

ニアゼロエミッション石炭利用技術の 事業化に向けた取り組み

Near-zero-emission IGCC Power Plant Technology

長崎 伸男

Nagasaki Nobuo

佐々木 啓介

Sasaki Keisuke

鈴木 朋子

Suzuki Tomoko

百々 聡

Dodo Satoshi

流森 文彦

Nagaremoru Fumihiko

日立グループは、NEDOとJ-POWERが共同で進めている多目的石炭ガス製造技術開発（EAGLE）に参画し、J-POWERからの発注により、設備一式を納入するとともに、試験運転支援を行っている。また、EAGLEの成果を踏まえて、大崎クールジェンが推進中の170 MW級酸素吹き石炭ガス化複合発電技術の大型実証試験において、酸素吹き一室二段旋回型ガス化炉（石炭処理量1,100 t/日級）および複合サイクル発電設備の設計・製作・据付け・試運転を行うとともに、テクニカルリーダーとして、実証プラント全体取りまとめエンジニアリングを行っている。これと並行して、ガス化炉を化学原料向けガス化炉に展開し、標準化や習熟効果によってガス化炉の建設費を抑え、商用機IGCCの建設費低減につなげる方針である。また、CO₂とばい煙の発生がほとんどないニアゼロエミッションをめざした技術開発において、送電端効率低下抑制と建設費低減の両立を図っていく考えである。

1. はじめに

2030年の世界の発電量は、2007年実績に対して約1.7倍となる見通しであり、石炭火力発電は基幹電源として今後伸長していくと予測されている¹⁾。石炭は、価格が低位で安定しており、採掘可能な埋蔵量が多く、また、地域偏在性が少なく産炭地の政情が安定していることから、将来にわたって主要な一次エネルギーになると評価されている。

一方、石炭は天然ガスや石油などの化石燃料に比べて単位エネルギー当たりのCO₂発生量が多い。このため、石炭のクリーン利用技術が期待されている。また、火力発電所からのCO₂排出原単位規制導入の動きがあり、高効率化、バイオマス混焼では、達成が厳しい水準を要求される可能性がある。

日立グループは、CO₂低減のための環境対応型石炭火力発電事業の拡大を図る方針であり、石炭のクリーン利用技術（クリーンコールテクノロジー）の開発を加速している。

ここでは、酸素吹き一室二段ガス化炉を用いたEAGLE（Coal Energy Application for Gas, Liquid and Electricity：多目的石炭ガス製造技術開発）パイロット試験結果、EAGLEを踏まえた酸素吹き石炭ガス化大型実証試験、CO₂とばい煙がほとんど発生しないニアゼロエミッションIGCC（Integrated Coal Gasification Combined Cycle：石炭ガス化複合発電）の開発および事業化の取り組みについて述べる。

2. IGCCのシステム構成

IGCCは、石炭をガス化炉において高温高压下で可燃性ガスに転換し、生成したガスをガスタービン燃料として発電する。さらに、ガスタービン排熱およびガス化炉反応熱を熱回収し、蒸気を発生させて蒸気タービンで発電する複合発電システムである（図1参照）。

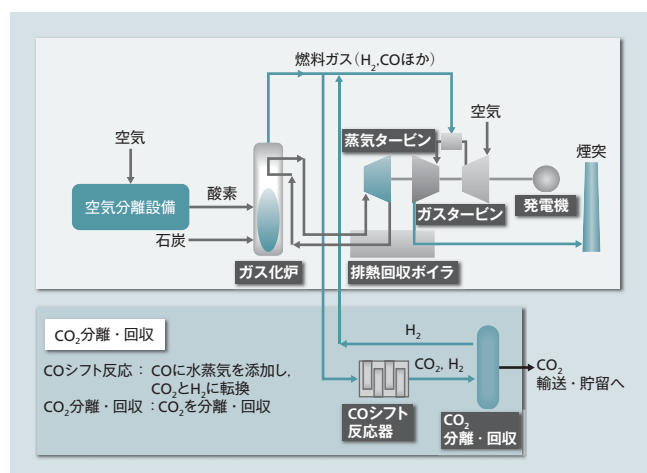


図1 | 石炭ガス化複合発電（IGCC）のシステム構成

石炭ガス化複合発電（IGCC：Integrated Coal Gasification Combined Cycle）は、ガス化炉内で石炭をガス化して可燃性ガス（CO、H₂）に転換する。この可燃性ガスをガスタービン燃料として利用する。さらに、ガス化炉反応熱およびガスタービン排熱を熱回収し、蒸気を発生させる。ガスタービンと蒸気タービンで発電することによって発電効率を向上できる。

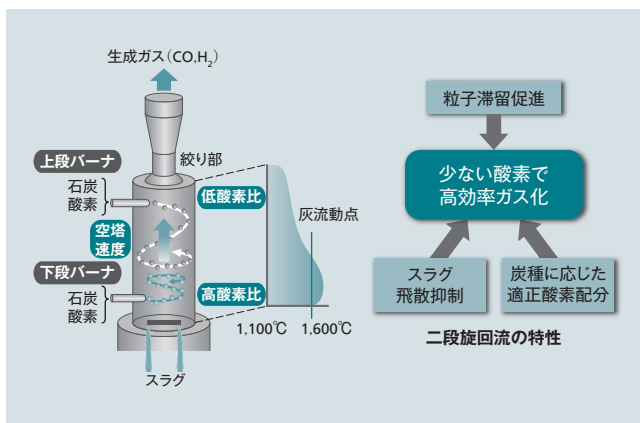


図2 | ガス化炉の特長

日立グループが開発したガス化炉は、酸素吹き一室二段旋回型ガス化方式により、少ない酸素で高効率ガス化を可能とした。

3. 酸素吹きガス化炉の特長と開発経緯

3.1 酸素吹きガス化炉の特長

酸素吹きガス化炉（EAGLE炉）は、一室二段旋回型ガス化方式²⁾により、炭種に応じて上下段酸素/石炭比を適正に配分することができる。また、旋回下降流によって粒子滞留時間を確保する³⁾とともに、粒子飛散を抑制できるため、少ない酸素で石炭をガス化できる（図2参照）。

3.2 酸素吹きガスIGCC+CO₂分離・回収の開発経緯

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下、NEDOと記す。）と石炭利用水素製造技術研究組合（以下、HYCOLと記す。）に納入したパイロットプラント（50 t/日）は、1,000時間以上の連続運転実績により、酸素吹き一室二段旋回型ガス化炉の基本コンセプトを確立するとともに、灰に関わるトラブルを実証試験によって解決した⁴⁾。

日立グループは、HYCOLプロジェクトの実績を踏まえ、NEDOと電源開発株式会社（以下、J-POWERと記す。）が進めているEAGLEプロジェクトに参画し⁵⁾、J-POWERからの発注により、設備一式を納入するとともに、J-POWERの試験運転支援を行った。EAGLEは、所期の開発目標のすべてを達成し、2007年3月に第一段階の試験運転を終了した⁶⁾（図3参照）。

第二段階として、炭種適合性拡大およびガス化炉信頼性検証のためにガス化炉を改造し、2010年3月まで試験運転を行った。HYCOLプロジェクトの実績を基にEAGLEを設計したが、事前解析検討では予測できなかった不具合が発生した。これに対しては、EAGLE不具合対策を反映してガス化炉を改造し、EAGLE-Step2で不具合対策の妥当性を検証した。

また、既設設備の一部を分岐し、世界に先駆けて石炭ガス化ガスからのCO₂分離・回収（化学吸収）実証試験を行っ

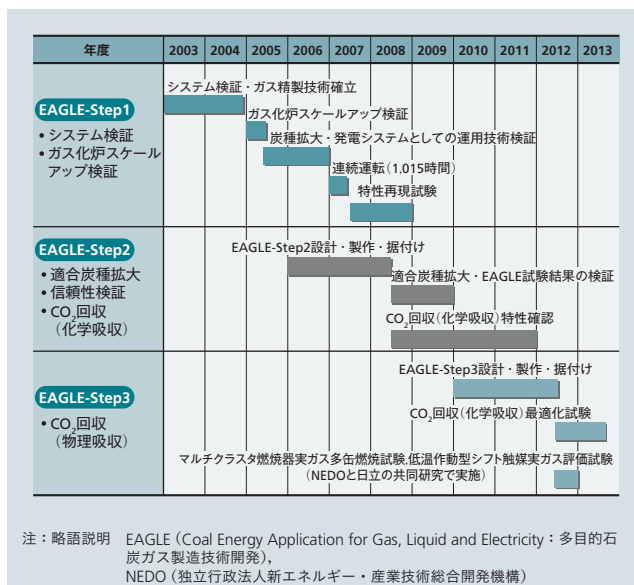


図3 | EAGLE試験運転工程

EAGLEは、所期の開発目標のすべてを達成した。炭種適合性拡大およびガス化炉信頼性検証のため、ガス化炉を改造し、EAGLE-Step2として2010年3月まで試験運転を行った。現在、170 MW級IGCC実証プラント設計データを取得中である。

た。使用した原料ガス処理量は1,000 m³(Normal)/h、CO₂回収量は約24 t/日である。石炭ガス化ガスからのCO₂回収技術、すなわち燃焼前CO₂回収技術は、天然ガスからのCO₂回収に広く用いられており、各国において火力発電プラントへの適用を検討中である。火力発電プラントへの適用にあたっては、CO₂回収装置設置時の送電端効率低下を抑制することが重要である。そのためには、CO₂吸収液再生時の再生用熱量低減および熱回収システム適正化により、蒸気タービン出力の低下を抑制することが求められる。EAGLE-Step2では、加熱フラッシュ再生による運転条件適性化と熱回収システム適性化による蒸気タービン出力低下抑制により、CO₂回収率90%、CO₂純度99%を確保したうえで、石炭ガス化ガスからのCO₂回収時の送電端効率低下を大幅に抑制可能であることを検証した。

第三段階として、2011年から2013年は、CO₂分離・回収（物理吸収）試験運転に必要な石炭ガスを生成するため、ガス化炉を運転するとともに、170 MW級IGCC実証プラントの設計データを取得している。第二段階のCO₂分離・回収（化学吸収）では、加熱フラッシュ再生運転において吸収液が発泡し、下流側に飛散する事象が起きた。第三段階開始前に適正な寸法のフラッシュドラムに交換し、第三段階の試験においてフラッシュドラム寸法に合わせた範囲で運用することにより、吸収液発泡による下流側への飛散を解消できることを確認した。

また、2012年度には、NEDOと日立製作所の共同研究で、多孔同軸噴流バーナ（クラスターバーナ）実ガス多缶燃焼試験、低温活性シフト触媒実ガス試験を計画している。

4. 酸素吹きIGCC+CCS実証試験計画

中国電力株式会社とJ-POWERは、酸素吹き石炭ガス化複合発電（酸素吹きIGCC技術）およびCO₂分離・回収技術を効率的に進めるため、大崎クールジェン株式会社を2009年7月に設立した。

同社は大崎クールジェンプロジェクト第一段階として、170 MW級の酸素吹き石炭ガス化技術の大型実証試験設備の建設を行った。酸素吹きIGCCシステムの基本性能（発電効率、環境性能）、運用性（起動停止時間、負荷変化率など）、経済性に関わる実証を行う計画である。その後、第二段階として、第一段階で構築したIGCC実証試験設備にCO₂分離・回収設備を追設し、システムの基本性能、設備信頼性、運用性、経済性、環境性に関わるそれぞれの実証を行う計画である。第三段階では、第二段階で構築したCO₂分離・回収IGCCシステムに燃料電池を追設し、精密ガス精製技術および石炭ガスの燃料電池への利用可能性を検証するとともに、適切な石炭ガス化燃料電池複合発電（IGFC：Integrated Coal Gasification Fuel Cell Combined Cycle）システム実証を行う計画である⁷⁾（図4参照）。

日立グループは、第一段階の170 MW級酸素吹き石炭ガス化技術の大型実証試験において、石炭処理量1,100 t/日級酸素吹き一室二段旋回型ガス化炉、170 MW級複合サイクル発電設備、電気・制御設備の設計・製作・据付け・試運転とともに、テクニカルリーダーとして、実証プラント全体の取りまとめエンジニアリングを行う。第一段階での実証運転により、ガス化炉スケールアップ技術検証、ガス化炉運用制御技術確立、および酸素吹きIGCCトータルシステム検証を行う計画である。

大崎クールジェンプロジェクトの発電端出力は170 MW級であるが、送電端効率目標値は、この出力規模では世界最高水準の40.5%（HHV：Higher Heating Value）

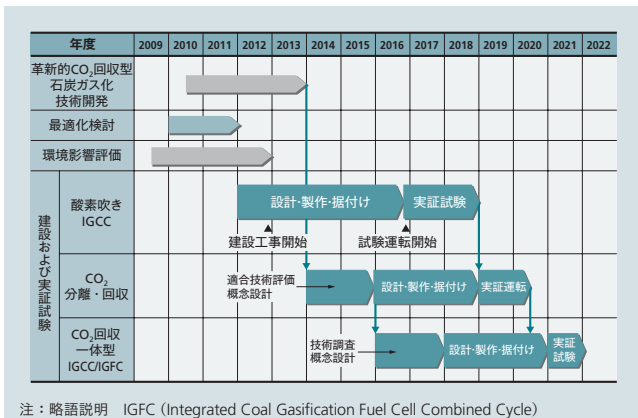


図4 | 石炭ガス化燃料電池複合発電実証試験の工程

酸素吹きIGCC、CO₂分離・回収、CO₂回収一体型IGCC/IGFCの三つの段階に分けて実証する計画である。

であり、酸素吹きIGCCの高効率を実証できる。この実証により、IGCC商用機の送電端効率46%（HHV）の見通しを得ることが可能であり、高効率IGCCの商用化を加速できる。

5. 酸素吹きIGCCの送電端効率向上・CO₂排出量低減

5.1 酸素吹きIGCCの展開

IGCCは、天然ガス焚（だ）きガスタービンの高温化による高効率化技術の適用により、送電端効率の向上を図ることができる。ガスタービン高温化（Step2）を用いた酸素吹きIGCCの送電端効率は46%（HHV）であり、最新鋭の微粉炭火力に比べてCO₂排出量を約20%削減できる。酸素吹き石炭ガス化においては、2.5 MPaから3.0 MPaの加圧下で、CO₂濃度約40%の高濃度CO₂を含む原料ガスからCO₂を回収できる（燃焼前CO₂回収）。そのため、ボイラ排ガスからのCO₂回収（燃焼後CO₂回収）に比べて処理対象とするガス流量が少なく、ボイラ排ガスからのCO₂回収に比べて装置のコンパクト化が可能であるとともに、送電端効率の低下を抑制できる。

IGCCとCCS（Carbon Capture and Storage）の組み合わせによるニアゼロエミッション石炭火力の実用化により、石炭の効率的な利用とCO₂排出量抑制を両立できる。酸素吹きガスIGCCでは、ガス化炉生成ガス中の燃料成分（CO、H₂など）濃度が高いことから、燃料電池電圧を高くできるため、燃料電池と組み合わせた高効率発電システムにより、日本の最新鋭の石炭火力発電に比べて約30%のCO₂削減が期待できる⁸⁾（図5、図6参照）。

5.2 酸素吹きIGCCの事業化方針

大崎クールジェンプロジェクト第一段階における実証運転により、ガス化炉スケールアップ技術検証、ガス化炉運用制御技術確立、および酸素吹きIGCCトータルシステム検証を行い、IGCCを商用化する計画である。ガス化炉は、

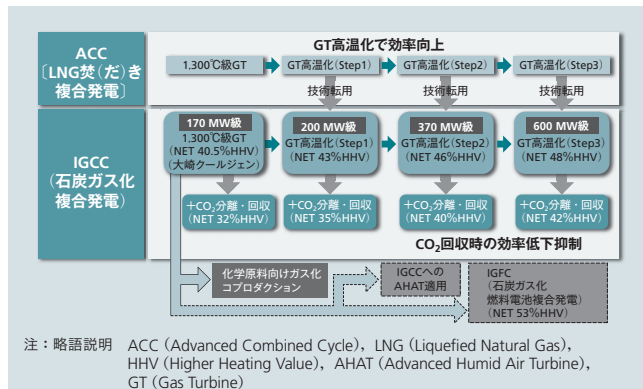


図5 | 酸素吹きIGCCの展望

IGCCは、ガスタービン高温化による高効率技術適用によって送電端効率向上を図ることができる。加圧燃料ガス中の高濃度CO₂を回収することにより、CO₂回収時の送電端効率の低下を抑制できる。

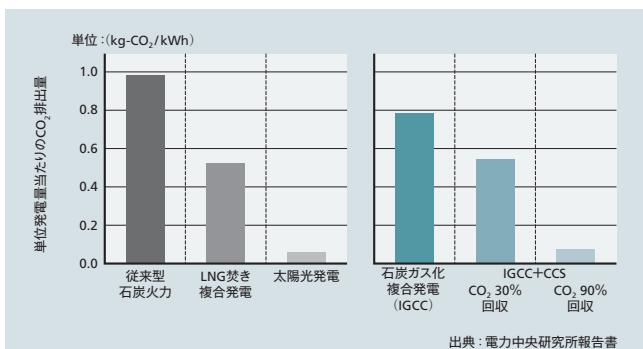


図6 | IGCCおよびIGCC+CCSによるCO₂排出量削減
IGCC (1,500℃級ガスタービン使用) は、従来型石炭火力よりもCO₂排出量を20%削減する。IGCCにCO₂回収を付与したIGCC+CCSで、ほとんどCO₂を排出しないニアゼロエミッションを実現している。

一室二段旋回流の特性を維持し、スケールアップ時のリスク回避のため10倍以内のスケールとする。

初期商用機は、EAGLEガス化炉容量150 t/日の10倍以内のガス化炉容量とし、2020年までの商用化をめざす。初期商用機IGCCは、ガスタービン高温化(Step1)を用い、石炭処理量1,300 t/日、発電端出力200 MW級、送電端効率43% (HHV) である。

さらに、2020年代半ばには、ガスタービン高温化(Step2)を用いたIGCCにより、発電端出力300 MW~370 MW級、送電端効率46% (HHV) の高効率IGCCの商用化をめざす。

6. 多用途利用への展開によるゼロエミッションIGCCの推進

6.1 ゼロエミッションIGCCの開発方針

IGCC実証機の課題は、建設費が高いことである。開発段階において商用機の予想建設費レベルは異なり、検証課題、プロジェクトリスクが明確になる実証段階における商用機の予想建設費が最も高くなり、習熟化と標準化によって建設費が低減すると言われている。IGCCは実証段階にあり、酸素吹き一室二段旋回流型ガス化炉を化学原料向けガス化炉に展開し、ガス化炉建設費を低減する方針である。ガス化炉建設費の低減により、商用機IGCCおよびゼロエミッションIGCCの建設費低減を図る。

化学原料向けガス化炉、ゼロエミッションIGCCにおいては、建設費低減と効率向上のため、習熟化と標準化に加えて以下の四つの取り組みを進めている(図7参照)。

- (1) CO₂循環ガス化による冷ガス効率向上
- (2) ダイレクトクエンチによる生成ガス冷却および加湿
- (3) 低温活性サワーシフト触媒
- (4) 多孔同軸噴流バーナによる低NO_x燃焼技術の確立

6.2 CO₂循環ガス化による冷ガス効率向上

化学原料向けガス化炉およびゼロエミッションIGCCで

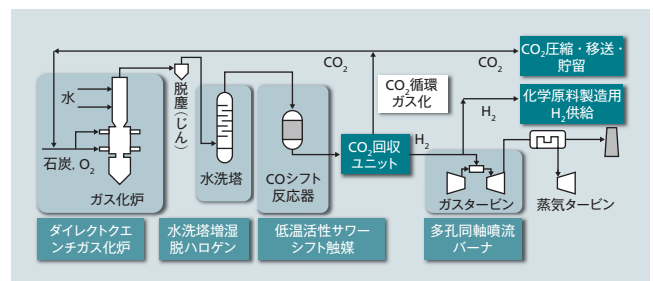


図7 | 化学原料向けガス化炉およびゼロエミッションIGCCの構成
石炭から効率的に水素を製造して利用する技術であり、(1) CO₂循環ガス化による冷ガス効率向上、(2) ダイレクトクエンチによる生成ガス冷却および加湿、(3) 低温活性サワーシフト触媒、(4) 多孔同軸噴流バーナによる低NO_x燃焼技術を確立する。

は、生成するCO₂をガス化炉の石炭搬送用媒体として使用する。炉内混入ガスが窒素からCO₂に変更になるため、生成ガス中の不純物(窒素)濃度を低減できる。また、石炭をCO₂でガス化することにより、酸素使用量を低減でき、ガス化炉の生成ガス収率である冷ガス効率(石炭入熱に対する生成ガス発熱量の比)を約3.5ポイント向上できる。CO₂は窒素に比べて熱容量が大きく、石炭とCO₂が吸熱反応するため、石炭搬送媒体を窒素からCO₂に変更するとガス化炉温度が低下する。噴流層ガス化炉では、灰を熔融スラグとして回収するため、灰熔融温度以上のガス化温度を保持することが必要である。

EAGLE炉は、酸素吹き二段ガス化炉である。CO₂循環ガス化では、下段バーナ酸素供給流量を増加して下段ガス化温度を保持し、スラグを安定流下させる。下段バーナ酸素供給流量増加を相殺するとともに、CO₂ガス化による所要酸素流量減少に合わせて上段バーナ酸素供給流量を減少させることにより、ガス化炉冷ガス効率の向上が可能である。CO₂循環ガス化による冷ガス効率向上は、二段ガス化の特長であり、化学原料向けガス化炉、またはゼロエミッションIGCCにおけるEAGLE炉の優位技術である(図8参照)。

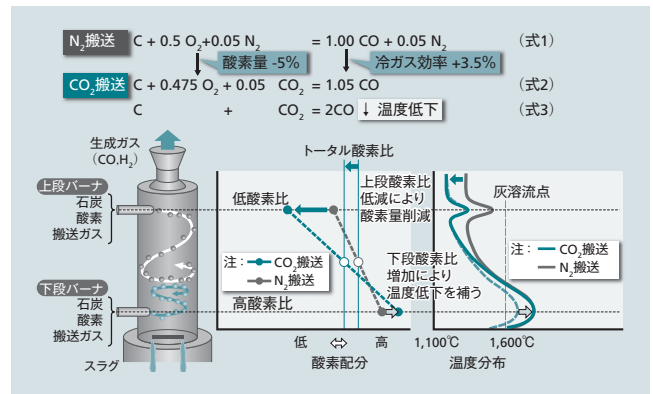


図8 | CO₂循環ガス化による冷ガス効率向上
上下段バーナの酸素比をそれぞれ適正化(下段:ガス化温度保持のため酸素比を増加,上段:全酸素比を低下させるように酸素比を低下)することにより、冷ガス効率を上昇させ、製品収率を向上した。

6.3 ダイレクトクエンチによる生成ガス冷却および加湿

大崎クールジェン実証プロジェクトでは、ガス化炉生成ガスは、ガス化炉上部熱回収部およびSGC (Syngas Cooler) で350°C~400°Cに冷却され、チャーフィルタによって脱塵(じん)し、水洗塔によって脱ハロゲン・冷却された後、ガス精製装置によって生成ガス中の硫黄分を除去する。ガス化炉上部熱回収部およびSGCにおいて生成ガス顕熱を蒸気として回収し、回収蒸気を蒸気タービンに供給することで発電効率を向上している(図1参照)。

ダイレクトクエンチ方式は、ガス化炉出口の高温の生成ガスに水を噴霧して生成ガスを冷却する方式である。ガス化炉上部熱回収部のコンパクト化、およびSGC削除が可能になるため、ガス化炉建設費の低減が可能となる。IGCCに適用する場合には、ガス化炉上部熱回収部やSGCでの生成ガス顕熱の熱回収が不可となり、送電端効率が大幅に低下する。一方、化学原料向けガス化炉およびゼロエミッションIGCCでは、生成ガス中のCOをシフト反応によってH₂とCO₂に転化するため、ガス化炉上部熱回収部およびSGC回収蒸気を生成ガスに添加することが必要になる。ダイレクトクエンチでは、水噴霧によって生成ガスを冷却するとともに生成ガスを加湿することが可能になる⁹⁾。ダイレクトクエンチガス化方式では、水噴霧によって生成ガスを350°C~400°Cまで冷却し、チャーフィルタによって除塵したあと、水洗塔で180°C~200°Cに冷却・脱ハロゲンを行う。水洗塔出口では、生成ガス中のH₂O/COは1.2程度以上となる。

日立グループのダイレクトクエンチ方式には、以下の三つの特長がある。

- (1) クエンチ後の生成ガス温度が350°C~400°Cであり、乾きガスであるため、チャーフィルタによる除塵が可能である。
- (2) 水洗塔では冷却水による洗浄によってハロゲン除去が可能である。
- (3) 外部からの追加蒸気添加をせずに、後述する低温活性サワーシフト触媒に必要な加湿量を確保することができる。

除塵、ハロゲン除去が可能であることから、商用化されているシフト反応触媒、CO₂吸収プロセスを適用できる(図9参照)。

6.4 低温活性サワーシフト触媒

ゼロエミッションIGCCでは、蒸気タービンへ供給する水蒸気の一部をCOシフト反应用蒸気として供給する。そのため、蒸気タービンへ供給する水蒸気量が減り、CO₂を回収する分だけ発電効率が低下する。CO₂回収時の発電効率向上には、少ない水蒸気量でシフト反応を効率よく進行させることが求められる。

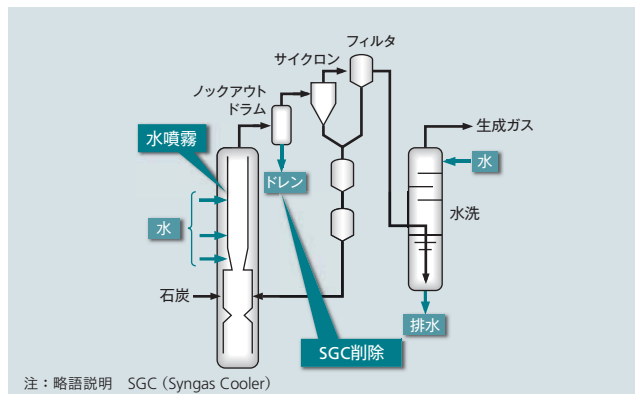


図9 | ダイレクトクエンチによるSGC削除

ダイレクトクエンチガス化方式では、水噴霧によって生成ガスを350°Cから400°Cの範囲に冷却し、チャーフィルタによって除塵(じん)したあと、水洗塔で180°Cから200°Cの範囲に冷却・脱ハロゲンを行う。

従来のシフト触媒は、低温域での反応速度が小さく、反応を促進させるためには使用温度を上げる必要があった。COシフト反応は、COのCO₂への理論転化率(平衡状態におけるCOのCO₂への転換率の理論値)が高温になるほど低くなるため、理論転化率を高める目的で水蒸気の添加量を増加させていた。この結果、蒸気タービンで使用できる水蒸気量が減り、発電効率が低下する。そこで、低温域での反応速度が大きく、少ない水蒸気量で、より理論転化率に近いCO→CO₂転化率を得ることができるシフト触媒を開発した¹⁰⁾。この技術を用いることにより、COシフト反応に必要な水蒸気使用量を30%以上低減可能であることを実験室において確認した。水蒸気添加量の低減により、前述のダイレクトクエンチ+水洗塔増湿で加湿可能な水分濃度H₂O/CO=1.2において、CO→CO₂転化率を96%とすることができ、蒸気サイクルからの蒸気追加添加が不要になる。これにより、従来の触媒を用いる場合に比べ、CO₂回収率90%時の送電端効率低下を1ポイント改善できる(図10参照)。

2012年度に、NEDOと日立製作所の共同研究において、J-POWER若松総合事業所内のEAGLEパイロットプラントに50 m³(Normal)/h×2系列の小型触媒試験装置を設置

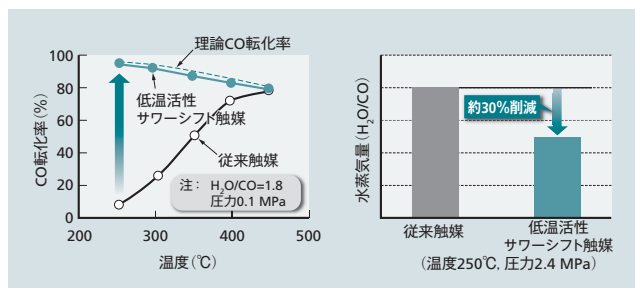


図10 | 低温活性サワーシフト触媒

低温域での反応速度が大きく、少ない水蒸気量でより理論転化率に近いCO→CO₂転化率を得ることができるシフト触媒を開発し、水蒸気使用量を約30%低減可能であることを確認した。



図11 多孔同軸噴流バーナ(クラスタバーナ)の特長
 浮上火炎位置までに予混合燃焼器と同等の希薄混合気を形成し、低NOx燃焼を実現した。

し、実ガス試験を行う計画である。

6.5 多孔同軸噴流バーナによる低NOx燃焼

ゼロエミッションIGCCにおけるガスタービン燃料は、水素リッチ燃料となるため、天然ガスと比較すると燃焼速度が約7倍速く、着火するまでに必要なエネルギーが約1/4と小さい、極めて反応性の高い燃料である。天然ガスで用いられている予混合燃焼方式は、燃焼室に到達する前に予混合器と呼ばれる混合室の中で着火したり、燃焼室から予混合器への火炎逆流によって燃焼器が損傷したりするリスクが大きいため、水素リッチ燃料への適用は極めて難しい。水素リッチ燃料の拡散燃焼で発生するNOxの低減には、燃料と同等かそれ以上の不活性ガスを火炎に噴射して火炎温度を低下させる必要があり、不活性ガス昇圧のための動力によって送電端効率が低下する。

日立グループは、2008年からNEDOの「ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト」に参画し、「石炭ガス化発電用高水素濃度対応低NOx技術開発」を行っている。燃料と空気が混在する空間を小さくし、噴出方向調整によって燃焼室内の空間に浮上した火炎を作り、バーナから浮上した火炎までの空間を使って急速に混合する多孔同軸噴流バーナ(クラスタバーナ)により、予混合燃焼方式と同等の低NOx燃焼性能を達成した(図11参照)。

2012年度には、EAGLEに設置している燃焼器を多孔同軸噴流バーナに交換し、実ガス多缶燃焼試験を実施する計画である。

7. おわりに

ここでは、酸素吹き一室二段ガス化炉を用いたEAGLEパイロット試験結果、EAGLEを踏まえた酸素吹き石炭ガス化大型実証試験、CO₂とばい煙がほとんど発生しないニアゼロエミッションIGCCの開発および事業化の取り組みについて述べた。

日立グループは、EAGLEにおいて長時間運転によるIGCC信頼性検証を行い、ガス化炉スケールアップ技術、

ガス精製技術、発電システムとしての運用技術、CO₂分離・回収(化学吸収)技術を確立した。EAGLE試験運転を踏まえて、大崎クールジェンが実施する170 MW級IGCC実証機のガス化炉、複合発電設備の詳細設計を行っている。

170 MW級IGCC実証機推進と並行して、化学原料向けガス化炉商用化を推進し、投資回収機会が増加することで、商用機IGCCおよびニアゼロエミッションIGCCの建設費を低減する方針である。CO₂循環ガス化、ダイレクトクエンチ、低温活性触媒、ガスタービンへの多孔同軸噴流バーナの適用により、ゼロエミッションIGCC建設費の低減と送電端効率低下抑制を同時に実現する。

参考文献

- 1) International Energy Outlook 2010
- 2) 小山, 外: 噴流層石炭ガス化技術, 日立評論, 66, 2, 113~118 (1984. 2)
- 3) 森原, 外: 旋回流型気流層での粒子滞留時間, 化学工学論文集, 12, 427~432 (1986)
- 4) 宮寺, 外: 石炭利用水素製造技術(HYCOL)の開発, 日本エネルギー学会誌, 74, 691~698 (1995)
- 5) F. Kiso, et al.: EAGLE Project for IGFC in JAPAN, 25th International Conference. on Coal Utilization & Fuel Systems, 297~305 (2000. 8)
- 6) 伊藤, 外: 火力発電におけるCO₂削減技術, 日立評論, 90, 5, 398~403 (2008.5)
- 7) 後藤: カライドPJ, 大崎クールジェンの今後の計画, CCTワークショップ2012予稿集 (2012. 6)
- 8) 長崎, 外: 新たな石炭利用技術の事業化への取り組み, 日立評論, 92, 4, 291~294 (2010. 4)
- 9) F. Kiso, et al.: A Simulation Study on the Enhancement of the Shift Reaction by Water Injection into a Gasifier, Energy, 36, 4032~4040 (2011)
- 10) 佐々木, 外: 低温作動型耐S性シフト触媒の開発, 化学工学会第43回秋季大会, A206 (2011. 9)

執筆者紹介



長崎 伸男
 1979年日立エンジニアリング株式会社入社, 日立製作所 電力システム社 火力事業統括本部 火力事業部 OCGプロジェクト推進本部 所属
 現在, 大崎クールジェンプロジェクトの技術統括, EAGLEプロジェクト統括, ゼロエミッションIGCC商用化に従事
 日本機械学会会員



佐々木 啓介
 1981年日立製作所入社, 電力システム社 火力事業統括本部 火力事業部 OCGプロジェクト推進本部 所属
 現在, 大崎クールジェンプロジェクト統括, ゼロエミッションIGCC商用化に従事



鈴木 朋子
 1992年日立製作所入社, 日立研究所 エネルギー・環境研究センター 火力・水浄化システム研究部 所属
 現在, 石炭ガス化ガスからのCO₂回収の研究開発に従事
 日本機械学会会員, 化学工学会会員



百々 聡
 1994年日立製作所入社, 日立研究所 エネルギー・環境研究センター 機械研究部 所属
 現在, 石炭ガス化ガス焼き低NOx燃焼器の研究開発に従事
 可視化情報学会会員, 日本ガスタービン学会会員



流森 文彦
 1983年バブコック日立株式会社入社, 呉事業所 プラント技術本部 石炭ガス化システムセンター 所属
 現在, ガス化炉開発およびIGCC実証機の取りまとめに従事