

飲料販売機用照明の LED 化に関する研究 —照射方式の検討—

日大生産工(院) ○須田 雅浩
日大生産工 内田 暁・大谷 義彦

1. はじめに¹⁾

LED は長寿命(約 42500 時間)、省スペース、省エネルギー、水銀レスなどの点から、一般照明に置き替わる光源として期待されている。そこで現在、夜間点灯に蛍光灯が使用されている全国約 266 万台の飲料販売機用照明に焦点を絞り、LED 化を目指す。

LED 光源によるディスプレイ用の照明には、エッジライト方式(以後、導光板方式と呼ぶ)と直下型方式(以後、バックライト方式と呼ぶ)の 2 つの方式がある。導光板方式は、光源付近は明るく、光源から遠く離れるにつれて暗くなってしまう。バックライト方式は、光源がある部分とない部分で比較すると、輝度にムラが出てしまう。またどちらの方式でも、一般照明と同様な明るさを得るためには、LED の数を増やす必要があり、物的コストの増大につながるなどの問題点が挙げられる。

そこで今回は、これらの問題点を改善し、最終的に LED を使用した飲料販売機用照明のモデルプランを設計するための準備として、導光板方式では実験を、バックライト方式では照射方法の基礎的な検討を行い、改善できる個所を知ることとしている。

2. 原理

図 1 に導光板方式の動作原理¹⁾を示す。導光板方式は、ディスプレイの端に光源があり、その光源が放射する線状の光を、導光板を使って面状の光に換えて光を送っている。

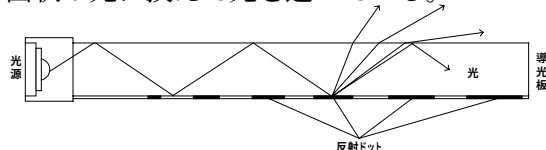


図1 導光板方式

光源には、LED や冷陰極管などが使用される。

導光板にはアクリル板に白色インクで反射ドットを印刷した印刷方式、スタンパーやインジェクションでアクリル面に凹凸をつけた成型方式、アクリル板と反射板をドット状の粘着材で貼り付けた粘着ドット方式などがある。

LED 光源から放射された光は導光板の側部から入射するが、このときに表面反射する光を除いた全ての光が導光板内に入射する。この光をアクリルの全反射を用いてアクリル全面に導き、反射ドットに当たった光がその進路を変え、全反射角よりも小さい角度になった光が表面から放射する。

また、図 1 に示すように、光源近傍の反射ドットの面積を小さく、光源から離れるほど反射ドットの面積を大きくすることにより、導光板全体が均一に光るように工夫されている。

図 2 にバックライト方式の動作原理¹⁾を示す。バックライト方式は、拡散板の直下に LED や冷陰極管などの光源を並べ、拡散させることにより面光源を作り、光を送っている。

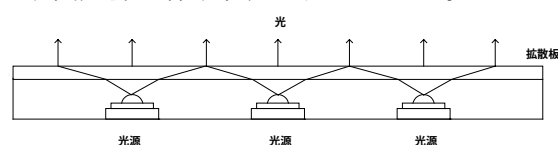


図2 バックライト方式

3. 実験概要

3.1 導光板方式について

図 3 に実験の概要を示す。暗室内で、導光板を飲料販売機ディスプレイ部の 1 段とみ立てて、ライン型 LED モジュールを導光板の下に配置し、導光板だけの場合とサンプル缶を設置した場合の測定を CCD カメラにより行い、輝度値を得てその分布等を検討する。

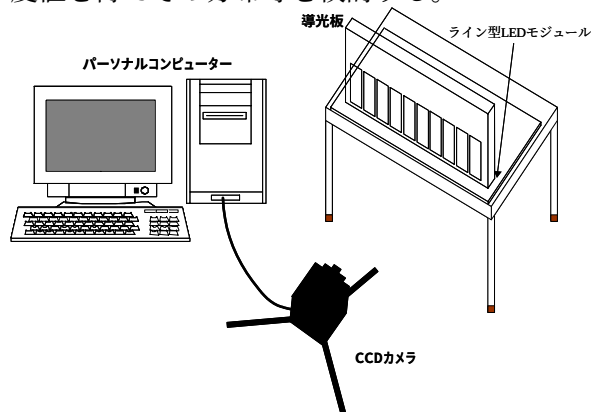


図3 実験の概要

図 4,5 に使用したライン型 LED モジュールを 2 種類示す。これらを用いて比較を行った。

(i) ライン型 LED モジュール 1

LED は表面実装型で、サンプル缶 1 つを 2 個の LED で照射するように等間隔で配置したもので、以後モジュール 1 と呼ぶ。合計 20 個の消費電力は 6.0[W] である。

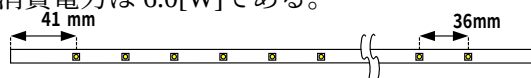


図4 ライン型LEDモジュール1

(ii) ライン型 LED モジュール 2

LED1 個当たりの消費電力がモジュール 1 よりも少ないものを使用し、数を増やすことを考えた。使用した LED には凸レンズが付いている。また、配列の関係からサンプル缶 1 つを 5 個の LED で照射するように配置し、合計 50 個の消費電力は 5.1[W] である。以後、これをモジュール 2 と呼ぶ。



図5 ライン型LEDモジュール2

図 6 に使用した導光板を示す。反射ドットは 2 種類あり、印刷パターンによって光の反射量が調節でき、切り込みは光を直接放射し、アクリル板の貼り合せ加工によって内部の透過率と拡散率を高めるなどの工夫が施されている。

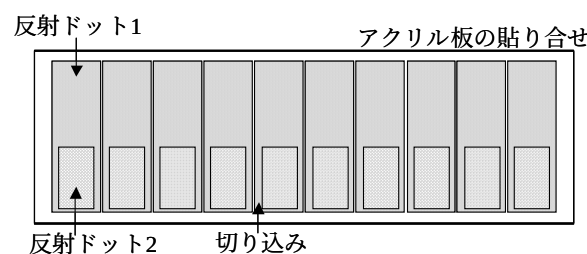


図6 導光板

図 7 に測定点およびサンプル缶の位置を示す。

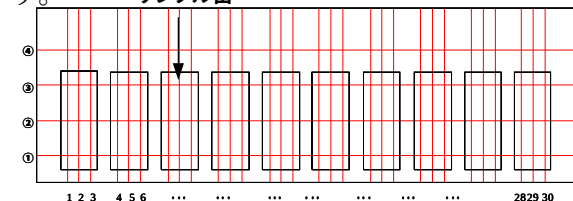


図7 測定点およびサンプル缶の位置

1 つの切り込みに対し縦方向に LED 上とその間の計 3 本線を引き、横方向はサンプル缶を配置したときに上部・中部・下部の測定点が一致するように中部を基準に等間隔に 3 本、更にサンプル缶より上の部分も比較のため同じ間隔で 1 本の計 4 本の線を引き、それらの交点を測定点とした。また、左下を基準にとり縦方向に①～④、横方向に 1～30 の番号をつけ、これらを用いて交点の名称とする。

3.2 バックライト方式について

バックライト方式は拡散板の種類、拡散板と光源の距離、光源間の距離が重要となる。そこで、今後行っていく実験の基礎的な検討として

(i) 拡散板の選定と光源との距離

(ii) 拡散板と光源の距離および光源間距離について行った。拡散板は照明用として一般的に使われるアクリル板の中から適切なものを選んだ。

(i) では、図 3 の導光板を図 8 の様に置き換えて、アクリル板と光源 1 つの距離 a を 1cm ずつ離していき、そのときの照射面積を、4 種類の LED および 6 種類のアクリル板について検討した。これにより、アクリル板と各 LED の照射面積の変化がわかる。

(ii) では (i) で選んだアクリル板を用いて、アクリル板と光源の距離 a と図 9 のように、2 つの光源間距離 b を 1cm ずつ変えたときの輝度値の変化を測定した。これにより、光源同士の干渉状態がわかる。

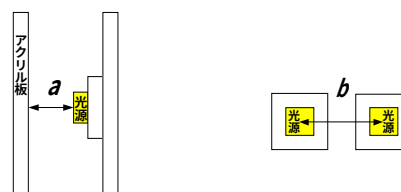


図8 アクリル板と光源の距離 図9 光源間距離

表 1 に使用した LED の詳細を示す。A は表面実装型で、3 素子で一つの LED となっている。表には 1 素子当たりの定格を示した。B,C,D は先端に凸レンズが付き、指向特性がそれぞれ異なる。また、D は多くの電流が流れ、さらに光度が B の 2 倍という特長を持つ。

表1 使用したLEDの詳細

呼称	品番	定格	指向特性
A	MT-PS03060WC	3.6V/30mA	60°
B	NSPWR70BS	3.4V/30mA	105°
C	OPT6050DW3-XX	3.6V/30mA	60°
D	NGPWR70AS	3.2V/100mA	100°

表 2 に使用したアクリル板の特性を示す。

表2 使用したアクリル板の特性

呼称	透過率[%]	反射率[%]	吸収率[%]
422	35.6	12.7	51.7
430	12.3	68.7	19.0
432	23.0	32.2	44.8
435	18.0	51.2	30.8
441	21.4	36.8	41.8
K3 432	24.6	30.8	44.6

4. 実験結果及び考察

4.1 導光板方式

(i) モジュール 1

図 10 に図 7 の測定点のうち、サンプル缶中央部を抜粋し、各行における輝度値を示す。

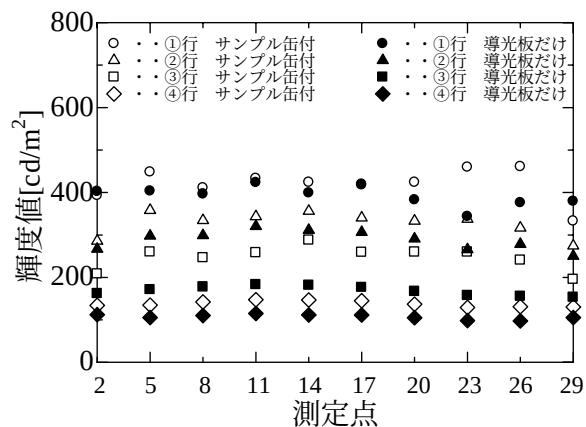


図10 各行における輝度値

図から、サンプル缶を付けた方が導光板だけのときよりも輝度値が高くなっていることがわかる。これは、切り込みから直接放射された光がサンプル缶内部で反射をおこし、サンプル缶部分を明るくしたためであると考えられる。特に、反射ドット2が施されていない③の行に効果があることがわかる。

また、サンプル缶部分の平均輝度値は 385 $[cd/m^2]$ であった。

サンプル缶部分にあたる①～③行の輝度値を均一にすることが今後の課題の一つである。

図11にモジュール1による輝度分布を示す。図より導光板全体の輝度分布がわかり、切り込みとサンプル缶の両端から光が入射し、主にサンプル缶部分を照射していることが明らかとなっている。

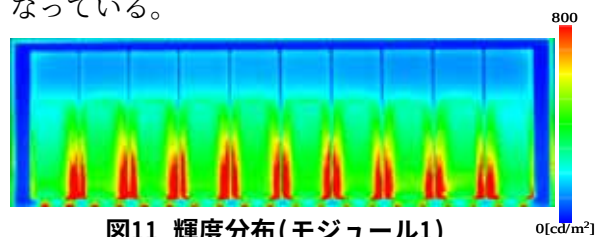


図11 輝度分布(モジュール1)

(ii)モジュール2

図12に、図10と同じ抜粋した点における輝度値(サンプル缶付)の結果をモジュール1と2を併せて示す。

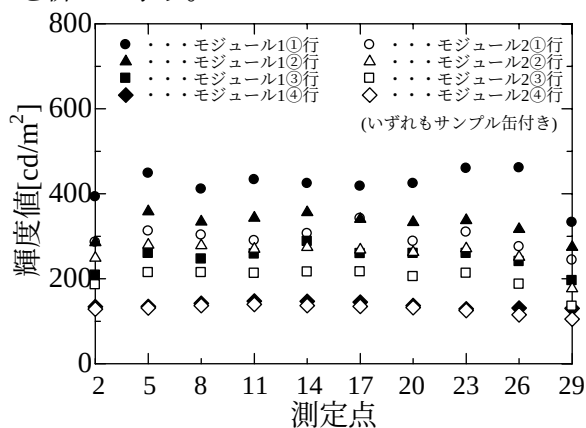


図12 輝度値の比較

図から、モジュール1と2を比べると、消費電力は少ないもののモジュール1のほうが明るいということがわかる。この結果、単にLEDの数を増やしただけでは効果が現れないことが確認された。しかし、④行に関しては、どちらのモジュールでも輝度値に差が見られなかったことから、導光板がLEDによらず、明るくならない仕組みとなっていることがわかる。

また、サンプル缶部分の平均輝度値は 310 $[cd/m^2]$ であった。

図13にモジュール2による輝度分布を示す。図11と比べサンプル缶部分の輝度が低くなっていることがわかる。

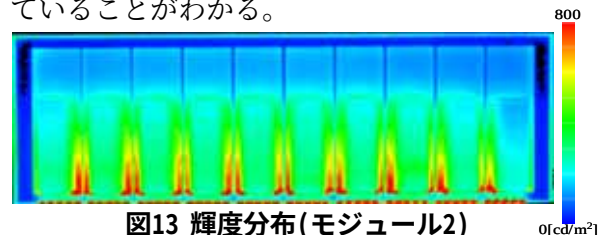


図13 輝度分布(モジュール2)

今回の実験を行っていく中で、以下のことがわかった。

- (1) 図14に示すように、導光板とLEDの前後の配置によって導光板に入射する光の割合が変わり、輝度値が変化する。
- (2) 導光板とLEDモジュールの間にできる横の隙間や、切り込みから光の漏れがあり、改善できると考えられる。
- (3) 図15に示すように切り込みと切り込みの間にLEDを置くことで、切り込みの両端からより光が入射しサンプル缶部分(①～③行)の輝度を明るく均一にすることができると考えられる。

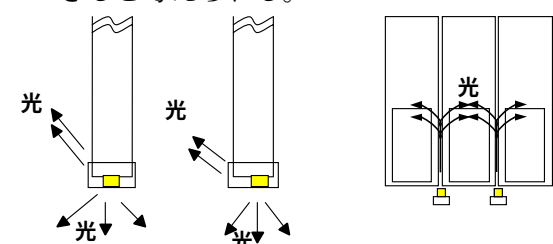


図14 LEDの位置と光の漏れ 図15 LEDの配置

4.2 バックライト方式

(i)アクリル板の選定と光源との距離

図16に4種類のLEDによるアクリル板422の距離1cmの場合における輝度分布を示す。

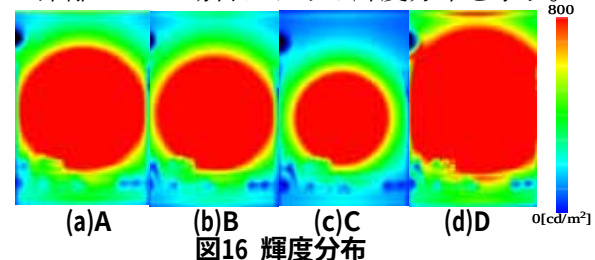


図16 輝度分布

図より、LED の型・指向性によって、照射にそれぞれ違いがあることがわかる。さらに、アクリル板と光源の距離を離すことによって照射面積を増やすことができると考えられる。

図 17 に、D の LED について、アクリル板 6 種類をパラメータとした距離に対する最大輝度値の変化を示す。

直線は、今回必要だと考えられる輝度値 $800[\text{cd}/\text{m}^2]$ を示している。この数値は、実際に蛍光ランプ方式の飲料販売機で実験した結果のサンプル缶部分の平均値を算出し、サンプル缶による吸収等を考慮して定めた。

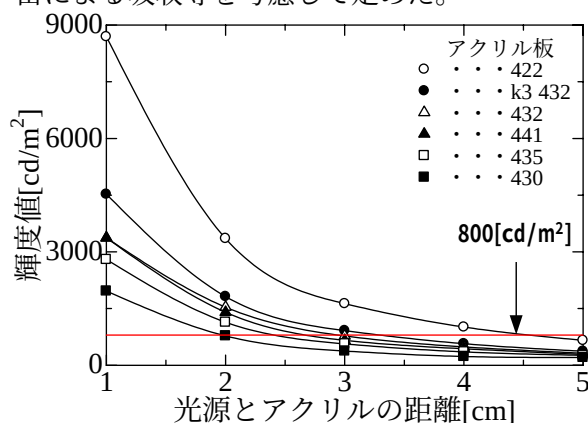


図17 距離に対する輝度値

図より、どのアクリル板においても距離 1～2cm の間で急激に輝度が下がることがわかる。また、A～D の全ての LED において 422 が最も良い結果となり、LED の種類によらないことがわかる。よって、今後使用するアクリル板を 422 と決定した。

(ii) アクリル板と光源の距離および光源間距離

表 3 に 2 つの光源間の中点における輝度値の変化を示す。また、 $800[\text{cd}/\text{m}^2]$ 以上を太字にした。アクリル板は (i) の結果より 422 である。

表3 光源の中点における輝度値 $[\text{cd}/\text{m}^2]$

a [cm] \ b [cm]	2	3	4	5	6
1	4694	1626	600	269	146
2	4348	2284	1141	626	356
3	2974	2052	1287	815	520
4	2034	1613	1177	835	586
5	1469	1234	979	762	582
6	1104	962	806	662	538
7	831	754	665		
8	658				

表より、光源間隔 b を 4[cm] 以上離すと、互いに干渉し合い、大きな輝度値を得るには、ある程度アクリル板と光源の距離 a をとる必要があることがわかった。

今回は、 $800[\text{cd}/\text{m}^2]$ 確保すれば良いので、これを保ちつつ光源を離すことによって $800[\text{cd}/\text{m}^2]$ 以上の面積が増え、バックライトで使うときに LED の数を減らすことが可能であると考えられる。

図 18 に各 LED の a と b を変えたときにおけ

る最も内側の円の面積($800[\text{cd}/\text{m}^2]$ 以上)が大きい結果となった場合の輝度分布を示す。

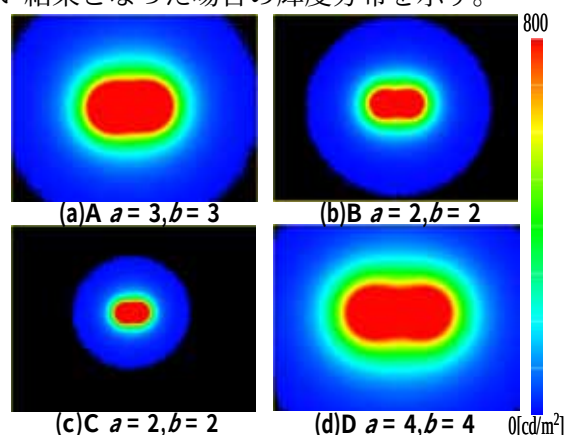


図18 光源2つの輝度分布

図 18 および表 1 より、(a) の消費電力は $0.648[\text{W}]$ 、(b) は $0.204[\text{W}]$ 、(c) は $0.216[\text{W}]$ 、(d) は $0.64[\text{W}]$ となっているため、電力で比較を行う。(a) と (b) を比較すると、(a) の電力が (b) の約 3 倍であるので、最も内側の円の面積を 3 倍すると、(b) の面積の方が大きくなっている。また、(b) と (c) を比較すると、電力はほぼ同じであるが、指向性の違いにより (b) の方が最も内側の円の面積が大きいことがわかる。同様に、(b) の 3 倍と (d) では、(d) の方が最も内側の円の面積は大きい、(b) の方が 3 倍の個数を使えるため、バックライトとした場合にムラが少なくなると考えられる。よって (b) の LED が最もバックライトに適していると考えられる。

5. おわりに

導光板方式では、結果の良かったモジュール 1 においてもサンプル缶部分の平均輝度値は約 $385[\text{cd}/\text{m}^2]$ しか得ることができなかったため、今後は導光板に入射する割合、光の漏れの対策、LED の配置、導光板自体等に工夫をし、改善する必要がある。

バックライト方式では、適した LED、アクリル板を選択したものの、光源とアクリル板の距離や光源間距離だけを変えても $800[\text{cd}/\text{m}^2]$ 以上を得られる面積が小さく、莫大な LED の数が必要になってしまうことがわかる。今後は拡散シートやレンズなどを用いることを検討する。そして従来の蛍光ランプ方式、導光板方式、バックライト方式による比較を行う。

導光板、バックライトの両方式で、サンプル缶の平均輝度値が $800[\text{cd}/\text{m}^2]$ 程度得られれば、飲料販売機用照明として用いることができるものと考えられる。

参考文献

- 1) Kälil Kälantär ほかに「液晶ディスプレイ用バックライト技術」, シーエムシー出版, pp.132～137(2006)