

○外山尚紀（東京労働安全衛生センター）、酒井潔名古屋衛生研究所）、
名取雄司（ひらの亀戸ひまわり診療所）

1. はじめに

現在、空気中の石綿濃度測定方法として①PCM法（位相差顕微鏡法）、②DSM法（位相差・分散顕微鏡法）、③SEM法（走査電子顕微鏡法）、④TEM法（透過電子顕微鏡法）があり、PCM法が日本産業衛生学会の許容濃度の勧告の石綿の評価値等のリスク評価と対応していることと、比較的簡素にサンプリングと分析ができることから広く行われているが、全ての繊維状粒子を計数するため、比較的石綿濃度の低い場合、石綿以外の繊維状粒子が多く存在する場合はこれらを計数してしまう欠点がある。DSM法は石綿繊維を選別して計数することが可能であるが、精度が試料作製、顕微鏡の調整、浸液の温度、分析者の判定などの多くの微妙な条件に左右されること、リスク評価の基準値や評価と対応していないことの欠点がある。電子顕微鏡法は精度の高い分析が可能だが、分析に時間がかかり、機器が高価で普及が難しい。

本研究は、これまでにPCM法（一部TEM法）として分析してきた諸条件でサンプリングした試料について、DSM法により再分析した。分析結果から、PCM法-TEM法およびPCM法-DSM法について総繊維数濃度と鉱物性繊維濃度、総繊維と石綿濃度について比較検討した。

2. 方法

今回分析した試料は、A.解体作業場（6作業）、B.切断作業場（2作業）、C.吹付け石綿のある建物内（2種の吹付け石綿）のそれぞれの現場で採取したものである。PCM法による分析結果は採取時に計数したデータを使用し、これを総繊維濃度とした。これらの試料の一部をJIS K 3858-1の「6.2.3 標本の作製」a)～e)により低温灰化処理し、これを同「6.1.3 計数」により位相差顕微鏡にて計数したものを鉱物繊維濃度とした。さらにこれを「6.2.3 標本の作製」f)により石綿の種類により分散染色浸液を滴下し、DSM法により計数したものを石綿濃度とした。統計処理のためJIS法の定量下限値は考慮していない。

3. 結果

TEM法とPCM法との比較は表1のとおり。DSM法とPCM法の比較は表2のとおり。

4. 考察

TEM法とPCM法で総繊維濃度同士の r が低い値を示したのは、試料数が少なく、岩綿吸音板除去時のTEM法の t の2試料がPCM法に対して極端に高い濃度（177倍と323倍）となったため、この2試料を除くと $r=0.968$ となる。岩綿吸音板除去時には下地の石膏ボードを同時除去しており、TEM法ではこれに由来する石膏の細繊維が定性されている。

DSM-PCM比較では、A.解体作業場、B.切断作業場、C.吹付け石綿のある建物内の作業場の種類により、総繊維に対する鉱物繊維、石綿繊維の割合に一定の傾向があると思われた。例えば石綿含有建材を切断する作業場では石綿含有建材のみを加工しており、総繊維に対する鉱物繊維、石綿繊維の割合が比較的高く、解体除去の現場と吹付け石綿下ではパルプなどの有機繊維、岩綿などの鉱物繊維も存在しているため、総繊維に対する鉱物繊維、石綿繊維の割合が低くなっている。

相関係数 $r(\text{Pt}:\text{Pm})$ と $r(\text{Pt}:\text{Da})$ をみると、0.9を超えた現場では総繊維に対する鉱物繊維、石綿繊維の割合が比較的安定していると考えられる。B.のケイ酸カルシウム板切断では $r(\text{Pt}:\text{Pm})=0.948$ に対して $r(\text{Pt}:\text{Da})=0.261$ と低くなっている。これはケイ酸カルシウム板に石綿以外の無機繊維が含有されており、破碎による飛散の程度にばらつきがあったため、また後述するように繊維サイズに起因する分散色の有無が原因と思われる。

実際に低温灰化処理した試料をDSM法で観察する場合以下の点に留意する必要があると思われる。①低温灰化が条件を一定にしても残渣の状態が一定せず、計数が難しい試料がまれに発生する。特に線状に残渣が残ると残渣と繊維の区別がつかなくなり計数不能となる。②細い繊維について

DSM 法では分散色を確認することが難しい。特に大きな粒子は明るく見えるため周囲の繊維の分散色の確認が難しくなる。③細い繊維では分散色を示していないものが存在する。標準試料を使用した試験により、細い繊維は見えないものがあることが確認された。

4. まとめ

PCM 法に対する TEM 法および DSM 法はいずれもある程度の相関性があり、石綿を含む粉じんの発生状況を反映し、環境中の総繊維、鉍物繊維、石綿の関係を示していると思われた。しかしながら今回の試料の低温灰化処理後の鉍物繊維濃度と DSM 法による石綿濃度が、そのものの濃度を示していると判断するのは早計と思われた。現状ではリスク評価は PCM 法による総繊維濃度のみが適用可能なので、定性的に TEM 法または DSM 法を使用し、石綿繊維の飛散が確認された場合は PCM 法の総繊維濃度の値を定量とリスク評価に適用することが現実的であると思われた。

表 1：TEM-PCM 比較

		気中濃度 (f/L)			Tt/Pt	Ta/Pt	相関係数 r(Pt:Tt)	相関係数 r(Pt:Ta)	Ta/Tt
		PCM による総 繊維濃度 (Pt)	TEM による総 繊維濃度 (Tt)	TEM による 石綿濃度 (Ta)					
全 (n=13)	Ave	2156	98209	19972	51.5	5.32	0.228	0.970	0.32
	Min-Max	2.72-10216	92.8-794727	0-119967	3.9-323	0-13.0			0-0.74
A. 解体除去 (n=11)	Ave	2548	116047	23601	55.6	5.52	0.176	0.970	0.34
	Min-Max	40.0-10216	664-794727	0-119967	3.94-323	0-13.0			0-0.74
C. 吹付け石綿下 (n=2)	Ave	3.46	95.2	15.3	29.0	4.25	-	-	0.16
	Min-Max	2.72-4.20	92.8-97.5	9.40-21.2	22.1-35.9	3.46-5.04	-	-	0.10-0.23

表 2：DSM-PCM 比較

		気中濃度 (f/L)			Pm/Pt	Da/Pt	相関係数 r(Pt:Pm)	相関係数 r(Pt:Da)
		PCM による 総繊維濃 度 (Pt)	鉍物繊維 濃度 (Pm)	DSM による 石綿濃 度 (Da)				
全 (n=157)	Ave	505	200	33.5	0.41	0.06	0.760	0.585
	Min-Max	14.3-6069	1.79-1894	0-513	0.01-1.00	0-0.61		
A. 解体除去 (n=106)	Ave	615	167	27.7	0.31	0.03	0.783	0.607
	Min-Max	14.3-6069	1.79-1894	0-513	0.01-0.90	0-0.61		
床用ビニル材除去 (n=15)	Ave	107	32.5	4.5	0.33	0.03	0.640	0.845
	Min-Max	39.4-215	9.5-64.5	0-16.1	0.15-0.73	0-0.09		
天井板除去 (n=21)	Ave	1303	482	89.7	0.36	0.05	0.878	0.557
	Min-Max	32.3-6069	10.81894	0-513	0.14-0.72	0-0.20		
吹付け石綿下内装解体 (n=13)	Ave	1560	149	36.3	0.20	0.03	0.320	0.736
	Min-Max	40.0-5040	23.5-410	2.94-142	0.01-0.59	0.02-0.17		
岩綿吸音板除去 (n=8)	Ave	1369	472	51.3	0.36	0.04	0.892	0.733
	Min-Max	658-2479	161-870	19.6-97.8	0.24-0.54	0.02-0.07		
吹付けへの電気器具除去 (n=18)	Ave	93.3	27.5	1.90	0.32	0.01	0.972	0.979
	Min-Max	14.3-541	1.8-147	0-14.3	0.13-0.75	0-0.04		
解体現場 (n=31)	Ave	108	28.6	2.27	0.31	0.02	0.780	0.544
	Min-Max	24.5-351	5.38-71.7	0-10.8	0.10-0.67	0-0.10		
B. 切 断 (n=28)	Ave	445	326	55.2	0.78	0.18	0.975	0.478
	Min-Max	15.6-1990	11.7-1517	0-274	0.51-1.00	0-0.61		
ケイ酸カルシウム板切断 (n=9)	Ave	1030	731	90.2	0.71	0.10	0.948	0.261
	Min-Max	129-1990	80.7-1517	5.38-274	0.51-0.92	0.02-0.24		
スレート系切断 (n=19)	Ave	168	134	38.6	0.81	0.22	0.989	0.624
	Min-Max	15.6-360	11.7-285	0-118	0.68-1.00	0-0.61		
C. 吹付け石綿下 (n=23)	Ave	72.4	16.7	5.74	0.42	0.06	0.942	0.621
	Min-Max	0.34-632	0.10-135	0-68.1	0.11-1.00	0-0.25		
クロシドライ (n=18)	Ave	47.9	11.5	1.17	0.48	0.04	0.998	0.981
	Min-Max	0.34-632	0.11-135	0-15.5	0.20-1.00	0-0.25		

外山尚紀

東京労働安全衛生センター

東京都江東区亀戸 7-10-1

03-3683-9765