

《解 説》

天然または合成粘土鉱物の脱臭への応用

佐藤 悌治，田中正範，高橋 範行

水澤化学工業株式会社研究所

本稿では、粘土鉱物の脱臭への応用について、筆者が所属する企業での開発例を中心に、いくつかの例で解説する。最近、フライポンタイトと呼ばれる1:1型粘土鉱物が容易に合成され、工業的規模でも製造可能になったことから、特徴ある新規な吸着剤として供給されるようになった。これとシリカ粒子との複合でさらに多孔化された薄片状フライポンタイト/シリカ複合体(LFS)と呼ばれるものは大きな固体酸性と固体塩基性の両性質を有するため、広範な脱臭スペクトルを示す極めて優れた脱臭剤となることを紹介する。

1. はじめに

悪臭物質の多くは、アンモニア、アミン、硫化水素、メルカプタンのようにNやS原子を含み、分子の極性も高い。また、N原子を含む物質は塩基性を示し、S原子を含む物質は酸性を示すことが多く、それぞれ固体酸または固体塩基と呼ばれる物質に強く吸着される。ところで、粘土鉱物の結晶は水に親和性が高く色素等の極性物質をよく吸着することが知られている。粘土鉱物の結晶自体が部分的に極性の大きい構造を有するからである。また、粘土鉱物は概して大きな固体酸性を示すが、種類と化学構造によっては塩基性を併せ持つもの(部分)もある。したがって、粘土の粉体(または成形体)はそのままでもアンモニア、アミン等の塩基性悪臭物質をよく吸着・除去し、硫化水素、メルカプタン、低級脂肪酸等の酸性悪臭物質を吸着するものもある。

粘土を原料にして脱臭剤を開発するには、粘土の持つ上記特性をそのまま利用するか、多孔化によりその特性をさらに増強するか、脱臭作用の強い他の化学物質(酸、塩基、酸化剤等)を添着すること等が考えられる。

筆者らは、1:1型粘土鉱物の1種であるフライポンタイト(Fraipontite)を合成し、それをさらに多孔化する方法を見出した。そのことにより、それ自体は固体酸・塩基の両性を有し、悪臭に対しては塩基性から酸性まで広範な脱臭スペクトルを示す吸着剤を創製し商品化した。後段ではそれを中心に述べる。

2. 粘土の構造¹⁾と吸着性

天然に産出する粘土鉱物は、シリカ(SiO₂)を主成分とし、他の金属原子としてAl, Fe, Mg, Zn, Ca, Li, Na, K等を含有しており、主に層構造を有する結晶粒子の堆積物である。

その構造は、図1に示すように、AlやMg原子を核としてそれぞれ6個の共有配位座(8面体の頂点位置)をフィロシリケートイオン(≡Si-O⁻)またはヒドロキシオン(HO⁻)のO原子が占め、2次元に広がった形をしている。したがって、粘土鉱物はAl, Mg, Fe等の6配位型金属原子を核とするフィロシリケート・ヒドロクソ多核錯体とみることができる。

層構造粘土鉱物の結晶は、このような三層または二層構造としてあらわされる単位層(図1)が数層ないし数10層積み重なったものである。単位層の大きさ(ab面の広がり)や積層の度合(c軸方向の厚み)などにより結晶の形状と結晶子の大きさが異なり、その集合体である粘土粒子のもつ細孔構造もちがってくる。これらの層構造粘土鉱物はSi-Oの層格子からできているが、ある種の粘土鉱物には、Si-Oの複鎖格子からなり、複鎖の単位格子ごとに交互上下方向に突き出た≡Si-O基がMg原子に上下から配位した、いわゆる複鎖構造のものもある。

粘土の吸着性を考えるとき、2つの吸着態をからませて行うべきである。1つは、比表面積や細孔容積等の細孔物性に関係する物理吸着態であり、もう1つは、表面における酸・塩基中和や陽・陰電荷中和またはイオン交換や配位子交換等に関係する化学

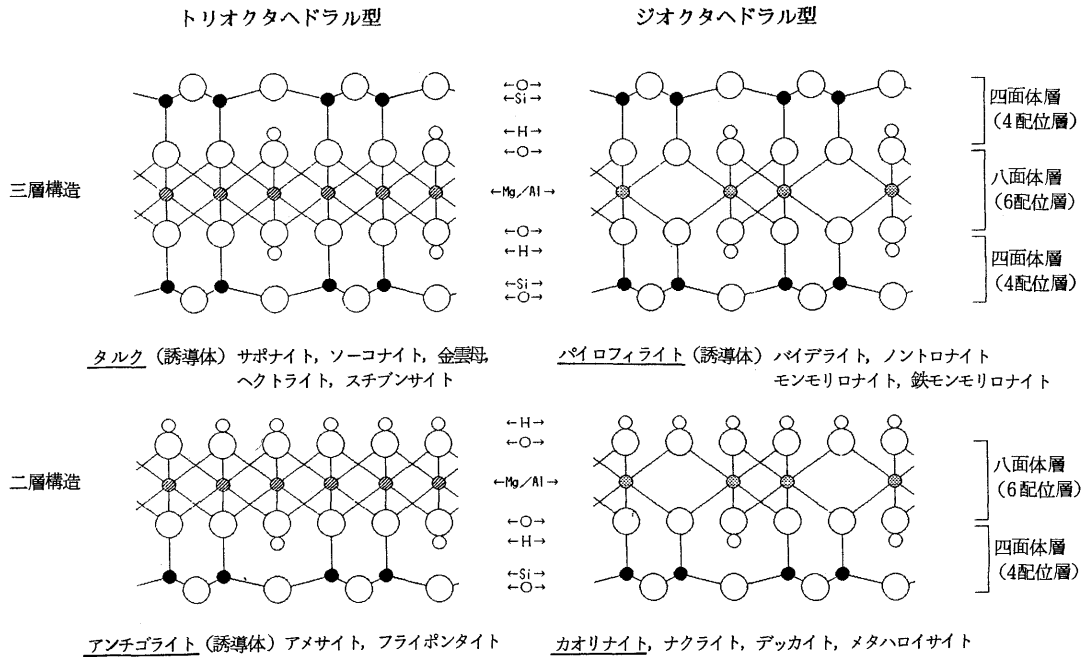


図1 おもな層状粘土鉱物の模式構造による分類

吸着態である。

粘土鉱物の表面性質は、図1に示した構造モデルからも概ね推察できる。タルク等のように三層構造の両面に極性の小さいSi-O-Si結合が網状に広がり、しかも結晶本体の電荷もゼロであるものは、親油・疎水性が高く、極性分子に対する親和性も化学的活性も小さい。また、カオリナイト等のように二層構造の片面がSi-O-Si結合で、もう一つの面は水酸基でおおわれており、しかも電的に中性を保っているものは、極性分子に対する親和性はやや高いが、化学的活性は小さい。ただし、結晶縁辺部のSi-OH(シラノール)基やMg-OH₂基またはAl-OH₂基はブレンステッド酸や水の離脱でルイス酸となるので、それほど大きくはないが固体酸となる。

タルクやカオリナイトは層格子内の金属原子(Si, Mg, Al)への同形置換がなく、結晶内のストレスが少ないため結晶子サイズが大きい。このため、粉体のメソポア域は容積も大きい、ミクロポア域の内部表面積や容積は小さく、物理吸着量も小さいと予想される。

モンモリロナイトやヘクトライト等のスメクタイト群粘土鉱物は、パイロフィライトやタルクの三層構造において、Al原子やMg原子占有位置の一部に低原子価のMgやLiが置換したり、またはSi原子

の一部がAlに置き換わったりしている。結晶格子はマイナスの電荷をもち、対イオンとして主にアルカリイオンを層間に伴っている。結晶本体は大きな固体酸であり、その酸量は層間に対座するアルカリイオンとプロトンの含量である。

したがって、酸洗浄等により層間のアルカリイオンをプロトンに換え、H-型のスメクタイトにすると、大きなブレンステッド酸(プロトン酸)が生成する。さらに強い酸処理を行うと、構造中のAl, Mgなども溶出し、きわめてポーラスな固体酸吸着剤(=活性白土)となる。

スメクタイトでは、上述のように層格子内の金属原子への同形置換があり、結晶内に歪みが多く、結晶成長がおこりにくいいためか微結晶であり、タルクやカオリナイトにくらべて比表面積が大きい。

また、粘土鉱物の結晶は、その格子内または層の片面にAlやMgに配位したOH基を有するが、これらの水酸基は構造の安定性(配位の強さ)のためか活性が小さい。しかし、結晶縁辺部の破断面に生じるAl(Mg)-OH基はやや活性で、弱い塩基性を呈すると考えられる。

したがって、結晶子の大きなタルクやカオリナイトではほとんど塩基性を示さないが、スメクタイト群粘土鉱物のように微細な結晶の集合体であるものは、

表1 各種粘土鉱物系粉体の細孔物性とガス吸着能

測定項目 粉体試料	細孔物性			極性ガス吸着能			
	気体N ₂ 吸着法 (BET)		液体Hg 圧入法	吸着除去率(%)*			
	比表面積 m ² /g	細孔容積 (cc/g)		塩基性ガス(NH ₃)		酸性ガス(H ₂ S)	
		r=0.75 ~15 nm	r=7.5~ 7,500 nm	30分後	2時間後	30分後	2時間後
タルク (市販品)	28	0.07	0.92	27	38	1	1
カオリナイト (市販品)	21	0.06	1.11	69	98	1	1
ベントナイト (市販品)	23	0.03	0.49	71	99	1	24
活性ベントナイト(ベントレイMK-101)	87	0.23	1.03	75	99	21	44
モンモリロナイト(酸性白土, ミズカエース)	92	0.19	0.29	78	99	3	16
酸処理モンモリロナイト(活性白土, ガレオンアース)	300	0.37	0.58	81	100	3	6
リン酸添着-活性白土 (ANOX 800)	48	0.13	0.64	88	100	8	13
合成フライポントタイト (共沈法)	210	0.38	0.97	74	100	82	100
合成フライポントタイト/シリカ (LFS)	310	0.46	1.42	92	100	95	100

註* 吸着除去率(%)：粉体試料1gを1.8lガラスビンに入れて密栓し、標準ガス(NH₃, H₂S)を100ppmになるように注入し、室温下、所定時間後のガス残存濃度を測定(検知管)して、ブランクとの対比から雰囲気中のガスの除去率を求める。

酸性ほど顕著ではないが塩基性も併せ持っている。

3. 天然の粘土を原料とする脱臭剤

粘土による脱臭は、粘土鉱物の化学構造に基づく表面性質、すなわち多くの酸性点と場合によっては併存する塩基性点を吸着サイトとする化学吸着性によって、悪臭物質といわれるアンモニア、アミン、硫化水素、メルカプタン、低級脂肪酸等の極性ガスを吸着・除去することによる。

表1は筆者らが測定した1例で、各種粘土系粉体の細孔物性とアンモニアおよび硫化水素に対する吸着能を示したものである。天然の粘土鉱物では、タルクをのぞいてほとんどがアンモニアに対して高い吸着能を示す。一方、硫化水素に対してはベントナイトや酸性白土がやや吸着能を示すものの、タルク、カオリナイトではほとんど示さない。

これらは、粘土が概して大きな固体酸性を有することと、わずかに有する塩基性は微結晶集合体であるスメクタイト群粘土においてのみ発現されたことによる。また、これらの吸着能と比表面積や細孔容積とはあまり相関がなさそうである。これら極性ガスの吸着では物理吸着よりも化学吸着の方が支配的であるためと考えられる。

3.1 ベントナイト系脱臭剤

アンモニアやアミンに対する吸着能も高く、硫化水素、メルカプタンおよびサルファイド類に対する吸着能もあり、尿や糞から出る臭気の脱臭に効果がある。

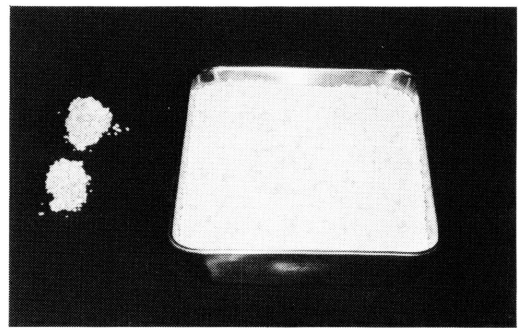


写真1 トレイに敷かれた猫砂と尿を吸収した固化物 (着色粒は後述の合成粘土系脱臭剤ミズカナイト®)

ある。粒状品は尿を吸収して一握り大に固まることと脱臭性能に優れていることから、ペトリター(猫砂)²⁾として市販され、需要も急増している(写真1)。

3.2 酸性白土³⁾系脱臭剤

ベントナイトに似た脱臭性を示すが、アンモニアなどの塩基性ガスに対して、より強い吸着能を示すため、特に尿から出てくる臭気の脱臭に適している。ベントナイトと同様に天然物であり、成分的にも極めて安全性が高く、しかも安価なため、動物や人間の生活空間で安心して用いることができる。ペット・ケージや畜舎での使用がすすめられている。

3.3 活性白土系脱臭剤

原料として、日本では主に新潟県および山形県で

産出する酸性白土（主要成分：モンモリロナイト）を使用している。酸性白土は、原成分のモンモリロナイトが他の粘土鉱物に比べて微細な結晶で、かつ天然に弱い酸処理をうけている状態であり、そのままでもかなり比表面積が高く、活性がある。

前述したように、モンモリロナイトは硫酸などの鉱酸で処理すると、Al成分やMg成分が溶出し、その跡に大量のプロトンやシラノールを生成しながら、ポーラスな粒子へと変化(多孔化)していく。このとき生成するのが活性白土である。

酸性白土と活性白土の固体酸性の量と質の差は、表2に示すように、活性白土において $H_0 \leq -3.0$ の強酸(L酸+B酸)と $+3.3 < H_0 \leq +4.8$ の弱酸(B酸)の両方が増大している点である。粘土がもつ強い酸(ルイス酸)は、水分の存在下でブレンステッド酸に変化し弱い酸とはなるが、アンモニアやアミンを十分に化学吸着するので、高湿度下でも優れた脱臭性能を発揮する。

昔から、活性白土⁴⁾は食用油脂(植物性、動物性)の脱色・脱臭精製剤として用いられている⁵⁾。天然色素であるカロチンやクロロフィル類の吸着(脱色)とともにクロロフィル臭、アミン臭、不飽和臭など臭気成分の吸着(脱臭)もおこる。

前段に述べたように、活性白土はきわめて優れた固体酸吸着剤であるため、アンモニアやアミンなど塩基性悪臭に対して優れた脱臭剤となる。この活性白土の固体酸性をさらに増強するため、リン酸を添着したタイプの脱臭剤⁶⁾もある。

4. 合成粘土鉱物系・新規脱臭剤

一薄片状フライポンタイト/シリカ複合体一

近年、筆者らによりアメサイトやフライポンタイトと呼ばれる1:1型粘土鉱物が合成され、フライポンタイトはシリカとの複合・多孔化技術により、新規な吸着剤や脱臭剤(ミズカナイト[®])⁷⁾として商品化されている(写真2)。

新規脱臭剤「薄片状フライポンタイト/シリカ複合体」の主成分であるフライポンタイト(層状アルミノケイ酸亜鉛)は、共沈法(液-液反応)または水熱法(固-固反応)によって容易に合成される。合成フライポンタイトの結晶は、数層(共沈法)~数10層(水熱法)かさなったものが普通である。

表2 酸性白土と活性白土の固体酸強度分布
(*n*-ブチルアミン滴定法)

試料名	前処理	酸 量 (meq/g)		
		$H_0 \leq -3.0$	$-3.0 < H_0 \leq +3.3$	$+3.3 < H_0 \leq +4.8$
酸性白土	Dry	0.20	0.20	0.30
活性白土	Dry	0.45	0.05	0.60
	Wet	0.15	0.25	0.70

註) 前処理: Dry: 150℃×2hr. Wet: RH75%×Room temp.×48hr.
 H_0 : 酸強度関数

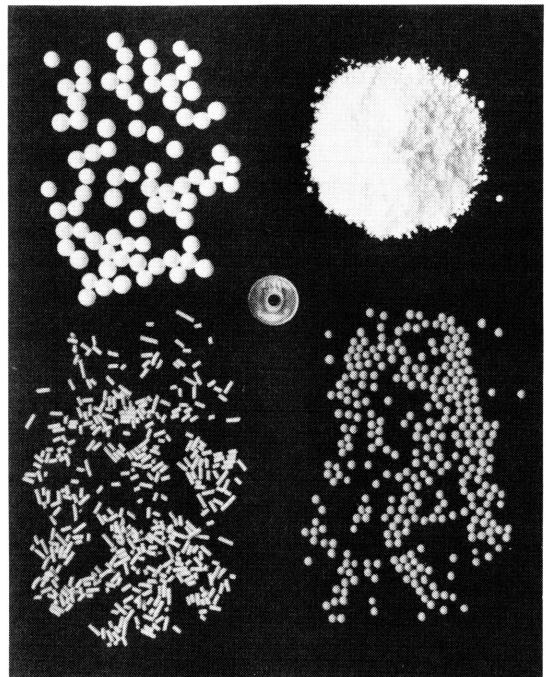


写真2 工業製品となった合成粘土系脱臭剤
ミズカナイト[®] (中央にあるのは50円硬貨)

4.1 フランポンタイトの合成⁸⁾とその構造⁹⁾

一般式 $(Zn_{6-n}Al_n)(Si_{4-n}Al_n)O_{10}(OH)_8$ で示されるフライポンタイトは、水熱法と共沈法のいずれでもほぼ化学量論的に合成される。

4.1.1 水熱法による合成

例えば、鉱化剤としてNH₄Clを水に溶かし、それぞれ所定量の亜鉛華(Zn源)、ペーマイト(Al源)およびケイソウ土(Si源)を加えて、攪拌下に160℃で3時間水熱反応(オートクレーブ中)を行う。反応終了後、内容物を取り出し、ろ過水洗し乾燥する。

4.1.2 共沈法による合成

例えば、それぞれ所定量の塩化亜鉛(Zn源)と塩

化アルミニウム (Al 源) を水に溶かしてA液とし、ケイ酸ナトリウムと水酸化ナトリウムを水に溶かして同容量のB液とし、さらにアルミン酸ナトリウムと水酸化ナトリウムを水に溶かして同容量のC液とする。適当な容量のステンレス製容器に、適当量の水を入れて攪拌しながらA、BおよびCの液を定量ポンプを用いて同時に同速度で注下する。注下終了後、90℃で2時間攪拌してから、生成した白色沈殿物をろ過水洗し乾燥する。

4.1.3 フライポンタイトの構造

図1にあるように、アメサイトとフライポンタイトはトリオクタヘドラル型二層構造の基本であるアンチゴライトの誘導体または類縁体であり、八面体層のMg (前者)とZn (後者)の一部をAlが置換し、同時に四面体層のSiの一部をもほぼ同量のAlが置換しているものである(図2)。これらの同形置換は八面体層に陽電荷を四面体層に陰電荷をもたらし、それぞれに塩基性点と酸性点を与えている(図3)。

しかし、通常の水熱法または共沈法によって合成されたフライポンタイトでは、二層構造からなる単

位層が互いに積層し、例えば第1単位層の四面体層とすぐ下の第2単位層の八面体層が向い合うように順次積み重なっているため、両層の陰・陽電荷や酸・塩基性は、結晶内部では相殺され、結晶の表面部位のみに残していると考えられる。

4.2 薄片状フライポンタイト/シリカ複合体の合成と吸着特性^{10~12)}

薄片状フライポンタイト/シリカ複合体(Lamellar Fraipontite/Silica: LFSと略称)はシリカ微粒子の存在下にフライポンタイトを共沈させる方法で得られる。二層構造をもったフライポンタイトの単位層が互いに積層しないで1枚ずつバラバラの状態シリカ粒子マトリックス中に分散されている。そのため、フライポンタイトの単位層の表裏両面にそれぞれ生じている酸性と塩基性は、互いに中和しあうことなく1つの固体粒子表面に独立して存在する。また、シリカ粒子マトリックスのマイクロ乃至マクロポアが吸着物質の内部への拡散のために有効にはたらく、シリカの表面がもっている固体酸性も加わって、きわめて大きな酸・塩基両性質を有する吸着剤となり得る。

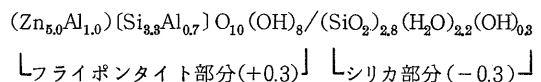
4.2.1 LFSの合成

例えば、シリカヒドロゲルの所定濃度懸濁液に、攪拌下、それぞれ所定量の塩化亜鉛と塩化アルミニウムの混合水溶液とケイ酸ナトリウムの水溶液を同時に注下し、0.5~1時間熟成後、生成物をろ過水洗し乾燥する。

4.2.2 LFSの構造と吸着特性

得られた粉末のXRDパターンとTEM像(写真3)により、LFSの粒子構造はシリカ粒子の間や周囲に微結晶フライポンタイトの薄片状粒子が分散している状態と考えられる。LFSの窒素吸着等温線はヒステリシスを伴ったBET型でH3 (type B)に相当することから、細孔は板状粒子で形成されたスリット形であると考えられ、この構造が示唆される。

一方、化学分析値と²⁷Al-MAS-NMR (図4)から推定される化学組成は、O₁₀(OH)₈を基準に次式で表される。



さらに、各種試料のNH₃とCO₂の昇温脱離(TPD)スペクトルの比較から、LFSは標準試料のMgOとほぼ同量の固体塩基性とSiO₂-Al₂O₃に近い量の固体酸性を有し、フライポンタイトとシリカゲルを独立

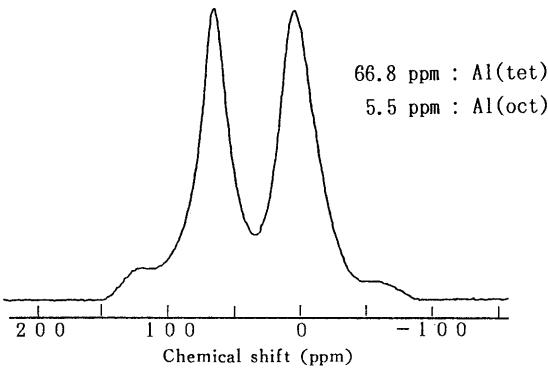


図2 合成フライポンタイト(水熱法)の²⁷Al-MAS-NMRスペクトル(52.0MHz)

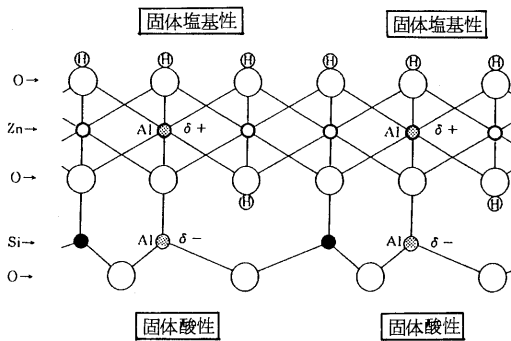


図3 合成フライポンタイトの二層構造モデル

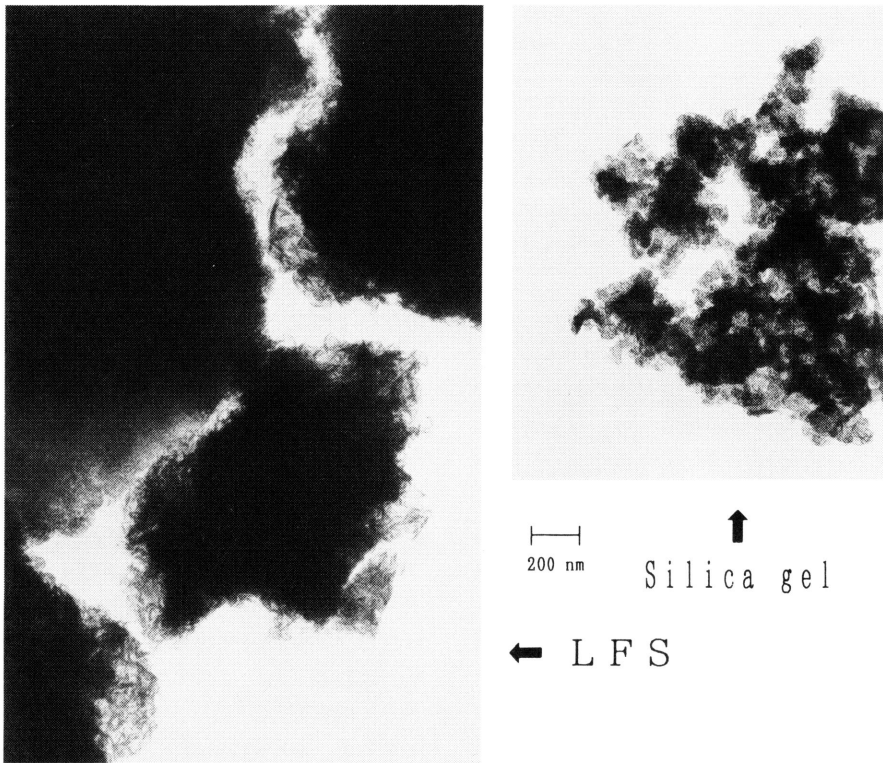


写真3 透過型電子顕微鏡(TEM)観察像
(左: LFS粒子の表面部位, 右: シリカゲルの一部)

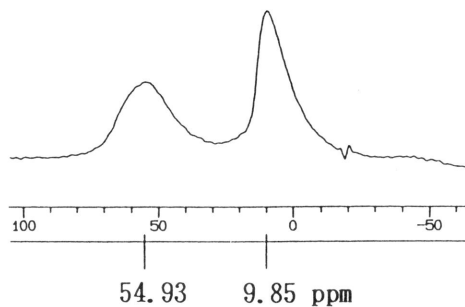


図4 LFSの ^{27}Al -MAS-NMRスペクトル

別途に調製したサンプルより、いずれも大きい性質を示す(表3)。また、染料の水溶液中においても、カチオン染料であるメチレンブルーもアニオン染料であるナフトール・イエローもともによく吸着することから、水の存在下でも十分に強い固体酸塩基両性を示すことがわかる。

4.3 LFSの脱臭性能

上述したように、LFSは固体酸塩基の両性質を有することから、表4に示すように、アンモニア・

表3 各種試料のTPDにおける低温側ピークの脱離量とピーク温度

Sample	NH_3		CO_2	
	mmol/g	℃	mmol/g	℃
LFS	0.67	173	0.16	287
Fraipontite	0.38	162	0.09	252
Silica gel	0.10	174	0.05	168
$\text{MgO}^{1)}$	— ²⁾	— ²⁾	0.17	167
$\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3^{1)}$	0.86	182	— ²⁾	— ²⁾

1) Supplied by the Catalysis Society of Japan.

2) No data.

アミン等の塩基性悪臭物質や、硫化水素・メルカプタン・低級脂肪酸等の酸性悪臭物質のいずれをもよく吸着し脱臭することがわかる。

5. おわりに

フライポンタイトという珍しい粘土鉱物が容易に合成されることがわかり、シリカゲルとの複合ハイブリッド化により、脱臭剤というポピュラーで有用な姿に生まれ変わった。

表4 合成粘土鉱物系脱臭剤(LFS)と他の市販脱臭剤との性能比較(商品カタログより)

A 各種悪臭物質に対する吸着容量

試験項目	試料	合成粘土系脱臭剤 (ミズカナイト)	活性炭系脱臭剤 (市販品)
	悪臭ガス		
静的吸着容量*1 (mg/g)	アンモニア	約 40	約 3
	トリメチルアミン	約 20	約 10
	硫化水素	約 120	約 40
動的吸着容量*2 (mg/g)	アンモニア	約 35	約 2
	トリメチルアミン	約 18	約 8
	硫化水素	約 110	約 30

*1 静的吸着容量 (mg/g): 試料 1g を各種悪臭ガスとともに 100 ml のガラスビンに入れて密栓し 24 時間放置して、悪臭ガスが検出されない間ガスの追加操作を繰り返したときの累積容量。

*2 動的吸着容量 (mg/g): 内径 15 mm のガラス製カラムに約 50 mm の長さで試料を詰め、そこに各種悪臭ガスを通過(濃度=約 1%, 速度=200 ml/分)させたときの破過容量。

B 代表的悪臭に対する脱臭効果(官能評価)

試料	悪臭ガス	アンモニア (250 ppm)	トリメチル アミン (1 ppm)	硫化水素 (10 ppm)	エチルメル カプタン (1 ppm)	酢酸 (1 ppm)	イソ吉草酸 (1 ppm)
	粘土系脱臭剤(ミズカナイト)		0	0	0	0	0
ゼオライト系脱臭剤(市販品)		2	2	3	3	2	3
活性炭系脱臭剤(市販品)		1.5	1	0	0	0	0

[評価方法] 試料 1 を 1.8 l のガラスビンに入れて密栓し、臭気強度が 3 になるように所定量の悪臭ガスを注入し、6 時間放置後ビン中の気体 100 ml を押し出し、官能評価する。

[評価基準] 3: 案に感知できる臭 2: 何の臭かわかる臭(認知閾値) 1: やっと感知できる臭(検知閾値) 0: 無臭

ここでは述べなかったが、合成フライボントイトがある種の反応に対して高い触媒活性を示すことも知られ、ここで述べた新規脱臭剤・吸着剤とともに酸塩基両性性質を有する固体触媒としての用途にも期待している。

前節まで紹介したもの以外にも、粘土鉱物を主剤または助剤に用いる脱臭剤または脱臭方法に関連した多くの特許出願がなされている¹⁸⁾。

これまで、粘土鉱物が生来持ち合わせている脱臭能を引き出すため、あるいはさらに増強するため、微粉化、粒状化、多孔化、薬品の添着・担持、シリカや活性炭とのハイブリッド化などが行われてきた。

今後、安価で安全性の高い粘土鉱物をベースにして、さらに新しい合成や加工の技術が見いだされ、優れた脱臭剤ならびに脱臭技術が開発されていくことを期待している。

本稿作成にあたり、筆者による下記の自作著書 14) および 15) から広範囲にわたって引用したことをお

ことわりします。

参考文献

- 1) 佐藤徳治, 機能材料, **11** (9), 42 (1991).
- 2) 特開平 1-269440.
- 3) 小林久平, “酸性白土”, 丸善, 東京(1949), p. 1.
- 4) 特公昭 11-293, 特公昭 20-171738.
- 5) H. B. W. Patterson, “Bleaching and Purifying Fat and Oils”, American Oil Chemists' Society, Illinois (1992), p. 85.
- 6) 特公昭 58-5698.
- 7) 特公平 5-79602, 特開昭 63-220874.
- 8) 高橋範行, 田中正範, 佐藤徳治, 日本化学会誌, 1990 (4), 370 (1990).
- 9) 高橋範行, 田中正範, 佐藤徳治, 日本化学会誌, 1991 (7), 962 (1991).
- 10) 上野 彰, 宮野正一, 中重 勇, 田中正範, 高橋範行, 佐藤徳治, ゼオライト研究会・第 6 回ゼオライト研究発表会講演予稿集, B1, 68 (1990).
- 11) 高橋範行, 田中正範, 佐藤徳治, 日本化学会・第 64 秋季年会講演予稿集 II, 3A110, 493 (1992).
- 12) 高橋範行, 田中正範, 佐藤徳治, 遠藤 忠, 日本化学会誌, 投稿予定.

- 13) 特公平 6-57836, 特公平 7-112728, 特開昭 61-200853, 特開昭 62-112696, 特開昭 63-108083, 特開昭 63-285110, 特開昭 63-256132, 特開昭 64-47444, 特開昭 64-47445, 特開平 2-36116, 特開平 2-131137, 特開平 2-144121, 特開平 2-145864, 特開平 2-221170, 特開平 3-75256, 特開平 3-210269, 特開平 4-122439, 特開平 6-108509, 特開平 6-277451, 特開平 7-96027, 特開平 7-108001, 特開平 7-144127.
- 14) 佐藤悌治, “吸着技術ハンドブック(第IV編-第4章-第7節-2)”, NTS, 東京(1993), p.818-825.
- 15) 佐藤悌治, ゼオライト研究会・ゼオライトフォーラム講演資料集, 1-9(1995. 9. 22).

Applications of Natural or Synthetic Clay Minerals to Deodorization

Teiji SATOH, Masanori TANAKA and Noriyuki TAKAHASHI
Research Laboratories, Mizusawa Industrial Chemicals, Ltd.

The present review is mainly concerned with some expected applications of clay minerals to deodorization. Recently, it has become feasible to synthesize a 1:1 type layer clay mineral named “fraipontite” without difficulty. Furthermore, the fraipontite can be made porous in complex with silica particles and manufactured in plant scale as a novel adsorbent having features quite its own. This lamellar fraipontite/silica complex (LFS) has both solid-acids and solid-bases properties so that it becomes an extremely prominent deodorant showing deodorant spectra extensively.

Key words: Clay minerals, Deodorization, Fraipontite, Solid-acids and solid-bases, Deodorant.