

# 나노 다이아몬드의 UV차단 효과

강 순국\*, 정 명규\*  
\*선문대학교 환경공학과

e-mail: kskang@sunmoon.ac.kr

## Cut off effect on UV of nanodiamond

Soon-Kook Kang\*, Myung-Kiu Chung\*

\*Dept of Environmental Engineering, Sunmoon University

### 요 약

대기 영역을 통과한 UV는 인간과 자연 환경 및 재료 등의 합성 물질에 대해 심각한 피해를 유발할 수 있다. 폭발과 산처리된 나노 다이아몬드 표면의 결가지 결합인  $Sp^2$ 결합체 내의 알킬기에 의한 광흡수 및 산란으로 UV를 차단할 수 있다. 본 연구에서는 폭발 및 산처리 다이아몬드와 나노급 흑연의 농도, 조성에 따른 수용성 현탁액에 의한 자외선 차단 효과를 조사하였다.

### 1. 서론

자외선은 인간, 자연과 나무, 플라스틱과 페인트를 포함하는 합성 물질에 대해 심각한 피해를 유발한다. 자외선 차단제로는 유기 및 무기물이 적용되고 있으며, 산화 티타늄이나 산화 요오드와 같은 무기 자외선 차단제는 반사와 산란을 통해서 자외선을 차단한다[1].

폭발법으로 합성된 나노 다이아몬드는 표면에 존재하는 이중  $Sp^2$ 결합체 내의 탄소에 의한 광흡수 및 산란에 의해 자외선 영역(UVA, UVB와 UVC)의 광을 차단할 수 있다[2-6]. 그러므로 본 연구에서는 폭발 및 산처리 다이아몬드와 나노급 흑연의 농도, 조성에 따른 수용성 현탁액에 의한 자외선 차단 효과를 조사하였다.

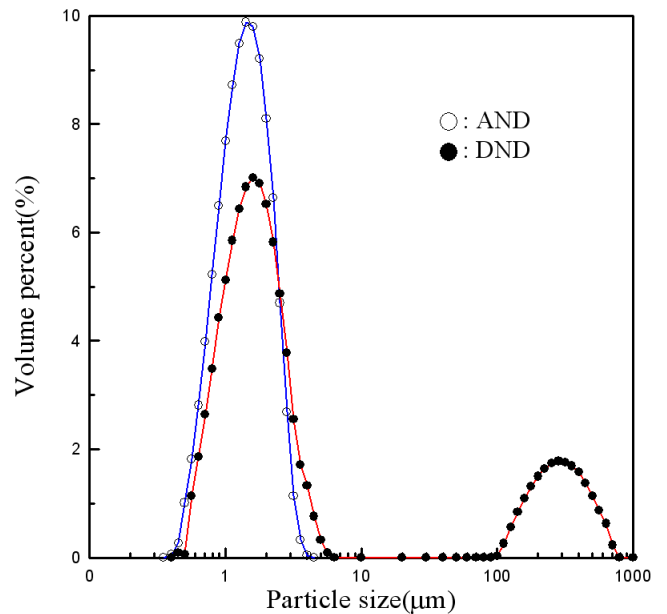
### 2. 실험

본 연구에 사용된 폭발 나노 다이아몬드는 Gansu Lingyun Co. Lanzhou, China에서 제조된 것으로 평균입경 크기는 대체적으로 수십 나노미터로 측정되었다. 본 실험에 사용된 나노 다이아몬드 분산 용액은 100~400W 출력의 초음파 세척기를 이용하여 제조하였다. 폭발 및 산처리와 흑연의 입경크기는 백크만-쿨터 서브마이크론 입경분석기와 SEM을 이용하여 측정하였다. UV 광차단 효과를 측정하기 위한 흡광 스펙트라는 1cm 수정 셀과 480 nm/min(1nm slit)의 측정 속도, 190~1100nm 파장대를 측정하는 Perkin-Elmer Lambda35 UV 흡광 분석기로 실시간

측정하였다.

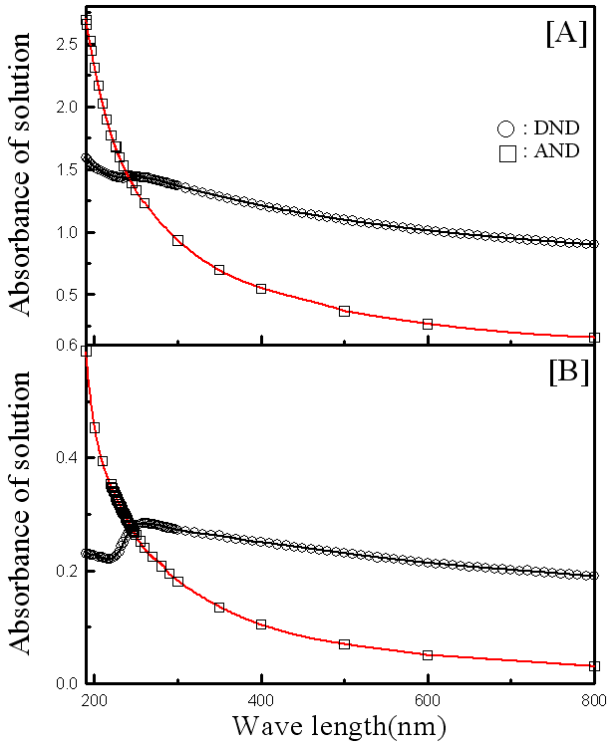
### 3. 결과

그림1은 본 실험에 사용된 폭발에 의해 제조된 다이아몬드(DND) 및 폭발 다이아몬드법에 의해 산



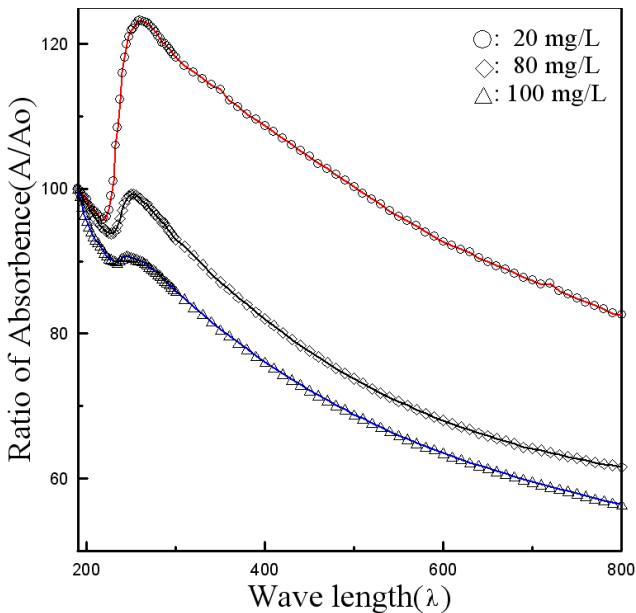
[Fig. 1] Size distribution of DND and AND.

처리 정제과정을 거친 산처리 나노 다이아몬드(AND)의 입경분포를 나타낸 것이다. 그림에서 보듯이 DND는 나노급보다는 큰 0.2~4 $\mu$ m 분포(평균입경 = 1.9 $\mu$ m)와 제조과정에서 포함된 불순물 분포인



[Fig. 2] Absorbance of solution with nano particle.  
(A) 20mg/L (B) 100 mg/L

100 ~ 400  $\mu\text{m}$ 로 2중 대수정규분포특성을 보여주고 있다. 산처리 정제과정을 통한 나노다이아몬드에서는 불순물 제거된 것으로 0.2 $\mu\text{m}$ 의 분포(평균입경 = 1.62 $\mu\text{m}$ )를 나타내고 있다. 이런 결과는 AND와 DND의 EDAX 및 원소분석을 통한 자료에서도 확

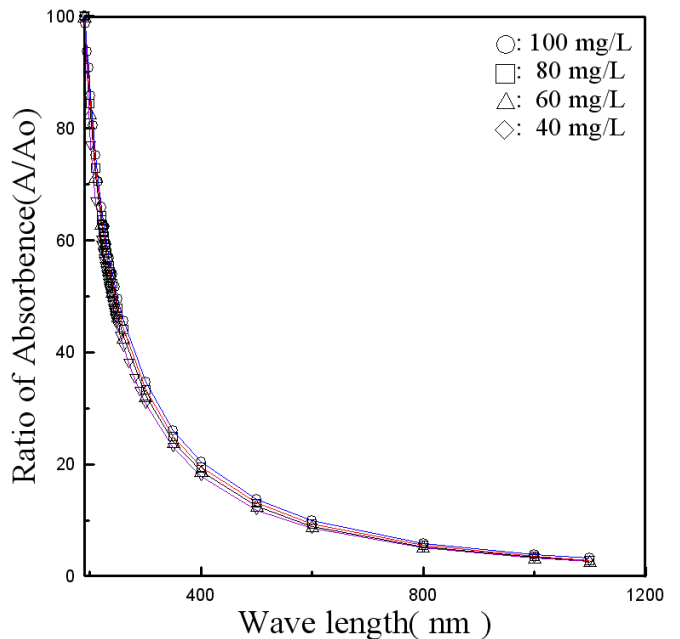


[Fig. 3] Relative Absorbance(A/Ao) of DND solution with weight concentration.

인할 수 있었다. 즉 DND에는 Si, S, Cu 및 Fe와 같은 불순물들이 포함되어 있으며, AND에는 DND의

불순물은 완전 제거되었으며, 정제과정에서 포함되는 Cl 성분이 포함되어 있다[7].

그림 2는 UV 파장에 따른 폭발 나노다이아몬드, 산처리 다이아몬드 및 흑연의 흡광도를 농도별로 나타내고 있다. 그림에서 보듯이 산처리 다이아몬드의 흡광특성은 자외선 영역(400nm 이하)의 흡광 파장에서는 큰 폭으로 감소하지만, 가시광선과 적외선 파장대에서는 감소폭이 그리 크지 않게 나타나고 있다. 저농도(20mg/L)에서 DND로 만들어진 수용액의 흡광도는 250nm 이하의 자외선 영역에서는 파장에 따라 감소하다가 증가하고 있다. 가시광선이나 적외선 영역에는 파장이 증가함에 따라 감소하는 경향성을 보이고 있다. 그림 3은 입사 파장에 따른 DND 수용액의 자외선, 가시광선과 적외선 영역에서 상대적인 파장 흡수 및 차단효과를 나타내고 있다. 입사광선에 대한 상대적인 흡광 및 차단 효과는 입사광 180 nm의 흡광도를 기준으로 하여 각 파장의 흡광에 대한 상대 수치이다. 그림에서 보듯이 자외선 영역(190 ~ 240nm)의 초기 입사광에 대해서는 파장이 증가할수록 흡광 및 차단 효과가 감소하다가 증가하고 있다. 또한 이 영역 밖에서는 입사광 파장이 증가할수록 다시 증가하다가 300 nm 근처에서 최고값을 보이다가 감소하는



[Fig. 4] Relative Absorbance(A/Ao) of DND solution with weight concentration.

특성을 나타내고 있다. 이런 경향성은 수용액 내의 DND 농도가 감소할수록 더욱 크게 나고 있음을 알 수 있었다. 이런 특성은 DND 제조 과정에서 포함되는 철, 구리 및 비정형탄소와 같은 불순물과 DND

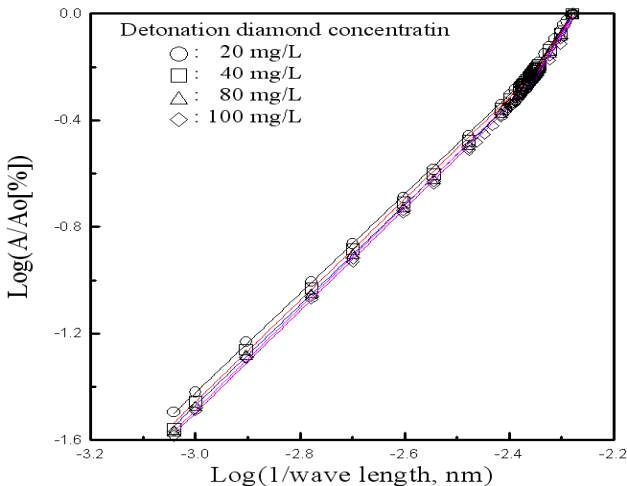
격자 구조에서의 불안정성에 기인하는 것으로 나타나고 있다[1].

그림 4는 입사 파장에 따른 AND 수용액의 자외선, 가시광선과 적외선 영역에서 상대적인 파장 흡수 및 차단효과를 나타내고 있다. 그림에서 보듯이 AND의 자외선, 가시광선 및 적외선에 대한 흡광 및 차단 효과는 DND와는 상당히 다른 특성을 나타내고 있다. 즉, AND 수용액은 입사광선의 파장이 증가할수록 크게 감소하고 있음을 알 수 있다. 이런 특성은 AND 내의 불순물 제거와 정제과정에서 나노 다이아몬드의 불안정성이 크게 감소하는 것으로 사료된다. 또한 AND의 흡광 및 UV 차단에 대한 효과는 DND와는 다르게 수용액 농도에 대해서는 크게 변하지 않음을 알 수 있다. 이는 수용액 내에서 AND의 분산특성이 매우 우수하고 우수한 친수성 특성을 반영하는 것으로 사료된다.

일반적으로 입사광선의 파장에 따른 흡광 또는 차단효과는 다음의 식으로 나타낼 수 있다.

$$A = \frac{1}{\lambda^n} \quad (1)$$

여기서 A와  $\lambda$ 는 입사파장 강도에 대한 차단율과 입사광의 파장(nm)를 나타낸다. 또한 n은 산란 메커니즘을 나타내는 지수로 2이면 미에 산란과 4이면 레이 라이 산란을 나타낸다.



[Fig. 5] UV absorbance order for AND.

그림 5는 그림 4에 나타낸 자료를 근거로 산처리 정제광을 거친 나노 다이아몬드(AND) 수용액에 대한 입사광의 차단 및 흡광 메커니즘을 나타낸 것이다. 그림에서 보듯이 AND에 대한 입사광의 차단 및

흡광 지수는 파장에 따라 3차로 감소하고 있다. 이는 입사광의 흡광 및 차단 메커니즘이 레이 라이 산란과 미에 산란의 혼합으로 사료된다.

#### 4. 결론

나노 다이아몬드의 UV 자외선 차단효과에 관련된 실험을 통하여 다음과 같은 결론을 도출할 수 있었다.

- (1) 폭발 나노 다이아몬드(DND) 수용액에 대한 입사광의 차단 또는 흡광은 파장이 증가할수록 최소값과 최대값을 보이다가 감소하였으며, DND 농도가 낮을수록 그 효과는 크게 나타나고 있다.
- (2) 산처리 나노 다이아몬드(AND) 수용액에 대한 입사광의 차단 효과는 파장이 증가할수록 지수적으로 감소하고 있으며, 농도에 대해서는 거의 차이가 없게 나타나고 있다.
- (3) 입사광에 대한 AND 수용액의 흡광 또는 산란지수는 대략 3정도로 미에 산란과 레이 라이 산란 중간 정도로 사료된다.

#### 참고문헌

- [1] O. Chendrova et al., "Detonation diamond as UV filter", Diamond related materials, 16, 203-208(2007)
- [2] L. H. Chen et al., "Electrochemical oxidation of nitrite on nanodiamond powder electrode", Electrochemica Acta, 53, 3443 -3445(2208).
- [3] Y. Zhu et al., "Dispersion of nanodiamond and ultra-fine polishing of Quartz wafer", China prtucuclogy, 2, 153-156 (2204).
- [4] S.A.Rarka et al., "Diamond nanorods from nanocrystalline diamond films", J. of Crystal Growth, 311, 3332-3336(2009).
- [5] S. Devipriya et al., " Photocatalytic Degaration pf Pesticide Contaminants in water", 86, 209-348(2005).
- [6] J. M. Herrmann et al., "Hetrogeneous Photocatalysticis: an Emerging Technology for water treatment', Catal/ Today, 17, 7-20(1993).
- [7] 강 순국, 박 종순, 장 민훈, "나노 다이아몬드의 농도 및 시간에 따른 흡광도 변화 특성", 한국산학기술학회 추계논문집, 2-22(2010)