

# バーミキュライト中の角閃石石綿の分析について

外山尚紀（東京労働安全衛生センター）

【目的】 バーミキュライト（以下 Verm）は鉱石を約 1000℃で加熱焼成し層間の結晶水を気化し層間を膨張させたもので、園芸用の他、軽量、耐熱、吸水性、無臭のため吹付け仕上げ材、保温材などに混ざって使用されている。一般に普及した Verm を使用した建材の一つに Verm を骨材とする吹付け材があり、吹付け Verm、吹付けひる石と呼ばれ集合住宅、公共施設などで広く施工されている。一方米国モンタナ州のリビー鉱山は米国最大の Verm 鉱山で 1920 年代から 1990 年まで約 70 年間操業し一時は世界の Verm 生産量の 80%以上を占め世界各国へ輸出されたが、リビー産 Verm に角閃石石綿が不純物として含有している報告があり、また鉱山労働者と周辺住民に健康被害が発生したことから 1980 年代から調査が始まり健康影響が明確になると同時に含有する角閃石石綿はナトリウム - カルシウム角閃石グループのウインチャイトおよびリヒテライトが多く含まれることが明らかになった<sup>1)</sup>。リビー鉱山の日本への輸出の詳細な資料はないが、米国全体からの輸入量が 25 年間で約 3 万トンであった記録があり、リビー鉱山の Verm が輸入された可能性は高い。ISO/DIS 22262-1<sup>2)</sup> ではこれらを角閃石石綿として分析対象としている。

以上を踏まえ、本研究は国内で施工された吹付け Verm を分析しそのプロファイルを得ることにより石綿対策の一助となることを目的として行われた。

【方法】 国内で施工され角閃石石綿を含有している可能性のある吹付け VermA ~ D 4 点およびリビー産 Verm について、①実体顕微鏡観察：試料から各 1 g を秤量し 20 ~ 40 倍の実体顕微鏡にて観察し角閃石石綿の繊維束を取り出した。②偏光顕微鏡および位相差顕微鏡観察：①で取り出した試料について形態、多色性、伸長、消光角、屈折率を観察した。③分析走査電子顕微鏡観察：①で取り出した試料について形態を観察し EDX により元素組成を分析した。④ X 線回折分析：元の試料から 1g を秤量し JIS A1481 の Verm 前処理の方法で塩化カリウム処理し、JIS A 1481 の条件および Gunter<sup>3)</sup> の条件にて分析し回折チャートを得た。比較のためトレモライト標準試料 (JAWE511) およびトレモライト 0.5% 含有 Verm 標準試料 (JAWE1313) を使用した。使用機器と分析条件は table.1 のとおり。

【結果】 table.2、3 および fig.1、2 のとおり。

【まとめ】 実体顕微鏡により角閃石石綿を取り出す方法は完璧ではないが十分に実用的な方法と思われた。角閃石石綿は比較的大きな束状で偏在しており、クリソタイル、Verm 片との区別がつけられる。取り出された粒子は光学顕微鏡により角閃石石綿であることが確認され、リビー産 Verm と吹付け Verm 試料に観られた角閃石石綿の光学顕微鏡観察での特徴は一致し、両者ともトレモライト標準試料よりも屈折率が高かった。分析走査電子顕微鏡観察では EDX チャートからリビー産 Verm と 4 点の吹付け Verm は ISO/DIS 22262-1 の SEM-EDX によるウインチャイト/リヒテライトの元素組成の特徴と一致した。以上からこれら吹付け材にはウインチャイト/リヒテライトが含有しており、従ってリビー産 Verm が輸入、使用されたことが確認された。JIS A 1481 による Verm 分析方法は繊維状構造を確認しない点と Gunter 法と比較して

回折ピークが不明瞭であるという限界がある。ISO/DIS 22262-1 ではこれら 4 試料は石綿含有となるが、JIS では B,C,D は石綿含有とならない可能性がある。角閃石石綿はクリソタイルよりも発がん性が高い点、また吹付け Verm は住宅の居室などの人の接触の機会の多い場所にあることが多い点から注意が必要である。リビー産 Verm の過去の輸入量、経路、用途などの基本的な調査が必要と思われた。

table.1: 使用機器等

実体顕微鏡	ST302L × 20、× 40 オリンパス製 BX51
偏光顕微鏡	UPlanFI × 10 UPlanFI × 40
位相差分散顕微鏡	ニコン製 ECLIPSE80i Ph1 D × 10 PlanFluor DS Ph2 × 40
分析走査電子顕微鏡	日本電子製 JSM-6610LA 島津製作所製 XRD-6100
X 線回折装置	CuK $\alpha$ radiation, 40kv, 30mA, 0.02° step JIS 法 9.6sec/step Gunter 法 180sec/step

table.2 試料の概要と光学顕微鏡による特徴

	図面上の名称	施工年	色	性状	取り出された粒子の重量 (mg)	その他の特徴	形態	多色性	伸長	消光角	屈折率 $\alpha$	屈折率 $\gamma$
A	ソノライト	不明	黒の着色	粒子状	10.35	クリソタイル1%以上含有	細繊維の束または単繊維	(-)	正	0-15°	1.615-1.620	1.63
B	ソノライト	不明	白の着色	同上	1.64	同上	同上	(-)	正	0-15°	1.615-1.625	1.63
C	不明	1974	茶の着色	同上	0.9	同上	同上	(-)	正	0-15°	1.615	1.630-1.635
D	ソノライト	1970	白の着色、表面塗装	同上	5.3	同上	同上	(-)	正	0-15°	① 1.615-1.620 ② 1.625-1.630	① 1.625-1.630 ② 1.635-1.640
Libby	-	-	茶、金、黒	同上	40.3	-	同上	(-)	正	0-15°	① 1.615-1.620 ② 1.625-1.630	① 1.625-1.630 ② 1.635-1.640
JAWE511	-	-	白	粉末状	-	-	単繊維	(-)	正	0-15°	1.605-1.610	1.62

fig.1: 観察された角閃石石綿の顕微鏡画像 (左: 偏光顕微鏡×400 クロスニコル、右: SEM×1000)

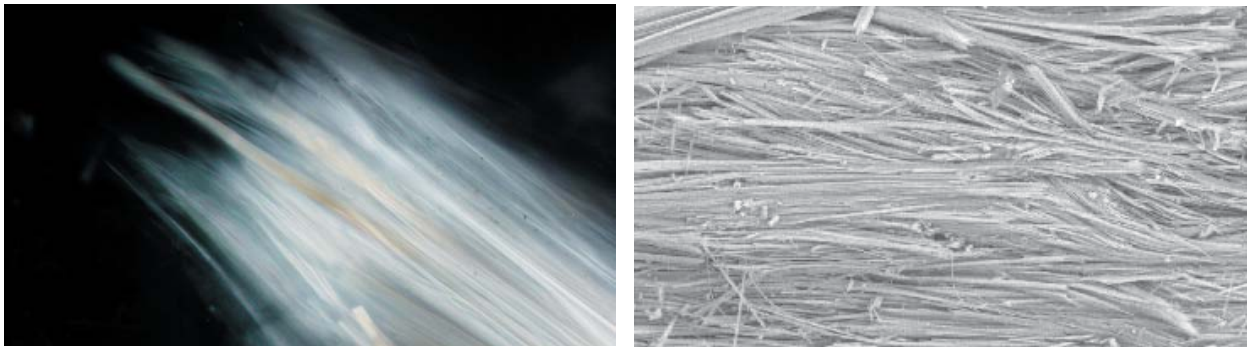


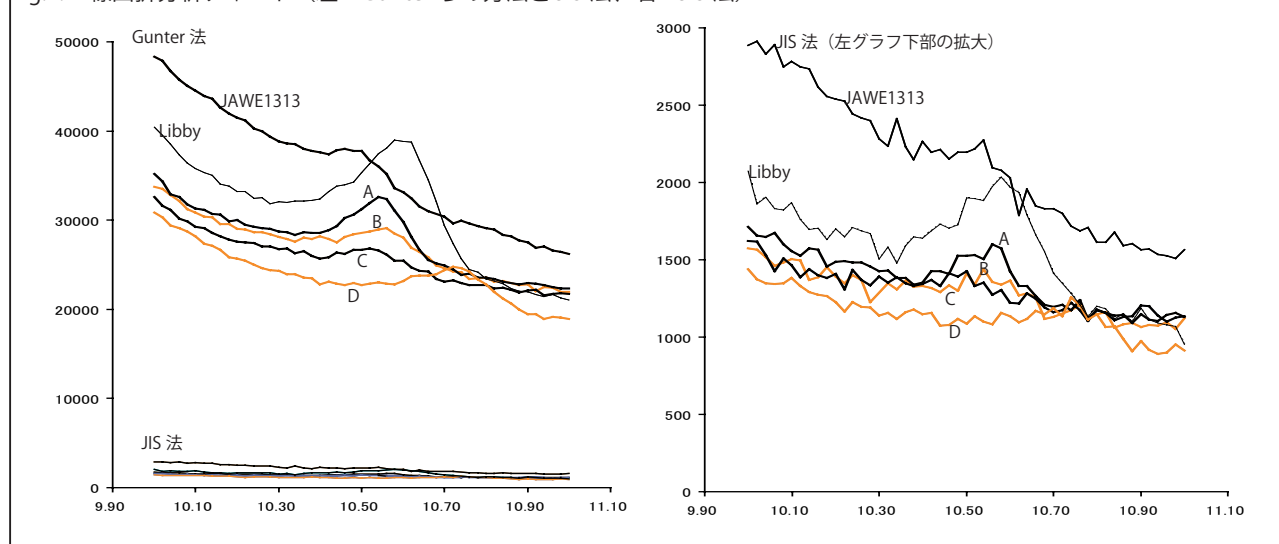
table.3: 分析走査電子顕微鏡による元素組成分析結果 (原子数%)

	A	B	C	D	LIBBY	JAWE511
O	64.09	65.72	61.61	63.43	64.35	57.73
Na	2.02	3.34	2.43	1.04	2.39	0
Mg	9.88	7.6	11.37	10.46	9.83	12.53
Al	0.26	0.32	0.27	0.28	0.15	0.02
Si	17.91	17.17	19.32	19.12	18.21	23.06
K	0.26	0.26	0.45	0.29	0.23	0
Ca	3.65	1.35	2.94	3.87	2.76	5.19
Fe	1.92	3.21	1.49	1.51	2.07	1.45

参考文献

- 1) G.P. Meeker et al., The Composition and Morphology of Amphiboles from the Rainy Creek Complex, Near Libby, Montana. Am Mineral 2003; 88: 1955-1969
- 2) ISO/DIS 22262-1 Bulk materials- Part 1: Sampling and qualitative determination of asbestos in commercial bulk materials 2007
- 3) Matthew S. Sanchez and Mickey E. Gunter. Quantification of amphibole content in expanded vermiculite products form Libby, Montana U.S.A. using powder X-ray diffraction. Am mineral 2006; 91: 1448-1451

fig.2: X線回折分析チャート (左: Gunterらの方法と JIS 法、右: JIS 法)



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