

가구류에 대한 화재 특성 연구

권오상[†] · 유용호* · 김홍열** · 임영수***

한국건설기술연구원 화재안전연구실

The Study on Fire Characteristics of Furniture

Oh-Sang Kweon[†] · Yong-Ho Yoo* · Heung-Youl Kim*** ·

Young-Soo Lim***

Korea Institute of Construction Technology

요 약

본 연구에서는 다세대 주택에서 발생하는 화재에서 가연물질이 되는 가구류에 대한 화재 특성을 파악하기 위해 단위 가연물에 대한 열방출율(HRR, Heat Release Rate), 연기발생량, 유독가스 발생량 등에 대한 기본 DB를 확보하고자 하였다. 실험에 사용된 단위가연물에는 침대(매트리스 포함), 장롱, 화장대, 책상, 책장, 소파(3+1인용), TV, 싱크대(찬장 포함), 냉장고, 이불(옷가지)등 총 12여종이며, 국제 시험 규격인 ISO 9705 시험법인 중규모 시험 장치(Room Corner Tester)와 10MW 급의 실규모화재실험장치(Large Scale Calorimeter)에서 실험을 진행하였다. 실험결과 냉장고에서 가장 높은 최대 열방출율 약 3051 kW, 장롱에서의 일산화탄소 방출량은 최대 약 3894.2 ppm, 이산화탄소의 방출량은 최대 약 1.8% 로 가장 높게 측정되었다. 이러한 중규모 시험 장치를 통한 단위 품목의 화재특성 DB 작성은 단위구획에서의 화재 확산 예측에 가장 중요한 요소가 될 수 있을 것이다.

1. 서론

본 연구에서는 다세대 주택의 가연물에 대한 화재 특성 데이터베이스 구축을 통해 향후 주택 연소 특성 분석 및 소방 설비의 적정성 분석 등의 핵심 데이터베이스로 활용되어 주택의 화재위험도 평가 자료로 활용하고자 하였다. 다세대 주택의 표준 가연물을 선정하기 위해 주택(다세대주택 및 연립주택)의 규모로서 가장 일반적인 형태인 바닥면적 39~106m²(12~32평)을 대상으로 현장 조사를 통해 평면의 구성, 가연물의 량, 가연물의 배치 등에 대한 조사·분석을 실시하였다. 조사 결과를 침대(매트리스 포함), 장롱, 화장대, 책상, 책장, 소파(3+1인용), TV, 싱크대(찬장 포함), 냉장고, 이불(옷가지) 등 총 12종에 대해서 ISO 9705 시험법의 Room Corner Tester(3MW)와 10MW급의 Large Scale Calorimeter를 통해 가연물의 열방출율, 연기발생량, 유독가스발생량(CO, CO₂) 등에 대한

데이터베이스를 구축하였다. 수행된 주택 공간 표준가연물에 대한 화재특성 데이터베이스는 주택 연소 특성 분석 및 소방 설비의 적정성 분석 등의 핵심 데이터베이스로 활용됨으로서 주택의 화재위험도 평가 자료로서 활용하고자 하였다¹⁾.

2. 실험방법

화재위험을 종합적으로 평가하기 위해서는 열방출율(Heat release rate, HRR), 연기발생량, 유해가스와 같은 화재 특성을 모두 고려하여야 한다. 특히, 화재에서 가장 중요한 물리량은 열방출율로서 화재의 전파, 온도상승 및 연기발생량 등 모든 화재에 의해 유발되는 문제와 밀접한 관계를 가지고 있다²⁾. 본 연구에서는 가연성 물질별 열방출율, 유독가스 성분 및 발생량 파악을 위해 그림 1에 나타나 있는 국제 화재시험평가 기준인 ISO-9705 시험법을 적용한 룸코너 시험기와 가연물의 열방출율을 고려하여 10MW급의 실규모 화재평가 장치(Large Scale Calorimeter)를 이용 이용하여, 거실, 침실, 주방, 공부방에 대한 연소실험을 실시하였다³⁾.



a. Room Corner Tester



b. 라지스케일칼로미터

그림 1. 화재특성 측정 시험기

일반적으로 주택화재에서의 발화는 전기 합선·누전, 인접 가연물 화재의 전이 등으로 발화하여 연소하게 된다. 이에 본 연구에서는 단위 가구의 초기 발화에 따른 연소 형태 및 실험 조건 등을 고려하여 전기 합선·누전에 의한 발화를 가정하여 단위 가구의 모서리 부분에 점화원을 설치하여 실험을 진행하였다.

3. 실험결과

주택 가연물별 화재특성실험은 그림 2와 같이 “점화→전성기→쇠퇴기”로 실시하였으며, 점화원은 소량의 액체연료를 사용하여 단위 가구의 모서리 부분에서 점화하였다.

	점화	전성기	쇠퇴기		점화	전성기	쇠퇴기
의자				침대			
소파 (1인용)				TV			
소파 (3인용)				의류 (5kg)			
화장대				책상			
장롱				책장			

그림 2. 단일품목의 화재특성 평가 실험 사진

실험결과 표 1에서는 실험에서 측정된 주택 가연물질의 열방출율, 연기발생량, 유독가스(CO, CO₂) 발생량의 최대값을 나타내고 있으며, 실험 결과에서 점화에 의한 가연성 물질의 화재 반응은 물질에 형태에 따른 서로 다른 연소 패턴을 나타내고 있다. 의자와 소파(1인용, 3인용)의 경우는 점화원을 각 물질에 하부에 설치하여 진행하였으며, 실험 초기에는 하부에서 진행된 화염의 성장이 가연물질들의 등반이 부분으로 화염이 전이 되면서 연소가 확대되는 모습을 보여주고 있다. 주택 가연물질 중에서 침대, 책상, 책장의 최대 열방출율이 약 1061.9 kW, 1241.2 kW, 1346.8 kW 로 1 MW를 넘는 결과를 나타냈으며, 장롱의 경우도 최대 열방출율 약 832.1 kW 로 높은 열방출율을 나타내었다. 단위 가연물의 화재특성을 위해 진행된 실험에서 장롱의 경우는 일반적으로 옷가지, 이불 등을 보관하기 때문에 실제 주택에서는 실험에 비해 더 높은 열방출율은 나타낼 수 있다. 일산화탄소의 경우 장롱, 책장에서 인체가 무기력해지는 임계점인 900 ppm을 초과하는 최대 약 3894.2 ppm, 1385.9 ppm 이 측정되었으며, 책상의 경우도 임계점에 도달하는 수치인 최대 약 835.2 ppm 으로 나타났다. 이산화탄소의 경우는 책장, 책상, 장롱에서 최대 약 2.62 % , 2.57 % , 1.8 % 로 나타났으며, 연기발생량의 경우는 장롱에서 가장 높은 수치인 37.8 m²/s 로 나타났다.

표 1. 단일품목의 화재특성 평가 실험결과

	최대HRR [kW]	최대CO [ppm]	최대CO ₂ [%]	최대SPR [m ² /s]
의자	563.8	81.3	0.7	7.9
소파 (1인용)	378.6	288.9	0.5	10.2
소파 (3인용)	516.3	343.6	0.7	11.2
화장대	169.3	56.9	0.18	1.1
장롱	832.1	3894.2	1.8	37.8
침대	1061.9	459.2	0.53	9.4
TV	53.09	151.8	0.07	5.4
의류 (5kg)	154.2	66.7	0.21	0.7
책상	1241.2	835.2	2.57	3.3
책장	1346.8	1385.9	2.62	12.5

주택 가연물질의 화재특성 실험에서 장롱, 침대, 책상, 책장에서 다른 가연물질에 비해 비교적 높은 결과값이 측정되었으며 이 가연물질들은 이불, 옷가지, 책 등이 기타 다른 가연물질과 함께 주택에 설치되어 있는 점을 고려한다면 실제 주택화재에서는 실험결과에 비해 더 높은 열방출율, 유독가스 발생량 등이 나타날 수 있을 것으로 보여진다.

그림 3은 싱크대와 냉장고의 경우는 발생하는 열방출율을 고려하여 10 MW 급의 실규모 화재평가장치(Large Scale Calorimeter)를 이용하여 열방출율과 연기밀도, CO , CO₂ 를 측정할 모습과 실험결과를 나타내고 있다. 싱크대와 냉장고의 경우도 “점화→전성기→쇠퇴기”로 실시하였으며, 점화원은 소량의 액체연료를 사용하여 단위 가구의 모서리 부분에서 점화하였다.

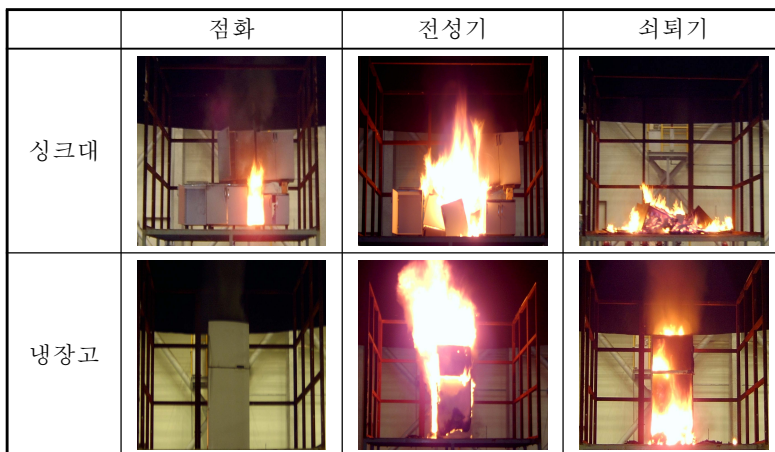


그림 3. 싱크대, 냉장고 화재특성 평가 실험 사진

그림 4에서는 실험결과를 나타내고 있으며, 싱크대와 냉장고의 최대 열방출율은 약 2363 kW, 3051 kW로 측정되었으며, 냉장고의 경우 단열재로 포함되어 있는 우레탄에 의해 높은 열방출율을 나타내었다. 두 물질 모두 높은 열방출율을 나타내며, 싱크대와 냉장고의 경우는 함께 주방에 설치되어 있는 경우가 많은데 이에 따른 주방에서 발생하는 화재의 위험성을 보여주고 있다. 싱크대에서의 일산화탄소와 이산화탄소의 발생량은 최대 약 44 ppm, 0.29%로 나타났으며, 냉장고의 일산화탄소와 이산화탄소 발생량은 최대 약 152 ppm, 0.36%로 나타났다.

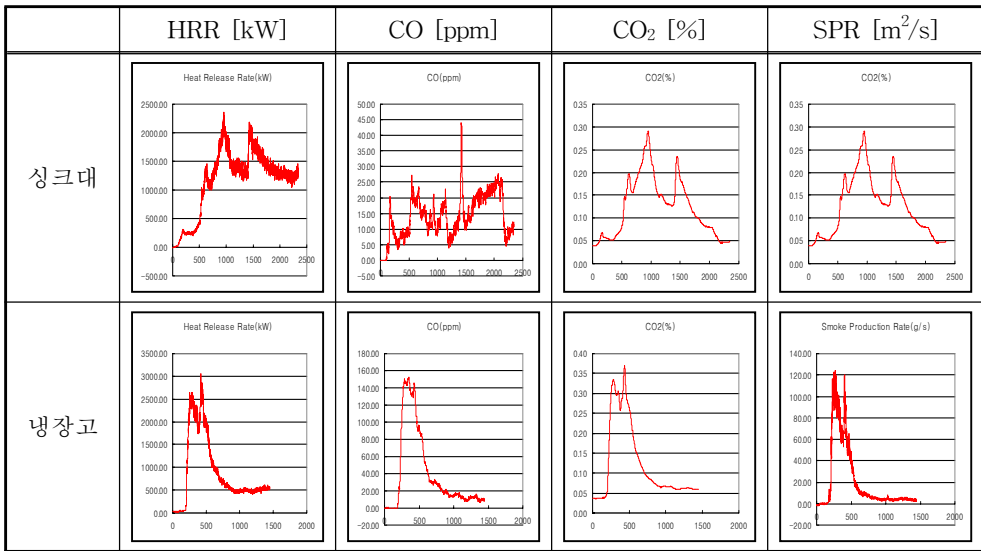


그림 4. 싱크대, 냉장고의 화재특성 실험 결과

4. 결론

주택 연소 특성 분석 및 주택의 화재위험도 평가 자료 등으로 활용될 주택 공간 표준 가연물에 대한 화재특성 데이터베이스는 구축을 위하여 먼저 주택(다세대주택 및 연립주택)의 규모로서 가장 일반적인 형태인 바닥면적 39~106m² (12~32평)을 대상으로 현장 조사를 통해 설정된 표준 모델의 단위 가구에 대한 연소특성 데이터베이스 구축 결과는 다음과 같다.

(1) 주택(다세대주택 및 연립주택)의 규모로서 가장 일반적인 형태인 바닥면적 39~106m² (12~32평)을 대상으로 29개소의 주택에 대한 현장 조사를 통해 평면의 구성, 가연물의 양, 가연물의 배치 등에 대한 조사·분석을 통해 표준 가연물질의 화재특성 데이터베이스 구축을 위한 단위 가구인 침대(매트리스 포함), 장롱, 화장대, 책상, 책장, 소파(3+1인용), TV, 싱크대(찬장 포함), 냉장고, 이불(옷가지) 등 총 12 품목을 설정하였다.

(2) 가연성 물질별 열방출율, 유독가스 성분 및 발생량 파악을 위해 국제 화재시험평가 기준인 ISO-9705 시험법을 적용한 룸코너 시험기를 이용하였으며, 열방출율의 경우 책장에서 최대 약 1346.8 kW, 일산화탄소의 경우 장롱에서 최대 약 3894.2 ppm, 이산화탄소의 경우 책장에서 2.62 %, 연기발생량의 경우 장롱에서 37.8 m²/s 로 가장 높게 측정되었다.

(3) 싱크대와 냉장고의 경우 발생하는 열방출량을 고려하여 10 MW 급의 실규모 화재 평가 장치에서 실험이 진행되었으며, 싱크대와 냉장고의 최대 열방출율은 약 2363 kW , 3051 kW 로 측정되었다. 냉장고의 경우 단열재로 포함되어 있는 우레탄에 의해 높은 열방출율을 나타내었다.

본 연구에서 실험을 통하여 얻은 주택 가연물의 화재 특성 DB는 향후 주택의 단위공간의 화재 위험도 평가와 FDS 등과 같은 컴퓨터 시뮬레이션에 필요한 기초 자료를 제공함으로써 화재의 예방과 확산 예측에 기여 할 수 있을 것이다.

감사의 글

본 연구는 2009 한국건설기술연구원 기본사업 “표준화재모델에 따른 화재확대방지 및 피난 안전설계기술개발”의 지원으로 이루어졌으며, 지원에 감사드립니다.

참고문헌

1. 오규형 외(2004), 화재공학원론, 동화기술
2. V. Babrauskas, S.J. Grayson(1992), Heat Release in Fires, Elsevier
3. 유용호, 김홍열, 신현준(2008). “실대형화재평가장치의 개발 및 안전화에 관한 연구”, 한국화재소방학회논문지, 제22권 제1호