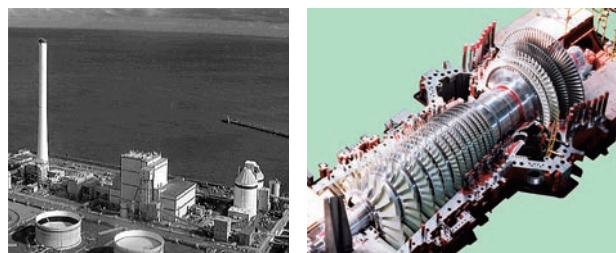


火力プラントの高効率化への取組み

Approach on High Efficiency Power Generation



一ノ瀬利光*¹ 菱田正志*² 伊藤栄作*³
 Toshimitsu Ichinose Masashi Hishida Eisaku Ito

地球温暖化対策の具体的施策が問われる中、CO₂ 排出量が膨大な火力プラントの高効率化は早急に達成しなければならない重要課題である。本論文では火力のメインエネルギー源である石炭及び天然ガスを効率良く利用可能な超々臨界圧石炭焚きボイラプラント、IGCC 及び GTCC の高効率化に向けた取組みの概要について紹介する。

1. はじめに

地球温暖化対策の具体的施策が大きくクローズアップされており、化石燃料を使った火力プラントからのCO₂ 排出量削減が強く望まれている。世界の化石エネルギー消費において発電用プラントを含む産業用の消費は、運輸、民生他部門と並んで約 1/3 を占め大きい。今後 20 ~ 30 年間は、この割合を持続しながら発電量の絶対値は更に増加し続けるとみられている。火力発電プラントの高効率化はCO₂ 対策の一つとして非常に重要な課題である。

世界のエネルギー需要の伸びはCO₂ 排出量増大を意味しており、CO₂ 対策では常に経済的な考慮が望まれる。火力プラントの高効率化は実用化に向けた技術的検証が十分になされれば、イニシャルコストの発生はあっても総合的な経済性に優れた有効な手段である。本論文では、背景としての世界の発電量の現在及び今後を再認識するとともに、火力発電プラントのメイン機種である石炭及び天然ガス焚きに関して高効率化への取組みの概要を述べる。

2. 火力プラント発電量の推移

(1) 燃料別発電量の推移

図1に世界の燃料別発電量の推移を示す⁽¹⁾。世界の発電量は増大を続けており、特に今後更なる増加が予測されている。主要要因は、現在から2030年までの伸び率が最も高い天然ガス火力(4.2%)と石炭火力(2.6%)である。それぞれ、環境性(天然ガスからのCO₂ 発生量は石炭に比べ約4割少ない)及び経済性(石炭の価格は天然ガスの約1/2以下)からの選択である。

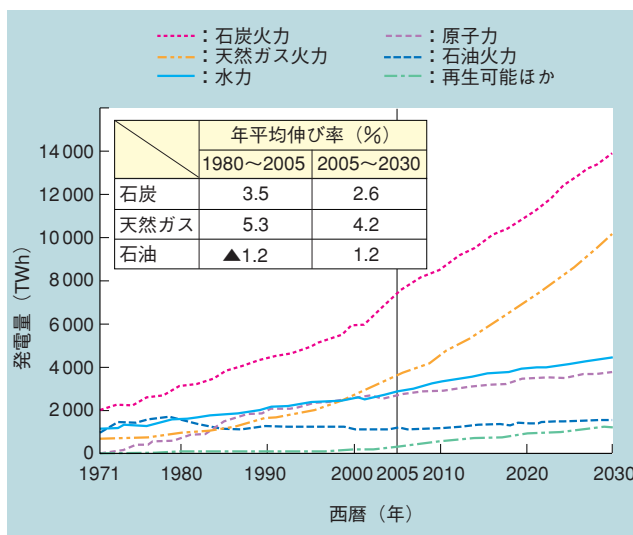


図1 世界の燃料別発電量の推移
 世界の発電量は更に急増し、メインは石炭と天然ガスを使ったプラントである。

(2) 地域別発電使用燃料量の推移

図2は世界の地域別発電使用燃料量の推移を示したものである⁽¹⁾。今後の増加量の約8割は発展途上国によるものであり、特にアジアだけで約5割(中国、インドだけで約4割)を占めるとみられており、途上国向けのCO₂ 対策は必須事項である。

(3) 燃料価格の推移

図3はここ10年間の化石燃料価格の推移を示したものである⁽²⁾。世界の発電量が増加傾向を示した2000年頃から石炭を除く燃料価格の上昇傾向が現れ、アジアにおける発展途上国のエネルギー依存度が高まった2004年半ばからは石炭を含め全燃料価格が更に急増している。今後も上昇が見込まれるためプラントの高効率化は発電原価低減対策としても

*¹ 技術本部長崎研究所主幹 工博
 *² 長崎造船所ボイラ技術部長
 *³ 技術本部高砂研究所ターボ機械研究室主席

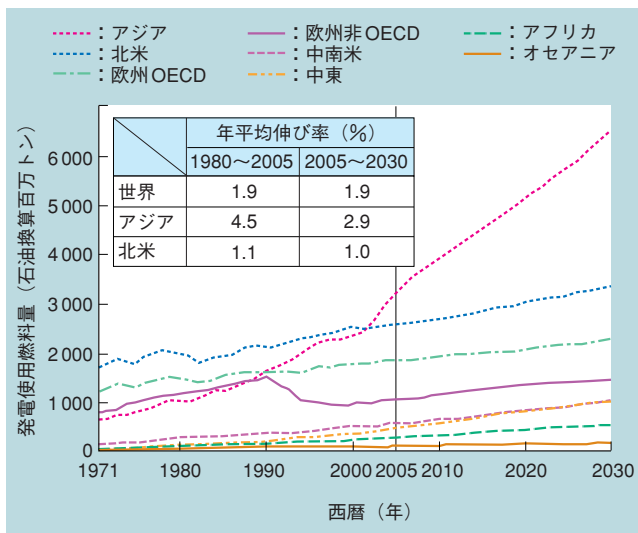


図2 世界の地域別発電使用燃料量の推移
今後の増加量のほとんどは発展途上国で、特にアジアだけで約5割を占める。

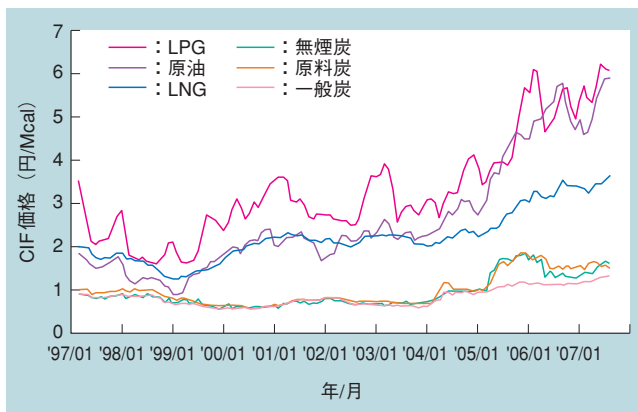


図3 燃料価格の推移
アジアにおける発展途上国のエネルギー依存度が高まった2004年半ばから石炭含め燃料価格が急増。今後も上昇が見込まれる。

重要である。

(4) CO₂ 排出量の推移

図4は世界のCO₂排出量の推移を示している⁽¹⁾。化石燃料を使用した結果、2005年の炭素換算75億トンから2030年には約1.6倍の117億トンまで増加すると言われている。この増加分の半分以上がアジアであり、北米、欧州と続く。CO₂排出量低減の一つの対策は新設及び既設火力プラントの高効率化であり、早急に有効な技術開発が望まれる。

3. 高効率化への取組み

火力発電プラントで使用するメインの燃料は石炭及び天然ガスであり、両者の高効率利用はCO₂低減対策に不可欠である。

石炭焼き発電プラントでは単機容量の増大と熱エ

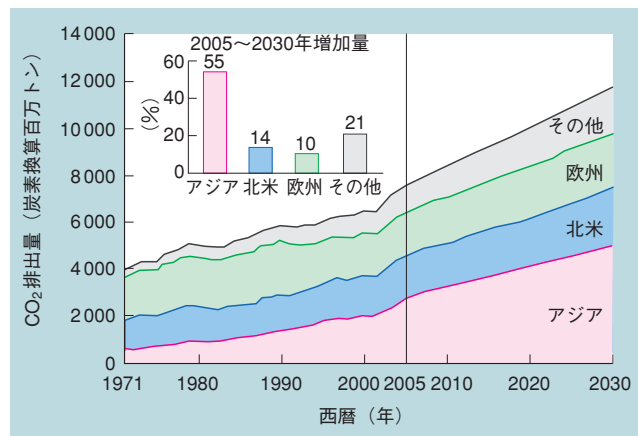


図4 世界のCO₂排出量の推移
2005年から2030年には1.6倍に増加。この増加分の半分以上がアジアである。

エネルギー効率向上を目的に蒸気条件の高温高压化が進められている。超々臨界圧 (USC: Ultra Super Critical) 条件の最新の石炭火力の効率率は43% (発電端, HHV基準) であり、従来に比べCO₂排出原単位を3~4%低減可能としている。図5に示す東京電力(株)広野発電所5号機 (2004年7月営業開始) は、主蒸気圧力24.5MPa、主蒸気温度600℃/再熱蒸気温度600℃の世界最高水準機であり、高効率発電を達成している⁽³⁾。高蒸気条件に対応するため、蒸気タービンには高温材料・冷却技術に加え600MW級初の2車室タービンの採用及びスチール48インチISB(インテグラルシュラウド構造)翼の採用、またボイラには高温材料、ライフル管を使った垂直管型火炉のほか、A-PM (アドバンストポリリューションミニマム) パーナ, MRS (三菱ロータリセパレータ) ミルを使った低NO_x、低未燃分燃焼技術等の最新技術が採用されている。石炭火力の高効率化は蒸気条件の向上であ

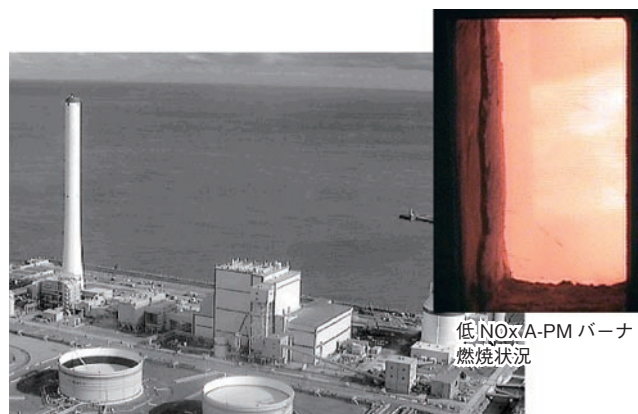


図5 超々臨界圧石炭火力プラント (東京電力(株)広野発電所5号機600MW)
世界最高水準の蒸気条件24.5MPa、600/600℃で高効率発電を達成。また、A-PMバーナ等の採用で高環境性を実現している。



図6 250 MW 級空気吹き IGCC 実証機 ((株)クリーンコールパワー研究所建設)
高効率石炭利用の有望新技術であり、現在高効率・高信頼性検証中。

り、次世代の超々臨界圧プラントとして欧州・欧米諸国と同様に我が国でも 700℃ 級の A-USC 技術開発を国プロで推進する動きがある。効率は 46% (送電端, HHV 基準) を目論んでいる。

一方、石炭のもう一つの高効率利用法に石炭ガス化複合発電 (IGCC: Integrated Gasification Combined Cycle) がある。IGCC は石炭の部分燃焼 (ガス化) により CO 及び H₂ 等の可燃性ガスを製造しガスタービンで燃焼する技術であり、海外では既に 300 MW 級の酸素吹き IGCC 大型プロジェクト (化学製品原料製造用) が進められている。我が国では発電用としてより高効率、高信頼性の空気吹き IGCC の確立に向けて開発を進めている。図6に、国内電力会社が共同で設立した(株)クリーンコールパワー研究所が国の補助を受けて建設し、技術検証中の 250 MW 級空気吹き IGCC 実証機の外観を示す⁽⁴⁾。1500℃ 級 G 型ガスタービンを適用した IGCC の発電効率は 48~50% (送電端, LHV 基準) であり、一刻も早い商用機の登場が望まれる。

天然ガス利用のガスタービンコンバインドサイクル (GTCC) 発電の効率は、これまで 1100℃ (D 型), 1350℃ (F 型), 1500℃ (G 型) とガスタービン入口温度の高温化で継続的に向上させてきた。1500℃ 級 GTCC では効率 58~60% (送電端, LHV 基準) を達成している。図7は 1500℃ 級 50 Hz 機の M701G2 が設置された東京電力(株)川崎火力発電所第 1 号系列 (1 軸コンバインドプラント×3) の外観



図7 1500℃ 級 GTCC プラント (東京電力(株)川崎火力発電所 1 号系列)
最新の G 型ガスタービンを採用した高効率発電プラント。

を示す⁽⁵⁾。GTCC の高効率化は燃料が天然ガスであることも相まり CO₂ 対策に有効であることから、さらにガスタービンの高効率化を狙った 1700℃ 級の開発 (国プロ) が進められている。当社もこれに参画し、効率 62~65% (送電端, LHV 基準) の実用化を目指している。

4. ま と め

以上のように、火力プラントからの CO₂ 排出量は膨大であり、今後の世界のエネルギー需給の伸びから考えても早急に排出量低減に向け取り組まなければならない重要課題である。当社は CO₂ 問題に影響度の大きい石炭及び天然ガス焚きプラント等の高効率化に積極的に取り組み、環境保全貢献に努めている。個々プラントの技術開発の状況と貢献度を後述するので参照いただきたい。

参 考 文 献

- (1) 日本エネルギー経済研究所, アジア/世界エネルギーアウトック, 2007 資料。
- (2) 財務省貿易統計 (2007)
- (3) 門馬弘昌ほか, 最新鋭石炭焚き 600 MW 発電プラント“東京電力(株)広野火力発電所 5 号機”の営業運転開始, 三菱重工技報 Vol.41 No.5 (2004)
- (4) (株)クリーンコールパワー研究所ホームページ。
- (5) 塚越敬三ほか, 高効率ガスタービンの運転実績と今後の開発動向, 三菱重工技報 Vol.44 No.4 (2007)



一ノ瀬利光



菱田正志



伊藤栄作