

B-T-018

活性炭の高圧CO₂吸着等温線（@25℃、120℃）測定の実現性と有効吸着量評価

概要

2050年のカーボンニュートラルの実現に向け、CO₂排出源から大気中への放出を大幅に削減できる技術として、CO₂分離回収・貯蔵技術；Carbon Capture and Storage（CCS）の開発が進められています。大規模なCO₂排出源である化学プラントなどでは燃焼前にCO₂を分離・回収する技術（Pre-combustion）が利用されており、処理するガスの温度と圧力が高く、実際の環境下に近い状況での吸着評価検討が必要となります。一般的に、吸着技術により、CO₂の分離・回収を行う場合、圧力スイング吸着（PSA）プロセスが考えられます。また、CO₂分離回収（・輸送）・利用（CCU）に関する検討も重要で、高圧、常温下で分離回収し、運搬し、昇温することでCO₂を脱着し利用する場合には、温度スイング吸着（TSA）プロセスもしくは、その両者を考慮した圧力・温度スイング吸着（PTSA）プロセスなどが考えられます。Fig.1にある材料の低温： T_{low} 、高温： T_{high} のCO₂吸着等温線と、PSA、TSA、PTSAプロセス概

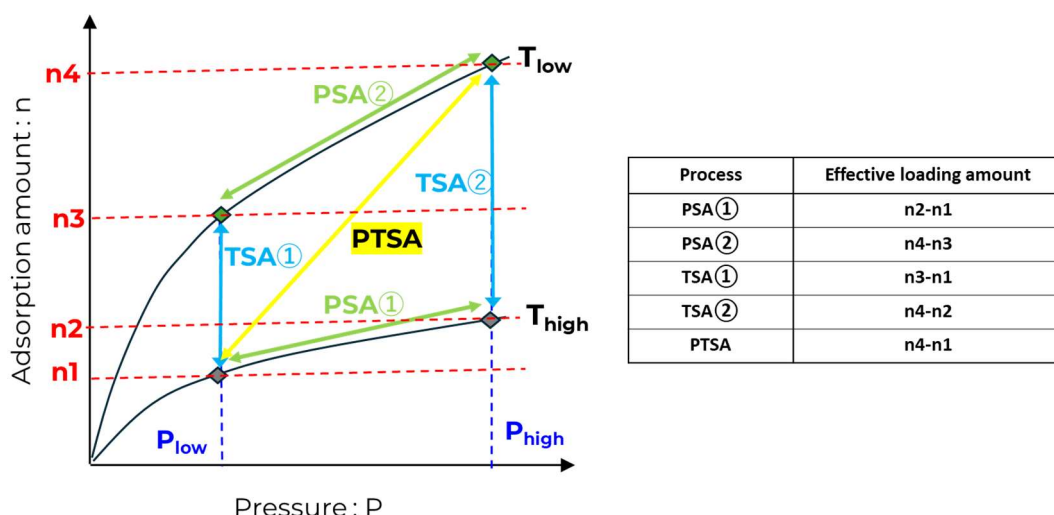


Fig.1 PSA、TSA、PTSAプロセス概念図と各プロセスの有効吸着量

念、ならびに有効吸着量の関係を示します。例えば、CO₂単成分のみを吸着する材料を利用した圧力スイング吸着プロセス（PSA②）の有効吸着量を考えます。 T_{low} の吸着等温線において、吸着圧 P_{high} での吸着量 n_4 、脱着圧 P_{low} での吸着量 n_3 とした場合、この圧力スイング幅での有効吸着量は、 n_4 と n_3 の差（ $n_4 - n_3$ ）と定義されます。同様に検討した場合の各プロセスでの有効吸着量はFig.1内の表の通りにまとめることができます。本資料では、分離材の1つとして可能性のある活性炭を利用した、常温（25℃）および高温（120℃）での単成分CO₂吸着等温線測定事例と高温での測定再現性ならびに、各吸着プロセスを想定した有効吸着量評価を行った事例を紹介します。

実験

活性炭（白鷺LH2c20：大阪ガスケミカル製）を200℃で3h真空加熱前処理し、常温（25℃）および高温（120℃）下で真空から900kPaまでのCO₂吸着等温線評価をBELSORP MAX X HP（最大測定圧：900kPa）で行いました。常温および高温での吸着等温線は、水槽（測定温度範囲：-

10℃～80℃）ならびにヒーター（測定温度範囲：50℃～400℃）を用いて測定しました。また、高温（120℃）下におけるCO₂吸脱着測定を2回繰返し、再現性確認を行いました。さらに、異なる2つの温度の吸着等温線におけるP_{high}:900kPa、P_{low}:100kPaの吸着量を利用し、Fig.1に示すそれぞれの吸着プロセスにおける有効吸着量評価を行いました。

結果と考察

Fig. 2に示す吸着等温線は、X軸はCO₂の平衡圧（kPa）、y軸はサンプル1 g当たりのCO₂の吸着量（mmol）で表しています。また、各吸着プロセスでの有効吸着量評価の結果をTable1に示します。例えば、吸着温度25℃、圧力900 kPa下でCO₂を吸着させ、大気圧（約101 kPa）まで降圧した場合、つまり、PSA②の有効吸着量は6.21 mmol/gとなり、CO₂を回収可能です。吸着温度25℃、圧力900kPa保持し、120℃昇温した場合のCO₂の有効吸着量（TSA②）は6.02 mmol/gとなります。なお、吸着温度25℃、圧力を大気圧に保持し、120℃まで昇温した場合の有効吸着量（TSA①）は、2.09 mmol/gとなります。また、120℃、900kPaで吸着させ、大気圧下で脱着させた場合の有効吸着量（PSA①）は、吸着等温線測定1回目は約2.28 mmol/g、2回目は約2.29 mmol/gとなり、再現性がよいことが確認できます。なお、有効吸着量が8.30 mmol/gと最大となるのはPTSAプロセスとなります。このように、単成分の常温、高温吸着等温線を真空から高圧（900kPa）まで測定することで、各吸着プロセスの有効吸着量が検討でき、簡単に吸着材のプロセス検討のスクリーニングが可能となります。しかし、実際のプロセスでは水蒸気などの共存下であるため、多成分系での破過曲線評価等（B-T-007, B-T-017, B-T-022）が必要となります。

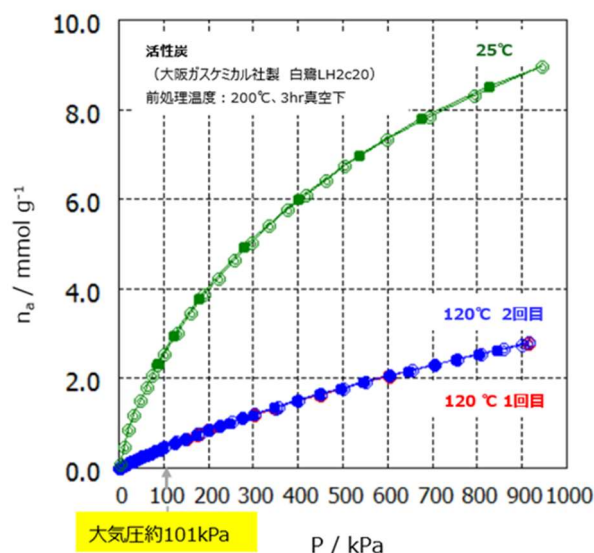


Fig2. 活性炭のCO₂高圧吸着等温線測定結果（@25, 120℃）

Table1 吸着等温線（@25℃、120℃）における大気圧、900kPaでのCO₂吸着量、ならびに有効吸着量（回収量）のまとめ

	吸着温度 120℃				吸着温度 25℃	
	吸着量 (mmol/g)	有効吸着量 (mmol/g)			吸着量 (mmol/g)	有効吸着量 (mmol/g) 900 kPa → 100 kPa
		900 kPa → 100 kPa	25℃→120℃	25℃, 900 kPa → 120℃, 100 kPa		
大気圧 (約101 kPa)	0.47	PSA①: 2.28	TSA①: 2.09	PTSA: 8.30	2.56	PSA②: 6.21
900 kPa	2.75	—	TSA②: 6.02	—	8.77	—

2024/12/12

Written by Dr. Yuko KONISHI, Mr. Makoto YAMABUKI and Dr. Masayuki YOSHIDA