

## H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>分解反応における触媒質量と攪拌が速度定数に及ぼす影響

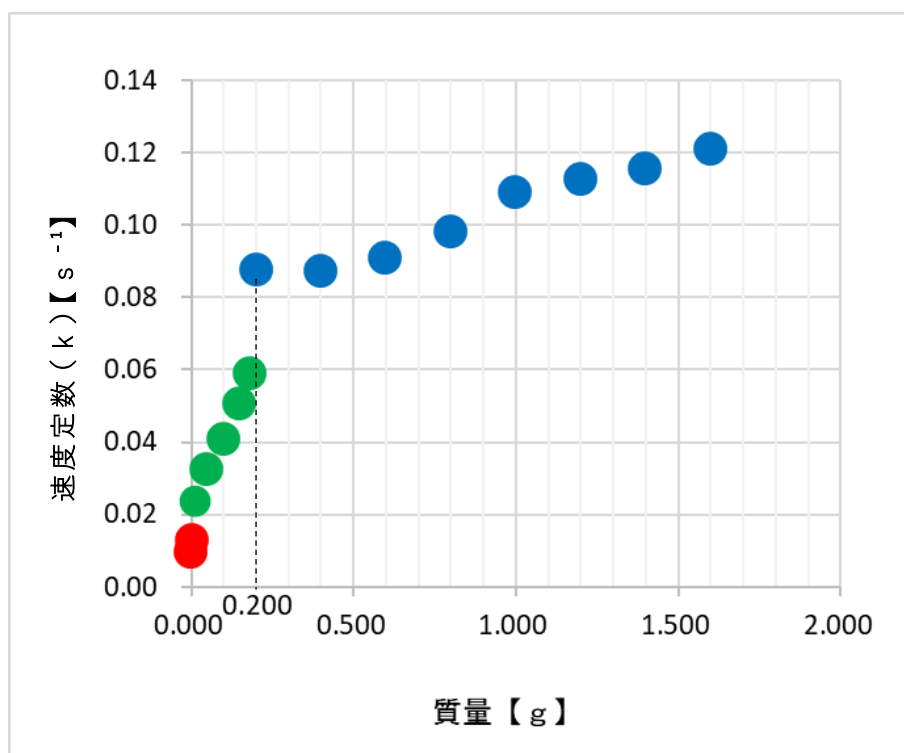
福岡県立小倉高等学校 科学部  
2年 佐々木詩真 石村舞 本田桃子  
1年 田原丈 三井康太郎 森一真  
指導教員：池田好夫

### 研究概要

空気電池の正極で発生する H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> を分解する触媒反応を研究することは、電池の性能向上にとって重要であり、その触媒作用機構を調べることは大きな意義がある。

高校の教科書では、H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 分解反応において MnO<sub>2</sub> 触媒添加質量や攪拌は反応速度定数 (k) に影響しないと記されている。そこで本研究では、触媒添加量と攪拌が反応速度定数へ及ぼす影響を詳細に検討し、H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 分解反応は触媒添加量や攪拌に影響されることを見出した。

その結果、以下に示すように、0.200 g 未満では速度定数は、加えた触媒の質量に比例することが分かった。また、マグネティックスターラーの回転数を変える実験では、0.200 g では回転数によらず反応の速さは一定になった。これは、0.200 g で触媒の表面積は飽和していることが示唆され、0.200 g で最大触媒添加効果が得られることが分かった。



MnO<sub>2</sub>触媒の添加量と H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>分解に対する反応の速度定数(k)との関係

## 1. 研究概要

私達はこれまで身近な材料でできる空気電池の性能を高めるため、放電反応の中間体として生成するの  $\text{H}_2\text{O}_2$  の触媒による分解反応について調べてきた。<sup>※2</sup> これまでの研究では、 $\text{H}_2\text{O}_2$  の分解反応は 1 次反応であり、触媒の種類と反応速度に関係があることを明らかにした。本実験では、 $\text{H}_2\text{O}_2$  分解反応における  $\text{MnO}_2$  触媒の添加質量および攪拌速度が反応速度定数 ( $k$ ) に及ぼす影響を調べることにより、触媒の作用機構を検討し、至適触媒添加効果を得るための指針を得ることを目的とした。

## 2. 実験

### 実験条件

温度 30℃  
5.0%  $\text{H}_2\text{O}_2$  10mL 補正有  
0.90mol/L NaOHaq 50mL  
触媒  $\text{MnO}_2$   
質量 0.0010~1.60 g …①  
(攪拌速度 0~1500rpm…②)

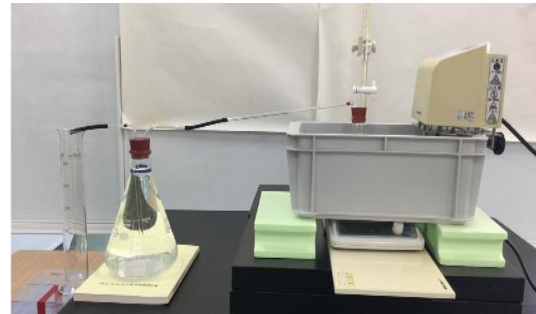


Fig. 1  $\text{H}_2\text{O}_2$  分解速度の実験装置と条件

Fig. 1 に実験条件と実験装置の概略を示す。実験①では触媒  $\text{MnO}_2$  の質量のみを変化させ、他は一定条件とした。過酸化水素の分解で生じる酸素の発生量を正確に測定するため、酸素の体積を水の体積に置き換え、動画撮影を利用し、時間を測定した。実験②ではこの条件に加えて攪拌速度を変化させた。触媒が作用した際の  $\text{H}_2\text{O}_2$  の分解反応は(1)式となる。



反応式(1)が 1 次反応なら、 $[\text{H}_2\text{O}_2]$  は  $(1 - V_t/V_\infty)$  に比例し、速度は次の(2)式で表せる。

$$dV/dt = k(1 - V_t/V_\infty) \quad \dots (2)$$

但し、 $V_\infty$  を理論発生酸素量 (mL)、 $V_t$  を時間 (t) での酸素発生量 (mL)、 $k$  を速度定数とする。(2)式を積分して、(3)式を導くことができる。

$$-\ln(1 - V_t/V_\infty) = kt \quad \dots (3)$$

$-\ln(1 - V_t/V_\infty)$  と時間 (t) の関係から、速度定数  $k$  が求まる。

## 3. 結果

実験①より、Fig. 2 に、 $\text{MnO}_2$  触媒の質量と反応進行度の対数值との関係を示した。両辺に直線関係が得られることがわかる。この傾きを求め、Fig. 3A に、 $\text{MnO}_2$  触媒を 0.0010~1.60 g まで変化させた時の反応速度定数 ( $k$ ) を示す。なお、触媒の質量が 0.010 g 以下の部分については Fig. 3B に拡大した。触媒質量当たりの速度定数  $k'$  は、触媒の質量が 0.010 g 未満では  $k' = 1.0 \text{ s}^{-1}\text{g}^{-1}$ 、0.010 g 以上 0.20 g 未満では、 $k' = 0.20 \text{ s}^{-1}\text{g}^{-1}$  で表せ、触媒の添加質量と比例する関係が見られた。また、

0.20 g 以上では  $k' = 0.050\text{s}^{-1}$  で表せ、触媒の添加質量に関係なく一定となった。

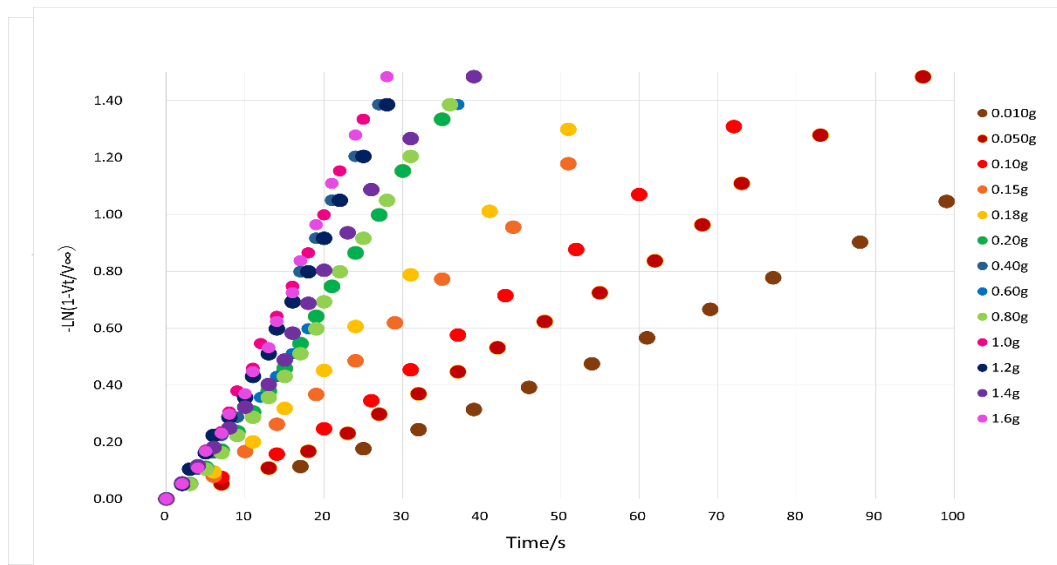


Fig. 2 添加した  $\text{MnO}_2$  触媒の質量と反応進行度の対数值との関係

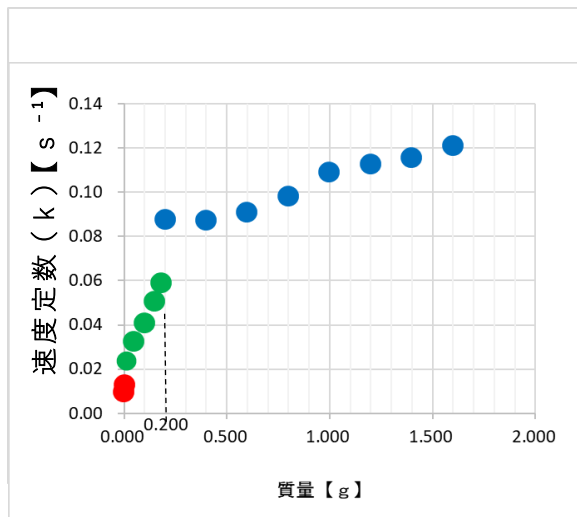


Fig. 3A  $\text{MnO}_2$  触媒の質量に対する反応速度定数  $k$  の関係

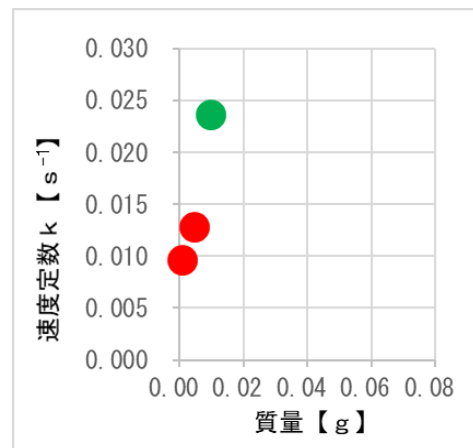


Fig. 3B  $\text{MnO}_2$  触媒の質量に対する反応速度定数  $k$  の関係 0~0.010 g の拡大図

#### 4. 考察

$\text{MnO}_2$  触媒の添加量によって反応速度定数 ( $k$ ) が変化する理由を Fig. 4 のように考察した。触媒の量が少ない 0.010 g 未満のときは、反応は、Fig. 4 の (a) の赤で示したように表面積に比例すると考えられる。しかし、 $\text{MnO}_2$  の触媒量が増え、0.010 g 以上 0.20 g 未満になると、Fig. 4 の (b) のように触媒が凝集して層を形成し、触媒として働く有効な表面積は触媒の量が増加するにつれて相対的に減少する。0.20 g 以上では、過酸化水素の分解に有効な表面積が触媒量を増やしても、表面積の増加が鈍り、飽和したのではないかと考えている。これを確かめるため、マグネティックスターラーの回転速度を変え同様な実験②を行った。

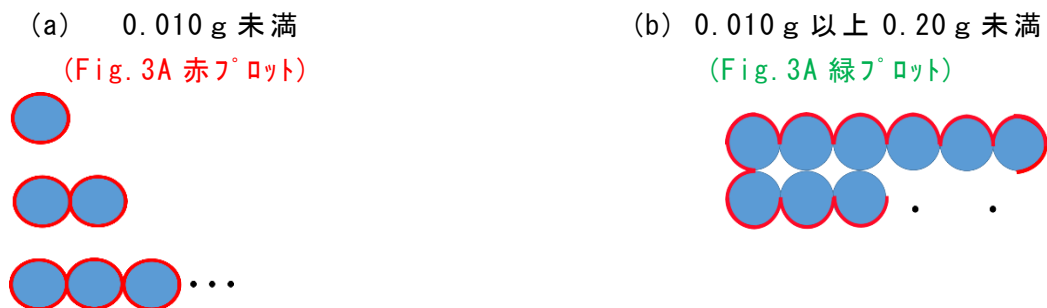


Fig. 4 MnO<sub>2</sub> 触媒の質量と表面積の関係

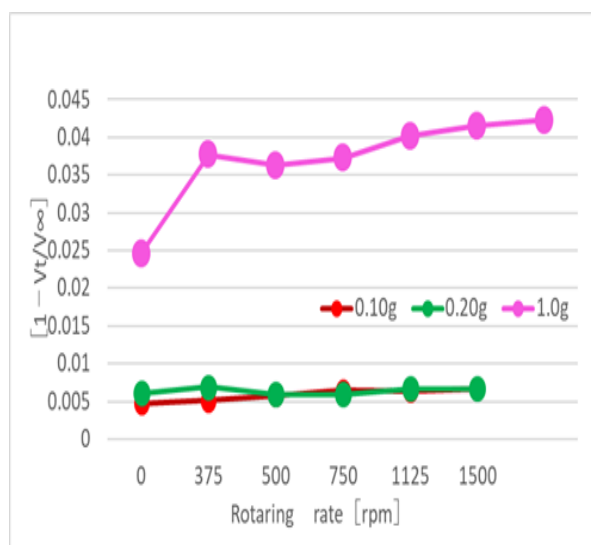


Fig. 5 MnO<sub>2</sub> 触媒の攪拌速度と反応進行度

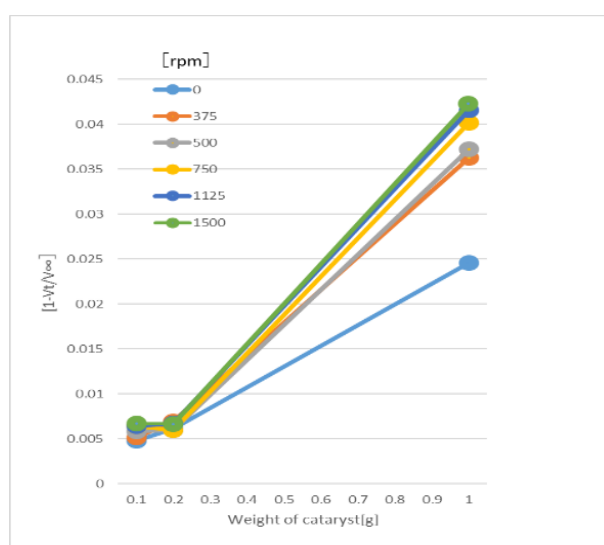


Fig. 6 MnO<sub>2</sub> 触媒の各質量における反応進行度

Fig. 5 に MnO<sub>2</sub> 触媒 0.10、0.20、1.0 g を加えたときの攪拌速度と反応進行度の関係を、Fig. 6 に触媒添加質量と反応進行度の関係を表した。これより、0.20 g では回転数によらず反応の速さは一定になった。0.10 g と 1.0 g では、回転数が大きくなるにつれて、反応の速さは大きくなった。このことより、0.20 g で触媒の表面積が Fig. 4 のモデルのようになることを示唆しているものと考えている。

## 5. 結論

5.0% 過酸化水素の分解反応では、触媒質量当たりの速度定数を  $k'$  とすると、 $k' = 1.0 [s^{-1} g^{-1}] MnO_2$  による触媒以上となった。触媒は 0.20 g まで加えたときに大きな添加効果が見られ、それ以上では、飽和した。これは、H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> の分解が触媒の表面で進行するため、触媒量が多くなると凝集により有効な表面が減少することが原因と考えている。

## 6. 参考文献

- ・ ※1 第 53 回化学関連支部合同九州大会予稿集 2016 齊藤文音他
- ・ ※2 教科書：東京書籍 改訂 化学 p 134