

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

Kiyoaki 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。開綿した温石線は 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 Asbesto**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 SiO_2 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。南鮮産 **Mountain Leather** には X 線图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（直門石と推定）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 1

石綿は天然に産出する無機質纖維の総称で、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纖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、纖維状で産出する鉱物がいくつか知られている。輸入

税表上はこれら纖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)	$3\text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ $(\text{H}_4\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_9)$
	硬蛇紋石 (Pierolite)	
角閃石属 (Amphibole group)	直閃石 (Anthophyllite)	$(\text{Fe}, \text{Mg})_2\text{Si}_2\text{O}_5$
	アモサイト (Ammosite)	$(\text{Fe}, \text{Mg})_2\text{Si}_2\text{O}_5$
	透角閃石 (Tremolite)	$\text{Ca}_2\text{Mg}_5(\text{OH})_8 \cdot (\text{Si}_4\text{O}_{11})_2$
	陽起石 (透綠閃石) (Actinolite)	$\text{Ca}_2(\text{Mg}, \text{Fe})_2 \cdot (\text{OH})_2 \cdot (\text{Si}_4\text{O}_{11})_2$
	青石綿 (Crocidolite)	$\text{Na} \cdot \text{Fe}(\text{Si}_2\text{O}_5)_2 \cdot \text{Fe}(\text{Si}_2\text{O}_5)_2$
	石ジュウ度 (Mountain leather)	
	石 機 (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-363-3T	*	開綿、灰白色、比較的長い纖維
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	*	淡灰白色粉状物をペ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、淡綠灰白色
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	黄褐色、黒褐色まだら岩石状
17	アモサイト	S.Africa	未開綿、灰白色長纖維状、15cm
18	青石綿	*	未開綿、灰青色纖維状塊、5 cm
19	直閃石綿	Mozambique	未開綿、淡褐色纖維状、2 cm
20	直閃石	岩手県和賀郡仙人鉱山	灰色 針状 結晶塊
21	透角閃石	三重県鈴鹿郡	白色針状結晶塊
22	*	U.S.A.(Lawrence Co.)	白色結晶塊
23	陽起石	長崎県西彼杵郡	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(Gritterite)	大分県大野郡尾平鉱山	淡褐色コルク状塊
26	Mountain leather	南 韓	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	*	(黄海道新潟郡赤金面)	*
32	石綿(グーテルッボ用)	W.G.(Merk)	淡灰白色、短纖維粉状
33	(*)	U.K.(British Drug house Ltd.)	白色 * *
34	(試薬級)	富山薬品工業	灰白色 長纖維状
35	Asbestine 3 X	U.S.A	白色粉状

2・2 試料

用いた試料を Table 2 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つきりしたものを用いた。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

石線のように纖維状をなし、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(纖維長)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、纖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ューム板に固定し、未開綿のものは鉄乳鉢でくだいて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。**Tpble2** 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 Constant 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 热処理

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°C 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°C)
1	温石綿	55.8%	30.6%	—%
5	*	57.4	39.5	—
6	*	49.8	—	—
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	* (試薬級)	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°C 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°C 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、複鎖構造であると云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測定により確認されている。Clindrical 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**線纖維写真で、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图形の違いはそう大きいものではなく、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 Powdered 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 Orthorhombic of the 3rd kind	Ortho-Chrysotile Orthorhombic the 1st kind	Para-Chrysotile 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)、弱くなるので温石綿については殆どなされないようにあるが、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。石綿の電気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綿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

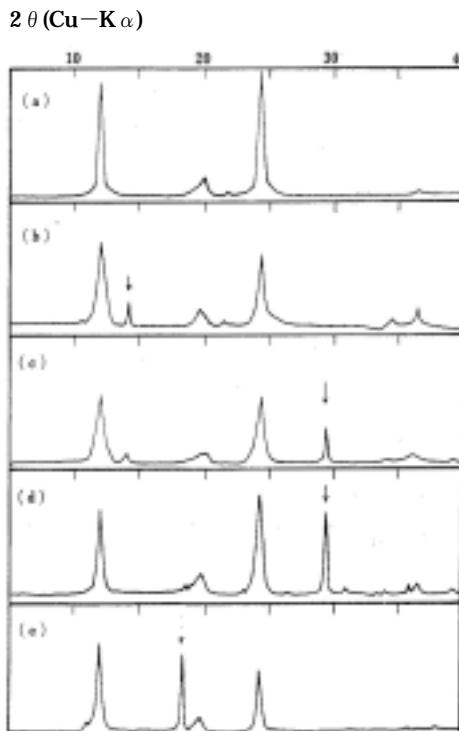


Fig. 1 X-Ray Diffraction Patterns of Chrysotile Asbestos
(a) Sample No.9 (d) Sample No.10
(b) Sample No.6 (e) Sample No.12
(c) Sample No.5

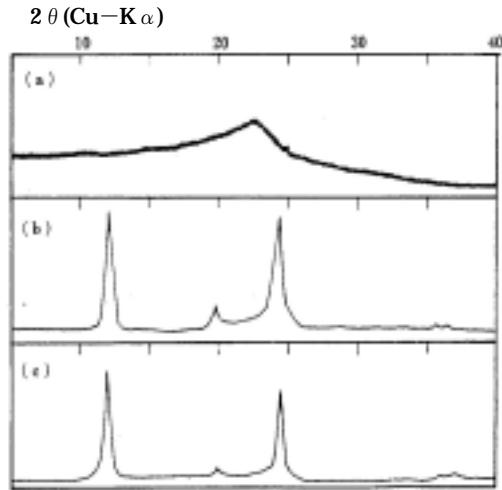


Fig.2 X-Ray Diffraction Patterus of Acid Treated Chrysotile Asbestos
(a) No. 9 Sample. 25% HCl treated(100cps)
(b) No.10 Sample. 25% CH₃COOH treated (200cps)
(c) No.10 Sample. 0.05N HCl treateed(400cps)

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。

熱処理も過酸等の特殊な目的以外には殆どなされないようである。480°C~815°Cで 3 分以内処理するこ

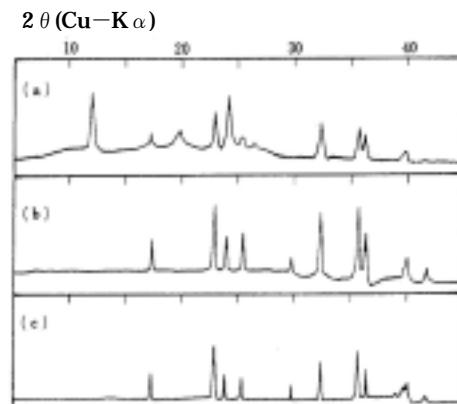


Fig.3 X-Ray Diffraction Patterns of Heat Treated Chrysotile Asbestos(Sample No.9)
(a) 700°C 1 min
(b) 730~760°C 20min
(c) 1040~1070°C 2 hours

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°C, 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共に存する状態であるが 740~760°C, 20 分間及び 1040~1070°C, 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°C, 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 8.3 Å と 3.1 Å 附近に強い反

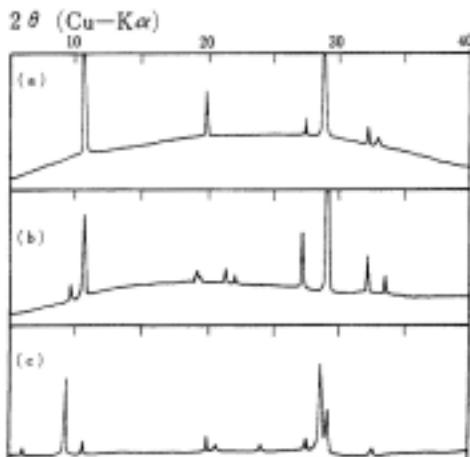


Fig.4 X-Ray Diffraction patterns of Asbestos (Amphibole Group)
(a) Crocidolite (Sample No.18)
(b) Amosite (Sample No.17)
(c) Anthophyllite (Sample No.19)

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

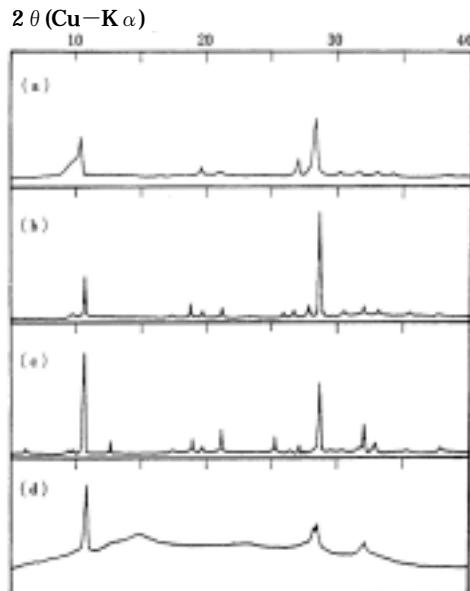


Fig.5 X-Ray diffraction Patterns of Aphyllite Group

(a) Anthophyllite (Samyle No.20)

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

(c) Actinolite (Sample No.23)

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

り 9.4 Å 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。従って温石綿との温合物の同定も容易である。

4・1・3 Mountain Leafher (南鮮産)

南鮮産の Mountain Leafher 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

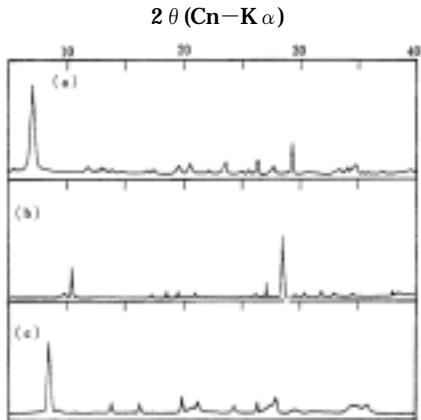


Fig.6 X-Ray diffraction Patterns of Mountain Leather (S · Korea Origin)

- (a) Sample N0.26
- (b) Sample No.29
- (c) Sample No.31

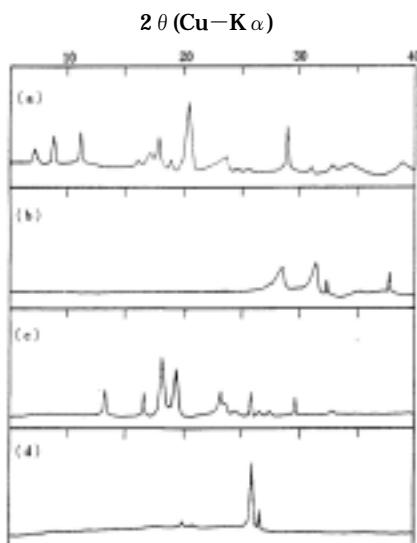


Fig.7 X-Ra diffraction Patterns of Heat Treated Mountain Leather

- (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
- (b) Sample No.31 860~900°C 1 hour

回折图形は全く異なり、**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 **dioctahedral** 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格子では $Mg(OH)_2$ 層が SiO_2 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

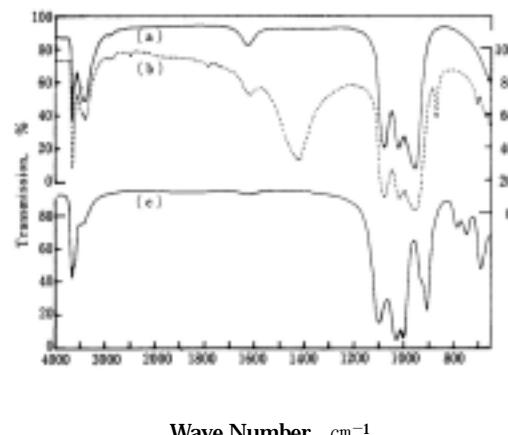


Fig.8 Infrared Spectra of Chrysotiles and Kaolinite(KBr Wafer)

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

ルを示す。X 綿回折で **6.22A** 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。温石綿の $900\sim1200\text{ cm}^{-1}$ 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)

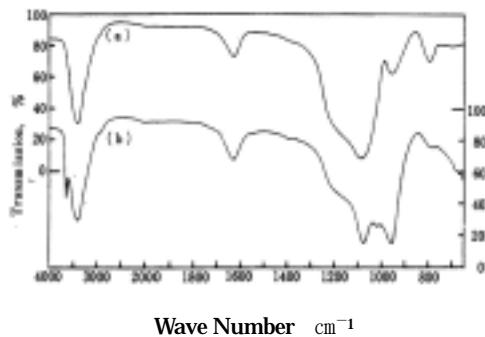


Fig. 9 Infrared Spectra of Acid Treated Chrysotile Asbesto (Sample No.9)
(KBr Wafer)

- (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、無定形シリカとなつたことを示唆する。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つたこと示している。

熱処理物のスペクトルを Fig.10 に示す。熱処理条件

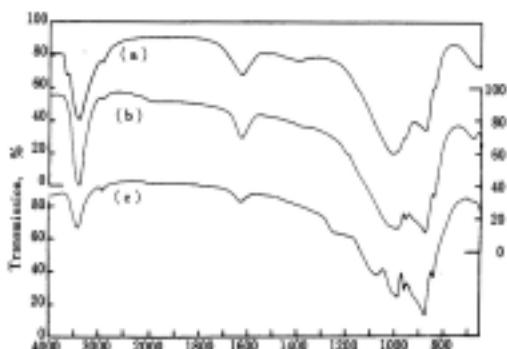


Fig. 10 Infrared Spectra of Heat Treated Chrysotile (Sample No.9) (KBr Wafer)
Wafer)

- (a) 700°C 1 minm
- (b) $730\sim760^\circ\text{C}$ 20 minm
- (c) $1040\sim1070^\circ\text{C}$ 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パラレルであり、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

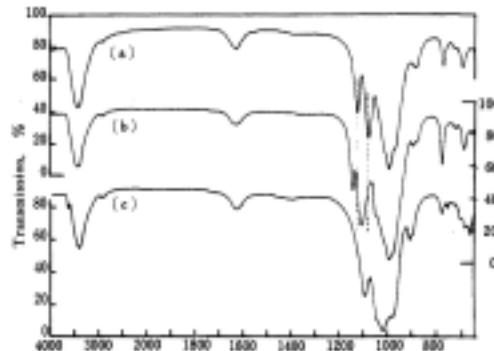


Fig. 11 Infrared Spectra of Amphibole Group Asbestos (KBr Wafer)

- (a) No.17 Amosite Sample No.17
- (b) Sample Crocidolite Sample No.18
- (c) Sample No.19 Anthophyllite

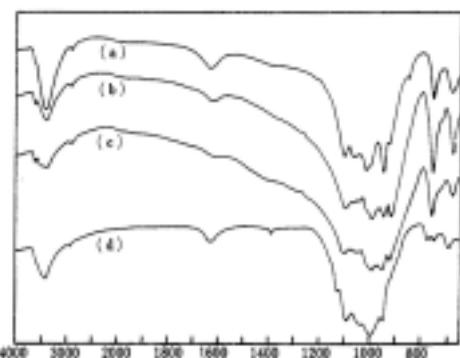


Fig. 12 Infrared Spectra of Amphibole Group Asbestos (KBr Wafer)

- (a) Anthophyllite
- (b) Tremolite
- (c) Actinolite
- (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 とも、又 No.20 Anthophyllite とも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 $650\text{~}1200\text{ cm}^{-1}$ 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 29 は同じスペクトルを示し、

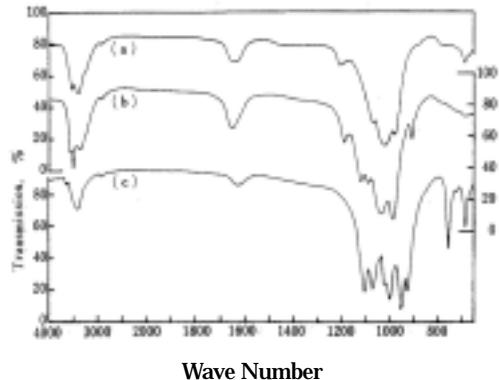


Fig.13 Infrared Spectra of Mountain Leathers

(S.Korea Origin)(KBr Wafer)

(a) Sample No.26

(b) Sample No.31

(c) Sample No.29

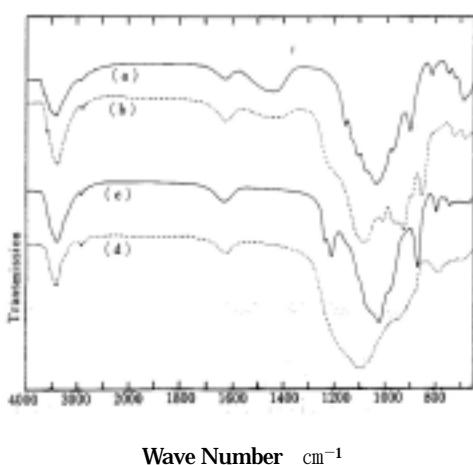


Fig.14 Infrared Spectra of Heat Treated Mountain Leathers

(a) No.26 Sample, 580~620°C 1 hour

(b) No.26 Sample, 860~900°C 1 hour

(c) No.31 Sample, 580~620°C 1 hour

(d) No.31 Sample, 860~900°C 1 hour

(X 線回折图形もこの 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 については赤外綿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述べる。No.32 石綿の X 線回折图形は 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 線回折图形は No.21 透角閃石(Tremolite)と直閃石綿(Anthophylite 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は不明である。No.34 の X 線回折图形は直閃石綿(Anthophylite 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 線回折图形より Tremolite, Anthophylite 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できる。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 については纖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稻田副分析官、Mountain Leather の試料をいただいた名古屋税關平松副分析官、試料の収集及び文献の調査に御協力いただいた当關輸入部の各位、分析室各位に厚く御礼申上げる。

文 献

- 1) 正二, 「無機質纖維」, 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 Texbook 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) *Brilish Journal of Applied Physics*, 1 161 (1950)
- 9) E. J. W. Whittaker, *Acta Cryst.* 5 (1952)
- 10) "Asbestos", United State Deportment of the Interior Bureau of Miues (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) 平松錦一, 稅関分析月報, 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 7.36A and 3.66A. But, some chrysotile asbestos in commerce give the additional strong diffraction at 3.05A, 4.79A and 6.22A, 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 anthophylite asbestos give the strong diffractions at about 8.3A and 3.1A, but anthophylite asbestos show the diffractions at 9.4A and 3.1A.

Asbestos of each group show the characteristic infrared absorption spectra between 650~1200 cm⁻¹

region which are assigned to SiO₂ lattice vibrations. The mountain leathers of South Korea origin are identified three type minerals, which are sepiolite, anthophylite and inidentifiable mineral. From these experimental data, we reached conclusion that asbestos can be idenlified by these described techniques.

—Received Feb. 7, 1969—