# 42. 東京電力における$CO_2$分離技術研究の現状について

CURRENT STATUS OF R&D FOR CO2 REMOVAL IN TEPCPO

石橋 道生*
Michio Ishibashi*

ABSTRACT;The methods of recovering, fixing and dispersing $CO_2$ are being developed in many parts of the world. In Japan as well, an action program for the prevention of global warming was formulated in 1990. This program aims at setting the amount of exhausted $CO_2$ at about the same level as 1990 from the year 2000 and onward, with the methods necessary to achieve this based on R&D and other methods according to guidelines put forth in the program. Concerning the $CO_2$ recovering method, in Japan, the electric power industry initiated research on $CO_2$ recovery methods well ahead of other industries. TEPCO has been tackling the environmental problems such as air pollution caused by SOx and NOx in view of their managerial importance. Also, we are implementing effective countermeasures for $CO_2$ mitigation. In this paper, we will introduce mainly TEPCO research on the countermeasures against on global warming due to $CO_2$.

KEYWORDS; global warming, $CO_2$ removal, chemical absorption, physical adsorption

## 1. はじめに

地球温暖化対策として$_2$の分離・固定・貯留技術は、世界的に開発が進められており、わが国においても2000年以降の$CO_2$排出量をおおむね1990年レベルに安定化することを目標とした地球温暖化防止行動計画を1990年に決定し、その中で技術開発を行うこととしている。

特に、$CO_2$分離技術については火力発電所のような$CO_2$の集中した発生源からの回収が効率的であるとの判断からわが国では電力業界が他業界を一歩リードする形で研究をスタートさせている。東京電力においては、従来より$SO_x$、$NO_x$対策などの環境問題を経営の最重要課題の一つとして取り組み、また$CO_2$対策についても積極的に取りくんでいる。本報では、東京電力における$CO_2$による温暖化対策研究を中心に紹介する。

## 2. $CO_2$抑制対策への取り組み

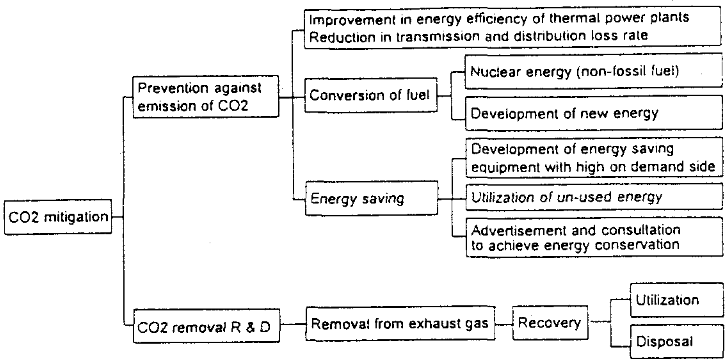
$CO_2$の抑制対策には、図1に示すように発電熱効率の向上、送配電ロスの低減、エネルギーの転換、省

---

* 東京電力株式会社　エネルギー・環境研究所　地球環境研究室
Global Environment Department, Energy and Environment R&D Center, Tokyo Electric Power Company

エネルギーなどの実用的な対策とともに将来の可能性を見据えた$CO_2$の除去・処理技術の研究があり、当社ではこれらに取り組んでいる。

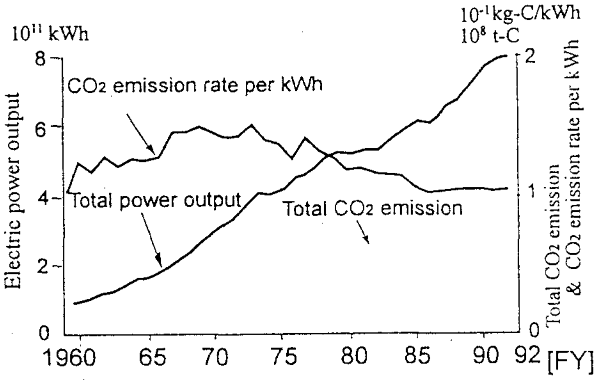
当社の火力発電所における発電熱効率は、当初25％であった発電熱効率は蒸気の高温高圧化により、1969年には40％に向上し、さらに1985年からはLNGコンバインドサイクルの導入により43％まで高効率化を達成した。さらに現在計画中のアドバンストコンバインドサイクルは48％の発電熱効率を計画している。




図－1　Countermeasures to cope with $CO_2$ problem

また送配電電圧を上昇させることなどにより、送配電ロスを5.8％までに低減している。さらに、エネルギー源の多様化のために原子力発電やLNG発電の割合を高め、石油燃料の割合を高めている。

この結果 、 図2に示すように1kWhあたりに発生する$CO_2$量は炭素換算で1981年に0.11kg/kWhであったが、1991年には0.09kg/kWhと10年間で約16％減少させている。しかしながら、電力需要の増加に伴い、$CO_2$の総排出量は横ばいに推移している。このような状況から$CO_2$総排出量を抑制するためには、熱効率向上、エネルギー変換、省エネルギーなどによる単位電力量当たりの$CO_2$排出量を低下させる一方で、火力発電所排ガスから$CO_2$を除去するなど、積極的な$CO_2$対策の可能性についても考えていく必要がある。

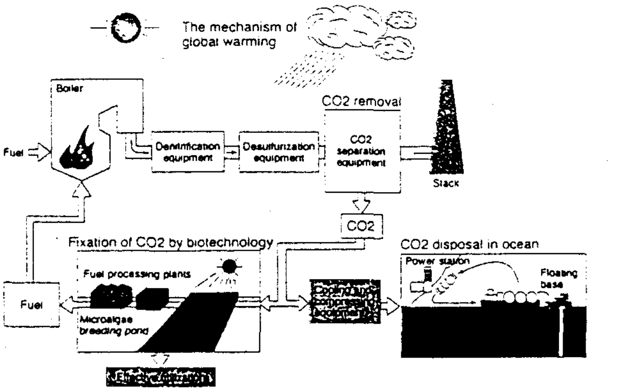



図－2　$CO_2$ emission rate per kWh in Japan

3．地球環境研究室の$CO_2$の分離・固定技術

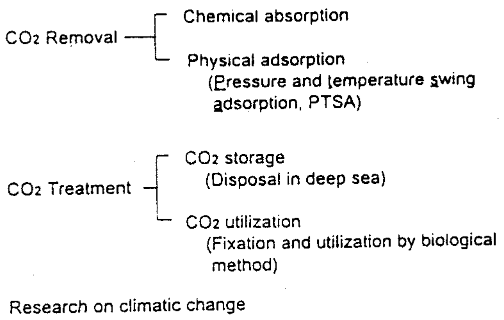
地球環境研究室では火力発電所排ガスから発生する$CO_2$の除去・処理の研究に取り組んでいる。図3に地球環境研究室の研究全体のコンセプトを示す。発電所ボイラの排ガスを$CO_2$分離装置で除去し、深海に貯留する、又は植物に固定して燃料や有用物質の形でリサイクルするという考え方である。

従って研究テーマは図4に示すようにボイラ排ガスからの$CO_2$除去技術、除去した$CO_2$の貯留技術、光合成による$CO_2$固




図－3　Research on $CO_2$ removal from the exhaust gas generated by thermal power station

定・有効利用技術の３つである。また、このほかにClimate Changeの研究にも日本の気象研究所の研究に参加する形で取り組んでいる。これらの研究のうち、以下に当社におけるＣ$O_2$分離技術の研究について述べることとする。




図－4　Research in Global Environment Department

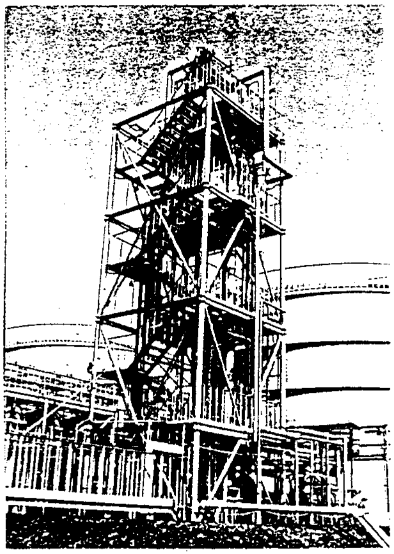
### ３．１　Ｃ$O_2$分離技術

当社では火力発電所排ガスからのＣ$O_2$分離技術について研究するために1991年12月に当社の横須賀火力発電所構内に、図5に示すような物理吸着法と化学吸収法という２つの方法のパイロットプラントを設置し、パイロットプラント研究を進めてきた。本研究では、

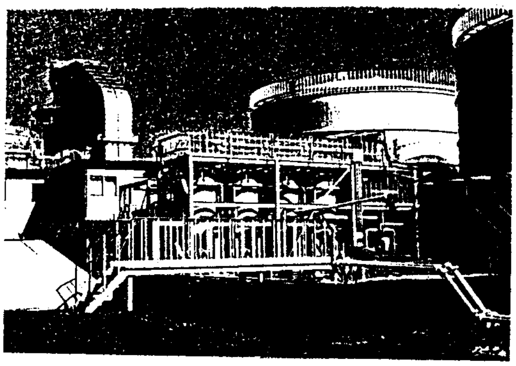
- エネルギー情勢：　今後の発電用燃料としての利用拡大
- Ｃ$O_2$発生量：　他の化石燃料と比較して排ガス中のＣ$O_2$量が多い
- 他燃料への適用性：　Ｓ$O_x$やダスト等の微量成分の含有

等の理由から、技術的に最も難しい石炭排ガスを対象に取り組んでいる。

横須賀火力発電所は８台の発電ユニットをもつ、総発電量は263ＭＷの発電所である。この発電所の1、２号ユニットは石油と石炭の混合燃料（COM）を使用している。パイロットプラント研究ではこの1、2号ボイラの排ガスを使用している。



図－5（a）　Chemical absorption plant



図－5（b）　Physical adsorption plant

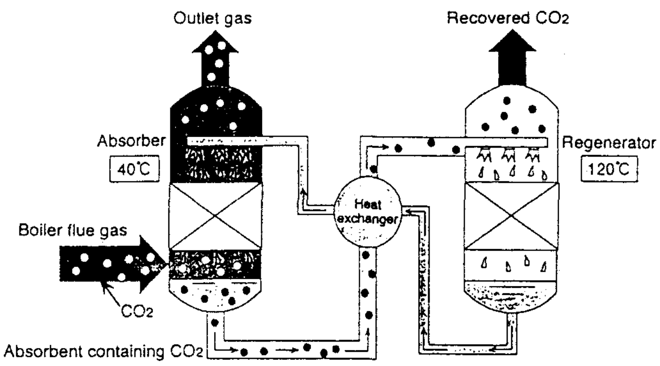
パイロットプラントの処理ガス量は1000$m^3$N/h（実ボイラ排ガスの約1/1000）、目標とするＣ$O_2$の除去率は90％、除去したＣ$O_2$の純度は99％とした。また、設置面積、制御室の大きさも全く同じとし、同一条件の元で、両者を比較検討した。

### ３．１．１　化学吸収法

化学吸収法はアミン吸収液を用いてＣ$O_2$を吸収する方法で、化学プラントや商用Ｃ$O_2$生産で使用されており、Ｃ$O_2$分離技術としては現在最も進んだ方法と考えている。

しかしながら、$SO_x$成分に弱いためＬＮＧ排ガスや完全脱硫排ガスなどのクリーンなガスを対象とした実績しかなく、本研究では、吸収液の開発、$SO_2$に対する影響評価などを行い、石炭排ガスに適した吸収システムについての技術的な評価を行ってきた。

図6には化学吸収法の原理を模式的に示したものです。吸収液は40℃～50℃で$CO_2$を吸収し、100℃～120℃で$CO_2$を放出する性質がある。吸収塔下部から$CO_2$を含んだボイラ排ガスを、上部より吸収液を流し、向流に接触させる。塔内には液とガスの接触面積を大きくするために充填物を充填してある 。この吸収塔で$CO_2$を吸収した液は、再生塔に送液され、塔内では、100℃程度まで蒸気で加熱され、$CO_2$を放出し、液は再び吸収塔に送られる。

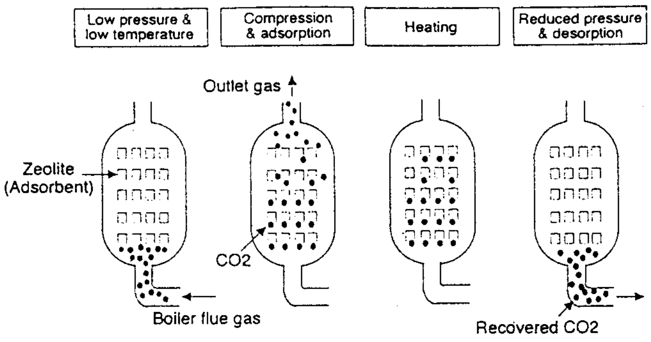


図－6 Principle of Chemical absorption method

3．1．2 物理吸着法（ＰＴＳＡ法）

物理吸着法は乾式法と呼ばれ、固体のゼオライトを用いて$CO_2$を吸着する方法である。この方法は、空気からの酸素分離、窒素分離に実績があるが、$CO_2$分離への適用は初めての試みとなる。しかしながら、石炭排ガス中の微量成分に対する耐性が強いという利点があり、石炭排ガスに適した吸着システムについての技術的評価を行ってきた。

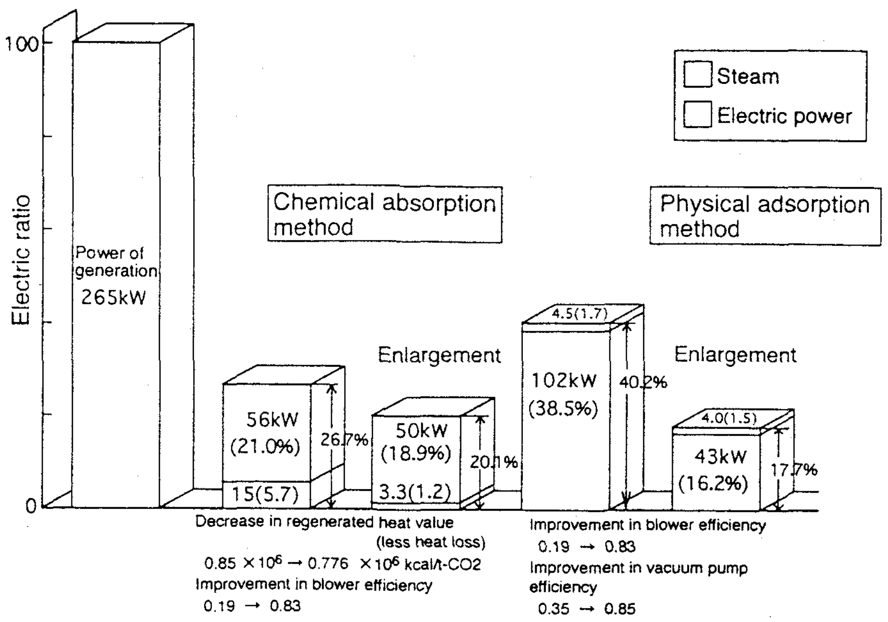
図7に物理吸着法の原理を示す。塔の中に吸着材であるゼオライトを充填し、その中に$CO_2$を含んだボイラ排ガスを流す。$CO_2$は圧力を加えるとゼオライトに吸着され、減圧すると脱着する。従来型の物理吸着法は、このように圧力をスイングさせるＰＳＡ（Pressure Swing Adsorption）法だが、本研究では、脱着時に、温度を若干加えることにより、脱着時の消費動力の低減をねらった温度と圧力を変化させるＰＴＳＡ（Presuure Temperature Swing Adsorption）法という新しい吸着技術に取り組んでいる。



図－7 Principle of Physical adsorption method

3．1．3 主な研究成果

本研究では、パイロットプラント性能としての当初の目標値である$CO_2$除去率90％、除去したの$CO_2$純度99％以上を達成するとともに、$CO_2$除去に要する消費エネルギーを把握した。図8に$CO_2$除去のための消費エネルギーを示す。$CO_2$を分離するためのエネルギーを評価した結果、パイロットプラントベースでは、発電出力に対して化学吸収法で27％、物理吸着法で40％という結果になった。化学吸収法は技術としては確立されており、プラント本体の技術的な課題は少ないのに対して、ＰＴＳＡ法は研究の前例がなく、システムの改良などによって省エネルギー化がはかれる可能性がある。それらを加味して、大型化した場合の消費エネルギーを検討した結果、化学吸収法は20％、物理吸着法は17％程度になるという評価になった。




図―8 Rate of $CO_2$ recovery power pilot plant

また、化学吸収法に使用する吸収液は、石炭排ガス中のＳ$O_x$や$O_2$の影響を受けて性能が劣化し、2000時間の連続運転試験の結果アミンがＳ$O_x$と塩を形成し吸収性能が20％程度低下するのに対し、物理吸着法に使用する吸着材は微量成分の影響を受けないことがわかった。

4．今後の取り組み

Ｃ$O_2$分離技術については、省エネルギーの低減、大容量化が引き続き課題となっている。当社と類似の研究は他の電力会社でも進められており、本年４月から、研究の効率化を図るため、日本の全電力会社が参加する電力共同研究として化学吸収法と物理吸着法について２年間の計画で実施している。当社はこの共同研究の中で物理吸着法に一本化してパイロットプラント研究を引き続き実施している。

以　上