

# 地球環境科学(第4回)

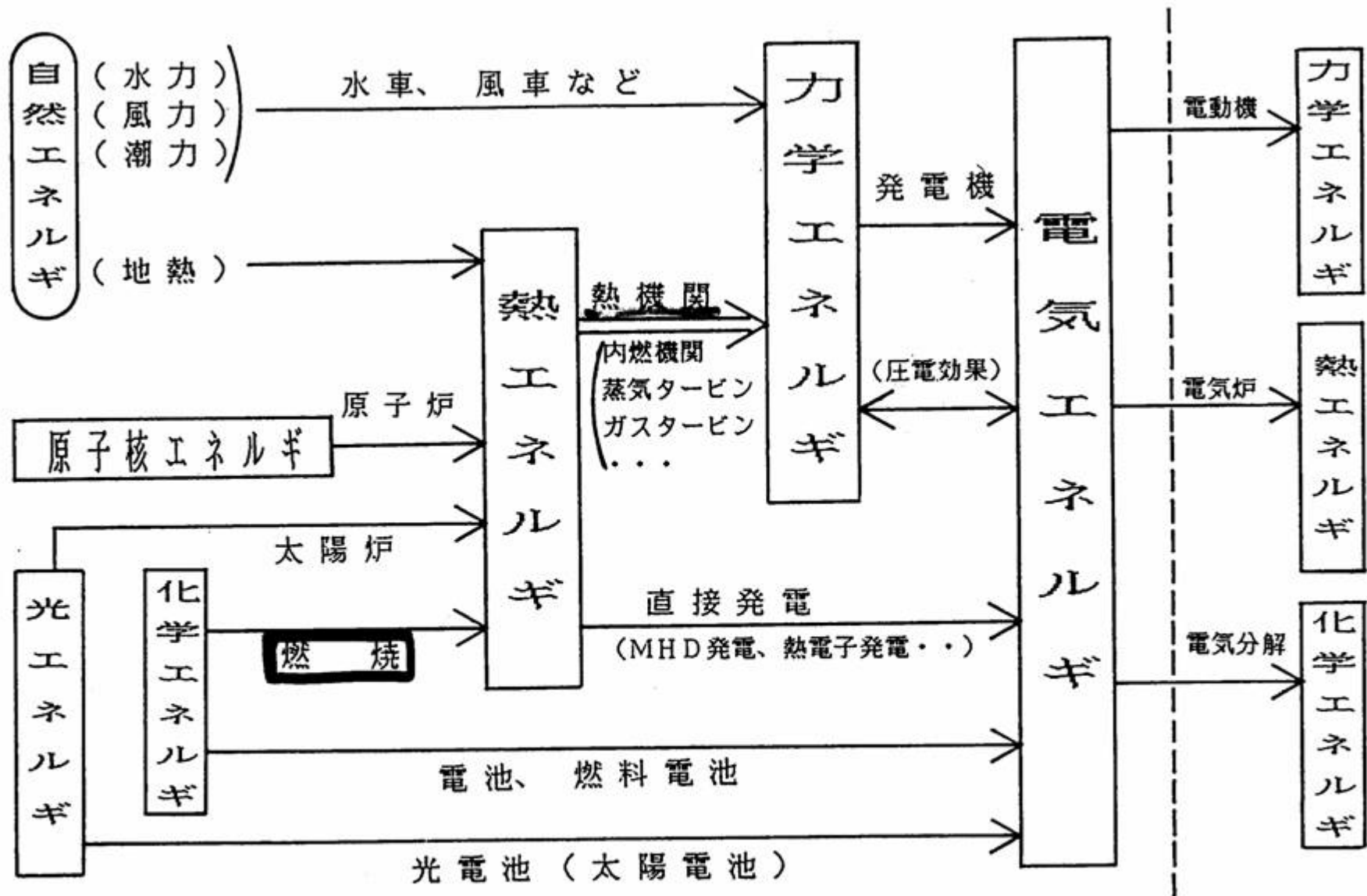
## 火力発電所の概要と高効率・クリーン発電システム

岡崎 健  
機械制御システム専攻  
(機械科学科)

2010年11月18日(木)

1

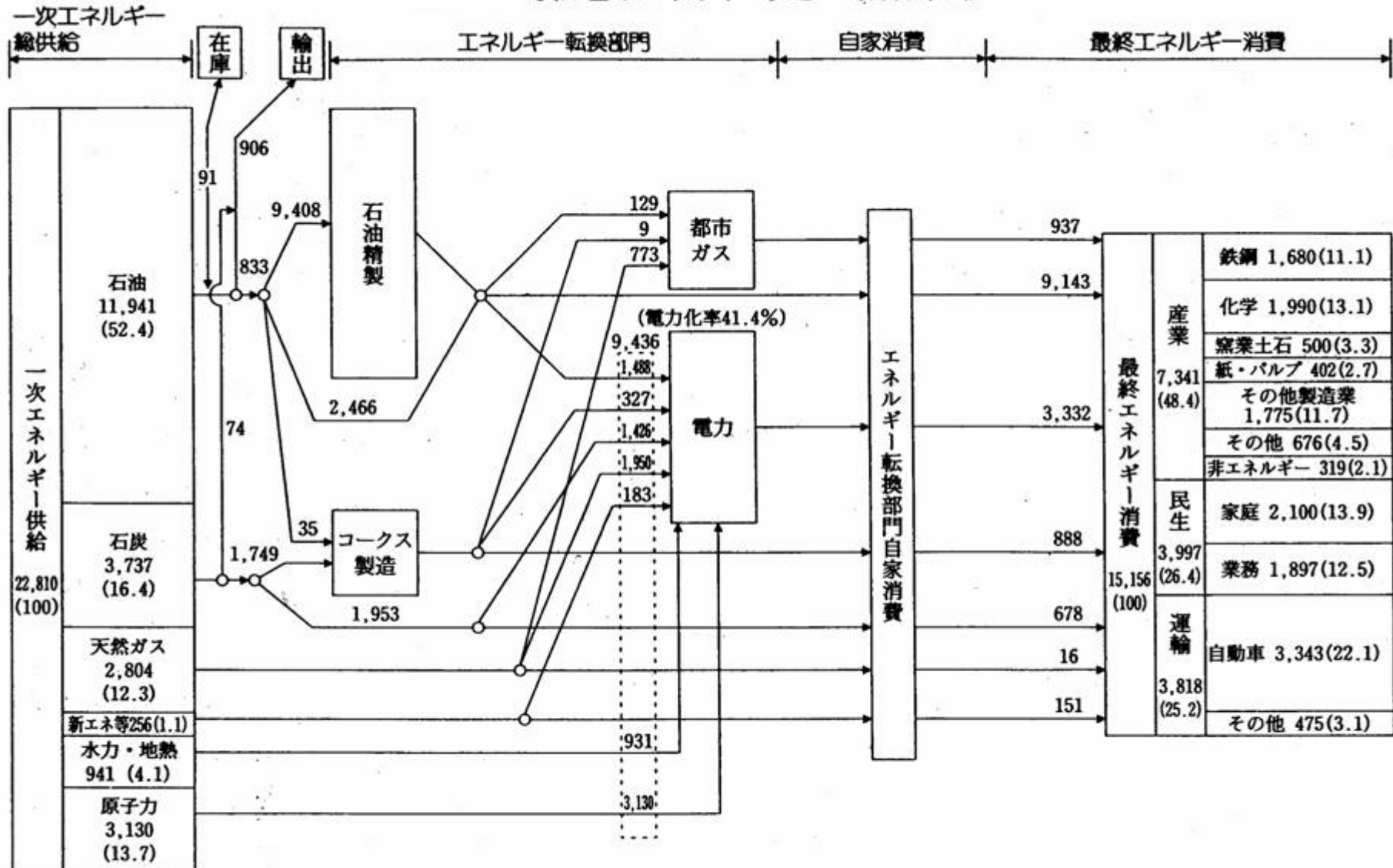




各種エネルギー間の相互変換



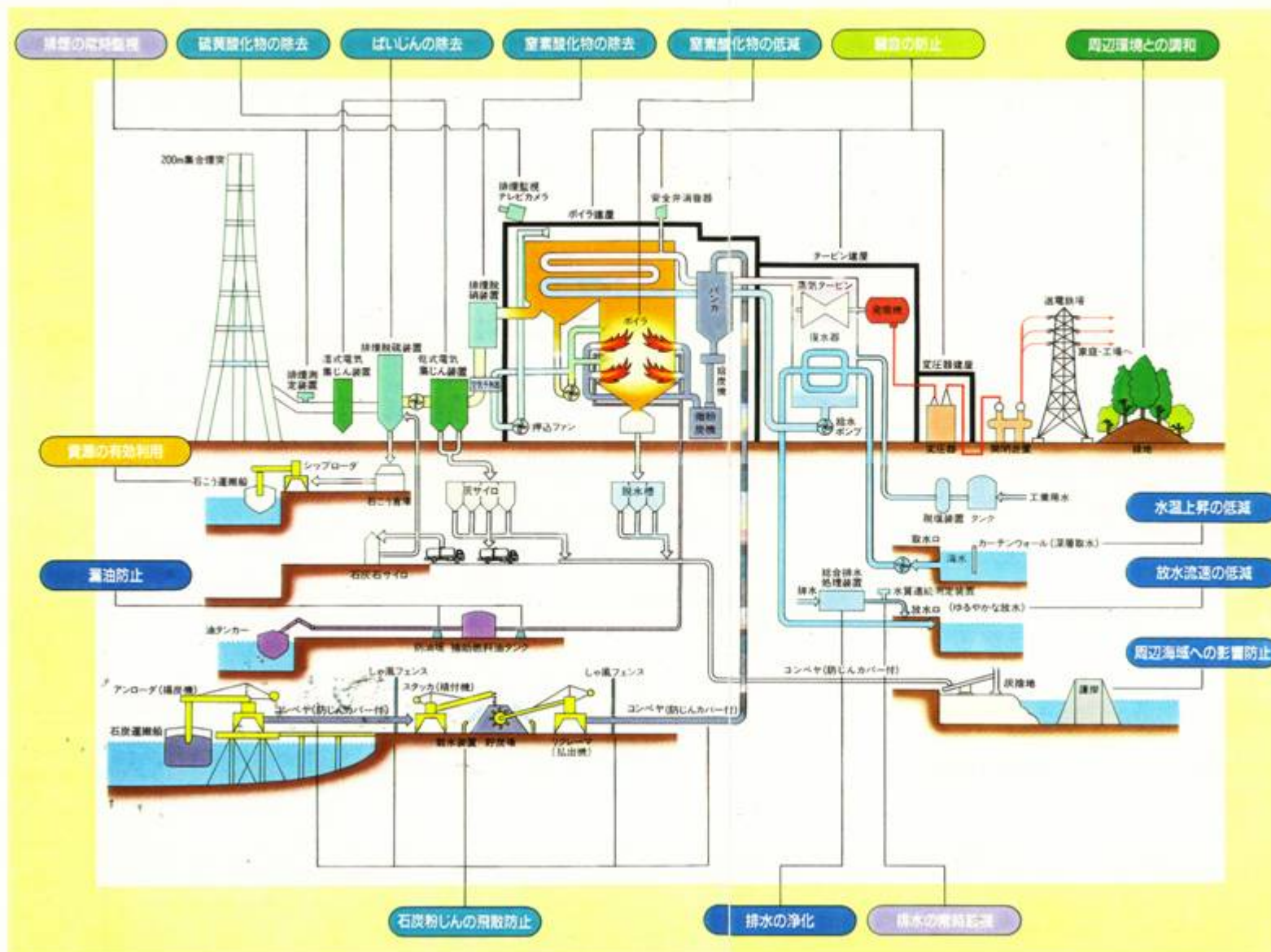
# 我が国のエネルギーフロー (1998年度)



(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。



## 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。





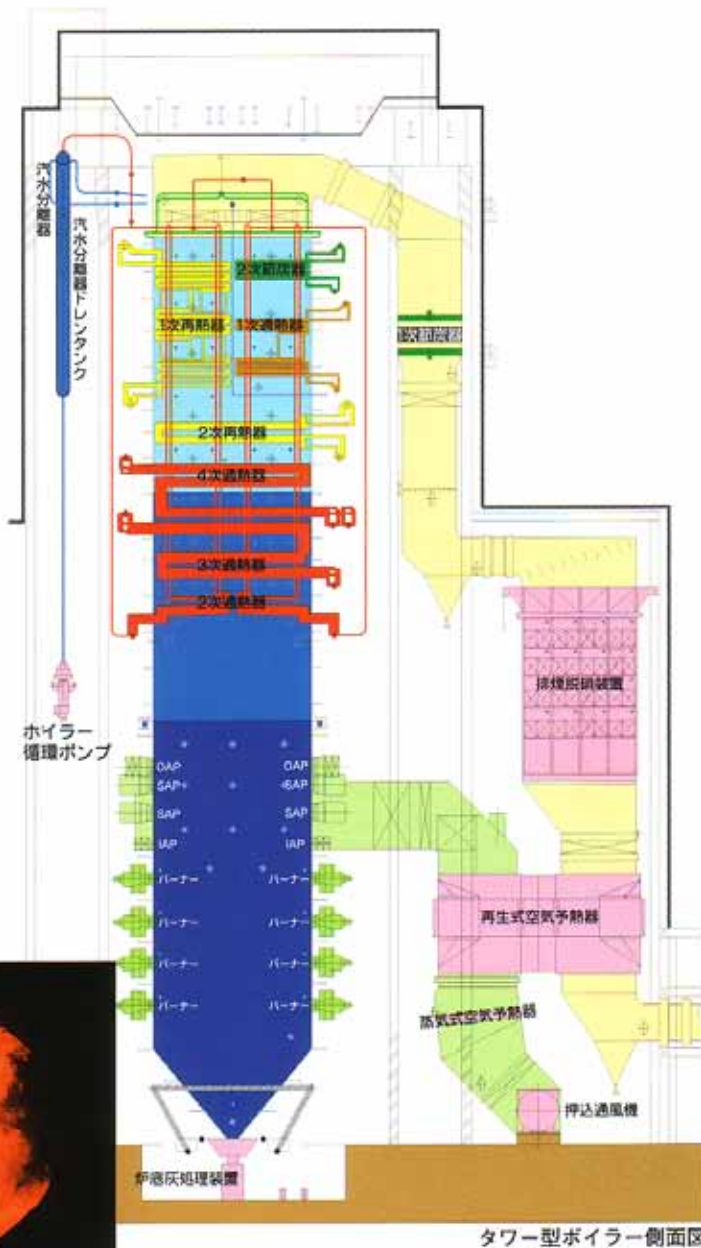


電源開発(株)礪子火力発電所









ボイラー内部

## クローバー型石炭サイロ

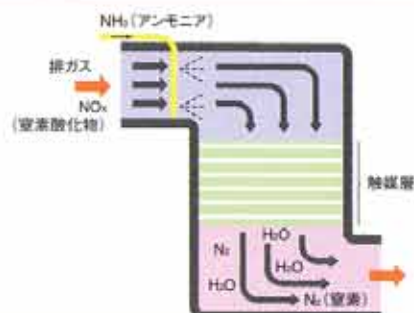




## 乾式排煙脱硝装置



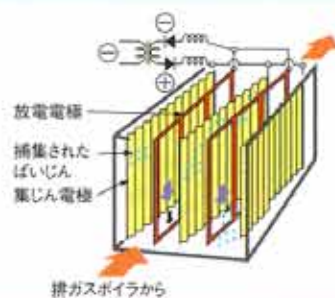
ボイラーから排出される窒素酸化物を含んだ排ガスに、アンモニアを添加し、触媒層の中を通過させます。  
触媒の働きによる化学反応で、排ガス中の窒素酸化物は無害な窒素と水に分解されます。



## 電気式集じん装置



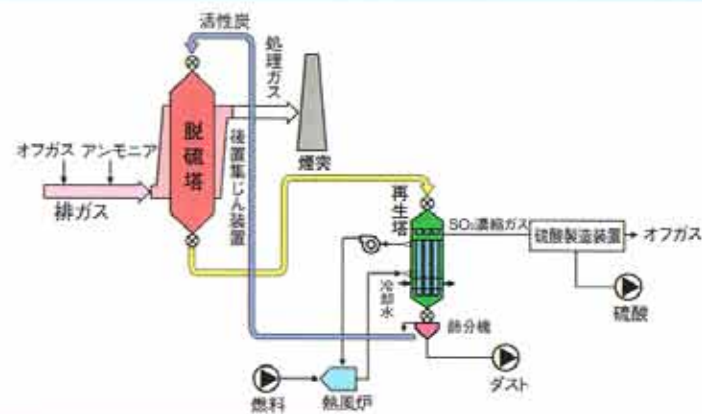
ばいじんを含んだ排ガスを、高電圧の電極間に通すと、ばいじんはマイナスの電気を帯びてプラスの電極に引き寄せられます。これは下敷きをこすると、静電気ではこりが引き付けられるのと同じ原理です。電極に付着したばいじんは周期的に電極を振動させて下に落とし取り除きます。



## 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黄酸化物を吸着させ、再生塔に送ります。再生塔で活性炭から硫黄酸化物を脱離し、活性炭は再生され脱硫塔に送られ循環使用されます。また脱離された硫黄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

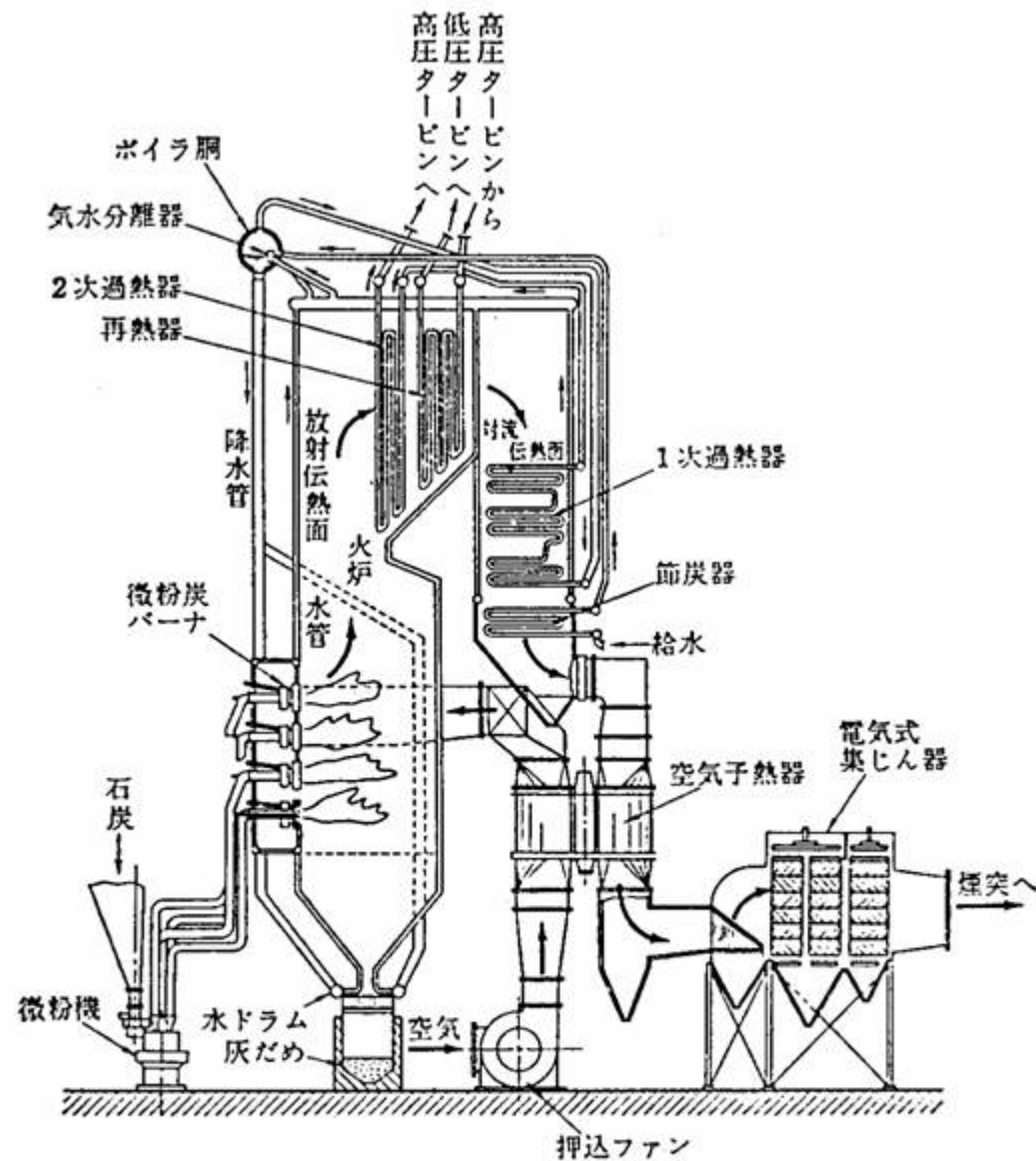
項 目	旧1・2号機	新1・2号機
発電出力	1号機 26.5万kW 2号機 26.5万kW 計 53万kW	新1号機 60万kW 新2号機 60万kW 計 120万kW
使用燃料	石炭（国内炭）	石炭（国内炭及び海外炭）
貯炭場	屋外貯炭場	屋内式貯炭場（サイロ式）
ボイラー	放射再熱式自然循環型	放射再熱式貫流型
排煙脱硝装置	—	乾式排煙脱硝装置 脱硝効率87.5%※ （アンモニア選択接触還元法）
集じん装置	電気式集じん装置 集じん効率99.75% 湿式排煙脱硫装置	電気式集じん装置 集じん効率99.94%※ 乾式排煙脱硫装置
排煙脱硫装置	湿式排煙脱硫装置 脱硫効率89% （石灰石-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）	1,972,000m³N/h	2,000,000m³N/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/m³N	10mg/m³N
	硫黄酸化物	60ppm	20ppm

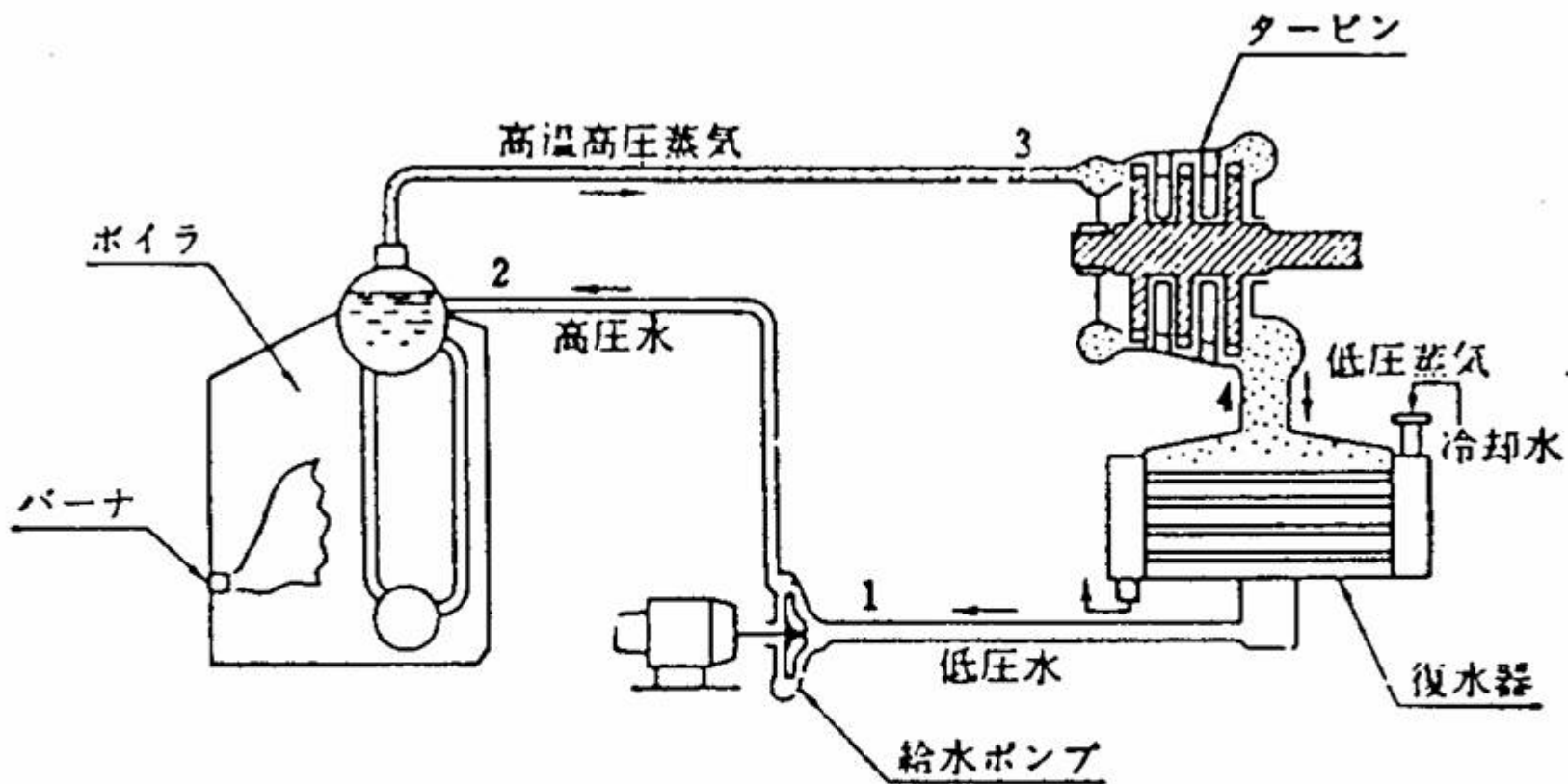




ボイラの概要







## ボイラおよび蒸気タービンシステムの基本構成

# 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

( $\because$  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

( $\because$  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( $\sim 0.05$  atm)

→ 外部仕事量が大い

## 3. 回転機関

作動流体の単位質量当たりの出力が大きい

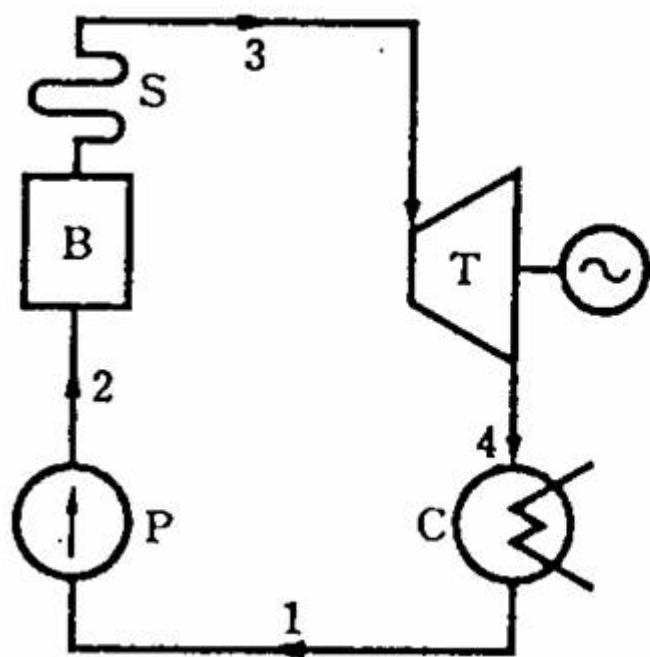
## 4. 蒸気の有効利用

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

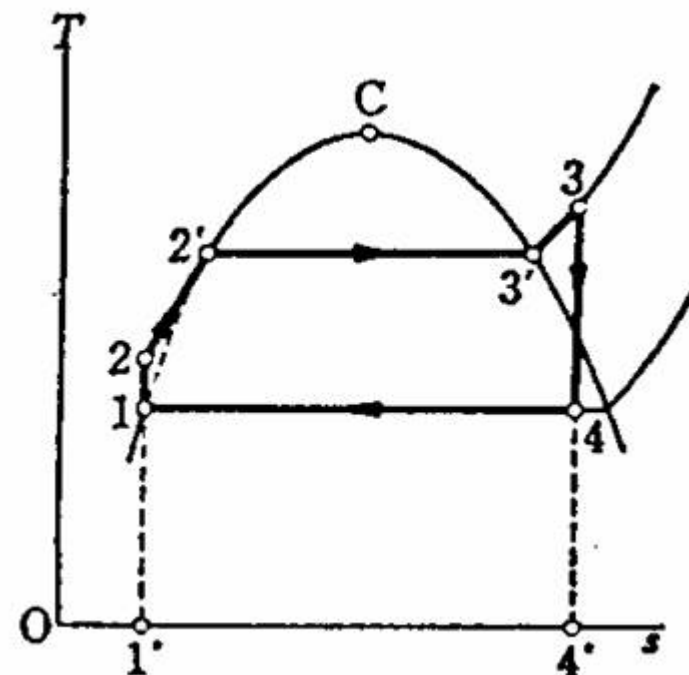
熱源(燃料源)の多様化への対応が容易





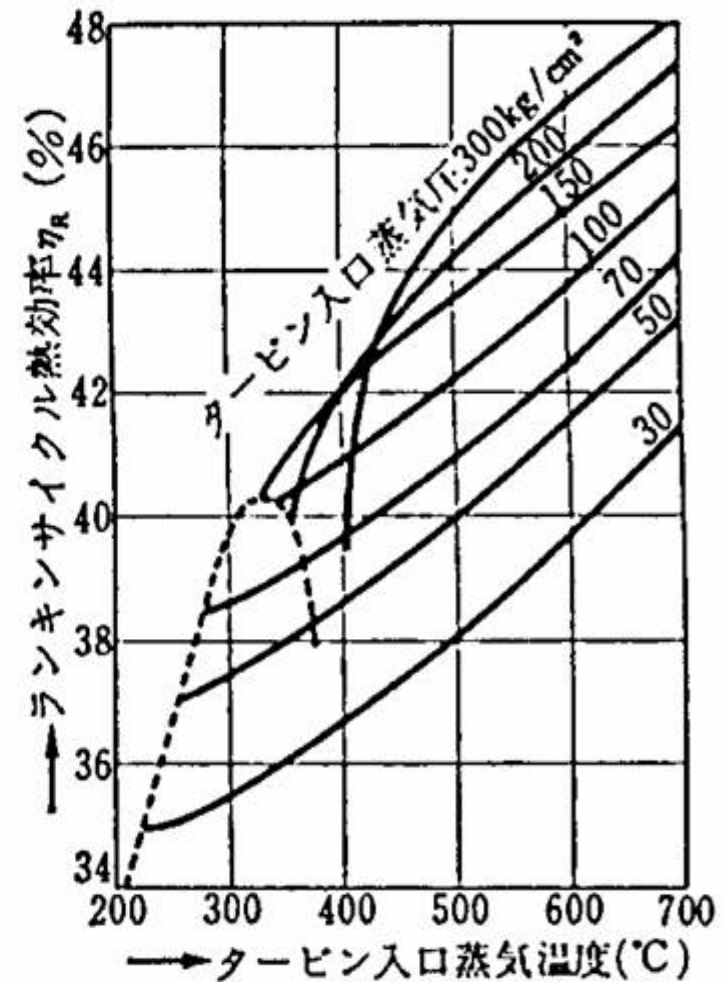
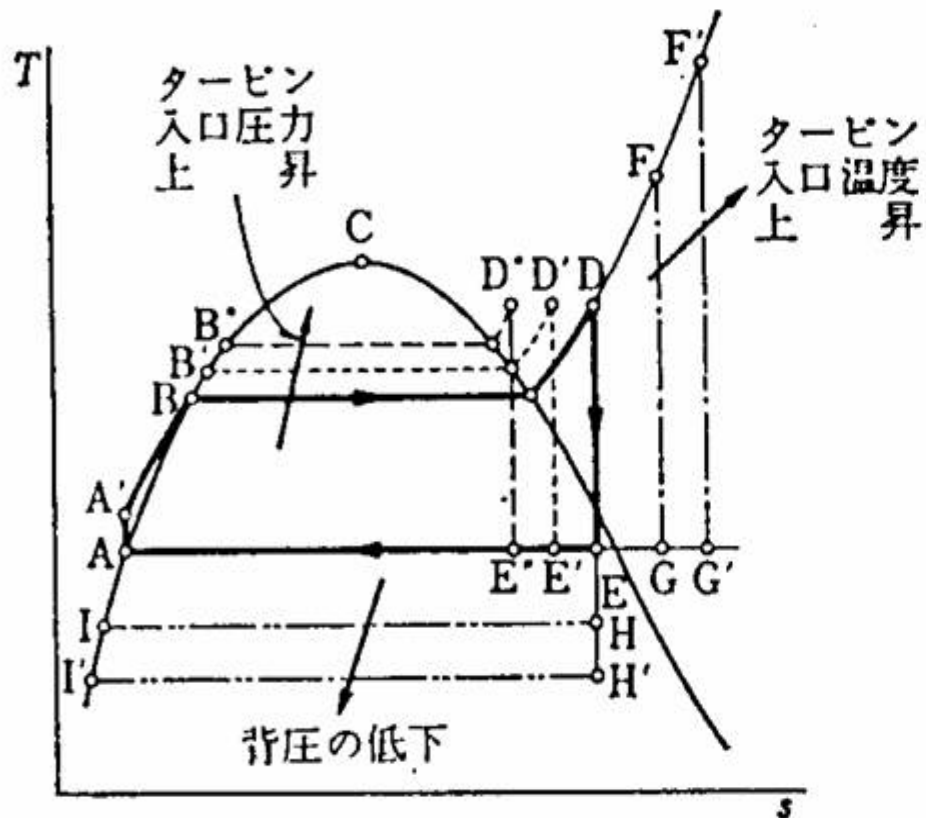
B : ボイラ  
 S : 過熱器  
 T : タービン  
 C : 復水器  
 P : 給水ポン

基本ランキンサイクル  
蒸気タービンシステム



T-s 線図における  
基本ランキンサイクル

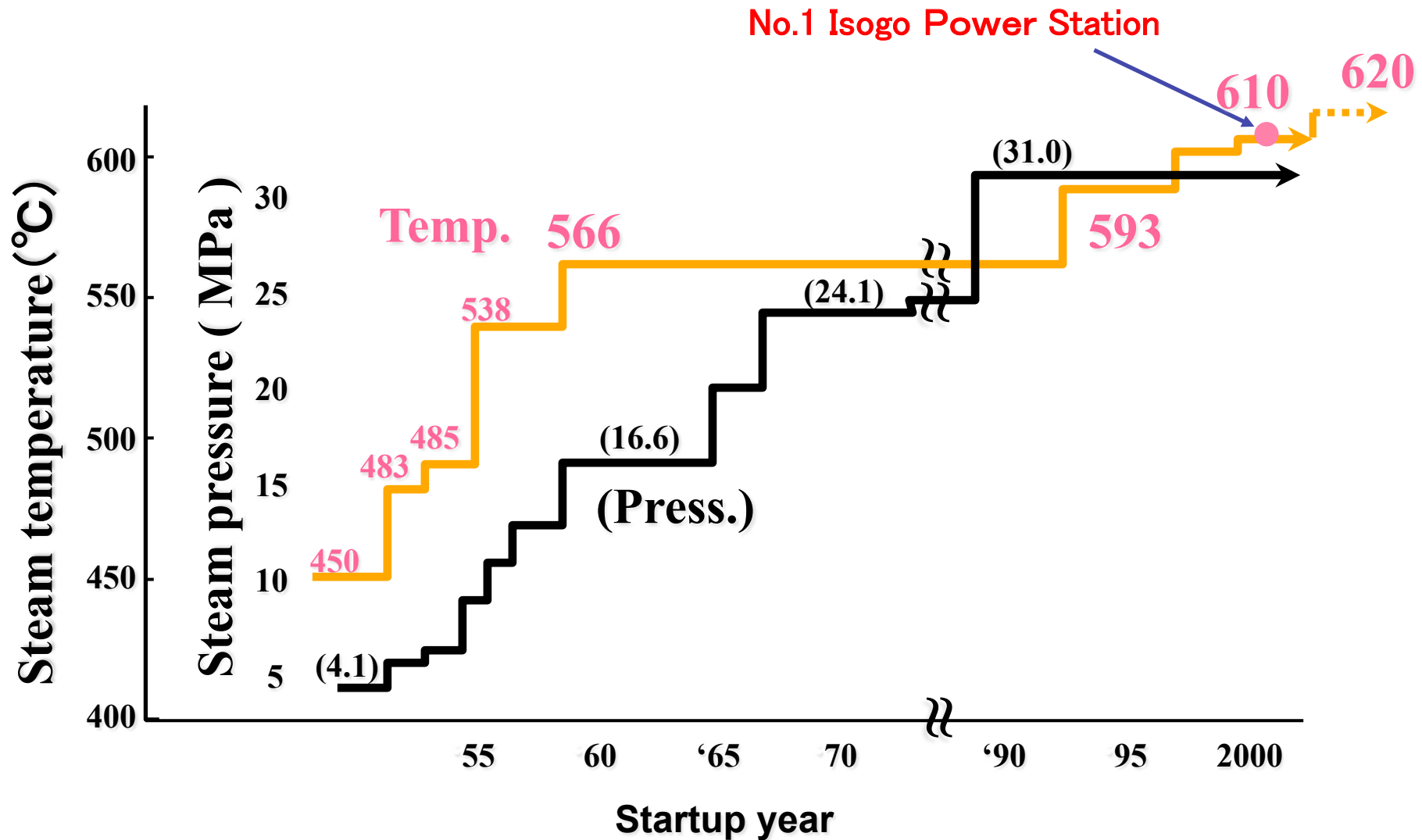




ランキンサイクルノ効率向上  
(タービン入口温度、圧力、および背圧の影響)



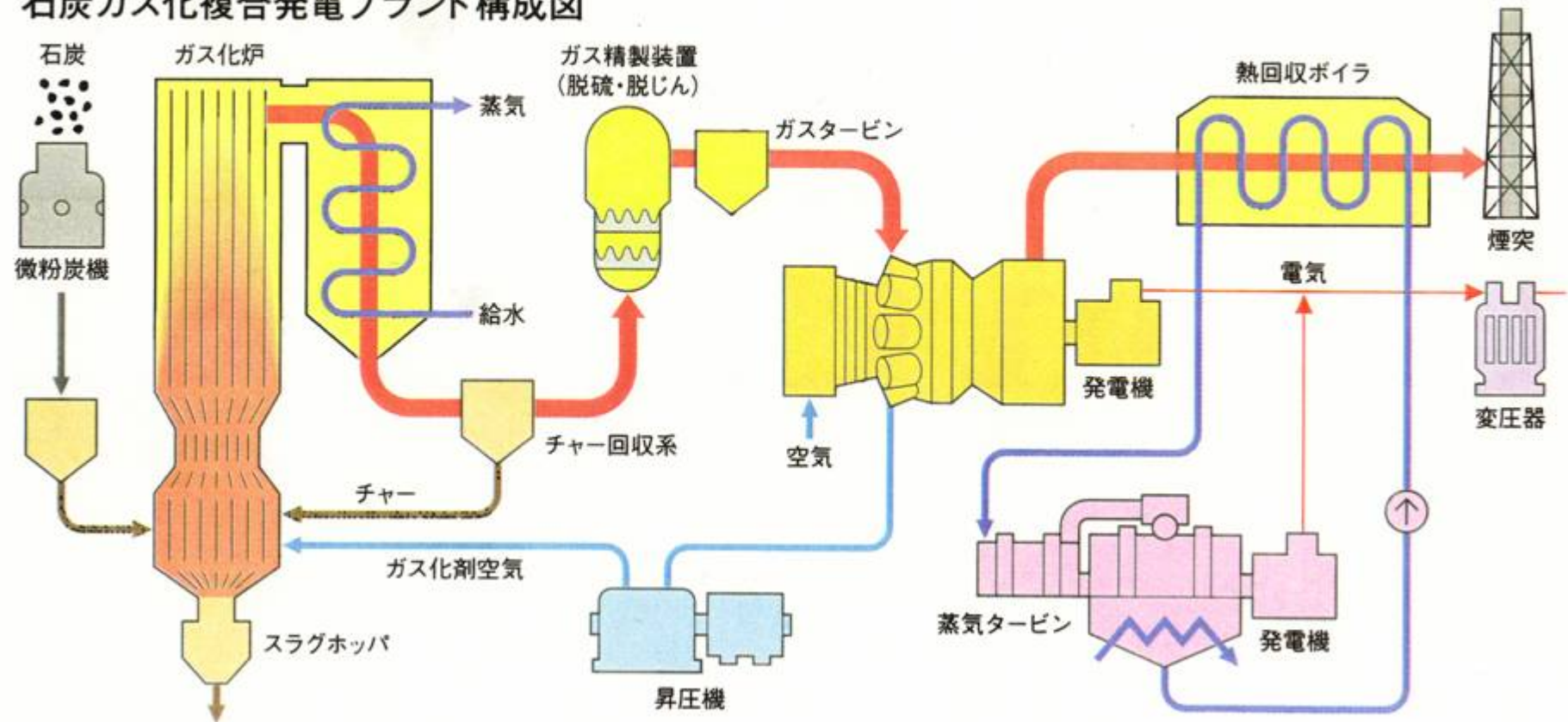
# Change of Coal Fired Power Plant in Japan

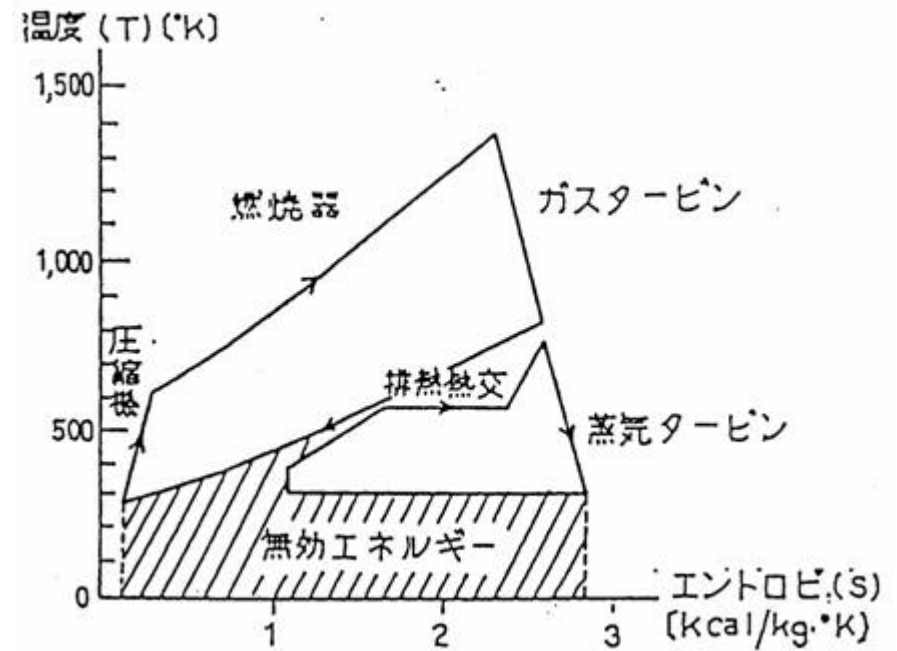
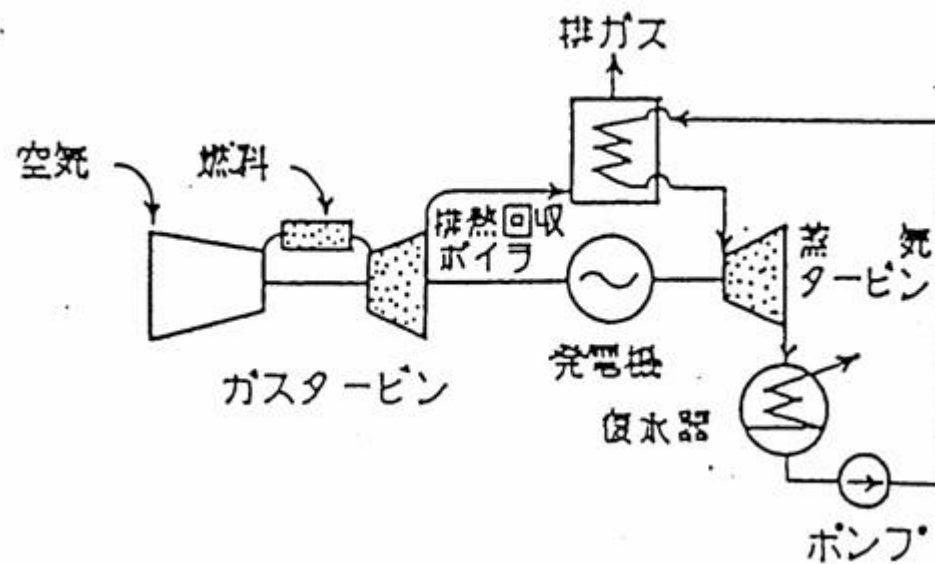


# IGCC

## 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



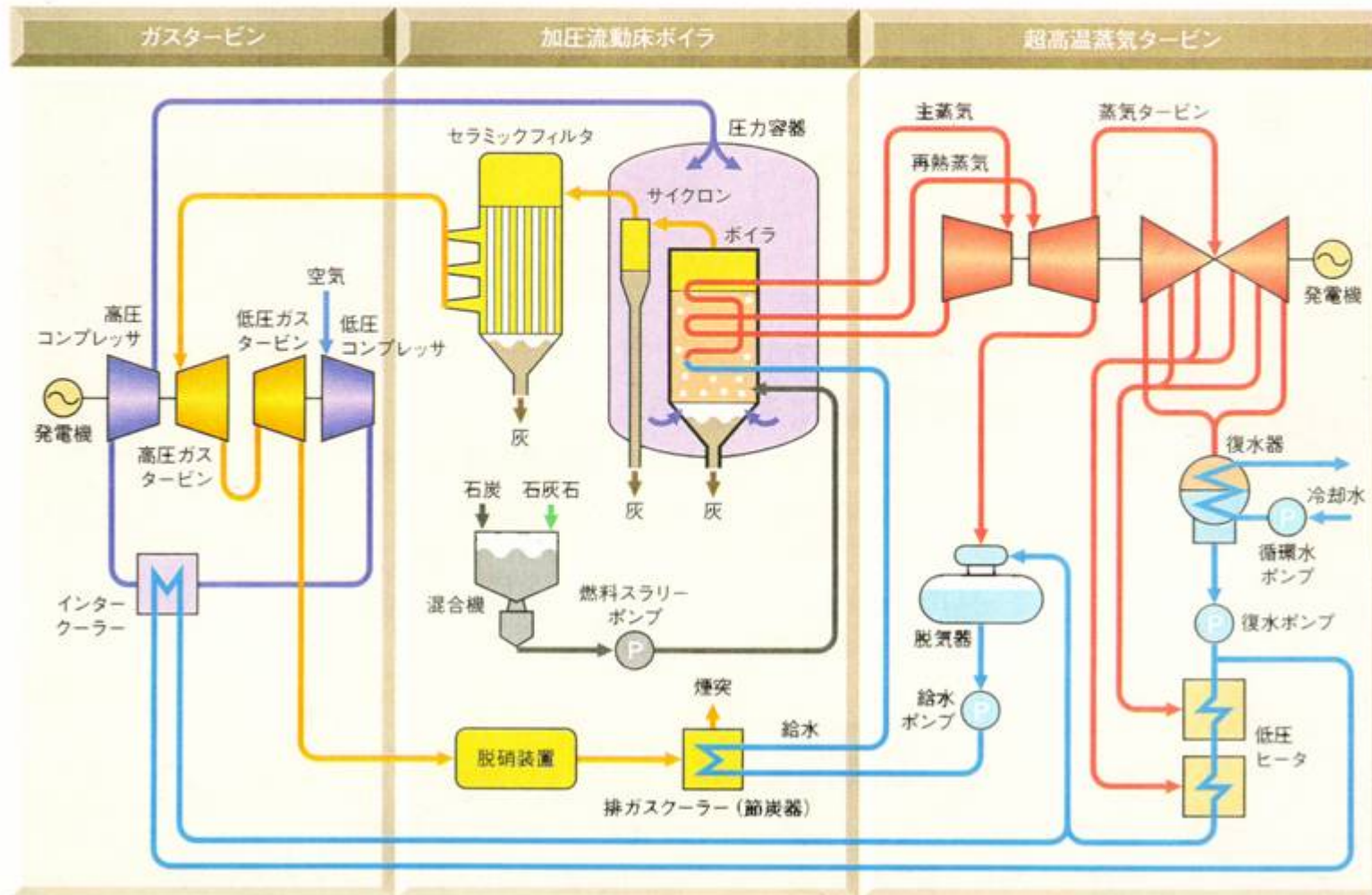


## 複合サイクル(コンバインドサイクル)の基本構成



## 加圧流動層燃焼ボイラシステム PFBC

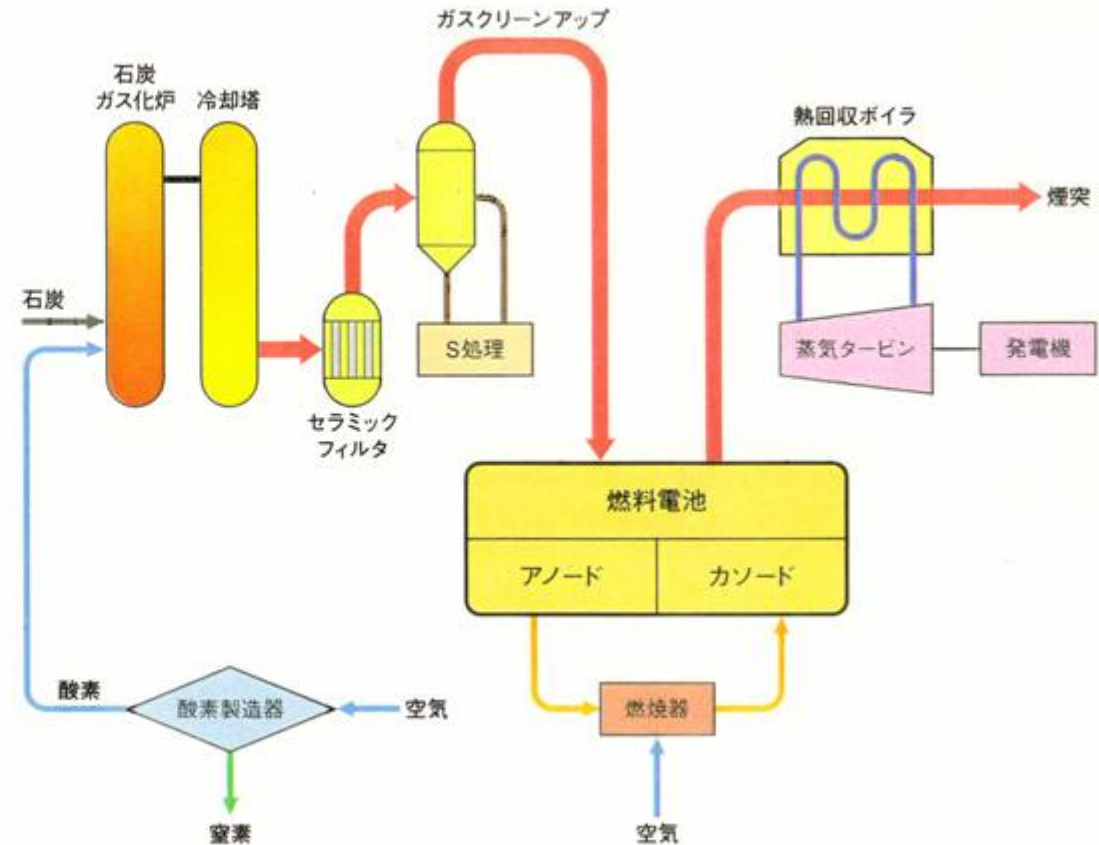
従来の技術では燃焼しなかった石炭をクリーンに利用できるようにしたのが、流動層燃焼システムです。このシステムによって、世界中から集められる石炭をいとも簡単に利用することが可能になりました。そして、このシステムをさらに高効率・コンパクト化するものとして期待されているのが加圧流動層燃焼システムで、近い将来の発電システムとして開発が進められています。



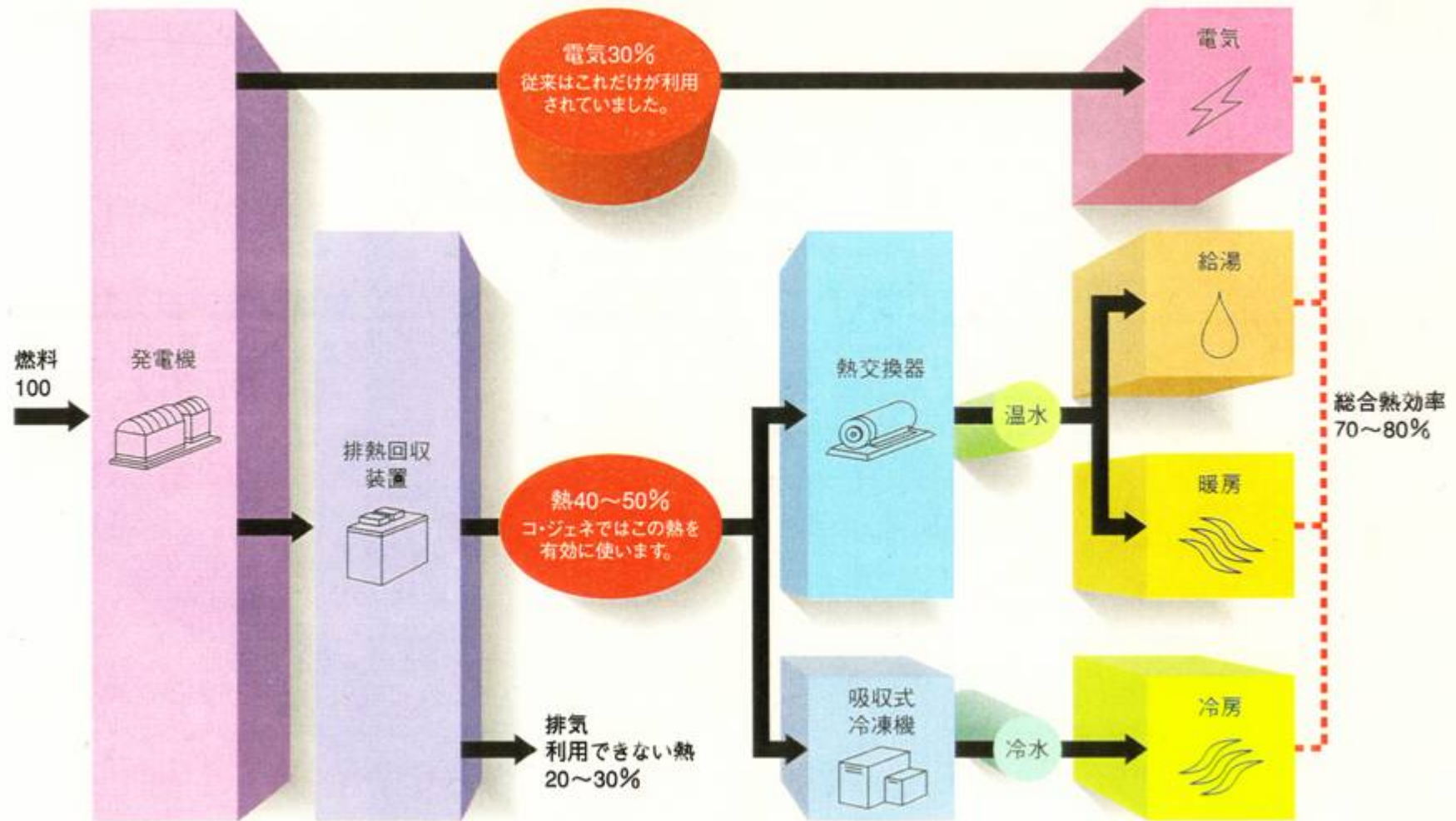
# IGFC

## 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	$\text{CO}_3^{2-}$
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(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。