

(討5) ペレットのふくれ指数測定方法について

ISO鉄鉱石委員会物理試験専門委員会

三本木重治

○山田幸夫

ペレットの高温性状を表わす重要な指数としての“ふくれ指数”の測定方法について、JIS制定までの審議経過、測定条件の検討結果ならびにこの測定方法の活用状況について説明する。

1. JIS制定までの経過

昭和30年頃より輸入ペレットの高炉における使用が増大するのとともに、国内の各所において、ペレットの性状に関する研究が盛んとなり、これと同時に、メーカーに対する要望および使用に際しての基準とするため、性状の標準試験方法を制定する必要を生じてきた。まず昭和39年初頭より発足した学振44委員会物理測定小委員会では、ペレットの各種の物理性状について、従来から各所で独自に実施していた試験方法をまとめて、標準試験方法(暫定案)¹⁾を作成した。ところが、当時製造開始したばかりのマルコナペレットは、還元に際して、異常な膨張現象を呈し、高炉で使用するに於いて悪影響をおよぼすことが認められたので、これを定量的に表示することが試みられた。従来からあった還元試験装置(鑒形²⁾の反応管に試料を充填層として装入するもので、後にJIS法として制定)を用いて、反応管でのガス圧の上昇することにより膨張の程度を知ろうとしたが、装置内のバラツキおよび再現性が内題となり、他の方法の開発が必要となり、物理測定小委員会での標準の測定方法の制定が提案されるに至った。

同小委員会では、以うな学振法として制定されていた、粒状鉄鉱石還元試験装置を利用した測定方法原案²⁾を作成し、その後、約2年間にわたり、還元時間、還元温度、1個の試料個数、試料台の形状、置き方、膨張の測定方法(線膨張か体膨張か)などの試験条件について、参加各委員がそれぞれ分担して、数多くの実験を行なうとともに、委員会において、その原案の修正を行なった。また、審議の過程にて、膨張率という用語は物理的なものと混同される恐れがあるという意見が出され、討議の結果、“ふくれ指数”という用語に変更された。

かかると、ペレットの購買面からの要請により、ISO鉄鉱石委員会物理試験専門委員会も審議に参加して、標準測定方法の完成を急ぐことになった。同委員会では、学振物理測定小委員会と共同して、昭和41年7月〜9月の間、ふくれ指数測定方法に関する共同実験を実施した^{3,4)}。この共同実験では、国内高炉メーカー社および東北大が参加し、マルコナおよび神ヶ原製鋼製のペレットを共通試料として、還元時間の影響も調べた。この共同実験の結果のもとで、JIS法原案を作成し⁵⁾、その後数回にわたる幹事会で細部の修正を行ない、JISの最終案を完成した。

2. 試験条件の検討

2.1 JIS法の試験条件

- ① 試料……5mm以上のペレット、3個
- ② 試験装置……鑒型の電気炉(付図1)、内径約30mmの石英器還元反応管(付図2)、石英器のポート(付図3)
- ③ 作動測定具……水銀置換式(付図4)
- ④ 還元ガス……CO 30%、N₂ 70%の混合ガス、流量500 cc/min.
- ⑤ 還元温度……900±10℃
- ⑥ 還元時間……60分

2.2 試料

1回の試験における試料の個数は、サンプリング方法も含めて、ロットの母平均を推定するものに非常に重要である。個々の試料のふくれ指数のバラツキは大きいものもあるので、試料の個数はなるべく多いことが望ましいが、電気炉の均熱帯の長さや試料をボート上にふくれる余地を狭して、ある箇所を置いて采せることを考えて、3個が最も適当ということになった。試料の粒度に関しては、これは普通工程によって決まるものであり、実際の高炉での使用にあたっては、5mm以下を除く程度であることにより、鉄鉱石の還元試験方法と同じく、5mm以上とした。この試料は、105±5℃で保った乾燥器中で、120分間以上乾燥してから使用する。

2.3 試験装置

ふくれ指数の測定装置として、いくつかの方法が提案されたが、⁶⁾ペレットが自由にふくれることができ、しかもガスの流れに支障を来さないうちとしては、横形の電気炉と反応管との組合せが適当と考えられたので、標準の装置には、平塚と4年昭和30年6月30日制定の粒状鉄鉱石還元試験方法の装置を利用することになった。試料のペレットを采せるボートの形状や置き方について試験を行なった結果⁷⁾ペレットはボート上に10mm以上離して置けば、ふくれる余地として十分であり、また、ボートの形状については、板状でも普通のボートの形状でも測定結果には有意な差がないことがわかった。なお、試料の位置によるふくれ指数の変化については、ガスの入口側と出口側とでは差があったという試験結果⁸⁾もあったが、歩進の共通試料での共同実験やその他の試験⁹⁾では有意な差はなかった。

2.4 評価測定具

個々のペレットのふくれの程度を表わすのに、ノヤスなどによって直径を測定して線膨張率を求める方法と水銀中に沈めて浮力を測定して体膨張率を求める方法とを通りば提案され、両者について、いろいろと検討した結果、前者は後者と比較して、ふくれ方が特に著しい試料では測定値のバラツキが大きいので、後者が選ばれた⁹⁾。この場合の評価測定具としては、たとえば、ISO物理試験専門委員会で審議中であつた、日本工業規格、鉄鉱石類の見掛け比重、真比重および気孔率の測定方法(第1)で使用する見掛け比重測定装置を利用することになった。

2.5 還元ガス

富士・中研¹⁰⁾では、還元ガスはCO-CO₂の比を変えて、各段階の酸化鉄を還元した試料を作り、その体積変化を測定したところ、J. O. Edstromの実験¹¹⁾とほぼ同様の結果が得られた。ただし、ふくれ指数の試料間の差を見るには、単純なガス組成で十分であり、むしろCO₂を含む厳しい条件で還元したほうが望ましいので、鉄鉱石類の還元試験方法と同じく、CO30%、残りがN₂の混合ガスを使用することにした。また還元ガスの流量については、100~500 cc/min.と変えて試験の結果^{10,12,13)}では、ふくれ指数には差がなかったが、なるべく厳しい条件とするために、500 cc/min.とした。

2.6 還元温度

東北大の実験例¹⁴⁾によると、600~1200℃の還元温度で測定した場合、1000℃でふくれ指数が最大となり、信金・中研の実験¹⁵⁾によれば、900~1000℃で還元した場合、エリッペレットは1000℃、エリーペレットは900℃で最大の値が得られた。従って還元温度は900℃以上は必要ということになり、結局鉄鉱石類の還元試験方法と同じく、900±10℃を採用した。なお昇温時間は1時間以上で直線的であることが望ましいが、試験時間の短縮のため、連続して同じ電気炉で試験を行なうこともできるので、試料に加熱速度の影響を与えない限り、1時間以内で昇温してもさしつかえないこととした。

2.7 還元時間

ペレットのふくれは、還元時間的1時間で最大になるという試験結果⁽¹⁴⁾と2~3時間を要するという試験結果⁽¹⁵⁾とがあったが、前述の共同実験の結果では、1時間と3時間の還元とでは、差がないという結果が得られたので、作業性を考えて、1時間とした。

3. 測定方法の活用

以上のごとく、ペレットのふくれ指数測定方法に関する標準が作成されるや、国内の各高炉メーカーは、ペレットの入荷の度ごとく、これに準拠した試験を行ない、左潰強度、タンブラー強度、還元性などの他の性状試験と同じく、その結果をもとづいて、高炉におけるペレットの使用割合を調整するようになった。一方ペレットの購買に際しても、品質に対する要望項目の中に「ふくれ指数」ともつづき、ふくれ指数がいち早く取り上げられ、ペレットのメーカーと使用者の技術関係者で構成する技術委員会において、このふくれ指数の最大値を表1のごとく設定し、ふくれ方の少ないペレットを製造

銘 柄	ふくれ指数目標	目標設定年月
カイザー・ペレット	平均14%以下	昭41年11月
マルコナ	16	昭41年9月
チヨージ	16	昭42年7月

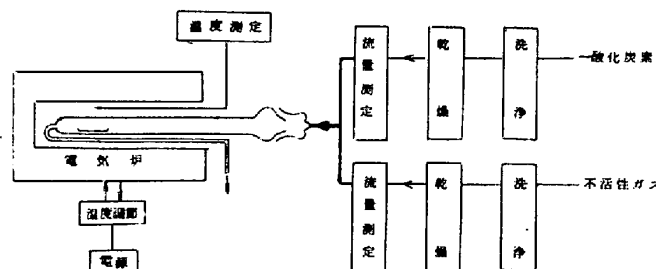
すべく研究している。また、ふくれ指数の試験は、ペレットの重要な高温性状として、国内ばかりでなく、CNRM⁽¹⁶⁾その他の欧米の研究機関や会社で認められ、日本の方法に準拠して測定装置を作り、ペレットの試験を実施するようになった。

ところで、この測定方法の1回の試験での試料は3個に過ぎず、しかも個々の測定値のバラツキは小さくないので、特に異常な値を示すペレットは発見できず、1船に数万丸も積んでくるペレットの母平均を推定するには問題がある。これはこの測定方法を更に有効に利用するため、サンプリング、縮分方法も含めて、今後検討すべき問題である。

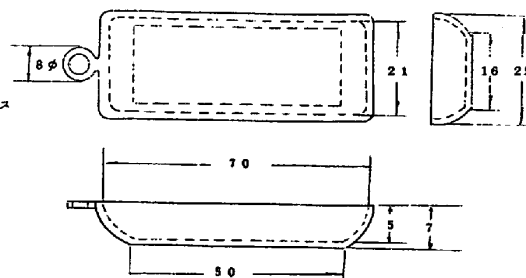
参考文献

- 1) 学振54委：ペレットの評価に関する物理試験法(案)学振54委-823, 39-4-7
- 2) 富士中研：膨張率測定方法(案), 学振54委-881, 39-11-30
- 3) ISO幹事会：ペレットの還元過程の膨張率測定に関する共同実験結果, ISO-物幹-162
- 4) 東北大. 送研：ペレットの膨張率測定に関する共同実験結果, ISO-物幹-268
- 5) ISO幹事会：鉄鉱石類(ペレット)のふくれ指数測定方法(JIS案), ISO-物幹-349
- 6) 東北大.：ペレットの還元膨張について, 鉄と鋼, No.4, 1966
- 7) 八幡. 技研：ペレットの膨張率測定法の検討, 学振54委-1016,
- 8) 住金. 和歌山：ペレットの膨張率の測定方法について, 学振54委-955, 40-7-14
- 9) 鋼管. 技研：膨張率測定における測定方法の検討, 学振物測委-6, 41-4-1
- 10) 富士. 中研：膨張率測定について2, 3の実験結果, 学振物測委-1, 40-7-13
- 11) J.O.Edström: The Mechanism of Reduction of Iron Oxides, JISI Special Rep.No.53, 1965
- 12) 東北大. 送研：マルコナペレットの異常膨張について, 学振54委-923, 40-4-4
- 13) 富士. 中研：ペレットの膨張率測定法について, 学振54委-985, 41-4-1
- 14) 住金. 中研：ペレットの膨張率測定結果, ISO-物幹-152,
- 15) A.Poos: Operation of an Exp. Furn. with Pellet and Sinter Burdens, J. of Metals, Jun. 1967
- 16) H.C.Chang: Pellet Quality and Blast Furnace Performance, BF and SP, Nov. 1967

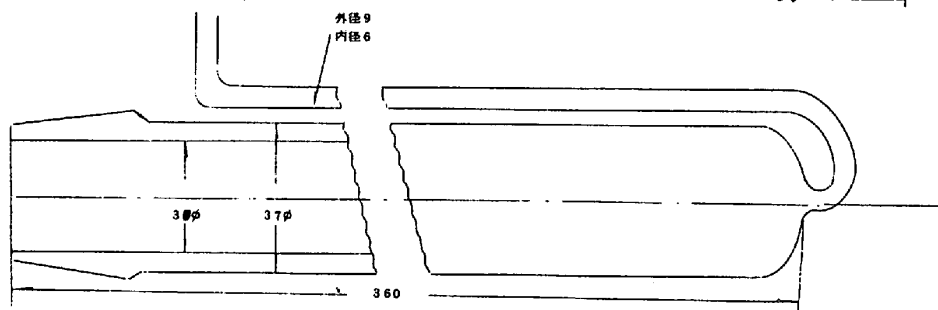
付図1 よくれ指数測定装置系統の一例



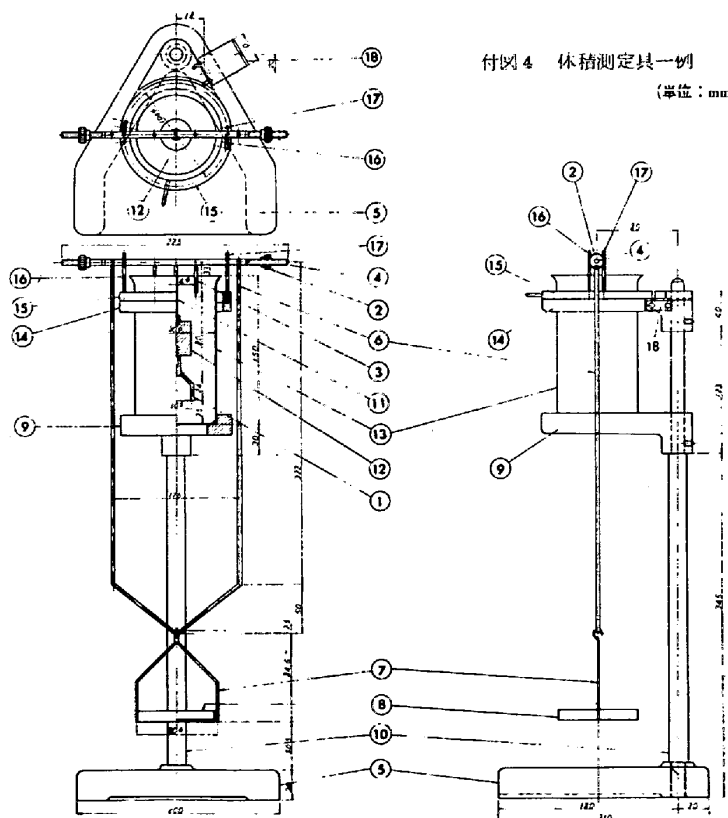
付図3 ボートの一例 (単位: mm)



付図2 反応管の一例 (単位: mm)



付図4 体積測定具一例 (単位: mm)



部番	品名
1	試料おさえ具
2	調整ねじ
3	指針
4	軸
5	ベース
6	釣棒
7	分銅皿釣棒
8	分銅皿
9	水銀容器受具
10	支柱
11	釣棒
12	浮子
13	水銀容器
14	測定具安定受
15	安定具
16	安定ピン
17	測定具受棒
18	測定具受板