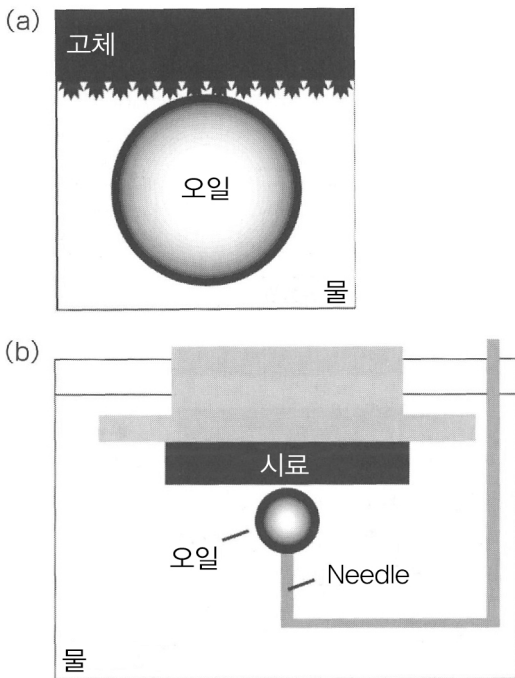


재사용이 가능한 산화티타늄계 유수분리 필터

1. 서언

친수성인 고체표면에 요철구조를 부여하면, 수중에서 고체표면과 유적(油滴: 기름 방울)이 접촉할 때 고체표면과 유적 사이에 물이 침식해서 들어가기 때문에 유적의 접촉각이 150° 를 넘게 된다(그림 1). 이러한 특성을 수중 초발유성이라고 하며, 이는 방오재료, 유수분리 필터, 마이크로 반응용기 등의 기능과 특성에 많은 영향을 미친다.



〈그림 1〉 (a) 수중에서 초발유성을 나타내는 고체표면
(b) 수중에서 유적의 접촉각 측정

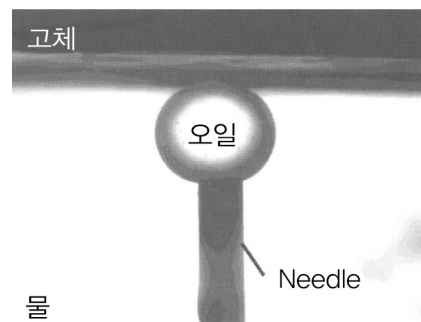
2011년에 발표된 수중 초발수성을 활용한 유수분리 필터에 대한 보고자료의 내용은 다음과 같다. 하이드로 젤로 코팅되고 메시(mesh) 망의 공극 크기가 $50\ \mu\text{m}$ 인

수중 초발수성 유수분리 필터에 오일(oil)과 물의 혼합액을 흘려 넣으면, 메시망의 크기가 물이 통과하기에 충분히 크기 때문에 물이 신속히 필터를 통과하고, 이때 물에 젖은 필터로 인해 오일은 필터를 통과하지 못하고 트랩(trap)된다.

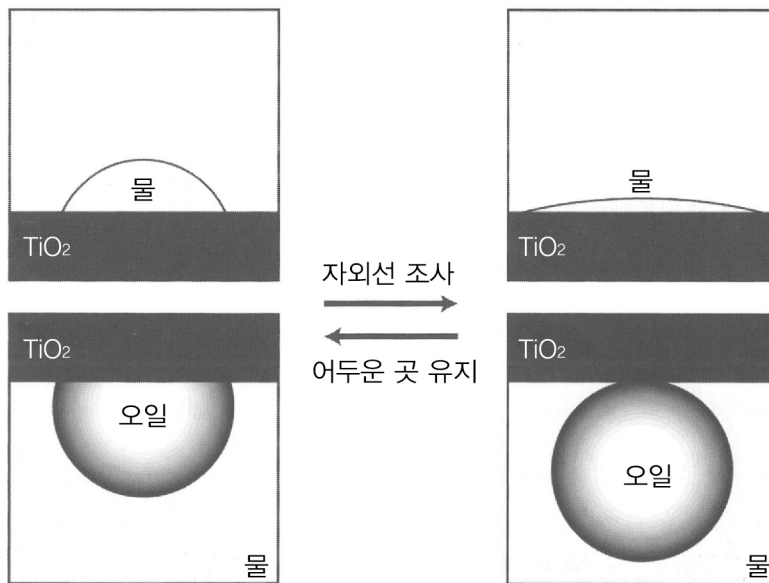
이와 같이 간단하고 공간과 에너지를 절약할 수 있는 유수분리 필터는 각종 사업소에서의 폐수 처리, 유조선 사고 시에 오일 유출에 대한 대책 등의 용도로 매우 효과적인 기능을 하고 있다. 현재는 수중 초발유성을 활용한 유수분리 필터의 고기능화가 가능해지면서, 다양한 소재의 유수분리 필터가 보고되고 있다. 본고에서는 산화티타늄 광촉매 표면의 수중에서의 오일 접촉각을 살펴보고, 산화티타늄 광촉매의 유수분리 필터 응용에 대한 검토결과를 소개하고자 한다.

2. 평활한 산화티타늄 광촉매 표면의 수중에서의 오일 접촉각

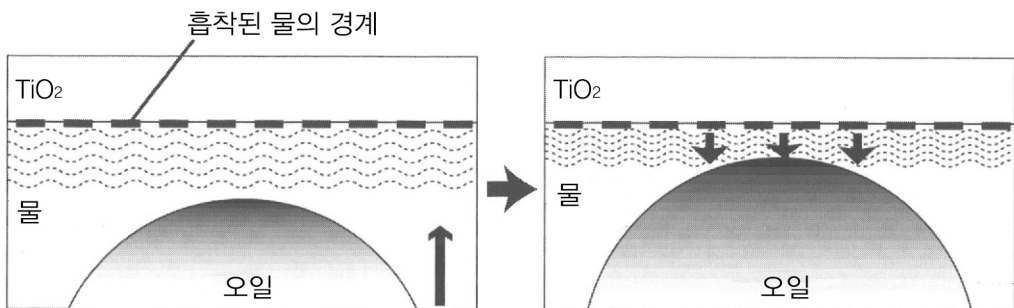
산화티타늄은 자외선 조사에 의해 매우 강한 산화작용과 광유기친수화 특성(대기 중에서 물 접촉각 $< 5^\circ$)을 나타낸다. 또한 화학적으로 안정적이고, 자원적으로도 비교적 풍부한 무독성 물질이기 때문에 공기청정기, 외장



〈그림 2〉 수중에서 산화티타늄을 적용한 시료와 오일의 접촉 이미지



〈그림 3〉 자외선 조사 및 어두운 곳 유지에 따른 산화티타늄 표면의
(상) 공기 중에서의 물접촉각 및 (하) 수중에서 유접촉각의 변화



〈그림 4〉 자외선 조사 후, 산화티타늄 표면의 수중에서의 초발유성 이미지

재, 부자재의 셀프 크리닝 코팅 등에 응용되고 있다.

산화티타늄의 초친수화 특성은 자외선 조사로 생성된 표면의 3가의 티타늄에 주변 물분자가 흡착되기 때문에 나타난다고 알려져 있다. 본 연구에서는 이러한 산화티타늄의 초친수화 특성을 이용하면 표면에 특수한 요철이 없이도 수중 발유성이 우수할 것으로 판단하여, 줄겔법으로 만들어진 평활한 산화티타늄을 적용한 시료에 대해 수중에서 탄화수소계 오일 (헥사데칸, Hexadecane)의 접촉각을 조사하였다. 그 결과 자외선 조사 전에는 오일의 접촉각이 140° 였던 것에 반해 자외선 조사 후에는 접촉각이 160° 를 넘는 초발유성을 나

타내었다(그림 2).

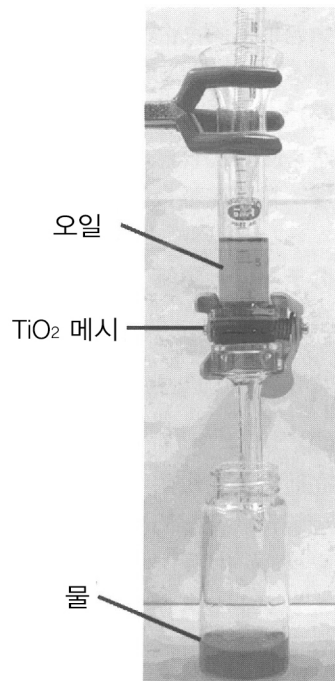
수중에서 유적을 시료 표면에 밀어서 붙여도 표면에 부착되지 않았다. 대기중에서 어두운 곳에서 일정 시간 동안 시료를 유지하면 산화티타늄 표면은 초친수상태에서 일반적인 상태(대기중에서의 물 접촉각 $20^\circ \sim 60^\circ$)로 되돌려지고, 그에 따라 수중에서 오일과의 접촉각도 160° 를 넘는 값에서 140° 정도로 변화했다. 또한 이와 같이 어두운 곳에서의 유지와 자외선 조사에 의한 변화는 여러 번에 걸쳐 재현이 가능하였다(그림 3). 이러한 결과에 따라 산화티타늄 표면의 수중 발유성은 광유기 초친수화 특성과 연관성이 있으며, 자외선 조사로 생성

된 표면의 흡착수가 오일의 접촉을 저해했기 때문에 발현되었다고 생각할 수 있다<그림 4>.

3. 산화티타늄 광촉매 유수분리 필터

평활한 표면으로 수중 초발유성을 나타내는 것은 매우 매력적인 특성이라고 생각되지만, 유수분리필터로 응용할 경우, 사용하기 전에 자외선 조사 처리가 필요한 것이 더 좋을 것이라고 판단된다. 따라서 요철구조를 산화티타늄 표면에 형성시켜 자외선 조사 처리를 하지 않아도 수중 초발유성을 나타내는 표면을 만들어 내는 것이 가능하다면, 셀프 크리닝 기능을 갖는 유수분리 필터가 될 수 있다. 즉, 장기적으로 필터를 사용하면서 필터 막힘이나 건조한 상태로 필터에 오일이 부착되는 경우 등이 발생하면, 자외선 조사로 광촉매 작용을 유발시키고 수세하면 간편하게 필터를 세정할 수 있으며, 필터의 재사용이 가능할 것으로 기대된다.

생체재료 연구 분야에서는 티타늄의 황산처리와 열처리에 의해 간편하게 요철 구조를 갖는 산화티타늄 표면을 만들 수 있는 것으로 알려져 있다. 본 연구에서는 티타늄 판 및 티타늄 메시 (100 mesh)에 이 방법을 적용하고, 산화티타늄 유수분리 필터를 검토하였다. 검토 결과, 이 방법으로 얻을 수 있는 산화티타늄 표면은 대기중 어두운 장소에서 1 주일간 유지해도 수중 초발유성을 나타내는 것으로 확인되었다. 또한 코팅 방식과 달리 생성된 산화피막이 확실하게 기재에 밀착하고 있기 때문에 필터 적용에 필요한 기계적 내구성이 우수한 것으로 나타났다. 제작된 필터 시료를 대기중 어두운 장소에 1 주일간 유지한 후, 적색으로 착색한 헥사데칸과 청색으로 착색한 이온교환수를 이용하여 분리특성평가를 하였다. 그 결과, 물은 빠르게 통과하였고 오일은 트랩되었다<그림 5>. 그리고 표면에 부착된 오일 오염(올레산, oleic acid)은 자외선 조사로 산화분해시킬 수 있는 것으로 확인되었다. 이와 같은 실험 결과에 따라 본 유수분리 필터는 재사용이 가능할 것으로 생각된다.



<그림 5> 산화티타늄계 필터에 의한 유수분리

4. 결론

본고에서는 산화티타늄 표면의 특수한 수중에서의 발유성과 유수분리 필터로의 응용 가능성에 대하여 소개하였으며, 향후 환경친화형 기술로서 실용화될 것을 기대한다. 산화티타늄 광촉매의 광유기초발수화 특성에 대한 연구가 보고된 것은 1997년이며, 최근까지 대기중에서의 물이나 오일의 접촉각은 많이 연구되어 왔지만, 수중에서의 오일의 접촉각과 관련되는 것은 아직 연구가 많지 않은 것으로 보인다. 향후에 산화티타늄을 비롯한 여러 가지 고체의 표면특성을 새로운 각도에서 재평가하여 새로운 기능을 발현시키는 연구도 기대하고 있다.

가공기술 [Vol. 53, No. 3, 2018]