

DNA増感型太陽電池の特性

2年4組 荒谷 惟仁 2年4組 石原 康貴
2年4組 大野 誠貴 2年4組 實藤 皇介
2年4組 高野 宏紀
指導者 田中 善久

1 課題設定の理由

現代社会では、クリーンエネルギーを用いた発電の重要性が高まっている。我々は、新しい発電方法の発見を目指して色素増感型太陽電池（マローブルーに含まれる主な色素：アントシアニン）に着目して自作してみたが、その電池の起電力は極めて小さく、実用レベルに達していないことが分かった。

そこで、この電池は色素が光を吸収する作用を利用して発電していることに着目して、同じく光を吸収する性質を持つDNAやタンパク質を色素に置き換えて封入したDNA増感型太陽電池とタンパク質増感型太陽電池をそれぞれ製作した。

また、DNA増感型太陽電池については、DNAがヒストン(タンパク質)に絡まっている構造上、純粋なDNAを獲得することが難しかった。そのため同時に作成したタンパク質増感型太陽電池との実験結果を比較することで純粋なDNAの吸光度についての分析も試みた。

表1 DNAやタンパク質の吸光度がピークになる光の波長

物質	波長
DNA	260 nm付近
タンパク質	280 nm付近

2 仮説

DNAには光を吸収する性質があるため、DNA増感型太陽電池で発電することは可能である。また、DNAはヒストンと呼ばれるタンパク質に絡まったままの状態では抽出されているが、DNAはタンパク質よりも光を吸収する性質が強いと予想した。そのため、タンパク質だけで製作したタンパク質増感型太陽電池よりDNA増感型太陽電池のほうが端子電圧は大きくなると考えた。

3 実験の方法

同じ素材を用いて、色素増感型太陽電池とDNA増感型太陽電池、タンパク質増感型太陽電池をそれぞれ製作し、同条件で使用して、それぞれの端子電圧を測定し、それぞれの特性について検討する。

【実験条件】

次の(1)と(2)の使用条件のもとで端子電圧を測定する。

(1) 蛍光灯の白色光を照射させる場合

(2) 暗室で紫外線ライトの紫外線を照射させる場合

【製作方法】(図1、図2)

① 図2のガラス板Aの導電膜に酸化チタン(TiO_2)ペーストを均一に塗り、図1-aのようにして焼き付ける。

② 焼き付けた酸化チタンの上に、色素、DNA、タンパク質を吸着させる。色素増感型太陽電池の場合は乾燥させた植物から抽出した色素を、DNA増感型太陽電池の場合はブロッコリーから抽出したDNA(図1-b)を、タンパク質増感型太陽電池の場合はプロテインパウダー(図1-c)を水に溶かしたものをを用いる。

③ 図2のガラス板Bの導電膜には炭素を塗り、導電膜を内側にしてガラス板AとBを合わせる。

④ ガラス板AとBの隙間にヨウ素溶液を染み込ませ、全体に行き渡らせる(図1-d)。

【原理】(図2)

① 光がガラス板Aを通過し、酸化チタン層まで入射する。

② DNA、タンパク質、色素が光を吸収する。

③ DNA、タンパク質、色素が光エネルギーを利用し、ヨウ化物イオンから電子を奪って導電膜に放出し、三ヨウ化物イオンが生成される。ガラス板Aの導電膜が陰極として作用する。

④ 陰極に移動した電子を三ヨウ化物イオンが受け取り、ヨウ化物イオンが生成される。ガラス板Bの導電膜が陽極として作用する。そのとき、炭素は三ヨウ化物イオンからヨウ化物イオンを生成する反応の触媒としてはたらく。



図1-a 導電膜の塗布と焼付け



図1-b DNAの抽出



図1-c 使用したアビスウォーター

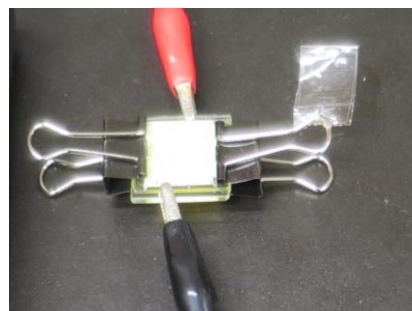


図1-d DNA増感型太陽電池

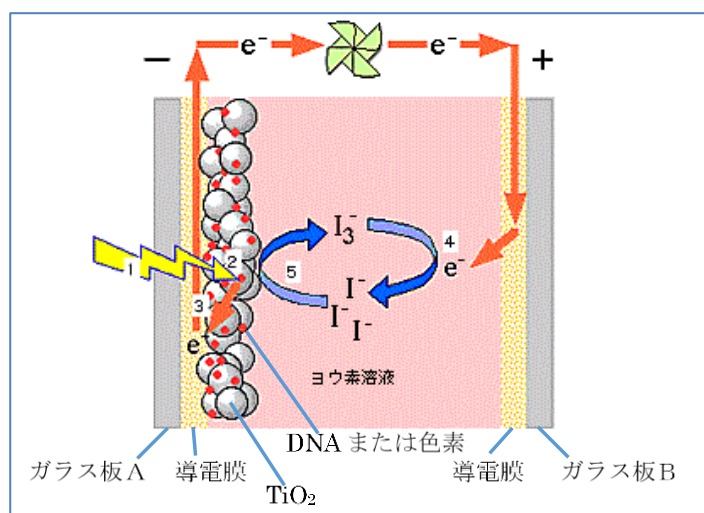


図2 DNA増感型太陽電池の原理

4 結果

結果は表 2 のとおりになった。タンパク質増感型太陽電池はプロテインの濃度を変えて試作すると、プロテインの濃度とタンパク質増感型太陽電池の端子電圧には正の相関関係があることが分かった。しかし、プロテインの濃度が高すぎるとになると端子電圧は低い。これはプロテインが飽和したためと考えられる。タンパク質型太陽電池の実験値は端子電圧が最大となった、食用目安の 5 倍の濃度で製作したものに統一している。

表 2 色素増感型太陽電池と DNA 増感型太陽電池、タンパク質増感型太陽電池の端子電圧

使用条件	端子電圧 [V]		
	色素増感型太陽電池	DNA 増感型太陽電池	タンパク質増感型太陽電池
(1) 蛍光灯の白色光を照射させる場合 (図 3-a)	0.060	0.344	0.230
(2) 暗室で紫外線ライトの紫外線を照射させる場合 (図 3-b)	0.150	0.352	0.350

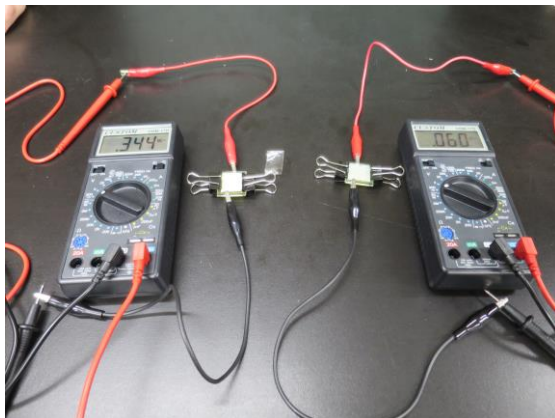


図 3-a 計測の様子

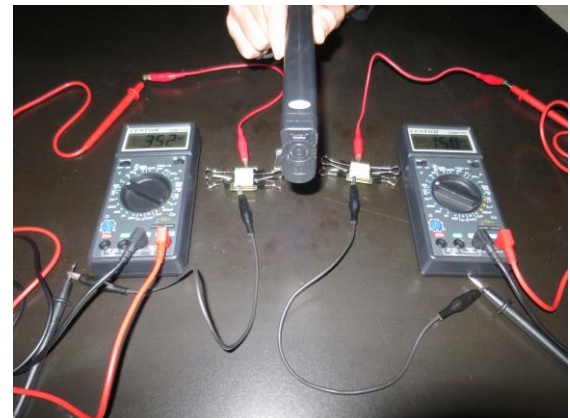


図 3-b ブラックライトの照射

5 考察

【考察 1】

DNA 増感型太陽電池とタンパク質増感型太陽電池を比較すると、蛍光灯の白色光を照射させる実験条件のもとで、DNA 増感型太陽電池は色素増感型太陽電池の約 6 倍、タンパク質増感型太陽電池は色素増感型太陽電池の約 4 倍の端子電圧を得ることができた。

【考察 2】

DNA 増感型太陽電池については、タンパク質のヒストンに DNA が絡んだ状態で抽出されており、DNA とタンパク質がともに吸光を行っている。そのことを踏まえ、DNA 増感型太陽電池とタンパク質増感型太陽電池を比較すると、蛍光灯の白色光を照射させる実験条件のもとで、DNA 増感型太陽電池のほうが約 1.5 倍の端子電圧を得ることができたことから、DNA そのものにタンパク質より高い吸光度が認められる。

【考察 3】

紫外線を照射させる実験条件のもとで、DNA増感型太陽電池とタンパク質型太陽電池は色素増感型太陽電池の2倍を超える高い端子電圧を得ることができた。また、DNA増感型太陽電池とタンパク質増感型太陽電池を比較すると、端子電圧にあまり差がないことから、紫外線を照射させる実験条件のもとでは、DNAはほとんど光を吸収しないことがわかる。しかし、2つの太陽電池に含まれるタンパク質の量が等しいと断定できていないので、DNAが光を吸収している可能性を否定できるわけではない。

【考察 4】

光の照射を止めたとき、色素増感型太陽電池の端子電圧は急激に減少したが、タンパク質増感型太陽電池はゆっくりと減少し、DNA増感型太陽電池はほとんど減少せず、暗室に数日放置した後も発電していた。これは、DNAには吸収したエネルギーを蓄える性質があると推測する。

参考文献

- ・分光倶楽部 基礎講座 第5回：核酸の濃度測定
GEヘルスケア・ジャパン株式会社ライフサイエンス統括本部
http://www.gelifesciences.co.jp/technologies/spectro/spectclub/theo_05.html
- ・キリア化学 色と化学についてのQ&A
Q-7 シソや赤キャベツの煮汁にお酢を加えると色が変わるのなぜですか？
キリア化学 研究部
<http://www.kiriya-chem.co.jp/q&a/q07.html>
- ・色素増感太陽電池ホームページ
<http://kuroppe.tagen.tohoku.ac.jp/~dsc/cell.html>