

グルコースを通して考える旋光度

3年9組 阿部 和史
山口 誠一

《要約》

私たちは、身近にある砂糖すなわちグルコース（ α -グルコースを使用）の旋光性について調べた。旋光性とは、平面偏光が、ある物質内を通過する間に偏光面（光の振動面）を右または左に回転させる性質である。これは、 α -グルコースが β -グルコースに変化することによって起こるものである。その回転による角度（旋光度）を調べることにより、反応速度を求める。また、触媒（硝酸銀、硝酸ニッケル、硝酸第一鉄、硝酸銅）を用いて反応速度の変化を調べた。さらに、温度を変えた場合や基質としてフルクトース、マルトースを用いた場合による速度変化も調べた。結果として、どの触媒を用いた場合でも反応速度は大きくなったが、特に硝酸銅を用いた場合は著しく大きくなった。また、マルトースやフルクトースを用いた場合や温度を変えた場合、いずれの結果も反応速度は大きくなった。

We examined the characteristics of optical isomer using glucose. We can get the speed of the reaction by examining how its angle. This happens when α -glucose changes into β -glucose. By using catalysts for example silver nitrate, silver nickel, silver the first iron and silver copper. We observed how the speed of the reaction. Then we made similar observations in another situation of temperature and using other items like Maltose and Fructose. At the result we found that the reaction speed increased whatever the catalyst was the increase was great when silver copper was used when we did with changed the reaction was quicker Maltose and Fructose and when the temperature was.

《導入》

鉱物（例：水晶）や有機化合物（例：グルコース（光学異性体を有する物質の水溶液））の一部には旋光性という性質がある。旋光性とは、平面偏光が、ある物質内を通過する間に偏光面（光の振動面）を右または左に回転させる性質である。平面偏光とは、横波である光がある一定の方向にのみ振動する光のこと

である。特に、右に回転させるものを右旋性、左に回転させるものを左旋性と呼ぶ。一般に自然界ではタンパク質は左旋性、核酸は右旋性のものだけが存在する。変旋光とは、時間とともに平面偏光が回転すること、すなわち、旋光度が時間とともに変化する現象のことである。旋光度とは変旋光による角度のことである。

《光学異性体について》

グルコースの場合も同様、有機化合物の中心炭素原子が異なる4つの基を持つ場合、その炭素原子を不斉炭素原子と呼ぶ。不斉炭素原子を含む化合物には、構造式で平面的には同じでも、左右鏡像の関係である光学異性体が存在する。この左右鏡像の関係にある化合物（L体とD体）は、光の振動面を回転させる性質があり、偏光板による平面偏光面を右に回転（観察者から見て）させれば“+”、左なら“-”を化合物名に付して表記することがある。L体とD体は左右同じ角度だけ偏光面を回転させる性質（光学的性質）を除けば、物理的・化学的には差が無いとされている。

《比旋光度について》

旋光度は透過した距離と光学活性体（旋光性をもつ物質）の濃度に比例し、旋光度を光路長と濃度で割って相対化した値を比旋光度と呼ぶ。つまり、比旋光度は測定する光の波長、温度、層の長さ、濃度によって異なり、旋光性物質1gが溶媒1mlに溶けている溶液の層1dmについての旋光角に相当する。また、旋光度は温度、溶媒、光の波長が同じであれば、各物質に固有の値である。

《実験の概要》

- 1, 試料（グルコース 0.1mol/l 50ml）を作る。
- 2, 触媒として金属イオン水溶液を加える。
- 3, 専用機器『ポラックス 2L』を用いて旋光度を測る。
- 4, Excel を用いて比旋光度を求め、反応速度を計算する。

《使用器具》

100ml ビーカー 300ml ビーカー ピペット 温度計 ガラス棒 旋光計（ポラックス 2L） ストップウォッチ 保冷剤

《使用薬品》

グルコース (0.1mol/l 500ml) フルクトース (0.1mol/l 50ml) マルトース (0.1mol/l 50ml) 硝酸銀 (0.1mol/l 0.1ml) 硝酸ニッケル (0.1mol/l 0.1ml) 硝酸銅 (0.1mol/l 0.1ml) 硝酸第一鉄 (0.1mol/l 0.1ml)

《方法》

α - グルコース (基質) に触媒として用意した各溶液を入れたり、液温を変えたりして、旋光計 (ポラックス 2L) を用いて旋光度を調べる。次に、“Excel” を用いて比旋光度を求め、反応速度を計算する (求める式は後述)。また、フルクトース、マルトース (基質のみ) でも同じく調べる。

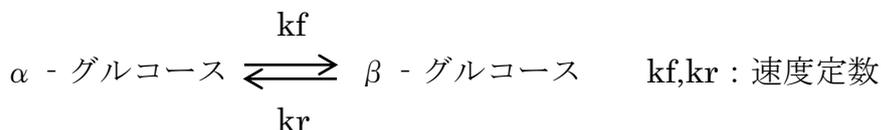
《目的》

触媒を用いたり、液温を変えたりして旋光度を調べ、変旋光の反応速度の違いを調べる。

《仮説》

触媒を加えることにより、反応速度が著しく大きくなるだろう。また、液温を上げると反応速度が大きくなり、下げると小さくなるだろう。フルクトース、マルトースの速度変化に関しては、グルコースのみの反応速度と変わらないだろう。

《変旋光が起こる仕組み (式) 》



α - グルコースの変旋光を示す 1 次式

$$-d[\alpha]/dt = k_f[\alpha] - k_r[\beta] \quad [] : \text{モル濃度}$$

《比旋光度を求める式&反応速度を求める式》

(比旋光度) = $100 \alpha / (lc)$ α : 実測された旋光角 (度) l : 20cm (観測管の長さ) c : 濃度 (溶液 100ml 中に含まれる試料の質量 g)

反応速度 $t(kf+kr) = \log\{(r_0 - r_\infty)/(r_t - r_\infty)\}$ t : 時間 (秒) kf, kr : 反応の速度定数 r_0 : 時間 0 における比旋光度 r_t : 時間 t における比旋光度 r_∞ : 時間 ∞ における比旋光度 $(kf+kr)$: 反応速度 (速度定数の和)

《結果》

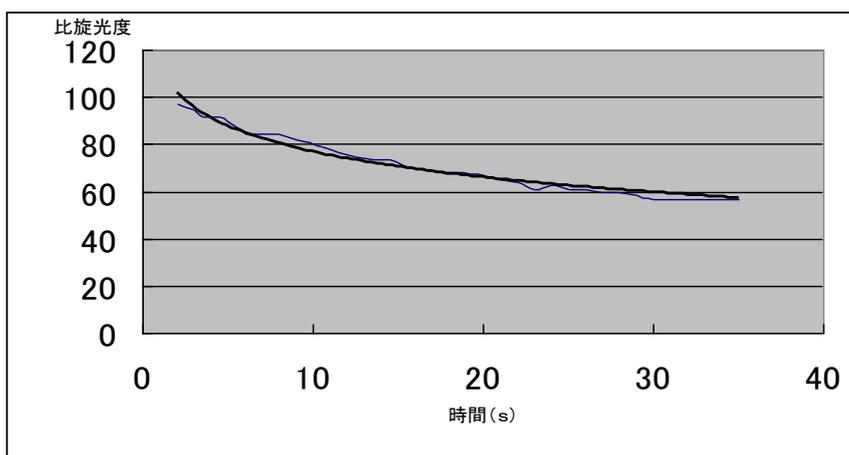


図 1 (比旋光度の変化 (触媒 : 塩化銅))

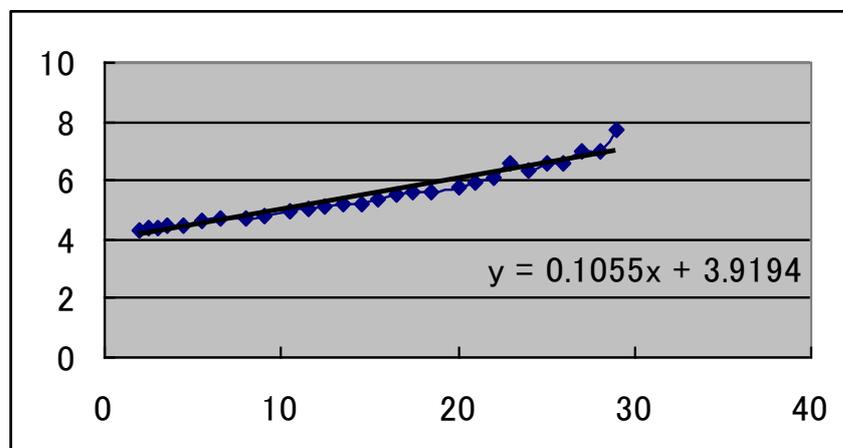


図 2 (図 1 から求めた反応速度)

縦軸： $\log\{(r_0 - r_\infty)/(r_t - r_\infty)\}$ の値 横軸：時間（秒） x の係数：速度定数の和（ $k_f + k_r$ ）；反応速度を表す

基質	触媒(実験条件)	反応速度($k_f + k_r$)
グルコース	なし	0.0541
グルコース	硝酸銀	0.0633
グルコース	硝酸ニッケル・六水和物	0.0677
グルコース	硝酸第一鉄	0.0824
グルコース	塩化銅・二水和物	0.1055
グルコース	(温度低め)	0.0919
グルコース	(54℃)	0.1765
フルクトース	なし	0.0692
マルトース	なし	0.0581

《考察》

文献値にあったグルコースの比旋光度の平衡値は 52.7 であったが、今回の実験では 50 半ばから 80 後半であった。これは実験にかけた時間の短さが影響していると思われる。また、触媒を用いることで反応速度が大きくなったが、なぜ触媒作用が起こったかは分からなかった。さらに、図 2 で直線が原点を通らなかった理由は、グルコースの比旋光度の初期値および平衡値に文献値を用いたことによると思われる。液温を下げた場合による反応速度の低下の理由は分からなかった。

《結論》

溶液の温度を上げた場合は反応速度が大きくなったが、下げる場合は遅くなった。金属イオンの析出（銀鏡反応など）は見られなかった（質量変化によって調べた）。触媒を用いた場合には確かに反応速度が大きくなった。特に、塩化銅・二水和物を触媒とした場合著しく大きくなった。温度を上げたり触媒を用いることによって、反応速度を大きくすることができる。また、フルクトースとマルトースに関しては若干反応速度が大きくなった。

《感想》

この実験を通して、普段はあまり身近ではないグルコースの旋光性について知ることができた。分からないところが多々あったが、大学に進学してもし学習

する機会があればぜひ学びたい。そして、この実験を通してでは分からなかった、世界の旋光度の先端分野を積極的に学びたい。初めこの実験をすることに決めた時は、旋光性についての知識が全く無く、とても苦勞した。今でもなおこの内容は私たちにとってとても難しいものである。高校においてあまり詳しく習わないことが原因であろう。いや、化学実験に対する基礎知識の無さ、これこそが多くの時間と労力を費やす一番の原因であったかもしれない。しかし、この実験で学んだ様々な経験は決して無駄にはなっていない。化学の知識や実技能力が向上したこと、身にしみて感じとれる。とてもよい経験になったことは言うまでも無い。最後に、この実験を機に今後の学習や実験、進路後の研究に活かそうと思う。

《参考》

<http://chem-sai.web.infoseek.co.jp/kougakuisei.html>

