

地球温暖化対応技術の研究

二酸化炭素処理技術の開発

Research on Technology to Fight Global Warming Development of Carbon Dioxide Treatment Technology

(電力技術研究所 環境技術G)

地球規模環境問題のうち、地球温暖化が国際的に関心を集め、国内外数多くの機関で研究開発が盛んに行われている。当社もこの問題を重点課題と位置付け、二酸化炭素処理技術について排ガスからの分離除去（回収）から固定（処理）までを一連の研究テーマとして取り組んでいる。そして効率的・経済的な分離除去システムの開発、深海貯留での大量処理技術の確立を目指し、研究開発を実施している。

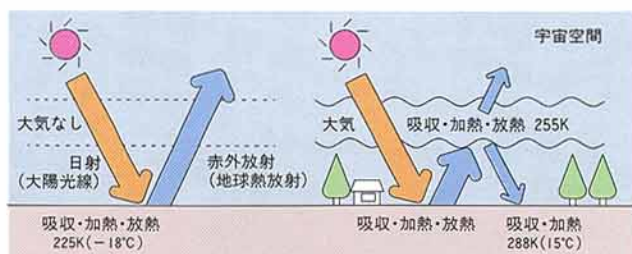
(Electric Power Research & Development Center,
Environmental Technology Group)

The trend of global warming has, among various environment-related problems on a global scale, become a major concern of the international community. Energetic efforts have been made on this subject in many institutions of various countries as well as in Japan. We also take up this problem as a strategic subject, and have been committed to research into carbon dioxide treatment technology from the removal of CO₂ (recovery) from flue gas to the solidification of CO₂. We are promoting research and development activities to develop an efficient and economic CO₂ removal system, and to complete bulk CO₂ treatment technology for deep sea dumping.

1 地球温暖化とは

大気圏内の二酸化炭素 (CO₂)、メタン (CH₄)、亜酸化窒素 (N₂O)、フロン等の気体は、太陽からの可視光線は良く通すが、地表から放出される赤外線（熱線）は吸収して通さないという性質がある。このため、赤外線は宇宙空間にでないうちに地球を暖め気温を上昇させる。これを、温室のガラスが光を通しても熱を逃がさないことにたとえて、「温室効果」といい、温室効果を持つ気体を「温室効果ガス」という。

第1図に示すように、温室効果がない場合、太陽が地球を暖める熱と地球が赤外線として放出する熱の割合から地球表面温度は理論上約-18℃と計算されるが、実際は温室効果によって約15℃（地球全体の平均値）に保たれている。近年、これらの気体の大気中濃度が増加しており、地球の平均気温が上昇していることを「地球温暖化」と言っている。



第1図 温室効果の概念図(出典：電中研レビュー)

第1表 CO₂排出抑制対策

CO ₂ の発生抑制	a.省エネルギー b.原子力、自然エネルギー等へのエネルギー変換 c.高効率複合発電等による発電効率の向上 (石炭・LNG火力の効率化、燃料電池の導入)
発生したCO ₂ の処理	a.燃焼排ガスからのCO ₂ の分離除去、固定、有効利用 b.生物を利用したCO ₂ の固定

2 研究の背景

地球規模環境問題の地球温暖化については、科学的に未解明ではあるが、化石燃料消費に伴う大気中のCO₂濃度の増加が大きな原因といわれ、その対策についての国際的合意が形成されつつある。国内の産業別CO₂排出量として、電力は約1/4を占めていることから当社では経営上の重点課題と位置付け、排出量抑制技術の研究開発に積極的な取り組みを行っている。現在、考えられる排出量抑制策は第1表に示す通りで、このうち、CO₂の発生抑制については、省エネルギー、高効率化など従来から研究開発を展開している。一方、発生したCO₂の処理については、近年の新たな重要テーマに取り上げ、燃焼排ガスからの分離除去・固定および生物を利用した固定研究を開始したところである。



第2図 CO₂の分離除去、固定、有効利用

ここでは、燃焼ガスからの分離除去・固定を中心に紹介する。

3 研究のねらい

CO₂処理技術の開発にあたっては、ボイラ排ガスからの分離除去、回収されたCO₂の固定(処理)さらに有効利用を一連の研究テーマととらえる。ここで重要な課題はその排出量が世界全体で約200億ト、そのうち5%を占める日本でも10億トと極めて大量な事である。そのため、大量処理に適した効率的、経済的な技術開発が望まれる。そこで、ボイラ排ガスからの分離除去については各種分離技術の特徴をうまく活かした分離複合システムの開発、固定については深海貯留での大量処理技術の確立を目的としている。また有効利用についてもCO₂が化学的に安定な物質であることから難しい課題であるものの、新しい技術探索に挑戦している(第2図)。

4 ボイラ排ガスからのCO₂分離除去

本研究では、ガス分離技術として

- ①膜分離法…特定のガス(この場合はCO₂)を選択的に透過する高分子の膜を利用しCO₂を分離する。
- ②吸着法…圧力の変化でCO₂を吸脱着する性質を持つ

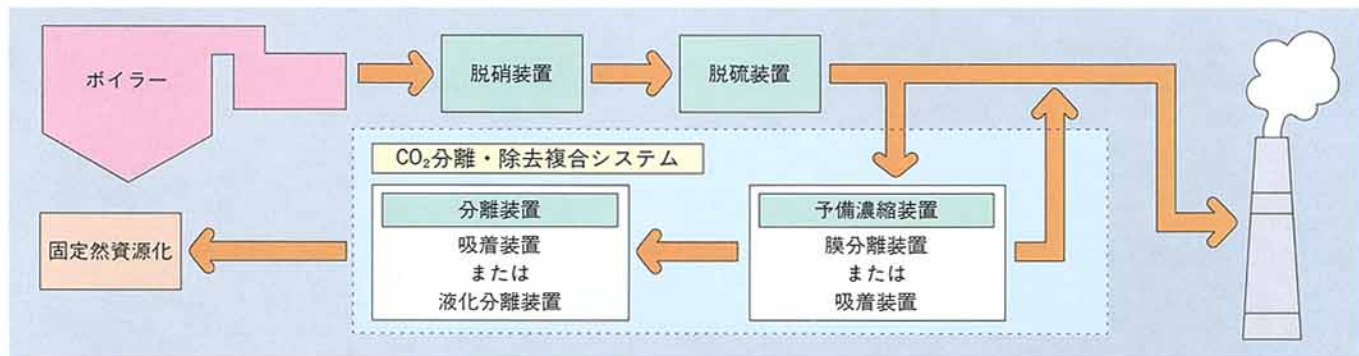
ゼオライトや活性炭を利用してCO₂を分離する。

③液化分離法…混合ガス中の各種ガスの沸点の差を利用し、その中のCO₂を液体として分離する。

の3つの既存方法を対象に、それらの特徴をうまく活かした複合化システムの開発を目的としている。そのためにはいかに小規模で高性能、経済性のあるものを開発するかが重要な課題である。

現在研究中のシステムは、まず膜分離法や吸着法により回収ロスを極力少なくする様にあらかじめ所定濃度まで予備的にCO₂の濃縮を行い、次に濃縮されたガスから吸着法もしくは液化分離法で効率よくCO₂を回収する方法である。試験装置のガス量は2m³N/hで、排ガス中の窒素酸化物(NO_x)、硫黄酸化物(SO_x)、水分(H₂O)等の共存成分量が調整可能であり、それらの影響把握試験から使用燃料(石炭、油、ガス)の違いによる排ガス性状を考慮した分離システムを開発する。今までにCO₂分離材の分離特性、また各分離法の基礎的な分離性能および最適運転条件を把握した。今後は、システムを組んだ分離性能把握試験からシステム確立を目指す。(第3・4・5・6図)

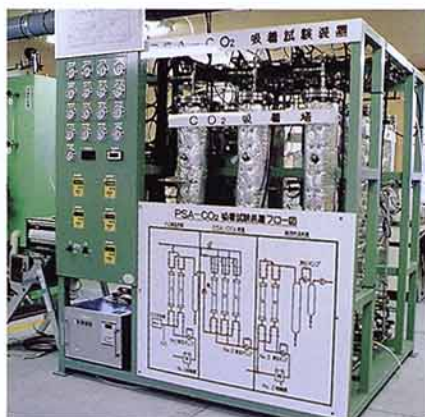
なお本研究は、国際環境技術移転研究センター(ICETT)が国から補助金を受けて実施する地球環境保全関係産業技術開発事業に、当社が参加して実施している。



第3図 CO₂分離除去複合システム概念図



第4図 膜分離試験装置



第5図 吸着試験装置



第6図 液化分離試験装置

5 CO₂クラスレートによる固定化研究

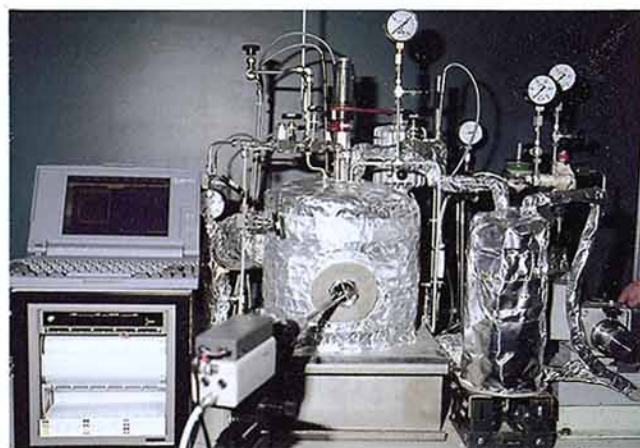
ボイラ排ガスから分離除去されたCO₂の固定(処理)についても、大量処理という事を考慮しなければならない。この点CO₂の吸収場所として地球表面の7割を占める海洋は有望と考える。

そこで、固定化の方法を考えた場合、

①CO₂は温度0~10℃の範囲でまた高压化(約40気圧以上)で水と反応してシャーベット状の結晶化合物CO₂クラスレートを生成する。深海は温度が3~4℃でかつ圧力も40気圧以上とCO₂クラスレート生成のための条件を十分満足している。

②さらにCO₂クラスレートの密度は1.1(理論値)で深海水の密度約1.07よりも大きい。

という2つの点から、CO₂クラスレートは深海底に安定して存在できる可能性があると考えられる。



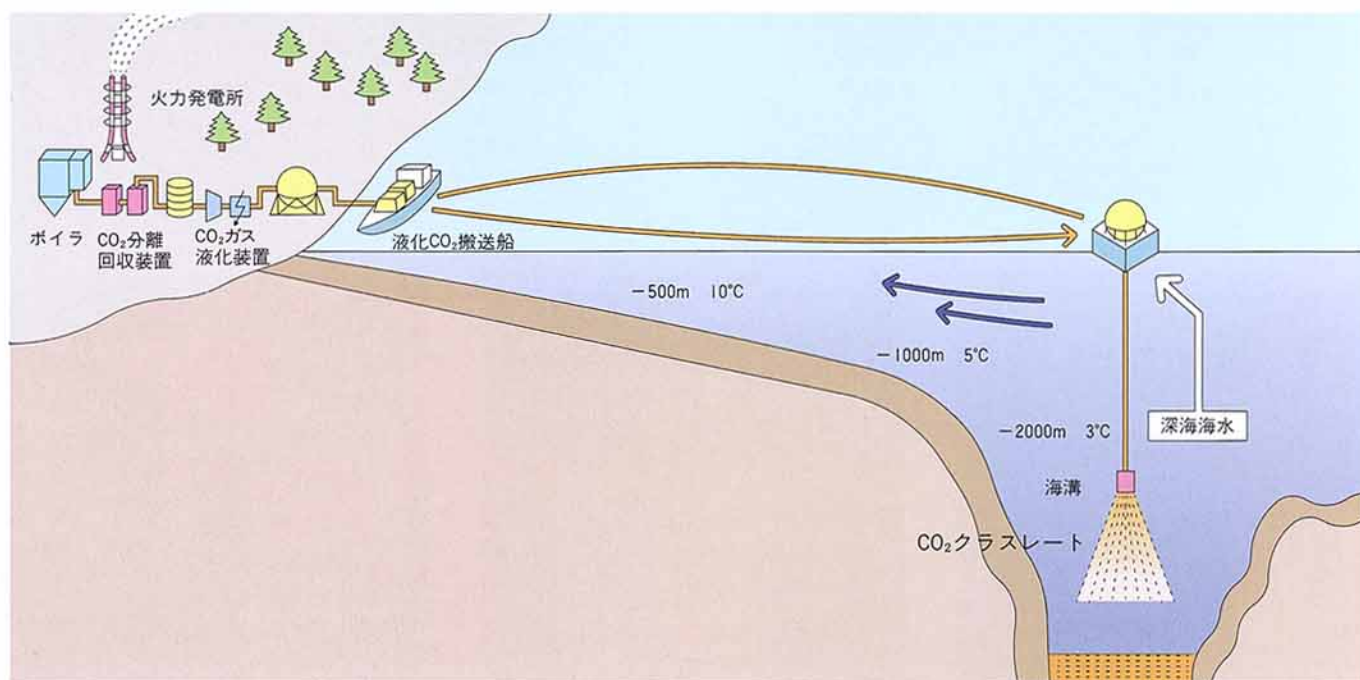
第7図 CO₂クラスレート生成試験装置

CO₂クラスレートでの深海貯留については、海洋環境、生物環境また地球規模でのCO₂バランスを明らかにする必要があるが、本研究ではCO₂クラスレートの基礎的性質、人工的生成条件の把握、連続的・工業的な製造技術の確立および深海条件下での沈降特性・安定性の把握を目的としている。今までに耐圧100kg/cm²、容量800mlの回分式反応容器を用いてCO₂クラスレートの生成平衡線図の確認および塩分濃度等の諸条件の違いによる生成特性を把握した(第7・8図)。

今後は、実際の深海を想定した400kg/cm²の高圧下におけるCO₂クラスレートの生成特性および沈降特性等について試験を進めていく。なお、前項のボイラ排ガスからのCO₂分離除去とCO₂クラスレートでの固定化を一連のものとしたシステム構想は第9図の様に考えている。



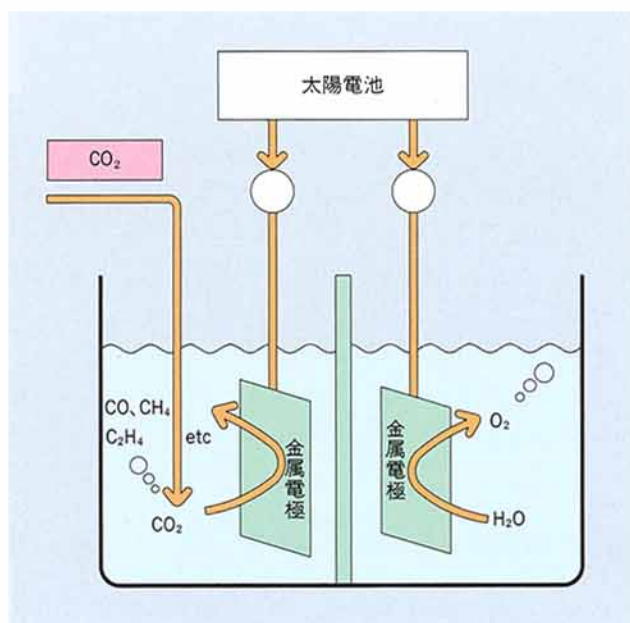
第8図 試験装置にて生成したCO₂クラスレート



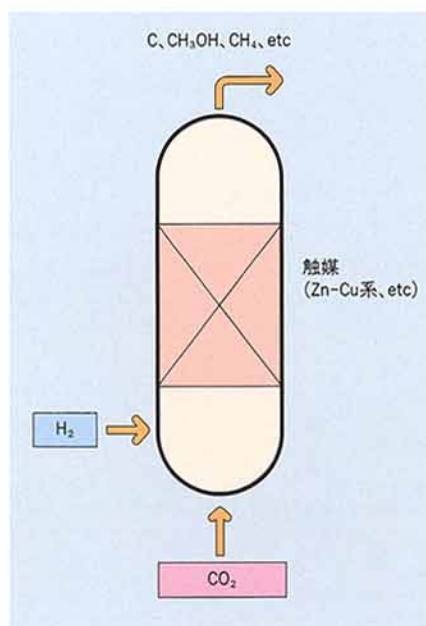
第9図 CO₂クラスレートによる深海貯留システム概念図

6 CO₂の有効利用

CO₂を重要な一つの炭素原料ととらえた場合、水素等の還元物質を利用して有用な化学物質に転換利用することが考えられる。ところがCO₂は化学的に安定な物質であることから還元には相当のエネルギーが必要となり、解決しなければならない技術的課題も多くある。しかし、これは重要かつ夢のあるテーマであり、有用資源の再利用を前提に、自然エネルギーの太陽光を活用した電気分解・光電気化学手法（第10図）、また水素等を用いた炭素や有機化合物の合成において低い温度でも転換効率の高い触媒開発の基礎的な試験研究を進めている（第11図）。



第10図 電気分解・光電気化学手法



第11図 水素を用いた炭素や有機化合物の合成

7 大気中CO₂計の開発

CO₂処理技術の開発に伴い大気中CO₂濃度を連続的に測定する計器開発の研究も実施している。従来の大型で複雑な装置に比べ、小型簡素化が特長である。現在までにほぼ開発の見通しが得られたので、今後は実用化のための改良を行い、それを用いて身近な地域での大気中CO₂濃度の実態また濃度分布等を把握する研究を行っていく（第12図）。

8 今後について

当社はこれまでばい煙、NO_x、SO_xなどの環境保全に、技術開発を通じて積極的に対応し、周辺環境との調和を図り、高水準の環境対策を推進してきた。

現在、話題となっている地球温暖化問題については、CO₂発生抑制の観点から、省エネルギーや新エネルギー発電などの研究を推進していく。同時に、発生したCO₂の処理技術の開発についても、今まで以上に地道な努力と地球全体での国際協力が必要とされ、大変困難な課題であるものの、従来から培ってきた技術を土台にこの大きな課題解決に向けて全力を挙げて研究開発を推進していく。



第12図 大気中CO₂濃度連続測定計器