(色材, 55 [6] 413-428. 1982)

無機顔料-I. 無彩色顔料

鈴木 福二*・田中 宗男*

1. はじめに

顔料の定義, 分類, 種類等については第1講の総論で詳細に述べられているので, ここでは無機顔料, 特に無彩色(体質, 白色, 黒色)顔料の化学組成や構造, 製造法, 粉体特性等について述べることにする。

無機顔料の分類法には陽イオンで分類する方法, 陰イオンで分類する方法, 色別や用途別に分類する方法などがあるが, 使用特性から分類すると次の4つに分類することができる。

- 無機顔料 {
- 1) 体質顔料
 - 2) 白色顔料
 - 3) 有色顔料
 - 4) パール顔料

体質顔料とは, 屈折率, 隠ぺい力, 着色力が小さいことから増量剤, 補強剤, 改質剤として用いられる。白色顔料は, 屈折率, 隠ぺい力, 着色力が大きいことから隠ぺい, 保護, 仕上りの改良に用いられる。有色顔料とは, いうまでもなく着色するために用いられるものである。パール顔料は, パール光沢の顔料であることから, パールの魅力をその材料につけ高貴な感じをだすために用いられる。

顔料の用途は, 塗料, 印刷インキなど従来からの分野に加えて, 新しい用途も広がってきているので顔料の用

途を列挙すると次のようである。

- 1) 塗料
- 2) 印刷インキ
- 3) プラスチック(着色剤, 充テン剤)
- 4) ゴム(着色, 補強剤)
- 5) 繊維(化繊, 合繊などの艶消)
- 6) 製紙(着色, 充テン)
- 7) 文房具(絵具, クレヨン, 鉛筆, 墨汁, 朱肉)
- 8) 窯業(陶磁器, 釉)
- 9) 化粧品, 石鹼
- 10) 建材(リノウム, コーキング材)
- 11) 皮革, 漆
- 12) 食品
- 13) 医薬品

このように無機顔料は多方面に使用されている。また, 用途に応じて顔料の種類も異なっている。ここでは各用途に共通して使用されている無機顔料の中で無彩色(体質, 白色, 黒色)顔料について述べることにする。各用途に共通して使用している無彩色顔料を表-1に示す。表-1に示すように体質顔料は粘土鉱物(クレー)類と石灰石の粉碎顔料(重質炭酸カルシウム)の他は合成顔料に分類できる。白色顔料は二酸化チタン, 亜鉛華, リトボンで黒色顔料は酸化鉄とカーボンブラックである。

表-1 無彩色顔料

体質顔料-I (粘土鉱物)	カオリナイト, ハロイサイト, 白雲母, タルク
体質顔料-II (その他)	超微粒子状無水シリカ, 超微粒子状無水アルミナ, 重質炭酸カルシウム, 軽質炭酸カルシウム, 極微細炭酸カルシウム, 炭酸マグネシウム, 硫酸バリウム
白色顔料	二酸化チタン(アナターゼ形, ルチル形), 超微細二酸化チタン, 亜鉛華, リトボン
黒色顔料	黒酸化鉄, カーボンブラック

昭和 57.4.1 受理

Inorganic Pigments (Section I)

Inorganic Pigments of Black and White.

Fukuji Suzuki and Muneo Tanaka

* 株式会社資生堂研究所

横浜市港北区新羽町 1050 (〒223)

表-2 粘土鉱物の分類(層状構造)

層分類 項目	二層構造	三層構造		混合層
	カオリン型	雲母型	緑泥石型	
化学組成による分類	カオリン鉱物, 蛇紋石鉱物, チャモサイト, アメサイト, グリーナライト, クロノステダイト	滑石, パイロフェライト, 白雲母, 金雲母, 黒雲母, 海緑石, イライト, モンモリロナイト, パーミキュライト	ベンニン, クリノロール, プロクロライト, ダフナイト	アノーキザイト, ブラヴェイサイト

2. 体質顔料-I (粘土鉱物^{1~6)})

粘土鉱物は層状構造をとりその大部分がシリカ (Si), アルミ (Al) を主体としマグネ (Mg), 鉄 (Fe), アルカリ金属, アルカリ土類金属等を含む含水ケイ酸塩鉱物である。粘土鉱物の分類を表-2 に示す。表-2 のカオリン鉱物 (Kaolin minerals) には加水ハロイサイト, ハロイサイト, カオリナイト, デッカイト, ナクライト, クリソタイル, アンチゴライト等が含まれる。表-1 に示したカオリナイトやハロイサイトは二層構造型に分類され, 白雲母やタルク (滑石) は三層構造型に分類される。次にこれら顔料の製法や性質について述べる。

2.1 カオリナイト (Kaolinite)

カオリンは, 米国ジョージア州, イギリスコーンウォールから産出するものが良質のものとして世界的に知られている。これら良質なものをイギリスなどではチャイナクレーと呼ぶ。すなわち, カオリンという名称は, 古代中国において磁器原料として用いた純度の高い白色粘土を採掘していた Kauling (高嶺) に由来している。

日本では良質のものが得られないが, 北海道十勝, 栃木, 鹿児島等に産出する。カオリンの組成は含水ケイ酸アルミニウム ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$) であり, 結晶度の高いものは規則正しい六角板状を示すが, 結晶度の低いものは微細な不整板状となる。また生成過程, たとえば熱水または温泉作用で変質することによって一次カオリン (残留性) と一次カオリンが水などによって運ばれて沈積した二次カオリン (堆積性) に分けられる。米国ジョージアカオリンは後者, その他は前者に分類される。カオリンの製法には乾式法と湿式法とがあるが, 乾式法は不純物の除去が困難であり, 鉱床そのものの選択が直接品質に影響する。湿式法は乾式法より不純物の除去, 分級効率がよく, 化学処理も行なえるが, 精製工程が複雑となり, 価格は高くなる。カオリン中の不純物は石英, 長石, 雲母鉱物などである。良質のカオリンは焼成したとき白色を示す。加熱すると 400°C 付近から構造水を放

出し始め $500\sim 600^\circ\text{C}$ で脱水しメタカオリンに変化する。さらに加熱して $950\sim 1,000^\circ\text{C}$ になるとムライトが生成する。またクリストバライトは $1,200^\circ\text{C}$ 付近から生成しはじめる。

カオリンは, 製紙の充テン剤やコーティング剤として多量に用いられている。そのほかに印刷, ゴム充テン剤, 磁器, 医薬品, プラスチック, 化粧品等幅広く使用される。

2.2 ハロイサイト (Halloysite)

カオリナイトより結晶度が低く, 層構造に $4\text{H}_2\text{O}$ 分子を含む。ハロサイトの形態は, 細長い中空管状あるいは細長い木片状でカオリナイトと共存することが多い。ハロイサイトには加水型 (加水ハロイサイト) と脱水型 (メタハロイサイト) とがある。加水ハロイサイトの層間の水分子は加熱により容易に脱水してメタハロイサイトとなる。脱水は 60°C より始まり, 400°C までにはほぼ完全に脱水する。脱水にともない層間距離は短くなる。メタハロイサイトの結晶構造はカオリナイトにきわめて近似しているが, わずかに水分が多い。

日本での産出量はカオリナイトより加水ハロイサイトの方が多いため, 製紙用の充テン剤または塗料用として用いられるが, 陶磁器原料としては焼成収縮が大きいために変形や亀裂発生しやすいので主にメタハロイサイトが用いられる。

2.3 白雲母 (Muscovite)

雲母族には成分的に多くの種類があるが, 工業的に最も重要なのはカリ雲母に属する白雲母で, その化学式は $\text{KAl}_2(\text{Al}, \text{Si})_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ で表わされる。雲母の結晶は通常単斜晶系に属し, 淡紅色または緑色の六角板状をなして産出し, 底面 (001) に完全な劈開が発達し, 劈開片は容易に薄層にハク離され弾性に富むのが特徴である。白雲母は最も普遍的に分布し, また広い範囲の地質的条件下で存在する。微細な結晶状態では堆積岩, 変成岩および酸性火成岩中に含まれているが, 白雲母の鉱床は主としてpegmatite中に限られている。主要な産地はイン

ド、アメリカ、カナダ、ソ連で世界の大部分を占め、これに次いでマダガスカル、アルゼンチン、オーストラリア、中国、朝鮮などがある。日本では雲母劈開板として実用に供し得るものは全く産出しないのでインドやカナダから輸入している。

絹雲母 (Sericite) という名称もかなり聞かれるが、これは元来白雲母と同じで、微細な結晶片の集合塊をなし、乾燥物の表面が絹糸光沢を呈することから絹雲母の名が起ったようである。したがって絹雲母 (Sericite) は微細な白雲母 (Muscovite) を指すに過ぎない。

絹雲母は日本でもかなり産出される。その主要産地は秋田県花岡、新潟県村上、福島県胃土、茨城県日立などである。また静岡県伊豆粘土、石川県の服部陶石、山形県の板谷粘土に大量に含まれている。

白雲母は絶縁材料として用いられるが、絹雲母は製紙の充テン剤または塗料用として用いられる、合成ゴム用としては微粒子の絹雲母が用いられる。また窯業原料としては欠せられないものである。

2.4 タルク (Talc)

タルクの組成は含水ケイ酸マグネシウム ($Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$) で表わされ、通常微細な結晶の緻密塊または葉状粗品の集合塊をなして産出する。滑らかな触感に富むので滑石といわれる。良質のものは白色であるが、不純なものでは灰色や淡緑色を呈す。緻密塊状の滑石をわが国では石筆に用いたので石筆石 (Steatite) とも称し、外国では石鹼に混入したので石鹼石 (Soapstone) と呼んでいる。

タルク鉱石は広く世界各地に産出するが、国内産は鉄などの不純物が多く、白色度に劣る。高品質のタルク鉱石は中国、韓国、ソ連よりの輸入にたよっている。粒子形状は一般に鱗片状である。

鉱床から採掘した原鉱は、機械的に粉碎し分級して目的とする粒度分布、白色度などを整える。製紙用充テン剤として多量に用いられる、このほか窯業原料、ゴム、

図-1 粘土鉱物の示差熱分析

合成樹脂の充テン剤、絶縁材料、医薬用、化粧品等広く用いられる。

次にこれら4つの粘土鉱物 (カオリナイト、ハロイサイト、白雲母、タルク) の一般性質と粉体特性について述べる。

2.5 一般的性質

各粘土鉱物の組成、分子量、屈折率、比重、結晶系等を表-3に示す、また粘土鉱物は構造水を有しているため組成によって脱水温度が異なる。示差熱分析の結果を

表-3 粘土鉱物の一般的性質

項 目	カオリナイト	ハロイサイト	白 雲 母	タ ル ク
化 学 式	$Al_2Si_2O_5(OH)_4$	$Al_2Si_2O_5(OH)_4 \cdot 2H_2O$	$KAl_2(Si_3Al)O_{10}(OH)_2$	$Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$
分 子 量	258.2	294.2	398.4	379.4
性 状	白色微粉末	白色微粉末	白色微粉末	白色微粉末
結 晶 形	単斜晶系	単斜晶系	単斜晶系	単斜晶系
比 重	2.61	2.50	2.80	2.70
硬度(モース)	2.5	1~2	2.8	1~1.3
屈 折 率	1.561~1.566	1.528~1.542	1.552~1.588	1.539~1.589
pH	4.5~7.0	4.5~7.0	7.0~9.0	8.5~9.1

図-1 に示す。図-1 よりハロイサイトは 120°C 付近に吸熱ピークがみられる。このピークは層間水の脱水によるものでメタハロイサイトになる。570°C 付近のピークは結晶格子中に入っている OH の脱水によるもので、この結果非晶質なメタカオリンに変化する。カオリナイトの 600°C 付近の変化も同様な変化であることを示す。980°C 付近のピークはメタカオリンからムライト (Mullite, $\text{Al}_6\text{Si}_2\text{O}_{13}$), γ -アルミナが結晶することにより起こる。

白雲母の熱分解はほとんどみられず、1,000°C 付近で幾分脱水と思われる吸熱がみられる程度である。1,000°C で焼成した白雲母を X 線で調べると、脱水に伴って C 軸の膨脹がみられる。すなわち X 線の回折角度 (2 θ) が小角度側にシフトする。

図-2 粘土鉱物の X 線回折 (Cu-K α)

タルクは 930°C 付近に吸熱ピークを示して脱水し、Enstatite (MgSiO_3) が生成する。

粘土鉱物の X 線回折 (Cu-K α) を図-2 に示す。この回折線は良質の粘土鉱物について示したものであるが、粘土鉱物は産地によって不純物の種類や量が異なる。たとえばタルクの良質なものは中国、韓国、ソ連であるが、これらのタルクにも Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO 等が含まれている。また化学式の異なった石綿 (Asbestos), 特に温石綿 (Chrysotile Asbestos, $\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$) が混入している場合もある。このように粘土鉱物は産地によって異なるため用途に応じて十分分析して利用しないと品質のよい製品ができない。次に顔料用として市販されている粘土鉱物の粉体特性を表-4 に示す。粉体特性は粉砕分級による粒子径の違いによって異なるので、各特性値には幅ができる。

粘土鉱物の主要メーカーは、浅田製粉、松村産業、日本タルク、土屋カオリン、国峰礦化、九州タルク、林化成、白石工業、白石カルシウム、等である。

3. 体質顔料-II (その他)⁵⁻⁶⁾

粘土鉱物と同様に屈折率、隠ぺい力、着色力が小さいが主に合成して得られる顔料について述べる。

3.1 炭酸カルシウム (Calcium Carbonate)

工業用炭酸カルシウムには、重質 (Heavy), 軽質 (Light), 極微細 (Ultrafine) の 3 種類に分けられる。また炭酸カルシウムの結晶にはカルサイト、アラゴナイトおよびバテライトの 3 種類の同質異像がある。天然には石灰石、白亜および大理石などの形として多量に産出し、特に結晶の大きいものは方解石 (Calcite) と呼ばれている。石灰石および大理石は方解石の微結晶からできている。白亜は石灰石の土状のものである。重質炭酸カルシウムは石灰石を機械的に粉砕することによって製造され、乾式粉砕と湿式粉砕がある。乾式は粗晶石灰石または糖晶石灰石と呼ばれるあらい結晶原石の粉砕、湿式はかなり緻密な結晶状態の原石の粉砕に用いる場合が多い。原料として用いる粗晶石灰石は、秩父古生層などに属する緻密質石灰石が地熱による熱気変化を受けて再結

表-4 粘土鉱物の粉体特性

項 目 \ 鉱 物	カオリナイト	ハロイサイト	白 雲 母	タ ル ク
嵩 密 度 (g/ml)	0.2~0.5	0.1~0.4	0.3~0.8	0.5~0.8
粒 度 (μm)	0.5~3.5	0.05~1	3~25	2~8
比表面積 (m^2/g)	15~30	20~40	2~15	3~15
安息角 (度)	45~55	50~60	55~65	40~50
吸油量 (ml/100 g)	32~45	40~70	30~50	30~40

表-5 炭酸カルシウムの一般的性質

項 目	重 質	軽 質	極 微 細
化 学 式	CaCO ₃	CaCO ₃	CaCO ₃
分 子 量	100.09	100.09	100.09
性 状	白色微粉末	白色微粉末	白色微粉末
結 晶 形	六 方 晶 系	六方晶系・斜方晶系	六 方 晶 系
比 重	2.71	2.60~2.70	2.60
屈 折 率	1.48~1.65	1.530~1.658	1.486~1.658
硬 度 (モース)	3~4	3~4	3
pH	9.2	9.6~11.0	8.4~9.6
分 解 温 度 (°C)	825	825	825
水 溶 解 度	0.0014(25°C) 0.0018(75°C)	0.0014(25°C) 0.0020(100°C)	0.0014(25°C) 0.0018(75°C)
溶 解 性	炭 酸 水 酸塩化アンモン	炭 酸 水 酸塩化アンモン	炭 酸 水 酸塩化アンモン

晶し、外観上砂糖のような微細な結晶質集合体を形成した純度の高い粗晶石灰石を衝撃粉砕機などで乾式粉砕、分級したのがわが国では大部分である。結晶はカルサイトで粉砕の条件によって粒度も違うので用途によって幅がある。湿式粉砕品は、白亜のほかに貝殻を原料とした胡粉がある。一般に湿式粉砕の方が粒度分布もシャープで表面活性もなく分散性もよいとされている。

軽質炭酸カルシウムは化学的方法によって製造される沈降性炭酸カルシウムで、その製法は炭酸ガス化合法と炭酸塩溶液化合法がある。わが国はほとんど前者である。

炭酸ガス化合法は純度の高い緻密質石灰石を粗細して石灰釜に投入し、燃料を混合して焼成し生石灰とする。これを水和して石灰乳とし、水ひして不純物を除き精製する。これに焼成時に発生する炭酸ガスとを反応させ炭酸化する。反応条件を変えることによって各種の炭酸カルシウムを得る。これら軽質炭酸カルシウムは石灰石を機械的に粉砕した重質炭酸カルシウムより粒度分布がシャープである。軽質というのは見掛容積が大きく、嵩の高い粉末という意味である。

極微細炭酸カルシウムは化学的方法によって製造される沈降性炭酸カルシウムで、炭酸ガス化合法によって反応速度が比較的速くなるような条件でつくられるコロイド性炭酸カルシウムである。重質や軽質炭酸カルシウムに比較して粒子径が100分の1程度であることから乾燥工程でコロイド粒子が互いに凝集したり、集塊をつくったりするので乾燥する前に、脂肪酸、樹脂酸またはリグニンやそれらの塩で表面処理する。このように表面処理したものは活性化されるので活性炭炭酸カルシウムとも

図-3 炭酸カルシウムのX線回折 (Cu-K α)

呼ばれる。

炭酸カルシウムの一般的性質を表-5に示す。また同質異像のX線回折を図-3に示す。重質炭酸カルシウムはカルサイト結晶であり、アラゴナイト結晶は真珠、サンゴや貝殻として存在するが、化学的方法で生成する軽質炭酸カルシウムや極微細炭酸カルシウムはカルサイト結晶が主でアラゴナイト結晶はわずかにみられる程度で

(A) 10 μ m (光 顕) $\times 1,000$

(B) 1 μ m (走査型電顕) $\times 25,000$

写真-1 球状炭酸カルシウム (パテライト結晶)

ある。パテライト結晶は特殊な条件で生成する。たとえば炭酸ナトリウム水溶液に塩化カルシウム水溶液をカクハンせずに、少しずつ加えると膠質粒子が集合して球状の炭酸カルシウムが形成する。このものはパテライト結晶になる。粒子状態を写真-1 (A, B) に示す。次に市販されている炭酸カルシウムの粉体特性を表-6 に示す。

炭酸カルシウムの主要メーカーは、白石工業、日東粉化、三共精粉、丸尾カルシウム等である。

3.2 超微粒子状シリカ (Silicon Dioxide)

超微粒子状シリカはケイ酸ナトリウムを原料とする湿式製造法と四塩化ケイ素を酸水素炎中で加水分解する乾式(気相)製造法とがある。これら超微粒子状シリカはホワイトカーボンと称されている。前者の方法で製造したものは含水ケイ酸で通常「カープレックス」「ニブシン」「トクシル」などの商品名で市販されている。後者の方法で製造したものは無水ケイ酸で通常「アエロジル」の商品名で市販されている。無水ケイ酸は含水ケイ酸に比較して吸着水分が少ないという意味で通常は1%前後の水分を含んでいる。また純度もきわめて高く粒子はほとんど完全な球状で、かつ粒度がそろい、凝集性が少なく、嵩密度が小さく、分散性にすぐれている、製造条件を変えることにより各種の粒径のものがつくられる。無水ケイ酸は有害な物質を含まず構造が無定形であることから産業衛生上問題なく、塗料、樹脂、化粧品、医薬品等の添加剤として使用される。また諸外国では食品添加物として認定され、食品の流動性改善、固結防止剤として広く利用されている。無水ケイ酸を液体中に分散した場合、粒子表面のシラノール基(約 $100 \text{ \AA}^2$ の表面上に大体3個のシラノール基)の働きによって粒子が網の目状に結合し、すぐれた構造粘性を示し、製造工程や加工工程で必要とされるチクソトロピー性を付与する。

含水ケイ酸の用途はゴム用、農業用に用いられる。特にゴム充テン剤として用いるとカーボンブラックに代る性質を持っていることからホワイトカーボンと称している。農業用の分野では吸油能、水中での懸濁液の安定性を生かし、液状農薬の担体や水和剤の増量剤、粒剤の附着防止剤などとして多用される。

無水ケイ酸と含水ケイ酸の一般的性質を表-7 に示し、粉体特性を表-8 に示す。

表-6 炭酸カルシウムの粉体特性

項 目	重 質	軽 質	極 微 細
粒 度 (μm)	0.3~8	1~6	0.02~0.08
比表面積 (m^2/g)	1.5~4.0	5~6	20~90
嵩 密 度 (g/ml)	0.9~1.3	0.4~0.6	0.6~0.7
安息角(度)	45	59	46
ほう潰角(度)	40	42	29
分散度(%)	8	10	55
凝集度(%)	49	93	2
流動性	不 良	非常に悪い	あまり良くない
吸油量 ($\text{ml}/100\text{g}$)	19~22	42~45	25~36

表-7 超微粒子状シリカの一般的性質

項 目	無 水 ケ イ 酸	含 水 ケ イ 酸
化 学 式	SiO ₂	SiO ₂
分 子 量	60.06	60.06
性 状	白色微粉末	白色微粉末
結 晶 形	非 晶 質	非 晶 質
比 重	2.2	1.9~2.2
屈 折 率	1.45	1.45
105°C 乾燥減量 (%)	1.5	1~10
pH (5% 分散)	3.6~4.2	3~11
乾燥後の灼熱 (1,000°C) 減量 (%)	1	4~6
溶 解 性	フッ化水素酸と強アルカリに可溶	フッ化水素酸と強アルカリに可溶

表-8 超微粒子状シリカの粉体特性

項 目	無水ケイ酸	含水ケイ酸
粒 度 (μm)	0.008~0.06	0.01~0.04
比表面積 (m ² /g)	50~380	50~300
嵩 密 度 (g/ml)	0.06~0.12	0.05~0.3
吸 油 量 (ml/100g)	100~300	50~300
安 息 角 (度)	30~70	55~60

表-10 酸化アルミニウムの粉体特性

項 目	アルミナ	超微粒子状
粒 度 (μm)	0.6~4.5	0.02~0.04
比表面積 (m ² /g)	2~20	85~120
嵩 密 度 (g/ml)	0.5~0.7	0.05~0.08
吸 油 量 (ml/100g)	20~35	250
充テン密度 (g/ml)	1.0~1.2	0.5~0.7

超微粒子状シリカの主要メーカーは日本アエロジル、塩野義製薬、多木化学、徳山曹達、日本シリカ、水沢化学等である。

3.3 酸化アルミニウム (Aluminium Oxide)

酸化アルミニウムの製造にはボーキサイトを熱苛性ソーダーで処理するパイヤー製造法と塩化アルミニウムを気化し酸水素炎中で燃焼加水分解して作られる気相製造法がある。前者の方法はいったん水酸化アルミニウム (Al(OH)₃) の結晶を作り、これをロータリーキル等で高温焼成して作るのが一般的で粒子径も大きい。後者の方法は燃焼加水分解で作られるため超微粒子状無水酸化アルミニウムとなり、一次粒子がきわめて細かく、しかも球形で化学的純度も高く、嵩が大きく、分散性にすぐ

れている。結晶構造は前者がαなのに対して後者は大部分がγでごくわずかにδが含まれている。また、超微粒子状無水酸化アルミニウムは非常に強く正に帯電する傾向にあり、多くの粉体が負に帯電するのに対照的である。従って種々の粉体と混合した場合、その帯電特性を大きく変化させることができる。極性の強い液体中では負に帯電した表面を持つ物質と凝集物を持ち、超微粒子状無水シリカのような増粘剤の特性を改善する。また、織物や繊維製品の表面を処理すると、ほこりや“毛玉”を減少させる効果もある。酸化アルミニウムの一般的性質を表-9に、粉体特性を表-10に、X線回折を図-4に各々示す。超微粒子状アルミナは粒子が小さいために回折ピークの幅が広い、またこの回折線からγとδの混合であ

表-9 酸化アルミニウムの一般的性質

項 目	ア ル ミ ナ	超 微 粒 子 状
化 学 式	Al ₂ O ₃	Al ₂ O ₃
分 子 量	101.94	101.94
性 状	白 色 粉 末	ゆるい帯青白色微粉末
結 晶 形	α-菱面晶系	γ-立方晶系, δ-正方晶系
比 重	3.95~4.00	3.3
屈 折 率	1.760~1.768	1.680~1.722
105°C 乾燥減量 (%)	0.1	5
溶 解 性	酸・アルカリに極微溶	酸・アルカリに極微溶

図-4 酸化アルミニウムのX線回折 (Cu-K α)

った。アルミナの主要メーカーは昭和電工, 日本アエロジル, 日本軽金属, 住友化学, 三井アルミナ, 岩谷産業等である。

3.4 炭酸マグネシウム (Magnesium Carbonate)

天然には菱苦土鉱 (Magnesite) MgCO_3 および白雲石 (Dolomite) $\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$ などの形として産出する。ところが人工的にこれを得ようとしてマグネシウムの可溶性塩の水溶液に, アルカリの炭酸塩を加えたのではいろいろの組成を持った塩基性炭酸塩 (Basic Carbonate) $x\text{MgCO}_3 \cdot y\text{Mg}(\text{OH})_2$ が沈殿してきて, MgCO_3 のような組成を持った中性塩は得られない。これは中性の炭酸マグネシウムは純水の中で加水解離 ($\text{Mg}_2(\text{OH})_3\text{CO}_3$) して分解するからである。従って中性の炭酸マグネシウムを得るためには過剰の炭酸ガスが必要となる。このようなことから, 天然に産出する菱苦土鉱や白雲石は炭酸ガスの分圧がきわめて大きな状態のもとにあって

生成する。中性炭酸マグネシウムは加水解離して分解することから工業用材料として製造されているのは塩基性炭酸マグネシウムである。塩基性炭酸マグネシウムは $4\text{MgCO}_3 \cdot \text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ の組成で製造方法は, カルシウムイオンを除去した苦汁に炭酸アンモニウム溶液を反応させ, 正炭酸マグネシウムの針状結晶を生成し, これを熱分解する方法 (炭安法・徳曹法) と, 水酸化マグネシウムのスラリーに炭酸ガスを吹込む方法 (水マグ法) がある。反応条件によって嵩密度の小さいものと大きいものができるので軽質と重質に大別できる。塩基性炭酸マグネシウムの一般的性質を表-11 に, 粉体特性を表-12 に, X線回折を図-5 に各々示す。炭酸マグネシウム

表-11 塩基性炭酸マグネシウムの一般的性質

項 目	性 質
化 学 式	$4\text{MgCO}_3 \cdot \text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
分 子 量	467.6
性 状	白色微粉末
結 晶 形	単斜晶系
比 重	2.1~2.3
屈 折 率	1.52~1.53
分 解 温 度(°C)	300~350
105°C 乾燥減量(%)	1~3
pH (5% 分散)	9~11
溶 解 性	0.025 (25°), 0.57 (100°C) 酸, アンモニア塩に可溶

表-12 塩基性炭酸マグネシウムの粉体特性

項 目	特 性
嵩 密 度 (g/ml)	0.1~0.3
粒 度 (μm)	0.5~3
比 表 面 積 (m^2/g)	10~50
安 息 角 (度)	40~70
吸 油 量 ($\text{ml}/100\text{g}$)	50~150

図-5 塩基性炭酸マグネシウムのX線回折 (Cu-K α)

表-13 硫酸バリウムの一般的性質

項 目	バ ラ イ ト 粉	沈 降 性
化 学 式	BaSO ₄	BaSO ₄
分 子 量	233.43	233.43
性 状	白 色 粉 末	白 色 微 粉 末
結 晶 形	斜 方 晶 系	斜方晶系, 重晶石型
比 重	4.47~4.49	4.47~4.49
屈 折 率	1.636	1.64
分 解 温 度 (°C)	1,200	1,200
溶 解 性	0.000115 (0°), 0.000285 (30°) 濃硫酸に可溶	0.000115 (0°), 0.000285 (30°) 濃硫酸に可溶

表-14 硫酸バリウムの粉体特性

項 目	バライト粉	沈 降 性
粒 度 (μm)	2~5	0.5~1.5
比表面積 (m ² /g)	0.5~2	1.5~4.5
嵩 密 度 (g/ml)	0.4~0.66	0.36~0.56
吸 油 量 (ml/100g)	12~18	14~18

の主要メーカーは徳山曹達, 神島化学, 旭硝子等である。

3.5 硫酸バリウム (Barium Sulfate)

天然には重晶石 (Barite) としてアメリカ各地に産出する。純粋なものは無色であるが, 不純物を含むと着色する。硫酸バリウムの合成には重晶石を粉碎したもの (バライト粉) と可溶性塩より合成する2つの方法がある。後者は沈降性硫酸バリウムで, ①塩化バリウムと硫酸, ②塩化バリウムと芒硝, ③炭酸バリウムを塩酸に溶かしてこれに硫酸を加える, ④重晶石を濃硫酸に溶解し水で希釈後硫酸バリウムを沈殿させる, ⑤重晶石の還元焙然によって得られた硫酸バリウムと芒硝との反応などの方法によって作られる。

硫酸バリウムは白色度がきわめて高く, また高度に精製した沈降性硫酸バリウムは均一な微粒子であることから塗料, 印刷インキ, アート紙, バライタ紙のコーティング剤, 蓄電池の極板充てん剤などに用いられる。特殊な用途としてはX線を吸収することおよび無毒なことを利用して, レントゲン写真造影剤に使用される。硫酸バリウムの一般的性質を表-13に, 粉体特性を表-14に各々示す。硫酸バリウムの主要メーカーは堺化学, 三菱瓦斯化学, 日本化学等である。

4. 白 色 顔 料⁵⁻⁶⁾

4.1 二酸化チタン (Titanium Dioxide)

酸化チタンの最初の発見は, 1789年にイギリス人, William Gregor によって Cornwall 産の砂鉄の一種で

あるメナカナイト (Menacanite) の中から新しい物質の酸化物 (今日の酸化チタン) を発見し, メナカナイトにちなんでメナシン (Menachine) という名称を与えた。ところが, これとは全く独立に 1795年にドイツの化学者 M. H. Klaproth はハンガリー産の金紅石すなわちルチル (Rutile) が新しい金属酸化物であることを知り, この金属にチタン (Titan) と命名した。チタンという名称はここに始まるが, ラテン名のチタニウムはギリシャ神話の巨大な神々チタネス (Titanes) に由来している。チタンは天然には, 主として二酸化チタン TiO₂ の形として存在するが, これにはいろいろの種類があり, 一番普通のものが金紅石すなわちルチルである。この他に銳錐石 (アナターゼ) や板チタン石 (ブロカイト) がある。天然に産出する酸化チタンは, たいてい酸化鉄を含んで着色している。また, これとは反対に鉄鉱の中にはしばしば多量の酸化チタンを含むことがあるが, その中にはチタン鉄鉱 (Titaneisen) すなわちイルメナイト (Ilmenite) FeTiO₃ のように特殊の鉱石をなすものもある。このほかの鉱石としてはペロースカイト (Perowskite) CaTiO₃ やチタナイト (Titanite), すなわちセツ石 (Sphene) CaO·TiO₂·SiO₂ などがある。時には鉱床を形成するものもあるが, 原料的価値のあるものはなく, 経済的には金紅石とチタン鉄鉱である。また二酸化チタンには金紅石のほかに銳錐石 (Anatase) と板チタン石 (Brookite) も産出する。

酸化チタンが顔料として用いられるようになったのは 20 世紀に入ってからである。1916年に Titanium Pigment Company によって世界で始めて硫酸法酸化チタンの工業的製造法に成功した。当初の酸化チタンはアナターゼ型酸化チタンと硫酸バリウムの複合顔料であったが, 1920年後半に純度 96~99% のアナターゼ型酸化チタンが開発され, さらに 1940年にはルチル型酸化チタンが開発された。

酸化チタンの工業的製造法には, 前記の硫酸法のほか

表-15 酸化チタンの一般的性質

項 目	ル チ ル (金 紅 石)	ア ナ タ ー ゼ (鋭 錐 石)	超 微 粒 子 状
化 学 式	TiO ₂	TiO ₂	TiO ₂
分 子 量	79.90	79.90	79.90
性 状	白色微粉末	白色微粉末	ゆるい白色微粉末
結 晶 形	正 方 晶 系	正 方 晶 系	正 方 晶 系
格 子 定 数 $a\text{\AA}$	4.58	3.78	(アナターゼ, 60) (ルチル, 40)
" $c\text{\AA}$	2.95	9.49	
比 重	4.2	3.9	4.0
屈 折 率	2.71	2.52	2.60
硬 度 (モース)	6.0~7.0	5.5~6.0	—
pH (5% 分散)	6.0~7.5	5.5~7.5	3.0~4.0
105°C 乾燥減量(%)	0.2	0.2	1.5
融 点 (°C)	1,825	ルチルに転移	ルチルに転移

表-16 酸化チタンの粉体特性

項 目	ル チ ル	アナターゼ	超微粒子状
粒 度 (μm)	0.3~0.4	0.2~0.3	0.03~0.05
比表面積 (m^2/g)	8~20	10~25	35~55
嵩 密 度 (g/ml)	0.3~0.4	0.2~0.3	0.08
吸 油 量 ($\text{ml}/100\text{g}$)	17~33	17~25	120

に塩素法や酸水素炎中で四塩化チタンを加水分解することによって製造される気相法がある。塩素法酸化チタンの製造法は、工業的には 1957 年に米国 DuPont 社が始めてで、その後 1965 年米国の American Potash 社が企業化に成功し、わが国においても同社の技術を導入した石原産業(株)が 1975 年より塩素法酸化チタンを製造した。

酸化チタンは白色顔料中最も屈折率が高く、粒度が細かいので白色度、隠ぺい力、着色力などの光学的性質にすぐれている。さらに光や熱、耐薬品性にもすぐれていることから、わが国の白色顔料中 70% をしめている。現在国内外で市販されている酸化チタンはルチル、アナターゼ、超微粒子状の 3 つに大別することができる。各々の一般的性質を表-15 に、粉体特性を表-16 に、X線回折を図-6 に各々示す。図-6 で超微粒子酸化チタンのアナターゼの回折線が幅広いのは、粒子が非常に微細なために起こる。また超微粒子状酸化チタンは嵩密度が小さく、分散性がすぐれているので顔料用酸化チタン（ルチル形、アナターゼ形）とはまったく異なった性質を示す。更に粒子径が光の波長の十分の 1 と小さいために着色力や隠ぺい力が小さい。従って色相に影響を与えることが少ないので製品の特長が改善できる。たとえば化粧品に添加された場合、隠ぺいせず透明性のすぐれた自

図-6 酸化チタンのX線回折 (Cu-K α)

然な仕上がり得られ、有害な紫外線を効果的に吸収する。

酸化チタンの主要メーカーは石原産業、堺化学工業、チタン工業、帝国化工、東北化学、富士チタン、古河鉱業、日本アエロジル等である。

4.2 亜鉛華 (Zinc Oxide)

亜鉛華は 1781 年に Courtois によって最初につくり出されたが、工業的に製造されるようになったのは 1845 年の Leclair 以来である。無毒性のため白色顔料として鉛白に代って使用され、酸化チタンが出現するまでは

白色顔料の王座を占めていた。

亜鉛の鉱石としては閃亜鉛鉱 (Zincblende) ZnS , 菱亜鉛鉱 (Smithsonite) ZnCO_3 , 異極鉱 (Calamine) $\text{Zn}_2\text{SiO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, 紅亜鉛鉱 (Zincite) ZnO である。わが国における亜鉛の鉱石は、製練の困難な閃亜鉛鉱を主とするものであって、宮城県細倉、岐阜県神岡、兵庫県生野、新潟県葡萄および島根県鯉淵などをおもな鉱山としている。世界における亜鉛の産地は米国およびベルギーである。

亜鉛華の製造方法には乾式法 (蒸留法) と湿式法 (電解法) がある。乾式法はさらに間接法 (フランス法) と直接法 (アメリカ法) に分けられる。間接法は亜鉛金属をレトリットに入れ加熱 (約 $1,000^\circ\text{C}$) 蒸発させ蒸気をノズルより噴出させ燃焼室内で空気と接触させ酸化させる方法で、直接法は亜鉛金属の代りに直接亜鉛鉱石を加熱還元し発生した亜鉛蒸気を酸化する方法である。いずれも亜鉛蒸気に空気を接触させ白黄色の炎を発生し、煙霧状の酸化亜鉛が生成するのでこれを冷却捕集する。直接法に比べ間接法で製造されたものは高純度であり特に電子写真用、医薬、化粧品用に用いられる。

なお、他に塩基性炭酸亜鉛の沈殿を仮焼分解することによって微細な比表面積の大きい酸化亜鉛を得る方法もあるが、これらを湿式亜鉛華または活性亜鉛華と呼ぶ。

亜鉛華の一般的性質を表-17 に、粉体特性を表-18 に示す。亜鉛華の主要メーカーは堺化学、正同化学、東邦亜鉛、三井金属、白水化学、本荘ケミカル、東京化学精

表-17 亜鉛華の一般的性質

項 目	性 質
化 学 式	ZnO
分 子 量	81.37
性 状	白色微粉末
結 晶 形	六方晶系、ウルツ鉱型
比 重	5.47~5.78
屈 折 率	2.00~2.02
融 点 ($^\circ\text{C}$)	1,800
溶 解 性	0.00042 (18°) 酸、アルカリ、塩化アンモンに可溶

表-18 亜鉛華の粉体特性

項 目	特 性
粒 度 (μm)	0.2~1.0
嵩 密 度 (g/ml)	0.25~0.35
比 表 面 積 (m^2/g)	4.5~5.5
安息角 (度)	45~50
吸 油 量 ($\text{ml}/100\text{g}$)	10~15

練、日本化学等である。

4.3 リトポン (Lithopone)

体質顔料の硫酸バリウムを顔料として用いる際に、硫酸バリウムだけを使ったのでは、被覆力が十分でないので硫化亜鉛 (ZnS) を加えて被覆力を大きくして白色顔料として鉛白の代りに使用される。

リトポンは 1847 年にその製造方法が発明され、その後、1874 年 J. B. Orr が製造特許を得て工業的に製造を始めた。この製造方法は重晶石を還元焙焼、水浸出して得られる硫酸バリウム液と硫酸亜鉛液とを反応させ沈殿として得る。顔料用にはこの沈殿を水洗乾燥後、反射炉あるいはロータリーキルンで空気を断って 800°C 程度で焼成し、水中急冷することにより無定形の硫化亜鉛を結晶化させ、粗大粒子を粉碎して隠ぺい力を大きくする。硫化亜鉛と硫酸バリウムの比率は製造原料の調整により種々変えられるが、一般的には当モル品 (ZnS 30 wt%, BaSO_4 70 wt%) が作られる。

リトポンは純白色で隠ぺい力、着色力が大きく、塗料、ゴム、リノリウム、印刷インク、絵具等に代表的な白色顔料として広く用いられていたが、酸化チタンの出現によりその需要は減少し、現在国内では生産されていないので輸入している。リトポンの一般的性質を表-19 に、粉体特性を表-20 に示す。

5. 黒 色 顔 料⁹⁾

5.1 黒酸化鉄 (Black Iron Oxide, Ferrosoferric Oxide)

鉄は青銅とともに、われわれ人類によって最も古くか

表-19 リトポンの一般的性質

項 目	性 質
化 学 式	$\text{ZnS} + \text{BaSO}_4$
性 状	白色微粉末
屈 折 率	1.7~2.25
比 重	4.2~4.3
溶 解 性	水に不溶 酸に硫化亜鉛可溶

表-20 リトポンの粉体特性

項 目	特 性
粒 度 (μm)	0.5~3.0
嵩 密 度 (g/ml)	0.40
比 表 面 積 (m^2/g)	2~5
安息角 (度)	40~50
吸 油 量	12~16

ら用いられていた金属のひとつで、その理由は、このものが砂鉄の形として産出され、容易かつ多量に入手できるためであると思われる。天然に金属のままの形として産出することは、地球上においてはまれであるが、隕石 (Meteorite) の中にはしばしば多量に含まれることがある、これを特に隕鉄 (Meteoric iron) ともいう。

鉄の鉱石の種類はすこぶる多いが、現在製鉄の原料として用いられているのは、磁鉄鉱 (Magnetite) Fe_3O_4 、赤鉄鉱 (Hematite) Fe_2O_3 、褐鉄鉱 (Limonite) $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 、菱鉄鉱 (Siderite) FeCO_3 等であるが、わが国においては菱鉄鉱は鉄鉱として採取されない。

黒酸化鉄は、鉄黒とも呼ばれ磁鉄鉱からなり、強磁性を持っているだけでなく電気をよく導くものである。

顔料として用いているものは人工的に製造している。製造方法には次に示すようないくつかの方法がある。

① 硫酸第一鉄や塩化第一鉄の水溶液に水酸化アルカリを加えて水酸化鉄の沈殿を作り加熱カクハンしながら空気を吹込むと生成する。

② 水酸化アルカリを一度に加えず一定の pH を維持するように連続的に加えながら空気を送入する。

③ 硫酸第一鉄と硫酸第二鉄あるいは、塩化第一鉄と塩化第二鉄を Fe^{2+} 対 Fe^{3+} 対の比を 1 対 2 になるように混合した溶液を加熱カクハンしながらアルカリ水溶液に注ぐと生成する。

④ 結晶核を加え、金属鉄の存在で $80 \sim 100^\circ\text{C}$ に加熱した電解質水溶液に空気を吹込んで生成する。

⑤ ニトロベンゼンを金属鉄で還元する際に副生させる。

⑥ あらかじめオキシ水酸化鉄 (針鉄鉱, Goethite) FeOOH やベンガラ (赤鉄鉱, Hematite) Fe_2O_3 を湿式法で生成し、このものを真空または水素等により加熱還元して生成する。

黒酸化鉄の発色は Fe^{2+} 、 Fe^{3+} の錯体外の鉄イオンが電子を交換しやすいことによると考えられている。製造条件のちがいで立方状～球状に近いものが得られるが、オキシ水酸化鉄を還元して得られるものは針状の形骸粒子となる。粒子形状や大きさを制御することによって青味や赤味をおびた黒酸化鉄が得られる。加熱すると、粒形、大きさ、製造履歴によって異なるが 200°C 付近から 400°C で $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ に、更に 500°C から 700°C で $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ に結晶が変化し、色も黒から褐色、赤色と変化する。従ってあまり熱のかかるところでは使用できないが熱に対する安定性を改善するため表面処理した

り、マンガン等を添加することがある。

黒酸化鉄は天然の磁鉄鉱と同型の結晶で、逆スピネル型構造のフェリ磁性を示す一種の半導体である。

黒酸化鉄は耐光性に強くアルカリ性にも強い、またさ

表-21 黒酸化鉄の一般的性質

項 目	性 質
化 学 式	Fe_3O_4
分 子 量	231.54
性 状	黒 色 微 粉 末
結 晶 形	等 軸 晶 系
比 重	5.2
屈 折 率	2.42
融 点 ($^\circ\text{C}$)	1,538
硬 度 (モース)	5.5~6.5
溶 解 性	水、アルコールに不溶 酸に可溶

表-22 黒酸化鉄の粉体特性

項 目	特 性
粒 度 (μm)	0.2~1.2
高 密 度 (g/ml)	0.1~1.0
比 表 面 積 (m^2/g)	2~30
嵩 息 角 (度)	40~70
吸 油 量 ($\text{ml}/100\text{g}$)	20~60

図-7 黒酸化鉄の示差熱分析

図-8 黒酸化鉄のX線回折 (Cu-K α)

び止め力があることから各種の塗料, 印刷インキ, 紙幣, 合成樹脂, 化粧品等に広く使用されている。黒酸化鉄の一般的性質を表-21 に, 粉体特性を表-22 に, 示差熱分析結果を図-7 に, X線回折を図-8 に各々示す。

黒酸化鉄の主要メーカーはチタン工業, 戸田工業, 利根産業, 酸鉄工業, 東洋色素工業, 大同化成, 日本鉄化等である。

5.2 カーボンブラック (Carbon Black)

塗料, 印刷インキおよびゴムなどの工業に使用する“すす”をカーボンブラックまたはランプブラックと呼んでいる。すす(煤)は紀元前から工業的に製造されていたが, 古代技術は中国で発達し, 朝鮮, 日本に渡来した。中国では昔から墨の原料として多量に生産されていた, 当初は青松を燃やして製造していたが, 松材が不足して次第に桐油やその他の植物油を原料とするようになり, 1,000 年ごろには石油からつくったとも伝えられている。わが国では戦前まで油煙, 松煙があった。

煤の近代工業の大型化は, 主として米国で発展した。印刷術の発達によって, 新たな大きい需要ができたことと, 豊富な天然ガスを原料とする製造方法が発明されたためである。カーボンブラックという名称は 1870 年代に初めて天然ガスから製造した煤を市販したときの商品名であった。

1912 年にイギリスおよびアメリカで, カーボンブラックをゴムに配合するとゴムが強くなることを発明して以来, ゴムの補強剤として使用されるようになった。アメリカで天然ガスが不足のため石油から製造する方法が開発された。石油は世界のどこの国でも入手できる原料

であることから, この産業のアメリカ独占の理由がなくなり, 各国で生産されるようになった。わが国ではクレオソート油, 石油, 天然ガス, 石炭ガス, 炭鉱ガスおよびアセチレンガスなどを原料として製造している。

カーボンブラックは, 単一の結晶ではなく, 超微結晶数千個が, ほぼ球状に集結して 1 個の粒子を形成し, さらにそれが数個つながった特殊の粉末である。

現在, 市販されているカーボンブラックは数十種類あり用途によって性質が異なる。

製造方法について一般的な分類をすると次の通りである。

これらの製造方法の特徴は, サーマルブラック法は天然ガスを耐火煉瓦の チェッカー 構築物中で熱分解させる。アセチレンブラック法はアセチレンを発熱分解させる。チャンネルブラック法は天然ガス, タウンガスや炭化水素を原料とし, 部分燃焼させて冷たい面に衝突させる。ファーネスブラック法は天然ガスや石油留分を原料として高温ふん囲気に保たれ密閉式反応炉中に, 原料を噴霧し, 熱分解する。ランプブラック法はコールタール留分や石油留分を原料として部分燃焼を行なう。

カーボンブラックは非常に幅広い分野に利用されている。それぞれの用途に適合されるべく多品種のカーボン

表-23 カーボンブラックの一般的性質

項 目	サ ー マ ル	アセチレン	チャ ン ネ ル	フ ェ ー ネ ス
組 成 炭 素 (%)	99	99.6	91~97	95~99
酸 素 (%)	0.1	0.13	3~8	0~4
水 素 (%)	0.6	0.04	0.5~1	0.05~0.8
灰 分 (%)	0.3	0.20	0.05	0.01~1.0
比 重	1.80~1.90	2.26	1.74~1.79	1.75~1.85
性 状	黒色微粉末	黒色微粉末	黒色微粉末	黒色微粉末

表-24 カーボンブラックの粉体特性

項 目	サ ー マ ル	アセチレン	チャ ン ネ ル	フ ェ ー ネ ス
粒 度 (μ)	310	5~95	26	20~60
比 表 面 積 (m^2/g)	7	50~350	80~460	30~150
嵩 密 度 (g/ml)	0.4	0.1~0.3	0.1~0.3	0.1~0.3
pH	7~10	—	3~5	7~10
加 熱 減 量 (%)	0.1	0.15	3.0	0.3~0.4

1 μm ×30,000
a) ジョージアカオリン

1 μm ×15,000
d) 重質炭酸カルシウム (白石工業)

1 μm ×10,000
b) インドマイカ

1 μm ×25,000
e) 塩基性炭酸マグネシウム (合成)

4 μm ×5,000
c) 中国産タルク

0.5 μm ×40,000
f) 硫酸バリウム (堺化学)

0.1 μm

$\times 100,000$

g) 超微粒子状無水アルミナ (日本アエロジル)

0.2 μm

$\times 50,000$

j) 黒酸化鉄, 立方形~球形 (チタン工業)

0.1 μm

$\times 100,000$

h) 超微粒子状無水ケイ酸 (日本アエロジル)

0.5 μm

$\times 50,000$

k) 黒酸化鉄, 針状 (戸田工業)

0.2 μm

$\times 100,000$

i) 二酸化チタン, ルチル形 (石原産業)

0.1 μm

$\times 100,000$

l) カーボンブラック (チャンネルブラック)

ブラックが市販されている。一般的には黒さのレベルにより分離され、粒子の大きさも異なる。またカーボンブラックは粒子径の他に表面の性質、粒子の鎖状（ストラクチャー）も考慮して用途別に利用される。用途は黒色、あるいは灰色の着色を必要とする分野、たとえば新聞インキ、印刷インキ、各種プラスチック、塗料、墨、墨汁、紙、繊維、コンクリート、ポリマーの紫外線による劣化防止剤、電導性付与剤、炭素材等にも利用される。カーボンブラックの一般的性質を表-23に、粉体特性を表-24に示す。カーボンブラックの主要メーカーは電気化学工業、揖斐川電工、旭カーボン、AAケミカル、東海製造、東洋コンチネンタルカーボン、日鉄化学工業、北炭カーボン、三菱化成工業等である。

6. おわりに

無機顔料、特に無彩色（体質、白色、黒色）顔料につ

いて製法、用途、一般的性質、粉体特性、国内主要メーカー等について大筋を述べてきた。紙数の関係もあり詳細には述べられないので、参考文献を参照していただければ幸いである。最後にこれらの顔料の内、代表的な顔料を透過型電子顕微鏡（日立 HU-12 A）で観察したので以下その写真を示す。

参考文献

- 1) 末野梯六, 岩生周一: “粘土とその利用”, 朝倉書店 (昭和 47 年)
- 2) 須藤俊男: “粘土鉱物学”, 岩波書店 (1974)
- 3) 岩生周一, 湊 秀雄, その他: “粘土ハンドブック”, 技報堂 (昭和 42 年)
- 4) 吉木文平: “鉱物工学”, 技報堂 (昭和 38 年)
- 5) 千谷利三: “無機化学”, 上, 中, 下, 産業図書 (昭和 47 年)
- 6) 井伊谷鋼一, 荒川正文, その他: “粉体物性図説”, 産業技術センター (昭和 50 年)

刊行物紹介

<実践技術> ゴム混練設備

矢田泰雄 著

25.7×18.2cm, 362頁, 6,000円

1980年12月24日初版発行

大成社刊

“混ざる”あるいは“練る”という言葉は、一見したところは単純な操作と考えられるが、現実面では未だに多くの問題が解決されていない。

混練と混合の違いは、それぞれの操作に費やされる材料単位当りの分散のためのエネルギー量によって領域がわかるとされている。

ところで、ゴム練りは“練る”操作の代表的なものといえる。本書は、加工プロセス、すなわち第1次の加工工程を全般的に整理しまとめたものである。

本書の構成は以下のとおりで、実務家向きの内容である。

- バンパリー工場総論 (密閉型混練機, 混練技術, 生産管理と品質管理, 安全と公害対策, レイアウト)
- 原料の取扱い (原材料の形状と包装, 保管・在庫)
- 配合と仕込 (秤量, 計量, はかりの構造と保守, ミ

キサーへの仕込)

- ミキサーのポイント (要部構造と仕様, 混練計測機器の選定, 空気圧と油圧, レイアウト)
- ニューディンクプロセス
- アンダーミキサー機器 (受けロール, ミルブレンダー, アンダーエクストルダー)
- パッチアウト機器 (パッチオフマシン, シートの連続供給, ベレットの冷却)
- 練り生地 of 取扱い (保管の基本, 運搬・保管)
- ユーティリティ (電力計画, 冷却水, スチーム)
- ミルルームの換気 (作業環境と換気, 排気, 集塵, 悪臭防止)
- 工場建設 (プラント建築基準法, 設計図, 建築費, 建築と機械基礎工事, 工場管理)

(資料) 混練機械設備および付帯機器一覧

ところで、以上の内容から推察されるように、本書はゴム練り入門的に“ゴム混練工場の設備全般”について、実用的技術知識がインスタント的に得られるように書かれている。

“混練”は、単にゴムだけでなく、プラスチック系においても大きな課題である。幅広い知識を得るには、異種分野における考え方も大切である。

本書は、以上のような意味において、ゴム関連の現場技術者だけでなく、幅広い技術者に活用できよう。

(小石真純)