

# 유리, 첨단 소재 경쟁에 뛰어 들었다

유리가 미래의 첨단 소재로 각광받고 있다. 용도가 다양해지면서 새로운 기능들이 유리에 덧입혀졌고, LCD 등 평판 디스플레이의 등장은 유리 산업의 변곡점이 되었다. 앞으로도 금속, 플라스틱 등을 대체하거나, 다공성 등 신기능 적용을 통해 항공우주, 생명과학 분야에도 널리 활용되는 등 미래 기술의 기반으로 자리잡을 것으로 전망된다.

양성진 책임연구원 seongjin.yang@lgeri.com

밤 동안 빛을 차단해주던 창문은 투명해지고, 태블릿 PC의 화면에서 울리는 알람에 잠이 깬다. 일어나자마자 벽을 대신하고 있는 디스플레이를 통해 간밤에 있었던 뉴스, 날씨수신 메일 등을 체크한다. 조리대에 설치된 디스플레이에서 나오는 뉴스를 보며 유리로 된 핫플레이트에 프라이팬을 올리고 오믈렛을 조리한다. 등교 준비를 끝낸 아이들은 투명 휴대폰을 통해 할머니와 통화를 하기도 한다. 출근길 자동차 안에는 계기판과 내비게이션, 오디오 등이 하나의 디스플레이로 구현되어 있다. 사무실에서는 디스플레이로 된 벽과 테이블 위에 펼쳐진 각종 사진과 자료들을 보며 열띤 토론을 하기도 한다. 퇴근 후에는 3D 디스플레이를 통해 우주행성들의 움직임을 실감하기도 하고, 침대에서 편안하게 전자책을 보며 휴식을 취한다.

‘유리와 함께 한 하루’라는 제목으로 세계적 유리 회사인 코닝이 제작한 영상의 일부다. 디스플레이를 통해 대부분의 생활이 편리해지는 미래를 상상하고 있다. 의아한 것은 디스플레이 기업도 아닌 코닝이 왜 왜 이런 영상을 기획하게 된 것일까? 사실 유리는 아주 오래전부터 우리 생활에 깊숙이 자리 잡은 소재이며, 미래에는 유리가 미래 기술의 Enabler가 될 수 있다는 점을 영상에서 시사하고 있다.

## 유리의 역사 : 사치품에서 생활의 필수품으로

유리의 역사는 기원 전으로 거슬러 올라간다. 자연 상태에서 발견된 유리는 보석과 같은 취급을 받았다. 이후 사람이 유리를 만들 수 있게 되면서 유리는 아름다움을 넘어 실용성을 담게 되었다. 고대 로마의 플리니우스가 쓴 <박물지>에 의하면, 유리의 발명자가 페니키아의 상인이라고 기술되어 있다. 지중해에서 페니키아 상인이 소다회 덩어리로 부두막을 만들고 냄비를 걸어 요리를 하던 중, 소다와 모래가 녹아 투명한 액체가 되었다가 냉각되어 반투명의 돌 같은 것이 만들어졌다고 쓰여있다. 유리가 발명되고 난 후에도 오래도록 유리는 사치품의 카테고리에서 벗어날 수 없었다. 기원전 3,000년경 이집트 유리 제조업자들은 모래나 점토로 만든 형틀 둘레에 녹인 유리를 감싼 후 냉각시키는 방법으로 보석 유리와 도자기와 같은 작은 용기를 만들기 시작했다. 시리아와 바빌론 지역의 장인들은 유리 불대(Glass Blowing Pipe)를 발명하여 유리 제조법을 한 단계 발전시켰다. 유리를 불어서 만드는 방법을 통해 단순한 형태의 둥근 용기를 만들 수 있을 뿐만 아니라 두께가 얇고 매끈한 제품도 만들 수 있게 된 것이다.

로마 황제들의 과시욕은 새로운 유리 제품 개발의 기폭제가 되었다. 세공 기술, 모자

## 오랜 기간 유리는 사치품의 일종이었으나 19세기 이후 광학 렌즈, 전구용 유리 등을 통해 생활 속으로 들어오게 되었다.

이크 기술 등을 응용하여 예술적으로 장식된 호화로운 유리 제품들이 유행하기 시작했다. 로마 시대에는 유리가 금보다 더 가치 있는 품목이었다고 전해진다. 스테인드 글라스도 그 중 하나였다. 집의 창문에 투명한 재료를 쓰고 싶은 것은 사람들의 오랜 욕망이었다. 하지만 큰 유리를 만들 수 없어 작은 유리들을 이어붙인 형태로 니즈를 충족시킬 수 있었다. 이것이 스테인드 글라스의 시초다. 9세기 즈음부터 스테인드 글라스에 도안이 그려졌고, 블로잉(Blowing) 기법으로 색유리 조각을 만들어 고정하는 방법이 표준화되었다. 12세기부터는 중세 고딕 성당의 창을 장식하게 되었고, 이후 크리스토프의 변성과 함께 15세기 전성기를 맞이하게 된다. 크리스탈 유리도 사치품의 일환이다. 유리의 투명함을 높이기 위한 노력으로 천연 수정에 버금가는 맑고 투명한 유리가 탄생했고, 이것이 바로 크리스탈 유리였다. 크리스탈 유리는 상들리에 뿐만 아니라 꽃병, 잔 등 각종 장식품에 두루 이용되었다.

19세기 이후 사치품의 이미지가 강했던 유리가 실용적인 모습으로 변화를 시작했다. 첫 출발은 광학 렌즈였다. 뮌헨의 유리제조업자인 요셉 프라운호퍼는 오랜 연구 끝에 망원경과 현미경 등에 사용할 수 있는 광학 유리를 만들 수 있게 되었다. 굴절, 투명함 등 유리 본래의 특성을 기반으로 실용적 소재로의 발돋움을 하게 된 것이다. 유리가 본격적으로 생활 속에서 사용된 것은 에디슨이 필라멘트 백열등을 발명한 이후다. 당시 에디슨은 세계 최초

로 백열등을 개발했지만 이를 감싸줄 유리 용기를 찾지 못하고 있었다. 그러던 중 에디슨은 미국의 유리회사인 코닝에 도움을 청했고 1년 여의 연구 끝에 전구용 유리를 개발하게 된다. 유리 기술과 전기전자 기술의 역사적 첫 만남이었다. 1947년 CRT(Cathode Ray Tube : 음극선관, 일명 브라운관) TV에 사용되는 유리 튜브가 개발되었다. 이후 TV의 화면 크기가 커지기 위해서는 유리 튜브를 얼마나 크게 만들 수 있느냐가 선결 과제일 정도로 유리가 디스플레이에서 중요한 부품으로 자리잡았다. 창문에도 스테인드 글라스가 아닌 투명한 유리가 사용되기 시작한 것은 얼마 되지 않았다. 넓고 균일한 두께의 유리를 만드는 획기적인 제조법이 발명된 것은 1960년대다. 영국의 유리회사인 필킹톤(Pilkington)사가 개발한 플로트(Float)법은 판유리의 대량 생산에 기여하였다. 이를 통해 일반 건축자재로도 널리 쓰이게 되었다.

### 첨단 소재로의 비상(飛上)을 꿈꾸다

유리의 용도가 다양화됨에 따라 유리가 가지고 있는 기본적 특성(투명성, 화학적 안정성) 이외에도 새로운 기능이 요구되기 시작했다. 실내에서만 사용되던 유리등이 실외에서 쓰이기 시작하면서 문제가 생겼다. 철도 신호등의 조명이 자주 꺼졌다. 조명에서 나오는 열 때문에 달궈진 유리의 안과 차가운 바깥의 공기의 온도 차 때문이었다. 이로 인해 1900년대 미국에서는 철도 사고가 빈번하게 발생했고, 급격

## LCD, PDP 등 평판 디스플레이에 사용되면서 유리 산업은 변곡점을 맞이하게 되었다.

한 온도 변화에 견딜 수 있는 유리 개발이 시급했다. 이를 해결하기 위해 개발된 유리가 내열유리다.

자동차에도 용도에 따라 여러 가지 유리가 사용되고 있다. 자동차용 유리 중 가장 비중이 높은 것은 전면 유리일 것이다. 안전 확보와 쾌적한 드라이브를 위해 유리의 면은 넓게 디자인되었다. 하지만 사고시 부상의 위험이 있었기 때문에 깨질 경우에도 파편이 떨어지지 않는 이중접합유리 등 안전 유리가 개발되었다. 헤드라이트에는 전면을 렌즈 형태로 만든 실드빔이 사용되는 등 자동차 곳곳에 다양한 유리들이 적용되고 있다. 일반 판유리가 쓰였던 건축용 창유리에도 적외선을 흡수하고 빛만 통과하게 하는 열선 흡수 유리 등을 적용, 냉방 효과를 높일 수 있었다. 하지만 건물이나 자동차를 구성하는 재료 중 유리의 비중이 그리 높지 않았기 때문에 유리의 고기능화는 선택적 사항이었으며, 그 속도는 점진적일 수밖에 없었다.

### ● 큰 유리 개발로 LCD 시장 폭발적 성장

디스플레이용 유리의 진화는 건축용, 자동차용과는 사뭇 다르다. 앞에서 언급했듯이 디스플레이의 발전에 있어서 유리가 기여한 부분은 크다. CRT TV의 크기와 품질 향상은 유리 제조법의 혁신에서 비롯되었다. 그 선봉에 코닝이 있었다. 코닝은 1947년 처음 CRT TV의 튜브를 개발한 2년 뒤 좀더 큰 튜브를 만들기 위해 원심 제조법을 개발했다. 그리고 4년 뒤 컬러 TV를 위한 새로운 튜브를 개발하기에 이른

다. CRT TV용 튜브를 최초로 개발한 지 6년만의 쾌거였다.

LCD, PDP와 같은 평판 디스플레이가 본격화되던 2000년대에 들어서는 디스플레이용 유리의 새로운 시대가 열렸다. 평판 디스플레이는 과거 CRT TV와는 전혀 다른 제조 공정을 가지고 있기 때문에 유리의 새로운 조성과 새로운 제조법이 필요했다. LCD의 경우, TFT(Thin Film Transistor : 박막 트랜지스터) 고온 증착 공정이 필요하며, 주입된 액정의 안정성도 중요하다. 때문에 열에는 강하고, 유리가 기본적으로 가지고 있는 알칼리 성분이 제거된 제품이 요구됐다. 또한 CRT TV와 달리 LCD는 대규모 장치산업으로, 규모의 경제를 통한 원가 혁신이 중요하기 때문에 한 번에 여러 장의 LCD 패널을 만들어낼 수 있는 방법이 필요했다. 그러기 위해서는 좀더 큰 유리를 제조하는 것이 가장 중요한 문제였다. 코닝을 비롯한 유리 회사들은 각자의 제조법으로 유리 크기를 키우는 데 집중했다. 그 결과, LCD 산업에서의 세대는 유리 크기에 따라 구분되기 시작했고, 혁신의 속도도 빨라졌다. 2년을 주기로 유리의 크기는 점점 커진 것이다. 이를 통해 LCD 산업 초기 400mm×300mm 크기의 1세대 유리가 현재 2,500mm×2,200mm의 8세대 유리(초기 유리 크기의 약 40배)로 진화할 때까지 10년 정도가 걸렸다. 큰 유리의 개발로 LCD의 가격은 급격하게 하락하기 시작했고, LCD 시장은 폭발적으로 성장했다. 이를 통해 FPD용 유리 기관 시장 규모는 2004년 3조에서 2010년 15조로 5

## 현대기기용 강화 유리 등 유리에 새로운 기능을 부여하면서 첨단 소재로의 비상을 꿈꾸고 있다.

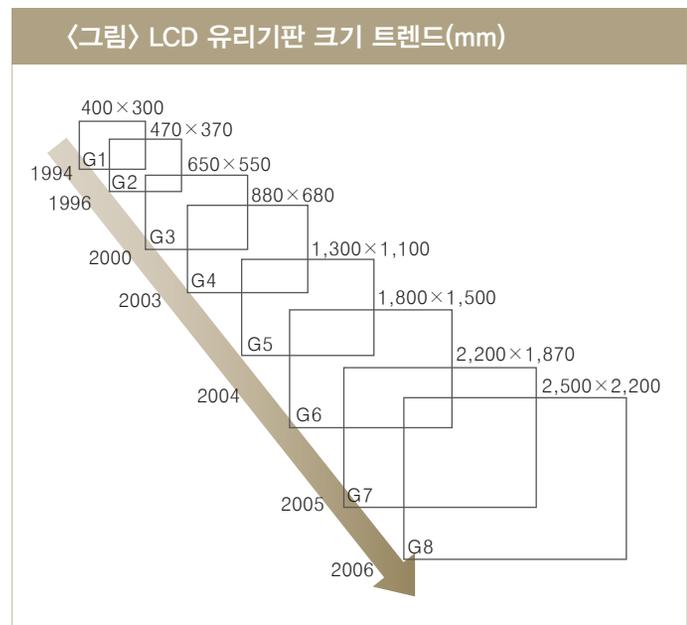
배 확대되었으며, 전체 유리 수요 중에서도 30% 이상을 점유하게 되었다. 오래도록 건축용과 자동차용이 유리 수요의 대부분을 차지해왔지만, 10년 사이에 디스플레이용 유리가 유리 산업의 중심이 되었다.

### ● 강화유리 ‘고릴라’, 휘는 유리 ‘월로우’

과거보다 혁신의 속도가 빠르고, 새로운 조성 과 제조 공정을 도입했다고 해서 유리가 첨단 소재가 되었다고 단언하기는 쉽지 않을 것이다. 그래서 지금부터 ‘고릴라’ 이야기를 해볼까 한다. 몇 년 전부터 전자기기나 디스플레이 관련 전시회에는 고릴라가 있다. 전시회장 기둥마다 고릴라 사진이 붙었다. ‘고릴라(Gorilla)’는 코닝에서 개발한 강화유리의 브랜드명이다. 모바일 기기 시장이 확대됨에 따라 가볍고 얇으나 잘 깨지지 않는 유리가 필요했다. 고릴라 글라스가 개발되기 전까지만 해도 스마트폰을 떨어뜨려 전면 유리가 깨지는 경우가 많았다. 그렇다고 해서 두꺼운 유리를 적용할 수는 없었다. 모바일 기기의 기능이 고도화되면서 휴대폰에 들어가는 부품은 많아졌지만 소비자는 여전히 얇은 모바일 기기를 선호했다. 코닝은 지금까지 축적된 기술력을 믿고 곧바로 회사 자료실을 뒤지기 시작했다. 그리고는 1962년 자동차용 유리로 개발했다가 포기한 강화유리 ‘켄코’(Chemcor)를 찾아냈다. 여러 번의 테스트를 거친 후, 스마트폰에 적용하기 시작했다. 고릴라 글라스는 화학적으로 강도를 높인 유리다. 순수한 상태의 유리를 섭씨 400도의 용

융소금이 담긴 용기에 집어 넣으면 유리 속의 나트륨 이온이 빠져 나가고 그 자리에 칼륨 이온이 들어가는 화학작용이 일어나는 이온 교환 방식으로 만들어진다. 이를 통해 얇지만 강한 유리를 생산할 수 있게 되었고, 현재 30개가 넘는 글로벌 기업들의 350여 종의 기기에 사용되고 있다고 한다.

뿐만 아니라 필름의 영역으로만 여겨졌던 플렉서블 디스플레이 기판에 유리가 사용될 수도 있을 것으로 보인다. 코닝은 휘는 유리 ‘월로우’(Willow)를 공개했다. 월로우는 차세대 플렉서블 디스플레이에 최적화된 유연성을 가진 휘는 유리로, 가벼우면서도 높은 강도를 가진 것이 특징이다. 두께가 100마이크론 수준으로 종이처럼 얇기는 하나, 강력한 충격에도 견딜 수 있다. 유리의 첨단 소재로의 변신을



**다공질 유리는 손가락을 접촉하게 되면 땀이 흡수되는 것을 느낄 수 있을 정도로 흡수력이 강해 ‘목마른 유리’라는 별명이 붙었다.**



코닝의 플렉서블 유리 ‘윌로우(Willow)’

위한 노력은 지속되고 있고, 이미 첨단을 달리는 IT기기의 기반에는 유리가 있다.

**유리의 미래 : 범위의 경계가 중요**

이처럼 유리는 시간이 갈수록 첨단 소재로 자리매김하고 있으며, 적용 범위 또한 넓어지고 있다. 첨단 기술이 진보됨에 따라 그에 쓰여지는 재료 또한 각종 기능이 대폭 향상된 것을 요구하게 되었다. 앞으로 유리, 세라믹스, 플라스틱, 금속 등이 각각의 기능성을 높여가며 사용 영역을 넓히기 위한 경쟁 혹은 복합이 가속화될 것으로 보인다.

**● 생명과학, 항공우주 분야로 확대**

코닝이 제작한 ‘유리와 함께 한 하루’에서는 디스플레이를 통해 변화되는 미래 세상이 조망되었다. 하지만 디스플레이 이외에도 미래에 유리가 쓰이는 분야는 생명과학, 항공우주 분야로 확대되는 등 더욱 다양해질 것으로 전망된다. 항공우주 분야에 쓰이는 유리의 예를 들어 보자. 현재 미국 우주선 표면의 70%는 특수유리로 덮여있다. 우주선 내부를 우주의 진공 상태에서 보호하기 위해 3겹의 유리로

만들어져 있는데, 3겹 중 가장 표면에 있는 유리는 지구 궤도로 재진입시 고온을 견디도록 제작되었다. 맨 안쪽 유리는 우주선 내부를 밖의 진공으로부터 버틸 수 있도록 강도가 센 화학 강화 유리다. 여러 가공 방법을 통해 내열성과 고강도를 만족시키고 있다. 뿐만 아니라 생체용 유리도 개발되고 있어 생명과학 분야에도 곧 적용될 전망이다. 생체 조직과의 친화성이 좋고, 뼈와 화학적으로 결합하는 생체활성유리 및 결정화 유리가 인공뼈 및 인공치아 재질로 연구되고 있다. 결정화 유리는 세라믹보다도 강도가 세기 때문에 세라믹의 대체 소재로 주목받고 있는 상황이다. 현재 쓰이고 있는 지르코니아 등 세라믹계보다 우수한 성질을 가지고 있다고 판단하여 미국과 일본에서는 적극적으로 개발을 진행 중이다. 다공질(多孔質) 유리도 생체 기능성 유리로 개발, 사용되고 있다. 다공질 유리는 유리 내에 다수의 미세한 기공이 있는 유리로, 액체 및 기체의 흡착성이 좋다는 특징을 가지고 있다. 다공질 유리에 손가락을 접촉하게 되면 땀이 흡수되는 것을 느낄 수 있을 정도로 흡수력이 강해 ‘목마른 유리’라는 별명이 붙기도 하였다. 현재는 혈액의 여과 및 투석, 바이러스 및 세포 성분의 분리 등에 적용되고 있으며, 앞으로는 효소의 담체(擔體)로도 사용될 것으로 보인다. 지금까지는 플라스틱이 담체로 이용되었으나, 내알칼리성을 높이기 위한 복잡한 공정 때문에 유리 대체가 가속화되고 있는 상황이다.

## 코닝의 성공에서 보듯이 영역 넓히기를 통한 범위의 경제가 유리 산업의 성공 요인으로 부각되고 있다.

### ● 기존 소재와의 결합을 통해 신소재로 변신

유리가 새로운 분야로 용도가 확장될 수 있었던 것은 대부분 금속, 세라믹, 플라스틱, 필름 등 기존에 쓰이던 소재의 대체에서 비롯되었다. 유리가 가지고 있는 기본적 특성에 새로운 기능을 추가하여 기존 소재보다 더 나은 특성을 낼 수 있게 되었기 때문이다. 특정 영역에서는 기존 소재와 결합하는 모습도 보인다. 디스플레이 분야에서는 필름이 유리와 합해지고 있다. 터치패널의 예를 들어보자. 기존의 터치패널은 유리 위에 터치필름을 붙이는 방식으로 생산되었다. 하지만 지금은 유리 위에 투명전극을 코팅하여 터치 일체형 유리를 생산하고자 하는 노력이 지속되고 있다. 이를 통해 좀더 얇고 터치감이 좋은 디스플레이를 제공할 수 있을 것이라는 전망이다. 유리가 주인공이 되는 결합이 아닌 유리섬유 복합소재처럼 유리가 보강재가 되어주는 결합도 있다. 1940년대 유리섬유 강화 플라스틱이 개발됨에 따라 단열, 보온, 고강도 등 새로운 기능을 플라스틱이나 다른 소재에 부여할 수 있게 되었다. 최근 에너지 절감 추세와 맞물려 경량 고강도 소재에 대한 니즈가 증가하고 있으며, 이를 충족시키기 위해 유리섬유가 차세대 복합소재로 각광받고 있다.

### ● 영역 넓히기를 통한 범위의 경제가 승패 좌우

유리 산업의 경쟁 양상 역시 유리의 변천에 따라 달라지고 있다. 평판 디스플레이 시장이 활성화되기 전까지 유리 회사의 모습은 거의 비슷했다. 주로 건축용, 자동차용 판유리, 생활

〈표〉 유리 산업의 변천

	과거	현재	미래
적용 분야	보석, 장신구, 스테인드글라스 등	자동차, 광통신, 건축, 디스플레이 등	항공우주, 생명공학 등
주요 기능	투명도, 반짝임	내열, 내화학성, 고강도, 편광성	생체적합성, 다공성, 광반응성
성공 요인	Art	Scale	Scope

용품, CRT TV의 튜브 등을 생산했다. 이 때까지만 해도 수요가 집중되어있던 건축용, 자동차용 판유리를 싸고 빠르게 생산하는 기업이 산업의 중심에 있었다. 대표적 기업이 일본 판유리(Nippon Sheet Glass), 생고방(Saint-Gobain) 등이었다. LCD 산업이 성장하면서 업계 구도는 바뀌게 된다. 과거 전통 소재로서의 유리는 장치산업에 의존하여 단순히 대량 생산체제를 통한 가격 경쟁력이 중요했으나, 첨단 소재로 성장하면서 대량 생산 체제 속에서도 기술 집약적인 제품 제조가 필요하게 되었다. 기술 집약적 제품을 통해 유리의 영역 넓히기를 통한 ‘범위의 경제’의 달성이 유리 산업에서의 승패를 가르는 중요한 요인이 되었다는 것이다. 다른 분야 기술과의 융합, 새로운 수요 산업의 개척 등이 유리 산업에 있어서 범위의 경제를 달성하기 위한 방법이다. 때문에 기술을 바탕으로 여러 산업에 걸쳐 유리의 적용 범위를 넓혀 세계 유리 시장을 제패한 코닝의 모습은 미래 유리 사업을 준비하는, 혹은 이미 유리 사업을 하고 있는 기업들에게 이정표가 될 것이다. [www.lgeri.com](http://www.lgeri.com)