

BZ反応の停止・復活における溶存酸素濃度変化

茨城県立水戸第二高等学校

2年 篠崎 美沙

田宮 楓



はじめに

Belousov-Zhabotinsky(BZ)反応は、周期的に酸化と還元を繰り返す振動反応である。本校では、平成20年度より研究を継続している。平成22年度には、BZ反応が停止し、復活する現象を先輩方が発見した。先行研究よりBZ反応中に酸素が影響を及ぼしていると考えられている。図1は溶液の電位変化の様子を表したグラフである。縦軸は酸化還元電位 E_{ORP} 、横軸は時間経過を示す。

フェロイン(赤色) / フェリイ(青色)の振動を酸化還元電位(E_{ORP})変化として捉えながら、溶存酸素濃度(DOL)も同反応槽で計測した。

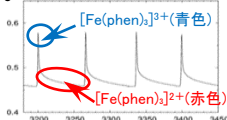


図1 酸化還元電位の変化

目的

- ①溶存酸素(DO)が反応系に与える影響
- ②溶存酸素と停止・復活の関係

実験

25℃設定の水浴中に200mLトルビーカー(反応槽)を設置し、反応物であるマロン酸、臭素酸ナトリウム、硫酸(0.800 M固定)を入れ、最後にフェロインを投入し反応を開始した。各溶液の濃度は任意とし、溶液の全体的量は 200 mLとした。

E_{ORP} は防水白金複合形ORP電極、DOLは溶存酸素電極を用い、48時間継続の測定データをPCに記録した。(図2) 各電極先端部は溶液表面から深さ約 20 mmで固定し、攪拌速度は250 rpmを保った。2月現在、延べ83回の実験を実施した。

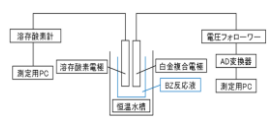


図2 反応槽と測定機器の模式図

BZ反応の動画(45秒)です

結果①

振動の停止または収束

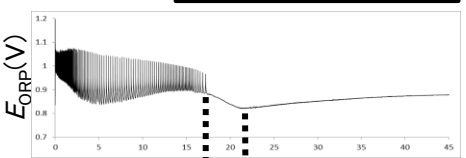


図3. $[Ma]_0 = 0.100 \text{ mol/L}$, $[BrO_3^-]_0 = 0.0800 \text{ mol/L}$, $[Fe(phen)_3]^{2+}_0 = 2.00 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$

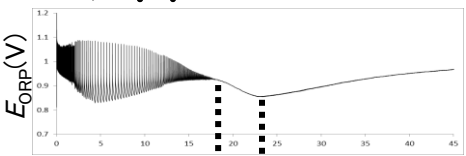


図4. $[Ma]_0 = 0.100 \text{ mol/L}$, $[BrO_3^-]_0 = 0.0600 \text{ mol/L}$, $[Fe(phen)_3]^{2+}_0 = 2.00 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$

各実験において、振動反応中のDOLは 0 mg/Lに極めて近い値をとっていたが、図3,4より、DOLが上昇し始める時期は、必ずしも振動の停止もしくは収束の時期とは重ならないことが明らかとなった。

結果②

振動の停止・復活

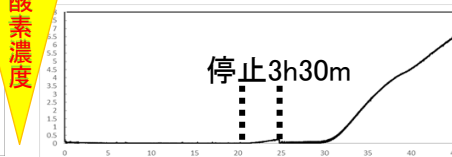
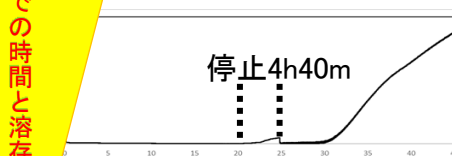
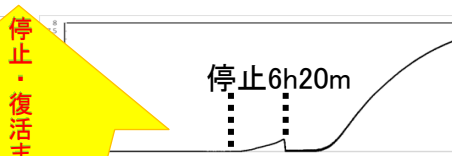
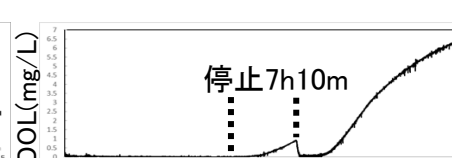
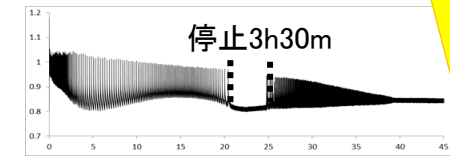
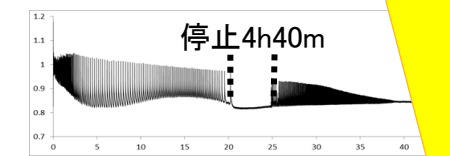
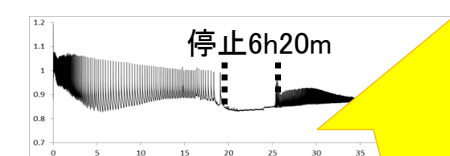
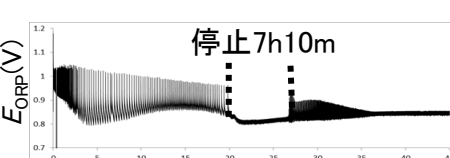


図5. $[Ma]_0 = 0.100 \text{ mol/L}$, $[BrO_3^-]_0 = 0.0800 \text{ mol/L}$, $[Fe(phen)_3]^{2+}_0 = 2.00 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$

図5より、振動の停止と復活が起こる際には、停止後に一旦DOLが徐々に上昇した後、振動の復活と共にDOLは急激な減少に転じることが明らかとなった。また、振動の停止から復活までの経過時間をもとにグラフを並べると、停止から復活までの時間が長いほどDOLの大きな上昇と急激な降下が顕著になることが明らかとなった。

考察

振動反応の開始直後からDOLが 0 mg/Lに近い値となった。これは、中間生成物であるマロン酸ラジカルがDOを消費し続けたためと考える。図3,4において、生成されたDOの消費物質は過剰に溶液中に存在しており、振動反応後においても、しばらくの間DOを消費し続けるものと考えられる。振動の停止中はDOL上昇が観測された。これは停止時にマロン酸ラジカルの生成が止まり、DO消費が抑制されたためと考える。また、復活とともにDOLの急激な降下が観測された。これは、復活により再びマロン酸ラジカルを生成し始め、即座にDOを消費し始めたものと考えられる。

今後の展望

振動の復活・停止は溶液の初濃度とDOの存在に大きく依存している。あらゆる反応のパターンとDOL増減との関係性についてより多くの情報を得、BZ反応の停止と復活についての新たな知見を得たい。

参考文献

- [1] 茨城県立水戸第二高等学校「スーパーサイエンスハイスクールSS課題研究論文集」平成20～22、24～30年度
- [2] 三池秀敏ほか「非平衡系の科学Ⅲ反応拡散系のダイナミクス」講談社 1998年