

# BET 法による吸着表面積の決定

報告者: No.7 05253011 Fumiya Kashiwai / 柏井史哉

共同実験者: No.5 伊藤

実験日: 2025/12/2

## 1 Introduction

BET 法により、活性炭の吸着表面積を測定する。

BET 法では、固体表面への多層の吸着を仮定する。この過程のもとで、次の理論式が導かれる。窒素分圧  $x = P_{N_2}/P_0$  の時の吸着した気体の体積  $v$  の間に、

$$\frac{1}{v(1-x)} = \frac{1}{v_m} + \frac{1}{v_m c} \left( \frac{1-x}{x} \right) \quad (1.1)$$

ただし、 $v_m, c$  は物質に固有の定数である。この式へのフィッティングにより、定数を求める。

ただし、BET 法の適用範囲は  $0.05 < x < 0.35$  とされていることに注意してプロットを行った。

## 2 Experimental

模式図に示したような真空ラインを用いて実験を行った。トラップは常に十分量の液体窒素で冷却した。

1. 吸着管を取り付け、ガス球以外の真空ライン内部を 10 min 程度空引きした。内部圧力は 36 Pa まで低下した。以下、ゼロ点での圧力としてこの値を用いる。
2. 空間 V (C7、C8、C9 と圧力計の間) に窒素を導入したのち、平衡状態となった時の圧力を  $P_1$  として記録した。
3. コック C9 を開け、吸着管に窒素を導入した。平衡状態となった時の圧力を  $P_2$  として記録した。
4. この測定を 4 回繰り返し、測定結果を表??にまとめた。
5. 吸着管を大気圧に開放したのち、82.6 mg の活性炭を吸着管に入れた。
6. 吸着管を取り付け、真空引きしたのちに液体窒素で冷却した。ガス球以外の真空ライン内部を 10 min 程度空引きした。
7. 空間 V に窒素を導入し、平衡状態となった時の圧力を  $P_{10}$  とした。
8. コック C9 を開け、吸着管に窒素を導入した。平衡状態となった時の圧力を  $P_1$  として記録した。
9. この測定を 20 回繰り返し、 $n$  回目の測定圧力を  $P_{n0}$  および  $P_n$  として記録し、測定結果を表??にまとめた。

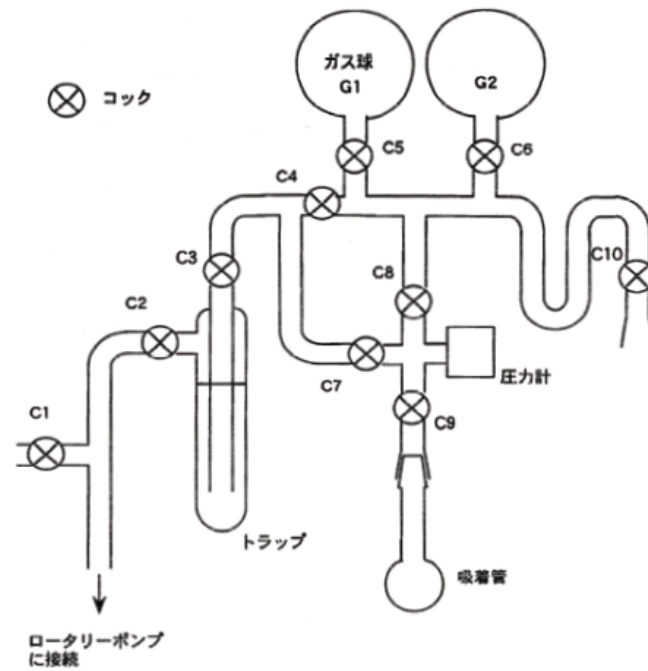


図 1: 実験装置の模式図、テキストより引用

### 3 Results and Discussion

表 1:  $P - V$  Data

$P_1$ (Pa)	$P_2$ (Pa)	$P_1 - P_0$ (Pa)	$P_2 - P_0$ (Pa)	$V_A$ (cm <sup>3</sup> )
12500	4260	12500	4230	82.9
7130	2450	7090	2410	82.7
4070	1410	4030	1370	82.8
2340	820	2300	784	82.3

#### 3.1 死体積の決定

テキストの式により、4 回の測定結果から、 $V_A = 82.7 \pm 0.3 \text{ cm}^3$  と決定された。テキストに従い、活性炭の体積は無視して、これを死体積として扱う。

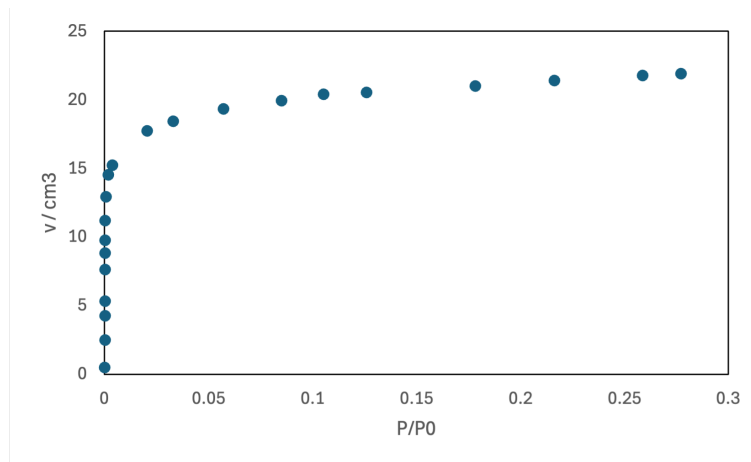


図 2: 実験結果のプロット

### 3.2 BET へのプロット

測定結果は図 2 に記した。吸着した窒素の体積  $v$ 、平衡圧  $P$  は測定結果をもとに、テキストの処理に従い求めた。その際、圧力のゼロ点として 36 Pa を引いた値を用いた。

BET 法を適用するにあたり、 $x$  に対して  $v(1-x)$  をプロットした。この時、短調増加 (傾きが正) の領域に限って BET 法は適用可能である [1] が、この条件を満たしているのは、プロット 3 より、 $x < 0.06$  の範囲である。

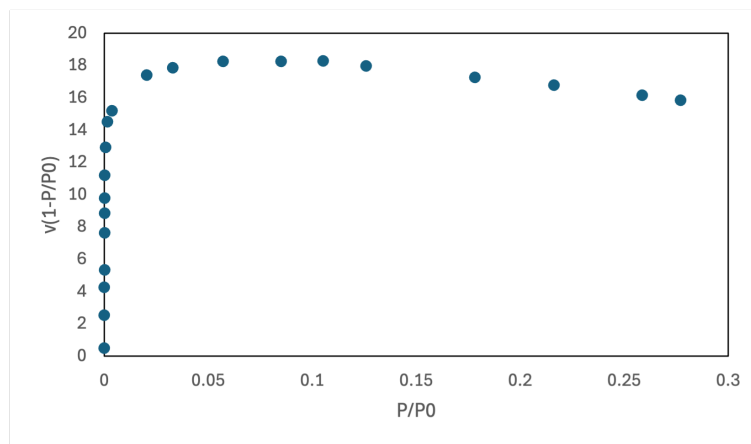


図 3: Rouquerol plot

そこで、 $0.01 < x < 0.06$  の範囲の 5 点を用いてプロットを行い、傾きおよび切片を最小二乗法により決定した。

傾き  $7.28 \times 10^{-5}$ 、切片  $5.40 \times 10^{-2}$  と決定され、これより  $v_m = 18.5[\text{cm}^3]$ 、 $c = 741$  と計算された。 $(c$  は無単位)

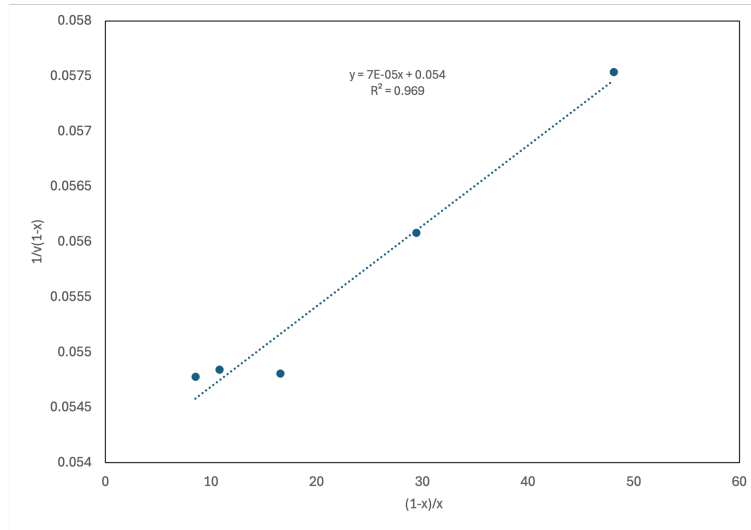


図 4: BET plot

### 3.3 窒素分子の吸着表面積

分子一個が占める体積  $v$  は

$$v = \frac{28.013\text{g/mol}}{\rho N_A} = 5.76 \times 10^{-23} [\text{cm}^3] \quad (3.1)$$

FCC 構造を作っていると仮定すると、分子の直径を  $d$  として、 $v = \frac{d^3}{\sqrt{2}}$  となる。

故に、窒素 1 分子が占める面積  $\sigma$  は、

$$\sigma = \frac{\sqrt{3}}{2} d^2 = 0.163 \text{nm}^2 \quad (3.2)$$

### 3.4 活性炭の吸着表面積

単分子吸着量  $V_m = 18.53 \text{cm}^3/\text{g}$  より、まず吸着分子数は  $\frac{V_m}{22414}$  によって決まり、表面積は先ほどの  $\sigma$  を用いて

$$S = \frac{V_m}{22414} \times N_A \times \sigma = 81.1 \text{m}^2/\text{g} \quad (3.3)$$

と決定される。

また、 $E_1$  については式 (9) の係数を 1 として計算し、

$$E_1 - E_L = +RT \ln c = 4.23 \text{kJ/mol} \quad (3.4)$$

と決定される。文献値  $E_L = 5.6 \text{kJ/mol}$  を用いると、 $E_1 = 9.8 \text{kJ/mol}$  となる。

$c$  の値については、文献によりばらつきが見られるが、一般に 50 300 をとり、500 を超える場合にはマイクロポアが疑われる [2]。実際、今回の解析ではマイクロポアあるとして、Rouquerol plot を用いる必要があったため、通常が多層の吸着と比較して、マイクロポアが存在し、 $c$  が大きいのが合理的である。

## Reference

- [1] <https://www.an.shimadzu.co.jp/service-support/technical-support/analysis-basics/powder/lecture/practice/p02/lesson16/index.html>
- [2] <https://www.an.shimadzu.co.jp/service-support/technical-support/analysis-basics/powder/lecture/practice/p02/lesson15/index.html>