

問題 3 1 : 密度測定による二酸化炭素の分子量決定法

序

アボガドロによる原理 (1811年) は基本的な要素を含んでおり, 例えば, 気体の密度測定による分子量決定方法は本原理に基づいている。カニッツァーロは1858年, この気体の密度測定による分子量決定を原子量決定に利用できることを示した。例えば, 一酸化窒素, 亜酸化窒素 (一酸化二窒素), 二酸化窒素の分子量を水素との比較によって, 30,44,46と決定した。これらのデータより, 異なる元素の原子量が推測できるわけである。

気体の密度測定技術は, 19世紀には他にも大きなブレークスルーをもたらした。レイリーとラムゼーは窒素の密度測定時にアルゴンを発見したのである (問題 6 参照)。まもなく新しい元素族を加えて周期律表の完成に至った。アボガドロの原理は通常, 二酸化炭素の密度測定による分子量決定をおこなう次の実験により例示される。この実験はまた理想気体の法則をも用いることになる。

使用する材料

ドライアイス, 水

実験器具

天秤 (0.01g精秤可能なもの)

500mL枝付きフラスコ 2つ

ゴムチューブ

ゴム栓

アルミホイル

メスシリンダー

温度計

気圧計

実験手順

31-1. 室温大気圧雰囲気での二酸化炭素の密度測定に, ドライアスを二酸化炭素源として用いた 2つの実験方法を考案せよ。

31-2. 考えられうる実験誤差の要因を示し, 最小化方法を提案せよ。

31-3. 二酸化炭素の分子量を以下の 2通りで計算せよ。まずは空気との相対密度から求める方法。もうひとつは理想気体の法則を用いる方法の 2通りである。

実験手順 A

1. 室温と大気圧を記録せよ。

2. フラスコの重量を測定せよ。それを重量1とする。

重量1は以下のようなになる。

重量1 = 重量 (フラスコ) + 重量 (空気) (式1)

3. 粉碎したドライアスをフラスコの底部に入れ, 気化が起こるまで十分待つ。しばらくした後, ドライアイスが残っていないことを確認し, フラスコ内部の温度を測定せよ。アルミホイルでフラスコの口を軽く塞ぎ, 温度が安定するのを待ち, 二酸化炭素を室温大気圧でフラスコ内部を充満させる。フラスコ表面に着いた水滴を拭き取り, 重量を測定せよ。これ

をW2とする。

$$\text{重量2} = \text{重量（フラスコ）} + \text{重量（二酸化炭素）} \quad (\text{式2})$$

4. フラスコの枝の口をゴム栓で密栓せよ。フラスコにいっぱい水を満たし、満たした水の体積をメスシリンダーで測定せよ。これが先ほどのフラスコ内に充満した二酸化炭素の体積Vとなる。本実験条件におけるメスシリンダー内の空気重量、重量（空気），を計算せよ。空気は78%が窒素，21%が酸素，1%がアルゴンとする。空気1モルは29.0グラムとする。重量（フラスコ）を式1と重量（空気）から計算し、式2と重量（フラスコ）から重量（二酸化炭素）を求めよ。

5. 重量（二酸化炭素）と重量（空気）から二酸化炭素の分子量を決定せよ。

ただし、

$$\text{分子量（二酸化炭素）} = 29.0 \times [\text{重量（二酸化炭素）} / \text{重量（空気）}]$$

6. 二酸化炭素の重量を、理想気体の法則より決定せよ。

ただし、

$$pV = [\text{重量（二酸化炭素）} / \text{分子量（二酸化炭素）}] \times RT$$

実験方法B

1. ゴムチューブを適当な長さに切り、枝部分をつかって2つのフラスコを接続せよ。一方のフラスコを持ち上げ、充分量の粉砕ドライアイスをつラスコ底部に入れよ。持ち上げた方のフラスコをゴム栓で密栓し、二酸化炭素を枝部を通じてもう片方のフラスコ（低い方）に満たせ。

2. 充分量の二酸化炭素を供給したら、アルミホイルで軽く蓋をしフラスコの重量を測定せよ。本法の特徴は、低い側のフラスコに供給された二酸化炭素が室温、大気圧になる点である。

3. 実験方法Aと同様に、容積Vとフラスコの重量を決定せよ。

4. フラスコ内部の二酸化炭素の重量が一定になるまで繰り返せ。

5. 上記のように二酸化炭素の分子量を決定せよ。