



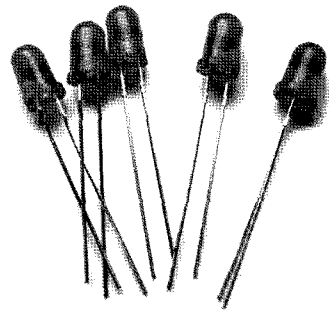
# 4W LED 컨버터 외장형 램프의 정상 및 가속조건에서의 신뢰성 평가



박창규 박사  
한국조명기술연구소 신뢰성평가센터

## 1. 서론

LED를 활용한 4W LED 컨버터 외장형 램프에 대한 가속시험 방법과 결과분석 내용을 참고하여 정상조건(25℃ 환경, 정격인가)과 가속조건(60℃, 90%RH, 환경, 정격인가) 즉, 정격인가된 4W LED 컨버터 외장형 램프를 서로 다른 환경조건에서 동작시험을 수행하였다. 특히 환경시험 장비를 이용하는 가속시험에서의 광 특성 측정은 LED 램프의 케이스 온도를 24시간 내에 안정화시킨다. 이 LED 램프를 정격인가하여 케이스 온도가 안정화 될 때까지 Aging 시킨 후 광 특성을 측정한다. 측정 후 다시 시험 장비에 투입한다. 이를 반복하여 얻어진 가속조건에서의 열화데이터와 정상조건에서의 열화데이터를 이용하여 신뢰성 척도 추정 및 검정에 관한 내용을 본고에 제시하고자 한다.



## 2. 신뢰성 시험 결과 분석

### 2.1 열분석

LED 램프를 개발할 경우 두 가지를 고려하여야 하는데, 첫 번째는 LED 램프에 적용되는 전자부품들의 열을 최소화하기 위해 Derating(부하경감) 설계를 적용하는 것이다. 이 설계에 의해 램프의 수명에 영향을 끼치는

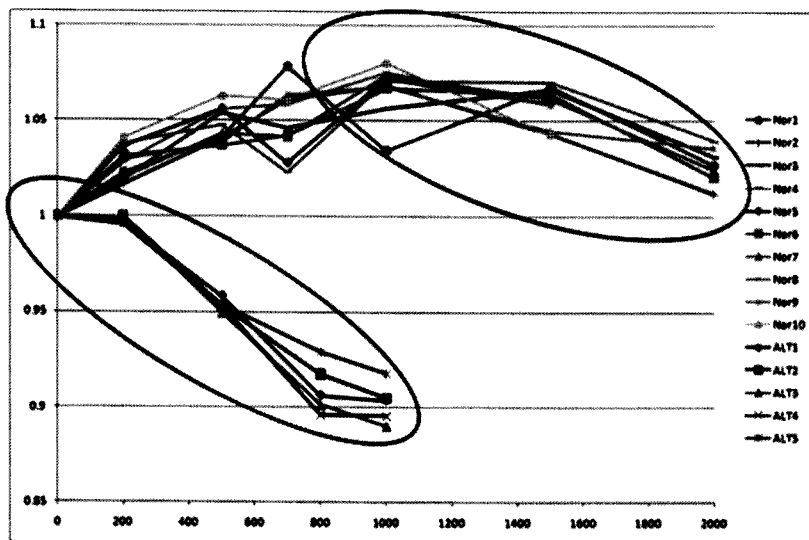
전자부품의 수명을 연장할 수 있어 LED 램프의 수명을 길게 만들 수 있다는 장점이 있다. 두 번째는 내부 열을 빠르게 외부로 방출시키는 열 설계가 적용되어야 한다. 여기에서는 방열 소재와 표면처리 등의 기술이 적용되어야 한다. 이러한 LED 램프의 방열 문제는 LED 소재 또는 제품이 반드시 해결해야 하는 문제로 부각되고 있으며, 현재 LED 램프의 소형화 및 경량화 제품개발에 따라 방열 소재는 가볍고, 제조가 간단하며, 방열이 잘 되는(낮은 온도차) 소재 개발로 빠른 진행을 하고 있다. 요즈음 플라스틱 소재 등을 적용한 경량화와 열전도도가 좋은 탄소소재 등의 신소재 개발이 활발히 진행되고 있다.

또한 적절한 방열 소재와 면적을 적용하기 위해서는 조명 모듈의 열저항값 측정방법과 기준을 표준화 하는 것이 시급하다. 기회가 된다면 LED Module의 열저항 측정방법에 관한 내용을 기고할 예정이다.

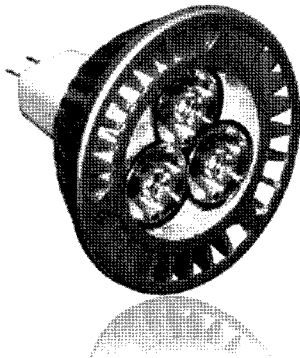
## 2.2 열화데이터 분석

정상조건과 가속조건에서 얻어진 열화데이터의 고장시간은 광 특성이 초기값 대비 0.7(초기값 대비 70%) 이 되는 시점으로 정한다. 가속시험에서 얻어진 열화데이터의 열화모델에 대한 모델식과 신뢰성 척도는 지난 호에 나타내었으니 참고하기 바란다. 본고에서는 정상조건과 가속조건에서의 비교분석을 중심으로 내용을 전개하고자 한다.

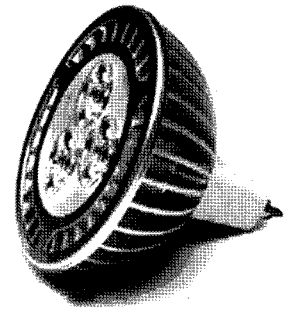
〈그림 1〉은 정상조건과 가속조건에서의 열화데이터를 그래프로 나타낸 것이다. 붉은 원으로 표시한 부분의 기울기가 두 조건에서 광 특성 열화가 비슷하게 진행되고 있음을 알 수 있다. 왜 이 부분을 고려하여야 하는지는 〈표 2〉를 살펴보기 바란다.



〈그림 1〉 열화데이터 및 모델



# 4W LED



두 조건에서의 열화데이터를 이용하여 신뢰성 분석을 수행한 결과를 <표 1>에 나타내었다. 이 때 가속계수는 정상조건에서의 평균수명 나누기 가속조건에서의 평균수명(10,494.08/3,073.9=3.4)으로 3.4의 값을 갖는다. 즉 정상조건에서의 신뢰성 평가보다 가속조건에서의 신뢰성 평가가 3.4배 가속으로 고장을 일으킨다고 해석할 수 있다. 물론 추정하는 값( $B_5$ ,  $B_{10}$ , 평균수명 등)에 따라 가속계수는 달라질 수도 있다. 본고에서는 LED 램프를 사용하는 일반 소비자가 쉽게 이해할 수 있는 평균수명을 기준으로 정하였다.

<표 1> 정상조건과 가속조건에서의 설계수명( $B_{10}$ )과 평균수명 추정

Distribution		Lognormal
Parameters	mean	9.23
	std	0.25
$B_{10}$		<b>7,383.74</b>
MTTF		<b>10,494.08</b>

[정상조건]

Distribution		Lognormal
Parameters	mean	8.019
	std	0.148
$B_{10}$		<b>2,514.24</b>
MTTF		<b>3,073.90</b>

[가속조건]

특히, 열화데이터를 이용한 고장시간을 추정할 경우 어느 시점을 기준으로 하느냐에 따라 추정된 수명의 차이가 많이 다르다. 다음 <표 2>은 LED 패키지 정상조건 열화데이터를 이용한 수명 추정에서 100시간(KS

규격에서 주어진 Aging 시간), 1,000시간(LM-80-08 (Electrical & Thermal Conditions)에서 주어진 시간), 최대값을 기준 시점으로 하였을 경우 서로 다른 수명차이를 보여주고 있다. 이 때 1,000시간과 최대값 기준으로 수명을 추정할 경우 그 차이가 비슷하게 나타났으며, 초기값에 가까운 값을 기준으로 수명을 추정할 경우 수명이 길어지는 경향을 있음을 알았다. 따라서 LED 램프의 수명을 추정할 경우 최대값을 기준으로 하는 것이 적합하다 하겠다.

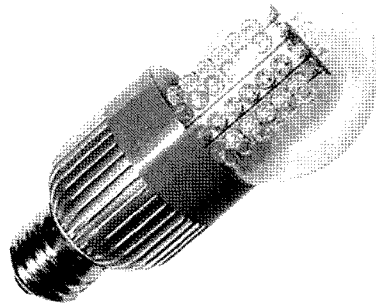
〈표2〉 기준 시점별 평균수명의 차이

기준값	광 특성 열화 모델		수명분포	평균수명	비율	△Time	
	Exponential Model	L70					
100hrs 기준 변화율	Y = 1.01*exp(-2.00E-06*X)	upper	37,254.8	Lognormal	202,221.9	5.08	+16637.2
		<b>Median</b>	<b>185,584.7</b>				
	4.547	Lower	123,361.5				
1,000hrs 기준 변화율	Y = 1.01*exp(-9.00E-06*X)	upper	46,235.9	Lognormal Normal	39,830.3 39,776.5	1.00	-982.8
		<b>Median</b>	<b>40,813.1</b>				
	1.00	Lower	33,356.6				
최대값 기준 변화율	Y = 1.01*exp(-9.00E-06*X)	upper	46,235.9	Lognormal Normal	41,087.7 40,950.7	1.03	+318.6
		<b>Median</b>	<b>40,769.1</b>				
	0.9989	Lower	33,158.4				

### 2.3 가속수명시험 결과

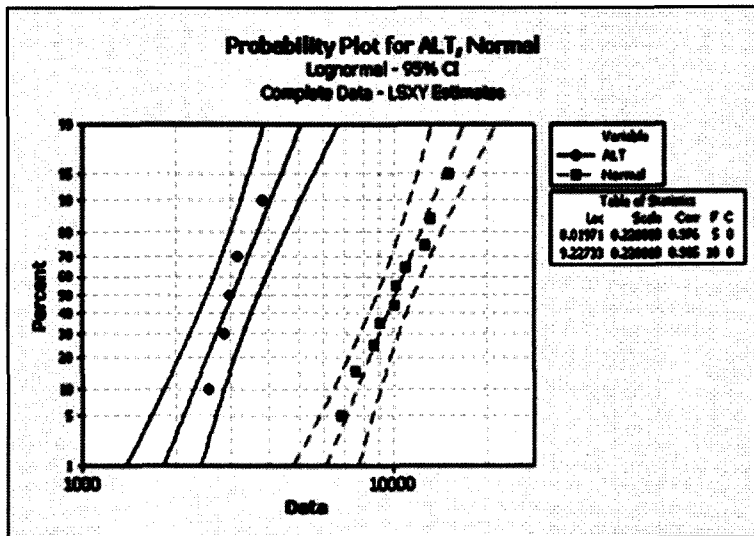
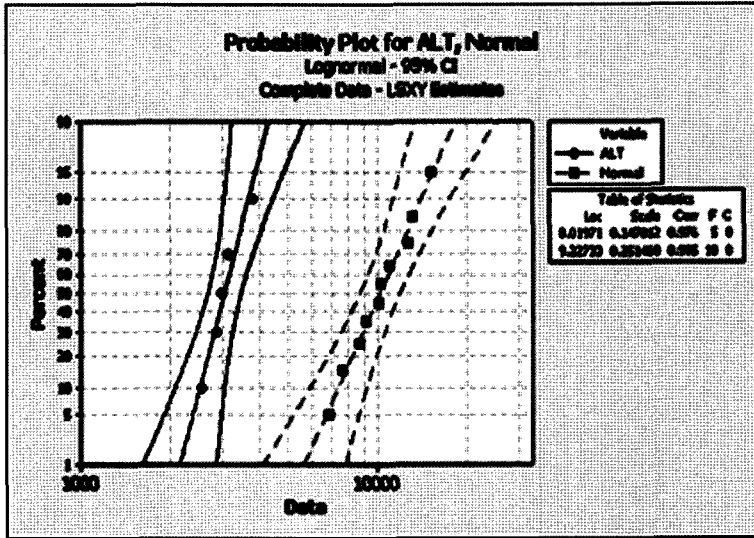
추후 정상조건에서의 장시간 시험을 진행하지 않고 가속조건에서 수행한 열화데이터만을 이용하여 정상 조건에서의 수명을 추정하려 한다면 통계적 검정(적합성 검정)을 거쳐야 한다. 즉 정상조건과 가속조건에서의 검정(수명분포의 모수가 동일 한지 검정하는 것)이 유의하다면 시험을 통한 두 조건에서의 고장메커니즘이 다르며, 또한 시험이 잘 진행되었는지 확인하여야 한다.

정상조건과 가속조건에서 대수정규분포 척도 모수의 적합성 검정결과 P-value 값이 23.6%로 두 조건에서의 척도모수가 동일함을 알 수 있다.





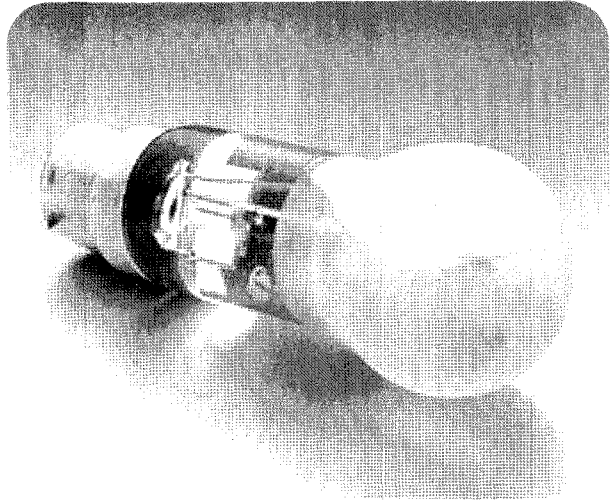
서 정상조건에서의 고장메커니즘과 가속조건에서의 고장메커니즘이 물리적으로 동일하게 일어나고 있음을 알 수 있다.



<그림2> 정상조건과 가속조건에서의 적합성 검정과 대수정규 확률지

### 3. 결론

본고에서는 정상조건과 가속조건에서의 신뢰성 비교분석 절차와 결과를 알아보았다. 앞으로 동일한 고장메커니즘이 발생된다면 즉, 동일한 부품리스트와 구조로 제조된 LED 램프인 경우 가속시험만을 진행하여 가속시험에서의 수명을 추정하고 그 수명 값에 가속 계수를 곱하여 정상조건에서의 수명을 얻을 수 있다. 이때 가속조건에서의 수명분포가 대수정규분포이어야 하며, 척도모수는 기존 열화데이터에서 얻어진 신뢰구간 안에 위치되어야 한다. 그렇지 않을 경우는 가속시험에서의 수명으로 정상조건에서의 수명을 추정할 수 없다. 따라서 열화데이터를 이용한 신뢰성 분석 시 고려하여 할 사항은 분포와 모수의 비교·검정이 항상적으로 진행되어야 한다.



그리고 개발단계를 거친 동일한 LED 램프가 지속적으로 양산된다면 시장에 출하하기 전, 가속조건에서의 신뢰성 시험으로 제품 신뢰성보증시험 설계를 수행할 수 있다. 보증시험설계를 수행할 경우 필요한 정보는 보증하고자 하는 수명, 수명분포, 분포의 모수 값, 시료 수(또는 시험시간-시료 수를 알면 시험시간으로 추정할 수 있고, 시험시간을 알면 시료 수를 추정할 수 있다.) 등이 필요하다. 이처럼 시간 관점에서의 특성 변화나 성능을 알고 기록을 전산 DB화 한다면 제품 개선과 고장발생 시점 그리고 간단하고 최적화된 시험설계를 진행할 수 있기 때문에 항상 정보를 기록하는 습관을 가지는 것이 중요하다.