

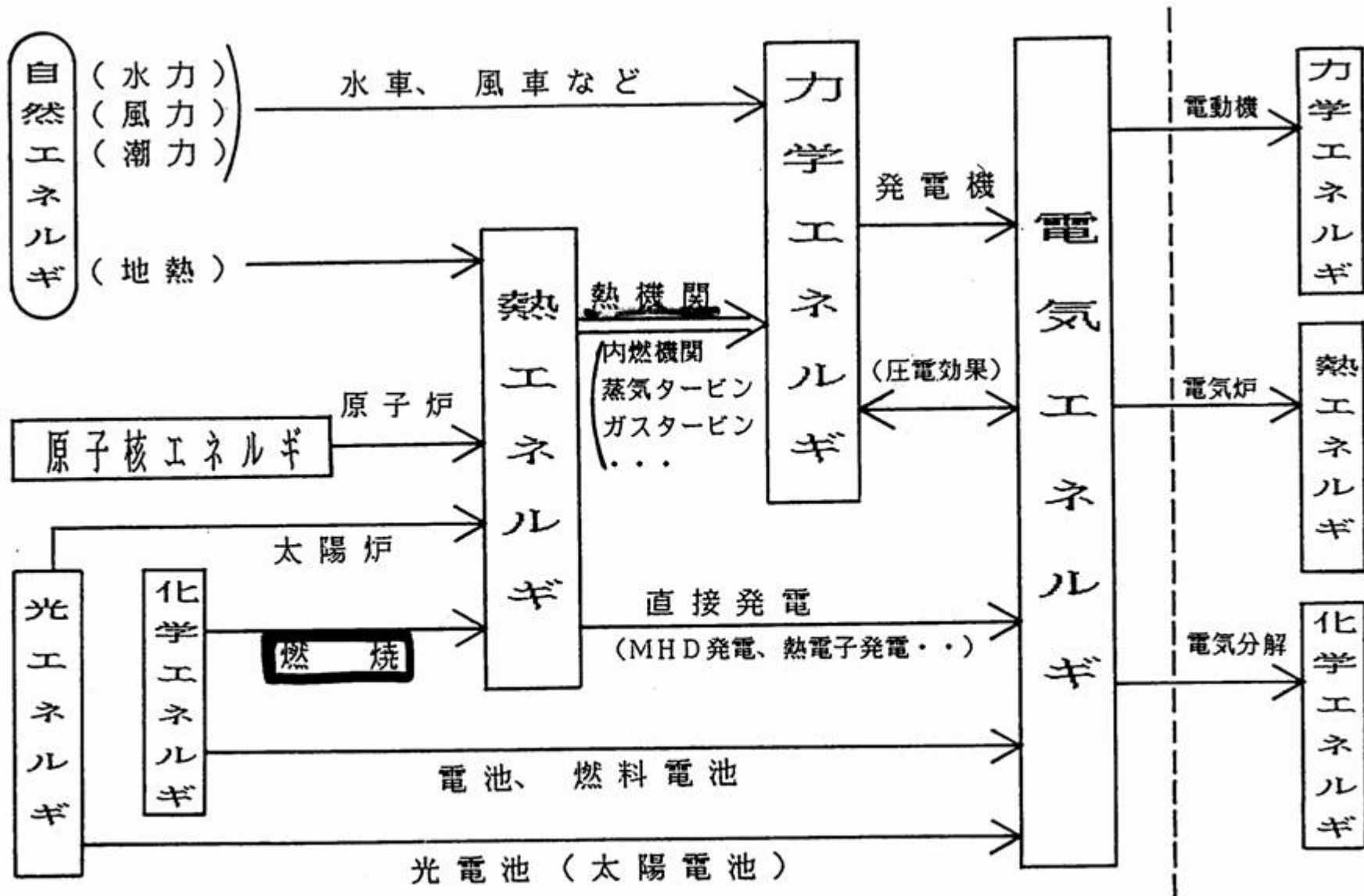
地球環境科学(第3回)

火力発電所の概要と高効率・クリーン発電システム

岡崎 健
機械制御システム専攻
(機械科学科)

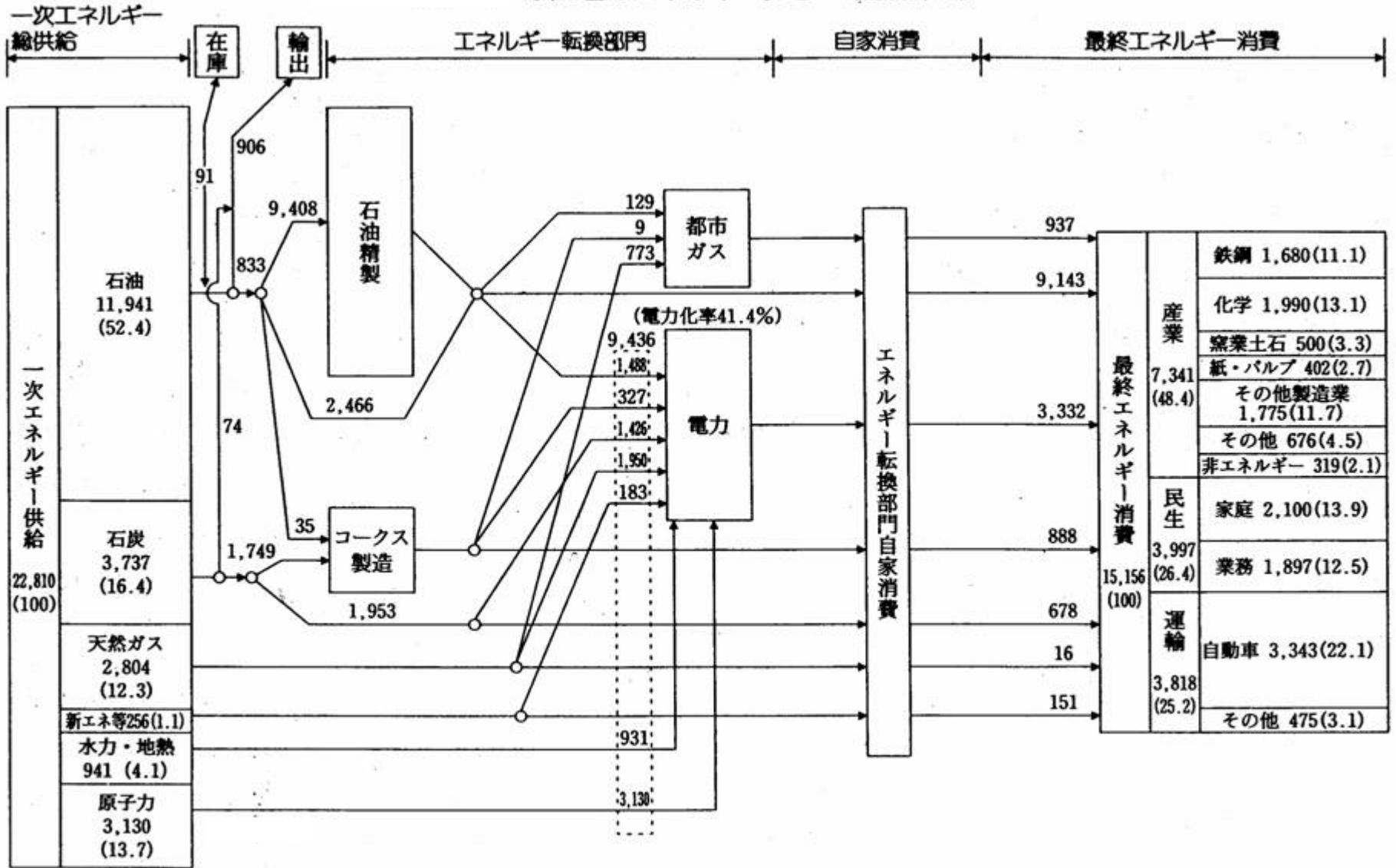
2004年10月28日(木)

1



各種エネルギー間の相互変換

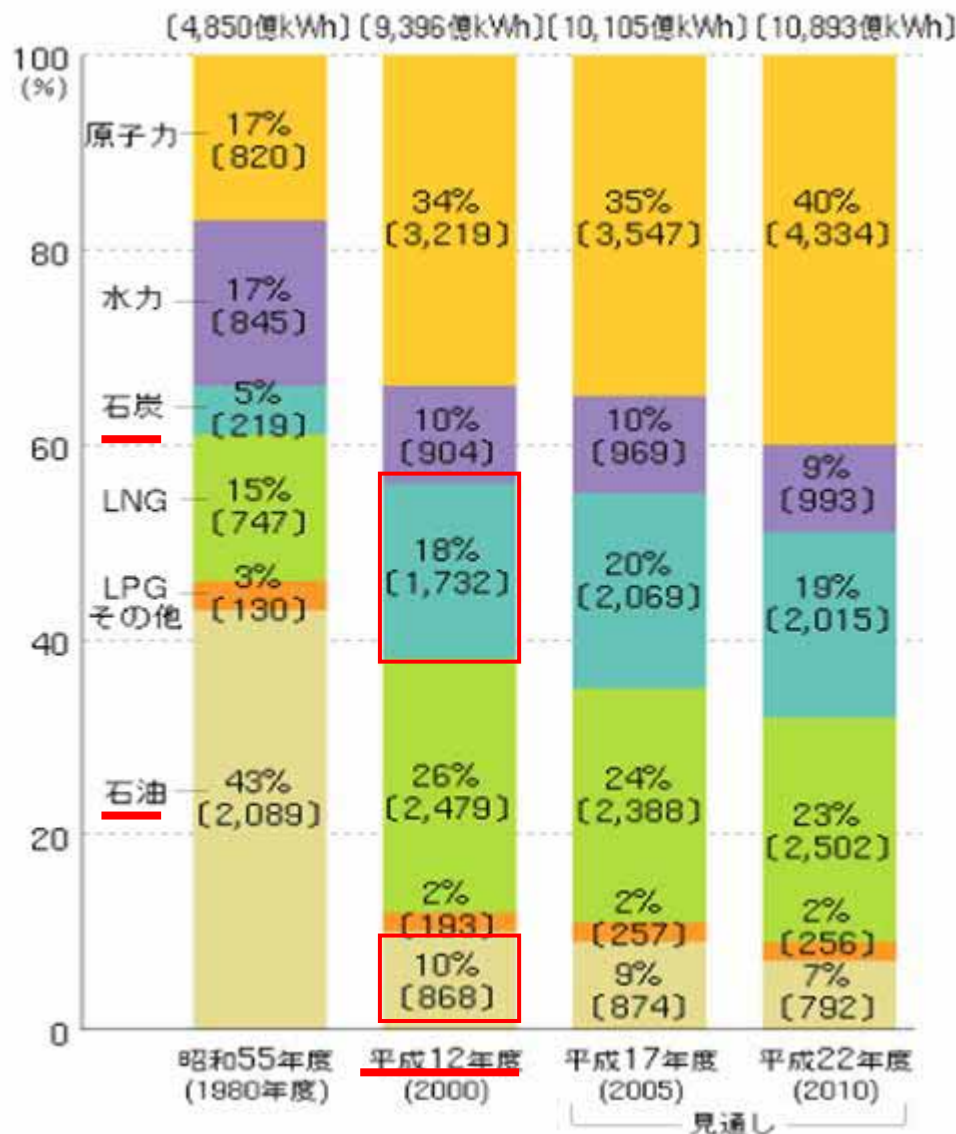
我が国のエネルギーフロー（1998年度）



(注) ・単位はPJ (ペタジュール) = 10^{15} J、() 内は%。
・エネルギー転換部門において、投入分と生成分との差は転換ロスに相当する。
・%は四捨五入の関係で、合計が100にならない場合がある。

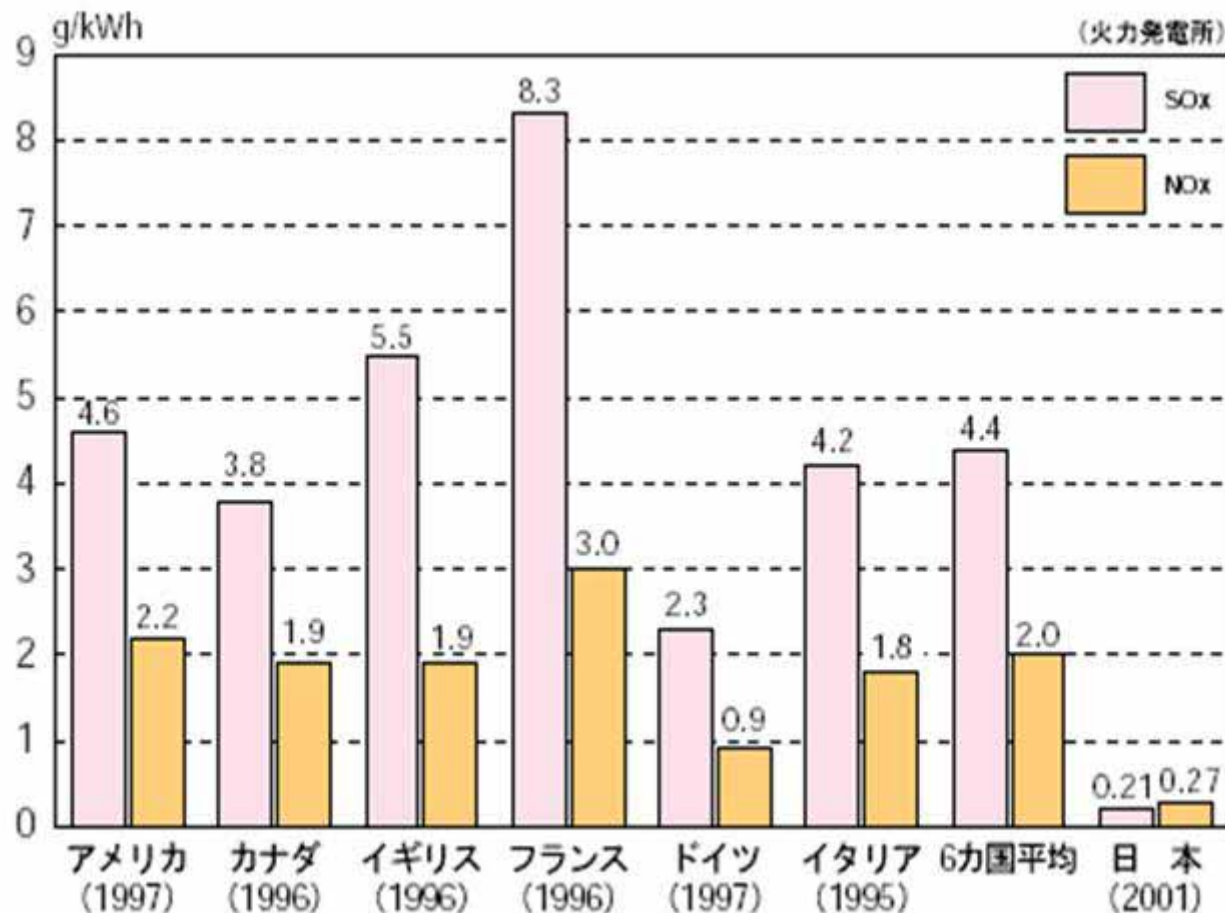
電源種別発電電力量構成比

(再掲)



主要国の発電電力量当たりのSOxとNOx排出量

(再掲)



出典：「OECD ENVIRONMENTAL DATA COMPENDIUM 1999」「ENERGY BALANCES OF OECD COUNTRIES 1995-1996, 1996-1997, 1997-1998」
日本は電気事業連合会調べ

酸性雨問題

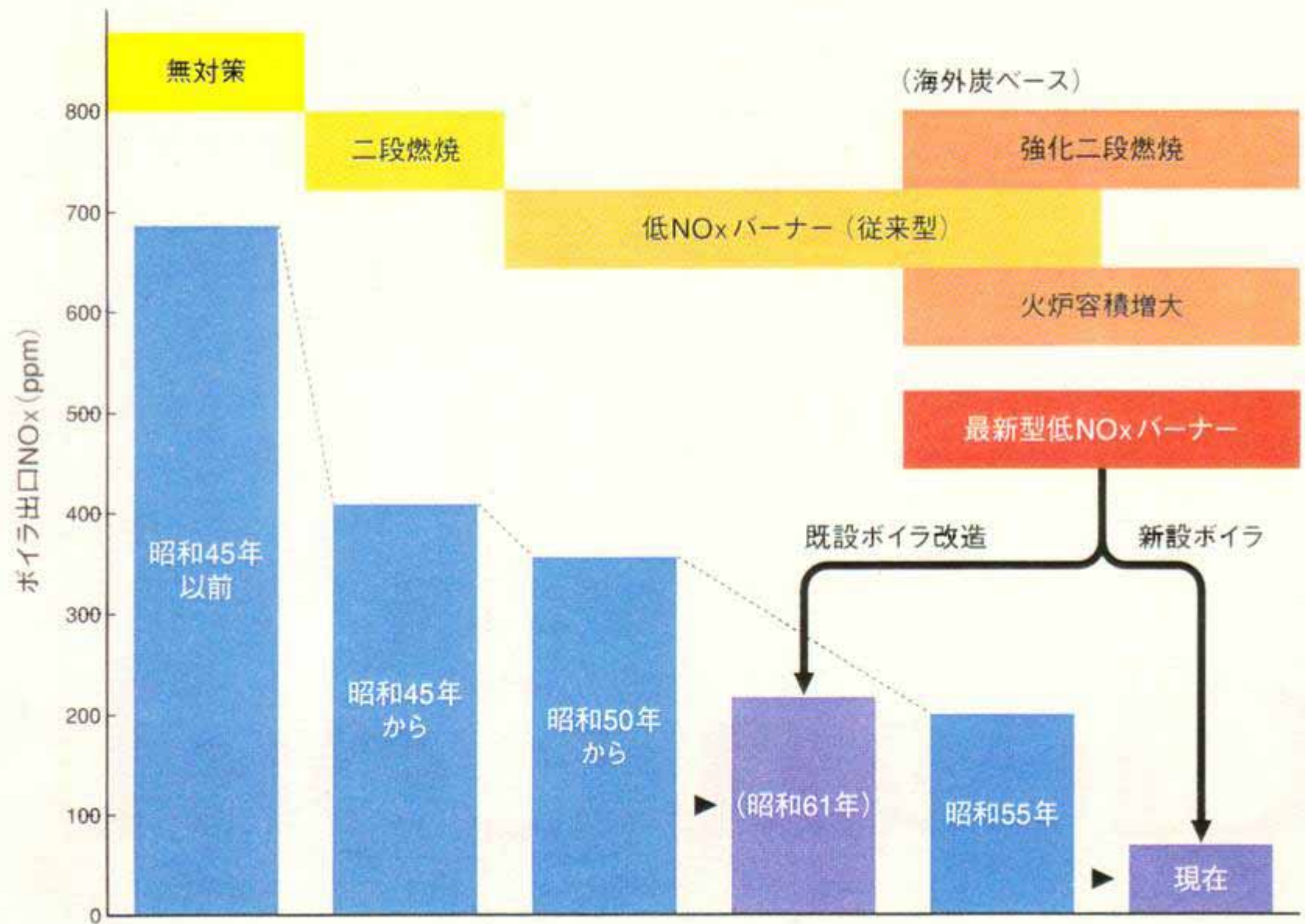
日本技術の
技術移転で
解決できる

CO₂問題

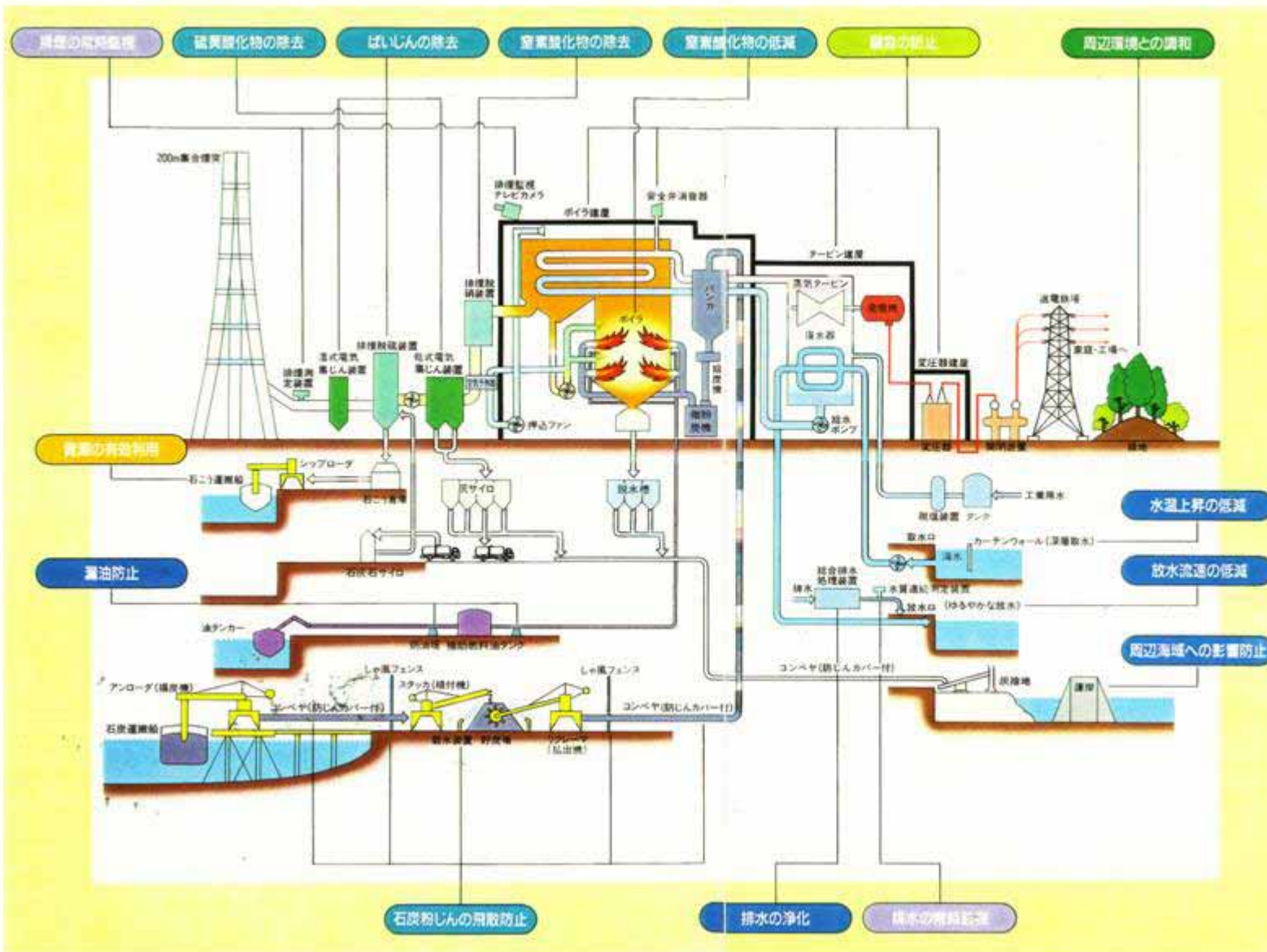
新たな
ストラテジー
が必須



石炭燃焼ボイラのNO_x対策と最新型低NO_xバーナーの効果



発電所のしくみ



しくみ

■燃料(石炭)

石油に比べ埋蔵量の豊富な石炭を貯炭場に積付し、防じんカバー付コンベヤで発電所に送られてきます。

■ボイラ

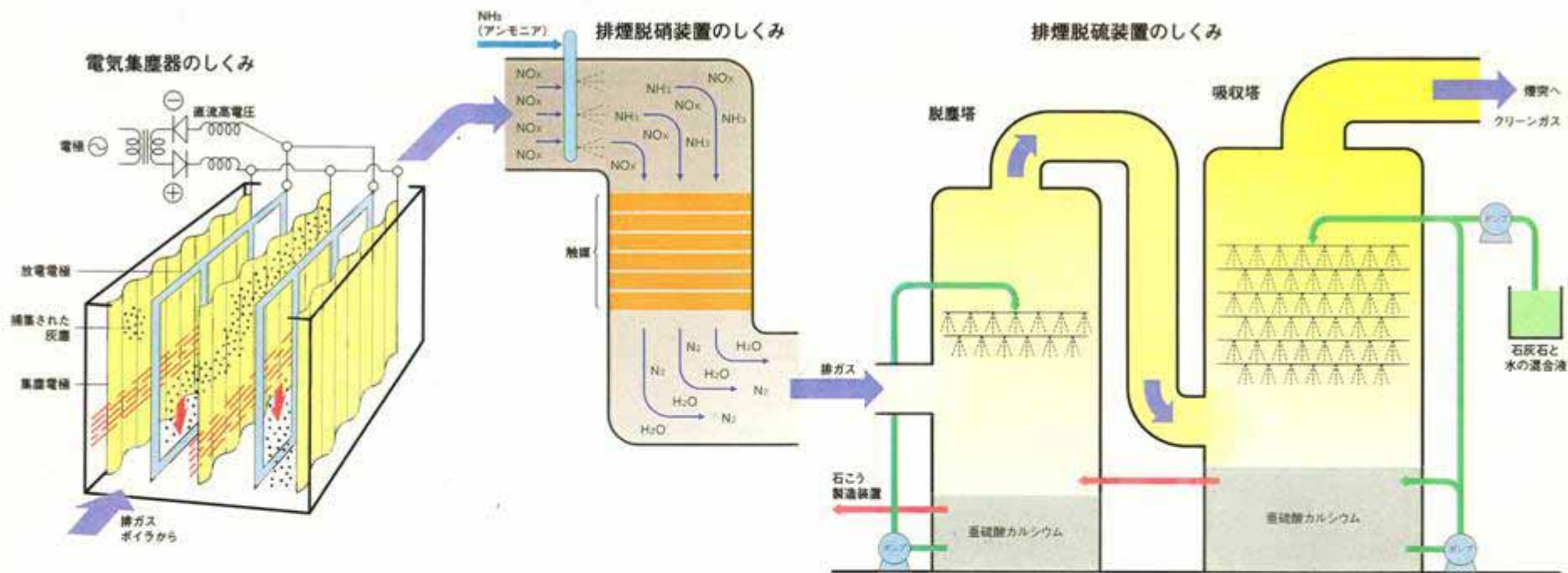
貯炭場から送られてきた石炭は、ボイラで燃焼されます。この時発生する熱によってボイラ水は、超高压・高温の蒸気となりタービンへ送られます。

■タービン発電機

ボイラで作られた超高压・高温の蒸気は、タービンとそれに直結している発電機を毎秒60回転させ、70万kWの電気を起こします。

■主要変圧器

発電機で起こされた電気は、効率良く送るために2万5千ボルトから27万5千ボルトに電圧をあげて、幸田線南線で幸田変電所に送られます。

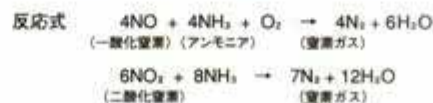


電気集塵器

高圧の電気を流した2つの電極の間に、排ガスを通すと、灰塵は(−)の電気を帯びて(+)側の電極に吸引寄せられます。電極に吸着し堆積した灰塵を、周期的な撻打によって集塵器の下部に落として取り除きます。この原理は、摩擦によって静電気を帯びた下敷などに紙やゴミが付着するのと同じものです。

排煙脱硝装置

窒素酸化物を含んだ排ガスにアンモニアを加えて、金属系の触媒(化学反応を起こさせる物質)の中を通します。排ガス中の窒素酸化物は、触媒の働きで化学反応を起こし、窒素と水に分解します。

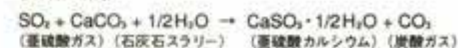


排煙脱硫装置

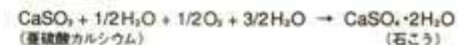
石灰石を粉状にして水との混合液(石灰石スラリー)を作り、これを排ガスに噴霧すると、排ガス中の硫酸酸化物と石灰が反応して亜硫酸カルシウムになります。この亜硫酸カルシウムを、さらに酸素と反応させて、石膏として取り出します。

反応式

【吸収工程】



【酸化工程】





電源開発(株)礪子火力発電所





運転センター

騒音発生源の建屋内への収納、または低騒音型機器の採用により騒音を抑えます。

騒音の防止

二段燃焼方式、低NO_xバーナーにより窒素酸化物の発生を抑えます。

窒素酸化物の低減

最新技術を用いたばい煙処理装置により除去を行います。

窒素酸化物の除去
ばいじん（じん）の除去
硫酸酸化物の除去

排煙監視

煙突監視カメラ

ボイラー建屋

タービン建屋

周辺環境との調和
常緑広葉樹を主体とした植栽を行います。



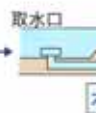
緑化



緑化

開閉所へ

深層取水
海底の冷たい海水を取り入れます。



水温監視

工業用水
工業用水タンク
純水装置

表層放水



水温監視

排水の監視

排水の浄化
沈澱・ろ過などの処理をします。

総合排水処理装置

排水

ベルトコンベア

微粉炭機



石炭ハンカ

ボイラー

乾式排煙装置

乾式排煙脱硫装置

電気式集じん装置

煙突

有効利用
有効利用
セメント原料などにリサイクルします。

石炭灰



防油堤

軽油タンク

防油堤

油タンカー

漏油防止

石炭粉じん飛散防止

密閉構造

アンローダー



石炭船

石炭サイロ

ベルトコンベア

石炭灰

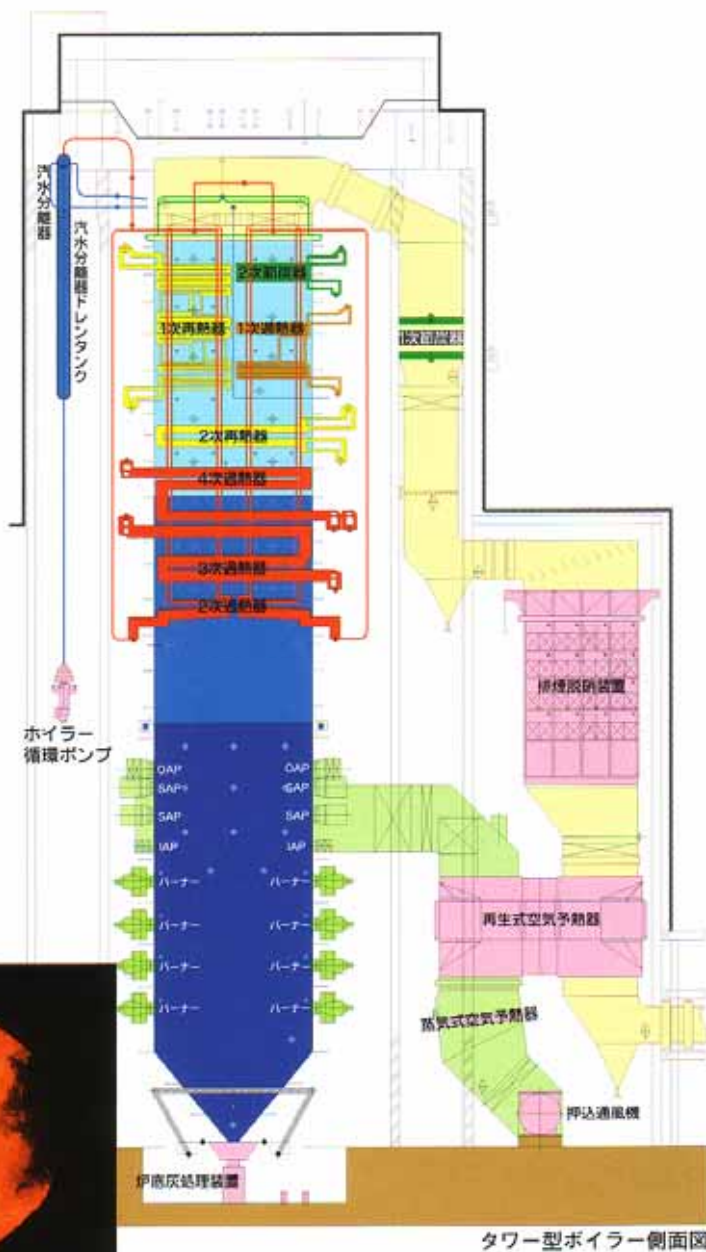
硫酸

有効利用

有効利用

セメント原料などにリサイクルします。





ボイラー内部

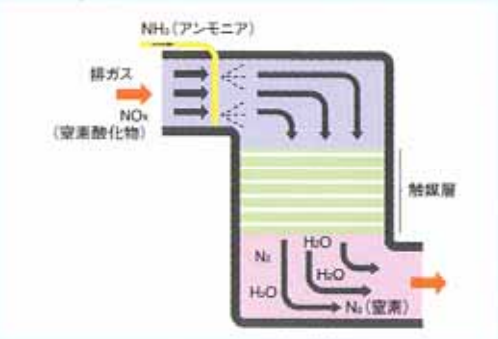
クローバー型石炭サイロ



乾式排煙脱硝装置



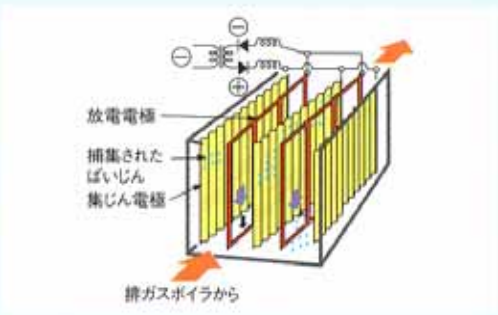
ボイラーから排出される窒素酸化物を含んだ排ガスに、アンモニアを添加し、触媒層の中を通過させます。
触媒の働きによる化学反応で、排ガス中の窒素酸化物は無害な窒素と水に分解されます。



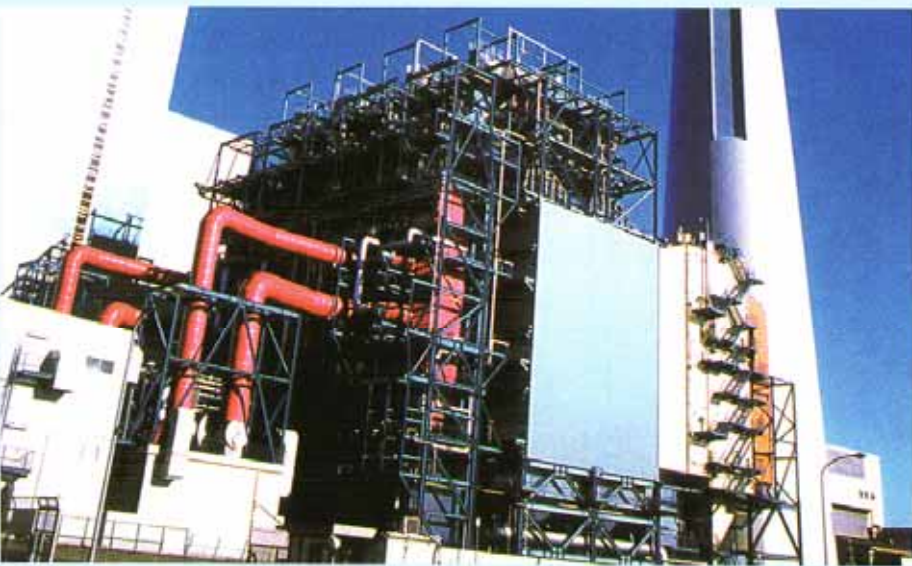
電気式集じん装置



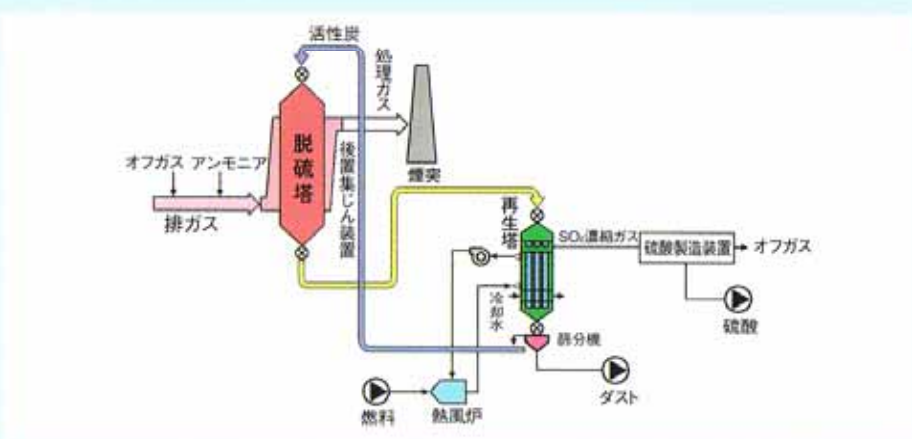
ばいじんを含んだ排ガスを、高電圧の電極間に通すと、ばいじんはマイナスの電気を帯びてプラスの電極に引き寄せられます。これは下敷きをこすると、静電気ではこりが引き付けられるのと同じ原理です。電極に付着したばいじんは周期的に電極を振動させて下に落とし取り除きます。



乾式排煙脱硫装置



活性炭を充填した脱硫塔の中に排ガスを通し、活性炭に排ガス中の硫酸化物を吸着させ、再生塔に送ります。再生塔で活性炭から硫酸化物を脱離し、活性炭は再生され脱硫塔に送られ循環使用されます。また脱離された硫酸化物は濃硫酸として回収し有効利用します。



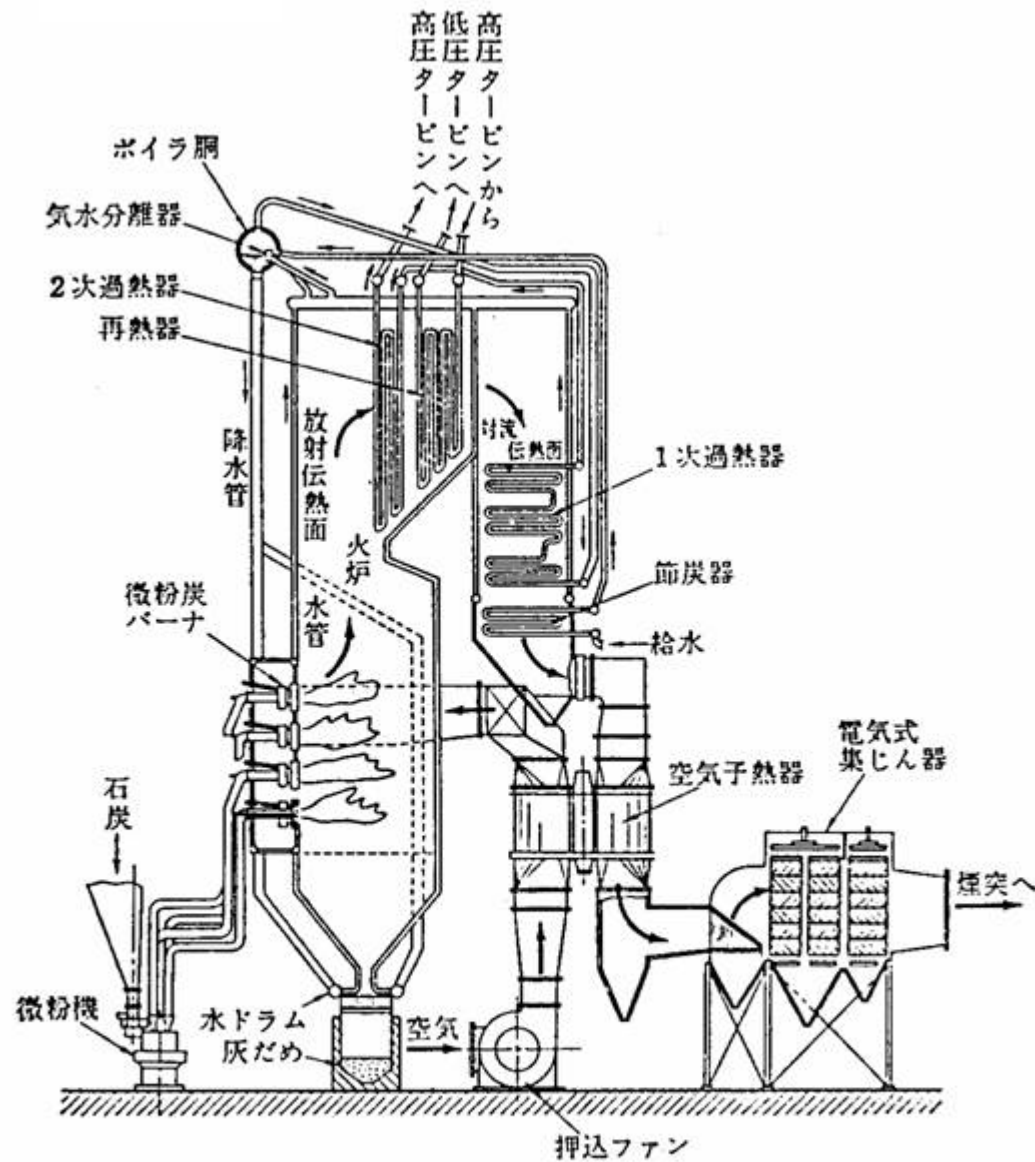
設備の概要

項 目	旧1・2号機	新1・2号機
発電出力	1号機 26.5万kW 2号機 26.5万kW 計 53万kW	新1号機 60万kW 新2号機 60万kW 計 120万kW
使用燃料	石炭（国内炭）	石炭（国内炭及び海外炭）
貯炭場	屋外貯炭場	屋内式貯炭場（サイロ式）
ボイラー	放射再熱式自然循環型	放射再熱式貫流型
排煙脱硝装置	—	乾式排煙脱硝装置 脱硝効率87.5%※ （アンモニア選択接触還元法）
集じん装置	電気式集じん装置 集じん効率99.75% 湿式排煙脱硫装置	電気式集じん装置 集じん効率99.94%※ 乾式排煙脱硫装置
排煙脱硫装置	湿式排煙脱硫装置 脱硫効率89% （石灰石-石こう法）	乾式排煙脱硫装置 脱硫効率95%※ （活性炭吸着法）
煙 突	1号機 120 m、2号機 140 m	200m（2缶集合型）
石炭灰利用	有効利用率90%以上（発生量17万t/年）	有効利用率90%以上（発生量38万t/年）
緑地面積率	15%	20%
港湾施設	揚炭岸壁・揚油栈橋×1	揚炭岸壁×1、石炭灰・揚油栈橋×1

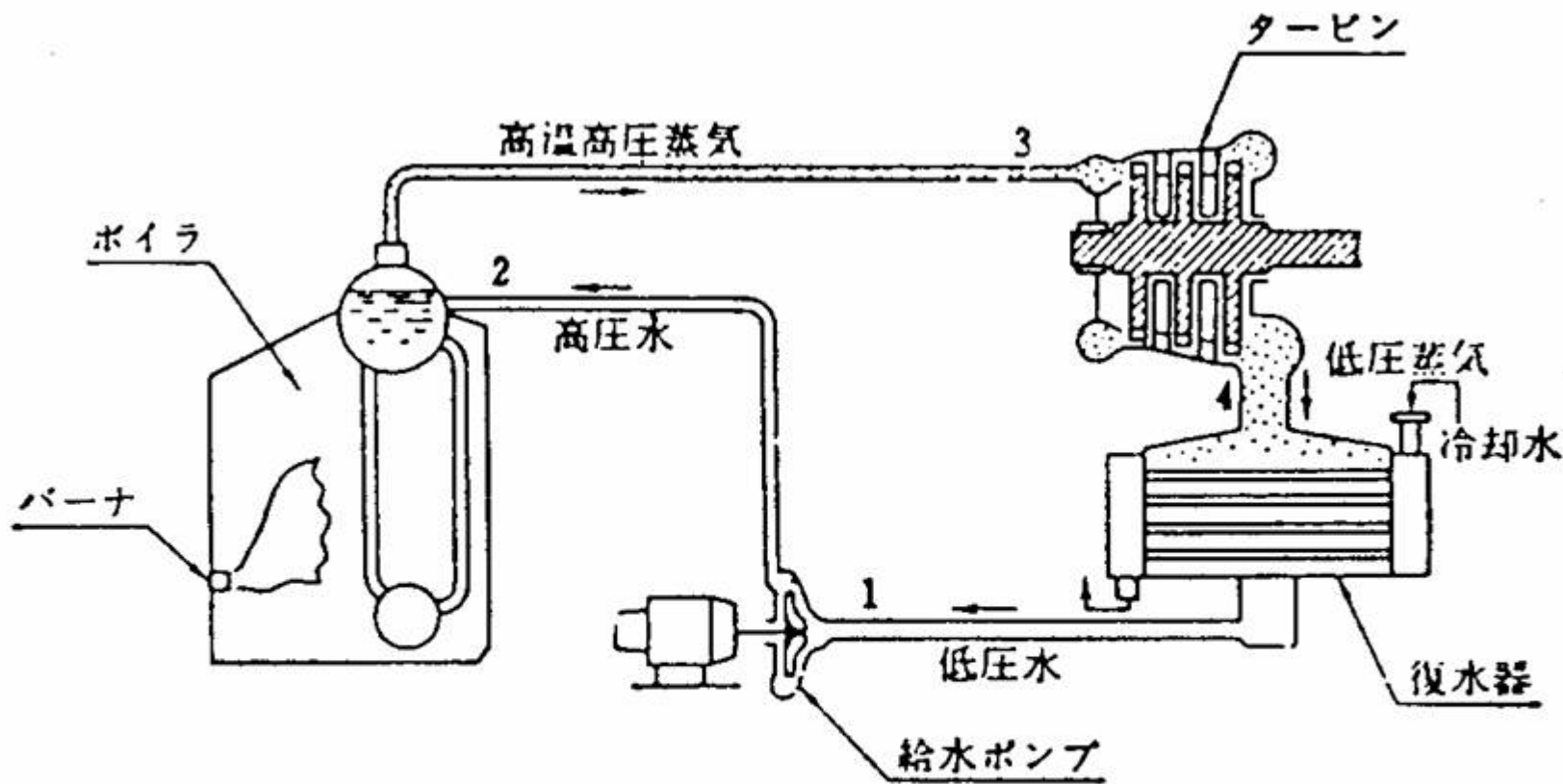
※は新1号機

ばい煙の排出濃度等の新・旧比較

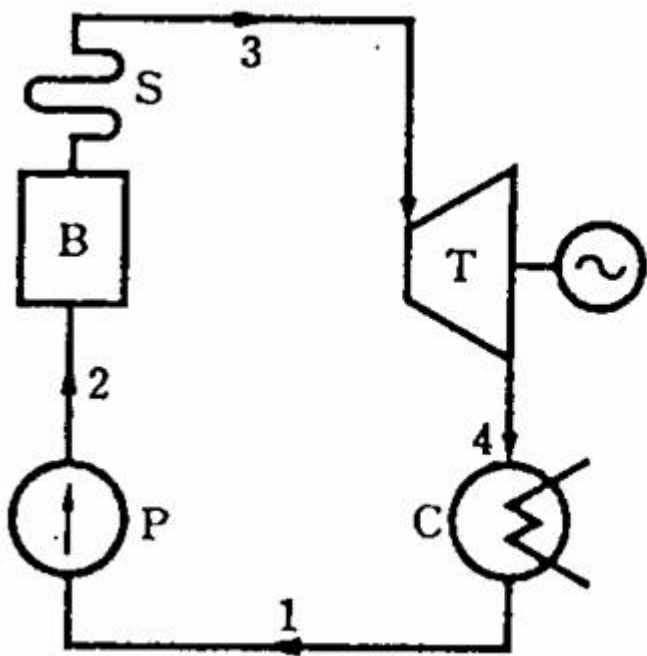
項 目	旧1・2号機	新1号機	新2号機
排出ガス量（湿ガス）	1,972,000m ³ N/h	2,000,000m ³ N/h	設計中
ばい煙の排出濃度等	窒素酸化物	159ppm	20ppm
	ばいじん	50mg/m ³ N	10mg/m ³ N
	硫黄酸化物	60ppm	20ppm



ボイラの概要

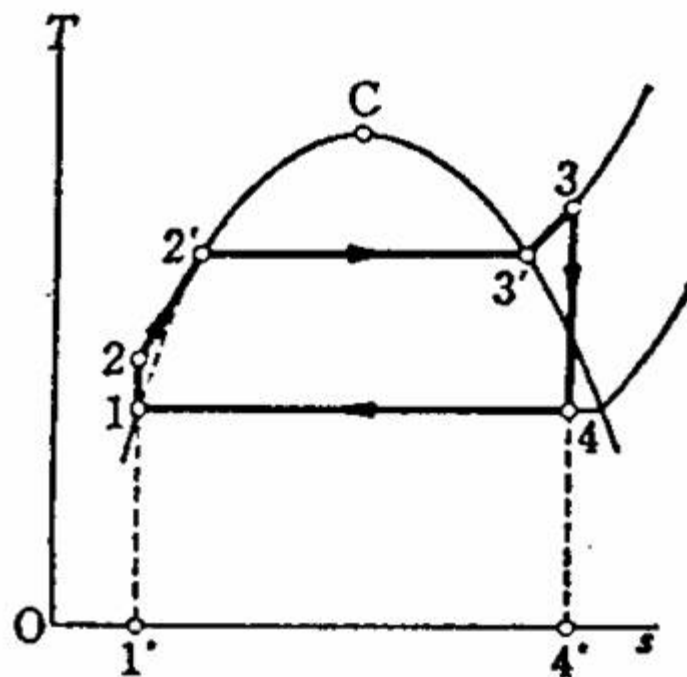


ボイラおよび蒸気タービンシステムの基本構成

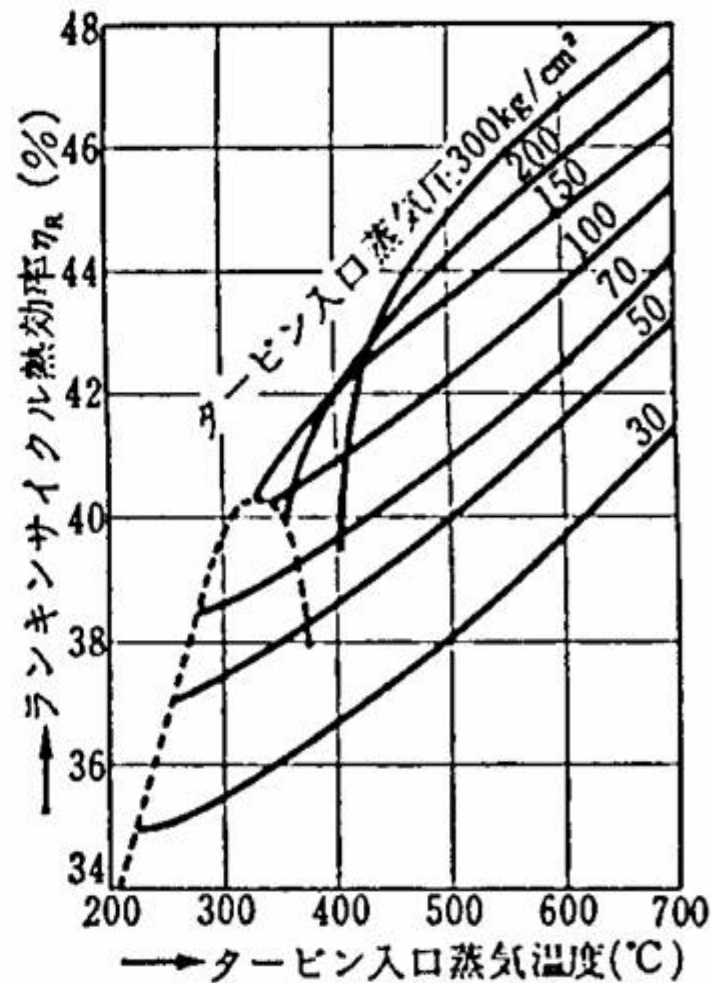
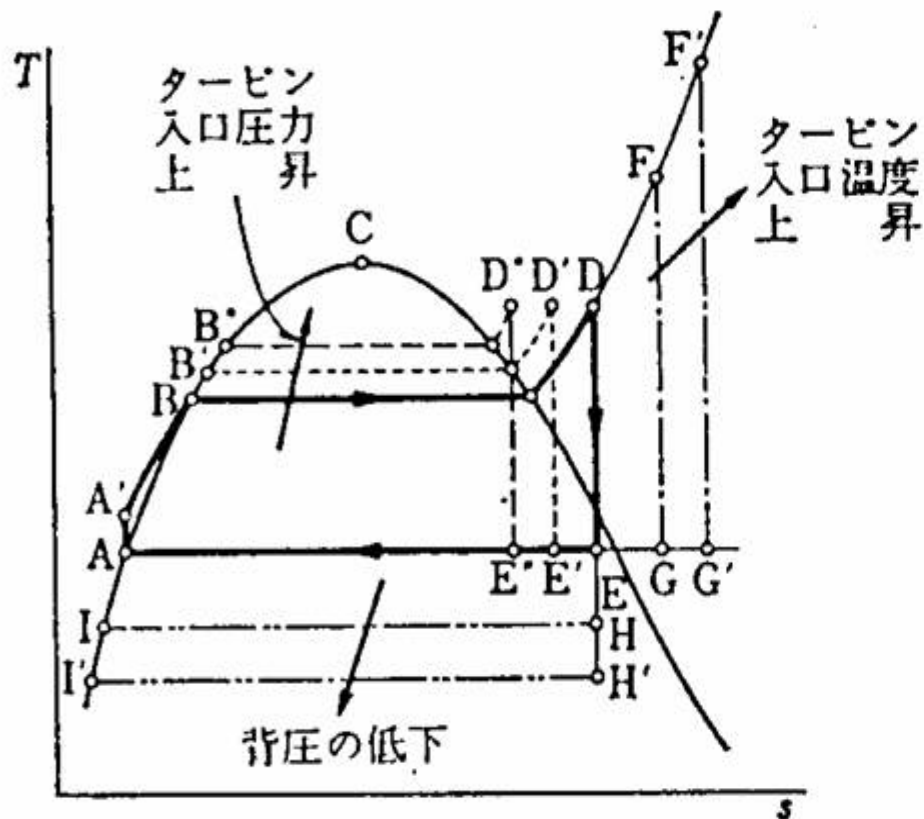


基本ランキンサイクル
蒸気タービンシステム

B : ボイラ
S : 過熱器
T : タービン
C : 復水器
P : 給水ポン



T-s 線図における
基本ランキンサイクル



ランキンサイクルノ効率向上
(タービン入口温度、圧力、および背圧の影響)

ランキンサイクルの特徴

1. 作動流体(水)の相変化

給水ポンプ : 必要仕事が極少

(液相: 体積変化極小、 $dW = PdV$)

蒸気タービン: 外部仕事を大きくとれる

(気相: 断熱熱落差が大きい)

2. 復水器(コンデンサー)

蒸気タービン出口圧力が非常に低い(~ 0.05 atm)

→ 外部仕事量が大きい

3. 回転機関

作動流体の単位質量当たりの出力が大きい

4. 蒸気の有効利用

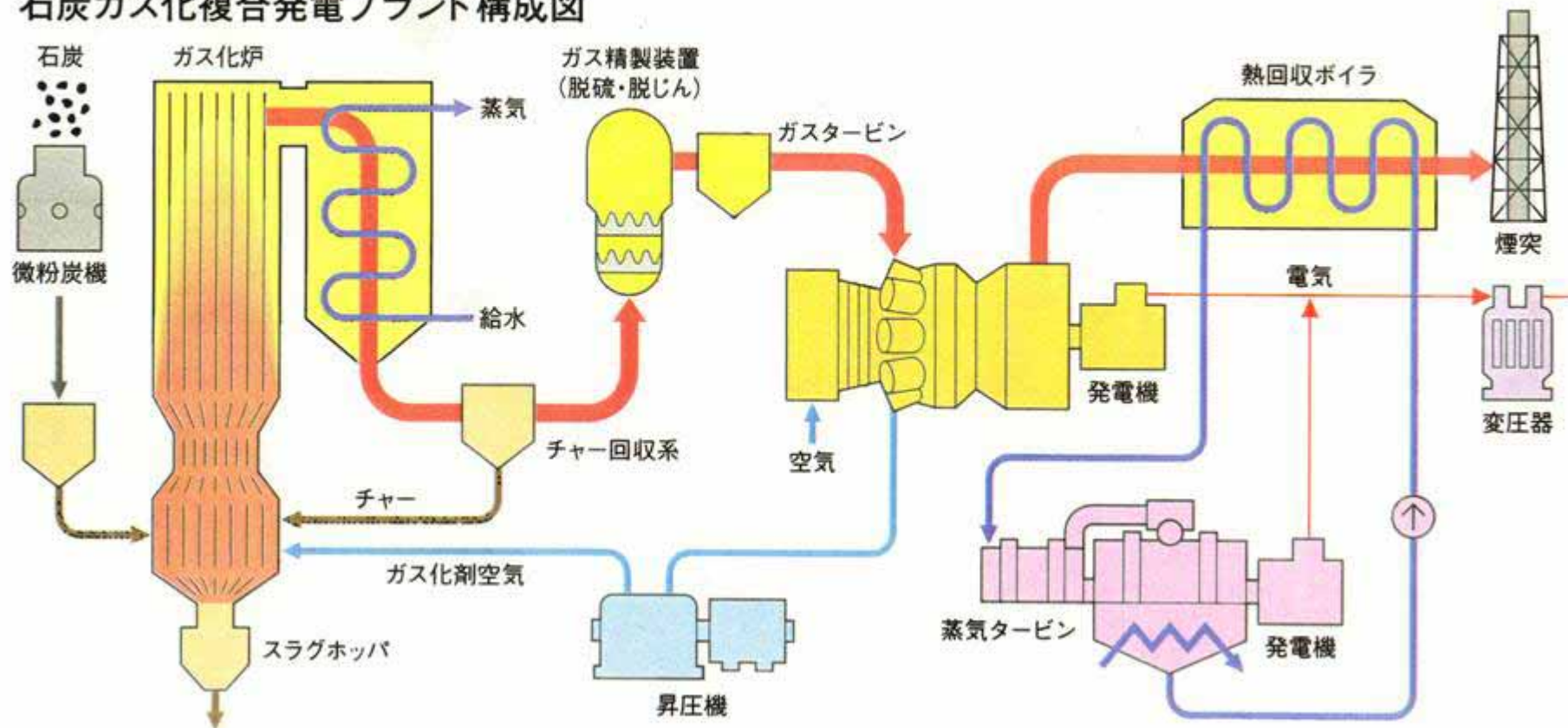
コージェネレーション、分散型エネルギーシステムが組める

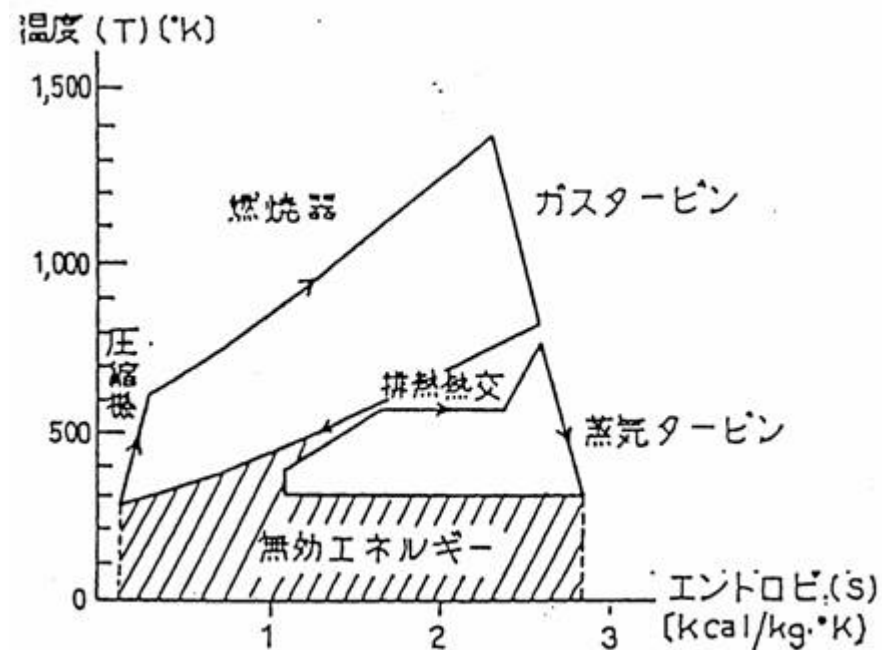
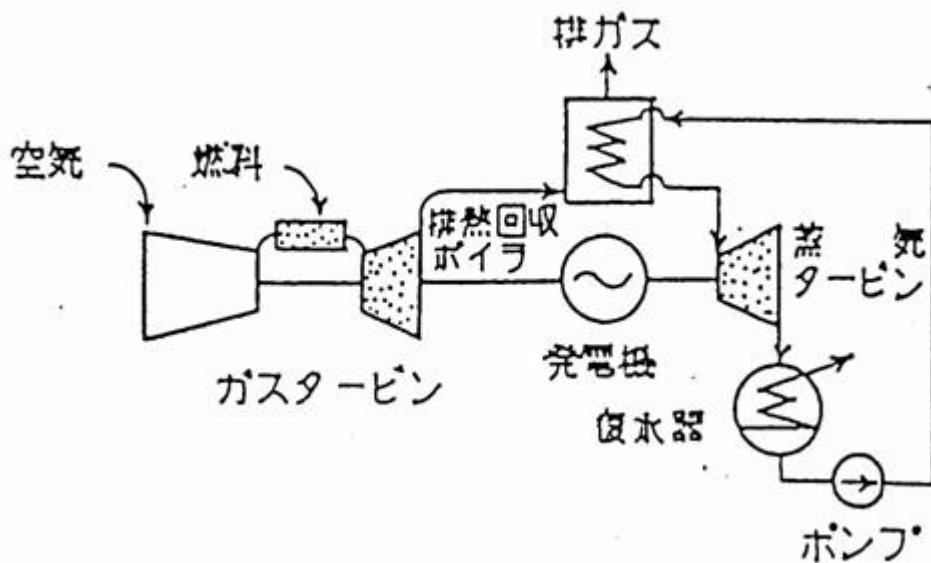
5. 外燃機関

熱源(燃料源)の多様化への対応が容易

石炭ガス化ガスタービン発電システム

石炭ガス化複合発電プラント構成図

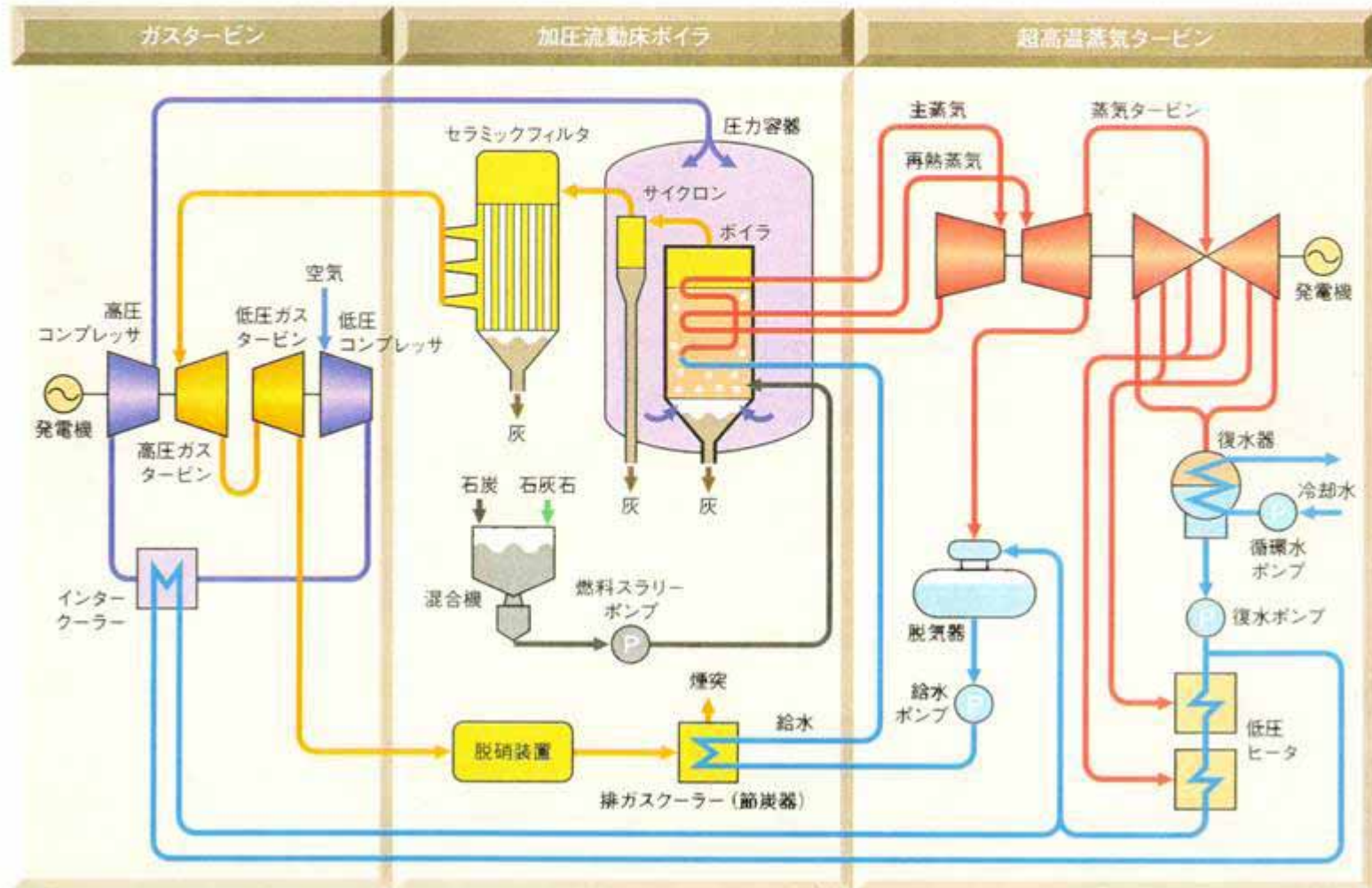




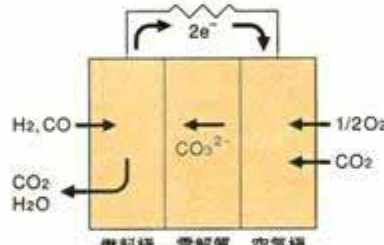
複合サイクル(コンバインドサイクル)の基本構成

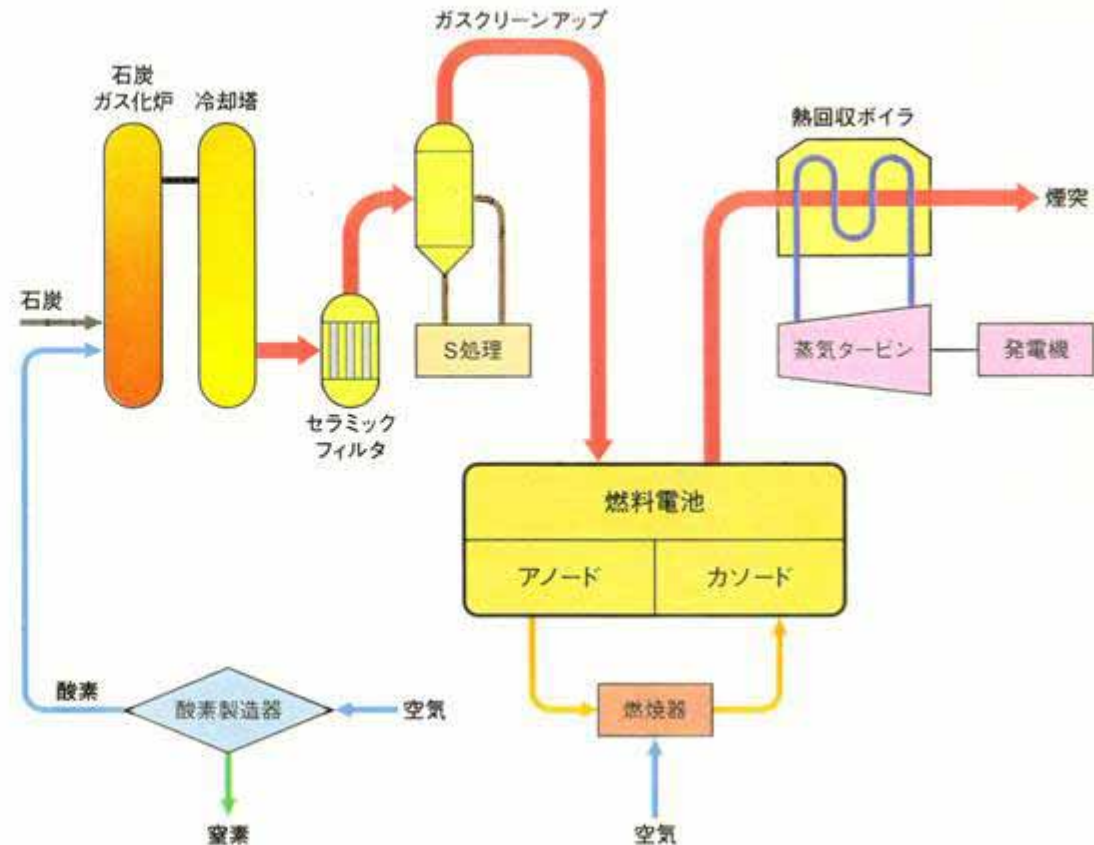
加圧流動層燃焼ボイラシステム PFBC

従来の技術では燃焼しづらかった石炭をクリーンに利用できるようにしたのが、流動層燃焼システムです。このシステムによって、世界中から集められる石炭をいとも簡単に利用することが可能になりました。そして、このシステムをさらに高効率・コンパクト化するものとして期待されているのが加圧流動層燃焼システムで、近い将来の発電システムとして開発が進められています。

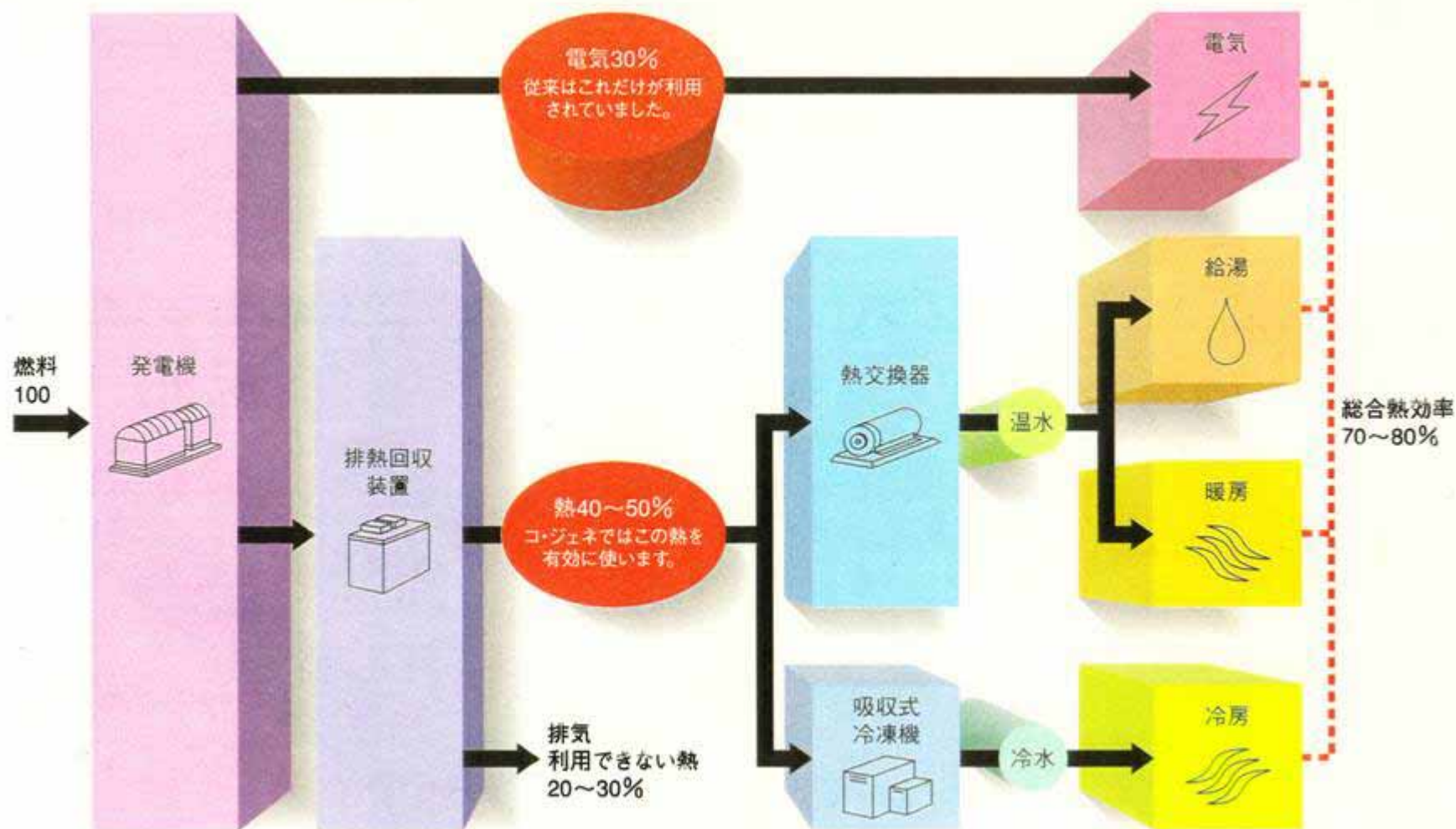


石炭ガス化燃料電池発電システム

燃料電池の原理	
	熔融炭酸塩型
電解質	炭酸リチウム＋炭酸カリウム
移動イオン	CO_3^{2-}
作動温度	約650℃
使用可能燃料	天然ガス、LPG、メタノール、石炭ガス化ガス
作動原理	 燃料極 電解質 空気極
燃料極(アノード)	$\text{H}_2 + \text{CO}_3^{2-} \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 + 2\text{e}^-$ $\text{CO} + \text{CO}_3^{2-} \rightarrow 2\text{CO}_2 + 2\text{e}^-$
空気極(カソード)	$1/2\text{O}_2 + \text{CO}_2 + 2\text{e}^- \rightarrow \text{CO}_3^{2-}$
電池材料	ニッケル、ステンレス
発電効率	45～55%



コージェネレーション・システムの例



コージェネレーションとは、小型の発電設備を消費地に設置し、発電の際に出る熱をエネルギーとして利用するもの。総合エネルギー効率が70~80%と高く、エネルギーを無駄なく利用することができます。工場、オフィスビル、病院、ホテルなどに導入されていますが、今後は、都市開発を行う際の有効な地域熱供給システムとして、一層の普及が予想されます。

石炭利用高効率発電技術体系

