

2015
October
no.14

융합 Weekly TIP

Technology | Industry | Policy

발행일_ 2015.10.19 | 발행처_ 융합연구정책센터

Technology

Industry

Policy

나노소재 활용 환경오염처리 기술 동향

최재우 | 한국과학기술연구원

선정 사유

- 최근 환경오염 추세는 급속한 도시화와 많은 경제활동으로 인해 다양한 패턴의 환경 문제들이 발생함

- 우리나라의 도시화 수준은 90년대 중반 87%에서 2000년대 중반 이후 90%를 상회함
- 1인당 총에너지 소비량 역시 지속적으로 증가하고 있는 추세
- 이 중, 석탄, 석유, 원자력 등의 에너지원은 꾸준히 그 사용량이 증가하고 있으며, 이는 환경에 악영향을 미침

표1. 에너지원별 소비 구성비 변화 비교

연도 Year	석탄 Coal	석유 Petroleum	LNG	수력 Hydro	원자력 Nuclear
2002	75,952	762,868	17,768	5,309	119,102
2003	79,121	762,941	18,610	6,887	129,639
2004	82,116	752,329	21,809	5,861	130,715
2005	84,822	761,080	23,350	5,189	146,779
2006	87,827	765,520	24,619	5,219	148,749
2007	94,128	794,946	26,664	5,043	142,937
2008	104,198	760,641	27,439	5,563	150,958
2009	108,378	778,480	26,083	5,641	147,771
2010	121,029	794,278	33,083	6,472	148,596
2011	130,860	801,642	35,603	7,831	154,723
2012	128,146	827,679	38,485	7,652	150,328

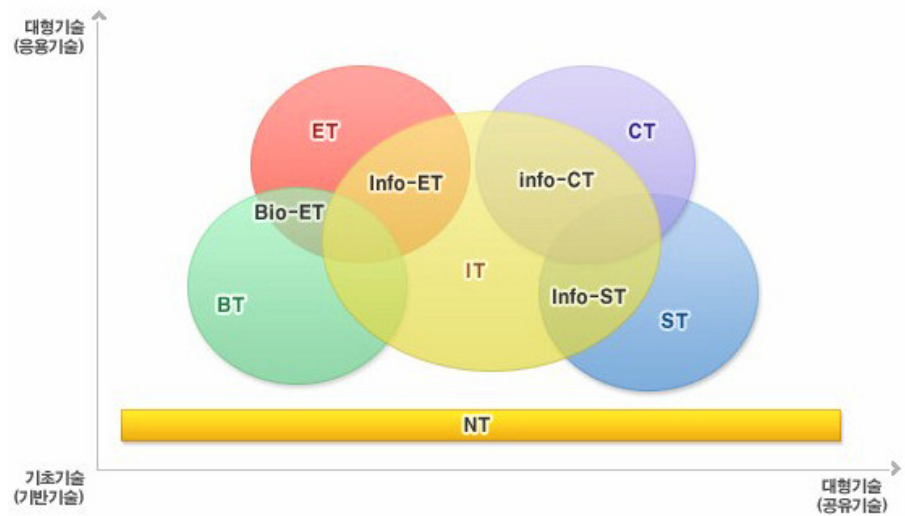
※ (출처) 환경부 환경통계연감(2014)

- 오염물질의 적절한 적용 및 관리가 필수적이며, 환경 내 배출된 오염물질은 대해서는 효율적인 처리 기술 개발이 필수적임

- 나노기술은 신기술 및 전통기술과의 조합을 통하여 여러 가지 형태로 융복합될 수 있음

- 분자수준에서 물질을 제어할 수 있기 때문에 최근 문제 되고 있는 미량오염물질에 대한 반응성을 극대화 할 수 있음

- 특히 나노기술은 미래 산업을 이끌어갈 수 있는 신수종사업으로 사회, 경제, 환경 등 다양한 분야의 문제 해결 및 성장에 필요한 융합기술 형태로 발전 가능함



※ (출처) 나노융합기술원

그림1. 6T와 나노기술과의 상관관계

- 2009년 9월, 나노 입자로 인한 폐 조직 손상에 의해 근로자가 사망한 사건을 시작으로 인체 유해성과 생태 위해성에 대한 관심이 증대됨에 따라 나노기술의 안전성에 대한 연구의 중요성이 부각되고 있음
 - 가장 광범위하게 일반 국민들에게 홍보되었던 은나노 향균 세탁기를 시작으로 화장품, 의류, 의약품 등 다양한 분야에 나노소재가 적용되기 시작하면서 부작용에 대한 의문도 증가하고 있음
- (기술 이슈) 다양한 분야의 기술과 접목이 가능한 나노기술에 대한 응용분야 연구가 각광받고 있음
 - 우리나라 나노기술 경쟁력은 세계 4위이며, 정부가 오는 2020년까지 세계 2대 나노 강국으로 도약하기 위해 여러 전략을 마련해 추진하고 있음(한국연구재단 나노·소재단장 김선재 교수, 2015)

표2. 연도별 나노기술에 대한 주요국의 투자 비교

국가/회계연도	한국	일본	중국	프랑스	독일	영국
미국	1,554	1,702	1,913	1,847	1,697	1,767
유럽연합	479	517	507	566	628	755
한국	239	231	220	230	257	476

※ (출처) 국가나노기술정책센터, 2015

- 나노기술과 환경기술의 융합을 통해 개발된 NT-ET의 상업화나 이의 현장 적용성에 대한 관심이 매우 증대되어 대다수의 연구가 현재 현장 적용성을 평가 받고 있음
 - ※ 나노 멤브레인 기술은 오염물질의 분리에 적용될 수 있는 기술로서 음용수처리, 염색산업 등에 적용 가능한 반면, 해수 담수화 공정에 적용하기에 잠재력은 있지만, 더 많은 연구가 이루어져야 함
- 특히, 대기환경개선을 위한 다양한 장비(공기정화 필터용 광촉매 소재, 차량용 촉매 전환기 등) 들에는 나노기술이 적용되어 상용화 되고 있음
- 무기금속을 기반으로 한 메조기공구조체 및 철 나노물질, 제올라이트와 같은 나노기공을 보유한 광물질을 이용한 수처리 연구도 활발히 진행 중

환경- 나노기술의 개요

- ❖ (정의) 나노기술이 가지고 있는 다양하고 창발적인 특성을 환경오염물질의 감지 및 정화 등과 같은 환경 분야에 적용함으로써 인체 또는 생태 유해물질을 차단 저감하는 친환경 기술

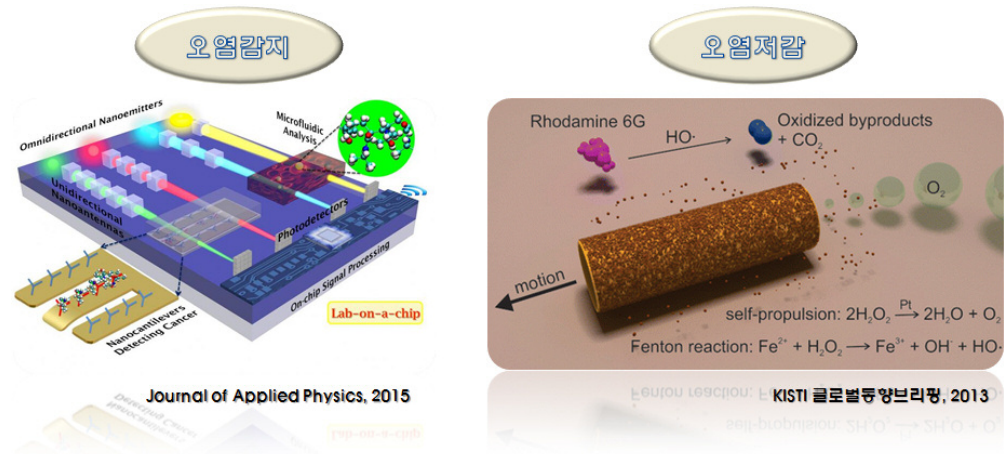


그림2. 환경-나노기술의 개념

- ❖ (나노 기술 적용분야) 다양한 나노소재가 환경촉매에서 오염센싱까지 많은 분야에서 사용됨

표3. 나노소재별 적용 분야

분야	한국	연구 내용
환경촉매	Pt, Pd, Ti, Fe, Ni, Zr 등의 산화물	- 화학반응의 속도를 향상시켜주고, 선택적인 반응을 통해 오염물질을 저감시킴 - 특히 에너지 투입량을 절약하고 반응 부산물을 적게 발생시켜 환경오염 저감에 도움
고효율 흡착소재	탄소계 나노흡착소재, 제올라이트, 메조기공구조 금속산화물/탄소구조체, 덴드리머 등	- 흡수 및 흡착, 또는 포집의 방법을 통해 오염물질을 저감 - 소재의 크기가 작아짐에 따라 상대적 비표면적은 크게 증가하여 오염물질 처리 효율의 향상을 가져옴 - 흡착소재의 특성상, 재생공정을 위한 회수에 어려움이 따르는 문제점에 대한 연구가 지속적으로 수행 중임
나노 분리막 소재	유기고분자, 무기화합물	- 나노 크기의 표면 기공을 가진 나노 분리막은 적용하고자 하는 소재의 종류에 따라 제조 방법에 차이가 있음. - 유기고분자는 기계적 강도와 화학적 안정성이 우수한 플라스틱임. [Polysulfone, Polyethersulfone, Polyimide, Polyetherimide, Polyvinylidenefluoride, Polyamide, Polyethylene 등] - 무기 고분자 소재는 세라믹이 대표적이며, 비대칭 다공성 구조를 특징으로 함
오염센싱	ZnO, WO3, CNT, Graphene 등	- 실내외 공기질 모니터링을 위한 센싱 기술 연구 - 수질 개선을 위한 오염 센서 개발 및 이를 이용한 수처리 기술 연구

❖ (환경 적용 분리막의 연구방향) 다공성 세라믹은 에너지와 환경 등 다양한 분야에서 핵심 요소 기술로 활용되고 있음

- 다공성 세라믹의 기반 소재는 기능성과 고효율성을 위해 나노소재를 이용하고 있으며, 가정이나 사무실 공간에서 발생할 수 있는 위험물질 등의 제거용 환경 소재로 최근 각광을 받으며 빠르게 산업화 되고 있는 추세
- 이러한 나노 다공성 세라믹 시장은 대부분이 미국과 일본에 집중되어 있으며(약 80%), 다공성 세라믹을 이용한 분리막기술은 국내에서 원천소재인 막 지지체 제작 기술 부족으로 인해 대부분을 수입에 의존하고 있음(소재기술백서, 2011)

표4. 다공성 세라믹 국내외 시장 규모

구분		2011	2013	2015	2017	2019	연평균 성장률
국내 (억원)	세라믹 UF 멤브레인	124	202	330	540	870	27.6%
	세라믹 MF 멤브레인	169	196	228	190	304	7.6%
	세라믹 NF 멤브레인	-	-	80	100	130	15.0%
	기체분리 멤브레인	200	350	500	750	1,031	20.1%
	(소계)	493	748	1,138	1,580	2,335	21.5%
국외 (억달러)	세라믹 UF 멤브레인	2.4	2.9	3.5	4.3	5.2	21.5%
	세라믹 MF 멤브레인	3.6	4.1	4.6	5.4	6.2	14.5%
	세라믹 NF 멤브레인	0.9	1.2	1.6	2.0	2.6	30.0%
	기체분리 멤브레인	1.8	3.1	4.4	6.4	9.3	20.1%
	(소계)	8.7	11.3	14.1	18.1	23.3	13.1%

※ (출처) 소재기술백서, 2011



❖ (수질환경 분야) 세계 물 관련 산업은 2000년대 중반 8,000억 달러에서 2010년대 중반 이후 16,000억 달러로 확대될 것으로 전망됨

- 플랜트 산업 특성상 타산업에 미치는 영향력이 크며, 이에 따른 일자리 창출도 예상됨

❖ (대기환경 분야) 지구온난화 및 강화되는 환경규제에 대응하기 위한 기상 유해물질 모니터링 및 저감에 대한 시장이 확대될 것으로 예상됨

- 실내 인테리어자재 등으로 인해 각종 유해물질이 방출되고 있으며, 특히 환경복지/건강 차원에서 실내 대기질과 관련된 산업분야의 성장세가 뚜렷함



※ (출처) 국가환경정보센터, 2011

그림3. 실내공기오염물질 종류 및 유해성

환경- 나노기술의 기술동향

- (나노촉매) 나노분산형과 나노세공형으로 구분되며, 고표면적과 균일한 다공성, 높은 촉매활성 및 형상 선택성 등의 특징으로 인해 나노세공체가 오랜기간 활용됨
 - 독일의 글로벌 화학회사인 BASF와 미국의 Engelhard(2006년 BASF 인수합병) 등이 대표적 선도기업임
- (나노흡착소재) 결정성 제올라이트를 비롯하여 탄소기반의 흡착소재 등이 주류를 이루고 있으며, 최근에는 세공 구조와 크기 등을 조절 할 수 있는 메조기공구조 금속 산화물에 대한 연구가 활발히 진행 중임
 - 전통적 흡착기술의 적용 범위인 환경으로부터의 오염물질 제거뿐만 아니라 유가자원으로 회수 가능한 물질에 대한 재이용 연구도 이루어지고 있음
 - 특정 오염물질에 대한 선택적 제거기능을 확보하기 위하여 나노소재 표면에 다양한 기능기를 부여하고 있으며, 이러한 기능기의 안정성에 대한 연구도 활발함
 - 나노세공체를 기반 배위화합물로 이용하여 3차원의 세공 골격 구조를 형성하는 하이브리드 나노세공체에 대한 연구가 진행 중이며, 이를 대량 생산 체계까지 진입한 기업은 독일의 BASF사 임



※ (출처) Chemical & Engineering News, 2008

그림4. 독일 BASF사의 하이브리드 나노세공체 양산 시설

(나노분리막) 일본과 미국이 나노분리막 분야에서 세계적인 수준의 기술을 보유 중

- 분리막 표면에 나노세공 코팅을 통해 오염물질 분리 효율 향상과 관련된 연구가 진행 중
- 우리나라에서는 지식경제부 산하 World Premier Materials (WPM) 사업단을 운영하여, 이 중 환경분야로서 지능형 멤브레인 소재 사업단을 발족함
- (주)효성과 (주)제일모직 등의 기업이 정수용 분리막과 해수담수화용 분리막에 대한 연구 개발을 진행 중

세계 각국 기업별 사업영역

- (미국) Dow사는 친수성 재질의 저오염 역삼투막을 생산하고 있으며, 2007년 관련 분야 세계시장 1위 기업으로 연 2,200만 m²의 생산설비를 갖추고 있음
- (캐나다) 제논사는 정밀여과막 세계 점유율 1위 기업
- (일본) 토레이사는 염 제거율이 높은 분리막을 양산하고 있으며, 세계에서 가장 높은 효율의 염 제거 분리막을 개발하였음(제거율 99.8%)
- (한국) 웅진케미칼에서는 1994년 국내 최초로 역삼투막 개발에 성공하여 현재 연 1,200만 m²의 생산능력을 보유하고 있으며, 가정용 저압 RO(Reverse Osmotic) 및 내오염성 BWRO(Brackish Water Reverse Osmosis)를 내세워 경쟁력을 키워가고 있음



(가) Dow (나) Toray (다) 웅진케미칼 RO

그림5. 기업별 주력 제품 현황



결론 및 시사점

❖ 환경-나노기술의 성장은 생태계 내 유출되어 있는 오염물질들에 대한 고효율의 처리 능력을 제공해 줌

- National Science Foundation(NSF, 미국)은 나노물질의 환경 내 역학적 거동에 대한 내용을 주요 연구과제 중 하나로 지목함
- 자연/인위적으로 생태계로 배출된 나노물질이 생태피라미드를 통해 인체에 유입될 경우 미칠 수 있는 영향에 대해 관심이 증가됨에 따라 관련 연구가 활발히 진행 중임

❖ 나노소재의 특성에 의해 잠재적인 2차 오염물질 및 생태독성 유발인자를 생성할 수 있으므로, 타산업과 연계하여 이를 방지할 수 있는 기술개발이 추가적으로 필요함

- 2000년대 진입하면서 활성화된 나노소재 기술은 단기간 급격한 발전을 이루었으나, 이에 따라 발생할 수 있는 2차 오염문제와 생태독성 문제는 해결해야 할 과제로 남아 있음
- 환경-나노소재 시장은 장기적인 안목에서 접근이 필요하며, 이를 위해 수요 산업에서 요구하는 기술 개발과 융/복합화가 절실한 상황임
- 우리나라는 나노기술 분야에서 세계를 선도하는 기술들을 보유하고 있으며, 이를 더욱 발전시키기 위해서는 새로운 형태의 정책적 지원과 기술개발 패러다임이 필요함