

# Challenge towards innovative Clean Coal

将来にわたり石炭資源をより効率的に、よりクリーンなエネルギー源として持続的に活用していくため、当社は、飛躍的な発電効率の向上とCO<sub>2</sub>ゼロエミッションを目指した技術革新に挑戦し、地球温暖化問題に積極的に取り組むとともに、新たなプロジェクトの創出につなげていきます。

## 石炭利用の意義と地球温暖化問題 ～石炭火力からのCO<sub>2</sub>削減こそ地球温暖化対策のカギ～

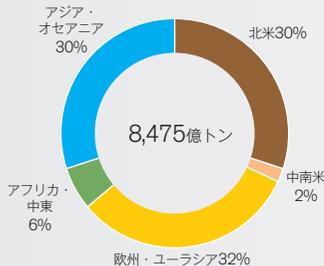
石炭は埋蔵量が豊富で、世界中に広く分布し、化石燃料の中で最も経済的かつ安定して供給が可能な資源です。世界の国々においては、発電の主要な燃料ソースは石炭である国が多く、中国では発電量の約90%、米国においては50%強、世界全体でも発電量の50%弱を担う最大の電力供給源であり、石炭は今後益々増大すると見込まれてい

るエネルギー需要に対応するために不可欠な存在です。一方、世界のCO<sub>2</sub>排出量全体の約3割は石炭火力発電から排出されています。今後中国、インドをはじめとした発展途上国の石炭利用が大幅に増加すると予想されている中、世界の石炭火力からのCO<sub>2</sub>削減が、地球温暖化対策にとつて最も重要な課題となっています。

化石エネルギー資源の可採埋蔵量、可採年数

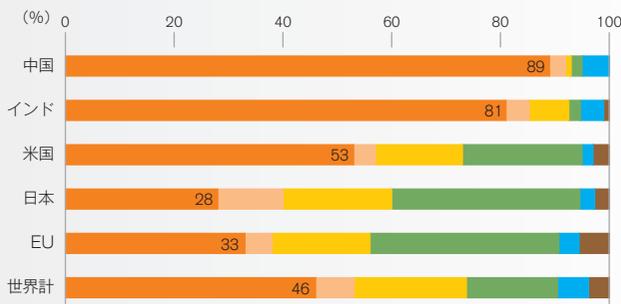


石炭可採埋蔵量の地域別割合



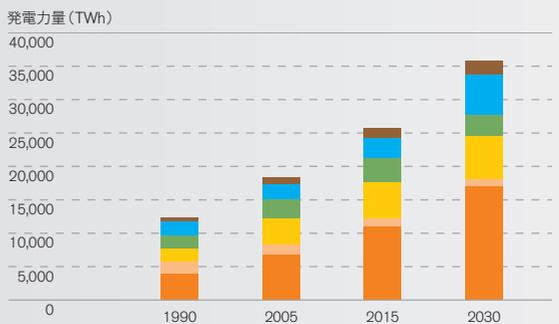
出典：BP Statistical Review of World Energy 2008

電源別発電電力量の構成比(2005年)



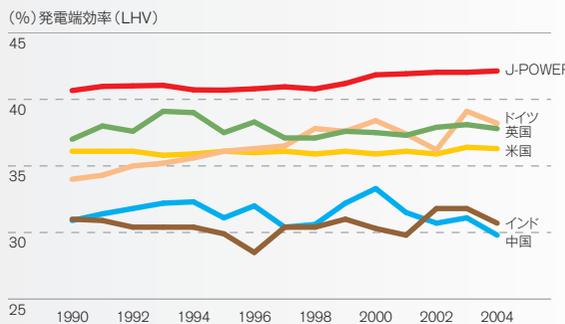
出典：IEA World Energy Outlook 2007

世界の燃料別発電電力量の推移と見通し



出典：IEA World Energy Outlook 2007

世界の石炭火力発電の熱効率の推移



出典：Ecofys Comparison of Power Efficiency on Grid Level 2007

# Technologies

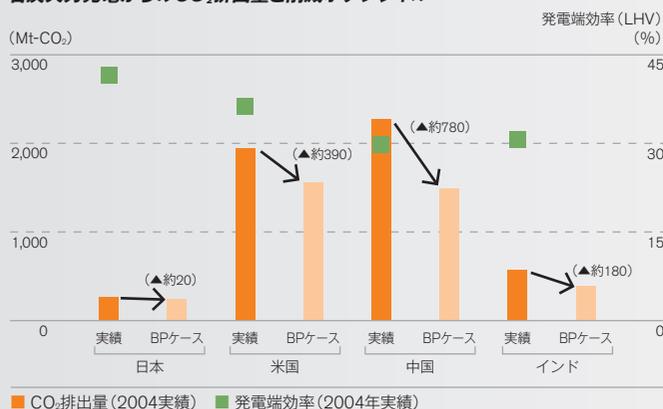
## 1. J-POWERの石炭火力発電 ～世界トップレベルの発電効率と環境性能を実現～

当社をはじめ日本の石炭火力は、蒸気タービンの圧力や温度を超々臨界圧(USC)という極限まで上昇させる方法で、欧州やアジア諸国に比べ高い発電効率を実現しています。中でも当社は石炭火力のトップランナーであると自負しており、礮子火力新1号機においては石炭火力で国内最高水準の発電効率を実現しています。高効率で発電することは、それだけ石炭の使用量を削減でき、CO<sub>2</sub>排出量を抑制することになります。仮に日本の最高水準性能をCO<sub>2</sub>排出の多い米国、中国、インドの石炭火力全てに適用した場合には、3カ国合計で年間約13億t-CO<sub>2</sub>(現在の日本のCO<sub>2</sub>総排出量および世界全体の5%に相当)の削減効果がある

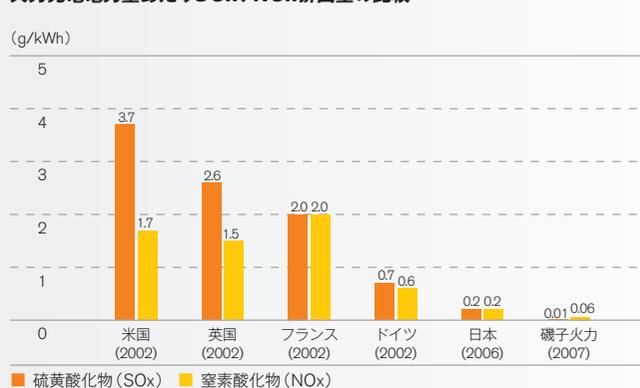
と試算されており、これらの技術を用いることで、地球温暖化への大きな貢献ができるとともに、当社にとってはビジネスチャンスともなります。

また、当社の火力発電所では、排ガス中の硫黄酸化物(SOx)、窒素酸化物(NOx)、ばいじんなどの排出量を低減するため、さまざまな対策を行って大気汚染の防止に努めてきました。礮子火力新1号機は、最新の環境対策技術を導入することにより、排出されるSOx、NOxについてはガス火力発電所なみの実績を達成しています。当社は、これら地域環境対策についても当社の技術が活かせるフィールドであるにとらえ、事業展開を進めています。

石炭火力発電からのCO<sub>2</sub>排出量と削減ポテンシャル



火力発電電力量あたりSOx、NOx排出量の比較



BPケース: 日本のベスト・プラクティス(商業中発電所の最高効率)を適用した場合の試算  
LHV: 低位発熱量基準  
出典: IEA World Energy Outlook 2006, Ecofys Comparison of Power Efficiency on Grid Level

出典: 電気事業連合会資料  
\* 日本は10電力+J-POWER 礮子火力は2007年度の実績値



礮子火力発電所新2号機乾式排煙脱硫装置

### 乾式排煙脱硫脱硝システム(ReACT)を用いた事業展開

乾式排煙脱硫脱硝システム(乾脱=ReACT)は、活性コークスを連続的に再生処理し、排ガス中のSOx、NOx、ばいじんなどを除去します。この際に、水をほとんど使わないことに加え、低温でも高い脱硝性能を得られるという特長があります。当社の発電所では竹原2号機、礮子火力新1号機が本システムを運用しています。

また、当社の子会社であるジェイパワー・エンテック(株)は、乾脱エンジニアリングの提供を行っており、これまでに当社の礮子火力新2号機、および住友金属工業(株)和歌山製鉄所へ本システムを納入しています。同社は、今後も引き続き国内外の発電所、製鉄プラントなどへの本システム提供機会の獲得を目指しています。

なお、本システムで使用される活性コークスは、当社と三井鉱山(株)との合併会社であるJM活性コークス(株)が、当社をはじめとする国内外の需要家へ供給しています。

## 2. 次世代の石炭火力プロジェクトの実現に向けて ～キーテクノロジーは酸素吹石炭ガス化技術～

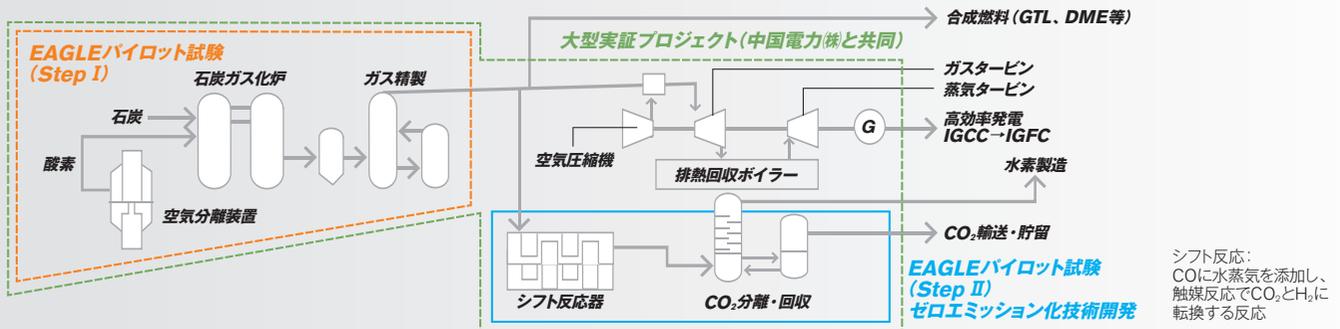
当社は、次世代の石炭火力発電として期待される、酸素吹石炭ガス化技術を用いた革新的な石炭ガス化発電システム(IGCC・IGFC)の実用化を目指しています。この技術を確認し石炭ガス化複合発電(IGCC)、さらに石炭ガス化燃料電池複合発電(IGFC)へと展開することで、発電効率が飛躍的に向上し、CO<sub>2</sub>排出量を大幅に削減できます。

当社はこうした革新的技術をもとに、さらに事業開発の面でもさまざまなイノベーションに取り組みつつ、中期的にはIGCCによる新規火力の建設や既設火力電源のリプレイス、長期的にはIGFCによる新たなプロジェクトの創出につなげていきます。

### Coal Energy Application for Gas, Liquid & Electricity

#### (1)「EAGLEプロジェクト(酸素吹石炭ガス化技術)」の成果と展望

##### 当社が研究・開発を進めるクリーン・コール・テクノロジーの概要



シフト反応:  
COに水蒸気を添加し、  
触媒反応でCO<sub>2</sub>とH<sub>2</sub>に  
転換する反応



EAGLEパイロット試験設備



建設中のCO<sub>2</sub>分離回収設備

#### EAGLE—Step Iの成果 (2002年～2006年)

当社は、2002年より当社若松研究所において、「酸素吹石炭ガス化炉の開発」と「ガス精製技術の開発」を目的に、酸素吹石炭ガス化のパイロット試験を実施しました。2006年度までに高効率な石炭ガス化性能・ガス精製性能を確認するなど全ての開発目標を達成し、スケールアップに必要な試験データを取得しています。

また、2007年には、高い設備信頼性を確認する1,000時間以上の連続試験運転に成功し、酸素吹石炭ガス化技術を基幹とする石炭ガス化発電システムは、次のステップである実証機に向け大きく前進しました。

#### EAGLE—Step IIに向けて (2007年～2009年)

現在は、引き続きStep IIの試験を進めています。Step IIの目的の一つは、「CO<sub>2</sub>分離回収技術の確立」です。EAGLEでは石炭ガス化に酸素吹方式を採用しているため、シフト反応後の石炭ガス中のCO<sub>2</sub>濃度が高く、CO<sub>2</sub>分離回収を効率良く行うことができる利点があります。

目的の二つ目が「適合炭種の拡大」です。ガス化は微粉炭火力で利用し難い低い灰溶融温度の石炭を得意としますが、微粉炭火力で現在用いられている石炭をその適用範囲とすることで、石炭調達の柔軟性を確保し、実証機・商用機への道程を着実なものにしていきます。

## EAGLEガス化技術の特長

- **高いガス化効率:** 石炭の持つエネルギーを効率的に石炭ガスに転換可能
- **多炭種に対応:** より灰融点の高い石炭にも適用可能
- **多様な用途に展開:** 酸素吹方式のため、効率的な「CO<sub>2</sub>回収」をはじめ「合成燃料製造」「水素製造」多様な用途に展開が可能

## EAGLE—Step Iの結果概要

### 開発目的

- 国産酸素吹石炭ガス炉の開発
- ガス精製技術の確立

### 成果

- 全ての開発目標を達成
- 石炭ガス化設備の運転・保守に係る技術の取得
- 長時間連続運転による設備信頼性の確認
- 性状の異なる5炭種でのガス化特性を把握
- 次期大型機ガス化炉のスケールアップデータ取得

項目	目標	結果
炭素転換効率*1	≥98%	≥99%
冷ガス効率*2	≥78%	≥82%
発熱量 (HHV)	10,000kJ/m <sup>3</sup> N	10,100kJ/m <sup>3</sup> N
連続運転時間	1,000時間	1015時間
炭種	5炭種	5炭種
生成ガス中	硫黄分	≤1ppm
	ハロゲン類	≤1ppm
	アンモニア	≤1ppm
	ばいじん	≤1mg/m <sup>3</sup> N

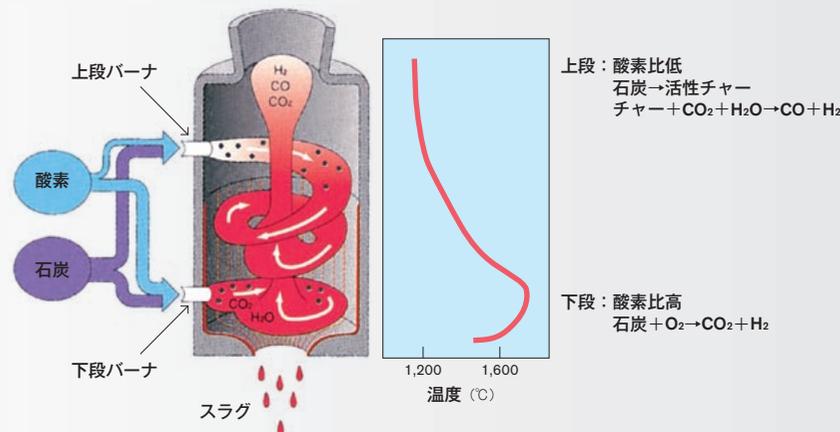
\*1 石炭中の炭素がCO、CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>などのガスに転換した割合。

\*2 石炭の持つ発熱量が生成ガス発熱量に転換した割合。値が高いほど、効率的に転換されたことを示す。

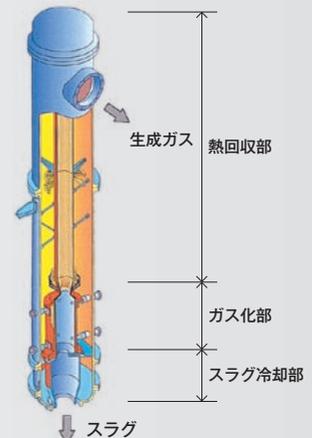
## EAGLE—Step IIの概要

開発目的	開発目標
CO <sub>2</sub> 分離回収技術の確立	回収CO <sub>2</sub> 純度99%以上
炭種拡大試験	3炭種以上の異なる石炭のガス化特性データを取得
微量物質の挙動調査	ハロゲン等の微量物質挙動把握
	環境影響評価基礎データの取得

### ガス化炉内流れ概念図



### ガス化炉の構造



**(2) 酸素吹石炭ガス化技術に関する大型実証試験の実施(中国電力㈱と共同実施) ~IGCCの商用化に向けて~**

当社はEAGLEパイロット試験で獲得した「酸素吹ガス化技術」と「CO<sub>2</sub>分離回収実験」の成果を反映した大型実証試験を、中国電力㈱とともに2016年度開始を目指して中国電力㈱の大崎発電所地点(広島県豊田郡大崎上島町)で実施します。

この試験では、出力規模15万kW級(石炭処理量:1,000t/日級)の実証プラントを建設し、酸素吹石炭ガス化発電としての信頼性・経済性・運用性などの検証を行います。また引き続き、最新のCO<sub>2</sub>分離回収技術の適用試験を行い、石炭ガス化複合発電(IGCC)と組み合わせた革新的なゼロエミッション型高効率石炭火力発電の実現を目指します。

『Cool Earth—エネルギー革新技術計画』

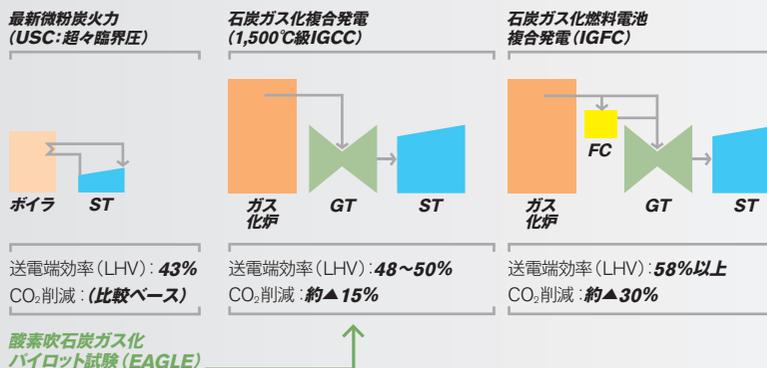
CO<sub>2</sub>を大幅に削減するためには、従来の延長線上にない革新的な技術開発が必要です。そのため、国は『Cool Earth—エネルギー革新技術計画』を策定し、世界に発信しています。この計画の中で、本技術開発は『「高効率石炭火力発電技術」および「二酸化炭素回収・貯留(CCS)」の技術開発』を同時に満たす「革新的ゼロエミッション型石炭火力プロジェクト」の一つとして位置づけられています。

**(3) 石炭ガス化燃料電池複合発電(IGFC) ~究極的な高効率発電技術~**

当社は、長期的な目標である石炭ガス化燃料電池複合発電(IGFC)の実現に向け、茅ヶ崎研究所で固体酸化物形燃料電池(SOFC)の研究開発を進めており、世界最大級の出力となる「常圧150kW級SOFCシステム」の試験を

行っています。IGFCは当社が世界に先駆けて開発しているもので、発電効率が60%程度にまで向上し、CO<sub>2</sub>排出量は既存の微粉炭火力に比べ約30%低減可能な、究極の石炭火力発電技術です。

次世代の石炭火力発電技術



\* ST: 蒸気タービン、GT: ガスタービン、FC: 燃料電池

超々臨界圧(USC)

USC(Ultra Super Critical)は、火力発電所の効率向上を図るため、従来の超臨界圧タービンの蒸気条件(圧力:246kg/cm<sup>2</sup>、温度:566℃)をさらに上回る蒸気条件を採用した技術です。

石炭ガス化複合発電(IGCC)と石炭ガス化燃料電池複合発電(IGFC)

石炭をガス化することにより、微粉炭火力に比べて大きく発電効率を向上させることができます。微粉炭火力では蒸気タービンのみで発電しますが、IGCC(Integrated Coal Gasification Combined Cycle)ではガスタービンと蒸気タービンの2種の発電形態による複合発電、IGFC(Integrated Coal Gasification Fuel Cell Combined Cycle)ではさらに燃料電池を加えた3種の発電形態によるトリプル複合発電が可能となります。

### 固体酸化燃料電池 (SOFC)



常圧150kW級のSOFCシステム  
(茅ヶ崎研究所)

燃料電池による発電は、燃料を燃やして発生する熱を電気エネルギーに変換する従来の発電方式とは異なり、電気化学反応によって直接に電気エネルギーが取り出せるため、ロスが少なく、高い発電効率を得ることができます。当社が開発している燃料電池SOFC (Solid Oxide Fuel Cell)は、イオン伝導性のセラミックスで構成され、電気化学反応の際に900~1,000℃という高温の熱が発生するため、排ガス系統にガスタービン複合発電を組み合わせることで、他の形式の燃料電池より高い発電効率を得ることができます。

## 3. CO<sub>2</sub>回収・貯留技術 (CCS: CO<sub>2</sub> Capture and Storage) ~CO<sub>2</sub>ゼロエミッションに向けた取り組み~

現在、大規模排出源から発生するCO<sub>2</sub>そのものを分離回収し、地中あるいは海洋に封じ込めるCCSの調査や実証計画が日欧などで進められています。CCSを構成するCO<sub>2</sub>の「分離回収」「輸送」「貯留」の3要素のうち、当社は、「分離回収」に関して発電プラントと整合した設計が望ましいという観点や、CCS全体のコストに占める割合の大きさを考慮し、CO<sub>2</sub>分離回収技術を中心に技術開発を行っています。

当社は効率面などから将来的に最も有望と考えている酸素吹石炭ガス化ガスからのCO<sub>2</sub>分離回収技術についてEAGLE—Step IIでパイロット試験を行うとともに、現在の発電方式の主流である微粉炭火力の燃焼排ガスからの分離回収技術の開発についても積極的に取り組んでいます。

### 微粉炭火力における分離回収



松島火力発電所2号機におけるCO<sub>2</sub>分離回収実証試験装置



カライド発電所 (オーストラリア)

現在、微粉炭火力は石炭を燃料とする発電方式の主流であり、燃焼排ガスからのCO<sub>2</sub>分離回収は将来有力な手段になると考えられています。

当社は、松島火力発電所において三菱重工業㈱と共同で化学吸収法を用いたパイロット試験 (試験期間2007年~2008年)を行っています。またオーストラリア・クィーンズランド州カライド発電所で計画されているCO<sub>2</sub>分離回収・地下貯留一貫システムを検証する日豪共同実証プロジェクト (試験期間2010年~2014年)にも参加しています。

当社は石炭火力のリーディングカンパニーとして、こうした革新的なクリーン・コール・テクノロジーを追求していくことで、地球温暖化問題という逆風をビジネスチャンスに変えていきます。