

石炭燃焼ボイラの煙風道システムと大形ファン

Gas and Air System and Large Fans of Coal-Fired Boilers

今後建設される石炭火力発電は、設備の大容量化、環境対策、省エネルギー対策とともに多種石炭に対応可能な設備が必要となり、煙風道システムと大形ファンもこれらの要求に合った新しい技術の適用が要望されている。

そのため、風道システムは設備の簡素化、操作性の向上、多種石炭への対応に優れたコールドエアシステムの採用を、煙道システムは使用炭種の集塵特性に適した集塵装置との関連を考慮したシステムとする必要がある。

また、主要補機である大形ファンのうち、押込通風機は省エネルギー効果の大きい動翼可変軸流ファンの採用、誘引通風機は省エネルギーとダストによる摩耗、付着に効果のあるスピードコントロールの採用、脱硫ファンはダストの付着対策などが必要となる。

磯田嘉悦* Kaetsu Isoda

奈良安晃** Yasuaki Nara

1 緒言

石炭燃焼ボイラは、燃料である石炭の燃焼システムに特徴があるとともに、その燃焼ガス性状も使用する石炭性状により異なった特性をもっている。

風道システムは微粉炭機に関連し、主として石炭の含有水分の乾燥と微粉炭の搬送に特徴をもち、煙道システムは石炭灰の集塵特性による集塵器形式に関連した特徴をもっている。

また、主要補機であるファンもボイラの大容量化と環境対策の強化により大形化し、種類も増加している。そのため省エネルギー対策とともに、ダストによる摩耗、付着、腐食対策などが今後の重要な課題となる。

以下、これらの問題に対する技術動向と対策について述べる。

2 石炭燃焼ボイラの煙風道システム

2.1 風道システム

石炭燃焼ボイラの風道システムは、大別して二つの系統に分けられる。一つは、空気予熱器で加熱された高温空気を、燃焼用空気として火炉に供給する二次空気系統であり、他の一つは、石炭中の水分乾燥と微粉炭の搬送用空気として、燃焼用空気の一部を微粉炭機を経てバーナから火炉に供給する一次空気系統である。その基本的系統を図1、2、3に示す。

石炭燃焼ボイラの特徴である一次空気系統は、空気予熱器出口の高温空気の一部と、空気予熱をバイパスする押込通風機出口の冷空気の一部を混合し、石炭水分乾燥に必要な空気温度と微粉炭搬送に必要な空気量に調整されたのち微粉炭機

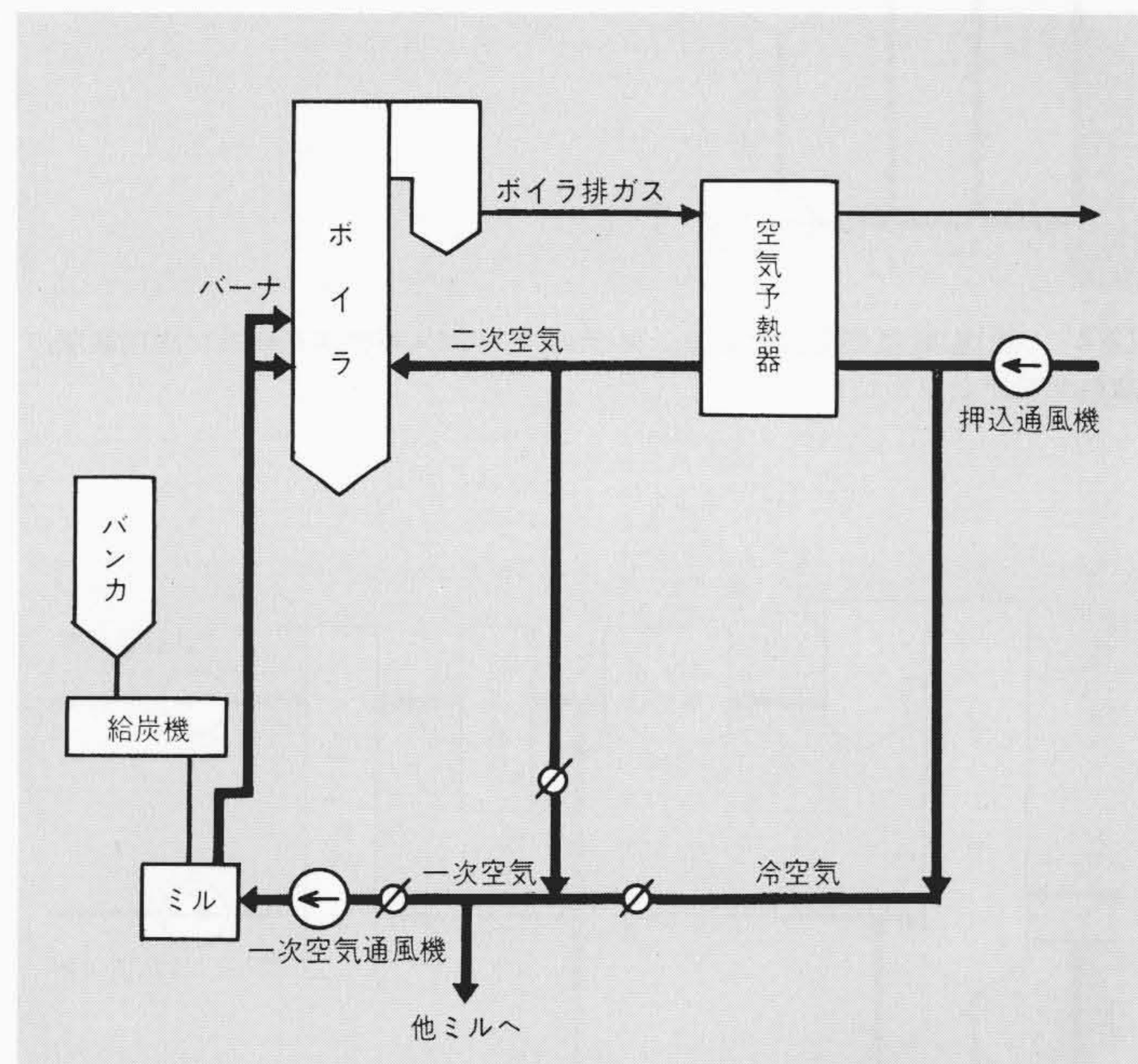


図1 ホットエア風道システム 各ミルに一次通風機を設置する。一次通風機は高温空気を取り扱う。

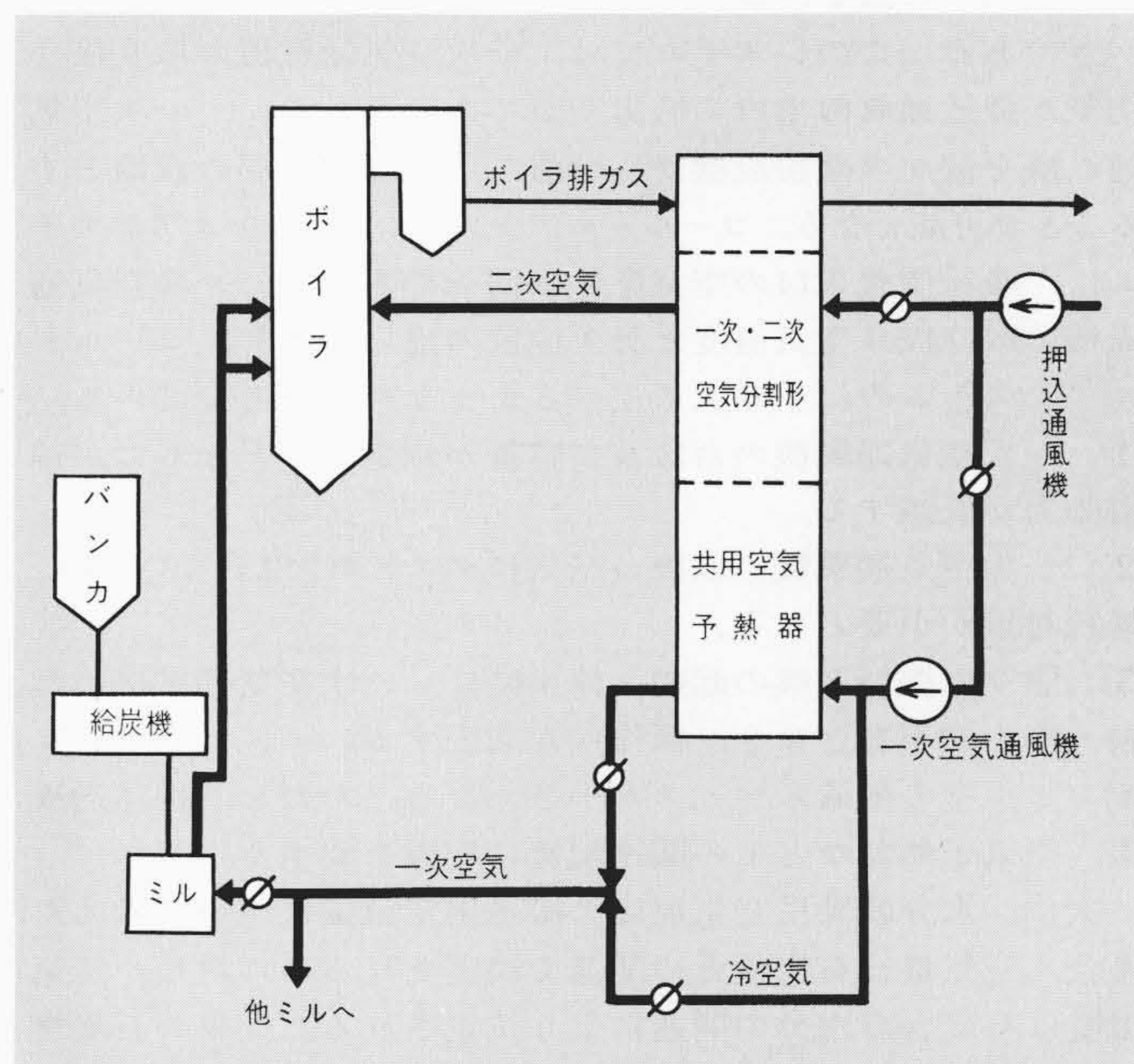


図2 コールドエア風道システム（一次空気、二次空気を分割した空気予熱器共用方式） 一次通風機をミルから分離し、独立に設置する。一次通風機は低温空気を取り扱う。1台の空気予熱器を一次、二次に分割し共用する。

* バブコック日立株式会社 ** 日立製作所土浦工場

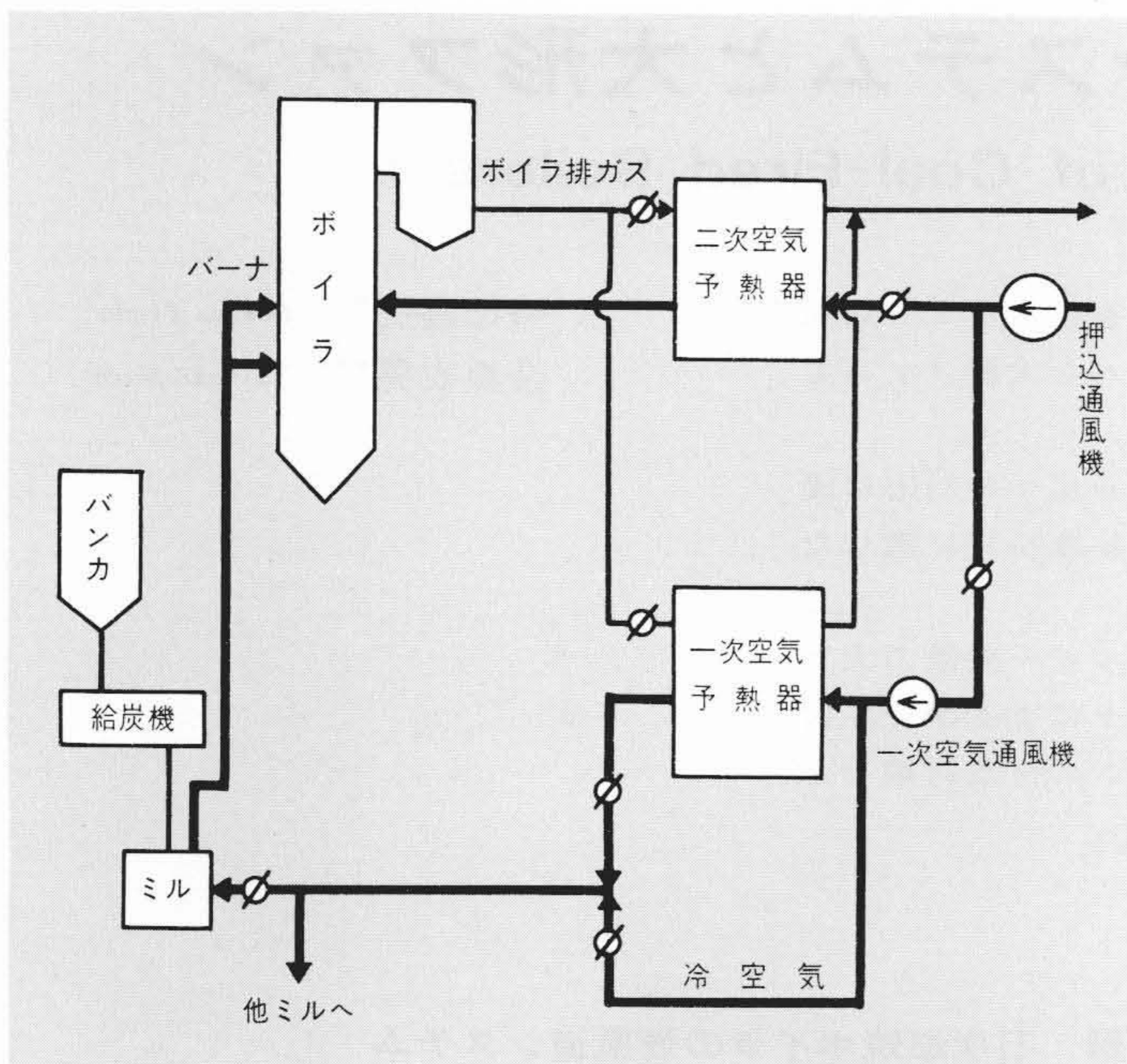


図3 コールドエア風道システム（一次、二次空気予熱器独立方式） 一次通風機を各ミルから分離し、独立に設置する。一次通風機は、低温空気を取り扱う。空気予熱器は一次、二次を独立して設置する。

へ送気され、水分乾燥と微粉炭の搬送に利用され、燃焼用空気の一部として微粉炭とともにバーナから火炉へ供給される。

従来の石炭燃焼ボイラは、図1に示すホットエアシステムを採用している。このシステムの特徴は、一次空気通風機の取り扱う空気が高温であるとともに、個々の微粉炭機にそれぞれ一次空気通風機を設置することである。

しかし、今後の石炭燃焼大容量ボイラに対しては、設備の簡素化を図った図2、3に示すコールドエアシステムを採用すべきである。このシステムでは、一次空気通風機の取り扱う空気が押込通風機出口の低温空気であるとともに、一次空気通風機を個々の微粉炭機から分離し、独立別置形の設備とすることが可能となる。コールドエアシステムとホットエアシステムは、微粉炭機入口の空気条件は同一であるが、一次空気通風機の取り扱う空気温度と設置位置の違いにより、コールドエアシステムのほうが次に述べるような利点をもっている。

- (1) 一次空気通風機の台数及び容量が減少するとともに、補機動力が低減する。
- (2) 一次空気通風機の取扱い空気にダストが含まれないため、摩耗対策が不要となる。
- (3) 個々の微粉炭機の起動・停止時に、一次空気通風機の起動・停止が不要となり、操作性が向上する。
- (4) ミル室の配置スペースが小さくなる。ただし、押込通風機、空気予熱器などとの関連配置に配慮を要する。

次に、水分乾燥用空気温度と搬送用空気量について考えた場合、空気量は石炭量との関連で決定されるのに対し、空気温度は石炭含有水分の関連により決定される。従来の石炭燃焼ボイラは、図1に示すように空気予熱器出口高温空気の一部をバイパスし、一次空気に利用していたが、今後の大容量化及び多種炭種の導入に対しては、図2、3に示す一次空気、二次空気を分割した空気予熱器を採用すべきである。

図2は1台の空気予熱器をガス、一次空気及び二次空気の三流体に分割した一次空気、二次空気分割形の空気予熱器で、1台の空気予熱器により一次空気、二次空気を共用する

方式を示す。本方式は、一次空気、二次空気を1台の空気予熱器に組み込んでいるため、配置上の利点をもっている。

図3は一次空気、二次空気に各々独立した空気予熱器を設置した一次空気、二次空気予熱器独立方式を示す。本方式は配置上は若干複雑になるが、一次空気予熱器ガス量を調整することにより、石炭含有水分の変化に対応可能な利点をもっている。

2.2 煙道システム

石炭燃焼ボイラの煙道システムは、使用石炭の灰性状と灰の集塵特性に適した集塵器の形式により、二つに大別される。

(1) 低温集塵器設置システム

本システムは低温集塵器に適する石炭に使用し、その系統を図4に示す。本システムを採用した場合は、蒸気温度及びNOx(窒素酸化物)対策用の再循環ガス中に灰分を含むため、再循環ガス用の集塵器を別置するとともに、NOx対策を含む再循環ガス系統全般に灰による摩耗対策が必要である。また、脱硝装置も高灰分のガスを処理するため、高ダスト脱硝装置が必要である。したがって、系統が簡単で配置上の利点をもっている反面、ガス再循環系統及び脱硝装置の摩耗対策を考慮する必要がある。

(2) 高温集塵器設置システム

本システムは高温集塵器に適する石炭に使用し、その系統

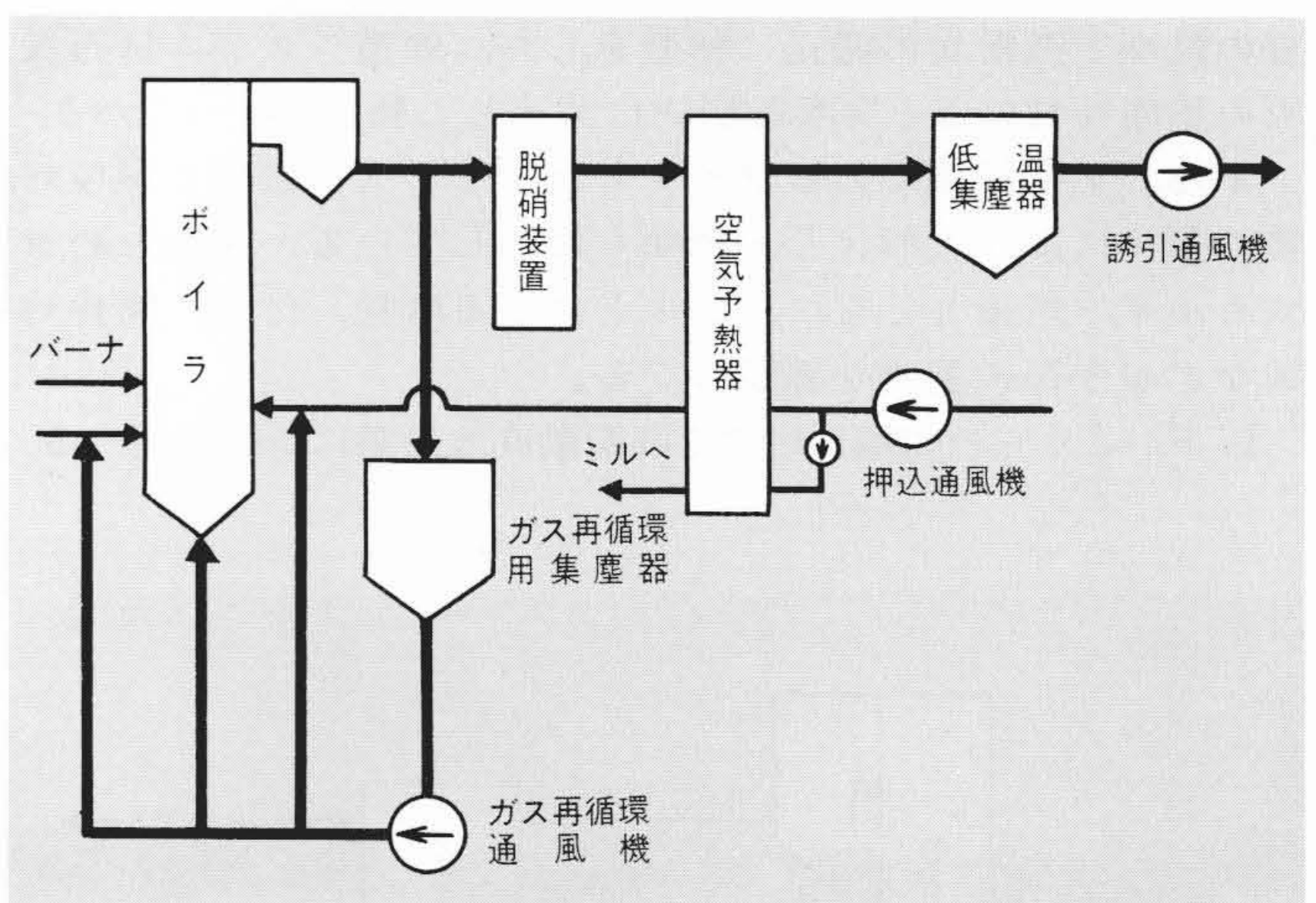


図4 低温集塵器設置煙道システム ガス再循環系統及び脱硝装置の摩耗対策が必要となる。

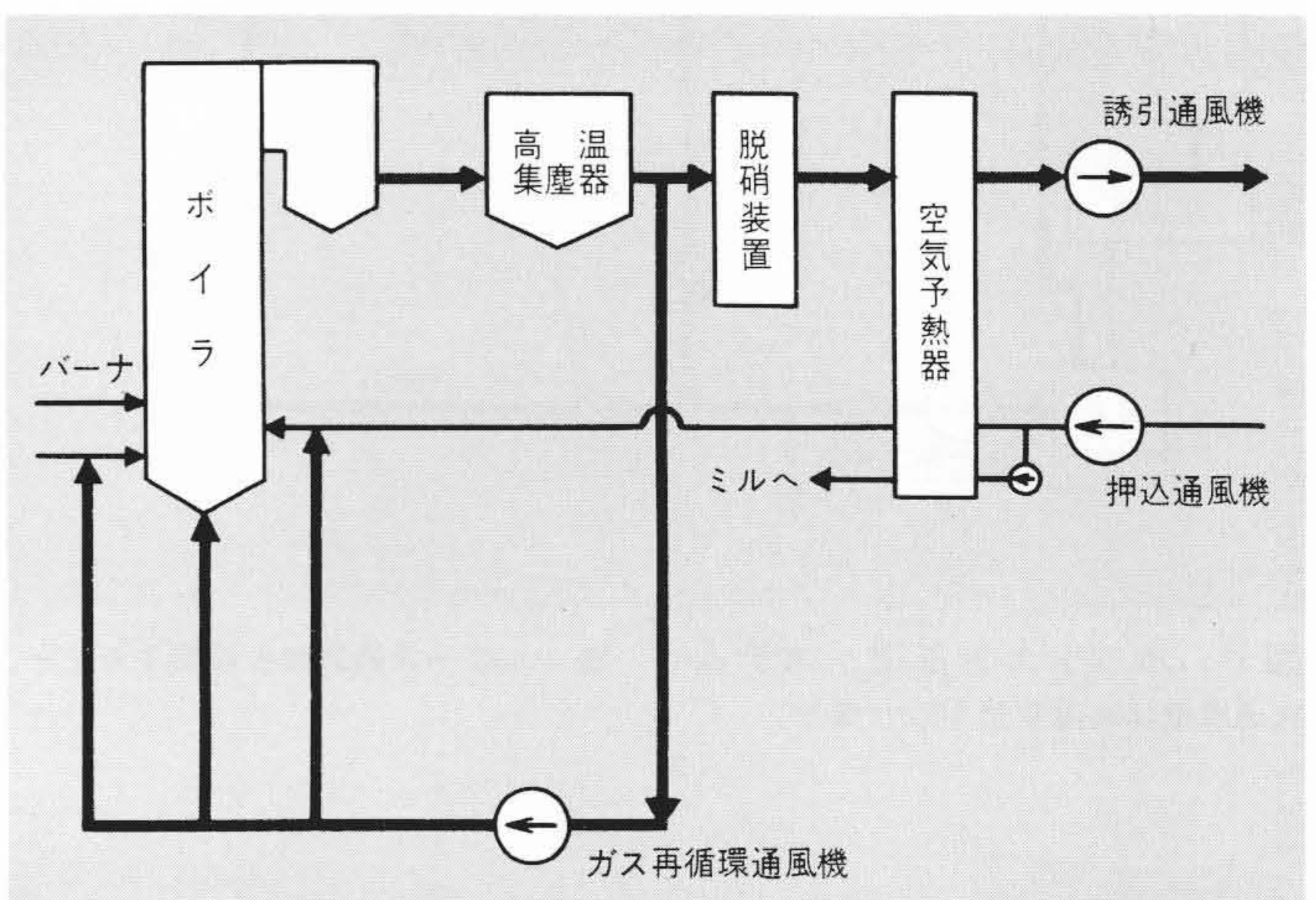


図5 高温集塵器設置煙道システム ガス再循環系統及び脱硝装置の摩耗対策不要であるが、機器配置が複雑である。

を図5に示す。ボイラからの排ガスは高温集塵器により除塵後、脱硝装置、空気予熱器を通り、誘引通風機により脱硫装置に送気される。本システムを採用した場合、NO_x対策を含む再循環ガス系及び脱硝装置の処理ガスは、高温集塵器で除塵後のガスを取り扱うため、機器の摩耗対策を必要としない有利性をもつ反面、ボイラ、高温集塵器、脱硝装置、空気予熱器、誘引通風機など機器間の取合い配置、特に煙道配置が複雑となる欠点がある。

どのシステムを採用するかは、使用石炭の灰性状と集塵特性を考慮し、決定する必要がある。

3 大形ファン

ボイラの煙風道システムを構成する主要機器に、ファンがある。石炭燃焼ボイラに設備される大形ファンには、燃焼用空気を取り扱う押込通風機及び一次空気通風機、また燃焼排ガスを取り扱うファンには誘引通風機、ガス再循環通風機、排ガス混合通風機、更に脱硫ファンなどがある。

これらの大形ファンもボイラ容量の増大に伴い、大形化するとともに、新技術が開発されたこと、環境対策の比重が格段に増加したことなどにより、機種や構造も従来のファンと異なったものになっている。

今後の石炭火力用大形ファンの検討に際しては、ボイラ及び環境設備の所内消費動力の大部分が大形ファンにより占められていることから、省エネルギー対策が大きな課題の一つとなる。また、排ガス中の多量の灰分による摩耗対策が重要であるとともに、脱硫、脱硝装置の設置に伴い誘引通風機、脱硫通風機のダスト付着や腐食などの新しい問題の解決が必要となる。

石炭火力発電用ファンのうち、代表的ファンとして押込通風機、誘引通風機及び脱硫ファンの技術的動向について以下に述べる。

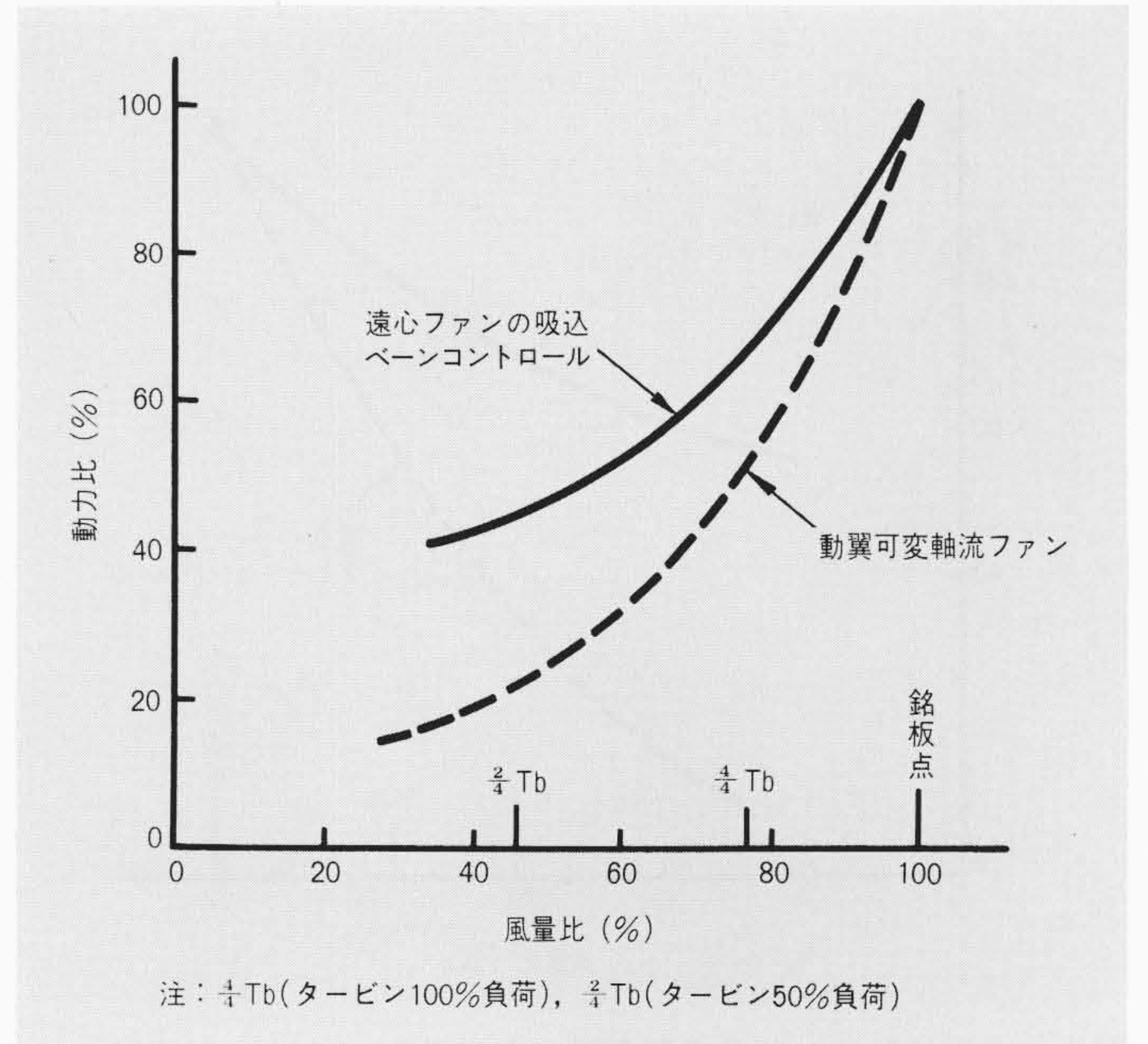


図6 押込通風機の部分負荷運転における動力特性 動翼可変軸流ファンは、遠心ファンの吸込ベーンコントロールに比べ大幅な動力低減になる。

3.1 押込通風機

従来は遠心ファンの吸込ベーンコントロール方式が採用されていたが、今後の大形石炭燃焼ボイラ用押込通風機には、重油燃焼ボイラの場合と同様に動翼可変軸流ファンが採用されよう。動翼可変軸流ファンは、運転中に動翼の角度を変えて風量をコントロールする軸流ファンで、図6に示すように、部分負荷運転時の動力が遠心ファンの吸込ベーンコントロールに比べて低く、大きな省エネルギーを図ることができる。

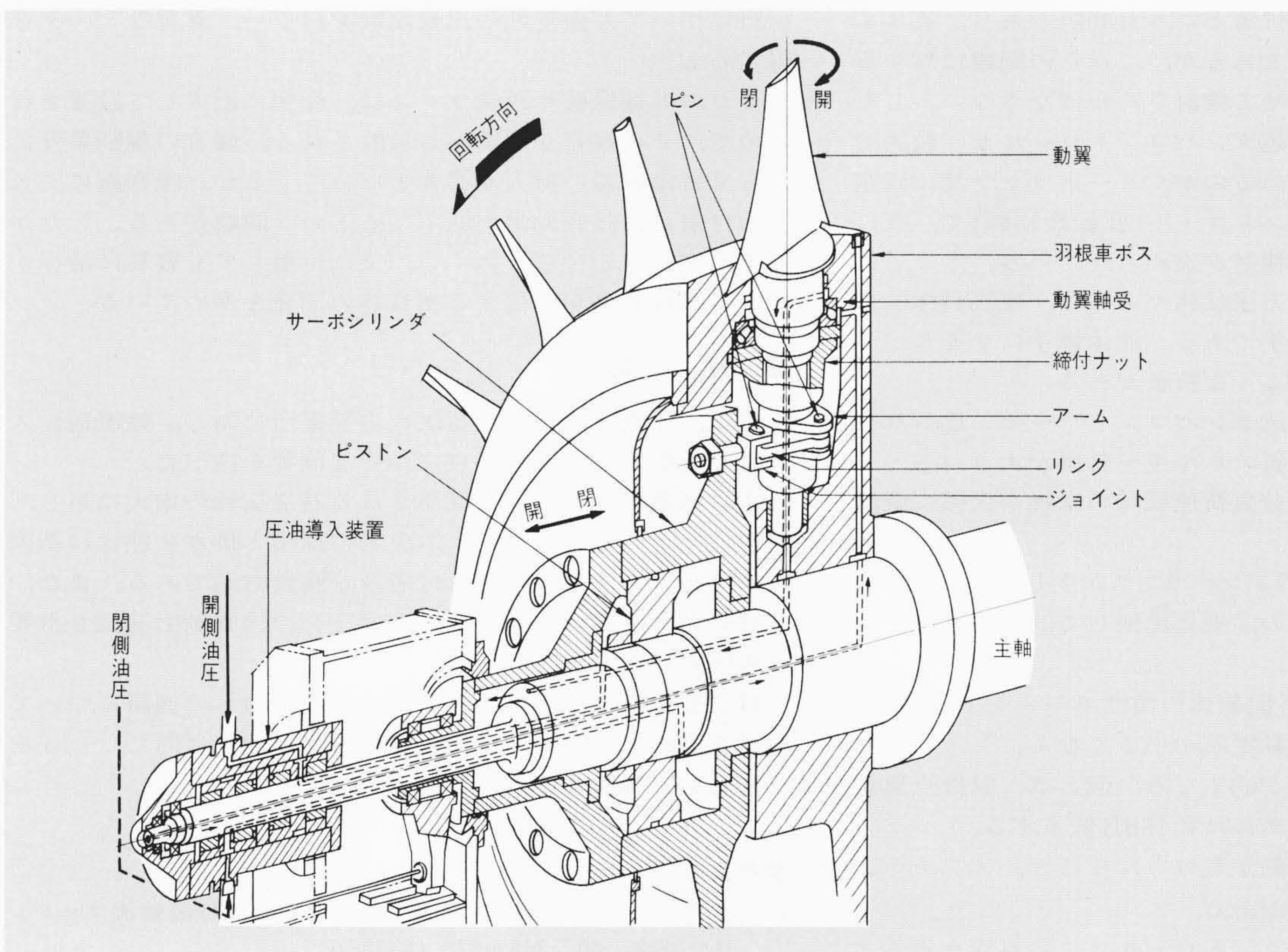


図7 日立動翼可変軸流ファンの動翼可変機構 作動油圧が圧油導入装置を通して、サーボシリンダに導かれてこれを動かし、リンク機構を介して動翼を開閉する。

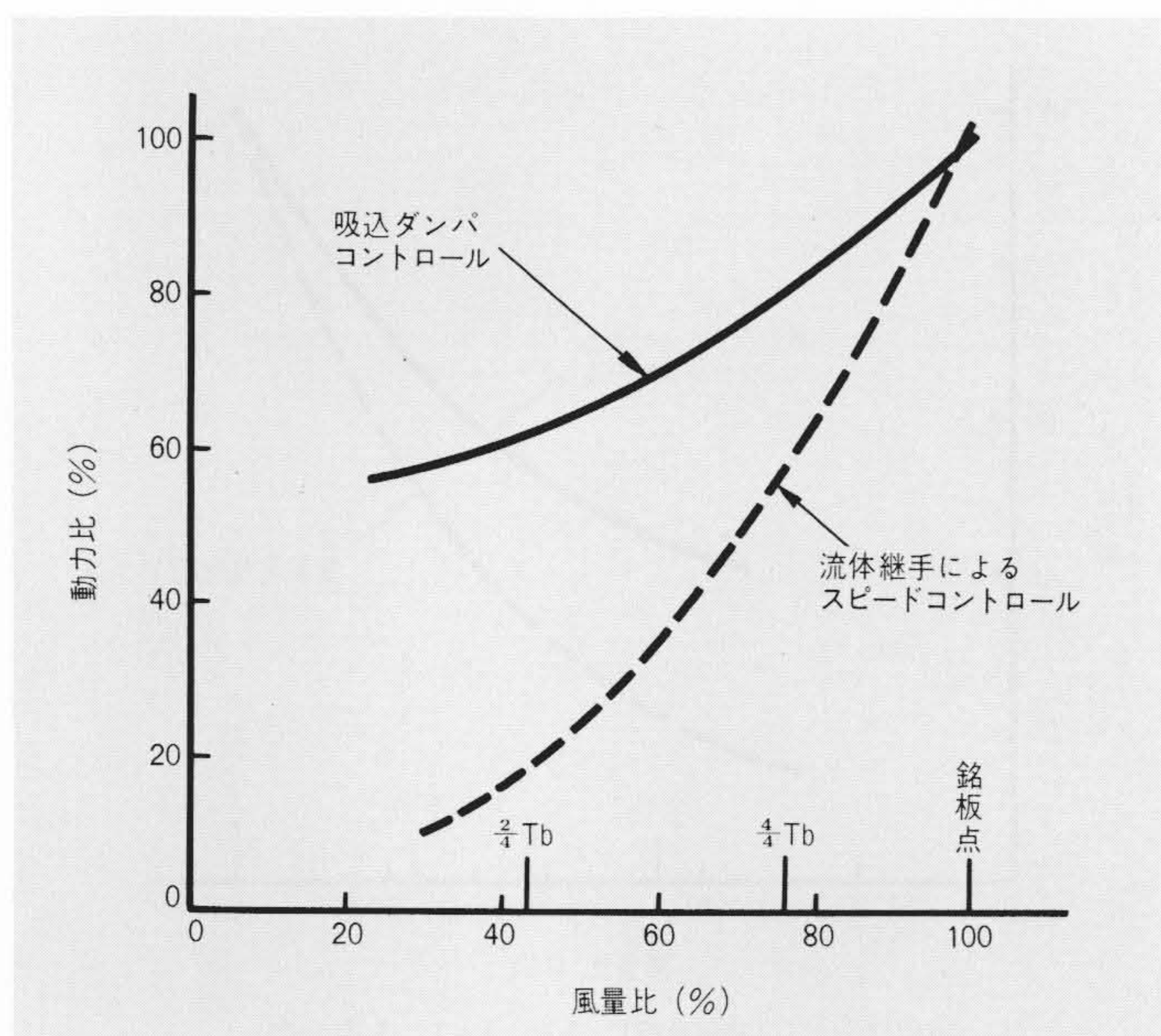


図8 誘引通風機の部分負荷運転における動力特性 流体継手によるスピードコントロールは、吸込ダンパコントロールに比べ大幅な動力低減になる。

ただ、ロータの内部に動翼可変機構をもち構造が複雑となるので、メンテナンスには特に注意を払う必要がある。

図7に日立動翼可変軸流ファン¹⁾の動翼可変機構を示す。外部から導入した油圧によりサーボシリンダを動かし、リンク機構を介して動翼の角度を変えるようになっている。動翼軸受が最も重要であり、これの潤滑をタービン油で行なっているので、潤滑剤の固着による動作不良や潤滑剤の不均一配分によるアンバランスなどがなく、安定した運転が確保できる。

3.2 誘引通風機

誘引通風機は押込通風機と異なり、取扱いガス温度が高い(約150℃)、ダストによる摩耗、脱硝のためのアンモニア注入により生ずる酸性硫酸の付着といった問題があり、省エネルギーを図るのはもちろんであるが、これらの問題に対する対策と信頼性の確保も合わせて検討されねばならない。したがって、ターボファンの吸込ダンパコントロールが一般的であるが、最近注目を浴びているのが、ターボファン又は固定翼軸流ファンのスピードコントロール(回転数制御)で、既に一部のプラントで具体的な検討が進められている。

スピードコントロールの方法は種々あるが、現在具体的に検討されているのは流体継手である。流体継手によるスピードコントロールには下記のような特長がある。

- (1) 図8に示すように、吸込ダンパコントロールに比べ部分負荷運転時の動力が低く、省エネルギー効果大きい。
- (2) 図9に示すように、部分負荷運転時の摩耗が大幅に低減される。
- (3) 摩耗やダスト付着によりアンバランスが生じても、アンバランス力が回転速度の低下の二乗に比例して低下するので、安定した運転が可能である。
- (4) 起動時、ファンの GD^2 (回転体の慣性モーメント) が電動機に負荷されないため、起動電流が小さくなる。
- (5) 部分負荷運転時の騒音が低くなる。例えば、銘板点風量の半分まで絞ると、騒音レベルは約15dB低下する。

このほか、サージング運転が避けられること、メンテナンスが容易であるなどの特長がある。

流体継手によるスピードコントロールは、応答性が劣ると

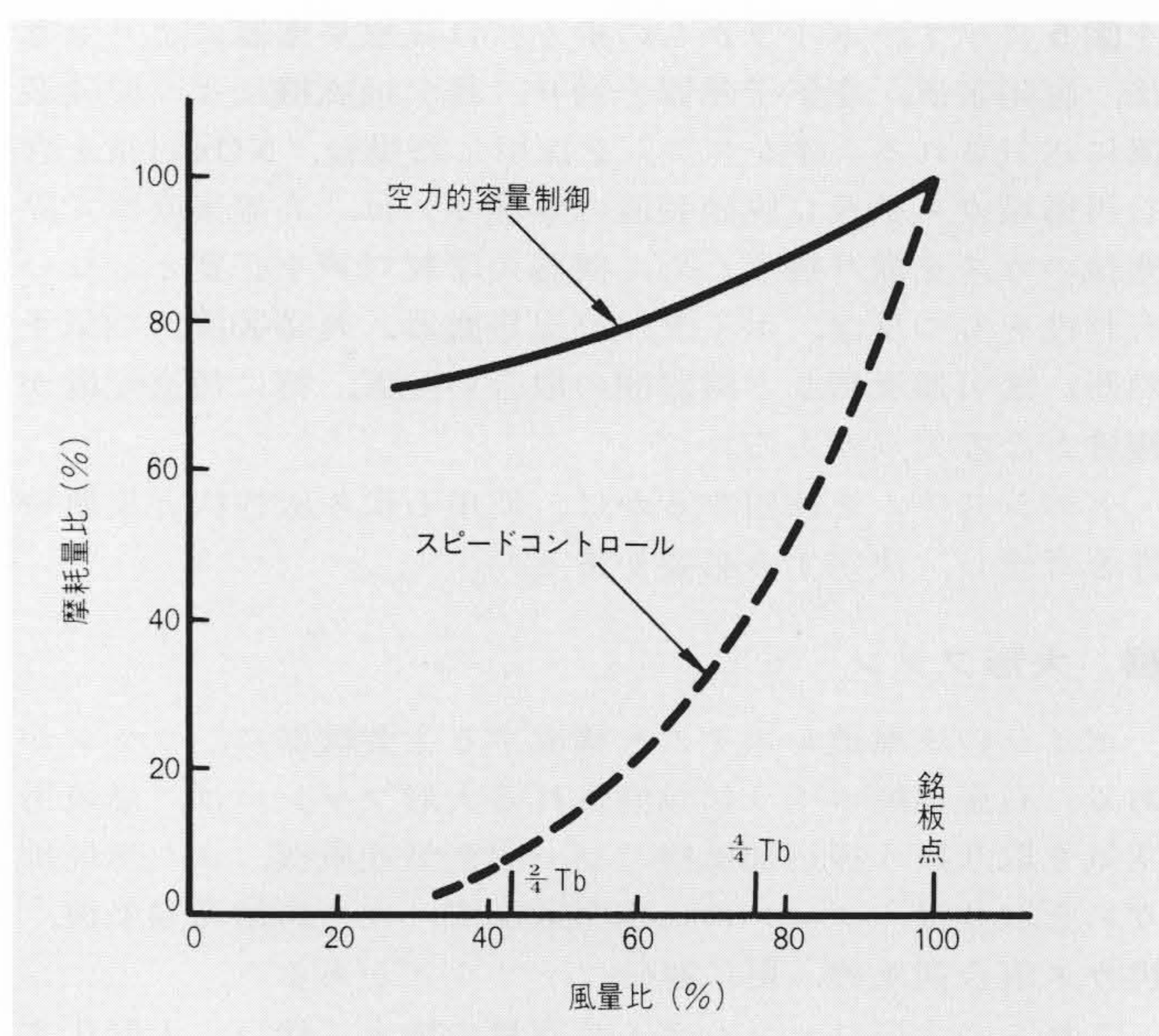


図9 誘引通風機の部分負荷運転における摩耗特性 スピードコントロールによる容量制御は、空力的容量制御(吸込ダンパ、動翼可変など)に比べ大幅に摩耗の低減を図ることができる。

言われているがこれに対しては制御システム面での改善が可能である。

3.3 脱硫ファン

ターボファンの吸込ダンパコントロールが一般的であるが、誘引通風機と同様に流体継手によるスピードコントロールが期待できる。

脱硫ファンは、ダストによる摩耗や酸性硫酸の付着に対する配慮が必要であるが、特に露点以下の温度のガスを扱う場合には、付着とともに腐食の対策が必要である。日立製作所ではダスト付着に対して有効な翼モデルを開発し、また耐食材料についても耐食性の比較試験を行ない、貴重なデータを得ている。

また誘引通風機や脱硫ファンは、煙突に近接して設置されるので、その騒音が煙突から放散される。騒音の規制条件によっては消音器の挿入が必要となってくるが、吸音面にダストが付着し、吸音効果が低下するという問題がある。したがって、ダストが付着しにくい、又は付着しても容易に清掃ができて吸音効果が回復する消音器の開発を進めている。

4 結 言

以上、今後建設される石炭火力発電所に対し、煙風道システムと大形ファンの考慮点について概要を述べた。

特に考慮すべき点は、使用される石炭炭種の増大に対し、信頼性向上のための最適システムの採用と排ガス性状に基因するファンの摩耗、ダスト付着及び腐食対策である。また、消費動力の大部分を占める大形ファンの消費動力低減も重要な考慮点である。

日立製作所は、既にこれらの技術の実機への適用について検討を進めているが、今後更に信頼性の向上に対し、いっそうの努力を傾注する考えである。

参考文献

- 1) 尾崎, 外: 大容量火力発電プラント用動翼可変軸流ファン, 日立評論, 60, 365~370 (昭53-5)