

クロロフィル結晶の光励起による誘電率の変化

Obsevation of Permittivity of Crystallized Chlorophyll with Irradiation of White Light

○飯島光希¹, 羽柴秀臣², 大月穰³

*Mitsuki Iijima, Hideomi Hashiba, Jyo Otsuki

Abstract: Photo-excitation of a crystallized chlorophyll was studied by measuring its permittivity as voltage across the crystal. The voltage changes by irradiation of white light at an intensity more than threshold value of 0.114 cd.

1. 概要

クロロフィルはマグネシウムを配位した環状テトラピロールの金属錯体である[1]. クロロフィル結晶の光吸収による誘電率変化を測定する.

2. 測定系

測定系は Fig1 のホイートストンブリッジ回路の抵抗の代わりにコンデンサを導入した回路を用いた. $C_1 \cdot C_3$ は 1 pF, $C_2 \cdot C_5$ はチップキャリア内ガラス基板上のコンデンサ 1 fF, $R_1 \sim R_5$ は各コンデンサに対応する抵抗を $1M\Omega$ とした.

時定数 τ は $100\mu s \sim 1ms$ と見積もれる. V_{total} は電源電圧(Yokogawa7651ProgramableDCsource), V_{out} は C_1, C_2 に各々に掛かる電圧の差で(Keithley2000M)で読み取る. これよりクロロフィル結晶の比誘電率を V_{out} 測定によって行う.

静電容量 C_2, C_5 はコンデンサの極板間隔 $d \gg a$ であることから 2 本の導体棒を平行にしたモデルを用いると, 静電容量は

$$C_s = \frac{\pi \epsilon_r \epsilon_0}{2 \log_e(2d/w)} L \quad (1)$$

と定義できる.

ここで, 真空の誘電率 ϵ_0 , ϵ_r はクロロフィル結晶の比誘電率, 導体棒の長さ $L=500 \mu m$, 導体棒の幅 $w=300 nm$, 導体棒の厚さ $d=500 \mu m$, $a=w/2=150 nm$ であり, C_2, C_5 は $0.1 fF \sim 1fF$ と見積もれる. また, 各々のコンデンサに印加される電圧を分圧として考えることができ, 誘電率変化と出力電圧の関係式を

$$\frac{\epsilon_s}{\epsilon_2} = \frac{1 + 2V_{out}}{1 - 2V_{out}} \quad (2)$$

と導くことができる.

この(2)式に真空の比誘電率のオフセットを考慮してクロロフィル結晶の比誘電率を見積もる.

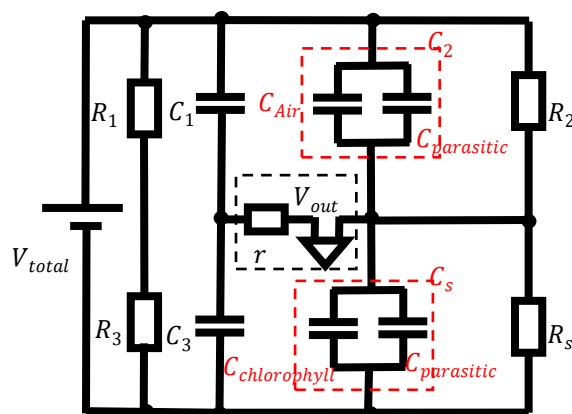


Fig 1. 測定システム

3. 実験

我々はサイズの異なるクロロフィル結晶を測定し, クロロフィル結晶を Fig1 の C_5 に配置し LED 白色ライトを当て $0.031 cd$ から $2.082 cd$ までのクロロフィル結晶の誘電率を測定した.

4. 結果・考察

V_{out} の照射光度依存性を Fig2 に示す. $0.144 cd$ までの弱い光度では V_{out} が $150 \mu V$ 以下で一定であるが, それ以上の高度で V_{out} が $300 \mu V$ 程度に跳ね上がる. したがって光 1 励起には $0.144 cd$ 近傍に閾値がある. Fig3 は光を当てた場合ノイズが大きく乗り, 光を当てない場合ノイズレベルは小さくなる.

逆に Fig4 は光を当てた場合はノイズが小さく乗り, 光を当てない場合ノイズが大きく乗っている.

そして、全体的に出力電圧は上昇している。

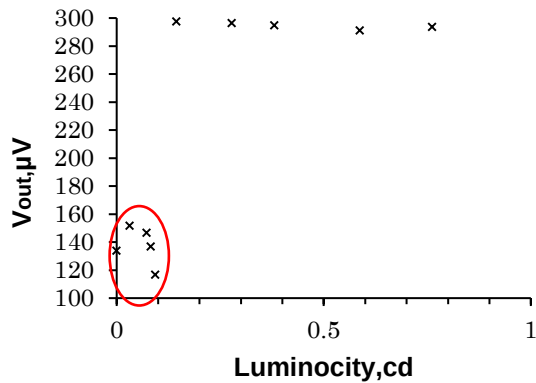


Fig2. 光度と出力電圧の相関性

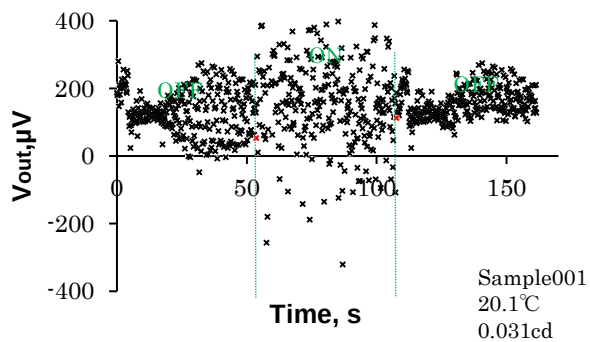


Fig3. 光の有無による出力電圧変化(0.031cd)

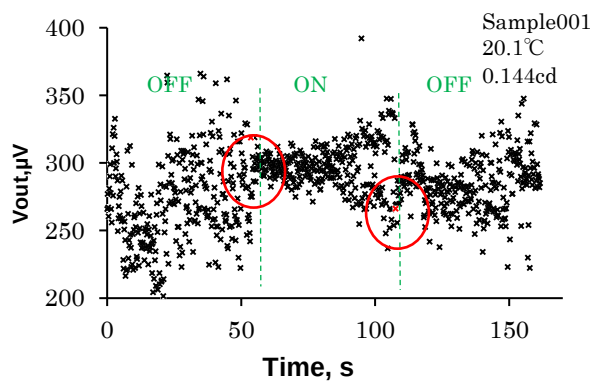


Fig4. 光の有無による出力電圧変化(0.144cd)

5. まとめ・今後の展望

クロロフィルの光度依存性は 0.144cd 近傍を境に出現する. Fig4 より出力電圧の変化はおよそ $35 \mu V$ と見積もれる. (2)式より 1.0012~1.0014 となり真空の $175 \mu V$ によるオフセット 1.0004 を考慮しクロロフィルの比誘電率は 1.0008~1.001 と見積もれた.

今後は白色光ではなく赤色・青色光での光励起・緩和を観測し波長依存性を見る.

6. 参考文献

[1] 三室 守:「クロロフィル-構造・反応・機能-」, 裳華房, pp. 1, pp82, 2011.