

레이스 커튼 소재의 간편하고 신뢰성 높은 차열성 평가방법의 확립

1. 목적

레이스 커튼은 적당한 투과 성능과 채광 성능이 있고, 집의 외관을 고려하면서 실내에서의 프라이버시를 보호하는 것이 가능하기 때문에 주택 등의 창문에 많이 이용되고 있다. 최근에는 일광의 방사열에 대한 차열효과를 갖고 있는 레이스 커튼이 많이 시판되고 있으며, 에너지 절약의 수단으로 기대되고 있다. 그러나 커튼의 차열성에 대한 평가방법이나 평가기준이 확립되어 있지 않고, 검사기관이나 기업이 자체적인 시험방법으로 평가하고 있는 것이 현실이다.

일본 KAKEN 시험기관의 차열성 평가방법은 사진 촬영용 반사 램프(reflex ramp)나 인공 태양등을 광원으로 하여, 시료에 빛을 비추었을 때 시료 뒷면에서 약간 간격을 두고 설치한 투과열선 수광체의 뒷면의 온도 상승을 열화상 카메라(Thermo Camera)로 시각적으로 측정하는 방법이다. 일본 아이치 산업 과학기술종합센터(Aichi Center for Industry and Science Technology)에서 개발된 섬유 소재의 차열성 측정법은 반사 램프, 서모라보(Thermo Labo) 장치에 항온발열체를 갖춘 BT박스 및 온도센서 T-Box(제조사 : KatoTech)를 이용하여 시료를 투과하는 조사열의 세기를 평가하는 방법이다. 항온흡습기 IG400(제조사 : Yamato Scientific)의 문을 열고, 입구에 유리창을 설치하고 그 안쪽에 500 × 450 mm의 시료 보드(측정 구멍 : 180 × 180 mm)에 세팅된 시료, 기류방지를 위한 폴리염화비닐 필름, 안쪽에 서모라보 BT박스 및 서모라보 T-Box를 설치한다. 항온흡습기 방향으로 램프를 조사하여 시료를 투과한 열선이 항온발열체를 가열하면 항온발열체의 열 손실량이 감소하기 때문에 항온발열체의 온도를 일정하게 유지하기 위한 소비전력량이 감소하는데,

이러한 원리를 통해 차열성을 평가하는 방법이다. 일본 건재시험센터(建材試験 Center)의 인공 태양등을 이용한 태양광 차폐성능 시험방법은 1995년에 건재시험센터 단체규격 JSTM K 6101로 제정되었다. 인공 태양등을 이용한 건축물 개구부의 태양광 차폐성능 시험이다. 시험장치는 인공 태양등(제논 램프)을 광원으로 하고, 열량측정기, 온도 조절용 냉동기 및 히터 등을 시험편 주변에 구성하며, 20 ℃로 일정한 항온실 내에 설치한다. 열량 측정원리는 시험편을 통해 측정 박스 내에 투입된 일사 열량을 냉각 공기로 치환하고, 그 때의 공기량 및 치환 전후의 온도 차이로 일사 차폐 성능을 구하는 방법이다. TOLi사는 차열성 레이스 커튼의 전기절감 효과와 관련하여 실제 생활환경에 가까운 조건 하에서 투광기를 열원으로 하여 자체시험을 하고 있다. 면적 약 7.45㎡인 시험실에 1㎡의 창문을 설치하고, 창외 외측으로부터 실내로 향하도록 투광기를 조사한다. 창문에 커튼을 설치 않는 경우와 일반적인 레이스 커튼을 설치한 경우 그리고 차열성 레이스 커튼을 설치한 경우에 대해서 시험실의 실온과 시험실 내에 설치된 합성 피혁 소재인 소파의 표면온도를 경과시간 마다 측정하여 조건 간의 온도 차이와 절전 효과를 구한다.

위에 기술된 차열성 평가방법들은 광원의 파장 에너지의 차이 등 시험장치와 관련된 문제가 거론될 수 있다. 소비자에게 정확한 정보를 제공하기 위해서는 이러한 문제들을 해결할 수 있는 레이스 커튼의 차열성 평가에 대한 명확한 기준이 있어야 한다.

본 연구에서는 기존의 시험방법 보다 높은 측정 정밀도와 재현성을 얻기 위해서 도출된 문제점들을 해결하고, 시험장치를 누구나 쉽게 만들 수 있으며, 각 레이스 커튼의 무늬 특성을 파악할 수 있는 최소한의 시료 사이즈로 측정할 수 있는 레이스 커튼

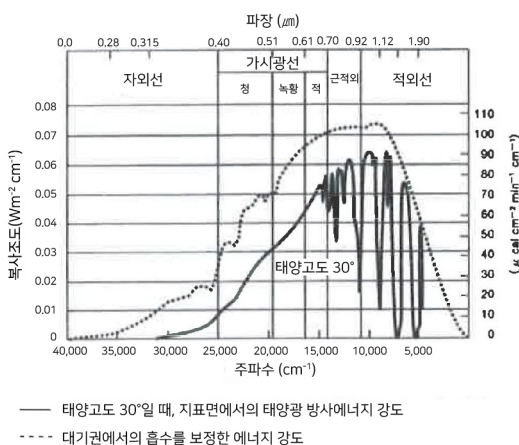
소재의 차열성 평가방법의 확립을 목적으로 차열성 시험장치 및 평가방법을 고안하였다. 또한 유효성을 위해서 시판되고 있는 다양한 무늬의 레이스 커튼 30 종을 이용하여 검토하였다.

2. 기존 시험방법의 문제

상술한 커튼 소재의 차열성에 대한 평가방법과 관련하여 광원의 파장 에너지 차이, 시험 장치의 재현성 및 간이성에 대하여 설명하고자 한다.

(1) 광원의 파장 에너지 차이

레이스 커튼의 색이나 소재 등의 차이에 의해 레이스 커튼에 반사·흡수되는 일사 파장대가 다를 것으로 예측되기 때문에 레이스 커튼을 투과한 태양광의 열에너지를 정확하게 파악하려면 실제의 태양광 파장에너지 강도에 가까운 광원이 필요하다. 태양광 방사에너지의 파장별 강도 분포는 <그림 1>과 같다. 기존의 시험 방법에서 사용하는 적외선 램프, 적외선 히터, 반사 램프, 투광기의 파장별 강도분포는 태양광 방사에너지 분포와 다른 파형이며, 태양광 차열성 평가에 이용하기에는 정확도가 떨어진다고 할 수 있다.



〈그림 1〉 Brooks에 의한 태양광 방사에너지의 파장별 강도분포

(2) 시험장치의 재현성 및 간이성

인공 태양등을 이용한 KAKEN 테스트 센터의 차열성 평가는 인공 태양등을 시료에 비추었을 때 시료 뒷면으로부터 약간 떼어내어 간격을 두고 설치한 투과열선 수광체의 뒷면의 온도 상승을 서모 카메라로 시각적으로 측정하는 방법이다. 이 방법은 서모 카메라 및 정보측정, 화상처리장치의 사용이 필수이며, 고정밀도 서모 카메라가 필요한데, 가격이 고가라는 문제가 있다. 한편 본 시험방법에서는 투과열선 수광체로서 구리 등의 금속판이나 두꺼운 종이 등을 권장하고 있고, 이 중에서 특히 검은색 종이의 표면을 검은색 도료로 도장하는 것이 비용 및 효과 측면에서 바람직하다고는 하였지만, 금속과 판지는 열전도율 등의 물성 값이 다르기 때문에 문제가 될 수 있다. 따라서 투과열선 수광체의 소재를 정확히 지정하는 것이 측정 정밀도와 재현성을 높일 수 있는 방법이라고 생각된다.

마찬가지로 인공 태양등을 이용하는 일본 건재 시험센터의 일광 차폐성능 시험방법은 시험장치가 실제 방 1개 정도의 대규모이며, 시료 사이즈는 창틀의 실제 치수 정도의 크기가 필요하기 때문에 커튼 소재의 차열성 평가장치로서는 범용성이 부족한 것으로 생각된다.

아이치 산업과학기술종합센터에서 개발된 섬유 소재의 차열성 측정법은 측정장치에서 광원인 램프와 시료 사이에 유리창을 두고, 시료와 감열기구 사이에 폴리염화비닐 필름을 설치한다. 유리창이나 폴리염화비닐 필름은 종류나 두께에 따라 열투과율이나 반사율 등이 다를 것으로 예측되며, 다른 기업이나 시험기관 등에서 측정장치를 제작할 경우 재현성이 저하될 가능성이 있을 것으로 우려된다.

3. 차열성 평가시험 방법의 확립

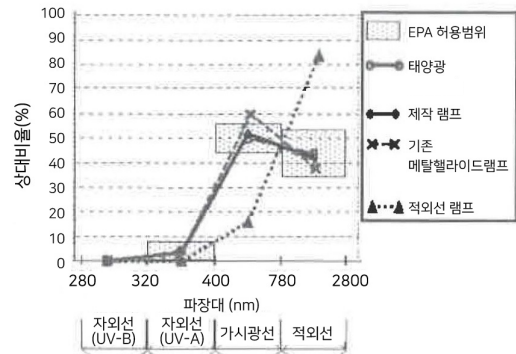
본 연구에서는 기존 시험방법 보다 높은 측정 정밀도와 재현성을 얻기 위해서 상기 기술한 문제점들을 해결하고, 시험장치를 누구나 쉽게 만들 수 있으며, 레이스 커튼의 무늬 특성을 파악할 수 있는 최소한의 시료 사이즈로 측정이 가능한 레이스 커튼 소재의 차열성 평가방법을 고안하였다. 본 평가방법의 특징은 다음과 같다. 광원은 실제 태양광의 파장에너지에 매우 가까운 인공 태양광 램프를 이용하였다. 시료를 투과한 인공 태양광 램프의 조사 에너지 전파장 방사열을 흡수할 수 있도록 광택이 없는 검은색 도료를 도포하고 단열재에 붙인 동판의 온도 변화를 파악하였다. 시료를 투과한 조사 에너지를 측정하는 방식이기 때문에 광원-시료-동판 사이에는 아무것도 설치하지 않았다. 반복 실험은 시료의 무늬가 다른 모든 부분을 대상으로 실시하여 레이스 커튼 무늬의 크기가 문제가 되지 않도록 평가할 수 있다. 200 × 200 mm 크기의 시료가 최소한 1장 있으면, 레이스 커튼의 무늬 특성을 파악하는 것이 가능하다. 조사열량은 실제 여름의 최고 조사열량을 기준으로 산출하였다.

차열성 시험장치를 고안하는데 있어서 JIS L 1055에 규정되어 있는 커튼 소재의 차광성능평가를 참고하였다. 이 차광성 시험방법은 할로겐 전구를 광원으로 사용하여 시험용 박스에 설치된 커튼 소재를 투과한 조도를 조도계로 측정하며, 시험편을 장착하지 않은 경우를 100 %로 가정하고, 시험편을 장착한 경우의 차광성능을 투과한 조도 비율로 산출한다.

(1) 광원의 선정

본고에서 고안한 레이스 커튼 소재의 차열성 평가 방법 시험 장치의 광원은 실제 일광 파장에너지에 가까운 인공 태양광 램프(360 W, 메탈할라이드램프, metal halide lamp, 미츠비시 중공냉열주식회사)를 선정했다. 인공 태양광 램프의 파장 상대비율을

태양광 및 EPA(미국 환경보호국) 기준과 <그림 2>와 같이 비교하였다. 본 평가방법에 사용한 인공 태양광 램프는 <그림 2>와 같이 태양광의 파장 상대비율과 유사하다.



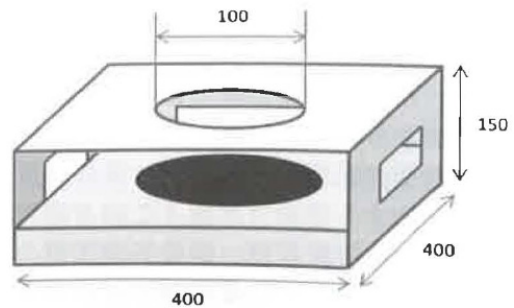
<그림 2> 인공 태양광 램프의 파장 상대비율과 태양광 및 EPA 기준과의 비교

(2) 시험용 박스 및 시험장치의 제작

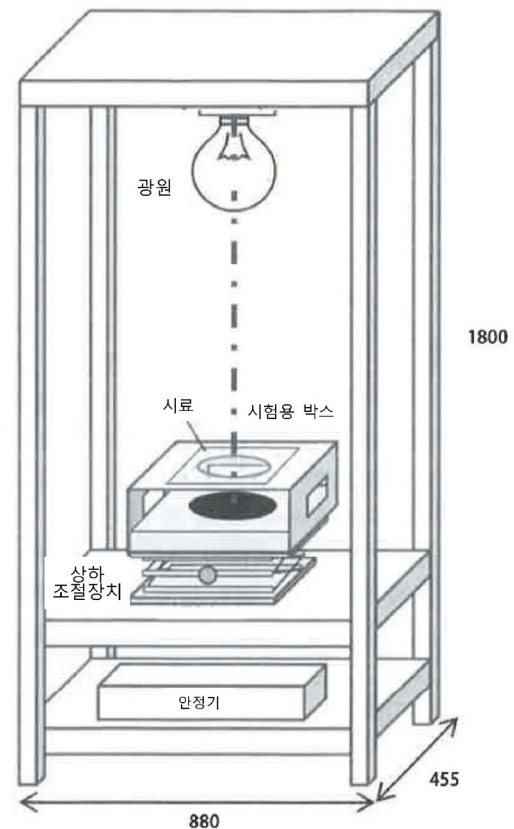
인공 태양광 램프 바로 아래에 있는 시험용 박스 위에 시료를 위치시키고, 시료를 투과한 조사열량을 측정할 수 있는 시험장치를 고안하였다. 시험용 박스는 시험용 박스 자체가 광원으로부터의 조사 에너지에 의해 가온되는 것을 막기 위해 광원의 빛을 가능한 한 반사되도록 백색 스티렌 보드(styrene board)를 이용하여 제작하였다. 크기는 가로 400 mm × 세로 400 mm × 높이 150 mm이며, 상부 중앙에 지름 100 mm의 구멍을 뚫고, 그 위에 200 × 200 mm 크기의 시료를 위치시켰다. 조사 열량 측정 시, 반복 회수는 단조로운 작은 무늬일 경우는 위치를 바꾸어서 3회, 큰 무늬인 경우는 직경 100 mm 내에서 무늬가 다른 모든 곳을 대상으로 한다. 본 연구에서 이용한 큰 무늬가 있는 시료의 경우, 모두 4곳으로 하였다. 무늬 크기가 다양한 레이스 커튼 소재의 모든 무늬를 대상으로 반복 실험을 하는 것 보다는 무늬의 대소에 고려하여 치우침 없이 차열성을 평가하는 방법을 고안하였다. 한편 시료 사이즈는 200 × 200 mm이고, 그 중에서 지름 100 mm의 원 부분을

측정 대상으로 하기 때문에 큰 무늬의 레이스 커튼에서도 동일 시료 내에서 위치를 변화시켜 측정함으로써 최소한 1장의 시료로 레이스 커튼의 무늬 특성을 파악하는 것이 가능하다. 시험용 박스 밑 부분에는 두께 50 mm의 단열재를 설치하여 열전도율이 높은 동판 소재의 방사율 1이 되도록 무광택 검은색 도료를 도포한 지름 150 mm의 검은색 동판을 단열재 중앙에 붙이고, 강판과 단열재 사이에 열전대를 설치하였다. 광원 전체 파장의 조사 에너지가 무광택 검은색 동판에 모두 흡수되어 동판의 온도가 상승하면, 그 온도 상승을 동판과 단열재 사이에 설치된 열전대로 측정하여 레이스 커튼을 투과하여 도달하는 광원의 열량을 측정할 수 있는 방식이다. 시험용 박스의 측면은 시험용 박스 내부의 열의 체류를 막기 위해 4면 모두 개방하였다.

시험장치는 인공 태양광 램프 바로 아래에 시험용 박스 및 시료를 위치시켰으며, 광원, 시험용 박스의 구멍, 검은색 동판은 각각의 중심이 모두 일치하도록 배치하였다. 인공 태양광 램프를 켜고, 램프가 충분히 정상 상태에 이르렀음을 확인한 후, 시료를 시험용 박스 상부에 위치시켜 시료를 투과하여 도달하는 열량을 무광택 검은색 동판의 온도를 측정하여 구하였다. 인공 태양광 램프는 교류 전원을 사용하고 있기 때문에 시간 경과에 따라 조사열량의 변동이 나타난다. 따라서 시험용 박스 하부에 상하 조절장치를 설치하여 시료를 위치시키기 전의 검은색 동판 온도가 일정하도록 시험용 박스의 높이를 조절하였다. <그림 3>은 시험용 박스의 모식도를 <그림 4>는 시험장치 개요를 나타내고 있다.



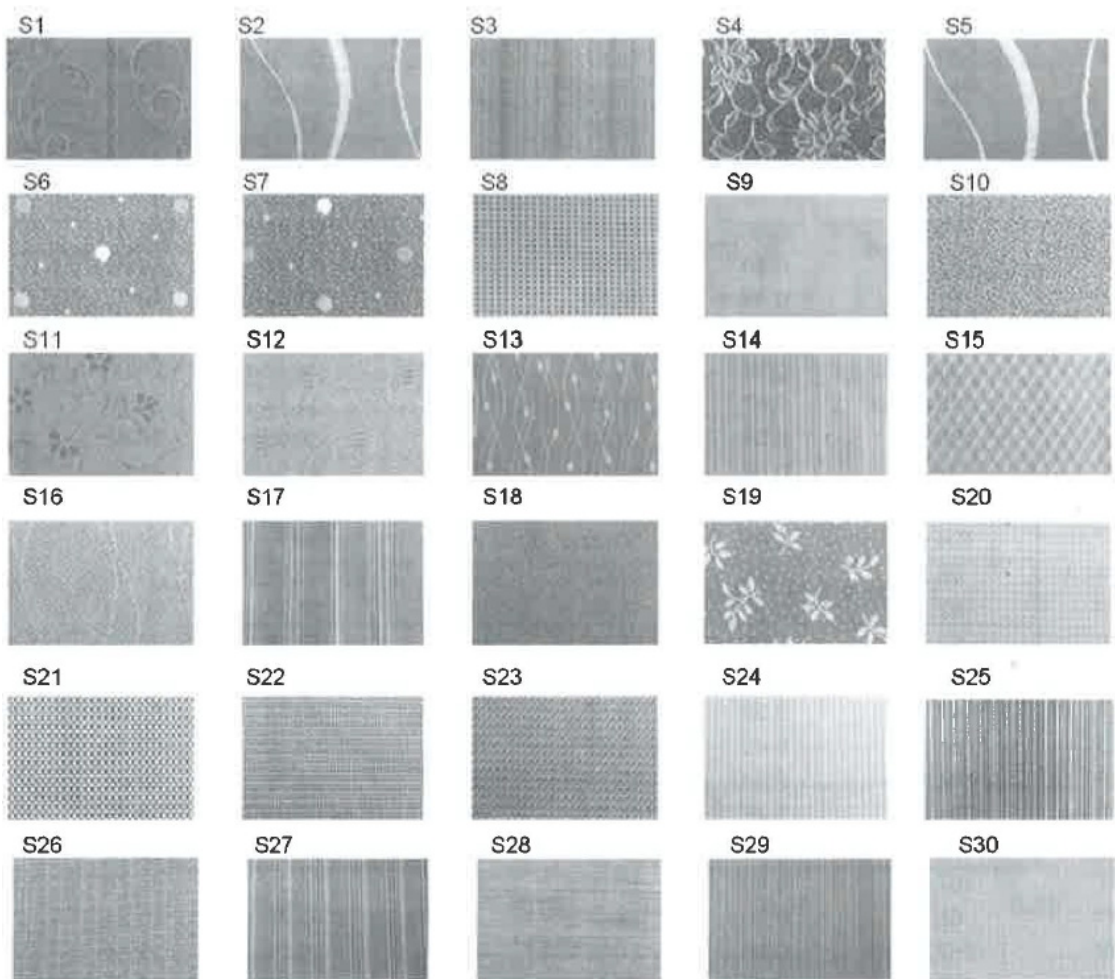
<그림 3> 시험용 박스의 모식도 (단위 : mm)



<그림 4> 시험장치 개요 (단위 : mm)

(3) 조사 열량의 설정

인공 태양광 램프로 일사량을 재현한 결과, 검은색 동판의 온도는 53.0 °C로 상승하였다. 따라서 시료를 위치시키기 전의 검은색 동판 온도는 53.0 ± 0.5 °C로 설정하였다.



〈그림 5〉 시료의 표면 확대 사진

(4) 차열성 평가용 시료

시판되고 있는 레이스 커튼 30종(S1 ~ S30)을 시료로 선정하였다. 시료 선정에 있어서 무늬의 편중이 없도록 대·소, 균일·불균일을 포함한 다양한 무늬를 선택하였다. 본 연구의 목적은 고안된 차열성 평가 방법의 정밀도와 유효성 검토하는 것이기 때문에 시료의 조성이나 색상의 영향을 최소화할 수 있도록 모두 폴리에스터 100%의 백색 제품으로 하고, 일부 시료(S6, S7)의 미세한 부분에만 엷은 색이 포함되었다. 시료의 물성 값으로서 질량, 두께, 겉보기 비중, 충전율, 함기율, 표리투과율을 측정하였다.

〈그림 5〉에 30종 시료의 표면 확대사진을, 〈표 1〉에 소재 특성을 나타내었다. 여기에서 투과율은 JIS L1055 커튼의 차광성 시험방법의 조도계를 이용하는

방법(A법)을 기반으로 개발한 것이며, 개구율은 디지털 카메라로 촬영한 영상을 PC소프트웨어로 처리하는 방법이다. 각각의 시험장치를 제작하여 계측하였으며, 투과율 측정은 다음과 같은 방법으로 하였다. 점등된 할로겐 전구 바로 아래에, 상부에 직경 100 mm인 원 형태의 개구부를 뚫고 무광택 검은색 종이를 붙인 가로 400 mm × 세로 400 mm × 높이 100 mm의 시험용 박스를 놓고, 시험용 박스 바로 아래에 조도계를 설치하였다. 시험용 박스 위에 200 × 200 mm 크기의 레이스 커튼 시험편을 장착했을 때의 조도(i1), 및 장착하지 않을 때의 조도(i0)를 측정하고, 그에 따라 투과율(%) = $(i1/i0) \times 100$ 을 산출하였다.

반복시험은 위치를 바꿔서 채취한 시험편 3장을 이용하여 표리 각 3회씩 측정하고, 그 평균치를 투과율 또는 개구률로 하였다.

한편 개구률은 디지털 카메라로 시험편을 촬영하고, 이미지 분석 소프트웨어 (Adobe Photoshop)로 촬영 이미지를 흑백으로 변환시킨 다음, 히스토그램으로 나타내고, 이미지 전체에서 검정색인 개구 부분의 비율을 구하는 방법으로 측정하였다. 투과율은 표리 측정결과에 차이가 있는 시료가 포함되어 있기 때문에 표리 각각의 측정치를 기입하였고, 개구율은 표리에 따른 차이가 확인되지 않았기 때문에, 평균값으로 나타내었다. 표리 투과율에 큰 차이를 보이는 S30은 외부로부터 거주 공간 내부가 잘 안보이도록 커튼 이면을 프라이버시 실로 교직한 미러 레이스 커튼 (mirror lace curtain) 기능을 갖는 것이다.

〈표 1〉 시료 소재의 물성

시료	질량 (g/m ²)	두께 (mm)	충진율 (%)	함기율 (%)	표면 투과율 (%)	이면 투과율 (%)	개구율 (%)
S1	94.77	0.36	18.87	81.13	30.42	28.81	10.03
S2	86.63	0.38	16.50	83.50	38.97	40.09	24.04
S3	89.37	0.39	16.57	83.43	39.60	39.60	21.15
S4	129.03	0.59	15.86	84.14	49.43	48.84	20.58
S5	88.33	0.39	16.56	83.44	42.52	38.17	22.48
S6	73.30	0.44	11.96	88.04	42.58	41.20	29.88
S7	73.77	0.45	11.77	88.23	42.94	45.10	28.46
S8	95.73	0.45	15.56	84.44	42.80	42.61	23.82
S9	87.53	0.40	16.06	83.94	41.72	40.69	21.04
S10	91.83	0.46	14.56	85.44	40.42	40.78	22.33
S11	119.43	0.46	18.77	81.23	34.41	34.92	16.46
S12	91.63	0.36	18.21	81.79	26.42	26.96	6.03
S13	115.20	0.47	17.59	82.41	34.10	35.25	18.66
S14	99.80	0.39	18.33	81.67	38.66	38.85	20.94
S15	91.30	0.36	18.35	81.65	41.94	41.83	25.10
S16	97.07	0.45	15.67	84.33	40.35	38.19	20.47
S17	104.63	0.47	16.00	84.00	35.18	34.77	19.06
S18	95.50	0.39	17.87	82.13	40.08	40.66	20.82
S19	67.83	0.36	13.53	86.47	54.74	62.39	37.36
S20	92.10	0.36	18.68	81.32	27.49	27.37	9.10
S21	84.43	0.49	12.53	87.47	54.85	55.33	38.35
S22	64.60	0.55	8.57	91.43	60.75	60.68	41.36
S23	66.53	0.49	9.77	90.23	60.37	60.12	41.75
S24	104.30	0.44	17.14	82.86	39.39	39.44	22.09
S25	95.03	0.46	14.91	85.09	47.60	48.31	24.33
S26	70.47	0.50	10.16	89.84	56.20	55.86	36.72
S27	107.93	0.40	19.39	80.61	38.35	38.76	17.58
S28	88.73	0.29	22.44	77.56	45.38	45.31	31.50
S29	157.17	0.46	24.96	75.04	21.24	21.34	5.50
S30	128.93	0.40	23.11	76.89	55.07	20.58	2.72

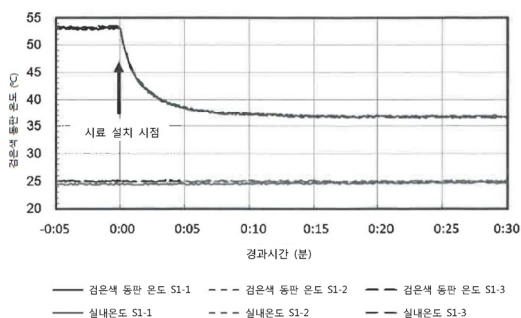
(5) 실험 순서

본 연구에서는 일상생활에서 레이스 커튼의 사용에 따른 차열성 평가를 목적으로 하고 있기 때문에 차열성의 측정은 외부의 빛을 차단하고, 주택 등의 일반적인 거주 실내 온도를 가정한 25℃, 습도 50% R.H.를 맞춘 인공 기후실 내에서 실시하였으며, 실험자 1명이 인공 기후실에 있었다. 측정은 다음의 순서대로 진행하였다. 광원이 충분히 안정될 때까지 점등시킨 후, 그 열량을 받아 내는 검은색 동판의 온도가 53.0 ± 0.5 °C가 되도록 광원에서 열량을 조절하여 검은색 동판의 온도가 5분 이상 정상 상태를 유지하는 것을 확인하였다. 그 후 200 × 200 mm 크기의 시료를 시험용 박스 위쪽에 위치시키고, 검은색 동판의 온도를 30분간 측정하였다. 시료를 위치시킨 후의 계속 시간은 검은색 동판 온도가 30분 이내에 정상 상태에 도달하는 것을 사전에 확인한 후에 설정하였다.

4. 결과 및 고찰

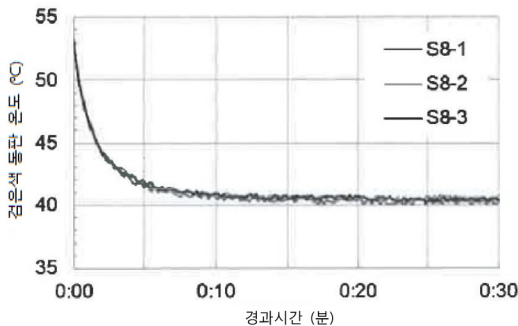
(1) 검은색 동판 온도의 측정결과

측정 예는 〈그림 6〉과 같다. 시험용 박스 위에 시료 S1을 위치시키기 전·후의 검은색 동판의 온도 및 실험실 내의 온도 변화를 반복 3회 측정하였다. 시료를 위치시킨 후, 검은색 동판의 온도는 급격히 저하되어 30분 이내에 정상 상태가 되었다. 실험실 내 온도는 변동 없이 일정한 온도를 유지하였다.

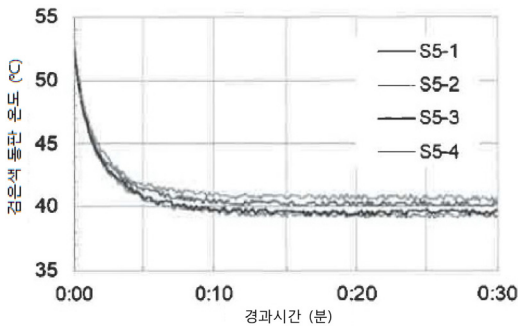


〈그림 6〉 반복 측정 예 : 시료 S1 설치 전·후의 검은색 동판 온도 및 실험실 내의 온도변화(반복 3회)

한편 <그림 7>은 단조로운 작은 무늬의 측정 예로서, 시료 설치 후 S8의 검은색 동판 온도 측정 결과를, <그림 8>은 큰 무늬의 측정 예로서, S5의 측정 결과를 나타낸 것이다. <그림 7>에서 단조로운 작은 무늬의 경우는 반복 회수에 상관없이 일정한 값이 측정되었고, <그림 8>에서 큰 무늬의 경우는 무늬의 위치로 인해 포함되는 공극률의 크기가 다르기 때문에 차열성 측정값에 반영되어 차이가 나타났다.



<그림 7> 시료 설치 후의 검은색 동판 온도 측정결과 (S8:단조로운 작은 무늬)



<그림 8> 시료 설치 후의 검은색 동판 온도 측정결과 (S5:큰 무늬)

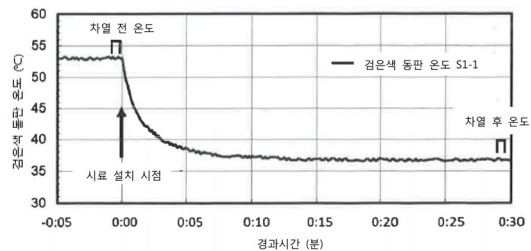
(2) 레이스 커튼 소재의 차열성능 평가 및 시험방법의 정밀도 검토

본 시험방법의 유용성을 검토하기 위해서 각 레이스 커튼의 차열성을 시료 설치 전·후의 검은색 동판의 온도 변화로 나타내었다.

시료를 시험장치에 설치하기 직전의 5초 간은 제외하고, 그 이전의 60초 간의 검은색 동판 온도의

평균치를 「차열 전 온도」, 각 시료 설치 후, 30분 간의 측정 종료 직전의 60초 간의 검은색 동판 온도의 평균치를 「차열 후 온도」로 하고, 차열 전 온도와 차열 후 온도의 차이로부터 검은색 동판의 온도변화를 구하였다(<그림 9>).

- 검은색 동판의 온도변화 = 차열 전 온도 - 차열 후 온도
 - 차열 전 온도 : 시료 설치 개시 5 초 전 이전의 열평형 상태에 도달한 60 초 간의 평균치
 - 차열 후 온도 : 시료 설치 30 분 후 측정 종료 직전의 열평형 상태에 도달한 60 초 간의 평균치



<그림 9> 검은색 동판 온도 변화의 정밀도 검토

30 종의 시료를 대상으로 한 전체 측정에서 차열 전 온도의 평균치는 52.99 °C(표준편차 0.28)였다. 표준편차가 매우 작다는 점에서 각 시료의 측정 전 조건은 거의 동일하며, 시료 측정에 의한 검은색 동판 온도 변화의 차이는 레이스 커튼 소재의 차열성 차이에 의한 것으로 생각된다.

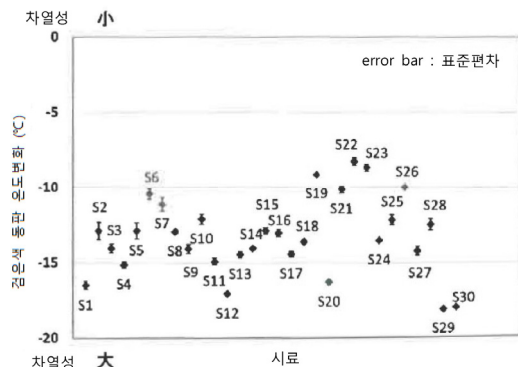
시료의 차이에 의한 차열성에 대한 영향과 관련해서 시료 간의 검은색 동판 온도 변화의 편차는 각 시료의 반복 측정 회수 내의 차이 보다 크기 때문에 각 시료의 검은색 동판 온도의 변화는 평균값으로 나타낼 수 있다. 시료 간의 검은색 동판 온도 변화를 통해 시료 간에 차열성이 다르다는 것이 확인되었다.

30 종의 레이스 커튼 소재를 대상으로 한 검은색 동판 온도변화의 측정결과를 <그림 10>과 같이 각 시료의 반복 측정결과와 평균치로 나타내었으며, 이 값들을 <표 2>에 나타내었다. 검은색 동판의 온도

변화가 마이너스 쪽으로 클수록 차열성이 높은 시료임을 나타내고 있다. 가장 차열성이 높은 시료는 S29(검은색 동판 온도 변화 : $-18.13\text{ }^{\circ}\text{C}$), 가장 차열성이 낮은 시료는 S22($-8.29\text{ }^{\circ}\text{C}$)였다. 한편 무늬가 크고 4회 반복 측정한 S2, S5의 경우, 검은색 동판의 온도변화 편차는 다른 시료보다 다소 크게 나타나서, 무늬의 크기가 측정 결과에 반영된 것으로 보인다. 이와 같이 본 평가방법에서 모든 시료에 대해서 안정적인 측정결과가 나왔으며, 재현성과 정밀도가 우수한 데이터를 통해 신뢰성이 높은 평가방법인 것으로 확인되었다.

〈표 2〉 시료 30종의 검은색 동판 온도변화 측정값

구분	검은색 동판 온도변화 ($^{\circ}\text{C}$)	표준편차	구분	검은색 동판 온도변화 ($^{\circ}\text{C}$)	표준편차
S1	-16.55	0.25	S16	-13.08	0.23
S2	-12.91	0.57	S17	-14.47	0.19
S3	-14.09	0.27	S18	-13.65	0.14
S4	-15.17	0.20	S19	-9.16	0.07
S5	-12.93	0.53	S20	-16.33	0.17
S6	-10.45	0.35	S21	-10.18	0.23
S7	-11.14	0.44	S22	-8.29	0.25
S8	-12.98	0.04	S23	-8.69	0.23
S9	-14.13	0.31	S24	-13.55	0.05
S10	-12.16	0.34	S25	-12.19	0.33
S11	-14.96	0.23	S26	-9.98	0.05
S12	-17.11	0.08	S27	-14.24	0.29
S13	-14.50	0.21	S28	-12.50	0.37
S14	-14.10	0.07	S29	-18.13	0.10
S15	-12.94	0.22	S30	-18.00	0.11



〈그림 10〉 시료 30종의 검은색 동판 온도변화 측정 결과

(3) 차열효과가 있는 소재 요인의 검토

차열효과가 있는 소재 요인의 검토를 위해서 측정된 검은색 동판의 온도변화와 〈표 1〉에 표시된 각 시료의 물성 값과의 상관관계로부터 차열효과가 있는 소재 요소를 검토하였다. 〈표 3〉은 각 시료의 물성값, 검은색 동판 온도변화의 피어슨 적률 상관계수 (Pearson' product moment correlation coefficient) r 및 무상관검정결과를 나타내고 있다. 본 측정결과에서 검은색 동판의 온도변화는 시료의 개구율, 이면 투과율, 충전율, 함기율, 질량, 표면투과율 순으로 유의하게 상관이 높았다. 한편, 시료의 두께는 상관관계가 인정되지 않았는데, 시료 간의 두께 차이가 작기 때문에 검은색 동판 온도변화에 미치는 영향이 작았기 때문인 것으로 생각된다. 본 측정결과, 레이스 커튼 소재의 차열성은 개구율과 이면투과율의 영향이 크다는 것이 시사되었다. 두께가 다른 시료나 커튼 소재의 색깔 차이가 있는 경우에도 동일한 결과를 얻을 수 있는지에 대해서는 시료 수를 늘려 더욱 검토할 예정이다.

〈표 3〉 검은색 동판의 온도변화 및 시료의 각 물성값과의 피어슨 적률 상관계수 r

구분	검은색 동판 온도 변화($^{\circ}\text{C}$)	질량 (g/m^2)	두께 (mm)	충전율 (%)	함기율 (%)	표면 투과율 (%)	이면 투과율 (%)	개구율 (%)
검은색 동판 온도 변화 ($^{\circ}\text{C}$)		-0.80***	0.29	-0.85***	0.85***	0.74***	0.92***	0.96***
질량 (g/m^2)			0.10	0.77***	-0.77**	-0.51**	-0.68**	-0.74**
두께 (mm)				-0.53**	0.54**	0.38*	0.37*	0.30
충전율 (%)					-1.00**	-0.63**	-0.79**	-0.79**
함기율 (%)						0.63***	0.79***	0.79***
표면 투과율 (%)							0.79***	0.75***
이면 투과율 (%)								0.95***
개구율 (%)								

* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$

5. 결론

본 연구에서는 기존 레이스 커튼 소재의 차열성 평가방법의 문제점들을 해결하고, 시험장치를 누구나 쉽게 만들 수 있으며, 각 레이스 커튼의 무늬 특성을 파악할 수 있는 최소한의 시료 사이즈로 측정이 가능하고, 재현성과 측정 정밀도가 높은 시험방법을 확립하는 것을 목적하였다. 이를 위해 광원의 파장에너지와 레이스 커튼 소재를 투과한 조사열량의 측정방법을 고려한 시험장치 및 평가방법을 고안하고 그 유효성을 검토하였다. 레이스 커튼을 투과하는 일사 열 에너지를 정확히 파악하기 위해서 시험장치에는 실제 일사 파장에너지 강도에 가까운 인공 태양광 램프를 사용하여 레이스 커튼 소재를 통과해서 도달하는 조사열량을 시험장치 내의 시험용 박스 내부에 설치한 무광택 검은색 동판의 온도를 측정하여 구하였다. 시험장치는 인공 기후실 내에 설치 가능 사이즈인 세로 455 × 가로 880 × 높이 1800 mm로 하였다. 그 내부에 박스 위에 지름 100 mm의 구멍을 만든 시험용 박스(세로 400 × 가로 400 × 높이 150 mm)를 설치하고, 시험용 박스 위쪽에 위치시키고, 시험용 박스 내부의 검은색 동판 온도를 측정하였다. 반복 회수는 단조로운 작은 무늬인 경우, 위치를 바꾸어 3회, 큰 무늬인 경우, 지름 100 mm의 원형 내에서 무늬가 다른 모든 곳을 대상으로 하였으며, 본 연구에서 사용한 시료는 4곳으로 하였다. 이와 같이 조사열량 측정 범위에 포함된 시료의 무늬가 다른 모든 곳 반복 실험을 함으로써, 레이스 커튼 무늬의 대소에 관계없이, 편중이 없도록 차열성을 평가할 수 있도록 하였다. 차열성 평가 측정 시, 조사열량은 시료를 설치하지 않은 상태에서 검은색 동판의 온도가 53.0 °C로 하였다. 따라서 시료를 설치하기 전의 검은색 동판의 온도가 53.0 ± 0.5 °C가 되도록 인공 태양광 램프와 시험용 박스의 거리를 조절하였다.

차열성 측정은 외부의 빛을 차단하고, 주택 등의 일반적인 실내 온열 환경을 가정한 온도 25 °C, 습도 50 %R.H.인 인공 기후실 내에서 하였다. 광원이

충분히 안정될 때까지 인공 태양광 램프를 점등시키고, 열량을 받아들이는 검은색 동판의 온도가 53.0 ± 0.5 °C가 되도록 광원으로부터의 열량을 조절하여 검은색 동판의 온도가 5 분 이상 정상 상태를 유지하는지 확인하였다. 그 후 200 × 200 mm 크기로 자른 시료를 시험용 박스 상단에 설치하고 검은색 동판의 온도를 30분 동안 측정하였다. 차열성능의 평가는 시험용 박스에 시료를 위치시키기 전·후의 검은색 동판의 온도 변화로 하였다.

시판되고 있는 레이스 커튼 30 종을 시료로 사용하여 차열성 평가시험을 실시한 결과, 본 평가방법의 반복 실험을 통해 높은 정밀도와 재현성을 확인하였다. 따라서 본 평가방법은 차열성 측정에 있어서 신뢰성이 높은 평가방법이라고 할 수 있다.

또한 차열성과 물성값의 비교를 통해 레이스 커튼 소재의 차열성에는 개구율과 이면투과율이 큰 관련이 있는 것으로 확인되었다. 시료의 두께나 커튼 소재의 색 차이에 따라서도 동일한 결과를 얻을 수 있는지에 대해서는 시료의 수를 늘려서 더 검토할 예정이다.

♣ 섬유제품 소비과학

(Vol. 60, No. 6, 2019)