

MPS-118形微粉炭機

MPS-118 Pulverizer

電源開発株式会社松浦火力発電所1号機向けの国内最大容量石炭燃焼ボイラ(1,000 MW)に適用したMPS-118形微粉炭機は、平成2年6月末の運転開始に向けて試運転中であり、当初計画どおりの基本性能を示すことを確認した。

この微粉炭機は米国Babcock and Wilcox Co.で開発されたが、多炭種を使用するボイラに適應するため、MPSミルシミュレーションによる性能予測、粉碎荷重機構、分級器ベーン遠隔操作化、各部の耐摩耗性向上などの新設計を盛り込んでいる。また製作面では、大形鑄造品の実機大の試作、および大形構造物製作技術確認のため1台先行製作し、工場無負荷運転を実施したうえで製作に着手した。

この微粉炭機の設計、製作、据付けおよび試運転実績を通して、大容量石炭燃焼ボイラ用微粉炭機の設計製作技術が確立された。

立間照章* Teruaki Tatsuma

石井敬二** Keiji Ishii

正路一紀*** Kazunori Shōji

1 緒 言

電源開発株式会社松浦火力発電所1号機(以下、松浦火力発電所1号機と言う。)向けの国内最大容量石炭燃焼ボイラ(1,000 MW)に適用したMPS-118形微粉炭機(以下、微粉炭機をミルと略す。)は、平成2年6月末の運転開始に向けて試運転中である。

脱石油に端を発した電力エネルギーの安定供給、低コストの電力供給といった社会的ニーズによって、石炭燃焼火力が火力発電の主流となり、かつ発電設備は大容量化している。これに伴って石炭消費量が増大し、ミルの設備台数が増加するのを極力抑えるために、単機容量の大きなミルが必要となっている²⁾。

石炭燃焼発電設備のミルは単に石炭を粉碎するだけでなく、電力安定供給の観点から発電設備の信頼性を大きく左右する重要な機器であり、計画設計にあたっては十分信頼性を高めるよう考慮する必要がある。

バブcock日立株式会社では、松浦火力発電所1号機向けミルとして米国Babcock and Wilcox(以下、米国B&W社と言う。)で開発されたMPS-118形ミルをベースに、多炭種燃焼、高負荷変化、高効率燃焼に適應するため、パイロットミルおよび実機ミルで得られたデータに基づくミル性能予測シミュレーションを行ったほか、構造面では粉碎荷重機構、分級器ベーン角度遠隔操作化、スロート面積可調整化、各部の耐摩耗性向上などの新設計点を盛り込んでいる。製作にあたっては、大形鑄造品の実物大の試作、大形構造物製作技術の確認

のため、1台先行製作して工場無負荷試験を行い、製作技術を確認したうえで製作に着手した。

MPS-118ミルを1,000 MW石炭燃焼ボイラに適用し、試運転で基本性能を十分満足しているが以下に計画・設計から試運転実績の概要について述べる。

2 MPSミルの構造および仕様

2.1 MPSミルの構造および特徴

MPS-118形ミルは、図1に示すように縦(たて)形ローラで、駆動部・粉碎部・分級部の三つの主要機構部から成り、さらに粉碎部に荷重をかけるための加圧部が設けている。

(1) 駆 動 部

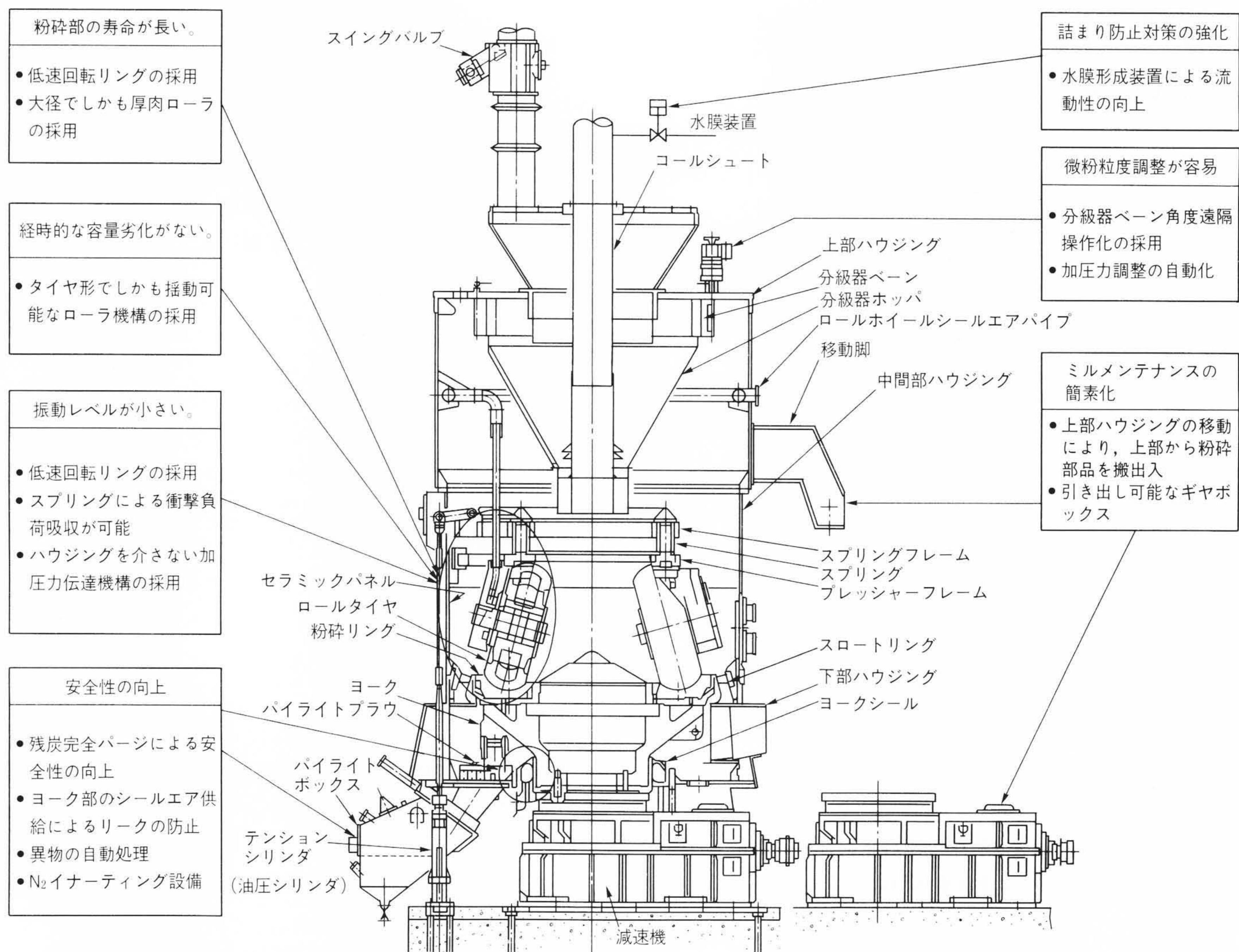
粉碎リングに回転を与える駆動力は、電動機→ギヤボックス→ヨーク→粉碎リングといった伝達機構になっている。また、ギヤボックスの歯車および軸受部の潤滑と冷却のため、潤滑油を強制循環させるポンプ、冷却器などから成る潤滑装置を設置している。

運転中はミル内部が加圧状態になるため、回転部から微粉炭がリークするのを防止するため、シールエアを供給し、外部と遮断している。

(2) 粉 碎 部

ミル中央上部から供給された原炭は、粉碎リングの回転に伴う遠心力によって外周に送られ、粉碎リングとローラの間

* バブcock日立株式会社 呉工場 ** バブcock日立株式会社 *** バブcock日立株式会社 呉研究所 工学博士



注：略語説明 M [Mühle(ミル)], P [Pendel(振り子)], S [Schüssel(皿)]

図1・MPS-118ミル構造およびその特徴 3個の大径ローラと粉碎リングによって、石炭を粉碎する縦(たて)形ローラミルの断面構造および特徴を示す。

で粉碎され、粉碎リングの外周へ排出される。粉碎リングの全周に供給された高温の一次空気は、粉碎リングの外周に取り付けられたスロートリングを通して微粉炭を吹き上げると同時に、石炭中の水分の乾燥を行う。石炭中の異物はスロートリングから落下してパイライトボックス内へ集められる。一方、ローラ固定軸にはローラベアリングを設けてあり潤滑油を注入しているが、この潤滑油の汚染を防止するためシールエアを供給している。

(3) 分級器

粉碎された微粉炭は、スロートを吹き出した一次空気の旋回によるサイクロン効果と重力分級により粗粉が分離され、小粒径の微粉炭だけが分級器へ導かれ(一次分級)、分級器へ入った微粉炭はさらにサイクロン効果によって分級され、微粉粒子をそろえられバーナへ搬送される(二次分級)。二次分級は遠隔電動駆動機構によって分級器ベーン角度を設定することで調整できるようになっている。

(4) 加圧部

規定の粉碎能力を得るため、ローラに粉碎荷重を加える機構として、3本の油圧シリンダに油圧を供給する油圧発生装置および油圧シリンダによって加えられた荷重をローラに伝えるためにスプリングフレーム、スプリングおよびプレッシャーフレームで構成している。

なお、図1にはMPSミルの特徴も合わせて示してある。

2.2 仕様

出力1,000 MW石炭火力に設置してあるMPS-118形ミルの仕様を表1に示す。

1,000 MW発電設備のMPS-118形ミル設置状況を図2に示す。

3 設計上の考慮事項

3.1 構造上の考慮事項

多炭種燃焼、高負荷変化および高効率化燃焼ボイラに適応

表1 MPS-118形ミルの仕様 1,000 MWボイラに適用した場合の主な仕様を示したもので、広範囲な炭種に対して常用6台運転する。

No.	仕 様
1	形 式：MPS-118形〔縦(たて)形ローラミル, 7台(うち予備1台)〕
2	公称容量：95.3 t/h(湿炭ベース, HGI=50, 200メッシュ通過70%)
3	微粉粒度：200メッシュ通過70%以上, 100メッシュ通過95%以上
4	主軸回転数：21.5 r/min
5	電 動 機：940 kW
6	粉碎リング径：3,000 mm
7	ローラ径：2,083 mm(3個/ミル)

注：略語説明 HGI(Hard Grove Grindability Index：粉碎性指数)

するため、米国B&W社設計ベース以外に下記の新設計項目を盛り込んである。

(1) 分 級 部

微粉粒度調整を容易にするため、分級器ベーン角度遠隔操作化を図っている。

(2) ローラおよび粉碎リング

耐摩耗性を向上させるためCr含有量を増加させた高Cr鋳鉄製で、実機大のローラを試作し、規定の品質が得られることを確認してある。図3は試作品の断面方向の硬度分布を示しており、均一であることがわかる。

(3) スロートリング

多炭種に対してスロート部の最適流速が得られるよう、スロートリングを可調整としてスロート面積調整が可能な構造としてある。

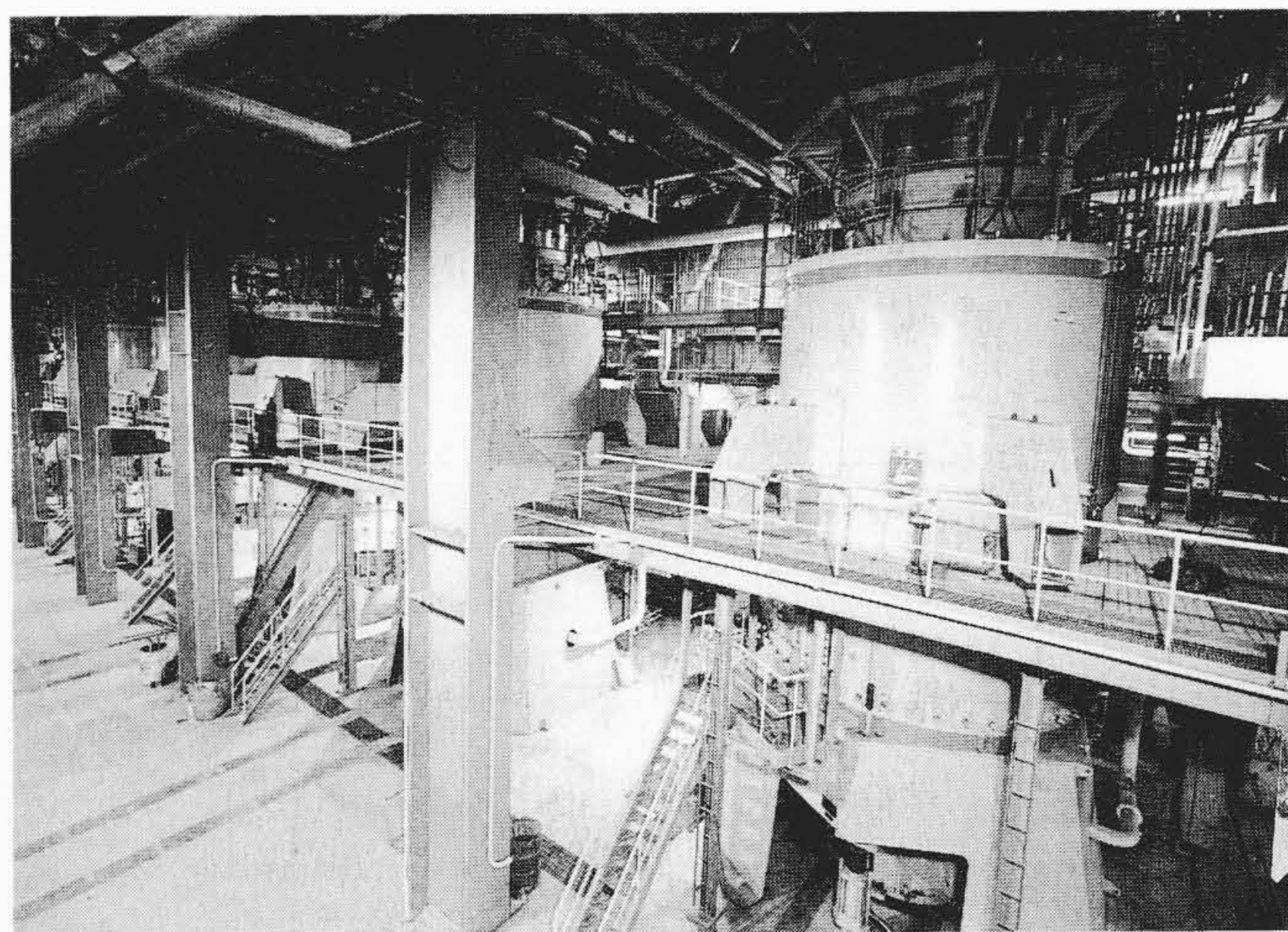


図2 1,000 MW発電設備のMPS-118形ミル設置状況 MPS-118形が7台設置され(うち1台予備)、順調に稼動している。

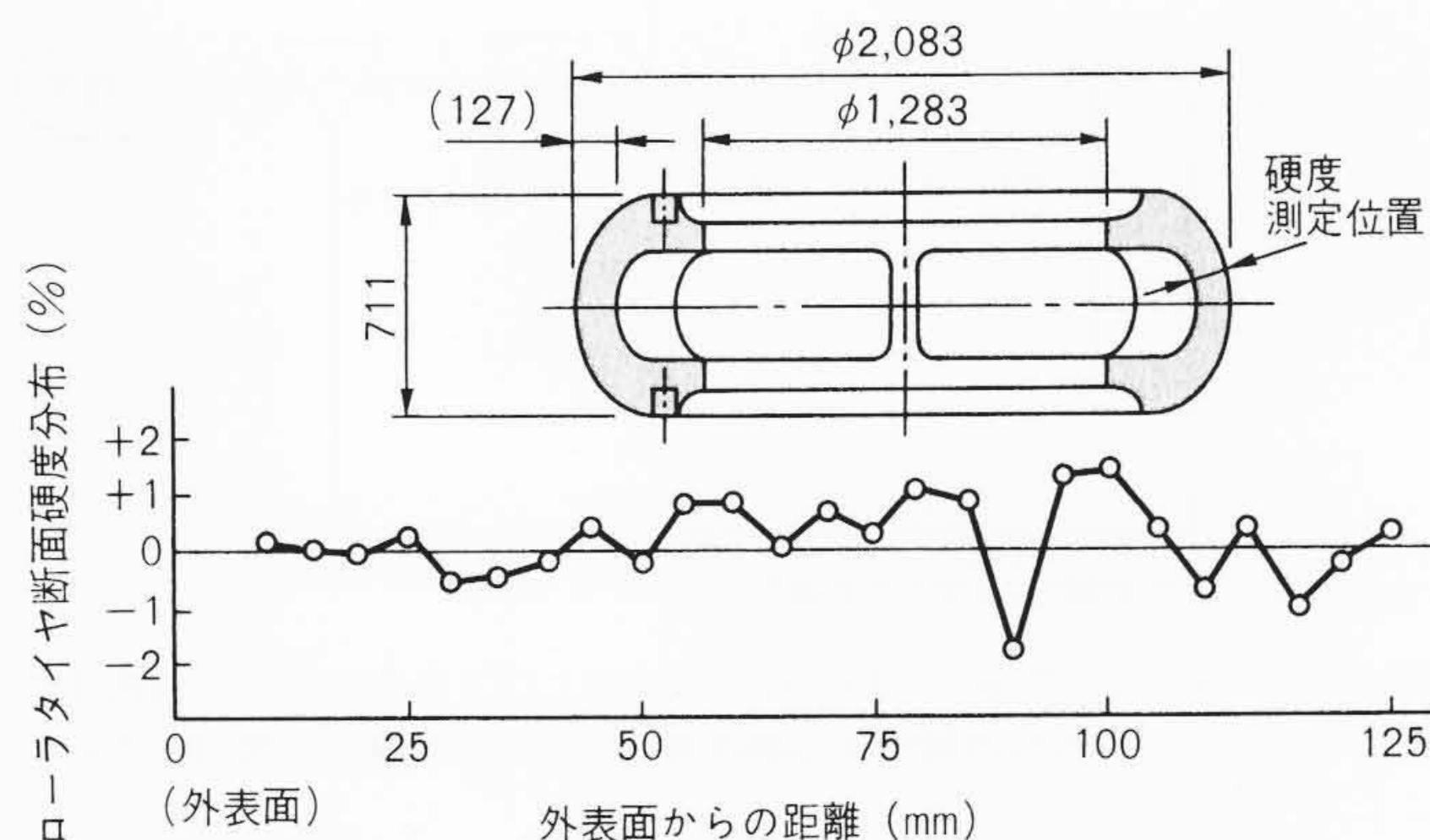


図3 ローラタイヤ断面硬度分布 実機大の試作を行い、断面の硬度を測定し、均一な硬度分布が得られている。

(4) 粉碎荷重

粉碎荷重(加圧力)は、常時各ローラに均一にかかると同時に、ミル負荷に応じて最適になるようプログラム制御される。

(5) 耐摩耗性の向上

中間部ハウジング内面、分級器ベーンおよびホッパ内面、ロールホイール アセンブリ ターレット内面へセラミックを適用している。

(6) 原炭詰まり防止

原炭中の水分量が石炭の壁面への付着に特に関与することから、壁面部に少量の水を流す水膜装置を設置して壁面への石炭付着を防止している。なお、バンカ出口および給炭機入口には注水装置が設けられている。

(7) 安全対策

- (a) 石炭発火防止および消火のための不活性ガス(N₂)注入,
- (b) ミル入口一次空気室への水スプレー, (c) 各部の傾斜角による石炭堆(たい)積の防止, (d) 残炭パージの実施, (e) ミル停止の給炭投入法改善によるミル内部冷却

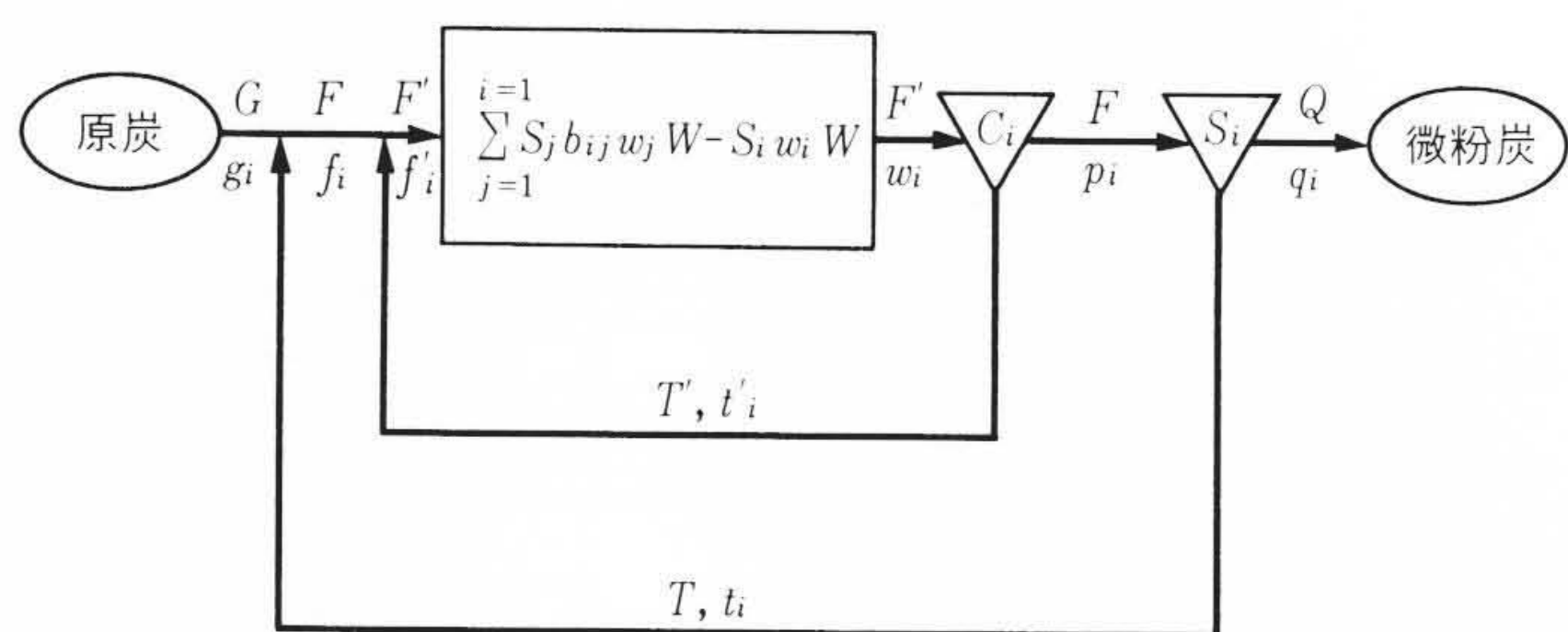
(8) その他(運転方法も含む。)

- (a) 水流輸送によるパイライト処理
- (b) 常時ウォーミングによるミル起動時間短縮

3.2 設計および製作(組立, 据付け)時の考慮事項

(1) シミュレーションモデルによるミル性能の検討

MPSミルシステムに粉碎速度論を適用した数学モデルを用いて、ミルシステムの解析と性能向上のための検討を実施している。図4に示すように、MPSミルを完全混合の粉碎部、一次分級部および二次分級部から成る粉碎機としてモデル化した。ここで G, F, F', T, T', Q は各点での石炭流量, $g_i, f_i, f'_i, w_i, t_i, t'_i, p_i, q_i$ は各点での粒度区間 i の粒子重量分率, W は粉碎部の保有炭量, S_i は区間 i の粒子の粉碎速度定数, b_{ij} は区間 j の粒子が破碎によって区間 i の粒子になる割合(粉碎分布常数)であり, C_i および S_i は一次および二次分級部で区間 i 粒子が粉碎部に戻される割合(部分分級効率)で



注：式中の記号説明は本文3.2節参照

図4 MPSミルモデル 粉砕部、一次および二次分級部の物質収支のモデルを示す。これらの関係から給炭量 G と微粉炭粒度 q_i の関係を求めることができる。

ある。したがって、このシステムの物質収支を取ることによって、給炭量 G と微粉炭粒度 q_i の関係が決まる。

実験室規模のバッチローラミルで測定した粉碎速度定数³⁾と、一次および二次分級部の部分分級効率⁴⁾を用いてパイロットミルおよび実機ミルで得られたデータを解析し、実機MPSミルの性能を予測できる数学モデルを完成³⁾し、最適ミルシステムの検討手段の一つとしている。一例としてMPS-118ミルの粉碎特性に及ぼす加圧力の影響を図5に示すが、高負荷帯では加圧力を増加することによって微粉粒度が大きく向上するが、低負荷域での影響は小さいことがわかる。したがって、低負荷では、加圧力を低減することによって微粉粒度を犠牲にすることなく、振動および粉碎動力の低減を期待できる。

(2) 製作(組立, 据付け)時の考慮事項

ミルの心臓部であるローラが大形鑄造品となるため、製作にあたっては大形鑄造品であり、かつミルの心臓部であるローラの実物大を試作し、強度、硬度および内部品質を確認した。一方、ミルの大形化に伴う製作技術の確認のため、1台先行製作し、工場無負荷試験を行って組立要領、組立精度お

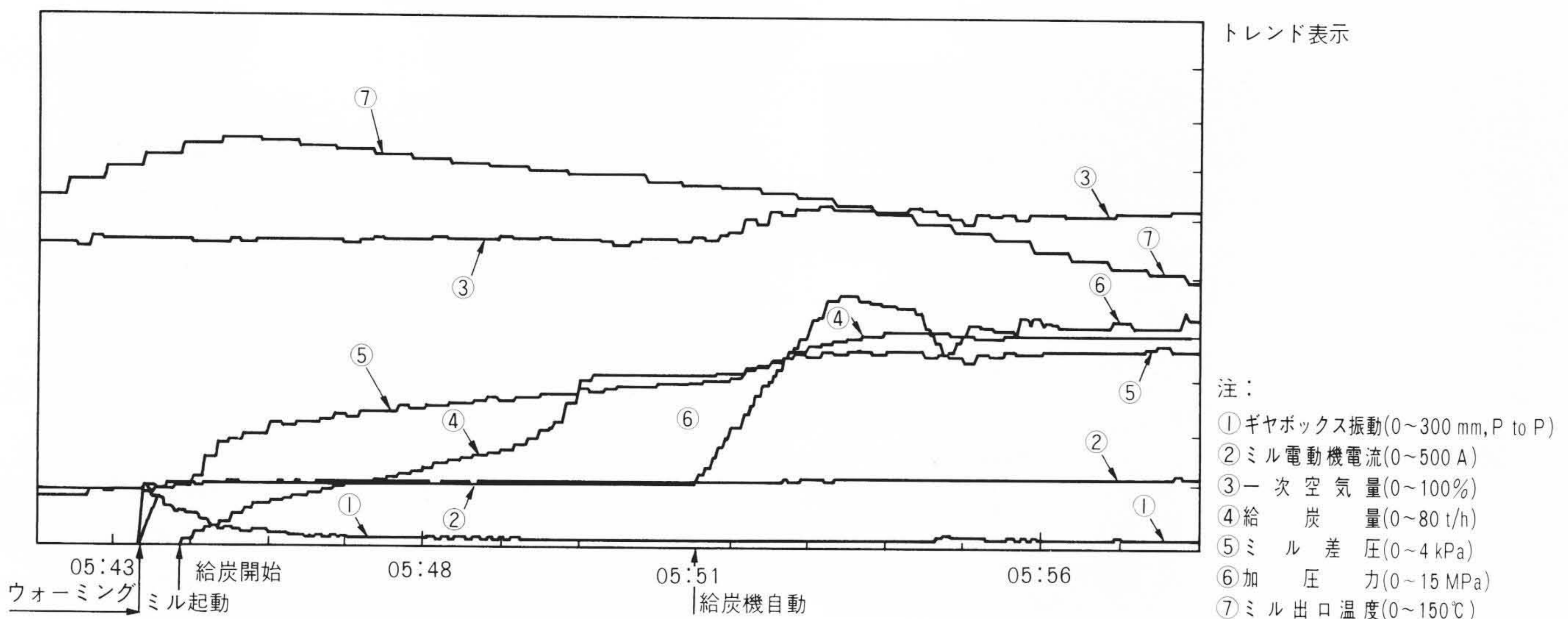


図6 ミル起動特性 初期給炭方法および加圧力調整によって、円滑な起動が可能であり、大容量ミルに対しても中・小容量のミルと同様の運転方法で問題がないことを確認した。

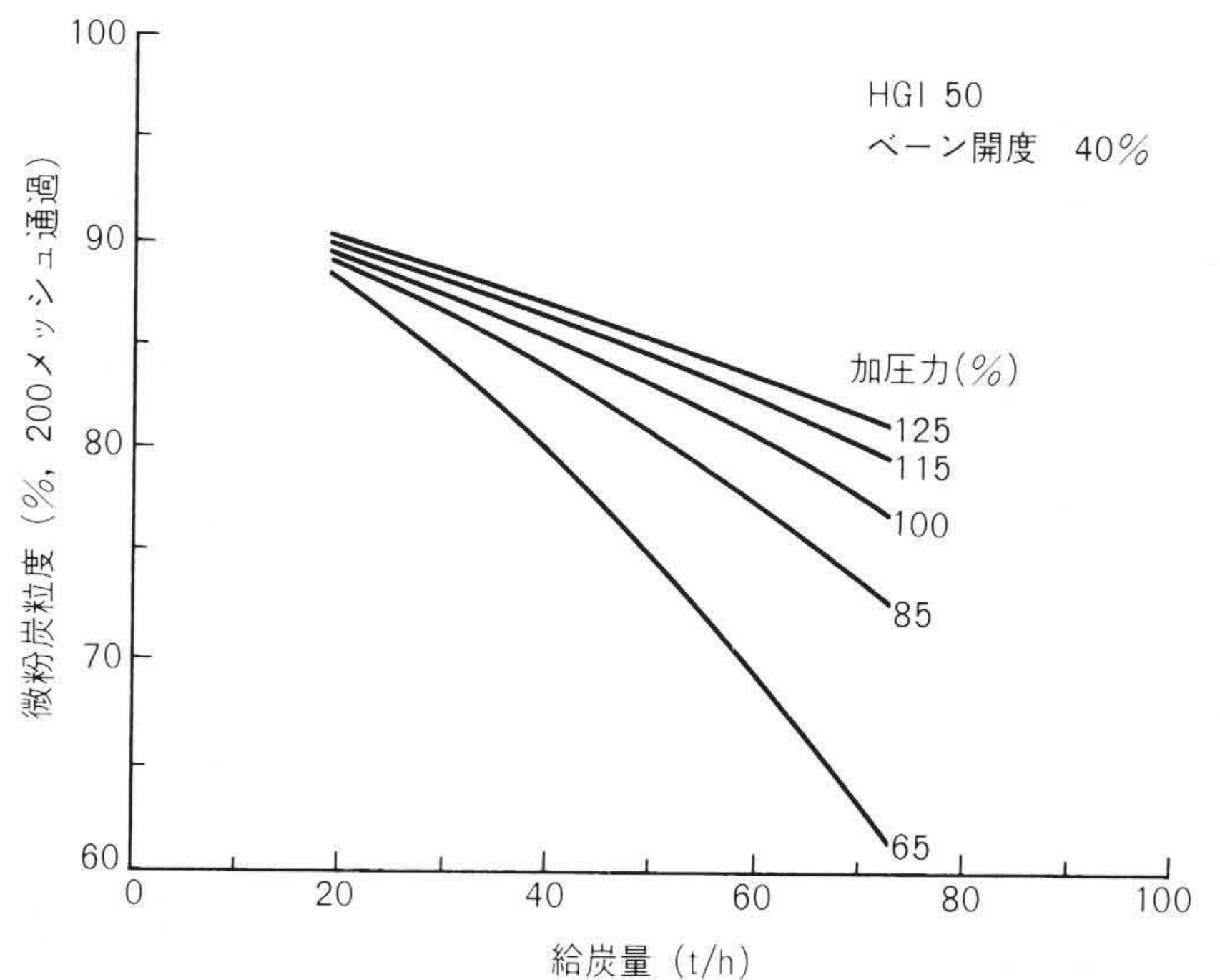


図5 MPSミルシミュレーションによる粉碎に及ぼす加圧力の影響
MPSミルシミュレーションによって、加圧力と粒度特性との関連を推定することができる。低負荷域では加圧力が粒度に及ぼす影響は小さい。

よび無負荷試験によって円滑に駆動できることを確認し、製作に着手した。

工場組立実績は、現地組立要領の改善、ブロック化などの合理化に結び付けることができ、工程の短縮化が図られた。

4 運転実績

現在までMPS-118形ミルは、風量バランステスト、制御システム作動確認後、B炭およびC炭によるミル起動・停止およびミル静特性試験を完了したところである。

4.1 起動・停止特性

ミルの起動特性を図6に示す。ウォーミング完了後ミルを

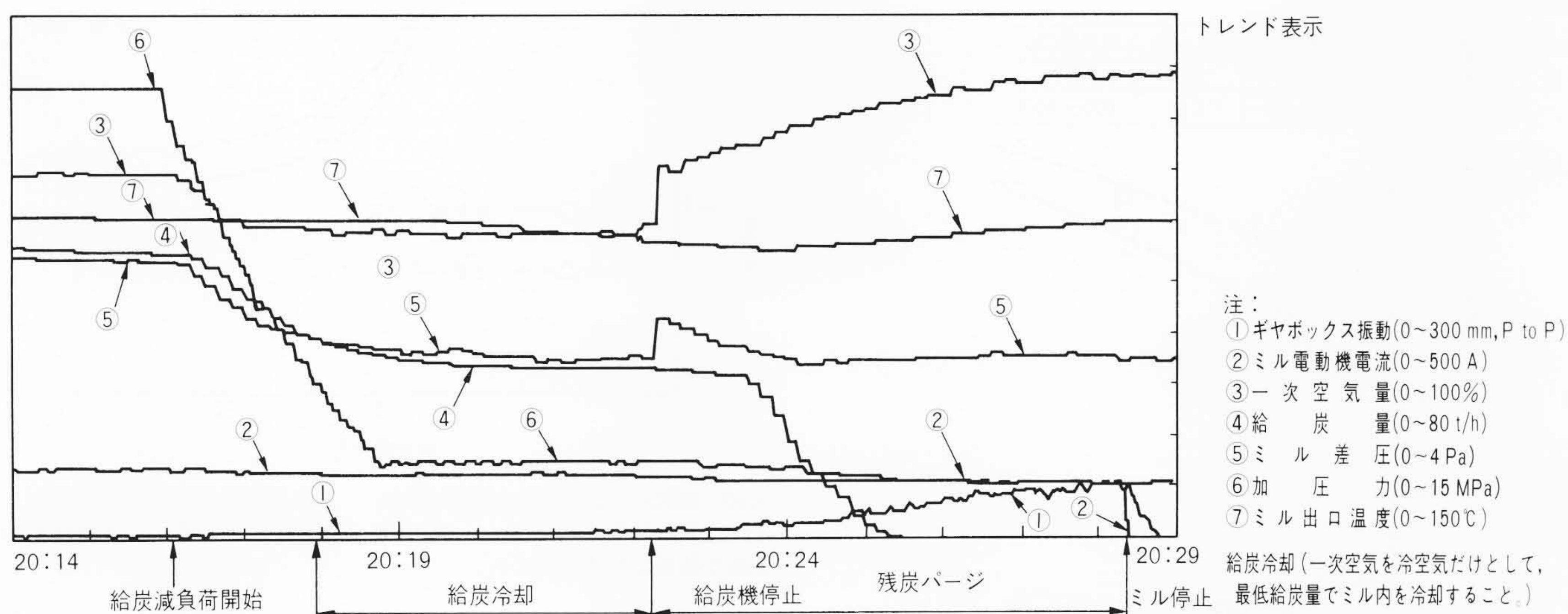


図7 ミル停止特性 給炭冷却および残炭パージによって、より安全な停止が可能である。

立ち上げ、給炭機を起動しているが、初期かみ込みも十分に円滑に起動している。

ミル停止特性を図7に示す。停止指令によって給炭量は最小値まで絞られ、ミル出口温度が規定値以下になるか、またはタイマにより一定時間後に給炭機を停止してから、残炭パージに入る。残炭パージによってミル内の微粉が排出されるため、より安全な停止操作ができる。

4.2 静特性

ミル負荷率およびベーン角度を変化させたときの微粉粒度、ミル差圧および電動機動力の関係をB炭およびC炭について図8、9に示す。図8に示すように、ミル負荷率の減少に伴い微粉粒度は増加する。一方、最低給炭では加圧力を計画点での給炭量に対するその40%に減少させているが、粒度変化はほとんどない。このことはMPSシミュレーションモデルでの検討結果とよく一致する。図9はベーン角度の影響を示すが、分級器の角度変化によって容易に粒度調整ができることがわかる。

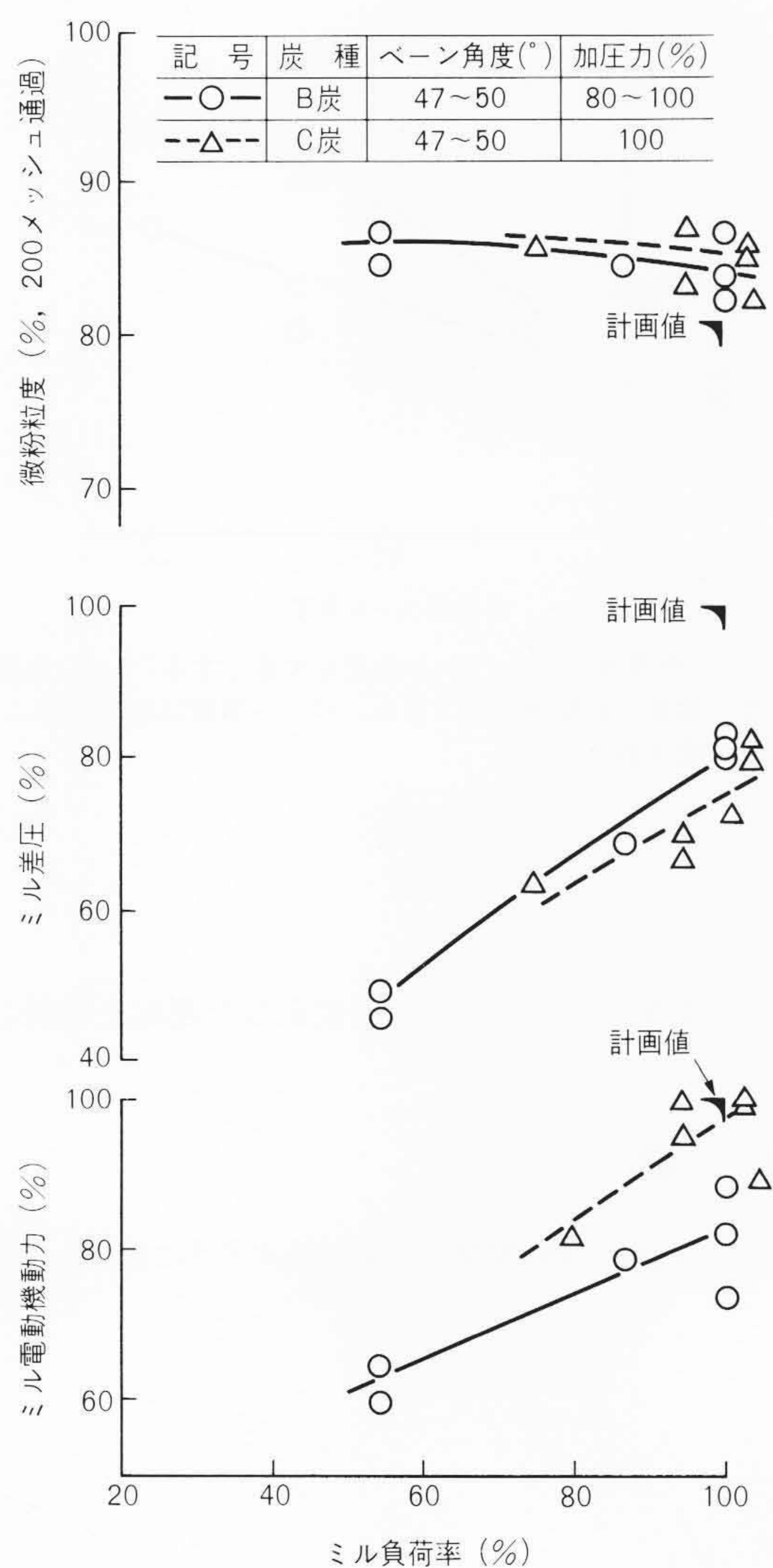
また、微粉粒度、ミル差圧および電動機動力とも十分計画値を満足している。

ミル負荷率と振幅比の関係を図10に示す。ミル負荷率が低い領域でわずかにレベルが高くなる傾向があるが、この傾向は炭種によらず、全体的には静かな運転が可能である。

4.3 その他の実績

ミル起動時間短縮のため、常時ウォーミングを行う。これによってミルは直ちに起動できること、および安全上問題のないことを確認した。

粉碎部スロートリングからの落下物が多い場合には、石炭(リーク炭と呼ぶ。)が含まれ、運転の障害となるが、このミルでは一次空気のスロート通過流速を調整(スロート面積調整)



注：ミル差圧 (一次空気ミル入口と分級器入口との差圧)

図8 給炭量および加圧力特性 微粉粒度、ミル差圧、ミル電動機動力とも十分計画値を満足している。加圧力は高負荷域で粒度向上に効果があるが、低負荷域ではその影響は小さい。このことは図5に示すシミュレーション結果とよく一致する。

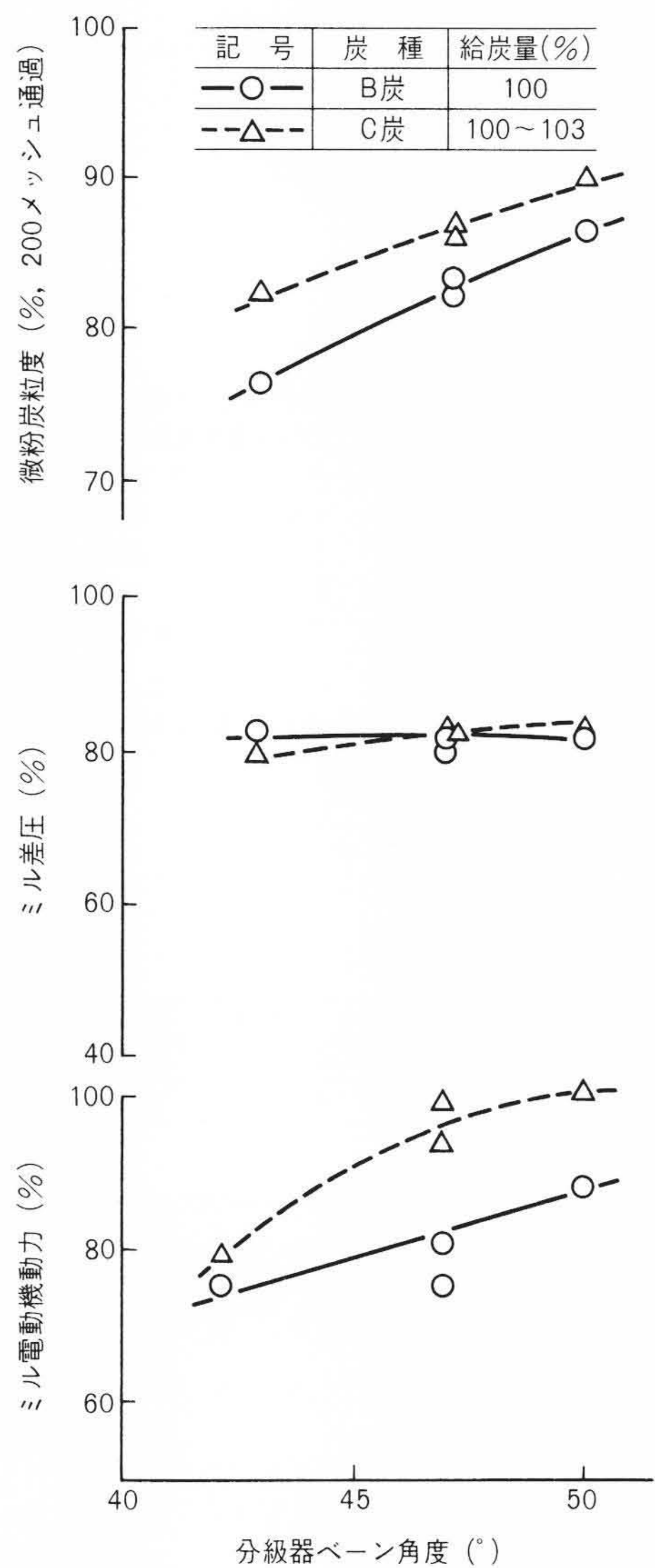


図9 ペーン角度特性 ペーン角度を大きくする(ペーンを絞る)ことによって、容易に粒度調整ができる。ペーン角度は遠隔操作によって任意設定が可能である。

することにより、リーク炭のない安定した運転を継続している。

5 結 言

国内最大容量(1,000 MW)石炭燃焼ボイラに適用したMPS-

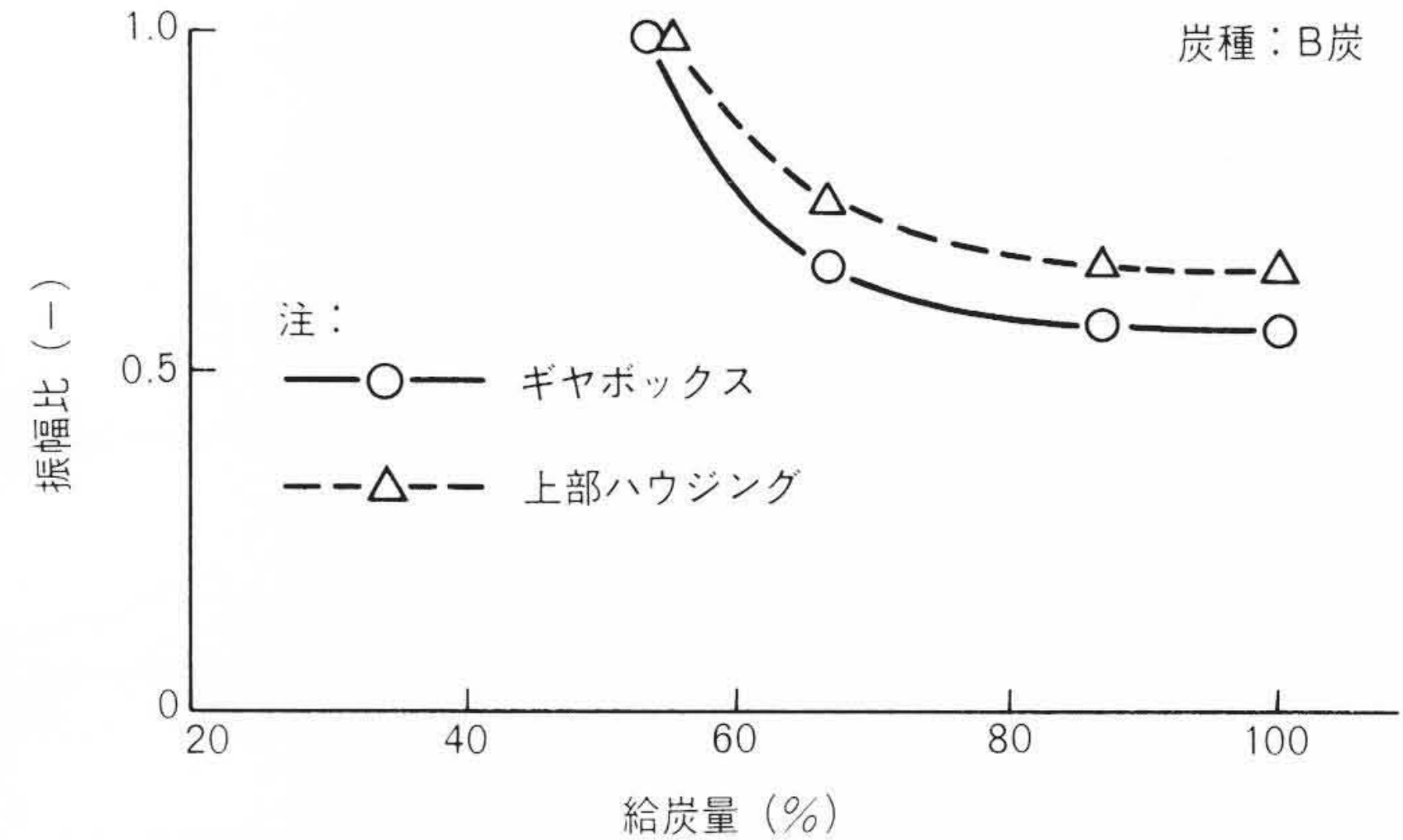


図10 MPS-118形ミルの振動特性 低負荷域で振幅が増加するが、全体にわたり低振幅であり、大容量ミルでも中・小容量ミルと同程度の振動であることを確認した。

118形ミルは、発電設備の重要な機器であるとの認識にたち、MPSシミュレーション、製品試作結果などに基ついた数多くの新設計項目を適用して、計画どおりのミル性能がでていることを確認した。今後、さらに他炭種による静特性、動特性の試験および調整を行っていくが、この実績によって今後の大容量石炭発電設備用ミルの設計製作技術が確立されたと考える。

今後の大容量石炭燃焼発電設備も石油燃焼発電設備並みの性能が要求されると同時に、環境規制もますます厳しくなっていくものと予想される。バブcock日立株式会社は、この発電設備で得られた実績に基づいてこれらの社会的ニーズに対応するために、大形ミルの設計・製作・運転・保守に対し、より信頼性を高めるよう努める考えである。

参考文献

- 1) 西岡：松浦火力発電所1号機 海外炭専燃1,000 MWプラント計画概要，火力原子力発電，Vol.40，No.5，395(1989-4)
- 2) 長井，外：石炭火力発電特集，微粉炭機，火力原子力発電，Vol.35，No.10，54(1984-10)
- 3) 廻，外：第22回化学工学秋季大会研究発表講演要旨集，341(1989)
- 4) 廻，外：粉体工学誌，Vol.25，No.7，430(1988-7)