

# 아트리움의 자연채광계획

(Daylighting for Atrium Building)

金正泰

(경희대학교 건축공학과 부교수·공학박사)

## 1. 머리말

아트리움에 대한 아이디어는 오래 전부터 있었다. 아트리움은 큰 입구 공간, 초점으로서의 중정(中庭), 셸터형 공적(公的)인 공간으로서 2000년의 역사를 갖고 있다. 아트리움은 조적조와 목구조 기술의 한계 속에서도 발전해 왔으며 지중해 및 중동 건축의 중심개념이 되었다. 산업혁명 이후 서구 건축은 유리과 철의 기술을 이용하여 커버가 있는 중정·아케이드·온실을 발전시켰으나 이러한 관심은 20세기 초에 회미해지고 말았다. 1960년대 후반부터 갑자기 새로운 「아트리움 건축」이 몇 백 동만 들어지고 있는데, 100년 전의 마천루 이후 이처럼 어느 형식의 건축이 급속하게 성공을 거두며 확산된 예는 없었다.

마천루는 안전한 엘리베이터라는 기술혁신의 결과로 나타났지만, 오늘날의 아트리움 건축이 급속하게 보급된 데에는 이와 같은 단순 명쾌한 기술적 요인을 찾아볼 수가 없다. 따라서 아트리움은 많은 영향이 복합된 것이라 할 수 있을 것이다. 바로 이러한 영향이 강점이 되어 아트리움 건축은 20세기 후반에 가장 일반적인 건축양식 가운데 하나가 되고 있다.

과거 20년 동안의 급속한 발전에 따라 아트리움은 많은 곳에 성공적으로 적용되었으며, 또한 새로운 아이디어의 요구에 응답하기 위해 광범위한 기

술혁신이 이루어졌다.

1970년대에 아트리움 건축이 성공을 거둔 큰 이유중의 하나는 인공에너지의 소비를 절약할 수 있는데 있었다. 그러나 초기의 아트리움 건물은 대부분 에너지 절약의 가능성을 충분히 발휘하지 못했다. 이때의 아트리움은 시각적 효과에 큰 역점을 두었지 아트리움과 에너지 시스템을 통합화하지 못했다. 아트리움 건축이 건축에너지의 소비량을 감소시킬 가능성은 많다. 그러나 그 가능성을 실현하기 위해서는 아트리움을 설계할 때 에너지에 많은 관심을 기울일 필요가 있다. 경우에 따라서는 이 문제가 설계과정에서 건물형태를 결정하는데 가장 큰 요인이 될 수도 있을 것이다.

여기에서는 아트리움이 지니고 있는 잠재적인 장점을 살리기 위해서는 건축형태를 어떻게 처리해야 하는가를 고찰해 보기로한다. 즉, 아트리움을 이용하여 자연광을 실내에 충분히 유입시킬 수 있는 방법을 고찰한다.

## 2. 아트리움의 기본형태

일반적으로 아트리움은 5개의 단순형과 4개의 복합형으로 구분한다(그림1에 예와 실제사용된 경우가 제시되어 있다). 이러한 일반적 형태를 잘 조합하면 새로운 혼성형을 만들 수도 있다.

5개의 「순수형」, 즉 단면형에서 4면형까지와 선형 아트리움은 작고 단순한 건물에서부터 커다란

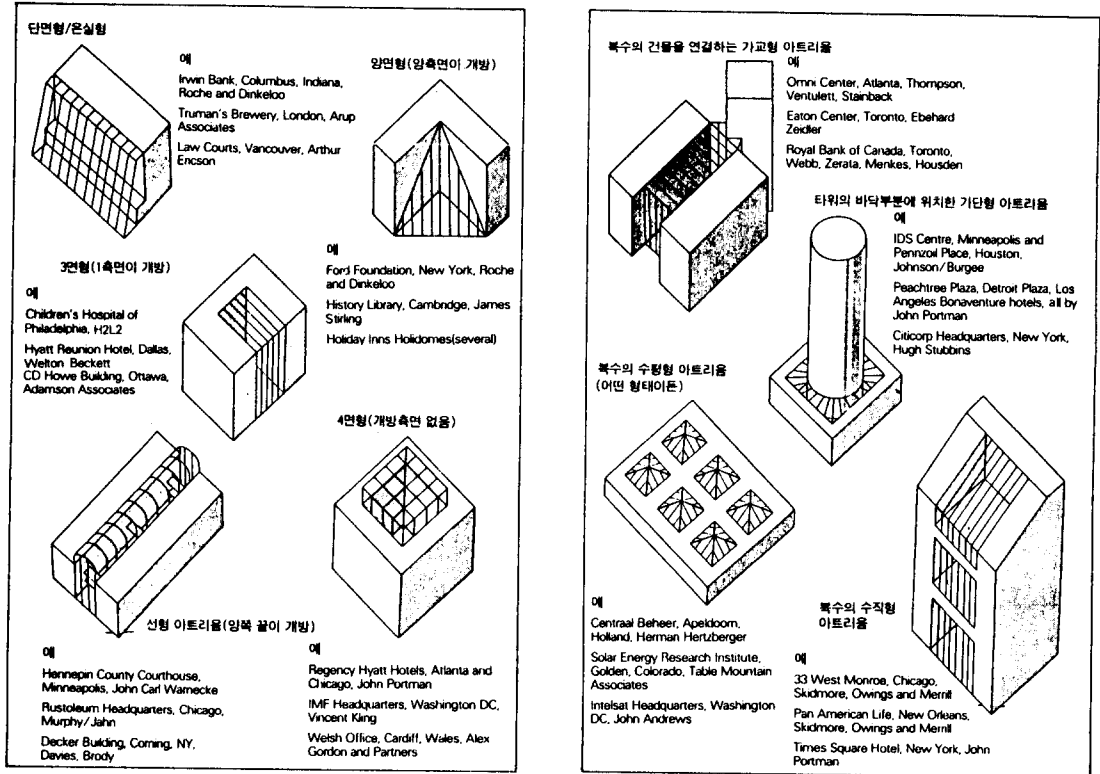


그림 1. 아트리움의 형태(단순형) (복합형)

복합건물에 이르기까지 적용할 수 있다. 복합형은 단순형 보다 고밀도이며 대규모적인 개발에 적합하다. 매우 웅색한 부지에서는 아트리움을 선택하기 어려우며, 부지에 여유가 있으면 복수의 수평형 아트리움이 좋을 것이다. 따라서 아트리움을 적극적으로 이용하면 대형이지만 콤팩트한 저층 복합건물이 이루어지고, 각각의 레벨에서 넓은 자연채광 공간이 이루어질 것이다. 복수의 중정형으로 빛이 들어오지 않는 「크로스 오우버(cross-overs)」 공간은 서비스코어로서 공간을 모서리끼리 연결하거나 또는 연락브리지로서 복수의 선형 아트리움을 사용하면 빛이 들어오지 않는 부분을 없앨 수가 있을 것이다. 전자의 방법은 John Andrews의 인텔사트본사(워싱턴 D.C)에서, 그리고 후자는 E.H. Ziedler의 매켄지 헬스센터(에드먼트)에서 각각 채용되고 있다.

### 3. 아트리움과 자연채광

아트리움이 건축의 에너지절약에 기여할 수 있는 최대의 장점은 자연광의 이용을 재인식하는데 있다. 인공조명의 비용 즉, 직접적으로는 전력소비, 간접적으로는 조명발열을 제거하기 위한 비용이 자연채광 비용보다도 높음에도 불구하고 주간에 인공조명을 사용하는 현재의 현상은 상당기간 동안 계속 될 것으로 보인다. 자연채광의 에너지비용은 우리의 단일성능과 차광성이 낮기 때문에 유리를 통하여 많은 열이 출입하는 데에서 발생한다. 그러나 만일 아트리움을 계획할 때 열적 비용을 감소시키거나 없앨 수 있다면 자연채광은 분명히 우위에 있으면서, 대형이며 콤팩트한 평면계획을 할 수 있을 뿐만 아니라 「평면길이가 깊은 계획」을 할 수 있으므로 양쪽 목적이 모두 달성되는 셈이 된다.

바람직한 자연채광이란 적절한 질의 빛이 가능한 한 실내 안쪽까지 유입되는 것으로서, 양보다는 질이 문제가 된다. 즉, 글레어와 대비가 적어야 하는 등 작업공간에서 나타나는 빛의 질이 가장 큰 과제

이다. 한편 주택건축이나 레저건축에서는 빛의 요구조건이 훨씬 까다롭지 않기 때문에 현재로서는 성능보다도 공간의 성격을 부여하는데 빛을 이용하고 있다. 사무실형 공간에서는 빛의 질에 대한 요구가 변화되고 있는데, 그것은 에너지가격의 상승과 오피스 일렉트로닉스(오피스 오토메이션)의 진보에 따라 나타나는 현상이다. 이제 빛은 엠비엔트 라이트(배경광)와 데스크 라이트(작업광)의 두 가지 요소를 함께 조합함으로써 보다 쾌적하고 기능적인 조명환경을 연출한다는 점에는 의견이 일치되고 있다. 데스크 라이트란 작업면을 중심으로 작업에 가장 적절한 밝기를 제공되는 빛을 말하고, 엠비엔트 라이트란 배경조명을 의미한다. 배경과 작업면 사이의 밝기 대비가 너무 지나치게 크면 대비상 문제가 발생된다. 배경조도는 작업면의 1/2~2/3가 이상적으로서 사무실의 경우에는 300~500룩스 정도를 의미한다. 잘 설계된 건물에서는 이에 상당한 부분은 자연채광으로 달성된다.

일반적인 건물에 대해서는 자연채광의 계산방법이 확립되어 있지만 이러한 기존의 방법은 아트리움 건축에 적용할 수가 없으며, 아트리움에 사용할 수 있는 새로운 수법은 아직 개발중이다. 일반건물에서 사용되는 예전의 수법은 직사일광과 직사일광으로 인한 실내에서의 반사를 고려하고 있지만, 아트리움 건축에서 실내로 입사되는 빛은 아트리움 내부표면에서의 2차 또는 3차 반사 산란광이다. 언

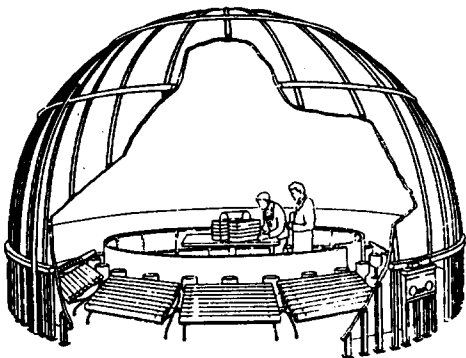


그림 2. 인공천공장치

(아트리움이 만들어진 건물모형을 인공천공장치 안에 놓고 담천공일 때의 채광특징을 조사한다. 경희대학교에 이러한 장치가 있다)

젠가는 컴퓨터 모델이 만들어지고 그 복잡한 빛의 거동이 재현되겠지만 현단계에서 가장 적합하게 아트리움의 채광특성을 파악하는 데는 물리모델을 사용하고 있다. 즉 설계된 아트리움과 각 방의 축척모형을 「인공천공」상태에서 검토하는 것이다. 이러한 인공천공은 유리회사의 연구소, 건축학과, 에너지연구소 등에 있다. 우리나라에는 필자가 제작하고 있는 경희대학교 건축공학과에 일본에서 제작한 반구형 인공천공 돔이 있어, 각종설계안의 자연채광성능을 평가하고 있으며(그림2), 최근 건설기술연구원의 김강수 박사팀이 사각형 인공천공을 연구용으로 제작하였다. 이 테크닉은 품과 비용이 많이 들 것처럼 생각할런지 모르지만 큰 프로젝트에서는 반드시 실시할 가치가 있다. 모형 실험수법을 사용하면 설계자는 아트리움의 채광에 대한 3가지 요소를 조절할 수가 있다. 즉, 어떻게 아트리움으로 빛이 유입되는가, 아트리움안에서 어떻게 빛이 반사하여 구석구석에까지 이르는가, 그리고 아트리움 주변의 공간에 어떻게 자연광이 유입되어 「작업면」에 도달하는지를 알 수 있다.

#### 4. 아트리움의 자연광 유입방법

아트리움에 빛을 받아들인데 있어서 가장 강한 영향을 주는 것은 그 지역의 기후이다. 흐린 하늘(담천공)이 많은 지역과 거의 맑은 하늘(청천공)이 많은 지역은 서로 다른 어프로치가 요구되며, 또한 기온이 균질하고 온난한 기후인 곳과 일교차나 연교차가 큰 지역은 어프로치에 큰 차이가 있게 된다.

온화하며 담천공이 많은 영국이나 북유럽 나라들에 있어서 주광(晝光)은 담천공을 기준으로 생각해야 한다. 실제로 표준담천공(CIE-국제조명위원회-曇天空)이 자연채광의 계산과 모형실험에 이용되고 있다. CIE 담천공의 평균조도는 5,000룩스이지만 천정(天頂)은 수평선 보다 밝다. 이런 환경에 이상적인 아트리움은 천장채광 형식으로서 되도록 빛을 실내에 많이 유입시키기 위해 차폐물이 없는 투명한 유리지붕을 사용한다. 그렇게 하면 하늘의 모든 방향으로부터 확산광이 아트리움으로 입사하게 된다. 직사광이 비칠 경우에는 아트리움의 웅덩이 되는 각 실에도 빛이 분산 전달되도록 배려해

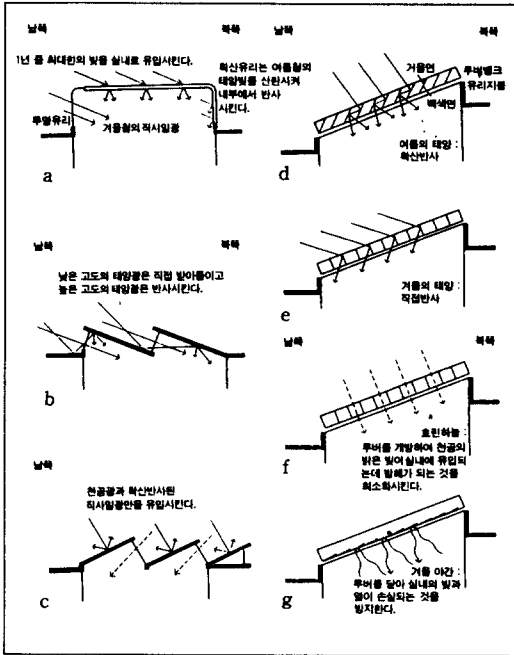


그림 3. 자연광을 모으기 위한 아트리움의 지붕형 태

- a 구름이 많고 온화한 기후에서의 랜턴 라이트
- b 태양빛이 풍부한 온난한 기후를 위한 톱날지붕
- c 태양빛이 풍부한 온난한 기후를 위한 북향의 톱날지붕
- d~g 테네시주 차타누가의 TVA본부빌딩을 위해 고안된 설비형 차양을 가진 지붕장. 4가지의 작용상태를 보여준다.

야 한다.

맑은 날씨(청천공)가 많은 지역에서는 직사일광으로 자연채광을 하기가 상당히 어렵다. 직사광은 지나치게 강할 뿐만 아니라 그림자의 농도가 너무 분명하여 차양으로 차단하거나 확산광으로 바꿀 필요가 있다. 만일 흐린 날씨라도 하늘이 통상적인 밝기라면 북향의 지붕창이 충분한 확산광을 실내로 받아들여 준다. 「톱날」 지붕을 사용하면 태양광을 북향 유리로 반사시켜 북향유리로부터 태양열을 제외한 태양광만 유입시킬 수도 있다(그림3의 C참조). 평소에 구름이 거의 없는 지역에서는 천공으

로부터 모여지는 빛은 거의 없으므로 일광을 포착하여 확산시킬 필요가 있다. 이 경우 자연형이나 설비형 차양장치를 이용할 수 있다. 자연형 어프로치에서는 태양방향으로 유리를 끼운 톱날 지붕을 사용하며, 여름의 직사광은 외부에 고정시킨 차양으로 지붕면의 안쪽으로 반사시킨 뒤 아트리움으로 유입시키고, 겨울의 일광은 직접 지붕밑에서 반사시켜 아래쪽으로 유입시킨다.

설비형 차양은 온난한 기후 지역이나 계절변동이 심한 지역에 적절한 수법이다. 차타누가의 TVA빌딩에서는 자연채광을 위하여 작은 외부용 차양배인(vane)이 검토되었다. 이것은 전동으로서, 태양추미(太陽追尾)의 광전관과 마이크로 프로세서로 제어된다. 배인의 한쪽면은 거울로 되어 있고 반대면은 백색으로 되어 있으며, 각 계절마다 실내로 유입되는 빛의 양을 최대화시키기 위하여 빛을 확산시켜 아트리움으로 보내고, 겨울 야간에는 셔터 역할을 한다(그림3의 d~g 참조). :

매우 뜨거운 사막지역에서는적절한 주광레벨을 확보하는데 아주 약간의 빛으로도 충분하다. 이런 지역에 있어서 대부분의 태양광은 차단시키고 실내로 유입되는 빛은 확산광으로 바꿀 필요가 있다. 이런 지역에서는 5~15% 정도의 일광을 담천공과 같은 확산광으로 변화시켜 통과시킬 수 있는 천으로 만든 지붕이 효과적이다.

태양광과 함께 실내로 유입된 열은 지붕아래에 따뜻한 공기층을 만든다. 이것을 방지하기 위해서는 주위로부터 분리시켜 들어올리는 랜턴(頂塔)이나 모니터형으로 만듦으로써 능숙하게 처리할 수 있다(그림3의 a참조). 랜턴은 측면으로 사입되는 빛을 모으는데도 효과적이지만 특히 북방기후에서 효과적이다. 측면의 유리는 지붕면의 유리보다는 창틀의 영향을 적게 받으며, 담천공 일 때는 밝지 않지만 청천공일 때의 일광은 아트리움으로 쉽게 입사시킬 수 있는 장점이 있다. 거주공간이 지나치게 따뜻해지는 것을 방지하기 위해 사용하는 차양은 아트리움의 실내측에 설치하는 것이 바람직하다. 왜냐하면 아트리움 지붕 자체에 차양을 설치하면 담천공일 때 확산광을 받아들이기가 어렵기 때문이다.

### 5. 거주공간에 자연광을 집중시키는 방법

종래의 창이나 유리가 없는 개구부로부터 실내로 들어오는 빛의 양은 실내로 들어갈수록 급속히 저하된다. 일반적인 천정 높이의 방에서 창으로부터 4.5m 이상 떨어지면 자연광으로 실용적인 밝기를 확보하기가 곤란하며, 특히 그것은 창에서의 밝기와는 거의 관계가 없다. 오히려 단지 창이 밝다는 것은 글레어와 상대적으로 캄캄한 그늘을 만들기 때문에 마이너스 요인도 된다. 이상적인 것은 창을 통해 바깥을 볼 수 있을 뿐만 아니라 실내로 들어오는 빛의 대부분을 천정에 반사시켜 보다 실내쪽으로 빛을 전하여 대비를 감소시키는 것이 바람직하다.

이러한 것은 반사를 이용함으로써 해결할 수 있다. 실제로 아트리움 건물 내에서 이용할 수 있는 빛은 이미 지붕이나 측벽 상부에서 반사된 빛이다.

실외부와 아트리움에 광선반을 사용함으로써 「광선반(light shelf)」에 관한 아이디어는 재인식되고 있다(그림4). 광선반이란 창면에 부착된 수평 또는 기울어진 버플판으로서, 눈 높이보다는 약간 높고 천정에서는 되도록 떨어지게 부착된다. 광선반을 이용하면 직사광과 확산광이 창가의 바닥면에 직접 입사하는 것이 아니라 천정에 반사되어 실내의 빛 분포가 균일해지며 창 상부로부터의 눈부신 경치가

눈에 들어오지 않아도 되기 때문에 대비가 지나치게 강하다는 문제가 상당히 해결된다.

광선반에는 여러 가지 형태와 마감이 있다. 백색 매트마감의 수평선반은 확산광을 효과적으로 산란시키고 각도가 있거나 또는 곡면으로 된 거울면 반사판은 직사일광을 실내 깊숙한 안쪽까지 전달한다. 그러나 이야기를 확산광에 한정시키면 백색 매트마감의 표면에 비해 나머지는 별로 두드러진 효과가 없다.

아트리움 지붕은 밝은 광원이기 때문에 각 광선반을 아트리움 지붕부분에 대응시키는 것이 바람직하다는 논의가 있다. 많은 아트리움은 스텝형태로 된 단면으로 되어 있어 중정 바닥으로 내려 갈수록 아트리움에 면하는 부분이 앞으로 돌출되어 있다. 이렇게 됨으로써 각 층은 아래층에 그늘을 만들어 주지 않으면서도 빛을 유입시킬 수 있는 돌출된 창을 가지게 된다. 이것은 아트리움의 벽으로는 효과적인 반사가 거의 기대되지 않을 때 도움이 되지만, 밝은 곳은 방의 창가쪽 뿐이다. 이 경우 광선반을 병용하면 보다 효과적일 수도 있지만 스텝형태의 단면은 불리한 면도 있다. 왜냐하면 아트리움 바닥으로 접근함에 따라 평면깊이가 길어지게 되고 바닥쪽에서는 빛을 충분히 획득할 수 없기 때문이

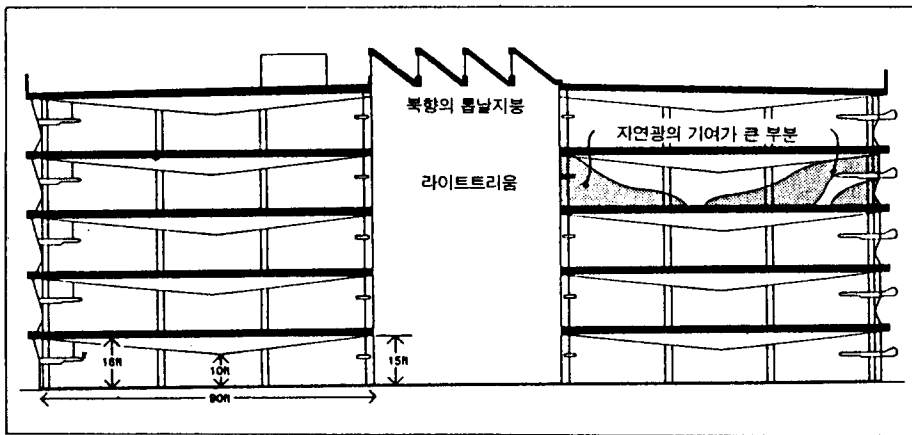


그림 4. 광선반의 이용

Lockheed Missiles and Space Company 캘리포니아주 서니베일, Leo. A. Daly 설계사무소, 단면에서 보듯이 실 깊이가 긴 평면을 높고 경사진 천정과 광선반에 의해 효과적으로 자연채광하고 있다. 이용되는 빛의 90%는 고창과 광선반으로 얻는다.

아트리움은 외기로 먼한 외벽의 대략 절반 정도의 빛을 제공해 주고 있다.

다. 따라서 인공광의 이용이 줄어들기는 커녕 오히려 더 늘어날 가능성이 있으며 구조적으로도 문제가 생긴다.

아트리움의 내부에서는 별로 비용을 들이지 않고 상당히 복잡한 형상의 채광창을 만들 수 있다. 아트리움 내부의 창은 비바람을 막을 필요가 없기 때문에 간막이 정도의 유리 1장만으로도 충분하다.

자연채광을 위해서는 반사면과 투과면을 깨끗하게 유지관리하여야만 한다. 물론 이것은 그다지 중대한 문제는 아니다. 광선반이나 아트리움의 창등은 외부에 있는 창보다도 접근하기 쉽기 때문에 청결을 유지하기가 용이하다. 물론 인공조명시스템도 그 효율을 유지하기 위해서는 정기적인 청소가 필요하다.

## 6. 자연광과 인공광의 통합

인공조명시스템과 거주공간의 내장을 동시에 고려하지 않으면 자연채광의 장점을 충분히 발휘할 수 없다. 지금까지 설명한 자연채광의 사고방식에서는 확산면을 수평이나 천정으로 향하게 설치하여 작업면에 도달하는 빛은 반사광을 이용하고 있다. 인공조명도 마찬가지로 하는 것이 바람직하며 천정은 양자에 대응할 수 있도록 설계하는 것이 이상적이다.

이러한 상향조명, 즉 빛을 광원으로부터 직접 작업면에 도달하는 것이 아니라 천정에서 반사시키는 조명방식을 적절하게 설계하면 직접조명과 같은 효율을 얻을 수 있다. 천정의 반사율은 확산이나 루버의 이용으로 생기는 손실을 충당해 준다. 평평한 매트마감 천정을 백색으로 깨끗하게 유지하면 반사율을 높일 있으며 텍스처어가 있는 천정은 효율을 떨어지지만 반사는 균질적인 것이 된다. 격자 천정이나 조각된 천정은 많은 주의를 기울이지 않으면 효율이 저하된다. 상향조명은 구조를 거의 노출시킨 천정에 흔히 이용되는데 이 경우 설비는 이중바닥 안에 설치 된다. 플레이트 슬라브구조를 사용하지 않을 경우에는 보를 창과 직각으로 설치하여 창으

로부터 방의 안쪽까지 방해없이 빛을 유입할 수 있도록 해야 한다.

또한 경제성을 최대한 달성하기 위해서는 자연채광과 인공조명을 제어시스템으로 연계시킬 필요가 있다. 자연광이 충분히 미치지 못하는 부분을 위해 일부 인공조명은 계속 켜두어야 할 것이다. 그러나 자연채광으로 계획된 건물에서는 적어도 작업공간이 절반정도는 자연채광으로 배경조명을 충당하고 나머지는 부분적으로 인공조명에 의해 보조하도록 해야 한다.

저녁이 되어 일광이 약해지거나 또는 날씨가 나쁜 날에는 인공조명이 점차 방의 중앙뿐 아니라 창가에서도 필요하게 된다. 작업 조명은 이용자가 개인이 조절하는 것이 좋지만 배경조명은 자동조절하는 것이 바람직하다. 조명기구들은 창과 평행인 벡크마다 통합하거나 또는 센서로 개별작동시켜야 한다. 물론 인공조명을 빈번하게 점멸하는 것은 바람직하지 못하다. 신경이 쓰일 뿐만 아니라 비록 조명레벨은 「충분」하더라도 스위치가 끊겼을 때 어두컴컴하게 느껴진다. 또한 방전조명은 종류에 따라서 밝아질때까지 시간이 걸리기 때문에 도움이 되지 않을 경우도 있다.

## 7. 맺는말

오늘날 마이크로 일렉트로닉스 덕분에 조광기(調光器)가 크게 진보되어 정교하게 발전되었다. 각 조명기구가 오프에서 온까지 무단계적으로 조절할 수 있으므로 채광과 전력에너지의 균형을 잘 유지시킬 수 있다. 채광기술을 잘 이해하여 능숙하게 사용할 수 있으면 자연채광으로 건축을 마음대로 설계하는데 아무런 제약도 받지 않을 뿐만 아니라 런닝 코스트를 절감하고 실내의 공간성격과 질을 높일 수 있을 것이다. 건축가, 인테리어 디자이너, 조명 디자이너, 설비기술자, 구조기술자 그리고 코스트 컨설턴트와 계획 초기부터 긴밀하게 협력하면 아트리움의 잠재적 가능성을 충분히 끌어낼 수가 있을 것이다.