

高分子分散剤が焼結配合原料の造粒に与える影響

岡田 務*・岡崎 潤*²・中野 正則*²・河野 克之*³・三浦 悟*³

Influence of Polymer Dispersant on the Granulation of Raw Materials for Sintering Process

Tsutomu OKADA, Jun OKAZAKI, Masanori NAKANO, Katsuyuki KONO and Satoru MIURA

Synopsis : The influence of the anionic polymer dispersing agent (APD) on the granulation of raw materials was investigated to improve the sintering productivity. This APD has the characteristic that helps the dispersion of fine particles into water and disperses the fine particles that are cohesive. Fundamental examinations showed that the APD increased the adhesion strength of pseudo-particles and increased the pellet strength after drying. Granulation examinations with raw materials showed the good relationship between dispersed ratio and GI-0.5, and the considerable improvement of the granulation was recognized clearly. It was also confirmed that this APD had increased the sintering productivity more greatly than the burnt lime depending on the pot test results.

Key words: iron ore sintering; granulation; organic binder; pseudo-particle; anionic polymer dispersing agent; productivity.

1. 緒言

近年の資源事情から、鉄鉱石焼結工程においてはピソライト鉱石、マランバ鉱石などの劣質な褐鉄鉱の多配合は避けられず、焼結機生産性の維持、向上が大きな問題となっている。さらに、今後使用量が増加すると予想されるマランバ鉱石は、粒度が小さく、難造粒性であるために、より大きく焼結生産性が低下することが懸念されている¹⁾。

焼結機の増産対策として、設備的には焼結面積の拡大²⁾やメインプロアの吸引圧力増強などが行われてきた。また、操業的には焼結ベッドの通気性の改善が中心であった。その主な視点は、造粒工程を改善して微粉の付着割合および付着強度の大きい擬似粒子を製造すること、原料の装入装置を改善して焼結ベッドの原料充填密度を低下させること^{3,4)}、および焼成時のシンターケーキの収縮を防止すること⁵⁾である。特に、造粒工程の改善においては、高速攪拌ミキサーの活用^{6,7)}などの設備改善と生石灰を主体とするバインダー添加が行われてきた。

焼結原料の造粒工程とは、水をバインダーとして直径0.5 mm以下の細粒原料（微粒子）を1 mm以上の粗粒原料（核粒子）に付着させた擬似粒子を形成する工程である。この微粒子の付着割合が高いほど原料充填層の通気性が向上する。水だけで所定の通気性が確保できない場合、さらにバインダーが添加される。これまで種々のバインダーが検討されてきた⁸⁻¹⁰⁾が、実用上は生石灰が多く採用されて

いる^{11,12)}。これは、生石灰が比較的安価でかつ不要なスラグ成分を含有しないためと考えられる。

最近、バインダーとして高分子増粘剤の適用も検討されている。Kim¹³⁾および著者ら¹⁴⁾は、CMC（カルボキシメチルセルロース）を添加して水の粘性を増加させることによって、擬似粒化性が向上して焼結生産性が向上するという結果を得ている。しかし、生石灰を凌駕する経済性を得られず、実用化する際に大掛かりな設備を必要とするなどの制約があった。前述したCMCなどの高分子増粘剤は、その水溶液の粘性を増加させて擬似粒化性を向上させる。これに対し、水溶性のアニオン性高分子分散剤（以下APD (Anionic Polymer Dispersing agent) と称す）は、低濃度の水溶液中に微粒子を分散させる効果と共に、凝集している微粒子を解す効果があり、分散性が高いほど凝集体を解す効果が大きいことが知られている¹⁵⁾。また、焼結原料中には微粉だけで凝集しているものが多く、この小さな凝集体は焼結ベッドでの通気悪化の要因になっていると考えられる。したがって、APDはこの小さな凝集体に捕らわれている水分を解放し、造粒に活用される水分量を増すと共に、凝集していた微粒子が再び核粒子へ付着することにより、微粉の付着割合の高い擬似粒子ができる、すなわちAPDは鉄鉱石造粒の改善に効果があると考えられた。

本報では、APDが鉄鉱石に与える作用を調べる探索試験、造粒性基礎試験及び焼結鍋試験により鉄鉱石造粒に及ぼすAPDの影響について検討した結果について報告する。

平成18年4月28日受付 平成18年6月29日受理 (Received on Apr. 28, 2006; Accepted on June 29, 2006)

* 新日本製鐵(株)環境・プロセス研究開発センター(現:新日本製鐵(株)名古屋製鉄所)(Environment & Processing Technology Center, Nippon Steel Corporation, now Nagoya Works, Nippon Steel Corporation, 20-1 Shintomi Futsu 293-8511)

*2 新日本製鐵(株)環境・プロセス研究開発センター(Environment & Processing Technology Center, Nippon Steel Corporation)

*3 (株)日本触媒機能性化学品研究所(Fine & Specialty Chemicals Research Center, Nippon Shokubai Co., Ltd.)

2. 実験方法

本試験での試料は、事前に完全乾燥した原料を用い、Table 1に示すような配合割合で作成した試料を標準的な焼結配合原料とした。

2.1 探索試験

前章において、APDは低濃度の水溶液中に微粒子を分散させる効果と共に、凝集している微粒子を解す効果を持つことを述べた。APDが微粒子（付着粉）の分散性に与える影響を確認するために、次のような2つの試験を実施した。

まず、水中への微粒子の分散試験を行った。Fig. 1に試験方法の概要を示す。試料は、5 mm以下の原料をTable 1に示す配合割合で作成し、0.25 mm以下で篩い分けした微粒子を用意した。試験は(a)から(f)の順番に行った。(a)試料を試験管に1 g入れ、0.0012 mass% APD水溶液25 cm³を加えた。これは、原料に対して0.03 mass%の分散剤を加えたことになる。(b)試験管に栓をし、手で強く20回振とう・攪拌した。(c)、(d)10分間放置し、水溶液を安定状態にした。(e)微粒子が分散した液を採取した。(f)乾燥して、沈殿した微粒子重量を測定した。その後、供試重量から沈殿した微粒子重量を差し引いて分散した微粒子重量を求め、供試重量に対する分散した微粒子重量の割合を分散率 (dispersed ratio) として求めた。

次に、凝集している微粒子を解す性質を確認するために、Fig. 2に示すスラリーの流動（フロー）試験を行った。上記と同じ試料に、水あるいは0.4 mass%濃度の APD水溶液を試料に対して25 mass%加え、直径200 mmのモルタルミキサーで3分間混練してスラリーをつくった。直径55 mmで高さ50 mmの筒状の金枠を基盤に乗せ、そのスラリーを金枠の内側に上部すり切れまで投入した。その後、金枠をすばやく持ち上げてスラリーの自重による変形の程度を比較した。その時に水平方向に広がったスラリーの直径をフロー値とした。フロー値の大きい方がスラリーの粘度が小さくなり、一般的には高水分時のときにフロー値が大きい。ここで、APD水溶液を試料に対して25 mass%加えたのは、造粒時の水分の大部分が微粒子に集中すると仮定して設定した。すなわち、焼結配合原料の造粒水分7 mass%とし、0.25 mm以下の微粒子の重量が28 mass%程度であったので、7 mass%を28 mass%で除して求めた。APDは微粒子重量に対して、0.1 mass%添加したことになる。

2.2 造粒性基礎試験

2.2.1 擬似粒子強度の評価試験

焼結配合原料の造粒性にAPDが与える影響として、擬似粒子中の微粒子の付着強度に及ぼす効果について検討した。その最も有効な評価方法は、造粒後の擬似粒子強度を直接測定すればよいが、現在のところその統一的な手法は確立されていない。今回は、擬似粒子の付着粉層の強度を

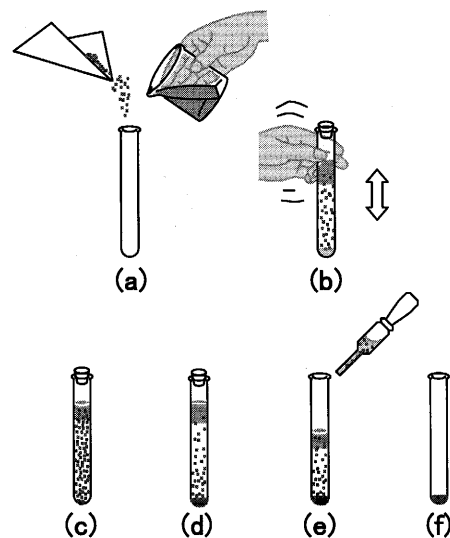


Fig. 1. Outline of dispersibility test.

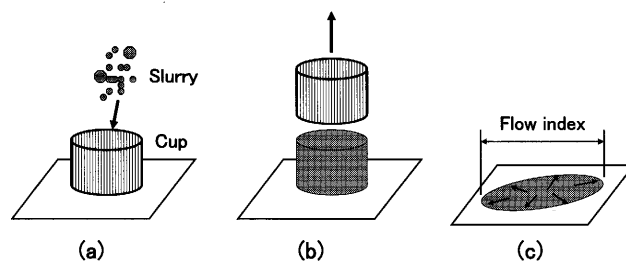


Fig. 2. Outline of flow test.

評価するために、湿潤状態での強度として付着力を用い、乾燥後の強度評価法としてペレットの圧潰強度試験を採用した。

まず、湿潤状態での擬似粒子の付着粉層の強度を評価するために、微粒子の付着力測定を実施した。肥田ら¹⁾の方法に従い、豪州産の高Al₂O₃ピソライト鉱石の付着力を測定した。水の場合とAPD水溶液の場合で比較し、水分を1 mass%ずつ変えて測定した。また、著者ら¹⁴⁾が焼結鍋試験において生産性向上効果を得たCMC+TPP（トリポリリン酸）水溶液についても比較試験した。APDは微粒子量に対して0.05 mass%、CMC+TPPは各0.025 mass%となるように水溶液濃度を調整しながら添加した。

次に、乾燥後の擬似粒子強度を評価するために、単味ペレットを製造して完全乾燥後の圧潰強度を測定した。試料は、OreM 鉱石（豪州産マランバ鉱石¹⁾）、OreB 鉱石（豪州産高燐ブロックマン鉱石¹⁶⁾）、OreC 鉱石（豪州産緻密質ヘマタイト鉱石¹⁷⁾）を用いた。これら3種のペレットは、各鉄鉱石の45 μm以下を篩い分けした微粒子に水分を9~10 mass%になるように添加し、直径600 mmの皿型造粒機で5分間造粒した。ここでのAPDの添加量は微粒子に対して0.05 mass%となるようにした。その後、ペレットを110°Cで2時間乾燥し、直径6~8 mmのペレットを20個採取して一軸圧潰強度測定を行った。

Table 1. Ratio of raw mixture.

	(%)									
Ore A	Ore B	Ore C	Ore D	Ore E	Ore F	Serpentine	Quarz	Lime Stone		
7.5	16.5	16.5	13.0	16.5	10.0	2.0	1.0	17.0		

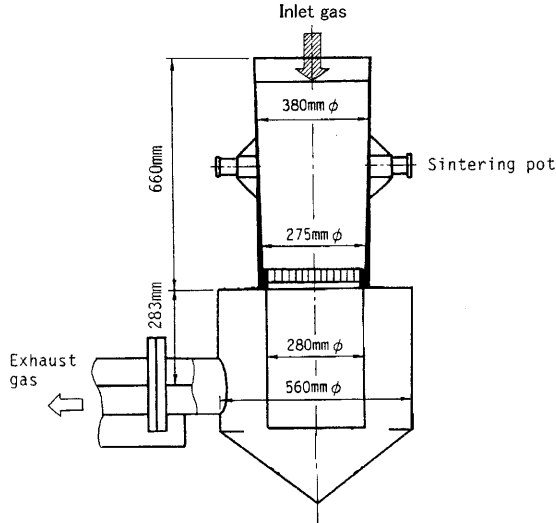


Fig. 3. Outline of pot test.

2.2.2 造粒性評価試験

造粒性を評価するために、直径550mmのタイヤ造粒機を用いた造粒試験を実施した。試料は、5mm以下の原料をTable 1に示す配合割合で作成した。この試料をタイヤ造粒機に入れ、1.0分間混合した後、次の1.5分間でAPD水溶液を噴霧し、さらに3.5分間転動造粒した。造粒後の水分は7mass%とした。造粒物の評価では、乾燥後に粒度分析を行い、造粒の程度を(1)式の擬似粒化指数GI-0.5で評価した。本指数値は、造粒により核粒子に付着した0.5mm以下の微粒子の割合を表し、数値が大きいくほど微粒子が核粒子に付着して良好な造粒が行われたことを意味している。

$$GI-0.5 = (B0.5 - A0.5) / B0.5 \dots\dots\dots (1)$$

ここで、A0.5：造粒後の -0.5mm%

B0.5：造粒前の -0.5mm%

2.3 焼結鍋試験

鍋試験は一般的な方法で行った。Fig. 3に焼結鍋試験の概要を示す。試料は、10mm以下の原料をTable 1に示す配合割合で作成した。水分は、すべて造粒後に7mass%となるように調整した。先ず、直径1m、回転数24rpmのドラムミキサーへ焼結配合原料を装入し、1.0分間混合した。次に水を1.0分間噴霧して、焼結配合原料の水分が6mass%になるように原料を調湿した。その後で、残りの添加水にCMC+TPPあるいはAPDを予め溶解した水溶液を0.5分間で噴霧し、3.0分間転動造粒した。比較のために行った生石灰の添加試験は、始めに生石灰を他の原料と共に配合した。添加量は、配合原料重量に対して、CMC+

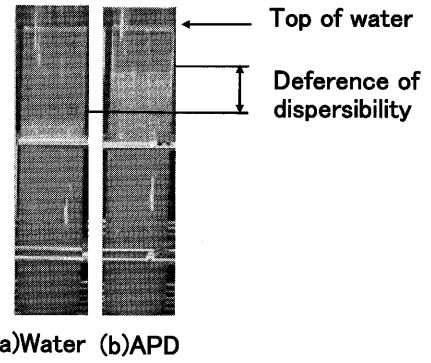


Fig. 4. Comparison of dispersibility of fine particles in water.

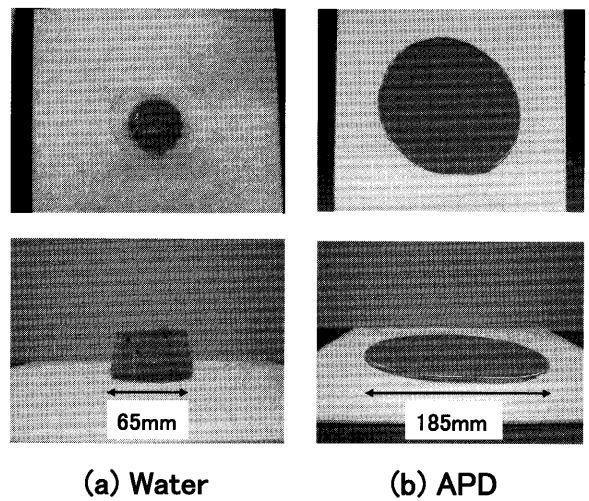


Fig. 5. Results of flow tests.

TPPは各0.05 mass%，APDは0.05 mass%，生石灰は2.0 mass%とした。造粒後に、約60kgの焼結配合原料を直径300mmの焼結鍋に層厚600mmで装入し、吸引負圧9.8kPaで焼成した。焼成後のシンターケーキを2mの高さから5回落下させ、篩い分けした5mm以上の焼結鉱を成品とし、成品歩留を算定した。また、焼結時間は点火開始後から、鍋試験装置のロストル直下に設置した熱電対が最高温度を示すまでの時間とした。

3. 実験結果

3.1 探索試験結果

3.1.1 水中への微粒子の分散性

Fig. 4に水溶液中に微粒子を分散したときの状態を示す。水だけの場合の分散率は10.2mass%であったのに対して、APDでは21.7mass%と大きく増加し、水溶液中に微粒子が多く分散したことが認められた。観察時においても、APDを添加した方が懸濁した部分が増加しており、水中への微粒子の分散量の増加が明らかに認められた。

3.1.2 凝集している微粒子を解す作用

Fig. 5にフロー試験結果を示す。この図は、金棒を引き

上げた直後のスラリーの写真である。水の場合のフロー値65mmに対して、APD水溶液を添加した場合には、同一水分値にも関わらずフロー値が185mmと大きくなり、金杵の形状を維持せずに流れ出した。

このような現象は、配合原料の水分を極端に大きくしたときと似ており、APDの添加は配合原料からなるスラリーの粘性を低下し、水分を大きく増加させたことと同じような作用を発揮したと考えられる。この見かけ上の水分の増加は、APDがスラリー中の凝集体を解したことにより、元々凝集体に取り込まれていた水分を開放したためと考えられる。

以上の探索試験結果から、焼結配合原料の造粒の際にAPD水溶液を添加することによって、付着粉となる微粒子の挙動を大きく変え、水だけの造粒に対して擬似粒化性を大きく改善できることが期待された。

次に、造粒性基礎試験、および焼結鍋試験によりAPDによる鉄鉱石造粒に及ぼす効果について検討した。

3.2 造粒性基礎試験結果

3.2.1 擬似粒子の強度増加

Fig. 6に微粒子の付着力の測定結果を示す。その結果、最大付着力の増加は水の場合に対して、CMC+TPPでは約5g/cm²となり、APDにおいては約2.5g/cm²となった。CMC+TPPの場合は増粘効果が支配的なので付着力が増加したと考えられるが、APDの場合は微粒子から成る凝集体に取り込まれていた水分を開放したため、造粒に寄与する水分量が増加して付着力が増加したと考えられる。

Table 2に乾燥後の擬似粒子強度の圧潰強度試験結果を示す。全ての鉱石において、APDを添加することにより、乾燥後の圧潰強度が大きく増加した。つまり、APDは乾燥後の擬似粒子中の付着粉を強固に付着させる働きを持つと考えられる。

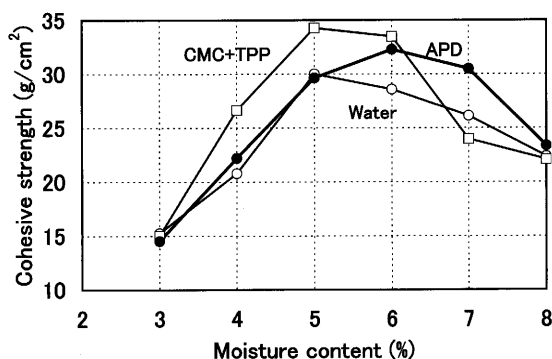


Fig. 6. Comparison of cohesive strength.

Table 2. Result of compressive strength.

Ore	(N/cm ²)		
	A	B	C
Water	12.7	17.6	41.2
APD	194.0	171.5	308.7

以上のように、APDによって擬似粒子中の微粉の付着強度を増加できることが分かった。

3.2.2 造粒性の向上

APDによる造粒性向上効果をより明確にするために、鉄鉱石表面の濡れ性および水への分散性を向上させる他の分散剤（代表的な無機酸塩、界面活性剤）についても比較検討した。造粒評価試験における分散剤の添加量は、配合原料に対して0.03 mass%となるようにした。

Fig. 7に分散率とGI-0.5の関係、つまり分散性と造粒性の関係を示す。分散率とGI-0.5は良好な対応があり、水中への微粒子の分散量が増加するほどGI-0.5が増加していることが分かる。また、いずれの分散剤も水だけの場合よりも分散率、GI-0.5共に増加させたが、その中でもAPDが最も高い数値となり、他の分散剤よりも造粒性能に優れていることが分かった。

3.2.3 APDの最適な添加量

APD添加量に対するGI-0.5の変化を調べて、最適なAPDの添加量について検討した。その結果をFig. 8に示す。なお、添加量は乾燥した焼結配合原料重量に対するAPD重量の比率である。0.03 mass%まではAPDの添加量にほぼ比例してGI-0.5が増加したが、0.03 mass%を超えるとそれ以上の増加効果は得られなくなった。その理由は、Fig. 7の分散率とGI-0.5の良好な対応から、0.03 mass%で原料中の比較的分散しやすい微粒子がすべて分散したためと考えられる。すなわち、焼結配合原料中に存在する比較的分散しやすい微粒子をすべて分散するのに必要な分散剤の量

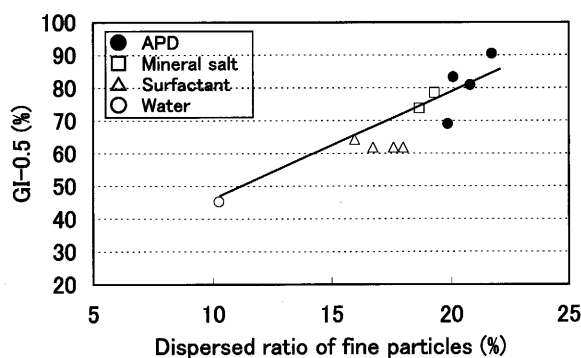


Fig. 7. Relationship between dispersed ratio and GI-0.5.

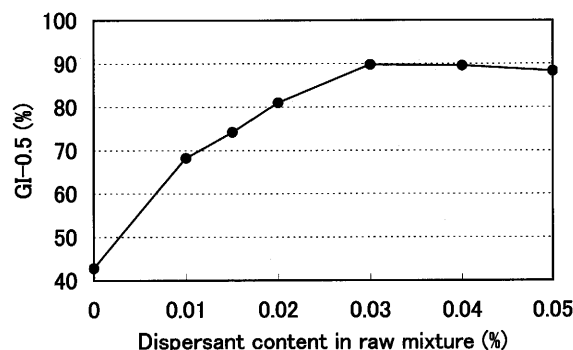


Fig. 8. Effect of dispersant content in raw mixture.

Table 3. Result of pot tests.

	Water	Burnt lime	CMC+TPP	APD
Binder content(%)	0	2.00	0.05	0.05
GI-0.5(%)	72.4	75.0	99.1	93.7
Sintering time(min)	39.8	39.1	31.6	33.4
Productivity (t/d/m ²)	20.1	23.5	28.6	27.1
Product yield (%)	65.5	75.9	74.3	74.1

が、最適な添加量になると言える。さらに、添加量を増していくとAPD水溶液の粘度が増す¹⁵⁾影響が加わり、焼結配合原料は擬似粒子どうしが付着し合って10~30mmの粘り気を有する塊状となり、それらの焼成時には通気が逆に阻害される状態になった。

続いて、APDによる造粒性向上効果が焼結生産性に与える影響について定量化するために、焼結鍋試験を行った。

3.3 焼結鍋試験結果

Table 3に焼結鍋試験結果を示す。水だけの造粒に対して、従来のバインダーである生石灰のGI-0.5の増加は2.6%に留まったが、CMC+TPPおよびAPDは水に対してGI-0.5を20%以上も向上し、ほとんど微粒子が単独で存在しないまでの擬似粒化性を示した。このために、焼結ベッドの通気性を向上して焼結時間を6分以上も短縮し、焼結生産率は7t/d/m²以上も増加した。しかし、成品歩留についても水だけに対して9%以上も増加したが、生石灰に対しては、1.8%低下した。これは、焼結時間が大きく短縮した影響で高温保熱時間が低下したことによると考えられる。歩留を向上するためには、焼結配合原料の造粒改善による通気性の向上効果を利用し、焼結ベッドの層厚を増加するなどの対策を加えれば良いと思われる。

以上の結果から、微粒子の分散性を示す分散率と、造粒性を示すGI-0.5の間には良い相関が認められ、微粒子の分散が造粒性を支配する一つの要因であることが判明した。さらに、微粒子の分散性の向上は、焼結配合原料全体の造粒性の向上に結びつき、鍋試験において焼結生産性の大幅な向上が認められた。APDの具体的な活用方法についてはまだ可能性が多く残されているが、従来の生石灰よりも焼結生産性をより向上させるバインダーの一つとして活用できることが判明した。

4. 考察

4.1 APDが水と鉄鉱石間の境界特性に与える影響

APDが擬似粒化性を向上させる機構を解明するためにAPD水溶液の表面張力、および鉄鉱石表面との接触角を測定した。

水にAPDを溶解したときの水溶液が粒子に与える影響

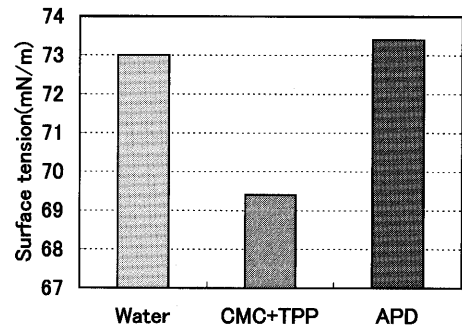


Fig. 9. Comparison of surface tension.

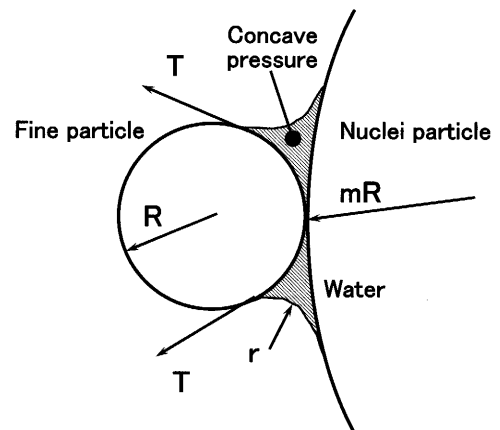


Fig. 10. Mechanism of liquid bridge.

について先ず調べた。水溶液の濃度については、著者ら¹⁴⁾がCMC+TPP水溶液を用いた焼結鍋試験において、生産性向上効果を得た4 mass%水溶液に合わせ、両者を比較検討した。

Fig. 9に表面張力の測定結果を示す。測定には、大平理化工業(株)製のデュヌーイ氏表面張力計を用いた。その結果、CMC+TPP水溶液では表面張力の低下が認められたが、APD水溶液では水とほぼ変わらず、APDを溶解しても水の表面張力はほとんど変化しないことが判明した。

ここに、一般的な粒子間の付着力となる水の液架橋力 F は、Fig.10を参考にして、次式(2)のように表されている¹⁸⁾。

$$F=2\pi RT(2-(r/R)^{1/2}) \dots \dots \dots (2)$$

ここで、 T : 表面張力 (mN/m),

r, R : 粒子半径 (m)

つまり、水の液架橋力は表面張力 T に比例する。従って、CMC+TPP水溶液では表面張力が低下し、液架橋力が小さくなるのが分かる。これに対して、APD水溶液の表面張力は水の表面張力とほぼ同じであり、APDは水の液架橋力を維持できることが分かる。

Fig.11に鉄鉱石表面と水溶液間の接触角の測定結果を示す¹⁹⁾。測定は静滴法を用い、表面研磨したOreD鉱石(豪州産高 Al_2O_3 ピソライト鉱石)の上に水溶液を滴下し、そ

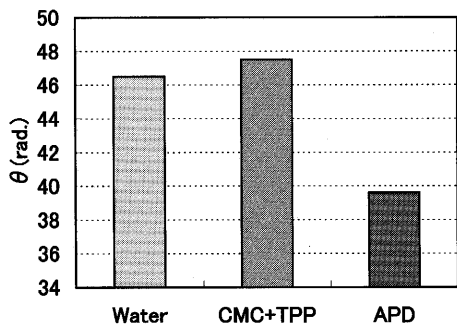
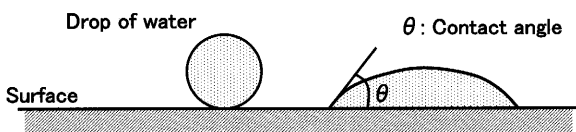


Fig. 11. Comparison of Contact angle (θ).



Surface tension: Large > Small
 Wettability: Bad < Good

Fig. 12. Relationship between surface tension and wettability.

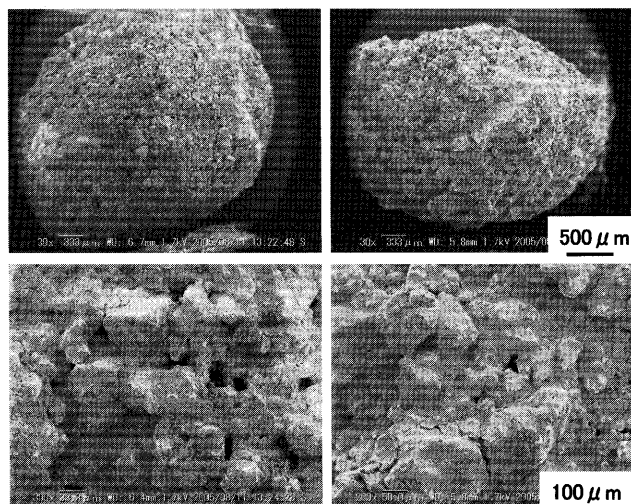
の接触角を画像解析して測定した。その結果、水と鉱石表面の接触角に対し、CMC+TPP水溶液の接触角は大きくなったが、逆に、APD水溶液の接触角は小さくなった。つまり、CMC+TPP水溶液では濡れ性を若干悪化させ、APD水溶液では濡れ性が向上する結果となった。

表面張力と濡れ性の変化が造粒に与える影響についてまとめると以下ようになる。Fig.12に一般的な表面張力と濡れ性の関係を示す。表面張力が大きいと固体表面での濡れ性が悪くなり、逆に表面張力が小さいと濡れ性は良くなる。しかし、今回のAPDは表面張力を低下させずに接触角を低下させ、一般的な傾向に反して濡れ性を向上させた。これは、APDが持つ界面活性的な働きによって水と鉄鉱石表面との濡れ性が向上したためと考えられる。つまり、APDは水の表面張力を変化することなく、鉄鉱石表面との濡れ性を向上することができると考えられる。

水の液架橋力は、微粒子と核粒子間での付着力を支配していると考えられる。APD水溶液は水の表面張力を低下させることなく鉄鉱石表面との濡れ性を向上できるため、水の最大限の付着力を活用した造粒を促進し、強固な擬似粒子を製造すると考えられる。

ただし、3・1・2項で示したように、水分あるいはAPD濃度が大きい場合には、焼結配合原料がスラリー状となり、流動性の方が大きく勝ると考えられる。

また、CMC+TPPについては水溶液の増粘作用による造粒強化が図られる。さらに、CMC+TPPは水の表面張力を低下するため、水による液架橋力は低下するが、毛細管現象の抑制効果があると考えられる。従って、鉄鉱石表面での造粒に寄与する水分が増すために擬似粒化性を向上すると考えられている¹⁴⁾。



(a) Water (b) APD

Fig. 13. SEM image of pseudo-particle.

4・2 乾燥後にAPDが擬似粒化性を向上させる機構

擬似粒子の強度が大きく増加する機構を調べるために、代表としてOreM鉱石単味の擬似粒子を簡易的に造り、乾燥後にSEM観察を行った。擬似粒子は、 $-45\ \mu\text{m}$ の微粒子に0.4mass% APD水溶液を添加して水分を6mass%とし、シャーレ内で転動造粒させた。

Fig.13にそのSEM像を示す。水のみの場合に粒子間に隙間が見られているのに対して、APDを添加した場合には、附着粉層の粒子の隙間を微粒子が埋め尽くしている様子が認められる。3・1・1項で述べたように、APDは水に対して、分散する微粒子量を増加させる作用がある。従って、擬似粒子の乾燥時に添加水へ分散した微粒子が、再び核粒子表面に凝集して粒子間を埋める際に、その凝集する微粒子量が増加しているので、隙間が埋められたと考えられる。微粒子は、その比表面積が大きいので、表面エネルギーを低下させるために核粒子に付着するか、あるいは微粒子同士で凝集する。このような微粒子の凝集力は大きく、微粒子が再配列することによって擬似粒子が安定化し、より強度が大きくなったと考えられる。

4・3 焼結配合原料の造粒性に及ぼすAPDの作用と効果

以上の試験結果より、APDを添加した場合の焼結配合原料の造粒性に及ぼす作用と効果は次のように考えられる。

APD水溶液は、水の表面張力を低下させることなく鉄鉱石表面の水との濡れ性を向上し、微粒子の凝集体あるいは鉄鉱石表面に固着した微粒子の水中への分散を促進する。その作用は、造粒時に次のような効果をもたらすと考えられる。

- ① 水と鉄鉱石表面との濡れ性を向上させると同時に、水の液架橋力を最大限に発揮し、粒子間の付着強度を向上する。

② 微粒子から成る凝集体を解し、その間にある水分を開放するので、鉄鉱石の持ち込み水分の造粒に寄与する有効水分を増加させる。

③ 水中へ微粒子を分散する作用があり、分散した微粒子が再び凝集するときに、始めの状態よりも密に凝集して微粒子の付着力やペレットの圧潰強度を増加させる。

APDを添加して造粒した場合は、微粒子の付着量を増すだけではなく、微粒子の付着強度も増すことが認められた。さらに、付着強度を増加する機構として、APDによって分散された微粒子が再び凝集したときの凝集作用が大きく関与していると考えられ、今後はこの微粒子による造粒機構を解明することで、新たな造粒強化策が検討できると考えられる。

5. 結言

APD (高分子分散剤) が焼結配合原料の造粒に与える影響について検討し、APD水溶液の特性調査、造粒物の強度測定や分散される微粒子の挙動観察、APDによる造粒性改善効果を定量化するための造粒試験、焼結鍋試験等を行った。その結果、下記の結論を得た。

(1) 焼結配合原料の造粒に際してAPD水溶液を添加すると、擬似粒子の付着粉になる微粒子の分散性を向上し、水添加だけの造粒に対して擬似粒化性を大きく改善できる。また、APD水溶液を添加した場合は、分散性と造粒性には良い相関が認められた。

(2) APDを水に溶解させても水の表面張力はほとんど変化しないので、水の液架橋力を維持できる。また、APDが持つ界面活性的な働きによって水と鉄鉱石の濡れ性を向上させ、水の表面張力を低下させずに水の液架橋力を活用

した造粒が可能となる。その結果、微粒子の付着量の増加、付着強度の増加を図ることができる。

(3) 焼結鍋試験において、生石灰よりもAPDの方がGI指数を大きく増加させ、その結果、焼結生産率が向上した。

(4) APDによる擬似粒化性の向上効果は、APD水溶液による微粒子の分散作用に加え、APDによって分散された微粒子が再び凝集したときの凝集作用が関係していることが示唆された。

文 献

- 1) J.Okazaki and K.Higuchi: *ISIJ Int.*, **45** (2005), 427.
- 2) O.Pammer, H.Stiasny, J.Wurm and L.Gould: *Revue de Metallurgie—ATS—JSI*, (2002), 98.
- 3) K.Kitamura, T.Miyake, K.Yanagisawa, K.Ono and T.Shouho: *Tetsu-to-Hagané*, **78** (1992), 1037.
- 4) K.Nushiro, Y.Konishi, K.Ikawa, K.Sorimachi, K.Takidaira and A.Yasukawa: *CAMP-ISIJ*, **9** (1996), 736.
- 5) K.Higuchi, T.Kawaguchi, M.Kobayashi, Y.Hosotani, K.Nakamura, K.Iwamoto and M.Fujimoto: *ISIJ Int.*, **40** (2000), 1188.
- 6) K.Sato, S.Suzuki, M.Fujimoto and Y.Shimomura: *Tetsu-to-Hagané*, **71** (1985), S21.
- 7) M.Matsumura, T.Kawaguchi, Y.Hatano and R.Sasagawa: *CAMP-ISIJ*, **7** (1994), 1037.
- 8) K.Sugawara and A.Fukuda: *Tetsu-to-Hagané*, **58** (1972), S47.
- 9) T.Furui, M.Kawazu, K.Sugawara, T.Fujiwara, M.Kagawa, A.Sawamura and S.Uno: *Seitetsu Kenkyu*, **288** (1976), 9.
- 10) Q.Guan-zhou, L.Hong-xu and J.Tao: *Trans. Nonferrous Met. Soc. China*, **16** (2000), No. 5, 683.
- 11) Y.Hida, K.Itou and M.Sasaki: *Tetsu-to-Hagané*, **66** (1980), S82.
- 12) K.Sato: *Flotation*, **28** (1981), 99.
- 13) S.W.Kim: *CAMP-ISIJ*, **12** (1999), 765.
- 14) T.Okada, J.Okazaki, M.Nakano and Y.Hosotani: *CAMP-ISIJ*, **16** (2003), 911.
- 15) 分散・乳化系の化学, 工学図書, 東京, (1979), 56.
- 16) J.Okazaki, M.Nakano and G.Saitou: *CAMP-ISIJ*, **19** (2006), 140.
- 17) J.Okazaki and Y.Hosotani: *Tetsu-to-Hagané*, **87** (2001), 298.
- 18) 粉体工学便覧, 粉体工学会, 東京, (1986), 68.
- 19) T.Maeda, M.Shimizu and C.Fukumoto: *CAMP-ISIJ*, **17** (2004), 566.