

1. 制定/改正の別

改正

2. 産業標準案の番号及び名称

規格番号 JIS M8715

規格名称 鉄鉱石ペレット膨れ試験方法

3. 主務大臣

経済産業大臣

4. 制定・改正の内容等に関する事項

(1) 制定改正の必要性及び期待効果

【必要性】

・本規格は、鉄鉱石ペレットを高炉の還元帯を模した条件下の自由系状態で還元することによって生じる体積増加を測定し、膨れ指数を求める試験方法について規定するものであるが、膨れ指数は、高炉操業の工程管理上も重要な物理性状の一つである。対応国際規格ISO 4698の改訂では、国際会議の場等でコンビーナとして日本が規格改訂を提案、改訂活動のリーダーとして参画し、同時並行して本JISの改正検討を行ってきた。2022年11月に、ISO 4698が改訂され第4版が発行されたため、ISO追加改訂部分を含め、規格全体も吟味し、速やかに規定を見直す。本JISの改正によって、鉄鉱石購入者の更なる利便性を図るものである。また、2017年の追補改正でサンプリング及び試料調整方法の引用規格が変更されているなど、最新の技術動向を鑑み、試験方法、手順等について最近の実態を反映した規定への見直し、明確化を行うとともに対応国際規格と整合を図る必要がある。

【期待効果】

・産業活動の合理化及び国際取引の円滑公正化に寄与することが期待できる。

(2) 制定の場合は規定する項目を、改正の場合は改正点

主な改正内容は、次のとおりである。

・ 8.4 還元後体積の測定

業界法に規定されていた体積測定中に測定試料が割れてしまった場合の操作方法を追記する。

・ 対応国際規格の改訂に合わせて、以下の項目を追加規定する。

B.6 パウダー法 (Powder volumetric method)

B.6.1 原理

B.6.2 素材

B.6.3 装置

B.6.4 操作

(3) 制定・改正の主旨

① 利点がある場合にその項目(コード等一覧参照)

ア、イ

② 欠点があるとする項目に該当しないことを確認(コード等一覧参照)

確認

③ 国が主体的に取り組む分野に該当しているか、又は市場適合性を有しているか。

市場適合性を有する分野

④ 国が主体的に取り組む分野に該当する場合の内容

⑤ 市場適合性を有している場合の内容

国際標準をJIS化するなどの場合

⑥ 市場適合性を明らかにする根拠、理由等(定量的なデータ等)

コード等一覧

産業標準化の利点があると認める場合

- ア. 品質の改善若しくは明確化、生産性の向上又は産業の合理化に寄与する。
- イ. 取引の単純公正化又は使用若しくは消費の合理化に寄与する。
- ウ. 相互理解の促進、互換性の確保に寄与する。
- エ. 効率的な産業活動又は研究開発活動の基盤形成に特に寄与する。
- オ. 技術の普及発達又は国際産業競争力強化に寄与する。
- カ. 消費者保護、環境保全、安全確保、高齢者福祉その他社会的ニーズの充足に寄与する。
- キ. 国際貿易の円滑化又は国際協力の促進に寄与する。
- ク. 中小企業の振興に寄与する。
- ケ. 基準認証分野等における規制緩和の推進に寄与する。
- コ. その他、部会又は専門委員会が認める工業標準化の利点

産業標準化の欠点があると認める場合

- ア. 著しく用途が限定されるもの又は著しく限られた関係者間で生産若しくは取引されるものに係るものである。
- イ. 技術の陳腐化、代替技術の開発、需要構造の変化等によってその利用が縮小しているか、又はその縮小が見込まれる。
- ウ. 標準化すべき内容及び目的に照らし、必要十分な規定内容を含んでいない。また、含んでいる場合であっても、その規定内容が現在の知見からみて妥当な水準となっていない。
- エ. 当該案の内容及び既存のJISとの間で著しい重複又は矛盾がある。
- オ. 対応する国際規格が存在する場合又はその仕上りが目前である場合であって、当該国際規格等との整合化について、適切な考慮が行われていない。
- カ. 対応する国際規格が存在しない場合、当該JISの制定又は改正の輸入への悪影響について、適切な考慮が行われていない。
- キ. 原案中に特許権等を含む場合であって、特許権者等による非差別的かつ合理的条件での実施許諾を得ることが明らかに困難である。
- ク. 原案が海外規格(ISO及びIECが制定した国際規格を除く)その他他者の著作物を基礎とした場合、著作権に関する著作権者との調整が行われていない。
- ケ. 技術が未成熟等の理由で、JISとすることが新たな技術開発を著しく阻害する恐れがある。
- コ. 強制法規技術基準・公共調達基準との関係について、適切な考慮が行われていない。
- サ. 工業標準化法の趣旨に反すると認められるとき。

国が主体的に取り組む分野に該当する場合

1. 基礎的・基盤的な分野
2. 消費者保護の観点から必要な分野
3. 強制法規技術基準、公共調達基準等に引用される規格
4. 国の関与する標準化戦略等に基づき国際規格提案を目的としている規格

市場適合性を有している場合

1. 国際標準をJIS化するなどの場合
2. 関連する生産統計等によって、市場におけるニーズが確認できる場合、又は将来において新たな市場獲得が予想される場合
3. 民間における第三者認証制度に活用されることが明らかな場合
4. 各グループ [生産者等及び使用・消費者又はグループを特定しにくいJIS(単位、用語、製図、基本的試験方法等)にあつては中立者] の利便性の向上が図られる場合

目 次

	ページ
序文	1
1 適用範囲	1
2 引用規格	1
3 用語及び定義	2
4 原理	2
5 サンプリング並びに試験試料及び測定試料の調製	2
5.1 サンプリング及び試験試料の調製	2
5.2 測定試料の調製	2
6 装置	2
7 試験条件	5
7.1 一般	5
7.2 還元ガス	5
7.3 加熱ガス及び冷却ガス	6
7.4 測定試料の温度	6
8 操作	6
8.1 試験数の決定	6
8.2 還元前体積の測定	6
8.3 還元	6
8.4 還元後体積の測定	7
9 結果の表し方	7
9.1 膨れ指数(V_{FS})の計算	7
9.2 室内許容差及び試験結果の採用	7
10 試験結果の報告	7
11 検証	8
附属書 A (規定) 試験結果採用のためのフローシート	9
附属書 B (規定) 鉄鉱石ペレット (測定試料) の体積測定方法	10
附属書 JA (参考) 膨れ試験方法—簡便法	24
附属書 JB (参考) JIS と対応国際規格との対比表	27

まえがき

この規格は、産業標準化法第 16 条において準用する同法第 14 条第 1 項の規定に基づき、認定産業標準作成機関である一般社団法人日本鉄鋼連盟（JISF）から、産業標準の案を添えて日本産業規格を改正すべきとの申出があり、経済産業大臣が改正した日本産業規格である。これによって、JIS M 8715:2015 は改正され、この規格に置き換えられた。

この規格は、著作権法で保護対象となっている著作物である。

この規格の一部が、特許権、出願公開後の特許出願又は実用新案権に抵触する可能性があることに注意を喚起する。経済産業大臣は、このような特許権、出願公開後の特許出願及び実用新案権に関わる確認について、責任はもたない。

鉄鉱石ペレット－膨れ試験方法

Iron ore pellets－Determination of free-swelling index

序文

この規格は、2022 年に第 3 版として発行された ISO 4698 を基とし、技術的内容を変更して作成した日本産業規格である。

なお、附属書 JA は、対応国際規格にはない事項である。また、この規格で点線の下線を施してある箇所は、対応国際規格を変更している事項である。技術的差異の一覧表にその説明を付けて、附属書 JB に示す。

1 適用範囲

この規格は、鉄鉱石ペレット（以下、ペレットという。）を高炉の還元帯を模した条件下の自由系状態で還元することによって生じる体積増加を測定し、膨れ指数を求める方法について規定する。この規格は、焼成ペレットに適用する。

注記 この規格の対応国際規格及びその対応の程度を表す記号を、次に示す。

ISO 4698:2022, Iron ore pellets for blast furnace feedstocks－Determination of the free-swelling index (MOD)

なお、対応の程度を表す記号“MOD”は、ISO/IEC Guide 21-1 に基づき、“修正している”ことを示す。

2 引用規格

次に掲げる引用規格は、この規格に引用されることによって、その一部又は全部がこの規格の要求事項を構成している。これらの引用規格は、その最新版（追補を含む。）を適用する。

JIS K 2203 灯油

JIS M 8700 鉄鉱石及び還元鉄－用語

注記 対応国際規格における引用規格：ISO , Iron ore and direct reduced iron－Vocabulary

JIS M 8702 鉄鉱石－サンプリング及び試料調製方法

注記 対応国際規格における引用規格：ISO , Iron ores－Sampling and sample preparation procedures

JIS M 8719 鉄鉱石ペレット－体積測定方法

JIS Z 8401 数値の丸め方

JIS Z 8801-2 試験用ふるい－第 2 部：金属製板ふるい

3 用語及び定義

この規格で用いる主な用語及び定義は、次によるほか、JIS M 8700 による。

3.1

膨れ (free-swelling)

自由系状態下の還元で生じるペレットの体積増加

3.2

膨れ指数 (free-swelling index)

自由系状態での還元によって生じたペレットの体積増加分を、還元前後のペレットの体積差から算出し、体積分率 (%) で表示したもの

注釈 1 自由系状態とは、測定試料が非拘束状態のまま試験台に置かれた状態をいう。

4 原理

一酸化炭素と窒素とで構成する還元ガスを使用し、自由系状態にて 900 °C で 60 分間等温還元したペレットの還元前後の体積を測定することによって、ペレットの還元による膨れを測定する。この体積測定は、体積測定装置を使用して室温で行う。

膨れ指数は、還元前後の体積差から算出し、体積分率 (%) で表示される。

5 サンプルング並びに試験試料及び測定試料の調製

5.1 サンプルング及び試験試料の調製

ロットのサンプルング並びに試験試料の採取及び調製方法は、JIS M 8702 によって行い、次のとおりとする。

- JIS M 8702 の 10.8.2 (各試験試料の調製) に規定する試料 A2 を用いる。
- ペレットの粒度範囲は、 $-12.5+10$ mm とするが、受渡当事者間の協定による粒度範囲としてもよい。
- 試験試料は、乾燥基準で 1 kg 以上、かつ、所定の粒度範囲に調製したものを採取する。
- 試験試料を 105 °C $\pm$ 5 °C で恒量になるまで乾燥器の中で乾燥する。その後、室温になるまで冷却する。

注記 恒量とは、1 時間ごとの連続した測定試料の測定値間の差が、乾燥前測定試料の質量の 0.05 % 以下に達した場合をいう。

5.2 測定試料の調製

5.1 で調製した試験試料から、無作為に 1 個が亀裂のないペレット 18 粒からなる測定試料を 4 個採取する。

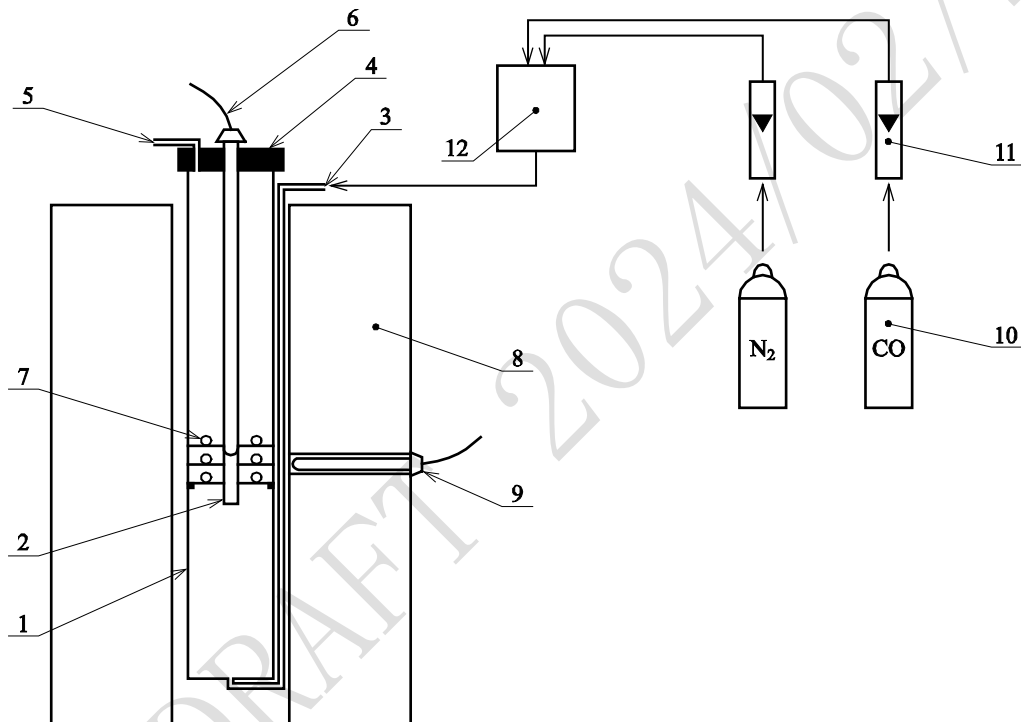
6 装置

6.1 試験装置 膨れ試験に用いる装置及び設備は、次による。

- a) 乾燥器，器具類，タイマー，安全具など一般試験設備
- b) 還元反応管

- c) 測定試料保持具
- d) 電気炉
- e) ガス供給システム
- f) 体積測定装置
- g) 試験用ふるい

図 1 に、膨れ試験方法還元試験装置の例を示す。



記号説明

- | | |
|----------------|--------------|
| 1 : 還元反応管壁 | 7 : 測定試料 |
| 2 : 測定試料保持具 | 8 : 電気炉 |
| 3 : ガス入口 | 9 : 炉温調整用熱電対 |
| 4 : 蓋 | 10 : ガスボンベ |
| 5 : ガス出口 | 11 : ガス流量計 |
| 6 : 還元温度測定用熱電対 | 12 : 混合器 |

図 1—膨れ試験方法還元試験装置の例（概念図）

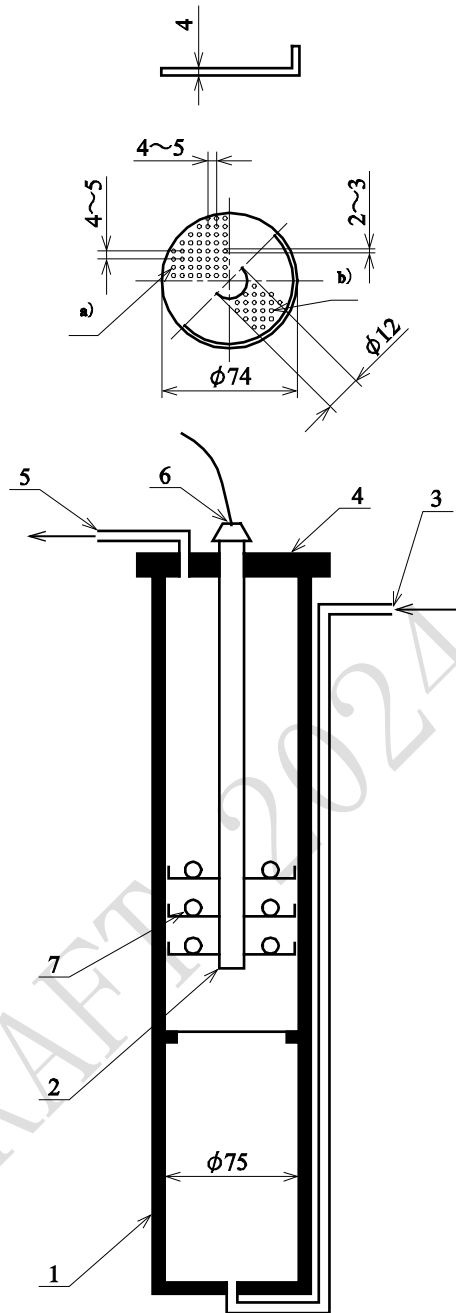
6.2 還元反応管 還元反応管は、スケールを発生せず、900℃を超える高温に耐え、熱変形をしない耐熱性のある鋼板製で内径 75 mm±1 mm の円筒形とする。

6.3 測定試料保持具 900 °Cを超える温度に耐え、スケールが発生しない金網かごを用いる。金網かごは、各層6粒で3層、計18粒のペレットが置ける大きさのものとする。金網かごに代わって三つの目皿をそれぞれ平行に一定の間隔で配し、それらの目皿の中央部に管を溶接して取り付けてもよい。その管は、上部に熱電対を測定試料の中央部まで挿入できる開口部があり、下部は閉じる。測定試料保持具も、900 °Cを超える高温に耐え、スケールが発生せず、熱変形をしない耐熱性のものである。目皿の厚みは、4 mmとし、その径は、還元反応管の内径より1 mm小さいものとする。目皿の孔径は、2 mm～3 mmとし、隣接する孔と孔との中心間距離は、4 mm～5 mmとする。

図2に測定試料保持具を備えた還元反応管の例を示す。

JIS DRAFT 2024/02/22

単位 mm

**記号説明**

- | | |
|-------------|------------|
| 1 : 還元反応管壁 | 5 : ガス出口 |
| 2 : 測定試料保持具 | 6 : 熱電対挿入口 |
| 3 : ガス入口 | 7 : 測定試料 |
| 4 : 蓋 | |

注記 箇条 6 で規定していない寸法は、参考値である。

注 ^{a)} 金網かごを測定試料保持具に使用した場合の目皿の模式図

注 ^{b)} 3 層の測定試料保持具の場合の目皿の模式図

図 2—測定試料保持具付き還元反応管の例（概念図）

6.4 電気炉 還元反応管に送るガス及び測定試料の全部を $900\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ の恒温に保持するのに十分な加熱容量をもつ電気炉を用いる。

6.5 ガス供給システム ガスを供給し、流量を制御できるものとする。

6.6 体積測定装置 0.2 mL の精度で測定試料の体積が測定できる体積測定装置を用いる。

附属書 B に体積測定装置の例を示す。

6.7 試験用ふるい JIS Z 8801-2 に規定する目開き 10 mm 及び 12.5 mm の角孔板ふるいを用いる。

7 試験条件

7.1 一般

使用するガスの体積及び流量は、温度 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、圧力 $1\text{ }013.25\text{ hPa}$ ¹⁾ の標準状態を基準とする。

注 ¹⁾ $1\text{ }013.25\text{ hPa} = 101.325\text{ kPa} = 0.101\text{ }325\text{ MPa} = 1\text{ atm}$

7.2 還元ガス

7.2.1 ガス組成

還元ガスの組成は、次による。

- a) 一酸化炭素 $(30.0 \pm 0.5)\%$ (体積分率)
- b) 窒素 $(70.0 \pm 0.5)\%$ (体積分率)

7.2.2 純度

還元ガス中の不純物は、次の量を超えてはならない。

- a) 水素 0.2% (体積分率)
- b) 二酸化炭素 0.2% (体積分率)
- c) 酸素 0.1% (体積分率)
- d) 水 0.2% (体積分率)

7.2.3 還元ガスの流量

還元期間中の還元ガスの流量は、 $15\text{ L/min} \pm 1\text{ L/min}$ を維持する。

7.3 加熱ガス及び冷却ガス

不活性ガス（窒素）は、加熱及び冷却ガスとして使用し、その不純物は 0.1% （体積分率）を超えてはならない。

窒素の流量は、測定試料が $900\text{ }^{\circ}\text{C}$ に達するまで 10 L/min を、 $900\text{ }^{\circ}\text{C}$ の等温期間中は $15\text{ L/min} \pm 1\text{ L/min}$ をそれぞれ維持する。測定試料の冷却時の流量は、 5 L/min を維持する。

7.4 測定試料の温度

還元ガスは、測定試料に到達する前に予熱し、還元期間中、測定試料の温度を $900\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ に保持する。

8 操作

8.1 試験数の決定

4 個の測定試料のうち 2 個を無作為に選び、一組 2 個の試験を行う。その試験結果を**附属書 A**によって判定し、必要な場合、4 個まで試験を行う。

8.2 還元前体積の測定

附属書 B に規定する体積測定方法の一つによって、還元前の測定試料 (V_0) の体積を測定する。

8.3 還元

還元の操作は、次の手順による。

- 測定試料保持具 (6.3) の 3 層に測定試料のペレットをそれぞれ 6 粒置き、還元反応管 (6.2) に測定試料保持具を挿入する。還元反応管の上部を密閉する。熱電対を接続し、測定試料の中央にその先端を据える。
- 還元反応管を電気炉 (6.4) に装入する。
- ガス供給システム (6.5) を接続する。
- 窒素を 10 L/min の流量で測定試料に流し、加熱を開始する。測定試料の温度が $900\text{ }^{\circ}\text{C}$ に達したら $15\text{ L/min} \pm 1\text{ L/min}$ に流量を増やし、そのまま測定試料の温度を $900\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ で 15 分間保持する。

警告 一酸化炭素及び二酸化炭素を含む還元ガスは有毒であり、そのため危険である。したがって、試験はよく換気される場所、又は換気フードの下で実施されなければならない。国の安全基準 (Safety code) に基づいて作業者の安全が確保されるよう予防措置を講じなければならない。

- 窒素を還元ガスに置換し、還元ガスを $15\text{ L/min} \pm 1\text{ L/min}$ の流量で還元反応管に流し、測定試料を 60 分間還元する。

なお、60 分間よりも短い還元時間でもかなり大きな膨れを示す銘柄もある。そのため、適切と認められる場合には、短い還元時間（例えば、40 分間）で代替してもよい。

- 60 分間の還元の後、還元ガスを窒素に切り換え、 5 L/min の流量を流しながら測定試料が $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下になるまで冷却する。

8.4 還元後体積の測定

還元反応管から還元された測定試料を取り出し、その全体積 (V_1) を直ちに V_0 の測定に使用した体積測定法と同じ方法によってはかり、記録する。

測定試料にひび割れ・亀裂があっても、体積測定の対象とする。ただし、測定試料に 2 片以上に割れた粒が含まれる場合、及び体積測定中に粒が 2 片以上に割れてしまった場合、その試験を無効とし、改めて、5.1 で調製した試験試料から、無作為に 1 個がひび割れ・亀裂のないペレット 18 粒からなる 1 個の測定試料を採取し、8.2 からやり直す。

9 結果の表し方

9.1 膨れ指数(V_{FS})の計算

次の式を用い、膨れ指数(V_{FS}) [% (体積分率)] を算出する。

$$V_{FS} = \frac{V_1 - V_0}{V_0} \times 100 \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 V_0 : 還元前の測定試料の体積 (mL)
 V_1 : 還元後の測定試料の体積 (mL)

膨れ指数は、JIS Z 8401 によって小数点以下 1 桁に丸めて表示する。

9.2 室内許容差及び試験結果の採用

室内許容差 (r) は、3.0 [% (体積分率)] とする。その室内許容差を用いて附属書 A に従って試験結果の採用の可否を判定する。判定結果を小数点 1 桁に丸めて計算し、報告する。この場合、JIS Z 8401 の規則 A 又は規則 B のいずれを選択するかは、受渡当事者間の協定による。

10 試験結果の報告

試験結果の報告には、次の事項を記載しなければならない。

- a) この規格の規格番号
- b) 試料の確認に必要な全事項
- c) 試験場所名及びその所在地
- d) 試験日
- e) 報告書作成日
- f) 試験責任者の署名
- g) 結果に影響を及ぼす可能性のある出来事、並びにこの規格に規定のない、又は任意とみなされている操作及び試験条件の詳細
- h) 膨れ指数 (V_{FS})
- i) 還元時間 (60 分間でない場合)
- j) 使用した体積測定方法

11 検証

試験装置の定期点検は、試験結果の信頼性を高める上で重要である。点検の頻度は、それぞれの試験所で決定する事項である。

点検は、次の装置・設備について行わなければならない。

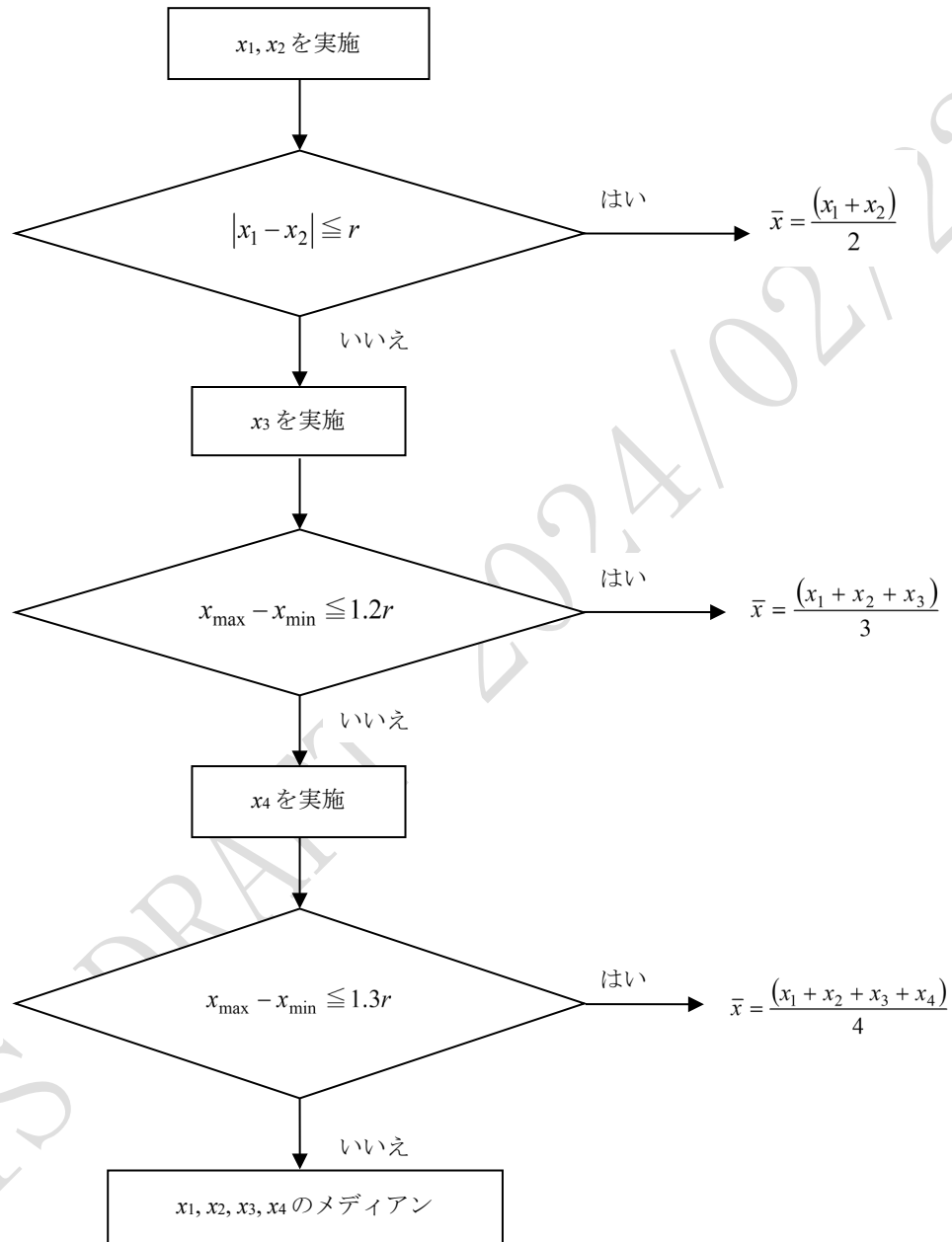
- 還元反応管
- 温度調整機器及び測温計
- ガス流量計
- ガスの純度

- － 記録システム
- － タイマー
- － 体積測定装置

所内標準試料を用意し，それを使用して定期的に試験の室内許容差を確認しておくことが望ましい。
検証活動の記録は，適切に維持保管しておかなければならない。

JIS DRAFT 2024/02/22

附属書 A
(規定)
試験結果採用のためのフローシート

**記号説明**

r : 室内許容差。9.2 による。

注記 メディアンは、 x_1 , x_2 , x_3 , x_4 の中央に近い二つの値の平均をいう。

図 A.1—試験結果採用のためのフローシート

附属書 B

(規定)

鉄鉱石ペレット（測定試料）の体積測定方法

B.1 一般

この附属書は、焼成した鉄鉱石ペレット（測定試料）の体積測定を行う五つの方法について規定する。環境側面から、水銀の使用は問題がある。そのため水銀を使用した体積測定法（B.2 及び B.4）は勧めない。体積測定法としては、オレイン酸ナトリウム・ケロシン体積測定法（B.3）、水浸せき法（B.5）、又はパウダー法（B.6）の使用が望ましい。

B.2 水銀体積測定法 (Mercury volumetric method)

B.2.1 原理

測定試料を水銀中に浸したときに水銀を押し上げることによって生じる水銀の体積変化から、測定試料の体積を求める。

B.2.2 装置

水銀体積測定法の体積測定装置の例を、図 B.1 に示す。

B.2.3 測定試料の調製

測定試料を乾燥器を用いて $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ で恒量になるまで乾燥し、その後、室温まで冷却する。

B.2.4 操作

B.2.4.1 体積測定装置の設定

体積測定装置の設定は、次による。

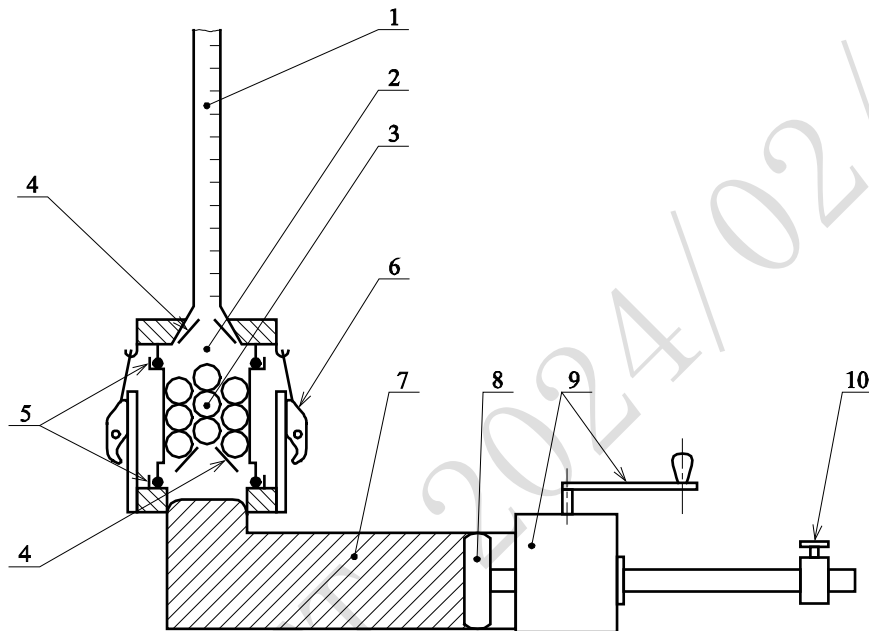
- 装置に空の測定試料保持具を取り付ける。
- プランジャのハンドルを駆動し、水銀の上表面が測定管のゼロマークに達するまで上昇させる。
- 水銀が測定管のゼロマークに達したら、それ以上水銀レベルが上昇しないようにハンドルをストッパで固定する。
- 水銀が測定管のゼロマークに達したとき、ストッパがプランジャの動きを完全に防止していることを確認する。
- コンテナに水銀を戻す。

B.2.4.2 体積の測定

体積測定装置の設定が完了したら、体積の測定を次の手順によって行う。

- 18 粒のペレットからなる測定試料を用意する。装置から測定試料保持具を外し、測定試料保持具に測定試料を入れ、測定試料保持具を体積測定装置内に戻し、固定する。プランジャのハンドルを回し、水銀レベルを上昇させ、固定ストッパによってハンドルが止まるまで回す。

- b) 測定管の数字（測定試料の体積）を読み取る。同じ値が得られることを確認するまで測定を繰り返す。
- c) 体積測定後、プランジャのハンドルを逆に回し、水銀が測定試料からコンテナに流れ落ちたことを認めた後、水銀がまだ測定試料に残っていないかよく確認する。
- d) 確認後、測定試料保持具を取り外し、測定試料を注意深く取り出し皿の中に置く。
- e) 水銀がペレットに付着していないことを確認するため一粒一粒ペレットを点検し、他の皿に移し替える。最初の皿に残っている水銀は、コンテナに戻す。
- f) 測定終了後、こぼれている水銀がないか、装置の周辺で注意深く点検を行う。こぼれた水銀は、使用済み水銀回収容器に回収する。



記号説明

- | | |
|--------------------|--------------------------|
| 1 : 測定管（目盛 0.1 mL） | 6 : 測定試料保持具－測定管クランプ |
| 2 : 測定試料保持具 | 7 : 水銀用コンテナ |
| 3 : 測定試料 | 8 : 可動プランジャ |
| 4 : 装置内測定試料固定器具 | 9 : プランジャ可動用ハンドル及びギアボックス |
| 5 : O リング | 10 : ストップ |

図 B.1－水銀体積測定法の体積測定装置の例

B.3 オレイン酸ナトリウム・ケロシン体積測定法 (Oleate-kerosine volumetric method)

B.3.1 原理

18 粒のペレットからなる測定試料をオレイン酸ナトリウム水溶液に浸した後、灯油に浸し、その表面にオレイン酸ナトリウム水溶液の安定した疎水性皮膜を作り、その測定試料の空気中における質量及び水中における見掛け質量を求め、それらの差を水の密度で除して測定試料の体積を求める。

B.3.2 試験液

試験液には、次の水及び試薬を用いる。必要に応じて、水及び試薬は、すべて新たに用意する。

B.3.2.1 水 蒸留水又はイオン交換水を用いる。

B.3.2.2 オレイン酸ナトリウム水溶液 オレイン酸ナトリウム($C_{17}H_{33}COONa$)の水溶液 (0.1 mol/L) を用いる。

B.3.2.3 灯油 (ケロシン) JIS K 2203 に規定する 1 号を用いる。

B.3.3 装置及び器具

装置及び器具は、次による。

B.3.3.1 試験液浸せき用容器 容器は、測定試料を入れたかごを自由に動かせるように設計し、ガラス製などの、オレイン酸ナトリウム水溶液及び灯油に反応しない材質のものを用いる。試験液浸せき用容器は、オレイン酸ナトリウム水溶液用及び灯油用をそれぞれ準備する。

B.3.3.2 試験液浸せき用試料かご かごは、測定試料をオレイン酸ナトリウム水溶液及び灯油に浸すために用いる。かごは、オレイン酸ナトリウム水溶液及び灯油で変質しない材質のもので、かつ、測定試料が 2 層、又は 3 層に積み重ねられるものを用いる。かごは、オレイン酸ナトリウム水溶液用及び灯油用をそれぞれ準備する。

B.3.3.3 測定用試料かご 水中に浸す間、測定試料を保持するかごととする。かご自体も気泡が付着しにくい材質のものを用いる (図 B.2 参照)。

B.3.3.4 吸湿パック容器 スポンジとガーゼとで構成し、ガーゼ面でオレイン酸ナトリウム水溶液、又は灯油に浸した後の測定試料表面に付着した泡など過剰なものをふき取るために用いる。ガーゼは、4 枚重ねとする。吸湿パック容器は、オレイン酸ナトリウム水溶液用及び灯油用をそれぞれ準備する (図 B.3 参照)。

B.3.3.5 はかり 一目量が 0.001 g のはかり及び天びんを用いる。

B.3.3.6 つり具 測定用試料かごを天びんにつるしながら水中に浸せきするためのもので、釣糸 (直径約 0.3 mm) を使用する。かごを安定させるために、天びんより質量の大きいおもり付きのものを用いるとよい。

B.3.3.7 測定用水容器 水中で試料及びかごの見掛質量を測定するとき、水面の高さが大きく変化しないような大きさに底が平たんなものを用いる。

B.3.3.8 測定用水容器の置き台 置き台は、木製、又は鋼製のものを用いる。静電気の影響を避けるため、アクリル樹脂などのプラスチック製のものは用いないほうがよい。

B.3.3.9 温度計 一目量が 0.5 °C 以下のものを用いる。

B.3.4 操作

測定操作は、次の手順による。

- 測定試料を試験液浸せき用試料かご (B.3.3.2) に入れ、そのかごをオレイン酸ナトリウム水溶液 (B.3.2.2) に 30 分間浸す (図 B.4 の左図参照)。かごを引き上げる直前に、測定試料に付着している空気の泡を取り除くため、かごを繰り返し振る。
- オレイン酸ナトリウム水溶液から測定試料を取り出し、オレイン酸ナトリウム水溶液用吸湿パック容器 (B.3.3.4) にそれぞれの測定試料を分けて入れ、測定試料に付着しているオレイン酸ナトリウムの泡を除くため、約 10 秒間軽く押さえる。次に、測定試料を垂直方向に約 90 度回転させてガーゼの新し

い面を用いて、測定試料の全表面から気泡を除くため、再び 10 秒間容器を軽く押さえる。

- c) b)の操作を終えた測定試料を直ちに灯油浸せき用試料かご (B.3.3.2) に入れ、灯油に 10 秒間浸す (図 B.4 の右図参照)。
- d) 灯油に浸した後の測定試料は、吸湿パック容器に入れ、b)と同じ操作を行い、灯油の泡をガーゼで除く。
- e) 測定試料を 3 分間放置した後、測定試料の空気中の質量 (m_2) を、小数点以下 3 桁まではかる。
- f) 直ちに測定用試料かご (B.3.3.3) に測定試料を入れ、天びんにつるし、水中に浸す。そのとき、かごを揺すって測定試料の表面に付着している気泡を除去し、1 分間浸した後、かご込み測定試料が水中に沈んでいる状態の見掛質量 (m_1) を小数点以下 3 桁まではかる (図 B.5 参照)。測定用試料かごは、気泡が付着しないように、あらかじめ水中に浸せきして水になじませておくといよい。

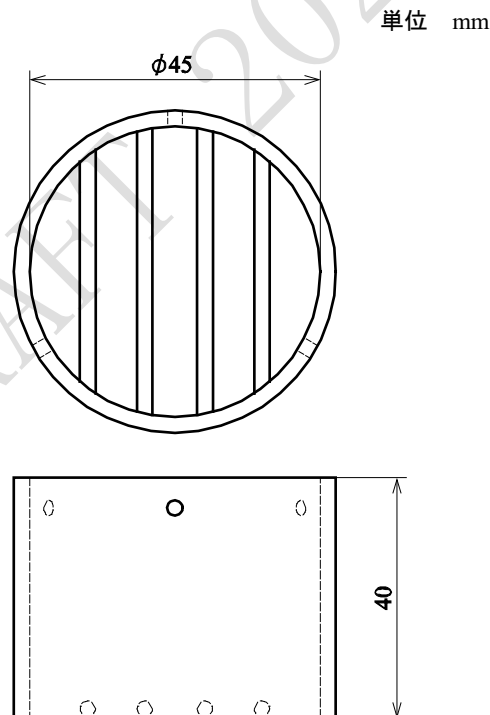


図 B.2—試験液浸せき用及び測定用試料かごの例

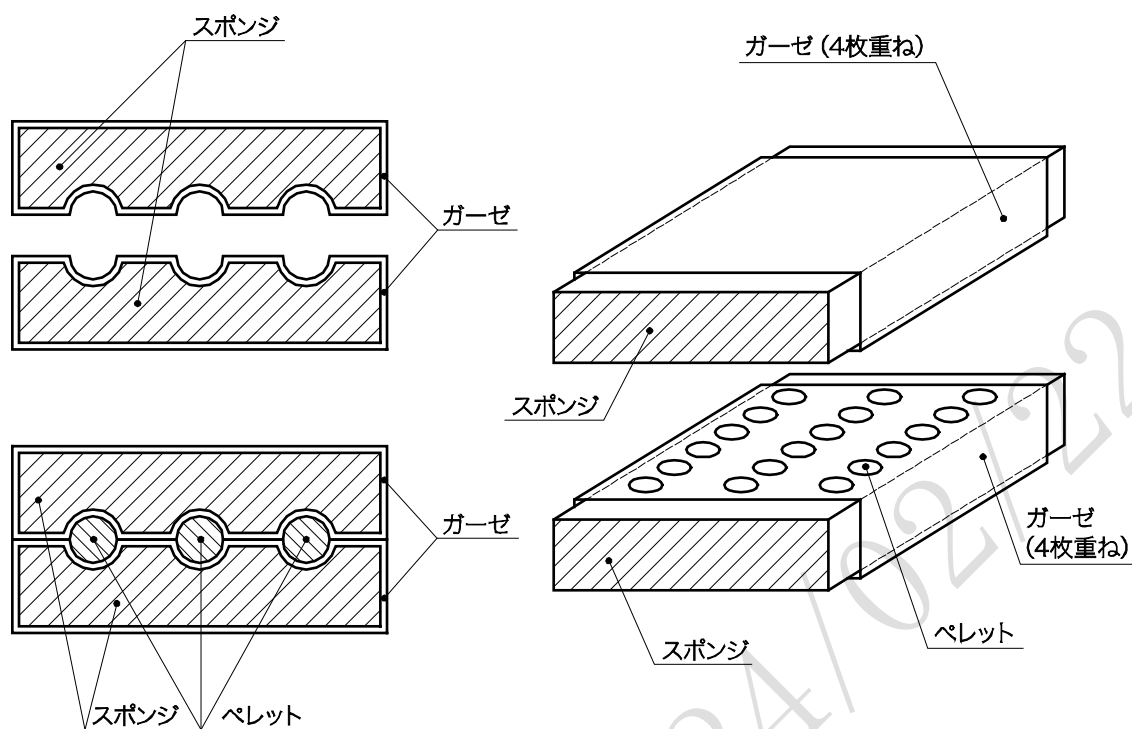


図 B.3ーオレイン酸ナトリウム水溶液用及び灯油用吸湿パック容器の例

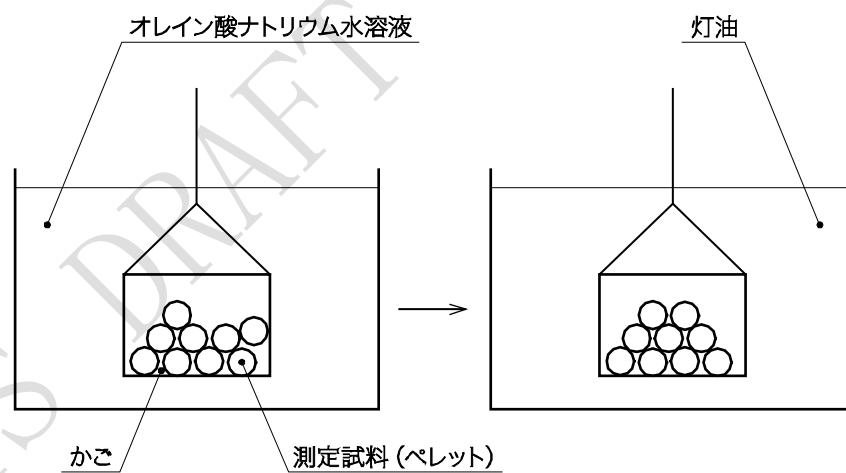


図 B.4ーオレイン酸ナトリウム水溶液及び灯油の浸せきの例

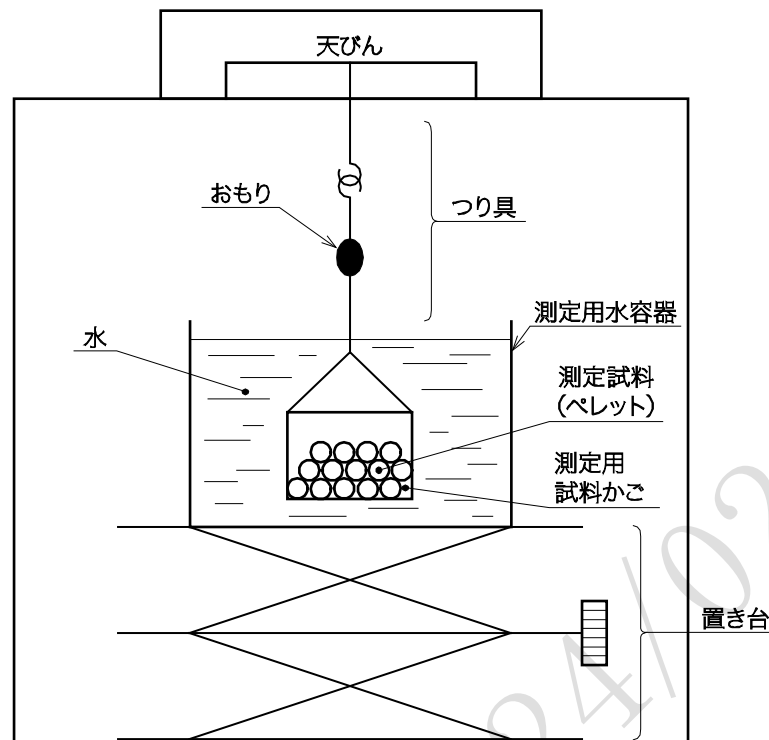


図 B.5—水中見掛質量測定法概要図

- g) 測定試料を取り除いた測定用試料かごをつり下げ、水中に浸す。水に浸されたかごの見掛質量(m_3)を小数点以下 3 桁まで求める。この操作で得られる m_3 の見掛質量を天びんの 0 点にしておき、f) の操作で直接、測定試料の水中の見掛質量を測定し、この値を B.3.5 の式中の ($m_1 - m_3$) としてもよい。
- h) 用いた水の温度を測定し、その温度における水の密度(ρ_1)を物理定数表から小数点以下 4 桁まで求める。

B.3.5 体積の計算

測定試料の体積 V (mL) は、次の式によって算出し、JIS Z 8401 によって小数点以下 3 桁に丸める。

$$V = \frac{m_2 - (m_1 - m_3)}{\rho_1} \quad \text{..... (B.1)}$$

ここで、
 m_1 : B.3.4 f) における測定用試料かご及び測定試料の水中の見掛質量 (g)
 m_2 : B.3.4 e) における測定試料の空気中の質量 (g)
 m_3 : B.3.4 g) における測定用試料かごの水中の見掛質量 (g)
 ρ_1 : 測定温度における水の密度 (g/mL)

B.4 水銀浸せき法 (Mercury immersion method)

B.4.1 原理

水銀中に浸した測定試料によって置換された水銀の質量を、水銀密度で除することによって測定試料の体積を求める。置換された水銀の質量は、はかりによって測定されるが、これは、測定試料の質量と水銀

中に測定試料を押し込むために必要とされる浮力との和に等しい。

B.4.2 装置

水銀浸せき法の装置の一例を、図 B.6 に示す。

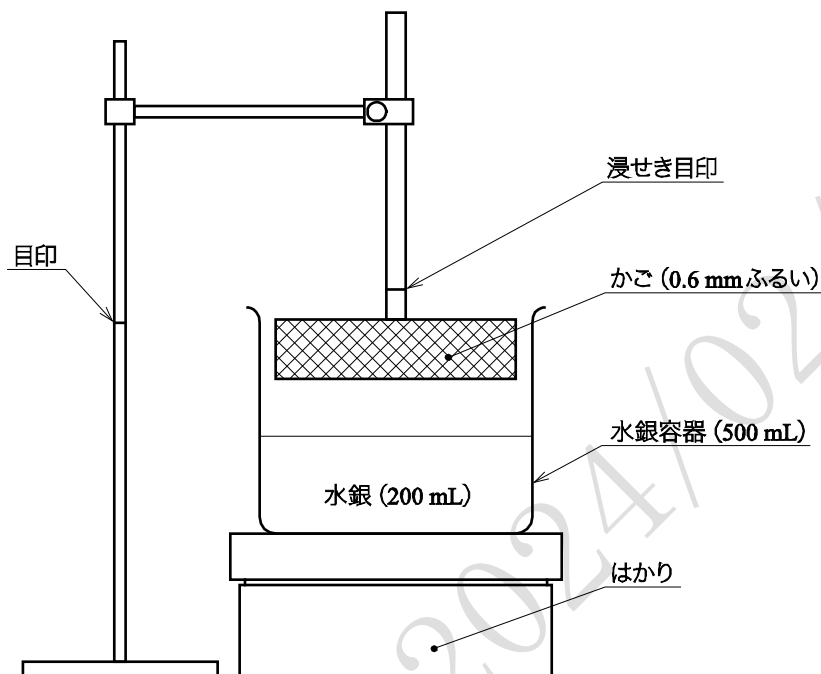


図 B.6—水銀浸せき法装置の例

B.4.3 測定試料の準備

測定試料を 110 °C で、8 時間乾燥する。

B.4.4 操作

500 mL の水銀容器に、200 mL の水銀を加える。

18 粒のペレットからなる測定試料の質量をはかって記録する。

はかりの上に水銀容器を載せ、リングスタンドのクランプを緩めて、かごを水銀によって覆われる高さまで上下させる。水銀中に浸すかごの位置を決め、リングスタンドに目印を付ける。目印は、次の操作で使用する設定基準として使う。

- 目印までかごを浸し、その状態でのかご、水銀及び水銀容器の合計質量をはかり記録する。この風袋質量分をはかりの目盛がゼロになるように調整する。その後、水銀容器からかごを取り出す。かごに水銀が残らないよう注意深く行う（再びはかりのゼロ調整はしない）。
- 水銀上面に測定試料を載せ、かごをかぶせる。目印の位置までかごを下げ、測定試料を水銀に浸す。そのときのはかりの指示値 (m_4) をはかり記録する。
- 操作 b) で測定された全質量を水銀の密度で除して、測定試料の体積を求める。

B.4.5 計算

測定試料の V (mL) を、次の式によって算出する。

$$V = \frac{m_4}{\rho_2} \dots\dots\dots (B.2)$$

ここで、

m_4 : 測定試料を水銀に浸したときのはかりの指示値 (g)

ρ_2 : 測定が行われたときの温度における水銀の密度 (g/mL)

B.5 水浸せき法 (Water immersion method)

B.5.1 原理

ペレットの開孔に水をしみ込ませた測定試料の大気中及び水中での質量の差を、水の密度で除して測定試料の体積を求める。

B.5.2 水

水は、蒸留水又はイオン交換水を用いる。

B.5.3 装置及び器具

装置及び器具は、次による。

B.5.3.1 測定用試料かご 測定用試料かごは、水に浸す測定試料を保持するために用いる。気泡が付着しない材質のものを用いる (図 B.2 参照)。

B.5.3.2 つり具 水中にかごをつるすためのもので、直径約 0.3 mm の釣糸を使用する。

B.5.3.3 測定用水容器 測定試料を水中に浸したとき、水面の高さが大きく変化しないような大きさのものを用いる。

B.5.3.4 測定用水容器の置き台 置き台は、木製、又は鋼製のものを用いる。静電気の影響を避けるため、アクリル樹脂などのプラスチック製のものは用いないほうがよい。

B.5.3.5 吸湿パック容器 表面がガーゼで覆われた一対のスポンジで構成する。ガーゼは、4 枚重ねにして用いる。 (図 B.3 参照)。

B.5.3.6 はかり 一目量が 0.001 g のはかり及び天びんを用いる。

B.5.3.7 温度計 一目量が 0.5 °C 以下のものを用いる。

B.5.4 操作

18 粒のペレットからなる測定試料を入れた測定用試料かご (B.5.3.1) を水中に浸す。そのとき、かごを揺すって気泡を除去する。20 分間水中に浸した後、かご込み測定試料の水中での見掛質量 (m_1) をはかり、小数点以下 3 桁まで記録する。

かごから測定試料を取り出す。

取り出した測定試料を、吸湿パック容器 (B.5.3.5) にそれぞれ分けて入れ、測定試料に付着している水分を吸収するため、軽く押さえる。ガーゼを交換した後、同じ操作を繰り返す。

吸湿パック容器から取り出した後、直ちに測定試料 (m_2) の質量を記録する。

測定試料を除いたかごを再び水中に浸し、かごの水中の見掛質量 (m_3) を小数点以下 3 桁まで求める。

測定用水容器中の水の温度をはかり、その温度における水の密度 (ρ_1) を物理定数表から求める。有効桁数は、4 桁とする。

注記 ISO 4698 では、 ρ_1 を小数点以下 4 桁(four decimal places)で丸めるとしている。

B.5.5 計算

測定試料の体積 V (mL) は、次の式によって算出し、JIS Z 8401 によって小数点以下 3 桁に丸める。

$$V = \frac{m_2 - (m_1 - m_3)}{\rho_1} \quad \text{..... (B.3)}$$

ここで、

- m_1 : かご及び測定試料の水中の見掛質量 (g)
- m_2 : 水に浸した後の測定試料の空気中の質量 (g)
- m_3 : かごの水中の見掛質量 (g)
- ρ_1 : 測定温度における水の密度 (g/mL)

B.6 パウダー法 (Powder volumetric method)

B.6.1 原理

測定試料が一定のかさ密度を有する乾燥媒体内に置かれたときの体積変化から測定試料の外部に開放された空隙を含む体積を測定する。

具体的には、試料有無での高さの変化にチャンバ（乾燥媒体と試料を入れるガラス製容器）の断面積を乗ずることによって測定試料の体積を求める。

B.6.2 素材

B.6.2.1 乾燥媒体 (Dry medium, 以下 DM という。)

公称直径 0.6 mm (0.5 mm～0.7 mm) のガラスビーズとする。

B.6.2.2 標準物質 (Reference material, 以下 RM という。)

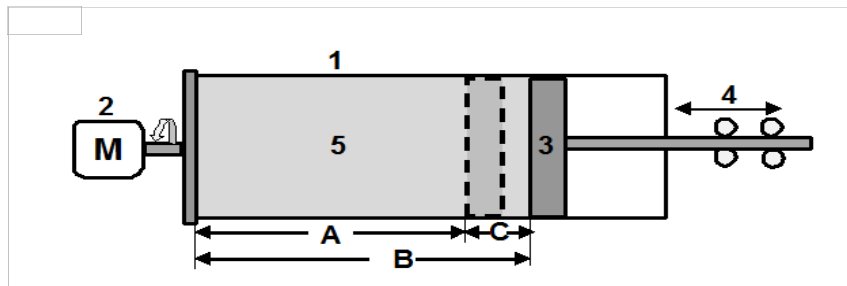
測定試料と同様の形状、密度及び表面構造を有する 18 粒の十分に硬いペレットとする。水溶性の鉱物を含まない酸性焼成ペレットが推奨される。

B.6.3 装置

図 B.7 にパウダー法の装置例を示す。

装置は、RM の体積を少なくとも 4 回連続して測定した場合、RM の実測体積が RM の真値 $[V_{RM} (1 \pm 0.005) \text{ (mL)}]$ の精度を有する。試験装置は、以下を含むものとする。

- a) 内側直径 50 mm +1 mm の透明ガラス製の試料チャンバを水平に設置する。
- b) 試料チャンバを断続的に回転させる装置
- c) 試料充填層を圧密するためのプランジャ
- d) 試験前に決定された一定速さでプランジャを押し、試験前に決定された圧密力でプランジャを停止させる装置であって、試料チャンバ内の RM 又は測定試料の粒をできるだけ均等に分散させ、試験毎に同じかさ密度で試料チャンバ内の乾燥媒体部を圧密させる装置。



記号説明

- 1 : 透明ガラス試料チャンバ (内側直径: 50 mm + 1 mm)
- 2 : チャンバを断続的に回転させるための装置
- 3 : 試料充填層を圧密するためのプランジャ
- 4 : プランジャ移動装置
- 5 : DM 又は DM と測定試料とからなる圧密された試料充填層
- A : DM からなる試料充填層の高さ
- B : DM と測定試料とからなる試料充填層の高さ
- C : A-B, 測定試料の外部に開放された空隙を含む体積に相当する

図 B.7 ーパウダー法の装置例

B.6.4 操作

B.6.4.1 乾燥媒体 (DM)

DM を 105 °C ± 5 °C で恒量となるまで乾燥して、室温まで冷やした後、デシケータに入れておく。試験に先立ち、0.5 mm 以下、0.7 mm 以上の微粉を除去するため、目開き 0.5 mm、0.7 mm のふるいを用いてふるい分ける。

B.6.4.2 標準物質 (RM) と標準物質の体積 (V_{RM})

RM を 105 °C ± 5 °C で恒量となるまで乾燥して、室温まで冷やした後、デシケータに入れておく。附属書 B の体積測定方法 (B.2～B.5) のいずれかによって 18 粒のペレットからなる RM の体積を 4 回測定し、4 回の測定の平均値を RM の真値 (V_{RM}) とする。

B.6.4.3 測定試料の体積を測定するための換算係数 ($\bar{C}_F$) の決定

DM の換算係数を決定するための試験の流れを図 B.8 に、データシートの例を表 B.1 に示す。

換算係数の決定は、次による。

- a) 圧密後の試料チャンバ内の高さが試料チャンバ内径の約 70 % に等しい DM の質量 (M_{DM}) を測定し (例えば、0.6 mm のガラスビーズの場合、100 g + 0.1 g)、それを記録する。
- b) 最初の試験に番号 1 を付ける。試験番号 1 の C_{FN} 値 (C_{F1}) (単位 ; mL/mm) は、これまで測定が全く行われていない場合は、1.940 0 を使用する (表 B.1 注 a) 参照)。試験がすでに行われている場合は、前回の小数点以下 4 桁の $\bar{C}_F$ 値を使用する。
- c) a) の質量 M_{DM} を有する DM を試料チャンバに入れ、プランジャをチャンバに取り付け、次いで試料充填層を圧密する。圧密後の試料充填層の高さを H_{DM} (単位 ; mm) とし、小数点以下 2 桁までの高さを記録する。同じ DM を用いて、更に 5 回、すなわち全部で 6 回、同じ試験を繰り返す。 H_{DM} の値は、それぞれ H_{DM1} , H_{DM2} , H_{DM3} , H_{DM4} , H_{DM5} 及び H_{DM6} となる。それぞれの試験の直前に DM の質

量が M_{DM} 未満である場合、DM の恒量($M_{DM} + 0.1 \text{ g}$) を維持するために新しい DM を追加する。

- d) 測定 の 1 回目及び 2 回目は圧密状況が安定しない可能性があるため、試料充填層高さを、式(B.4)に従い、最後の 4 回の H_{DM} 測定値の平均値を算出し、小数点以下 2 桁まで記録する。

$$\bar{H}_{DMN} = (H_{DM3} + H_{DM4} + H_{DM5} + H_{DM6}) / 4 \quad \text{..... (B.4)}$$

- e) プランジヤを取り外し 18 粒の RM を配置する。この時、粒子が試料チャンバの壁面、底面、及びプランジヤの内面に触れないように、ピンセットなどで DM の試料充填層内に均等に分散させる。次に、プランジヤを試料チャンバに取り付け、DM と RM とからなる試料充填層を圧密する。
- f) 圧密後の試料充填層の高さを測定し、小数点以下 2 桁まで記録する。同じ手順を更に 5 回、すなわち、プランジヤを取り外すことなく全部で 6 回繰り返す。試料充填層の高さを、式(B.5)に従い、最後の 4 回の試料充填層の高さ H_S 測定値の平均値を算出し、小数点以下 2 桁まで記録する。

$$\bar{H}_{SN} = (H_{S3} + H_{S4} + H_{S5} + H_{S6}) / 4 \quad \text{..... (B.5)}$$

- g) 次に、式(B.6)に従って、試験番号 N の RM の測定体積 V_{RMN} (単位 ; mL) を小数点以下 3 桁まで求める。

$$V_{RMN} = C_{FN} \times (\bar{H}_{SN} - \bar{H}_{DMN}) \quad \text{..... (B.6)}$$

ここで、N = 1, 2, 3 又は 4

- h) プランジヤを取り外し、DM と RM を取り出して試料チャンバを空にする。そして、DM から RM を分離してデシケータに保ち、少なくとも一連の試験が完了するまで、すなわち、 $\bar{C}_F$ の決定から還元された測定試料の体積測定まで、DM 及び RM を再使用する。

注記 同じガラスビーズを 40 回使用することが可能である。

- i) RM の測定体積(V_{RMN})が V_{RM} (1 ± 0.005) (mL) の範囲にあるかどうかを判断する。
- j) V_{RMN} (N = 1, 2, 3 又は 4) が V_{RM} (1 ± 0.005) (mL) の範囲にない場合は、手順 **k**) に進む。 V_{RMN} (N = 1, 2, 3 又は 4) が V_{RM} (1 ± 0.005) (mL) の範囲にある場合、手順 **i**) に進む。
- k) C_{FN} を式(B.7)に従って修正 C_{F1} に改訂し、試験番号を N から 1 に変更した後、手順 **c**) に 戻る。

$$\text{修正 } C_{F1} = C_{FN} \times V_{RM} / V_{RMN} \quad (N = 1, 2, 3 \text{ 又は } 4) \quad \text{..... (B.7)}$$

- l) 使用される C_{FN} の値が正しいので、N に 1 を加えたものを新たな試験番号 N とする。
- m) 次に、N が 5 になるまでは、手順 **c**) に戻り、N が 5 である場合、試験を完了し手順 **n**) に進む。
- n) 式(B.8)に従って、4 回の $\bar{V}_{RMN}$ の測定値の平均値を算出し、小数点以下 3 桁まで記録する。

$$\bar{V}_{RMN} = (V_{RM1} + V_{RM2} + V_{RM3} + V_{RM4}) / 4 \quad \text{..... (B.8)}$$

- o) 測定試料の体積を測定するための $\bar{C}_F$ を式(B.9)に従って求め、小数点以下 4 桁まで記録する。

$$\bar{C}_F = C_{F4} \times V_{RM} / \bar{V}_{RMN} \quad \text{..... (B.9)}$$

ここで、

$$C_{F4} = C_{F3} = C_{F2} = C_{F1}$$

B.6.4.4 測定試料体積の計測

測定試料体積の計測は、次による。

- a) 上記 B.6.4.3 の式(B.9)に従って決定された $\bar{C}_F$ を使用する。
- b) 試験番号を N とし、下記の c) から j) を繰り返し、N=1, 2, 3 又は 4 の 4 回の試験を行う。
- c) B.6.4.3 で $\bar{C}_F$ の決定に使用した DM を試料チャンバに入れる。DM の質量を維持するため、DM 量が B.6.4.3 で使用した量よりも少ない場合は新しい DM を加えて質量を調整する。
- d) プランジヤを試料チャンバに取り付け、DM の入った試料充填層を圧密する。次に、圧密後の試料充填層の高さ (H_{DM1}) を測定し、小数点以下 2 桁まで記録する。この手順を 5 回 (H_{DM2} , H_{DM3} , H_{DM4} , H_{DM5} 及び H_{DM6})、すなわち全部で 6 回、プランジヤを外さずに繰り返す。次に、試料充填層高さを、式(B.10)に従い、最後の 4 回の H_{DM} 測定値の平均値を算出し、小数点以下の 2 桁で記録する。

$$\bar{H}_{DMN} = (H_{DM3} + H_{DM4} + H_{DM5} + H_{DM6}) / 4 \quad \dots\dots\dots (B.10)$$

- e) プランジヤを取り外し、ピンセット等で測定試料 18 粒子を、チャンバの壁面、底面、プランジヤの内面に触れないように試料充填層内にできるだけ均等に分散させる。還元後測定試料のような脆い試料を装入する際は DM を取り出しても良い、この時 DM がこぼれないように注意を払う。次に、プランジヤを試料チャンバに取り付け、試料充填層を圧密する。
- f) 圧密後、試料充填層の高さ (H_{S1}) を小数点以下 2 桁まで測定し、記録する。同じ手順を更に 5 回 (H_{S2} , H_{S3} , H_{S4} , H_{S5} 及び H_{S6})、すなわちプランジヤを取り外すことなく全部で 6 回繰り返し、試料充填層高さを、式(B.11)に従い、最後の 4 回の H_S の平均値を算出し、小数点以下 2 桁まで記録する。

$$\bar{H}_{SN} = (H_{S3} + H_{S4} + H_{S5} + H_{S6}) / 4 \quad \dots\dots\dots (B.11)$$

- g) 式(B.12)に従って、測定試料 V_{TSN} (単位 ; mL) の体積を小数点以下 3 桁まで計算し、記録する。

$$V_{TSN} = \bar{C}_F \times (\bar{H}_{SN} - \bar{H}_{DMN}) (N = 1, 2, 3 \text{ 又は } 4) \quad \dots\dots\dots (B.12)$$

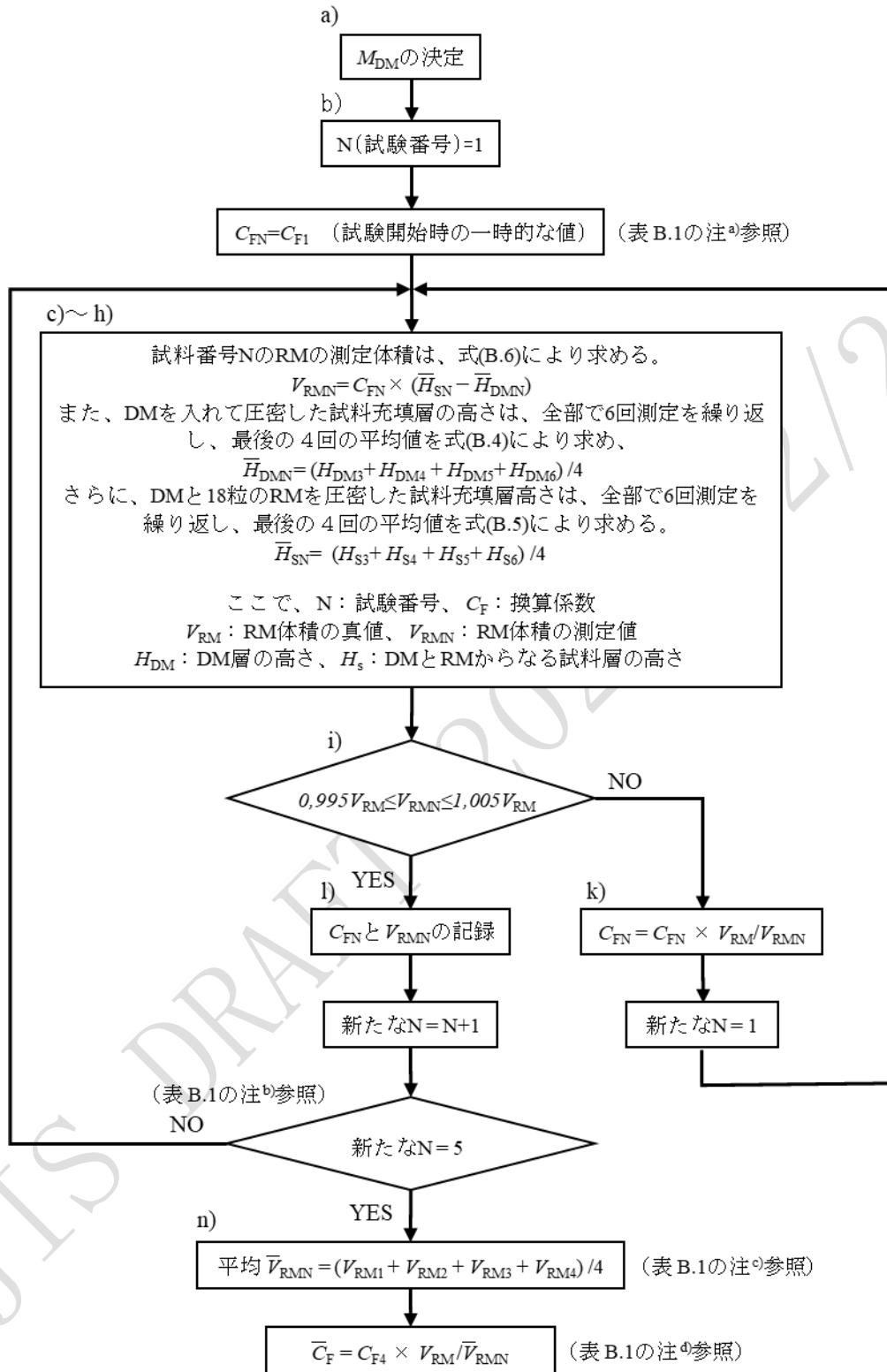
- h) プランジヤを外し、DM 及び測定試料を取り出して試料チャンバを空にする。次に、測定試料を DM から分離し、デシケータに保ち、少なくとも一連の試験が完了するまでそれらを再利用する。

注記 同じガラスビーズを 40 回使用することが可能である。

- i) 測定試料の体積を、式(B.13)に従い、4 回の V_{TS} の測定値の平均値を算出し、小数点以下 3 桁まで記録する。

$$\bar{V}_{TS} = (V_{TS1} + V_{TS2} + V_{TS3} + V_{TS4}) / 4 \quad \dots\dots\dots (B.13)$$

ここで、1, 2, 3, 4 は試験番号



注記 図中の a)~i), k), l)及び n)は、B.6.4.3 の a)~i), k), l)及び n)が対応している。

図 B.8—測定試料の外部に開放された空隙を含む体積を測定する為の $\bar{C}_F$ 決定フロー

表 B.1— $\bar{C}_F$ 決定の為のデータシート例

試験番号	C_{FN} (ml/mm)		V_{RMN} (ml)		C_{FN} の判定 (合格/不合格)	
N=1	初期 $C_{F1}^a)$	1.940 0	V_{RM1}	15.487 ^{b)}	不合格	基準 $V_{RMN} = V_{RM} \pm 0.5 \%$ $= V_{RM} \times (1 \pm 0.005)$ 今回の場合、 $V_{RM} = 15.341$ V_{RMN} 上限 = 15.417 7 V_{RMN} 下限 = 15.264 3"
新 N=1	修正後 $C_{F1}^c)$	1.921 8	V_{RM1}	15.370 4	合格	
N=2	C_{F2} (同じ)	1.921 8	V_{RM2}	15.366 6	合格	
N=3	C_{F3} (同じ)	1.921 8	V_{RM3}	15.381 9	合格	
N=4	C_{F4} (同じ)	1.921 8	V_{RM4}	15.371 7	合格	
平均			$\bar{V}_{RMN}^d)$	15.372 7		
$\bar{C}_F^e)$ の決定		1.917 8				

注 ^{a)} 第 1 回目試験用の C_{FN} 暫定値

注 ^{b)} $15.487 > V_{RM} + 0.5 \% = 15.417 7$

注 ^{c)} 修正後 $C_{F1} = (「不合格」と判定された試験で使用された C_{FN}) \times V_{RM} / (不合格時の V_{RMN})$

注 ^{d)} $\bar{V}_{RMN} = (V_{RM1} + V_{RM2} + V_{RM3} + V_{RM4}) / 4$

注 ^{e)} $\bar{C}_F = (\text{最終修正後の } C_{FN}、\text{つまり } C_{F4}) \times V_{RM} / \bar{V}_{RMN}$

附属書 JA

(参考)

膨れ試験方法－簡便法

JA.1 一般

この方法は、還元時の鉄鉱石ペレット（以下、ペレットという。）の膨れ指数を簡便に求める膨れ試験方法である。

JA.2 概要

体積を測定したペレットを、還元反応管内で、900 °Cで 60 分間還元ガスで還元した後、再び体積を測定して、還元前後の体積差から膨れ指数を算出する。

JA.3 使用するガス

使用するガスは、次による。

- a) **還元ガス** 一酸化炭素 30 %±0.5 %，窒素 70 %±0.5 %（いずれも体積分率）の混合ガスとする。還元ガス中に許容される不純物の量は、表 JA.1 による。

なお、この試験に用いるガスの体積及び流量は、0 °C，1 気圧の標準状態における体積及び流量を示す。

表 JA.1－還元ガス中の不純物許容量

単位 体積分率 (%)	
不純物	最大許容量
水素	0.2
二酸化炭素	0.2
酸素	0.1
水分	0.2

- b) **不活性ガス** アルゴン又は窒素。

JA.4 装置及び器具 装置及び器具は、次による（図 JA.1～図 JA.3 参照）。

JA.4.1 **電気炉** 電気炉は、内径約 50 mm の横形とし、900 °Cの設定温度において還元反応管内で幅 100 mm 以上の 900 °C±10 °Cの恒温帯が得られるものを用いる。

JA.4.2 **還元反応管** 還元反応管は、内径約 30 mm の石英製のものを用いる（図 JA.2 参照）。

JA.4.3 **ボート** ボートは、内径約 20 mm，長さ約 70 mm，高さ約 5 mm の石英製のものを用いる（図 JA.3 参照）。

JA.4.4 **乾燥器** 温度を 105 °C±5 °Cに調整できるものを用いる。

JA.5 測定試料

1 回の測定試料は、105 °C±5 °C に保った乾燥器中で、120 分間以上乾燥した粒度が 5 mm 以上のペレット 3 粒とする。JIS Z 8801-2 に規定する公称目開き 5 mm の角孔板ふるいでふるい分けて、ふるいに残るものを使用する。ただし、測定試料にクラックがある場合は、体積測定値の誤差となるので取り除く。

JA.6 操作

試験操作は、次の手順による。

- a) 附属書 B 又は JIS M 8719 のいずれかの方法によって測定試料の体積 (V_1) を 1 粒ずつ測定する。
- b) 体積を測定した測定試料 3 粒を、10 mm 以上の間隔をおいてボートに載せ、還元反応管に挿入する。ボートは、電気炉の恒温帯に位置するように注意しなければならない。
- c) 還元反応管にキャップをかぶせ、ガス回路に接続する。
- d) 不活性ガスで還元反応管内を置換した後、同ガスを通しながら 900 °C に昇温し、30 分間保持する。このときの不活性ガスの流量は、200 mL/min とする。
- e) 30 分間保持した後、直ちに不活性ガスを還元ガスに切り替える。還元ガスの流量は 500 mL/min とし、900 °C で 60 分間還元する。
- f) 還元終了後、直ちに還元ガスを不活性ガスに切り替え、200 mL/min の不活性ガスを通しながら常温まで冷却した後、測定試料を取り出す。a) と同じ体積測定方法によって測定試料の体積 (V_2) を 1 粒ずつ測定する。

JA.7 計算

測定試料 1 粒ずつの膨れ指数 (ΔV) [% (体積分率)] は、次の式によって小数点以下 2 桁まで算出する。

$$\Delta V = \frac{V_2 - V_1}{V_1} \times 100$$

ここで、 V_1 : 還元前の試料ペレットの体積 (mL)
 V_2 : 還元後の試料ペレットの体積 (mL)

JA.8 試験回数

試験は、JA.6 の操作を 2 回実施する。

JA.9 結果の表示

2 回の操作で得られた測定試料 6 粒の膨れ指数の平均値を求め、JIS Z 8401 によって小数点以下 1 桁に丸めて表示する。

なお、最大値及び最小値も付記する。

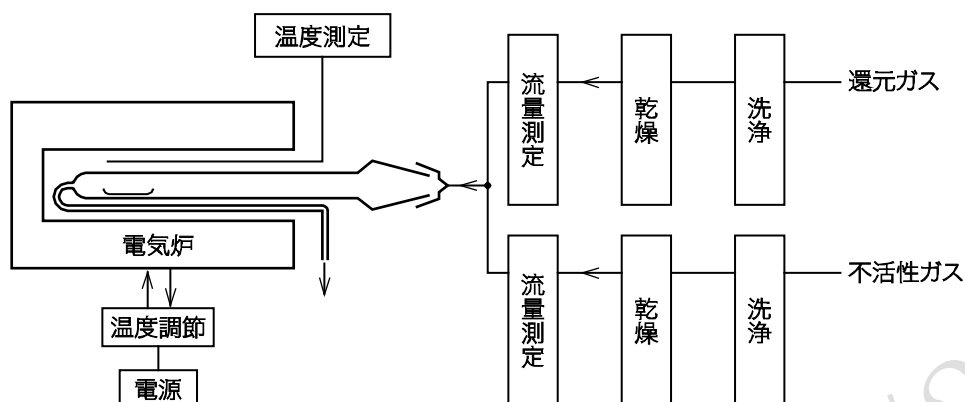


図 JA.1—膨れ試験方法（簡便法）還元装置系統図（例）

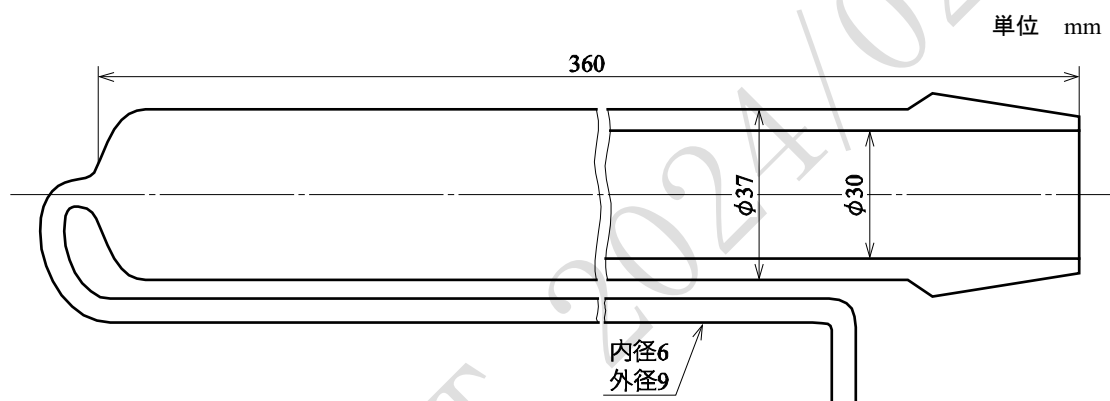


図 JA.2—還元反応管（例）

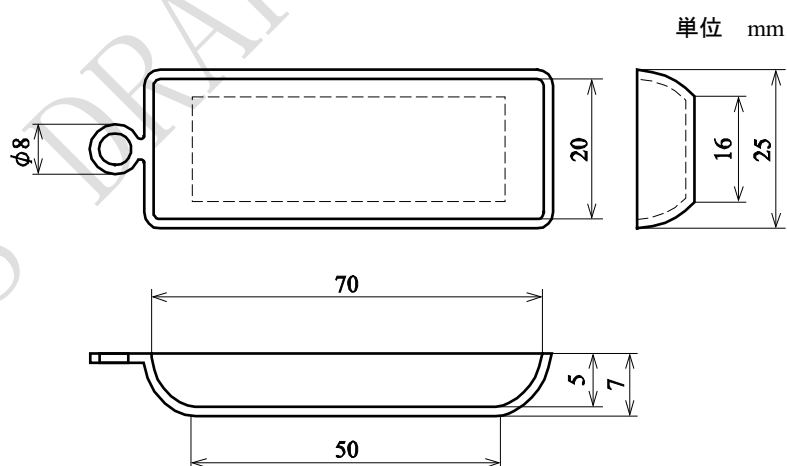


図 JA.3—ポート（例）

附属書 JB
(参考)

JIS と対応国際規格との対比表

JIS M 8715		ISO 4698-2:2022, (MOD)		
a) JIS の簡条番号	b) 対応国際規格の対応する簡条番号	c) 簡条ごとの評価	d) JIS と対応国際規格との技術的差異の内容及び理由	e) JIS と対応国際規格との技術的差異に対する今後の対策
3.1 3.2	3	追加	ISO 規格では、用語規格である ISO 11323 を引用しているが、JIS では、使用者の利便性を考慮し、膨れ及び膨れ指数の定義を追加するとともに、ISO 11323 と IDT である JIS M 8700 を引用している。	ISO への提案は行わない。
6.1 6.7	6.1 —	追加	JIS では、試験用ふるいを直接規定しているが、ISO では、サンプリング及び試料調製規格を引用している。技術的内容は同じである。	ISO への提案は行わない。
8.2 8.3	8.2	変更	ISO の 8.2 (還元) では、還元前体積の測定も併せて記載している。また、ISO 規格の 8.2 を分けた方が作業手順から見ると分かりやすいため、JIS では 8.2 と 8.3 とに分けて記載した。 技術的内容は同じである。	ISO への提案は行わない。
8.4	8.3	追加	体積測定中に測定試料が割れてしまった場合の操作を追加した。	ISO への提案は行わない。
9.1 9.2	9.1 9.2	変更	数値の丸め方について、JIS では JIS Z 8401 を引用している。技術的内容は同じである。	ISO への提案は行わない。
附属書 B B.3	附属書 B B.3	変更	還元後の体積測定手順が JIS と ISO 規格とで若干異なるが、どちらの作業手順でも測定結果に差はない。技術的内容は同じである。	ISO への提案は行わない。
附属書 B B.6.4.4	附属書 B B.6.4.4	変更	図 B.8 のフロー図で、c)～h)の記載を、本文と整合させ、分かりやすくした。	ISO への提案は行わない。
附属書 JA	—	追加	還元時の鉄鉱石ペレットの膨れ指数を簡便に求める膨れ試験方法を追加した。	
注記 1 簡条ごとの評価欄の用語の意味を、次に示す。 — 追加：対応国際規格にない規定項目又は規定内容を追加している。 — 変更：対応国際規格の規定内容又は構成を変更している。 注記 2 JIS と対応国際規格との対応の程度の全体評価の記号の意味を、次に示す。 — MOD：対応国際規格を修正している。				