

スポーツ施設用 LED 照明器具の開発

藤井謙治*・清水健滋*²

Development of LED Floodlighting for Sports Facilities

Kenji Fujii and Kenji Shimizu

1. 緒言

次世代照明とされる高輝度白色 LED は、従来の白熱灯や蛍光灯と比較して省電力、長寿命、小型等の特徴から、屋内用ベース照明、自動車用保安部品、懐中電灯、テレビ、ステーションナリー等、広い製品分野で急速に用途が拡大してきている。中でも、信号機や街路灯、屋外用投光器などのような高所に設置される公共施設用照明に LED を利用することは、消費電力を低減できることに加え、高所作業であるがゆえ高額となるランプ交換コストを削減できるため、長期的に見て維持管理費を大きく削減することが可能である。加えて、LED のさらなる高輝度化を予測すると、これまで水銀灯等の高圧放電ランプが光源に使用されていた高所に設置する屋外用ベース照明にも活用可能であると考えられる。また、県内では LED を使用した照明関連製品を開発する企業が増加しており、新しい製品開発を支援するための技術を蓄積しておくことが必要と考えられる。これらのことから、LED の用途開拓のための研究として、公共施設用のベース照明の開発事例となるスポーツ施設用 LED 照明器具の開発を行ったので報告する。

2. 開発企画

現在の市場に流通する高輝度白色 LED の光束から、スポーツを行うための照度面からの実現性を考慮し、屋外スポーツ施設の中では照明位置が比較的低いテニスコートを取り上げ、夜間競技用照明器具を開発することとした。公式競技が行われる施設の多くは既に照明が設置されており、レクリエーション目的の簡易なテニスコートについては照明が設置されているケースは少ない。本開発では、製品の普及範囲を極力広く設定するため対象をレクリエーション用テニスコートとした。テニスコートの照度基準値は、水平面照度の平均値が公式競技 1000 ルクス、一般競技 500 ルクス、レクリエーション 250 ルクスと日本工業規格により定められている¹⁾。また、テニスコート用照明の配置や取り付け高さについても基準が定められているが²⁾、従来の高圧放電ランプを使用した照明器具で設定されている。本開発では、LED の特徴を活かした新しい照明器具の開発および設置方法の検討を行うこととした。以下に本開発のコンセプトを示す。

- ① 効率よく投光し、かつ競技者が眩しさを感ぜないよう配慮した反射板の設計。
- ② 複数の点光源であることを活かし、反射板をユニット化して個別に角度調節を可能とし、遠くへは高光束、近くへは低光束の照明を行うことにより、照度分布の均一性を高める器具設計。

- ③ 設置コストを削減するため支柱は使用せず、既存フェンス上端に簡単に照明を取り付ける筐体設計。
- ④ フェンス上端位置からの照明による独自の器具配置

3. 実験用照明器具の開発設計

実際にテニスコートに設置して照度分布測定や実用性の検証を行うための実験用照明器具の開発設計を行った。使用する LED は、現在市場に流通する高輝度白色 LED を調査した結果、光束の大きさ、拡散型の配光、消費電力などから Panasonic 製「LUGA」DML40 LD/L (7w) を選択した。加えて、採用する定電流電源「LPS2-700-130」の能力、設計する反射板、ステンレス製器具筐体の大きさと重量などから、LED 数は 12 灯とすることとした。

3・1 反射板の設計

反射板の製作方法は実験用器具であることから少量生産に適した方法とし、鏡面ステンレス板の折半加工とした。本開発の光源に使用する LED の光束角はカタログスペックでは 120° となっているが、反射板により無駄なく前方へ投光可能な設計とするため、実際の配光に合わせた反射板角度の検討を行った。図 1 に反射板角度の検討結果を示す。

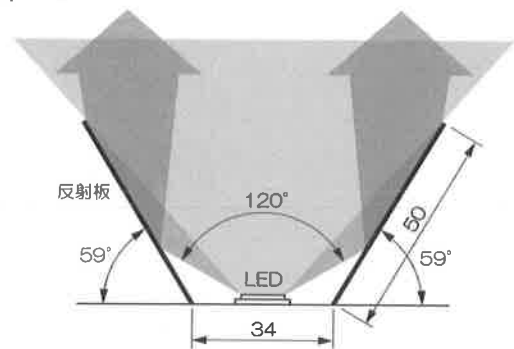


図1 反射板角度の検討結果

LED の左右に鏡面板を設置して点灯し、1メートル先の照度が最も高くなるよう鏡面板の角度を調節した。その結果 59° が最も照度が高く、反射板なしで 180 ルクスであったのに対し 361 ルクスと 2 倍に上昇したため、この角度を反射板設計に採用した。また、競技者の眩しさへの配慮として、LED を直接見えにくくするため反射板を深くし、反射板長さを 50mm とした。図 2 に 3 次元 CAD による反射板ユニットの設計を示す。

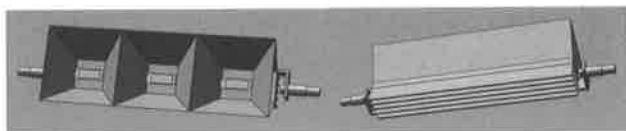


図2 3次元CADによる反射板ユニットの設計

3・2 反射板の個別角度調節による機能的配光

既存のフェンス高さの多くは3メートルから4メートルであり、本開発ではフェンス上端位置からの投光となる。一般的なテニスコート照明用支柱の高さは6メートルから8メートルであるため、支柱に設置された従来の照明よりも3メートルから5メートル低い位置からの投光となる。よって、コート面への照射角度が鋭角になることから照度分布による差が発生しやすく、照度を抑えるための工夫が必要である。これへの対応策とし、複数の点光源であるLEDを個別角度調節して近くのコート面へは低光束、遠くのコート面へは高光束の投光を行い、コート面照度分布を極力均一にする。加えてボールが飛ばす高さに関わらず見えやすいよう、コート上の空間を照らすために高所空間用照明を設けることとした。図3に機能的配光を示す。

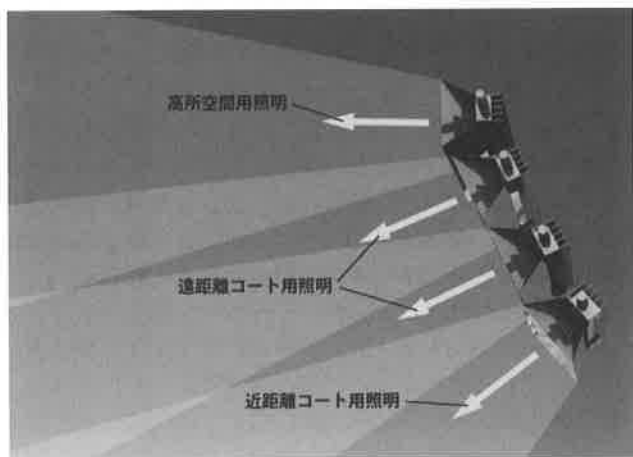


図3 機能的配光

3・3 実験用照明器具の筐体設計

実験的に反射板の個別角度調節ができるよう、筐体への反射板取り付け軸は筐体側面を貫通させ、ネジにより角度を固定できる設計とした。既存フェンスへの固定方法は、フェンス上端の枠パイプにアーム部を引っ掛けてネジで固定するだけで設置可能な設計とした。筐体の素材は屋外での照明実験を可能とするため、雨による腐食防止に配慮してステンレスを使用し、配線および定電流電源なども防水型とした。図4に3次元CADによる筐体設計を示す。

3・4 実験用照明器具の製作

これまでの設計により照明実験を行うための器具を製作した。また、器具取り付け方法の簡易性を検証するため、実際にテニスコートの既存フェンスに取り付けを行った。器具重量は8.1kgであり、脚立を使用しての取り付け作業および2本のネジによる固定は比較的簡単に行うことができた。図5にフェンスへの器具取り付け状況を示す。

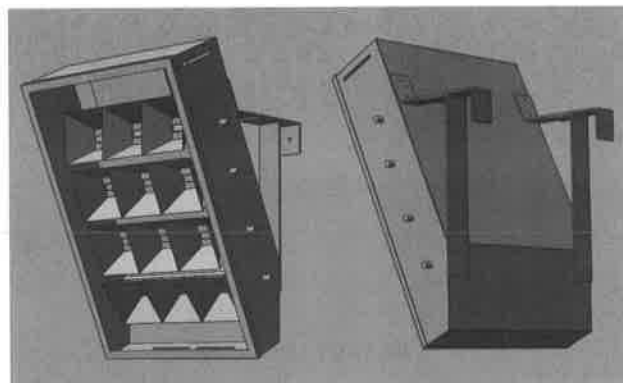


図4 3次元CADによる筐体設計

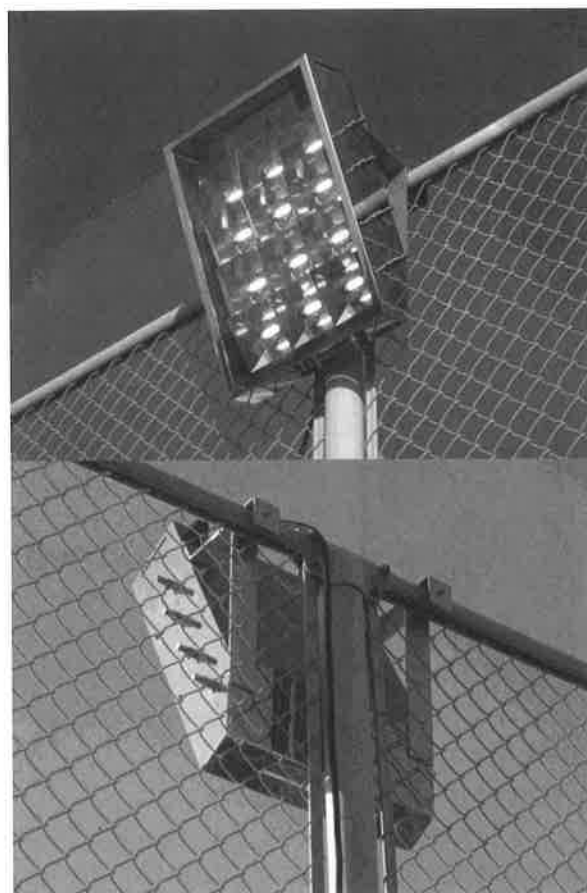


図5 フェンスへの器具取り付け状況

3・5 点灯による発熱の調査

LEDは熱の影響を受けることにより光束やランプ寿命の低下が起ることから、放熱効果の高い器具設計を行うことが必要である。本開発では、LED背面にはヒートシンクを、筐体内には十分な空間を、筐体の側面上部と底面には放熱用穴を設け、放熱に配慮している。この効果を検証するため、点灯による筐体温度の変化を調査した。測定にはNEC製サーモレーサTH-9100MRを使用し、室温約26℃の環境下でLEDを点灯し、筐体背面の表面温度分布を5分毎に90分間測定した。図6に点灯90分後の表面温度分布を、図7に筐体表面温度3点の経時変化を示す。約70分以降に3点の表面温度はおおよそ一定となった。点灯後90分経過時において筐体下部が40.6℃、筐体上部の温度が

143.9℃となっており、筐体内上部で熱が籠っていることが分かる。日本工業規格では照明器具の外殻温度は100℃以下に制限されているため²⁾、製品化モデルを設計する際には、筐体背面上部にヒートシンクを設けるなどして放熱性をさらに高める必要がある。

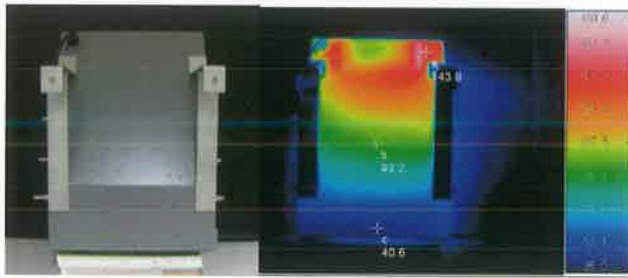


図6 点灯90分後の表面温度分布

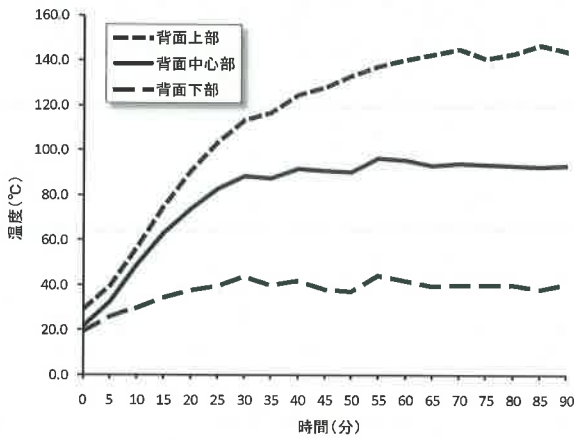


図7 筐体表面温度3点の経時変化

4. 実用性の検証

4・1 照度分布の測定

テニスコートの高さ4メートルのフェンスに3台の実験用照明器具を取り付け、日没後に点灯してコート面照度を2メートル間隔で測定し、照度分布図を作成した。加えて、器具3台の照度分布を使用して、配光が重なる各測定ポイントの照度を加算することにより、コート2面のサイドライン側に器具を計24台取り付けられた照度分布を算出した。図8に3台の器具取り付け状況を、図9に器具3台の照度分布図を、図10に器具24台の照度分布図を示す。

照明に近い側のサイドラインからコート中央付近にかけては200ルクス以上の照度が得られ、レクリエーション目的の競技は十分可能であると思われるが、照明から遠い側のサイドラインからベースラインにかけては照度が不足している。競技者にとっての眩しさに配慮すると、競技者の視野の側面となるサイドライン側に設置することが望ましいが、照度が不足している領域の照度を上げる方法としては、ベースライン側の2面コート中央寄りの4箇所にも3台ずつ器具を設置することが考えられる。

4・2 点灯による印象

3台の実験用照明器具を点灯し、試打を行った。器具数が3台であったため照度は不足していたが、サーブ、ストロークなど乱打を行うことができた。器具数が36台取り付けられた状況をイメージすると、十分レクリエーション競技を行うことができると予想される。また、

照明器具を側面方向から見ても、反射板が深いためLEDが直接見えないうことから、ほぼ気にならない印象であった。

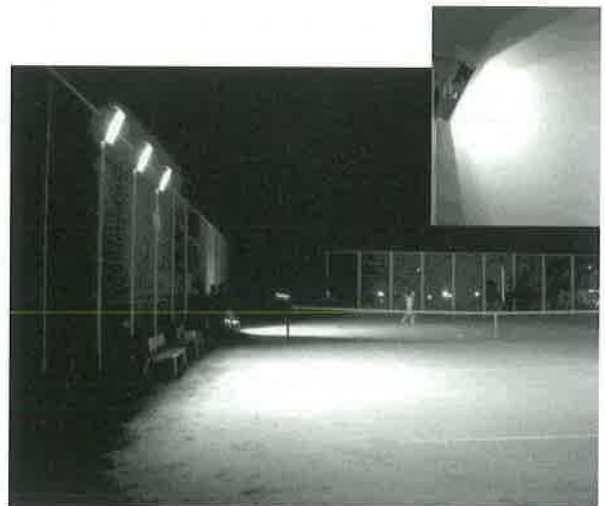
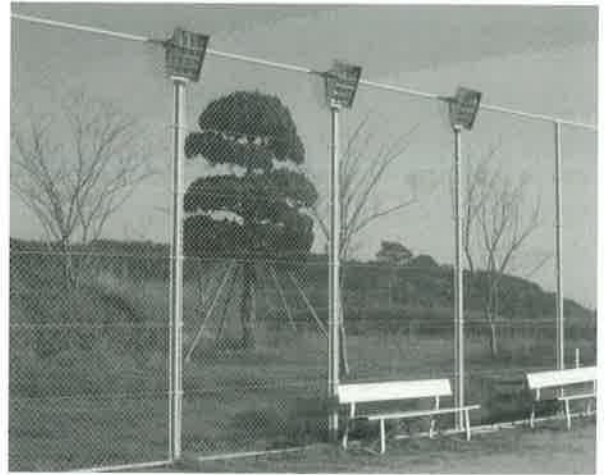


図8 3台の器具取り付け状況

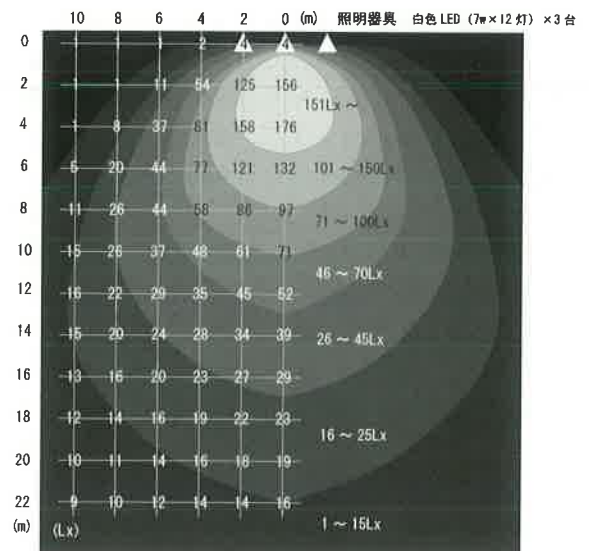


図9 器具3台の照度分布図

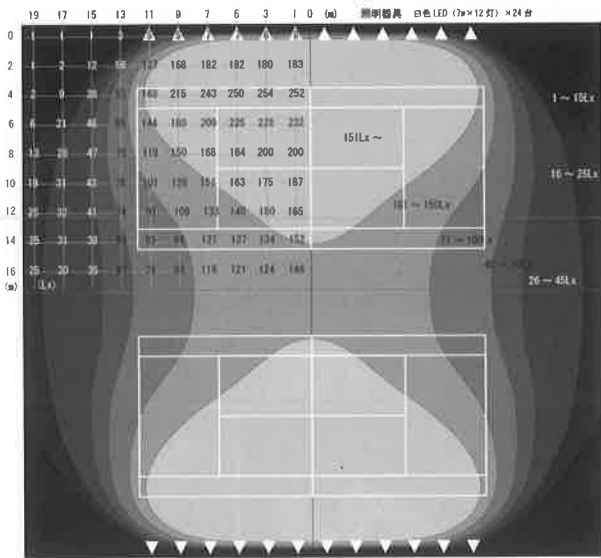


図10 器具24台の照度分布図

4・3 コストシミュレーション

4・3・1 照明設置費用の試算

開発したLED照明は、既存のフェンスに取り付ける設計であるため、従来照明と比較して支柱および設置費用が必要なく、取り付け方法を簡単にすることにより施工期間も短縮できる。あるメーカーの従来照明の施工費を参考にすると、2面コートに照明を設置する場合、従来照明用の支柱9本が3,168,000円、支柱設置工事費は1,100,000円である。これに対しLED照明器具を既存のフェンスに取り付ける場合の設置工事費は200,000円と仮定した。従来の照明器具およびランプは計3,736,000円であり、開発した照明器具およびLEDは計7,848,000円である。電気工事費はどちらも2,000,000円とすると、照明設置費用総額では、従来照明が10,004,000円、開発したLED照明は10,048,000円であり、ほぼ同額となる。

4・3・2 ランニングコストの試算

ランニングコストの試算では、10年間の電力費用とランプ交換費用を試算し、従来照明とLED照明を比較した。1000wのメタルハライドランプを光源とした従来照明を16個設置した場合の電力費用は、1000wあたり25円、1日の稼働時間3時間、年間使用日数200日と仮定すると10年間で2,400,000円となる。加えて、市場調査結果からランプ寿命を4年とすると10年間で2.5回ランプ交換することとなるため、ランプ代と高所作業となる交換手数料で2,360,000円となり、合計すると4,760,000円となる。一方、LED照明は、使用するLEDの定格寿命が約50,000時間とされており、同使用頻度とすると寿命は約83年となるが、一般的な照明器具の寿命は約10年と考えられているため、寿命10年でランプ交換なしとした。よって、7w×12灯のLED照明器具を36台設置した場合の電力費用は、同使用頻度と仮定すると10年間で約453,600円となる。

4・3・3 総合的コストメリット

照明設置時から10年間の総合的なコストメリットを確認するため、照明設置コストの試算に10年間のランニングコストの試算を加算した。図11に照明設置時から10年間のコスト比較を示す。従来照明を支柱により設置する場合のコスト総額が14,764,000円であるのに対

し、LED照明を既存のフェンスに設置する場合は10,501,600円と約30%減額でき、10年後には4,262,400円のコスト削減が期待できる。

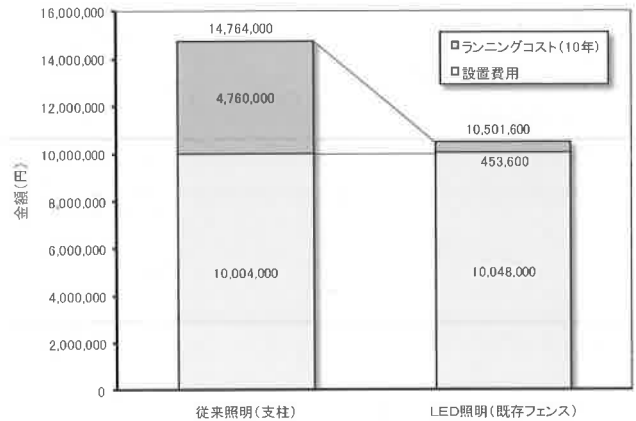


図11 照明設置時から10年間のコスト比較

5. 応用開発

5・1 高光束型器具の製作

既存フェンスに連続して照明を取り付ける場合と比較して、支柱により照明を設置する場合は、照明位置が照明基準に示されるコート内9カ所に限定されるため照度斑が発生しやすく、照射距離が長い投光かつ広角型の配光が求められる。そこで、支柱設置型LED照明の可能性を検討するため、高光束型器具を製作し、配光分布について調査した。図12に高光束型器具を、図13に高光束型器具の点灯状況を、図14に器具正面水平方向の配光分布図を示す。

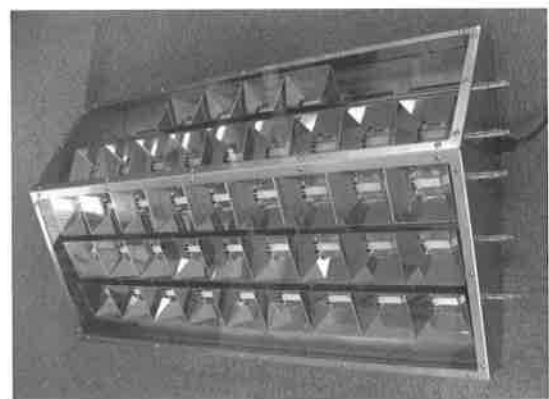


図12 高光束型器具



図13 高光束型器具の点灯状況

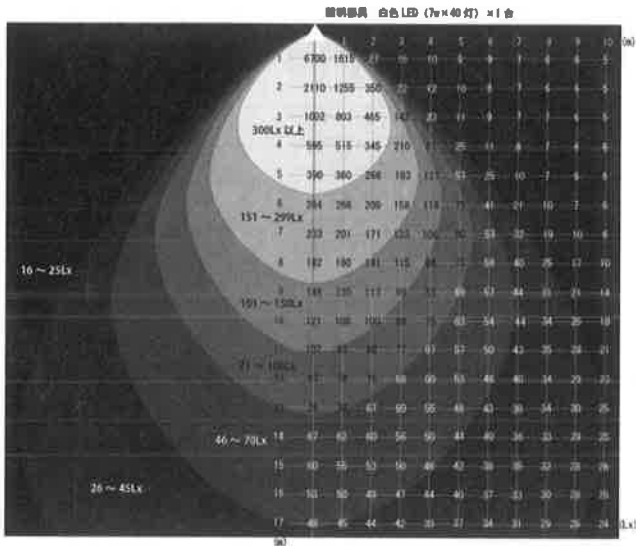


図14 器具正面水平方向の配光分布図

光源はフェンス取り付け型器具と同LEDを使用し40灯とした。図13の壁面に当たっている光を見ると、床面方向だけでなく上空方向にも光が十分に照射され、機能的配光が実現できている様子が分かる。また、図14の各測定ポイントの照度を見ると、図9のフェンス取り付け型器具による照度よりも170%から200%高照度となることが期待される。

5・2 反射板設計の応用

3・1で検討した反射板設計は、ユニットの寸法や配置を変更して自在な用途に適した配光に調整できるため、他の照明器具にも応用可能である。宇部興機株式会社では、この反射板ユニットを使用して丸形の街路灯を開発した。反射板は本設計を基本とし、ユニット形状は丸型の器具形状に合わせた配置に変更した。また広角型配光にするため、反射板長さを短く変更した。なおこの街路灯は、宇部市中央公園テニスコート駐車場のLED街路灯に採用された。さらに楕円形の器具形状に合わせた反射板ユニットが東京都目黒区洗足商店街の街路灯に採用された。図15に宇部市中央公園テニスコート駐車場用LED街路灯を示す、図16に洗足商店街用LED街路灯を示す。

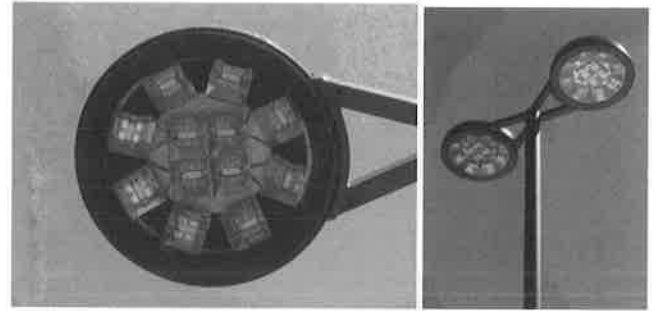


図15 宇部市中央公園テニスコート駐車場用LED街路灯

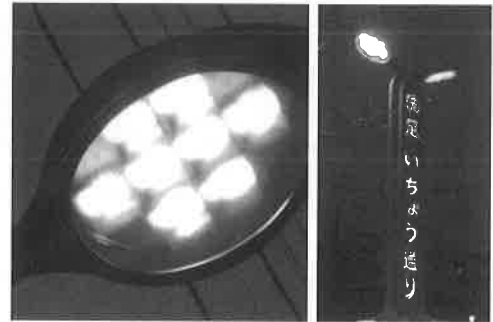


図16 洗足商店街用LED街路灯

6. 結言

以上の検討結果から、スポーツ施設用照明へのLED利用の可能性が以下のとおり確認された。

- ① 折半加工により製作する反射効率のよい反射板を開発した。
- ② 反射板をユニット化し配光調整可能な照明器具を開発した。
- ③ 特徴的な配光によりフェンス取付型のスポーツ施設用照明を開発した。
- ④ レクリエーション目的の競技に必要な照度が実現可能であることが確認された。
- ⑤ ランニングコストを大幅に削減可能であることが確認された。
- ⑥ 反射板設計は他の照明器具に応用された。

参考文献

- 1) JIS Z 9120, p. 2
- 2) JIS Z 9120, p. 2-5
- 3) JIS C 8105-1, p. 68