

氏名	竹内 善幸
授与した学位	博 士
専攻分野の名称	工 学
学位授与番号	博甲第2201号
学位授与の日付	平成13年 3月25日
学位授与の要件	自然科学研究科生産開発科学専攻 (学位規則第4条第1項該当)
学位論文の題目	低温環境下における燃焼排ガス中の二酸化炭素の固化特性に関する研究
論文審査委員	教授 稲葉英男    教授 山本恭二    教授 富田栄二

### 学 位 論 文 内 容 の 要 旨

最近、二酸化炭素濃度の増加に起因する温暖化現象の解決のために技術開発が活発に行われている。これに関連し、LNGコンバインドサイクル発電所から排出される燃焼排ガス中の二酸化炭素を、現状では利用されずに放出されている低温のLNGが保有する冷熱を利用して、ドライアイスの形態で固化・分離する新しいエコエネシシステムの技術開発を推進中である。ところが、従来の報告を調査した結果、二酸化炭素の液体状態での研究は行われているが、 $-100^{\circ}\text{C}$ 以下での二酸化炭素の固体状態における研究報告はほとんど報告されていないことが明確になった。そこで、本論文において、二酸化炭素の固化特性を考慮する場合に重要となる物質移動、熱移動に関する基礎データを得ることを目的として行った基礎実験に基づき、固化特性に関する諸因子の影響について検討した。

本論文では、まず低温環境下における燃焼排ガス中の水分除去率を各種の除湿方式について検討し、バブリング型除湿装置により90%以上の除湿率を達成できる見通しを得た。次に、伝熱管の表面に固化物が凝固して伝熱性能の低下を生じることを防止できる熱交換器として、バブリング型流動層熱交換器に関する基礎実験を行い、流動粒子による固化物の剥離効果により、目標とする $-135^{\circ}\text{C}$ 以下の低温において伝熱性能の低下を発生することなく使用できる見通しが得られた。次に二酸化炭素の気相中への固化特性について影響因子を実験的に検討し、ドライアイスとして固化・分離するためには $-135^{\circ}\text{C}$ 以下に冷却する必要があることが明確になった。これらの基礎研究結果に基づいて、ベンチスケールのドライアイス生成装置を製作して連続実験を行い、燃焼排ガス中の二酸化炭素の95%以上を連続して固化・分離できることを確認した。

以上、本論文において低温環境下における二酸化炭素の固化特性に関する基礎検討を行い、LNG冷熱を有効利用して燃焼排ガス中の二酸化炭素を固化・分離し、さらにリサイクルするための省エネルギー新プロセスが成立する見通しが得られた。

## 論文審査結果の要旨

近年のエネルギー消費量増大による温暖化ガス排出量の増加及び夏期昼間における冷房負荷の増加による昼夜間電力需要格差の増大が社会問題化している。その対応策として、直接接触熱交換法の潜熱採冷熱システムへの採用そして球カプセル型氷蓄熱槽の利用が有利であることから、本研究は、これらの潜熱移動を伴う空気調和手法の高度化に焦点を当てたものである。まず、低温・低湿度の空気泡群と温水との直接接触により、空気の加温と加湿を同時に行う場合の熱・物質交換特性について、空気泡群と温水との熱伝達や物質伝達に影響を及ぼす空気条件や温水条件などの効果について定量的に明らかにし、空気泡群と温水間の熱伝達と物質伝達に関する無次元パラメーターの誘導とそれらの整理式の提案に成功している。次に、空気泡群と微細氷粒子群及び氷水スラリーとを直接接触熱交換させた場合の氷の融解挙動や通過空気の熱交換特性についての検討を行っている。その結果、温度効率、除湿効率および無次元潜熱採冷熱完了時間は無次元氷粒子層高さ、レイノルズ数及び修正ステファン数の関数として無次元整理されることを明らかにしている。さらに、球カプセル蓄冷熱体を充填した潜熱蓄熱槽において、槽容量に対して相対的に蓄冷熱体が大きい場合で、かつ熱媒体が一方方向に流動する蓄冷熱特性に関しての数値計算を行い、蓄冷熱開始当初は低温熱媒体が槽下部を流動する傾向を示すが、蓄冷熱過程が進むにつれて内壁面近傍を除いてほぼ均等に流動することなど、蓄熱槽内の熱媒体および蓄冷熱体の熱移動や流動特性および蓄冷熱完了時間特性について解明している。そして、球カプセル蓄冷熱体を用いた住宅向け潜熱採冷熱システムに関して、蓄冷熱および採冷熱特性を把握し、本システム導入時はランニングコストでは年間40%低減、CO<sub>2</sub>排出量は年間27%削減そしてNO<sub>x</sub>排出量は年間50%削減可能であるという結果を報告している。

このように本論文は潜熱移動を伴う空気調和手法の高度化に関して総合的に検討しており、学術的そして実用的側面からも価値のあるものと判断される。よって、本論文を博士論文に値するものと本学位審査委員会は判定した。