

焼結副原料の同化反応の定量化

樋口 謙一*・細谷 陽三*・肥田 行博*²

Quantitative Evaluation of Assimilation of Fluxes with Iron Oxide

Ken-ichi HIGUCHI, Yohzoh HOSOTANI and Yukihiko HIDA

Synopsis : Decrease of the amount of fluxes such as limestone, quartz, and serpentine in the iron ore sintering process contributes to decreasing the amount of slag volume in the blast furnace operation aimed at increasing the pulverized coal injection. Therefore, it is important to use those fluxes effectively in the sintering process.

To clarify the desirable size of fluxes, the assimilation reaction of fluxes with iron oxide in the air has been evaluated quantitatively.

Assimilation ratios of fluxes were evaluated in order, from higher to lower, as limestone, quartz and serpentine. The assimilation ratio of limestone decreased when quartz and serpentine were added to the limestone-Fe₂O₃ two component system. The assimilation ratio of limestone decreased remarkably when fine serpentine was added to that system. Magnesioferrite ((Mg, Fe)O·Fe₂O₃) precipitated around serpentine in the assimilation of serpentine. The assimilation ratio of serpentine was concluded to be lower than that of limestone and quartz based on the assimilation characteristics. The amount of melt decreased because magnesioferrite isolated limestone from the melt when fine serpentine was added.

Key words : agglomeration ; sintering process ; assimilation ; limestone ; quartz ; serpentine.

1. 緒言

焼結プロセスにおいて、石灰石、珪石、蛇紋岩などの副原料は、焼結鉱の結合相の性状改善を通じて焼結操業、焼結鉱の品質制御に大きな役割を果たしている。

近年の焼結操業では、珪石、蛇紋岩の細粒化^{1,2)}や石灰石の粗粒化³⁾などの副原料の有効活用が図られてきた。一方で、高被還元性やエネルギーコスト低減を狙った低温焼成もまた指向されてきており、焼結副原料の最適粒度は今後も操業指向により変化していくものと考えられる。

高炉では溶銑コスト低減を狙い、微粉炭吹き込み量の増大が鋭意取り組まれている。微粉炭吹き込み量の増大に伴うOre/Coke(1チャージ当たりの鉱石とコークスの質量比)の上昇による、炉内の通気性、通液性の悪化を改善するためには、高炉スラグ量の低下が有効であり、焼結鉱品質を確保しつつ焼結副原料の使用量を低減することが重要である。

しかし、鉄鉱石の銘柄特性評価を目的に、鉱石とCaOとの同化性については測定されてきたが⁴⁾、副原料の同化性についての定量的な報告例はわずかである⁵⁻⁷⁾。

そこで本研究では、各副原料の焼結過程の同化挙動を明らかにするとともに、副原料の同化性を定量的に評価する

ことを目的とした。

2. 実験方法

2・1 焼成実験方法

同化実験は石灰石-Fe₂O₃ 2成分系(実験No.A), 石灰石-珪石-Fe₂O₃ 3成分系(実験No.B,D), 石灰石-蛇紋岩-Fe₂O₃ 3成分系(実験No.C,E)の3つの系で行った。Table 1に使用した原料の化学成分を示す。副原料は実機で使用されているものを用いた。酸化鉄は、鉱石銘柄の影響を除くため、特級試薬のヘマタイト(Fe₂O₃99%,10μm以下)を用いた。実験条件をTable 2に示す。塩基度(CaO/SiO₂)はすべて実機に近い2.0(質量比)とした。No.A~Cの実験では、CaO/Fe₂O₃を実機に近い0.11(質量比)とし、No.B, Cの実験では石灰

Table 1. Chemical composition of fluxes used in the present work (in mass%).

Flux	T. Fe	CaO	SiO ₂	MgO	Al ₂ O ₃	LOI*
Limestone	0.1	55.4	0.2	0.3	0.1	42.5
Quartz	1.3	0.1	94.6	0.1	1.5	0.8
Serpentine	5.5	0.8	38.3	39.4	0.6	12.4

*LOI : Loss on ignition

平成9年9月9日受付 平成9年11月18日受理 (Received on Sep. 9, 1997; Accepted on Nov. 18, 1997)

* 新日本製鐵(株)プロセス技術研究所 (Process Technology Research Laboratories, Nippon Steel Corp., 20-1 Shintomi Futtsu 293)

* 2 (株)日鐵テクノリサーチ 資源リサーチセンター (Mineral Resources Research Center, Nippon Steel Technoresearch Corp.)

Table 2. Experimental condition.

	system	CaO/Fe ₂ O ₃ (-)*	CaO/SiO ₂ (-)*	Tmax** (K)	Limestone size (mm)
A	Limestone-Fe ₂ O ₃	0.11	—	1424-1599	-0.125/1-2/3-5
B	Limestone-Quartz-Fe ₂ O ₃		2.0	1401-1621	1-2
C	Limestone-Serpentine-Fe ₂ O ₃		1479-1598		
D	Limestone-Quartz-Fe ₂ O ₃	0.25	2.0	1523-1633	-0.125
E	Limestone-Serpentine-Fe ₂ O ₃			1533-1653	

* mass ratio

** Tmax : Maximum heating temperature

石粒度を1~2mmとした。No.D, Eの実験では、焼結の主要融液であるカルシウムフェライト(以下CF)と副原料の反応を明確にするため、CaO/Fe₂O₃をCaO-Fe₂O₃ 2元系の初期融液組成である0.25(質量比)とし、石灰石粒度を0.125mm以下とした。

配合試料については、No.A~Cの実験では5gの試料を2.0×10⁶Paで円柱状タブレット(直径15mm, 高さ15mm)に成形し、No.D, Eの実験では、Niるつぼ(直径30mm, 高さ30mm)中で、石灰石と試薬ヘマタイトから成る13gの混合粉と3gの蛇紋岩あるいは珪石を混合した。

焼成は、SiCを発熱体とする電気炉を用いて行った。Niるつぼに装入した試料を大気雰囲気下の炉内で上下させ、熱履歴を与えた。熱履歴は、実際の焼結の熱履歴を再現するため400K/minで昇温し、所定の最高温度(Tmax)に到達後、67K/minで1373Kまで降温させた。

2・2 副原料同化率と鉱物組織の定量方法

同化率の測定は、まずX線回折内部標準法で試料中のfreeCaO, Quartz(SiO₂)の質量(mass%)を求めた。このとき、内部標準物質に試薬のCaF₂を用い、予め任意の濃度のCaO, Quartzの回折強度とCaF₂の回折強度の比を測定したものを検量線とした⁸⁾。次に、焼成による質量変化を考慮し、焼成によっても質量の変化しないT.Feを基準とした。すなわち、(1)式、(1)'式のようにCaO, QuartzとT.Feとの質量比の焼成前後の変化率を石灰石、珪石の同化率と定義した。なお、焼成前のCaOは石灰石由来のCaOを表し、焼成後のCaOはfreeCaOを表す。

$$AR_L = 100 \cdot \left\{ 1 - \frac{\left[\frac{\text{mass\% free CaO}}{\text{mass\% T.Fe}} \right]_{\text{after}}}{\left[\frac{\text{mass\% CaO}}{\text{mass\% T.Fe}} \right]_{\text{before}}} \right\} \dots\dots (1)$$

$$AR_Q = 100 \cdot \left\{ 1 - \frac{\left[\frac{\text{mass\% Quartz}}{\text{mass\% T.Fe}} \right]_{\text{after}}}{\left[\frac{\text{mass\% Quartz}}{\text{mass\% T.Fe}} \right]_{\text{before}}} \right\} \dots\dots (1)'$$

蛇紋岩の同化率については、未反応蛇紋岩のX線回折ピークが小さいために定量が困難であったので、画像解析法を用いて求めた。すなわち、焼成試料のるつぼ底面から2mmの位置の横断面を研磨し、その5倍のマクロ像を用いて、

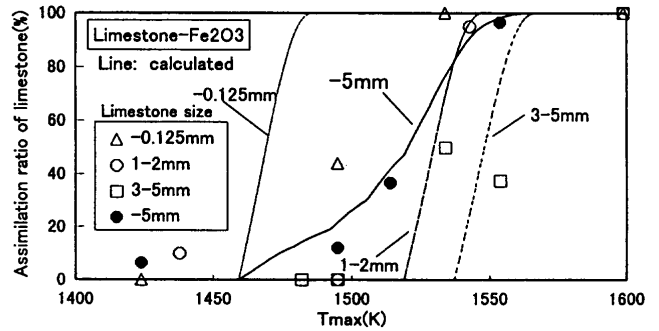


Fig. 1. Assimilation ratio of limestone in limestone-Fe₂O₃ system.

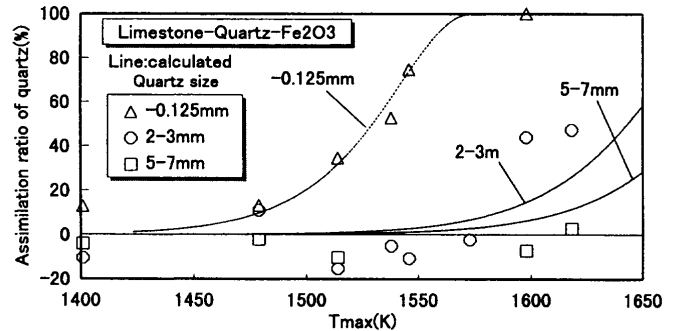


Fig. 2. Assimilation ratio of quartz in limestone-quartz-Fe₂O₃ system.

焼成後に原形を保って残留した蛇紋岩の面積を測定した。そして(2)式に示すように、質量基準の同化率(AR(mass%))を定義した。比較のため、同様の手法で珪石の同化率も測定した(実験No.D)。

$$AR(\text{mass\%}) = 100 \cdot \left\{ 1 - \left[1 - \frac{AR(\text{area\%})}{100} \right]^{1.5} \right\} \dots\dots (2)$$

AR(mass%) : 焼成前後の副原料の質量変化率(%)
 AR(area%) : " 面積変化率(%)

焼成後の鉱物組織の定量は、特級試薬のCaF₂を内部標準物質とするX線回折内部標準法で行った。

3. 実験結果

3・1 石灰石と珪石の同化率

石灰石-Fe₂O₃ 2成分系(実験No.A)での石灰石の同化率測定結果をFig. 1に、石灰石(1~2mm)-珪石-Fe₂O₃ 3成

分系(実験No.B)での珪石の同化率をFig. 2に示す。なお、図中に示す線は後述する計算結果である。珪石の同化率は石灰石の同化率よりも小さく、1598KのTmaxでも5~7mmの珪石はほとんど同化しなかった。なお、同化率が負の値を示したのは、実験上の誤差と考えられる。

次に、石灰石-珪石-Fe₂O₃ 3成分系(実験No.B)および石灰石-蛇紋岩-Fe₂O₃ 3成分系(実験No.C)での1~2mmの石灰石の同化率をFig. 3に示す。石灰石の同化率は、珪石添加により低下した。その石灰石同化抑制の割合は珪石が細粒になるほど大きい。また、蛇紋岩添加によっても石灰石同化は抑制された。その影響は、珪石に比べて大きく、特に細粒蛇紋岩を添加したときには石灰石の同化が著しく抑制された。

3.2 蛇紋岩の同化率

画像解析による石灰石(0.125mm以下)-蛇紋岩-Fe₂O₃ 3成分系(実験No.E)の蛇紋岩の同化率測定結果をFig. 4に示す。蛇紋岩と珪石の同化性を比較するため、同一のCaO/SiO₂, CaO/Fe₂O₃比の条件で測定した石灰石-珪石-Fe₂O₃系3成分系の珪石の同化率も合わせて示す。

蛇紋岩の同化率は、Tmaxが高いほど、また蛇紋岩の粒度が細粒ほど高い。また、同一条件での珪石の同化率と比較すると、蛇紋岩の方が同化率は低い。

以上の測定結果から、副原料の同化性は、石灰石が最も高く、石灰石>珪石>蛇紋岩の順と評価できた。

3.3 副原料の同化率の定量化

(1)式で定義した石灰石同化率(AR_L(%))は、石灰石を

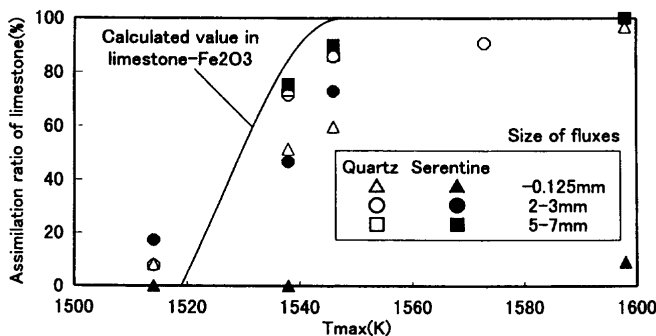


Fig. 3. Changes in assimilation ratio of limestone with addition of quartz and serpentine.

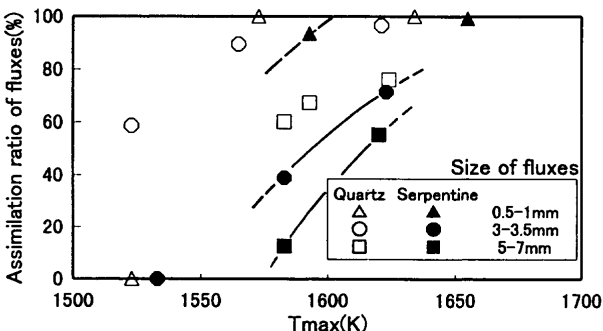


Fig. 4. Assimilation ratio of quartz and serpentine.

全て同一粒径の球体と仮定すると近似的に(3)式に変形できる。

$$AR_L = 100 \cdot \left\{ 1 - \frac{\left[\frac{\text{mass\% free CaO}}{\text{mass\% T.Fe}} \right]_{\text{after}}}{\left[\frac{\text{mass\% CaO}}{\text{mass\% T.Fe}} \right]_{\text{before}}} \right\} \dots \dots \dots (2)$$

$$AR_L = 100 \cdot \left\{ 1 - \frac{\left\{ \frac{\rho_L \cdot (4\pi/3) \cdot (d_L/2)^3 \cdot n/B}{w'_{Fe}/B} \right\}}{\left\{ \frac{(\text{mass\% CaO})_{LS} \cdot \rho_{LS} \cdot (4\pi/3) \cdot (d_{LS}/2)^3 \cdot n/A}{w_{Fe}/A} \right\}} \right\}$$

$$= 100 \cdot \left\{ 1 - \frac{\rho_L}{\rho_{LS} \cdot (\text{mass\% CaO})_{LS}} \cdot \left[\frac{d_{LS} - 2R_L}{d_{LS}} \right]^3 \right\} \dots \dots (3)$$

(3)式に石灰石-Fe₂O₃ 2成分系での石灰石粒径と同化率の測定値を代入し、石灰石の見掛けの同化深さR_Lを求め、これをTmaxで整理するとFig. 5のようになり、logR_Lと1/Tmaxは(4)式のような直線関係となった。

$$\log R_L = 46.1 - 71900/T_{\text{max}} \dots \dots \dots (4)$$

すなわち、石灰石の同化率は(3)、(4)式より、Tmaxと石灰石粒度で与えられる。

本式を用いた石灰石同化率の計算値を前掲のFig. 1中に示す。計算値は実測値と概ね一致した。また5mm以下の粒度分布を持つ石灰石の場合も、各粒度域毎の同化率を本式を用いて計算し、累積した結果と実測値は良く一致した。

石灰石-Fe₂O₃ 2成分系に珪石、蛇紋岩を添加すると、石灰石の同化が抑制される。そこで、これらの影響を定量化した。

(3)式で求めた石灰石-珪石-Fe₂O₃ 3成分系、石灰石-蛇紋岩-Fe₂O₃ 3成分系における石灰石の見掛け同化深さ(R_{Lq}, R_{Ls})と、(4)式で表した石灰石-Fe₂O₃ 2成分系での見掛け同化深さ(R_L)との比を用いて、珪石、蛇紋岩の同化抑制指数(α_q, α_s)をそれぞれ(5)、(5)'式のように定義した。α_q, α_sが大きい値ほど、石灰石の同化抑制が大きいことを示す。

$$\alpha_Q = 1 - \left[\frac{R_{Lq}}{R_L} \right] \dots \dots \dots (5)$$

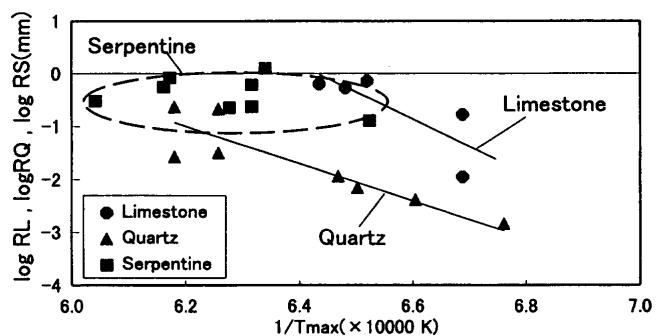


Fig. 5. Relation between 'apparent assimilation depth' R_L and Tmax.

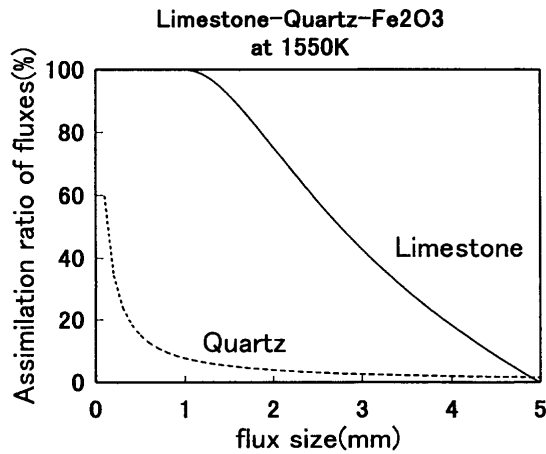


Fig. 6. Comparison between calculated assimilation ratio of limestone and quartz.

$$\alpha_s = 1 - \left(\frac{R_{Ls}}{R_L} \right) \dots \dots \dots (5)$$

この石灰石同化抑制量と珪石、蛇紋岩の粒度 (d_q, d_s) の関係を (6), (7) 式のように定式化した。

$$\log \alpha_q = -0.49 + 0.11 \cdot \log(1/d_q) \dots \dots \dots (6)$$

$$\log \alpha_s = -0.40 + 0.18 \cdot \log(1/d_s) \dots \dots \dots (7)$$

珪石、蛇紋岩同化率の実測値から、珪石、蛇紋岩の見掛けの同化深さを求めた。石灰石と同様に、(3) 式に珪石粒度と珪石の同化率の測定値を代入し、珪石の見掛けの同化深さ R_q を求めた。 $\log R_q$ と $1/T_{max}$ の関係には前掲の Fig. 5 に示すような直線関係にあり、(8) 式を得た。

$$\log R_q = 20.8 - 35100/T_{max} \dots \dots \dots (8)$$

本式を用いた珪石同化率の計算値を前掲の Fig. 2 中に示す。計算値は実測値と良い一致を示した。

以上の定量化された結果に基づいた、石灰石と珪石の同化率の計算例を Fig. 6 に示す。珪石の同化率は同一の粒度の石灰石の 10% 程度であり、珪石を有効に利用するには細粒化が必要であることが分かった²⁾。

一方、蛇紋岩の見掛け同化深さには直線性が成り立たなかった。これは、後述するように、蛇紋岩の同化挙動が石灰石や珪石に比べて複雑なためと考えられる。

4. 考察

4.1 珪石、蛇紋岩粒度の鉱物組織に及ぼす影響

実験 No. A~C の焼成体鉱物組織の定量結果を Fig. 7 に示す。石灰石- Fe_2O_3 2 成分系に珪石を添加すると、CF が減少し、glassy silicate が増加した。珪石が細粒になるほどその割合は大きく、0.125mm 以下の細粒珪石添加時の結合相は glassy silicate のみとなった。

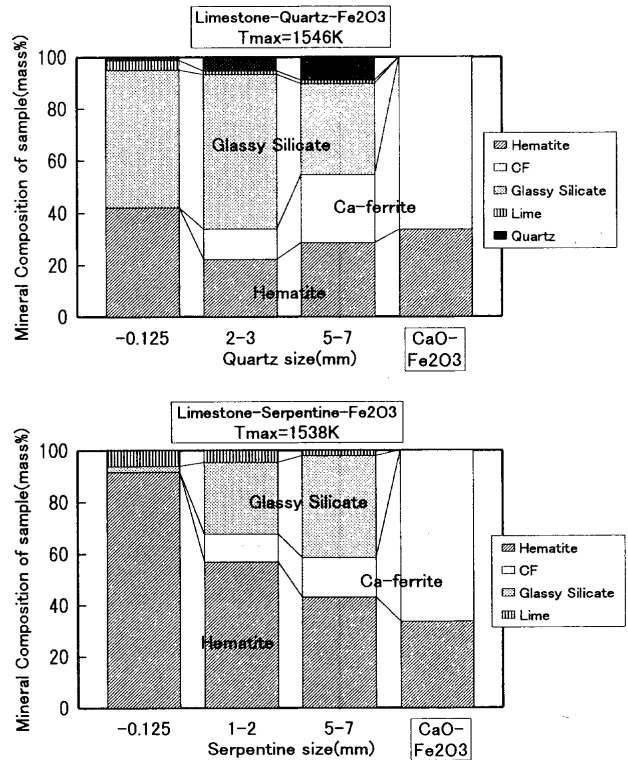


Fig. 7. Changes in mineral composition of samples after heating with size of fluxes.

石灰石- Fe_2O_3 2 成分系に蛇紋岩を添加すると、珪石と同様に CF が減少し、glassy silicate が増加した。しかし、0.125 mm 以下の細粒蛇紋岩添加時には、結合相 (CF と glassy silicate) そのものが減少した。

すなわち、珪石は細粒化によって石灰石の同化を抑制しつつ、珪石自身は silicate 系融液を生成しながら同化する。一方、蛇紋岩は細粒化によって石灰石の同化を抑制しつつ、蛇紋岩自身の同化も遅くなり、CF 系融液、silicate 系融液ともに生成が抑制されると考えられる。

なお、通常の焼結反応では蛇紋岩の添加によりマグネタイトが増加する⁹⁾。本実験条件 (大気中焼成, $T_{max} = 1538K$) では、マグネタイトもしくはマグネシオフェライトの X 線回折ピークは認められるものの、その量は少なかった。

4.2 焼結副原料の同化挙動

4.2.1 石灰石の 1424~1599K での同化挙動

焼成後試料の X 線回折の結果、 T_{max} が 1473K 以上の焼成試料中に未熱分解の石灰石は認められず、石灰石の熱分解反応は極めて速いことを確認した。

これに対して Bhagat¹⁰⁾ は、鍋試験による焼成体の脆弱部に多量の未熱分解の石灰石を確認している。また、志垣ら³⁾ も、1473K の T_{max} では粗粒石灰石の約 50mass% が未熱分解で残留すると報告している。

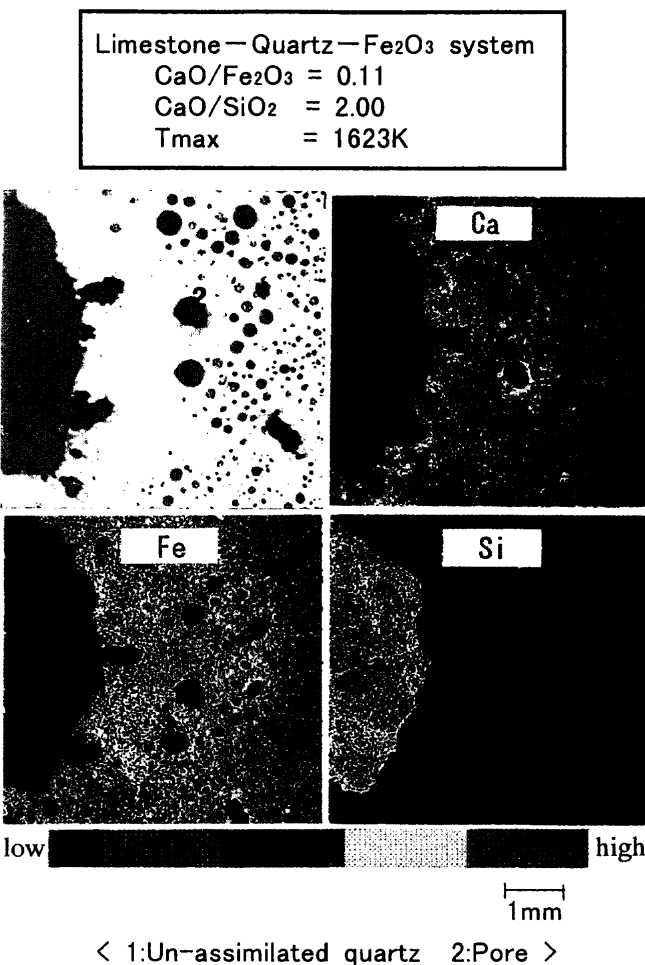
Bhagat の結果は、石灰石粒度を平均粒度で 1.5mm から 0.7 mm へ細粒化した場合の報告であり、通気性の悪化による層内温度の低下の影響が大きいと考えられる。一方、志垣らの結果との差違については、昇温速度が 780K/min と本実験

条件に比べて約2倍であるためと思われる。

また本実験結果では、0.125mm以下の蛇紋岩を含む系以外では、 T_{max} が 1573K 以上の焼成条件で1~2mmの石灰石の同化率は100%であった。一方、Looら⁷⁾は T_{max} が 1573K の焼成でも0.7~1mmの石灰石の40vol%が、焼成体中に未同化で残留すると報告している。Looらの実験結果と本実験結果との差異は、主に実験組成の違いによるものと思われる。すなわち、本実験は Al_2O_3 を含まない系の結果であるのに対し、Looらの条件では、微粉部中に Al_2O_3 が2.0mass%含まれている。さらに本実験条件は $\text{CaO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$ が0.11(質量比)であるのに対し、Looらは約1.1の CaO 飽和に近い組成で石灰石の同化率を測定しているためと考えられる。

4.2.2 珪石の1401~1621Kでの同化挙動

実機焼結釜における珪石の同化挙動として、silicate系($\text{CaO}-\text{Fe}_x\text{O}-\text{SiO}_2$ 系)の初期融液が発生して同化が進行するものと、CF系融液に珪石が溶解するものの2通りが考えられる。 T_{max} が 1623K の5~7mmの粗粒珪石を用いた焼成試料($\text{CaO}/\text{SiO}_2=2.0$)のEPMAによる半定量分析結果をFig. 8に示す。 SiO_2 飽和に近いsilicate系融液であったと推定される相が未同化珪石の廻りを囲んでおり、その外側にCF系融液が取り囲んでいた。よって、大気中(酸素分圧 $2.1 \times 10^4 \text{Pa}$)



での粗粒珪石の同化は、約 1478K で生成したCF系初期融液に SiO_2 が溶解し、CF系融液がsilicate系融液となり、この融液にさらに SiO_2 が溶解して進むものと説明できる¹¹⁾。

しかし細粒珪石になると、酸素分圧が $2.1 \times 10^4 \text{Pa}$ でもglassy silicateが増加したことから、silicate系融液が初期融液となり同化が進行するものと考えられる。従ってコークス燃焼下の低酸素分圧では、さらに FeO を含有するsilicate系融液が生成しやすくなると推定される。

4.2.3 蛇紋岩の1479~1598Kでの同化挙動

蛇紋岩($3\text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)は約 $770 \sim 970\text{K}$ で熱分解し、 $2\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$ と $\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$ 、 SiO_2 に変化する¹²⁾。大気中(酸素分圧 $2.1 \times 10^4 \text{Pa}$)で、 T_{max} が 1473K で焼成した試料のX線回折では、粗粒蛇紋岩を用いた場合でも焼成試料中に未熱分解蛇紋岩は認められず、蛇紋岩の熱分解は早期に完了することを確認した。またX線回折で、 T_{max} が 1538K 以上の焼成試料については、蛇紋岩粒度によらず $(\text{Mg,Fe})\text{O} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ (マグネシオフェライト)の生成が確認された。また、その生成量は蛇紋岩が細粒ほど多かった。

次に、 T_{max} が 1623K での5~7mmの粗粒蛇紋岩を用いて焼成した試料($\text{CaO}/\text{SiO}_2=2.0$)をEPMAで半定量分析した結果をFig. 9に示す。未同化蛇紋岩の外側に Mg と Fe

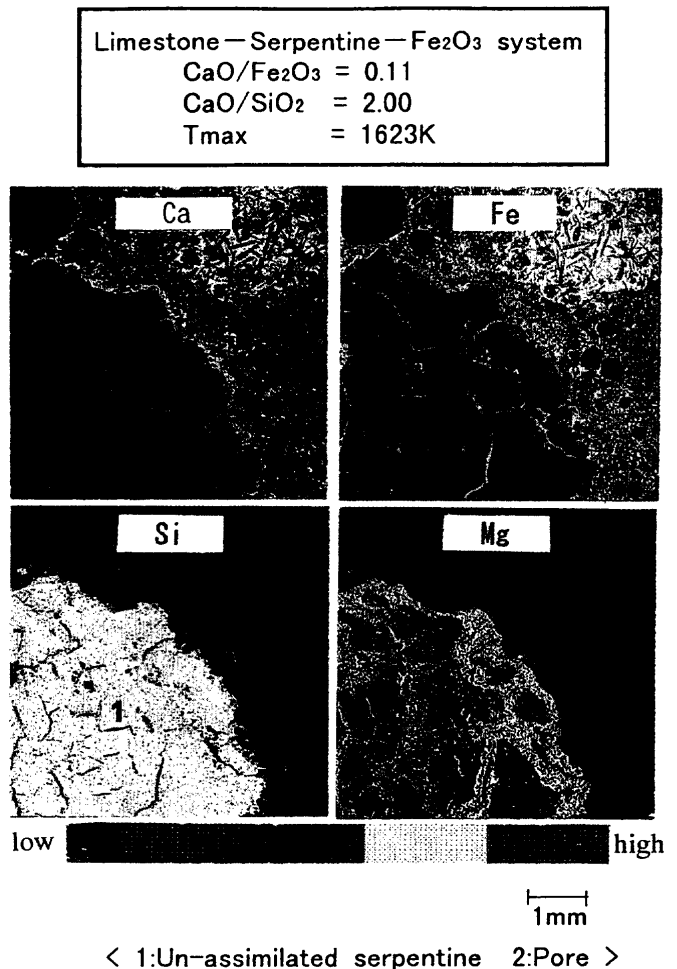


Fig. 8. Element distribution around coarse quartz measured by EPMA.

Fig. 9. Element distribution around coarse serpentine measured by EPMA.

に富む層が存在し、その濃度から(Mg,Fe)O・Fe₂O₃と推定された。さらに、(Mg,Fe)O・Fe₂O₃と未同化蛇紋岩の間には30mass%CaO-30mass%SiO₂-(15mass%Fe₂O₃)-25mass%MgOのsilicate系融液であったと推定される相が存在していた。従って、蛇紋岩の同化性が珪石に比べて低いのは、①silicate系融液にMgOが加わることにより融点の上昇するとともに、②(Mg,Fe)O・Fe₂O₃の高融点の相が蛇紋岩周辺に形成されるためと考えられる。未同化蛇紋岩と(Mg,Fe)O・Fe₂O₃相の間にsilicate系融液が存在していたことから、silicate系融液にCF系融液中のFe₂O₃が溶解して(Mg,Fe)O・Fe₂O₃が過飽和となって析出した可能性が考えられる。さらに、Fig. 3で示したように細粒蛇紋岩が石灰石の同化を著しく抑制したのは、1~2mmの石灰石のまわりの細粒蛇紋岩周辺から生成した(Mg,Fe)O・Fe₂O₃が石灰石を覆い、石灰石を融液から隔離したためと推定される。

4.3 焼結副原料の望ましい使用粒度

本実験結果から、焼結過程における各副原料の望ましい使用粒度を推察する。

石灰石は同化速度が大きく、低温焼成下でも融液量は確保されるので、成品歩留や焼結鋳強度への影響は小さい。石灰石はその配合量からも、配合原料の通気性に与える影響が大きいため、粗粒を多く使用して通気性や還元粉化性の改善³⁾を狙う方が望ましいと考えられる。

一方、珪石、蛇紋岩は同化速度が小さいので、反応性を向上させるためには細粒が望ましい。しかし、石灰石の同化を抑制する作用もあるので、両者については操業指向により最適な粒度範囲が存在すると考えられる。蛇紋岩は特に石灰石の同化を抑制する作用が珪石に比べて大きいので、特に低温焼成を指向するときは、蛇紋岩は珪石よりも粗粒で使用してCF系融液量を確保することが重要と考えられる。

このような焼結副原料の反応特性を考慮した粒度調整により、副原料使用量を低減して高炉スラグ量の低下が図れると考えられる。

5. 結言

石灰石、珪石、蛇紋岩の焼結過程における同化挙動を明らかにし、同化性を定量的に評価した結果、以下の知見を得た。

(1) 副原料の同化性は、石灰石が最も高く、石灰石>珪石>蛇紋岩の順である。同化速度については、以下のよう

に定量化した。

$$\log R_L (\text{mm}) = 46.1 - 71900/T_{\text{max}} (\text{K})$$

②珪石の見掛け同化深さ:

$$\log R_Q (\text{mm}) = 20.8 - 35100/T_{\text{max}} (\text{K})$$

(2) 石灰石-Fe₂O₃ 2成分系に珪石、蛇紋岩を添加すると、石灰石の同化が抑制された。特に細粒蛇紋岩を添加すると

石灰石の同化が著しく抑制された。その影響については、以下のように定量化した。

①珪石の石灰石同化抑制:

$$\log \alpha_Q = -0.49 + 0.11 \cdot \log(1/d_Q)$$

②蛇紋岩の石灰石同化抑制:

$$\log \alpha_S = -0.40 + 0.18 \cdot \log(1/d_S)$$

(3) 大気中(酸素分圧 $2.1 \times 10^4 \text{Pa}$)での珪石の同化は、粗粒珪石の場合は、CF系初期融液にSiO₂が溶解して進む。一方、細粒珪石の場合は、silicate系融液が初期融液となり、同化が進行するものと考えられる。

(4) 蛇紋岩の同化過程では、①silicate系融液にMgOが加わることにより融点の上昇するとともに、②初期に生成したsilicate系融液にCF系融液中のFe₂O₃が溶解して過飽和となった(Mg,Fe)O・Fe₂O₃の高融点の相が析出する。そのため同化性は珪石に比べて低い。さらに細粒時は(Mg,Fe)O・Fe₂O₃が石灰石を融液から隔離するために、石灰石の同化を抑制すると考えられる。

記号

AR _L	: 石灰石同化率(%)
AR _Q	: 珪石同化率(%)
AR _S	: 蛇紋岩同化率(%)
R _L	: 石灰石の見掛け同化深さ(mm)
R _{LQ}	: 石灰石-珪石-Fe ₂ O ₃ 3成分系における石灰石の見掛け同化深さ(mm)
R _{LS}	: 石灰石-蛇紋岩-Fe ₂ O ₃ 3成分系における石灰石の見掛け同化深さ(mm)
R _Q	: 珪石の見掛け同化深さ(mm)
α_Q	: 珪石の同化抑制指数(-)
α_S	: 蛇紋岩の同化抑制指数(-)
d _Q	: 珪石粒径(mm)
d _S	: 蛇紋岩粒径(mm)
A	: 焼成前試料質量(g)
B	: 焼成後試料質量(g)
w _F	: 焼成前T.Fe質量(=w _{F'})(g)
w _{F'}	: 焼成後T.Fe質量(g)
ρ_L	: CaO密度(g/mm ³)
ρ_{LS}	: 石灰石密度(g/mm ³)
(mass%CaO) _{LS}	: 石灰石中CaO濃度(%)
n	: 石灰石個数(-)
d _{LS}	: 焼成前石灰石粒径(mm)
d _L	: 焼成後残留CaO粒径(=d _{LS} -2R _L)(mm)

文 献

- 川辺正行, 稲角忠弘, 富井良和, 安藤啓司, 北山 順: 鉄と鋼, **67** (1981), S42.
- 相馬英明, 和島正巳, 細谷陽三, 田代 清: 鉄と鋼, **68** (1982), 2200.
- 志垣一郎, 沢田峰男, 吉岡邦宏, 高橋 佐: 鉄と鋼, **71** (1985), 1880.
- 肥田行博, 岡崎 潤, 伊藤 薫, 平川俊一: 鉄と鋼, **78** (1992), 1013.
- 角戸三男, 榎谷暢男, 岡部俠児: 川崎製鉄技報, **9** (1977), 6.
- 野呂治人, 石井邦宜, 近藤真一: 鉄と鋼, **71** (1985), S42.
- C.E.Loo and L.T.Matthews: Trans. Inst. Min. Metall. Sect. C, **101** (1992), C105.
- 貴家恕夫, 中村利広: X線分析の進歩, 科学技術社, 東京, vol.5 (1973), 133.
- L.H.Hsieh and J.A.Whiteman: ISIJ Int., **33** (1993), 462.
- R.P.Bhagat: Scand. J. Metall. **21** (1992), 246.
- 松野二三朗: 鉄と鋼, **64** (1978), 1499.
- 吉木文平: 鋳物工学, 技報堂, 東京, (1967), 455.