

건축재료로서 유리의 특징 및 사용동향

박재연

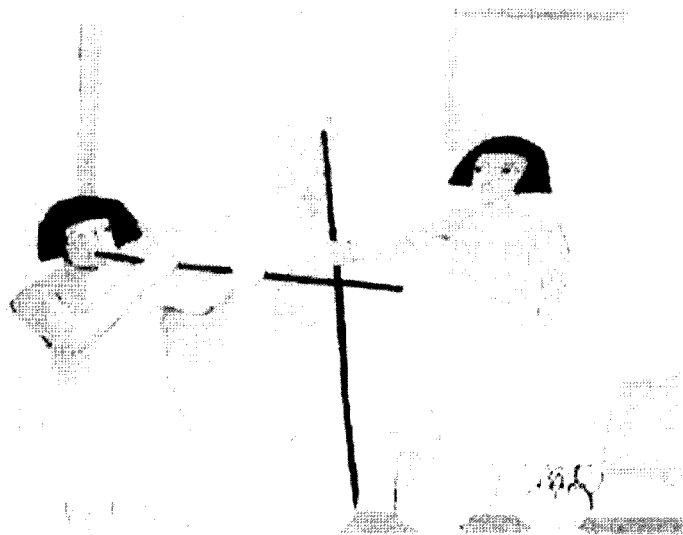
한국유리공업(주) 기술영업부(jypark@hanglas.co.kr)

유리의 역사

유리의 역사는 기원전 1300년대인 철기문화 시대에 고온기술의 발달과 함께 지중해 연안국가를 중심으로 주로 장식품 등을 만들기 위해 제조되기 시작했다. 그러다가 약 2000년전에 Blowing공법에 의한 유리 공법이 개발되면서 로마제국 시대에 온실과 목욕장등 건축용 유리 수요의 증가와 함께 유리 제조 기술은 급성장하여 주변 이집트, 시리아, 이탈리아

및 그리스 등지로 전파되었다. 유리의 영문표기인 'Glass'의 어원도 라틴어인 'Glesum'(투명하고 반짝거린다는 의미)에서 유래되었다. 과거 로마제국시대의 휴양도시였던 폼페이 유적지에서 500×700(mm)크기의 판유리가 발견된 것을 보면 이 시대 유리 생산 기술을 짐작할 수 있다.

유리산업은 12세기부터 중흥기를 맞이하여 15~16세기 베네치아 공화국에서 미려하고 화려한 장식 기술을 바탕으로 유럽시장을 독점하였으며, 이러한



[그림 1] Blowing 공법으로 유리를 만드는 모습

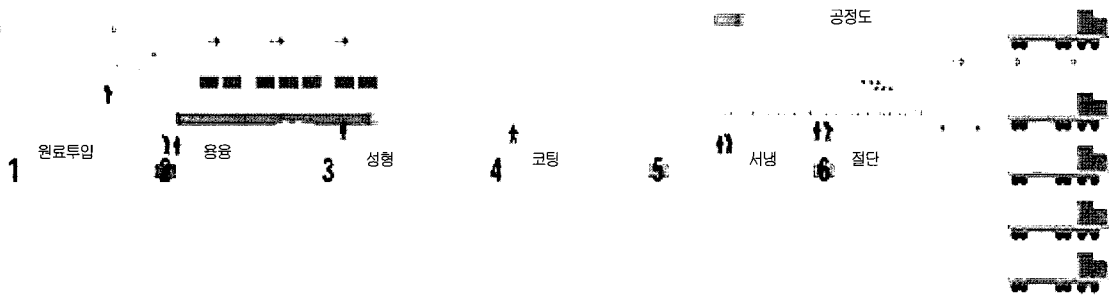
독점은 유리기능공을 자국의 무라노(Murano)섬에 가두어 놓고 제한적으로 생산하는 극단적인 산업보호 정책에 의하여 크게 성공할 수 있었다. 그러나 이러한 정책은 반대로 16세기에 섬을 탈출하는 기능공들에 의해 베네치아 유리기술이 유럽 각지에 전파되는 계기가 되기도 하였다. 이후 유럽 전역에서 각 나라 실정에 맞는 유리제조 기술이 발전하였으며 마침내 1873년 벨기에에서 연속식 유리용광로에 의한 고품질 대형 판유리가 제조되어 판유리의 대량생산의 기틀을 마련하였다. 20세기 들어 이러한 공법은 벨기에와 미국에서 '자동 평판 인상법'으로 완성되었으며, 1959년 영국의 필킹턴사가 플로트 공법을 만들기 전까지 전세계 판유리 공장의 모델이 되었다. 국내에서도 1957년 UNKRA자금에 의해 설립된 한국

유리공업(주) 인천공장에서 벨기에 모델인 Fourcault 공법이 최초로 도입되기도 하였다. 현재는 일부 특수한 유리를 제외한 대부분의 판유리는 영국의 필킹턴사에 의해 최초로 고안된 플로트공법에 의해 만들어지고 있으며, 세계적인 유리회사인 Asahi Glass, Saint-Gobain Glass 등이 부분적으로 이 공법을 발전시키고 있다.

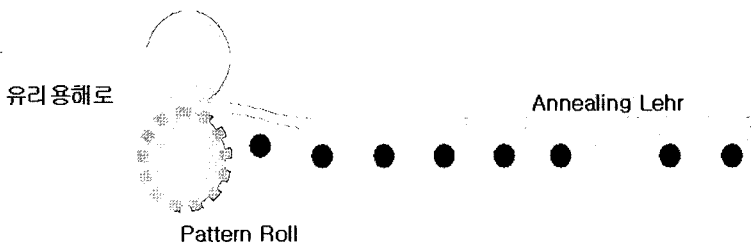
유리의 종류

유리의 종류는 크게 원판유리와 가공유리로 구분할 수 있다. 원판유리란 유리용광로에서 플로트공법 또는 롤아웃공법 등으로 대량 생산하여 사용자가 별도의 가공 없이 직접 사용할 수 있는 유리를 말하며,

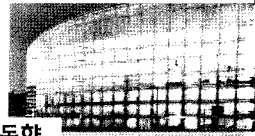
PRODUCTION OF FLOAT GLASS



[그림 2] 플로트유리 제조 공정도



[그림 3] 무늬유리 생산 공정도



우리가 흔히 보는 맑은유리, 무늬유리, 색유리 등이 이에 속한다. 최근에는 일부 가공제품들도 원판 생산 시 온라인 방식으로 가공하는 방법으로 생산하기도 한다. 온라인 방법으로 가공하는 제품으로는 금속산화물을 코팅하는 하드코팅의 반사유리 또는 로이유리가 있다.

가공유리의 발달은 유리가 가지고 있는 단점을 개선하는 방향으로 발전하고 있으며, 건축적으로는 그 시대의 건축의 의장적 특징에 따라 같이 발전한다.

유리는 투명하고 내구성이 크지만 잘 깨지는 단점이 있다. 이는 건축물에 적용할 때 사용 규격의 제한을 가져오기도 하고 항상 안전의 문제에 부딪힌다. 따라서 유리 가공기술은 열을 이용하여 급냉공정을

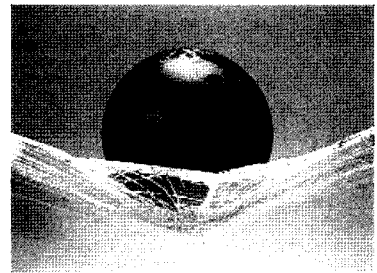
통해 유리에 Pre-stress를 주면서 강도를 3 ~ 5배 정도 향상시킨 강화유리를 만들어 냈으며, 강화유리가 극복할 수 없는 파손에 의한 2차 재해 방지를 목적으로 안전접합유리를 시장에 내놓았다. 원래 접합유리는 자동차용으로 먼저 개발되었으나, 현재는 건축용으로 천창, 난간용은 물론 유리의 파손으로 인해 재해가 예상되는 각종 시설에 사용되고 있다. 안전접합유리에 사용되는 Interlayer 필름의 경우 유리와 굴절율이 거의 같아 필름의 삽입여부를 느낄 수 없으며 특히 필름 기술의 발달로 차음 또는 방범, 방탄 성능의 접합유리도 생산되고 있다. 이 이외에도 방화지구내에 사용 할 수 있는 방화유리(등급에 따라 30분 ~ 2시간 방화성능) 등이 안전을 목적으로 만들



a) 일반유리

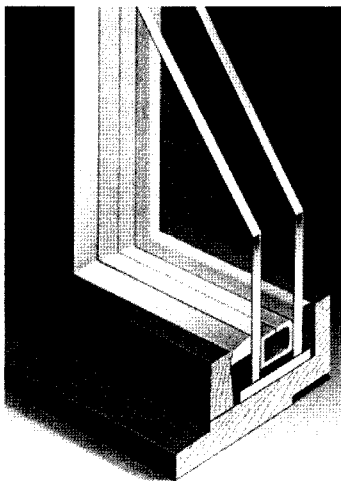


b) 강화유리

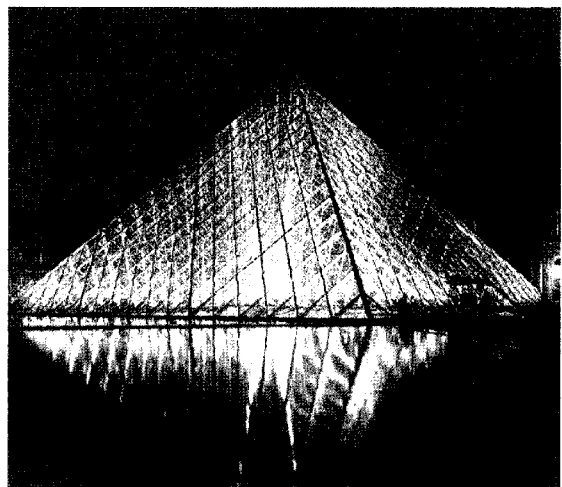


c) 안전접합유리

[그림 4] 유리 종류별 파손 특성



[그림 5] 복층유리의 단면(유리+건조공기층+유리)



[그림 6] 저철분유리가 적용된 루브르 피라미드

어진 가공유리들이다.

유리는 또한 에너지 측면에서 매우 취약한 건축자재이다. 이를 개선키 위해 벽돌조의 중공벽 원리를 이용한 복층유리가 개발되었으며, 복층유리의 단열 성능을 향상시키기 위한 각종 단열코팅유리는 지금도 끊임없이 성능이 개선되고 있다. 국내에서는 1979년 3차에 걸친 에너지 파동을 겪은 후 복층유리에 대한 의무 사용을 국가적인 차원에서 시행하여 왔으나, 최근 들어서는 선진국에 비해 규정의 강도가 다소 떨어지고 있어 앞으로 규정의 강화가 더욱 필요한 실정이다. 또한 유럽에서는 에너지 절감 및 CO₂가스 배출량 감소를 위해 3중 복층유리 및 고단열 로이복층유리 등도 사용량이 점차 증가 추세에 있다.

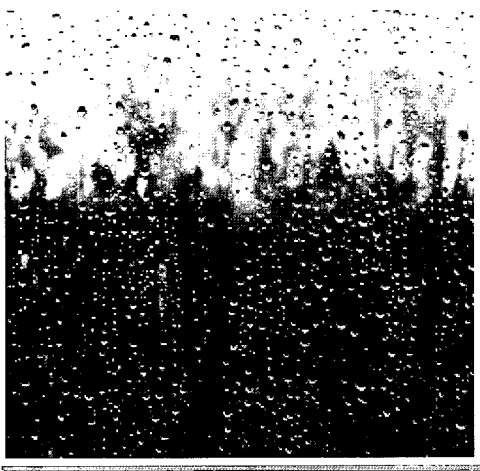
의장적인 측면을 보면 과거 맑은유리에서 색유리, 반사유리 및 로이유리 등으로 발전하고 있으며, 요즘은 투명도를 높인 저철분유리(맑은유리도 원료에 포함된 미세량의 철분에 의해 약간의 녹색이 있음)도 건축내, 외장에 많이 쓰인다.

최근에는 유지 보수가 쉽지 않은 건물의 경사 부위를 중심으로 친수유리가 많이 쓰이고 있으며, 광촉매코팅에 의한 친수유리는 자외선에 의해 유리와 오염 물질의 접촉강도가 낮아지면서 빗물에 자연스럽게 유리가 청소되는 자정 기능을 보유하고 있다.

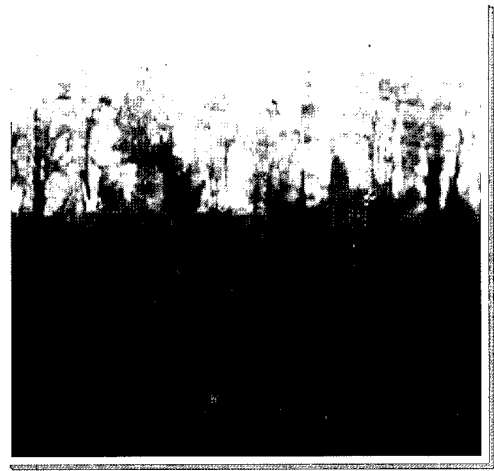
건축재료로서 유리의 특징

대부분의 건축재료는 일방향성을 갖는다. 즉 재료를 투시하는 양방향성의 자재는 유리 이외에 몇가지 탄소중합체로 제작된 아크릴이나 폴리카보네이트 정도밖에 없다. 유리는 비교적 중량(重量)의 자재(비중 2.5)이지만 사용두께가 얇아 건축물의 경량화에도 크게 기여하고 있다. 특히 유리는 건축 의장적인 측면에서 가공성이 좋아 건축가들이 건축물의 외관을 디자인하는데 많은 유연성을 주고 있으며 최근 유리에 도료를 칠하거나 실크프린트를 이용한 인쇄 기술이 유리가 건축 외장재로서 단순히 투과와 반사의 기능 이외에 장식적인 기능을 부가하기도 하였다. 또한 홀로그램필름을 이용하여 광원의 종류나 반사각도의 변화에 따라 색상과 반사도를 달리하는 필름이 개발되어 장식적인 요소로서 유리가 한단계 발전하는 데 기여하였다.

외벽에 사용되는 유리가 갖는 또하나의 단점은 단열 외벽에 비해 다소 높은 열관류율이다. 현재 국내 건축법규에 의하면 외기에 면하는 창호는 3.84 W/m²K 이하(중부지역 기준)로서 벽체(0.47 W/m²K)에 비하여 7배 이상 취약한 것이 사실이다. 그러나 유럽에서는 CO₂가스 방출량 감소와 에너지 절감을 목적으로 2010년까지 1.4 ~ 1.6 W/m²K까지

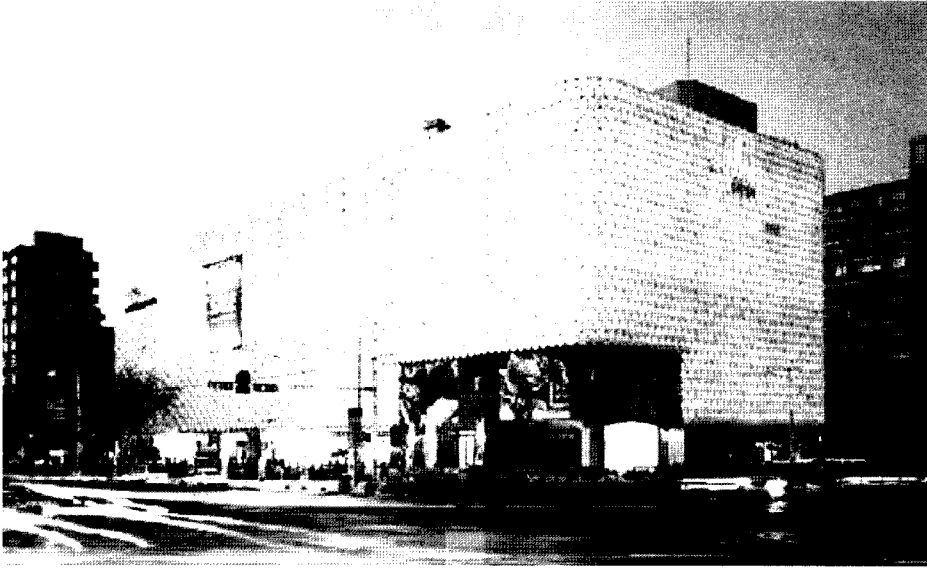
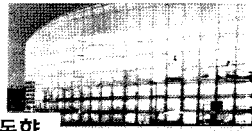


a) 일반유리



b) 친수유리

[그림 7] 일반유리와 친수유리의 친수 특성 차이



[그림 8] 홀로그램 필름을 이용한 접합유리가 적용된 갤러리아 백화점 외벽

낮출 예정이며, 유리뿐 아니라 창호에서도 기술적인 발전을 통해 이를 실현할 수 있으리라 생각된다. 이러한 단열효과의 개선을 위해 복층유리 가공기술은 물론 유리코팅 기술 및 공기층 내부에 충전되는 가스 등의 개발은 지금도 계속되고 있다.

가공유리의 종류는 이 이외에도 건축가의 상상과 다양한 요구에 의해 지금도 계속 발전하고 있다.

유리선정 및 사용 시 고려 사항

앞에서 전술한 바와 같이 건축용유리는 20세기 이후 발전의 속도가 가속화되고 있다. 따라서 건축가들이 유리를 사용할 때 아래 사항을 유의하여 설계, 시공한다면 유리 건축이 건축의 한 장르로서 그 역할을 계속 발전시킬 수 있으리라 생각된다.

안전한 유리

유리는 취성과파괴되는 재료로서 파괴의 예고가 되지 않는 재료이다. 따라서 건축가는 유리 설계 시 반드시 구조적인 검토를 하여야 하며, 특히 유리 파손 시 예상되는 2차 재해에 대해서도 고려하여야 한다. 예를 들면, 천창 및 태풍이 빈번히 발생하여 유리 파편에 의한 인명 및 재산에 대한 2차적인 재해에 대해

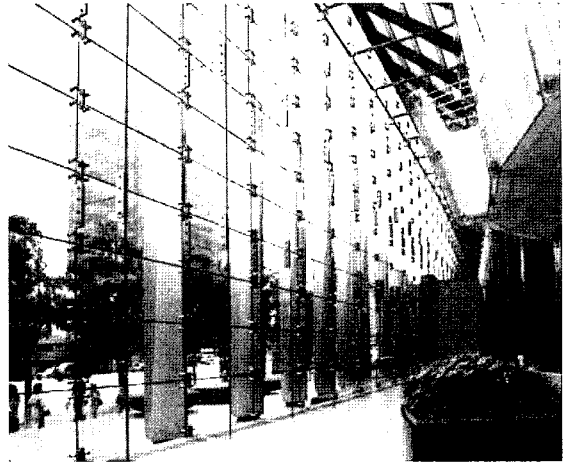
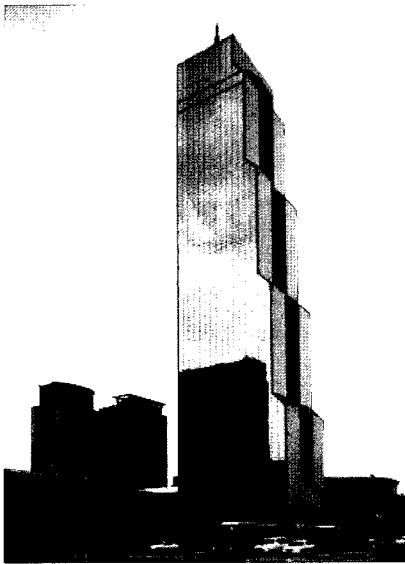


[그림 9] 태풍에 의해 유리가 파손된 사진 (유리 파손보다 2차 재해가 더욱 크다)

서는 반드시 안전접합유리가 추천되어야 하며 방화 지구 내에서의 방화유리는 피할 수 없는 재난으로부터 인명을 보호하는 중요한 수단이 될 것이다.

쾌적한 유리

과거의 건축물에서 우리는 창호 주위의 냉기를 막기 위해 별도의 대책을 강구하여야만 했다. 그러나



[그림 10] 반사유리와 빛의 투과율이 높은 저철분유리

이는 근본적인 대책이 될 수 없었으며 따라서 창호의 발전은 이러한 냉복사로부터 인간이 쾌적함을 느낄 수 있도록 기능을 개선시켜왔다. 지금은 겨울철 난방은 물론 여름철 쾌적함을 위해 g-value값을 낮추고 자연광을 최대한 유입시켜 열과 빛으로부터 인간이 쾌적함을 높일 수 있도록 설계하여야 한다.

반사와 투과의 조절

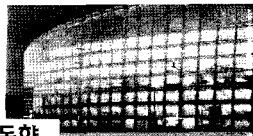
유리는 빛을 투과함과 동시에 반사시키는 재료이다. 빛의 투과는 실내의 거주자에게 생활은 물론 심리적인 영향을 미치며, 빛의 반사는 주변의 건물과 사람에게 큰 영향을 줄 수 있다. 특히 반사유리가 건축의 외장에 유행처럼 쓰였던 1980년대 후반부터 10여년간 지어진 건물의 경우 잘못 조절된 빛의 반사로 인해 민원이 발생하기도 하였으며, 야간에 건축물 내부에 불필요한 부분이 투시되어 건물 내부 거주자들이 많은 불편을 겪기도 하였다. 따라서 건축가는 유리가 가지고 있는 빛의 투과, 반사 성질을 이해하고 특히 반사율이 큰 유리를 사용해야 하는 경우 주변 환경 영향평가를 통해 예상할 수 있는 문제점을 반드시 선결해야 할 것이다. 또한 인간에게 가장 친숙한 자연광의 적절한 유입도 반드시 고려해야 할 항목이라고 생각한다.



[그림 11] SPG System이 적용된 사례

디자인과 Glazing System

국내에서 1980년대 중반 이후 외장 커튼월은 다양한 시공 방법에 의해 발전하고 있다. 특히 구조용 실리콘실란트의 등장으로 외부에서 창틀이 보이지 않는 공법은 반사유리의 적용을 확대 시켰으며, 1990년 중반 이후 등장한 Point Glazing 공법은 유리가 갖고 있는 가장 기본적인 특성인 투시성을 극대화 시키는 데 큰 기여를 하고 있다. 최근에는 각종 금속 하드웨어 기술의 발달과 유리 시공 기술이 접목되어 새로운



실험적인 구조의 커튼월이 계속 등장하고 있다.

기타 외국에서는 유리를 이용한 Daylight system, 태양열을 에너지화하는 창호 등 유리의 기능을 다양한 용도로 확대 시키고 있다. 국내에서도 이러한 연구는 계속되고 있으며, 특히 유리 기술자는 물론 커튼월 전문가, 구조기술자 및 건축가들이 유리의 기본 기능을 좀 더 잘 이해할 때 이러한 발전은 앞으로 계속되리라 생각한다.

유리사용의 국내동향

국내 유리 시장은 소요량을 기준하여 년 1650천톤 정도로 추정되며 이중 자동차용 유리를 제외한 1450천톤 대부분은 건축용 및 인테리어 용도로 사용된다.

1인당 유리사용량은 중국(11 kg/man/year) 및 일본(13 Kg)은 물론 서유럽(18 kg) 보다 많은 34 kg/man/year 정도로 전세계에서 가장 유리 사용량이 많은 국가 중 하나이다.

이는 주거용 시장에서 3 mm 혹은 4 mm를 사용하는 일본 및 서유럽과 비교하여 5 mm 이상 제품을 기본으로 사용하고 있으며 복층유리산업의 발달, 창호 규격의 대형화 등을 원인으로 볼 수 있다.

그 동안 24 mm 복층유리(6 mm유리 + 12 mm air + 6 mm유리)를 기본사양으로 하는 상업용 건물과 달리 주거용 복층유리는 16 mm(5 mm유리 + 6 mm air + 5 mm 유리)가 주종을 이루어 왔으나 발코니 확장 합법화와 맞물려 많은 변화를 맞고 있다.

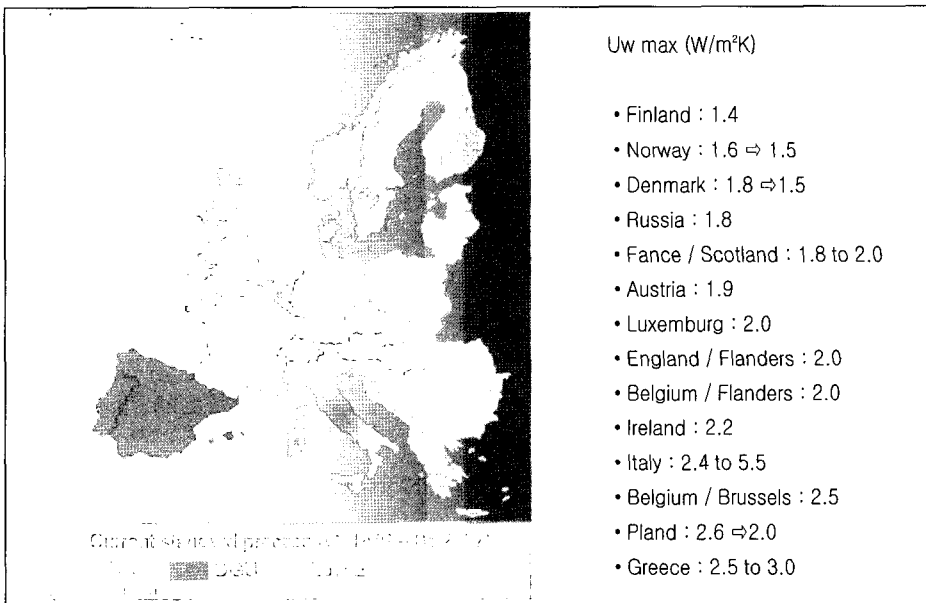
가장 큰 변화 중 하나는 단열성능이 높은 로이유리에 대한 관심이 점차 높아지고 있다는 점이다.

전체 복층유리 시장(30백만 m² 추정)을 기준으로 사용량이 5%에도 미치지 못하고 있으나 로이유리는 비용대비 효과 즉, 단열성능 측면 및 환경보호에 대한 긍정적인 효과로 볼 때 지속적인 성장이 예상된다.

주요국가별 유리사용동향

전세계 국가 중 가장 많은 유리를 소비하는 국가는 중국으로 전세계 소비량의 35% 정도를 차지할 만큼 유리시장에서 막강한 영향력을 행사하고 있으며 이어 유럽 및 북미지역의 시장이 크게 형성되어 있다.

유럽의 경우 많은 국가에서 에너지를 절감하기 위한 정책을 펼치고 있으며 창호열관류율에 대한 기준을 엄격히 하여 일부 온난한 기후를 갖고 있는 국가



[그림 12] 유럽의 지역별 단열유리 사용 상황

(스페인, 포르투갈 등)를 제외하면 로이유리 중에서도 열관류율이 낮은 제품을 기본 사양으로 채택하고 있다(그림 12 참조).

유리 산업체의 동향

최근 지속 가능한 삶에 대한 국가적 관심이 증폭되고 있으며 환경을 보호하고 에너지 사용량을 줄이기 위한 노력이 이루어지고 있다.

건축물에서의 에너지 사용량이 전체 용량 대비

40%에 달하며 그 중 78%는 단열을 통하여 절감할 수 있는 부분으로 인식되고 있어 건축물에서의 단열을 고려하지 않은 CO₂ 감축은 의미가 없다 하겠다.

대부분의 유리산업체로서는 단열성능이 보다 높은 제품을 개발하기 위한 노력을 기울이고, 일부 회사에서는 U_g를 1.1로 낮추는 데 성공하였다.

국내에서도 유리산업이 발전하기 위하여는 현재의 단열기준 3.84 W/m²K(중부, 외기에 면한 창)에 대한 조정을 적극 검토해야 할 것으로 보인다. ㉔