I じん肺の病像

1. じん肺の定義	9
2. じん肺の種類	10
【付】 じん肺と肺気腫	12
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	12
（1）けい肺	12
（2）石綿肺	16
（3）炭坑夫じん肺	20
（4）溶接工肺	22
（5）その他のじん肺	25
4. じん肺の合併症・続発症	29
（1）続発性気管支炎	29
（2）続発性気管支拡張症	30
（3）続発性気胸	30
（4）原発性肺がん	30

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	32
（1）じん肺健康診断時の項目	32
（2）じん肺健康診断の種類、対象労働者及び実施時期	33
2. 粉じん作業についての職歴の調査	35
3. エックス線撮影検査及びエックス線写真の読影	38
（1）エックス線撮影法	38
（2）じん肺陰影の特徴	40
（3）じん肺エックス線写真像の分類	43
（4）じん肺標準エックス線写真の概略と使用法	47
（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	49
（6）じん肺の鑑別診断におけるCT検査の有用性	49
【付】 じん肺審査におけるCT検査の位置づけ	55
4. 胸部臨床検査	56
（1）じん肺の経過の調査	56
（2）既往歴の調査	56
（3）自覚症状の調査	57
（4）他覚所見の検査	59
【付】 問診票	60
5. 肺機能検査	63
（1）肺機能検査の体系	63

（２）１次検査の内容と方法	63
（３）２次検査の内容と方法	74
【付１】LMS法を用いたスパイログラムの基準値	76
【付２】じん肺における呼吸機能評価に関する改訂の変遷	76
（４）じん肺の呼吸機能の特徴	77
6. 合併症に関する検査	81
（１）肺結核	81
（２）結核性胸膜炎	83
（３）続発性気管支炎	83
（４）続発性気管支拡張症	84
（５）続発性気胸	85
（６）原発性肺がん	85
7. その他の検査	86
（１）心電図検査	86
（２）心エコー	86
【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	87

Ⅲ 健康管理のための措置

1. 「じん肺管理区分」決定の流れ	91
（１）じん肺管理区分とは	91
（２）じん肺管理区分の決定申請について	92
（３）じん肺管理区分決定までの流れ	92
2. 健康管理のための措置	97
（１）一般的措置	97
（２）じん肺管理区分に基づく措置	104
3. 離職後のじん肺有所見者の健康監視	107
【付】参考図書・文献・通達	108

I じん肺の病像

1. じん肺の定義

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」¹⁾ 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」²⁾ 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はなく、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よばないことを明らかにした点ですぐれているとされる。

じん肺の病像、起因粉じん等についての研究の進展をふまえて、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」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」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、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、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 (High resolution computed tomography) による気管支～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。

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展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となった。

2. じん肺の種類

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。表の前半は粉じんの種類によるものを、後半は作業別によるじん肺を挙げた。ここ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急進じん肺（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り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り、粉じんばく露からおよそ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線維化塊状巣（PMF：Progressive massive fibrosis）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できるじん肺で、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おこるじん肺であり、職業的に大量吸入で発症する。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起こるけい肺、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起こる肺疾患群である炭坑夫肺、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）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。

表1 じん肺の種類、起因物質、発生職場

じん肺の種類	起因物質	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）	滑石粉碎作業、ゴム工場等
蠟石肺	蠟石	ガラス溶融用坩堝製造
珪藻土肺	珪藻土	珪藻土採掘、粉碎作業等
陶土肺	カオリナイト（クレー）	乾燥カオリンの粉碎、袋詰め作業等（陶磁器用、製紙コーティング）
アルミニウム肺	アルミニウム	アルミニウム粉末製造業（塗料原料）等
アルミナ肺	アルミナ（酸化アルミニウム）	アルミニウム再生工場（溶滓の粉碎、節別作業）等
ボーキサイト肺	酸化アルミニウム、けい酸	ボーキサイト精錬作業
黒鉛肺	黒鉛	黒鉛精錬工場、電極工場
炭素肺	カーボンブラック（無晶型炭素）	製墨工場、カーボンブラック工場
活性炭肺	活性炭	活性炭製造工場
炭肺	炭粉、石炭粉	木炭、石炭の粉碎作業（練炭製造業等）
超硬合金肺	タングステン、コバルト	金属切削、研磨、加工、金型作成
ベリリウム肺	ベリリウム	ベリリウム化合物、ベリリウム精錬、航空機製造工程、原子炉等
インジウム肺	インジウム錫酸化物	液晶パネル作業、はんだ材料製造など
炭坑夫じん肺	石炭粉じん、けい酸	炭坑の採炭、掘進、支柱作業等
窯業じん肺	陶土	窯業原料の粉碎、ふるい、成形
溶接工肺	酸化鉄、マンガン、けい酸等	電気溶接作業、ガス切断作業
い草染土じん肺	粘土	い草栽培、畳表、ござ、花むしろ織機作業
歯科技工じん肺	けい酸、コバルト、アルミニウム等	義歯研磨、切削作業

（城戸優光，粉じんとじん肺，「じん肺ハンドブック第Ⅱ版 P20」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、肺機能検査等の検査では把握しにくいと考えられる。

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、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が、影響していたものと思われる。また、大陰影を伴う場合は、その周囲に不規則性（irregular）あるいは傍癆痕性（paracicatricial）肺気腫を呈することが多い。

大陰影の存在が喫煙とは関係なく、ガス交換の低下に関係するため、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うるが、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。

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

じん肺の胸部エックス線写真像、CT像は、じん肺の肺内病変を反映したものであり、エックス線写真、CT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、CT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。

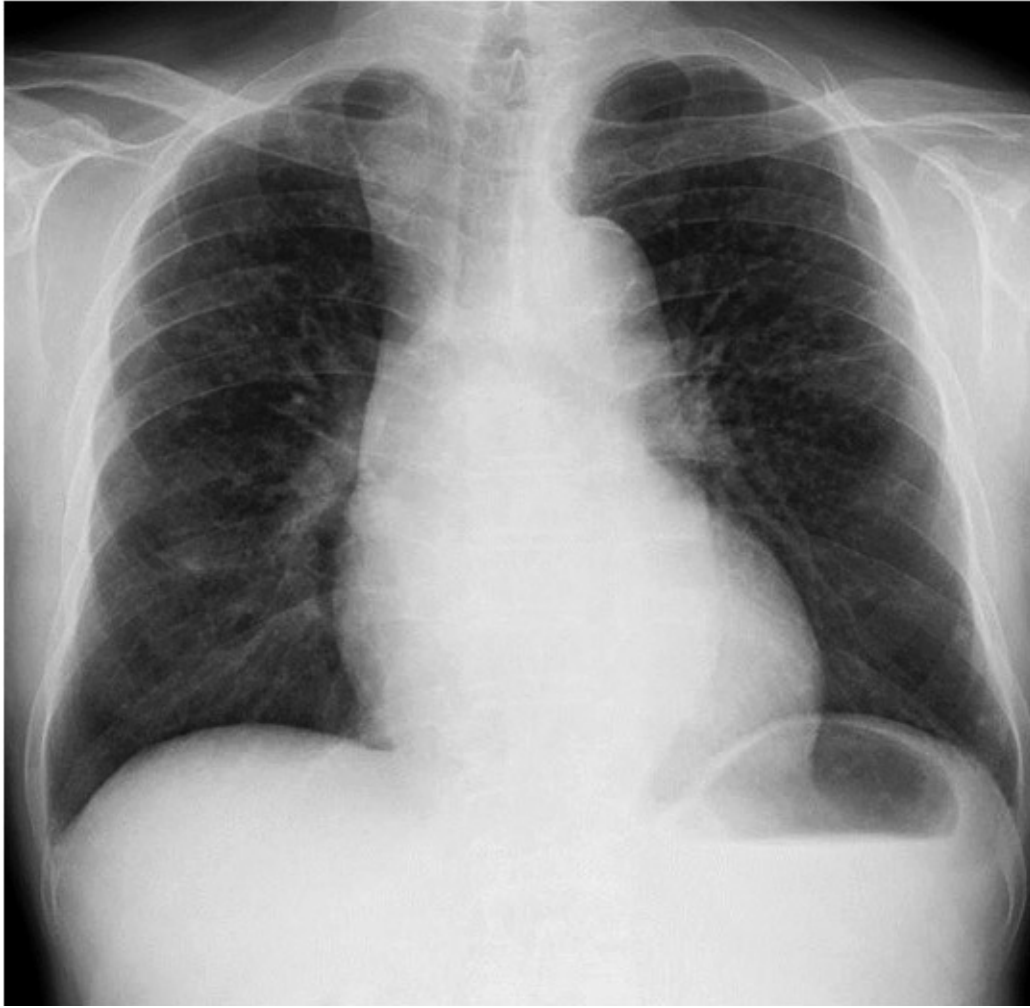
（1）けい肺

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所属リンパ腺の変化は最も強い。結節状線維化が起こればCT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。けい肺の初期にはCT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。これは、粉じん巢の大部分が小さく、線維化が進行していないためである。

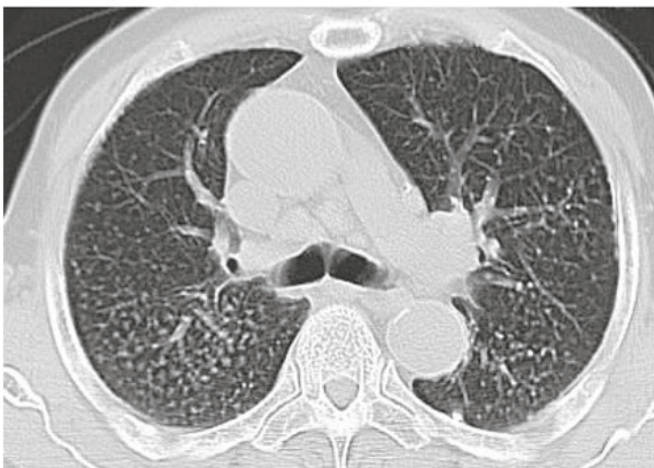
粒状影は、粉じん巢が大きく、線維化が強いほど明確なものとして認められる。

CT/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）。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、そこでも線維化巢を形成し、いわゆる“pseudo-plaque”という病変を形成することもある（図）。こ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、リンパ行性分布病変の形態をとる。

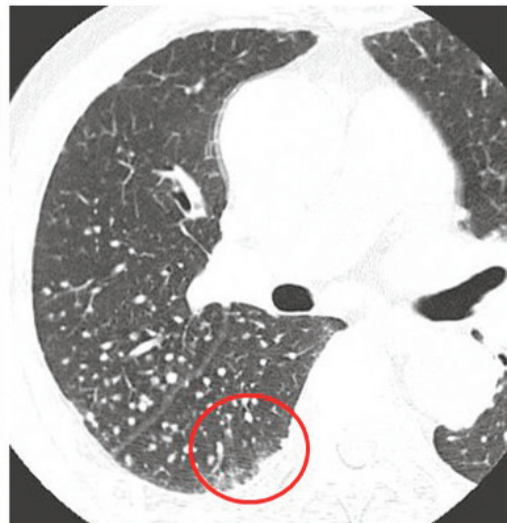


けい肺胸部エックス線写真
上肺野優位、左右対称に比較的境界明瞭な粒状影を多数認める。

a



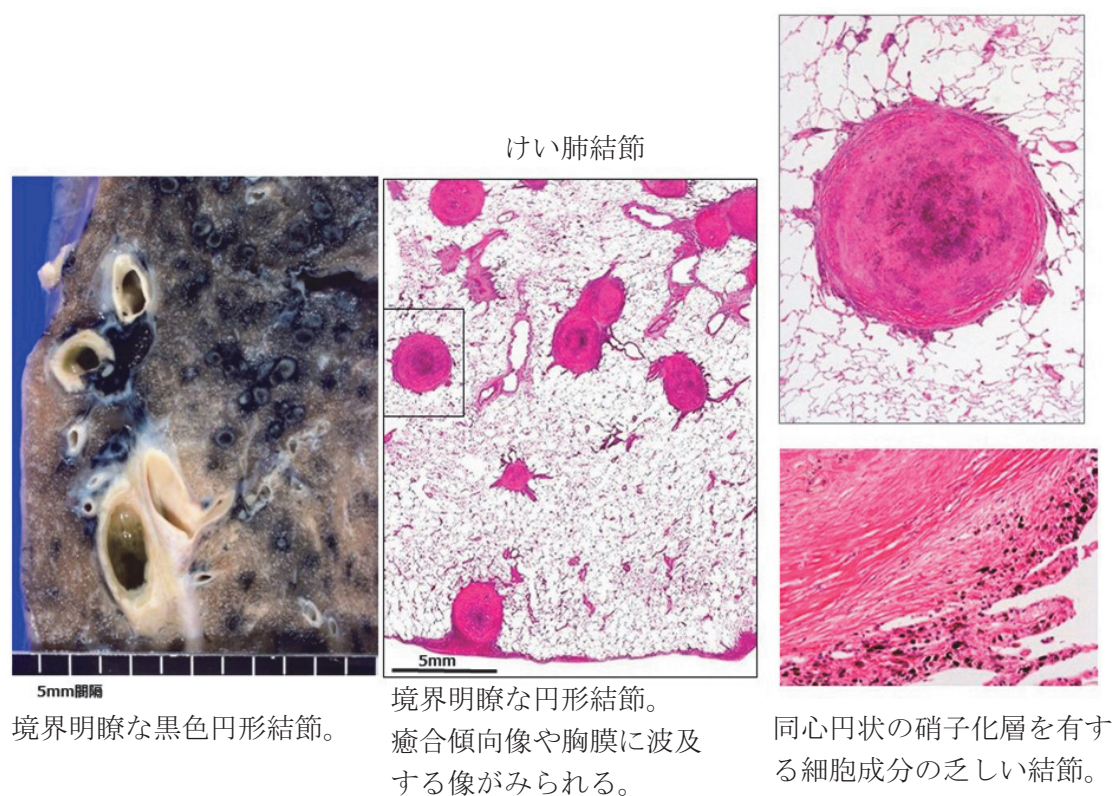
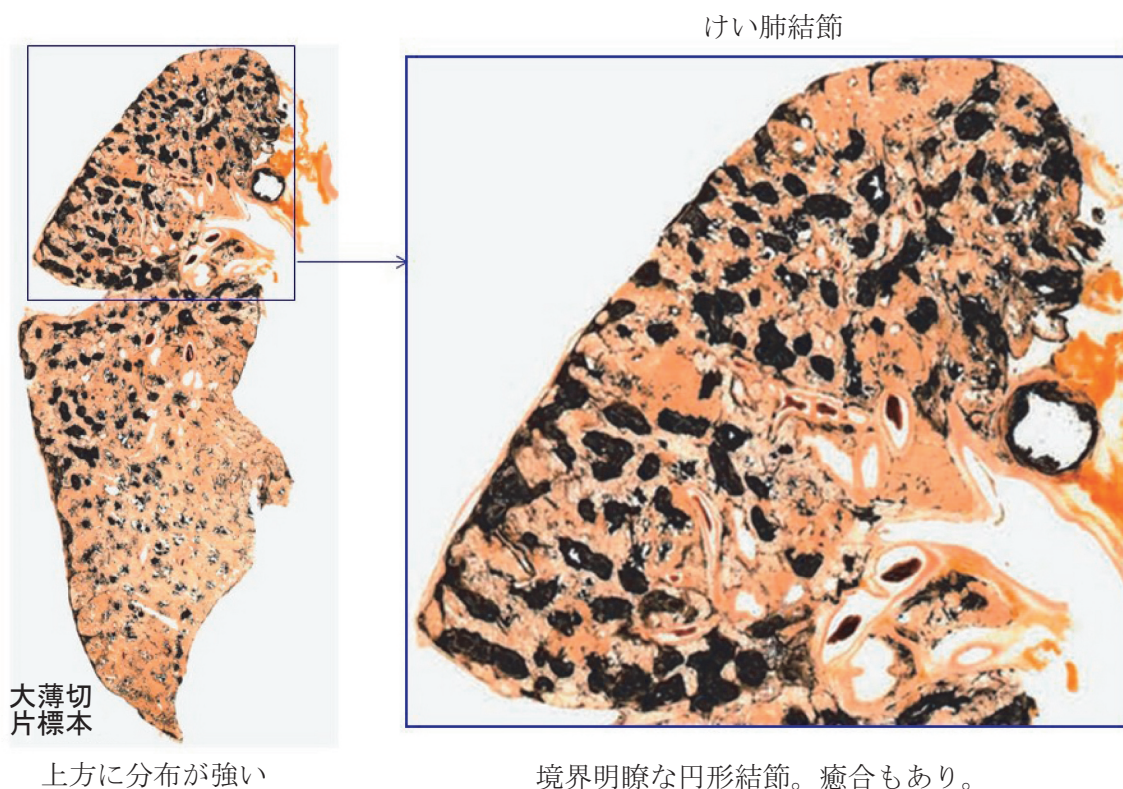
b



けい肺 CT/HRCT像

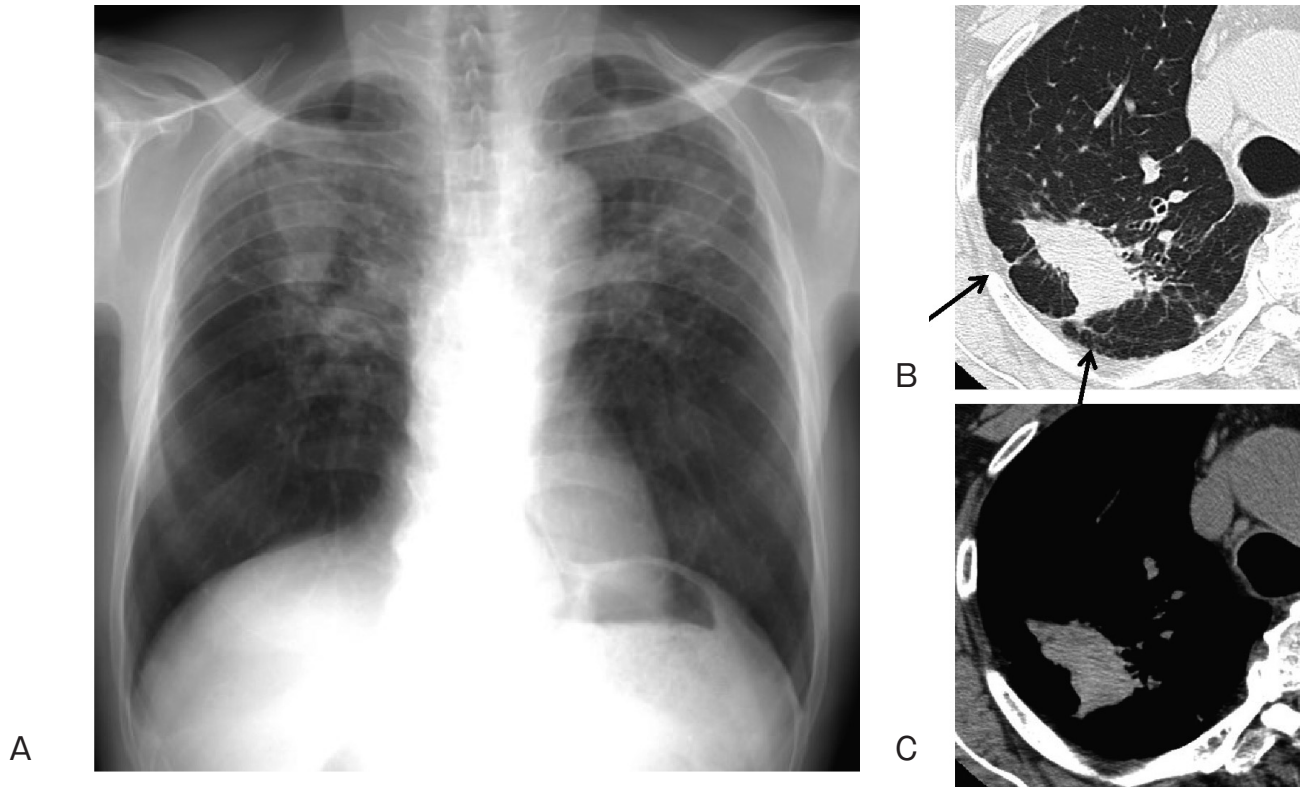
- a. 胸部単純CT肺野条件（7 mm厚）では上肺野背側優位に密に分布する粒状影を認める。
- b. HRCT（2 mm厚）では、粒状影が小葉中心構造と連続して胸膜と少し距離をおいて存在しており、小葉中心性分布の所見である。背側では胸膜と接する粒状影も認められ、いわゆる“pseudo-plaque”の所見である（円内）。

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。



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。

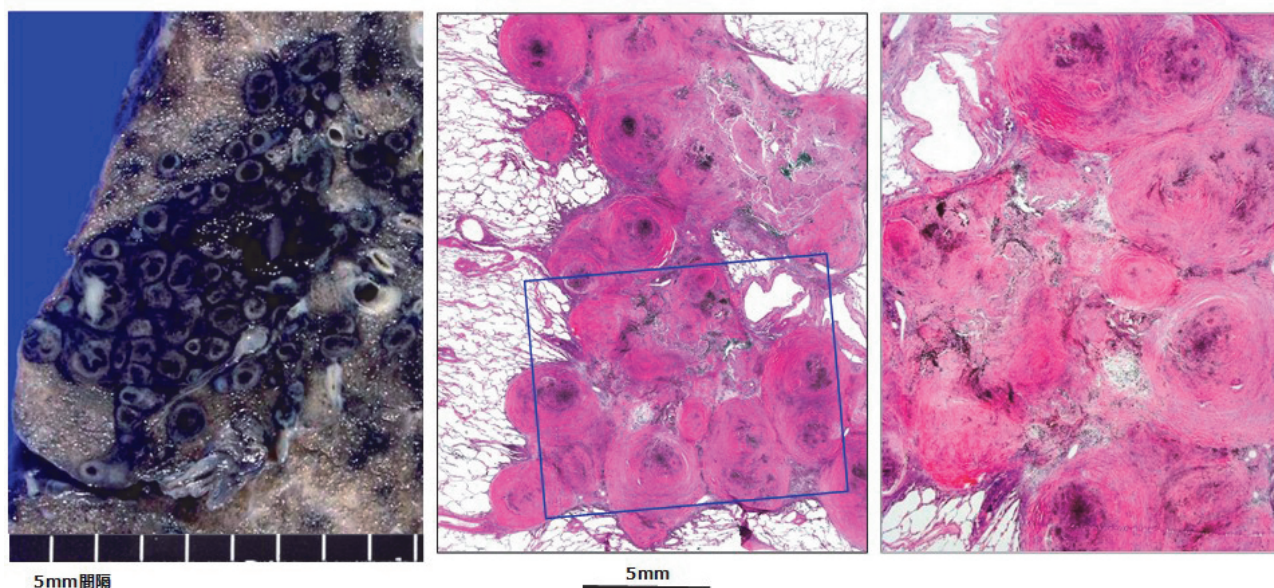


けい肺症 大陰影

- A 胸部エックス線写真 両側上肺に腫瘤影を認め、周囲には上肺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。

けい肺の大陰影を裏付ける進行性塊状線維化

Progressive massive fibrosis : PMF



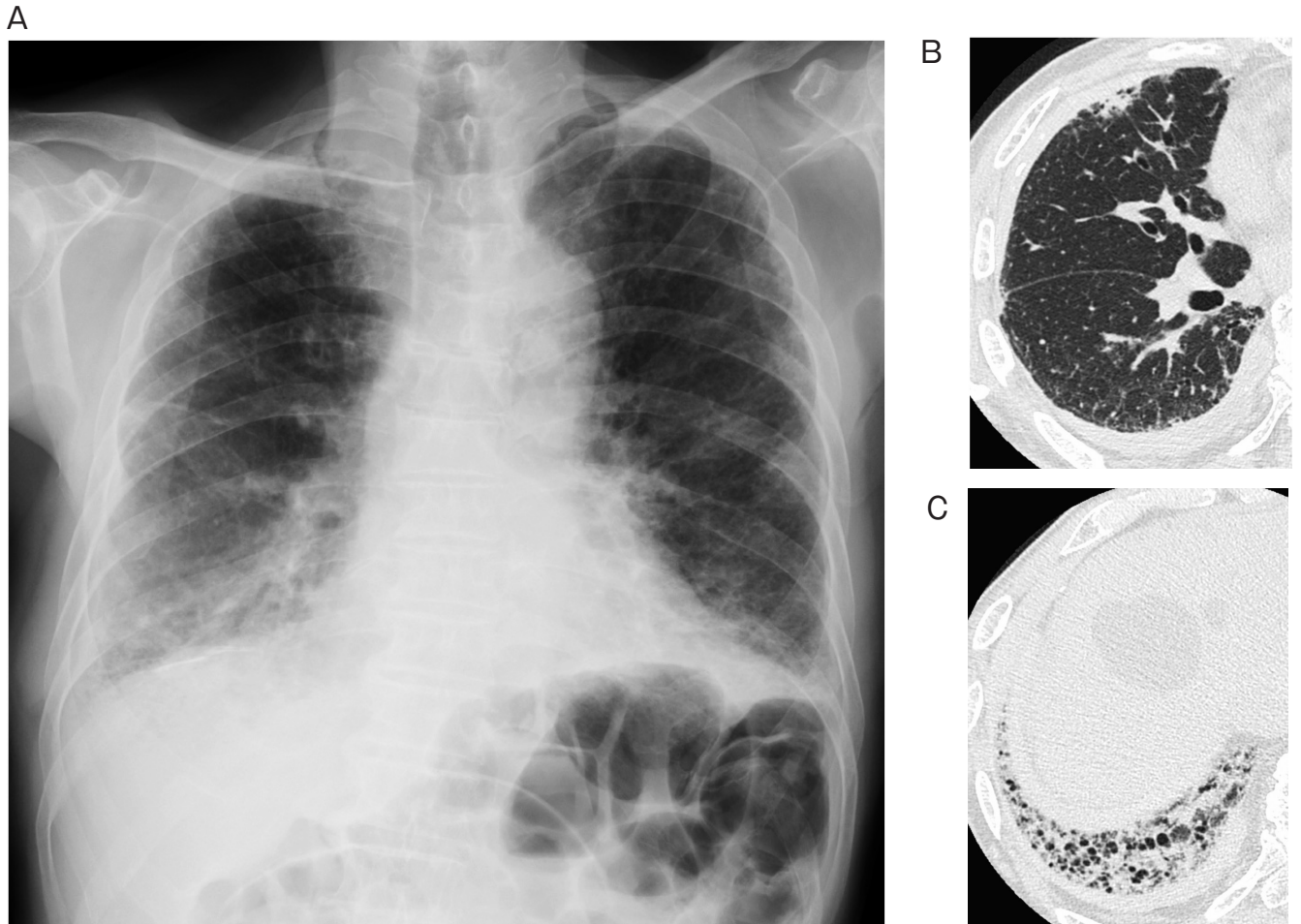
けい肺結節が癒合して 2cm 以上の塊状病巣を形成

(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。石綿における線状影を主体とする不整形陰影は、石綿粉じんによる細気管支～肺胞の線維性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的変化があることを意味しない。

石綿肺のCT/HRCT所見としては下肺優位、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/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、胸膜プラークの存在があっても subpleural curvilinear line や dots を HRCT 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。

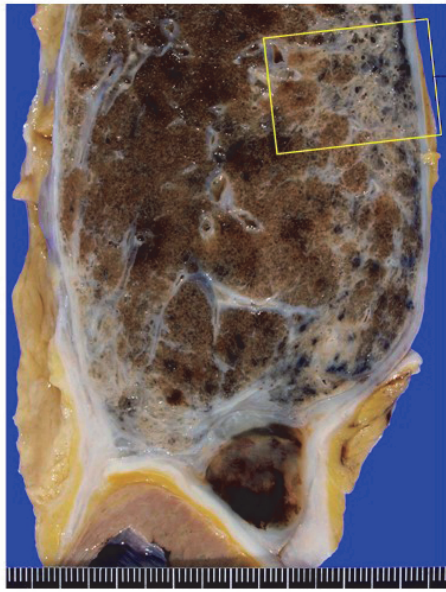


石綿肺 断熱作業18年

- A 胸部エックス線写真 下肺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プラークを認めている。
- B, C HRCTでは肺底部では牽引性気管支拡張と蜂巢肺とっていいかどうか程度の小嚢胞集簇像(+)、蜂巢肺のサイズは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。

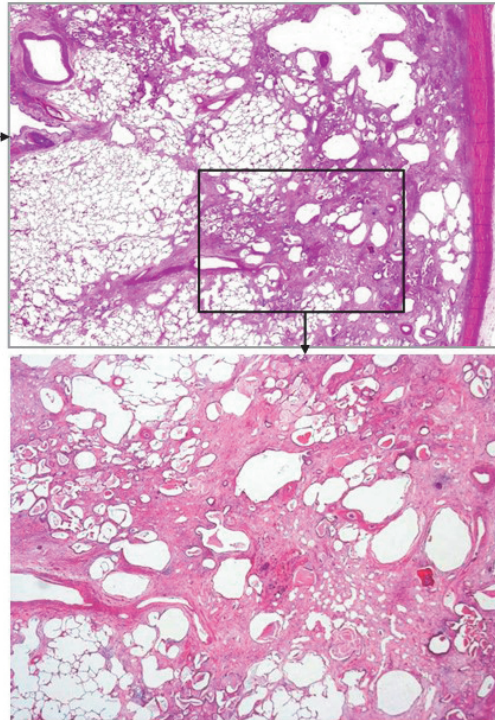
石綿はけい酸塩の繊維状鉱物で、石綿による線維化は大量のばく露により生じ、病理組織では、呼吸細気管支壁と周囲肺胞隔壁に及んだ線維性変化から始まり、その線維化が緩徐に広がり、隣接病巣との接合、および胸膜下無気肺硬化の線維化とを随伴して、胸膜下からの不規則不整な広い線維化像を形成する。胸膜下無気肺硬化を伴わない早期の場合に、画像でのsubpleural dot-like lesionsや subpleural curvilinear linesとして現れる。けい肺のような結節は形成しない。この一連の線維性変化は細胞成分が乏しく、進行は緩徐である。線維形成の高度進行過程で細気管支末梢部の拡張が起こり蜂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

石棉肺の線維化



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。

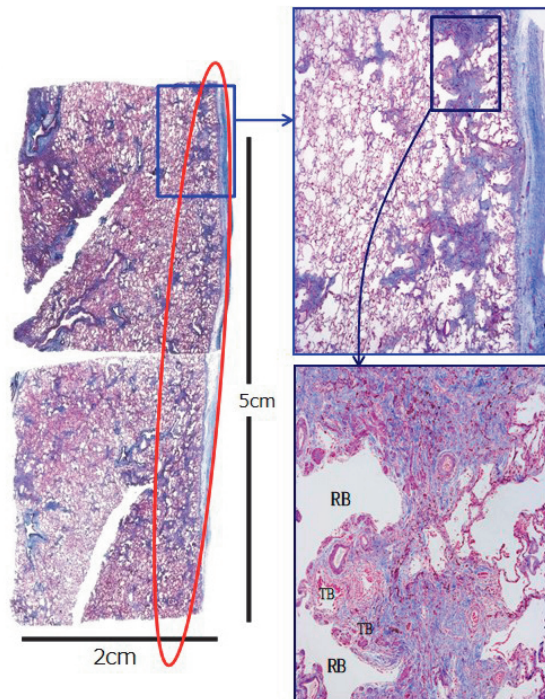
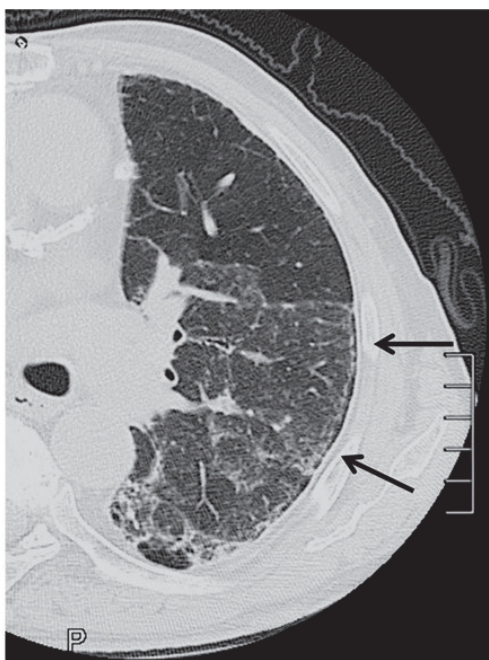
石棉小体数：194 万本 /g (dry)



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。

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、不整形陰影によると考えられる。

ハ. 胸膜プラーク

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。



胸膜プラーク

胸部エックス線写真 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。

胸部CT 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入れられているが、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/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



図１ 炭坑夫じん肺 粒状影

胸部エックス線写真

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。

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** を造る。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。

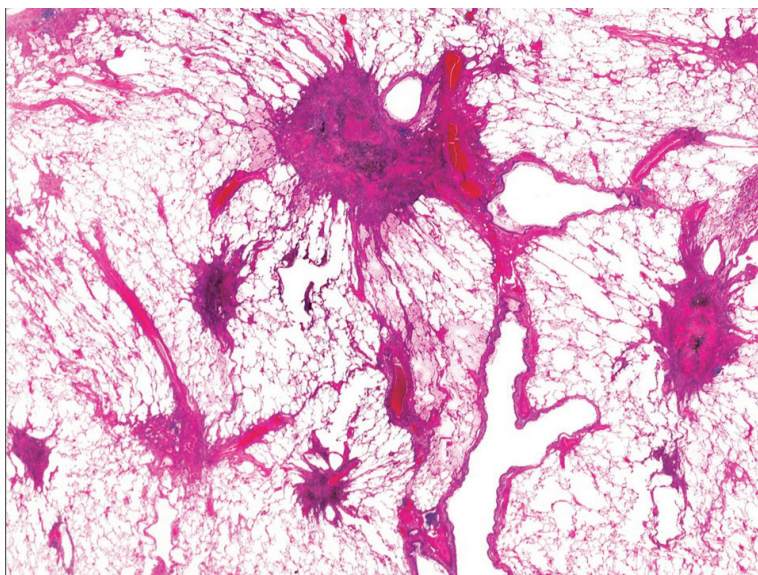


図2 炭坑夫じん肺 粒状影
胸部エックス線写真
上肺野優位、左右対称に多数の粒状影を認める。



薄層CT肺野条件（1.25mm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。



大小の星芒状結節。大きい線維化結節は、MDFとけい肺結節の中間的な結節像。

ロ．大陰影

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/HRCT所見は、軽症例では細気管支周囲に鉄貪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）。



溶接工肺 胸部エックス線写真

中下肺優位に密に分布するやや不整形の小粒状影を認める。

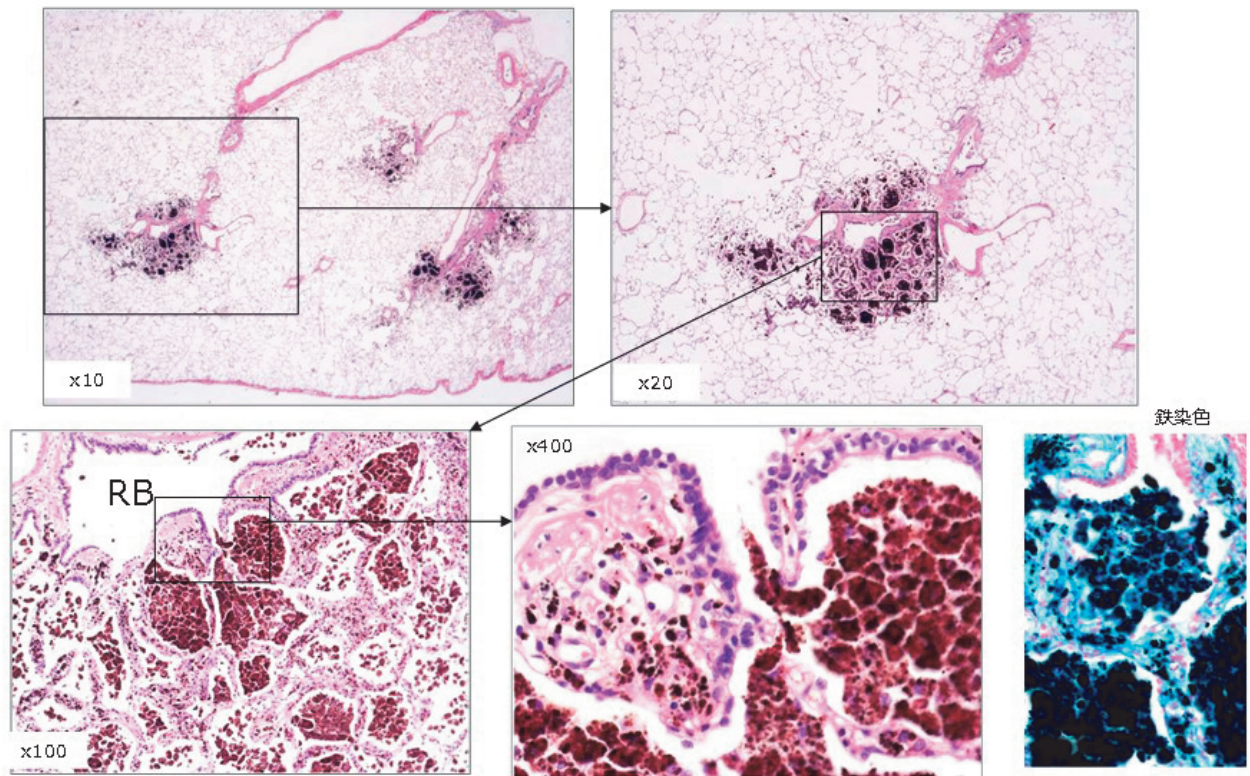


溶接工肺 胸部CT すりガラス濃度の粒状影例（61M；溶接46年）

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貪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、結節は造らない。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。

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をみ、線維化に乏しい。

ロ. 大陰影

純粹の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けい肺で見られるような大陰影を生じることがある。

(5) その他のじん肺

このじん肺に属するものは、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腔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あらわれる。線維化周囲に気腫性変化を随伴する傾向がある。

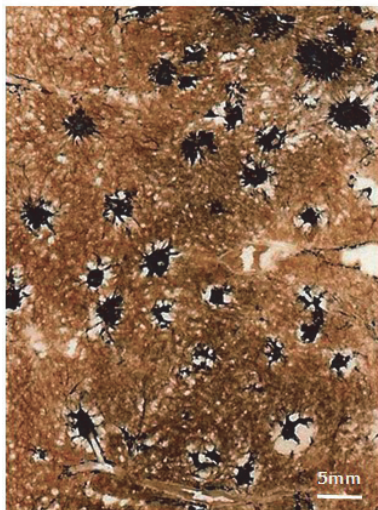
遊離けい酸濃度が低く、線維起因性の低いけい酸塩粉じんによって形成される結節は、細胞成分が目立ち線維化が周囲肺組織に波及した境界不明瞭な星芒状を呈し、病理組織学的にけい肺結節と区別し、混合型粉じん線維化 *mixed dust fibrosis* と名付けられている。肺内堆積中の遊離けい酸濃度が18%未満で、けい酸塩粉じんと相まって生じるとされ、この結節病巣像が主体のじん肺は病理では混合型粉じん性じん肺

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。

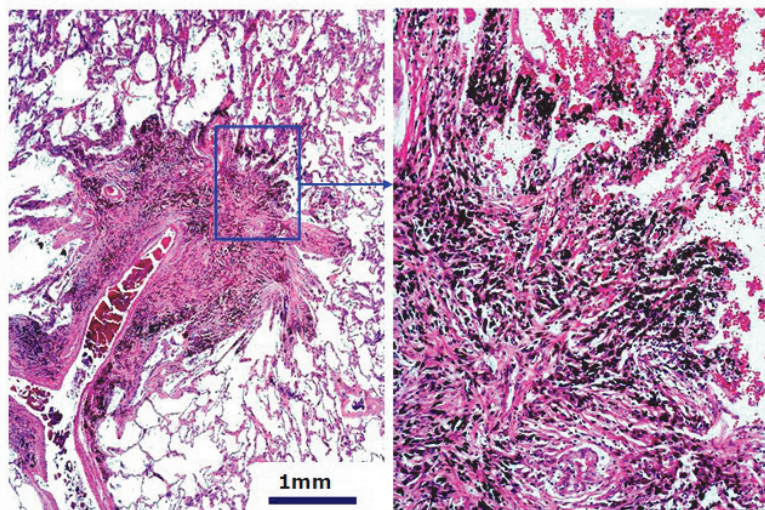
画像の進歩により、CT画像上の淡い小葉中心陰影のじん肺が増加している。その画像に相当する病理組織像は、呼吸細気管支壁中心性の終末細気管支～肺胞道壁、随行する肺動脈周囲間質部を含む、線維成分よりも細胞成分の多い、非結節状線維性肥厚像であり、粉じん斑dust maculeと呼ばれている。この軽いじん肺の線維性変化は、肺内堆積中の遊離けい酸濃度が1%未満で、不活性粉じんおよび線維起因性の低いけい酸塩粉じんばく露によって生じるとされている。このようなじん肺には炭肺や鉄肺（溶接工肺）などがある。線維化の程度が極めて弱い状態では、ばく露環境から離脱することにより病変の軽減があり得る。

混合型粉じん線維化

mixed dust fibrosis : MDF

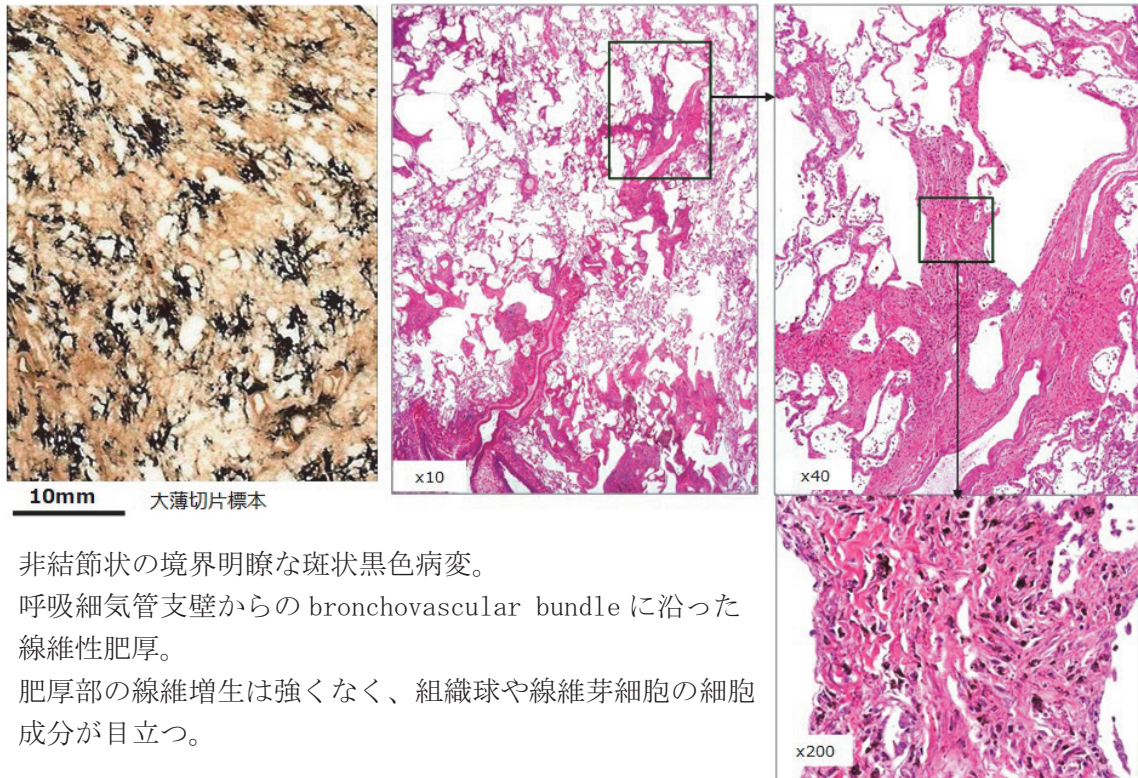


大薄切片標本
星芒状黒色結節



周囲の間質に沿っての線維化波及。
硝子化層状線維化像みない。
細胞成分目立つ。

粉じん斑 dust macule



非結節状の境界明瞭な斑状黒色病変。
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

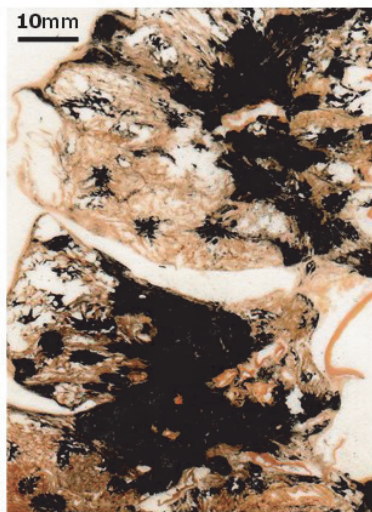
密在する小結節の陰影が重なり合うと容易に粒状影としては認められないことがある。密在する小結節により細い血管影がみえにくくなり、肺野に粒状と認めることが困難な濃度の低い陰影が重なって、不整形陰影を形成する。

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

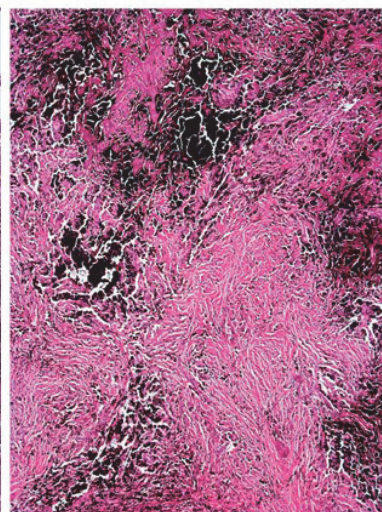
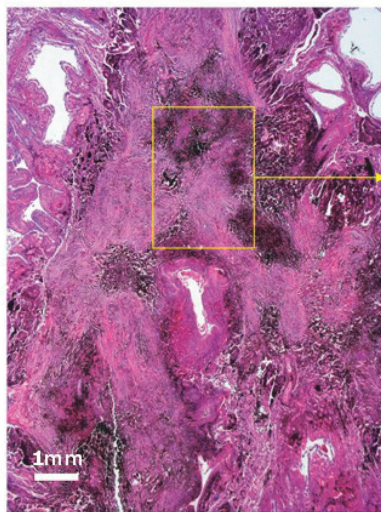
混合型粉じん線維化 mixed dust fibrosis もその癒合により塊状病巣を形成し、胸部エックス線写真にて径 1 cm を超えるものを大陰影とする。病理組織では径 2 cm 以上のものを進行性塊状線維化 progressive massive fibrosis (PMF) と呼び、おおよそ大陰影に相当する。

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



大薄切片標本

MDF が癒合し 2cm 以上の塊状
病巣形成。不整形傾向。



塊状部は高度に線維化、MDF 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た。

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。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6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6つの疾病のうち、①及び②は、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管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。

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・じん肺結節病変等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症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

エックス線写真像別の発生頻度を患者を対象とした研究結果からみると、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。大陰影の所見のある者では、気腫性変化、ブ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が、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）年にさらに適格な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。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、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 IIに分類し、また分子生物、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

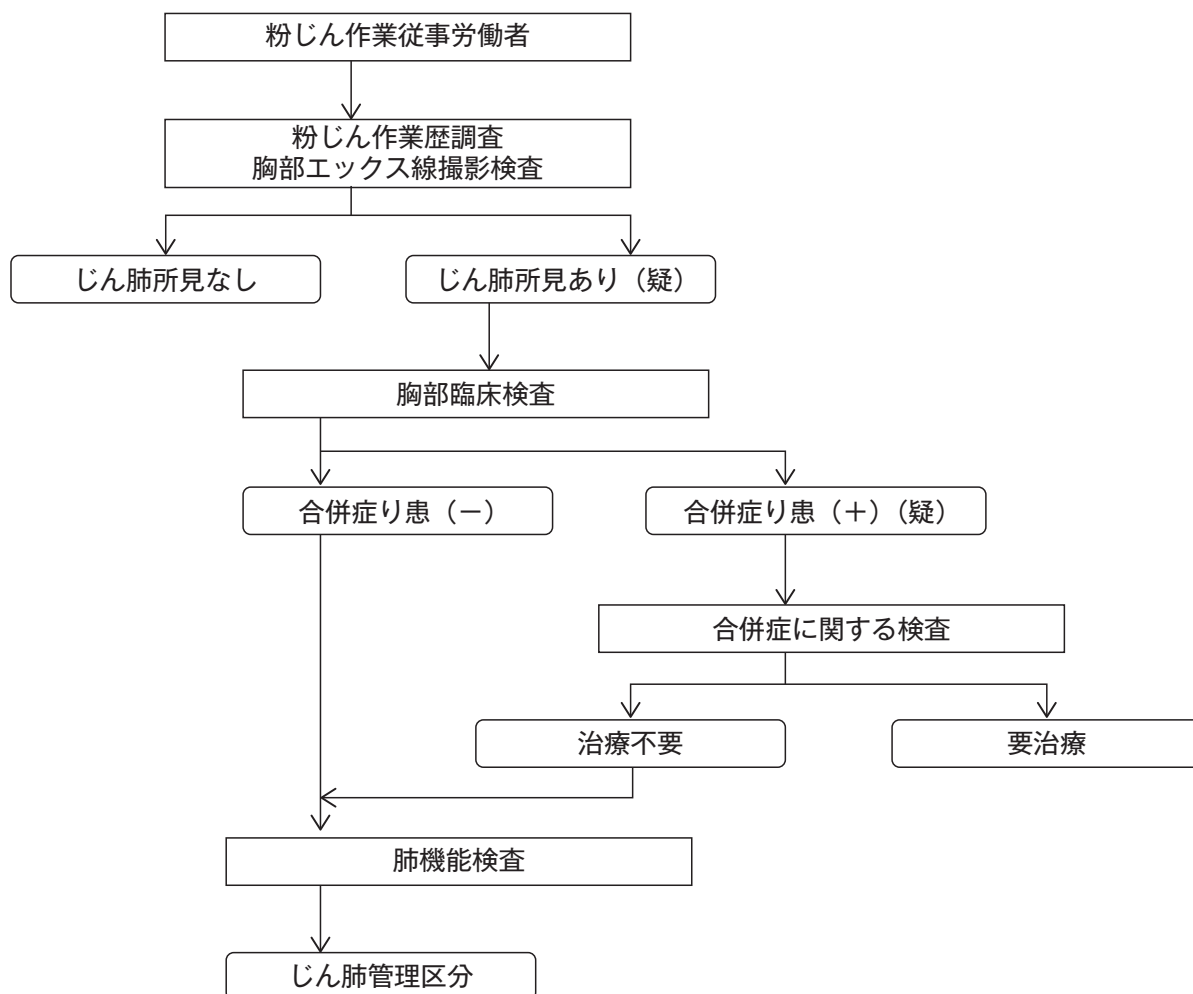
(1) じん肺健康診断時の項目

じん肺法に基づくじん肺健康診断の項目は、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、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の無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ふまえて次のように定められている。

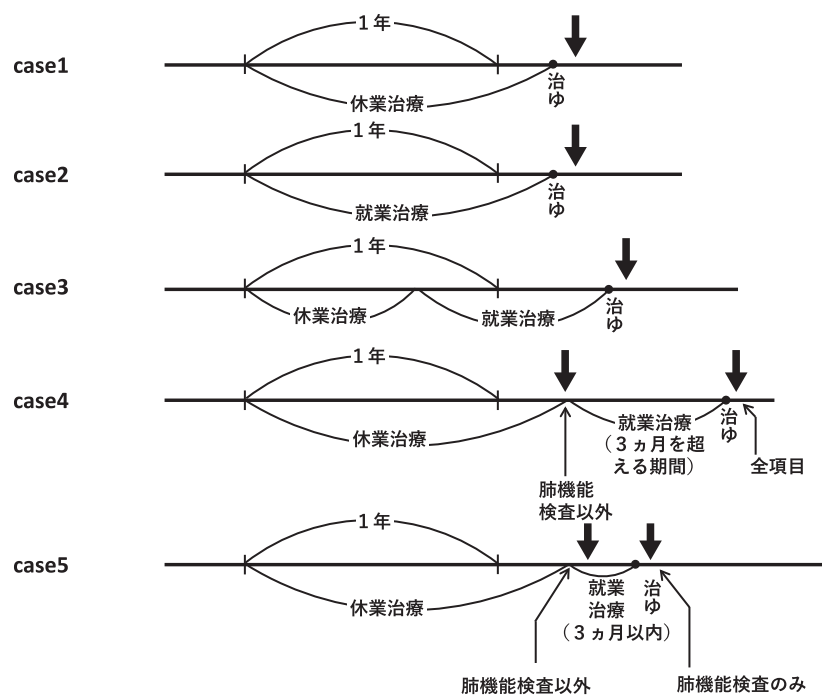
粉じん作業従事との関連	じん肺管理区分	頻 度
常時粉じん作業に従事	1	3 年以内
	2, 3	1 年以内
常時粉じん作業に従事したことがあり 現に非粉じん作業に従事	2	3 年以内
	3	1 年以内

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ゆ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、現在の事業所に来る前と現在の事業所に来てからを分け、事業所名と下記の表のじん肺法施行規則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。

- 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。）。ただし、次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、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。）。ただし、次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 坑内であって、第1号から第3号の2まで又は前2号に規定する場所に近接する場所において、粉じんが付着し、又は堆積した機械設備又は電気設備を移設し、撤去し、点検し、又は補修する作業

- 6 岩石又は鉱物を裁断し、彫り、又は仕上げする場所における作業（第13号に掲げる作業を除く。）。ただし、次に掲げる作業を除く。

イ 火炎を用いて裁断し、又は仕上げす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、又は仕上げす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。）。ただし、次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。）。ただし、次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って行うものを除く。）。ただし、次に掲げる作業を除く。
- 17 金属その他無機物を製錬し、又は溶融する工程において、土石又は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、若しくは破砕する作業
- 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、又はアークを用いてガウジングする作業
- 20の2 金属をアーク溶接する作業
- 21 金属を溶射する場所における作業
- 22 染土の付着した藎草を庫入れし、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って、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展している労働者等においては、高濃度の粉じんには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、労働安全衛生法第65条により粉じん濃度の測定が事業者には義務づけられており、かつ、その記録を5年間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、予防及び進展の防止のための諸対策を講ずる基礎ともなる。