

冷間圧延における“HC-MILL”の最近の動向

Recent Trend and New Application of “HC-MILL”in Cold Rolling

日立製作所で創案された圧延機“HC-MILL”は、誕生以来その大きな形状制御能力、安定性などの優れた諸特性によって業界の注目を浴び、従来の“4H-MILL”に替わる圧延機として最近、その適用及び適用計画は急激な増加を示してきた。

この論文は、“HC-MILL”の実操業によって得られたデータをもとに“HC-MILL”適用による品質の向上、歩どまりの向上及び生産性の向上、更に時代の要請である省エネルギーに対する効果を述べ、またこれらの効果を最大限に活用するタンデム圧延機への応用など“HC-MILL”の最近の動向について報告するものである。

梶原利幸*
秦 和宜**
西 英俊**
芳村泰嗣**

Kajiwara Toshiyuki
Hata Kazunori
Nishi Hidetoshi
Yoshimura Yasutsugu

1 緒 言

板材圧延でのロールの変形に対する真の理解と新しい理念に基づき、日立製作所で創案された圧延機“HIGH CROWN CONTROL MILL”(以下、“HC-MILL”と称する。)は、昭和47年に実験機として産声をあげ、昭和49年8月に新日本製鐵株式会社八幡製鐵所で実用機としての第一歩を踏み出した。以来、その優れた形状制御能力と安定性、更に最近の省エネルギーにも応じ得る特性が認められ、表1に示すようにわずか5年という短期間に、可逆式圧延機をはじめタンデム

圧延機、調質圧延機へと、冷間板圧延の全領域にわたって16プラント、18スタンドを納入あるいは製作中である。同時に、“HC-MILL”の応用範囲はこの間ますます拡大され、新たな試みが行なわれている。

この論文は、これまで得られた操業データから、“HC-MILL”の特性とメリットとを明らかにし、これらをもとに、“HC-MILL”の効果的な適用について検討を加えたもので、以下に報告する。

表1 “HC-MILL”納入実績 “HC-MILL”は冷間板圧延の全領域で使用されている。

No.	納 入 先	稼動開始	“HC-MILL”主 仕 様	圧延速度・材料	“HC-MILL”適用目的と主な効果	備 考
1	株式会社日立製作所 日立 研 究 所	昭和47年	φ100/φ130/φ300×400L	軟 鋼ほか 200m/min	(1)テスト機 (2)“HC-MILL”基本特性確認	1スタンド可逆式圧延機
2	新日本製鐵株式会社	昭和49年	φ320/φ530/φ1,420×1,420L	軟鋼・電磁鋼板ほか 600m/min	(1)高圧下・高荷重圧延 (2)エッジドロップ減少による歩どまり向上 (3)エッジクラック減少による板切れ減少・操作性向上	”
3	株式会社片木アルミニウム 製作所	昭和51年	φ250/φ250/φ500×750L	アルミニウム 450m/min	(1)形状制御による高品質製品 (2)操業効率向上 (3)エッジドロップ減少による歩どまり向上	”
4	大洋製鋼株式会社	”	φ440/φ510/φ1,345×1,420L	軟 鋼 1,200m/min	(1)高生産性設備 (2)高品質製品	”
5	東京特殊金属株式会社	建設中	φ135/φ165/φ500×500L	銅 合 金 200m/min	(1)形状制御による高品質製品	”
6	ウ ジ ミ ナ ス (ブラジル)	昭和54年	φ538/φ538/φ1,420×1,680L	軟 鋼 1,200m/min	(1)形状制御による高品質製品 (2)操業効率向上	1スタンド調質圧延機
7	久保田伸銅株式会社	昭和52年	φ135/φ165/φ500×550L	ステンレス鋼 120m/min	(1)硬質材圧延	1スタンド可逆式圧延機
8	新日本製鐵株式会社	”	φ535/φ456/φ1,345×1,420L	軟 鋼 2,500m/min	(1)形状制御による高品質製品 (2)後続工程での操業効率向上	6スタンドタンデム圧延機 最終スタンド“HC-MILL”化
9	新日本製鐵株式会社	昭和54年	φ420/φ440/φ800×1,500L	軟 鋼 400m/min	(1)形状制御による高品質製品 (2)自動形状制御	1スタンドインライン 調質圧延機
10	新日本製鐵株式会社	昭和53年	φ435/φ505/φ1,309×1,420L	軟 鋼 2,170m/min	(1)高圧下圧延により素材ゲージアップ (2)上記に伴う熱間圧延設備、酸洗ラインでの省エネルギー 歩どまり向上・生産性向上	6スタンドタンデム圧延機 1,2スタンド“HC-MILL”化
11	大同特殊鋼株式会社	”	φ120/φ200/φ500×450L	工 具 鋼ほか 200m/min	(1)形状制御による高品質製品 (2)硬質材の高圧下圧延 (3)エッジクラック減少による中間焼鈍工程の省略	1スタンド可逆式圧延機
12	日立金属株式会社	昭和54年	φ120/φ200/φ500×500L	特殊合金 200m/min	(1)形状制御による高品質製品	”
13	新日本製鐵株式会社	製作中	φ440/φ505/φ1,300×1,220L	軟 鋼 2,300m/min	(1)高圧下圧延による素材ゲージアップ (2)形状制御による高品質製品	6スタンドタンデム圧延機 1,6スタンド“HC-MILL”化
14	スタンレースチール (カナダ)	”	φ330/φ420/φ1,067×1,067L	高炭素鋼 600m/min	(1)高圧下圧延 (2)形状制御による高品質製品 (3)エッジクラック減少による中間焼鈍工程の省略	1スタンド可逆式圧延機
15	日本楽器株式会社	”	φ150/φ200/φ500×760L	特殊合金 150m/min	(1)高品質製品	”
16	ブラジル国営製鉄所(CSN)	”	φ420/φ470/φ1,160×1,245L	軟 鋼 1,950m/min	(1)高圧下圧延により素材ゲージアップ	5タンデム圧延機 1スタンド“HC-MILL”化

* 日立製作所日立工場 工学博士

** 日立製作所日立工場

2 “HC-MILL”の適用によって期待される効果

“HC-MILL”は、製品の形状に関する“4H-MILL”の本質的な欠陥を解消したもので、その原理、特性性能などについては、本誌他^{1)~4)}の論文で既に詳しく報告しているのでここでは省略する。

冷間圧延で、圧延特性に及ぼす作業ロール径の影響は非常に大きい。作業ロール径を小さくすることができれば、圧延荷重、圧延動力の減少が可能で、設備費の低減あるいは生産費の低減などその効果は大きい。しかし、“4H-MILL”では小径作業ロールを用いると製品の形状を良好に安定して保つことが困難であるため、通常ロール径は板幅の35~50%としなければならない。ところが、“HC-MILL”では必要な場合には、最小20%、研摩しろを考慮しても25%程度まで小径化が可能で、種々の効果を生みだすことが期待できる。図1に、これらの効果をまとめて示す。

“HC-MILL”は、その優れた形状制御能力により良好な形状の板を安定して得ることができ、製品品質の向上、歩どまりの向上及び生産性向上の効果を生みだす。また、中間ロールのロール軸方向の位置を適正に選ぶことにより、板端部でのエッジドロップを減少させるとともに、エッジクラックの発生を抑制し歩どまりを向上させる効果ももっている。更に、“HC-MILL”では小径ロールを用いて、高圧下率圧延が可能なることから、パス回数の減少、素材板厚のアップを可能とし冷間圧延分野にとどまらず熱間圧延、酸洗ラインをも含めたプロセスで多大の省エネルギーを実現することが期待できる。

3 “HC-MILL”の実操業で得られた効果

前章で、“HC-MILL”適用の効果について述べたが、ここでは具体例をあげて実際の操業で得られたデータについて述べる。

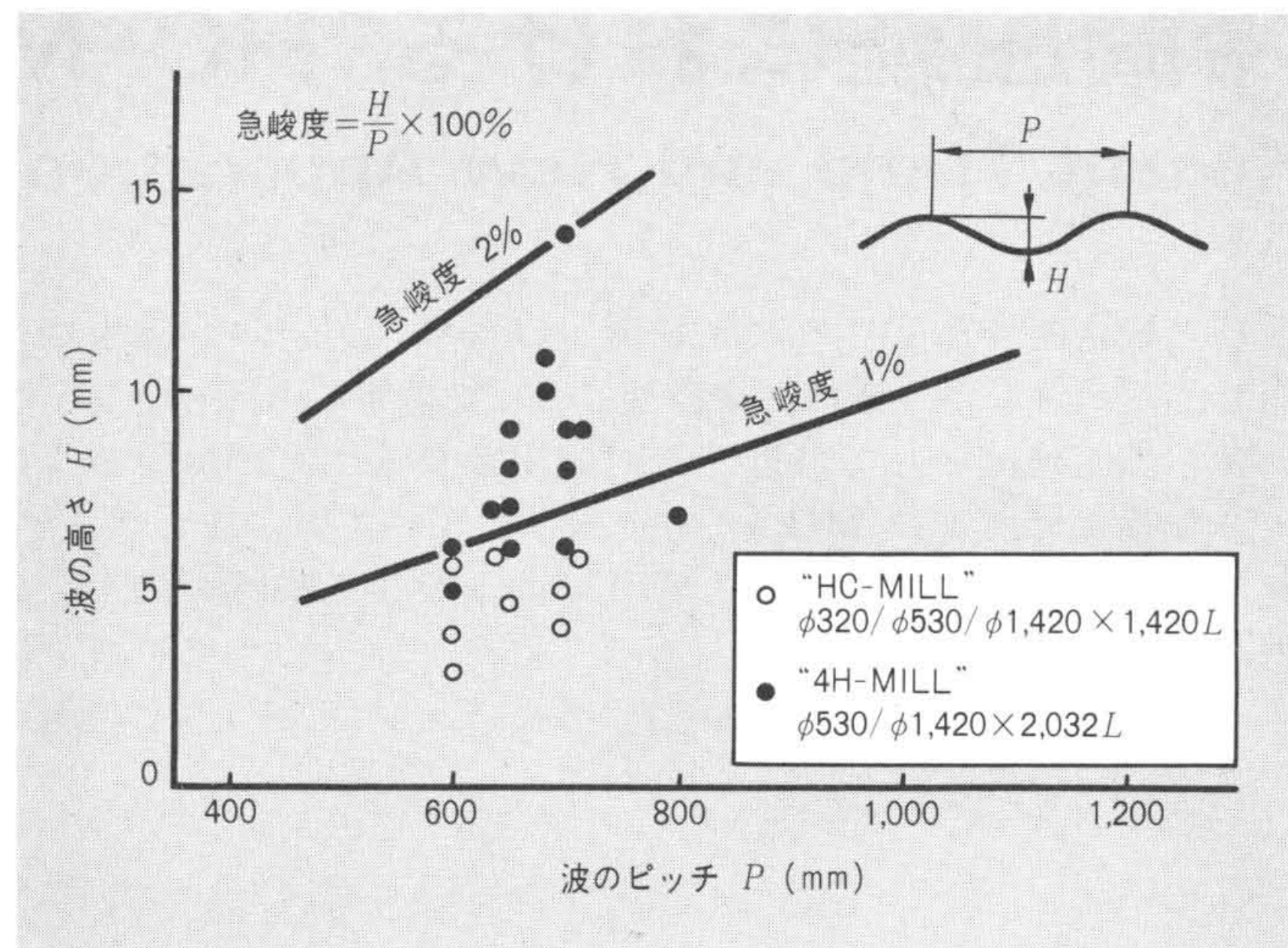


図2 圧延材の急峻度 図5に示す各々の圧下スケジュールで圧延した場合の“HC-MILL”と“4H-MILL”との急峻度の比較を示す。“HC-MILL”では、急峻度を“4H-MILL”の1/2に改善することができる。

3.1 板形状の向上

図2は“4H-MILL”と“HC-MILL”の形状修正能力を比較して示したものであるが、“HC-MILL”で得られた板の急峻度は、図5に示す高圧下率圧延にもかかわらず1%以下であり、“4H-MILL”で得られた板の急峻度1~2%に比べ格段に高品質となっていると言える。形状良好な圧延材は、冷延材そのものの価値を高め歩どまりを向上させることはもちろん、次工程での安定した通板など作業を容易にし能力をアップする効果ももっている。この高い形状修正能力は、“HC-MILL”の連続焼鈍ラインのインラインスキンプスミルへの適用に端的に現われている。すなわち、新日本製鐵株式会社八幡製鐵所納め“HC-MILL”(表1, No. 9)がこれで

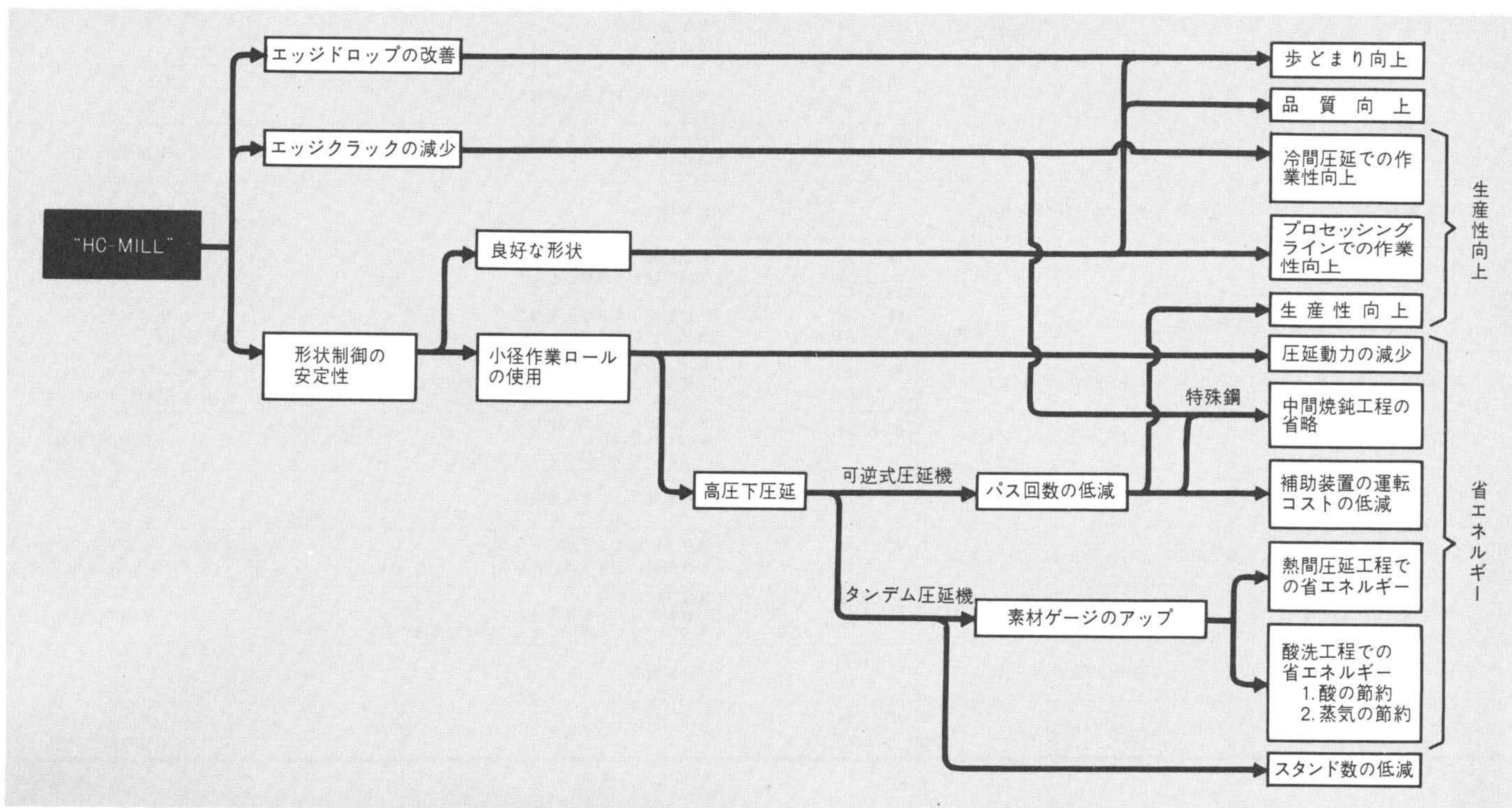


図1 “HC-MILL”の特性と効果 “HC-MILL”の特性とその効果を示す。

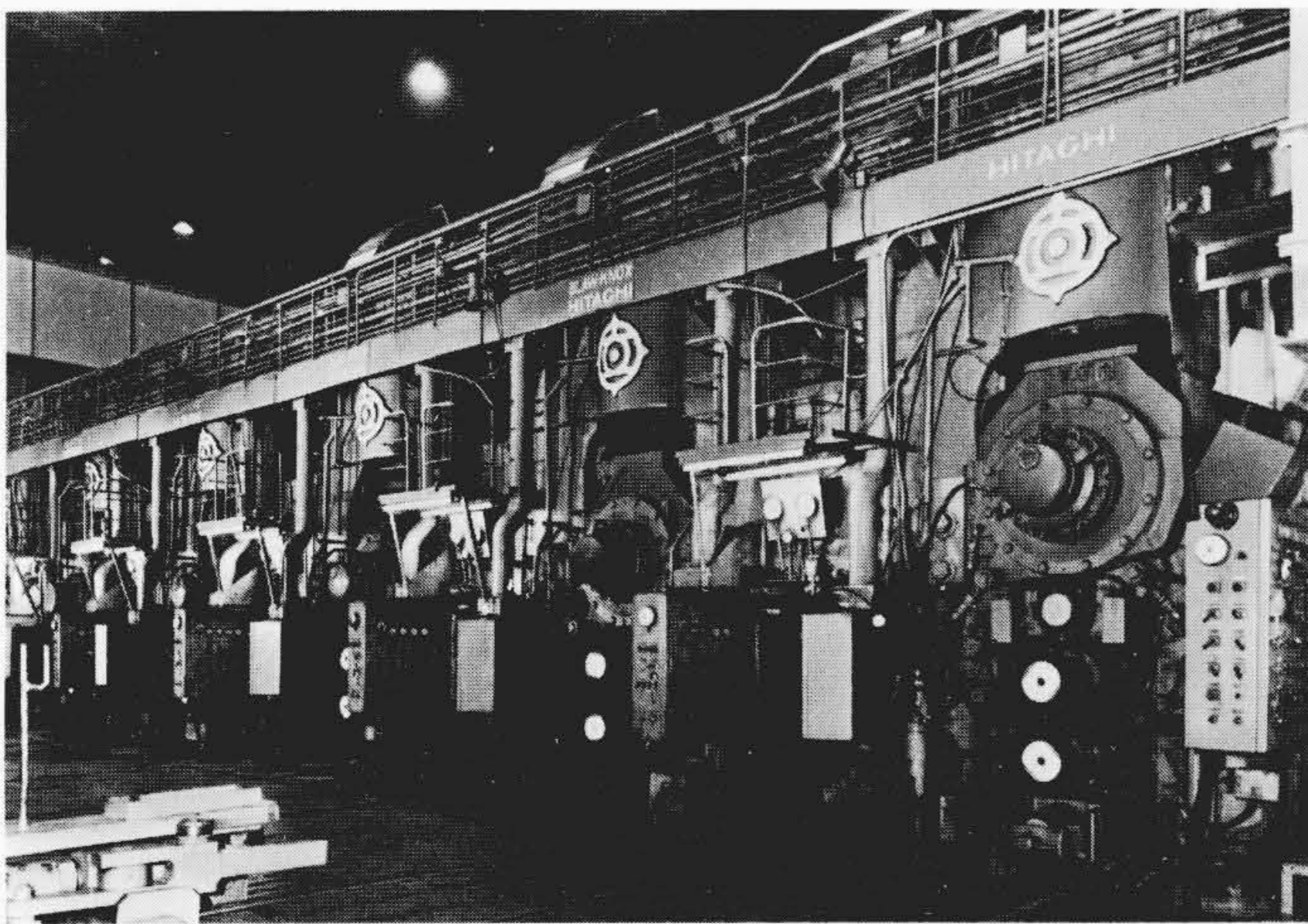


図3 “HC-MILL” 最終スタンドに“HC-MILL”を配置した新日本製鐵株式会社君津製鐵所6スタンドコールドタンデム圧延機を示す。

ある。冷間圧延後、焼鈍された圧延材は引き続き調質圧延されるが、この“HC-MILL”は調質圧延後の板形状を修正するテンションレベラの機能をも受け持ち、テンションレベラの省略を可能にした。

なお、“HC-MILL”の大きな形状制御機能と新日本製鐵株式会社で開発された非接触式の形状検出器とを組み合わせた高度の自動形状制御システムが、両社の共同研究⁵⁾によって既に完成をみている。

3.2 歩どまり向上

(1) 形状改善による歩どまり向上

前節で述べたように、“HC-MILL”により圧延材の形状は著しく改善されるが、これは成品の歩どまり向上に大きく寄与している。“HC-MILL”をタンデム圧延機の最終スタンドに適用した新日本製鐵株式会社君津製鐵所納め(表1, No. 8 及び図3に写真で示す。)の場合には、形状向上によって歩ど

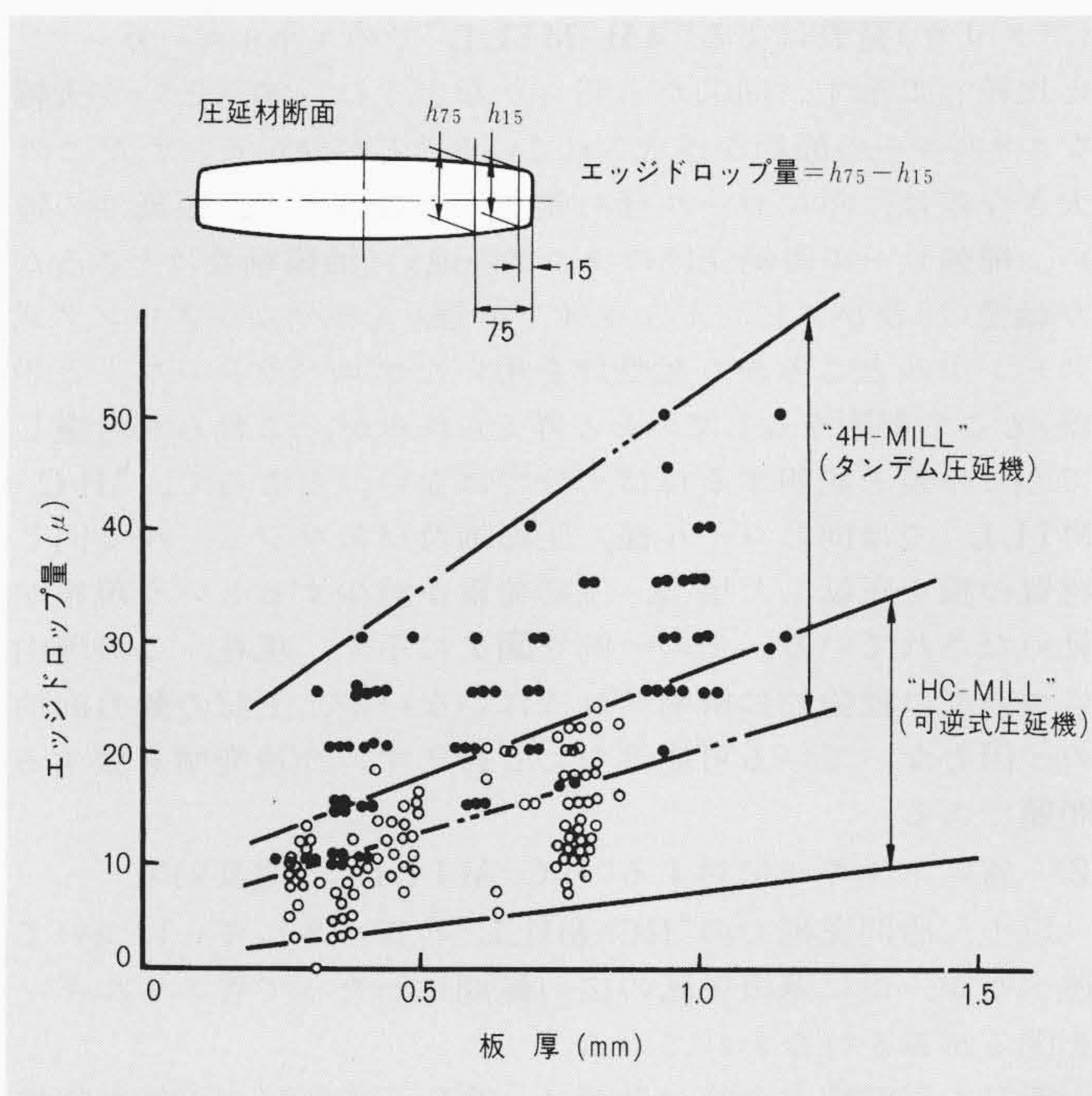


図4 “HC-MILL”によるエッジドロップの改善 “HC-MILL”は、エッジドロップ量を“4H-MILL”の約半程度に改善することができる。

まりが約0.35%向上したと報告されている。

(2) エッジドロップ改善による歩どまり向上

エッジドロップが中間ロールの設定位置に大きく依存し^{2),4)} 中間ロールの位置を適切に選ぶことによりエッジドロップ量を減少させ得るのも“HC-MILL”の特長である。図4にエッジドロップの改善例を示す。これは、板幅端から75mmと15mmの2点での板厚差をエッジドロップ量と定義し、板厚について整理したものである。エッジドロップの減少は、トリミング量を減少させるか、又は中央部のむだ肉を減少させることによる歩どまり向上を実現することができる。

3.3 生産性の向上

圧延での生産性は、圧延機そのものの能力、板破断、あるいは絞り込みなどの事故及びロール組替作業などの作業性に影響されるが、以下に、生産性向上に寄与する“HC-MILL”の効果について述べる。

(1) 高圧下率圧延

2章で述べたように、“HC-MILL”では形状を損わずに圧延できるため、小径作業ロールを用いた高圧下率圧延が可能である。図5に高圧下率圧延スケジュールの例を示す。“4H-MILL”に比べ大幅なパス回数の低減がなされている。このパス回数の低減は、生産性を飛躍的に向上させ、同時に圧延機補助装置の運転費を低減し、圧延油原単位の低減を可能とする。しかし、同じ圧延油を用い同じロール表面状態であれば、ロール径を細くするとスリップを生じやすくなり許容最大圧下量も小さくなることが懸念されるが、これは仕上板厚に対する圧延油、又はロール粗度の適切な選択によって解決することができる。したがって、厚物から極薄製品まで幅広い用途に対応する必要のある可逆式圧延機では、クーラントの系統を板厚により区別する使い方が有利である。

(2) 板破断の減少

圧延中の板破断の原因は二つに大別できる。すなわち、硬質材を圧延する場合には、材料の加工硬化が進むとエッジクラックが発生して板破断を生じやすくなるが、普通鋼の場合

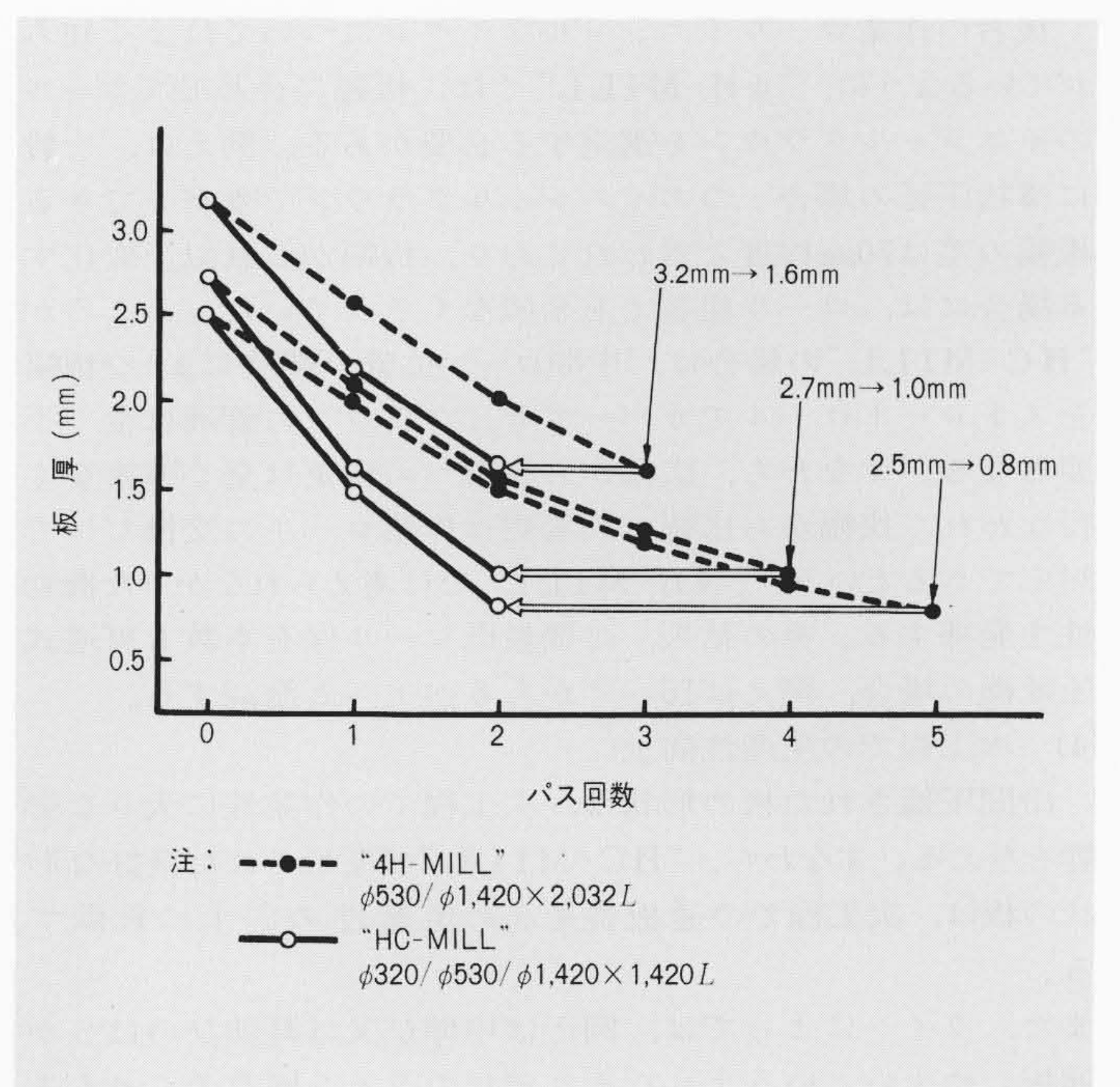


図5 “HC-MILL”による高圧下スケジュール “4H-MILL”に比べ“HC-MILL”では、大幅なパス回数の低減が可能である。

は酸洗でのトリマの切れ味が犬勢を決定する。すなわち、トリマの切れ味が悪いとエッジクラックを発生し、冷間圧延での板破断の原因となる。したがって、冷間圧延での板破断を少なくするためには、このエッジクラックが多少あっても板破断しない工夫が必要である。大洋製鋼株式会社の“HC-MILL”で極薄圧延の場合の最後の4パス、5パスでは、中間ロールの位置を外側に移動させて若干耳伸び気味に圧延することにより板破断を防止しており、この結果、最近の薄物圧延では、板破断を皆無にする著しい効果を挙げている。

また、前者の硬質材圧延の場合については後にも述べるが、大同特殊鋼株式会社王子工場では、エッジクラックの発生が抑えられ、高圧下率圧延によるパス回数の減少もさることながら、中間焼鈍の省略をも可能にさせている。

これは、硬質材圧延の場合、エッジドロップが大きいとエッジ部だけが過大な圧下率を受け、加工硬比の程度が進み材質が脆くなることと関係があるように考えられる。この点“HC-MILL”は“4H-MILL”に比べて有利といえる。

(3) 作業性の向上

作業性の向上を阻むものとして、板幅替えによる生産計画上の制約、及び作業ロールイニシャルクラウンの管理がある。前者は、製品の表面品質が重要視される材料を可逆式圧延機で圧延する場合、第1パスも最終パスも同じロールで圧延されるため、狭幅から広幅への切替え時には補強ロールの組替えを行なわねばならない。これは第1パス時、ストリップ端部のトリマによるシャープなエッジが作業ロールを傷つけ、これが補強ロールに転写され再び作業ロールに悪影響を与えるためと考えられる。ところが、“HC-MILL”の場合には、中間ロールの表面硬度が $Hs80$ 前後と補強ロールよりもかなり高く傷付の心配がなくなり、作業ロールの交換だけを行えば十分であることが判明した。したがって、生産計画のサイクルは補強ロール組替えのピッチ10日間から作業ロール組替えのピッチ12時間へと大幅に緩和され、幅替えの自由度が増し作業の効率アップが実現されている。なお、中間ロールの組替えは圧延速度 $1,200\text{m/min}$ の可逆式圧延機で4日ごと、製品圧延量約 $4,000\text{t}$ ごとに1回となっている。

後者の作業ロールイニシャルクラウンについてはよく知られているように、“4H-MILL”では、板幅に合わせてロールのイニシャルクラウンを選定する必要がある。例えば、一般に薄物圧延の場合一つのイニシャルクラウンでカバーできる板幅の差は 70mm 程度と言われており、板幅がこれ以上変化する場合には、ロール組替えを余儀なくされていた。ところが“HC-MILL”の場合は、中間ロール位置の調整により全板幅をストレートロールでカバーでき、クラウンの管理は全く不要となる。すなわち、広幅から狭幅への変更は全く障害なく行なわれ、狭幅から広幅への変更は作業ロールの交換だけで対応できるという、“4H-MILL”では考えられなかった機動性を発揮する。その結果、必要最低ロール保有本数も可逆式圧延機の場合、例えば16ペアから6ペアへと激減する。

(4) 次工程での生産性向上

冷間圧延された板の形状は、次工程での作業性に大きな影響を与える。すなわち、“HC-MILL”で圧延された良好な形状の板は、次工程での通板性を高め生産性の向上に貢献する。

また、ラインによっては、例えば中伸び又は耳伸びのほうに通板しやすいというようなそれぞれのライン固有のくせもあるが、この要求に対しても“HC-MILL”は容易に対応することができる。

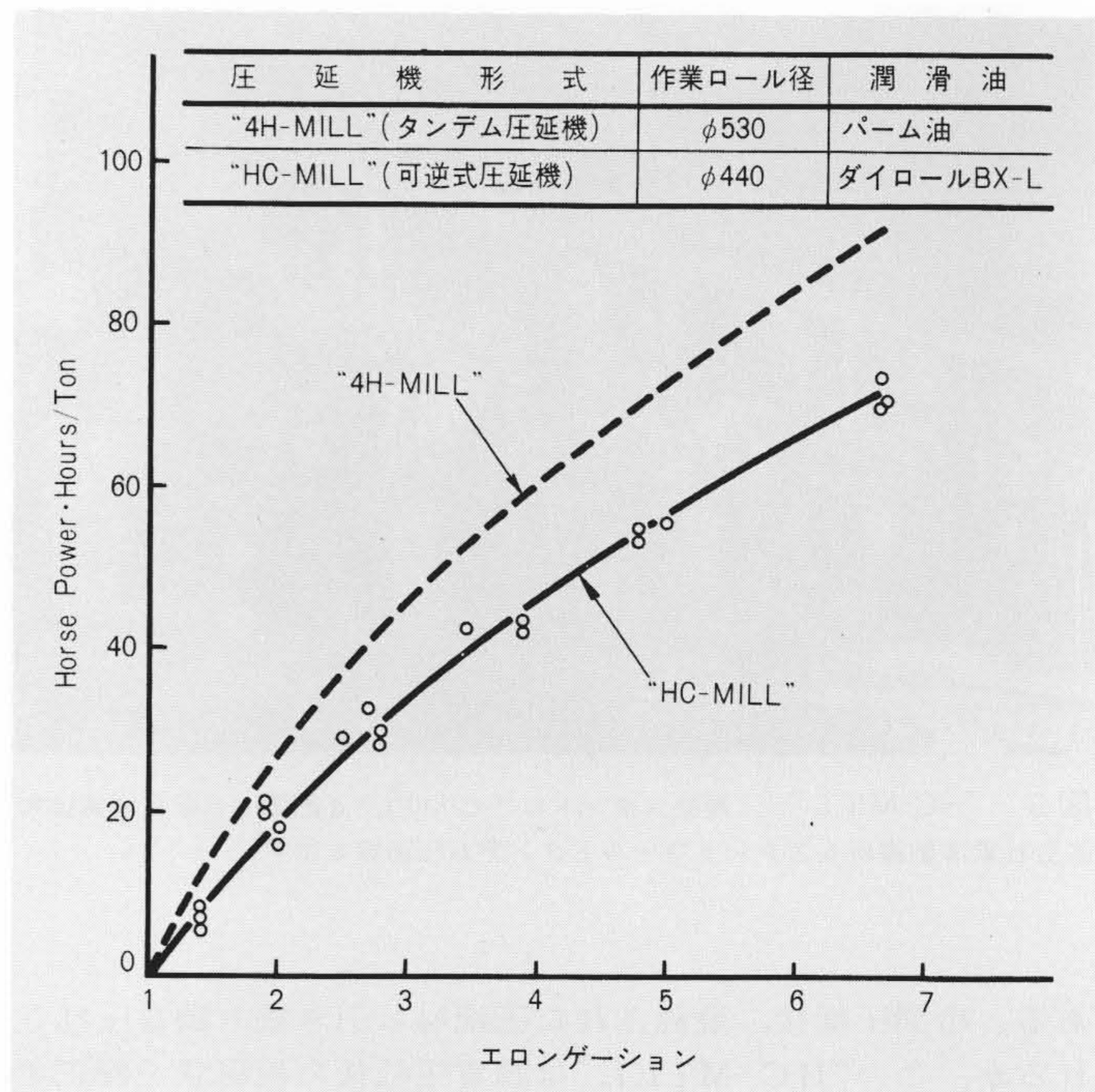


図6 “HC-MILL”と“4H-MILL”のエネルギーカーブの比較
“HC-MILL”は、形状を損うことなく小径作業ロールが使用できるため、圧延動力の減少が可能となる。

3.4 省エネルギー

形状制御の面に主眼を置き圧延機の理想的な姿を追求した“HC-MILL”は、その優れた特性により従来の圧延機の限界を乗り越え新しい圧延の姿を描き始めたが、この中で、最近の重要な社会的ニーズである省エネルギーに貢献する特性が脚光を浴び始めている。

(1) 圧延動力の減少

これまで述べたように、“HC-MILL”では“4H-MILL”に比べ小径ロールによる圧延を行なうことができ、動力の節約を可能にする。図6に、“HC-MILL”での所要動力をGE社（アメリカ）発表による“4H-MILL”でのエネルギーカーブ⁶⁾と比較して示す。同図から明らかなように、20%という大幅なエネルギーの節約が達成されていることが分かる。ただこの大きな差は、単にロール径の差だけとは言えず、圧延油の違い、補強ロール用軸受けのタイプの違い（油膜軸受けところがり軸受け）及びスピンドルタイプの違い（ギヤカップリング式スピンドルところがり軸受けを用いたプロペラシャフトとの差）もこの要因をなしていると考えられるが、これらを考慮してもこの差を説明するには十分ではない。ところで、“HC-MILL”では同じロール径、圧延油及びスケジュールで同じ材質の板を圧延した場合、圧延荷重が減少するという現象が見いだされている。その一例を図7に示す。現在、この理由については理論的に解明されてはいないが、上記の動力節約の一因となっている可能性なしとは言えず、今後究明を要する問題である。

(2) 省エネルギーに対する“HC-MILL”の波及効果

以上、冷間圧延での“HC-MILL”の省エネルギーについて述べたが、更に薄板圧延の広い範囲にわたって省エネルギーを図る試みが行なわれている。

新日本製鐵株式会社の発想は、高圧下率圧延が可能な特性を利用し、冷間圧延での素材板厚を厚くして、冷間圧延よりも上流の熱間圧延、酸洗を含めた総合的省エネルギーを図る

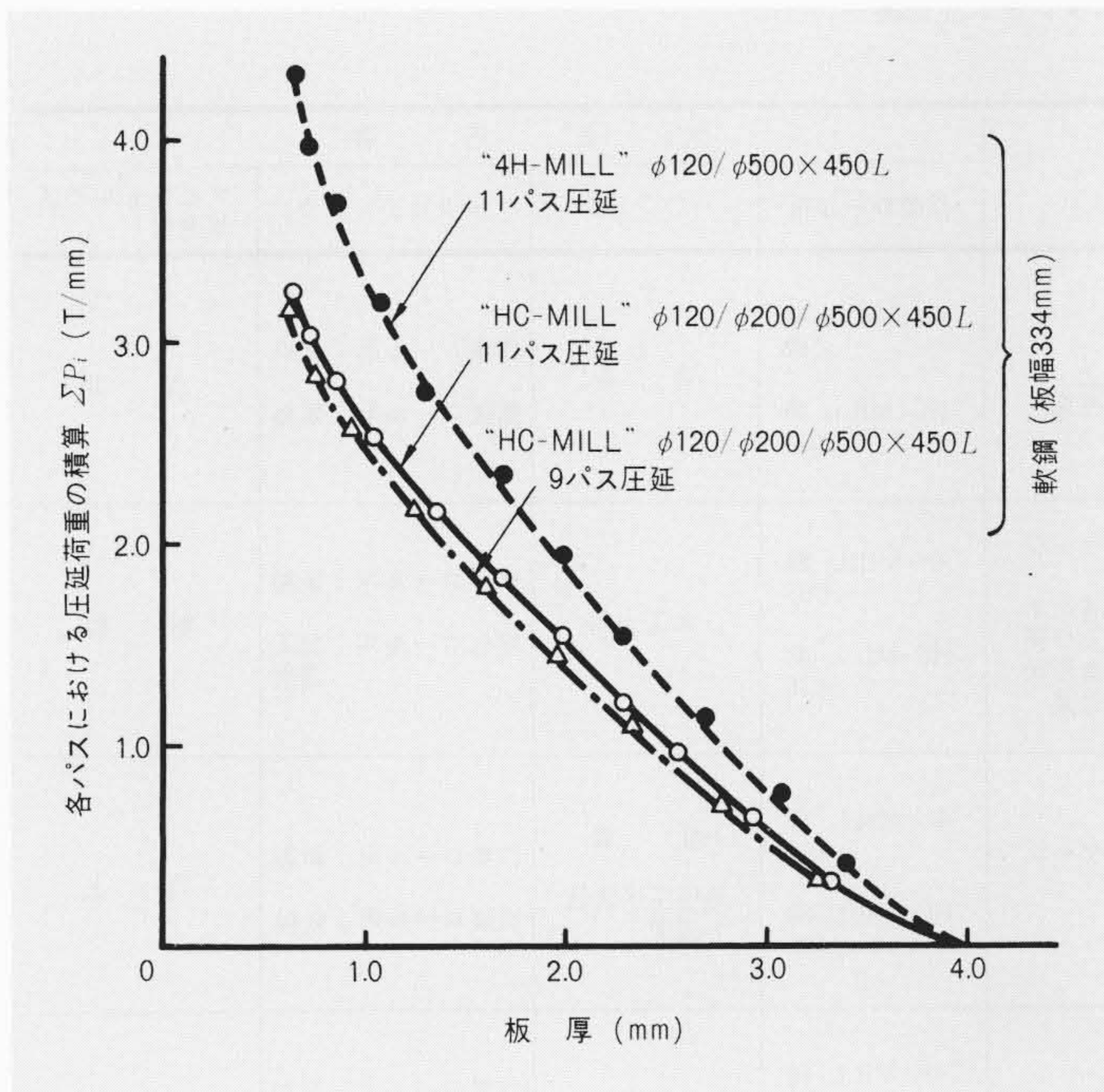


図7 “HC-MILL”による圧延荷重の減少例 同径作業ロール径を使用しても“4H-MILL”より“HC-MILL”のほうが圧延荷重が減少する。

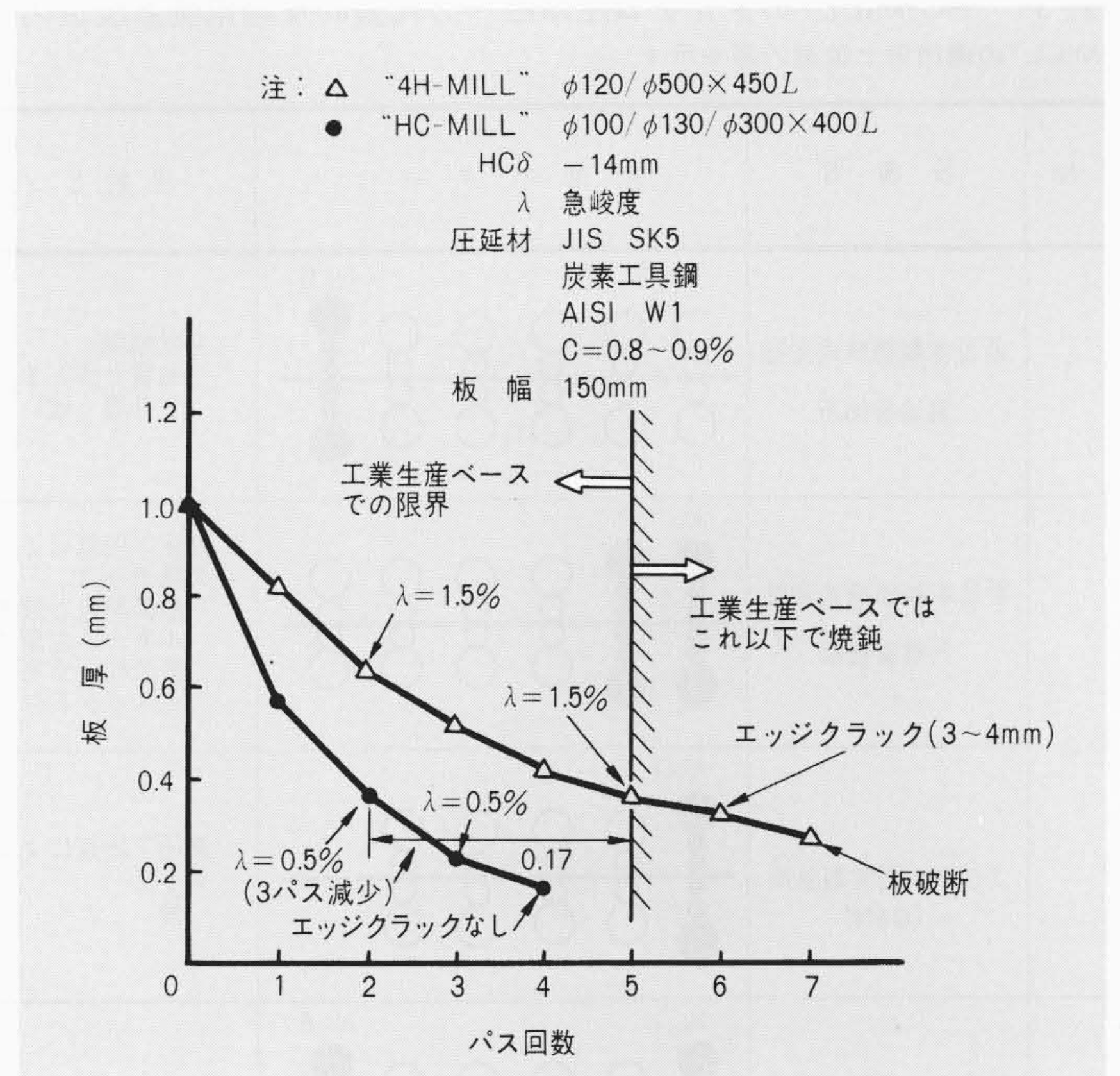


図8 “HC-MILL”によるエッジクラック減少の実例 特殊鋼圧延に“HC-MILL”を適用すると、エッジクラックの発生が抑制され中間焼鈍工程を省略でき、省エネルギーに貢献する。

うとするもので極めてユニークな着眼である。

すなわち、素材板厚がアップされると熱間圧延中の熱損失が少なくなり、ホットコイルの仕上温度の確保が容易となる。このため、スラブ加熱温度は低くしてもよく、熱間圧延での燃料費の大幅な節約が可能となり、これは冷間圧延での動力費の増加を補って余りある省エネルギーとなる。

また、熱間圧延後の酸洗では冷間圧延素材板厚をアップすれば、酸洗面積は素材板厚に反比例して減少するため酸の使用量が減少し、酸の温度調整に必要な蒸気の使用量も非常に少なくなるばかりでなく、更にスケールとして持ち去られる

鉄量も少なくなり歩どまりも向上することになる。

このねらいを実現するため、新日本製鐵株式会社八幡製鐵所の6スタンドタンデムミルのNo.1,2スタンドが“HC-MILL”に改造され、ブリキ原板の素材板厚を大幅に厚くすることに成功している(表1, No.10)。

この具体的な背景、操業実績、経済効果などについては、新日本製鐵株式会社からの発表が期待される。

“HC-MILL”による省エネルギーへの波及効果を得るもう一つの試みとしては、高硬材冷間圧延での中間焼鈍の省略がある。

表2 タンデム圧延機における“HC-MILL”の適用スタンドとメリット タンデム圧延機は、全スタンドを“HC-MILL”にすることが望ましいが、現存タンデム圧延機の改造の場合には、改造目的を最も効果的に果たすスタンドに“HC-MILL”を適用する必要がある。

メ リ ッ ト		ス タ ン ド No.	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6
操作性向上	ストレートロール		○	○	○	○	○	○
	安定した通板		○	○	○	○	○	○
	自動形状制御							○
省エネルギー	ホットストリップミル、酸洗ライン		○	○				
	小径作業ロール使用		○	○	○	○	○	○
品質向上	形状良好		○	○				○
	エッジドロップの減少		○	○	△	△	△	△
硬質材・極薄板の圧延			△	△	△	○	○	◎
許容作業ロール径 (板幅1,220)	“4H-MILL”		584	584	584	584	584	584
	“HC-MILL”(一例) (作業ロール駆動)		430	430	400	400	380	380
							強度上の許容最小径	
“HC-MILL” 作業ロール径の実績	新日本製鐵株式会社君津製鐵所							535
	新日本製鐵株式会社八幡製鐵所		435	435				
	新日本製鐵株式会社名古屋製鐵所		440					440
	ブラジル国営製鐵所		420					

表3 “HC-MILL”のタンデム圧延機への代表的な適用例と改造内容 タンデム圧延機への“HC-MILL”の適用例と改造内容を示す。

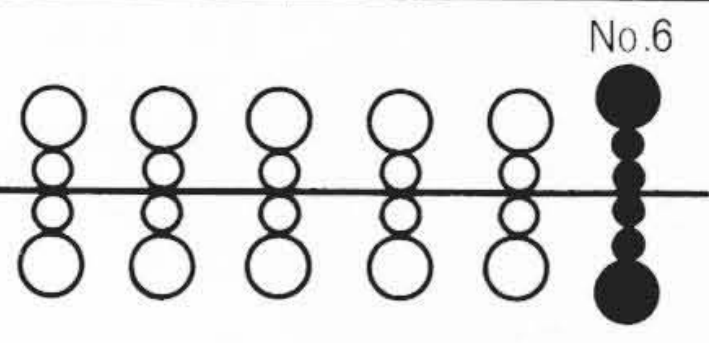
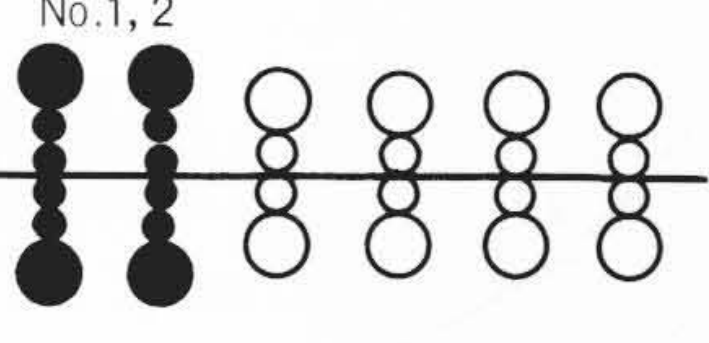
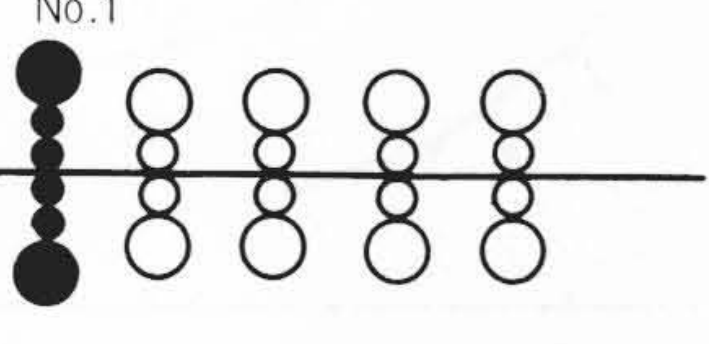
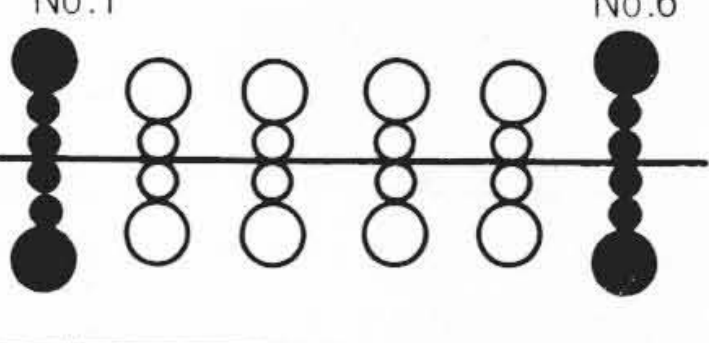
No.	設備名	適用パターン	目的とメリット	改造内容			
				作業ロール径	ハウジング	メタルチョック	スピンドル及び減速機
1	新日本製鐵株式会社 君津製鐵所		形状制御 品質と歩どまりの向上 より薄い硬い製品の生産	“4H-MILL”時 φ585 “HC-MILL”時 φ535	流 用	作業ロール用：流用 補強ロール用：新製	流 用
2	新日本製鐵株式会社 八幡製鐵所		高圧下圧延による素材ゲージ大幅アップ 熱間熱延と酸洗での省エネルギー、生産性増大及び硬度の均一分布による良形状とエッジドロップの低減	“4H-MILL”時 φ588 “HC-MILL”時 φ435	加工流用	作業ロール用：新製 補強ロール用：加工流用	新 製
	ブラジル国営製鐵所 (CSN)		高圧下圧延による素材ゲージアップ 同 上	“4H-MILL”時 φ483 “HC-MILL”時 φ420	新 製 (油圧圧下装置も設置)	作業ロール用：新製 補強ロール用：新製	同 上
3	新日本製鐵株式会社 名古屋製鐵所		(上記No.1, 2の両方を具備)	“4H-MILL”時 φ585 “HC-MILL”時 φ440	流 用	作業ロール用：新製 補強ロール用：加工流用	No.1：ギヤ交換 No.6：新 製 スピンドル新製

図8に、特殊鋼(SK材)圧延での“4H-MILL”と“HC-MILL”とのパススケジュールを比較して示す。板厚0.17mm程度の極薄板の圧延は、加工硬化により“4H-MILL”では、圧延荷重が増大して形状を良好のまま圧延することが困難であり、かつエッジクラックによる板切れが生じやすいため中間焼鈍を行なわねばならない。しかし、“HC-MILL”では、良好な形状を得るとともに、エッジクラックの発生を抑えることができるため、中間焼鈍を省略し4パスで最終板厚まで圧延でき、したがって、生産性は著しく向上し、中間焼鈍に必要な熱エネルギーの節約をも可能にしている。

4 “HC-MILL”のタンデム圧延機への適用

以上、“HC-MILL”の操業データから、この圧延機の画期的な特性、及び時代の要請に対応できる特性について個々に述べてきたが、ここでタンデム圧延機に“HC-MILL”を適用する場合を例にとり、これらをまとめて述べる。もちろんタンデム圧延機を新しく設置する場合には、全スタンドを“HC-MILL”とするのが最も望ましいが、現存するタンデム圧延機を改造し、これに“HC-MILL”を適用する場合には、各設備固有の条件に合致させるとともに、改造の目的を最も効果的に果たすスタンドに“HC-MILL”を設置する必要がある。表2に、“HC-MILL”適用による効果及び適用ロール径の例を示す。例えば、形状の向上とそれに伴う歩どまり向上、及び形状検出器と組み合わせた自動形状システムを採用し作業性の向上を目指す場合には、最終スタンドに“HC-MILL”を適用するのが望ましい。高圧下率による素材板厚の増大により、熱間圧延、酸洗での省エネルギーを、また、板厚増加によって得られる材質の硬度むら減少による品質向上をねらう場合には、前段のスタンドに“HC-MILL”を適用するのが望ましい。更に上記2ケースの組合せにより、両方の効果を指向する場合には、前段スタンドと最終スタンドに“HC-MILL”を設置するのが望ましいといえる。

表3に、上記3ケースの適用例及びこれら“HC-MILL”の適用に当たっての改造内容について示す。

5 結 言

以上述べたように、製品品質の向上は言うに及ばず、歩どまり、生産性及び作業性の向上と“HC-MILL”の数々の優れた特性が実操業でも確認することができたが、形状を損わず小径作業ロールの使用により大きな圧下かけられる特性が冷間圧延そのものの省エネルギーだけでなく、これによって可能な素材板厚の増大による熱間圧延、酸洗での省エネルギー効果を生みだすことに成功した。

今後は、時代の要請である省エネルギー、省力化の観点からよりいっそう広い応用と、既存設備への適用拡大を考えてゆきたい。

最後に、“HC-MILL”の採用を積極的に推進され、また貴重な操業データを得るにあたり種々御協力をいただいた新日本製鐵株式会社、大洋製鋼株式会社及び大同特殊鋼株式会社をはじめ、他の多数の関係各位に対し深謝の意を表わす次第である。

参考文献

- 1) 梶原，ほか3名：日立新形圧延機(HC-MILL)の特性，日立評論，56，919～924(昭49-10)
- 2) 梶原，ほか4名：新形圧延機(HC-MILL)の圧延特性，日立評論，58，689～694(昭51-9)
- 3) 梶原，ほか3名：新6段圧延機の圧延特性 第1報～第4報，第25回塑加連講演論文集(昭49-11)
- 4) 兒子，平井，ほか14名：実用新6重冷間圧延機の形状制御機能特性 第1報～第3報，第26回塑加連講演論文集(昭50-11)
- 5) 今井，真柄，ほか14名：冷間圧延機における形状制御法の開発 第1報～第4報，第29回塑加連講演論文集(昭53-10)
- 6) A.TAKIMOVICH：Power Requirement and Selection of Electrical Equipment for Tandem Cold Strip Mill, Iron & Steel Eng. DE '64, p.113