

(エネルギーイノベーションプログラム)

「無触媒石炭乾留ガス改質技術開発」

事業原簿

担当部	独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 環境部
-----	--------------------------------

## —目次—

概要 .....	i
プロジェクト用語集 .....	vi
I. 事業の位置付け・必要性について	
1. NEDO の関与の必要性・制度への適合性 .....	1
1.1 NEDO が関与することの意義 .....	1
1.2 実施の効果（費用対効果） .....	2
2. 事業の背景・目的・位置付け .....	3
2.1 事業の背景 .....	3
2.2 事業の目的 .....	4
2.3 事業の位置付け .....	5
II. 研究開発マネジメントについて	
1. 事業の目標 .....	7
2. 事業の計画内容 .....	8
2.1 研究開発の内容 .....	8
2.2 研究開発の実施体制 .....	10
2.3 研究の運営管理 .....	11
3. 情勢変化への対応 .....	13
4. 評価に関する事項 .....	13
III. 研究開発成果について	
1. 事業全体の成果 .....	14
2. 研究開発項目毎の成果 .....	17
IV. 実用化、事業化の見通しについて	
1. 成果の実用化可能性 .....	60
2. 事業化までのシナリオ .....	64
3. 波及効果 .....	65
(添付資料)	
・ 添付資料 1：イノベーションプログラム基本計画（抜粋） .....	添付 1-1
・ 添付資料 2：プロジェクト基本計画 .....	添付 2-1
・ 添付資料 3：技術戦略マップ（分野別技術ロードマップ） .....	添付 3-1
・ 添付資料 4：事前評価関連資料（NEDO ポスト、投稿ログ、事前評価書） .....	添付 4-1
・ 添付資料 5：特許論文リスト .....	添付 5-1



# 概要

		最終更新日	平成 22 年 9 月 3 日
プログラム名	エネルギーイノベーションプログラム		
プロジェクト名	無触媒石炭乾留ガス改質技術開発	プロジェクト番号	P06038
担当推進部/担当者	環境技術開発部 矢内主任研究員、只隈主査 (平成 18 年 6 月～平成 19 年 3 月) 同 矢内主任研究員、鴻上主査 (平成 19 年 4 月～平成 20 年 3 月) 同 矢内主任研究員、埜田主査 (平成 20 年 4 月～平成 21 年 3 月) 同 矢内主任研究員、平田主査 (平成 21 年 4 月～平成 21 年 5 月) 同 江口主幹、平田主査 (平成 21 年 5 月～平成 21 年 8 月) クリーンコール開発推進部 小林主幹、平田主査 (平成 21 年 8 月～平成 22 年 3 月) ※事後評価は、環境部 矢内主任研究員、平田主査で対応 (平成 22 年 9 月)		
0. 事業の概要	<p>我が国の鉄鋼業では、高炉による鉄鉱石の還元剤として使用しているコークスの製造にコークス炉が使われている。コークス炉ではコークスが製造されるとともに石炭乾留ガス (COG) が副生する。この COG 中に含まれるタール分の析出やコーキングを避けるため、水により急冷してタール分を除去、回収していることから、高温の COG が持つ顕熱が十分に有効利用されていない。</p> <p>本研究開発は、コークス炉から発生するタール分を含む高温の COG を、その顕熱を利用して無触媒で改質し、メタノールや DME (ジメチルエーテル) などの液体クリーン燃料に工業的に転換可能な合成ガスを製造するための技術開発を行うものである。</p>		
I. 事業の位置付け・必要性について	<p><b>(事業の位置付け)</b></p> <p>平成 16 年 6 月に「クリーン・コール・サイクル (C3) 研究会 (資源エネルギー庁石炭課)」において取り纏めた報告では、「2030 年のゼロエミッション実現を目指す技術開発過程において鍵となる石炭ガス化を核として、石炭とバイオマス・廃プラスチック等とのハイブリッドガス化や、電力と化学原料等とのコプロダクション、水素製造など、多様なクリーン・コール・テクノロジー (CCT) モデル実証の展開を図る (石炭ガス化を核とする多様な CCT モデル実証の展開)」としている。本技術開発は、石炭起源の合成ガス (水素、一酸化炭素) からのメタノールや DME 等合成を目的とした原料ガスを作る技術であり、国の政策にも十分適合するものとしてスタートした。</p> <p>また、本技術開発は、未利用の石炭乾留ガスが持つ顕熱を有効利用する省エネルギー技術であるばかりでなく、合成ガスからの液体燃料製造を目的としている。我が国における事業化に加え、将来の海外への CCT モデル実証にも繋がる技術開発である。平成 21 年 6 月に総合資源エネルギー調査会鉱業分科会クリーンコール部会において取り纏めた報告書では、我が国の優れた石炭利用技術を海外に普及することで、地球温暖化問題に貢献することを狙った「Clean Coal for the Earth」計画が打ち出された。我が国発の技術を海外で実証・実用化を目指す本事業は、この主旨に十分に沿ったものである。</p> <p><b>(必要性)</b></p> <p>世界中に広く賦存し、かつ埋蔵量が豊富である石炭は、将来にわたって安定供給が見込め、また経済的にも優れていることから、重要なエネルギー資源として位置付けられている。一方、地球全体の温暖化対策は喫緊の課題となっており、他の化石燃料と比べて炭素分が多く、燃焼した際の CO2 の排出量が多い石炭を今後も利用していく上では、環境負荷の低減に資する石炭のクリーン利用が不可欠である。このような状況を背景として 2009 年 4 月に発表されたエネルギーイノベーションプログラムでは、資源の安定供給確保と並び化石燃料の有効かつクリーンな利用が目的の一つとして掲げられた。つまり、環境負荷低減のための化石燃料の効率的かつクリーンな利用を促進するための技術開発は、我が国のエネルギー戦略上、重要な位置付けと言える。</p> <p>本プロジェクトの目的は、コークス炉から発生するタール分を含む高温の石炭乾留ガス (COG) を、その顕熱を有効利用して改質し、メタノールなどの液体クリーン燃料に工業的に転換可能な合成ガスを製造することにより、環境負荷の低減及びエネルギーの有効利用を図ることである。社会的な必要性は大きいですが、実用化に向けては多大な技術開発資金と開発期間を要するため、民間企業単独で行うにはリスクが大きく、NEDO の研究開発のマネジメント (体制、交付金等) の元で行うべき事業である。</p>		

II. 研究開発マネジメントについて

<p>事業の目標</p>	<p>実用化試験における数値目標は次のとおり。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 有効ガス増幅比 (A/B) : 2以上 A : 改質ガス中の H<sub>2</sub>+CO の合計体積 B : 高温 COG 中の H<sub>2</sub>+CO の合計体積</li> <li>➤ 冷ガス効率 (C/D) : 78%以上 C : 改質ガスの高位発熱量 D : COG の高位発熱量</li> <li>➤ R値 (E/F) : 約2 E : 改質ガス中の H<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub> の体積 F : 改質ガス中の CO+CO<sub>2</sub> の体積</li> </ul> <p>また、実用化試験を通じて、実証機設計に必要な設計データの取得、改質炉制御技術の確立、運転手法及び保守点検技術の蓄積を図ること等を目標とした。</p>					
<p>事業の計画内容</p>	<p>主な実施事項</p>	<p>H18fy</p>	<p>H19fy</p>	<p>H20fy</p>	<p>H21fy</p>	<p>総額 (うち NEDO 分)</p>
<p>1. 実用化試験 I (実ガス試験) (1) 試験装置の設計 (1 門ハット) (2) 試験装置 製作・据付 (3) 試験運転・データ解析</p>						<p>447 (298)</p>
<p>2. 実用化試験 II (システム検討試験) (1) 試験装置設計 (3 門ハット) (2) 試験装置 設計・改造・据付 (3) 試験運転・データ解析</p>						<p>259 (173)</p>
<p>3. 実証機計画 (1) 試験結果まとめ (2) 実証機計画</p>						<p>27 (18)</p>
<p>4. 事業性評価 (1) 省エネ、CO<sub>2</sub> 削減効果の検討 (2) 経済性評価、市場、サイト調査</p>						<p>41 (27)</p>
<p>開発予算 (百万円)</p> <p>共同研究 負担率 (2/3)</p>	<p>会計・勘定</p>	<p>H18fy</p>	<p>H19fy</p>	<p>H20fy</p>	<p>H21fy</p>	<p>総額</p>
<p>一般会計</p>						
<p>特別会計 (需給)</p>	<p>59</p>	<p>200</p>	<p>158</p>	<p>99</p>	<p>516</p>	
<p>加速予算 (成果普及費を含む)</p>	<p>0      0      0      0      0</p>					
<p>実施者負担</p>	<p>29</p>	<p>100</p>	<p>79</p>	<p>50</p>	<p>258</p>	
<p>総予算額</p>	<p>88</p>	<p>300</p>	<p>237</p>	<p>149</p>	<p>774</p>	
<p>開発体制</p>	<p>経産省担当原課</p>	<p>資源エネルギー庁 資源・燃料部 石炭課</p>				
<p>プロジェクトリーダー (H18 年 6 月～20 年 6 月) (H20 年 6 月～21 年 6 月) (H21 年 6 月～22 年 3 月)</p>	<p>三井鉱山(株) 技術統括部 副部長 松山勝久 三井鉱山(株) 技術統括部 R&amp;D センター長 齊藤義明 日本コークス工業(株) 技術統括部 R&amp;D センター長代理 松岡正洋 (※所属・肩書きは就任当時)</p>					

	共同研究先	日本コークス工業株式会社 (H21年4月に三井鉱山(株)から社名変更) バブコック日立株式会社
	再委託先	財団法人 石炭エネルギーセンター 財団法人 エネルギー総合工学研究所
	共同実施先 (H21年度のみ)	国立大学法人 九州大学
情勢変化への対応	<p>(1) 基本計画に「冷ガス効率」を追加(平成20年7月) プロジェクト発足当初から、改質炉前後での転換効率(冷ガス効率)に関する目標値を掲げることを念頭に置いていたが、基礎試験を踏まえパイロット試験で使用する改質炉の仕様がほぼ固まったことを受け、「冷ガス効率」を数値目標に追加した。</p> <p>(2) 九州大学を体制に追加(平成21年度) パイロット規模から実証規模へのスケールアップに向けた設計精度の向上を目的に、九州大学を新たに体制(共同実施先)に追加した。数値シミュレーションにより、改質炉内でのタールや BTX 等の重質分の反応機構の解明に繋がった。</p>	
中間評価結果への対応	(4年プロジェクトのため、中間評価は未実施)	
評価に関する事項	事前評価	平成17年度実施 環境技術開発部
	中間評価	(4年プロジェクトのため未実施)
	事後評価	平成22年度実施 環境部
Ⅲ. 研究開発成果について	<p>本研究開発においては、操業中のコークス炉1門から発生する約1/10量の実ガスを使用してパイロット試験(実用化試験Ⅰ及びⅡ)を行い、高温COGを効率よく改質する条件を把握し、初期の目標を達成した。また実用化試験に基づいて実証機の具体的な策定を行い、商用機の経済性、省エネ及びCO<sub>2</sub>削減効果を検討し事業性の高いことを明らかにした。また中国での市場調査を実施し、特に山西省で事業可能性の高いことが判明した。これらの成果を以下に示す。</p> <p>Ⅰ. 実用化試験Ⅰ(平成18年度～平成20年度)</p> <p>実用化試験Ⅰでは、電気炉で発生する高温COGによる小型炉試験並びにコークス炉1門から発生する約1/10量の実ガスを使用して1門パイロット試験を行った。本試験では、幅広い試験条件で改質特性データを取得して、目標であるガス増幅比2.0以上及びR値2.0付近の両方を満足可能な改質条件を検討し、最適な運転条件を決定した。</p> <p>1. 小型炉試験</p> <p>1) タール付着抑止試験: タールの付着特性及び有効な抑止法及び除去法を把握した。</p> <p>2) 無触媒COG改質基礎技術: 基礎特性を把握した。</p> <p>2. パイロット試験(1門実ガス試験)</p> <p>1) 改質炉基本構造: ガス混合性が良く滞留時間を確保する構造と寸法を決定した。</p> <p>2) コークス炉1門からの実ガスによる無触媒COG改質技術: 酸素、蒸気量と反応部温度による改質反応特性を把握した。</p> <p>3) 改質炉運転制御技術: 反応部温度安定制御法を確立した。</p> <p>4) 改質性能: 有効ガス増幅比とR値を同時に満足する最適な改質条件を決定した。</p> <p>Ⅱ. 実用化試験Ⅱ(平成19年度～平成21年度)</p> <p>実用化試験Ⅱでは、高温COG取出管を3門に増設し、実機相当のCOG混合条件に対して1門パイロット試験で得られた最適な改質条件で3門パイロット試験を行った。これにより、高温COGに大きな組成変動がある場合でも平均的に改質性能目標値を満足することを確認するとともに、実機設計に必要な設計データの取得並びにコークス炉操業との連携運転制御技術を確立した。</p> <p>1. パイロット試験(3門システム試験)</p> <p>1) コークス炉3門の実ガス混合による無触媒COG改質技術: ガス組成変動時の影響等特性を把握し、改質反応安定性を検証した。</p> <p>2) 改質炉運転制御技術: 30時間連続試験でコークス炉操業との連携運転制御法を確立した。</p>	

- 3)改質性能：各種の目標を達成した。
- ①有効ガス増幅比（目標 2 以上）：平均値 2.1 達成
  - ②冷ガス効率（目標 78%以上）：平均値 77%実機換算 79%達成
  - ③R 値（目標約 2）：平均値 1.95 達成
- 4)実機設計用データ：実機設計に必要なユーティリティ量、改質ガス中不純物量把握した。
- 5)改質反応詳細数値解析技術：改質反応解析技術を確立し、改質炉内の反応領域と挙動を把握した。

III. 事業性評価（平成 18 年度～平成 21 年度）

実用化試験の結果を基に国内及び中国を念頭に実証機について具体的に計画を策定して検討した。また、コークス生産量が 100 万 t/年のコークス炉を基準として 3 ケースについてコークスを除いた副産物の取扱いで事業性を比較評価した。ケース 1 は本開発技術である高温 COG 改質、ケース 2 は精製 COG 改質、ケース 3 は従来法である。

1. 実証機計画策定

- 1)国内モデルサイト(既設炉対象)：既設炉を対象に選定した国内モデルサイトに対して 5 門全ガス量処理する実証機計画(系統及び機器設計)を策定した。
- 2)中国モデルサイト(新設炉対象)：新設炉を対象に選定した中国山西省モデルサイトに対して 3 門全ガス量処理する実証機計画(系統、機器設計及びメタノール製造設備計画)を策定した。

2. 経済性

本技術による高温 COG 改質の経済性が最も高く、優位性があることを明らかにした。精製 COG 改質と比較して収益が約 18 億円/年高い(中国モデルサイト)。

3. 省エネ及び CO<sub>2</sub>削減効果

- 1)省エネ効果：本技術による高温 COG の保有する顕熱回収の効果が高く、精製 COG 改質に比較して原油換算で約 5 万 kL/年の省エネ効果の優位性が明らかになった。
- 2)CO<sub>2</sub>削減効果：また同様に CO<sub>2</sub>削減効果では約 8 万 t/年の優位性があることを明らかになった。

4. 市場調査、サイト調査（中国）

- 1)コークス企業の実情調査：中国ではコークス炉の集約化が進んでおり余剰 COG の用途として精製 COG 改質法でメタノール、DME 転換が開始されている。
- 2)実証機適用可能性のあるサイト調査：山西省、河北省及び山東省は導入可能性があり、特に山西省はガソリンへのメタノール添加が進んでいることから、本技術の適用に積極的な姿勢を示す企業があることを確認した。
- 3)中国でのビジネス展開検討：産業財産権保護を念頭に最適なビジネスモデルを提案した。

特 許	「出願済」4 件（うち国際出願 2 件）、「登録」0 件、「実施」0 件
投稿論文	「査読付き」1 件、「その他」0 件
その他の外部発表	研究発表 11 件、展示会出典 3 件

IV. 実用化、事業化の見通しについて

コークス炉から副生するタール分を含む高温の石炭乾留ガスを、その顕熱を利用して無触媒で改質し水素及び一酸化炭素に富む液体燃料合成用原料ガスを製造する技術開発プロジェクトを 4 年間に渡って推進した。

本技術の実用性と性能を評価するために、稼働中のコークス炉に 1 門の炉室から発生する石炭乾留ガス量の十分一程度の処理量を規模とするパイロット試験装置を設置して、1 門及び 3 門から発生する高温 COG 実ガスによる無触媒改質試験を行った。

さらに、実証機の設計に必要な種々のデータを取得し、実証機の基本設計を行うとともに商用機の生産物収支及びシステム仕様を策定した。この生産物バランス及び仕様に基づいて、事業性評価として本技術を導入した場合の国内外における省エネ及び CO<sub>2</sub>削減効果の評価、並びに国内外のサイト調査に基づくモデルサイト選定及び本技術の導入による経済性評価を行った。

これらの下記に示す評価結果から本技術の実用化、事業化の見通しについて可能性が見いだされた。

1. 実証機の計画策定

パイロット試験結果及び国内外の市場調査結果を基に実証機の国内モデルサイト(既設炉 5 門)及び中国モデルサイト(新設炉 3 門)の 2 ケースを想定し、具体的な計画を策定した。検討の結果、改質炉は設計製作が十分可能でありその他の設備は汎用機器で十分対応可能なことを確認した。実証機での確認項目も抽出し、国内外のモデルサイトでの実証機の適用見通しが得られた。

2. 事業性調査（市場調査、サイト調査）

中国でのコークス業界の動向調査及び実証機試験の可能性を調査した。その結果コークス業界ではコークス炉の近代化や集約が進んでおり、余剰 COG は 2 百億 Nm<sup>3</sup>程度と推定され、その有効利用が検討されている。中国のメタノール需要は 1,000 万 t/年以上であり、毎年増加傾向にある。このため利用先としてはメタノールや関連の液体燃料が見込まれ、本技術によるメタノール製造が期待される。

事業性の高い地域としては原料炭の主産地である山西省、河北省及び山東省が挙げられ、特にメタノール添加ガソリンの普及しつつある山西省は有望であると考えられる。

### 3. 事業性の評価（経済性、省エネ、CO<sub>2</sub>削減効果）

コークス生産量が100万t/年のコークス工場を想定して、高温COGの改質（ケース1）、精製COGの改質（ケース2）及び従来法（ケース3）としてメタノールの製造を基本に具体的に前提条件を設定し、経済性、省エネ効果及びCO<sub>2</sub>削減効果を比較評価した。

その結果、経済性に関しては高温COG改質による本技術が精製COG改質に比較して経済性で約18億円/年の収益性が高かった。また高温COGの熱回収による効果が大きく、省エネ効果では高温COG改質が原油換算で約5万kl/年の省エネ効果があることが確認された。またCO<sub>2</sub>削減効果では約8万t/年の削減効果が明らかになった。

### 4. 実用化、事業化へのステップ

小型炉試験ではタールの抑止方法及び基礎的な改質反応を把握した。パイロット試験では操作中のコークス炉の実ガスを使用して設定した目標を達成する効率の良い改質反応条件を確認した。以上を踏まえて実証機計画及び商用機の事業性検討を実施し、実用化（実証化）及び事業化の可能性が十分あることを確認した。

### 5. 事業化までのシナリオ

経済発展が著しくエネルギー消費の伸びが大きい中国ではコークスの生産量も多く余剰COGの有効利用が見込まれる。4年間にわたる実用化試験及び事業性の検討結果を基に、これまでに調査した中国の状況を再度整理して、事業可能性の高い山西省をはじめとしてマーケティングを実施し、事業化を検討する。また中国での事業化を早期に進める上で知的財産の保護も踏まえて中国のエンジニアリング企業及びコークスメーカー又はメタノールメーカーを含めたビジネスモデルも検討した。

日本国内では現在余剰COGは完全に有効利用されており当面は本技術の採用は見込めないが国内コークス炉の老朽化に伴うリプレースが2020年前後に想定されるので、この時期に国内への展開が考えられる。

### 6. 波及効果

本技術開発の成果はメタノール製造及び関連の液体燃料への応用が基本であり、最も可能性が高く、その次にメタノール誘導品による基礎化学原料などへも波及が期待される。また本技術は水素ガスの生産に適しているため水素利用分野への水素供給源ともなる。また無触媒でタール類の改質反応が確認されたことから、重質油系ガス及びオイルシェールやオイルサンドなどの触媒改質に被毒が懸念される原料への改質に適することが考えられる。国別の展開でみると中国をはじめとする経済成長をしている各国では今後のコークス生産量の増加も見込まれ、本技術が採用されればエネルギー需要の安定化に貢献することが期待される。

以上述べたように、本技術を国内外に導入した場合、精製COGの改質と比較しても、省エネ及びCO<sub>2</sub>削減効果があるとともに、経済性も優位である。特に中国山西省ではコークスメーカーが多くCOGの有効利用のニーズもあることから、適切なビジネスモデルを構築すれば本技術は、十分事業化の見通しがあると考えられる。

V. 基本計画に関する事項	作成時期	平成18年3月 基本計画策定
	変更履歴	平成20年5月 目標値として冷ガス効率を追加 平成20年7月 イノベーションプログラム基本計画の策定により、「(1) 研究開発の目的」の記載を改訂



プロジェクト用語集 「無触媒石炭乾留ガス改質技術開発」

No.	用語	略称・略号	意味・説明
1	触媒	—	触媒とは、化学反応の最終生成物に含まれることがなく、特定の化学反応の反応速度を変化させる物質で、それ自身は反応の前後で変化しないものをいう。また、化学反応によって消費されても、化学反応の完了と同時に再生することにより見かけ上、変化していないように見えるものも触媒と定義される。
2	乾留	—	石炭、木質等の固形有機物を非酸化性雰囲気下で数百度以上の高温に加熱することにより、表面付着、内部吸着及び分子結合して固形有機物内に含有している揮発成分を気相に分離すること。本技術開発では、石炭のコークス炉内での密閉加熱を指す。
3	コークス	—	高炉で主に使用される還元材。石炭を乾留して製造する。溶銑 1t を製造するために約 350kg のコークスが使用される。コークスは還元材としてだけでなく、炉内を通過する高温空気や還元ガス（一酸化炭素）の通り道（通気）を確保するためのスパーサー、熱を確保するための発熱材の役割も担っている。従って高炉を操業するためには、溶銑 1t を製造するためには 250kg 程度のコークスは最低限必要であるといわれている。
4	コークス炉ガス	COG	COGは、コークス炉ガスの英訳であるCoke Oven Gasの略。コークスの製造過程でコークス炉から発生するガスで一般的にはコークス炉の上昇管でアンモニア水を含む冷却水で水冷されてタール(23 に記載)を含まない水素(50～60%)、メタン(25～30%)、エチレン(2～3%)及びエタン(0.2～0.5%)、CO(5～6%)、CO <sub>2</sub> (1～2%)からなる可燃性ガスであり、主に燃料用途に用いられている。また、COG中には不純物として、石炭由来のアンモニア、硫化水素、シアンなどの微量成分が含まれるが、これらを除去精製したのも広義にはコークス炉ガスと呼ぶ。
5	精製 COG	—	上記と同義。ただし、厳密に精製する前のコークス炉ガスと識別する場合に使用する。
6	高温 COG	—	コークス炉から発生する冷却していない状態で水分、タール分及び BTX(20 に記載)を含み、約 600～700℃の高温のまままで精製していない状態の石炭乾留ガスを指す。
7	改質	—	一般的には、価値に乏しい化合物を付加価値の高い化合物に変換することを意味する。本技術開発では、高温 COG 中のタール、BTX 及びメタンなどの炭化水素を原料ガスとして有効

			な成分である水素及び一酸化炭素に変化させることを指す。
8	日本コークス工業株式会社	NCE	共同研究先企業。コークス専門メーカー。NCEは、英文社名 <u>N</u> ippon <u>C</u> oke & <u>E</u> ngineering Co., LTD. の略。平成 21 年 4 月に三井鉱山(株)より社名変更
9	三井鉱山株式会社	MMC	共同研究先企業。MMCは、英文社名 <u>M</u> itsui <u>M</u> ining <u>C</u> o., LTD. の略。平成 21 年 4 月に日本コークス工業(株)となった。
10	バブコック日立株式会社	BHK	共同研究先企業。BHKIは、英文社名 <u>B</u> abcock <u>H</u> itachi <u>K</u> .K. の略。火力発電所ボイラ、化学装置、ガス化炉、熱交換器等機械装置製造プラントメーカ。
11	財団法人 石炭エネルギーセンター	JCOAL	再委託先財団法人。JCOALは、英文名称 <u>J</u> apan <u>C</u> oal Energy Center の略。
12	財団法人 エネルギー総合工学研究所	IAE	再委託先財団法人。IAEは、英文名称 The <u>I</u> nstitute of <u>A</u> pplyed <u>E</u> nergy の略。
13	太原中寧炭化水素転化工程有限公司	中寧	中国サイト調査時に、選定モデルコークス炉の仕様等のデータ調査に協力を得た中華人民共和国山西省太原市にある石炭由来原料のガス精製、メタノール製造等のエンジニアリング会社。現在の社名は太原中寧転化工程有限公司であり、これを略して中寧と呼ぶ。  英文社名は Taiyuan Zhongning Conversion Engineering Co., LTD.
14	dry ash free	daf	daf は、石炭等の元素分析を行う場合、結果の表示において、日本工業規格 JIS M 8810 「石炭類及びコークス類についてのサンプリング・分析並びに測定方法の通則」に規定された無水無灰ベースであることを示す英文呼称。  無水無灰ベースとは、石炭が水分と灰分を含まないと仮定した仮想状態であり、無水無灰による表示とは恒温試料又は気乾試料を用いて得られた分析値(百分率)又は発熱量値をその水分と灰分を除いた状態が基準となるように表示すること。
15	石炭水分調湿設備	CMC	コークスを製造する場合に、原料となる石炭は通常屋外に貯留されており、粉塵防止のための散水処理や降雨により 10% 程度の水分を含んでいることが多い。これをそのまま粉砕してコークス炉に入れて乾留すると水分を蒸発するための潜熱が必要となり、より多くの昇温用燃料が必要となる。このため、最近のコークス炉においては、コークス炉からの排熱を利用して、コークス炉に投入する前の粉砕した石炭を昇温して乾燥し、燃料消費量を低減する設備として石炭水分調湿装置を設

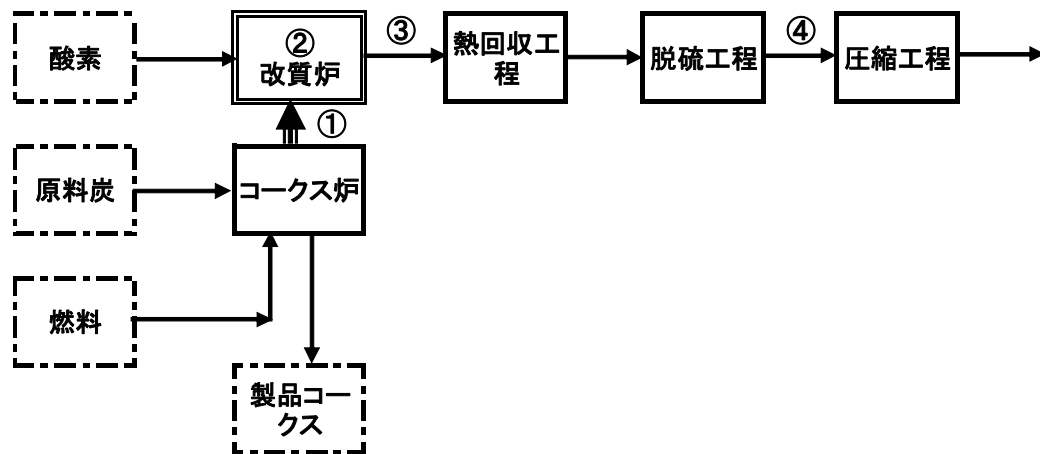
			置している。CMCは、英文 <u>C</u> oal <u>M</u> oisture <u>C</u> ontrol Equipment の略号。
16	コークス乾式消火設備	CDQ	製造されたコークスは押出機(17 に記載)によりコークス炉内から押出されるが、800℃以上の高温のため放置すると空气中で酸化燃焼するので、従来のコークス炉では直接水冷していた。これに対して、赤熱コークスの保有する顕熱を回収するため、不活性ガス(窒素 80%, CO <sub>2</sub> 20%)を循環させて冷却し、その熱を電気に変換して回収する設備としてコークス乾式消火設備を設置している。CDQは、英文 <u>C</u> okes <u>D</u> ry <u>Q</u> uencher の略号。広義には、発電設備まで含めてCDQと称する。
17	押出機	—	コークス炉からコークスを押し出す装置。押し出す装置のほかにコークス炉の蓋取り装置と、押出後新たに装入された石炭の上部を平らに均すレベラーを備え、炉団に平行に敷かれたレール上を走行する。
18	上昇管	—	コークス炉の炭化室上面に設置された COG をドライメン(19 に記載)へ導くガス管。尚、この上昇管の中間部分でアンモニア水を噴霧して高温の COG を 80~90℃程度まで冷却すると共に、ガス成分と油・固形成分とを分離可能にする機能を有する。また火落ち判定孔と呼ばれる孔が備えられ、乾留の終了時点を目視で判定できる。
19	ドライメン	—	上昇管はコークス炭化室の屋上床面に 1 門毎に設置されており、水冷された COG は上昇管の上部側面押出機側に設けた水平ノズルから噴霧されたアンモニア水、凝縮した水分、タール分とともに排出されてコークス炉室押出機側上部に平行に設置された金属製の径管に流入する。このタール分、水分及び COG を回収する径管をドライメンと呼ぶ。
20	ベンゼン、トルエン、キシレン	BTX	単環芳香族化合物の代表的な 3 種類。これらの英文名 <u>B</u> enzene, <u>T</u> oluene and <u>X</u> ylene を略したものをBTXと称する。BTXを粗軽油と呼ぶ場合がある。分子式を以下に示す。 ベンゼン:C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> トルエン:C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH <sub>3</sub> キシレン:C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
21	(水性ガス)シフト反応	—	CO と水蒸気(H <sub>2</sub> O)から CO <sub>2</sub> と H <sub>2</sub> を生成する若干の発熱を伴う次式の反応。炭化水素からの水蒸気改質や部分酸化による水素製造において、水素の収率を高めるために用いられ、低温ほど反応が進みやすい。 $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$
22	ドライガス化	—	タールなど(高温 COG 中ではガス状であるが、350℃以下になると液化するためミスト状で存在と推定される)を水素、一酸化

			炭素、メタン等のガス成分に変化させること。通常 COG はタール、油分を含むためウェットな状態に対し、変化後のガスにはそのような成分がなくドライな状態のため、ウェットなガスからドライなガスへ変化することを指す。
23	タール	—	石炭を熱分解した際に発生し、炭素が 5 個以上含まれた常温で液体の有機化合物であって、鎖式炭化水素や脂環式炭化水素(多環芳香族化合物)からなる混合物を指し、例えば、ナフタレン、フェナンスレン、アントラセン、ピレン等のベンゼンが複数個結合した芳香族が主成分である。また、上記以外にキノリン、インドール、カルバゾール、ジベンゾフラン、ジベンゾチオフェンの六員環又は五員環に窒素、酸素、硫黄等の異種元素を含むヘテロ化合物も含まれる。
24	有効ガス増幅比	—	対象ガスの反応前体積に対する反応後の体積の比を指す指標で以下の式により定義される。本技術開発においては、メタノール合成用原料ガスとしての有効成分である水素及び一酸化炭素に着目した。 有効ガス増幅比 = A/B A: 改質ガス中の水素と一酸化炭素の 0°C、1 気圧の標準状態における合計体積 B: 高温 COG 中の水素と一酸化炭素の 0°C、1 気圧の標準状態における合計体積
25	R 値	—	メタノール合成用原料ガスとして最も理想的な組成を示す指標である以下の式により定義される値。 R 値 = E/F ≒ 2.0 (理想値) メタノール合成における主反応を $\text{CO} + 2\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{OH}$ $\text{CO}_2 + 3\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{OH} + \text{H}_2\text{O}$ とした場合において E: 改質ガス中の 0°C、1 気圧の標準状態における水素体積と二酸化炭素体積の差 F: 改質ガス中の 0°C、1 気圧の標準状態における一酸化炭素体積と二酸化炭素体積の合計
26	冷ガス効率	—	石炭ガス化プラントにおけるガス化炉の性能(効率)を表す指標として以下の式で定義される百分率。 冷ガス効率 = G/H × 100 (%) G: 改質ガスの高位発熱量(総発熱量) H: COGの高位発熱量(総発熱量)

27	(コークス炉の)稼働率	—	<p>コークス炉の稼働率とは、1 門の装炭からコークス押ししまでの 1 サイクルに必要な時間が 24 時間の場合を 100%と定義している。例えば、18 時間の場合は <math>24 \div 18 \times 100 = 133\%</math>、26 時間の場合は <math>24 \div 26 \times 100 = 92\%</math>の稼働率と称している。1 年間の各炉団の稼働率を算術平均した値を平均稼働率という。</p>
28	クリーン液体燃料	—	<p>有機化合物の中で分子中に含まれる炭素原子の数が少なく、かつ分子中に酸素原子を含むことで燃焼・着火性がよく、燃焼時の二酸化炭素発生量が少ない炭化水素系燃料。代表的なものとしては、メタノール、エタノール及び DME(32 に記載)が挙げられる。メタノール及びエタノールは常温で液体であるが、DME の沸点は<math>-23.6^{\circ}\text{C}</math>であり常温では気体である。</p> <p>これらの分子式を以下に示す。</p> <p>メタノール(メチルアルコール): <math>\text{CH}_3\text{OH}</math></p> <p>エタノール(エチルアルコール): <math>\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}</math></p> <p>DME(ジメチルエーテル): <math>\text{CH}_3\text{OCH}_3</math></p>
29	ガスクロマトアナライザ 水素炎イオン化検出器	FID	<p>FIDは、ガスクロマトグラフィのアナライザとして使用される水素炎イオン化型検出器の英文Flame Ionization Detector の略号。</p> <p>有機化合物を水素炎中で燃焼することによって発生するプラズマ電子を検知する。CH 結合(ただし、カルボニル基を持つケトンやアルデヒド類で酸化性の強いこれらの化合物のカルボニル基の酸素と直接結合した水素は除く)を持つ炭化水素系化合物に対する感度を有するため、有機物に対する検出性は高い。その一方で、燃焼反応しない水や二酸化炭素などは検出できない。</p>
30	ガスクロマトアナライザ 熱伝導度型検出器	TCD	<p>TCDは、ガスクロマトグラフィのアナライザとして使用される熱伝導度型検出器の英文Thermal Conductivity Detector の略号。</p> <p>測定対象物質の熱伝導度の違いを利用して物質を特定する。キャリアガス以外のほぼあらゆる物質を検知できるが、感度があまり高くないので濃度の薄い微量な成分の分析には、使用できない。</p>
31	走査型電子顕微鏡	SEM	<p>SEM は、走査型電子顕微鏡の英文Scanning Electron Microscopeの略号である。</p> <p>細く絞った電子ビームを高真空中においた対象物の表面に照射し、その時に放出される 2 次電子を検出して画像処理によ</p>

			り、複雑な表面形状を映出す。
32	ジメチルエーテル	DME	分子式 $\text{CH}_3\text{OCH}_3$ で表される常温で気体のガスであるが、比較的低压で液化可能である。LPGの代替燃料や燃焼時にほとんど黒煙を生じないことからディーゼルエンジン用代替燃料として近年注目されている。製造はメタノールを使用する「メタノール脱水法」又は水素と一酸化炭素を使用する「直接合成法」により製造される。

No.	名 称	
①	石炭乾留ガス(高温COG)	crude coke oven gas ( hot COG)
②	改質炉	reformer
③	改質炉出口ガス	reformer outlet gas
④	精製改質ガス	refined reformed gas



注) コークス製造において、タール回収工程、ガス精製工程を経て得られる、従来の精製ガスを、コークス炉ガス(COG) ; coke oven gas と呼ぶ。

# I. 事業の位置付け・必要性について

## 1. NEDO の関与の必要性・制度への適合性

### 1.1 NEDO が関与することの意義

石炭は世界中に広く賦存し、かつ埋蔵量が豊富であることから、将来にわたって安定供給が見込め、また経済的にも優れていることから、重要なエネルギー資源として位置付けられている。一方、地球全体の温暖化対策は喫緊の課題となっており、他の化石燃料と比べて炭素分が多く、燃焼した場合の CO<sub>2</sub> の排出原単位が高い石炭を利用する上では、環境負荷の低減に資する石炭のクリーン利用が不可欠である。2009 年 4 月に発表されたエネルギーイノベーションプログラムでは、資源の安定供給確保と並び化石燃料の有効かつクリーンな利用が目的の一つとして掲げられている。つまり、我が国のエネルギー戦略上、環境負荷低減のための化石燃料の効率的かつクリーンな利用を促進するための技術開発・導入は重要な位置付けである。

本プロジェクトの目的は、コークス炉から発生するタール分を含む高温の石炭乾留ガス(COG)を、その顕熱を有効利用して改質し、メタノールなどの液体クリーン燃料に工業的に転換できる合成ガスを製造することにより、環境負荷の低減及びエネルギーの有効利用を図ることである。社会的な必要性は大きいですが、実用化に向けては多大な技術開発資金と開発期間を要するため、民間企業単独で行うにはリスクが大きく、NEDO の研究開発のマネジメント(体制、交付金等)の元で行うべき事業である。

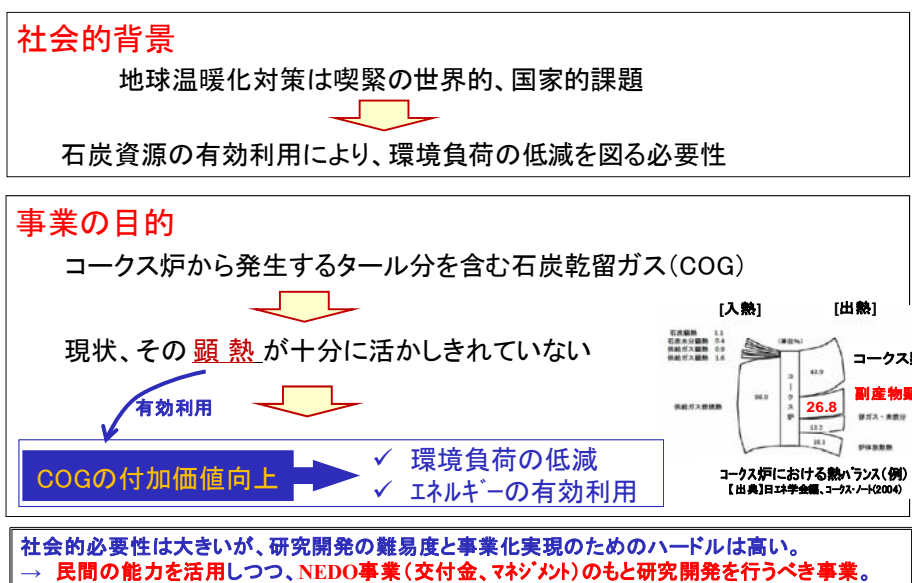


図 I-1 NEDO が関与することの意義

## 1.2 実施の効果（費用対効果）

本技術を年産100万tクラスのコークス炉に導入した場合の商用機の省エネ、CO<sub>2</sub>削減効果及び経済性について試算した。

従来技術である精製(コールド)COGの改質に比べて、1基当たりの省エネ効果は原油換算で約5万kL/年、CO<sub>2</sub>削減効果は8万t-CO<sub>2</sub>/年であると予想される。そこで、本技術が、コークス炉の新設が相次ぎ、またメタノール需要が高い中国内陸部で普及する(精製COG由来のメタノール製造が、過去の実績から3基/年で普及していることから、同ペースで取って代わるものと想定)と仮定した場合、重油換算15万kL/年の省エネ効果と24万t-CO<sub>2</sub>/年のCO<sub>2</sub>削減効果が期待できる。また、高温COGの顕熱を有効利用している分、従来技術と比べてメタノールの生産量が約1.6倍増加することから、1基当たり約18億円/年の収益増加が期待できる。

一方で、本事業は、民間負担分2.5億円を含む、7.7億円を投じて行われたものであるが、投入予算に対して十分な効果が見込めるものと言える。

<b>本事業の予算</b> <b>&lt;共同研究&gt;</b>	5.2億円 (NEDO負担分、2/3)
	+ 2.5億円 (民間負担分)
	7.7億円 (計)



<b>波及効果</b> <b>CO<sub>2</sub>削減により地球温暖化防止に貢献</b>	<b>◆ 省エネ効果 : 15万kL/年(重油換算)</b> <b>◆ CO<sub>2</sub>削減効果 : 24万t-CO<sub>2</sub>/年</b>
	<b>【前提条件】</b> ・中国で実証終了後、普及するものと仮定。 (普及ペース: 3基/年) ・精製COG由来のメタノール製造は、本技術に順次取って変わる。 ・コークス工場規模: 生産量100万t-CO <sub>2</sub> /年 <b>【試算根拠】</b> ◆省エネ効果 5万kL/年・基×3基 (重油換算) ◆CO <sub>2</sub> 削減効果 8万t-CO <sub>2</sub> /年・基×3基
→ 投入予算と比べて十分な効果	

図 I-2 費用対効果



## 2. 事業の背景・目的・位置付け

### 2.1 事業の背景

我が国を含めた世界各国の鉄鋼業では、高炉による鉄鉱石の還元法を広く採用しており、その過程で使用するコークスを製造するために、製鉄所に隣接して建設されたコークス炉が使われている。

コークス炉ではコークス製造に伴って石炭乾留ガス(COG)を副生するが、ガス中に含まれるタール分の析出やコーキングを避ける必要があることから、水により急冷してタール分を除去・回収し、有効利用されている。また、この COG はガス精製工程において精製・脱硫(精製 COG)された後、コークス炉の昇温や発電用燃料等として利用されているものの、高温 COG は水による急冷によって顕熱を失っており、COG が持つ顕熱が十分に利用されている状況ではない。

精製 COG の用途拡大として、これまでに付加価値の高い液体燃料や化学原料への転換などが試みられてきたが、メタノールや都市ガス製造を目的とした場合、精製 COG 由来では水素の比率が高く、また炭素が少ないことから製品の収率が低く、競争力は見劣りする。

一方、本研究開発は高温 COG の持つ顕熱を利用してタール分をガス化することでガスを増量するとともに、改質後のガスはその組成がメタノール合成用に適正な組成を持つことから、その後のメタノール製造に有利なものである。

我が国は世界最大の石炭輸入国であるとともに、長年に渡り『石炭利用技術の効率化』に取り組んできた世界有数の環境に配慮した石炭利用国家である。我が国発の本技術が世界（とりわけ旺盛な鉄鋼・コークスやメタノール需要が続く中国）で普及することで、地球全体の環境負荷の低減とエネルギーの有効利用に繋がるものと言える。

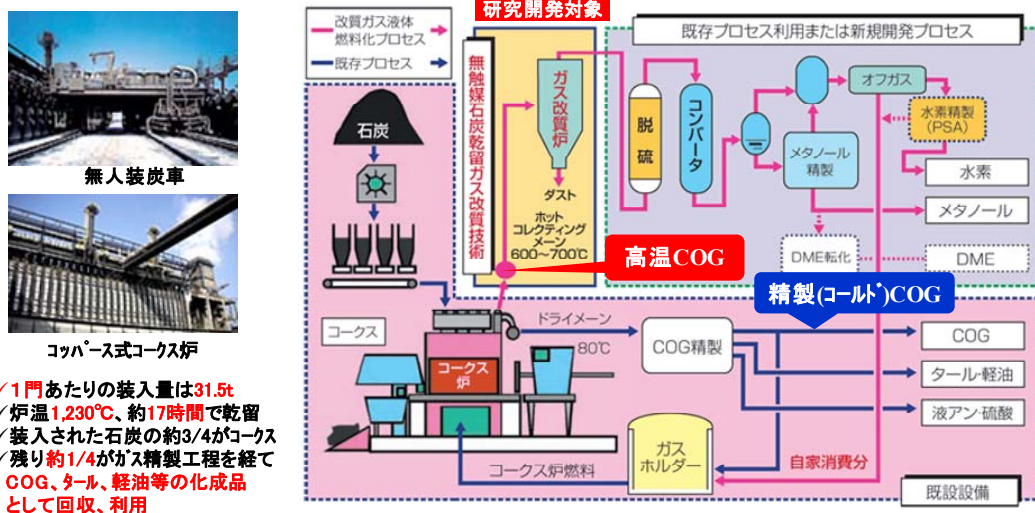
## 2.2 事業の目的

本技術開発は、コークス炉から発生するタール分を含む高温の石炭乾留ガスを、その顕熱を利用して無触媒で改質し、メタノールや DME（ジメチルエーテル）などの液体クリーン燃料に工業的に転換できる合成用ガスを製造することにより、環境負荷低減及びエネルギーの有効利用を図ることを目的とする。本技術による事業の概念フローを図 I-3 に示す。

このために、稼働中のコークス炉に 1 門の炉室から発生する石炭乾留ガス量の十分一程度の処理量を規模とするパイロット試験装置を設置して、実ガスによる無触媒改質試験を行い、本技術の実用性と改質性能を評価するとともに、実証機の設計に必要な種々のデータを取得する。また、そのデータに基づいて、実証機の基本設計を行い、事業性評価(FS)として本技術を導入した場合の国内外における省エネ及び CO<sub>2</sub> 削減効果の評価、並びに国内外のサイト調査に基づくモデルサイト選定及び本技術の導入による経済性評価を行う。

### 無触媒石炭乾留ガス改質PJとは？

- 従来は、コークス炉から出たCOGはガス中のタール分の析出等を防ぐため、水により急冷。(タールは回収) → 顕熱は未利用＝ロス
- 顕熱を有効に利用しつつ、ドライガス化することで、COGの有効利用や付加価値の向上が期待できる。(世界初)



写真出典：日本コークス工業(株)HP

図 I-3 本技術の概念フロー

## 2.3 事業の位置付け

### (1) 事業の位置付け

平成 16 年 6 月に「クリーン・コール・サイクル (C3) 研究会 (資源エネルギー庁石炭課)」がまとめた報告では、「2030 年のゼロエミッション実現を目指す技術開発過程において鍵となる石炭ガス化を核として、石炭とバイオマス・廃プラスチック等とのハイブリッドガス化や、電力と化学原料等とのコプロダクション、水素製造など、多様なクリーン・コール・テクノロジー (CCT) モデル実証の展開を図る (石炭ガス化を核とする多様な CCT モデル実証の展開)」としている。本技術開発は、石炭起源の合成ガス (水素、一酸化炭素) からのメタノールや DME 等合成を目的とした原料ガスを作る技術であり、国の政策にも十分適合する技術開発としてスタートした。

また、本技術開発は、未利用の石炭乾留ガスが持つ顕熱を有効利用する省エネルギー技術であるばかりでなく、合成ガスからの液体燃料製造を目的としており、我が国における事業化に加え、将来の海外への CCT モデル実証にも繋がる技術開発である。平成 21 年 6 月に総合資源エネルギー調査会鉱業分科会クリーンコール部会において取り纏めた報告書では、我が国の優れた石炭利用技術を海外に普及させることで、地球温暖化問題に貢献することを狙った「Clean Coal for the Earth」計画が打ち出されており、我が国発の CCT 技術を早期に海外での実証・実用化を目指す本事業は、その主旨に十分に沿ったものである。

### (2) 事業の新規性 (従来技術との比較)

現状の COG は、図 I-3 に示したとおりコークス炉の上昇管で冷却し、タール・軽油分を分離精製後、燃料等に利用されている。我が国ではコークス炉の多くは高炉一貫製鉄所に設置されているため、COG のほとんどは製鉄所内のエネルギー源として利用されており、その他としては COG 中の水素を PSA (Pressure Swing Absorption) 法で分離してわずかに利用している程度である。

一方、中国では独立コークス専業メーカーが多く、COG の用途は鉄鋼分野以外にも図 I-4 に示すとおり多岐に亘っている。主な用途は都市ガス及び発電であるが、都市ガス用 COG が天然ガスと競合するため、これ以上の拡販が難しく化学原料分野での新規用途開発が望まれている。

また、従来技術である精製 COG 改質との比較を表 I-1 に示す。従来技術と比較して、本技術は無触媒で高温 COG の顕熱を利用することで、水素と一酸化炭素は約 2 倍に増幅されるとともに、メタノールの製造に適した組成 (R 値≒2) となることから、経済性の向上が見込まれる。

COG からの液体燃料及び化学原料の製造として展開が期待される。



## II. 研究開発マネジメント

### 1. 事業の目標

本技術開発では、コークス炉から発生するタール分を含む高温の石炭乾留ガスを、その顕熱を有効利用して酸素を吹き込んで高温で無触媒改質し、メタノールや DME(ジメチルエーテル)などの液体クリーン燃料に工業的に転換可能な原料用ガスを製造することにより、環境負荷低減及びエネルギーの有効利用を図るための技術開発を目的とする。

有効に利用できる原料ガス成分である水素と一酸化炭素に注目し、改質前のガス中の水素と一酸化炭素量に対して、改質したガス中の水素と一酸化炭素量、即ち有効ガス増幅比(注1)が 2.0 以上を第一の目標性能とした。また、改質炉前後でのガスの変換効率の目標として、冷ガス効率:78%以上を第二の目標性能とした。さらに、メタノール合成用原料ガスの最適な組成の目安として定義される R 値に着目し、合成ガス原料組成としての R 値が 2.0 付近の組成の改質ガスを得ることを第三の目標性能とした。また、実ガス試験を通じて、実証機設計に必要な設計データの取得、改質炉制御術の確立、運転手法及び保守点検技術の蓄積を図ることを目指した。表 II-1 に本プロジェクトにおける目標と設定根拠を示す。

表 II-1 目標と設定根拠

項目	最終目標	目標設定の根拠
<b>有効ガス増幅比★</b> $= A/B$ A: 改質ガス中のH <sub>2</sub> +COの合計体積 B: 高温COG中のH <sub>2</sub> +COの合計体積	2以上	理論上可能(カーボン転換率100%)なガス増幅比は2.25。 実現可能なカーボン転換率として、90%を想定(目標)とした場合のガス増幅比は $2.25 \times 0.90 = 2.025$
<b>冷ガス効率★</b> $= C/D \times 100(\%)$ C: 改質ガスの高位発熱量 D: COGの高位発熱量	78%以上	石炭ガス化プラントにおけるガス化炉性能(効率)を表す指標として定義される値。 石炭ガス化の他プロジェクト(EAGLE及びエコプロ)の目標値(78%)相当とし、基礎試験やシミュレーション結果を基に、数値の妥当性を判断した。
<b>R値</b> $= E/F$ E: 改質ガス中のH <sub>2</sub> -CO <sub>2</sub> の体積 F: 改質ガス中のCO+CO <sub>2</sub> の体積	≒2	メタノール合成用原料ガスとして最も理想的な組成を示す指標であるR値2.0付近を目標とした。 <b>【メタノール合成における主反応】</b> $CO + 2H_2 \rightarrow CH_3OH$ $CO_2 + 3H_2 \rightarrow CH_3OH + H_2O$

その他に、

- ・実証機設計に必要な設計データの取得
  - ・改質炉制御技術の確立
  - ・運転手法及び保守点検技術の蓄積
- を図ること等を目標とした。

★ 基本計画で定めた目標、他はPJの自主目標

## 2. 事業の計画内容

### 2.1 研究開発の内容

実施期間(平成 18 年度から平成 21 年度の 4 年間)中の研究開発スケジュールを表 II-2 に示す。本研究開発は、NEDO と実施者との共同研究(NEDO 負担率:2/3)であり、総額 774 百万円である。実用化に向けては多大な技術開発資金と開発期間を要するため、民間企業単独で行うにはリスクが大きいことから、NEDO 事業(民間との共同研究)として開発を進めてきたものである。

表 II-2 研究開発スケジュール

項目	年度	H18年度 (2006)	H19年度 (2007)	H20年度 (2008)	H21年度 (2009)	研究開発費 (うちNEDO分)
1. 実用化試験 I (実ガス試験)	1) 試験装置設計	[H18年度]				447 (298)
	2) 試験装置 製作・据付	[H18年度後半 - H19年度]				
	3) 試験運転・データ解析		[H19年度後半 - H20年度]			
2. 実用化試験 II (システム検討試験)	1) 試験装置設計		[H19年度]		259 (173)	
	2) 試験装置 製作・改造・据付			[H20年度]		
	3) 試験運転・データ解析					[H21年度]
3. まとめ及び実証機計画	1) 試験結果まとめ		[H19年度]	[H20年度]	[H21年度]	27 (18)
	2) 実証機計画	[H18年度後半 - H21年度]				
4. 事業性評価(FS)	1) 省エネ、CO2削減効果の検討	[H18年度 - H21年度]				41 (27)
	2) 経済性評価、市場、サバ調査	[H18年度 - H21年度]				
研究開発費 (うちNEDO分)		88 (59)	300 (200)	237 (158)	149 (99)	774 (516)

#### (1) 実用化試験 I (実ガス試験)

はじめに小型乾留試験装置を使用した小型炉試験を行い、実験室規模で石炭から発生する高温 COG による無触媒改質特性に関する基礎データを取得し、無触媒改質運転手順の検討及び計測分析方法の確認を行う。

次に、小型炉試験結果を踏まえて、操業中のコークス炉に対して、コークス炉 1 門から発生するガス量の 1/10 規模のパイロット試験装置を詳細設計し、それに基づいて各機器を製作し、コークス炉建屋に設置する。1 門パイロット試験装置を使用して、コークス炉から発生する実ガスによる改質試験を行い、改質反応特性を把握するとともに目標性能を達成するために必要な改質運転条件を把握する。

## (2) 実用化試験Ⅱ(システム検討試験)

1 門パイロット試験装置に対して高温 COG をコークス炉 3 門から導入可能なようにコークス炉上の取出し部の改造を行う。試験装置改造後に、1 門パイロット試験で把握した目標性能を満足する最適な改質反応条件により、複数門からの混合ガス組成変動条件下での改質特性試験を実施し、システム検討及び組成変動条件下での性能評価を行う。また、連続改質試験運転により実証機の基本設計、制御及びシステム検討に必要なデータを収集する。

## (3) 実用化試験結果のまとめと実証機計画策定

目標性能である有効ガス増幅比 2.0 以上、メタノール合成用原料ガスの最適な組成指標である R 値 2.0 付近及び冷ガス効率に対する実用化試験結果の評価及びまとめを行う。

また、取得した試験データに基づいて、実証機の基本設計条件を決定し、既設コークス炉及び新設コークス炉への設置を想定した実証機の系統及び配置計画並びに改質ガス冷却、除塵、ガス精製設備、酸素供給設備等の基本設計を行う。

## (4) 事業性評価(FS)

事業性評価として改質試験結果を踏まえて、本技術を年間 100 万tクラスのコークス炉に導入した場合の商用機の生産物バランスを検討した上で、省エネルギー及び CO<sub>2</sub> 削減効果を検討する。合わせて、本技術の導入による経済性について、メタノールを代表とする液体燃料製造まで含めたケーススタディによる従来技術との比較評価を行い、本技術を導入した場合の経済成立性について検討する。また、本技術を国内外に適用することを想定して、国内及び中国の市場調査、サイト調査を実施し、コークス製造関連事業の実態を把握した上で事業成立条件を検討し、モデルサイトを選定するとともに最適なビジネスモデルを提案する。

## 2.2 研究開発の実施体制

実用化に向けたパイロット試験は実際のコークス炉ガス（実ガス）による試験を行うこととし、そのためにコークス炉を現に保有し、現にコークスを商業的に製造し高温 COG を発生している日本コークス工業(株)と、改質炉などの一般的な高温炉の設計能力を有し、さらにエンジニアリングデータを取得して本技術の設計法を確立することが可能であるバブコック日立(株)と NEDO との共同研究事業（NEDO 負担率：2/3）として実施した。いずれも、技術力と将来の事業化推進能力を有する企業であり、NEDO のマネジメントの元、ユーザー・メーカー双方の立場から相互に補完しつつ、プロジェクトを推進した。

また、工学プロセスの評価能力を有する(財)エネルギー総合工学研究所、将来的な商用展開先と想定する中国のコークス炉事情に詳しい(財)石炭エネルギーセンター、改質反応シミュレーションに精通した九州大学を再委託先（共同実施先）とした。

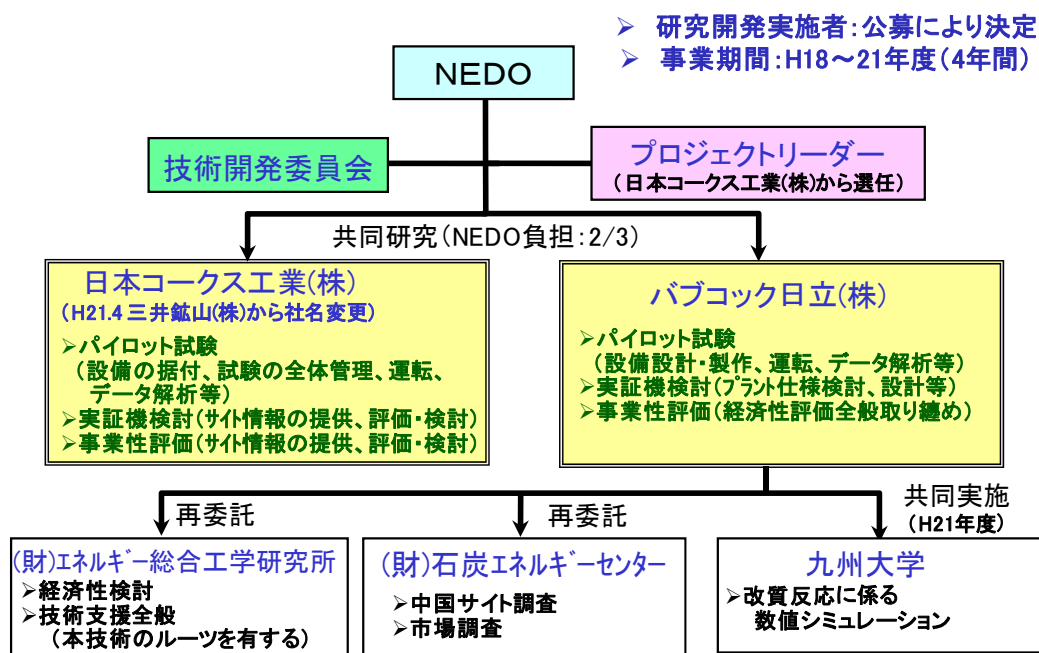


図 II-1 実施体制図

プロジェクトリーダー（PL）

氏名	所属	期間
松山 勝久	三井鉱山(株)技術統括部 副部長	H18.6～H20.6
齋藤 義明	三井鉱山(株)R&Dセンター センター長	H20.6～H21.6
松岡 正洋	日本コークス工業(株)R&Dセンター所長代理	H21.6～H22.3

所属・肩書きは就任当時



## 2.3 研究開発の運営管理

研究開発全体の管理・執行に責任を有する NEDO は、経済産業省及びプロジェクトリーダーと密接な関係を維持しつつ、本研究開発の目的及び目標に照らして適切な運営管理に努めた。NEDO はプロジェクトの進捗について事業者との定期的な打合せを行ったほか、外部有識者で構成する技術開発委員会（2 回／年 開催）を設け、研究開発の方向性の確認や、評価・助言を受けた。

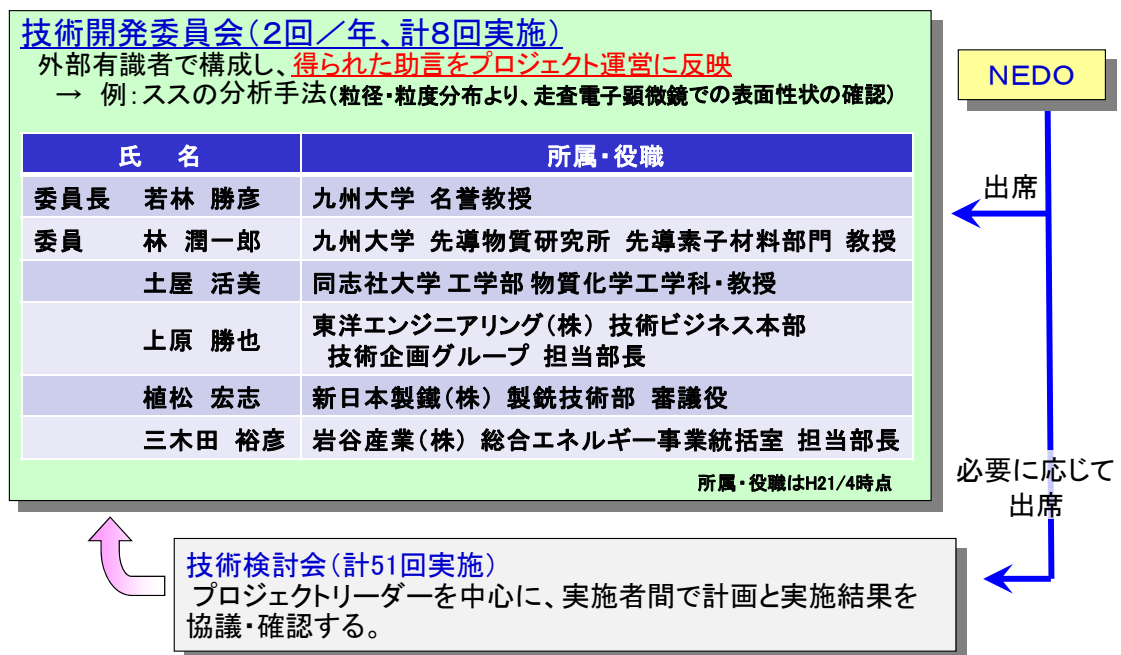


図 II-2 研究開発の運営管理

## 2.4 研究開発成果の実用化、事業化に向けたマネジメントの妥当性

本技術は COG の付加価値の向上に資するものであるが、その出口としては COG の利用チェーンが既に構築されている高炉一貫製鉄所への適用は難しく、また国内のコークス専門メーカーにおいては、既設コークス炉の延命化により新設やリプレース計画が少ない状況であり、国内における早期の導入普及は難しい。そのため、プロジェクト発足当初から、実用化・事業化に当たってはコークス炉の新設が相次ぐ中国を想定し、技術開発を進めてきた。また、中国においては、石炭由来のメタノール合成に注力しており、メタノールをガソリンに添加した燃料も市販されている地域（山西省）が有るなど、液体クリーン燃料としての需要も高い。従って、次フェーズ以後（実証機・商用機）は、中国を対象とする。

中国での実証・実用化に当たっては、現地エンジニアリング会社と現地コークスメーカーと日本側企業（日本コークス工業(株)、バブコック日立(株)）の3社でコンソーシアムを構築することが必要である。現地エンジニアリング会社については、既に実証機の検討に向けた協力関係（MOU）にある。現在、そのエンジニアリング会社とコンタクトを取りつつ、パートナーとなり得る現地コークスメーカーを選定しているところである。一方、新技術の中国への適用に当たっては“模倣されるリスク”を伴うため、現地での盤石なビジネスモデルの確立と知財化を平行して進めている。

中国での実証・実用を終えた後の 2020 年頃に、本技術を国内市場への展開を予定する。これは「技術戦略ロードマップ」に記載された商用時期と概ね符合する。

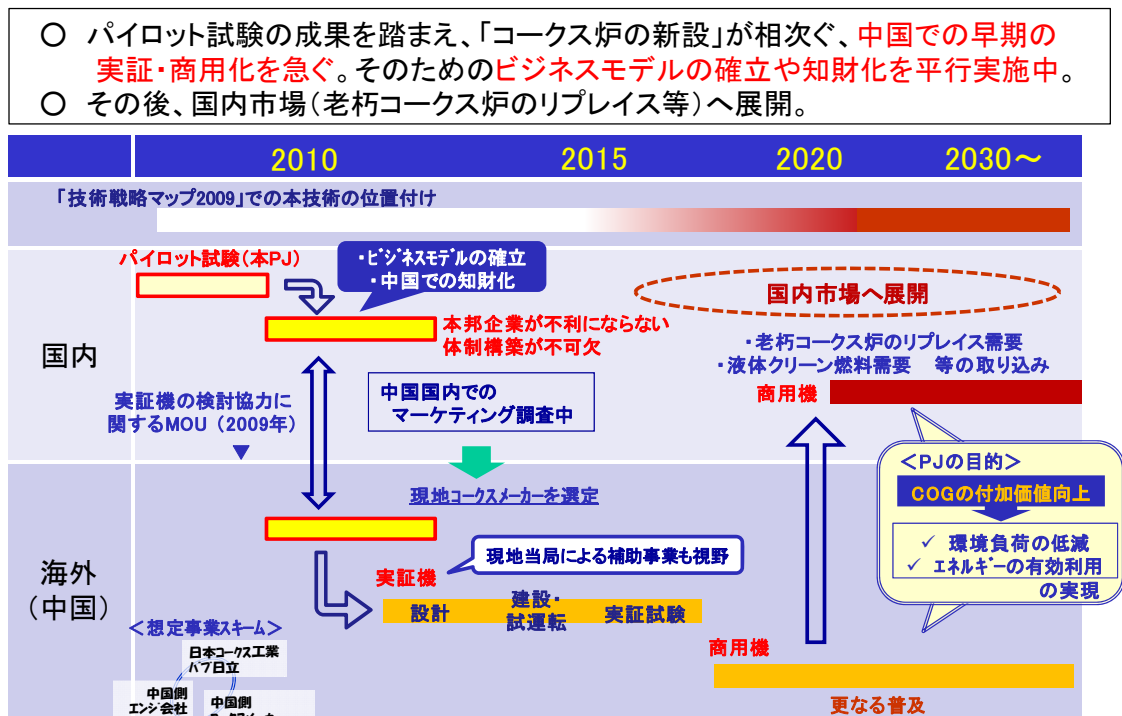


図 II-3 実用化、事業化に向けたマネジメント

### 3. 情勢変化への対応

(1) 基本計画に「冷ガス効率」を追加(平成 20 年 7 月)

プロジェクト発足当初から、改質炉前後での転換効率(冷ガス効率)に関する目標値を掲げることが念頭に置いていたが、基礎試験を踏まえパイロット試験で使用する改質炉の仕様がほぼ固まったことを受け、数値目標として「冷ガス効率」を追加した。

※ 定義や設定根拠については、1. 事業の目標 を参照のこと。

(2) 九州大学を体制に追加(平成 21 年度)

パイロットから実証規模へのスケールアップに向けた設計精度の向上を目的に、九州大学を新たに体制(共同実施先)に追加した。数値シミュレーションにより、改質炉内でのタールや BTX 類の重質分の反応機構の解明に繋がった。

### 4. 評価に関する事項

(1) 事前評価

プロジェクトを立ち上げるに当たり、事前評価書及び基本計画(案)を NEDO ホームページ上で公開し、パブリックコメントを求めた。(NEDO POST2 及び NEDO POST3)

基本計画やプロジェクトの方向性を左右するほどのコメントは無かったことから、当初案どおりプロジェクトの立ち上げを行った。(添付資料 4 参照)

(2) 中間評価

本研究開発は 4 年間の事業であるため、中間評価は行っていない。

### Ⅲ. 研究開発の成果について

#### 1. 事業全体の成果

##### 1.1 実用化試験

実用化試験は、稼働中のコークス炉実ガスを使用して無触媒 COG 改質技術をパイロット規模で実証することを目的とした。このために前半の実用化試験Ⅰでは、電気炉で発生する高温 COG による小型炉試験並びにコークス炉 1 門から発生する約 1/10 量の実ガスを使用して 1 門パイロット試験を行った。本試験では、幅広い試験条件で改質特性データを取得して、目標とした改質性能である有効ガス増幅比 2.0 以上及び R 値 2.0 付近の両方を満足可能な改質条件を検討し、最適な運転条件を決定した。

後半の実用化試験Ⅱでは、高温 COG 取出管を 3 門に増設し、実機相当の COG 混合条件に対して 1 門パイロット試験で得られた最適な改質条件で 3 門パイロット試験を行なった。この試験により、高温 COG に大きな組成変動がある場合でも平均的に改質性能目標値を満足することを確認し、実機設計に必要な設計データの取得並びにコークス炉操業との連携運転制御技術を確立した。実用化試験の開発目標項目、目標及び達成状況について表Ⅲ-1 に示す。

表Ⅲ-1 実用化試験での開発目標項目、目標及び達成状況

	開発目標項目	目標	達成状況
実用化試験Ⅰ	1. 小型炉試験 1) タール付着抑止技術 2) 無触媒 COG 改質基礎技術	1) タール付着抑止法及び除去法の摘出 2) 改質反応基礎特性把握	1) 付着特性、有効な抑止法及び除去法を把握 2) 改質反応基礎特性を把握
	2. 1 門パイロット試験 1) 改質炉基本構造 2) コークス炉 1 門からの実ガスによる無触媒 COG 改質技術 3) 改質炉運転制御技術 4) 改質性能 ① 有効ガス増幅比 注 1) ② R 値 注 2)	1) 改質炉内ガス混合性の最適化及び滞留時間を確保する基本構造選定 2) COG 発生量安定時間帯での改質反応特性の把握 3) 炉内温度制御方法確立 4) 改質性能 ① 2 以上 ② 2 付近	1) 混合性の最適な酸素ノズル配置及び滞留時間を確保する改質炉構造と寸法を決定 2) 酸素、蒸気量と反応部温度の関係等を含め、改質反応特性を把握 3) 反応部温度安定制御法を確立 4) 有効ガス増幅比と R 値を同時に満足する最適な改質運転条件を決定
実用化試験Ⅱ	3. 3 門パイロット試験 1) コークス炉 3 門の実ガス混合による無触媒 COG 改質技術 2) 改質炉運転制御技術 3) 改質性能 ① 有効ガス増幅比 注 1) ② 冷ガス効率 注 3) ③ R 値 注 2) 4) 実機設計用データ 5) 改質反応詳細数値解析技術	1) 最適改質条件で 3 門混合ガスの改質特性把握 2) 装炭と押出時の切離し継続運転制御方法確立 3) 改質性能 ① 2 以上 ② 78%以上(実機換算値) ③ 2 付近 4) 実機設計用データ取得 5) 改質反応挙動把握	1) 3 門混合によるガス組成変動時の影響等特性を把握し、改質ガス組成の安定性を検証 2) 30 時間連続試験でコークス炉操業との連携運転制御法を確立 3) 改質性能 ① 平均値 2.1 達成 ② 平均値 77%実機換算 79%達成 ③ 平均値 1.95 達成 4) 実機設計に必要なユーティリティ量、改質ガス中不純物量を把握するとともに、保守点検方法等の課題を摘出 5) 改質反応解析技術を確立し、改質炉内の反応領域と挙動を把握

注 1) 有効ガス増幅比= $A/B \geq 2.0$

A : 改質ガス中の水素ガスと一酸化炭素ガスの標準状態における合計体積

B : 改質前のガス中の水素ガスと一酸化炭素ガスの標準状態における合計体積  
ここで、標準状態とは、0°C、1気圧の状態を示す

注 2) R 値= $C/D \geq 2.0$

C : 標準状態での改質ガス中の水素ガス体積と二酸化炭素ガス体積の差

D : 標準状態での改質ガス中の一酸化炭素ガス体積と二酸化炭素ガス体積の和

注 3) 冷ガス効率= $E/F \times 100$  (%)

E : 出口改質ガスの総発熱量(HHV)

F : 入口原料ガスの総発熱量(HHV)

ここで、HHV は高位発熱量を示す

## 1.2 事業性評価

実用化試験結果及び実在するコークス炉の生産物収支バランスに基づいて、コークス生産量を100万トンとした場合の商用機を対象として、経済性及び省エネ、CO<sub>2</sub>削減効果を検討した。本技術を商用機に適用した場合、高温 COG の保有する顕熱の回収及びメタノール生産量が多いことから、従来法に比較して経済性が高いことを示すとともに省エネ及び CO<sub>2</sub> 削減効果を明らかにした。

また、市場調査及びサイト調査を行い、特に中国ではコークス炉の集約化等による精製 COG の改質による燃料転換利用が始まっており、本技術の中国での普及展開が有望であることを示した。

さらに、実用化試験結果及び実機設計用データを踏まえ、市場調査及びサイト調査結果に基づき選定したモデルサイトに対して、既設コークス炉（国内）及び新設コークス炉（中国）への設置を想定した実証機の基本設計を行った。事業性評価についての成果を表Ⅲ-2 に示す。

表Ⅲ-2 事業性評価の成果

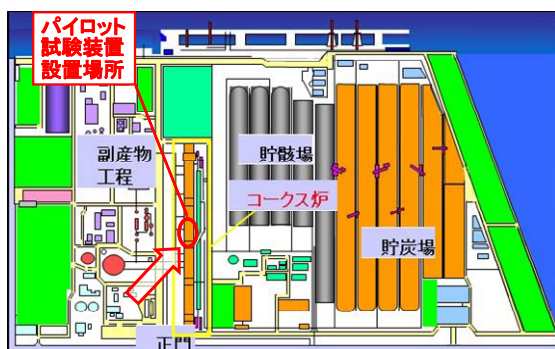
評価項目	成果
<b>1.経済性</b> コークス炉ガスの処理法で比較 ・ケース1 高温 COG 改質(本技術) ・ケース2 精製 COG 改質 ・ケース3 従来法(ガス販売)	収益(億円/年) ケース1 ケース2 ケース3 国内 12.2 -17.8 -4.4 中国 24.5 6.5 -0.7 国内及び中国ともに本技術による高温 COG 改質の経済性が最も高く、優位性があることを明らかにした。
<b>2.省エネ、CO<sub>2</sub>削減効果</b> コークス炉ガスの処理法で比較 ・ケース1 高温 COG 改質(本技術) ・ケース2 精製 COG 改質 ・ケース3 従来法(発電燃料消費)	(中国比較) ケース1 ケース2 ケース3 原油換算(万 kL/年) -2.88 2.13 1.8 CO <sub>2</sub> 源単位(t- CO <sub>2</sub> /t-) 1.78 3.66 - 本技術による高温 COG の保有する顕熱回収の省エネ性が最も高く優位性があり、また、精製 COG 改質に比較して CO <sub>2</sub> 削減効果に優位性があることを明らかにした。
<b>3.市場調査、サイト調査（中国）</b> ①コークス企業の実情調査 ②実証機適用可能性のあるサイト調査 ③中国でのビジネス展開検討	①中国ではコークス炉の集約化が進んでおり余剰 COG の用途として精製 COG 改質法でメタノール、DME 転換が開始。 ②山西省、河北省及び山東省は導入可能性があり、特に山西省はガソリンへのメタノール添加が進んでいることから、本技術の適用に積極的な姿勢を示す企業があることを確認した。 ③産業財産権保護を念頭に中国での最適なビジネスモデルを提案した。
<b>4.実証機計画策定</b> ①国内モデルサイト(既設炉対象) ②中国モデルサイト(新設炉対象)	①既設設炉を対象に選定した国内モデルサイトに対して 5 門全ガス量処理する実証機計画(系統及び機器設計)を策定した。 ②新設炉を対象に選定した中国山西省モデルサイトに対して 3 門全ガス量処理する実証機計画(系統、機器設計及びメタノール製造設備計画)を策定した。

## 2. 研究開発項目毎の成果

### 2.1 実用化試験 I

#### (1) パイロット試験装置

無触媒 COG 改質技術開発は、日本コークス工業(株)北九州事業所内の稼働中のコークス炉に 1 門から発生する高温 COG 量の約 1/10 のガス量を処理する規模のパイロット試験装置を設置して、実ガス試験を行った。北九州事業所構内配置図及びパイロット試験装置の設置場所をそれぞれ図Ⅲ-1 及び図Ⅲ-2 に示す。



図Ⅲ-1 北九州事業所構内配置図



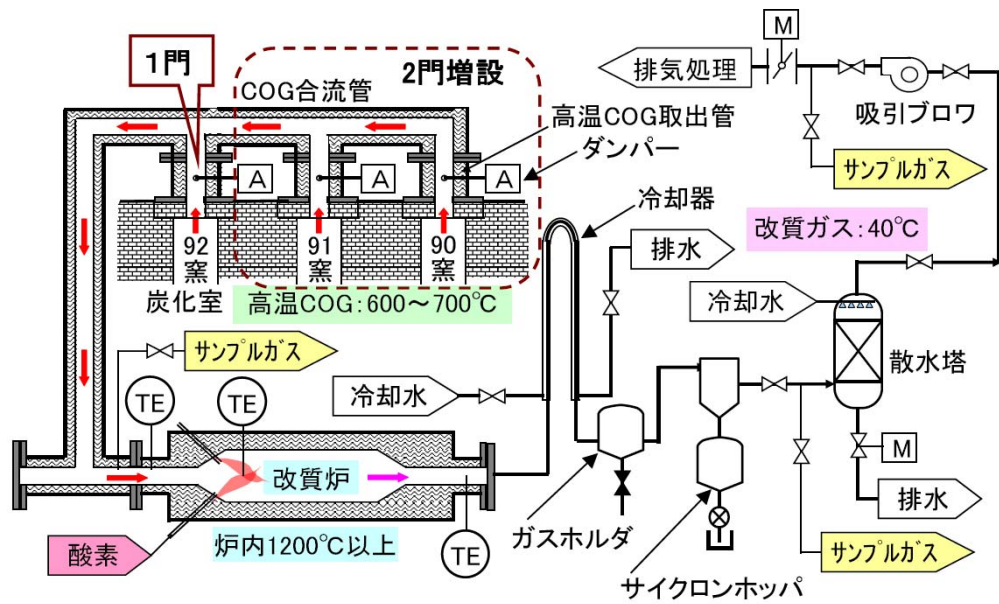
図Ⅲ-2 パイロット試験装置設置場所

パイロット試験装置は、コークス炉上の 1 門に設置した高温 COG 取出管、取出したガスを試験装置へ導入する配管、酸素注入により無触媒 COG 改質反応を行う改質炉、ガスホルダ、高温の改質ガスを熱交換する冷却器、改質ガス中の未反応固形物を分離回収するサイクロンセパレータ、除塵冷却のための散水塔及び改質ガスを吸引排出するためのブロワから構成される。制御、計測データ収録及びガス分析はパイロット試験装置と同じ床面のプレハブ室内に設置した制御盤、データ収録装置及びオンラインガスクマトグラフィにより行った。パイロット試験装置の系統仕様概要を表Ⅲ-3 に、概略系統フローを図Ⅲ-3 にそれぞれ示す。また、高温 COG 取出管、導入管及び試験装置の外観写真を図Ⅲ-4～図Ⅲ-6 に示す。

表Ⅲ-3 1 門パイロット試験装置の系統仕様概要

No.	項目	仕様	備考
1	高温 COG 処理量	30～60Nm <sup>3</sup> /h	1 門の約 1/10 発生量
2	改質ガス処理量	40～150Nm <sup>3</sup> /h	
3	改質方式	無触媒オートサーマル改質	
4	設計圧力	20 k Pa	
5	運転圧力	大気圧 (0～2kPa)	出口ブロワで吸引
6	設計温度(改質炉)	改質炉外壁：350℃ 改質炉内：1800℃	内面耐火材施工
7	運転温度(改質炉)	改質炉外壁：100℃以下 改質炉内：1000～1400℃	高温 COG 取出管内は 400～700℃
8	改質用酸化剤	酸素 (純度 99.9%)	液化酸素ボンベ供給
9	起動方式	電気ヒータ及びバーナ燃焼	燃料は精製 COG

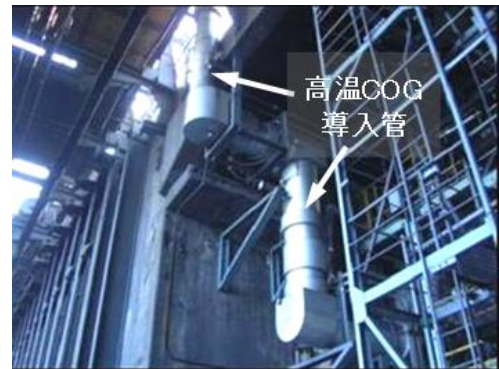




図Ⅲ-3 パイロット試験装置概略フロー(実用化試験Ⅰでは1門、実用化試験Ⅱでは3門で試験)



図Ⅲ-4 高温COG取出管外観(コークス炉上)



図Ⅲ-5 導入管外観(コークス炉団間壁面)

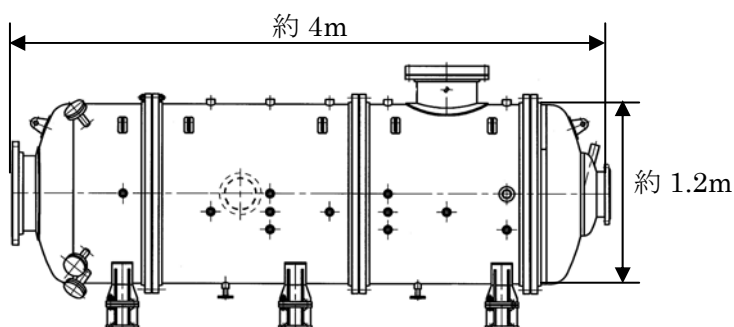


図Ⅲ-6 パイロット試験装置外観(試験用鉄骨架台2階床面に設置した主要機器)

パイロット試験装置の中心機器である改質炉は外径約1.2m、長さ約4mの横置き円筒型の容器内面に耐火材と断熱材を施工した重量約5トンの炭素鋼板製容器である。改質炉内の反応部は入口側で流路を拡大してあり、導入された高温COGは入口部に設置した酸素ノズルより投



入する酸素と混合し、部分酸化反応により所定の温度まで昇温後、並行して生じる水蒸気改質反応との組合せで、いわゆるオートサーマル改質により、タール、BTX 及び炭化水素を水素と CO リッチなガスに変換する。改質炉内には温度計測用に R 型（白金ロジウム）熱電対を 20 本設置した。改質炉出口部では、蒸気冷却により約 900℃以下のガスとなって冷却器へ送られる。改質炉の外形図を図Ⅲ-7 に、製作中の改質炉の外観写真を図Ⅲ-8 に示す。



図Ⅲ-7 改質炉外形図



図Ⅲ-8 製作中の改質炉外観

## (2) コークス炉ガスの（高温 COG）の特徴

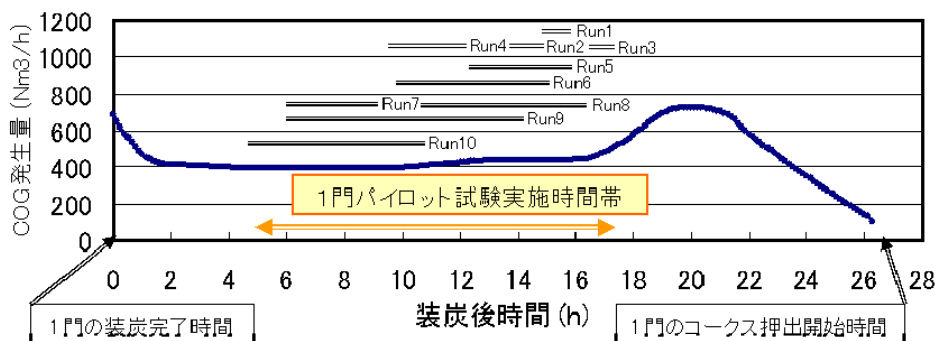
コークス炉は多数の炉室と燃焼室が隣接して積層した構成となっており、コークス製造はこの一つの炉室(1 門)に石炭を投入（装炭という）し、燃焼室からの間接加熱により 17～26 時間乾留されてコークスとなる。その後コークスは押出機によって炉室内から排出され、（コークス押出、単に押出ともいう）この装炭と押出の繰返しにより連続操業している。ここで、コークス炉ガスは石炭が乾留される間に発生するが、装炭から押出までの時間帯中には、ガス量、ガス組成、含まれているタール、BTX 及び水分量が大きく変動することがよく知られている。

このため、1 門パイロット試験に際しては、改質条件としての影響因子であるガス組成、含まれるタール、BTX 及び水分量変化に関する既存のデータ収集を行うとともに NCE で保有しているデータを踏まえた上で、高温 COG のガス量、ガス組成、タール、BTX 及び水分含有量の標準的なモデルパターンを作成した。

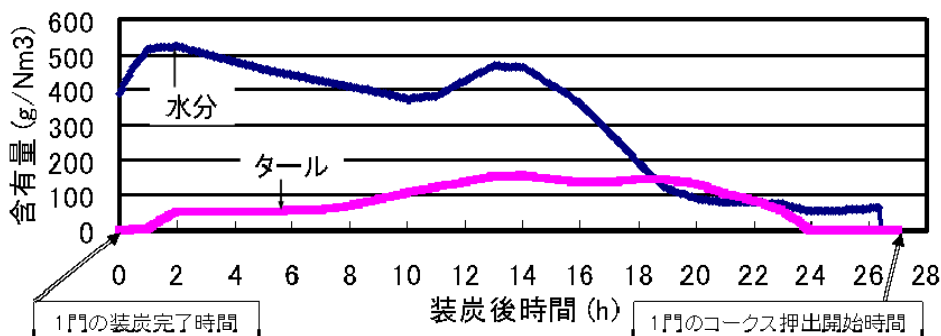
装炭から押出開始時間までの 1 門から発生する高温 COG のガス量変化モデルを図Ⅲ-9 に示す。また、高温 COG 中のタール及び水分含有量変化モデルを図Ⅲ-10 に、主要成分である水素、メタン、一酸化炭素及び二酸化炭素の濃度変化モデルを図Ⅲ-11 に、BTX 濃度変化モデルを図Ⅲ-12 にそれぞれ示す。

1 門パイロット試験の第一の目的は、稼働中のコークス炉から発生する実ガスを使用して無触媒 COG 改質技術を検証し、幅広い試験条件で改質試験を行なって、酸素、蒸気量と反応部温度の関係を明らかにした上で、改質反応特性を把握することにより、本技術開発の性能目標値である有効ガス増幅比 2 以上と R 値 2 付近を同時に満足する最適な改質条件を決定することである。このため 1 門パイロット試験においては、初期の水分過多となる時期及び装炭後 18 時間以降のタール、メタンが少なく、水素リッチな組成となる時間帯を除外して、図Ⅲ-9 に示すガス量安定域で改質試験を実施することとした。なお、これらの図に示すように、ガス量

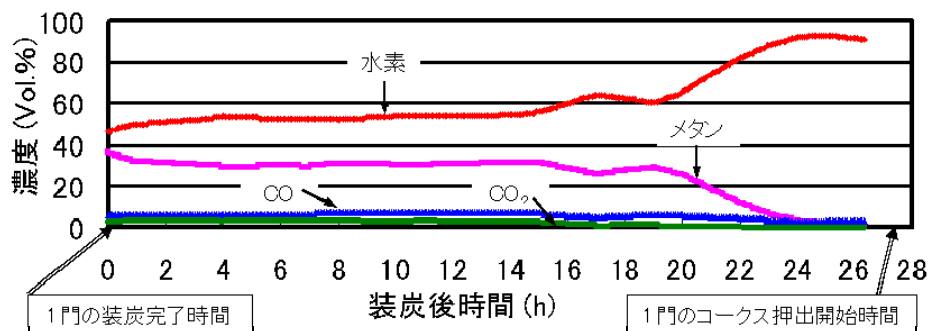
安定域では、主要成分である水素、メタン、一酸化炭素及び二酸化炭素は比較的変動が少ないが、タール及び水分含有量並びにエチレン、エタン、BTX 濃度は大きく変動しており、これらの変動の影響化において、最適な改質運転条件を検討した。表Ⅲ-4 にガス量安定期におけるコークス炉ガス(高温 COG)の代表的な組成、タール、水分量を参考のため、精製 COG と比較して示す。



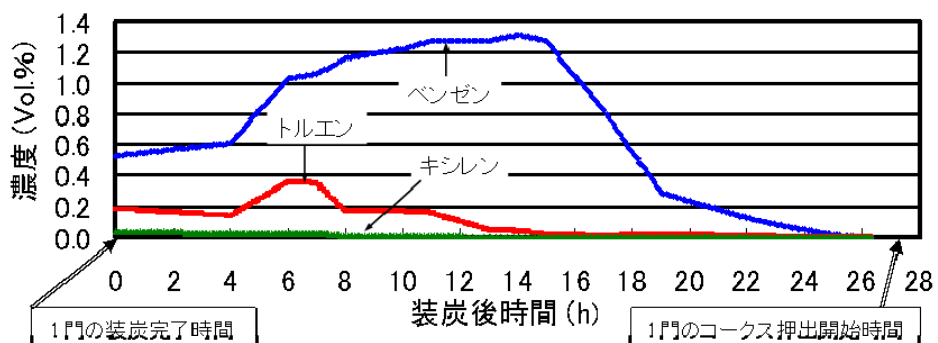
図Ⅲ-9 装炭から押出までの高温 COG ガス量の経時変化モデル



図Ⅲ-10 装炭から押出までの高温 COG 中水分及びタール含有量の経時変化モデル



図Ⅲ-11 装炭から押出までの高温 COG 中水素、メタン、CO 及び CO<sub>2</sub> 濃度の経時変化モデル



図Ⅲ-12 装炭から押出までの高温 COG 中 BTX(ベンゼン、トルエン、キシレン)濃度の経時変化モデル

表Ⅲ-4 コークス炉ガス(高温 COG)の代表的なガス組成例(BTX、タール及び被毒成分含む)

項目 (分子式)	高温 COG (単位)	精製 COG (参考)(単位)
水素 (H <sub>2</sub> )	60.5 (Vol.%)	56.2 (Vol.%)
メタン (CH <sub>4</sub> )	27.0 (Vol.%)	27.0 (Vol.%)
一酸化炭素 (CO)	6.9 (Vol.%)	6.7 (Vol.%)
二酸化炭素 (CO <sub>2</sub> )	2.2 (Vol.%)	1.8 (Vol.%)
窒素 (N <sub>2</sub> )	0.8 (Vol.%)	4.2 (Vol.%)
酸素 (O <sub>2</sub> )	0.0 (Vol.%)	0.8 (Vol.%)
エチレン (C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> )	2.2 (Vol.%)	2.9 (Vol.%)
エタン (C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> )	0.5 (Vol.%)	0.4 (Vol.%)
ベンゼン (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> )	23.4 (g/Nm <sup>3</sup> )	0.1 (g/Nm <sup>3</sup> )
トルエン (C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> )	2.4 (g/Nm <sup>3</sup> )	0.0 (g/Nm <sup>3</sup> )
キシレン (C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> )	0.2 (g/Nm <sup>3</sup> )	0.0 (g/Nm <sup>3</sup> )
アンモニア (NH <sub>3</sub> )	9.6 (g/Nm <sup>3</sup> )	0.0 (g/Nm <sup>3</sup> )
硫化水素 (H <sub>2</sub> S)	3.2 (g/Nm <sup>3</sup> )	0.1 (g/Nm <sup>3</sup> )
タール	102 (g/Nm <sup>3</sup> )	0.0 (g/Nm <sup>3</sup> )
水分 (H <sub>2</sub> O)	204 (g/Nm <sup>3</sup> )	1.0 (g/Nm <sup>3</sup> )

(3) 1 門パイロット試験項目、目的及び条件

前述した高温 COG の特徴を踏まえ、簡易シミュレーションにより必要な酸素量、水蒸気量及び改質ガス組成への影響を評価し、投入酸素、水蒸気量及び改質反応部温度条件等の試験条件を検討した。これに加えて、パイロット試験に先立って実施した小型炉試験 (NCE の所有する石炭乾留試験用小型電気炉を使用した試験) で得られた基礎特性データにより、1 門パイロットの詳細な試験項目、試験方法、試験条件及びガス分析方法を決定した。試験項目・内容及び試験目的を表Ⅲ-5 に示す。また、1 門パイロット試験条件の詳細を表Ⅲ-6 に示す。

表Ⅲ-5 1 門パイロット試験項目・内容、試験目的及び試験条件

試験項目・内容	試験目的	試験条件	
1. 精製改質試験 (予備試験) 精製 COG による 無触媒改質試験	1)パイロット試験装置の特性把握、装置の起動、運転手順の検討及び試験計測方法の確認 2)精製 COG を使用した無触媒改質方法の検証	精製 COG 流量	30~40Nm <sup>3</sup> /h
		反応部温度	1050~1250℃
2. 高温 COG 改質 特性試験 ガス量安定期での 短時間改質特性 試験	1)無触媒改質反応に対する蒸気量、酸素量、改質反応部温度等運転条件の影響把握 2)精製 COG 燃焼運転から高温 COG 導入条件及び手順の検討 3)性能目標であるガス増幅比及び R 値を満足する最適改質条件の決定	高温 COG 流量*	30~80Nm <sup>3</sup> /h
		反応部温度	1050~1450℃
		改質ガス流量	40~100Nm <sup>3</sup> /h
3. 高温 COG 連続 改質試験 2. で把握した最適 改質条件でガス量 安定期を網羅する 連続改質試験	1)最適改質条件での改質反応特性把握 2)改質炉反応部温度制御方法の検討 3)3 門増設及び実証機検討用基本設計データの取得 4)装置の保守・点検手順及び方法の検討、手順の確認	高温 COG 流量*	30~50Nm <sup>3</sup> /h
		反応部温度	1300~1400℃
		改質ガス流量	40~70Nm <sup>3</sup> /h

注\* : 1 門から発生するガス量安定期における高温 COG の平均ガス発生量 450~600Nm<sup>3</sup>/h の約 1/10 の処理量を目標とした。

表Ⅲ－6 1門パイロット試験条件の詳細

項目 (単位)	試験条件
改質炉内容積 (m <sup>3</sup> )	0.8
原料ガス (—)	精製 または 高温 COG
原料ガス流量範囲 (dry) (Nm <sup>3</sup> /h)	20～60
改質ガス流量範囲 (dry)(Nm <sup>3</sup> /h)	35～120
改質反応部温度 (°C)	1050～1450
試験圧力 (kPa)	0～1
酸素比 (*1) (—)	0.2～0.6
O <sub>2</sub> /カーボン比 (—)	0.5～1.5
スチーム/カーボン比 (*2) (—)	1.0～4.5

注(\*1)：酸素比=  $\frac{\text{(単位時間あたりの改質炉に供給する酸素の当量)}}{\text{(単位時間あたりの原料を完全燃焼するために必要な理論上の酸素当量)}}$   
 (\*2)：スチーム当量には、石炭中に含まれる水分から発生する蒸気を含む

(4) 1門パイロット試験装置の運転及び試験

実ガスである高温 COG を使用する前に、パイロット試験装置の全般的な特性把握を行うとともに、昇温起動・停止、改質運転及び試験計測手順・方法の確認を目的として、精製 COG を使用して予備試験を行った。この試験によって試験装置の特性を把握するとともに運転手順、試験方法及び計測技術を確立した。次に、無触媒改質反応特性の把握及び目標性能を満足する最適な改質条件を決定することを目的として、高温 COG 発生量の安定期に実ガスを使用した短時間改質試験を行った。本試験では下記改質特性について確認した。

- a. 投入酸素量変更による改質反応部温度制御特性
- b. 改質反応部温度と改質ガス中残メタン濃度の関係
- c. 改質炉に投入する蒸気量が与える改質ガス組成への影響
- d. 性能目標値であるガス増幅比 2.0 以上、R 値 2.0 付近を満足する最適改質条件

1 門パイロット試験の最後に、改質特性試験で決定した最適な改質運転条件で装炭後の高温 COG 発生量の安定期時間帯を網羅する 6～8 時間の連続改質試験を 3 回行った。連続改質試験における反応部温度、高温 COG 流量、酸素流量、改質ガス流量の代表例を表Ⅲ－7 に示す。

表Ⅲ－7 連続改質試験における反応部温度、高温 COG 流量、酸素流量及び改質ガス流量

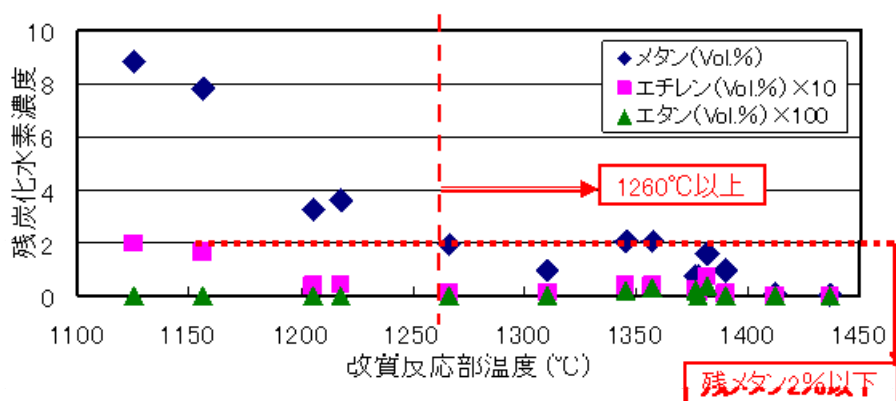
試験 Run No. 単位	装炭後経過時間 h	高温 COG 入口温度 °C	反応部温度 °C	高温 COG 流量 Nm <sup>3</sup> /h	酸素流量 Nm <sup>3</sup> /h	改質ガス流量 Nm <sup>3</sup> /h
8-8	15.02	440	1354	44.3	19.0	68.6
8-9	15.92	440	1363	39.6	19.4	72.7
9-12	12.58	410	1347	32.0	14.6	45.9
9-13	12.92	416	1356	29.3	14.2	40.6
9-15	14.25	409	1357	38.2	13.7	48.0
9-16	14.58	408	1345	29.9	14.6	44.5
10-19	7.62	448	1373	32.0	17.5	49.8
10-20	7.95	436	1369	25.2	16.8	45.1

注：短時間改質特性試験の結果、石炭中の願推量が 10%あることから反応に必要な高温 COG 中の蒸気量は十分であり、改質炉への蒸気の投入は不要とした。

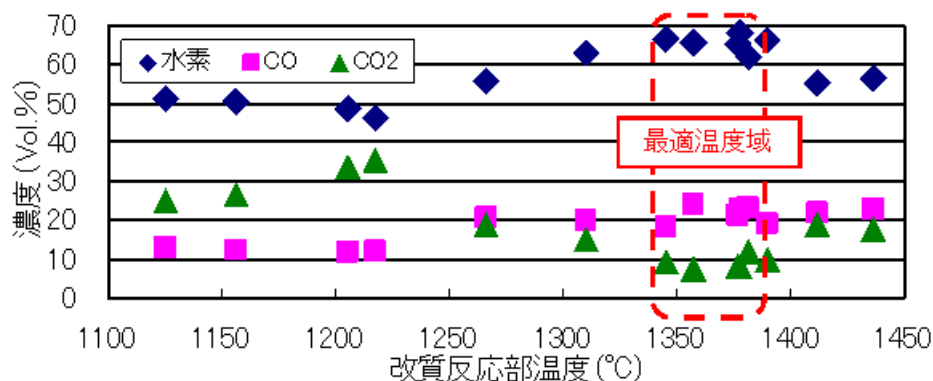
(5) 1門パイロット試験結果

無触媒 COG 改質反応特性を把握するために、改質炉に投入する酸素量、蒸気量を変えることにより、改質反応部温度を 1100～1450℃に変えて改質試験を行った。図Ⅲ-13 に改質反応部温度と改質ガス中に残っているメタン、エチレン及びエタン濃度の関係を示す。本図に示すように、従来の一般的な触媒による水蒸気改質での改質性能の目安となる改質ガス中の残メタン濃度 2%以下とするためには、改質反応部温度を 1260℃以上とする必要があることを明らかにした。また、図Ⅲ-14 に改質反応部温度と改質ガス中の主要成分である水素、一酸化炭素(CO)及び二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)の濃度の関係を示す。本図に示すように、供給酸素量を増加し改質反応部温度を 1400℃以上に上げると、水素及び一酸化炭素濃度が低下し、一方で二酸化炭素濃度が高くなり、有効成分濃度が低下するため、改質炉内反応部温度を 1320～1390℃の範囲の運転条件とする必要があることを明らかにした。

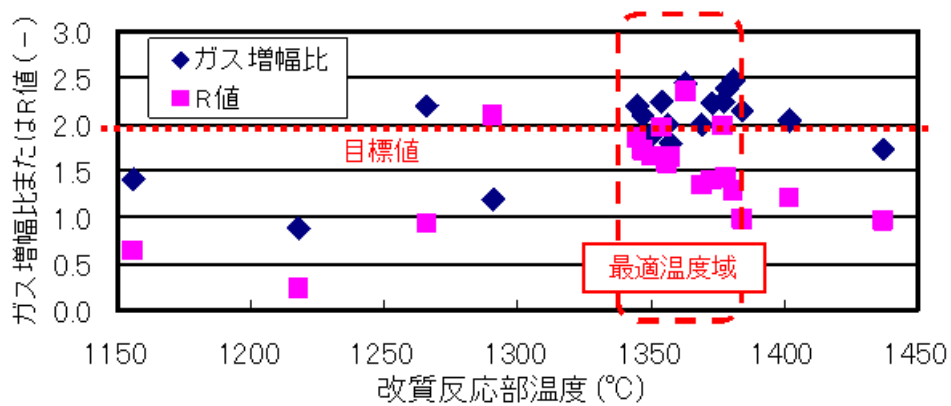
さらにこれらのデータから性能目標値であるガス増幅比及び R 値を算出した。図Ⅲ-15 に改質反応部温度とガス増幅比及び R 値との関係を示す。本図に示すように、高温 COG 発生量安定期において、性能目標であるガス増幅比 2.0 以上及び R 値 2.0 付近を両方満足する最適運転条件として改質反応部温度範囲 1340～1380℃を決定した。



図Ⅲ-13 改質反応部温度と改質ガス中に残留するメタン、エチレン及びエタン濃度の関係



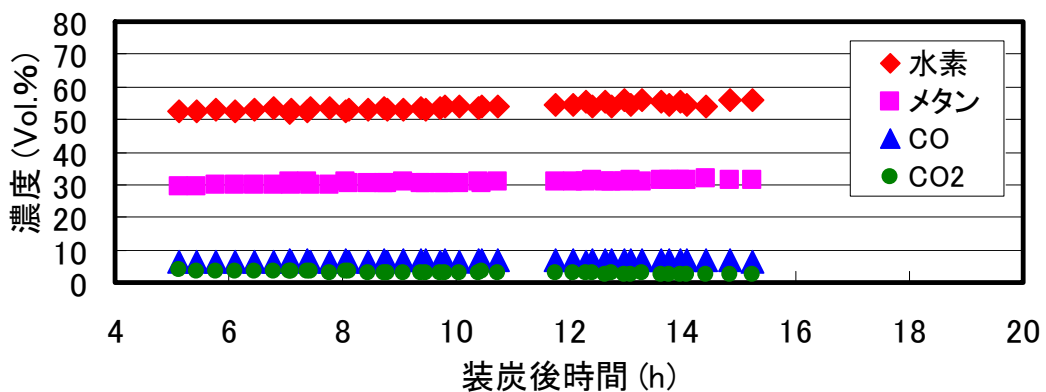
図Ⅲ-14 改質反応部温度と改質ガス中水素、CO 及び CO<sub>2</sub>濃度の関係



図Ⅲ-15 改質反応部温度とガス増幅比及びR値との関係

1 門パイロット試験として最後に改質特性試験で決定した最適な改質運転条件で装炭後の高温 COG 発生量の安定期を網羅する 6～8 時間の連続改質試験を 3 回行った。試験時に連続分析した高温 COG 中の水素、メタン、CO 及び CO<sub>2</sub> の濃度変化を図Ⅲ-16 に、エタン、エチレン及び窒素の濃度変化を図Ⅲ-17 に、BTX の濃度変化を図Ⅲ-18 にそれぞれ示す。また、表Ⅲ-8 に高温 COG 及び改質ガスの組成を、表Ⅲ-9 にガス増幅比及び R 値をそれぞれ示す。

これら 3 つの図に示すように、高温 COG の発生量安定期である装炭後 5～15 時間においては、主要成分である水素、メタン、一酸化炭素及び二酸化炭素はほぼ一定濃度である一方で、エタン、エチレン及びトルエンは装炭後の経過時間とともに濃度が減少し、ベンゼン濃度は徐々に増加後にほぼ一定となる傾向を示した。これらの各ガス成分の濃度変化は、既存のデータとよく類似しており、図Ⅲ-11 及び図Ⅲ-12 で示した濃度変化モデル図の傾向とほぼ一致することを確認した。



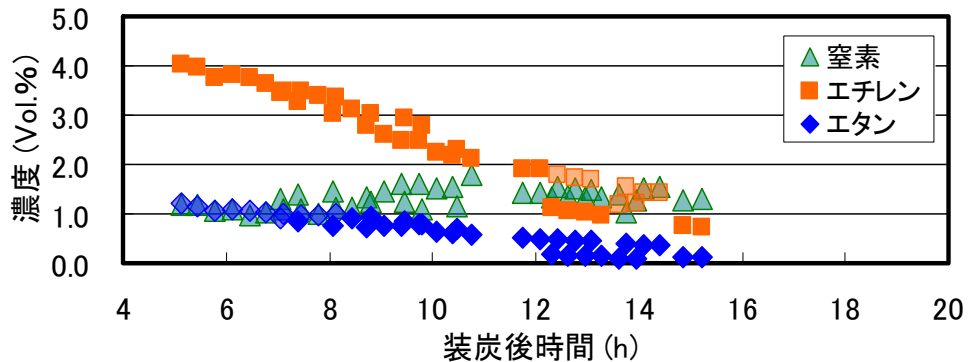
図Ⅲ-16 ガス発生量安定期における高温 COG 中の水素、メタン、CO 及び CO<sub>2</sub> の濃度変化

表III-8 連続改質試験における高温 COG 及び改質ガスの組成 (単位: Vol.%)

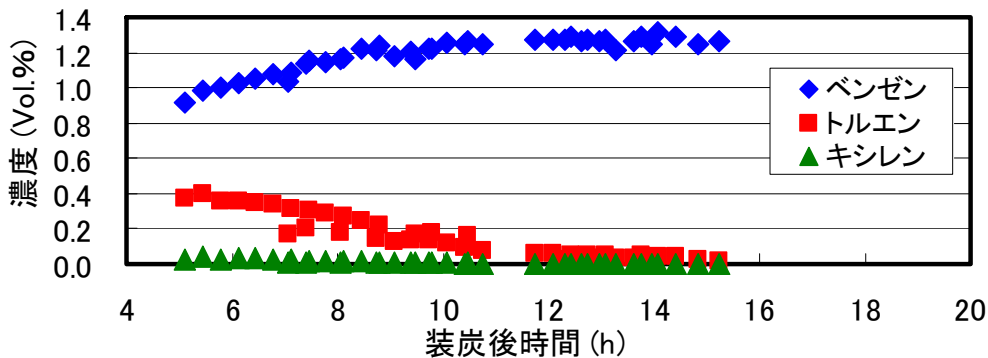
試験 Run No.	H <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	H <sub>2</sub> S	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>
8-8:高温COG	56.02	1.27	31.26	6.68	2.52	0.77	0.12	0.09	1.24	0.03	0.00
8-8:改質ガス	68.07	0.51	0.75	22.70	7.95	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
8-9:高温COG	55.96	1.31	31.50	6.59	2.41	0.72	0.12	0.10	1.27	0.02	0.00
8-9:改質ガス	70.74	0.52	0.77	22.79	5.16	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
9-12:高温COG	54.04	1.53	31.20	6.78	2.75	1.78	0.48	0.10	1.29	0.05	0.00
9-12:改質ガス	64.62	0.68	2.15	23.45	9.05	0.04	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
9-13:高温COG	54.12	1.51	31.15	6.79	2.81	1.73	0.45	0.11	1.28	0.05	0.00
9-13:改質ガス	63.72	0.63	1.56	23.88	10.19	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
9-15:高温COG	54.52	1.50	31.45	6.76	2.52	1.42	0.38	0.10	1.31	0.04	0.00
9-15:改質ガス	63.60	0.74	2.41	23.95	9.26	0.02	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00
9-16:高温COG	54.19	1.56	31.80	6.74	2.48	1.41	0.38	0.11	1.29	0.04	0.00
9-16:改質ガス	65.60	0.87	2.08	23.94	7.46	0.04	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
10-19:高温COG	53.49	1.01	29.95	6.46	3.17	3.41	0.96	0.10	1.14	0.29	0.02
10-19:改質ガス	62.47	0.63	1.03	23.64	12.18	0.03	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00
10-20:高温COG	52.84	1.12	30.32	6.52	3.25	3.38	0.99	0.12	1.17	0.27	0.02
10-20:改質ガス	61.86	0.77	0.87	23.78	12.68	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00

表III-9 連続改質試験におけるガス増幅比及びR値

試験 Run No.	ガス増幅比	R 値	試験 Run No.	ガス増幅比	R 値
8-8	2.24	1.96	9-15	1.80	1.64
8-9	2.45	2.35	9-16	2.19	1.85
9-12	2.08	1.71	10-19	2.22	1.39
9-13	1.99	1.57	10-20	2.00	1.34



図III-17 ガス発生量安定期における高温 COG 中のエチレン、エタン及び窒素の濃度変化



図III-18 ガス発生量安定期における高温 COG 中の BTX(ベンゼン、トルエン及びキシレン)の濃度変化

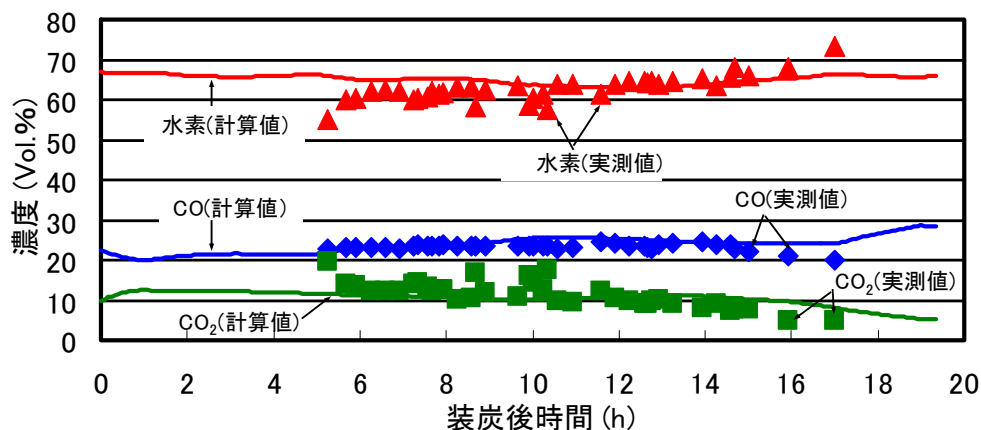


図Ⅲ-19 に連続改質試験における改質ガス中の水素、CO 及び CO<sub>2</sub> の濃度変化を簡易改質反応計算値と比較して示す。本図に示すように、ガス量安定期では、高温 COG 中のエチレン、エタン及び BTX の濃度が変動しているが改質ガス中の水素、CO 及び CO<sub>2</sub> 濃度変動は比較的小さく安定していることを確認した。また、高温 COG ガス組成変化モデルをインプット条件として行った簡易改質反応計算値とよく一致することを検証した。

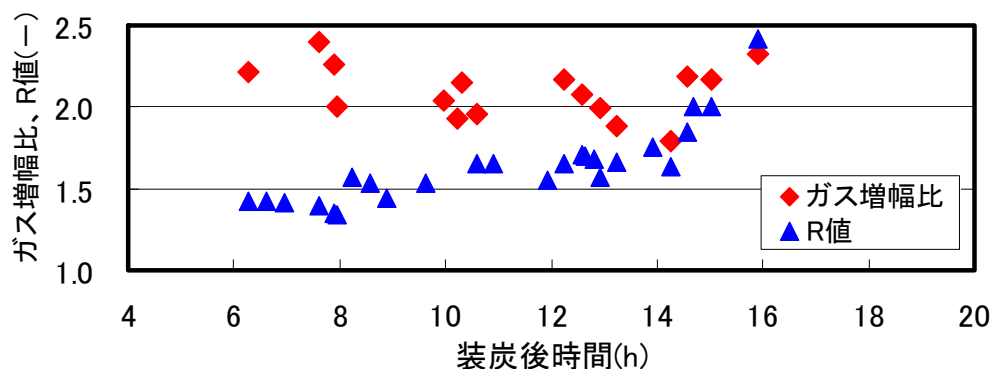
図Ⅲ-20 に連続改質試験におけるガス増幅比及び R 値の変化を示す。本図に示すように、ガス増幅比 2.0 以上をほぼ連続的に満足していることを確認した。一方、R 値に関しては、改質ガス中の CO<sub>2</sub> 濃度が 10%以上となる場合には改質ガス中の水素濃度がやや不足し、R 値が 2.0 より小さく、1.4~1.8 の範囲となった。

図Ⅲ-21 にガス量安定期に行った連続改質試験時の改質炉起動後の改質反応部温度、改質炉出口ガス温度及び改質炉出口耐火材表面近傍温度の変化を示す。本図に示すように、目標とした改質反応部目標温度 1370℃に対して供給酸素量を制御することで 1360℃~1405℃に温度を制御可能であることを確認した。なお、改質炉出口ガス温度が計算値では 1000℃以上であったが起動後 10 時間で約 800℃と低く、まだ上昇する傾向にあった。これは改質炉内面の耐火材の熱容量が大きく、まだ十分に昇温していないことによるものと考えられる。

また、改質試験前後に改質炉内部を点検し、タール付着やカーボン析出は少なく清浄であることを確認した。さらに、サイクロンセパレータからのすすの回収、高温 COG 取出管コークス炉側貫通孔のタール付着物の定期的な除去作業、散水塔内ブロー等による保守点検を行った。

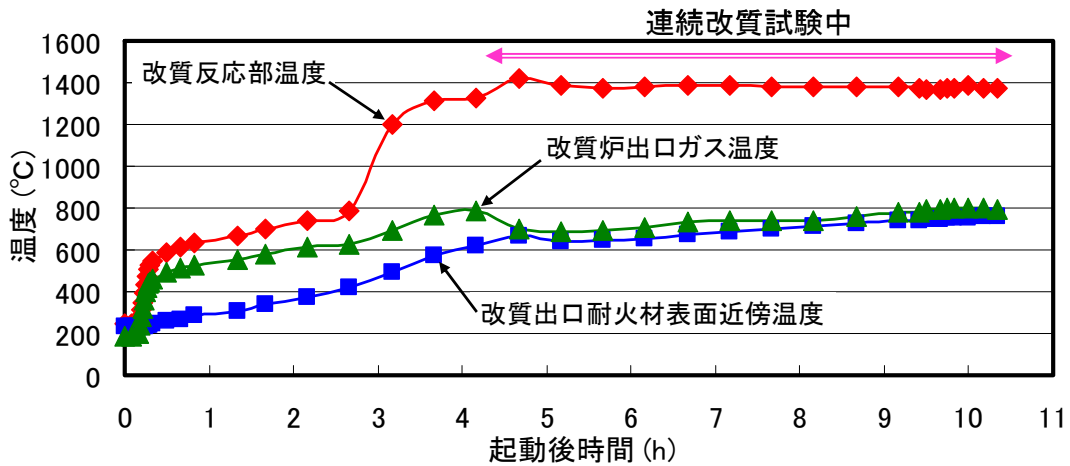


図Ⅲ-19 ガス量安定期における改質ガス中の水素、CO 及び CO<sub>2</sub> の濃度変化と計算値の比較



図Ⅲ-20 ガス量安定期の連続改質試験におけるガス増幅比及び R 値の変化





図III-21 連続改質試験時の起動後の改質反応部、出口ガス及び耐火材表面近傍の温度変化

### (6) 実用化試験Ⅰの結果のまとめ及び評価

稼働中のコークス炉1門の高温COG発生量の1/10スケール規模のパイロット試験装置を使用して、予備試験としての精製COG改質試験、本試験としての高温COG改質特性試験及び高温COG連続改質試験により、無触媒COG改質技術を検証するとともに、改質反応特性を把握した。これらの試験結果を検討し、性能目標であるガス増幅比2.0以上及びR値2.0付近の両方を満足する最適な改質条件を決定した。また、装炭後5～17時間のガス量安定期においては、原料ガス組成変動に対して、安定した組成の改質ガスが得られることを確認した。

酸素流量制御による改質反応部温度制御法を検証し、無触媒改質の基本的な運転技術を確立するとともに、実用化試験Ⅱ(3門パイロット試験)のシステム検討に必要な設計データを取得した。

また、無触媒改質装置に必要なタール除去、すす回収、散水塔排水ブロー作業等を経験し、実機(実証機及び商用機)に必要なと予想される保守点検項目及び運転技術課題を抽出した。

## 2.2 実用化試験Ⅱ

### (1) 3門パイロット試験装置

実用化試験Ⅱにおいては、実用化試験Ⅰの結果を踏まえて、実機(実証機及び商用機)の設計データの取得を目的に、最適な改質運転条件でコークス炉最小単位の実ガスを用いたシステム検討試験を実施する。このために、コークス炉の隣接する3門からの実ガスを抽出する取出管及びこれらを合流混合する配管を製作するとともに既設試験装置に対して必要な制御設備、ヒータ設備、配管等の改造を行い、コークス炉上及び実用化試験Ⅰの試験装置設置場所に追加設置した。コークス炉上に追加した高温 COG 取出管の外観写真を図Ⅲ-22 に示す。なお、改造及び追加した以外的高温 COG 導入管より後流側の設備は1門パイロット試験装置からの変更はない。



図Ⅲ-22 3門に増設した高温 COG 取出管付近外観

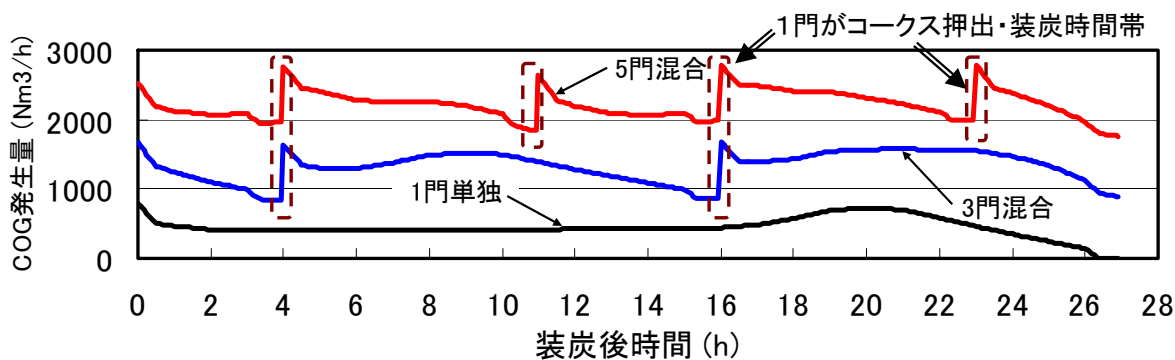
### (2) 3門混合するコークス炉ガス(高温 COG)の特徴

3門パイロット試験は、コークス炉特有のバッチ操業に起因する炭化室(門)毎のガス量及びガス組成の変動が重なり合う場合において、安定した改質性能を得る制御及び運転方法を確立することを目的とした。また、実用化試験Ⅰと同様に性能目標である有効ガス増幅比 2.0 以上及び R 値 2.0 付近並びに冷ガス効率を平均的に達成可能なことを検証する。さらには、各門毎に装炭と押出を繰返すコークス操業との連携運転をするために必要なシステムの制御方法を検討する。

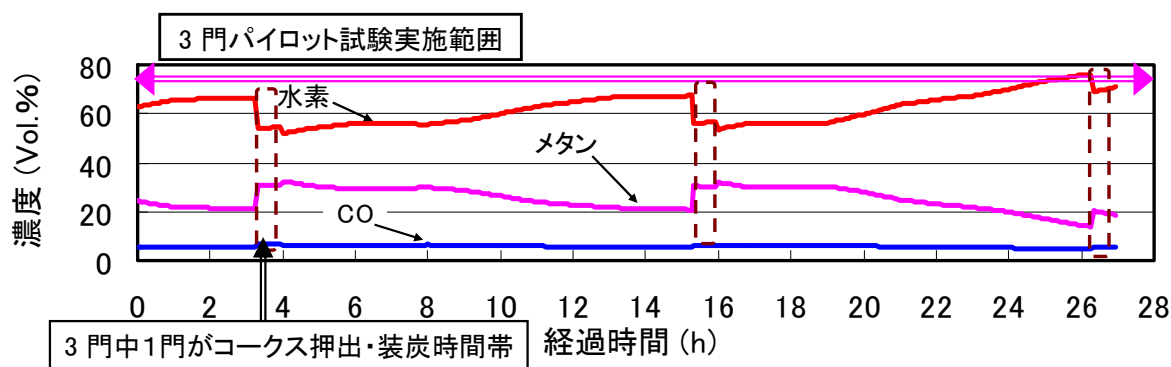
本技術を実機(実証機及び商用機)に適用する場合は、多数門から発生する高温 COG をまとめて一つの反応炉で改質するため、多数門の一例として 5 門から取り出した高温 COG を一つの改質炉に導入する場合が想定される。この場合、各門から発生したガス組成、タール量、BTX 量及び水分量の異なる高温 COG が混合する。このため、実用化試験Ⅰで作成した装炭から押出しまでの 1 門ガス量変動及び組成変動モデル(図Ⅲ-9~12 参照)の時間軸をずらして重ね合せて 3 門及び 5 門から発生する高温 COG の混合ガス組成変化モデルを作成した。図Ⅲ-23 に 1 門単独、3 門分及び 5 門分の高温 COG 発生量の変化モデルを、図Ⅲ-24 に 3 門混合時の水素、メタン及び CO 濃度の変化モデルを、図Ⅲ-25 に 5 門混合時の水素、メタン及び CO 濃度の変

化モデルをそれぞれ示す。

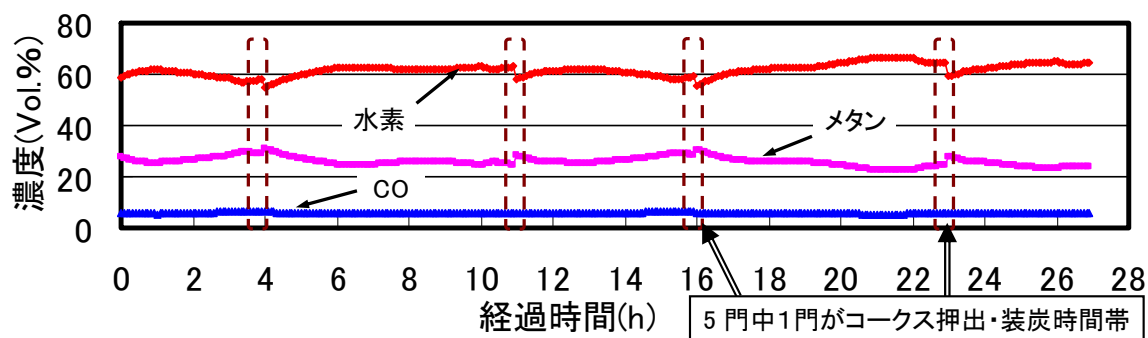
これらの図に示すように 5 門重合せの変動範囲に比較して、3 門混合ガスの変動範囲の方が大きいことから、3 門から取出した高温COGを混合して改質試験を行えば、実証機及び商用機で想定される 5 門以上の多数門の混合ガスの変動範囲をより保守的に網羅することが可能であり、複数門パイロット試験装置の取出門数は、3 門で検証可能である。



図Ⅲ-23 1 門単独、3 門分及び 5 門分の高温 COG 発生量の変化モデル



図Ⅲ-24 3 門混合時の高温 COG 中水素、メタン及び CO 濃度の変化モデル



図Ⅲ-25 5 門混合時の高温 COG 中水素、メタン及び CO 濃度の変化モデル

### (3) 3 門パイロット試験項目、目的及び条件

前述した 3 門混合する場合の高温 COG の特徴及び 3 門中 1 門をコークス押出及び装炭時に試験装置から切り離す操作を考慮した上で、実用化試験 I (1 門パイロット試験) で決定した最適改質運転条件で行う試験項目、方法、条件及び分析項目を決定した。試験項目、目的及び試

験条件を表Ⅲ-10に示す。また、3門パイロット試験条件の詳細を表Ⅲ-11に示す。なお、3パイロット試験においては、1門パイロット試験時に不十分であったタール採取方法を改善してタール採取及び分析、改質試験終了後のすすの回収、質量測定及び分析を行い、この結果に基づき試験計測の妥当性を評価するためのカーボンバランス評価及び改質性能目標の残りの一つである冷ガス効率の評価を行った。

表Ⅲ-10 3門パイロット試験項目、試験目的及び試験条件

試験項目	試験目的	試験条件	
1. 1門単独改質性能再現試験	H20年に把握した最適運転条件で同じ改質性能が再現すること及び門毎に差がないことの確認	高温 COG 流量*	45~60Nm <sup>3</sup> /h
		反応部温度	1360±30℃
		改質ガス流量	70~100Nm <sup>3</sup> /h
2. 短時間2~3門改質特性試験(毎日起動停止)	1)取出管部圧力測定による各門毎の流量調整方法の検討 2)3門高温 COG 投入手順の検討 3)2~3門導入時の改質性能の確認	高温 COG 流量*	40~95Nm <sup>3</sup> /h
		反応部温度	1375±40℃
		改質ガス流量	60~120Nm <sup>3</sup> /h
3. 2~3門30時間連続改質試験(90、91及び92門の各押出、装炭を各1回含むシステム検討試験)	1)2~3門のCOG混合組成変動時の改質性能への影響評価 2)2~3門の混合変動条件で反応部温度酸素量制御法の検証 3)3門改質運転中の押出、装炭対象門の切離し、再接続運転技術の検証と改質性能への影響評価 4)装置の保守・点検手順及び方法の検討、手順の確認	高温 COG 流量*	30~65Nm <sup>3</sup> /h
		反応部温度	1375±30℃
		改質ガス流量	40~105Nm <sup>3</sup> /h

注\*：各1門から発生するガス量安定期における高温COGの平均ガス発生量450~600Nm<sup>3</sup>/hの約1/30の処理量を3門分合計した処理量を目標とした。なお、短時間2~3門改質特性試験では、高温COGガス量の影響を評価するため、より広い流量範囲で試験を実施した。

表Ⅲ-11 3門パイロット試験条件の詳細

項目(単位)	試験条件
高温COG量 (dry)(Nm <sup>3</sup> /h)	30~95
改質ガス流量 (dry)(Nm <sup>3</sup> /h)	40~120
改質反応部温度 (℃)	1330~1420
試験圧力 (kPa)	-0.1~0.3
酸素比(*1)	0.2~0.3
O <sub>2</sub> /カーボン比	0.5~0.8
スチーム/カーボン比 (*2)	0.8~2.0

注(\*1)：酸素比=  $\frac{\text{単位時間あたりの改質炉に供給する酸素の当量}}{\text{単位時間あたりの原料を完全燃焼するために必要な理論上の酸素当量}}$

(\*2)：スチーム当量には、石炭中に含まれる水分から発生する蒸気を含む

#### (4) 3門パイロット試験装置の運転及び試験

3門パイロット試験は、各門から単独に取出した高温 COG による改質性能再現性試験、2～3門からの高温 COG 混合ガスを使用した短時間改質特性試験及び 2～3門からの高温 COG 混合ガスを使用した 30 時間連続改質試験の 3つのステップで行った。また、いずれの試験においても改質炉入口への水蒸気投入量はゼロとした。

最初に実施した改質性能再現試験では、1門パイロット試験を行った 1B 炉団 92 門、増設した 90 門及び 91 門に対して、それぞれの高温 COG 発生量安定時間帯に単独で 1 門毎に高温 COG を導入し、最適改質運転条件で試験した。この試験により、各門での改質性能に差はなく、最適改質運転により性能が再現することを確認した。

次に、複数門短時間改質特性試験では、毎日試験装置を起動するので、改質試験可能時間帯は午後 2 時～8 時となることから、3 門のそれぞれの操業サイクルに合わせて、適切な試験日を選定する必要があった。その結果、約 3 ヶ月の試験期間中に途中で試験装置の保守点検を行いながら、高温 COG が混合した条件で改質反応部温度を 1375℃目標として、短時間改質特性試験を 10 ラン行った。この試験により、2～3 門混合条件においては、高温 COG の組成変化の影響によって、性能を満足する時間帯と満足しない時間帯が交互に出現すること、高温 COG 組成に対する性能を満足するための条件、並びに性能を満足するためには、高温 COG ガス量を改質炉設計流量以下にする必要があることを明らかにした。

複数門 30 時間連続改質試験では、パイロット試験装置を設置した 1 B 炉団の稼働率が 90% であり、この場合の装炭からコークス押出しまでの 1 サイクルの標準時間は 26 時間 40 分となる。したがって、3 門を使用した試験では、およそ 7～10 時間に 1 回、3 門中の 1 門がコークス押出と装炭となる。本試験では 90、91 及び 92 門の 3 門が最低でも 1 回ずつ装炭とコークス押出を含むシステム検討試験として連続改質時間を 30 時間目標とした。本試験は、起動から停止まで 2 日間にわたる試験で改質反応部温度を 1375℃目標として、2 回実施した。なお、2 回目の試験では誘引ブロワが固着によって試験開始後約 20 時間で緊急停止したため、該当する門の装炭とコークス押出しを含む 10 時間の追加試験を別の日に実施した。

#### (5) 3門パイロット試験結果

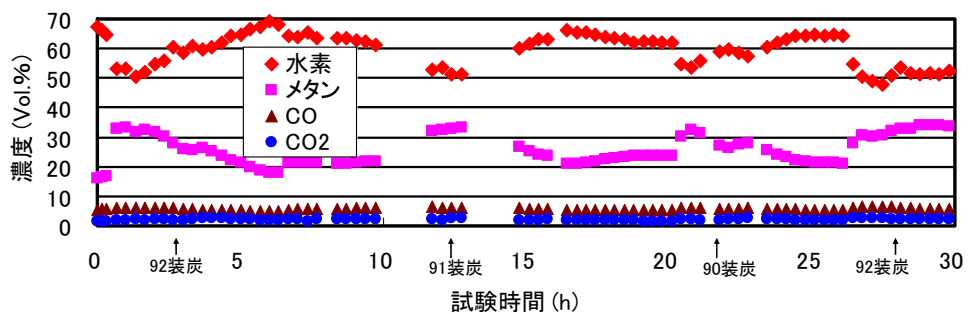
表Ⅲ-12 に 3 門パイロット改質試験における高温 COG 及び改質ガス組成の代表例を、表Ⅲ-13 に反応部温度、高温 COG 流量、酸素流量及び改質ガス流量、ガス増幅比及び R 値の代表例を示す。図Ⅲ-26 に 30 時間連続改質試験における高温 COG 中の水素、メタン、CO 及び CO<sub>2</sub> の濃度変化を、図Ⅲ-27 に BTX の濃度変化をそれぞれ示す。これらの図に示すように 2～3 門から混合した高温 COG の組成は 3 門中 1 門がコークス押出、装炭時時間帯に試験装置から切り離すこと及びそれぞれの組成変動の重ね合わせにより周期的に変動する。図Ⅲ-28 に改質ガス中の水素、メタン、CO 及び CO<sub>2</sub> 濃度の変化を示す。高温 COG 中の各成分の濃度変動範囲は大きいですが、改質ガスでは比較的安定しており、このことから本技術による改質法が工業的にすぐれた改質法であることを検証した。

表Ⅲ-12 30時間連続改質試験における高温 COG 及び改質ガス組成の代表例

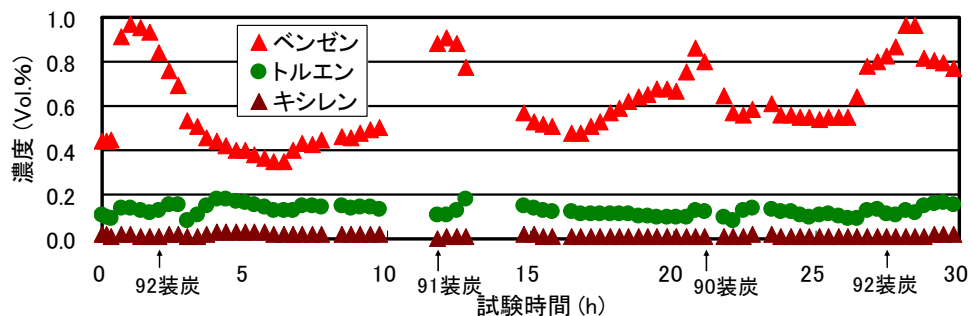
試験 Run No.	区分	窯番	H <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	H <sub>2</sub> S	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>
09-13-4-13	高温 COG	90	58.47	2.90	27.11	5.78	1.99	1.82	0.95	0.14	0.67	0.15	0.02
09-13-4-8	改質ガス	91	66.01	0.73	1.81	23.40	7.99	0.04	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00
09-13-9-34	高温 COG	90	64.18	4.26	21.15	5.48	1.94	1.50	0.67	0.17	0.55	0.09	0.01
09-13-9-36	改質ガス	91 92	67.40	3.15	0.84	20.25	8.32	0.01	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00
09-15-3-46	高温 COG	90	71.92	4.73	14.69	4.80	1.62	1.27	0.40	0.20	0.32	0.05	0.00
09-15-3-46	改質ガス	91 92	71.27	4.15	1.57	17.80	5.18	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
09-15-5-55	高温 COG	90	63.52	3.31	22.11	5.35	2.03	2.04	0.76	0.18	0.56	0.13	0.01
09-15-5-56	改質ガス	91 92	66.60	2.92	1.66	20.37	8.42	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
09-17-5-22	高温 COG	90	55.53	1.71	30.89	5.98	2.21	1.92	0.59	0.22	0.82	0.12	0.01
09-17-5-22	改質ガス	91 92	64.47	1.49	1.37	23.08	9.55	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00
09-17-5-30	高温 COG	90	64.03	1.97	23.54	5.57	1.96	1.68	0.52	0.00	0.64	0.08	0.01
09-17-5-30	改質ガス	91 92	68.01	1.14	1.43	21.70	7.68	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00

表Ⅲ-13 反応部温度、高温 COG、酸素、改質ガス流量、ガス増幅比及び R 値の代表例

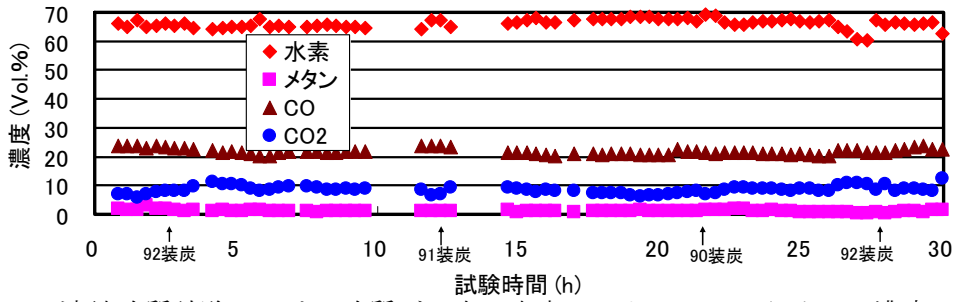
試験 Run No. 単位	混合 窯番 —	反応部 温度 ℃	高温 COG 流量 Nm <sup>3</sup> /h	酸素 流量 Nm <sup>3</sup> /h	改質ガス 流量 Nm <sup>3</sup> /h	ガス 増幅比 —	R 値 —
09-13-4-13、8	91、92	1366	59.1	23.9	95.4	2.18	1.85
09-13-9-34、36	91、92、93	1393	45.6	14.3	57.7	1.59	2.07
09-15-3-46	91、92、93	1379	74.1	17.6	85.8	1.39	2.88
09-15-5-55、56	91、92、93	1365	53.6	17.6	76.0	1.79	2.02
09-17-5-22	91、92、93	1386	48.5	18.8	73.4	2.16	1.68
09-17-5-30	91、92、93	1391	57.9	19.0	91.9	2.05	2.05



図Ⅲ-26 連続改質試験における高温 COG 中の水素、メタン、CO 及び CO<sub>2</sub> の濃度変化

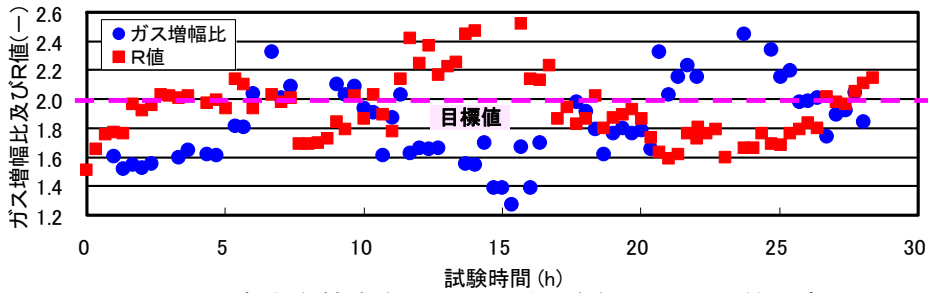


図Ⅲ-27 連続改質試験における高温 COG 中の BTX(ベンゼン、トルエン及びキシレン)の濃度変化



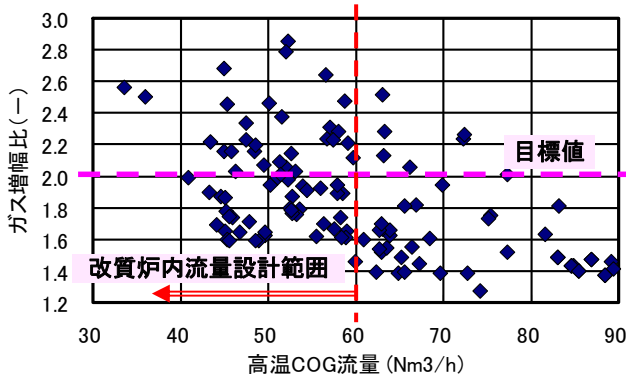
図III-28 連続改質試験における改質ガス中の水素、メタン、CO及びCO<sub>2</sub>濃度の変化

図III-29 に連続改質試験におけるガス増幅比及びR値の変化を示す。連続改質試験での性能は、改質反応部温度 1327~1422℃で、ガス増幅比 1.4~2.9(平均値 1.9)、R 値 1.4~3.9(平均値 1.9)となった。ガス増幅比は平均値 1.9 であり目標性能である 2.0 未満であったが、R 値に関しては平均値 1.9 でほぼ目標値となった。連続試験データを解析した結果、高温 COG 導入量が改質炉の設計流量 60Nm<sup>3</sup>/h 以下の場合には、ガス増幅比 2.0 以上を満足することを確認した。本図に示すように高温 COG の組成変動により、ガス増幅比と R 値は周期的に変化するが、改質炉の設計流量 60Nm<sup>3</sup>/h 以下の場合には、平均的にガス増幅比 2.0 以上及び R 値 2.0 付近をともに満足することを明らかにした。

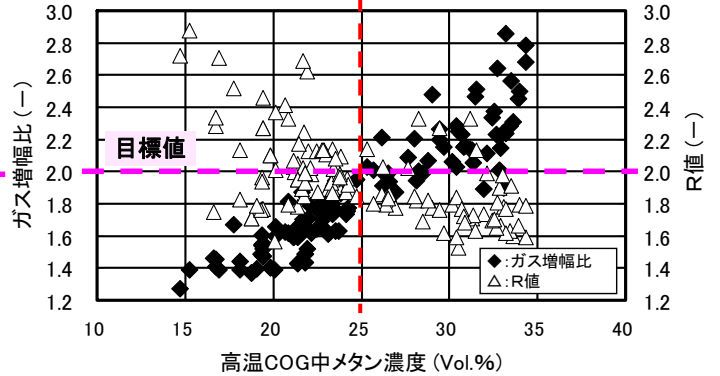


図III-29 連続改質試験におけるガス増幅比及びR値の変化

図III-30 に高温 COG 流量とガス増幅比の関係を、図III-31 に高温 COG 中メタン濃度とガス増幅比、R 値の関係を示す。これらの二つの図から高温 COG 処理量が改質炉の設計流量以下の場合には増幅比 2.0 以上の性能を満足すること、高温 COG 中メタン濃度が 25%以上の領域では増幅比 2.0 以上の性能を満足するが、R 値は 1.6~2.3 の範囲で平均的には 2 より少し小さい値となることを明らかにした。



図III-30 高温 COG 流量とガス増幅比の関係



図III-31 高温 COG 中メタン濃度とガス増幅比、R 値の関係



改質試験中に高温 COG 中のタールを採取して分析した。表Ⅲ-14 に 1 門単独での装炭時間ごとの高温 COG 中タールの元素分析結果を、表Ⅲ-15 にタール平均サンプルに対する芳香族環数別の組成分析結果をそれぞれ示す。これらの表に示すように、タール中の平均炭素量は 91.5% であり、芳香族環数別の比率では 7 環以上が大半を占めることを明らかにした。

表Ⅲ-14 1 門単独での装炭時間ごとの高温 COG 中タールの元素分析結果

項目 Run No.	採取 窯番	装炭後 時間 (時間:分)	元素分析値(daf)(wt%)					Ash
			炭素 C	水素 H	窒素 N	酸素 O	硫黄 S	灰分 (wt%)
Run09-17-4-12	90	4:43	91.8	4.8	1.0	1.4	1.0	<0.1
Run09-16-1-1	90	7:55	90.8	5.3	1.4	1.5	1.0	<0.1
Run09-17-4-11	91	13:26	93.0	5.0	0.5	0.9	0.6	0.2
Run09-16-5-7	91	20:00	92.2	4.9	0.8	1.3	0.8	0.2
(平均サンプル)	—	—	91.5	4.9	1.0	1.8	0.8	—

表Ⅲ-15 タール平均サンプルに対する芳香族環数別の組成分析結果

芳香族環数 Run No.	組成分析値(wt%)						
	単環	2環	3環	4環	5環	6環	残り
(平均サンプル)	0.07	2.40	20.0	16.0	5.80	4.00	51.73

各短時間試験及び連続試験終了後の翌日にはガスホルダ及びサイクロンセパレータホップを開放して、試験毎にすすを回収して、乾燥後に質量測定及び元素分析を行った。図Ⅲ-32 に改質試験後のすすの採取状況を示す。また、表Ⅲ-16 にすすの元素分析結果及び工業分析結果を示す。これらの表に示すように回収したすすの平均炭素量は 98.8% であり、タールはほぼ分解している。



図Ⅲ-32 改質試験後のすすの採取状況



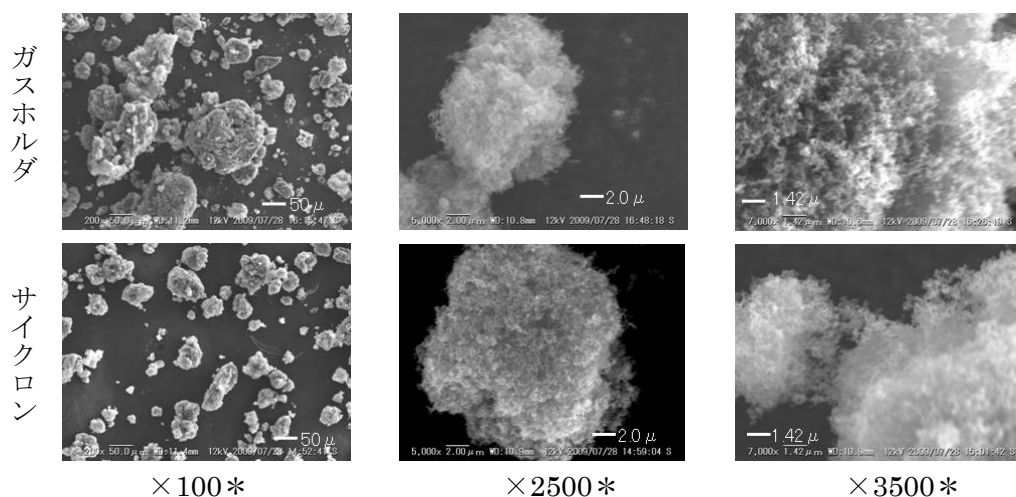
表Ⅲ-16 改質試験後に回収したすすの元素分析結果及び工業分析結果

項目 Run No.	採取場所	工業分析値(wt%)			
		灰分 Ash	揮発分 Volatile Material	全炭素 Free Carbon	全硫黄 Total Sulfur
Run09-13	ガスホルダ	1.48	1.43	97.09	0.58
	サイクロンホッパー	1.18	1.09	97.73	0.54
Run09-15	ガスホルダ	2.14	1.22	96.64	0.70
	サイクロンホッパー	1.28	0.86	97.86	0.55

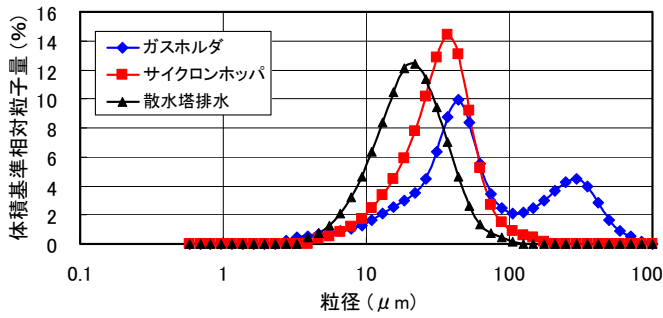
項目 Run No.	採取場所	元素分析値(daf)(wt%)				
		炭素 C	水素 H	窒素 N	酸素 O	硫黄 S
Run09-13	ガスホルダ	98.68	0.32	0.14	0.31	0.55
	サイクロンホッパー	98.85	0.30	0.14	0.19	0.52
Run09-15	ガスホルダ	98.75	0.34	0.15	0.09	0.67
	サイクロンホッパー	98.97	0.30	0.12	0.08	0.53

図Ⅲ-33 にすすの走査電顕 (SEM) によるマイクロ観察結果を示す。本図に示すようにすす粒子は不定形カーボンの凝集した形態を示す。また、図Ⅲ-34 にすすを採取後に乾燥処理のみ行った後の粒度分布分析結果を、図Ⅲ-35 にすすの超音波解砕処理後の粒度分布結果をにそれぞれ示す。これらの分析結果から、改質ガス中では平均粒子径は約  $5\mu\text{m}$  であることを明らかにした。

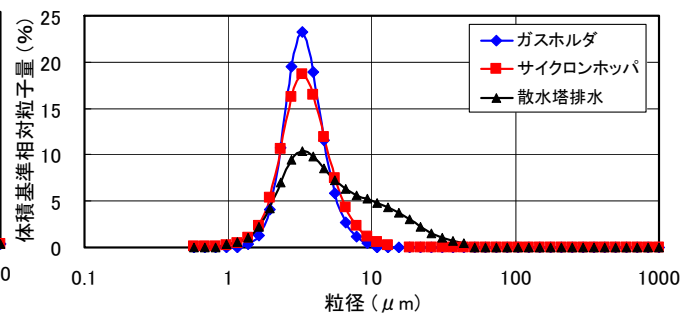


\* : 倍率は 50% 写真縮小のため縮小後を示す

図Ⅲ-33 すすの走査電顕 (SEM) によるマイクロ観察結果



図III-34 すず粒度分布（乾燥後）



図III-35 すず粒度分布（超音波解砕後）

高温 COG のガス流量、ガス組成及びタル分析結果並びに改質ガスの流量、ガス組成及びすす質量と元素分析結果に基づいて、改質反応前後のカーボンバランス及び冷ガス効率を算定した結果を表III-17 に示す。この結果から、ほとんどのデータのカーボンバランスは測定 差評価範囲内であるほぼ 5%以下であることを確認した。また、高温 COG 流量 60Nm<sup>3</sup>/h 未満のデータに対する冷ガス効率平均値 77%であることを確認した。

表III-17 改質反応前後のカーボンバランス及び冷ガス効率の代表例

試験 Run No.	分	流量 (Nm <sup>3</sup> /h)	ガス増幅比 (-)	R 値 (-)	総-ホ-ン当量 (mol)	-ホ-ンバランス差 (%)	総発熱量 (HHV) (MJ)	冷ガス効率 (%)
09-13-4-12	入:高温COG	63.3	-	-	1704	-	1640	-
09-13-4-07	出:改質ガス	105.0	2.39	1.84	1678	0.8	1274	77.7
09-13-4-13	入:高温COG	59.1	-	-	1370	-	1417	-
09-13-4-08	出:改質ガス	95.4	2.18	1.85	1518	5.1	1157	81.7
09-15-3-37	入:高温COG	63.8	-	-	1259	-	1401	-
09-15-3-37	出:改質ガス	83.6	1.67	2.24	1189	2.8	984	70.2
09-15-3-46	入:高温COG	74.1	-	-	1133	-	1472	-
09-15-3-46	出:改質ガス	85.8	1.39	2.88	1071	2.8	1029	69.9
09-17-5-23	入:高温COG	48.6	-	-	1388	-	1067	-
09-17-5-23	出:改質ガス	76.2	2.20	1.76	1245	5.4	895	83.9
09-17-5-30	入:高温COG	57.9	-	-	1436	-	1269	-
09-17-5-30	出:改質ガス	91.9	2.05	2.05	1405	1.1	1105	87.1

表III-18 に改質ガス中の硫 化合物及び BTX の分析結果を、表III-19 に改質ガス中のアンモニア、シアン、 素及び水 の分析結果をそれぞれ示す。これらの表に示すように、硫 化合物、BTX、アンモニア、シアン、 素及び水 は、メタノール製造原料ガスとして除去すべきメタノール触媒の被毒成分であり、今後の実機のガス精製設備設計用データとして参考となるデータである。

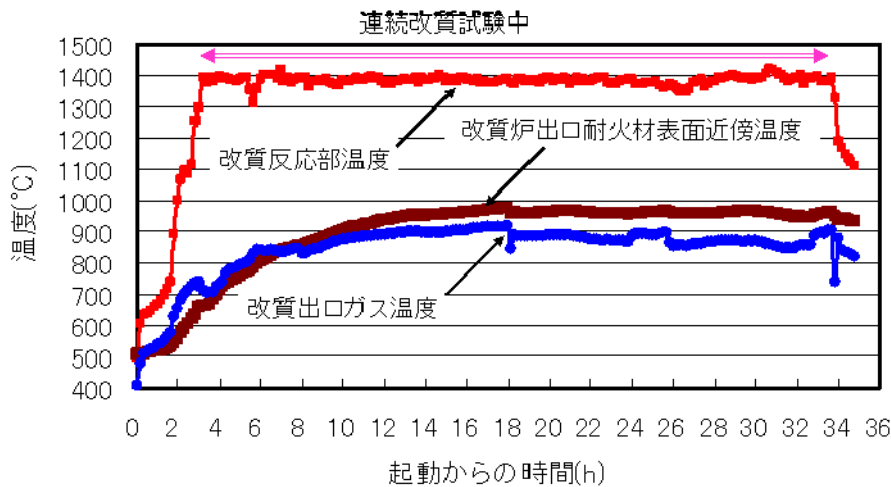
表Ⅲ－18 改質ガス中の硫 化合物及び BTX 分析結果

成分 Run No.	H <sub>2</sub> S	COS	CS <sub>2</sub>	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>
	Vol.ppm	Vol.ppm	Vol.ppm	Vol.ppm	Vol.ppm	Vol.ppm
Run09-11-1-1	110	47	2	—	—	—
Run09-15-1-5	590	60	1	7	不検出	不検出
Run09-17-5-29	220	108	1	545	不検出	不検出

表Ⅲ－19 改質ガス中のアンモニア、シアン、 素及び水 の分析結果

成分 Run No.	NH <sub>3</sub>	HCN	AS	Hg
	Vol.ppm	Vol.ppm	μg/Nm <sup>3</sup>	μg/Nm <sup>3</sup>
Run09-15-1-5	22	4	<200	<100
Run09-17-5-29	不検出	4	<200	<100

30 時時間連続改質試験時の起動昇温後から改質試験を経て停止までの改質反応部、改質炉出口耐火材表面近傍及び改質炉出口ガス温度の変化を図Ⅲ－36 に示す。本図に示すように改質反応部温度はほぼ一定に制御できており、また、1 門パイロット試験で改質炉出口ガス温度が計算値より低い現象については、ガス温度は起動後約 18 時間で 900℃となったが、時点で後流側の配管制限温度を えるため冷却蒸気を改質炉出口部に注入する必要があり、それ以上の昇温は確認できなかった。なお、耐火材及び出口ガスの温度上昇傾向から改質炉出口ガス温度は 20 時間以上の運転で、1000℃以上となるものと推定される。



図Ⅲ－36 起動昇温後改質反応部、改質炉出口耐火材表面近傍及び改質炉出口ガス温度の変化

(6) 実用化試験Ⅱの結果のまとめと評価

実機（実証機及び商用機）の高温 COG 組成変動条件を網羅する 3 門から発生する混合ガスを使用して、実用化試験Ⅰで決定した最適改質運転条件で無触媒高温 COG 改質試験を実施した。この結果、高温 COG 組成が大きく変動した場合でも改質ガス組成はほぼ一定で安定しており、本技術が工業的にすぐれた改質方法であることをパイロット装置規模（実機改質炉 1 基の 1/20～1/50 スケール規模）で実証した。また、高温 COG の処理量を改質炉設計流量以下とすることにより改質炉内の反応に必要な滞留時間を確保し、酸素流量制御により改質炉反応部温度を目標

温度に維持することで、性能目標であるガス増幅比 2.0 以上(平均値 2.1)及び R 値 2.0 付近(平均値 1.95)を平均的に満足可能であることを実証した。また、連続試験における平均冷ガス効率は 77%であり、大型化により熱放散による温度低下が抑制できることから実機換算値で 78%以上(計算上 79%)となる見通しを得た。

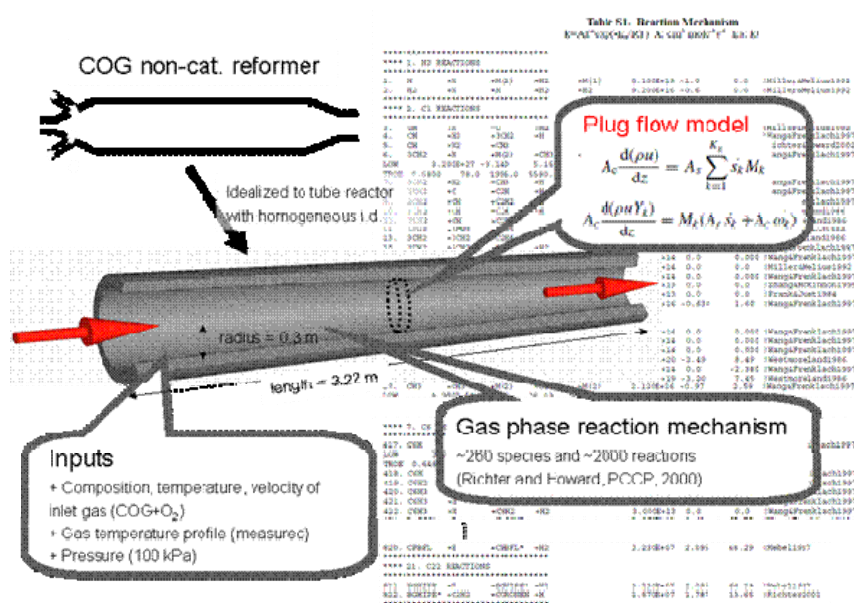
30 時間の連続試験中に、各門の装炭及び押出時に改質炉設備との切離し再接続操作手順を検証し、コークス炉の操業との連携運転技術を確立するとともに実機の検討に必要な設計データを取得した。また、実機の運転管理及び保守点検の計画に必要なタール除去、すす回収、散水塔排水ブロー作業等を実施し、保守点検項目及び運転管理技術上の課題を摘出した。これらの技術課題は、実機が具体化した時点で詳細に検討して順次解決して行くものとする。

### (7) 改質反応詳細数値解析

#### (ア) 改質反応詳細数値解析の目的及び解析モデル

タール及び BTX を含む多成分混合ガスである高温 COG の改質特性を種々の条件で予測できる解析手法を確立することにより、改質炉内で反応プロセスを明らかにするとともに改質炉出口ガスの高精度な組成予測が可能となる。これにより実機の改質炉を設計する場合にスケールアップした改質炉内の反応挙動を精度よく計算し、改質炉の最適寸法すなわち必要な反応部長さを最小限とすることで反応論的及び経済的に合理的な設計が可能である。

これらを目的として、汎用性の高い詳細化学反応速度モデル（～2000 の素反応、～200 の化学種）を構築した。ここでは高温 COG を 41 種類の化合物からなる混合ガスとして近似する手法を確立した。詳細化学反応速度モデルとプラグ流モデルをカップリングしたシミュレーションにより、コークス炉実ガスによる無触媒高温 COG 改質試験結果を数値計算により予測した。実測値との比較（全 106 データ）によりその妥当性を網羅的に検証した。詳細改質反応解析用改質炉モデル化及びプラグ流カップリング解析モデルを図Ⅲ－37 に示す。



図Ⅲ－37 詳細改質反応解析用改質炉モデル化及びプラグ流カップリング解析モデル

(イ) 改質反応詳細数値解析結果

改質ガス流量に関する 1 門及び 3 門パイロット試験試験結果と数値解析結果の比較を図 III-38 に、改質ガス中水素濃度の数値計算と試験結果の比較を図 III-39 に示す。本図に示すように数値解析によるガス流量及び水素濃度に関し、試験結果と解析値は 3 門パイロット試験に対してよく一致している。また、図 III-40 に主要成分である水素、メタン、CO 及び CO<sub>2</sub> について 3 門パイロット試験結果と解析結果を比較して示す。

図 III-41 に数値解析により得られた反応中間生成物や分解物の濃度から算定した改質炉反応部付近の主反応領域の特定結果を示す。本図に示すように改質炉内の反応領域を燃焼域（部分酸化域）、シフト反応域、水蒸気改質反応域等で特定することにより適切な温度制御点や改質反応に必要な長さを設計することが可能である。

以上数値解析による予測結果と実測値は主要生成物（水素、CO 及び CO<sub>2</sub>）について概ね一致し、組成、流量が時々々変化する高温 COG の改質反応特性を予測可能である。気相の化学反応特性の予測という意味では十分な成果が得られ、実機用改質炉の設計・操作条件最適化支一ルとして有効であることを確認した。

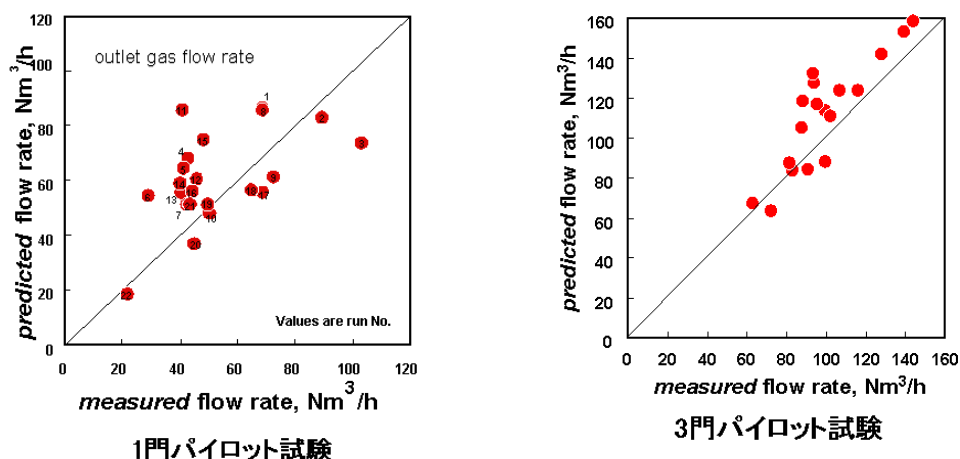


図 III-38 改質ガス流量に対する 1 門及び 3 門パイロット試験試験結果と数値解析結果の比較

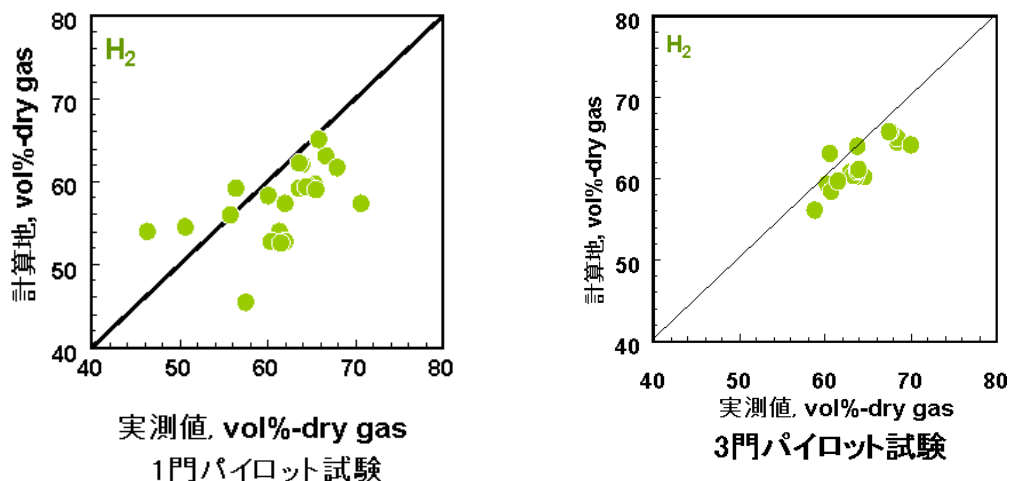
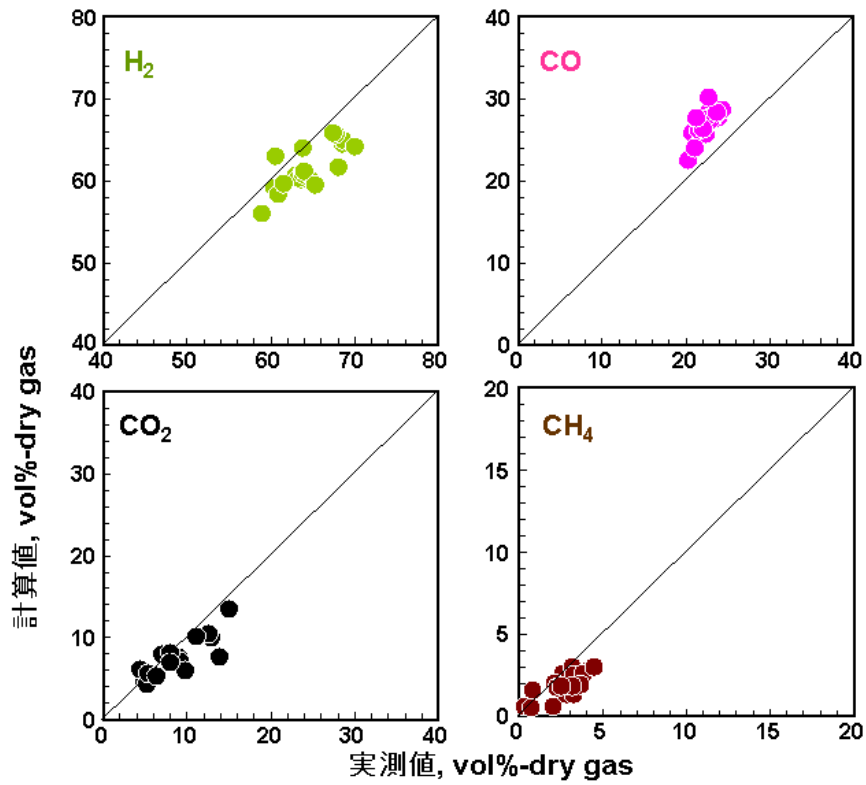
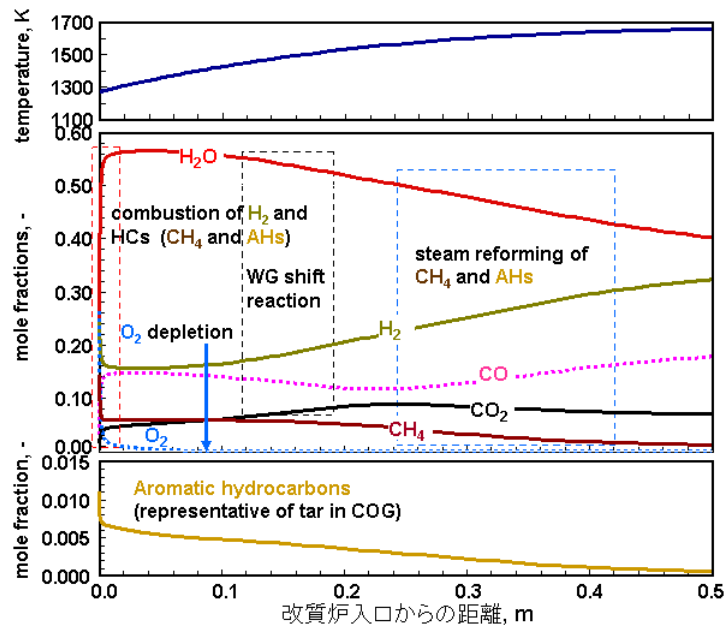


図 III-39 水素濃度に対する 1 門及び 3 門パイロット試験試験結果と数値解析結果の比較



図III-40 水素、CO、CO<sub>2</sub> 及びメタン濃度の3門パイロット試験試験結果と数値解析結果の比較



図III-41 数値解析により算定した改質炉反応部付近の主反応領域 分図

## 2.3 実証機計画策定

### (1) 実証機計画

実証機計画を立案するにあたり、国内外の市場調査結果を踏まえて、国内モデルサイト(既設炉)及び中国モデルサイト(新設炉)の2ケースを想定し、表Ⅲ-20に示す設計条件でそれぞれのケースに対する具体的な計画を策定した。国内実証範囲は、5門全ガス量による改質ガスの製造から除塵冷却までとし、中国実証範囲は中国側サイト調査時の要求条件により、3門全ガス量による改質ガスの製造、除塵・冷却、メタノール製造及び販売までとしてそれぞれ計画した。

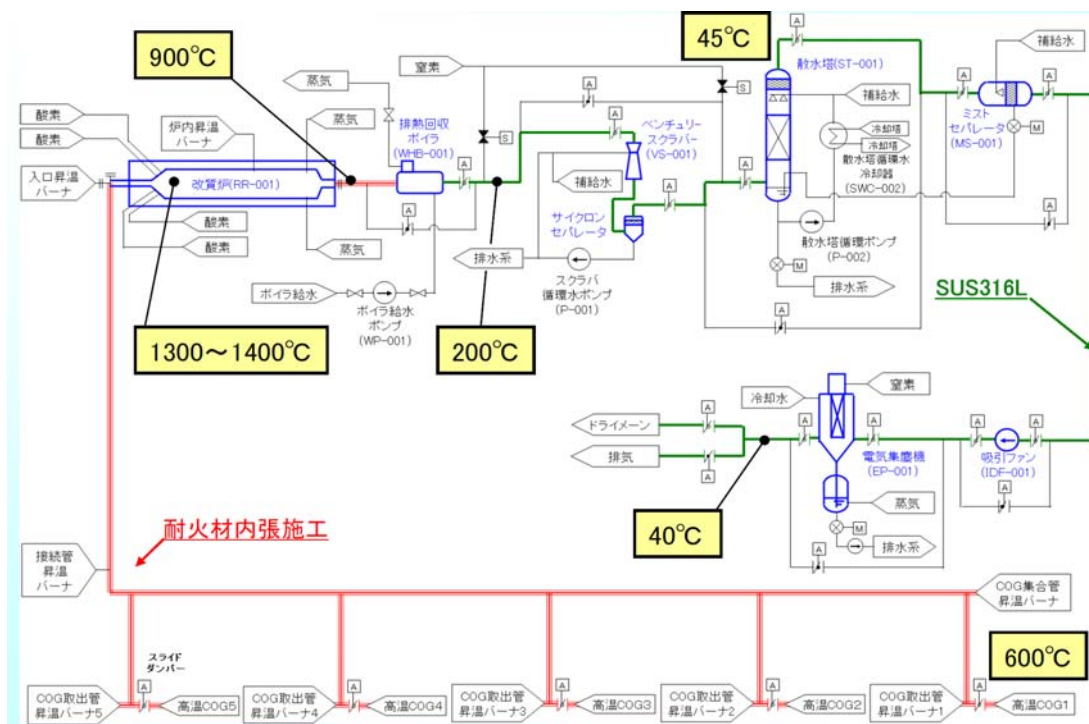
表Ⅲ-20 国内5門実証機及び中国3門実証機のシステム設計仕様及び設計条件

No.	項目	国内5門実証機(既設炉)	中国3門実証機(新設炉)
1	改質方式	無触媒オートサーマル改質方式	無触媒オートサーマル改質方式
2	対象コークス炉	1A炉団1～5番	山西省新設炉
3	高温COG処理量	2200～2900 Nm <sup>3</sup> /h(5門全量)	1300～1700 Nm <sup>3</sup> /h(3門全量)
4	設計圧力	10kPa	10kPa
5	運転圧力	大気圧(0～1kPa)	大気圧(0～1kPa)
6	設計温度	改質炉外壁：200℃ 改質炉内：1800℃	改質炉外壁：200℃ 改質炉内：1800℃
7	運転温度	改質炉外壁：100℃以下 改質炉内 1300～1400℃	改質炉外壁：100℃以下 改質炉内 1300～1400℃
8	高温COG温度	550℃	600℃
9	改質ガス量	3800～4900 Nm <sup>3</sup> /h	2200～2900 Nm <sup>3</sup> /h
9	改質ガス出口温度	900℃	900℃
10	酸化材	酸素(純度97%以上)	酸素(99%純度以上)
11	炉内滞留時間	2.7秒以上	2.7秒以上
12	ドライガス化率	94%以上	94%以上
13	ガス増幅比	2.2以上	2.3以上
14	R値	2.0	1.8
15	予熱方式	精製COG燃焼	精製COGまたはLPG燃焼
16	改質ガス処理	冷却後、ドライメーンまたは脱硫設備へ送ガス	脱水、脱硫及びガス精製後メタノール製造
17	改質用蒸気	0ton/h	0ton/h
18	改質用酸素	1000～2000 Nm <sup>3</sup> /h	1000～2000 Nm <sup>3</sup> /h
19	ページ用窒素	3000 Nm <sup>3</sup> /h	3000 Nm <sup>3</sup> /h
20	制御	自動制御(DCS)	自動制御(DCS)
20	設置場所	屋外コークス炉上	屋外コークス炉上

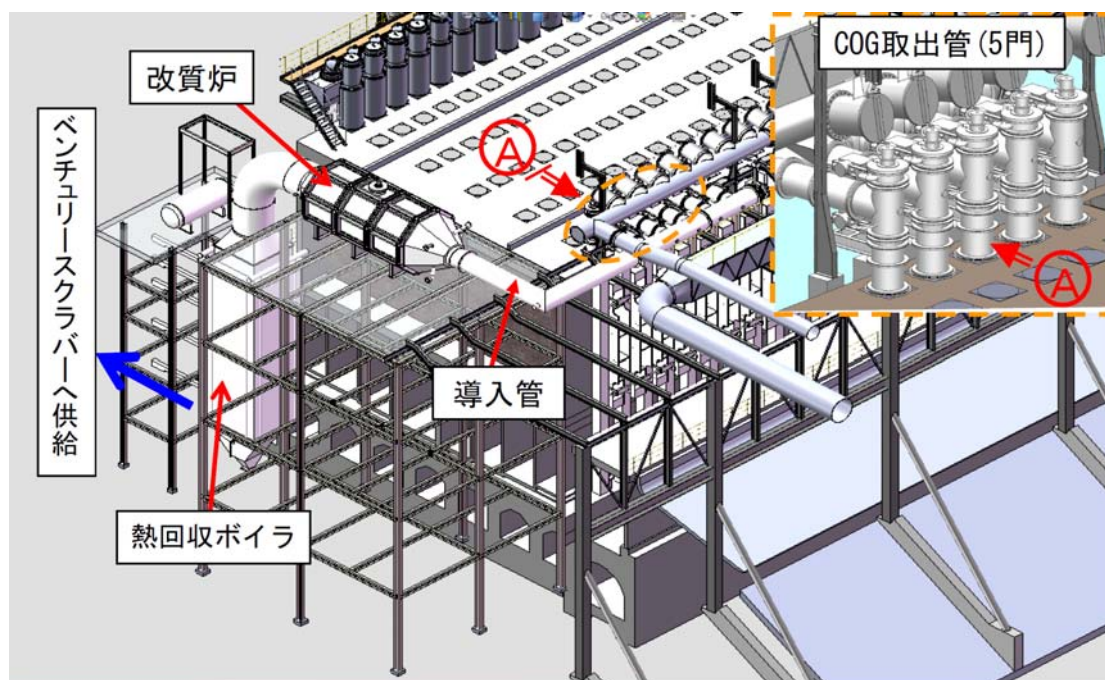
国内実証機(5門)について系統図を図Ⅲ-42に、配置図を図Ⅲ-43にそれぞれ示す。本図はコークス炉上の高温COG取出管から集管、導入管を経て改質炉及び熱回収ボイラまでの配置を示す。改質炉は、導入管長さを短くするため、コークス炉上レベルと同じ高さの鉄骨架台を組み、その上に設置する計画とした。熱回収ボイラは改質炉からの立下り出口スペースを利用して縦型ダウンフロー流れの構造とし蒸気を発生するとともに改質ガスを900℃



から 200℃に冷却する。冷却後の改質ガスは、後流側の除塵・冷却機器を経由して既設ドライ  
 メーン配管または脱硫設備へと送ガスされる。機器配置を検討した結果、改質炉から電気集  
 塵機までの設備敷地面積は約 600m<sup>2</sup>（幅 20m×長さ 30m）の広さが必要である。



図Ⅲ－42 国内実証機系統図



図Ⅲ－43 国内実証機コークス炉廻り機器配置図



## (2) 実証機設計時の技術課題

パイロット試験の結果を踏まえ、既設炉または新設炉に実証機を設置する場合に対応して、以下に示すような技術課題を抽出した。

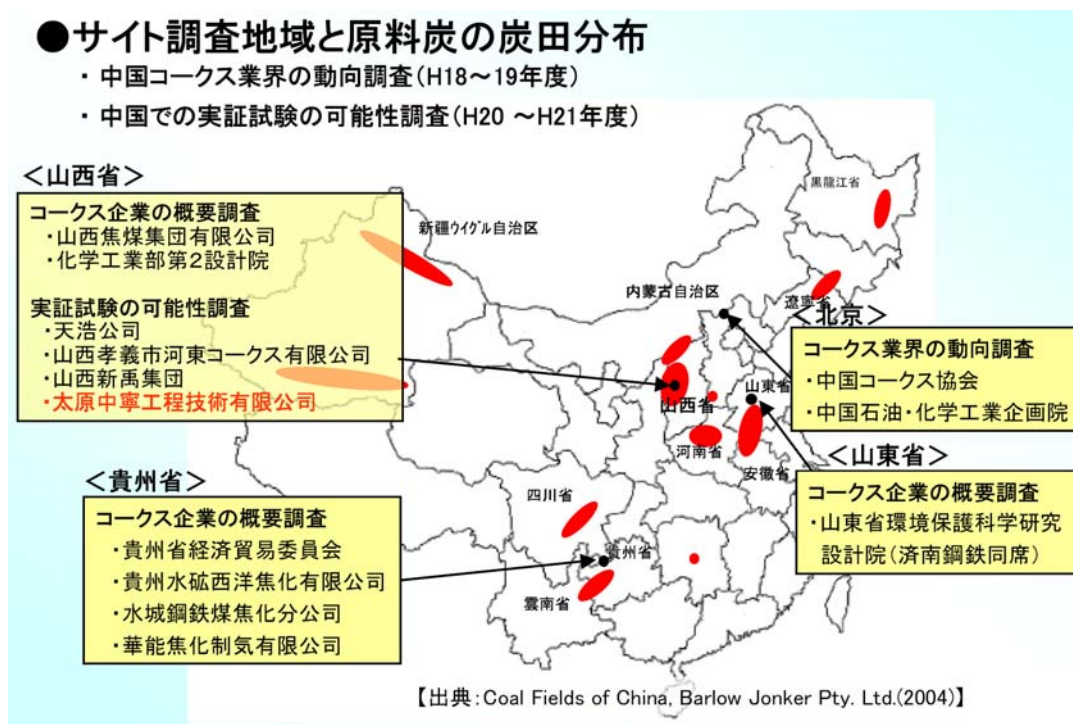
- ①改質炉支持のためコークス炉上設置の場合は大掛かりな炉体又は専用の支持架台が必要
- ②酸素使用量が大きいため、液化酸素タンク又は深冷分離による液化酸素設備が必要
- ③既設炉の場合のコークス炉操業時での据付工事工法
- ④改質炉側トラブル発生時及び改質炉保守点検時の余剰高温 COG の処理方法
- ⑤改質炉大型化に伴う起動昇温時間の長期化
- ⑥新設炉の場合の起動昇温バーナ用燃料(精製 COG がない場合)の検討
- ⑦スケールアップ時の炉内流動及びガスの混合特性の詳細流動解析による検証
- ⑧改質ガス中の残メタン濃度制限値に対応した温度と滞留時間、供給酸素量の最適化設計
- ⑨ページ窒素量が大きいため、液化窒素タンクと蒸発器が必要
- ⑩装炭時及びコークス押出し時の各門の影響回避又は隔離時間と検出方法(手動又は自動化)
- ⑪高温 COG 取出部のカーボン焼き方法、カーボン除去方法
- ⑫高温 COG 導入管及び改質炉のタール付着物の除去・処理メンテナンス技術の確立
- ⑬改質ガス中のすすの効率的な分離、除去方法
- ⑭回収後のすすの処理法の最適化
- ⑮改質炉出口ガス(900℃)の冷却及び熱回収設備の最適化
- ⑯製品改質ガス組成の連続モニタ項目及び検出器

これらの技術課題については、実証機が具体的化した場合に、対応方法を検討し、順次解決していくものとするが、課題も明確になり、実用化試験を基にしたの検討で実証機の計画が十分可能であり、今後の実用化に役立つことが確認できた。

## 2.4 事業性評価

### (1) 市場調査、サイト調査

世界一のコークス生産国である中国で本技術を普及させるためには、最適なビジネスモデルを構築する必要があることから、最新の動向及び情報を入手することを目的として、中国サイト調査を実施した。調査は、平成 18～19 年度に中国コークス業界の動向調査と平成 20～21 年度に中国での実証試験の可能性調査の二段階に分けて実施した。図Ⅲ-44 に中国で実施したサイト調査地域と原料炭の炭田分布を示す。



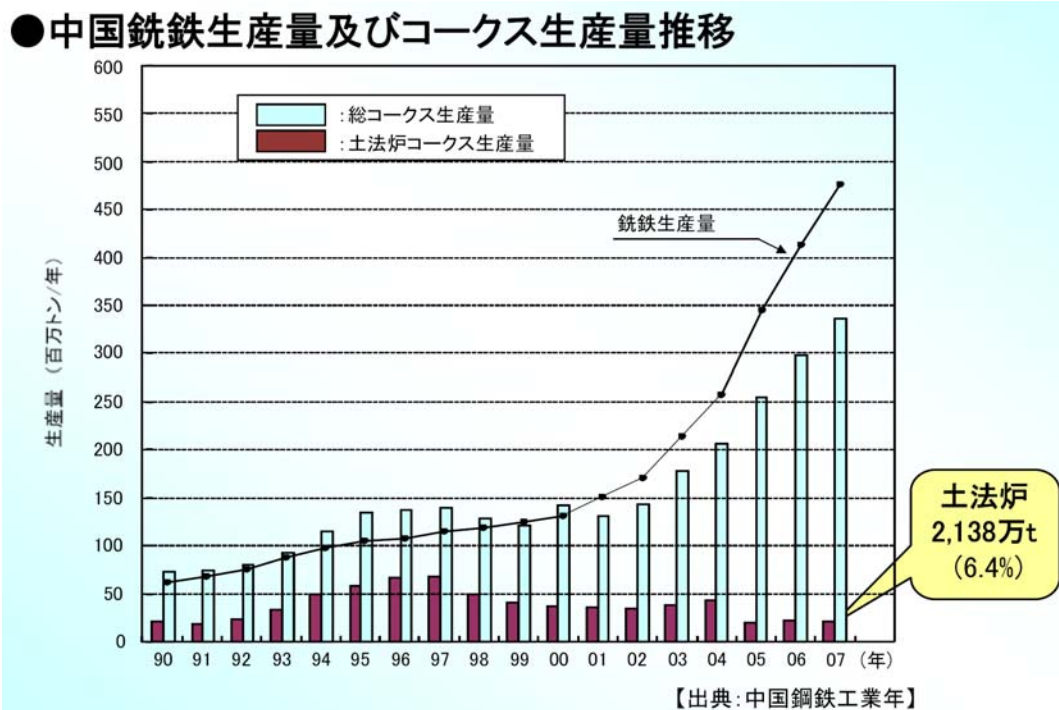
図Ⅲ-44 市場調査及びサイト調査地域と原料炭の炭田分布

サイト調査の結果、無触媒 COG 改質法に技術的及び経済的な優位性があるとして関心を持つコークス企業及びエンジニアリング企業が複数あることを確認した。また、山西省では既にメタノールのガソリン添加が開始されており、メタノール利用に対するニーズの高い地域があることを明らかにした。以下に中国市場及びサイト調査結果の概要を示す。

#### ① コークス業界の集約化状況

- ・ 土法炉、小型室炉の廃棄は進んでいる。2008 年の原料炭高騰、金融危機の影響で、孝義市近郊のコークス企業は、100 社以上から 28 社へ激減している。
- ・ ここ数年(2005～2008 年頃)の土法炉及び小型室炉の設備廃棄により約 6500 万 t/年の設備能力が減少した。一方、その間の大型室炉の新設により約 8000 万 t/年の設備能力が増加した結果、トータルの設備能力が結果的に増加した。中国における土法炉によるコークス生産量、コークス全体の生産量及び銑鉄生産量の推移を図Ⅲ-45 に示す。

- ・コークス企業集約化後の COG 用途先としてメタノールまたは DME 製造を計画しているコークス企業は多く、現状 COG を外販している一部のコークス企業では、具体的にメタノール製造を検討している企業がある。
- ・コークス炉の新設では、スタンピング式コークス炉を採用するコークス企業が多い。スタンピング式コークス炉は、強粘炭の節約を目的に 2003 年から急速に普及し、2008 年の生産能力は 7428 万 t/年に達している。このコークス炉は、屋上部に装炭車がないことから広い設置場所が確保可能であり、既設炉でも比較的容易に無触媒 COG 改質装置を設置できるものと考えられる。



図Ⅲ－45 土法炉によるコークス生産量、コークス全体の生産量及び鉄鉄生産量の推移

②中国での有望な普及地域

- ・原料炭の主要産地である山西省、河北省、山東省はコークス企業が多く、本技術の導入地域の候補として挙げられる。
- ・特に、ガソリンへのメタノール添加が進んでいる山西省は有望である。

③中国での実証試験の可能性

- ・山西省では、実証試験に対して前向きな姿勢を示すコークス企業が複数ある。中には、少量の COG を用いた実証試験について、試験設備費を除く COG、用役を無償で提供可能との回答を得た企業があった。
- ・山西省で、エンジニアリング会社をヒヤリングした結果により、中国の COG 関係の実証試験規模は、1000m<sup>3</sup>/h 程度の COG を使用するのが一般的であることが判明した。さら

には、この程度の規模でも、COGから改質したガスを原料としてメタノール製造及び販売まで行う必要があるとの提言を受けた。

#### ④中国での本開発プロセスに対する評価

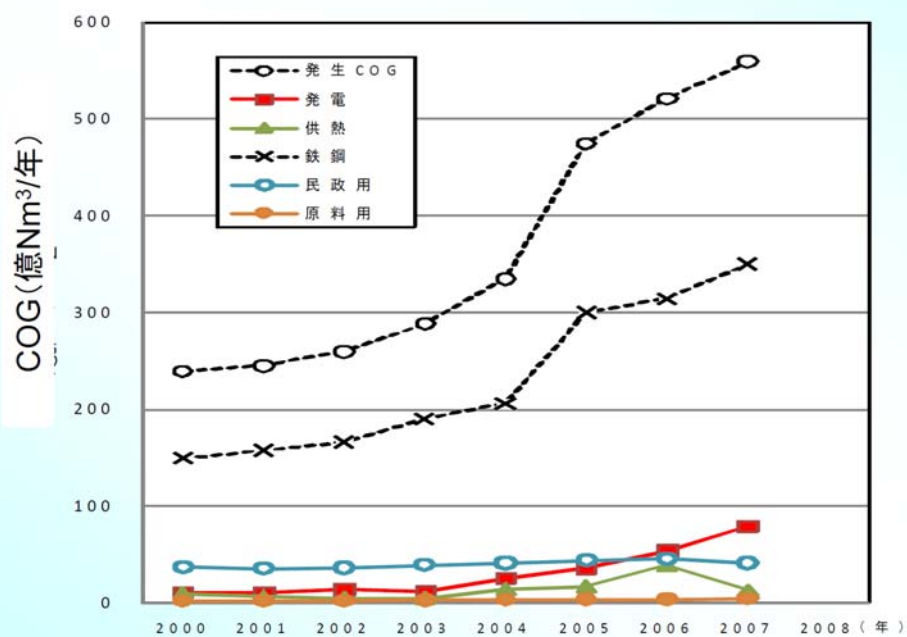
- ・ タール回収が可能な精製 COG からのメタノール製造よりも、タール回収が無くともメタノール生産量が2倍になる本技術に興味を示す企業が複数あることを確認した。これは、100万 t/年のコークス生産規模では、自社でタール蒸留する規模のタールが生産できずにタールを外販するため、外販よりも経済的に有利であると判断したものと考えられる。
- ・ 本技術を採用することにより、安水(アンモニア含有水)等の有害排水処理が不要となる点が評価された。
- ・ 既存技術である精製 COG からのメタノール製造では水素が余剰となるので、石炭ガス化設備等で CO を製造する必要があるが、本開発プロセスでは H<sub>2</sub>/CO のモル比が 2 となり、そのままメタノール合成に最適な組成であるため CO 製造設備が不要である点も評価された。

#### ⑤COGからのメタノール、DME製造の優先順位

- ・ COG からのメタノール、DME 製造では、まずメタノール製造を先行させ、次に市場動向を見て DME を製造するというコークス企業が多くある。
- ・ 従って DME 製造プロセスとしては COG からの直接合成（水素及び CO からの直接合成法）でなくメタノールからの間接合成（メタノール脱水法）を採用する計画であることを確認した。

中国の COG 生産量・消費量推移及び COG の利用先を図Ⅲ-46 及び図Ⅲ-47 に示す。

### ●中国のCOGの生産・消費量推移

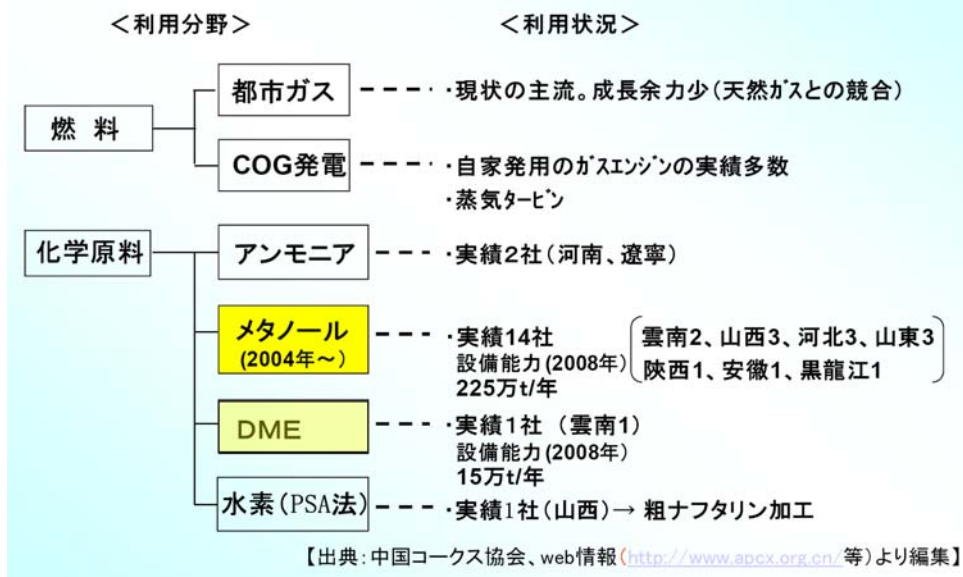


【出典:中国化学工業年鑑】

図Ⅲ-46 中国のCOG生産量・消費量推移



## ●中国でのCOGの利用先



図Ⅲ-47 中国のCOG利用先

### ⑥メタノール添加ガソリンの動向

- ・山西省では、ガソリンスタンドで、メタノール15%含有のガソリン(M15)を販売している。
- ・2009年度より、メタノール最大85%含有のガソリン(M85)の製造販売認可が得られ、販売開始した。図Ⅲ-48に中国でのメタノール添加ガソリン動向及びガソリンスタンドでの販売状況を示す。

- ・2007年には270万トンのメタノールがガソリンにブレンドされた。
- ・2008年にはさらに80万トン追加の計画。
- ・M15;2003年の4都市(山西省:太原市、陽泉市、リンフン市、晋城市)から、11都市に導入。  
PetroChinaとSINOPECが取り扱う。
- ・M70、M85;規格化を推進中。
- ・M100;200台のバス、1000台のタクシーで試験。@2008、山西省





山西省太原市内のSINOPECのGS  
(2009年8月調査時撮影)



GSでのM15表示  
(2009年8月調査時撮影)



出典  IAGS Briefing  
U.S. House of Representatives  
April 16, 2008

図Ⅲ-48 中国でのメタノール添加ガソリン動向

(2) 経済性評価 (中国サイト)

本技術を商用機に適用した場合の経済性検討及び省エネ、CO<sub>2</sub>削減効果を検討するにあたり、パイロット試験結果を踏まえて、実在するコークス炉の生産物収支バランスを基にして、コークス生産量を100万トンとした場合の商用機の生産物収支バランスを検討した。

検討に際し、中国モデルサイトでは山西省孝義市の最新のコークス炉に対しては現地調査により入手したデータを基にした。

高温COG改質(ケース1)と精製COG改質(ケース2)の2ケースについて、表III-21、表III-22に各ケースの経済性検討試算条件、図III-49、図III-50に各ケースの生産物収支バランスを示す。

表III-21 経済性検討試算条件(1/2)

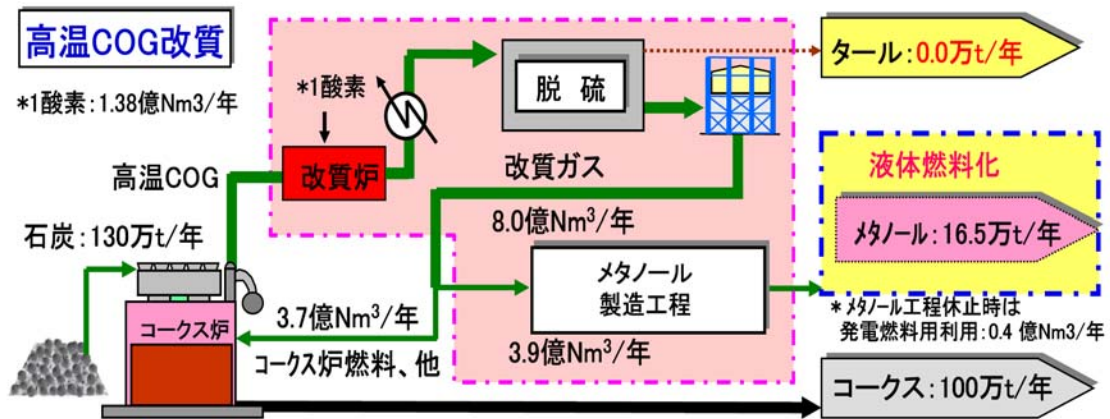
項目	単位	ケース1 高温COG改質	ケース2 精製COG改質*1
・投入石炭量	万トン/年	130	130
・コークス生産量	万トン/年	100	100
・高温COG (dry)	MNm <sup>3</sup> /年	425	425
・高温COG改質炉出口ガス(dry)*2	MNm <sup>3</sup> /年	802	—
・精製COGガス(dry) *2	MNm <sup>3</sup> /年	—	420
・精製改質ガス(dry) *3	MNm <sup>3</sup> /年	390	272
生産量	・メタノール	万トン/年	16.5
	・粗ターール・粗軽油	万トン/年	0
	・外販燃料*2	TJ(LHV)/年	450
役使用量	・酸素	MNm <sup>3</sup> /年	138
	・電力	kWh	1,900
	・蒸気(高圧/低圧) *4	万トン/年	12/26
	・用水(工業用水/冷却水)	万トン/年	60/1,300
・運転人員*5	人	150	273

\*1: 改質方式は、部分酸化法とした。  
 \*2: メタノール合成工程の運転日数は330日/年、35日/年は発電用として外販。  
 高温COG改質ガス発熱量は10.8MJ/Nm<sup>3</sup>、精製COGガス発熱量は18.2MJ/Nm<sup>3</sup>とした。  
 \*3: メタノール合成用ガス。  
 \*4: ケース1では、蒸気の一部(高圧蒸気25万トン/年、低圧蒸気23万トン/年)を高温COG改質炉出口ガスで熱回収する。  
 \*5: 国内立地での想定運転人員(50人、91人)の3倍とした。

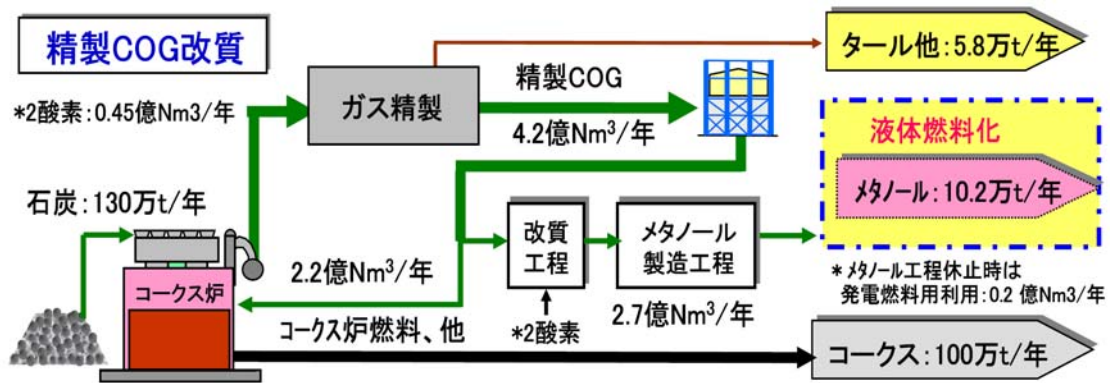
表III-22 経済性検討試算条件(2/2)

項目	単位	金額	
*1 用 役 単 価	・メタノール	円/t	30,000
	・粗ターール・粗軽油	円/t	30,000
	・燃料	円/GJ(LHV)	200
	・酸素	円/Nm <sup>3</sup>	4
	・電力	円/kWh	6
	・高圧蒸気	円/t	1,360
	・低圧蒸気	円/t	1,200
	・工業用水	円/t	7
	・冷却水	円/t	2
	・薬品・触媒費(ケース1/ケース2)	億円/年	1.2/4.5
	・人件費	万円/年・人	35
*2 建 設 費	・ターール回収設備(ケース1/ケース2)	億円	0/100
	・改質炉+メタノール製造(ケース1/ケース2)	億円	92/85
	・建設費 計(ケース1/ケース2)	億円	92/185

\*1: 各役単価は、中国調査時にヒアリングした金額を採用。  
 \*2: 建設費は、国内立地での試算金額の2/3とした。



図Ⅲ-49 高温 COG 改質技術での生産物収支バランス



図Ⅲ-50 各ケースの生産物収支バランス

経済性評価は、新設のコークス炉工場に高温 COG 改質（ケース 1）と精製 COG 改質（ケース 2）をそれぞれ採用した場合に、コークス以外の副生産物であるメタノール等の製品販売による「年間収入」から、用役費や建設費等の資本費である「年間経費」を引いた利益について評価した。

高温 COG 改質を採用した場合は、タール回収設備の建設費が不要となることが主な要因となり、精製 COG 改質に比べ、年間収益は約 18 億円高くなる結果となった。

経済性の検討結果を表Ⅲ-23 に示し、メタノールの価格と年間収益の比較を図Ⅲ-51 に経済性評価のまとめとして示す。

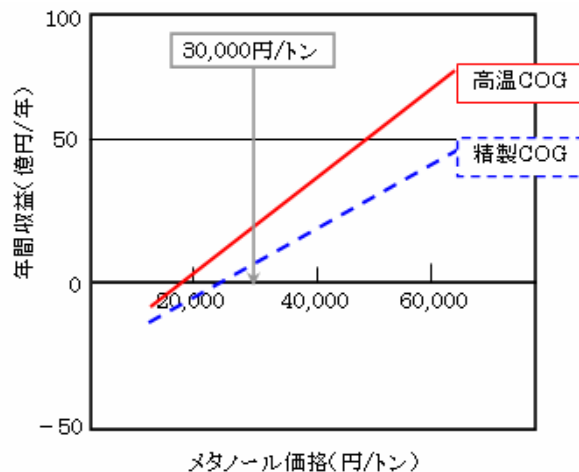
表Ⅲ－23 経済性検討結果

項目		単位	ケース1 高温COG改質	ケース2 精製COG改質
収入	・メタノール	億円／年	49.5	30.6
	・粗タール・粗軽油	億円／年	0	17.4
	・外販燃料	億円／年	0.9	0.8
	収入計	億円／年	50.4	48.8
支出	・用役費	億円／年	－13.3	－17.1
	・人件費	億円／年	－0.5	－1.0
	・資本費*1	億円／年	－12.0	－24.0
	・一般管理費*2	億円／年	－0.1	－0.2
	支出計	億円／年	－25.9	－42.3
年間収益 合計		億円／年	24.5	6.5

\*1: 資本費は、償却期間;14年、金利;4%、修繕費;3%、保険・税金;1.5%とした。

\*2: 一般管理費は、人件費の20%とした。

・メタノール価格3万円/トン、タール価格3万円/トンの前提条件で、高温COG改質技術は、精製COG改質技術に比べ、タール回収設備が不要でさらに顕熱利用により収益が増加し、経済的優位性があることが確認された。



メタノール価格と利益の関係

図Ⅲ－51 経済性評価のまとめ



### (3) 省エネ、CO<sub>2</sub>削減効果

#### ①検討条件

省エネや CO<sub>2</sub>削減効果を定量的に示す上で、年間コークス生産能力 100 万トンのコークス炉を対象とした。なお、省エネ効果はメタノール製造工程を除いて算定した。

#### ②省エネ効果

省エネ効果は、ある原料を加工して同一の製品を製造する工程を設定して、その際に比較対象に対して削減されたエネルギー使用量で表示するのが通例である。そこで、原料を高温 COG として精製 COG または精製改質ガスを製品とすると、表Ⅲ-24 に示すように対比できる。

ここで、在来法の場合の製品は精製 COG と粗タール・粗軽油であり、精製 COG 改質では精製改質ガスと粗タール・粗軽油である。メタノール製造工程は入らないが精製 COG の改質を行うので酸素を使用する。それに対して、高温 COG 改質では、精製改質ガスが製品となる。このように、各ケースにより製品が若干異なるものの、コークス工場全体で捉えるならば、主な製品はコークスであり、副製品に若干差が見られると理解できる。

高温 COG 改質の特徴である高温からの熱回収に着目すると、次の熱量分が省エネになると考えられる。精製 COG 改質及び在来法では、コークス炉出口ガスはアンモニア水でクエンチをしており、熱回収は実施されていない。それに対して、高温 COG 改質では、この間の熱量を熱回収することが可能となる。

検討の結果、高温 COG 改質は、精製 COG 改質に比べ、原油換算で約 5 万 KL/年の省エネの効果があることを確認された。

#### ③CO<sub>2</sub>削減効果

CO<sub>2</sub>削減効果については、メタノール製造工程までを含めた条件で検討した。各ケースでの CO<sub>2</sub>排出量を表Ⅲ-25 に示す。

高温 COG 改質では、COG 中の C 分のうち、メタノールの生産量が精製 COG 改質に比べ 1.6 倍となること、固定化され大気に放出されない分があること及び改質炉出口ガスより熱回収し蒸気を発生することができることが主な CO<sub>2</sub>削減効果となり、実質 CO<sub>2</sub>排出量は年間約 29 万トンとなり、精製 COG 改質の年間約 37 万トンに比べ、年間約 8 万トン程度の CO<sub>2</sub>排出削減効果が期待できる。

また、メタノール製造時の CO<sub>2</sub>排出原単位は、高温 COG 改質では 1.78t・CO<sub>2</sub>/t・製造に対し、精製 COG 改質では 3.66t・CO<sub>2</sub>/t・製造となり、高温 COG 改質の方が、約 50%メタノール製造時の CO<sub>2</sub>排出原単位を下げるができる。

表Ⅲ-24 各ケースでのエネルギー使用量

項 目	単 位	【ケース 1】 高温 COG 改質		【ケース 2】 精製 COG 改質	
		使用量	原油 換算値 (TJ/年)	使用量	原油 換算値 (TJ/年)
高温 COG 改質時の熱回収					
高压蒸気 *1	t/h	31	-948	0	0
低压蒸気 *1	t/h	29	-711	0	0
小 計	TJ/年		-1,659		0
用役使用量					
酸素 *2	MNm <sup>3</sup> /年	138	414	45	135
電力 *3	kWh	1,400	123	3,900	342
高压蒸気 *4	t/h	0	0	6	183
低压蒸気 *5	t/h	0	0	7	172
小 計	TJ/年		537		832
合 計	TJ/年		-1,122		832
原油換算 *6	万 kL/年		-2.88		2.13
コークス製造当り *7	kL/t・コークス		-0.0288		0.0213

\*1：ケース 1 では、高压蒸気 31t/h、低压蒸気 29t/h を改質器出口ガスで熱回収するものとし、

高压蒸気（10.3MPaG×540℃）の原単位は 3.49GJ/t、

低压蒸気（3.9MPaG×250℃）の原単位は 2.80GJ/t とした。

\*2：酸素原単位は 0.30kWh/Nm<sup>3</sup>-95%酸素製造、電力原単位は 0.01GJ/kWh とした。

\*3：電力原単位は 0.01GJ/kWh とした。

また、メタノール製造工程分（ケース 1：500kWh、ケース 2：400kWh）は除いた。

\*4：高压蒸気（10.3MPaG×540℃）の原単位は 3.49GJ/t とした。

蒸気は精製・脱硫工程での使用量。

\*5：低压蒸気（3.9MPaG×250℃）の原単位は 2.80GJ/t とした。

蒸気は精製・脱硫工程での使用量。

\*6：原油の発熱量は 39MJ/L とした。

\*7：コークス年間生産量は 100 万トンとした。

表Ⅲ-25 各ケースでの CO<sub>2</sub> 排出量及び削減効果

項 目		単 位	【ケース1】 高温 COG 改質	【ケース2】 精製 COG 改質
<b>【用役使用量】</b>				
高温 COG(dry)	発生量	MNm <sup>3</sup> /年	425	425
改質ガス(dry)	生産量	MNm <sup>3</sup> /年	802	—
	所内燃料用ガス *1	MNm <sup>3</sup> /年	371	—
	メタノール製造用改質ガス *2	MNm <sup>3</sup> /年	390	—
	発電燃料用ガス *3	MNm <sup>3</sup> /年	41	—
精製 COG(dry)	生産量	MNm <sup>3</sup> /年	—	420
	所内燃料用ガス *4	MNm <sup>3</sup> /年	—	218
	メタノール製造用精製改質ガス *5	MNm <sup>3</sup> /年	—	272
	発電燃料用ガス *6	MNm <sup>3</sup> /年	—	19
電力	所内電力 *7	GWh/年	16.3	37.3
酸素	改質用	MNm <sup>3</sup> /年	138	45
高压蒸気	精製・脱硫工程及びメタノール製造工程 *8	kt/年	119	306
低压蒸気	精製・脱硫工程及びメタノール製造工程 *8	kt/年	261	251
<b>【生産物量】</b>				
メタノール	生産量	万 t/年	16.5	10.2
粗タール	生産量 *9	万 t/年	—	4.5
粗軽油	生産量 *10	万 t/年	—	1.3
電力	発電燃料用ガスによる発電 *11	GWh/年	43.1	33.7
<b>【CO<sub>2</sub> 排出量】</b>				
改質ガス(dry)	所内燃料用及び発電燃料用ガス *12	kt-CO <sub>2</sub> /年	210	—
精製 COG(dry)	所内燃料用及び発電燃料用ガス *13	kt-CO <sub>2</sub> /年	—	168
電力	所内電力 *14	kt-CO <sub>2</sub> /年	6.2	14.1
酸素	改質用 *15	kt-CO <sub>2</sub> /年	15.6	5.1
高压蒸気	精製・脱硫工程及びメタノール製造工程 *16	kt-CO <sub>2</sub> /年	64	164
低压蒸気	精製・脱硫工程及びメタノール製造工程 *17	kt-CO <sub>2</sub> /年	112	108
CO <sub>2</sub> 排出量 計		kt-CO <sub>2</sub> /年	408	459
<b>【CO<sub>2</sub> 削減効果量】</b>				
メタノール	製造分削減 *18	kt-CO <sub>2</sub> /年	-99	-61
粗タール	製造分削減 *19	kt-CO <sub>2</sub> /年	—	-10
粗軽油	製造分削減 *20	kt-CO <sub>2</sub> /年	—	-2
電力	購入電力削減 *14	kt-CO <sub>2</sub> /年	-16	-13
CO <sub>2</sub> 削減効果量 計		kt-CO <sub>2</sub> /年	-115	-86
実質 CO <sub>2</sub> 排出量 合計 *21		kt-CO <sub>2</sub> /年	293	373
メタノール製造時の CO <sub>2</sub> 排出源単位		t-CO <sub>2</sub> /t-製造	1.78	3.66

注記は、次頁に記載。

### 【表Ⅲ－25 の注記】

- \*1：中国現地調査時入手データより、改質ガス生産量の46%がコークス炉用燃料他として、所内燃料用ガスとして使用するものとした。
- \*2：改質ガス生産量から所内燃料用ガスを差し引いた改質ガスの内、メタノール製造工程稼働時（330日/年）にメタノール製造用に使用した改質ガス量。
- \*3：メタノール製造工程休止時（35日/年）の改質ガスは発電用燃料使用とした。
- \*4：中国現地調査時入手データより、精製COG生産量の52%がコークス炉用燃料及び精製・脱硫工程用他として、所内燃料用ガスとして使用するものとした。
- \*5：精製COG生産量から所内燃料用ガスを差し引いた精製COGガスの内、メタノール製造工程稼働時（330日/年）に部分酸化法により精製改質ガスとした上で、メタノール製造用に使用した精製改質ガス量。
- \*6：メタノール製造工程休止時（35日/年）の精製COGガスは発電用燃料使用とした。
- \*7：年間電力使用量は、メタノール製造工程休止時（35日/年）のメタノール製造工程での消費電力分（ケース1：500kWh、ケース2：400kWh）は除いた。
- \*8：表Ⅲ－21より。ケース1では、高圧蒸気31t/h、低圧蒸気29t/hを改質器出口ガスで熱回収するものとし、ケース1、2でメタノール製造工程は年間330日稼働、ケース2での精製・脱硫工程は年間365日稼働とした。
- \*9：中国現地調査時入手データより。
- \*10：中国現地調査時入手データより。
- \*11：ケース1では改質ガス発熱量を10.8MJ/Nm<sup>3</sup>、ケース2では精製COG発熱量を18.2MJ/Nm<sup>3</sup>とし、発電効率は35%とした。
- \*12：組成より算出し、CO<sub>2</sub>排出係数を0.509kg-CO<sub>2</sub>/Nm<sup>3</sup>燃焼とした。
- \*13：組成より算出し、CO<sub>2</sub>排出係数を0.708kg-CO<sub>2</sub>/Nm<sup>3</sup>燃焼とした。
- \*14：環境省「事業者からの温室効果ガス排出量算定方法ガイドライン」より、CO<sub>2</sub>排出係数を0.378kg-CO<sub>2</sub>/kWhとした。
- \*15：酸素原単位を0.30kWh/Nm<sup>3</sup>・製造、電力のCO<sub>2</sub>排出係数を0.378kg-CO<sub>2</sub>/kWhとし、酸素のCO<sub>2</sub>排出係数を0.113kg-CO<sub>2</sub>/Nm<sup>3</sup>とした。
- \*16：蒸気発生源を石炭焚きボイラとし、石炭発熱量を20.9MJ/kg、石炭中のC分を70%、ボイラ効率を80%とし、高圧蒸気のCO<sub>2</sub>排出係数を536kg-CO<sub>2</sub>/t・製造とした。
- \*17：蒸気発生源を石炭焚きボイラとし、石炭発熱量を20.9MJ/kg、石炭中のC分を70%、ボイラ効率を80%とし、低圧蒸気のCO<sub>2</sub>排出係数を429kg-CO<sub>2</sub>/t・製造とした。
- \*18：NEDO「二酸化炭素排出量調査報告書1992年」より、メタノール製造時CO<sub>2</sub>排出係数を0.602kg-CO<sub>2</sub>/kg・製造とした。
- \*19：粗タールの製造時CO<sub>2</sub>排出係数は、C重油相当とし、石油産業活性化センター「石油製品油種別LCI作成と石油製品環境影響評価調査報告書、2003年3月」より、0.250kg-CO<sub>2</sub>/L・製造、密度はNCE北九州事業所実績より1.1kg/Lとし、粗タールの製造時CO<sub>2</sub>排出係数を0.227kg-CO<sub>2</sub>/kg・製造とした。
- \*20：粗軽油の製造時CO<sub>2</sub>排出係数は、軽油相当とし、日本自動車研究所論文より0.160kg-CO<sub>2</sub>/L・製造、密度はNCE北九州事業所実績より0.9kg/Lとし、粗軽油の製造時CO<sub>2</sub>排出係数を0.178kg-CO<sub>2</sub>/kg・製造とした。
- \*21：(実質CO<sub>2</sub>排出量) = (CO<sub>2</sub>排出量) - (CO<sub>2</sub>削減効果量)とした。

(4) ビジネスモデル

中国での事業展開の進め方としたビジネスモデルを下記の2ケースで検討した。

ケース1：中国のコークス企業に改質設備を提供するケース

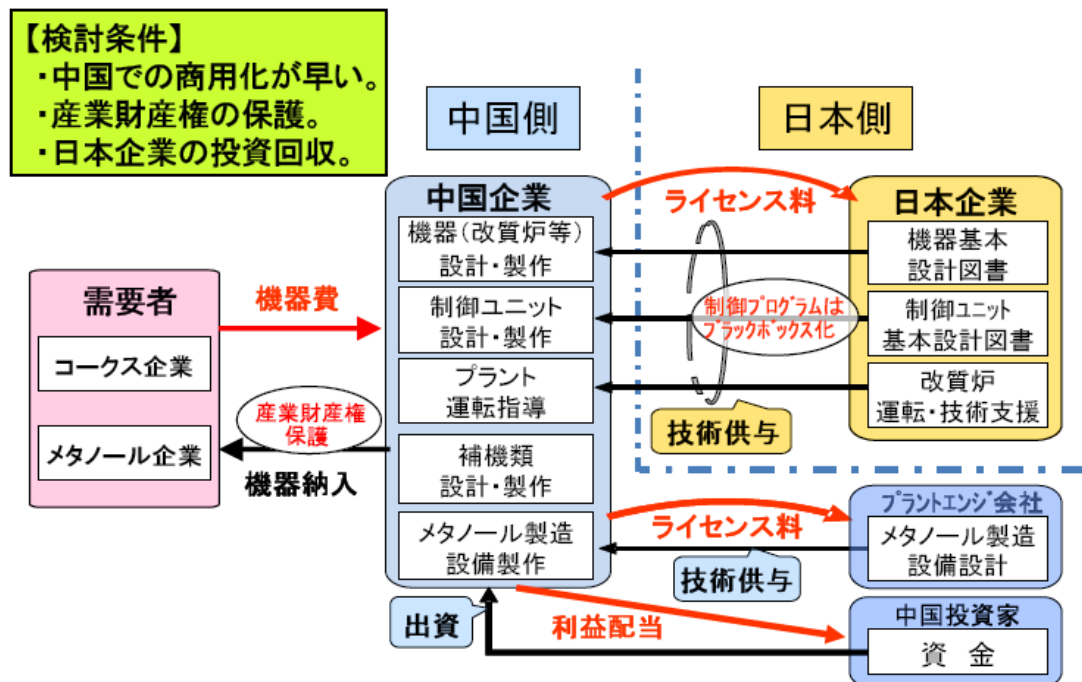
ケース2：高温 COG を購入してメタノールを製造、販売するケース

この他にも、当技術を中国のエンジ会社にライセンス供与するケースも考えられる。

(ア) ケース1：中国のコークス企業に改質設備を提供するケース

機器・設計情報を提供するビジネスを検討する場合には、開発時点から産業財産権保護が可能な部分を明確化し、それを確実に保護しつつメインユーザの中国企業と協力して事業化を進めていくことが重要である。

重量物の提供については、日本で製作して中国へ輸送することは経済的に得策ではない為、中国国内での製作が望ましい。産業財産権保護を行いつつ、中国の機器メーカーに機器図等を提供して製作指示を行う方策として、図Ⅲ-52 に示す通り、パートに分けて対応する案を検討した。



図Ⅲ-52 中国での事業化時に産業財産権保護対策を考慮したビジネス体制案

① 基本設計

改質器とその周辺機器についての基本設計については、日本側企業から提供する必要がある為、守秘契約の締結により保護を行うこととなる。

## ② 改質器本体、排熱回収装置

改質器本体、排熱ボイラなどの排熱回収装置は重量物であることから、中国の機器メーカーに機器図等を提供して製作指示を行うことが必要となり、守秘契約の締結により保護を行うこととなる。

上記①、②のパートについては、実際の運用を考えた場合、一度データを提供してしまうと、コピーされて産業財産権が侵害される恐れがある。しかし、日本から中国国内のコークス企業の内情を知ることが困難であり、仮に守秘契約を破られて機器の販売をなされていても知る術が非常に乏しい。つまり、守秘契約だけでは効果に疑問が残ることから、これらの設計図書に関しては中国国内の設計院等のビジネスパートナーとなり得る企業に売却、またはライセンス契約等により提供することにより、その中国側パートナー企業によって産業財産権保護をさせるなどの対策が必要となる。

## ③ 補機類

酸素製造設備やブロー等の補機類に関しても、中国国内で手配することが経済的であり、日本側から購入機器仕様を提示することになる。これらについては、実際に設備の運用を開始してしまえば必要なユーティリティ量は明確になる為、保護そのものが難しいと思われる。

## ④ 制御ユニット

制御ユニットについてであるが、これについては、全体に対する費用の割合や、機器重量を考慮しても、経済性を大きく損なうことなく日本からの輸送による提供が可能と考えられる。従って、制御プログラムをブラックボックス化して日本からの提供とすることで、本技術のシステム上の産業財産権保護が可能であると考えられる。

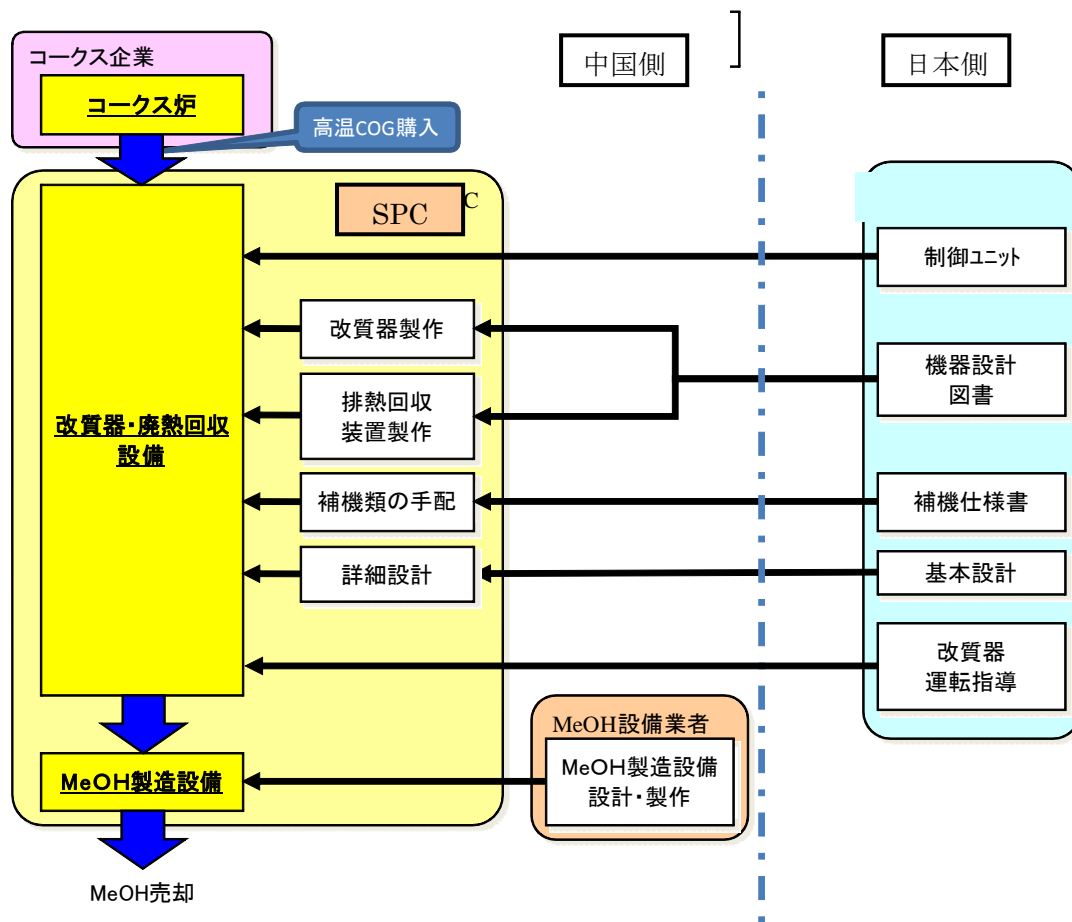
## (イ) ケース 2：高温 COG を購入してメタノールを製造販売するケース

日本側と中国側が共同で特別目的会社（SPC：Special Purpose Company）を設立し、SPC が設備の建設（改質器及び周辺設備、メタノールの製造設備）から運転維持管理、メタノール等の製造販売を手掛けるケースとして、図Ⅲ-53 に高温 COG を購入して製造したメタノールを販売するビジネスモデル体制案を示す。この場合の産業財産権保護は SPC にて行う。

なお、本ケースは中国調査時に中国のエンジニアリング会社から提案があった。

SPC はコークス工場から高温 COG を購入し、メタノールを製造・売却する。高温 COG からメタノール製造を行うための設備は、SPC が設置し、この建設費用については全額を投資家から出資を募る方法が考えられる。

ただし、この方式ではコークス工場の操業状態により得られる高温 COG の量が減少すると、メタノールの生産量に影響を及ぼす。特に、コークスの市況等によりコークス工場の操業が長期に渡って停止するような場合はリスクとなる。



図III-53 高温 COG を購入して製造したメタノールを販売するビジネスモデル体制案

## 2.5 成果の意義

現状の кокс製造プロセスにおいて副生する石炭乾留ガス（高温 COG）は、コークス炉から 600～800℃の高温で発生し、含有するタール分の析出やコーキングを避けるため、アンモニアを含む冷却水により急冷してタール分を除去・回収しており、顕熱を使わないまま精製後に発電用燃料や製鉄精錬で還元剤として利用されている。4年間にわたる本技術開発において、高温 COG をその顕熱を有効利用して無触媒で改質し、メタノールや DME などの液体クリーン燃料の合成用原料ガスとすることが可能であることをパイロット規模で実証した。

実用化試験においては、世界で初めて稼働中のコークス炉からの実ガスを使用して 1/10 スケール規模での無触媒改質試験により、反応特性を把握した上で、本技術の成立性を検証した。その結果、タール分、BTX を含む炭化水素を 90%以上改質可能であり、有効ガス増幅比 2.0 倍以上のドライなガスとすること、並びにメタノール合成用原料ガスとして最適な組成(R 値 2.0 付近)とするという二つの目標性能を満足する最適改質運転条件を明らかにした。

これらの結果を踏まえて総合的に判断すると、本技術は高温 COG をドライで理想的なメタノール合成用原料ガスとして効率よく改質可能であり、工業的にすぐれた改質方法であることを示しており、クリーンコールテクノロジーの有力な技術の一つとして貢献できたことの意義は大きいと言える。

一方、より速い商用機への適用を図る視点から、国内外に対する事業性評価を実施し、本技術を年間 100 万トンクラスのコークス炉に導入した場合の省エネ及び CO<sub>2</sub>削減効果を検討した。従来技術と比較評価した結果、特に中国に適用した場合の省エネ及び CO<sub>2</sub>削減効果が大きいことを確認した。これらの成果を踏まえると、国際的な環境負荷低減及びエネルギーの有効利用に大きく寄与可能な実現性のある技術を開発できたことの意義は大きいと言える。

以上の成果の意義を図 III-54 に示す。

### 液体クリーン燃料の製造

世界で初めて、操業中のコークス炉から取出した高温 COG を、その顕熱を有効利用して無触媒改質し、メタノールや DME などの液体クリーン燃料に転換可能な原料用ガスを効率よく製造できることを実証した。中国調査では、導入に興味を示すコークス企業が複数あり、エネルギー需要の伸びる地域での活用が期待される。

### 効率の高い改質ガス製造法

タール分、BTX を含めた炭化水素をほぼ 90%以上改質可能であり、有効ガス増幅比が 2.0 倍以上、並びに、ガス組成が最適な組成(R 値が 2.0 付近)とするという二つの目標性能を達成した。高い技術力を証明し、かつ、重質炭化水素資源の利用も活用が期待できる。

### 工業的に優れた改質方法

操業中のコークス炉複数門から発生し変動する組成である高温 COG から理想的な合成ガスを安定した組成で効率よく製造可能なことを検証し、大きく実用性が向上した。本技術は工業的に優れており、普及発展が見込める改質方法である。

### 経済性が高く、環境に優しい改質方法

従来技術と比較して、経済性が高く、省エネ及び CO<sub>2</sub>削減効果が大きいことを確認した。国際的な環境負荷低減及びエネルギーの有効利用に貢献する技術である。

図 III-54 成果の意義まとめ



## 2.6 特許・成果の普及

学会等における研究発表及び展示会等を通じ、成果の普及を図っている。また、特許についても中国向けを含めて出願済である。平成 18 年度から平成 22 年度の実績を表Ⅲ-26 に示す。

内容については添付資料 5 に示す。

表Ⅲ-26 特許・成果普及状況

		事業期間						
		H18	H19	H20	H21	H22	合計	
特許	国内	-	-	-	2件	-	2件	4件
	海外	-	-	-	-	2件 (中国)	2件	
研究発表	国内	1件	1件	1件	5件	1件	9件	15件
	海外	-	-	-	1件 (中国)	2件 (米国)	3件	
展示会等出展		1件	-	-	2件	-	3件	

## IV. 実用化、事業化の見通し

### 1. 成果の実用化可能性

#### 1.1 実用化試験での目標達成のまとめ

コークス炉から副生するタール分を含む高温の石炭乾留ガスを、その顕熱を利用して無触媒で改質し水素及び一酸化炭素に富む液体燃料合成用原料ガスを製造する技術開発プロジェクトを4年間に渡って推進した。

本技術の実用性と性能を評価するために、稼働中のコークス炉に1門の炉室から発生する石炭乾留ガス量の十分一程度の処理量を規模とするパイロット試験装置を設置して、1門及び3門から発生する高温COG実ガスによる無触媒改質試験を行った。

さらに、実証機の設計に必要な種々のデータを取得し、表IV-1に示す様な実用化試験での成果が得られたので、実証機の基本設計を行うとともに商用機の生産物収支及びシステム仕様を策定した。この生産物バランス及び仕様に基づいて、事業性評価として本技術を導入した場合の国内外における省エネ及びCO<sub>2</sub>削減効果の評価、並びに国内外のサイト調査に基づくモデルサイト選定及び本技術の導入による経済性評価を行った。

これらの評価の結果、本技術の実用化、事業化の可能性が得られた。

表IV-1 実用化試験での目標達成のまとめ

開発項目	開発目標	達成状況	達成度
・有効ガス増幅比(改質性能) $=A/B$ A:改質ガス中のH <sub>2</sub> +COの合計体積 B:高温COG中のH <sub>2</sub> +COの合計体積	2以上	<b>平均値 2.1</b> 高温COGガス組成変動があっても、改質ガスはほぼ安定。有効ガス増幅比は2付近、平均2以上であった。	◎
・冷ガス効率(改質性能) $=C/D \times 100(\%)$ C:改質ガスの高位発熱量 D:COGの高位発熱量	78%以上	<b>平均値 79%</b> 試験結果は平均で77%、実機換算値で79%相当を満足。	◎
・R値(改質性能) $=E/F$ E:改質ガス中のH <sub>2</sub> -CO <sub>2</sub> の体積 F:改質ガス中のCO+CO <sub>2</sub> の体積	≒2	<b>平均値 1.95</b> 高温COGガス組成変動があっても、改質ガスはほぼ安定。ガス組成比R値は平均して2付近であった。	○
・改質炉運転制御技術	技術確立	3門、30時間連続試験でコークス炉操業との連携運転制御法を確立。	◎
・改質反応詳細数値解析技術	技術確立	改質反応詳細数値解析技術を確立し、改質炉内の反応領域と挙動を把握。	○
・実証機設計用データ取得	データ取得	実証機設計に必要なユーティリティ量、改質ガス中不純物量を把握。タール等付着特性、抑制法及び除去法を把握。	◎

\* 凡例 ◎:目標以上の成果、○:目標通りの成果

## 1.2 実証機の計画策定及び中国での事業性調査（市場調査、サイト調査）

パイロット試験結果及び国内外の市場調査結果を基に実証機の国内モデルサイト（既設炉5門）及び中国モデルサイト（新設炉3門）の2ケースを想定し、具体的な計画を策定した。検討の結果、改質炉は設計製作が十分可能でありその他の設備は汎用機器で十分対応可能なことを確認した。実証機での確認項目も抽出し、国内外のモデルサイトでの実証機の適用見通しが得られた。

また、中国での事業性調査として、コークス業界の動向調査及び実証機試験の可能性を調査した。その結果コークス業界ではコークス炉の近代化や集約が進んでおり、現在、余剰COGは2百億Nm<sup>3</sup>程度と推定され、その有効利用が検討されている。中国のメタノール需要は1,000万t/年以上であり、毎年増加傾向にある。このため利用先としてはメタノールや関連の液体燃料が見込まれ、本技術によるメタノールの製造が期待される。

事業性の高い地域としては原料炭の主産地である山西省、河北省及び山東省が挙げられ、特にメタノール添加ガソリンの普及しつつある山西省は有望であると考えられる。

図IV-1に実証機の計画策定及び中国での事業性調査の結果のまとめを示す。

○ 実証機の計画策定	
項目	内容
実証機計画策定 ・国内サイト(5門) ・中国サイト(3門)	・パイロット試験のデータを基に実証機の基本仕様を決定し、具体的な系統及び機器設計を行った。 ・国内外のモデルサイトでの適用見通しが得られた。 ・実用化への課題及び対策の確認項目も抽出した。
○ 中国での事業性評価	
項目	内容
市場調査, サイト調査 ・計6回訪中調査実施	・H18～19年 中国コークス業界の動向調査 ・H20～21年 中国での実証機試験の可能性調査
○ まとめ	
<b>本技術の有望な普及地域</b> ・原料炭の主産地である山西省、河北省、山東省。 ・特にメタノール添加ガソリンが普及している山西省。	
<b>実証試験の可能性</b> ・山西省の複数のコークス企業が実証試験に興味を示した。 ・メタノール製造の共同実証試験に参画意向を持つ、設計企業もあった。	

図IV-1 実証機計画策定及び中国での事業性評価まとめ

### 1.3 事業性の評価（経済性、省エネ、CO<sub>2</sub>削減効果）

コークス生産量が100万t/年のコークス工場を想定して、高温COGの改質（ケース1）、精製COGの改質（ケース2）及び従来法（ケース3）としてメタノールの製造を基本に具体的に前提条件を設定し、経済性、省エネ効果及びCO<sub>2</sub>削減効果を比較評価した。

その結果、経済性に関しては高温COG改質による本技術が精製COG改質に比較して経済性で約18億円/年の収益性が高かった。また、高温COGの熱回収による効果が大きく、省エネ効果では高温COG改質が原油換算で約5万kL/年の省エネ効果があることが確認された。また、CO<sub>2</sub>削減効果では約8万t/年の削減効果が明らかになった。

以上の検討結果を図IV-2にまとめて示す。

#### ○ 試算結果（100万t/年のコークス工場）

評価項目	単位	ケース1 高温COG改質	ケース2 精製COG改質
・メタノール／粗タール類 生産量	万トン	16.5／0	10.2／5.8
・年間収益	億円/年	24.5	6.5
・省エネ効果（原油換算）	万kL/年	-2.88	2.13
・実質CO <sub>2</sub> 排出量	万t-CO <sub>2</sub> /年	29.3	37.3

#### ○ まとめ

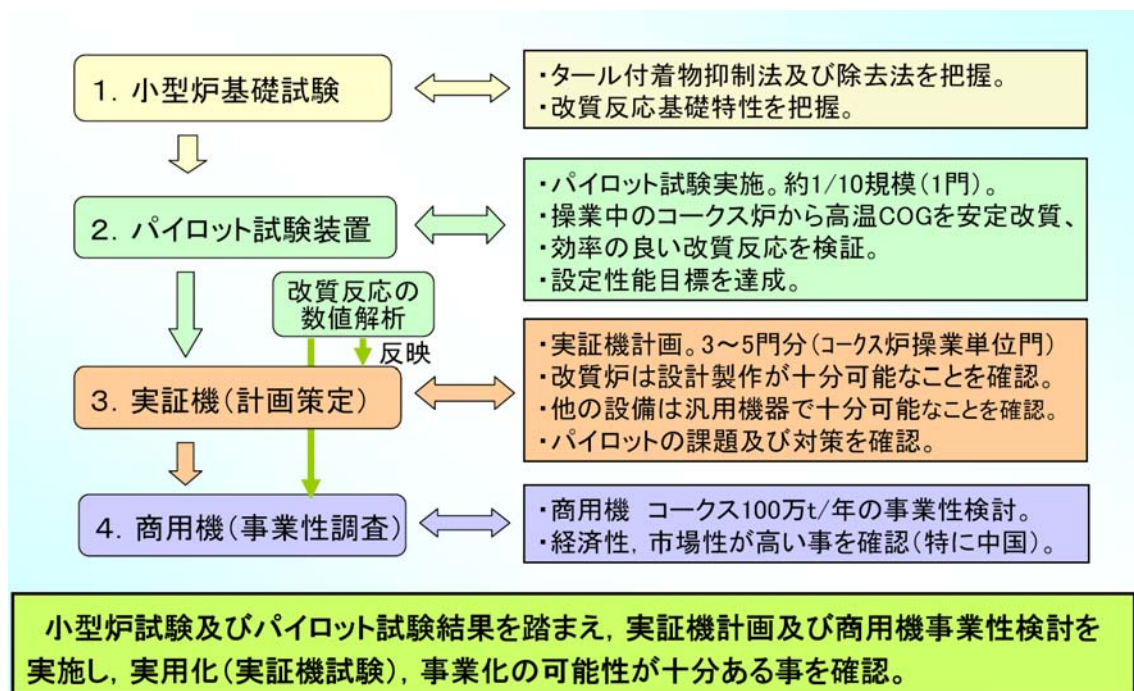
評価項目	成果（高温COG改質と精製COG改質との比較）
・経済性	約18億円/年収益が高い。
・省エネ効果	原油換算で約5万kL/年の省エネ効果がある。
・CO <sub>2</sub> 削減効果	約8万t/年のCO <sub>2</sub> 削減効果がある。

図IV-2 中国での経済性、省エネ及びCO<sub>2</sub>削減効果のまとめ

## 1.4. 実用化、事業化へのステップ

小型炉試験ではタールの抑止方法及び基礎的な改質反応を把握した。パイロット試験では操業中のコークス炉の実ガスを使用して設定した目標を達成する効率の良い改質反応条件を確認した。以上を踏まえて実証機計画及び商用機の事業性検討を実施し、実用化（実証化）及び事業化の可能性が十分あることを確認した。

図IV-3 に実用化、事業化へのステップを示す。



図IV-3 実用化、事業化へのステップ

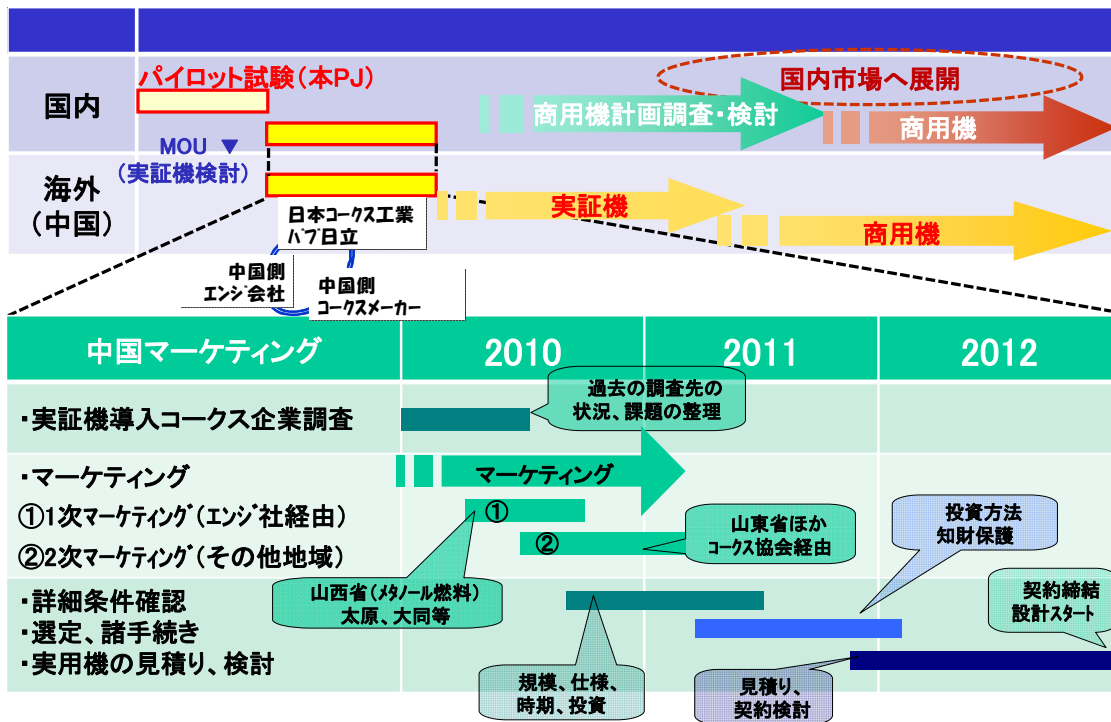


## 2. 事業化までのシナリオ

経済発展が著しくエネルギー消費の伸びが大きい中国ではコークスの生産量も多く余剰COGの有効利用が見込まれる。4年間にわたる実用化試験及び事業性の検討結果を基に、これまでに調査した中国の状況を再度整理して、事業可能性の高い山西省をはじめとしてマーケティングを実施し、事業化を検討する。また、中国での事業化を早期に進める上で産業財産権の保護も踏まえて中国のエンジニアリング企業及びコークスメーカー又はメタノールメーカーを含めたビジネスモデルも検討した。

日本国内では、現在余剰COGは完全に有効利用されており、当面は本技術の採用は見込めないが国内コークス炉の老朽化に伴うリプレースが2020年前後に想定されるので、この時期に国内への展開が考えられる。

図IV-4に事業化に向けて策定したスケジュールを示す。



図IV-4 事業化までのスケジュール

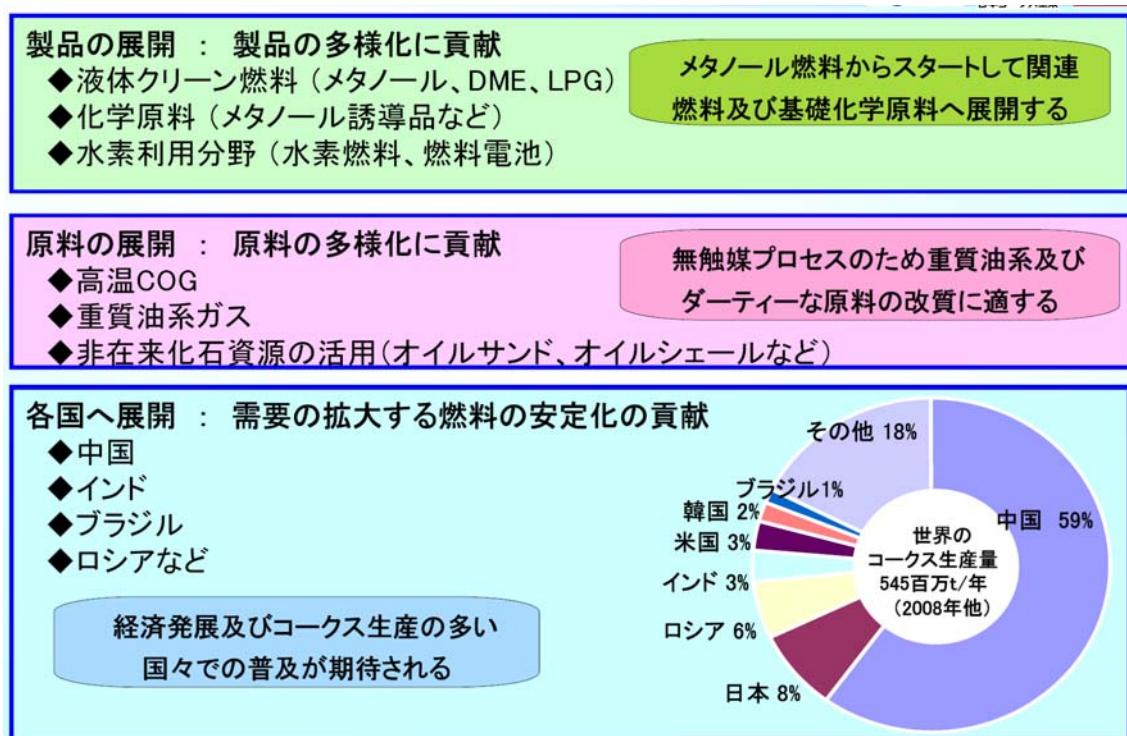
### 3. 波及効果

本技術開発の成果はメタノール製造及び関連の液体燃料への応用が基本であり、最も可能性が高く、その次にメタノール誘導品による基礎化学原料などへも波及が期待される。

また、本技術は水素ガスの生産に適しているので水素利用分野への水素供給源ともなる。更に、無触媒でタール類の改質反応が確認されたことから、重質油系ガス及びオイルシェールやオイルサンドなどの触媒改質に被毒が懸念される原料への改質に適することが考えられる。

国別の展開でみると中国をはじめとする経済成長をしている各国では今後のコークス生産量の増加も見込まれ、本技術が採用されればエネルギー需要の安定化に貢献することが期待される。

本開発技術の想定される波及効果を図IV-5に示す。



図IV-5 本開発技術の波及効果

(抜粋)

# イノベーションプログラム 基本計画

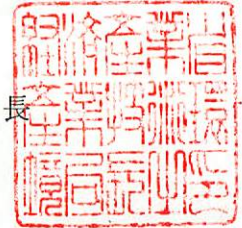
平成20年5月16日  
経済産業省



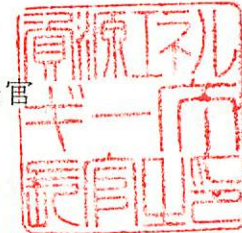
経済産業省

平成20・03・25産局第5号  
平成20年4月1日

経済産業省産業技術環境局長



経済産業省資源エネルギー庁長官



エネルギーイノベーションプログラム基本計画の制定について

上記の件について、イノベーションプログラム実施要領（平成16・07・27産局第1号）第4条第1項の規定に基づき、別添のとおり制定する。

## エネルギーイノベーションプログラム基本計画

### 1. 目的

資源に乏しい我が国が、将来にわたり持続的発展を達成するためには、革新的なエネルギー技術の開発、導入・普及によって、各国に先んじて次世代型のエネルギー利用社会の構築に取り組んでいくことが不可欠である。他方、エネルギー技術開発は、長期間を要するとともに大規模投資を伴う一方で将来の不確実性が大きいことから、民間企業が持続的な取組を行うことは必ずしも容易ではない。このため、政府が長期を見据えた将来の技術進展の方向性を示し、官民双方がこの方向性を共有することで、将来の不確実性に対する懸念が緩和され、官民において長期にわたり軸のぶれない取組の実施が可能となる。以下に5つの政策の柱毎に目的を示す。

#### 1-1. 総合エネルギー効率の向上

1970年代以来、官民をあげて省エネルギーに取り組み、産業構造の転換や新たな製造技術の導入、民生機器の効率改善等により世界最高水準の省エネルギーを達成している。今後、「新・国家エネルギー戦略」に掲げる、2030年までにGDPあたりのエネルギー利用効率を約30%向上を実現していくためには、産業部門はもとより、全部門において、総合エネルギー効率の向上に資する技術開発とその成果の導入を促進する。

#### 1-2. 運輸部門の燃料多様化

ほぼ100%を石油に依存する運輸部門は、我が国エネルギー需給構造上、最も脆弱性が高く、その需給構造の次世代化は、将来に向けた早急な対策が不可欠な課題となっている。

「新・国家エネルギー戦略」に掲げる目標（2030年に向け、運輸部門の石油依存度が80%程度となることを目指す）の実現のためにも、官民が中長期的な展望・方向性を共有しつつ、技術開発と関連施策を推進する。

#### 1-3. 新エネルギー等の開発・導入促進

太陽光、風力、バイオマスなどの新エネルギーは、エネルギー源の多様化や地球温暖化対策の観点から重要である。しかし、現時点では経済性や出力安定性といった普及へ向けての課題が存在する。

そのため、これらの課題解決に向けた技術開発の推進及び新エネルギーの導入促進のための関連施策の実施により、更なる新エネルギーの普及を推進する。

#### 1-4. 原子力等利用の推進とその大前提となる安全の確保

原子力発電は供給安定性に優れ、運用時にCO<sub>2</sub>を排出しないクリーンなエネルギー源である。安全確保を大前提に核燃料サイクルを含む原子力発電を着実に推進する。

#### 1-5. 化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用

化石燃料資源の大宗を輸入に依存する我が国にとって、その安定供給の確保は国家安全保障に直結する課題である。このため、石油・天然ガス等の安定供給確保を目指し、我が国企業による資源国における資源開発等に対する支援等の施策を進めるとともに、その有効かつクリーンな利用を図る。

## 2. 政策的位置付け

エネルギー基本計画（2007年3月閣議決定）

重点的に研究開発のための施策を講ずべきエネルギーに関する技術及びその施策として、

1. 総合エネルギー効率の向上に資する技術
2. 原子力利用の推進とその大前提となる安全の確保に資する技術
3. 運輸部門のエネルギー多様化に資する技術
4. 新エネルギーに関する技術
5. 化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用に資する技術

以上が位置づけられている。

新・国家エネルギー戦略（2006年5月）

世界最先端のエネルギー需給構造の実現を図るため

1. 省エネルギーフロントランナー計画
2. 運輸エネルギーの次世代化計画
3. 新エネルギーイノベーション計画
4. 原子力立国計画

以上の計画が位置づけられている。また、資源外交、エネルギー環境協力の総合的な強化を図るため、「総合資源確保戦略」が位置づけられている。

第3期科学技術基本計画（2006年3月閣議決定）

国の存立にとって基盤的であり国として取り組むことが不可欠な研究開発課題を重視して研究開発を推進する「推進4分野」であるエネルギー分野、分野別推進戦略（2006年3月総合科学技術会議）における「推進4分野」であるエネルギー分野に位置付けられている。

経済成長戦略大綱（2006年7月財政・経済一体改革会議）

資源・エネルギー政策の戦略的展開として

1. 省エネルギーフロントランナー計画
2. 次世代自動車・燃料イニシアティブ等による運輸エネルギー次世代化
3. 新エネルギーイノベーション計画
4. 原子力立国計画
5. 資源外交、環境・エネルギー協力等の総合的な強化

以上が位置づけられている。

京都議定書目標達成計画（2005年4月閣議決定）

「京都議定書の約束を達成するとともに、更に「脱温暖化社会」に向けて長期的・継続的な排出削減を進めるには、究極的には化石燃料への依存を減らすことが必要である。環境と経済の両立を図りつつ、これらの目標を達成するため、省エネルギー、未利用エネルギーの利用等の技術革新を加速し、効率的な機器や先進的なシステムの普及を図り、世界をリードする環境立国を目指す。」とされている。

### 3. 達成目標

#### 3-1. 総合エネルギー効率の向上

転換部門における「エネルギー転換効率向上」、産業部門における「製造プロセス向上」、民生・運輸部門における「省エネルギー」などにより、エネルギー消費効率を2030年度までに少なくとも30%改善することを目指す。

#### 3-2. 運輸部門の燃料多様化

バイオマス由来燃料、GTL、BTL、CTLなどの新燃料、電気自動車や燃料電池自動車などの導入により、現在ほぼ100%の運輸部門の石油依存度を2030年までに80%程度とすることを目指す。

#### 3-3. 新エネルギー等の開発・導入促進

太陽光、風力、バイオマスなどの新エネルギーの技術開発や燃料電池など革新的なエネルギー高度利用を促進することにより、新エネルギー等の自立的な普及を目指すことで、エネルギー源の多様化及び地球温暖化対策に貢献する。

#### 3-4. 原子力等利用の推進とその大前提となる安全の確保

2030年以降においても、発電電力量に占める比率を30～40%程度以上とすることを目指すため、高速増殖炉サイクルの早期実用化、既設軽水炉代替へ対応する次世代軽水炉の開発、軽水炉技術を前提とした核燃料サイクルの確立、放射性廃棄物対策などの技術開発を推進する。

#### 3-5. 化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用

石油・天然ガスの化石燃料の安定供給確保を目指し、資源獲得能力の強化に資する先端的な技術開発を推進するとともに、環境負荷低減のために化石燃料の効率的かつクリーンな利用を促進するための技術開発・導入を目指す。

発揮できることを確認する。

研究開発期間

2005年度～2009年度

#### 4 - . 化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用

##### 4 - - . 石油・天然ガス・石炭の探鉱・開発・生産技術

###### (1) 石油・天然ガス開発・利用促進型大型ノ特別研究(運営費交付金)

概要

石油及び可燃性天然ガス資源の開発に係る技術の振興を図る観点から、大水深、複雑な地層といった悪条件化が進む石油・天然ガスの探鉱・開発技術、利用拡大が見込まれる天然ガス田の開発促進に資する天然ガス有効利用技術等について、短期間で実用化が期待され、民間ニーズに直結した研究開発を提案公募により実施する。

技術目標及び達成時期

2012年度までに、我が国の石油・天然ガスの探鉱・開発技術力の向上、及び天然ガスの利用の促進に向けた天然ガスの有効利用技術の開発を行う。

研究開発期間

2001年度～2012年度

###### (2) 石炭生産技術開発(クリーン・コール・テクノロジーの研究開発の一部)

概要

石油代替エネルギーである石炭の安定供給を図るため、低品位炭の有効利用、石炭生産性の向上のための研究開発等を行う。

技術目標及び達成時期

2009年度までに、インドネシアにおいて低品位炭の有効利用を図ることを目標に、低品位炭の発熱量を高め、自然発火性を抑制する低品位炭改質技術を確立する。

研究開発期間

2001年度～2009年度

###### (3) 石油精製物質等簡易有害性評価手法開発(運営費交付金)

概要

石油の生産及び流通の合理化を図る観点から、石油製品等に含まれる化学物質によるリスクを把握し、必要な対策を適切に行うことを可能とするため、*in vitro*培養系技術等の活用により遺伝子組換え細胞等を用いた*in vitro*系簡易有害性予測手法、また、トキシコゲノミクスを活用した短期動物試験結果と相関する遺伝子発現データセットを開発する。

技術目標及び達成時期

2010年度までに、遺伝子導入技術、幹細胞分化誘導技術、生物発光技術等を適用した培養細胞を用いて、試験期間1ヶ月程度、発がん性、催奇形性及び免疫毒性を予測評価できる試験手法を開発し、また、遺伝子発現解析技術を短期動物試験に適用し、28日間反復投与試験結果と相関する遺伝子発現データセット

- ( 8 ) 高耐久性メンブレン型 L P ガス改質装置の開発 ( 運営費交付金 ) ( 4 - - 参照 )
- ( 9 ) 石油・天然ガス開発・利用促進型大型 / 特別研究 ( 運営費交付金 ) ( 4 - - 参照 )
- ( 1 0 ) 高効率ガスタービン実用化技術開発 ( 4 - - 参照 )

#### 4 - - . オイルサンド等非在来化石資源の利用技術

##### ( 1 ) メタンハイドレート開発促進委託費

###### 概要

日本周辺海域に相当量の賦存が見込まれ、国産のクリーンなエネルギー資源として有望なメタンハイドレートを利用可能とするため、資源量評価手法、生産手法及び環境影響評価手法等の確立のための技術開発を行う。

###### 技術目標及び達成時期

2 0 1 6 年度までに、商業的産出のための技術を整備することを目指し、日本周辺海域におけるメタンハイドレートの賦存状況と特性の明確化、有望賦存海域からのメタンハイドレート資源フィールドの選択及び現場産出試験等による生産手法の確立等を推進する。

###### 研究開発期間

2 0 0 1 年度 ~ 2 0 1 6 年度

##### ( 2 ) 革新的次世代石油精製等技術開発 ( 4 - - 参照 )

#### 4 - - . 石炭クリーン利用技術

##### ( 1 ) 革新的ゼロエミッション石炭火力発電プロジェクト

###### 概要

石炭の高効率な利用を図るために、

- ・ 酸素吹きによる石炭ガス化発電 ( I G F C ) の開発実証
- ・ 化学吸収法による C O 2 の分離・回収技術の実証
- ・ C O 2 を輸送するための船舶の設計
- ・ C O 2 を貯留するための発生源近傍における貯留ポテンシャルやコストの評価
- ・ 石炭ガス化から CCS まで一貫したトータルシステムの設計等を行う。

###### 技術目標及び達成時期

石炭ガス化については、2 0 0 9 年度までに、パイロットプラントにおいて、高圧の石炭ガスから C O 2 の分離・回収技術の確立及びガス化炉の信頼性向上へ向けて、3 炭種以上の適応炭種拡大試験を実施する。また、C C S については、2 0 1 6 年度頃から C O 2 地中貯留の実証試験に着手する。

###### 研究開発期間

2 0 0 7 年度 ~ 2 0 1 2 年度

##### ( 2 ) 国際革新的ゼロエミッション石炭火力発電プロジェクト補助金

###### 概要



石炭火力発電から排出されるCO<sub>2</sub>の削減技術について諸外国との実証普及事業等を実施し、当該技術の普及基盤を整備することにより、エネルギー供給に対する環境上の制約を取り除き、もって我が国エネルギー需給構造の安定化を図る。

技術目標及び達成時期

石炭ガス化技術等実証普及事業では、ゼロエミッション型石炭火力発電の実証プロジェクト(Future Genプロジェクト)への参画を通じた石炭ガス化・発電技術、CO<sub>2</sub>分離回収技術、CO<sub>2</sub>輸送貯留技術等に関する情報収集や関連する技術調査の実施等により、我が国におけるゼロエミッション型石炭火力発電の実用化開発に資する技術・知見を得る。また、将来のCO<sub>2</sub>の地中貯留に際しては、国民の正しい理解が不可欠であり、これを念頭においたゼロエミッション型石炭火力発電に係る普及啓蒙活動を積極的に実施する。

酸素燃焼国際共同実証事業では、既存の微粉炭火力発電の改造による酸素燃焼方式のゼロエミッション型石炭火力発電プラントの実用化を目標とするものであり、既存のプラントの改造により対応可能であること、酸素燃焼を行うことにより、燃焼ガスからCO<sub>2</sub>を分離する装置が不要であることから、比較的低コストで極めて大きなCO<sub>2</sub>削減効果が期待できる。

研究開発期間

2007年度～2016年度

### (3) 先進超々臨界圧火力発電実用化要素技術開発費補助金

概要

従来の超々臨界圧火力発電(USC)は、蒸気温度の最高温度は630程度が限界で、送電端熱効率も42～43%が原理的限界といわれてきた。しかしながら、近年の材料技術の進歩により、700以上の蒸気温度を達成できる可能性が見えてきたことから、これらの材料を活用した先進超々臨界圧火力発電技術(A-USC)の開発を行うものである。A-USCは、蒸気温度700級で46%、750級で48%の高い送電端熱効率の達成が可能な技術であり、2020年以降増大する経年石炭火力発電のリプレイス需要に対応するため、早急に技術開発を進める必要がある。そのため、ボイラーメーカー、タービンメーカー及び材料メーカーが共同でA-USCの技術開発に取り組む。

技術目標及び達成時期

平成22年度までにシステム基本設計を完了し、シミュレーションにより送電端熱効率46%～48%の達成が可能なことを確認する。平成24年度までにボイラー、タービン部材等が700以上の蒸気温度に耐えられるかどうかを試作、評価し、経済性を含めたシステム成立性への見通しを得る。平成27年～平成28年度に実缶試験、回転試験を実施し、蒸気温度700以上の条件下でボイラー、タービンの信頼性を確認する。また、ボイラー、タービン部材について3万～7万時間の長期信頼性試験を実施し材料特性を検証する。

研究開発期間

2008年度～2016年度

### (4) 石炭利用技術開発(一部、運営費交付金)(クリーン・コール・テクノロジーの

## 研究開発の一部)

### 概要

環境適合的な石炭利用の拡大を図るため、石炭ガス化、無灰化技術による転換効率向上に資する技術や石炭からの水素製造技術等、クリーン・コール・テクノロジーの開発を行う。

### 技術目標及び達成時期

2008年度までに、

- ・ 石炭から合成ガスや軽質オイルを併産する高効率な石炭部分水素化プロセス技術を20t/日のパイロットプラント規模で確立する(石炭部分水素化熱分解技術の開発)

2009年度までに、

- ・ 化学原料等に利用可能な合成用ガスを石炭乾留ガスから無触媒で製造する技術をパイロットプラントで確立する(無触媒石炭乾留ガス改質技術開発)

2011年度までに、

- ・ 石炭利用プロセスにおいて、環境分析技術の高精度化、環境影響成分の挙動解析のためのモデルの構築等により、環境への影響低減手法を開発する(戦略的石炭ガス化・燃焼技術開発)

### 研究開発期間

1995年度～2008年度(2008年度見直し)

- ・ 戦略的石炭ガス化・燃焼技術開発 2007年度～2011年度
- ・ 無触媒石炭乾留ガス改質技術開発 2006年度～2009年度
- ・ 石炭部分水素化熱分解技術 2003年度～2008年度

## (5) 噴流床石炭ガス化発電プラント開発費補助金

### 概要

供給安定性に優れた石炭の高効率かつ低環境負荷での利用を図るため、石炭をガス化して燃料とし、コンバインドサイクル(ガスタービンと蒸気タービンの組合せ)を駆動する高効率発電技術(石炭ガス化複合発電技術(IGCC: Integrated coal Gasification Combined Cycle)の実証試験を行う。

### 技術目標及び達成時期

2009年度までに、25万kWの実証機を用いた実証試験により、熱効率40.5%(送電端、高位発熱量ベース)を目指す。この目標は50万kWの商用機における熱効率46～48%に相当する。本技術は実証試験終了後の2010年度より商用化が可能である。

### 研究開発期間

1999年度～2009年度

## (6) 環境調和型製鉄プロセス技術開発(運営費交付金)(4 - - 参照)

## 4 - - . その他共通

## (1) イノベーション実用化補助事業(運営費交付金)(4 - - 参照)



## 5．政策目標の実現に向けた環境整備（成果の実用化、導入普及に向けた取組）

### 5 - ．総合エネルギー効率の向上

- 事業者単位の規制体系の導入
- 住宅・建築物に係る省エネルギー対策の強化
- セクター別ベンチマークアプローチの導入と初期需要創出（高効率機器の導入補助等）
- トップランナー基準の対象機器の拡充等
- アジアにおける省エネルギー対策の推進を通じた我が国の国際競争力の向上
- 国民の省エネルギー意識の高まりに向けた取組

### 5 - ．運輸部門の燃料多様化

- 公共的車両への積極的導入
- 燃費基準の策定・改定
- アジアにおける新エネルギー協力
- 国際標準化による国際競争力向上

### 5 - ．新エネルギー等の開発・導入促進

- 事業者支援補助金等による初期需要創出
- 新エネルギーベンチャービジネスに対する支援の拡大
- 新エネルギー産業構造の形成
- 電気事業制度・ガス事業制度の在り方の検討

### 5 - ．原子力利用の推進とその大前提となる安全の確保

- 電力自由化環境下での原子力発電の新・増設の実現
- 資源確保戦略の展開
- 次世代を支える人材育成
- 中小型炉の海外市場への展開、我が国原子力産業の国際展開支援
- 原子力発電拡大と核不拡散の両立に向けた国際的枠組み作りへの積極的関与
- 国と地域の信頼強化

### 5 - ．化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用

- 資源国等との総合的な関係強化（研究開発の推進・協力、人材育成・技術移転、経済関係強化など）
- 化石燃料のクリーンな利用の開拓

## 6．研究開発の実施に当たっての留意事項

事業の全部又は一部について独立行政法人の運営費交付金による実施されるもの（事業名に（運営費交付金）と記載したもの）は、中期目標、中期計画等に基づき、運営費交付金の総額の範囲内で当該独立行政法人の裁量によって実施されるものである。

また、事業名に（採択テーマ）と記載された事業は、提案公募事業により採択されたテーマを記載したものであり、その採択や評価等は、提案公募事業の実施機関の責任の下、実施されるものである。

(エネルギーイノベーションプログラム)  
「無触媒石炭乾留ガス改質技術開発」基本計画

環境技術開発部

1. 研究開発の目的・目標・内容

(1) 研究開発の目的

我が国の鉄鋼業では鉄を得るために、高炉による鉄鉱石の還元法が広く採用されており、その過程で還元剤として使用するコークスを製造するために、コークス炉が使われている。コークス炉ではコークスが製造されるとともに、石炭乾留ガス（タール分も含まれる）が副生されるが、環境問題を考慮すると石炭乾留ガスを如何に効率的に利用するかが重要な課題となる。

この石炭乾留ガスはコークス炉から高温で排出されるが、これまでは石炭乾留ガス中に含まれるタール分の析出やコーキングを避けるために、水により急冷してタール分を除去、回収している。このため、高温の石炭乾留ガスの持つ顕熱エネルギーは有効利用されていなかった。

本研究開発では、コークス炉から発生するタール分を含む高温の石炭乾留ガスを、その顕熱を有効利用して改質し、メタノールやDME（ジメチルエーテル）などの液体クリーン燃料に工業的に転換できる合成用ガスを製造することにより、環境負荷低減およびエネルギーの有効利用を図ることを目的とする。

(2) 研究開発の目標

有効に利用できる合成ガス成分（水素と一酸化炭素）に注目し、改質前のガス中の水素と一酸化炭素量に対して、改質したガス中の水素と一酸化炭素量が2倍以上かつ、その条件下において冷ガス効率78%以上を達成できる無触媒改質技術を開発する。これは、この改質ガスを液体クリーン燃料等に転換する際の経済性及び改質反応シミュレーションによる検討結果等を考慮して設定した。

(3) 研究開発の内容

本研究開発では、これらの目標を達成するために下記に示す研究開発を行う。

① 実用化試験Ⅰ（実ガス試験）

コークス炉1門分のガス量の1/10容量程度（数10 m<sup>3</sup>N/h）の実ガスを用いる試験装置を設置し、反応炉形式および運転条件を確立する。特に、反応炉形状、ガスの導入量、温度および滞留時間と転換率などとの関係を明らかにし、反応炉の設計に資するデータを取得する。実ガス試験と並行して、コンピュータ・シミュレーションによる反応炉内の流動解析を行い、試験結果と合わせて検討し、実証試験装置の設計に資する。また、既存のコークス炉は新規装置の設置スペースに限りがあることから、設置可能な改質炉の形状、サイズについても検討する。さらに、量・組成が経時的に変動する石炭乾留ガスを安定して改質するためのシステムの検討を行う。

② 実用化試験Ⅱ（システム検討試験）

実用化試験Ⅰの結果を踏まえて、実証試験装置の設計データの取得を目的に、コークス炉最小単位の実ガスを用いたシステム検討試験を実施する。実用化試験Ⅰと同程度の有効ガス増幅比を達成するための反応器の形状、改質ガスの混合方法、システムの制御方法などの検討を実施する。

③ 事業性評価（FS）

省エネルギー効果、CO<sub>2</sub>削減効果についての詳細検討を実施する。また、経済性評価ならびに本技術の導入可能性調査を実施する。

④ 実用化試験結果のまとめと実証機計画策定

試験結果をとりまとめた後、実証機計画の策定を行う。

2. 研究開発の実施方式

(1) 研究開発の実施体制

公募により委託先を選定後に研究開発体制を構築し、共同研究（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技術開発機構」とする。）負担分2/3）により実施する。本研究開発を遂行するには、コークス炉を保有し商業的にコークスを現に製造しており高温コークス炉ガスを発生しているコークス製造企業と、改質炉などの一般的な高温炉の設計能力を有し、さらにエンジニアリングデータを取得して本技術の設計法を確立でき、将来、商業装置を設計、建設することが可能な企業、さらに小型装置での基礎試験を実施し基礎技術を有する研究機関などの共同体により総合的な開発が可能な実施体制を想定する。

(2) 研究開発の運営管理

研究開発全体の管理・執行に責任を有するNEDO技術開発機構は、経済産業省と密接な関係を維持しつつ、本研究開発の目的及び目標に照らして適切な運営管理を実施する。具体的には、必要に応じて、NEDO技術開発機構に設置する委員会及び技術検討会等、外部有識者の意見を運営管理に反映させる他、四半期に一回程度プロジェクトの進捗について報告を受けること等を行う。

3. 研究開発の実施期間

本研究開発の実施期間は、下記の通りとする。

平成18年度から平成21年度の4年間

4. 評価に関する事項

NEDO技術開発機構は、技術的及び政策的観点から、研究開発の意義、目的達成度、成果の技術的意義ならびに将来の産業への波及効果等について、外部有識者による研究開発の事後評価を平成22年度に実施する。なお、評価時期については、上記に定めるほか、研究開発に係る技術動向、政策動向等に応じ、NEDO技術開発機構が必要と認めるときには、適時技術評価を実施するものとする。

## 5. その他の重要事項

### (1) 研究開発成果の取扱い

#### ① 成果の普及

得られた研究開発成果については、NEDO技術開発機構、実施者とも普及に努めるものとする。

#### ② 標準化等との連携

得られた研究開発の成果については、知的基盤整備または標準化等との連携を図るため、データベースへのデータの提供、標準情報(TR)制度への提案等を積極的に行う。

#### ③ 知的財産権の帰属

委託研究開発の成果に関わる知的財産権については、「独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構新エネルギー・産業技術業務方法書」第25条の規定等に基づき、原則として、すべて受託先に帰属させることとする。

### (2) 基本計画の変更

NEDO技術開発機構は、研究開発内容の妥当性を確保するため、社会・経済的状況、内外の研究開発動向、産業技術政策動向、第三者の視点から評価結果、研究開発費の確保状況、当該研究開発の進捗状況等を総合的に勘案し、達成目標や研究開発体制等、基本計画の見直しを弾力的に行うものとする。

### (3) 根拠法

本プロジェクトは、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第十五条第1項第一号ロに基づき実施する。

## 6. 基本計画の改訂履歴

(1) 平成18年3月、基本計画制定。

(2) 平成20年5月、目標値として冷ガス効率を追加

(3) 平成20年7月、イノベーションプログラム基本計画の制定により、「(1) 研究開発の目的」の記載を改訂。

## 技術戦略マップ2009 (抜粋)

# エネルギー分野

資源に乏しいわが国が、将来にわたり持続的発展を達成するためには、革新的なエネルギー技術の開発、導入・普及によって、各国に先んじて次世代型のエネルギー利用社会の構築に取り組んでいくことが不可欠である。他方、エネルギー技術開発は、長期間を要するとともに大規模投資を伴う一方で将来の不確実性が大きいことから、民間企業が持続的な取組を行うことは必ずしも容易ではない。このため、政府が長期を見据えた将来の技術進展の方向性を示し、官民双方がこの方向性を共有することで、将来の不確実性に対する懸念が緩和され、官民において長期にわたり軸のぶれない取組の実施が可能となる。

また、「新・国家エネルギー戦略」や「エネルギー基本計画」においても、エネルギー技術戦略策定の必要性が明記されており「新・国家エネルギー戦略」が想定する2030年という長期の時間設定の中、超長期エネルギー技術ビジョン（2005年10月策定）を参考にしつつ、2006年11月策定のエネルギー技術戦略マップ2006をベースにし、技術戦略マップ2007（エネルギー分野）を作成した。技術戦略マップ2008は2007年5月の総理イニシアティブ「クールアース50」を受けて策定された「Cool Earth-エネルギー革新技術計画」（2008年3月策定）をもとに、足下の2030年頃までの見通しに変更があったものについて修正を行ったものである。

技術戦略マップ2009の策定に当たっては主に下記の3項目の内容について見直しを実施し、改訂を行った。

- ・省エネルギー技術戦略との整合【参考資料：省エネルギー技術戦略2009】
- ・既存ロードマップに最新技術を反映
- ・個別技術の統廃合（235技術→178技術（新2技術））

## エネルギー分野の技術戦略マップ

### I. 検討の手順

技術戦略マップは、政策目標を実現するために必要な技術を要素技術を含めて抽出した技術マップ、技術開発の進展を時間軸に沿って示した技術ロードマップ、及び技術開発とそれ以外の関連施策を併せて示した導入シナリオから構成されている。

本技術戦略マップの作成にあたっては、2006年に策定した「新・国家エネルギー戦略」における政策の柱を踏まえ、①総合エネルギー効率の向上、②運輸部門の燃料多様化、③新エネルギーの開発・導入促進、④原子力の利用、そして、⑤化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーン利用、の5つの政策目標を設定した上で、これらに寄与する主なエネルギー分野の技術を抽出した。

①総合エネルギー効率の向上

②運輸部門の燃料多様化

③新エネルギーの開発・導入促進

④原子力利用の推進と  
その大前提となる安全の確保

⑤化石燃料の安定供給確保と  
有効かつクリーンな利用

次に、抽出した技術を時間軸展開することによりロードマップの作成を行い、技術開発及びその成果が導入されるにあたって必要となる関連施策を整理した導入シナリオの作成を行った。

### II. 技術の特徴付けについて

エネルギー技術分野全体を俯瞰するため、有識者にアンケート調査を行い、5つの政策目標に対する寄与について定性的な評価を行った。

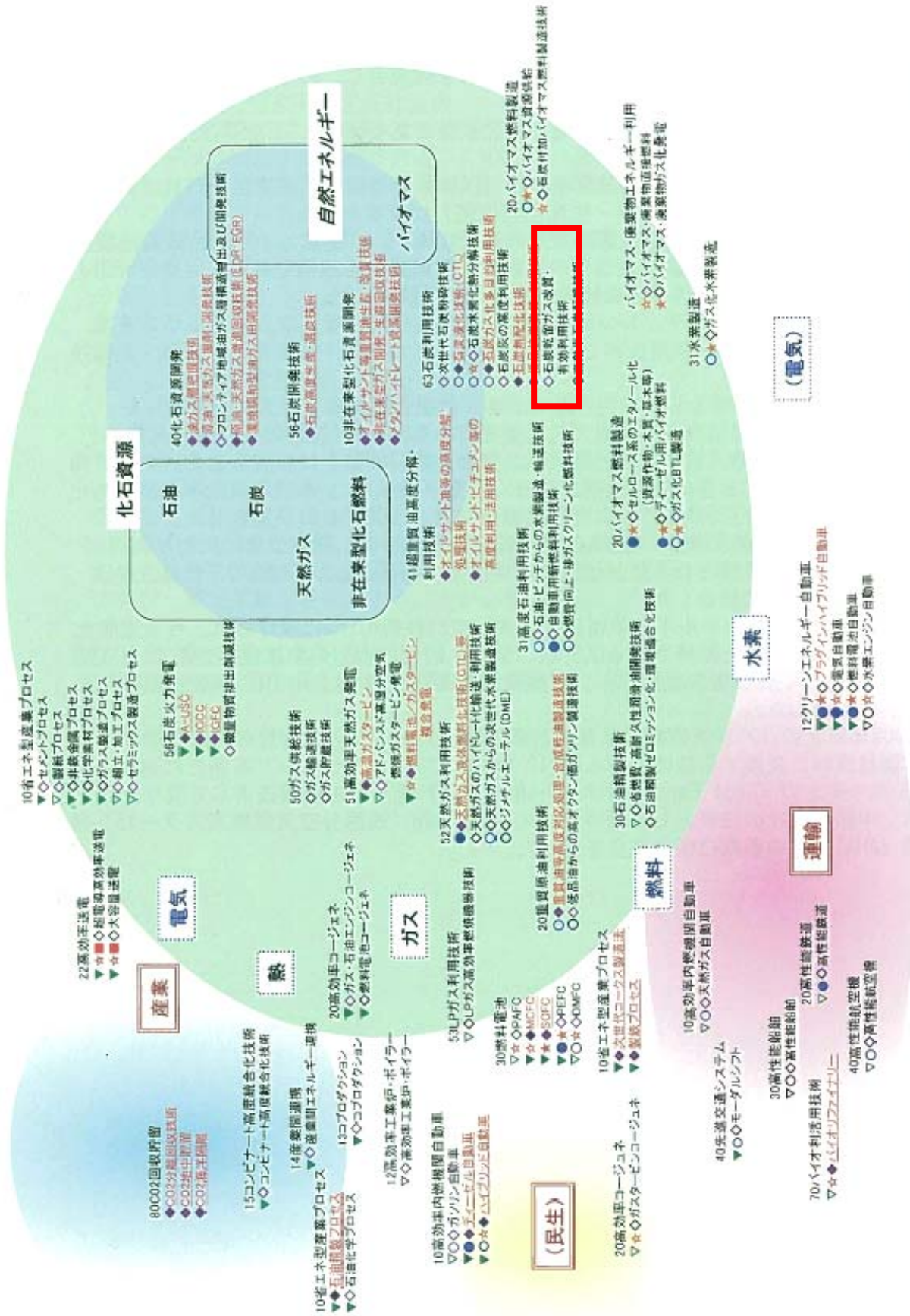
評価項目	内容
政策目標に関する指標	
①総合エネルギー効率の向上	転換部門における「エネルギー転換効率向上」、産業部門における「製造プロセス効率向上」、民生・運輸部門における「省エネルギー」など、GDPあたりの最終エネルギー消費指数を向上することに寄与する技術
②運輸部門の燃料多様化	バイオマス由来燃料、GTL (Gas to Liquid)、BTL (Biomass to Liquid)、CTL (Coal to Liquid) などの新燃料、EV (電気自動車) やFCV (燃料電池自動車) など、運輸部門の石油依存度を低減することに寄与する技術
③新エネルギーの開発・導入促進	太陽、風力、バイオマス等を起源とするエネルギーに関連する技術の開発・導入促進に寄与する技術。また、再生可能エネルギーの普及に資する新規技術、エネルギー効率の飛躍的向上に資する技術、エネルギー源の多様化に資する新規技術など「革新的なエネルギー高度利用技術」も含む。
④原子力利用の推進とその大前提となる安全の確保	2030年以降においても、発電電力量に占める原子力発電の比率を30～40%程度以上とすることに寄与する技術。負荷平準化等、原子力利用の推進に資する技術や安全確保に資する技術も含む。
⑤化石燃料の安定供給とクリーン・有効利用	化石資源の開発・有効利用技術、CCT (クリーン・コール・テクノロジー) などのクリーン利用や、資源確保に資する技術

### III. エネルギー技術全体の俯瞰図について

評価結果を基に、5つの政策目標に対する寄与を示したエネルギー技術全体を俯瞰するマップを作成した。







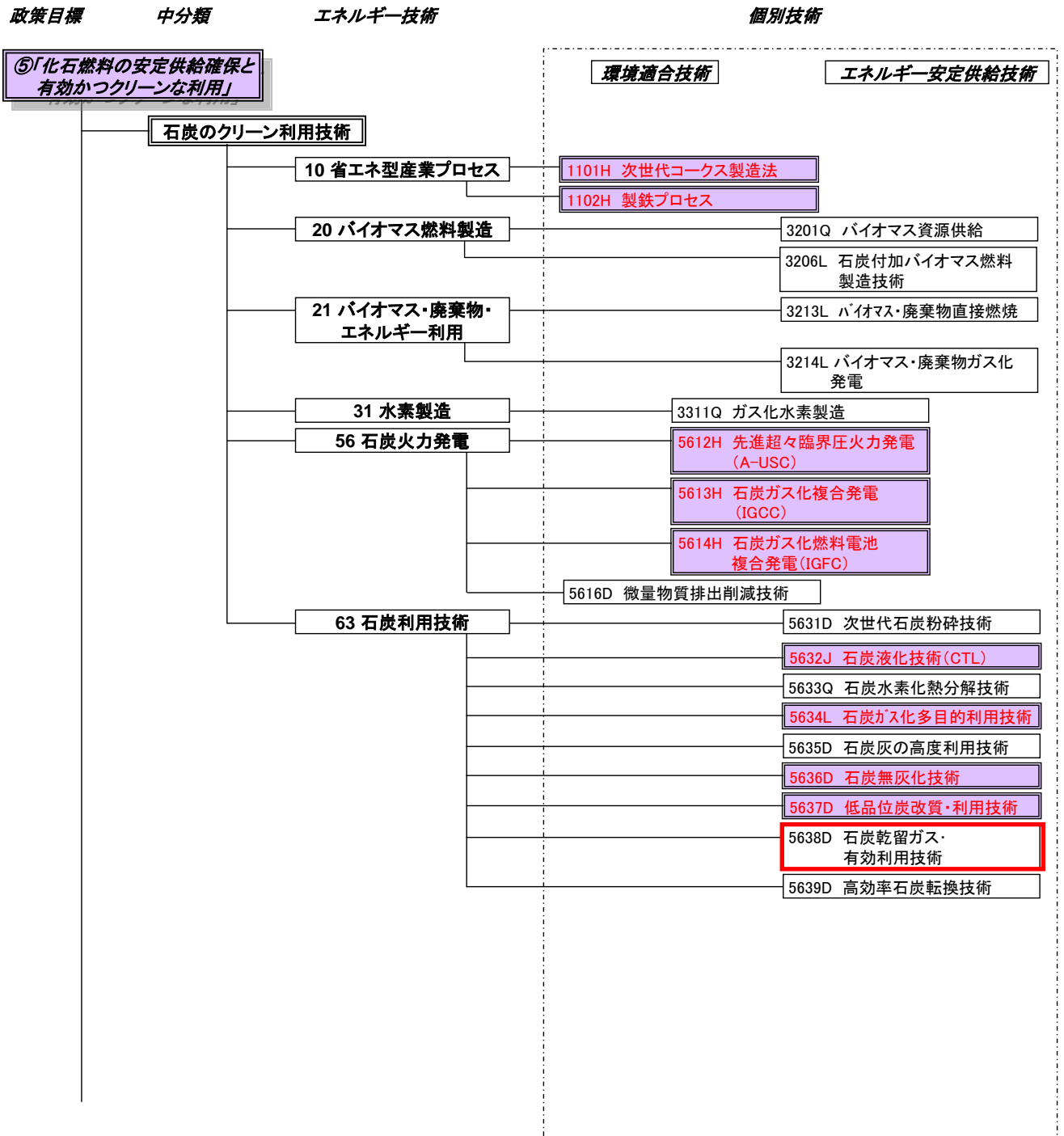
● 技術名の前に記した色抜きの記号(▽○★◇)は、その技術が寄与する政策目標を示す(▽:総合エネルギー効果の向上、○:運輸部門の燃料多様化、★:エネルギーの削減・導入促進、◇:原子力利用の促進とその大前提となる安全の確保、◆:化石燃料の安定供給とクリーン・有効利用)。  
 ● 「化石燃料の安定供給とクリーン・有効利用」への寄与が大きいと思われる技術名を、色抜きの記号(◆)、重字・下線付で記載した。

## ⑤「化石燃料の安定供給とクリーン・有効利用」に寄与する技術の技術マップ(整理図)



# ⑤「化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用」 に寄与する技術の技術マップ(技術リスト)(3/4)

※それぞれの政策目標への寄与が大きいと思われる個別技術を **赤字** で示す。

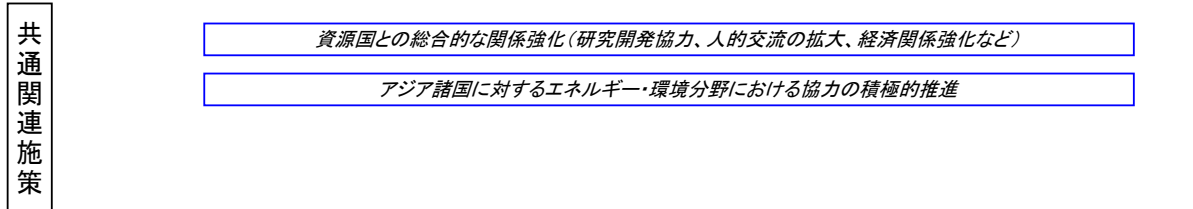
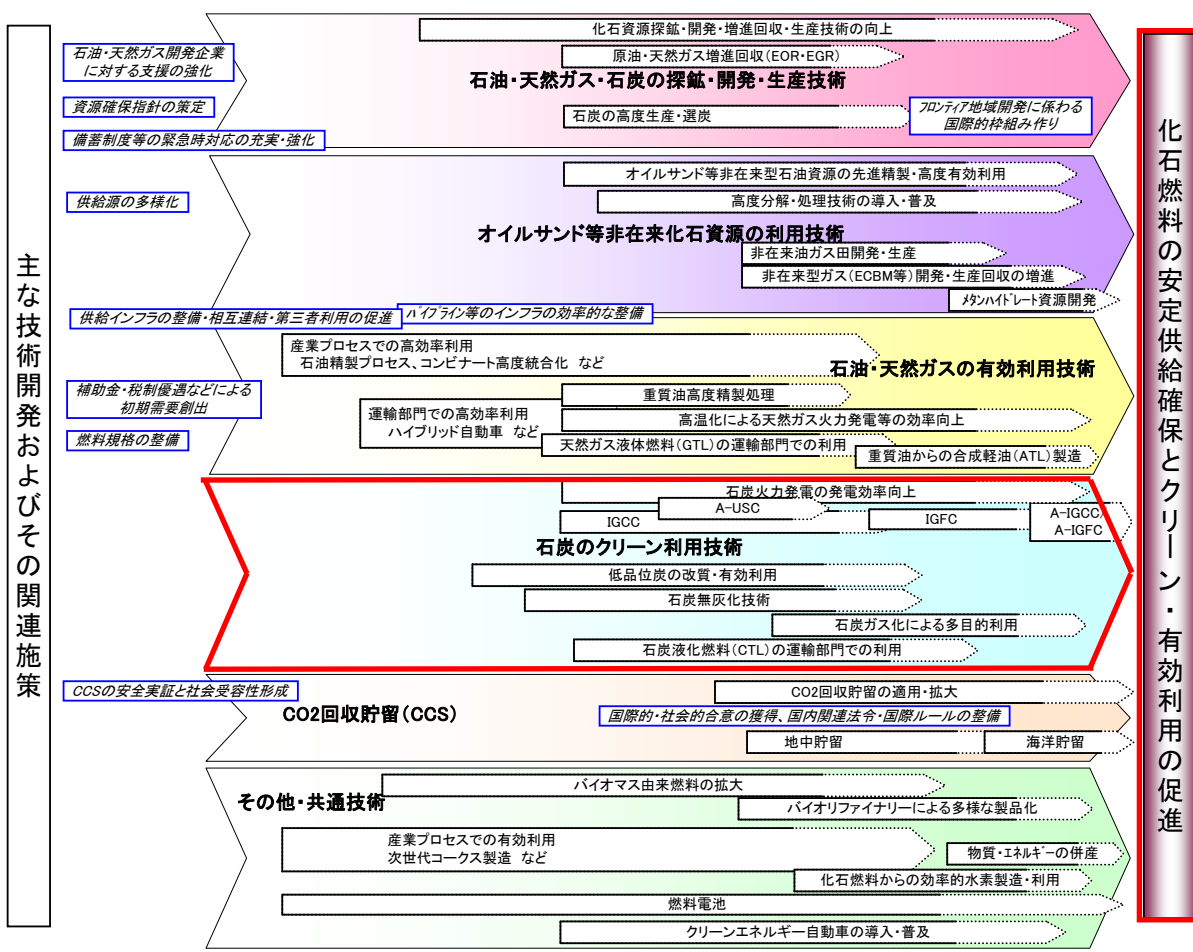
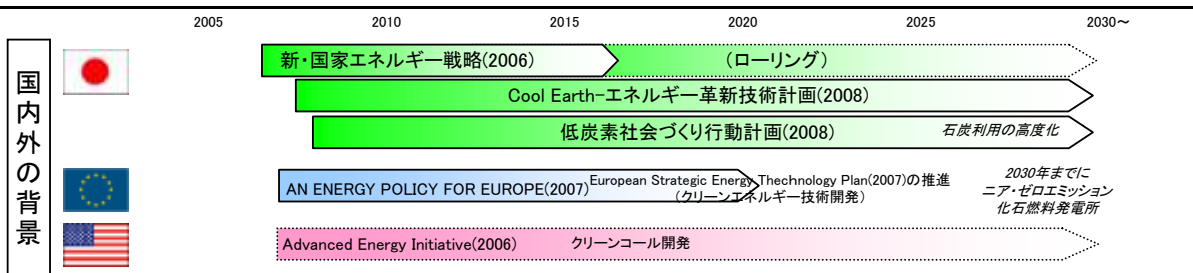


# ⑤「化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用」 に寄与する技術の技術ロードマップ(9/13)

No.	エネルギー技術 個別技術	2010	2015	2020	2025	2030～
5638D	63.石炭利用技術 石炭乾留ガス改質・ 有効利用技術	<p>無触媒改質実証試験 無触媒改質パイロット試験</p> <p>無触媒改質実ガス試験 無触媒システム確認試験 無触媒COG合成ガス製造技術 水素製造技術 低圧メタネーション技術 MTB(Methane To Benzene)技術</p>				
5639D	63.石炭利用技術 高効率石炭転換技術	<p>予備調査 基礎試験</p> <p>ラジカル連鎖反応技術 低温作動・電子励起作動触媒</p>	ベンチ試験	パイロット試験	<p>プラズマ石炭ガス化技術</p>	
1105H	10.省エネ型産業プロセス セメントプロセス	<p>廃棄物原料化技術 省電力ミル 高効率乾燥炉 改質硫黄固化体技術</p>	<p>低温焼成技術</p> <p>焼成不要省エネ型セメント 廃棄物ガス化によるコプロダクション CO2回収技術</p>			<p>石炭代替焼成技術 ・水素焼成技術 ・プラズマ焼成技術</p>
1106H	10.省エネ型産業プロセス 製紙プロセス	<p>黒液回収ボイラーの高効率化 パルプ化工程の省エネ 苛性化工程の効率化 抄紙方法効率化</p>	分離膜装置による水処理	<p>120°C超ヒートポンプ利用 植物遺伝子組み換え技術 黒液・バイオマスガス化技術</p>	バイオマスIGCC	<p>バイオマスIGFC バイオマス利用によるコプロダクション</p>
1107H	10.省エネ型産業プロセス 非鉄金属プロセス	加工技術	<p>高効率精錬 歩留まり向上技術 低コスト化 スケールアップ技術</p>	<p>金属リサイクル技術 チタン合金創製プロセス</p>	断熱型鑄造システム	<p>材料・複合化材料技術(水素貯蔵材料など) 熱電発電材料製造技術 高純度金属材料製造技術</p>
1108H	10.省エネ型産業プロセス 化学素材プロセス	<p>プロセス最適化技術(低温・低圧・高選択化、プロセス数削減、マイクロ波利用)</p> <p>触媒技術 ガス分離技術 エネルギー回収 マテリアル再利用</p>	分離膜装置による水処理	<p>バイオ技術 バイオリファイナリー</p>	製鉄とのコプロダクション	<p>化学産業のエネルギー 使用量を2005年レベル の2/3に削減を目指す</p> <p>分子状酸素の利用 SC3の高度利用</p>
1109H	10.省エネ型産業プロセス ガラス製造プロセス	<p>小規模での実用化 中規模での実用化 大規模での実用化</p> <p>ガラス成形・除冷工程、ガラス強化に関する省エネ技術 プラズマ等利用インフライトメルティング(気中溶解)技術 高効率カレット加熱技術 高均質加熱・選択的迅速加熱技術</p>				

# ⑤「化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用」 に向けた導入シナリオ

石油・天然ガス等の化石燃料の安定供給確保を目指し、資源獲得能力の強化に資する先端的な技術開発の推進するとともに、環境負荷低減のために化石燃料の効率的かつクリーンな利用を促進するための技術開発・導入を目指す。



**NEDO POST 2 18年度新規研究開発プロジェクト(案) 概要**

**研究テーマ名: 無触媒石炭乾留ガス改質技術開発**

**研究目的**

**背景、目的、必要性**(政策的位置付け、市場ニーズ、技術ニーズ)

①背景・目的: 化石燃料資源の有効活用が求められており、コークス製造過程の副産物として生成される石炭乾留ガスについても、より一層、高度な利用が必要とされている。本プロジェクトでは石炭乾留時の副生ガスが有する顕熱エネルギーを有効に利用し、副生ガスに含まれるタール分を無触媒で分解してクリーンな合成ガスを得る技術の開発を目的としている。

②市場ニーズ: 合成ガスはクリーンな液体燃料や化学品の原料となる有用物であり、これを石炭から経済的に製造する技術が求められており、本技術開発の意義は大きい。

③技術ニーズ: 石炭乾留ガスを有効活用するための無触媒改質技術の開発は、顕熱の有効利用の観点からも重要である。

**研究内容**

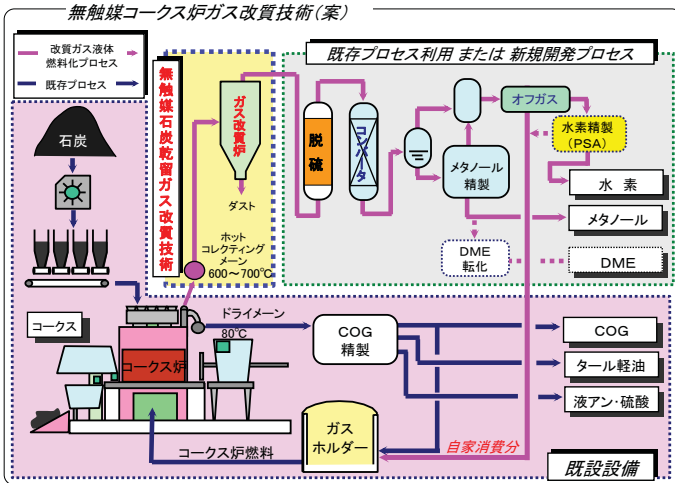
**〇研究開発課題**(目的達成のための技術課題)

- ①顕熱を利用した無触媒石炭乾留ガス改質の最適条件の探索
- ②既設コークス炉への設置可能なガス改質器の検討
- ③ガス成分の経時変化が大きく、間欠運転が必要となるシステムの検討および安定運転のための制御方法の検討

**〇キーテクノロジー、ブレークスルーのポイント、オリジナリティ**  
(課題を解決するためのポイントおよびその現状)

- ①高温石炭乾留ガスに、酸素・水素・水蒸気を反応炉に導入し、タールが分解し、水素および一酸化炭素となることは小型装置(1 m<sup>3</sup>/h程度)による試験にて確認済み。
- ②既設コークス炉の狭いスペースに設置可能なガス改質器形状およびガス成分の経時変化が大きくかつ間欠運転に向けたシステム及び安全運転のための制御方法の確立がポイント。

**その他関連図表**



**〇目標値(技術水準)とその条件および設定理由(根拠)**

- ①目標値: 実用化の観点から改質ガスのH<sub>2</sub>・CO量を2倍以上に増量
- ②設定根拠: 小型装置(1 m<sup>3</sup>/h程度)の試験結果から決定

**プロジェクトの位置づけ**

未利用の石炭乾留ガスが持つ顕熱を有効利用する省エネルギー技術であるばかりでなく、合成ガス(H<sub>2</sub>・CO)からの液体燃料製造を目的としており、我が国での事業化のみではなく、将来の海外へのClean Coal Technology(CCT)モデル実証にも繋がる技術開発である。クリーン・サイクル(C3)研究会(資源エネルギー庁石炭課)の報告書にある「石炭ガス化を核とする多様なCCTモデル実証の展開」の中の合成ガス(H<sub>2</sub>・CO)からのメタノールやDME等の合成を目的とした技術に相当し、国の政策とも一致した技術開発である。

**プロジェクトの規模**

**〇事業費と研究開発期間(目安として)**

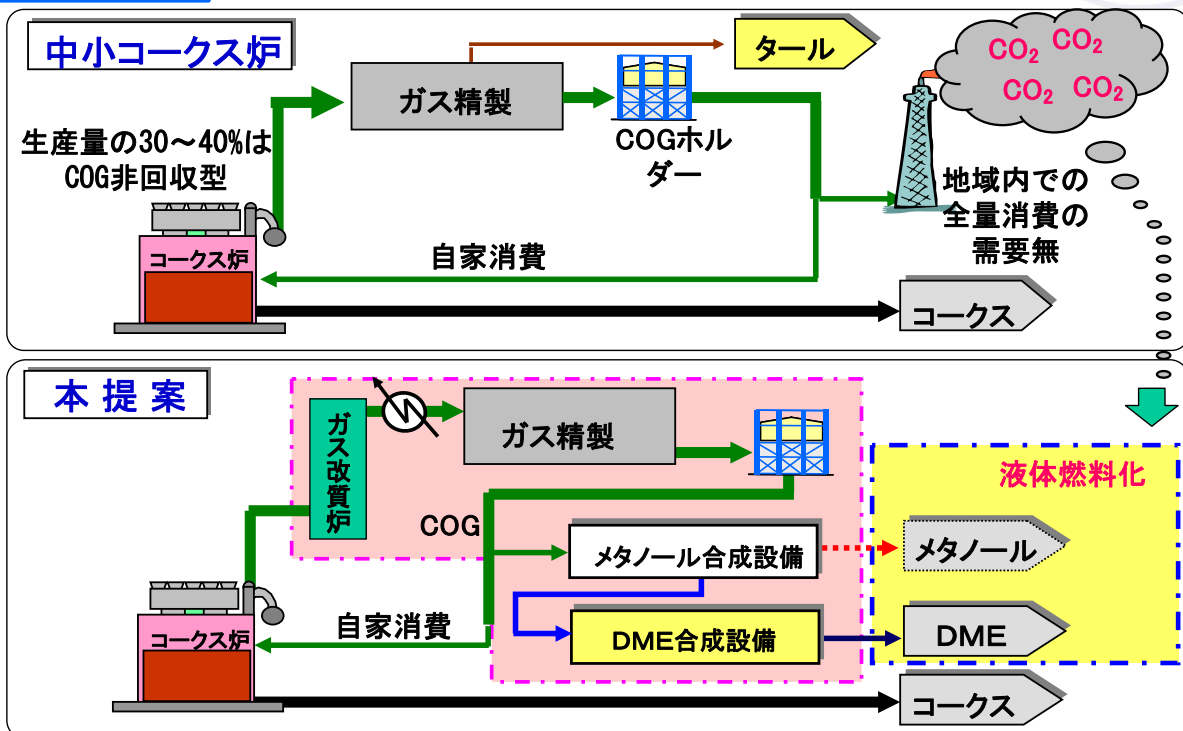
- ①事業費総額 7.9億円, 研究開発期間 4年

2005年9月 現在

**NEDO POST 2 18年度新規研究開発プロジェクト(案) 概要**

**研究テーマ名: 無触媒石炭乾留ガス改質技術開発**

**その他関連図表**



2005年9月 現在

## 事前評価書

	作成日	平成17年11月1日
1. 事業名称 (コード番号)	無触媒石炭乾留ガス改質技術開発	
2. 推進部署名	環境技術開発部	
3. 事業概要	<p>(1) 事業内容</p> <p>近年、中国の鉄鋼需要の急激な伸びと、コークスの世界的な不足と原料炭高騰による価格上昇が顕在化しつつある。このような中、日本でもコークス炉の新設や増設、さらに、老朽化炉の改修による延命化が図られるようになり、コークス製造に関連した様々な技術革新が求められている。従来技術では、コークス炉から発生する高温の石炭乾留ガス（高温コークス炉ガス）にはタール分が含まれるので、その析出やコーキングを避けるために、水により急冷してタール分を除去、回収している。このため、高温コークス炉ガスの持つ顕熱エネルギーは有効利用されていなかった。</p> <p>本事業では、高温コークス炉ガスについて、その顕熱を利用してタール分を無触媒で熱分解してガス改質し、メタノールやジメチルエーテル（DME）などの液体燃料に工業的に転換できる合成用ガスを製造することを目的とする。改質前のガスはタール、水素、メタンを主成分としており、改質により、一酸化炭素と水素が主成分のガスとなる。乾留時に持つ顕熱エネルギーを含め石炭資源が持つ様々な側面を高度利用化し、石炭の原料としての価値を十分に生かし切る技術を目指す。</p> <p>本事業における研究開発では、下記の技術課題を克服し、実用化に耐える技術を確立することが求められる。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・高温石炭乾留ガスがもつ顕熱を利用して無触媒で石炭乾留ガス改質をする最適条件の探索</li> <li>・既設コークス炉への設置可能なガス改質器の検討</li> <li>・ガス成分の経時変化が大きくかつ間欠運転に向けたシステム検討及び安全運転のための制御方法の検討</li> </ul> <p>また、性能としての最終目標値は、有効に利用できる合成ガスに注目し以下のとおりとする。</p> <p>改質前のガス中の水素／一酸化炭素量に対して、改質したガス中の水素／一酸化炭素量が2倍以上</p> <p>(2) 事業規模：総事業費（民間負担を含む） 7.9億円</p> <p>(3) 事業期間：平成18年度～21年度</p>	

#### 4. 評価の検討状況

##### (1) 事業の位置け・必要性

平成16年6月に「クリーン・コール・サイクル(C3)研究会(資源エネルギー庁石炭課)」がまとめた中間報告では、「2030年のゼロエミッション実現を目指す技術開発過程において鍵となる石炭ガス化を核として、石炭とバイオマス・廃プラスチック等とのハイブリッドガス化や、電力と化学原料等とのコプロダクション、水素製造など、多様なクリーン・コール・テクノロジー(CCT)モデル実証の展開を図る(石炭ガス化を核とする多様なCCTモデル実証の展開)」としている。本技術開発は、石炭起源の合成ガス(水素、一酸化炭素)からのメタノールやDME等合成を目的とした原料ガスを作る技術であり、国の政策にも十分適合する技術開発である。

また、本技術開発は、未利用の石炭乾留ガスが持つ顕熱を有効利用する省エネルギー技術であるばかりでなく、合成ガスからの液体燃料製造を目的としており、我が国における事業化のみではなく、将来の海外へのCCTモデル実証にも繋がる技術開発である。

##### (2) 研究開発目標の妥当性

タールを改質し合成ガスに転換して有効に利用する本事業では、既存のコークス炉ガス中の有用成分に対して、本技術で有用成分をどれだけ増加できるかが評価のポイントとなる。

高温コークス炉ガス中のタール等が分解されることで、約3倍程度の水素および一酸化炭素となることが理論的に期待される。また、別途行われた基礎実験においては2～3倍となることが明らかになっている。本事業では、商業規模の改質炉を設計するためのデータを取得する上から、実際のコークス炉に試験装置を設置して実用化試験を実施する。したがって、小型装置に比べ炉内部の混合が理想的にはならないことから、この合成ガスの増加倍率も低下する。そこで、十分に経済性を有する倍率として2倍を目標として設定した。

##### (3) 研究開発マネジメント

本技術は小型装置での研究は行われており、その知見は十分に活用する必要がある。また、本事業を遂行するには、コークス炉を保有し商業的にコークスを現に製造し、高温コークス炉ガスを発生しているコークス製造企業と、改質炉などの一般的な高温炉の設計能力を有し、さらにエンジニアリングデータを取得して本技術の設計法を確立でき、将来、商業装置を設計、建設することが可能な企業、さらに基礎技術を有する研究機関などの共同体により総合的な開発が可能な実施体制を想定する。

社会情勢を鑑みると、本技術は早期の商業化することが求められている。開発を実施する委託先を選別し、開発の加速化を行い実業としての成果確保を行えるマネジメント体制を採用する。

#### (4) 研究開発成果

既存の化成品回収用のガス精製工程をもつコークス工場に対し、本技術を適用して改質ガスを製造し、メタノール生産設備を導入してメタノールを製造した場合、タールの精製処理に必要であった設備が不要となり、脱硫設備のみに簡略化される。この場合、下記の省エネルギー効果が創出されることになる。

燃料ガス：	3,750 万 m <sup>3</sup> N/年	(原油換算： 20,000 kl/年)
電力	：	34 GWh/年 (原油換算： 3,000 kl/年)
		(原油換算： 計 23,000 kl/年)

本技術を鉄鋼需要の増大が見込まれ、コークス生産量が増大すると思われる発展途上国において、これらの国に多い副産物非回収型コークス炉に適用した場合、今まで自家消費燃料用以外の余剰ガスの焼却処分により排出されていた二酸化炭素が削減されるとともに、新たに液体燃料が製造できるという一石二鳥の効果を創出することができる。

このように、石炭資源を有効に利用してクリーンな液体燃料を製造すると同時に、コークス炉からの二酸化炭素排出削減に貢献する技術であり、早急に実効を発揮することが期待される。

#### (5) 実用化・事業化の見通し

国内のコークス炉への適用拡大を図るとともに、コークス需要が拡大する中国等の海外展開を図っていく。

特に、中国内陸部（山西省等）の石炭産出地におけるコークス生産は増加の傾向にあり、今後、コークス炉の増設や、環境規制と相まって既存の副産物非回収型の旧式コークス炉設備（ビーハイブ炉）の更新が進んでいくものと見られている。このような設備に対する本技術の適用は、省エネルギー効果、二酸化炭素削減効果を含めて期待されるものであり、さらに、合成ガスから製造される DME 等の液体燃料は、液体燃料が不足している内陸部にとって貴重なエネルギーとなることから、本技術の市場性は大きいものと考えられる。

#### (6) その他特記事項

エネルギー変換プロセスの多くが、小型装置による試験、パイロット試験、実証装置運転を経て商業化される。コークス製造では多数のコークス炉をバッチで運転しており、そこから排出されるコークス炉ガスは炉の数が多いことで量および性状ともに平準化されている。本事業で設置される改質炉は各炉あるいは数門に 1 基であり、各改質炉の規模は数百 Nm<sup>3</sup>/h である。従って、エネルギー変換プロセスにおける通常のステップとは異なり、コークス炉 1 門程度の規模で実証試験を行うことで、技術的には商業装置に比較的スムーズに移行することが可能である。

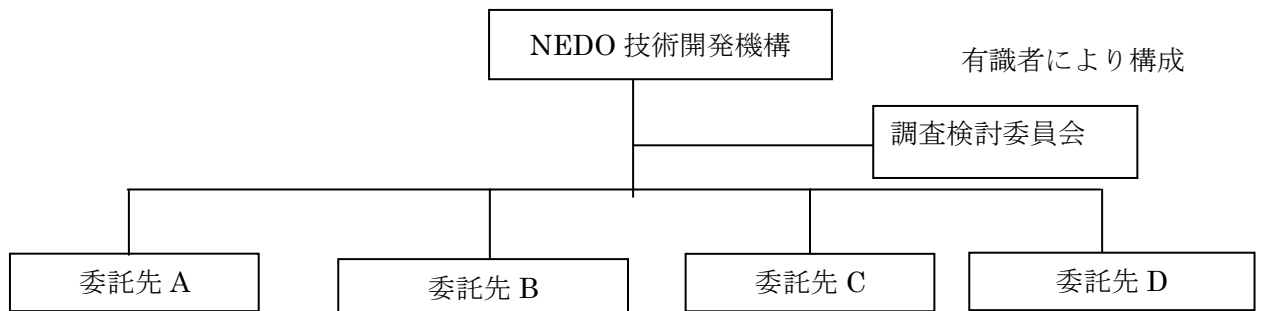
現在、中国ではコークス炉の改修や増設が盛んに行われている。中国市場に展開する上でも、短期間に技術を確立することが必要である。



## 5. 総合評価

本事業は、石炭資源を有効に利用してクリーンな液体燃料を製造すると同時に、コークス炉からの二酸化炭素排出削減に貢献する技術であり、NEDO で実施する意義は大きい。世界的なコークスの不足と高騰の折、中国ではコークス炉の改築、新設が急ピッチに進んでおり、比較的短期間に実効が期待できる本事業を、NEDO 主導の委託で早期に着手すべきである。

事業の全体図イメージ



試験研究／支援研究、パイロット試験設備建設、事業性評価などの項目ごとに最適な委託先の組合せで対応。

## <無触媒石炭乾留ガス改質技術開発>

投稿No.3

2005/11/29 (火) 14:10

本新技術の開発計画については以下の通り、NEDO主導の委託開発として早期に実用化を進めるのが適当と考える。

本新技術は、コークス炉において石炭乾留時に発生する高温副生ガスが有する顕熱を有効に利用し、副生ガスに含まれるタール分を無触媒で分解してクリーンな合成ガスを得るプロセス技術である。合成ガスは、水素やメタノールやDMEの様なクリーン燃料の原料となるため、早期に経済的な製造プロセスの実現が求められている。

本開発計画では、実用コークス炉に接近して新技術によるプロセスを配置し、石炭乾留ガスがもつ高温の顕熱を無駄なく利用して、無触媒でガス改質をする実用的プロセスとその最適な操作条件を確立する。そして、発展途上国のコークス炉の新設や増設の時に適用することにより、クリーン燃料の製造と同時に省エネルギーを可能として、プロセスの付加価値を上げるとともに二酸化炭素削減を実現する計画となっている。

中国などの技術向上を見るとき、本開発を加速し早期に事業化の必要があることから、総合的な共同体の横並び組織でなく、代表企業に強力なリーダーシップを持たせる体制とし、開発予算の増額も考えてみる必要がある。

本開発の成果は、我が国のみでなく中国でコークス炉の改築、新設が進んでいる現状から、早期に事業化が期待される。また海外のCCTモデル事業にも相応しい。

以上から、本開発は、実効ある開発でありNEDOで早期に着手を期待する。

投稿No.2

2005/11/24 (木) 9:37

今後、石油資源の枯渇・高騰は必然的に石炭需要を飛躍的に増大させる可能性が高いと思われる。

化石燃料において石炭は水素と炭素の比率にて、もっとも炭素比率が高く、当然のことながらカロリー当たりの二酸化炭素発生比率が高い事が指摘されている。

したがって、クリーンコールという指針に従って、二酸化炭素発生を抑制する石炭の利用技術が不可欠である。

また、昨今の産業界における連携型生産形態の模索活動（産業間連携、コンビナートルネッサンスやエココンビナートなどの検討）からも、従来の企業の垣根を乗り越えた高効率な生産を目指す動きも顕著である。

この様な状況からも今回のコークス製造（製鉄分野）を出発点とする有効化学成分（一酸化炭素、水素、メタン等）製造を未利用熱活用にて挑む課題は極めてタイミングの良い研究内容と考える。

但し、高温場とは言え限られたスペースで無触媒を条件とする技術開発の難易度は極めて高く、NEDOとして常に可能性（実験室での可能性という意味ではなく、工業化の観点からの可能性）見極めに

意を払う必要がある。

特に技術開発成果を活用することになる従来の石油化学工業関係者の経済的視点を交えた評価はPJ継続に不可欠である。

概して、従来の石炭利用技術は限られた業界や学識経験者による狭い範囲からの意見により評価されて来た様に思われる。

今後、石炭利用技術は世界的に注目される事が確実ゆえ、技術ならびに成果普及の裾野が広いため、その内容検討も広い範囲の有識者を募り国策として積極的に取り組むべきである。

投稿No.1

2005/11/10 (木) 13:10

コークス炉から発生したガスにはタールなどの液体成分が含まれるので、発生した高温の状態を維持して改質し、CO や水素を製造することは、熱効率の面からも優れており、是非、早急に開発が進められることが望まれる。特に、中国では多くのコークス炉が建て替えを含めて建設されており、そのような炉に適応すれば、コークス炉ガスの有効利用により、二酸化炭素削減にもつながる。コークス製造メーカーが中心となってエンジニアリング能力の高い組織や国内の有識者の英知を集めて、短期間で技術確立し、実用に供することが期待される。



## 研究テーマ名: 無触媒石炭乾留ガス改質技術開発

### 研究目的

背景、目的、必要性(政策的位置付け、市場ニーズ、技術ニーズ)

①背景・目的: 化石燃料資源の有効活用が求められており、コークス製造過程の副産物として生成される石炭乾留ガスについても、より一層、高度な利用が必要とされている。本プロジェクトでは石炭乾留時の副生ガスが有する顕熱エネルギーを有効に利用し、副生ガスに含まれるタール分を無触媒で分解してクリーンな合成ガスを得る技術の開発を目的としている。

②市場ニーズ: 合成ガスはクリーンな液体燃料や化学品の原料となる有用物であり、これを石炭から経済的に製造する技術が求められており、本技術開発の意義は大きい。

③技術ニーズ: 石炭乾留ガスを有効活用するための無触媒改質技術の開発は、顕熱の有効利用の観点からも重要である。

### 研究内容

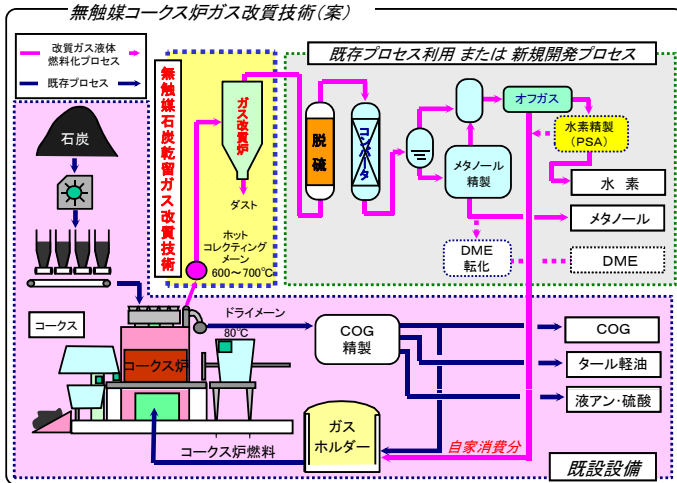
〇研究開発課題(目的達成のための技術課題)

- ①顕熱を利用した無触媒石炭乾留ガス改質の最適条件の探索
- ②既存コークス炉への設置可能なガス改質器の検討
- ③ガス成分の経時変化が大きく、間欠運転が必要となるシステムの検討および安定運転のための制御方法の検討

〇キーテクノロジー、ブレークスルーのポイント、オリジナリティ(課題を解決するためのポイントおよびその現状)

- ①高温石炭乾留ガスに、酸素・水素・スチームを反応炉に適量導入し、タールが分解し、水素および一酸化炭素となることは小型装置(1 m<sup>3</sup>/h程度)による試験にて確認済み。
- ②既存コークス炉の狭いスペースに設置可能なガス改質器形状およびガス成分の経時変化が大きくかつ間欠運転に向けたシステム及び安全運転のための制御方法の確立がポイント。

### その他関連図表



〇目標値(技術水準)とその条件および設定理由(根拠)

- ①目標値: 実用化の観点から改質ガスのH<sub>2</sub> CO量を2倍以上に増量
- ②設定根拠: 小型装置(1 m<sup>3</sup>/h程度)の試験結果から決定

### プロジェクトの位置づけ

未利用の石炭乾留ガスが持つ顕熱を有効利用する省エネルギー技術であるばかりでなく、合成ガス(H<sub>2</sub>, CO)からの液体燃料製造を目的としており、我が国での事業化のみではなく、将来の海外へのClean Coal Technology (CCT) モデル実証にも繋がる技術開発である。クリーン・サイクル(C3)研究会(資源エネルギー庁石炭課)の報告書にある「石炭ガス化を核とする多様なCCTモデル実証の展開」の中の合成ガス(H<sub>2</sub>, CO)からのメタノールやDME等の合成を目的とした技術に相当し、国の政策とも一致した技術開発である。

### プロジェクトの規模

〇事業費と研究開発期間(目安として)

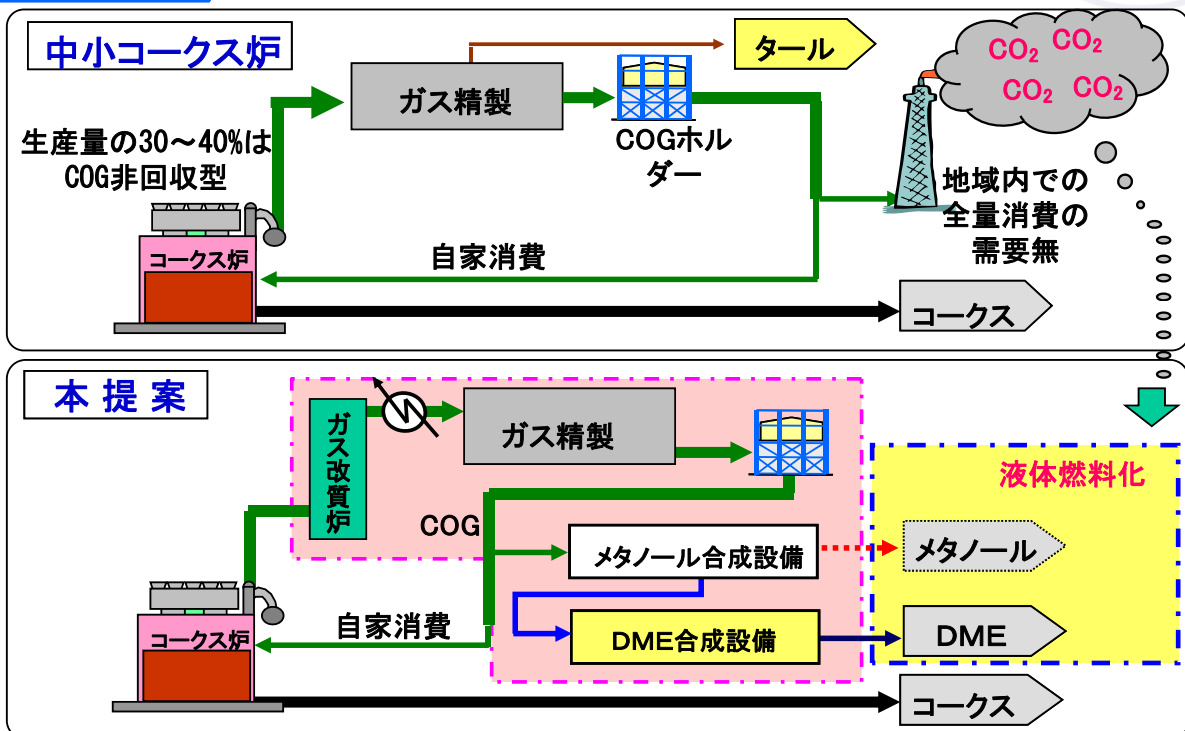
- ①事業費総額 7.9億円, 研究開発期間 4年

2006年1月 現在



## 研究テーマ名: 無触媒石炭乾留ガス改質技術開発

### その他関連図表



2006年1月 現在

(燃料技術開発プログラム)  
「無触媒石炭乾留ガス改質技術開発」基本計画

環境技術開発部

1. 研究開発の目的・目標・内容

(1) 研究開発の目的

我が国の鉄鋼業では鉄を得るために、高炉による鉄鉱石の還元法が広く採用されており、その過程で還元剤として使用するコークスを製造するために、コークス炉が使われている。コークス炉ではコークスが製造されるとともに、石炭乾留ガス（タール分も含まれる）が副生されるが、環境問題を考慮すると石炭乾留ガスを如何に効率的に利用するかが重要な課題となる。

この石炭乾留ガスはコークス炉から高温で排出されるが、これまでは石炭乾留ガス中に含まれるタール分の析出やコーキングを避けるために、水により急冷してタール分を除去、回収している。このため、高温の石炭乾留ガスの持つ顕熱エネルギーは有効利用されていなかった。

本研究開発では、コークス炉から発生するタール分を含む高温の石炭乾留ガスを、その顕熱を有効利用して改質し、メタノールやDME（ジメチルエーテル）などの液体クリーン燃料に工業的に転換できる合成用ガスを製造することにより、環境負荷低減およびエネルギーの有効利用を図ることを目的とする。

(2) 研究開発の目標

石炭乾留ガスの実ガスを用いた試験装置において、有効に利用できる合成ガス成分（水素と一酸化炭素）に注目し、改質前のガス中の水素と一酸化炭素量に対して、改質したガス中の水素と一酸化炭素量が2倍以上を、無触媒改質技術で達成することを目標とする。これは、この改質ガスを液体クリーン燃料等に転換する際の経済性を考慮して設定した値である。

(3) 研究開発の内容

本研究開発では、これらの目標を達成するために下記に示す研究開発を行う。

① 実用化試験Ⅰ（実ガス試験）

コークス炉1門分のガス量の1/10容量程度（数10 m<sup>3</sup>N/h）の実ガスを用いる試験装置を設置し、反応炉形式および運転条件を確立する。特に、反応炉形状、ガスの導入量、温度および滞留時間と転換率などとの関係を明らかにし、反応炉の設計に資するデータを取得する。実ガス試験と並行して、コンピュータ・シミュレーションによる反応炉内の流動解析を行い、試験結果と合わせて検討し、実証試験装置の設計に資する。また、既存のコークス炉は新規装置の設置スペースに限りがあることから、設置可能な改質炉の形状、サイズについても検討する。さらに、量・組成が経時的に変動する石炭乾留ガスを安定して改質するためのシステムの検討を行う。

② 実用化試験Ⅱ（システム検討試験）

実用化試験Ⅰの結果を踏まえて、実証試験装置の設計データの取得を目的に、コークス炉最小単位の実ガスを用いたシステム検討試験を実施する。実用化試験Ⅰと同程度の有効ガス増幅比を達成するための反応器の形状、改質ガスの混合方法、システムの制御方法などの検討を実施する。

③ 事業性評価（FS）

省エネルギー効果、CO<sub>2</sub>削減効果についての詳細検討を実施する。また、経済性評価ならびに本技術の導入可能性調査を実施する。

④ 実用化試験結果のまとめと実証機計画策定

試験結果をとりまとめた後、実証機計画の策定を行う。

2. 研究開発の実施方式

(1) 研究開発の実施体制

公募により委託先を選定後に研究開発体制を構築し、共同研究（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技術開発機構」とする。）負担分2/3）により実施する。本研究開発を遂行するには、コークス炉を保有し商業的にコークスを現に製造しており高温コークス炉ガスを発生しているコークス製造企業と、改質炉などの一般的な高温炉の設計能力を有し、さらにエンジニアリングデータを取得して本技術の設計法を確立でき、将来、商業装置を設計、建設することが可能な企業、さらに小型装置での基礎試験を実施し基礎技術を有する研究機関などの共同体により総合的な開発が可能な実施体制を想定する。

(2) 研究開発の運営管理

研究開発全体の管理・執行に責任を有するNEDO技術開発機構は、経済産業省と密接な関係を維持しつつ、本研究開発の目的及び目標に照らして適切な運営管理を実施する。具体的には、必要に応じて、NEDO技術開発機構に設置する委員会及び技術検討会等、外部有識者の意見を運営管理に反映させる他、四半期に一回程度プロジェクトの進捗について報告を受けること等を行う。

3. 研究開発の実施期間

本研究開発の実施期間は、下記の通りとする。

平成18年度から平成21年度の4年間

4. 評価に関する事項

NEDO技術開発機構は、技術的及び政策的観点から、研究開発の意義、目的達成度、成果の技術的意義ならびに将来の産業への波及効果等について、外部有識者による研究開発の事後評価を平成22年度に実施する。なお、評価時期については、上記に定めるほか、研究開発に係る技術動向、政策動向等に応じ、NEDO技術開発機構が必要と認めるときには、適時技術評価を実施するものとする。

5. その他の重要事項

(1) 研究開発成果の取扱い

① 成果の普及

得られた研究開発成果については、NEDO技術開発機構、実施者とも普及

に努めるものとする。

② 標準化等との連携

得られた研究開発の成果については、知的基盤整備または標準化等との連携を図るため、データベースへのデータの提供、標準情報(TR)制度への提案等を積極的に行う。

③ 知的財産権の帰属

委託研究開発の成果に関わる知的財産権については、「独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構新エネルギー・産業技術業務方法書」第26条の規定等に基づき、原則として、すべて受託先に帰属させることとする。

(2) 基本計画の変更

NEDO技術開発機構は、研究開発内容の妥当性を確保するため、社会・経済的状況、内外の研究開発動向、産業技術政策動向、第三者の視点から評価結果、研究開発費の確保状況、当該研究開発の進捗状況等を総合的に勘案し、達成目標や研究開発体制等、基本計画の見直しを弾力的に行うものとする。

(3) 根拠法

本プロジェクトは、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第十五条第1項第一号ロに基づき実施する。

6. 基本計画の改訂履歴

(1) 平成18年3月、基本計画制定。



「無触媒石炭乾留ガス改質技術開発基本計画（案）」に対するパブリックコメント募集の結果について

平成18年2月14日  
NEDO技術開発機構  
環境技術開発部

NEDO POST 3において標記基本計画（案）に対するパブリックコメントの募集を行いました結果をご報告いたします。  
ご協力を頂き、ありがとうございました。

1. パブリックコメント募集期間  
平成18年2月2日～平成18年2月10日
2. パブリックコメント投稿数<有効のもの>  
計3件
3. パブリックコメントの内容とそれに対する考え方

ご意見の概要	ご意見に対する考え方	基本計画への反映
全体について		
[意見1] 基礎実験で高温COGの改質が実証されているとのことであれば、当該提案通り既設コース炉への設置可能な実用化に耐えうる高温COG改質器の開発を急ぐべき。タイミングを失することなく是非とも実施すべき。	[考え方と対応] 基礎試験では本技術が有効であることが確認されており、本技術開発においては、早期に実用化するための技術を確立することが重要であるとの認識のもとに、基本計画を策定しております。	[反映の有無と反映内容] 特になし
[意見2] NEDOの委託開発として早期に着手すべき。開発を加速化して、早期に商用化を実現することを期待する。 基本計画では、先行の小型試験を踏まえて、1/10 規模実ガス試験、次に1/1 システム試験と4年間で7.9億円でやることとしているが、予算を倍増して一気に開発実施する様な内容と体制に修正が必要ではないか。	[考え方と対応] 本技術開発は、早期に実施すべきと考えており、時機を失することなく着手できるように計画してきたところです。一方、開発の段階としては1/10 規模の実ガス試験と1/1 規模の実ガス試験の2段階の過程を踏む必要があり、それぞれ装置を製作する期間も必要であることから、現在の計画を更に短縮するのは困難ではないかと考えております。 予算措置につきましては、本開発の進捗を注視・勘案しつつ、適切に遂行したいと考えております。	[反映の有無と反映内容] 特になし

[意見3] 本技術の確立ができれば、国内のコース炉の更新の機会に採用されるのみならず、中国、インド、アフリカなど鉄鋼需要に対応して、コース生産を拡大する諸国において、日本発の高付加価値プラントとして採用されよう。	[考え方と対応] 本技術の海外展開についても、その可能性は認識しており、我が国のクリーン・コール・テクノロジーの海外展開を積極的に推進する観点から、検討したいと考えております。	[反映の有無と反映内容] 特になし
[意見4] 地球温暖化問題とエネルギー資源価格（特に石油）の高騰といった二元的課題が顕在化。石炭需要拡大の方向に向かうが、石炭が比較的安価であるという「advantage」がCO2排出量増加という「disadvantage」にならないような配慮が不可欠である。今回の技術開発は石炭の多目的・多段利用の観点から評価できる。	[考え方と対応] エネルギー技術開発については、地球環境問題とエネルギーセキュリティーの二つの課題を克服することが重要であり、今後ともそれに向かって技術開発を推進したいと考えております。	[反映の有無と反映内容] 特になし
2. 研究開発の実施方式		
(1) 研究開発の実施体制		
[意見5] 総合化学、石油（エネルギーとして）、石油化学などの産業への波及を念頭に置いたチーム構成が望ましい。	[考え方と対応] 本技術では、最終製品の利用形態として石油化学産業等における利用も視野に入れる必要があり、委員会等を通して幅広い意見を吸い上げながら推進したいと考えております。	[反映の有無と反映内容] 特になし
(2) 研究開発の運営管理		
[意見6] 今回の技術開発は、背景に業種横断的（産業間連携）ニーズを保有する所から、技術的成果は勿論のみならず次世代産業という社会構成における成果も期待できる。従って、この観点からのプロジェクト運営にも意を払う必要がある。	[考え方と対応] 本技術開発において、着実に技術的成果を得ることが必要であることは言うまでもありませんが、ご指摘の産業間連携による波及効果を最大限に高めるように、運営管理面から配慮していきたいと考えております。	[反映の有無と反映内容] 特になし

以上

## 特許・論文リスト

## (1) 平成 18 年度

発表・展示会出展：2 件

No.	発表者	タイトル	媒体	発表誌名、会議名等	発表日
1	ハブコック日立㈱ 四方 哲夫	無触媒 COG 乾留ガス改質技術の開発	発表	石炭・炭素資源利用技術 第 148 委員会第 106 研究会	H18.12.14
2	日本コークス工業㈱ (当時は三井鉱山㈱) ハブコック日立㈱ (財)エネルギー総合工学 研究所 (財)石炭エネルギーセンター	石炭乾留ガスからのクリーン液体燃料製造(中国語及び英文)	ポスター	2006 年石炭技術会議	H18.11.27

## (2) 平成 19 年度

発表：1 件

No.	発表者	タイトル	媒体	発表誌名、会議名等	発表日
1	日本コークス工業㈱ (当時は三井鉱山㈱) 松岡 正洋	無触媒石炭乾留ガス改質技術の開発 および事業普及可能性	発表	第 44 回石炭科学会議	H19.10.12

## (3) 平成 20 年度

発表 1 件

No.	発表者	タイトル	媒体	発表誌名、会議名等	発表日
1	日本コークス工業㈱ (当時は三井鉱山㈱) 松山 勝久 ハブコック日立㈱ 四方 哲夫	無触媒石炭乾留ガス改質技術の開発 および事業性	発表	第 45 回石炭科学会議	H20.10.10

(4) 平成 21 年度

① 特許出願：2 件

No.	発明名称	出願人	番号	出願日
1	コークス炉ガスの無触媒改質方法及び改質装置	バブコック日立(株)／日本コークス工業(株) (共同出願)	特願 2009-159460	H21.7.6
2	改質炉	バブコック日立(株)	特願 2009-209612	H21.9.10

② 発表・展示会出展：8 件

No.	発表者	タイトル	媒体	発表誌名、会議名等	発表日
1	バブコック日立(株) 谷田部 広志	コークス炉実ガスによる無触媒 COG 改質試験	発表	第 18 回日本エネルギー学会大会	H21.7.30
2	バブコック日立(株) 四方 哲夫	Technical Development of Crude HotCOG Reforming Technology without Catalyst	発表	7 <sup>th</sup> China International Coking Technology & Coke Market Congress	H21.9.11
3	九州大学 則永 行庸	炭素資源熱化学転換反応の詳細 化学反応シミュレーション	発表	第 64 回日本鉄鋼協会 コークス部会大会	H21.10.30
4	バブコック日立(株) 谷田部 広志 日本コークス工業(株) 松岡正洋	Non-catalytic reforming test of practical crude coke oven gas and analysis of the test results by numerical simulation with a detailed chemical kinetic model	ポスター	The 3 <sup>rd</sup> International Symposium on Novel Carbon Resource Sciences	H21.11.3
5	日本コークス工業(株) 松岡 正洋	コークス炉 3 門の実ガス混合による無触媒 COG 改質試験	発表	第 46 回石炭科学会議	H21.11.26
6	九州大学 則永 行庸	高温コークス炉ガス無触媒改質反応の詳細数値解析	発表	第 46 回石炭科学会議	H21.11.26
7	九州大学 則永 行庸	無触媒部分酸化による実コークス炉ガス改質反応の詳細化学反応シミュレーション	発表	第 75 回化学工学会年会	H22.3.18
8	北九州発 クリーン・コール・テクノロジー エネルギーをつくる時も無駄を出さない		パネル	北九州イノベーションギャラリー	H21.10.10～ H21.12.13

(5) 平成 22 年度

① 特許出願：2 件

No.	発明名称	出願人	番号	出願日
1	コークス炉ガスの無触媒改質方法及び改質装置 (出願先：中国)	バブコック日立(株)／日本コークス工業(株) (共同出願)	201010219758.6	H22.6.29
2	改質炉 (出願先：中国)	バブコック日立(株)	20100222696.4	H22.6.30

② 発表・論文投稿：3 件

No.	発表者	タイトル	媒体	発表誌名、会議名等	発表日
1	九州大学 則永 行庸	Application of Detailed Chemical Kinetic Model to System of Hot Coke Oven Gas Reforming by Non-Catalytic Partial Oxidation	発表	21st International Symposium on Chemical Reaction Engineering (査読有り)	H22.6.14
2	九州大学 則永 行庸 他	Application of an Existing Detailed Chemical Kinetic Model to a Practical System of Hot Coke Oven Gas Reforming by Noncatalytic Partial Oxidation	論文投稿	Industrial & Engineering Chemistry Research (査読有り)	H22.6.24
3	バブコック日立(株) 谷田部 広志	コークス炉実ガスによる無触媒改質試験のまとめ及び実証機計画概要	発表	第 19 回日本エネルギー学会大会	H22.8.2