

# 中国の高効率かつクリーンな 石炭火力発電の発展における 現状と展望

国家能源(エネルギー)局電力司

2014年12月28日

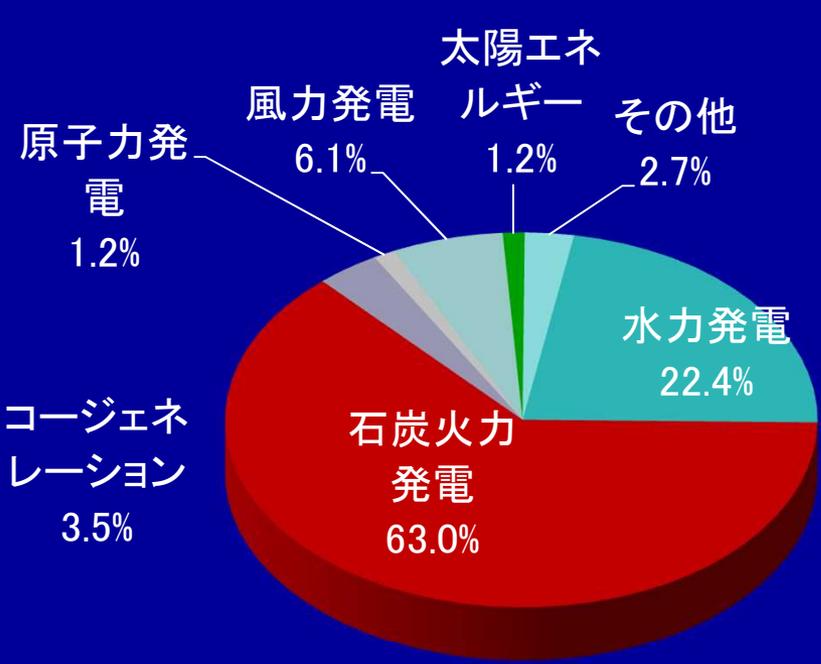
# 主要内容

- 一、中国の石炭火力発電における省エネ・排出削減の現状
- 二、中国のクリーンな石炭火力発電技術
- 三、石炭火力発電における省エネ・排出削減の発展と展望

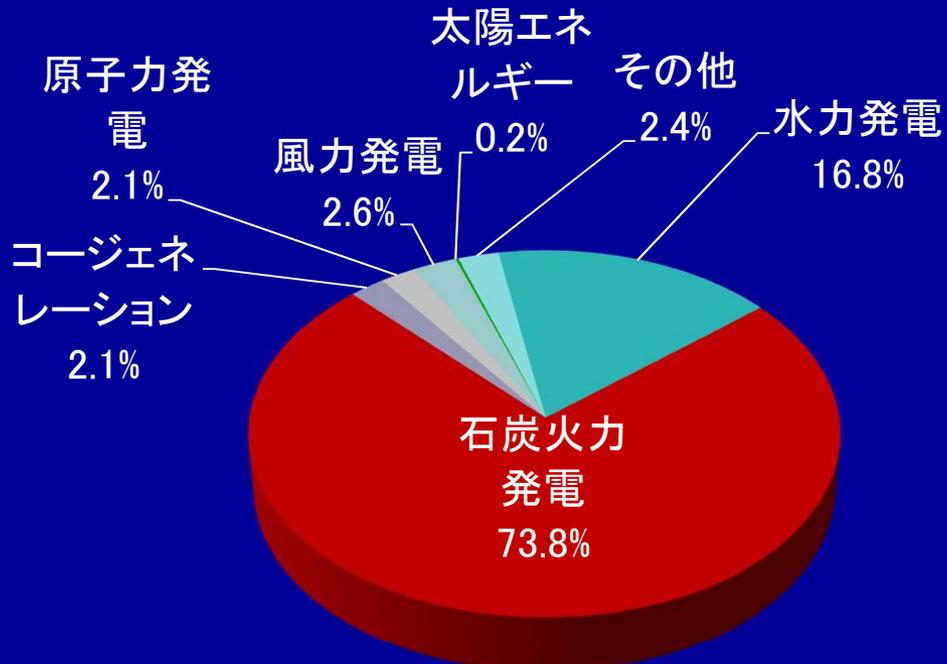
# 一、中国の石炭火力発電における省エネ・排出削減の現状

# (一) 中国の電源構成

- 2013年末時点での中国全土における総発電設備容量は**12.47億kW**で、そのうち石炭火力発電の設備容量は**7.86億kW**であり、全体の**63%**を占めている。
- 2013年の中国全土における総発電量は**5.35万億kWh**で、そのうち石炭火力発電の発電量は全体の**74%**を占めている。



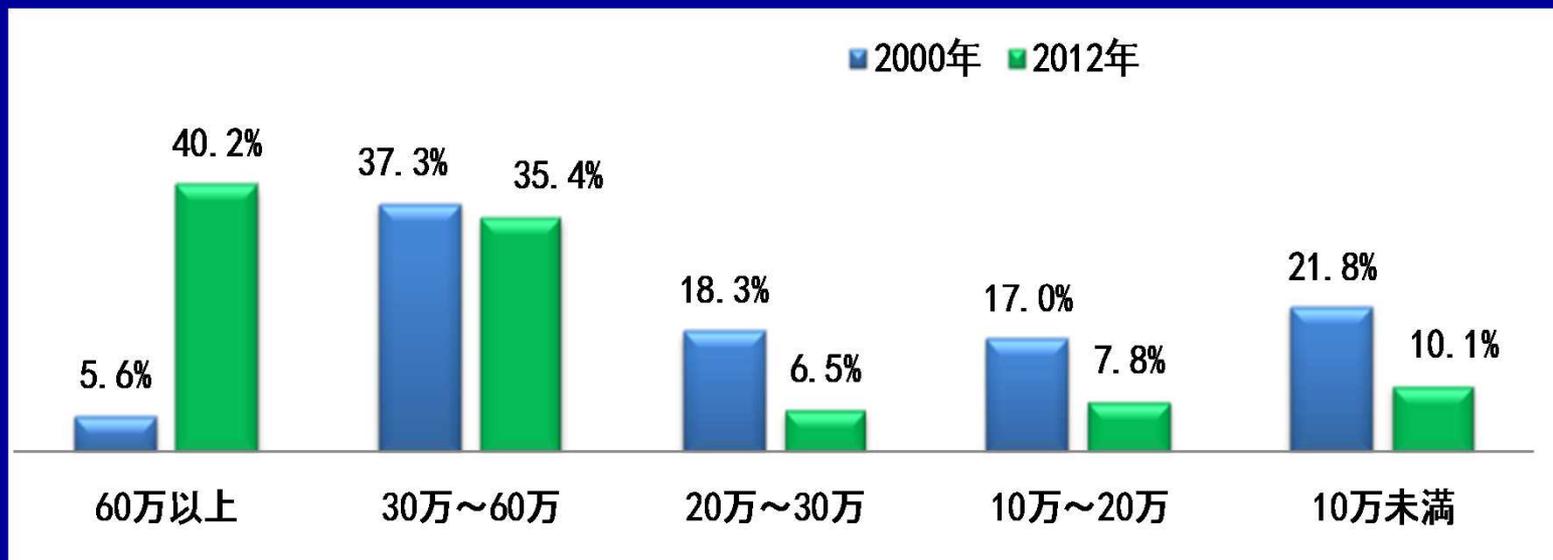
2013年電源構成



2013年発電構成

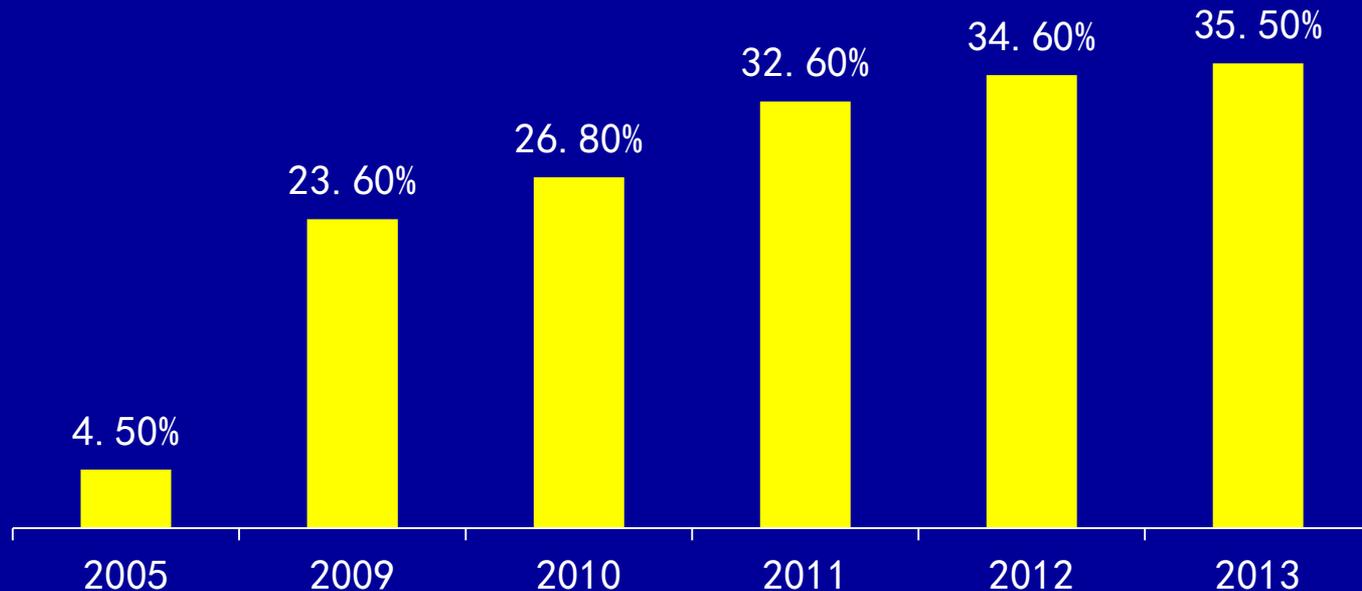
## (二)最適化し続ける火力発電の構成

- 「上大圧小(訳注:大規模な発電所を新設し、小規模な発電所を廃止すること)」等の政策を実施して、エネルギー消費が高く、著しい汚染をもたらす小型火力発電ユニットを廃止し、高効率かつクリーンな大容量ユニットの開発を積極的に推進しており、火力発電の構成は顕著に最適化されている。
- 2012年末時点で、火力発電ユニットのうち、30万kW以上のユニットが76%、60万kW以上のユニットが40%を占めており、20万kW以下のユニットの割合は24%まで低下している。百万kW級の超々臨界圧ユニットは6000万kWを超えている。



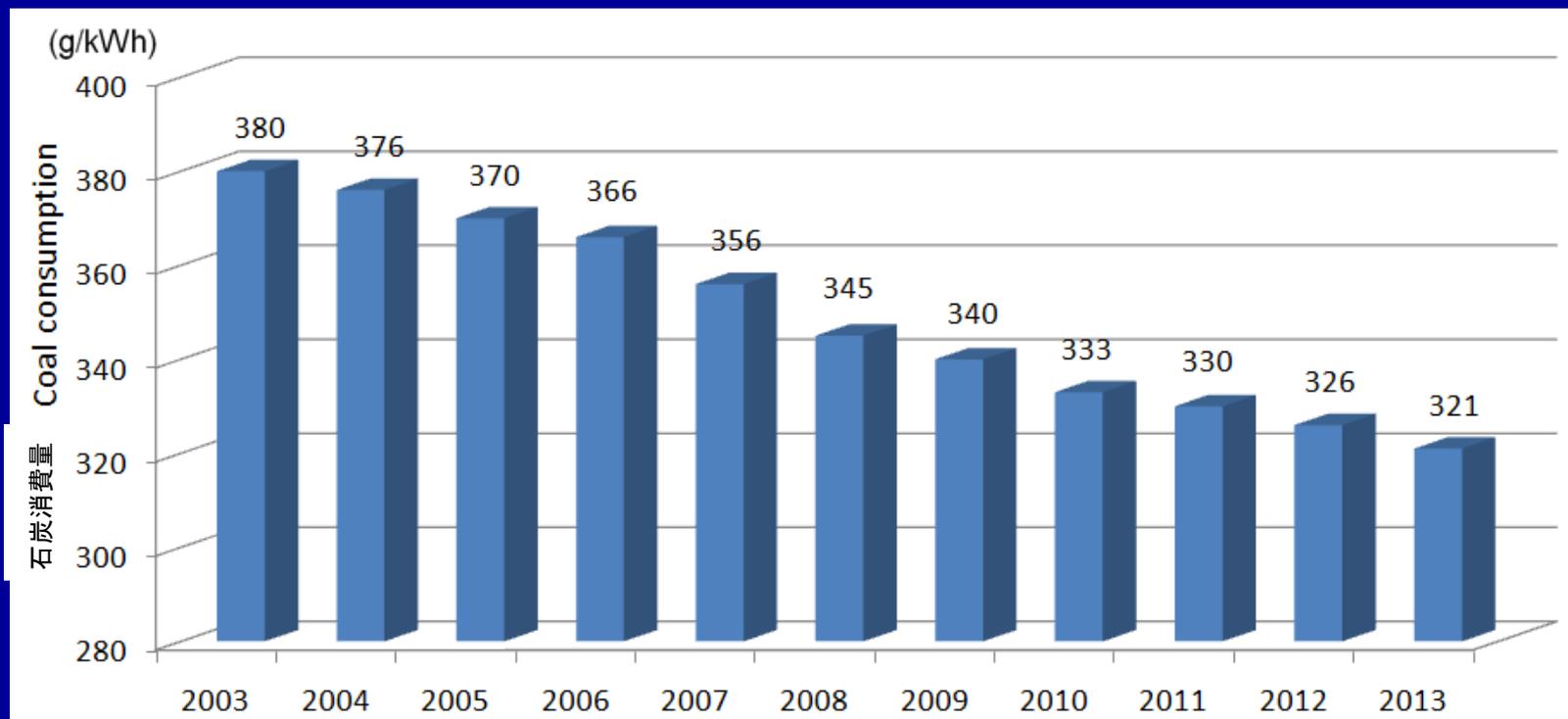
## (二)最適化し続ける火力発電の構成

石炭火力発電ユニット中の超(超)臨界圧ユニットの割合



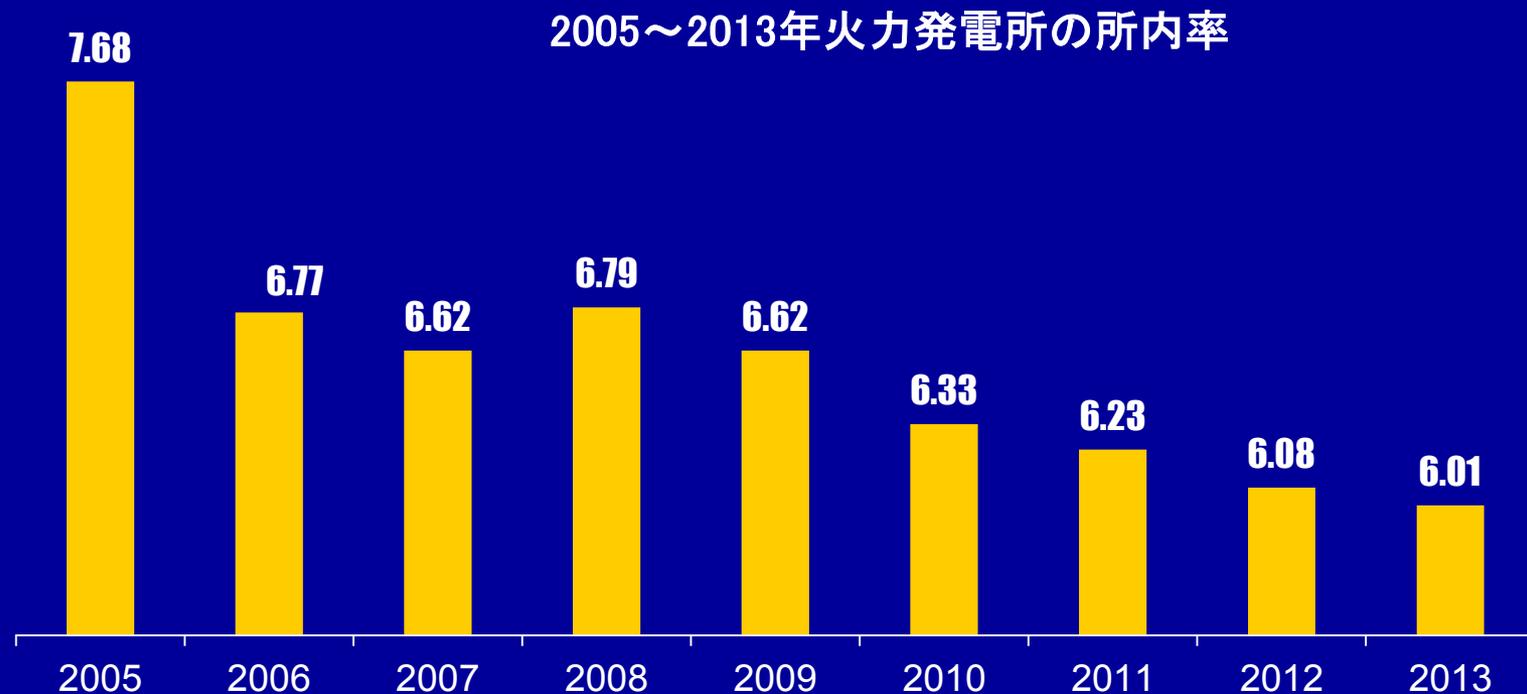
石炭燃焼ユニット中の超(超)臨界圧ユニットの割合は年々拡大しており、2013年には**35.5%**に達し、2005年比で31ポイント増加した

### (三)火力発電の顕著な省エネ・排出削減効果



2013年度の火力発電の石炭消費量は321g/kWhで、2003年比で59g/kWh低下した

# (三)火力発電の顕著な省エネ・排出削減効果



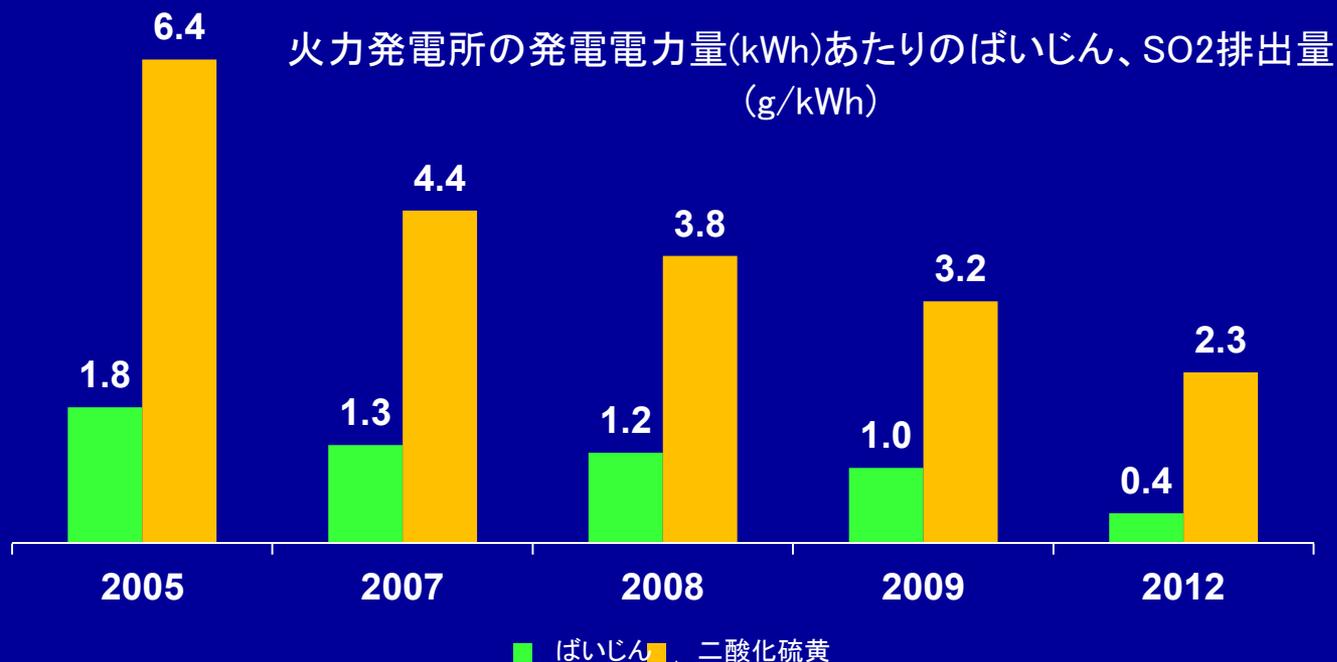
火力発電所の所内率は年々低下している

## (三)火力発電の顕著な省エネ・排出削減効果

### 火力発電ユニットの汚染物質抑制措置(2013年)

- － **除塵**: 100%の石炭燃焼ユニットに除塵装置を設置した
- － **脱硫**: 90%の石炭燃焼ユニットに脱硫装置を設置し、脱硫効果を有するCFBを計上した場合、脱硫ユニットの割合はほぼ100%に近い
- － **脱硝**: 50%の火力発電ユニットに脱硝装置を設置した

### (三)火力発電の顕著な省エネ・排出削減効果



- 火力発電所における発電電力量(kWh)あたりのSO<sub>2</sub>、ばいじん等の汚染物質の排出量は年々低下している
- 2012年度における発電電力量(kWh)あたりのSO<sub>2</sub>排出量は、2005年比で64%低下し、ばいじんは78%低下した
- 2013年の発電量をもとに推計すると、SO<sub>2</sub>排出量は1718万トン、ばいじんは587万トン減少した

## 二、クリーンな石炭火力発電技術

# (一) 超々臨界圧石炭火力発電技術

- 2006年、玉環発電所において中国初の超々臨界圧石炭火力発電ユニットが完成した。2012年末時点で、百万kW級の超々臨界圧石炭火力発電ユニットは既に63基となり、6337万kWの操業が開始されており、その数は世界一を誇る。
- 外高橋第3発電所における百万kW級の超々臨界圧石炭火力発電ユニットの正味発電効率は44.5%を超え、石炭消費量は276g/kWhに達し、世界トップレベルである。
- 現在建設中の百万kW級の二段再熱式超々臨界圧石炭火力発電ユニットの正味発電効率は46%、石炭消費量は267g/kWhに達する。
- 現在、研究開発が進められている700°C級先進超々臨界圧石炭火力発電技術では、正味発電効率が50%、石炭消費量は246g/kWhに達する。既に「国家700°C級超々臨界圧石炭火力発電技術イノベーション・アライアンス」が設立されている。

## (二) 循環流動層 (CFB) ボイラ発電技術

- 現在、中国は世界最多のCFBユニットと世界最大の総設備容量を有する、世界で最も開発スピードが速い国である。CFB発電ユニットの設備容量は約6600万kWであり、そのうち30万kW級のユニットは70基を超えている。
- 2013年、白馬の60万kWの超臨界圧循環流動層ボイラ発電ユニットのパイロットプラントが完成した。これは中国が海外から導入した技術をベースとして、独自に開発した世界でも単機の容量が最大で、先進的な性能指標を有する超臨界圧CFBユニットである。ユニットの設計石炭消費量は303g/kWh、正味発電効率は40.5%である。

## (二) 石炭ガス化複合(IGCC)発電技術

- 中国には、既に15年以上にわたるIGCC技術に関する経験が蓄積されており、10箇所余りのIGCC発電所に関する前段階の研究活動が実施されている。システムインテグレーションの設計から、設備の製造、建設、運用、管理面まで、IGCC発電所を建設するための能力が既に備わっている。
- 2012年11月、天津華能グリーン石炭火力発電IGCCパイロットプラントが完成し、操業が開始された。これは中国初のIGCCプロジェクトであり、ガスタービンを除いたすべての設計及び設備の製造が、中国で独自に行われ、完成したものである。
- グリーン石炭火力発電IGCCの主な技術指標：
  - 発電電力量：265MW
  - 正味発電効率：41%
  - ガス化炉の熱効率：95%

## (三)最適化設計及びアップグレード改造

- 最適化設計及びアップグレード改造によって、石炭火力発電ユニットのエネルギー利用効率を大幅に向上させ、汚染物質の排出を減少させる。
- 近年、広範囲に用いられている最適化設計及びアップグレード改造方法には、次のようなものがある。
  - － ボイラーシステムの改造:ボイラー伝熱面の改造、排煙余熱の回収、空気予熱器のケーシングの改造、燃焼器の改造等
  - － ガスタービンシステムの改造:ガスタービン流路の改造、グランドシールの改造、熱力学的システム及び排水システムの最適化改造等
  - － 熱供給の改造:抽気蒸気式熱供給の改造、吸収式ヒートポンプの熱供給の改造、低真空熱供給の改造等
  - － 補機の改造:一次空気通風機・誘引通風機・復水ポンプ・給水ポンプ・循環水ポンプの周波数変換による改造、電気除塵用高周波電源の改造、誘引通風機とブースターファンの結合等

## (四) CO2回収利用・貯留(CCUS)技術

- 中国はCCUS技術の研究を重視し、北京火力発電所、石洞口第2発電所、双槐発電所等、多数のモデルプロジェクトを完了している。
- 北京火力発電所のCO2回収モデルプロジェクト：年間CO2回収量は3000トン、CO2純度は99.9%超。
- 上海石洞口第2発電所のCO2回収工業モデルプロジェクト：年間CO2回収量は120000トン、CO2純度は99.997%超。
- 重慶双槐発電所のCO2回収モデルプロジェクト：年間CO2回収量は10000トン、CO2純度は99.5%超。

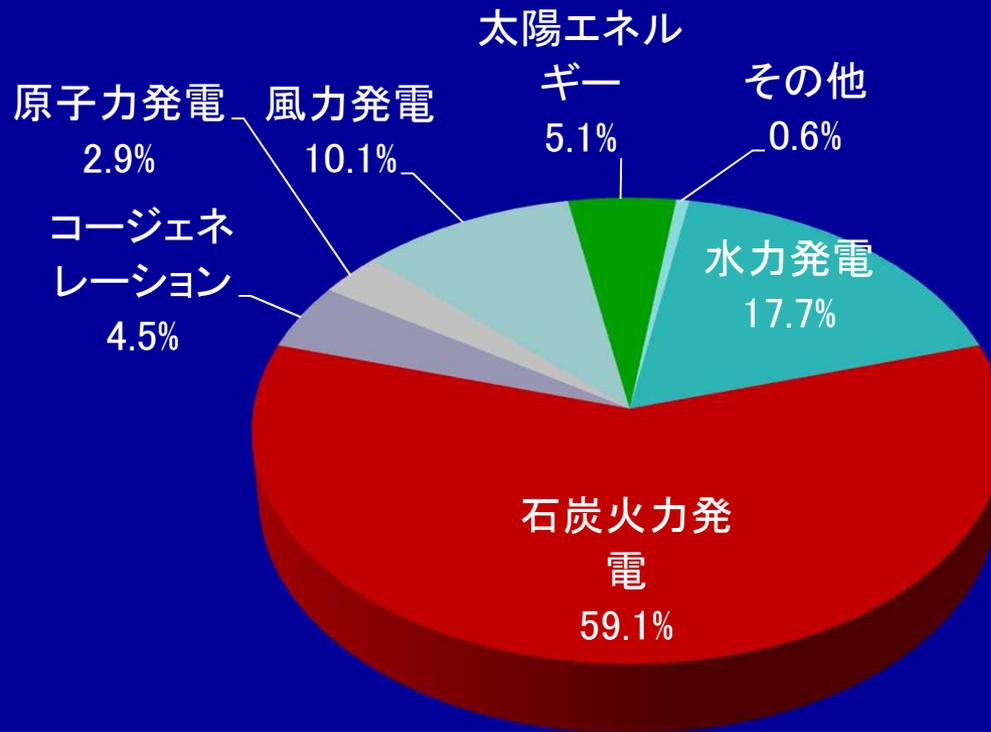
# 三、石炭火力発電における省 エネ・排出削減の発展と展望

# (一) 中国のエネルギー発展戦略

- **高効率かつクリーンな石炭火力発電を発展させる。**石炭の使用方法を変え、石炭集中・高効率発電の割合の向上に重点を置き、石炭火力発電ユニットのエネルギー消費・環境保全に関する参入基準を引き上げて、高効率かつクリーンな石炭火力発電ユニットを建設する。
- **安全な原子力発電を発展させる。**世界トップレベルの安全基準を採用し、安全確保を前提とした上で、原子力発電プロジェクトを実施する。2020年には、原子力発電の設備容量を5800万kWに、建設中の容量を3000万kW以上まで引き上げる。
- **水力発電を積極的に推進する。**大規模な水力発電拠点の建設を積極的かつ秩序正しく推進し、現地の実情に即した適切な措置を講じることによって、中小型水力発電所を発展させていく。2020年には、一般水力発電の設備容量を3.5億kWに引き上げることを目指す。
- **風力発電の発展に尽力する。**風力発電拠点の計画・推進に重点を置き、分散型風力発電の発展に尽力し、海上風力発電を着実に発展させる。2020年には、風力発電の設備容量を2億kWに引き上げる。
- **太陽光発電の発展を急ぐ。**太陽光発電拠点の建設を秩序正しく推進しながら、分散型太陽光発電の建設を急ぐ。2020年には、太陽光発電の設備容量を1億kWに引き上げる。

## (二) 2020年における中国の電源構成

2020年には、石炭火力発電の設備容量の割合を60%以下まで引き下げ、水力発電・原子力発電・風力発電・太陽エネルギー等のクリーンな電力の発電設備容量の割合を36%まで引き上げる見通しである。



2020年の電源構成

# (三)石炭火力発電における省エネ・排出削減のアップグレード及び改造行動計画

## 背景と意義

- 「節約・クリーン・安全」というエネルギー戦略方針の全面的実施を目指し、2014年9月12日、国家能源局と国家発展改革委員会、環境保護部は共同で、『石炭火力発電における省エネ・排出削減のアップグレード及び改造行動計画(2014～2020年)』（発改能源[2014]2093号)を通達し、中国の石炭火力発電における省エネ・排出削減のアップグレード及び改造事業が始動した。
- より厳格なエネルギー効率と環境基準を普及させることによって、石炭火力発電のアップグレードと改造のスピードを速めながら、石炭消費量・汚染物質の排出・エネルギー消費量に占める石炭の割合という「三つの低減」と、安全な稼働品質・技術及び設備の水準・石炭消費量に占める発電用石炭の割合という「三つの向上」の実現に努める。高効率かつクリーンで持続可能な発展が見込める石炭火力発電産業の「アップグレード版」を構築し、国のエネルギー発展と戦略のために、安全な基盤を打ち固める。

# (三)石炭火力発電における省エネ・排出削減のアップグレード及び改造行動計画

## 行動目標

- 中国全土に新設する石炭火力発電ユニットの平均石炭消費量を300g/kWh未満にする。東部地区に新設する石炭火力発電ユニットの大気汚染物質排出濃度は、ガスタービンユニットの排出制限値に概ね達すること。中部地区に新設するユニットは、原則的にガスタービンユニットの排出制限値に近接するか、又は達すること。西部地区に新設するユニットは、ガスタービンユニットの排出制限値に近接するか、又は達することを奨励する。
- 2020年には、現在稼働中の石炭火力発電ユニットの改造後の平均石炭消費量を310g/kWh未満にし、そのうち現在稼働中の60万kW以上のユニット(空冷ユニットを除く)の改造後の平均石炭消費量を300g/kWh未満にする。東部地区で現在稼働中の30万kW以上の公共石炭火力発電ユニット、10万kW以上の自家石炭火力発電ユニット及びその他、条件の整っている石炭火力発電ユニットの改造後の大気汚染物質排出濃度を、概ねガスタービンユニット排出制限値に達すること。
- より厳格なエネルギー効率と環境基準を適用することを前提とした上で、2020年には、エネルギー消費量に占める石炭の割合を62%以内まで引き下げ、石炭消費量に占める発電用石炭の割合を60%以上まで引き上げるよう努める。

# (三)石炭火力発電における省エネ・排出削減のアップグレード及び改造行動計画

## 新設ユニットの参入抑制の強化

- **エネルギー効率の参入障壁を厳格化する。**新設する石炭火力発電プロジェクトには、原則的に60万kW以上の超々臨界圧ユニットを採用する。100万kW級の湿式冷却ユニット、空冷ユニットの設計石炭消費量は、それぞれ282、299g/kWh以下とし、60万kW級の湿式冷却ユニット、空冷ユニットは、それぞれ285、302g/kWh以下とする。30万kW以上の熱供給ユニット及び30万kW以上の循環流動層ボイラによる低品位石炭火力発電ユニットには、原則的に超臨界圧のパラメータを採用する。
- **大気汚染物質の排出を厳しく抑制する。**東部地区に新設する石炭火力発電ユニットの大気汚染物質排出濃度は、概ねガスタービンユニットの排出制限値(ばいじん、二酸化硫黄、窒素酸化物の排出濃度は、それぞれ10、35、50mg/m<sup>3</sup>とする)に達し、中部地区に新設するユニットは、原則的にガスタービンユニットの排出制限値に近接するか、又は達すること。西部地区に新設するユニットは、ガスタービンユニットの排出制限値に近接するか、又は達することを奨励する。
- **地域の石炭火力発電の配置を最適化する。**大気汚染防止重点地域における石炭火力発電プロジェクトの実施を厳格に抑制して、大規模石炭火力発電拠点の建設を科学的に推進していく。
- **コージェネレーションを積極的に推進する。**2020年には、石炭火力発電の総設備容量に占める石炭燃焼熱電ユニットの設備容量の割合を28%まで引き上げるよう努める。大型熱電ユニットを適度に建設し、背圧式コージェネレーションの発展を推奨する。

# (三)石炭火力発電における省エネ・排出削減のアップグレード及び改造行動計画

## 現在稼働中のユニットの改造及びアップグレードの加速

- **旧式設備の廃止を進める。**条件に適合する、エネルギー消費量が高く、著しい汚染をもたらす旧式の火力発電ユニットの廃止を急ぐ。2020年までに、旧式の火力発電ユニット1000万kW以上の廃止を目指す。
- **総合的な省エネ改造を実施する。**発電所の実情に応じて、ガスタービンの流路部分の改造、ボイラーの排煙余熱の回収利用、電動機の周波数変換、熱供給の改造等、成熟した実用可能な省エネ改造技術を採用し、現在稼働中の石炭火力発電ユニットの省エネ改造を行い、2020年までに5億kWの改造を完了する。
- **環境保護施設の改造を推進する。**現在稼働中の石炭火力発電ユニットに対する、大気汚染物質の基準値到達を可能とする環境配慮型改造を重点的に推進する。東部地区で現在稼働中の石炭火力発電ユニットに対する、大気汚染物質排出濃度を概ねガスタービンユニット排出制限値に達するようにする環境配慮型改造を着実に推進し、2020年までに改造ユニットの容量を1.5億kW以上まで引き上げることを目指す。

# (三)石炭火力発電における省エネ・排出削減のアップグレード及び改造行動計画

## 技術・設備水準の向上

高温材料に重点を置き、独自の知的財産権を有する600℃級超々臨界圧ユニットの設計、製造技術を全面的に確立し、700℃級超々臨界圧発電技術の研究開発を急ぐ。二段再熱式超々臨界圧発電技術のパイロットプラントの建設を推進する。石炭ガス化複合(IGCC)技術の試験的応用を拡大し、国産化水準と経済性を高める。超々臨界圧循環流動層ボイラユニットの技術研究を適時に実施する。亜臨界圧ユニットを超(々)臨界圧ユニットに改造する技術の研究開発を推進する。発電所補機の製造水準をより一層向上させ、重要な付属設備の国産化を推進する。CO<sub>2</sub>回収・貯留(CCS)技術の研究を進め、応用モデルを適時に実施する。

ご清聴ありがとうございました