

이온시너지촉매와 그 응용



김종철 | 북경교통대학 중국건축재료과학연구원 교수

광자촉매는 태양 및 방사선에너지를 이용한 촉매로서, 태양광, 방사선과 이온광물의 시너지효과를 가진 촉매를 이온시너지(Ion Synergy)촉매라고 한다.

광촉매는 1972년 사용되기 시작하여^[1,2]현재는 항균재료와 물의 정화를 위한 환경재료로서 응용되고 있다. 그것과 동시에 전기석의 응용도 일본에서 시작되어 환경개선, 건강소재로서 여러 제품이 개발되어 왔다. 전기석은 이온을 지닌 광물임과 동시에 음이온을 발생시키는 촉매이기도 하다. 저자의 생각으로는 태양광, 방사선의 자연력을 이용한 전기석(또는 TiO_2) 및 회토류재료의 시너지효과를 가진 광자-이온시너지촉매(약칭으로 이온시너지촉매)를 개발했다. 그 개요를 소개하겠다.

1. 전기석(Tourmaline)은 이온촉매이다

전기석은 1703년 스리랑카에서 채굴되어져, 1717년 Louis Lemery에 의해 전기를 가진 돌이라고 설명되어졌다.

1989년 쿠보테츠지로(久保哲次郎)의 물 전기분해 실험에 의해 전기석은 자발전극으로서 영구전극(per-

manent element)이기도하다고 보고되었다.^[3] 그 후부터 전기석은 환경과 건강 방면에서 연구개발이 활발히 이루어졌다. 전기석은 이온을 함유한 규산염광로서 그 화학식은 $XY_3Z_6[Si_6O_{18}][BO_3]_3(O,OH,F)_4$ 이 중에서 $X=Ca,K,Na$; $Y=Fe^{2+},Mg^{2+},Al,Li,Fe^{3+},Mn^{2+}$; $Z=Al,Cr^{3+},Fe^{3+}$ 이다. 중국에서는 운남, 신장, 내몽골, 요령, 광서성에서 발굴되어왔다. 광서 지역에서 채굴된 흑석의 계산식은 $(Na_{0.63}Ca_{0.15})_{0.75}(Fe^{3+}_{1.12}Mg^{2+}_{1.07}Fe^{2+}_{0.93}Ti_{0.02})_{3.14}(Al_{5.74}F_{e^{3+}0.26})_6Si_6(B_{2.31}O_9)(OH_{1.99},F_{0.14})_{2.13}$. 전기석을 세밀하게 분쇄한 대량의 광물 파괴 표면의 Na^+ , $Mg^{2+},Fe^{2+},Fe^{3+},B^{3+}$ 와 물의 반응으로 수산화된 표면은, 음이온을 띄게 된다. 주변의 물, 또는 공기 중의 양이온은 끌어당겨져서, 음이온농도는 높게 된다. H_2O 는 전기석의 금속이온과 영구전극에 의해 음이온과 수소가 나온다. 반응식은 $2H_2O+e \rightarrow H_3O_2^- + \frac{1}{2}H_2$ 이다. 그래서 전기석은 이온촉매라고도 한다.

2. 복사촉매는 안전한 건강재료이다.

1972~1989년 중국위생부(성)의 조사^[5]와 1980년 "Science"에 발표된 위이신(魏履新)등의 글에 의하면, 중국 광둥성 양강시는 인구 80,000명에 500km²지역을 이루고있고 화강암내의 높은 방사선세기를 나타내는 높은 탈륨의 농도는 352Bg/kg이다. 반면에 일반지역의 화강암내의 탈륨의 농도는 34Bg/kg이다. 연간 백만 명의 암으로 죽는 사망률 조사결과는 높은 방사선세기를 보이는 지역에 사는 아이들이 낮은 방사선세기를 보이는 지역의 아이들에 비해 키나 몸무게 같은 성장 면에서 더 좋은 것으로 명백하게 보여주고 있다. 방사선의 세기가 높은 지역과 낮은 지역의 암 발생률은 중국의 다른 지역에 비해서 낮게 나왔다. 중국의 각지 성과 시에서의 악성종양에 의한 평균 사망률은 다음과 같다. 높은 방사선세기를 보이는 광둥성 양강시는 44.9X10⁻⁵, 광둥성은 47.1X10⁻⁵, 상해시는 98.9X10⁻⁵를 나타낸다.

1982년 미국의 Luckey^[4]는 저선량 방사선의 생물적 플러스 효과를 주장했다. 자연방사성의 1000배의

정도가 건강상 최적이라고 발표한 것이다. 일본, 중국, 브라질의 자연방사성의 농도는 일본 0.2mSv, 중국 2.0mSv, 브라질 10mSv로서, 그 1000배를 건강 환경의 방사선 레벨로 하면 건강상 최적 방사성 레벨은 1~10Gy가 된다. 저자는 Th를 품은 희토류재료를 복사촉매라 한다. Th-RE^{3+/4+}/A.B.의 이온시너지 재료를 개발했다. RE는 Ce³⁺와 Ce⁴⁺의 희토로서, A는 전기석 B는 TiO₂ 혹은 ZnO이다. 복사재료를 0.5g~5000g을 사용할 경우, 복사강도는 1cm에 달한다.

$$I = I_0 G^m \dots\dots\dots (1)$$

I₀—1g의 1cm²에 해당하는 복사에너지

G—재료의 무게

m—무게의 계수로 이온시너지재료로는 m=0.25

복사재료에서 거리 Xcm인 지점의 복사강도는

$$I/I_0 = e^{-ux} \dots\dots\dots (2)$$

여기에서 공기의 흡수계수 u=0.05~0.1, BaSO₄는 u=0.2. 이하의 식에서 복사촉매의 안전사용량 및 안전거리등을 계산한다.

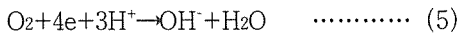
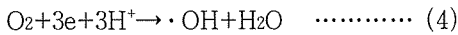
표1 이온에너지촉매의 효과

재 료 명	방 사 강 도 10μGy/h	이 온 생 산 량 Ion/cm ³	계산에 의한 전자 생산량 ↑ /g	들뜬상태인 분자의 생산량(비교)
Nano-TiO ₂	0.1	150	4X10 ³	1
Nano-ZnO	0.12	200	5X10 ³	9
Fe ²⁺ / Fe ³⁺	0.3	550	1.2X10 ⁴	5
Th-RE	4.8	4700	2.2X10 ⁵	17
Th-RE/A · B	10.0	9960	4.4X10 ⁵	23~100

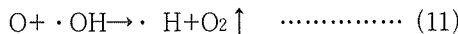
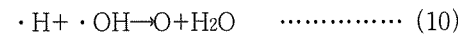
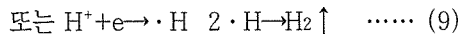
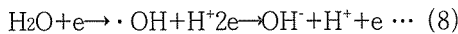
3. 이온시너지촉매의 반응원리

r사변을 방출하는 r선은 광자이며, 광자의 충돌에 의해 전자, 이온, 들뜬 상태인 분자 등 해리현상이 나타난다.

O₂의 반응:

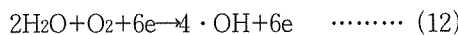


H₂O의 반응 :

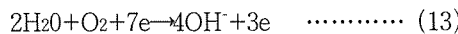


O₂, H₂O의 이온시너지반응

(4)식 + (8) X 3식 중, 6개전자에 의해

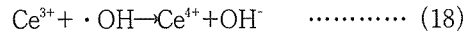
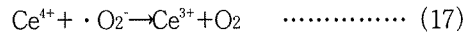
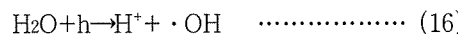


(5)+(8)X3식 중, 7개전자에 의해



식(12)(13)에서 보여지듯 2개의 H₂O, 1개의 O₂와 6개의 전자에 의해, 4개의 강력한 활성산소가 나와, 7개의 전자에 의해 4개의 음이온 나왔다.

λ < 415nm인 경우



(15),(16),(17),(18)식에 의해서 다음과 같이 식이 나온다.



일부분은 OH⁻+H⁺→H₂O이기도 하다.

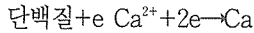
광자-이온시너지촉매반응모델은 표1에 나타내었다. 물, 공기, 토지에는 미량의 금속이온과 회토이온 등을 품고 있어, 이것들이 공기정화에 도움이 되는 것은 환경과학에서 밝혀져 있다. 광자→전자→들뜬상태인 분자→음이온의 반응은 금속이온과 변화회토이온이 촉매 역할을 한다고 생각된다.^[7] 그 반응은 순환이면서 영구적인 것을 이온시너지모델 그림1에서 볼 수 있다. 이 반응속도 및 그 효율이온의 산화-환원전위로 접근한다.

4. 이온시너지촉매의 효과

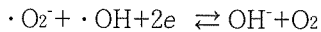
방사재료는 투과력이 강하고 높은 에너지를 가진다. 그러나 그 에너지를 먼 곳까지 분산하기 때문에, 유효적으로 이용하는 것이 중요하다. 이온시너지촉매와 TiO₂전기석의 효과를 비교한 측정결과를 표1에 나타내었다. TiO₂와 비교해서 이온과 들뜬상태인분자의 생산량이 20배 이상이 될 것이라고 보여진다.

5.광자 - 전자 - 들뜬상태인 분자축매의 응용

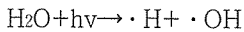
①전자의 충전에 의한 생명력의 강화(건강성장)



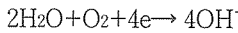
②들뜬상태인 분자를 줄여서 불로장수



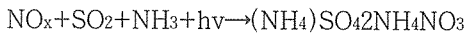
③물의 전기분해로 알칼리 환원수를 만든다



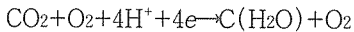
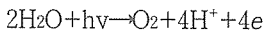
④음이온의 증가로 공기를 변화시킨다.



⑤공기를 정화시킨다



⑥광합성강화식물의 성장을 촉진한다.



⑦기름과 공기의 활성화로 에너지낭비를 감소시킨다.

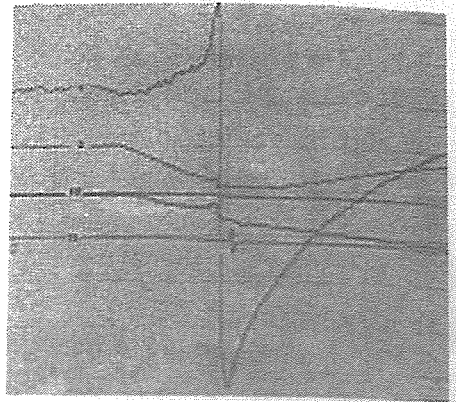
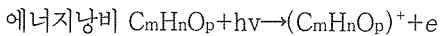
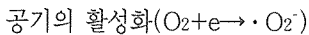
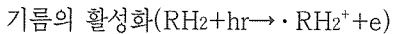


그림 2. TiO²와 비교한 들뜬상태인 분자의 생산량

이상과 같이 기능성이온재료는 식품, 건축, 섬유제품, 생활전화제품, 식물과 동물, 농업 및 에너지 등 각 방면에 좋으며, 건강을 위해서도 앞으로 크게 발전할 것이라고 기대된다.

주요참고문헌:

1. Fujishima A. and Handa K. Electrochemistry photolysis of water at semi-conduct electrode[J]. Nature.1972,238(37) :37-38
2. R.Asahi.T.Ohwaki.K.Aoki and Y.Taga.Science 2001 :293.269
3. T.Kubo,Interface Activity of water Given Rise by Tourmaline,Solid State Physics,1989,24(12)
4. T.D.Luckey.physiological benefits from low levels of ionizing radiation.Healthphys.1982,43:771
5. High-Background Radiation Research Groop, China.Health Surrey in high background radiation areas in China.Science,1980,209:877
6. Wei Luxin etal, High Background Radiation Research in yangjiang China, Beijin:Atomic Energy press, 1996:105.163
7. Jin Zongzhe. Zhang Zili etal, Photo-catalyze Rare Earth Materials with ability to translate free radicals into negative ions,J.of Rare Earths, 2005,2:183

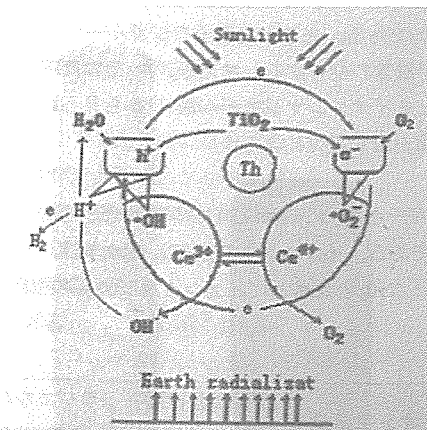


그림 1. 이온시너지 축매 모델