要約版

川崎製鉄技報
KAWASAKI STEEL GIHO
Vol.12 (1980) No.3

連鋳設備技術の進歩

Developments of Machine Elements and Maintenance Systems in Continuous Casting

市原　　昇(Akira Ichihara)　久保田　和男(Kazuo Kubota)　丹野　栄一(Eiichi Tanno)
石亀　公夫(Kimio Ishigame)　佐藤　貞夫(Sadao Sato)

要旨：
連鋳設備技術は，高速鋳造などの操業技術とともに進歩してきた。まず，Ni-Fe モールドメッキ法の開発によってモールド表面の耐摩耗性が向上し，モールド寿命が Ni メッキ法の 2 倍以上にも延びた。また，未凝固鋳片をバルジングさせず，圧下もせずに引抜き矯正するピンチロールセグメントを採用し，高速鋳造が可能になった。分割ロールの採用によって，ロールたわみが減少し，ロール寿命の延長と連鋳材の品質安全が達成された。さらに，ロール表面のステンレス（13Cr4Ni）鋼肉盛によって，ロール耐食性，耐摩耗性，ひいては整合性が飛躍的に向上した。最近当社では，ロール改削後限界径で廃墟する方針のもとに，ステンレス鋼製シームレスチューブをロールシェルに採用した。ロール経費のいっそうの低減が期待される。また，設備診断技術の例についても説明した。

Synopsis：
Engineering techniques in the equipment of cotinuous casing machine have been developed together with operational progress such as casting at higher speed. Since Ni-Fe mold plating is storonger in wear resistance than Ni plating, mold life is two times longer than that of Ni plating. The specially-designed pinch roll system prevents slab with liquid core from bulging or squeezing and makes it possible to cast at higher speed. Development of the divided rolls has brought longer roll life and higher efficiency of the machine by reduction of roll bending. Application of the overlay welding of 13Cr4Ni stainless steel to the roll surface have remarkably prevented rolls in slab caster from corrosion and wear. Recently, semi-products for seamless tubes have been applied to sleeve type rolls for the purpose of regrinding the surface of used rolls. The cost of rolls is expected to be reduced more than 50%. Also some examples of equipment diagnosing techniques have been explained.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

本文は次のページから閲覧できます。

連鋳設備技術の進歩

Developments of Machine Elements and Maintenance Systems in Continuous Casting

市原　晃* Akira Ichihara
久保田和雄** Kazuo Kubota
丹野栄一*** Eiichi Tanno
石亀公夫**** Kimio Ishigame
佐藤貞夫***** Sadao Sato

Synopsis:

Engineering techniques in the equipment of continuous casting machine have been developed together with operational progress such as casting at higher speed. Since Ni-Fe mold plating is stronger in wear resistance than Ni plating, mold life is two times longer than that of Ni plating. The specially-designed pinch roll system prevents slab with liquid core from bulging or squeezing and makes it possible to cast at higher speed.

Development of the divided rolls has brought longer roll life and higher efficiency of the machine by reduction of roll bending. Application of the overlay welding of 13Cr4Ni stainless steel to the roll surface have remarkably prevented rolls in slab caster from corrosion and wear. Recently, semi-products for seamless tubes have been applied to sleeve type rolls for the purpose of regrinding the surface of used rolls. The cost of rolls is expected to be reduced more than 50%.

Also some examples of equipment diagnosing techniques have been explained.

1. 緒　言

当社は昭和43年に水島製鉄所にブルーム連鋳機を設置して以来，現在までに型式の異なる7基の連鋳機を有しており，高連鋳比率を達成している。連鋳比率の増大，高速鋳造や高多連鋳技術を活用した生産性の向上，高級鋼の連鋳，および無手入れ熱片装入量の増大などに伴い，連鋳設備に対する要求もしだいに苛酷なものとなってきている。

連鋳設備においては，設備の仕様およびその管理状態が鋳片品質に直接影響を及ぼすため，上記の要請に応えるには，連鋳機の型式選定などのほかに，各設備要素が持つ機能を安定して維持すること，さらには機能のレベルアップをはかることが重要である。本報告では，当社においてこれまでに実施したモールドや鋳片支持ロールなどの改善および設備診断の技術についてまとめる。

2. モールドメッキ技術

鋳型銅板の表面のメッキに要求される特性は，**Fig. 1** に示すように，良好な熱伝導性，鋳型上部における熱疲労強度および耐蝕性，鋳型下部における耐摩耗性などである。

* 水島製鉄所製鋼部製鋼整備課掛長
** 千葉製鉄所設備部製鋼整備課掛長
*** 千葉製鉄所設備部設備技術室主査（掛長待遇）
**** 千葉製鉄所設備部製鋼整備課課長
***** 水島製鉄所製鋼部製鋼整備課課長

〔昭和55年4月30日原稿受付〕

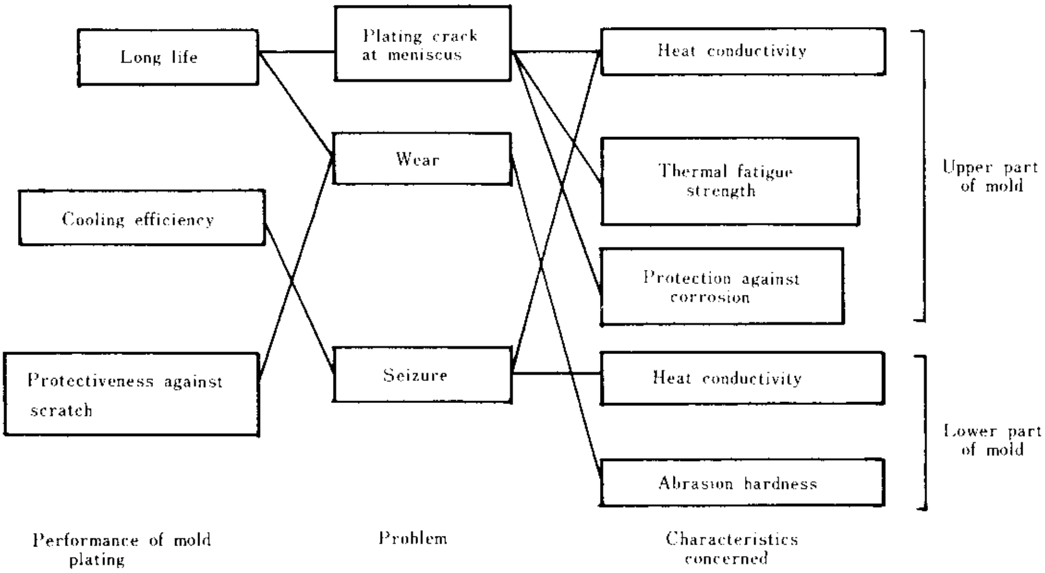


Fig. 1 Factor diagram of characteristics required for mold plating

これらすべての要求特性を同時に満足するメッキ技術の開発が要望されるが，既存のメッキ技術ではそれぞれ一長一短があり，鋳造速度や鋼種などの鋳造仕様に応じて各種のメッキ方法が選定されている。当社におけるモールドメッキ技術の変遷を **Fig. 2** に示す。

初期においては約100μ厚のCrメッキを採用していたが，これは鋳型内溶鋼面付近で割れや剥離が発生しやすく，また鋳型下部で鋳片との接触によって摩耗しやすい欠点を有し，モールドメッキ寿命は100～350チャージ程度にとどまっていた。

このCrメッキを，Niを主体としたメッキに変更することによって，銅板表面の耐摩耗性が向上し，**Fig. 3** に示すようにCuが鋳片に浸潤して発生する粒界脆化割れが防止され，メッキ寿命をCrメッキに比較して約5倍に延長できた。

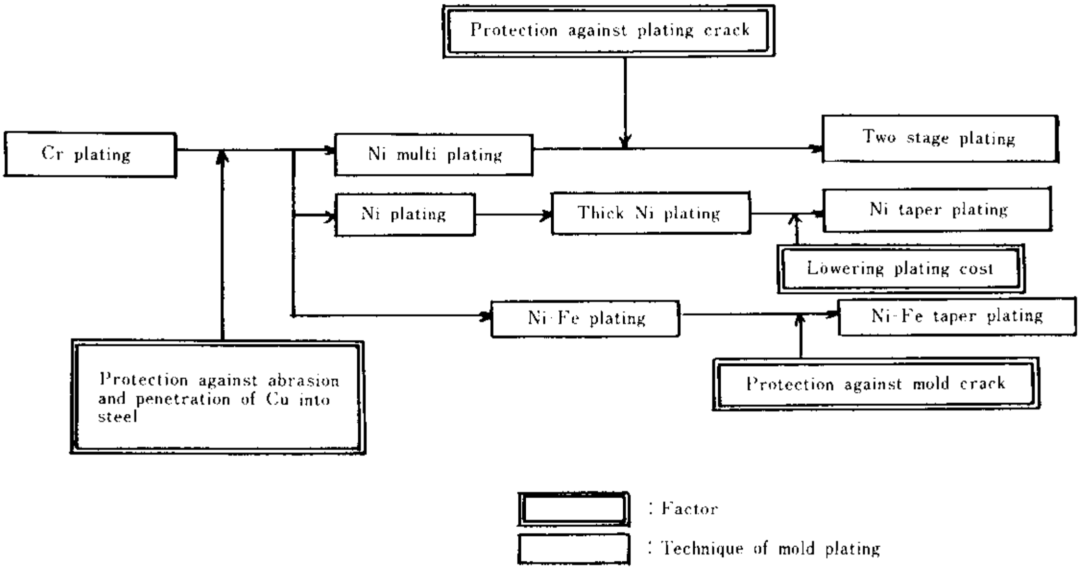


Fig. 2　Progress of mold plating technique

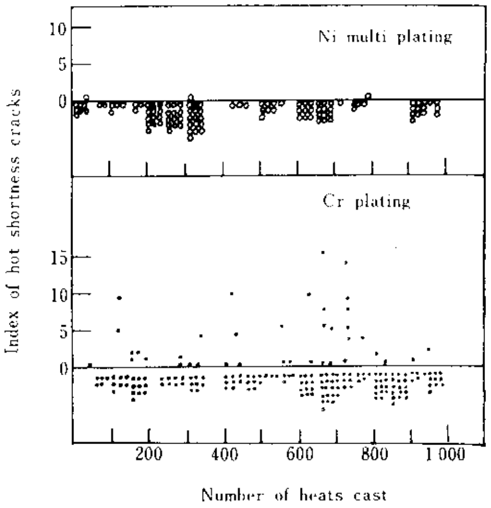
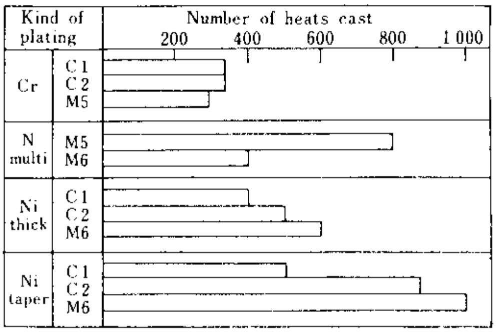


Fig. 3 Comparison of hot shortness cracks in blooms between Ni multi and Cr platings

さらにモールドメッキのコストを低減するために，Niの厚みを増して改削再使用する方法や，鋳型下部のメッキ厚みを上部のそれより大きくするテーパメッキ法を採用し，寿命がさらに向上した。Fig. 4 にこれら各種メッキの寿命の比較を示す。

また最近当社ではNiに数%のFeを共析させたNi-Feメッキを開発し，Niに比較して約3倍の硬度と約2倍の耐摩耗性を得ることに成功した[1]。Ni-Feメッキにおいては，適正なメッキ厚みの選定，メッキ液管理などによって熱疲労強度が向上し，鋳型内溶鋼面付近での亀裂発生が防止された。Fig. 5 に示すように，鋼板露出までの使用回数が従来のメッキ法に比較して長くかつ安定している。



C1 : At No.1 CC, Chiba Works
C2 : At No.2 CC, Chiba Works
M5 : At No.5 CC, Mizushima Works
M6 : At No.6 CC, Mizushima Works

Fig. 4 Comparison of mold life in different mold plating methods for slab caster

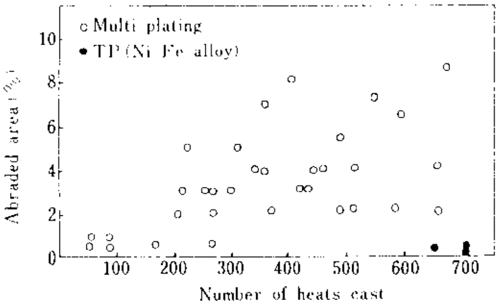


Fig. 5 Abrasion of the bottom part of bloom casting mold plated with Ni-Fe (93-7) alloy

3. 鋳片支持設備

3・1 スラブ連鋳機用ロール

3・1・1 ロール構造

当社におけるスラブ連鋳機用ロール構造の例として，ガイドロールの改善過程における諸型式を Fig. 6 に示す。初期のロールは両端支持の1本ロール構造で，以下のような問題点があった。すなわち，連鋳機において鋳片のバルジング歪を抑えるためにはロールピッチを極力小さくする必要があり，そのためにロール径が制限され，ロール自体

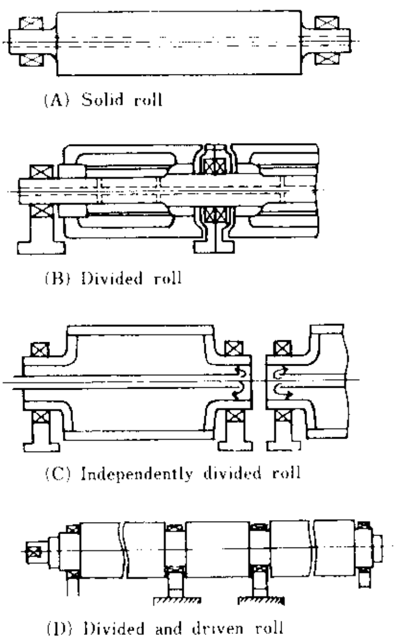


Fig. 6 Examples of roll designs for roller apron

の剛性が不足し，たわみ変形も増し，機械的強度が不足するという問題点である。そのほかに，操業トラブルなどのために鋳造が停止した場合に，熱変形して曲りやすいという欠点も有する。

これらの点を解決するため，水島第5連鋳機では非駆動ピンチロールに分割ロール構造を採用した。スリーブの内部を水冷して機械的強度の低下を防止するとともに，熱サイクルによる割れに対しても有利な構造となっている。また，ロールの中間に位置する軸受部の温度上昇を防止するため，軸受箱に冷却水ジャケットを設け，さらにベアリングへの水の浸入については，Oリングとオイルシールの2重軸封構造でこれを防止し，ベアリングの寿命安定をはかった。また，分割ロール中間軸受部における鋳片支持機能の低下による鋳片のバルジングおよびワレを防止するために，相隣りあう分割ロールの中間軸受部をいわゆる千鳥配列にした。

しかし一方で，水島第5連鋳機の分割ロールは軸とスリーブの構造が複雑で，組立に長時間を要するという欠点を有している。この点を解決するため水島第6連鋳機のガイドロールは貫通した軸にロールシェルをとりつけた構造ではなく，**Fig. 6** (C) に示したようにロールバレルの長いものと短いものの1対の分割ロールがそれぞれに独立に装着が可能になるよう，軸とシェルを1本化したロール構造とした。

千葉第2連鋳機の場合，非駆動ロールに多分割ロールを採用している。中間軸受には当初ニードルベアリングを採用していたが，寿命が短いため自動調芯ベアリングに変更し，各ベアリングに独立に潤滑給脂する方式を採ってベアリング寿命を長くかつ安定させることができた。ロール冷却はクロススプレー型の外水冷方式を採っており，この方式によっても良好なロール冷却効果が得られている。さらに最近，非駆動ロールのみならず駆動ロールについても分割ロール方式を適用する技術を開発した[2)]。

3·1·2　ロール材質

連鋳機用ロールの特性としては，機械的強度のみならず優れた耐熱性，耐摩耗性，耐蝕性が要求される。ロール表面が摩耗し配列上の不整が原因となって鋳片に内部欠陥が発生したり，あるいは熱亀裂によるロール折損が原因となって鋳片に内部割れが発生するなど，ロールは鋳片品質安定のための重要な役割を果たしている。初期のロール材質には低合金鋼が採用されており，摩耗によるロールの寿命は数箇月程度であった。ロール寿命を延長するために，その後ステンレス鋼肉盛による再生技術を適用している。

(1)　肉盛ロール

ロール表面を肉盛する溶接材料は一般にフェライト系ステンレス鋼で，13%Cr-4%Ni鋼が主体となっている。**Fig. 7** に示すように，13%Cr-4%Ni鋼を用いたロールは従来の低合金鋼ロールに比較して優れた耐摩耗性を有しており，ロール摩耗速度が1/10程度に減少し，**Fig. 8** に示すようにロールの整合性が飛躍的に向上した。その結果ロー

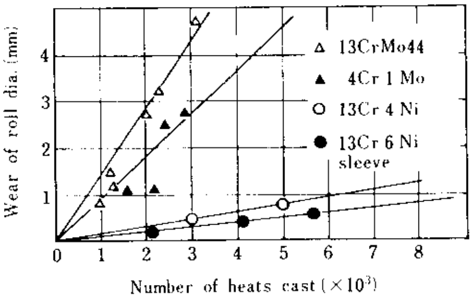


Fig. 7　Wear rates of different roll materials for slab caster

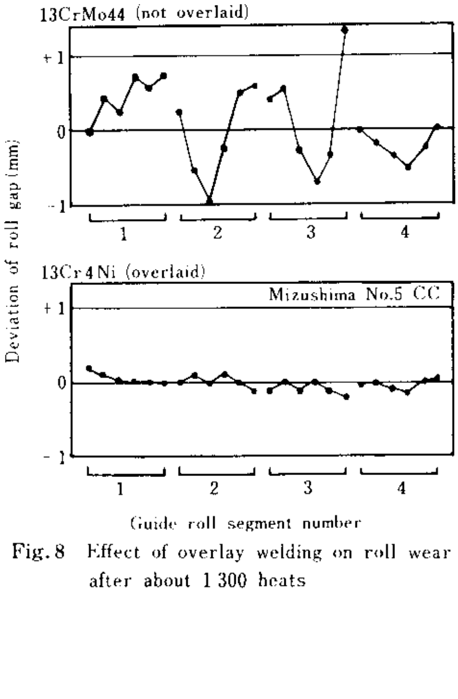


Fig. 8　Effect of overlay welding on roll wear after about 1 300 heats

ル寿命の延長と高級鋼の品質安定を達成できた。

(2)　スリーブ・ロール

肉盛再生法には，母材の劣化，溶接技術水準のばらつきといった欠点が存在する。このため当社では，肉盛再生によらず，限界径まで改削再使用をくり返したのちに廃却するロール使用方法を志向して，ステンレス製ロールスリーブ材を継目無鋼管圧延によって製作する技術を開発した。このロールスリーブ材の化学成分を **Table 1** に示す。また製造工程はビレットを継目無鋼管圧延することによって厚肉円筒形状に加工し，これをロール素材として使用している[3)]。

水島第5連鋳機の ϕ310 分割ロールに使用した例について，摩耗速度を前述の **Fig. 7** に示したが，このスリーブ材は従来の肉盛ロールと比較して良好な耐摩耗性を有している。ロールコストについては，**Fig. 9** に示すように，従来の材質 13CrMo44 と比較して 16%，13%Cr4%Ni 肉盛ロールと比較しても 60% のコストとなっている。

3・2　ローラーエプロンギャップ設定装置

水島第2および千葉第1連鋳機では，ロール間隔調整をウォームジャッキによる連続変更が可能な遠隔操作方式とした。しかしこの方式では，鋳造中にウォームジャッキ，ベアリングなどのバックラッシュによってロール間隔が変化して，鋳片バルジングの原因となる欠点があった。この点を改善するため，水島第5連鋳機では，ロール間隔はウォームジャッキで設定し，そのロールフレームを油圧シリンダーで強力に結合する構造を採用した。また水島第2連鋳機においても，その後ダミースラブを挿入してウォームジャッキを圧下し，ロール間隔を設定する方法で，ウォームジャッキなどのバックラッシュを吸収する方式を採用した。

3・3　ピンチロールギャップ設定装置

最近では高速鋳造が行われるため，未凝固鋳片を引き抜きかつ矯正する機能がピンチロールに要求されている。

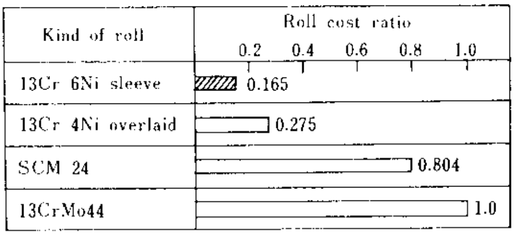


Fig. 9　Comparison of roll costs

スラブ連鋳機において未凝固鋳片の矯正を行う場合，ピンチロールの設定圧力が高すぎると鋳片を圧下し，また低すぎると静鉄圧に抗しきれずにバルジングをひき起こし，いずれの場合も鋳片に内部割れの原因となる。適正な設定圧力は，鋳造速度，鋳片幅，2次冷却などの操業条件により変化するので，操業条件の変化に応じて常に適正圧力を維持することは実用上困難である。

この点を解決するため，水島第5連鋳機では，ピンチロールの上下フレーム間隔をディスタンスピースによって設定し，全体を油圧シリンダーで強力に固定する構造とした。駆動ロールについては，上限ストッパーを設けて専用の油圧シリンダーにより独立に圧下力を調整できる構造とし，バルジング力よりも弱くかつ鋳片引き抜きに対しては十分な圧下力の設定が可能な構造とした。またピンチロール矯正については，矯正歪が過大にならぬよう2点曲げ方式を採用している。

3・4　ブルーム連鋳機用ロール

水島第1連鋳機においては，ガイドロール軸受としてブッシュ型を採用したが，この軸受は水，スケールの侵入によって摩耗が早く，ロールは短命であった。この点を改善するため，軸受にニードルベアリングを採用し，また自動給脂方式を採用した結果，ロール寿命を5倍に延長できた。

水島第3連鋳機においても，同様にニードルベアリングと2重軸封構造を採用し，ロール寿命の安定をはかっている。また，異鋼種連々鋳，タン

Table 1　An example of chemical composition of sleeve roll

(%)

	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo
13Cr6Ni	0.04	0.70	0.85	0.014	0.006	6.65	12.80	1.04

ディッシュ交換などにおける非定常作業が多くなるにしたがって，鋳型直下のフットロールが曲損するという事故が頻発したが，この原因は鋳片引き抜き停止時にロールが熱変形するためである。その対策としてロール表面に溝を加工することによって曲損事故を解消できた。

ビームブランク用ロールについては，当初フランジ支持ロールの胴長が短く，フランジ全長を支持する構造でなかったが，凝固の過程でフランジが拡がろうとする力が生じて，フランジ部の変形が問題となった。またロール軸受にはニードルベアリングが採用されているが，ロールが受ける曲げモーメントに抗しきれず，破損事故が頻発するという状況であった。これらの問題を解決するためにロール胴長を長くしてフランジ全長を支持する構造にするとともに，ベアリングを自動調芯コロ軸受に変更した。その結果ロールの破損事故が解消し，また鋳片の変形量も従来の 1/2 以下となって，ビームブランクの高速鋳造に大きく寄与した[4]。

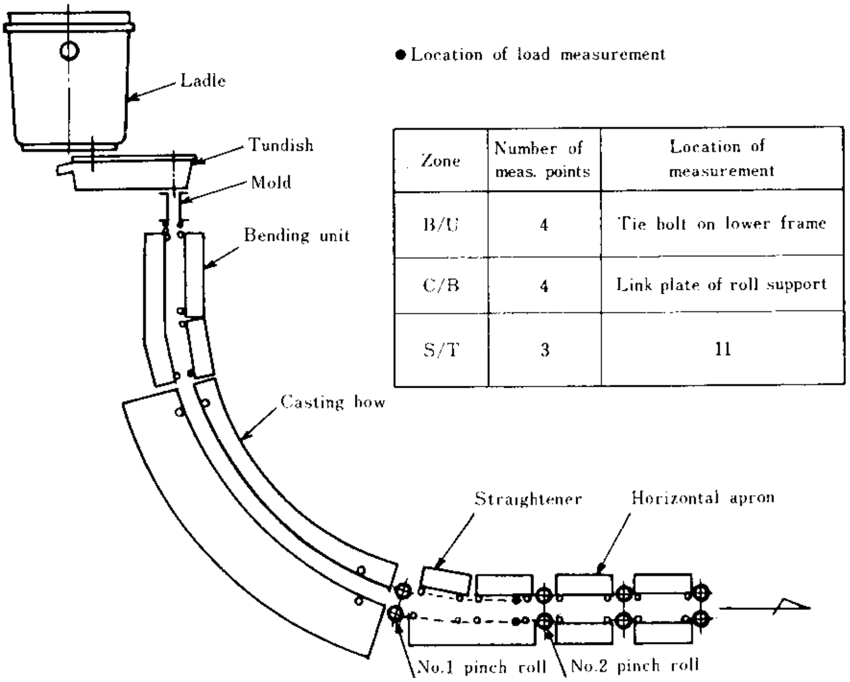
3·5 ロール荷重測定

鋳造時にロールが受ける荷重を測定することは，鋳片に作用する応力の解析や設備の諸改善を行うための有力な情報を提供する。

最近の操業においては，異鋼種連々鋳，タンディッシュ交換，イマージョンノズル交換，自動幅変更など高生産性技術を駆使することによって，連鋳比率を向上させることに力点が置かれている。一方これらの操業技術は，一時的な鋳造停止を伴うものであり，このことは設備設計の段階で必ずしも強度設計面などに考慮されていないので，これらの新しい操業技術が設備上に新たな問題をひき起こすことがある。ここでは，ロール荷重を測定することによって，設備改善・操業改善を行った例を示す。

3·5·1 測定例 1

千葉第 2 連鋳機は VÖEST 型小径分割ロールを使用した垂直-曲げ型機である。稼動当初分割ロールのベアリングが破損し，その解決のために各ユニットに作用するロール荷重を測定した。測定は，**Fig. 10** に示すように各ユニットに対してひずみゲージを取り付けて実施し，また鋳造速度一定の定常時，タンディッシュ交換などの鋳造停止時など，各種の操業条件に応じて測定を行った。



Zone	Number of meas. points	Location of measurement
B/U	4	Tie bolt on lower frame
C/B	4	Link plate of roll support
S/T	3	11

Fig. 10 Location of roll load measurement (Chiba No.2 CC)

その結果，ベンディングユニットでは，荷重は操業条件にほぼ関係なく静鉄圧の約 1.2 倍，キャスティングボウでは約 1.5 倍となっており，ともにロール強度上問題ないことが判明した。ストレートナーにおける荷重は，**Fig. 11** に示すようにスタートボトム通過時に最大荷重となり，定常鋳造時の約 3 倍となっている。**Fig. 12** にボトム通過時の時間経過と荷重との関係を示したが，完全凝固鋳片部の矯正反力が最大荷重となっている。

これらの荷重測定の結果にもとづいて，**Table 2** に示すような設備改善を実施し，ロール寿命の延長，保全性の向上，鋳造速度の向上が達成された[2)]。

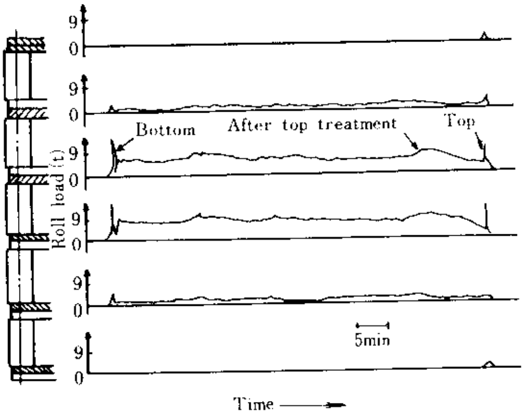


Fig. 11 Result of measurement at straightener

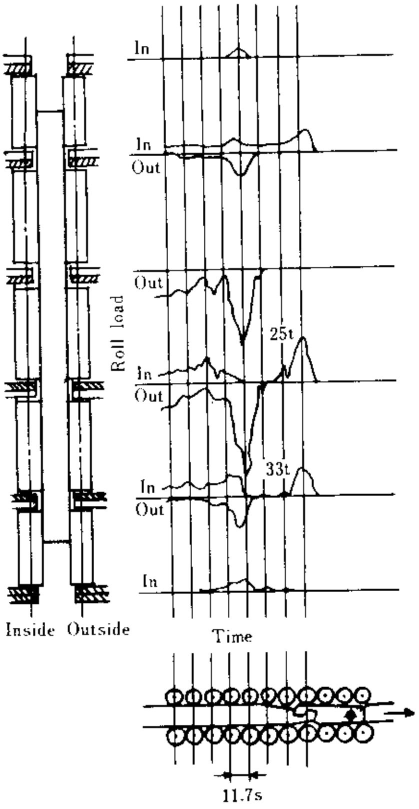


Fig. 12 Measured load on straightener rolls during bottom passing

Table 2 Main moditication for Chiba No.2 CC machine

Final aims	Equipments	Specifications: Before modification	Specifications: After modification
To improve roll life	Lubrication systems (B/U～H/A)	2 bearings/hole	1 bearing/hole
	Roll profile (S/T)	φ175×5 Div, (needle)	φ240×3 Div (spherical)
	Roll profile (H/A)	φ175×4 Div, (needle)	
	Roll materials (C/B～H/A)	S25C	Low alloy
To reduce maintenance time	Roll support (C/B～H/A)	Elastic beam and link plate	Elastic beam and fish plate
To increase casting speed	No.1 pinch rolls	φ550 2 driven rolls	φ280×3 Div 4 driven rolls

Symbols B/U : Bending Unit
C/B : Casting Bow
S/T : Straightener
H/A : Horizontal Apron
Div : Divided roll

3・5・2 測定例 2

水島第6連鋳機は，2分割ロールを用いた垂直-完全凝固曲げ型連鋳機である。稼動当初ロールネック折損などのトラブルが発生したこともあり，長期にわたって安定した荷重測定をすることをねらって，連鋳機特有の高温高湿条件下で信頼度の高いロードセルを開発した。

荷重測定用ロードセルは，**Fig. 13** に示すようにロール軸受直下に設置し，スラブ引抜き方向に直角なロール反力と，引抜き方向に平行な反力とを測定できる構造となっている。

非定常操業時に実施した測定結果の一例を **Fig. 14** に示す。タンディッシュ交換時の鋳片の継ぎ目が通過する際に荷重は通常操業時の約2倍を示し，静鉄圧によるロール反力計算値の3倍程度を示している。

これらの荷重測定結果に基づいて，ロール折損などの原因となる過大荷重を生じさせない操業条件を見出し，設備安定と生産性の向上に寄与することができた。またこのロードセルを用いて鋳片の凝固過程に生ずる荷重を測定できるので，品質安定のための解析データも提供できる。

4. 設備診断技術

連鋳機の生産性をたかめ，安定した高品質を維持するためには，設備を常に良好なコンディションに保つ必要がある。当社では計測技術を応用し，各種の設備診断技術の開発，適用をはかってきた。**Fig. 15** に連鋳機における診断技術を示し，以下にいくつかの具体例について述べる。

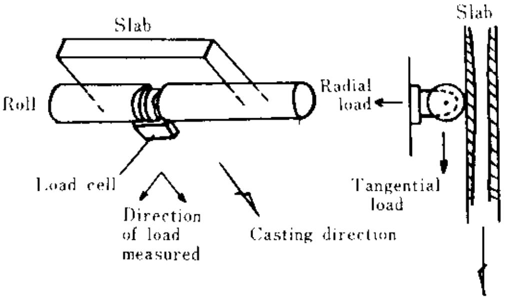


Fig. 13 Location of load cell and direction of load measured

4・1 ロールギャップ測定装置

スラブ連鋳機におけるロールギャップの不整合は，スラブ内部欠陥の原因となる。ここでは千葉第2連鋳機における例を示す。その測定原理を **Fig. 16** に示す。3個の差動変圧器を内蔵し，それぞれの先端ちロール接触部を設け，ロール間のギャップ検出・記録する。

この装置の特長は，多点曲げ矯正の場合あるいは上下ロールが対向していない場合にもロールギャップを測定できること，またバッテリー，記録計を内蔵しているためケーブルを必要としないことなどである。測定例を **Fig. 17** に示す。この装置の利点は，ケーブル断線等のトラブルがないことである。

4・2 ロール回転検出装置

連鋳機においては，軸受不良などによりロールが回転しなくなる場合がある。千葉第2連鋳機は

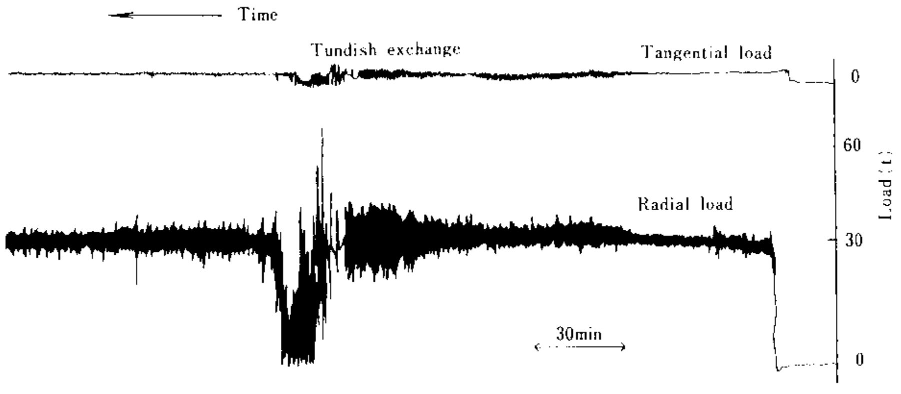


Fig. 14 Result of load measurement on roller apron during tundish exchange (Mizushima No.6 CC)

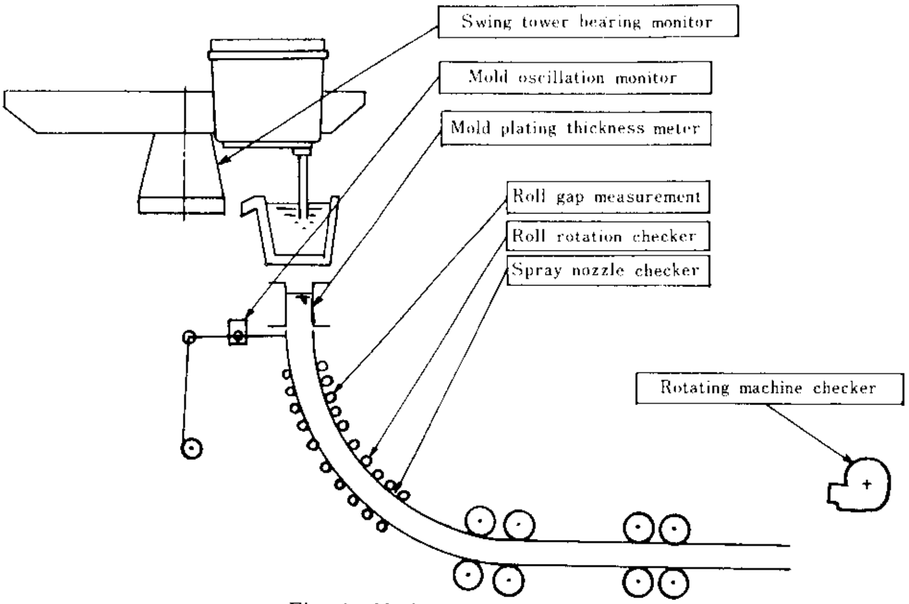


Fig. 15　Machine condition monitors

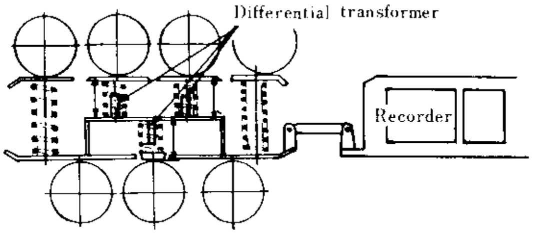


Fig. 16　Roll gap measuring equipment

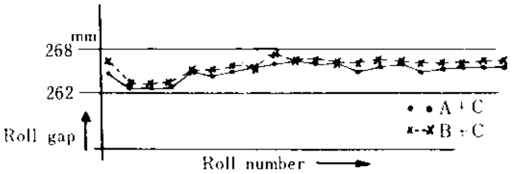


Fig. 17　Result of measurement of guide roll gap

小分割ロールを採用しているため特にこの問題が多発し，これに対処するためにロール回転検出装置を開発した。**Fig. 18** に示すように，ダミーバー先端にロールと接触する摩擦板を設け，同時に検出ロールを被測定ロールに常に接した状態にしておく，ロールが摩擦板によって回転すると，それに接触した検出ロールが同時に相対運動を起こすので，ロールと検出ロールの接触点が変化するだけで検出ロールは回転しない。逆に被測定ロールが回転しない場合には検出ロールが回転する。検出ロールにはポテンショメーターが接続されており，被測定ロールの回転を検知できる。**Fig. 19** に測定結果の例を示す。

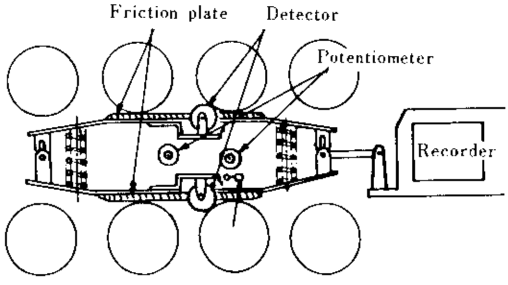


Fig. 18　Roll rotation checker

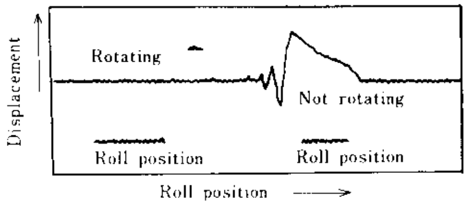


Fig. 19　Result of measurement

4·3　スプレーチェック装置

スプレーノズルのつまりは，鋳片の不均一冷却を生じ，品質不良，操業トラブルの原因となる。

従来は目視による確認が行われてきたが，当社ではテレビカメラを用いたスプレーチェック装置を開発した。**Fig. 20** に示すように，スプレーノズルの噴射状況を直接カメラにて写し出す方式であり，確実に噴射状況を確認できる。

5. 結　言

当社における連鋳設備技術の進歩と，その間に開発された技術とについて述べた。これらの設備技術は，操業と品質の安定を可能にし，連鋳比率の向上とコストダウンに大きく寄与してきた。

今後の設備技術開発の課題は，これらの技術をさらに発展させるとともに，連鋳比率向上の要請にこたえ，より一層安定した性能を低コストで得る設備を実現していくことであろう。

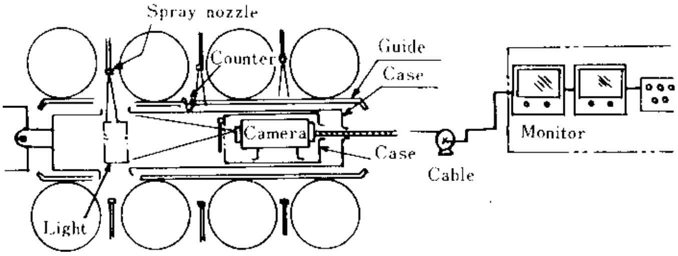


Fig. 20　Spray nozzle checker

参 考 文 献

1) 鈴木ら：鉄と鋼，**65**（1979）11，S 654
2) 上田ら：鉄と鋼，**66**（1980）4，S 244
3) 白石ら：鉄と鋼，**66**（1980）4，S 248
4) 上田ら：鉄と鋼，**65**（1979）11，S 759

資料

連続鋳造鋼材の品質特性

当社の粗鋼生産量のうち連鋳材の占める割合は，54年度に60％を越え，現在も増加の一途にある。連鋳比率のこのような増大傾向は，省エネルギー，省資源，省力といった目的に対して，連続鋳造法が造塊法より適していること，また製品の品質においても連鋳材が造塊材より優れている分野が多いことなどに由来するものである。

当初は，必ずしも多くの分野で連鋳材が歓迎されたわけではなかったが，今日では周辺技術をも含めた連鋳技術の改善により，高級鋼においても需要家の品質要求を満足する連鋳材が供給されている。その結果，圧延用鋼材の大部分について連鋳が可能となり，連鋳材がその内質の均一性と優れた表面性状により，造塊材に置き換ってきた。

当社は早くから連鋳対象品種の増加を積極的に推進し，長年にわたる技術の蓄積と改善をもとに，現在では次の**表1**，**2**に示す品種の連鋳を行っている。この中の数品種について，その素材や製品の品質特性を以下に紹介する。

〔文責：内藤雅夫，千葉製鉄所・管理部・厚板管理課・主査〕

表1　スラブ連鋳の対象規格，品種

製品・用途分類		規格・品種
厚鋼板	造船用	各船級協会の40, 50kg/mm^2
	構造用	SS34～55, SM41～58
	高張力鋼板	HTP55, River Ace 60,
		River H360
	ボイラー用	A515-55～70, BS1501 151
	圧力容器用	SPV24～50, A285, A516 55～70
	低温用	SLA24～37, River Ace 60L,
		SL9N60
	ラインパイプ用	API5LX X42～X70
	耐候，耐食性	SMA41, 50, River Ten-50
熱延鋼帯・鋼板	一般用	SPHC, D, E
	構造用	SS34～55, SM41A, B, 50A
	自動車構造用	SAPH32～45, KFR41E, 45E
	高張力鋼板	HTP50～60, 70E, 80E
		デュアルフェイズ鋼, APFH50～60
	鋼管用	SPHT1～4
	ラインパイプ用	API5LX X42～X70
	油井管用	API5AJ-55, API5A N80
	圧力容器用	SG26～37
	耐候、耐食性用	River Ten R, River Ten 41, 50
	深絞り用	KFN-1，2
	ほうろう用	KHN, KHN-T
冷延鋼帯・鋼板	一般用	SPCC, D, E, EN
	超深絞り用	KTU-X
	高張力鋼板	CHLY40～60, CHR38～45
		APFC45～55, KTH38～50
	ほうろう用	KTM
表面処理鋼帯・鋼板	カラー鋼板	SCG
	亜鉛めっき鋼板	SPG, SECC, D, E
	すずめっき鋼板	SPTE
	テインフリー鋼板	KEC
特殊鋼鋼帯・鋼板	ステンレス鋼板	SUS304, SUS410～430
	高炭素鋼	SK-4, 5, SAE1050～60
	合金鋼	SCM435, SAE5046, SNCM220
		9％Ni鋼

表2　ブルーム連鋳の対象規格，品種

製品・用途分類		規格，品種
H形鋼	造船用	各船級協会の40kg/mm^2
	構造用	SS41～55, SM41A, B, SM50A, B,
		SM50YA, YB, SM53B
	耐候性	SMA50A, River Ten-41, 50
		ASTM-A588A, -A690, MARINER
鋼矢板	一般（耐候性）用	SY30, 40
	耐食性	ASTM-A690, MARINER
継目無鋼管	配管用	STPG, STS, STPT, STPA,
		STPL
	熱伝達用	STB, STBA, STBL
	構造用	STK, STKM, STKS
	ラインパイプ用	API5LB, API5LX-X42～X70
	油井管用	API5A N80, API5AC-C-95,
		API5AX-P-110, P-105, S-135
	低合金鋼	SCM415～440, SAE4130
棒鋼	構造用	SS41～50, SC, SCMH, SCrH
	みがき棒鋼用	SGD, RSD
	硫黄快削鋼	SUM, SAE1213, 15, RCS-15
	コールドヘッダー用	SWRCH, RCH
	合金鋼	SCM, SCr
線材	軟鋼線材	SWRM
	硬鋼線材	SWRH
	ピアノ線材	SWRS
	細引用軟鋼線材	KFR
	溶接棒用	SWRY, ER
	タイヤコード用	KTC-70
	高張力ボルト用	KF10T

1. 耐ラメラーテア厚鋼板

溶接構造物，とくに海底油田用のプラットフォームの脚（レグ）における節（ノード）部のように厚肉鋼管が1箇所に集合する部分では，板厚方向の応力により，溶接部近傍から鋼板表面に平行な割れ（ラメラーテア）が発生しやすい。

当社では溶鋼の脱硫，RH脱ガスと垂直曲げ型連鋳を組合せて，優れた耐ラメラーテア鋼を製造しているが，その一例として，ノード材の化学成分の例を**表3**に示す。

鋼中の非金属介在物，とくに硫化物系介在物が耐ラメラーテア性を劣化させることは一般に知られている[1]。これに関連して50kgf/mm^{2}級鋼のRA_Z（板厚方向引張試験における絞り）に対するSの影響を**図1**に示す。30%以上のRA_Zを安定して確保するためにはSを0.008%以下に管理する必要がある。ノード材のように，ときには北海のような厳しい自然環境下で，強い応力を受ける材料については，製造工程上とくに注意を払い，前述の脱ガス・脱硫のほか，タンディッシュ形状やノズルの形状・材質の改善，注入流の酸化防止などによる介在物低減と，制御圧延や焼きならしによる細粒化とに留意し，RA_Zや低温靱性などに関して十分な品質保証を行っている。

ノード材として製造した板厚50～100mmのBS4360-50Dの機械的性質を**図2**に，また脆性破壊発生の指標である限界COD値を**図3**[2]に示す。各特性について連鋳材のほうがばらつきが小さく，安定して良い値を示している。COD値は，連鋳材，造塊材とも本質的な差はない。

〔文責：池田 清，水島製鉄所・管理部・厚板管理課・掛長〕

参　考　文　献

1) 小指：第24・26回西山記念技術講座，(1974)，〔日本鉄鋼協会〕

2) 田中ら：鉄と鋼，**66** (1980) 2，s19

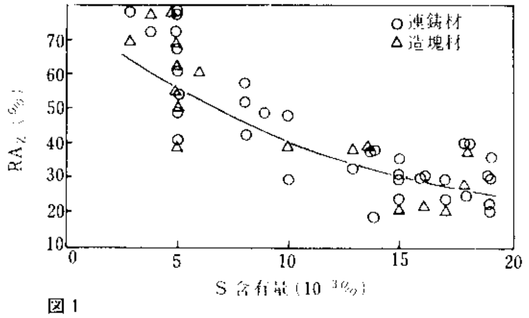


図1

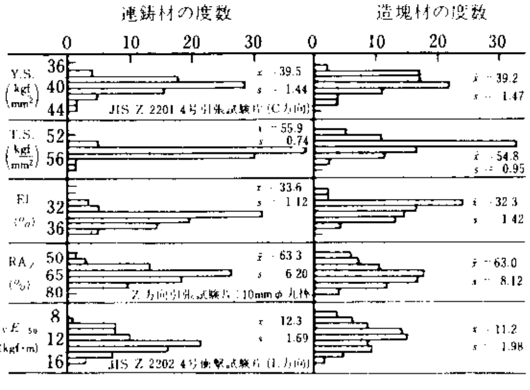


図2

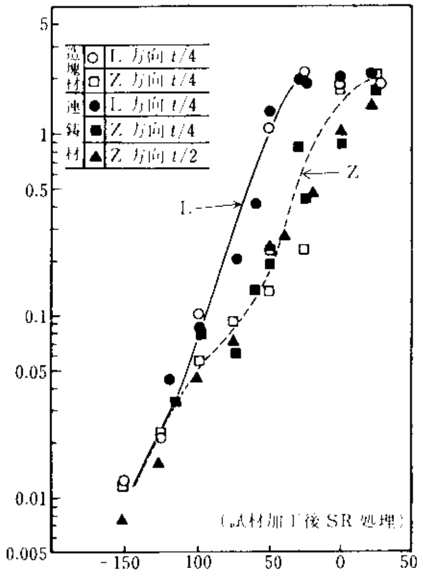


図3

表3

(%)

素材	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Nb	Al	C_{eq}
連鋳材	0.13	0.40	1.46	0.017	0.004	0.15	0.08	0.032	0.049	0.39
造塊材	0.13	0.42	1.41	0.017	0.005	0.14	0.09	0.031	0.038	0.38

2. 9%Ni 厚鋼板

液化ガスの運搬・貯蔵に使用される極低温用鋼材として，加工性，経済性の面から9%Ni鋼が多用されている。当社では，転炉-連鋳プロセスにより，材質のみならず，内質・表面性状ともに転炉-造塊材に優るとも劣らぬ品質を確保している。

図4に最近製造した連鋳材の取鍋分析値の実績範囲を，また焼入れ焼もどし後の機械的諸特性に及ぼすCの影響を**図5**に，同じく −196°C におけるCharpy衝撃特性に及ぼすSの影響を**図6**に示す。連鋳材と造塊材は同じ傾向を示し両者の差はないといえる。適正な強度，十分な延性および靱性を得るためにはC含有量を0.05～0.06%近傍の狭い範囲に適中させることが望ましい。造塊材はクロス圧延を行っており，連鋳材は鋳造方向の圧延を行っているが，それでも両者の吸収エネルギーは同一レベルである。これは，衝撃特性に影響の強い非金属介在物が，連鋳材のほうが少ないか，またはその圧延後の形態が加工履歴の違いにもかかわらず造塊材と大差ないことを暗示している。

図7には連鋳材の鋳造方向（1ヒートの全長），および造塊材の鋼塊高さ方向における吸収エネルギーの変動を平均値からの偏差で示す。連鋳材のヒート内偏差は造塊材の鋼塊内偏差より小さく，均一性が良好である。

〔文責：篠原忠広，千葉製鉄所・管理部・厚板管理課・掛長〕

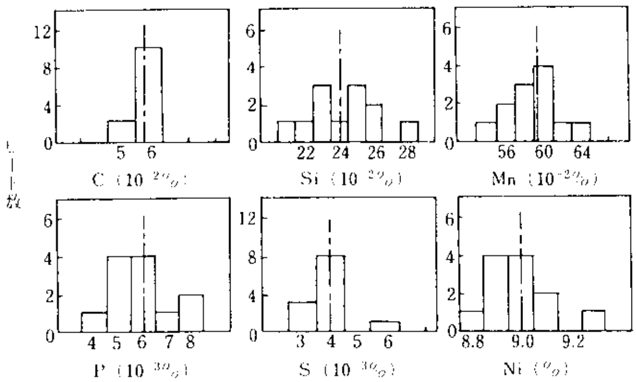


図4

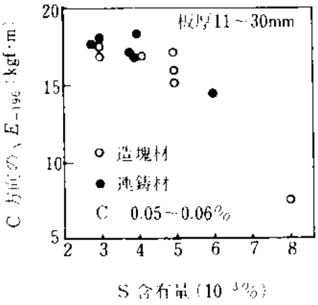


図6

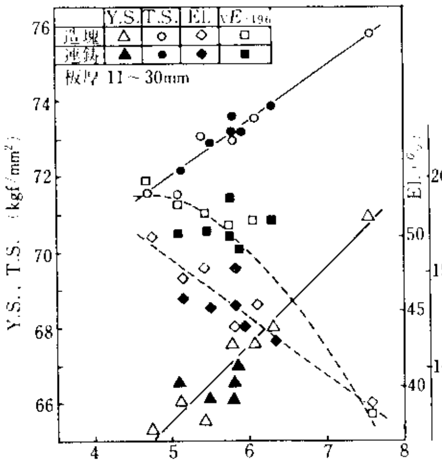


図5

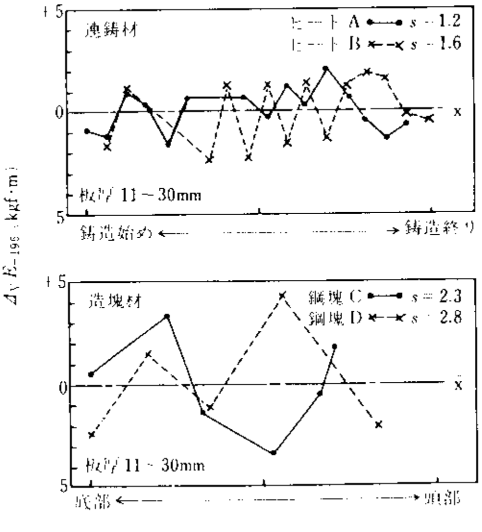


図7 −196°C における Charpy 吸収エネルギーのばらつき（平均値基準，sは標準偏差）

3. Ti添加ほうろう用熱延鋼板KHN

ほうろう用鋼板としては，冷延鋼板が通常使われている。これは非金属介在物や炭化物の周囲に冷間圧延により微細な空隙が多く発生し，そこに水素が捕そくされて，ほうろうのつまとび欠陥が防止されるためである。一方，熱延鋼板は一般に耐つまとび性は良好でなく，少なくとも両面ほうろう処理は難しかった。当社が開発したほうろう用熱延鋼板KHNは，この問題を解決した製品である。

表4にKHNの造塊材と連鋳材，および比較材としてSPHEの代表的な化学成分を示す。

ほうろう用熱延鋼板にTiを含有させると，鋼中非金属介在物形態制御効果により，鋼板の曲げ加工性，伸び率およびフランジ加工性が向上し，また鋼中のC固定効果により，ほうろう処理時の焼成ひずみや焼成中の発泡がほとんどなくなり，ほうろう用冷延脱炭鋼板（KTSM）と比較してもそん色がない。しかも，微細に分散した多量のTiCにより水素が捕そくされるためと考えられるが，片面ほうろう処理はもちろん，両面処理を行ってもつまとびは発生しない。

このように，Ti添加が品質上好ましいことは確認できたが，一方，0.05%以上のTi添加は，連続鋳造スラブの表面割れや，Ti酸化物系のノロカミなどの表面欠陥を生じやすいという問題があった。これは，注入流シールの強化，二次冷却パターンやモールドパウダーの組成・物性の調節により解決され，KHNの連鋳技術が確立した。

以下に，KHNの連鋳材と造塊材，およびSPHEのほうろう特性を比較する。まず，板厚1.6mmの熱延鋼板の機械的性質を**表5**に示す。ほうろう処理は，**表6**に示す3種類の前処理条件で，860℃の両面ほうろう焼成を施した。焼成後，160℃の恒温槽で15時間保持して水素の拡散を促進させ，つまとび発生の有無を調べた。その結果を**表6**に示す。KHNは連鋳材，造塊材ともつまとび発生が皆無であった。

連鋳材を用いた製品例として，ほうろうがけしたガスレンジ架台を**写真1**に示す。このほかにはうろうサイロ用に強度を上げたKHN-Tも製造しており，品質は安定している。

〔文責：有賀　勇，千葉製鉄所・管理部・熱延管理課〕

表5

		位置	Y.S. (kgf/mm²)	T.S. (kgf/mm²)	El. (%)
KHN	造塊材	LE	30.0	43.9	31
		TE	23.7	38.1	36
	連鋳材	LE	28.6	38.2	31
		TE	30.0	40.8	32
SPHE	連鋳材	TE	24.3	36.8	36

表6

		位置	前処理条件**		
			A	B	C
KHN	造塊材	LE	◎	◎	◎
		TE	◎	◎	◎
	連鋳材	LE	◎	◎	◎
		TE	◎	◎	◎
SPHE	連鋳材	TE	×	×	×

* ◎つまとびなし，×つまとび大
** A：ショットブラストのみ
B：A＋ピックリング（10%H_2SO_4, 75℃ 5min）
C：A＋B＋Niフラッシュ（2%$NiSO_4 \cdot 6H_2O$, 70℃ 5min）

表4 (%)

		位置*	C	Si	Mn	P	S	Al	Ti	O	N
KHN	造塊材	LE	0.023	0.035	0.27	0.014	0.006	0.021	0.19	0.0034	0.0041
		TE	0.021	0.047	0.29	0.014	0.006	0.019	0.20	0.0029	0.0039
	連鋳材	LE	0.021	0.028	0.23	0.013	0.005	0.033	0.21	0.0033	0.0045
		TE	0.023	0.031	0.23	0.014	0.005	0.033	0.22	0.0029	0.0041
SPHE	連鋳材	TE	0.047	0.028	0.30	0.014	0.016	0.047	—	0.0042	0.0049

*LE：コイル先端部，TE：コイル後端部

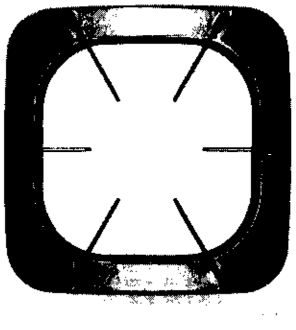


写真1

4. 熱延高炭素鋼帯・鋼板

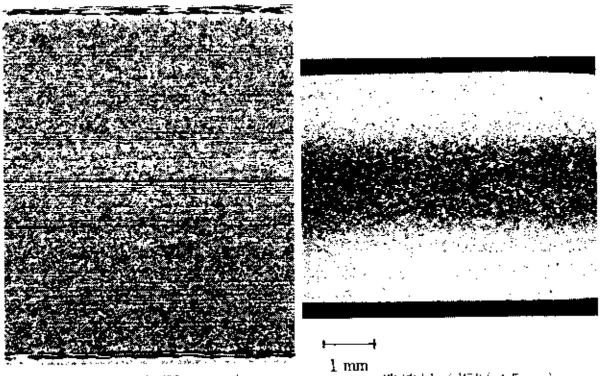
薄板用高炭素鋼の工程的連鋳は，昭和53年に開始したが，現在ではC1.0%以下の鋼種の80～90%が連鋳工程で生産されている。連鋳時には低融点モールドフラックスを用い，溶鋼過熱度を管理することにより，非常に安定した，良好な表面性状が得られる。たとえば，スラブ表面の手入減率は，造塊材に比べ0.6～1.0%減少している。

製品特性について，まず**写真2**にSK5熱延板の断面をピクラール・エッチした組織を示す。造塊材トップ部の偏析状態に比べ，連鋳材は中心偏析層が著しく薄く，しかも鋳込全長にわたって一様である。

偏析の有害性の例としては，焼入時の断面割れ（焼割れ）が挙げられる。焼入れ時には偏析部とその周辺部の変態開始時期の差により曲げモーメントが発生し，塑性変形しにくい偏析部で破断するものと考えられている。**図8，9**にその模式図と，板厚8mm（$h=4$mm）の断面について試算した，偏析層の厚みと曲げモーメントの関係を示した。曲げモーメントは図の縦軸に比例する。連鋳材は偏析層が薄くMの値が小さいので，焼割れを生じにくい。事実，数多くの焼割れ試験によっても焼割れは全く生じていない。

つぎに，SK5熱延板の清浄度を**図10**に示す。連鋳材は造塊材より清浄度が優れている。特に連鋳材は，造塊材沈澱晶部に発生しやすい大型介在物がないため，きわめて安定した高い品質が得られる。

〔文責：和田喜昭，千葉製鉄所・管理部・熱延管理課〕



連鋳材（板厚7.0mm）　　造塊材（板厚4.5mm）

写真2

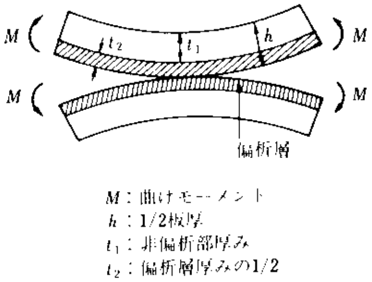


図8

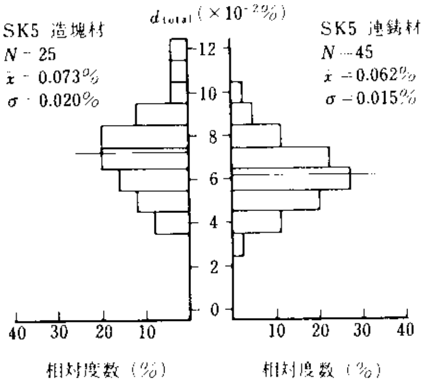


図10

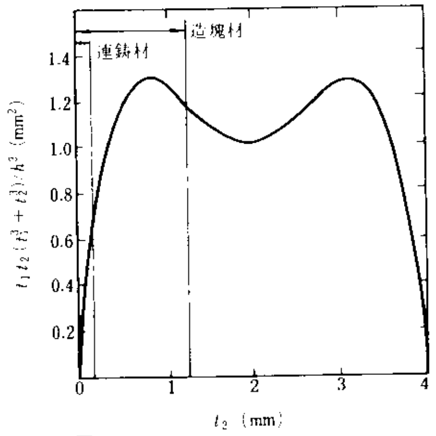


図9

5.　亜鉛めっき用極薄鋼板

亜鉛めっき原板のうちフルハード材は，亜鉛めっきラインで軟化焼鈍されないので形状矯正効果が小さく，原板形状への要求がとくに厳しい。ところが，薄物，とくに板厚0.2mm以下のフルハード用極薄鋼板の冷間圧延では，材料の加工硬化による圧延性不良（チャタリング）や形状不良が発生しやすい。また，ロール成形する鋼板では幅および長手方向に均一な材質が要求され，たとえば断面形状に広い平坦部があるサイディングパネルでは，弾性座屈によりオイルキャンと呼ばれる局部的な凹凸が発生しやすいなど，めっき原板に対しては種々の問題・要求が課せられている。これらの用途に連鋳材を試験充当した場合の品質について，以下にその概要を説明する。実験に使用した連鋳材および造塊材（リムド鋼）の化学成分の代表例を**表7**に示す。

(1)　冷間圧延性および形状

図11に，冷間圧延圧下率の，圧延荷重への影響を示す。造塊材の場合，キャップド鋼よりC量が低く軟質なリムド鋼でも，圧下率が94%以上になるとチャタリングの発生危険域に達する。一方連鋳材でも，素材が硬い場合は91%以上の圧下率でチャタリング発生の危険があるが，A_3変態点以下で熱間圧延を行ったC量の低い素材は軟質で，総圧延荷重もリムド鋼より5%軽減し圧延性が改善される。

つぎに，冷間圧下率94%で0.16×762mmのコイルを製造する場合に鋼帯の側端部に発生する耳伸びを**図12**に示す。ここでは，コイル長さ1mあたりの耳波高さの総和を耳伸び指数として表示してある。造塊材では，化学成分のコイルごとの差や長手方向の偏差によって圧延変形抵抗が変動し，板形状が安定しない。また，圧延圧力が高いのでロールのたわみと偏平変形が大きく，約70mmの幅でストリップのエッジにある軟質なリム層部分に小型の耳波が数多く発生する。

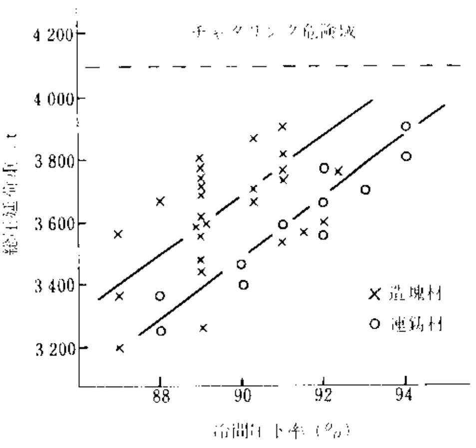


図11

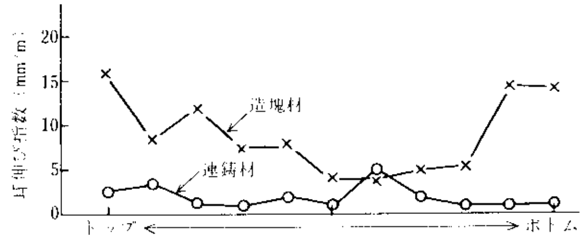


図12

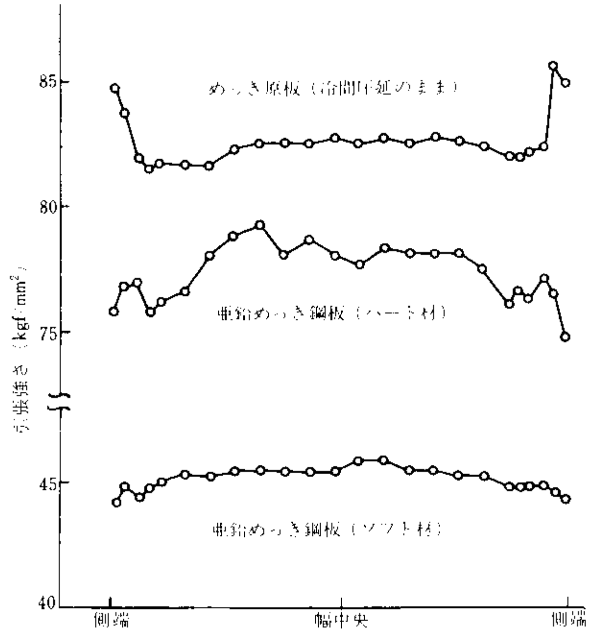


図13

表7　(%)

鋼種	C	Si	Mn	P	S	Al
連鋳キルド鋼*	0.02	0.12	0.22	0.012	0.015	0.010
連鋳キルド鋼**	0.07	0.16	0.31	0.014	0.016	0.011
リムド鋼	0.07	—	0.27	0.016	0.021	

* 極薄亜鉛めっき原板用
** サイディングパネル向けカラー鋼板用

一方連鋳材では，化学成分の変動が小さいばかりでなく，素材の幅方向の結晶組織も最エッジの放冷部以外は均一な混粒となっており，長手方向の形状変化や耳伸び指数が小さく，また亜鉛めっき後の幅方向の材質変化も少ない（図13参照）。

(2) ロール成形性[3)]

カラー鋼板をサイディングパネルにロール成形する時の，面内圧縮応力による弾性座屈現象であるオイルキャンの程度を，渦電流式変位計で測定し，単位長さあたりの波高さの総和を h_W で表現して図14に示す。各材料に共通の傾向として，微小歪引張試験による比例限応力 σ_L が高くなるほど h_W が小さくなり，35kgf/mm^2 以上であればオイルキャンは良好である。ここで30kgf/mm^2 以下のリムド鋼は，いずれもレベラーをかけた材料である。レベラーの影響を図15に示す。連鋳材ではレベラー処理の有無にかかわらず h_W が小さくてオイルキャンは良好であるが，リムド鋼ではレベラー処理したものが悪い。これは，レベラー処理によるバウシンガー効果が連鋳材より大きく，σ_L が成形応力より低くなって塑性変形を生じたためと考えられる。

一方，σ_L が過大になっても h_W は大きくなる傾向が見られ，図14では省略したが，70kgf/mm^2 の材料では3.78mm/mであった。これは，ロール成形中の材料の幅方向伸びと長手方向縮み変形は素材形状不良を矯正する効果があるが，σ_L の大きい材料ではこの効果が薄くなって，成形後まで残ったものと考えられる。

〔文責：石崎文武，千葉製鉄所・管理部・冷延管理課・掛長〕

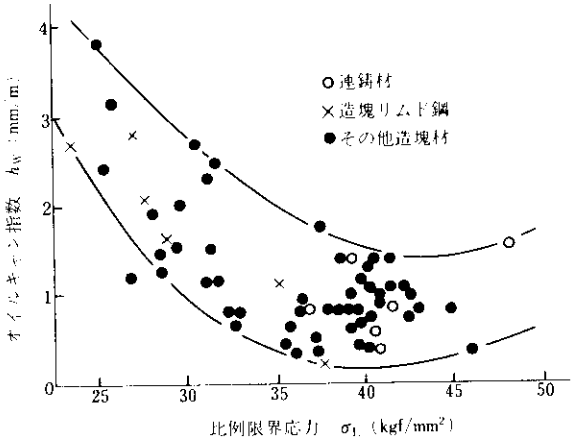


図14

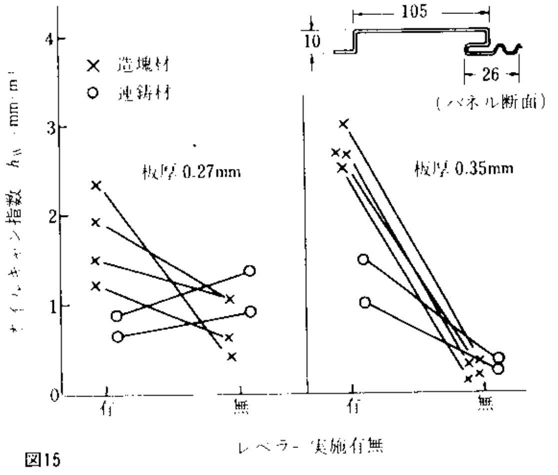


図15

参考文献

3) 比良ら：塑性と加工，20 (1979, 10月) 225, 933

6. ぶりきおよびティンフリー鋼板用薄鋼板

ぶりきの用途としては，果実用食缶の占める割合が大きい。果実用食缶材料としてのぶりきには，内容物が弱酸性で腐食を促進するので，高耐食性が要求される。また，はんだのぬれ性の点では，板面粗度の影響が大きいので，とくに薄めっき材や，食品衛生上の要求から純すずはんだが用いられるジュース缶などの場合には，とくに板面粗度の細かいものが必要になる。さらに，ぶりきやティンフリー鋼板の印刷機としては，省エネルギー・能率向上の目的で，多段式が使われはじめ，原板の平坦度への要求が一段と厳しくなってきた。

このような状勢を考慮して，当社では，この種原板の素材を，従来の造塊材（キャップド鋼）から連鋳材（低炭素 Al キルド鋼）へと積極的に切換える方針を打ち出した。ぶりきおよびティンフリー鋼板用連鋳材・造塊材の化学成分の代表例を**表 8** に示す。

以下に形状と耐食性について，連鋳材と造塊材の品質を比較した一例を紹介する。

(1) 形状

ぶりきやティンフリー鋼板用原板の形状は，調質圧延の耳伸び矯正段階でほぼ決まる。耳伸びには，成分偏析などに基づく鋼板幅方向の不均質性が強い影響を及ぼすが，調質圧延機のワークロール粗度もまた，耳伸びとの関係が深い。耳伸びに及ぼすこれらの要因の影響を**図 16** に示す。板面粗度の細かいぶりきをつくるために，ワークロール粗度を細かくすると鋼種にかかわらず，耳伸びは大きくなる。成分偏析の大きい造塊材[4]の耳伸びは，板幅端部の硬度より中央部が高くなるにしたがって大きくなる。一方，成分偏析の小さい連鋳材では，スラブ位置にかかわらず板幅方向硬度差が小さく，耳伸びも小さい。したがって，ぶりき製造工程でも平坦度がよく，通板作業が安定するので，安定した高い品質を実現できる。

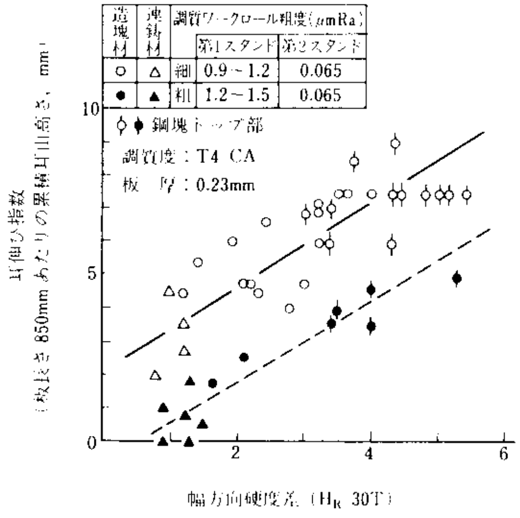


図16 （側端より 200mm 内側　側端より 10mm 内側）

また，詳細は省略したが，連鋳材のぶりきは時効劣化が少なく，深絞り加工に適している。

(2) 耐食性

ぶりきの耐食性を支配する因子の一つに，すず層の不連続部分で合金層や素地鋼の露出があり，これらの多いものは耐食性が劣る[5]。その改善法として，めっき工程では，すずめっき後のリフロー処理（すずの加熱溶融）の加熱条件が重要であるが，原板の表面性状の影響も大きい。そこで，**表 8** に示す 4 種の原板を用い，耐食性比較のため以下の試験を行った。

商用ラインにおいて，**表 8** の焼鈍を行った後，調質圧延を行い，すずめっき供試材を採取した。供試材は実験室にて脱脂，酸洗後，回転陰極セルによりハロゲン法で #75 に相当するすずめっきを行い，直ちにリフロー処理を施し，耐食性試験を行った。耐食性試験成績を原板の化学成分値とともに**表 8** に，また各処理条件と耐食性試験法の概要を欄外注に示す。

ATC 値は，連鋳材と造塊材の別や焼鈍法によっても大差はないが，ISV とチオシアネート値は，焼鈍法にかかわらず連鋳材が優れている。ISV は焼鈍中に鋼板表面の結晶粒界へ富化濃縮した酸化物に大きく支配されること[6]が知られているが，連鋳材は酸化物総量が少なく，鋼板表面清浄度も高いこと[7]などが ISV に有利に作用したものと考えられる。

（文責：泉山禎男，千葉製鉄所・管理部・冷延管理課・掛長）

表8

素材	焼きなまし	原板の化学成分(%)						合金錫量 (g/m²)	耐食性試験成績		
		C	Si	Mn	P	S	Al		ATC ($\mu A/cm^2$)	ISV ($\mu g/3in^2$)	チオシアネート値 (mg/dm^2)
Alキルド連鋳材	連続	0.065	0.024	0.28	0.015	0.013	0.040	0.73	0.10	1.8	2.05
	ボックス	0.058	0.020	0.29	0.013	0.016	0.058	0.64	0.15	1.6	1.87
キャップド造塊材	連続	0.078	0.001	0.27	0.012	0.022	<0.001	0.71	0.10	7.1	3.05
	ボックス	0.097	0.002	0.26	0.017	0.019	<0.001	0.64	0.15	8.1	3.20

注1) 試験内容説明

ATC試験：

果実ジュースなど酸性食品缶詰の貯蔵寿命を予知できる試験法として開発されたもので，ジュース中で純すず板と合金すず層まで露出させたぶりき板試片を連結し，この間に流れる微弱な電流を測定し，ATC電流として耐食性の評価を行う。

鉄溶出試験：

めっき前の原板表面およびめっき層の耐食抵抗を求めるため，缶詰の反応をまねた試験状態で，ぶりき試片から溶解したFeの量ISVを求め，耐食性の評価を行う。

チオシアネート有孔度試験：

すずめっき層の不連続な部分で鋼地金が露出しているところから，腐食液に溶解したFeイオンを，赤色のチオシアン酸鉄の形で比色定量して，耐食性の評価を行う。

注2) 実験条件

脱脂：浴組成 カセイソーダ 50g/l
グルコン酸ソーダ 3g/l
添加剤 1g/l
温度 80℃以上
電解条件 C.D. 5A/dm² で陰極処理10s

酸洗：硫酸 25g/l(30℃)に5s 浸漬

すずめっき：浴組成 ハロゲン法すずめっき液標準組成
温度 60℃
電解条件 C.D. 30A/dm²
試片回転数 500rpm

リフロー：電圧 4V，時間 3.6s

参考文献

4) 久々湊，鎌田，善本，田中：川崎製鉄技報，5 (1973) 4, 61
5) 東洋鋼板㈱：ぶりきとテインフリースチール，(1974), 137 〔アグネ〕
6) 望月，番，原田：鉄と鋼，66 (1980) 4, A 93
7) 蛇目，原，松島，高野，神原：鉄と鋼，66 (1980) 4, A 85

7. 耐海水性形鋼

耐海水性鋼用のH形鋼や鋼矢板にはPおよびCuを添加してその特性を保証している（**表9**参照）。当社では，RH真空脱ガスした転炉溶鋼を連続鋳造し，大形，中形工場で圧延している。ブルーム寸法は240×400mm，300×400mm，400×560mmの3種であり，このほか，120×400×460mmの連鋳ビームブランクも使用する。

連鋳材は造塊材より偏析が少ないとはいえ，多量に存在する鋼中のPが凝固時に偏析しやすく，結晶粒界にFe_3Pなどの低融点化合物を形成し，この際シェル強度を低下させるSが共存すると内部割れを生ずることが多い。

表9にASTM-A690の規格値を示す。

そこで，**図17**に示すように十分脱硫し，かつ低温鋳造で偏析を抑制することにより，内部割れの発生を完全に防止できた。

一方，表面欠陥に関しては，矩形断面を有するブルームの場合，最終製品に対して有害な欠陥は発生しない。複雑な断面形状のビームブランク鋳片ではウェブ部に縦割れ状の欠陥が発生しやすいが，二次冷却パターンを改善しこれを防止している。この結果，素材熱片の無手入直送圧延も可能となった。

つぎに，H形鋼製品の材質特性の例として，C当量（C＋⅙Mn）と降伏点の関係を**図18**に示す。規格値を十分に満足しており，かつ造塊材よりばらつきが少なく安定した強度を示している。

〔文責：橋本隆文，水島製鉄所・管理部・条鋼管理課〕

表9

成　分	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni
規格値	≦0.22	≦0.10	0.60～0.90	0.080～0.150	≦0.050	>0.50	0.40～0.75

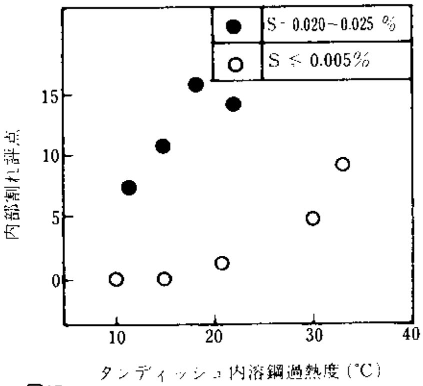


図17

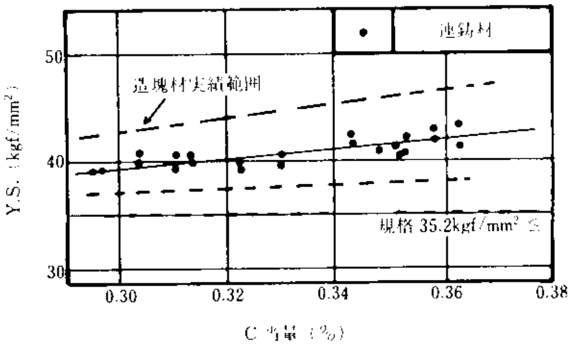


図18

8. 継目無鋼管

連続鋳造技術の向上に伴い，継目無鋼管への連鋳の適用を順次実施してきたが，その結果，鋳込開始から終了まで全長にわたる均一性が高く評価され，現在ではラインパイプ用，油井用，および機械構造用を含む継目無鋼管用素材の全生産量の98%以上を連鋳ブルームから製造している。さらに，低合金高級ボイラーチューブ材についても連鋳技術を確立した。

以下に，製造プロセスと素材・製品の品質概略を説明する。

RH 真空脱ガス処理を施した転炉溶鋼を無酸化低温鋳造し，品種により電磁攪拌を実施して内部・表面品質とも良好なブルームが得られる。これを大形圧延機（175～350mmϕ）や鋼片圧延機（110, 175mmϕ）で圧延した丸ビレットは，ピーリングなどの表面手入れを行う必要がなく，良好な製品表面品質を保証できる。図 19 に，丸ビレット C 断面における C の偏析状況を連鋳材，造塊材について示した。鋼塊トップ相当部のビレットでは中心部で約 1.35 倍の濃化が認められるが，連鋳製ビレットではどの位置においてもほとんど変化がなく極めて均一である。

これらの丸ビレットは，さらにマンネスマン・プラグミル（外径 177.8～406.4mm）やマンネスマン・マンドレルミル（外径 21.3～168.3mm）により製管される。以下に製品品質の数例を示す。

当社の最大サイズである 16 インチ鋼管（外径 406.4mm，肉厚 21.44mm）の C 断面サルファープリントを写真 3 に示す。管内面側と外面側で差異は認められず極めて均質である。

油井用鋼管の清浄度測定結果を図 20 に示す。連鋳製鋼管は造塊製鋼管に比べ清浄性が優れている。図 21 に連鋳の鋳込位置別に鋼管の段削り地疵試験成績を示す。欠陥が全く検出されないことが多く，時々発見される疵も非常に微小である。

図 22 にビレットの直径別に自動磁気探傷（アマログソノスコープ）検査における不良鋼管の発生率を示す。ビレットの圧下比が比較的小さい 330～350mmϕ の管においても造塊材と差はなく良好な成績である。

（文責：中川康弘，水島製鉄所・管理部・厚板管理課）

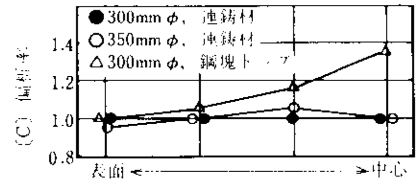


図19

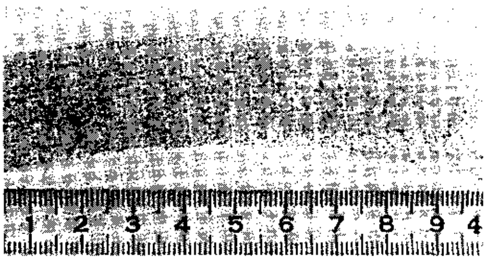


写真 3

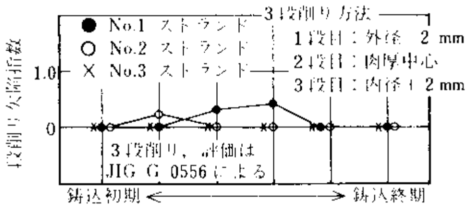


図20

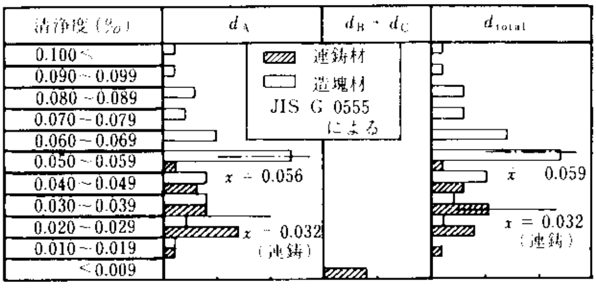


図21

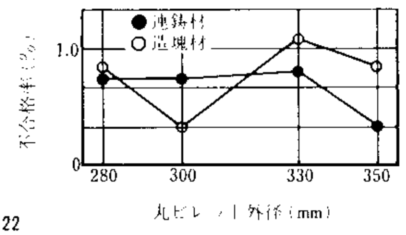


図22

9. 極細引き用軟鋼線KFR-3

極細引き用軟鋼線材は，従来低炭素リムド鋼を用いていたが，需要家の生産性向上，作業性改善のニーズに応えるため，伸線性のより優れた軟鋼線材を連続鋳造法で製造する技術の開発に取り組んだ。新製品KFR-3[8]はC，Si，AlおよびNを低く規制した転炉鋼を連続鋳造，圧延して得られる，均質でかつ伸線性に優れた鋼線である。

表10に新製品KFR 3と従来材の供試材化学成分を示す。リムド鋼に匹敵する機械的性質ならびにより優れた加工性を得るために，成分設計は以下のように行った。

(1) 材質の硬化を抑制するため，C，Si，Mn，Pを低目に規制する。

(2) 溶鋼の脱酸調整，清浄度向上を意図して適量のAl添加を行う。

(3) Al添加によるAlNの析出，加工硬化および時効を抑制するため，Nを低く規制する。

つぎに，極細引き伸線中の加工に伴うR.A.と捻回値の変化を**図23**に示す。KFR 3のR.A.および真歪 $\varepsilon = 2.0$ 以下における捻回値は，他の鋼種より大きな値を示している。これらの結果より，C，Si，AlおよびNを低く規制したKFR 3の材料特性を整理すると，

(1) 組織は α 結晶粒径が大きく，パーライト量が少ないため低強度高延性を有している，

(2) 伸線時の加工硬化および加工脆化が小さく断線が大幅に改善される，

表面処理	スケジュール (mm ϕ)	伸線速度 (m/min)
メカニカルデスケーリング後ボラックス処理	5.5 $\xrightarrow{13ダイス}$ 0.8	1 000

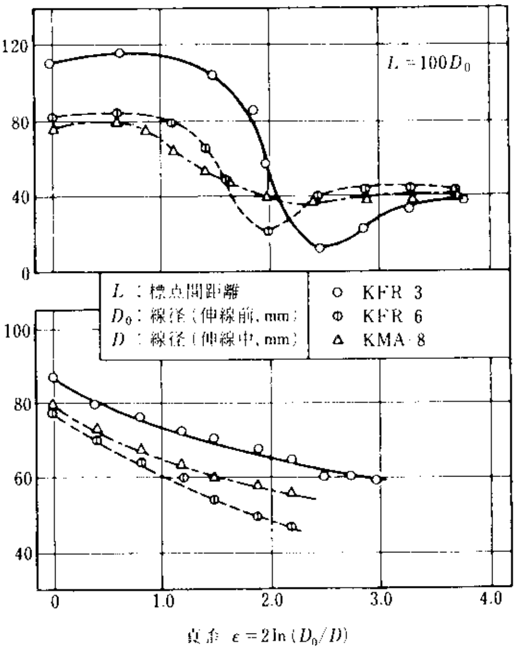


図23

(3) 伸線後の軟化焼鈍は従来材より低温の熱処理で同等の強度が得られる，

等であり，生産性向上，品質安定および省エネルギーに大きく寄与している。

〔文責：上杉浩之，水島製鉄所・管理部・厚板管理課・掛長〕

参 考 文 献

8) 峰ほか：川崎製鉄技報，11 (1979) 4，137

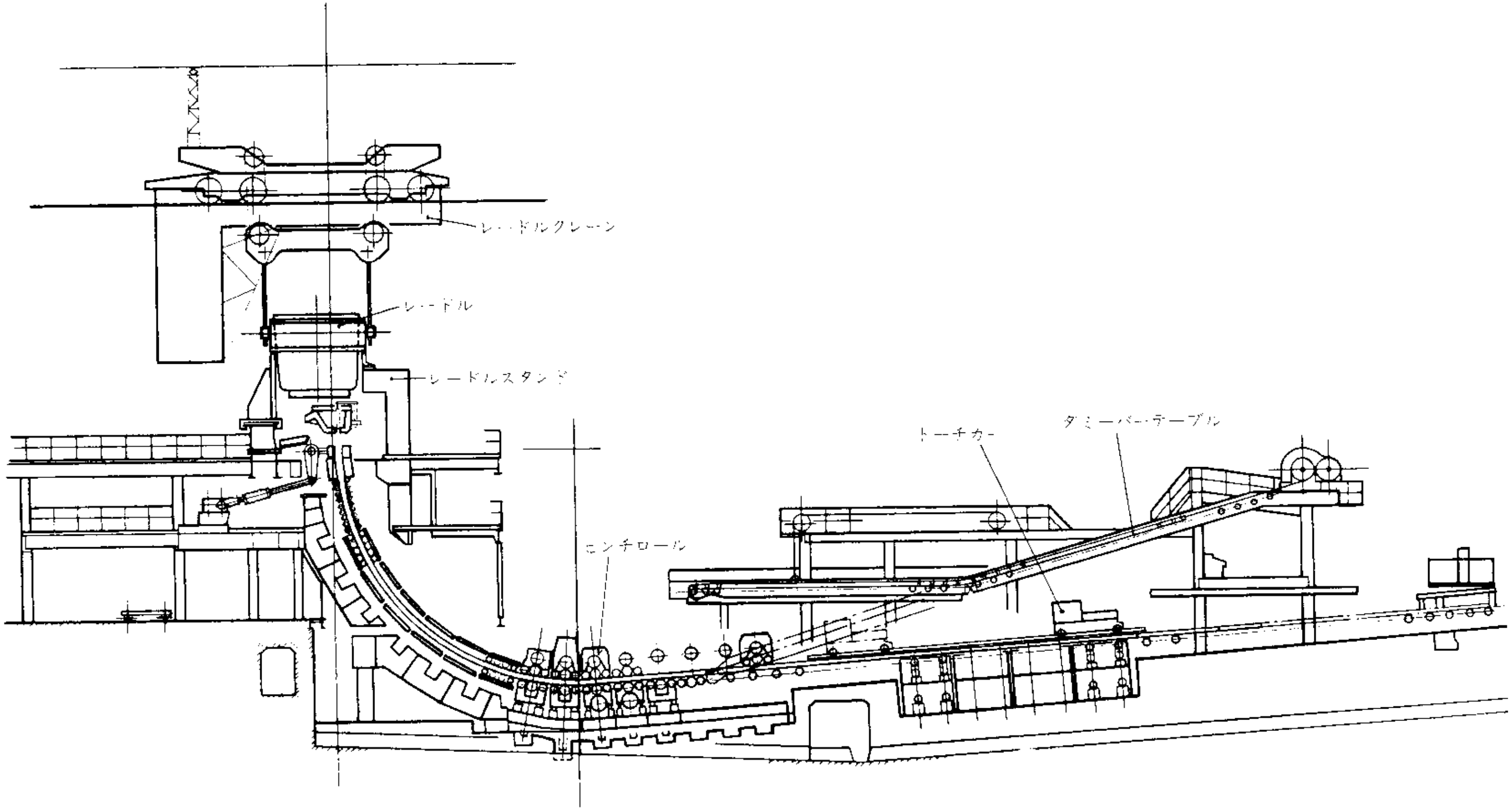
表10 (%)

		C	Si	Mn	P	S	Al	N	O
連鋳材(新)	KFR 3	0.005 ~0.022	<0.01	0.20 ~0.30	0.009 ~0.010	0.005 ~0.020	0.001 ~0.005	0.0020 ~0.0040	0.0150 ~0.0250
造塊材	KFR 6	0.04 ~0.07	<0.01	0.25 ~0.34	0.008 ~0.010	0.007 ~0.024	<0.001	0.0016 ~0.0027	0.0229 ~0.0264
連鋳材(旧)	KMA-8	0.03 ~0.07	0.01 ~0.02	0.25 ~0.35	0.013 ~0.015	0.015 ~0.020	0.005 ~0.020	0.0052 ~0.0060	0.0025 ~0.0035

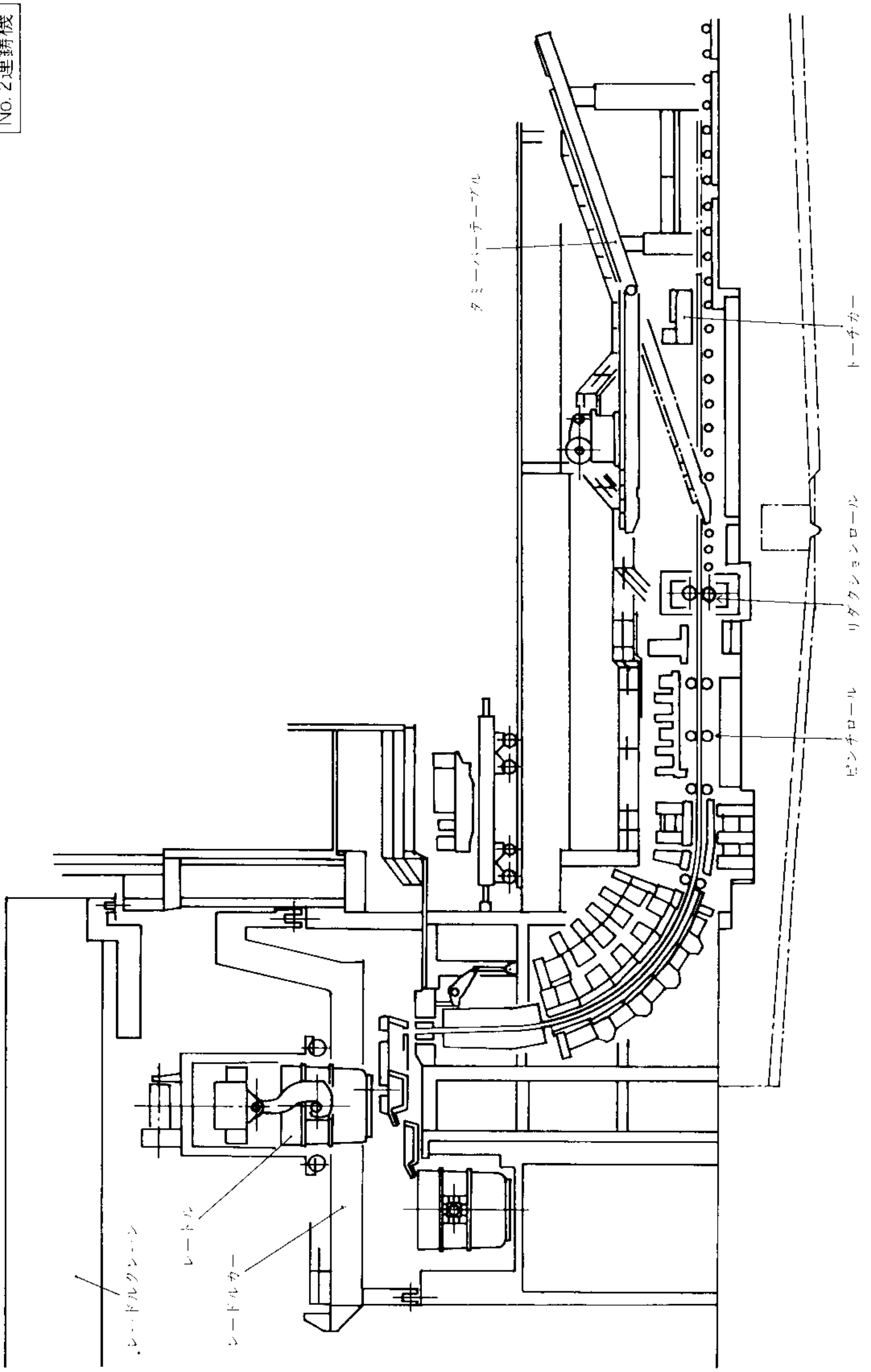
データシート：連続鋳造設備の仕様，プロフィールの概要

製鉄所	連鋳機	製鋼炉容量および型式	機種	連鋳機型式（R：湾曲半径）	稼動開始年月	ストランド数	鋳片寸法（厚×幅）（mm）	鋳造速度（m/min）	鋳造能力（t/month）	主要鋳造鋼種
千葉製鉄所	No.1	85t LD	スラブ用	CONCAST-住重 全湾曲型（R=10.0m）	1971. 7	1	200×（690～1 270）	0.7～1.4	45 000	ステンレス鋼，高炭素鋼，合金鋼，一般厚板および熱延用炭素鋼
							200×（1 250～1 710）	0.7～1.4		
							260×（800～1 240）	0.7～1.1		
	No.2	180t LD	スラブ用	VÖEST-IHI 垂直逐次曲げ逐次矯正型	1974. 9	2	200×（1 400～1 900）	1.1～1.6	125 000	一般厚板および熱延用炭素鋼，パイプ（ERW, UOE）用鋼，深絞り用低炭素Al キルド鋼，ブリキ用鋼，DI 缶用鋼
							260×（750～1 300）	0.9～1.2		
							260×（1 400～1 900）	0.9～1.2		
							305×（1 400～1 900）	·		
水島製鉄所	No.1	200t LD	ブルーム用	CONCAST 住重 全湾曲型（R=12.5m）	1968. 6	8	200×220	1.2～1.8	80 000	一般構造用鋼，高炭素硬鋼線，ピアノ線，タイヤコード，異形棒鋼，磨棒鋼，P.C 鋼棒および鋼線，機械構造用鋼，継目無鋼管素材用炭素鋼
							200×300	0.9～1.4		
							250×250	0.9～1.4		
							250×300	0.8～1.3		
	No.2	200t LD	スラブ用	CONCAST 住重 全湾曲型（R=12.5m）	1971. 1	2	215×（1 400～1 700）	0.75～0.9	100 000	一般厚板および熱延用鋼，深絞り用低炭素 Al キルド鋼
							260×（1 920～2 200）	0.6		
							260×（950～1 250）	0.8～1.0		
	No.3	200t LD	ビームブランク，ブルーム兼用	CONCAST 住重 全湾曲2点矯正型（R=12.5/22.25m）	1973.10	4	ビームブランク（400/460/120）	0.8～1.2	100 000	一般および耐海水性構造用鋼，鋼矢板用鋼，機械構造用高炭素および低合金鋼，H形用鋼，継目無鋼管用高炭素および低合金鋼
							240×400	1.2～1.3		
							300×400	0.8～1.3		
							400×560	0.4～0.6		
	No.5	275t LD	スラブ用	DEMAG 日造 全湾曲2点矯正型（R=12.0/19.22m）	1973.10	2	190×（1 400～1 900）	1.1～1.8	140 000	一般厚板および熱延用鋼，深絞り用低炭素 Al キルド鋼，パイプ（ERW）用鋼
							220×（850～1 550）	1.0～1.6		
							260×（850～1 550）	—		
	No.6	275t LD	スラブ用	CONCAST 住重 垂直曲げ型（R=10.5m）	1976.12	2	215×（1 600～2 200）	0.8～0.9	120 000	高級厚板鋼（ボイラー材，調質鋼），パイプ（UOE）用鋼，深絞り用低炭素 Al キルド鋼，DI 缶用鋼
							240×（1 600～2 500）	0.6～0.7		
							310×（2 300～2 500）	0.4～0.5		

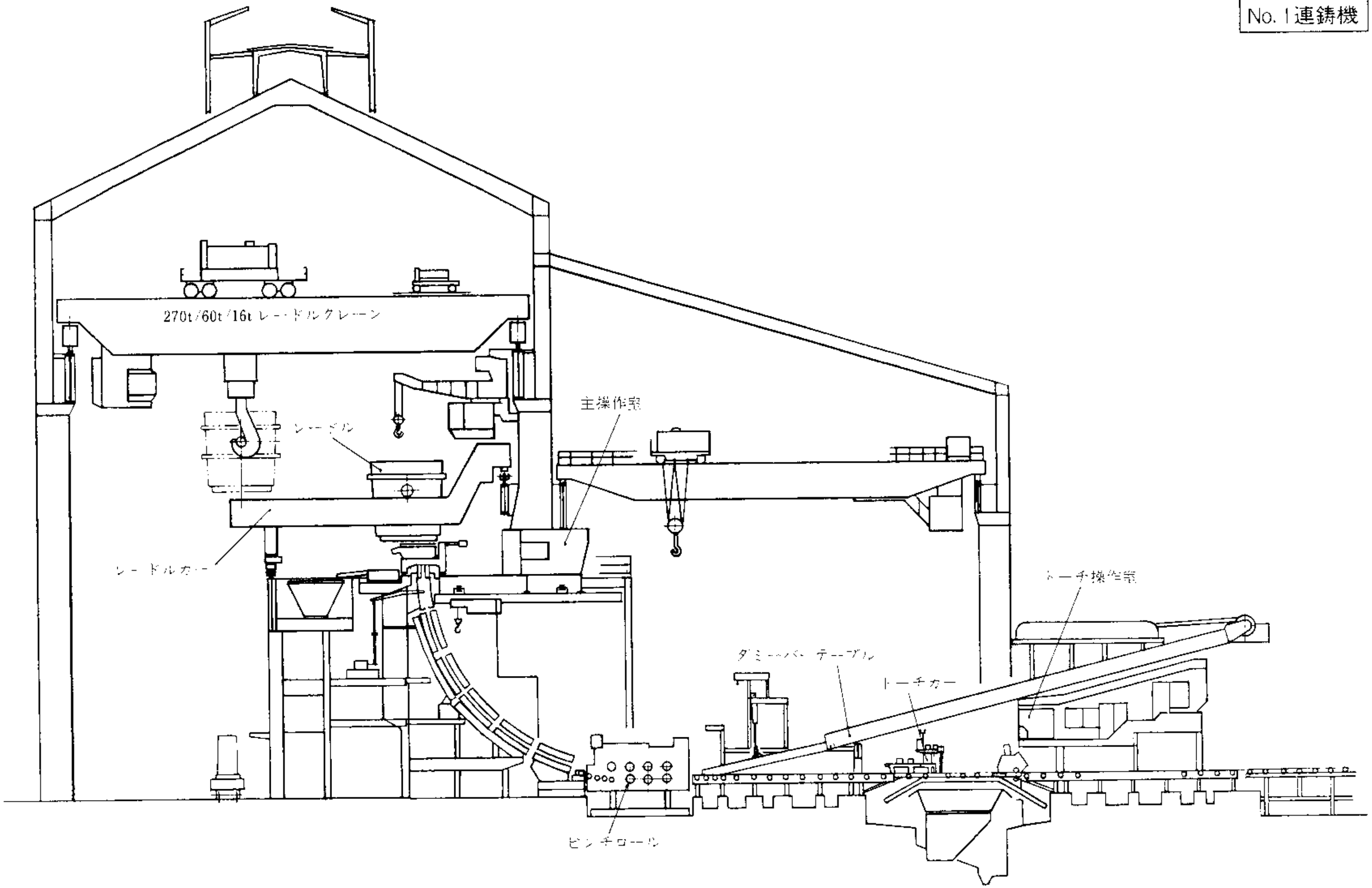
千葉製鉄所
No.1連鋳機



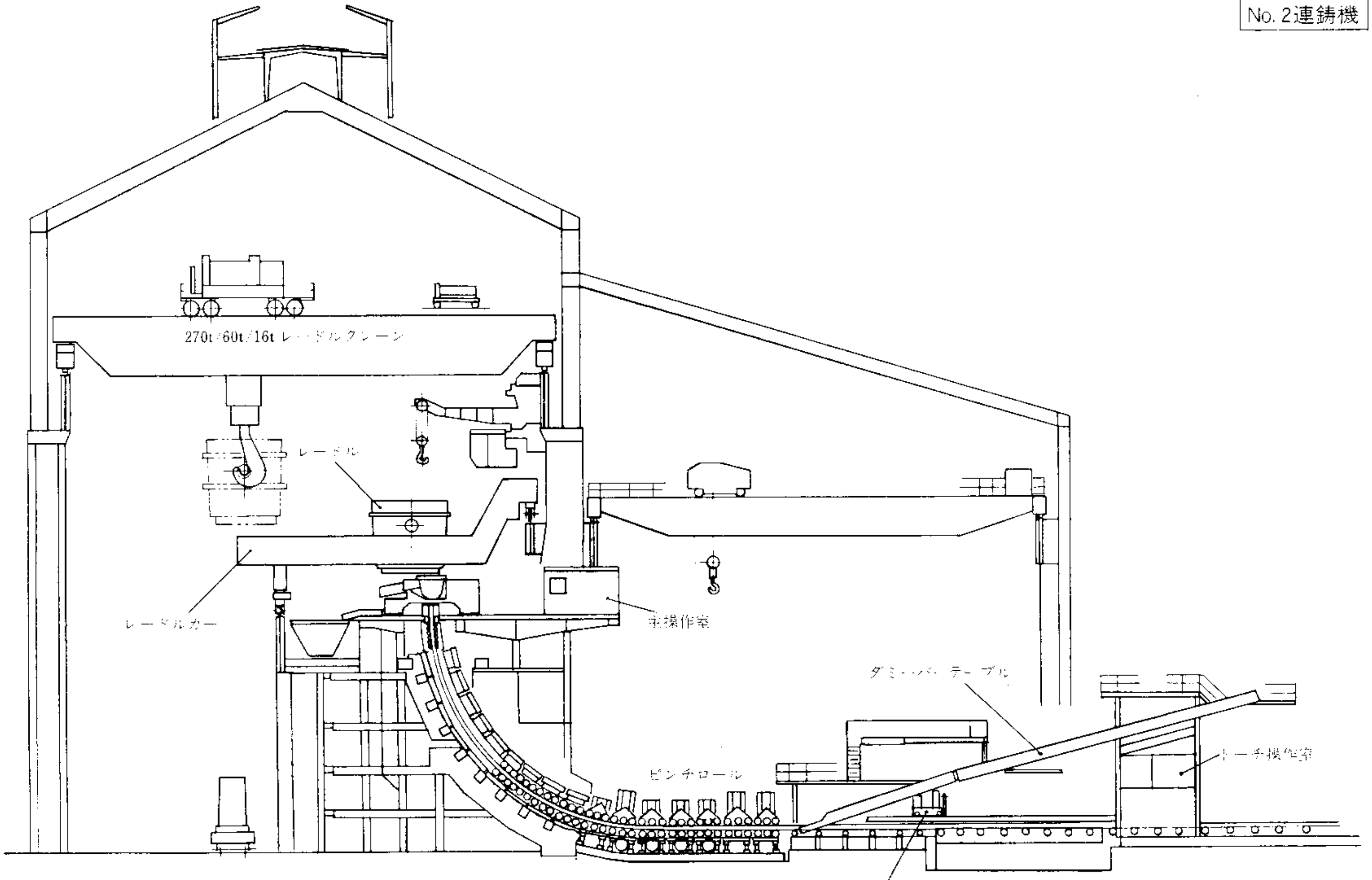
千葉製鉄所
No. 2連鋳機



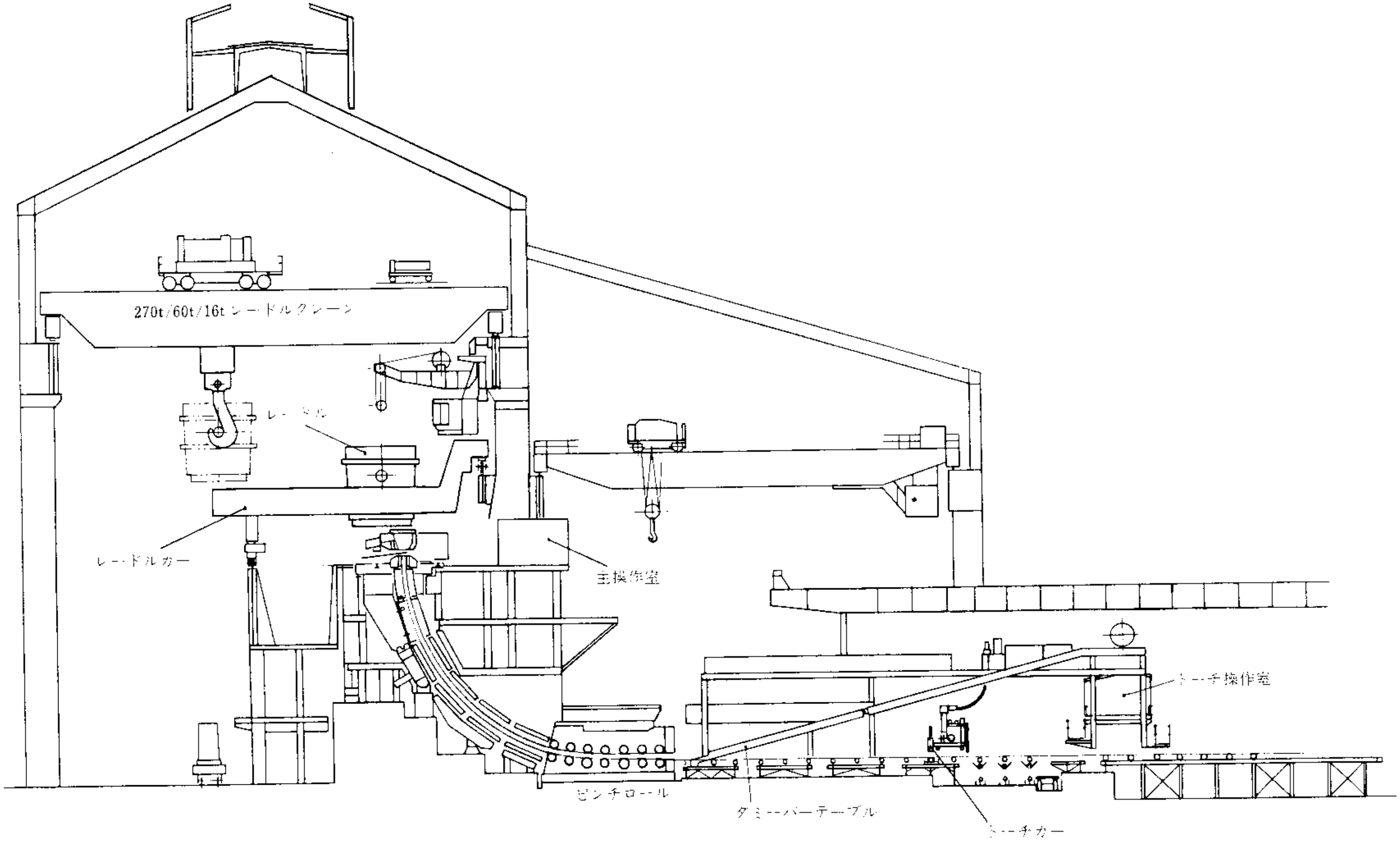
水島製鉄所
No.1連鋳機



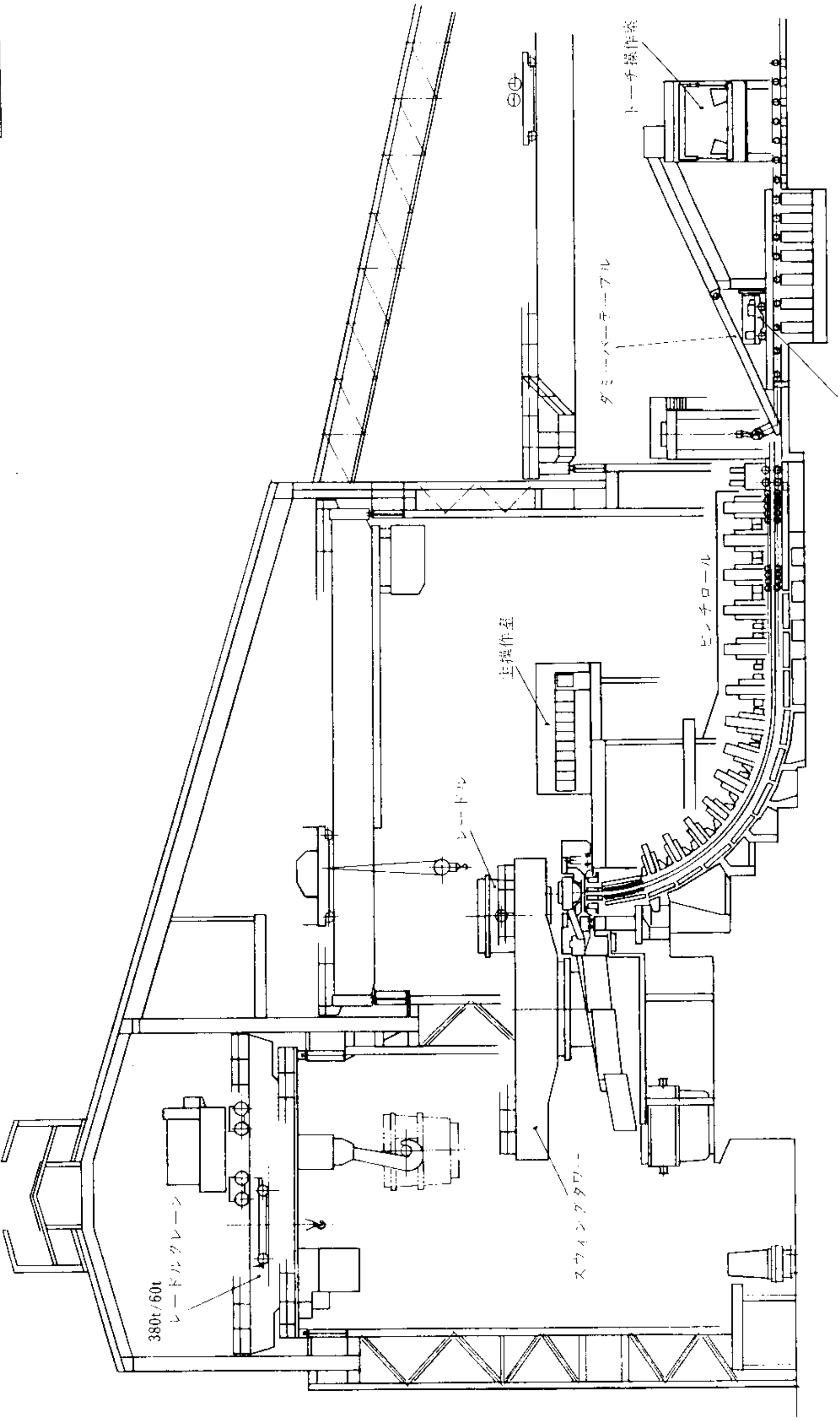
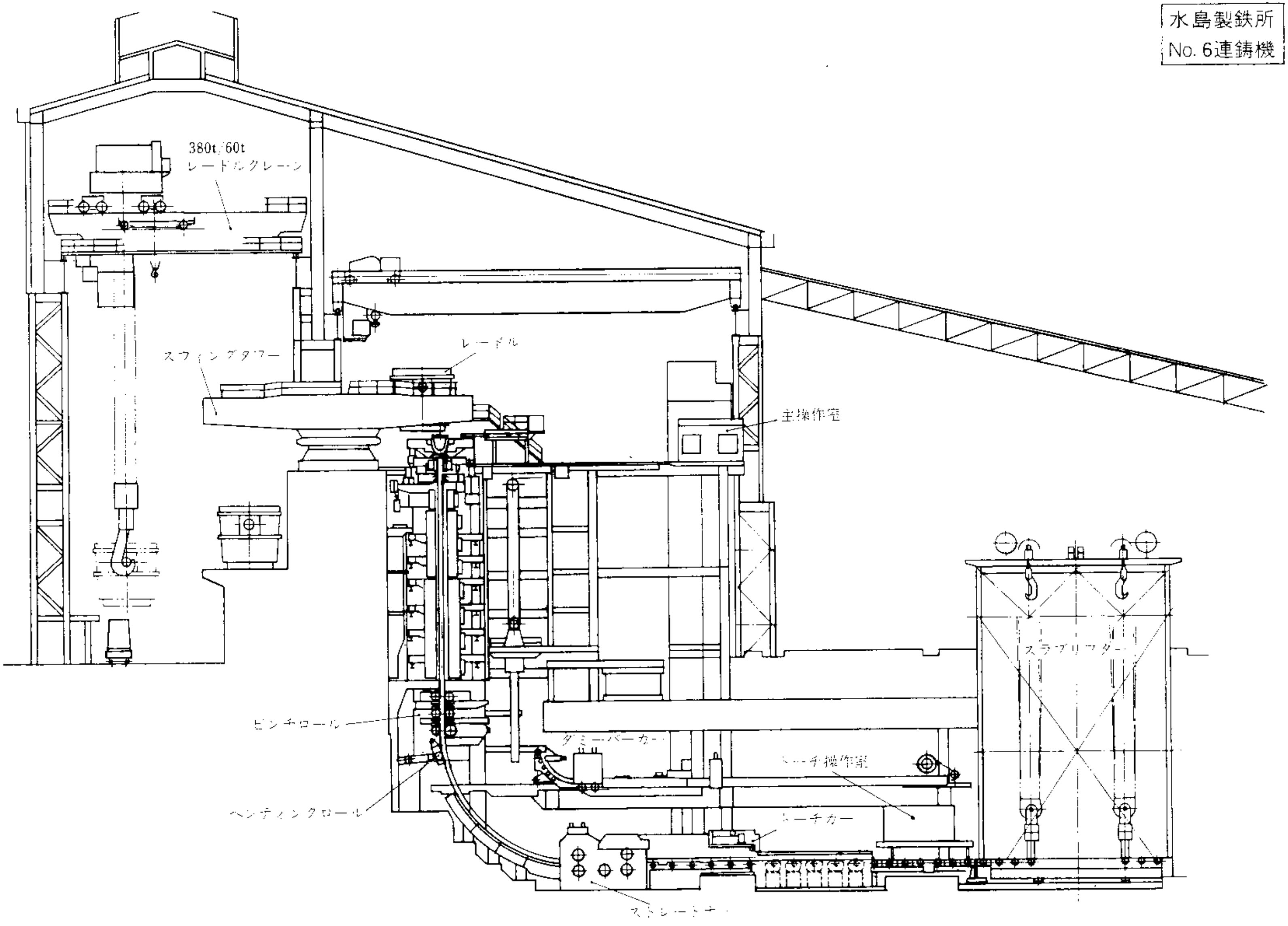
水島製鉄所
No. 2連鋳機



水島製鉄所
No. 3連鋳機



水島製鉄所
No. 5連鋳機



水島製鉄所
No. 6連鋳機