

한국의 공기 음이온 측정기준규격에 관하여



김재기 | 경원대학교 교수

1. 서론

산업 발달과 더불어 국민 생활의 향상은 well-being이라는 새로운 신조어를 만들어 내며 새로운 시대적 조류를 구축하였다.

참살이(well-being)문화는 특히 먹거리와 삶의 질을 추구하는 분야에서 가장 돋보였다. 즉 산업발달로 인한 우리 삶 주위의 환경파괴와 오염 등에 대하여 자신을 방어하려는 즉 과거의 자연 상태로 유지하려는 노력들을 들 수 있겠다. 먹거리 분야는 유기농에 대한 관심도가 그것을 대변하고 있으며, 삶의 질 쪽은 가장 두드러진 것이 공기분야이다. 나날이 황폐해져가는 도심 속에서 자신의 삶을 지키려는 노력은 음이온의 생활용품뿐만 아니라 인체의 생리, 생체적인 효과를 얻으려는 바이오산업에서 주위생활의 공간에 이르는 환경산업에 이르기까지 확장일로에 있다. 이미 수많은 신소재가 등장하면서 원적외선과 음이온에 대한 관심은 높아져 있고, 원적외선과 음이온의 응용기술은 전체 산업의 연구 분야로 발전하게 되었다.

매년 원적외선과 음이온의 응용기술에 대한 기술개발 동향과 전망에 대한 관심은 많았지만, 한국의 공기 음이온 분야는 보다 큰 관심거리인

음이온 전체산업에 문혀 제대로 다루어 지지 못했다. 삶의질을 추구하는 노력이 공기에 까지 이른 이 시점에서 한번 더 지금까지의 노력들을 재조명해 보고, 공기 음이온 측정 기준에 관련하여 특히 한국의 공기 음이온 측정기준규격에 관하여 접근해 보고자 한다.

2. 음이온

2.1 음이온의 정의와 발생방법

공기이온이란 공기 중의 분자가 + 또는 -로 대전한 상태를 말한다. 공기이온에는 양이온 및 음이온이 포함되고, 양이온은 원자 또는 분자가 전자를 잃어 +로 대전한 것이며, 음이온이란 원자 또는 분자가 전자를 얻어 마이너스로 대전한 것을 나타낸다. 양이온은 「Positive ion」이라고 표시하고, 기호로서 「+ ion」이 이용된다. 음이온은 「Negative ion」이라고 표시하고 「- ion」이 기호로 이용된다. 즉 음이온은 공기 중의 마이너스 전하를 띤 분자를 부른다. 질량분석기에 의한 그 조성은 $O_2^-(H_2O)_n$, $CO_4^-(H_2O)_n$, $NO_2^-(H_2O)_n$, $NH_4^-(H_2O)_n$ 등인 것이 밝혀졌다. 공기 중의 음전하를 띤 이온도 생성되는

환경에 따라 여러 가지 형태를 취함을 알 수 있다. 음이온의 발생 방법으로는 다음과 같은 방법이 있다.

가. 천연광석(天然鑛石)

천연광석에는 여러 가지 있지만 이 경우에는 방사선을 방사시키는 희토류광석을 가리킨다. 광석이 밖으로 내는 방사선이 공기중의 물분자를 전이시켜서, 이온을 발생시키는 것이다. 이 경우 음극, 양극이 같은 수로 발생되지만, 광석을 사용하는 소재의 형태에 따라 음이온이 풍부한 발생체를 만들 수 있는 것이다. 천연광석은 그 대부분이 분말로서 사용되기 때문에 용도가 매우 다양하다. 수지, 천, 종이, 고무, 도료, 접착제, 유리, 도기, 골재 등에 섞어서 제품화 되어지고 있다. 이처럼 천연광석의 용도는 매우 다방면으로 사용되며, 앞으로도 점점 다양화될 것으로 사료된다.

나. 전기발생식

전기를 사용한 코로나 방전에 의한 이온발생체이지만, 이 발생방식으로는 오존이 나오는 데다가 그 부산물로서 오존과 공기 중의 질소산화물과 황산화물이 화학 반응을 해서, 질소와 황산이 발생한다. 또한 최근에는 건자재에서 방출되는 폼알데히드가 코로나 방전에 접촉해서 중합체화(polymer)되어 알레르기 환자의 증가에 한몫했기 때문에 최근에는 그다지 사용되고 있지 않다. 그것에 대신해서 나온 것이 단전극방전 방식이라는 방식인데, 이것은 회사들의 새로운 음이온발생 제품인 셈이다. 시판되고 있는 제품의 대부분은 오존 발생이 억제된 상태이며 전기를 사용하기 때문에 그 용도는 가전제품인 에어컨, 공기청정기, 전구, 선풍기 등에 주로 사용되고 있지만, 최근에는 청소기, 컴퓨터 등에도 사용되고 있다.

다. 레너드식(水:H₂O)

음이온 발생의 가장 기본은 폭포이다. 폭포 가까이에 가면 매우 시원한 기분을 느낄 수 있는데 폭포의 물이 암석의 표면에 미세하게 부서져서 음이온을 발생시키기 때문이다. 그 원리를 응용한 것이 물 파쇄방식인 음이온발생기이다. 레너드효과라고도 불리는 이 발생방식으로 생긴 이온은 매우 안정된 상태이며, 지속 시간도 길다. 최근에는 물을 미세하게 하면 좋다고 해서 초음파와 스프레이를 사용한 물발생체의 이온 발생기가 시판되고 있지만, 물에서 발생하는 이온은 눈으로 보이지 않는다. 가습기와 스프레이와 같이 눈에 보이는 물방울은 음이온이 아니기 때문에 주의할 필요가 있다.

한국원적외선협회부설 한국원적외선응용평가연구원에 측정 의뢰된 연도별 원료 및 제품들을 발생방법 별로 구분하여 그림1에 연도별 음이온 발생 적용방법에 따른 분포를 도시하였다. 도시 결과에 의하면 천연물질(모나자이트) 사용제품이 약 90% 점유하고 있으며 공기청정기, 에어컨, 헤어드라이기 등 사용되고 있는 전기 모듈 타입이 그 뒤를 잇고 있다. 또한 실내 분수 및 습도 조절 등을 내세운 레너드효과 방식의 음이온 발생장치는 아직까지 사용 영역이 제한적인 이유 때문에 점유율은 그다지 높지 않은 실정이다.

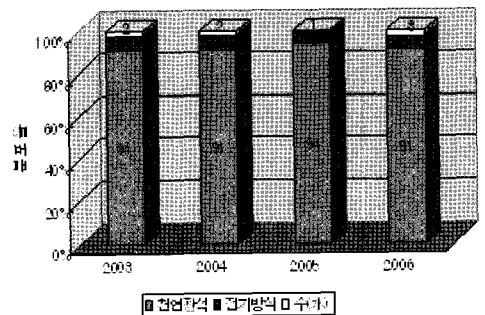


그림 1. 연도별 음이온 발생 적용방법

2.2 음이온 발생 적용법의 안전성

음이온 발생 방법 중에서 천연광석을 이용한 방식은 방사성 물질을 도료와 섬유에 연입하거나 도포하여 방사선을 방출시켜 공기를 이온화시켜서 음이온을 만들어 내는 것이므로 이 방식을 채택하고 있는 제품으로부터는 미량의 방사선이 나오고 있으며 그 제품을 사용하면 당연히 피폭을 하는 것으로 된다. 그 양은 극히 얼마 되지 않으며 지중(地中)에 있는 라듐이나 라돈이 방사성 광석으로부터 나오고 있는 양, 혹은 태양빛에 의해 생성되는 자연방사선의 양과 비교 하여도 적은 양이다. 방사선량의 안전기준이 국제 방사선 방호위원회(ICRP)에서 정하여져 있는데 안전기준으로 일반 소비자에게 허용되는 방사선량은 자연 방사선(연간 2.4 mSv (밀리시버트))과 의료피폭을 제외하고 연간 1 mSv 이하로 정하여져 있다. 유엔 산하의 전문기구에서 발표한 바에 의하면 자연 방사선도 세계 각 지역에 따라 다르지만 년간 평균 약 2 mSv 정도라고 한다. 이와는 달리 사람의 인위적인 행위에 의해 방사선이 생겨나기도 하는데 우리는 이것을 인공 방사선이라 부른다. 이렇게 방사선이 발생하는 근원에 따라서 자연방사선과 인공방사선으로 구별하고는 있지만 방사선이 가지는 성질이나 인체에 미치는 영향은 모든 특성이 자연방사선이나 인공방사선이 똑같다. 다만 피해야 할 방사선은 방사선작업에 종사하거나 그 작업장 주변에 가까이 가야 할 일이 있을 경우에는 가능한 한 방사선을 받지 않도록 하거나 적게 받도록 여러 가지 방법과 조치를 강구해야 한다. 실제 자연방사선에서 얻고자 하는 효과는 호르메시스(hormesis) 효과라 하여 널리 알려져 있다. 호르메시스 효과란 유해한 것도 소량이면 결과적으로 인체에 유리한 자극으로 되며, 생리학적으로는 유효한 효과를 초래하는 것을 뜻한다. 낮은 선량의 방사선은 이와 같은 호르메시스효과가 있다는 것을 미국의 렉커 박사가 발표하였다. 저선량의 이온화

방사선이 생물에 유익하며 생체 방어력을 증가시킨다는 사실은 오래 전부터 알려져 왔다. UN 과학위원회(UNSCEAR)의 최초보고서에는 작은 양의 감마선과 고속중성자에 피폭된 쥐와 모르모트의 수명이 길어졌다는 실험결과가 나와 있다. 이런 결과들은 UNSCEAR에 의해 선량 발단치가 존재한다는 사실을 입증하는 자료로 사용되었지만, 호르메시스 효과는 주목받지 못하였다. 방사선 호르메시스는 방사선이 저선량에서는 어떠한 해로운 영향도 없다는 개념을 뛰어 넘는다. 즉, 고선량에서는 볼 수 없는 새로운 자극 효과가 저선량 영역에서 일어나고, 이런 효과가 인체에 유익할 수도 있다고 역설한다. 1994년, UNSCEAR는 저선량의 방사선이 나타내는 자극과 적응효과에 관한 논문 405편에 대해 논평을 발표. 이 논평에서 DNA 재생 자극, 단백질 합성, 유전자 활성화, 중압단백질의 생산, 자유기의 해독, 수용기 막의 활성화, 성장인자의 방출, 면역 체계의 자극 등이 이런 호르메시스 효과에 포함되어 있다.

또 다른 음이온 발생 방법 중에서 전기발생식을 이용한 방식은 음이온식 공기 청정기에 널리 사용되고 있다. 한국에서도 최근 들어 새집증후군 등 환경성질환의 증가가 사회문제로 대두되면서 실내 공기 질에 대한 국민적 관심이 날로 높아 졌다. 미국 환경부에서도 in door air quality 라 하여 실내공기의 중요성을 강조하고 있다. 특히 현대인들은 하루 중 80~90%를 실내공간에서 생활함에 따라 건물 내에서의 공기환경에 대한 문제는 국민의 건강과 복지 측면에서 매우 중요한 정책과제가 아닐 수 없다. 이에 환경부에서는 2003년 5월에 「다중이용시설 등의 실내 공기 질 관리법」을 제정한 이래 사회적으로 영향이 큰 다중이용시설과 신축 공동주택을 중심으로 실내 공기 질 관리를 위한 법·제도적 기틀을 마련해 왔으며, 그 일환으로 2004년 6월 5일에 「실내 공기 질 공정 시험

방법」을 고시하여 측정의 기틀을 마련하였고, 2007년에는 이러한 바탕위에서 「실내 라돈 관리 종합대책('07~'12)」, 「지하철역 공기 질 개선대책('07~'10)」수립·추진 등 내실화하고 있다. 다중이용시설 및 신축 공동주택에 대한 공기 질 측정평가진단 특히 복합 건물 지하생활공간과 다수인이 이용하는 건물 등의 실내공기 오염이 중대한 환경문제로 대두됨에 따라 휘발성 유기물질, 포름알데히드, 미세먼지, 총 부유 세균, 라돈, 석면 등에 대한 전문적인 체계적이고 효율적으로 관리하기 위하여 측정평가 관리하고 있다.

새집증후군이란 신축아파트와 리폼 직후 실내에서 두통, 어지러움, 손발저림, 호흡곤란 등 다양한 신체이상을 호소하는 사람이 증가하고 있다. 이러한 건강장해를 '새 집 증후군' 이라고 부른다. 새 집 증후군의 원인으로 거론되는 것이 포름알데히드이며, 포름알데히드는 포르말린의 휘발물질로 주택의 건축자재와 접착제에 많이 사용된다. 우리들의 주택내부에는 이외에도 도료에 함유된 톨루엔, 키실렌 등의 유해한 화학물질이 표류하고 있다. 이런 환경에서 생활하는 경우 새집증후군이 발생하는 경우가 있다. 언론에서는 '포름알데히드'가 주범처럼 보도하고 있지만 단순히 그뿐 만은 아니다. 현대인의 생활에는 새집증후군의 원인으로 여겨지는 스트레스와 전자파, 휘발성 화학물질 등이 넘쳐나고 있다. 자신의 눈으로는 확인할 수 없는 이런 요인들이 복합적으로 작용하기 때문에 정확한 원인 해명에 어려움을 겪고 있다.

새집증후군의 증상으로 두통, 피로, 호흡곤란, 천식, 피부염 등이 있다. 포름알데히드가 농도별로 인체에 미치는 영향은 표1과 같다.

표 1. 포름알데히드가 농도별로 인체에 미치는 영향

농도 (ppm)	인체에 미치는 영향
0.05 ~ 1.5	신경 정신적 영향
0.05 ~ 1.0	냄새를 맡을 수 있음
0.01 ~ 2.0	눈 자극
0.1 ~ 25	상부 기도 자극
5 ~ 30	하부 기도와 폐에 영향
50 ~ 100	폐기종, 폐렴, 염증
100 이상	사망

또한 VOCs 종류는 Benzene(벤젠), Toluene(토루엔), Xylene(자일렌), Ethylbenzene(에틸벤젠), Styrene(스티렌) 등이며, TVOC는 총휘발성 유기화합물질로써 VOCs 종류를 포함하고 있으며 더 많은 종류의 물질을 말한다.

인체에 미치는 영향은 VOC(휘발성 유기화합물)은 대기 중에 휘발되어 악취나 오존을 발생시키며 피부 접촉이나 호흡기 흡입을 통해 신경계에 장애를 일으키는 발암물질 이다. 뿐만 아니라 생식기 장애, 알레르기 현상, 환경호르몬 등 인체에 해로운 현상을 유발한다. 이렇게 인체에 미치는 영향뿐 아니라 대기 중에 광화학 반응에 참여하여 광화학산화물 등 2차 오염 물질을 생성하기도 한다. 이러한 새집증후군의 예방법으로

- (1) 환기를 자주 시킨다.(제일 중요)
- (2) 공기정화기를 사용한다.
- (3) 자연소재의 마감재를 사용한다.
- (4) 지은 지 3년 이상이 된 집으로 이사한다.
- (5) 슛 제품 등 공기정화용 상품을 이용한다.
- (6) 난방을 세계 튼다.
- (7) 카펫 등의 사용을 줄인다.

이러한 봄 아래 마구 생산되어진 음이온식 공기청정기에 대하여 환경부의 실태조사 결과가 발표되었다. 환경부가 시중에 유통되는 공기청정기를 대상으로 공기정화 능력 및 인체에

유해한 오존발생량을 조사한 결과를 2006년도 5월 브리핑을 통해 밝힌 바에 의하면, 공기청정기 중 음이온식(음이온 공기청정기로 불리는 제품) 제품은 집진·탈취·유해물질 제거 등의 공기청정효과는 거의 없고 다수에서 오존이 기준치를 초과하는 것으로 나타났다.

조사에 따르면 음이온식 제품 9대 중 6대가 기준치(0.05ppm)를 1.4~10배 이상 초과 발생한 것으로 나타나 제품에 대한 관리가 시급한 것으로 나타났다.

다만 2개 제품은 기준치 이내였고 1개 제품에서는 오존이 검출되지 않았다. 이는 음이온 발생량과 오존발생량이 무관한 것으로 판단돼 제품별로 오존안전성 검증이 필요한 것으로 사료된다. 환경부는 조사 결과를 '공기청정기 성능기준 개선' 등에 활용토록 하고 상업자원부·기술표준원 등 관계기관과 협의하여 사전에 오존안전성 검증을 거치고 방출량 기준도 강화하는 방안을 검토 중이다. 또한 '오존발생 공기청정기의 실내사용에 따른 건강피해 예방을 위한 소비자 권고문'을 홈페이지에 게재 하고 환경부, 한국소비자보호원, (사)한국공기청정협회 공동으로 '오존안전성 검증 서비스'를 실시할 방침이다.

표2. 각국의 오존 관련 규제현황

실외 대기 기준	미국 환경청(EPA)	0.08ppm (8H 평균)
	캐나다	0.082 (1H 평균)
	WHO	0.06ppm (8H 평균)
	한국	0.06ppm (8H평균), 0.1ppm (1H평균)
실내 대기 기준	미국산업안전보건국(OSHA)	0.10ppm (작업장, 8H평균)
	미국식품의약품안전청(FDA)	0.05ppm (실내사용의약품장치)
	한국 환경부	0.06ppm (다중이용시설 등)

또한 환경부는 새로 짓는 공동주택의 실내 공기 질 권고기준을 확정 짓고 2006년 1월 1일부터 시행한다. 이에 따라 100세대 이상의 아파트에서는 실내공기에 포함된 포름알데히드가 210 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하, 벤젠 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하가 되도록 해야 한다. 권고기준에 따른 오염물질의 기준은 표3과 같다.

표3. 오염물질 권고 기준

오염물질	권고기준
포름알데히드	210 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하
벤젠	30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하
톨루엔	1,000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하
에틸벤젠	360 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하
자일렌	700 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하
스티렌	300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하

환경부는 이와 같은 내용의 '다중이용시설 등의 실내공기질관리법 시행규칙 일부 개정령'을 확정·공포했다. 이번 시행규칙 개정으로 시공자의 친환경 건축 자재 사용이 늘어나 새집증후군 예방에 도움이 될 전망이다.

'다중이용시설 등의 실내공기질관리법'은 건축허가를 신청한 100세대 이상 공동주택의 시공자로 하여금 주민 입주 전에 실내공기질을 측정해 공고토록했으나, 실내공기질이 적절한지를 판단할 기준이 없어 문제점으로 지적되어 왔다.

한편 필터식과 복합식 제품은 유해물질 제거 등의 실내 공기질 개선 효과가 있고 오존 방출량도 국내외 기준치 이내인 것으로 나타났다. 습식제품은 암모니아·초산 등의 제거효율이 높고 오존은 발생하지 않았으나 유해물질 제거효율은 높지 않은 것으로 조사됐다.

차량 내부에서 포름알데히드 성분이나 엔진 등의 유해 물질이 배출되기 때문에 종종 머리가 아프거나 숨이 막히는 경우가 있다. 차량용 공기정화기는

이러한 유해 물질을 흡수하고 차량 내 악취를 제거하는 등의 역할을 해 장시간 운전하는 운전자들로부터 인기를 끌고 있다.

문제는 온라인에서 판매되는 차량용 공기정화기 가운데 일부 제품에서 인체에 유해한 오존을 배출한다는 사실이다. 한국 소비자원의 발표에 따르면 시중에 유통되는 차량용 공기정화기(음이온 발생 방식 이용) 21개 가운데 8개 제품이 가정용 공기청정기의 오존 발생 기준인 0.05ppm을 초과하는 것으로 나타났다. 자동차용 공기정화기는 정화방식에 따라 필터방식, 음이온 발생방식, 전기집진방식, 복합방식, 워터필터이용방식 등 여러 종류가 있는데 이 가운데 음이온 발생방식을 이용한 자동차용 공기정화기 상당수에서 오존이 검출된다는 것이다. 오존이 검출된 음이온 공기정화기는 내부에 수천 볼트의 전압을 흘려 음전압을 걸면 공기층의 절연이 파괴되는 코로나 방전에 의해 음전기를 띤 전자를 만드는 방식(스파크 방식)을 이용한다. 그러나 이렇게 발생된 음이온이 전리를 일으킬 수 있을 정도의 에너지를 가지고 고속으로 공기 중에 방출되면 오존을 발생시켜 점막을 손상시키고 알레르기 질환을 심화시키는 등 오히려 건강에 해가 된다.

국립 환경 과학원 자료에 의하면 보통 실생활에서 8시간동안 평균 0.06ppm의 오존에 노출되지만 그보다 강한 농도인 0.05~0.1ppm에 30분간 노출되면 불안감을 느끼게 된다.

또한 점차 강한 농도에 오랜 시간 노출될수록 위험도가 커지는데 0.05~0.6ppm농도에 1시간 노출되면 천식 환자의 발작 빈도가 증가하며 0.08ppm의 오존에 3시간 노출될 경우 두통과 눈에 자극을 느끼고 0.1ppm의 오존에 1시간 이상 노출되면 시각장애와 폐포 내 산소화산력이 저하되는 것으로 알려졌다.

차량용 공기정화기에 의한 오존 발생이 문제가 되면서 현재 국내에서 생산되는 정화기 대부분은 오존 발생 가능성이 높은 스파크에 의한 음이온 발생방식 사용을 피하고 있다.

그러나 시중에 판매되는 차량용 공기정화기는 가짜 저가 모델과 외국산 수입품이 많아 소비자들이 구별할 방법이 없다는 것이 문제로 남아 있다.

업체 관계자는 “오존 배출을 최소화하기 위해 막대한 돈을 투자해 기술을 개발했지만 외국산 수입 물품이나 저가 짝퉁 제품에 밀려 피해를 보고 있다”며 “소비자들이 제대로 된 제품을 구입하기 위해 더 많은 관심을 기울여야 한다”고 목소리를 높였다. 이와 함께 차량용 공기청정기에 관한 안전기준이 마련해 철저한 관리·감독이 필요하다는 주장도 제기됐다.

한국소비자원 관계자는 “차량용 공기청정기는 교류전원(플러그를 꽂아 사용하는 제품)을 사용하지 않기 때문에 전기용품 안전기준이 적용되지 않는다”며 “안전기준이 마련된 가정용 공기청정기의 기준을 빌려와 검사했다”고 말했다. 필터 방식의 공기정화기를 사용하는 경우 교환 주기를 철저히 지켜야 하며 특히 스파크를 일으켜 음이온을 발생시키는 공기정화기를 구입하지 않는 것이 오존 발생을 방지할 수 있는 방법이다.

아울러 전문가들은 차량내 공기정화기를 설치한 경우에도 자연공기가 어느 정도 순환되도록 주기적으로 환기 시켜줘야 한다고 충고했다.

이처럼 아직 한국에서는 많은 음이온제품들에 대한 안전기준이 마련되어 있지 않다. 뿐만 아니라 이러한 제품들을 정확히 평가 할 측정법이나 산업 안전규격 등에 대한 정비가 시급한 형편이다.

(다음호에 계속)

- 이 원고는 제14회 韓·日 원적외선 심포지엄 및 동아시아 기능성이온협회 오사카 국제심포지엄에서 발제하였습니다.