

新版鉄鋼技術講座

第1卷

製 銑 製 鋼 法

日本鉄鋼協会編

日本鉄鋼協会編

新版鉄鋼技術講座

第1巻 製鉄製鋼法

第2巻 鋼材製造法

第3巻 鋼材の性質と試験

第4巻 鋼材加工法

第5巻 鋼铸件・鉄铸件

第1巻 製鉄製鋼法

昭和51年9月30日 初版第1刷発行

昭和53年4月1日 初版第2刷発行

申合せにより検印省略

編集者 社団法人 日本鉄鋼協会

発行者 株式会社 地人書館

代表者 中田 威夫

発行所

株式会社 **地人書館**

〒112 東京都文京区後楽1-1-10

TEL 03 (815) 4422

振替口座 東京6-1532

(印刷：秀峰美術社，製本：イマキ製本所)

新版鉄鋼技術講座

第1巻 製鉄製鋼法 目次

第I篇 製 鉄 法

1. 高 炉 製 鉄 法

新日本製鉄株式会社 中 村 直 人

1.1 概 要		
1.1.1 人工材料と鉄鋼	1	(A) 資 源 17
(A) 人工材料における鉄鋼の地位	1	(B) 立 地 19
(B) 金属材料中の鉄鋼	1	(C) 労 働 力 20
1.1.2 鉄鋼の歴史と鉄鋼一貫工程	3	(D) 関連産業 21
(A) 鉄鋼の歴史	3	(E) 世界におけるわが国製鉄部門の地位 22
(B) 鉄鋼一貫工程	5	
1.1.3 鉄鋼一貫工程の中での製鉄工程	11	1.1.5 高炉製鉄法の技術的特徴 23
(A) 製鉄工程の設備と物の流れ	11	(A) 高炉法の特徴 23
(B) 製鉄工程の技術的意義	14	(B) 科学的アプローチ 23
1.1.4 今日の製鉄工程発展の諸条件	17	(C) 今後の方向 24
1.2 高炉炉内反応		
1.2.1 高炉炉内状況	24	(D) 炉内縦方向の分布 36
(A) 概 要	24	(E) 高炉の生産能力 36
(B) 高炉内各領域の機能	25	1.2.3 固体とガスの変化 37
(C) 高炉内各領域の状況	26	(A) 固体の変化 37
1.2.2 高炉内各領域での現象	26	(B) 溶融物の性状 38
(A) 向 流	26	(C) ガスの変化 38
(B) 熱 交 換	31	(D) 特殊元素の挙動 39
(C) 反 応	33	1.2.4 物質バランス・熱バランス 40

2 目 次

(A) 全体のバランス	40	1.2.5 炉内反応と高炉操業	47
(B) 部分熱バランス	43	(A) 原・燃料条件	47
(C) Rist の操作線図	45	(B) 設備条件	48
(D) 高炉の数学的モデル	45	(C) 操炉条件	48
1.3 原 料			
1.3.1 鉄 鉱 石	48	(E) マンガン鉱石	59
(A) 鉄鉱石の種類と賦存状況	48	1.3.3 ベレット	59
(B) 山元での選鉱処理	53	(A) ベレット法の発達	59
(C) 鉄鉱石の輸送	54	(B) ベレット製造法	61
(D) 鉄鉱石の処理法	55	1.3.4 焼 結 鉱	63
1.3.2 副 原 料	58	(A) 焼結鉱の特長	63
(A) 石 灰 石	58	(B) 焼結機構	64
(B) カンラン岩および蛇紋岩	58	(C) 焼結設備	67
(C) ドロマイト	59	(D) 焼結操業	71
(D) 珪 石	59		
1.4 コ ー ク ス			
1.4.1 原 料 炭	75	(B) 石炭事前処理設備	83
(A) 石炭の生成	75	(C) コークス炉	84
(B) 石炭の成分	75	1.4.4 コークス操業	86
(C) 原料炭の性質	76	(A) 事前処理作業	86
(D) 原料炭の配合	78	(B) コークス炉作業	87
(E) 原料炭の乾留機構	80	(C) コークス処理作業	88
1.4.2 高炉用コークス	81	(D) 副産物回収作業	88
(A) 高炉用コークスの性状	81	1.4.5 新技術開発の動向	88
(B) 灰分, 硫黄	81	(A) 原料炭炭資源問題に関するプロセス開発技術	88
(C) 粒 度	82	(B) 生産性, 省エネルギー, 省力化に関する技術開発	90
(D) 強 度	82		
1.4.3 コークス製造設備	83		
(A) コークス製造工程	83		
1.5 高 炉 設 備			
1.5.1 概 要	91	(A) 高炉設備の構成	91

(B) レイアウト	91	(H) 高炉計装設備	102
1.5.2 高炉本体設備	91	1.5.3 付帯設備	103
(A) 概 要	91	(A) 秤量捲揚設備	103
(B) プロフィール	93	(B) 送 風 機	104
(C) 高炉用耐火物	94	(C) 熱 風 炉	104
(D) 送風羽口	96	(D) ガス清浄設備	106
(E) 炉体冷却装置	97	(E) 炉頂ガス圧制御装置	107
(F) 炉頂装入装置	99	(F) 環境集塵設備	107
(G) 铸床設備	99		
1.6 高 炉 操 業			
1.6.1 概 要	108	(B) 送風技術	114
1.6.2 原燃料の装入	108	1.6.5 炉頂ガス制御	118
(A) 原燃料の性状	108	1.6.6 休 風	120
(B) 配合計算	110	1.6.7 操業異常と事故	120
(C) 装 入 法	110	(A) 向流の異常	120
(D) 炉内ガス流分布	112	(B) 熱および反応の異常	121
1.6.3 溶融物の抽出	113	(C) 設備事故	121
(A) 炉内の貯銑滓の管理	113	1.6.8 高炉技術の進歩と今後の方向	122
(B) 出銑出滓作業	113	(A) 高炉の省エネルギー	122
1.6.4 送 風	114	(B) 今後の技術的課題	122
(A) 生産量の管理	114		

2. 高炉によらない製鉄法

川崎製鉄株式会社 岡部俠児・浜田尚夫

2.1 概 要			
2.1.1 歴史的経過	124	(B) 製鉄のルート	125
2.1.2 製鉄法の分類	124	(C) 還元鉄の用途	125
(A) 分 類	124	2.1.3 現 状	125
2.2 還 元 の 基 礎			
2.2.1 還元反応	126	(A) 還元反応の基本式	126

4 目 次

(B) 反応機構	128	(C) 還元ガス流量と生産性	132
(C) 還元速度	129	(D) 多 段 化	133
2.2.2 還元操作	131	2.2.3 所要熱量	133
(A) 還元炉の形式	131	(A) 還元ガス製造	133
(B) 操 作 線	132	(B) 所要熱量	134
2.3 各 論			
2.3.1 レトルト法	136	(E) Purofer 法	141
(A) 特 徴	136	2.3.4 流動層法	142
(B) Høganäs 法	237	(A) 流動層の性質	142
(C) HyL 法	137	(B) 流動層還元プロセス	142
2.3.2. ロータリーキルン法	137	(C) H-Iron 法	142
(A) 特 徴	137	(D) HIB 法	143
(B) SL-RN 法	137	(E) FIOR 法	143
(C) ダストの処理	138	2.3.5 電気製鉄法	143
2.3.3 シャフト炉法	139	(A) 特 徴	143
(A) 特 徴	139	(B) 炉と操業	144
(B) Wiberg 法	139	(C) 現 状	144
(C) Midrex 法	140	2.3.6 原子力を利用した直接製鉄	145
(D) Armco 法	141		

第Ⅱ篇 フェロアロイ製造

日本鋼管株式会社 長 沢 四 郎

1.1 フェロアロイの種類, 規格および生産

1.1.1 種類, 規格	147	(A) 生産の状況	147
1.1.2 生 産	147	(B) 原料および電力	150

1.2 製 造 法

1.2.1 製造法の分類	151	1.2.3 テルミット法	152
1.2.2 電気炉法	151	1.2.4 高 炉 法	153

1.3 電気炉による製造設備

1.3.1 電気炉の種類	153	(C) 電極およびホルダー	155
1.3.2 設備概要	153	(D) 電極昇降調整および押下げ装置	157
(A) 炉定数	153	(E) 密閉炉とガス回路	157
(B) 炉用変圧機および2次導体	155	(F) 公害防止設備	158

1.4 製造の化学および製造工程

1.4.1 製造の化学	159	1.4.3 原料の事前処理	161
1.4.2 製造工程	160		

1.5 各種のフェロアロイ

1.5.1 マンガン系フェロアロイ	161	1.5.5 その他のフェロアロイおよび添加剤	170
(A) 高炭素フェロマンガンおよびスビーゲル	161	(A) フェロモリブデンおよびモリブデン添加剤	170
(B) シリコマンガン	163	(B) フェロバナジウムおよびフェロニオブ	170
(C) 中・低炭素フェロマンガン	163	(C) フェロタングステンおよびタングステン系添加剤	171
(D) 金属マンガン	164	(D) フェロチタンおよびフェロボロン	171
1.5.2 クロム系フェロアロイ	164	(E) フェロフォスフォル	171
(A) 高炭素フェロクロム	164	(F) ジルコン系アロイ	171
(B) シリコクロム	166	(G) カルシウムシリコンおよびアルカリ土類系製品	171
(C) 低炭素フェロクロム	167	(H) 窒素含有アロイ	171
(D) 金属クロム	168	(I) 発熱アロイ	172
1.5.3 シリコン系フェロアロイ	168	(J) ブリケットアロイ	172
(A) フェロシリコン	168		
(B) 金属シリコン	169		
1.5.4 ニッケル系フェロアロイ	169		
(A) 高炭素フェロニッケルおよび粗ニッケル	169		
(B) 低炭素フェロニッケル	170		

第Ⅲ篇 製 鋼 法

1. 製 鋼 法

1.1 純酸素上吹転炉法

日本鋼管株式会社 三 好 俊 吉

1.1.1 純酸素上吹転炉法の発展過程	173	(D) 溶銑の予備処理	189
(A) 純酸素上吹転炉法の発展	173	1.1.4 操 業	191
(B) 純酸素上吹転炉法の発展理由	175	(A) 純酸素上吹転炉の操業	191
1.1.2 設 備	176	(B) 炉内反応	197
(A) 概 要	176	(C) 純酸素上吹転炉の熱計算, 物質 精算	203
(B) レイアウト	177	1.1.5 特殊な上吹転炉法	205
(C) 原料設備	178	(A) LD-AC 法	205
(D) 転炉設備	181	(B) 純酸素上吹転炉における燃料の 添加操業	205
(F) 酸素製造設備	185	(C) 合金剤添加吹錬	209
(G) 転炉用耐火物	185	1.1.6 最近の転炉の技術展望	210
1.1.3 原料および溶銑の予備処理	186	(A) 転炉設備の大型化, 機械化	210
(A) 主 原 料	186	(B) 操業の自動化	213
(B) 副 原 料	188		
(C) 合金鉄, 脱酸剤	189		

1.2 電 炉 製 鋼 法

株式会社日本製鋼所 前 田 健 次

1.2.1 製鋼用電気炉の発達過程	215	(A) 概 要	226
(A) 概 要	215	(B) 炉 体	226
(B) 電気炉の種類と発達過程	215	(C) 炉用変圧機	228
1.2.2 原料と主要資材	218	(D) 電極ホルダーと昇降機構	229
(A) 主 原 料	218	(E) 材料装入方式	230
(B) 溶剤と加炭剤	220	(F) 集塵装置	230
(C) 電 極	221	(G) 将来の電気炉	231
(D) 耐火材料	222	1.2.4 操 業	232
1.2.3 設 備	226	(A) 概 要	232

(B) 補修作業	233	(A) 生産性の向上	244
(C) 原料装入作業	233	(B) 耐火物と電極への問題	244
(D) 溶解期作業	234	(C) 原料の問題	245
(E) 酸化精錬作業	235	(D) 補助燃料	245
(F) 除滓作業	237	(E) 炉外精錬	246
(G) 還元期作業	238	(F) 機械化と省力化	246
(H) 出鋼作業	243	(G) 環境の問題	246
(I) 総括	243	(H) コンピューターコントロール	246
1.2.5 最近の動向と将来の展望	244		

1.3 その他の製鋼法

日本鋼管株式会社 宮下 芳雄

1.3.1 概要	248	(A) ベッセマー法	255
1.3.2 平炉製鋼法	250	(B) トーマス法	256
(A) 酸性平炉法	252	1.3.4 カルド法, ローター法	257
(B) 塩基性平炉法	253	1.3.5 新底吹転炉法	259
1.3.3 底吹転炉法	254	1.3.6 連続製鋼法	261

2. 造塊法, 連鑄法

2.1 造塊法

新日本製鉄株式会社 古垣 一成

2.1.1 概要	262	2.1.4 鋼塊の性状と欠陥	266
2.1.2 造塊設備	263	(A) 鋼塊の特性	266
(A) 取鍋	263	(B) 鋼塊の欠陥	272
(B) 鑄型	264	2.1.5 最近の技術展望	274
(C) 鑄型準備	265	(A) 造塊作業の機械化, 省力化	274
2.1.3 注入作業	265	(B) 鋼塊の大型化	274
(A) 上注と下注	265	(C) 鋼塊品質の改善	274
(B) 注入温度と注入速度	265		

2.2 連続鑄造

新日本製鉄株式会社 大日方 達一

2.2.1 連続鑄造の発展過程	275	2.2.2 設備	280
-----------------	-----	----------	-----

8 目 次

(A) 取 鍋	281	(B) 多連鑄—連鑄能力	296
(B) タンディッシュ	281	2.2.4 品 質	298
(C) 鑄 型	283	(A) 連鑄適用鋼種	298
(D) スプレー	287	(B) 連鑄材の品質欠陥	300
(E) ロ ー ル	290	2.2.5 今後の方向	309
(F) 切 断 機	292	(A) 自動化, 省力化	309
(G) デミーパー	293	(B) 特殊連鑄法	312
2.2.3 操 業	295	(C) 将来への展望	313
(A) 鑄造温度	295		

3. 鋼の特殊処理法

大同製鋼株式会社 岸 田 寿 夫

3.1 炉外精錬法

3.1.1 概 要	314	(C) LF 法	328
(A) 炉外精錬法の種類	314	(D) MVOD 法	329
3.1.2 真空脱ガス法	316	(E) VOD 法	326
(A) RH 真空脱ガス法	317	(F) RH-OB 法	331
(B) DH 真空脱ガス法	320	(G) 取鍋精錬法の効果	332
(C) 取鍋脱ガス法	322	3.1.4 AOD 法	332
(D) 真空脱ガス処理による品質レベル	323	(A) AOD 法	333
3.1.3 取鍋精錬法	325	(B) CLU 法	334
(A) ASEA-SKF 法	326	(C) AOD 材の品質	335
(B) VAD 法	328	(D) AOD 法と VOD 法の比較	336
		3.1.5 む す び	337

3.2 特殊溶解法

3.2.1 概 要	338	(B) 設 備	340
(A) 特殊溶解法発展の背景	338	(C) 操 業 法	341
(B) 特殊溶解法の種類	339	(D) 品質的特徴と用途	342
(C) 特殊溶解炉の設置状況	339	3.2.3 真空アーク溶解法	343
(D) 各種特殊溶解炉の特徴と比較	340	(A) 概 要	343
3.2.2 真空誘導溶解法	340	(B) 設 備	344
(A) 概 要	340	(C) 操 業 法	345

(D) 品質的特徴と用途	346	(E) エレクトロスラグ溶解法の最近	
3.2.4 エレクトロスラグ溶解法	347	の進歩と今後の発展	350
(A) 概 要	347	3.2.5 その他の特殊溶解法	353
(B) 設 備	348	(A) プラズマアーク溶解法	353
(C) 操 業 法	349	(B) エレクトロンビーム溶解法	354
(D) 品質的特徴と用途	350	(C) その他の溶解法	355

第I編 製鉄法

1. 高炉製鉄法

1.1. 概 要

1.1.1. 人工材料と鉄鋼

(A) 人工材料における鉄鋼の地位

人工材料は、今日の文明社会の物質的構成に大きな役割を演じている。住居も、交通運輸機関も、被服も、はては食料、薬品にいたるまで。

しかし、材料別にみると、この十数年の間、鉄鋼の生産量は人工材料の中で常に首位をしめ、近年においては表1.1.1にみられるように、セメントの約1.5倍、木材の約4.5倍、銅の約120倍に達し、鉄鋼の重要性が一目瞭然となっている。

【表 1.1.1】 わが国における主要材料の生産量 (1974年)

材 料 トン数 (1,000 t)	鉄 鋼 117,131	銅 996	アルミニウム 1,642	セメント 73,112	板 ガラス 1,591
材 料 トン数 (1,000 t)	プラスチック 6,635	紙 15,646	織 維 2,005	製 材 25,618	合 計 244,376

(B) 金属材料中の鉄鋼

単体あるいは多少の合金元素を添加した形で、鉄がこれほどまでに多く生産される理由はどこにあるのだろうか。

表1.1.2に地殻に含まれている主要元素の存在比を示した。表から明らかなように、鉄は地殻に多量に含まれている元素であって、これは今日、鉄が多量に生産されていることの重要な根拠の一つであるといえる。

また、他の重要な理由の一つとして、優れた性質、材料としての特性があげられる。

黒っぽい色、他の金属に比べてケタはずれに強い引張強さとじん性をもつことが、その主たる特長である。さらに、炭素その他の合金元素を加えることによって、普通鋼材のほか今日では硬い鉄、さびない鉄も生産されている。

ピアノ線などの特殊処理をほどこした鋼は引張強さが 300 kg/mm^2 以上となり、また、大量の炭素を含む铸铁は、铸造性のよさとともに単位体積当たりでも最も安価な金属材料として使用されている。表1.1.3に各種人工材料の性質の比較を示す。

2 1. 高炉製鉄法

【表 1.1.2】 地殻を構成する各元素の割合¹⁾

元 素	記号	割合(%)	元 素	記号	割合(%)
酸素	O	46.6	マンガン	Mn	0.10
けい素	Si	27.7	バリウム	Ba	0.10
アルミニウム	Al	8.13	ふっ素	F	0.07
鉄	Fe	5.0	硫黄	S	0.052
カルシウム	Ca	3.63	ストロンチウム	Sr	0.045
ナトリウム	Na	2.83	炭素	C	0.032
カリウム	K	2.59	ジルコニウム	Zr	0.016
マグネシウム	Mg	2.09	塩素	Cl	0.015
チタン	Ti	0.44	バナジウム	V	0.012
りん	P	0.118	ルビジウム	Rb	0.012

鉄鋼のもう一つの特長は加工性のよいことである。鑄造、圧延、鍛造、熱間・冷間の曲げ、絞り加工などによって、針金、棒、板、型钢のような素材として、あるいは円筒、カ

【表 1.1.3】 各種材料の性質

		人 工 材 料								自然素材	
		金 属 材 料				非 金 属 材 料					
材 料		銅	鋳鉄	アルミ ニウム	青銅	金	プラス チック	ゴム	コン クリ ート	石	木材
備 考		普通鋼	ねず み鉄	純Al	—	純金	塩 化 ビニル	天然ゴム	普通セ メント	花こう 岩	あか まつ
引張強さ	kg/mm ²	30~80	10~35	7~13	22~32	13.3	1~6	1.5~3.5	0.1~0.2	0.1 ~0.2	9~20
圧縮強さ	kg/mm ²		40 ~120				6~8	7~11	1.5~2.5	1.7	3.5 ~5.5
曲げ強さ			30~68				8~11		0.2~0.8		
硬 さ (ブリネル)		85 ~200	130 ~240	17~27	57~73	25					
衝撃値(シャルピー)		2~15	0.1 ~1.1				0.03 ~0.08				
	kg・m/cm ²										
弾性係数	kg/mm ²	21 ×10 ³	6~15 ×10 ³	7×10 ³		8.2 ×10 ³	1.6×10 ³	0.2~0.4 ×10 ³	2×10 ³		
最高使用温度	℃	450		200	240		60~ 240※	90	250		250
融 点	℃	1400 ~1500	1145 ~1275	660	1020	1063			700		
比 重		7.8	6.8 ~7.5	2.7	8.8	19.3	1.3~1.4	0.9~1.2	2.3	2.7	0.4 ~0.6
方 向 性		無	無	無	無	無	無	無	無	有	有
展 延 性		有	無	有	無	有	有	無	無	無	無

※は FRP

1) 東京天文台編：理科年表1975年版（丸善）

ップ、またさらに特殊な形態に仕上げられ、きわめて広範囲に用いられている。

このような鉄鋼の加工素材が、今日の産業の各分野でどのように用いられているかの一例を表1.1.4に示した。

【表 1.1.4】 普通鋼出荷実績

		1973年	1974年
建 築 業		7,340	5,661
製 鉄 業	鉄 鋼	12,059	10,161
	金 属 製 品	4,499	3,694
	一 般 機 械	1,705	1,388
	電 気 機 械	1,524	1,171
	自 動 車	4,025	3,724
	船 舶	5,554	5,753
	そ の 他	1,615	1,452
小 計		30,981	27,343
運 輸 通 信 業		595	374
電 気・ガ ス・水 道		217	189
需給調査対象外の販売業		27,539	19,967
そ の 他		2,060	1,596
国 内 計		68,731	55,130
輸 出		22,827	29,849
合 計		91,558	84,979

1.1.2. 鉄鋼の歴史と鉄鋼一貫工程

(A) 鉄鋼の歴史

(a) 古 代 王朝以前の古代エジプト（紀元前3400年ころ）ではいん鉄がビーズとして装飾に用いられ、ツタンカーメンの時代（紀元前1500年ころ）になると鉄の工具が使用されたといわれる。ギリシャの詩人ホメロスのイリアスには、アキレスが賞品として鉄の塊を受けとったという記述があるが、このころ（紀元前700年ころ）には鉄製の工具もある程度用いられていたようである¹⁾。

青銅器時代が終ってから鉄が使われ始めたときめつけることは必ずしも正当でなく、鉄は相当古くから人類に知られ、用いられていたという説もある。

(b) 中世まで 製鉄業が産業として成立し、小規模ながら安定した生産を始めたのはギリシャ時代で、その後約2000年間にわたりその規模を徐々に拡大してきた。この間の製鉄は世界各地で行われていたようであるが、共通の特徴は鉄鉱石を還元し、溶解せずに製品に仕上げた点にあった²⁾。

鉄は“溶けない金属”であり、黒く硬くじん性のある材料であった。地中の穴に入れた木炭を燃やしながら還元鉄の小塊をつくり、これをたたいてつなぎ、不純物を押し出して製品としていた。

このころの鉄はもっぱら農具、工具、武器、建築物の小部品などに用いられていた。

(c) 近 世 15世紀の終りごろには、他産業の発達に支えられて製鉄業もさらに発展し、今日の製鉄法の重要設備である「高炉」に近いものが現われるようになった。

すなわち、たて型のほぼ円筒状の空間を石または耐火粘土で囲んだ炉がつくられた。炉の上部から木炭と少量の鉄鉱石を投げこみ、炉内を常にこれらの装入物で充填させたまま

1) J.R. Partington: A College Course of Inorganic Chemistry (1945) p. 594 (MacMillan & Co.)

2) 中沢護人: 鋼の時代, p. 22, 1964 (岩波書店)

4 1. 高炉製鉄法

下部から空気を吹き込み、その下から“溶けた鉄”をとり出す作業が行われるようになった。ふいごの進歩によって木炭の燃焼温度を高められるようになったことが、鉄の温度を高め、鉄中への炭素の溶解量を増し、溶融点を下げ、「溶けた鉄」の生産を可能にしたのである。

このころから製鉄業は鉄鉱石と、木炭源としての森林と、動力源としての河川のあるところに発達した。高炉法は、ヨーロッパではオーストリアのシュタイエルマルク地方のドナウ河流域を中心に発達して西北に進み、ライン河流域からさらにはイギリスに向かって進みながら発展していった。

「高炉」という名前は炉体が高いことからつけられたもので、独・仏・伊国語でも「高い炉」という名称が用いられている。英語の Blast Furnace は直訳すれば衝風炉となり、風を入れる炉となる。

わが国では溶鉱炉という名前も用いられているが、これは形態からではなく、機能からつけられた名称である。

こうして生産された鉄銑は、そのままでは炭素含有量が高すぎ、もろく、铸件として限られた用途にしか使用できなかった。しかしこの鉄銑の後処理としての製鋼法、すなわち脱炭処理法が発達したことにより鋼材が多量に生産されるようになって、その用途は徐々に拡大してきた。

近世になると鉄鋼製品の用途も拡大し、このころ発達した蒸気エンジンのシリンダ、大砲の砲身など大型の構造物や部品としても用いられるようになった。

従来、経験技術として発展してきた製鉄法に技術的試み、科学的調査が行われるようになったのも近世に入ってからのものである。

18世紀初頭にはイギリス国内の森林資源不足対策として A. Derby はコークスの使用を試みて成功した¹⁾。1828年には James Beaumont Neilson が高炉への送風を事前に加熱することにより高炉で使用する燃料を節約することを特許出願した。1832年には Faber du Faur が送風加熱に高炉の炉頂から出る排ガスを利用することに成功し、1857年には E. Cowper がレンガ積みの蓄熱炉を送風加熱に利用することを特許出願した¹⁾。「カウパー式熱風炉」はつい最近までわが国の熱風炉の主流であり、フランス語ではクーブル (Coupre) が「高炉に送る空気を予熱する炉」という意味に使用されている。

1838年には R. W. Bunsen は実際の高炉の炉内のガスを分析して、高炉の中に鉄石が予熱・還元される領域と燃料が燃焼する領域が別々に存在することを明らかにしたといわれている²⁾。

アメリカの鉄鋼業はスベリオル湖西岸のメサビ (かくれた巨人という意味のインディア

1) M. A. Pavlov: Metallurgie des Roheisens, (1953) Band I, p. 12, Veb. Verlag Technik, Berlin.

2) 中沢義人: 鋼の時代 (1964) p. 103, p. 156.

ン語) 鉱床の鉄鉱石と東部のアパラチヤ山脈近くの石炭を使って発展してきたが、時代的には遅く19世紀後半以降である。

(B) 鉄鋼一貫工程

(a) 鉄鉄と鋼 1850年代には今日の製鋼法の基本となっている転炉法と、最近まで製鋼法の主流をしめていた平炉法がほぼ同時に現れた。このころになると鉄鉄から铸造性はよいが脆い「鉄鉄」と、じん性の強い「鋼」との二種類の鉄製品が製造されるようになった。鉄鉄と鋼材の代表的性質は前掲の表 1.1.3 に示すとおりである。

19世紀の終りには鉄鉱石を還元溶解して炭素含有量の高い鉄鉄を製造する高炉と、これを原料として炭素の低い鋼を製造する製鋼炉と、この鋼の塊を棒、条、板等の製品の形に加工する圧延工場の三要素からなる今日の製鉄所の基本的パターンが完成された。

このパターンの中で、高炉からの溶鉄を熔融状態のまま製鋼炉に運んでその顕熱(300,000 kcal/t)を有効に利用し、同時に高炉から発生する大量のガスを圧延部門を含めた製鉄所内各所で利用する操業形態が現れた。このような操業形態を鉄鋼一貫工程という。

(b) 製鉄工程の発展

(i) 高炉の大型化・重装備化：今日の高炉の形態がほぼ定まったのは今世紀の初頭である。図 1.1.1 に過去約1世紀の間の高炉の形(プロフィール)の変化を示す。図中、オーストリアのシュタイエルマルクの木炭鉄高炉は炉床(下部直胴部)の径が1.7mで、日産約34tの出鉄をし、スウェーデンの木炭鉄高炉も日産は最高で50t程度を出鉄、ソ連の南ウラルの高炉は日産140t程度、イギリスの高炉は日産400t弱、ドイツの高炉は日産750tの出鉄をしたという。

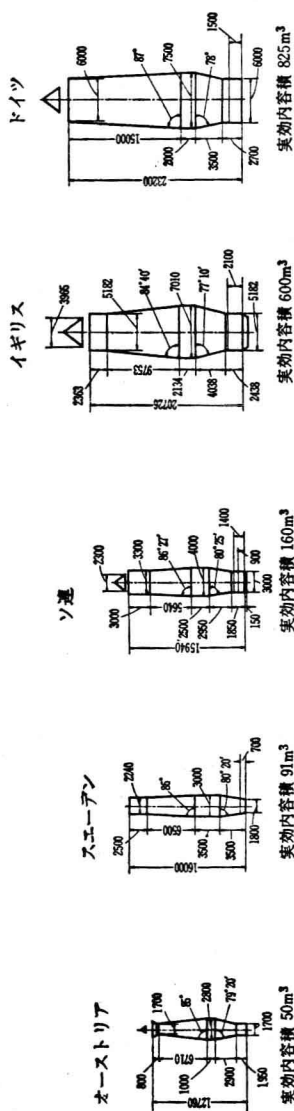
アメリカの高炉は第二次大戦中にジュネーブ製鉄所に建設されたもので、最高日産は1,100tといわれ、ソ連の例は1943年ウラルのマグニトゴルスク製鉄所に建設されたソ連国家規格(GIPROMEZ)の1,300m³の型で、公称能力は日産1,500tである¹⁾。

戸畑1高炉一次の例は、戦後の日本鉄鋼業の復興期の大型炉の例で、1959年に完成され最高日産は約2,400t、戸畑3高炉二次は1969年に改造完成した高圧操業高炉で、日産最高は約5,500tであった。また、戸畑1高炉三次は、前述の1高炉を撤去した跡地に完成(1975年)した今日の大型高炉の一例で、すでに月間を通じ日産10,000tの安定生産を行った実例がみられている。

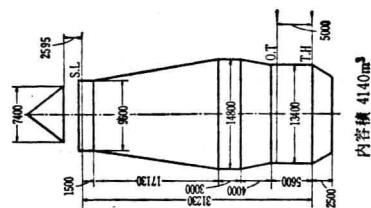
今日の最大高炉のパターンは炉床径13.5ないし14.5m、日産能力10,000ないし12,000tといえよう。

諸外国においても高炉の大型化は着実に行われている。ソ連では国家規格にしたがった10,000t高炉が稼動しており、英・米・独・仏・伊の各国でも日本の設計をとくに参考として大型炉が建設されている。今日のイギリスの大型炉の一例であるRedcar製鉄所の1

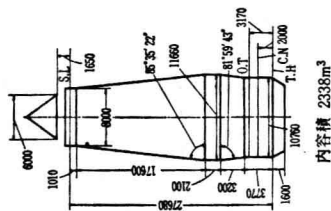
1) M. A. Pavlov: Metallurgie des Roheisens, (1953) Band I, p. 8~11, Veb. Verlag Technik, Berlin.



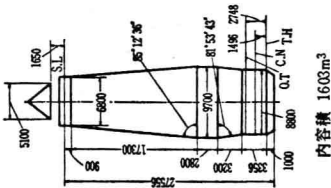
日本 (戸畑 1 高炉第 3 次)



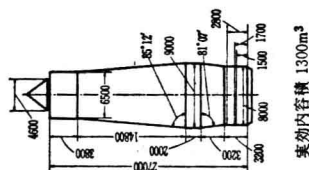
日本 (戸畑 3 高炉第 2 次)



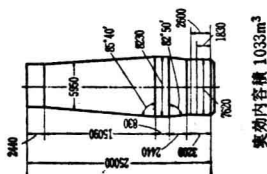
日本 (戸畑 1 高炉第 1 次)



ソ連



アメリカ



【図 1.1.1】 過去の 1 世紀間での高炉プロフィールの変化