

## GPS 동기점멸 기능이 있는 전원일체형 소형 LED 등명기(Self-powered LED Lantern)개발

† 김무건

† (주)코솔라

**요 약 :** 외국산제품의 수입에만 의존하던 항로표지용 전원일체형 소형 LED 등명기(Self-powered LED Lantern)를 국내 최초로 개발하여 제작하고 시험을 통해 그 성능을 확인하였다. 이에 외국에서 생산되는 제품들의 동향과 국내 최초로 개발된 항로표지용 전원일체형 소형 LED 등명기(Self-powered LED Lantern)의 주요 특징 및 성능을 소개한다.

**핵심용어 :** 항로표지용 전원일체형 소형 LED 등명기(Self-powered LED Lantern), 광원, 광도, 등질, 하이파워 LED, GPS 동기 점멸

### 1. 서론

근래에 녹색 성장을 위한 태양광, 풍력, 조력 등의 신재생 에너지를 활용한 제품들이 속속 개발되어 활용되고 있는 가운데, 최근까지 항로표지 분야에서 외국산 제품의 수입에 의존하여 소형 등명기로 활용하고 있는 3~4마일(NM)용 전원 일체형 소형 LED 등명기(Self-powered LED Lantern)를 국내에서 최초로 개발하여 제작하고 시험하여 그 성능을 확인하였다.

기존 국내 일부 업체에서 저광도(1마일용) 제품이 제작되어 어장등으로 활용되고 있으나, 그 성능이 미약하여 소형 등부표나 협수로의 등주 등에 적합한 3~4 마일용 등명기로 활용하기에는 그 성능이 미약하였으며, 소형 등부표나 등주는 그 구조물 크기의 한계로 인하여 전원을 별도로 탑재하기 어려운 상황이 대부분이므로 보다 우수한 성능의 전원 일체형 소형 등명기가 필요하게 되었다.

또한 금번 연구에서는 기존 LED 등명기에 사용된 LED 광원과 렌즈의 재검토를 통하여 파워 LED를 등명기 광원으로 채택하고, 이에 적절한 단위 모듈형 렌즈를 개발하여 기존 등명기 렌즈를 재해석하여 구현함으로써, 등명기 제작 시 발생하는 렌즈 금형 제작비용을 최소화할 수 있도록 하였다.

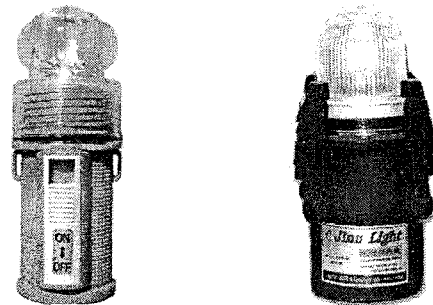
이 연구에서는 이 특별한 모듈형 집광 렌즈를 활용하여 전원 일체형 소형 LED 등명기(3~4마일용)를 개발하고, 제품의 특징 및 제작 후 시험결과 등에 대한 자료를 소개한다.

### 2. 제품 관련 동향

#### 2.1 기존 국산 제품의 동향

기존 국산 제품은 광달거리 1마일 이내에 사용하는 배터리

일체형의 소형 등기구가 대부분이며, 어망 표시용으로 활용되기도 한다.



내부에는 1.5V 건전지가 4개정도 내장되어 전원으로 활용되며, 항로표지용이 아니기에 등명기로서의 다양한 등질은 구현되지 않고, 반복적으로 짧게 점멸하며, 일명 “반짝이 등”이라고도 한다. 최근 대부분 LED를 채택하여 제작되어 있으며, 일부 제품은 충전지를 이용하여 태양전지 일체형으로 제작되기도 하나, 거리가 광달거리가 1마일 미만의 제품들이다.

#### 2.2 기존 외국산 제품의 동향

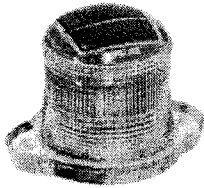
외국산의 전원 일체형 등명기는 다음과 같이 여러 업체에서 제작하고 있으며, 그 항로표지로 사용함을 목적으로 하고 있어, 그 항로표지에 사용하는 다양한 등질이 구현되어 있으며, 그 광달거리에 따른 종류도 1~4마일(NM) 까지 다양하다.

#### 가. Carmanah 社の 전원 일체형 등명기

주요특징

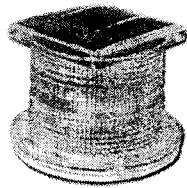
태양전지보호를 위한 돛형태의 구조채택  
고휘도의 LED내장  
태양전지, 배터리, 광원이 일체형으로 내장

태양전지, 배터리, 광원이 일체형으로 내장



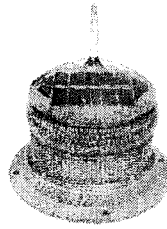
M-501(1마일용)

주요사양  
광도 : 약 1.2 cd  
크기 : 직경 약 120mm  
높이 약 113mm  
등질 : 7개(부동광 포함)  
사용자가 변경 불가능



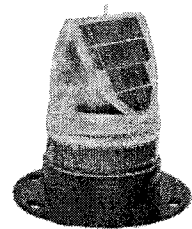
M-601(2마일용)

주요사양  
광도 : 6 ~ 11 cd  
크기 : 직경 약 150mm  
높이 약 120mm  
등질 : 256개(부동광 포함)  
리모컨으로 변경 가능



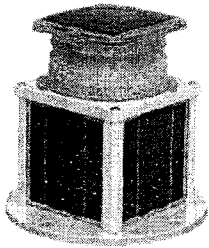
SL-15(1마일용)

주요사양  
광도 : 1.5 cd 이상  
크기 : 직경 약 130mm,  
높이 약 141mm  
등질 : 15개(부동광 포함)



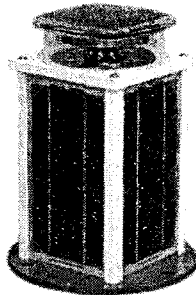
SL-70(2마일용)

주요사양  
광도 : 8.3 cd 이상  
크기 : 직경 약 140mm,  
높이 약 240mm  
등질 : 256개(부동광 포함)



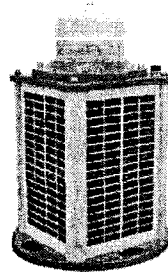
M-701-5(3마일용)

주요사양  
광도 : ~36 cd  
크기 : 직경 약 235mm  
높이 약 240mm  
등질 : 256개(부동광 포함)  
리모컨으로 변경 가능



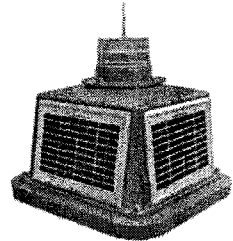
M-704-5(4마일용)

주요사양  
광도 : ~42.8 cd  
크기 : 직경 약 235mm  
높이 약 319mm  
등질 : 256개(부동광 포함)  
리모컨으로 변경 가능



SLC-310(3마일용)

주요사양  
광도 : 25 cd이상 (색상별로  
다름)  
크기 : 직경 약 245mm,  
높이 약 374mm  
등질 : 256개(부동광 포함)



SLC-400(4마일용)

주요사양  
광도 : 60 cd이상 (색상별로  
다름)  
크기 : 직경 약 495mm,  
높이 약 505mm  
등질 : 256개(부동광 포함)

나. 그 밖의 전원일체형 등명기제조사

Pharos Marine社, Tideland社, ZeniLite社 등이 있다.

나. Sealite 社의 전원 일체형 등명기

주요특징

등명기상부에 조류방지봉 설치  
고휘도의 LED 및 반사경 내장

### 3. 개발 제품 소개

가. 제품 개발 시 고려사항

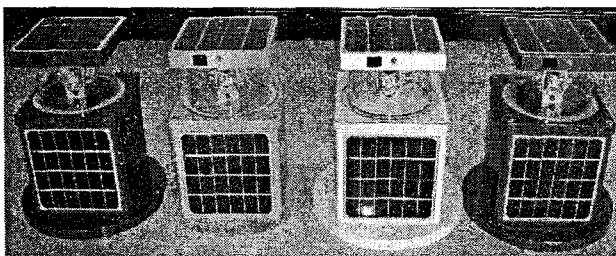
- ① 최신 기술의 부품 사용  
가장 신기술로 개발된 부품들을 적용하여 구현
- ② 최신 기능 구현하여 외국산 성능의 동등 이상 구현  
관련 업체의 최신 기능들을 적용하고 보다 성능이 우수하도록 개발
- ③ 효율적 개발 비용  
최단 시간에 가장 효율적인 비용으로 개발

나. 제품 개발 목표 사양

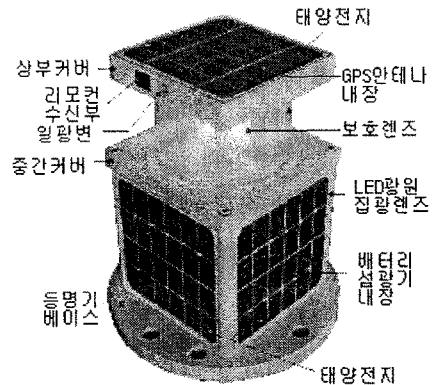
- ① 1 ~ 4 마일용 전원 일체형 등명기  
광도 가변 기능 내장(1 ~ 4 마일 설정 가능)
- ② GPS 동기점멸 기능  
최신 알고리즘 적용하여 가장 소모 전력이 적고 효율적으로 동기점멸 운영
- ③ 일광면에 의한 자동 점/소등  
일광면 감도를 리모컨으로 가변 기능 내장
- ④ 리모컨 설정 기능  
광도, 등질, 일광면 감도 및 등명기 ON/OFF 등
- ⑤ 효율적인 전원 충방전 기능  
리튬 폴리머 배터리를 적용하여 충방전 효율을 높이고 제품을 경량화 하고 배터리 용량을 기존 제품보다 25% 높여 줌
- ⑥ 소모 전력의 최소화  
동일 광도에서 소모 전력이 최소화 되도록 구현

다. 제품의 외형 및 구조

① 4 가지 색상의 등명기



② 등명기 세부 명칭

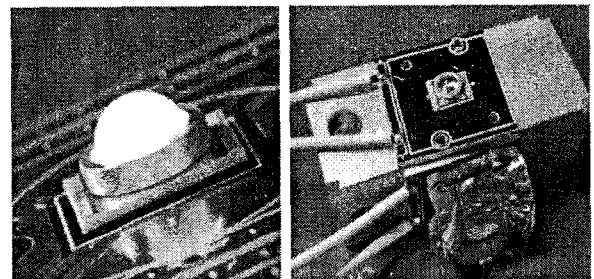


라. 제품 주요 특징

① 하이파워(High-Power) LED 소자

기존 일체형 LED 등명기에 사용되었던 LED 소자는 저 전력으로 구동하기 위하여 대부분 고휘도 LED (50 $\mu$ )를 사용하는 반면, 금번 개발에서는 1W 급 하이파워(high-power) LED 를 검토하고 채택하였다. 하이파워 LED 를 사용하면 소모전력 대비 얻을 수 있는 광량이 더 많기 때문에 유리하나, 등명기의 광원으로 사용하기 위하여 수평방향으로 많은 수량을 배열할 경우에는 발열 및 소모 전력이 더 많아지게 되어 신중히 검토하여야 한다.

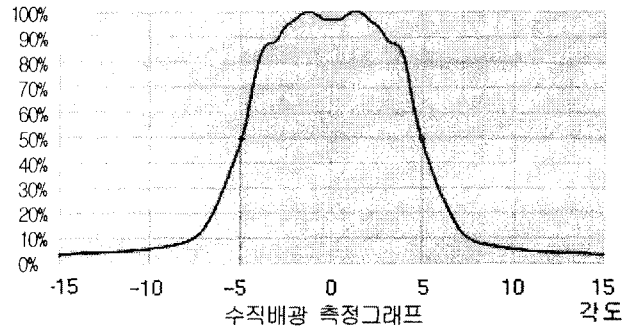
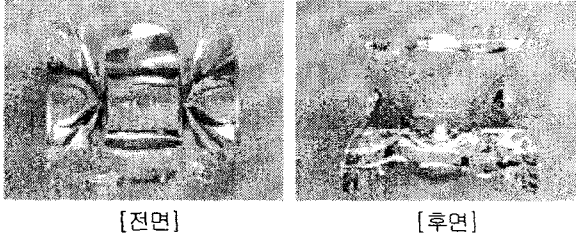
금번 선정된 LED 는 CREE 社의 1W 급 하이파워 (High-Power) LED 를 선정하였다. LED 소자는 메탈 PCB 에 납땀한 뒤, 사각형의 광원 모듈 지지대(방열판 역할을 겸함)에 부착한다.



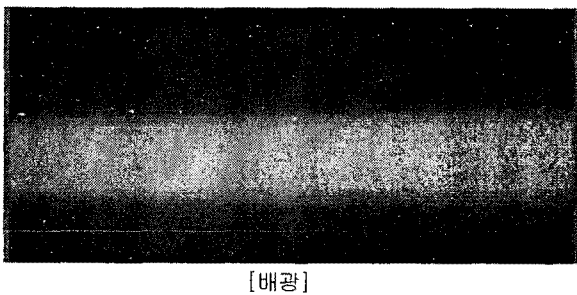
② 단위 모듈형 집광렌즈 개발

본 연구에서는 가장 효율적인 비용으로 개발을 완료하기 위한 방안의 하나로 집광 렌즈를 특별히 설계하여 등명기의 기능을 할 수 있도록 구현하였다.

다음의 렌즈가 금번 하이파워 LED를 이용하여 등명기의 배광 특성을 얻기 위해 특별히 설계한 렌즈이다.



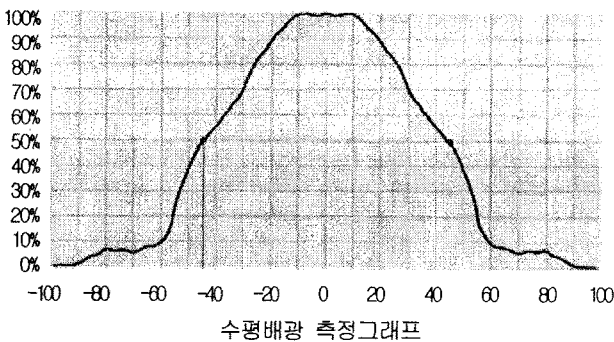
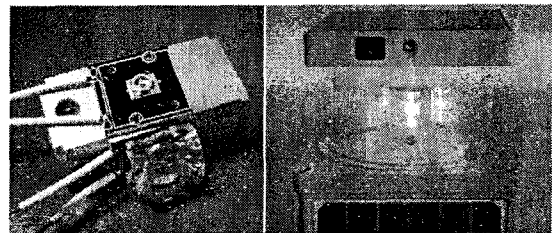
수직 발산각이 좁고 수평으로는 넓은 배광 특성을 가지므로, 이를 수평 360°로 이용하는 등명기의 광원으로 제작하려면, 최소 4개의 LED 에 장착하여 광원을 각 90° 방향으로 배열하여 구성하면 된다.



다음과 같이 사각 기둥의 각 90° 방향에 LED 소자를 부착하여 상기 렌즈로 집광하도록 광원부가 구성되게 구현하면, 수직 발산각이 ±5° 정도, 수평으로는 360°의 배광 특성을 보이는 등명기의 광원이 완성되어 진다.

이 렌즈는 다음과 같은 특성을 가진다.

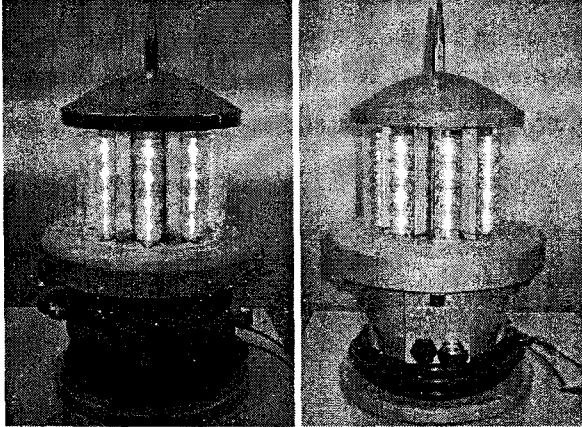
수직배광 : ±5°, 수평배광 : ±45° (최대광도의 50% 지점)



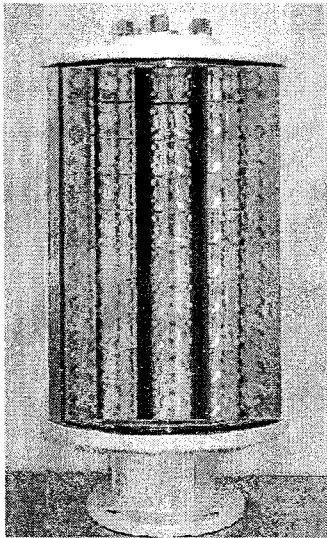
이와 같은 방식으로 광원을 구현할 경우, LED 와 렌즈를 어떻게 확장하여 배열하느냐에 따라서 이번 소형 일체형 등명기 뿐만 아니라, LED-200 HI 등명기, LED 300mm 등명기 등의 중, 소형 등명기의 개발이 쉽게 가능해 진다.

기존 등명기들을 개발하기 위하여서는 광원을 집광하기 위한 렌즈를 일체형 및 그 광원의 크기에 걸맞게 제작하기 위하여, 막대한 비용을 들여 금형을 제작해야 했으며, 집광 렌즈를 복잡하게 설계하고 많은 시행착오를 거쳐 개발해야 했다. 하지만 이번 단위 집광 렌즈 모듈의 개발로 인해 이들을 일렬로 배열하는 것만으로도 대형 광원을 쉽게 구현할 수 있기 때문에 개발을 위한 비용이 가장 효율적으로 소요되었다.

다음은 우리 회사에서 개발한 LED-200 HI 등명기와 LED-300 등명기의예이다.



LED-200 HI 구현 예 (G: 1,300 cd / 35W , R : 1,000 cd / 35W)



LED-300, 400 구현 예

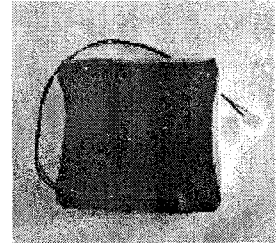
### ③ 리튬폴리머 전지 적용

소형 축전지로 일반적으로 많이 사용하는 니카드(Ni-Cd), 니켈-수소(Ni-H) 전지 대신에 충방전 특성이 우수하고 소형으로 구현할 수 있으며, 안정적인 리튬폴리머 배터리를 적용하여 개발하였다.

#### ○ 리튬폴리머 전지의 특징

- 1) 리튬폴리머 전지는 기존 액체 전해질을 사용하던 리튬이온 전지를 보완하여 개발한 것으로, 고체 전해질을 이용하기

- 때문에 누액이나 폭발할 우려가 없어 안정적이다.
- 2) 충방전 사이클이 길어 오래 사용할 수 있다.(1,000 회 이상)
  - 3) 단위 셀당 3.7V의 평균 전압을 가지므로 기존 니카드 전지나 니켈 수소전지 보다 3배로 컴팩트(compact)하게 제작 가능하다.
  - 4) 카드뮴이나 수은 같은 중금속을 사용하지 않아 환경 친화적이다.
  - 5) 단, 과충전, 과방전, 과전류 및 단락을 위한 보호회로(PCM : Protect Circuit Module)가 필요하다.
  - 6) 컴팩트하므로 중량이 작다.



보호회로(PCM)

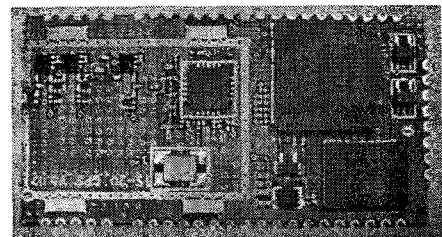
#### [리튬폴리머 전지, 보호회로 및 패키징 모습]

### ④ GPS 동기점멸 적용된 섬광 제어기

섬광제어기는 내장된 GPS 수신기를 통하여 수신된 시간 데이터를 참조하고, 섬광기 내부의 타이머를 정확히 동기 시켜서 여러 대의 등명기가 점멸 동작시 동기점멸이 가능하도록 구현되었다.

#### ○ GPS 수신기 모듈 선정 시 고려사항

GPS 동기점멸을 위해서는 섬광기는 GPS 수신기로부터 정확한 시간 데이터를 수신할 수 있어야 한다. 국내에서 개발하여 판매되고 있는 GPS 모듈의 대부분은 SiRF 社의 칩을 이용하여 사용하고 있는데, 이들은 거의 차량용 네비게이션 제작 시 사용되는데, SiRF 사의 칩은 시각 동기화 적합하지 않다. 시간 정보가 불규칙적으로 GPS 수신기로부터 수신되는 것이 확인되어, SiRF 社에 문의한 결과 지원하지 않는다 한다. 이에 또 다른 메이커인 uNav 社의 칩을 사용한 GPS 수신기를 검토하여 채택하였다.



[적용되어 내장된 GPS 모듈]

○ GPS 운영 알고리즘

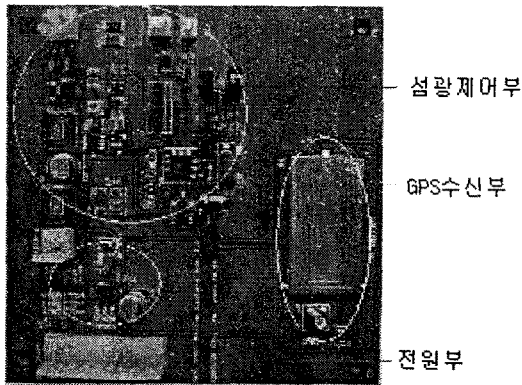
- 1) 낮 동안 GPS는 사용할 이유가 없으므로 꺼둔다.
- 2) 일광변이 밤으로 감지하여 점등이 되면, GPS의 전원을 ON 하여 시각정보를 수신한다.
- 3) 5분 동안 수신하여 시각 정보를 얻게 되면(동기점멸) 수신 즉시 GPS 전원을 OFF 한다.
- 4) 5분 동안 시각 정보를 얻지 못할 경우, GPS 가 불량일 발생했을 수 있으므로 일단 GPS 전원을 꺼서 전원 낭비를 막는다.
- 5) 30분 후 다시 GPS 전원을 ON 하여 GPS 시각 정보를 얻는다.
- 6) 일반적으로 GPS는 2~3분 이내에 시각 정보를 수신하여 동기점멸이 이루어진다.

○ GPS 소모전류

이렇게 운영할 경우 GPS 가 소모하는 전류는 다음과 같다.

- 1) 30분 평균 동작 시간 : 2.5분 \* 2 = 5분 / 1시간
- 2) 1일 야간 12시간에만 사용 : 5분 \* 12 = 하루 1시간 사용
- 3) GPS 시간당 소모전류 : 70mA / h (안테나 포함)
- 4) GPS 1일 소모전류 : 70mA / day

○ GPS 가 내장된 섬광 제어기



[ GPS 가 내장된 섬광제어기 ]

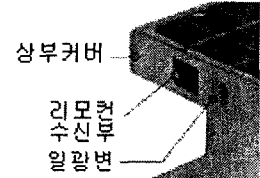
⑤ 리모컨 동작 기능

일반적으로 사용하는 적외선 리모컨을 이용하여 등명기를 개폐하지 않고 주요 기능을 설정할 수 있도록 구현하였다.

리모컨으로 설정할 수 있는 기능은 다음과 같다.

1) 점멸주기 변경

- 2) 광도 증가/감소
- 3) 일광변 감도 증가/감소
- 4) 일광변 현재 값 설정(점등 조도)
- 5) 운반이나 보관을 위한 등명기 메인 전원 ON/OFF
- 6) GPS 전원 ON/OFF



마. 주요 성능 (공인기관 시험결과)

① 전기적 성능

- 1) 동작전압 : DC 3.7V ±10% (Nominal 3.7V)
- 2) 배터 리 : 리튬폴리머 배터리 3.7V - 20Ah
- 3) 소모전류 : DC 3.7V 1일(12시간) 4초 1섬광 동작시 약 1.765A 소모 (약 6.5W)
  - a. 대기시 6.08mA \* 12시간 = 72.96mAH
  - b. 동작시 10.2mA \* 12시간 = 122.4mAH
  - c. GPS시 70mA \* 1시간(1일) = 70mAH
  - d. LED 점등시 500mA \* 12시간 / 4 = 1500mAH

- 4) 일광변 동작 범위 : 리모컨으로 조정 가능 (디폴트 점등 50 lux, 소등 100 lux)

: 현재 값으로 설정 가능하므로 사용자

가 임의 조정

5) 태양전지

- a. 개방전압 : DC 7.35 V
- b. 단락전류 : DC 0.400 A
- c. 정격전압 : DC 6.10 V
- d. 정격전류 : 0.360 A
- e. 정격용량 : 2.196 W (5매)

② 광학적 성능

- 1) 부동광도 : 홍색 50 cd 이상, 녹색 70 cd 이상, 황색 : 50 cd 이상, 백색 70 cd 이상
- 2) 유효광도 : 30 cd 이상
- 3) 수직발산각 : 10°~14°
 

: 색상에 따라 파장이 달라 약간의 차이 있음
- 4) 수평배광 : 360°
- 5) 등질 : 국토해양부 권고 기본 16개 등질 + ISO 등질(5개) : 사용자 요청시 추가 가능
- 6) 색도 : IALA 권고에 따른 색도 만족 (IALA Recommendation E-200-1, DEC, 2008)

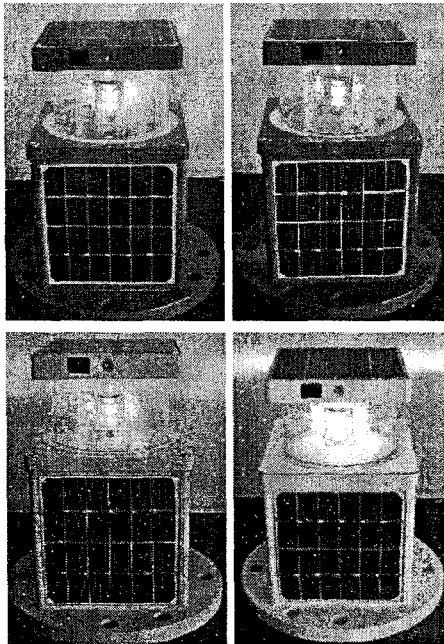
### ③ 기구적 성능

- 1) 태양전지 : 135 X 135 X 3 mm (EPOXY COATING)  
: 단결정 모듈
- 2) 결로방지 : 바닥면에 멤브레인 벤트 체결
- 3) 중 량 : 약 6.5 kg
- 4) 기구재질 : 알루미늄
- 5) 도 장 : 분체도장 후 열처리

### ④ 환경 성능

- 1) 방수등급 : IP 67 등급
- 2) 동작온도 : -40℃ ~ 80℃

### 바. 점등 동작 광경



[ 점등된 전원 일체형 LED 등명기 ]

### 5. 결 론

가장 최선의 기술이 적용된 전원 일체형 등명기를 제작하여 시험한 결과, 외국산 동등 사양의 등명기보다 우수한 성능을 가진 등명기가 개발되었음을 확인하였고, 국내 관련 기술이 확보되어 기존 수입품에 의존하던 시장 환경이 개선되었다. 또한, 고장시 국내 기술로써 즉시 A/S 가 가능하여 제품의 신뢰성이 보장된다.

추후 관련 기술을 발전시켜 4마일 이상의 장거리에 이용할 수 있는 전원 일체형 등명기를 개발하여 전원 공급이 어려운 곳에 공급함으로써 효과적인 운영이 가능할 것으로 판단된다.