

ベントナイトの話

I. ベントナイトとは何か

(1) 発見と利用の歴史

ベントナイトは粘土の一種ですが、その特徴が石鹼に似ていることから、1871年の古い文献には“ソープホール粘土”と書かれています。

1888年にアメリカ・ワイオミング州のウィリアム・テーラー氏が、“テイロライト”の名称で販売を始めましたが、同名の商品があることが分かったため“ベントナイト”と名称を変更して市販されました。

“ベントナイト”と名付けたのは、アメリカ・ワイオミング州アルバニー郡ロックフリークの近くの“フォートベントン統”と呼ばれる地層からこの粘上が産出されたからです。そしてこの名称が世界共通となり今日に至っています。

文献を見ますと、ベントナイトは、非常に微細な結晶からなる粘上鉱物、“モンモリロナイト”が主成分であると説明されています。“モンモリロナイト”は、1847年にフランスのモンモリロ地方で発見された塑性粘土につけられた名称で、これを正式な鉱物名として確認したのは1892年とのことです。

また、最近ではベントナイトを“スメクタイト(Smectite)を主成分とする粘土(一般にはモンモリロナイト)”とも言うようになりました。

粘上鉱物の研究が進むにつれて、結晶化学的性質がよく似た仲間(鉱物)が幾つか発見され、モンモリロナイトはそうしたグループの一つであることが分かってきました。やがてそれを“モンモリロナイト群”と呼ぶようになりましたが、グループを一鉱物と同じ名称で呼ぶことで混乱を生じました。このグループの中にはモンモリロナイト、バイデライト、ノントロナイト、サポナイト、ヘクトライト鉱物があり、結晶構造は同じですが、後から述べるように四面体、八面体のイオンが少し異なっており、そのわずかな違いで、それぞれが違った特性を持っているからです。

このため、1955年、英国鉱物学会の粘上鉱物研究グループが、“モンモリロナイト群”に代えて“スメクタイト”を群名に使うことを決めました。その用法が最近になって定着したのです。

ベントナイト利用の歴史は古く、約7000年前に羊毛の脱脂洗剤としてキプロス地方で用いられたのが始まりです。その後、この技術が地中海沿岸のヨーロッパ各地に広がり、さらに用途も広がって、洗剤や油脂の脱色剤、ビールやワインの脱蛋白剤としても広く用いられるようになりました。一方、米国では中西部の先住民やヨーロッパからの初期の移民たちが、毛布の洗剤や屋根の雨漏りの封止材として利用していたといわれています。

(2) ベントナイトの成因と産状

ベントナイトは今から2000万年前の大昔(新生代第三紀中新世)に火山の爆発で噴出した灰や溶岩(火山灰)から出来ています(アメリカ・ワイオミング州の鉱床は古く、約7000～1億年前の中生代白亜紀新期)。海底や湖底に堆積した火山灰が、地熱

や地圧や海水の影響による“続成作用”（堆積物が沈降後受ける作用）と、地下から噴き上がる“熱水作用”の 2 つの作用で変質し、ベントナイトになったといわれています。

このようにベントナイトは火山灰の堆積物が変質作用で出来たものなので、大半は層状に埋蔵していますが、中には熱水作用を受けて出来た状況から、塊状に埋蔵しているものもあります。

1. ベントナイトの生成年代 日本・・・新生代第三紀中新世(2000 万年前)

米国・・・中生代白亜紀新期(1 億年前)

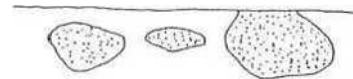
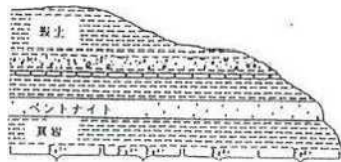
2. ベントナイトの成因と産状・・・

層状鉱床

海底に堆積した火山灰が続成作用で出来た
(群馬、山形、ワイオミング)

塊状床

堆積した火山灰が熱水作用で出来た
(宮城、新潟、島根)



ベントナイト層の厚さは数 cm から 30 数 m までさまざま、群馬や山形では三十数層あります。その内、採掘するには、採掘方法や品質にもよりますが、1m 以上の厚さが商業的に必要とされており、群馬地区では 5 層が採掘対象になっています。アメリカ・ワイオミングのピッグホーン盆地では 13 の層が採掘の対象となっています。

それぞれの層の厚さに相当するだけの回数の火山活動がそれぞれの期間内にあったと推定されます。埋蔵のあり方については、もともと海底だった地層が、その後隆起や褶曲といった地殻変動により山を形成している場合もあり、そういう場所ではベントナイト層から鮫の化石や二枚貝の化石が見られます。このように、ベントナイト層は水平から垂直方向にとさまざまな形状に埋蔵しているため、産状は複雑です。

(3)ベントナイトの産地と鉱山、工場

火山国であるわが国には広くベントナイトが分布しています。代表的な産地は東日本の温泉の多い地域です。現在採掘稼働している鉱床があるのは青森県(黒石)、宮城県(蔵王)、山形県(月布・川崎)、新潟県(白崎・細越)、群馬県(安中・富岡・松井田)、島根県(朝山)の 6 県です。また、今は採掘していませんが過去に採掘していた北海道羽幌と長野県でも産出します。

製粉工場としては、現在、自社鉱山で採掘した国産原料を主にしている工場と、主にアメリカから輸入した原料を専門に製粉している工場があります。最近は大手国内メーカーが輸入原料とブレンドし製品化している工場が多くなっています。現在稼働している製粉工場は 18 か所あり、その内輸入原料を主としている工場は 7 か所と推定されます。

[表-1-1]

	会社名	製造工場
日本ベントナイト工業会員	クミネ工業㈱	左沢(山形)、蔵王(宮城)、○御津(静岡)
	㈱ホージュン	安中(群馬)、○東京(千葉)、○東海(愛知)
	豊洋ベントナイト鉱業㈱	松井田(群馬)、安中(群馬)
	三立ベントナイト㈱	松井田(群馬)
	関東ベントナイト鉱業㈱	三河(新潟)
	日本ベントナイト工業㈱	飯塚(福岡)
	サンベントナイト㈱	大田(島根)
アウトサイダー	カサネン工業㈱	出雲(島根)、大田(島根)
	日本砥研㈱	黒石(青森)
アウトサイダー(輸入原料)	品川窯材㈱	○飯塚(福岡)
商社	三菱商事㈱、㈱ボルクレ・ジ アパ ^ン	○水島(岡山)、○四日市(三重)、○東京(神奈川)

(注)

(イ) 製粉工場 19 か所

(ロ) 輸入原料を主にしている工場 7 か所 (○印)

(ハ) 三菱商事とボルクレ・ジ^{アパ^ン}は平成16年より共同製造

(4) ベントナイトの採掘と製造(ベントナイトが出来るまで)

ベントナイト鉱山の採掘方法には、大きく分けて露天掘と坑内掘の2通りがあります。

坑内掘は地中深く立坑や斜坑を掘って地下で坑道を展開し、ベントナイト層にドリルや発破を使ってベントナイトを掘り、鉱車やベルトコンベアーを使って地上に運びます。坑内掘は採掘が完全には機械化できないため労働力の確保が問題です。

一方露天掘は重機による機械化が進んでおり、剥土はパワーショベルとブルドーザーで行い、採掘法は階段採掘法で、原鉱を地山の切羽から直接バックホーで採掘します。

いずれにしても、坑内掘は採掘費が高つくためほとんどが露天掘で、現在の日本では坑内掘の採掘は2か所だけといわれています。

[ベントナイトの製造]

ベントナイトの製造方法はメーカーや産地による大きな違いはありません。ベントナイトの品質や特性は製造方法で変わることは少なく、各々の鉱山の原鉱石の品質特性でほとんど決まってしまうます。

工場での製造は、粗砕→乾燥→粉碎→包装→出荷の工程を経ます。

(イ)粗砕工程では、鉱山で採掘した原鉱は直径30~50 cmくらいの大きさのものがあるので、工場でクラッシャーなどを用いて一次、二次(or 三次)粗砕を行い、1~30mm以下にして乾燥工程に供給します。

(ロ)乾燥工程においては、600~700℃になると結晶水が飛びベントナイト自体が変質してしまいますので注意が必要です。乾燥方法はロータリードライヤーが一般的で、熱源には重油を用います。ドライヤーの入口は700~800℃、出口は80~100℃に管理され、原鉱石の水分は8~10%くらいです。アメリカの場合は雨が少ないこともあり、採掘原鉱の35%の水分を露天での天日乾燥で18%ぐらいまでにしていきます。



ベントナイトの採掘風景

(ハ)粉碎工程には、古くは衝撃式粉碎機のハンマーミルが用いられ、サイクロン式空気分級をしていましたが、最近は遠心ローラーミルが多くなりました。この工程ではまた、夾雑物として総量の約10%近くを抜き取り、品質安定に努めています。

このようにベントナイトの製造工程は比較的単純です。

- (a) Na ベントナイトあるいは Ca ベントナイトをそれぞれ乾燥、粉砕する
- (b) Ca ベントナイトにソーダ灰を添加 (Na 型に変換) し乾燥、粉砕する

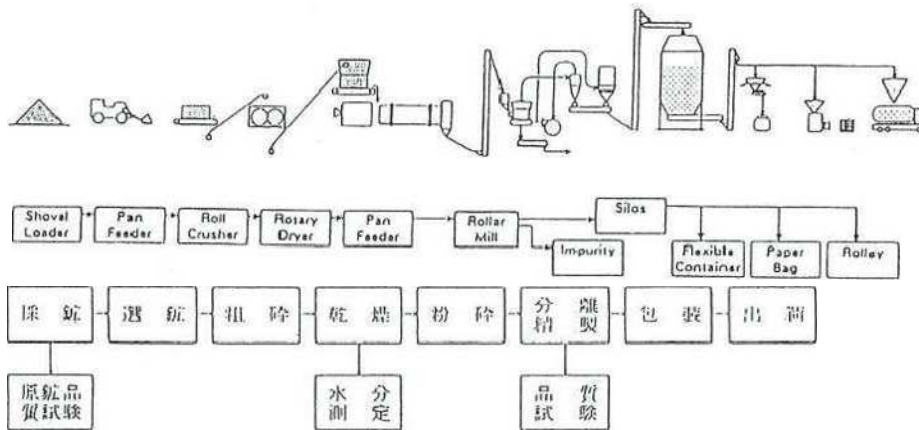
そのほか、ベントナイトにアクリル系のポリマーを混合し、超高粘性ベントナイトを製造したり、CMC ポリマーをブレンドするほか、安価な炭カルを混合した製品もあります。

一般的にベントナイト製品の水分は 8~10 %が標準とされ、製品の種類は粒度ランク付けして 200 メッシュ、250 メッシュ、300 メッシュの 3 段階に分けられ販売されています。

包装・輸送方法は紙袋入り 25kg、フレコンバック 500~1000kg 入り、ローリー輸送の 3 種です。

[図-1-2]

ベントナイトの生産工程



(5) ベントナイトの種類

ベントナイトの分類法として①交換性陽イオンによる方法②膨潤による方法 ③用途による方法—がありますが、基本的には2つのタイプに大別されます。すなわち、珪酸塩シートの層間に入っている交換性陽イオンに着目し、

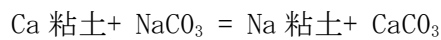
- (イ) 交換性陽イオンが主として Na イオンからなる Na 型ベントナイト(膨潤型)
 - (ロ) 交換性陽イオンが主として Ca イオンからなる Ca 型ベントナイト(非膨潤型)
- に分けます。

Na 型ベントナイトは水中における膨潤性、粘性、懸濁性に優れ、広い分野で大量に使用されています。Ca 型ベントナイトは膨潤性、粘性、懸濁性が小さく用途は限られています。

1991 年度のアメリカでの統計では、Na 型を Swelling、Ca 型を Non Swelling と分けて生産比率を示していますが、Swelling (Na 型) 86%、Non Swelling (Ca 型) 14 % と、Na 型が需要の大半を占めています。

このほか、最近、“変性ベントナイト”あるいは“活性化ベントナイト”と称するものが多く出ています。これは、Ca ベントナイトに炭酸ナトリウムを添加して、Ca → Na にイオン変換させて人工的に Na ベントナイトに変えたものです。

その反応は下記とおりです。



一般に、表土に近い所に埋蔵しているベントナイトは長期間にわたる雨水のために Na イオンが溶脱し Ca イオンが層間に残って Ca タイプのベントナイトになり、さらに風化が進むと Ca イオンを溶脱し水素イオン(H⁺)で補って“水素ベントナイト”すなわち酸性白土になるといわれています。

Ca 型しか産出しないヨーロッパ各国や、日本でも表土の浅い所のベントナイトと露天掘している鉱山では、原鉱石に炭酸ナトリウムを添加して変性ベントナイト(Na 型)にしています。

ベントナイトの種類は基本的には Na 型、Ca 型の 2 種類ですが、市場の要求から、

- (イ) 超高粘性ベントナイトとしてアクリル系ポリマーを添加した土木用のポリマーベントナイト
- (ロ) Na 型ベントナイトに Ca 型や活性化ベントナイトを混合した鋳物用のミックスベントナイト

が用いられています。このように用途面を加味すると 4 種類に分けられます。

◎ ベントナイトの分類

Na ベントナイト(膨潤型)

交換性陽イオンとして Na イオンを主とする天然のベントナイトロ水と接して高い膨潤性を示し、容易に分散して安定なコロイド分散液となる。

Ca ベントナイト(非膨潤型)

交換性陽イオンとして Ca、Mg イオンを主とする天然のベントナイトで水中では低膨潤性である。水とともに練和すると多少膨潤するがコロイド分散液とはならない。

活性化ベントナイト(変性ベントナイト)

Ca ベントナイトを人工的に炭酸ソーダを添加処理して Na 交換したベントナイトで、水中で膨潤分散するが凝集、フロキュレーションする。

ポリマーベントナイト

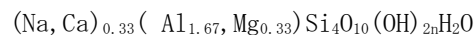
各種ベントナイトにアクリル系のポリマーや CMC を添加したベントナイトで非常に高い粘性を示す。

(6)ベントナイトの化学組成

スメクタイト系のモンモリロナイトを主成分とするベントナイト粘土は夾雑物として石英、クリストバライト、長石、雲母、ゼオライト、カルサイト、ドロマイト、石膏などを含んでいます。このようなことからベントナイトの化学組成はイオン交換や同型置換のこともあり、化学的方法で表示するのは難しいといわれています。

すなわちベントナイトでは八面体の陽イオンが電気的中性をもたらし、交換性の陽イオン(Na⁺、Ca⁺⁺、Mg⁺⁺、K⁺)の存在によって構造の平衡を保っており、四面体層の Si の代わりに A⁺⁺⁺代わっていることもあります。

このようなことで正確な化学組成を表すことはできず、モンモリロナイト、バイデライト、サポナイトなどスメクタイト系粘土鉱物の理想化学式で表す他ないといわれています。



参考文献：ベントナイト物語

発行者：株式会社立花マテリアル

著者：前田 忠昭

編集：有限会社 牧歌舎

印刷：株式会社 NPC コーポレーション