



焼結鉱製造におけるプロセスおよび成品評価の課題

葛西 栄輝*・大森 康男*²

Subjects on the Evaluation of the Process and Products in the Sintering of Iron Ores

Eiki KASAI and Yasuo OMORI

Key words : iron ore ; sintering process ; sinter ; evaluation ; progress of technology.

1. はじめに

高炉はその巨大さのため、エネルギー効率が極めて高く、集約的な大量生産が可能であることなどの利点があるものの、原料に対する制約が多いという宿命を持っている。また、解体調査、各種のセンサー・ゾンデによる測定や観察、モデル実験などにより、高炉内部の反応・現象の理解や定量化には大きな進歩が認められるが、未だにブラックボックスと呼ばざるを得ない部分も存在する。最近の微粉炭吹込み量の増加指向や一時的な高出鉄比操業の要求への対処も従来の経験の蓄積とその解析の結果を基に行われ、着実にクリアーしてきていることは言うまでもないが、そこには、一部まだ試行錯誤的な要素が存在していることも否定できない。高炉操業においては、炉況の安定がまず第1の目標となるが、要求される出鉄比やエネルギー効率に対応するために、炉況を睨みながら製鉄コストの限界を追及する努力が続けられている。この過程で得られた操業実績の進展に対しては、焼結鉱を中心とした塊成鉱の品質の向上と安定化の寄与も極めて大きいと考えられる。焼結鉱の「品質」が高炉操業に与える影響が大きいことは、製鉄技術者の一致した考えであると思われる。しかし、「品質」とは何かと一歩踏み込んで考えると、極めて複雑で明確な回答が困難であることに気付く。従来より高品質な高炉用塊成鉱の製造を目指し、大きな成果を上げてきた焼結鉱製造技術は、結果的には高炉使用実績をベースに評価されてきた。最終的な工業製品に対する品質検査などでは明確である製品と欠陥品の区別の指標の提示やそれによる製品の区分けは、焼結プロセスに関しては不可能と言って過言ではない。現状においては粒度による返鉱の区分けが唯一行われている方法である。これらは、大量・低コスト生産と原料（鉱石、副原料）および成品の不均一性がもたらす宿命と考えられる。

焼結鉱の品質や焼結鉱製造技術については、適切な解説¹⁾²⁾が「鉄と鋼」誌に掲載されており、著者らも1980年代の塊成鉱製造技術の進歩について概説した³⁾。また、詳細な総説が西山記念技術講座のテキストとして吉永⁴⁾により、最近では将来技術の動向を含めて、稲角⁵⁾によりまとめられている。本稿のテーマは焼結プロセスと成品の評価であるが、これは焼結技術そのものを論ずることと同じ意味を持つと言え、原料鉱石の性状から成品の高炉内挙動まで広範囲で複雑な現象の把握が必要である。さらに、最終的には製鉄プロセス全体を含む総合的な原料・エネルギー原単位やコストに直接関連する事項でもある。実操業を経験しない大学において製鉄の基礎的研究を行う者として、この課題に真正面から取り組むことは適役とは考えられない。したがって、最前線の焼結鉱製造技術の動向や成品評価の進歩に関する詳細は上記の総説等を参考されることをお願いし、本稿では、高炉製鉄プロセスの中での焼結技術の位置付けおよび評価に対する考え方の整理を試みるとともに、基礎的研究の観点からこれらに関する問題点を指摘することに重点を置くこととしたい。

2. 焼結プロセスの特徴と最近の技術的課題

焼結プロセスは、簡単に言えば、鉄鉱石を高炉へ装入可能な状態（特に塊状帯での通気性確保が重要）に改善すること、および高炉装入物として適切な成品焼結鉱を質、量ともに安定に供給することを目的としている。一方では、様々な鉱石を、しかも微粉碎や完全融体化などによって均一化することなく、極端な非平衡状態で行われるプロセスであることから、ある程度の焼結層内および成品の不均一性は避けられない宿命を持っている。しかし、これは、粗粒を含むコークスを効率的に燃焼させるための十分な焼結層通気性の確保や後述する焼結鉱品質の造り込みに対して

平成5年5月14日受付 平成5年7月2日受理 (Received on May 14, 1993; Accepted on July 2, 1993) (依頼解説)

* 東北大学素材工学研究所講師 (Institute for Advanced Materials Processing, Tohoku University, 2-1-1 Katahira Aoba-ku Sendai 980)

* 2 (株)神戸製鋼所顧問 (Kobe Steel, Ltd.)

Social trends	Energy savings Efficiency (Excellent)	Preservation of environment Ecology (Beautiful)	[3K-less]		
Characteristics of sintering	Sintering at low temperature (Lower SiO ₂ and FeO)	High reducibility (Increasing use of limonitic ores)	High productivity and yield		
Mixing and granulation of raw materials	Use of fine acidic fluxes Use of coarse limestone Micropelletization	Granule design Pre-granulation	HPS ⁶⁾ Separated granulation		
Feeding of mixtures	Double layered feeding (Segregation control)	Slit-bar chute	ISF ²⁴⁾ (Density control)		
Sintering	Homogenizing the temperature pattern	Increasing bed height	Increasing product yield		
Energy savings & Environment	Heat recovery from cooler and main exhaust gases Removal of NOx from exhaust gas	Suppression NOx emission	Decrease in air leak		
Measurement & Control	Bed temperature Gas flow rate Operation guide	3-D structural analysis (X-ray CTS) (Automatic control)	Expert system		
Simulation & Modeling	Prediction of operating status and properties	Statistical prediction	Prediction of bed- and cake structures		
Year	'82	'84	'86	'88	'90

Fig. 1. Outline of the technologies progressed in iron ore sintering process during the last decade.
(3K: Abbreviation for three Japanese words expressing undesirable working conditions, e.g. danger, dirty etc.)

不可欠な特性でもある。例えば、焼成温度の上昇は、鉱石、フラックスの同化および熔融を促進するため、化学組成分布の均一化が進行するが、過度の融液生成は層内通過ガスの偏流を促すことにより、未焼成部が増加し、結果的に不均一性を増大させる。このような意味で、不均一性をいかに制御し、利用するかが重要な技術的課題となる。

ここ10年の焼結技術の進歩の概略をFig. 1に示す。全体的に言えば、鉄鋼需要やエネルギー事情の変遷を反映して、各種原単位の低減および排熱回収など省エネルギー指向から、高生産性および高歩留りの同時達成指向へ、さらに最近では、いわゆる3K作業の低減あるいは粉塵、NO_x排出量低減など環境関連の技術開発にも関心が高まっている。

原料の混合・造粒技術においては、以前から精力的な研究開発が行われていた低SiO₂、低FeO化を中心とする均一化指向がその目標をほぼ達成し、原料偏析を積極的に制御し、利用する擬似粒子設計技術へと移行してきたことが指摘できる。原料偏析は、コークスについては分割添加などにおいて従来より行われていたが、石灰石や鉱石中の脈石など化学成分を考慮した偏析の制御が成品焼結鉱の品質造り込み技術として種々提案され、実用化にも至っている。これらには、擬似粒子内での化学組成偏析を狙いとするものがあり、いずれの場合も単なる均一混合では得ることのできない高品質焼結鉱を製造可能であることが報告されている。また、微粉原料を多量に使用することを目的としたHPS法⁶⁾も開発された。これは、上記技術と対照的に、高品位微粉原料を均一混合し、ミニペレットとして造粒することにより焼成中の融液発生を抑えながら塊成化しようと

するものであり、微粉の特性をうまく利用した技術と言える。

焼結層内温度履歴に関しては、高さ、幅方向ともに一貫して均一化が目標とされてきた。焼成温度の均一化は未塊成化部分の減少による歩留り上昇と、これによるコークス原単位の低下に結びついている。固定層型燃焼プロセスの特徴として、ガスの下流方向で熱の蓄積が起こりやすく、これを回避するためにコークス粒子の上層への偏析などによる対処が一般的である。2段装入による操業も行われたが、現在は原料装入時に主に擬似粒子の粒度および見掛け密度の差を利用して制御されている。

省エネルギーに関しては、クーラーや主排ガスからの排熱回収設備の設置が進められた。焼結機の漏風、サイドウォール付近のガスの偏流の防止策、排風機消費電力の効率的な制御も行われた。

鉄鋼需要が堅調であったここ数年は、各製鉄所の銑鉄生産量と高炉および焼結機の稼働数、生産能力の関係から、成品焼結鉱の生産性と歩留りの上昇が強く要求され、1990年秋季討論会⁷⁾、学振54委員会の破壊力学検討WG(1988年7月~1991年11月)⁸⁾におけるテーマとして取り上げられた。従来より、焼成速度を上昇させることにより層の高温保持時間が短縮されるため、歩留りが悪化すると認識されており、これらの関係を明確に定量化することが、これを克服するための第1ステップと考えられる。これに関して、複雑な3次元構造を持つ焼結ケーキの空隙構造の定量・解析方法が検討され、空隙構造の特徴、原料・焼成条件および歩留りや成品焼結鉱の品質との関係が明らかにされつつある。

Table 1. Changes in the number of presentations relating to the sintering process at the ISIJ meeting in recent three years.

Main subject	1990 fall~ 1991 spring	1991 fall~ 1992 spring	1992 fall~ 1993 spring
Strength, yield and structure of cake	15	4	5
Reducibility and reduction degradation	3	3	3
Utilization of limonitic ores	2	7	10
New technology and equipment	3	8	2
Operation control and blending yard	8	7	5
Granulation and granule	2	2	6
Environment, combustion and fuel	4	5	9
Other (Effect of alumina)	2(0)	3(3)	7(3)
Total	39	39	47

Table 1 には、最近 3 年間の講演大会に発表された焼結プロセス関連の報告件数を主たるテーマ別に分類して示した。直近の景気後退による高炉出銑比の低下に伴い、歩留りに関連する報告数が大幅に減少し、代わって今後の使用技術の進展が重要課題と指摘⁹⁾されているピソライト鉍石や炭材燃焼・環境に関する報告が増加している。また、欧州の高炉と比較してスラグ量がかなり多い操業を強いられている現状を反映して、原料中の Al_2O_3 量が高炉操業へ与える影響についての報告も目立つようになった。

3. 歩留りおよび強度に関連する技術的要素

評価を行うに際しては必然的に価値の基準となる定量的な scale (はかり、物差しなど) を必要とし、常にこの scale との比較を行うことになる。焼結鉍製造過程においては、製銑、製鋼あるいは製鉄プロセス全体でのコスト、また、将来的には地球環境に影響する物質の排出量（これも地球環境税などの導入があればコストと直結する）が究極的な scale と考えられ、これらを最小とするような方向での技術開発が要求される。前述したように、このようなマクロ的 scale による評価はこれに影響を与える要因が多く、複雑に過ぎるため現実的ではなく、実際は、より単純な個々の要因間の関連性を経験的あるいは理論的に定量化することによって得るのが妥当である。しかし、焼結鉍の高炉内挙動、それ以前においても、例えば、原料・焼成条件⇔ケーキの構造⇔歩留り・成品強度の関係などは、明確に把握さ

れているとは言えない。にもかかわらず、例えば『難焼結性原料』のように、既に評価が決定されているかの印象を与える表現も見受けられる。

ここでは、歩留りおよび強度に関連して使用されるが、あいまいな部分も多いと思われる技術的要素（用語）に着目し、問題点を指摘してみたい。

3・1 均一焼成

ここで言う均一とは、鉍物組織などに対応するミクロ的視野からのものではなく、未塊成化部分が少ないという程度のマクロ的な意味で捉えるべきである。焼結層内に温度上昇が不十分な場所が存在すると融液が発生せず、塊成化が進行しない。また、温度が上昇しすぎても過剰な融液発生により、巨大空隙の生成やこれに伴う通気異常が発生し、下部での焼結に悪影響を及ぼす。フラックス成分の過度なマクロ的偏析も同様な効果をもたらす。未塊成化部分では、ある程度の熱履歴を受けて分解、仮焼等の反応は終了しているものの、顕著な液相発生がないため原料あるいは擬似粒子と同程度の粒度分布を保持しており、必然的に多量の細粒発生源となる。したがって、未塊成化部分の低減は、歩留り向上に関する第 1 の課題と位置付けることができ、均一焼成とはこれを目的とした焼結技術を総合的に表すものと考えられる。

前述したように、焼結層は基本的には固定層であるため、上層で発生した燃焼熱は、流通ガスとの熱交換により下層へ蓄積していく。したがって、上層で熱不足、下層で熱過剰という状態に陥りやすい特徴がある。現状では、コークス粒子の上層への、あるいは溶融しにくい粗粒鉍石の下層への積極的な偏析装入などにより対処されている。このような偏析技術は粒度や見掛け密度の相違に基づいており、他の原料粒子（鉍石とフラックス）にも偏析効果を及ぼすことに留意する必要がある。さらに、上層には下層部へ顕熱とコークス燃焼のために吸引空気を分配する重要な役割もあるので、上層の塊成化促進が下層へ与える影響についても注意を払わなくてはならない。焼結機の機長および機幅方向の均一（あるいは適正な偏析）装入や均一着火も重要である。

従来より、いわゆる均一焼成の達成のために上下層部での熱履歴の均一化が指向されてきたが、原料偏析および擬似粒子構造制御技術の進歩に伴って、原料（粒度および組成）偏析に対応した熱履歴制御へと変換するべきである。基本的には、まず、主要熱源であるコークスの燃焼および伝熱速度が再度見直される時期にあると考えられる。

3・2 焼結ケーキの強度

通常、焼結技術者がケーキ強度と呼ぶとき、同一破碎操作後の基準粒度以上の重量割合（実操業での成品歩留りとほとんど同意）のことである場合が多い。つまり、ケーキ強度向上は、厳密な物理的な意味での高強度ケーキの製造としてではなく、ある破碎操作を受けたときに細粒発生率

の低いケーキの製造を指している。したがって、圧壊強度、破壊靱性など物理的特性値との単純な比較は難しい。

焼結層内で融液が生成することにより、層の局所では強度が上昇する。これは、液相焼結による粒子の結合と空隙率の減少による緻密化が主な理由と考えられる。しかし、焼結層全体の空隙率は焼成前後でそれほど極端に変化しないため、ある部分が緻密化することは同時にその周辺の空隙率が増大することを意味する。つまり、小さな空隙の合体によって、より大きな空隙が生成することになるが、未塊成化部を除外すれば、このような箇所がケーキ中の最大欠陥になると考えられる。したがって、与えられる破碎エネルギーが極端に大きくない場合は、この欠陥を経由する破壊確率が高いことになる。この意味において空隙は“必要悪”ではなく、積極的に破碎制御手段として利用すべきものであり、大空隙の配置を制御することによる低粉発生率ケーキ製造の可能性を追求すべきと考えられる。これに関して、(特に1～2mmの粒径を持つ)コークス粒子の周囲でのブロック組織の形成¹⁰⁾、流動性に富む高CaO融液の低CaO原料粉層への浸透とこれによる空隙の生成¹¹⁾、焼結ケーキに認められる空隙率の周期性¹²⁾などは、いずれも大空隙の配置を制御するための効率的な方法を示唆する現象として注目される。最小のクラスターサイズが事前造粒ペレットと同様となるHPS法⁶⁾の概念も空隙の配置と形状の制御に利用可能であろう。また、ケーキ自体のサイズも目的粒度へ破碎した後の発生粉率に影響を与える¹³⁾ことにも留意する必要がある。

3・3 焼結ケーキの破碎

上記項目に関連して、既にケーキで造り込まれた欠陥(大空隙)の間をうまく破壊していくのが理想的な破碎方法と考えられる。このとき、破碎過程でケーキに与えられる破碎エネルギーの制御は重要¹⁴⁾で、適正な破碎モードを選択する必要がある。

理想的な欠陥配置が実現されていない場合においても、過度の破碎エネルギーを与えることは粉発生を助長することになるので、ケーキの破壊荷重を考慮した破碎モードの選択は重要である。現状は、ジョークラッシャーによる破碎が落下などによる衝撃破碎に比較して望ましいことで一致した見解が得られている¹³⁾¹⁴⁾が、将来的には、適正粒度以上の粒子の優先的破碎を可能とする、整粒機能を持った破碎プロセスの開発が理想と考えられる。

3・4 成品焼結鉱の粒度および強度

碎成物の粒度分布はケーキの破碎特性および採用する破碎モードによって決定される。これとは独立に、成品粒度には高炉操業管理技術に基づく上限・下限値がある。言うまでもなく、この限界値の変更によって、同一モードによる同一ケーキの破碎においても歩留りは可変である。特に、下限値の低下は大きな効果があり、高炉における装入物分布制御の向上により、3～5mm程度の細粒の高炉利用法が

検討されている。

成品の強度は理想的には、高炉に使用可能な下限値を目標として制御すべきであるが、現状では、破碎、篩分、輸送の各工程を経て、なお成品粒度範囲に残留し得る焼結鉱が結果として持っている値である。焼結鉱のような多孔質体の強度は、特に空隙構造との関係が大きいと考えられるが、現在の焼結鉱が持つ強度を高炉が必要とするか否かを検討する余地が残されている。高炉炉内において焼結鉱が持つべき必要最低限の強度を把握することは、上記の全項目の検討に対して明確な目標を与えることになる。

以上、焼結鉱の歩留りと強度に関連する事項は、通常の方法の強度向上のための技術的要素と異なった複雑さを有している。上記3・2と3・4の項目からもわかるように、焼結ケーキの理想は目的の粒度(5～数十mm程度)に破碎されやすい欠陥を有していることであるが、しかし、一旦破碎され目的の粒度になった後は、搬送工程や高炉内で崩壊しない程度の強度を持つ必要がある。したがって、焼結ケーキ碎成物の粒度分布制御は、一見、碎石の製造過程などと同様に破碎システムの選択がキーのように思われるものの、実はケーキ焼成段階の欠陥(大空隙)構造の造り込み技術の開発がまずは越えるべきハードルと考えられる。言い換えれば、マクロ的にはケーキ構造の均一性を狙いながら、セミマクロ的(成品粒度のスケールに対応)には不均一性を利用する焼成法の開発が望ましい。上記項目は、(1)成品焼結鉱の適正強度、粒度範囲の把握など高炉操業技術やそれに必要な解析手法の向上に関するもの、(2)焼結層内の現象や反応に関連するもの、(3)焼結ケーキの破碎・整粒技術に関するものに分類でき、それぞれの立場からの検討が必要となる。

4. 鉄鉱石、焼結鉱の評価技術に関する問題点

JISにおいて、焼結鉱、ペレットを含めた鉄鉱石類の分析、試験方法の規格は、『鉄山—鉄産物』に分類されている。引用規格を除けば、これらは化学組成分析法に關した26規格(M8202～8230)と物理および物理化学的試験法に關した13規格(M8701～8719)に分けられている。前者は、正確かつ迅速な結果を得るための分析手法を追求した結果であるため、ここで議論する必要性は少ないであろう。後者に関しては、サンプリング方法とペレットに関連するものを除けば規格数は少なく、密度・粒度測定法、落下・回転強度試験、還元試験のみとなる。密度と落下強度試験を除いては、ISOと同一規格となっており、鉄鉱石の購入契約の場合などにも利用されるため、客観的で、できるだけ簡便な方法が採用されている。この他にも学振54委員会や製鉄部会などでも種々検討された高温荷重軟化溶融試験法、還元粉化試験法などが良く知られている試験法として挙げられる。これらの試験法においては、還元ガス組成、温度など試験条

焼結鍋で行われている。試験装置や焼成条件については製鉄部会法として統一されているが、目的に応じて異なった装置や条件で行われることも多い。この方法は実機原料層を垂直方向に切り出した形であり、小型であることに起因する層周囲での熱ロス、ガスの偏流、荷重条件の相違などの防止は難しいが、実機の焼結過程をかなり良く反映でき、得られる試料量も比較的多いという長所を持つ。原料層の通気度、歩留り、成品強度が測定項目として定められており、その結果も個々の経験に基づいて実機に適用した場合の予測値に変換されているようである。また、同じ装置で、異なる原料や焼結条件で行った場合の結果同士はダイレクトに比較されることも多い。また、層内に挿入した熱電対にて、温度や焼結進行速度の測定も可能である。また、原料装入方法を検討し、実機と同様な原料の偏析状態にて試験を行うことも可能である。このように、焼結鍋は実機操業を予測する情報を直接得るためのシミュレータとして、今後も活用されるものと考えられる。

鉄鉱石名柄の基本的な特性としては、化学組成、鉱物組織・組成、気孔構造、粒度などが挙げられ、これらが漏れ性、吸水率、表面粗度、強度(破壊靱性)など2次的な性質に影響し、造粒性、溶融性、フラックスとの同化性など焼結プロセスに直接関連した原料mixの性状を決定する⁴⁾。ここで考慮すべき点は、原料mixの性状は鉱石とともに混合されているフラックス原料(主に石灰石)によっても大きく影響を受けるため、鉱石名柄自身の特性との一義的な比較ができないことである。例えば、擬似粒子の焼成後強度と良い相関がある因子として著者らが定義した微粉原料mixの『高温流動性』は、鉱石名柄とCaO濃度の両方に依存している¹⁹⁾。したがって、フラックス原料の配合割合を変化させれば、『流動性』を基準とした鉱石名柄の順位が変化することを意味する。同様のことが擬似粒子の核となる粗粒鉱石についても言える。前述したピソライト鉱石など高結晶水含有鉱石は、焼成後の気孔率が高く、一般的に『難焼結性原料』に分類されている。これは、このような鉱石を多配合した原料mixにおいてはフラックス成分との同化性が高いため、低温では流動性の高い融液が発生しにくく、焼結層の構造変化がしにくいものの、焼結層の温度上昇に伴って、既に同化反応が進行している部分が一気に溶融し、下層部での未焼成部分の発生率を増加させるためと考えられる。すなわち、焼成度(あるいは原料溶融率)が多少の層内温度の高低に大きく依存し、制御が困難である鉱石と位置付けられる。一方、緻密質鉱石においては、周囲に発生した融液への鉱石の溶融が相対的に遅く、流動性の高い融液が局部的に存在できる確率が層内温度の高低にかかわらず高いため、焼成度の制御が比較的容易であると考えられる。このような見地から、焼結層内で溶融すべき原料と未溶融のまま残存すべき原料を明確に区別した擬似粒子の設計は有効と考えられ、石灰石分割添加法¹¹⁾や蛇紋岩・褐鉄鉱選択造粒によ

る自己緻密化法²⁰⁾は、この概念に一致する技術である。焼結プロセスにおける鉱石の評価は、このように適用される技術および配合される他の鉱石や副原料との組み合わせによって変化するものであり、一義的な指標で表すことは困難である。しかしながら、鉱石の物理的・化学的特性²¹⁾は、このような評価の際にも基本的な指針を与えるものであり、代表値および偏差の分布を含め、その把握は重要である。

5. 将来的な課題と提言

前項では、成品の高炉炉内性状、原料mixの焼結性状、鉱石特性と原料側にさかのぼる形で各種の試験や特性に関する要点を概括したが、これらは極めて複雑に関連し合っており、未だ定量的に把握されていない。焼結鉱製造における鉱石、成品焼結鉱の評価は、言うまでもなく焼結機や高炉操業と密接に結びつく問題であり、各プロセスの理解が不可欠である。したがって、焼結プロセスおよび高炉炉内の反応や現象の解析あるいは要因間の関連性の定量化そのものが評価技術確立の課題と言っても過言ではない。特に歩留りに関しては、現場での操業改善要素が大きく、理論的、定量的なアプローチが少ないという指摘もされている²²⁾。現状では、鉱石の基本的な焼結特性評価(実験)法と焼結鍋試験との間のギャップが特に大きいと考えられる。これは、焼結層を構成する擬似粒子が最大10mm程度とかなり大きいこと、および主たる熱源が原料に混合されているコークスの燃焼熱であるため、通常の焼結鍋以下へのスケールダウンが困難であることに起因している。したがって、注目する反応や現象を限定し、これを測定、観察可能な手法を構築することが望ましい。この場合も、結果の解析の際には、実プロセスとの相違についての十分な検討が必要である。

将来的な課題としては、利用可能な種々の鉱石資源および益々厳しくなると予測される環境保全要求を考慮した評価技術の確立が挙げられる。これらを対象とした研究報告が最近増加していることは上述した通りであるが、微粉炭吹込み量の増加など高炉操業条件の変化への対応、鉱石の選鉱強化を含めた高鉄品位焼結鉱製造²³⁾など他の興味ある課題も山積している。また、環境保全技術の内容においては、ダスト、転炉滓あるいは特定の産業廃棄物(例えばボーキサイトの溶解残渣)の処理、スクラップ利用法への適用など、焼結プロセスが他のプロセスからの廃棄物処理や資源リサイクルの支援へ積極的に参加すべき状況も考えられる。

6. おわりに

本稿では、焼結鉱製造プロセスと成品の評価技術について、原料鉱石、焼結・高炉操業との関係を含めて問題点を指摘するのみに留まった。従来より、評価の際には「～性

(～度)」という表現がよく使われるが、適用された測定方法や試験方法を正確に理解しない場合に、表現のみが一人歩きしてしまうことも少なくない。例えば、鉍石の「溶融性」や「同化性」という表現は、実際の焼結層内とは異なるフラックスや温度条件で規格化された実験結果の整理法として用いられることが多いが、表現のみからの印象では直接実プロセスでの挙動を表していると誤解する場合がある。また、性状、性質を比較する際に多用される「良い」、「悪い」という表現は、このことをさらに助長する危険性を与える。したがって、評価技術の検討を進めることと同時に、誰しもが共通の視点から比較および議論することを可能とするためにも、評価に関するターミノロジーの整理も重要な課題の1つと考えられる。

文 献

- 1) 佐々木稔, 肥田行博: 鉄と鋼, **68** (1982), p.563
- 2) 吉永真弓, 一伊達稔: 鉄と鋼, **68** (1982), p.2156
- 3) Y. Omori and E. Kasai: Proc. 6th Iron & Steel Congr., ISIJ, Vol.2, (1990), p.1
- 4) 吉永真弓: 第116・117回西山記念技術講座 (日本鉄鋼協会編), (1987), p.87
- 5) 稲角忠弘: 第146・147回西山記念技術講座 (日本鉄鋼協会編), (1993), p.89
- 6) N. Sakamoto, H. Noda, Y. Iwata, H. Saito and T. Miyashita: Trans. ISIJ, **28** (1988), p.619, 丹羽康夫, 坂本 登, 小松 修, 野田英俊, 熊坂 晃: 鉄と鋼, **78** (1992), p.1029 など
- 7) 例えば, 材料とプロセス, **3** (1990), p.948, p.952, p.956, p.960, p.964, p.968, p.972
- 8) 学振54委-No.1963～1966 (平成4年7月)
- 9) 肥田行博, 野坂庸二: 鉄と鋼, **78** (1992), p.960
- 10) E. F. Vegman and L. N. Krakht: Steel USSR, **13** (1983), p.375
- 11) 川口尊三, 栗山和益, 佐藤 駿, 高田耕三: 鉄と鋼, **73** (1987), p.1924
- 12) E. Kasai, W. J. Rankin, R. R. Lovel and Y. Omori: ISIJ Int., **29** (1989), p.635
- 13) 川口尊三, 栗山和益: 鉄と鋼, **78** (1992), p.1077
- 14) 八嶋三郎, 橋本 等: 材料とプロセス, **3** (1990), p.948
- 15) 宮崎富夫, 下田輝久, 岩永裕治, 山本一博, 清水郁夫, 片岡隆昭: 鉄と鋼, **67** (1981), A13
- 16) B. Bonnivard and A. Rist: Rev. Metall., **59** (1962), p.401
- 17) 岡本 晃, 内藤誠章, 斧 勝也, 林 洋一, 井上義弘: 鉄と鋼, **72** (1986), p.1529
- 18) 石井邦宜, 柏谷悦章, 山口英良, 近藤真一: 鉄と鋼, **72** (1986), p.2202
- 19) 葛西栄輝, 呉 勝利, 大森康男: 鉄と鋼, **77** (1991), p.56
- 20) 肥田行博, 岡崎 潤, 中村圭一, 上川清太, 葛西直樹: 鉄と鋼, **78** (1992), p.1021
- 21) 肥田行博, 伊藤 薫, 岡崎 潤, 佐々木稔, 梅津善徳: 鉄と鋼, **68** (1982), p.2166
- 22) 澁谷悌二: 第146・147回西山記念技術講座 (日本鉄鋼協会編), (1993), p.1
- 23) J. O. Edstrom and S. Ajmal: Proc. 6th Iron and Steel Congr., ISIJ, Vol.2, (1990), p.71
- 24) T. Inazumi, M. Fujimoto and K. Sato: Proc. 6th Int. Iron and Steel Congr., ISIJ, Vol.2, (1990), p.110