

# LED 조명제품의 성능 측정 - CALiPER 프로그램

김현하 <LG전자기술원 조명 Task 수석연구원>  
 이정수 <LG전자기술원 조명 Task 연구위원>  
 장우진 <서울산업대학교 전기공학과 교수/본 학회 부회장>

## 1 LED 조명제품의 성능 측정 - CALiPER 프로그램

2009년은 LED 조명이 어느 때보다 큰 관심을 받은 해였다. 왜냐하면 1879년 에디슨에 의해 발명된 이래 백년 동안 조명 시장의 대표 주자였던 백열전구가 지구 온난화의 주범 중 하나로 지목되어 2012년부터 세계 각 국에서 강제로 퇴출될 정책이 발표되었고, 이 백열전구의 빈자리를 채울 차세대광원으로 LED(Lighting Emission Diode, 발광 다이오드) 조명이 주목 받았기 때문이었다. 이에 따라서 수많은 조명 제품들이 시장에 선을 보이고 있지만 실제로 기존의 조명 제품을 대체하기 위해서는 광속, 효율 등의 성능의 증진뿐 아니라, 각 조명의 특성에 맞는 여러 성능 및 신뢰성이 갖추어져야 하며 이를 위한 산업계, 학계 및 연구기관들의 적극적인 협력이 필요한 시점에 있다. 따라서 본 기고문에서는 현재 LED 조명의 현주소를 파악하고 앞으로 발전 방향에 대한 좋은 참고 자료가 될만한 CALiPER라는 프로그램의 9번째 시험결과(Round 9) 보고서를 소개하고자 한다.

### 1.1 CALiPER 란

CALiPER(Commercially Available LED Product Evaluation and Reporting)는 미국 Department of Energy(이하 DOE) 프로그램 중 하나로서, 시판되고 있는 LED 제품을 정부에서 직접 구매하여 성능에 대한 공정한 평가를 진행하고 결과를 보고(및 공개)하는 역할을 수행한다. 이러한 결과를 바탕으로 대중에게 제품에 대한 객관적인 성능 정보를 제공하고 DOE의 Energy Star 및 기술 활동에 대한 계획의 지침을 제공하며, 반도체 조명(Solid State Light: 이하 SSL) 제품의 평가 절차 및 기준에 대한 발전과 개선에 기여하는 것을 목적으로 하고 있다.

자세한 내용은 DOE 관련 사이트(<http://www.ssl.energy.gov/caliper.html>) 참조.

### 1.2 CALiPER 보고서 구성

CALiPER에서는 일정 기간의 결과를 모아 주기적으로 발표하는데 현재 Round 9까지 발표가 되었고, 발표 때마다 각 제품의 시험 결과에 대한 보고서와 이들 결과를 종합한 요약 보고서(summary report)를

공개하고 있다.

제품 시험 결과 보고서에는 3개 이상의 제품들에 대해 평가를 진행하며 측정된 결과들의 세세한 내용을 제공하여 제품의 상세하고 공정한 평가가 진행될 수 있도록 노력하고 있다. 아래는 제품 시험 결과 보고서에서 제공하는 항목이다.

- 제품 일반 정보 : 모델명, 사용 LED, 및 제조사 표시 규격
- 구동 시 제품 외곽 온도
- 광 특성 데이터 : 광속, 광도, 효율
- 배광 특성 : 광도 분포 데이터, 조도 그래프
- 색 특성 : 상관색온도(CCT), 색좌표,  $\Delta uv$ , 연색지수(CRI), 분광 강도 그래프

각 Round의 결과는 다음 사이트에서 찾을 수 있다.

<http://www1.eere.energy.gov/buildings/ssl/search.html>

### 1.3 CALiPER Round 9 구성 내용

Round 9은 2009년 6월부터 9월까지 다양한 기술과 제품을 대표하는 약 30제품에 대해서 평가한 결과를 수록하고 있다. 측정은 Spectroradiometry와 goniopgotometry 두 방식을 모두 사용하였고 IESNA LM-79-80의 기준을 따라 진행하였다.

Round 9에서는 아래의 4개 주요 분야에 대해서 평가가 진행되었다

- 매입 다운라이트(Recessed downlights)
- 2'x2' 트로퍼 및 2'x2' 평판형 등기구
- 4' 직관형 대체용 램프(램프만 시험한 것과 2'x4' 트로퍼에 장착하여 시험한 것)
- 소형 대체용 램프(1,000시간 연속 운용 시험 포함)

특히 아직 완전한 기준이 정해져 있지는 않지만 장거 수명 신뢰성 관련 일부 데이터도 수록되어 주목할 만한 결과로 사료된다.

## 2. Round 9 전체 결과 요약

Round 9에서 측정된 전체 SSL 제품의 효율은 17~79(lm/W)이며 평균 46(lm/W)였다. 지금까지 진행된 결과를 연도별로 정리해 보면 2007년과 2009년 사이에 평균 효율이 2배로 증가하였음을 알 수 있다(그림 1 참조).

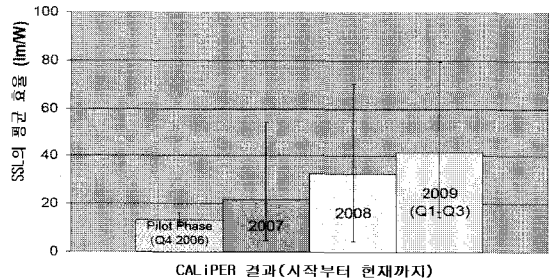


그림 1. 시장에서 구입 가능한 SSL 제품들의 평균 측정 등기구효율은 꾸준히 상승하고 있음(수직선은 측정된 등기구효율의 최고부터 최저 범위를 나타냄)

또한 단순히 효율이 증가 했을 뿐만 아니라 다른 특성들에 대해서도 상당한 개선이 이루어져 왔다. 많은 수의 SSL 제품들이 우수한 색특성을 보여 ANSI에서 규정하고 있는 CCT,  $\Delta uv$  규정을 만족하고 있었다. 또한 매입 다운라이트(Recessed Downlight)와 2'x2' 트로퍼의 경우 기존 제품 대비 확실한 경쟁력을 가지고 있었으며, 소형 대체용 램프 (특히 저전력 대체품) 에서는 일부 제품의 경우 기존 제품 대비 동등 이상의 성능을 보였다. 그러나 아직 4' 형광등 대체용 램프의 경우 T8 대비 경쟁력이 없는 것으로 조사되었다.

### 2.1 매입 다운라이트

5개의 다운라이트가 조사되었으며 콤팩트 형광등(CFL)을 사용한 다운라이트를 비교기준으로 삼았다.

측정한 제품들은 모두 온백색(Warm White)이고 (CCT 2,700~3,400[K]), Ra는 80 이상, 역률은 CFL 2개 및 SSL 5개 중 4개가 0.95 이상이었다.

그림 2에 Round 9에서 측정한 데이터 및 그 동안 측정된 자료와 백열전구 및 CFL을 사용한 다운라이트에 대한 효율 대비 광속 그래프를 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 45~75[W] 백열전구나 할로겐 램프와 비교 시 광속은 동등 이상이면서 효율은 우수한 것으로 나타났으며 일부 제품을 제외하면 CFL을 사용한 다운라이트와 광속이나 효율 면에서 동등하거나 이상으로 나타났다. 또한 일부 제품을 제외하면 광속에서도 CFL 이상이였다.

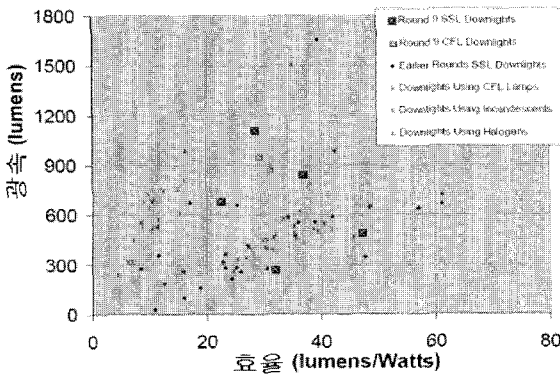


그림 2. SSL 다운라이트와 CFL, 백열전구 및 할로겐 램프용 다운라이트의 성능 비교

또한 광도 값(Center Beam Candela Power, 이하 CBCP), Beam Angle, Energy star 기준과 10[%] 범위 내에서 일치 여부 및 제조사가 성능에 대한 정확한 정보를 제공하였는지에 대해 검사를 실시하였다. 그 결과, SSL에 대한 Energy Star 기준을 적용하였을 때 SSL 제품 3종 및 CFL 2종은 광속이나 효율 미달로 기준을 충족하지 못하였다. 일부 제품의 경우 Energy Star 기준을 만족할 뿐만 아니라 제조사의 정보 표기도 정확하였다. CFL 다운라이트의 경우 절대 측광(Absolute Photometry) 방식으로 측

정한 결과, 표시된 효율보다 상당히 낮게 측정이 되었다. Round 9에서 사용된 CFL의 경우 기존 비교기준 시험에 사용하였던 것보다 높은 와트수를 사용하였으며 이러한 결과는 SSL이 충분히 26[W]나 36[W] 제품 대비 성능에서 경쟁력을 갖추었다고 할 수 있다.

Round 9에서는 SSL이 백열전구나 CFL 대비 광속, 색, 배광 등에서 경쟁력이 충분히 있으며 이제부터는 조금 더 세밀한 성능 예를 들어 눈부심이나 그림자, 또는 신뢰성 등의 추가 특성이 고려되어야 한다고 조언하고 있다

## 2.2 2'x2' 트로피와 2'x4' 트로피용 4' 직관형 대체용 램프

Round 9에서는 2'x2' 형광등 등기구를 교체하기 위한 SSL 제품과 T8이나 T12를 대체하는 형광등 대체용 SSL 제품의 2가지 제품군에 대하여 평가를 진행하였다.

그 결과 형광램프를 사용하는 등기구는 현재까지는 가장 효율이 좋을 뿐만 아니라 고성능 트로피와 우수한 안정기를 사용하고 있어 SSL에 있어 가장 도전하기 어려운 것으로 나타났다. 따라서 기존 형광등 제품과 경쟁하기 위해서는 성능을 최적화 한 설계가 필요하며 형광등 대체용과 같이 공간 및 기구적 제약, 광학 설계 한계가 있는 대체용 램프 보다는 등기구 형태(integral luminaires)가 바람직한 것으로 사료된다.

또한 몇몇 형광등 대체용 SSL 제품은 형광램프에 사용되는 안정기를 사용하게 되어 있으며, 이 경우 제품 설치 시 안정기 제거는 불필요하지만 SSL 램프 전용 구동장치를 사용하는 것 보다 효율이 10~20[%] 떨어진다. 이러한 이유로 대부분의 형광등 대체용 SSL 램프는 기존 안정기와의 결선을 피하고 전용 구동장치를 사용하게 하여 효율을 높이고 있으나 이러한 경우 UL 안전 인증에 심각한 영향을 줄 가능성이 있다.

그림 3에 4' 형광등 대체용 램프 측정 결과를 기준

의 SSL 램프 측정 결과와 고효율 형광등 측정 결과들과 함께 나타내었다. T8 형광램프를 사용하고 있는 등기구의 경우 효율이 63~69(lm/W)를 보이고 있으나 대부분의 SSL 램프의 경우 광속이 반 이하이고 효율 또한 낮았다. 파라볼릭 루버 등기구에서 4' SSL 램프의 광효율은 평균 85[%]였으며 최근 한 제조사가 제출한 제품의 경우 광속 3,000(lm), 효율 61(lm/W)로 상당히 기존의 제품 성능에 근접하고 있으나 시중에서 구할 수 있는 제품은 아니었다.

트로퍼에 사용된 48" 대체용 램프의 종합 등기구 성능

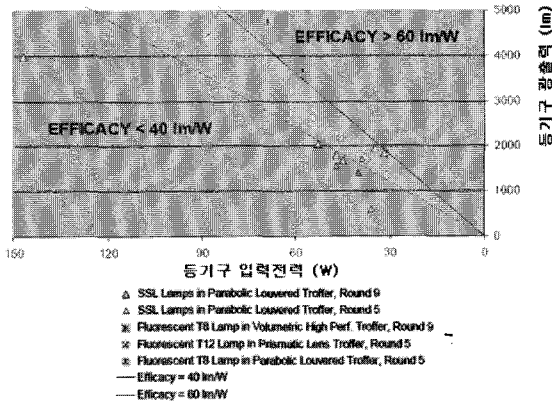


그림 3. 4' SSL 대체용 램프와 형광램프를 장착한 트로퍼의 등기구 광출력과 입력전력

그림 4에 2'x2' SSL 제품 결과를 2'x2' 형광등 등기구, 이전 CALIPER 결과들 및 2'x4' 형광등 등기구 결과와 함께 나타내었다. 그림 3의 결과와는 대조적으로 2'x2' SSL 제품은 2'x2' 형광등 등기구에 비하여 광속이 높고 평균적으로 효율도 높았다. 그러나 2'x4' 등기구에 비해서는 아직 광속 면에서는 낮았으나 일부 제품의 경우 효율은 오히려 높게 평가 되었다. 이러한 결과를 볼 때 2'x2' 등기구에 있어서 SSL 램프가 형광램프 사용 등기구에 비하여 확실한 경쟁력을 갖추었다고 볼 수 있다. 광속, 효율 이외의 다른 성능들에 대해서는 아래에 다시 자세히 설명하도록 하겠다.

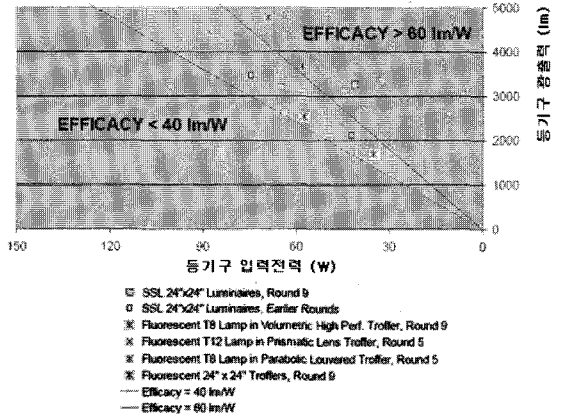


그림 4. 2'x2' SSL 등기구와 형광램프 트로퍼의 등기구 광출력과 입력전력

### 2.2.1 4' 직관형 대체용 램프 시험 상세

7개의 형광램프 대체용 램프 및 비교기준 시험을 실시하였으며, 시험은 램프 자체 특성 평가 및 등기구(12-cell 파라볼릭 루버 트로퍼)에서의 성능 측정도 병행하였다. 역률은 0.59~0.99로 상당히 넓은 범위를 보이고 있고 CCT 범위는 2,990~4,650(K)이었다. 형광램프의 경우 CRI가 83인 반면에 반 이상의 제품에서 매우 낮은 CRI를 나타내었고(Ra 63~72) 최고 CRI는 76이었다. 대부분의 형광램프 제조자들은 잘못된 제품 정보를 표기하였는데 광속은 50[%], 효율은 30~50[%] 높게 표기하였으며 CRI도 80이상이라고 하였으나 반이상의 제품이 60대 중반 값으로 측정되었다.

형광램프 대비 SSL은 LED 특성으로 인하여 기구에서 광효율이 10~15[%] 높기는 하지만 아직은 광속이 낮고 T8에 비하여 효율도 낮아 형광램프 대체용 램프로서의 가능성을 보이지 못하였다.

### 2.2.2 2'x2' 트로퍼 시험 상세

이 시험에서는 제품의 정보 정확도, 최대 광도 및 배치간격(Space Criteria: 이하 SC), VDT(Video

Display Terminal) 광도제한기준 적합성들에 대한 추가 정보를 수록하였다.

평가된 제품들의 역률은 거의 1.0에 가까웠고, CCT는 3,300~3,600[K]의 범위를 보였다. CRI 범위는 75~93이었는데 일부 제품의 경우  $\Delta uv$ 가 ANSI 규정에서 벗어났다. 배광은 일부 제품을 제외하고 거의 비슷하게 나타났다. RP-1-04(IESNA document for recommended practices for office lighting)에서 규정하는 각도에 따른 광도 제한 규정 중 VDT Normal 규정을 만족하는 SSL 등기구는 없었으며 VDT Intensive 환경에 대한 규격을 만족하는 제품은 형광등 등기구를 포함해 모두 없었다.

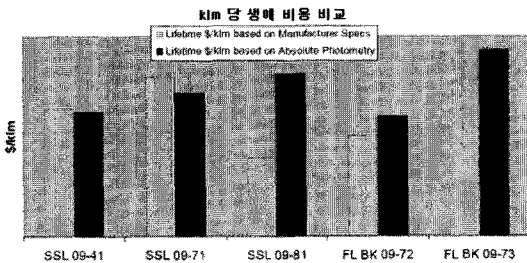


그림 5. 제조사의 성능 데이터와 CALiPER LM-79 시험(절대 측정)결과에 기초한 (klm) 당 생애 비용 비교

이제는 기본 성능에 있어서 SSL 제품들(다운라이트, 2'x2' 트로퍼)은 CFL과 형광등 등기구와 경쟁 가능하기 때문에 자세한 성능 특성과 가격에 대한 고려가 필요한 시점이 되었다. 가격 비교 시에는 초기 램프 비용, 기대 수명, 수명 시간 동안의 전기요금, 설치 개수 및 비치, 평균 광속, 교체 비용 등이 고려되어야 한다. CALiPER 측정 결과 및 CALiPER 측정자료들의 구매 비용을 고려하였을 때 (시장 가격을 대표 하지는 않음), (\$/klm)의 기준으로 보면 형광등 09-72가 가장 낮고 09-73이 가장 크며 SSL 제품은 이 사이에 존재하고 있는 것을 알 수 있다(그림 5 참조).

## 2.3 소형 대체용 램프

Round 9에서는 MR16 램프 1개, PAR 또는 R 타입 램프 4개, A 타입 대체용 및 상들리에 대체용 4개 등 총 9개의 소형 SSL 대체용 램프가 측정되었다. 모든 램프의 색특성은 우수하여 모든 제품이 ANSI  $\Delta uv$  범위 규정을 만족하고 있고, 6개 제품은 CRI가 75보다 낮았다. 역률은 5개 제품이 0.7 이하였고, 0.5 이하의 제품도 존재하였다. 9개 중 2개 제품이 제조사 표시 성능을 만족하고 있지만 제조자에 따라 일부 제품의 경우 10~20[%] 정도 성능을 과장하였고, 일부는 100[%]이상 과장하는 제품들도 있었다.

### 2.3.1 MR16 대체용 램프

측정된 MR16 램프의 색특성은 온백색(CCT 3,014[K])에 CRI 76이였으며 효율은 50(lm/W)로 우수하였다. 그러나 35[W] 할로겐 MR16 대체용 품이라는 제조사 표시와는 다르게 20[W] 할로겐 대체용품에서 요구되는 CBCP 값의 반정도 밖에는 되지 않았다(그림 6 참조).

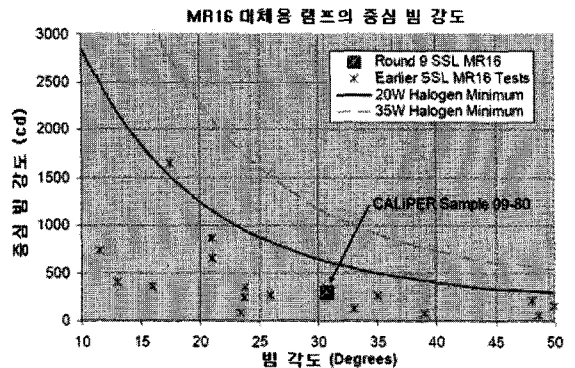


그림 6. Energy Star에서 규정한 할로겐 MR16 램프의 최소 중심 빔 강도와 비교한 MR16 SSL 램프의 중심 빔 강도(할로겐 램프의 강도 수준을 달성하기 위하여 SSL 램프는 교체를 하려 하는 동등 와트수의 목표선 상부에 위치하여야 함)

### 2.3.2 지향성 'PAR'와 'R' 대체용 램프

일반적으로 램프 종류 구분에 있어서 지향성 높은 램프(주로 할로겐 사용)를 PAR, 지향성이 크지 않은 램프(주로 백열등이나 CFL을 사용)를 R로 부르는 것이 SSL 램프에서는 명확하지는 않지만, Round 9에서는 2종의 R 램프와 2종의 PAR 램프가 측정되었다. 그 결과 어떤 제품의 경우 제조사 표시 제품 성능을 상회하였으나, 다른 제품의 경우 광속과 광효율은 제조사 표시와 비슷하였지만 75(W) 백열전구 대체라고 한 부분은 40~50(W) 백열전구 성능과 비슷하였다. 3(W) R30 제품 및 5(W) PAR38 제품은 성능이 매우 열악하였으며 R30 램프의 경우 CRI 84 및 CCT 6,500[K]이라고 하였으나 측정결과는 CRI 71 및 CCT 5,554[K]였고, 역률도 0.5 이하였다.

그림 7에서 보면 알 수 있듯이 최소 CBCP 값을 기준으로 하였을 때 이번에 측정된 램프들은 45~75(W) 대체용 제품이라고 하였으나 35(W) 할로겐 PAR20 정도에 해당하는 제품이었다.

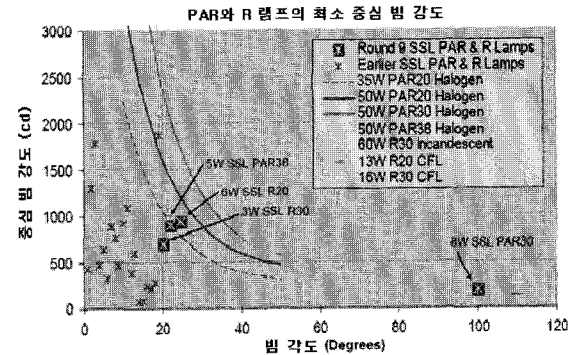


그림 7. Energy Star에서 규정한 할로겐 PAR 램프의 최소 중심 빔 강도, 백열전구 및 CFL R램프의 시험값과 비교한 SSL PAR와 R 램프의 중심 빔 강도(할로겐 램프의 강도 수준을 달성하기 위하여 SSL 램프는 교체율 하려 하는 동등 와트수의 목표선 상부에 위치하여야 함)

### 2.3.2 확산형 대체용 램프

전구형 제품은 2개의 A 타입 전구와 2개의 상들리에 전구가 시험되었고 CCT는 2,643[K]에서 2,960[K]으로 모두 온백색이었으며 CRI는 80을 넘은 제품 2개와 67 및 59로 매우 낮은 2개의 제품이 있었다. 어떤 제품의 경우 표시 성능(광속/효율)은 일치하나 40(W) 백열전구 대체용(Energy Star 기준으로 450(lm) 이상 필요)이라는 표시는 잘못되었고, 다른 제품은 소매점에서 40(W) 대체용으로 판매되고 있으나 67(lm)으로 매우 낮은 광속 값을 나타내었다. 또 다른 제품의 경우 “15(W) 백열전구보다 소비 전력이 낮음”이라고 표기하였으나, 더 정확하게 “15(W) 백열전구 대비 전력은 1/8을 소모하지만 광속은 1/3~1/2 수준임”이라고 명시하는 것이 바람직하다. 배광의 경우 2개 제품은 위쪽 방향으로 20~30(%), 아래 방향으로 70~80(%) 가는 배광을 가지는 반면, 나머지 두 제품은 위쪽 방향으로 5~15(%), 아래 방향으로 85~95(%)의 배광을 보여 Energy Star 기준에 적합하지 않았다.

광속 및 효율면에서 전구형 SSL 램프는 효율은 백열전구에 비하여 우수하였으나 CFL 대비 다소 낮았으며 광속은 백열전구 및 CFL 대비 낮아 대체용으로 사용하기 위하여는 광속 증가가 필요함을 알 수 있었다.

### 2.4 탁상 램프

탁상용 램프는 1개가 측정되었는데, 작업용(Task) 램프에 대한 Energy Star의 최소 광속, 효율, 및 색상 규정은 만족하고 있으나 역률이 0.47로 낮고 대기 전력도 0.52(W)로 상당히 커 Energy Star 규격 인증이 어려운 제품이었다. 특히 대기 전력이 높아 하루 24시간 사용 시에는 28(lm/W)이지만 하루 3시간 사용할 경우 19(lm/W)로 효율 감소하며 하루 1시간 사용의 경우 11(lm/W)로 효율이 상당히 감소할 수 있음에 주의하여야 한다. 참고로 지

급까지 CALiPER에서는 Energy Star 기준을 통과 하는 작업용 램프는 없었다.

## 2.5 신뢰도 : 광속감퇴 시험

CALiPER에서는 등기구나 대체용 램프 등과 같은 많은 수의 제품들에 대하여 장기 신뢰성 시험을 진행하고 있으며, 다양한 종류의 LED 광원, 열관리 디자인, 드라이버 기술 및 광학 등 모든 기술이 통합된 장기 신뢰성을 관찰하기 때문에 칩 또는 패키지의 장기 신뢰성을 검증하는 LM-80과 시험 목적 및 방법에서 동일하지는 않다. 그러나 LED 등기구 및 대체용 램프에 대한 명문화된 측정 방법은 현재 없기 때문에 CALiPER에서는 표준안(Draft Standards)을 만들어 여러 시험 기관들 및 산업계와 연계하여 적절한 시험 방법을 개발하려고 노력하고 있는 중이다.

본 시험에서 사용한 방법은 아래와 같다

- 점조도 측정을 통한 광속 관찰
- 6,000시간 또는 이상 장시간에 대해 500시간 단위로 측정
- 0시간과 6,000시간에 대해 LM-79 시험방법으로 시험 보장
- 광속 저하가 빠른 제품에 대해서는 측정 간격을 줄여서 측정

이러한 시험을 통해서 상당히 길 것으로 예측되는 LED 제품의 수명을 예측하고 수명 특성을 파악하고, 고장 모드 파악 등을 할 수 있을 것으로 기대한다.

시험이 진행 중인 램프 중 몇 개의 경우 상당히 수명이 짧은 것으로 나타났으며 광속의 70(%)를 수명으로 정의하는 L70을 적용하였을 때 3개의 제품이 500시간 이하로 측정되었다.

이 3개의 제품들은 수개월 동안 소매점이나 온라인 배급업자를 통해서 판매된 것들이며 수명은 30,000시간으로 백열등 대비 10~15 배의 수명을 가진다고

표시한 제품이었으나 L70 수명 기준으로 상온에서 500시간 이하의 수명을 나타내었다. 이렇게 짧은 수명의 제품이 시장에 있는 제품의 전체 특성은 아니며, 현재까지 CALiPER에서 수행중인 15종 제품 측정 중 나쁜 경우에 해당된다. 그러나 LED 조명의 수명이 넓게 분포되어 있는 것은 LED를 일반 조명으로써 사용하는 구매자에게 매우 나쁜 영향을 미치게 되며 이런 초기 품질 문제는 SSL 램프의 장기적인 잠재력에 악영향을 미치게 될 것으로 생각된다.

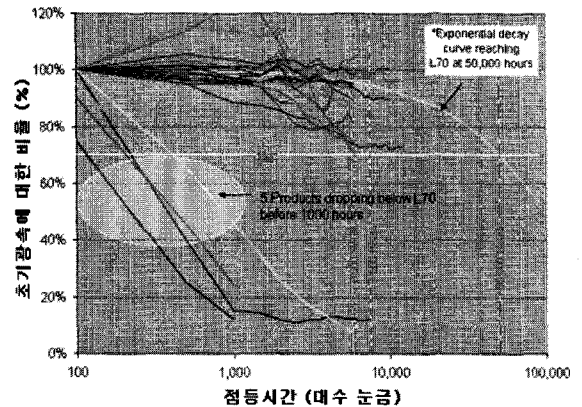


그림 8. 26개 CALiPER 등기구와 교체용 램프의 장기 광속 감퇴곡선. 점조도 측정에 기초함

그림 8에서 알 수 있듯이 대부분의 SSL 램프는 26개 제품 중 5개를 제외하고는 매우 급속한 광속 감소는 보이지는 않았다. 그러나 다섯 개 제품은 1,000시간 이하의 수명을 나타내었으며 이러한 제품 5개 중 4개는 포탄형 LED를 사용한 제품(직경 5[mm] LED, SMD 타입의 LED가 아님)이었다. 따라서 LM-79 에서 SSL 램프는 에이징 없이 시험을 수행하는 것으로 되어있으나, 간이로 수명을 예측하기 위해서는 0, 500, 1,000시간에 대한 시험을 진행하는 것이 바람직하며 이렇게 간이로 수명을 점검하는 것이 완전히 수명을 예측하는 방법은 아니지만 대략적인 수명 예측을 가능하게 하는

데 1,000시간 안에 약 5(%)이상의 광속 감소가 일어나는 것은 적신호이며 추가 시험이 필요하다고 할 수 있다.

### 3. Round 9의 결론

이상에서 살펴본 바와 같이 CALiPER의 Round 9 시험 결과에서는 몇몇 제품에 있어서는 확실히 SSL 기술이 더 효율적임을 보여 주었다. 매입 다운라이트 및 2'×2' 트로퍼 등기구에 대해서는 많은 수의 SSL이 기존 제품대비 상당한 경쟁력 있고, 대체용 램프는 매우 미묘한 결과를 보여주어 평균 효율은 증가하고 있으나 대부분의 램프가 광속, 광도에 있어서 백열전구, 할로젠 램프 대비 만족할 만한 수준이 되지 못하고 있었으며 일부 제품의 경우 L70이 500시간도 되지 않는 매우 짧은 수명의 제품도 있었다. 특히, 4' 직관형 대체용 램프는 4' T8 형광램프 대비 광속 및 효율 수준을 만족하지 못하였다. 또한 아직도 전반적으로, 측정한 제품의 1/3 정도만 제품의 대체용품 표기 및 성능 표시가 정확하였으며 약 1/3 정도의 제조자는 성능을 10~20(%) 정도 과장하여 표시하였고 나머지 제품은 성능을 표시하지 않거나 매우 과장되게 표시하고 있었다(100(%) 이상). 이러한 과장 표기는 기대 성능에 대한 소비자의 불만을 야기하여 매우 큰 영향을 미칠 것으로 보이고 특히 5[mm] LED를 사용한 제품의 경우 1,000시간 동작 후 광속이 매우 낮은 수준까지 떨어져 이러한 불만족은 SSL 시장 잠재력에 악영향을 줄 것으로 생각된다.

따라서 CALiPER에서는 이러한 잠재적 악영향 요소들에 대해서 지속적으로 제조자, 판매자, 및 표준위원회와 공동으로 협력할 예정이며 Round 9의 결과를 바탕으로 Energy Star 기준 또는 조명 성능표시 프로그램(Lighting Fact Labeling Program)의 기준 증진 및 확장을 위한 노력에 사용될 예정이다.

지금까지 CALiPER Round 9 결과 통해서 전체 조명시장을 LED 램프로 교체하기 위해서는 단순히 광속, 효율뿐만이 아니라 여러 가지 고려해야 할 부분이 많음을 알 수 있었고, 특히 초기 시장 진입에서 사용자에게 신뢰를 주는 것이 중요하며 이를 위해서는 각 업체들에서 현재 자주 발견되는 제품 성능 표시 과장 부분과 장기 신뢰성 확보 부분에 있어서는 산업계의 노력과 제도적 장치의 보완이 필요하다고 하겠다.

#### ◇ 저 자 소개 ◇



**김현하(金賢夏)**

1969년 1월 14일. 1995년 1월~2007년 12월 LG전자기술원 소자재료 연구소. 2007년 1월~2009년 12월 디지털 디스플레이 연구소. 2009년 1월~현재 LG전자기술원 LED 조명 Task(수석연구원).



**이정수(李政洙)**

1962년 8월 23일. 1993년 6월~2004년 12월 LG전자기술원 소자재료 연구소. 2005년 1월~2008년 12월 LG전자기술원 LED연구실 연구위원(상무). 2009년 1월~현재 LG전자기술원 LED조명 Task(상무).



**장우진(張禹鎭)**

1956년 5월 13일생. 1979년 서울대학교 공과대학 전기공학과 졸업. 1981년 서울대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1989년 서울대학교 대학원 전기공학과 졸업(박사). 현재 서울산업대학교 전기공학과 교수. 본 학회 부회장.