

# P1-123

## 石綿の定義をめぐる問題の背景、現状、課題

外山 尚紀、仲尾 豊樹  
東京労働安全衛生センター

【目的】2016年、建材中石綿分析方法 JIS A 1481 が2つの定性分析法と2つの定量分析法として発効した。2つの定性分析法は石綿の形態的な定義(asbestiform とアスペクト比3:1以上)と分析方法が異なるために、分析結果に相違が生じるおそれがあり、国際標準との乖離が指摘されている。本研究ではこの問題の背景および諸外国と国際機関における石綿の定義の調査結果を報告する。

【背景】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比3以上、長さ5 μm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。これは計数上のルールであって石綿の定義ではないが、米国等では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 asbestiform という独特な繊維構造を持つことが主張される。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 asbestiform 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 asbestiform 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の建材と気中の石綿の定義で asbestiform が採用された。当初定義を限定することに慎重だった OSHA、NIOSH も1990年代前半には規制対象または分析対象を asbestiform に限定した。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、asbestiform の割合が発がんに関連があることが相次いで発表された。1970年代から1990年代にかけて、石綿の形態的な定義が注目され、asbestiform の定義が確立した結果、建材中の石綿自体の定義である asbestiform と気中石綿濃度の計数ルールである AS比3以上とは異なるものとなっている。

【現状と課題】8カ国と3つの国際機関の石綿の定義を Table に示す。石綿自体の定義として AS比3:1以上を採用している国や国際機関は確認されなかった。日本の現状は1980年代の米国と類似しており、世界がすでに通過した道であるように思える。歴史的な経緯と科学的な合理性を踏まえて、早急に石綿の定義と分析方法を見直すことが必要である。

Table: Morphological definition of asbestos

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.
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)
ILO	fibrous form	C162 - Asbestos Convention, 1986 (No. 162)
ISO	asbestiform	ISO22262-1
IARC	CAS number	Monographs-100C

第90回日本産業衛生学会 P1-123

# 石綿の定義をめぐる問題の 背景、現状、課題

外山尚紀、仲尾豊樹（東京労働安全衛生センター）

## 【目的】

2016年、建材中石綿分析方法JIS A 1481が2つの定性分析法と2つの定量分析法として発効した。2つの定性分析法は石綿の形態的な定義（asbestiformとアスペクト比3：1以上）と分析方法が異なるために、分析結果に相違が生じるおそれがあり、国際標準との乖離が指摘されている。本研究ではこの問題の背景および諸外国と国際機関における石綿の定義の調査結果を報告する。

JIS A 1481	項目	定義	使用機器	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	縦横比 3 : 1	X線回折、位相差分散顕微鏡	なし
-3	定量	XRD回折ピーク	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

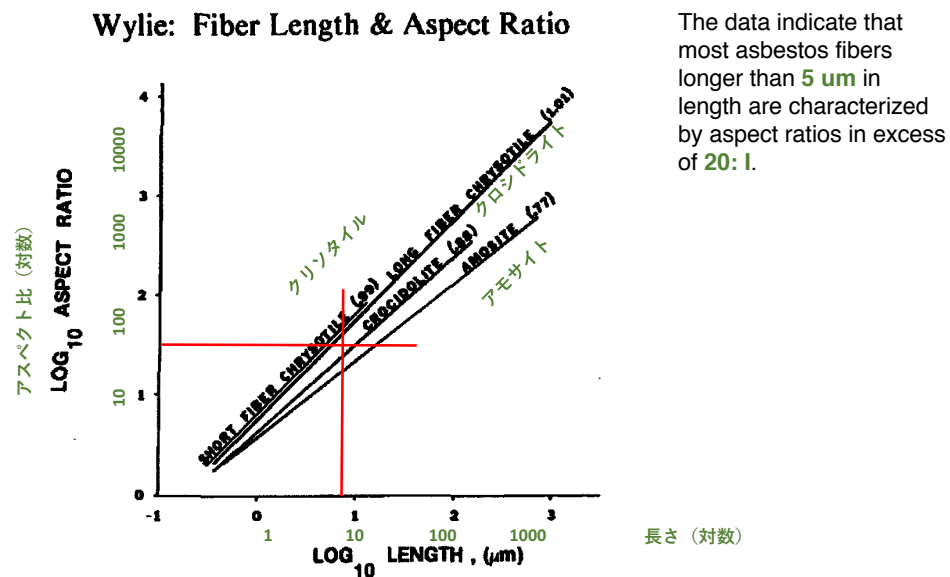
## 【背景】

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比3以上、長さ5 $\mu$ 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。これは計数上のルールであって石綿の定義ではないが、米国等では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asbestiformという独特な繊維構造を持つことが主張される。

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.

## 【背景】 鉱物学者の反論

… microscopists rely heavily, and sometimes exclusively, on morphologic features. However, the choice of a 3:1 aspect ratio as the definition of a fiber is an unfortunate one. Many minerals, including the amphiboles, pyroxenes, and aluminosilicates, such as sillimanite, readily cleave into fragments with this aspect ratio. …  
… 顕微鏡技術者は形態的特徴に非常に、あるときはそれのみに依存している。しかし、繊維の定義としてアスペクト比3：1を選択することは不幸なことである。珪線石のような角閃石、輝石とアルミノケイ酸塩鉱物を含む多くの鉱物は容易にこのアスペクト比の破片にへき開する。…



Wylie AG. Fiber length and aspect ratio of some selected asbestos samples. 1979.

## 【背景】 鉱物学者の反論

… it is most unfortunate, however, that health scientists and regulatory agencies have adopted the commercial definition of asbestos rather than the mineralogical one. Consequently, all particles of the five known commercial asbestos minerals are considered to be asbestos, provided that they have elongated shapes (with an aspect ratio of 3 to 1 or greater), regardless of their asbestiform crystallization. Due to this misconception, asbestiform fibers of other minerals are neglected, and their potential carcinogenic properties have not been investigated. …

… 健康に関連する科学者と規制当局が鉱物学的な定義ではなく、商業的な定義を採用したことは、最も不幸であった。その結果、知られている5種類の商業利用されたアスベスト鉱物の粒子は、細長い形（アスペクト比3：1以上）をしていれば、石綿様形態の結晶構造は考慮されずにアスベストとみなされた。この誤解によって、他の鉱物種の石綿様形態をした繊維は無視され、その発がんの可能性は調査されなかった。…

Zoltai T. Amphibole asbestos mineralogy. Reviews in mineralogy and geochemistry  
1981

## 【背景】

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asbestiform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asbestiform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の建材と気中の石綿の定義でasbestiformが採用された。

EPA Test Method Interim Method for the Determination of Asbestos in Bulk Insulation Samples 1982

Table 1-1

Chrysotile (asbestiform serpentine)

Amosite (asbestiform grunerite)

Crocidolite (asbestiform riebeckite)...

## 【背景】 米国連邦規制上の定義

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 $\mu$ m超)
- 2.通常0.5 $\mu$ 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)単繊維がもつれた固まり
  - (d)曲率をもつ繊維

"Post-Hearing Comments in the Matter of Proposed Revisions to the Asbestos standard," Code of Federal Regulations Title 29.1984



## 【背景】 米国の石綿規制の歴史

- 1971 許容曝露限界PEL: Permissible Exposure Limits 12f/cc
- 1971 緊急暫定基準 TWA 5f/cc STEL 10f/cc
- 1976 PEL: 2f/cc
- 1983 緊急暫定基準 0.5f/cc
- 1984 緊急暫定基準変更 0.5 or 0.2f/cc
- 1986 OSHA規制強化0.2f/cc、へき開トレモライト等を石綿の定義から除外
- 1987 EPA AHERAにより連邦規制 40 CFR Part 76で石綿様形態採用
- 1990 NIOSH EMP規制 (気中石綿濃度基準はPCM法3:1を維持)
- 1992 OSHA Non-Asbestiformの角閃石を規制から除外
- 1994 NIOSH Asbestos (bulk) by PLM. Method: 9002

## 【背景】 発がん性との関連

モンタナ州バーミキュライト鉱山の事例

1919年-1990年操業したバーミキュライト鉱山の労働者と周辺住民に肺がんなどが多発。石綿様形態の角閃石ウインチャイト/リヒテライトの曝露が原因とされる。

Significant elevations in SMRs for asbestosis, lung cancer, and cancer of the pleura were observed among Libby vermiculite workers. Exposure-response relationships were noted for asbestosis and lung cancer. Significant excess mortality from nonmalignant respiratory disease was observed even among workers with cumulative exposure.

Fiber count estimates used in the exposure assessment include not only the regulated tremolite asbestos fibers but also the asbestiform amphibole fibers not mentioned in the regulations (winchite and richterite).

Patricia Sullivan, Vermiculite respiratory diseases and asbestos exposure in Libby cohort study, Environmental Health Perspectives, 115, 4, 579-585. 2007

**規制対象の石綿以外でも石綿様形態の角閃石は発がん性がある**

## 【背景】 発がん性との関連

### 産地の異なるトレモライトによる動物実験

TABLE 4. Summary of Survival Data and Comparison with Selected Re-expressions of 10-mg Dose as Numbers of Fibers and Particles

Sample No.	Type	No. of Animals	No. of Mesotheliomas	Median Survival Time (days)	Estimated Relative Hazard (log)	No. (*10 <sup>5</sup> ) of Fibers in 1 mg of Injected Dust	No. (10 <sup>5</sup> ) of Fibers of length ≥8 and diameter <0.25	No. (10 <sup>5</sup> ) of Particles in 1 mg of Injected Dust
1	California	36	36	301	0.8308	13,430	121	18,375
2	Swansea	36	35	365	0.5593	2,104	8	4,292
3	Korea	33	32	428	0.0000	7,791	48	13,435
4	Italy	36	24	755	-1.6108	1,293	1	20,137
5	Carr Brae	33	4	*	-3.9043	899	0	9,490
6	Shinness	36	2	*	-4.7080	383	0	5,901

Davis JM, Addison J, et al, Variations in the carcinogenicity of tremolite dust samples of differing morphology. Ann N Y Acad Sci. 1991 Dec 31;643:473-90.

## 【現状と課題】

8カ国と3つの国際機関の石綿の定義をTableに示す。石綿自体の定義としてAS比3:1以上を採用している国や国際機関は確認されなかった。日本の現状は1980年代の米国と類似しており、世界がすでに通過した道であるように思える。歴史的な経緯と科学的な合理性を踏まえて、早急に石綿の定義と分析方法を見直すことが必要である。

Table: Morphological definition of asbestos

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.
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)
ILO	fibrous form	C162 - Asbestos Convention, 1986 (No. 162)
ISO	asbestiform	ISO22262-1
IARC	CAS number	Monographs-100C

本発表に関連して、共同演者含め開示すべき利益相反に該当する項目はありません。