

## EPS 샌드위치 패널 심재의 열방출율에 관한 연구 A Study on the Heat Release Rate of EPS Sandwich Panel Core

박형주<sup>†</sup> · 조명호<sup>\*</sup>

Hyung-Ju Park<sup>†</sup> · Myung-Ho Cho<sup>\*</sup>

호원대학교 소방행정학부, \*호서대학교 일반대학원 안전공학과  
(2008. 8. 7. 접수/2008. 12. 12. 채택)

### 요 약

본 연구에서는 EPS 샌드위치 패널 심재에 대한 일정한 외부 복사열에 의한 질량감소속도와 열방출특성을 분석하였다. 일정한 외부 복사열원에 노출된 EPS 샌드위치 패널 심재의 질량감소속도와 열방출특성을 분석하기 위해 3가지 Type의 시료를 사용하였으며, 연소열을 측정하기 위해 Oxygen bomb calorimeter를 질량감소속도와 열방출특성을 분석하기 위해 Mass loss calorimeter를 사용하였다. 질량감소속도와 열방출특성을 분석하기 위해 100 mm×100 mm×50 mm 크기의 시료를 사용하였다. 연구결과 50 kW/m<sup>2</sup>의 외부 복사열원에서 평균질량감소속도는 Type A와 B의 경우 각각 2.7 g/m<sup>2</sup>s, 2.8 g/m<sup>2</sup>s로 비슷한 경향을 나타낸 반면, Type C는 2.3 g/m<sup>2</sup>s로 상대적으로 낮게 나타났으며, 평균열방출속도는 Type B와 C의 경우 각각 47.19 kW/m<sup>2</sup>, 50.06 kW/m<sup>2</sup>으로 큰 차이가 없었으나, Type A는 58.23 kW/m<sup>2</sup>으로 상대적으로 높게 나타났다. 열방출특성의 결과를 캐나다 분류체계에 적용할 경우 Type A와 C의 경우 C-3등급, Type B의 경우 C-2등급으로 분류되었다. 향후 콘칼로리미터법을 이용한 샌드위치 패널 심재에 대한 열방출율 특성과의 비교연구가 필요할 것으로 판단된다.

### ABSTRACT

The mass loss rate and heat release rate of EPS sandwich panel cores were analysed using variable external irradiation level. The experimental materials were exposed to incident heat fluxes from 20 to 50 kW/m<sup>2</sup>. For the measurement of mass loss rate and heat release rate, the size of specimen was 100 mm×100 mm×50 mm and the samples were 3 different kinds. The combustion heat were carried out from the Oxygen bomb calorimeter and the mass loss rate and heat release rate were carried out from the Mass loss calorimeter according to ISO 5660-1. As the results of this study, the mass loss rate of Type A, B, and C were 2.7 g/m<sup>2</sup>s, 2.8 g/m<sup>2</sup>s, and 2.3 g/m<sup>2</sup>s and the heat release rate of Type A, B, and C were 58.23 kW/m<sup>2</sup>, 47.19 kW/m<sup>2</sup>, and 50.06 kW/m<sup>2</sup> respectively at the heat flux of 50 kW/m<sup>2</sup>. In conclusion, when the heat release characteristics applied to a classification system of Canada, Type A and C can be classified grade C-3, and Type B can be classified grade C-2 from all data of this study.

**Keywords :** Mass loss rate, Heat release rate, EPS sandwich panel core, Combustion heat, Radiation heat flux

### 1. 서 론

다른 건축자재에 비해 단열능력이 우수하면서 상대적으로 가볍고 취급 및 시공성이 좋은 장점으로 인해 스티로폼, 우레탄폼, 유리면, 압면 그리고 페놀폼 등이 건설현장에서 널리 사용되고 있다. 그러나 이들 단열재들은 모두 연소하기 쉬운 가연성물질로서 화재시 급

속한 화염전파, 높은 열방출율, 다량의 연기발생 등으로 인해 화재의 위험성이 상대적으로 높은 단점을 가지고 있다. 또한 화재시 발생되는 많은 양의 검은 색의 연기는 가시거리의 확보가 어려워 피난 및 소화활동에 큰 장애 요인이 되고 있으며 이들 연기 중에는 일산화탄소(CO), 염소가스(HCl), 시안화수소(HCN) 등과 같은 유해가스가 포함되어 있어 피난자의 감각기관과 호흡기관을 자극하여 피난시 피난자의 행동장애 뿐만 아니라 고농도에 노출될 경우 사망에 이르게 하는

<sup>†</sup>E-mail: sandelf@howon.ac.kr

등 화재로 인한 직접적인 피해를 초과할 만큼 심각한 경우도 있다.

국내의 경우 샌드위치 패널의 화재 위험성을 평가하기 위해 국내에서 규정하고 있는 화재성능평가방법으로는 건설교통부고시 제2006-476호의 난연재료의 경우 가열강도 50 kW/m<sup>2</sup>에서 시험체가 실내에 접하는 면에 대하여 3회 실시하여 가열시험 개시 후 5분간 총 방출 열량이 8 MJ/m<sup>2</sup> 이하이며, 5분간 최대 열방출률이 10 초 이상 연속으로 200 kW/m<sup>2</sup>을 초과하지 않으며, 5분간 가열 후 시험체를 관통하는 방화상 유해한 균열, 구멍 및 용융 등이 없어야 한다고 규정하고 있는 KS F ISO 5660-1(Cone Calorimeter Method) 방법과 시험체가 실내에 접하는 면에 대하여 2회 실시하여 가스유해성 시험결과, 실험용 쥐의 평균행동정지 시간이 9분 이상이어야 한다고 규정하고 있는 KS F 2271(건축물의 내장재료 및 구조의 난연성 시험방법)이 있다.<sup>1)</sup>

선진국 등에서는 각종 재료들의 화재위험성을 종합적으로 평가하기 위해 콘칼로리미터(Cone Calorimeter)를 이용하여 열방출율에 관한 많은 연구가 활발히 수행되고 있는 반면에 현재 국내에서는 이를 이용한 연구가 시작단계에 있는 실정이다. 열방출율은 재료의 연소 표면적당 발생하는 열량으로 표현하고 발생열량의 크기에 따라 각종 재료들의 화재위험성을 평가하는 자료로 활용되고 있다.

콘칼로리미터를 이용한 재료의 화재위험성 평가와 관련된 연구를 살펴보면, 이 등<sup>2)</sup>에 의해 “콘칼로리미터를 이용한 플라스틱 단열재의 화재특성”, 공 등<sup>3)</sup>에 의해 “경질 폴리우레탄폼의 착화성 및 열방출율 특성 연구”, 이 등<sup>4)</sup>에 의해 “콘칼로리미터를 이용한 섬유강화플라스틱(FRP)의 연소특성”, 박 등<sup>5)</sup>에 의해 “소나무와 떡갈나무의 주요 부위별 열적특성에 관한 연구”, 최<sup>6)</sup>에 의해 “건축내장재의 화재 안전성 평가에 관한 연구”, 이 등<sup>7)</sup>에 의해 “실내장식물 등 화재유해성 평가 시험 용역”등의 연구가 진행되었다. 또한 Mass loss calorimeter를 이용한 외부복사열원에 따른 각종 재료의 연소성에 대한 연구는 박<sup>8-10)</sup>에 의해 “복사열을 이용한 샌드위치 패널 심재의 연소특성 분석”, “복사열을 이용한 소나무와 굴참나무 낙엽의 연소특성 분석”, “일정한 복사열원에 노출된 목재의 탄화속도에 관한 연구” 등의 연구가 진행된 바 있다. 그러나 콘칼로리미터법을 이용한 각종 재료들의 화재위험성 평가방법은 장비 자체가 고가이며, 장비의 운영면에서 많은 비용이 들기 때문에 다양한 재료에 대한 시험연구를 진행하는데 어려움이 있다고 할 수 있다.

본 연구에서는 노 등<sup>11)</sup>에 의해 발표된 “질량손실측

정에 의한 열방출율 측정 연구”를 통해 그 어느 정도 유효성이 검증되었다고 판단되는 ISO 5660(Fire tests - Reaction to Fire, part 1)을 만족하는 Mass Loss Calorimeter를 이용하여 재료의 Mass loss rate를 측정하고 Oxygen Bomb calorimeter를 이용하여 재료의 단위중량당 연소열을 측정하였다. 또한 이들 데이터로부터 난연처리된 EPS 샌드위치 패널 심재의 열방출율을 계산하였다.

## 2. 실험

### 2.1 실험시료

시료는 발포 폴리스티렌(EPS, Expandable Polystyrene)과 열 안정성이 우수한 플라스틱 수지와 무기물을 화학적 반응을 통하여 합성한 내화 피복제로 구성된 스킨 코어 형태의 특수한 구조적 특징을 갖는 발포입자성형물<sup>12)</sup>로 밀도 차이에 따라 Figure 1과 같이 3가지 Type으로 구분하여 질량감소속도와 열방출율 등을 실험하였다. 시료의 크기는 100 mm×100 mm×50 mm로 절단 된 것으로 시험전에 버니어캘리퍼스와 전자저울을 이용하여 크기와 무게를 측정하였으며, 이를 기준으

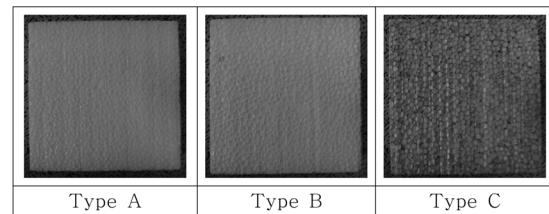


Figure 1. Photograph of specimen.

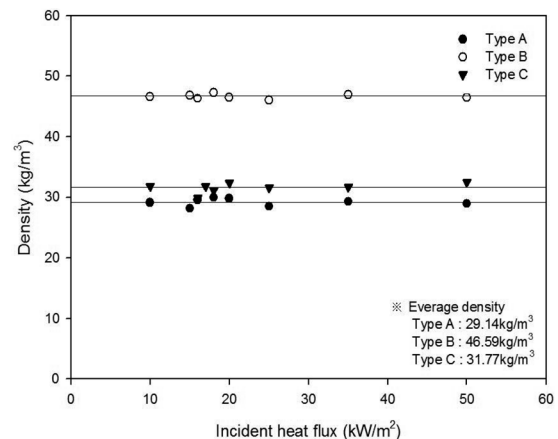


Figure 2. Density of test specimens used at each incident heat flux.<sup>8)</sup>

로 밀도를 계산하였다.

Figure 2는 본 연구에 사용된 시료의 평균 밀도와 각 외부 복사열의 단계에서 사용된 시료의 밀도를 나타내었다.

## 2.2 실험장치 및 방법

일정한 Heat Flux(20~50 kW/m<sup>2</sup>)에서 각 EPS 샌드위치 패널 심재의 질량감소속도와 열방출율을 측정하기 위해 ISO 5660(Fire tests - Reaction to Fire, part 1)을 만족하는 Mass Loss Calorimeter(FTT 사)를 사용하였다.

Figure 3은 본 연구에서 사용된 Mass loss calorimeter로 큰 형태의 복사전기히터(cone heater), 시간에 따른 시편의 질량변화를 측정하기 위한 무게측정장치(load cell), 시편홀더(sample holder), 스파크 점화회로, 열플럭스미터(heat flux meter), 데이터 수집 및 분석시스템인 Data logger와 Computer 등으로 구성되어 있다.

실험방법은 먼저 시편을 시료는 100 mm×100 mm×50 mm의 크기로 준비하여 시험에 앞서 온도 23±2°C, 상대습도 50±5% 상태에서 전처리 시킨 후 시험전에 버니어캘리퍼스와 전자저울을 이용하여 크기와 무게를 측정하였다. 전 처리된 시료는 0.03~0.05 mm의 알루미늄 호일로 반쪽거리는 면이 시편을 향하도록 비 노출면을 감싼다. 복사열의 크기를 변화시킬 때에는 콘히터가 설정하고자 하는 복사열을 ±2% 이내의 범위 내에서 발생시킬 수 있도록 Mass Loss Calorimeter controller를 이용하여 설정온도까지 상승시킨 후 설정온도에서 방출되는 복사열량을 Medtherm 사의 Heat flux meter를 이용하여 측정한다. 방출되는 복사열량(20~50 kW/m<sup>2</sup>)이 일정해 지면 준비된 시료를 Cone heater의 바닥면과 시료의 상부 표면 사이 거리를 25.0 mm(약 1 inch)로 조정한다.

준비된 시료와 시료 홀더를 load cell 장치위에 수평 방향으로 설치하고 20, 25, 35, 50 kW/m<sup>2</sup>의 복사열에 300s 동안 노출시켰을 때의 중량감소율(Mass loss rate)를 측정하였다. 시료에 대한 착화는 Cone heater 하부와 시료 상부의 중간 위치에서 점화 스파크를 이용하여 실시하였으며, 실험 횟수는 각 시험편에 대해 3회 시험을 실시하고 시험결과를 기록하였으며 3회의 실험을 통해 얻어진 측정값을 평균해서 사용하였다. 실험 시간 동안 시료의 중량변화는 매 1초 간격으로 Load cell을 이용하여 측정하였다. 이때 각종 Data는 Data logger를 이용하여 Computer에 자동으로 저장된다.

질량감소율은 ISO 5660-1:2002(E) “Reaction-to-fire tests - Heat release, smoke production and mass loss rate - Part 1 : Heat release rate(cone calorimeter method)”

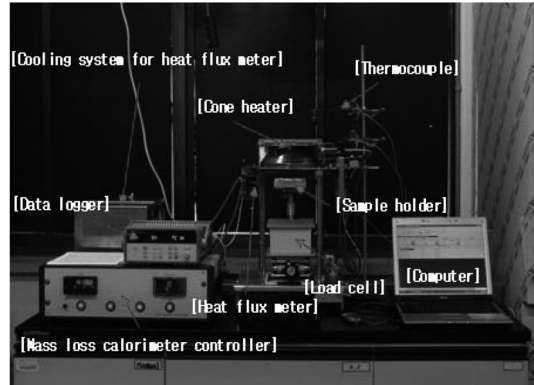


Figure 3. Photograph of Mass Loss Calorimeter for measure a combustion characteristics.

의 12.5 Mass loss rate를 구하는 다음 식 (1)~(5)을 이용하였으며, 시간 간격은 3초 간격으로 하여 계산하였다.<sup>13)</sup>

$$-[\dot{m}]_{i=0} = \frac{25m_0 - 48m_1 + 36m_2 - 16m_3 + 3m_4}{12\Delta t} \quad (1)$$

$$-[\dot{m}]_{i=1} = \frac{3m_0 + 10m_1 - 18m_2 + 6m_3 - m_4}{12\Delta t} \quad (2)$$

$$-[\dot{m}]_i = \frac{-m_{i-2} + 8m_{i-1} - 8m_{i+1} + m_{i+2}}{12\Delta t} \quad (3)$$

$$-[\dot{m}]_{i=n-1} = \frac{-3m_n - 10m_{n-1} + 18m_{n-2} - 6m_{n-3} + m_{n-4}}{12\Delta t} \quad (4)$$

$$-[\dot{m}]_{i=n} = \frac{-25m_n + 48m_{n-1} - 36m_{n-2} + 6m_{n-3} - 3m_{n-4}}{12\Delta t} \quad (5)$$

열방출율은 연소시 발생하는 질량감소는 완전연소에 의한 것이라는 가정하에서 SFPE Handbook 1-95의 “화재의 열방출률”을 구하는 다음 식 (6)을 이용하여 계산하였다. 이때 질량감소( $\dot{m}$ )는 본 연구를 통해 측정된 값을, 가연물의 순연소열은 박형주에 의해 측정된 EPS 샌드위치패널의 단위중량당 순연소열( $\Delta H_c$ )을 사용하였다.<sup>14)</sup>

$$\dot{Q}_c = \Delta H_c \cdot \dot{m} \quad (6)$$

## 3. 결과 및 고찰

Mass loss calorimeter를 이용한 Incident heat flux에서 3가지 Type의 EPS 샌드위치 패널 심재에 대한 질량감소속도 측정과 이 데이터를 이용하여 계산된 열방출율 값의 결과는 다음과 같다.

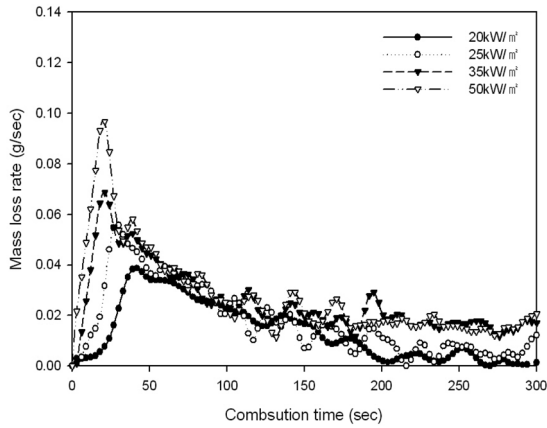


Figure 4. Mass loss rate profile during the combustion at Type A.

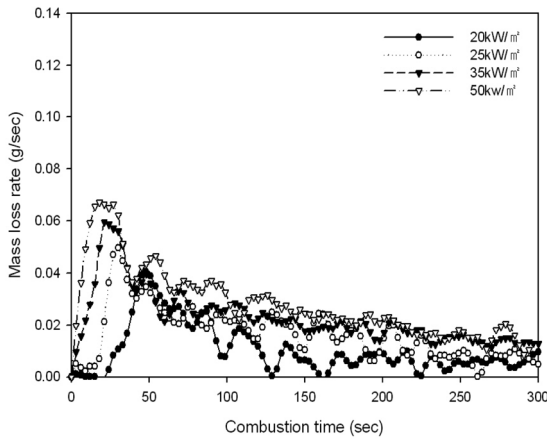


Figure 5. Mass loss rate profile during the combustion at Type B.

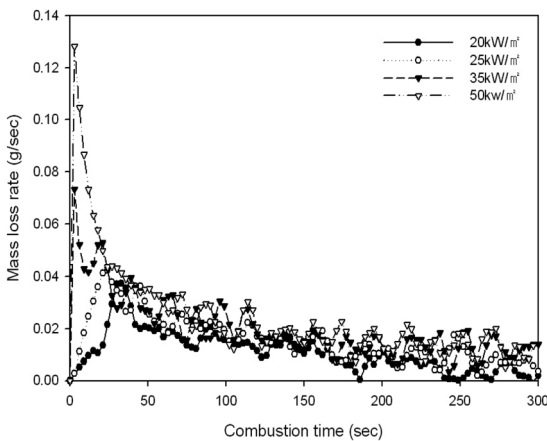


Figure 6. Mass loss rate profile during the combustion at Type C.

### 3.1 질량감소속도(Mass loss rate)

3가지 Type의 EPS 샌드위치 패널 심재에 대해 Mass loss calorimeter를 이용하여 20 kW/m<sup>2</sup>, 25 kW/m<sup>2</sup>, 35 kW/m<sup>2</sup>, 50 kW/m<sup>2</sup>의 복사열에서 300s 동안 노출시켰을 때 매 1초 간격으로 측정된 중량변화를 식 (1)~(5)을 이용하여 Mass loss rate를 계산하였다.

Figure 4~6에 외부 복사열량의 변화에 따른 3가지 Type의 EPS 샌드위치 패널 심재에 대한 시간변화에 따른 질량감소 곡선을 나타내었으며, Figure 7은 외부 복사열량이 50 kW/m<sup>2</sup>일 때 3가지 Type의 시간변화에 따른 질량감소 곡선을 나타내었다. 3가지 Type의 질량감소 곡선을 살펴보면 연소초기 시료표면에 착화가 발생한 후 급격한 질량감소속도를 보이다가 화염이 안정화 되면서 감소하는 경향을 보이고 있으며, 외부복사열량이 증가함에 따라 전체적으로 질량감소속도가 증가함을 알 수 있다.

Figure 7의 외부 복사열량이 50 kW/m<sup>2</sup>일 경우 3가지 Type에 대한 질량감소속도 곡선의 경우 연소초기에는 Type C > Type A > Type B의 순으로 질량감소가 높게 측정된 반면에 연소가 계속 진행될수록 Type B에서 상대적으로 질량감소속도가 높게 측정됨을 알 수 있다.

Table 1은 3가지 Type의 시료에 대한 최대 질량감소속도를 나타낸 것으로 외부 복사열량의 변화에 따라 Type C에서 상대적으로 빠른 시간에 최대 질량감소속도를 나타냄을 알 수 있다. 이 결과는 박<sup>8)</sup>에 의해 측정된 동일 시료에 대한 착화시간에 있어서 Type C가 가장 짧게 나타났기 때문에 연소초기에 급격한 연소가 진행되면서 발생한 현상이라고 판단된다.

Figure 8은 외부복사열량의 변화에 따른 3가지 Type의 시료에서 발생한 단위면적당 평균질량감소속도를

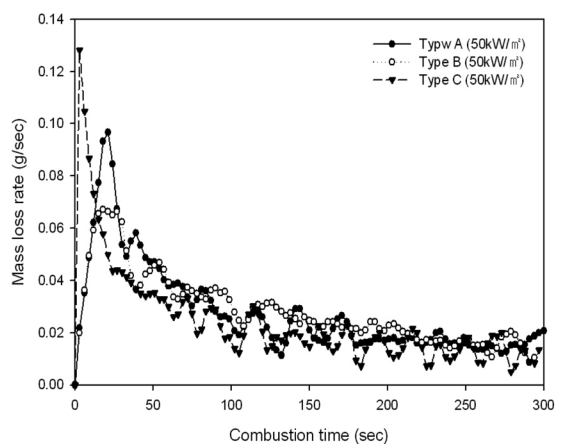
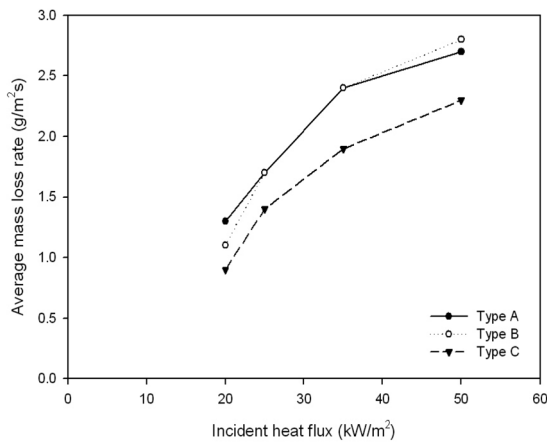


Figure 7. Mass loss rate profile of each type during the combustion at 50 kW/m<sup>2</sup>.

**Table 1.** Maximum mass loss rate of each type at incident heat flux

Heat flux (kW/m <sup>2</sup> )	Type A		Type B		Type C	
	Max. mass loss rate(g/s)	Time(s)	Max. mass loss rate(g/s)	Time(s)	Max. mass loss rate(g/s)	Time(s)
20	0.039	42	0.040	48	0.037	30
25	0.056	30	0.050	30	0.042	24
35	0.069	21	0.059	21	0.073	3
50	0.097	21	0.067	18	0.128	3

**Figure 8.** Average mass loss rate vs incident heat flux for EPS sandwich panel cores.**Table 2.** Mass loss rate of each type at incident heat flux

Sample type	Heat flux (kW/m <sup>2</sup> )	Total mass loss (g)	Average mass loss rate(g/m <sup>2</sup> s)	Maximum mass loss rate(g/m <sup>2</sup> s)
Type A	20	4.03	1.3	3.9
	25	5.20	1.7	5.6
	35	7.20	2.4	6.9
	50	8.22	2.7	9.7
Type B	20	3.37	1.1	4.0
	25	5.08	1.7	5.0
	35	7.08	2.4	5.9
	50	8.42	2.8	6.7
Type C	20	2.78	0.9	3.7
	25	4.15	1.4	4.2
	35	5.75	1.9	7.3
	50	6.75	2.3	12.8

나타낸 그래프로 외부복사열량의 증가에 따라 질량감소속도가 증가함을 알 수 있으며, Type A와 B의 경우

한국화재소방학회 논문지, 제22권 제5호, 2008년

비슷한 질량감소속도를 나타낸 반면에 Type C은 상대적으로 낮은 질량감소속도를 나타내었다. 이는 박<sup>8)</sup>에 의해 측정된 외부 복사열원의 변화에 따른 착화 후 유염연소 시간과 표면온도 측정결과에서 Type C의 경우에 유염연소시간이 가장 짧게 나타났으며, 표면온도에 있어서도 연소가 진행됨에 따라 가장 낮게 측정된 결과에 의한 것으로 동일한 외부 복사열원의 조건에서 화염의 지속시간이 짧고, 표면온도가 낮다는 것은 물질 자체의 연소성이 낮다는 의미한다.

Table 2는 외부복사열량의 변화에 따른 3가지 Type의 시료에서 발생한 총질량손실, 평균질량감소속도, 최대질량감소속도를 나타낸 것으로 총질량손실은 실험전후의 무게변화를 나타낸 것이며, 평균질량감소속도는 총질량손실을 시험시간 300s로 나눈 값을 나타낸 것이다.

### 3.2 열방출률(Hear Release Rate)

Mass loss calorimeter를 이용하여 시편을 수평방향으로 설치하고 20 kW/m<sup>2</sup>, 25 kW/m<sup>2</sup>, 35 kW/m<sup>2</sup>, 50 kW/m<sup>2</sup>의 복사열에 300s 동안 노출시켰을 때 측정된 각 시료의 mass loss rate 측정값과 동일 시료에 대한 단위중량당 연소열을 식 (6) 대입하여 연소시간에 따른 열방출율(Heat release rate), 평균열방출속도(Average Heat Release Rate), 최대열방출속도(Maximum Heat Release Rate), 총방출열량(Total Heat Release)을 계산하였다. 열방출율 계산에 사용된 단위중량당 연소열은 본 연구에서 사용된 시료와 같은 시료를 이용하여 Bomb oxygen calorimeter를 이용하여 측정된 값으로 Type A의 경우 21.56 kJ/g, Type B의 경우 16.85 kJ/g, Type C의 경우 21.77 kJ/g이다.<sup>8)</sup>

Figure 9는 외부 복사열량이 50 kW/m<sup>2</sup>일 경우 3가지 Type에 대한 열방출율을 나타낸 것으로 연소초기에는 Type C > Type A > Type B의 순으로 열방출율이 높게 측정된 반면에 연소가 계속 진행될수록 큰 차이가 발생하지 않음을 알 수 있었다.

Figure 10은 외부복사열량의 변화에 따른 3가지 Type

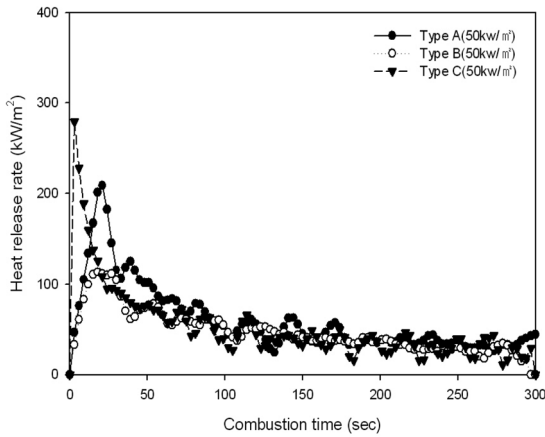


Figure 9. Heat release rate profile of each type during the combustion at 50 kW/m<sup>2</sup>.

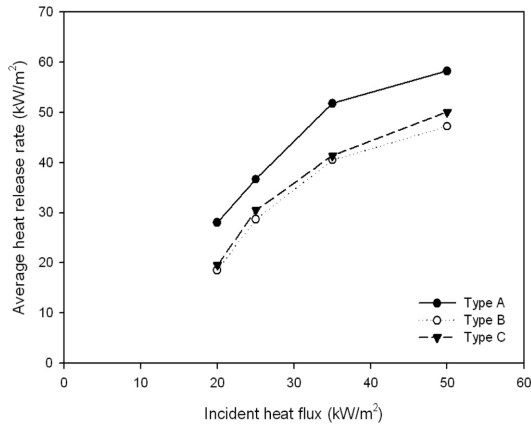


Figure 10. Average heat release rate vs incident heat flux for EPS sandwich panel cores.

의 시료에서 발생한 단위면적당 평균열방출속도를 나타낸 그래프로 외부복사열량의 증가에 따라 평균열방출속도가 증가함을 알 수 있으며, Type B와 C의 경우 비슷한 열방출속도를 나타낸 반면에 Type A는 상대적으로 높은 열방출속도를 나타내었다. 평균질량감소 속도에 있어서는 Type A와 B가 비슷하고, Type C에서 가장 낮게 측정되었으나 열방출속도 계산에 사용된 각 시료의 단위중량당 연소열의 차이에 의해 발생된 것으로 판단된다.

Table 3은 외부복사열량의 변화에 따른 3가지 Type의 시료에서 발생한 평균열방출속도, 최대열방출속도, 총열방출량을 나타낸 것으로 평균열방출속도는 총열방출량을 시험시간 300s로 나눈 값을 나타낸 것이다.

본 연구결과를 분석하여 보면 3가지 Type의 샌드위

Table 3. Heat release rate of each type at incident heat flux

Sample type	Heat flux (kW/m <sup>2</sup> )	Average heat release rate (kW/m <sup>2</sup> )	Maximum heat release rate (kW/m <sup>2</sup> )	Total heat release (MJ/m <sup>2</sup> )
Type A	20	28.04	84.11	8.69
	25	36.66	120.77	11.21
	35	51.76	148.80	15.53
	50	58.23	209.19	17.73
Type B	20	18.54	67.41	5.68
	25	28.65	84.26	8.56
	35	40.45	99.43	11.93
	50	47.19	112.91	14.19
Type C	20	19.59	80.54	6.05
	25	30.47	91.42	9.03
	35	41.36	158.90	12.52
	50	50.06	278.61	14.69

치 패널 심재의 열방출특성은 50 kW/m<sup>2</sup>의 외부복사열원 하에서 최대열방출을 112.91~278.61 kW/m<sup>2</sup>, 평균열방출을 47.19~58.23 kW/m<sup>2</sup>, 총열방출을 14.19~17.73MJ/m<sup>2</sup>로 나타났다. 이를 캐나다의 열방출 특성기준 분류 체계에 적용 후 분류하면 Type A의 경우 최대열방출을 C-3 등급, 평균열방출율과 총열방출을 C-2 등급, Type B의 경우 최대열방출율, 평균열방출율, 총열방출을 모두 C-2 등급, Type C의 경우 최대열방출을 C-3, 평균열방출율과 총열방출을 C-2 등급으로 분류할 수 있다. 열방출특성의 결과로 Type A와 C의 경우 C-3등급, Type B의 경우 C-2등급으로 분류할 수 있다. 캐나다의 열방출 특성기준 중 C-2 등급은 최대열방출을 150 kW/m<sup>2</sup> 이하, 평균열방출을 85 kW/m<sup>2</sup> 이하, 총열방출을 50 MJ/m<sup>2</sup> 이하를, C-3 등급은 최대열방출을 300 kW/m<sup>2</sup> 이하, 평균열방출을 170 kW/m<sup>2</sup> 이하, 총열방출을 100 MJ/m<sup>2</sup> 이하를 의미한다. 따라서 Type B의 경우 이 등<sup>2</sup>)에 의해서 제안된 냉동창고, 유흥음식점 등에서 사용되는 플라스틱 단열재에 의한 화재 피해를 최소화하기 위한 평가기준인 최대열방출을 150 kW/m<sup>2</sup> 이하, 평균열방출을 85 kW/m<sup>2</sup> 이하, 총열방출을 50 MJ/m<sup>2</sup> 이하의 수준을 만족할 것으로 판단된다.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 난연처리된 EPS 샌드위치 패널 심재에 대한 질량감소속도를 측정하고, 단위 중량당 연소

열과 질량감소속도를 이용하여 총열방출율, 최대열방출율 및 평균열방출율 계산을 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 샌드위치 패널 심재의 질량감소는 연소초기 시료 표면에 착화가 발생한 후 급격한 질량감소속도를 보이다가 화염이 안정화 되면서 감소하는 경향을 보이고 있으며, 외부 복사열량이 증가함에 따라 전체적으로 질량감소속도가 증가함을 알 수 있었다.

2) 50 kW/m<sup>2</sup>의 외부 복사열원에서 평균질량감소속도는 Type A와 B의 경우 각각 2.7g/m<sup>2</sup>s, 2.8g/m<sup>2</sup>s로 비슷한 경향을 나타낸 반면, Type C는 2.3g/m<sup>2</sup>s로 상대적으로 낮게 나타남을 알 수 있었다.

3) 50 kW/m<sup>2</sup>의 외부 복사열원에서 평균열방출속도는 Type B와 C의 경우 각각 47.19 kW/m<sup>2</sup>, 50.06 kW/m<sup>2</sup>으로 큰 차이가 없었으나, Type A는 58.23 kW/m<sup>2</sup>으로 상대적으로 높게 나타남을 알 수 있었다.

4) 열방출특성의 결과를 캐나다 분류체계에 적용할 경우 Type A와 C의 경우 C-3등급, Type B의 경우 C-2등급에 포함됨을 알 수 있었다.

5) Type B의 경우 냉동창고, 유흥음식점 등에서 사용되는 플라스틱 단열재에 의한 화재 피해를 최소화하기 위한 평가기준인 최대열방출율 150 kW/m<sup>2</sup> 이하, 평균열방출율 85 kW/m<sup>2</sup> 이하, 총열방출율 50 MJ/m<sup>2</sup> 이하의 수준을 만족할 것으로 판단된다.

## 감사의 글

본 연구는 2008년 호원대학교 교내학술연구비 지원에 의하여 수행하였으며 이에 감사드립니다.

## 참고문헌

1. 건설교통부고시 제2006-476호, “건축물 내부마감재료의 난연성능기준”, 관보 제16374호, pp.125-126 (2006).
2. 이근원, 김관용, “콘칼로리미터를 이용한 플라스틱 단열재의 화재특성”, 한국화재소방학회 논문지, Vol.17, No.1, pp.76-83(2003).
3. 공영건, 이두형, “경질 폴리우레탄폼의 착화성 및 열방출특성 연구”, 한국화재소방학회 논문지, Vol.17, No.4, pp.117-123(2003).
4. 이근원, 김관용, 이두형, “콘칼로리미터를 이용한 섬유강화플라스틱(FRP)의 연소특성”, 한국화재소방학회 논문지, Vol.18, No.2, pp.68-72(2004).
5. 박영주, 이시영, 이해평, “소나무와 떡갈나무의 주요 부위별 열적특성에 관한 연구”, 한국화재소방학회 논문지, Vol.22, No.1, pp.84-92(2008).
6. 최금란, “건축내장재의 화재 안전성 평가에 관한 연구”, 한국소방검정공사, 2006년도 소방검정기술기준 선진화 사업 연구과제 발표집, pp.1-51(2006).
7. 이봉우 외 8, “실내장식물 등 화재유해성 평가시험 용역”, 소방방재청(2006).
8. 박형주, “복사열을 이용한 샌드위치 패널 심재의 연소특성 분석”, 한국화재소방학회 논문지, Vol.21, No.4, pp.25-31(2007).
9. 박형주, 김응식, 김장환, 김동현, “복사열을 이용한 소나무와 굴참나무 낙엽의 연소특성 분석”, 한국화재소방학회 논문지, Vol.21, No.3, pp.41-46(2007).
10. 박형주, 김홍, “일정한 복사열원에 노출된 목재의 탄화속도에 관한 연구”, 한국화재소방학회 논문지, Vol.18, No.4, pp.86-92(2004).
11. 노호성, 이준석, 진영화, 박지현, 김성윤, “질량손실측정에 의한 열방출율 측정 연구”, 한국화재소방학회, 2007년도 추계학술논문발표회 논문집, pp.137-142 (2007).
12. 박봉국, “기능성 스킨층을 갖는 발포 폴리스티렌 입자와 그 제조방법 및 이를 이용한 기능성 발포 폴리스티렌성형물과 그 제조방법”, 대한민국특허청, 등록특허 10-0479218, pp.1-9(2005).
13. ISO 5660-1 “Reaction to fire tests - Heat release, smoke production and mass loss rate - Part 1 : Heat release rate(cone calorimeter method)”, International Standard, pp.15-16(2002).
14. D.D. Drysdale, “Thermochemistry - Rate of Heat Release in Fires”, SFPE Handbook Third Edition, Chapter 1-5, pp.1-95(2002).