

HYCOL石炭ガス化パイロットプラントの成功

Success of Entrained Bed Coal Gasification Development of HYCOL Pilot Plant

高木 真人* Masato Takagi 木田 栄次*** Eiji Kida

小山俊太郎** Shuntarô 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15,000 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。平成 6 年 1 月に連続 1,149時間の信頼性確認試験に成功した。

日立製作所は、埋蔵量の豊富な石炭を効率よくクリーンに利用するため、酸素吹き 1 室 2 段旋回型ガス化法を開発した。この石炭ガス化法は通商産業省工業技術院のサンシャイン計画の石炭ガス化技術として採用され、NEDO(新エネルギー・産業技術総合開発機構)の委託のもとHYCOL(石炭利用水素製造技術研究組合)の50 t/d(3 MPa)パイロットプラントに適用された。日立グループはパイロットプラントの設計・建設を担当し、HYCOLの一員として運転研究に参画した。

HYCOLは平成 3 年から 3 年間の短期間の運転研究で、パイロットプラントの開発目標であるカーボンガス化率98%, 冷ガス効率78%, 連続運転時間1,000時間をすべて達成し、外国炭を含む広範囲の種類の石炭の安定ガス化運転にも成功した。これによりHYCOL石炭ガス化プロセスは、世界に誇る純国産の石炭ガス化技術と高く評価された。

今後、HYCOL石炭ガス化法は水素または合成ガス製造装置、高効率・環境調和型の石炭ガス化複合発電用として大型化、実用化へと適用が期待できる。

* 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

*** バブコック日立株式会社 呉工場

1 はじめに

石炭は世界中広範囲に埋蔵され、採掘可能な量が他の化石燃料よりも圧倒的に多い。石炭をガス化し効率的に利用する技術は、オイルショック以降世界各国で研究開発され、旧来の固定床式から加圧流動床式、さらに加圧噴流床式へと高効率化・大型化されてきた¹⁾。

日立製作所は、石炭をクリーンに効率よく利用する技術として、昭和55年から噴流床石炭ガス化技術の開発に着手し、日立式1室2段旋回型ガス化法を開発した。昭和56年にはガス化方式の原理の実証、およびガス化基本技術確立のため1t/dの実験炉を社内に設置した²⁾。

日立式1室2段旋回型ガス化方式は、昭和58年に通商産業省工業技術院のサンシャイン計画のもとNEDOの石炭利用水素製造技術開発の石炭ガス化技術として採用され、3t/d小型装置での要素研究が開始された。

昭和61年度にHYCOLが創設され、日立式ガス化法がHYCOLパイロットプラントに使用された。日立製作所はNEDOからの委託によって50t/d〔3MPa, 20t/d(1MPa)〕のHYCOL石炭ガス化パイロットプラントの設計・建設に着手し、平成2年に建設を完了した。

ここでは、HYCOLおよびその一員として参画した日立グループが、平成3年度からガス化運転研究を開始し、平成6年4月に運転研究を完了し、所期の開発目標をすべて達成したHYCOL石炭ガス化パイロットプラントの概要について述べる。

2 HYCOL石炭ガス化法の原理と特長

HYCOL石炭ガス化パイロットプラントには、酸素吹き1室2段旋回型ガス化炉が採用されている。1室2段旋回型ガス化炉の原理を図1に示す。その特長について次に述べる。

(1) 酸素吹き1室2段旋回型ガス化方式によってガス化効率が高いこと。

1室2段旋回型ガス化炉では、微粉化された石炭とガス化剤の酸素は1室のガス化炉の上下2段に供給され、旋回流を形成している。下段には石炭中の灰分を溶融するのに十分な酸素が供給され、高温ガスが発生して、溶融スラグは炉床から安定流下される。上段に供給された微粉炭は少量の酸素と比較的低温で反応し、反応性に富み、かつ付着性の低い活性チャーに効率よく転換される³⁾。この活性チャーは炉下方へ旋回降下し、下段で発生した高温ガスと合流することによってガス化が促進される。生成ガスはガス化炉出口へ反転、上昇し、少量の未反応チャーとともに炉外に排出される。

(2) 乾式石炭供給方式によって熱効率が高いこと。

原料の微粉炭はリサイクルガス(または窒素)によってガス化炉へ高濃度気流搬送法で送られる。このため水・微粉炭スラリー搬送に比べて水の蒸発潜熱による熱損失はなく、高効率のガス化が行われる。

(3) マルチバーナ方式によって大型化が容易なこと。

上下段にそれぞれ複数のバーナから成るマルチバーナ

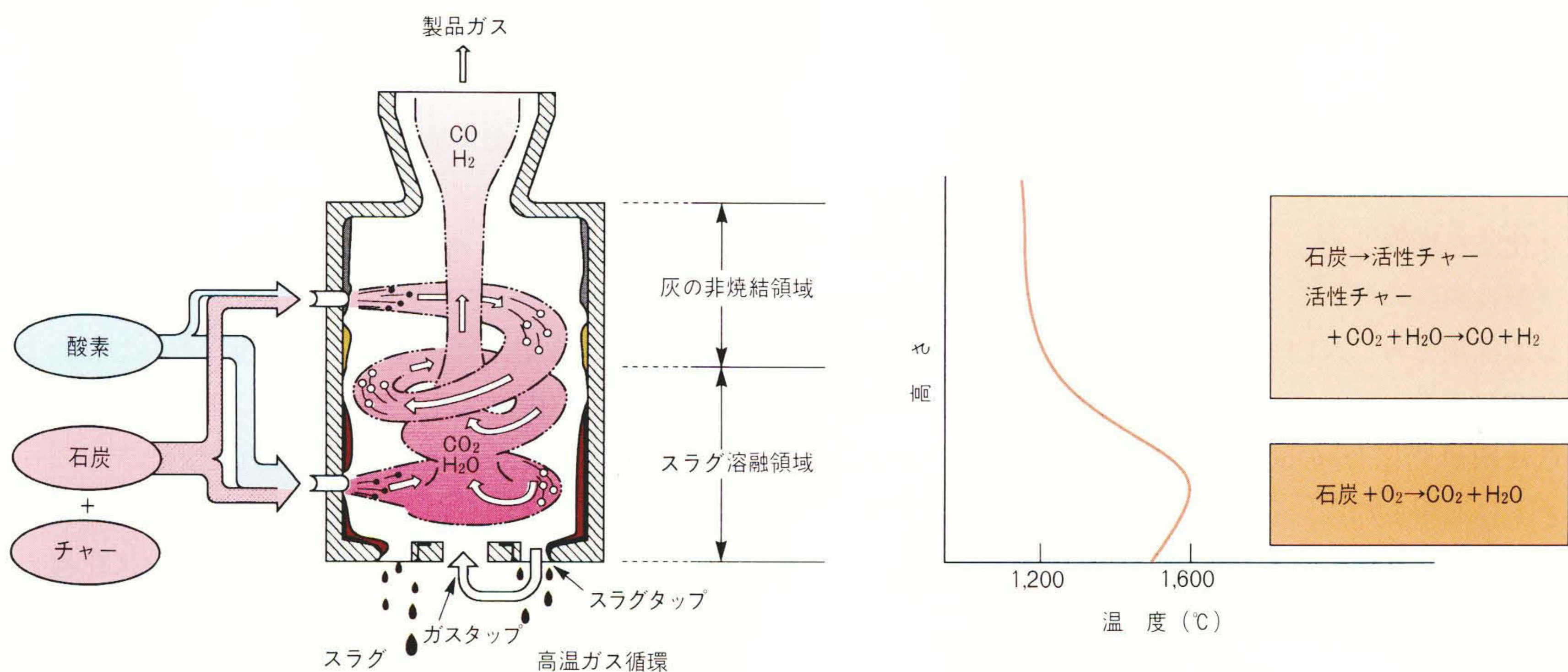


図1 1室2段旋回型ガス化法の原理

石炭と酸素をガス化炉の上部と下部とに分割して供給し、上部では活性チャーの生成によって高効率ガス化が行われ、下部では高温化によってスラグの安定な流下が行われる。

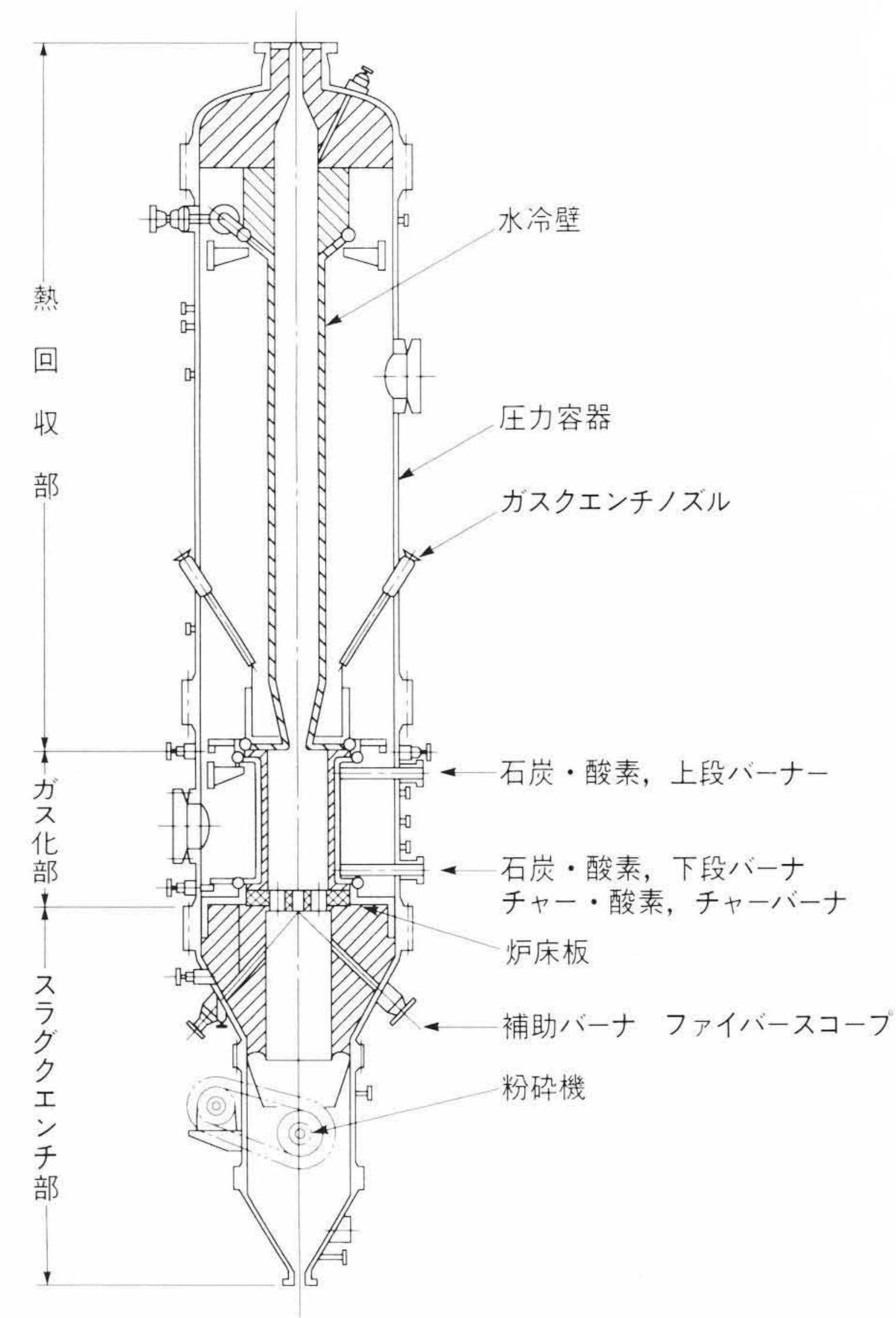


図3 パイロットガス化炉の構造
日立式ガス化炉の大きな特長である1室2段旋回型, 自己加熱型スラグタップ構造を採用したガス化炉を示す。

炭のガス化での代表的ガス組成を表1に示す。また、HYCOL石炭ガス化炉は、他のガス化炉よりも単位容積当たりの石炭処理能力が高いことを確認した。

(3) ガス化効率の達成

パイロットプラントの運転で得られた太平洋炭のガス化性能を図5に示す。カーボンガス化率は酸素石炭比が増加するのに従って増加するのに対し、冷ガス効率は太

表1 太平洋炭のガス化で得られた製品ガスの代表的ガス組成
クエンチスチームの影響で水素濃度は高いが、所期のガス組成とほぼ一致するガス組成を示している。

項 目	ガ ス 組 成
ガ ス 化 条 件	ガ ス 化 圧 力：3 MPa 酸素石炭比合計；0.74～0.76 (Wt/Wt) 上段；0.52 下段；0.98～1.00
ガ ス 組 成 (Dry Vol. %, 窒素フリー)	H ₂ 31.1～33.7 CO 55.2～59.2 CO ₂ 7.6～10.4 CH ₄ 1.0～2.0

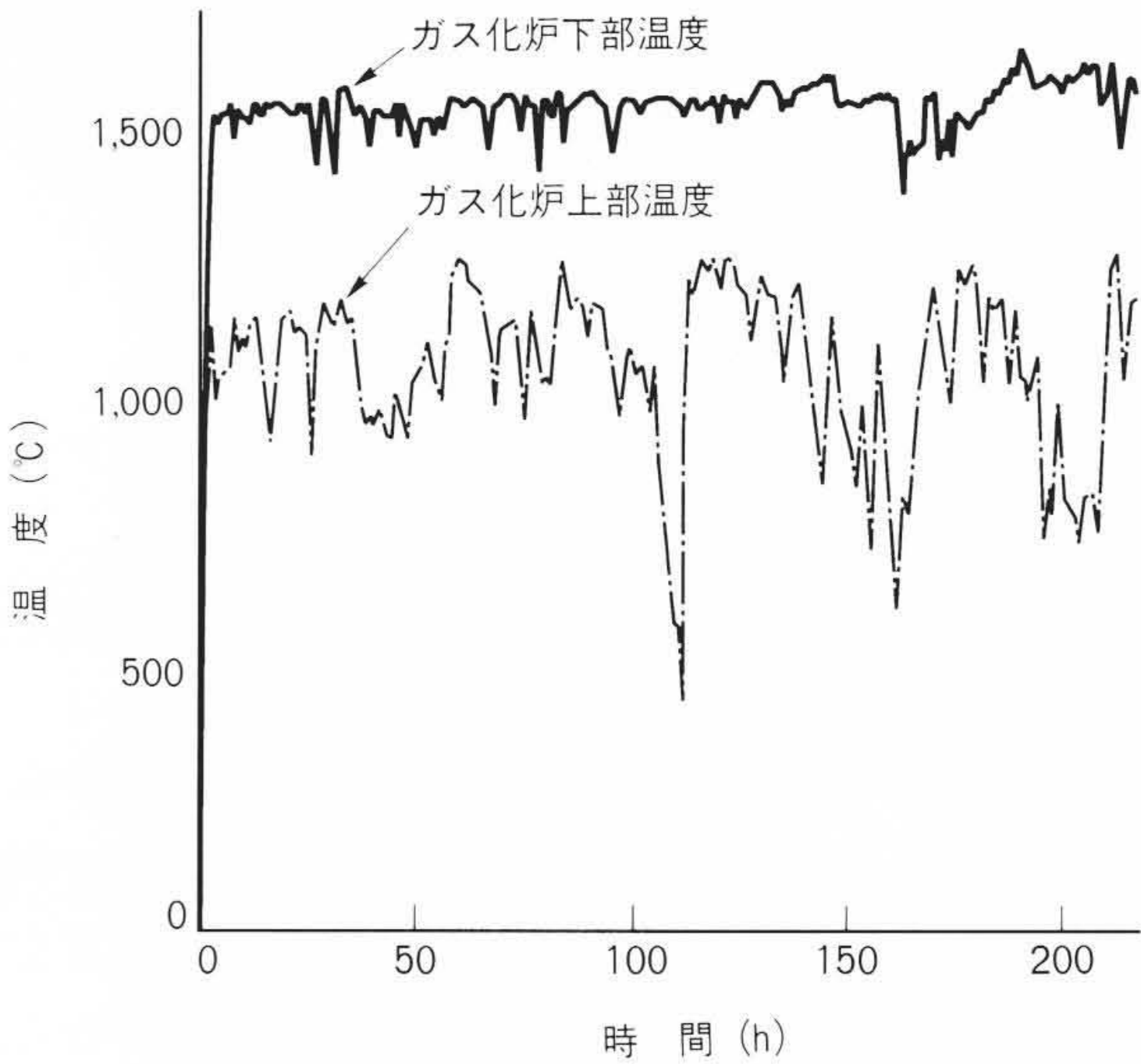
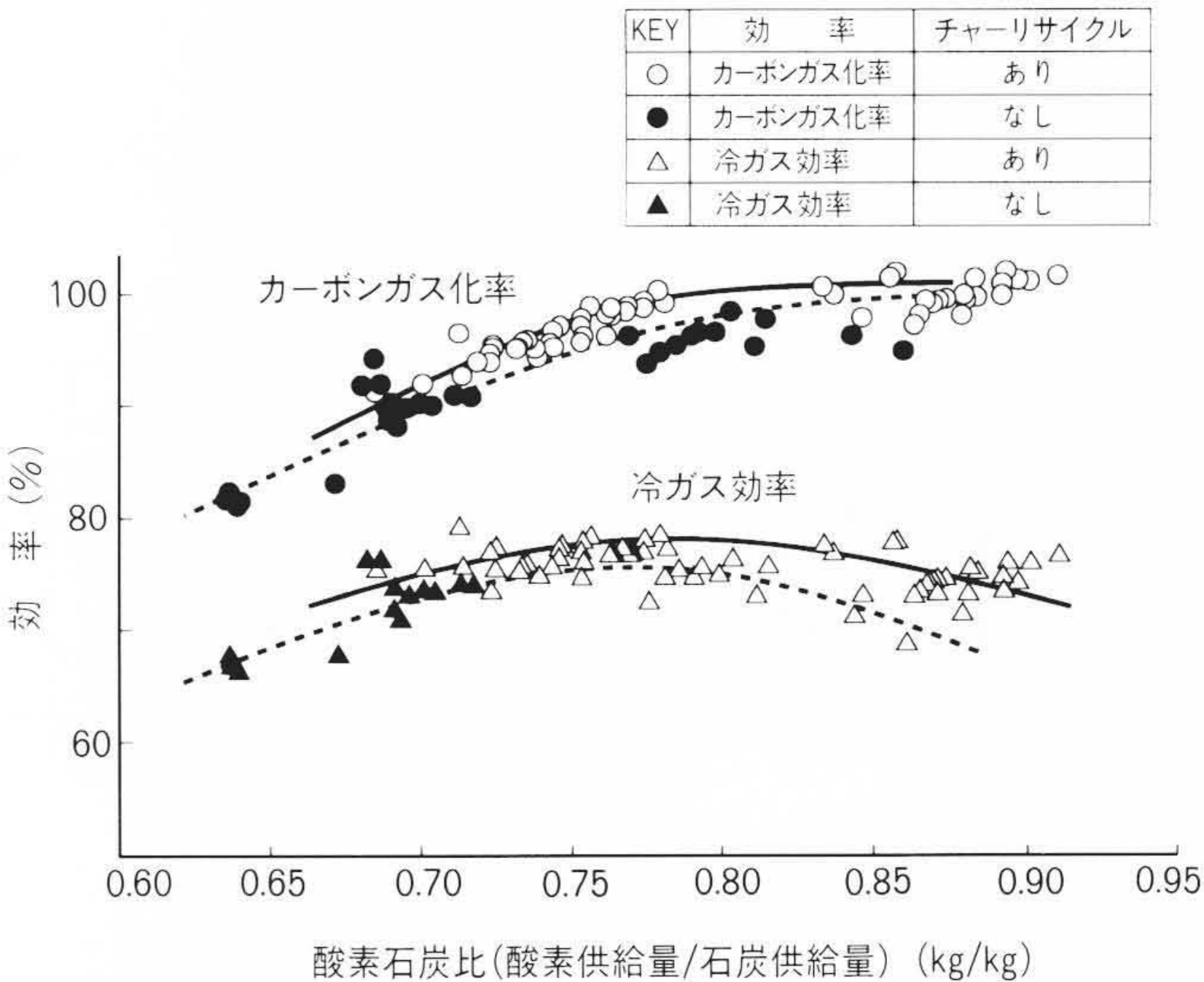


図4 パイロットプラントガス化炉内の温度分布
1室2段旋回型ガス化炉の特長であるガス化炉上部では、ガス化炉下部よりも低温で高効率の石炭のガス化が行われていることを示している。

平洋炭では酸素石炭比が0.78近傍で極大値を持つ。チャーリサイクルのない破線に比べてチャーをリサイクルした効率向上の効果を同図の実線で示す。開発目標であるカーボンガス化率98%、および冷ガス効率78%はいずれも満足されている。



注：カーボンガス化率=(ガス化カーボン)/(石炭中のカーボン)
冷ガス効率=(製品ガス発熱量)GHV/(石炭発熱量)GHV

図5 カーボンガス化率, 冷ガス効率の酸素石炭比に対する変化
石炭酸素比の増加に従ってカーボンガス化率は単調増加するが、冷ガス効率は酸素石炭比が太平洋炭のガス化では0.78近傍で最大となる。

表2 HYCOLパイロットプラントでガス化された石炭の性状
設計基準炭の太平洋炭のほかに、海外炭3種のガス化運転が行われた。燃料比、灰溶融温度ともに広範囲な性状を示している。

炭種名		太平洋炭 (日本)	マッセルブルック炭 (豪州)	大同炭 (中国)	ブレアソール炭 (豪州)
分析項目					
工業分析 (Wt%)	固定炭素	38.7	50.6	59.2	61.7
	揮発分	46.4	37.6	30.6	29.2
	灰分	14.9	11.8	10.2	9.1
	燃料比(-)	0.83	1.34	1.94	2.12
元素分析 (Wt%)	C	77.82	82.03	83.15	82.58
	H	6.73	5.83	4.88	4.69
	N	1.09	1.72	0.92	1.67
	O	14.32	10.04	10.28	10.73
	S	0.04	0.58	0.77	0.33
発熱量(kJ/kg/MF)		28,000	29,800	30,080	29,920
灰溶融温度 (還元雰囲気) (℃)	軟化点	1,230	1,250	1,090	1,440
	熔融点	1,300	1,350	1,260	1,570
	流動点	1,320	1,400	1,310	>1,600

(4) 連続運転時間の達成

パイロットプラントの連続運転は1,149時間が達成され、余裕を持って正常運転停止した。1,149時間の連続運転がわずか3年間の運転研究期間内に達成されたことは、世界の他のガス化炉の開発の歴史に類はなく、特筆すべきことである。なお、海外炭を含む全ガス化実験の累積運転時間は総計2,164時間に達した。

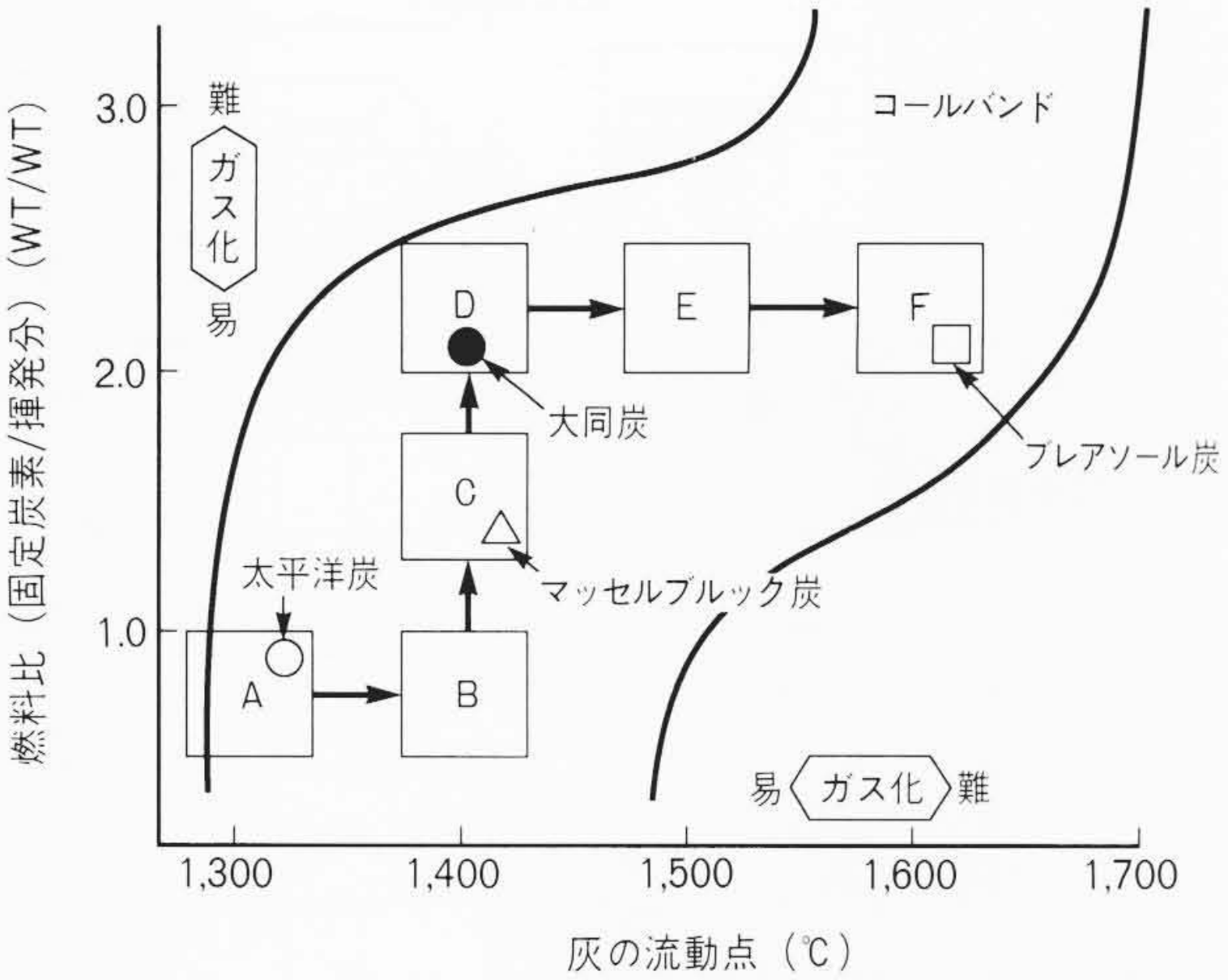


図6 パイロットプラントでの試験石炭のコールバンド上の分布
コールバンド上に広範囲に分布する4種類の石炭の安定なガス化運転がパイロットプラントで行われ、HYCOL石炭ガス化炉の多炭種ガス化適応性を実証した。A～Fは3t/d小型装置でガス化実験した炭種群を示す。

(5) 多炭種ガス化適応性の実証

今回試験を行った海外炭3種を含む試験炭の性状を表2、図6に示す。酸素吹きHYCOL石炭ガス化炉は、広範囲の石炭をガス化することができ(図6参照)、運転のフレキシビリティが高く、適応炭種が多様であることを実証した。また、試験炭のブレアソール炭の灰は

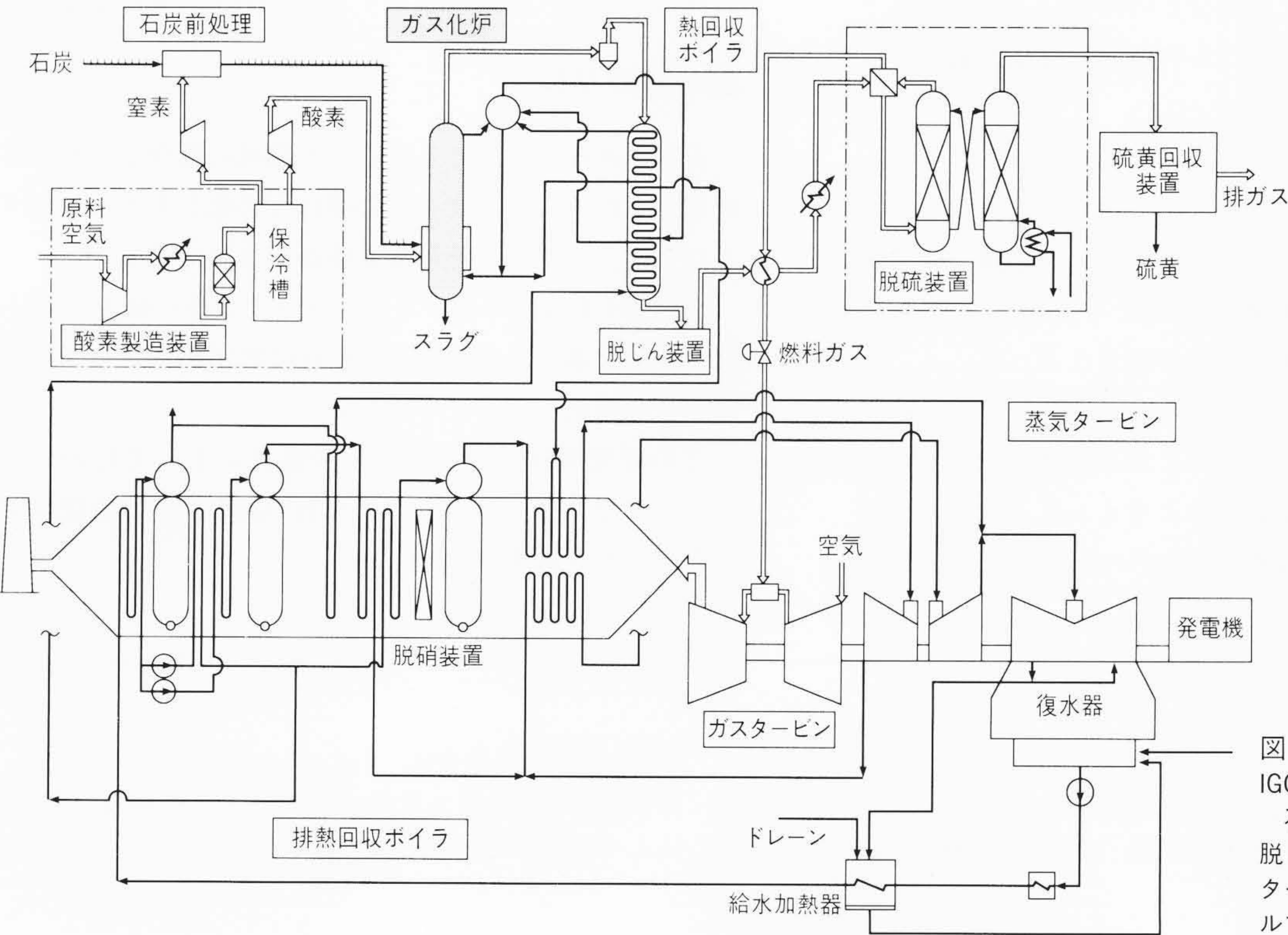


図7 石炭ガス化複合発電IGCCシステム構成
石炭ガス化炉でガス化され、脱じん・脱硫された後、ガスタービンコンバインドサイクルでの高効率発電に供される。

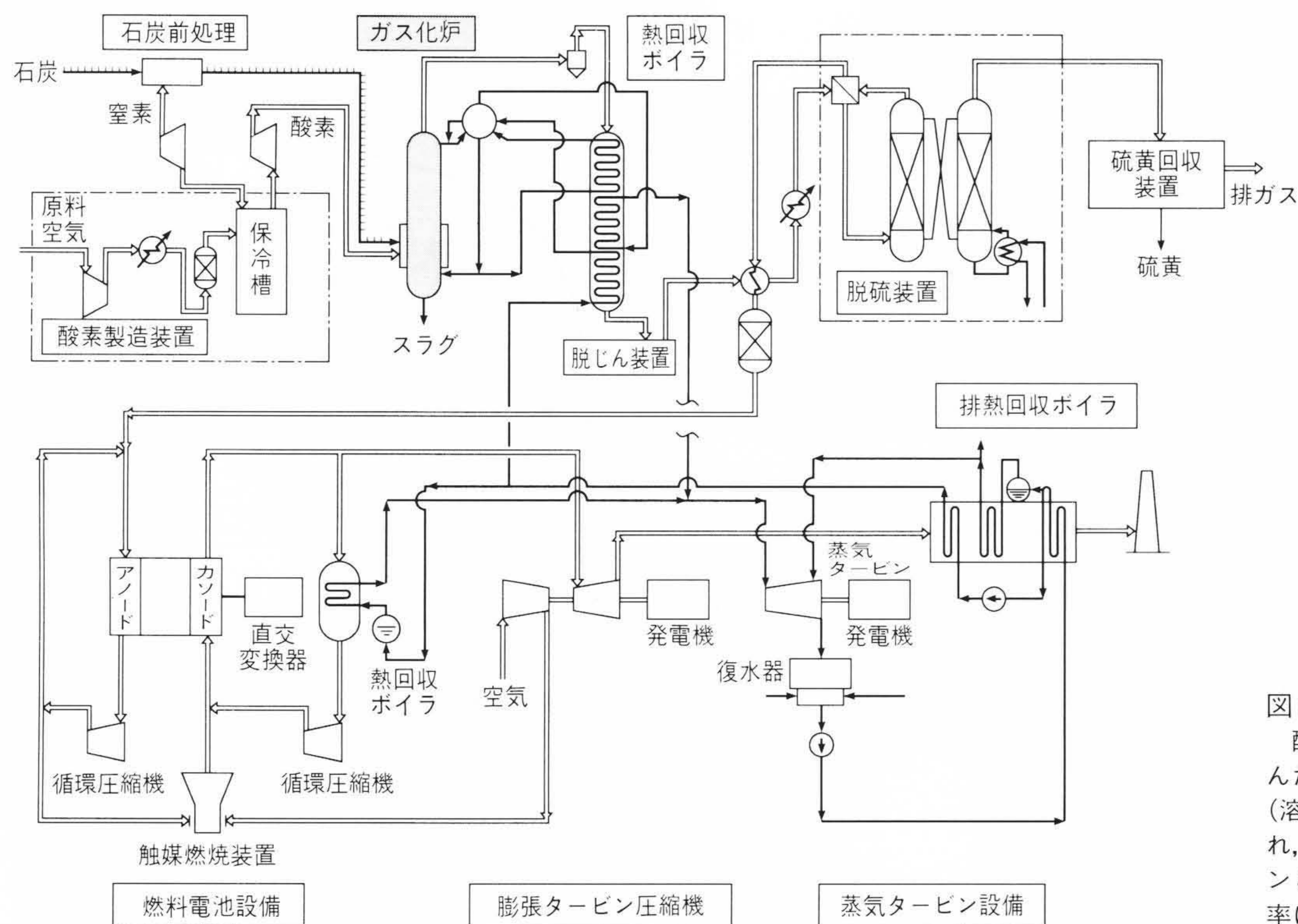


図8 IGMCFCCシステム構成
酸素吹きのためCO、H₂に富んだ石炭ガス化ガスは、MFCFC（熔融炭酸塩燃料電池）に送られ、膨張タービン、蒸気タービンとの三重発電によって高効率に電気に転換される。

1,600℃以上の高融点の灰であるが、融点降下剤(炭酸カルシウム)を少量添加することにより、容易にガス化されることを確認した。

(6) その他のプロセス特長の確認

HYCOLガス化炉の特長である乾式石炭供給，マルチバーナ，セルフコーティングなどの特長は，パイロットプラントの運転ですべてそれらの所期の機能が満足されていることを確認した。

5 今後の展望

HYCOL石炭ガス化パイロットプラントでは、成功裏にすべての開発目標が達成されたが、今後、より大型のガス化プラントへの展開と実証が望まれる。

世界で現在商業化あるいはデモンストレーション段階にある石炭ガス化炉は、そのほとんどが酸素吹きガス化炉であり、この潮流は変わらぬと考えられる。同じく酸素吹きであるHYCOL石炭ガス化炉の高効率で多炭種適

応性に富んだ特長を生かす場が多いと考えられる。

HYCOL石炭ガス化炉の今後の適用分野は、水素製造や合成ガス製造に限らず、IGCC(石炭ガス化複合発電⁴⁾)、および将来のIGMCFC(石炭ガス化溶融炭酸塩燃料電池複合発電)などが有望であり、今後の展開が期待される。これらの用途への適用システム例を図7、8に示す。

6 おわりに

安定エネルギー源として石炭を環境に適合して有効に使用するために、石炭を高効率にガス化し有効に利用することは、ますますその重要性が高まってくる。

HYCOL石炭ガス化パイロットプラントの成功で得られた成果を基に、今後HYCOL石炭ガス化プロセスのいっそうの発展を図っていきたい。

この研究開発は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の関係各位に対し深謝の意を表す次第である。

参考文献

- 1) 平戸, 外: 石炭の高温ガス化とガス化発電技術, 日本エネルギー学会ガス化委員会編アイビーシー (1993)
- 2) 小山, 外: 噴流層石炭ガス化技術, 日立評論, **66**, 2, 113~118(昭59-2)

- 3) 小山, 外: 燃料協会誌, Vol. 65, 660(1986)
- 4) 保泉, 外: 石炭ガス化複合発電技術, 燃料及び燃焼, Vol. 61, 5, 11~21(1994)