

ビル解体工事ともなう発じんについて

渡辺 武 春 朝来野 国 彦 伊瀬 洋 昭
小野塚 春 吉 石 黒 辰 吉

1 はじめに

都市再開発計画等による、考朽ビルの解体は、アスベストを含んだ粒子状物質の、発生源となる可能性が強い。特に、大型ビルの解体は、期間が比較的長いこと(3~4ヶ月)、人口稠密地域が多いこと、肺ガンの原因物質の一つであるアスベストを多量に含んでいること等から、外国でも問題となっている¹⁾。

環境庁でも、ビル解体を含んだアスベスト汚染の総合的な解明を、昭和56年度から計画している。

われわれは、昭和53年度から、アスベスト汚染現象の解明を計画し、54年までに、野外測定法を確立した。

本報では、局地的ではあるが、アスベスト汚染の大規模発生源の可能性の高い、ビル解体工事現場周辺で、アスベストを中心とした粒子状物質調査を行ったので、その結果を報告する。

2 アスベストについて

アスベストは耐熱性、耐薬品性、柔軟性に富み、糸糸性、耐機械性(抗張力、ヤング率など)にも優れており、その用途はきわめて広い。アスベストの種類には、蛇紋石系のクリソタイル(Chrysotile = 温石綿)と、角閃石系のアモサイト(Amosite)、クロシドライト(Crocidolite = 青石綿)など6種類ある。建材用には、主に、クリソタイルと、アモサイトが使われている。その用途は石綿セメント製品(スレート、パネル、ボードおよびその二次製品)、保温材、耐熱材、吹き付け材、吸音材など多様である。また、これからのビルは高層化の傾向にあり、その内容では、防災化、軽量化、省エネルギー化などの諸対策が要求されている。そのためにアスベストだけでなく、ガラス繊維やロックウールなどの人工の無機質繊維も多量に使われている。

図1に、石綿スレート用のアスベストとガラス繊維製品の生産量を経年的にまとめた。ガラス繊維は製造技術の向上により、1960年以降の生産量の増加が顕著である^{2), 3)}。特に、1978年には省資源化のために断熱用の厚みを従来の50mmから100mmに転換したために、ガラスの短繊維製品は10万トン(前年比23.4%)の大幅な増加をみた。

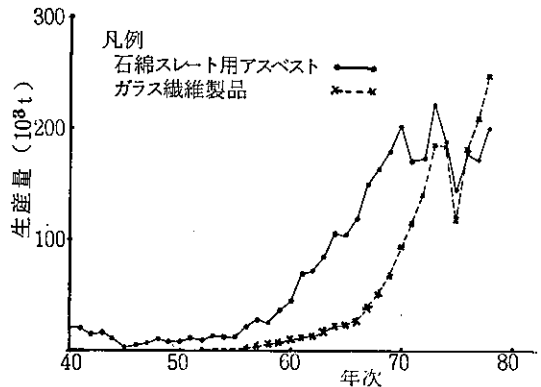


図1 石綿スレート用のアスベストとガラス繊維製品の生産量

このように、アスベストをはじめ無機質繊維の生産量は増加し続けているが、その粉じんを吸入することによって、石綿肺、中皮腫、肺癌などの障害が誘発されていることも知られている^{3), 4)}。

3 解体工事現場の概要

(1) 解体ビル

T建設東京支店の社屋：中央区銀座
地上8階、地下1階(昭和14年に建築後、増築)

(2) 工事および測定の期間

工期：1980年2月上旬から同年4月中旬まで

測定：1980年3月中旬から同年4月中旬まで
 (4階部分解体時から、解体作業完了まで)

(3) 解体作業の工程

ア 足場板と遮音パネルの取付

作業用の足場と、道路等への廃材落下防止、周辺への騒音防止のため。

イ 可燃材の撤去

ビル内の可燃性建材を除去する。

ウ 機械力による解体

陸屋根に取付けられている空調施設の撤去後、機械(ユンボ、ジャイアント・プレカなど)により解体する。廃材は、鉄骨類とセメント類(通称：ガラ)に大別され、鉄骨類はクレーンで降ろし、地上に待機するトラックにより搬出する。ガラは2階まで落下させ、そこから1階に降ろして、トラックに積み込み、搬出する。

撤去した廃材は、セメント類：約8,000 m^3 、鉄骨類：約800トンであった。

エ 防じん対策

作業中の防じんは、消火栓を利用した強力な散水で対処していた。

4 調 査

(1) 採取地点

採取は、図2に示す地点で行った。A地点は解体中のTビルに隣接したビルの4階ベランダ部分(地上より約1.3m)、B地点は同ビルの屋上(7階建の屋上：地上より約2.8m)で、解体にともなう粉じんの影響を直接受ける地点である。同地点から、西北西へ約80m離れたビルの屋上(4階建：地上より約17m)のC地点で、周辺地域の影響を調べた。

(2) 採取条件の決定

アスベストの計数は、光学顕微鏡を用いるのでフィルター上に捕集した粒子状物質(以下、SPMという)が多いと、5 μ 程度の計数すべきアスベスト繊維がSPMに埋没し、誤差の原因となる。一方、元素分析の面からは、可能な限り多量の試料が望ましい。また、フィルター上での均一性についても確認する必要がある。これらの諸条件を満足させる採取量を決定するために、次の予備実験を行った。

ロータリーポンプ(積算流量計付、吸引量：約8.5 l/min)を用い、47 ϕ オープンフェース(採取面

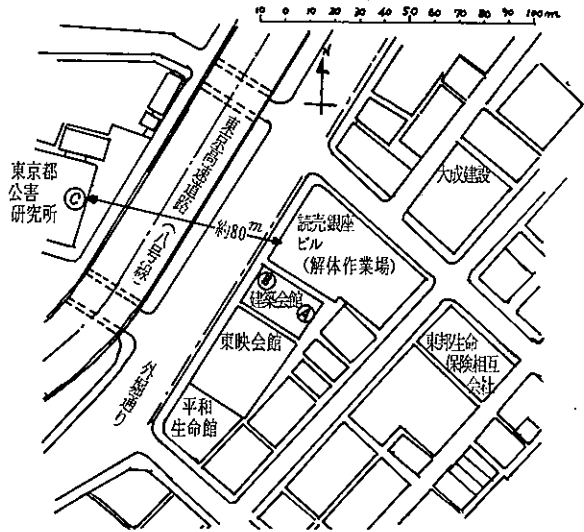


図2 測定地点概要略図

35 $mm\phi$)のフィルターホルダーを装着し、1~5時間、C地点で採取した。フィルターは、アスベスト測定と、重金属の不純物が少ない点で優れているメンブランフィルター(Milipore, AA 0.8 μ)を用いた。

表1に、予備実験の結果をまとめたが、採取量は53~270 l/cm^3 (本測定条件では1~5時間)で十分に測定できることがわかった。

表1 採取量とフィルター上のアスベスト分布

単位(個/ l)

条件 試料	採取時間 (分)	採取量 (l)	同一試料を分割ときの計測値		
			①	②	③
A	60	506	7.77	8.37	7.77
B	120	1006	7.22	8.52	8.98
C	129	1100	8.80	8.52	9.62
D	180	1527	10.30	10.10	10.50
E	240	2023	7.03	8.52	8.98
F	300	2578	8.45	8.68	9.15

(注) ①, ②, ③とも20視野の平均。

(3) SPMの採取

上記3地点で予備実験を行った採取装置を用いて、同時に採取した。採取時間は、発じん条件により2~5.5時間とした。また、ビル解体中の現場からガラを

採取し、組成を分析した。

(4) 粒度分布

A地点に、アンダーセンサンプラ (AN-200) を設置し、3月26日から4月4日まで休日を除いた7日間、作業時間内に限り採取した。

(5) 風向・風速

C地点で観測した。

5 分析と計測

(1) 主な元素の分析

3地点で得た試料は直接、蛍光X線 (Finnigan Q/M 800A型) により同定し、ビル解体の現場から得た試料は、高速振動粉砕機で粉末状にした後、捕集面18mmφのメンブランフィルター上に付着させ、蛍光X線で測定した。

(2) アスベストの計測

試料は蛍光X線による非破壊分析の後、光学顕微鏡によるアスベスト計測のための前処理を行った。

あらかじめ清浄にしたスライドガラス (76×26mm) 上に、dimethyl phthalate と diethyl oxalate を1:1に混合し、それに0.05g/mlの割合でメンブランフィルターを加えて溶解したものを滴下し、その上に半分は切断した試料 (捕集済のフィルター) の採じん面を上にしてのせ、清浄にしたカバーガラス (18×18mm) で、気泡が生じないように注意しながら被覆し、標本とした^{6), 7), 8)}。この標本は、位相差顕微鏡の400倍 (対物鏡×40, 接眼鏡×10) の総合倍率を用いて計測する。はじめに100倍の倍率にして採じん面の均等性を確かめた後に、400倍の明視野に変え、任意に視野を選んで視野数が20視野になるまで計数した。また、採気量1ℓ中の繊維数濃度は、日本産業衛生学会の許容濃度等の勧告における、石綿粉じん測定法⁹⁾を参考にして計算した。

繊維数濃度は、次式によって求められる。

$$\text{繊維数 (個/ℓ)} = \frac{A \cdot N}{a \cdot v \cdot n}$$

A: 採じん面積

$$A = \frac{\pi}{4} D^2$$

D: 採じん面の直径 (cm) = 3.5

N: 計測した繊維の総数 (個)

a: 顕微鏡の1視野の面積 (cm²)

$$a = \frac{\pi}{4} d^2$$

d: 顕微鏡の1視野の直径 (cm) = 0.045

v: 採取量 (ℓ)

n: 計測した視野の数 (個)

なお、同学会の職場環空气中の許容濃度の勧告値は2 (個/cm³) である。

6 測定結果と考察

(1) SPMの濃度

当該地域は外堀通りの有楽橋付近にあり、約18,000 (合/日) の交通量¹⁰⁾と、これに平行する東京高速道路 (8号線) には約14,000 (合/日)¹¹⁾の自動車が行き交っている。したがって、そこからのSPMも無視できない。また、解体工事からのSPMの寄与は気象条件や作業工程によっても異ってくる。

表2には、解体現場から採取した試料の主要元素の平均値を示した。セメントの主成分であるCaの含有率は約40%で、土壌中や重油燃焼煙中の含有率0.8%、0.4%に比べて、はるかに高濃度である。

したがって、i地点で捕集したSPM中の解体現場からの寄与率 (E・F)_iは、Caを指標にして(1)式で算出できる。

$$(E \cdot F)_i = \frac{\left(\frac{Ca_i}{T_{Si}}\right)}{k} \quad (1)$$

k: 解体現場から採取した試料中のCaの含有量の平均値 ≒ 0.4

Ca_i: i地点で、採取したSPM中のCaの重量 (μg/m³)

T_{Si}: i地点で、採取したSPMの重量 (μg/m³)

(1)式から (E・F)_iが求めれば、解体現場からi地点に飛来したSPMの濃度 T_{ski} (μg/m³) は(2)式から得られる。

$$T_{ski} = (E \cdot F)_i \times T_{Si} = \frac{Ca_i}{k}$$

表2 解体作業現場で採取した試料の組成(wt%)

Ca	Si	S	Fe
39.59	10.20	2.47	6.35

(4試料の平均)

参考 土壌中のCa 都内平均 0.8%

重油燃焼煙 0.4%

(2) アスベスト繊維数濃度

予備実験により採じん面上の繊維数濃度の均等性を確認したが、3地点で採気した試料も、同一試料を分割し、計数した結果を表3に示したように、ほぼ均等に分布していることを確認した。

表3 3地点で採気したフィルター上の分散

試料	細片	①	②	③	④
1 - A		42.76	42.55	43.18	44.66
1 - B		27.04	31.79	31.98	—
2 - C		13.08	15.97	13.21	—

(1-B, 2-Cは3分割) (単位: 個/ℓ)

解体現場周辺でのSPM測定結果を、表4にまとめた。A, B地点は、解体現場に近いので、SPM, アスベストともに高濃度であった。風向、風速は、C地点で観測したが、ビルによる風の乱れの影響もあり、観測された2~5m/S(最大風速)程度では、風向、風速とも発じんに関する重要な影響は認められなかった。

解体現場から2地点に飛来したSPMの濃度(Tski)とアスベストとの関係を図3に示す。発生源に近いA, B地点では、この地域で解体作業をしていないときの計測量(4~8個/ℓ)の5~10倍のアスベストを検出した。Tskiの値(x)とアスベスト(y)との関係は、

表4 ビル解体作業場周辺のSPMとアスベスト

区分 番号	測定日	測定点	採気時間 (分)	(a)	(b)	a/b	(c)	a-4 C (注) (個/g)	風向・ 最大風速 (m/S)	(b)中の元素(μg/m ³)		工 程
				アスベスト 濃度 (個/ℓ)	採取した SPM濃度 (μg/m ³)		解体に起因する SPM濃度 (μg/m ³)			Ca	Fe	
1	3/18	A	170	42.76	944.7	45	—	—	N.4.3	—	—	4F解体 (A地点近傍)
		B	144	27.04	1778.0	15	—	—				
2	3/19	C	295	13.08	266.0	49	—	—	ENE.2.8	—	—	
3	3/21	A	203	32.16	265.0	121	82.5	342	NE.3.1	33.0	—	3F解体
		B	206	27.04	687.8	39	103.2	223		42.2	1.07	3F壁面解体
		C	325	10.50	213.6	49	35.5	183		14.2	1.06	(A地点近傍)
4	3/26	A	325	20.71	173.0	100	—	—	SE.2.5	66.5	31.6	2F解体 (A地点近傍)
		B	318	27.31	463.2	59	221.4	105		88.5	25.6	
		C	310	10.50	91.5	115	37.2	175		14.9	3.3	
5	3/27	A	190	18.09	371.2	49	262.0	54	N.3.0	104.8	21.1	(中央付近)
		B	190	13.10	363.4	36	57.4	158		23.0	—	
		C	227	9.03	85.9	105	13.5	373		5.4	—	
6	3/28	A	308	15.82	426.9	37	63.2	187	SE.2.5	25.3	3.1	(北側地点)
		B	294	25.43	345.4	74	114.7	187		45.8	7.4	
		C	294	11.34	222.0	51	24.2	303		9.7	—	
7	4/2	A	300	17.32	469.7	37	94.3	141	SE.3.3	37.7	20.8	中2F解体 (中央付近)
		B	302	29.93	589.0	51	275.4	94		110.2	33.6	
		C	275	14.81	172.4	86	30.4	355		12.2	1.4	
8	4/7	A	138	6.99	332.4	21	54.0	55	ENE.4.8	17.4	—	中2F及び 1F解体
		C	132	4.28	194.6	22	—	—		1.1	—	
9	4/30	A	208	3.38	158.6	21	—	—	SSE.2.0	2.1	—	完 工 後
		C	223	4.71	118.4	40	—	—		2.2	—	

(注) 一般大気中のアスベスト繊維濃度を4(個/ℓ)として算出

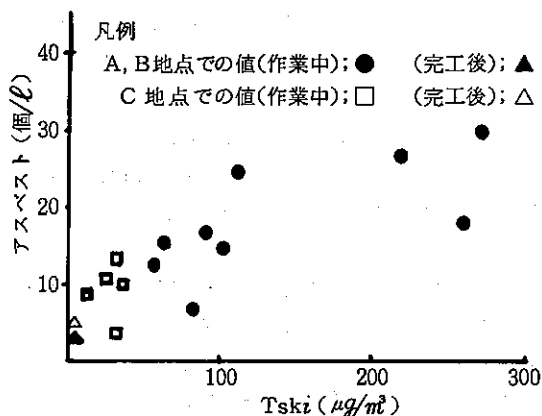


図3 Tskiとアスベスト

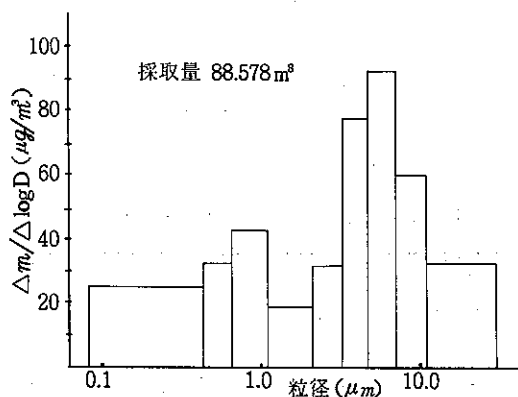


図4 A地点での粒度分布

$y = 0.075x + 7.259$ ($r = 0.807$) で示される。工事完了後、A、C地点で測定したところ、アスベストは3~4(個/ℓ)であった。

Tskiとアスベスト繊維濃度の関係から、ビル解体に起因するSPM中のアスベストの量を試算した。

$$A = \frac{\text{アスベスト繊維濃度(個/ℓ)}}{\text{Tski (µg/m³)}}$$

A: ビル解体に起因するSPM中のアスベスト繊維数(個/g)

解体工事完了の時点では、SPM 1g中に20~40(個)のアスベストが含まれているのに対して、解体工事現場から飛散したSPM中には、5~10倍のアスベストを含んでいることがわかった。

(3) 粒度分布

A地点に設置した、アンダーセンサンプラーによる粒度分布は、図4のように約6µと0.7µの二つのピークがある。土壌の飛散成分が多い粗大粒子(2.1µ以上)と燃焼などによる人為的な成分を主体とする微細成分(2.1µ以下)に分離し、表5にまとめた。

A地点の粒子は、公研屋上で通常測定されるパターンと比較して、粗大粒子が多く、黄砂に近いものであることがわかった。

7 ま と め

本調査により次のことが明らかとなった。

① ビル解体工事現場から飛散したSPMは、Caを指標にして試算した結果、近傍では250~300µg/m³

表5 アンダーセンサンプラーで採取した粒子
単位(µg/m³)

採取	粗大粒子 (2.1µ以上)	微細粒子 (2.1µ以下)	合計
ビル解体工事 の近傍(A地点)	143 (61%)	90 (39%)	233 (100%)
公研屋上	33 (45%)	41 (55%)	74 (100%)
黄砂	188 (74%)	66 (26%)	254 (100%)

であった。

② アスベストの測定条件は、予備条件の結果から、フィルター面の粒子密度を0.03~0.15(mg/cm²)にするのが適当である。

③ 工事現場近傍のアスベスト濃度は10~40(個/ℓ)で、解体工事完了時の値の5~10倍である。これは日本産業衛生学会の許容濃度等の勧告値の1/200~1/50程度である。

④ 工事現場周辺で捕集したアスベストは、建材に使われているアモサイトが主であるが、若干のクリソタイルとみられる繊維も検出した。

⑤ 工事現場から約80m離れたC地点では、風下の場合でも発じんによる影響を受けなかった。

⑥ 都心部のアスベスト繊維濃度は通常4~8(個/ℓ)程度である。

⑦ 解体工事により、周辺に飛散するSPMの粒径は2µ以上の粗大粒子が主成分であり、ピークは4~6

μである。

今後は、工事の規模、防じん対策、解体建物の形態等の諸因子と汚染の関係、飛散したアスベストの性状等について明らかにして行く予定である。

おわりに、アスベストの計数法についてご指導を頂いた労働科学研究所の木村菊二博士と、本調査のために測定場所を提供して頂いた、日本建築学会の方々に對し、厚く謝意を表する。

参 考 文 献

- 1) 河合清之ほか：大氣中発がん物質のレビュー，石綿，日本科学技術情報センター（昭和55年）。
- 2) 通商産業大臣官房調査統計部化学工業統計調査室：建材統計年報（昭和51年版，54年版）。
- 3) 通商産業大臣官房調査統計部化学工業統計調査室：窯業統計年報（昭和53年版）。
- 4) 瀬良好澄：石綿作業と肺疾患，労働の科学，26，4，（1971）。
- 5) Bruckman, L., Rubino, R. A. : Asbestos rationale behind a proposed air quality standard, *J. of the Air Poll. Cont. Assc.* 25, 1207, (1975)。
- 6) 労働省安全衛生部労働衛生課：新版作業環境測定ガイドブック（1）－鉱物性粉じん関係－改訂第一版（昭和53年）。
- 7) 労働科学研究所：環境中に浮遊するアスベスト粉塵の測定法に関する委託研究報告書（昭和51年）。
- 8) 木村菊二：長大な粉塵を中心とした発塵，労働科学，48，681，（1972）。
- 9) 日本産業衛生学会：許容濃度等の勧告（1977），産業医学，19，160，（1977）。
- 10) 警視庁交通部：交通量統計表（昭和54年）。
- 11) 首都高速道路公団計画部調査課：第14回首都高速道路交通起点終点調査報告書（昭和53年）。