

# Oil Absorption Polymer의 흡유 특성

김정훈 · 강영구

호서대학교 안전시스템공학과

## 1. 서 론

오일 유출사고는 매년 증가 추세로 유조선 및 중소형 선박사고, 각종 산업 노후시설로 부터의 누설, 가정·공장에서 폐기되는 폐유 및 기계유, 유류 저장탱크 및 송유관 파열 등에 의해 발생되며 화재 및 폭발 위험성을 내포하고 있다.<sup>1-2)</sup> 특히 유출된 오일은 해양오염의 주요 원인으로 풍향, 조석, 해류의 영향에 따라 급속히 확산되며, 휘발 성분은 일부 대기중으로 증발하지만 대부분은 해수로 용해되거나 약 50~80%의 수분을 함유한 고점성분의 에멀전 상태를 형성한다. 오일 분해능 성분은 박테리아, 균류 등 미생물에 의해 일부 분해되지만 방향족 탄화수소 물질은 거의 분해되지 않고 해수나 퇴적물속에 잔류하여 방제 작업에 큰 장애 요소가 된다.<sup>3-4)</sup> 누출·spill유 제거 방법은 흡착 침전물을 도포하는 방법, 계면활성제를 이용한 에멀전화 방법, 친유성 화합물을 코팅한 부직포 흡착 방법 등이 있다. 그러나 이들 방법은 흡유율이 낮고, 흡유 후 가압 보유력이 약할 뿐만 아니라 오일 에멀전에 따른 안전상 환경오염 등 많은 문제점을 갖고 있다.<sup>5)</sup>

미국, 일본, 유럽 등 선진국에서는 이러한 단점을 개선하기 위해 polystyrene계, EPDM계, long-chain alkyl methacrylate계 흡유성 고분자를 이용한 다양한 연구가 추진되고 있다.<sup>6)</sup> 본 연구에서는 기존 오일제거 방법에 대한 개선 연구의 일환으로서 oil/water 계면간 선택적 흡유 특성을 비교 평가하고, 흡유 후 겔 형상을 유지하여 cake상으로 제거가 용이한 흡유성 고분자에 대한 기초 연구를 수행하였다. 오일 유출 사고시의 위험성을 최소화하고자 미분말 상태의 흡유성 고분자를 유효 성분으로 고분자 입도 및 종류에 따른 흡유율을 측정하였다. 또한 오일 유출 사고시의 시나리오를 고려하여 유종에 따른 흡유 특성과 흡유 후 cake 형성 능력, 흡유량 및 cake 표면상태를 측정·분석하였다.

## 2. 실험

### 2. 1 Raw materials

본 연구에 사용된 흡유성 고분자는 powder상으로 LDPE(Low Density Polyethylene), PPS(Polyphenylene Sulfide), PU(Polyurethane)의 3종이다. 입도에 따른 흡유 특성을 비교하기 위해 불균일 입도의 powder를 sieve mesh 크기별로 통과시켜 각각의 입도를 75 $\mu$ m, 150 $\mu$ m, 300 $\mu$ m으로 변화시켰다. 또한 유종별 영향을 고려하여 가정 및

산업용, 선박용 연료로 주로 사용되는 kerosene, light oil, castor oil을 대상으로 실험을 수행하였다.

## 2. 2 Oil absorptivity test

흡유율 측정은 다음 식과 같이 oil/water 계면에 건조 상태의 시료를 일정량 투입한 상태에서 흡유 후 질량 변화를 측정하여 계산하였으며, 흡유량은 흡유된 oil 무게에 비례한다. 여기서,  $m$ 은 흡유 후 전체무게,  $m_0$ 는 흡유 전 분말무게를 나타낸다.

$$\text{Oil absorptivity}(\%) = \frac{\text{a weight of absorbed oil}(g)}{\text{a weight of dried polymer}(g)} \times 100 = \frac{m - m_0}{m_0} \times 100$$

예비 실험을 통하여 50ml bottle 기준으로 물 40ml를 채운 후 각각의 oil을 3g 도포하여 최적 유막을 형성한 후 흡유성 고분자를 oil/water 혼합계에 투입하였다. 또한 흡유성 고분자 3g을 기준으로 흡유 특성에 따라 cake 생성에 필요한 투입량을 증감시켜 최종 생성물의 흡유량을 측정하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3. 1 흡유량 및 흡유율

Cake 생성 조건에서 투입된 흡유성 고분자의 양을 측정한 결과 입도 및 유종에 따라 1.1g~3.5g이 사용되었으며, 표면 분산성이 우수한 LDPE가 가장 소요량이 적게 나타났다. Fig. 1(a)와 같이 흡유성 고분자 300 $\mu$ m 기준으로 LDPE가 가장 흡유량이 많았으며, PU, PPS순으로 우수한 특성을 나타내었다. 또한 입도가 클수록 흡유량은 증가하였으며, 유종에 대한 영향은 흡유성 고분자 종류에 따라 흡유량에 큰 차이를 보였다.

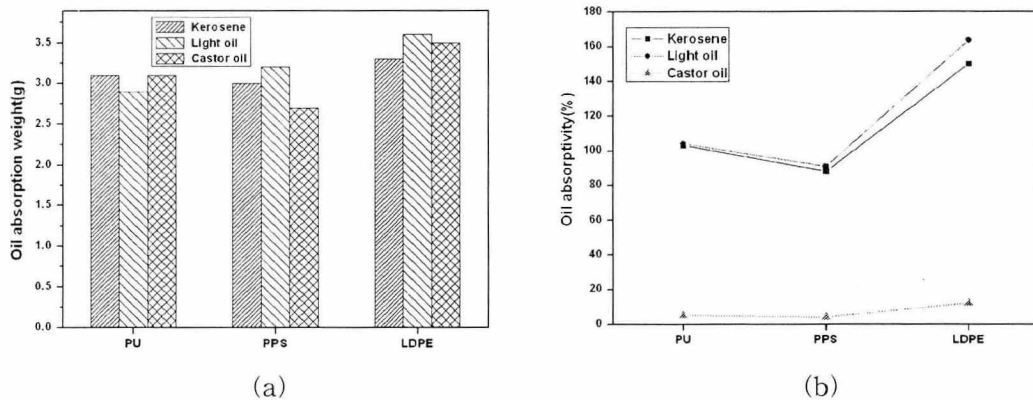


Fig. 1 Oil absorption weight(a) and oil absorptivity(b) as the kinds of oil absorption polymers in the particle size of 300 $\mu$ m

흡유성 고분자별 흡유율을 측정된 결과 Fig. 1(b)와 같이 castor oil을 제외한 kerosene과 light oil에서 흡유성이 우수한 것을 알 수 있었으며, LDPE powder가 흡유율이 가장 높은 반면 PPS powder는 상대적으로 낮은 흡유율을 나타내었다. 또한 동일 유종을 기준으로 흡유성 고분자 입도별 흡유율을 측정된 결과 Fig. 2와 같이 LDPE는 입도 증가에 따라 흡유율이 급격히 감소하는 것을 알 수 있었다. 그러나 PPS와 PU는 미소한 차이는 있으나 입도 증가에 따라 흡유율이 증가하여 흡유율은 흡유성 고분자의 원료 물성과 입도에 크게 좌우되는 것을 알 수 있었다.

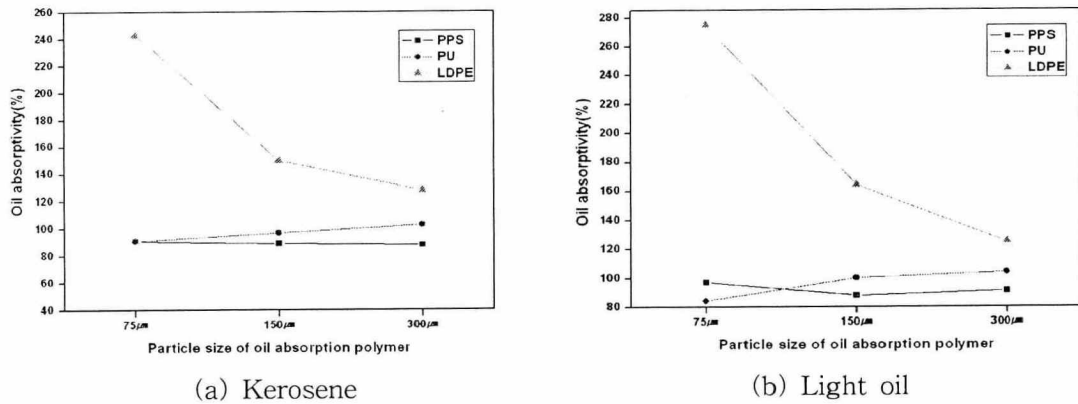


Fig. 2 Oil absorptivity as the particle sizes of oil absorption polymers

### 3. 2 Cake 형상

Fig. 3과 같이 흡유 후 생성물인 cake의 육안 및 광학 현미경 분석(Zoom Stereo Microscope, 100×)을 실시하였다. 흡유성 고분자 입자들이 분산된 상태로 계면을 형성, 계면내에 오일을 흡유하여 겔형상을 유지하는 것을 확인할 수 있었다.

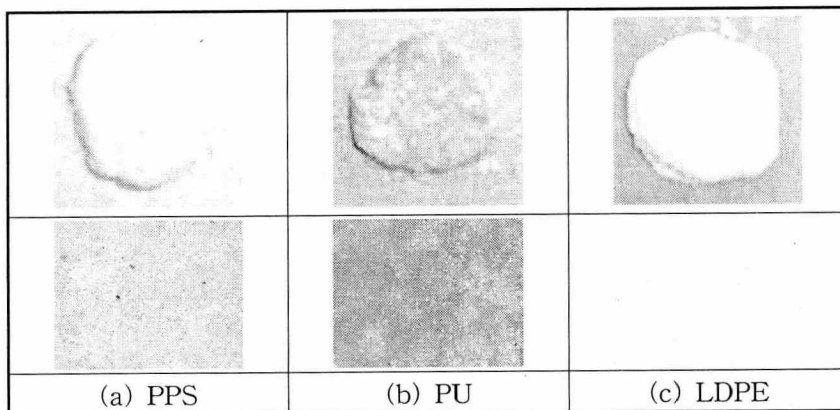


Fig. 3 Visual(above) and optical microscopic(below) cake images after oil absorption

특히 LDPE의 경우 powder 균일 분산에 따라 비교적 일정한 크기의 계면을 형성하고 있는 것을 알 수 있었다. Cake 강도는 LDPE, PU, PPS의 순으로 강한 결합력을 나타내었으며, cake 형성 후 수 시간 경과후에도 안정성을 유지하였다.

#### 4. 결 론

이상과 같이 오일 유출 사고시의 피해 국한화, 화재 및 폭발 위험성 제어, 안전상 환경오염을 최소화할 수 있도록 상용화되어 있는 흡유성 고분자를 이용하여 원료 물질별, 입도별, 유종별 변수에 따른 흡유 특성을 고찰하였다. 흡유제의 입도가 커질수록 흡유량과 흡유율은 향상되었으며, 밀도가 낮은 LDPE powder가 가장 우수한 흡유 특성을 나타내었다. 유종별 영향은 light oil 적용시 최적의 특성을 나타내었으며, 동일 유종에 있어서는 LDPE와 같이 입도가 작을수록 흡유율이 증가되는 양상도 확인할 수 있었다. 기존 누출·spill유 제거 방법의 단점을 개선한 겔화형 흡유성 고분자를 적용한 기초 연구 수행을 통하여 방제 작업성이 용이하고, 원료 물질에 따라 흡유율이 높은 고분자 물질 적용 가능성을 확보할 수 있었다.

#### 참고문헌

1. Mei-Hua Zhou, Seung-Hyun Kim, Jong-Gu Park, Chang-Sik Ha, Won-Jei Cho, "Preparation and oil-absorptivity of crosslinked polymers containing stearylmetacylate, 4-t-butylstyrene, and divinylbenzene", Polymer Bulletin 44, pp. 17~24, 2000.
2. R.D. Lelaune, C.W. Lindau & A. Jugsujinda, "Effectiveness of "Nochar" solidifier polymer in removing oil from open water in coastal wetlands", Spill Science & Technology Bulletin, Vol. 5, No. 5/6, pp. 357~359, 1999.
3. An official report on "Eastern Fortitude" case, Marine Department, January 2002.
4. An official report on "Sky Ace" case, Marine Department, January 2002.
5. Atle B. Nordvik, James L. Simmons, Kenneth R. Bitting, "Oil and water separation in marine oil spill clean-up operations", Spill Sciene & Technology Bulletin, Vol. 3, No. 3, pp. 107~122, 1998.
6. John G. Reynolds, Paul R. Coronado, Lawrence W. Hrubesh, "Hydrophobic aerogels for oil-spill clean up-synthesis and characterization", J. of Non-Crystalline Solids, Vol. 292, pp. 127~137, 2001.