



## 鉄の歴史

海外技術の吸収と  
日本鉄鋼業の発展-7

# 自溶性焼結鋳の導入・開発のころ

In the Early Times of Japanese Self-Fluxed Sinter

佐藤 駿  
Shun Sato

住金コスモプランズ(株)  
情報管理グループ グループ長

## 1 はじめに

昭和58年9月、住友金属工業(株)中央技術研究所では、研究管理職研修会が開かれていた。研修会プログラムの講話の一つとして、河西健一(当時、本社第一技術開発部長)は、「自溶性焼結鋳の開発について」と題して、昭和30年代前半に自らも開発に参画した、我が国での自溶性焼結鋳の実用化の経緯を講演した。(主な講演内容は、鉄鋼協会「西山記念技術講座」に収録されている<sup>1)</sup>)

講話が終わって質疑応答が行われたが、そのうちの一つに「自溶性焼結鋳実用化成功のキーポイントになった技術は何か」という質問があり、河西は簡潔に「石灰石粒度の適正化であった」と答えて、その後、「僕はあのとき特許を取っておけば、大金持ちになれただろう」と冗談を言ってみんなを笑わせ、他の質疑応答に移った。

筆者は、その時受講していた一人であったが、石灰石粒度の適正化とは、表現は簡単だが具体的に何を意味するのか、長い間心に引っかかっていた。

本「鉄の歴史」シリーズは、戦後まもなくの頃、我が国が海外より導入した技術をどのように改良して我が国の条件・環境に適合させていったかを記録する意義が大きいものの、自溶性焼結鋳の導入・開発にあっては、当時直接携わった先人達は既にリタイアされており、関係資料も散逸しつつある。ここでは先人達が活躍されてから10余年を経て、一企業における焼結鋳の製造と技術開発を引き継いだ一人としての筆者の立場から、住友金属における自溶性焼結鋳製造技術の検討を中心に、私見も交えて、現代に至る我が国高炉技術を支える基幹技術となった自溶性焼結鋳の実用化の経緯を振り返ってみたい。

## 2 「自溶性焼結鋳」とは

文献などでは、人為的に石灰分を配合しない、いわゆる(酸性の)焼結鋳に対して、石灰分を配合した焼結鋳を「石灰焼結鋳」とか「自溶性焼結鋳」と称しており、両者を意識して区別する場合と、同じ意味で用いている場合の2通りが見られる。

区別して使う場合は、概ね、塩基度( $\text{CaO}/\text{SiO}_2$ )で1程度を境界として、以下を石灰焼結鋳、1以上を自溶性焼結鋳と称するが多い。その原理は、石灰分の配合率を上げていくと難還元性の鋳物相ファイヤライト( $\text{Fayalite}$ ,  $2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$ )が減少・消滅し、被還元性の優れた人工鋳物カルシウムフェライト( $\text{Calcium Ferrite}$ ,  $m\text{CaO} \cdot n\text{Fe}_2\text{O}_3$ )が生成・増加する変化の境界が、塩基度1付近となるためである。

しかし、「自溶性」という用語に拘ると、高炉から排出されるスラグの塩基度制約を1.2とすれば、自溶性(石灰)焼結鋳を100%装入する場合、焼結鋳の塩基度は原理的に1.2(厳密には、スラグにコークス灰分や鋳石脈石等からの $\text{SiO}_2$ が加わるので、もう少し高い塩基度が必要)となる。従って、「自溶性」の意味を「高炉で必要とする媒溶材の石灰石を全て焼結鋳から供給すること」と定義すれば、塩基度1.2以上の焼結鋳を「自溶性焼結鋳」と称するのがより適切かと思われる。昭和29年10月、中山製鋼所が我が国初の石灰焼結鋳の高炉装入を実施した時は「自媒溶焼結鋳」と名付けていたが、本来の意味からはこの名称が「自溶性焼結鋳」よりも明確と思われる。さらに、高炉への焼結鋳装入比率が100%以下であれば、より「高塩基度焼結鋳」の製造が可能となる。

## 3 自溶性焼結鋳製造の概史

自溶性(石灰)焼結鋳製造の歴史は、既に多くの優れた成

書があり、詳細に記述されているので、本稿では簡単に振り返ってみたい<sup>2-4)</sup>。

これらを参照すると、スウェーデンは、世界で最も早くから焼結鉍の利用の進んだ国の一つであって、1935年頃にはすでに焼結鉍の高炉での配合率は80%を越え、積極的に利用されていた。1942年には石灰石添加が開始され、1944年からいわゆる自溶性焼結鉍の製造が始められている。1946年には、Tigerschioldが自溶性焼結鉍の高炉への使用により、50kg/ptのコークス比低減効果を報告し、焼結鉍装入の有利性が認識されていた<sup>5)</sup>。

我が国には戦後になってスウェーデンの事情が知られるようになり、学界側から鉄鉍石焼結に関する文献調査や研究結果が報告されている<sup>6)</sup>。これらに刺激を受けた形で、この後、鉄鋼各社で石灰添加焼結鉍の製造試験が盛んになった。

日本初の実機高炉による自溶性焼結鉍使用試験は、1954年(昭和29)中山製鋼所が先鞭を付け<sup>7)</sup>、1958年(昭和33)には住友金属小倉<sup>8)</sup>、八幡製鉄洞岡で相次いで自溶性焼結鉍の高炉100%装入試験が行われ<sup>9)</sup>、高炉操業成績に画期的な改善効果をもたらした。この年末には、日本鉄鋼協会製鉄部会の共通議題<sup>10)</sup>として、自溶性焼結鉍の製造と使用について議論され、各社での試験結果が良好なことから実用化の機運が高まり、その後の短期間に、自溶性焼結鉍は我が国の高炉装入主要原料としての評価が定着した。

## 4 戦後の焼結原料事情変化

日本鉄鋼協会・特別報告書No.24「わが国における製鉄技術の進歩」によれば、戦前の大正15年、鞍山製鉄所で低品位赤鉄鉍の還元磁選精鉍の焼結に際し、品質改善のために風化石灰(消石灰)を配合したことがあるが、自溶化までは至っていない<sup>2)</sup>。

戦後は、昭和27年に日本鋼管・川崎でトーマス銑用焼結鉍として成分的には自溶性焼結鉍を生産していたが、当時は一般的に、硫酸滓、国内褐鉄鉍の配合が多くて焼結性状が悪く、石灰石配合効果は不十分で、実用化まで至らなかった<sup>11)</sup>。その後、鉄鉍石事前処理の強化による篩下粉や、焼結性のよい輸入粉鉍の配合増加を背景に、鉄鋼各社で石灰配合試験が行われ、自溶性焼結鉍実用化の機運が高まっていった。

稲角忠弘氏の著書「焼結鉍」によれば、戦後の焼結原料事情の推移は次のように述べられている<sup>4)</sup>。『1950年代前半には、目的意識に強弱の差はあれ、被還元性改善技術のひとつとして「自溶性焼結鉍の研究」が進められつつあった。しかし、一部成功例はあるものの石灰石添加効果についての当時の最大公約数的結論は「焼結時間は短縮し、被還元性が改善するが、強度が低下し、脱硫率が悪化することが懸念される」

であった。また、「スウェーデンはマグネタイト精鉍を原料としているからうまく焼結できるのであり、硫酸滓や貧鉍などを使う日本の原料では難しい」という受け止め方が一般的であった。

時あたかも、東南アジアからインド、豪州へと、ヘマタイト系鉍石の比率が増す方向にあり、従来の試験結果と文献からすると、自溶性焼結鉍の実用化は難題への挑戦であると、大きな覚悟を研究者や技術者に与えていたと推察される。』

このように戦後まもなくの鉄鋼業復興期にあつては、硫酸滓や国内貧鉍など粉鉍の処理という消極的立場において出発した焼結鉍は、わが国の原料事情に適応化された自溶性焼結鉍の開発によって、高炉適正原料としてむしろ積極的な意味において、その価値と有利性が認められるようになっていく。自溶性焼結鉍の導入・開発に際して、我が国の原料事情が次第に好転していく時期に当たったことは、我が国自前の製鉄原料として唯一石灰石資源が豊富にあったことと相まって、幸運であったとも言えるし、だからこそ自溶性焼結鉍の導入・開発の必然性があったのかも知れない。

## 5 住友金属における自溶性焼結鉍開発経緯

住友金属小倉製鉄所での自溶性焼結鉍開発へ至る一連の経緯は、1954年(昭和29)鍋試験による石灰石5%添加試験から開始されたが、以下では、実機での試験結果を中心に簡単にその経緯を振り返ってみたい<sup>12)</sup>。

### 5.1 5%石灰石添加操業試験(昭和30年5~7月)

この結果は、『石灰石5%添加により、生産能率、脱硫率の向上が認められた。一方で、コークス使用量は増加し、成品強度は低下するもののその差は非常に少なく、石灰石5%添加は操業に支障なし』と報告されている。試験における原料配合、生産能率、成品性状を表1に示した。

主要配合原料は、硫粉(硫酸滓)、砂鉄、スケールであり、配合原料粒度の記録はないが、現代の配合原料と比べてかな

表1 石灰5%添加試験(S30/5~7)

1)原料配合割合							
	硫粉	ラップ	スケール	砂鉄	染料滓	石灰	内地鉍
石灰5%	43.5	3.7	19.9	25.8	0.6	5	1.5
石灰なし	48	5.9	16.1	25.6	1.6	0	2.8

2)生産能率			
	T/H	ハレット速度(mm/min)	強度(%)
石灰5%	16.713	878	55.3
石灰なし	16.487	815	57.3

3)成品品位					
	T.Fe	FeO	CaO	SiO <sub>2</sub>	S
石灰5%	59.55	16.11	4.14	-	0.027
石灰なし	60.56	16.38	-	-	0.028

※表中及びキャプションではまぎれのない限り、石灰石を石灰とも表記する。

り細かいと思われる。また、スケールの高配合により、FeOはかなり高いレベルにある。生産能率(T/H)とパレット速度は、石灰分の配合効果により若干向上しているが、成品強度は低下した。石灰を配合するとSの一部が焼結鉱中の石灰分で固定されるため脱硫酸率は低下するのが通常であるが、この結果では上昇となっている。

上記結果に基づいて、その後、昭和30年10月より昭和32年9月まで5%石灰石添加操業が継続された。

### 5.2 15%石灰石添加操業試験(昭和32年4月)

『これまでの結果により石灰添加焼結鉱の優位性が実証されたので、本格的量産方針が決定され、石灰石15%配合の自溶性焼結鉱製造のために、焼結工場の改造と原料手配の準備がなされた。これと同時に残された種々の問題点の解明のために追試が実施された。』

この操業比較結果では、石灰石の使用量の増加の他に、微粉原料やスケールの減少など使用原料条件が好転しているため、これまでの生産能率の向上以外に、コークス使用量の減少、成品強度の向上など良いことづくめの結果が得られている。原料配合と操業結果を表2に示す。

#### 5.2.1 結晶質石灰石使用鍋試験

『結晶質石灰石と非晶質石灰石とを使用した比較焼結試験では、両者の結果に殆ど差はなかった。』比較焼結試験結果を表3に示す。

両石灰石の化学成分に大きな差はなく、結晶質の石灰石の粒度が細粒傾向との備考がありやや焼結時間が延長化してい

表2 石灰15%添加試験(S32/4)

1)原料配合割合								
	硫酸滓	マテイ	ハンケ-ハ-	Mn鉱石	スケール	砂鉄	石灰石	染料滓
石灰5%	31.3	9.8	-	-	27.6	23.7	5.5	2.1
石灰15%	24.9	-	32.9	3.2	18.5	9.3	11.2	-
2)生産能率								
	T/H	パレット速度(mm/min)	強度(%)	コークス原単位(kg/t)				
石灰5%	23.107	881	61.4	63.0				
石灰15%	25.376	916	64.6	60.2				
3)成品品位								
	T,Fe	FeO	CaO	SiO <sub>2</sub>	S	CaO/SiO <sub>2</sub>	脱硫酸率(%)	
石灰5%	60.42	19.71	4.69	7.28	0.033	0.64	89.5	
石灰15%	61.87	13.02	9.10	6.89	0.047	1.32	84.8	

表3 結晶質石灰石使用鍋試験(S32/4)

1)石灰石の分析値						
	CaO	CaCO <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub> +R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	MgCO <sub>3</sub>	粒度傾向
結晶質石灰	54.83	97.91	1.20	0.42	0.88	細粒
非晶質石灰	54.21	96.80	1.44	0.84	1.76	通常
2)原料配合割合						
	硫酸滓	スケール	砂鉄	石灰石	ラップ	Mn鉱石
結晶質石灰	24	18	12	18	28	-
非晶質石灰	23	17	12	17	28	3
3)焼結試験結果						
	焼結時間(min)	歩留(%)	強度(+10mm%)			
結晶質石灰	27.2		91.3			
非晶質石灰	26.0		91.7			

るが、大きな差とは言い難い。石灰石は1073~1173℃熱分解したCaOが1473℃以上の温度で酸化鉄と焼結反応を起こすが、焼結鉱の性状にとっては原料石灰石の結晶度よりも、鉱物化学反応の反応サイトと表面積の大きさに直接に関与する粒度の方がより影響が大きいと考えられる。焼結反応によって、石灰石の粒度が重要な因子であることは、焼結反応以前の配合原料の混合、造粒過程で、石灰石の粒子と主原料鉄鉱石粒子との接触条件が大きな影響を及ぼすことで理解される。

#### 5.2.2 粗粒石灰石使用試験

『自溶性焼結鉱の製造において、微粉石灰石を多量に配合すると配合原料全体としても粒度が細くなり生産性は阻害される。この対策として、3~1mm粒度比率の高い粗粒石灰石の使用の可否を試験鍋と7日間の実機操業で検討した。操業結果を表4に示し、以下の知見と方針が得られた。』

- 1)粗粒石灰の使用により、パレット1枚当たり生産量及び1時間当たり生産量はともにやや増加傾向を示し、成品品質、落下強度には大差なかった。
- 2)このことから、他の原料がおおむね粒度が細かい場合は、むしろ1~3mm粒度比率の多い石灰石が好ましい。但し、3mm以上は焼結中ほとんど反応せず成品中にそのまま残る可能性があるのを避けるべきである。
- 3)石灰石粒度管理基準として、購買面の事情も考慮して、+4mm0%、4~1mm60%、-1mm40%と規定した。なお、他の原料粒度が荒くなり改善されてくれば、それに従って+3mm0%とし、石灰石の粒度も-1mm粒度比率を多くして行く必要がある。』

この知見と方針に見られるように、「石灰石の適正粒度」というものは、あくまでも他の原料との相対的なものであって、この表現それ自体に普遍的意味は少ない。この試験ではかなり石灰石粒度を変更しているが、成品性状には差が見られない。石灰石の粗粒化に伴って配合原料粒度全体に粗めとなって原料ベッドの通気性が上がったためか、生産性が向上

表4 粗粒石灰石使用試験(S32/4)

1)石灰石粒度構成							
	5~3mm	3~1mm	-1mm	備考			
微粉石灰	10.7	33.6	55.7	従来使用			
粗粒石灰	7.1	75.0	17.9	今回試験			
2)原料配合割合							
	硫粉	K粉	外地鉱	スケール	砂鉄	石灰石	ガス灰
微粉石灰	25.0	8.7	23.0	15.7	9.9	13.4	4.3
粗粒石灰	25.4	10.1	22.3	11.1	10.6	14.3	6.2
3)原料配合粒度構成							
	+10mm	10~5	5~3	3~1	-1mm	+3mm	
微粉石灰	6.1	21.1	11.6	20.4	40.8	38.8	
粗粒石灰	6.7	21.0	12.8	23.8	35.7	40.5	
4)生産性及び成品品質							
	T/H	T/Hレット	パレット速度(mm/min)	FeO(%)	落下強度	返鉱(%)	
微粉石灰	40.481	0.327	20.61	11.38	61.8	42.3	
粗粒石灰	43.499	0.357	20.33	11.02	61.5	37.2	

し返鈹率が低下しているところから、落下強度への影響は本来の品質改善効果が生産速度の上昇で相殺されたようにも思われる。

「石灰石の適正粒度」の検証に際して、科学的には、酸化鉄と石灰石との間で個々の粒度範囲別の反応性と造粒粒子構造を調査した上で、それぞれの量的関係を制御する必要がある。さらには、實際上、反応熱を供給する燃料粉コークス量とその粒度構成や石灰石の経済的破砕度などが関与することになる。

### 5.2.3 ヘマタイト系外地粉鈹の使用試験（昭和33年12月）

『最近高炉に使用するヘマタイト系外地鈹石は整粒のため相当量の篩下粉が発生し、これを焼結するため外地粉鈹の焼結配合量は40～45%と大幅に増えてきた。そこでこれらの各銘柄別及び配合量の焼結生産性、成品品質に及ぼす影響を検討するため、試験鍋と実機操業で試験を行った。この試験でのヘマタイト系粉鈹とは、高炉装入鈹石を15mm篩で篩って銘柄別に山積みしたものをクレーンでおおよそ配合比に応じて掴み、ベルトコンベアに載せて焼結工場のホッパーに入れた混合粉を指す。ヘマタイト系銘柄は、WOズングン、ゴア(L)、インドである。試験の結果を表5に示す。

- 1) ヘマタイト系混合粉鈹を20%以上配合すれば、生産性は約1T/Hの向上となる。
- 2) これによりコークス配合は、マグネタイト系の普通配合よりコークスを多く必要とする。特に、粉鈹中に粗粒が多い場合は相当にコークスを消費する。
- 3) ヘマタイト系粉鈹中の粗粒は焼結されずに原形のまま成品に残留するので、10mm以上の粒子は極力避けるべきである。また(粗粒が多いと)原料の混合も不十分で成品塩基度のバラツキが大きくなる傾向にある。
- 4) 成品強度には大差はないが、返鈹率が増加した。』

表5 ヘマタイト系外地粉鈹使用試験 (S33/12～S34/1)

1)原料配合割合

	硫粉	F硫粉	Fラップ	Pラップ	Fズングン	ワズングン	Wズングン
Hema系	28.7	11.3	14.4	0	0.1	4.4	4.7
通常	28.9	10.3	9.4	6	11.6	0	0
	コアL	インド	スケール	砂鉄	鉄鈹粉	石灰石	ガス灰
Hema系	2.4	3.8	8.9	6.2	0.7	13.2	1.2
通常	0	0.3	10.3	6.7	0.7	13.1	2.7

2)配合原料粒度

	配合原料粒度				
	+10mm	10/5	5/3	3/1	-1mm
Hema系	5.9	20.0	12.0	20.7	41.4
通常	5.4	18.5	11.9	21.9	42.3

3)生産

	P速度 mm/分	T/H	返鈹 %	C原単位 kg/T
Hema系	2.06	44.2	37.2	70.1
通常	1.98	43.6	35.8	66.7

4)成品品質

	落下 強度	成品化学分析						脱硫 率
		T.Fe	FeO	CaO	SiO <sub>2</sub>	S	C/S	
Hema系	65.4	56.9	11.9	9.23	7.54	0.05	1.22	92.4
通常	65.2	56.6	11.8	8.85	7.50	0.06	1.18	91.4

備考:実際の比較試験は2回実施されているが、原料配合構成等操業条件に大差はなく、ここでは2回の平均値を対比して示した。

この試験結果は、ヘマタイト系鈹石を使って焼結する場合でも、鈹石の粒度管理を強化し燃料粉コークスの添加量を適切に調整すれば、大きな問題なく自溶性焼結鈹が製造できることを示した。ヘマタイトやマグネタイトの鈹石系統の差、さらには同系統の鈹石でも産地・産状によって焼結性に影響を及ぼす鈹石の銘柄特性というものがあるが、配合原料中の石灰石添加量を増加させていくにつれて鈹石の銘柄特性は希釈され、人工鈹物であるカルシウムフェライトの特性が強く現れてくる。このことは、自溶性焼結鈹が被還元性に優れているというカルシウムフェライトに起因する性質の他にも、焼結鈹の性状を安定化させ、ひいては高炉装入物の性状も均質化させる作用を有し、高炉操業の安定化にも寄与していると考えられる。

### 5.3 自溶性焼結鈹製造試験の総合評価

『5.2の焼結操業試験の結果から、以下の知見を集約した。

- 1) 石灰石の結晶性(結晶質、非晶質)について、焼結操業、焼結性、品質に影響は少ない。
- 2) 石灰石の粒度について、粗粒石灰石は微粉石灰石に比べて焼結性は優れていたが、石灰石の反応性を考慮すれば微粉石灰石が有利であり、従って最適な粒度範囲がある。その範囲は、将来原料粒度が改善されてくれば、+3mm=0、1～3mm=50～60%、-1mm=40～50%に規定するのが適当である。
- 3) 自溶性焼結鈹の製造に際し、コークス、石灰石の最適配合量を求めかつその粒度と添加量の管理を適正化すれば、脱硫率が少し低下するが被還元性が向上し、強度面、操業面で安定して生産が可能である。
- 4) 原料にヘマタイト系外地粉鈹を配合する場合、+10mmの粗粒は焼結反応に寄与せず配合量が多くなるとコークスを多く必要とする。従って、かかる粉鈹は少なくとも10mmで篩った上に銘柄間成分のバラツキを防止するため混合を十分にすることが必要である。

上記の一連の試験以降も引き続き自溶性焼結鈹を製造し、石灰石は12～15%使用されているが、硫酸滓の使用量は焼結鈹生産量の増加による原料不足により逐次減少し、外地鈹の使用量が増加してきた。また、作業能率(T/H, T/D)は外地鈹の使用増とともに配合の均一化、水分、装入法、コークス粒度等の管理強化、焼結防塵ダストのペレット化使用及び漏風の防止等による不断の操業管理の強化により月ごとに上昇した。なお、コークス使用量は使用原料の銘柄及び量の変化に従って大きく変化している。表6及び図1には、昭和33年以降の1年間にわたる自溶性焼結鈹の製造実績を示す。なお、この間、昭和33年5月には小倉第1高炉(内容積543m<sup>3</sup>、公称能力450t/d)で、当時世界最低のコークス比

548 kg / pt を達成した。』

自溶性焼結鉱の導入・開発当時の技術評価方法としては、今日から見るとまだ十分に定量的な取り扱いができなかったことはやむを得ない。鉄鋼各社で総合的な技術研究所を組織するのも昭和35年以降のことである。従って、当時の実験方法としては、焼結鍋試験法により影響要因の水準を適宜変更することで、試験結果を解析・評価する手法が中心であった。

本報冒頭で述べたように、自溶性焼結鉱における石灰石粒度の最適化に関しても、鍋試験段階では、いかようにでも粒度分布を調整することは可能であるが、引き続き実機テストでの操業試験を考えれば現実的な選択肢はごく限られてくる。また、石灰石に関わる要因の変更のみならず、当時は主要鉄鉱石原料事情そのものが大きく変化しつつある時期であり、このあたりが現実の原料受給の中で、かつバルク状の天然原料を扱う難しさである。

本報に記した石灰石に関わる当時の実機試験条件では、変更した実験水準として、石灰石添加量、石灰石結晶度（より正確には石灰石銘柄）、石灰石粒度（より正確には山元での石灰石破砕度）であった。結局のところ、実験結果からの当時の解析・評価では、様々な影響要因を考慮しつつも定量的

な評価の域を出ていないが、石灰石の添加量を増やす方向が焼結鉱の被還元性を向上させ高炉操業成績の改善につながるという確とした信念をもって内外の情報と試験結果を背景に、100%装入に踏み切ることができたと言えるのではないだろうか。

## 6 自溶性焼結鉱の製造・高炉使用と学術報告

先にも触れたように、昭和29年10月、中山製鋼所で我が国初の自溶性焼結鉱の製造・使用試験が行われた。試験は比較的短期のものでかつ自溶性焼結鉱の高炉使用比率も十分に高いとは言い難いが、それでもコークス比50 kg / ptの低下を確認している。中山製鋼所では、グリナワルト (GW) 式という小型の焼結設備を有する工場として、試験の長期継続には困難があったように推察される。

小倉製鉄所での自溶性焼結鉱製造・使用試験とちょうど同じ時期、昭和33年6月より八幡製鉄洞岡でも同様の試験が開始され、同年11月から翌年2月までの4ヶ月間自溶性焼結鉱100%使用の高炉操業により、コークス比525 kg / ptと相次いで世界記録を更新している。中山製鋼所、住金小倉、八幡洞岡、3所での自溶性焼結鉱の高炉使用試験結果をまとめて表7に示す。

戦後の復興期、昭和21年から30年代末にかけて、自溶性焼結鉱の製造・使用技術は我が国のニーズと環境条件に適合して次第に発展してきた。この間の「鉄と鋼」への学術論文投稿と講演発表件数の推移を図2に示したが、これを眺めてみても昭和30年代は、我が国の焼結鉱製造技術の第1次隆盛期に当たっていると言えよう。

原料配合・性状

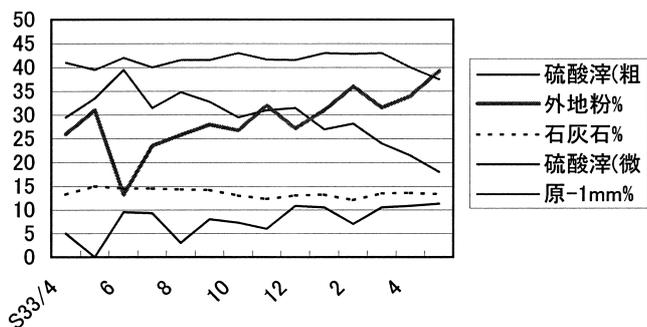


図1 自溶性焼結鉱製造時の原料配合・性状

表6 自溶性焼結鉱の製造実績 (S33 / 4 ~ S34 / 5)

1)原料		S33/4	5	6	7	8	9	10	11	12	S34/1	2	3	4	5
		硫酸滓(粗)	29.5	33.5	39.5	31.5	34.8	32.8	29.5	31	31.5	27	28.2	24	21.5
外地粉%	26	31	13.2	23.5	25.8	28	26.8	32	27.2	31	36	31.6	34	39.3	
石灰石%	13.2	15	14.5	14.5	14.3	14.2	13	12.3	13	13.2	12	13.5	13.6	13.3	
硫酸滓(微)	5	0	9.5	9.3	3	8	7.3	6	10.8	10.5	7	10.5	10.8	11.3	
原-1mm%	41	39.5	42	40	41.5	41.5	43	41.6	41.5	43	42.8	43	40	37.5	
2)能率品質		S33/4	5	6	7	8	9	10	11	12	S34/1	2	3	4	5
	T/H	43	43.4	38.4	39.3	39.6	40.9	43	44.5	43.1	44.8	46.2	45.6	48	49.9
	コークス(kg/t)	60	66.9	65.1	60.8	62.4	62.5	58.3	66.5	73	66.4				
	強度	62	62.5	63	62	60	66	66.5	67	65.5	66	67	68	68.5	68
	成-10mm%	14.8	14.9	16.5	15.5	16	15.8	15	14.5	14.8	13.5	14	14.5	14.8	12.3
3)成分		S33/4	5	6	7	8	9	10	11	12	S34/1	2	3	4	5
	T/Fe	56.1	56.1	55.8	55.7	55.8	55.7	56	56.7	56.6	57.1	57	56.3	56.8	57
	FeO	11	10.6	11.1	11.1	11.5	12.5	12.3	11.3	11.2	12.1	12.1	11.6	11	10.8
	S	0.62	0.63	0.73	0.8	0.8	0.8	0.82	0.48	0.52	0.59	0.55	0.67	0.67	0.71
	C/S	1.5	1.3	1.35	1.4	1.4	1.32	1.33	1.2	1.22	1.23	1.28	1.3	1.37	1.36

表7 三社の自溶性焼結鉱高炉使用試験結果

会社名	高炉名	内容積 m <sup>3</sup>	試験年月	試験期間	焼結鉱 装入率%	自溶性 焼結鉱割合%	焼結鉱 塩基度	出鉄量 T/D	コース比 kg/pt	備考
中山製鋼	船町2BF	(450t/d)	S29/10	2日	45.7~47.3	44.2~66.7	0.67	529	686	学振54委 -329
住友金属	小倉1BF	543	S33/5	1ヶ月	100	100	1.23	555	548	鉄と鋼、45 -491
八幡製鉄	洞岡2BF	884	S33/11~ S34/2	4ヶ月	100	100	石灰石 配合10%	1,200	525	鉄と鋼、45 -189

生産能率・品質

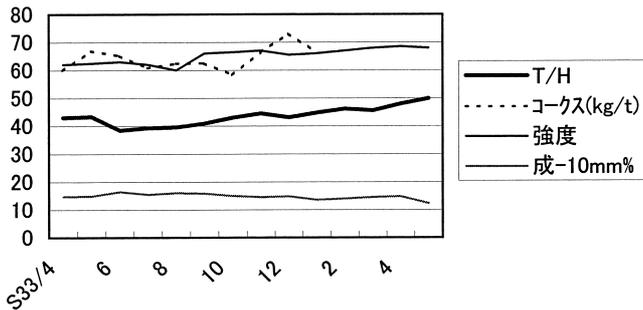


図2 自溶性焼結鉱製造時の生産能率・品質

「鉄と鋼」焼結関係発表件数

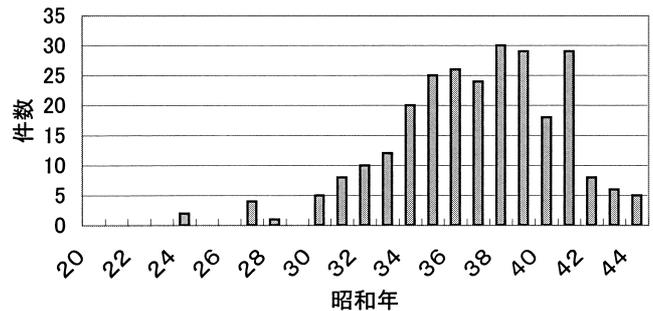


図3 「鉄と鋼」における戦後の焼結関係発表数推移 (論文十講演)

## 7 おわりに

これまでに我が国の戦後の自溶性焼結鉱製造技術の流れを概観してきた。

昭和30年代前半には、高炉で必要とする石灰石を焼結鉱へ添加する技術は、この時期増加しつつあったヘマタイト系鉄鉱石主体の配合原料に対して、石灰石添加それ自体はオリジナルではないものの、我が国独自の検討と改良を積み重ねて、ヘマタイト系原料にも対応できる自溶性焼結鉱製造技術を開発・確立し、現在に至るまで高炉主要原料として、我が国の製鉄技術を支える基盤技術の一つとなっている。

自溶性焼結鉱製造技術は、戦後まもなくの復興期に米国ミネソタ大学・ジョセフ教授らの貴重な助告を生かしつつ、我が国の製鉄技術者・研究者が一丸となって確立したものであると評価できよう。当時の製鉄技術者・研究者間の友好的かつ競争的雰囲気と産学協同の果実は見事に結実し、この雰囲気は現在でも脈々と受け継がれている。

特に、国際競争力の強化が叫ばれ、産学協同の成果が求められている現在、今後ますます相互理解を深め、技術の一層の発展を期待したいものである。

最後に、本報執筆時の平成14年は、河西健一が他界してから10年目にあっており、氏のご冥福をお祈りして結びとしたい。

## 参考文献

- 1) 河西健一：第8回西山記念技術講座，日本鉄鋼協会編，(1970)
- 2) 特別報告書24 わが国における製鉄技術の進歩，日本鉄鋼協会，(1977)，42.
- 3) 特別報告書37 原燃料から見たわが国製鉄技術の歴史，日本鉄鋼協会，(1984)，214.
- 4) 稲角忠弘：焼結鉱，日本鉄鋼協会，(2000)，120.
- 5) M.Tigershiold：JISI，153 (1946)，151.
- 6) 的場幸雄，三本木貞治，高橋愛和：日本学術振興会第54委員会資料，54委-265，(1952)
- 7) 日本学術振興会第54委員会資料，54委-329，(株)中山製鋼所，(1954)
- 8) 河西健一，実松竹二：鉄と鋼，45 (1960)，491.
- 9) 辻畑敬治，井上誠，中村直人，吉永博一，安田弘路：鉄と鋼，45 (1959)，189.
- 10) 第11回製鉄部会共通議題資料，日本鉄鋼協会製鉄部会，(1958)
- 11) 戦後復興期におけるわが国鉄鋼技術の発展，戦後技術史調査小委員会，日本鉄鋼協会，(1992)，247.
- 12) 自溶性焼結鉱の研究と使用，小倉製鉄所，(1960)

(2002年7月18日受付)