

Fig. 5. Effects of added quantities of pitch on compressive strength of briquettes fired at 1300°C.

り、かつ還元焼き締まりが不完全なる期間すなわち装入後 3~10 min 経過したころは、ブリケットはきわめて脆弱であると推定される。本来ならばこれを熱間で強度測定しその状態をしらべることが望ましいが、この測定方法にいろいろ問題があり、本報ではとりあえず装入後 5, 15, 30, 60 min 焼成したものをとり出し急冷後、その密度と耐圧強度を測定した結果を報告する。

Fig. 4 はこの現象に最も関連あると推定された成形圧、ピッチ添加量に対する見掛け密度の変化を示すものである。いずれも 5 min 焼成において上記の理由による最低点を示される。(b)の成形圧の影響については当然のことながら成形圧が高いほど見掛け密度は高い値を示すがその差はさほど大きくない。(a)のピッチ添加量の影響はピッチ量が増すにしたがい密度は低くなる。時間の経過とともにこの差が大きくなることは到達還元度の差にも幾分よるものであることが Fig. 3 からわかるが、同時に焼成収縮に大きな差があることに起因する。なお、この主原料の配合比、焼成温度は前項と同じく砂鉄：石炭 80：20、1250°Cである。

Fig. 5 は 1300°C、20 min の同一焼成条件で砂鉄 80、石炭 20、ピッチ 0~10%、成形圧 500~5000 kg のブリケットの焼成冷却後の強度を示す。ブリケットは焼成後形状に幾分の不整があり、また亀裂が入り、あるいはこれが再融着しており結果に幾分のバラツキが生じ、成形圧の影響はほとんどみることができなかつたが、ピッチ添加量の影響はきわめて明瞭に示され、添加量が多くなるにしたがい、きわめて急激に強度が降下することがわかる。

#### 4. 結 言

前 2 報につづいて、メタライズドブリケットの品質に影響をおよぼす諸条件のうち、本報では成形圧ならびに粘結剤として添加するピッチ量の影響をしらべた。結果

を要約すると次のごとくである。

1) 成形圧は実験した約 210~2100 kg/cm<sup>2</sup> の範囲内では焼成ブリケットの強度、還元度などの品質にはほとんど影響がないが、低圧の場合、生ブリケットの強度はきわめて低く、運搬、装入などに支障が少ない強度を得るには少なくとも 1000 kg/cm<sup>2</sup>、理想的には 2000 kg/cm<sup>2</sup> 以上が望ましい。

2) 粘結剤としてのピッチの添加量の増加は到達還元度を下げ製品強度をいちじるしく低下させるが、生ブリケットを強化させるために 1~3% 程度の添加が望ましく、これ以上ではきわめて有害である。なお工業的なロール式製団では圧縮熱のためロールが加温され、ピッチの粘結能力を増大することが推定され、本試験結果よりも生ブリケット強度の増進に少量の添加効果がより顕著であろう。

3) 還元焼成初期において、石炭、ピッチの一部が燃焼消費され、かつ焼成収縮が開始せぬ段階においてブリケットは一時きわめて多孔質脆弱になり、工業規模の焼成においては粉化のおそれが多分にある。この段階における強度にピッチは何の役割も果さず、その添加量の増加はかえつて有害であるが、成形圧を高めることは幾分の効果が認められた。

#### 文 献

- 1) 田中, 片山: 鉄と鋼, 50 (1964) 11, p. 1667
- 2) 田中, 片山: 鉄と鋼, 50 (1964) 11, p. 1669

### (23) 砂鉄および製鋼ダストを混用したメタライズドブリケットの製造について

室蘭工業大学 田中 章彦・○片山 博  
On Production of Metallized Briquettes from Mixture of Iron Sand and Steelmaking Dust.

Akihiko TANAKA and Hiroshi KATAYAMA.

#### 1. 線 言

砂鉄、石炭の混合物を高圧粉体成形と高温還元焼成の併用により、高強度、高還元度のブリケットを得ることは既報<sup>1)2)3)</sup>のとおりである。この方法では砂鉄中の造岩成分および石炭中の灰分がそのままブリケット中に残り、ブリケットの含鉄品位は原料によつて制約される。したがつてこれを幾分でも高め、経済性を増す目的で、現在比較的利用性の少ない平転炉ダストの混用を試みた。しかし、これには次の 2, 3 の問題が憂慮されるので、この点に研究の重点をおいた。

(1) 平転炉ダストは超微粒子であるために、十分工業的なハンドリングに耐え得る生ブリケットが得られるか。

(2) ダスト等のヘマタイト系の鉄原料を使用した場合、還元収縮にともない亀裂が生じ、焼成間に粉化したリ、製品の強度を劣化せしめる心配がないか。

(3) ダスト中の有害成分の挙動如何。

本報では (1), (2) の問題点について行なつた実験の結果を報告する。

Table 1. Chemical composition of iron sand and L. D.-dust (%).

	T. Fe	FeO	Mn	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	S	Zn	TiO <sub>2</sub>
Iron sand - A	52.14	30.18	—	9.19	3.12	1.24	2.87	0.051	—	8.27
" - B	55.99	34.55	—	3.87	2.80	0.61	3.39	—	—	9.68
L. D. dust	65.86	3.37	0.98	0.76	0.15	1.77	0.18	0.08	0.56	—

Table 2. Size distribution of iron sand (%).

Particle size (mesh)	48 ~100	100 ~150	150 ~200	200 ~250	-250
Iron sand A	0	7.0	24.6	58.8	9.6
" B	0.6	30.0	23.8	12.2	33.4

Table 3. Analysis of Yūbari's coal (%).

Particle size (mesh)	Moisture	Volatile matter	Fixed carbon	Ash
48~100	1.84	33.54	43.54	21.08
100~150	1.29	40.04	50.56	8.11

## 2. 実験試料および方法

Table 1 に原料砂鉄およびLDダストの化学組成を, Table 2 に砂鉄の粒度分布を示す. 砂鉄 A, B はともに噴火湾産のものを磨砕したもので, B は生ブリケットの強度試験にのみ使用した. ダストは富士製鉄(株)室蘭製鉄所 L. D. 転炉ダストでその粒度は特に調査しなかつたが  $0.5\mu$  以下が大半を占める.

還元剤として北海道夕張産粘結炭を篩分し, それぞれを使用した. この工業分析値は Table 3 に示す.

成分的にこの 2 者の間に大きな差があり, したがってこの 2 者による試験結果は単に石炭粒度の影響のみならず, 灰分の影響を無視することができない. 粘結剤としては JIS 規格市販ピッチを 100 mesh 以下に粉化し使用した. その成分は既報と同一である.

砂鉄ブリケットの研究結果より, 鉄石:石炭:ピッチの配合比は 80:20:3 に一定し, 鉄石中のダストの配合量をいろいろ変化せしめ実験した.

成形法は既報と同じく  $17.4\text{ mm } \phi \times 17\text{ mm}$  の円筒状のタブレットに圧縮成形した. その荷重は大半の実験はこの試料に対して  $5000\text{ kg}$  ( $2100\text{ kg/cm}^2$ ) を採用したが, 生ブリケットの強度の試験にはこのほかに 3 種の圧力を使用した.

焼成法も既報とまったく同一で, 焼成条件は従来の経験から  $1250^\circ\text{C}$ , 30 min と一定にした.

## 3. 実験結果と考察

### 3.1 生ブリケットの見掛け密度と強度

粉体の圧縮成形に関しては近年多くの研究報告があり, 成形圧や粒度とかさべり度との関係を示す実験式などもいろいろ提案されている. しかしながら本実験の場合いろいろ複雑な諸因を含んでいる. たとえば成形圧が構成粒子の耐圧限以上に高いこと, ダストのような超微粒子を含むこと, ピッチのごとき圧縮熱により軟化する物質を含むこと等々を考えると, 圧縮成形の機構は単なる粒子移動による密充填や粒子の変形以外にある粒子団のこり, 粘着凝集, 粒子の圧潰なども考えられ, 一

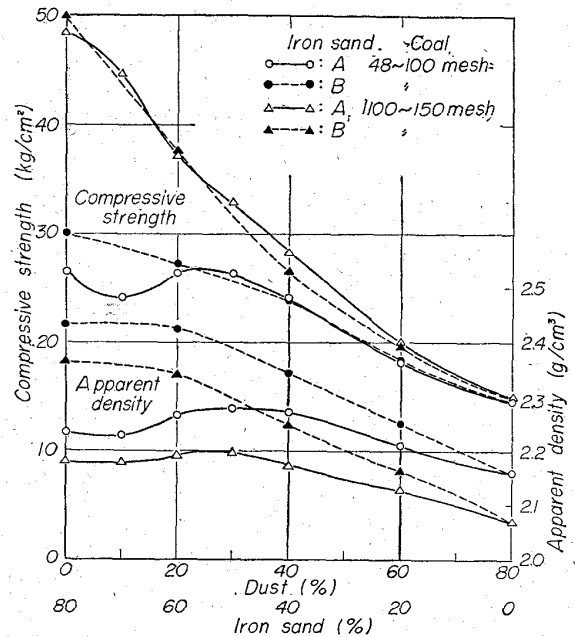


Fig. 1. Effects of added quantities of dust on compressive strength and apparent density of green briquettes.

部のデータより異なつた原料配合圧縮条件の結果を類推することはきわめて困難であると考えられる.

Fig. 1 は成形圧を  $2100\text{ kg/cm}^2$  に一定し, 各 2 種の粒度の砂鉄, 石炭を用い, 80:20 の比に混合成形したタブレットを基礎とし, この砂鉄の一部をダストに置きかえその量を 10% ずつ増加した場合, 得た生ブリケットの見掛け密度, 耐圧強度を実測した結果である. ピッチは 3% それぞれ添加した. 比較的粗粒の B 砂鉄の場合, 見掛け密度はダスト配合量の増加にしたがい 20% までは徐々にそれ以上では急激に降下する. これに対して微粒の A 砂鉄の場合, 30% まではいくらか増加し以下徐々に降下する. 原料そのものの比重の相異もあるが後者では 30% 前後に密充填すべき何らかの条件が備つていたことが考えられる. この同じ原料配合についての耐圧強度は, 石炭粒度に大きく支配される傾向が見え, 微粒石炭の場合ダスト低配合では強度が高くダスト量の増加とともに急速な降下を示すのに対し, 粗粒石炭の場合は前者にくらべ相当脆弱である.

また, A 砂鉄の場合見掛け密度と同じ傾向を示し約 30% 配合で強度のピークが見られることは興味がある. 前述の理由により, この曲線を解析説明することは困難であるが, 結論的に生ブリケットの強度はダストの配合量が増すにしたがい, いちじるしく低下することは明らかであり, 工業的のハンドリングに支障のない限度を  $25\text{ kg/cm}^2$  とすると, 約 30~40% のダストの置換が可

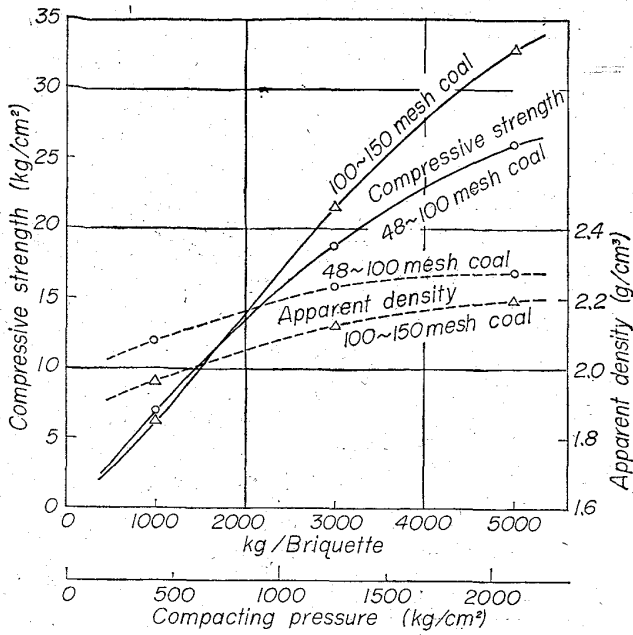


Fig. 2. Effects of compacting pressure on compressive strength and apparent density of green briquettes. (Mixing ratio : Iron sand 50, Dust 30, Coal 20, Pitch 3.)

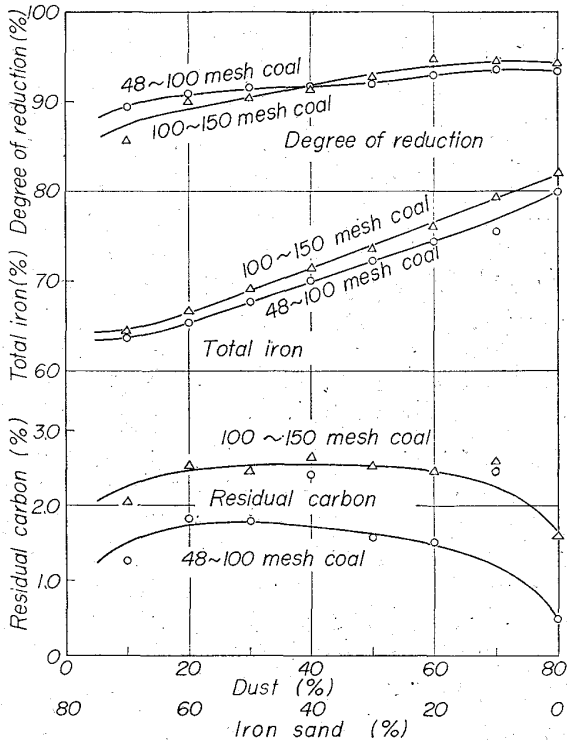


Fig. 3. Effects of added quantities of dust on degree of reduction, total iron and residual carbon of briquettes fired at 1250°C, 30 min.

能であると思われる。

以上より 30% のダスト配合について次に成形圧の変化にともなう耐圧強度の変化を実測した。この結果 Fig.

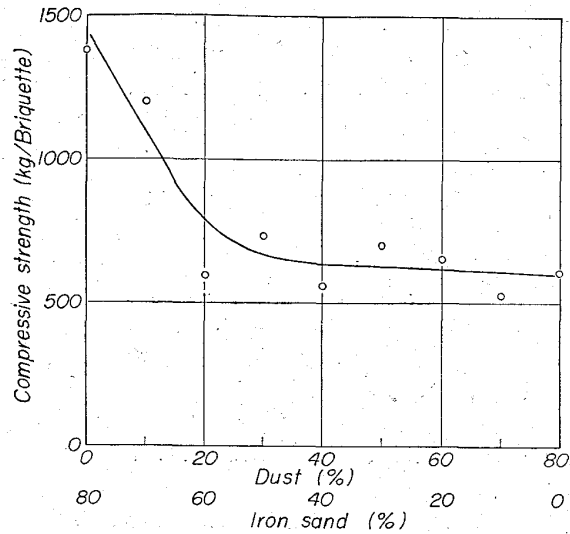


Fig. 4. Effects of added quantities of dust on compressive strength of briquettes fired at 1250°C, 30 min.

2を得た。使用砂鉄はAである。成形圧の低下は耐圧強度をいちじるしく低める。粗粒炭使用の場合微粒炭使用の場合より見掛け密度が高く強度が低くあらわれているが、これは両者の成分の差も考慮に入れなければならぬ。いずれにせよ 2000 kg/cm<sup>2</sup> 前後の成形圧が所要の強度を得るために必要と思われる。

### 3.2 焼成ブリケットの全鉄、還元度、残留炭素量

上述の各ダスト配合の生ブリケットを1250°C, 30min還元焼成して得られたメタライズドブリケットの全鉄、還元度および残留炭素量は Fig. 3 に示す。成形圧は 2100 kg/cm<sup>2</sup> である。

全鉄は当然ながらダスト配合量の増加とともに上昇する。石炭粒度による差は両炭種の灰分の差によるものである。還元度はダスト配合量の増加により、わずかに上昇している。これはダスト高配合のものは後述のように小亀裂が多数発生し、還元生成ガスが放出しやすく、ために反応が十分内部まで進行したためと思われる。粗粒炭が高ダスト側で割合に上昇していないのは固定炭素量の不足によるものと思われ、残留炭素量の曲線にこの傾向が明瞭にうかがえる。残留炭素量の曲線は砂鉄、ダスト各単味配合側で低く山型をなしている。ダスト側で低いのは還元度の高いことから当然であり、砂鉄側で低いのは適当なダスト配合のものに比して密充填度が低く、内包される空気により炭剤が冗費される結果であろう。

### 3.3 焼成ブリケットの強度

ダスト各配合のブリケットの耐圧強度は Fig. 4 に示される。この成形圧はすべて 2100 kg/cm<sup>2</sup> であり、焼成条件は 1250°C, 30min である。ダストが 30% 以上配合されると小亀裂が生成し、ダスト高配合側はそれがいちじるしく、測定値に相当のバラツキはまぬがれ得なかつた。ダストを配合すると、焼成ブリケットの強度は約 30% 配合まで急に下降し、これ以上では幾分低下する傾向が見える。ダスト単味側の亀裂の生成はヘマタイトよりマグネタイトへの還元にとともなう急激な容積収縮に起因するものと思われ、ヘマタイト系の酸化鉄を原料とし

た場合の共通の現象である。しかし、この焼成条件ではこの亀裂のほとんどが再融着されており実用上の問題はない。ただこの現象は工業的には焼成炉内での粉化をもたらすことになり検討を要する問題である。

#### 4. 結 言

砂鉄を原料としたメタライズドブリケットの鉄品位を向上させるために、製鋼炉ダストを各割合に配合した場合ブリケットの品質にいかに関与をおよぼすかを検討した。得られた結果を要約すると次のとおりである。

(1) 砂鉄を原料としたメタライズドブリケットの原料砂鉄の一部を製鋼ダストで置換した場合、30~40%程度までは生ブリケットの強度低下は、実際作業に支障をもたらさぬものと思われる。

(2) ダストの配合量の増加は、当然ブリケット中の鉄品位を向上するとともに、到達還元度もわずかながら上昇させる。

(3) ダスト配合の最大の難点はその量の増加とともに焼成炉内での小亀裂の発生がいちじるしくなり、たとえば回転炉のごとき焼成炉の場合炉内粉化率が高まり、収率を下げるのみならず、作業上の障害が心配される。しかし炉の構造が適当であれば、亀裂は再融着し製品ブリケットの強度上の問題はないと思われる。

#### 文 献

- 1) 田中, 片山: 鉄と鋼, 50 (1964) 11, p. 1667
- 2) 田中, 片山: 鉄と鋼, 50 (1964) 11, p. 1669
- 3) 田中, 片山: 鉄と鋼, 52 (1965) 3, p. 279

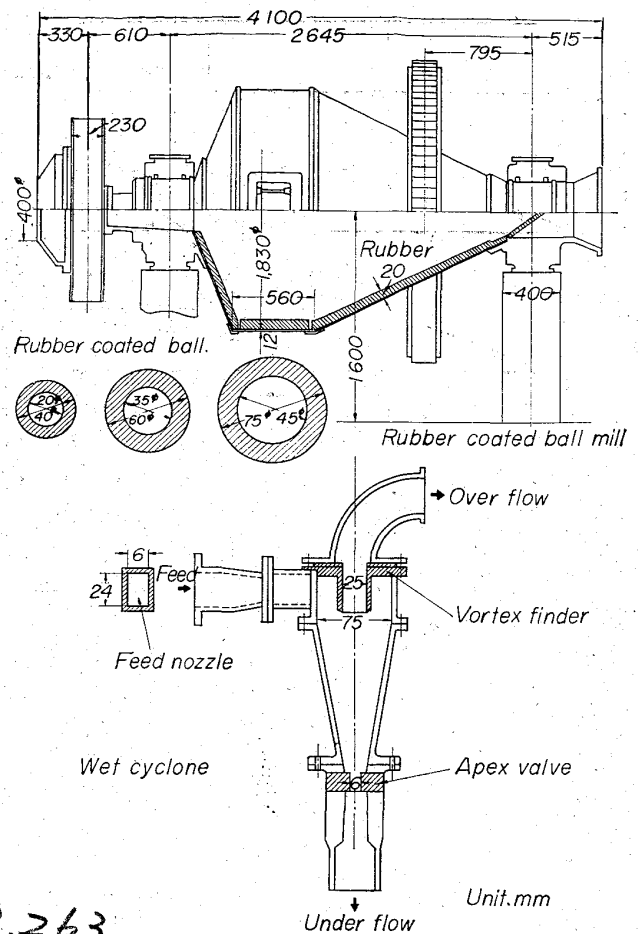


Fig. 1. Rubber coated ball mill and wet cyclone.

ルと  $D=75$  mm のサイクロンを Fig. 1 に示した。なお、使用したゴムライニングボールの磨耗度は重量減で示すと 500 hr 運転後、70 mm ボール (586→548 g)、60 mm ボール (281→255 g)、40 mm ボール (65→65 g) となり最小ボールの磨耗はなかつた。

#### 3. 実験方法

ラテライトのクロム分級に関する予備試験の結果<sup>2)</sup>、原鉱石中で凝似粒子を形成していない微細粒は、あらかじめ篩分分離してサイクロンで分級することにより、低 Cr のオーバーフローが得られ粉砕機への負荷を減ずることができた。そこで今回も原鉱石を篩分(篩目 1 mm)してその篩下を 1 次サイクロンで分級し、オーバーフローとして重量 11%、Cr 品位 1.0~1.2% のものをあらかじめ分離した。ボールミルに供給する鉱石は 1 mm 篩上およびサイクロンアンダーフローを合わせた 89% に当る粗粒部である。

またボールミルは粗粒循環用スクリュークラッシュファイヤーを運転しない方式(開回路方式)がラテライトの場合有利であることも認められたので本実験では開回路粉砕方式とした。

一般にコンカルボールミルによる湿式粉砕条件としては数多くの要因がある。例えば添加水量、給鉱量、ボール装入重量、ミル回転数などであるが、プラントのボールミル回転数が固定 (26 r.p.m.) され、各ボールの装入個数比は 1:1:1 とし、従つて重量比は大、中、小径ボ

622,341,747,622,736;622,755;669,263

#### (24) ラテライトの湿式粉砕と分級について

八幡製鉄, 技術研究所

古井健夫・首藤俊春・○三井田万穹

On the Grinding and Classifying for Separation of Chromium from Laterite.

Takeo FURUI, Toshiharu SHUDO and Kazuhiro MIIDA.

#### 1. 緒 言

前報<sup>1)</sup>においてラテライトの湿式粉砕にゴムライニングボールミルを用いロッドミルやチューブミルと比較した結果、粉砕産物の粒度分布および粗粒部の鉄品位、クロム品位の面でゴムライニングボールミルはクロム鉱物をあまり粉砕せず、鉄鉱物(ゲーサイト)を粉砕する傾向を示し有利であることを認めた。

本報はこの機構を内径 1,830 mm  $\phi$  の工業的規模のボールミルに応用したときの粉砕条件およびその産物の分級試験に関して検討した結果を報告する。

#### 2. 供試試料および実験装置

供試試料はフィリピン産ラテライトで前報<sup>1)</sup>でその粒度分布を示したが -325 mesh が 92~95% の微細な鉱石で、その化学成分は T. Fe 49.5%, Cr 2.39%, Ni 0.72%, SiO<sub>2</sub> 1.58%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 7.36% である。また粒度別の Cr 分布は粗粒部に偏在している。実験に用いた内径 1830 mm  $\phi$  のゴムライニングしたコンカルボールミ