

## 음이온 발생 공기청정기에 의한 밀폐된 실내공간에서의 ETS성분 변화

황건중\* · 이문수 · 나도영  
한국인삼연초연구원 분석부  
(1998년 5월 25일 접수)

### Effect of Anion Generating Air Cleaner on the Components of ETS in a Closed Room

Keon-Joong Hwang\*, Moon-Soo Rhee and Do-young Ra  
Korea Ginseng and Tobacco Research Institute, Taejon 305-345, Korea  
(Received May 25, 1998)

**ABSTRACT** : This study was conducted to evaluate the ability of anion generating air cleaner to remove gases, vapor and particles from closed room contaminated with environmental tobacco smoke (ETS). The measurements covered particle sizes of 13.8 - 542.5 nm, particle concentration, surface area, volume, UVPM, FPM, solanesol, and the following gases and vapor ; carbon dioxide, carbon monoxide, nicotine, and 3-ethenylpyridine. Tobacco smoke was generated and mixed in a closed room in which the airflow rates were in the range of 0.00 - 0.04 m/s. The anion generating air cleaner was started, and the decay rates for the gases, vapor and particles were measured. When the use of anion generating air cleaner, solid components of ETS, such as respirable suspended particle (RSP), ultraviolet particulate matter (UVPM), fluorescent particulate matter (FPM) and solanesol was sharply decreased, and vapor phase components of ETS, such as nicotine, 3-ethenylpyridine were moderately decreased by time elapse. Even the use of anion generation air cleaner, the decreasing rate of carbon dioxide concentration was similar with control, and the decreasing rate of carbon monoxide was slower than that of control. Our results indicated that the use of anion generating air cleaner had an effect on reduction of solid and vapor components from ETS, but it had no effect on gaseous components of ETS.

**Key words** : Indoor air pollution, air cleaner, ETS, RSP

담배는 그 연소에 의하여 부유입자 물질과 일산화탄소, 이산화탄소를 비롯한 4000여종 이상의 물질을 발생하며 실내공간내에 기체, 고체 또는 액체의 미립자가 분산되어있는 에어로졸의 일종이다. 이러한 담배연기의 생성은 잎담배의 열분해, 열합

성 그리고 연소현상에 의해서 이루어지기 때문에 증류와 승화현상이 처음부터 끝까지 매우 복잡한 양상으로 일어난다. 환경담배연기(Environmental Tobacco Smoke, ETS)는 담배 연소에 의해 발생된 공기 중에 존재하는 활동적인 혼합물로서 85%의

\* 연락저자 : 305-345, 대전광역시 유성구 신성동 302번지, 한국인삼연초연구원

\* Corresponding author : Korea Ginseng and Tobacco Research Institute, 302 shinseong-Dong, Yusong-Ku, Taejon 305-345, Korea

부류연과 15% 정도의 주류연이 포함되어 있고, 이 연기들은 주어진 공간 내에 순간적으로 확산되어 다른 실내공기에 의해서 희석되고 축성된다(Smith, 1992). ETS의 화학적 조성 및 분포는 흡연과 흡연 정지시간 중에 일어나는 다양한 화학작용에 기인되고, 담배에 부착된 filter의 선택적 여과능에 의해서도 크게 영향을 받으며, 공간의 부피, 환기량, 가구, 상대습도, 온도 그리고 기류속도 등과 같은 실내의 환경에 의해서 달라진다(Baker and Robinson, 1990). 또한 ETS 구성 성분들은 ETS가 축성되는 동안에 ETS 성분 단독 그리고 실내의 공기 성분들과 화학반응이 일어나고 ETS 입자들의 응축과 축적이 일어나기도 한다(Baker and Proctor, 1990). 현재의 ETS에 대한 연구들은 주요 구성 성분에 대한 감소율과 반감기의 결정, 분포비율, 온도와 습도의 영향, 판능적 변화양상 등과 특히 ETS 연구의 실용적인 방안인 건축 구조물에 따른 효과적인 환기량 조절에 대한 경제적인 방안 등을 제시할 연구를 수행하고 있다(Nelson, 1993).

흡연에 의해 실내공기중의 ETS농도가 변화하는 중요 인자로는 1) 흡연자의 숫자, 2) 흡연담배의 품질수준, 3) 실내 면적, 4) 실내로 유입 또는 배출되는 공기의 양, 5) 실내 벽의 소재, 6) 실내의 온도 및 습도, 7) 실내공기의 분산효율 등이 있으며(Kent, 1977), 실내공기중의 ETS를 제거하는 방법에는 1) ETS 발생원의 제어 및 대체, 2) 깨끗한 공기로 오염된 공기를 희석, 3) 오염된 공기를 배출하는 국소배기, 및 4) 청정기술을 이용한 공간내 공기중의 ETS물질을 제거하는 공기청정등이 있다(김윤신, 1995). 일반적인 공기청정 장치로서 사용되고 있는 것은, 입자상 물질 제거용으로서 에어필터, 전기집진기가 있고, 가스상 물질 제거용으로 활성탄 필터, 부유미생물 제거용으로서 고성능의 에어필터, 살균등, 오존방사 방식 등이 있으며, 이것들을 오염물질 발생지역에 독립적으로 설치하기도 하나 일반적으로 공기 조화 장치내에 부착하여 사용하는 경우가 많다. 최근에는 음이온을 생성시켜 양이온을 형성하는 각종 오염물질들을 중화 침전시켜 제거하도록 하는 음이온 방출기의 형태도 있다(김윤신, 1995). 공기청정기는 주어진 공간내

공기중의 오염물질을 제거하기 위해 장치를 사용하는 것으로서 외부공기의 정화뿐만 아니라 실내에서 발생하는 오염물질을 함유하고 있는 재순환 공기에 대해 공기청정 장치가 필요하게 된다. 이러한 공기청정기는 가정뿐만 아니라 대부분의 실내공간에서 사용되고 있으나 각 공기 청정기에 따라서 성능이 다양할 뿐만 아니라 ETS의 구성요소에 따라 그 효율에 차이가 난다. 일반적인 필터식 공기청정기는 1 - 100 $\mu$ m의 입자제거에 효과적이고, 고성능 에어필터의 경우에는 0.01 - 5 $\mu$ m의 입자제거에 효과적이며, 전기집진기는 0.01 - 15 $\mu$ m의 입자를 효과적으로 제거한다고 알려져 있다 (Plog, 1988). 이 등(1997)의 연구에 의하면 음이온 발생 공기청정기는 소음이 비교적 적고 좁은 공간에서 효율적인 장점과, ETS 냄새와 가스성분의 제거가 효율적이지 못한 단점을 가지고 있다고 알려져 있다.

본 연구는 최근에 시판되고 있는 음이온 발생 공기청정기를 밀폐된 공간에서 사용할 때, 발생된 음이온이 ETS 입자중 약 30%를 차지하고 있는 양이온과 반응하여 중성으로 전하의 변화를 유발하고, 이들 증가된 중성 입자들이 상호응집에 의하여 입자크기의 변화를 초래하여 쉽게 제거되는지를 알아 보기위하여 음이온 발생 공기청정기 사용에 따른 기체상, 증기상 및 입자상의 ETS 구성성분 함량 분포변화를 조사함으로써 음이온 공기청정기의 효능을 확인하고, 실내공간에서의 ETS 제거를 위한 사용 가능성을 파악하기 위하여 실시하였다.

## 재료 및 방법

### 실험 조건

본 실험은 그림 1에 예시한 바와 같은 실질 실내공간에서 이루어 졌는데 이 공간의 면적은 3m x 3m x 2.7m = 24.3 m<sup>3</sup> 이었고, 실내온도는 21 - 22 $^{\circ}$ C, 실내습도는 53 - 56% 범위에 있었고, 실내의 기류속도는 0.00 - 0.04 m/s 범위의 거의 정지된 실내공간에서 측정되었다. 실험에 사용된 음이온 발생 공기청정기는 J회사에서 생산한 모델명 JG를 사용하였으며 사용한 공기청정기의 유효면적은 15평,

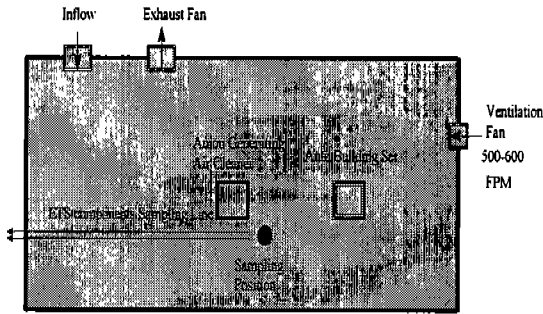


Fig. 1. Schematic diagram of the real experiment room for this study.

소비전력은 3W이고 크기는 330 x 260 x 60mm 였으며 강도조절은 강, 약의 2단계이었다. ETS의 발생은 실험용 담배인 CORE STA monitor cigarette CM2 10개피를 자연연소시켰다. 음이온 발생 공기청정기를 사용하지 않았을때를 대조구로 하여, 음이온 발생 공기청정기의 강도에 따라 강(high), 약(low)에서 각각 3회 반복 실시하여 허용오차 5% 내의 실험값만을 선별하여 평균값을 구하였다.

### ETS 성분 분석

실험공간내의 CO, CO<sub>2</sub> 및 RSP 함량은 일본 Kanomax사의 Auto building set (Model No. 2111)를 이용하여 ETS 발생 후 매 30분마다 측정하였으며, RSP의 크기, 농도, 표면적 및 부피는 매 30분마다 Tedlar gas sampling bag을 이용하여 실내 공기를 10L 포집하여 미국 TSI사의 TSI 3010 Condensation particle counter와 TSI 3070A Electrostatic classifier, 그리고 TSI 3077 Aerosol neutralizer를 사용하여 분석하였다. ETS 증기상 성분인 니코틴과 3-ethenylpyridine의 분석을 위하여 Amberlite XAD-4 resin tube를 사용하여 매 1시간 간격으로 증기상 성분을 포집한후 tube에 흡착된 증기상 성분을 0.01% triethylamine이 함유된 ethylacetate 용액 1ml로 ultrasonic bath에서 30분간 추출하였다. 추출된 시료에 quinoline을 내표준 물질로 시료당 5ug을 첨가하여 다음과 같은 분석 조건에서 GC를 이용하여 분석하였다.

- Column : DB-5(30m x 0.53mm ID, fused silica capillary coated with 1.5ug of

5% phenylmethylpolysiloxane)

- Oven temperature : 170°C isothermal
- Detector : 220°C , Nitrogen phosphorous detector
- Injector temperature : 220°C
- Carrier gas : Helium, 15ml/min(12psi)

입자상 성분중 UVPM과 FPM의 분석은 ASTM의 방법에 따라 cyclone seperator를 사용하여 37mm millipore filter(fluoropore membrane filter, pore size 1.0ul)에 매 1시간마다 포집한후 메탄올로 추출하여 추출물을 325nm과 420nm의 흡수파장 영역에서 ultraviolet detector를 갖춘 columnless HPLC로 흡광도를 측정하여 분석하였으며 solan- esol은 다음과 같은 HPLC의 분석조건에서 분석하였다.

- Column : 15cm x 4.6mm ID Deltabonded ODS
- Mobile phase : Acetonitrile : Methanol = 95 : 5, v/v
- Flow rate : 0.8 ml/min
- Detector : UV - 205nm

### 결과 및 고찰

#### 음이온 발생 공기청정기 사용에 따른 시간경과별 기체상 성분 변화

담배연기는 휘발성 성분과 비휘발성 성분을 함유한 가스상내에 수천 개의 유기 및 무기화합물이 분산된 형태로 존재하고 있다. 이들 성분중 담배가 연소시 생성되는 주요 기체상 성분인 이산화탄소 및 일산화탄소의 시간경과에 따른 변화를 보면 그림 2 및 3과 같다. 음이온 발생기 사용시 대조구에 비하여 시간경과에 따른 이산화탄소의 변화는 거의 없는 반면에, 일산화탄소는 대조구에 비하여 처리시간 90분 경과 후부터 다소 증가하기 시작하여 현저한 차이를 보이고 있다. 실내공기중의 일산화탄소는 사람의 혈중 헤모글로빈 농도와 밀접한 관련이 있는 실내 오염물질로 분류되고 있으며, 담배연소시 최고 20,000ppm까지 발생되며 흡연실 공기 중에는 400-500ppm이 존재하는 것으로 알려져 있다(Hueter등, 1972). 음이온 발생기 사용

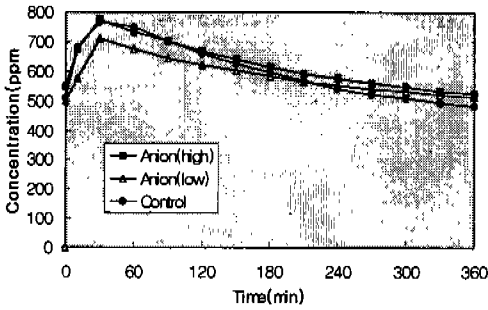


Fig. 2. Changes of carbon dioxide concentration in closed room by anion generating air cleaner.

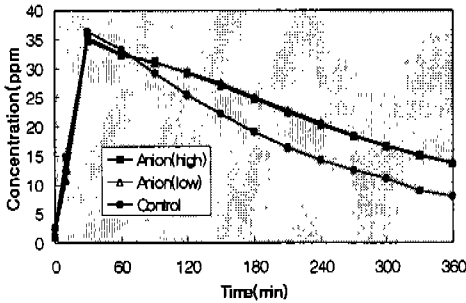


Fig. 3. Changes of carbon monoxide concentration in closed room by anion generating air cleaner.

시 나타나는 일산화탄소의 증가현상은 음이온 발생기에서 발생되는 음이온에 의한 화학적 반응에 의한 것보다는 음이온 발생기를 구성하는 고전류의 동관에 접촉되는 부유분진이 불완전 연소하므로써 생기는 증가현상으로 생각된다. 이러한 일산화탄소의 발생은 새로운 오염물의 생성으로 간주되며, 실내공기의 오염원이 될 수 있다고 사료된다

**음이온 발생 공기청정기 사용에 따른 시간경과별 증기상 성분 변화**

담배연기의 증기상 성분중 대표적인 것으로는 암모니아, 니코틴, pyridine, 3-ethenylpyridine 및 myosmine 등이며 특히 니코틴은 ETS의 독특한 성분으로서, 어떤 흡연공간에서도 감지할 수 있을 정도로 충분한 양으로 존재하고 있다(Delbert 등, 1989). 한편 3-ethenylpyridine은 700℃에서 열분해하여 3-acetylpyridien을 형성하고, 열분해되는 ethenylpyridines과 vinylpyridines의 치환위치에 따

라서 qinoline과 isoquinoline의 생성비율이 결정되는 것으로 알려져 있는데(Kaburaki 등, 1979), 음이온 발생기를 사용할 때 시간경과에 따른 이들 니코틴 및 3-ethenylpyridine의 함량변화를 조사하여 표 1에 나타내었다. 음이온 발생기를 사용할 때는 대조구에 비하여 시간경과에 따른 니코틴과 3-ethenylpyridine의 함량이 현저하게 감소되었으며, 이러한 감소현상은 음이온 발생기의 고전류 동관에 접촉되는 이들 성분이 연소 소멸되는 것으로 생각된다. 음이온 발생기를 사용할 때 니코틴의 감소효과가 3-ethenylpyridine의 감소효과보다 높은 것으로 나타나고 있으며 니코틴의 경우 약 50%, 3-ethenylpyridine의 경우 약 30%의 감소효과가 있었다. 이러한 차이는 담배연기에 존재하는 니코틴은 흡착이나 화학적 반응에 의하여 고체입자들보다 빨리 공기 중으로부터 감소하며(Eudy 등, 1985), 또한 니코틴의 상대적인 반감기가 짧은 것에 기인하는데 니코틴의 표면 친화력이 다른 성분에 비하여 크기 때문에 실내의 벽이나 다른 표면에 흡착되어 일어나는 현상으로 추정된다.

Table 1. Changes of micotine and 3-ethenylpyridine contents by anion generating air cleaner. (unit : ug/m<sup>3</sup>)

Time elapse (min)	Nicotine		3-ethenylpyridine	
	Control	Anion*	Control	Anion
60	586.6	334.6	134.6	100.6
120	162.3	83.6	89.3	75.0
180	99.0	25.3	64.0	42.9
240	75.1	33.3	53.0	39.3
300	59.0	26.6	42.1	30.4
360	60.3	23.2	42.3	24.5

\* Anion : Used anion generating air cleaner at high level.

**음이온 발생 공기청정기 사용에 따른 시간경과별 입자상 성분 변화**

ETS의 입자상 성분은 실내공기의 중요 오염원 중의 하나이며, 호흡기 질환과의 상관성이 높기 때문에 실내공기의 질적 수준의 척도가 되고 있기도 하는데, 우리나라에서도 이러한 부유물질에 대해서

실내 위생관리기준에 의하여  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$  이하로 규제하고 있다. 입자상 성분중 입자의 직경이  $2.5\mu\text{m}$  보다 작은 입자들을 respirable suspended particle (RSP)이라 하고,  $2.5 - 10\mu\text{m}$ 인 것을 inhalable이라고 하는데, ETS 분야에서는 입자의 직경이  $2.5\mu\text{m}$  이하인 입자상 물질을 RSP로 총칭하고 UVPM, FPM, 그리고 solanesol을 함께 측정하여 실내환경을 평가하는 방법을 사용하고 있다. ETS의 RSP는 대부분의 액체나 waxy방울을 포함하고 있으며 고분자량의 물질이나 휘발성 성분도 함유하고 있다. 음이온 발생기 사용시 시간경과에 따른 RSP의 감소는 그림 4와 같았다. 시간경과에 따른 RSP의 감소는 음이온 발생기 사용 초기부터 현저하게 나타나고 있으며 약 3시간 경과시 감소율의 60%로 가장 크게 나타나다가 다시 서서히 감소하는 경향을 보이고 있다. 밀폐된 공간에서 음이온 발생

기를 작동하면 ETS의 RSP 90%이상이 3시간 경과시 소멸되며, 대조구에 비하여 2시간이상 최저점에 빨리 도착하는 것을 알 수 있다. 음이온 발생 강도에 따른 RSP 감소효과는 초반에 강이 약보다 다소 높은 것으로 나타나고 있으나 후반에는 같은 것으로 나타나고 있다. 음이온 발생기의 이러한 현저한 RSP의 감소효과는 음이온 발생기를 작동할 때 발생하는 음이온의 화학적 효과보다는 음이온 발생기의 주요 부품인 고전류 동관에 접촉되는 부유분진의 연소에 의한 감소로 사료되며 이러한 추론은 불완전 연소의 산물인 일산화탄소가 대조구에 비하여 현저하게 증가하는 그림 2로서 그 사실을 추론할 수 있다.

음이온 발생기에 의한 RSP의 크기, 농도, 표면적 및 부피의 변화를 조사하여 그림 5와 그림 6에 나타내었다. 음이온 발생기 사용에 의한 입자의

Table 2. Changes of UVPM, FPM, and solanesol contents by anion generating air cleaner (unit :  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Time elapse (min)	UVPM		FPM		Solanesol	
	Control	Anion*	Control	Anion	Control	Anion
60	1794.0	825.6	1417.9	858.1	17.6	11.7
120	1069.7	471.6	998.2	499.0	13.0	5.8
180	546.4	140.8	576.4	225.2	7.7	1.6
240	494.2	139.5	328.6	116.6	4.7	0.2
300	199.0	137.8	257.7	41.0	4.1	-
360	109.9	137.1	181.9	20.7	2.8	-

\* Anion : Used anion generating air cleaner at high level

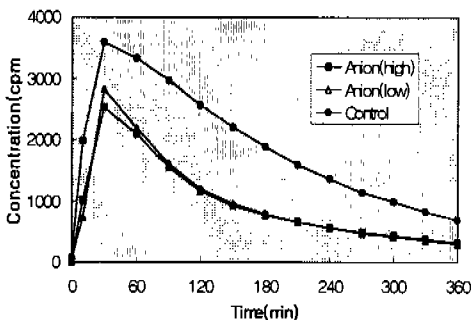


Fig. 4. Changes of total RSP concentration in closed room by anion generating air cleaner.

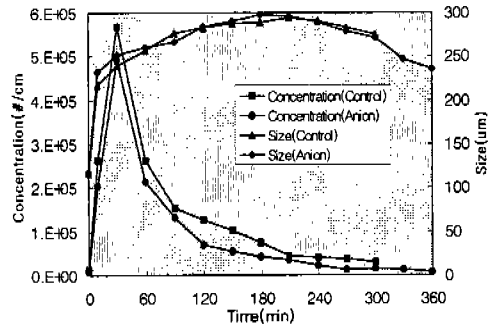


Fig. 5. Changes of particle size and concentration in closed room by anion generating air cleaner.

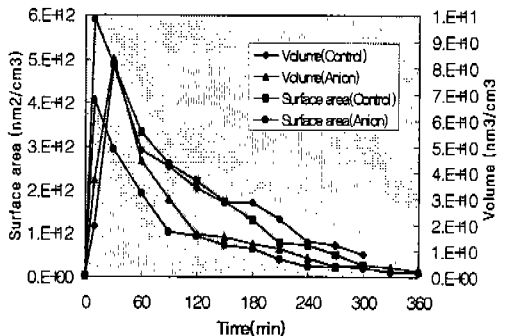


Fig. 6. Changes of particle surface area and volume in closed room by anion generating air cleaner.

크기변화는 시간경과에 따라 대조구와 거의 비슷하게 변화하고 있으며, 3시간 경과시 입자의 크기가 가장 크게 증가하다가 다시 감소하는 경향을 보이고 있는데, 이러한 결과는 음이온 발생기에 의하여 제거되는 RSP 입자는 그 크기에 상관없이 제거되고 있음을 알 수 있다. 입자의 크기는 연기의 속성과 더불어 응고하여 급하게 커지며, 공초의 길이와 습도는 입자의 크기증가에 영향을 미치지 않는다고 보고되고 있다(Chen 등, 1990). 또한 입자크기에 따라서 구성 연기성분이 다르며 휘발성 화합물, 인돌, 니코틴, 디에틸프탈레이트의 양은 중간크기의 입자 안에 많으며 가장 큰 입자와 가장 작은 입자에는 없고 neophytadiene은 작은 입자에 많으며 scopoletin은 작은 입자에 적다는 연구 보고도 있다(Morie, 1977). RSP의 숫자는 대조구에 비하여 경과초기부터 다소 적은 것으로 나타나고 있으며, 2-3시간 경과시 차이가 가장 많다가 다시 같아지는 경향을 보이고 있는데 음이온 발생기 사용시, 밀폐된 공간에서는 4시간이후에 거의 평형에 도달하는 것을 알 수 있다. 음이온 발생기 사용에 따른 RSP의 표면적 및 부피의 변화도 대조구에 비하여 현저하게 작은 것으로 나타나고 있는데, 이는 RSP의 개별 입자수 감소에 의한 것으로 생각되며, 특히 RSP의 표면적이 경과초기부터 현저하게 적은 것으로 나타나고 있다. 이러한 입자의 표면적 변화는 실내공간에서 에어로졸 상태의 입자들이 시간경과에 따라 상호 응축과 속성에 따라 부피가 큰 입자로 변화하기 때문으로 생각된다. 음이온 발생기에 의한 RSP의 물성변화는 4시간이상 경과시 거의 평형에 도달하는 것을 알 수 있으며, 이는 대조구에 비하여 2시간 정도 빨리 최저 평형점에 도달하는 것으로, 밀폐된 공간에서의 음이온 발생기 사용은 RSP 입자의 제거에 효과가 있음을 알 수 있다.

실내공간의 입자상물질을 총칭하는 RSP는 그 근원이 매우 다양하고 분석의 불명확성 등으로 인하여 ETS의 지표성분으로는 부적합하다고 알려져 있다. 따라서 좀더 담배연기에만 존재하는 입자상 물질을 분석하기 위하여 사용하는 것이 UVPM과 FPM이다. 이들 성분외에 solanesol은 담배연기중의 대표적인 고체상 물질로 ETS중 RSP의 2-3%를

차지하고 있으며 실내공기중 담배연기 입자상 물질로서의 감도 및 명확성등으로 인하여 ETS인자로 많이 사용되고 있는데, 특히 solanesol/RSP의 비율은 ETS와 비ETS성분중의 RSP를 결정하는 중요한 인자로 많이 사용되고 있다(Ogden, 1989). ETS의 입자상 성분인 UVPM, FPM 및 solanesol의 시간경과에 따른 함량변화를 조사하여 표 2에 나타내었다. 음이온 발생기를 사용할 때 이들 입자상 물질의 감소율이 현저하게 증가하는 것을 알 수 있으며, 최저 평형에도 2-3시간 일찍 도달하고 있다. UVPM의 경우, 시간경과 초기에 약 50%의 감소효과가 있었으며 후기에는 대조구와 비슷한 감소율을 나타내고 있는데 이는 최저 평형점에 가까워질수록 감소가 둔화되는 것으로 생각할 수 있다. FPM은 음이온 발생기를 사용할 때 시간경과 전반에 걸쳐서 현저하게 감소하는 경향으로, 최저점에 도달하는 시간도 대조구에 비하여 현저하게 빨랐다. Solanesol은 음이온 발생기를 4시간 사용시 거의 다 소멸되었으며 대조구에 비하여 현저한 감소현상을 보이고 있다. 음이온 발생 공기청정기에서 발생하는 음이온이 담배연기의 약 30%를 차지하는 양이온 입자와 반응하여 중성으로 변하고, 이들 중성입자들이 결합하여 더 큰 입자로 응집하여 낙하하므로써 ETS의 제거효과를 기대할 수 있으나, 음이온 발생기 사용에 따른 입자상 성분의 현저한 감소는 음이온 발생기에서 나오는 음이온의 화학반응에 의한 감소보다는 음이온 발생기의 고전류 동관에 이들 증기상 입자들이 접촉하여 연소되므로써 감소하는 것으로 생각되며 기체상성분인 일산화탄소가 증가하는 것으로부터 추론할 수 있다.

본 실험의 결과 음이온 발생 공기 청정기는 ETS의 증기상 입자의 제거에는 어느정도 효과가 있으며, 입자상 물질의 제거에는 확실한 효과가 있으나, 기체상 물질의 제거에는 효과가 없는 것을 알 수 있었다. 이러한 ETS 성분의 감소효과만을 고려할 때에는 ETS로 오염된 실내공간에서의 음이온 발생 공기 청정기의 사용이 바람직하나, 다소의 일산화탄소를 증가시키고 있으므로, 밀폐된 실내공간에서 장기간 사용은 부적합한 것으로 생각된다.

## 결 론

밀폐된 실내공간에서 음이온 발생 공기청정기를 사용할 때, ETS 성분의 물리적, 화학적 변화현상을 조사하므로써 공기청정기의 효과를 검증하고 오염된 실내공간에서의 사용가능성을 확인하고자 본 실험을 실시하였다. ETS의 기체상 성분인 이산화탄소는 음이온 발생기 사용에 따른 함량변화가 없었으나 일산화탄소는 다소 증가하는 경향을 보이고 있으며, 증기상 성분인 니코틴과 3-ethenylpyridine은 약 30 - 50%의 감소효과가 있었고, 입자상 성분인 RSP, UVP, FPM, solanesol도 음이온 발생기를 사용할 때 현저하게 감소하는 것으로 나타나고 있었다. 또한 RSP의 표면적 및 부피도 음이온 발생기를 사용할 때 감소율이 증가하는 경향이었으나 RSP의 입자크기는 대조구에 비하여 차이가 없는 것으로 조사되었다. 본 실험의 결과 음이온 발생 공기 청정기는 ETS의 증기상 및 입자상 물질의 제거에는 확실한 효과가 있으나, 기체상 물질의 제거에는 효과가 없으며, 다소의 일산화탄소를 증가시키므로, 밀폐된 실내공간에서의 장기 사용은 부적합한 것으로 생각된다.

## 참 고 문 헌

김윤신 (1995) 실내환경과학, 대우학술총서, 자연과학 95, 민음사.  
 이문수, 박은수, 나도영, 황건중 (1997) 담배연구 보고서(제조분야), 한국인삼연초 연구원, 561-611.  
 Baker, R. R. and D. P. Robinson (1990) Tobacco combustion; The last ten years, Recent Advances in Tobacco Science, 16; 3-71.  
 Baker, R. R. and C.J. Proctor (1990) The origins and properties of environmental tobacco smoke. *Environ. Int.* 16; 231-246.  
 Chen, B. T., J. Namenyi, H. C. Ye, J. L. Mauderly, and R. G. Cuddihy (1990) Physical characterization of cigarette smoke aerosol generated from a walton smoke machine. *Aerosol Sci. Tech.* 12; 364-375.  
 Delbert, J. E., C. L. Benner, J. M. Bayona, G.

Rugards, J. D. Lamb, M. L. Lee, E. A. Lewis, and L. D. Hansen (1989) Chemical composition of environmental tobacco smoke. 1. Gas-phase acids and bases. *Environ. Sci. Technol.* 23; 679-687.  
 Eudy, M.W., F. A. Thome, D. L. Heavner, C. R. Green, B. J. Ingebretsen (1985) Presented at the 39th tobacco chemists' research conference, Montreal, Canada, 2-5.  
 Hueter, F. G., H. W. Goerke, A. Muezzinoglu, A. Liberti, J. Ternisien (1972) Air pollution: Air quality criteria for carbon monoxide. North atlantic treaty organization, committee on the challenges of modern society, Brussels, Belgium, 265.  
 Kaburaki, Y., S. Surawara, U. Kobashi, and Y. Doihara (1970) Composition of tobacco smoke. Part XIV. Formation of pyridines in pyrolysis of nicotine. *Nogyo Denka*, 44; 224-231.  
 Kent, D.C. (1977) Filtration and ventilation of tobacco smoke, Health consequences, education, cessation activities, and governmental action, 2. Proceedings of third world conference on smoking and health, NY, 357-361.  
 Morie, G. P. and M. S. Baggett (1977) Observations on the distribution of certain tobacco smoke components with respect to particle size. *Beitr. Tabakfor*, 9; 72-78.  
 Nelson, P. R., S. B. Sears, and D. L. Heavner (1993) Application of methods for evaluating air cleaner performance. *Indoor Environment*, 2; 111-117.  
 Ogden, M. W., K. C. Maiolo (1989) Collection and determination of solanesol as a tracer of environmental tobacco smoke in indoor air. *Environ. Sci. Tech.* 23; 1148-1154.  
 Plog, B. A. (1988) Fundamentals of industrial hygiene. National safety council, 3rd edition, Cicago, Illinois, 457-503.  
 Smith, C. J., S. B. Sears, J. C. Walker, and P. O. Deluca (1992) Environmental tobacco smoke: Current assessment and future directions. *Toxicologic Pathology*, 20; 289-305.