

次世代エネルギー変換システム機器に関する包括的研究	
題目	圧縮/吸収ハイブリッドサイクル空調機における吸収器内CO ₂ /イオン液体の物質移動および熱伝達特性、動力回収特性の研究
著者	関谷弘志、勝田正文、菊原浩司、舛谷乙彦、中嶋駿介

1. 研究目的

本研究は、優れたCO₂冷媒の物理吸収特性を有するイオン液体に着目し、圧縮/吸収ハイブリッドサイクルを構成して省エネルギー性が期待される自然冷媒系空調機の技術開発を目標としている。具体的には、イオン液体の物質移動および熱伝達特性等を解明し、イオン液体の高圧循環による動力回収技術を確認するとともに、圧縮/吸収ハイブリッドサイクル空調機を構築して省エネルギー性や実用性等について評価検討を行う。

図1に示すように、CO₂冷媒で作動する圧縮/吸収ハイブリッドサイクルは、イオン液体によるCO₂の吸収・圧縮を利用して冷媒を圧送し、イオン液体循環における動力回収によってコンプレッサ負荷を低減させることが可能なサイクルである。

今年度は、CO₂冷媒をイオン液体に吸収させる吸収器について、イオン液体の重量測定によるCO₂濃度算出等、CO₂吸収特性の評価を実施するとともに、高性能化を目指した油圧モータの流用による動力回収装置の基本特性を検討した。

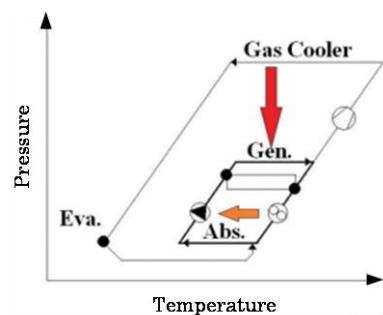


図1 圧縮/吸収ハイブリッドサイクル

動力回収効率の最高値は69.6%であるが、この値にはモータ効率と発電機効率が含まれている。両者を除いた直接的な動力回収効率を求めると、85.8%（回転数1600rpm、流入側圧力9.4MPa、駆動モータ効率88%、発電機効率92%）となる。

今後、動力回収装置の最適化を進めるとともに、本研究の開発目標である圧縮/吸収ハイブリッドサイクル空調機に液循環ポンプおよび動力回収機を組み込み、同空調機の性能評価を実施する予定である。

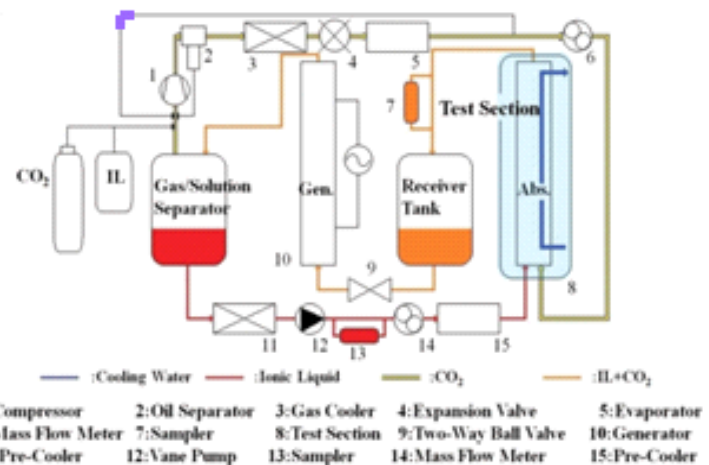


図2 試験装置のシステム構成

2. 研究成果

1) 吸収器内CO₂/イオン液体の特性評価

吸収管におけるイオン液体の物質移動特性を評価するため、図2に示すシステム構成の試験装置を用いて特性試験を行った。本試験装置は、圧縮/吸収ハイブリッドサイクル空調機に用いられる吸収管、CO₂冷媒やイオン液体を供給するセパレータ、恒温水循環器等から構成されている。吸収管の構造は吸収器をモデル化した銅製の二重管であり、円管内にイオン液体[bmin][Tf2N]とCO₂を流し、その外側を対向流の冷却水で冷却する。その際、テストセクション前後のイオン液体をサンプリングしてイオン液体の重量を測定することによって、イオン液体のCO₂濃度を算出した。今年度は、CO₂冷媒とイオン液体の混合液を吸収管内に流した場合のCO₂吸収特性について評価検討を行った。

吸収管前後におけるイオン液体内のCO₂濃度を図3に、このときの試験条件を表1に示す。また、吸収管前後のCO₂濃度変化より、平均濃度拡散流速を算出した結果を図4に示す。本試験結果から、図3に見られるように、CO₂濃度は推算値にほぼ一致している。しかし、一部の測定値では推算値に対して差異が観察された。この原因として、サンプラーの真空引き作業時にイオン液体がCO₂ガスとともに排出されてしまうことが考えられる。さらに、図4に示した濃度拡散流速の測定値は試験ごとに大きくばらつきがあり、CO₂吸収が安定して行なわれていないことが推察されるが、濃度測定における誤差も影響していると考えられる。

今後、より正確なCO₂吸収特性の測定、評価を行うために、サンプリング方法の改良、重量測定における精度の向上が必要である。

2) 油圧モータを用いた動力回収装置の基本特性

圧縮/吸収ハイブリッドサイクル空調機に組み込む動力回収装置について、同空調機内で想定される粘度と同等のオイルを用いて、密封液循環による動力回収特性の検討を行った。使用したオイルはマシン油(ISO VG10; 中点粘度10cSt)である。本検討に用いた動力回収試験装置を図5に示す。

今年度は、高圧液循環ポンプとしても動作可能な油圧モータ(定格最大圧力35MPa、定格最高回転数8500rpm)を液循環ポンプならびに動力回収機として用いた。液循環ポンプの駆動モータおよび動力回収機の発電機としては、昨年度と同一のIPM同期モータ(出力3.7kW@1750rpm)を採用し、これらを直結して液搬送側ならびに動力回収側を構成した。回収動力については発電出力によって評価した。

駆動モータ回転数1600rpmのときの駆動モータ入力(M/T input)と回収動力(発電出力; P/G output)を図6、動力回収効率(P/R Eff)を図7に示す。これらの試験結果から、駆動モータ入力ならびに動力回収機の発電出力は作動油の流入側圧力にほぼ比例して増大し、動力回収効率も流入側圧力の上昇に従って向上することが分かる。また、このときの作動油流量および動力回収機の回転数は流入側圧力に関係なくほぼ一定であることが明らかになった。今年度採用した油圧モータを動力回収機に用いた場合の特徴は、駆動モータの回転数と動力回収機の回転数との差異が非常に小さいことである。

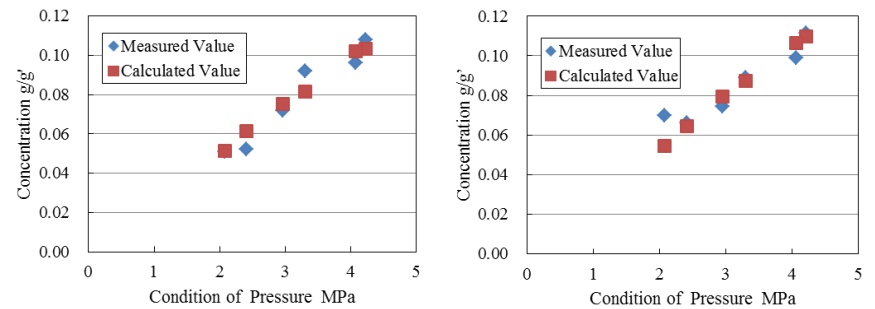


図3 吸収管前後のイオン液体内CO₂濃度

表1 CO₂濃度測定の試験条件

No.	θ _{in} °C	θ _{out} °C	CO ₂ Pressure MPa
1	40.51	37.74	4.219
2	40.17	38.39	4.046
3	40.31	37.26	3.304
4	38.56	36.15	2.958
5	38.78	36.61	2.412
6	40.40	36.78	2.075

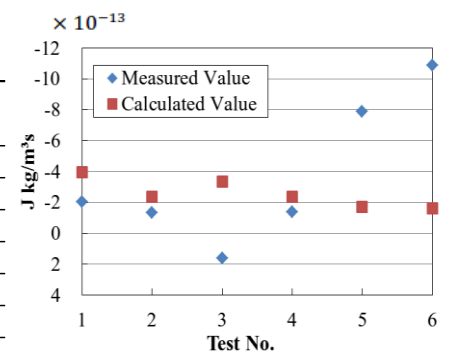


図4 吸収管内のCO₂濃度拡散流速

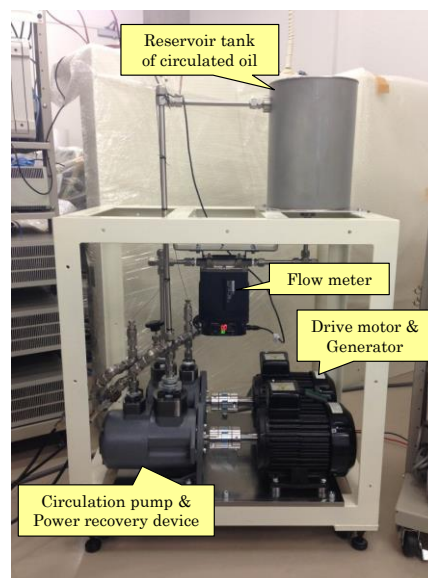


図5 動力回収試験装置

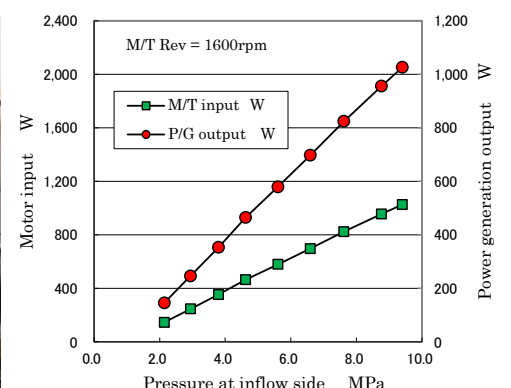


図6 回収動力とモータ入力

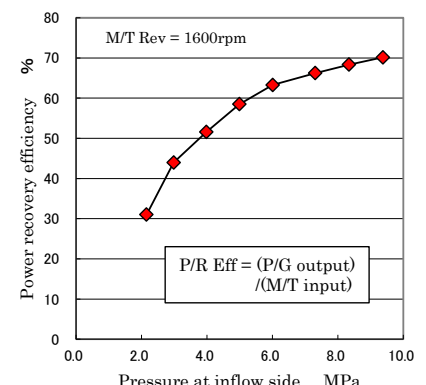


図7 動力回収効率