

### **3. 학사논문 지도교수: 김 용 협**

3-1. 태양광 증기발생을 위한 그래핀 구조물

3-2. 기름 흡착을 위한 다공성 3차원 구조물

3-3. 물/기름 분리를 위한 그래핀 3차원 구조물

3-4. 폐열 수집을 위한 열전지

실험실: 항공우주시스템 연구실 (Advanced Aerospace Systems Laboratory)

연구실 홈페이지: <http://aasl.snu.ac.kr>

교수 연락처: (02) 880-7385, E-mail: [yongkim@snu.ac.kr](mailto:yongkim@snu.ac.kr)

담당조교: 정원지 (02) 880-1728, E-mail: [jungddux@snu.ac.kr](mailto:jungddux@snu.ac.kr)

### 3-1. 태양광 증기발생을 위한 그래핀 구조물

태양광을 흡수하여 증기를 발생시키는 기술은 지속가능한 에너지 자원을 이용하여 대규모의 물을 정화시키는 방법 중 하나로 각광을 받고 있다. 이 기술은 수면 위에 시편을 직접 띄워 태양광을 흡수해 증기를 발생시키는 원리로써, 태양광을 열에너지로 변환하여 증기를 발생시키는 증발부와 시편 하단에 존재하는 물을 증발부로 이동시키는 수송부로 나뉘어진다. 따라서, 증발부는 광-열 변환효율이 우수해야하고, 수송부는 물 수송이 원활함과 동시에 수송부 아래 물을 단열시키는 능력이 좋아야 효율적인 증기를 발생시킬 수 있게 된다.

산화 그래핀(Graphene Oxide)은 2차원 형태의 나노입자로써, 열전도성, 전기전도성이 우수하며, 기계적 특성과 더불어 비표면적 수치가 큰 물질로 다양한 연구에 응용되고 있다. 또한, 산소기능기(Oxygen functional group)를 포함하여 나노입자간 결합이 용이하여 구조물로 조립하기에 적합하다. 이러한 특성은 태양광-열 변환 효율에 유리한 구조물로의 제작이 가능하게 되며, 수면의 물을 흡수하여 많은 양의 증기를 만들어 낼 수 있게 된다.

본 연구실은 산화 그래핀과 폴리비닐알코올(Polyvinyl alcohol, PVA)을 혼합하여 만든 용액을 동결건조하여 하이브리드 에어로겔(Aerogel)을 만들고, 추가적인 열처리를 통하여 환원된 구조물을 제작할 수 있다. 환원된 산화 그래핀은 넓은 파장대의 태양광 스펙트럼 흡수가 가능하며, 그래핀 사이에 존재하는 폴리비닐알코올은 그래핀을 결합하는 네트워크를 구성하여 분자단위의 효율적인 물 수송이 가능하게 한다.

본 연구에 참여하는 학생은 산화그래핀 나노입자를 직접 합성함으로써 기본적인 나노재료 합성을 이해할 수 있게 되며, 산화그래핀-폴리비닐알코올 하이브리드 에어로겔을 동결건조 방식을 이용하여 제작하는 실험을 진행하게 된다. 또한, 태양광 시뮬레이터를 이용한 증기 발생 실험을 직접 진행하여 증기발생에 미치는 다양한 변수들에 대하여 이해할 수 있게 될 것이다.

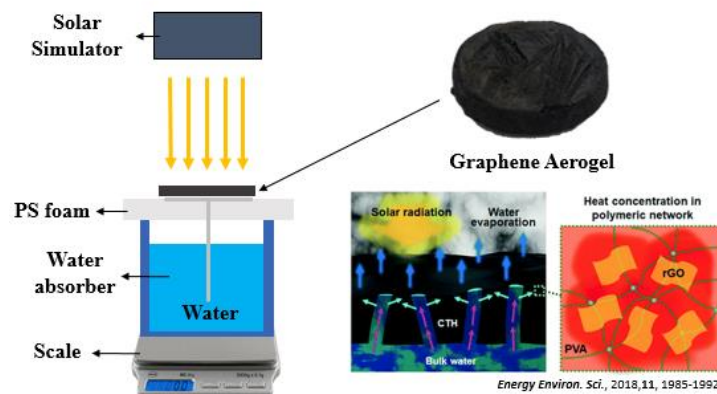


그림 1. 태양광을 이용한 증기 발생 모식도(좌), 하이브리드 에어로겔 시편(우)

담당조교: 이준호 (E-mail: yahoo722@snu.ac.kr)

### 3-2. 기름 흡착을 위한 다공성 3차원 구조물

뛰어난 전기적/화학적 특성을 가지고 있는 그래핀(graphene)은 탄소기반 나노소재로 다양한 응용분야에 적용하기 위한 연구가 진행되고 있다. 하지만, 현재 나노크기의 한계로 인해 제한적인 응용분야에 적용되는 실정이다. 따라서 응용성 확장을 위해서는 나노소재의 우수한 성능을 유지하면서 거시적 규모의 구조물로 조립하는 기술 연구가 매우 중요하다.

본 연구실은 수열합성법(hydrothermal method)을 이용하여 나노크기의 그래핀을 응집시켜 3차원 구조물로 제작하는 공정을 확립하였다. 수열합성법이란 그림 2의 개념도에서 보는 바와 같이 고온·고압을 이용하여 물에 분산된 산화그래핀(graphene oxide)의 환원을 촉진하고 그래핀간의 결합을 유도하여 구조물을 제작하는 방법으로써 제작된 3차원 구조물은 90%이상이 물로 채워져 있는 하이드로겔(hydrogel) 상태이다. 하이드로겔 구조물을 동결건조(freeze dry)를 하여 물을 제거하면 초다공성 에어로겔(aerogel)을 만들 수 있다.

본 연구에서 제작한 구조물은 그래핀 본연의 소수성(hydrophobic) 특성을 회복하는 과정을 포함한다. 이에 따라 제작된 구조물은 소수성이면서 친유성(oleophilic)인 특성을 가지고 있어, 구조물의 내부 기공에 기름을 채울 수 있다. 이러한 특성을 이용하여 물과 기름이 혼합되어 있는 폐수에서 기름만을 선택적으로 흡수하는 특성을 가지게 된다.

참여학생은 수열합성법을 이용하여 초다공성 그래핀 3차원 구조물을 제작하고 표면적과 구조물의 특성 등을 분석한다. 나아가 폐유에서 물/기름을 분리하는 실험을 수행하게 된다. 본 연구 내용을 토대로 해외 저널에 투고할 논문 역시 같이 작성할 수 있는 기회를 가질 수 있다.

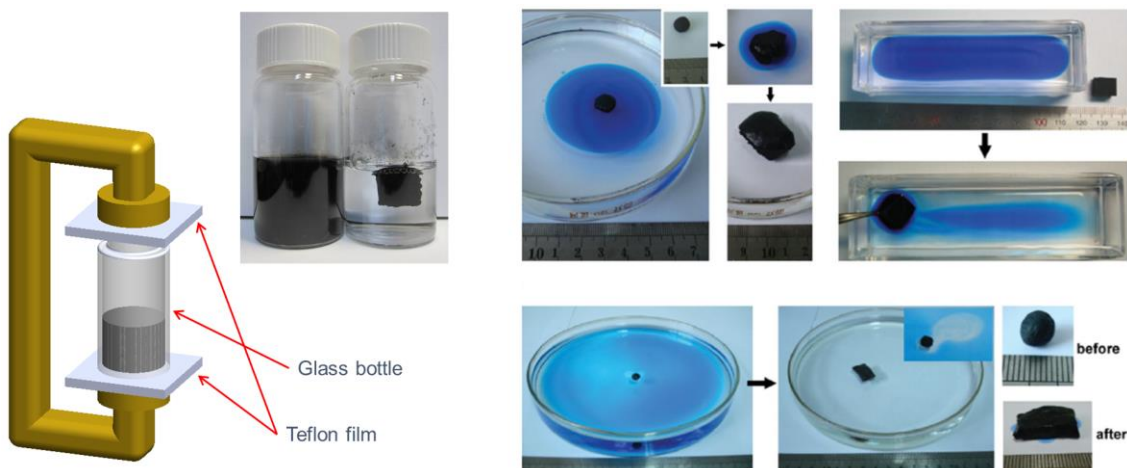


그림 2. 수열합성법 개념도(좌), 기름 흡착 실험(우).

담당조교: 송혜린 (E-mail: ishlynn@snu.ac.kr)

### 3-3. 물/기름 분리를 위한 그래핀 3차원 구조물

최근 환경 문제, 특히 해양 관련 환경 문제에 대응하는 기술 개발 분야는 국제적인 차원의 환경 보호 움직임으로 인해 다양한 친환경적인 소재의 사용을 적극 권장하고 있으며, 다양한 환경오염에 대응할 수 있는 다목적·다용도 기술에 대한 관심을 지속적으로 보이고 있다. 전 세계적으로 해양사고로 인하여 기름유출 및 유해화학물질유출 사고가 꾸준히 발생하며 이로 인한 위험성이 커지고 있으나 흡착재 및 오일 스키머와 같은 기존 방제 방법들은 초기대응에 한계가 있으며, 회수효율이 낮고, 2차 오염을 발생시킨다는 단점이 있다. 또한, 얇은 유막형태의 오염원, 유독성 화학물질, 거친 해상환경조건에서 효과적인 오염원 수거가 어렵다.

본 연구실은 Ion-mediated assembly (IMA) 방식을 이용해 그래핀 3차원 구조물을 금속 위에 제작하는 공정을 확립하였다. 금속 이온이 2차원의 그래핀 사이를 이어주는 가교 역할을 함으로써 3차원의 구조물을 형성할 수 있고, 이 다공성 3차원 구조물은 다른 다공성 구조물에 비해 넓은 표면적을 가지는 장점을 가지고 있다. 따라서, 그래핀의 소수성 특성과 다공성 3차원 구조라는 두 가지 특성에 기인한 유/수 분리가 가능해 진다.

참여학생은 IMA 공정을 이용하여 다공성 그래핀 3차원 구조물을 금속 메쉬 위에 제작하고 구조물의 특성 등을 분석한다. 나아가 물과 기름을 선택적으로 분리하는 실험을 수행하게 된다. 또한 제작 공정 조건에 따라 기름의 투과율 및 흡수율, 투과 속도와 같은 수치가 어떻게 변화하는지도 관찰하게 될 것이다.

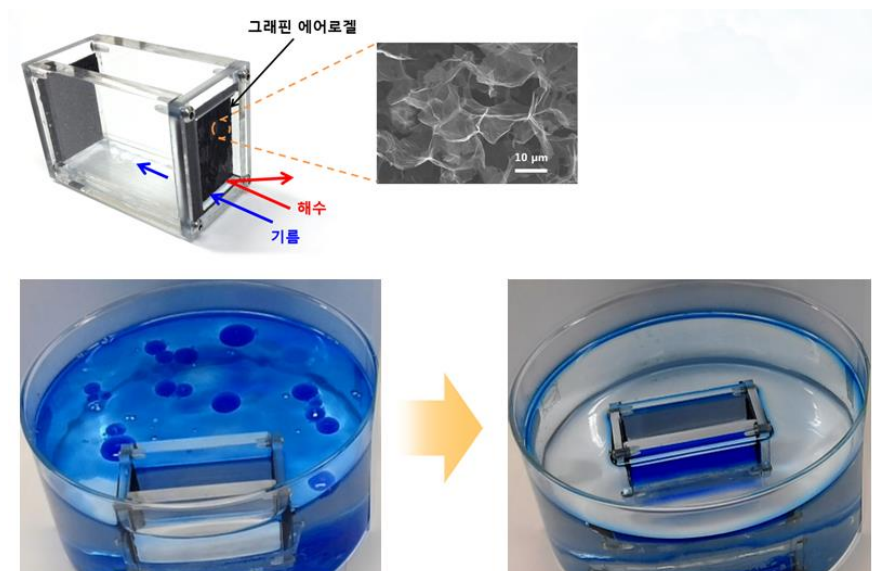


그림 3. 그래핀 구조물을 이용한 기름 회수

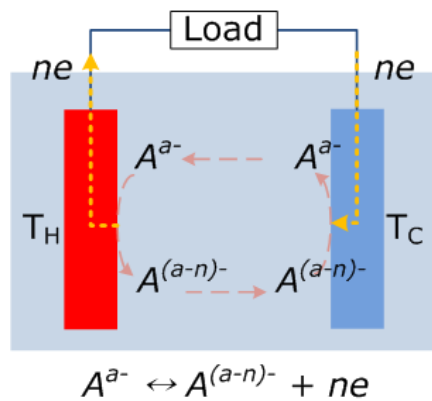
담당조교: 정원지 (E-mail: jungddux@snu.ac.kr)

### 3-4. 폐열 수집을 위한 열전지

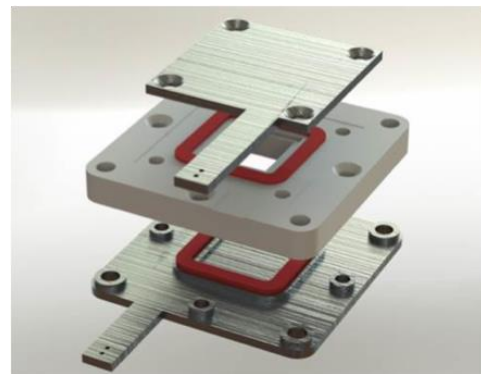
최근 화석연료 사용에 따른 환경오염 및 고유가 문제 해결을 위한 친환경 대체 에너지 개발 연구가 활발하다. 하지만 우리 생활 주변에서 버려지는 에너지, 특히, 자동차, LED 조명, 태양전지 패널 등에서 발생하는 100 °C이하의 폐열 에너지 활용에 대해서는 아직 효과적인 활용방안이 없는 실정이다. 고체 열전(solid-state thermoelectric) 및 스텔링 엔진(stirling engine)과 같은 열-전기에너지 전환 장치는 지난 수십 년간의 지속적인 연구에도 불구하고 초기설치/운영유지 비용 등의 측면에서 효과적이지 못하며, 장기적 운영을 위한 내구성 문제는 아직 해결해야 할 과제로 인식되고 있다. 따라서 폐열 에너지 수확 및 활용을 위한 에너지 전환 기술 연구가 필요하다.

온도차 부식 전지(thermogalvanic cell) 혹은 열-전기화학 전지(thermal electro-chemical cell)로도 알려진 열전지는 두 전극 사이에 인가된 온도차에 의해 전해질의 전기화학적 전위차가 발생하여 전력을 생산하는 장치로 열-전기에너지의 직접 변환, 단순한 구성요소, 반영구적 내구성, 낮은 유지비용 및 탄소 무배출이라는 장점을 가진다.

본 연구에서는 폐열을 수확하여 전기에너지로 활용할 수 있는 열전지 제작을 목표로 한다. 열전지는 그림 4a와 같이 뜨거운 전극과 차가운 전극 사이에 있는 전해질이 산화/환원 반응을 통해 구동되는 원리도 동작한다. 열전지는 그림 4b의 모식도와 같은 간단한 구조로 제작할 수 있다. 참여학생은 열전지의 원리와 전기화학 반응 등 기본적인 내용을 공부하는 동시에 열전지 제작에 직접 참여하고 성능을 평가할 것이다. 또한 분리막과 전극재료 등을 바꿔가면서 성능의 변화를 관찰할 것이다.



(a)



(b)

그림 4. (a) 열전지의 구동 원리. (b) 열전지 개념도

담당조교: 정우상(E-mail: wsiq2000@snu.ac.kr)