

복합전장(複合電場)을 이용한 공기청정장치

(대전미립자중성화집진장치)

김 윤 훈

(주)KAF Engineering / 차 장

1. 서 론

현대는 물질문명의 발달로 인해 실내의 환경오염문제가 더욱더 심각해지고 있으며, 현대식 건물은 거의 밀폐식 구조로 되어 있고, 실내 오염을 더욱 가중시키는 작용을 하는 내장재 및 용품들로 구성되어 있습니다. 특히 건물내에서 사용되는 용품 및 벽속에 내장되어 있는 콘센트들은 대부분 전력을 사용하는데 이러한 전력에 의해 공간전하(空間電荷)가 형성되고 이 공간전하(空間電荷)는 실내의 오염을 더욱 활성화 시킵니다. 즉, 인체 및 각종 물체 표면에 오염물질이 더욱더 잘 달라붙게 하는 작용을 하게 됩니다. 이러한 문제는 일반 Filtration System으로는 해결하기가 어렵습니다. 본 고는 공간전하(空間電荷)가 오염입자에 작용하는 영향과 이 문제를 근본적으로 해결할 수 있는 복합전장(複合電場)의 작용(作用) 및 그 복합전장(複合電場)을 이용한 공기청정장치 대전미립자중성화집진장치(帶電微粒子中性化集塵裝置)에 대해 소개하고자 합니다.

2. 대기오염물질의 평가

표 1 에서는 1ft^3 당의 평균대기공기 (2천만개의 입자)를 나타내고 있다. 공중오염물질의 98.5%(1,950만개)가 1μ 보다 작은 크기이며, 대부분의 빌딩내에 설치된 filtration system에는 포집되지 않는것이다.

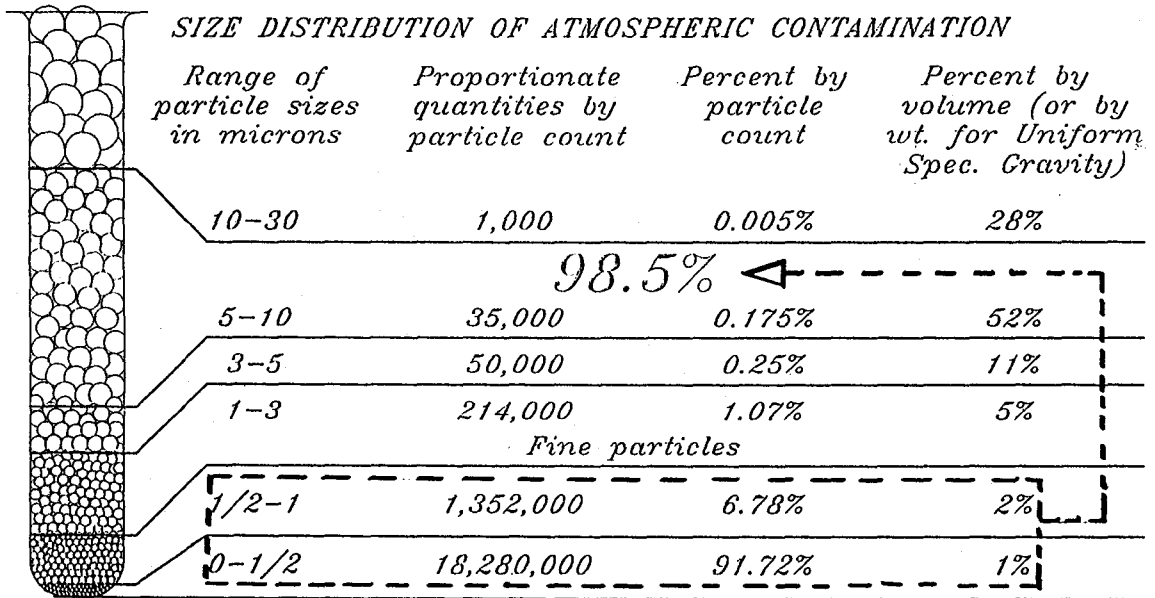
1μ 보다 작은 입자들은 우리가 호흡하는 대부분의 입자의 범위내에 있으며, 우리의 체내에 잔류하기 쉬운 것들이다.

분석표에서 보듯이 중량비율 (Weight Per-Centage)이 높으면, 수량비율 (Per-Centage By Particle Count)이 낮아진다. 그러므로 Filter가 상대적으로 이러한 현상은 Air Filter를 사용할 때 항상 발생한다. 대부분의 경우에는 점막형 (Viscous Impingement Type) Filter의 정화효과로도 충분하겠으나, 어떤 경우에는 Airmat 매개와 같이 강력한 효과를 지닌 Filter를 사용해야 할때도 있다. 특히 백화점 같은 곳에서 처럼, 탄소나 매연과 같은 작은 입자를 정화해야 하는 경우에는 분명 강력한 효과의 Filter가 요구된다. 정화대상이 담배연기나 초미립자의 먼지인 경우에는 고

표 1. 대기오염 물질의 평가

AN EVALUATION OF ATMOSPHERIC CONTAMINATION

COLLECTED AT THE UNIVERSITY OF MINNESOTA



밀도 건식매개나 정전식 Filter와 축진자를 사용할 필요가 있다.

각 등급의 Filter가 각각의 목적에 따라 사용되나 분명히 한계를 가지며, 고객이 요구하는 성능을 내기 위해서는 충분한 검토를 하여 사용목적에 적합한 제품을 선택해야만 한다.

3. 입자의 거동

입자크기에 대하여서 추가할 것은 미세분진은 공기속에 항상 부유(浮遊)하고 있다는 것이다. 1미크론 정도의 미세분진은 대표적

대기오염의 98%를 구성하고, 실질적으로 중력에 의하여 가라앉은 일은 없다.

이러한 미립자는 공간에 항상 존재하는 전력장(電力場)이나 입자(粒子)의 정전기(靜電氣) 대전(帶電)등에 우선적으로 좌우된다.

8 feet(2.5m)높이에서 볼링공이나 골프공을 공기유동이 없는 방에서 떨어뜨리면 같은 시간에 바닥에 떨어진다.

그러나 1미크론 보다 적은 분진은 질량의 차이로도 같은 낙하를 하지 않는 것이다.

표 2 Mr. Frank의 도표를 보면 바닥위 8 feet에서 낙하하는 100μ 입자(사람머리카락

표 2. FRANK CHART(침강속도)

SUMMARY OF FRANK CHART

Diameter of particles in microns	Number of particles in one cu. ft. of air *	Settling rate in FPM for spheres **	Time required to settle 8'-0"
100	75	59.2	8.1 sec.
10	75×10^3	.592	13.5 min.
1	75×10^6	.007	19 hrs.
0.1	75×10^9	.00007	79 days
0.01	75×10^{12}	0 (Brownian movement)	∞

*Based on air containing .00006 grains of impurities per cubic foot

**In still air 70 F. Density = 1 (S-C factors included)

직경크기)는 8.1초 후에, 1 μ 크기입자는 19시간이 소요된다. 0.1 μ 는 79일이나 된다. 알아보기 쉽게 담배연기는 평균 0.5 μ 입자라고 할때 약 20일이나 소요된다는 것이다. 물론 이때는 공기유동(空氣流動)이 없는 조건일 때이다. 과연 무엇이 이 미립자(微粒子)를 공기중에 떠있게 할까? 이러한 미립자의 거동은 전력장의 영향을 크게 받기 때문이다.

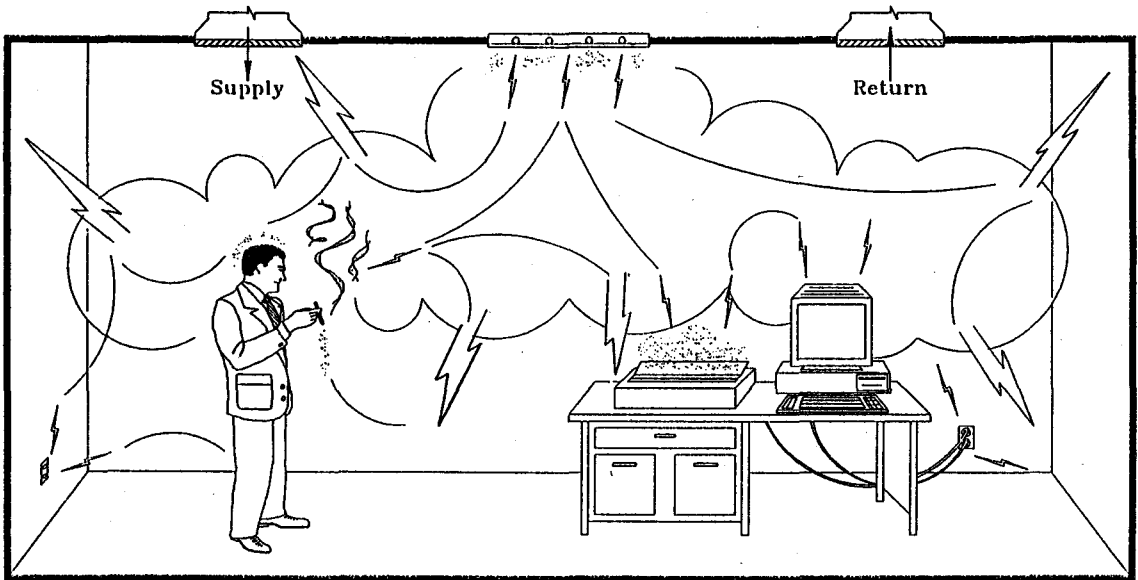
4. 공간전하(空間電荷)

실내에는 여러 종류의 전력기구들이 있다. 즉, 조명기구, 벽속의 콘센트, 컴퓨터, 사람까

지도 공간에 각종 활성적인 영향력을 줄수 있는 에너지를 발산하는 것이다. 자연발생적인 전력선, 우주선도 있다. 이러한 전력장을 공간전하라고 한다.

실내 여러군대에서 서로 교차되고 있는 전기장 분포선은 거미줄과 같은 형태를 하고 있는데 이 전기장에너지는 미세분진의 이동을 통제하고 있다는 결론을 내릴 수 있다. 그러나 이 공간에 거주하는 사람이 이러한 전장을 차단하게 된다. 미세분진이 이 전장선의 영향을 받으면서 이동한다면 거주공간내의 오염분진이 사람몸에 부착되거나 모든 표면에 포집될 수 있음을 알수 있다. 즉 이 공간

Electrical Forces



The Distribution of the Ever-Present Electrical Field Influences Fine Particle Movement, Often Driving Them to Surfaces, Objects and People.

그림 1 실내공간의 미립자에 영향을 주는 전력장(電力場) 분포

전하의 힘이 미세분진을 사람과 가구등의 표면으로 이동 시키는 것이다. 우리들은 담배연기가 가득차 있는 장소에 가끔 가 보았을 것이다. 그때 공기유동을 느끼며 담배연기와 냄새로 눈이 따가워지고 담배 안개속에 있는 것 같은 느낌을 받을 것이다. 이 연기는 서로 마찰하여 정전기를 띠게되며 실내의 정전기 전력장을 형성하여 공간전하를 구성하게 된다. 1미크론이하의 입자는 중력에 의해서는 가라앉지 않고 공간에 존재하는 전력장이나 입자의 정전기 대전에 우선적으로 좌우된다.

즉 공간전하의 전력선을 따라 이동한다. 3

~10미크론의 큰 분진은 정전기와 공간전하의 영향을 별로 받지 않고 기류에 따라 이동한다. (그림 1참조)

5. Air Filter와 복잡전장의 성능

공기여과장치(일반적인 Filter, 중고성능 Filter, 전기집진기, HEPA Filter등)는 휠타에 유입되는 입자만을 효율에 따라 포집할 수 있다.

최근 연구나 경험상으로 1미크론 이하의 대부분의 분진이 공조기에 내장된 공조공간

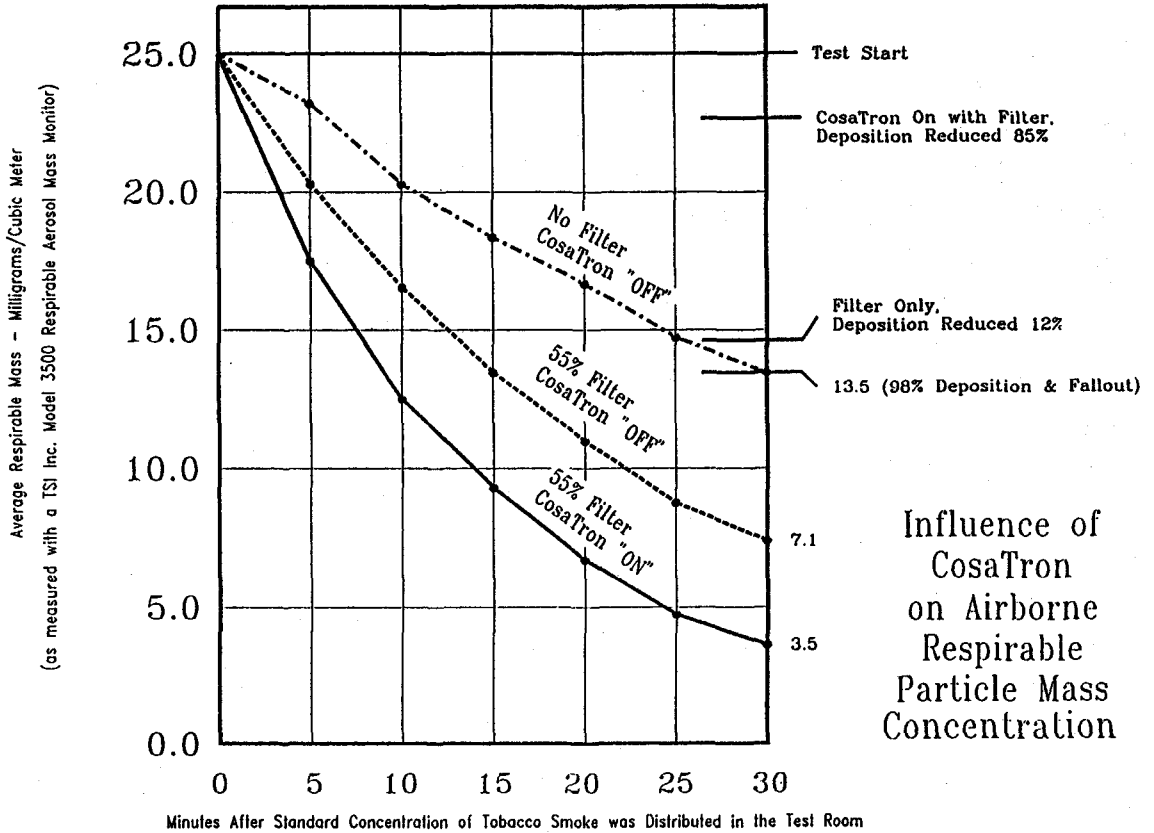


그림 2. 복합전장 (대전미립자 중성화집진장치)이 공기중의 호흡기 침입 크기의 미립자 농도에 미치는 영향

에서 공조기에 내장된 필터에 리턴되지 않고 있음을 결론짓고 있다.

실내 환경개선을 이룩하려면 공조 공간에서의 미세분진의 특성을 Control 하는 것은 필수조건인 것이다. 기계적인 여과시스템 만으로는 거주공간의 오염이 그대로 남아 있다는 결론으로서 공조기 운전시 이러한 미세분진을 Control 할 수 있다면 자연현상과 똑같은 원리로 아주 크게 응집시켜서 필터로 포집될 수 있게 됨으로 공조공간의 오염물인 분진, 연기, 냄새, 가스등을 현저하게 감소시

킬 수 있을 것이다.

일반 공조기로서는 아무리 효율 좋은 필터나 전기집진기를 사용하여도 토출구 주위가 검게되며, 벽, 천정도 검게 변하는 현상은 Filter를 통과한 오염물과 실내에서 발생하는 오염물이 콘트롤 되지 않고 있기 때문이다.

공간전하에 영향을 받는 미립자는 실내의 전력선에 따라 이동하여 벽표면에 부착되며 대부분 리턴공기를 타지 않는 것이다.

허파의 작은 기관지까지 도달하는 미세분진은 10미크론 이하임을 감안하면 조금 큰

Influence of CosaTron on Airborne Respirable Particle Mass Concentration

입자는 우리가 느낄때 기침이나 재채기에 의하여 배출해 버린다. 이 시험은 열번이나 반복한 것으로써 각 시험 시작시에는 1 Cubic meter 공기속에 25mg의 연기농도가 되도록 담배연기 발생기를 작동하였다. (그림 2참조)

이 실험실에는 외기도입이 전혀없고 100% 재순환 시스템이었다. 처음 점선은 필터없이 복합전장(複合電場)도 작동하지 않은 상태에서 30분간 가동할때 담배연기의 감소를 나타내고 있다. 30분이 지난 후에는 13.5mg/m³로 감소 되었는데 표면부착에 의한 자연감소로 간주된다. 즉 닥트내에서 시험실, 벽, 천정, 송풍기 날개등 표면에 이 오염 공기가 부착되어 감소된 것이다.

다음 두번째 점선은 녹색선의 비색포집율 55%의 중성능 필터만 가동한 것이다. 연기농도는 7.1mg/m³로 감소되었다.

그림의 중간 화살표가 지시하는 것은 필터만의 포집이고 그외는 역시 표면부착에 의한 부분이다. 세번째선은 복합전장(複合電場)과 55% 필터가 동시에 작동한 것이다. 즉 필터 단독시보다 나머지 연기의 50% 이상이 다시 더 감소되고 있음을 알수 있다.

우측 상단부에 있는 표시는 복합전장(複合電場)과 필터가 작동할때는 오염부착이 발생하나 시작 처음 농도와 차는 이 정도로 적은 양만 부착에 의한 감소부분임을 나타내고 있다. 이 이외의 감소 연기 입자는 필터에 포집된 것이다.

복합전장(複合電場)과 필터를 공조기속에 정착하면 표면부착에 감소될 연기의 85% 이상을 필터에 의해 감소시킬 수 있게되며 나머지 10미크론이하인 크기는 호흡기에 침입하면 분진의 50% 이상도 다시 포집에 의하여 더 제거할 수 있게 된다.

사례 1

외기도입량의 조절은 Return Chamber에 설치된 CO₂ Sensor에 의해 결정된다. 이러한 조건에서 복합전장이 미치는 영향을 표 3과 같은 결론을 얻었다.

복합전장이 Off상태에서 5가지의 입경으로 분류, Count하였고, 복합 전장의 On상태에서도 동일하게 Count하였다.

입경에 따라 18~55%까지 감소가 되었는데 외기도입은 Return Chamber에 설치되어 있는 CO₂ Sensor로 외기량을 Control하였다. 중요한 것은 복합전장이 필요외기도입량을 줄인다고 하는 것이다. 표 3과 같이 복합전장이 Off시에는 50%의 외기가 필요하지만 On시에는 10%의 외기도입으로도 더 청정한 실내공간을 얻을 수 있다는 것이다. 이것은 외기도입량의 80%감소를 의미한다. 외기도입은 거주자를 위해 CO₂ Sensor로 조절하는데 900~1000PPM 수준으로 설정한다.

사례 2

오사카대학의 Clean Room

Class 10,000과 Class 1,000에서 일련의 실험을 하였다. Class 10,000 Room은 시간당 환기회수를 20으로 하였고, HEPA Filter와 표준공기분배식이다. Class 1,000은 40회 환기이고, HEPA Filter, Laminar 기류이다. Class 10,000에서 복합전장 On하였을시 오염입자 74~90%의 입경에 따른 감소가 측정되었다. Class 1,000에서는 20~78%가 역시 감소되었다.

흥미로운 장점이 발견되었다. 복합전장 On시 10,000 Room의 공기는 복합전장 Off인 즉 보통의 Class 1,000 Room의 공기보다 더 청정한 것이다. 복합전장을 적용하면 Clean Room의 청정도를 50% 더 깨끗하게 할 수 있는

표3. 외기도입량에 따른 복합전장의 성능평가

Particle Size diameter in micron	Aver. Number of Airborne Particles per cubic foot of air		Reduction in Number of Particles
	Fresh Air Vol. 1317CMH (777CFM)	Fresh Air Vol. 263CMH (155CFM)	
	CosaTron off	CosaTron on	
0.3 up	24,625,600	20,015,900	18.7%
0.5 up	5,875,300	2,732,900	53.5%
1.0 up	128,000	90,400	29.4%
2.0 up	5,700	2,800	50.9%
5.0 up	900	400	55.6%
Fresh Air Damper	50% Opened	10% Opened	

MIXING CHAMBER #1
CONTAMINANT EXCITATION FIELD

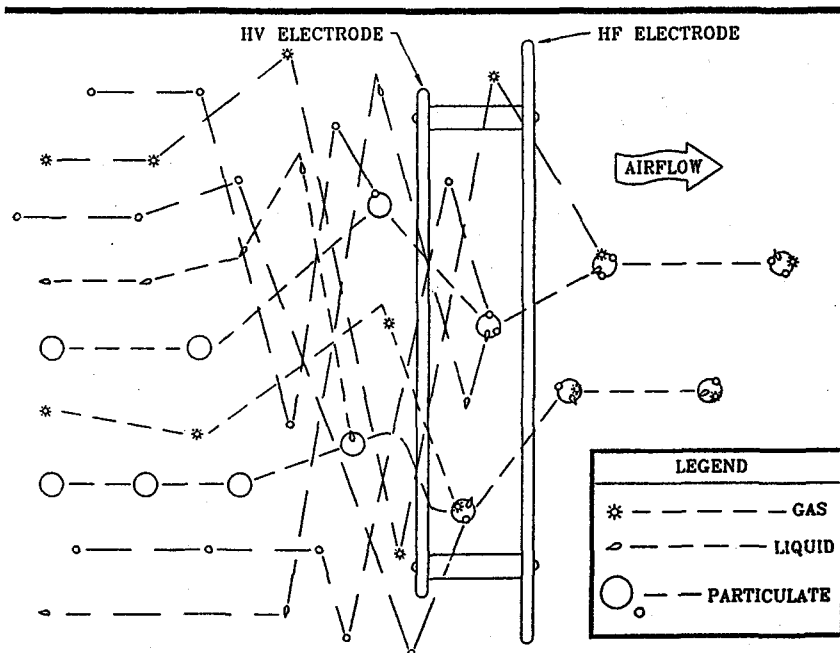


그림 3 혼합실 #1 오염물의 활성화

표4. 오사카 대학의 클린룸

The results obtained using Model 236 Laser Aerosol Counter Average No. of Particles per cubic foot.

■ **Class 10,000 Clean Room A/C Standard Air Distr. HEPA Filters**

Reading	Particulate Size Range in micron	Cosatron System		Reduction (%)
		off	on	
1	0.12 - 0.17	2448	396	83.8
2	0.17 - 0.27	1405	292	79.2
3	0.27 - 0.42	418	42	90.0
4	0.42 - 0.62	65	8	87.7
5	0.62 - 0.87	27	7	74.1
6	0.87 - 1.17	7.5	0	

■ **Class 1,000 Clean Room 40 A/C Laminar flow HEPA Filters**

Reading	Particulate Size Range in micron	Cosatron System		Reduction (%)
		off	on	
1	0.12 - 0.17	733	585	20.2
2	0.17 - 0.27	243	52	78.6
3	0.27 - 0.42	70	42	40.0
4	0.42 - 0.62	10	0	
5	0.62 - 0.87	0	0	
6	0.87 - 1.17	0	0	
7	1.17 - 1.52	0	0	
8	1.52 - 1.92	0	0	

것이다.

6. 복합전장(複合電場)의 작용요약

모든 실내공간에는 자연적인 전기장(電氣場)의 형성과 공간전하(空間電荷)등 벽면속의 전기줄등에 의하여 눈에 보이지 않은 전기적 힘의 선이 복잡한 거미줄 모양으로 형

성되고 있다.

대체적으로 공기중에 있는 미세분진은 전부 대전(帶電)되어 있으며 미세분진의 이동은 이 전장(電場)의 영향을 받을 수 밖에 없다.

공기중 분진의 약 98%는 그 크기가 1미크론보다 적다. 이 미크론(1미크론 이하)이하 입자는 직경이 너무 적어서 기류 속에서 보이지 않는다.

Contaminant Excitation Concept

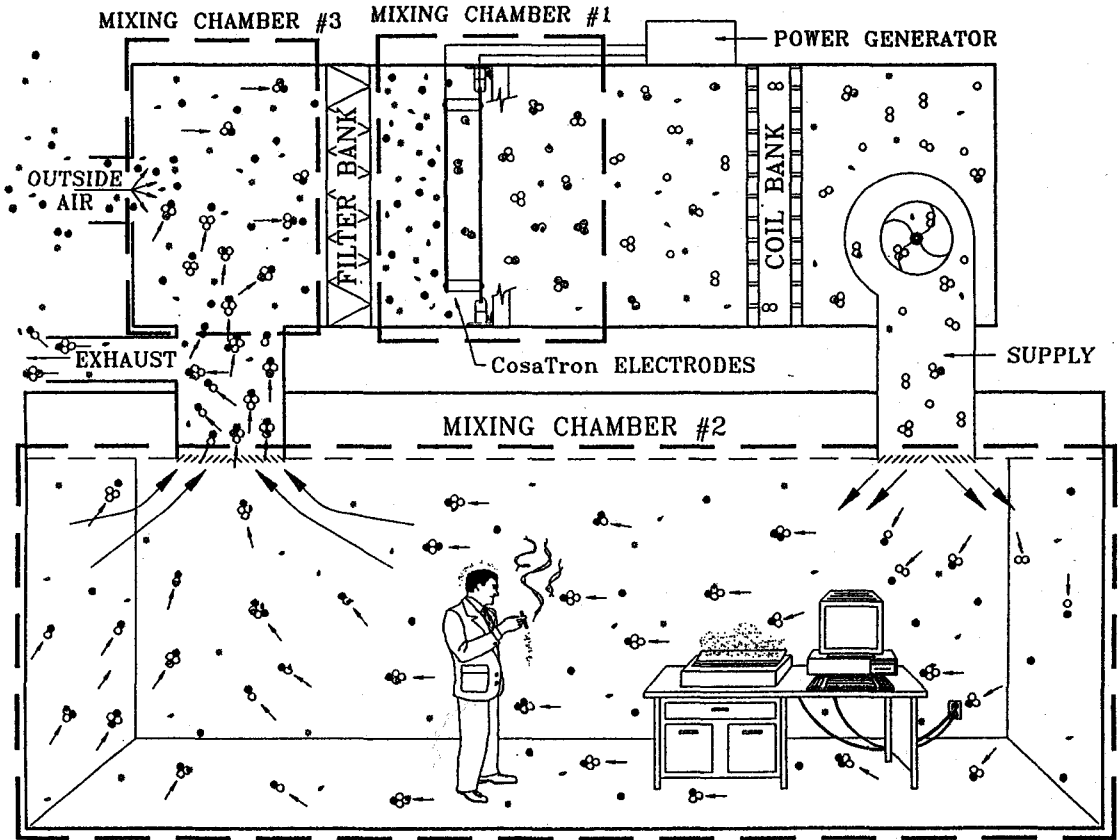


그림 4 오염물의 활성화 작용

그러므로 실내 기류가 미세입자의 운동에 미치는 영향은 아주 약하다.

그 분진 입자들의 운동에는 실내공간에 형성되어 있는 거미줄과 같은 전력장선의 영향이 가장 크다. 분진은 전력선을 따라 이동하다가 공기토출구(空氣吐出口), 사람얼굴, 벽면, 조명기구 표면등에 달라 붙는다. <쉽게 더러워지며 까맣게 된다.>

모든 미세분진은 오랜 시간경과에 따라 충돌하면서 서로 붙게 되어 큰 입자로 자라난

다. 이것은 자연현상으로 응집작용이라 한다.

큰 입자는 직경이 커서 볼 수 있게 되고 기류에 의하여 운반 될 수 있게 된다.

큰 입자는 실내공간의 전력선보다 기류의 영향을 더 받게 된다.

큰 입자는 환기 리턴으로 운반되며 휠타에 포집 제거 된다.

응집작용을 가속화시키고 오존발생이 없고 휠타에 포집한다.

그림 3에는 세개의 Chamber가 있는데 첫

째실에는 필터와 코일등 복합전장 전극이 있는 곳이다. 둘째실은 공조될 거주공간이다. 셋째실은 공기 Mixing Chamber이다.

기류가 미세분진 일부를 필터에 통과시키고 복합전장 전극부를 통과한다.

전극부 주위에는 일부를 필터로 통과시키고 복합전장 전극부를 통과한다.

전극부 주위에는 복합전장(複合電場)이 형성되어 활성작용을 한다. 전장은 직류고 전압(HV)과 고주파(HF)로서 복합전장(複合電場)이다.

이 작용이 분진을 충돌시키고 서로 엉켜 큰 입자로 되는 확률을 아주 많이 한다. 복합전장은 미세분진의 크기를 크게 변경시키는 것이다.

즉 분진(粉塵)의 유동성을 활성화 한다. 이 작용이 미세분진(1미크론 보다 적은 서브미크론)을 적극 감소시키며 큰 입자는 증가하여 더 커지게 된다.

고주파 전장에서 미세분진의 충돌과 흡착 특히 가스흡착등의 수행 가능성을 활성화한다. 크게 되어가는 활성입자(活性粒子)는 충돌을 되풀이하면서 Chamber 1에서 Chamber 2로

이동한다. (그림 4참조)

Chamber 2는 공조될 거주공간인 것이다. 이곳에 활성입자가 들어오면 눈덩이가 눈언덕 아래로 굴러가듯이 급속도로 아주 크게 자라나는 것이다.

이 활성입자가 거주공간의 미세분진을 쓸고 나가면서 흡수응집을 되풀이 한다. 유해가스도 흡착하며 분진입자와 함께 아주 크게 된다. 이렇게 크게 자란 입자는 기류를 타고 나가며 눈에 보일 정도의 크기(15~100미크론)가 되고 Return 기류에 의해 운반되어 Chamber 3의 Mixing Chamber로 이동한다.

재순환공기와 외기가 혼합하면서 이 눈덩이처럼 커지는 작용도 계속된다.

이렇게 큰 활성입자는 외기의 서브미크론 크기의 미세분진들과 계속적인 충돌을 되풀이하면서 흡수응집하고 Gas, 냄새, 미립자의 흡착을 계속한다.

기류가 필터를 통과하면 크게 자란 분진과 분진에 흡착(吸着)당한 유해가스등은 필터에 포집되는 것이다. 이러한 현상은 공기순환시마다 되풀이 하는 것이다.



환경마크 상품을 삽시다!

- ◇ 환경마크는 저오염상품에 붙어있습니다.
- ◇ 환경마크 상품을 사주는 것은
- ◎ 환경오염을 줄이는데 기여합니다.
- ◎ 자원을 절약하고 폐기물을 줄이는 길입니다.
- ◎ 환경보전운동에 참여하는 길입니다.
- ◎ 기업체는 저오염상품을 많이 개발하게 됩니다.