신기술 전략으로서의 음이온 응용과학

최태섭 : 사단법인 한국원적외선협회 전무이사

1. 서론

최근 이슈가 되고 있는 뉴트리노(neutrino)(중성전기를 띠지 않는 소립자)와 달리, 음이온은 대기 중에서 지표면에 가깝게 떠다니는 전하입자의 하나이다. 현재 「이온」의 정의에 대한 기본적인 인식은 개별 전문영역에서 미소한 차이로 다른 이론이 정착된 상태이며, 이로 인하여 아직 이 분야에서는 합의점을 도출해 내지 못하고 있다. 그러나 근래에는 방송매체로의 전파와 다양한 기획에 의해 사회의 이슈로 부각되었으며, 점차적으로 응용확대 영역이 광범위해지고 있다.

이러한 가운데 음이온이 가진 물리적 및 의학적인 특성을 적용하여 음이온 기능탑재 에어컨과 공기청정기, 헤어드라이어, 이온전동칫솔 등 많은 연구 성과를 학회에 발표함으로서 세계 응용과학분야에 제안하여 시장수요가 활발히 성장하는 결과를 이룩하였다. 또한, 여러 가지 테마에 관하여 기술도입과 이전을 진행하고 있지만, 요즘과 같은 발전적인 기술혁신 시대를 고려하여 판단한다면 이온의 다양성을 응용과학이라는 관점에서 미래의 새로운 기술전략으로서의 가능성에 대하여 고찰한다.

2. 공기이온이란 무엇인가?

「공기이온」이란 공기 중의 원자 또는 분자가 + 또는 - 로 대전한 상태를 말한다. 공기이온에는 양이온 및 음이온이 포함되고, 「양이온」은 원자 또는 분자가 전자를 잃어 +로 대전한 것이며, 「음이온」이란 원자 또는 분자가 전하를 얻어 마이너스로 대전한 것을 나타낸다.

「양이온」은 「Positive ion」이라고 표시하고, 기호로서 「+Ion」이 이용된다. 「음이온」은 「Negative ion」이라고 표시하고 「- Ion」이 기호로 이용된다. 「공기(대기) 이온」에 대해서 각종 사전에는 다음과 같이 해설하고 있다.

【대기이온】

대기는 질소, 산소가 주성분이며, 이 외에도 수증기, 탄소가스와 미량의 가스가 섞여 있다. 이들 분자는 지구에 기원을 두는 방사능과 지구 밖으로부터 들어오는 우주선에 의해서 끊임없이 전리되고 있다. 그 결과, 몇몇 분자가 송이모양으로 결합하여 전자 1개분의 양 또는 음으로 대전한 입자가 만들어져 대기 속에 안정된 형태로 존재한다. 이것이 소(小)이온이며, 소이온은 전리로 인해

발생되는 한편, 이 음 · 양 이온이 중화하여 원래의 중성분자로 되돌아가는 작용과, 대기 중에 떠다니는 미립자에 부착하여 대이온으로 변하는 작용에 의해서 소실되며, 발생 · 소실의 평형관계로 대기 속의 농도가 정해진다.

대기 중의 떠다니는 입자는 에어로졸(aerosol : 煙霧質)이라고 총칭되며, 그 최소는 소이온의 1,000배 정도의 크기를 가진다. 소이온이 부착되어 대전한 에어로졸을 대(大)이온이라고 한다. 대기의 전도율 즉 〈대기전도율〉은 소이온 농도로 정하므로, 에어로졸 농도가 높은 대기 즉 오염된 대기는 소이온 농도가 낮아, 대기전도율은 낮아진다.

(『기상사전』증보(增補) 平凡社版, 1999)

【대기이온】

대기 중에 떠다니고 있는 대전 미립자를 말한다. 소이온과 대이온이 있는데 두 이온 모두 크기도 원인도 다르다. 우주선 등에 의해 전리된 공기분자가 계속해서 발생되는 일련의 화학반응과 수화반응의 결과, 비교적 안정된 대전 분자단으로 변한다. 이것이 소이온이다. 양의 소이온 대표 예는 $H_3O^+(H_2O)n$, 음의 소이온은 $O_2^-(H_2O)n$, $CO_4^-(H_2O)n$, $NO_3^-(H_2O)n$ 등이다. 대기이온은 대기 중의 전장(電場)에 의해 이동하여 전류를 형성한다. 다시 말하면 대기이온은 대기에 전기의 전도성을 줌으로, 크기(전기전도율)는 거의 소이온 농도에 의해서 결정된다.

(『기후학 · 기상학사전』二宮書店, 1985)

【Langevin ion】

대이온의 별칭. 프랑스의 Langevin의 이름을 따서 명명하였다. 전하를 띤 에어로졸 입자의 이온. 따라서 그 입경은 0.01~10㎛ 범위이다. 에어로졸 입자의 대전은 양 또는 음의 소이온과의 충돌부착에 의해 발생한다. 확률은 입경이 클수록 높다. 평형상태의 에어로졸 입자 속 대이온의 존재비율은 반경 0.01㎛으로 음 · 양 합해서 약 30%지만, 0.1㎛에서는 70%이상에 달한다. 0.05㎛이상의 대이온에는 소전하를 2개 가진 것도 무시할 수 없게 된다.

(『기후학 · 기상학사전』二宮書店, 1985)

【대기이온】

공기분자가 방사선이나 우주선을 받아 전리된 것을 소이온이라고 한다. 보통 수분(원)자로부터 되어 있다. 소이온이 Aitken입자에 부착하여 대이온이 된다. 대기 중의 소이온 발생량은 음 · 양 이온의 결합, 대이온의 이동 등의 감소량과 적합하다. 대기이온의 이동은 대기전기학 이 외에 뇌운(雷雲)의 전하분리기구, 인체로의 영향 등과 관련하여, 구름물리학, 생기상학에서도 문제가 된다.

(『과학대사전』, 丸善, 1985)

【대기이온】

《지구》대기 중에 존재하는 양 또는 음의 전하를 띤 원자와 분자 및 이들의 집합체를 말한다. 저층대기에서는 상대적으로 물질이 크고 전기적 이동도의 값이 작은 이온이 존재하는데, 에어로졸 입자가 대전한 것을 포함하여 대기이온이라고 불리는 경우가 많다.

(『理工學辭典』일간공업신문사, 1996)

【대기이온】

대기 중에 존재하는 이온. 크기 또는 이동도(移動度)에 의해서 소이온 · 중이온 · 대이온 등으로 분류된다. 전자(電子)를 음이온으로 포함하는 경우도 많다. 소이온은 분자1개 정도, 지표에 가까운 공기 중의 수는 600~700개/㎤ 정도로, 양이온이 조금 많다. 중이온은 분자가 1,000개 정도, 대이온은 수 만개 정도 모여 있는 것이다. 대이온은 Langevin ion이라고도 불리며, 전하를 띠지 않은 중성핵(中性核)과 함께 응결핵의 활동을 한다. 매연이나 먼지가 많은 대도시에 많고, 1㎤ 속에 수 만개가

있다. 대이온이 이와 같이 많아지면, 소이온은 훨씬 줄어져서 100개 이하가 된다. 대기의 전기유도율에는 이온수와 동시에 이동도도 관련되어, 소이온이 많은 쪽이 전도율은 높다. 대기이온은 방사선 외 각종 원인에 의한 전리(電離)로 생성된다.

(『岩波理化學辭典』제5판, 岩波書店, 1998)

【공기이온】

공기 중의 미립자의 양 또는 음으로 대전한 것. 기체 분자정도의 크기가 경(輕)이온, 큰 것을 중(重)이온이라고 한다. 이온의 변화는 인체에 생리적 영향을 미치는데, 그 발생원인은 자외선, 물질의 미립자화, 열작용, 복사선, 우주선 등이다.

(『建築大辭典』제2판, 彰國社, 1993)

【대기이온화】

《물리》높은 에너지 입자와의 충돌에 의해서, 대기 중의 전기적으로 중성입자가 전하를 가지게 되는 과정.

(매크로빌 기술용어대사전』개정 제3판, 일간공업신문사, 2000)

【대기전기】

자연현상으로서 대기 중에 나타나는 전기현상을 총칭하여 대기전기라고 하고, 이 현상을 다루는 과학을 대기전기학, 영어로는 atmospheric electricity라고 한다. 대기전기현상은 전기현상과 밀접하게 연관되어 있다. 번개가 대표적 예로 직접 눈과 귀로 감지할 수 있지만, 일반적으로 대기전기현상을 관측하려면, 보통 기상관측기라는 다른 측정장치가 필요하다.

번개를 일으키지 않을 경우라도 심한 비, 눈 · 우박 등을 내리게 하는 구름 속에서는 음 · 양 전하의 분리 · 축적이 이루어진다. 또 대기는 완전한 절연체가 아니라, 아주 극히 작은 전류를 통하는 성질을 가져, 청천무풍일 때 지표는 음으로 대전되고, 상층 대기에는 양전하가 분포하여, 대기 중에서는 수직으로 위쪽이 높고 아래쪽이 낮은 전위분포가 생기게 된다.

이것을 《대기전기장》이라 부르며, 이 때문에 상층에서 지표를 향해 흐르는 전류(1㎡당 3×10-13A)를 〈공지전류〉 라고 한다. 대기가 매우 미약하지만 전도율을 갖는 것은 대기이온이라고 불리는 전하입자가 대기 중에 존재하고, 전위차에 따라서 이동하기 때문이다. 청천영역에서는 공지전류에 의해서 상층에서 지표로 양전하가 운반되지만, 악천영역 특히, 뇌운(雷雲) 하에서는 빗방울이나 우박으로 운반된다. 또 뇌 방전 전류로 되어 음전하가 지표로 운반되어, 지구 전체로 보면 전하의 평형이 이루진다. 지구와 이것을 둘러싼 고층의 흑성 공간(전리권)은 금속과 같이 전하가 자유로이 이동할 수 있는 도체이지만 지표로부터 높이 65㎞까지는 지표 부근과 같은 대기로 채워져 있기 때문에 전하를 이동시키는 성질 즉 전도율은 매우 낮다. 바꿔 말하면 지구도체와 흑성공간 도체와는 대기층이라는 저항체로 전기적으로 연결되어 있다. 뇌(雷)발전기가 지구도체에 대하여 흑성 공간도체의 전립을 극히 높은 양의 값으로 유지한 결과, 위에서 설명한 대기자기장을 발생하여 대기층이라는 저항체를 통해 공지전류가 흐른다. 대기전기장은 지구 위에서 동시에 활동하고 있는 뇌운의 총 수에 비례하며, 이 수는 1,800개라고 하는 평균값을 중심으로 유럽 · 아프리카대륙이 태양에 마주 대하는 시각에 극대로 되고, 반대쪽인 태평양 중심부가 태양에 인접할 때 극소가 된다.

극지나 태양의 위치 등에서 국지적인 기상의 영향을 받지 않을 때 대기전기장을 연속기록하면, 지구상의 모든 뇌운(雷雲)수의 증감과 같은 24시간 주기의 변화가 관측되고, 이 평균은 수직거리 1m당 120V라는 값이 된다.

【이온】

중성의 원자 또는 원자단이 1개 또는 몇 개의 전자(電子)를 잃거나, 1개 또는 몇 개의 전자를 얻어

발생하는 입자를 말한다. 예를 들면 나트륨이온 Na^+, 염화물이온 Cl^-, 염소산이온 ClO_3^- 등이 그것이다.

어떤 종류의 물질(고체 전해질)을 가열하고 융해하여 그 전기저항을 측정하여 보면, 융해액의 전기저항은 작고, 전기를 통하는 성질을 가지고 있다. 또 이러한 종류의 물질에 대한성질요소를 조사해 보면 최소단위의 크기는 원자와 분자의 크기와 같은 정도(1Å $=10^{-10}$m정도)지만, 전기적으로 중성 원자나 분자와는 다른, 양 또는 음의 전하를 가지고 있다. 역사적으로 거슬러 올라가 보면, 전해질 용액에 전류를 흐르게 하여 전기분해를 할 때에 anode(양극)로 향해 이동하는 입자와 cathode(음극)로 향해 이동하는 입자가 있다는 점에서 M. Faraday가 〈이동한다〉라는 뜻의 그리스어 ionai에서 따와 이온이라 명명했으며, 캐소드로 향하는 입자를 cation, 어노드로 향하는 입자를 anion이라고 한다.

이온의 대전 원인이 한개 또는 여러 개의 전자 수수에 의한 것으로 알 수 있듯이 이온이 가진 전하의 양은 전기소량 e ($=1.6021892\times10^{-19}$C)의 정수(정 또는 부)배와 같다.

이 정수의 값은 이온가(valency), 이온의 가수, 이온의 전가 등으로 말하며 이온을 표시할 때에는 이 이온가와 전하의 부호를 화학식의 오른쪽 위에 붙여서 예를 들면, H^+, Ca^{2+}(또는 Ca^{++}), SO_4^{2-}(또는 SO_4^{--})등과 같이 쓴다. H^+는 1가의 양이온, Ca^{2+}는 2가의 양이온, SO_4^{2-}는 2가의 음이온이다.

이온은 전해질의 용해액(용융염)이나 용액 속에서 생성될 뿐만 아니라, 기체방전이나 기체의 방사선조사, 분자 속에서의 전자이동 등에 의해서도 생성된다. 이와 같은 이온생성현상을 이온화 또는 전리라고 한다. 특히 해리(解離) 또는 방사선으로 인해 이온이 발생할 경우는 전리라고 부르는 것이 보통이다.

【수용액속의 이온】

평상시(상온, 대기압)에 이온이 존재하기 쉬운 곳은, 수용액과 같은 극성액체 속에서 이다. 대기에서는 고온, 저압의 상태에서만, 어느 정도의 이온이 존재할 수 있다. 또 용액염도 고온의 용해 상태를 유지함으로써 처음으로 이온의 특성(예를 들면, 전기분해 등)을 확인할 수 있다. 수용액 속에서 이온이 쉽게 존재할 수 있는 것은 이온과 용매인 물과의 상호작용, 즉 수화(水和)라고 불리는 용매화 현상 때문이다. 이온은 대전하기 때문에, 다른 부호의 이온끼리 강하게 끌어당기고, 같은 부호의 이온끼리는 강하게 서로 밀어낸다. 그런데 수용액 속에서는 수화작용 때문에 이온끼리의 정전적인 상호작용이 약해질 수 있어, 이온으로서 존재하기 쉬워진다.

(『세계대백과사전 · 년감 · 편람 · 지도』, 日立 Digital 平凡社, 1998)

3. 음이온 응용과학이란

음이온 응용과학이란, 여러 학문영역에서 다루어지고 있는「이온」의 물리적, 화학적, 생리적인 특성을 폭넓은 공업 분야로 응용하고, 새로운 미래 산업과 경제발전에 기여하는 학문이다. 현재, 이온은 충분하게 해명된 완성된 기술은 아니지만, 이미 가전분야에서 이온탑재제품은 표준사양이 되었고, 생활 속에 자연스럽게 이용되기 시작했다. 향후, 마이너스 이온을 응용한 기술은 다방면으로 확대될 것으로 생각되지만, 건전한 시장의 발전에는 적절한 근거가 필요하므로, 음이온응용과학의 학문으로서 체계화가 불가결하다.

3-1 이온의 이해와 인식

일반적으로 이온이란 물질의 원자나 원자단 또는 분자에 대전한 (+)와 (-)의 전하를 띤 아주 작은 미립자를 의미한다. 보통 물질은 고체상(固相), 액체상(液相), 기체상(氣相)의 3相이 있는데 이온은 프라즈마와 같이 제4상태의 크러스트이다.

대기 중에서는 대기성분이 전리되어 전자(電子)와 플러스 초기이온이 발생한다. 그 틈으로부터 여러 종류의 대기미량성분과 반응하여, + · -의 핵이온이 된다. 핵이온은 수분자를 포함한 기타 분자와 결합하여 크러스트 이온이 된다. 이것이 일반적인 해석으로 본 대기이온이다.

〈이온이란〉

①우주와 지구에 존재하는 전하를 띤 원자, 원자단 또는 분자를 말한다.

②공기나 물 등에 떠있는 용해하는 양극의 전하를 가진 미립자이다.

③기능성을 가진 제4상태인 - 고체 · 액체 · 기체 · 이온.

④플러스(正 · 陽 · Positive · cation)와 마이너스(負 · 陰 · Nagative · anion)등 이라고 한다.

⑤공기이온에는 대이온과 중이온, 소이온, 또 중(重)이온과 경(輕)이온이 있다.

⑥대기 중의 양이온이란 지표부근에서 암모늄이온이 되고, 또 수소이온(H^+)이 수화(水和)된 옥시늄이온 (H_3O^+)(H_2O)n 이다.

⑦마이너스이온이란 산소이온, 산소핵 radical ion, 히드록실이온이다.

⑧마이너스이온이란 지표부근에서 초산이온, 이외에 탄산핵, 유산핵 등의 이온이 있다.

⑨마이너스이온이란 전자 e- 이다.

지금까지 자연계에서의 양이온은 주로 수소이온 (H^+)이 물분자와 결합하여 옥시늄이온(H_3O^+)이 되고, 여기에 물분자가 부착되어, 수화(水和)된 옥시늄이온 (H_3O^+)(H_2O)n형으로 대기 속에 존재하고 있다.

한편, 마이너스이온은 산소이온(O_2^-), 탄소이온(CO_3^-), 초산이온(NO_3^-)으로 우주와 방사선으로부터 전자(電子)가 물분자에 부착, 수화함으로서 안정된 각각의 핵이온으로 적외선효과와 전기분해로 생성된 $OH^-(H_2O)n$ 히드록실이온의 존재가 오래전부터 알려져 왔다. 그 밖에 $CO_4^-(H_2O)n$, $C_3H_3O_4^-(H_2O)n$, $CH_3SO_3^-(H_2O)n$ 등도 후보에 올라있다.

최근에는 지표면의 마이너스이온은 주로 초산이온으로, 양이온은 암모늄이온이라고 명명되기도 한다.

또, 인공적인 코로나방전이나 전자방전식, 레너드방식 등에서는 $O_2^-(H_2O)n$의 음이온이 생성되지만, 대개 산소이온, 산소핵 래디컬 이온, 히드록실이온인 것은 일반적으로 공통된 인식이다. 그러나, 자연계에서 생성된 공기이온과 인공적인 방식에 의해 생성된 이온의 핵종류와 작용기초가 공통이라는 보증은 어디에도 없다. 또, 공기이온 이외의 음이온의 인식으로서, 전자(e-) 그것이라는 보충방법도 있다.

3-2 각 영역에서의 이온해석

아래에서는 각각의 전문영역에서 이온의 보충방법을 참고로 나열하였다. 일반적으로 공기이온의 경우는 ⑥의 대기전기학으로부터 해석되는 경우가 많다. 이온해명의 초기단계에서는 화학 수용액이나 전해질의 면에서 파악되는 경우가 많다. 수화이온에서의 보충방법은 거의 같아, 본질적으로는 공기와 물의 이온도 생체이온과의 생명 · 에너지 연쇄 속에서 존재하고 있으므로 원자의 시점에서는 공통된다.

〈각각의 영역으로 본 이온해석〉

①화학(용해, 수용액, 전해질, 미네랄)

②전기(전기 이동, 다이오드, 반도체, 정전기, 자기)

③물리(원자구조, 우주선, 암흑물질, 소립자, 전자파, 고체물리)

④의학(생체이온, 전해질, 생체미량원소, 방사선 홀미시스)

⑤온천기후학(온천의 음양이온성분, 삼림욕, 사우나)
⑥대기전기학(뇌(雷) 연구, 에어로졸, 대기전장(電場))
⑦지구혹성과학(오로라, 태양코로나, 프라즈마, 해류, 자기폭풍)

3-3 이온발생의 원리와 계측법의 문제점

이온의 상태를 크게 3가지로 구분해 보면 ①방전·해리, ②용해·수화 ③대전·정전 등으로 분류할 수 있다. 이러한 어구와 상태는 명료하게 구분할 수는 없지만, 주로 ①은 공기 등의 기체, ②는 물 등의 액체 ③은 금속·비금속 등의 고체 표면 등에서 관찰할 수 있는 현상이다.

그러나 이러한 이온은 모두 공기이온의 계측방법으로 관측할 수 있을 뿐만 아니라, 개개의 전기에너지 질·량에 따른 계측방법을 필요하게 된다. 위와 같은 오해가 최근 마이너스이온을 정확하게 평가하는데 있어서의 문제점을 유발하고 있다.

이온주위에는 전자계, 정전기, 방사선, 전자볼트, 분자량, 산화환원전위, 전기 등이 있고, 쿠롱, 씨벨트, 몰, MeV, mV, 가우스 등의 단위가 있다. 이전부터 공기이온의 단위는 개/cc 또는 개/㎤이였으며, 때로는 이 단위로 정리하는 과정에서 에너지마다의 변환식, 환산식이 필요하게 된다.

지금까지, 여러 종류의 이온계측장치라는 기계가 시중에 많이 나와 있지만, 연구계측용으로 만족할 수 있는 장치는 희박한 실정이다. 현재 실용이온농도계측에 근거한 것은 구 전기시험소에서 사용되고 있으며, 전 세계에서도 과거 1세기에 걸쳐 사용되어 왔던 2종류의 원통을 이용한 겔 디엔법 정도이다. 향후, 계측법의 표준화, 국가공업표준화는 매우 중요하지만, 앞에서도 설명한 바와 같이 다양성을 규명하고 각종 이온의 실체에 꼭 맞는 계측방법의 선택이나 고정이 필요하며, 따라서 더 많은 지식과 현장의 소리를 교환하는 의논이 매우 중요하다. 반대로 현실과 동떨어져 폭이 좁고, 실용성, 범용성이 결여된다면 불행한 결과를 초래할 것이다. 정밀계측, 간이계측을 불문하고, 이온계측법의 표준화는 마이너스 응용과학의 하나의 과제가 되고 있다.

3-4 이온 응용화 기술의 종류

지금까지 알려져 있는 이온화 발생방법을 나열해 보면 다음과 같다. 전기에 의해 정상적으로 발생시키는 것, 물과 불, 광석, 금속, 방사선 등으로 이온화하는 것 등 여러 가지다.

〈여러가지 이온발생방법〉
①코로나방전 (2극 방전 : 공기청정기, 에어컨)
②레너드 방식 (물의 해리(解離) : 폭포수의 효과, 분무대전(帶電), 공기청정기)
③전자방사식 (단극방전(單極放電) : 공기활성기, 물과 기름의 分子帶電)
④연소식 (금속의 작열, 공기의 연소 : 가스, 양초, 목탄 등)
⑤정전유도식 (마이너스 전위부가 : 전위 치료기, 이종 귀금속, 마찰내전)
⑥광촉매식 (금속, 산화티탄, 공기청정기, 탈취)
⑦방사성물질 (라돈, 라듐, 온천광석 등)
⑧전기석 (토르말린, 수정, 호박 등)
⑨천연광석 (자철광, 의왕석, 맥반석, 장석, 흑요석 등)
⑩숯 (비장탄, 죽탄, 송과탄, 과실탄, 곡탄 등)
⑪미네랄소재 (산호, 조개, 화석, 규조토, 점토 등)

제23호에 계속

출처 : 空氣マイナスイオソの科學と應用