

건축제품 및 재료의 화재안전성능에 관한 국가 규제 현황

한국건설생활환경시험연구원 주임연구원 이 승 한

1. 서언

최근 10년(1999년 ~ 2008년)간 발생한 화재사고에 대한 소방 방재청의 통계자료에 따르면 평균화재발생건수는 연간 49,631건(매년 3.65% 증가추세), 평균 사망 및 부상자수는 각각 연간 468명(매년 10.38% 증가추세), 2,248명(매년 10.47% 증가추세), 그리고 평균 재산피해액은 연간 3,831억4천2백만 원(매년 54.23% 증가추세)으로 집계되었다¹⁾. 더욱 우려스러운 점은 1980년을 기점으로 화재사고가 더욱 가파르게 증가하고 있다는 점이다. 화재사고피해 증가 요인 중 하나로서 재료기술의 발전에 따른 새로운 종류의 건축제품 및 재료의 등장을 살펴볼 필요가 있다. 이는 실내장식재나 내부마감재료가 고급화되고 미관이 중시되면서 PVC, 우레탄 등과 같은 플라스틱 재료의 사용이 크게 증가하고 있는 것과 무관해보이지 않기 때문이다.

써랜드화재 참사(1999년), 이천냉동창고화재 참사(2008년)의 원인이 된 건축법상의 대표적 내부마감재료인 샌드위치패널은 단열성능이 우수하지만 화재에 취약하고 화재시 독성가스 발생 등의 위험성이 있는 고분자 단열재를 심재로 사용하고 있다. 또한 실내장식물이나 바닥재의 경우에도 90% 이상의 제품에서 연소확산속도가 빠르고 독성가스 방출이 우려되는 PVC, 우레탄, 고무 등의 재료가 사용되고 있다. 이들 재료의 연소특성은 화재 초기 피난활동을 방해하고 급속한 화재의 확산 등으로 인명 및 재산피해에 크게 영향을 미치고 있다. 따라서 건축화재의 억제 측면에서 건축재료의 화재안전성능을 개선시킬 필요가 있으며 최근 국내법에서 이를 적극적으로 반영시키는 추세다.

이번 글에서는 건축재료에 대한 국내의 화재성능평가 방법 및 제도적 규제안을 살펴보고자 한다.

2. 재료의 화재성능 평가

화재유해성의 크기는 연소재료의 열분해 생성물이 공기 중 산소와 반응하여 발생하는 열에너지와 연소생성물에 의해 결정된다. 화재위험에 기여하는 주요 인자가 열인 경우를 “열적 잠재위험(thermal hazard)”이라 하고, 연기와 독성가스과 같은 연소생

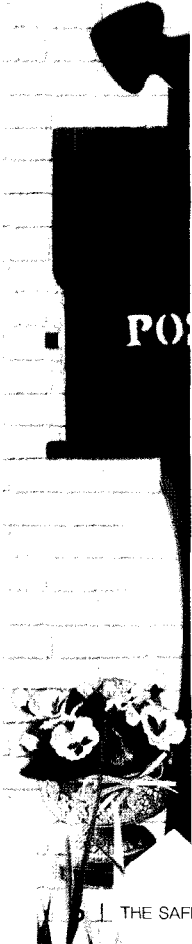
성물이 주요 인자인 경우를 “비열적 잠재위험(nonthermal hazard)”이라 한다. 가연성물질의 연소에 의해 야기되는 열적 잠재위험에 관한 평가는 단위시간 당 방출되는 열에너지, 즉 열 방출률을 기반으로 하며, 시야거리 감소, 연기 피해, 독성, 부식성 등과 같은 비열적 잠재위험에 관한 예측은 연소생성물의 생성률을 기반으로 한다. 결국 가연성물질이 연소할 경우, 그 화재의 유해성은 열방출률 및 연소생성물에서 발생하는 발연량 및 유독가스에 의해 평가할 수 있다. 연기 및 연기독성은 화재시 재실자의 피난능력을 현저하게 저하시키고 인체를 무력하게 하여 인명피해를 야기하는 아주 중요한 요인이다.

2.1 열방출 특성

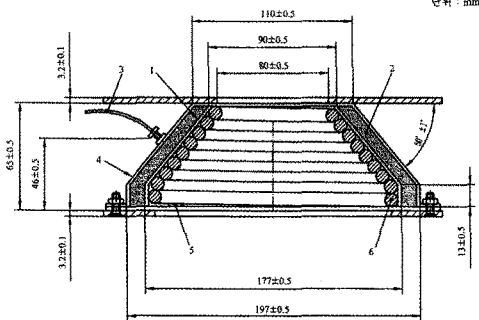
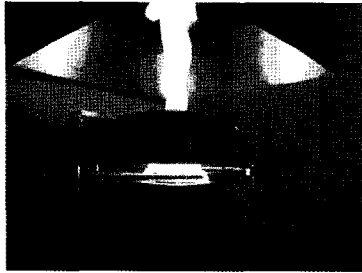
열방출은 단위중량의 재료가 완전히 연소하면서 발생하는 열량을 측정하여 나타낸다. 재료가 착화되어 연소가 시작되면 열을 방출하게 된다. 이렇게 발생된 열은 재료의 미 연소부분을 가열하여 열분해를 촉진하게 되고 착화시키는 연속적인 연소사이클을 형성하게 되므로 화염의 확대 및 전파를 유발하게 된다. 발생된 복사열이 실내의 온도상승을 일으키면 다시 착화 및 화염전파를 유도하게 되므로 화재안전평가에서 발열특성은 중요한 요소가 된다.

국제적으로 사용되는 평가방법은 소형 시편을 수평으로 부착된 복사관에 노출하여 열방출율을 구하는 방법(콘칼로리미터 ISO 5660-1)이 많이 사용된다. 열방출율의 산출은 연소로 인하여 방출되는 열량은 극소수를 제외하고는 모든 탄소화수소계물질(C, H로 구성된 재료)이 산소 1kg이 소비될 때 13.1MJ의 열을 방출하는 원리를 이용하여 구한다.

콘칼로리미터(ISO 5660-1)는 100mm×100mm의 시편을 복사강도가 50kW/m²인 콘히터 아래 수평으로 설치하고 열분해로 발생한 연소생성물을 착화시킨다. 배기덕트에 있는 sampling probe로 연소배기ガ스를 포집하고 IR분석기로 소모된 산소농도를 측정하여 열방출율을 산출한다. 또한 연기생성율과 연소에 따른 질량감소 특성에 대한 평가도 동시에 가능하여 건축재료의



화재특성 평가에 널리 사용되는 장비이다.



[그림 1] 콘칼로리미터 시험 장비 모습

2.2 화염전파특성

화염의 전파란 연소의 경계면이 이동하는 과정이다. 통상 건축물화재에서 연소확대의 주 위험은 표면내장마감재의 표면연소확산 위험으로 초기에는 연소확산이 서서히 이루어지지만 실내에 고온의 복사열이 생기게 되면 급속한 표면연소확산이 이루어지게 된다. 특히 실내의 각 실로 통하는 복도, 피난통로의 내장재가 가연성인 경우 고온의 복사열로 인해 작은 불꽃에 의해서도 쉽게 연소확산이 일어나 건물전체로 화재가 빠르게 확대되게 된다.

국제적으로 널리 사용되는 시험방법은 ISO 5658-2(Reaction to fire tests : Spread of flame)로 시험체를 수직으로 설치하고

최대 50 kW/m²의 복사열을 가하여 화염의 전파거리와 이에 상응하는 소화 시 임계열류량(CFE : Critical heat flux at extinguishment)을 측정한다. 화염전파 특성은 열방출 특성과 함께 건축물 내부마감재료의 화재안전성 평가방법으로 널리 사용되고 있으며 영국(BS 476 part7), 미국(ASTM E 84)이 대표적인 경우이다. 바닥재에 대한 화염전파 특성은 수평으로 설치된 시편을 복사패널로 가열하고 착화시키는 방법이 사용된다. ISO 9239-1(Reaction to fire tests : Horizontal surface spread of flame on floor-covering systems)와 ASTM E 648(Standard Test Method for Critical Radiant Flux of Floor-Covering Systems Using a Radiant Heat Energy Source)이 바닥재의 화염전파특성을 평가하는 방법이다.

2.3 착화특성

화재 발생 및 확대는 반드시 착화라는 과정을 거치게 된다. 착화는 단일과정이 아니고 몇 가지의 과정이 복합되어 일어난다. 우선 열이 고체표면에 전달되면 고체 내부로 전도되어 온도가 상승한다. 이때 온도가 충분히 높아지면 가연성 고체는 열분해되어 열분해된 가스를 대기 중으로 방출한다. 대기 중으로 방출된 가스는 공기와 혼합되어 가연성 혼합기체를 형성하고 연소되기 시작한다. 따라서 착화의 최종 과정은 어디까지나 대기 중에서의 연소가 된다. 가연성 재료의 착화특성은 통상 대기조건의 산소농도(20.95%)에서 가열시험을 통해 얻을 수 있다. 착화가 생길 경우의 재료의 온도(착화온도)나 시간(착화시간), 입사열 등을 평가하며 ISO 5657(Reaction to fire tests : Ignitability of building products using a radiant heat source, KS F2843)에 의한 착화성평가가 많이 쓰인다. 이 방법은 165mm × 165mm의 시편을 복사강도가 10~100 kW/m²로 조절된 콘 히터의 아래에 수평으로 설치하고 정해진 복사강도에서 착화에 걸리는 시간을 측정하여 착화특성을 평가하는 방법이다.

<표 1> 화염전파 평가방법 비교

구분	시험방법	ISO 5658-2(KS F 2844)	ASTM E 84	AST M 648	ISO9239-1 (KS F ISO 9239-1)
적용대상		벽, 전장용 재료	벽, 전장용 재료	바닥재	바닥재
시편의 설치		수직설치	연소터널내에 설치	수평설치	수평설치
가열강도		최대 50 kW/m ²	Gas burner, Max 300 °C)	10.9 kW/m ²	1.1 W/cm ²
시편(mm)		800 × 155	7315 × 508~610	1050 × 230	1050 × 230
평가내용		호염전파, CFE, 연소지속열 등	화염전파, 연기생성을	화염전파, CFE	호염전파, CFE, 연기생성을

2.4 연기 및 연기독성

화재 시 발생하는 연기 및 연기독성은 인명피해의 약 70% 이상을 차지하는 것으로 알려져 있다. 재료가 연소하면서 발생하는 연기가 건물내에 확산되면 재실자에게 심리적인 압박을 주게 되어 피난행동에 지장을 초래하게 하며, 건물 내 빛의 확산을 방해하여 인지거리가 짧아지게 된다. 이로 인하여 피난행동과 화재진압 활동에 지장을 초래하게 된다. 유해가스 중 CO 및 HCN은 혼수상태 또는 사망에 이르게하고 HCl은 눈과 같은 감각기관과 호흡기관을 자극하여 기침, 질식, 시력손상을 야기하거나 폐손상으로 사망에 이르게 한다. 화재사고현장에서 발견되는 사상자들은 밀폐된 공간에서 화상보다는 건축내장재나 화학섬유가 불에 타면서 내뿜는 유독가스와 고열로 인해 숨지거나 심각한 호흡기 손상을 받은 경우가 대부분이다.

우리나라의 건축법에서 사용하는 KS F 2271방법은 마우스를 이용하여 연기의 독성을 간접적으로 평가하는 방법으로 연소로 발생된 가스를 마우스에 가하고 행동정지시간을 측정한다. 이 방법은 시험간의 데이터 오차가 클 뿐만 아니라 발생하는 유독가스의 종류와 양이 어느 정도인지 정량적으로 알 수가 없어 데이터의 신뢰성과 활용성이 떨어지는 단점이 있다.

국제규격인 ISO는 연기독성평가방법(ISO 19702 : Toxicity testing of fire effluents - Guidance for analysis of gases and vapours in fire effluents using FTIR gas analysis)으로 FT-IR를 이용하고 있으며 미국은 동물시험과 기기분석을 상호 보완적으로 사용하고 있다. 분석장비를 이용한 연기독성의 평가

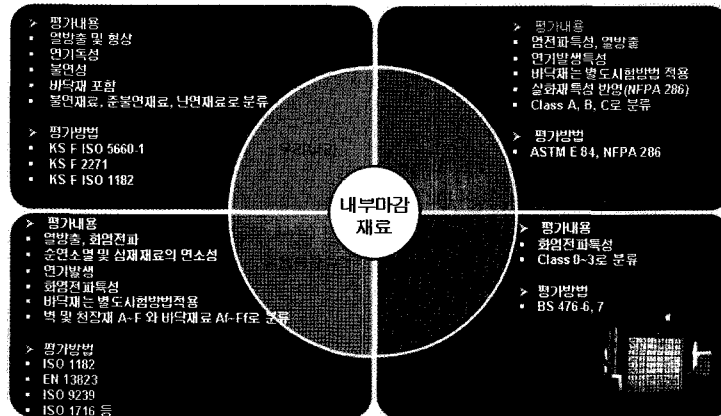
〈표 2〉 국가별 연소가스 분석방법

구분	시험방법	KS F 2271	ASTM 1716	ISO 19702	IMO	NES 713
연소조건		LPG, 전기열선	복사열	ISO 5660, 5659-2 등	ISO 5659-2 (Smoke chamber)	메탄가스
가열시간		6분	15분	연소방법에 따름	20분	최대 3분
분석방법		마우스(동물)	동물/기기분석(정량분석)	FT-IR(정량분석)	기기분석(정량분석)	

는 인체에 치명적인 연소가스성분인 HCN, HCl, HCHO 등을 FT-IR과 같은 기기를 통하여 가스성분별 농도를 산출하거나 유독가스의 독성정도에 따라 각 성분을 가중 합산하여 하나의 독성지수(R)3 또는 30 min LC50으로 유해성으로 표현한다. 이렇게 기기분석을 통하여 얻어진 정량적 데이터는 동물을 이용하는 방법에 비하여 신뢰성이 높고 발생하는 가스종류별 농도를 얻을 수 있어 데이터의 활용성이 매우 높은 것이 장점이다.

3. 건축재료 난연성능에 관한 국내 규제 현황

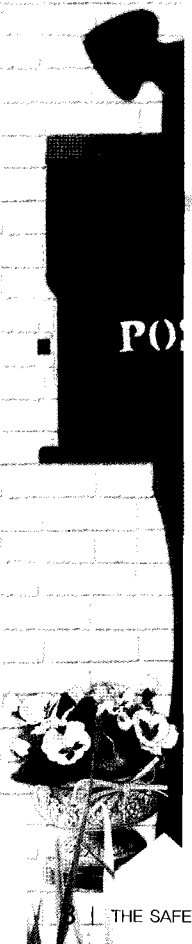
건축물에 사용되는 재료 및 제품에 대한 화재안전 규정은 방화문, 벽, 바닥 등 건축부재의 내화/방화분야와 내부 마감재로에 대한 난연성능 그리고 소방법에 정한 특수방염물품의 방염성능으로 크게 나눌 수 있으며 유럽, 미국, 일본 등 다른 국가도 이와 유사한 규정을 통하여 건축물에 사용되는 재료 및 제품에 대한 화재안전을 확보하고 있다.



〔그림 2〕 국가별 내부마감재료 평가방법의 특징

3.1 방화구획과 내화성능

주요 구조부4)가 내화구조 또는 불연재료로 된 건축물로 연면적 1000 m²를 초과하는 건축물은 방화구획을 설치하도록 하고 있다. 국토해양부령으로 정하는 기준에 따라 내화구조로 된 바닥·벽 및 감중 방화문으로 구획하여 특정부위에서 발생한 화재가 다른 장소로 확대되는 것을 방지하고 건축물이 화재하중에 견딜 수 있는 구조를 확보하도록 규정하고 있다. 방화구획에 사용되는 감중방화문은 KS F 2268-1(방화문의 내화시험방법)에 따라 시험하여 비차열 1시간 성능을 확보하고 차연성능(KS F 2846)이 0.9m³/min·m²이하 이어야 한다.



〈표 3〉 방화구획 설치 조건

구분	기 준	비 고
10층 이하	바닥면적 1,000㎡ 이내마다 구획	SP/자동소화설비일 경우 3,000㎡
3층 이상/지하층	층마다 구획	
11층 이상	바닥면적 200㎡ 벽 및 반자의 실내에 접하는 부분의 마감이 불연재료 : 500㎡	SP/자동소화설비일 경우 600㎡ SP/자동소화설비일 경우 1500㎡
방화문	김종방화문(단한 상태를 유지 또는 화재로 인한 연기의 발생 또는 온도의 상승에 의하여 자동적으로 닫히는 구조)	김종방화문 : 비차열 1시간
방화구획 틀	- 한국산업규격에서 내화충진성능을 인정한 구조 - 고시하는 기준에 따라 내화충진성능을 인정한 구조	급수관·배전관 그 밖의 관이 방화구획으로 되어 있는 부분을 관통하는 경우 마감
댈퍼	- 철제로서 철판의 두께가 1.5 mm 이상 - 화재가 발생한 경우 연기의 발생 또는 온도의 상승에 의하여 자동적으로 닫힐 것 - 닫힌 경우에는 방화에 지장이 있는 틈없을 것 - KS의 방화댈퍼의 방연시험방법에 적합	환기·난방 또는 냉방시설의 풍도가 방화구획을 관통하는 경우
벽/바닥	내화구조	

〈관련 시험방법〉

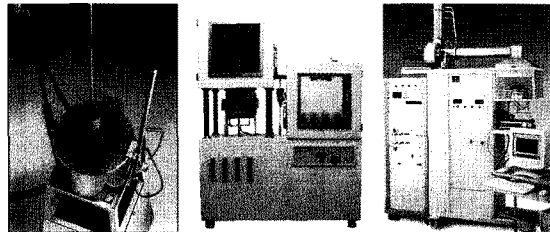
- 대상제품 : 방화문/셔터, 수직/수평내화부재, 고강도콘크리트 방화댈퍼 등
- 관련법령 : 국토해양부고시 제2009 - 274호(자동방화셔터 및 방화문의기준)
국토해양부 고시 제2008-154호(내화구조의 인정 및 관리기준)

- 관련법령 : 국토해양부고시 제2009 - 866호



수직가열로 자연시험기 수평가열로

[그림 3] 내화시험설비



불연성시험기 가스유해성시험기 콘칼로리미터

[그림 4] 난연성능 시험장비

3.2 내부 마감재료의 난연성능

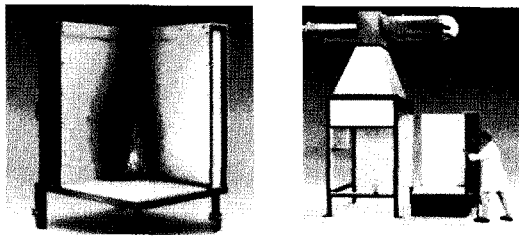
내부마감재료는 화재의 발생, 연소의 확대, 연기 및 유해가스 발생의 원인이 되는 건축재료로 화재안전규정의 주요한 요소이다. 내부마감재료에 대한 제한 규정은 1973년 바닥에서 1.2m 이상의 부분을 대상으로 하였지만 그 후 바닥 이상으로 강화되었으며 시험방법의 경우 2006년의 개정을 통하여 콘칼로리미터에 의한 열방출 특성 및 가스유해성을 중심으로 하는 방법으로 강화되어 시행되고 있다.

〈시험방법〉

- 대상제품 : 건축물의 거실벽 및 반자의 실내에 접하는 부분의 마감에 사용되는 재료

3.3 건축용 복합패널(샌드위치패널)의 화재위험성 평가

소형시험의 재료연소특성 평가 방법인 콘칼로리미터 시험방법은 복잡한 연소 메커니즘을 가지는 건축용 복합패널의 화재위험성평가에는 어느 정도 한계성을 가진다. 표면재료 사용된 철판내부의 심재가 착화되어 화재가 확산되는 구조를 감안할 때 100 mm × 100 mm 크기의 소형시험으로는 그 위험성을 정확히 평가하기가 어렵기 때문이다. 이에 따라 해외 화재선진국에서 사용되고 있는 샌드위치패널에 최적화된 시험방법이 국내에 도입되었다. 대표적인 시험방법은 ISO 9705 (Room Corner Test), ISO 13784 (Sandwich Panel Test) 및 EN 13823 (Single Burning Item) 등이 있다.



[그림 5] EN 13823(Single Burning Item) 시험장비

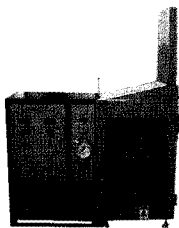
3.4 소방대상물의 방염시험

방염성능은 화재초기단계에서의 발생억제 및 화재의 확대방지 성능을 평가하는 것으로 방염성능의 기준(소방방재청 고시 제 2008-24)에 따라 시험하며 탄화길이, 탄화면적, 잔염시간, 잔신시간과 연기밀도(2005. 11 시행)를 평가한다. 방염대상물품으로는 카펫, 커튼, 블라인드, 암막, 무대막, 벽지류, 합판, 목재, 섬유판, 합성수지판 및 시트 등이 있다.

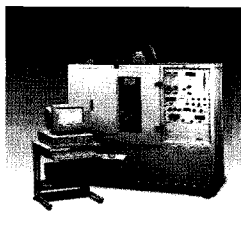
적용되는 장소는 소방시설 설치유지 및 안전관리에 관한 법률 시행령 19조에 특정소방대상물에 대한 방염이 규정되어 있다. 특정소방대상물이라 함은 근린생활시설 중 안마시술소 및 헬스클럽장, 건축물의 옥내에 있는 문화집회 및 운동시설로서 수영장을 제외한 것, 숙박시설, 종합병원, 통신촬영시설 중 방송국 및 촬영소, 노유자시설, 의료시설 중 「정신보건법」 제3조제2호에 따른 정신보건시설(입원실이 없는 정신과 의원은 제외) 및 숙박이 가능한 청소년시설, 다중이용업소의 안전관리에 관한 특별법 다중이용업의 영업장, 층수가 11층 이상인 것(아파트를 제외)을 말한다.

(시험방법)

- 대상제품 : 특정소방대상물에서 사용하는 실내장식물 등(카펫, 커튼, 합판, 블라인드 등)
- 관련법령 : 방염성능의 기준(소방방재청고시제2008-24)



45도 방염시험기



연기밀도시험기

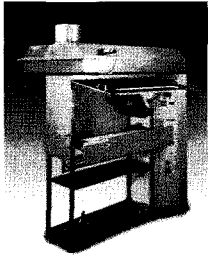
[그림 6] 방염시험장비

<표 4> 방염성능의 기준 (소방방재청 고시 제2008-24)

방염재료	잔염시간 (초)	잔신시간 (초)	탄화길이 (cm)	탄화면적 (cm ²)	접염회수 (회)	연기밀도
카펫	20 이내		10 이내			400 이하
얇은 포	3 이내	5 이내	20 이내	30 이내	3 이상	200 이하
두꺼운 포	5 이내	20 이내	20 이내	40 이내	3 이상	200 이하
합성수지판	5 이내	20 이내	20 이내	40 이내		400 이하
합판 섬유판 목재 및 기타물품	10 이내	30 이내	20 이내	50 이내		400 이하

3.5 바닥재의 화재안전성평가

- 대상제품 : 바닥시트, 바닥타일, 목질계바닥재, 카펫 등
- 시험방법 : ISO9239-1, ASTM E 648

바닥재의 화염전파시험기	장비제원 및 시험원리
	<ul style="list-style-type: none"> ● 장비명 : 바닥재의 화염전파시험기 ● 가열강도 : 1.1~10.9 kW/m² ● 화염전파측정거리 : 910 mm ● 시험원리 : 시험챔버(chamber)내에서 수평상태의 바닥감재가 복사 패널로부터 방사되는 규정된 복사열에 노출되었을 때 파일럿(pilot) 불꽃에 의해 착화되어 화염전파와 연기가 발생하는 특성을 평가하는 방법

4. 결론

지금까지 건축제품 및 재료의 화재안전성능평가 방법과 관련하여 국가 규제현황을 살펴보았다. 과거 수차례에 걸친 대형 화재참사의 교훈을 삼아 현재의 국내법에서는 건축재료의 화재성능을 강화시켜오고 있다. 이러한 노력의 결과로서 소방방재청 화재통계에 따르면 최근 3년(평균) 대비 2010년도 화재건수는 13.3%, 인명피해 및 재산피해는 각각 25.5%, 9.4% 감소하였다(6).

그러나 2010년 발생한 부산 해운대 주상복합빌딩 화재 사고와 같이 새로운 형태 (건축물 외장재의 급속한 수직화재 확산)의 화재위험은 늘 존재함을 또한 알 수 있다. 따라서 건축기술의 발전, 새로운 재료의 개발 등의 외적 변화요인에 따라 보다 세밀하고 제품에 적합한 화재안전평가기술도 함께 연구되고 이를 반영한 제도적 장치도 병행되어야 하겠다. ☺

