

安全・安心で持続可能なまちづくりにも貢献する自立型都市基盤の整備
～関西文化学術研究都市での先端技術を活用した試み～
High-power LED Light system for Sustainable City(Kizugawa City)

AMT. Japan株式会社代表取締役 鈴木達郎
Tatsuro Suzuki
京都府木津川市 市長公室長 尾崎直利
Tadatoshi Ozaki
日建設計総合研究所 主任研究員 桜井 厚
Atsushi Sakurai

キーワード：持続可能な都市 (Sustainable City) LED照明 (LED light) 先端技術 (Advanced Technology) 費用対効果 (Return on investment) スマートシティ (Smart City)

1. はじめに

高度経済成長期に整備された都市基盤は、今後その維持だけでなく、老朽化した構造物の更新時期を迎えることになる。少子高齢化社会では、その都市基盤の維持更新に係る費用が自治体運営に大きな負担となることが想定されている。

関西文化学術研究都市の木津川市では、開発中の住宅団地等において、今後の少子高齢化や大規模災害時の都市生活像を見据えた自立型都市基盤の整備を試みている。その最初の試みである、自立型ハイパワーLED屋外照明の整備とその効果検証の内容を紹介する。この機器は、小学校の通学路や、大規模災害時の避難所となる小学校に整備され、その省エネや信頼性の効果検証が行われている。

中山間地の小規模集落や、離島などへの適用も可能な自立型照明について、その機器の特徴、従来型照明との違い等についてご紹介する。

2. 「先端技術を活用した環境未来都市の形成を図る研究会」の活動

2.1 研究会設立の背景と活動目的

本資料において紹介する「自立型ハイパワーLED屋外照明装置」は、LED照明と太陽光パネル、蓄電池の組み合わせで開発され、このうちLED照明については、その基板に先端技術を適用することで製品化が可能となった。

このLED基板の先端技術については、立命館大学の村橋先生が主宰する「先端技術を活用した環境未来都市の形成を図る研究会（以下「先端技術研究会」という）」（学識経験者、国や自治体の行政関係者、ゼネコン・電力・ガス等の民間企業、鉄道事業者、先端技術の研究者、等の23名で構成）において、そのまちづくりへの適用を様々な観点から議論し、研究フィールドを「けいはんな学研都市」の木津川市としたことで、今回の具体化に繋がった。

最初に、この研究会設立の背景と目的、活動内容等をご紹介する。

(1) 我が国の将来見通しを踏まえた都市づくり理念と命題再構築の必要性

戦後の復興期から引続く高度成長期にかけて、人口ボーナス（15歳～64歳の生産年齢人口の特出状態）を梃子として、わが国の都市は流入・増加する人口を受け入れる都市域の拡大（都市的空間の拡大）を目指した都市づくりを推進してきた。しかし、今や、人口減少社会にあっては引続き長期的に繁栄する豊かな都市を形成・維持するには、これまでの理念と方策とは異なった考え方に立った定常型社会での都市づくりに取り組まなければならない。

今日における安全で安定して安寧な社会を築くことを目指した都市づくりの命題は、

- ・優れた居住環境の維持、及び密集市街地等の環境改善
- ・豊かな都市生活・活動を長期的に維持するための省資源・省エネルギー化の推進
- ・防災対策の推進、社会基盤施設の維持・更新と新たなシステムの構築

等である。

これらの命題に対して、既に都市機能を集約し、併せて公共交通機関の利用促進を図る集約型都市構造化（コンパクトシティ）やエネルギーの効率的な利用促進の取り組みが進められている。しかし、歩いて暮らせるまちづくりに代表されるように、これらの施策は人々の住まい方や生活観、生活行動パターンを大きく変えることにより実現するものであり、その効果が目に見えるまでにはかなり長期間を要する。

一方、人口減少の動向の中で、特に注目すべきことは、生産年齢人口が急減する人口オーナス現象である。現代社会の活動を支えるこの人口が激減することは、現在の生活水準や活動水準そのものを維持することができなくなる可能性が高い。そこで、これを防ぎつつ長期的に豊かに繁栄する社会を維持するには、社会システムの合理化、効率化を推進とともに、様々な先端技術を活用して都市づくりの命題に応えることである。

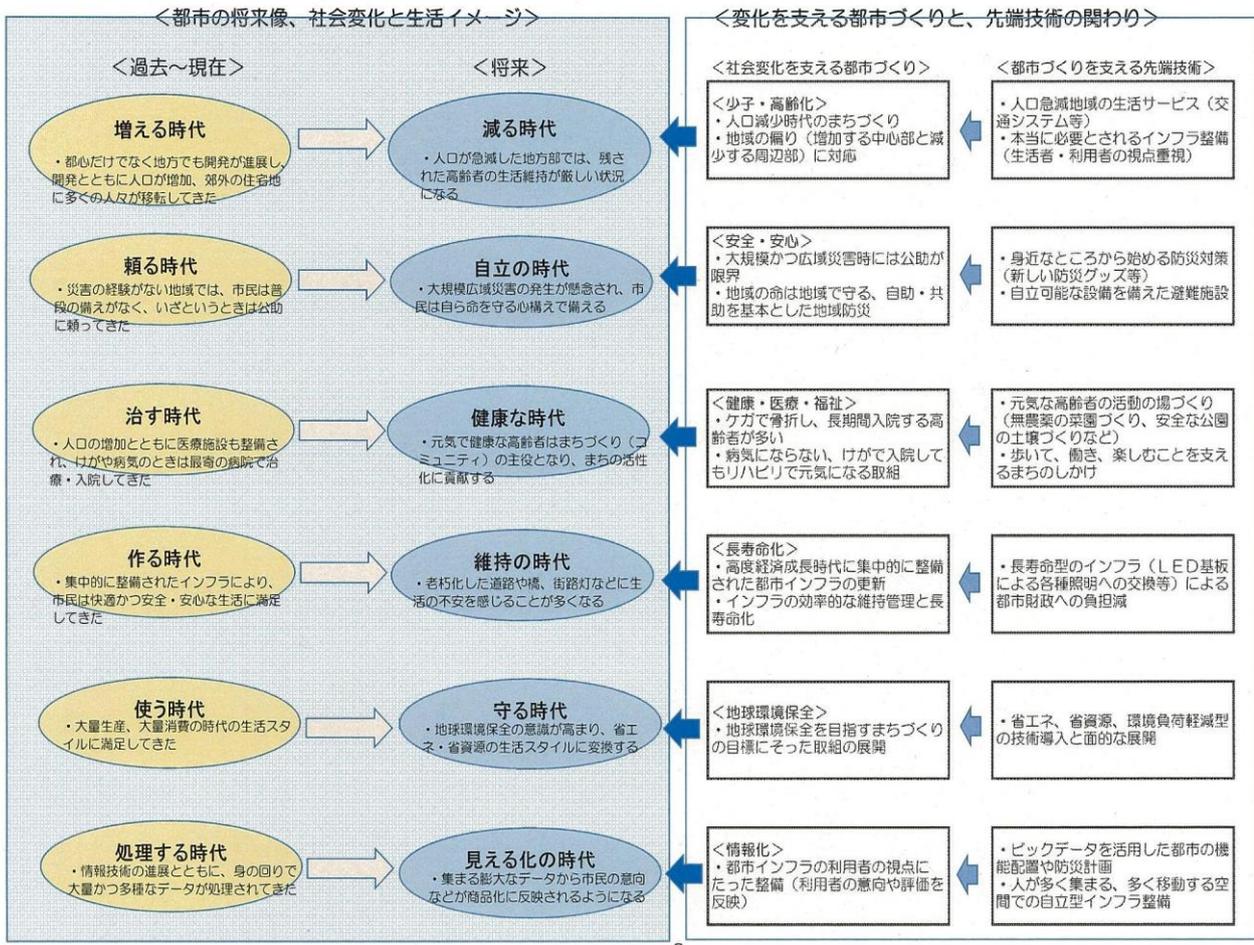


図 都市の将来像とその変化を支える都市づくり、先端技術の関わり

(2) 先端技術研究会の活動目的と活動方針

生産年齢人口が急減し、社会の生産性の低下が危惧される中で、長期に亘り人々にとって安全・安定・安寧な社会を築き、さらに生活環境の向上を図るには、現在我々が持ち有的テクノロジーを最大限に活用して、豊かな都市を形成し維持していくことが喫緊の課題である。

そこで、この研究会では、各方面での先端技術に係る知識やメカニズムを活用して、新しいパラダイムによる都市づくりの仕組みを構築することを目的として活動することになった。

具体的には、先端技術を素材に、人口減少社会における都市づくりの新しい考え方を提案すると共に、実施計画（事業化計画）を作成し、実践活動に踏み込むきっかけを作ることにした。このため、まずはケーススタディとして、関西文化学術研究都市の一翼を担い、多種多様な研究機関、企業が立地し先端的な都市づくりを推進している京都府木津川市において、先端技術を活用した多岐に亘る取り組みを考案し、具体的実践活動を展開することとした。次いで、この経験を踏まえ、汎用性に富んだ事業化システムを構築し、他の都市への積極的適用を図ることを試みる。

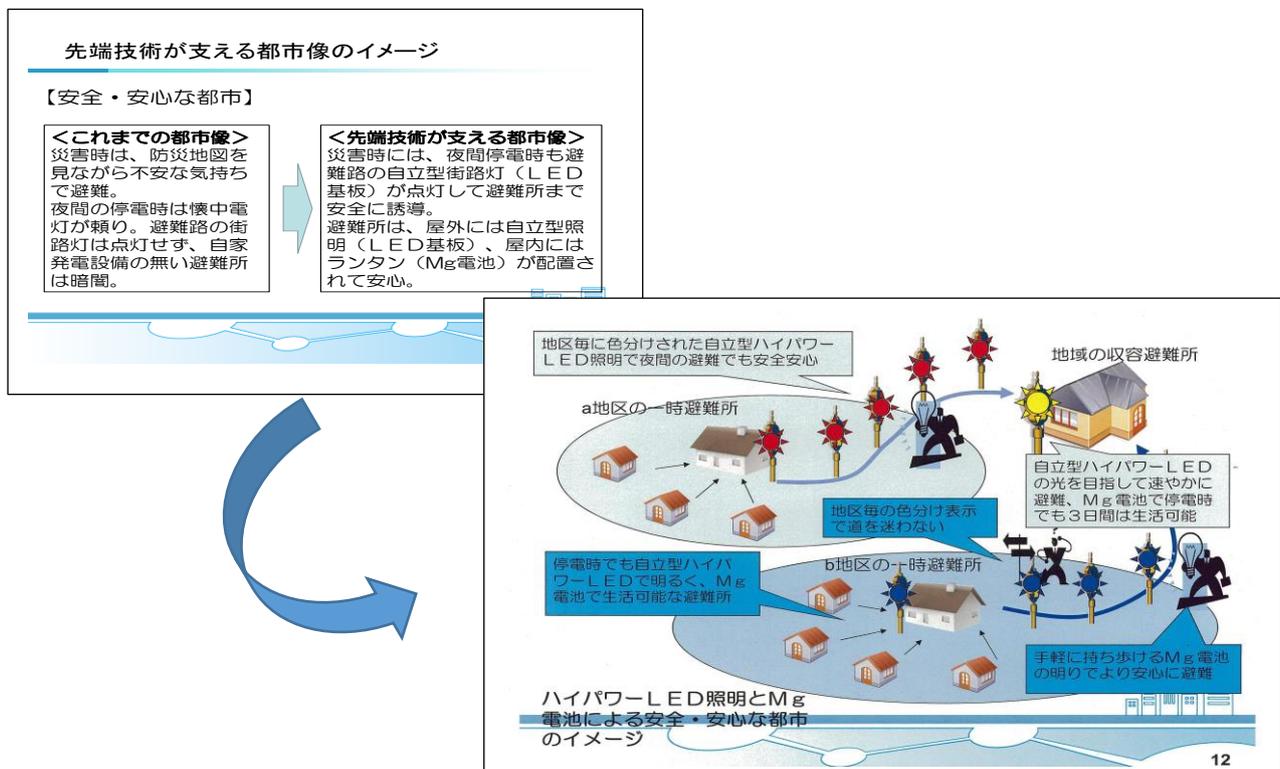
(3) 都市づくりへの先端技術適用の意義と期待

先端技術研究会で取り上げた先端技術は以下の3技術である。

- ① マグネシウム電池
- ② LED 基板
- ③ 土壌改良剤

このうち、LED基板の特徴は、エネルギー効率に優れハイパワーのLEDが自ら発生する熱のため機能を損なうことに対して、その熱を逃すことにより高出力を可能とすることである。この結果、メンテナンスがほとんど不要で長寿命のLED設置を可能にしたことから、省エネルギー化の観点から都市内の随所でLED照明等の活用が考えられる。

2. 2 先端技術として取り上げたLED基板



先端技術研究会では、上記の3技術のなかで、実現化の可能性が高く、かつ製品としての適用性も期待が大きいLED基板を中心に議論を重ねた。

下図に、先端技術研究会で議論したLED基板の技術を活用した将来都市像を示す。

この都市像の実現に向け、先端技術研究会の委員である京都府木津川市の尾崎公室長の多大なご協力により、LED基板による自立型照明装置を、木津川市内の2か所（市役所庁舎横の交差点、新設小学校の敷地内）に設置することになった。

3. 木津川市のまちづくり

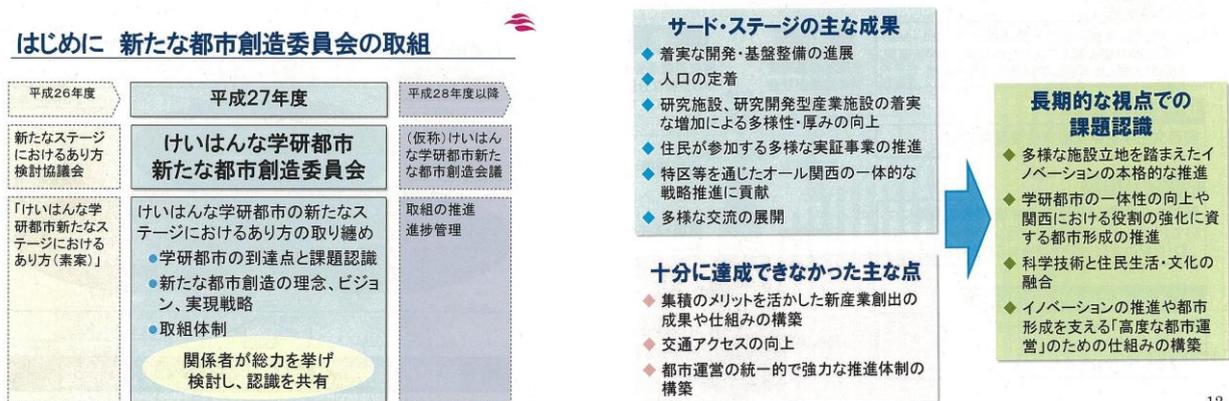
自立型ハイパワーLED照明装置を設置した木津川市のまちづくりをご紹介します。

3. 1 関西文化学術研究都市と木津川市

(1) 関西文化学術研究都市の最近の動き

関西文化学術研究都市は建設が開始されてから約30年が経過し、現在では人口約25万人、127の文化学術研究施設が立地し、約2,400人を超える研究者が従事している。この間、世界トップクラスの研究をはじめ、オンリーワン技術を活かした研究開発など顕著な成果も現れており、都市を取り巻く時代潮流の変化等を踏まえて、今後の一層の発展とその存在を高めていくことが期待されている。

平成27年7月には、「けいはんな学研都市新たな都市創造委員会」が開催された。この委員会は、山極寿一京都大学総長をはじめとする学識者、国（中央府省、近畿各局）や府县市町、関係経済団体、立地機関、まちづくり連携機関等、67に及ぶ関係者で構成され、これまでの成果を活かしたけいはんな学研都市の今後のあり方について、さまざまな視点から検討が開始された。⇒本日研究会の発表者である村橋先生も学識委員として参加されている。



(2) 人口増加が続く都市・木津川市のまちづくり

木津川市は、平成19年3月に近隣（木津・加茂・山城）3町合併で誕生した新しい市である。

昭和53年度末の各々の町域内人口は、木津町域15,153人、加茂町域9,035人、山城町域9,455人 合計33,643人であったが、平成26年度末人口は、木津町域50,426人、加茂町域14,166人、山城町域8,727人 合計73,319人と人口は、36年で39,676人増の2.18倍となった。

なかでも、区域の全域が関西学術研究都市区域である木津町域では、UR都市機構による丘陵地開発が進み、市域人口の68.8%がこの開発区域に集中している。木津町区域の人口は、昭和53年度末から平成26年度末の36年間で、35,273人増3.33倍と人口の伸びが著しい。

UR都市機構の住宅地開発は、木津中央地区の整備が、平成25年度末を以て一定収束したことから、今後、人口の増加傾向は鈍化すると思われるが、町が成熟するまでの約10年程度は人口増加が続くと思われる。

住宅地開発に併せて、小学校6校、中学校2校を開校した。これらの学校は災害時の地域住人の避難所に位置付けていることから、停電時における夜間の避難に際しても、地域住民が安全に避難できる環境を整える必要があることから、大規模な停電時においても点灯する照明灯の確保が求められている。

3. 2 次世代型のまちづくりに向けた木津川市の取り組み

木津川市では、学研ならではの最先端の科学技術を活用したまちづくりを進めることで、最先端のまちであることをアピールするとともに、安全・安心なまちづくりに有効なスマートシティに取り組むこととなった。

先端技術研究会では、先端技術である、LED基板、Mg電池、土壌改良材のまちづくりへの適用を研究していたことから、この中で、停電時の照明を確保する観点から、ハイパワーLEDの実証について取り組むこととした。

今回の実証実験では、自立型ハイパワーLED屋外照明を、小学校への通学路と災害時の避難所となる小学校の体育館へのアプローチ道に各々1基を設置し、週1回、6ヶ月間に亘って照度測定をその効果を検証したが、照度低下は確認されず、安定した照度が確保されている。

3. 3 先端技術研究会の活動に対する市の期待

近年、集中豪雨による道路の冠水、家屋の床下浸水といった日常生活に支障を来すような豪雨の回数が増え、土砂災害や河川の氾濫といった危険性が今まで以上に高まっていることや、大型地震による大規模災害時には、小・中学校体育館と併せて、周辺の地区公園や近隣公園が避難所になることから、停電時の夜間でも安全に避難所へ避難できるように、自立型ハイパワーLED照明の整備を今後も進める予定である。

4. 自立型ハイパワーLED照明について

木津川市に設置した、自立型ハイパワーLED照明装置の仕様等をご紹介します。

4. 1 開発の背景と課題、その解決策

今回開発した自立型ハイパワーLED照明の製品化に向けた背景や課題、その解決策については、下記のようにまとめることができる。

(1) 開発の背景

- ・安全、安心のニーズの高まり
- ・省エネ、省力化への貢献
- ・性能向上及び利便性への期待

(2) 課題とその解決策

- ・基板（モジュール）の故障
- ・LEDチップの排熱 ・高寿命・高信頼性

(3) 解決策の紹介

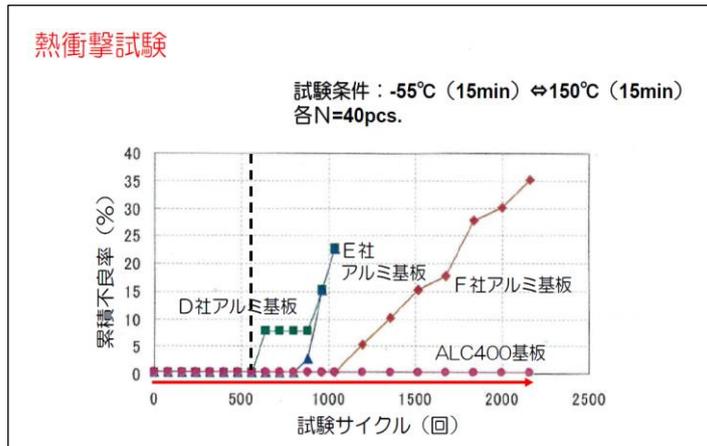
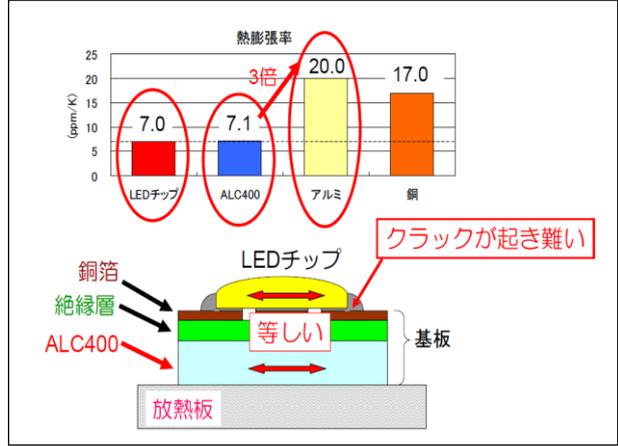
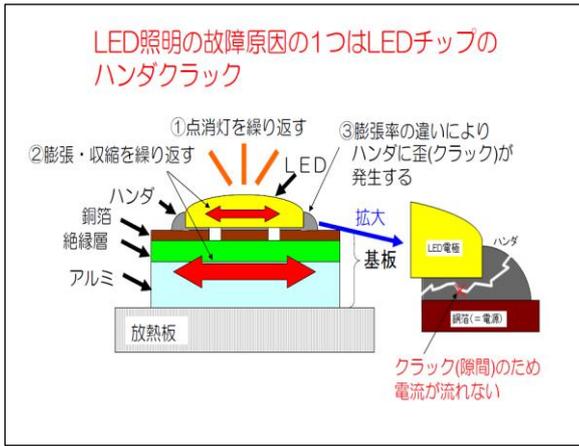
新材料AIC400を採用することにより、全ての熱解決することが可能になった。

① 熱膨張率の違いによるはんだクラック

クラックの例

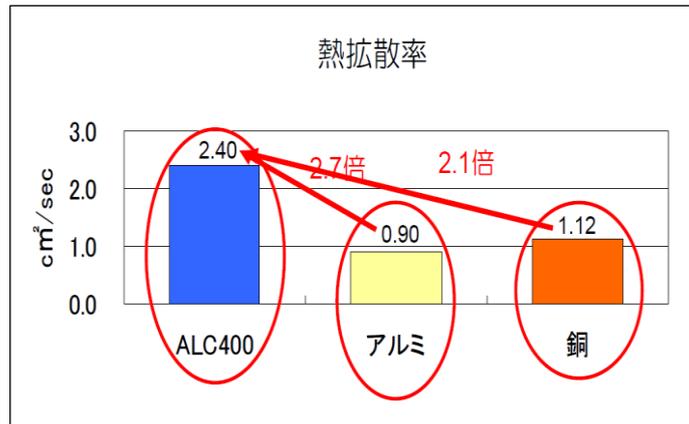


出展：沖エンジニアリング（株）



② LEDチップの排熱

一般的な熱対策に用いられる銅より2.1倍も高い熱拡散率を有するALC400によって、LEDチップの熱をすみやかにヒートシンクへ伝える。



③ ①と②の開発による効果

以上の熱問題を解決したLED照明は、高負荷環境にも耐えられる高い信頼性を得た。

- ・ -30°C 15,000回以上 点消灯
- ・ $+60^{\circ}\text{C}$ 1,000時間 連続点灯



4.2 開発品の仕様

自立型ハイパワーLED照明装置は、LED照明部、ソーラーモジュール、蓄電池の3種の機器で構成

されている。

① LED 照明部 (新しい基板 (アルミ合金) によるハイパワーLED 光源)

- ・ 電圧： DC 16V
- ・ 消費電力： 16W~6W
- ・ 本体材質： アルミ押出材
- ・ 発光色： クールホワイト



② ソーラーモジュール (1台)

- ・ 出力： 95W
- ・ 公称電圧： 21.9V
- ・ 最大出力動作電流： 5.17A
- ・ 最大出力動作電圧： 18.4V



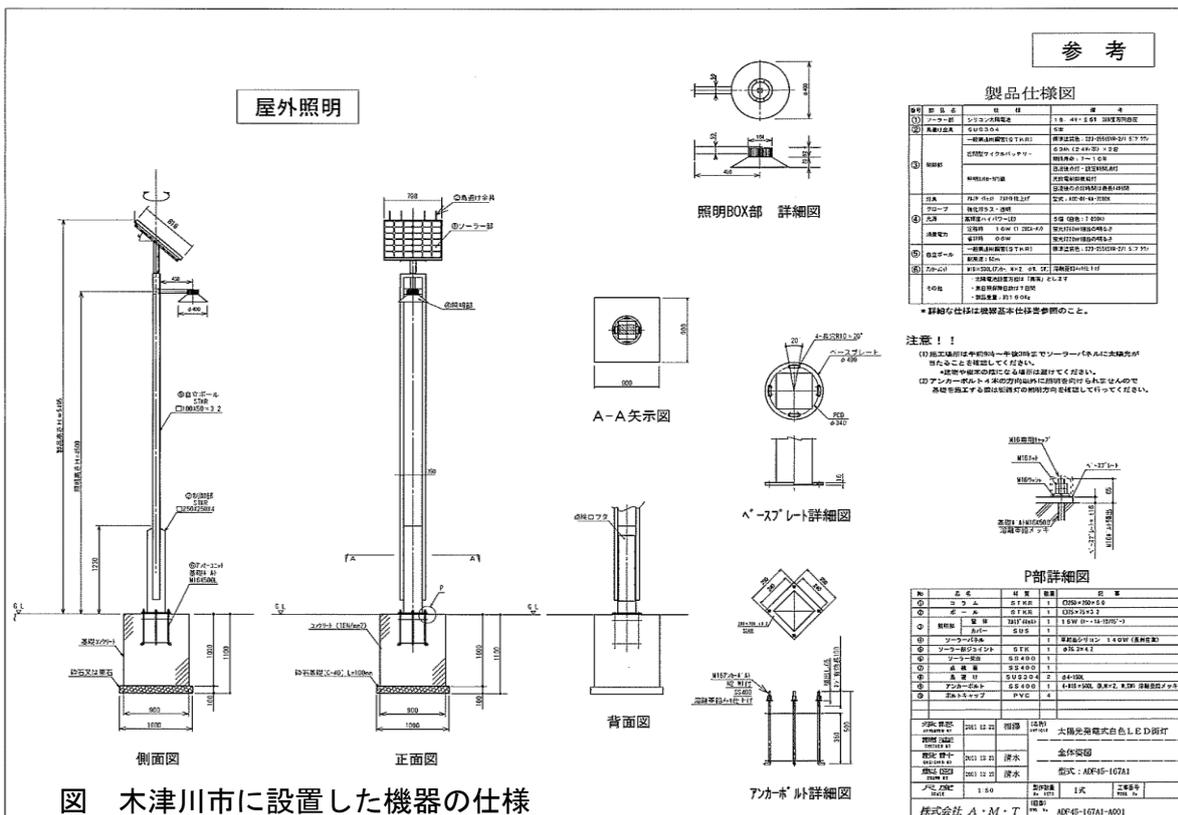
③ 蓄電池 (2台)

- ・ 公称電圧： 12V
- ・ 定格容量： 69Ah x 2
- ・ 適合バッテリー： 完全密閉型鉛蓄電池



④ 以上の機器による開発品の仕様 (機器諸元)

- 1) 消費電力： 13W (定格)、30%点灯 (省エネ点灯時)
- 2) 点灯時間： 15時間/日 (調光点灯方式)、7日 (無日照保証)
- 3) ソーラーモジュール出力 (W)： 95W (単結晶)
- 4) 蓄電池容量 (Ah)： 138Ah
- 5) 照度： 60W (蛍光灯相当)、1440ルーメン (灯具全光束)
- 6) 保護等級： IP67予定
- 7) 照明範囲 (1ルクス当)： 左右20m、前後20m
- 8) メンテナンス： ランプ (LED) 15年、電源 (蓄電池) 7年
- 9) 照明灯具高さ： 4.5m



品名	仕様	備考
① コロム	シリコングラス電板	1.6m x 1.6m x 6mm 太陽電池用電板
② 蓄電池	完全密閉型鉛蓄電池	69Ah
③ 照明部	一層単結晶太陽電池 (1.6m x 1.6m)	標準品仕様: 12V-95W (単結晶)
	LED照明部 (1.6m x 1.6m)	標準品仕様: 12V-16W (LED)
④ 蓄電池	蓄電池 (12V)	標準品仕様: 69Ah x 2
	蓄電池 (12V)	標準品仕様: 69Ah x 2
⑤ アンカーボルト	アンカーボルト (M12)	標準品仕様: 1.6m x 1.6m x 6mm
	アンカーボルト (M12)	標準品仕様: 1.6m x 1.6m x 6mm

4. 3 従来型機器との比較

今回開発した機器と、従来型の機器を、コスト、仕様等の観点から比較を行った。

型式	AMT95-D16S	LN-LS2A1-S	XYSL41UB52	TLE2041	SLS-12127NB-IN	TF3-CL225		
参考画像							4.5m時船直照度(1.5m) 防犯協会Bクラス 	
分類	製品仕様内容 80W相当の明るさとする							
初期コスト	項目内容	LED照明灯 (灯具・ランプ・ポール)	LED照明灯 (灯具・ランプ・ポール)	LED照明灯 (灯具・ランプ・ポール)	LED照明灯 (灯具・ランプ・ポール)	LED照明灯 (灯具・ランプ・ポール)	LED照明灯 (灯具・ランプ・ポール)	備考
	機器本体費用/基 支柱建て込み費用	880,000円 50,000円	1,180,000円 50,000円	1,050,000円 50,000円	1,600,000円 50,000円	1,500,000円 50,000円	900,000円 50,000円	電力供給は 地下埋設線FPE管φ50
	(2ユニット用)							操作分電盤
	参考基礎工事/基 アールユニット式	150,000円 0円	150,000円 0円	150,000円 0円	150,000円 0円	150,000円 0円	150,000円 0円	引込支柱・自動点滅器
	分電盤及び引き込み柱	0円	0円	0円	0円	0円	0円	商用電源方式は
	ハンドポール設置	0円	0円	0円	0円	0円	0円	設置灯数により電工費変動
	コスト合計	1,080,000円	1,400,000円	1,280,000円	1,830,000円	1,720,000円	1,120,000円	
環境性 (1年)	2008年全国電力会社 二酸化炭素排出量	150kw/年 116kg/年						
	平均1kw当りCO ₂ 排出量	0.44kg						
仕様項目	蓄電池容量(Ah)	単結晶:95Wh 138Ah	結晶:80Wh 114Ah	結晶:85Wh 60Ah	結晶:85Wh 114Ah	結晶:150Wh 120Ah	単結晶:90Wh 114Ah	LED寿命は4万時間
	定格点灯時	LED 13Wh	LED 15Wh	LED 12.8Wh	LED 18Wh	LED 12Wh	LED 16.2Wh	
	省エネ点灯時	30%点灯	17%点灯	50%点灯	8時間点灯	14時間点灯	20%点灯	
	蛍光灯相当では 色合い(色温度)	60W相当の明るさ 昼白色:5,000K	60W相当の明るさ 昼白色:6,700K	30W相当の明るさ 昼白色:5,000K	60W相当の明るさ 昼白色:5,000K	20W相当の明るさ 昼白色:5,000K	60W相当の明るさ 昼白色:5,000K	防犯協会Bクラス照度 船直照度3lx以上 人の行動が認識できる。
	灯具全光束lm(光束)	1440lm-光束	1200lm-光束	805lm-光束	1200lm-光束	315lm-光束	1250lm-光束	
	照明灯具高さ	4.5m	3.0m	3.0m	3.0m	3.0m	3.0m	
	照度範囲 1m/lux	左右20m/前後20m	左右16m/前後12m	左右10m/前後6m	左右16m/前後8m	左右9m/前後6m	左右20m/前後10m	
	演色性(Ra)	80	75	67	70	70	70	
	点灯時間	15時間	14時間	14時間	8時間	14時間	14時間	
	無日照保証	7日	5日	4日	5日	7日	5日	商用電源の引込費用は 中国電力から開込み
ポール材質	一般構造用鋼材・鋼管	アルミポール	一般構造用鋼材・鋼管	一般構造用鋼材・鋼管	一般構造用鋼材・鋼管	アルミポール		
メッキ仕様	溶融亜鉛メッキ	アルマイト処理	溶融亜鉛メッキ	溶融亜鉛メッキ	溶融亜鉛メッキ	アルマイト処理		
塗装仕様	粉末塗装	7R7仕様塗装	粉末塗装	粉末塗装	粉末塗装	粉末塗装		
色	ブラック	シルバー	ブラック	シルバー	ブラック	ブラック		
メンテナンス	ランプ・LED15年 電源交換1年	ランプ・LED15年 電源交換5年	ランプ・LED15年 電源交換5年	ランプ・LED15年 電源交換5年	ランプ・LED15年 電源交換5年	ランプ・LED15年 電源交換10年		
耐風速	60m/s	60m/s	60m/s	60m/s	60m/s	40m/s		
安全性	視野性	停電及び災害時においても点灯する。 LEDは紫外線領域が少ないので虫が寄りにくい。						
	イニシャルコスト	一般照明に比べて高価						
評価	結論	経済性において割安部はまだ少ないが、省エネ商品の開発も進みコスト面でも価格は下がってくる。 CO ₂ 削減は地球環境規模の課題でありながら増加傾向であり、コスト面からの比較も重要であるが、公共施設(国・県・市)レベルでの環境性も行政指標にてますます行うべきである。 災害時ライフラインが途絶えた際においても、電源を引き込んでいたため、単独で夜間でも照明が確保できる。 地震国日本の防災面からも、独立電源のソーラー(ハイブリッド)照明灯を導入するメリットも必要である。						

4. 4 導入実績

自立型の製品としては、現在までに下記の2地点に設置され、いずれも問題なく点灯を続けている。

- ・東日本大震災の被災地(宮城県気仙沼市 陸前階上駅)
- ・関西文化学術研究都市(京都府木津川市)

平成26年9月30日に、2基(交差点照明、小学校の敷地内照明)設置



陸前階上駅(気仙沼市)



城山台小学校(木津川市)



木津川市役所西南交差点
(木津川市)

木津川市では、市役所が下表のように製品の効果について、機器設置後約1年間観測を続けており、現時点で照度低下、無点灯といった故障問題の発生等は報告されていない。

木津川市役所西南交差点（木津川市）

観測年月日	照度(Lx)			時間	天気	点灯状況	備考
	HPowLED	歩道燈	既設歩道燈				
H26.10.17	15.0	63.8	22.5	1800	晴れ	点灯	
H26.10.21	14.7	62.5	28.1	1745	曇り	点灯	
H26.10.22	16.5	65.4	23.9	1745	晴れ	点灯	
H26.10.27	15.3	64.7	25.2	1735	晴れ	点灯	
H26.10.29	14.3	65.2	25.7	1735	晴れ	点灯	
H26.11.4	15.3	64.4	26.7	1730	晴れ	点灯	
H26.11.6	14.7	67.1	24.6	1730	曇り	点灯	
H26.11.11	14.7	63.2	25.4	1735	晴れ	点灯	
H26.11.19	14.7	64.3	24.5	1750	晴れ	点灯	
H26.11.25	14.8	66.9	28.8	1740	曇り	点灯	
H26.12.1	14.9	64.1	24.4	1725	曇り	点灯	
H26.12.5	15.3	66.2	23.1	1725	晴れ	点灯	
H26.12.8	16.6	66.4	27.4	1720	晴れ	点灯	
H26.12.15	16.0	66.4	21.5	1720	曇り	点灯	
H26.12.22	15.0	65.5	14.6	1735	晴れ	点灯	
H27.1.5	16.1	68.7	19.4	1730	晴れ	点灯	
H27.1.13	15.3	65.6	17.1	1740	晴れ	点灯	
H27.1.20	15.4	65.4	14.8	1755	曇り	点灯	
H27.1.27	19.5	70.0	21.7	1735	小雨	点灯	
H27.2.2	17.2	67.5	17.4	1755	曇り	点灯	
H27.2.9	15.5	66.6	15.1	1810	晴れ	点灯	
H27.2.16	19.5	68.6	21.9	1805	晴れ	点灯	
H27.2.23	15.0	64.5	15.2	1830	晴れ	点灯	
H27.3.2	15.4	65.1	15.1	1825	晴れ	点灯	
H27.3.10	16.2	66.8	16.8	1835	曇り	点灯	
H27.3.16	15.4	64.5	15.9	1835	曇り	点灯	
H27.3.24	15.2	64.8	15.1	1855	曇り	点灯	
H27.3.30	15.0	63.7	15.6	1900	はれ	点灯	
H27.4.24	14.3	62.7	15.3	1915	はれ	点灯	
H27.6.17	14.2	62.0	16.3	1955	曇り	点灯	

城山台小学校（木津川市）

観測年月日	時間	天気	点灯状況	照度	備考
記入例					
H26/10/3	18時	曇り	点灯	10Lx	
H26/10/20	18時	曇り時々雨	○	16ルクス	
H26/10/29	18時	晴れ	○	16ルクス	
H26/11/6	18時	曇り	○	16ルクス	
H26/11/12	18時	曇り時々雨	○	16ルクス	
H26/11/19	18時	晴れ	○	16ルクス	
H26/11/26	18時	雨	○	16ルクス	
H26/12/3	18時	曇り	○	16ルクス	
H26/12/10	18時	晴れのち曇り	○	16ルクス	
H26/12/17	18時	晴れのち曇り	○	16ルクス	
H26/12/24	18時	晴れのち曇り	○	16ルクス	
H27/1/8	18時	曇り	○	16ルクス	
H27/1/15	18時	雨	○	16ルクス	
H27/1/22	18時	雨のち曇り	○	16ルクス	
H27/2/5	19時	曇りのち雨	○	16ルクス	
H27/2/12	19時	晴れ	○	17ルクス	
H27/2/19	19時	雨のち曇り	○	16ルクス	
H27/2/26	19時	雨	○	16ルクス	
H27/3/5	19時	曇り	○	16ルクス	
H27/3/12	19時	曇り	○	16ルクス	
H27/3/20	19時	曇りのち晴れ	○	16ルクス	
H27/3/24	19時	晴れ	○	16ルクス	
H27/4/10	19時	雨	○	16ルクス	
H27/4/17	19時	曇りのち晴れ	○	16ルクス	
H27/4/24	19時	曇り	○	16ルクス	
H27/5/1	19時	晴れ	○	16ルクス	

4.6 今後の展開

今回の取り組みの今後の展開としては、①今回の機器を活用した他地区等への展開と、②次期製品の開発、が考えられる。

a：既存製品の拡販

- ・道路照明（①交差点、②中山間地道路、③離島道路等）
- ・街路灯（①非常時の誘導灯、②防犯予防等）
- ・避難所外灯（①公共施設、②民間施設等）

b：次期製品の開発

- ・より明るく、より省エネ、より長寿命、より安い製品の開発
- ・使用用途に合致した製品の開発（トンネル、防水ニーズ）

