

クリーン・コアル・デイ 94 北海道国際セミナー

CLEAN COAL DAY 94 HOKKAIDO INTERNATIONAL SEMINAR



010006843-6

04
168





E104
N68

クリーン・コール・デー'94北海道国際セミナー

報告書の発刊にあたって

石炭は埋蔵量の豊富なこと、供給の安定性、優れた経済性から長い間主要エネルギー源として利用されてきましたが、世界的なエネルギーの流体化傾向が進む中で、主役の座を石油に明け渡すことになりました。

しかしながら、2度にわたる石油危機を契機に石炭の持つ優位性が見直され、その役割が再び期待されております。

我が国は世界最大の石炭輸入国として、また優れた石炭技術国として石炭の開発、利用技術及び環境保全全面での国際貢献の余地も大きく期待されており、次世代の石炭利用技術（クリーン・コール・テクノロジー）の開発による地球環境問題への対応と、一層のクリーン・コール・テクノロジー推進の基盤づくりとしての啓蒙・普及が強く望まれております。

通商産業省では平成4年度から毎年9月5日を石炭の日「クリーン・コール・デー」と定め、エネルギーとしての石炭の重要性と、クリーン・コール・テクノロジーの現状等について、認識を深めることとしており、新たな技術開発テーマの発掘・先進国との技術情報の交換・技術者の交流等を積極的に推進しております。

本年度はその関連事業の一つとして産炭地である釧路市の熱意に応え、新エネルギー・産業技術総合開発機構北海道支部との共催で「クリーン・コール・デー'94北海道国際セミナー」と題して、国際的な学識経験者・研究者をお招きし、釧路市の釧路全日空ホテルで講演会を開催致しました。

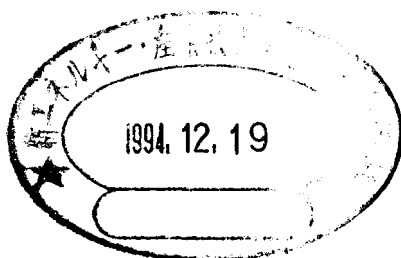
本報告書は、その際の講演内容を取りまとめたものであります。広く各界各層の御参考になれば幸いです。

最後に、御出席下さいました講演の諸先生、並びに開催に当たりまして御協力下さいました皆様方に深甚なる感謝の念を表する次第であります。

1994年10月

財団法人 北海道地域技術振興センター

会 長 中 野 友 雄



目 次

開 会 挨 拶	新エネルギー・産業技術総合開発機構 北海道支部長 武 田 勇 一	1
来 賓 挨 拶	通商産業省北海道通商産業局 石 炭 部 長 長 栄 豊	3
来 賓 挨 拶	釧路市 市 長 鰐 淵 俊 之	4
「石炭エネルギーは地球に優しく」	東京大学 工学部 化学システム工学科 教 授 定 方 正 毅	7
はじめに		9
石炭エネルギーの重要性と将来性		9
森林を守る石炭		11
石炭はダーティな燃料か？		11
環境汚染に関する石炭燃焼実験スタート		12
手作りの実験準備プロセス		12
大変だった実験期間		15
実験成功の裏には		17
中国の酸性雨と石炭燃焼		18
省エネにも有効なブリケット		19
CO ₂ 問題解決のカギを握る石炭利用の高効率化		20
「英国におけるクリーン・コール・テクノロジー」 ケンブリッジ大学 化学工学科 教授 Dr. A. N. Hayhurst		23
石炭利用の重要性		25
発電における石炭利用の現状		25
ガス化炉の問題点		28

34	コンバスターの問題点
36	高温ガスクリーニングの問題点
38	クリーニングフィルターのはたらき
40	高温ガス処理のメリット
41	ガスコンバスターの実情
42	ガスコンバスターについての考察

「オーストラリアにおけるクリーン・コールのあり方」

豪州連邦科学工業研究機構 (CSIRO) 石炭・エネルギー技術本部 次長 Dr. I. W. Smith

57	はじめに
57	オーストラリアの石炭事情
59	クリーン・コール・テクノロジーの問題点
61	選炭技術の問題点
61	オーストラリアの褐炭の可能性
62	発電における石炭利用
63	新技術開発の必要性
64	オーストラリアにおける石炭利用の現状
66	金属業界における石炭利用
67	国際的な技術協力の継続を
89	「マスコミ報道、セミナー会場等の記録」

も理解していただくように、今後とも努力していくつもりでございます。皆様におかれましても、本日のセミナーを機に、これまでの石炭に対するイメージを変えていただければ幸いであると考えております。

最後になりましたが、このように盛大なセミナーを開催することができましたのは、御後援並びに御協賛をいただきました関係各機関の御協力のたまものであります。特に、釧路市並びに地元の方々には多大な御尽力をいただきました。この場をおかりいたしまして厚く御礼申し上げ、簡単ではございますが、私のごあいさつとさせていただきます。ありがとうございました。

私も、かつて坑内に入れていただいたときに、釧路のこの海の下にあれだけすごい石炭が存在しているということに、私は実は震えるような感動をしたことがございます。そして、ドラムカッターでどんどん削られた石炭が小川のように流れて、そして炭車に運ばれていくあの姿を見たとき、こんなすばらしい資源をただ単に経済論理だけで、外国の石炭と価格が合わない、だからもう必要ないのだといって一刀両断に切り捨てられていくようなことでは、何とも悲しいといいたいでしょうか、割り切れない気持ちになるわけでございます。ですから、昨日も関係の皆様方と、私なりにアイデアを提供させていただきましたが、どうしても私は日本の中に稼行炭鉱をゼロにすべきではない、どうしても一つか二つは残していく。そのために、経済性が合わなくても、これは国家あるいは都道府県や市町村、あるいはまた輸入の石炭、先ほど話したように1億4,000万トンになるわけでございますから、今1億1,000万、これからあと7～8年で3,000万トンの石炭が増えるわけです。この輸入をする石炭の付加価値と連動して、数十億円あれば釧路の太平洋炭鉱は立派に世界の石炭と伍していけるわけでありますから、そういった新しいアイデアを、私どもはいろいろと通産省等にも御相談申し上げながら、何としても市民の御支援を賜って、ぜひこの稼行炭鉱を未来永劫維持していきたいと、そう願っております。この講演もそういう意味で、石炭のクリーン・コールの活用ということがいかに大切かという意義をまた皆さんに知っていただければ、大変幸いと存ずる次第でございます。

大変多弁を弄しましたが、どうかこのセミナーが有意義のうちに終わり、皆様の御理解が深められ、そして稼行炭鉱を有する釧路市がその先端を切っていく、こういうことで今後皆さんとともに運動をしてみたいと思います。

今日は、どうも御苦勞さまでございました。

「石炭エネルギーは地球に優しく」

定 方 正 毅

はじめに

ただいま御紹介いただきました東京大学化学システム工学科の定方と申します。

本日は、この講演会に招かれまして私自身大変有難いと思っております。といいますのは、私は群馬大学と東大で14年ほど石炭燃焼の研究をしておりまして、その中で太平洋炭をしばしば実験に使わせていただいております、ぜひ一度、太平洋炭のふるさと釧路を、訪れてみたいと願っていたわけです。

実は本日の午前中、太平洋炭鉱を見学させていただきました。地下の先端の切羽のところまで行き、太平洋炭の採炭現場を見せていただきました。その迫力に圧倒され、かつ、感銘を受けた次第です。

本日のお話の順番としては、最初に石炭の重要性について簡単に述べた後、大学の研究者の立場から石炭エネルギーをどう考えるか、また石炭エネルギーの研究を、学生とともにどのように行ってきたか、というようなことを中心にお話しさせていただきます、最後に、中国の酸性雨問題と関連させて、今後の石炭利用技術のあり方について述べさせていただきます。特に、群馬大学の学生および東大の学生が、若いエネルギーを注いで石炭の研究に取り組んできた経過をできるだけエピソードを交えてお話しさせていただきますと思います。

いただいた演題は「石炭エネルギーは地球に優しく」ということで、副題は「若き学生たちの挑戦」ということにさせていただきますたいと思います。

石炭エネルギーの重要性と将来性

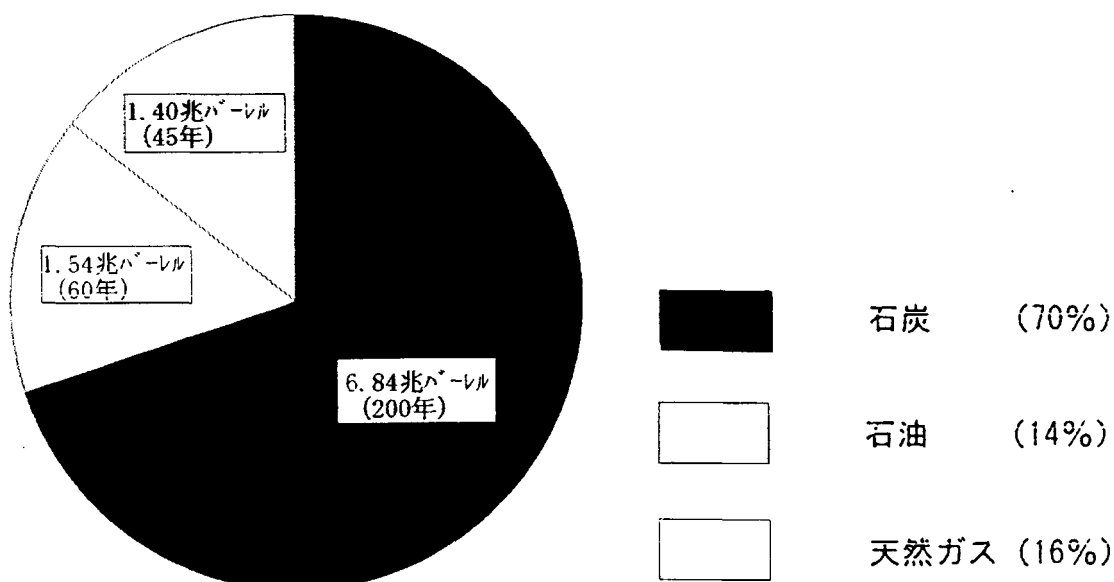
最初に、石炭エネルギーの重要性ですが(図 1)に示しましたように、化石燃料の可採埋蔵量に關して云えば、石油は約45年、天然ガスは60年、それに比べて石炭は埋蔵量が約200年と見積もられておりますから、当然これからエネルギーというのは石炭に頼らざるを得ないのであります。一方石油は出来るだけ大事に、化学原料として使っていくかざるを得ないということがあります。

これは(図 2)1993年の日本の一次エネルギーの消費割合であります。もちろん現状では石油が一番多いわけですが、石炭が現状でも既に約17%の一次エネルギー割合を占めています。将来的には、石炭の割合が例えば10年後に1.5倍以上になると見積もられており、ますます石炭は今後使われていくだろうというふうに予想されるわけです。

石炭に将来性があるもう一つの理由は、石炭の産炭地が世界中のオーストラリアとか、カナダ、アメリカというような、比較的政情の安定した国々に分布しているため、安定的な供給が将来的にも期待できるからです。

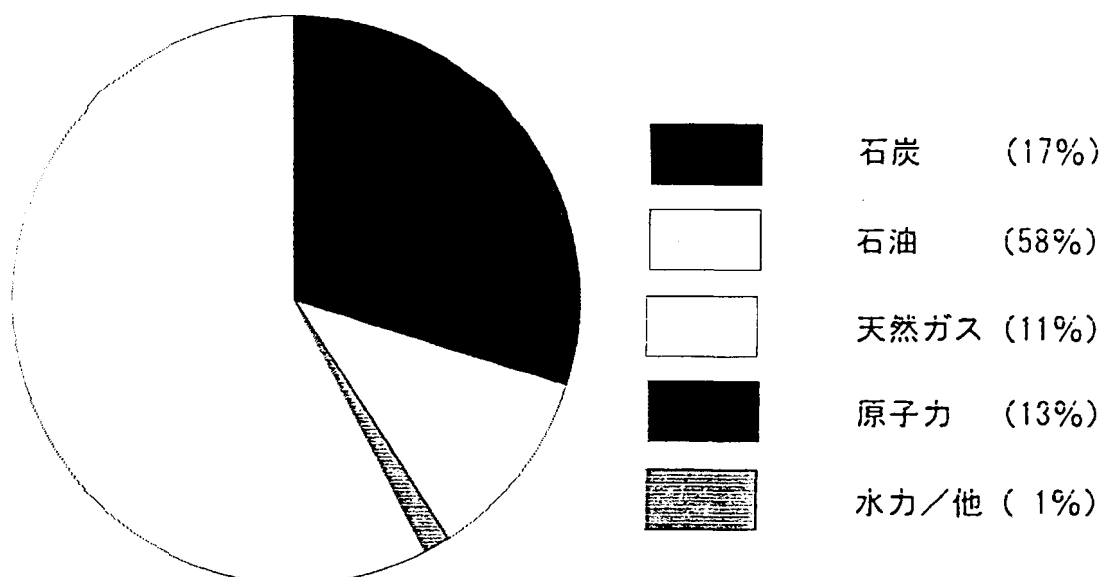
(図 1)

世界の化石燃料の可採埋蔵量



(図 2)

日本の一次エネルギー消費構成 (1993年)



このような仕事は、むしろ大学よりも企業の方が大きな石炭燃焼設備を持っていますので、ふさわしいと思ったのですけれども、やはり企業では、こういう実験をやって、もし都合の悪いデータが出ますと自分の首を絞めることになるということもありまして、中立的な立場の大学でやるべきであると判断して我々がこれをお受けすることにしたわけです。これは昭和56年ですから、今から十数年前のことです。

環境汚染に関する石炭燃焼実験スタート

私自身、石炭の燃焼というのは未経験だったのですが、これを機会に石炭の燃焼研究を始めてみようということで、学生達と一緒に石炭の、特に環境汚染に関連した研究をスタートさせたわけです。実際にどういう炭を燃したかといいますと、太平洋炭を始めとして、中国の大同炭、豪州のブレアソール炭等、今、我が国で使用しております主な銘柄の炭を使って、実際に発電所と同じ形式の燃焼炉で一体どのような汚染物質が、どのようなレベルで生成するかということを実験的に調べたわけです。

(表 1)

分析化学種	
気相中	灰 中
NO _x , SO _x , THC, CO	As, Cd, Cu, Ga, Hg
CH ₄ , HF, Cl ₂ , HCl, H ₂ S	Ni, Pb, Se, Ta, Zn
HCN, As, Hg, Ba p.	e t c.

(表 1) これは、もちろん我が国でも初めての研究ですし、それから諸外国でも、石炭燃焼から排出される汚染物質の一部の排出特性を調べた研究はあったのですが、例えばここにありますように、NO_xから始まって発がん性物質までの十何種類の汚染物質および生成灰の中の50種類近い、微量成分の分析を行った例は無かったわけで、世界で初めての体系的研究を行ったわけです。

手作りの実験準備プロセス

この後の話は、実はスライドを用意してありますので、スライドを使って実験のプロセスの話をさせていただきます。

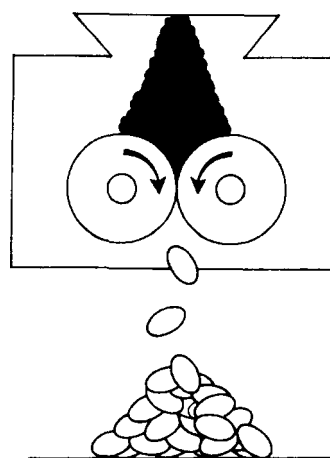
この研究で化学工学協会から実験用にいただけたお金は約1,000万円ございまして、当初は1,000万円というと、大学の研究費としてはかなり多いように思われたのですが、実は新しく高さ6メートルの本格的な炉を作らなくてはならないということで、とてもこの額では足りず不足分は学生に無料奉仕で働いてもらったのが実状です。

はり石炭燃料の改善によりこれを解決するしかないということがわかったわけです。実際にいろいろな可能性を検討したわけですが、最終的にはいわゆるブリケット燃焼方式が有効であろうということがわかったわけです。

省エネにも有効なブリケット

(図 15) ブリケット燃焼というのはどういう方式かといいますと、石炭を1ミリぐらいに砕きまして、それをバインダーを使って固めて、1インチぐらいのブリケットにして、それを燃焼させる方式です。その際石炭と一緒に石灰石をまぜ、ブリケット化することによって脱硫、つまり硫黄酸化物の排出を抑えることができるという利点があるわけです。

(図 15)



それからもう一つは、このようにブリケットマシンでブリケットをつくりますと、非常に粒のそろった燃料ができるわけで、その結果として、いわゆるボイラー効率が10~20%ぐらい上昇するということもわかっています。つまり、単に硫黄酸化物の除去の問題が解決できるというわけではなく、省エネルギーにも非常に有効であるということがわかったわけです。

そのように、ブリケット化で、ある程度中小規模の燃焼による硫黄酸化物の問題が解決できるのではないかとということで、日本に戻りまして、実際に実験をやって、どの程度SO_xが除去できるかということなどを調べたみたわけです。その結果、大体60%ぐらい硫黄酸化物の除去が可能であるということがわかってます。60%ということ、余り脱硫率は高くないと思われるかもしれませんが、現状では全く脱硫率ゼロでありますから、それに比べれば大変な脱硫効果があるということがいえるのではないかと考えています。

具体的にはどういう形にすればいいかと申しますと、例えば、重慶市の何ヵ所かにブリケットのコールセンターをつくり、そこでブリケットを作って、中小規模工場に配給する。そして、仮にトラックで運ぶとして帰りに、アッシュを持ち帰り、それをコールセンターで有用な材料に変えてやる。このようなシステムをつくる必要があるのではないかと考えます。

それで、いろいろなコスト計算をやってみますと、ほかの方法、例えばストーカー型炉を流動層という新しい燃焼法に更新したケースとか、半乾式の簡易脱硫装置を設定したケースに比べて、どの程度コストが、安くなるかということなどを調べたわけですが、これらの方法に比べて、半分ぐらいのコス

トで済むということがわかったわけです。

中国の酸性雨問題の一つの解決方法としては、特に中小規模の石炭燃焼に注目して、石炭のブリケット化という方法が非常に有効であるということが我々の研究でわかったわけですが、このアイデアも実は学生の方から出たものでした。最近特にこういった発展途上国問題に対して、学生たちが興味を持つようになり、何とか自分たちの力でもって、発展途上国の環境問題を解決していこうという機運が盛り上がってきております。その中で中心になっているのが、石炭エネルギーのテクノロジーの研究を行っている若手でして、そういう意味で石炭の研究とは古いという印象を与えるかもしれませんが、むしろこれから、発展途上国における環境エネルギー問題の解決に大きく寄与するのではないかというふうに考えておるわけです。

CO₂問題解決のカギを握る石炭利用の高効率化

最後になりますけれども、石炭燃焼の最大のウィークポイントはCO₂問題ですが、単純には発電所からの排ガスのCO₂を除いてやればいいということでもありますけれども、これはNO_xやSO_xを除くのととは違まして、CO₂濃度レベルが圧倒的に高く、一方で反応性が非常に低いいため非常に難しい問題を含んでおります。今いろいろな方法が開発されていますが、一つは化学的な方法でもってCO₂を吸収し、それを液化、固体化して、それを海底に送り込むというような方法とか、あるいは物理的な吸着でCO₂を吸収し、それをさらに固体化して廃棄するというような方法もありますが、いずれにしても非常にエネルギーを必要とします。大体CO₂の回収のために発電によって得られるエネルギーの最低でも20%以上、場合によっては30%のエネルギーを余計に必要とすると見積もられています。

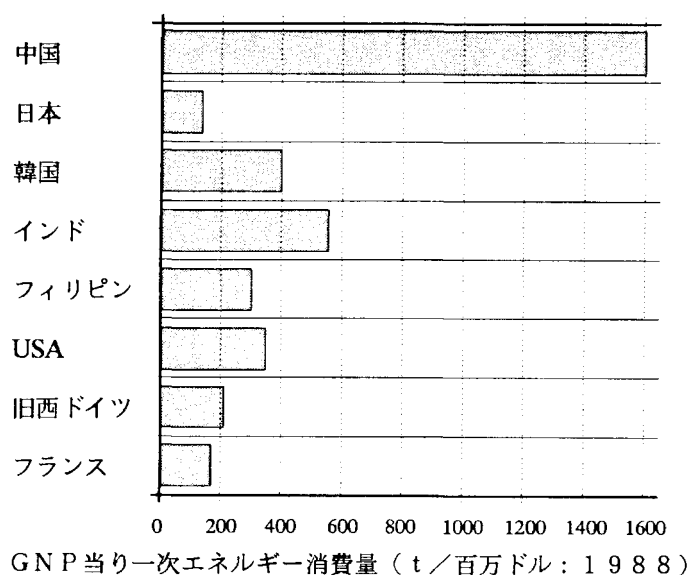
さらにコストで言いますと、電気代が大体2倍近くになってしまい、現在でも日本の電気代は世界一高いのに、これが現状の2倍ということになりますと、産業にあたえる影響が非常に甚大なものになるとことが予想され、現状ではほとんどそういった技術の適用というのは無理だろうというふうに私は考えています。

ではどうしたらいいかということですが、これは省エネルギー、つまり石炭を効率的に燃す、あるいは利用するしかないだろうというふうに考えます。しかしながら我が国では、省エネルギーは既にかなり進んでまして、今後、大幅な省エネルギー効果は期待できないわけで、むしろ発展途上国でのエネルギー利用の高効率化が重要であろうと考えます。

(図 16) は、これは単位GNP当たりの1次エネルギー消費量、100万のGNPに対して何トンのエネルギーを消費するかという一つのグラフですが、我が国はわずか120、130トンということなのですが、それに比べて中国では1,600トンということで、日本の10倍以上になっており、それだけエネルギー利用の効率が低いということがわかります。

中国以外の他の国に関しても、例外なく発展途上国におけるエネルギーの利用効率が低いわけで、それらの高効率化というのが石炭燃焼のCO₂問題の解決の鍵を握っているのではないかと云えます。

(図 16)



時間が参りましたので、これまでの話をまとめさせていただきますと、これからのエネルギーとして石炭を主として使っていかざるを得ない事、しかしながらその前提として我が国における石炭利用の高効率化のための技術開発とともに、発展途上国における石炭利用のクリーン化と高効率化のためのテクノロジー開発ということが今後ますます重要になり、そのためには、日本の若い人達のエネルギーが、是非とも必要であると云うことを、強調させていただき、私の話を終らせていただきます。

「英国におけるクリーン・コール・テクノロジー」

A. N. Hayhurst

石炭利用の重要性

まず講演を始めます前に、このたびはNEDOの御招待で、今回、私が日本に来るこのような機会を与えてくださいましたことに感謝申し上げます。

そして、これまでのイギリスにおけます石炭の利用、燃焼について少しお話しをしたいと思います。

石炭というのはかなり政治的にも問題となるものであります。政府の政策が変わりまして、以前から国営企業の民営化が行われており、石炭業界でも次に民営化の予定となっているのであります。この民営化によりまして、石炭関係の企業は非常に苦境に立たされるわけであります。なぜなら、石炭の代替といいますか、石油やガスというものが非常に安価で売られている時代であります。しかしながら、長い目で見ますと、どの国におきましても石炭というのはエネルギー供給の面で重要な位置を占めておりまして、これは日本、英国も変わらないと思います。したがって、クリーンな石炭の利用というのが非常に重要視されてまいります。私は大学で教えている立場の者で、石炭の専門家ではございませんので、これから私がお話しするテクニカルな部分では、私はエキスパートではないのですが、今日は、英国における石炭の発展についてお話ししたいと思います。

なぜクリーン・コール・テクノロジーが今必要なのかといいますと、大規模な発電のためにこれを利用したいからであります。私がこれからお見せするスライドのほとんどは、石炭研究センター、国営のブリティッシュ・コール・センターのもので、私の今日のお話というのは、ブリティッシュコールの宣伝というふうにとられるかもしれません。

発電における石炭利用の現状

(表 1) これは発電におけます新しい技術開発ですけど、その基準といいますか、どういう基準を満たしていかなければならないかというリストです。このリストでみますと、最初に建設期間が短いということ、資金がかからないということ、高効率のものであること、そして柔軟性があるということです。この柔軟性の一つの側面というのは、さまざまな炭種が扱え、そしてNO_x、SO_x、ばいじん、粉じんの放出量が少ないということです。

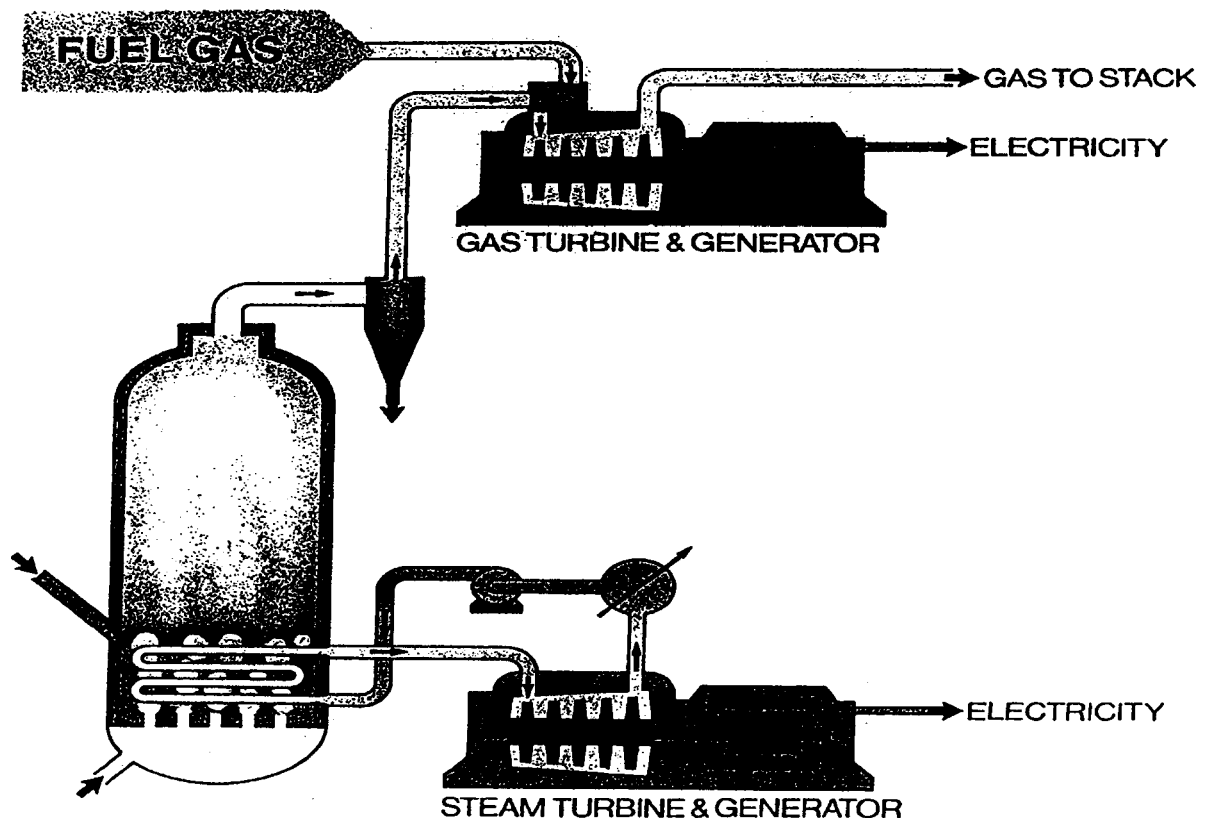
(表 1)

FOR POWER GENERATION NEW TECHNOLOGY NEEDS	
■	Shorter construction time
■	Low capital cost
■	High efficiency
■	Flexibility
■	Ability to use a wide range of coals
■	Low NO _x , SO _x , dust

(図 1) これは、トッピングサイクルの簡略図です。タービンの手前に流動床の燃焼炉がありまして、ここに石炭と石灰石が投入され、エアも送られてきます。この流動床は、多分、加圧式だと思います。炉内での生成ガスとメタンガスがガスタービンの方に流れていきまして、発電が行われます。

また、ベッドの中にはクーリングチューブがあり、この中を水が通ることによって蒸気が発生します。この蒸気が蒸気タービンに流れていきまして、ここでも発電が行われるという仕組みになっております。

(図 1)



(図 2) これは、さらに詳しいトッピングサイクルを図式化したもので、左側からいきますと、加圧式のPFBガス化炉で、温度は摂氏1,000度弱、そして気圧は20～25バールです。ここに石炭と吸収剤が入られます。下の方からエアが入るようになっております。

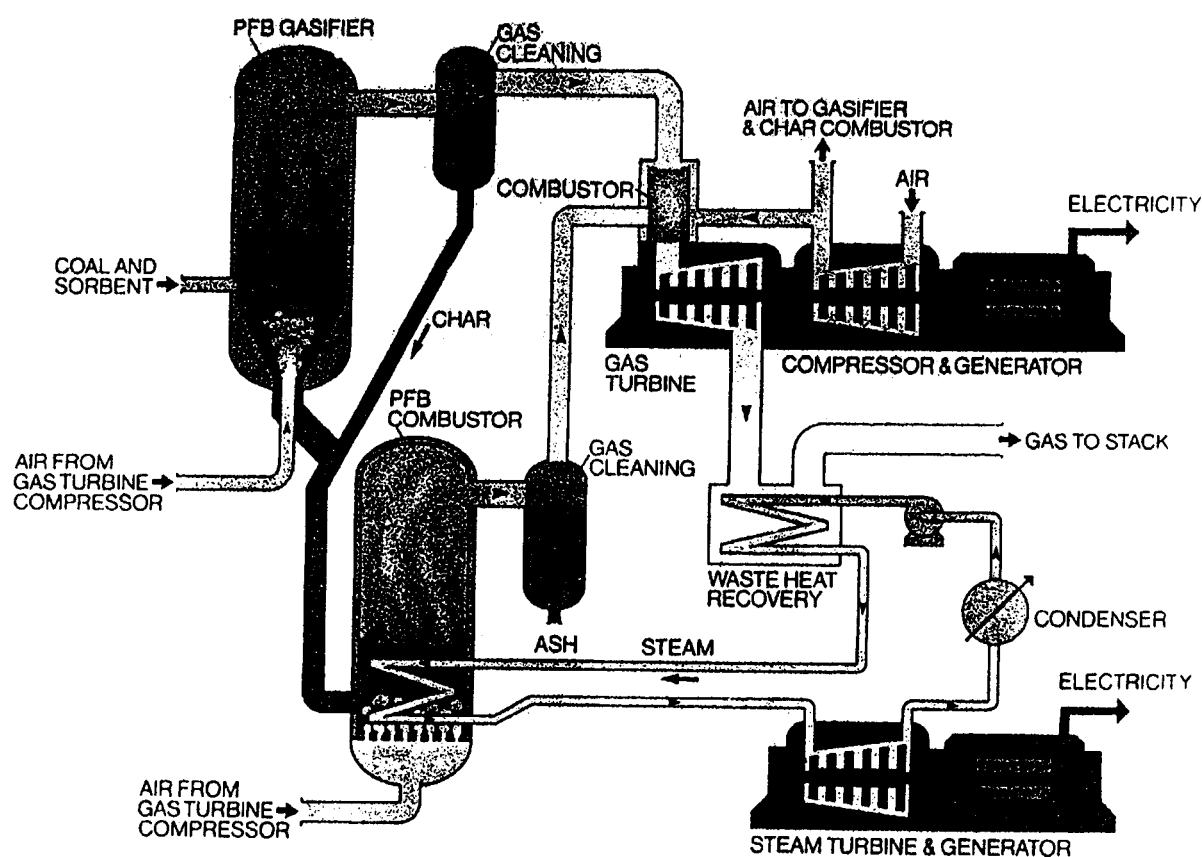
粉炭——石炭のサイズは3ミリ以下、そして脱硫剤は1ミリ以下となっております。石炭が入りますと、この部分は燃料が高濃度となり液化されますので、揮発分が燃焼し、温度がほぼ摂氏1,000度となります。

そしてガス化炉から排出するガスが上の方でクリーンにされ、これについてはまた後で触れることにしますが、燃焼炉の方に入っていきます。そしてガスタービンの方に行きまして発電が可能になります。

ガス化炉の固形物は、下の方に下がっていき、サイクロンを通して、二つ目の流動床の中に入ります。ここのPFB燃焼炉は、酸素が非常に高濃度です。これは空気で燃焼しており、加圧式でありますが必ずしも高圧でなくとも良いということです。

そしてPFB燃焼炉から出たガスはクリーンにされます。ここでは非常に酸素が高濃度な状態にあり、ここを経由してコンバスターに行きます。また、PFB燃焼炉中には、クーリングチューブがあり蒸気が発生しますので、蒸気タービンの方に回り発電されます。

(図 2)



Topping Cycle based on PFBC

ガス化炉の問題点

このフローシートの中には、さまざまな設備がありますので、それらについて説明いたします。最初にガス化炉から始めまして、燃焼炉、ガスクリーニング、ガスコンバスターについて、さまざまな問題点などを取り上げていきたいと思います。

(図 3) 最初にガス化炉ではありますが、これは非常に簡略されたものです。全部の物質がこの入り口、Spout を通ります。そしてエア、石炭、石灰石が流入し、ホットベッドに入ります。ここで生じる問題をブリティッシュコールが一つ解決しています。それは、大きなアグロメーションを防止するということです。この防止策の秘訣といいますのは、粒子を高速で動かすということでありまして、ガスを工夫をして入れることによって、粒子が活発に動きアグロメーションを防止することができます。私自身、ガス化炉の中で実際に何が起きているのかはわかっておりません。しかしながら、こうすることによって成功しているということは事実であります。

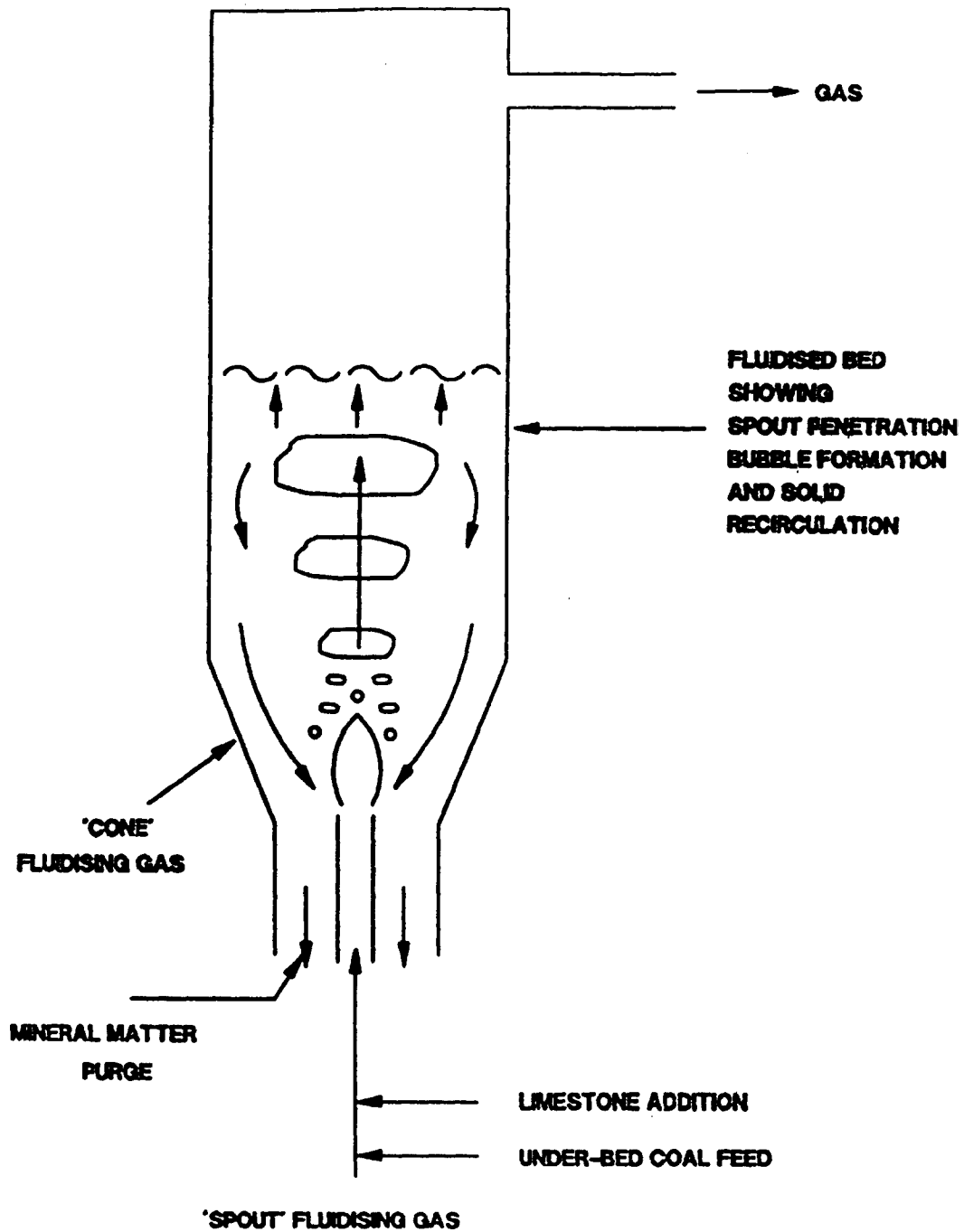
ブリティッシュコールでは、これを運転するときに通常の温度よりも少し高い温度、摂氏950度から1,000度ぐらいで運転しております。

そしてベッドからガスが出るわけではありますが、それが浄化されます。もちろん、一部のガスは、このベッドの中で、大部分は液状の泡の中で燃焼します。また、一部はベッドの上部で燃焼します。固形物は直接下の方へ下がってまいります。この方式でいきますと、NO_xのレベルを下げるのには非常にいいデバイスでありまして、また硫黄分も回収できます。硫黄分は硫化水素として存在しており、カルシウムを加えますとCaSとなります。

固形物はCaSとチャーとなります。

(図 4) これはブリティッシュコールが採用していますガス化炉で、非常に細かい部分まで出ております。スケールがどのくらいか、この図ではわかりかねるところが残念であります。

(图 3)

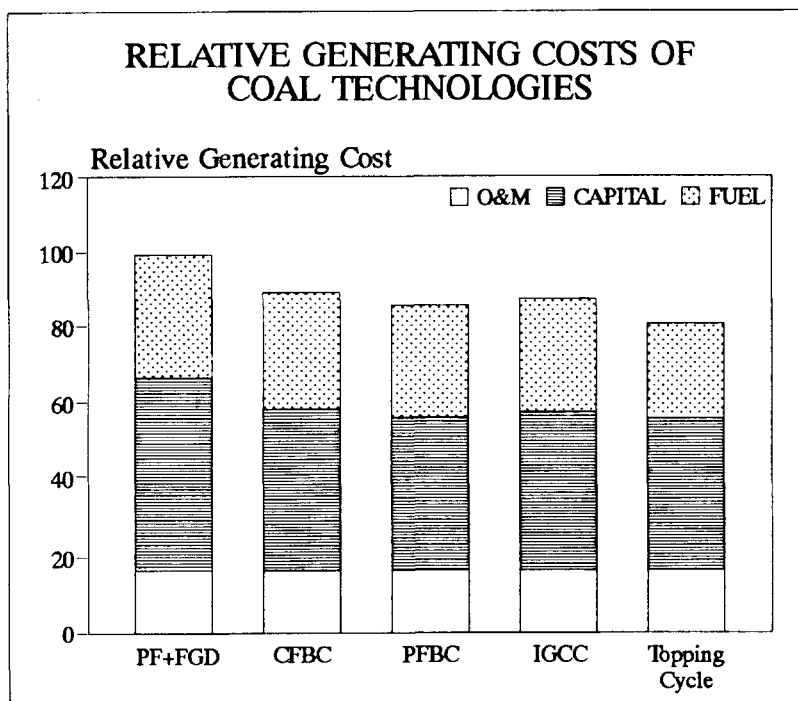


The British Coal Pressurised Spouted Bed Gasifier

そしてまた、SO_xもほとんどないといった状態であります。

この二酸化炭素の単位は、kg/kWhとなっております。トッピングサイクルをIGCCとPFBCで比べた場合、中間ぐらいになっているということから、45～50%効率化されているのではないかと思います。

(図 6)

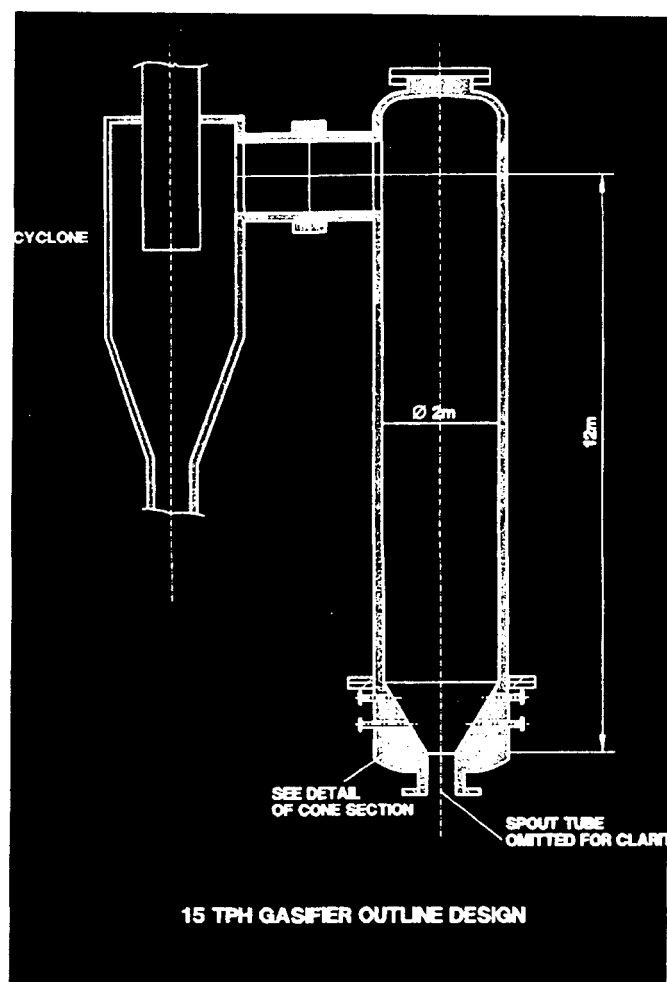
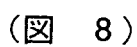
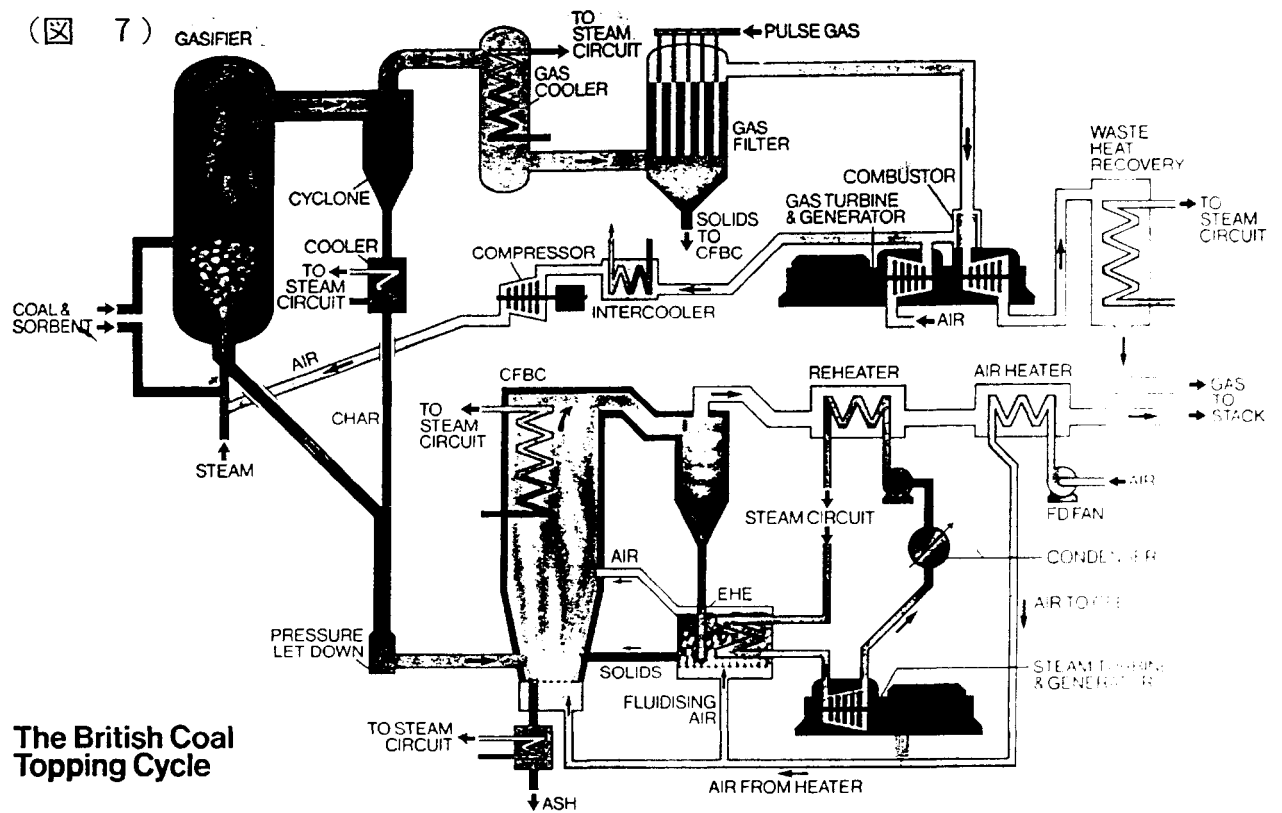


(表 3)

PREDICTED ENVIRONMENTAL IMPACT OF ADVANCED COAL FIRED POWER GENERATION SYSTEMS			
Technology	CO ₂ (kg/kWh)	SO _x Retention (%)	NO _x at6%O (mg/m)
IGCC	0.78	90	120-300
BCC Topping Cycle	0.72	90-95	150-300
PFBC	0.82	90-95	150-300
NGCC	0.42	Negligible Emissions	100-200

(図 7) これはさらにトッピングサイクルを詳しく紹介したもので、もう1度ここでごらんいただきたいくて、スライドを写しました。

(図 8) これは毎時15 tのガス化炉でありまして、スケールのなものを見ていきますと、高さが12m、そして直径が2 mあります。入り口の部分のSpout は、先ほど申し上げたように非常に重要な部分であります。



コンバスターの問題点

(表 4) 今度はガス化炉からコンバスターの方に移りたいと思います。ここで説明する方式というのは広く知られた循環流動床燃焼であります。ここで生じる固形物のチャーと硫化カルシウムを酸化させ、硫酸カルシウムにして安全に処理するというのが主な目的になっております。

(表 5) チャーの燃焼における問題点は、燃焼と放出に関することです。チャーは揮発分が少なく、一部のものには、燃焼が困難であること、また、いかにしてCaSをCaSO₄に転換して処理するかということが問題であります。

ブリティッシュコールが抱えるもう一つの問題は灰の問題であり、これが環境にいかに関与するかであります。土地の埋め立て用として使われる場合に、この灰の中にCaSO₄が含まれており、またCaSもあることが発見されているため、問題となっています。

(表 4)

CFBC REQUIREMENTS
● CHAR COMBUSTION EFFICIENCY
● SULPHUR RETENTION EFFECTIVENESS
● GASEOUS EMISSIONS
● RESIDUE CHARACTERISTICS

(表 5)

CHAR COMBUSTION ISSUES
■ COMBUSTION AND EMISSIONS PERFORMANCE <ul style="list-style-type: none">• Low volatile• Wide size range• CaS
■ ENVIRONMENTAL IMPACT OF ASH DISPOSAL

(表 7)

TOPPING CYCLE - SOLID RESIDUES	
● QUANTITY OF SOLID RESIDUES GREATER THAN FOR PF/FGD OR IGCC BUT NO AQUEOUS EFFLUENT	
● DISPOSAL OF RESIDUES NOT EXPECTED TO BE A PROBLEM UNDER CURRENT UK LEGISLATION	
● ISSUES	
FREE LIME CONTENT 5-9%	- POTENTIAL ALKALINE LEACHATE
CALCIUM SULPHIDE	- SMALL AMOUNT MAY BE PRESENT
	- NON-TOXIC BUT POTENTIAL SULPHIDE LEACHATE

高温ガスクリーニングの問題点

(表 8) 今度はガス化炉から出ます高温ガスのクリーニングについてお話ししたいと思います。

ここでの問題は、粒子の除去、そして窒素の除去と制御——これは石炭中の窒素——ということがあります。そして脱硫の問題、さらに脱ハロゲンの問題、アルカリ性の金属塩、そして微量の元素に関する問題があります。

(表 8)

HOT FUEL GAS CLEANSING ISSUES
■ PARTICULATE REMOVAL
■ FUEL BOUND NITROGEN REMOVAL/CONTROL
■ DESULPHERISATION
■ DEHALOGENATION
■ ALKALI METAL SALTS
■ TRACE ELEMENTS

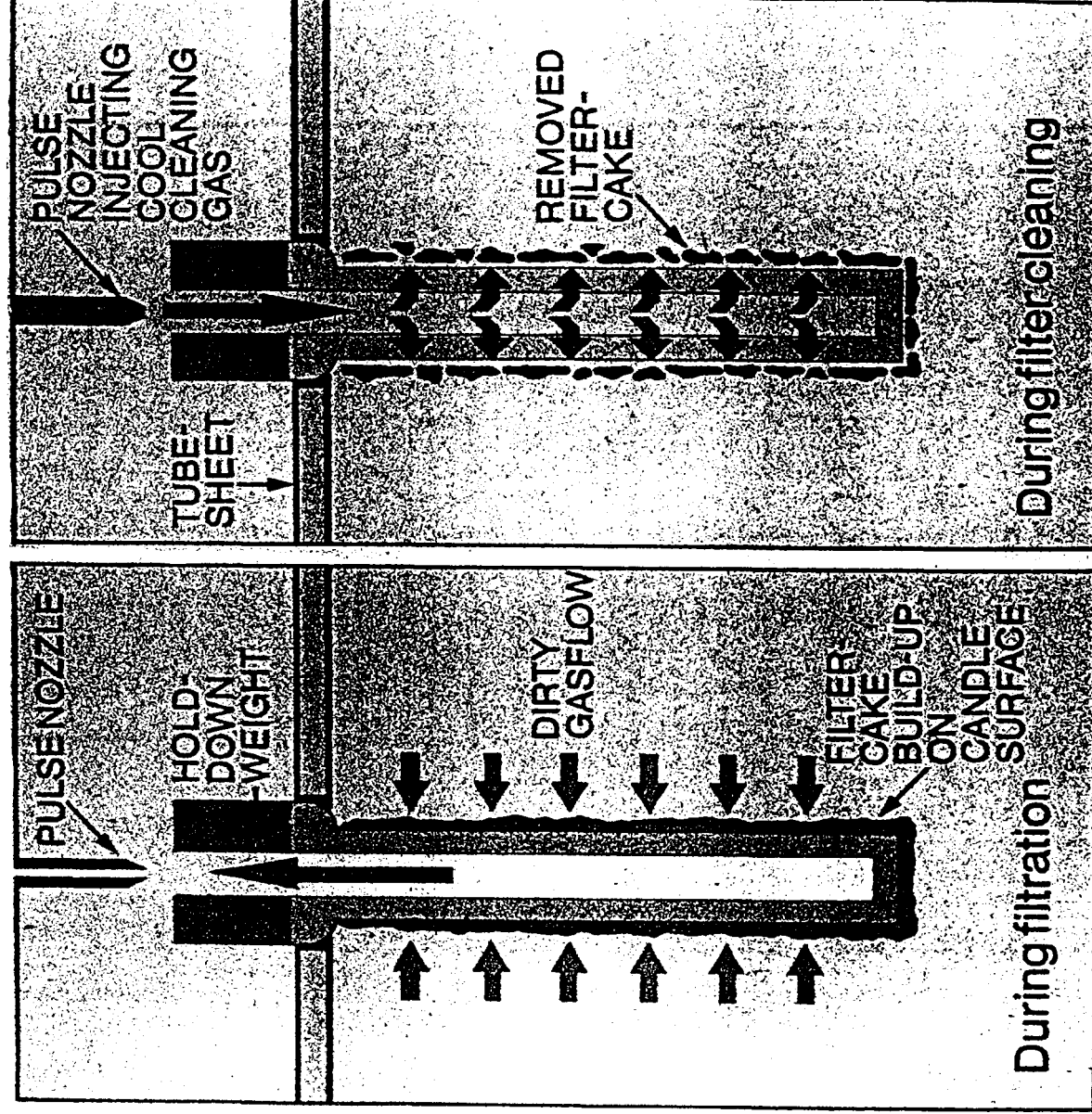
(図 10) プリティッシュュールで採用されているガス化炉から出るガスの中の粒子を除去するというアプローチを説明します。

左側は、汚染されたガスが通過いたしました、セラミックキャンドルの方に入っていきます。そしてこのガスは粒子を置いていきますので、ケーキ化されるという現象が生じ、キャンドルの外でこのケーキがさらに粒子を集めることになります。

この上の部分がプレートで、たくさん穴があいている状態です。また、この中にたくさんキャンドルが入られ、おろされることになりますので、シーリングの問題も残っております。

ケーキがどのように除去されるのかといいますと、ここから針のようものを入れまして、この針からガスを噴射するということによって、このガスがケーキを取り除くこととなります。

(図 10)



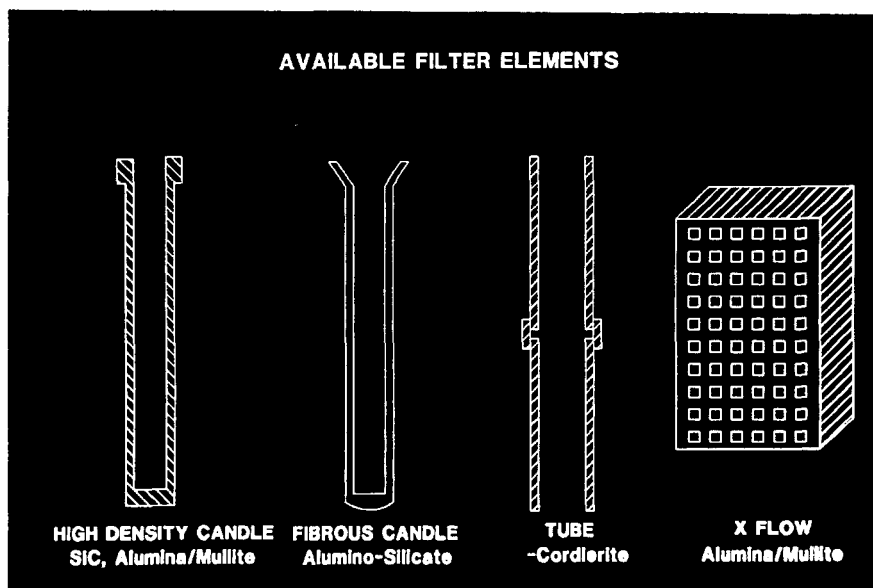
クリーニングフィルターのはたらき

〔図 11〕 この図は、フィルターのさまざまなものであります。左端のものが高密度のキャンドル、素材はSiC、アルミナ、ムライト。右側に來まして、繊維型のキャンドル、素材は、アルミナと、シリケートです。次の右側がコーディライトでつくられているチューブのフィルター、そしてさらにクロスフローというものもあります。

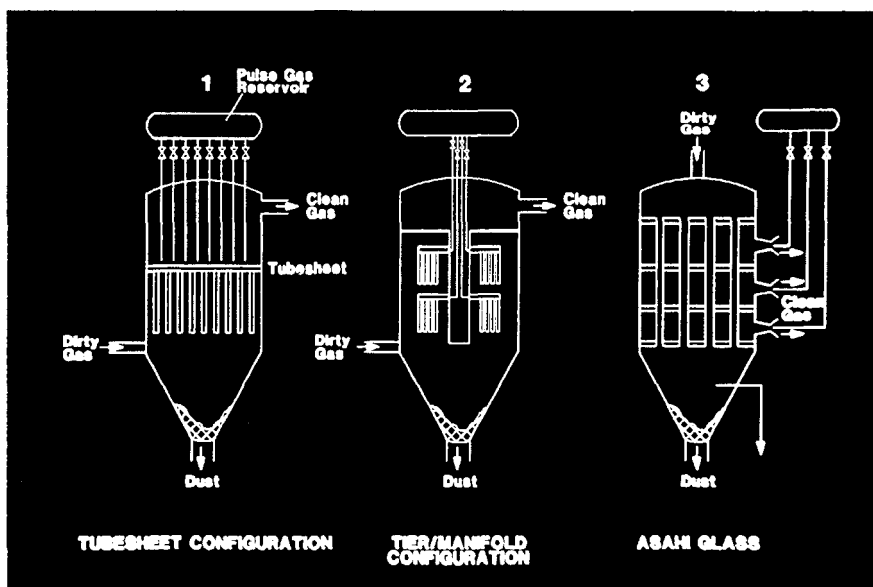
〔図 12〕 ここでどのようにガスがクリーンにされるのかということを説明します。汚染されたガスが左側から入り、キャンドルを上がっていきます。キャンドルの上がニードル、針となっておりまして、この針からガスが噴射されます。それによってキャンドルがクリーンにされるということで、浄化されたガスは上の方に上がりまして、右側から出ていくという仕組みです。

もちろん異なる種類もあり、この2つがよく知られており、中央のは、左側のを少し修正したものです。

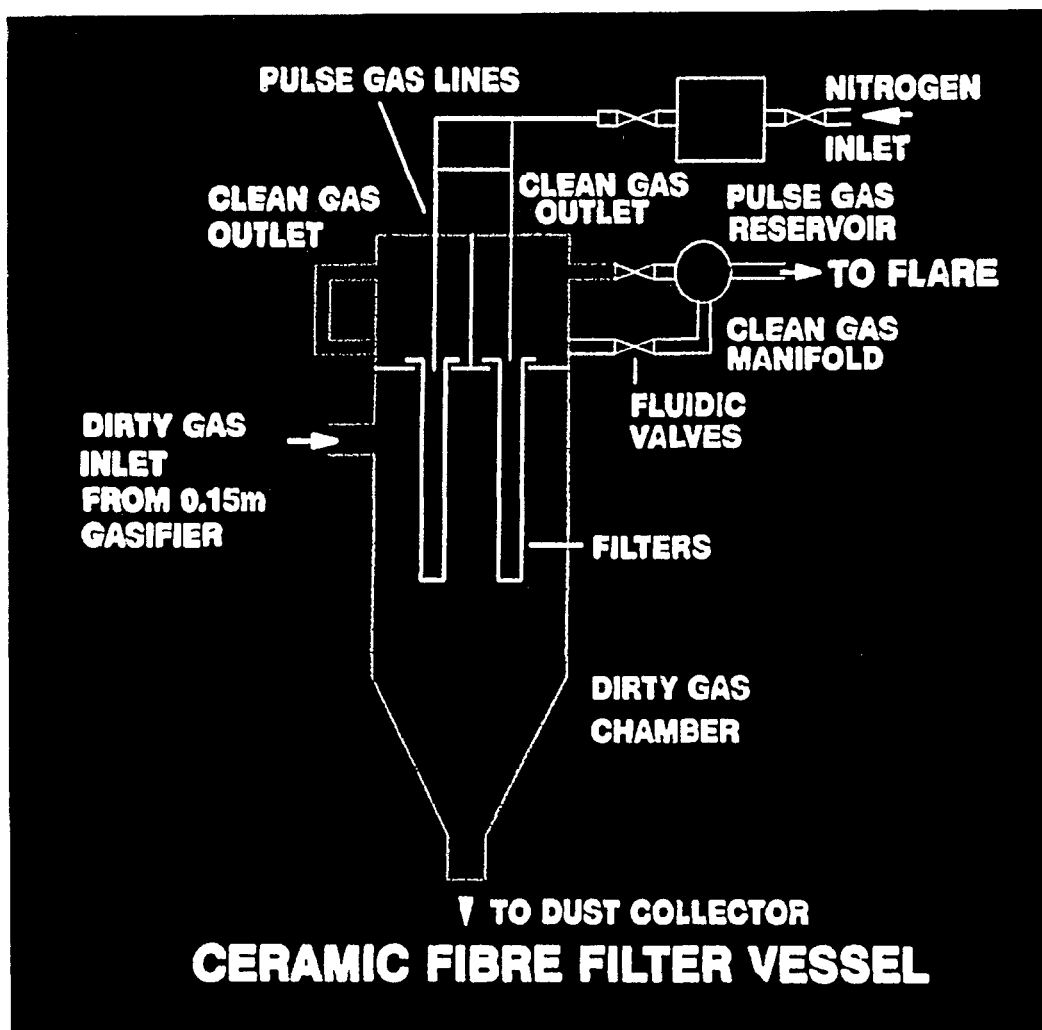
〔図 11〕



〔図 12〕



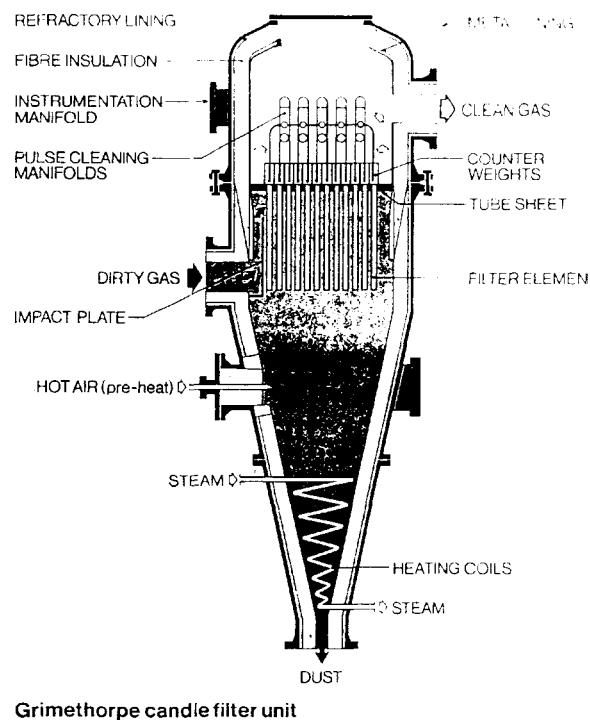
(図 13)



(図 13) これはセラミック繊維型フィルターの仕組みを紹介したものです。

(図 14) ブリティッシュコールでの幅広い経験の中からグライムソープ型のキャンドルフィルターユニットというものがあまして、過去におきましてはアメリカやドイツとも協力を行ったという実績があります。このグライムソープという名前ですが、最初のグライムというのは泥、汚いものという意味でありまして、ソープというのは英国の北部をあらわしています。この名前からいきますと、これは北イギリスにある汚いところというような名前ですので、クリーンな技術が必要という気もしております。

(図 14)



(表 14)

REACTION 1

N.B.SULPHUR EXISTS AS H_2S IN FUEL-RICH SITUATIONS



INITIAL RATE OF REACTION PER UNIT SURFACE AREA

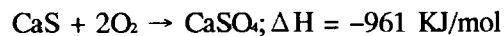
$$= \frac{k_1 \text{CH}_2\text{S}}{1 + K_1 \text{CH}_2\text{S}}$$

THUS LANGMUIR-HINSHEL WOOD KINETICS HOLD N.B. AT FINITE CONVERSIONS THE PRODUCT CaS PROVIDES RESISTANCE TO REACTION; THUS DIFFUSION OF H_2S THROUGH CaS BECOMES RATE-DETERMINING.

(表 15)

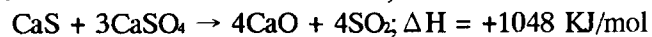
REACTION 2

THE HOPE IS THAT



COMPLETELY CONVERTS CaS TO CaSO_4 FOR SAFE DISPOSAL

HOWEVER, WHEN THE PARTICLE IS ABOVE 850°C , A MELT IS FORMED AND THE REACTION;



OCCURS. THIS REDUCES THE EFFICIENCY OF SULPHUR-CAPTURE.

しかし、後半の方の反応段階に入ってくると、熱が生成されますので、この熱によって溶解する部分が出てきます。そしてこの溶解した液体の部分に含まれる産物が、 CaS と反応いたしまして SO_2 が生成されることになります。

これは避けられない反応であり、コンバスターの中の温度調整管理をしっかりとしないといけないということになります。

皆様御清聴ありがとうございました。長い間御協力ありがとうございます。

CLEAN COAL TECHNOLOGY IN THE U.K.

A.N.Hayhurst

Department of Chemical Engineering, Cambridge University, Pembroke Street,
Cambridge CB2 3RA, ENGLAND

1. ABSTRACT

This paper reviews British Coal's Advanced Clean Coal Technology for Power Generation. The process is commonly known as The Topping Cycle. It involves a gasifier and a combustor, both of which are based on fluidised bed technology. As well as describing these components, the procedures for cleaning the gaseous waste - streams are described.

2. INTRODUCTION

This survey is given very much from a British perspective. Thus in the United Kingdom there is a long history of coal mining, as well as the burning of coal. Thus until very recently coal was burnt in almost every British house; also most electricity production has been traditionally based on the combustion of coal. Another ingredient of the British situation is inevitably politics. It is fair to say that, rightly or wrongly, the present government wishes to dismantle and privatise the state-owned concern "British Coal". Such a move follows the earlier privatisation of the industries producing and distributing electricity. The exception here is that the production of nuclear power is at present in the hands of a company owned by the State. It must also be said that just as governments and political ideas change, so also does the price of coal relative to that of its competitors: gas, oil, nuclear, wind, *etc.* In such a changing world it is not possible to omit coal from any future energy plans. Thus although gas and oil are relatively cheap at present, we should all be developing new technologies for burning coal in a clean and efficient way, particularly for the large-scale production of electricity. The major requirements here are that construction times should be short and capital costs should be low. New processes need to be efficient, flexible and produce

cheap electricity. Finally, any such new technology must be capable of handling a wide range of coals and also result in low emissions of NO_x , SO_x and dust. This paper concentrates on Topping Cycles and relates mainly to work carried out by British Coal at C.R.E., *i.e.* their Coal Research Establishment, Stoke Orchard, near Cheltenham, England.

3. THE TOPPING CYCLE

Figure 1 shows the basic idea of a Topping Cycle. In this simple version, coal is burned in a pressurised fluidised bed combustor (PFBC) at ~ 12 bar and $\sim 850 - 900^\circ\text{C}$. The heat produced in the combustor powers a steam-turbine and so generates electricity. In addition, the off-gases after cleaning are burnt with some added gaseous fuel in a gas-turbine, thereby generating electricity by a parallel route.

Figure 2 shows a rather more developed version of the Topping Cycle, based on a pressurised fluidised bed (PFB) gasifier and a PFB combustor. Coal is fed along with a sorbent like limestone to the gasifier operating at *e.g.* up to 25 bar and $950 - 1000^\circ\text{C}$. The gasifier is typically a spouted bed fed by air; in such a reactor (O_2 - deficient) the coal undergoes devolatilisation and the residual char is transferred, along with the other solids, such as used sorbent, to the pressurised combustor. The gases from the gasifier are cleaned (see below) and then burned in a gas-turbine. The gasifier gives low emissions of NO_x , because of the fuel-rich conditions. In addition, any sulphur exists as H_2S and is absorbed by calcined limestone (CaO) giving CaS . All the solids from the gasifier are transferred to the combustor (probably pressurised), where coal char burns. The O_2 - rich off-gases are directed to the gas-turbine to provide O_2 for the combustion of the volatiles from the gasifier. Cooling coils in the combustor remove heat; the water circuit is shown in Fig. 2, which includes the associated steam turbine. The sorbent enters the combustor as CaS and leaves mainly as CaSO_4 .

4. THE GASIFIER

A schematic diagram of the spouted bed gasifier is shown in Fig.3. The coal, limestone and air are fed together through the spout to the bed at ~ 25 bar. The coal devolatilises completely and of course some of the resulting gases burn to maintain the temperature at $950 - 1000^\circ\text{C}$. So far the gasifier has been operated for longer than 1500 h, with a sustained 370 h of running. Coal conversions of above 70 - 80% have been achieved. In addition, the off-gases have a calorific value above 3.6 MJ/m^3 and sulphur retentions exceed 90%. Finally, a variety of coals, with different swelling indices, have behaved in a perfectly satisfactory manner in the gasifier.

The gasifier is a slugging bed (diameter 2 m, height 12 m). The design of the entry region is important. The coal is sized to less than 3 mm and the limestone to less than 1 mm. Some of the volatiles must burn to produce the required mean temperature of just below 1000 °C. These conditions prevent the agglomeration of coal, provided there is sufficient mixing of all the solids at the end of the spout. One cause of agglomeration is the presence of iron compounds; however, it is found that the presence of limestone in the feedstock helps to prevent agglomeration. The mixing of solids at the end of the spout is achieved by arranging the flow of air into the bed. Temperature control is also important in this regard, because in the spout the local temperature must be kept below 1050 °C to avoid agglomeration. It should be noted that the gasifier is air - blown and not O₂ - blown. At present mixtures of 30% sewage sludge and coal are being successfully gasified. It thus seems that the gasifier can handle biomass of a general nature.

5. CHAR COMBUSTION

The feedstock to the combustor is the solid residue from the gasifier, comprising a mixture of fine carbon, partially sulphated sorbent and some mineral matter. This material is burnt in a circulating fluidised bed combustor (CFBC), operating at up to ~ 10 bar and 900 - 950 °C. However, much work has been performed with the combustor at atmospheric pressure. The principal design requirements are that

- (a) there is efficient combustion of the char,
- (b) there is complete retention of the sulphur fed to the CFBC,
- (c) the gaseous emissions meet likely future legislation,
- (d) the solid residue has acceptable properties.

In addition the combustor has to cope with a wide range of sizes for the char, which in turn has a low volatile content. The CaS from the gasifier should all be converted to CaSO₄ for safe disposal. In fact, the environmental impact of the ash when used as land-fill is inevitably a major concern. So far, tests at C.R.E. have demonstrated that a variety of chars burn in a very satisfactory manner. In addition, the emissions of both NO_x and N₂O are much less than if coal is fed to the combustor. As for the retention of sulphur, 90% retention is achieved without the addition of extra limestone. Studies are underway on what is leached from the solid residues from the combustor.

Much work has been done with a circulating fluidising bed at atmospheric pressure as the combustor. This is somewhat more familiar technology than a pressurised system. Some of the problems solved by British Coal are that the chars of some coals

are relatively inert in the combustor. These difficulties are usually solved by controlling the bed's temperature at 900 - 950°C, *i.e.* slightly higher than is normal.

6. SOLID RESIDUES

Here problems arise as to how best to dispose of the solid residue; also whether there are opportunities for using this otherwise wasted solid are being investigated, particularly in the building industry. The disposal of these solids as land-fill is not expected to be a problem under current U.K. legislation. In fact the only problems seem to arise from the residue having a full lime content of 5 - 9 wt%; this could give rise to a leachate which is potentially alkaline. The only other difficulty arises from small amounts of CaS being present; this might result in a leachate containing some sulphide ions, but one which is nevertheless non-toxic.

7. HOT FUEL GAS CLEANSING

Here the idea is to:

- (a) remove all particles from the hot gases,
- (b) monitor and also control the levels of NO_x in the gases leaving the gasifier,
- (c) ensure adequate removal of sulphurous compounds from the hot gases,
- (d) reduce emissions of HCl,
- (e) clean up the gases so far as alkali metal salts (*e.g.* NaCl) and trace elements are concerned.

The ceramic candle seems to be the best approach and a diagrammatic representation is shown in Fig.4. The mode of cleaning off deposits is shown there. There are various choices available for the filter material; in addition, there are many configurations for these filters. Fig.5 shows how ceramic fibre filter candles would be installed in a rig.

8. GAS COMBUSTION

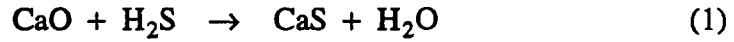
The cleaned gases from the gasifier are burned in a gas-turbine. The requirements are to

- (a) burn gases with a low calorific value of ~ 3.5 - 4.0 MJ/m³,
- (b) achieve an outlet temperature of 1360 °C,
- (c) minimise the production of further pollutants.

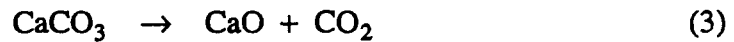
There requirements seem to have been achieved.

9. SOME RESEARCH ISSUES

The author has participated along with Mr N.H. Davies in a study of the following reactions, each involving a gas reacting with a solid:



Limestone is initially fed to the gasifier, where it calcines to give porous CaO particles in:

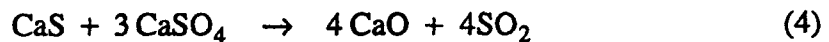


This reaction is thus followed by reaction (1) under the fuel-rich conditions of the gasifier, where all the sulphur in the gas-phase exists as H₂S. The initial kinetics of reaction (1) are interesting in that the rate of reaction per unit surface area has been found to have the form:

$$\frac{k_1 C_{\text{H}_2\text{S}}}{1 + K_1 C_{\text{H}_2\text{S}}}$$

where $C_{\text{H}_2\text{S}}$ is the local concentration of H₂S adjacent to the surface of CaO and k_1 and K_1 are both constants. Such an expression corresponds to Langmuir-Hinshelwood kinetics. The kinetics of the reaction at later stages are affected by diffusion of H₂S through the layer of CaS product.

Reaction (2) is also interesting in that it is very exothermic and above ~ 850 °C the product CaSO₄ reacts with the reactant CaS after forming a melt. The additional reaction is the very endothermic one:



Because SO₂ is generated, this extra reaction inevitably reduces the effectiveness of the calcium as a sorbent for sulphur. Conditions in the combustor should ideally be at a temperature (<850°C) low enough for (4) not to occur.

10. CONCLUSIONS

It is clear that coal will be burnt for many years to come. This paper has described recent British work to introduce new technology for the clean combustion of coal in a power station. Some of the items, such as the gasifier and combustor , are of considerable interest in their own right. As a whole the process is economically and environmentally attractive.

11. ACKNOWLEDGEMENTS

The author is much indebted to Mr N.H. Davies and Dr A. Minchener of The Coal Research Establishment, Stoke Orchard for their invaluable help in the preparation of this paper.

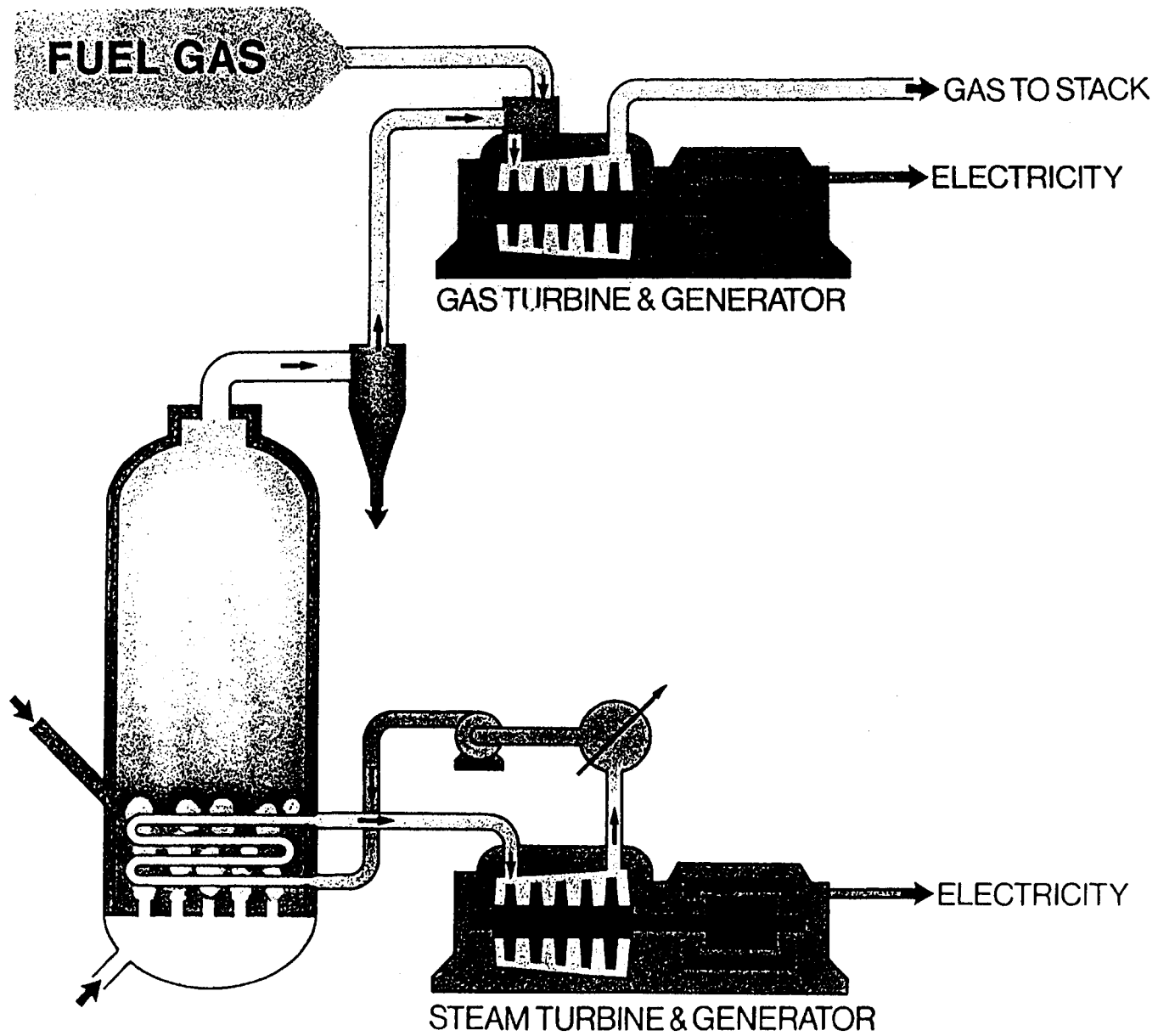


FIG.1

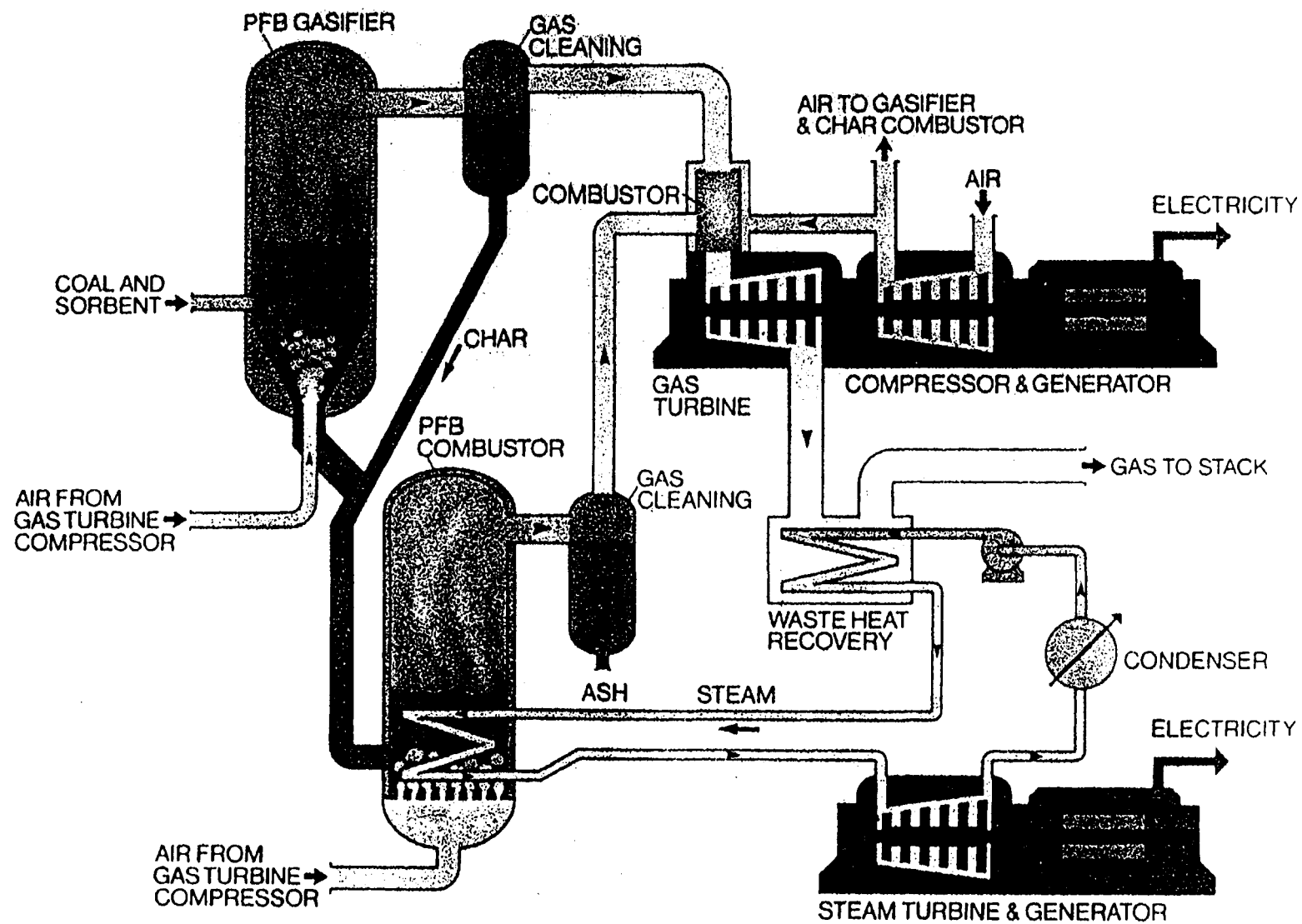


FIG.2 Topping Cycle based on PFBC

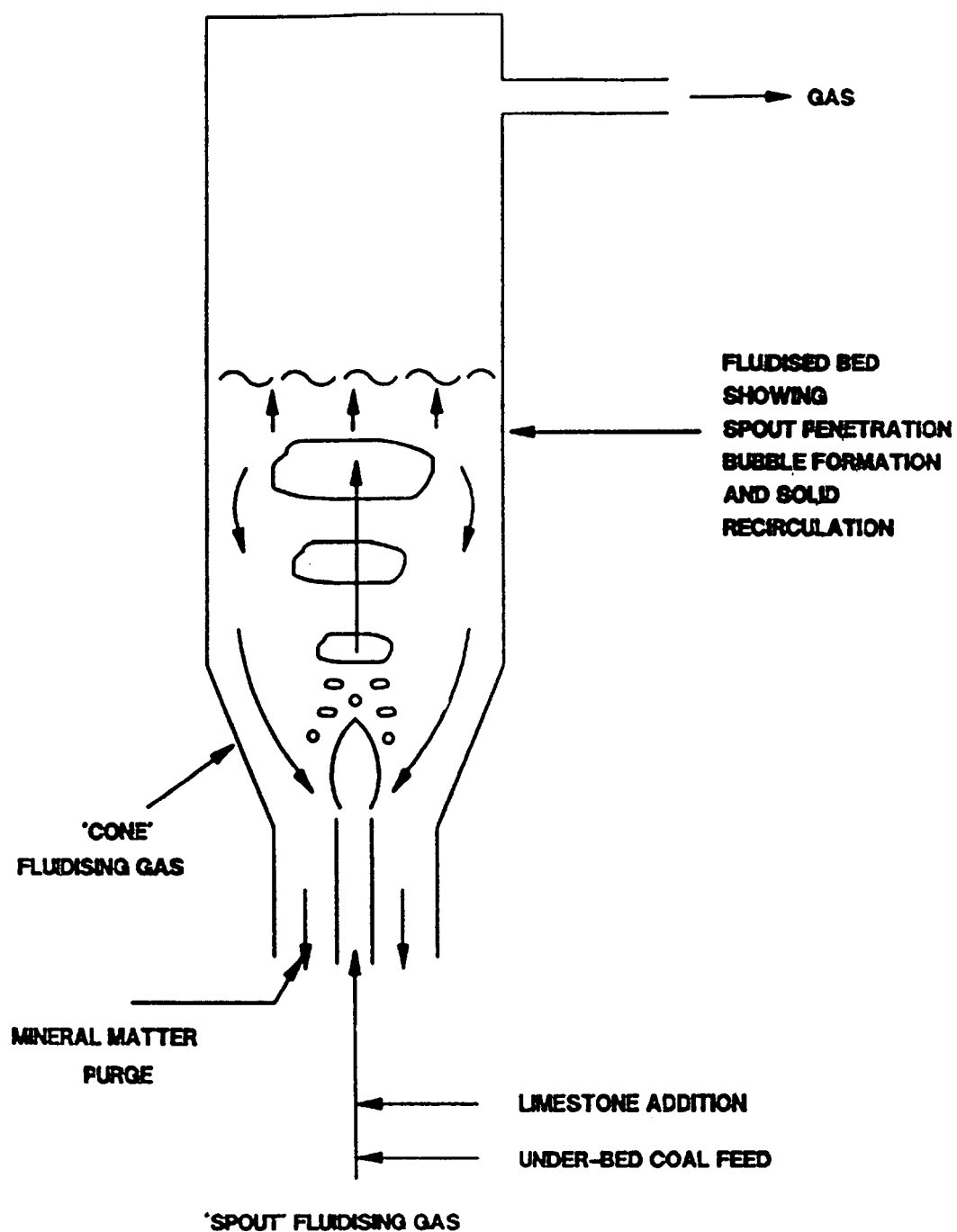
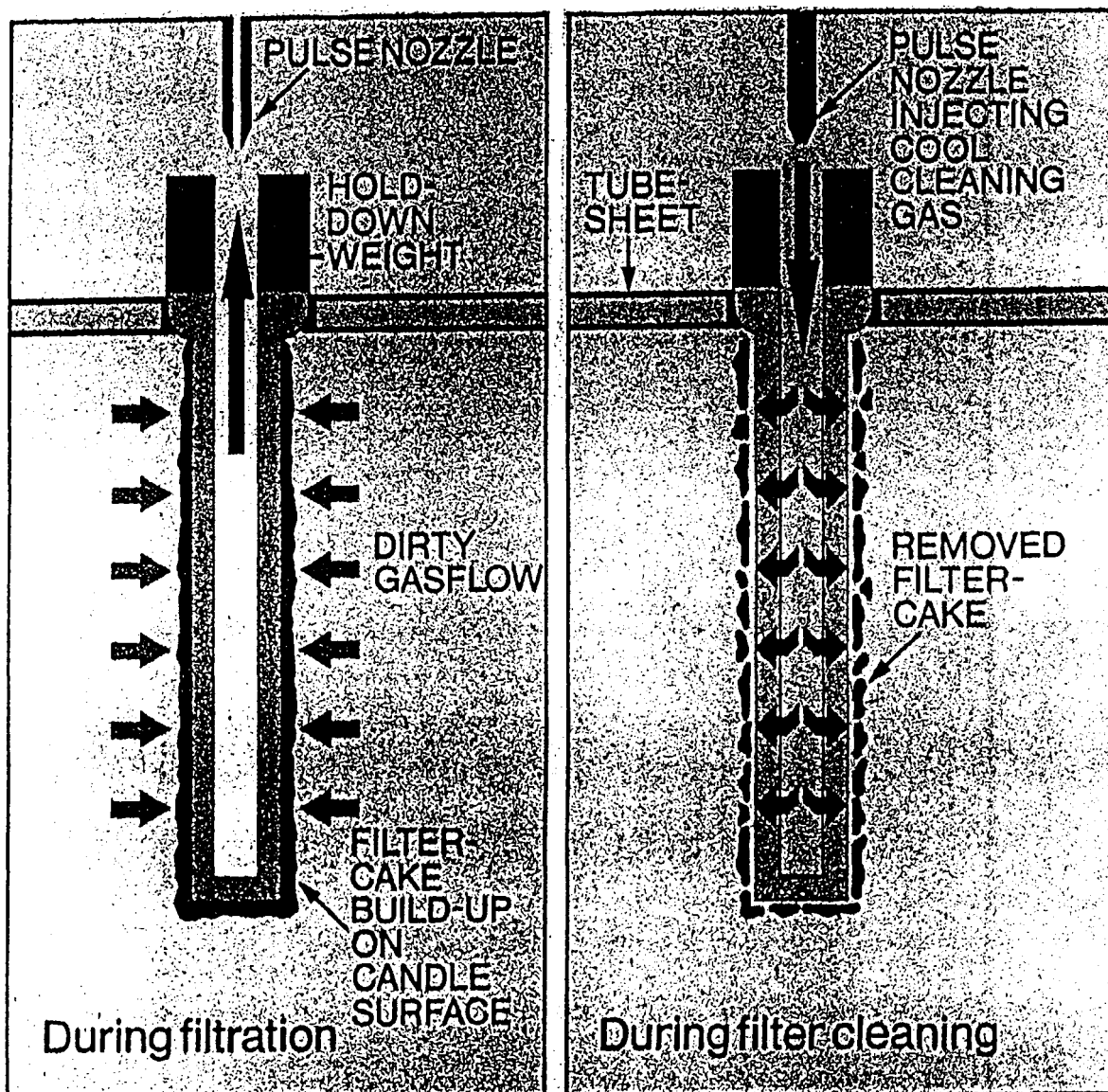


FIG.3 The British Coal Pressurised Spouted Bed Gasifier

FIG.4



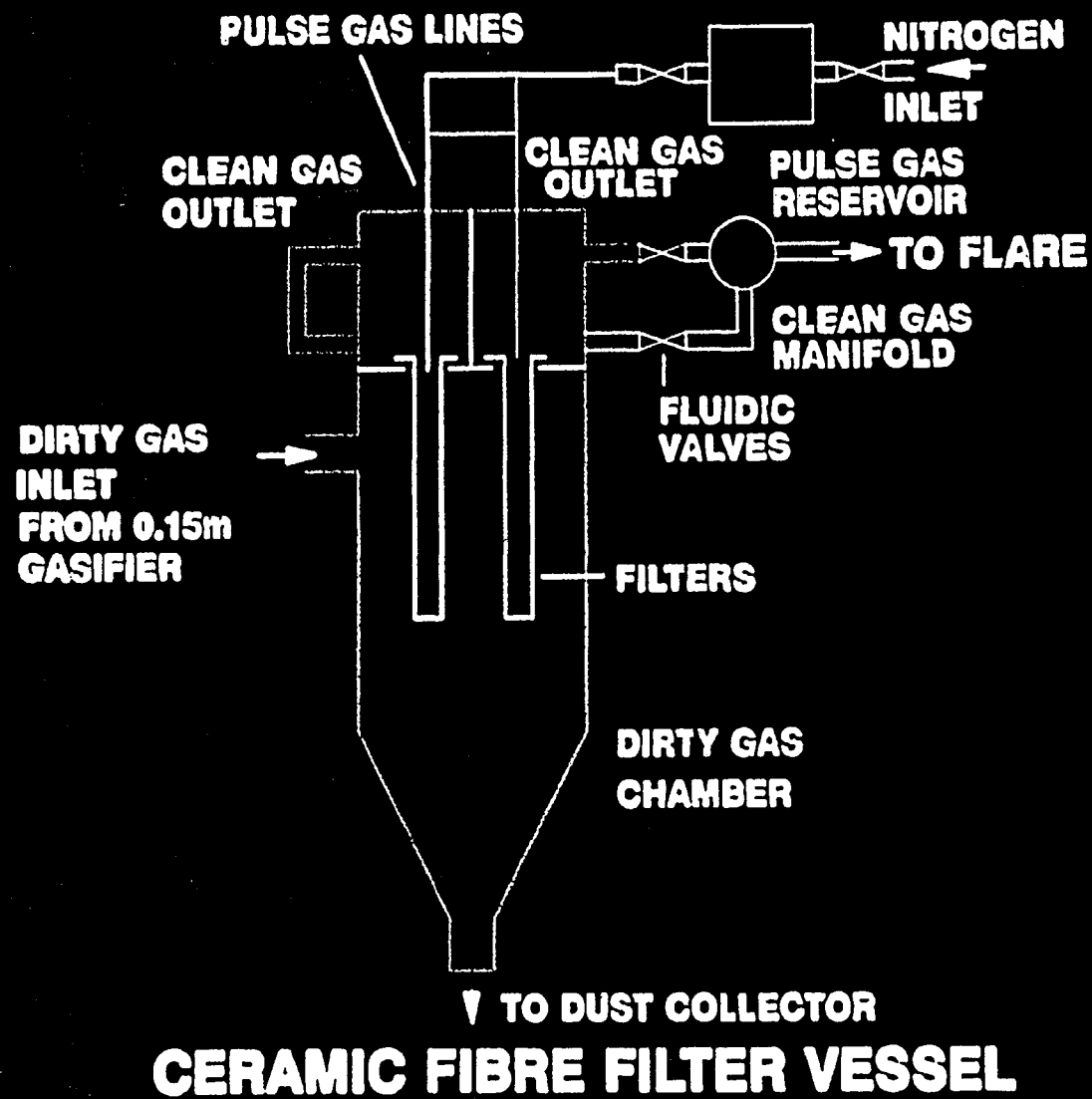


FIG.5

「オーストラリアにおける クリーン・コールのあり方」

I. W. Smith

はじめに

皆様こんにちは。きょうは、オーストラリアにおけるクリーン・コール・テクノロジーの利用ということについてお話しいたします。

講演に入ります前に、関係者の皆様に、今回このようなすばらしい御招待を私にしてくださいまして、感謝申し上げたいと思います。再び日本にきまして、古い友人、そして新しい友人に会うことができ、また同僚の皆様と楽しくお話しする機会を得ることもできました。また、北海道のみならず、日本が、最近、世界の環境問題に対して積極的な姿勢を示しているということ、特に石炭のクリーン・コール・テクノロジーに関しては、積極的で重要な地位を占めており、非常に喜ばしいことであると思っております。

そして個人的なことですが、北海道には昔滞在したことがありますので、今回再び戻ってきまして、古い友人、そして同僚の方にお会いすることができてうれしく思っております。昔から私どもの研究所と北海道のカウンターパートの間では科学的な交流がございます。また、今朝ほどは世界でも有名な太平洋炭鉱を訪れることができたことを非常にうれしく思っております。

お話はこれまでにしまして、これから私の講演に入りたいと思います。

オーストラリアの石炭事情

クリーン・コール・テクノロジーの利用ですが、オーストラリアのみならず、世界中でもその利用方法を模索中であり、考慮されております。そして、このテクノロジーの問題というのは一国の問題ではなく、世界の問題であります。特に日本とオーストラリアの間では緊密な関係が石炭の分野で生まれております。日本のみならず、世界中の国々でも石炭に関する技術について開発されており、私どもは賞賛してまいりたいと思います。

オーストラリアにとって石炭は非常に重要な資源であります。これから、なぜかということを申し上げたいと思います。

(表 1) オーストラリアは非常に石炭が豊富な国であります。オーストラリアのエネルギーの現状を示した表でありますけれども、ブラックコールというのが普通の石炭であり、経済的な区分により数字を二つ記載してあります。一番右側には、あと何年もつかという年数が書かれてあります。普通の石炭は300年、そして褐炭で900年という数字があります。

石炭以外にもほかのエネルギー資源があるわけではありますが、石炭が大部分を占めておりまして、オーストラリアにとって経済的に石炭が重要だということがおわかりいただけると思います。

(表 1)

Commodity	Resources (EJ)*					
	Demonstrated		Inferred	Production 1989-90		Resource Life
	Economic	Subeconomic		(EJ)	% of Total Energy Production	(Years)
Black coal	1372	54.0	Very Large	4.70	51.3	300
Brown coal	418	26.0	1840	0.46	5.0	900
Petroleum:						
crude oil	14.0	2.7		1.18	12.9	12
natural gas	40.6	44.6		0.78	8.5	50
LPG	3.0	1.3		0.10	1.1	30
Shale oil		174.5	1563	-	-	-
Uranium	265	32.5	220.1	1.94	21.2	140

♣ EJ - Exajoules (10^{18} J)

After: Australia Bureau of Agriculture and Resource Economics,
"Projections of Energy Demand and Supply Australia 1990-91 to 2004-05", 1991, 144 p.

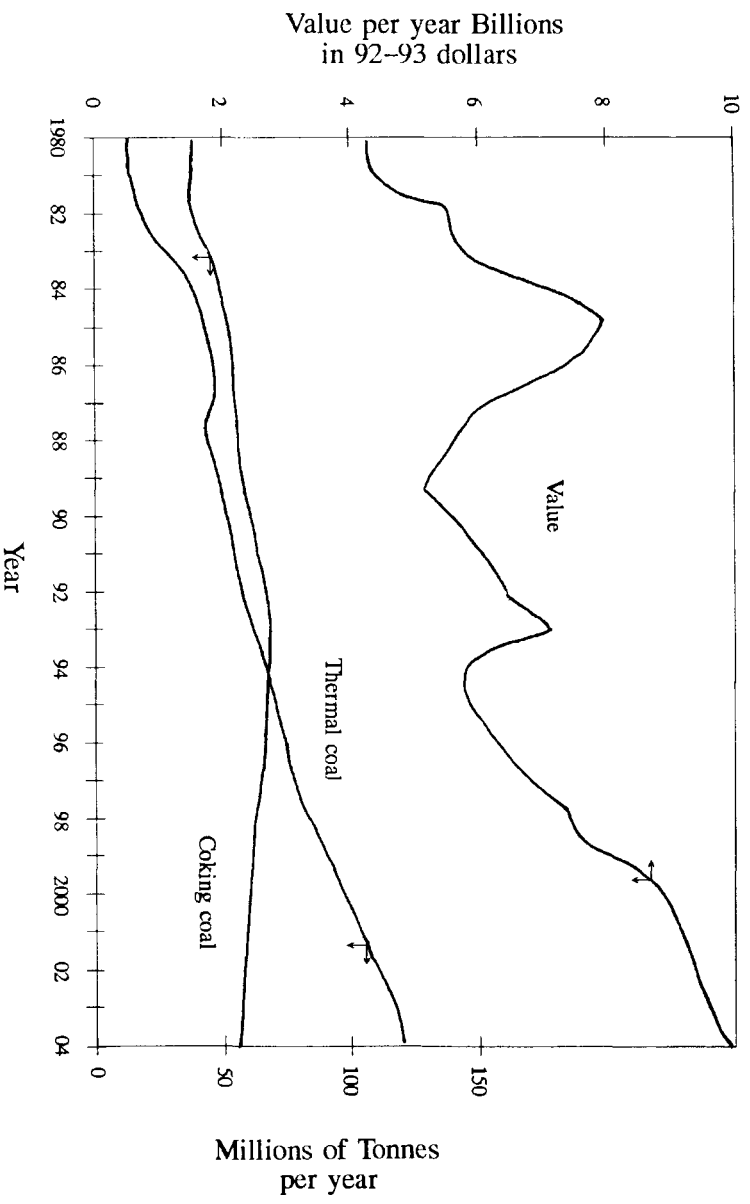
Australian identified recoverable resources of energy minerals and fuels

(表 2) 石炭の売り上げを示した表ですが、縦が10億という単位でありますので、現在のところ、オーストラリアにもたらす石炭の収益というのは、約70億ドルとなっております。

火力用の石炭価格は上昇しておりますが、原料炭は一定しております。現在のところ、石炭はオーストラリア最大の輸出品であり、オーストラリアは世界最大の石炭輸出国となっております。

オーストラリアから大量の石炭が日本に入っております、重要な関係となっております。日本で消費される石炭の大部分はオーストラリア産ということですので、経済的な観点から見ましても、この2国間の関係というものは緊密なものとなっております。

(表 2)



クリーン・コール・テクノロジーの問題点

そしてこの2国間の協力が重要でありまして、特にクリーン・コール・テクノロジーの開発におきましては、この2国が協力しあうことが今後とも望まれます。

先ほども述べましたように、この分野の協力というのは、国際的な問題ということで、ほかの国々でも、石炭の技術の開発、その利用に関する努力がなされているのが現状であります。

クリーン・コール・テクノロジーの定義づけといえますのは、石炭連鎖のすべての段階、すべての工程で石炭がクリーンに使用されることを可能にする技術であります。すべての工程とか、すべての段階といいますがやはり採掘の段階から始まります。これは環境的に望ましい方法をとること、そして輸送の段階や保存の段階、それもやはり粉じんがないクリーンな環境であることが望ましいこととなります。特に貯炭の場合は自然発火ということの問題がありますので、これにも気をつけるような対策が必要です。

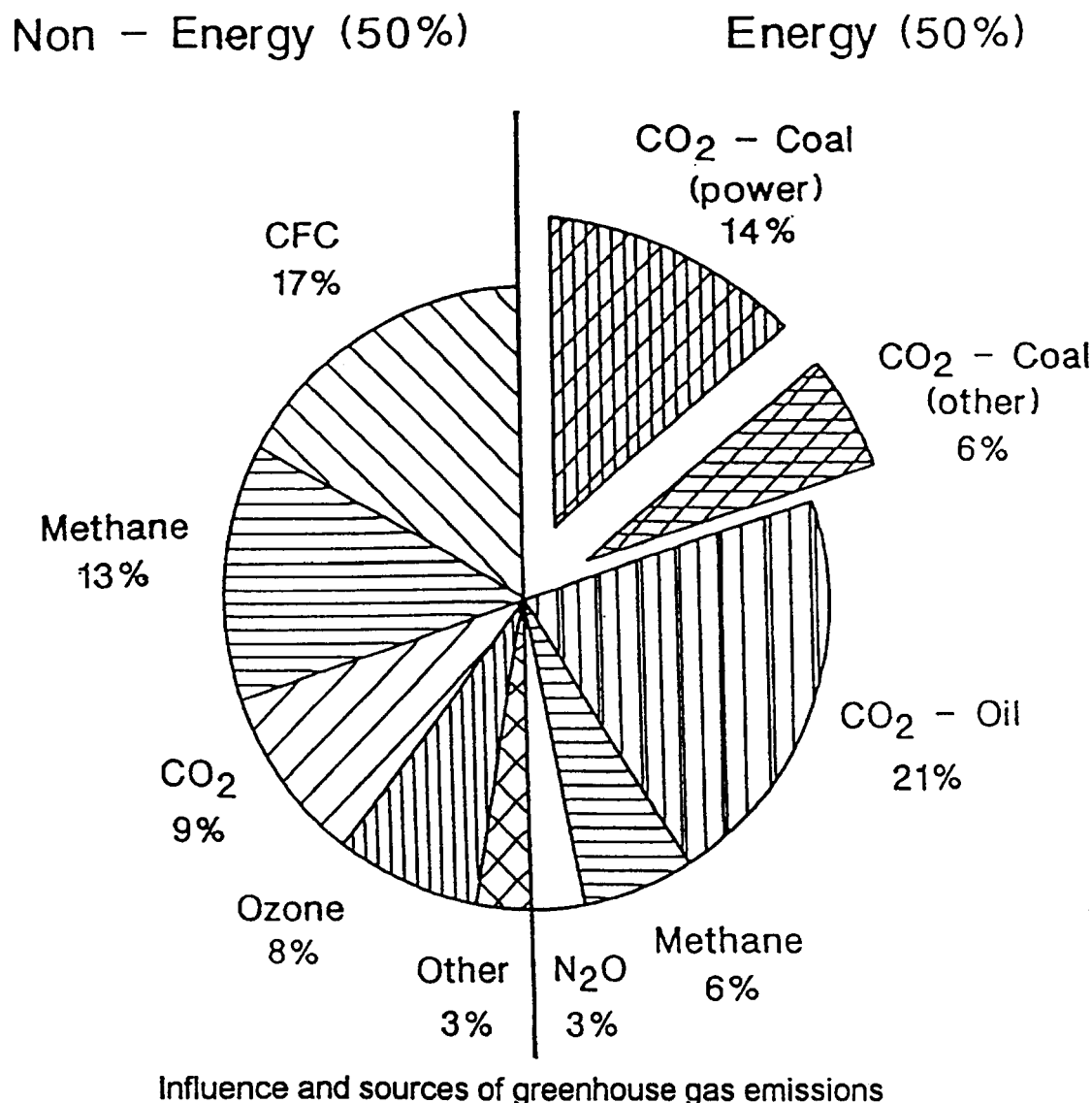
このクリーンな利用の技術が発電や金属生産に使われるわけです。こういった分野への利用というのは、やはり環境対策をよく踏まえた運転ということになりますので、ガス、そして粒子の放出がない、または抑えられるような対策をとること、また灰の処理ということも問題になってきます。いずれにしても、高効率化することが望ましいかと思えます。

さまざまな石炭の工程におきましては、やはり SO_x 、 NO_x 、そして灰、二酸化炭素というものが排出されるわけであります。

(図 1) 最も問題になるガスが二酸化炭素でありまして、ここで触れてみたいと思います。エネルギーを生産するに当たって問題となるのが地球温暖化の問題であります。この地球温暖化に影響するガスとしては、自動車や発電等の排出するガスも含まれますが、ガスを排出する石炭の割合を見てもみますと、20%を占めるということで、 CO_2 の問題も決して無視できる問題ではないということがわかりいただけるかと思います。

先ほども述べましたように、ここで問題になるのは排気ガス、廃棄物の問題、それをいかにして抑えるか。そして石炭利用の際の高効率化を目指すということでもありますので、これは環境的にも、そして経済的にも考慮した対策でなければなりません。

(図 1)



選炭技術の問題点

これから実際に、各工程で使います技術に関して三つの分野に分けて触れていきます。まず最初に選炭での技術、次に発電所における石炭の利用、そして金属生産分野での問題などを取り上げてみたいと思います。

ほとんどの採掘された石炭というのは、金属生産に使われるために輸出されるわけですが、選炭という工程を経ていきます。この工程においては、経済的、そして効率化することが目的になりますが、除去される物質をいかに少なくするか、抑えるかということが課題となります。

従いまして、この課題に対応するためには、既存の工程を改善していく方法、そしてユニットオペレーションの改善、フローシート、プロセスのコントロールを改善し新しい工程も取り込み、石炭の選炭工程で改善、効率化を図っていくということであります。

オーストラリアにおきましては、石炭のクリーニング法、そして脱水に関する研究が多くなされております。また、選炭工程の新しい形態も開発されておきまして、これは水を使わない特別なケミカルを使った乾燥工程です。この工程を経ますと灰の量が0.5%にとどめられるという数字が出ております。

しかしながら、この乾燥工程というのは非常に高くつく工程です。石炭をクリーンするためにエネルギーを多量に使うという工程でありまして、普通の石炭に使うというよりも、特別な用途の石炭のために利用されております。例を挙げますと、電池の陽極の部分をつくるために、このようなクリーン・コールが使われております。また金属業界でも、特別クリーンな石炭が必要なときにこの工程が用いられます。

オーストラリアの褐炭の可能性

今まで話をしてきたことは瀝青炭、普通の石炭についてでありましたけれども、オーストラリアには褐炭というのがありまして、ビクトリア州とか、サウスオーストラリア州に多く埋蔵されております。この褐炭を採掘するのは余りコストがかかりませんが、この石炭の特徴としては、高水分であり70%が水分というデータが出ております。

褐炭を乾燥させる工程は二つありまして、一つは流動床多機能システムで2番目に熱脱水を行うという方式があります。二つ目は熱を用いた脱水方式であり、褐炭の特性を利用し、熱を加えることによって石炭が縮小されるというような仕組みになっております。

この乾燥工程を経ることによりまして、褐炭は酸素とCO₂が除去され、そのほか鉱物も除去されますので、非常に品位がアップグレードするわけです。

後ほど、IGCCという工程にこの乾燥工程を取り入れた方式も説明したいと思います。

発電における石炭利用

今度は発電における石炭の利用についてお話ししたいと思います。この分野では微粉炭を使って発電するもので、この効率も現在、35%から40%となっております。

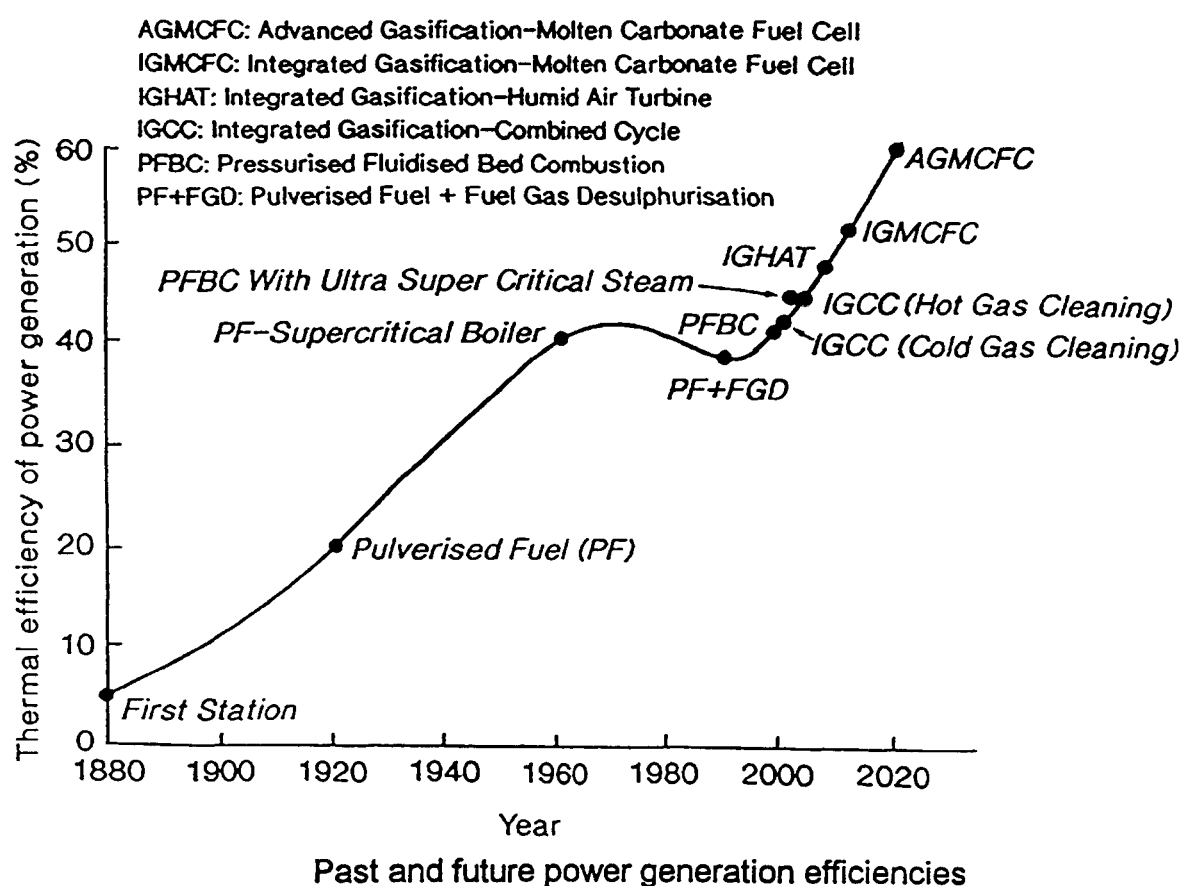
SO_x、NO_x、そして石炭灰、これを制御する多くの技術が研究されておりまして、今後とも改善のために研究が続く予定であります。

スチームサイクルにつきましては、高効率化を求めるといいましても上限がありますので、このスチームサイクルを変化させるか、または新たな発電サイクルに取り組むかということを今後考えなければならぬ時点に来ているかもしれません。

(表 3) これは発電所における効率を示したもので、1880年からのものであります。1880年代を見ますと、やはり火力発電の効率というのは非常に低いものとなっておりますが、その後微粉炭の技術が開発され、さらに改善されていますので、急カーブとなっております。

そしてその後、この効率にピークがありまして、下がっております。下がった時点で、微粉炭のボイラー、およびその関係の技術が開発され効率のカーブが上昇しております。

(表 3)



新技術開発の必要性

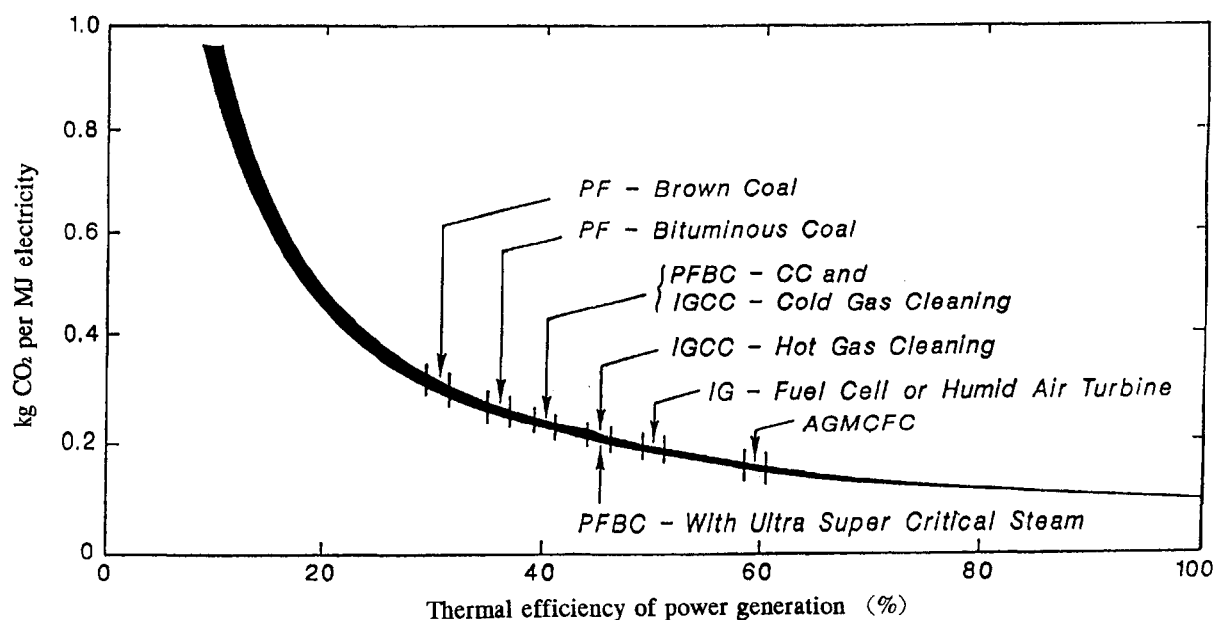
新しい技術が開発されてカーブが上昇していますが、ここでIGCC、高温ガスまたは低温ガスクリーニングというものが開発されて上昇しております。日本におきましては、ウルトラ・スーパー・クリティカル・スチームの技術が広く知られているかと思いますが、その上の方を見ますとIGHATとか、IGMCFC、そして最後にはAGMCFCの技術でもって効率がアップしていきます。今後ともこの上昇を続けるには、やはり新しい技術というものを開発していく必要があるかと思えます。

先ほどブリティッシュコールのIGCCについて特別な形態のお話がありました。日本でもIGCCの試験を行っており、このほかにも新しい技術が開発されておりますので、これが国際的に利用されシェル、テキサコのガス化炉など数多くの複合発電のシステムが今後国際的に利用されていくという傾向にあると思えます。

(表 4) これは発電の効率を示したカーブでありますけれども、二酸化炭素の減少というものが示されております。SO_x、NO_x、そして硫黄の減少分も含まれております。

微粉炭の火力がどこに位置するかということを示しております、またPFBCとか、それから新しい技術の一つでありますウルトラスーパー技術、これもやはり二酸化炭素の減少につながっております。

(表 4)



Efficiency of new power generated technologies and CO₂ Emissions

オーストラリアにおける石炭利用の現状

オーストラリアの状況を少し説明しますと、オーストラリアは大きい国ではありますが、人口が少ない。やはり人口が少ないということは、それだけ資金も少ないということです。我々としては、画期的な技術を開発するには非常に困難な状況にあるということが言えます。

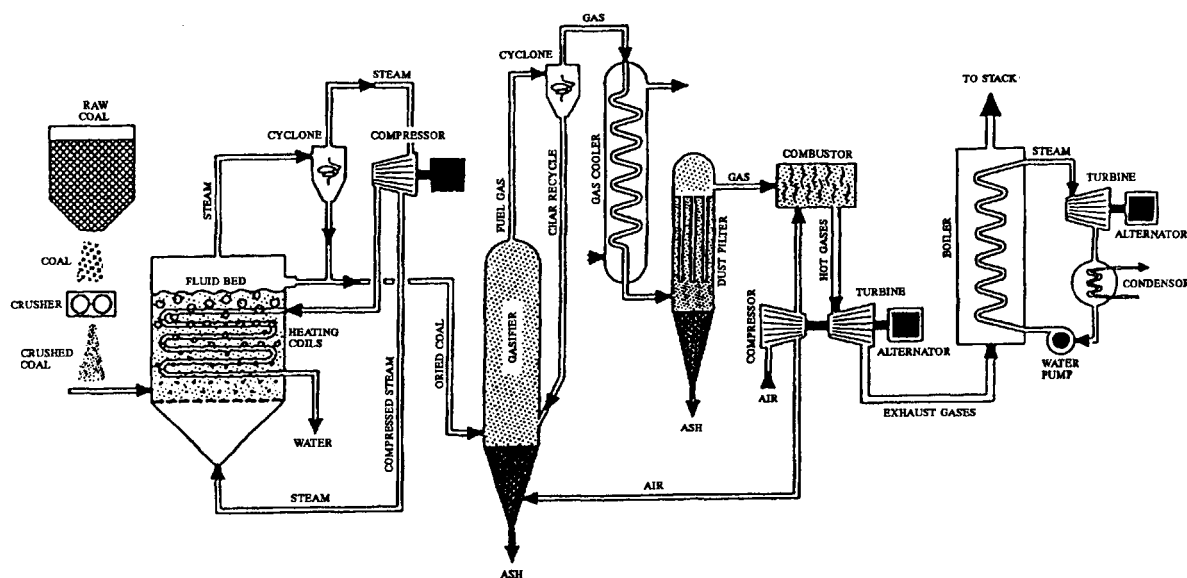
しかしながら、従来の発電所における発電技術については、改善のための研究、燃焼、そして環境対策に関する研究も引き続き行われております。

新しい技術に関しましては、 NO_x の減少をもたらす技術、二酸化硫黄の除去の技術、そしてフライアッシュの浄化及び安全な処理の方法、そして微量元素に関するモニター、そしてコントロールに関する研究も行われております。

(図 2) 褐炭に話題を戻しますが、これに関する問題は高水分の石炭でありますので、乾燥システムの利用についてお話しします。この図は蒸気流動床を I G C C の一部として使った乾燥システムで、ガスのクーリングについてはフィルターを通して行われ、ガスタービンも付いています。

この乾燥システムはオーストラリアで開発されたものであり、ほかの工程の部分はドイツと協力してガス化技術を成功させたものです。

(図 2)



Steam fluidised bed drying with Integrated Gasification - Combined Cycle

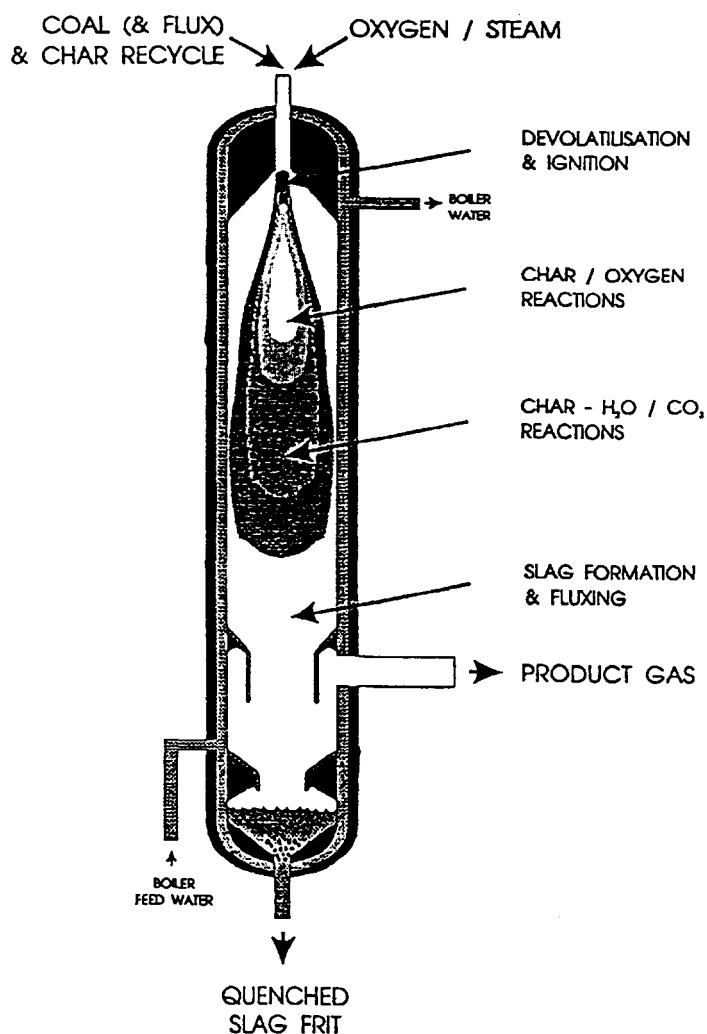
(図 3) ニューサウスウェルズ州、そしてクイーンズランド州におきましては、褐炭というよりも瀝青炭が埋蔵されている地域でありますので、褐炭を扱う技術とは異なる別の種類の技術が必要です。我々といたしましては、経済的にも、環境的にみても、I G C C の技術に興味を持っており、ガス化技術、ガス化炉に関しては褐炭とは違う技術を求めています。

これは、噴流床ガス化炉でありまして、粉炭が反応いたします。そして灰は溶融して下がるという仕組みになっています。

オーストラリアでは資金的な面から画期的な技術の開発が難しいということは申し上げましたけれども、もし世界で画期的な技術が開発されたならば、導入する姿勢は持っております。シェールとかペントフローのガス化炉を導入することになるならば、それを実験、試験できる設備が必要になります。

我々は石炭の輸出国でありますので、オーストラリア産の石炭を実験する設備を整えて輸入国に実証しなければならないという必要性があります。現在、研究センターを建設中でありまして、この中には小規模のガス化炉の実験装置を設備することになっております。この資金は、オーストラリアの大手の電力会社、石炭の会社が資金を提供してくれることになっております。ここで特別なガス化状況を実験しまして、ガス化に関する知識を得て、オーストラリア産の石炭の挙動を実験し、学ぶ機会があると思います。

(図 3)



Entrained flow gasifier

(表 5)

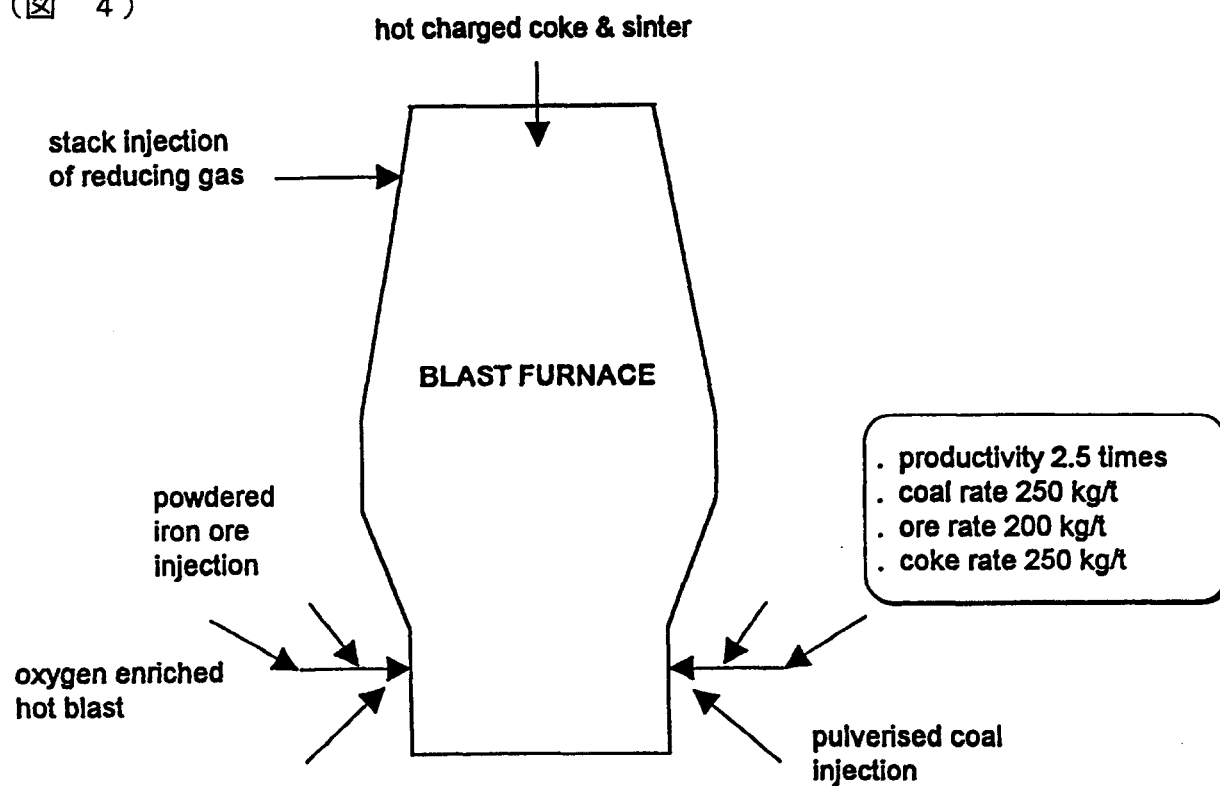
[illegible]

金属業界における石炭利用

この図にある技術は日本を含めた多くの国で研究されております。高炉のサイズを小さくしまして、この中に酸素と鉄鉱石をパウダーインジェクションにより入れます。右側の数字のように石炭とコークスの率を従来の手法と比べますと、コークスの比率が減少され、生産性がアップするということを期待しております。

— 66 —

(図 4)



The future blast furnace

国際的な技術協力の継続を

今回、オーストラリアにおけるクリーン・コール・テクノロジーについてお話したわけですが、これについては、国際的な範囲からの技術協力が必要です。オーストラリアで技術開発をやっているとしても、その開発がほかの国々でやっていることと関連してくるという状況があります。オーストラリアとヨーロッパ、そしてアメリカともこれまで共同研究を行ってきており、また日本では、NEDOのおかげでやはりクリーン・コール・テクノロジーについて一緒に研究をしてきました。特に日本の大学では東北大学と共同研究を行っております。石炭に関しましては、やはり共通の利益と認めますか、認識、そして関心があります。今後とも協力体制を強化していきまして、クリーン・コール・テクノロジーに関する研究活動を続けていきたいと考えております。

最後になりましたけれども、このような機会を与えてくださいましたこと、そして、最後まで熱心に聞いてくださいましたお客様、御参会の方々全員に感謝申し上げます。また通訳さんにも感謝いたします。

Paper to: Clean Coal Day '94 - Hokkaido International Seminar

Utilisation of Clean Coal in Australia

I.W. Smith, CSIRO Division of Coal and Energy Technology,
North Ryde Australia

Abstract

The paper defines, and outlines the need for, clean coal technologies. There is then discussion of clean coal technologies under three headings - beneficiation, power generation, and metallurgy - with consideration of conventional and advanced technologies. Finally, the point is made that there is a need for cooperation between coal producing and coal using nations, in the assessment and use of the new technologies.

Introduction

The use of coal, especially for power generation and in metals production, is very important to the World economy. For example Japan has a strong need for coal in iron and steel production, and a growing need for coal use in electricity generation (1). The use of coal is also important to Australia, in metals production and in power generation (where it supplies 80% of the energy need). Australia is also the largest exporter of coal in the World, and this export is Australia's largest source of income - \$7.5 billion in 1993. Australia's energy resource situation is summarised in Table 1, which shows that coal is the dominant material.

Because coal exports are so important to Australia, and because Japan buys much of its coal from Australia, it is natural that there are strong links between the two countries at all stages of the coal chain, including the R&D needs of coal production, transport and use. Further, because the use of coal is challenged by environmental as well as by economic concerns, Japan and Australia have strong common interests in 'clean coal technology' - as shown for example in the Seminar on Clean Coal Technology '93 (2), and in the 4th Japan - Australia Joint Technical Meeting on coal (3).

For the discussion in this paper it is necessary to define 'clean coal technologies'. These are technologies that reduce or eliminate environmentally-harmful materials or circumstances due to coal production and use. For example coal beneficiation (preparation) can produce coal of reduced mineral matter and sulphur content - but it is important that the energy used in preparation, and the waste materials produced do not offset gains from the use of the cleaned coal. In general gains can be made by improvements in the efficiency of coal use, eg. in power plants and metal production - the higher the efficiency the less output of undesired materials. Therefore efficiency increases in processes are a major part of 'clean coal

technology'. After the process the efficient collection or suppression of waste materials (eg. ash, SO_x , NO_x) are also essential parts of the overall 'clean coal technology' package.

It is a necessary aim of the development and use of these technologies that they operate with costs close to, or even less than, current technologies.

The Nature of Coal, and the Need for Clean Coal Technologies

Coal is an organic solid which includes inorganic species, and whose properties vary widely - from low rank lignites and brown coals, to high rank anthracites. Coal is composed of carbon and hydrogen, with smaller amounts of oxygen, nitrogen and sulphur. The associated inorganics (minerals) contain a wide range of elements, including trace amounts of heavy metals.

During the combustion of coal - directly as in power generation, or indirectly as in metals production - the coal is more-or-less completely oxidised. The products are CO_2 , H_2O , NO_x , SO_x , and ash or slag. When coal is converted to coke in iron and steel making, there are liquid and gaseous organic by-products, as well as nitrogen and sulphur compounds.

In modern power generation practice there are technologies (being continuously improved) for the control of NO_x and SO_x . There are also technologies for the efficient capture of ash particles, and there are methods for the disposal of ash. Emissions from coke ovens can be more-or-less well-controlled.

However, in response to growing concerns about environmental issues, and the need for a technological response in all areas of activity, there is special need for coal to be used with much-improved environmental control (including the suppression of dust during mining and handling). As pointed out above, the emission of NO_x and SO_x can be controlled, and ash can be collected and disposed of. Nonetheless there are still important matters in ash disposal, particularly the stability of trace elements (heavy metals), to be resolved. In the operation of coke ovens the emission of organic species, as well as Nitrogen and Sulphur compounds, needs to have improved control.

In all cases, the carbon in coal is more-or-less directly emitted as CO_2 - a major 'greenhouse' gas. Fig. 1 (4) shows the influence and source of the various 'greenhouse' gases. Whilst CO_2 from coal use is not dominant, it is nonetheless a major contributor at ~20% of the total effect.

There are many ways that energy producers and users can respond to the problems outlined above. Alternative fuels (natural gas, nuclear, renewables) can be used. However the coal industry wishes to remain strong, so it wishes to develop practical means at all stages of the coal chain to ensure the clean use of coal. Therefore it is inevitable that Australia is concerned with the development and implementation of clean coal technologies, and this activity is outlined in the rest of this paper.

Development and Application of Clean Coal Technologies

(a) Beneficiation

As already noted, there is a need to ensure the clean use of coal in all links of the coal chain. During the mining, handling, preparation and transport of coal there is an obvious need to control noise, dust emission, waste water run off, and fires in coal stockpiles and spoil heaps. Significant work is being done in this area, both in full-scale activities, and in the development of new and improved methods. For example new coal mines, are being built, (5) which include careful noise control, low buildings, and screened stock piles, so that the impact of mine operation is minimised.

Coal beneficiation is often necessary to prepare a particular coal for use. Economy and efficiency are obviously of major concern in coal beneficiation plants. Therefore there is significant R&D effort into such things as: improvement of flow sheeting and process control for conventional plants (6); decreases in the rejection of coal fines both by the reduction in the amount of fines generated and by the use of advanced methods for the cleaning of fines (7); and the effective removal of moisture from coal (8). Related research is being carried out to develop methods to avoid, or control, fires in heaps of coal washery reject material. Advanced technologies for coal beneficiation are being tested in pilot plants. The Ultra Clean Coal (UCC) process developed by the AUSCOAL joint venture uses alkali and acid treatment to remove inorganic material from bituminous coals, the product having special application in metallurgical processing, and possibly in advanced power generation systems (9). Thermal and fluidised bed drying processes have been developed for high-moisture brown coals (10). The thermal process not only dries coal, it removes some of the associated inorganic species and eliminates some of the coal's oxygen as CO_2 - thus producing a dried and upgraded coal for use in advanced power generation systems (11).

(b) Power Generation

The use of coal for power generation is important, and the amount of thermal coal needed is likely to increase, strongly so in the Asia-Pacific region (12). The overall thermal efficiency of conventional pulverised fuel (p.f.) -fired power plants reaches a practical limit at 35 to 40%. To reduce the output of pollutants per unit of power generated it is necessary not only to have specific control strategies (eg. for ash, NO_x and SO_x), but also to increase the efficiency of power generation to limit CO_2 as well as other pollutants. To gain significant increases in efficiency new process concepts are being developed and demonstrated world-wide. These concepts include conventional power generation with ultra-super critical steam cycles (USCS), pressure fluidised bed combustion (PFBC) possibly using USCS, and in combined cycle with gas turbines, integrated gasification - combined cycle (IGCC), and gasifier coupled with humid air turbines or with fuel cells.

The historical and projected trend of coal-fired power station efficiency is shown in Fig. 2. There has been a steady improvement of performance up to the present day, but with a noticeable decrease, due to flue gas desulphurisation (FGD) and the

associated energy use. However the new technologies mentioned above have the potential to significantly increase efficiency (Fig. 3). The effect of the increased efficiency for the amount of power produced is shown in Fig. 4 - conventional power generation gives about 3.5 MJ per Kg CO₂ produced, whilst advanced system may increase to 5 MJ per Kg CO₂.

In Australia developments for the clean operation of power plants are shown in three ways. Firstly conventional p.f.-fired power plants are operated with the maximum practicable efficiency, with attention being given to ignition stability and complete burn-out of coal (13). Fly ash collection, by electrostatic precipitator (14) or by bag filter (15) is at a highly-developed practical stage, and development work continues. Basic research on NO_x formation and control is being used to improve furnace control and to develop better flue gas de-NO_x methods (16). Even though Australian coals are low in sulphur, experience is being gained by a major utility (Pacific Power) in full-scale plant and in related laboratory work on FGD by limestone addition (17). Fly ash disposal and utilisation methods are in operation and improvements are being researched. In particular methods to ensure trace element stability are researched (18,19), whilst improved analytical procedures for these elements are being developed (20). The dispersion of plumes from stacks and related stack height and position, can now be predicted for planning purposes (21).

The second activity is the assessment and development of advanced technologies for use in Australia. The utility Generation Victoria (formerly SECV), in cooperation with the Electricity Trust of South Australia, is developing its own version of IGCC - Integrated Drying and Gasification Combined Cycle (IDGCC), which uses the thermal dewatering process noted above, a pressurised High Temperature Winkler (HTW) fluidised bed gasifier (air blown), and hot gas filtration. The flow sheet of the IDGCC process is shown in Fig. 5 (11). The aim of IDGCC is to allow brown coal to compete with bituminous coal, at similar efficiencies and CO₂ emission, as Australia develops a common, competitive, electricity distribution system for the Eastern States of Queensland, New South Wales, Victoria and South Australia. In New South Wales the utility Pacific Power is evaluating advanced power cycles (25) with emphasis on IGCC. The gasifier will be entrained flow with ash discharge as molten slag, possible oxygen-steam blown (Fig. 6). There is already a strong program of work on process modelling, gasification reactivity, and slag viscosity measurement. Pacific Power and CSIRO plan to set up a pressurised gasification test facility (Fig. 7).

The third activity is the testing of Australia's export coals to show that they are suitable for use in the new technology. Work has been done, for example, to assess specific coals for the Dow (22), Shell (23) and CRIEPI (24) gasifiers. The Pacific Power and CSIRO work noted above will incorporate the testing of export coals, by contract with individual coal companies, and with funding supplied by the Australian Coal Association Research Program (ACARP) and the NSW State Energy Research and Development Fund (SERDF). The Pacific Power schedule (Fig. 8) shows that the operation of commercial IGCC plant is planned for after 2001 (25).

(c) Metallurgical Processes

Coal is widely used in metallurgy, for example to produce coke for iron and steel making, as a fuel in furnaces for copper and lead smelting, and in the aluminium industry (to produce electricity and to provide carbon for anodes). In all cases the coal produces CO₂ and other emissions. Increased efficiency in coal use is needed for environmental control, as well as for improved economy.

Major changes are taking place in the iron and steel industry. These changes include the replacement of conventional coke ovens with 'jumbo' ovens having zero net by-products and much improved environmental control. However there is a movement to reduce the need for coke ovens by increasingly supplying the carbon and energy needs of blast furnaces by pulverised coal injection (PCI) into the tuyeres (Fig. 9). Research on PCI is growing in Australia, by industry and by national laboratories. Indeed the very nature of the blast furnace may well change (26) as shown in Fig. 10, with a small reactor involving minimal coke use (50% + carbon as PCI) with oxygen blast and iron ore fines injected at the tuyere.

Replacement of the blast furnace is possible, using molten bath reactors with ore pre-reduction stages, such as DIOS, COREX, and HISMELT (27-29). The latter process is now at the demonstration stage in Western Australia. Similar molten bath processes (SIROSMELT and ISASMELT) are used commercially for copper and lead production.

In aluminium production, Australian industry is seeking to replace consumable carbon anodes with other materials.

For all the processes outlined above, the driving forces for development are economic and environmental - in particular the increased efficiency of coal use and the minimisation of by-product materials.

Concluding Remarks

It is encouraging that preliminary cost estimates for advanced power generation, shown in Fig. 11 (30), indicate that the new processes are economically comparable with established methods. Nonetheless the use of coal in the kinds of clean coal technologies discussed above will need much testing, process improvements, and underlying scientific effort - for example understanding the behaviour of coal in high intensity reactions is necessary and relates both to power generation and metals production (31). The necessary work can only be done with the support of industry and government, and such cooperation is developing well in Australia. Also very necessary is international cooperation. For example the CSIRO work in NO_x is carried out collaboratively with the University of Stuttgart. CSIRO is involved with Tohoku University on coal gasification reactivity studies, with funding from NEDO. CSIRO also collaborates with Korea in IGCC development. These are examples of important cooperation, and it is hoped that, in the case of Japan and Australia, where so much common understanding of coal use is necessary, that cooperative links will be strengthened.

References

1. Nakanishi, H. 'The outline of the New Coal Policy'. International coal Policy Office, AIST. Presentation to ACTT, Sydney, 1994.
2. Seminar on Clean Coal Technology, Fukuoka, 1993.
3. Fourth Japan-Australia Joint Technical Meeting on Coal, Kobe, 1994.
4. Iansiti, E. and Niehauss, F. 'Impact of Energy Production on Atmospheric Concentration of Greenhouse Gases. IAEA Bulletin, 2, 1989.
5. See events announcements in Australian Financial Review, e.g. 18th April 1994 and 5th July 1994.
6. Lockhart, N.C. 'CSIRO Takes a Lead in Coal Preparation R&D'. Colliery Guardian, Nov 1993.
7. Lockhart, N.C. 'New Coal Beneficiation Technologies' AIDAB-UNDP/PACE-E Executive Seminar, Sydney, 1993.
8. Bendit, E.G., Johnston, B.K. and Lockhart, N.C. 'Improving the Dewatering of Fine Coal and Tailings'. 12th International Coal Preparation Congress, Cracow, 1994.
9. Alfredson, P.G. and Lockhart, N.C. 'Ultraclean Coal Developments in Australia'. First Japan-Australia Joint Technical Meeting on Coal, Melbourne, 1991.
10. Anderson, B. 'Hydrothermal Drying of Brown Coal'. First Japan-Australia Joint Technical Meeting on Coal, Melbourne, 1991.
11. Johnson, T. 'New Technologies for Generating Electricity from Brown Coal' First Japan-Australia Joint Technical Meeting, Melbourne, 1991.
12. Proceedings of 'Outlook '93' Conference, Australian Bureau of Agriculture and Resource Economics, Canberra 1993.
13. Zhang, D.K., Wall, T.F., Harris D.J., Smith, I.W., Chen, J. and Stanmore, B.R., 'Experimental Studies of Ignition Behaviour and Combustion Reactivity of Pulverised Fuel Particles'. *Fuel*, 71, 1992.
14. Paulson, C.A.J. 'Gas Cleaning for Conventional and Advanced Power Cycles'. Seminar on Clean Use of Coal, Australia Institute of Energy, Brisbane, 1992.
15. Helstrom, R., DeRavin, M., Beck, R., Humphries, W., Chase, D., Lowe, A. and Martin, P., 'Joint CSIRO/ECNSW Filter Research Project'. Fourth CSIRO Conference on Gas Cleaning, Jamberoo, 1991.

16. Nelson, P.F., 'Reduction of NO_x Emissions from Stationary Combustion Sources'. Fourth CSIRO Conference on Gas Cleaning, Jamberoo, 1991.
17. Sligar, N.J. 'Combined Removal of Particulates and SO_x Using Fabric Filters'. Third Japan-Australia Joint Technical Meeting on Coal, Brisbane, 1993.
18. Paulson, C.A.J., Dale, L.S. and Lavrencic, S.A., 'Trace Element Distributions in Conventionally and Highly Beneficiated Coals, and their Environmental Significance'. Proc. 1st International Conference on Combustion Technologies for a Clean Environment, Vilomoura, 1991.
19. Jones, D.R. 'The Leaching of Major Trace Elements from Coal Ash'. In 'Environmental Aspects of Trace Elements in Coal', Swaine and Goodari, (eds). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht (in press).
20. Dale, L.S. and Riley, K.W., 'New Analytical Methods for Determining Trace Elements in Coal.' 6th Australian Coal Science Conference, Newcastle, 1994 (to be published).
21. Carras, J.N., Lange, A.L., Thomson, C.J. and Williams D.J., 'Field Measurement of Plume Behaviour in the Hunter Valley/Central Coast Region of New South Wales'. Proc. 11th International Conference of the Clean Air Society of Australia and New Zealand / 4th Regional IUAPPA Conference, Brisbane, 1992.
22. Kovacik, G. and Chambers, A.K., 'Evaluation of Canadian Coals for Gasification with Dow Technology'. Alberta Research Council, 1991.
23. Weigner, K.D., Tijm, P.J.A. and Schrijvers, F.A.M., 'Clean Power from the Shell Coal Gasification Process'. VGB-Konferenz 'Kohlevergasung', 1991.
24. Ishikawa, H., Hamamatsu, T., Moritsuka, H., Toda, H., Ishigami, S. and Furuya, T., 'Japanese Current Status of ICGCC Development'. VGB-Konferenz 'Kohlevergasung', 1991.
25. Boyd, R.K., 'IGCC Research at Pacific Power'. Fourth Japan-Australia Joint Technical Meeting on Coal, Kobe, 1994.
26. Burgess, J.M., 'Overview - Iron Making'. Australian Coal Association Research Program - Coal Utilisation Workshop, Brisbane 1993.
27. Kanamori, K. 'System Simulations, Experiments and Results on Coal and Iron Ore Behaviour on the Direct Iron Ore Smelting Reductions (DIOS) Process'. Fourth Japan-Australia Joint Technical Meeting on Coal, Kobe, 1994.
28. Kepplinger, W., Maschlanka, W. and Wallner, F., 'The COREX Process - Development and Further Plans'. COREX Symposium, 1990 (ISBN 1-874832-06-4)

29. Cusack, B.L., Taylor, I.F., Hardie, G.J. and Sahajwallah, V., 'Iron Bath Based Direct Smelting with Coal: - the Hismelt Process'.
30. Report by Working Group 'Coal Technologies for Power Stations - a Competitive Future?' The World Coal Institute, 1990.
31. Harris, D.J. and Smith, I.W. 'Particle Size and Coal Cleaning Effects on High Intensity Coal Combustion'. Seminar on Clean Coal Technology, Fukuoka, 1993.

Non – Energy (50%)

Energy (50%)

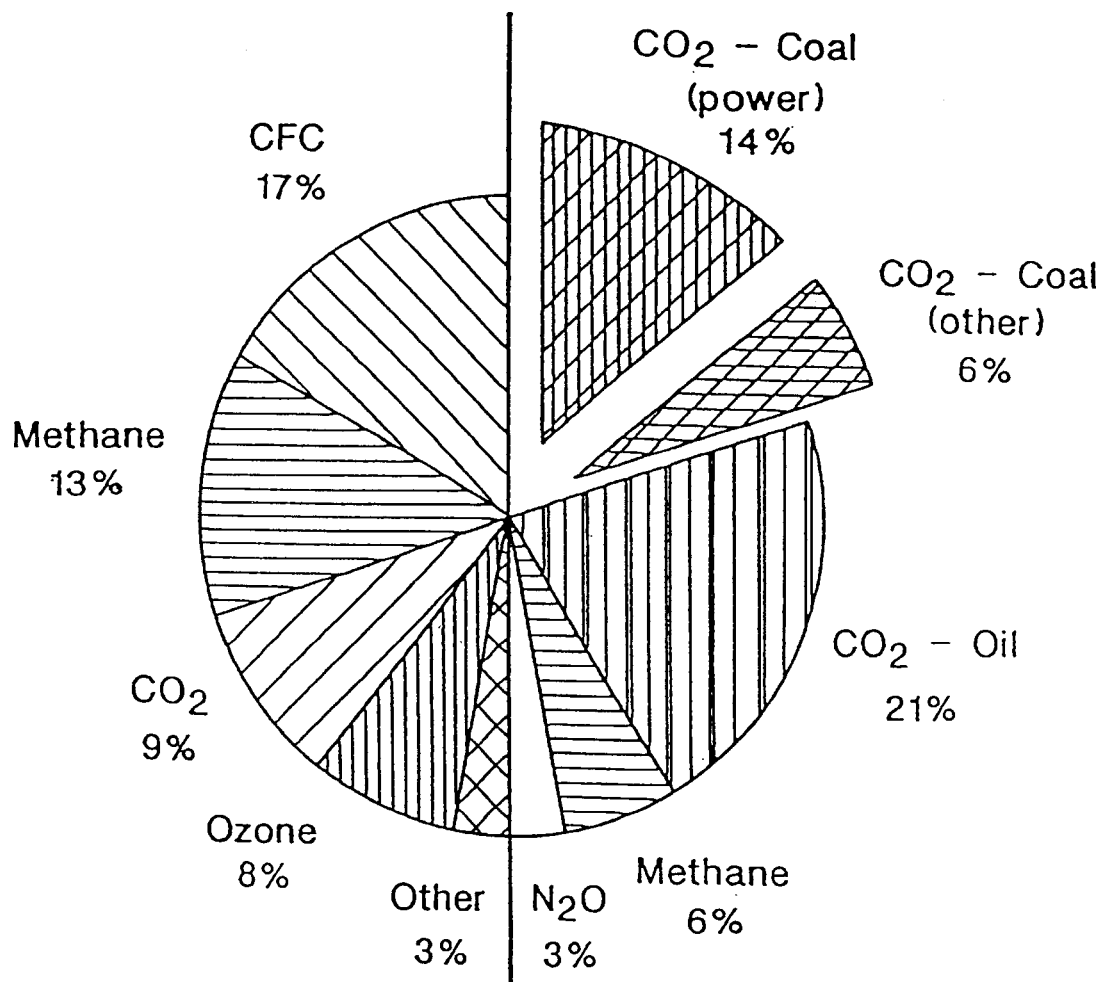


FIG.1 Influence and sources of greenhouse gas emissions

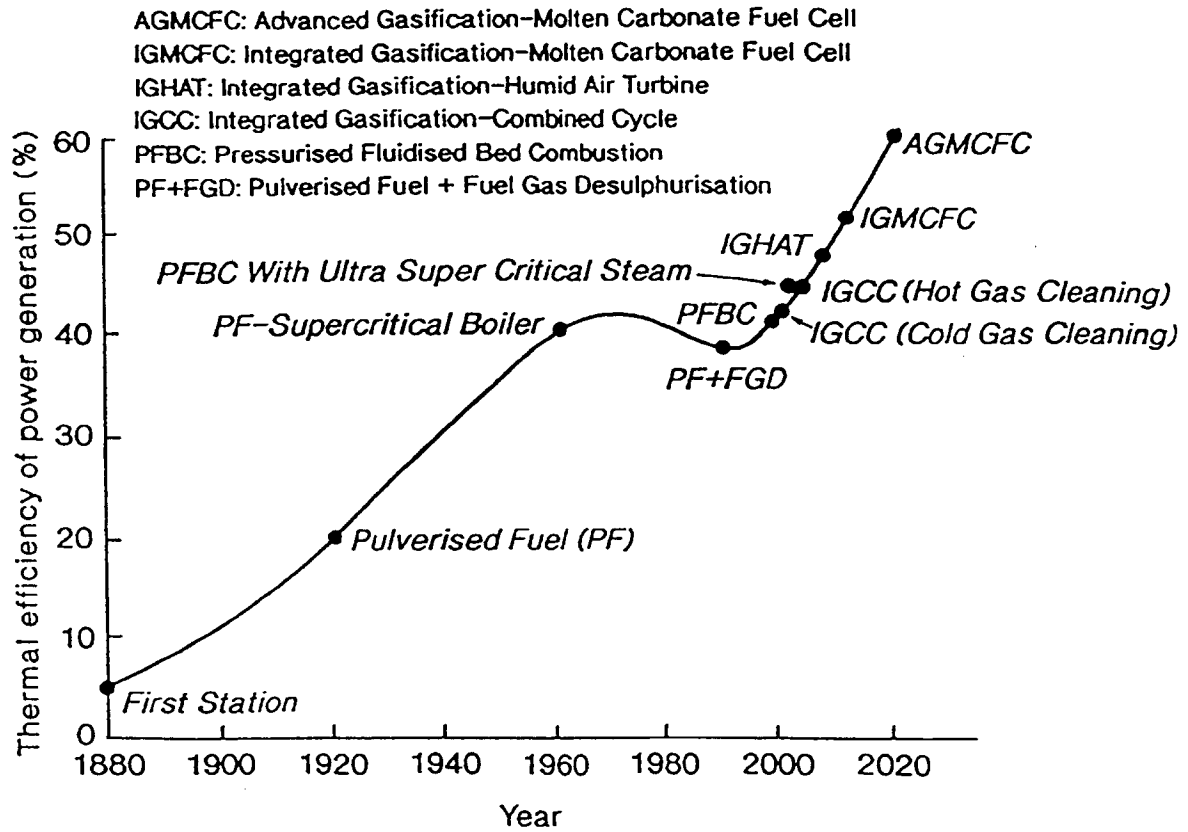


FIG.2 Past and future power generation efficiencies

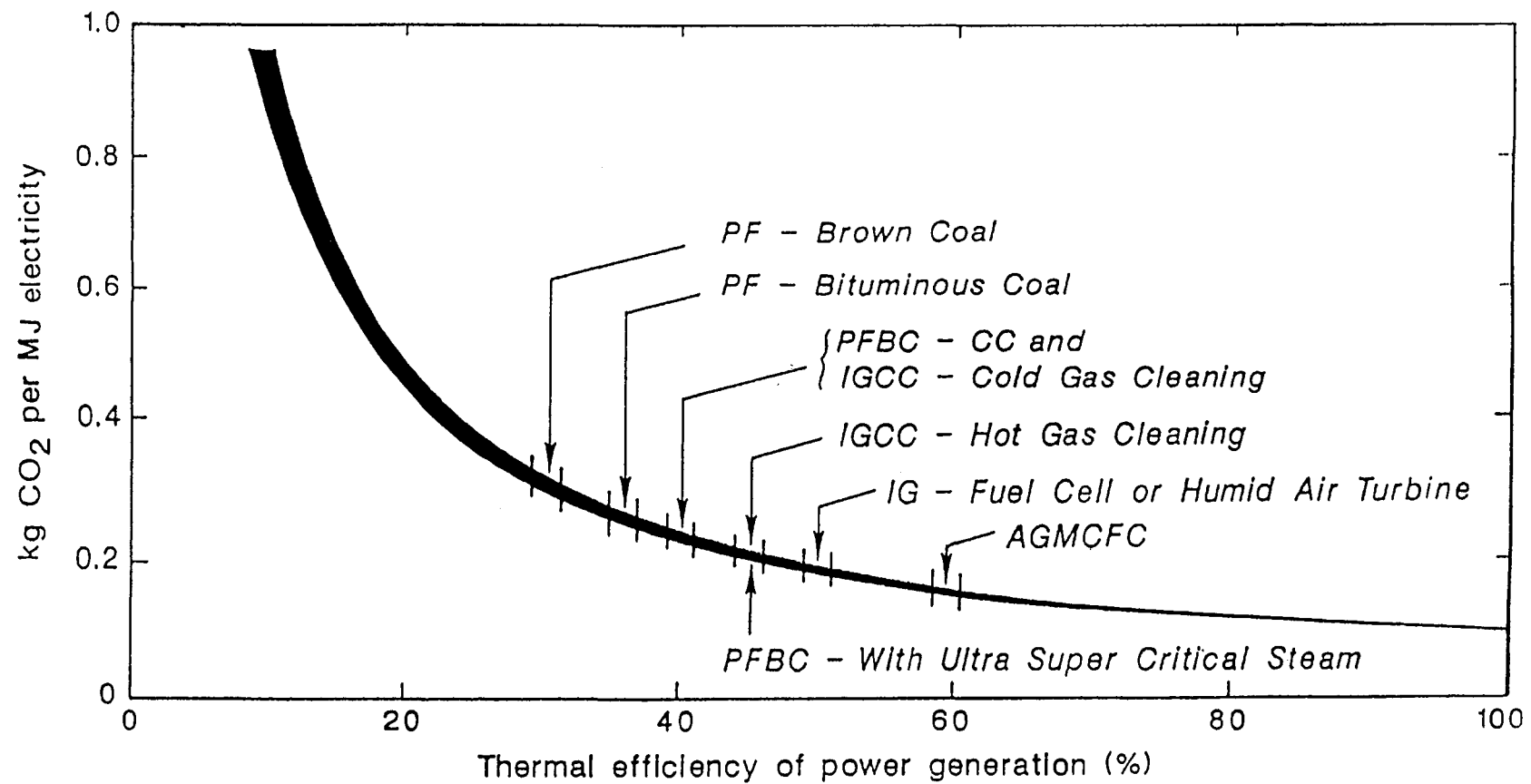


FIG.3 Efficiency of new power generated technologies and C O₂ Emissions

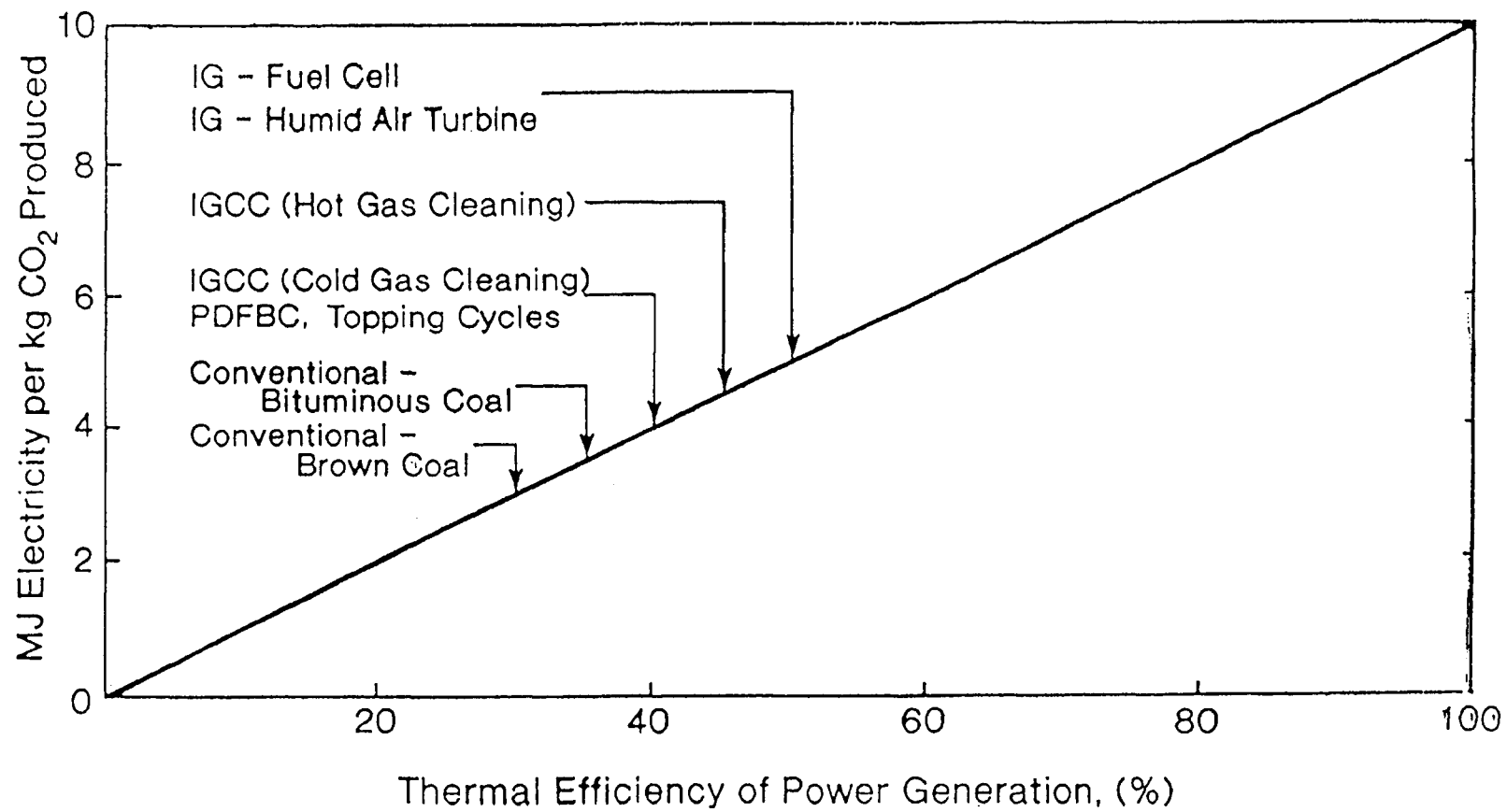


FIG.4 CO₂ emissions in power generation

FIG.5 Steam fluidised bed drying with Integrated Gasification-Combined Cycle

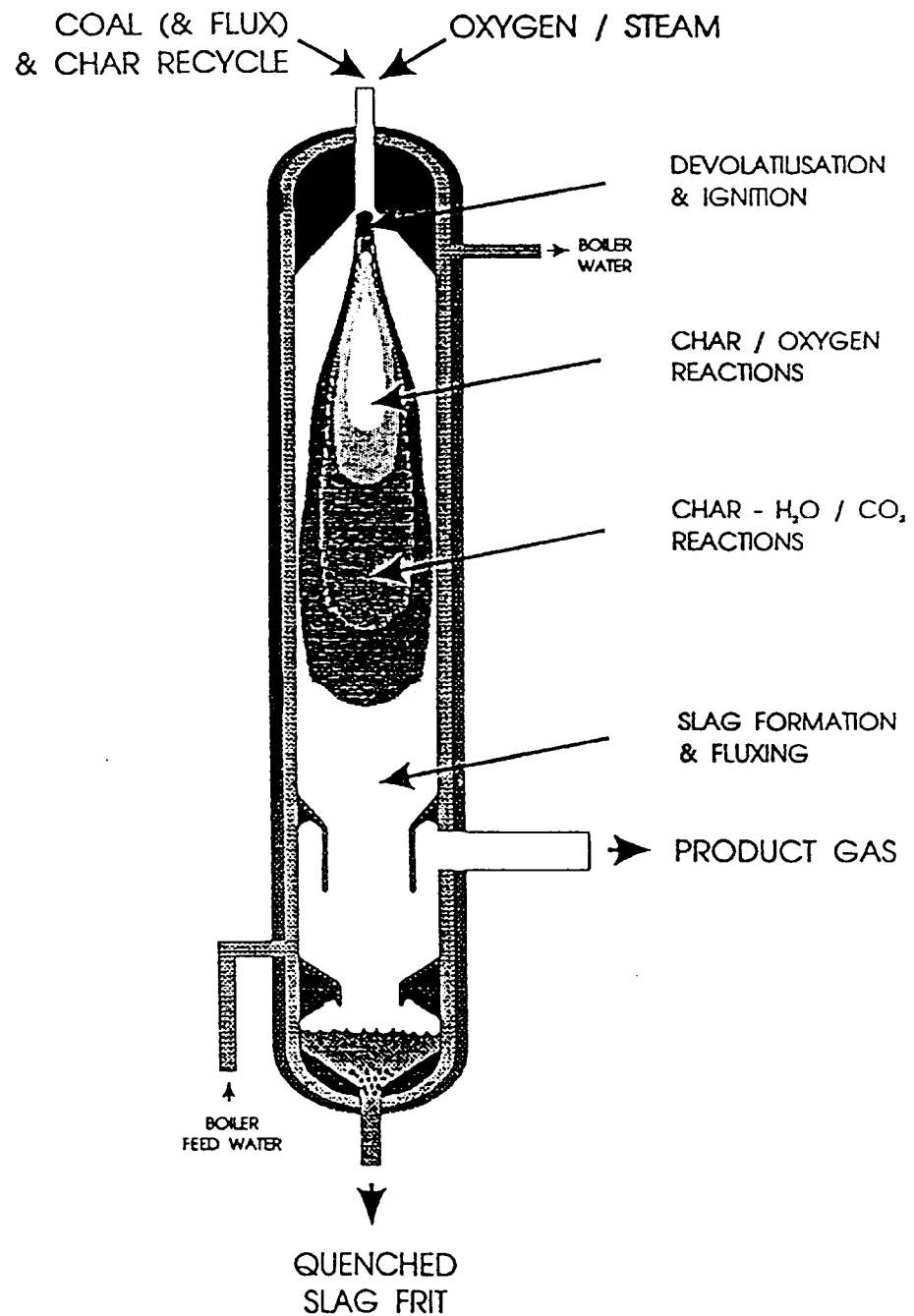


FIG.6 Entrained flow gasifier

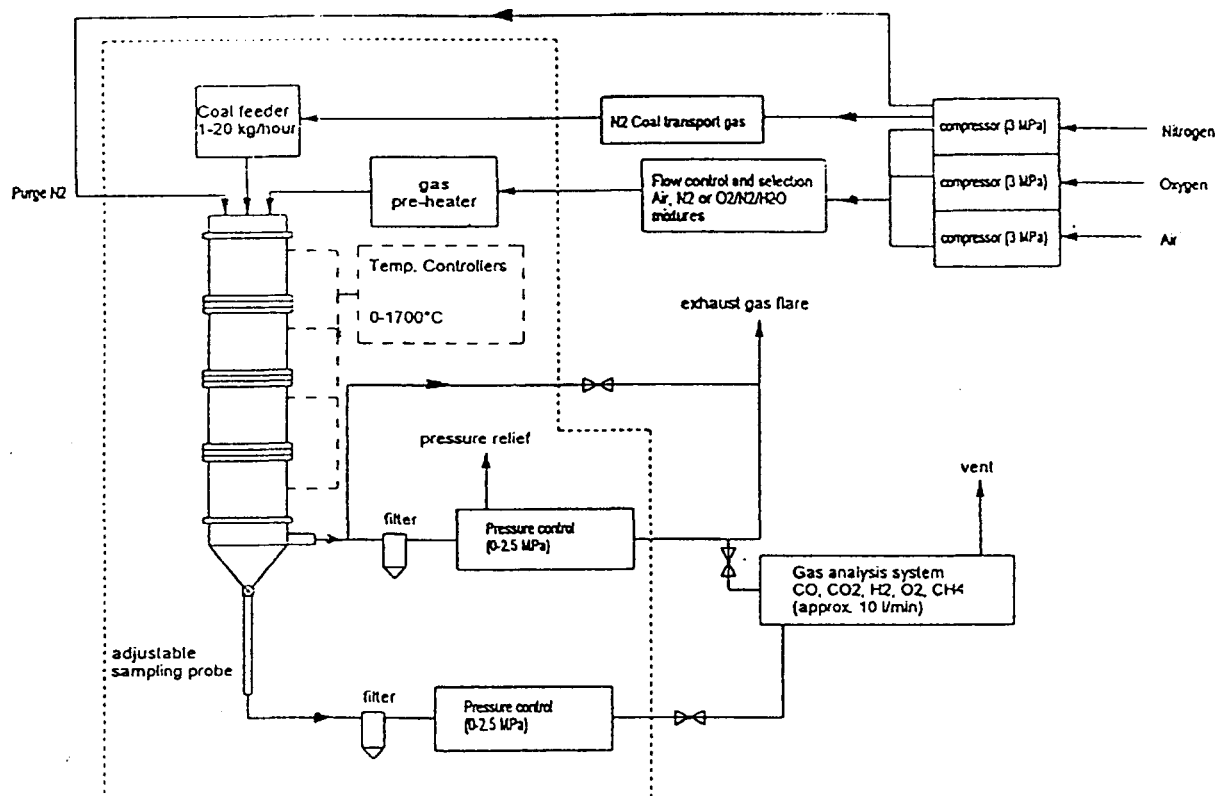


FIG.7 Flowchart of the pressurised gasification reactor test facility

IGCC DEVELOPMENT PROGRAM

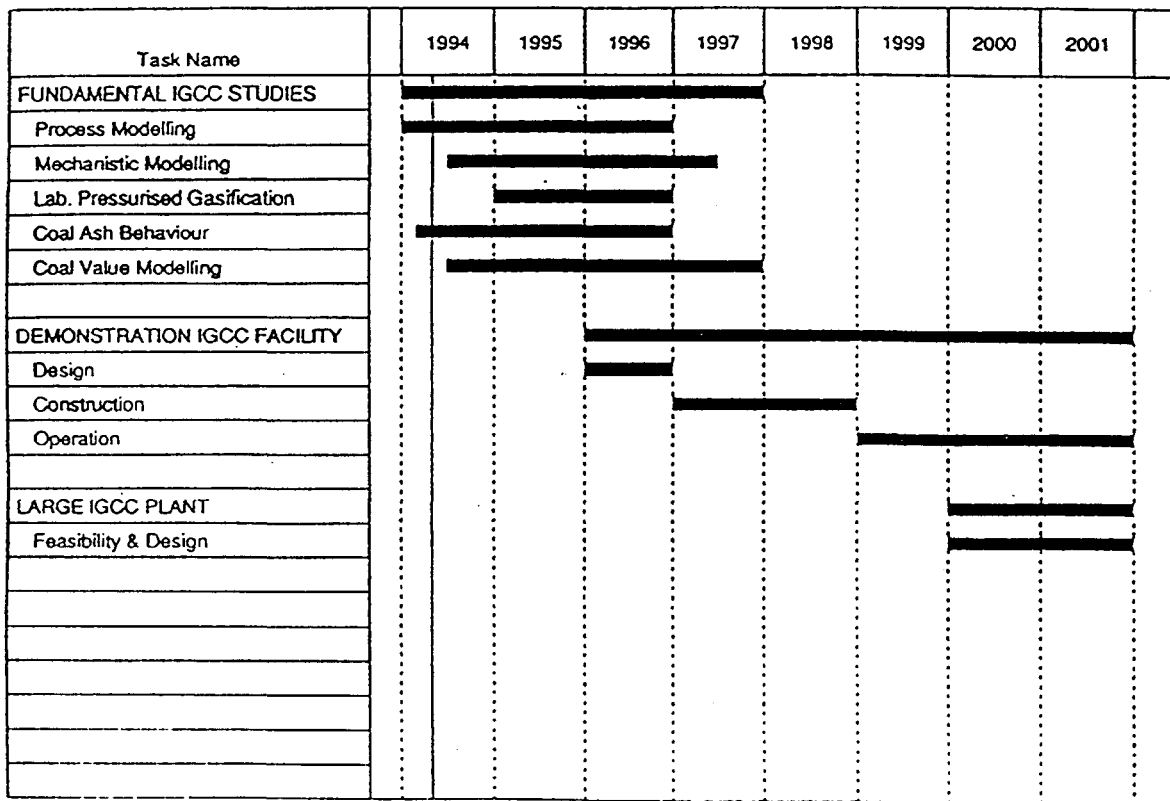


FIG.8 Schedule of planned activities on IGCC

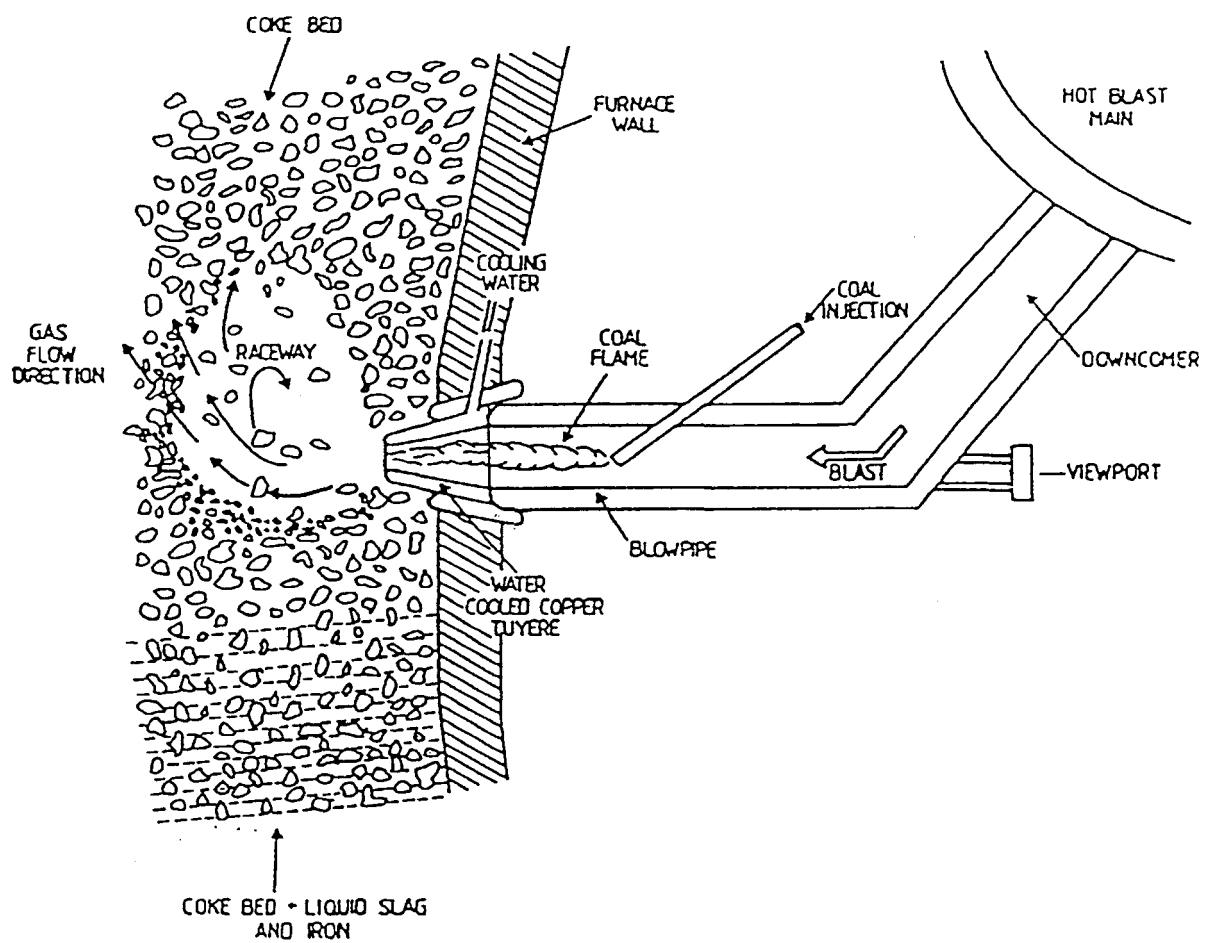


FIG.9 Air and coal injection into the blast furnace

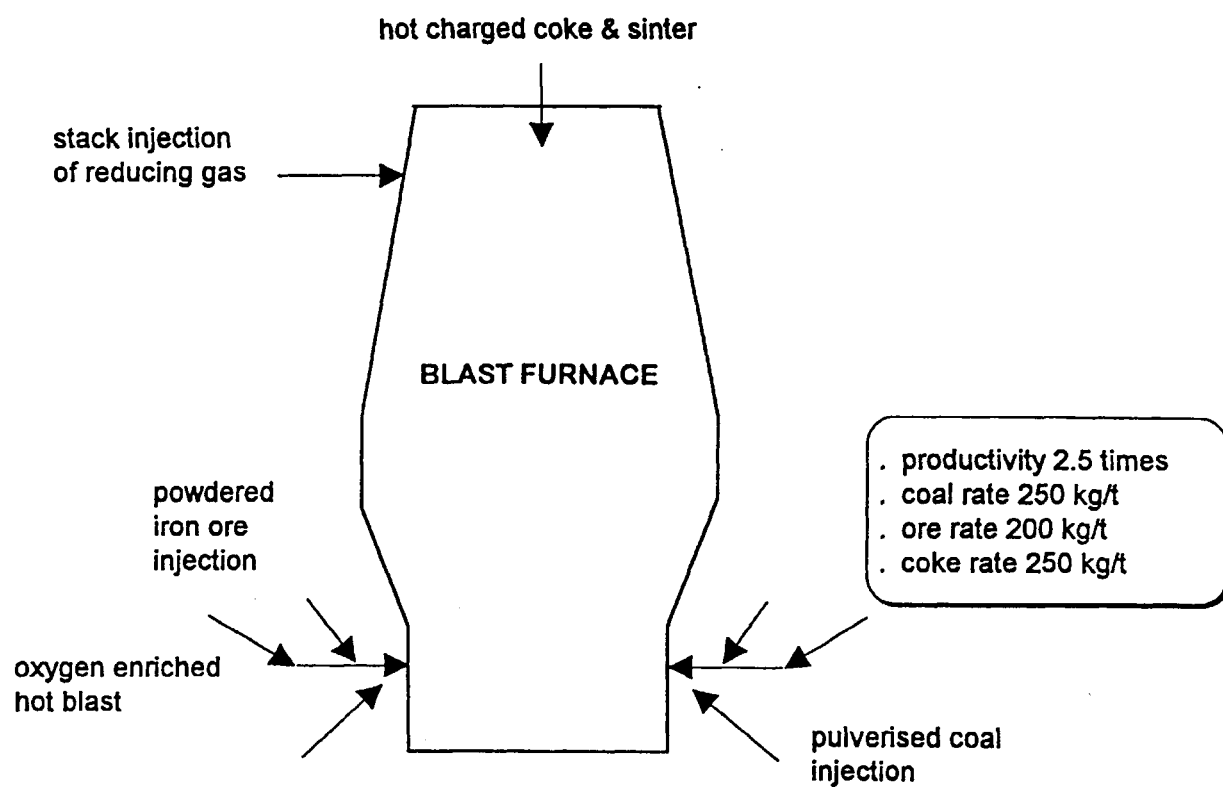


FIG.10 The future blast furnace

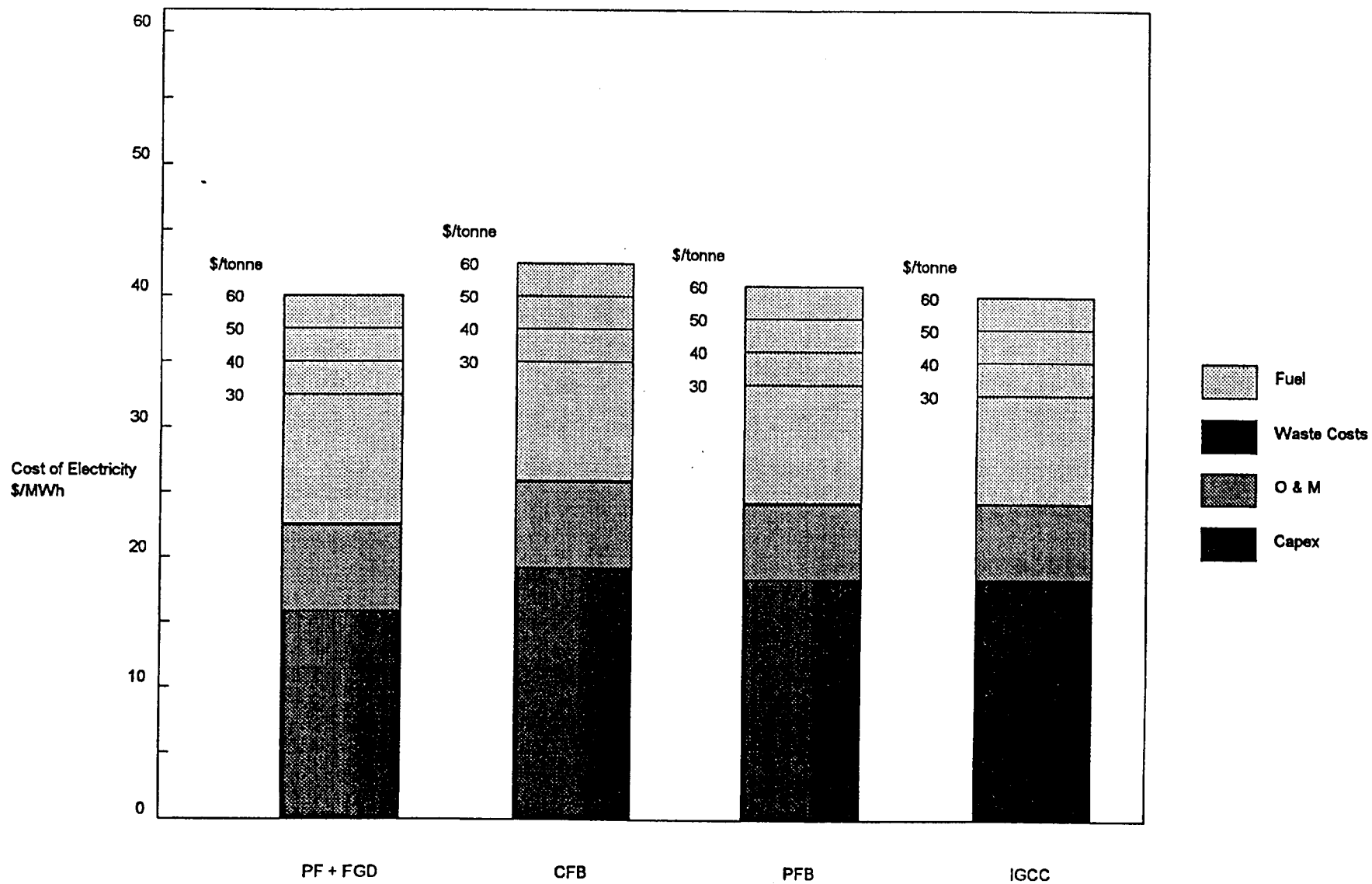


FIG.11 Cost of Electricity generation 400MW

Commodity	Resources (EJ) ⁺					
	Demonstrated		Inferred	Production 1989-90		Resource Life
	Economic	Subeconomic		(EJ)	% of Total Energy Production	(Years)
Black coal	1372	54.0	Very Large	4.70	51.3	300
Brown coal	418	26.0	1840	0.46	5.0	900
Petroleum:						
crude oil	14.0	2.7		1.18	12.9	12
natural gas	40.6	44.6		0.78	8.5	50
LPG	3.0	1.3		0.10	1.1	30
Shale oil		174.5	1563	-	-	-
Uranium	265	32.5	220.1	1.94	21.2	140

✦ EJ - Exajoules (10¹⁸J)

After: Australia Bureau of Agriculture and Resource Economics,
 "Projections of Energy Demand and Supply Australia 1990-91 to 2004-05", 1991, 144 p.

TABLE 1 Australian identified recoverable resources of energy minerals and fuels

マスコミ報道、セミナー会場等の記録

当セミナーについては、事前の案内並びに開催内容の記事を記載するなど、マスコミ関係も関心を寄せました。

セミナー当日の会場受付もあり、講師・主催者等の20名を除く参加者は、当初予定の250名を大幅に上回る322名（92機関・団体、32個人）に達する大盛況となりました。このような大盛況のなかで、講師の講演、質疑も熱気を帯びることとなり、予定終了時間を少々超過するほどの活気に溢れたセミナーとなりました。

地球に優しい石炭利用

来月1日 海外の研究者ら講演
道セミナー

NERO(新エネルギー・環境技術総合開発機構)道支部が主催の「クリーン・コール・デー」が、道庁庁舎(旭川市)で開かれ、同セミナーが、旭川の朝日新聞で開かれました。旭川市は、セミナーをきっかけに、炭鉱産物を市民生活に盛り込むことにしています。

このセミナーは、九月五日(金)の朝、旭川市で開かれました。同日は旭川市で開かれ、同セミナーが、旭川の朝日新聞で開かれました。旭川市は、セミナーをきっかけに、炭鉱産物を市民生活に盛り込むことにしています。

東大工学部化学工学科の定員を定めた。旭川市は、旭川の朝日新聞で開かれました。旭川市は、セミナーをきっかけに、炭鉱産物を市民生活に盛り込むことにしています。

H 6 . 8 . 2 2 北海道新聞 (夕刊)

石炭を大いにアピール

来月1日 海外の研究者ら講演
道セミナー

旭川市のエネルギーとして、石炭を大いにアピールする。旭川市は、旭川の朝日新聞で開かれました。旭川市は、セミナーをきっかけに、炭鉱産物を市民生活に盛り込むことにしています。

旭川市のエネルギーとして、石炭を大いにアピールする。旭川市は、旭川の朝日新聞で開かれました。旭川市は、セミナーをきっかけに、炭鉱産物を市民生活に盛り込むことにしています。

H 6 . 8 . 2 3 釧路新聞

クリーン・コール・デー'94 北海道セミナー

開催日時 平成6年9月1日(木)午後1時～5時
開催場所 釧路全日空ホテル3F万葉(釧路市錦町3-7)
主 催 新エネルギー・産業技術総合開発機構北海道支部
財団法人 北海道地域技術振興センター
発 行 財団法人 北海道地域技術振興センター
〒060 札幌市北区北7条2丁目 北ビル7F
TEL 011(716)9168 FAX 011(747)1911
印 刷 有限会社 データ ワークス
発行日 平成6年10月