

ベスト

排出抑制

マニュアル

増補版

環境庁 大気保全局
大気規制課 / 監修

A
S
B
E
S
T
O
S

4. アスベストの排出

大気中に浮遊しているアスベストの発生源は他の汚染物質の場合に比しやや複雑でありおよそ次のような発生源が考えられる。

もっとも理解し易い発生源はアスベスト製品の製造過程である。

石綿紡織品の製造においてはほぼ全工程から、またその他のアスベスト製品の製造においては、解綿、投入、混合、切断、研磨等の工程から発生したアスベストは、使用する捕集装置が適切なものであればその大部分は捕捉することができるが、一部は大気中に排出される。

特に不良品の粉碎工程や屑の処理、捕集装置で捕集された粉末の処理等、直接生産に関係のない作業がしばしば大きな発生源となることがある。

アスベストを含む製品の使用も発生源として無視できない。

アスベストを含む製品の加工や使用における一つの特徴は、摩擦、切断、裁断、研磨、強熱等アスベストを空気中に放出しやすい使用方をすることである。

例えば、ブレーキライニング等摩擦材としての使用、建築材、断熱材等を取扱う工事等は必ずアスベストの発生を伴うし、大量にアスベスト含有材料の使用されている建築物の解体や廃材の処理はしばしば大きな発生源となる。

また、日本ではほとんど問題にならないが、アスベスト鉱山からは採掘、選鉱及び精練の過程で、アスベストが大量に放出される。

例えば、カナダでは汚染負荷の99%がこれによるとしている報告もある。

以上のほか蛇紋岩、タルク、ある種の変成岩等には量的な差異はあるがアスベストが含まれている。

これらの岩石は広く地表上に分布し、風化、何らかの作用による破碎、さらにはより積極的な採石等に伴ってアスベストが大気中に放出さ

れることは充分あり得ると考えられる。

これら発生源からの汚染負荷の割合や排出係数については、幾つかの断片的な報告はあるがなお定量的に明らかにしうる段階には至っていない。

アスベストは素材としての特性がすぐれている割に価格が低いこともあって、その使用量は他の有害物に比べ非常に多く、昭和35年以降だけでも総輸入量はおよそ450万トンにも達している。

アスベストは化学変化を受けにくいし、物理的にも変化しないから、製品として国外に輸出した量を考慮したとしても、国土全体の一平方キロメートル当り何らかの形で蓄積されている平均の量は、16トンにもなる。

また、さらにアスベストの蓄積量が人口密度に比例しているとする、人口集中地区では、1平方キロメートル当りの平均蓄積量は400トンを超えることになる。

これらのアスベストの大部分は、既に地中に埋められたり、容易に大気中には出ない形で蓄積されているので全てが直ちに発生源となる訳ではないが、建築物の外装、内装材のように摩擦等の比較的弱い外力によって空气中に排出されるものもあるし、一度地表に沈降したものが再飛散によって空气中に浮遊することは充分考えられ得ることである。

大気中のアスベスト濃度の検討に当たっては、他の汚染物質と異なる点として、この莫大な過去の蓄積量を留意しておく必要がある。

上述のようにアスベストの大気中への排出形態としては全く性格を異にするいくつかの発生源が考えられる。

本報告では、これらの発生源からのアスベストの大気中への排出の寄与度を定量的に明らかにすることは現時点では困難であるため、ここでは、アスベスト製品の製造工程からの排出及び自動車のブレーキ使用に伴う排出について第1次検討会の検討結果及び自動車より排出されるアスベストに関する調査結果をもとに実態を検討しておくことにする。

4. アスベストの排出

(1) アスベスト製品製造工程からの排出実態

純度の高いアスベストを常時取り扱うアスベスト製品の製造工程からは、当然アスベスト粉じんが発生する。

既に述べたように石綿紡織品の製造においては、ほぼ全工程が、またその他のアスベスト製品の製造においては、解綿、投入、混合、切断、研磨、成形、乾燥、輸送、粉碎、屑処理等の工程が主な発生源である。(図2-4参照)

ここでは、環境庁の委託により地方公共団体が昭和52年及び53年度に14の事業場について行った排出口及び敷地境界における光学顕微鏡法によるアスベスト濃度の測定結果を述べることにする。

ここに言う排出口濃度は、作業場からの排気を除じん装置で処理した後、大気中に放出するときの濃度であり、サンプリング時間は、10~60分がほとんどであるが濃度が著しく高い場合には、数分以下、低い場合には数時間のサンプリングを行ったものもある。

一方、敷地境界濃度の測定におけるサンプリング時間はおおむね100分前後であり、短くても1時間、長くても4時間程度までである。

なお、この調査では総繊維数濃度のみが測定されており、後から述べる環境濃度調査におけるアスベスト濃度に対応するものは測定されていない。

14の事業場について測定した排出口濃度と敷地境界濃度の全測定値を図4-1に示してある。

排出口濃度の測定値は、 $10^{-1} f/l$ から $10^5 f/l$ の広い範囲に分布しているが敷地境界での濃度範囲は $10^{-1} f/l$ から $10^1 f/l$ までとかなり狭くなっている。また、事業場間の排出口濃度にはかなり大きな差異がみられる。

表4-1は作業工程別に測定値を整理集計したものである。

測定値の整理集計に当たっては、検討の対象となる濃度範囲が著しく広いこと、変動の大きさの表現には比率の方が理解し易いこと、一般に濃度

4. アスベストの排出

表 4-1 14の事業場における作業工程別の排出濃度

作業工程	工場	測定数	幾何平均 f/l	幾何標準偏差	備 考
研 磨	A	6	0.548	1.93	摩擦材
	B	4	226	1.33	建材
	E	6	77.7	2.16	スレート
	H	6	1,158	1.18	ブレーキライニング
	//	6	3,797	1.43	ブレーキライニング
	//	4	11.1	1.19	ディスクパット
	I	6	1,027	1.42	クラッチフェーシング
M	6	1,088	2.01	スレート	
切 断	A	6	11.4	3.56	保温材
	C	5	8.41	1.52	スレート
	E	4	10.8	2.23	スレート
	//	6	1,533	1.65	スレート
	G	3	1.39	1.98	石棉板
	J	6	10,717	1.63	建材
	K	2	78.3	1.39	スレート
	M	6	28.8	1.58	スレート
	//	5	8.46	1.72	スレート
	//	6	7.75	1.60	スレート
	N	5	83.2	1.31	スレート
	//	5	161	2.35	スレート
	解 綿	B	5	872	1.13
C		4	157	1.62	スレート
D		5	307	2.26	パーキングシート
F		10	474	2.29	スレート
J		6	915	2.38	建材
混 練		B	7	218	1.42
	C	6	122	1.19	スレート
	D	3	2,723	1.12	パーキングシート
解綿・混合	A	6	0.682	1.95	紡織、保温材等
	B	5	2,361	1.22	建材
混 練	K	8	31.8	3.52	スレート
	L	6	2.33	1.62	スレート
配 合	J	6	941	2.85	建材
紡績関係	A	6	0.971	2.69	燃糸
	//	6	2.07	1.23	紡織
	I	5	2.04	1.40	巻取
屑処理、粉回収、輸送等	G	5	11,361	1.71	石棉板、ガスケット等(空気輸送)
	J	6	5,500	2.17	建材(粉回収)
	//	6	30,176	2.16	建材(空気輸送)

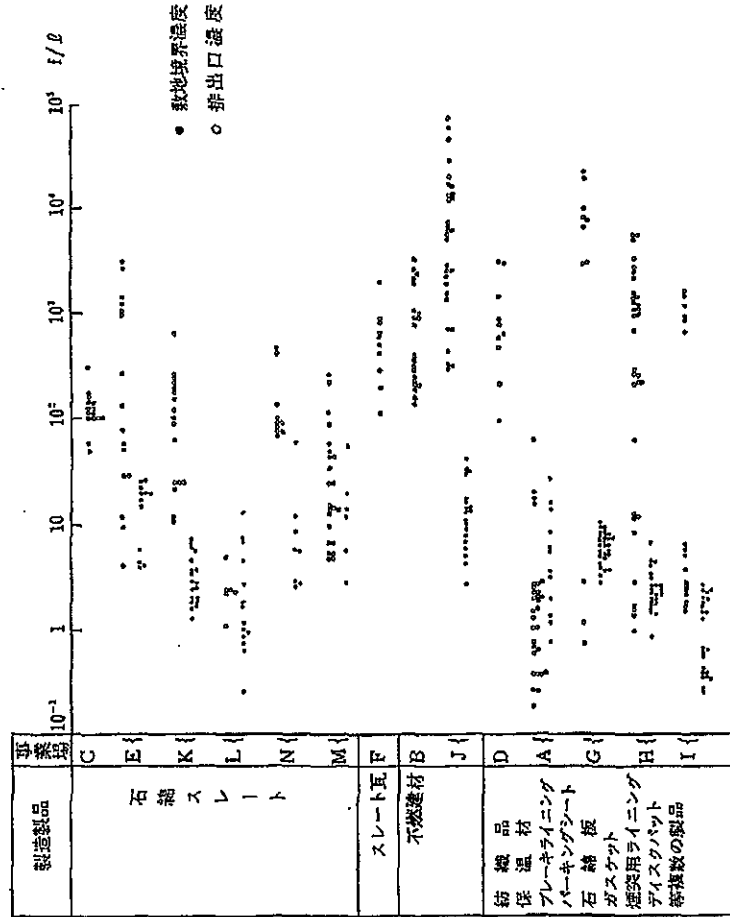


図 4-1 14の事業場の排出濃度と敷地境界濃度

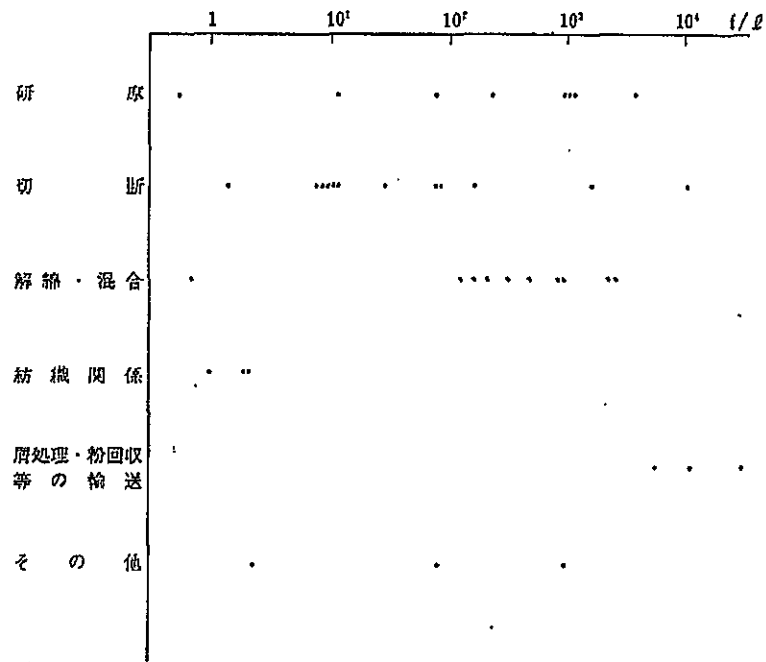


図4-2 14の事業場における作業工程別の排出口濃度

の分布が対数正規型により近いこと等のことから幾何平均及び幾何標準偏差を求めた。

備考欄には、作業内容欄に記入してある工程が目的としている製品を記入してある。図4-2は表4-1を見易くするため書き直したものである。

紡織関係、屑処理等の作業を除き、同じ作業内容であっても排出口濃度は事業場により、4～5桁にも及ぶ著しい変動を示している。

これは測定時における工程の稼動状況等の相異のため処理前の気中濃度に著しい変動があること、処理装置の性能及び保守管理状況にも大きな差があること等によるものと考えられる。

4. アスベストの排出

紡織関係は一般に濃度が低く、一方屑処理等の作業場からの排気中の濃度は著しく高い値を示している。

しかし、紡織、屑処理等とも濃度変動は比較的小さい。

図4-1をみるとLのように排出口濃度、敷地境界濃度に大きな差がないもの、Jのように両者の間におよそ100倍以上もの違いのあるものがあることがわかる。

各事業場の敷地内にはいくつかの排出口があり、また、排出口から敷地境界までの距離はそれぞれ異なるから排出口濃度と敷地境界濃度とは必ずしも対応するものではないが図4-1をみると排出口濃度が高いほど排出口濃度と敷地境界濃度との比は大きくなるようにみえる。

そこで、事業場の事業内容別に排出口濃度及び敷地境界濃度を集計すると表4-2のようになる。

このうちGについては排出口濃度が2桁も異なる排出口があるので、排出口別に集計してある。

C、F、B及びDでは敷地境界濃度は測定されていない。

排出口濃度Hに対し、排出口濃度に対する敷地境界濃度の比H/Kをプロットしたものが図4-3であり、この関係は、

$$H/K = 0.713 \times H^{0.731}$$

となり、これを排出口濃度と敷地境界濃度の関係に直すと

$$K = 1.403 \times H^{-0.269}$$

となる。

この関係をプロットしたものが図4-4である。

図4-4から排出口濃度が4桁変化しても敷地境界濃度はおよそ1桁の変動巾の中に入っていることがわかる。

(2) 自動車からの排出

ア 自動車用摩擦材へのアスベスト使用状況

アスベストの使われている自動車用部品には、自動車用摩擦材としてブレーキライニング、ディスクパッド及びクラッチフェーシングがあ

表4-2 14の事業場の事業内容別の排出口濃度及び敷地境界濃度

事業内容	工場	排出口濃度			敷地境界濃度			排出口濃度 敷地境界濃度
		測定数	幾何平均 t/l	幾何標準偏差	測定数	幾何平均 t/l	幾何標準偏差	
スレート製造	G	15	115.	1.52				
〃	E	16	145.	8.51	12	12.4	2.13	11.7
〃	K	17	76.6	3.28	19	2.89	1.71	26.5
〃	L	6	2.33	1.62	14	1.79	2.97	1.30
〃	N	10	116.	2.00	8	6.75	2.80	17.2
〃	M	23	39.9	3.00	6	12.0	2.79	3.33
スレート瓦製造	F	10	47.4	2.29				
不燃建材	B	17	53.8	2.86				
〃	J	30	4,335.	4.87	19	11.7	2.08	370.5
パーキングシート	D	10	71.1	3.12				
紡織品、保温材、ブレーキライニング、クラッチフェーシング等	A	30	1.53	3.92	12	4.66	3.25	0.33
石綿板、ガスケット、保温材、煙突用ライニング等	G	11	73.1	59.4	28	5.95	1.41	12.3
〃	〃	8	7,670.	2.09	28	5.95	1.41	1,277.
ブレーキライニング、クラッチフェーシング、ディスクパット等	H	33	207.	15.4	23	2.37	1.57	57.3
クラッチフェーシング	I	18	20.6	17.8	23	0.98	2.46	21.0

4. アスベストの排出

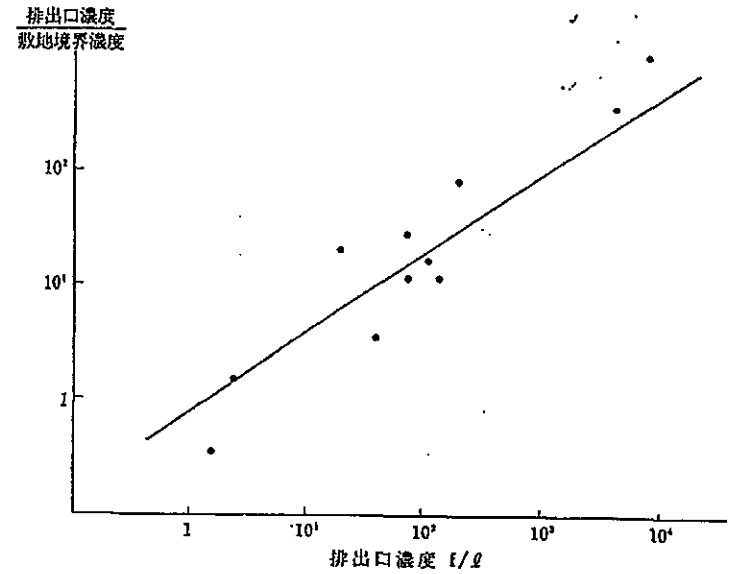


図4-3 排出口濃度と敷地境界濃度の関係 I

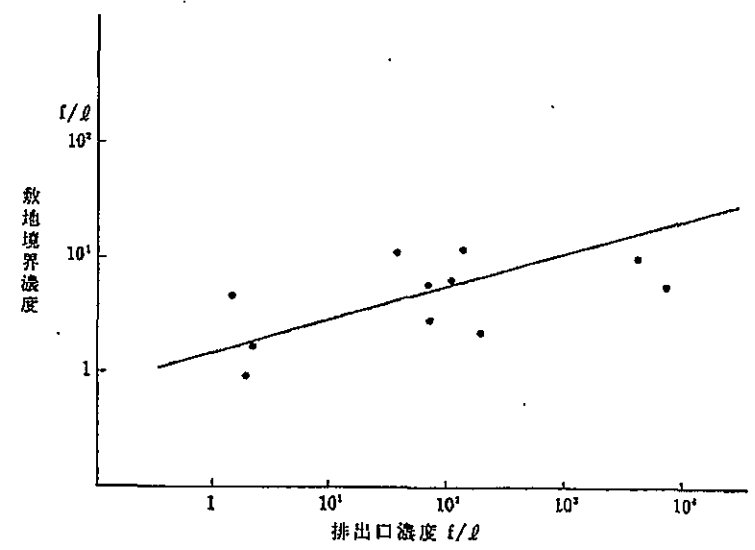


図4-4 排出口濃度と敷地境界濃度の関係 II

風速は、1.5~2.2m/秒程度であった。

3地点の幾何平均をそれぞれ比較すると、投入現場直近が最も高く、4.96 f/θであり、次いで風下地点の3.82 f/θ、風上地点3.74 f/θとなっており、全幾何平均は4.14 f/θであった。

表5-22 B廃棄物処分場の概要

埋立面積㎡	埋立開始	埋立終了予定	埋立ごみ量予定(t)
2,800,000	昭和49年2月	昭和62年3月	36,580,000

表5-23 B廃棄物処分場測点での測定値

測定地点	区分	アスベスト濃度(f/θ)	風向	平均風速(m/s)
直近	1回目	4.20	W~WNW	2.2
	2回目	6.69	W~NW	2.2
	3回目	4.31	NW~NNE	1.6
	4回目	4.99	NW	1.5
	幾何平均	4.96	-	-
風上	1回目	4.08	W~WNW	2.2
	2回目	4.65	W~NW	2.2
	3回目	2.84	NW~NNE	1.6
	4回目	3.97	NW	1.5
	幾何平均	3.82	-	-
風下	1回目	3.18	W~WNW	2.2
	2回目	3.63	W~NW	2.2
	3回目	2.50	NW~NNE	1.6
	4回目	6.80	NW	1.5
	幾何平均	3.74	-	-

全幾何平均 4.14

以上、代表的な廃棄物処分場におけるアスベスト濃度を調査したが、屋間の幾何平均はそれぞれ4.54 f/θ、4.14 f/θであって、表5-5でもみられるように他の地域区分と比較して高い値を示している。

5. アスベストの環境濃度

さらに5-(3)-オ-④の末尾で触れたように廃棄物を運搬する車両の通行の多い交差点周辺で時として高い濃度がみられることを考え合わせると、アスベストを含む建設廃材等の運搬・処分の影響を直接受ける地域では比較的高いアスベスト濃度を示すことは明らかである。

キ 蛇紋岩地帯におけるアスベスト濃度—とりわけ採石場周辺における拡散減衰について—蛇紋岩はかんらん岩等の超塩基性岩が変質してできた岩石で、日本の各地に分布している。蛇紋岩は蛇紋石グループに属する各種の鉱物が密に集合したものである。クリソタイルはその代表的な鉱物であり、蛇紋中には肉眼的に Asbestiform (1章を参照)をなすクリソタイルの細脈もしばしばみられる。

日本ではアスベストを目的とした蛇紋岩の採掘は現在行なわれていないが、砂利石や骨材として使用するための採石は行なわれており、またその他宅地や道路の造成も盛んであり、こうした行為に伴うアスベストの排出が考えられる。そのため、今回の調査では蛇紋岩地帯をも対象とし、特に粉じんを大量に発生させられると思われる採石場とその周辺について詳細に調査を行った。

(7) 蛇紋岩採石場とその周辺

道路工事や建設用材としての碎石の需要は多く、原石の採掘は57年度には年間約35,800万トンにのぼり、砂岩、安山岩が主なものであるが、蛇紋岩も187万トン(0.52%)を産出しており、主として九州北部地方で採掘されている。

採石場での作業に伴う粉じんの発生は著しく、目に見えるような粉じんは比較的近くに落下するが、微細な粉じんは気流に乗って採石場の周辺に飛散する。

従来、採石場は人家から離れた山中にあることが多かったため、粉じん汚染の問題が生じるおそれは少なかったが、近年は、宅地開発が進み採石場の周囲にも住宅が建設されるようになり、風向によって

5. アスベストの環境濃度

表5-24 A蛇紋岩採石場周辺のアスベスト濃度 (f/ℓ)

年度	測点	第1回	第2回	第3回	第4回	平均	備考
58	A	7.17	—	27.47	8.32	14.32	1次クラッシャーから 60m
	B	25.91	31.95	21.91	22.49	25.57	" 25m
	C	73.34	9.50	47.38	46.60	44.21	3次クラッシャーから 25m
	D	—	—	4.79	5.00	4.89	" 115m
	E	3.52	1.60	3.28	2.42	2.70	" 430m
	F	3.61	4.79	1.76	1.84	3.00	" 500m
	G	3.49	4.22	1.90	2.99	3.20	" 220m
	H	1.23	5.01	2.71	2.13	2.77	" 270m
	主風向	N~NW	"	"	"		
57	㊸	5.74	18.00	9.40	—	11.05	1次クラッシャーから 120m
	㊹	24.75	24.13	6.00	—	18.29	" 50m
	主風向	W	W	W			

(注)

- 1 測定点A、Bは風向別採取制御装置を用いたため第1回、第2回は各60分、第3回、第4回は各30分の延採気時間であった。
- 2 その他の測点ではいずれも4時間採気した。

いていなかったが、風速は1~2mと弱く、地形等の影響から粉じんは一定の方向にだけ流れずに、各方向に飛散していると考えられる。

したがって、測定日や方向は異なるが、概括的に発生源からの距離を近似している測点の値をまとめて幾何平均を求めると、表5-25-1及び25-2、図5-20-1及び20-2に示すように、発生源から遠ざかるにしたがって濃度はほぼ距離に反比例して急速に減少している。

しかし、約250m付近からは減衰はゆるやかになっている。

250m以遠の測定値は2.7~3.0 f/ℓ (E、Fの測定値)は一般的な都市環境における濃度(住宅地域の幾何平均1.04 f/ℓ、商業地域の幾何平均1.42 f/ℓ)より若干高いが、住宅地域で3.66 f/ℓ

は、粉じん汚染の影響を受ける恐れが考えられるようになってきている。

今回調査対象とした採石場はA、B、Cの3ヶ所であり、年産はそれぞれ25万トン、14.4万トン、15万トンでこのうち、A採石場については拡散減衰について比較的詳細に調査を行うことができた。

a A採石場とその周辺への拡散減衰

A採石場とその周辺の概要及びサンプリングの位置は、図5-19に示すとおりである。

A採石場は採石、運搬、粉碎、篩別、集積等の作業が連続して行なわれるが、これらは直径約100mほどの範囲に諸設備が配置され、その間をベルトコンベアーで連結している。

このため粉じんは数ヶ所から発生している。

したがって最も近い測点を、これらの設備群の近縁に設置し、その他の測点は電源及び地形を考慮して適宜配置した。

採石場における作業は、発破等で砕いた岩塊をダンプカー又はショベルローダーで投入口に運び投入する。投入された岩石は1次、2次、3次とクラッシャーで砕かれ順次細粒化される。

この間適宜ふるいにかけて分粒され通常5~6のクラスに分別され集積される。粉じんは碎石運搬のトラックや積み込み作業によっても発生するが、クラッシャーによる粉碎や篩別工程が主な発生源となっている。

調査結果を表5-24に示す。

測点のうち、1次クラッシャーに近いB点と3次クラッシャーに近いC点の測定値が最も高く、他の測点での測定値は発生源から離れるにしたがって低くなっている。

57年度及び58年度の測定結果から、アスベスト濃度の距離減衰をみてみると次のとおりである。

測定日の風向は N~NW で発生源から測点の方向に向かって吹

⑧、商業地域で3.85 f/ℓという値も測定されていることからほぼ都市環境における値と同等と考えてよいであろう。

表5-25-1 アスベスト濃度の幾何平均

測点	n	距離(m)	幾何平均 (f/ℓ)
B、C	8	25	29.87
A、②	6	50	13.43
D、③	5	120	7.47
G、H	8	250	2.72
E、F	8	450	2.66

表5-25-2 アスベスト濃度の幾何平均

測点	n	距離(m)	幾何平均 (f/ℓ)
C	4	25	35.21
②	3	50	15.30
D、③	5	120	7.47
G、H	8	250	2.72
E、F	8	450	2.66

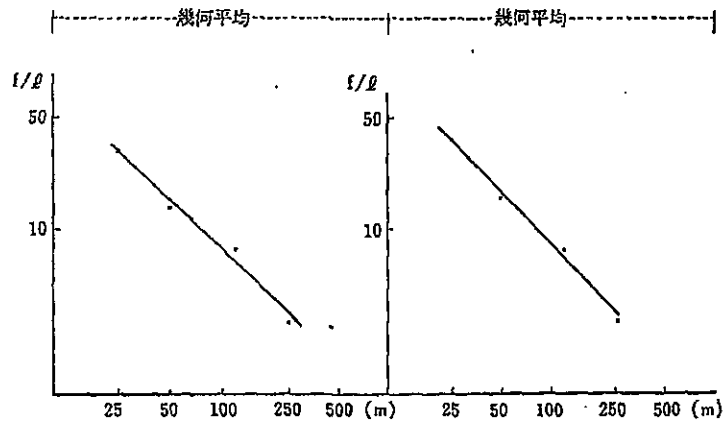


図5-20-1 アスベスト濃度の距離減衰 図5-20-2 アスベスト濃度の距離減衰 (含A、B) (除A、B)

5. アスベストの環境濃度

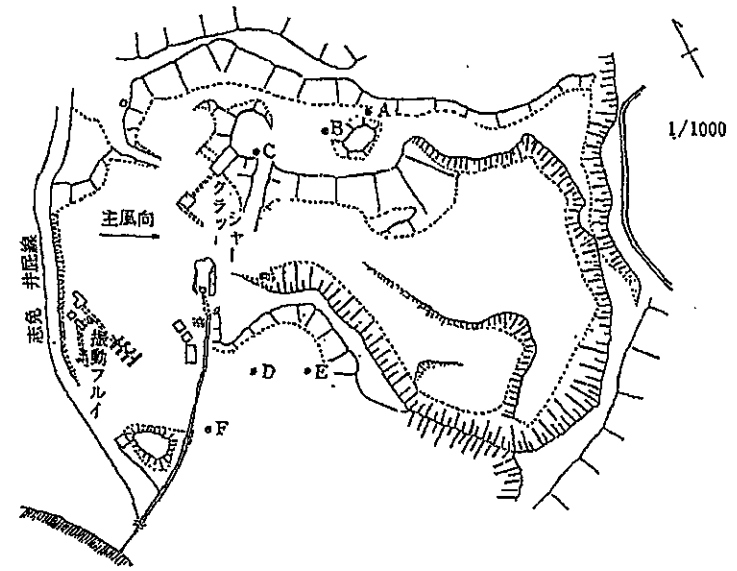


図5-21 B採石場における測点

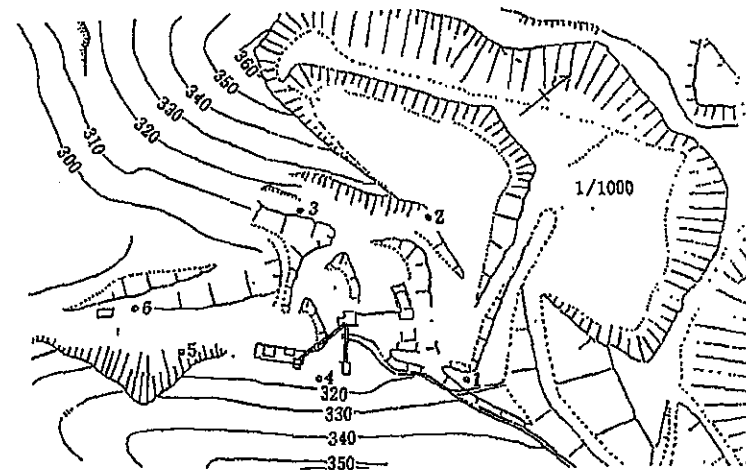


図5-22 C採石場における測点

表5-24の様に記したようにA、B点の採気時間が60分～30分と少なかったため、A、Bの測定値を除いて計算した場合が表5-25-2である。

b. その他の採石場周辺

A採石場以外に2ヶ所の蛇紋岩採石場周辺で調査を行った。それぞれの採石場の位置と測点は図5-21、図5-22に示してある。

いずれの採石場も、地形上の制約を受け、測点は採石場内に限定された。

表5-26 B採石場におけるアスベスト濃度

測点	アスベスト濃度 (f/l)	クラッシャーからの距離(m)
A	3.90	50
B	8.26	30
C	23.13	3
D	12.52	70
E	5.90	90
F	5.90	110

測定時 風 向 NW
 風 速 3 m/sec
 捕集時間 4時間

表5-27 C採石場におけるアスベスト濃度

測点	第1回	第2回	第3回	幾何平均	備 考
1	8.07	16.18	9.91	7.24	1次クラッシャーから 35m
2	5.21	5.58	1.75	3.70	" 50m
3	2.78	2.64	1.20		2次 " 60m
4	19.67	11.37	4.11	9.72	振動フルイから 10m
5	4.78	6.54	1.47		" 60m
6	5.04	7.35	1.85	4.09	" 90m
風 向	NW	W	NE		
風速m/sec	3.0	2.0	1.0		
捕集時間	4時間	4時間	4時間		

5. アスベストの環境濃度

測定はB採石場では1回、C採石場では3回行った。

測定結果は表5-26、27のとおりである。

クラッシャー近傍ではB採石場で23.13 f/l、C採石場では幾何平均9.72 f/l、最高19.67 f/lと高い濃度が観察されており、採石場内の他の測点でもクラッシャー近傍に比べ低いものの一般的な都市環境と比べ明らかに高い濃度となっている。地形との関係で風向は複雑に変化し、距離減衰はA採石場ほど明確ではないが、やはり或る程度似た傾向を示しているといえよう。

以上、3つの蛇紋岩採石場について調査したが、その結果、局限された範囲内ではあるが一般的な都市環境に比べ、相当高い濃度が出現していることが明らかとなった。しかし、採石場敷地内は一種の作業環境と考えられるが一般的なアスベスト取扱い事業場の平均値な値と比べると作業環境よりは低い濃度であると思われる。

なお、採石場は一般に粉じん濃度は高いが、アスベスト濃度が高くなるのは、当然の事ながら蛇紋岩採石場に限られる。このことは、木村(財)労働科学研究所が茨城県笠間の花崗岩採石場で行った調査でも裏付けられている。

(i) その他の蛇紋岩地帯

蛇紋岩地帯において無人地域として2地区3測点、住宅地域及び農業地域としてそれぞれ1地区1測点を選び昭和57年度に調査を行った。対象とした地域の概略を図5-23〔略〕に示す。

調査結果は、表5-28のとおりである。

調査対象とした住宅地域、農業地域については蛇紋岩地帯以外のそれとアスベスト濃度は変わらない。一方、無人地域は住宅地域、農業地域よりもアスベスト濃度は高く、またこの値は、内陸山間地域の幾何平均値0.43 f/lの約3倍の値となっている。

無人地域の測点周辺は山の中腹で処々に蛇紋岩の風化した崖が露出しておりその影響を受けたものと思われる。一方、調査対象とした住