

태양광 채광 시스템의 기술개발동향에 관한 조사분석연구

김 선호¹⁾, 윤 광식²⁾, 김 병철³⁾

Investigation of Research & Development Trends for Sunlight System

Sun-Ho Kim, Kwang Sik Yoon, Byung Cheol Kim

Key words : Daylight(주광), Sunlight(태양광), light-collecting module(채광부), light-transporting module(전송부), light-emitting module(산광부)

Abstract : The importance of natural light in building is known by all of us who experienced dark rooms. The sunlight system is very important from energy saving and human welfare point of view. The system consists of light-collecting module, light -transporting module and light-emitting module. The light-collection is used light reflection mirror, a prism for lighting bent, and lens for light condensing. The transportation of collected sunlight is used polished duct, tube, pipe and specially used fiber optic cable. This paper investigate research and development trends of sunlight system for advanced product.

1. 서 론

태양광 채광 시스템은 빛을 필요로 하는 건물 내부로 빛을 끌어 들이는 장치로 정의할 수 있다. 이 장치는 광을 모으는 채광부, 광을 필요로 하는 곳으로 집속된 광을 전송하는 전송부, 전송된 빛을 발산시키는 산광부로 구성된다. 태양광의 조도는 계절, 시각, 기상상태에 따라 변동되기 때문에 태양광을 효율적으로 수집하고 전송하기 위해 다양한 기술들이 개발 적용되고 있다.

인간이 태양광을 이용하는 방법으로는 태양광 발전, 태양열 발전, 태양열 이용 그리고 태양광 채광이 있다. 전자 세 가지의 경우에는 주로 에너지 측면에서 활용을 하고 있다면, 태양광 채광의 경우에는 에너지 측면과 더불어 생활환경개선 측면에서도 많은 장점을 활용하고 있다고 할 수 있다. 생활환경은 인간생활 향상에 도움을 주는 다양한 기능, 태양광이 갖는 질병예방기능, 살균, 탈취 기능 등이 될 것이다.

최근에는 화석연료의 부족 문제와 더불어 도시환경이 고층화, 고밀도화 됨에 따라 복층 공간, 창이 없는 공간, 지하 공간 등 자연광을 제공 받을 수 없는 공간이 늘어남에 따라 많은 문제점을 야기 하고 있는 실정이다.

본 논문에서는 지구온난화방지를 위한 자연 에너지 활용 측면과 생활환경개선 측면에서 높은 관심이 대두되고 있는 태양광 채광 시스템의 기술개발동향에 관한 조사분석연구를 하고자 했다.

연구방법으로는 문헌조사, 사용자를 대상으로 한 인터뷰, 일본 스웨덴 등 제조회사 방문을 통한

현지조사를 병행했다. 이러한 조사분석 결과를 바탕으로 태양광 채광 시스템의 발전방향을 제시하고자 한다.

2. 태양광의 효용가치

태양광이 갖는 효용가치는 에너지 측면과 생활환경 개선 측면에서 분석할 수 있다.

에너지 측면의 경우, 10,000 루멘(lumen) 채광이 가능한 시스템의 경우 100 W 백열등으로 환산하면 667 W의 전력에 상당하며, 연간 2,000 시간을 사용한다고 가정하면 연간 소비전력 감소량은 1,334 Kwh가 된다. 이를 지구온난화 방지측면에서 연간 이산화탄소 배출량으로 환산하면 489 CO² kg이 된다. 여기서 태양광의 조도는 룩스로 표현하는데 채광기의 광량은 조도(lx)×채광면적(m²)=전광속(lm)으로 표시할 수 있다.

생활환경 개선 측면의 경우에는 정량적으로 평가하기에는 다소 어려움이 있지만, 생활환경개선, 질병치료 및 예방, 살균탈취, 범죄예방 측면

1) 동의대학교 메카트로닉스공학과

E-mail : sunhokim@deu.ac.kr

Tel : (051)890-2259 Fax : (051)890-2255

2) 한국 abm 건설(주) 기술연구소

E-mail : yks5599@hanmail.net

Tel : (051)759-8632 Fax : (051)759-8635

3) 한국 abm 건설(주)

E-mail : abmceo@hanmail.net

Tel : (051)759-8632 Fax : (051)759-8635

에서는 많은 효과가 있음이 연구되고 있다. 이를 Table 1에 정리했다.

Table 1 태양광이 인간에게 주는 효용성

구분	효용성	출처
생활 환경 개선	햇빛을 많이 받는 학생들은 적게 받는 쪽 학생보다 수학 성적은 20% 독해는 20% 우수	뉴욕 타임즈
	충분한 자연조명이 들어오는 병실, 수술환자의 약품비용 21% 감소	피츠버그 몬테피오르 병원
	태양광에 의한 환경변화 성적 11% 향상	조지타운 대학
	소매상점에서는 1 제곱 피트 당 24 센트의 전력 절감효과와 66 센트의 매출 증가효과가 발생	CNET News
질병 치료 및 예방	야토피성 피부염 치료	KBS 뉴스
	전립선암 위험도 감소	영국 BBC 방송
	우울증, 심장병 환자의 치료 효과	리처드 홉데이
살균 탈취	박테리아, 진드기, 곰팡이, 바퀴, 진균 등 해충 박멸	과학동아
범죄 예방	태양빛 아래에서 범죄 발생 감소	범죄불안 감 특성 연구논문

3. 시스템 구성

태양광 채광 시스템의 구성을 Fig. 1에 나타내었다. 크게 3개의 모듈 구성이 되는데, 채광부는 태양광을 수집하는 역할을 하며, 전송부는 수집된 광을 산광부로 전송하는 역할을 하게 된다. 산광부는 전송된 빛을 발산하는 역할을 한다. 채광과 전송은 다양한 기술이 적용된 장치들이 개발되어 있으나, 서로간의 조합은 특성에 따라 제한된다.

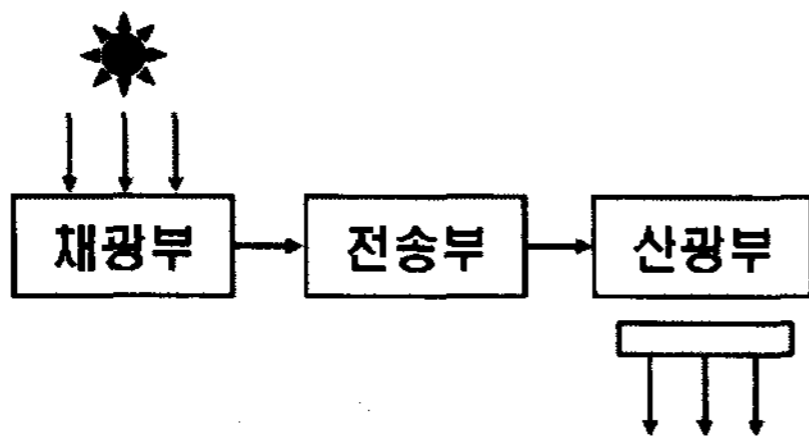


Fig. 1 태양광 채광 시스템의 일반적인 구성

4. 채광부

태양광을 집광하는 역할을 하는 채광부는 태양의 움직임에 관계없이 고정되어 있는 고정형(Passive)과 태양의 움직임을 추적하여 집광을 극대화하는 추적형(Active)으로 나눌 수 있다. 고정형은 Daylight라고 불리는 창, 반사 루버, 프리즘 라이트 가이드(Prism Light Guider) 등이 있다. 추적형은 Sunlight라 불리는 미러(Mirror), 렌즈(Lens)-미러, 프리즘-미러, 렌즈-광 파이버(Fiber) 등이 있다. 태양의 추적방식은 1년 단위로 태양의 궤적을 프로그램 해두고 이를 이용하는 프로그램 방식, 태양의 궤적을 센서에 의해 측정하고 이를 기반으로 모터를 제어하는 방식, 그리고 이를 복합적으로 사용하는 하이브리드 방식이 있다. 또한, 태양의 방위각과 경사각을 모두 추적하는 2축 방식과 경사각만을 추적하는 1축 방식이 있다. 추적형으로 했을 경우 채광능력은 고정형보다 50% 정도 향상되는 것으로 보고되고 있다.

고정형 채광 시스템은 유럽에서 널리 사용되고 있다. 구조는 원형, 돔형, 다이아몬드 형 등 다양한 형태에 소재는 PMMA, PC등이 적용되고 있다. 유입되는 태양광에서 인체에 유해한 자외선을 제거하기 위한 다양한 방법이 적용되고 있다. 용도는 주로 주거 및 업무시설에 적용되며 식공간, 아트리움, 지하공간 등 자연광이 부족한 영역에 적용이 되고 있다. 대표적인 기업으로는 영국 모노드라프트, 제이드 마운틴, 오스트리아의 솔라 글로벌 사 등이 있다. Fig. 2는 대표적인 제품을 보여 주고 있다.

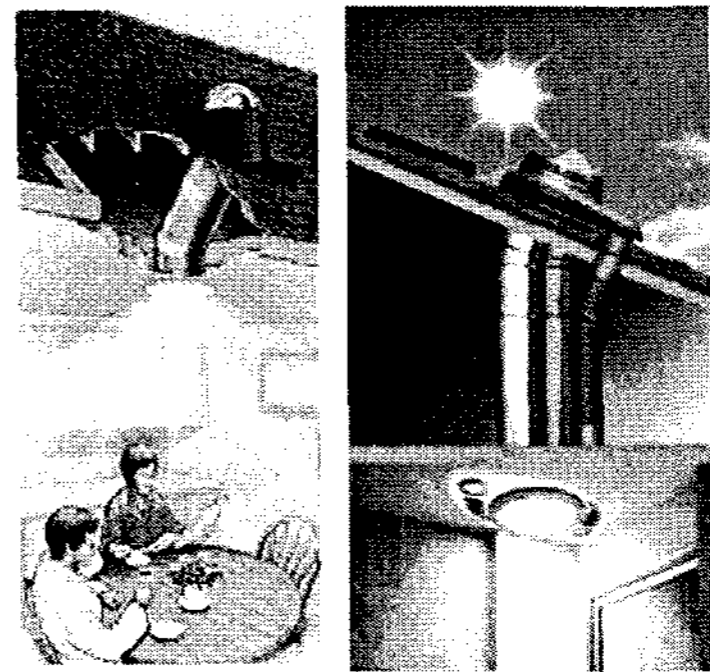


Fig. 2 고정식 채광기의 예(외국)

Fig. 3은 우리나라에서 생산되고 있는 제품의 예를 보여 주고 있다. 우측의 A사에서 개발한 시스템은 채광능력을 향상시키기 위해 채광면을 프리즘으로 제작한 것이 특징이라 할 수 있다.

추적형 채광 시스템은 일본기업들이 주도하고 있다고 할 수 있다. 대표적인 방식으로는 미러, 프리즘-미러, 렌즈-광섬유를 들 수 있다. 이를 Table 2에 정리했다.

일본 Tecnet에서 개발한 네츄라이트는 태양의 궤적을 2축으로 추적제어 하는 기능을 가지고 있다. 태양의 궤적과 반사거울을 동기 제어하는 방식으로 태양광을 유도한다.

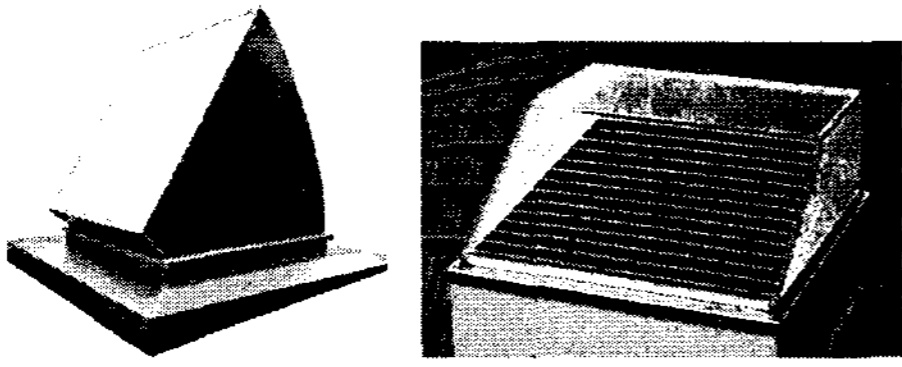


Fig. 3 고정식 채광기의 예(국내, 좌 C사, 우 A사)

Table 2 일본의 제품 예

형식	상품명	개발회사	점유율
미러	Natulite	Tecnet	15%
프리즘-미러	Solalis	Ryoko	20%
렌즈-광섬유	Himawari	La Foret Eng.	65%

미러는 평면 또는 곡면형상을 가진 것이 사용되는데, 1개를 사용하거나 여러 개를 사용하여 복합화 할 수도 있다. 광의 전송은 별도의 장치가 없이 빈 공간을 이용한다. 전송거리는 30m 정도로 제한되는 단점을 가진다.

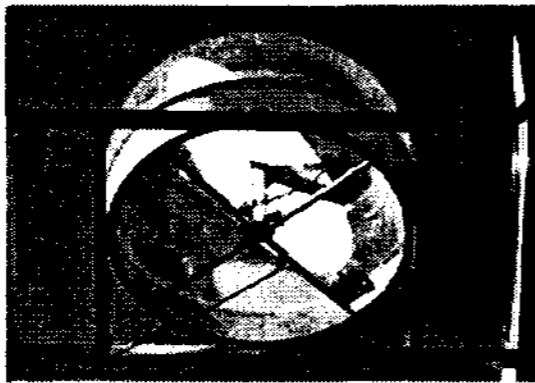


Fig. 4 미러 방식 채광 시스템(Natulite)

Ryoko에서 개발한 솔라리스는 프리즘 시트, 반사 거울, 확산판으로 구성된다.

프리즘 시트는 입사되는 빛을 수직방향과 수평 방향으로 분배하는 기능을 한다. 프리즘은 태양의 고도를 추적할 수 있는 1축 제어 시스템을 가지고 있다.

반사 거울은 수평방향으로 분배된 빛을 수직방향으로 전환시키는 역할을 하게 된다.

확산 판은 프레즈넬 렌즈를 이용하는데 수직으로 전환된 빛을 모으거나 분산시키거나 조명범위를 조절하는 역할을 한다.

본 시스템은 건물이 고층화됨에 따라 발생하는 일조권 문제를 해결하기에 적합하며 빛의 전송거리는 30m 정도가 한계인 것으로 알려져 있다. 광의 전송은 별도의 장치가 없이 빈 공간을 이용한다.

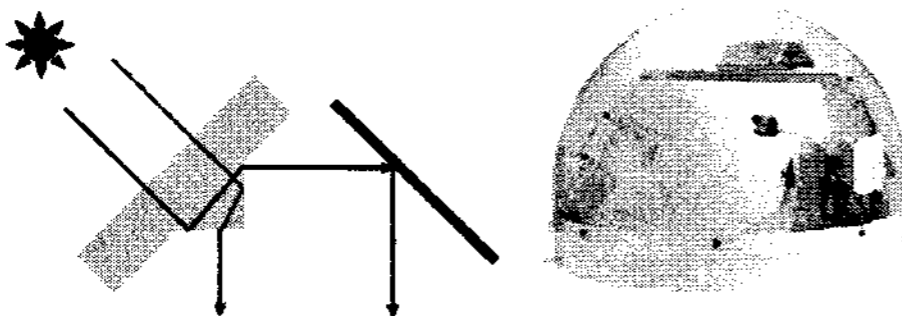


Fig. 5 프리즘 방식 채광 시스템(Solalis)

La Foret 엔지니어링에서 개발한 히마와리 시스템은 렌즈-광 섬유 방식을 채택하고 있다. 렌즈의 직경은 95mm이며 6개의 렌즈가 1조가 되어 광 케이블과 조명부와 연결된다. 따라서 채광 시스템은 6배수의 렌즈로 구성된다. 렌즈에 의해 집광된 빛은 유리 광 섬유 연결되어 전송된다. 광 섬유는 광전송 효율, 내열 측면에서 많은 장점을 가지는 것으로 알려져 있다.

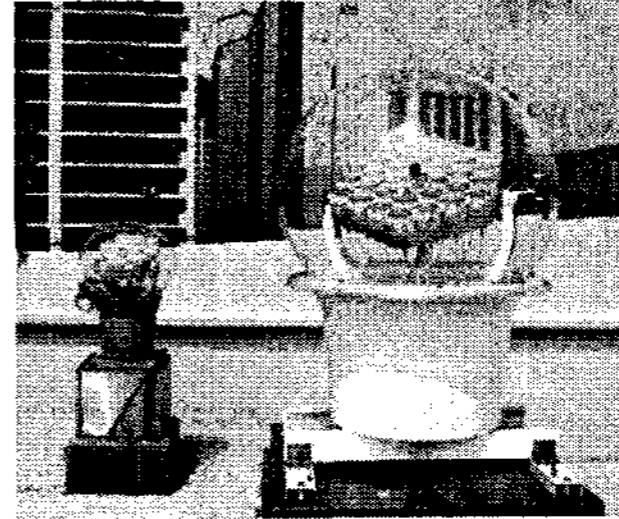


Fig. 6 렌즈-광섬유 방식 채광 시스템(Himawari)

미국 Sun Direct가 개발한 채광기는 위성 안테나와 비슷한 구조를 가지고 있다. 파라볼라 거울을 이용해 1차적으로 태양광을 모으고 집속된 광은 2차적으로 광 파이버로 전송된다. 이 시스템은 채광면적이 커서 효율적인 장점은 가지지만, 광 파이버 끝단에 높은 열이 발생할 수 있고, 광을 효율적으로 분배하는 기능을 가져야 하는 단점이 있다.

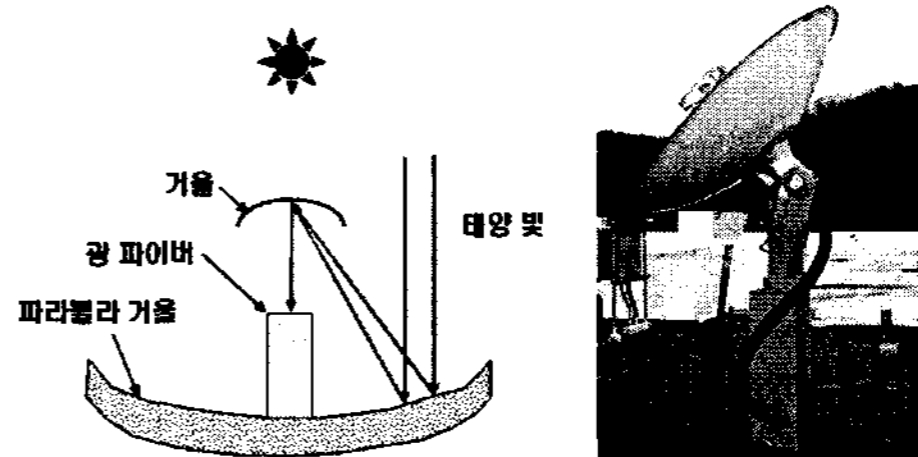
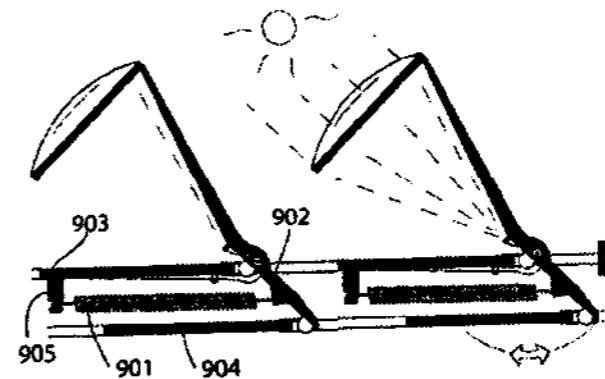


Fig. 7 파라볼라 형 채광 시스템(Sunlight)

대부분의 채광 시스템은 건물의 옥상에 설치할 수 있도록 제작되어 부피가 크다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 스웨덴 Parans에서는 판형 구조의 채광기를 개발했다. 이 시스템은 한 면이 고정된 구조를 가지기 때문에 태양의 궤적을 60% 정도 추적할 수 있는 단점을 가진다.



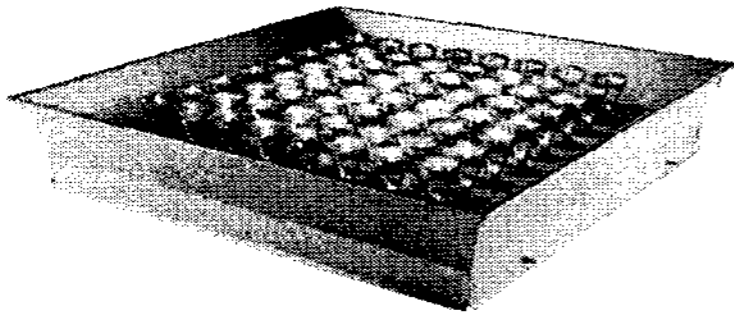


Fig. 8 평면형 채광 시스템(Parans)

5. 전송부

채광된 빛은 필요로 하는 곳으로 전송을 해야 한다. 일반적으로 고정형 채광기는 덕트형, 튜브형 또는 파이프형 전송기가 사용되며, 반사형 채광기는 별도의 전송장치 없이 빈 공간을 활용하며, 렌즈형 채광기의 경우에는 광 파이버가 사용된다.

덕트형 및 파이프형은 시스템이 간단한 것이 최대의 장점이며, 산란광의 전달도 일부 가능하다. 덕트나 파이프 내부에는 빛을 손실 없이 전송하기 위해 알루미늄 증착 반사판이 사용된다. 이 경우 96% 정도의 반사율 보증할 수 있다. 그렇더라도 전송거리, 튜브의 단면적에 따라 광 전송 효율이 급격히 떨어지는 것은 피할 수 없다.

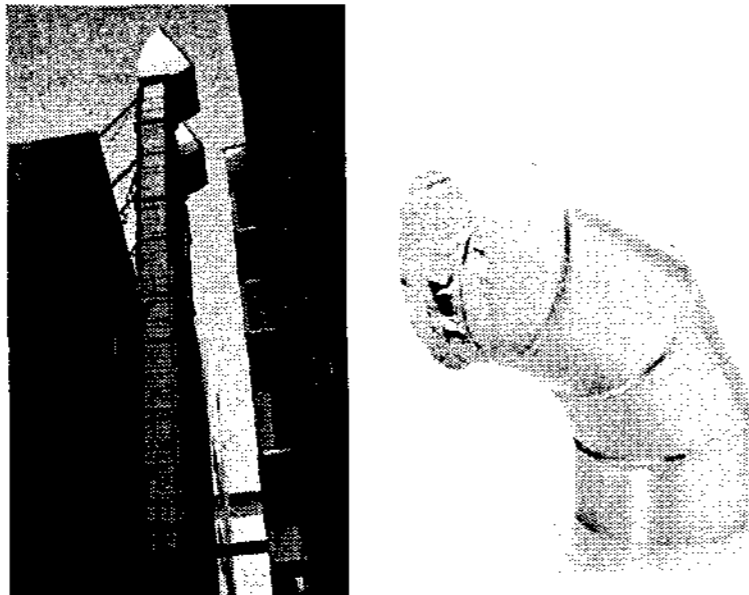


Fig. 9 광 전송부(좌 덕트형, 우 파이프형)

렌즈형에 주로 적용되는 광 파이버는 광 신호를 전송하는 코어(Core), 굴절율 차이로 광 신호가 바깥쪽으로 빠져 나가지 못하게 코어를 유지하는 크래딩(Cladding), 코팅(Coating), 피복으로 구성된다. 코어의 경우, 유리와 아크릴이 사용되는데 유리 파이버의 경우 150m까지 전송이 가능한 반면 가격이 비싸다는 단점을 가진다. 아크릴 파이버의 경우에는 20m 정도가 한계인 것으로 알려져 있다.

6. 산광부

산광부는 산란형과 전구형으로 나눌 수 있다. 산란형은 덕트 또는 파이프형 전송기에 적용되며, 전구형은 광 파이버에 적용된다.

비가 오거나 흐린 날의 경우에는 태양광 채광 시스템의 가동은 불가능할 수 있다. 그러나 맑은 날의 경우에도 구름의 이동에 따라 집광력이 변할 수 있다. 이는 산광부의 조도에도 직접적인

변화를 주기 때문에 이에 대한 대책도 필요하다. 하이브리드 전원 시스템은고 하나의 대책이 될 수 있다.

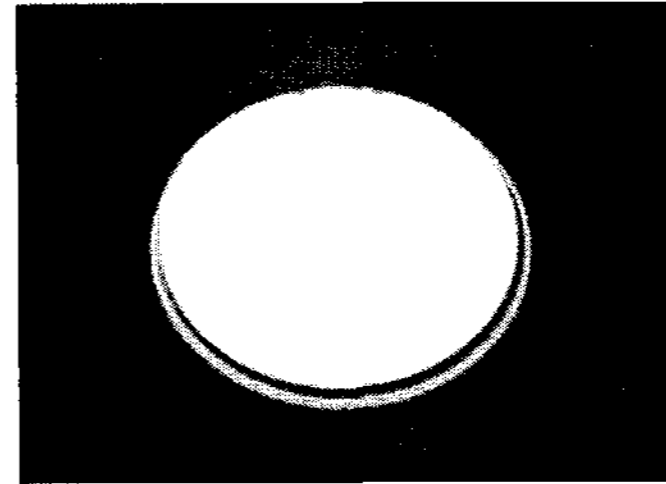


Fig. 전구형 산광기

7. 결론

이상 정리한 바와 같이 태양광 채광 시스템은 지구온난화 방지를 위한 에너지 절감 기능과 생활환경개선 측면에서의 기능을 동시에 갖는다. 이는 지구환경보존 및 웰빙 문화라는 시대적 요구에 가장 잘 부합하는 기술이라고 할 수 있다.

그러나 지금까지 개발되어 있는 대부분의 시스템은 서구형 저층 건물구조에 적합하게 개발되어 있어 우리나라가 도입하기에는 적합하지 못한 모델들이라 할 수 있다.

최근, 우리나라의 건물의 특징은 고층화, 공간 확대를 위한 남북 배치, 지하공간의 확대라고 요약할 수 있다. 따라서 이러한 우리나라 건물환경에 적합한 태양광 채광 시스템의 개발이 필요하다 할 수 있다. 우리나라는 이 분야에 있어 개발 연혁은 짧지만 광학기술, 기계기술, 메카트로닉스 기술이 발달해 있어 기술기반은 매우 우수하다고 할 수 있다.

정책적으로 본다면, 선진국인 일본의 경우, 1992년에 통상산업성의 후원 하에 태양광 채광 시스템 협의회를 구성하여 다양한 기술개발과 보급활동을 하고 있다. 초기에는 정부로부터 에너지需給構造改革投資稅制의 對象設備'로 지정 받은 바 있다. 지금도 국토교통성이 추진하는 '環境共生住宅市街地 모델사업'의 보조금 대상 설비이며, 문부과학성이 추진하는 '학교시설의 정비에 관한 파이롯트 모델 사업'의 시설보조금 설비로 지정 운용되고 있다.

그러나 본 기술은 우리나라의 과학기술 지원 정책에서 소외되어 있는 기술이라 할 수 있다. 지금부터라도 정부는 자연광 채광 시스템의 중요성을 인식하고 기술지원정책이 이루어진다면 새로운 블루오션을 창출할 수 있는 기술이라고 확신한다.

References

- [1] 한국 abm 건설(주), 기술분석조사보고서, 2007.
- [2] <http://www.sun.or.jp>
- [3] <http://www.parans.com>
- [4] <http://www.kkryoko.co.jp>
- [5] <http://www.himawari-net.co.jp>