

APPIE 日本粉体工業技術協会規格
.....

SAP 05-98 : 2013

**粉体の仕様表示方法に関する
ガイドライン**

**Guide-line for the Description of the
Specification Format Concerning Powder
Materials**

平成 25 年 3 月 12 日 改正

一般社団法人日本粉体工業技術協会

目 次

ページ

序文	1	
1 総則	1	(解 12)
1.1 基本的考え方	1	(解 12)
1.2 内容	2	(解 13)
1.3 適用範囲	2	(解 13)
2 粉体仕様の表示方法に関する基本的事項	2	(解 14)
3 粒子径分布・比表面積に関する仕様表示	2	(解 18)
3.1 単位, 用語及び記号	2	(解 18)
3.1.1 単位	2	
3.1.2 用語及び記号	3	
3.2 表示方法	3	(解 24)
3.2.1 粒子径表示	3	
3.2.2 比表面積表示	5	
3.3 試験法・測定方法の表示	5	(解 28)
4 粒子形状に関する仕様表示	5	(解 32)
5 水分特性に関する仕様表示	6	(解 36)
5.1 単位	6	(解 36)
5.2 用語及び記号	6	(解 36)
5.3 表示方法	6	(解 37)
5.4 試験方法・測定方法の表示	6	(解 37)
6 密度に関する仕様表示	6	(解 40)
6.1 単位	6	(解 40)
6.2 用語及び記号	6	(解 40)
6.3 表示方法	6	(解 41)
6.4 試験方法・測定方法の表示	6	(解 42)
7 力学特性に関する仕様表示	7	(解 45)
7.1 安息角	7	(解 45)
7.1.1 単位	7	
7.1.2 記号及び用語	7	
7.1.3 表示方法及び試験方法・測定方法	7	
7.2 流動性	8	(解 47)
7.2.1 単位, 記号及び用語	8	
7.2.2 表示方法及び試験方法・測定方法	8	
7.3 付着性等の力学特性	8	(解 51)
8 その他特性に関する仕様表示	9	(解 54)
8.1 単位, 記号及び用語	9	(解 55)
8.2 表示方法	9	(解 55)
8.3 試験方法・測定方法の表示	9	(解 56)

粉体の仕様表示方法に関するガイドライン

Guide-line for the Description of the Specification Format Concerning Powder Materials

序文

一般社団法人日本粉体工業技術協会は、本ガイドラインを粉体及び粉体機器など粉体に関係する商品の取引業務委託等に使用する書類に記載する粉体仕様の表示方法の不統一を解消し、仕様が適性かつ明確に示され、関係者間の意志疎通が円滑公正に行われることに役立てるために定める。

この規格は 1998 年に制定された **SAP 05-98** の主要な内容を変更することなく改正したものである。この改正では、制定後に発行・改正された日本工業規格を考慮するとともに、粒子径に関する用語をより明確な表現に変更した。

1 総則

1.1 基本的考え方

このガイドラインは、いちじるしく多様化し、しかも少なからぬ混乱が見られる粉体の仕様表示方法の現状について、必要最小限度の統一化・標準化を図り、当事者間の無用のトラブルを防止するために供するものである。

粉体の種類や形状が多様であるように、それに関連する業界もまた広範多様であり、粉体の仕様表示にも業種によって独特の用語や表示方法などがある。また、粉体特性の一部などでは、学術的・技術的に充分成熟した検討・議論が行われておらず、これを特定の用語・定義に集約するのは時期尚早と思われるケースもある。このガイドラインでは、これらの事情を考慮し、当面、各種の矛盾・混乱を可能な限り解消することを最小限のねらいとして、取り扱う内容・範囲を選択した。また、表示方法の機械的な統一を避けて、柔軟性のある規定・表現を採用し、さらに、例外を考慮すべき事項を解説の中に示すなど、各業界共通の標準として採用されるように努めた。

粉体について取引が円滑に行われるためには、当事者相互間の密接なコミュニケーションと相互連携が重要である。このガイドラインは、このような当事者相互間の合意の存在を前提に作成されており、従って、ガイドラインに明示されていない条項あるいは明示されていても事情に応じて修正すべき内容については、両者合意の上で実情に合わせて適用していくべきものと考ええる。

このガイドラインにおいては、文章表現として、「ねばならない」、「必要である」、「望ましい」及び「してもよい」の四段階の表現を使い分けている。これは、現状の各種混乱を回避するための必要性・緊急性と、業界事情や関係技術の成熟度などとの兼ね合いから、ケースに応じて選択し、使い分けているものであり、将来的にはさらに統合されるべきものと考えている。

このガイドラインは、**JIS**、**ISO** などの規格との整合性を最優先に配慮し、用語や記号、単位の使用・選択にもこの面から検討を加えている。

1.2 内容

粉体の仕様表示に当たり、それに用いられる単位、用語、記号、使用内容として必要な項目及びその表示方法、物性値の試験・測定・計算の方法の表示の要否と表示方法等について、規定している。規定には、できるだけ推奨例を付すことにし、参考事項や特例を解説として加えた。

1.3 適用範囲

このガイドラインの規定は、粉体ならびに粉体機器等に関する取引、業務委託等のために業界各社が社外と取り交わす書類（その他の情報媒体を含む）に記載する粉体物性値の表示方法に適用する。社内規格や社内文書等についても、対社外文書との整合を保つためにこのガイドラインによることが望ましい。ただし、カタログ等広告宣伝のための資料に記載する仕様については、その目的、内容によって必ずしもこのガイドラインに従わなくてもよい。

なお、このガイドラインの適用は業界における業務に関する仕様表示方法に限定し、学術的な情報（報告、論文、著書等）には適用しない。

2 粉体仕様の表示方法に関する基本的事項

- (1) 粉体仕様の表示に当たっては、規格等において定義が明確に規定されている用語を優先して使用する。適当な用語が規格等に見当たらず、業界又は社内における慣用語等を使用する場合には、その定義を併記する。
- (2) 粉体仕様の表示に当たって使用する記号は、規格等において規定されているものを優先して使用する。なお、記号のみによる仕様表示の際には、その記号の意味するところを付記するものとする。
- (3) 粉体仕様の表示に当たって使用する単位は、規格等に定められているものを優先して使用する。
- (4) 粉体仕様の表示に当たっては、一点表示は極力避け、許容される範囲等について何らかの方法で表示することが望ましい。
- (5) 粉体仕様の表示に当たっては、表示されている粉体特性値の測定方法・測定条件などについて、必要かつ十分な程度に明示されていることが必要である。
- (6) 粉体仕様の表示において、表示されている粉体特性値の測定に当たって試料の保管・取り扱い・サンプリング・縮分・前処理等について特に注意することがあれば、その旨明記しておかなければならない。
- (7) 粉体の取引における関係書類においては、粉体特性の表示は極力定量的表現で明文化しておくことが望ましい。やむを得ず定性的表現を使用する場合には、できる限り一般的に認識できる比較物質、現象、条件等を示して表示することが望ましい。
- (8) 粉体の取引における関係書類においては、粉体仕様表示の内容は、その粉体について客先で必要とされる品質機能を過不足なく表す内容であることが望ましい。
- (9) 粉体を原料又は中間品として納入したり、製造・加工・測定を依頼するような場合には、その粉体の毒性、腐食性、爆発性、引火性、安全性などについて、必要なデータなどを開示しなければならない。
- (10) 粉体仕様の表示に当たっては、現場における使用条件、使用状態によって粉体の特性が変わることがある場合には、予めその旨を明記しておかなければならない。

3 粒子径分布・比表面積に関する仕様表示

3.1 単位、用語及び記号

3.1.1 単位

- (1) 粉体の仕様表示に当たって使用する粒子径の単位は、nm, μm , mm など SI 単位系を原則とする。
- (2) 比表面積の単位は、 m^2/g , cm^2/g などとする。ただし、体積基準の測定器で検出表示する場合は、 m^2/cm^3 , cm^2/cm^3 などとする。

3.1.2 用語及び記号

粉体の粒子径の表示に当たり下記の用語、記号を使用することを推奨する。

- (1) 中位径： $d_{0,50}$, $d_{3,50}$ 又は $x_{0,50}$, $x_{3,50}$ ($d_{0,50}$, $x_{0,50}$ は個数基準で積算率 50 %における粒子径を意味する。また、 $d_{3,50}$, $x_{3,50}$ は対応する質量あるいは体積基準の粒子径である。 $d_{0,50}$, $d_{3,50}$ などはそれぞれ、個数中位径、質量中位径ともいう。)

ただし、個数基準か質量基準かを明確にしておれば、 d_{50} , あるいは x_{50} と表わすことができる。
- (2) 比表面積からの計算値：BET 径、比表面積径
- (3) 積算径：○ %ふるい下積算径

$d_{n,m}$ 又は $x_{n,m}$ ($n=0$ は個数基準, $n=3$ は質量基準を表わす。 m は m %ふるい下積算を意味する)

ただし、個数基準か質量基準かを明確にしておれば、 d_m , あるいは x_m と表わすことができる。
- (4) 最大粒子径、最小粒子径：使用する場合は定義を明確にしておく。
- (5) 平均粒子径：使用する場合は定義を明確にしておく。
- (6) 粒子径分布を表すときの残分、通過分の表示には、下記の用語、記号を用いることができる。
 1. 残分, 通過分, ふるい下, ふるい上, 以上, 以下, pass, over, +, -
 - ② ただし、出来る限り「ふるい下」を用いることを推奨する。

3.2 表示方法

3.2.1 粒子径表示

粉体の粒子径に関する仕様表示に当たっては、下記を基本とする。

- (1) 粒子径のほかに、粒子径分布を表す何らかの情報を合わせて表示する。
- (2) 粒子径については、許容範囲を明確にする。
- (3) 粒子径については、定義を明確にして使用する。
- (4) 使用する粒子径測定方法や他の条件を付記する。

例 1： $d_{50} = 200 \pm 10 \mu\text{m}$

355 μm over $\leq 2\%$

測定法：JIS Z 8801 及び JIS Z 8815

例 2： $d_{3,50} = 18 \sim 22 \mu\text{m}$ (Rosin-Rammler 線図で内挿)

90 μm pass $\geq 99\%$

測定法：エアジェットシーブ (セメント協会標準試験方法)

例 3： $x_{3,50} = 160 \sim 180 \mu\text{m}$

+425 μm 0 $\sim$ 2 %

+212 μm 25 $\sim$ 38 %

+106 μm 70 $\sim$ 80 %

+63 μm 90 $\sim$ 97 %

-45 μm 0 $\sim$ 2 %

測定器：試験用ふるい—金属製網ふるい (JIS Z 8801-1)

ふるい分け時間：5 分間

例 4： d_{99} 20 μm 以下

d_{50} $6 \pm 1 \mu\text{m}$

d_1 $3 \mu\text{m}$ 以上

測定法：電気的検知帯法(JIS Z 8832) 電解質溶液：Isoton II

個数基準

例 5：体積基準中位径 $d_{50}=10 \pm 0.5 \mu\text{m}$

+20 μm 2 % 以下

-5 μm 2 % 以下

測定法：レーザー回折・散乱法(JIS Z 8825-1)

メーカー名：aa

型式：bb

サンプル量 300 mg

測定時間 30 秒

分散器 超音波式 型式 cc

分散 エタノール

分散時間 10 min

分散液温度 20 °C

悪い例 1：

平均粒子径 $d_{50}=75 \pm 10 \mu\text{m}$

平均粒子径の定義が必要。質量中位径の誤りと思われる。

測定方法：ロータップふるい

悪い例 2：

粒子径 5～20 μm

個数基準か質量基準か分からない。

測定方法を明記する必要がある。

悪い例 3：

体積基準 50 % 径 $d_{50}=10 \pm 1 \mu\text{m}$

2 μm 以下 10 %

測定方法で、分散媒、分散条件、サンプル量を

2 ～ 20 μm 80 %

規定すべきである。

20 μm 以上 10 %

測定方法：レーザー回折・散乱法

悪い例 4：

質量中位径 30 μm

質量中位径に許容差が必要。

+80 μm 0 %

+80 μm 0 %, -5 μm 0 % の表示は注意を要する。

-63 μm 95 % 以上

-45 μm 75 % 以上

-20 μm 50 % 以上

-10 μm 20 % 以上

-5 μm 0 %

測定方法：光透過式遠心沈降法

測定方法は、さらに分散器型式、遠心沈降時など、
より詳しい条件を規定したほうがよい

分散 IPA 20 °C

3.2.2 比表面積表示

粉体の比表面積に関する仕様表示に当たっては、下記を基本とする。必要に応じてその他の条件などを追加する。

- (1) 単位を明記する。
- (2) 許容範囲を明確にする。
- (3) 測定方法又は測定原理を表す用語を付記する。

例 1 : BET 比表面積 (JIS Z 8830)

10,000 cm²/g ± 800 cm²/g

例 2 : ブレーン法比表面積

3,050 ~ 3,300 cm²/g

例 3 : ブレーン法比表面積

8,000 cm²/g 以上

ただし、試料粉体層の空隙率=0.45

JIS R 5201 に準じて測定

3.3 試験法・測定方法の表示

- (1) 粉体の粒子径分布や比表面積を表示する場合には、試料のサンプリング方法、及び試験・測定方法に用いた測定器の種類を明記する。
- (2) 粉体の粒子径分布や比表面積の測定に際し、日本工業規格 (JIS) が定められている場合はできる限りそれを用いる。JIS を使用した場合は、JIS 番号及び名称を明記する。
 - 1) 顕微鏡法：光学顕微鏡、又は電子顕微鏡を用いて、粉体の粒子径分布（個数基準）を測定する。
 - 2) ふるい分け法：JIS Z 8815 に規定しているふるい分け試験方法通則によって、粉体の粒子径分布（質量基準）を測定する。
 - 3) 液相沈降質量法：JIS Z 8820-1 及び-2 に規定している液相重力沈降法やピペット法や、同じく JIS Z 8822 に規定している沈降質量法、又は JIS Z 8823-1 及び-2 に規定している液相遠心沈降法、あるいは X 線透過法などによって粉体の粒子径分布（質量基準）を測定する。
 - 4) レーザー回折・散乱法：JIS Z 8825-1 に基づくレーザー回折・散乱式粒子径測定器によって粉体の粒子径分布（体積基準）を測定する。この方法では、試料の前処理法などを明記する。

注：測定器の種類によって測定結果が異なることがある。
 - 5) 衝突分級法：JIS K 0302 に規定しているカスケードインパクト法によって、粉体粒子の粒子径分布（質量基準）を測定する。
 - 6) 電氣的検知帯法：JIS Z 8832 に規定している方法によって、粉体の粒子径分布（個数基準。必要に応じて質量基準換算）を測定する。
 - 7) 比表面積測定法：JIS Z 8830 に規定している BET 法によるか、又は JIS R 5201 に規定している流体透過法によって、粉体の比表面積を測定する。

4 粒子形状に関する仕様表示

- (1) 粒子形状の仕様表示に当たって使用する粒子形状を表す用語については、定義・写真による例などを付して使用することが必要である。
- (2) 粒子形状の仕様表示に当たっては、表示されている粒子形状を表す特性値の測定方法、測定条件などについて、当事者間で誤解が生じない程度に明示される必要がある。

- (3) 粒子形状の仕様表示をかさ密度など他の粉体物性特性値を用いて代行する場合には、その方法の有する限界について充分認識の上、代行値の範囲、測定方法、測定条件を明示する。

5 水分特性に関する仕様表示

5.1 単位

水分の仕様表示に使用する単位は mass% を推奨する。

5.2 用語及び記号

- (1) 「水分」の表示に当たっては、湿量基準、乾量基準の区別を明示する。ただし、湿量基準の場合は省略してもよい。
- (2) 用語については、「水分」、「付着水」、「構造水」及び「乾燥減量」のそれぞれの意味をよく理解し誤解のないように使用する。

5.3 表示方法

一点表示はできるだけ避け、許容される範囲について何らかの方法で表示することが望ましい。

5.4 試験方法・測定方法の表示

- (1) JIS などの規格に定められている場合、出来る限りそれを使用する。
- (2) JIS によらない場合は、試料のサンプリング方法、試験に用いた測定器の種類、測定条件を明記する。

6 密度に関する仕様表示

6.1 単位

粒子密度、真密度及びかさ密度の仕様表示に使用する単位は、 kg/m^3 又は g/cm^3 とする。

また、その逆数である比容の単位は、 m^3/kg 又は cm^3/g とし、密度の比である比重の仕様表示に使用する単位は、—（無次元）とする。

6.2 用語及び記号

- (1) 粉体の仕様表示における密度類の表示には、粒子密度、真密度、及びかさ密度と言った用語を使用し、その意味を明確にすることが必要である。
- 単に「密度」とする用語は、できる限り避ける。
- これら以外の用語を使用するときは、その定義又はその使用根拠を付記する。また、これらの用語に修飾語を付記して使用する場合も同様とし、その場合は、測定方法など必要事項を付記する。
- (2) 粒子密度、真密度、及びかさ密度の基本記号は「 ρ 」とし、粒子密度には「 ρ_p 」を、真密度には「 ρ_t 」を、また、かさ密度には「 ρ_b 」を使用する。
- 他の記号を使用する場合には、必ず記号説明を付記し、必要に応じて用語の定義も付記する。

6.3 表示方法

- (1) 粉体の仕様に密度を表示するときは、
- 1) 規格類による場合には、その規格類の番号又は名称を記述し、それに従って表示を行う。また必要事項がある場合には追加する。
- 2) 規格類がない場合には、必要に応じて用語とその定義、測定方法、測定条件等を明示する。
- (2) 密度に分布又はばらつきがある場合には、分布を示す因子との対応、又はばらつきの範囲を示す。

6.4 試験方法・測定方法の表示

粉体の粒子密度、真密度、及びかさ密度の仕様表示を行うに当たって、試験方法・測定方法を表示する場合には、

- (1) 規格類による場合は、その規格類の番号又は名称を記述し、それに従って表示を行う。また必要事項がある場合には追加する。
- (2) 規格類がない場合は、測定装置名又は基本となる原理名、容器名等必要事項を明示する。
- (3) かさ密度を規格類によらないで仕様表示する場合は、測定方法、容器の大きさ、充てん方法を明示する。

また、タッピング、振動などを使用する場合には、タッピング高さ、タッピング速度、衝撃面材料、タッピング回数等の必要事項を明記する。

例 1 : 粒子密度 $\rho = xxx \text{ kg/m}^3$ (aa 装置)

例 2 : かさ密度 $xx.x \sim yy.y \text{ kg/m}^3$ (100 cm³ メスシリンダ、高さ zz cm のロートから自然落下により注入)

例 3 : 見掛け密度 (JIS A 0000) $\rho_b = xx.x \sim yy.y \text{ g/cm}^3$

例 4 : 見掛け比重 (JIS B 1111) $\gamma_b = xx.x \sim yy.y$

例 5 : 粒子密度 $xx.x \pm y.y \text{ g/cm}^3$ (aa 装置 10 回測定)

例 6 : ゆるみかさ密度 $\rho_b = xx.x \sim yy.y \text{ g/cm}^3$

ゆるみかさ密度：粉体を、ふるいを通して自然落下させて容器に充てんさせたときのかさ密度 (測定：aa 製装置 bb 型仕様)

例 7 : かさ比容 (日局 a-aa) $xx.x \sim yy.y \text{ cm}^3/\text{g}$

例 8 : 粒子密度 2.71 g/cm³ 但し、ふるいの呼び 45 μm ふるい下

2.65 g/cm³ 45~90 μm

2.61 g/cm³ 90~150 μm

例 9 : 粒子密度 $\rho_p = xxx \text{ kg/m}^3$ (気体置換法 (ベックマン法), 試料採取量 100~150 g : 3 回平均)

例 10 : かさ密度 (aa 製 bb 装置によるタップ密度、但し衝撃面はステンレス)

タップ密度：bb 装置によりタッピングを掛けて測定し、かさ密度の変化がタップ数 10 回当たり 5 %以下になるときのかさ密度。

$\rho_b = xx.x \sim yy.y \text{ g/cm}^3$

7 力学特性に関する仕様表示

7.1 安息角

7.1.1 単位

安息角の単位には、「rad」又は「°」を使用する。また、「度」と記述することもできるが、単位を付記する場合には使用できない。

7.1.2 記号及び用語

- (1) 用語として安息角とは、「重力場において粉体が堆積して自由面を形成するとき、粉体層表面が水平面となす角度」とする。
- (2) 記号としては、 $\phi, \theta, \alpha, \psi, \beta$ 等を使用できるが、他の記号と重ならないように、はじめの方から優先して使用し、記号説明を付ける。

7.1.3 表示方法及び試験方法・測定方法

- (1) 規格類による場合には、その規格番号又はその名称を記述し、それに従って表示を行う。また必要事項がある場合には追加する。

- (2) 規格類がない場合には、測定装置名、必要部分の寸法、測定方法等の必要事項の他、測定に影響する重要な事項がある場合にはそれも明示する。
- (3) 測定値が温度、湿度、水分等によって影響を受ける場合には、それらの条件を付記する。
- (4) 規格類がない場合の測定値の表示は、必要とされる測定値の精度によって一点表示、又はばらつきの範囲を付けた表示を行う。

例 1 : 安息角 (JIS A 0000) $\phi = xx^\circ$

例 2 : 安息角 $\theta = xx^\circ$ (ロート排出法, オリフィス $\phi = yy$ mm, 高さ zz cm)

例 3 : 安息角 $\phi = xx^\circ$ (ロート注入法, ロート yy mm, 高さ zz cm, 測定台径 ww cm, 大気湿度 $vv\%$)

例 4 : 安息角 $\phi = xx \sim yy^\circ$ (aa 製 bb 装置)

7.2 流動性

7.2.1 単位、記号及び用語

流動性の単位、記号、用語については

- (1) 規格類がある場合には、それに従う。
- (2) 規格類がない場合には、用語の定義、使用記号を明示し、測定値には単位を付ける。

7.2.2 表示方法及び試験方法・測定方法

- (1) 規格類による場合には、その規格番号及びその名称を記述し、それに従って表示を行う。また必要事項がある場合には追加する。
- (2) 規格類がない場合には、測定装置名、必要部分の寸法、測定方法等の必要事項の他、測定に影響する重要な事項がある場合にはそれも明示する。
- (3) 流動性の評価方法に、定性的な「有り」、「無し」や「良い」、「悪い」等の表現を使用するときには、その根拠となる比較対象物などを示し、トラブルの原因とならないようにしなければならない。

例 1 : 流動度 (JIS Z 2502) $xx \pm y$ 秒/50 g (大気湿度 zz %以下)

例 2 : 流動性指数 65 点 (Carr 法, aa 製 bb 装置使用)

例 3 : 流動性 有り (鋳型用けい砂程度)

例 4 : 流動性 小麦粉より悪い

7.3 付着性等の力学特性

- (1) 規格類による場合には、その規格番号及びその名称を記述し、それに従って表示を行う。また必要事項がある場合には追加する。
- (2) 規格類がない場合には、次のように行う。
 - 1) 用語の定義を明確に記述し、記号を使用する場合には、その説明を付記する。
 - 2) 付着力等の力学特性の測定値を記述する場合には、測定装置名、測定方法、測定条件、環境条件、単位等の必要事項を明示する。
 - 3) 付着力等の力学特性の評価方法に、定性的な「有り」、「無し」や「良い」、「悪い」等の表現を使用するときには、その根拠となる比較対象物などを示し、トラブルの原因とならないようにしなければならない。

例 1 : 引張破断強度 (粉体層を破断面に垂直に引っ張ったとき、破断する強度)

$$\sigma = xx \sim yy \text{ Pa}$$

ただし、測定 : aa 製 bb 装置使用。試料 : zz kg で ww h 圧密。室温で測定。

大気湿度 vv %。5 回測定。

例 2 : 引張強度 (一個粒子の鉄板との引張強度) : $F = xx \sim yy \text{ dyn}$

ただし、測定：遠心法，室温で測定。湿度 vv %，10 回測定。

例 3：せん断応力（垂直応力 — せん断応力線図上で垂直応力 0 におけるせん断応力）

$$\tau = xx \text{ Pa}$$

ただし、測定：直径 yy cm，上側リング高さ zz mm のせん断セル使用。

予圧密荷重 ww kg，vv min，qq °C ボックス中で測定。

例 4：付着力：有り（常温中の小麦粉程度）

例 5：付着力：無し（乾燥鑄物砂程度）

例 6：付着力：常温（xx°C 以下）で無し（注入法の安息角約 yy°）

ただし、温度上昇と共に付着力増加。

例 7：凝集性（Carr の指数）：xx 点

ただし、aa 製 bb 装置使用。大気湿度 vv %。

例 8：壁摩擦係数（対垂鉛引き鉄板）：xx.x

ただし、リング径 yy cm，層厚さ zz cm，荷重 ww kg，大気湿度 vv % で測定。3 回平均。

8 その他特性に関する仕様表示

8.1 単位、記号及び用語

- (1) 定性的な表示が可能な場合，単位，記号については規格などに定められているものを優先して使用する。
- (2) 用語に関しては，当事者間で誤解の生じないように，その意味を明確にして使用することが望ましい。

8.2 表示方法

仕様表示に当たっては，下記を基本とする。

- (1) 「吸湿性」，「固結性」及び「濡れ性」について定性的な表示にとどまる場合は，当事者間で誤解のないように出来るだけ客観的な表示に努める。
- (2) 「磨耗性」，「硬さ」及び「強さ」においては，定量的な表示に努め，許容される範囲について何らかの方法で表示することが望ましい。
- (3) 「硬さ」については，その名称を付記すること。

8.3 試験方法・測定方法の表示

- (1) 当事者間で誤解の生じない程度に，測定方法，測定条件などについて明記する。
- (2) 測定方法，測定原理を表す用語を付記すること。

SAP05-98

粉体の仕様表示方法に関するガイドライン 解説

社団法人 日本粉体工業技術協会

まえがき

粉体と何らかの関わりを持つ工業分野は非常に多岐にわたっており、粉体や粉体機器の仕様を作成する場合などで、それぞれ分野特有の表現が用いられたり、表現方法があいまいなため不十分な記述になるなどして、トラブルを引き起こすことが少なくない。その原因の中には、粉体一般としての用語と定義が統一されていないことや、測定方法、表現方法が確立していないことなどがある。このような粉体の仕様表示方法にかかわる問題を解消するために、当協会は粉体仕様表示方法調査委員会を組織し、平成5年度から7年度にわたり、(財)日本小型自動車振興会の助成を得て調査研究を実施した。また平成8年度には協会自主研究として粉体機器も含めた調査研究を実施した。500通にも及ぶアンケートを含むもので、それぞれの年度ごとに調査研究報告書を作成してきた。

本ガイドラインはこのような事業の成果に基づいて作成されたものであり、委員会最終案は「粉体と工業」誌(平成9年12月号)に掲載し協会員に公開した。その後国際規格(ISO)や日本工業規格(JIS)、協会規格等の制定の動きをふまえ、また規格委員会において作成した、「日本粉体工業技術協会規格作成手順」(平成10年6月)に従ってこれに補足修正を行い、「粉体の仕様表示方法に関するガイドライン」を作成した。

この「解説」はその「ガイドライン」の本体の部分を枠で囲って記載し、その下に解説文を配している(ただし「まえがき」を除く)。

なお、この解説は本体に記載した事項を説明するもので、ガイドラインの一部ではない。

1. 総則

1.1 基本的考え方

本ガイドラインの使命は、いちじるしく多様化し、しかも少なからぬ混乱が見られる粉体の仕様表示方法の現状について、必要最小限度の統一化・標準化を図り、当事者間の無用のトラブルを防止することにある。

粉体の種類形態が多様であるように、それに関連する業界もまた広範多様であり、粉体の仕様表示にも業種によっては独特の用語や表示方法などがある。また、粉体特性の一

部などでは、学術的・技術的に充分成熟した検討・論議が行われておらず、これを特定の用語・定義に集約するのは時間尚早と思われるケースもある。

本ガイドラインでは、これらの事情を考慮し、当面、各種の矛盾・混乱を可能な限り解消することを最小限のねらいとして、取り扱う内容・範囲を選択した。また、表示方法の機械的な統一を避けて、柔軟性のある規定・表現を採用し、さらに、例外を考慮すべき事項を解説の中で示すなど、各業界共通の標準として採用されるように努めた。粉体について取引が円滑に行われるためには、当事者相互間の密接なコミュニケーションと相互連携が重要である。本ガイドラインは、このような当事者相互間の合意の存在を前提に作成されており、したがって、ガイドラインに明示されていない条項あるいは明示されていても事情に応じて修正すべき内容については、両者合意の上で実情に合わせて適用していくべきものとする。

本ガイドラインにおいては、文章表現として、「ねばならない」「必要である」「望ましい」「してもよい」の四段階の表現を使い分けている。これは、現状の各種混乱回避のための必要性・緊急性と、業界事情や関係技術の成熟度などとの兼ね合いから、ケースに応じて選択し、使い分けているものであり、将来的にはさらに統合されるべきものと考えている。

本ガイドラインは、JIS、ISO などの規格との整合性を最優先に配慮し、用語や記号、単位の使用・選択にもこの面から検討を加えている。

1.2 内容

粉体の仕様表示に当たり、それに用いられる単位、用語、記号、仕様内容として必要な項目とその表示方法、物性値の試験・測定ならびに計算の方法の表示の要否と表示方法等にて規定している。規定には、できるだけ推奨例を付すことにし、参考事項や特例を解説として加えた。

1.3 適用範囲

本ガイドラインの規定は、粉体ならびに粉体機器等に関する取引、業務委託等のために業界各社が社外と取り交わす書類（その他の情報媒体を含む）に記載する粉体物性値の表示方法に適用する。社内規格や社内文書等についても、対社外文書との整合を保つために本ガイドラインによることが望ましい。ただし、カタログ等広告宣伝のための資料に記載する仕様については、その目的、内容によって必ずしも本ガイドラインに従わなくてもよい。

なお、本ガイドラインの適用は業界における業務に関する仕様表示方法に限定し、学術的な情報（報告、論文、著書等）には適用しない。

本ガイドラインの適用範囲は、粉体ならびに粉体機器等に関する当事者間の取引に係る書類に記載される場合を優先的に想定している。これは、このような場合に特にト

ラブルが生じやすく、紛れの無い明確な表現が要求されるからである。カタログ・パンフレットなど不特定多数を対象とする資料については、その使用目的および記載内容によっては必ずしも本ガイドラインに逐一従う必要はないが、本ガイドラインにおける基本的考え方を充分理解した運用が必要と考える。

本ガイドラインの適用は、業界における業務に関する仕様表示方法に限定するものであり、学術的情報の表示については、当協会とは別の次元からの検討があって然るべきと考える。もちろん利用者の立場から見れば、業務に関する仕様表示方法と学術情報の表示とは相互に連携がとれ矛盾のないものであることが望ましく、この観点から今後ますます相互連絡を密にし、標準化の推進に資していきたいと考える。

用語・記号などについて、業界ごとの慣用表現が多く使われており、本ガイドラインで取り上げなかったものも多い。これについては、本ガイドラインにおいて使用を推奨するものではないが、相互矛盾が生じない限り、当面使用を是認し、時間をかけて統一の方向へ進めるべきものとする。

2. 粉体仕様の表示方法に関する基本的事項

- (1) 粉体仕様の表示に当たっては、規格等において定義が明確に規定されている用語を優先して使用する。適当な用語が規格等に見当たらず、業界又は社内における慣用語等を使用する場合には、その定義を併記する。

例えば「平均径」とのみ表示がある場合、それが Stokes 径なのか、Martin 径なのか、また個数基準で平均したのか体積基準で平均したのか、メジアン径ではないのか、算術平均か幾何平均か、何かの特定の粒子径測定装置で測定して内蔵の計算プログラムにより算出されたものなのかなど、多くの可能性が考えられ、意味するところは極めてあいまいである。粉体仕様表示にあたっては、メーカーとユーザのあいだの認識の一致は、もっとも重要かつ基本的な事項であり、この観点から、使用する用語はあいまいさを多く含むものであってはならない。従って、粉体仕様の表示の際には、何らかの公的又は準公的機関において審議決定された用語（規格等に記載のもの）を、その定義に従って使用することが望ましい。

ここで、「規格等」とは、

JIS

ISO 等の国際規格

日本粉体工業技術協会規格、DIN 等の外国規格

粉体工学用語辞典（粉体工学会編、日刊工業新聞社発行(1981)）

などを指す。その場合、外国規格など必ずしもその内容がメーカー・ユーザ相互間に自明でないものについては、規格 No. 及び定義など適切な付記が望ましい。適当な用語が規格等に見当たらず、業界又は社内における慣用語等（例「最大径」）を使用する場合には、その定義、測定方法などを明記しなければならない。ただし、当事者双方間で十分な了解

がある場合はこの限りではない。なお、粒度用語の標準については前掲「粉体工学用語辞典」の改訂第2版の編集が進められている。

(2) 粉体仕様の表示に当たって使用する記号は、規格等において規定されているものを優先して使用する。なお、記号のみによる仕様表示の際には、その記号の意味するところを付記するものとする。

例えば、中位径を表示する記号として、 d_{50} 、 d_{50} 、 d_{50} 、 d_{p50} 、 X_{50} など多様な記号が用いられている。これは、近縁ではあるが異種の概念（例えば分級における分級径）との混同、あるいは多様の粉体を扱う機器メーカーにおける不必要な混乱を招く原因となり、好ましくない。特に、「 $d_{50}=5\sim7\mu\text{m}$ 」のように記号のみで粉体仕様を表示する場合、その記号の意味するところがメーカーとユーザで異なり、重大なトラブルに発展することも想定される。このような観点から、記号のみによる仕様表示の場合には、「 d_{50} ：体積平均 Stokes 径」などその意味するところをどこかに付記すべきであり、また規格等に規定されているものを優先して使用すべきである。特に、同一仕様表示において、同一の意味を有する異種記号の混用、あるいは同一記号の複数の意味における使用は、絶対に避けるべきである。

(3) 粉体仕様の表示に当たって使用する単位は、規格等に定められているものを優先して使用する。

例えば、粒子径の表示方法として、メッシュが数多く用いられているが、これは本来国によって粒子径との対応が異なるなど、本ガイドラインの目的とする「誤解のない表示」にはなじまないものであり、極力使わないようにしたい。現在多くの業界において SI 単位への移行の過程にあり、新旧両者の単位が併用されているケースもあるが、JIS を優先させ、SI 単位使用を原則とし、それに則って単位の選択を行うことを基本とすべきと考える。

(4) 粉体仕様の表示に当たっては、一点表示は極力避け、許容される範囲等について何らかの方法で表示することが望ましい。

例えば「ブレーン比表面積=3200cm²/g」のような表示の場合、3290 は許容するのか、3250 までなのか、不明である。その観点から、3150~3250、3250±50、3200 以上などの表示の方が望ましい。なお残分 1%と 1.0%では、許容される品質のばらつきの程度が明らかに異なることにも注意を要する。

なお、粉体の仕様表示において、「ブレーン比表面積=3150~3250cm²/g」とある場合、測定値が 3150cm²/g から 3250cm²/g のあいだにばらつくのではなく、その粉体のブレーン比表面積の真の値が 3150cm²/g から 3250cm²/g のあいだに位置することが商品品質上許容されると解釈すべきである。測定誤差、サンプリング誤差の問題は、もう一つ別の観

点から処理すべきものであろう。

(5) 粉体仕様の表示に当たっては、表示されている粉体特性値の測定方法・測定条件などについて、必要かつ十分な程度に明示されている必要がある。

例えば、「90 μ m 通過分=90~97%」と表示された場合、その測定法が乾式網ふるいであるか、湿式網ふるいであるか、あるいはエアジェットシーブか、また乾式網ふるいでも、手ふるいかロータップ方式か、終点の決定方式はどのように行うか等によって、測定値は大きな影響を受ける。レーザ回折法などの場合、試料の前処理のための超音波分散条件の影響も大きく、また同一原理による測定法であっても、機種間の差異が大きいものもある。粉体仕様の表示にあたっては、このような原因によるメーカ・ユーザ間の認識のずれを避ける必要がある。従って、粉体仕様を表示する際には、表示されている粉体特性値の測定方法、測定装置、測定条件、測定値の由来（平均値か否か、及び測定回数）などについて、必要かつ十分な程度に明示されている必要がある。なお、測定が何等かの規格あるいは標準試験法に従って行われている場合には、その規格名（望ましくは章 No.またはページも）を明示すればよい。

(6) 粉体仕様の表示において、表示されている粉体特性値の測定に当たって試料の保管・取り扱い・サンプリング・縮分・前処理等について特に注意することがあれば、その旨明記しておかなければならない。

粉体の種類によっては、吸湿性のはげしいもの、固結・凝集を生じやすいもの、粉・粒混合体で分離・偏析しやすいもの、及び保管雰囲気によって物性が変ったり変質しやすいものなどがあり、このようなものは、試料の保管・サンプリングと縮分・測定の前処理などの手順を標準化しなければ測定値が大幅に変動することがある。特に、測定前に一定期間恒温恒湿静置することや、一定の方法で分散解凝集することが重要な場合がある。

(7) 粉体の取引における関係書類等においては、粉体特性の表示は極力定量的表現で明文化しておくことが望ましい。やむを得ず定性的表現を使用する場合には、できる限り一般的に認識できる比較物質、現象、条件等を示して表示することが望ましい。

粉体特性表示について、明確な定量的表現を行わずに、「客先のテストデータと同等を保証」などの表現を用いるケースが散見される。これは、一面では定量的表現で複雑な粉体物性を表示することの困難さを表しているものではあるが、客先との信頼関係がそこなわれた場合、何を以て「同等」とするか、またその際のサンプリングや測定条件をどうするか等があいまいであり、大きな問題に発展する危険性がある。一般論としては、極力定量的表現で明文化するよう努力すべきと考える。

また、例えば、吸湿性、固結性など測定方法が未発達の特徴があるが、このような特

性についてもできるだけ何らかの方法で測定し、その測定方法、条件などを付記することが望まれる。これらの特性について、「有り」「無し」や「大」「小」などの表現しか方法がない場合には、相手先に分かる比較対象を物示して表示することも必要である。

(8) 粉体の取引における関係書類等においては、粉体仕様表示の内容は、その粉体について客先で必要とされる品質機能を過不足なく表す内容であることが望ましい。

粉体の取引における関係書類等においては、粉体仕様表示に当たっては、その粉体の広義の品質機能として客先にとって必要不可欠なものだけを表示するものとし、不必要に煩雑、詳細にならない程度に明示することが望まれる。例えば、粒子径分布を数多くの粒子径について細かく規定するケースがあり、これが、その粉体の機能を発揮させるうえで必要不可欠なものならば、適切な表示方法であるといえるが、実際にはもっと自由度の大きい、例えば平均径ともう 2 点の粒子径における通過分値で足りるようならば、不必要に煩雑な仕様といえる。有効数字が不用意に多いケース（1.0%でよいのに 1.00%とするケース）、不用意に「最大径」を使うケースなども一考を要する。

(9) 粉体を原料又は中間品として納入したり、製造・加工・測定を依頼するような場合には、その粉体の毒性、腐食性、爆発性、引火性、安全性、などについて、必要なデータ等を開示しなければならない。

粉体は一般的に発塵性が高く、不用意に扱うと引火・爆発あるいは従業員の健康問題などを引き起こしかねない。しかし事前に適切な情報があれば、不活性雰囲気の中での作業など、対処可能な方法が選択できる。また、その粉体の製造国などに関する情報も有用であることが多い。これも粉体の仕様表示の重要な一項目である。

(10) 粉体仕様の表示に当たっては、現場における使用条件、使用状態によって粉体の特性が変わることがある場合には、予めその旨を明記しておかなければならない。

粉体特性は、一般に測定環境によって変化すると考えられる。規格等によってその測定条件が明確に規定されている場合には、あまり問題は生じないが、規格等がない場合には特に注意が必要である。例えば、微粉体の安息角は空気が乾燥しているときは測定できても、湿度が高いときは安息角を形成しない場合が起こりうる。

また、空気の湿度によって、付着水は当然変わるし、飛散性も違ってくる。温度によって固結性が支配されることもあるし、付着性も変わってくる。従って、粉体サンプルを見たとき、また触った時に感じる特性が、実際の操作機内で考えられなかったトラブルを生じることがあることに十分な注意が必要である。

3. 粒子径分布・比表面積に関する仕様表示

3.1 単位、用語、記号

3.1.1 単位

- (1) 粉体の仕様表示に当たって使用する粒子径の単位は、nm、 μm 、mm など SI 単位系を原則とする。
- (2) 比表面積の単位は、 m^2/g 、 cm^2/g などとする。ただし、体積基準の測定器で検出表示する場合は、 m^2/cm^3 、 cm^2/cm^3 などとする。

粒子径表示の単位については SI 単位系を原則とし、 μ や M などの略号、Å 及び Å (オングストローム) は使用しないものとする。また比表面積表示において、“cc”，“l” は使用しないものとする。

粒子径の表示方法として“メッシュ”、“mesh” が使用されることがあるが、表示の前提となるふるいには種々の規格があり、目開きまたは線径を併記して表示しない限り当時者間の解釈が相違する恐れがある。このため mesh は使用しない方がよいと考えるが、現場の実情などから必要と思われる場合に限り併記するのもやむを得ない。この場合は定義を明確にした上で SI 単位の後にかっこに入れて併記する。

3.1.2 用語、記号

- (1) 粉体の粒子径の表示に当たり下記の用語、記号を使用することを推奨する。
- 1) 平均粒子径 : 体積平均粒子径、個数平均粒子径など
 - 2) 中位径 : d_{50} は x_{50} (50 は質量基準で積算率の 50% を意味する)
 - 3) 比表面積からの計算値: BET 径、比表面積径
 - 4) 積算径 : ○○通過分積算径
 d_n 又は x_n (n は n% 通過分積算を意味する)
 - 5) 最大粒子径、最小粒子径: 使用する場合は定義を明確にしておく。
- (2) 粒子径分布を表すときの残分、通過分の表示には、下記の用語、記号を推奨する。
- 残分、通過分、 以上、以下、 +、 -
- 但し、ふるいにより測定した粒子径分布を表す場合に限り、ふるい上、ふるい下を用いても良い。

注(1) 上記○○には 10% のように数字や単位の入ることを示す。

注(2) JIS や ISO では、粒子径を表す記号として、 x 、 X を使用しているので、必要に応じて対応するものとする。

注(3) 粒子径を表す記号“ D ”は“ d ”または“ x ”に統一することで JIS が検討されている。

用語、記号の統一を考えるにあたり次の前提をおいた。

- 1) “ふるい上”とか“ふるい下”などはふるい以外の測定器を使用する場合に連想が悪いので使用しない。なお用語として“ふるい”を使用する場合には JIS にな

らい“ふるい”とひらがなで書く。

- 2) JIS など他の規格で定められているものは、原則として使用する。
- 3) 現在よく使用されているものは極力生かす様にすべきであるが、あまり慣用にこだわらない。
- 4) “粒度”及び“粉末度”は使用しない。一般に粒度は、粒子の大きさを漠然と指す場合に用いられている。一方、長さのはっきりしている場合は、“粒子径”が使用されているが、実際には混同されていることも多いかと思われる。粒子径表示に関しては、具体的な数値の表示を対象にすることが多いので、“粒子径（粒径）”などの表示に一体化した方がよいと考える。
- 5) 相似した表現は1～2語に限定する。
- 6) カナは発音が統一し難いので使用しない。

(1) 粒子径について

平均粒子径については、多く使用されている用語なので、意味のはっきりするものとして“平均粒子径”がよいと考えた。また50%積算径としては、多く使用されている d_{50} を選んだ。ただし添字は一般に見難くなったりするので注意が必要である。なお d_{50} 、中位径、メジアン径は同義語であり、一般に多く使用されている d_{50} を優先するものとして、中位径、メジアン径は必要な場合だけに限定するものとする。

また平均粒子径を考える場合、単一粒子の粒子径と粒子径分布を有する集合体の平均粒子径に分けて考える必要がある。粒子径については、〔参考1〕、〔参考2〕に示すような各種の定義がある。そしてこれらをベースとして分布を有する場合の平均粒子径が定義される。それらを〔参考3〕に示す。

粒子径分布を表す場合、基準として個数、長さ、面積、質量、体積があり、どれを使用しているか明確にしておく必要がある。図-1は基準別の頻度分布の例を示したものであり、図-2は個数基準と質量基準の積算分布を示したものである。基準が異なると、分布の様子が違ってくることが分かる。

最大粒子径、最小粒子径については、使用时、定義や条件を明確にしておく必要がある。それは頻度分布の裾野の部分の見方が難しいために最大粒子径、最小粒子径の決め方が難しいと考えられるからである。1例として、“最大粒子径 $45\mu\text{m}$ ”とする代わりに“ $45\mu\text{m}$ 通過分98%以上”のように定義できればより現実的と考えられる。また、“ $45\mu\text{m}$

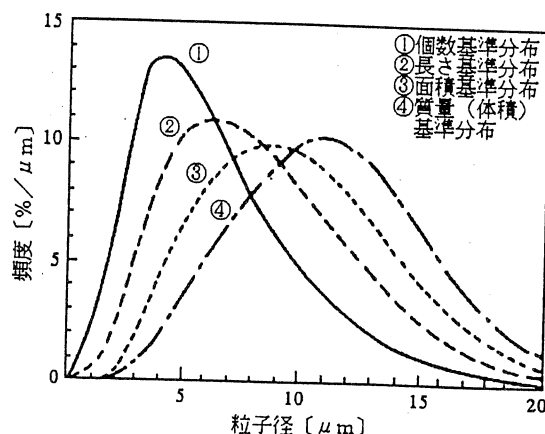


図-1 頻度分布の例¹⁾

残分 0%”のように規定しても極微量の $45\mu\text{m}$ より大きい粒子の飛び込みが問題になる時がある。この飛び込みを厳格にチェックするには別途条件をつける必要がある。例えば微量の粗粒や細粒の混合と粉体の最終製品の良否の関係が分かっているならば、最終製品検査結果も粒子径を定義する時の条件に含められることが考えられる。また検査量や検査箇所を多くすることなどが考えられる。プロセスの実情や品質規格と関連して決めることになる。

粒子径は、測定方法によって定義が異なり、粒子径の値も異なってくる。〔参考 4〕は、測定方法による測定粒子径分布基準の違いを示したものである。よく使用されるレーザー回折法では、回折散乱パターンから粒子群の球相当径分布を求め、体積基準で表示される。また遠心沈降透過法では懸濁液の粒子の沈降による濃度変化を透過光の強さから測定し、質量基準で表示される。このように測定方法から粒子径が定義されるが、その内容を示す名称例えば比表面積径のように、表示することもある。なお、粒子径分布の検出表示は、換算によって複数の基準による表示が可能なので、注意が必要である。

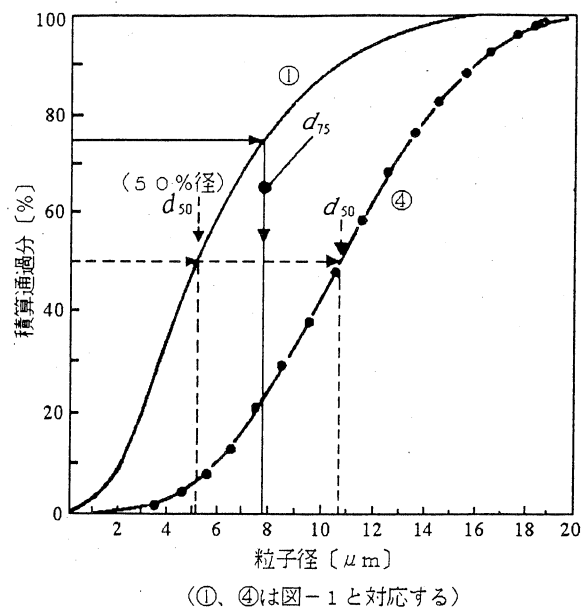


図-2 積算分布の例

(2) 残分、通過分について

残分とはある粒子径より大きい粒子群のことであり、通過分とはある粒子径より小さい粒子群のことである。また通過分 $n\%$ に対応する粒子径 d_n が $n\%$ 通過分積算径である。(図-2 参照)

〔参考 1〕 単一粒子径の定義²⁾

名称	記号	定義	備考
短軸径	b	投影像を二本の平行線ではさみ最小の間隔を示すときの間隔	
長軸径	l	短軸径に直交する二本の平行線で投影像をはさんだときの間隔	最長軸径とは限らぬ
定方向径	$l-b$	一定方向の平行線で粒子投影像をはさんだときの間隔	多数粒子の平均として意味がある
面積等分径	$l \sim b$	一定方向の平行線で粒子投影面積を二等分するときの等分線の長さ	Martin 径、上と同じく統計的粒子径
長短平均径	$\frac{l+b}{2}$	短軸径と長軸径の算術平均値	
外接矩形相当径	$\sqrt{lb}$	短軸径と長軸径を二辺とする矩形と等しい面積を持つ正方形の 1 辺の長さ	
正方形相当径	$\sqrt{a}$	投影面積と等しい面積を持つ正方形の 1 辺の長さ	
円相当径	$\sqrt{4a/\pi}$	投影面積と等しい面積を持つ円の直径	Heywood 径
三軸算術平均径	$\frac{l+b+t}{3}$	短軸径と長軸径と高さ（厚さ）の算術平均値	
外接直方体相当径	$\sqrt[3]{lbt}$	短軸径と長軸径と高さを各辺とする直方体と等しい体積を持つ正立方体の 1 辺	
三軸調和平均径	$\frac{3lbt}{lb+bt+tl}$	短軸径と長軸径と高さの調和平均径	
三軸表面積平均径	$\sqrt{\frac{lb+bt+tl}{3}}$	短軸径と長軸径と高さを各辺とする直方体と等しい表面積を持つ正立方体の 1 辺	
柱状体相当径	$\sqrt[3]{at}$	投影面積を底面とする高さ t の柱状体と等しい体積を持つ正立方体の 1 辺	
正立方体相当径	$\sqrt[3]{v}$	粒子実体積と等しい体積を持つ正立方体の 1 辺	
球相当径	$\sqrt[3]{6v/\pi}$	粒子実体積と等しい体積を持つ球の直径	
表面積相当径		粒子実表面と等しい表面積を持つ球の直径	比表面積径に相当
沈降速度径	(有効径)	重力による流体中自然沈降速度の等しい球（同密度）の直径	Newton 径、Allen 径、Stokes 径等（沈降法）
散乱光径	(有効径)	光散乱法によって求めた球相当径	0.1 μm 以下に適用

〔参考2〕 単一粒子径の定義³⁾

(1) 定方向径 unidirectional particle diameter = 統計的平均径

顕微鏡下でスライドガラスにのせた試料を、微動装置で一定方向に動かしながら視野内のマイクロスケールで測定する方法に関連して発達したが、現在では粒子の拡大投影像や写真を一定方向に動かしながら、あるいはスケールの方を一定方向に動かしながら測定し、記録集計を自動的に行う装置も使うことができる。

スライド上の粒子の配置に指向性がなく、統計的にランダムに配置していることが前提となる。そこで統計的平均径 (statistical diameter) ともいう。次の三つの測定法がある。

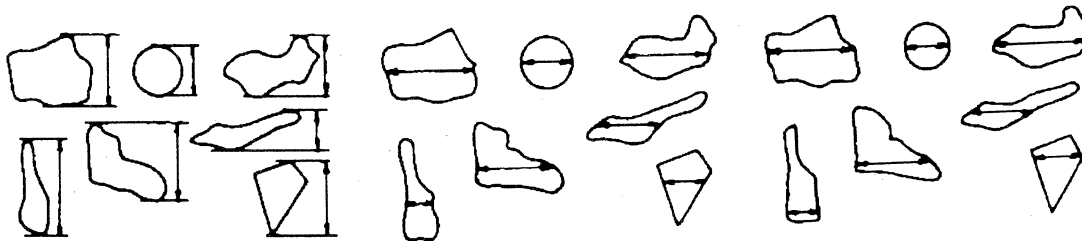
① Feret 径: Green が初めて提案したもので Green 径ともいう。

粒子の投影像をはさむ平行線間の距離である。

② Martin 径: 定方向で粒子の投影面積を二等分する線分の長さ、定方向面積等分径ともいう。

③ 定方向最大径: Krummbein 径ともいい、定方向で最大幅の箇所を計る。

Feret 径 > 定方向最大径 > Martin 径 の関係がある。



①Feret 径

②Martin 径

③定方向最大径

(2) ストークス径

流体中を沈降するときの終末速度が粒子と等しい球の直径で示す沈降速度球相当径 (equivalent velocity diameter) は最もよく使われる有効径の一つである。ストークスの法則に従うときはストークス径という。

(3) 比表面積径、BET 径、透過径

比表面積を測定し、このデータから次式で粒子が球形と仮定したときの粒子径が計算できる。この粒子径を比表面積径という。

$$d = \frac{6}{\rho_p S_w}$$

ρ_p : 密度
 S_w : 比表面積

そして BET 法で求た比表面積から計算した粒子径を BET 径と言い、透過法で求めた粒子径を透過径と言う。

(4) d_{50} 、中位径、多数径、モード径

頻度分布曲線の山の最高点が示す粒子径を多数径または、モード径と言う。そして積算分布曲線の 50% 積算値が d_{50} であり、中位径、またはメジアン径とも言う。

〔参考3〕 平均粒子径の式⁴⁾

No.	平均径の用語	記号	個数基準	質量基準	物理的意味 (形状係数 ϕ_s 、 ϕ_v のとき)
重みつき平均径	1 個数平均径	d_1	$\frac{\Sigma(nd)}{\Sigma n}$	$\frac{\Sigma(w/d^2)}{\Sigma(w/d^3)}$	粒子の全数又は全長
	2 長さ平均径	d_2	$\frac{\Sigma(nd^2)}{\Sigma(nd)}$	$\frac{\Sigma(w/d)}{\Sigma(w/d^2)}$	
	3 面積平均径	d_3	$\frac{\Sigma(nd^3)}{\Sigma(nd^2)}$	$\frac{\Sigma w}{\Sigma(w/d)}$	$S_w = \phi / (\rho_p d_3)$ は粒子群の比表面積
	4 体積平均径	d_4	$\frac{\Sigma(nd^4)}{\Sigma(nd^3)}$	$\frac{\Sigma(wd)}{\Sigma w}$	
5	平均表面積径	d_s	$\sqrt{\frac{\Sigma(nd^2)}{\Sigma n}}$	$\sqrt{\frac{\Sigma(w/d)}{\Sigma(w/d^3)}}$	$\phi_s d_s^2$ は平均粒子表面積
6	平均体積径	d_v	$\sqrt[3]{\frac{\Sigma(nd^3)}{\Sigma n}}$	$\sqrt[3]{\frac{\Sigma w}{\Sigma(w/d^2)}}$	$\phi_v d_v^3$ は平均粒子体積、 $1/\rho_p \phi_v d_v^3$ は単位質量に含まれる粒子数
7		d_{vd}	$\sqrt{\frac{\Sigma(nd^3)}{\Sigma(nd)}}$	$\sqrt{\frac{\Sigma w}{\Sigma(w/d^2)}}$	
8		d_w	$\sqrt[4]{\frac{\Sigma(nd^4)}{\Sigma n}}$	$\sqrt[4]{\frac{\Sigma(wd)}{\Sigma(w/d^3)}}$	
9	調和平均径	d_h	$\frac{\Sigma n}{\Sigma(n/d)}$	$\frac{\Sigma(w/d^3)}{\Sigma(w/d^4)}$	平均比表面積

注*1 n : 個数、 d : 個々の粒子径、 w : 個々の質量、 ϕ_s : 面積形状係数、 ϕ_v : 体積形状係数

注*2 $d_1 d_2 = d_s^2$ 、 $d_1 d_2 d_3 = d_v^3$ 、 $d_3 = d_v^3 / d_s^2$ 、 $d_4 = d_v^4 / d_v^3$ 、 $d_2 d_3 = d_{vd}^2$ 、 $d_4 > d_3 > (d_2, d_v) > d_s > d_1$

注*3 No. 7 と 8 については、差し当たり適当な名称を付けにくいので、付けないままにしておく。

〔参考4〕 よく使用される粒子径測定法

測定方法	*1 測定範囲	測定粒子径	*2 分 布
試験用ふるい	20 μm ~ 125mm	ふるい目開き	質 量
光学顕微鏡	1 μm ~	長さ・面積	個 数
電子顕微鏡	0.5nm ~	長さ・面積	個 数
レーザー回折	0.1 μm ~ 700 μm	球相当径	体 積
電気的検知帯法	0.3 μm ~ 1,200 μm	球相当径	個 数
遠心沈降光透過法	0.1 μm ~ 800 μm	球相当径 (ストークス径)	質 量

注*1 機種やアタッチメントの種類によって範囲が異なる。

注*2 分布は、測定される基準を示してあるが、換算により複数の分布表示が行われる。例えば、電気的検知法では、粒子体積とその個数が測定されるが、分布表示としては、体積%、個数%などがよく使用される。なお、JIS R6002 では、個数基準による測定値を質量基準に換算して表示することになっている。

3.2 表示方法

3.2.1 粒子径表示

粉体の粒子径に関する仕様表示に当たっては、下記を基本とする。

- 1) 粒子径のほかに、粒子径分布を表す何らかの情報を合わせて表示する。
- 2) 粒子径については、許容範囲を明確にする。
- 3) 粒子径については、定義を明確にして使用する。
- 4) 使用する粒子径測定方法や他の条件を付記する。

粉体の粒子径に関する仕様表示例は、主として契約書を対象にしており、カタログや社内標準では実情に合わせて、簡略化したり、他の条件を追加するものとする。

粒子径表示は、書類（契約書、カタログ、標準）、業務種、単位操作、粉体の種類によって異なると思われる。その際、粒子径範囲、平均粒子径とも許容範囲の記載のないケースがかなり見られる。この点は、保証を伴う場合問題を起こしやすいと思われるので、原則として許容範囲を明確にしておくべきである。また粒子径から粉の機能を推測したり、流動性や偏析、分離などの物性を評価、推定することも必要な場合があるので、平均粒子径と分布を同時に把握できるようにすべきである。

粒子径は、測定器の種類によって測定値の異なることはよく知られている。図-3 (a), (b)はその例である。従って、粒子径表示には、次の事項を付記する必要がある。

- 1) 測定器のメーカー名、型式
- 2) 測定条件
 - ① サンプルング方法
 - ② 測定器にかけるサンプル量
 - ③ 分散方法（分散装置、分散液、助剤、時間、必要に応じて分散装置操作条件など）
- 3) 設定条件
 - ① 比重
 - ② 粘度
 - ③ 温度
 - ④ 測定器固有の必要な設定値。例えば、遠心沈降法における遠心機の回転数や時間、あるいは電気的検知法におけるアパーチャ径等。
- 4) 分布基準 個数、長さ、面積、体積、質量のどれで表示するかを明記する。

測定結果の検出表示は、測定器メーカーによって各種のソフトが用意されており、実情に合うものを選定すればよい。一般には、積算分布を表すのに片対数紙（対数目盛が粒子径）、対数確率紙、Rosin-Rammler 線図が使用されている。対数確率紙や Rosin-Rammler 線図は直線的に表されるので比較検討に便利である。

また頻度を表す場合は、粒子径幅の取り方によって形が異なるので注意を要する。

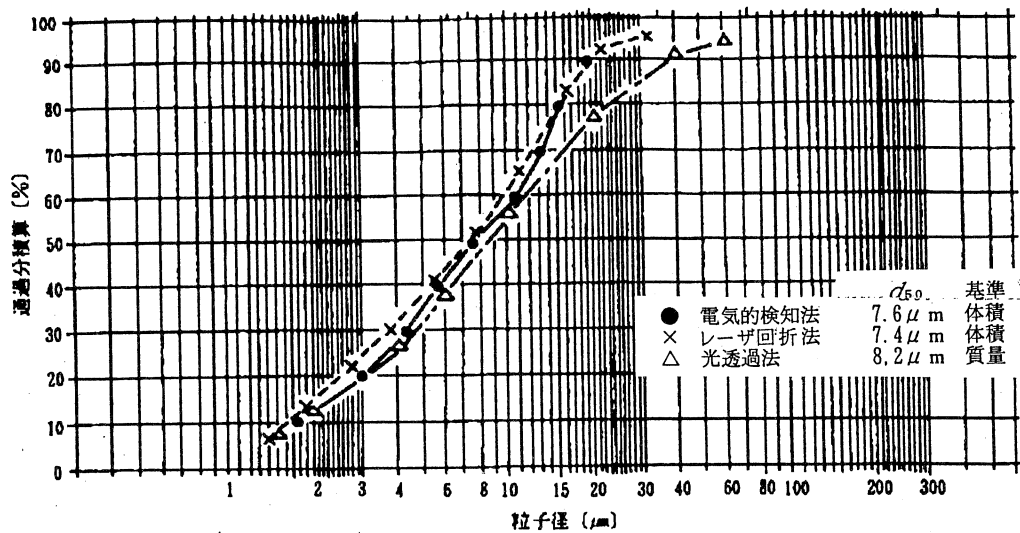


図-3 (a) 粒子径分布測定例〔サンプル：農薬〕

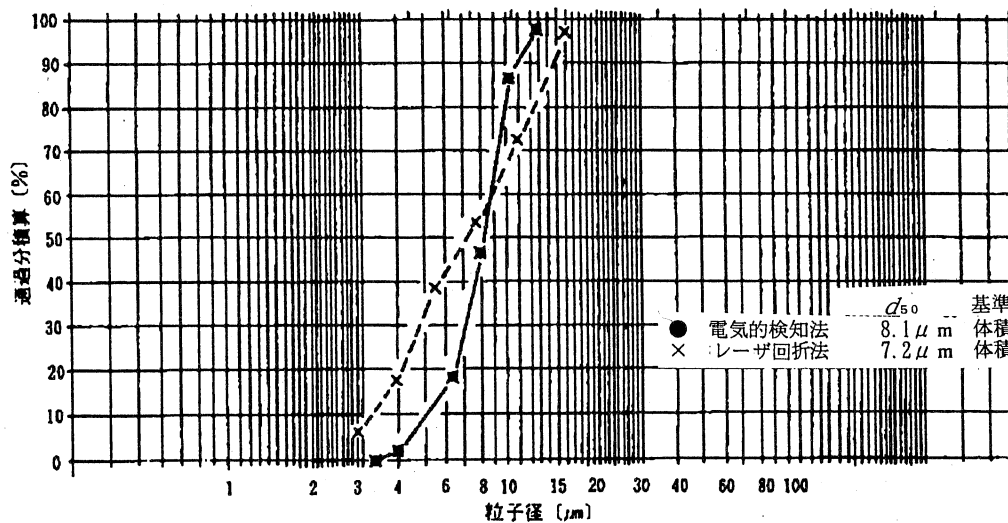


図-3 (b) 粒子径分布測定例〔サンプル：樹脂〕

仕様表示の推奨例を下記に示すが、例5程度の内容が望ましいと考える。なお推奨例2の注記で Rosin-Rammler 線図の傾斜角の利用について書いたがこの傾斜角についても適応粒子範囲、傾斜角の許容範囲を実情に合わせて明記する必要がある。

表示例

例1: $d_{50} = 200 \pm 10 \mu\text{m}$

355 μm 残分 2%以下

測定法: JIS Z 8801 及び JIS Z 8815

例2: $X_{50} = 18 \sim 22 \mu\text{m}$ (Rosin-Rammler 線図で内挿)

90 μm pass $\geq 99\%$

測定法: エアジェットシーブ (セメント協会標準試験方法)

例3: 平均粒子径 160~180 μm

+425 μm	0~2%
+212 μm	25~38%
+106 μm	70~80%
+63 μm	90~97%
-45 μm	0~2%

測定器（試験用ふるい）：JIS Z 8801

ふるい分け時間：5 分間

例 4 :	d_{99}	20 μm 以下
	d_{50}	$6 \pm 1 \mu\text{m}$
	d_1	3 μm 以上
測定法：電気的検知法 電解液：ISOTON II		
個数基準表示		

例 5 :	体積平均粒子径	$10 \pm 0.5 \mu\text{m}$
	+20 μm	2% 以下
	-5 μm	2% 以下
	測定法：	レーザー回折法
	メーカー名	_____
	型 式	_____
	サンプル量	300mg
	測定時間	30 秒
	分散器	超音波式 型式_____
	分散液	エタノール
	分散時間	10min
	分散液温度	20℃
	測定値	体積基準

悪い例 1 :

平均粒子径 $d_{50}=75 \pm 10 \mu\text{m}$
測定方法：ロータップふるい

平均粒子径だけでは、不十分な場合が多い。
ただし、粉体の製造装置や運転条件が規定されている場合は平均粒子径だけの規定でよい場合もある。

悪い例 2 :

粒子径 5~20 μm

概略のイメージは分かるが、分布の形がぼやける。

平均径を記入するとよりはっきりする。また、正規分布に近い等の注釈を付記すれば分かる。測定方法を明記する必要がある。

悪い例 3 :

平均粒子径 $d_{50}=10 \pm 1 \mu\text{m}$
2 μm 以下 10%
2~20 μm 80%
20 μm 以上 10%

%数値に許容差をつけないと現実的でない。
測定方法で分散液、分散条件、サンプル量を規定すべきである。

測定方法：レーザー回折法

悪い例 4 :

平均粒子径 $30\mu\text{m}$
 $+80\mu\text{m}$ 0%
 $-63\mu\text{m}$ 95%以上
 $-45\mu\text{m}$ 75%以上
 $-20\mu\text{m}$ 50%以上
 $-10\mu\text{m}$ 20%以上
 $-5\mu\text{m}$ 0%

測定方法：遠心沈降光透過法
 分散液 IPA 20℃

平均粒子径に許容差が必要。

$+80\mu\text{m}$ 0%、 $-5\mu\text{m}$ 0%

の表示は注意を要する。

測定方法は、さらに分散器型式、遠心沈降時間など、より詳しい条件を規定した方がよい。

悪い例 5 :

平均粒子径 $5\sim6\mu\text{m}$
 -325mesh 98%以上

測定方法：電気的検知法

粒子径は μm で表示、mesh は併記とする。

$-45\mu\text{m}$ (-325mesh)

電気的検知法の場合、さらに電解液などの測定条件と分布基準（個数基準か体積基準か）を明示する必要がある。

3.2.2 比表面積表示

粉体の比表面積に関する仕様表示に当たっては、下記を基本とする。必要に応じてその他の条件などを追加する。

- (1) 単位を明記する。
- (2) 許容範囲を明確にする。
- (3) 測定方法又は測定原理を表す用語を付記する。

比表面積の測定方法として、ガス吸着法と空気透過法が一般的である。比表面積の値は、測定方法により大幅に異なることが多いので注意を要する。この意味から、測定方法又は測定原理を表す用語（例えば BET、ブレーン法など）は必ず付記しなければならない。

また、表示において許容範囲の記載のない場合が多く見られるが、契約書など保証を伴う場合や、製造装置の検討などを行う場合は許容範囲を示す必要がある。

また比重やポロシティが仕様上重要な意味を持つときには併記する。

表示例

例 1 : BET 比表面積
 $10,000\text{cm}^2/\text{g} \pm 800\text{cm}^2/\text{g}$

例 2 : ブレーン法比表面積
 $3,050 \sim 3,300\text{cm}^2/\text{g}$

例 3 : ブレーン法比表面積
 $8,000\text{cm}^2/\text{g}$ 以上
 ただし、ベッドの空隙率=0.45
 JIS R 5201 に準じて測定

3.3 試験法・測定方法の表示

- (1) 粉体の粒子径分布や比表面積を表示する場合には、試料のサンプリング方法、及び試験方法・測定方法に用いた測定器の種類を明記する。

粉体の粒子径分布や比表面積の測定に際し、試料のサンプリング方法⁽¹⁾、用いる測定器の種類によっては測定結果が大幅に異なることがあるので、試料のサンプリング方法、及び試験方法・測定方法に用いる測定器の種類を必ず明記する必要がある。

注(1)測定に用いる試料の採取方法は、協会規格の規定による。なお、同協会規格をベースに平成10年度には JIS 原案作成が進められている。

- (2) 粉体の粒子径分布や比表面積の測定に際し、日本工業規格 (JIS) が定められている場合はできる限りそれを用いる。JIS を使用した場合は、JIS 番号および名称を明記する。

表-1 は、JIS に定められている粉体の粒子径分布測定方法（一部 JIS に定められていないが、一般にはよく使われているものを含む）を、同じく表-2 は、JIS に定められている粉体の比表面積測定方法を示したものである。

一般に、粉体の粒子径分布や比表面積を測定する場合は、これらの JIS を利用すればよい。しかしながら、現在の JIS は、粉体の粒子径分布や比表面積の測定に関し、8割方の整備を終了しているところなので、必ずしもこれらの JIS のみで粉体のそれをすべてカバーしきれない面がある。

従って、ここでは、粉体の粒子径分布や比表面積の測定方法に関し、JIS に定められているものは JIS に準拠してガイドラインを示し、JIS に定められていないものはメーカーの仕様書などによってガイドラインを示すことにする。

表－1 JIS に定められている粉体の粒子径分布測定方法の代表例
(JIS に定められていないが一般によく使用されているものも含む)

分類		測定装置	JIS の規定	ISO 規格との整合性
顕微鏡法	計数法	顕微鏡（拡大投影器を含む） 電子顕微鏡	顕微鏡法（光学顕微鏡法、電子顕微鏡法）*1 JIS Z 8901 試験用ダストなど	
	ふるい分け法	試験用ふるい 試験用電成ふるい	JIS Z 8801 試験用ふるい JIS Z 8800 試験用電成ふるい JIS Z 8815 ふるい分け試験方法通則 JIS R 6002 研磨材の粒度の試験方法 JIS R 6011 研磨布紙用研磨材の粗粒の粒度試験方法	ISO 3310/1、 3310/2*2 ISO 565*3 ISO 2591*4
沈降質量法	液相	アンドレアゼンピペット	JIS Z 8821 ピペット法による粉体の粒子径分布測定方法 JIS R 6002 研磨材の粒度の試験方法 JIS R 6012 研磨布紙用研磨材の微粉の粒度試験方法	例えば DIN66115*5
		沈降天秤	JIS Z 8822 沈降質量法による粉体の粒子径分布測定方法	例えば DIN66116*6
		光透過式粒度測定器	JIS R 1619 ファインセラミックス粉末の液相沈降光透過法による粒子径分布測定方法	
		X線透過式粒度測定器		
レーザー回折法など	液相 気相	レーザー回折式粒度測定器		
衝突分級法など	気相	カスケードインパクトなど	JIS K 0302 排気ガス中のダスト粒径分布の測定方法	
電気抵抗試験法*7		電気抵抗粒度測定器	JIS R 3301 路面表示用ガラス JIS R 6002 研磨材の粒度の試験方法	

注*1 例えば JIS B 9920 クリーンルーム中における浮遊微粒子の測定方法及びクリーンルームの空気清浄度の評価方法

注*2 ISO 3310/1（試験用ふるい－技術的要求と試験方法－試験用網ふるい）

ISO 3310/2（試験用ふるい－技術的要求と試験方法－試験用板ふるい）

注*3 ISO 565（試験用電成ふるい）

注*4 ISO 2591（ふるい分け試験方法）

注*5 ドイツ規格 DIN66115 およびフランス規格 AFNOR NF X11-681
（粒度分析：重力場における沈降分析・ピペット法）

注*6 ドイツ規格 DIN66116 およびフランス規格 AFNOR NF X11-684
（重力場における沈降分析・沈降天秤法）

注*7 最近では電氣的検知法が測定方法を表す呼称として用いられるようになってきている。

表－2 JIS に定められている粉体の比表面積測定方法の代表例

分類	測定装置	JIS の規定	ISO 規格との整合性
気体吸着法	BET 比表面積測定器	JIS Z 8830 気体吸着による粉体の比表面積測定方法（流動法、1 点法を含む） JIS R 1626 ファインセラミックス粉体の気体吸着 BET 法による比表面積の測定方法	例えば AFNOR NF X11-621*1
流体透過法	流体透過測定器	JIS R 5201 セメントの物理試験方法	

注*1 フランス規格 AFNOR NF X11-621（気体吸着による粉体の単位質量当たりの比表面積測定方法）

- 1) 顕微鏡法 光学顕微鏡、又は電子顕微鏡を用いて、粉体の粒子径分布（個数基準）を測定する。

顕微鏡法は、透過型光学顕微鏡、又は透過型電子顕微鏡を用いて、粉体を構成する粒子の像の大きさと数とから粉体の粒子径分布を測定する方法である。

現在のところ、顕微鏡法としては JIS に定められていないが、JIS Z 8901 試験用ダスト、JIS B 9920 クリーンルーム中における浮遊粒子の測定方法及びクリーンルームの空気清浄度の評価方法、並びに JIS B 9930 作動油中の微粒子の測定方法などで用途別に規定されている。

一般に、比較的細粒から粗粒な粉体粒子に対しては透過型光学顕微鏡が用いられ、微粒な粉体粒子に対しては透過型電子顕微鏡が用いられる。

両方法ともに、粉体の粒子径分布を厳密に求めるか、あるいは大体の粒度を求めるかによって、測定に費やす時間と労力とは大幅に変わってくる。いずれも粒度の揃ったものに対して有効である。

すなわち、粉体の大体の形状や粒子の付着状況、中位径、最大最小径などの大体の粒度を求める場合は容易であるが、厳密に粒子径分布を求める場合の時間と労力は大である。現在、これを軽減するために、顕微鏡とコンピュータとを組み合わせた自動式顕微鏡も市販されている。

この他に、走査型電子顕微鏡は、粗粒なものから微粒のものに至る粉体に対して、粒子の表面状態や粒子の結合状態の観察に適している。

- 2) ふるい分け法 JIS Z 8815 に規定しているふるい分け試験方法通則によって粉体の粒子径分布（質量基準）を測定する。

ふるい分け法⁽²⁾は、JIS Z 8801 試験用ふるいに規定している網ふるいか、板ふるいを用い、JIS Z 8815 に規定しているふるい分け試験方法通則によって行われる。

網ふるいは、目開きが 1~125mm のものと、20~850 μ m のものとがあり、板ふるいは、1~125mm のものがある。

粉体の粒子径分布を測定する場合には、一般に網ふるいが用いられるが、粒子密度の大きい粉体に対しては、網ふるいより強度を有する板ふるいが使用される。

JIS のふるい分け試験方法では、手動によるふるい分け方法を基本としているが、手動ふるい分け方法、機械ふるい分け方法のいずれでも良いとしている。また、乾式ふるい分け法でふるい目の目詰まりを生じやすい粉体に対しては、湿式ふるい分け法を適用するように規定している。

さらに、JIS Z 8800 に規定している試験用電成ふるい（目開き 5~500 μ m）は、先の試

験用ふるいよりふるいの目開きの精度が高いことを特長としている。例えばダイヤモンドなどの粒度試験などに用いられている。

注(2) ふるい分け法は、乾式ふるい分け法、湿式ふるい分け法、及び試験用電成ふるいを用いたふるい分け法によって、測定結果が異なる。

- 3) 液相沈降質量法 JIS Z 8821 に規定しているピペット法や、同じく JIS Z 8822 に規定している沈降質量法、もしくは光透過法、X線透過法によって粉体の粒子径分布（質量基準）を測定する。

液相沈降質量法⁽³⁾は、ピペット法および沈降質量法ともに JIS Z 8821 及び JIS Z 8822 に規定しており、ISO 規格（案）となっているドイツ・イギリス・フランスなどのヨーロッパ諸国の規格とも整合している。

測定に時間を要するという理由から、最近では実用に供されなくなっているが、いずれも試験用ダストに関する JIS の規定では、これらの方法が採用されている。

その理由は、沈降質量法、ピペット法ともに測定結果の再現性が高く、両者の測定結果は極めて整合しているためである。

光透過法及び X 線透過法は現在、国際規格第 24 技術委員会（ISO/TC24：ふるい、ふるい分け法及びその他の粒子径分布測定方法）第 4 分科会（SC4：その他の粒子径分布測定方法）において、日本側の意見も取り入れながら検討が進められているので、その動きを注目する必要がある。しかし、とりあえず粉体の粒子径分布の測定は、メーカーの仕様書によって行うことになる。試料の種類および前処理方法などは必ず明記しておく必要がある。

注(3) 液相沈降質量法で必要とする粒子密度の測定方法は、JIS Z 8901 試験用ダストの 7.3 の規定による。

- 4) レーザー回折法 レーザー回折式粒子径測定器によって粉体の粒子径分布（体積基準）を測定する。この方法では、試料の前処理方法などを明記する。

注：測定器の種類によって測定結果が異なることがある。

レーザー回折法などは、レーザー回折式粒子径測定器を用いた粉体の粒子径測定方法は、ISO 13320 として制定されているが、現在のところ JIS が整備されていないので粉体の粒子径分布の測定方法はメーカーの仕様書によって行うことになる。この際、試料の種類、試料のサンプリング方法によって測定結果が大幅に異なってくるので、試料の種類、及び前処理方法などは必ず明記しておく必要がある。

- 5) 衝突分級法 JIS K 0302 に規定しているカスケードインパクト法によって、粉体粒子の粒子径分布（質量基準）を測定する。

衝突分級法は、JIS で含じん気流中の粉体粒子の粒径分布測定方法として定められているカスケードインパクト法によって行われる。一般には、煙道やディーゼル自動車の排気ガス中の粒子状物質の粒子径分布の測定に用いられる。

また、4)レーザー回折法の中の粒子径測定器（乾式）も気相中の粉体粒子の粒子径分布が測定できる。

6) 電気抵抗試験法 JIS R 6002 に規定している方法によって粉体の粒子径分布（質量基準換算）を測定する。

電気抵抗試験法は、JIS R 6002 に規定している研削材の粒度試験方法によって行うことができる。JIS R6002 においては個数基準で粒子径を測定し、質量基準に換算して表示している。

前掲の JIS では電気抵抗試験方法と称しているが、ISO との整合化によって現在では「電気的検知法」と言われている。これも前述の ISO/TC24-SC4 において、日本側の意見も取り入れながら検討が進められているので、その動きに注目する必要がある。

7) 粉体の比表面積測定法 JIS Z 8830 に規定している BET 法によるか、同じく JIS R 5201 に規定している流体透過法によって粉体の比表面積を測定する。

粉体の比表面積測定法の中、気体吸着法は、すでに JIS Z 8830 が整備されており、これによって実施できる。なお、この規格は ISO 規格（案）となっているフランス規格と整合している。

流体透過法は、当面、JIS R 5201 セメントの物理試験方法によって行う。いま対象としている粉体に関しては、その規格化が急がれているものの一つである。

4. 粒子形状に関する仕様表示

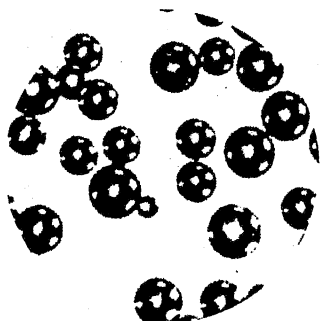
(1) 粒子形状の仕様表示に当たって使用する粒子形状を表す用語については、定義・写真による例などを付して使用することが必要である。

粒子形状を表す用語は非常に多く、煩雑に使われている。例えば球形、不定形、繊維状、針状などが多く使われている。特に同じ形状を表現していると思われるもので複数の用語が見当たる。りん片状、フレーク状、板状などがその一例であり、これはトラブルの発生の原因となる。今後は粒子形状を表す用語を用いる場合は定義・写真により例を示すなどをして使用すべきである。

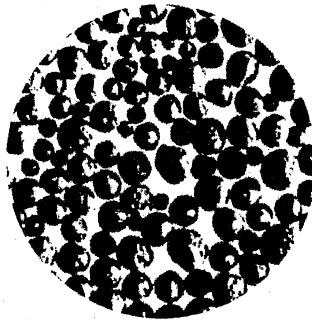
粒子形状を表す用語に関し、一般的なものとして規格化されているものはほとんどなく、1 部英国規格 2955、JIS Z 2500 など国外規格や限られた業界のみ規格化したものがある。

参考として〔参考 1〕、〔参考 2〕、〔参考 3〕を示す。

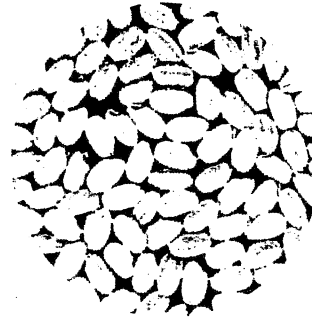
[参考 1] 粉体の形状の名称例と顕微鏡写真



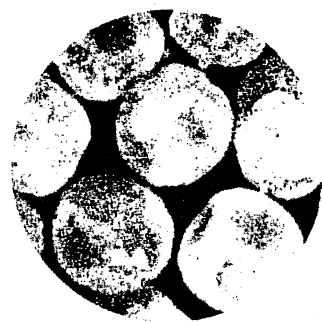
(1)球形
ガラスビーズ、樹脂ビーズの
ように球形度の高いもの。



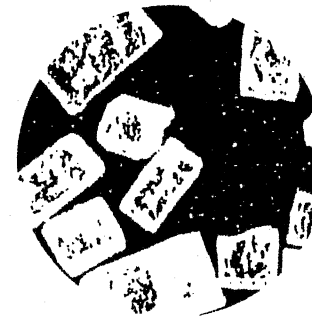
(2)丸形
球形度は低いが全体的に丸味
を帯びたもの。



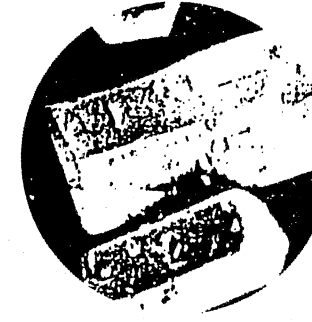
(3)長丸形
細長くて全体的に丸味を帯び
たもの。



(4)角丸形
直方体、立方体の角が取れて
丸味を帯びたもの。



(5)方形
直方体、立方体及びそれらに
近い形状のもの。



(6)柱状
柱や棒のように細長いもの。



(7)針状
細長く、とがったもの。



(8)繊維状
細長く、複雑に曲がっていて
互いにからみやすいもの。



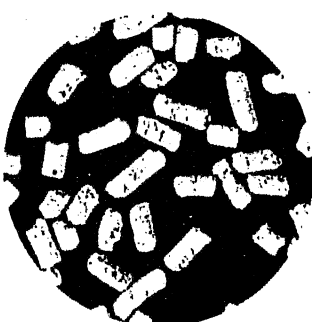
(9)板状
薄く平たいもの。



(10)フレーク状
薄く切ったり、押しつぶした
形状。扁平で、ポーラスなも
の。



(11)顆粒状
小さな粒子を造粒したもの。
丸味を帯びていてポーラスな
もの。



(12)円柱形
押出造粒したもの。
棒状のものを切断したもの。

〔参考 1; 続き〕 粉体の形状の名称例と顕微鏡写真



(13) 凹凸状
表面の凸凹が激しく、引っかかりやすいもの。



(14) 碎片状
岩をたたき割ったような形状
三角形で鋭角なもの。



(15) 碎片丸状
碎片の角が丸味を帯びた物。

〔参考 2〕 粒子形状の定義（英国規格 2955）

Acicular	needle-shaped
Angular	sharp-edged or having roughly polyhedral shape
Crystalline	freely developed in a fluid medium of geometric shape
Dendritic	having a branched crystalline shape
Fibrous	regularly or irregularly thread-like
Flaky	plate-like
Granular	having approximately an equidimensional irregular shape
Irregular	lacking any symmetry
Modular	having rounded, irregular shape
Spherical	global shape

主な粒子形状を表現する用語（英国規格より）⁵⁾

球状	(spherical)	繊維状	(fibrous)
立方体状	(cubical)	樹枝状	(dendritic)
粒状	(granular)	海綿状	(sponge)
塊状	(blocky)	角状	(angular)
板状	(platy)	圭角状	(sharp-edged, sharp-cornered)
薄片状	(flaky)	丸み状	(modular, rounded)
柱状	(prismatic)	不規則状	(irregular)
棒状	(rodlike)	結晶状	(crystalline)
針状	(acicular, needle-like)		

〔参考 3〕 粉末冶金用語（JIS Z2500-1987 より）

番号	用語	意味	参考
			対応英語
2025	海綿状粉	多孔質の粒子からなる粉末。スポンジ粉ともいう。	sponge powder
2026	針状粉	細い針状の粒子からなる粉末。	acicular powder
2027	角状粉	角状の粒子からなる粉末。	angular powder
2028	樹枝状粉	樹枝状の粒子からなる粉末。	dendritic powder
2029	繊維状粉	繊維状の粒子からなる粉末。	fibrous powder
2030	片状粉	平板状の粒子からなる粉末。	flake powder
2031	粒状粉	球状に近い形の粒子からなる粉末。	granular powder
2032	不規則形状粉	対称性を欠く粒子からなる粉末。	irregular powder
2033	球形粉	球形の粒子からなる粉末。	spherical powder
2034	凝集粉	複数の粒子が互にくっついてできた粉末。	agglomerate powder

(2) 粒子形状の仕様表示に当たっては、表示されている粒子形状を表す特性値の測定方法、測定条件などについて、当事者間で誤解が生じない程度に明示されている必要がある。

粒子形状を表現する方法として例えばアスペクト比、真円度などが使われる場合、これらを表示する測定方法、測定条件などについてしっかりした定義を明示する必要がある。

例えばアスペクト比などを計算するための粒子径の定義などもその一つであり、これらの点を当事者間がより具体的に取り決めを行い明確に示さなければならない。

粒子形状については、前述の ISO/TC24-SC4 に画像解析というワーキンググループ(WG8)があり、ここで日本側の委員も加わり検討が進められている。粒子形状の仕様表示に関連があるので、その動きに注目する必要がある。

(3) 粒子形状の仕様表示をかさ密度など他の粉体物性測定値を用いて代行する場合には、その方法の有する限界について充分認識の上、代行値の許容範囲、測定方法、測定条件を明示する。

物性測定で代行し粒子形状を表示する方法は多く用いられている。特にかさ密度を使用する方法が多く代表的な例である。物性測定で代行するメリットは評価基準を数値で表すことができる点にある。しかし、かさ密度の測定などに見られるように測定結果が粒子の形状のみで決定されるものでなく、水分、粒子径などの他の要因に測定結果が左右されることがほとんどである。これらの点から、粒子形状を物性測定値で代行する方法には限界があることを充分認識し使用すべきである。測定条件の統一や明示、測定方法定義の明示などが是非必要である。

文献

- 1) 久保, 神保, 水渡, 高橋, 早川: 粉体, 改2版 丸善 (1979)
- 2) 粉体工学研究会編: 粉体粒度測定法, 養賢堂 (1965)
- 3) 粉体工学会編: 粉体工学用語辞典, 日刊工業新聞社 (1981)
- 4) 粉体工学会編: 粉体工学便覧, 初版3刷, 日刊工業新聞社 (1990)
- 5) 遠藤: 粉体と工業 24, (9), 29 (1992)

5. 水分特性に関する仕様表示

平成6年度の「粉体の仕様表示方法」におけるアンケート結果で、密度・充てん特性と水分特性の2つの特性は仕様表示の実施がおおよそ60%と高率であった。

このアンケートでは、水分特性を粉体における水の存在形態によって、「水分」「付着水」「構造水」「乾燥減量」「その他」に区分して仕様表示の現状と問題点を調査したが、水分特性の仕様表示率の高さは、粉体にとってこの特性が基本的かつ工業的にも重要であり、測定方法が比較的容易であるためと思われる。水分特性の仕様表示で最も一般的な表示の例は「水分何%以下」で表わされるが、「水分」については JIS 規格などの規定の整備が進んでいるため各種の仕様表示のなかでは比較的問題の少ない特性である。水分特性のうちでは、「水分」とこれと同義語的に使用されている「乾燥減量」の表示率が高い反面、「付着水」「構造水」は特定分野で使用される傾向がある。これらの用語の使い分けの現状は必ずしも問題がない訳ではなく、用語の意味をあいまいに理解して仕様表示を行っているものが見られた。ここでは、最も表示率の高かった「水分」を中心にガイドラインをまとめた。

5.1 単位

「水分」の仕様表示に使用する単位は%を推奨する。

単位としては、%、重量（体積）%、wt (vol) %、ppm があるが、最も一般的な%の使用を推奨する。ただし、微量水分の場合は、ppm を使用してもかまわない。

5.2 用語、記号

- (1) 「水分」の表示に当たっては、湿量基準、乾量基準の区別を明示する。ただし、湿量基準の場合は、省略してもよい。
- (2) 用語については、「水分」「付着水」「構造水」「乾燥減量」のそれぞれの意味をよく理解して誤解のないように使用する。

記号としては、WB (wet base、湿量基準) と DB (dry base、乾量基準) があるが、アンケート結果のほとんど、及び JIS 規格においてはすべて湿量基準であり記号を使用していない。これらの現状からは、湿量基準での表示で記号を使用しないことが現実的である。しかしながら、分野によっては WB と DB を同じ程度使用することもある。どちらの基準で使用しているかを明確にしておくことが重要であり、ガイドラインではその区分を明確にした。ただし、使用されることの多い湿量基準の場合は省略してもよいことにした。記号の使用例としては、湿量基準の場合は「水分 5%以下」、「水分 4~5%」のように記号を付けなくてもよく、乾量基準の場合は「水分 5%DB 以下」あるいは「水分 4~5% (DB)」のように湿量基準と区別して表示する。

〔参考1〕に代表的な用語の説明を示した。用語の「水分」は、総称的な言葉として使うこともあり、この場合〔参考2〕で示す「全水分」又は「総水分」を「水分」としている。

〔参考3〕には JIS 用語の意味を示した。表示率の高い「水分」と、これと同義語的に使用されている「乾燥減量」は JIS 規格、日本薬局方などで説明されている。現状では用語

の意味については必ずしも統一はされていないので、用語を正しく理解して誤解のないように使用することが重要である。

なお、乾燥工学分野で乾量基準としてしばしば使われる用語に「含水率」があるが、JIS規格では基準が必ずしも統一されていないことに注意したい〔参考4〕。

5.3 表示方法

一点表示はできるだけ避け、許容される範囲について何等かの方法で表示することが望ましい。

粉体特性として工業的に「水分」を表示する場合、多くは粉体にとって水分が不要な物質として扱われるため、その表示は「水分 1%以下」のように範囲を示す“以下”を付けることが多い。表示に当たっては、 $1 \pm 0.5\%$ 、 $1 \sim 3\%$ 、 1.0% 以下のように範囲を記すことが望ましい。

5.4 試験方法・測定方法の表示

- (1) JISなどの規格が定められている場合は、出来る限りそれを使用する。
- (2) JISによらない場合は、試料のサンプリング方法、試験に用いた測定器の種類、測定条件を明記する。

水分特性を測定する方法は多数提案されているが、最も一般的な方法は恒温乾燥による減量から求める方法とカールフィッシャー法（KF法）である。これらの方法については、JIS規格に定められているので準拠することが望ましい。JIS規格で定められている方法をまとめて〔参考5〕に、また試験方法の具体的な内容の一部を〔参考6〕に紹介した。恒温乾燥による減量から求める測定方法として、恒温乾燥器と赤外線水分計がよく利用される。測定に際しては、測定器の種類、試料のサンプリング方法、測定条件（温度、時間など）によって結果に違いを生ずることがあるので、それらを明記することが望ましい。

なお、試料のサンプリング方法については、協会規格「粉体試料サンプリング方法通則」（平成10年度JIS原案作成中）があるので、これの適用が推奨される。

〔参考1〕 代表的な用語の説明¹⁾

粉体特性用語	用語の説明
水分 water content	一定条件のもとでその物質自体に吸着されている水分。一般に水分と呼ばれているものは、風乾試料又は、恒湿試料について水分定量法で定量された水分をいう。水分はその試料の吸湿性又は、吸着性を示す尺度となり、その試料の本質に直接関係する。
付着水 adhesive moisture	付着水分、自由水分、湿分。試料を風乾又は、恒湿状態に長く保持するとき失われる水。地下水や雨水のように試料に対して機械的に付着している水分で、試料の本質には直接関係がないが、表面の性質によって異なる場合がある。
構造水 constitution water	結晶水。結晶中に一定の化合比で含まれている水をいう。結晶内での結合状態や構造によって、脱水により結晶構造が変化する場合と、変化しない場合がある。
乾燥減量 weight loss on drying	元の物質の質量から乾燥後の質量を差引いた質量をいう。一般には、加熱乾燥法による付着水と水分の加算量をさす場合が多い。

〔参考 2〕 水の存在形態²⁾

相当張力 気圧 (atm)	粒子系			単一粒子	水分			
	水の 形態	アッターベルグ 限界値	充填 構造	水の 形態	水の 形態	水分		
100, 000	化合水 吸蔵水	105℃ 乾燥		化合水 吸蔵水	結合水	化合水分		総水分
100	吸湿水	状態 風乾	懸垂域	吸着水		水分	全水分	
	膨潤水	状態	繊維条域	付着水	自由水	湿分		
	毛管水		毛管域					
毛管 重力水								
0. 1	重力水		流動域					

〔参考 3〕 JIS 用語「水分」「乾燥減量」³⁾

規格番号	分野	意味
K 6900	プラスチック用語 「水分」 water content	物質中に含まれている水又はその割合をいう。ただし、結晶水、結合水は水分とみなさない。湿量基準では原重量を 100 とした百分率で表わし乾量基準では恒量になるまで乾燥した後の重量を 100 とした百分率で表わす。
M 0104	石炭利用技術用語 「水分」 moisture	規定の条件のもとに、加熱乾燥したとき生じる試料の質量減少率。
P 0001	紙・パルプ用語 「水分」 moisture content	紙・パルプの含有する水分。その測定は、パルプの場合は 100－105℃、紙の場合は 105±3℃で恒量に達するまで乾燥したときの減量。もとのパルプ又は紙の重量に対する％で表わす。
R 9200	せっこう、石灰及びマグ ネシアセメント用語 「水分」 free water	せっこうに付着している水で、約 45℃で蒸発する量。
Z 9211	エネルギー管理用語 「水分」 moisture content	一般に物質と水が共存する場合、その中に含まれる水分の割合。固有水分、化合水分に分けられるが、単に水分と言った場合には固有水分を表わし、規定の温度に加熱乾燥したとき、その減量の試料に対する百分率をもって水分とする。
K 0211	分析化学用語（基礎部門） 「乾燥減量」 drying loss	物質を乾燥したときの重量の減少量。

〔参考 4〕 JIS 用語「含水率」³⁾

規格番号	分野	意味
L 0208	繊維用語	任意の状態の質量と絶乾との差の、質量に対する百分率
R 2001	耐火物用語	耐火物に含まれる水分の質量の耐火物の質量（水分を含んだ値）に対する百分率
Z 0107	木箱用語	材木の全乾重量に対する含有水分の重量を百分率で表したもの
Z 9211	エネルギー管理用語	材料の無水重量に対する材料中の含水量の比
A 0203	コンクリート用語	骨材内部の空隙に含まれる水と表面水の全量の絶対乾燥状態の骨材質量に対する百分率
R 9200	せっこう、石灰及び マグネシアセメ用語	せっこうボードに残存している水分量で、約 40℃で蒸発する水分質量と乾燥質量との割合。百分率で表す。

〔参考5〕 JIS で規定されている方法

規格番号	名称	方法
A 5008	舗装用石灰石粉	105-110℃、恒温乾燥
K 0067	化学製品の減量及び残分試験方法	105-110℃、恒温乾燥
K 0068	化学製品の水分測定方法	カールフィッシャー法
K 2275	原油及び石油製品水分試験方法	カールフィッシャー法
K 5101	顔料試験方法	105-110℃、乾燥減量
M 8812	石炭類及びコークス類-工業分析法	
P 8127	紙及び板紙の水分試験方法	105±3℃、乾燥減量
P 8202	製紙用パルプの荷口水分の試験方法	
P 8203	製紙用パルプの試料水分の試験方法	
P 9101	せっこうの化学分析方法	45℃で蒸発

〔参考6〕 JIS 規格の試験方法の内容

規格番号	試験方法
A 5008	「水分」 試料約 100g を 0.1g まで正しく量り採り、試料が均等の厚さになるように広げ、恒温乾燥器に入れ、105~110℃で恒量になるまで乾燥した後、デシケータ中で室温まで冷却後、重量を量る。水分は次の式によって算出し、小数点以下1ケタに丸める。 $A = (1 - W_2 / W_1) \times 100$ ここに A : 水分 (%) W₂ : 乾燥後の重量 (g) W₁ : 試料の重量 (g)
K 0067	「乾燥減量」 操作：試料を適当な大きさで重さのわかっている平形はかりびんに量り採り、試料表面を平らにならしてその層厚が 5mm 以下になるようにし、特に限定しない限り 105~110℃で恒温になるまで加熱し（このとき量りびんの栓は取って一緒に乾燥する。）デシケータ中で放冷したのち、その重さを量る。なお、規定の温度より低温でとける試料については、いったんそのとける温度よりも 5~10℃低い温度で 1~2 時間加熱したのち規定の温度で加熱する。 計算式：次の式によって乾燥減量を計算する。 $A = [(W_1 - W_2) / W_1] \times 100$ ここに A : 乾燥減量 (%) W₁ : 試料の重さ (g) W₂ : 乾燥または加熱後の試料の重さ (g)
K 5101	「水分」 規定量の試料をあらかじめ乾燥した平形量りびん 50 ml に正しくとり、試料を量りびんの底面になるべく均等な厚さに広げ、栓をして量る。次に栓をとり、量りびん及び栓を 105~110℃に保った乾燥器中に 2 時間乾燥して、デシケータに置いて放冷したのち、栓をして量り減量を求め、次式によって水分 (%) K を算出する。 $K = (L / S) \times 100$ ここに L : 減量 (g) S : 試料の重さ (g)

文献

- 1) 化学大辞典：共立出版(1963)
- 2) 粉体工学会編：粉体工学便覧, 日刊工業新聞社(1986)
- 3) 日本規格協会編：JIS 工業用語大辞典第4版, 日本規格協会(1995)

6. 密度・充てん特性に関する仕様表示

平成6年度の密度・充てん特性に関するアンケート結果¹⁾によれば、「かさ密度（かさ比容積も含む）」の仕様表示が圧倒的に多く、続いて「粒子密度（真密度）」「かためかさ密度」「ゆるめかさ密度」「タツプ密度」「造粒体の気孔率」の順であった。

「かさ密度」については個別の粉粒体を対象とした数多くの JIS 規格があり、その測定装置、方法も規定されているため、特定の業界については混乱が無く問題がないように思われる。しかし、そこで対象とされていない一般の粉粒体については、市販の測定装置や各社独自の試験機による結果を基に仕様表示を実施している場合の多いことがアンケート結果から伺えた。しかし測定装置、方法が異なるため生じたトラブルも報告されている。

「固めかさ密度」「ゆるめかさ密度」については、明確な定義が確立しているとは言い難いが、アンケート結果を見ると商取引にはよく使われている現状が伺える。

一方、「粒子密度（真密度）」については、定義、測定方法などが確立しているため、仕様表示において混乱やトラブルは比較的少ないようである。

ここでは、「粒子密度」「真密度」及び「かさ密度」について仕様表示のガイドラインを示し、平成6年度のアンケートに基づいていくつかの問題について解説を加える。

6.1 単位

粒子密度、真密度及びかさ密度の仕様表示に使用する単位は、 kg/m^3 又は g/cm^3 とする。

アンケート結果では、種々の密度関係の単位には kg/m^3 又は g/cm^3 を使用するとした回答が最も多かったが、その他に無単位、 l/m^3 、 g/cc 、 kg/l 等が見られた。国際単位系の組立単位の中に「密度」が含まれていて、そこで kg/m^3 が基本であり、「SI 単位の 10 の正数乗倍で主として用いるもの」の中に g/cm^3 が含まれている。無単位の表示は恐らく「比重」を意味していると思われる。固体粒子の場合、「密度」と「比重」は値が数値的には等しく、これを混同しても一般には不都合は生じないが、一般には密度を測定して表示していると思われるし比重とは定義も異なる。できるだけ密度測定を行い、密度単位で表示することが薦められる。

容積の単位に cc や l を使用している例が見られたが、国際単位系に従うことが基本である。「l」は、計量法でも認められている単位であり、絶対的に否定できるものではないが、「JIS Z 8203 国際単位系 (SI) 及びその使い方」²⁾には「SI に含まれない単位であるが、実用上重要であるので…併用する。」とあり、「′」「″」や特殊分野で認められている「bar」と同様に、奨められない。cc は、国際単位系にも実用上の併用としても認められていない。

6.2 用語、記号

(1) 粉体の仕様表示における密度類の表示には、粒子密度、真密度、及びかさ密度といった用語を使用し、その意味を明確にすることが必要である。

単に「密度」とする用語は、できる限り避ける。

これら以外の用語を使用するときは、その定義又はその使用根拠を付記する。また、これらの用語に修飾語を付記して使用する場合も同様とし、その場合は、測定方法など必要事項を付記する。

- (2) 粒子密度、真密度及びかさ密度の基本記号は「 ρ 」とし、粒子密度には「 ρ_p 」を、真密度には「 ρ_t 」を、またかさ密度には「 ρ_b 」を使用する。

他の記号を使用する場合には、必ず記号説明を付記し、必要に応じて用語の定義も付記する。

量記号については、JIS Z 8202³⁾に種々の量に関する記号の使い方が規定されている。その中に「密度」があり、「 ρ 」を使うことになっている。さらに、添え字を使うことができることになっていて、線密度 ρ_l 、面密度 ρ_A (ρ_s) 等と規定されている。一般に使用されている粉粒体関係に密度類の記号 ρ_p 、 ρ_t 、 ρ_b はこの規定に沿う表示方法であり、推奨できる記号である。なお、量記号は添え字も含めて斜体で表示することになっている。

平均値を表示する場合には $\bar{\rho}$ とすることが多い。

粒子密度、真密度の定義は、〔参考1〕に文献の記述を引用した⁴⁾。

見掛け粒子密度とする用語もあるが、これは亀裂や小さい割れ目の隙間を粒子の一部と見なして粒子の密度を定義するもので、ポロシメータなどによる密度の測定値が該当する。使用する場合には定義を付記することが望まれる。

「かさ密度」は粉粒体を容器に充てんしたとき、粉粒体層表面までに占める容器容積に対する粉粒体の質量であり、それは粉粒体の単位かさ体積当たりの質量を意味する。この場合、同一の粉粒体であっても、かさ密度は充てん方法、測定方法によって大きく異なるので十分な注意が必要である。また、容器の大きさ、材質によっても異なる場合がある。従って、「かさ密度」という用語は、測定方法の記述がなくてトラブルを起こすことがしばしば見られる。

「かさ比重」や「見掛け比重」という用語もよく見掛けるが、粉粒体の場合、質量は乾燥状態で天秤で測定することが多い。同一体積の水と比較しているのではないので、こうして測定した密度の類は比重ではない。実際に比重測定を行っている場合以外は、比重という言い方は賛成できない。従って、一般には「**密度」という用語を使うことを奨める。

6.3 表示方法

- (1) 粉体の仕様に密度・充てん特性を表示するときは、
- 1) 規格類による場合には、その規格類の番号又は名称を記述し、それに従って表示を行う。また必要事項がある場合には追加する。
 - 2) 規格類がない場合には、必要に応じて用語とその定義、測定方法、測定条件等を明示する。
- (2) 密度・充てん特性値に分布又はばらつきがある場合には、分布を示す因子との対応、又はばらつきの範囲を示す。

粉粒体の場合、流体や通常の固体物質と異なり、単に密度といっても物質の物性と言える「真密度」か、粒子内部に閉空間があってそれも粒子の一部と見なす「粒子密度」か、

あるいは粉粒体のかさ体積を基準にした「かさ密度」が明確でなく、その用語の意味は非常に重要である。従って、それらの区別を明確に示す用語を使用することは、粉体仕様表示の基本である。

かさ密度は、測定方法によって値が大きく異なる。従って、測定方法の一部を含めた合成用語がしばしば使用される。例えば、下記に列記するような用語がある。これらはすべて少しずつ内容が異なるので、用語とともに、測定方法等の必要事項を含めて定義を付記することが望ましい。

- * 初期かさ密度、最終かさ密度 : 「初期」は粉粒体を自然落下させて測定するもので、「最終」はタッピング、振動などをかけてかさ密度が増加しなくなったと見なせる状態を意味することが多い。
- * ゆるみかさ密度、固めかさ密度 : これは市販装置から出た用語であり、「初期」「最終」にほぼ該当する。この用語を使っている市販装置は、通常のメスシリンダによる方法などとは異なり定容積測定法によるものである。この測定方法の概要を〔参考 2〕に示しておく。
- * 軽装かさ比重、重装かさ比重 : これは JIS H 1902 で「アルミナの物性測定方法」に含まれるもので、概念としては「初期」「最終」に相当するが、測定方法に特色があるのでそれを含めた用語と見なせる。
- * タップかさ密度 : 自然落下させて充てんした後、タッピングをかけて充てん状態を密にしたときのかさ密度を意味する。
- * 充てん密度 : これは粉粒体の特性を示す用語としてよりも、単に粉粒体がある時点でもつかさ密度、または充てん状態の高密化の中間過程で使用されることが多い。
- * 見かけ密度 : 化学系の JIS でかさ密度と同等の意味でよく使用されているが、規格等を明示して使用することが薦められる。小さい亀裂などの開空間を粒子の一部と見なして粒子の密度とする場合や、異成分の混合物体の体積を表すときに「見かけ体積」などと言うこともあり、その意味が紛らわしい。従って、一般的な仕様では、規格類を示して使用するか、又は定義を付記すれば問題はない。
- * かさ比容 : これは単位質量当たりのかさ体積である。使用されることは少ないが、医薬関係で使用されているようである。一般にはほとんど使用していないので、規格類を示して使用するか定義を付記する必要がある。

また、粒子密度は、例えば粒子径によって分布を示すことがある。このような場合には粒子径に対する粒子密度を仕様表示に盛り込むことが必要である。また、天然原料など、粒子密度にばらつきが出るものが少なくない。このような場合にはばらつきの範囲を示すことが必要である（本節の表示例参照）。

6.4 試験方法・測定方法の表示

粉体の粒子密度、真密度及びかさ密度の仕様表示を行うに当たって、試験方法・測定方法を表示する場合には、

- 1) 規格類による場合には、その規格番号又はその名称を記述し、それに従って表示を行う。また必要事項がある場合には追加する。
- 2) 規格類がない場合には、測定装置名又は基本となる原理名、容器名等、必要事項を明示する。
- 3) かさ密度を規格類によらないで仕様表示する場合には、測定方法、容器の大きさ、充てん方法等の必要事項を明示する。
また、タッピング、振動などを使用する場合には、タッピング高さ、タッピング速度、衝撃面材料、タッピング回数等の必要事項を明記する。

粒子密度と真密度の測定方法には、一般には同じ測定方法が使用されると思われるが、真密度の測定では、粉碎などにより粒子中の空間や測定媒体（液やガス）が浸透できない空間を無くすような操作が必要である。

粒子密度の測定には、液相法と気相法があるが、液相法ではピクノメータ法、ルシャテリエ法、懸ちよう法など并表示し、測定容器の大きさが必要なときは「50cm³ ピクノメータ」、さらに浸液が必要な場合には「浸液、キシレン」等と表示する。試料量、測定回数が必要な場合もあり、その場合には「10～30g、3回平均」等と付記する。

気相法の場合にも、ベックマン法、アルゴンガス置換法などとし、試料量を記述することが必要な場合には、「ベックマン法、試料 100～150g、3回平均」等と記述することになる。

かさ密度は測定方法によって値が大きく異なる。従って、規格類によらない場合には、必要十分にその測定方法を記述することが望ましい。

初期かさ密度で表示するような場合、「初期かさ密度」と明記することも必要であるし、さらにスプーン充てんとふるい分散による場合で異なる場合には、その区別も必要になる。初期かさ密度では、自然充てん後、時間と共に粉体面が沈下するものがある。このようなことが激しい粉体で、沈下終了の判断基準を示すことが必要な場合がある。このような場合には、例えば、「測定：表面沈下が堆積高さの1%/min になったとき」などを付記する。

また外気の湿度が影響する場合には、「湿度 00%」等といった記述も必要となる。

調査を行ったかさ密度測定方法に関する JIS 規格を〔参考3〕に示しておく。

表示例

例1：粒子密度 $\rho = \text{*** kg/m}^3$ (**装置)

例2：かさ密度 $\text{**.*} \sim \text{##.} \text{ kg/m}^3$ (100cm³メスシリンダ、高さ ** cm のロートから自然落下により注入)

例3：見掛け密度 (JIS A ****) $\rho_b = \text{**.*} \sim \text{##.} \text{ g/cm}^3$

例4：見掛け比重 (JIS B #####) $\gamma_b = \text{**.*} \sim \text{##.}$

例5：粒子密度 $\text{**.*} \pm \text{*.} \text{ g/cm}^3$ (**装置 10 回測定)

例6：ゆるみかさ密度 $\rho_b = \text{**.*} \sim \text{##.} \text{ g/cm}^3$

ゆるみかさ密度：粉体をふるいを通して自然落下させて容器に充てんさせたときのかさ密度 (測定：…製装置**型使用)

例7：かさ比容 (日局 *-**) $\text{**.*} \sim \text{##.} \text{ cm}^3/\text{g}$

例8：粒子密度 2.71 g/cm³ 但し、ふるいの呼び 45 μm ふるい下

2.65 g/cm³ 45～90 μm

2.61 g/cm³ 90～150 μm

例9：粒子密度 $\rho = \text{*** kg/m}^3$ (ベックマン法、試料採取量 100～150g：3回平均)

例10：かさ密度 (YY 製 ZZ 装置によるタップ密度、但し衝撃面はステンレス)

タップ密度：ZZ 装置によりタッピングを掛けて測定し、かさ密度の変化がタップ数 10 回当たり 5%以下となるときのかさ密度。

$\rho_b = \text{**.*} \sim \text{##.} \text{ g/cm}^3$

例11：粒子密度 (ピクノメータ法、50cm³容器使用、キシレン中で減圧脱気：粒子径分離 試験用網ふるい呼び寸法** μm 、枠の径 ** mm、深さ ** mm で、JIS Z 8815 の手ふるい)

** μm 未満 *. g/cm³

** μm 以上 #. g/cm³

〔参考 1〕 粒子密度、真密度、見掛け粒子密度の定義⁴⁾

- * 粒子密度 (particle density) ρ_p : 粒子の表面を濡らしやすい液体に浸し、含んでいる気泡を十分取り除くと、液体は裂け目、割れ目、浅い凹み及び洞穴に入り込むが、閉じた空孔に入らない。この状態で粒子により排除された液体の体積を求める。この場合の粒子体積は閉じた空孔を含めた値となる。このようにして求めた密度を粒子密度と呼ぶ。
- * 真密度 (true density) ρ_t : 粒子を十分細かく粉砕して閉じた空孔がもはや存在しない状態にしてから、前記の ρ_p と同じ方法で求めた密度を真密度と呼ぶ。
- * 見掛け粒子密度 (apparent particle density) ρ_a : 粒子密度 ρ_p の測定には、粒子表面をよく濡らす液体を用いたが、例えば水銀のような大部分の物質の表面を濡らさない液体を用いると閉じた空孔のほか、狭い洞穴や割れ目にも液体は入らない。このような液体を用いて得た密度を見掛け粒子密度という。

〔参考 2〕 ゆるみかさ密度、固めかさ密度の測定法概略

市販装置 (パウダーテスター) の測定法を示す。この取扱説明書では「ゆるみ見掛け比重」「固め見掛け比重」となっている。

- * ゆるみかさ密度: 内径 50mm 内容積 100cm³ の容器に、ある一定の高さにある目開き 700 μ m の振動ふるいを通して試料を充てんする。振動強度は、測定容器に試料が山盛りになるまでに 20~30 秒になるように調整する。その後容器上部に山になった試料をすり切り、容器内部の試料質量を測定し、かさ密度を求め「ゆるみかさ密度」とする。
- * 固めかさ密度: 「ゆるみかさ密度」の測定後、試料を充てんしたままの容器に補助円筒を取り付け、180 回タッピングを行う。タッピングが始まり粉体が圧縮されると試料を追加し、タッピング終了後「ゆるみかさ密度」と同様にしてかさ密度を求め「固めかさ密度」とする。

〔参考 3〕 粉体のかさ密度測定方法に関する既存 JIS 規格 (1997. 1 現在)

JISNo.	粉体・粒子	容器寸法	容積	深さ/直径
JIS A 1104-93	粗骨材 40mm 超え 80mm 以下	$\phi 350 \times 310\text{mm}$	30,000cm ³	0.89
	10mm 超え 40mm 以下	$\phi 240 \times 220$	10,000	0.92
	10mm 以下	$\phi 140 \times 130$	2,000	0.93
JIS H 1902-90	アルミナ (アルミナ精錬用)	($\phi 35 \times 210$)	200	6.77
JIS K 2151-93	コークス 125~25mm	$\square 794 \times 794 \times 794$	500,566	1.00
JIS K 1464-62	工業用乾燥剤 0.84mm 以上	メスシリンダー	450~500	
JIS K 1467-84	電解二酸化マンガン	$\phi 22 \times 78$	30	3.55
JIS K 1469-84	アセチレンブラック 149 μ m 以下	メスシリンダー	100	
JIS K 1474-91	活性炭 0.150~2.00mm	$\phi 38 \times 176$	200	4.63
JIS K 3362-90	合成洗剤	$\phi 40 \times 79.6$	100	1.99
JIS K 5101-91	顔料 <44 μ m	$\phi 22 \times 79$	30	3.59
JIS K 6220-95	ゴム用配合材	$\phi 22 \times 100$	38	4.55
JIS K 6221-82	ゴム用カーボンブラック	$\phi 100 (\times 127)$	1,000	1.27
JIS K 6223-76	ゴム用炭酸カルシウム	$\phi 22 \times 100$	38	4.55
JIS K 6224-95	ゴム用酸化マグネシウム	$\phi 22 \times 100$	38	4.55
JIS K 6722-95	塩化ビニリデン樹脂	$\phi 40 \times 80$	100	2.00
JIS K 6891-95	四ふっ化エチレン樹脂成形粉 150 μ m~1.7mm	$\phi 40 \times 79.6$	100	1.99
JIS K 6892-95	四ふっ化エチレン樹脂ペースト押出成形粉	$\phi 40 \times 79.6$	100	1.99
JIS K 6911-95	熱硬化性プラスチック (ロートから注げる場合)	$\phi 45 (\times 63)$	100	1.40
	熱硬化性プラスチック (ロートから注げない場合)	$\phi 90 \times 158$	1,000	1.76
JIS R 6126-70	人造研削材	$\phi 39 \times 83.7$	100	2.15
JIS Z 2504-79	金属粉	$\phi 28 \sim 30 \times (41 \sim 35)$	25	1.46~1.17

文献

- 1) 平成6年度粉体仕様表示方法に関する調査研究：(社)日本粉体工業技術協会（1995）
- 2) JIS Z 8203 国際単位系（SI）及びその使い方
- 3) JIS Z 8202 量記号、単位記号及び化学記号
- 4) 粉体工学会編：粉体工学便覧、日刊工業新聞社（1986）

7. 力学特性に関する仕様表示

アンケート結果¹⁾では「安息角」による仕様表示が最も多く、次いで「流動性」「付着性」「凝集性」の順であった。

力学特性に関する項目の中で、定義が明確になっているものとしては、「安息角」「粉体層引張強度」「粉体層せん断強度」「内部摩擦係数」「壁摩擦係数」があげられるが、「安息角」を除いたそれらの特性値は、仕様表示に用いられることが少ないのが現状である。その理由としては、測定装置が広く普及していないこと、装置設計や運転に使用できる状況にないこと、「安息角」に比べて測定が面倒であること等があげられる。しかしながら、それらの特性値は物理的意味が明確であり、アメリカ、ヨーロッパではかなり広く用いられている。

一方、定義が明確でない「流動性」や「付着性」等が仕様表示として多く用いられているが、これらの特性は粉粒体を取り扱う業界にとって必要不可欠な特性であり、何らかの形で使用表示を行うことが求められているためと思われる。

ここでは、最もよく使用されている「安息角」及び「付着性」「流動性」に絞ってガイドラインを提示するとともに、今後、工学の発達に伴って力学特性として重要になってくる「粉体層引張強度」「粉体層せん断強度」等についても解説に触れる。

7.1 安息角

7.1.1 単位

安息角の単位には、「rad」又は「°」を使用する。また、「度」と記述することもできるが、単位を付記する場合には使用できない。

角度の SI 単位は「rad」であるが、「°」も使えることになっている。しかし、「deg」は認められていない。「rad」と「°」の関係は、次のようである（JIS Z 8202 量記号、単位記号及び化学記号）。

$$1「°」 = \pi/180「rad」 = 0.017\ 453\ 3「rad」$$

なお、度以下の小数を用いるときは、記号はその数字のあとに書く。

例：15.72°

7.1.2 記号、用語

- (1) 用語として安息角とは、重力場において、粉体が堆積して自由面を形成するとき、粉体層表面が水平面となす角度とする。
- (2) 記号としては、 ϕ 、 θ 、 α 、 ψ 、 β 等を使用できるが、他の記号と重ならないように、はじめの方から優先して使用し、記号説明を付ける。

安息角は、かつて息角、休角などと呼ばれたこともあるが、現在では安息角が一般的となっている。角度の取り方は、粉粒体の斜面と水平面とのなす角度とするか、又は堆積粉体の底面の径に対する高さから計算する。

安息角の記号には、 ϕ 、 θ 、 α などが使用されるが、まだ一般的となっているものはないので、単に記号で記述するのではなく、「安息角」という用語を必ず記述しなければならない。いずれの記号も他の記号と重ならないことが必要である。

7.1.3 表示方法、試験方法・測定方法

- (1) 規格類による場合には、その規格番号又はその名称を記述し、それに従って表示を行う。また必要事項がある場合には追加する。
- (2) 規格類がない場合には、測定装置名、必要部分の寸法、測定方法等の必要事項の他、測定に影響する重要な事項がある場合にはそれも明示する。
- (3) 測定値が温度、湿度、水分等によって影響を受ける場合には、それらの条件を付記する。
- (4) 規格類がない場合の測定値の表示は、必要とされる測定値の精度によって一点表示、又はばらつきの範囲を付けた表示を行う。

安息角は、特に装置を購入しなくても測定できるが、最近種々の粉体特性の測定装置の一部として含まれているものが市販されている。このような装置を使用する場合には、装置名を記入すると測定方法の表示が簡単になる。

安息角の測定方法にはいくつかの方法がある。これについては[参考 1]の成書の説明を添付し²⁾、さらに明記することが望ましいと思われる事項について触れておく。

安息角の測定方法としては、水平面となす傾斜角度を直接測定する方法もあるが、安息角を形成した堆積物の直径と頂点までの高さから計算する方法がよく用いられる。

市販の装置を使用しない場合には、注入法では測定台の寸法、排出法では穴の径、傾斜法では静的安息角か動的安息角か、回転速度等、測定値に影響が大きいと思われる寸法等を記入することが、トラブル防止の基本であろう。

また、大気中の温度、湿度の外、湿った粉粒体の場合にはその水分等が安息角に大きく影響することがある。このような場合には、それらの測定条件を明示することがトラブル防止に重要である。

安息角の値は、通常は2けたの整数で示される。安息角をたい積物の直径と高さから計算する場合、桁数が多くならないよう注意すべきである。せいぜい小数点以下1桁も表示すれば十分だろう。安息角は、たい積物の底面の大きさ、底面の表面粗さ、たい積方法、外気条件、粉粒体の吸湿状態によって変わることが多いし、傾斜角度も一定の直線ではなく、底面付近と頂点付近とではかなり値が異なる場合がある。従って、精密な測定というのは現状では無理があることを承知して測定する必要がある。

表示例

例1：安息角(JIS A ****) $\phi = **^\circ$

例2：安息角 $\theta = **^\circ$ (ロータ排出法、オリフィス ϕ ** mm、高さ ** cm)

例3：安息角 $\phi = **^\circ$ （ロート注入法、ロート径 $**\text{ mm}$ 、高さ $**\text{ mm}$ 、測定台径 $**\text{ cm}$ 、大気湿度 $**\%$ ）

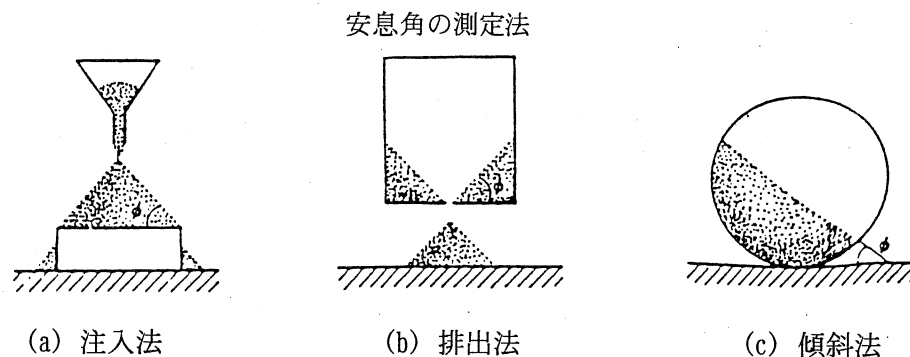
例4：安息角 $\phi = ** \sim **^\circ$ （ $**$ 製 $**$ 装置）

〔参考1〕安息角の測定方法²⁾

注入法：水平面上に粉体を注入し円錐状に堆積させた後、その傾斜角を測定する方法で、附着性粉体にも適用が可能であり、一般によく用いられている。

排出法：容器内に充てんした粉体を底部排出口から重力により排出させ、容器内に残留した粉体層の傾斜角で表す。容器内の充填方法を変更することにより、所定の空隙率を有する粉体層の測定値が得られる。

傾斜法：容器内に充てんした粉体の自由表面を水平にならし、容器を傾斜させて粉体層の表面にある粒子が滑り始めたときの傾斜角で表す。また、一定速度で回転させた場合には、動的な状態における安息角を示すことになる。この動的な安息角と容器が静止している場合の静止安息角を比較すると、前者の方が $1^\circ \sim 5^\circ$ 小さくなることが多い。



注入法の場合には、注入速度、落下距離、受け皿の大きさを明記することが望ましい。

排出法の場合には、容器内への試料の充てん方法、穴の大きさを明記することが望ましい。

傾斜法の場合には、容器径及び静的安息角か動的安息角かを明記することが望ましい。

角度の測定方法については、分度器を用いたのか計算で行ったのかを明記することが望ましい。

7.2 流動性

7.2.1 単位、記号、用語

流動性の用語、記号、単位については、

- 1) 規格類がある場合には、それに従う。
- 2) 規格類がない場合には、用語の定義、使用記号を明示し、測定値には単位を付ける。

「流動性」という用語について、粉体工学便覧²⁾では「粉体の流動性とは、粉体層の全体あるいは一部において粒子間相互の位置関係に何らかの変化が生じることであり、最も素朴に考えると粉体の流れやすさと定義することができる」と記述されている。「粉体の流れやすさ」に影響する因子は数多く、また実際上はそれらの因子が複雑に関与し合っているため、一義的な測定方法・評価方法が定まっていないのが現状である。

アンケートの結果では、「流動性」を表す単位として粉粒体の流出速度を使用している

回答が最も多かった。これは、粉末冶金関係で JIS Z 2502 が定められているためと思われる。これは自由流動する粉粒体（金属粉）50g を定められた形状寸法のロートに入れ、完全に流出するまでの時間を測定し、流動度としているものである。

JIS ではないが、Carr の方法もよく使用されている。この場合には、いわゆる直接的な流動性を表すものではないが、Carr の提案した方法で安息角、圧縮度、スパチュラ角、凝集度（又は均一度）を測定し、その値によって点数を与え、総合点が満点で 100 点になるように評価するものである。市販装置があり、流動性指数と名付けられている。

その他にも、Jenike のフローファンクション、Warren-Spring 式による破壊包絡線で示す方法、せん断試験による流動度等、粉体層のせん断試験による力学特性試験から求める方法もある。これらは、我が国では工業現場ではほとんど利用されていないが、ヨーロッパではその一部を規格に取り入れるとの情報もあり、将来的には取り入れていかなければならないと考えられる試験方法であるので、[参考 2] にその概要を示しておく。

7.2.2 表示方法、試験方法・測定方法

- (1) 規格類による場合には、その規格番号又はその名称を記述し、それに従って表示を行う。また必要事項がある場合には追加する。
- (2) 規格類がない場合には、測定装置名、必要部分の寸法、測定方法等の必要事項他、測定に影響する重要な事項がある場合にはそれも明示する。
- (3) 流動性の評価方法に、定性的な「有り」「無し」や「良い」「悪い」等の表現を使用するときには、その根拠となる比較対象物などを示し、トラブルの原因とならないようにしなければならない。

流動性の試験装置としては、JIS によるもの以外に、Carr の方法による装置が複数市販されている。このような装置による場合には、装置名とともに、使用部品に選択品がある場合には、その記入と、大気条件、含水分条件等、必要事項の明示が必要である。

力学的な試験装置も、せん断試験装置等何種類か市販されているので、それらを使用する場合には、やはり装置名とともに、必要事項の明示が必要である。土木分野では、三軸圧縮試験装置が使われるが、粉体関係では一面せん断試験装置が一般的である。また、この分野では、流動指数とする用語があり、材料を落下させたときの含水比（土粒子の重さに対する土粒子中の水の重さ、単位：%）の差で評価する。この場合には「%」表示である。

アンケート回答を見ると、「流動性有り」「無し」の回答が見られる。これは測定方法が確立していない現状では仕方ないことであるが、「有り」「無し」で仕様表示を行う場合には、相手に分かる何か対象物が必要である。例えば

「流動性：小麦粉より悪い」

「流動性：鋳物砂程度」

等とすると、単に「有り」「無し」よりは分かり易いだろう。

また、測定値で表示する場合、大気環境、測定条件などによって影響されるなら、できる限り範囲表示を行うことが望まれる。あるいは影響因子をあげて、

「流動度 48 s/50g. ただし湿度 50 % 以下」

「流動度 $(45 \pm 5) \text{ s}/50 \text{ g}$ 」

等とすると、大気条件によってあるいは測定条件によって変わることが分かる。

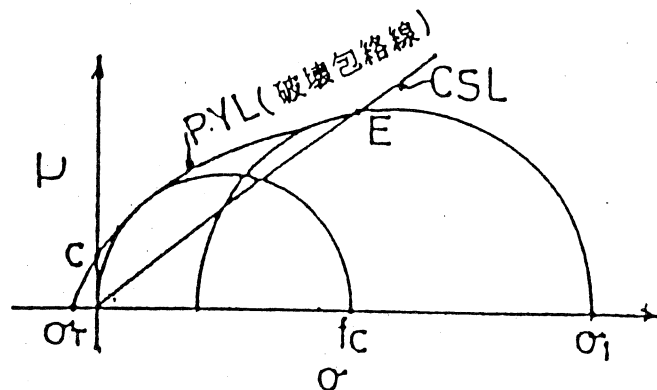
表示例

- 例 1：流動度 (JIS Z 2502) ** $\pm$ * 秒/50g (大気湿度 ** % 以下)
- 例 2：流動性指数 65 点 (Carr 法、** 製 ** 装置使用)
- 例 3：流動性 有り (鋳型用けい砂程度)
- 例 4：流動性 無し (安息角を形成しない)
- 例 5：流動性 小麦粉より悪い

[参考 2] せん断試験による流動性の測定

(1) 定義

欧米等でよく使用されているせん断試験によるフローファンクション³⁾は、物理的意味が明確な「粉体層せん断強度」を測定するものである。次図に示すように、一定の空隙率を持つ粉体層を、種々の垂直応力 (σ) 下でせん断応力 (τ) を測定し、粉粒体の限界応力状態を示す破壊包絡線を求めると、原点を通りそれに接するモール円と、破壊包絡線の終点 (E) を通りそれに接するモール円より、単軸破壊応力 (f_c) と最大圧密応力 (σ_1) が求まる。その比 $(\sigma_1) / (f_c)$ がフローファンクションと定義され、その値が大きいほど流動性が良いとされている。単位は無次元である。なお、図中 CSL は定常せん断値を結んだ線で、ほぼ原点を通る直線となる。



破壊包絡線と種々の特性値

破壊包絡線が直線となるクーロン粉体の場合には、その傾斜角の正接の値が「内部摩擦係数」であり、 τ 軸の切片の値は粘着強度あるいはせん断付着強度 (kPa 又は Pa) と呼ばれ、その値が小さいほど流動性は良いと言われている。

せん断試験による流動度は⁴⁾単軸破壊応力 (f_c) とかさ密度 (ρ_b) との比 ($f_c / \rho_b g$) で定義され (g : 重力加速度) 長さの次元を有し、その値が大きいほど流動性が悪いとされている。また、付着性の強い微粉体の破壊包絡線を表現する式として Warren-Spring の式⁵⁾が広く利用されている。

$$(\tau / C)^n = 1 + (\sigma / \sigma_\tau)$$

ここに、 σ : 垂直応力 σ_τ : 粉体層引張強度 C : τ 軸の切片で粘着強度

τ : せん断応力 n : せん断指数

せん断試験によるフローファンクションは、ホッパーの設計などによく使われ [FF] と表示されることが多い。また、内部摩擦係数は $[\mu_i]$ が、内部摩擦角には $[\phi_i]$ が使われることが多い。ただし、 $\mu_i = \tan \phi_i$ である。

(2) 測定

せん断試験の場合、垂直応力の水準を 3 水準以上選び、各水準下で測定を複数回実施し、その平均値を採用して破壊包絡線を求めることが望ましい。

予圧密応力又は空隙率等の測定条件が影響する場合には、 $\sigma - \tau$ 曲線を添付することにも考慮することが望まれる。

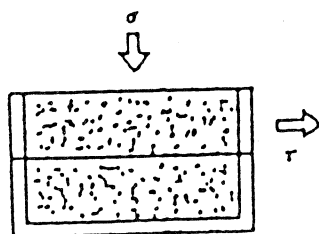
(3) 市販装置の種類

市販されている一面せん断試験装置は大別して次の 3 種類に分けられる。同一粉体でも、使用する装置によって異なった結果となることがあるので、せん断方式、セル寸法を明記することが望まれる。

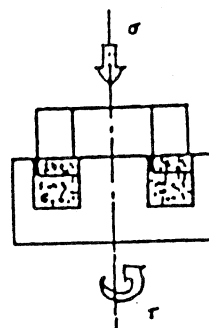
(a) Jenike セル⁹⁾に代表される形式のもので、セルに粉体を充てん、予圧密した後、所定の垂直応力下で上下セルのいずれかを水平方向に移動させてせん断を行う。このタイプは壁近傍とセル中央部とではせん断応力に分布が生じせん断面がセルのそれと一致しない場合があることや、せん断面積が変化するのでせん断変位を大きく取れないことが指摘されている。そのため、Jenike の手法ではツイストや予備せん断の操作がある。また、せん断時の垂直応力が壁面摩擦などのために、載荷重応力と異なる場合があることにも注意すべきである。

(b) リングセル⁷⁾に代表される回転型の試験機で、環状部に粉体を充てん、予圧密した後、所定の垂直応力下で上下セルのどちらかを回転させて、せん断を行う。このタイプはせん断面積が不変でサンプル量も少量ですむが、上下セルの隙間からサンプルがこぼれたり、上下セル間を常に水平に保つことができず、せん断面を規定できないという欠点を有する。その欠点を無くした試験機が市販されている⁸⁾。

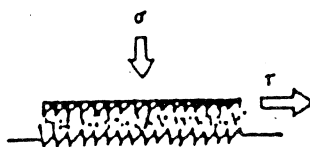
(c) セル内にサンプルを充てんするのではなく、ノッチのついた 2 枚の平行平板の間に薄い粉体層を予圧密下で形成し、所定の垂直応力下で上部の可動板を水平に移動させてせん断を行う⁹⁾。セル壁がないため載荷重が確実にかかり、またせん断面で比較的均一せん断を行えるという特徴があるが、空隙率の測定は別途実施する必要があり、また高压密充てんの条件下での測定には工夫を要する。



(a) せん断箱式



(b) リングセル方式



(c) 平行平板式

一面せん断方式

7.3 付着性等の力学特性

- (1) 規格類による場合には、その規格番号又はその名称を記述し、それに従って表示を行う。また必要事項がある場合には追加する。
- (2) 規格類がない場合には、次のように行う。
 - 1) 用語の定義を明確に記述し、記号を使用する場合には、その説明を付記する。
 - 2) 付着力等の力学特性の測定値を記述する場合には、測定装置名、測定方法、測定条件、環境条件、単位等の必要事項を明示する。
 - 3) 付着力等の力学特性の評価方法に、定性的な「有り」「無し」や「良い」「悪い」等の表現を使用するときには、その根拠となる比較対象物などを示し、トラブルの原因とならないようにしなければならない。

(1) 単位、用語、記号

付着性の評価は付着力で行うと考えるのが一般的と思われる。しかしながら、「付着力」という用語については定義が確立していないのが現状である。「粒子間又は粒子と他の物体間の接触面に垂直に作用する力」²⁾とする定義も見られるが、粒子間と粒子と他の物質間の作用力は異なるので、はっきりと定義できる状況になっていないといえる。従って、付着力という用語を仕様表示に使用する場合には、その定義を明確にする必要がある。

(2) 測定方法

粉体層の引張破断強度による方法と、一個粒子の引張強度による方法がある。

* 粉体層の引張破断強度による方法 : 粉体層を垂直に破断するときの応力で、単位は[Pa]が基本となる。測定方法の概要については「参考3」に示す。

* 一個粒子の引張強度による方法 : 実験室的には確立された方法で、主として一個粒子と他の物質間の付着力の測定に使用される。市販装置はないが、直接引張法、遠心法等がある。単位としては点接触と考えると「N」が基本となる。

(3) 表示方法

アンケート結果では、圧倒的に「付着性有り」「無し」の定性的な仕様表示が多かった。この原因には、測定装置が普及していないこと、測定値にばらつきが生じること、測定に時間と労力が必要なことなどがあげられる。

しかしながら、仕様表示に定性的な表現を使うことは、トラブルの原因となりやすい。定性的表現で示す場合には、経験的な検査法でもよいので、その判断の根拠を示すことが必要である。単に「有り」「無し」、「大」「小」などとする場合には、できる限り分かり易い比較対象物を示して使用することが望まれる。

(4) 安息角、流動性、付着性以外にも粉体の力学特性には種々のものがある。

アンケート結果によると、仕様表示に使用されている回答数は、多い方から「凝集性」「噴流性」「飛散性」「圧縮性」の順であった。これらの特性を見ると、Carrの方法による仕様表示が多かったと判断できる。これは、Carrの提唱する特性測定のための市販品が普及していること、特性の定義そのものが明確でないため、物理量として測定することが容易でないことなどが原因していると思われる。

「噴流性」のCarrの評価方法は、流動性、崩壊角、差角、分散度という4つの特性を固有の方法で測定し、各特性に25点までの得点を与え、噴流性が最高のものが100点に

なるようにして特性値に代用するものである。

「凝集性」「飛散性」「圧縮性」といった個々の力学特性についても、Carr の方法によって測定し、評価しているケースがかなり見られた。

アンケート結果では、仕様表示に使われていることは少なかったが、「内部摩擦係数」「壁摩擦係数」は物理的意味が明確である。

「内部摩擦係数」については〔参考 2〕に触れたが、「壁摩擦係数」も基本的には同じ装置でせん断面の一方を壁にすれば測定可能である。なお、これら摩擦係数は、サイロ内の粉体荷重に関連して、ISO で測定方法、評価方法のガイドラインが作られている¹⁵⁾。

表示例

例 1：引張破断強度（粉体層を破断面に垂直に引張ったとき、破断する強度）

$$\sigma = ** \sim ** \text{ Pa}$$

但し、測定：** 製 ** 装置使用。試料：** kg で ** h 圧密。室温で測定。大気湿度 ** %。5 回測定。

例 2：引張強度（一個粒子の鉄板との引張強度）： $F = ** \sim ** \text{ dyn}$

但し、測定：遠心法、室温で測定、湿度**%、10 回測定。

例 3：せん断応力（垂直応力-せん断応力線図上で垂直応力 0 におけるせん断応力）

$$\tau = *** \text{ Pa}$$

但し、測定：直径 ** cm、上側リング高さ ** mm のせん断セル使用。
予圧密荷重 ** kg ** min、**℃ボックス中で測定。

例 4：付着力：有り（常温中の小麦粉程度）

例 5：付着力：無し（乾燥鑄物砂程度）

例 6：付着力：常温（**℃以下）で無し（注入法の安息角約 **°）。

但し、温度上昇と共に付着力増加。

例 7：凝集性（Carr の指数）：**点

但し、** 製 ** 装置使用。大気湿度 ** %。

例 8：壁摩擦係数（対垂鉛引き鉄板）：**.

但し、リング径 ** cm、層厚さ ** cm、荷重 ** kg、大気湿度 ** %で測定、
3 回平均。

〔参考 3〕粉体層による付着力測定

(1) 定義

粉体層の引張破断強度は、一定の空隙率下における粉体層を、ある一定の面積で水平又は垂直方向に破断するときの力が、粉体層の付着力に等しいとする考え方による。

一方、粉体層の粘着強度は、一定の空隙率下における粉体層のせん断試験より求まる破壊包絡線を外挿し、垂直応力 (σ) がゼロのときのせん断応力を求めて、せん断力だけで粉体層を引き離す力が付着力になるとする考え方である。

(2) 測定装置

粉体層の付着力を直接測定する装置としては、図に示すような垂直式と水平式の二方式のものが市販されている。

* 垂直式¹¹⁾は上下二つに分割される円筒形のセル内に試料を充てんし、圧密後上下方向にセルを引き離し、その破断するときの力を測定する方式である。このタイプの特徴は、セル間の摩擦が小さく、また高圧密充てんの場合の引張強度を測定できることがあげられる。一方、破断面が水平にならず測定値がばらつくこと、定圧密充てんの場合の測定が難しいことも指摘されている。

* 水平式^{12), 13)}は半円筒の二分割セルになっていて、片側は固定、もう一方は水平方向に可動するようになっていて、垂直式と同様に、セル内に試料を充てんし圧密した後、

可動セルをスプリングを介して水平方向に引っ張り、破断するときの力を測定する方式である。

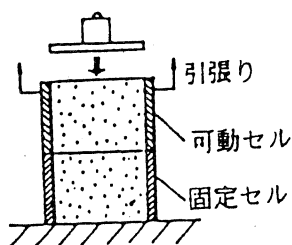
- * その他に、吊り下げ式測定装置¹⁴⁾も市販されている。このタイプはセルと装置間の摩擦がない。高圧密充てんの測定が難しいことが指摘されていたが、最近の装置はその点を改良したものとなっている。ただ、圧密方向に対して破断の方向が 90° 異なることに注意する必要がある。

(3) 単位・表示方法

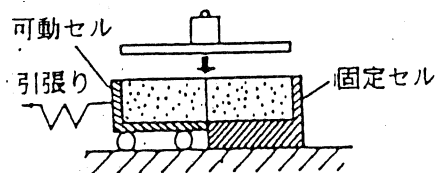
このような測定装置で測定された値は、記号としては「 σ_T 」がよく使用される。単位は「kPa」又は「Pa」である。

測定値は、温度、湿度等の環境条件、及び圧密条件によって異なるので、それらを明記することが望まれる。

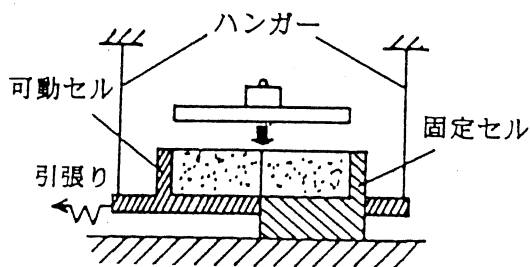
流動性の項でも述べたせん断試験による粘着強度（せん断付着強度）も付着性の評価に用いられる。その場合の記号としては、「 C 」がよく使用され、単位は「kPa」又は「Pa」である。



(a) 垂直式



(b) 水平式



(c) 吊り下げ式

引張破断方式

文献

- 1) 平成 6 年度粉体の仕様表示方法に関する調査研究：(社)日本粉体工業技術協会(1995)
- 2) 粉体工学会編：粉体工学便覧、日刊工業新聞社(1986)
- 3) Jenike, A. W. : *Bulletin 108, Eng. Expt. Stat.*, Utah State Univ. (1961)
- 4) 網川 浩：粉体工学会誌, 19, 516(1982)
- 5) Farley R. and F. H. H. Valentin: *Powder Tech.*, 1, 344(1967/68)
- 6) A Report of the EFCE Working Party on the Mechanics of Particulate Solids: *The Inst. of Chem. Engrs.* (1989)
- 7) Carr, J., and D. Walker: *Powder Tech.*, 1, 384(1967/68)
- 8) Peschle, I. : *Bulk Solid Handling*, 8, 615(1988)
- 9) 廣田満昭, 小林俊男, 大島敏雄：粉体工学会誌, 20, 493(1983)
- 10) Jimbo, G., R. Yamazaki, J. Tsubaki and H. Kamiya: *Memoirs of the Faculty of Engineering, Nagoya Univ.*, 40, 1(1988)
- 11) 矢野省三：島津評論, 38, 201(1981)
- 12) Farley R. and F. H. H. Valentin: *Trans. Inst. Chem. Engrs.*, 43, 193(1965)
- 13) 神保元二, 山崎量平, 洪 公弘：旭硝子工業技術奨励会研究報告, 38, 123(1981)
- 14) 彼谷憲美, 藤井謙治, 横山藤平：粉砕, 22, 32(1977)
- 15) ISO/TC98/SC3/WG5 委員会：粉体と工業, 24-9, 59(1992); *ibid*, 25-1, 61(1993); *ibid*, 25-2, 57(1993)

8. その他の特性に関する仕様表示

粉体の表面と液体が関係する粉体特性である「吸湿性」「固結性」「濡れ性」は、物の性質を表わす定性的な表現で用語の意味に厳密性が欠けるが、粉体仕様表示のアンケート調査結果によれば、「吸湿性」は 29%と表示率が比較的高く、「固結性」も 19%と予想より高い表示率を示した。

粉体特性として工業的な重要性は高いが、定量的な取り扱いが難しいこと、数値的な厳密性に欠ける定性的な表示でも実用上大きな支障をきたさないためか、多くの場合は測定器を用いない感覚評価での「有無」「大小」仕様表示に留まっている。「濡れ性」については尺度として接触角があり、定量的な取扱いは見られるが、粉体工業分野での仕様表示率は最も低いグループに属する。

他方、粉体の機械的な強さを表わす「摩耗性」「硬さ」「強さ」については、業務の性格から「粉体機器、器材、プラントの製造・販売、エンジニアリング」での仕様表示率が高い。「摩耗性」は「強さ」と同じように、使われる状況次第で特性値が異なることが多く、特定の試験・測定方法を定めることが難しく、状況に応じて工夫されているのが実情である。「硬さ」については、モース、ビッカースなど幾つもの硬さ表示の方法があるが、JIS規格に定められている場合には、これに準拠することが望ましい。

以上の各種の特性項目は、硬さを除いて多くの場合が定性的な取扱いであること、一義的には仕様表示を決めかねる要因が多いことから、現状ではガイドラインの作成までに

は至らず、ここでは仕様表示に際しての留意事項として整理しておくことに留めたい。

8.1 単位・記号・用語

- (1) 定性的な表示が可能な場合、単位、記号については規格などに定められているものを優先して使用する。
- (2) 用語に関しては、当事者間で誤解の生じないように、その意味を明確にして使用することが望ましい。

単位、記号については、通常定量的に取扱われている「濡れ性」「硬さ」において、「濡れ性」の尺度の接触角の単位は「°」「度」、記号は「θ」が一般的であり、「硬さ」については荷重での表示も見られるが、単位、記号については JIS 規格に準拠することが望ましい。JIS 規格では、記号として HV（ビッカース硬さ）、Hv（マイクロビッカース硬さ）、HR（ロックウェル硬さ）などがあり、数値には単位を付けない。

専門書によっては、押込み荷重と面積から kgf/mm^2 のように単位表示することもあるので注意を要する。

用語については、

「吸湿性」は、物質が大気中の水分を吸う性質¹⁾、

「固結性」は、気体雰囲気中で粉体粒子同士が強く結合して集合組織体を作る性質²⁾

「濡れ性」は、液体が固体表面から気体を押しのけて広がる性質 (JIS K 6800)³⁾、のように一般的には説明されているが、いずれの用語も粉体関連分野の JIS 用語では説明されていない。

「摩耗性」は、摩擦によって物質の表面がこすられたり、削りとられて消耗する性質 (JIS K 6900)⁴⁾

「硬さ」は、物質の硬軟の程度を示す量であって、一般に試料に他のより硬い物質を押込み、又は引っ搔く際に示す抵抗をもって測る (JIS K 6900)、

「強さ」(造粒体又は単粒子) は、圧縮に抵抗する強さ、又は衝撃に対する強さであると説明されている。これらのうちで用語の「硬さ」については、専門書では「硬さ」「硬度」の2つの用語が使用されているが、JIS では「硬さ」としている。これは軟水、硬水など水の分野の専門用語として「硬度」が用いられているため、それらの混同を避けるためである。JIS 規格優先の観点からは、粉体の仕様表示の用語としては「硬さ」とすることを推奨する。

8.2 表示方法

仕様表示に当たっては、下記を基本とする。

- (1) 「吸湿性」「固結性」「濡れ性」について定性的な表示にとどまる場合は、当事者間で誤解のないように出来るだけ客観的な表示に努める。
- (2) 「摩耗性」「硬さ」「強さ」においては、定量的な表示に努め、一点表示は極力避け、許容される範囲について何らかの方法で表示することが望ましい。
- (3) 「硬さ」については、その名称を付記すること。

アンケート結果では、「吸湿性」「固結性」の仕様表示は比較的多かったが、一部吸湿平衡試験によるものを除けば表示のほとんどは定性的であった。定性的な表示においても、程度の表示は出来るだけ客観的であることが望ましい。「濡れ性」については、接触角の測定による「°」「度」での表示が一般的である。

機械的な性質のうち「摩耗性」については、粉体と機器との関係において粉体が相手の材料を削り取るような状態を指す「摩耗」と、粉体同士の接触によるもの、又は造粒体がこすれ合って減る「摩耗」、いわゆる「磨滅」があるので、その区別に注意が必要である。前者の例としては粉体とそれを扱う機器、後者の例としては流動層で扱う触媒（担体）などが上げられる。「摩耗性」については、現状では定性的な取扱いが多いが定量的な%表示に努め、またこの特性は比較的測定バラツキが多いことから許容範囲を出来るだけ明確にしておくことが望まれる。

「硬さ」については、モース硬さ、ビッカース硬さ、ロックウェル硬さなどの各種があり、硬さの名称の明記が必要である。JIS では共通試験方法として規定され、試験荷重 98.07N(10kgf)、ビッカース硬さ 250 の場合の表示は、HV250 又は HV(10)250 となる。

「強さ」については、荷重表示が多く見られるが測定方法がまちまちである。

8.3 試験方法・測定方法の表示

- (1) 当事者間で誤解の生じない程度に測定方法、測定条件などについて明記する。
- (2) 測定方法、測定原理を表す用語を付記すること。

「濡れ性」の尺度として用いられる接触角の測定方法としては、粉体工業分野では毛細管法と圧力法が使われている。

「摩耗性」については、回転ドラム法、回転管法、ボールミル法、振動法など各種の試験方法が提案されているが、回転下で使われる場合、振動下で使われる場合など様々な使用状況で摩耗の結果に大きな違いがあることから、一義的に方法を決めることは困難である。

「硬さ」については、一般的にはモース硬さ、ヌープ硬さ、マイクロビッカース硬さの利用が多いとされているが、粉体仕様表示のアンケートでは定性的な色彩の強いモース硬さでの表示が多かった。

以上の特性項目については、測定方法、測定原理を表わす用語を出来るだけ付記することが望ましい。

文献

- 1) 分析化学辞典：共立出版（1971）
- 2) 久保, 神保, 水渡, 高橋, 早川：粉体－理論と応用, 改 2 版丸善（1979）
- 3) JIS K6800：接着剤・接着用語
- 4) JIS K6900：プラスチック－用語

(謝辞)

本ガイドラインは、平成5年度から8年度にわたる日本粉体工業技術協会粉体仕様表示方法調査委員会の成果をもとに作成されたものである。またその際、協会会員、粉体工業関係者および関係学協会の方々に都合4回にも及ぶアンケートにご協力いただいている。ここに記して感謝の意を表する。

粉体仕様表示方法調査委員会名簿

氏名	勤務先	年度(平成)			
		5	6	7	8
神保元二	岐阜経済大学	長	長	長	長
小沼栄一	秩父小野田(株)	副	副	副	副
伊藤義弘	不二パウダル(株)	○	○	○	○
内海良治	名古屋工業技術研究所	○	*	*	*
内田 昇	日曹エンジニアリング(株)	*	*	○	○
萩田隆久	東京スクリーン(株)			*	○
小山昭雄	TDK(株)	○	*	*	*
杉山勝美	(株)徳寿工作所	*	*	*	○
鈴木祐介	塩野義製薬(株)		○	○	○
丹下順弘	武田薬品工業(株)	○			
丹羽 猛	(株)島津製作所	○	○	○	○
寺下敬治郎	大阪府立大学	○	○	○	○
広田 孝	デンカエンジニアリング(株)	○	○		
山本信武	デンカエンジニアリング(株)			○	○
福田洋一	(株)ノリタケカンパニーリミテド	○	○	○	
二子石泰人	日機装(株)				*
洪 公弘	[三協パイオテク(株)]	○	*	*	
松島 誠	(株)セイシン企業	*	*	*	*
山田幸良	日清製粉(株)	○	○		
村田 博	日清製粉(株)			○	○
吉岡梁孝	石川島播磨重工業(株)	○	○	○	○
吉田 稔	ホソカワミクロン(株)	○	○	*	*
山下憲一	[(社)日本粉体工業技術協会]	*	*	*	
伊東良太	[(社)日本粉体工業技術協会]	*	*	*	*
外山茂樹	(社)日本粉体工業技術協会		○	○	*
田口 淳	[(社)日本粉体工業技術協会]	事	事	事	
服部好伸	[(社)日本粉体工業技術協会]				事
栗原弘之	(社)日本粉体工業技術協会				事
山崎芳巳	(社)日本粉体工業技術協会				事

(注) 長…委員長 副…副委員長 *…運営小委員会委員 ○…委員
事…事務局
勤務先の[]は委員担当時の勤務先

協会規格「SAP 05-98 粉体の仕様表示方法に関するガイドライン」の改正に伴う SAP 05-98 解説の新旧対照表

2013 年 3 月 12 日

この表は、SAP 05-98 の改正に伴い SAP 05-98 解説において必要な改正部分を示したものである。改正は SAP 05-98 が 1998 年に制定された後に発行・改正された日本工業規格を反映したものであり、SAP 05-98 解説の使用にあたっては、この新旧対照表によるものとする。

頁・行	旧 SAP 05-98:1998 解説	SAP 05-98 解説 改正内容
解 14p. 7 行目	測定法：JIS Z 8801 及び JIS Z 8815	測定法：JIS Z 8801-1 及び JIS Z 8815
解 15p. 6 行目	測定器(試験用ふるい)：JIS Z 8801	測定器：試験用ふるいー金属製網ふるい (JIS Z 8801-1)
解 16p. 30 行目	例 1：BET 比表面積	例 1：BET 比表面積 (JIS Z 8830)
解 18p. 表－2	例えば AFNOR NF X11-621	ISO 9277
解 18p. 表－2 注*1	注*1 フランス規格 AFNOR X11-621 (気体吸着による粉体の単位質量当たりの比表面積測定方法)	(全文削除)
解 19p. 5 行目	現在のところ、顕微鏡法としては JIS に定められていないが、JIS Z 8901 試験用ダスト、JIS B 9920 クリーンルーム中における浮遊粒子の測定方法及びクリーンルームの空気清浄度の評価方法、並びに JIS B 9930 作動油中の微粒子の測定方法などで用途別に規定されている。	顕微鏡法としては JIS Z 8827-1 粒子径解析ー画像解析法 第 1 部：静的画像解析法、及び、JIS Z 8827-2 粒子径解析ー画像解析法 第 2 部：動的画像解析法があり、JIS B 9920 クリーンルームの空気清浄度の評価方法、及び、JIS B 9930 油圧ー作動油汚染ー光学顕微鏡を用いた計数法による微粒子測定方法 など用途別の規定もある。
解 19p. 22 行目	ふるい分け法 ⁽²⁾ は、JIS Z 8801 に・・・	ふるい分け法 ⁽²⁾ は、JIS Z 8801-1 に・・・
解 19p. 最下行	JIS Z 8800 に規定している試験用電成ふるい・・・	JIS Z 8801-3 に規定している電成ふるい・・・
解 20p. 5 行目	3) 液相沈降質量法 JIS Z 8821 に規定しているピペット法や、同じく JIS Z 8822 に規定している沈降質量法、もしくは光透過法、X 線透過法によって粉体の粒子径分布(質量基準)を測定する。	3) 液相沈降法 JIS Z 8820-1 及び-2 に規定している液相重力沈降法、JIS Z 8822 に規定している沈降質量法、JIS Z 8823-1 及び-2 に規定している液相遠心沈降法、又は、X 線透過法などによって粉体の粒子径分布(質量基準)を測定する。
解 20p. 8 行目	液相沈降質量法 ⁽³⁾ は、ピペット法及び沈降質量法ともに JIS Z 8821 及び JIS Z 8822 に規定しており、ISO 規格(案)となっているドイツ・イギリス・フランスなどのヨーロッパ諸国の規格とも整合している。	液相沈降法 ⁽³⁾ は、重力沈降法、沈降質量法、及び、遠心沈降法が、JIS Z 8820-1 及び-2、JIS Z 8822 並びに JIS Z 8823-1 及び-2 として規定されており、ISO 規格とも整合している。
解 20p. 21 行目	注(3) 液相沈降質量法で必要とする粒子密度の測定方法は、JIS Z 8901 試験用ダストの 7.3 の規定による。	注(3) 液相沈降質量法で必要とする粒子密度の測定方法は、JIS Z 8901 の 5.4.3 及び 7.3.1 の規定による。
解 20p. 26 行目	レーザー回折法などは、レーザー回折式粒子径測定器を用いた粉	レーザー回折法は、JIS Z 8825-1 に測定原理が規定されており、

	体の粒子径測定方法は、 ISO 13320 として制定されているが、現在のところ JIS が整備されていないので粉体の粒子径分布の測定方法はメーカーの仕様書によって行うことになる。・・・	この規格に基づく測定器の仕様に従って粒子径分布を測定する。・・・
解 21p. 3 行目	6) <u>電気抵抗試験法</u> JIS R 6002 に規定している方法によって粉体の粒子径分布(質量基準換算)を測定する。	6) <u>電氣的検知帯法</u> JIS Z 8832 に規定する方法によって粉体の粒子径分布(質量基準換算)を測定する。
解 21p. 5 行目	<u>電気抵抗試験法</u> は、 JIS R 6002 に規定している研削材の粒度試験方法によって行うことができる。 JIS R 6002 においては個数基準で粒子径を測定し、質量基準に換算して表示している。 前掲の JIS では電気抵抗試験法と称しているが、 ISO との整合化によって現在では「電氣的検知帯法」と言われている。 これも前述の ISO/TC24-SC4 において、日本側の意見も取り入れながら検討が進められているので、その動きに注目する必要がある。	<u>電氣的検知帯法</u> は、 JIS Z 8832 に規定している方法によって行うことができる。 JIS Z 8832 は、この方法の ISO 規格 ISO 13319 と整合している。 以前は、 JIS 規格によっては同様の測定法を電気抵抗試験法と称することもあった。しかし、電気抵抗試験は粒子径分布測定以外の目的にもしばしば使用されるため、 JIS Z 8832 を制定する際に、 ISO 規格の英語名”Electrical sensing zone method”を「電氣的検知帯法」と訳して測定方法が明確にされた。
解 21p. 14 行目	・・・なお、この規格は ISO 規格(案)となっているフランス規格と整合している。	・・・なお、この規格は ISO 9277 と整合している。
解 21p. 27 行目	・・・1 部 英国規格 2955 、 JIS Z 2500 など国外規格や限られた業界のみ規格化したものがある。	・・・ JIS Z 2500 などの限られた業界で規格化されたものや BS 2955 などの海外の規格がある。
解 26p. 23 行目	なお、サンプリング方法については、 協会規格「粉体のサンプリング方法通則」 (平成 10 年度 JIS 原案作成中)があるので、これの適用が推奨される。	なお、サンプリング方法については、 JIS Z8815「粉体のサンプリング方法通則」 及び JIS Z 8833「粒子特性を評価するための粉体材料の縮分」 があるので、これらの適用が推奨される。
解 27p. [参考 3]	[参考 3]中 K 6900 プラスチック用語	K 6900 プラスチック ー 用語
解 31p. 15 行目	* 軽装かさ比重、重装かさ比重：これは JIS H 1902 で「アルミナの物性測定方法に含まれるもので、・・・	* 軽装かさ比重、重装かさ比重：これは JIS R 9301-2-3「アルミナ粉末—第 2 部：物性測定方法—3：軽装かさ密度及び重装かさ密度」 に含まれるもので、・・・

解説 「表－1」 の改正

現行 「表－1」 (解 18 頁)

分類		測定装置	JIS の規定	ISO 規格との整合性
顕微鏡法	計数法	顕微鏡(拡大投影器を含む) 電子顕微鏡	顕微鏡法 (光学顕微鏡, 電子顕微鏡法)* ¹ JIS Z 8901 試験用ダストなど	
ふるい分け法		試験用ふるい 試験用電成ふるい	JIS Z 8801 試験用ふるい JIS Z 8800 試験用電成ふるい JIS Z 8815 ふるい分け試験方法通則 JIS R 6002 研磨材の粒度の試験方法 JIS R 6011 研磨布紙用研磨材の粗粒の粒度試験方法	ISO 3310/1, 3310/2* ² ISO 565* ³ ISO 2591* ⁴
沈降質量法	液相	アンドレアゼンピペット 沈降天秤 光透過式粒度測定器 X 線透過式粒度測定器	JIS Z 8821 ピペット法による粉体の粒子径分布測定方法 JIS R 6002 研磨材の粒度の試験方法 JIS R 6012 研磨布紙用研磨材の微粉の粒度試験方法 JIS Z 8822 沈降質量法による粉体の粒子径分布測定方法 JIS R 1619 ファインセラミックス粉末の液相沈降光透過法による粒子径分布測定方法	例えば DIN 66115* ⁵ 例えば DIN 66116* ⁶
レーザー回折法など	液相 気相	レーザー回折式粒度測定器		
衝突分級法など	気相	カスケードインパクトなど	JIS K 0302 排気ガス中のダスト 粒径分布の測定方法	
電気抵抗試験法* ⁷		電気抵抗粒度測定器	JIS R 3301 路面表示用ガラス JIS R 6002 研磨材の粒度の試験方法	

注*1 例えば JIS B 9920 クリーンルーム中における浮遊微粒子の測定方法及びクリーンルームの空気清浄度の評価方法

注*2 ISO 3310/1 (試験用ふるい — 技術的要求と試験方法 — 試験用網ふるい)

ISO 3310/2 (試験用ふるい — 技術的要求と試験方法 — 試験用板ふるい)

注*3 ISO 565 (試験用電成ふるい)

注*4 ISO 2591 (ふるい分け試験方法)

注*5 ドイツ規格 DIN 66115 およびフランス規格 AFNOR NF X11-681
(粒度分析：重力場における沈降分析・ピペット法)

注*6 ドイツ規格 DIN 66116 およびフランス規格 AFNOR NF X11-684
(重力場における沈降分析・沈降天秤法)

注*7 最近は電氣的検知法が測定方法を表す呼称として用いられるようになってきている。

改正 「表-1」

分類		測定装置	JIS の規定	ISO 規格との整合性
顕微鏡法	計数法	顕微鏡(拡大投影器を含む) 電子顕微鏡	顕微鏡法 (光学顕微鏡, 電子顕微鏡法)	ISO 13322-1* ¹ , ISO13322-2* ²
ふるい分け法		試験用ふるい 試験用電成ふるい	JIS Z 8801-1 試験用ふるい 第 1 部: 金属製網ふるい JIS Z 8801-3 試験用ふるい 第 3 部: 電成ふるい JIS Z 8815 ふるい分け試験方法通則 JIS R 6002 研削といし用研磨材の粒度の試験方法 JIS R 6011 研磨布紙用研磨材の粗粒の粒度試験方法	ISO 3310-1 ISO 3310-3 ISO 2591 ISO 8486-1, ISO 8486-2 ISO 6344-2
沈降質量法	液相	アンドレアゼンピペット 沈降天秤 光透過式粒度測定器 X 線透過式粒度測定器	JIS Z 8820-2 液相重力沈降法による粒子径分布測定方法 第 2 部: ピペット法 JIS R 6002 研削といし用研磨材の粒度の試験方法 JIS R 6012 研磨布紙用研磨材の微粉の粒度試験方法 JIS Z 8822 沈降質量法による粉体の粒子径分布測定方法 JIS R 1619 ファインセラミックス粉末の液相沈降光透過法による粒子径分布測定方法 JIS Z 8823-2 液相遠心沈降法による粒子径分布の測定方法 第 2 部: 光透過式遠心沈降法	ISO 13317-2 例えば DIN 66116* ³ ISO 13318-2 ISO 13317-3
レーザー回折法など	液相 気相	レーザー回折式粒度測定器	JIS Z 8825-1 粒子径解析 — レーザー回折法 第 1 部: 測定原理* ⁴	ISO 13320* ⁴
衝突分級法など	気相	カスケードインパクトなど	JIS K 0302 排気ガス中のダスト粒径分布の測定方法	
電氣的検知帯法* ⁵		電氣的検知帯式粒子径分布測定器	JIS Z 8832 粒子径分布測定方法 — 電氣的検知帯法	ISO 13319

注*1 粒子径解析 — 画像解析法 第 1 部: 静的画像解析法

注*2 粒子径解析 — 画像解析法 第 2 部: 動的画像解析法

注*3 ドイツ規格 DIN 66116 およびフランス規格 AFNOR NF X11-684
(重力場における沈降分析・沈降天秤法)

注*4 廃止された ISO 13320-1 に対応。ISO 13320:2009 に対応した JIS Z 8825 が発行予定 (2013 現在)

注*5 工業分野によっては, JIS 規格の中で電気抵抗法と称していることもある。