

2732 ミスト化と溶液効果による CO<sub>2</sub> ガス吸収の促進Enhancement of CO<sub>2</sub> Gas Absorption by utilizing Solution Condensate and Mist Formation

正 瀧本 昭 (金沢大学)      岡 太一 (日立電線)  
 ○学 八田圭悟 (金沢大院)

Akira TAKIMOTO, Kanazawa University, 2-4-20 Kodatsuno, Kanazawa  
 Taichi OKA, Hitachi Cable Co.Ltd.  
 Keigo HATTA, Kanazawa University

High efficiency of gas absorption may be one of the important techniques for protection of global environment. A new concept of gas absorption by utilizing solution condensate and mist formation was proposed, and its proof experiment was conducted with regard to the gas absorption rates in vertical cooling tube. Theoretical analysis was performed on the condensation rates on the cooling tube surface and the condition of mist formation in the tube. Comparing the present proposed method with falling liquid film method, the effectiveness of the gas absorption through the condensate and the mist droplets was clarified.

**Key Words :** Physical Gas Absorption, Condensation Process, Mist Formation

## 1. 緒言

炭酸ガスを中心とした温室効果ガスによる地球温暖化は、気候変動、海水温度の上昇による海水面の上昇と、それによる浸水、生態系の変化や穀倉地帯の旱魃等々がその影響は計り知れない重大な問題である。CO<sub>2</sub>の削減には、省エネルギーや、太陽光、風力、バイオマス等の再生新エネルギーへの転換、そして海洋貯留、帯水層注入等のCO<sub>2</sub>分離・回収・固定化技術の開発などを組み合わせて行う必要がある。

本研究は、以上の観点からCO<sub>2</sub>の分離・回収の高効率化を目的に、凝縮とミスト化を利用した新たなガス吸収法を提案し、CO<sub>2</sub>ガスと水蒸気の混合気流を対象とした凝縮吸収実験ならびに理論解析を行い流下液膜法との比較により、その有効性を明らかにしてきた<sup>(1)(2)</sup>。その方式は、ガス吸収を気相拡散支配とする凝縮過程の利用と、気流中で水蒸気のみスト生成による吸収面積の増加とガス分子の拡散距離の短縮によりガス吸収の促進を図ったものである。しかし、凝縮速度支配となる本方式では吸収可能なガス容量には限界があった。

本報では、ガス吸収のさらなる高効率化を目的に、以上の凝縮とミスト化の効果に溶液効果を付加することによるガス吸収促進について、主として実験的に追究したものである。

## 2. 凝縮過程を利用したガス吸収法

本研究で提案する凝縮液膜法について、流下液膜法と比較してFig.1に示す。ガス吸収が液相内拡散律速となる流下液膜法(a)に対して、凝縮液膜法(b)は、凝縮性気体を含む高温の混合気を冷却面と接触させ、凝縮液膜の形成と同時にガス分子を液膜表面への気相拡散輸送により吸収させる。この時、液膜表面へのガス濃度は凝縮により常に更新されるため、高いガス濃度ポテンシャルが維持され、また、ガス吸収と凝縮の速度比が一定で液膜内ガス濃度は一様分布となるため、液相内の拡散輸送は無視でき、その結果、ガス吸収は気相内ガス拡散律速となり、大幅な促進が期待される。また、凝縮過程における気相中での温度と濃度の熱力学的不安定によるミストの発生は、ガス吸収に対する吸収表面積の増加とガス分子の拡散距離の短縮などの二次的促進効果をもたらすことになる。以上の前報での方式に、さらに、ミスト化のための核としての炭酸塩微粒子を気流中へ供給懸濁することにより、溶液効果として凝縮液のガス溶解度の増加が期待される。

## 3. 実験装置と方法

実験装置の概要をFig.2示す。CO<sub>2</sub>ガスと水蒸気の混合気を供給するコンプレッサー、ヒーター、加湿器等からなる空気系、および内径9.09mm、外径9.5mmの螺旋溝付銅管で長さ424mmの冷却部と750mmの助走部からなる試験円管は前報と同様であるが、ミスト核としての炭酸カリウム微粒子(5 $\mu$ m)を空気中での潮解を防ぐために、不溶性のエタノール液中に懸濁させて噴霧液滴として供給する噴霧系が取り付けられている。実験は、冷却面を $T_w=3.0^{\circ}\text{C}$ で一定に保ち、冷却長さ $L=0.424\text{m}$ 、平均流速 $U_m=2.0\sim 3.0\text{m/s}$ 、入口温度 $T_{in}=60\sim 80^{\circ}\text{C}$ 、蒸気濃度 $p_v=0.025\sim 0.25\text{kg/m}^3$ 、CO<sub>2</sub>濃度 $p_g=0.1\sim 0.5\text{kg/m}^3$ 、微粒子供給圧 $2.0\text{kg/cm}^2$ の範囲で種々変化させ、定常状態のもと凝縮量・ガス吸収量の測定(pH値)ならびに発生するミストについて測定・観察を行ったものである。

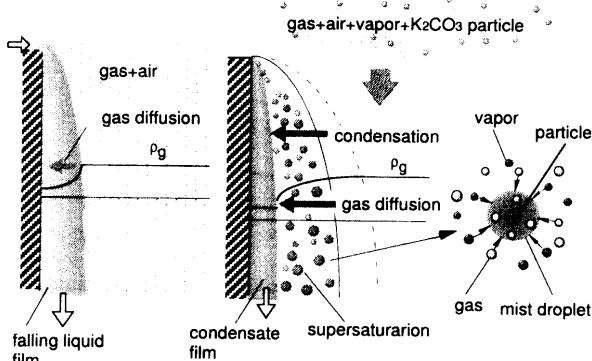


Fig. 1 (a)falling liquid film (b)condensate liquid film method

4. 結果と考察

4.1 ミスト発生と凝縮速度 壁面凝縮速度およびミスト発生速度の結果をミスト発生条件を含めて解析値と比較して Fig.3 に示す。入口蒸気濃度  $\rho_{v0}$  の増加に伴い凝縮速度  $M_{vc}$ 、ミスト発生速度  $M_{vm}$  が増加し、実験結果は解析値とほぼ一致している。なお、実験値が解析値に比して若干高くなることについては、ミスト滴の液膜表面への捕集、自然対流および液膜形成による管内流の加速、およびエタノールの混入等の影響によるものと考えられる。

4.2 ガス吸収 凝縮液膜法による結果について、溶液凝縮液膜およびミスト滴へのガス吸収速度を水蒸気の場合と比較して、また、溶液のガス吸収前・後の pH 変化の結果とともに Fig. 4 に示す。CO<sub>2</sub> ガス吸収前の pH=約 11 の高濃度アルカリを示す炭酸塩水溶液は、ガス吸収量の増加に伴い pH 値が低下し、7.0 以下の中性溶液となることが判る。ガス吸収速度は入口ガス濃度  $\rho_{g0}$  および入口蒸気濃度  $\rho_{v0}$  の増加に伴い増加し、溶液のガス吸収速度が水と比較して約 3 オーダー向上している。ミスト滴へのガス吸収においても同様な傾向を示すが、ミスト滴の温度および発生量と関係して液膜に比して

かなり少ないものとなっている。しかし、ミストの発生により液膜の溶液化、すなわち、炭酸塩微粒子の付着量を増加させるため、溶液効果を促進させていると言える。

Fig.5 にガス回収率について、同一液流量のもと凝集液膜法を流下液膜法と比較して示す。液膜流量の増加に伴いいずれの場合もガス回収率が増加し、溶液による凝縮液膜法が最も高い値を示し、次いで流下液膜法、水による凝縮液膜法、流下液膜法の順となっている。特に、凝縮液膜法において、これより溶液効果を利用することにより約 3 オーダー近くガス回収率が向上しており、本方式の有効性が明らかと言える。

また、液膜流量の増加に伴いガス回収率の急激な増加を示しているが、これは液膜流量の増加、すなわち流入蒸気濃度の増加によって、ミストの発生量・発生領域が増加し、ミスト及び微粒子の液膜への付着が増加するとともに、液膜の波状化による吸収面積の増加と、ミストの捕集の増加によるものと考えられる。

5. 結言

鉛直冷却円管内の炭酸カリウム微粒子、CO<sub>2</sub>、水蒸気を含む混合気流を対象に、ミスト化と溶液効果を利用したガス吸収法について理論的・実験的に追求を行い、ガス吸収の促進が明らかにされるとともに、本手法の有効性が示された。

文献

- (1) 瀧本・ほか3名, 第34回日本伝熱シンポジウム, (1997), 323.
- (2) 瀧本・ほか2名, 第35回日本伝熱シンポジウム, (1998), 735.

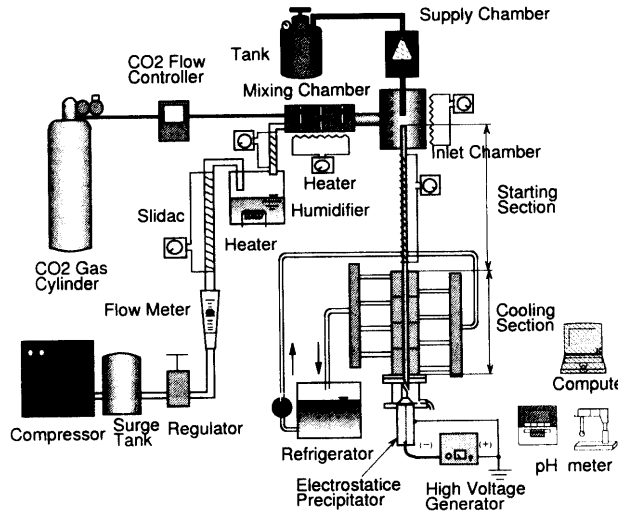


Fig.2 Experimental apparatus

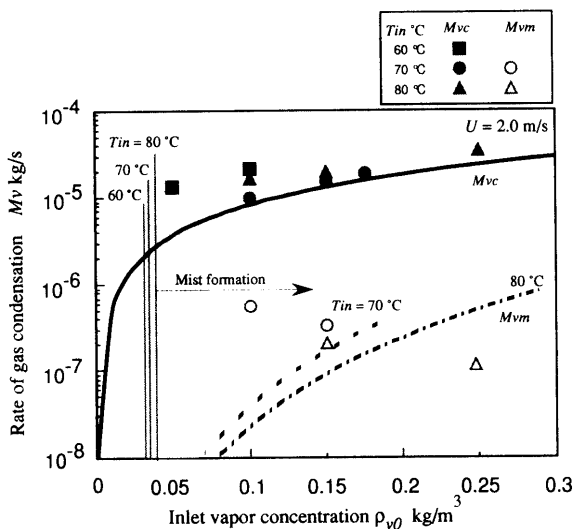


Fig.3 Rate of vapor condensation

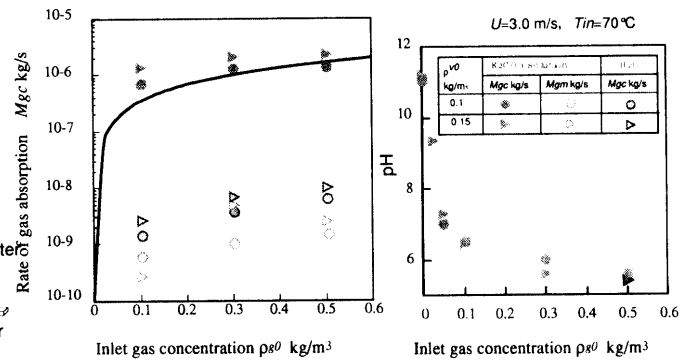


Fig.4 Rate of gas absorption

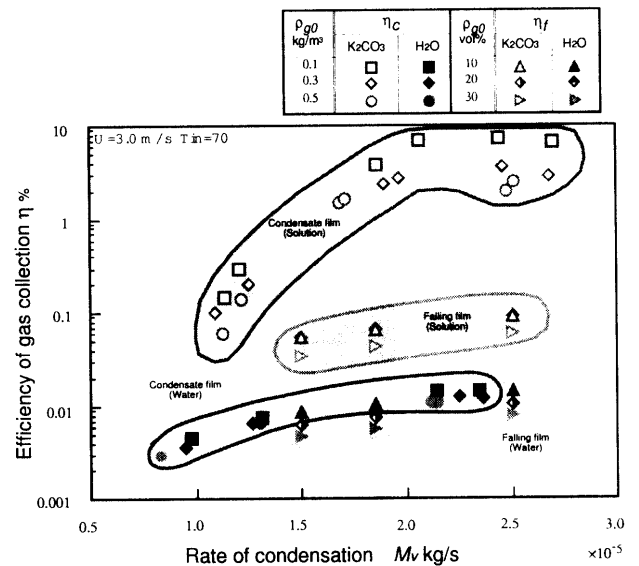


Fig.5 Efficiency of gas collection