

《原 著》

職業性肺疾患におけるエアロゾル肺吸入シンチグラフィ

須 井 修*

要旨 ゴム製造作業従事者 28 名、マンガン精錬作業従事者 16 名およびクロム塩作業従事者 11 名の多年作業従事者 55 症例について、エアロゾル肺吸入シンチグラフィを施行した。肺吸入イメージでは、ゴム製造作業従事者の 12 例 (43%)、マンガン精錬作業従事者の 7 例 (46%) に不均一な肺内沈着分布を認めた。“peripheral penetration index (PPI)” を用いた半定量的評価では、PPI は対照群とゴム製造作業従事者、マンガン精錬作業従事者の間に差がみられた。じん肺法による胸部 X 線写真の型の区分と PPI の間では、0 型、第 1 型に差が認められた。PPI は \dot{V}_{50}/HT , \dot{V}_{25}/HT , $\dot{V}_{50}/\dot{V}_{25}$ より異常出現率が高く、じん肺症の呼吸機能障害の早期発見に有用と考えられた。クロム塩作業従事者では、early image と delayed image の比較で 3 例に気道粘膜線毛運動の異常が発見され、組織学的に異型のある扁平上皮化生が証明された。

I. はじめに

特定の職業に従事する者に特定の肺病変が現われ、これは職業性肺疾患と呼ばれている。この中でもじん肺は、“じん肺法”にて「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、珪肺 silicosis や石綿肺 asbestosis が古くから重要な疾患として認められている¹⁾。

じん肺における核医学的検査法としては、珪肺における ^{67}Ga -シンチグラフィが報告されているが²⁾、これ以外に積極的に利用されている検査法は少ない。エアロゾル肺吸入シンチグラフィは、平均 $1 \sim 3 \mu$ の大きさのエアロゾル粒子を吸入させることによって気道の開通性、局所換気分布、気道の粘膜線毛運動の評価が容易に実施できる方法である³⁾。

われわれは、これまで慢性閉塞性肺疾患、肺塞栓などに肺吸入シンチグラフィを利用し、その有用性を報告してきたが^{4,5)}、本論文では、ゴム製造作業従事者とマンガン精錬作業従事者における

じん肺、および職業性肺癌の原因として注目されているクロム肺癌症例におけるエアロゾル肺吸入シンチグラフィの有用性について、胸部 X 線写真、呼吸機能検査成績および気管支鏡所見と対比検討したので報告する。

II. 方法および対象

1. 対 象 (Table 1)

対象は、ゴム製造作業従事者、マンガン精錬作業従事者およびクロム塩作業従事者の多年作業従事者 55 名である。ゴム製造作業従事者は 28 名で、年齢は 32 歳から 74 歳、平均 47.2 歳である。じん肺法に基づく胸部 X 線写真像の型の区分では、0/1 (PR₀) : 4 名、第 1 型 (PR₁) : 14 名、第 2 型 (PR₂) : 7 名、第 3 型 (PR₃) : 3 名である。

マンガン精錬作業従事者は 16 名で、年齢は 41 歳から 59 歳、平均 49.5 歳である。じん肺法に基づく胸部 X 線写真の型の区分では、0/1 (PR₀) : 1 名、第 1 型 (PR₁) : 3 名、第 2 型 (PR₂) : 12 名で、第 3 型 (PR₃) は含まれていない。

クロム塩作業従事者は 11 名で、年齢は 40 歳から 56 歳、平均 41.8 歳である。これらの症例は、胸部 X 線写真上異常所見は認められていないが、定期的喀痰細胞診で異型 (IIIA) が認められた症例である。

対照として、胸部 X 線写真上異常を認めず、

* 徳島大学医学部放射線医学教室

受付：61 年 5 月 2 日

最終稿受付：61 年 7 月 11 日

別刷請求先：徳島市蔵本町 3 (〒770)

徳島大学医学部放射線医学教室

須 井 修

Table 1 Distribution of patients and classification of chest X-ray film

	No. of patients	Age (mean \pm s.d.)	Classification of chest X-ray film	
			Type	No. of patients
Rubber workers	28	32–74 yr (47.2 \pm 8.7)	PR ₀	4
			PR ₁	14
			PR ₂	7
			PR ₃	3
Manganese workers	16	41–59 yr (49.5 \pm 4.8)	PR ₀	1
			PR ₁	3
			PR ₂	12
Chromate workers	11	40–56 yr (47.8 \pm 5.1)	No abnormal findings	
Normal subjects	11	36–73 yr (49.0 \pm 12.3)	No abnormal findings	

呼吸機能検査では1秒率70%以上の、自覚的、他覚的症状のない健常者11名(年齢は36歳から73歳、平均49.0歳)を用いた。

喫煙歴については、ゴム製造作業従事者で28名中26名、マンガン精錬作業従事者で16名中15名、クロム塩作業従事者で11名中6名が現在、1日15~20本、20年以上の喫煙歴をもっており、クロム塩作業従事者の2名は以前に喫煙歴があった。対照とした健常者では、11名中5名が喫煙者である。

2. 方 法

1) エアロゾル肺吸入シンチグラフィ

^{99m}Tc-ミリマイクロスフェア・アルブミン(以下、milli MISA)を使用し、坐位で10分間安静呼吸にて吸入させた。吸入中は鼻をクリップで閉じておき、吸入終了後、頻回にうがいをさせた。エアロゾル発生装置(MEDI-61)、キャリアガス酸素流量(6 l/min)などの諸条件は従来の報告^{4,5)}と同様である。撮像は前面、後面、左右両側面の4方向を、前面像にて約50万カウントを収集し得る同一プリセットタイムにて行った。

ゴム製造作業従事者28名、マンガン精錬作業従事者16名、健常者11名については、データ処理装置(Scintipac 1200)に64×64マトリックスにてデータ収集した。使用したシンチカメラはSearle LFOVおよび東芝GCA-401Sで、コリメータは高分解能コリメータを用いた。

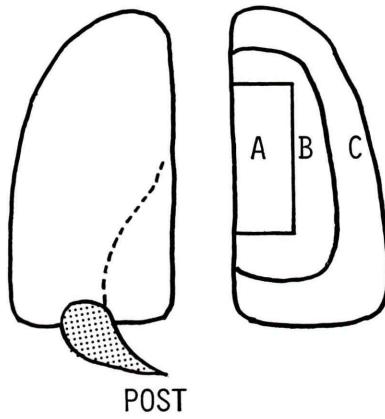


Fig. 1 Scheme of regions of interest on aerosol inhalation image. The image of the right lung is subdivided into regions representing inner (A), central (B) and peripheral (C) zones. These regions are chosen to represent 20%, 30% and 50% respectively of the area of the right lung. "Penetration index" is defined as the ratio of the peripheral (C) to the inner counts and "Peripheral penetration index" is defined as the ratio of the peripheral (C) to the central (B) counts normalized by the corresponding area.

2) ゴム製造作業従事者、マンガン精錬作業従事者について

定性的(視覚的)評価と半定量的評価を行った。定性的評価では、ゴム製造作業従事者、マンガン精錬作業従事者ともそれぞれ1名を除き、1秒率が70%以上であったため、健常者のエアロゾル肺

吸入シンチグラムの3つのtype⁵⁾(type I: 均一な肺内沈着分布を示す, type II: 均一な肺内沈着分布を示すが、中枢気道系に過剰沈着を認める。type III: 不均一な肺内沈着分布を示す)に分類可能であった。

半定量的評価については、Fazioら⁶⁾, Hannanら⁷⁾が報告している“penetration index (PI)”を用いた。Fig. 1に示すように、肺吸入イメージ後面像において、肺の中枢側(A), 中間部(B), 末梢側(C)に3つの関心領域を定めた。関心領域の面積比はおよそ A:B:C=2:3:5となるように設定し、それぞれの領域のカウント数を面積で補正した。ここにおいて、C(末梢側)/A(中枢側)が“penetration index”に相当する。また、肺の中枢側(A)はわれわれが報告⁵⁾したように、健常者でもエアロゾルの過剰沈着を認めることがあるので、この影響を除くため、C(末梢側)/B(中間部)の値を算出し、“peripheral penetration index (PPI)”と名づけた。本報告では、後面像においても、左肺下内側は心臓のためカウント数が少なく、また、下縁は嚥下された胃内のRI activityが重なることが多いため、右肺についてのみ、これらの指標を算出した。

以上の定性的、半定量的評価と胸部X線写真的型の区分、呼吸機能検査成績を比較検討した。

3) クロム塩作業従事者について

クロム塩作業従事者11名は全例1秒率70%以上であったため、健常者のエアロゾル肺吸入イメージの3つのtype⁵⁾に分類した。また、吸入直後のイメージ(early image)を撮像後4時間にて再度イメージ(delayed image)を撮像し、両者を比較した。

4) 対照群(健常者)について

対照群の肺吸入イメージについても、ゴム製造作業従事者、マンガン精錬作業従事者と同様に“penetration index (PI)”, “peripheral penetration index (PPI)”を算出し、また、earlyおよびdelayed imageを撮像した。

III. 結 果

1. ゴム製造作業従事者、マンガン精錬作業従事者について

定性的評価では、ゴム製造作業従事者において、type I: 6例(21%), type II: 10例(36%), type III: 12例(43%)であり、type IIIを示す症例は、胸部X線写真的型の区分では、PR₀: 0/4(0%), PR₁: 7/14(50%), PR₂: 3/7(43%), PR₃: 2/3(67%)であった。マンガン精錬作業従事者では、type I: 4例(25%), type II: 5例(31%), type III: 7例(44%)であり、type IIIを示す症例は、胸部X線写真的型の区分では、PR₀: 0/1(0%), PR₁: 1/3(33%), PR₂: 6/12(50%)であった。それぞれの半数近くに不均一分布が認められたが、胸部X線写真的型の区分との間に明らかな関係は認められなかった。

PIは、ゴム製造作業従事者、マンガン精錬作業従事者、対照群でそれぞれ 0.40 ± 0.05 , $0.43 \pm$

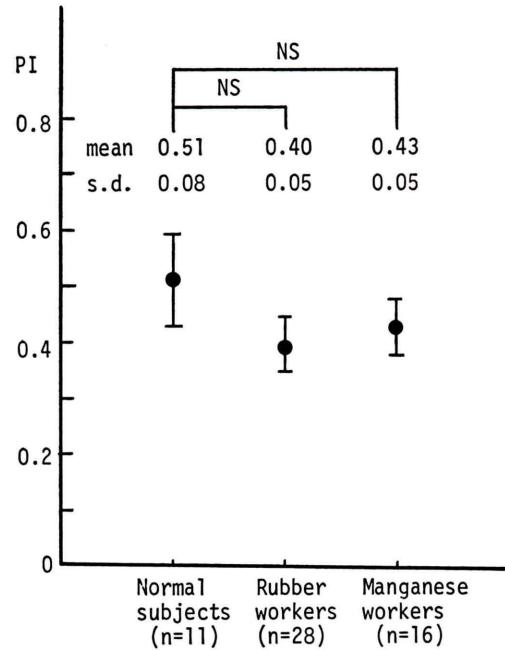


Fig. 2 Comparison of “penetration index (PI)” between normal subjects, rubber workers and manganese workers.

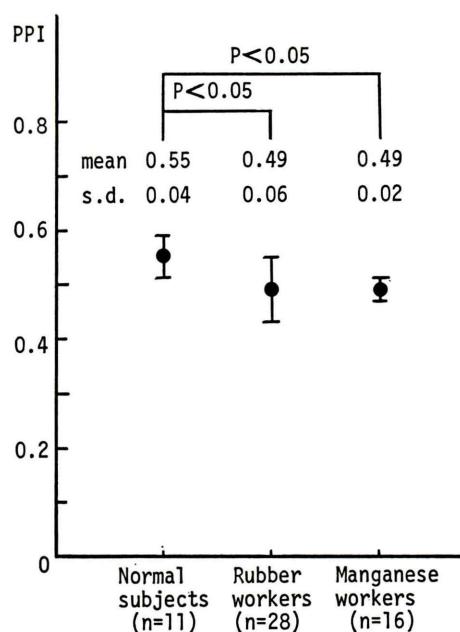


Fig. 3 Comparison of "peripheral penetration index (PPI)" between normal subjects, rubber workers and manganese workers.

0.05, 0.51 ± 0.08 であり、有意差は認められなかった (Fig. 2)。これに対し、PPI は、ゴム製造作業従事者、マンガン精錬作業従事者、対照群でそれぞれ 0.49 ± 0.06 , 0.49 ± 0.02 , 0.55 ± 0.04 であり、対照群とゴム製造作業従事者、マンガン精錬作業従事者の間に有意差 ($p < 0.05$) を認めた (Fig. 3)。

次に、胸部X線写真の型の区分とPPIを比較した。ゴム製造作業従事者では PR₀, PR₁, PR₂, PR₃ の PPI はそれぞれ 0.48 ± 0.02 , 0.49 ± 0.04 , 0.51 ± 0.08 , 0.46 ± 0.08 であり、胸部X線写真上のじん肺の程度が強いほど、PPI が低くなるという傾向はみられなかった。また、対照群と PR₂, PR₃ の間には有意差は認められなかつたが、対照群と PR₀, PR₁ の間には有意差 ($p < 0.01$) を認めた (Fig. 4)。マンガン精錬作業従事者では PR₀, PR₁ の症例数が少ないが、対照群と PR₁ の間には PPI で有意差は認められず、対照群と PR₂ の間で有意差 ($p < 0.05$) を認めた (Fig. 5)。

次に、PPIにおいて、対照群の平均値より1・標準偏差を引いた値を正常下限とした場合の異常

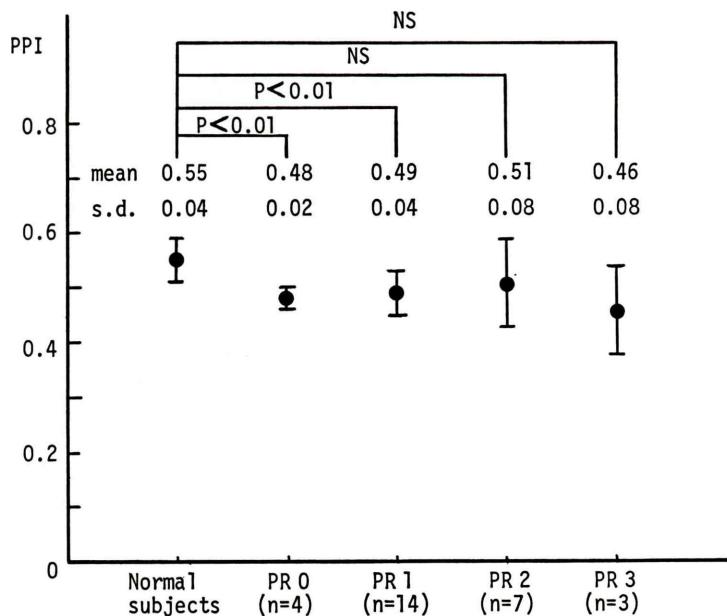


Fig. 4 The relationship between the chest X-ray film grading and PPI in rubber workers.

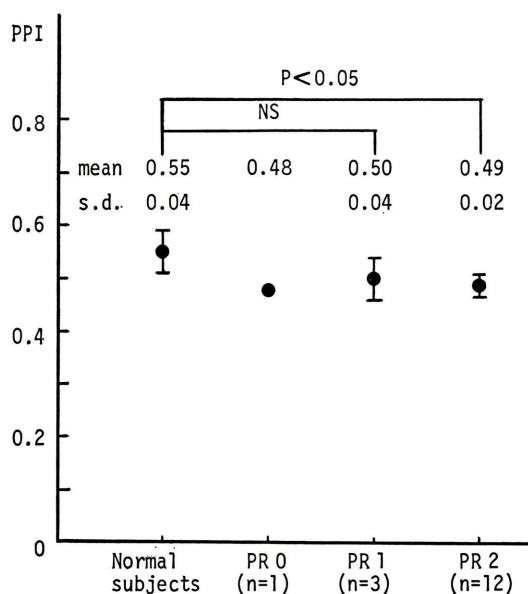


Fig. 5 The relationship between the chest X-ray film grading and PPI in manganese workers.

検出率と定性的評価での検出率を比較した(Fig. 6)。ゴム製造作業従事者全体では、定性的評価43%，半定量的評価68%と検出率は向上し、マンガン精錬作業従事者全体でも44%から75%と向上した。ゴム製造作業従事者では、PR₀, PR₁の検出率は半定量的評価で向上しているが、PR₂, PR₃とじん肺の程度が強くなつても検出率の差はなかつた。マンガン精錬作業従事者では、PR₀, PR₁, PR₂でそれぞれ半定量的評価による検出率の向上を認めた。

Figure 7に呼吸機能検査(Flow-volume曲線)の \dot{V}_{50}/HT , \dot{V}_{25}/HT , $\dot{V}_{50}/\dot{V}_{25}$ とPPIによる検出率の比較を示す。 \dot{V}_{50}/HT , \dot{V}_{25}/HT の年齢別正常値は滝島らの予測式⁸⁾より求め、 $\dot{V}_{50}/\dot{V}_{25}$ は3.0以上を異常とした。ゴム製造作業従事者では \dot{V}_{50}/HT , \dot{V}_{25}/HT , $\dot{V}_{50}/\dot{V}_{25}$ でそれぞれ43%, 36%, 39%と異常値を呈していたが、PPIでは68%と検出率は向上した。マンガン精錬作業従事者

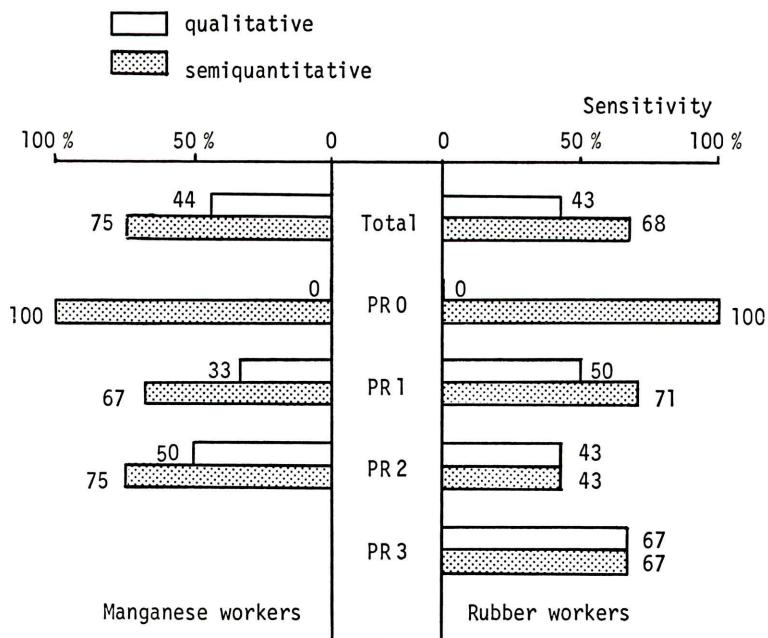


Fig. 6 Comparison of sensitivities to identify inhomogeneous distribution of aerosol particles between qualitative and semiquantitative evaluation.

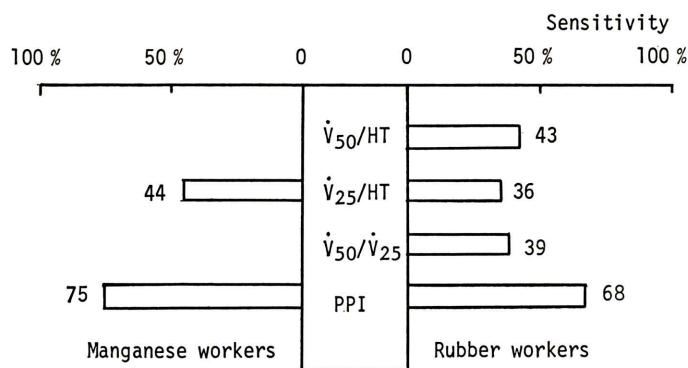


Fig. 7 Comparison of sensitivities to identify small airway disease between the lung function test (flow-volume curve) and PPI.

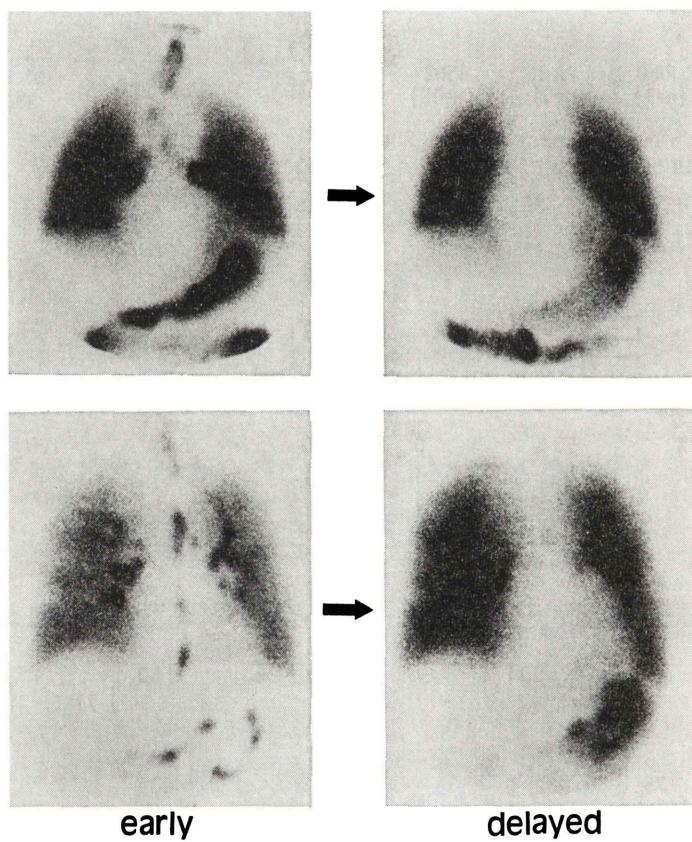


Fig. 8 Typical early and delayed images in chromate workers. In a case of 53-year-old man (top), excessive central airway deposit of aerosol particles is seen on early image, but disappears on delayed image. In a case of 42-year-old man (bottom), excessive central airway deposit is seen on both images. In this case, squamous cell metaplasia with atypia in bronchial epithelium was detected pathohistologically.

者では \dot{V}_{25}/HT しか算出されていないが、 \dot{V}_{25}/HT の検出率44%に対し、PPI では75%と優れていた。

2. クロム塩作業従事者について (Fig. 8)

クロム塩作業従事者 11 例の early image は、1 例を除き全例に著明な中枢気道系の過剰沈着 (hot spot) を認めた。しかし、肺野のエアロゾル分布は均一であった。delayed image では、early image でみられた中枢気道系の hot spot のうち、7 例の hot spot は消失していたが、3 例は依然強い hot spot 形成がみられた。この hot spot は、いずれも主気管支から中幹気管支に一致してみられた。

これに対し、対照群では、early image で中枢気道系に hot spot が認められても、delayed image ではほとんど消失し、3 例に淡く中枢気道系の描画がみられるのみであった。

delayed image にて hot spot の残存があった 3 例については気管支鏡が施行され、hot spot の部位を含めて数か所の生検を施行し、病理組織学的検索を行った。3 例とも、気管支鏡での可視範囲には肉眼的に異常は認められなかった。病理組織学的には 1 例は正常粘膜であったが、2 例には異型のある扁平上皮化生が認められた。その後、経過観察を行っていたところ、扁平上皮化生を認めた 2 例のうち 1 例には 2 年後に肺癌 (分化型扁平上皮癌) が発生した。他の症例は経過観察中である。

IV. 考 察

じん肺の原因となる粉じんは無機粉じんと有機粉じんに大別され、無機じん肺としては珪肺および石綿肺がよく知られている。滑石肺は石綿肺とともに珪酸塩類 silicate による珪酸塩じん肺 silicatosis の中に含まれ、滑石肺は珪酸のマグネシウム塩 $3 \text{MgO} \cdot 4 \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ の粉じんを吸入することによって起こる。吸入された粉じんは肺胞内に蓄積するが、珪肺のごとき結節を作らず、初めは肺胞壁肥厚、毛細管壁肥厚を認め、数珠状になって特有な肉芽腫状を呈する³⁾。

一方、肺内に吸入された粉じんは、その粒子の大きさによって中枢気道系、末梢気道系および肺胞系に沈着することが知られており、1~3 μ 程度の粒子は吸入された際、沈降 (sedimentation) により末梢気道系、肺胞系に沈着するとされている^{9~11)}。末梢気道系、肺胞系に沈着した粒子は、末梢気道系には線毛の数が少なく、また気流速度が低いことなどのため、排出が困難である。したがって、粉じん吸入によって生ずる肺病変は、主に末梢気道系および肺胞系に強いとされている⁸⁾。本報告のゴム製造作業においては、tremolite を主とする滑石粉がゴム製造素材として使用され、不整形陰影を主とするじん肺がみられている。

エアロゾル肺吸入シンチグラフィに使用している milli MISA のエアロゾル粒子は、キャリアガスの酸素流量が $6 \text{l}/\text{min}$ において $1.75 \pm 1.07 \mu$ であり、じん肺を引き起こす粉じんとほぼ同じ大きさである。このような点から、じん肺における肺吸入イメージはエアロゾル粒子の末梢への到達度が低下し、肺内沈着分布は不均一になることが予想される。実際、今回の検討でも不均一分布を示す症例が半数近くに認められている。われわれは、これまでの報告^{4,5)}では肺内沈着分布の不均一性を視覚的に評価しており、また、他の報告^{12~15)}、主には慢性閉塞性肺疾患に対してであるが、これでも視覚的評価によるものが多い。しかし、視覚的評価は客観性に乏しく、あいまいさが付きまとつ。より客観的に評価するために、Fazio ら⁶⁾、Hannan ら⁷⁾は “penetration index” という指標を用いている。本研究でもこの指標を利用したが、対照群とじん肺群の間に有意差はみられなかった。これは、健常者でも中枢気道系に過剰沈着がみられること、また、使用したエアロゾル粒子が単一の大きさではなく、3~5 μ 以上の大きな粒子の嵌入 (impaction) による中枢気道系への沈着があるためと考えられる。これに対し、今回使用した指標 “peripheral penetration index” は、中枢気道系の影響をかなり除外できたと思われる。

“peripheral penetration index” を使用した結果、視覚的な評価よりかなり客観的に評価可能となり、

特に胸部X線写真の型の区分でPR₀, PR₁の検出率が向上した。しかし、ゴム製造作業従事者では、PR₂, PR₃の検出率は視覚的評価と差が認められなかつた。PR₂, PR₃は胸部X線写真上、両肺野にじん肺による粒状影または不整形陰影が多数あるいはきわめて多数存在する症例であり、全肺野にかなりの末梢気道系の機能異常があるものと想像される。このような場合、“peripheral penetration index”はあくまで相対的な比率であるため、全肺野が不均一になると、かえって異常としては現われにくいのかもしれない。逆に言えば、PR₀, PR₁群のような早期の症例にこそ、PPIは有用と思われる。

珪肺など粒状影を主体とするじん肺の呼吸機能の詳細な報告は数多くみられるが^{8,16~19)}、滑石肺については少ない。滑石肺では、Kleinfeldら^{20~22)}, Millerら²³⁾によると、肺活量の減少、全肺気量の減少と肺拡散能力の低下がみられると言われ、胸部X線写真と肺機能検査成績との相関は少ないと述べている。しかし、末梢気道系の異常(small airway disease)については述べられていない。“peripheral penetration index”はエアロゾル粒子の肺末梢への到達度を表わした指標であり、ひいては、Flow-volume曲線²⁴⁾などと同様に末梢気道病変を反映するものと思われる。前回の報告⁵⁾では、エアロゾルの不均一分布が \dot{V}_{25} と相関しており、今回は、ゴム製造作業従事者、マンガン精錬作業従事者でPPIは70%近くの症例で異常が認められている。珪肺症での三品らの報告¹⁷⁾では、 \dot{V}_{50}/HT , \dot{V}_{25}/HT , $\dot{V}_{50}/\dot{V}_{25}$ でそれぞれ65%, 25%, 58%に異常が認められたとしており、本報告のゴム製造作業従事者では、 \dot{V}_{50}/HT , $\dot{V}_{50}/\dot{V}_{25}$ の検出率が約40%とやや低い傾向があるものの、PPIは勝るとも劣らない検出率を示している。

マンガン精錬作業従事者の呼吸機能検査成績の報告²⁵⁾はきわめて少なく、詳細は明らかでない。また、胸部X線写真像も粒状影から線状影と一定していない。本報告のPPIでは、Fig. 5に示すように、対照群とPR₁で有意差は認められないが、PR₂との間に有意差を認めている。これは、

ゴム製造作業従事者とマンガン精錬作業従事者とは、末梢気道系の障害のメカニズムが異なることも考えられ、マンガン精錬作業従事者では、胸部X線写真上の異常影に比例して、PPIも低下する傾向にあるのかもしれない。今後、症例数をふやして検討する必要がある。しかし、Fig. 6の胸部X線写真の型の区分と肺吸入イメージの不均一性の比較、Fig. 7で示したごとく、 \dot{V}_{25}/HT よりPPIの異常検出率が高率であるように、エアロゾル肺吸入シンチグラフィの有用性が推測される。

クロム塩作業の身体への影響としては、皮膚潰瘍、鼻中隔穿孔、肺癌の高頻度発生が特徴的であり、クロム塩作業従事者と肺癌発生に関する研究^{26~31)}は多く、その因果関係は疑う余地が少ない。クロム塩作業従事者の気道の変化は、気管支炎、細気管支炎が広汎であり、また、肺癌も中枢気管支に発生し、扁平上皮癌と小細胞癌が多い。これらの知見とクロム塩作業従事者の肺吸入イメージ所見を考え合わせると、early imageの中枢気道系の過剰沈着にはクロムによる気管支炎、細気管支炎が反映されており、delayed imageにて残存する過剰沈着は、気道粘膜の扁平上皮化生などによる粘膜線毛運動の障害と結びつくようと思われる。その後の経過観察にて肺癌の1例が発見されたように、エアロゾル肺吸入シンチグラフィによって肺癌の早期発見の可能性もあるかもしれない。

以上、じん肺、クロム肺におけるエアロゾル肺吸入シンチグラフィの有用性を述べてきたが、今回の症例はほとんどが喫煙者であり、喫煙の気道粘膜への影響³²⁾を無視することはできない。また、いわゆる慢性閉塞性肺疾患(COPD)の初期病変も末梢気道と言われており、肺吸入イメージ上、じん肺と同様の像を呈すると考えられる。これらのことと十分に踏まえた上で肺吸入イメージの分析を行う必要があると考える。

V. 結語

職業性肺疾患(ゴム製造作業従事者28名、マン

ガソリン精錬作業従事者 16 名、クロム塩作業従事者 11 名)について、エアロゾル肺吸入シンチグラフィの有用性を検討した。

1) じん肺(ゴム製造作業従事者、マンガン精錬作業従事者)において、ゴム製造作業従事者の 43%、マンガン精錬作業従事者の 46% にエアロゾルの肺内沈着分布の不均一を認めた。

2) 不均一分布の半定量的評価として、“peripheral penetration index (PPI)”を用いて検討すると、対照群とゴム製造作業従事者、マンガン精錬作業従事者の間に有意差($p < 0.05$)を認めた。

3) ゴム製造作業従事者、マンガン精錬作業従事者ともに、定性的評価より半定量的評価(PPI)で異常検出率が向上した。

4) ゴム製造作業従事者においては、胸部 X 線写真の型の区分で PR₂, PR₃ では PPI の異常検出率は向上せず、PR₀, PR₁ で検出率が向上した。これより、じん肺の末梢気道病変の早期発見に PPI は有用と考えられた。

5) 呼吸機能検査 (Flow-volume 曲線)との比較でも、PPI は \dot{V}_{50}/HT , \dot{V}_{25}/HT , $\dot{V}_{50}/\dot{V}_{25}$ より異常検出率はすぐれていた。

6) クロム塩作業従事者においては、early および delayed image の撮像によって気道粘膜線毛運動の障害の程度の評価が可能であり、ひいては、中枢側肺癌の早期発見に結びつくものと期待される。

稿を終えるに臨み、ご指導、ご校閲を賜わりました河村夫教授に深甚の謝意を表します。また、終始、ご助言、ご協力いただきました徳島大学放射線医学教室、故渡辺紀昭助教授ならびに教室員各位に深く感謝いたします。

本論文の要旨は、第 45 回日本医学放射線学会総会(昭和 61 年 4 月 2 日、東京)において発表した。

文 献

- 1) 千代谷慶三：新内科学大系 28B、呼吸器疾患 IIIB, じん肺症。吉利 和、他監修、中山書店、東京、1979, p. 159
- 2) 志田寿夫、千代谷慶三、三品陸人、他：悪性腫瘍の RI 診断——Ga-67 を中心に——、珪肺症のガリウムシンチグラム。安河内浩編、医学図書出版、東京、1973, p. 62
- 3) Hayes M: Lung imaging with radioaerosols for the assessment of airway disease. Semin Nucl Med **10**: 243-251, 1980
- 4) 須井 修、分校久志、油野民雄、他：^{99m}Tc-ミリマイクロスフェアによるエアロゾル肺吸入スキャン——基礎的検討と臨床評価——。核医学 **20**: 1121-1131, 1983
- 5) 須井 修、嶋津秀樹：健常者のエアロゾル肺吸入シンチグラフィ。核医学 **22**: 293-298, 1985
- 6) Fazio F, Wollmer P, Lavender JP, et al: Clinical ventilation imaging with In-113m aerosol; A comparison with Kr-81m. J Nucl Med **23**: 306-314, 1982
- 7) Hannan WJ, Emmett PC, Aitken RJ, et al: Effective penetration of the lung periphery using radioactive aerosols; Concise communication. J Nucl Med **23**: 872-877, 1982
- 8) 滝島 任、中村雅夫、千代谷慶三：じん肺症の呼吸機能障害。第 1 版、東興交易医書出版部、東京、1985, p. 78
- 9) Stuart BO: Deposition of inhaled aerosols. Arch Intern Med **131**: 60-71, 1973
- 10) Morrow PE: Aerosol characterization and deposition. Amer Rev Resp Dis **110**: 88-99, 1974
- 11) Goldberg IS, Lourenco RV: Deposition of aerosols in pulmonary disease. Arch Intern Med **131**: 88-91, 1973
- 12) 鈴木輝康：エロゾルシンチグラムの肺局所機能評価における意義、I. 慢性閉塞性肺疾患におけるエロゾルシンチグラムと種々の肺機能検査との比較。日本医学会誌 **40**: 156-167, 1980
- 13) Isawa T, Wasserman K, Taplin GV: Lung scintigraphy and pulmonary function studies in obstructive airway disease. Amer Rev Resp Dis **102**: 161-171, 1970
- 14) Ramanna L, Tashkin DP, Taplin GV, et al: Radio-aerosol lung imaging in chronic obstructive pulmonary disease; Comparison with pulmonary function tests and roentgenography. Chest **68**: 634-640, 1975
- 15) Garg A, Gopinath PG, Pande JN, et al: Role of radioaerosol and perfusion lung imaging in early detection of chronic obstructive lung image. Eur J Nucl Med **8**: 167-171, 1983
- 16) 中村雅夫、佐々木孝夫、滝島 任、他：珪肺症の換気力学的検索——末梢気道抵抗について——。日災医誌 **24**: 336-340, 1976
- 17) 三品陸人、千代谷慶三、斎藤健一、他：珪肺症の閉塞性障害——1 秒率 70% 以上の症例について——。日胸 **35**: 662-669, 1976
- 18) 三品陸人、千代谷慶三、斎藤健一、他：塵肺症の肺

- 機能検査の検討に関する研究(胸部X線所見との対比). 日災医誌 **26**: 45-56, 1978
- 19) 三品陸人, 斎藤芳晃, 小野里 融, 他: 硅肺症の呼吸機能と胸部X線所見との関連性について(重回帰分析). 日胸疾会誌 **20**: 323-329, 1982
- 20) Kleinfeld M, Messite J, Kooyman O, et al: Pulmonary ventilatory function in talcosis of lung. Diseases of the Chest **16**: 592-598, 1964
- 21) Kleinfeld M, Messite J, Shapiro J, et al: Lung function in talc workers. Arch Environ Health **9**: 559-566, 1964
- 22) Kleinfeld M, Messite J, Shapiro J, et al: Effect of talc dust inhalation on lung function. Arch Environ Health **10**: 431-437, 1965
- 23) Miller A, Teirstein AS, Bader ME, et al: Talc pneumoconiosis; Significance of sublight microscopic mineral particles. Am J Med **50**: 395-402, 1971
- 24) 滝島 任: 末梢気道病変とflow-volume curve. 呼吸と循環 **25**: 19-26, 1977
- 25) 有馬弘毅, 今井節朗, 乾 修然, 他: 京都府丹波地方におけるマンガン鉱山等の元労働者の健康障害の実態と健康管理に関する調査研究. 産業医学ジャー
ナル **7**: 35-39, 1984
- 26) Baetjer AM: Pulmonary carcinoma in chromate workers, I. A review of the literature and report of cases. A.M.A. Arch Ind Hyg Occup Med **2**: 487-504, 1950
- 27) 佐野辰雄, 海老原勇: クロム作業者の職業癌. 日胸 **37**: 91-101, 1978
- 28) 大崎 饒, 阿部庄作, 本間行彦, 他: 一クローム工場の従業員における肺癌症例の多発. 日内会誌 **63**: 62-67, 1974
- 29) 阿部庄作, 大崎 饒, 木村清延, 他: クロム曝露と肺癌発生に関する検討——クロム化合物と肺癌組織型との関連について——. 肺癌 **20**: 301-307, 1980
- 30) 吉澤 潔, 木村 秀, 湯浅亮一, 他: クロム工場従事者にみられた異時性3多発肺癌の1例. 気管支 **5**: 175-179, 1983
- 31) 吉澤 潔: クロム肺癌患者およびクロム工場従事者における気管支粘膜病変の臨床病理学的研究. 四国医誌 **40**: 123-134, 1984
- 32) Auerbach O, Stout AP, Hammond EC, et al: Changes in bronchial epithelium in relation to cigarette smoking and in relation to lung cancer. New England J Med **265**: 253-267, 1961

Summary

Aerosol Lung Inhalation Scintigraphy in Occupational Lung Disease

Osamu SUI

Department of Radiology, School of Medicine, Tokushima University

Aerosol lung inhalation scintigraphy with ^{99m}Tc -millimicrosphere albumin was performed in 55 cases with occupational lung disease. Twenty-eight cases were rubber workers, sixteen were manganese workers and eleven were chromate workers.

Aerosol inhalation images in rubber and manganese workers were evaluated qualitatively and semiquantitatively. In qualitative evaluation, inhomogeneous distribution of aerosol particles was observed in 12 cases out of 28 rubber workers and in 7 cases out of 16 manganese workers. A “peripheral penetration index (PPI)” was defined as the ratio of the peripheral to the central counts normalized by the corresponding areas. The mean value of PPI for normal subjects was 0.55 ± 0.04 (s.d.). The mean values for rubber and manganese workers were 0.49 ± 0.06 , 0.49 ± 0.02 , respectively ($p < 0.05$). Those for PR₀ and PR₁ groups in rubber workers were 0.48 ± 0.02 , 0.49 ± 0.04 , respectively ($p < 0.01$), but the mean values for PR₂ and PR₃ groups in rubber workers were not significantly

lower than those of the normal subjects. The sensitivities for small airway disease detection were 43% for \dot{V}_{50}/HT , 36% for \dot{V}_{25}/HT and 39% for $\dot{V}_{50}/\dot{V}_{25}$ in a maximum forced expiratory flow-volume curve, but the sensitivity was 68% for PPI. These results indicate that the value of PPI is useful for early detection of small airway disease.

In chromate workers, both early and delayed inhalation images were useful for evaluation of mucociliary clearance. Excessive central airway deposition on both images was seen in 3 cases out of 11 chromate workers, and two of them were detected pathohistologically squamous cell metaplasia with atypia in bronchial epithelium. Two years later, lung cancer was found in just one case out of them.

Key words: Aerosol lung inhalation scintigraphy, Occupational lung disease, Talcosis, Manganconiosis, Chromate worker.