

### (1) 掘削泥水

ゲル性状を利用する代表的な用途で、特に塩水（電解質溶液）中で凝集せず高粘性を維持する特徴がベントナイトに比べて優れており、海水中でのボーリング時に使用される。更にセピオライトは、200℃以上の高温でも特徴を維持するため、地熱開発・深部ボーリング用の掘削泥水に使用される。

### (2) 目地材

壁材の隙間を埋める目地材、パテなどに添加すると水平で滑らかな仕上がりが得られる効果がある。これは針状粒子が網目状のネットワーク構造をとり乾燥時の収縮防止の働きをすることによる。

### (3) 塗料

水性エマルジョン塗料の安価な増量剤として使用される。凝集性が無いため分散剤としても優れており、安定化剤の役割も果たす。チクソトロピー性により垂れ防止の効果があるため、塗装効率が向上する。

## 5-3. その他

Murray (2007) は多様なパリゴルスカイト・セピオライトの用途を挙げているが、その中で重要と考えられるものに以下のようなものがある。

接着剤・コーキング剤：粘性の調整と乾燥時の収縮防止、また組成を均一に保つためのゲル化剤として、細粒に粉砕したものが使用される。

飼料 (Animal feed binders)：ペレット状飼料の結合剤として、ベントナイトと同様に使用される。アフラトキシンを良く吸着することが知られている。

固結防止剤 (anti-caking agent)：自重の80%以上の水分を吸収できるため、例えば硝酸アンモニウムなどの化学薬品の吸湿、固結を防ぐために使用される。

漂白土 (bleaching clays)：鉱物油・植物油の清澄用途に使用される。活性白土に比べて安価であり、亜硝酸塩、ケトンその他の極性を持つガス状炭化水素などの有機化合物を選択的に吸着する性質がある。

触媒担体：高い比表面積、機械的強度、熱的安定性の面から、触媒の担体に適している。

## 引用文献

- 1) Galan, E. (1996) Properties and applications of palygorskite-sepiolite clays. Clay Minerals, 31, 443-453.
- 2) 鎌田祐 (1985) 農薬用鉱物質担体. 粘土科学, 25, 126-133.

- 3) Murray, H.H. (2007) Palygorskite and sepiolite applications. *in* Applied Clay Mineralogy, 131-140, Elsevier.
- 4) 杉浦正治・福本和広 (1993) セピオライト, 活性炭による大気中アンモニア, アセトアルデヒドの吸着・脱離. 粘土科学, **33**, 72-80.

## 6. ウォラストナイトの産出状況と日本の輸入状況

ウォラストナイトは白色度の高い  $\text{CaSiO}_3$  の単純な化学組成を有するケイ酸塩鉱物で、針状形状になりやすい晶癖を持つ特徴から、セラミックス原料あるいはプラスチックフィラーとしての利用面から関心が向けられている。

ウォラストナイト (Wollastonite) の日本語名表記については、ウォラストナイト、ワラストナイト、ワラストナイト、ボラストナイト、珪灰石、けい灰石など多数ある。ワラストナイトはフィラー分野、けい灰石は肥料分野で多用されるなど、使用分野により表記の偏りがみられる。本報告書ではウォラストナイトに統一して使用する。

### 6-1. 産出状況

大規模な採掘がおこなわれているウォラストナイト鉱床の多くは、石灰岩などの炭酸塩岩の変成作用（火成岩との触熱熱変成作用、スカルン化）によって生成したものとみられる。ウォラストナイトの化学組成が  $\text{CaSiO}_3$  示すように、方解石 ( $\text{CaCO}_3$ ) と石英 ( $\text{SiO}_2$ ) が  $400\text{--}450^\circ\text{C}$  以上で反応して生成する。ウォラストナイトに伴う鉱物の基本的組み合わせは、1)ウォラストナイト+ガーネット+透輝石、2)ウォラストナイト+方解石+石墨、3)ウォラストナイト+透輝石+石英、とされる。

#### (1) 米国

主要鉱床はカナダとの国境に近いニューヨーク州北部にあり、NYCO 社、R.T. Vanderbilt 社の 2 企業がウォラストナイトの採掘を行っている。NYCO 社の鉱床は、石灰岩を伴う片麻岩に火成岩が貫入して生成したスカルン型鉱床である。採掘を行っている 3 つの鉱床でウォラストナイト品位（含有率）が異なるが、 $50\sim 25\%$ とされる。共存鉱物として、ガーネットと透輝石がある。R.T. Vanderbilt 社の鉱床も、珪質炭酸塩岩に貫入した火成岩の熱変成作用により生成したものであるが、NYCO 社鉱床とは異なる環境で生成しており、ウォラストナイトの品位は  $90\%$ である。共存鉱物としてガーネットを欠き、方解石、石墨、ぶどう石、磁鉄鉱、透輝石を伴っている (Robinson ら、2006)。

#### (2) 中国

現在のウォラストナイト最大産出国である中国には 50 程度の鉱床が知られており、大規模な鉱床は吉林省に所在する。Dadingshan 鉱床では大理石中から品位  $60\sim 90\%$ のウォラストナイトを採掘しており、方解石と珪質塊の他に少量のガーネットと透輝石を伴っている。

#### (3) インド

1969 年に発見された Rajasthan 州の鉱床を、Wolkem 社が採掘している。石灰岩、輝石

岩、片麻岩が相互貫入した鉱床から品位 96%のウォラストナイトを産出し、少量の方解石、ガーネット、透輝石、石英を共存鉱物として伴う (Robinson ら, 2006)。

#### (4) メキシコ

幾つかの鉱床が存在するが、NYCO 社が採掘する Sonora の鉱床が最大である。大理石と珪岩が花崗岩による熱変成を受けて生成した鉱床で、品位 50%以上のウォラストナイトを産出する (Robinson ら, 2006)。

#### (5) その他

フィンランドでは古くから石灰岩の副産物として品位 20~25%程度のウォラストナイトを採掘している。カナダには埋蔵量の多い鉱床がケベック・オンタリオ・ブリテッシュコロンビアの各州に知られているが、商業的な採掘を行っているところは殆どない (Robinson ら, 2006)。

日本では、春日鉱山 (岐阜県揖斐郡揖斐川町春日川合) の花崗岩による熱変成を受けた珪質石灰岩から、月産 200 トン規模のウォラストナイトを産出している (日本の窯業原料 (1978), 日本の窯業原料 (1992))。

## 6-2. 産出量

各国のウォラストナイト産出量に関して 1960 年頃からの数量を BGS で確認することができ、1960 年代は、米国、メキシコ、フィンランドが主要産出国であったが、1960 年代後半にインドの産出が始まったとみられる。中国では 1975 年に最初の鉱床が発見され、1990 年頃から産出量が統計値として表れてくるが、推定値が多いようである。フィンランドについては 1960 年以降、メキシコは 1967 年以降、インドは 1969 年以降の統計データが確認できる。一方、USGS のウォラストナイト産出量に関する統計データは、米国内、国外を含めて推定値で示されている場合が多い。これは殆どの国でウォラストナイトを産出する鉱山 (企業) が国内の 1~2 に限られるため、数値の公表が控えられているためと考えられる。

BGS のデータは各国で公式に集計されたデータに基づくと考えられるので BGS を基本データとすることが適当と考え集計した。しかし米国の産出量に関しては、BGS では報告されていない年もあるため、USGS (2011) の Wollastonite に示されたデータを採用することとした。なお、BGS は 1994 年の中国データを欠くため、USGS のデータを採用した。また、インドの 1994 年以降のデータは年度単位 (4 月から翌年 3 月まで) の産出量であり、他のデータと整合性を欠いている。また、年間産出量が千トンに満たない又はデータの継続性が少ない国々 (ナミビア、チェコスロバキア、ケニア、ニュージーランド、南アフリカ、スーダン、スペイン等) のデータは集計から省いた。

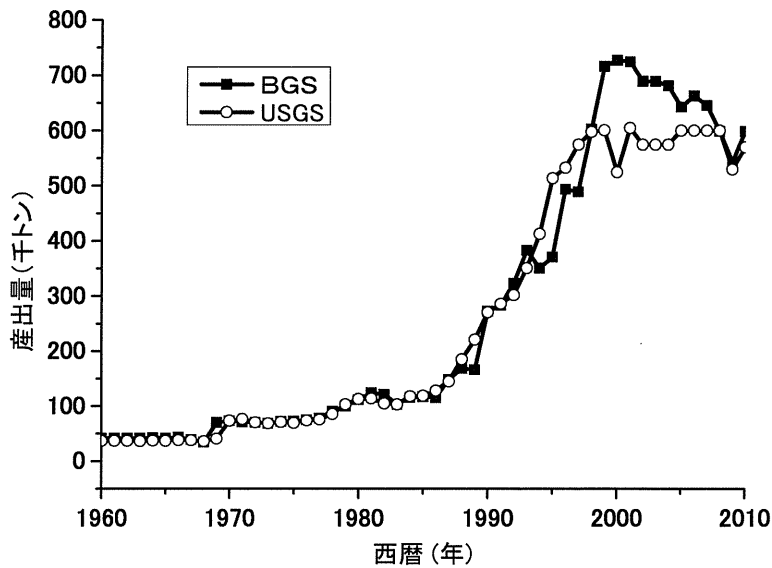


図 6-1 ウォラストナイトの世界産出量 (1960-2010 年)  
 (BGS : World Mineral Production, USGS : USGS, 2011 による)

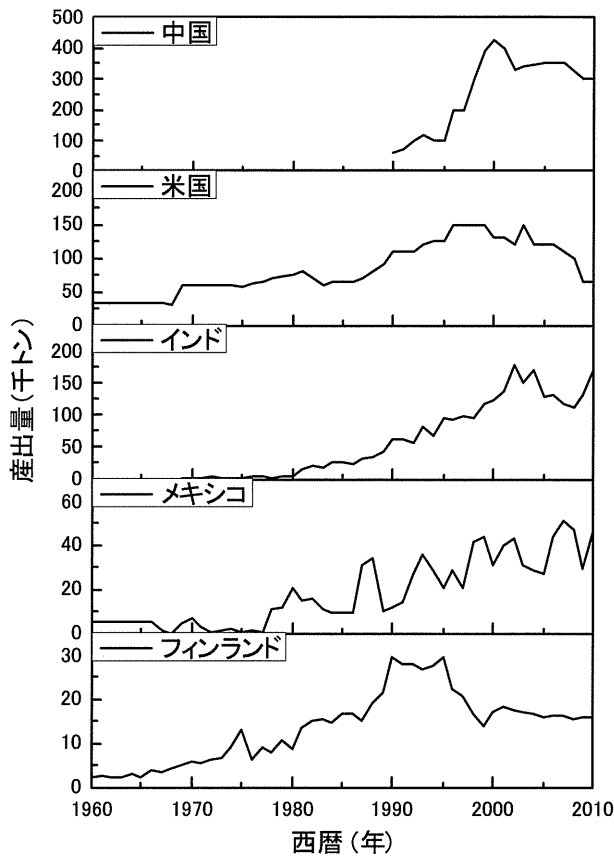


図 6-2 ウォラストナイトの主要国別産出量 (1960-2010 年)  
 (BGS : World Mineral Production, USGS Minerals Yearbook による)

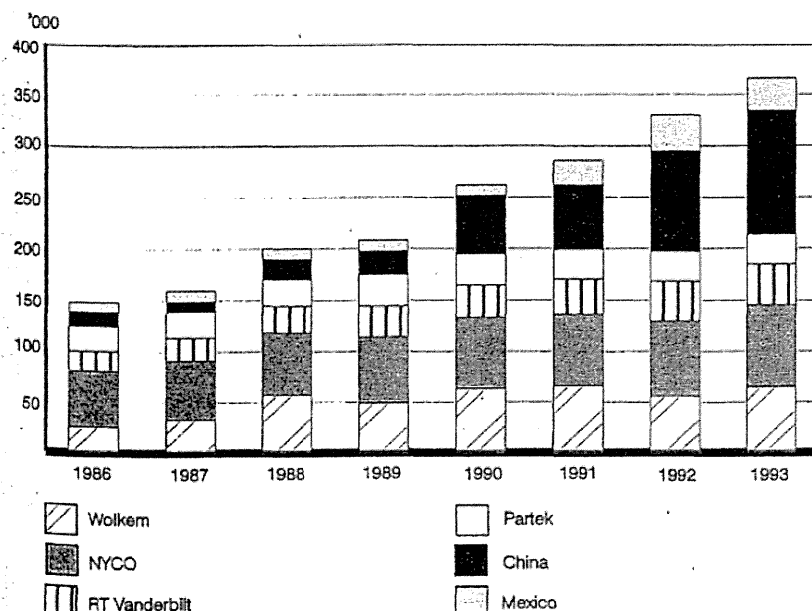


図 6-3 1986-1993 年の国別ウォラストナイト産出量 (Fattah, 1994)

(Wolkem:インド, NYCO・RT Vanderbilt:米国, Partek:フィンランド, 単位:トン)

今回の集計データを元にしたウォラストナイトの世界産出量の変遷を図 6-1, 6-2 に示した。また中国の産出状況がうかがえるデータとして, 図 6-3 を示す。図 6-1 には USGS の集計値に基づくデータを合わせて示した。BGS と USGS データ共に 1980 年代後半に 10 万トン台であった産出量が 2000 年頃には 60~70 万トン台に急増し, それ以降はこのレベルの産出量で推移していることを示している。急増の背景には中国から 10~20 万トンの産出が加わったこともあるが, 1980 年代以降の産出量増加の傾向は主要産出国で認められる。BGS と USGS データで 2000 年前後にみられる約 10 万トンの差は, BGS による 1999~2001 年の中国産出量が約 40 万トンと前後の年より 10 万トン多くなっていることによる。また, USGS の集計は推定値を元としているため年度ごとの細かな増減が相殺されているようである。

### 6-3. 日本の輸入状況

財務省貿易統計の輸出入品目ではウォラストナイトは「その他鉱産物」に一括して含まれるため, 輸入量を直接把握することはできない。しかし, 輸出量の多い中国, インドでは品目中にウォラストナイトの品目コードを独自に設けているため, 間接的に日本の輸入量を把握することができる。

#### (1) 中国

中国からの輸出量に関しては中国の貿易統計 (品目コード 25309091: 硅灰石) から該当

データを入手した。

中国のウォラストナイトに関する貿易統計記録は 2005 年以降から存在し、最近の 2010 年までの 6 年間に限られるが (表 6-1)、日本への輸出量は累計で 27 万 4021 トン (年平均 4 万 5 千トン) となっている。輸出量が多かった 2008 年でみると、ウォラストナイトの総輸出量は 21 万 2823 トンで、日本への輸出量は 6 万 3912 トン (30%) である。この他に輸出量が 1 万トンを超えていた国は、オランダ (5.8 万トン)、タイ (2.1 万トン)、イタリア (1.9 万トン)、台湾 (1.1 万トン) である。中国の産出量は 30~35 万トンとされているので、その約 2/3 が輸出されていることになる。また 2000 年頃の輸出量は 15 万トンのオーダーと推定され (Kendall, 2001)、1990 年頃で 4 万トンの輸出量とされる (O'Driscoll, 1990)。

表 6-1 中国のウォラストナイト輸出量 (中国貿易統計による)

西暦 (年)	日本への輸出量 (トン)	総輸出量 (トン)
2005	43473	191018
2006	44742	196627
2007	40585	188428
2008	63912	212823
2009	39949	108965
2010	41360	173417

Zhang (1996) は、不燃建材に主に使用される針状ウォラストナイトの原鉱・粉碎品は 4 万トンを超えており、それらは日本の市場に出荷されているとしている。Kendall (2001) は、Nanchuan Minerals Group は、年間 1 万トンの生産力を持つ鉱床で針状ウォラストナイトの生産に注力し、主に日本の建材市場向けに出荷としている。

## (2) インド

インドからの輸出量は、Indian Mineral Yearbooks またはインドの貿易統計 (品目コード 25309050 : Wollastonite) から該当データを入手した (表 6-2)。インドの統計は 4 月から翌年 3 月までの年度単位の統計であるが、1981 年度に日本への輸出 10 トンが記録されている。その後 1983 年以降に日本への輸出量は千トンを超え、1990 年度には 1 万 2259 トンとなり、その後は数千トン前後で推移している。1981 年度から 2010 年度までの 30 年間に、日本へ輸出されたウォラストナイトの総量は、8 万 9578 トンである。年度ごとの輸出量は増減の幅が大きく、1997、2008 年度のように 6 千トン台の場合もあれば、2002~2004 年のように 500~600 トン台の年度もみられる。2008 年度でみると総輸出量 2 万 1413 トンの内、日本への輸出量は 6473 トン で 30% を占めており、ベルギー (38%) に次ぐ輸出国となっている。しかし、インドの同年の産出量 11 万 1581 トンに対する輸出量は約 20%

に留まることになり、大部分のウォラストナイトはインド国内で消費されていることとなるが詳細は不明である。このため、貿易統計に現れている数値がインド産ウォラストナイトの輸出実態を正確に反映するか不明確さが残る。

表 6-2 インドから日本へのウォラストナイト輸出量（インド貿易統計による）

西暦（年）	輸出量（トン）	西暦（年）	輸出量（トン）
1981	10	1996	4432
1982	161	1997	6384
1983	1008	1998	902
1984	1522	1999	3849
1985	936	2000	3653
1986	997	2001	1182
1987	2316	2002	659
1988	8107	2003	543
1989	8711	2004	571
1990	12259	2005	1117
1991	7712	2006	1370
1992	1210	2007	3565
1993	3071	2008	6473
1994	162	2009	2163
1995	1270	2010	3263

### (3) 米国

米国産ウォラストナイトも日本へ輸出されているが、USGS でも輸出量は推定にとどまるため数量の把握は困難である。USGS によれば米国の輸出量は 2000 年以降では多い年で 2～3 万トン台、少ない年で 1 万トン以下とされ、1000 トン台のオーダーで各国へ輸出されているとみられる。なお、USGS (1997) には、1997 年の輸出量 3431 トンの 16% (549 トン) が日本向けであったとの記述がある。



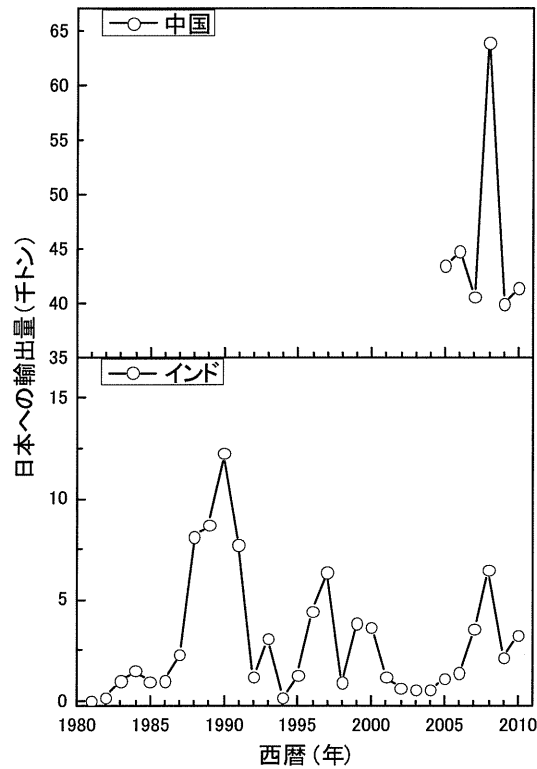


図 6-4 インドと中国の日本向けウォラストナイト輸出量  
(中国貿易統計, インド貿易統計による)

#### 引用文献

- 1) Fattah, H. (1994) Wollastonite: New aspects promise growth. *Industrial Minerals*, Nov. 1994 (No.326), 21-43.
- 2) Kendall, T. (2001) Wollastonite review. *Industrial Minerals*, Dec. 2001, 63-67.
- 3) 工業技術連絡会議窯業連合部会編 (1992) 日本の窯業原料 (1992). ティー・アイ・シー.
- 4) O'Driscoll, M. (1990) Wollastonite production: Tempo rises as market grow. *Industrial Minerals*, Dec. 1990, 15-23.
- 5) Robinson, S.M., Santini, K. and Moroney, J. (2006) Wollastonite. *in Industrial Minerals and Rocks (7th ed.)*, 1027-1037, Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Colorado.
- 6) U.S. Geological Survey (2011) Mineral commodity, Wollastonite statistics, *in Kelly, T.D., and Matos, G.R., comps., Historical statistics for mineral and material commodities in the United States: U.S. Geological Survey Data Series 140.*
- 7) Zhang, M.X. (1996) Chinese wollastonite. *Industrial Minerals*, June. 1996, 59-63.

## 7. ウォラストナイトの用途

採掘されたウォラストナイトは、粉碎と共存鉱物の除去（ガーネットと透輝石は磁力選鉱で、方解石、石英、長石などは浮遊選鉱で除去）を行い精製した粉末（低アスペクト比グレード）製品として、あるいは更に粉碎加工を行い高アスペクト比グレードの製品とされる（表 7-1）。

表 7-1 米国産ウォラストナイトのグレードと物性 (Maxim and McConnell, 2005)

Company	Grade	Average length (microns)	Average diameter (microns)	Surface area (m <sup>2</sup> /gr)	Average aspect ratio
Material type: Powder					
NYCO Minerals Inc.	NYAD 1250	13.0	3.7	2.6	
	NYAD 400	15.0	3.7	1.6	
	NYAD 325	16.0	4.0	1.3	
R. T. Vanderbilt	VANSIL W10	24.5	6.7	1.6	
	VANSIL W20	12.5	3.4	2.4	
	VANSIL W40	11.3	2.6	2.7	
	VANSIL W50	9.6	2.5	4.2	
Material type: Acicular					
NYCO Minerals Inc.	NYAD G	60	6.2	0.5	15:1
	NYGLOS 12	23	3.1	0.8	15:1
	NYGLOS 8	21	3.5	1.2	19:1
	NYGLOS 5	18	3.7	2.0	13:1
	NYGLOS 4	14	2.7	2.2	8:1
	NYGLOS 4W	12	2.6	2.2	6:1
	NYGLOS 2	10	2.5	3.7	6:1
R.T. Vanderbilt	VANSIL WG	90	6.0	1.2	15:1
	VANSIL HR-1500	60	4.3	1.6	14:1

*Note.* Technical data provided by NYCO Minerals, Inc., and/or R. T. Vanderbilt technical data sheets. Reported densities are all close to 2.87 to 3.09 g/cm<sup>3</sup>. These data refer to bulk materials.

ウォラストナイトはセラミックス原料に利用されてきた歴史を持つが、1970年代に短繊維アスベストの代替品としての需要が高まり、更に高アスペクト比ウォラストナイトはプラスチックフィラー、塗料の増量剤としての利用が進んでいると見られる。

Fattah (1994) によると、各国での出荷状況は以下のとおりである。

インド : Wolkem 社は高アスペクト品 2 種類 (Kemolite A-60, Kemolite D-1) をアスベスト代替品市場向けに、粉碎品 4 種類 (Kemolite S-1~S-4) をセラミック、冶金用途向けに出荷している。主な出荷先は、インド国内、オーストラリア、日本、シンガポール、マレーシア、米国、欧州となっている。

フィンランド : 低アスペクト品が主で、イタリア、ドイツ、スペイン、フランス、英国に

主に出荷している。用途は、60%がセラミックス（釉薬）、15%がプラスチックフィラー、残りがセラミックス・冶金となっている。

米国：NYCO社はNYADの商品名で高アスペクト品（NYAD Gなど）と粉砕品（NYAD 400など）の他、Wollastocoat（Wollastokup）の名を付した表面加工品を出荷している。Vanderbilt社は、Vansilの商品名で粉砕品を出荷している。

欧州：オランダ、ドイツなどにある欧州企業は、インド・中国産の原鉱を輸入して粉砕加工し、Casiflux、Treminなどの商品名で製品を出荷している。欧州の加工企業製品は欧州市場を中心に、市場の40～50%を占めるとされる。

表7-2に、ウォラストナイトの持つ特性と、代表的な用途である、セラミックス原料、プラスチック・塗料用途に使用した場合の効果をまとめて示す。

表7-2 ウォラストナイトの特性と用途 (Maxim and McConnell, 2005)

Application	Property	Use/Effect
Ceramics	Fluxing action	Lowers sintering temperature and firing/cooling time
	Limited loss on ignition, no carbonate content	Minimization of gas evolution, helping form a smooth surface
	Acicularity	Imparts high strength, acts as channels that help rapidly pass moisture, promotes good acoustical properties to tile surfaces
	Low thermal expansion	Improves dimensional stability
	Coefficient/resistance to thermal shock	
	46-49% CaO content	Improves glaze strength and surface finish in alkaline glazes
Plastics	48-52% SiO <sub>2</sub> content	Replaces some feldspar, silica, and kaolin
	Acicularity	Reinforces plastic and imparts smooth finish
	Dimensional stability	Reduces shrinkage
	Low water absorption	Increases stain resistance
	Low plasticizer absorption, low viscosity at high loadings	Allows higher filler loading
	High brightness/whiteness	Reduces pigment loading
Metallurgical	Dielectric properties	Increases electrical insulation
	Hardness	Increases wear resistance
	Low-temperature fluxing	Imparts better surface finish in continuous-cast steel; inhibits sparking in welding
Paints	Acicular crystals	Act as flattening agents, improve toughness and durability of coating
	Low oil absorption	Reduced volume of binder required
	pH 9.9 (in 10% solution)	Helps neutralize acid shifts and prevents corrosion
	Chemically inert	Provides chemical stability
	High brightness/whiteness	Reduces pigment loading requirement

Note. From Fattah (1994).

### (1) セラミックス原料

白色陶磁器（タイル，衛生陶器，食器）に使用されてきた歴史がある。特に壁タイルに使用した場合，寸法安定性，低収縮度，ひび割れを生じにくい，低吸湿性，迅速焼成が可能な点が優れているとされる。

迅速焼成用タイルでは，素地に 15%のウォラストナイトを，その他のタイルでは 10%までのウォラストナイトを加える（Freas and Lombardo, 2006）。

### (2) プラスチック

プラスチック用フィラーとして重炭酸カルシウムが多用されているが，Hawley (2006)によるとウォラストナイトはタルク，カオリンに次ぐプラスチック用フィラーとして使用されており，2002 年では，世界中で 33 万トンのウォラストナイトが消費されたとしている。ウォラストナイトはマイカと同様，オレフィン系エラストマー（TPO），ポリプロピレン，ナイロン（ポリアミド），ポリウレタンへの添加が主用途であり，収縮や反りを減らす目的に加えて，剛性，強度，表面硬度を増強するために使用される。ガラス繊維に比べて表面性状の滑らかさなどの仕上がり性が優れるとされる。添加量はポリウレタンで 18-25%，ナイロンで 22-40%，ポリプロピレンで 20-40%が一般的とされる。最終製品として自動車の内外装パーツ，洗濯機，浴槽，ポンプなどがある（Robinson ら，2006）。

### (3) 塗料

明度が高く白色であるため顔料が節約でき，油吸収量が低いためバインダー量が減らせるなど塗料を低コスト化できるメリットがある。また，針状粒子であるため塗装後の平滑性，塗膜強度に優れている。更に分散時の pH が 9.9 のアルカリ性であるため，酢酸ビニル樹脂系塗料の安定剤となり，対腐食性を付加する働きがある。

### (4) 耐火建材原料

ケイ酸カルシウム板，繊維セメント板などの耐火建材の補強繊維として使用されている。利点として，耐火性を含む耐熱性の改良，補強性，セメント製品の屈曲強度・柔軟性を改善する結合剤，排水性の改良，寸法安定性・収縮性減少・反り減少の改良，ひび割れ・切りくずの減少，生強度の改良，が挙げられる（Robinson ら，2006）。しかし，神尾（2006）が建材試験センター報告書から引用した比較表（表 7-3）からわかるように，ウォラストナイト単独で耐火建材の繊維補強材とすることは難しく，他の繊維補強材と共に使用されているものとみられる。

表 7-3 製品及び製造面からみた、ウォラストナイトその他の補強繊維の比較(神尾, 2006)

期待する性能 または必要性能	石綿	代替繊維									
		耐アルカリ ガラス	Eグ ラス	ビニ ロン	バルブ	サイ ザル	ナイ ロン	カー ボン	ロック	スラグ	ワラスト ナイト
寸法安定性					×	×					
曲げ強度	○	△	×	○	○	○	△	△	×	×	×
衝撃強度	△		×		△	△			×	×	×
耐水性	○				×~△	△					
耐アルカリ性	○		×		△	△			×	×	
耐薬品性	○	△	△		△	△			△	△	
防火性	○			×	×	×	×				
不燃性	○			×	×	×	×		△	△	
親水性	○	×	×				×	×	△	△	
濾水性	○				△	△			△	△	△
抄造性	○	×~△	×~△	△~○	○	○	△~○	×~△	×~△	×~△	△
価 格	○	△	△	△			△	×			
円/kg	50~ 100	500~ 700	300~ 400	550~ 650	80~ 90	120~ 150	400~ 500	3000~ 25000			70~ 100
技術的可能添加 量 max%	40	3	3	3	15	15	3	3	5	5	15
不燃性からみた 可能添加量 max%	40	3	3	2	7	7	2	3	5	5	15

\*この表はマトリックスとして、セメント、(ケイ酸カルシウム)、スラグ石膏を使用した時  
 ○…同等もしくはそれ以上の性能を持つ代替繊維      ◻…石綿同様親和性がある代替繊維  
 ○…やや劣るが代替品として採用可能な代替繊維      ◻…代替性のある繊維  
 △…劣る代替繊維  
 ×…かなり劣る代替繊維

### 引用文献

- 1) Fattah, H. (1994) Wollastonite: New aspects promise growth. *Industrial Minerals*, Nov. 1994 (No.326), 21-43.
- 2) Freas, R.C. and Lombardo, C. (2006) Flooring materials. *in Industrial Minerals and Rocks (7th ed.)*, 1137-1141, Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Colorado.
- 3) Hawley, G. (2006) Plastics. *in Industrial Minerals and Rocks (7th ed.)*, 1321-1326, Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Colorado.
- 4) 神尾 典 (2006) アスベスト代替技術開発. *環境技術*, 35, 338-342.
- 5) Maxim, L.D. and McConnell, E.E. (2005) A review of the toxicology and epidemiology of wollastonite. *Inhalation Toxicology*, 17, 451-466.
- 6) Robinson, S.M., Santini, K. and Moroney, J. (2006) Wollastonite. *in Industrial Minerals and Rocks (7th ed.)*, 1027-1037, Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Colorado.

