



## アミン吸着剤による CO<sub>2</sub> 回収技術の開発 ～水蒸気再生時の吸着特性～

### Development of CO<sub>2</sub> capture technology using amine adsorbents - Adsorption characteristics during steam regeneration -

武井宏之\* 伊藤雄一郎\*  
TAKEI Hiroyuki ITO Yuichiro

#### 1. はじめに

政府目標である 2050 年度までの CO<sub>2</sub> 排出量実質ゼロを目指すためには、火力発電所などの大規模 CO<sub>2</sub> 排出源だけでなく、分散している中小規模 CO<sub>2</sub> 排出源(50ton/day 以下)における高収率の CO<sub>2</sub> 回収が重要になると考えられる。また、これを事業として展開するためには低コストでの CO<sub>2</sub> 回収が望まれる。当社は 2023 年 4 月に中小規模 CO<sub>2</sub> 排出源をターゲットとした 10ton/day 規模の CO<sub>2</sub> 回収 PSA(Pressure Swing Adsorption)装置を商品化している<sup>1)</sup>が、現状より低コスト、高収率の CO<sub>2</sub> 回収装置を開発すべく、広島大学と共同研究を進めている。

大規模回収に用いられることが多いアミン水溶液を用いた CO<sub>2</sub> 回収では CO<sub>2</sub> 脱離に加え水の蒸発潜熱分のエネルギーが必要となる。一方、アミン吸着剤を用いた回収では溶媒がないため、水の蒸発潜熱分のエネルギーが不要となる。更に吸着した CO<sub>2</sub> を低品位の安価な水蒸気にて脱離させるプロセスを適用することにより、高収率かつ低コストにて 98%以上の濃度で CO<sub>2</sub> を回収可能な PSA が実現できる。このため、アミン吸着剤を水蒸気で再生した際の CO<sub>2</sub> 吸着挙動評価を実施している<sup>2)3)4)</sup>。そして、石灰炉等から排出される CO<sub>2</sub> を含む排ガスから、アミン吸着剤(アミン類を多孔質担体に担持した吸着剤)による CO<sub>2</sub> 回収を目指している。本報告ではアミン吸着剤の評価や装置運転条件の検討に用いる手法を紹介する。

#### 2. 評価試験方法および試験条件

表 1 に評価試験の条件を、図 1 に評価試験装置を示す。

本試験では CO<sub>2</sub> 吸着工程にて CO<sub>2</sub> を含む N<sub>2</sub> ガス

を加湿して吸着カラムへ供給し、吸着カラムの二次側から流出するガス中の CO<sub>2</sub> 濃度を分析して、吸着挙動の評価を実施した。

表 1 評価試験条件

	条件 1	条件 2	条件 3
吸着ガス		N <sub>2</sub> +CO <sub>2</sub> ガス	
吸着温度		110℃	
再生温度		110℃	
吸着剤量		36g	
充填層高		0.14m	
再生方法	乾燥 N <sub>2</sub>	水蒸気	水蒸気+乾燥 N <sub>2</sub>

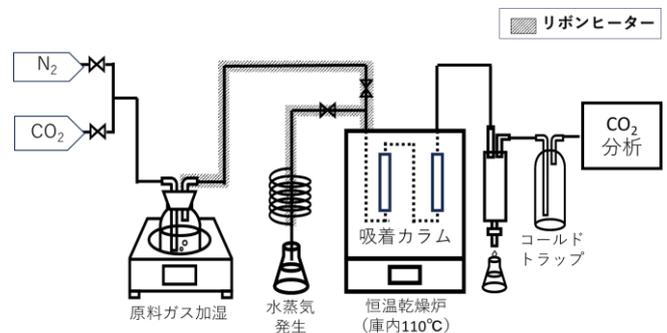


図 1 評価試験装置

#### 3. 水蒸気再生時吸着特性評価結果

図 2 に吸着工程における CO<sub>2</sub> 濃度の分析結果を示す。

条件 1 および条件 3 では吸着カラムから流出する CO<sub>2</sub> 濃度が 2min で上昇したのに対し、条件 2 では 3min から CO<sub>2</sub> 濃度が上昇しはじめる結果となった。つまり、水蒸気再生を実施したアミン吸着剤の方が吸着カラムからの CO<sub>2</sub> の流出開始は遅くなっている。また、条件 1 および条件 3 では CO<sub>2</sub> 流出開始後から相対 CO<sub>2</sub> 濃度 0.8 付近まで急激に上昇した後、

\* 部署名 技術開発ユニット 山梨ソリューションセンター ガス分離開発部 吸着開発課

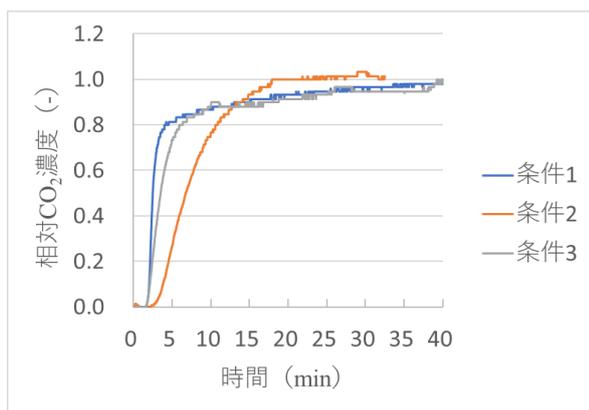
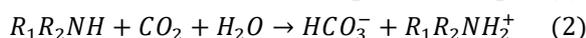
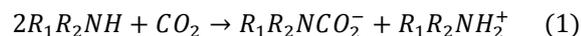


図2 吸着工程におけるCO<sub>2</sub>濃度分析結果

緩やかに流出CO<sub>2</sub>濃度が上昇し、40minで吸着平衡（相対CO<sub>2</sub>濃度1.0）に到達している。これに対し、条件2ではCO<sub>2</sub>流出開始直後から緩やかに流出CO<sub>2</sub>濃度が上昇し、18minで吸着平衡に到達している。

CO<sub>2</sub>吸着挙動の違いが生じる理由の一つとして担持したアミンのCO<sub>2</sub>吸着特性が影響していると考えられる。

アミンとCO<sub>2</sub>の代表的反応式を式(1)(2)に示す<sup>5)</sup>。



(Rnはアルキル基などを表す)

式(1)の反応は水が存在せずとも進むが、式(2)の反応には水の存在が必須である。条件1の場合、乾燥N<sub>2</sub>で再生するため吸着工程初期には吸着剤が乾燥しており水が存在しない。よって、吸着工程の初期には式(2)の反応は進まず式(1)の反応が優先的に進む。その後、原料ガス中の水分が吸着するにつれ式(2)の反応が進んでいく。このため吸着平衡への到達に時間を要している。

条件2では水蒸気再生のため吸着剤が水分を吸着している。これにより吸着工程初期から式(1)と式(2)の反応が進むため、条件1より吸着工程初期におけるCO<sub>2</sub>吸着量が多い。これによりCO<sub>2</sub>流出開始時間が遅くなる。また吸着工程の最初から反応が開始されているため、吸着平衡にも早く到達する。

条件3は水蒸気で再生した後、N<sub>2</sub>でパージすることにより水が脱離しており、条件1と同様の傾向を示している。

以上のように、アミン吸着剤は乾燥N<sub>2</sub>で再生した場合と水蒸気で再生した場合のCO<sub>2</sub>吸着挙動が異なる

ことが分かった。また、本評価手法では担持アミンの水存在時の反応を再現できていることから、水蒸気を用いるプロセスおよびその吸着剤評価が可能であると判断した。

#### 4. おわりに

本稿に示すような評価手法を活用し、実用に適した吸着剤と水蒸気を用いるプロセスの検討を進め、中小規模CO<sub>2</sub>排出源向けCO<sub>2</sub>回収用途において、現在の市場価格と同等のガスコストを達成可能なCO<sub>2</sub>回収装置の開発を目指す。

#### 5. 謝辞

本報告においては、広島大学大学院先進理工系科学研究科の市川教授、津野地助教、大学院先進理工系科学研究科の望月特任教授、岡村研究員からの多大なご協力、ご支援、ご指導を頂きました。皆様に対して深く感謝の意を表します。

本稿は、津野地助教が国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の助成を受けて実施した「官民による若手研究者発掘支援事業」(JPNP20004)における共同研究において得られた成果の一部を紹介しています。

#### 参考文献

- 1) 山元一生, 10ton/日規模CO<sub>2</sub>回収PSA装置, 大陽日酸技報No42, 2023
- 2) 岡村菜花, 望月和博, 津野地直, 武井宏之, 伊藤雄一朗, 市川貴之, 水蒸気再生時のCO<sub>2</sub>吸着剤性能評価技術の紹介, 第12回分離技術国際会議(ICSS), 2023
- 3) 岡村菜花, 望月和博, 津野地直, 武井宏之, 伊藤雄一朗, 市川貴之, アミン担持吸着材による二酸化炭素固定層吸脱着の解析と評価, International Symposium on Fuels and Energy (第7回), 2024
- 4) 岡村菜花, 望月和博, 津野地直, 武井宏之, 伊藤雄一朗, 市川貴之, アミン担持吸着材による二酸化炭素固定層吸脱着の解析と評価, 分離技術会年会, 2024
- 5) 山田秀尚, CO<sub>2</sub>回収用アミン溶液の反応とその圧力依存性, 日本高圧力学会, 高圧力の科学と技術 vol.29, No3, 2019