

((((技術・行政情報))))

最近の環境問題と炭酸ガス処理技術

1. はじめに

最近、環境問題に関する話題が高まって来ているが、その内容は1970年代に高まったものと大きな違いがある。

1970年代の認識は、わが国の高度経済成長時に経済優先で生じた環境汚染であった。それは汚染の被害者と加害者とがはっきりしたものであった。その後、汚染物質や有害物質の排出規制の強化と環境機器の発展により、積極的な環境保全が図られ、環境問題は一時、人々の関心から薄れてきていた。しかし、1980年代に入って、酸性雨、オゾン層の破壊、地球の温暖化、砂漠化などに見られるように問題は地域規模あるいは地球規模での環境問題に移り再びクローズアップされてきた。このように、80年代の環境問題は、汚染規模がより広域的になったものを対象にしていることがわかる。それは、従来の環境問題のように被害者と加害者とが明確であったのに比べ、その両者を明確にすることが難しく、不特定多数が対象となっている。また問題も単に汚染だけでなく、地球規模での気候変動、砂漠化あるいは温暖化といった環境破壊にまで及んでいる。

このため、その対策には数多くの難しい問題がある。問題を複雑にしているのは、環境破壊の因果関係が科学的にまだ解明されていないことである。しかし、たとえそれが解明されたとしても、それはエネルギー、資源、人口、森林開発といった他の地球規模の問題とも深く係っており、その解決は容易なことではない。ここでは、地球規模環境問題についてわが国の関係省庁の検討体制を紹介すると共に、温暖化の最大原因とされている炭酸ガスについて、処理する場合を取り上げ技術的に解決することが経済的にいかに大きな負担になるかを示すことにする。

2. わが国の検討体制

地球規模環境問題は、わが国では昨年から特に関心が高まり、現在、関係省庁、大学、学会等でそれぞれの立場から独自の政策検討や研究開発を行っている。

表1は、主な関係省庁の検討体制を示したものである。

表の検討体制は、地球環境問題に関して、国際社会におけるわが国の役割および諸政策を検討するのが主である。それとは別に、調査研究も各省庁で数多く行われている。その主なものを紹介すると次のとおりである。

(1) 環境庁

国立公害研究所が中心となっており、成層圏オゾン

表1 地球規模環境問題に関する関係省庁の検討体制

[1] 環境庁

(全 庁)

- 地球環境保全企画推進本部 (88年 8月)
- 地球環境世界会議に係る有識者懇談会 (89年 1月)
- (大気保全局)
 - 地球温暖化問題に関する検討会 (88年 5月)
 - └ 影響評価分科会 (89年 1月)
 - └ 対策分科会 (89年 1月)
- (企画調整局)
 - 地球環境問題政策検討会 (89年 5月)

[2] 通産省

(全 省)

- 温室効果問題検討委員会 (88年 7月)
 - └ 温室効果問題研究会 (88年10月)
- (資源エネルギー庁)
 - 世界的視野から見た長期エネルギー問題に関する懇談会 (88年10月)
- (工業技術院)
 - 地球環境問題に対する技術面からの貢献を考える研究会 (88年12月)
 - └ 地球環境技術研究委員会 (89年 1月)

[3] 気象庁

- 温室効果検討部会 (88年 9月)

[4] 科学技術庁

(科学技術会議)

- 地球科学技術部会 (89年 5月)

() 内は発足日

(((((技術・行政情報)))))

ン層の変動とその環境影響に関する基礎的研究、地球温暖化に係る炭素系大気微量成分のグローバル変動に関する研究などがある。

(2) 気象庁

CO₂、オゾンなどの観測を継続的に実施している。大気大循環並びに海洋大循環モデルの研究、気象衛星による大気・海洋変動の研究、酸性雨関連汚染物質の移流拡散に関する予測モデルの開発研究など気象、地象、水象に関する研究を総合的に実施している。

(3) 科学技術庁

太平洋における大気・海洋変動と気候変動に関する国際共同研究を科学技術振興調整費などにより実施している。国立防災科学技術センターでは、水蒸気・水の動態を中心とした災害気象の研究を行っている。

(4) 文部省

世界気候研究計画(WCRP)を国際共同研究計画の一環として大学で行っている。科学研究費補助金による環境科学特別研究もある。

3. CO₂処理技術

地球規模環境問題で、現在最も関心が高いのは地球の温暖化であり、中でもその大きな原因とされているCO₂問題であろう。CO₂の発生を抑制する方法は数多くある。それは、省エネルギー、原子力・自然エネルギーなど非化石燃料への転換、大気中のCO₂を固定する森林造成、藻類等による光合成、炭酸ガスを選択吸収除去する低減技術の開発などである。この中で、最後の低減技術の開発を除き、他の抑制策は政策的に対処することが主になる。政策的な対応およびその可能性については既に数多くの報告書がある。ここでは、技術的にCO₂発生を抑制したとき、その経済性の概略を紹介することにする。

3.1 処理技術

CO₂処理を分類すると、それには物理的、化学的、物理/化学的方法がある。その中、大量にCO₂を排出する火力発電所に、処理技術を併設する場合を考えると、その処理方法には次のようなものがある。

(分類)	(処理方法)
物理的	湿式吸収法 乾式吸収法 膜分離法
化学的	炭化水素転換法
物理/化学的	CO ₂ 分解法

上にあげた処理方法の概要を説明すると以下のようになる。

①湿式吸収法

燃焼排ガス中のCO₂を、アルカリ性吸収液(モノメタノールアミン、ダウ・アルカノアミンなど)に通して接触反応をおこし、排ガス中のCO₂を吸収する。システムは、CO₂と吸収液とを接触させる吸収塔と、CO₂を吸収した吸収液からCO₂を分離し、吸収液を再びもとの状態にもどす再生塔から成っている。その技術は既に実用化しているが、残された課題に安価な吸収液の開発と吸収液の再生塔処理後に発生する廃液の環境問題がある。

②乾式吸収法

燃焼排ガス中のCO₂を、固体吸収剤(モレキュラシーブ、ゼオライトなど)を用いて処理する。システムは、湿式法と同様、CO₂を吸収剤で吸着する吸着塔とCO₂を吸着した吸着剤からCO₂を分離し、吸着剤を再びもともにもどす再生塔とから成る。技術水準も湿式法とほぼ同じ程度で、安価な吸着剤の開発が課題である。

③膜分離法

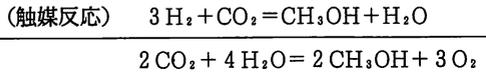
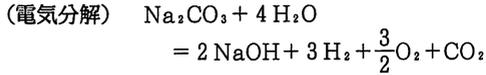
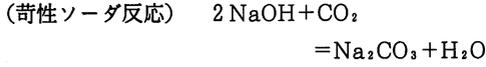
多孔質の気体分離膜に、燃焼排ガスを通し、CO₂を分離・除去する。気体の拡散速度差で分離され、分離膜には米国製のプリズムセパレータなどがある。実用化に際しては、技術的課題が多く、中でも大容量化の技術開発が最も大きな問題である。

④炭化水素転換法

燃焼ガス中のCO₂を化学的に処理し炭化水素燃料を生成する方法である。処理方法にはいくつかあるが、苛性ソーダを使う方法が最も実用的と考えられている。苛性ソーダ溶液にCO₂を吸収させ、その溶液を電気分解することで、CO₂、水素、酸素ガスを生成し、かつ苛性ソーダを再生する。さらに、発生したCO₂と水素は、解媒を用いて反応させメ

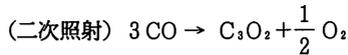
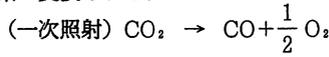
(((((技術・行政情報)))))

チルアルコールにする。この処理法の化学反応式は次のようになる。



⑤ CO₂分解法

γ線や電子線など高エネルギーの放射線を排ガスに照射し、CO₂を一酸化炭素と酸素に分解し、一酸化炭素はさらに高エネルギー照射により二酸化三炭素に変換される。



この処理法は、技術的にはまだ基礎研究の段階にあり、実用化までには多くの技術課題を解決しなければならない。

3.2 経済性検討

火力発電所に処理技術を併設し、燃焼後に発生するCO₂を処理し、処理後の生産物が燃料である場合は、それを再利用するシステムを考える。システムの概略を図示すると図-1のようになる。

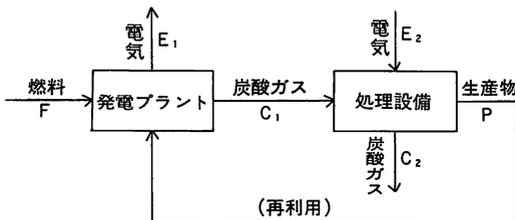


図-1 システム概略図

処理設備を併設したことによる燃料の増加割合は次式で表わされる。

$$a = \frac{F_2 - F_1}{F_1} \dots\dots(1)$$

a : 燃料増加率

F₁ : 処理設備なしの燃料消費量

F₂ : 処理設備導入による燃料消費量

ここで、F₁とF₂は下記の式から求まる。

(処理設備なし)

$$F_1 \times H_1 = E_1 / \eta \dots\dots(2)$$

H₁ : 燃料発熱量

η : 送電端熱効率

E₁ : 発電々力量

(処理設備あり)

$$F_2 \times H_1 + P \times H_2 = (E_1 + E_2) / \eta \dots\dots(3)$$

P : 生産物の生産量

H₂ : 生産物の発熱量

E₂ : 所要エネルギー量

(2), (3)式からF₁とF₂を求め、それらを(1)式に代入することで燃料増加率 a を求めることができる。

処理設備の併設による発電コストの増分割合は、次式で計算できる。

$$x = \frac{CC \times (1+b) + VC \times (1+a)}{CC + VC} - 1 \dots\dots(4)$$

x : 発電コスト増加率

CC : 処理設備なしの固定費

b : 処理設備併設による固定費増加割合

VC : 処理設備なしの変動費

石炭火力発電所を例に、(1)式と(4)式とから、処理設備導入に伴う燃料増加率と発電コスト増加率を求めることにする。計算に使った前提条件は以下の通りである。

(前提条件)

石炭火力 :

発電出力 1000MWe (送電端)

石炭発熱量 6200kcal/kg

CO₂発生量 900トン/時

固定費 8.56円/kWh

熱効率 35% (送電端)

変動費 2.44円/kWh

処理設備 :

((((技術・行政情報))))

表2 CO₂処理設備の経済性

対象技術	CO ₂ 除去率(%)	経済性		発電コスト増加率
		燃料増加率(%)	発電コスト増加率(%)	CO ₂ 除去率
湿式吸収法	20	10	31	1.5
	50	33	36	0.7
	90	58	42	0.5
乾式吸収法	20	17	27	1.3
	50	55	36	0.7
	90	129	63	0.7
膜分離法	50	65	77	1.5
炭化水素転換法	20	56	40	2.0
	50	140	58	1.2
	90	251	83	0.9
CO ₂ 分解法	20	120	54	2.7
	50	474	132	2.6
	90	1070	265	2.9

固定費増加割合(b) 0.35 (すべての設備で一定と仮定)

所要エネルギー量 [MWe]

	CO ₂ 除去率			生産物発熱量 [Kcal/kg]
	20%	50%	90%	
湿式吸収法	98	246	442	-
乾式吸収法	143	356	641	-
膜分離法	-	348	-	-
炭化水素転換法	980	2400	4420	4778 (CH ₃ OH)
CO ₂ 分解法	994	2484	4472	5000 (C ₂ O ₂)

【出典】 Meyer Steinberg, An Analysis of Concepts for Controlling Atmospheric Carbon Dioxide ; DOE/CH/00016-1 (Feb. 1985) (膜分離法を除く)

上の前提条件をもとに、石炭火力発電所にCO₂処理設備を併設したとき、その燃料増の発電コスト増の割合は計算により表2のようになる。

表の結果から、湿式吸収法が燃料および発電コストの増加率において値が小さく、経済性に最も優れていることがわかる。また、乾式吸収法も、CO₂除去率が低い所で湿式法とほぼ同じか、それ以下の値で経済的であることがわかる。CO₂分解法を除いて、他の方法は発電コスト増加率とCO₂除去率との比が、CO₂除去率が大きくなるにつれ小さくなっており、できるだ

け除去率を高める設計が有利であることを示している。

表の結果は、処理技術の経済性を概略検討したものであるが、どの処理方法をとるにせよ、CO₂処理にいかにか燃料を多く消費しているか理解できる。また、その結果は、発電プラントの経済性に大きな影響を与えている。最も優れた湿式法でも、発電コストは3割も増加するし、CO₂分解法を用いたなら90% CO₂除去で3.5倍以上の発電コストになる。今回の検討は、燃料価格を最近の安価な値で計算したものであるが、将来、石炭価格はそれ以上に上昇することは明らかである。その場合、処理設備を併設したとすると経済性は一層悪化することになる。以上の結果からも、CO₂を技術的に処理することが、いかに経済的にみて厳しいかを理解することができる。

(謝辞)

本原稿を作成するにあたり、種々の御助言を頂いた(財)電力中央研究所・狛江研究所・主査研究員の横山隆寿氏と経営調査室課長の新田義孝博士に心から感謝申し上げます。

(財)電力中央研究所経済研究所経済部エネルギー研究室主査研究員 内山洋司)