

적외선전구의 분광에너지분포 및 온도상승 측정

한종성<세경대학 전기과 조교수>

김기훈<강원대학교 전기공학과 대학원 박사과정>

황남극<강원대학교 전기공학과 대학원 석사과정>

허남돈<강원대학교 전기공학과 대학원 석사과정>

박시흥<(주) 인터히트 대표이사>

김 훈<강원대학교 전기전자정보통신공학부 교수>

1. 서론

적외선전구는 가시광선은 적게 방출하나 열적 효과를 갖는 적외선을 다량으로 방출함으로써, 국소 부위의 보온이나 가열의 목적으로 사용된다. 그 중에서도 전구의 표면에 레드코팅(Red Coating)을 한 遠적외선전구는 축산용 熱전구로서 유럽과 미주 지역 등 거의 전세계에서 방대한 시장을 형성하고 있으며, 국내에서는 주로 의료용 적외선 온열치료기에 사용되고 있다.

적외선전구는 적외선 복사특성을 강화한 백열전구로서, 모든 백열전구는 적외선 복사를 효과적으로 발생시키고 있으며, 입력 에너지의 대부분을 적외선 에너지로서 방출시킨다. 일반적으로 텅스텐 필라멘트 적외선전구의 적외선 복사효율은 니크롬선을 사용한 히터에 비해 약 2.5배정도 높고, 색온도 2500 [K]에서 입력에너지의 약 80[%] 정도의 적외선 복사효율을 갖는다. 또한 일반 조명용 백열전구는 점등시 필라멘트의

색온도가 2500 [K] ~3000 [K] 정도로 설계된 것에 비해 적외선전구는 2000 [K] ~2500 [K] 정도로서 낮은 광출력과 긴 수명을 갖도록 설계되어 있다[1,2].

이와 같이 필라멘트 온도를 낮추어 적외선 복사특성을 강화시킨 것이 적외선전구이므로, 일반 백열전구와 적외선전구는 다른 수명특성을 갖고 있다. 즉 전구의 수명을 좌우하는 것은 일반 백열전구에서는 텅스텐 필라멘트이지만, 적외선전구에서는 이와 달리 내부의 스템유리가 관건인 바, 일반 백열전구와는 달리 자체에서 발산하는 높은 열로 인해 필라멘트의 수명이 다하기 전에 내부의 스템유리가 녹으면서 필라멘트보다 먼저 끊어져 버리는 근원적인 문제점을 안고 있다. 다시 말해서 스템유리를 필라멘트에서 발산되는 고열로부터 보호하는 기능이 없이, 필라멘트에 그대로 노출되도록 방치하여 스템유리가 필라멘트로부터

복사되는 열을 고스란히 받고 있으므로, 그 고열에 스템유리가 녹아서 크랙이 발생하고 그 틈새로 외부의 공기가 스며들어 필라멘트가 끊어지는 흑화현상을 초래한다. 특히 적색코팅을 한 원적외선전구는 레드색깔의 불투명성이 전구 내부의 열을 외부로 쉽게 방출되지 못하도록 잡아둠으로 인하여, 이 열이 스템유리에 심각한 영향을 미쳐 원적외선전구의 수명을 단축시키는 결과를 초래한다.

따라서 제품의 형상, 용적 등에 따른 수명과의 관련성을 연구하여 장수명의 램프를 만들 필요가 있다. 더 나아가 적외선전구의 열적 효과에 대한 연구도 활발히 수행되어 고품질의 최적화 된 제품의 생산으로 이어져야 되리라 생각된다.

이에 본 연구에서는 적외선전구의 고품질화와 수명 연장을 위한 연구의 일환으로서 현재 국내외에서 상용중인 여러 가지 적외선전구를 대상으로 ①분광에너지분포, ②온도상승 효과 및 온도분포, ③전구의 구조 및 형상에 따른 전구의 표면온도상승 등을 측정하여 비교 분석하여 보았다.

2. 적외선과 온도복사

전자파나 입자의 형태로 에너지가 전달 또는 방출되는 과정을 총칭하여 輻射(Radiation)라고 하며, 특히 빛의 형태로 에너지가 복사되는 것을 광복사(Optical Radiation), 열에너지가 복사되는 것을 온도복사 또는 열복사(Thermal Radiation)라고 부른다. 빛은 물리적으로는 전자파 또는 입자의 형태로 전달되는 에너지의 일부이지만, 인간의 눈에 의해서 생리적 에너지로

변하여 뇌에 지각시키는 감각이기도 하다. 전자파에는 파장이 대단히 짧고 높은 에너지를 갖는 우주선이나 γ 선에서부터 파장이 긴 교류 전력파에 이르기까지 광범위하게 분류되고 있으며, 그 파장의 차이에 따라 물리적 작용과 화학적 작용이 다르고 생물에 대한 생리적 작용 역시 다르다[3].

눈에 빛의 감각을 일으키는 가시광선은 380[nm]~780[nm] 파장 범위의 전자파이다. 380[nm] 보다 짧은 파장의 자외선은 광화학작용을 일으켜서 물체의 퇴색이나 변색과 같은 손상을 일으키거나 살균작용 등을 하고, 적외선은 가시광선보다 파장이 길고 마이크로파보다는 파장이 짧은 강한 열적 작용을 갖는 복사선을 말한다. 일반적으로 적외선의 파장대역은 0.78[μ m]~1,000[μ m]의 범위로 규정하고 있으며, 이를 국제조명위원회(Commission Internationale de l'Éclairage; CIE)의 규정에 따라 3가지 파장대역으로 분류하면 0.78[μ m]~1.4[μ m] 영역을 근적외선, 1.4[μ m]~3[μ m]를 중적외선, 3[μ m]~1,000[μ m]까지를 원적외선으로 구분한다[1,4].

물질의 온도가 상승하면 물질을 구성하고 있는 분자나 원자가 여기상태로 된다. 여기상태는 불안정한 상태이며 분자나 원자는 에너지를 방출함으로써 안정한 상태로 되돌아가려고 한다. 이때에 전자파 형태의 에너지를 방출한다. 이러한 현상을 온도복사(열복사)라고 하며 주로 분자내의 여기에 기인한다. 온도복사 중에서도 고체와 기체에서는 복사스펙트럼에 차이가 있으며, 텅스텐과 같은 고체의 경우에는 고온에서 가시광선 영역으로부터 적외선 영역에 걸쳐 연속스펙트럼의 형태를 띠게 되고, 분광에너지분포는 온도에 따라 결정된다

[3,4,5].

적외선의 발생은 물체의 온도복사에 의한 것이다. 적외선을 발생시키려면 물체를 다른 열원으로부터 직접 가열하던가, 또는 열 매체를 통하여 그것으로부터 유효한 적외선 복사를 발생시키는 등의 방법이 있다. 따라서 적외선영역에서 높은 복사율을 갖는 물질을 적당한 온도로 가열하면 적외선 복사체를 실현시킬 수 있다. 이상적인 온도 복사를 하는 물체를 흑체(Black Body)라 하며, 이것은 가상의 완전복사체이다. 이러한 흑체의 복사특성을 바탕으로 성립된 온도복사에 대한 이론은 다음과 같다.

흑체의 복사발산도의 분광밀도, 즉 분광 복사발산도(Spectral Radiant Existence)와 온도와의 관계는 플랑크의 복사법칙(Planck's Radiation Law)으로 나타낼 수 있다[1,4,6]. 이 플랑크의 복사법칙은 흑체로부터 복사되는 에너지의 분포상태를 설명하는 것으로서 흑체의 온도복사에서 그의 분광복사가 온도와 더불어 변화함을 나타낸 것이다. 파장 λ [nm]의 분광복사속의 발산도 $S_\lambda(\lambda, T)$ 는 온도 T [K]에서

$$S_\lambda(\lambda, T) = \frac{c_1 \lambda^{-5}}{\exp\left(\frac{c_2}{\lambda T}\right) - 1} [W \cdot m^{-2} \cdot \mu m^{-1}] \quad (2-1)$$

$$c_1 = 2\pi^5 h c^2 = 3.7418 \times 10^{-22} [W \cdot \mu m^2]$$

$$c_2 = hc/k = 1.4388 \times 10^{-2} [m \cdot K]$$

$$h = 6.626 \times 10^{-34} [J \cdot s] \text{ (플랑크 정수)}$$

$$c = 2.998 \times 10^8 [m/s] \text{ (빛의 속도)}$$

$$k = 1.380 \times 10^{-23} [J/K] \text{ (볼츠만 정수)}$$

로 된다.

그리고 완전복사체의 복사발산도(복사에너지)와 온도와의 관계는 스테판-볼츠만(Stefan-Boltzman's Law)의 법칙으로 설명할 수 있다. 볼츠만은 빛의 전자파설을 응용하여 이론적으로 이상적인 흑체의 단위표면적으로부터 단위시간에 복사되는 전체복사에너지 $S(T)$ 는 그 흑체의 절대온도 T[K]의 4제곱에 비례한다는 법칙을 유도하였다. 이러한 사실이 이전에 스테판에 의하여 최초로 제창된 것이므로 이를 스테판-볼츠만의 법칙이라 하며, 다음의 식으로 표현된다[4,6].

$$S(T) = \sigma T^4 [W \cdot m^{-2}] \quad (2-2)$$

여기서 σ 는 스테판-볼츠만 정수로 $\sigma = (5.67051 \pm 0.0019) \times 10^{-8} [W \cdot m^{-2} \cdot K^{-4}]$ 이다. 이 스테판-볼츠만의 법칙은 온도가 높아질수록 가속적으로 막대한 에너지가 방출된다는 의미를 내포하고 있다.

물체의 온도가 높아지면 분광복사속의 발산도 $S_\lambda(\lambda, T)$ 의 최대값을 갖는 파장 λ_m 은 단파장 쪽으로 이행한다. 즉 온도가 높아질수록 λ_m 은 짧아진다. 다시 말해서 흑체에서 최대분광복사가 일어나는 파장 λ_m 은 온도에 반비례한다. 이러한 온도와 파장과의 관계는 윈의 변위칙(Wien's Displacement Law)으로 나타낼 수 있다 [4,6]. 즉

$$\lambda_m \cdot T = 2.897756 \times 10^{-3} [m \cdot K] \quad (2-3)$$

로 되며, 이 법칙은 온도에 의하여 복사되는 에너지의 중심파장이 어떻게 변화하는가를 말해주고 있다. 즉 온도가 높아짐에

따라 분광분포곡선의 최대치가 짧은 파장 쪽으로 이동한다는 것을 의미한다.

3. 적외선전구의

분광에너지분포 측정

3.1 측정시스템 구성과 실험방법

본 실험에서는 가시광선에서 원적외선 영역에 이르는 적외선전구의 분광에너지분포를 측정하여, 각종 적외선전구의 상대적인 복사효율을 비교하였다.

분광에너지분포의 측정은 한국표준연구원에서 보유하고 있는 측정장치를 이용하여 380~2600[nm] 파장 범위까지 측정하였다. 그러나 이 파장 범위까지 단번에 측정할 수 있는 장치가 없어 380~930[nm] 범위의 가시광선-근적외선 영역과 1000~2600[nm] 범위의 근적외선-중적외선 영역으로 나누어 각각 다른 측정장비로 측정하였다.

3.1.1 가시광선-근적외선의 측정

측정 공간은 1[m]의 높이를 갖는 사방이 어두운 직육면체로서, 이곳에 0.5[m] 높이로 적외선전구가 설치되고 전구 앞에서 0.4[m] 되는 지점에는 중앙에 1.5[cm]의 작은 구멍이 뚫린 차광판으로 막아놓았다. 차광판의 작은 구멍은 램프와 수평을 이루고 있으며 전구에서 복사되는 빛은 그 구멍을 통하여 센서 역할을 하는 Diffuser로 전달되고 이것을 Spectroradiometer(Instrument System-320D)에서 분광하여 컴퓨터에 전달한다.

3.1.2 근적외선-중적외선의 측정

이 파장범위의 측정은 FT-IR(Fourier Transform-Infrared Spectrometry) 장치를 사용하였으며, 이 장치로 각종 적외선전구의 분광복사효도를 측정하였다. 이 FT-IR 장치의 광학계 제어 및 데이터 처리는 컴퓨터 시스템에 의해 이루어진다. 광학계는 광원, 간섭계, 검지기 및 시료실로 구성되어 있고 시료실은 광원과 검지기 사이에 설치되어 있다.

3.1.3 측정결과에 대한 보정

앞에서 언급한 바와 같이 측정장비의 제약상 측정파장의 범위를 두 영역으로 나누어 특성이 다른 장치로 측정을 한 관계로 상대치가 다른 두 영역의 측정데이터를 서로 합성하기 위해 보정을 행하였다. 380~930[nm] 범위의 측정결과에 대한 보정은 이 영역이 주로 가시광선 영역이므로 가시광선 영역에서 좋은 응답성을 보이는 실리콘 센서를 사용하여 다음과 같은 과정으로 측정치들을 보정하였다.

① 380~930[nm]까지 분광조도계를 사용하여 분광조도를 측정한다.

② 적외선전구를 광속구에 넣고 실리콘 센서로 광속의 상대치를 측정한다.

③ ①번 측정에서 얻은 380~780[nm]의 분광조도값과 비시감도(V_λ) 값을 곱하여 적분한다.

④ ③에서 계산한 값과 ②에서 구한 상대치의 비율이 같도록 계수를 구한다.

⑤ 위에서 구한 계수에 ①에서 얻은 데이터를 곱하여 380~930[nm]의 절대치를

구한다.

그리고 930~1000[nm]까지의 근적외선 영역의 분광에너지분포는 측정할 수 없었기 때문에 이 영역의 데이터는 다음과 같이 구하였다. 최소제곱법으로 근적외선 부분에서의 분광에너지분포가 파장에 따라 증가하는 비율의 기울기를 구해서, 앞의 방법으로 얻은 가시광선-근적외선과 근적외선-중적외선 영역의 데이터와 합성하여 380~2600[nm]까지의 분광에너지분포를 구하였으며, 그 결과를 그림 3-1에 나타내었다.

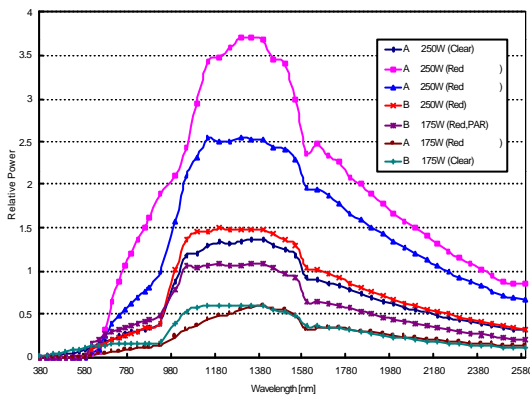


그림 3.1 적외선전구의 분광에너지분포

3.2 IR전구의 복사량 및 복사효율의 비교

표 3.1은 각종 적외선전구의 복사량과 상대적인 복사효율을 비교하여 보인 것이다. 대부분의 전구들이 근적외선 영역보다 중적외선 영역에서 더 많은 에너지 복사량을 갖는다. 근적외선과 중적외선을 합한 적외선 복사량은 자동코팅기계로 레드코팅을 한 A사의 250[W] 전구가 79.03[%]로 가장 높은 값을 보이고 있다.

가시광선 복사량과 적외선 복사량을 합한 전체 복사량은 적외선 복사량에 비해 약간 많은 편이다. 상대적인 복사효율면에서는 7종의 전구중 가장 높은 복사효율을 보이고 있는 A사의 250[W] 자동 레드코팅 전구를 100[%]로 기준하여 비교하였을 경우, B사의 250[W] 레드코팅 전구보다 2.5배정도 더 높게 나타났다. 그리고 같은 A사의 250[W] Clear 전구와 비교하여 2.7배정도 높은 것으로 보아 레드코팅을 한 전구가 코팅을 하지 않은 전구보다 훨씬 적외선 복사효율이 뛰어나다고 생각된다.

A사의 175[W] 자동 레드코팅 전구는 기대에 비하여 적외선 복사량이 작게 나왔으나 실제로 온도상승실험을 한 결과는 온열 효과가 좋은 것으로 나타났다. 이는 적외선 복사량의 보정과정에서 측정데이터가 없는 930~1000[nm] 범위에서의 복사량 증가가 심하여 오류가 발생한 때문인 것으로 추정된다. 차후 원적외선 부분의 복사총량을 원활히 구할 수 있는 센서를 구입하여 보완할 부분이다.

표 3.1 적외선전구의 복사량 및 복사효율 비교

영역별 복사량	250W				175W			
	A사 (Clear)	A사(Red 자동코팅)	A사(Red 수동코팅)	B사 (Red)	B사(Red PAR)	A사(Red 자동코팅)	B사 (Clear)	
780-1400nm역 전체복사량	13.13 (4.88)	37.64 (100)	2580 (6776)	1454 (3888)	11.67 (310)	4.68 (12.44)	5.97 (15.88)	
1400-2600nm역 전체복사량	15.44 (37.31)	41.38 (100)	323 (7809)	170 (409)	10.97 (2652)	6.28 (15.18)	5.88 (14.22)	
780-2600nm역 전체복사량	28.57 (66.19)	79.03 (100)	581 (1366)	315 (798)	22.65 (586)	10.97 (28.2)	11.85 (30)	
380-2600nm역 전체복사량(%)	29.98 (66.57)	82.00 (100)	606 (1375)	380 (875)	34.22 (784)	17.26 (38.7)	13.7 (30.6)	
상대 복사효율 (%)	36.3%	100%	73.2%	48%	42.2%	19.6%	22.9%	

주) 괄호안의 수치는 상대적인 복사량을 36로 나타낸 것임.

4. 적외선전구의 온도상승실험

4.1 측정시스템 구성 및 실험방법

본 실험에서는 적외선전구에서 방출하는 복사열의 시간에 따른 온도상승 효과와 온도분포의 중요성에 착안하여 측정시스템을 구성하였다. 아울러 측정공간이나 측정거리 등은 축산농가의 조명환경과 측정의 효율성을 고려하였다.

본 실험의 주요 목적은 인공 섬유와 같은 무기물과 돼지고기와 같은 유기물을 대상으로, 일정한 거리에서 적외선전구에 의한 적외선 복사에너지를 조사하였을 때, 시간의 경과에 따라 어느 정도의 온도상승이 있으며 온도분포가 어떠한지를 현재 판매되고 있는 여러 가지 적외선전구로 비교 측정하여, 적외선전구의 필라멘트 및 유리구 형상이나 코팅물질의 개선 등의 기초자료로 활용하고자 함이다.

실험은 면적 2.5[m]×3.5[m], 높이 3[m] 공간의 무반사 흑색 페인트가 칠해진 암실에서 행하여졌다. 전구의 유리구 밑면과 시료판과의 거리는 양돈 농가의 조명환경과 측정의 효율성을 고려하여 50[cm]로 하였다. 전구가 부착된 스탠드는 앵글로 제작하여 측정 높이와 수평이동이 가능하도록 하였으며, 세팅 후 고정시킨 상태에서 점등하여 실험을 행하였다.

시료부를 구성하는 시료판은 두께 8[mm], 한 변의 길이 800[mm]인 정사각형의 합판으로 이 시료판 위에 일정한 간격으로 1[cm] 높이의 13개의 측정점이 있으며, 측정점 간의 간격은 10[cm]로 중심부에서 최외각까지의 거리는 반경 30[cm] 이다.

적외선전구에서 나오는 복사열의 시간에 따른 온도상승과 온도분포를 측정하기 위한 실험은 다음과 같이 2단계로 진행하였다.

㉠ 1단계 실험 : 갈색 인공섬유를 대상으로 한 무기물 시료의 온도상승실험

㉡ 2단계 실험 : 돼지고기를 대상으로 한 유기물 시료의 온도상승실험

4.1.1 무기물 시료의 온도상승실험

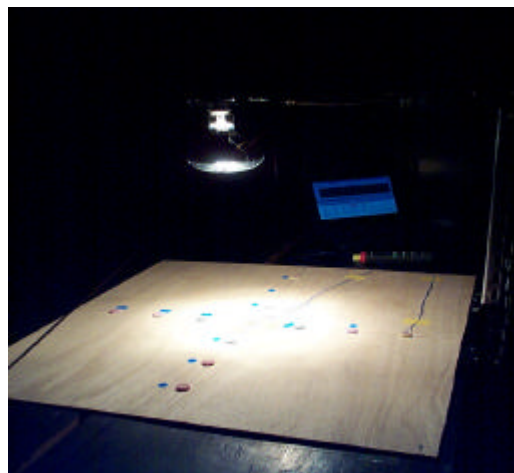


그림 4.1 인공섬유를 사용한 무기물 시료의 온도상승 측정시스템의 사진

본 실험에서 사용한 무기물 시료는 지름 20[mm], 두께 2[mm] 원형의 열은 갈색 인공섬유로 만들어진 단추 모양으로써 인체나 가축의 피부색과 유사한 점을 고려하여 갈색을 선택하였다. 각 시료는 그림 4.1과 같이 램프 중심부와 수직선 아래에 위치한 중심부(center)를 중심으로 반경 10[cm] 간격마다 사방으로 3개씩 위치하고 있으며, 제일 외곽부가 30[cm]이므로 중심부까지 합하여 총 13개의 시료가 시료판 위에

1[cm] 높이로 놓여있다. 시료에서 시료판으로의 전도에너지 손실을 줄이기 위하여 열전도가 낮은 플라스틱 위에 시료를 놓고, 밑에 압핀을 붙여 시료판에 고정시켰다.

램프의 점등시간은 30분으로 정하였으며, 이는 시료면의 온도상승이 이 정도의 시간에서 거의 포화상태에 이른다는 것을 예비실험을 통하여 검증한 결론이다. 측정 주기는 점등 후 최초 10분까지는 온도가 급격히 증가함을 감안하여 2분 간격으로, 10분 이후부터는 5분 간격으로 측정하였다. 온도 측정에 사용한 온도계는 비접촉식 적외선 온도계(Model TA-0510b, Minolta, Japan)와 접촉식 열전온도계(Model RS-232, Center, Taiwan)를 병행하여 사용하였다.

적외선 온도계는 사전에 열전온도계의 지시 온도에 근사하게 보정을 행하였으며, 시료부에서 1.5[m] 정도 떨어진 곳에 거의 고정된 상태에서 측정 주기마다 13개의 시료를 빠른 시간 내에 측정하였다. 열전온도계는 프로브가 2개인 관계로 중심부와 제일 외각부에 위치한 1개의 시료에 각각 열전 센서를 부착시켜놓고 측정하였으며, 이 온도계는 PC에 연결하여 제어시키고 데이터를 저장시켰다.

그리고 초기상태의 일정한 온도를 유지시키기 위해서 각 램프의 측정이 끝날 때마다 충분한 환기를 시키고 시료의 온도가 실온과 같아진 다음에 실험을 행하였다.

4.1.2 유기물 시료의 온도상승실험

본 실험에서 사용한 유기물 시료는 모피-비계-살고기 층이 있는 넓이 50[mm]×60[mm], 두께 15[mm]의 돼지고기로써, 시료는 비슷한 크기와 부위를 갖는 2개를 마

련하였다. 살아있는 동물을 상대로 온도상승실험을 행하기에는 많은 제약 요소와 실험의 어려움이 따르기 때문에 간접적이거나 동물의 표피부위와 피하부위의 온도상승의 정도를 알아보기 위해 이 시료를 선정하였다.

측정시스템은 앞에서 언급한 1단계실험에서 사용한 것을 그대로 사용하였으며, 측정방법도 이와 유사하다. 다만 유기물 시료를 중심부와 중심부에서 반경 30[cm] 떨어진 제일 외곽의 한곳에 위치해 놓고, 1단계 실험과 같은 측정 주기로 실험용 광원마다 두 곳의 시료를 각각 측정하였다.

피하부위의 온도상승의 정도를 측정하기 위해서 접촉식 열전온도계를 사용하였으며, 이 온도계의 열전 센서는 시료의 중심에서 약 12[mm] 깊이의 내부에 삽입시켜 놓고 측정하였다. 비접촉식 적외선 온도계로는 모피가 있는 표피부위의 온도상승 정도를 측정하였다.

4.2 측정결과

4.2.1 무기물 시료의

온도상승실험 결과

그림 4.2와 4.3에 2채널의 접촉식 열전온도계로 점등 후 30분에 측정한 광원별 온도상승의 정도를 그래프로 나타내었다. 이 그래프들은 열전온도계의 채널 1을 인공섬유 시료의 중심부에, 채널 2를 중심에서 반경 30[cm] 떨어진 지점의 한곳에 부착시켜 놓고 측정한 결과이다.

그림 4.2는 시료 중심부의 온도를 각종 광원별로 나타낸 것이다. 그림에서 알 수

있듯이 적색코팅을 한 A사의 250[W]급 램프가 점등 후 30분까지의 온도 상승량이 20.8[°C]로서 가장 크고, A사의 250[W] Clear 램프가 약 17.1[°C]로서 그 다음의 수준을 유지하고 있다. 한가지 특이한 점은 A사의 175[W] 적색코팅 램프가 이보다 소비전력이 큰 B사의 250[W] 적색코팅 램프와 비교하여 그 온도 상승량이 각각 12.2[°C], 12.4[°C]로서 비슷한 수준을 유지하고 있다는 점이다. 또한 250[W]의 적색코팅 광원에 대해서는 A사의 제품이 20.8[°C], B사의 제품이 12.4[°C]로서 A사의 제품이 약 1.7배정도 높았다.

그리고 그림 4.2에서 A사 램프의 경우, 같은 소비전력이라도 적색코팅을 한 램프들이 Clear 램프들에 비해 온도상승의 정도가 높은 반면, B사의 175[W]급에서는 PAR형 적색코팅 램프가 1.3[°C]의 차이지만 Clear 램프에 비해 낮게 나타났다. 이는 PAR형 적색코팅 램프가 적외선보다는 가시광선을 더 많이 방출하는데 기인한 것으로 생각된다.

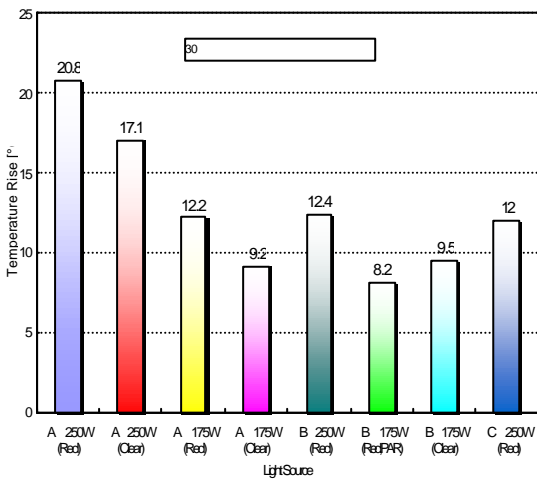


그림 4.2 점등 30분 경과시의 중심부의 광원별 온도상승

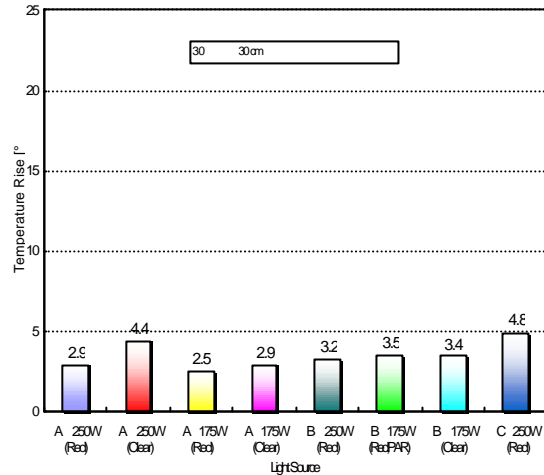


그림 4.3 점등 30분 경과시의 중심부에서 30[cm] 떨어진 영역의 광원별 온도상승

그림 4.3은 시료 중심부에서 반경 30[cm] 떨어진 지점의 온도를 광원별로 비교하여 나타낸 것이다. 이 영역에서는 각 램프의 온도차가 더욱 좁혀져 1~2[°C] 정도의 온도차를 보이고 있다. 이 영역에서의 온도상승은 소비전력이 큰 램프들이 다소 앞서지만 그 차이는 미소하다는 것을 볼 수 있다.

4.2.2 유기물 시료의 온도상승실험 결과

그림 4.4에서부터 그림 4.5까지 모피-비계-살코기 층의 부위를 갖는 돼지고기를 대상으로 한 유기물 시료의 온도상승실험 결과를 나타내었다. 이 결과들은 30분 동안 증가한 돼지고기 시료의 표피부위와 피하부위의 온도상승의 정도를 3종류의 램프에 대하여 영역별로 나타낸 것이다.

그림 4.4는 시료판의 중심부에 위치한 돼

지고기 시료의 30분 동안 증가한 온도상승에 대한 결과이다. 그림에서 보이는 바와 같이 A사의 250[W] 적색코팅 램프가 B사의 두 제품에 비해 월등히 높은 온도상승을 나타내고 있다. 중심부에서의 표피부와 피하부간의 온도 차이는 3가지 램프 모두 약 4.2[°C]~5.8[°C] 정도이며, 이 결과로 미루어 적외선전구의 적외선 피하 침투 효과가 상당하다고 생각된다

표피부위의 경우, A사 램프의 온도상승값을 100[%]로 기준하여 B사의 두 램프와 비교하면, B사의 250[W] 적색코팅 램프는 A사 램프의 67[%] 수준인 20.5[°C], PAR형 175[W] 적색코팅 램프는 44.2[%]인 14.2[°C]라는 온도상승의 차이를 각각 보이고 있다. 그리고 피하부위의 경우도 A사의 램프가 B사의 두 램프보다 상당히 높은 온도상승을 보이고 있다. 즉 B사의 250[W] 램프는 A사 램프의 60[%] 수준인 15.9[°C], 175[W] PAR형 램프는 37.1[%]인 9.8[°C]라는 온도상승의 차이를 보인다.

그림 4.5는 중심부에서 30[cm] 거리에 위치한 돼지고기 시료의 30분 동안 증가한 온도상승에 대한 그래프이다. A사의 250[W] 램프의 경우, 이 영역에서의 온도상승은 중심부에 비해 약 23[%] 정도 떨어지는 것으로 나타났다. 이 영역에서는 약 1[°C] 정도의 미소한 차이지만 A사의 250[W] 램프가 가장 높은 온도상승을 보이고 있다. 한가지 특이한 점은 중심부에서 가장 낮은 온도상승을 보이던 B사의 175[W] PAR형 램프가 같은 B사의 250[W] 램프보다 약간 높은 온도상승의 추이를 보이고 있다는 것이다.

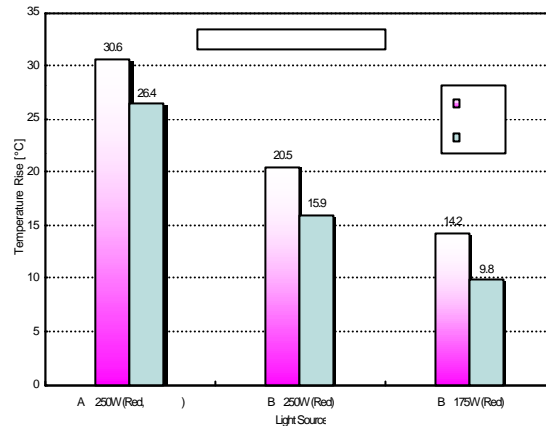


그림 4.4 중심부에 위치한 돼지고기 시료의 표피부위 및 피하부위의 온도상승

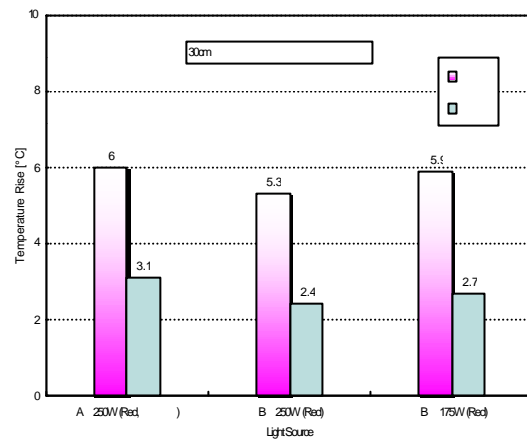


그림 4.5 30[cm] 거리에 위치한 돼지고기 시료의 표피부위 및 피하부위의 온도상승

5. 적외선전구의

표면온도측정 실험

5.1 측정시스템 구성 및 실험방법

본 실험에서는 레드코팅 적외선전구와

투명(Clear) 적외선전구의 표면온도를 측정 비교함으로써 코팅여부가 적외복사에 미치는 효능을 살펴보았다. 전구의 표면온도측정은 4장에서 언급한 비접촉식 적외선온도계(Model TA-0510b, Minolta, Japan)를 사용하였다. 실험용 적외선전구는 오픈된 공간의 Base Up 상태에서 점등하였으며, 점등전에 전구의 표면온도를 측정하고, 이후에 점등상태에서 30초 간격으로 10분까지 각 부위의 표면온도를 측정하였다. 각 측정 부위는 다음과 같이 선정하였다.

- ① Point 1 : 레드코팅부에 해당하는 수직각 0°, 전구의 중심
- ② Point 2 : 레드코팅부와 반사막의 경계부로서 수직각 90°
- ③ Point 3 : 반사막에 해당하는 부분으로서 수직각 135°
- ④ Point 4 : 필라멘트 바로 위 부분, 전구의 목부분

5.2 실험결과

그림 5.1에서부터 그림 5.4까지 각종 광원의 각 측정점의 온도변화를 나타내었다. 이 결과는 점등 10분 후의 최종 온도변화를 보인 것이다. 측정 광원 모두 필라멘트와 가장 가깝고 필라멘트의 바로 위에 위치한 4번 측정점의 온도가 가장 높았으며, 그 다음이 1번 측정점이고 2번과 3번은 거의 비슷한 수준을 보이고 있다. 그리고 같은 소비전력의 전구에 대한 코팅여부의 비교에 있어서 그림 5.3의 4번 측정점을 제외하고 모든 측정점에서 레드코팅을 한 광원이 Clear 광원보다 높은 온도값을 나타낸다.

광원별 각 측정점에 대한 온도를 비교해보면, 1번과 2번 및 3번 측정점에서 250W(Red), 250W(Clear), 175W(Red), 175W(Clear) IR전구의 순으로 온도가 높다. 그러나 4번 측정점에서는 175W급에서 Clear가 Red보다 높게 나타났다.

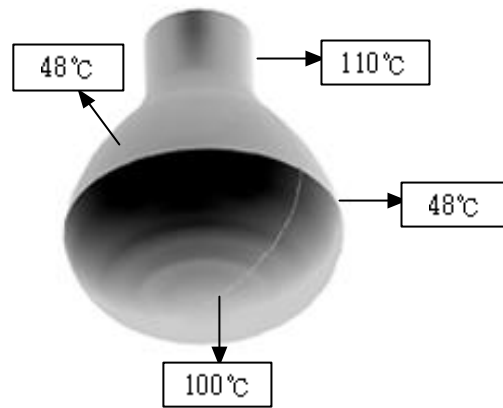


그림 5.1 A사의 175W(Red) IR전구

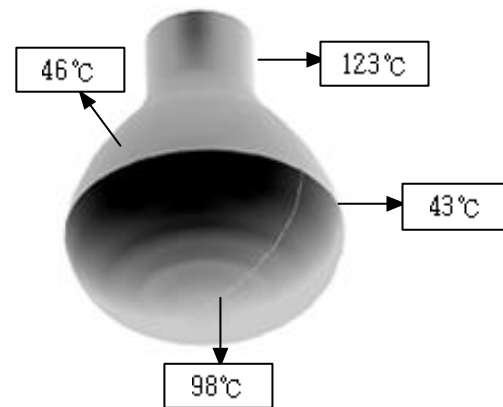


그림 5.2 A사의 175W(Clear) IR전구

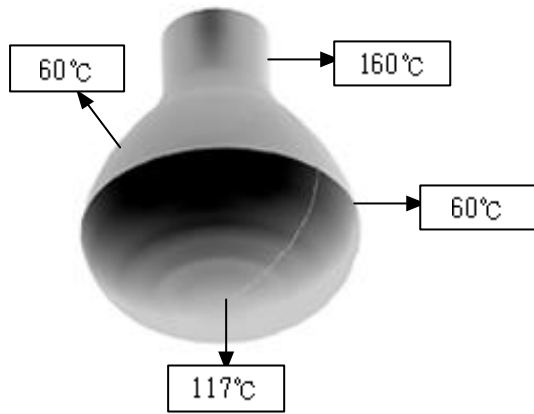


그림 5.3 A사의 250W(Red) IR전구

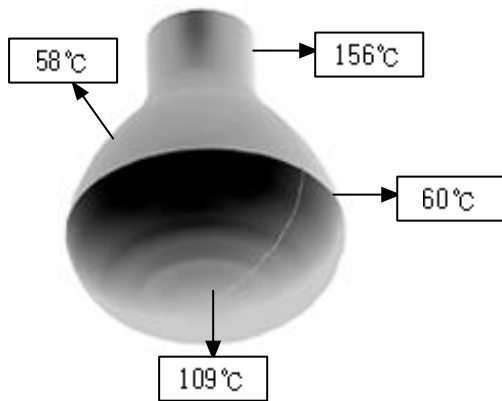


그림 5.4 A사의 250W(Clear) IR전구

6. 결론

적외선 전구의 성능을 표시하는 표준적 지표가 설정되어 있지 않고, 특히 적외선 부분의 측정법이 국내에서는 매우 미약하여 많은 어려움을 겪었으나 A사의 제품과 기타 제품에 대하여 그 분광에너지분포, 적외선전구로 조사한 시료의 온도상승, 전구 자체의 표면온도상승 등을 측정하고 성능

을 평가하였다.

측정과 평가의 결과 코팅 자동화 공정을 통하여 생산된 제품은 이전의 수동코팅 제품에 비하여는 물론, 다른 제품에 비해서도 적외선 발생 효율과 배광분포, 이로 인한 시료의 온도상승 등에 있어 우수한 성능을 가지고 있다. 실제로 250W 제품에서 적외선의 발생량은 B사 제품의 2.5배 수준인 것으로 측정되었으며, 이에 따라 25℃의 실온에서 A사 전구 직하의 시료는 온도가 20[℃] 정도 상승하지만 B사의 제품은 10[℃] 정도의 상승에 불과하다. 다만 이 제품의 경우 배광분포는 넓은 편이어서 이러한 배광형태의 유용성에 대한 검증이 필요하다.

참고 문헌

- [1] IESNA, "Lighting Handbook", 9th ed., IESNA, New York, 2000
- [2] 일본조명학회 편, "조명데이터북", 세진사, 1989
- [3] 지철근, "조명원론", 문운당, 1995
- [4] 森礼於 譯, "光と照明: 光工学の理論と實際", 日本理工出版會, 1994
- [5] R. E. Dickerson, I. Geis, "Chemistry, Matter, and the Universe", Benjamin, 1976
- [6] 대한전기협회 편, "조명환경시스템", 대한전기협회, 1987

◇ 著者紹介 ◇



한 중 성(韓鍾聲)

1988년 2월 강원대 공대 전기공학과 졸. 1993년 2월 강원대 공대 전기공학과 석사 졸.
2000년 2월 강원대 공대 전기공학과 박사 졸. 현재 세경대학 전기과 조교수.



김 기 훈(金紀勳)

1970년 4월 24일생. 1997년 2월 강원대 공대 전기공학과 졸. 1999년 2월 강원대 공대 전기공학과 석사 졸. 현재 강원대 공대 전기공학과 박사과정.



황 남 극(黃南克)

1974년 12월 15일생. 2000년 2월 강원대 공대 전기공학과 졸. 현재 강원대 공대 전기공학과 석사과정



허 남 돈(許南敦)

1973년 7월 21일생. 2000년 2월 강원대 공대 전기공학과 졸. 현재 강원대 공대 전기공학과 석사과정



박 시 흥(朴時興)

1982년 서울대 공대 전기공학과 졸. 1982년~1987년 한국기계연구소 연구원. 1987년~1989년 (주) 문화전구 재직. 1989년~현재 (주) 인터히트 대표이사

김 훈(金煥)



1958년 8월 6일생. 1981년 서울대 공대 전기공학과 졸. 1983년 2월 서울대 공대 전기공학과 석사 졸. 1988년 서울대 공대 전기공학과 박사 졸. 1993년 호주 국립대학 방문 교수. 현재 강원대 공대 전기전자정보통신공학부 교수. 당학회 원수 이사.