

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, 森田 研郎, 秋光 萌

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的としている。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、また、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実施する。

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。

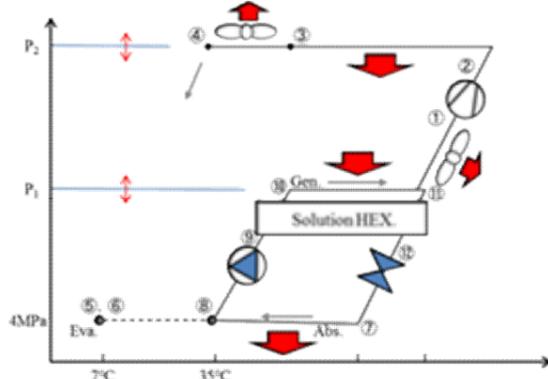


図1 圧縮/吸収ハイブリッドサイクル

今年度は、圧縮/吸収ハイブリッドサイクルの吸収器において、CO₂がイオン液体に吸収される際の物質移動と熱伝達特性を改善するため、吸収器テストセクション管内における熱交換量とCO₂吸収量を測定し、イオン液体の伝熱特性やCO₂吸収特性について検討を行う。ここでは、基本となる平滑管、また、吸収器における伝熱特性の改善策として、ステンレス製の金属テープをねじり加工したねじりテープを挿入した管(2種類)および内面溝付管について、熱交換およびCO₂吸収への影響を測定する。また、サイクル計算によって目標COP4.2を達成するために必要な吸収器性能の検討を行う。

2. 研究成果

2.1 吸収器性能の試験装置・方法

吸収器におけるイオン液体の物質移動を評価するため、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器、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。吸収器の構造は吸収器をモデル化した金属製の二重管であり、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循環水で冷却する構造である。吸収器形状を検討するため、平滑管、ねじりテープ挿入管(2種類)、内面溝付管の4種類の伝熱管について比較を行う。試験に用いた吸収器テストセクションを図3に示す。

2.2 試験結果

平滑管およびねじりテープ挿入管において、管内を流れるイオン液体とCO₂との体積流量比(V_{CO_2}/V_{IL+CO_2})が熱交換量に及ぼす影響について検討を行った。図4に測定結果を示す。

いずれの管形状においてもCO₂流量が大きくなるほど伝熱性が向上している。これは気泡により液相が攪拌されることが主な要因である。熱伝達率の増大傾向はCO₂質量流量0.06kg/min程度を境に緩やかに変化する。これは、この質量流量域において二相の流動形態がスラグ流からチャーン流へ遷移することが影響していると考えられる。

単相流ではねじりテープ挿入管、平滑管、内面溝付管の順に伝熱性が高いが、二相流では内面溝付管が平滑管よりも伝熱性が高くなる。これは、溝付壁面の毛細管現象によって、常に伝熱面に液膜が存在することで気相の伝熱阻害が起らないためである。

2.3 シミュレーション結果

中間圧力P₁を変化させたときの所要動力とCOPの計算結果を図5に示す。最高圧力P₂は8.6MPaとした。

中間圧力が高くなると、ポンプの必要動力は増大するが、液相動力回収機を導入することで全体の必要動力を低減することができる。本研究ではポンプ効率0.9、動力回収効率0.7、圧縮機効率0.7と仮定して計算を行った。中間圧力が7.0MPaのときCOPは最も高く、4.5となった。このときのポンプと圧縮機の動力比は81:19である。

この結果は、CO₂-IL系が常に飽和状態と仮定した場合であるが、仮にCO₂濃度が10%減少するとピークCOPは3.9となり目標には届かない。高COP実現のためには高性能な吸収器が不可欠であり、吸収器形状

の検討が重要である。

3. 今後の予定

今後は、吸収管伝熱性のさらなる向上と、イオン液体とCO₂の適切な混合方法について検討を進める。また、空調機への実装を考慮してCO₂流入時の封入圧力についても検討を実施し、本研究の目的である圧縮/吸収ハイブリッドサイクル空調機での性能評価を実施する予定である。

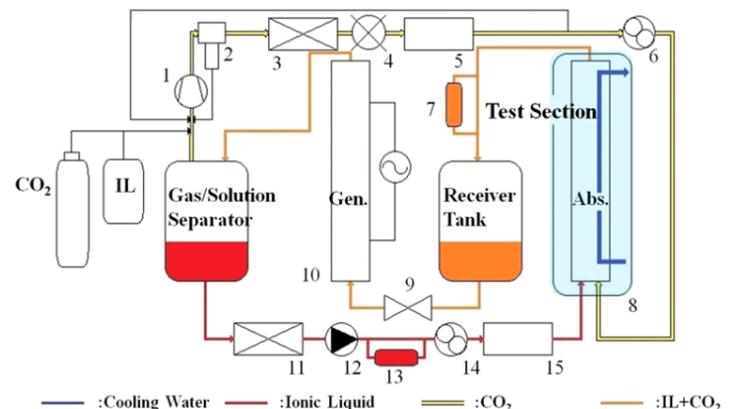


図2 試験装置のシステム構成

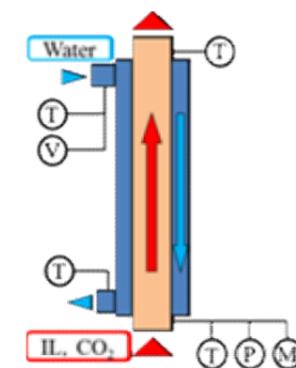


図3 吸収器テストセクション

表1 平滑管の仕様

Tube	Material	
	Inner	Metal
Outer	I.D. mm	15.9
	O.D. mm	19.1
	Material	SUS316
Outer	I.D. mm	21.2
	O.D. mm	25.4
Length mm		800

表2 試験条件

Pressure	MPa	4.1
IL Inlet Temperature	°C	43
Cooling Water Inlet Temperature	°C	22
IL Mass Flow Rate	kg/min	0.5~1.5
CO ₂ Mass Flow Rate	kg/min	0.03~0.09
Cooling Water Volume Flow Rate	L/min	4.8

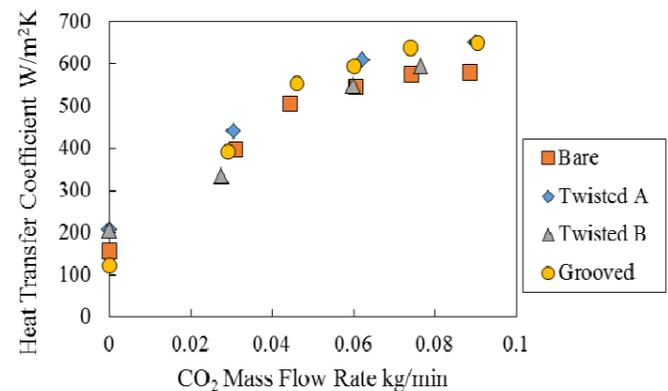


図4 熱伝達率とCO₂質量流量との関係

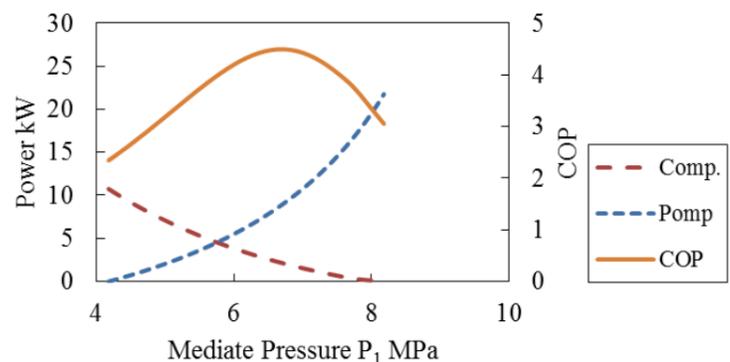


図5 中間圧力に対する所要動力およびCOPの関係