619 ケミカル調湿システムにおける反応速度の基礎的検討

Fundamental Study on Reaction Rate in the Chemical Humidity Control System

○ 学 岡野 僚太 (広島大工院) 正 松村 幸彦 (広島大工) 正 菊地 義弘 (広島大工)
正 北原 博幸 (トータルシステム研究所)

Ryota OKANO, Yukihiro MATSUMURA, Yoshihiro KIKUCHI
Hiroshima University, 1-4-1 Kagamiyama HigashiHiroshima-shi, Hiroshima
Hiroyuki KITAHARA, Total System Laboratory

Key Words : Chemical Humidity Control System, Dehumidification

1. 緒言

近年空調の省エネルギー化を図るため除湿の高効率化が求められるようになってきている。従来の空調システムにおいては空気を露点以下まで冷却し結露させることで除湿を行うため過度の冷却を必要とし、空調の効率低下を招いている。我々は除湿剤を用いることで空気を過度に冷却することなく十分に除湿でき、かつ凝縮器排熱を利用して除湿剤を脱水するケミカル調湿システムを提案した。除湿剤のスクリーニングを行った結果、炭酸ナトリウム1水和塩の水和による炭酸ナトリウム10水和塩の生成反応を選択した¹⁾。

このシステムにおいては、空調の室内機において1水和塩による空気の除湿を行い、精製した10水和塩を室外機の排熱で再生させる。このときに、室内機と室外機の間で連続的に水和塩を移動させる必要がある。そこで、我々は炭酸ナトリウム水和塩を不活性溶媒に懸濁させたスラリーを利用することを検討している。我々の提案するシステム実現のためには水和塩の吸水と脱水過程の反応特性を検討する必要がある。ここで対象とするシステムにおいては、炭酸ナトリウム1水和塩スラリーの吸湿特性に関する知見が必要である。同様のスラリーについては、ケミカルヒートポンプの炭酸ナトリウム10水和塩の脱水過程において不活性溶媒を添加することで充填層の伝熱特性向上を図る検討例がある²⁾。しかしながら、水和反応についての定量的な速度論的検討は行われていない。そこで本研究では、溶媒中での炭酸ナトリウム1水和塩の吸水速度を測定し、吸湿システムの性能の推算に必要な知見を得ることを目的とする。

2. PEG-水系の平衡水蒸気圧の決定

炭酸ナトリウム1水和塩が吸湿して10水和塩となる条件は、周囲の水蒸気圧が水和塩の平衡水蒸気圧より大きいことである。さらに、不活性溶媒スラリーを用いる場合には、この平衡水蒸気圧に相当する不活性溶媒の含水量よりも高い含水量の時に水和が進行する。このため、用いる溶媒と水の平衡水蒸気圧を知ることは重要である。

本研究では不活性溶媒としてPEGを選択し、PEGと水の混合物系の蒸気圧を実験により求めた。実験装置をFig. 1に示す。反応器は三角フラスコであり、ここに水分

Fig. 1 Experimental apparatus.

Fig. 2 Water vapor pressures of water-PEG system.

濃度を調節した PEG 及び攪拌子を入れ攪拌しながら所定時間置き、湿度センサーによって湿度を求め蒸気圧を求めた。反応温度は 288K であり、これは温度調節器で制御したヒータ及び熱交換コイルによって温度制御を行った水浴によって一定温度に保っている。また炭酸ナトリウム1水和塩の平衡蒸気圧の推算は Antoine 型蒸気圧式を用いた。これによって求めた蒸気圧曲線を Fig. 2 に示す。288K で蒸気圧が等しくなるのは、水分濃度が約 25% のときであり望ましい吸水領域は水分濃度 25% 以上のときである。

連絡先：松村幸彦 matumura@mec.hiroshima-u.ac.jp

HIROSHIMA UNIVERSITY

3. 反応速度

3.1 反応速度実験

実験装置を Fig. 3 に示す。反応器は三角フラスコであり、ここにスラリー及び攪拌子を入れ、攪拌しながら水分濃度を調節して水和反応を進行させた。反応温度は温度調節器で制御したヒータ及び熱交換コイルによって温度制御を行った水浴によって一定温度に保っている。

3.2 前処理

今回用いた炭酸ナトリウム 1 水和塩は、粒子径 355 μ m 程度の炭酸ナトリウム 10 水和塩を PEG 35g 中で 30℃ に保ち 360 分間再生させたものを使用している。この時の粒子径は再生と共に微粉化が進み特定できないが、既往の研究²⁾では粒子径 150 μ m を中心とした粒度分布となることが示されている。

3.3 実験手順

10 水和塩を再生させた状態にあるスラリーを 15℃ に保ち、所定時間置いたのちサンプリングした。その後所定の量の水を加えて水濃度を調整する。その直後からサンプリングを行い、液相水濃度の経時変化を測定した。このとき、スラリーをサンプリングした後に迅速に濾過し、その濾液を Karl-Fischer 水分計で含有水分量を分析することによって測定した。実験条件を Table 2 に示す。

3.4 反応速度解析

3.3 で得た実験結果より反応速度解析を行った。これは反応速度式を以下の(1)式のように仮定して、Excel のソルバーで実験値とフィッティングを行い反応速度定数を決定した。ここで X は固体の反応率であり、再生した炭酸ナトリウム 1 水和塩の反応率は最初 0 であり、その後吸水につれて上がっていき、これ以上吸えなくなったときを 1 とする。

$$\frac{dC}{dt} = -k(C - C_e)(1 - X) \cdots (1)$$

3.5 結果及び考察

Fig.4 に実験結果を示す。0 min のときに水を加えたことによって水分濃度が上昇したのち、再生してできた炭酸ナトリウム 1 水和塩によって吸水が行われることによって、徐々に水分濃度が低下していることが分かる。またその求めた実験より求めた結果と比較し、誤差が少なくなるような反応速度定数 k を求めた結果 $k = 0.0080 s^{-1}$ と求めた。

4. 結言

PEG-水系の平衡水蒸気圧を推算し、適切な吸湿条件を設定した。推算結果に基づいた実験条件で実験を行い、実際にスラリー中の水和反応を確認した。PEG 中での炭

酸ナトリウム 1 水和塩の吸水反応速度 $k = 0.008015 s^{-1}$ と求めた。

Fig.3 Experimental apparatus.

Table 2 Experimental conditions.

Temperature	15℃
PEG	35g
Water addition	5 g
Na ₂ CO ₃ ·H ₂ O	13.78g
Total time	300 min
Stirrer revolution speed	300 rpm

Fig.4 Variation in water concentration in liquid phase.

〈参考文献〉

- 1) 岩田健三「ケミカル除湿システムにおける除湿剤の検討」広島大学卒業論文(2003)
- 2) 松村幸彦「冷熱蓄熱型および昇温型ケミカルヒートポンプにおける伝熱および反応特性」東京大学博士論文(1993)
- 3) 岩田健三「ケミカル調湿に用いる水和塩スラリーの吸湿特性に関する基礎的検討」広島大学修士論文(2005)