

石炭ガス化複合発電（IGCC）実証プラント開発の動向

クリーンコールパワー研究所

IGCCは石炭をガス化して高効率な複合発電を行うシステムであり、エネルギーセキュリティの確保やCO₂抑制対策面から、電力会社にとって必要不可欠な技術と考えられている。

我が国では、これまで噴流床空気吹きIGCCの開発を、電力9社、電源開発及び電力中央研究所が共同で、国の補助を受けて進めてきており、既に2.5万kW級のパイロットプラント試験を終了させている。本年6月に電力共同出資のクリーンコールパワー研究所が設立され、商用化に至る開発の最終段階として、25万kW規模の実証プラント計画が実質的にスタートすることとなった。この実証プラントの概要、そこに至った経緯、関連技術等について紹介する。

目次

1. 石炭火力発電の必要性
 - 1-1 石炭の特徴
 - 1-2 我が国における石炭火力発電の現状
 - 1-3 IGCCの位置付け
2. IGCC技術の特徴
 - 2-1 原理・特徴
 - 2-2 他の石炭高効率発電技術との比較
 - 2-3 海外IGCCとの技術比較
 - 2-4 IGCC技術の各論
3. これまでのIGCC開発の成果
 - 3-1 IGCC開発の歴史
 - 3-2 パイロットプラント試験成果他
4. 実証プラント試験の概要
 - 4-1 実証プラントの設備概要
 - 4-2 実証試験の目標
 - 4-3 研究開発体制
 - 4-4 全体スケジュール

1. 石炭火力発電の必要性

1-1 石炭の特徴

(1) 石炭とは

石炭は、古代の植物（約3億年前～数百万年前）が地熱、地圧等の影響を受けて、長時間かけて化学的変化をおこした有機質鉱物である。このため、石炭は根源植物の種類、生成環境、生成時間等により、様々な性状の石炭がある。

石炭組成 $C + H + O + S + N + \text{鉱物（灰分）}$
 木材 $H : O : C = 1.5 : 0.7 : 1$
 石炭（瀝青炭） $H : O : C = 0.8 : 0.15 : 1$

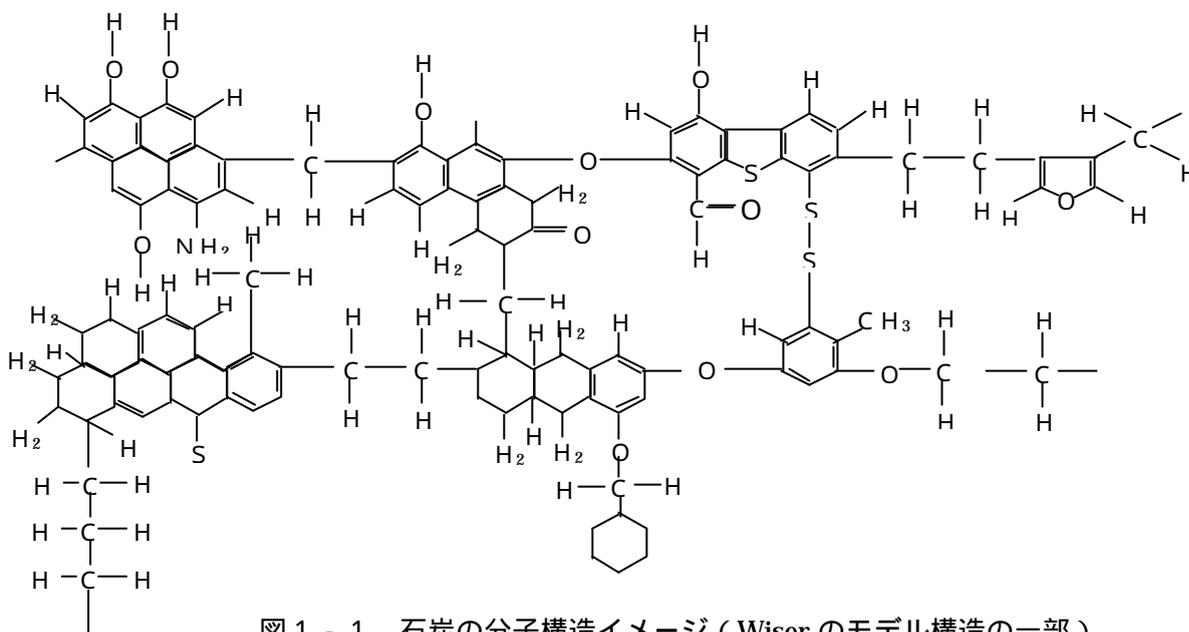


図1 - 1 石炭の分子構造イメージ（Wiser のモデル構造の一部）

(2) 資源量

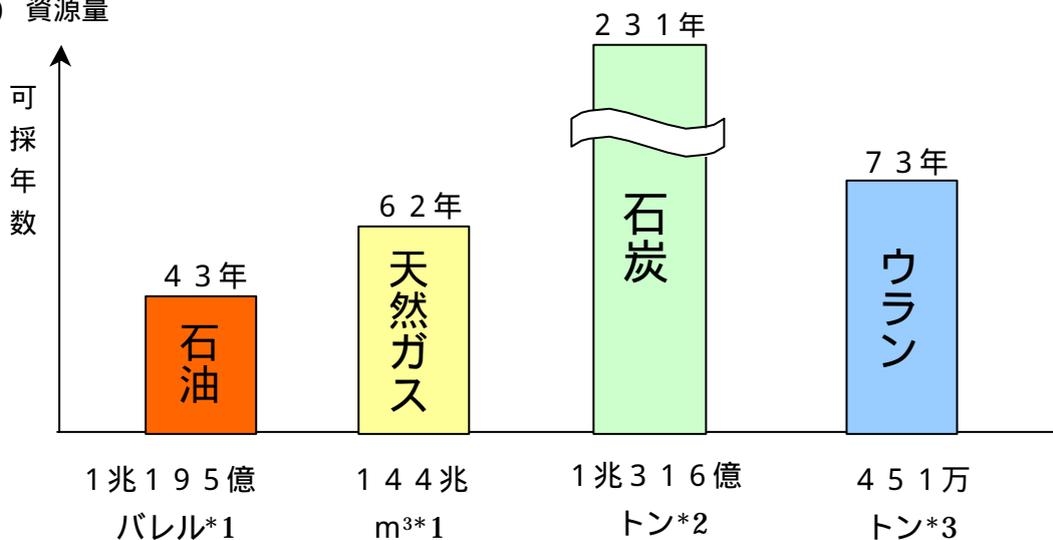


図1 - 2 世界のエネルギー資源埋蔵量

出典；*1 OIL & GAS JOURNAL

*2 世界エネルギー会議

*3 OECD/NEA/IAEA

表 1 - 1 石炭種別毎の埋蔵量

	埋蔵量	可採埋蔵量
瀝青炭・無煙炭	3.3兆トン	0.5兆トン強
亜瀝青炭・褐炭	3.9兆トン	0.5兆トン弱
合計	7.2兆トン	約1兆トン

(3) 世界の石炭分布

石炭は、石油と異なり世界各国に広く分布している。

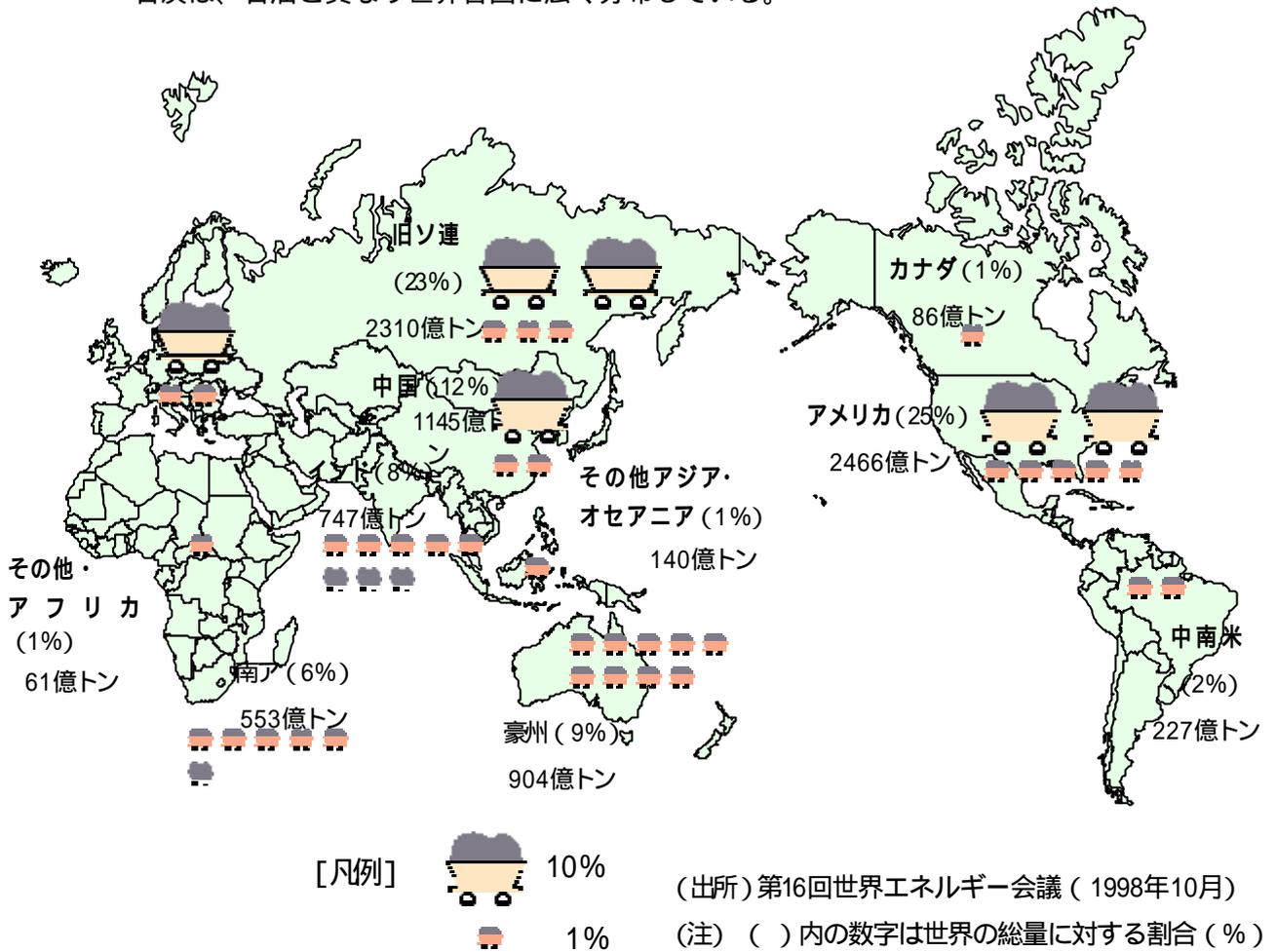


図1 - 3 世界の石炭埋蔵量

(4) 石炭のメリットとデメリット

燃料としてみた場合の石炭得失は、以下の通りである。

- メリット : 資源量が豊富
 世界中に分布
 他の燃料に比較して安価かつ価格が安定している

- デメリット : 燃焼させた場合に、CO₂ の発生量が多い
 固体であるため、ハンドリングが容易でない
 石炭中には灰等の様々な不純物を含む

1-2 我が国における石炭火力発電の現状

我が国の発電設備における石炭火力の比率は、1999年度末で約11.1%である。電源のベストミックスの観点からはもう少し比率を高めた方が望ましいため、電力供給計画では2010年度までに石炭火力の比率を16.7%まで高める計画となっている。一方で、地球温暖化の観点からは石炭火力の開発は抑えるべきとの考え方もあり、総合資源エネルギー調査会からは2010年度断面で12.3～16.2%を目標にするとの考え方も出されている。(表1-2)

発電電力量から見ると、電力供給計画では2010年度断面で22.8%が計画されているが、総合資源エネルギー調査会の答申では16%程度に抑えるとの案が出されている。(表1-3)

表1-2 年度末設備容量の推移と見通し(電気事業者)

(単位:万kW)

	1990年度		1999年度		2010年度			
					基準ケース (H13年度電力供給計画)		目標ケース (総合資源エネルギー調査会答申)	
年度末 発電設備容量	17212		22410		26657		25288～27229	
発電別区分	実数	構成比%	実数	構成比%	実数	構成比%	実数	構成比%
火力	10408	60.5	13434	59.9	15343	57.6	14670～16220	57.0～59.6
石炭	1223	7.1	2488	11.1	4410	16.5	3155～4413	12.3～16.2
LNG	3839	22.3	5677	25.3	6702	25.1	6606～6696	24.6～26.1
石油等	5347	31.1	5270	23.5	4231	15.9	4908～5111	18.8～19.4
原子力	3148	18.3	4492	20.0	6185	23.2	5755～6185	22.7～24.1
水力	3632	21.1	4433	19.8	5071	19.0	4810	17.7～19.0
一般	1931	11.2	2002	8.9	2070	7.8	2069	7.6～8.2
揚水	1701	9.9	2431	10.8	3001	11.3	2741	10.1～10.8
地熱	24	0.1	52	0.2	59	0.2	54	0.2

表1-3 発電電力量の推移と見通し(電気事業者)

(単位:億kWh)

	1990年度		1999年度		2010年度			
					基準ケース (H13年度電力供給計画)		目標ケース (総合資源エネルギー調査会答申)	
年間 発電電力量	7376		9176		10292		9970程度	
発電別区分	実数	構成比%	実数	構成比%	実数	構成比%	実数	構成比%
火力	4466	60.5	5063	55.2	5074	49.3	4680程度	47程度
石炭	719	9.7	1529	16.7	2351	22.8	1599程度	16程度
LNG	1639	22.2	2405	26.2	2341	22.7	2549程度	26程度
石油等	2108	28.6	1129	12.3	383	3.7	533程度	5程度
原子力	2014	27.3	3165	34.5	4186	40.7	4186	42程度
水力	881	11.9	893	9.7	966	9.4	952	10程度
一般	788	10.7	769	8.4	803	7.8	803	8程度
揚水	93	1.3	123	1.3	163	1.6	149	1程度
地熱	15	0.2	34	0.4	37	0.4	37	0.4程度
新エネルギー	-	-	21	0.2	29	0.3	115	1程度
CO ₂ 排出原単位(g-c/kWh)	101.9		89.9		82.6		72.6程度	

1-3 IGCCの位置づけ

(1) IGCC開発の意義

資源の無い我が国においては、エネルギーセキュリティの観点から石炭火力は必要不可欠であり、また一方で、地球温暖化対策の観点からCO₂削減は重要な課題である。これら相反する事項を満足させるためには、既存の微粉炭焚きの石炭火力に比べて発電効率、環境性に優れた石炭火力発電技術を開発する必要があり、石炭ガス化複合発電（IGCC：Integrated coal Gasification Combined Cycle）は、21世紀の高効率石炭火力発電技術として中長期的に導入拡大を図るべき技術と考えられている。

資源エネルギー庁では、石炭利用発電技術の将来展望を下図のように整理しており、IGCCは高効率化第二世代の技術と位置づけ、開発に力を入れている。

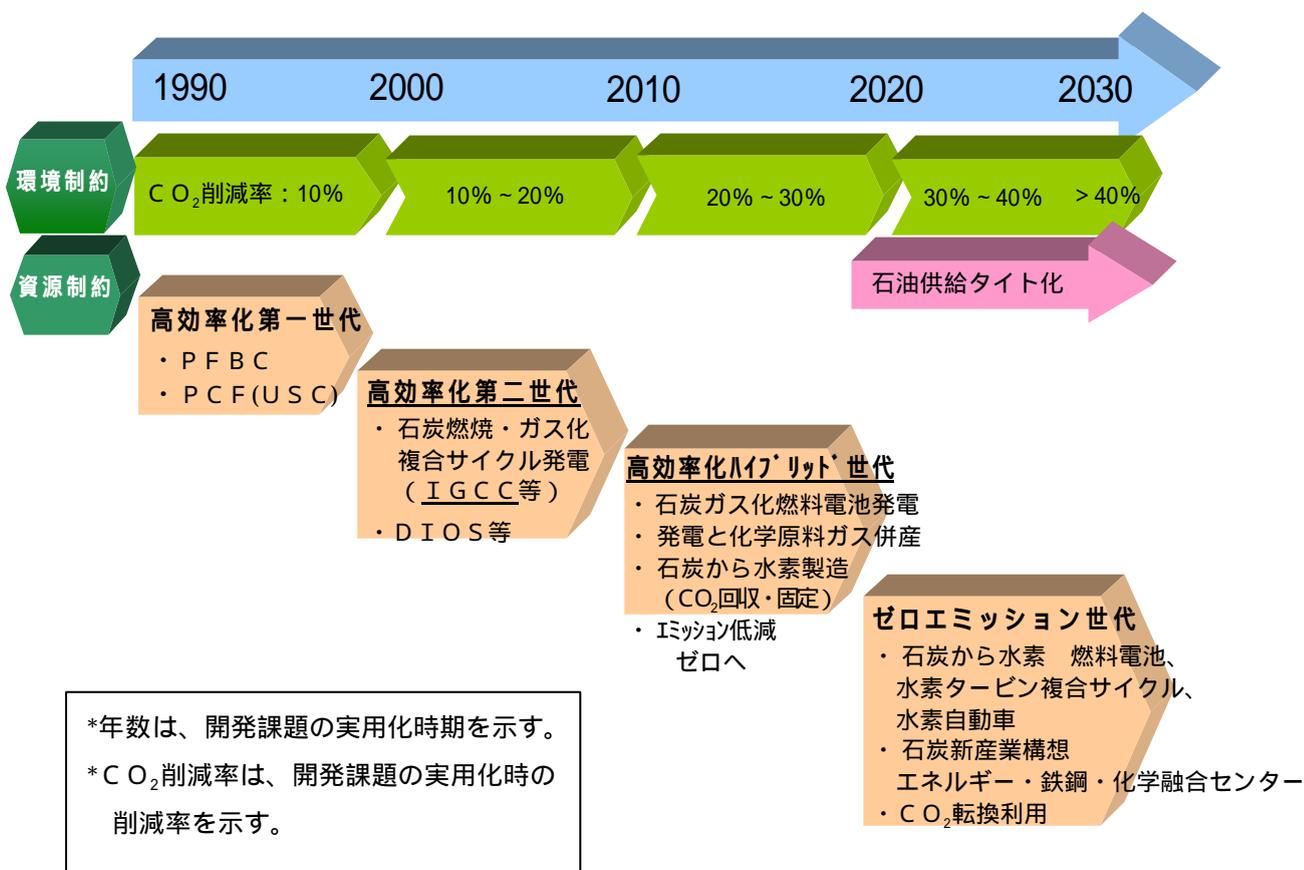


図1-4 石炭利用発電技術の体系

2. I G C C 技術の特徴

2-1 原理・特徴

(1) 全体系統

I G C C はガス化炉で石炭を部分酸化し、C O 及び H₂ を主成分とする石炭ガスを発生させる。発生した石炭ガスは、ガス精製装置で不純物質が除去された後、ガスタービンの燃料として供給され、複合発電を行う。

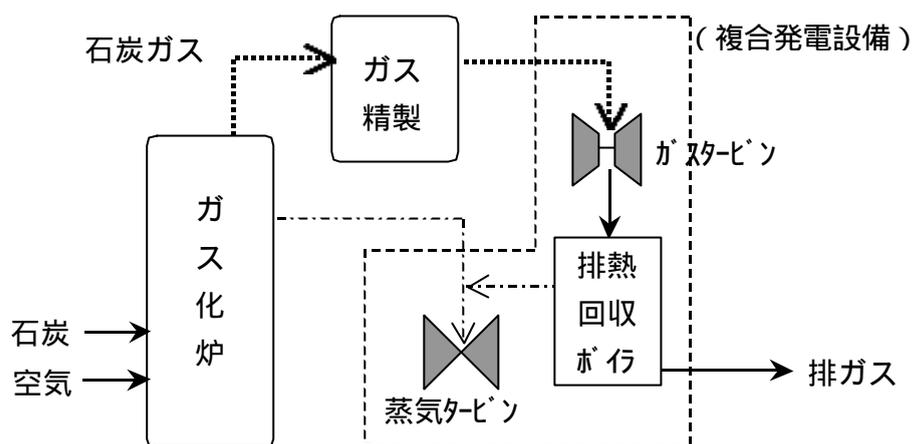


図 2 - 1 空気吹き I G C C のシステム概要

(2) ガス化反応

ガス化炉では、高温により石炭の熱分解が行われ、炭素に酸素、水蒸気が反応して、ガス化される。ガス化の基本反応は、以下の通りである。

石炭の熱分解 C、H 等

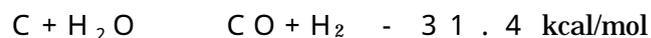
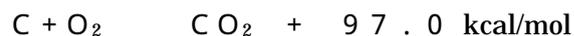


表 2 - 1 石炭ガス化ガスの組成例

	空気吹きガス化	酸素吹きガス化
H ₂ (%)	10.1	29.6
CO (%)	26.3	40.4
CO ₂ (%)	3.1	10.6
N ₂ (%)	56.1	6.6
H ₂ O (%)	2.8	11.8

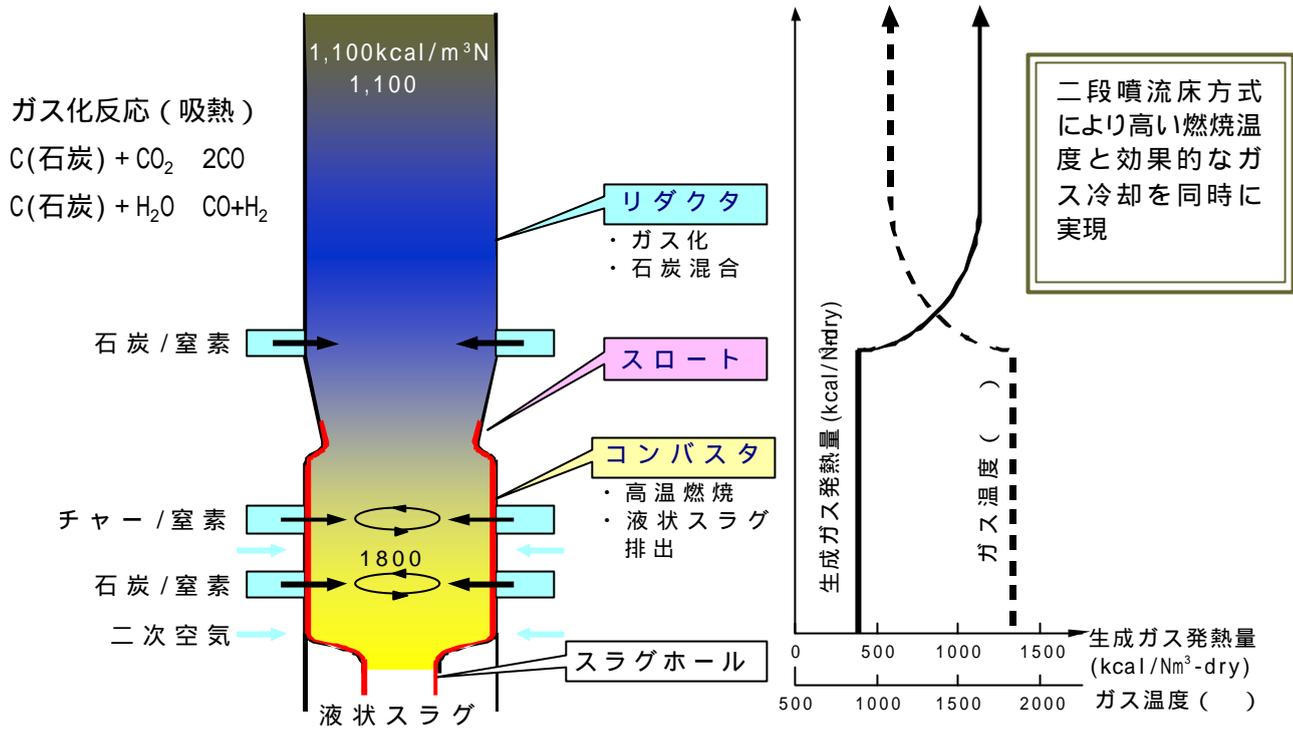


図 2 - 2 空気吹き二段噴流床ガス化炉の原理

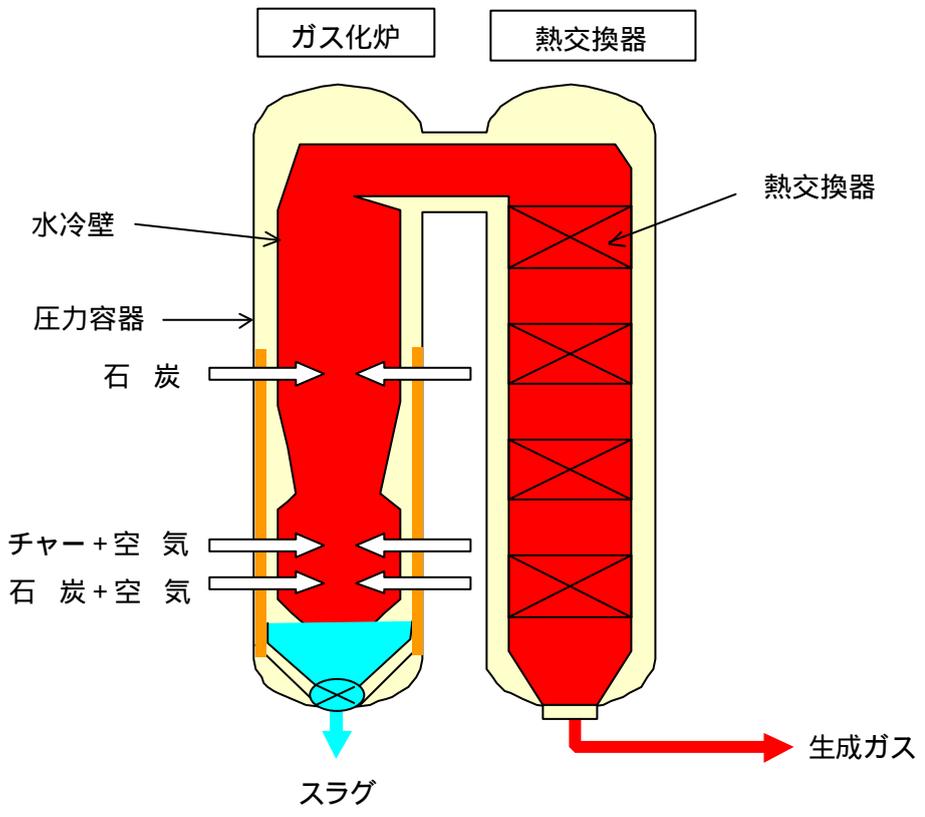


図 2 - 3 空気吹き二段噴流床ガス化炉の概略構造図

(3) IGCCの特徴

IGCCの技術開発により得られる主な効果は、以下の通りである。

エネルギーセキュリティと地球温暖化対策の両立 ... 高効率のため、CO₂ 排出を低減しつつ、最も豊富な化石燃料である石炭の利用が可能

環境保全 ... 発電電力量(kWh)あたりのSO_x、NO_x、ばいじん等の排出量が低減 / 灰が溶融スラグとして排出されるため容積が微粉炭火力に比べ半減

適用炭種の拡大 ... IGCCには、微粉炭火力で使用し難い灰融点の低い石炭が適しており、我が国全体の利用炭種の拡大に寄与

価格牽制力 ... LNGに対する価格牽制力 / 微粉炭火力向けの瀝青炭に対する価格牽制力として有効

海外技術協力 ... 国内における石炭の環境調和利用のみならず、海外協力を資する有力な技術開発としても視野、また中国導入の場合には我が国への酸性雨防止にも寄与

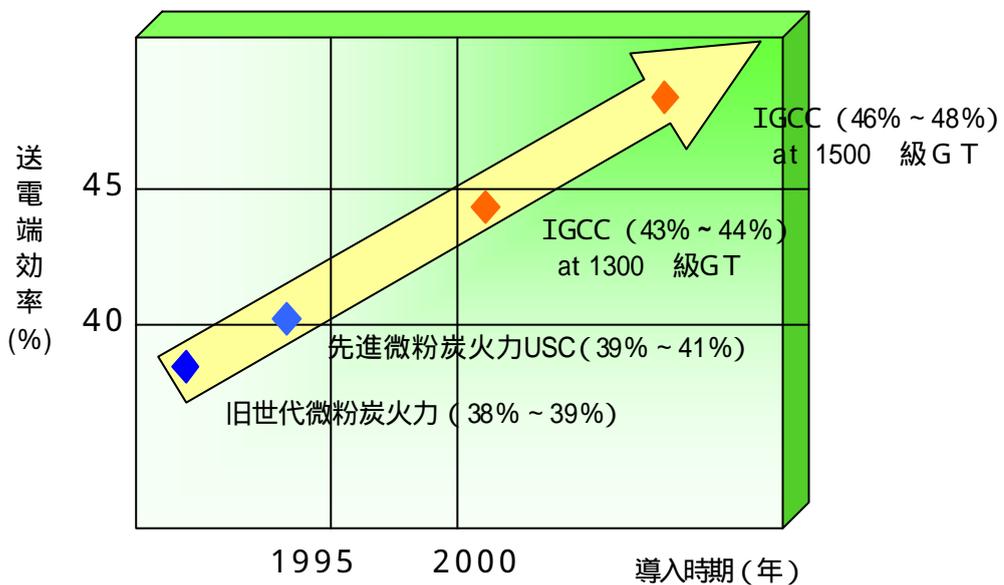


図 2 - 4 石炭火力の発電効率の向上 (効率はHHVベース)

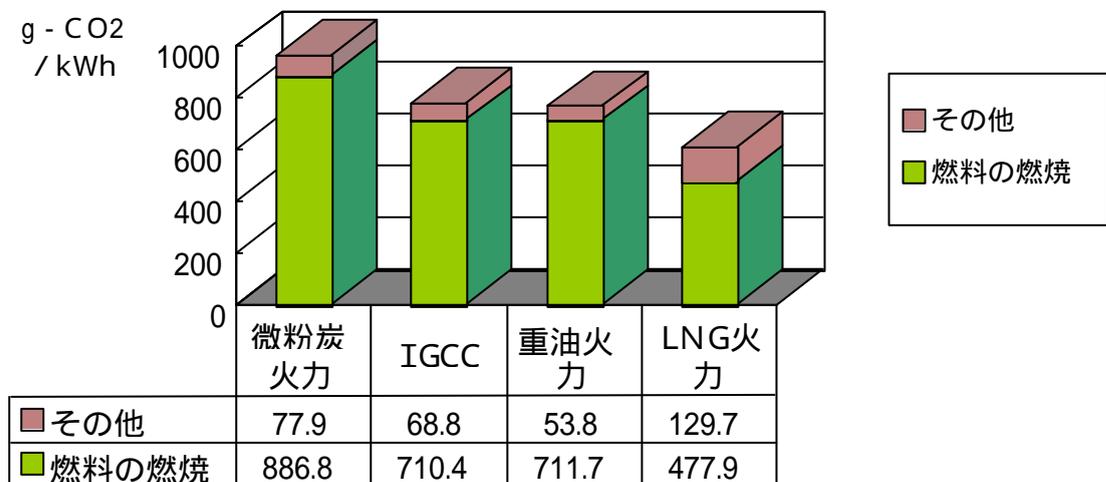


図 2 - 5 ライフサイクルCO₂発生量の比較

2-2 他の石炭高効率発電技術との比較

資源の無い我が国では、従来より熱効率の向上、省エネルギーに取り組んできている。最近建設されている石炭火力のほとんどが、超臨界圧（SC：Super Critical）あるいは超々臨界圧（USC：Ultra Super Critical）条件を採用しており、世界に誇れる熱効率を達成している。通常、主蒸気圧力246 kg/cm²、主蒸気温度538、再熱蒸気温度566までをSC、これを超える蒸気条件をUSCとしている。下表に国内で設置されている石炭火力の代表例を示す。

表2-2 国内のUSCプラント

プラント名称		出力 (万kW)	主蒸気圧力 (kg/cm ²)	主蒸気温度 ()	再熱蒸気 温度()	運開年度
中部電力	碧南3号	70	246	538	593	1993
北陸電力	七尾太田1号	50	246	566	593	1993
東北電力	能代2号	60	246	566	593	1994
相馬共火	新地1号	100	246	538	566	1994
九州電力	苓北1号	70	246	566	566	1995
相馬共火	新地2号	100	246	538	566	1995
電源開発	松浦2号	100	246	593	593	1997
中国電力	三隅1号	100	250	600	600	1998
東北電力	原町2号	100	250	600	600	1998
電源開発	橘湾1号	105	255	600	610	2000
東京電力	常陸那珂1号	100	250	600	600	2002

最近、加圧流動床複合発電（PFBC：Pressurized Fluidized Bed Combustion）が建設され始めている。複合発電を採用することによって小型の割には高効率が達成できているが、原理的にガスタービン温度が800程度に抑えられるため、さらなる効率向上は難しい。IGCCが完成するまでのつなぎの技術と位置付けられている。下表にPFBCプラントの実績を示す。

表2-3 国内外のPFBCプラント

地点		メーカー	出力 (万kW)	効率 (%)	運開年度	
アメリカ	ティッド	ABP	7.4	34.5	1991	
スペイン	エスカトロン	ABB	7.9	34	1991	
スウェーデン	ヴェルタン	ABB	13×2	32 + 熱併給	1991	
日本	北海道電力	苫東厚真3号	三菱	8.5	38.5	1998
	九州電力	苅田新1号	IHI	36	41.5	2000
	中国電力	大崎1号	日立	25×2	40.8	2000

以下に、USC、IGCC、PFBCの技術比較を行う。また、参考としてさらに高効率が狙える石炭ガス化燃料電池複合発電（IGFC）についても合わせて比較を行う。

表 2 - 4 各石炭火力発電方式の比較

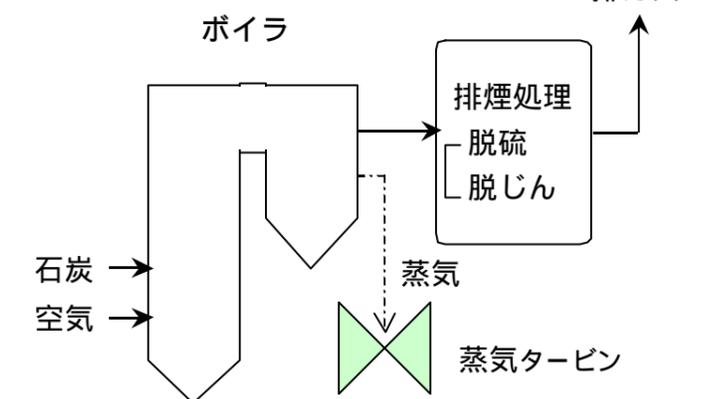
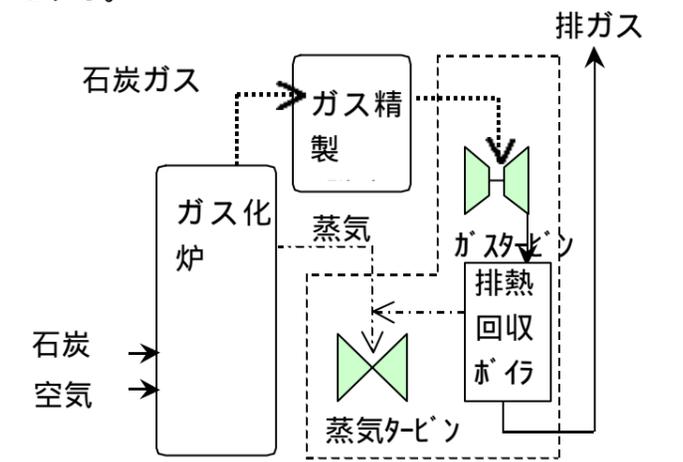
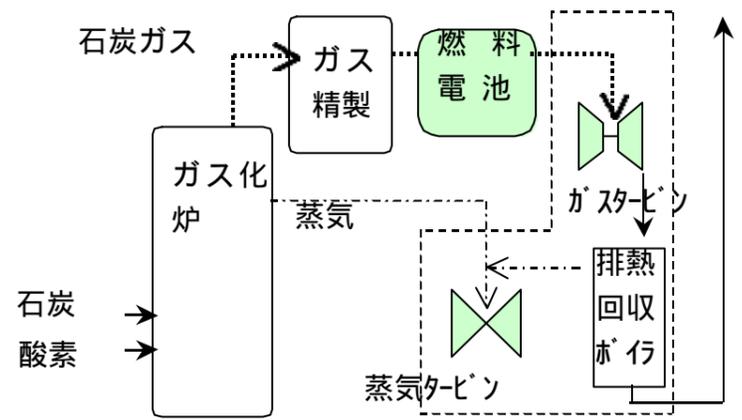
項目	微粉炭火力 (超々臨界圧: USC)	石炭ガス化複合発電 (IGCC)	石炭ガス化燃料電池複合発電 (IGFC)	
原理	<ul style="list-style-type: none"> ボイラで高温・高圧蒸気を発生させ蒸気タービンを駆動 熱効率改善のため、蒸気温度を 600、圧力 25Mpa にまで高めたものが商用化 	<ul style="list-style-type: none"> ガス化炉で石炭を可燃性ガスに転換し、複合発電の燃料とする。 	<ul style="list-style-type: none"> 石炭ガス化と、燃料電池(FC)・ガスタービン(GT)・蒸気タービン(ST)を組み合わせるトリプルコンバインド発電システムを構成して発電 	
開発ステージ	主蒸気温度を 700 に高めた USC 技術については、FS を実施中	パイロットプラント試験 (200t/日級) を終了し、実証試験段階	現在パイロットプラントを建設中 下記の技術要素をパイロットスケールで部分的に確認 ・酸素吹き石炭ガス化炉の開発 ・高度ガス精製システムの開発 (S 分等の不純物 1ppm 以下) (石炭ガス利用燃料電池 (MCFC, SOFC) の開発と IGFC システム実証は、今後の課題)	
特徴	開発のねらい	<ul style="list-style-type: none"> 石炭火力の熱効率向上 (既存技術の改良によるアプローチ) (700 級 USC) 	<ul style="list-style-type: none"> 石炭火力の熱効率向上 (ガス化炉等の新規技術開発とガスタービン等の既存技術の組み合わせによるアプローチ) 未利用石炭 (融点の低い瀝青炭、亜瀝青炭) の活用 	<ul style="list-style-type: none"> 石炭火力の熱効率向上 (ガス化炉及び燃料電池等の新規技術開発とガスタービン等の既存技術の組み合わせによるアプローチ) 未利用石炭 (融点の低い瀝青炭、亜瀝青炭) の活用
	適用燃料	環太平洋に存在する灰の融点の高い瀝青炭 可採埋蔵量 およそ 2060 億 t (5000 兆 MJ)	微粉炭火力で使用しにくい未利用石炭 (環太平洋に存在する灰融点の低い瀝青炭、亜瀝青炭) 可採埋蔵量 およそ 1640 億 t (3800 兆 MJ)	同左
	適用規模 (単機)	1000MW が多数運転中	500MW ~ 600MW 級	至近年では 50MW 級程度の産業用、将来的には 600MW 級
安全性	安全に関する留意点 ・微粉炭の自然発火	<ul style="list-style-type: none"> 微粉炭の自然発火 可燃性ガス、有毒ガスの取扱 高圧ガスの取扱 	同左	
効率	送電端効率 40.5% (現状) ~ 43.0% (700 級 USC)	実証機 40.5% 商用機 46 ~ 48%	商用機 53 ~ 55%	
環境特性	硫黄酸化物濃度 窒素酸化物濃度 ばいじん濃度	ベース	ベースと同等 (発電電力量あたりの排出量は、効率向上分だけ低減)	同左
	CO2 排出量 (g-C/kWh)	217 (現状) ~ 204 (700 級 USC)	実証機 217 商用機 183 ~ 191	商用機 169 ~ 165
	石炭灰の排出容積 (kWh あたり)	100% (ベース)	40 ~ 45% (商用機の場合) 灰がスラグとなるため容積が半減、さらに熱効率の向上により低下	40% 程度 (商用機の場合) 灰がスラグとなるため容積が半減、さらに熱効率の向上により低下

表2-5 IGCCとPFBCとの比較

	加圧流動床複合発電 (PFBC)	石炭ガス化複合発電 (IGCC)
実施主体	実証試験...電発、 商用機...北海道電力、中国電力、九州電力	東京電力を中心とする全電力共同研究
熱効率	最高効率41.5%程度で小型の割には高効率	実証機...目標40.5%、 商用機...46~48%
経済性	発電原価は微粉炭火力より数割高い	商用機での発電原価は微粉炭火力と同等以下
適用炭種	高灰融点炭に適する(微粉炭火力と同様)	低灰融点炭に適する(微粉炭火力で使い難い未利用炭)
環境性	炉内脱硫が出来るためコンパクトだが、脱硫率が低く環境規制の厳しい地点には適用難	最新微粉炭火力と同等以上 (さらに向上は可能であるが熱効率とのバスター)
その他	<ul style="list-style-type: none"> 石炭灰中に脱硫石灰石・石膏が混入し、灰の容積が増大、かつ有効利用が困難 圧力容器内の機器が多く保守困難 当時エネ庁が各電力に導入を働きかけ 	<ul style="list-style-type: none"> 石炭灰はガラス状となり容積は半減 機器点数は多くなるがPFBCより保守は容易想定 高圧有害ガス(CO)の取り扱いが必要
原理	<p>(流動媒体) 石灰石 石炭 空気 [加圧流動床ボイラ] 排ガス 脱じん装置 蒸気 蒸気タービン ガスタービン</p>	<p>石炭ガス ガス精製(脱硫) 蒸気 ガスタービン 排熱回収ボイラ 排ガス 石炭 空気 ガス化炉 蒸気タービン</p>

2-3 海外 I G C C との技術比較

海外では30万kW級のIGCC実証プラントが既に稼動しており、概要を下表に示す。日本IGCCの開発はこれらに比較すると10年遅れていると言わざるを得ない。しかし、海外IGCCは、酸素吹きであったり、スラリーフィードであったりするため、必ずしも熱効率が高いとは言えず、また信頼性についても、天然ガスのバックアップがあるためか、石炭焼きでの連続運転時間が必ずしも長くない、日本に導入するには十分な状況ではない。

我が国では、既に超々臨界圧微粉炭火力の開発・導入が進んでおり、送電端熱効率は100万kWボイラで既に40.5%を超えており、日本に導入するIGCCは、これを大幅に上回る熱効率が達成できないと意味がない。また石炭専焼で5000時間程度の連続運転時間の達成も必要である。日本で求められるより高効率、高信頼性のIGCCを開発し、国内使用はもとより、海外への技術展開も図っていく計画である。

表2-6 海外IGCCプロジェクトの概要

プロジェクト	ブフナム (オランダ)	プエルトヤーノ (スペイン)	ワバッシュリバー (アメリカ)	タンパ (アメリカ)	実証機 (日本)
ガス化炉方式	シェル炉 酸素吹き ドライフィード	プレンフロー炉 酸素吹き ドライフィード	ダウ炉 酸素吹き スラリーフィード	テキサコ炉 酸素吹き スラリーフィード	空気吹き ドライフィード
出力 (適用GT)	284 MW (1100 級GT)	335 MW (1300 級GT)	296 MW (1300 級GT)	322 MW (1300 級GT)	250 MW (1200 級GT)
実施主体	電力会社4社で 会社設立	電力会社8社と メーカ3社	エネルギー会社 と電力会社	電力会社単独	電力関係11法 人で会社設立
信頼性 (最大連続運転時間)	推定2000時間	100時間	1,305時間	1,250時間	目標5000時間
実証試験 開始時期	1994年1月	1997年11月	1995年11月	1996年9月	2007年
送電端 効率	計画 41.4% 実績 不詳	計画 41.5% 実績 不詳	計画 37.8% 実績 39.7%	計画 39.7% 実績 37.5%	目標 40.5% (商用段階では 46~48%)
使用燃料	・豪州炭等数種 ・天然ガス	・地元炭 ・石油コークス ・天然ガス	・地元高硫黄炭 ・石油コークス ・天然ガス	・地元高硫黄炭 ・石油コークス ・天然ガス	・低灰融点炭

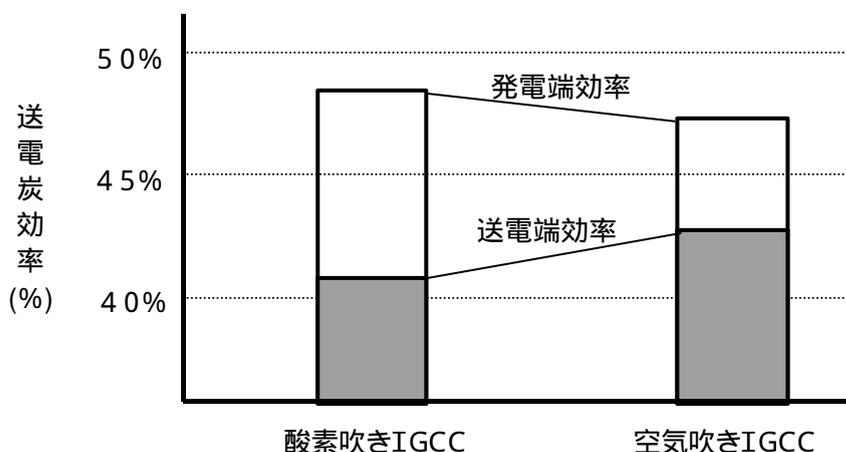


図2-6 I G C C の各方式の熱効率比較図 (at 1300 級 G T)

2-4 I G C C 技術の各論

(1) ガス化炉設備

ガス化炉は、石炭を高温高压下で酸化剤と反応させ、石炭ガスを発生させるものであるが、現在までに様々なタイプのガス化炉が開発されてきている。

ガス化炉内における石炭粒子挙動による分類

石炭ガス化炉には、大別して、固定床ガス化炉、流動床ガス化炉、噴流床ガス化炉の3方式がある。固定床ならびに流動床ガス化炉は、都市ガス製造用あるいは化学原料製造用として古くから開発が進められ、現在でも商用機として使用されている。

一方、発電用としては、大容量化が容易で、負荷追従性に優れた加圧型の噴流床ガス化炉が適しており、現在、世界の発電用ガス化炉の主流となっている。噴流床ガス化炉は、高品位の瀝青炭だけではなく、亜瀝青炭や脱水・脱灰した褐炭等の低品位炭、あるいは、オリマルジョン、残さ油、石油コークス等石炭以外の低品位燃料にも適用できるものであり、その技術開発には燃料ソースの拡大といった面からの期待も大きい他、石炭中の灰をガラス状の溶融スラグとして排出するため、灰の減容化、灰からの微量成分の溶出の観点からも有利となる。

表 2 - 7 ガス化炉の分類

固 定 床	流 動 床	噴 流 床

a. 固定床ガス化炉

固定床ガス化炉は粒径 3~50mm の塊炭を用いる。石炭はロックホッパを通して供給され、水蒸気と酸素からなるガス化剤の上昇流に逆らう形で、上から下へ炉を貫通して移動する。その間に、石炭はまず乾燥され、次に乾留され、最後にガス化される。反応温度は 800~1000 である。灰はプロセスのタイプに応じて固体または溶融状態で取り出される。このプロセスは比較的低い温度で進行するため、タールは低分子の生成物に変換することは出来ず、冷却時に凝縮する。固定床炉によるガス化ではメタネーションが同時に起こる

ため生成ガス中に CH_4 が増え、化学的エネルギーの割合が大きくなり冷ガス効率が高い。

b. 流動床ガス化炉

流動床方式石炭ガス化炉では、平均粒径が 1～6mm の粉炭が使用される。ガス化剤である酸素ないしは空気、それに水蒸気により粉炭を流動化させ、その層内で CO_2 、 CO 、 H_2 への変換が進行する。粒子の集塊現象（アグロメレーション）によって流動状態が乱されることがないように、ガス化温度は灰の軟化温度より低い 800～1100 に保つ必要があるが、逆にガス化温度が低くなるとタールが発生してくる。このため高灰融点炭のガス化に適し、粉炭を用いることから石炭の粉砕動力も少なくすむ。ただし、流動床ガス化の場合、ガス化温度が比較的低いため、石炭粒子の滞留時間が長いにもかかわらず炭素転換率は低く、高い炭素転換率を得るには高反応性の石炭を使用しなければならない。

c. 噴流床ガス化炉

噴流床方式ガス化炉では、微粉炭火力と同様に平均粒径約 0.1mm まで石炭を微粉碎してガス化炉内に投入する。投入された微粉炭は、酸素または空気と目的によっては少量の水蒸気をガス化剤として、各炭種の灰融点以上の 1500～1800 程度の高温雰囲気下で石炭ガスに転換される。ガス化炉内で溶融した石炭灰は、水で急冷されて非結晶質のガラス化されたスラグとして炉外へ取り出される。排出スラグ中有害物質の環境への溶出はほとんどなく、環境保全に対する評価は国内外ともに高い。なお、炉内でガス化されずに生成ガス中に残っているチャー（主に固定炭素と灰分から成る）は、ガス化炉出口に設置されたサイクロン、電気集塵器、セラミックフィルタ、水スクラバなどの集塵装置により回収した後、ガス化炉へ再投入される。

炉内の流動パターンによる分類

a. 旋回上昇流型

コーナファイアリング型ボイラと同様に、炉内に強い旋回流を作るように微粉炭とガス化剤を供給し、生成ガスは上昇し、灰は高温の炉壁に捕捉され溶融スラグとして炉底より排出される。

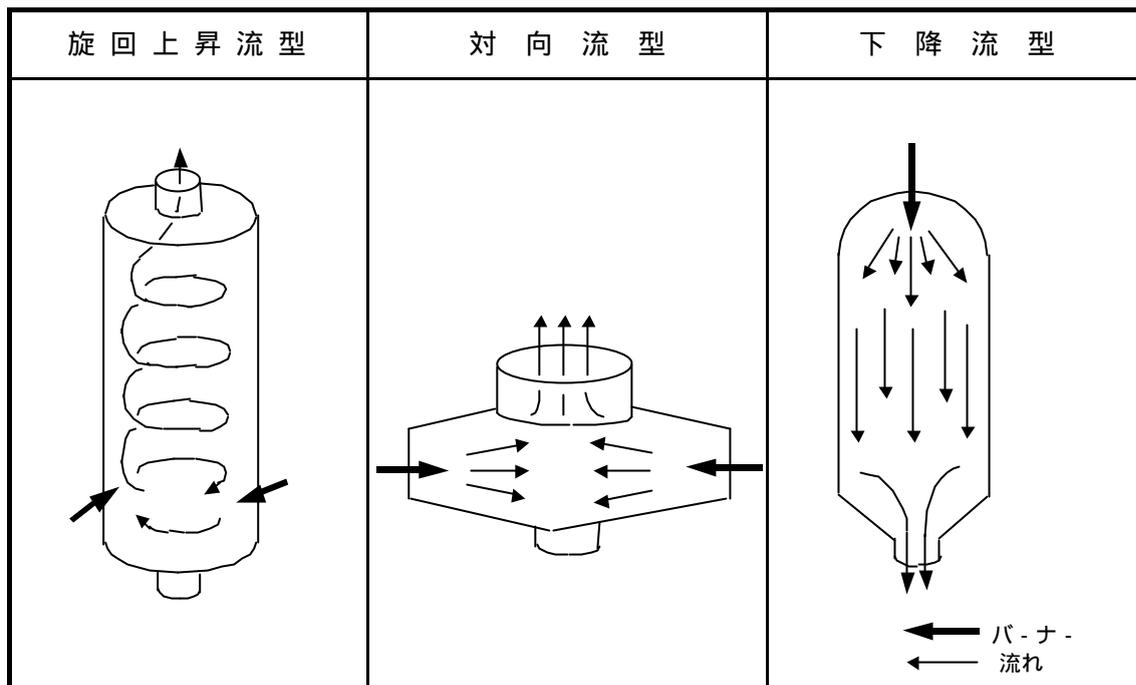
b. 対向流型

対向バーナボイラと同様に、バーナから噴出される微粉炭とガス化剤を炉内で衝突させることにより強い乱流を作るもので、生成ガスは上昇し、溶融スラグは炉底より排出される。

c. 下降流型

石炭とガス化剤を炉頂のバーナより炉内に噴射し、ガス化するものである。溶融したスラグは生成ガスとともに下方に流れ、溶融スラグのみ下部から排出される。

表 2 - 8 炉内流動パターンによる分類



ガス化剤による分類

ガス化剤としては、一般に酸素または空気が用いられる（水蒸気を添加する場合もある）。

a. 酸素吹きガス化炉

酸素をガス化剤として、発熱量が $2500\text{kcal/m}^3\text{N}$ 程度の中カロリーガスを製造するガス化炉である。生成ガスの流量が少ないためガス化炉はコンパクトになるが、酸素を製造するための空気分離装置の所要動力は大きい。海外の主なガス化技術の開発当初は空気吹きから取り組んだが、当時の技術ではスラッキング対策やスラグの安定排出性といった課題を克服することが出来ず、次第に酸素吹きが主流になっていった。この流れを受けて、現在海外で進められている I G C C 実証プラントでも酸素吹きが採用されている。

b. 空気吹きガス化炉

空気をガス化剤として、発熱量が $800 \sim 1500\text{kcal/m}^3\text{N}$ 程度の低カロリーガスを得るガス化炉である。プラントで必要な不活性ガスを製造する空気分離装置で発生する酸素を酸化剤として空気に富化したものもこの範疇に含むものとし、酸素富化空気吹きガス化と言う場合もある。勿来パイロットプラントでは、この方式が採用された。

近年の酸素吹き I G C C において、ガスタービンの抽気を用いて高圧で酸素を製造し、さらに発生した高圧窒素で燃料ガスを希釈することにより、ガスタービン燃焼器での NO_x 発生量を抑えるとともに、その動力をガスタービンで回収するインテグレーション技術が進展してきた。その結果、空気分離装置の酸素製造原単位が小さくなり、酸素吹き I G C C の熱効率も向上している。

石炭供給方法による分類

石炭の供給方法としては、ドライフィード方式とスラリーフィード方式とに分類される。

a. ドライフィード方式

ロックホッパやロータリーフィーダ等を介し、窒素や空気等を用いた気流搬送により石炭を加圧のガス化炉へ投入するものである。

b. スラリーフィード方式

石炭を水と混合してスラリー化し、それをスラリーポンプにより加圧してガス化炉へ供給するものである。この方式は、ガス化炉への加圧供給が容易であり、多くの実績があり技術的な信頼度も高い。しかし、搬送媒体であるスラリー水が炉内に投入されるため、ガス化時に部分燃焼した熱の一部が水蒸気の潜熱として奪われること、ならびに湿式ガス精製を採用した場合には冷却過程で系外へ逸脱する水蒸気損失などが大きいこと等のために、熱効率率はドライフィードに比べて低くなる。加えて、スラリー製造には添加剤が必要になり、スラリー製造コストが増すことが考えられる。

ガス化炉型式による分類

a. 二室二段

ガス化炉を灰溶融部（石炭燃焼部）とガス化部の二室に物理的に分離し、かつ石炭を上下二段から投入し、ガス中の溶融スラグが炉壁に付着する温度領域である遷移温度域をガス化の吸熱反応により回避する方式で、低空気比での石炭灰の溶融排出が可能である。

b. 一室二段

灰溶融部とガス化部が一体になっているが、石炭は上下二段から投入する方式で、遷移温度域をガス化の吸熱反応により回避することを狙ったものである。

c. 一室一段

灰溶融部とガス化部が一体で、石炭の投入も一段だけで、遷移温度域を回避するためにはクエンチガスをリサイクルさせたり、輻射型熱交換器を設置するなどしてガス温度を低下させる。

炉内構造による分類

a. 水冷壁構造

スラグ排出部やガス化部、灰溶融部などの炉壁を水冷壁で構成するもので、スラグによるセルフコーティングにより遮熱し水冷管を保護している。

b. 耐火れんが構造

スラグ排出部やガス化部、灰溶融部などの炉壁を耐火れんがで構成するもので、スラグによるセルフコーティングにより遮熱し耐火材を保護している。

(2) ガス精製設備

IGCCにおけるガス精製装置は、ガス化炉から発生する生成ガスに含まれる不純物を除去する装置である。生成ガス中には、硫黄化合物である H_2S 、 CO_2 、窒素化合物である NH_3 、その他にも微量成分として HCl 、 HCN 等の有害物質が混在している。また、チャー回収装置をすり抜けた未反応の炭素(チャー)や石炭灰の微粒子もガス中に混入している。これらのガス中に含まれる硫黄化合物、微量成分、石炭灰の微粒子等は、後流機器であるガスタービンの腐食や摩耗を引き起こし、また硫黄化合物、窒素化合物、石炭灰の微粒子等は大気汚染を引き起こす原因となる。よって、ガス精製装置ではこれらの物質を効率よく除去することが必要である。

ガス精製装置には大きく分けて、湿式ガス精製と乾式ガス精製の2種類がある。乾式ガス精製は文字どおりガス化炉から高温で出てきたシingasを高温(400~500)のまま精製するもので、顕熱損失が少ないため高効率を志向したものといえる。また、湿式ガス精製は水洗塔、 CO_2 転換器等を設置し、ガス中微量成分などの精密除去が可能であり、後続機器(ガスタービン等)への影響、環境性に配慮した環境志向型といえる。

湿式ガス精製

前述の通り環境性を志向したシステムである。主管系統の機器構成は、水洗塔、 CO_2 転換器、 H_2S 吸収装置よりなり、各機器の役割は、水洗塔で微量成分、ダスト及び NH_3 の除去を行い、 CO_2 転換器でガス中の CO_2 を H_2S に転換し、 H_2S 吸収装置で H_2S を吸収するものである。乾式ガス精製と比較して、構成機器毎に役割を分けた精密なガス中成分除去を行うため、精製ガスは乾式ガス精製と比べクリーンとなり、ガスタービン等の後流機器への影響が少なく、また環境性にも優れるといえる。しかし、その反面、システムが複雑化し、構成機器が増えるため、熱バランス、単体機器でのトラブルの危険性があるという欠点もある。

また、これらの装置は乾式ガス精製に比べ、動作温度が低く (H_2S 吸収装置は 40 程度)、また、各々の機器で動作温度が異なるため、システム上、ガス温度の昇降が必要となり、IGCCの最大のセールスポイントであるプラント効率が低くなることも大きな欠点といえる。他にも、 H_2S 吸収装置で捕取された H_2S を燃焼炉で SO_2 へ燃焼酸化するため、乾式ガス精製と比較して SO_3 生成割合が高くなるため、設計上の配慮が必要である。

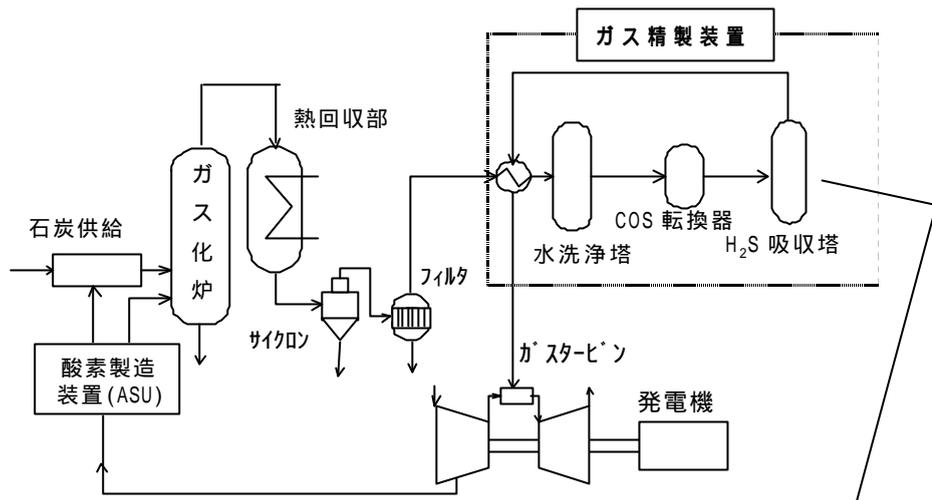


図 2 - 7 湿式ガス精製 IGCC 系統 (例)

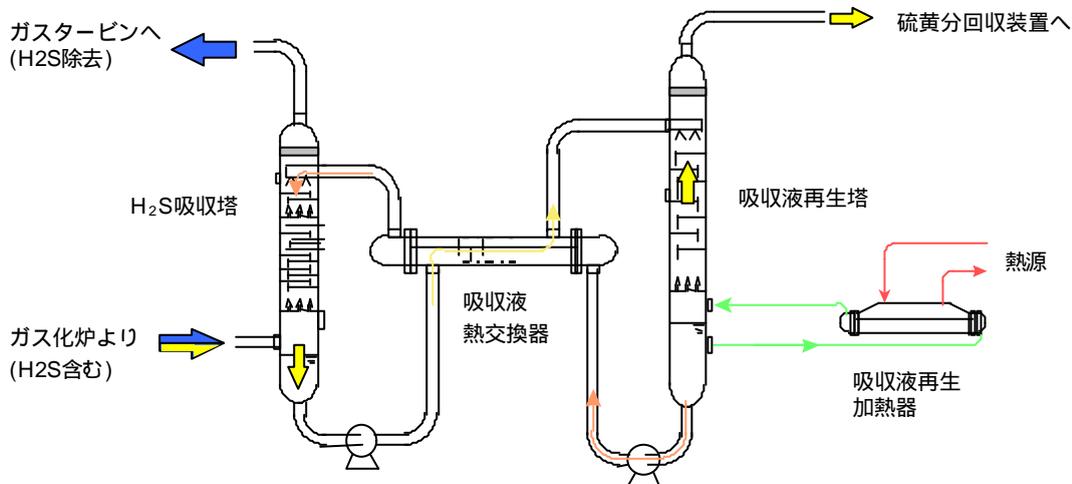
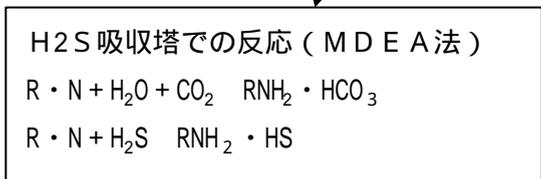


図 2 - 8 湿式ガス精製 (脱硫部) 概念図

乾式ガス精製

乾式ガス精製は、金属の吸着媒体を用いて高温ガス中の H₂S の吸着および酸化を行わせるものである。ガス化炉からの高温ガスをそのまま脱硫し、ガスタービンに導入するため、ガス温度の昇降が少なく、湿式ガス精製に比較してプラント効率で 2~3% 程度の向上が期待される。また、脱硫剤再生時に空気を使って酸化し、SO₂ として排出するため、湿式ガス精製のように H₂S 酸化燃焼工程が無く、SO₃ の発生の危険性が少ないため、H₂S 酸化の面では信頼性に優れる。

といわれている。しかし、その反面、水洗塔等を持たないため、微量成分、NH₃等の除去が難しく、ガスタービン等の後続機器への腐食及び環境性等への影響が懸念される。また、高温のままガスを処理するため、系統内配管、バルブの大型化が必要になり、信頼性の面で十分な検証が必要とされ、開発途上の技術といえる。

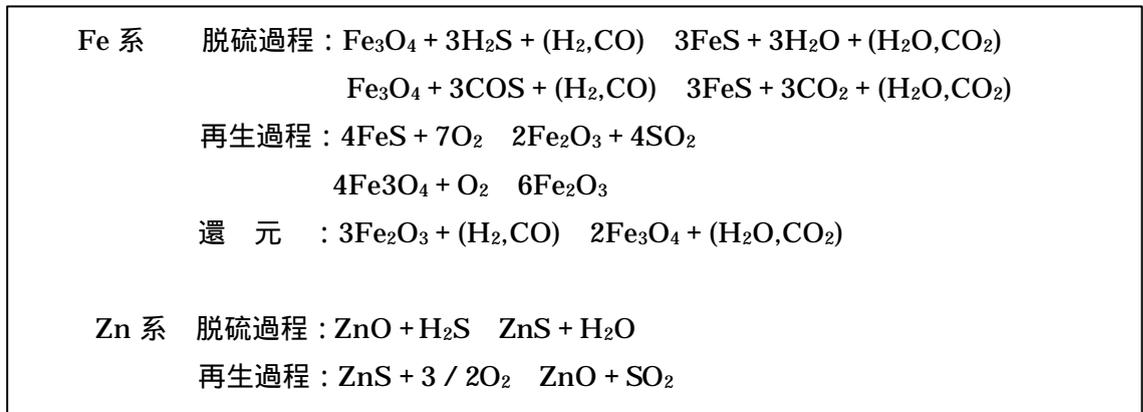


図2 - 9 乾式ガス精製での反応

この様なことから、海外で稼働中の大型IGCCプラントでは湿式が採用されており、唯一タンパ発電所(米国)で主系統からブランチした小型装置が設置してあるのみである(ただし稼働実績はない模様)。日本国内では、勿来パイロットプラントで実証試験を実施した川崎重工(移動床式)、石川島播磨重工(流動床式)、三菱重工(ハニカム固定床式)などがある。今回の25万kW級び実証プラントで乾式ガス精製を採用する予定はないが、空気吹きIGCCに乾式ガス精製を適用した場合には、熱効率が絶対値で約2%向上する魅了ある技術であることから、今後も注視していく予定である。

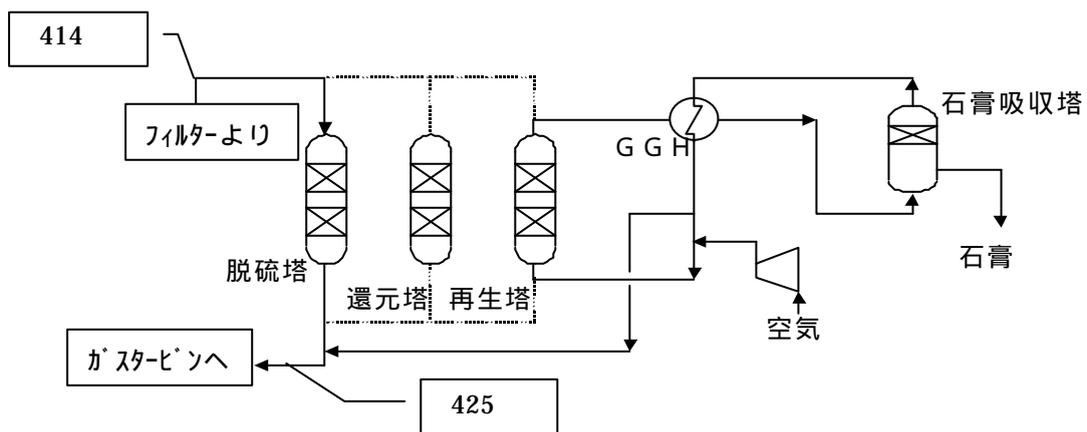


図2 - 10 乾式ガス精製 IGCC システム例(三菱)

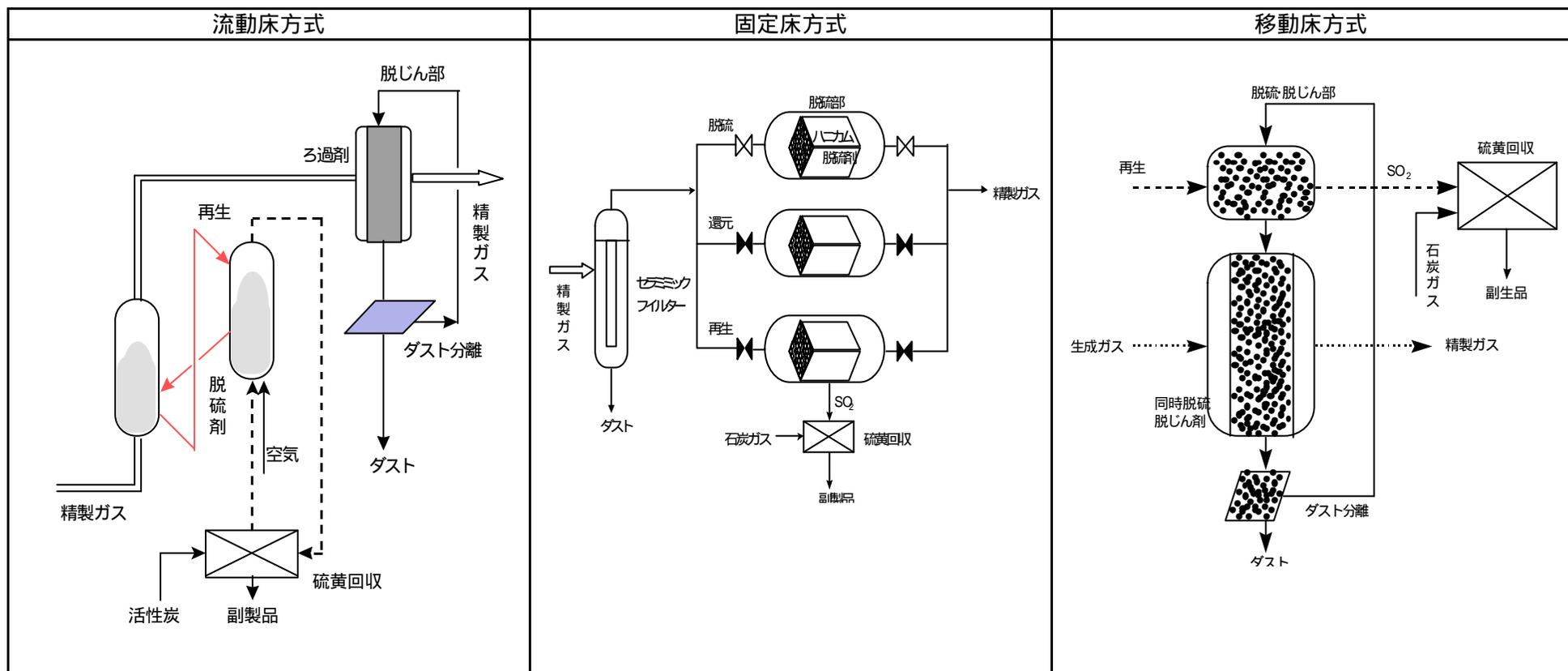


図 2 - 1 1 乾式ガス精製の各方式の対比

(3) 複合発電設備

IGCC 用の複合発電設備は、天然ガスを燃料とする複合発電設備と同様にガスタービン、排熱回収ボイラー、蒸気タービンで構成されるが、IGCC の場合には、石炭ガス化炉で発生した石炭ガスを冷却する過程で得られる蒸気も蒸気系統に加えられ蒸気タービンでの発電を行う点、ガスタービンからガス化用の酸化剤として高圧空気を抽気する点が異なる。現状の IGCC システムは、すでに天然ガス用に関連された高温ガスタービン技術をベースとしているため、IGCC 用ガスタービンは基本的には天然ガス用ガスタービンと同じであり、天然ガス用ガスタービンからの機種選択により IGCC プラントの出力規模が決まってくる。以下に、IGCC 用ガスタービンの特徴点、天然ガス用ガスタービンの設備・運用と相異なる事項等を記述する。

石炭ガス燃料の特徴

石炭ガスの発熱量は天然ガスと比較して約 1/3～1/10 であり、燃焼器内での燃焼の仕方や燃料ガス量が多くなるため空気圧縮機側とガスタービン側のバランスが異なることに留意する必要がある。

また、石炭ガスには腐食成分やダスト等の不純物が含まれ、ダストによるガスタービン翼冷却孔の閉塞や、アルカリ金属化合物の表面付着による腐食現象等が懸念される。また、乾式ガス精製方式を採用した場合には、石炭ガス中のアンモニアが除去されないため、NO_x 低減等に留意する必要がある。

空気系統の特色

天然ガス用ガスタービンでは、ガスタービン空気圧縮機からの空気全量をガスタービン燃焼器における燃料ガス燃焼用や冷却用として使用できる。一方、IGCC 用ガスタービンでは、ガスタービン空気圧縮機からの空気を一部抽気し、ガス化炉における石炭ガス化剤あるいはその製造用に使用している。

蒸気サイクルの特徴

天然ガス焼きコンバインドサイクルでは、ガスタービン出口燃焼排ガスの熱回収をはかる HRSG のみからの発生蒸気により蒸気タービン出力を得ている。これに対して、IGCC では HRSG とガス化炉出口の SGC からの発生蒸気をマッチングさせて蒸気タービン出力を得ている。このため、IGCC ではガス化炉出口の SGC およびガスタービン出口の HRSG 等における熱回収方法を最適化することにより効率の向上がはかれる。

ガスタービンと蒸気タービンの出力割合

前項のとおり、天然ガス焼き CC の出力はガスタービン出力と HRSG での熱回収蒸気による蒸気タービン出力との合計となり、一般的にはガスタービン出力と蒸気タービン出力の比は 70%：30% 程度となる。一方、IGCC 出力は天然ガス焼きコンバインドサイクル出力に対してガス化炉出口 SGC の熱回収分だけ蒸気タービン出力が増加することになる。同一出力規模を前提にすると、SGC での熱回収量はガス化方式により異なり、空気吹きガス化炉では N₂ の流入が多いため石炭ガス量が増加し、SGC での熱回収が増加してガスタービン出力と蒸気タービン出力の比は 50%：50% 程度となり、出力割合が変化する。

石炭ガス化ガス中微量成分による腐食対策

微量成分によるタ - ビン翼他の腐食現象とは、例えばアルカリ金属の硫酸塩 (Na_2SO_4 、 K_2SO_4) がガスタ - ビン高温部品に激しい腐食を引き起こす現象である。

このため、下表に示すように石炭ガス化ガスに含まれる微量成分に許容値を設けている。

表 2 - 9 ガスタービンの微量成分の許容値 (例)

微量成分	A社		B社	
	天然ガス	空気吹き 石炭ガス化ガス	タ - ビン入口 ガス	空気吹き 石炭ガス化ガス
Na + K (ppm)	0.5	0.05	0.024	0.10
V (ppm)	0.5	0.05	0.01	0.04
Pb (ppm)	2	0.2	0.02	0.08
Ca (ppm)	10	1	0.04	0.16
その他 (ppm)	2	0.2	0.1	0.40

(参考) 微量成分によるタービン翼他の腐食現象

V : バナジウムは、融点が 690 の五酸化バナジウムのような低融点の化合物を形成するが、これらの化合物はタービン翼に用いられる全ての耐熱合金に激しい腐食作用を及ぼす。しかしながら、燃料中に十分な量のマグネシウムが存在すれば、バナジウムと化合して高融点の化合物を生成し、腐食速度を許容レベルまで下げることができる。尚、生成した灰はタービンに付着堆積し、出力を低下させることがあるが、一方では、これらの堆積物は、タービン停止時に剥離する性質ももっている。

Na + K : ナトリウムおよびカリウムは、バナジウムと化合して、565 で融解する共晶を形成し、かつ、燃料中の硫黄と化合して、ガスタービンの運転領域で融点を有する硫酸塩を生成する。これらの化合物は激しい腐食を引き起こし、650 以上のメタル温度域で使用される高温部品に対しては、どのような添加剤を使用しても腐食量を低減できないばかりか、粘着性の強い堆積物が生成する。従って、ナトリウムおよびカリウムの含有量は規定する必要がある。

Pb : 鉛は腐食の原因となると同時に、バナジウムによる腐食に対するマグネシウムの抑制効果を打ち消す作用がある。

Ca : カルシウムは腐食の点からみると有害ではない。実際、カルシウムはバナジウムの腐食作用を抑制するように働く。しかし、カルシウムは、ガスタービンの停止によっても剥離しない強固な堆積物を形成しやすい。タービン水洗によってもこれらの堆積物を除去することは容易ではない。

3. これまでのIGCC開発の成果

3-1 IGCC開発の歴史（日本でのIGCC実証プロジェクトに至った背景）

IGCCの開発は、石油ショックに端を発して、石炭を燃料とした高効率で環境性に優れた火力発電技術の開発の要請が高まり、昭和58年～60年にかけて新エネルギー・産業開発機構（NEDO）がFSを実施。この結果に基づいて昭和60年に総合エネルギー調査会石油代替エネルギー部会及び産業技術審議会新エネルギー技術開発部会において検討が行われ、パイロットプラントによる開発が決定。昭和61～平成8年の間、福島県勿来においてパイロットプラント試験を実施した。

勿来パイロットプラントによる試験が終了した平成8年度に、通商産業省資源エネルギー庁の「21世紀に向けた発電技術懇談会・火力部会」において、その後のIGCC開発の進め方について検討が行われ、パイロットプラントから適正なスケールアップ比率を有した、商用プラントにつながる規模の実証試験が必要との認識で一致。最適IGCC方式の選定、実用化への技術的検証が必要な要素技術についての試験、実証試験の在り方について平成9、10年で検討・試験を行うこととなった。

勿来パイロットプラントプロジェクトは、「空気吹きドライフィードガス化」+「乾式ガス精製」方式でスタートしたが、その後の勿来パイロットプラント試験の結果、内外での技術の進歩、社会情勢等の変化を踏まえ、新たな開発の方向性を検討すべく、平成9年度のFSにて、今後開発を推進すべきIGCCシステムの再評価を行った。その結果、NEDO石炭ガス化委員会等での審議を経て「空気吹きドライフィードガス化」+「湿式ガス精製」方式が選定された。

表3-1 評価対象としたIGCC方式

方式	設備構成		特徴
	ガス化炉	ガス精製	
A	空気吹きドライフィード	湿式	・酸素吹きより高い送電端効率 ・高い信頼性
B	酸素吹きドライフィード	湿式	・開発段階が低い
C	酸素吹きスラリー・フィード(海外)	湿式	・実績はあるが、熱効率が低く炭種の制約大
D	空気吹きドライフィード	乾式	・最も高い送電端効率 ・乾式ガス精製の信頼性に難
E	酸素/蒸気吹きドライフィード(海外)	湿式	・実績はあるが、効率面、信頼性で不十分

空気吹き：空気により石炭を酸化してガス化する方式

酸素吹き：酸素により石炭を酸化してガス化する方式

ドライフィード：石炭を微粉炭にしてガス化炉に供給する方式

スラリーフィード：石炭水スラリーを製造してガス化炉に供給する方式

平成10年の電力技術評価委員会において、11年度以降、官民の適切な費用分担により、実証プラントに向けた取り組みを行うべきとされた。実用化にあたりスケールアップ後の信頼性や長期耐久性、保守費等についての最終的な検証と見極めは、実証試験によってのみ可能であ

ることから、IGCC 開発の最終段階として実証プロジェクトを進めることとなった。

平成 12 年には、資源エネルギー庁のエネルギー・資源技術評価検討会において、IGCC の実証機による開発は、エネルギーセキュリティ、地球温暖化対策等の観点から重要であり、国も相応の補助を行い鋭意推進すべき技術と評価された。

3-2 パイロットプラント試験成果他

勿来パイロットプラント試験は、新エネルギー・産業開発機構（NEDO）が、通産省の補助を受けて、電力 9 社と（財）電力中央研究所および電源開発（株）の 11 法人で構成する石炭ガス化複合発電技術研究組合（IGC 組合）に委託し、福島県いわき市の常磐共同火力(株)勿来発電所構内に石炭使用量 200t/日、発電出力 2.5 万 kW 相当の噴流床石炭ガス化発電パイロットプラントを設置して研究を行った。

本パイロットプラントは 1986 年度に基本設計、1987 年度に詳細設計を行い、1988 年 1 月から建設を開始、1991 年 2 月に完成した。1991 年 6 月に石炭ガス化運転を開始、1992 年 7 月には空気吹きガス化炉と乾式ガス精製による世界で初めての石炭ガス化発電に成功した。

運転研究ではガス化炉内の灰付着等の課題があったが、それら課題を全て解決し、1995 年 3 月に 789 時間の連続安定運転に成功した。その後も各種のデータを取得し、1996 年 2 月に運転研究を終了するまでに、累積ガス化 4770 時間、累積発電 1643 時間を達成した。基本技術の成立性が確認された。この期間に IGC 組合は国内・海外 3 炭種について、ガス化炉、ガス精製、ガスタービン及び大型ガスタービン燃焼器の性能、運転制御のデータ取得やプラント全体の負荷制御特性などの把握を行った。目標とする高効率と環境適合性を達成できる見通しを得て、1996 年には解体研究を実施し、パイロットプラント段階の技術検証をほぼ完了した。

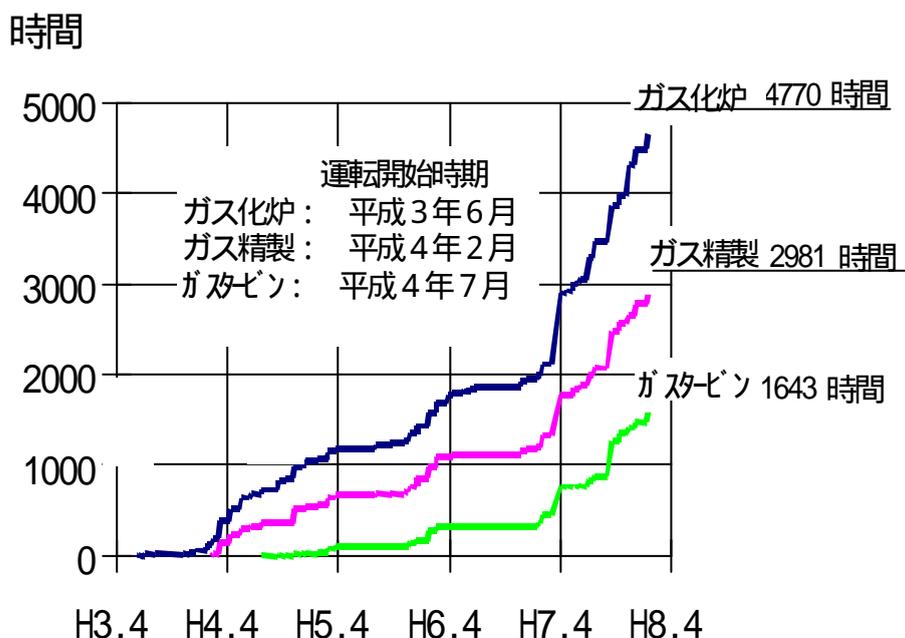


図 3 - 1 IGCC パイロットプラントの運転時間実績

4. 実証プラント計画の概要

I G C Cの商用プラントとしては1軸50～60万kW程度の規模を想定しており、開発の最終段階として、商用機の約半分の出力規模の25万kW級の実証プラント試験を、電力共同で新会社（クリーンコールパワー研究所）を設立し、国からの補助を受けて実施することとなった。以下にその概要を述べる。

4-1 実証プラント設備の概要

実証プラントは、次に示す仕様で計画している。

表4-1 実証プラントの仕様

出力（石炭使用量）	250MW級（約1700t/日）
方式	ガス化炉：空気吹きドライフィードガス化 ガス精製：湿式ガス精製（MDEA）+石膏回収 ガスタービン：1200級
目標熱効率	発電端 48% 送電端 42% （LHVベース） 発電端 46% 送電端 40.5% （HHVベース）

< 実証プラント諸元の設定理由 >

- ・出力及び石炭使用量

実証プラントの出力規模は、パイロットプラントから実証プラントへのスケールアップ比率と、実証プラントから商用プラントへのスケールアップ比率の双方を見て、適正な値を選定する必要がある。

パイロットプラントから実証プラントへのスケールアップ比率は、海外プラントの実例（4～10倍程度）を参考として約8倍、実証プラントから商用プラントへのスケールアップ比率については、過去の電力プラントのスケールアップ実績（最大2.12倍）を参考にして2倍程度を選定し、結果として実証プラントの出力規模を250MW（石炭使用量約1700t/日）とした。

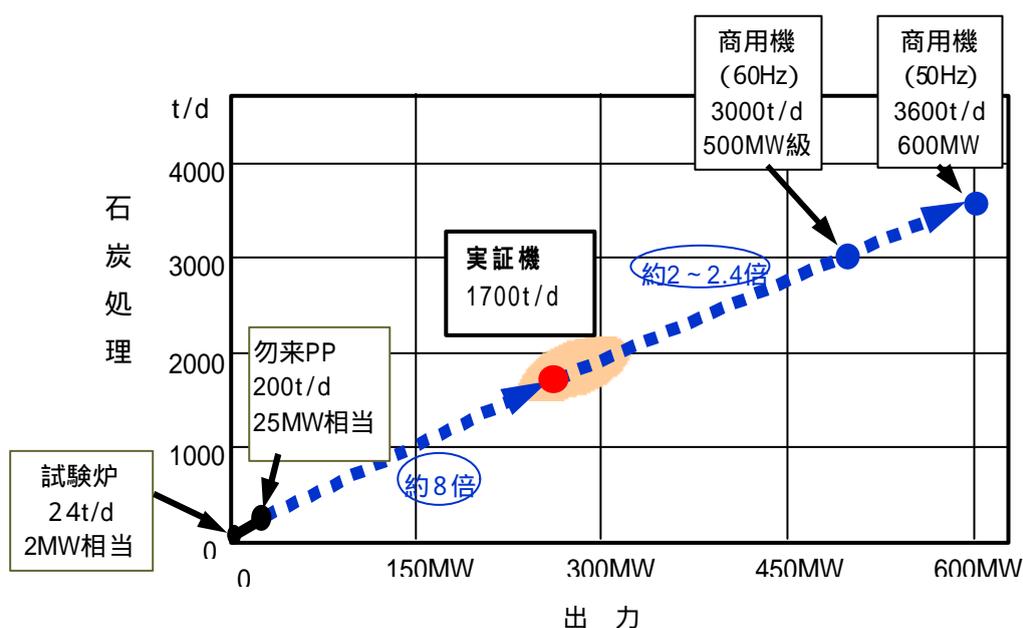


図4-1 I G C C開発におけるスケールアップ

・方式

方式は、平成9年度のF Sにおいて選定された方式である。湿式ガス精製を採用した主な理由は、勿来パイロットプラントにて開発した乾式精製は、勿来プロジェクトでの目標性能は達成したものの、実証プラントに採用するには機器信頼性・環境性に課題が多く、早期にかつ確実にI G C Cを完成させるためには、当面の実証プラントでは比較的技術課題の少ない湿式ガス精製を採用すべきとの判断をしたためである。

ガスタービンはプラント出力250MWとするため、1200級を採用する。

・目標熱効率

1200級ガスタービンでは高効率化には限界があるが、新鋭大容量微粉炭火力程度の目標効率を設定した。

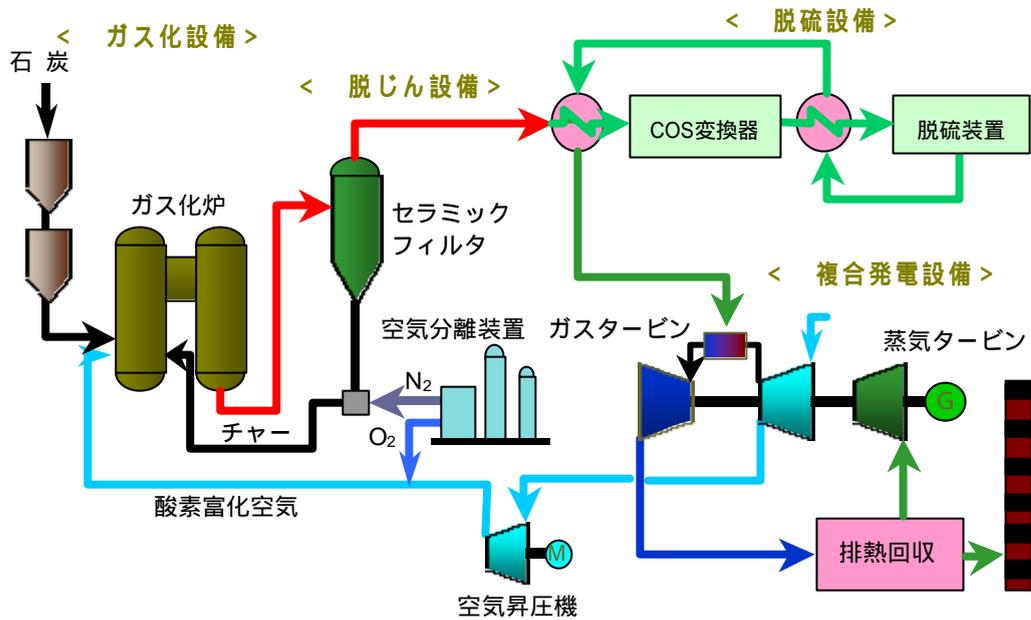


図4-2 IGC C実証プラント基本系統図

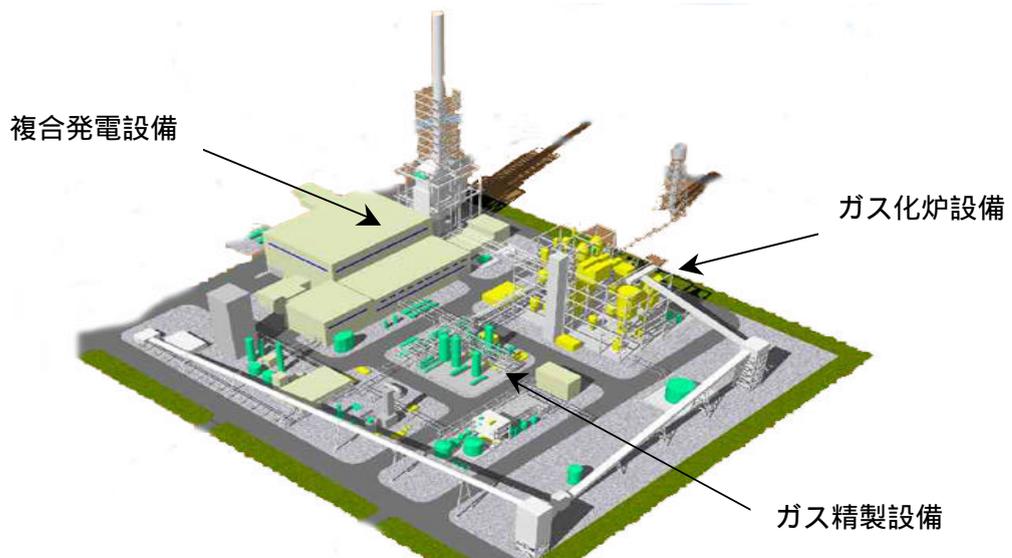


図4-3 実証プラント完成予想図

4-2 実証プラント試験の目標

IGCC の商用化時点で求められる、信頼性、熱効率、環境性、炭種適合性、経済性の水準を表 4 - 2 のように定め、これらの見通しを得るために、実証プラントとして達成すべき目標を表 4 - 3 のとおり定めた。

表 4 - 2 商用化時点で求められる水準

指標	水準
信頼性	年利用率 70%以上
熱効率	発電端 送電端 51% 46% 1500 級ガスタービン / 湿式ガス精製の場合 (at HHV) 53% 48% 1500 級ガスタービン / 乾式ガス精製の場合 (at HHV)
環境性	SOx : 8 ppm (16% O ₂ 換算) NOx : 5 ppm (16% O ₂ 換算) ばいじん : 4 mg/m ³ N (16% O ₂ 換算)
炭種適合性	瀝青炭に加えて、亜瀝青炭等の灰融点の低い、より低質な石炭を使用して安定運転ができること
経済性	発電原価が微粉炭火力と同等以下

表 4 - 3 実証プラント試験での達成目標

指標	水準
信頼性	年利用率 70% 以上の見通しが得られること
熱効率	送電端効率 40.5% (at HHV)、42% (at LHV)
環境性	SOx : 8 ppm (16% O ₂ 換算) NOx : 5 ppm (16% O ₂ 換算) ばいじん : 4 mg/m ³ N (16% O ₂ 換算)
炭種適合性	微粉炭火力に適合しにくい灰融点の低い石炭 (灰溶融温度 1400 以下) を使用し、安定運転ができること
経済性	発電原価が微粉炭火力と同等以下となる見通しを得ること

個々の達成目標の設定理由は以下の通りである。

信頼性

実証プラントは、商用プラント並の信頼性を検証するという趣旨から、ベース電源として必要な年利用率を確保できることとした。

熱効率

実証プラントにおいては、出力規模を抑えるために 1200 級のガスタービンを使用するため、送電端効率の目標値を 40.5% 程度とした。IGCC としては熱効率が高いとは言えないが、それでも超々臨界圧 (USC) の蒸気条件を採用した 1000MW 級の最新鋭微粉炭火力の送電端効率 (約 40.5%) とほぼ同等の効率が見込まれる。

実証プラントで IGCC の総合的な検証がなされれば、商用段階では 1500 級ガスタービンの適用により、46 ~ 48% の高い熱効率が達成される見込みである。

環境性

SO_x、NO_x、ばいじん等の排出濃度は、最新鋭の微粉炭火力と同等以下とし、全て10ppm以下を目標とした。発電電力量あたりの排出量は、熱効率の向上分だけさらに低減されることになる。

炭種適合性

微粉炭火力は豪州炭のような灰融点の高い石炭が向いているのに対し、IGCCは、中国、米国、インドネシア等に多く存在する灰融点の低い石炭が適しており、微粉炭火力で使用し難い、灰融点の低い石炭を安価に入手して使用することを、当面の目標とする。

なお、200t/日規模の勿来パイロットプラントでは、灰融点の高い豪州炭についても試験を行い、利用可能なことは検証済みである。

経済性

電気事業法の改正により、今後は、独立電気事業者（IPP）だけでなく、電力会社が建設する大規模火力電源に対しても、競争入札が求められることから、IGCCを商用プラントとして導入するためには、少なくとも既存の超々臨界圧微粉炭火力（USC）と同等程度の経済性の確保が必要となる。

4-3 研究開発体制

今後、大規模なIGCC実証プラント試験を推進していくに当たり、事業を民間主導で効率的に進めるために、平成13年6月に、株式会社クリーンコールパワー研究所（CCP研究所）が設立された。

CCP研究所は、電力9社と電源開発の出資により設立され、出資10社と電力中央研究所とCCP研究所の12法人が共同研究契約を締結し、試験を推進することとしている。

CCP研究所は、実証プラント試験の実施主体となり、必要な研究費の約30%を国から補助金として、残る70%を電力各社から分担金として受領して試験を推進する。また、また研究員は電力各社から出向派遣により構成する予定である。

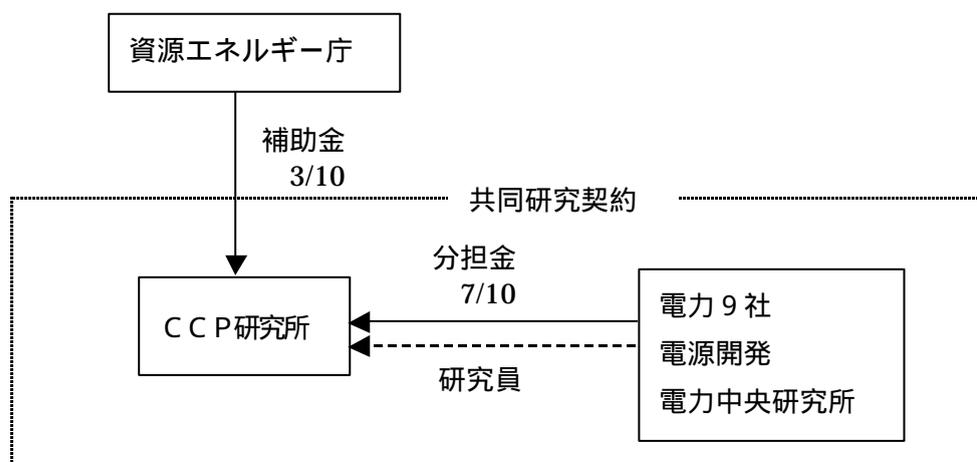


図4-4 IGCC実証試験の実施体制

4-4 全体スケジュール

実証プラントプロジェクトは、平成11年度から平成21年度までの計画であり、実証プラント運転試験の信頼性を高めるための「事前検証試験」と、その結果を適宜基本設計・詳細設計に反映しプラントを建設して、プラントの運転を行う「実証試験」の2つの工程から成る。なお、実証プラントを建設するためには、環境影響評価法（アセス法）に基づく環境アセスメントを事前に行う必要があり、実証プラントの設計と並行して実施する計画である。

平成11，12年の事前検証試験は、CCP研究所が設立されていなかったため、東京電力が幹事会社となり全電力共同で実施したが、平成13年度以降は、CCP研究所が実施主体となって推進する予定である。

表4-4 実証プラント試験スケジュール

平成	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
事前検証試験											
実証試験			基本設計・詳細設計			建設			運転試験		
環境アセスメント											

以上