

화재 사례를 통한 양초 연소시간 측정 실험

경기지방경찰청 문용수

국문 요약

본 실험은 방화 사건 현장에서 지연 착화 재료로 쓰이는 양초의 연소 시간을 측정키 위해 실험을 수행하였고, 시중에서 판매되는 양초는 종류, 크기, 제조사별 모두 다른 연소 시간을 나타내는 결과를 확인하여 양초에 대한 일괄적인 연소량, 시간에 비례되는 공통적인 자료를 도출할 수 없다는 결론을 얻었다. 사건 현장에서 지연 착화의 재료로 사용한 양초가 발견된다면 그 양초를 시료로 한 현장의 분위기를 조건으로 연소실험을 통하여 연소량에 비례하는 시간 측정 결과로 착화 시간을 추정해야 한다는 결론을 얻었다.

제 1장 실험개요

방화를 목적으로 화재 현장에서 착화 시간대 행적을 조작키 위해 방화자가 지연착화 재료로

양초를 사용하는 사례가 있어 이러한 현장에서 발견 수거된 양초의 잔량의 무게, 길이 등을 측정, 착화 시간을 역 추적, 수사의 기본 자료로 활용할 수 있으나, 양초는 누구나 구입 가능하며, 그 종류 또한 다양하고, 양초 연소 관련 기본 자료가 없어 실 사례를 소개 후 양초에 대한 연소 시간, 연소량 등에 대한 기초 자료를 정립코자, 양초 연소 실험을 실시하게 되었다.

제 2장 화재사례

2003년 ○월 ○일 04:00경 ○○시 ○○읍 ○○리 가구공장 내에서 화재발생, 현장은 약 200여평 규모의 단층 철근 콘크리트 건물로 내부 연소 확산 개연성이 없는 독립 적인 소회 부위가 3개소 이상 발견되며, 독립 발화 개소 중 [사진 2-1], [사진 2-2], [사진 2-3] 과 같이 건물 기둥에 세워놓은 목재 합판 안쪽에서 타다 남은 양초 1점이 발견되는 방화사건 현장으로 주변 정황

은 당시 영업주는 지방에 외출 중이며, 해당 지역 전체가 재개발 계획으로 수용 직전의 상태이며. 건물 및 집기류 등이 보험 가입 상태이다.

[사진 2-3] 과 같이 현장에서 발견된 양초의 심지 부위 연소 형태가 연소되고 있는 상태에서 불상의 원인으로 양초가 쓰러진 후 연소하는 과정에서 경사진 연소 형태를 형성한 특징점이 있고, 현장내 수 개소의 독립적인 소해 형태가 관찰되고, 지연착화 재료인 양초의 잔해가 발견되는 등 인위적인 착화 흔적이 발견되며, 화재가 발생함으로써 이익 관계에 있는 자가 있는 현장이나, 당시 해당서에서 방화 용의자로 추정되는 관계자에 대한 수사 결과 화재발생 당시 행적이 확인되는 등 방화 혐의점을 직접적으로 증명할 증거를 발견치 못한 관계로 수사 진척이 없어 발생 수개월 후 사건 자체는 내사 종결 처리되고, 보험사에서 보험금을 가입자에게 지급하였으며, 해당 지역은 현재 재개발이 한창 진행되고 있음.

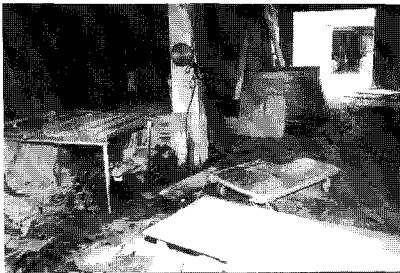


[사진 2-3] 발견된 양초 근접 촬영

사례로 소개한 사건은 화재발생 당시 용의자의 행적이 확인된 점이 용의자를 용의 선상에서 더 이상 수사를 진행할 수 없는 한계로 당시 발견된 양초에 대한 지연착화의 가능성과 양초 잔량에 대한 연소된 부분의 시간을 측정할 수 있다면 착화 시간대 추정과 그에 대한 수사가 적극적으로 진행되었을 것이라는 아쉬움이 남는다.

제 3장 실험방법

시중에 유통되는 양초는 크기에 대한 정확한 규격이 없는 가격, 길이, 지름, 무게 제조사 등이 매우 다양한 관계로 전 제품을 대상으로 실험이 불가능하여 본 실험에서는 양초를 [표 3-1] 과 같이 임의로 대형, 중형, 소형으로 분류하여 시료로 사용하였으며, 무풍 유지, 주변 온도 26℃ 에서 분류별 연소 시간, 무게, 연소 특이점, 소화 특이점을 시간 단위로 기록하여, [사진 3-1], [사진 3-2] 과 같이 진행하였다.



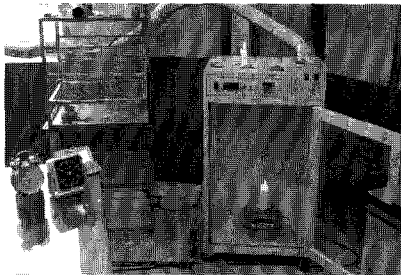
[사진 2-1] 작업장내 기둥 주변 촬영



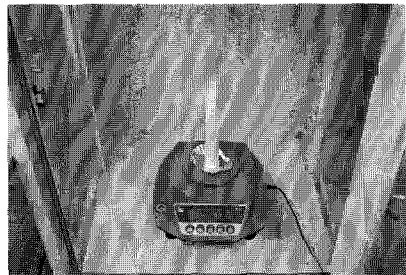
[사진 2-2] 기둥과 합판사이 바닥 촬영

[표 3-1] 시료 분류 규격

분류	규격	길이	치름	무게	비고
대형	형	24.5cm	4.7cm	367.60g	상레식장용
중형	형	21.4cm	2.4cm	108.04g	가정용
소형	형	19.3cm	1.8cm	32.57g	가정용



[사진 3-1] 실험 장면



[사진 3-2] 박스 내부

제 4장 실험결과

실험 방법과 같이 분류된 시료를 실험한 결과

[표 4-1], [표 4-2], [표 4-3] 와 같이 대형, 중형, 소형 양초에 대한 연소 시간, 연소량, 연소소화 특이점을 나타내었다.

[표 4-1] 대형 양초 연소실험 결과

시 간	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
무 게	363.10	357.72	352.35	347.13	341.68	336.28	330.96	325.58	320.23	314.81
연소량	4.50	5.38	5.37	5.22	5.45	5.40	5.32	5.38	5.32	5.42
특이점	양초에 최초 착화 후 약 1시간 정도는 양초 머리 부위에 작은 불꽃 형성됨.									
시 간	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
무 게	309.59	304.31	298.90	293.54	288.16	282.74	277.53	272.23	266.90	261.53
연소량	5.22	5.28	5.41	5.36	5.38	5.42	5.21	5.30	5.33	5.37
특이점	매 시간 같은 정도의 연소량을 유지함.									
시 간	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
무 게	256.07	250.66	245.30	239.93	234.62	229.24	223.88	218.57	213.25	207.86
연소량	5.46	5.41	5.36	5.37	5.31	5.38	5.36	5.31	5.32	5.39
특이점	매 시간 같은 정도의 연소량을 유지함.									
시 간	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40

무 계	202.65	197.26	191.92	186.63	181.32	176.00	170.66	165.42	160.04	154.64
연소량	5.21	5.39	5.34	5.29	5.31	5.32	5.34	5.24	5.38	5.40
특이점	매 시간 같은 정도의 연소량을 유지함.									
시 간	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
무 계	149.37	144.05	138.72	133.36	127.99	122.63	117.32	112.00	106.55	101.12
연소량	5.27	5.32	5.33	5.36	5.37	5.36	5.31	5.32	5.45	5.43
특이점	매 시간 같은 정도의 연소량을 유지함.									
시 간	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
무 계	95.75	90.44	85.04	79.72	74.41	69.11	63.77	58.39	53.00	47.64
연소량	5.37	5.31	5.40	5.32	5.31	5.30	5.34	5.38	5.39	5.36
특이점	매 시간 같은 정도의 연소량을 유지함.									
시 간	61	62	63	64	65					
무 계	42.32	36.98	31.59	26.21	21.33					
연소량	5.32	5.34	5.39	5.38	4.88					
특이점	65시간 51분 불꽃 꺼짐, 꺼짐 전 20여분 동안 작은 불꽃으로 연소, 심지가 넘어져 소화됨.									

[표 4-2] 중형 양초 연소실험 결과

시 간	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
무 계	102.07	95.15	88.05	80.82	73.64	66.49	59.40	52.24	45.03	37.79
연소량	5.98	6.92	7.10	7.23	7.18	7.15	7.09	7.16	7.21	7.24
특이점	양초에 최초 착화 후 약 40분 정도는 양초 머리 부위 연소 후 매 시간 같은 정도 연소									
시 간	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
무 계	30.67	23.57	16.50	11.29	10.10					
연소량	7.12	7.10	7.07	5.21	1.19					
특이점	14시간 27분 불꽃 꺼짐, 꺼짐 전 약 20여분 동안 작은 불꽃으로 연소, 심지가 넘어져 소화됨.									

[표 4-3] 소형 양초 연소실험 결과

시 간	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
무 계	27.51	21.52	15.71	9.82	4.10	0.46				
연소량	5.06	5.99	5.81	5.89	5.72	3.64				
특이점	5시간 57분 불꽃 꺼짐, 꺼짐 전 약 20여분 동안 작은 불꽃으로 연소, 심지가 넘어져 소화됨.									

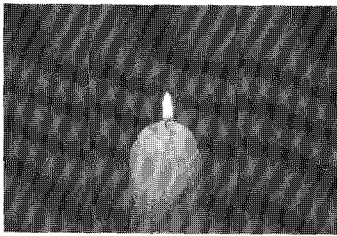
제 5기 검토

실험 결과 3가지 규격의 양초는 [표 5-1] 과 같이 평균 연소량이 서로 다른 특징점을 보이고 있으며, [사진 5-1] 의 착화 시점에 삼각형 모양의 양초 머리 부분이 완전 연소될 때까지 심지

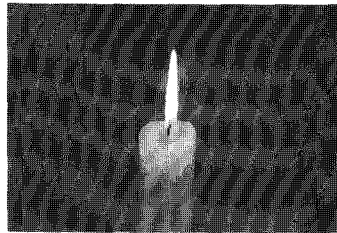
길이가 짧아 연소량이 작았으며, [사진 5-2] 와 같이 양초 머리 부위가 완전 연소된 후 안정된 연소량을 유지하고, 마지막 [사진 5-3] 과 같이 소화 단계에서 다시 심지 길이가 짧아져 불꽃의 길이가 작은 상태로 수분을 유지 후 심지가 넘어져 소화되는 특징점이 발견된다.

[표 5-1] 양초 분류별 결과 비교

분류	결과	최초 무게	소화 후 무게	평균 연소량/h	총 연소 시간
대	형	367.60g	21.33g	5.25g	65시간 51분
중	형	108.04g	10.10g	6.80g	14시간 27분
소	형	32.57g	0.46g	5.35g	5시간 57분



[사진 5-1] 착화 직후



[사진 5-1] 정상 연소



[사진 5-1] 조화 직전

사례와 같이 독립적인 발화부로 추정되는 양초가 발견된다면 양초의 [표 5-2] 과 같이 여

러 조건에 따라 연소 시간의 변화가 발생할 것으로 판단된다.

[표 5-2] 양초의 연소에 미치는 조건

양초 주변 조건	양초 주변의 온도, 습도, 풍향, 축열 조건 등
양초가 놓인 조건	지면에 수직, 기울어진 상태, 넘어진 상태 조건 등
최초 양초의 량	새 양초, 사용하던 양초, 절단된 양초를 사용할 경우 조건 등
양초의 소화 조건	넘어진 상태의 소화, 주변 조건에 의한 소화, 진화 과정 소화 조건 등
양초의 연소 특성	제조사별 양초 연소 특성의 차이 등

본 실험과 같이 양초의 규격을 대형, 중형, 소형으로 분류하여 실험한 결과로는 양초에 대한 조건별 연소 시간을 정형화 할 수 없을 것으로 판단되며, 만약 현장에서 양초의 잔해가 발견된다 하여도 발견된 양초의 잔해가 생산된 제조사를 특정할 수 없기 때문에 정형화된 자료의 대입보다는 발견된 양초를 시료로 하여 발견 현장의 분위기를 조성, 직접 실험을 하는 것이 가장 현장과 근접한 양초 연소 시간을 특정할 수 있을 것이다.

제 6장 결론

본 실험을 통하여 양초의 제조사에 따라 연소량이 심하게 차이가 있는 것을 확인하였고, 주변 분위기에 따라 연소량의 차이가 있을 것으로 판단되는바, 조건별 정형화된 양초의 연소 시간을 구하는 것보다는 방화 추정 현장에서 발견된 양초를 시료로 하여 현장의 분위기를 조성한 시험이 착화 시간을 추정하는 근거 자료로 가장 신뢰성이 있을 것이며, 앞으로 양초에 대한 추가적인 실험이 필요할 것임.