

(4) Airborne exposure during asbestos abatement of floor, wall plaster, and pipe insulation⁵⁾.

アメリカの Envirosafe Training Consultant 社の J.H. Lange は、アスベストで断熱されている配管、床タイル、壁装材などの除去工事中的アスベストの個人曝露濃度を測定した。

計測は個人曝露量と空間の濃度の両方についてサンプラーで捕集したアスベスト繊維を位相差顕微鏡で計数する方法で行っている。

実測した濃度は TWA(時間加重平均値:例えば1日8時間, 週40時間の肉体的に激しくない繰り返し労働における作業環境中の時間加重平均濃度)と TLA(実測時間についての平均値)として整理された。

表3がその結果であるが, 筆者らは, これらの作業による個人曝露量は過去の報告例と似たものであり, 本結果とそれらをあわせて考えるとアスベスト除去による職業的曝露リスクは高くなく, 厳格な法規制が必要を支持するものではないとしている。

表3 各種アスベスト含有建材除去工事とアスベスト濃度

Table 1. Summary statistics for types materials, in f/cc

Type of Sample/Material	Nos. of Samples	AM	GM	SD	GSD	Range
FT (TLA)	7	0.027	0.023	0.018	1.9	0.009-0.062
Personal (TWA)	-	0.010	0.010	0.024	1.6	0.004-0.013*
Plaster (TLA)* Area	4	0.011	0.010	0.007	1.8	<0.012-0.020
Plaster (TLA)	1	<0.013	-	-	-	-
Personal (TWA)	1	<0.003	-	-	-	-
FT/plaster/ (TLA) Pipe Personal (TWA)	1	0.021 0.017	-	-	-	-

FT, floor tile; *one sample was collected for 510 minutes so hypothetically the TWA increased as compared to the TLA; *area samples were not converted to a TWA

(5) Airborne exposure concentrations during asbestos abatement of ceiling and wall plaster⁶⁾

アメリカの Envirosafe Training Consultant 社の J.H. Lange らは, アスベスト含有建材により屋根, 天井, 壁などにプラスター吹き付けを行った小学校における除去作業によるアスベスト曝露防止対策としての負圧発生装置の効果の検証を行った。濃度は, 個人曝露量と許容曝露限界値を調べる実測の場合は, 作業者の呼吸域で, 作用上の濃度を測る必要は, 床上3mから6mで, 負圧発生装置の効果調べる測定の場合は負圧発生装置の入り口で, それぞれ試料が採集された。

表 4 アスベスト対策の効果検証の実測結果

Table 1. Summary statistics for all air samples, in f/cc+.

Type of Sample	Number of Samples	AM	GM	SD	GSD	Range
Personal	12	0.008 (0.004)	0.007	0.007	1.8	<0.006-0.031
EL	3	0.045	0.045	ND	ND	0.045
NAM	10	0.009 (0.001)	0.008	0.004	1.5	0.008-0.013
Area	10	0.019 (0.012)	0.013	0.019	2.4	0.0009-0.069

+Area, personal and NAM samples were each collected for time period of 1 to 3 hours with usually more than one sample collected per day; () represents CI at 95%. GM=geometric mean, SD=standard deviation

実測の結果，個人曝露量や対策をとった場合とそうでない場合の空間濃度，さらには，許容限界地を調べるための濃度は，いずれの作業現場における許容限界地 1f/ml を超えておらず，作業者が，作業中に許容限界値を越える濃度にさらされるリスクは低いと結論している。



写真 2 プラスター吹き付け作業⁷⁾
(<http://en.wikipedia.org/wiki/Plaster> より)

(6)Area and personal airborne exposure during abatement of asbestos-containing roofing material⁸⁾

アメリカの Envirosafe Training Consultant 社の J.H. Lange らは、アスベストを含有する屋根吹き付け材の除去工事における飛散アスベストの空間濃度と個人曝露濃度の実測を行い呼吸器マスク使用の可否について検討した。

空間濃度測定は、作業場所にできるだけ近い場所で行い、個人曝露濃度は、各作業者の呼吸域において行った。計数は位相差顕微鏡で行った。

その結果、空間濃度は、0.0006f/から 0.0162 f / l であり、個人曝露濃度は、0.0047 f / l から 0.0752f/l であった。いずれもその分布は正正規分布であり、両者に明確な相関はなかった。

許容濃度を超えるような場合はなかったため、呼吸マスクをつけるひつ法はこの実測からは認められなかったとしている。

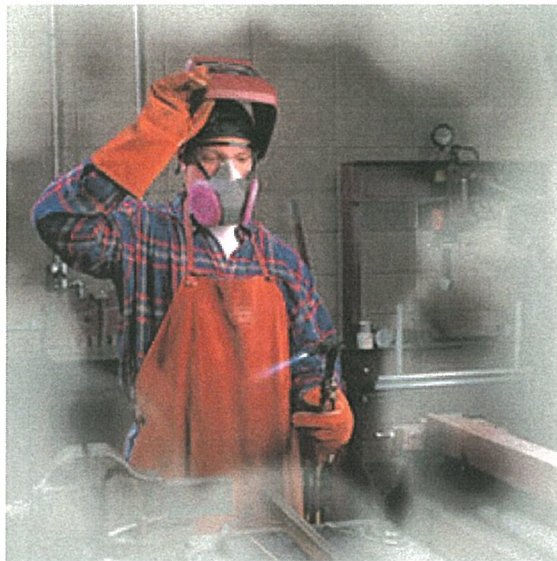


写真 3 呼吸マスク

http://www.thefabricator.com/Safety/Safety_Article.cfm?ID=821

(7)Asbestos exposure during renovation and demolition of asbestos-cement clad buildings¹⁰⁾

CSIRO(豪州連邦科学産業研究機構)のBrownは、アスベストセメントで建てられたビルにおける各種作業中の飛散アスベスト濃度の測定を行った。アスベスト繊維の計数は位相差顕微鏡で行った。表 5 に調査対象のビルの概要が示されている。いずれも築後 30 年程度以上たった古いビルである。

ビル解体中の場合の測定結果が表 6 に示されている。解体作業以外にも屋根を水流ジェットで洗浄した場合、ペンキとそう作業の場合、屋根材の更新の場合などについても調査しているが、ここでは解体の場合を紹介する。解体したのは、表 5 中の Warehouse である。

乾いている場合よりぬれている方が濃度が低いのは理解できるとしても、シートは、あまり濃度抑制に聞いていないように見える。

このほかの作業の結果も踏まえ、筆者は、アスベスト含有建材の建物で、解体などの作業をするときは、適切な防御服と濃度提言対策が必要であるとしている。

表 5 調査対象ビルの概要

TABLE I
Sites Involved in Work Trials

Site No.	Site Description	Building Age	Extent of Surface Weathering
1	Garage, corrugated roof	39	Severe
2	Private dwelling, corrugated roof	30	Severe
3	Hall, corrugated roof	38	Severe
4	Warehouse, corrugated roof, part-painted	40	Moderate
5	Factory, corrugated roof	40	Very severe
6	Hall, corrugated roof, painted	29	-
7	Low-cost dwellings, corrugated roof	32	Severe
8	Warehouses:		
8.1	Building A — corrugated roof	40	Severe
8.2	Building B — corrugated roof	40	Severe
	— flat wall	40	Low
8.3	Building C — corrugated roof	40	Severe
	— flat wall	40	Low
8.4	Building D — corrugated roof	40	Severe
	— flat wall	40	Low

表 6 調査結果(建物解体時)

TABLE VII
Asbestos Concentrations Near Workers Demolishing AC Warehouses

Trial No.	Work Description	Wind Speed (m/sec)	Asbestos Concentrations (f/mL)		
			n ^A	Range	TWA ^B
8.1	Building A demolished after collapse:				
8.1.1	— dry roof removal	6.4	3	0.10-0.47	0.32
8.1.2	— wet roof removal	3.7	2	0.05-0.06	0.06
8.1.3	— acrylic-sealed roof removal	5.2	3	0.11-0.32	0.16
8.2	Building B demolished from lift:				
	— dry roof removal	1.3-3.5	6	0.30-0.53	0.38
	— wet roof removal	1.6	2	0.10-0.13	0.12
8.3	Building C demolished from lift:				
	— dry roof removal	1.6-4.9	10	0.34-1.1	0.60
	— wet roof removal	1.6-2.7	4	0.29-0.68	0.50
	— acrylic-sealed roof removal	3.1	4	0.41-0.76	0.55
8.3/8.4	— dry wall removal	2.5-3.5	4	0.04-0.12	0.07
8.3	— acrylic-sealed wall removal	4.2	2	ND ^C -0.05	0.02

^An = number of measurements.

^BTWA = time-weighted average.

^CND = not detectable.

(8)まとめ

諸外国においては、アスベストが吹き付けられていた場合やアスベストを含有している建材が使われていることが判明した場合には、アスベスト除去工事が実施されることが少なくない。そこには、建物からアスベストを取り除くことにより室内濃度は下がるはずだと言う前提がある。しかし、文献調査の結果ではそのことを明確に示すためのアスベスト除去工事前後の室内濃度に関する調査例は驚くほど少なく、明らかに除去工事前後で濃度低減効果があったと言う結果はほとんどなかった。むしろ逆に、工事後の方が濃度が高くなったと言う報告が多かった。

これらの事実はなにを意味しているかと言えば、効果が十分検証されていない工事しかなされていないということである。そこには、効果検証のためには計測が必須であるが、現状の測定技術では、健康リスクから考えられる濃度が定量下限値以下であるという点など、未解決な部分もあり、今後の課題となっている。

引用文献

- 1) J. H Lange: Impact of asbestos concentrations in floor tiles on exposure during removal, *International Journal of Environmental Health Research*, Vol. 12, pp. 293-300, 2002
- 2) S.A. M. T. Jaffery, G.J. Burdett, and A. P. Rood: An investigation of airborne asbestos concentration in two UK buildings; Before, during and after removal of asbestos, *International Journal of Environmental Studies*, Vol. 32, pp. 169-180, 1988
- 3) J. H. Lange: Asbestos abatement of pipe and floor tile/mastic and comparison of critical plastic barrier controls, *Bulletin of environmental contamination toxicology* Vol. 72, pp. 542-546, 2004
- 4) 函館市：アスベスト(石綿)処理マニュアル，2006
- 5) J. H. Lange: Airborne exposure during asbestos abatement of floor, wall plaster, and pipe insulation, *Bulletin of environmental contamination toxicology* Vol. 74, pp. 70-72, 2005
- 6) J. H. Lange: Airborne exposure concentrations during asbestos abatement of ceiling and wall plaster, *Bulletin of environmental contamination toxicology* Vol. 69, pp. 712-718, 2002
- 7) From Wikipedia, the free encyclopedia (<http://en.wikipedia.org/wiki/Plaster>), 2007
- 8) J. H. Lange and K. W. Thomulka: Area and personal airborne exposure during abatement of asbestos-containing roofing material, *Bulletin of environmental contamination toxicology* Vol. 64, pp. 673-678, 2000
- 9) The fabricator Home Page (http://www.thefabricator.com/Safety/Safety_Article.cfm?ID=821), 2007
- 10) S. K. Brown: Asbestos exposure during renovation and demolition of asbestos-cement clad buildings, *American Industrial Hygiene Association Journal*. Vol. 48, No. 5, pp.478-486, 1987

5. 諸外国におけるアスベストのリスク評価

5.1 非職業性の生涯曝露におけるアスベストの過剰発がんリスク

アスベストの有害性に関する情報として、世界保健機関(WHO)が1986年に環境保健クライテリア No.53「アスベストおよび他の天然鉱物繊維」(IPCS, 1986)を公表している。環境保健クライテリアは、世界保健機関(WHO)、国際労働機関(ILO)および国連環境計画(UNEP)が共同で実施している国際化学物質安全性計画(IPCS)の活動のひとつである。環境保健クライテリアでは、広範囲な化学物質をはじめとして、騒音、電波、電磁波および放射性核種等が人の健康や環境に及ぼす影響について総合的に評価されている。

アスベストの環境保健クライテリア No.53 では、一般環境中における一般住民のリスクについて、アスベストによる中皮腫と肺がんのリスクは定量化が困難でおそらく検出可能なほど低いと報告している。また、都市部の大気濃度は1本～10本/L (f/L)であると報告している。そこで、1989年に改正された日本の大気汚染防止法では、工場敷地境界の規制基準として10f/Lが規定された。つまり、ここでは環境保健クライテリア No.53の定性的な評価結果が参考にされている。

次に、アスベストのリスクに関する定量的な評価結果として、諸外国におけるアスベストの非職業性曝露における過剰発がんリスクを表1に示す。また、各機関のレビューの流れを図1に示す。Schneiderman ら(1981)の過剰発がんリスクは、ドイツ連邦保健省のポジションペーパー(Aurand et al., 1981)に引用されていたものである。WHO 欧州事務局は、1987年に欧州空気質ガイドライン(WHO Europe, 1987)を公表し、その中でアスベストの空気質ガイドラインを公表している。このガイドラインにおいて、中皮腫のガイドラインについては、ドイツ連邦保健省のポジションペーパーと Schneiderman ら(1981)の過剰発がんリスクが参照されている。WHO 欧州事務局は、WHO の6つの地域事務局の1つである。北はグリーンランド、南は地中海からロシアの太平洋岸までの広範な地域を担当している。スイスのジュネーブに拠点を置く WHO 本部は、世界全体の健康問題や公衆衛生を扱っている。WHO 欧州事務局のガイドラインは、欧州を中心とした地域を対象としたものであるが、WHO 本部はこれまでに、アスベストの空気質ガイドラインを公表していない。WHO 欧州事務局による空気質ガイドラインの目的は、人の健康に対して有害である、あるいは有害である可能性がある空気汚染物質による公衆の健康影響を保護するための基礎資料を提供することにある。そして、環境基準値の設定など、関係諸国のリスク管理における政策決定に対して利用可能な情報や指針を提供することにある。そのため WHO 欧州事務局の空気質ガイドラインは、欧州地域のみならず、アジアや北米諸国にも影響を与えている。

表1の評価結果から明らかなように、非職業性曝露におけるアスベストの過剰発がんリスクは、米国と WHO 欧州事務局において、1980年代半ばに実施されている。それ以降の評価は、この時期に実施された評価結果のレビューとなっており、評価結果はほぼ同じである。1987年に WHO 欧州事務局(WHO Europe, 1987)が実施した評価結果が最も総合的に評価がなされたものであり、米国環境保護庁(EPA, 1986)、米国研究審議会(NRC, 1984)等の評価結果がレビューされている。オランダの評価(RIVM, 1989)は、WHO 欧州事務局(WHO Europe, 1987)の評価結果が参照されている。米国 EPA(2001)が2001年に総合リスク情報システム(IRIS)でアスベストの評価結果のレビューを発表しているが、

1986年に米国EPAが実施した評価結果が参照されている。WHO欧州事務局は、2000年に空気質ガイドライン第2版(WHO Europe, 2000)を発表しているが、アスベストに関しては、1987年のガイドラインを改訂せずにそのまま掲載している。これらの評価は、主に位相差顕微鏡(PCM)法で測定された労働者の疫学調査結果に基づいたものである。WHO欧州事務局とオランダは、測定方法として電子顕微鏡を用いた場合には、PCM法に比べて小さなアスベスト繊維も計測値に含まれることから、PCM法の2倍の数値を同時に提案している。しかしながら、米国EPAの総合リスク情報システム(IRIS)では、これらの測定方法間の換算は不確実性が高く提案できないとしている。

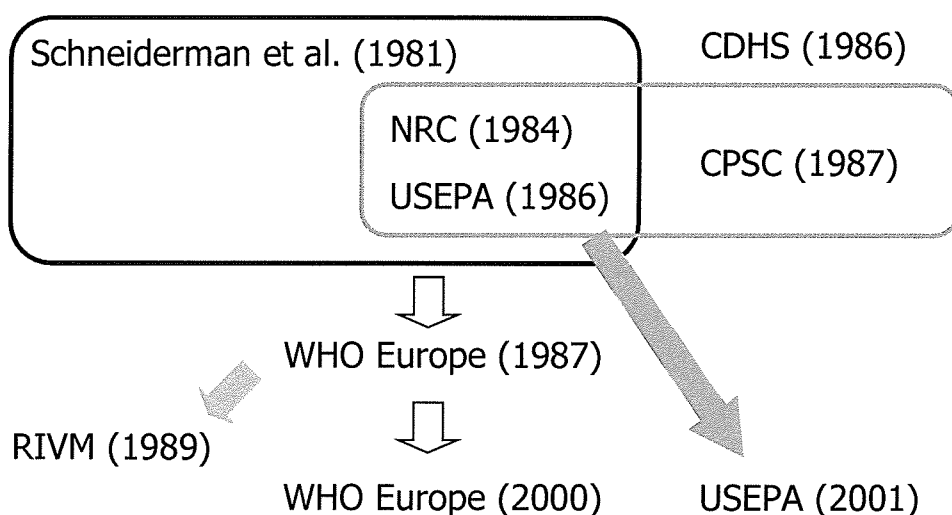


図1 各評価機関のレビューの流れ

表1 アスベストの非職業性曝露における過剰発がんリスク (その1)

評価機関	対象アスベスト	評価対象者	エンドポイント	曝露期間	測定方法	過剰発がんリスク		備考
						推定値	推定値の95%信頼限界の上限	
						ユニットリスク (f/mL) ⁻¹	ユニットリスク (f/mL) ⁻¹	
WHO欧州事務局 (WHO, 1987, 2000)	混合繊維	喫煙者	肺がん、悪性中皮腫	生涯曝露(寿命70年)		0.4	0.025	中皮腫リスク値はEPA(1986)やNRC(1984)、Schneiderman(1981)等を参照
	混合繊維	非喫煙者	肺がん、悪性中皮腫	生涯曝露(寿命70年)		0.22	0.045	
	混合繊維		悪性中皮腫	生涯曝露	PCM(5μ長以上)	0.2	0.050	
	混合繊維	喫煙者	肺がん	生涯曝露(寿命70年)		0.2	0.050	
	混合繊維	非喫煙者	肺がん	生涯曝露(寿命70年)		0.02	0.500	
	混合繊維		悪性中皮腫	生涯曝露	電子顕微鏡(以下、EM)	0.01-0.1	0.1-1.0	
	混合繊維	喫煙者30%含む	肺がん	生涯曝露(寿命70年)		0.001-0.01	1-10	
	混合繊維		悪性中皮腫	生涯曝露	PCM(5μ長以上)*上記EM値はPCM値の2倍と仮定	0.02-0.2	0.05-0.5	
	混合繊維	喫煙者30%含む	肺がん	生涯曝露(寿命70年)		0.002-0.02	0.5-5	
	混合繊維							
米国環境保護庁 IRIS (USEPA, 2001)	混合繊維		肺がん、悪性中皮腫	生涯曝露	PCM(5μ長以上)	0.23	0.043	EPA(1986)の非喫煙者の肺がん0.02と中皮腫のリスク0.22を相加(男女平均)、米国一般人口モデルで試算
米国環境保護庁 (USEPA, 1986)	混合繊維	女性	悪性中皮腫	生涯曝露		0.2752	0.036	全米の一般住民の死亡率から試算(喫煙考慮せず)
	混合繊維	男性	悪性中皮腫	生涯曝露		0.1928	0.052	
	混合繊維	女性	肺がん	生涯曝露	PCM(5μ長以上)	0.0525	0.190	
	混合繊維	男性	肺がん	生涯曝露		0.1705	0.059	
	混合繊維	女性非喫煙者	悪性中皮腫	生涯曝露		0.272	0.037	
	混合繊維	男性非喫煙者	悪性中皮腫	生涯曝露		0.22	0.045	
	混合繊維	女性喫煙者	悪性中皮腫	生涯曝露	PCM(5μ長以上)	0.252	0.040	
	混合繊維	男性喫煙者	悪性中皮腫	生涯曝露		0.181	0.055	
	混合繊維	女性非喫煙者	肺がん	生涯曝露		0.0184	0.164	
	混合繊維	男性非喫煙者	肺がん	生涯曝露		0.0185	0.185	
米国研究審議会 (NRC, 1984)	混合繊維	女性喫煙者	肺がん	生涯曝露	PCM(5μ長以上)	0.15	0.067	クロシタイルでは過大評価、可能性を示唆
	混合繊維	男性喫煙者	肺がん	生涯曝露		0.238	1.500	
	混合繊維	女性非喫煙者	悪性中皮腫	生涯曝露(寿命73年)		0.0225	0.444	
	混合繊維	男性非喫煙者	悪性中皮腫	生涯曝露(寿命73年)		0.0225	0.444	
	混合繊維	女性喫煙者	悪性中皮腫	生涯曝露(寿命73年)	PCM(5μ長以上)	0.0225	0.444	
	混合繊維	男性喫煙者	悪性中皮腫	生涯曝露(寿命73年)		0.0225	0.444	
	混合繊維	女性非喫煙者	肺がん	生涯曝露(寿命73年)		0.01	1.000	
	混合繊維	男性非喫煙者	肺がん	生涯曝露(寿命73年)		0.02	0.500	
	混合繊維	女性喫煙者	肺がん	生涯曝露(寿命73年)	PCM(5μ長以上)	0.06	0.167	
	混合繊維	男性喫煙者	肺がん	生涯曝露(寿命73年)		0.16	0.083	

表 1 アスベストの非職業性曝露における過剰発がんリスク (その2)

評価機関	対象アスベスト	評価対象者	エンドポイント	曝露期間	測定方法	過剰発がんリスク				備考	
						推定値	推定値の95%信頼限界の上限	備考			
						ユニットリスク (f/mL) ⁻¹	1/10万リスク 相当濃度(f/L)	ユニットリスク (f/mL) ⁻¹	1/10万リスク 相当濃度(f/L)		
カリフォルニア州 大気資源局 (1986)	混合繊維	女性非喫煙者	悪性中皮腫	生涯曝露 (寿命85年)	PCM(5 μ長以上)	0.38	0.026	1.9	0.005	→発がんポテンシー	
	混合繊維	男性非喫煙者	悪性中皮腫	生涯曝露 (寿命85年)	PCM(5 μ長以上)	0.32	0.031	1.6	0.006		
	混合繊維	女性喫煙者	悪性中皮腫	生涯曝露 (寿命85年)	PCM(5 μ長以上)	0.32	0.031	1.6	0.006		
	混合繊維	男性喫煙者	悪性中皮腫	生涯曝露 (寿命85年)	PCM(5 μ長以上)	0.24	0.042	1.2	0.008		
	混合繊維	女性非喫煙者	肺がん	生涯曝露 (寿命85年)	PCM(5 μ長以上)	0.01	1.000	0.06	0.167		
	混合繊維	男性非喫煙者	肺がん	生涯曝露 (寿命85年)	PCM(5 μ長以上)	0.02	0.500	0.15	0.067		
	混合繊維	女性喫煙者	肺がん	生涯曝露 (寿命85年)	PCM(5 μ長以上)	0.05	0.200	0.5	0.020		
	混合繊維	男性喫煙者	肺がん	生涯曝露 (寿命85年)	PCM(5 μ長以上)	0.11	0.091	1.1	0.009		
	米国消費者製品 安全委員会CPSC (1983)	混合繊維	女性非喫煙者	悪性中皮腫	生涯曝露 (寿命70年)	PCM(5 μ長以上)	0.2666	0.038	0.843		0.012
		混合繊維	男性非喫煙者	悪性中皮腫	生涯曝露 (寿命70年)	PCM(5 μ長以上)	0.2153	0.046	0.681		0.015
		混合繊維	女性喫煙者	悪性中皮腫	生涯曝露 (寿命70年)	PCM(5 μ長以上)	0.246	0.041	0.780		0.013
		混合繊維	男性喫煙者	悪性中皮腫	生涯曝露 (寿命70年)	PCM(5 μ長以上)	0.1742	0.057	0.551		0.018
混合繊維		女性非喫煙者	肺がん	生涯曝露 (寿命70年)	PCM(5 μ長以上)	0.0952	0.105	0.301	0.033		
混合繊維		男性非喫煙者	肺がん	生涯曝露 (寿命70年)	PCM(5 μ長以上)	0.0175	0.571	0.055	0.181		
混合繊維		女性喫煙者	肺がん	生涯曝露 (寿命70年)	PCM(5 μ長以上)	0.0952	0.105	0.301	0.033		
混合繊維		男性喫煙者	肺がん	生涯曝露 (寿命70年)	PCM(5 μ長以上)	0.155	0.065	0.490	0.020		
Schneideman et al. (1981)		混合繊維		悪性中皮腫	生涯曝露 (寿命73年)		0.125-0.769	0.013-0.08			
		混合繊維	女性非喫煙者	肺がん	生涯曝露 (寿命73年)		0.005-0.05	0.2-2.0			
		混合繊維	男性非喫煙者	肺がん	生涯曝露 (寿命73年)		0.014-0.143	0.07-0.7			
		混合繊維	女性喫煙者	肺がん	生涯曝露 (寿命73年)		0.05-0.5	0.02-0.2			
	混合繊維	男性喫煙者	肺がん	生涯曝露 (寿命73年)		0.143-1.43	0.007-0.07				
	オランダ国立公衆衛生 環境保護研究所(1989)	角閃石族		悪性中皮腫	生涯曝露	EM(5 μ長以上:大気中の繊維の10% が5 μ以上と仮定) * 大気中の直径 の要約が0.1 μ程度としてEMで測定	0.01-0.1	0.1-1			WHO Europe (1987)を参照、 角閃石族のリスクはクリノタイル の10~100倍と仮定
		クリノタイル		悪性中皮腫	生涯曝露		0.001-0.01	1-10			
		混合繊維	喫煙者30%含む	肺がん	生涯曝露 (寿命70年)		0.001-0.01	1-10			
		角閃石族		悪性中皮腫	生涯曝露		0.02-0.2	0.05-0.5			
		クリノタイル		悪性中皮腫	生涯曝露		0.002-0.02	0.5-5			
		混合繊維	喫煙者30%含む	肺がん	生涯曝露 (寿命70年)		0.002-0.02	0.5-5			

5.2 アスベスト気中濃度の実態

5.2.1 大気濃度

1993年に公表された環境庁アスベストモニタリングマニュアル(環境庁, 1993)に基づく測定法である位相差顕微鏡(PCM)法では、採気量 2400 リットル、計測視野数 50、1 視野の面積 0.17mm²、フィルタの採じん面積 962 mm²、5μ長さ以上でアスペクト比 3:1 以上の繊維を計数することが基本的な計測条件となっている。日本作業環境測定協会が平成 16 年に公表した「繊維状物質測定マニュアル」(社団法人日本作業環境計測協会, 2004)で提示されている定量下限値計算式にこれらの計測条件を用いて定量下限値を計算すると、0.12 f/Lとなる。

最近の各自治体による実態調査では、札幌市(2005) : 0.1 f/L, 千葉市(2005) : 0.3 f/L, 新潟市(2005) : 0.1 f/L, 滋賀県(2006) : 0.13 f/L の定量下限値が報告されている。また、大阪府(2006)では、下式の定数 2.645 を 1 本として検出下限値 0.06 f/L を報告している。

これらは主に環境庁(1993)のマニュアルによって測定されたものである。定量下限値は、測定精度が十分に確保できる最低保証値である。検出下限値は、ある物質の存在の有無が確認できる最小値である。そのため、測定値の信頼性は、定量下限値以上で保証されており、検出下限値以上で定量下限値未満の測定値は参考値となる。

また、環境省が 2005 年度に大気濃度の全国実態調査を実施している(日本エヌユーエス株式会社, 2006)。その結果を表 2 に示す。

$$\text{定量下限値 (f/L)} = \frac{2.645 \times A}{a \times n \times Q}$$

A (mm²) = フィルターの有効ろ過面積
a (mm²) = 計数した1視野の面積
n = 計測繊維の総数
Q (litres) = 採気量
2.645 = 50視野中に1本の繊維があった場合の95%
信頼限界の上限に相当する定数

(社団法人日本作業環境計測協会, 2004)

表 2 環境省による 2005 年度大気濃度全国実態調査結果

	一般環境			飛散懸念地域						
	住宅地域	商工業地域	農業地域	アスベスト製品製造事業所等	廃棄物処分場等周辺	蛇紋岩地域	高速道路沿線	幹線道路沿線	解体現場等(吹付け石綿除去工事敷地周辺)	解体現場等(吹付け石綿除去工事を除く)
測定地点数	48	26	8	43	41	6	4	6	93	7
幾何平均値 (f/L)	0.23	0.23	0.31	0.34	0.49	0.19	0.31	0.41	0.26	0.36
最大値 (f/L)	1.38	1.56	0.68	1.75	2.70	0.39	0.70	2.20	2.15	1.81

ND: Not Detectable, 不検出

幾何平均値では、廃棄物処分場等周辺と幹線道路沿線で大気濃度が高い。廃棄物処分場については、アスベストを含む廃棄建材によるものと推定される。幹線道路については、アスベストを含むブレーキパッドやクラッチライニングによるものと想定される。2004年に改正された労働安全衛生法により、特殊な用途を除き、実質的には全てのアスベスト

の使用が禁止された。そのため、今後は徐々に大気中の濃度は減少していくと思われる。

5.2.2 室内濃度

2003年から2006年にかけて、東京都、大阪府、埼玉県、愛知県、岩手県、千葉県で自治体が管理する建築物を対象としたアスベストの室内濃度の調査が実施された。定量下限値は、0.2 f/L, 0.3 f/L, 0.5 f/Lであり、主に社団法人日本石綿協会の「室内環境等における石綿粉じん濃度測定方法」や環境庁告示の「石綿に係る特定粉じん濃度の測定法」が使用されていた。

日本における室内アスベスト濃度の実態調査結果について、J-Dream, 国立情報学研究所 CiNii & NII-ELS, インターネットによる検索で調査した。検索は2006年10月12日に実施した。J-Dreamでは、検索式：アスベスト*室内*日本語=140件のうち6件を抽出した。CiNii & NII-ELSでは、検索式：アスベスト=1325件のうち2件を抽出した。インターネットによる検索では、「室内*アスベスト」の検索式で地方自治体の室内濃度実態報告を調査した。

日本における室内アスベスト濃度の実態調査結果を表3に示す。表3のその2は、その1の日本建築センターによる岡山市とつくば市の調査結果の詳細を示したものである。1987年から1989年にかけて、京都市、東京都、新潟県で小規模な調査が行われていた。室内アスベスト濃度の幾何平均値は0.89~2.2 f/Lの範囲であり、外気よりも室内濃度の方が高かった。特に吹き付けアスベストが使用されている場所の多いところで室内濃度が高い傾向にあった。この傾向は、入江ら(1997)が1996年に東京都で実施した調査でも同様であった。

2003年から2006年にかけて、東京都、大阪府、埼玉県、愛知県、岩手県、千葉県で自治体が管理する建築物を対象としたアスベストの室内濃度の調査が実施されていた。定量下限値は、0.2 f/L, 0.3 f/L, 0.5 f/Lであり、主に社団法人日本石綿協会の「室内環境等における石綿粉じん濃度測定方法」や環境庁告示の「石綿に係る特定粉じん濃度の測定法」が使用されていた。測定結果の大半は定量下限値未満であったが、一部の測定場所で定量下限値を超えていた。熊谷市、松戸市、市川市では、定量下限値を超えていた場所に関しては、何らかの対策を実施済みあるいは実施予定であった。

5.3 PCM法における留意点

財団法人日本建築センター(2006)によると、PCM法で計測した総繊維数濃度と分散染色法で分離したアスベスト繊維濃度では、その差は10倍以上であったと報告されている。アスベストを取り扱う労働環境の場合、浮遊粉塵中の大半がアスベストとみなされる。しかし、建築物の室内環境の場合、PCM法では、アスベスト繊維のみならず、その他の無機繊維や有機繊維を計測に含んでしまう可能性があるとして指摘している。一方、環境庁のモニタリングマニュアルのPCM法では、位相差顕微鏡と生物顕微鏡で計測された繊維数の差から、屈折率がほぼ1.5の繊維数を計測し、アスベストの繊維数(クリソタイル)としている。そのため、アスベスト繊維以外の有機および無機繊維は原則として計測には含まれない。財団法人日本建築センターの報告では、そのような計測方法は実施されていないため、PCM法と分散染色法で大きな差が計測されたと考えられる。

表3 日本におけるアスベストの室内濃度調査結果 (その1)

出典	測定時期	測定地域	建築物	測定法	定量下限値	建物数	場所	アスベスト濃度 (f/L)			アスベストの状態			
								試料数	幾何平均	最小値	最大値	>0.4超過率	>1.0超過率	
重田(1988)	1987年8月27日	京都市	学校	環境庁モニタリングマニュアル(PCM)	—	1	教室	3	1.85	1.83	1.87	全て吹き付け、剥離なし	—	—
佐藤ら(1988)	1987年9月18日 ~同年11月24日	東京都	興行場、旅館、集会場、事務所、学校、遊技場、店舗	環境庁排出抑制マニュアル(PCM)	—	20	事務室等	20	0.89	0.15	2.96	6カ所吹き付け、内3カ所剥離有り	90.0%	50.0%
入江ら(1988)	1987年7月30日 ~1988年1月12日	東京都	宗教施設、研究所、事務所、集会所、図書館、旅館	環境庁モニタリングマニュアル(PCM)	—	6	事務室、機械室、ホール等	20	1.04	N.D.	4.89	全て吹き付け、内11カ所剥離有り	90.0%	50.0%
鈴木ら(1989)	1987年	新潟県	—	環境庁モニタリングマニュアル(PCM)	—	5	外気	4	1	0.3	1.6	8カ所吹き付け、内2カ所剥離有り	70.0%	20.0%
三関ら(1990)	1987年10月8日 ~1989年8月24日	東京都	事務所、集会所、図書館、旅館、オフィスビル	環境庁モニタリングマニュアル(PCM)	—	5	事務室、機械室、ホール等	17	2.1	0.9	6.8	全て吹き付け、内1カ所剥離有り	—	—
入江ら(1997)	1996年6月24日 ~同年10月24日	東京都	興行場、旅館、集会場、事務所、学校、遊技場、店舗	環境庁排出抑制マニュアル(PCM)	—	30	事務室等	30	0.67	0.1	2.23	7カ所吹き付け	73.3%	36.7%
佐藤ら(1997)	1996年6月24日 ~同年10月24日	東京都	興行場、旅館、集会場、事務所、学校、遊技場、店舗	環境庁排出抑制マニュアル(PCM)	—	26	機械室	26	0.81	0.32	3.08	25カ所吹き付け	80.8%	42.3%
日本建築センター(2006)	2006年1月~3月	岡山市 つくば市	—	低温灰化、分散染色、PCM(クリンタイトのみ計測)	0.24または0.47本/L	14	音楽室、図書室、遊戯室等	30	0.28	0.03	1.3	18カ所吹き付け、内10カ所剥離有り	40.0%	3.3%
						14	体育館、便所、階段等	14	0.12	N.D.	N.D.	全て吹き付け、内2カ所剥離有り	0.0%	0.0%
						11	機械室	11	0.13	N.D.	0.54	全て吹き付け、内9カ所剥離有り	9.1%	0.0%
						14	外気	14	0.12	N.D.	N.D.	—	0.0%	0.0%

N.D.:50視野中1本計測されたとして幾何平均値を計算

—:記載なし

表3 日本におけるアスベストの室内濃度調査結果 (その2)

(日本建築センター, 2006)

地域	No.	場所	吹き付け使用状況	定量下限値	室内濃度(f/L)									外気濃度(f/L)	
					測定点1	測定点2	測定点3	測定点4	測定点5	測定点6	測定点7	測定点8	測定点9		
岡山市	1	階段	使用	0.47	0.18										0.47以下
	2	図書室	使用	0.24	0.09	0.24以下									0.24以下
	3	浄化槽機械室	使用	0.47	0.18	0.54									0.18
	4	音楽室	使用	0.24	0.18	0.24以下	0.24以下	0.45							0.24以下
	5	音楽室	使用、剥離有り	0.47	0.47以下	0.18									0.47以下
	6	便所	使用、剥離有り	0.47	0.47以下	0.18									0.47以下
	7	放送室	使用、剥離有り	0.47	0.35										0.18
	8	音楽室	使用、剥離有り	0.47	0.35	0.47以下	0.35								0.47以下
	9	遊戯室	使用、剥離有り	0.47	0.18	0.18	0.18								0.47以下
	10	体育館	使用	0.24	0.09	0.09	0.09	0.18	0.09	0.09	0.18	0.24以下	0.24以下	0.24以下	0.24以下
	11	階段	使用	0.24	0.18	0.24以下									0.24以下
	12	油圧機械室	使用、剥離有り	0.24	0.18	0.24以下	0.24以下	0.18	0.24以下	0.24以下					0.24以下
	13	ファンルーム	使用、剥離有り	0.24	0.24以下	0.24以下	0.24以下								0.24以下
	14	試験室	使用、剥離有り	0.24	0.24以下	0.24以下									0.24以下
		工具室		0.24	0.18	0.09								0.24以下	

* 下線有り: 定量下限値以下であるが、50視野中1本以上計数されたもの

表3 日本におけるアスベストの室内濃度調査結果 (その3)

出典	測定時期	自治体		建築物	測定法	定量下限値 (f/L)	建物数	場所	測定結果		対策等
		都道府県	区市町村						測定数	測定結果 (f/L)	
稲沢市 (2006)	未公表	愛知県	稲沢市	学校、庁舎、病院、体育館、図書館、 館、団地等	未公表*	0.5	40	ホール、倉庫、機械室、居室等	13	全て0.5未満	
盛岡市 (2006)	2005年11月19日 ~2006年1月12日	岩手県	盛岡市	庁舎、保育園、ポンプ場、図書館、 保健センター等	未公表*	0.5	10	ホール、居室、保育室、機械室等	25	全て0.5未満	
朝霞市 (2005)	2005年8月~11月	埼玉県	朝霞市	学校	未公表	0.2	5	体育館、階段、湯沸室、トイレ等	6	全て0.2未満	
熊谷市 (2005a, 2005.b, 2006)	未公表	埼玉県	熊谷市	公民館、自然の家、武道館等	未公表*	0.5	5	ボイラー室、機械室、剣道場、視聴覚室等	5	全て0.5未満	
ふじみ野市 (2006)	未公表	埼玉県	ふじみ野市	学校、庁舎、公民館、体育館、団地、保健センター等	未公表*	0.5	22	ホール、居室、階段、機械室等	48	全て0.5未満	
松戸市 (2006)	1987年度	千葉県	松戸市	学校	未公表*	0.5	1	機械室	1	0.5	除去予定
	2005年度			学校	未公表*	0.5	1	取水ポンプ室	1	2.0	
				庁舎、公民館、学校、清掃センター等	未公表*	0.5	11	廊下、放送室、階段、教室、体育館、機械室等	14	12力所0.5未満 2力所1.2, 0.8本	
				庁舎、病院	未公表*	0.5	2	機械室	2	全て0.5未満	
				学校	未公表*	0.5	2	機械室	3	全て0.5未満	
				学校	未公表**	0.3	28	教室、階段、廊下	30	29力所0.3未満 1力所0.57本	対策予定
				庁舎、体育館、市民センター、保育所、市営住宅等	未公表*	0.5	1	保育室	1	全て0.5未満	
				学校	未公表**	0.3	9	機械室、階段、住戸、保育室等	13	11力所0.3未満 2力所0.5, 0.6本	対策予定
				学校	未公表**	0.3	36	教室、階段、廊下	37	34力所0.3未満 3力所0.45, 0.68, 3.5本	対策予定
市川市 (2006)	未公表	千葉県	市川市	学校、幼稚園、保育園	未公表*	0.5	13	ホール、居室、廊下、階段下足室等	24	0.5~2.2	対策済み、あるいは対策予定
				学校、市営住宅、庁舎、公民館等			55	ホール、居室、機械室、廊下、倉庫、階段等	107	全て0.5未満	

表3 日本におけるアスベストの室内濃度調査結果(その4)

出典	測定時期	自治体		建築物	測定法	定量下限値 (f/L)	建物数	場所	測定結果		対策等
		都道府県	区市町村						測定数	測定結果 (f/L)	
伊丹市(2005)	未公表	大阪府	伊丹市	学校、幼稚園	未公表*	0.5	44	校舎内	37	全て0.5未満	
守口市(2005)	未公表	大阪府	守口市	団地、学校、公民館、市民開館、清掃センター等	未公表* 未公表**	0.5 0.3	7 14	居室、機械室、屋内運動場、階段、倉庫等	21	幾何平均0.77 (最小0.5-最大2.5)	
大東市(2006)	未公表	大阪府	大東市	学校、市民会館、福祉センター等	未公表*	0.2	8	機械室、事務室、下足室等	9	全て0.5未満	
練馬区(2004)	2003年度 ~2004年度	東京都	練馬区	学校	PCM**	0.5	45	教室、職員室、事務室、屋内体育室、倉庫、体育館、図書室、階段、ポンプ室等	34	17カ所0.3未満 3カ所0.3,0.4,0.7本	
練馬区(2006)	2003年度	東京都	練馬区	区民館、出張所、体育館、図書館	PCM***	0.3	9	8カ所0.2未満 1カ所0.4本	31	33カ所0.5未満 1カ所0.5本 30カ所0.3未満 1カ所0.3本	
	2004年度			区民館、区民ホール、文化センター、保健相談所、自然の家、体育館、図書館等	PCM***	0.3	15	ホール、事務室、和室、階段室、トレーニング室、玄関前軒天等	7	全て0.5未満	
	2005年6月2日 ~同年6月27日			区民館、区民ホール、出張所、保健相談所、自然の家、体育館、図書館等	PCM****	0.3	14	ホール、事務室、和室、階段室、トレーニング室、競技場、展示室等	21	全て0.3未満	

* 「室内環境等における石綿粉じん濃度測定方法(社団法人日本石綿協会)」と想定される

*** 室内環境等における石綿粉じん濃度測定方法(社団法人日本石綿協会)

ポンプで2時間空気を吸引し、直径25mmのメンブランフィルターについてアスベスト繊維の本数を位相差顕微鏡を用いて計測

捕集流量: 5L/min、捕集時間: 120min、捕集量: 600L、定量下限値: 0.5本/L

顕微鏡倍率400倍において、繊維長5μ以上、アスペクト比3以上、幅2μ未満の繊維状物質を石綿繊維とみなして計測

**** 石綿に係る特定粉じん濃度の測定方法(平成12年12月27日、環境庁告示) 第16条の2及び第16条の3第1号の規定に基づく

平均孔径が0.8μm、直径47mmの円形のセルロースエステル製のろ紙についてアスベスト繊維の本数を位相差顕微鏡を用いて計測

捕集流量: 10L/min、捕集時間: 240min、捕集量: 2400L、定量下限値: 0.3本/L

顕微鏡倍率400倍において、繊維長5μ以上、アスペクト比3以上の繊維状物質を計測

計数の対象とする繊維が認められた視野については、位相差顕微鏡と生物顕微鏡としたのち再度計数を行い、それぞれの計数値の差を計測繊維数とする

5.4 アスベストの有害性および非職業性曝露に関する最近の知見について

アスベストの有害性および非職業性曝露に関する最近の科学的知見を以下に抜粋した。

出典	要約
Suzuki et al (2005)	<p>動物実験の結果より、短く太い繊維状物質の方が発がんリスクは小さいとされている。そして、長さが $8\mu\text{m}$ 以上、幅が $0.25\mu\text{m}$ 以下の長く細いアスベスト繊維は、悪性中皮腫を引き起こす強い発がん物質になると仮定されている。そこで、ヒトの中皮腫組織の直接的な病理組織学的検討が行われた。</p> <p>168名の悪性中皮腫患者から採取した肺や中皮組織から検査用サンプルを作成した。これらの組織において、10,575のアスベスト繊維(肺：4,820, 中皮腫組織：5,755(繊維化した漿膜：1,259, 中皮腫組織：4,496))が電子顕微鏡によって確認された。これらのアスベスト繊維の外形を観察した結果を以下に抜粋した。(1)長く細い繊維の占める割合は、繊維全体の2.3%のみであった(247/10,575)。(2)調査された組織中の繊維の多く(89.4%)は、長さが $5\mu\text{m}$ 以下で(9,545/10,575)、そのほとんど(92.7%)は、太さが $0.25\mu\text{m}$ 以下であった(9,808/10,575)。(3)肺および中皮組織から確認されたアスベストのうち「短くて細いアスベスト繊維」と分類されたタイプのほとんどがクリソタイルであった。</p> <p>著者らは、短く細いアスベスト繊維が悪性中皮腫の原因になっているのではないかと結論した。このような繊維は、悪性中皮腫患者の肺および中皮組織から確認された中では主要な繊維の型であった。これらの知見は、短いアスベスト繊維のもたらす疾病リスクが小さいという立場をとることが賢明ではないことを示唆している。</p>
Magnani et al (2000)	<p>アスベストの非職業性曝露による悪性中皮腫のリスクについては十分な証拠が存在しない。著者らは、イタリア、スペイン、スイスから6地点を選び、地域住民ベースの症例対照研究を行った。情報は、215名の組織学的な確証のある患者と448名の対照被験者から収集された。アスベスト曝露については、産業衛生の専門家により、職業性曝露、家庭内曝露、環境曝露に分けて評価が実施された。家庭内曝露および環境曝露の分類は、居住歴、家庭内のアスベストの存在と使用の有無、周辺地域におけるアスベスト産業の活動状況とそこから住居への距離をもとにして実施された。</p> <p>職業性曝露を示す証拠のない53名の患者と232名の対照被験者において、家庭内曝露の確率が中程度または高い場合に、性年齢調整を行ったリスクが高かった(オッズ比 OR 4.81, 95%CI 1.8-13.1)。この曝露については、アスベストに汚染された衣類の洗濯、アスベスト素材の取り扱い、および壊れやすいアスベスト素材があることの3つの状態に相当する。高い確率で環境曝露を受ける群(アスベスト鉱山、アスベストセメント施設、アスベスト繊維、造船所やブレーキ工場から2000m以内に居住している)のORは、11.5(95%CI, 3.5-38.2)であった。アスベスト産業からの距離が2000-5000mの間に住んでいるか、アスベストを使用した産業から500m以内の所に居住している人についてもリスクの増加が認められた。両曝露源とも強度によって量/反応のパターンが認められた。これは、家庭や一般環境における低濃度のアスベスト曝露が悪性中皮腫について無視できないリスクをもたらすことを示唆している。</p>

出典	要約
Morinaga et al (1989)	クロシドライトとアモサイトについては中皮腫との因果関係が説明されてきたが、先行研究ではクリソタイルについては因果関係が明らかではなかった。中皮腫の発症に対して石綿の種類が重要であることを明らかにするために、中皮腫患者に対する実態調査が大阪で進められている。中皮腫患者の肺組織をエネルギー分散型 X 線解析装置付電子顕微鏡で観察し、石綿種と半定量的な繊維濃度を求めた。23 名の中皮腫患者（胸膜 21 名、心膜 1 名、腹膜 1 名、男性 19 名、女性 4 名）のうち 19 名で石綿繊維が見つかった。角閃石系石綿は 13 名で見つかったが、5 名の胸膜患者と 1 名の腹膜患者からはクリソタイルしか見つからなかった。近隣曝露による 1 名の女性の胸膜中皮腫患者からは、短いクリソタイル繊維が見つかった。17 名のコントロール群のうち肺組織から石綿繊維が見つかったのは 5 名であった。著者らのデータから、確定的ではないものの、角閃石系石綿だけでなく、クリソタイルも中皮腫の発症に関係している可能性が示唆された。
高月ら (1989)	京都大学では 1987 年から 1988 年にかけて、全学的な吹き付けアスベストの使用状況の実態調査が行われた。その中で、1987 年には、教養部講義室および西部学生食堂において、吹き付けアスベストの撤去作業が行われた。その際、作業者の曝露や周辺環境への飛散防止のための撤去工事特記仕様として、作業場所のシート隔離、撤去作業従事者の呼吸用保護具と保護服の着用等の対策が講じられ、撤去前中後のアスベストの気中濃度が測定された。吹き付けアスベスト撤去後の同一室内におけるアスベスト濃度の減衰状況を調査した結果、撤去中に 1,000~2,000f/L 程度まで濃度が上昇し、1f/L 以下までの十分な減衰には 1 週間程度必要であった。

Suzuki ら(2005)は、短く細いアスベスト繊維でも悪性中皮腫のリスクがあると報告している。しかしながら、病理組織中に検出された短いアスベスト繊維の割合が大気中と同様の割合であることを考えると、必ずしも短い繊維が悪性中皮腫のリスクと関連しているとは結論できないと考えられる。

また、高月ら(1989)の実測結果から明らかなように、吹き付けアスベストの撤去工事後、室内のアスベスト濃度が十分減衰するには、1 週間程度必要であった。このことは、作業場所のシート隔離等の対策が行われていたとしても、室内のアスベスト濃度が十分減衰するには、ある程度の期間が必要であり、その間は立ち入り禁止等の措置を講じなければならないことを示唆していると考えられる。

5.5 まとめ

諸外国におけるアスベストのリスク評価について、関連する評価文書を調査した。また、日本における室内アスベスト濃度の実態調査をレビューした。そして、以下の結論を得た。

- 1) 1987 年に WHO 欧州事務局が実施した評価結果および米国 EPA が 2001 年に総合リスク情報システム(IRIS)で公表した評価結果が最も包括的に既往の研究をレビューしたものであった。
- 2) 大気環境の場合、環境庁アスベストモニタリングマニュアルおよび最近の地方自治体の大気濃度の調査において、位相差顕微鏡(PCM)法によるアスベスト繊維の気中濃度の定量下限値はおおよそ 0.1 f/L であった。

- 3) 同様に室内環境の場合、最近の地方自治体による室内濃度の実態調査において、定量下限値は、0.2 f/L, 0.3 f/L, 0.5 f/L が使用されていた。
- 4) 2003 年から 2006 年にかけて、東京都、大阪府、埼玉県、愛知県、岩手県、千葉県で自治体が管理する建築物を対象としたアスベストの室内濃度の調査が実施されていた。定量下限値は、0.2 f/L, 0.3 f/L, 0.5 f/L であり、測定結果の大半は定量下限値未満であった。しかし、一部の測定場所で定量下限値を超えていた。熊谷市、松戸市、市川市では、定量下限値を超えていた場所に関しては、何らかの対策を実施済みあるいは実施予定であった。
- 5) アスベストの有害性および非職業性曝露に関する最近の科学的知見を抜粋した。短く細いアスベスト繊維が悪性中皮腫の原因になっている可能性、家庭や一般環境における低濃度のアスベスト曝露が悪性中皮腫について無視できないリスクをもたらしている可能性、角閃石系石綿だけでなくクリソタイルも中皮腫の発症に関係している可能性などが示唆された。但し、短く細いアスベスト繊維が悪性中皮腫のリスク要因となっている可能性については、この調査で病理組織中に検出された短いアスベスト繊維の割合が大気中と同様の割合であることを考えると、必ずしも短い繊維が悪性中皮腫のリスクと関連しているとは結論できないと考えられる。また、吹き付けアスベストの撤去工事後、室内のアスベスト濃度が十分減衰するには、1 週間程度必要であるとの報告がなされていた。このことは、作業場所のシート隔離等の対策が行われていたとしても、室内のアスベスト濃度が十分減衰するには、ある程度の期間が必要であり、その間は立ち入り禁止等の措置を講じなければならないことを示唆していると考えられる。

参考文献

- American Conference of Governmental Industrial Hygienists (2001) *Asbestos*
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (2001) *TOXICOLOGICAL PROFILE FOR ASBESTOS*
- Aurand, K. and Kierski, W.S. (1981) *Gesundheitliche Risiken von Asbest. Eine Stellungnahme des Bundesgesundheitsamtes Berlin* [Health risks of asbestos, A position paper of the Federal Health Office, Berlin]. Berlin, Dietrich Reimer Verlag, 1981 (BgA-Berichte, No. 4/81)
- California Department of Health Services (1986) *Report to the Air Resources Board on Asbestos. Part B. Health Effects of Asbestos*, Epidemiological Studies Section, Berkeley, CA.
- Consumer Product Safety Commission (1983) *Report to the U.S. Consumer Product Safety Commission by the Chronic Hazard Advisory Panel on Asbestos*, Directorate for Health Sciences, Washington, D.C.
- Health Effects Institute-Asbestos Research (1991) *Asbestos in Public and Commercial Buildings: A Literature Review and Synthesis of Current Knowledge* (Health Effects Inst., Cambridge, MA)
- Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale (1997) *Effets sur la santé des*

principaux types d'exposition à l'amiante, Expertise collective

International Programme on Chemical Safety (1986) *Asbestos and Other Natural Mineral Fibres*. Environmental Health Criteria 53

Johanson, G. (2003) *Occupational exposure limits – approaches and criteria, Proceedings from a niva course held in Uppsala, Sweden, 24–28 September 2001*, ISBN 91-7045-698-4,

National Institute for Working Life, S-113 91 Stockholm, Sweden

Magnani, C., Agudo, A., Gonzalez, C.A., Andrion, A., Calleja, A., Chellini, E., Dalmaso, P., Escolar, A., Hernandez, S., Ivaldi, C., Mirabelli, D., Ramirez, J., Turuguet, D., Usel, M. and Terracini, B. (2000) Multicentric study on malignant pleural mesothelioma and non-occupational exposure to asbestos, *British Journal of Cancer*, **83** (1), pp. 104-111

Morinaga, K., Kohyama, N., Yokoyama, K., Yasui, Y., Hara, I., Sasaki, M., Suzuki, Y. and Sera, Y. (1989) Asbestos fibre content of lungs with mesotheliomas in Osaka, Japan: a preliminary report, *IARC Sci. Publ.*, **90**, pp. 438-443

National Research Council Committee on Nonoccupational Health Risks of Asbestiform Fibers (1984) *Asbestiform Fibers. Nonoccupational Health Risks*. National Academy Press, Washington D.C.

National Institute for Occupational Safety and Health (1976) *Revised Recommended Asbestos Standard*, NIOSH Publication No. 77-169

Occupational Safety and Health Administration (1994) *Occupational Exposure to Asbestos*, Federal Registers, No. 59:40964-41162

Royal Society of Canada (1996) *A Review of the INSERM Report on the Health Effects of Exposure to Asbestos*, An Expert Panel Report prepared at the request of the Royal Society of Canada for Health Canada, Ottawa, Ontario, RSC.EPR 96-1

Schneiderman, M.S., Nisbet, I.C.T. and Brett, M. (1981) *Assessment of risks posed by exposure to low levels of asbestos in the general environment*, Berlin, Dietrich Reimer Verlag, BgA-Bericht, No. 4/81

Slooff, W. and Blokzijl, P. J. (1989) *Integrated Criteria Document Asbestos*, Report No. 758473013, National Institute of Public Health and Environmental Protection, Bilthoven, The Netherlands

Suzuki, Y., Yuen, S.R. and Ashley, R. (2005) Short, thin asbestos fibers contribute to the development of human malignant mesothelioma: pathological evidence, *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, **208** (3), pp. 201-210

U.S. Environmental Protection Agency (1986) *Airborne Asbestos Health Assessment Update*, EPA/600/8-84/003F. Office of Health and Environmental Assessment, Washington, DC.

U.S. Environmental Protection Agency (2001) *Integrated Risk Information System*, No. 0371

World Health Organization Regional Office for Europe (1987) *Air quality guidelines for Europe* World Health Organization, WHO Regional Publications, European Series No 23, Copenhagen

World Health Organization Regional Office for Europe (2000) *Air Quality Guidelines for Europe 2nd edition.*, WHO Regional Publication, Europeans Series, No. 91, Copenhagen

朝霞市 (2005) 公共施設におけるアスベストの使用実態と対応策, 2005年11月28日, accessed 30 October 2006, available at: <http://www.city.asaka.saitama.jp/cgi-bin/news/article.cgi?id=998>

伊丹市 (2005) 『学校園 室内環境調査』の結果, 2006年10月7日, accessed 29 October 2006, available at: http://www.city.itami.hyogo.jp/o_sirase/os_170711.html

市川市 (2006) 公共施設のアスベスト調査結果について (健康影響), 2006年4月11日, accessed 29 October 2006, available at: <http://www.city.ichikawa.chiba.jp/env/life/asbestos/asbestos.html>

稲沢市 (2006) 市有施設のアスベスト含有等調査結果について, 2006年1月30日, accessed 28 October 2006, available at: http://www.city.inazawa.aichi.jp/ka_annai/kankyohozen/asbesto/osirase.html

入江建久, 吉澤 晋, 渡辺勝一郎 (1988) アスベスト汚染—その問題点と実態調査, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (関東), pp. 869-970

入江建久, 佐藤泰仁, 池田耕一, 小笠真一郎, 正田浩三 (1997) 一般建築物内アスベスト濃度追跡調査, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 719-720

大阪府環境農林水産部環境管理室 (2006) 環境大気中のアスベスト濃度の測定結果について, 2006年2月9日, accessed 28 August 2006, Available at: <http://www.pref.osaka.jp/fumin/html/08694.html>

環境庁大気保全局大気規制課 (1993) アスベストモニタリングマニュアル (改訂版), 33pages

熊谷市 (2005a) 吹付けアスベストの含有が判明した施設の室内環境濃度調査の結果等について, 2005年11月17日, accessed 29 October 2006, available at: <http://www.city.kumagaya.lg.jp/topics/oshirase/asubesutotyousa/index.html>

熊谷市 (2005b) 学校施設等におけるアスベスト調査の結果について, 2005年12月25日, accessed 29 October 2007, available at: <http://www.city.kumagaya.lg.jp/kakuka/kankyo/kankyoseisaku/oshirase/asubesuto/index.html>

熊谷市 (2006) 学校施設等におけるアスベスト調査の結果について (第2報: 室内環境濃度測定結果), 2005年11月17日, accessed 29 October 2008, available at: <http://www.city.kumagaya.lg.jp/kakuka/kankyo/kankyoseisaku/oshirase/asubesutohoukoku/index.html>

財団法人日本建築センター (2006) 緊急に対応を必要とする研究開発等, アスベストによる健康障害対策に関する緊急調査研究, 建築物室内のアスベスト濃度指標の検討, 報告書, 99pages, 2006年3月

札幌市環境局環境都市推進部環境対策課 (2005) 平成17年度アスベスト濃度の測定, accessed 28 August 2006, Available at: http://www.city.sapporo.jp/kankyo/taiki_osen/asbesto/sokutei.html

佐藤泰仁, 関 比呂伸, 福森信隆, 加納堯子, 齋藤 勝, 秋山 陽 (1988) 室内環境におけるアスベスト粉塵の実態について, 東京都立衛生研究所研究年報, 39, pp. 212-223

佐藤泰仁, 関根和美, 入江建久 (1997) 室内環境におけるアスベスト汚染の追跡調査, 東京都立衛生研究所研究年報, 48, pp. 219-226

滋賀県琵琶湖環境部環境管理課 (2006) 大気中のアスベスト (石綿) 濃度の測定結果について, 県政 e 新聞, 2006年3月20日