

報 文

X線回折および赤外線吸収スペクトルによる石綿の鑑別

達家清明*

Identification of Asbestos by X-Ray Diffraction
and Infrared Spectroscopic Method

Kiyooki Tatsuka

各種の石綿及び関連鉱物 35 種類について X 線回折及び赤外線吸収スペクトル測定を作った。開綿した温石綿は 7.36 Å, 3.66 Å の特徴的な反射以外に 3.05 Å, 4.79 Å 及び 6.22 Å に強い反射のあるものがあるが、これらの反射は 0.05 規定塩酸処理で消失する。角閃石属鉱物は何れも 8.3 Å と 3.1 Å 附近に強い反射がみられるが、Anthophyllite Asbestos のみ 8.3 Å ではなく 9.4 Å に強い反射がある。赤外線吸収スペクトルは SiO₂ の格子振動のみられる 650~1200 cm⁻¹ の吸収が、温石綿及び角閃石綿で特徴的で同定に利用出来。南産 Mountain Leather には X 線図形及び赤外線吸収スペクトルが明らかに異なる 3 種類のものがあり、その内一種は Sepiolite と同定される。他の 2 種のうち 1 種は角閃石属鉱物（直閃石と推定）であるが、残り一種は種別不明である。これらのデータよりほぼ確実に石綿の同定ができる。

1. 緒 言

石綿は天然に産出する無機質繊維の総称で、各種の工業的な用途に広範囲に利用されており、原材料及び製品として相当量の輸入実績*がある。税関分析上は当該品が税番 25.24 石綿に分類されるか、それとも税番 68.13 石綿(加工したものに限る)に分類されるかが分析上のポイントとなる。また各種工業生産品の分析過程において分離した無機繊維が何であるか判定を必要とする場合がある。これら税関分析上必要なデータを得る目的で本研究を行ない、ほぼその目的を達したので報告する。

2. 試 料

* 昭和 42 年 1 月~12 月 輸入実績 (税番 25.24 該当) 19 万トン 100 億円。

2・1 石綿の分類

石綿の分類を Table 1 に示す。表にあげた以外にも、繊維状で産出する鉱物がいくつか知られている。輸入

税表上はこれら繊維状のものを総称するものと考えられる。尚 Serpentine については、粉状のものは粘土に分類される可能性もある。*

Table 1 Classification of Asbestos^{1, 2)}

大 分 類	小 分 類	組 成
蛇紋岩属 (Serpentine group)	温 石 綿 (Chrysotile)	3 MgO · 2 SiO ₂ 2 H ₂ O (H ₃ Mg ₂ Si ₂ O ₅)
	硬蛇紋石 (Pierolite)	
角 閃 石 属 (Amphibole group)	直 閃 石 (Anthophyllite)	(Fe, Mg) Si O ₃
	アモサイト (Amosite)	(Fe, Mg) Si O ₃
	透角閃石 (Tremolite)	Ca ₂ Mg ₅ (OH) ₂ (Si ₄ O ₁₁) ₂
	陽起石 (透綠閃石) (Actinolite)	Ca ₂ (Mg, Fe) ₅ (OH) ₂ (Si ₄ O ₁₁) ₂
	青 石 綿 (Crocidolite)	Na Fe(SiO ₃) ₂ · Fe(SiO ₃)
	石ジュウ皮 (Mountain leather)	
	石 樹 (Mountain wood)	
	石 セ ン (Mountain cork)	

* 大阪税関分析室

Table 2 Samples

No.	品名 (等級など)	産 地	性 状
1	温 石 綿	Canada	未開綿, 黄緑色, 2 cm, 開綿すると白色
2	◇ KB-EX-345	◇	未開灰一淡黒灰色, 2 cm, 開綿すると白色
3	◇ KB-363-3 T	◇	開綿, 灰白色, 比較的長い繊維
4	◇ 7 TS-3	◇	開綿, 淡青灰白色, 粉状に近い
5	◇ Arizona Grade 3R	U. S. A	開綿, 白色
6	◇ Resingrade 244	U. S. A. (U. C. C)	白色粉状
7	◇ High purity open	◇ ◇	淡灰白色粉状
8	◇ High purity pellets	◇ ◇	淡灰白色粉状物をベレット状に固めたもの
9	◇	S. Africa	未開綿, 淡黄白色, 3 cm, 開綿で白色, 良品位
10	◇	◇	開綿, 淡灰白色
◇	◇ C-709/6	◇	開綿, 灰色
12	◇ C-516/6	◇	開綿, 淡緑灰白色
13	◇ P-6-45	U. S. S. R	開綿, 淡青灰白色
14	◇ P-5-65	◇	開綿, 灰白色
15	蛇紋石	京都府 宮津市	灰黄緑, 黒灰色まだら岩石状
16	蛇紋石	長野県 岡谷市	黄褐, 黒褐色まだら岩石状
17	アモサイト	S. Africa	未開綿, 灰白色長繊維状, 15cm
18	青 石 綿	◇	未開綿, 灰青色繊維状塊, 5 cm
19	直 閃 石 綿	Mozambique	未開綿, 淡褐色繊維状, 2 cm
20	直 閃 石	岩手県和賀郡仙人鉾山	灰色 針状 結晶塊
21	透 角 閃 石	三重県黄郡	白色針状結晶塊
22	◇	U.S.A(S.L. Lawrence Co.)	白色結晶塊
23	陽 起 石	長崎県西波杵郡	灰緑色針状結晶塊
24	角 閃 石	愛媛県宇摩郡	黒灰色結晶塊
25	Mountain Cork(Grünertite)	大分県大野郡尾平鉾山	淡褐色コルク状塊
26	Mountain leather	南 鮮	灰白色稍かたい皮革状
27	◇	◇	灰白色層状のかたい塊
28	◇	◇	灰黄色層状のかたい塊
29	◇	◇	白色針状結晶塊
30	◇	◇	白色皮革状, 赤褐色着色部分あり
31	◇	◇ (黄海道新湊郡赤余面)	◇ ◇
32	石棉(グーテルッポ用)	W. G. (Merk)	淡灰白色, 短繊維粉状
33	◇ (◇ ◇)	U.K. (British Drug house Ltd.)	白色 ◇ ◇
34	◇ (試薬級)	富山薬品工業	灰白色 長繊維状
35	Asbestine 3 X	U. S. A	白色粉状

2・2 試 料

用いた試料を Table2 にあげた。これらのものは輸入サンプル, 標本品及び市販品であり, 出来る限り由来のはっきりしたものを用了。しかしながら各個についてその種別は分析的に決定されたものではない。尚合成品についてはサンプルが入手出来なかった。

*「粘土鉱物分類表」国際粘土研究委員会(CIPEA)の粘土鉱物命名小委員会, 国際鉱物学会聯合

(IMA)の新鉱物および鉱物命名委員会(1965)

3. 実験方法

3・1 X線回折

石線のように繊維状をなし, しかも粉末になりにくい試料の測定にあたっては, 試料粒度(繊維長)やその配向などのために, 回折線強度の再現性は或程度悪

いことが予想される。この点については、繊維状試料とそれを粉状にしたものについて、何回かの測定結果を比較検討したが、定性分析上では特に問題とならない。従って開綿したものについては常法によりアルミニウム板に固定し、未開綿のものは鉄乳鉢でくんで開綿した後測定した。酸処理試料、熱処理試料など容易に粉末となるものについては、粉末として測定した。Table2の試料全部について測定するとともに、必要なものについては各種処理後の測定も行った。使用装置は理学電機(株)製ガイガーフレックスSG-7型。測定条件、CuK α , 30KV, 5mA, Scale Factor, Multiplier, Time Coustant 2, Scanning Speed 2 θ 2°/min, Chart Speed 20 mm/min, Div-ergency 1°, Receiving Slit 0.15 mm。

3・2 赤外線吸収スペクトル

日立赤外分光光光度計1R-S₂型を用い、常法により臭化カリ錠剤法で測定した。試料濃度は0.5~1mg/200mg KBr(錠剤径1 cm)である。Table2の試料全部について測定するとともに、必要なものについては各種処理後の測定も行った。

3・3 熱処理

電気マッフル炉を用い、熱電対温度計とトランスとで温度制御をなし、ステンレス金網上に試料をうすくのせて、所定温度で一定時間空気雰囲気中で熱処理した。X線回折及び赤外線吸収スペクトルは熱処理後室内に数日放置してから測定した。

3・4 酸処理

純水煮沸処理：試料1gを純水200mlに分散させ、1時間煮沸後、105℃で乾燥、室内放置。

Table3 Reduced Amounts of Asbestos by Acid Treatment

No.	試料名	25%塩酸 (沸騰水浴上)	25%酢酸 (沸騰水浴上)	0.05規定塩 酸(40℃)
1	温石綿	55.8%	30.4%	— %
5	+	57.4	39.5	—
6	+	49.6	—	—
9	+	54.1	24.3	4.3
10	+	64.9	45.8	26.7
12	+	59.7	32.0	11.2
17	アモサイト	5.4	—	—
18	青石綿	9.2	—	—
19	アンソフィライト	21.9	—	—
32	石綿	3.1	—	—
33	+	1.2	—	—
34	+(試験紙)	40.0	—	—

25%塩酸, 25%酢酸処理¹⁾：試料1gを100mlの酸液に分散させ、逆流冷却器をつけて沸騰水浴中で2時間時々動かしながら放置後直ちに水洗、105℃で乾燥秤量後室内放置。

0.05規定塩酸処理：試料1gを0.05規定塩酸300mlに分散させ時々攪拌しながら30分間放置後直ちに水洗、105℃で乾燥、秤量、室内放置。

Table3にこれら酸処理による減量値を示す。以上の実験の外に発光分光分析及び顕微鏡観察なども行った。

4. 結果及び考察

4・1 X線回折

4・1・1 温石綿

温石綿の結晶構造については、古くから多くの研究がなされ、複鎖構造であると言われたこともあったが、³⁾現在では1:1型の層状構造(Kaoliniteと同じ)をなし、管状の結晶であることが、X線回折及び電子顕微鏡的方法により確認されている。Cylindrical Latticeとしての結晶解析よりE.J.W.WhittakerによりTable4に示すような3種のものがあることが報告されている。^{4~7)}またその産地などが異なるとX線繊維写真で、第二層線に可成りの差違のあるということも報告されている。^{8, 9)}これらの結晶構造の差による回折図形の違いはそう大きいものでなく、温石綿のX線回折による同定には大して問題とならない。またASTM X-Ray Powder Diffraction Card(10-380, 10-381)もあることであり、今更検討の余地がないように思われる。しかしながら商品市場にあるものについて測定す

Table4 Lattice Parameters of Chrysotiles

Lattice Parameter	Clino-Chrysotile	Ortho-Chrysotile	Para-Chrysotile
	Orthorhombic of the 3rd kind	Orthorhombic of the 1st kind	Orthorhombic of the 2nd kind
a	14.65 Å	14.63 Å	14.7±0.1 Å
b	9.25	9.2	9.24±0.02 Å
c	5.34	5.34	5.3
β	93°16'		

るとFig.1に示すように、通常温石綿にみられないような強い反射が3.05 Å (No.5及びNo.10試料)、4.79 Å (No.12試料)にみられるもの及び6.22 Å (No.5及びNo.6試料)にみられるものがある。これらの反射は純水煮沸では変化しないが、0.05規定塩酸処理では消失し、(Fig.2)、その溶解減量も大きいので、開綿工程に混入した温石綿以外の鉱物によるものと考えられる。溶出物中No.10試料からはカルシウムとマグネシウムが、

No.12 試料からは微量のカルシウムとマグネシウムが検出され、それらの水不溶性塩によるものと推定されるが、その組成は明らかでない。以上の事実は税表分類との関連において X 線回折で特に注意を要する点である。

強度の薬品処理はその重量減が大きく (Table3), 弱くなるので温石棉については殆どなされないようであるが、極度に着色しているものについては、過酸化水素、硝酸、チオ硫酸ソーダで漂白することが出来、その場合多色性を失うと報告されている。石棉の電氣的性質を良くするために各種の乾式及び湿式の脱鉄法が行われているようである。⁹⁾ 実験的に行う方法としてはヒドロ硫酸ナトリウムを用いる方法³⁾があるが、この方法で脱鉄処理を行っても温石棉は殆ど変化をうけないことが明らかとなった。25%塩酸処理ではいづれも 50%前後溶出し、多色性を失い、Fig.2 に示すように X 線回折図形は無定形パターンとなる。25%酢酸

2 θ (Cu-K α)

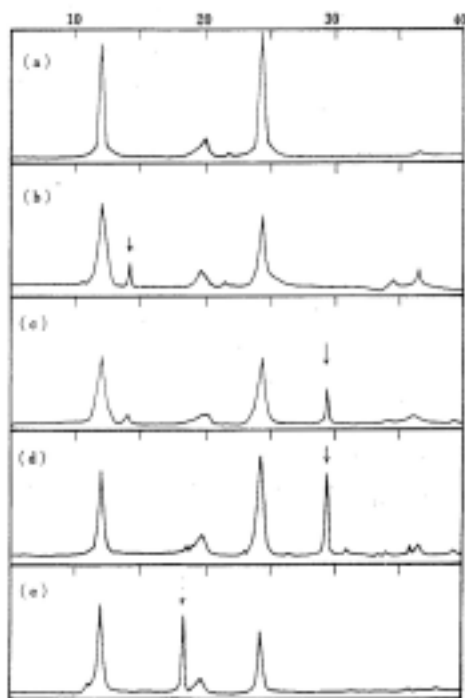


Fig. 1 X-Ray Diffraction Patterns of Chrysotile Asbestos

- | | |
|-----------------|------------------|
| (a) Sample No.9 | (d) Sample No.10 |
| (b) Sample No.6 | (e) Sample No.12 |
| (c) Sample No.5 | |

2 θ (Cu-K α)

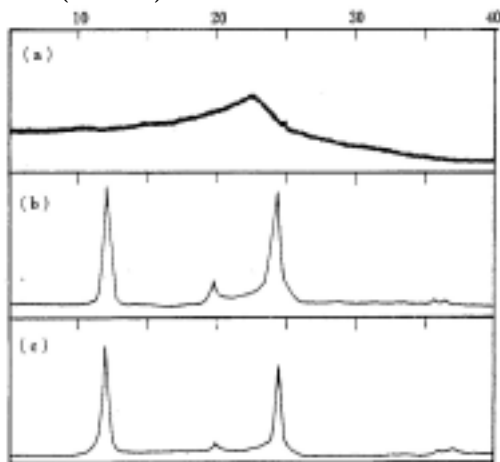


Fig.2 X-Ray Diffraction Patterus of Acid Treated Chrysotile Asbestos

- (a) No. 9 Sample. 25% Hcl treated(100cps)
 (b) No.10 Sample. 25% CH₃COOH treated (200cps)
 (c) No.10 Sample.0.05N Hcl tveated(400cps)

処理では 20~40 前後溶出し、定性的ではあるが結晶性の低下がみられる。この変化は赤外吸収スペクトルの方が明瞭である。この場合税番 25.24 ではどの程度までの構造変化を許容するかは問題である。

熱処理もろ過用等の特殊な目的以外には殆どなされないようである。480℃~815℃で 3 分以内処理するこ

2 θ (Cu-K α)

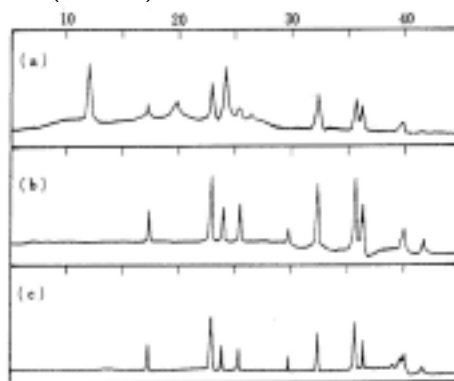


Fig.3 X-Ray Diffraction Patterns of Heat Treated Chrysotile Asbestos(Sample No.9)

- (a) 700℃ 1 min
 (b) 730~760℃ 20min
 (c) 1040~1070℃ 2 hours

とにより表面が MgO でおおわれろ過性は 90%前後向上すると云われている。Fig.3 にNo.9 試料についての熱処理による回折図形の変化を示す。700℃, 1 分間の熱処理では温石綿の結晶構造と新しく出来た構造とが共存する状態であるが 740~760℃, 20 分間及び 1040~1070℃, 2 時間の処理では温石綿の結晶構造は完全に消失し, 新しい構造の結晶化が進んだことがわかる。No.10 試料及びNo.12 試料についての 740~760℃, 20 分間の熱処理の回折図形はNo.9 試料のものと全く同じであって, 3.05 Å及び3.64 Åの反射は消失している。

蛇紋石の高温での相変化については従来多くの研究があり, 温石綿についても本質的には変わらず, 次の 2 段階で進行するものと云われている。



蛇紋石の各種力焼雰囲気における X 線回折図形の変化については今野ら¹¹⁾の報告があり, それらは温石綿についての筆者のデータと一致する。

4・1・2 角閃石系石綿

角閃石系石綿及び岩石の X 線回折図形を Fig.4, Fig.5 に示す。これらのものは 8.3Å と 3.1Å 附近に強い反

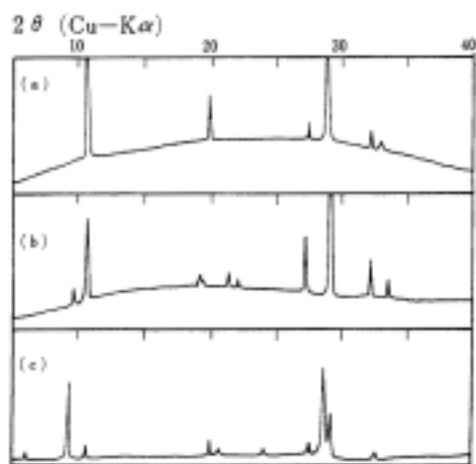


Fig.4 X-Ray Diffraction patterns of Asbestos (Anphyb-ole Group)

(a) Crocidolite (Sample No.18)

(b) Amosite (Sample No.17)

(c) Anthophyllite (Sample No.19)

射がみられるのが特徴的であり, ASTM X-Ray diffraction Card 9-455, Anthophyllite ともいい対応を示すが, No.19 試料, Anthophyllite Asbestos は少し異

2θ (Cu-Kα)

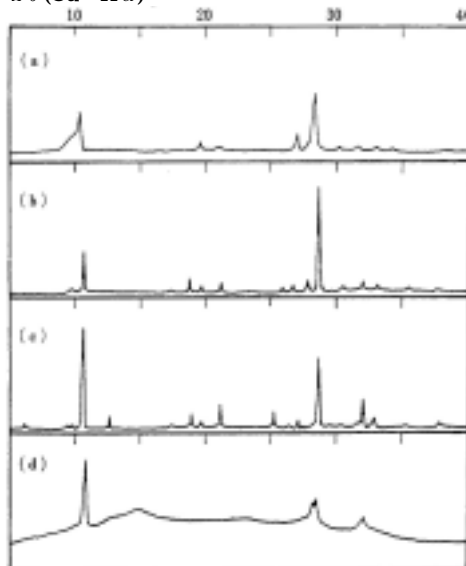


Fig.5 X-Ray diffraction Patterns of Anphyb-ole Group

(a) Anthophyllite (Sample No.20)

(b) Tremolite (Sample No.21, 22)

(c) Actinolite (Sample No.23)

(d) Grunerite (Mountain Cork) (Sample No.25)

り 9.4Å に強い反射がみられる。これがどのような結晶構造の相違によるものかは明らかでない。しかしNo.34 試料 (石綿, 試薬級) には, これと同じ結晶構造の石綿が含まれている。これらの石綿は耐酸性が大きく, 25% 塩酸処理減量も 3~25%と少なく, 処理前後で X 線回折図形は変化しない。従って温石綿との混合物の同定も容易である。

4・1・3 Mountain Leather (南鮮産)

南鮮産の Mountain Leather 及びその熱処理物の X 線回折図形を Fig.6, Fig.7 と示す。No.26, No.27, No.28 の各試料は, 原品及びその熱処理物の回折図形はほぼ同じであって, これらは大塚ら¹²⁾によって報告されている新潟県赤谷鉱山産 S-epiolite とよい一致を示し, また ASTM X-Ray Diffraction Card 13-595, 14-1, ととも一致するので Sepiolite と認められる。¹³⁾No.29 試料は, その回折図形より角閃石属 (直閃石と推定) であることは明らかである。No.31, 32 の両試料は全く同じ回折図形を示す。外観はNo.26 の Sepiolite と同定される試料といくらか似ているが, 原品及び熱処理物の

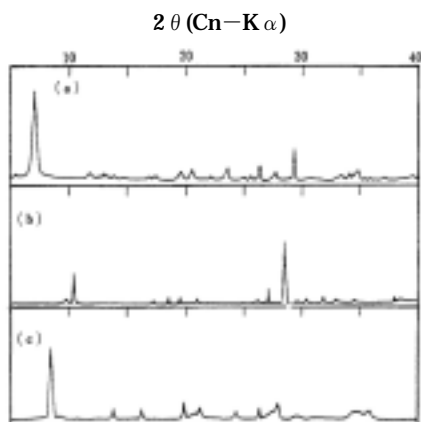


Fig.6 X-Ray diffraction Patterns of Mountain Leather (S · Korea Origin)

- (a) Sample No.26
- (b) Sample No.29
- (c) Sample No.31

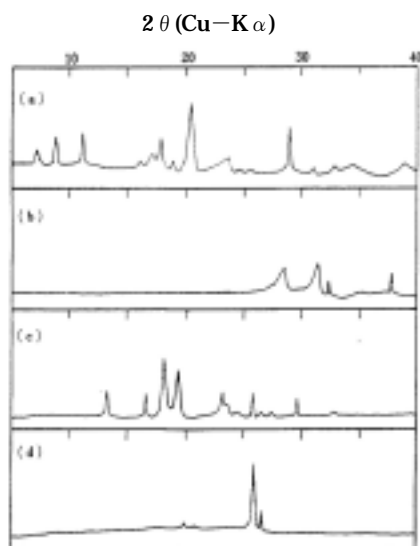


Fig.7 X-Ray diffraction Patterns of Heat Treated Mountain Leather

- (a) Sample No.26 580~620°C 1 hour
- (b) Sample No.26 860~900°C 1 hour
- (c) Sample No.31 580~620°C 1 hour
- (d) Sample No.31 860~900°C 1 hour

回折図形は全く異なり、**Sepiolite** とは結晶構造を異にするものである。その鉱物学的分類は明らかでないが、発光分光分析及び赤外線吸収スペクトルより **Si-O** よりなる結晶格子を有するものであると考えられる。

4・2 赤外線吸収スペクトル

4・2・1 温石綿

層状けい酸塩の赤外線吸収スペクトルについては、石井の総説¹⁴⁾があるが蛇紋石(温石綿)についてはふれていない。蛇紋岩の層構造は **1:1** 型の **diocahedral** 型であり、**Kaolinite** は **1:1** 型の **trioctahedral** 型であり、層構造はよく似ている。しかしながら蛇紋岩の層状格子では **Mg(OH)₂** 層が **SiO₂** 層より大きいためにそり返り(**misfit**)、層状の管状構造となっていることが知られている。

半面層状のものは、**1200 cm⁻¹**以下の領域に、**4** 面体層、**8** 面体層の格子振動の重なった複雑なスペクトルを示し、**250 cm⁻¹**以下の領域では層間の振動によるスペクトルが測定されている。そして **Si₂O₅** 層格子について因子群解析と振動計算が試みられている。

Fig.8 に温石綿と **Kaolinite** の赤外線吸収スペクトル

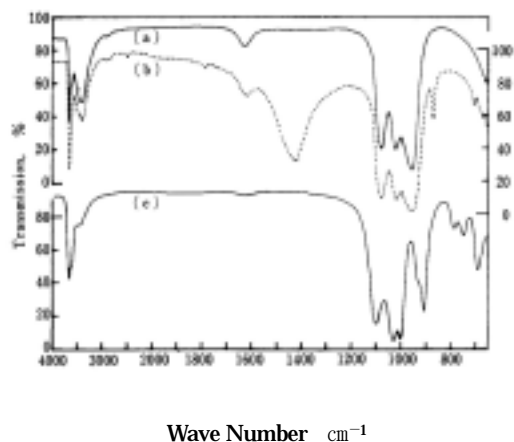


Fig.8 Infrared Spectra of Chrysotiles and Kaolinite(KBr Wafer)

- (a) Sample No. 9
- (b) Sample No.10
- (c) Kaolinite(U.S.A. Origin)

ルを示す。**X** 綿回折で **6.22Å** に反射のあったNo.5 及び No.6 試料は **880 cm⁻¹** に弱い吸収が、そして **1420 cm⁻¹** 附近にブロードな吸収がみられるが、その他のものについては蛇紋石も含めて試料No.9 とほぼ同じスペクトル

を示す。この 880 cm^{-1} と 1420 cm^{-1} の吸収は 0.05 規定塩酸処理で消失し、X 線回折の結果とも一致する。温石棉の $900\sim 1200\text{ cm}^{-1}$ の吸収は特徴的でその同定に利用出来る。

25%塩酸処理では全くスペクトルが変化し(Fig.9)

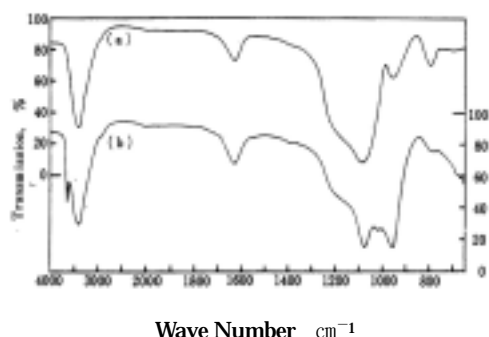


Fig. 9 Infrared Spectra of Acid Treated Chrysotile Asbestos (Sample No.9) (KBr Wafer)
(a) 25% HCl
(b) 25% CH_3COOH

クロマトグラフ用のシリカゲルとほぼ一致したものとなる。これは結晶格子よりマグネシウムが流出し、無定形シリカとなったことを示唆する。また 25%酢酸処理では、X 線回折図形には余り変化がなかったが、赤外線吸収スペクトルでは 25%塩酸処理と同様な変化が一部にあったこと示している。

熱処理物のスペクトルを Fig.10 に示す。熱処理条件

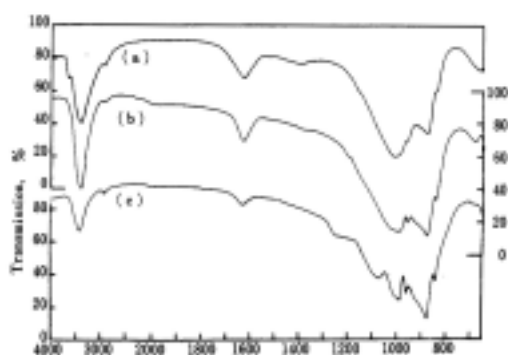


Fig.10 Infrared Spectra of Heat Treated Chrysotile (Sample No.9) (KBr Wafer)
(a) 700°C 1 min
(b) $730\sim 760^\circ\text{C}$ 20 min
(c) $1040\sim 1070^\circ\text{C}$ 2 hours

の違いによるスペクトルの変化も X 線回折図形の変化と平行であり、その移行過程が明瞭にわかる。

4・2・2 角閃石綿

繊維状のもののスペクトルを Fig.11 に、その他のものを Fig.12 に示す。No.17amosite と No.18Crocidolite で

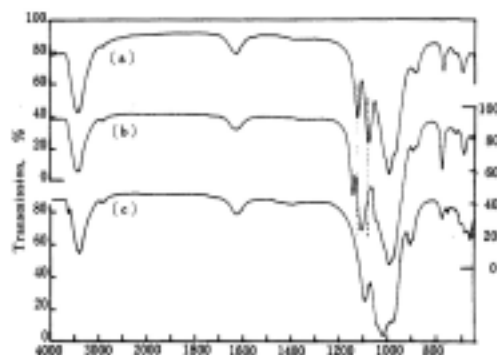


Fig.11 Infrared Spectra of Amphybole Group Asbestos (KBr Wafer)
(a) No.17 Amosite Sample No.17
(b) Sample Crocidolite Sample No.18
(c) Sample No.19 Anthophyllite

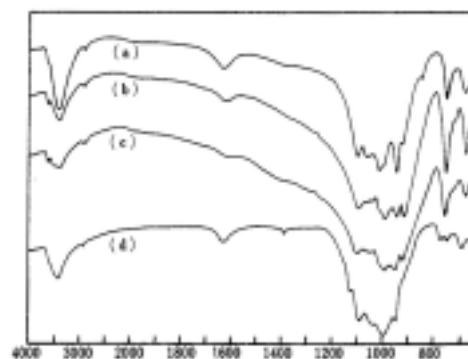


Fig.12 Infrared Spectra of Amphybole Group (KBr Wafer)
(a) Anthophyllite (c) Actinolite
(b) Tremolite (d) Grünelite

は同じような形のスペクトルを示すが、 1100 cm^{-1} 附近の 2 つの吸収の波数が明らかに異り区別することができる。No.19 Anthophyllite Asbestos は amosite 及び Crocidolite と同、又 No.20 Anthophyllite と同スペクトルは異なる。後者との相違については、X 線回折図形におけると同様にその理由は明らかでない。繊維状以外のもの

のスペクトルは類似し $650\sim 1200\text{ cm}^{-1}$ 領域は特徴的である。

4・2・3 Mountain Leather

南鮮産のものについてのスペクトルを Fig.12, Fig.13 に示す。No.26, 28 及び 28 は同じスペクトルを示し、

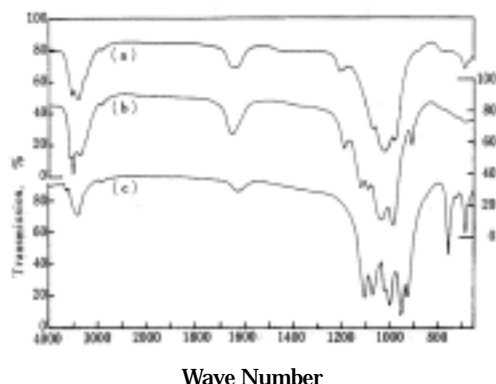


Fig.13 Infrared Spectra of Mountain Leathers
(S.Korea Origin)(KBr Wafer)
(a) Sample No.26
(b) Sample No.31
(c) Sample No.29

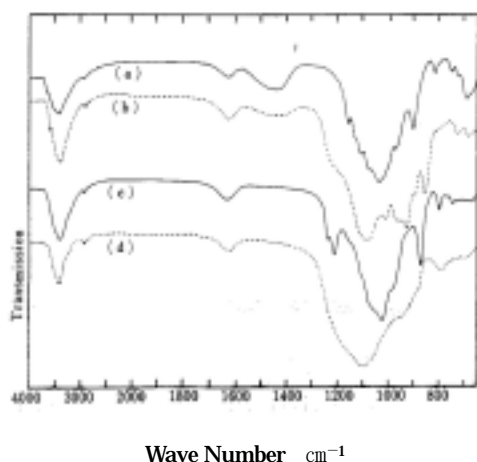


Fig.14 Infrared Spectra of Heat Treated Mountain Leathers
(a) No.26 Sample, $580\sim 620^{\circ}\text{C}$ 1 hour
(b) No.26 Sample, $860\sim 900^{\circ}\text{C}$ 1 hour
(c) No.31 Sample, $580\sim 620^{\circ}\text{C}$ 1 hour
(d) No.31 Sample, $860\sim 900^{\circ}\text{C}$ 1 hour

(X 線回折図形もこの 3 試料はほぼ同じ) **Sepiolite** の赤外線吸収スペクトルを示すものである。No.30, 31 は全く同じ **IRS** を示すが、それらは **Sepiolite** のスペクトルと異なる。No.26 と No.31 の赤外線吸収スペクトルによる相違はその熱処理物のスペクトルで更に明瞭となる。No.31 は 900°C 1 時間の処理で無定形シリカに近いスペクトルを与える。また No.29 については赤外線吸収スペクトルからも明らかに角閃石属の鉱物と認められる。

5. 製品についての分析

No.32~35 について行った結果を簡単にのべる。No.32 石綿の X 線回折図形は No.21 透角閃石(**Tremolite**)とよく一致し、その赤外線吸収スペクトルも一致する。従って No.32 は **Tremolite** である。No.33 石綿の X 線回折図形は No.21 透角閃石(**Tremolite**)と直閃石綿(**Anthophyllite Asbestos**)との重なったもので、**Tremolite** の方が可成り多い。しかしながらこれが混合調製されたものか、天然で共存の状態で産出したものかは不明である。No.34 の X 線回折図形は直閃石綿(**Anthophyllite Asbestos**)と温石綿の混合物であることを示し、25%塩酸処理により温石綿による面反射は消失する。No.35 **Asbestine 3X** は X 線回折図形より **Tremolite**, **Anthophyllite Asbestos** 及び温石綿よりなるものであることが明らかとなった。

結 論

以上の X 線回折及び赤外線吸収スペクトルのデータからはほぼ確実にその石綿の種類及び構造変化を伴った処理がなされたか否かを判定することが出来る。南鮮より **Mountain Leather** と称して輸入される鉱物には 3 種類あり、その内一種について種類が不明であった。また **Actinolite** については繊維状の試料が入手出来ず残念であるが、これらについては今後の課題としたい。

尚本研究のため試料及び測定データの提供並びに X 線回折測定等に多大の御協力をいただいた神戸税関稲田副分析官、**Mountain Leather** の試料をいただいた名古屋税関平松副分析官、試料の収集及び文献の調査に御協力いただいた当関輸入部の各位、分析室各位に厚く御礼申上げる。

文 献

- 1) 正二, 「無機質繊維」, 無機有機工業材料便覧 P-589, 東洋経済新報社 (1961)
- 2) E. S. Dana, E. W. Ford, "A Textbook of Mineralogy" Wiley, N. Y. (1959)
- 3) 須藤俊男, 粘土鉱物 P-109, P-209, 岩波全書 178, 岩波書店 (1968) 178
- 4) E. J. W. Whittaker, *Acta Cryst.* 7 827 (1954)
- 5) E. J. W. Whittaker, *Acta Cryst.* 9 855 (1956)
- 6) E. J. W. Whittaker, *Acta Cryst.* 9 862 (1956)
- 7) E. J. W. Whittaker, *Acta Cryst.* 9 865 (1956)
- 8) *British Journal of Applied Physics*, 1 161 (1950)
- 9) E. J. W. Whittaker, *Acta Cryst.* 5 (1952)
- 10) "Asbestos", United State Department of the Interior Bureau of Mines (1952)
- 11) 今野尚雄, 水牧勝美, 田辺伊佐雄, 工業化学雑誌, 71 1463 (1968)
- 12) 大塚良平, 今井直哉, 西川元治, 工業化学雑誌, 69 1677 (1966)
- 13) 平松鎔一, 税関分析月報, 第38号 P-15 (1967)
- 14) 石井紀彦, 化学の領域, 22 1110 (1968)

Identification of Asbestos by X-Ray Diffraction and Infrared Spectroscopic Method

Kiyoaki TATSUKA

OSAKA Customs Laboratory

1-4-20 Minatoku, Osaka City

The X-ray diffraction patterns and infrared spectra of 35 specimens of asbestos and allied minerals were examined. The typical chrysotile asbestos show the strong X-ray diffractions at 7.36Å and 3.66Å. But, some chrysotile asbestos in commerce give the additional strong diffraction at 3.05Å, 4.79Å and 6.22Å, which disappear by 0.05N-HCl treatment. So there are some possibilities that these diffractions arise from other minerals contaminated with chrysotile at the mining processes. All amphybole group minerals except the anthophyllite asbestos give the strong diffractions at about 8.3Å and 3.1Å, but anthophyllite asbestos show the diffractions at 9.4Å and 3.1Å.

Asbestos of each group show the characteristic infrared absorption spectra between 650~1200 cm^{-1}

region which are assigned to SiO_2 lattice vibrations. The mountain leathers of South Korea origin are identified three type minerals, which are sepiolite, anthophyllite and unidentified mineral. From these experimental data, we reached conclusion that asbestos can be identified by these described techniques.

—Received Feb. 7, 1969—