

# 유리 방화구획 설계시스템의 성능과 설계사례

다카하시 이치로

## 1. 개발 경위

방화기술 중 구획의 기능은 화재 시의 연기, 화염, 열 등이 건물 전체로 연소확대되지 않도록 연소를 발화공간에 봉쇄하는 기능과 피난자의 안전한 피난경로를 확보하기 위한 기능으로서 구획의 설계기술은 내화설계상, 피난안전상의 2가지 영역에 걸쳐 중요한 기술이다. 이러한 구획 중, 높은 방화성능을 가진 내화부재로 구성시켜 건설할 뿐만 아니라 법적으로 설치가 의무화된 구획이 방화구획이다. 그 방화구획의 신뢰성은 연소를 차단하기 위한 개구부(창, 방화문) 등의 틈새 처리와 이면(裏面)의 방사열을 얼마나 차단할 수 있는가에 달려있다고 해도 과언이 아니다.

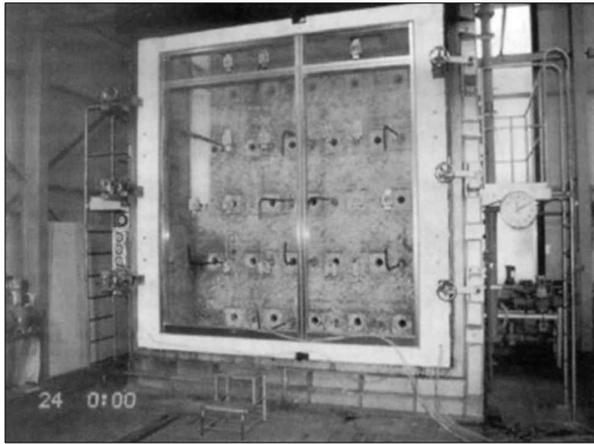
그렇기 때문에 방화구획과 그 개구부에는 보다 높은 안전성이 요구되어 보통 방화구획은 콘크리트 벽과 불연보드 등의 칸막이벽으로 구성된다. 그러나 쇼핑센터 등의 방화구획에는 철제 셔터가 구획의 대체로써 사용되고 그 옆에는 망입유리문, 철제문이 설치되어 건물의 화재안전 및 의장(意匠) 측면의 문제(연소차단성능 : 차연성, 차염성, 차열성)등에서 충분히 그 기능을 만족하고 있다고는 말하기 어려운 상황이다.

이와 같은 배경에서 필자는 건물의 「기능성」과 「의장성」이 고려된 유리를 사용한 방화구획의 개발을 처음으로 시작했다. 그리고 개발 시점인 1990년경 방내화 성능평가 시험방법에 따라 각종 유리의 성능평가시험을 실시, 화재 시에 피난자의 피난 및 소방대의 소화활동 안전성 확보를 목적으로 했고, 유리의 내화칸막이벽 및 개구부의 유리 방화문을 개발하여 「쾌적하고 보다 안전성 높은」 유리 방화구획 설계시스템을 제안했다. 그리고 사무용 건물, 의료복지, 판매점포, 공장, 복합건축시설 등의 건물 화재 안전성 향상을 시도하여 많은 건물에 적용 실적을 쌓아 왔다.

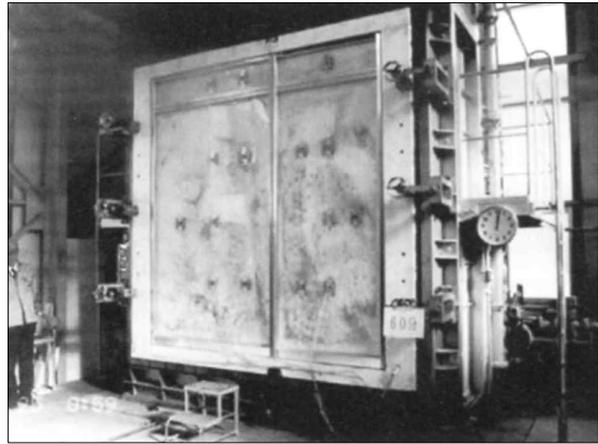
## 2. 개발의 개요

유리 방화구획 설계시스템의 개발에 즈음해 방내화성능평가를 실시한 유리 종류는 망입유리, 내열결정화유리(내열판유리), 규산소다 발포층입적층유리(차열형유리)이다. 그 가운데에서도 규산소다발포층입적층유리는 화재시의 온도변화에 대응하고, 투명의 규산소다계의 열감응형 발포재가 발포해서 단열층을 형성한 연소차단성능을 가진 고기능 유리이다. 그밖에 일반적으로 사용되고 있는 강화유리, 복합유리와 내열유리, 차열형유리 등을

조합시켜 그 층간에 공기층을 사이에 끼게 복층화 함에 따라 화재시의 유리구획의 구조 안정성 및 차열성능의 향상을 도모하여 단열성능 및 차음성능을 높이는 효과를 기대한 구성방식도 선택했다. 그리고 방화문의 방화성능으로서 방화성능시간 60분을 목표로 한 성능평가지험을 실시했다. [그림 1], [그림 2]



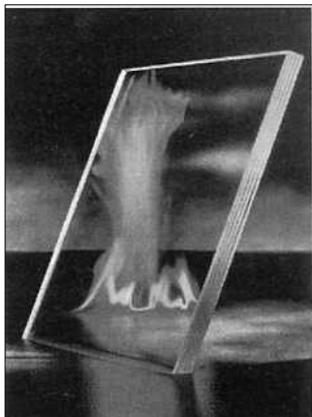
[그림 1] 차열형유리의 가열시험 전



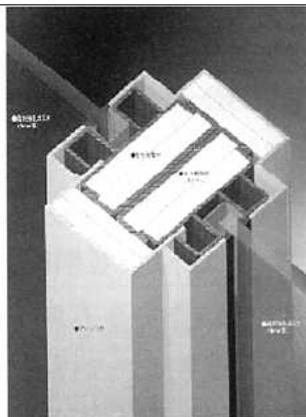
[그림 2] 차열형유리의 가열시험 중

다음으로 내화칸막이벽의 내화성능에 대해서는 목표내화성능 60분 및 120분의 내화칸막이벽의 시험체를 작성한 성능평가지험을 실시했다.

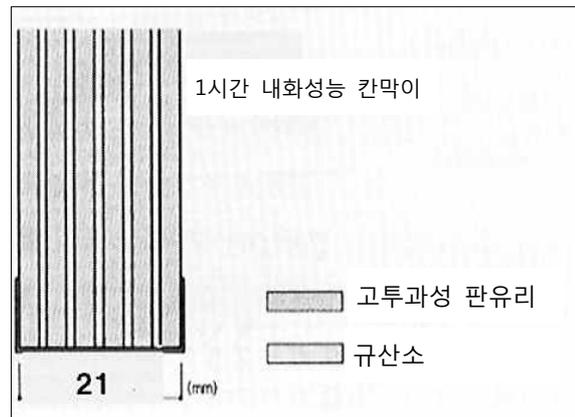
또한 그 틀재에 내화성능을 보다 향상시키기 위하여 철재의 지지 프레임에 섬유혼입 규산칼슘판을 내화피복재료로 사용하여 높은 내열 효과를 가진 이중구조를 적용해서 고 내화성능의 틀재에 대한 개발도 병행시켰다.[그림 3]



차열형유리



차열형목재



[그림 3] 차열형유리의 구성

## 2.1 유리 방화문의 방화성능

### (1) 유리의 구성

#### ① 규산소다발포층입적층유리의 구성

<층 두께 13 mm 구성>

판유리(Float Glass) 두께 3 mm 3층

중간발포층 2 mm 2층

#### ② 조합한 유리의 종류

내열결정화유리 두께 5 mm

강화유리 두께 6 mm

망입유리 두께 6.8 mm

①을 기재(基材)로 하여 ②를 각 단위체로 조합시키고, 중간에 12 mm의 공기층을 설치하여 복층으로 구성했다. 당초, 방화문도 차열성능을 고려한 시험을 실시했다.

### (2) 틀재의 구성

섬유혼입규산칼슘판, 두께 12 mm를 사용해서 틀재를 구성했다.

### (3) 시험체의 구성

시험체 수는 4종류의 유리를 단체로 구성 및 복층유리의 구성은 화재실을 양쪽으로 상정한 대칭복층 구성, 화재실을 한쪽으로만 상정한 비대칭복층 구성을 편성하여 구성했다. 시험체는 각 종별 1체씩 합계 14체를 구성했다. [표 1]

[표 1] 유리 방화문의 시험결과

시험체 종류	유리의 구성방식	유리이면260°C 도달시간(min)	유리이면에서 3cm방사열260°C 도달시간(min)	새시이면260°C 도달시간(min)	유리중앙의 변형량(mm) <sup>1)</sup>	내화가열 종료시간(min)
P1	단층구성	37	도달안함(169°C) <sup>2)</sup>	도달안함(66°C) <sup>3)</sup>	14.5	60
P2	복층구성	89	도달안함(41°C) <sup>2)</sup>	도달안함(32°C) <sup>3)</sup>	3.6	90
A1	단층구성	5	6	도달안함	0.0	10
T1	단층구성	5	6	도달안함	0.0	7
K1	단층구성	도달안함	도달안함	도달안함	-	가열6분파괴
A1P1	비대칭구성	49	도달안함(170°C) <sup>2)</sup>	도달안함(60°C) <sup>3)</sup>	29.5	82
P1A1	비대칭구성	90	도달안함(149°C) <sup>2)</sup>	도달안함(42°C) <sup>3)</sup>	14.0	95
A2P1	대칭구성	96	108	도달안함(42°C) <sup>3)</sup>	0.0	108
T1P1	비대칭구성	48	91	도달안함(52°C) <sup>3)</sup>	33.5	91
P1T1	비대칭구성	54	83	도달안함(42°C) <sup>3)</sup>	2.5	99
T2P1	대칭구성	60	100	도달안함(39°C) <sup>3)</sup>	2.0	108
K1P1	대칭구성	40	73	도달안함(45°C) <sup>3)</sup>	17.0	82
P1K1	비대칭구성	54	83	도달안함(32°C) <sup>3)</sup>	5.5	81
K2P1	대칭구성	64	88	도달안함(33°C) <sup>3)</sup>	3.5	89

유리종류(기호)

P ; 발포유리      A : 망입유리      T ; 결정화유리      K ; 강화유리      1 or 2 : 유리매수

1) 가열 60분 후 변형량

2) 가열 60분 후 유리이면의 온도

3) 가열 60분 후 새시

**(4) 시험방법**

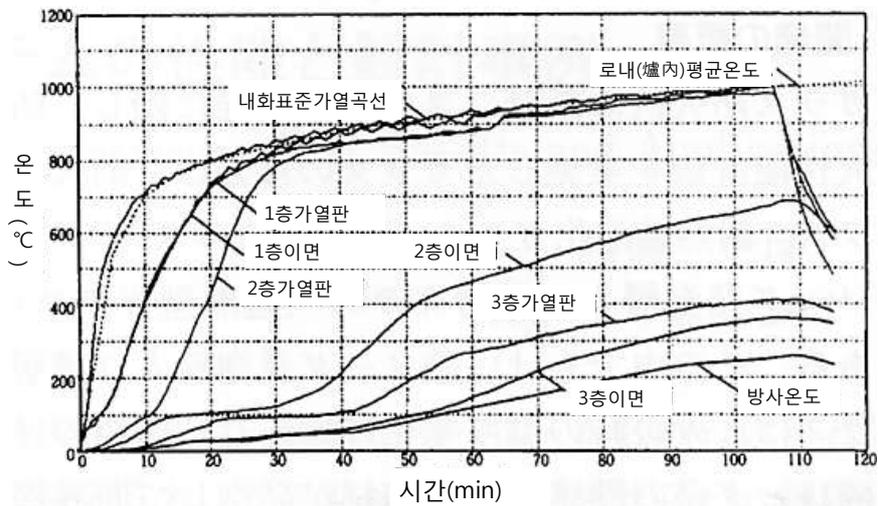
유리 방화문의 방화성능평가지험에 대해서는 구(舊)건설성고시 제1125호의 「방화문 시험방법」에 따라 실시했다.

**(5) 온도 및 변형량의 측정**

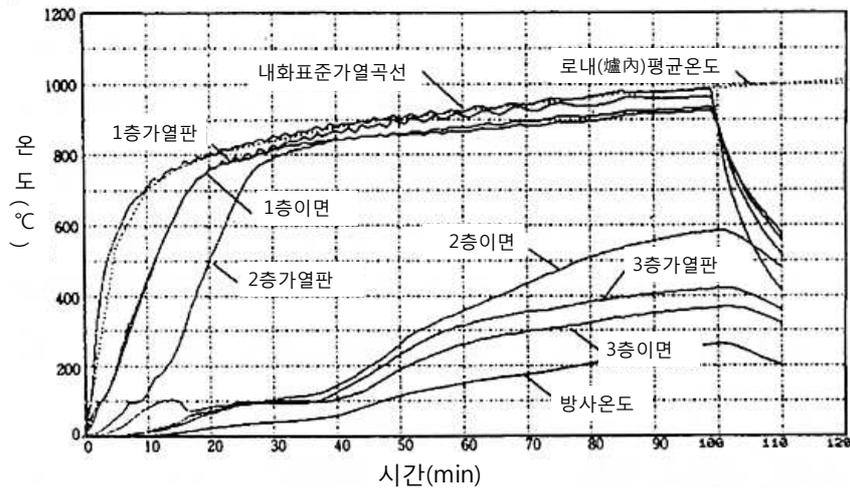
- ① 틀재의 온도측정
- ② 유리 각층 간의 온도측정
- ③ 이면의 복사열온도측정
- ④ 이면 중앙의 변형량 측정

**(6) 시험결과 및 고찰**

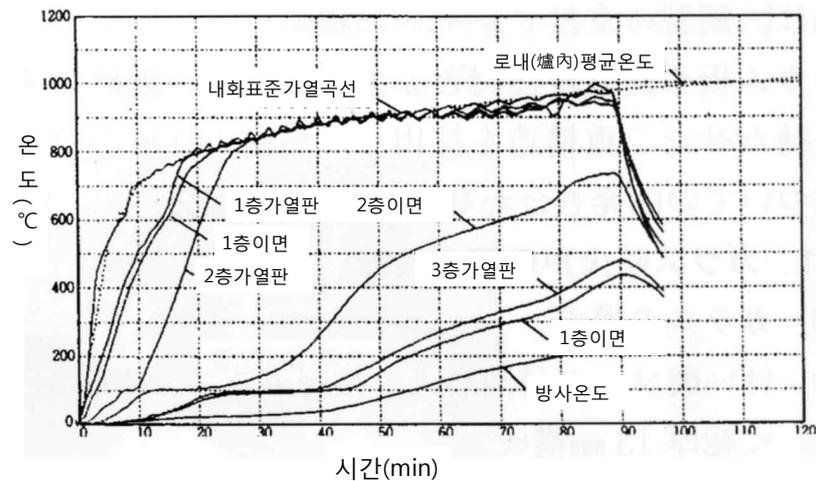
시험결과를 [그림 3] 및 [표 1]에 나타냈다.



a. 망입유리와 규산소다발포충입적층유리 두께 13mm를 대칭복층으로 구성한 시험체의 가열시험결과



b. 내열결정화유리와 규산소다발포충입적층유리 두께 13mm를 대칭복층 구성한 시험체의 가열시험 결과



c. 강화유리와 규산소다발포층입적층유리 13mm를 대칭복층 구성한 시험체의 가열시험 결과

[그림 3] 유리 방화문의 방화시험 결과

시험을 실시한 각종 단체의 유리는 모두 가열 6분까지 이면에서 3 cm 떨어진 곳의 방사온도가 260 °C를 초과하여 인접실로의 연소 위험성을 생각할 수 있다.

그 결과는 2000년 6월 이후 건축기준법개정 이후의 ISO 기준의 내화시험(평가기준 : 이면온도 평균 140 °C, 최대온도 180 °C)에서도 대부분 같은 결과를 얻을 수 있다고 생각할 수 있다.

또한, 비대칭복층구성의 유리는 방화시험을 한 결과, 가열한 방향에 따라 성능이 다르게 나타났다. 게다가 대칭복층구성의 유리는 양측에 화재실을 상정해 구성한 것으로 결과 안측에 따라 방화성능의 차이는 생기지 않았다.

더구나 내열결정화유리, 규산소다발포층입적층유리는 건설성고시 제1125호의 방화문의 내화60분 성능시험기준을 만족하는 것이라고 생각할 수 있다. 그 후 유리방화문은 신법인 ISO기준 「특정방화설비」의 국토교통성 대신인정(大臣認定)을 취득하고 있다.

## 2.2 유리 내화칸막이벽의 내화성능

### (1) 유리의 구성

- ① 규산소다발포층입적층유리는 2 종류  
판유리(Float Glass) 두께 3mm 5층  
중간발포층 1.3 mm 3층 + 2.4 mm 1층
- ② 조합유리의 종류  
망입유리 두께 6.8 mm  
합유리(합판유리) 두께 6.3 mm

### (2) 틀재의 구성

내화칸막이용 틀재로서 중앙에 보강용 각형철재를 이용하여 섬유혼입규산칼슘판 12 mm를

철제의 내화피복으로 이용해 만들었다.

**(3) 시험체의 구성**

내화칸막이벽을 상정한 시험체의 구성은 대칭복층 구성만으로 조합한 중간 공기층은 12 mm, 목표내화성능은 60분, 120분으로 시험체수는 규산소다발포층입적층유리를 단체로 2종, 복층대칭유리는 각종 1체씩 총 17체를 [표 2]와 같이 만들었다.

**[표 2] 유리내화칸막이벽의 시험결과**

시험체 종류	유리의 구성방식	유리이면260°C 도달시간(min)	유리이면에서3cm 방사열260°C 도달시간(min)	새시이면260°C 도달시간(min)	유리중앙의 변형량(mm) <sup>1)</sup>	내화가열 종료시간(min)
PI <sup>F30</sup>	단층구성	가열종료시192°C	가열종료시83°C	가열종료시91°C	5	30
PI <sup>F60</sup> IN	단층구성	가열종료시116°C	가열종료시47°C	가열종료시88°C	4	60
PI <sup>F60</sup> OUT	단층구성	가열종료시135°C	가열종료시69°C	가열종료시93°C	4	60
S2PI <sup>F30</sup> 6	복층구성	57°C	60°C	가열종료시156°C	3	60
A2PI <sup>F30</sup> 6	복층구성	52°C	56°C	가열종료시100°C	3	60
A2PI <sup>F30</sup> 6	복층구성	53°C	59°C	가열종료시104°C	4	60
S2PI <sup>F30</sup> 12	복층구성	55°C	가열종료시183°C	가열종료시106°C	1	60
A2PI <sup>F30</sup> 12	복층구성	가열종료시247°C	가열종료시118°C	가열종료시96°C	7	60
A2PI <sup>F30</sup> 12	복층구성	56°C	가열종료시190°C	가열종료시109°C	6	60
S2PI <sup>F30</sup> 12IN	복층구성	가열종료시80°C	가열종료시54°C	가열종료시99°C	6	60
S2PI <sup>F30</sup> 12OUT	복층구성	가열종료시93°C	가열종료시68°C	가열종료시113°C	0	60
A2PI <sup>F30</sup> 12IN	복층구성	가열종료시90°C	가열종료시69°C	가열종료시91°C	2	60
A2PI <sup>F30</sup> 12OUT	복층구성	가열종료시95°C	가열종료시58°C	가열종료시107°C	5	60
S2P2 <sup>F30</sup> 12	복층구성	가열종료시102°C	가열종료시208°C	가열종료시85°C	3	110
S2P2 <sup>F90</sup> 12	복층구성	가열종료시90°C	가열종료시39°C	가열종료시74°C	0	120
A2P2 <sup>F30</sup> 12	복층구성	가열종료시222°C	가열종료시66°C	가열종료시70°C	4	90
A2P2 <sup>F30</sup> 12	복층구성	가열종료시96°C	가열종료시53°C	가열종료시83°C	1	120

유리종류(기호)

P ; 발포유리                      S : 유리                              A : 조합유리                      O : 공기구멍달린                      1or2 : 유리매수  
 F30 : 내화30분용                      F90 : 내화90분용                      6 : 공기층6mm                      12 : 공기층12mm

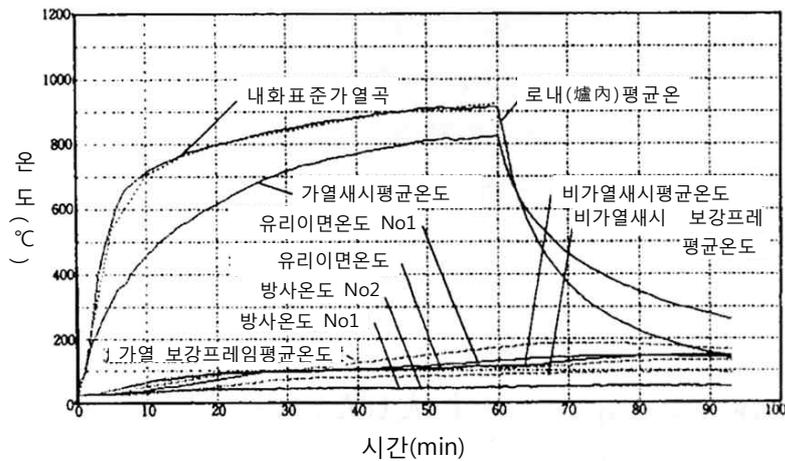
1) 가열 60분후 변형량

**(4) 시험방법**

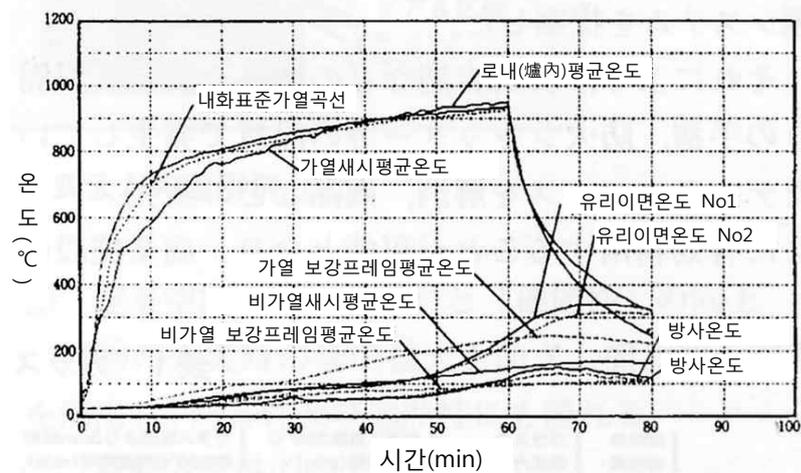
내화칸막이벽을 상정해 JISA1304의 「건축구조물의 내화시험방법」에 따라 실시했다. 즉, 시험체의 온도 및 변형측정에 대해서는 방화문의 성능평가시험과 같은 모양으로 실시했다.

(5) 시험결과 및 고찰

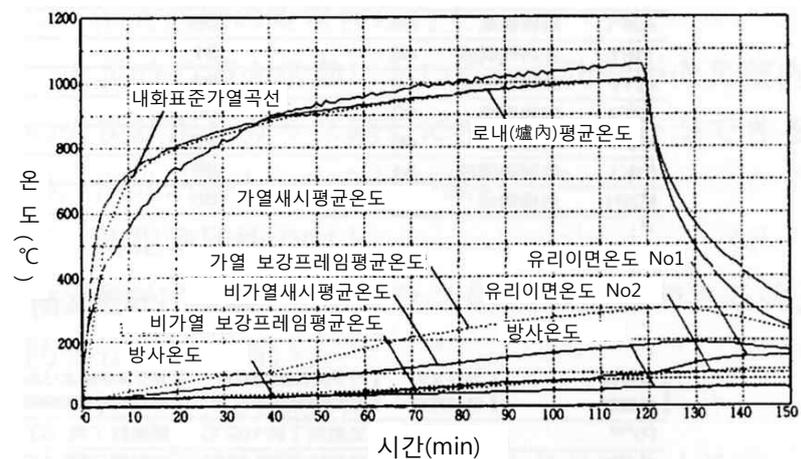
시험결과를 [그림 4] 및 [표 2]에 나타냈다.



a. 규산소다발포층유리 두께 21mm의 단체로 구성된 시험체의 실내 측에서의 가열시험결과



b. 조합유리와 규산소다발포층입적층유리 두께 15mm 1층(층간 12mm)을 복층 구성한 시험체의 가열시험 결과



c. 조합유리와 규산소다발포층입적층유리 21mm 2층(층간 12mm)을 복층 구성한 시험체의 가열시험 결과

[그림 4] 유리칸막이벽의 내화시험에 의한 온도측정 결과

시험의 결과로부터 21 mm의 규산소다발포층입적층유리 단체에서도 내화칸막이벽으로서 성능을 가지는 것이 분명해졌다. 더욱이 이번 시험에 제공한 이중구조 틀재의 내화성능(단열성능)이 뛰어나 유리칸막이벽으로서 내화구조 인정을 취득했다.

### 3. 유리 방화구획시스템의 적용

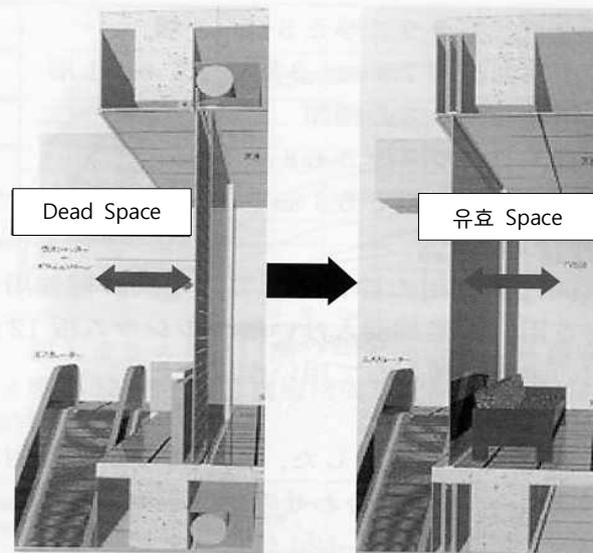
필자는 YKKap 및 일본판소자와의 공동개발에 따라 선구적으로 유리 방화구획시스템을 개발했다. 그러한 시스템을 적용할 때 화재안전상의 착안점 및 적용 예를 아래에 기술한다.

#### (1) 에스컬레이터 주변에 적용

에스컬레이터 부분의 수직통로구획의 방화구획은 보통 글라스 스크린(Glass Screen) 또는 난간과 철제 방화셔터에 의해 구성되어 있다. 일본건축학회 발행 「방화구획의 설계 시공 핸드북」에 에스컬레이터 주변의 방화구획은 방화셔터로 구획한 경우에 있어서도 글라스 스크린을 병설하여 방연성능을 확보하고, 화재 시의 셔터 하강 장애를 방지하는 등의 대책이 필요하다고 기재되어 있다. 상기의 구획대책으로 에스컬레이터 주위 화재 시의 수직통로 구획의 안전성은 확보될 수 있지만 실제로는 유지관리 비용, 설계 및 시공의 용이성과 공사가격 등에서 부적합의 발생을 예상할 수 있다. 시공성, 공사 가격 면에서 불합리한 부분이 많다. 이들 문제점을 해결하기 위해 수직통로구획의 새로운 제안으로써 에스컬레이터 주위에 유리 방화구획시스템을 제안했다.

이에 따라 판매점포 등의 에스컬레이터 주변의 난간, 방화셔터 등의 설치로 발생된 불용 공간(Dead Space)을 해소, 상품 등의 판매 공간으로 효과적인 이용이 가능하게 되고, 상업시설의 상품 판매 수익이 확대될 수 있게 되었다.

또한 셔터의 정기점검 등에 소요되는 유지관리 비용이 절감될 수 있고, 천정 안쪽 셔터 박스 및 난간 등이 필요 없게 되어 설계·시공 상의 시간 절감을 시도할 수 있게 되었다.



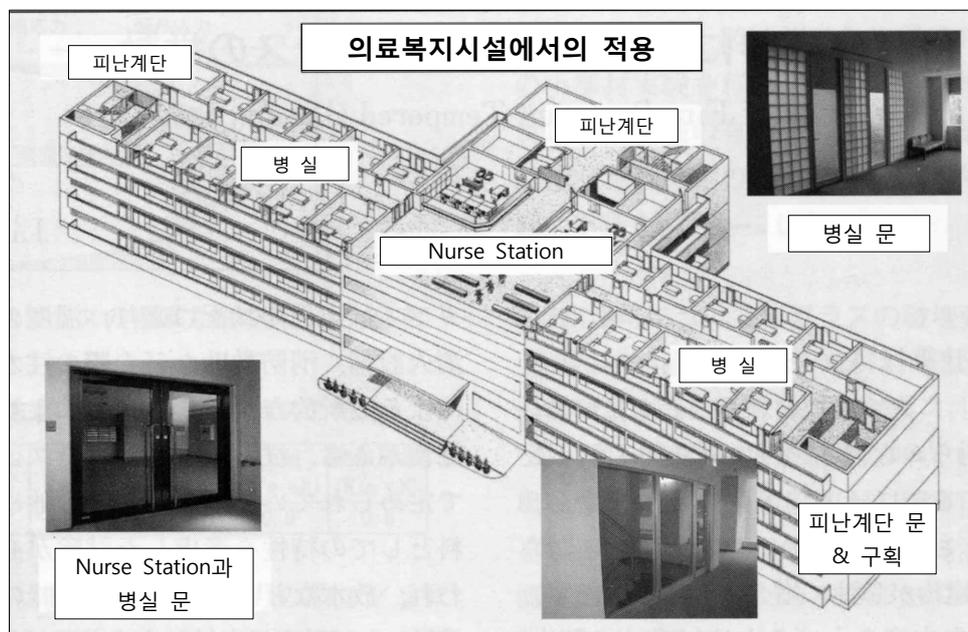
방화셔터 + 유리스크린 또는 난간      새로운 시스템  
[그림 5] 에스컬레이터 주변의 적용 예[]

## (2) 상업시설 등의 피난계단에 적용

수직통로구획의 대표적인 것으로는 피난계단이 있고, 이 내화구획된 계단은 화재 시 건축물 내의 피난자를 연기, 화염, 복사열 등으로부터 보호하는 안전한 피난경로로 되어 피난자를 아래층 계단으로 유도하는 중요한 역할을 달성한다.

또한 피난계단의 내화구획은 피난자의 안전을 도모할 뿐만 아니라 소화활동상의 소방거점으로도 활용될 수 있는 중요한 역할을 담당하고 있다. 여기에 콘크리트벽과 같은 성능을 가진 투명한 유리 방화구획 시스템을 적용해서 수직통로구획을 구성하여 화재 시의 연기·화염·열을 차단할 수가 있고, 계단구획 내부에서 플로어(Floor)의 화재상황을 확실하게 파악할 수 있게 하는 것은 소방대원의 소방활동상 안전성 향상을 도모할 수 있다

그 밖에 의료복지시설에서의 적용을 [그림 6]에 나타냈다.



[그림 6] 유리 방화구획 설계시스템의 적용 예[2]

## 4. 결론

유리 방화구획 설계시스템의 특징과 장점은 다음과 같다.

### ① 건축공간의 「의장성」 과 「기능성」 향상

건물 화재 시의 연소확대를 방지하고, 개방적인 공간을 연출하며, 방음성 및 차열성에도 뛰어나다.

### ② 피난안전성의 향상

화재 시에 피난방향의 상황을 피난자가 유리를 통해서 안전한 피난경로를 선택하고 피난할 수가 있기 때문에 피난안전성이 높다.

### ③ 소화활동상의 안전성 향상

화재 시 소화활동에 있어 소방대가 화재실 내의 화재상황을 유리를 통해 파악할 수가 있기 때문에 소화활동상의 안전성이 높다.

④ 방법 관리성의 향상

건물 내부의 상황을 유리를 통해 파악할 수 있기 때문에 방법 관리성이 높다.

⑤ 유지관리의 간소화

종래의 방화구획상에 글라스 스크린과 셔터를 병설한 장소에 유리로 안전구획을 이용함에 따라 설계와 시공 및 유리관리의 품이 줄어든다.

---

출처 : 火災 (일본화재학회지, 2009. 2월)

번역 : 경기강원지부 김광섭 차장