

学生実験用「イルミネーター」の開発と実践

三浦 瑞穂（秋田大学 理工学研究科 技術部）

MIURA Mizuho : Development and implementation of "illuminator" for live experiments

DNA detection by agarose gel electrophoresis (AGE) is commonly used in molecular biology. AGE is a separation method that provides opportunities for students to learn about the topology and size of DNA molecules. Recently, several fluorescent dyes have been used for DNA staining owing to their convenience, safety, reduced toxicity, and high sensitivity. A blue light-emitting diode (LED) transilluminator is required to detect DNA using fluorescent dyes; however, the associated high cost may limit its availability in classrooms or small laboratories. Therefore, we have designed a simple, low-cost blue LED illuminator to enable easy assembly for instructors and students. We evaluated the performance of the proposed illuminator by observing fluorescent dye-stained DNA markers using AGE, revealing clear DNA marker bands.

1. 目的

本大学の理工学部生命科学科の学生実験では、1講義の実験で25人を対象に1日二回実施し、可能な限り学生毎に各実験器具を用意し実験を進めて貰いたいと考えている。本学では来年度より理工学部が改組されることに際し、1講義の学生実験の受講人数が50人と倍に増えることになった。使用する器具の拡充も必須の中、予算も限られているため原理が比較的単純で高額な実験機器「LED トランスイルミネーター（イルミネーター）」の開発に着目した。

イルミネーターはアガロースゲル電気泳動実験にて使用する。アガロースゲル電気泳動によるDNA検出は、分子生物学で一般的に使用され基本的な手法とされており、学生がDNA分子のトポロジーとサイズについて学習する機会を提供している。アガロースゲルに添加するDNA（試料）には染色するためいくつかの蛍光試料が使用されており、検出のため青色発光ダイオード（LED）トランスイルミネーターが使用される。しかし、検出器としての価格が高額であるため、現在25人に対し3台の導入にとどまっている。そこで、シンプルかつ低コストのLEDイルミネーターを開発し、導入数を増やすことを可能にすることで今後の50人規模になる環境でも学生に十分な教育機会を提供することを目的とした。

2. 方法

イルミネーターの外枠は3Dプリンターで造形した（図1）。設計は、アガロース電気泳動8ウェル用泳動ゲルのサイズに合わせ縦横共に85mmとし、高さは27

mmとした。側面には泳動ゲルにLEDライトを照射した際の熱で、ゲルから蒸気が発生することを考慮し、空気穴を4隅に2個ずつ設けた。

また、LEDライトテープの電源コードを排出するため、1隅に縦型のコード口を設けた。

その他の材料はネット通販サイトで揃えた（表1）。

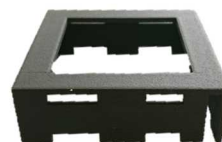


図1. 造形イルミネーター枠の設計

表1. 材料の仕様価格表

材質	商品名	仕様	価格
イルミネーター枠	FDM式3Dプリンター造形	PLAフィラメント	¥0
LEDテープ	LEDソフトモジュールNEO	定格電流(mA)：約190	¥1,700
		定格電圧(V)DC24 長さ：30cm	
電源アダプター	ACアダプタ フェール端子(棒端子)	入力：AC100-240V 50/60Hz 0.3A	¥2,790
		出力：DC24V 0.5A 先端：フェール端子(棒端子)	
棒端子差込コネクタ	ワンタッチコネクタ-WFRシリーズ	定格電流(A)【JIS適合】41 適合電線【JIS適合】0.5~6mm 引出し線長さ(mm)13	¥100
アクリル板	アクリル板(オレンジ透明)厚さ2mm	厚さ2mm幅160mm長さ180mm	¥80
		材質アクリル 色オレンジ透明	
ゴム板	天然ゴムシート 黒色	熱変形温度(°C)87~100	¥80
		厚さ1mm幅100mm長さ100mm 材質NR(天然ゴム) 形状角 色黒	
合計金額			¥4,750

組立は、下から「ゴム板」「LEDテープ」「造形イルミネーター枠」「アクリル板」の順に重ねる。

「LEDテープライト」は普段イルミネーター枠の内側に添付しておいてもよい。

ゲルを設置する際は、ゴム板の上に乗せる（図2）。

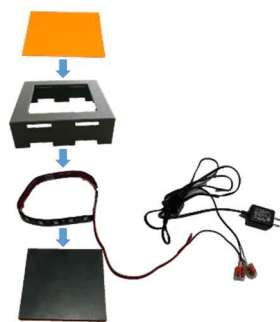


図2. 学生実験用イルミネーターの組立て

3. 結果

「イルミネーター枠」以外は全て市販製品で揃えることができ、大幅なコストダウンを可能とした。また、作製したイルミネーターで実際にアガロースゲルを観測してみたところ、当初予定していたオレンジ色の「アクリル板」一枚ではバンドが上手く見えなかったが、「アクリル板」を重ねることで改善することができた。

(1) 大幅なコストダウンの実現

学生実験用 LED イルミネーターの製作にかかった費用は「4,750 円」であった (表 1)。市販の LED トランスイルミネーターと比較すると大幅なコストダウンが実現できた。使用した材料も一般的な通販サイトや店舗で購入できるもので揃えることができ、多量生産することも可能であると判断した。

(2) 学生実験用 LED イルミネーターの観測結果

アガロースゲル電気泳動による DNA 検出において、透明なオレンジ色のアクリル板を 2 枚重ねる (図 3C) ことでバンドが鮮明になることを確認した (図 3F)。その撮影結果は市販の LED トランスイルミネーター (図 3A) と同等な結果を得ることができると判断した。

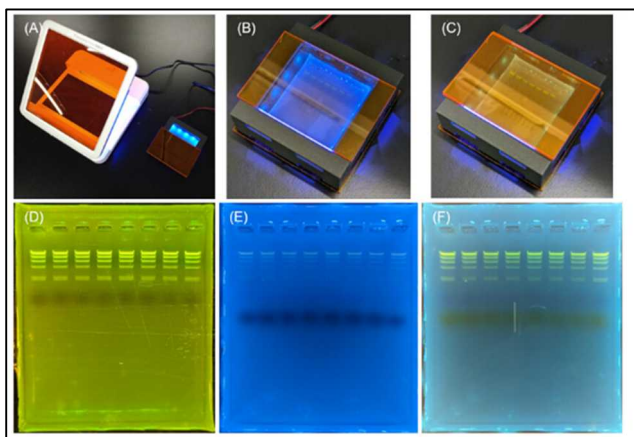


図3. 市販 LED トランスイルミネーター学生実験用 LED イルミネーターの比較と結果

(A) 市販の LED トランスイルミネーター (SLB-01W UltraSlim, Maestrogen, 台湾) (左) と学生実験用青色 LED イルミネーター (右) の比較。(B) 造形イルミネーター枠上の透明なオレンジ色のアクリル板 1 枚。(C) 造形イルミネーター枠上の透明なオレンジ色のアクリル板 2 枚。(D) 市販の LED トランスイルミネーターで撮影したアガロースゲル電気泳動ゲルの画像。(E) 1 枚の透明なオレンジ色のアクリル板を通して撮影したアガロースゲル電気泳動ゲル, および (F) 2 枚の透明なオレンジ色のアクリル板を通して撮影したアガロース電気泳動ゲルの画像。(D - F) スマートフォン (Google Pixel 7a, Google, 米国カリフォルニア州マウンテンビュー) を使用した撮影画像。アガロースゲルの各レーンには、2 μL の Novel Juice と混合された 10 μL の DNA マーカー (0.01 $\mu\text{g}/\mu\text{L}$) を添加。蛍光試料は日本ジェネティクス株式会社製の「ミドリグリーン アドバンス」を使用している。

4. 考察

市販の LED トランスイルミネーターと同等の観察レベルを、今回開発した学生実験用 LED イルミネーターに得ることができた。さらに、市販製品よりも大変安価に製作することができ、来年度より始まる改組に向けて多量生産することが可能な結果となった。これにより、アガロースゲル電気泳動ゲルの DNA 観察作業は、改組後の学生にも十分な教育機会を提供できると考え、分子生物学の理解に繋げて貰いたい。今後はより LED 照度をゲルに収集できるよう、造形イルミネーター枠の改良を試作検討している。

謝辞

今回、造形イルミネーター枠の設計に多大なご協力を頂きました国立高等専門学校機構熊本高等専門学校技術教育支援センターの宮島様、宮本様、吉田様そして、熊本工業高等専門学校生産システム工学部の田中様に大変感謝申し上げます。

参考文献

1) Honda H (2024) 「アガロースゲル電気泳動法を用いた DNA 検出実験の実践トレーニングのためのシンプルで低コストな青色発光ダイオード照明装置の開発」 J Microbiol Biol Educ.25 : e00083-24.