

石綿分析方法における石綿の定義をめぐる課題

○外山尚紀（東京労働安全衛生センター）、富田知靖（アスカ技研株式会社）

小坂浩（建築物石綿含有建材調査者協会）、亀元宏宣（株式会社 EFA ラボラトリーズ）

【はじめに】2016年3月、建材中石綿分析方法 JIS A 1481 が Table.1 に示す内容で改定・制定され、2つの定性分析と2つの定量分析が発効した。分析の誤りは石綿ばく露(false negative)と無用かつ高額な対策費用(false positive)が生じさせるため、どちらも社会的に許容されない。しかし2つの定性分析法は石綿の定義、使用機器およびアプローチが異なるために、分析結果に相違が生じることが指摘されている¹⁾。本稿では、石綿の定義をめぐる問題の海外での経緯と国内での今後の課題について検討する。

【経緯】1958年に英国の石綿肺研究協議会(Asbestosis Research Council)で、気中石綿濃度を測定する際の計数上のルールとして、「AS（アスペクト）比3以上、長さ5 μ m以上」が提案された。Holmes は当時を回顧して「AS 比 3:1 以上は適当に(arbitrarily)決めた」としている²⁾。これは計数上のルールであって石綿の定義ではないが、米国では1970年代まで石綿の定義として通用した。1970年代末頃から鉱物学者によって、石綿は石綿様形態(asbestiform)という独特な繊維構造を持つことが主張された³⁾⁴⁾。Fig.1 に石綿様形態と非石綿様形態の特徴を図示する。1982年、EPA(米国環境保護庁)が初めて公表した建材中の石綿分析方法では石綿様形態が明示されており、1984年には米国での新たな石綿規制のための公聴会で規制すべきは石綿様形態との合意がなされた。この合意に基づき、1987年米国では連邦規制 40 CFR Part 763 の建材と気中の石綿の定義で石綿様形態が採用された。

一方、労働環境の石綿規制当局はすぐにこの定義を受け入れたわけではない。1980年代石綿の被害が拡大する中で、OSHA は規制強化に乗り出し、1986年には作業環境基準として0.2f/mlの基準を定める。この時、石綿様形態以外のへき開トレモライト等を石綿の定義から除外しているが、有害性がないことが完全には証明されていないために、引き続き規制の対象としていた。しかし1992年にはOSHA は規制対象を石綿様形態のみとした⁵⁾。NIOSH は同様の理由で引き続きそれに反対したが、結局1994年の建材分析方法(9002)⁶⁾では石綿とそうでないもの（へき開粒子）を区別するようになった。その後の研究から、へき開粒子の発がん性は完全には否定されていないものの、石綿様形態の有無とその割合が発がんと深く関連していることが実証された⁷⁾。米国化学会のCAS 番号では石綿様形態つまり石綿と類似鉱物に別の番号をつけている⁸⁾。

国際機関では、1978年にIMA(国際鉱物学連合)が一貫性に欠けていた鉱物命名法を統一し、1997年に改訂している。この中で石綿様形態の角閃石のみをトレモライト石綿(tremolite-asbestos)等とするとしている⁹⁾。ISO(国際標準化機構)は1999年にISO13794において明確な石綿の定義として石綿様形態を示した¹⁰⁾。IARC(国際ガン研究機関)は石綿様形態と非石綿様形態をCAS 番号で区別している¹¹⁾。石綿を使用してきた8カ国では英国、米国など4カ国が石綿様形態を石綿の形態定義としているかCAS 番号で区別し、カナダ、フランスなど4カ国が繊維状鉱物としており、AS 比3:1以上を定義として採用している国はなかった(Table.2)。

Table.1 JIS A 1481の各パートの概要

JIS A 1481-	項目	石綿の形態の定義	基本的な機器	対応するISO法
1	定性	石綿様形態	実体顕微鏡、偏光顕微鏡	22262-1
2	定性	AS比3:1	X線回折、位相差分散顕微鏡	なし
3	定量	—	X線回折	なし
4	定量	石綿様形態	実体顕微鏡、偏光顕微鏡	22262-2

※石綿様形態(Asbestiform)

A. 石綿—破碎や加工により容易に長く細く柔軟で強い繊維に分離する石綿様形態(asbestiform)へ結晶化した蛇紋石と角閃石に属する特定のけい酸塩鉱物をさす鉱物学的総称。クリソタイル、クロシドライト、石綿様形態のグリュネライト(アモサイト)、アンソフィライト石綿、トレモライト石綿、アクチノライト石綿を含む。

B. 石綿繊維—石綿様形態を呈する鉱物繊維の集団で光学顕微鏡観察により以下の特徴をもつ。

1)アスペクト比20:1から100:1以上の粒子(長さ5 μ m超)。2)通常0.5 μ m未満の非常に細い繊維。3)次の特徴の2つ以上をもつもの。a.束をなす平行な繊維。b.先端が広がった繊維。c.単繊維がもつれた塊。d.曲率をもつ繊維。

【課題】建材中の石綿の形態の定義として AS 比 3 以上を採用しているのは日本のみである。JIS-2 では分析者は石綿を特定する石綿様形態を確認せずに XRD の回折ピークと位相差分散顕微鏡で AS 比 3 以上粒子を探している。JIS A 1481-2 の方法は 2009 年の ISO ワーキンググループで false negative を含む 40%の分析ミスを起こしたことが報告された¹²⁾ために否決され、国際標準と合致していない点が指摘されている¹³⁾。石綿様形態を見ないことは石綿含有建材の見落とし (false negative)につながり、形態不明の XRD のピークで石綿含有建材と見誤る (false positive)ことが起きる。JIS A 1481-2 の建材分析方法を廃止し、適切な分析ができる技術者を養成することが急務である。

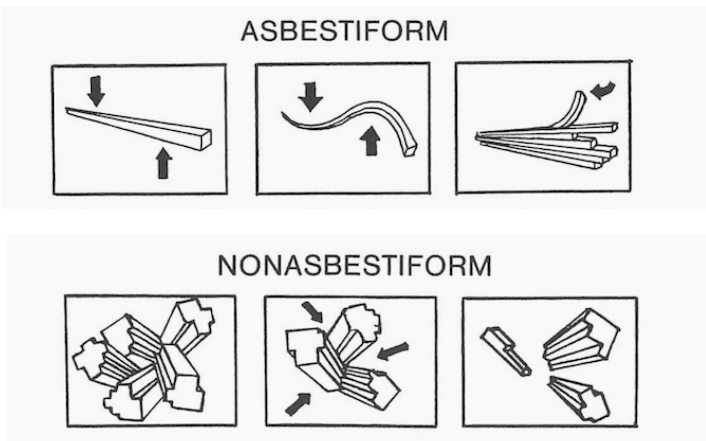


Fig.1 石綿様形態と非石綿様形態 (Cleavage)

1) 外山尚紀.日本における石綿の定義と建材等製品中の石綿含有分析の課題.労働科学 2011; 87(4): 136-156.
2) Holmes S. Developments in Dust Sampling and Counting Techniques in the Asbestos Industry. The annals of the New York academy of sciences 1965; 132: 288-297.
3) Wylie AG. Fiber length and aspect ratio of some selected asbestos samples. The annals New York academy of sciences 1979; 330: 605-610.

Table2 : 各国と国際機関の石綿の形態的な定義

Country /Organization	Morphological definition	Authorities
U.S.	asbestiform	Code of federal regulations 40 CFR Part 763
U.K.	CAS number	The Control of Asbestos Regulations 2012
Canada(Ontario)	fibrous silicate	Occupational Health and Safety Act – Ontario Reg. 278/05
Germany	CAS number	Hazardous Substances Ordinance
France	fibrous material	Exposition environnementale a` l'amiante
Australia	asbestiform	Work Health and Safety Act 2011
Korea	fibrous form	Asbestos Safety Management Act
Singapore	fibrous silicates	the Workplace Safety and Health (Asbestos) Regulations
ILO	fibrous form	C162 - Asbestos Convention, 1986 (No. 162)
ISO	asbestiform	ISO22262-1, ISO13794
IARC	CAS number	Monographs-100C
IMA	asbestiform	IMA78

4) Zoltai T. Amphibole asbestos mineralogy. Reviews in mineralogy and geochemistry 1981; 9A: 237-278.
5)Occupational Safety and Health Agency. Asbestos (1992 Original),[http : //www.osha.gov/SLTC/asbestos/](http://www.osha.gov/SLTC/asbestos/)
6)National Institute for Occupational Safety and Health. Asbestos (bulk) by PLM. Method: 9002, Issue 2. 1994
7) Davis JMG. Variations in the carcinogenicity of tremolite dust samples of differing morphology. Ann N Y Acad Sci. 1991 Dec 31;643:473-90..
8)C. Sheldon Thompson, Consequences of using improper definitions for regulated minerals, Definitions for Asbestos and Other Health-Related Silicates, ASTM international 1984
9) Leak BE. Nomenclature of Amphiboles: Report of the Subcommittee on Amphiboles of the International Mineralogical Association Commission on New Minerals and Mineral Names. Mineralogical Magazine, April 1997, Vol. 61, pp. 295-321
10)ISO13794:1999(en). Ambient air Determination of asbestos fibres Indirect-transfer transmission electron microscopy method.
11) IARC. Asbestos (Chrysotile, amosite, crocidolite, tremolite, actinolite, and anthophyllite),2012
12)http://www.ibasecretariat.org/search_item.php?l0=5+21+27&f=tn_japan_asb_anal_meth_fails_iso_req.php
13) http://www.tm.depe.titech.ac.jp/Asbestos_Research_Group/assets/chatfield_ppt_japanese.pdf

(連絡先) 外山 尚紀
特定非営利活動法人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 toyama@toshc.org