가시광선 반응형 광촉매를 이용한 점토 도료의 개발과 대기정화성능에 관한 특성 연구

Study on Clay Paint using photocatalyst reacts to a visible ray

이준철* 김화중**
Lee, Jun-cheol Kim, Wha-Jung

ABSTRACT

In the domestic atmosphere environment, the VOCs and the NOx have a large proportion of the pollutant, and the HCHO is the main environmental pollutant factor within the house. In this study, the inorganic paint which can absorb and remove VOCs, NOx and HCHO is developed by using clay-titania carrier.

The basic data to develope eco-friendly inorganic paint is collected with the performance test to remove the VOCs, NOx and HCHO in the condition of the addition of several inorganic materials to the paint, and also the plan to practical use of eco-friendly inorganic paint is studied.

1. 서론

광촉매 물질인 이산화티타늄(TiO_2)은 태양광 등과 같은 광에너지의 이용으로 다양한 화학물질을 안전하고 용이하게 분해할 수 있다는 장점과 항균, 살균, 초친수성 등 친환경 재료로 다양한 분야에 응용될 수 있는 가능성을 가지고 있다. 하지만 광촉매 이산화티타늄은 3.2eV의 밴드갭 에너지로 인해 높은 에너지 파장 영역인 자외선(UV) 하에서 반응을 한다는 단점을 가지고 있어 최근에는 이산화티타늄에 다양한 금속이온을 도핑하여 반응 에너지 준위를 변화시키려는 연구가 진행 중이다.

본 연구에서는 붕소(B)와 철(Fe)을 이용하여 이산화티타늄 합성을 합성하여 실내의 마감 및 기타 건축 재료에 바름 용도로 적용되어질 수 있는 점토-광촉매 무기 도료의 개발과 실용화를 검토하고자 한다.

2. 실험

2.1 가시광선 반응형 TiO_2의 제조

본 연구에서는 금속산화물과 비금속물질의 도핑을 이용하여 TiO_2를 합성하였다. 비금속물질로는 P오비탈과 산소의 2P오비탈이 결합하여 밴드갭을 줄여주는 붕소를 사용하였으며 금속물질은 밴드갭이 2.2eV인 삼산화이철을 사용하였으며 Fe 치환율은 0%, 1%, 3%, 5%로 하였다.

본 실험에서는 광촉매를 합성하는 방법으로 Wet-Impregnation(WI)법을 이용하였다. 붕산을 증류수에

*정회원, 경북대학교 건축학부 박사과정, 삼한C1 기술연구소

**정회원, 경북대학교 건축학부 교수

녹이며(용액1), Iron(Ⅲ) acetylcetonte를 증류수와 아세톤 1:1 혼합용액(용액2)에 녹였다. 용액1과 용액2에 Anatase형 TiO_2를 섞은 용액을 질소가스를 주입한 ice-bath에 24시간 방치시킨 후 상온에서 증발 건조시켜 110℃의 오븐에 24시간 건조시켰다. 건조된 합성 TiO_2를 500℃의 온도에서 5시간 다시 소성시킨 후 1℃/min의 속도로 냉각시켜 합성 TiO_2 분말을 제조하였다.

2.2 점토-합성광촉매 담체의 제조

wet-impregnation방법으로 합성한 광촉매 B-Fe/TiO_2 분말(Fe wt.5%)을 점토비 0%, 5%, 10%, 15%로 하여 충분히 건비빔을 한 후 점토비 약 40%의 물을 용기에 혼입한 후 약 30분가량 교반하였다. 고온에서 파열되지 않는 용기에 교반된 점토-광촉매를 담아 고온가열기에서 TiO_2의 형질이 변형되지 않는 약 500℃의 온도에서 4시간정도 소성시킨 후 소성된 담체를 상온에서 공냉시켜 Attrition Mill을 이용하여 미분말화 하였다.

2.2 점토-합성광촉매 도료의 제조

본 실험에서 제조된 도료는 기초적인 배합에 의한 것으로 합성광촉매 분말(Fe wt.5%)을 점토비 15%로 치환한 점토-광촉매(TiO_2) 담체를 주원료로 하여 도료를 제조하였다. 도로용 수지에 일반적으로 사용되는 유기계 합성수지는 이산화티타늄의 광촉매 반응에 의한 산화작용으로 유기물을 이산화탄소나 물로 분해시켜 황변, 쵸킹 등의 열화(degradation)가 일어나기 때문에 본 실험에서는 산화에 강한 무기계 물질인 규산칼륨을 바인더로 이용하였다.

배합비로 점토-광촉매(TiO_2) 담체 100g과 밀크카세인 10g을 건조비빔한 후 물 120g, 규산칼륨 20g, 무기방수제 20g을 혼합한 용액을 첨가하여 상온에서 10분간 교반하여 무기도료를 제조하였다.

2.3 실험방법

합성광촉매와 담체의 공기정화성능은 30cm×30cm의 표면적으로 분말을 얇게 깔아 밀폐식 시험장치에서 UV라이트, 형광등을 광원으로 하여 NOx을 주입하여 1시간 간격으로 8시간동안 유해가스의 농도 감소를 측정하였다.

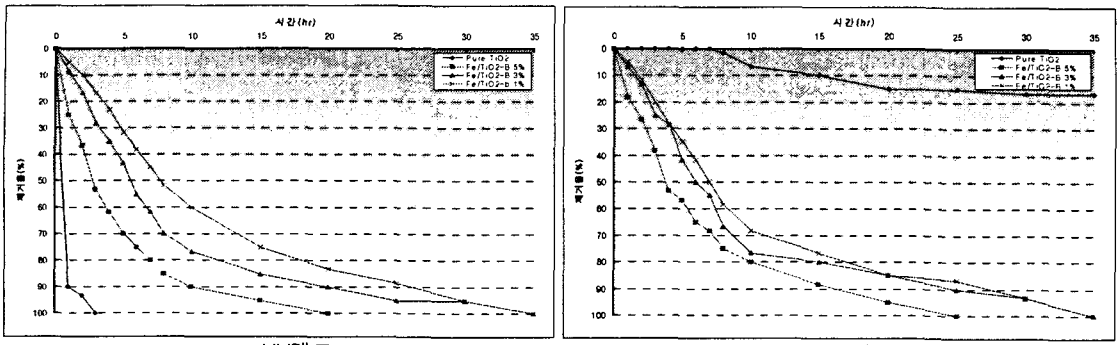
도료의 물리적 특성은 KS 규정에 의한 실험방법으로 실행하였으며 공기정화성능은 30cm×30cm의 밤라이트판에 제조된 도료를 2회 붓 칠하여 48시간 건조 후 밀폐식 시험장치와 태양광 시험장치에서 UV램프, 형광등, 태양광 광원 하에서 NOx, HCHO, C_7H_8을 주입하여 1시간 간격으로 8시간동안 유해가스의 농도를 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 합성광촉매의 대기정화성능

Fe 치환율에 따른 합성광촉매의 광원별 NO_2 정화성능 실험 결과, UV램프 광원 하에서 Fe 5% 치환의 경우 8시간동안 85%가량의 농도감소율을 나타냈으며 3% 치환의 경우 70%, 1% 치환의 경우 50%가량의 농도감소율을 나타냈다. 형광등 광원 하에서는 Fe 5% 치환의 경우 8시간동안 75%가량의 농도감소율을 나타냈으며 3% 치환의 경우 66%, 1% 치환의 경우 58%가량의 농도감소율을 나타냈으며 UV램프 하에서의 실험결과와 유사한 제거율을 나타냈다. wet-impregnation방법으로 합성한 광촉매 B-Fe/TiO_2 분

말이 순수한 TiO_2 보다 광활성은 떨어지지만 낮은 파장에서도 광반응을 일으킨다는 것을 알 수 있다.

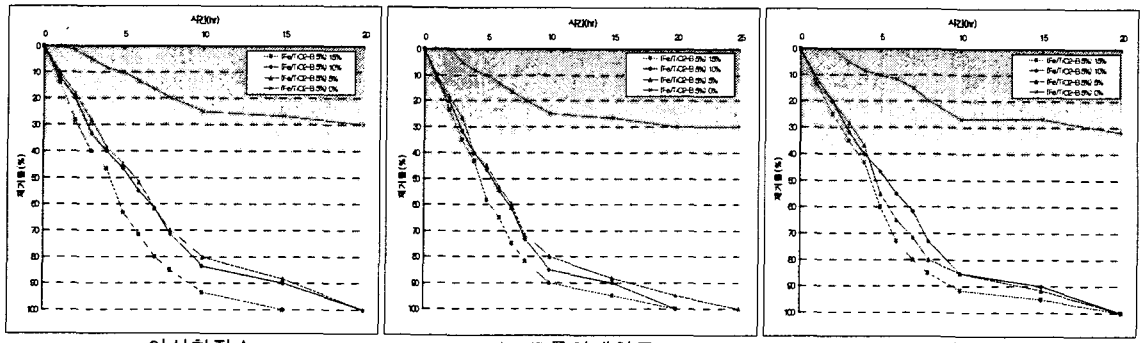


a. UV램프 b. 형광등

그림 1. 합성광촉매의 광원별 NO_2 제거성능

3.2 점토-광촉매 담체의 대기정화성능

합성광촉매 분말(Fe wt.5%) 치환율에 따른 담체의 각 유해물질별 제거 성능실험 결과, 광촉매 NO_2 농도의 감소율은 5% 치환율의 경우 실험시작 8시간동안 70%, 10% 치환율의 경우 71%, 15% 치환율의 경우 85%의 농도감소율을 나타냈다. HCHO 제거성능은 5% 치환율의 경우 8시간동안 71%, 10% 치환율의 경우 73%, 15% 치환율의 경우 81%의 농도감소율을 나타냈다. C_7H_8의 제거성능은 5% 치환율의 경우 8시간동안 80%, 10% 치환율의 경우83%, 15% 치환율에서 85%의 농도감소율을 나타냈다.



a. 이산화질소 b. 포름알데히드 c. 톨루엔

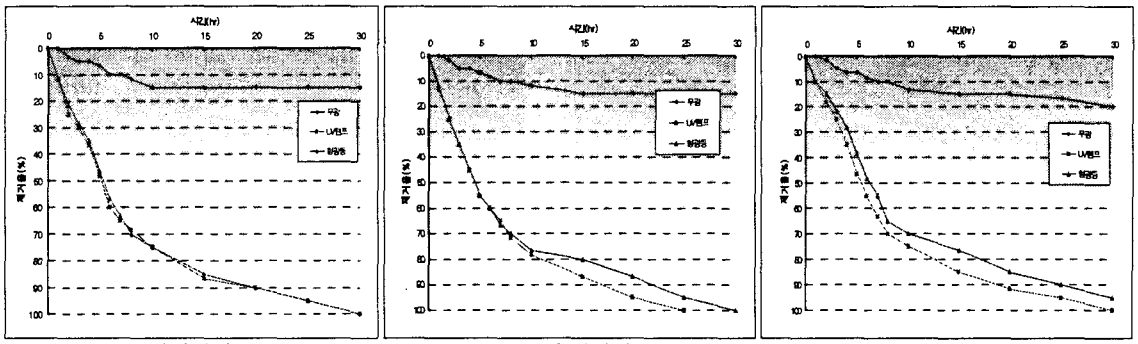
그림 2. B-Fe/TiO_2 분말(Fe wt.5%) 치환율에 따른 대기정화성능

3.3 점토-광촉매 도료의 물리적 특성 실험

도료의 물리적 특성 실험 결과, 부착강도(*F*)는 일반적인 수성용 도료보다 높은 2.27MPa로 나타냈으며, 붓 작업시 분말 결집들에 의한 붓 끌림현상, 스트리킹, 붓 자국, 플로팅 현상은 일어나지 않았으나 수직 방향으로 세워 건조하였을 경우 도료가 흘러내리는 플로우잉 현상을 나타냈다. 스프레이 작업시 더스팅, 버블링, 색얼룩, 스트리킹, 실킹, 크레터링은 발생하지 않았으나 새깅, 핀홀, 크링클링(주름) 현상이 약간 발생하였다. 점토의 높은 흡수성으로 인하여 도료의 건조시간은 지촉건조의 경우 38분, 점착건조의 경우 55분, 고착건조까지 95분, 고화건조까지 120분, 완전건조가 되기까지 480분의 시간이 소요되었다.

3.4 점토-광촉매 도료의 대기정화성능

도료의 광원별 대기정화성능 실험 결과, UV램프 하에서 8시간 동안 NO_2의 농도감소율은 68%, HCHO의 농도감소율은 71 %, C_7H_8의 농도감소율은 70%로 나타났다. 형광등 광원 하에서는 8시간동안 NO_2의 농도감소율은 70%, HCHO의 농도감소율은 70%, C_7H_8의 농도감소율은 65%로 나타나 제조된 도료가 담체화 되었을때 보다 광활성이 떨어지기는 하나 가시광선에도 광반응이 일으키는 것을 알 수 있었다.



a. 이산화질소 b. 포름알데히드 c. 톨루엔

그림3. 점토-광촉매 도료의 오염물질별 대기정화성능

4. 결론

본 연구는 가시광선 광촉매를 이용한 점토-광촉매 무기도료의 개발과 대기정화성능에 관한 기초적 연구로 도료의 물리적 특성 및 대기정화성능 실험 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 형광등 광원 하에서의 순수 이산화티타늄 분말과 합성광촉매 분말(Fe wt.5%)의 대기정화성능 비교를 통해 합성광촉매 분말이 낮은 에너지영역인 가시광선 하에서도 반응한다는 것을 알 수 있었다.
2) 합성광촉매 분말을 도료화 하였을 경우 8시간동안 형광등 광원 하에서 NOx, HCHO, C_7H_8이 65~70% 가량 제거된다는 것을 알 수 있었다.

감사의 글

본 연구의 결과, 합성광촉매를 이용한 점토-광촉매 무기도료가 대기유해 인자인 NOx, HCHO, Toluene을 제거할 수 있음을 확인하였으며 친환경재료로서의 가능성을 증명하였다.

참고문헌

1. 石森 正樹, "光觸媒セメントで自動車排ガスを處理", セメント・コンクリート, No.639, pp18~23, 2000/5
2. Fujishima, A., Honda, K. Nature, 238, 37-38 (1972).
3. 村田 義彦, "環境に貢獻する鋪裝ブロックの開發", セメント・コンクリート, No.622, pp 32~37, 1998.12
4. K.O.Havelka, J.W.Pialet, Chemtech, 36 (1996)
5. Ohno, T., Akiyoshi, M., Umebayashi, T., Asai, K., Mitsui, T., Matsumura, M., Appl. Catal. A: General, 265, 115-121 (2004)