

鋼材の基礎

鋼材の製造方法概論

森谷豊

JFE スチール(株)

# 鋼材の基礎

## — 鋼材の製造方法概論 —

2010年12月02日

(社)日本鉄鋼連盟

森谷 豊 (JFEスチール株式会社)

## 内容

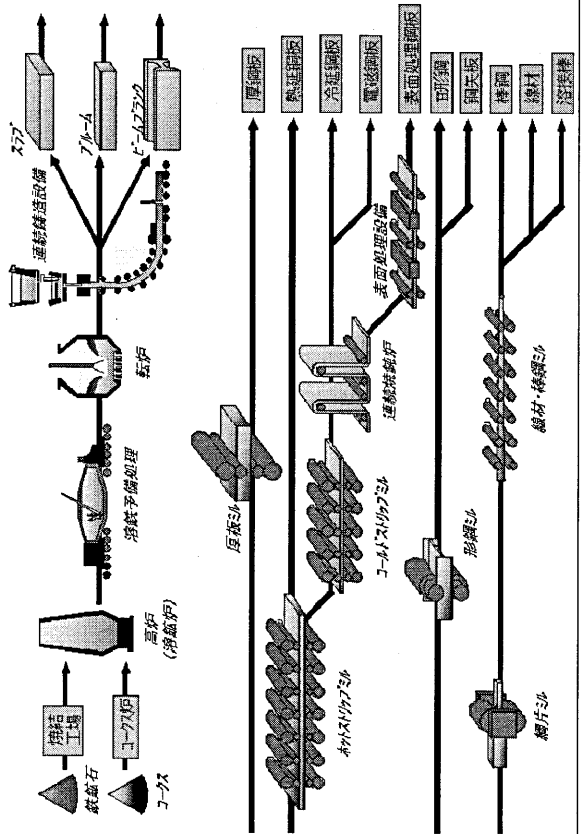
### 1. 厚板製造工程とその技術変遷

精錬、鑄造、厚板 (TMCPを主として)

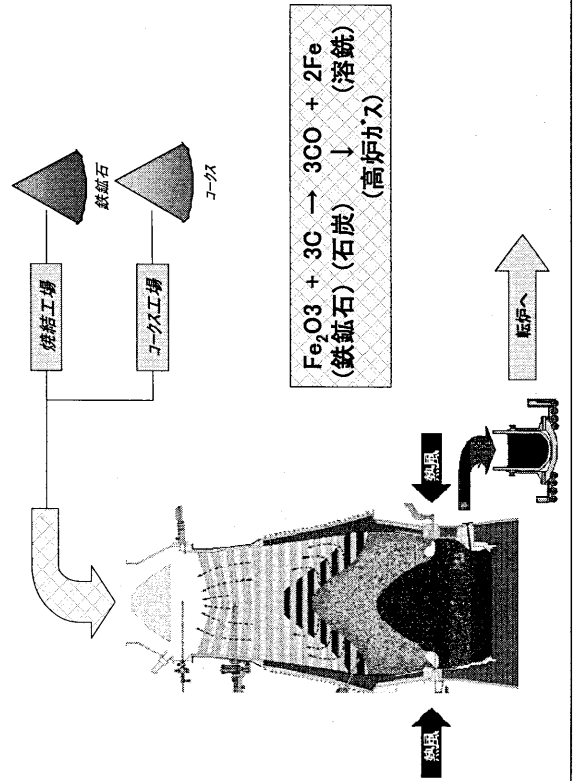
### 2. 厚板製造技術とその品質管理

生産管理システム、品質評価方法、識別管理  
品質設計 & 管理、検査

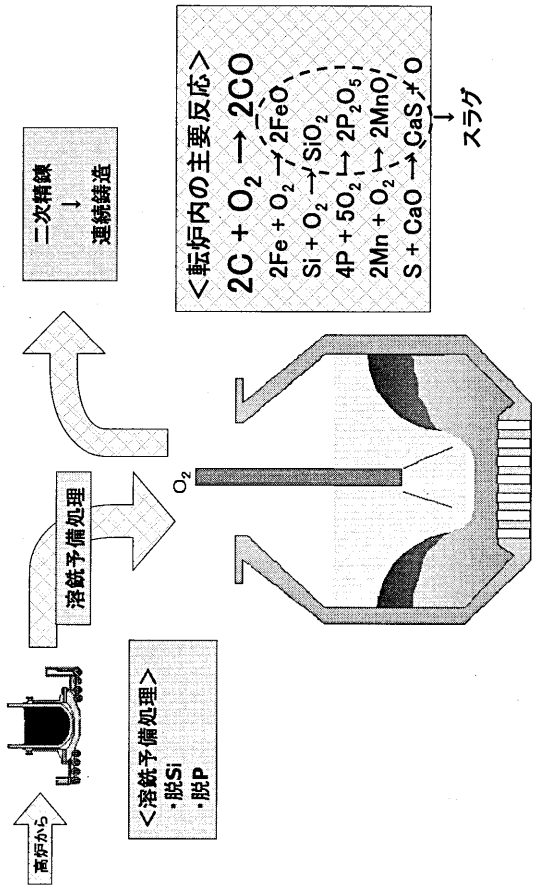
## 製鉄プロセス概略



## 製鉄プロセス - 高炉 (溶鉄炉) -



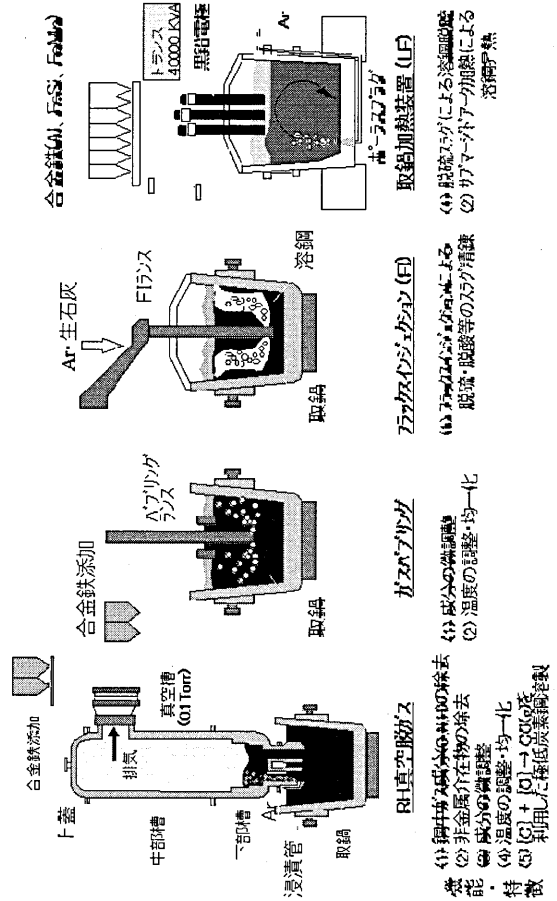
# 製鋼プロセス - 転炉 -



# 精錬機能の分化

1957~1970	~1979	1982
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">転炉 (LD)</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">溶銹脱硫</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">真空処理</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">溶銹脱硫</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">溶銹脱珪</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">複合吹錬 転炉</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">脱炭</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">真空処理</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">溶銹脱硫</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">溶銹脱珪 脱磷</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">複合吹錬 転炉</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">脱炭</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">真空処理</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">脱硫</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">介入物制御</div>
転炉操業開始期 ・溶銹脱硫 ・溶鋼脱ガスの導入	・溶銹脱珪 ・複合吹錬	・精錬機能分化確立期
第Ⅰ期	第Ⅱ期	第Ⅲ期

# 二次精錬プロセス例



# 精錬限界P(磷)濃度の変遷

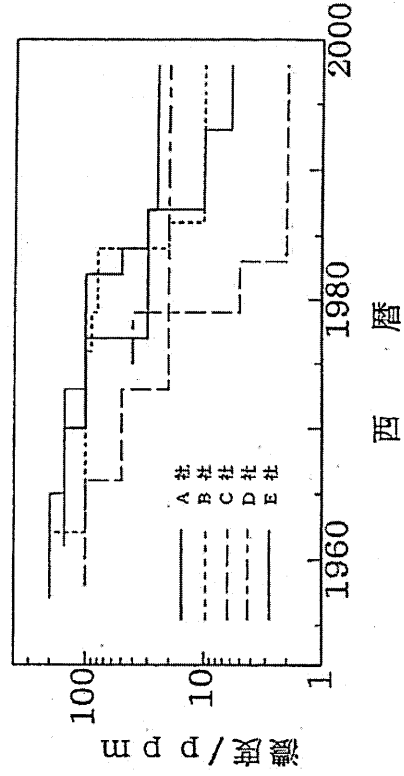


図1 各社ごとのりんの精錬限界濃度の変遷

出典: 省部実 ふうらむ Vol.4(1999) No.8 P.36

# 精錬限界S(硫黄)濃度の変遷

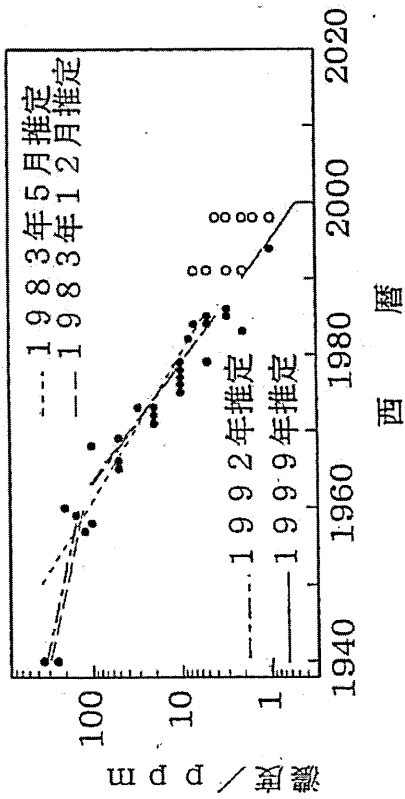
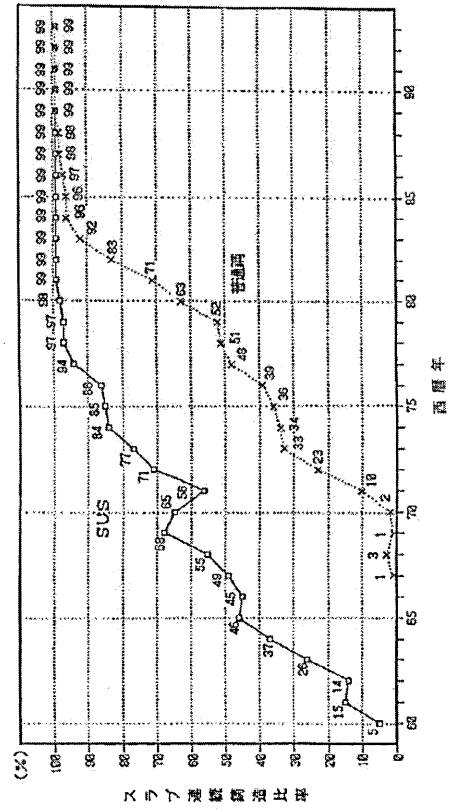


図3 硫黄の精錬限界濃度の推定

出典: 省部実 ふうらむ Vol.4(1999) No.8 P.36

# 連続鑄造比率の変遷



スラフ連続鑄造比率

# 連続鑄造機例

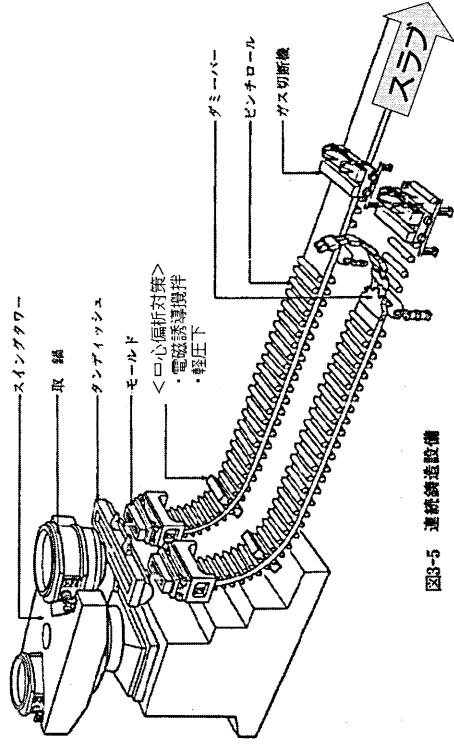
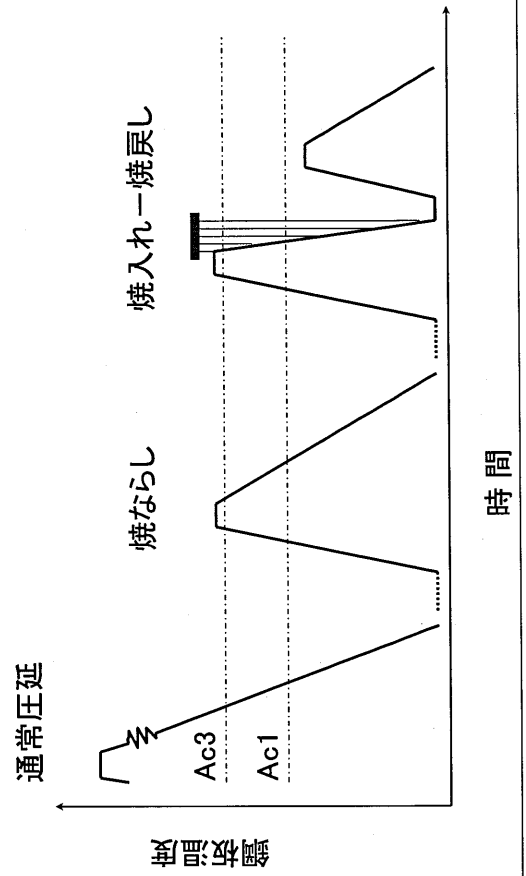


図3-5 連続鑄造設備

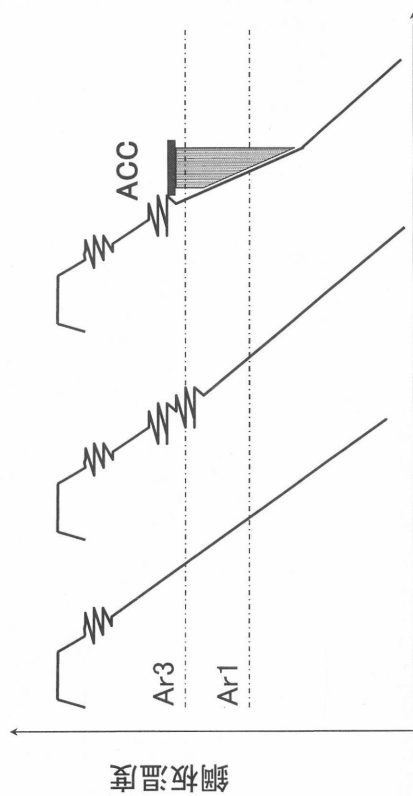
# 厚板圧延方法 - オフライン熱処理 -



時間

# 厚板圧延方法

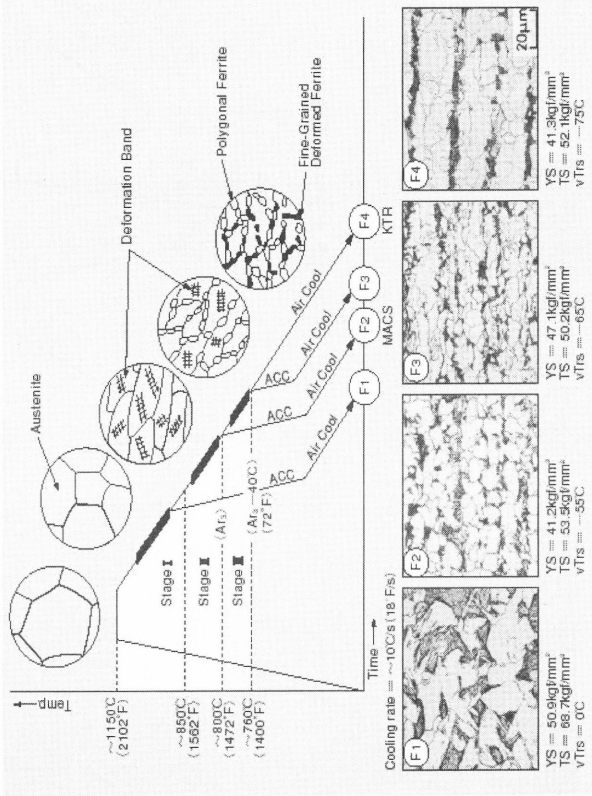
通常圧延 制御圧延 加速冷却



時間

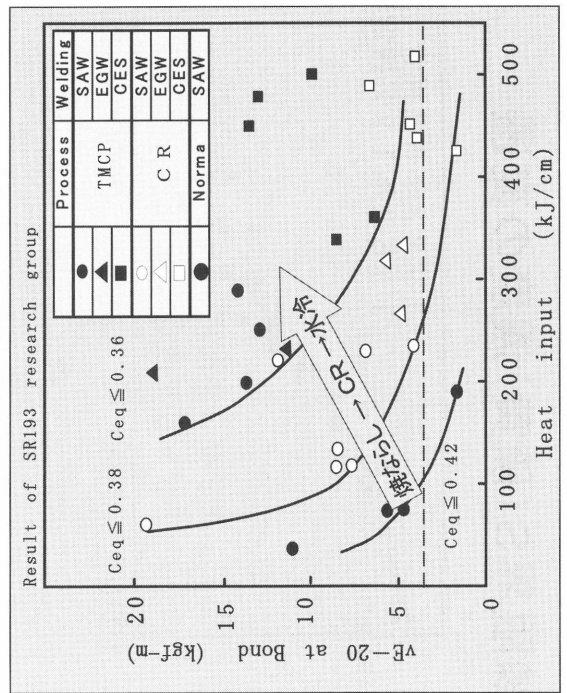
軟化温度

# TMCPによる材質制御技術



天野虔一：厚鋼板、鉄鋼工学（材料編）、JFE21世紀財団編（2006）35

# 厚板製造プロセスと韌性



# 世界の代表的な加速冷却装置

Country	Company	Mill/Start up	Name of system	Location (before, after or between H.L.)*	Type of ACC equipment	Length (m)		Nozzle	
						Pinchin	Simul-laneou	Top side	Bottom side
Japan	A	1984	CLC	just after		0	0	1st part: Silt jet 2nd part: Spray	1st part: Silt jet 2nd part: Spray
	B	1983	CLC-μ	just after		0	0	1st part: Silt jet 2nd part: Spray &	1st part: Silt jet 2nd part: Spray &
	C	1986	CLC	just after		0	0	1st part: Silt jet 2nd part: Spray	1st part: Silt jet 2nd part: Spray
	A	1983	DAC I	before		0	0	Silt laminar	Spray
	B	1984	DAC II	before		0	0	Spray	Spray
	C	1983	KCL	before		0	0	Laminar	Spray
	A	1985	KCL (DQ)	between		0	0	Laminar	Silt jet + Spray
	A	1985	OLAC II	before		0	0	Laminar	Close suction lamin
	A	2004	Super-OLAC	before		0	0	Corridor flow	Close suction lamin
	D	1983	MAGS (ACC)	between		0	0	Red-like nozzle	Dish-like jet
	B	1983	MAGS (DQ)	before		0	0	Immersion+Spray	Immersion+Spr
	C	2003	Super-OLAC	between		0	0	Corridor flow	Close suction lamin
Europe	A	1980	OLAC	before		0	0	Laminar	Spray
	F	1989	ADCO	before		0	0	Corridor flow	Close suction lamin
	G	1986	MULPIC	before		0	0	Mist	Mist
	I	1984	MULPIC	before		0	0	Pipe	Pipe
	J	1984	MAGS	before		0	0	Pipe	Pipe
	K	1984	MAGS	before		0	0	Laminar	Laminar
U.S.A	A	1995	ADCO	between		0	0	Mist	Mist
	A	1994	CSAC	between		0	0	Laminar jet	Laminar jet
Korea	A	1989	ADCO+MULPIC	before		0	0	Mist+Pipe	Mist+Pipe
	A	2003	MULPIC	before		0	0	Pipe	Pipe

\*H.L.: Hot level(s)

出典：第191・192回 西山記念技術講座 平成19年6月

## 最近10年の新商品 (橋梁以外は「ふえらむ」掲載どおり)

需要分野	主な新商品
造船	<ul style="list-style-type: none"> <li>・高アレスト鋼</li> <li>・疲労亀裂伝播速度抑制鋼</li> <li>・残留応力制御鋼</li> <li>・タンカー用耐食鋼</li> </ul>
建築	<ul style="list-style-type: none"> <li>・大入熱溶接用HAZ靱性鋼YP325~440</li> <li>・TMCP型YP385鋼</li> </ul>
橋梁	<ul style="list-style-type: none"> <li>・TMCP型TS570MPa級鋼 (板厚 50mm⇒100mm) (道路橋示方書改訂)</li> <li>・Ni系高耐候性鋼</li> <li>・SBHS鋼</li> </ul>
タンク・ペンストック	<ul style="list-style-type: none"> <li>・予熱低減型HT980</li> <li>・オンライン型TS610MPa級鋼</li> <li>・50mm厚高靱性9%Ni鋼板</li> </ul>
建産機	<ul style="list-style-type: none"> <li>・オンライン型低温靱性保証型TS780MPa級鋼</li> <li>・オンライン型YP960鋼</li> </ul>
UOE	<ul style="list-style-type: none"> <li>・X100ラインパイプ</li> <li>・X120ラインパイプ</li> <li>・オンライン熱処理活用高靱性高性能ラインパイプ</li> </ul>

↑ 溶接構造物の安全性向上、溶接施工の合理化・効率化・効率化 ライフサイクル向上

## 内容

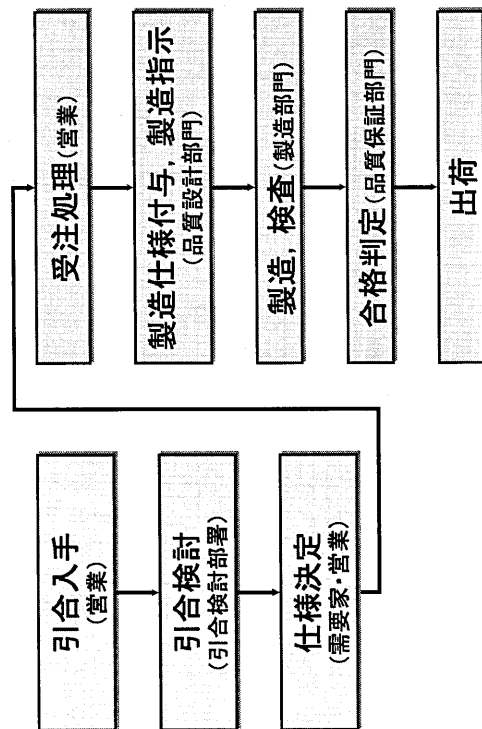
### 1. 厚板製造工程とその技術変遷

精錬、鍛造、厚板 (TMCPを主として)

### 2. 厚板製造技術とその品質管理

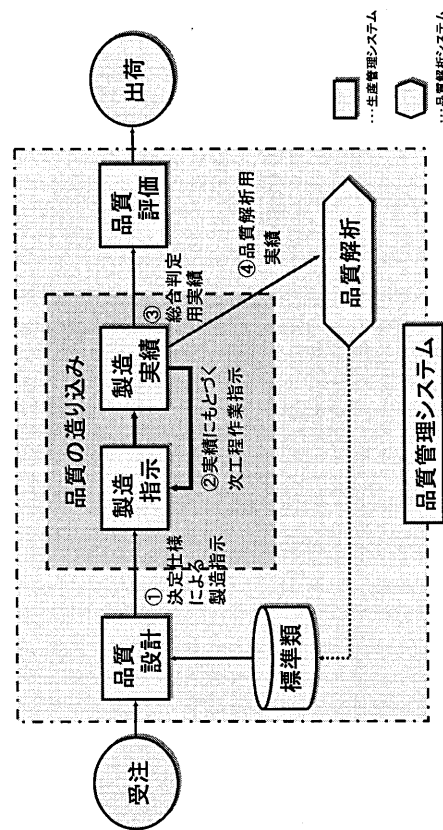
生産管理システム、品質評価方法、識別管理  
品質設計 & 管理

## 受注・製造フロー概要



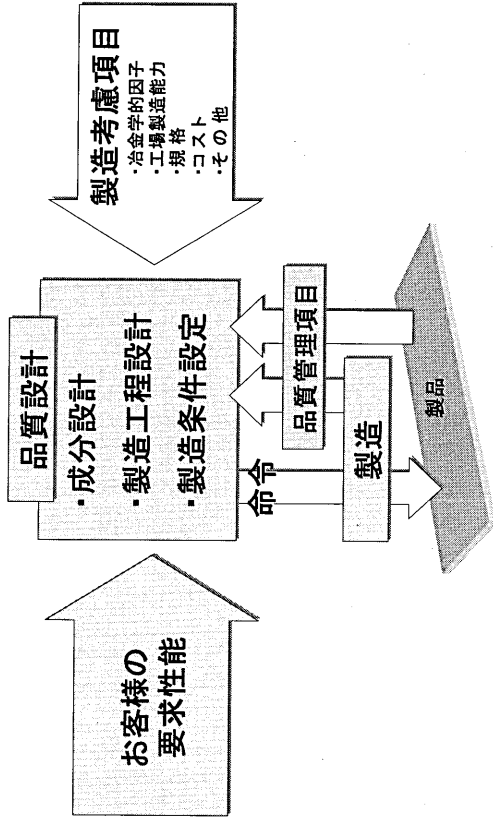
参考: [2001、財団法人鉄鋼協会]

## 品質管理と製造管理

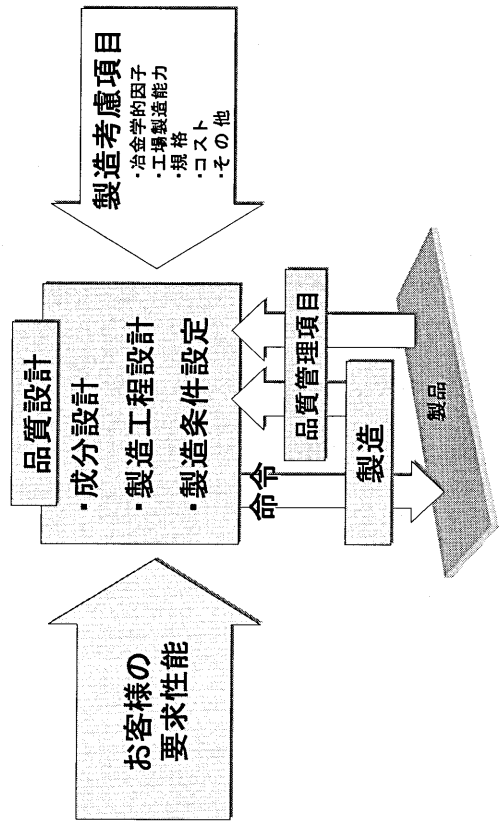


参考: [1986、財団法人鉄鋼協会]

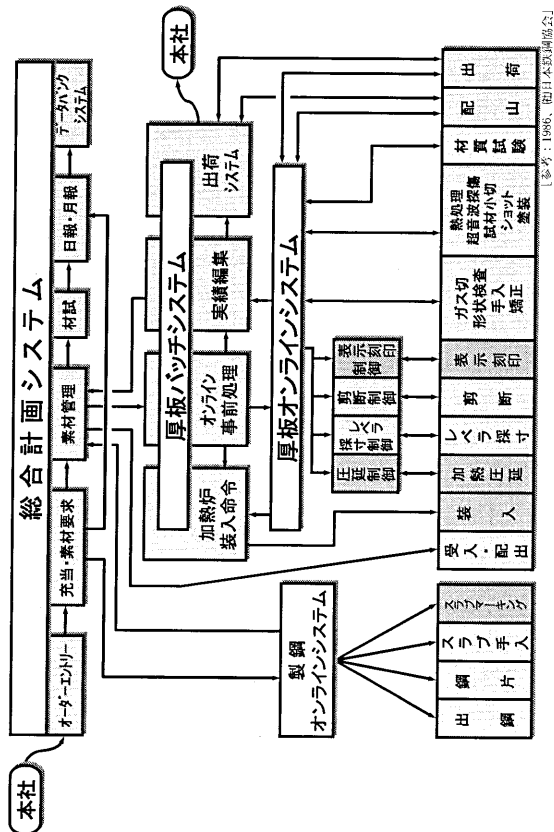
# 厚板の品質設計



# 厚板の品質設計



# 厚板生産管理システム



# 厚板に要求される特性と評価方法

試験検査方法	
材質	引張試験(降伏点, 抗張力)
強度	引張試験(伸び, 絞り), 曲げ試験
延性	引張試験(降伏点, 抗張力)
降伏比	シャルピー衝撃試験, DWTT試験, NRL, 落重試験
靱性	板厚方向引張試験(絞り)
耐ラメラテア	CTOD試験, ティーノッチ試験, K <sub>IC</sub> 試験, J <sub>IC</sub> 試験, ESSO試験
疲労特性	疲労試験
脆性	高温引張, クリープ試験
耐熱性	HIC, SCC試験
耐食性	暴露試験
内部欠陥	超音波探傷試験
介在物	清度試験, 割曲げ試験
偏析	サルファーブリット, マクロエッチ試験
寸法	厚み, 幅, 長さ
形状	マイクロメータ, γ線厚み計, 巻, メジャーリングロール, 平面形状計
外観	ストレッチャー, 平坦度計
溶接性	目視検査, PT, MT
靱性	溶接割れ感受性
脆性	溶接割れ感受性
その他	靱性
	脆性
	靱性と同じ
	脆性と同じ
	溶接部, 使用中の上記特性の劣化防止

# 品質管理項目(1)

青:品質保証  
黒:設備管理  
赤:造り込み

特性	区分	主な管理項目
材質	—	出鋼成分、機械的性質、スラブ加熱温度、制御圧延温度、パススケジュール、制御冷却温度・冷却速度、熱処理温度・時間管理、焼入れ冷却速度
	厚	圧延機設備管理基準、加熱炉ヒートタンク、スラブ抽出温度、パススケジュール、ロール磨耗、膨張管理、厚さ計管理、温度計管理、圧延荷重管理、プレートクラック(ロールニッケルクラック、ロール使用基準、形状制御パススケジュール、ロールガンダ-適用基準)
寸法	幅	幅出精度(スラブ寸法・重量精度、スラブ形状、エッジヤ-圧下基準、幅計管理)、平面形状(調整圧下パススケジュール、スラブ形状、スラブ手入方法、エッジヤ-圧下基準、DBR・MAS圧下基準)、キャンバー(ロールベリング基準、スラブ形状、スラブ偏熱、キャンバー計管理)、まくれ込み(加熱炉ヒートタンク、圧延機パスライン管理基準、ワークロール径差)、剪断精度(剪断機設備管理基準、熱寸法補正、入寸基準、温度計管理)
	長	スラブ重量精度、スラブ形状、スラブ断面性状、板厚精度、プレートクラック、圧延幅出し精度、試験材指定本数、剪断精度(クワガ-エトシャ-)、長さ計管理、温度計管理

参考: [2001、(株)日本鉄鋼協会]

# 品質管理項目(2)

特性	区分	主な管理項目
平坦度	圧延歪	形状制御パススケジュール、圧延温度、制御冷却指定基準、圧延ロール磨耗、ロールフェイス、平坦度計管理
	冷却歪	冷却床保守基準、鋼板積重ね基準、強制冷却基準(制御冷却・熱処理)
表面性状	1次スケール	加熱炉炉内・空気比設定管理、スケール防止材塗布基準、カバー板梱包基準、設定炉温、加熱ヒートタンク、在炉時間、テスティング実施基準、スラブ表面性状
	2次スケール	テスティング実施基準、圧延平坦度管理(絞りスケール)、圧延温度、圧延後冷却温度
	かみ込み	圧延機廻り異物落下防止、剪断機ヒートロール表面管理、圧延機サトカバ、締め込み基準、リマキ点検基準、カス/屑除去、屑/屑除去
	表面ワ	スラブ表面管理(製造温度・速度等)、スラブ検査基準、スラブ手入基準、加熱炉ヒートタンク
	ヘダ	スラブ検査基準、スラブ手入基準、スラブ加熱温度、圧延方向
内質	線状疵	スラブ表面管理、スラブ検査基準、スラブ手入基準
	断面	剪断機設備管理基準、ナド磨耗管理(替周期)、ナイック/アラシ設定基準
内質	—	スラブ内質管理(CCM管理、製造温度、製造速度等)、脱ガス適用基準、製造異常スラブ引当基準、鋼板徐冷基準、探傷機器管理

参考: [2001、(株)日本鉄鋼協会]

# 厚板製造工程と品質管理項目(製鋼工程)

製造工程	管理項目
溶銑予備処理	化学成分(P, S)
溶解(転炉、電気炉)	成分、温度
二次精錬	成分、温度
連続 casting	溶鋼温度、湯面変動、溶鋼流動制御 铸造速度、冷却速度、圧下量、表示
スラブ検査 → 切断	手入れ方法、寸法、表示

厚板製造工程へ

参考: [2001、(株)日本鉄鋼協会]

# 厚板製造工程と品質管理項目(圧延工程)

製鋼工程より

製造工程	管理項目
加熱	加熱温度、時間
圧延	温度、パススケジュール
制御冷却	水冷開始・停止温度
製品切断	寸法、表示
熱処理	温度、時間
ショットブライマー	除錆度、銘柄、膜厚
外観・(内質)検査	疵、平坦度、直角度
材質検査	試験項目・結果
出荷	納入条件

参考: [2001、(株)日本鉄鋼協会]



# 識別管理について

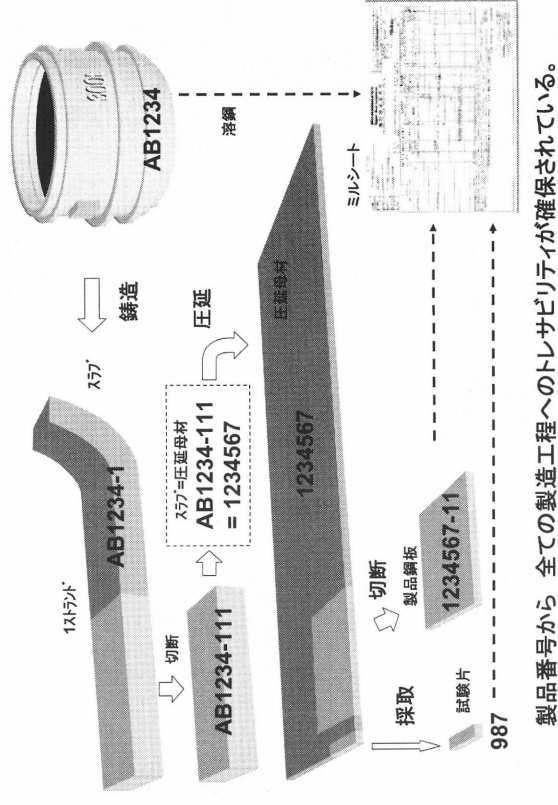
## 【製鋼工場】

製造工程	製鋼番号	加熱	二次精錬	連続精造	大割切断	小割切断	手入	検査					
識別番号	ストランド番号	スラブ番号(大)	スラブ番号(小)										
例	AB1234	1ストランド	トップ側	142	141	133	132	123	122	121	112	111	ボトム側
				AB1234-112									

## 【厚板工場】

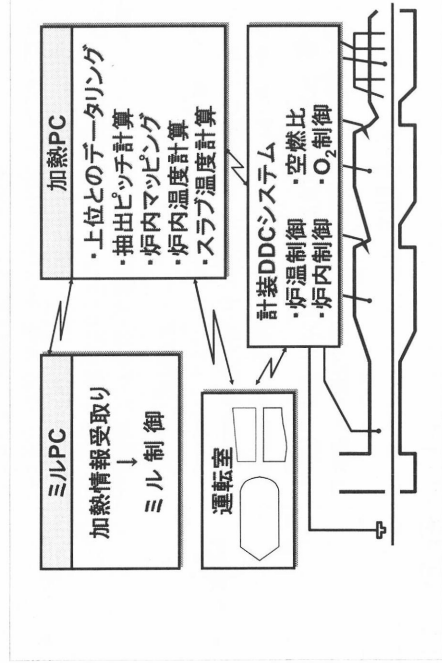
製造工程	加熱	圧延	剪断	TP切断	手入	検査	出荷
識別番号	板番	子番					
例	1234567	-11					
			試験片加工	材料試験			
			試験片番号	987			
			ミルシート番号	A3456			

# 識別管理について(2)

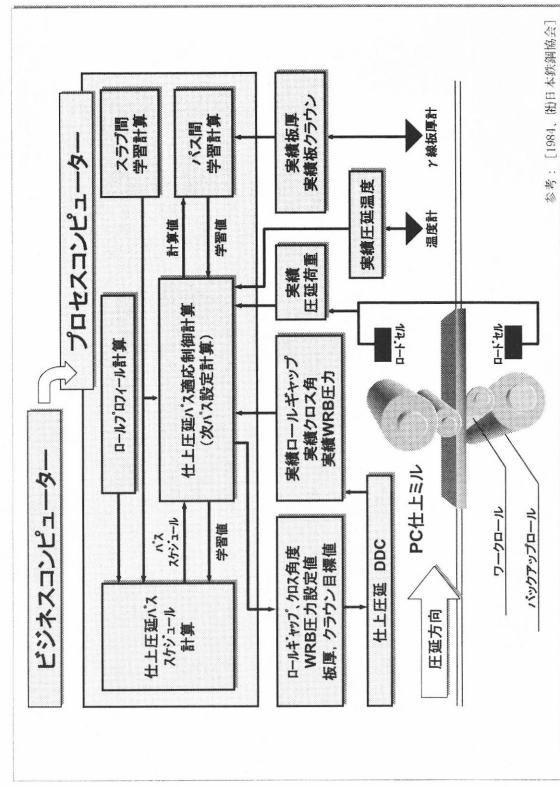


# 厚板工程における品質管理ポイント

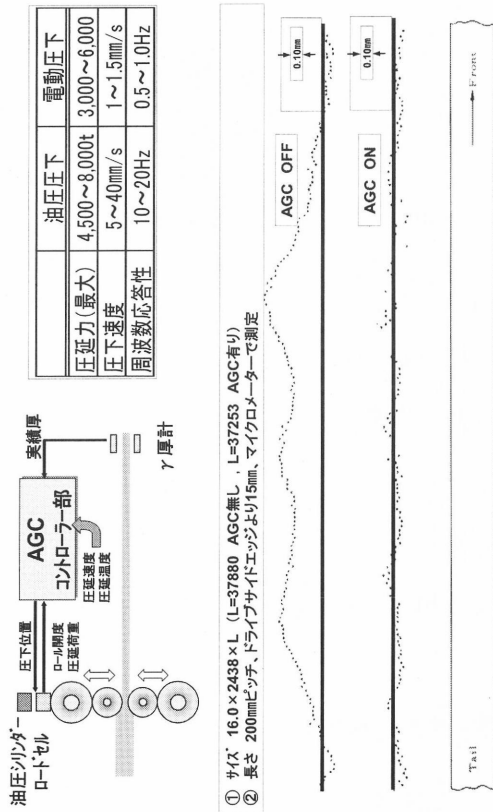
## 例1：連続加熱炉制御システム



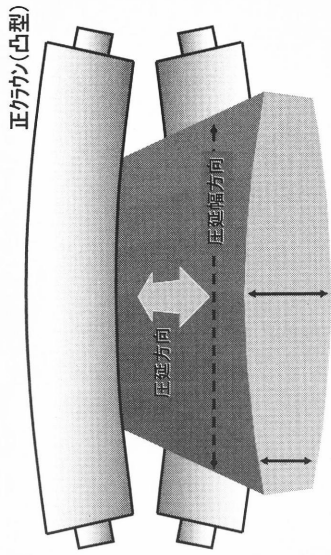
# 例2：仕上げ圧延制御システム構成



### 例3：長さ方向板厚精度/油圧AGCの効果 (AGC: Automatic Gauge Control)

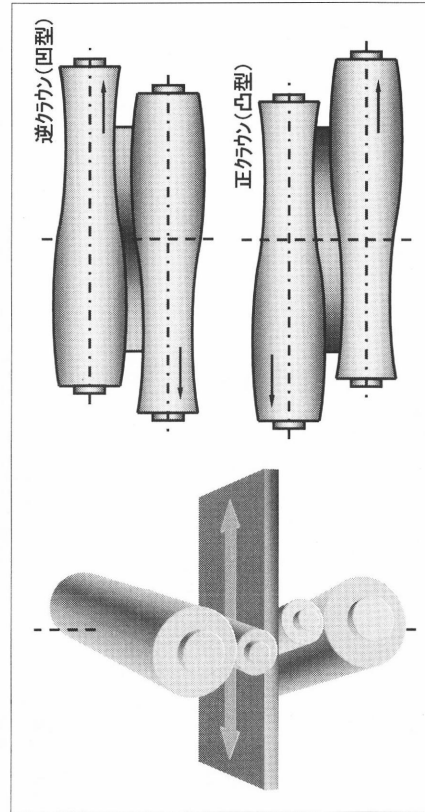


### 例4：幅方向板厚精度・形状/クラウン (幅方向板厚偏差)



ロールの“たわみ”により、圧延幅方向に板厚偏差が生じる。

### 形状制御ミル



ペアクロス

WRシフト