

[논문] 한국태양에너지학회 논문집  
*Journal of the Korean Solar Energy Society*  
Vol. 25, No. 3, 2005

## 30CMM급 태양기공 전기집진 설비의 실내분진 정화 능력에 관한 실험연구

노지희\*, 박상현\*, 강은철\*, 이의준\*

\*한국에너지기술연구원(jhnoh@kier.re.kr, shpark@kier.re.kr, kec8008@kier.re.kr, ejlee@kier.re.kr)

### An Experimental Study of 30CMM Solar Transpired Collector and Cyclone(STCC) System on Indoor Air Dust Removal Performance

Noh, Ji-Hee\*, Park, Sang-Hyun\*, Kang, Eun-Chul\*, Lee, Euy-Joon\*

\*Korea Institute Energy Research(jhnoh@kier.re.kr, shpark@kier.re.kr, kec8008@kier.re.kr, ejlee@kier.re.kr)

#### Abstract

Higher requirement of advanced building design code and the development of construction technique have resulted in more thermal and air tight buildings. This has caused the sick building syndrome in a indoor air quality has been relatively getting worse. A new concept with a solar fresh air heating and electrostatic precipitator or called as STCC(Solar Transpired Collector and Cyclone) has been proposed to solve this IAQ issue.

This paper describes the assessment study of STCC system under different outdoor airflow rates. The experiment was carried out under real condition with 30CMM STCC system test facility. Incense smoke was used to study the particle concentration decay trends under outdoor airflow rates 0CMM, 10CMM, 20CMM, 30CMM, with applied voltages of 5kV and 15kV for collecting and discharging electrodes of an Electrostatic Precipitator. Result shows that the particle decay increases by increasing the outdoor airflow rates. The collection efficiency, dust cleaning effectiveness(P) and application area calculation result comparisons have also been studied. This factors could be used to estimate how a dust of indoor air quality(IAQ) and removed for a building space with a STCC system.

**Keywords** : 태양기공 전기집진 시스템(Solar Transpired Collector & Cyclone(STCC) system),  
분진 청정화 능력(Dust Cleaning Effectiveness(P))

접수일자:2005년 6월 28일, 심사완료일자:2005년 8월 14일

## 기 호 설 명

- P : 분진청정화능력 ( $m^3/min$ )  
 V : 실험챔버 체적 ( $m^3$ )  
 t : 운전감소시의 측정시간 (min)  
 $C_{i1}$  : 자연감소시 측정개시점  $t=0$ 에서의 입자농도 ( $개/cm^3$ )  
 $C_{i2}$  : 운전감소시 측정개시점  $t=0$ 에서의 입자농도 ( $개/cm^3$ )  
 $C_{t1}$  : 자연감소시 측정시간 t분에서의 입자농도 ( $개/cm^3$ )  
 $C_{t2}$  : 운전감소시 측정시간 t분에서의 입자농도 ( $개/cm^3$ )  
 N : 시험체 대수  
 A : 적용면적(평)

## 1. 서 론

### 1.1 연구배경 및 목적

건물의 기밀성이 높아짐에 따라 최근 급속히 사회 문제화되고 있는 실내공기질(IAQ: Indoor Air Quality)의 악화문제로 인해 재실자의 건강 및 작업능률에 직접적으로 영향을 미치고 있는 건물증후군(Sick Building Syndrome) 문제가 대두되고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 선진국에서는 ASHRAE 62.2001과 같은 건물의 최소환기량 요구조건인 신선외기 도입량의 법적 기준을 강화하고 있는 실정이다. 국내에서도 2004년부터 “다중이용시설 등의 실내공기질관리법”을 시행하였으며, 실내공기오염에 대한 적극적인 대책을 마련하고 있다.

실내공기질 개선을 위해 필요한 신선외기를 도입함으로써 에너지 소비증가의 문제를 초래하게 된다. 따라서, 공기질 향상을 위한 환기횟수 확보와 환기시스템 도입에 따라 초래되는 에너지 소비 증가와 실내환경개선의 양면성을 종합적으로 고려할 필요가 있다.

현재 국내의 건물에 설치되는 공기청정시스템은 일부 외국기술에 의해 설치된 경우를 제외하고는 선진국에 비하여 아주 초보적인 단계에 머무르고 있다. 또한, 시설의 환기요인으로 ISU에서 제시한 요건을 계절별로 고려하여, 계절별 과다한 설계 조건의 차이로 야기되는 과다한 환기 부하 현안에 대한 해결책을 제시하지 못하는 실정이다. 따라서, 무한한 청정대체에너지원인 태양에너지를 이용하여 실내의 열 공기환경을 일차적으로 개선하고, 그 결과 환기 시스템의 효율적인 설계와 제어 등을 통해서 하절기에 환기부하를 줄이며 동절기의 외기가 아닌 실내의 공기를 태양에너지를 이용해 재가열하여 이용하는 본 제안기술은 국내의 아직 시도되지 않은 매우 귀중한 연구 분야이다.

따라서, 본 연구에서는 실내공기질 향상을 위한 방안으로 예열된 신선외기가 실내로 유입되게 하여 에너지 소비량을 절감시키는 태양기공 집열기에 실내공기 정화를 위한 전기집진기를 도입한 태양기공 전기집진 통합시스템을 제안하고 전기집진기의 실내분진청정화능력을 정량적으로 평가하고, 시스템 설계시 이용할 수 있는 실험기초자료를 제시하는데 그 목적이 있다.

### 1.2 연구방법

먼저 앞서 개발된 3CMM급의 통합시스템<sup>1)</sup>을 바탕으로 30CMM급의 전기집진기 및 집열기를 개발하여 통합, 에너지기술연구원에 위치한 실험동 건물에 설치하였다. 통합시스템의 공기정화능력을 평가하기 위하여 한국공기청정학회에서 정하는 실내공기청정기 규격(KACA-1998)에 따른 실험을 실시하여 미세입자( $0.02-1\mu m$ )에 대한 실내공기 분진청정화능력과 시스템의 적정 적용면적을 산출하였다.

1) 강은철, 신진혁, 마사우드 하시미, 김기세, 이의준, 태양기공 전기집진 설비의 실내공기 분진 청정화 능력에 관한 사전 시험연구, 한국태양에너지학회, 추계학술대회논문집, 2003, pp. 114-119

## 2. 시스템 개념

태양기공 전기집진(Solar Transpired Cyclone Collector-STCC) 통합시스템은 신선한 외기의 실내 유입 및 실내공기오염 저감 기술로써 건물에서의 난방효과와 실내 쾌적 환경을 유지시켜 주는 기능을 한다. 본 시스템은 건물의 남쪽 벽에 태양기공 집열기를 설치하여 외부 공기가 집열기를 통과하면서 온도가 상승되어 건물내부로 유입될때 전기 집진기에 의해 유입되는 공기에서의 분진농도를 강제적으로 가소시켜 신선한 상태의 공기로 변환시키는 기존의 태양기공 집열 기술과 전기집진기술의 통합 기술이다.

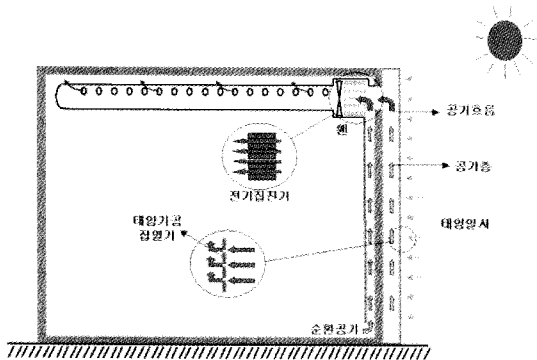


그림 1. 건물 적용 태양기공 전기집진 시스템 개요도

그림 1은 태양기공 전기집진 장치를 건물에 적용하였을 때의 작동 개요도이다. 건물 남쪽벽에 설치된 집열기에 의해 따뜻해진 공기는 실내로 유입되는 과정에서 전기집진기를 지나게 되며, 전기집진기의 방전부에 의해 오염입자들은 대전되고, 이 입자들이 전기장이 걸려있는 집진부로 유입될 경우, 정전기력이 작용하여 입자가 기체 흐름으로부터 벗어나 집진판 쪽으로 이동하게 된다. 이러한 과정을 거쳐 실내로 유입되는 공기는 깨끗하고 따뜻한 상태를 유지하게 된다.

### 2.1 태양기공 집열장치(Solar Air Heating)

태양기공 집열장치는 흡수율이 뛰어난 철판형

집열기를 이용하여 차가운 공기가 집열기의 기공을 통해 실내로 유입될 때, 이 공기를 예열시켜줌으로써 실내 환기시 발생하는 난방 부하를 저감시키고 실내 환기 요구량을 충족시킬 수 있는 시스템이다.<sup>2)</sup>

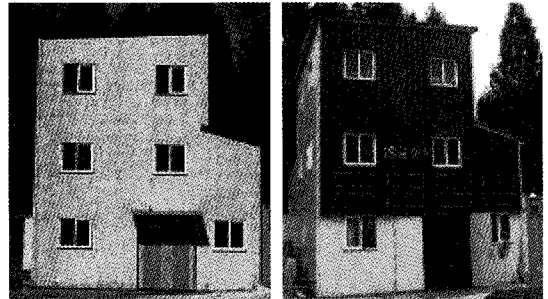


그림 2. 태양기공 집열기 설치 전후(실험동 건물)

표 1. 태양기공 집열장치 사양

집열기 재질	알루미늄 스틸
집열기 형상	사다리꼴(ㄷ)
집열기 두께	0.8mm
집열기 색상	짙은 갈색(Brown)
집열기 전도율	64W/mK
집열기 흡수율	93%
집열기 방사율	89%
기공 형상	슬릿(Slit)
기공 직경	1.65mm
기공 피치	20mm
기공율	1%

또한, 본 시스템에서는 집열기의 작은 기공을 통해 외부에서 유입되는 오염입자들은 1차적으로 걸러주는 역할을 하게 된다. 그림 2는 25.87m<sup>2</sup>의 집열면적을 갖는 태양기공 집열장치의 설치 전후 모습을 보여주고 있으며, 집열장치 사양은 표 1과 같다.

2) 이의준, 공간에너지 절약형 태양열 공기 집열 UTC 팬-덕트 공조시스템 개발(중간보고서), 2002, 산업자원부

### 2.2 전기집진기(Electrostatic Precipitator)

전기집진장치는 정전력을 이용하여 분진 및 미스트 등의 입자들은 코로나 방전에 의해 하전되어 전계에 의해서 집진전극 표면으로 이동 포집하는 장치이다(그림 3).

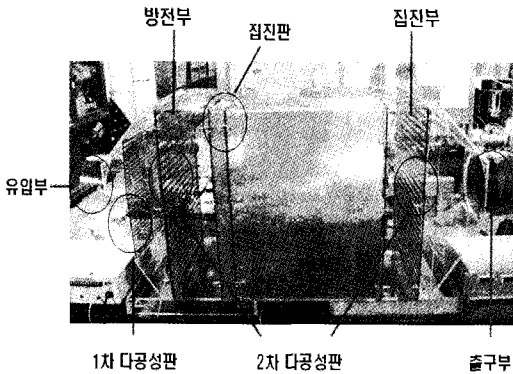


그림 3. 전기집진장치

표 2. 전기집진기 사양

항 목	사 양
방 전 부	방전극 재질 : 스텐레스 스틸(STS304) 규격 : $\Phi 0.2 \times 800\text{mm} \times 14\text{ea}$ 인가전압 : 0~20kV(15kV)
	집진판 재질 : 알루미늄 규격 : 60mm(W)×800mm(H)×15ea 설치간격 : 45mm
집진 부	집진판 재질 : 알루미늄 규격 : 600mm(W)×800mm(H)×14ea 설치간격 : 42mm
	고전압판 재질 : 알루미늄 규격 : 600mm(W)×800mm(H)×15ea 설치간격 : 42mm 인가전압 : 0~6kV(4kV)

전기집진기의 집진장치는 집진부와 방전부로 나눌 수 있다. 방전부에서는 유동하는 입자에 고전압을 걸어 유동입자를 대전시키고 방전부에서 대전된 오염입자들은 실내로 유입되는 과정에서 집진부에 있는 집진판에 의해 걸러지게 된다. 전기집진기 입구부에는 외부로 유입되는 공기와 챔버로부터 순환되는 공기가 섞이는 혼합실이 있

며, 출구부에는 송풍기를 설치하여 공기를 강제 유동시키도록 하였다. 표 2는 전기집진장치의 사양을 나타낸다.

### 3. 실험 장치 개요

#### 3.1 STCC 통합시스템 구성

그림 4는 실험동 건물에 설치된 30CMM급 STCC의 전체 시스템 구성도를 나타낸 것이다. 전기집진기 입구부에는 태양기공 집열기로부터 유입되는 공기와 실험용 챔버로부터 순환되는 공기가 섞이는 혼합실이 있으며, 출구부에는 최대 30CMM까지 송풍할 수 있는 송풍팬을 설치하였다.

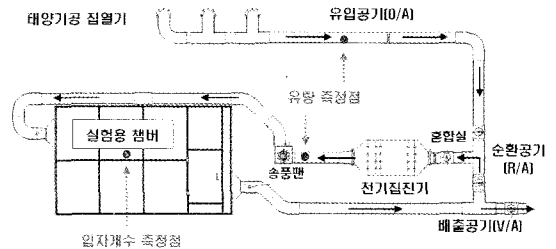


그림 4. STCC 통합시스템 구성도(30CMM급)

#### 3.2 실험용 챔버

STCC 시스템의 실내공기 정화능력을 평가하기 위하여 시스템을 설치한 건물동 내부에는 가로 4m, 세로 3m, 높이 2.5m의 직육면체로 용적이 30m<sup>3</sup>(1060ft<sup>3</sup>)인 실험용 챔버를 설치하였다(표 3).

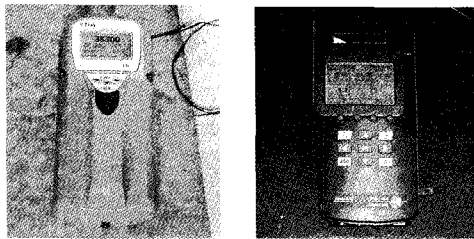
표 3. 실험 챔버 및 측정기 사양

구분	사양
체적(m <sup>3</sup> )	4×3×2.5
재질	아크릴
기밀도(%)	80
입자크기(μm)	0.02~1
초기입자농도(개/cm <sup>3</sup> )	500,000
입자계수기	TSI 8525(P-TRAK)

챔버는 무정전 패널인 투명 아크릴로 제작되어 입자농도 변화를 쉽게 식별할 수 있으며, 입자를 발생시키기 위해 출입문을 설치하였다. 챔버내의 입자농도 샘플링은 챔버 중앙바닥 170cm 위에 설치된 프로브 끝을 챔버 밖으로 확장시켜 입자카운터를 이용하여 측정하였다.

### 3.3 모니터링 실험장치

실험 챔버내 미세입자를 측정하기 위해서 0.02~1 $\mu$ m 이내의 오염입자를 측정할 수 있는 초미세입자계수기를 사용하였으며, 실험시 입자개수는 10초 간격으로 측정하였다(표 3, 그림 5-(a)). 또한, 유량 측정을 위해서 testo 454를 사용하여 집열기로의 유입 덕트부와 실험 챔버 유입부분에 각각 한개씩 프로브를 설치하여 유량을 측정하였다(그림 5-(b)). 그림 4에 실험장치 측정점을 나타내었다.



(a) 입자카운터 (b) 유량측정계  
그림 5. 모니터링 실험장치

## 4. 실험 결과 및 분석

STCC 시스템의 실내분진정화능력을 평가하기 전에 태양기공 집열기를 통해 혼합실에서 전기집진기로 유입되는 유량과 순환되는 유량을 조절하면서 집열기 성능 실험을 약 한달간(12월) 진행하였다. 유량변화에 따른 집열기를 통한 유입온도 및 온도상승도를 산출하여 집열기의 열성능을 평가하였다. 700W/m<sup>2</sup>의 일사량 기준에서 온도변화를 보면, 표 4)에 나타난 바와 같이 외부유입유

량이 증가할수록 일사량 대비 실내유입 공기온도는 감소하였다. 그러나, 집열기 효율은 유량이 증가할수록 향상되는 것을 확인하였다.

표 4. 유량변화에 따른 태양기공 집열기 성능특성

외부유입유량	회귀분석식	온도상승 (T <sub>유입</sub> -T <sub>외기</sub> ) 700W/m <sup>2</sup> 기준	효율(%)
10CMM	y=0.0427x	30	≈ 30
20CMM	y=0.0381x	27	≈ 55
30CMM	y=0.0318x	23	< 65

이와 같은 성능을 지닌 태양기공 집열기와 통합한 전기집진기의 성능을 분석한 결과는 다음과 같다.

### 4.1 자연감소 입자농도 측정

입자농도가 자연감소되는 것은 입자가 실험챔버 벽면에 부착되거나 중력 침강이 일어나고 챔버의 틈새로 환기되면서 일어나는 현상이다. 따라서, 실험 챔버내에서 입자농도의 자연감소는 챔버의 기밀도를 측정하는 척도가 되며, 분진청정화능력을 산출하는 주요 변수가 된다. 실험 챔버내에 입자를 발생시킨 후 10초 간격으로 입자 농도를 측정하였다. 약 30분간 자연감소 입자농도를 측정하고 결과 그림 6과 같은 입자농도곡선을 산출할 수 있다.

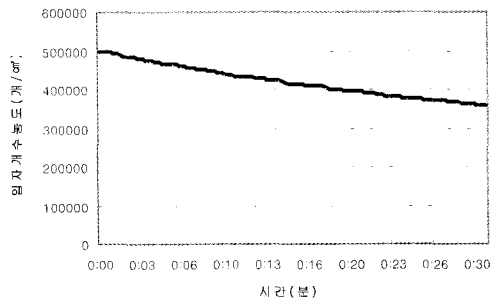


그림 6. 자연 감소 입자농도곡선

3) 한국에너지기술연구원, 차세대핵심환경기술개발사업과제, 태양기공 집열 빛 전기집진(STCC, Solar Transpired Collector Cyclone) 개념 활용 실내 공기 오염 저감 기술, 한국환경기술진흥원, 2004

챔버내의 입자농도는 그래프에서와 같이 시간에 따른 반비례 관계를 보여주며, 10분경과 후 초기 입자 농도의 약 88%가 챔버내에 남아있었으며, 20분 경과 후에는 약 80%의 입자 잔류량을 보여 챔버 기밀도가 80%임을 보여준다. 따라서, 한국공기청정협회 규격(KACA-1998-01)에 적합함을 알 수 있다.

#### 4.2 운전감소 입자농도 측정

운전감소 입자농도는 집진장치 가동시 입자 농도변화를 의미하며, 분진청정화능력 산출의 다른 주요 변수가 된다. 챔버와 전기집진기를 연결하여 폐회로를 형성한 뒤 전기집진기를 가동시켜 챔버내 순환 유량(R/A)을 30CMM으로 설정하여 시간경과에 따른 챔버내 운전감소 입자농도를 측정하였다.

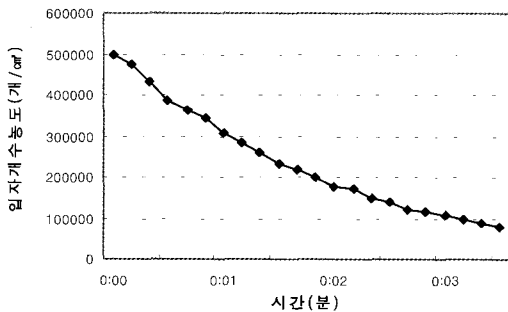


그림 7. 운전감소 입자농도곡선

측정 방법은 자연감소 입자농도 측정 방법과 동일하게 진행하되 KACA 규정에 따라 초기입자농도의 1/3이 되는 시점까지 시험을 수행하고, 운전감소 입자농도 곡선을 구한다. 그림 7은 챔버내 순환공기를 30CMM으로 설정하였을 때의 운전감소 입자농도 곡선을 나타낸다.

시스템 가동 약 2분 후 초기 입자농도의 1/3이 되는 시점에 도달하였으며, 입자농도 변화를 비교하기 위하여 자연감소 실험과 동일한 시간동안 시스템을 가동시킨 결과 그림 8과 같은 곡선

이 나타났다.

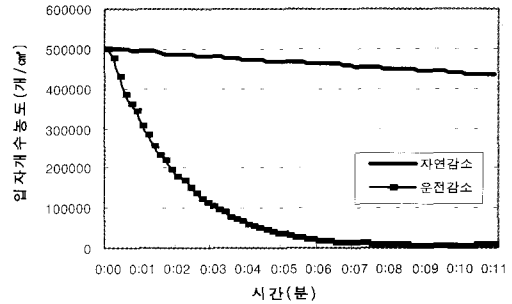


그림 8. 입자감소농도 비교곡선

#### 4.3 유입 유량별 입자농도 측정

혼합실에서 전기집진기로 유입되는 30CMM의 유량 중 10CMM은 태양기공 집열장치를 통해 혼합실로 공급(O/A)되고, 챔버에서 유출되는 30CMM의 공기 중 20CMM은 다시 순환하여 혼합실로 유입(R/A)된다(그림 4). 또한, 나머지 10CMM은 외부로 방출된다. 이와 같이 태양 집열장치를 통해 유입되는 공기량에 변화를 주면서 태양기공 전기집진기의 챔버내에서의 운전감소 입자농도곡선을 도출하였다(그림 9).

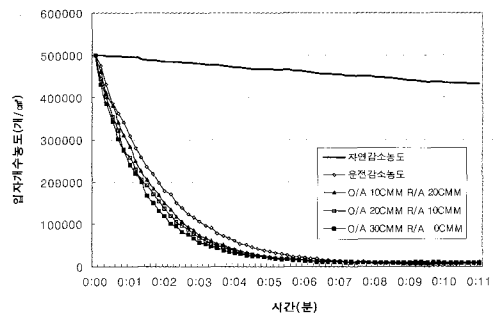


그림 9. 유입 유량변화에 따른 입자농도

태양기공 전기집진기에서의 입자농도는 기존의 운전감소 입자농도 곡선과 거의 유사한 경향을 보이고 있다. 그러나, 태양기공 집열장치를 통해 유입되는 공기량이 증가될수록 입자농도변화가 급격하게

나타났다. 태양기공 집열기에서 10~30CMM으로 공기유입량(O/A)의 변화를 주며 실험한 결과 초기 입자농도 대비 3분 후의 입자농도는 표 5와 같이 유입 유량없이 순환시 약 79%의 감소율을 보였으나, 30CMM로 유입 유량을 증가시킨 경우 약 89%까지 입자감소율이 증가하였다.

표 5. 작동 유량별 입자 감소율 변화

유 량	감소율(%)	
	3분경과	5분경과
O/A 0CMM, R/A 30CMM	78.9	92.9
O/A 10CMM, R/A 20CMM	85.2	95.5
O/A 20CMM, R/A 10CMM	86.3	95.7
O/A 30CMM, R/A 0CMM	88.5	95.9

태양기공 집열장치를 통해 유입되는 유량이 많을수록 입자 감소율이 증가되는 것을 볼 수 있는데, 이는 집진기를 통해 유입되는 외부 유량만큼 실내에서 입자를 포함한 유량이 실외로 배출되면서 나타나는 결과로 사료된다.

#### 4.4 시스템 적용면적 산출

집진시스템의 표준 적용 면적은 집진기가 사용되는 위치, 장소, 천정의 높이, 오염의 정도 등의 환경변화에 따라 크게 다르게 나타나기 때문에 규정하기 어려운 항목이나 일반 사무실을 기준으로 한 표준 사용 면적으로 결정하여 산출한다.

성능평가를 통한 시스템 설치에 적합한 적용면적을 산출하기 위해서는 우선 분진 청정화 능력 계산이 필요하다. 여기서 분진청정화능력이라 함은 임의의 시간에서의 단위시간당 실내공간의 오염공기를 정화시키는 능력(m<sup>3</sup>/min)으로 전기집진기 장치의 성능 평가 지표가 되며, 집진기적용 면적을 산출하는 주요 변수가 되는 값이다.

실험 챔버내에서의 분진청정화능력은 다음의 공식4)으로 산출된다.

$$P = \frac{V}{Nt} \left( \ln \frac{C_{i2}}{C_{t2}} - \ln \frac{C_{i1}}{C_{t1}} \right) \quad (1)$$

집진기의 적용면적은 1시간당 1회의 자연환기 조건에서 집진기를 10분 동안 가동시켜 실내의 입자농도를 초기 입자농도의 50%로 낮출 수 있는 실내의 면적으로 정의하며, 이때 실내 천정 높이는 2.4m를 기준으로 한다. 적용면적은 다음의 공식5)으로 산출된다.

$$A = 2.4 \times P \quad (2)$$

식 (1)에서 실험 챔버의 체적은 30m<sup>3</sup>이고, 실험에 사용된 전기집진기는 1대이다. 운전감소 측정시간은 앞서 설명한 바와 같이 초기 입자농도 대비 1/3이 감소되는 시간을 의미하며, 본 실험을 통해 계산된 분진청정화능력(P)값과 식 (2)를 통해 산출된 적용면적은 표 6과 같다.

외기유입 유량없이 시스템이 작동되는 경우에는 P값이 약 15m<sup>3</sup>/min으로 36평의 실내 공간의 분진정화능력을 가지고 있으나, 외기유입 유량을 30CMM으로 증가시켰을 경우, P값이 22m<sup>3</sup>/min으로 증가되어 50평 이상의 실내공간 분진정화능력이 있음을 보여준다.

표 6. 유입 유량별 분진청정화능력

유입 유량	성 능	분진청정화능력 (m <sup>3</sup> /min)	적용면적(평)
0CMM		15.1	36.1
10CMM		17.6	42.3
20CMM		18.9	45.4
30CMM		20.9	50.3

#### 5. 결론 및 향후과제

본 연구에서는 태양기공 집열장치에 전기집진

4) 한국공기청정협회, 실내 공기청정기 규격(KACA-1998-01) 부록 1 집집 시험, 2002

5) Ibid.

방식을 도입한 태양기공 전기집진 시스템을 제안하고 실내분진청정화능력을 평가하였다. 태양기공 집열장치는 겨울철에 발생하는 난방부하를 줄이면서 실내공기 환기 요구량을 충족시킬 수 있는 기술이며, 전기집진장치는 실내 오염공기를 효율적으로 걸러내어 쾌적한 실내 환경을 조성해 주는 기술이다. 따라서, 이 두 시스템 통합으로 건물에서의 냉난방 에너지부하를 줄이면서 효율적인 환기와 더불어 실내오염물질 집진으로 재실자의 건강과 작업능률 향상을 기대할 수 있다. 이를 확인하기 위하여 우선적으로 실시된 분진청정화능력을 평가하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

- 1) STCC 시스템의 전기집진 장치의 공기정화능력을 평가한 결과, 5분 경과 후 최고 약 96%이상의 집진율을 나타내고 있었으며, 유입유량의 변화를 준 경우, 30CMM으로 고유량을 유입하는 경우, 외부유량유입이 없는 경우에 비해 10%이상 입자감소율이 증가하는 것을 알 수 있었으며, 유량을 증가함에 따라 입자감소율이 소폭 증가하였으나, 5분경과 후 입자감소율에는 별 차이를 갖지 않고 있었다. 이를 통해 시스템 적용 건물에 특성에 따른 적절한 유량 선정이 필요할 것으로 사료된다.
- 2) 입자개수 감소 결과를 통하여 산출된 분진청정화 능력값 또한, 고유량일수록 증가하였으며, 이를 통해 유량에 따른 적용면적을 산출하여 30CMM 유량유입시 약 50평 이상의 면적을 부담할 수 있는 것으로 나타났다. 이처럼 시스템의 분진청정화 능력을 산출하게 되면, 시스템의 적용 가능 면적을 알 수 있게 되어 시스템 설계 및 적용시 용량을 결정하는데 중요한 기초자료가 될 수 있을 것으로 판단된다.

본 연구에서는 실험을 통하여 태양기공 전기집진 시스템의 공기정화능력을 평가하여, 시스템

의 성능을 확인하였다. 추가적으로 태양기공 전기집진 통합시스템의 종합적인 성능을 평가를 통해 시스템의 성능특성을 분석하고, 적용공간에 최적의 효과를 가질 수 있는 덕트위치선정 및 환기량을 산정을 위한 연구가 진행되어야 한다.

## 후 기

본 연구는 환경부의 연구비지원에 의한 연구결과의 일부임. (과제번호 : 2004-01003-0026-0)

## 참 고 문 헌

1. 한국에너지기술연구원, 차세대핵심환경기술개발사업과제, 태양기공 집열 및 전기집진(STCC, Solar Transpired Collector Cyclone) 개념 활용 실내 공기 오염 저감 기술(보고서), 한국환경기술진흥원, 2004
2. 한국공기청정협회, 실내 공기청정기 규격(KACA-1998-01) 부록 1 집진 시험, 2002
3. AHAM(Association of Home Appliance Manufacturers), Method for Measuring Performance of Portable Household Electric Cord-Connected Room Air Cleaners(AHAM AC-1-2000), 2000
4. ANSI/ASHRAE Standard 93-86, "Method of Testing to Determine the thermal Performance of Solar Collector"
5. Oglesby, S., Jr. and G. B. Nichols, (1978), "Electrostatic Precipitation", Marcel Dekker, New York
6. Cooper, C. D., F. C. Alley, (1986), "Air Pollution Control : A Design Approach", Waveland Press, Inc.
7. 강은철, 신진혁, 마사우드 하시미, 김기세, 이의준, 태양기공 전기집진 설비의 실내공기 분진 청정화 능력에 관한 사전 시험연구, 한



- 국태양에너지학회, 춘계학술대회논문집, 2003, pp. 114-119
8. 노지희, 박상현, 강은철, 이의준, 태양기공 전기집진 설비의 실내 공기 정화능력에 관한 실험적 연구, 한국태양에너지학회, 춘계학술대회논문집, 2005, pp.129-134
9. 신진혁, 안영철, 정진욱, 실내 공기오염 분석 및 집진 시스템 개발 - 전기 집진기 설계-, 부산대학교, 2003
10. 이의준, 공간에너지 절약형 태양열 공기 집열 UTC 팬-덕트 공조시스템 개발(보고서), 2003, 산업자원부