

石炭利用技術の一翼を担う 水素製造用石炭ガス化プラント

— 噴流床石炭ガス化の技術開発と利用分野 —

Coal Gasification for Hydrogen Production

— Development and Application Process of Entrained Flow Coal Gasifier —

木田 栄次* *Eiji Kida*
今村 靖** *Kiyoshi Imamura*
小山俊太郎*** *Shuntarō Koyama*
植田 昭雄**** *Akio Ueda*



NEDO(新エネルギー・産業技術総合開発機構)・HYCOL(石炭利用水素製造技術研究組合)納めパイロットプラントの全景 千葉県袖ヶ浦市の敷地約1万5,000 m²に設置したガス化圧力3 MPa, 石炭処理量50 t/dパイロットプラントの全景を示す。

石炭は地球上で最大量のエネルギー源であり、また多くの産業分野で使用できるので、その利用技術の開発はきわめて重要である。日立グループは石炭を高効率に、かつ地球に優しいエネルギー源として利用できる噴流床石炭ガス化法を開発し、パイロットプラントを建設してガス化運転研究を開始した。噴流床石炭ガス化は、高温で石炭をガス化すること

により、高効率に石炭を利用し灰分をスラグ化することで、地球環境に適合した石炭利用技術の主力となるシステムである。今後パイロットプラントの運転研究成果を基に、大形化技術を確立することにより、次世代の代替原料、代替燃料およびエネルギープラントの実現を目指している。

* バブコック日立株式会社 呉工場 ** 日立製作所 機電事業部 *** 日立製作所 日立研究所 工学博士
**** バブコック日立株式会社 呉研究所

1 はじめに

石炭をガス化し利用する技術は20世紀の初めから開発・実用化されている常圧・回分式、および固定床式があるが、これらの方式は、石炭の完全ガス化の観点からは石炭利用率が低く、さらにタールなどの副生成物、石炭灰の処理などの環境面での問題があった。日立グループはこれらの問題点を解決するため、昭和55年から、それまで開発を進めてきた流動床石炭ガス化技術を基に噴流床石炭ガス化技術の開発に着手し、昭和61年から千葉

県袖ヶ浦市に50 t/dパイロットプラントの建設を開始し、平成3年2月から本格的な試運転、運転研究を開始した。ここでは日立式石炭ガス化技術の原理、パイロットの要素・支援研究開発技術、パイロットプラントの概要・実用化プラントなどについて述べる。

なお、このパイロットプラントの技術開発は、通商産業省工業技術院のサンシャイン計画の一環として、NEDO(新エネルギー・産業技術総合開発機構)からの委託を受け、HYCOL(石炭利用水素製造技術研究組合)の一員として実施しているものである¹⁾。

2 日立式噴流床石炭ガス化法の原理

ガス化炉は図1に示す1室2段旋回型ガス化法で、炉内の上部および下部に、それぞれ複数のバーナを配置し、炉内に旋回流を発生させる。石炭は上下段のバーナに均等に配分し、ガス化剤である酸素を下段バーナ側に多く配分することによって、炉下部を高温にしスラグの流下を容易にする。一方、酸素を少なく配分する上段バーナでは、石炭よりも活性なチャーを生成し、高効率なガス化反応を行わせるものである。この原理の実証およびガス化基本技術確立のため、昭和56年6月自社内に図2に示す石炭処理量1 t/dのPDU(Process Development Unit)を設置し、1室2段旋回型ガス化の開発およびガス化技術の確立を行った²⁾。図3は1室2段ガス化法の優位性を示すもので、1室1段に比べて、1室2段ガス

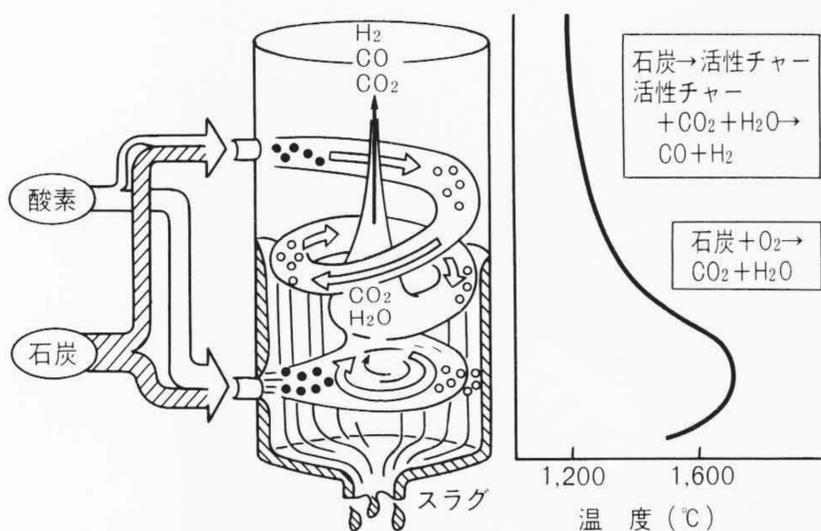


図1 1室2段旋回形ガス化法の原理 石炭と酸素をガス化炉の上部と下部に分割して供給し、活性チャー生成による高効率化、下部での高温化によるスラグ流下促進が可能となる。

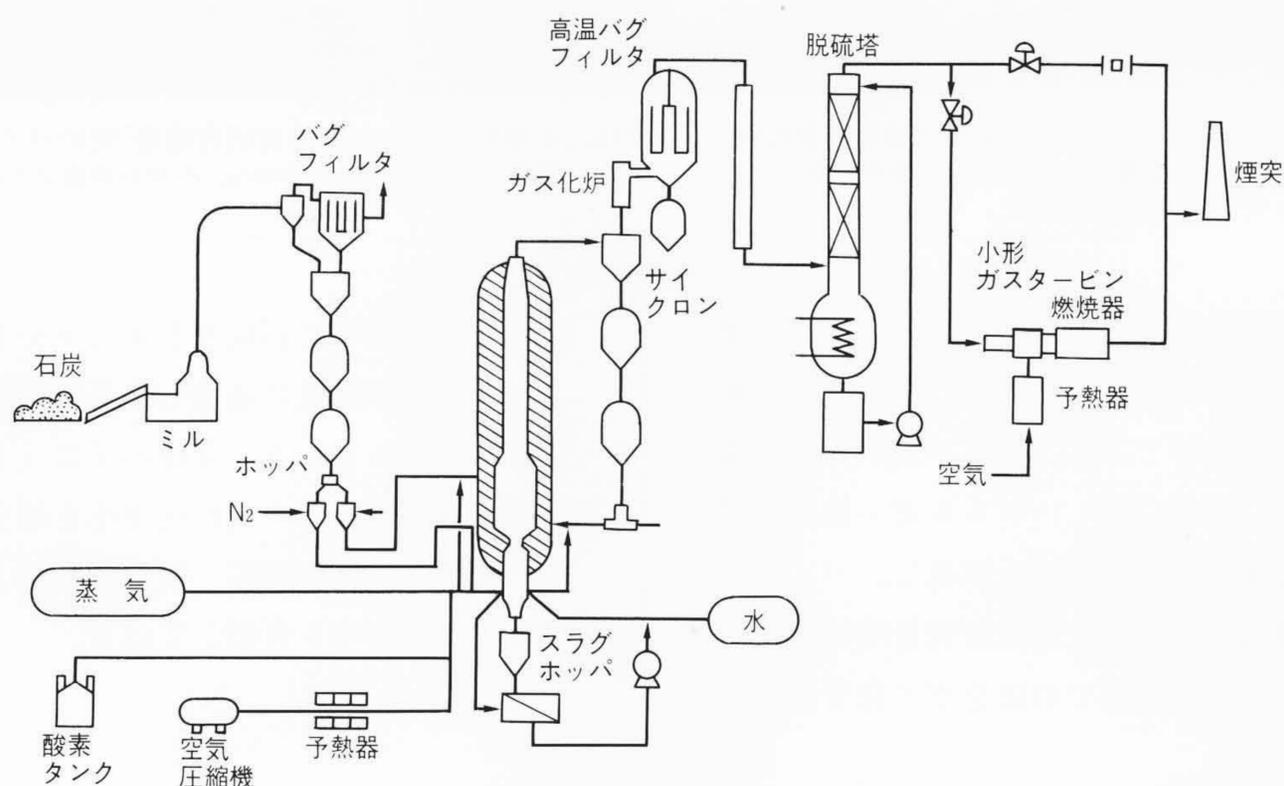
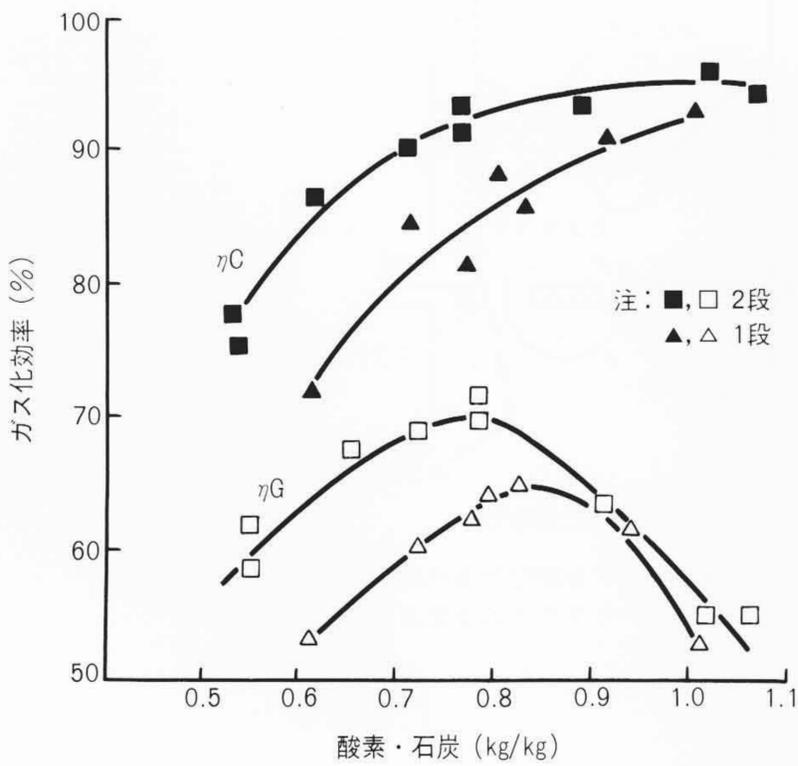


図2 噴流床ガス化PDU(Process Development Unit)フローシート 石炭処理量1 t/d, 最高圧力0.9 MPaでの運転が可能である。



注： η_C (カーボンガス化率) = $\frac{\text{ガス化カーボン量}}{\text{石炭中カーボン量}}$
 η_G (冷ガス効率) = $\frac{\text{ガス発熱量}}{\text{石炭発熱量}}$

図3 1室2段ガス化法の効果 2段ガス化することにより、1段ガス化に比べてカーボンガス化率、冷ガス効率ともに向上することがわかる。

化法がカーボンガス化率、冷ガス効率ともに高効率になることを示している。

1室2段旋回形ガス化法は、昭和58年度から通商産業省工業技術院・NEDOの石炭利用水素製造技術開発のガス化技術として採用され、50 t/dパイロットプラントの要素・支援委託研究を開始した。要素・支援研究の内容・成果などを図4に示す。同図に示す技術開発を実施したが、その中で以下2例について述べる。日立式ガス化炉の大きな特長である自己加熱形スラグタップの効果を図5に示す。噴流床石炭ガス化炉は、石炭灰を溶融スラグとして排出することが特長であるが、従来のガス化炉ではスラグタップだけの一穴形であるため、タップ部が冷却されスラグの安定流下が難しかったが、ガスタップ、スラグタップを設けて、スラグとともに炉内高温ガスを炉内の圧力分布によって循環させることで、スラグタップを加熱することにより、スラグのよりいっそうの安定流下が可能となった。このスラグタップの採用により、ガス化が難しいと言われていた高融点灰石炭のガス化も可能となった。

3 t/d総合試験装置での各炭種性能データの一例を図6に示す³⁾。この装置ではパイロット、実証・実用炉で

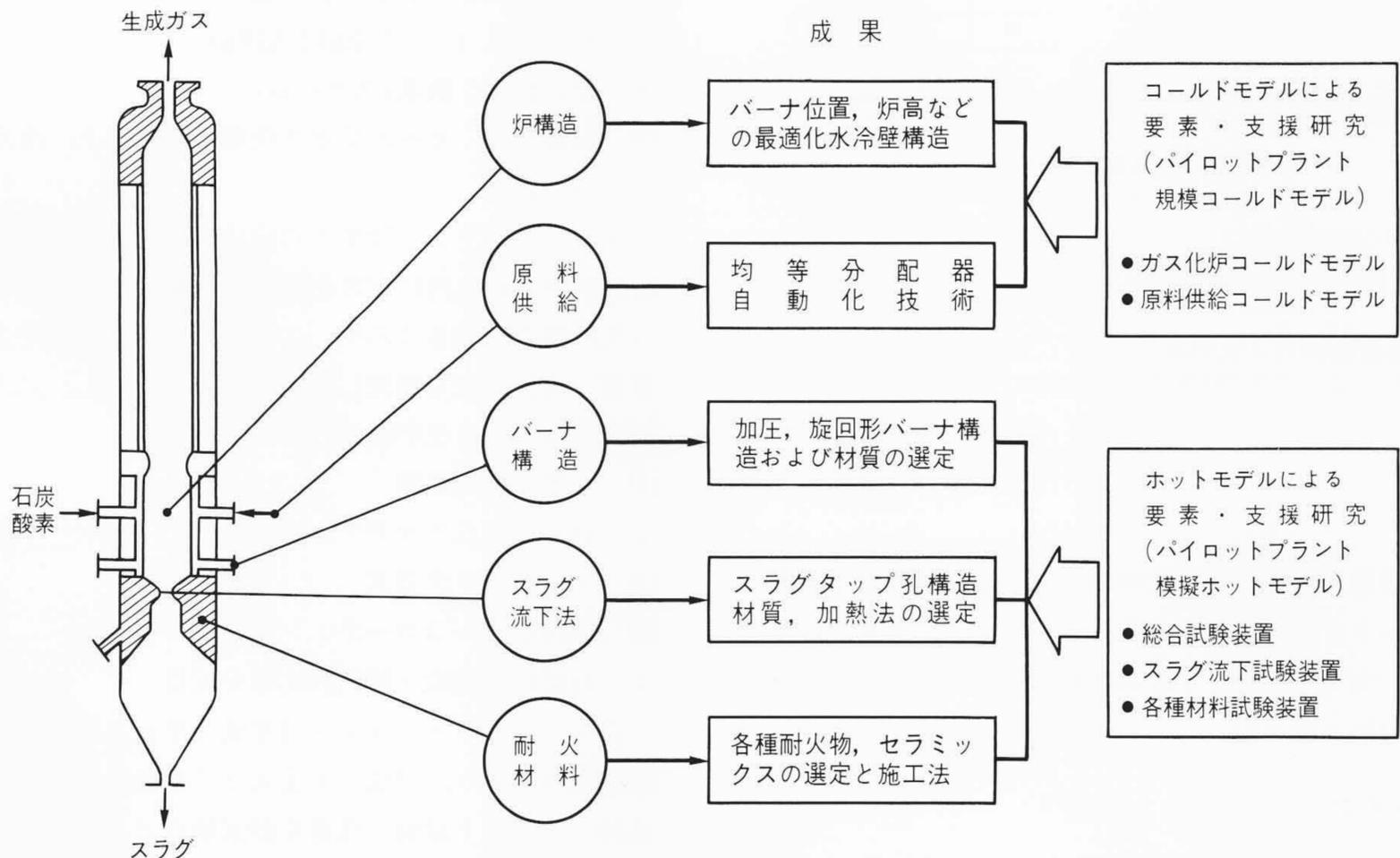
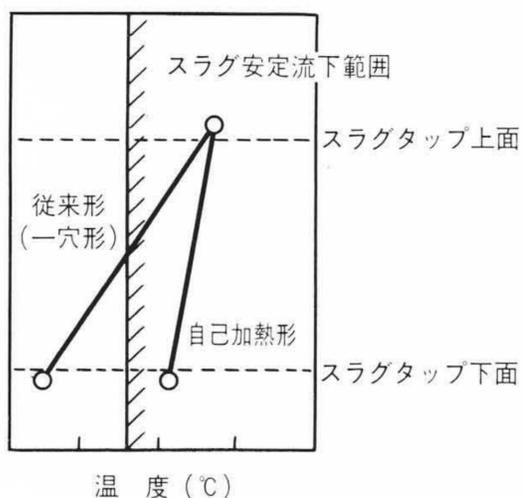
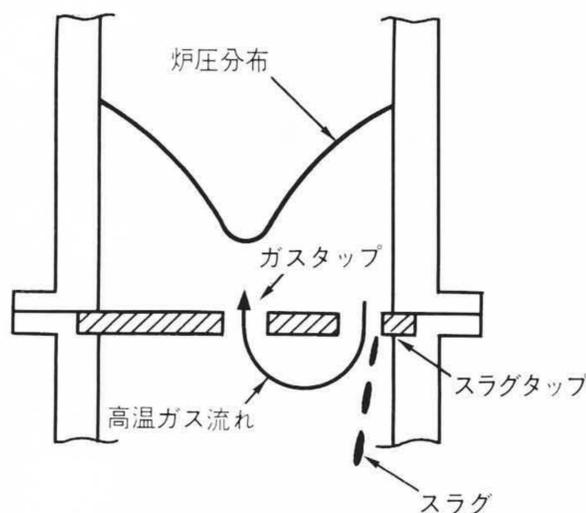


図4 パイロットプラント要素・支援研究内容 噴流床石炭ガス化炉開発にとって必要な技術について、コールドおよびホットモデル試験によって確認・開発を行った項目と成果を示す。

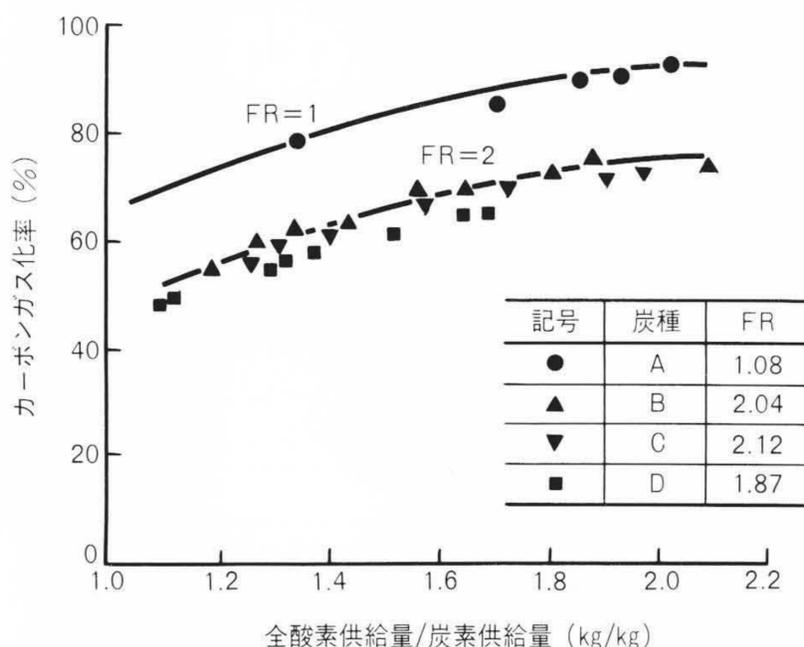


(a) スラグタップ周りの温度分布



(b) 自己加熱形

図5 自己加熱形スラグタップの効果 ガスタップ、スラグタップを設けた自己加熱形スラグタップは、高温ガス流れによるタップ部の加熱により、従来形に比べてスラグの安定流下性能が向上している。



注：FR (石炭の燃料比)

$$FR = \frac{\text{石炭中の固定炭素分}(\%)}{\text{石炭中の揮発分}(\%)}$$

図6 各炭種のスラグ化効率の比較 炭種データの一例を示し、燃料比によってスラグ化性能(スラグ化率)の予想が可能となる。

使用が予想される海外炭を中心に、十数炭種に上る基礎性能データを取得済みである。このデータにより、パイロット、実用・実証炉での各炭種の性能予想、運転条件設定が可能となった。

3 パイロットプラント概要⁴⁾

以上のような要素・支援研究で開発した技術を基に、昭和61年度からHYCOLの一員として、NEDOからの委

託によって50 t/dパイロットプラントの建設に着手した。平成3年2月から本格的試運転と運転研究に入り、ガス化試験中である。パイロットのフローシートを図7に示す。このパイロットは、噴流床石炭ガス化炉の運転研究を主体に実施されるため、生成ガスは熱回収、脱塵(じん)、水洗後焼却処理するシステムになっている。以下にパイロットプラントの仕様を示す。

- (1) ガス化炉型式：加圧噴流床1室2段旋回型
- (2) 石炭処理量：50 t/d(20 t/d)
- (3) ガス化圧力：3 MPa(1 MPa)
- (4) ガス化剤：酸素(スチーム)
- (5) 目標効率：カーボンガス化率；98%以上、冷ガス効率；78%以上

パイロットプラントは先の口絵に示したように、約1万5,000 m²の敷地内にガス化炉などが配置されている。ガス化炉構造を図8に示す。このガス化炉は前章で述べた要素・支援研究で開発した要素技術を適用し、以下の特長を持ったガス化炉構造となっている。

- (1) 1室2段旋回型
- (2) 自己加熱式スラグタップ
- (3) マルチバーナ方式
- (4) 水冷壁セルフコーティング
- (5) 石炭乾式供給・旋回形均等分配器

このパイロットプラントは平成3年6月以降ガス化運転研究中であり、平成5年度末まで海外炭によるガス化試験、効率向上試験、負荷変動試験などを実施する予定である。

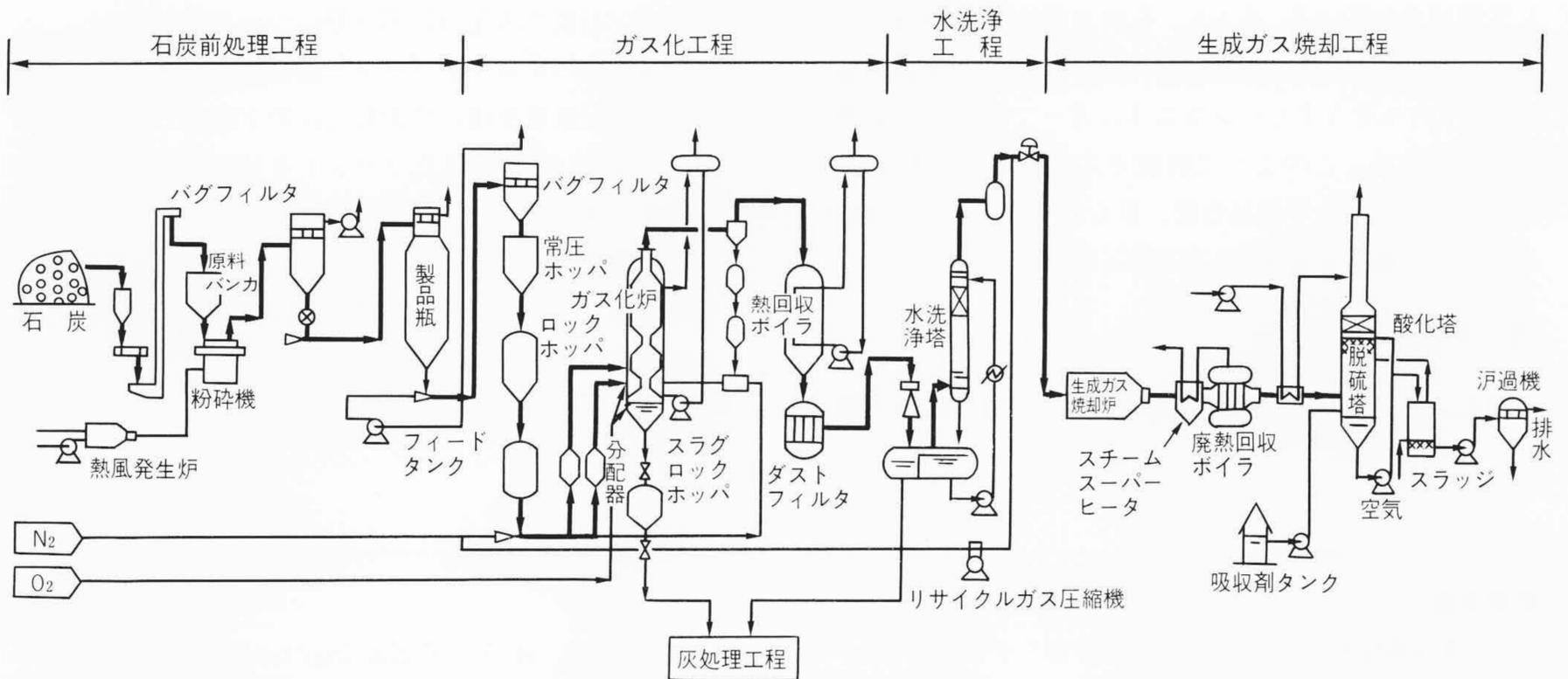


図7 HYCOL 50 t/dパイロットプラントのフローシート 石炭を微粉化しロックホッパによって加圧後、ガス化剤の酸素でガス化し、生成ガスは熱回収、水洗後、焼却処理するシステムである。

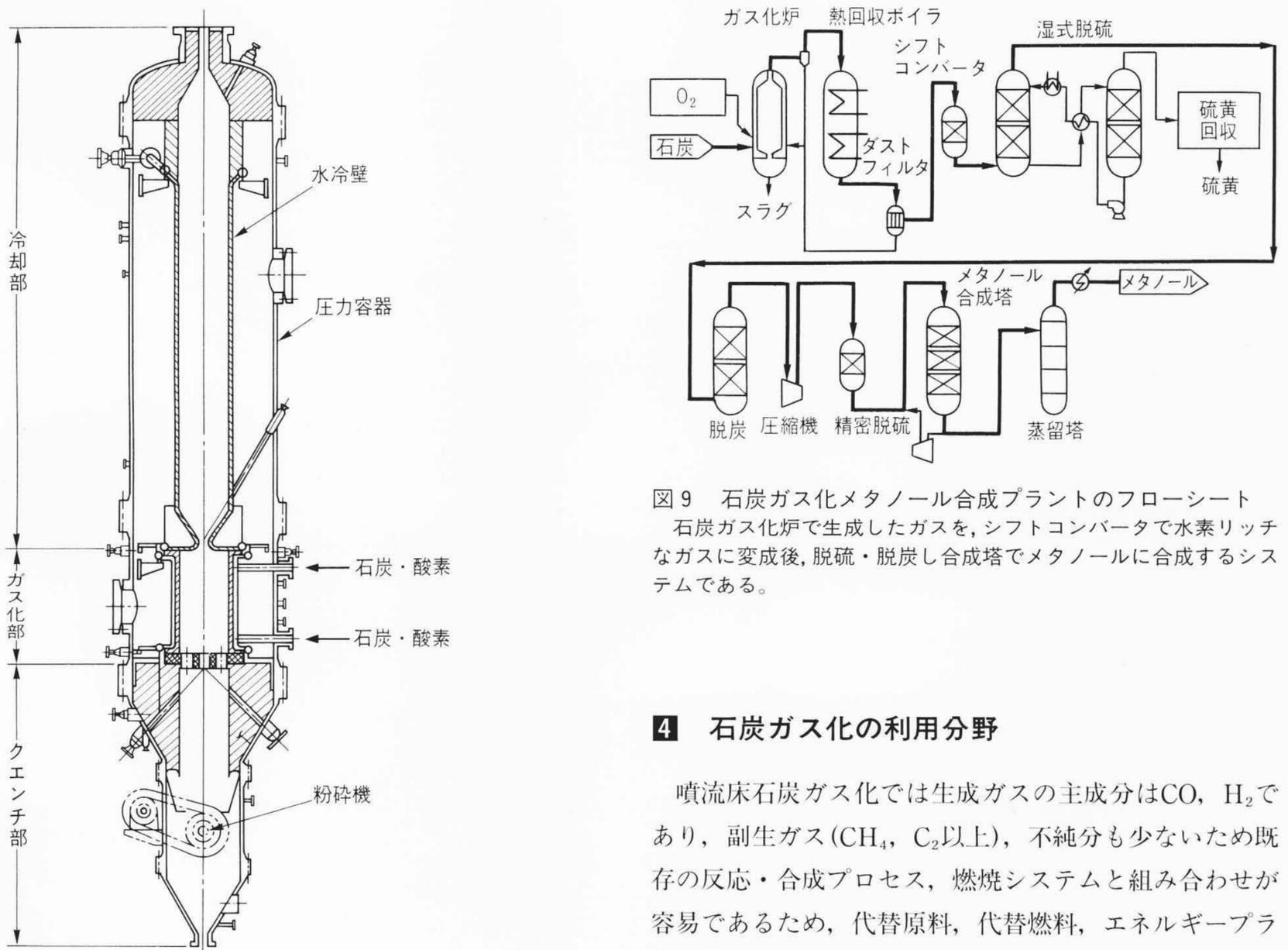


図9 石炭ガス化メタノール合成プラントのフローシート 石炭ガス化炉で生成したガスを、シフトコンバータで水素リッチなガスに変成後、脱硫・脱炭し合成塔でメタノールに合成するシステムである。

4 石炭ガス化の利用分野

噴流床石炭ガス化では生成ガスの主成分はCO、H₂であり、副生ガス(CH₄、C₂以上)、不純分も少ないため既存の反応・合成プロセス、燃焼システムと組み合わせが容易であるため、代替原料、代替燃料、エネルギープラントとしての利用用途が広い。代表的なものとしてメタノール合成プラントのフローシートを図9に示すが、メタノールは将来の自動車用代替燃料、火力発電用燃料と

図8 パイロットガス化炉構造 日立式ガス化炉の大きな特徴である1室2段旋回形、自己加熱形スラグタップ構造を採用したガス化炉を示す。

して注目されている。さらに、石炭ガスはCOが主成分であるため、COシフト反応($\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2$)により、よりいっそうクリーンなエネルギーである H_2 に転換が可能である。このように石炭ガス化の利用分野は H_2 源、 NH_3 合成、化学製品合成、さらにガスタービンと組み合わせた複合発電用として幅広い展開が可能である。

5 おわりに

以上、噴流床石炭ガス化の要素技術、パイロットの概

要および石炭ガス化の利用分野について述べた。

今後は、パイロットプラント運転研究を完遂し、パイロット運転成果を用いて大形化技術を確立し、高効率で地球に優しい石炭ガス化プラントを目指して、さらに強力にその開発を進めていく考えである。

この研究はNEDOからの委託によって行われているものであり、NEDOおよびHYCOLの関係各位に対し、ここに深謝の意を表す次第である。

参考文献

- 1) 工業技術院サンシャイン計画推進本部：サンシャインジャーナル，8(5) (1986)
- 2) 小山，外：噴流層石炭ガス化技術，日立評論，66，2，113～118(昭和59-2)
- 3) 植田，外：噴流層方式における各種石炭のガス化特性，化学工学会第22回秋季大会要旨集(1989)
- 4) S. Ueda, et al. : Technology for Coal-Based Hydrogen Production, 7th Annual EPRI Contractor's Conference on Coal Gasification, Oct., pp.28~29(1988)