

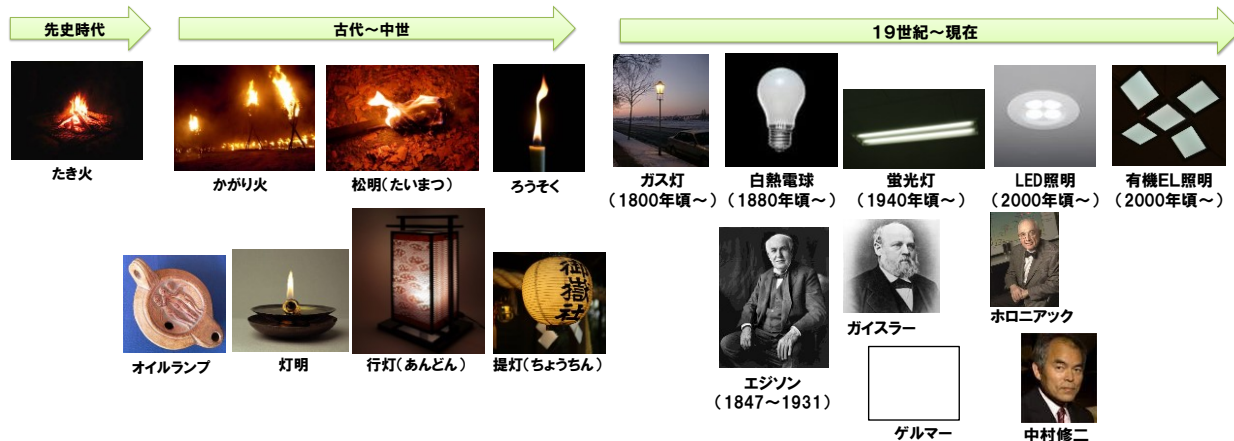
## 【5】有機 EL 照明

### 5-1. 照明の歴史と現状

#### 5-1-a) 照明の歴史

先史時代以来19世紀末まで、照明は、物体を燃焼させることに伴う発光を利用したものであった。たき火、かがり火、松明(たいまつ)、ロウソク、オイルランプ、灯明、行灯(あんどん)、提灯(ちようちん)、ガス灯などである。

これに対して、20世紀は、電気エネルギーを用いた照明が主力となった。代表照明が、白熱電球と蛍光灯である。そして、21世紀になって新たな照明の実用化が進展する。LEDと有機ELである。

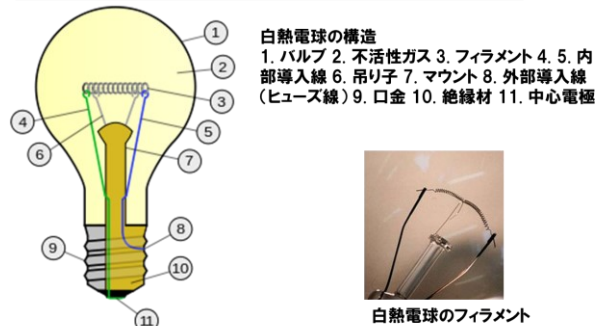


#### 5-1-b) 既存照明の現状

現在、世の中に広く普及している代表的な照明は、白熱電球、蛍光灯、LED (Light Emitting Diode) である。

白熱電球はフィラメント(抵抗体)に電流を流し、その結果発生するジュール熱による放射が発光となる。白熱電球は安価であるが、大きな課題は、寿命と消費電力である。寿命は、1,000~3,000時間程度である。消費電極に関しては、発光効率が 15lm/W 程度と低いことが原因であり、CO<sub>2</sub>削減・地球温暖化防止・環境保護という観点で大きな問題となっている。このため、白熱電球の生産・販売を終了する動きが世界的に広がっており、一部の国や州では、白熱電球の生産・販売が法律で禁止される動きもある。日本においても、政府の要請に応じる形で、2010年頃より生産メーカーが次々と生産を終了している。

ガラス球内のフィラメント(抵抗体)のジュール熱による放射を利用した電球



課題: 発光効率が低い⇒消費電力が高い  
\*地球温暖化防止・環境保護の観点から、生産・販売を終了する動きが広がっている。  
「ワイキベディア」より引用

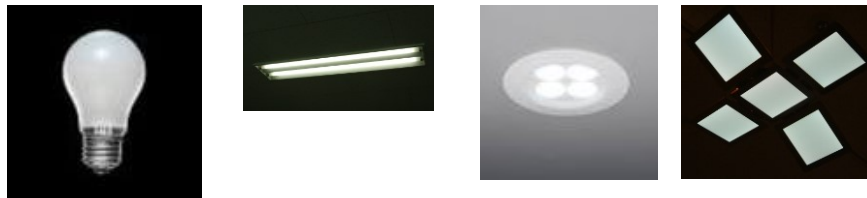
蛍光灯は、放電で発生する紫外線を蛍光体に当てて可視光線に変換する光源である。高発光効率の照明であり、寿命も最近1万時間以上となっている。しかし、蛍光管に封入するガスに水銀が用いられているため、環境の観点から大きな問題となっている。ヨーロッパの RoHS 規制においては、適切な代替手段がないとの観点から蛍光管中の水銀に対しては適用免除となっているが、LED,有機 EL など水銀を含まない新しい照明技術が出てくる中で、今後、蛍光灯の水銀使用に対して厳しい目が向けられる可能性が高い。

LED は、高発光効率、長寿命が特徴であり、近年、低価格化に拍車がかかっていることと相まって急速に普及が進んである。ただ、波長的に、紫外線成分を含んでいる点、青色成分が強い点などが問題として認識され始めている。青色成分が強い点は、「ブルーライト問題」と言われ、まだ明確な実証データが乏しいが、網膜に対する悪影響、生活リズムに対する悪影響の指摘がなされている。また、LED は点光源であ

るため、面的照明には不向きという欠点ももっている。

これに対して、有機EL照明は、薄型、軽量、面発光、水銀フリー、紫外線フリーなどの数々の長所を持っている。さらに、フレキシブル化が可能であるのも大きな長所と言える。現状では発光効率、寿命などがまだ十分ではないが、LED と同等の高発光効率、寿命が可能である。もう一つの大きな課題は価格であり、この課題を以下に克服するかが、有機 EL 照明ビジネスの成否を決めると言っても過言ではない。

	白熱電球	蛍光灯	LED	OLED
発光効率	~15lm/W	~80lm/W	>150lm/W	~140lm/W
寿命	1,000~3,000時間	6,000~12,000時間	~40,000時間	10,000~40,000時間
価格	~0.1円/lm	0.1~0.3円/lm	~0.5円/lm	10円/lm以上
Hg	なし	あり	なし	なし
紫外線	なし	あり	あり	なし
ブルーライト問題	なし	なし	あり	なし

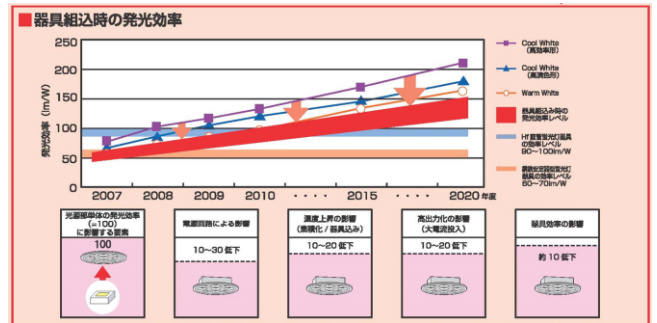


平面照明器具におけるLEDと有機ELの比較

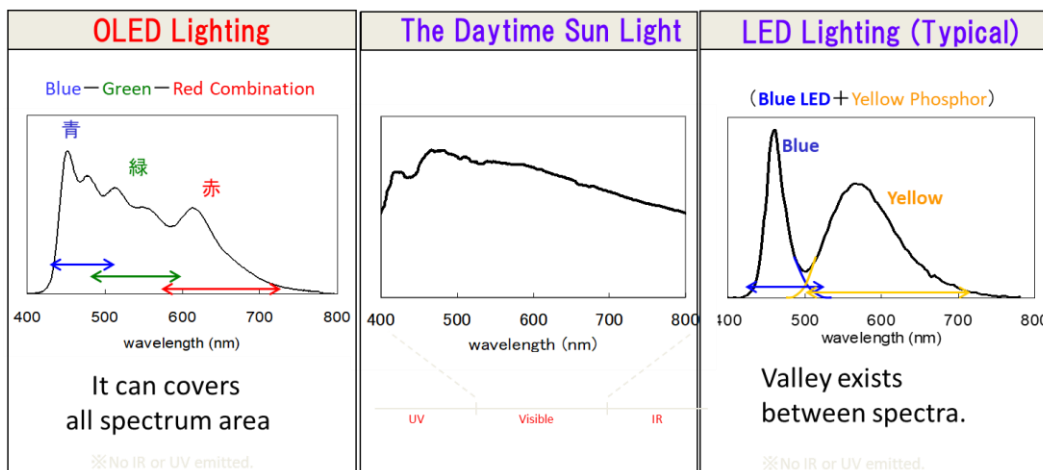
- ✓ 有機ELは器具組み込み時に発光効率が低下しない。  
有機EL照明器具の発光効率=有機EL光源の発光効率×~95%
- ✓ LEDは器具組み込み時に発光効率が低下  
LED照明器具の発光効率=LED光源の発光効率×50~70%  
(発光効率の低下要因)
  - ・電源回路による影響:10~30%低下
  - ・温度上昇の影響:10~20%低下
  - ・高出力化(大電流投入)の影響:10~20%低下
  - ・器具効率の影響(拡散板など):~10%低下

器具組み込み時のLEDの発光効率

- ✓ LEDは器具組み込み時に発光効率が低下  
LED照明器具の発光効率=LED光源の発光効率×50~70%



(出典)LED照明推進協議会ホームページ [http://www.led.or.jp/led\\_led\\_efficiency.htm](http://www.led.or.jp/led_led_efficiency.htm)



※Those spectra are typical examples only.

Provided from Prof. Komoda (Yamagata University)

### 5-1-c) 有機 EL 照明の特長と現状

有機 EL デバイスは発光デバイスであるため、照明用デバイスでもある。有機 EL 照明は、面発光、薄型軽量の面発光照明が可能であり、さらに、フレキシブル化の大きな可能性を秘めている。

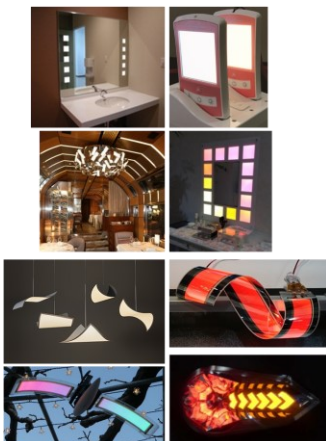
照明のためには、白色発光が必要であるが、白色有機 EL は、1990 年初めに報告された。その後、有機 EL 照明のための重要技術である「マルチフォトン技術」が、城戸らにより発明された。マルチフォトン技術は、有機 EL 素子を多段に積層することにより、素子内で電荷を発生させ、単位電流密度あたりの輝度を向上させる技術であり、素子の長寿命化に極めて重要な技術である。照明のように高い輝度を求められるデバイスにおいては、極めて有効な技術と言える。

ビジネスとしては、2011 年、ルミオテックにより、白色有機 EL 照明パネルが世界で初めて量産出荷された。ただ、低コスト化が急激に進行している LED 照明との競合が厳しく、ビジネスとしては未だ黎明期の域を脱していない。

現在、輝度 5,000cd/m<sup>2</sup> 以上、寿命3万時間以上、効率 100lm/W 以上が開発されており、技術的には LED にひけをとらないレベルに達している[12~14]。しかしながら、ビジネス面では LED 照明との競合でできおらず、有機 EL 照明ビジネス展開のためには、低コスト化技術の開発とともに、有機 EL ならではのカラーアプリの創出が必要である。次節で述べるフレキシブル化は他の照明デバイスではできないアプリの創出のキーテクノロジーとなりうると期待している。

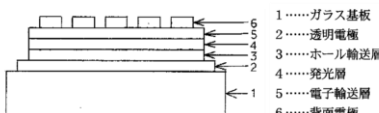
- 有機EL照明の特長**
- ✓ 面発光
  - ✓ 高演色性
  - ✓ 薄型/軽量
  - ✓ Hgフリー
  - ✓ UVフリー、弱ブルーライト
  - ✓ フレキシブル化可能

- (現状)  
・商品化されているが、事業停滞
- (課題)  
・コスト
- (今後の方向性)  
・生産性の向上によるコスト低減  
・フレキシブル化による特徴商品創出

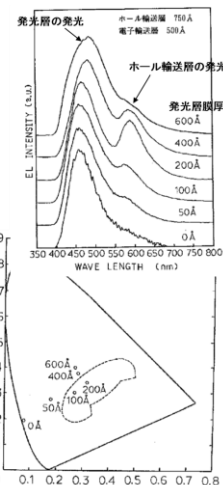


#### 特開平4-284395(白色有機EL特許)

特許の名称: 白色有機EL素子  
 発明者: 小倉隆, 山下卓郎, 吉田勝, 榎本和弘, 中島重夫  
 出願人: シャープ株式会社  
 出願日: 1991年3月13日  
 公開日: 1992年10月8日



【0011】ホール輸送層3にはビスージ(p-トリル)アミノフェニル-1, 1-シクロヘキサンを、発光層4には、460~480nmに発光ピークを有する材料の1つとして、1, 1-ジ(p-メトキシフェニル)-4, 4-ジフェニルブタジエンを、電子輸送層5には、2-(4-ピフェニル)-5-(4-ターシャリブチルフェニル)-1, 3, 4-オキサジアゾールを各々用い、これらの粉末原料を、抵抗加熱蒸着法により1~3Å/secの蒸着レートにて順次室温のガラス基板上に積層した。



#### Efficiency of white OLED lighting



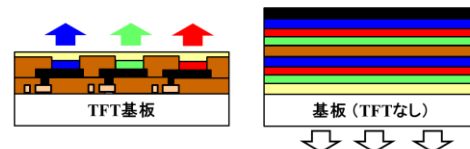
FIGURE 4.1 WHITE-LIGHT PC-LED PACKAGE EFFICACY PROJECTIONS FOR COMMERCIAL PRODUCT

“Solid-State Lighting Research and Development Multi-Year Program Plan 2014,” U. S. Department of Energy (2014).

#### 有機ELディスプレイと有機EL照明

(典型的なケースで比較)

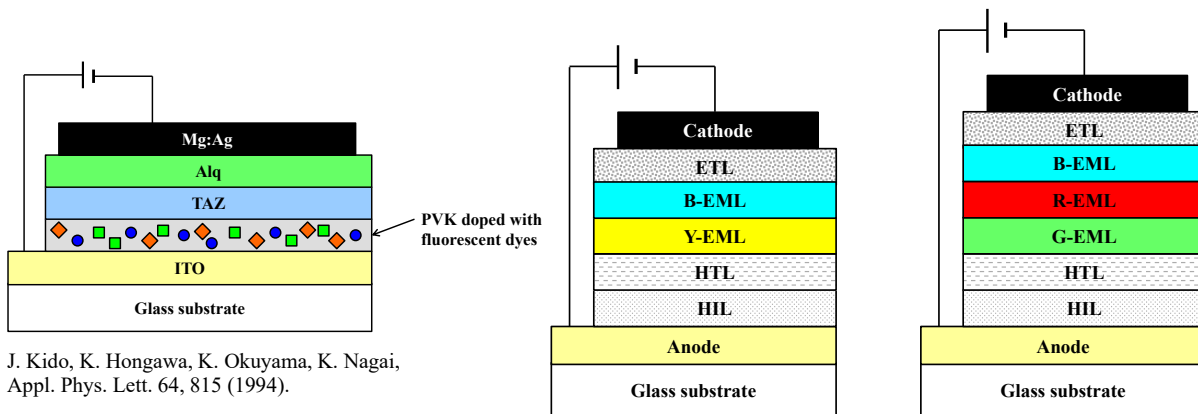
	有機ELディスプレイ	有機EL照明
基板	TFTあり	TFTなし
発光層	RGB塗り分け	RGB積層(白色)
有機EL素子	トップエミッション	ボトムエミッション マルチフォトン
駆動回路	複雑	単純
競合技術	LCD	LED



## 5-2. 有機 EL 照明技術

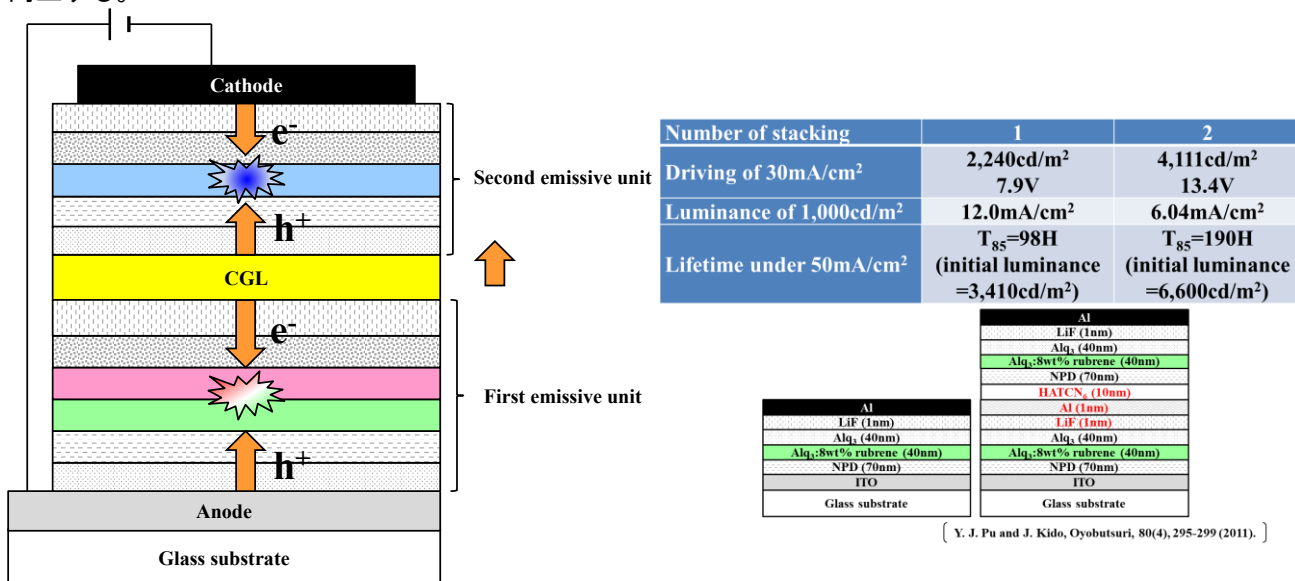
### 5-2-a) 白色有機EL技術

照明においては、一般に白色が求められる。白色の有機EL発光を得る方法にはいくつかあるが、最も一般的な方法は、発光色の異なる層を積層する方法である。



### 5-2-b) マルチフォトン技術(タンデム技術)

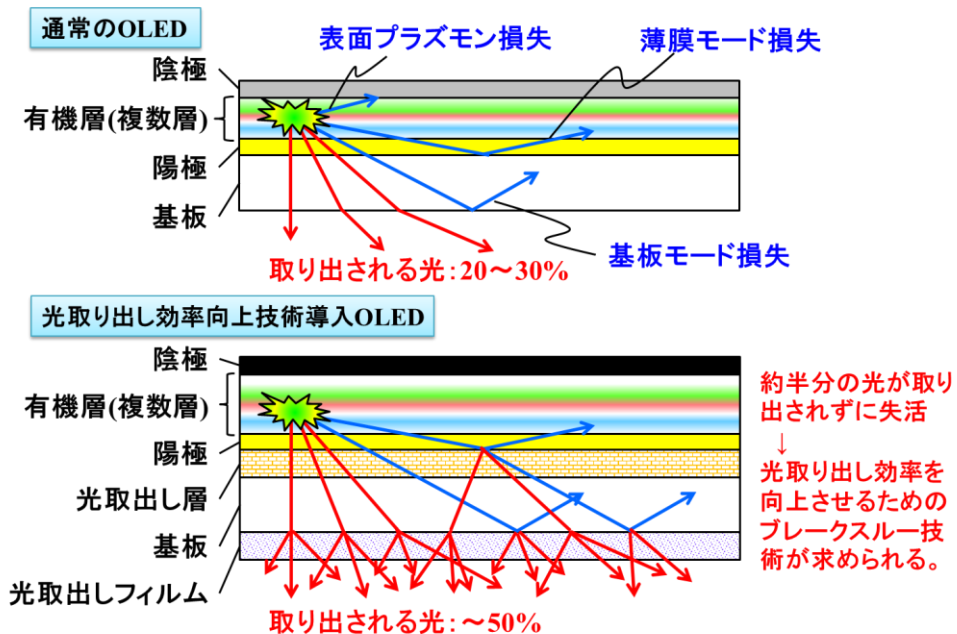
マルチフォトン技術は、複数の有機 EL デバイス間に電化発生層を挿入し、複数の有機 EL デバイスを直列につないだ構造とするものである。これによって、同じ電流で得られる光量が増加するため、寿命性能が向上する。



### 5-2-b) 光取り出し効率向上技術

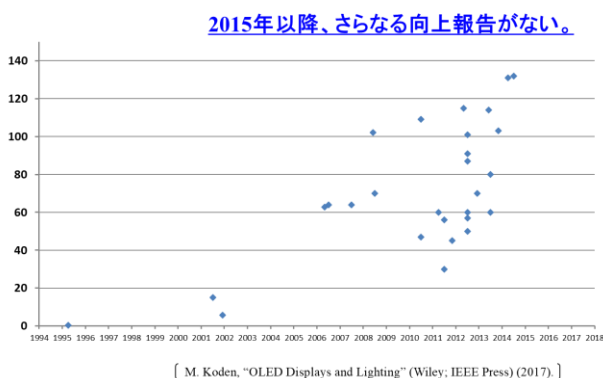
有機 EL の発光のうち、多くはデバイス内に閉じ込められて外部に取り出せない。この閉じ込められた光を取り出すことは、発光効率向上に不可欠であり、さまざまな工夫がなされている。

#### 有機ELの光取り出し



### 5-3. 有機 EL 照明の事業動向

#### 白色有機ELの発光効率トレンド



## LG (Korea)



Source: LGホームページ(2017)

## 有機EL照明の車載応用(テールランプ)



## 有機EL事業動向(2019年5月)

事業拡大に向けた動きが停滞。  
本格的な事業拡大は2020年代半ば以降か。

- ✓ 市場規模
  - \* 150億円(2016年)⇒5,000億円以上(2025年以降)の予測
- ✓ トピックス
  - ・自動車のテールランプ応用の動き(2017年東京モーターショーなど)
  - \*BMD, Audi, ...
  - \*パイオニア、小糸製作所、スタンレー、...
- ✓ フレキシブル化も進展
- ✓ 「LGディスプレイ、有機EL照明事業は車載向けに注力、一般照明向けは縮小」  
(分析工房:2019.4.14)
- ✓ 「コニカミノルタ、パイオニアと有機ELの合併解消」  
(コニカミノルタニュースリリース2019.4.24)(日本経済新聞:2019.4.24)

## 5-4. 有機EL照明のコスト

### 各種照明の明るさと価格

- ◆ **電球**: ~0.1円/lm  
60W × 15lm/W=900lm⇒価格100円とすると0.1円/lm
- ◆ **蛍光灯**: 0.1~0.3円/lm  
72W × 80lm/W=5,760lm⇒価格1,200円とすると0.2円/lm
- ◆ **LED照明**: 0.5~1円/lm  
4,000lmで4,000円 ⇒ 1円/lm
- ◆ **有機EL照明**: 10円/lm以上  
10cm角, 輝度5,000cd/m<sup>2</sup>, 価格5,000円  
⇒光束(lm)=5,000cd/m<sup>2</sup> × π × 0.1m × 0.1m = 157lm  
⇒光束単価(円/lm) = 5,000円/157lm = 32円/lm

### 有機EL照明コストダウンの可能性

#### ◆生産性向上によるコストダウン

- ※数万円(10cm角)@2010年代前半⇒数千円@2020年:⇒数百円(10cm角)@将来
- ・マザー基板の大型化(G2⇒G5以上)
- ・タクトタイムの向上: 3~4分⇒1分
- ・材料利用効率の向上: 10%以下⇒50%以上

#### ◆寿命向上によるコストダウン

- ※より本質的であるが実現性が見通せていない。
- ・現行の有機EL照明: 5,000cd/m<sup>2</sup>程度
- ↓
- ・もし、50,000cd/m<sup>2</sup>程度になれば、lm単価は1桁下がる。  
但し、現行技術では寿命が短くなりすぎる。

(試算例)

- 1) 10cm角, 輝度5,000cd/m<sup>2</sup>, 価格5,000円  
⇒光束(lm)=5,000cd/m<sup>2</sup> × π × 0.1m × 0.1m = 157lm  
⇒光束単価(円/lm) = 5,000円/157lm = 32円/lm
- 2) 10cm角, 輝度50,000cd/m<sup>2</sup>, 価格5,000円  
⇒光束(lm)=50,000cd/m<sup>2</sup> × π × 0.1m × 0.1m = 1570lm  
⇒光束単価(円/lm) = 5,000円/1570lm = 3.2円/lm