



直管 LED ランプについて

目次

1. 概要	2
2. 直管 LED ランプについて	2
3. ランプカバーによる光学特性への影響	4
4. 光反射シートの効果	6
5. LED 実装ピッチと光拡散の関係	7
6. LED ジャンクション温度と光束の関係	8
7. まとめ	9

本書内に記載する型番 NFSW757D-V1 は、弊社製品の型番であり、商標権を有する可能性のある他社製品といかなる関連性・類似性を有するものではありません。

1. 概要

近年、LED の性能向上により様々な照明器具が LED を使用したものに置き換わってきています。直管 LED ランプは既存の直管蛍光ランプに代替して使用できる光源として市場に流通してきています。

本アプリケーションノートでは、直管 LED ランプを設計するうえで重要となる項目について評価結果を交えつつ解説します。

2. 直管 LED ランプについて

2.1. 直管 LED ランプの構造

一般的な電源非内蔵型直管 LED ランプの構成例を図 1 に、構成部材を表 1 に示します。なお構成部材の材質によってはランプの動作や性能に影響を及ぼす可能性があるため、十分な評価のうえ選定してください。

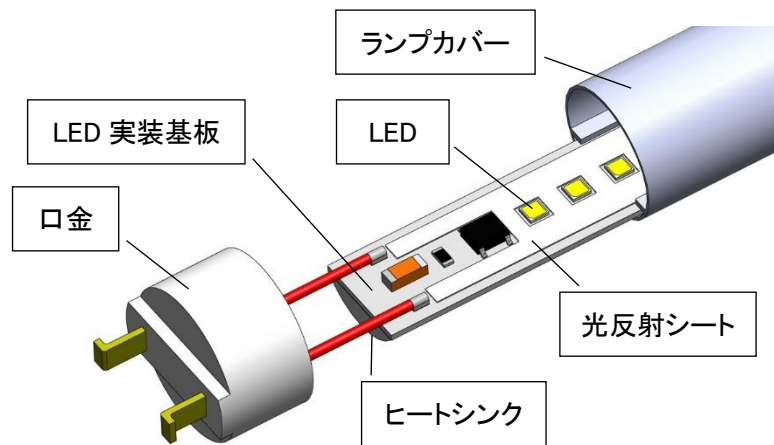


図 1. 直管 LED ランプの構成例

表 1. 直管 LED ランプの構成部材

項目	内容/注意点
ランプカバー	LED の保護および光の拡散を目的として使用されます。材料としてはポリカーボネートなどの樹脂やガラスなどが使われます。 透過率の高いカバーを使用することでランプ光束の低下を小さくできますが、光の拡散が弱くなり、点灯時に LED 素子の粒感が出やすくなります。
LED 実装基板	LED および保護素子等を実装したプリント基板です。一般的にはアルミ基板、ガラスエポキシ基板 (FR-4)、ガラスコンポジット基板 (CEM-3) などが使用され、熱伝導率はアルミ基板 > CEM-3 > FR-4 となります。 銅箔パターンを大きく取り、LED から発生する熱が均一に広がるように設計を行います。また、ソルダーレジストに高反射インクを使用することでランプ光束を上げることも出来ます。(第4章参照)
光反射シート	高反射ソルダーレジストと同様にランプ光束を上げることが出来ます。
ヒートシンク	LED の放熱や筐体の強度確保に使用します。一般的には両面テープや接着剤などで LED 実装基板を固定させますが、固定方法によっては放熱が不十分であったり、熱分布にむらが出る場合があります。
口金	直管 LED ランプを制御装置に電氣的・機械的に接続するための端子です。

2.2. 直管 LED ランプの光束低下、色調シフトについて

直管 LED ランプの光学特性に影響する要素を以下に示します。第 3 章以降では、これらの要素について実機で評価した結果をご紹介します。

- ① ランプカバーによる光学特性への影響
- ② 反射シートの効果
- ③ LED 実装ピッチと光の拡散の関係
- ④ LED ジャンクション温度と光束の関係

2.3. 評価用直管 LED ランプ仕様

第 3 章以降の実機評価で使用した直管 LED ランプの仕様を表 2 に示します。

表 2. 評価用直管 LED ランプの基本仕様

項目	仕様	備考
ランプ寸法	1200 [mm]	LED 実装ピッチ 7 [mm]
使用 LED	NFSW757D-V1	
LED 数	160 [個]	16 直列 10 並列
ランプ光束	2400 [lm]	ランプカバーによる光束低下(約 10%)および熱による光束低下を含む
ランプ電流	350 [mA]	LED1個あたり 35 [mA]
ランプ電圧	45 [V]	
ランプ電力	16 [W]	
ランプ効率	150 [lm/W]	ランプ光束÷ランプ電力
色温度	5000 [K]	
平均演色評価数(Ra)	80	

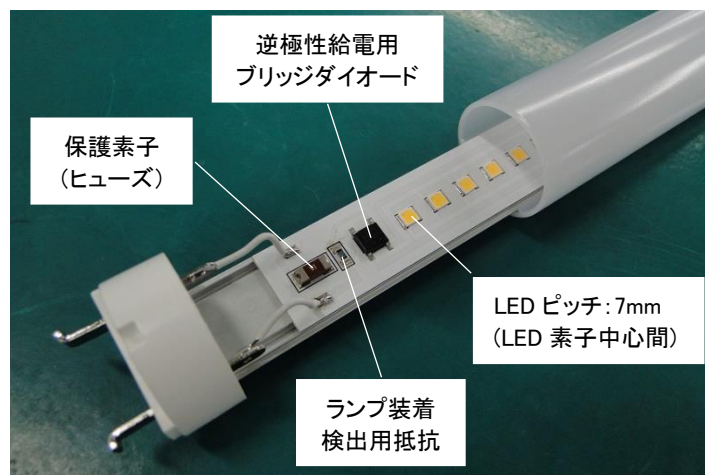


図 2. 評価用直管 LED ランプ

3. ランプカバーによる光学特性への影響

ランプカバーによる光学特性への影響について評価しました。

3.1. 評価方法

表 3 に示す、乳白色のランプカバーA、B、C およびランプカバー無し状態でランプ光束、色調、演色性を測定し、カバーによる光束低下率、色調シフト、演色性への影響を確認します。またカバーによる光の拡散(点灯時の LED 素子の粒感)についても評価します。なお、ランプカバーの有無による熱の影響を除くため点灯直後で測定します。

表 3. 評価ランプカバー

	ランプカバーA	ランプカバーB	ランプカバーC	カバーなし
外観				
材質	樹脂	ガラス	樹脂	-
透過率[%]*1	57	67	77	-
直径[mm]	25	25	33	-
厚み[mm]	1	1	1	-

3.2. 評価結果

評価結果を表 4 に示します。また、ランプカバーなしでの測定値を基準としてランプカバーによる光束低下率、色調シフト量、平均演色評価数の変化量を算出しました。(図 3、4、5 参照)

表 4. 評価結果

		ランプカバーA	ランプカバーB	ランプカバーC	ランプカバーなし
ランプ光束[lm]		2,692	2,779	2,868	2,958
光束低下率[%]		9.0	6.1	3.0	-
色度	x	0.3453	0.3443	0.3436	0.3423
	y	0.3580	0.3570	0.3559	0.3546
色度シフト量	Δx	+ 0.0030	+ 0.0020	+ 0.0013	-
	Δy	+ 0.0034	+ 0.0024	+ 0.0013	-
平均演色評価数 Ra		82.2	81.8	81.8	82.0
Ra 変化量		+ 0.2	- 0.2	- 0.2	-
点灯時の見え方 (LED ピッチ 7mm)					

*1. カバーに対し垂直に入射した光がカバーを透過する割合を透過率とします。

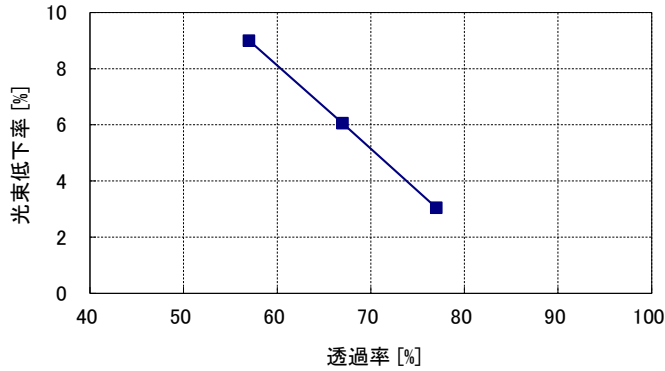


図 3. カバー透過率 - 光束低下率

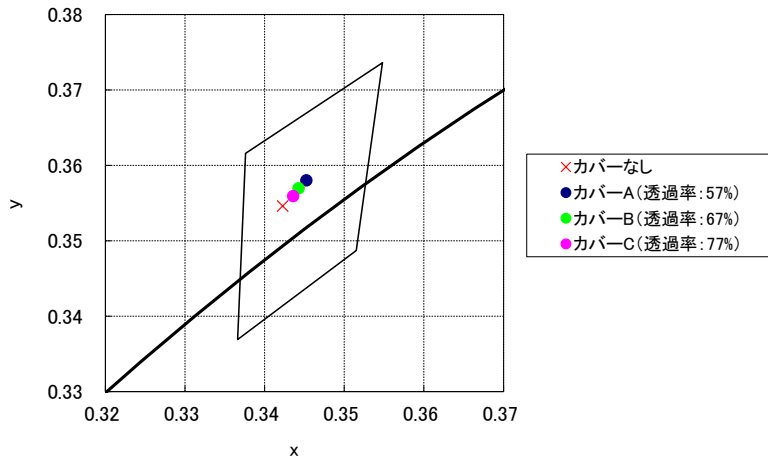


図 4. カバーによる色調シフト

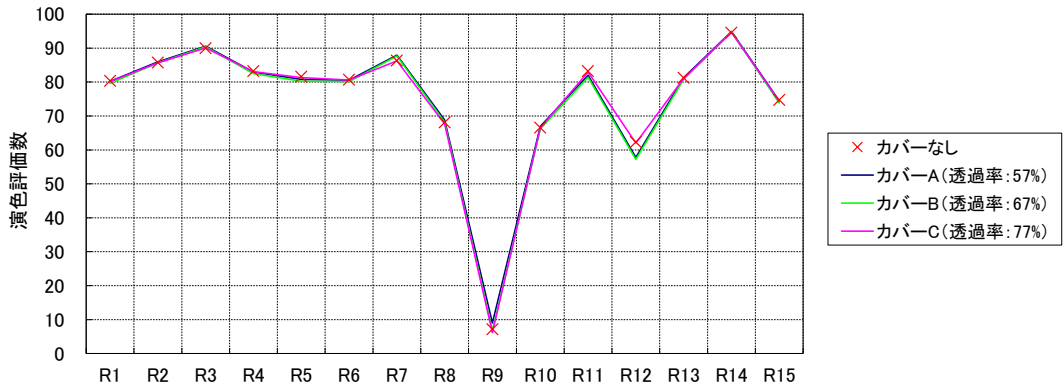


図 5. カバーによる演色性への影響

光束値が一番高くなったのは一番透過率が高い「ランプカバーC」で、光束低下率は 3.0%となりました。ただし、点灯時の見え方を確認すると LED 素子の粒感が目立ちます。対して一番光束低下率大きい「ランプカバーA」では、LED 素子の粒が全く判別できないレベルまで光が拡散されており、蛍光ランプのようにランプ全体が均一に発光しています。よって、光束低下率と光の拡散はトレードオフの関係であると言えます。

色調に関しては、透過率が低いほど色調シフトが大きくなることがわかります。今回の評価で使用した乳白色のカバーでは x、y とともにプラス方向 (黄色) へと色調がシフトします。また演色性について、R12 (青) が若干下がるものの平均演色指数 Ra にはほぼ影響ないことがわかります。

4. 光反射シートの効果

光反射シートや LED 実装基板の表面レジストインクに高反射材を使用することで光の取り出し効率が上がりランプ光束を上げることが出来ます。(図 6 参照)

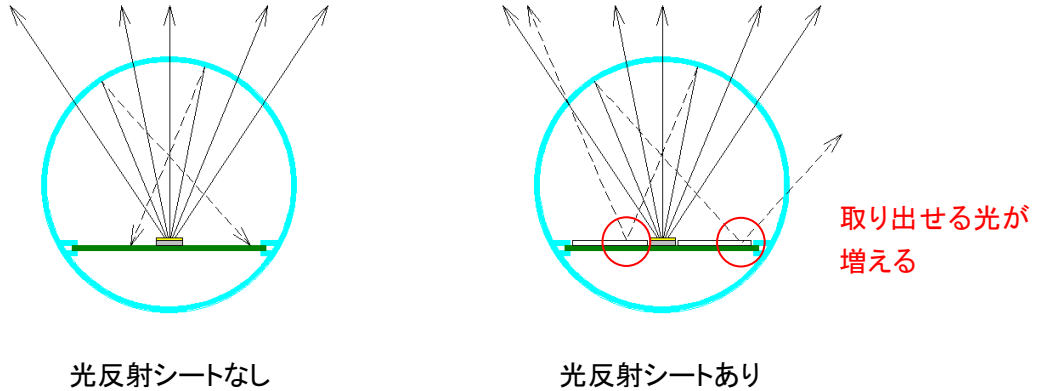


図 6. 光反射シートのイメージ図

4.1. 評価方法

反射率の違う光反射シートで光束値および見え方を比較します。光束測定は第3章の評価で使用した 3 種類のランプカバーについて行い、点灯時の見え方については光反射シートの効果が確認しやすいよう透過率の高い「ランプカバーC」を使用します。また、熱の影響を除くため点灯直後で測定を行います。

4.2. 評価結果

測定結果を表 5 に示します。また、反射シートの反射率と光束上昇率の関係を図 7 に示します。高反射レジスト基板(反射率: 80.2%)の光束値を基準値として各反射シートによる光束上昇率を算出しました。

表 5. 評価結果

		光反射シート A (反射率: 98.8%)	光反射シート B (反射率: 94.2%)	高反射レジスト (反射率: 80.2%)
反射シート外観				
ランプカバー A 透過率: 57%	ランプ光束 [lm]	2,757	2,753	2,692
	光束上昇率 [%]	2.4	2.3	-
ランプカバー B 透過率: 67%	ランプ光束 [lm]	2,825	2,820	2,779
	光束上昇率 [%]	1.7	1.5	-
ランプカバー C 透過率: 77%	ランプ光束 [lm]	2,885	2,880	2,868
	光束上昇率 [%]	0.6	0.4	-
点灯時の見え方 LED ピッチ 7mm ランプカバー C 装着時				

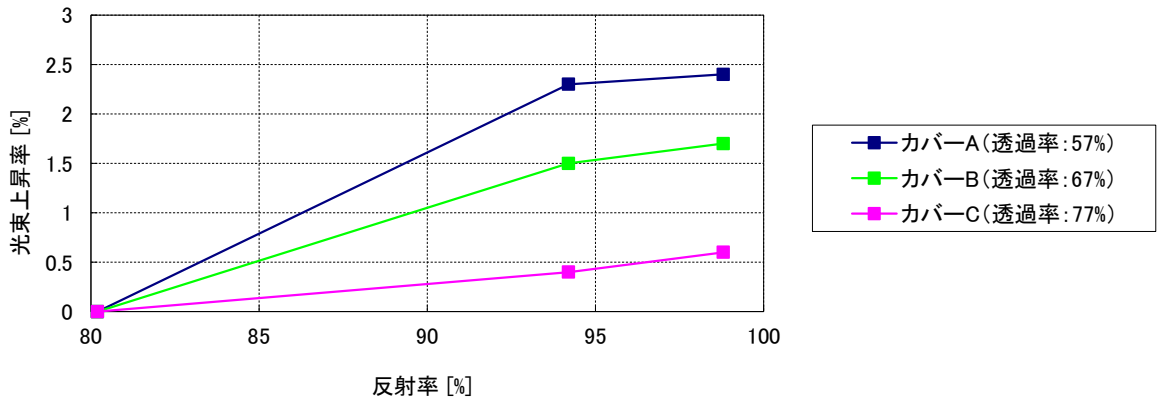


図 7. 反射率-光束上昇率

反射シートの反射率が高いほどランプ光束が大きくなることがわかります。ただし、ランプカバーの透過率が高いほど反射シートによる光束上昇の効果は小さくなり、「ランプカバーC」では上昇率が1%以下となっています。これは、透過率の高いカバーでは元々の光の取り出し効率が高く、反射シートによる光束上昇の余地が少ないためであると考えられます。

組み合わせて使用するランプカバーの透過率が低いほど反射シートの使用が効果的ということがわかります。ただし、見え方(光の拡散)についてはシートの反射率による差はほとんどありませんでした。

5. LED 実装ピッチと光拡散の関係

拡散カバーを使用しても LED 素子の粒感が目立つ場合があります。この粒感は、LED の実装ピッチや LED 発光面とランプカバーとの距離を変えることで改善できることがあります。

5.1. 評価方法

LED の実装ピッチ、LED 駆動電流、および LED とカバーとの距離を表 6 に示す組み合わせにおいてランプ点灯時の見え方(光が拡散され LED の粒感が改善されているか)を評価します。各ピッチ条件における LED 駆動電流はランプ長さ 1200mm、ランプ光束 2400lm の条件から試算した値となります。評価カバーは乳白色カバーを使用します。

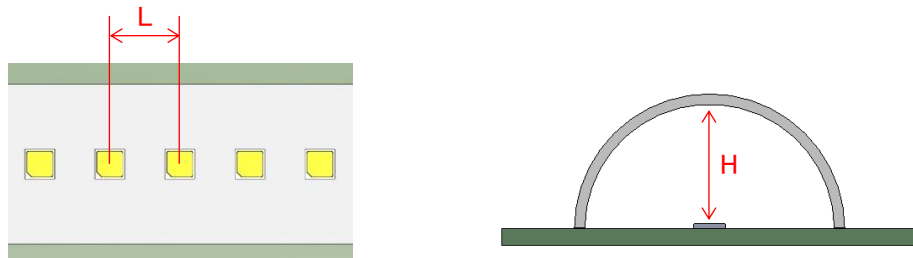


図 8. カバー高さ、実装ピッチについて

5.2. 評価結果

各条件における評価結果を表 6 に示します。

表 6. LED ピッチ・カバー高さ 評価結果

		L: LED 実装ピッチ				
		10mm	13mm	15mm	17mm	20mm
H: カバー 高さ	10mm					
	15mm					
	18mm					
LED 駆動電流 [mA]		60	80	93	108	130

表 6 の赤枠で囲んだ条件において、LED 素子の粒が確認出来ます。この結果より、実装ピッチが狭いほど、また LED とランプカバーの距離が離れているほど光が拡散され LED の粒感が目立ちにくくなることがわかります。

6. LED ジャンクション温度と光束の関係

弊社白色 LED の多くは青色光を発するチップと黄色などの蛍光体との組み合わせで白色光を発しています。チップ温度が高くなるとチップの出力が低下し、これにより蛍光体の励起による出力も小さくなります。結果、LED のジャンクション温度(チップ温度)が高くなるほど LED の光束が低下することになります。このため LED のジャンクション温度が高いと設計値通りの光束値が出ない可能性があります。また LED 間でジャンクション温度にばらつきがある場合、明るさのむらにつながることもあります。よって、放熱性が良く均一に熱が広がるような熱設計を行うことが重要になってきます。

5.1. 評価方法

ヒートシンクによる放熱あり、なしの各条件において、熱飽和時の基板の熱分布および LED のジャンクション温度を測定します。熱分布はサーモカメラで測定し、LED ジャンクション温度についてははんだ接合部を熱電対で測定し下記の式 1 よりジャンクション温度を算出します。

なお、いずれもランプカバーで密閉し熱飽和した状態で測定を行います。(周囲温度 $T_a=25^{\circ}\text{C}$) ランプ光束については点灯直後と熱飽和時で測定を行い、点灯直後から熱飽和までの低下率を算出し比較します。

$$\text{LED ジャンクション温度 } T_j = T_s + R_{\theta JS} \times W \quad (\text{式 1})$$

T_s = はんだ接合温度: $^{\circ}\text{C}$

$R_{\theta JS}$ = チップから T_s 測定ポイントまでの熱抵抗: $^{\circ}\text{C}/\text{W}$

W = 投入電力 ($I_f \times V_f$): W

6.2. 評価結果

測定結果を表 7 に示します。点灯直後および熱飽和時の光束値から、LED ジャンクション温度の上昇による光束低下率を算出しました。

表 7. 熱測定結果 (Ta=25°C)

ヒートシンク	あり		なし	
熱分布				
ジャンクション温度[°C]	49.7		59.3	
ランプ光束[lm]	点灯直後	2,679	点灯直後	2,702
	熱飽和	2,625	熱飽和	2,615
光束低下率[%]	2.0		3.2	

熱分布についてはヒートシンクあり・なしともに LED 実装基板全体に均一に広がっているため、今回の評価ランプにおいては問題ないことがわかります。ただし LED のジャンクション温度については、ヒートシンクなしの場合がありの場合よりも約 10°C 高くなり温度上昇による光束低下率もヒートシンクありと比較して 1% ほど大きくなっています。LED のジャンクション温度を下げるほど、ランプ光束の低下を小さくできることがわかります。

弊社アプリケーションノート「LED 熱設計について」で LED の熱設計時の注意事項や評価をご紹介しますので、設計、評価の参考にしてください。

7. まとめ

本アプリケーションノートでご紹介した内容は、いずれもランプ光束の低下など光学特性に関係する重要な項目となりますので、評価結果を参考に十分な設計、評価を行ってください。

<免責事項>

本書は、弊社が管理し提供している参考技術文書です。
本書を利用される場合は、以下の注意点をお読みいただき、ご了承いただいたうえでご利用ください。

- ・ 本書は弊社が参考のために作成したものであり、弊社は、本書により何らの保証をも提供するものではありません。
- ・ 本書に記載されている情報は、製品の代表的動作および応用例を示したものであり、その使用に関して、弊社および第三者の知的財産権その他の権利の保証または実施権の許諾を行うものではありません。
- ・ 本書に記載されている情報については正確を期すべく注意を払っておりますが、弊社は当該情報の完全性、正確性および有用性を一切保証するものではありません。また、当該情報を利用、使用、ダウンロードする等の行為に関連して生じたいかなる損害についても、弊社は一切の責任を負いません。
- ・ 弊社は、本書の内容を事前あるいは事後の通知なく変更する場合がありますのでご了承ください。
- ・ 本書に記載されている情報等に関する著作権およびその他の権利は、弊社または弊社に利用を許諾した権利者に帰属します。弊社から事前の書面による承諾を得ることなく、本書の一部または全部をそのままあるいは改変して転載、複製等することはできません。

日亜化学工業株式会社

<http://www.nichia.co.jp>

774-8601 徳島県阿南市上中町岡491番地

Phone: 0884-22-2311 Fax: 0884-21-0148