

2021. 08

유망시장 Issue Report

촉매 컨버터



목 차

I . 개요	01
II . 정책동향	04
III . 기술동향	15
IV . 시장동향	22
V . 산업동향	25

I. 개요

1. 아이템 개요

- 촉매변환기는 엔진에서 배출되는 탄화수소, 일산화탄소, 질소산화물의 90% 이상을 덜 유해한 이산화탄소, 질소 및 수증기로 변환시키는 장치
 - VOCs 처리 기술 중 흡착제와 촉매와 같은 화학 소재가 사용될 수 있으며, 이러한 소재의 성능과 특성에 따라 전체 시스템의 효율, 내구성, 경제성 및 장치 사이즈 등이 결정될 수 있기 때문에 소재의 선택이 매우 중요
- VOCs(Volatile Organic Compounds, 휘발성 유기화합물)는 탄화수소류 중 레이드 기압이 10.3KPa 이상인 석유화학제품, 유기용제 또는 기타 물질이며, 인체 노출 시 발암, 유전자 변이, 기형 등 피해를 유발시키는 대기오염물질
 - 대기 중 수증기나 오존과 만나 과산화기를 생성하고 이러한 2차 유기입자는 대기 중의 NO_x, NH₃, SO_x와 결합하여 초미세먼지를 생성
- VOCs의 배출원은 주로 유기용제를 사용하는 중·소형 사업장과 석유화학계 제조업에서 다량 발생하며 그 외 다양한 산업현장에서 발생되고 있음
 - 사업장에서 발생하는 대부분의 VOCs는 호흡기 질환이나 신경 장애 등을 유발하는 유해성을 가지고 있기 때문에, VOCs 배출 사업장의 근무자뿐만 아니라 인근 주민들에 미치는 위험성이 큼
 - 앞서 언급한 바와 같이 미처리된 VOCs가 대기 중에 노출되면, 미세먼지 발생량이 증가하여 2차 피해를 유발할 수 있음



[그림] VOCs 처리 기술 개발 필요성

※ 출처 : 환경부

- 최근 정부에서는 '대기환경보전법 시행규칙' 개정을 발표하여, 미세먼지 및 VOCs에 대한 규제 정책은 지속적으로 강화되고 있음
 - 하지만 현재 중·소형 산업현장에서 배출되는 VOCs에 대한 처리 기술이 부재한 실정
 - 세탁소, 인쇄업 등과 같은 중·소형 사업장에서는 VOCs 배출량 신고가 의무화되어 있지 않고, 대부분 환기에 의존하고 있음
 - 대표적인 제거 기술들은 경제성 및 실용성이 낮아서, 중·소형 사업장에 적용되기 어려운 실정
- 또한 대표적인 VOCs 제어 기술인 단순흡착의 경우, 유해 물질의 제거가 아닌 일시적으로 저감하는 방안이기 때문에 VOCs를 최종적으로 처리 기술의 도입이 필요하게 됨
 - 따라서 경제성 및 실용성을 갖춘 고효율 VOCs 처리 기술의 개발이 요구됨
 - VOCs 최종 처분에 사용되는 고효율 기술들 대부분은 대용량 VOCs 처리에 적합한 설비이며, 해당 설비는 초기 투자 비용이 높고 지속적으로 유지 및 운영 비용이 굉장히 높다는 단점이 존재
- 특히 자동차 배기가스 정화촉매에 요구되는 정화율은 99% 이상의 매우 엄격한 수치로 정화촉매는 보다 고성능화, 내구성 향상이 필요
 - 또한 배기가스 규제강화로 촉매 사용량이 급격히 증가하고 있어 귀금속의 유효한 이용을 위한 기술 개발도 중요한 과제
 - 최근 방사광을 이용한 자동차 배기가스 정화촉매 작용의 산소흡장 방출 과정을 실시간으로 추적하는 연구, 귀금속 원자를 함유한 페로브스카이트 구조물질 개발, 귀금속 원자의 산화환원 과정을 실시간으로 조사하는 연구 등 촉매 재료를 원자 수준에서 해석하는 예가 보고됨

2. Value Chain

- VOCs 처리 기술 산업은 점오염원과 이동오염원에서 발생하는 VOCs를 관리하기 위해 필요한 제품 및 서비스를 제공하는 산업으로 이루어져 있음
 - 또한, 일반적인 대기 분야의 산업들과 마찬가지로 환경정책과 규제 등의 시장 외적인 요인에 의해 수요가 창출되는 특징을 가짐
- (전방산업) VOCs 처리 공정이 설치되는 산업분야이며, VOCs를 대량으로 배출하는 대형 사업장과 유기용제를 사용하는 중소형 사업장이 함께 존재
 - 배출원에 따른 VOCs 배출량 규모는 생산공정이 18% 정도인 것에 반해, 유기용제 사용 사업장은 58%로 VOCs를 가장 많이 배출하는 것으로 조사됨
- (후방산업) VOCs 처리 기술에 소요되는 각 소재 및 부품의 재료 또는 원료를 생산하여 공급하는 산업
 - 대표적인 환경 소재로는 촉매, 흡착제, 흡수액 등이 있으며 또한 산업에서 배출되는 배기가스 내 VOCs 농도 측정을 위한 센서 기술과 배기가스의 적정 유동제어를 위한 동력기기 등이 후방산업에 포함됨

[표] VOCs 처리 기술 산업구조

후방산업	VOCs 처리 기술 산업	전방산업
세라믹, 금속 및 금속산화물 등 원재료 산업, 분리막·촉매·흡착제 및 필터 등 요소제품 제조산업, 동력기기 및 각종 전력 기자재 제조산업	VOCs 제어설비 및 장치의 설계, 제작 및 시공산업, VOCs 처리 설비의 운영관리업, VOCs 농도 측정기기 산업	정유 및 화학물질 제조 등 화학산업, 유기용제 사용 사업장, 하수처리장 등 환경산업

※ 출처 : 중소기업 전략기술로드맵 2021-2023(환경), 2020, 중소벤처기업부

II. 정책동향

1. 국내 정책동향

- 국내에서 관리되고 있는 VOCs는 총 37종으로 주요 VOCs 종류는 지정되어 있으나, 물질별 배출·허용 기준은 제시되어 있지 않음
 - 상당수 유해대기오염물질과 특정대기오염물질(HAPs)로 지정돼 별도로 규제되고 있으며, 일부 톨루엔, 아세트알데히드, 메틸에틸케톤 등 VOCs 물질은 악취 물질로도 관리
 - 대기환경보전법에는 VOCs를 배출하는 시설의 종류 및 규모와 배출 억제·방지시설 설치 등에 관한 기준 등에 관한 규정이 설정

[표] 휘발성유기화합물 규제제품 및 물질명

연번	휘발성유기화합물 규제제품 및 물질명	연번	휘발성유기화합물 규제제품 및 물질명
1	아세트알데히드*	20	메탄올
2	아세틸렌**	21	메틸에틸케톤
3	아세틸렌 디클로라이드	22	메틸렌클로라이드
4	아크롤레인	23	엠티비이(MTBE)
5	아크릴로니트릴*	24	프로필렌**
6	벤젠*,**	25	프로펠린옥사이드*
7	1,3-부타디엔*	26	1,1,1-트리클로로에탄
8	부탄**	27	트리클로로에틸렌*
9	1-부탄, 2-부텐**	28	휘발유
10	사염화탄소*	29	납사
11	클로로포름*	30	원유
12	사이클로헥산**	31	아세트산(초산)
13	1,2-디클로로에탄*	32	에틸벤젠*,**
14	디에틸아민	33	니트로벤젠
15	디메틸아민	34	톨루엔**
16	에틸렌**	35	테트라클로로에틸렌*
17	포름알데히드*	36	자일렌(o-,m-,p 포함)**
18	n-헥산	37	스틸렌*
19	이소프로필 알코올		

* 특정유해물질: 사람의 건강, 재산이나 동식물의 생육에 직접 또는 간접으로 피해를 줄 우려가 있는 대기오염물질(대기환경보전법시행규칙 제4조, 별표 2)

** 오존전구물질: 대기 중에서 오존을 생성시킬 수 있는 물질

※ 출처 : 소규모 도장시설 배출 VOCs 관리방안, 2020, 서울기술연구원

- 독성을 띤 VOCs 물질 중 상당수는 특정대기유해물질(HAPs)로 지정돼 별도의 규제를 받고 있으며 현행 관리 대상 VOCs 37종 중 15종이 특정 대기유해물질로 지정
 - 대기 중 VOCs는 오존의 전구물질과 그 자체의 위해성 때문에 국내·외적으로 관리가 필요한 주요 물질
 - 따라서 국내 VOCs 규제는 1995년 12월에 개정된 대기환경보전법에 대기환경규제지역에서의 규제근거 법령 제정을 근간으로 많은 부분이 보완되어 현재에 이름

[표] 특정대기유해물질 규제제품 및 물질명

연번	특정대기유해물질 규제제품 및 물질명	연번	특정대기유해물질 규제제품 및 물질명
1	카드뮴 및 그 화합물	19	이황화메틸
2	시안화수소	20	아닐린
3	납 및 그 화합물	21	클로로포름
4	폴리염화비메닐	22	포름알데히드
5	크롬 및 그 화합물	23	아세트알데히드
6	비소 및 그 화합물	24	벤지딘
7	수은 및 그 화합물	25	1, 3-부타디엔
8	프로필렌옥사이드	26	다환
9	염소 및 염화수소	27	에틸렌옥사이드
10	불소화물	28	디클로로메탄
11	석면	29	스틸렌
12	니켈 및 그 화합물	30	테트라클로로에틸렌
13	염화비닐	31	1,
14	다이옥신	32	에틸벤젠
15	페놀 및 그 화합물	33	트리플로로에틸렌
16	베릴륨 및 그 화합물	34	아크릴로니트릴
17	벤젠	35	히드라진
18	사염화탄소		

※ 출처 : 소규모 도장시설 배출 VOCs 관리방안, 2020, 서울기술연구원

- VOCs는 지정악취물질에도 포함되어 있으며 악취방지법 시행규칙에 따라 일반 배출허용 기준과 엄격한 배출허용 기준의 범위로 공업, 기타 지역으로 구분하여 기준을 제시
 - 다이메틸설파이드 등 총 3종이 VOCs, 특정대기유해물질, 지정악취물질 등 3개 기준에 공통으로 포함

- VOCs 배출 억제·방지시설 설치 기준은 대기환경규제지역과 특별대책 지역에서 함께 적용되는 공통 기준과 공통 기준에 정해지지 않아 지역별로 개별 적용되는 지역별 개발 기준으로 나눌 수 있고 국내에서 VOCs를 규제하고 있는 지역은 특별대책 지역과 대기 환경규제지역으로 구분
 - 하나의 대기배출 사업장이 VOCs를 배출하면서 각종 대기오염물질을 함께 배출할 수 있으나, VOCs 배출시설과 대기 배출시설이 각각 다른 법적 의무는 대기환경보전법상 다른 의무로 준수해야 함
- (미세먼지관리 종합대책계획('20~'24)) 2016년 기준, 국내 배출량은 연간 초미세먼지 10만 톤, 질소산화물(NOx) 125만 톤, 황산화물(SOx) 36만 톤, 휘발성 유기화합물(VOCs) 102만 톤, 암모니아(NH₃) 30만 톤이며 초미세먼지(PM2.5)와 황산화물(SOx)은 산업 부문(각 42.1%, 56.1%), 질소산화물(NOx)은 수송 부문(61.1%)에서 주로 배출되고 휘발성 유기화합물(VOCs)과 암모니아(NH₃)는 생활 부문(유기용제, 농업 등)에서 주로 배출
 - 미세먼지 관리 종합대책에 따르면 국내 배출량 감축 목표를 2024년 연평균 초미세먼지 농도 개선 목표 달성을 위해 2024년까지 PM2.5 (직접) 19%, SOx 42%, NOx 64%, VOCs 32%, NH₃ 25% 이상 감축을 추진

[표] 미세먼지관리 종합대책의 목표 삭감량

구분	PM2.5	SOx	NOx	VOCs	NH ₃
배출량	1,002	3,590	12,483	10,240	3,013
삭감량	191	1,513	7,933	3,276	754
삭감률	19%	42%	64%	32%	25%

※ 출처 : 미세먼지관리 종합대책, 2017, 환경부

- 이를 달성하기 위해 4대 대기관리권역을 설정하여 권역별 관리와 총량제 시행, 사업장 배출허용 기준 강화, 꼼꼼한 허가체계 구축, 자가측정 전면 개편, 오염물질 측정값 조사 방지 및 데이터 공개 사업장 배출관리 실태 및 단속 강화 등 시행

- 도심 속 미세먼지 발생원 저감을 위한 다양한 대책이 마련
- 소규모 배출원 관리 등 사각지대 관리와 함께 생활 주변 소규모 배출원에서 배출되는 오염물질을 대상으로 배출 행위 제한 및 방지 시설 설치 명령이 가능하도록 강화하는 등의 제도가 마련되었고 소규모 영세사업장의 방지사설 설치 지원을 확대하는 등의 사업 추진



[그림] 미세먼지관리 종합대책의 추진과제

※ 출처 : 미세먼지관리 종합대책, 2017, 환경부

- (대기관리권역법 시행) 환경부는 미세먼지를 포함한 대기오염원을 체계적이고 광역적으로 관리함으로써 대기오염으로부터 주민의 건강을 보호하기 위해 대기관리권역의 대기환경 개선에 관한 특별법 제9조를 수립
 - 관계부처 및 관례 지자체의 의견을 들어 5년(2020~2024년)마다 대기관리권역의 대기오염물질을 줄이기 위한 기본계획을 수립
 - 기존 대기환경 기본계획을 수립했던 수도권 외 중부권, 남부권, 동남권 (4개 권역 8개 특별·광역시와 69개 시군)을 대기관리권역으로 추가 지정
 - 대기관리권역의 가장 큰 특징은 권역 특성을 고려한 체계적인 관리를 시행하는 것으로 항만·선박, 공항, 생활 주변 배출원 등 사각지대 관리가 강화

- 인구 밀집 권역으로 차량이 집중된 수도권외의 경우 특성을 고려해
 - ① 노후 경유차 조기 폐차, 운행 제한 등 도로이동오염원 관리대책
 - ② 발전소 및 사업장 대상 총량관리제 ③ 친환경 가정용 보일러, 주유소 유증기 회수설비 설치 등 생활 주변 오염원 관리대책을 중점 추진

[표] 권역별 대기질 개선 목표(PM2.5) 및 오염물질별 배출량 삭감률

(단위: $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

권역	2016년 농도 (기준연도)	2024년 농도 (BAU, 모델링)	2024년 목표농도 (삭감대책 모델링)	배출량 삭감률 (2024년 전망 배출량 대비)
수도권	27	27	17(37% ↓)	7~31%
중부권	26	26	17(35% ↓)	10~51%
남부권	24	24	16(33% ↓)	14~44%
동남권	26	26	17(35% ↓)	10~41%

※ 출처 : 소규모 도장시설 배출 VOCs 관리방안, 2020, 서울기술연구원

- (수도권 대기환경 기본계획) 환경부는 서울, 인천, 경기도를 포함한 수도권 전역의 대기환경 개선을 위한 수도권 대기환경관리 기본계획을 수립하여 기초 사업장 대상의 대기오염물질 총량관리, 자동차 배출가스 억제 대책 등을 마련
- 2차 수도권 대기환경관리 기본계획의 대상 기간은 2015~2024년이며, 1차 대책에서 제외되었던 7개 시군(포천시, 광주시, 안성시, 여주시, 연천군, 양평군, 가평군)을 대기관리권역으로 포함
- 관리 대상 오염물질 또한 인체 위해성 중심의 대기관리를 위하여 1차 계획에서는 PM10, NOx, SOx, VOCs를 관리 대상 오염물질로 지정했지만 2차 계획에서는 PM2.5, O₃도 관리 대상 물질로 포함
- 분야별 주요 추진과제는 세부과제를 통하여 고농도(Hot-spot) 노출 인구 건강 보호 등 인체 위해성 관리에 중점을 두었으며, 2024년까지 20%를 친환경 자동차를 보급해 사업장 총량제 강화 등 예방 관리 정책을 강화
- 도장시설, 세탁소, 주유소, 인쇄소, 생활소비재 등 생활 주변 VOCs 배출원 관리대책 마련을 통하여 생활 주변 오염원을 관리

[표] 2차 수도권 대기환경관리 기본계획 추진과제

분야	추진과제
자동차 관리	- 친환경자동차 보급 확대 - 제작차 배출허용 기준 및 사후관리 강화 - 노후차 저공해화 및 LEZ 제도 정착 - 비도로 이동오염원의 체계적인 관리체계 구축-교통수요 관리 강화
배출시설 관리	대기오염물질 총량관리 강화- 총량 사업장 외 배출시설 관리
생활오염원 관리	생활 주변 VOCs, NOx 배출원 관리- 생물성 연소시설 등 PM2.5, PM10 대책 마련
과학적 관리기반구축 및 홍보 강화	- 수도권 대기환경관리 시스템 구축 - 대기측정망 확충 및 중장기 정책 R&D 확대- 미세먼지 예·경보제 시행 및 국제협력 강화

※ 출처 : 수도권 대기환경 관리 기본계획 수정계획, 2020, 환경부

- 수도권의 PM10, PM2.5, NOx, O₃ 배출량과 오염도 전망, 대책 시행에 따른 삭감량을 모델링하여 대기 개선 목표를 설정

[표] 2차 수도권 대기환경관리 기본계획 대기 개선 목표

구분	PM10($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM2.5($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	NO ₂ (ppb)	O ₃ (ppb)
서울시	30	20	21	60
인천시	36	20	20	60
경기도	37	20	20	70

※ 출처 : 수도권 대기환경 관리 기본계획 수정계획, 2020, 환경부

- (서울시 생활권 미세먼지 그물망 대책) 서울시는 2019년 4월 선도적 미세먼지 정책 추진을 마련하기 위해 시민 생활공간과 가까이 있는 생활권 오염원의 관리 강화 필요성을 인지하고 시민 피해를 가중시키는 생활권 오염원의 그물망 관리 대책을 추진

- 도심 지역 내 생활 주변 오염원 관리를 위해 IoT 기반 간이측정기를 활용해 생활권 오염원의 상시 관리, 대기배출시설 밀집지역 중 취약 계층 이용시설 집중 관리, 저감시설 지원 및 배출원 규제 동시 추진, 소규모 정비업체 매연포집시설 설치 의무화 등을 추진

- 문재인 대통령은 2020년 10월 28일 국회 시정연설에서 ‘2050 탄소중립 계획’을 천명
 - 이후 ‘포용적이고 지속 가능한 복원력 있는 미래’를 주제로 열린 G20 정상회의 제2세션에서 “한국은 탄소중립을 향해 나아가는 국제사회와 보조를 맞추고자 한다”고 2050 탄소중립에 대한 한국의 의지를 표명하였음
 - 2020년 12월 7일 기획재정부 장관 주재 ‘제22차 비상경제 중앙대책본부회의’를 개최하여 ‘2050 탄소중립 추진전략’을 확정·발표
- 계획에서는 탄소중립·경제성장·삶의 질 향상 동시 달성을 목표로 ① 경제구조 저탄소화, ② 저탄소 산업생태계 조성, ③ 탄소중립사회로의 공정전환의 3대 정책방향과 ④ 탄소중립 제도기반 강화의 3+1의 전략 추진
 - (경제구조의 저탄소화) 에너지 주공급원을 화석연료에서 신·재생에너지로 적극 전환하고 고탄소 산업구조 혁신 및 미래모빌리티 전환을 통해 도시·국토 저탄소화를 도모
 - (신유망 저탄소산업 생태계 조성) 차세대전지 및 그린수소 관련 신유망산업을 육성하여 혁신 생태계 저변을 구축하고 지속가능한 생산·소비체계를 통한 순환경제 활성화를 달성
 - (탄소중립 사회로의 공정 전환) 기존 차 업체를 포함한 취약 산업·계층을 보호하고 지역 중심의 탄소중립을 실현하여 탄소중립 사회에 대한 국민인식을 전반적으로 제고함
 - (탄소중립 제도적 기반 강화) 세제·부담금·배출권거래제 등 탄소가격 체계를 재구축하고 녹색금융 및 R&D 등 인프라 구축을 위한 제도 마련

2. 해외 정책동향

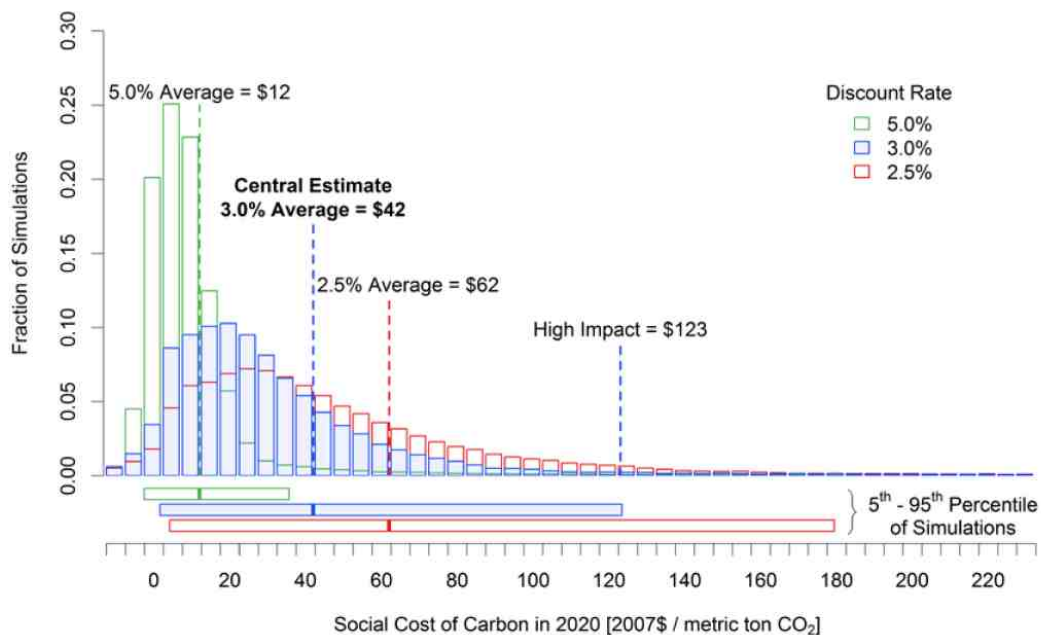
가. 미국

- 미국 뉴욕주는 2019년 4월 건축 및 산업용 유지보수(AIM) 코팅제 내 VOCs의 함량 기준 개정안을 WTO에 제출
 - 주로 페인트로 불리는 건축 및 산업용 유지보수 코팅제는 VOCs를 대기 중으로 배출하고 있으며, 현재 52종의 VOCs 코팅제를 규제
 - 주요 개정 내용은 기존 15종¹⁾ 코팅제의 VOCs 기준을 삭제하고 12종²⁾ 코팅제의 신규 VOCs 기준을 도입
 - 플레트, 비틀레트 코팅제 등 12종 VOCs 물질의 기준을 강화하는 등 코팅제 내 VOCs 함량 기준의 개정을 도입하여 뉴욕주에서 사용하는 건축용 코팅제를 공급, 판매, 매매 제의 또는 제조하는 자에게 적용되는 개정안을 통보
- 미국 콜로라도주 보건환경부(Department of Pubic & Environment)에서는 특정 소비재, 건축재 및 산업용 제품에서 VOCs의 사용 기준을 강화하는 규제를 도입
 - 이 규제는 2020년 5월 1일부터 시행되었으며 접착제 제거제, 접착제, 방향제, 발한 억제제, 정전기 방지제, 자동차용 왁스, 광택제 및 밀폐제 등이 해당
- 미국의 경우 산업용 유지보수뿐 아니라 특정 소비재 건축재 등 생활 주변에서 사용 가능한 VOCs의 사용 규제 및 기준 강화를 점차 확대

1) 안테나 코팅제, 방오 코팅제, 투명 브러시 라커, 라커, 샌딩 실러, 바니시, 투명 난연성 코팅제, 불투명 난연성 코팅제, 플로 코팅제, 속건성 애나멜, 속건성 프라이머 실러 및 언더코팅기, 수영장 유지보수 코팅제, 온도 표시기 코팅제, 방수제, 방수 콘크리트·석조 실러

2) 알루미늄 지붕, 지하 특수 코팅제, 콘크리트·석조 실러, 공액 오일 바니시, 도로용 실러, 반사형 침투성 발수제, 반사형 침투성 탄산 석재 실러, 석재 강화제, 옥조 및 타일 보수용 코팅제, 도박 방수제, 목재 코팅제, 아연 프라이머

- 미국 바이든 행정부는 선거공약 사항으로 재생에너지 확대 및 에너지 효율 개선을 강조한 오바마 정부의 정책 계승을 약속하며 그린뉴딜 정책을 발표하고 탄소세 및 탄소국경세 시행 등을 예고
 - 바이든 행정부는 대선 당시 온실가스 감축, 친환경 인프라 투자, 친환경 일자리 창출 등의 기후변화 정책 계획을 담은 ‘그린뉴딜 (green new deal)’ 정책을 발표
 - 또한 대선 당시 탄소세 제도 시행 및 해외의 탄소집약적 상품에 관세를 부과하는 탄소국경세 시행을 예고



[그림] 미국의 2020년 탄소배출의 사회적 비용

※ 출처 : Technical Support Document, 2016

- 바이든 행정부는 2021년 1월 20일 파리기후협정에 복귀한 동시에, ‘청정에너지·인프라 계획’ 추진을 통해 2050년까지 경제 전반에 걸쳐 탄소배출 ‘넷제로(net-zero)’를 달성할 계획
 - 5대 투자 부문으로 구성된 청정에너지·인프라 계획은 바이든의 기후변화 대응을 위한 핵심 대선공약으로, 임기 4년간 2조 달러 규모의 예산 투입을 통해 일자리 100만 개를 창출한다는 목표를 제시

나. 중국

- 중국 생태환경부는 2019년 석유 화학 제품, 화학 물질, 산업용 코팅제, 포장 및 인쇄, 저유소 및 운송과 관련된 산업 등 주요 산업시설 내 VOCs의 배출 감소를 위한 3개년 계획안을 발표
 - 주요 목표는 ① VOCs의 함유가 높은 원자재 대체 방안 촉진, ② 기존 표준의 업데이트 및 원자재 내 VOCs의 신규 표준 마련, ③ VOCs 규제 단속 시행 및 관리·감독 개선, ④ VOCs 제어기술 업데이트로 VOCs 함유가 낮은 코팅 제품을 발표
 - 목재, 차량 등에 사용되는 VOCs의 제한 수치 개정, 잉크의 새로운 VOCs 표준과 접착제와 세척제 내 VOCs의 의무 표준도 도입할 예정
 - 살충제, 자동차 코팅제, 용기 제조, 포장 및 인쇄, 가구제조, 전자 산업의 대기오염 물질 배출 기준을 도입하는 것을 목표로 함

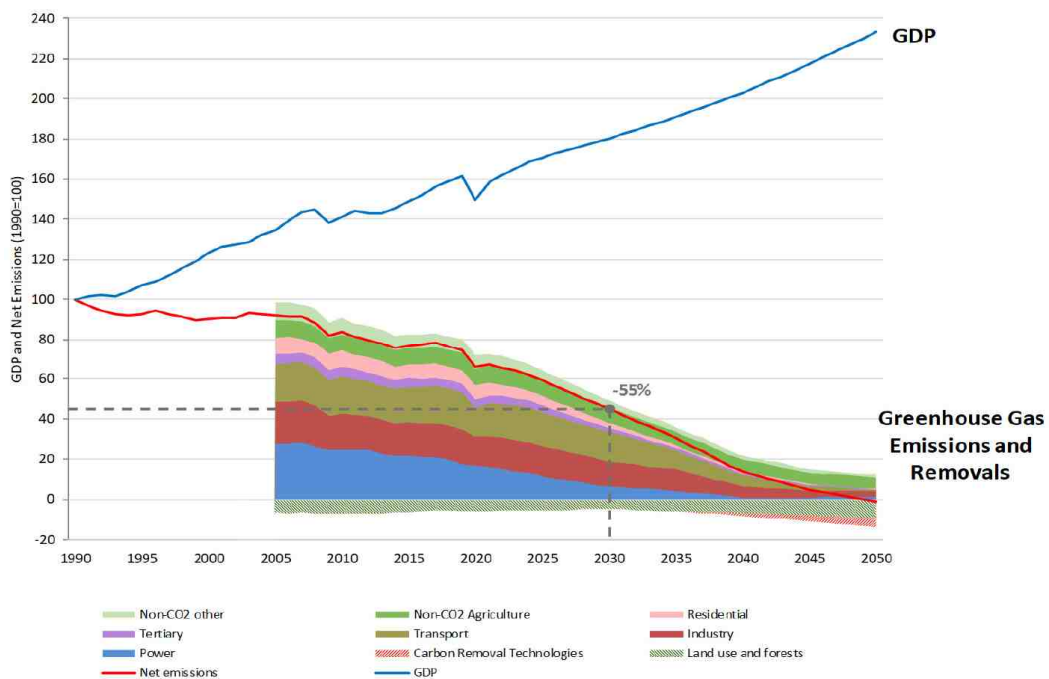
다. EU

- 독일의 VOCs 정의는 EU규정에 따르고 있으며, 연방배출방지법 31번 시행령 2조 11항에 293.15켈빈³⁾ 이하인 경우 휘발성을 띠는 유기화합물로 정의
 - 독일에서는 연방배출방지법(BImSchG: Bundes-Immissionsschutzgesetz)을 법령으로 관리하고 있으며 이와 관련해 시행령 및 시행규칙이 제정
 - 특히 VOC와 관련해서 별도의 시행령 및 시행규칙이 제정되어 있고 주요 관리 기준의 내용은 대기오염방지기술지침(dietechnische, TA Luft)에 규정
 - 독일에서는 크게 산업공정, 제조업, 가정 및 소규모 소비자 운수업, 군사 및 소규모 배출원, 연료배출, 탈루성 배출, 에너지 분야 등 7개 분야, 19개 시설로 구분

3) K: 섭씨 20도에서 증기압이 0.01킬로파스칼(kPa) 또는 그 이상의 압력 또는 각각의 사용 조건

○ 2050년 탄소중립 목표를 달성하기 위해 유럽 그린딜은 청정에너지, 순환경제, 에너지효율적 건축, 지속가능한 수송 등의 분야에서 정책 패키지와 실행 로드맵을 제안

- (청정에너지) 해상풍력을 활용한 재생에너지 전략(2020년 11월 발표), 에너지 효율 제고를 위한 「에너지법」 개정(2021년 6월까지), 회원국별 에너지 및 기후변화 계획 개선(2023년까지)
- (순환경제) 지속가능한 산업으로 전환, 재활용 가능 물질 및 제품 개발을 통한 관련 시장 규모 확대, 디지털 기술을 활용하여 제품의 탄소배출 관련 정보를 소비자에게 제공
- (자원효율적 건축) 건물의 에너지 사용 효율성을 제고하기 위한 회원국별 중장기 전략 평가, 에너지 혁신을 가로막는 장애요인 식별 및 철폐를 위한 논의 실시
- (지속가능한 수송) 지속가능한 스마트 수송전략(2020년 12월 발표), 해양 및 항공 부문의 배출권 거래제(ETS: Emissions Trading System) 편입, 자율자동차, 커넥티드카 등 다양한 운송수단 개발, 스마트 도로 관리 시스템 연계



[그림] EU의 탄소중립 달성 계획(1990~2050)

※ 출처 : European Commission COM(2020)

III. 기술동향

1. 기술범위 및 특징

○ VOCs 처리 기술은 VOCs를 무해한 물질로 파괴시키는 기술과 회수를 통해 자원순환시키는 기술로 분류될 수 있음

- VOCs를 무해한 물질로 파괴시키는 기술로는 열 소각 또는 촉매연소, 생물학적 분해법 등이 있으며, 흡착 및 흡수를 통해 일시적으로 VOCs를 흡착 또는 용해시킨 이후에 탈착과 분리를 통해 회수하는 자원순환 기술들이 존재

[표] VOCs 처리 기술의 종류 및 특성

분류	기술	장점	단점
파괴기술	재생열산화법 (RTO, Regenerative Thermal Oxidation)	▪ 높은 열회수 효율 ▪ 간단한 구조와 긴 수명 ▪ NOx 발생 감소 ▪ 모든 VOCs 고효율 처리 가능	▪ 초기 투자비용이 높음 ▪ 장치의 크기와 무게가 촉매장치보다 큼
	재생촉매산화법 (RCO, Regenerative Catalytic Oxidation)	▪ 저온연소로 에너지 효율 높음 ▪ VOCs 고효율 처리 ▪ NOx 발생 감소 ▪ 90% 이상의 열 회수 가능	▪ 가스 특성에 따라 적용 범위가 제한될 수 있음 ▪ 촉매 교체 비용 발생 ▪ 초기 투자비용이 높음
회수기술	흡착법 (Adsorption)	▪ 높은 제거 효율 ▪ 저농도 배출가스 제어 가능 ▪ VOCs 고농도 회수	▪ 수분 및 입자상 물질 등의 전처리가 요구됨 ▪ 재생회수가 증가함에 따라 효율이점차 감소함
	흡수법 (Absorption)	▪ 부식성 오염물질 제어 가능 ▪ 고농도와 저농도 모두 제어 가능 ▪ 입자상 물질도 포집 가능함 ▪ 적은 설치비와 공간효율이 높음	▪ 폐흡수액에 대한 처리가 요구됨 ▪ 막힘현상 발생 ▪ 유지관리비가 높음
	생물학적여과법 (Biofiltration)	▪ 설치비와 유지관리비가 적음 ▪ 고용량 저농도 배출가스 처리유리 ▪ 천연물질 사용	▪ 생물학적 난분해성 물질 처리가 불가능함 ▪ 운영방법이 까다로움
	막분리법 (Membrane separation)	▪ 오염부산물 생성이 없음 ▪ VOCs 상변환 없이 회수 가능	▪ 고농도 VOCs 회수가 어려움

※ 출처 : 중소기업 전략기술로드맵 2021-2023(환경), 2020, 중소벤처기업부

- VOCs 연소법은 고온에서 산화 분해되는 모든 처리대상 기체에 적용시킬 수 있는 기술로, 제거효율이 매우 높음
 - 직접 소각하는 방식으로 소각로가 해당하며, 처리 대상 기체의 발화점 이상으로 온도를 유지하고 적절한 체류시간을 설정하여 대상 기체를 산화시켜 물과 이산화탄소로 분해함
 - 높은 온도를 유지해야 하는 단점을 보완하기 위하여, 촉매를 이용하여 기존의 연소 온도보다 낮은 조건에서 산화시키는 방법을 적용하고 있음
- 흡수 및 흡착법이 저농도 VOCs 배출원에 적용되어, 일시적으로 VOCs를 저장한 후 후단의 연소공정에 투입시키거나 VOCs를 탈착 및 응축하여 자원으로 회수하는 방법들이 존재
 - 또한 가스 내 특정 물질만을 선택적으로 분리시키는 분리막 소재를 사용하기도 함
- VOCs 처리 소재 제조에 있어서 중요한 기술 개발 사항으로, 촉매 제조 방법 및 코팅 기술들이 주목받고 있음
 - 촉매의 경우, 촉매산화 공정 사업비의 큰 부분을 차지하기 때문에 사용되는 물질의 선정과 제조방법이 중요하며 또한 보통 제조된 촉매는 파우더(powder) 형태이기 때문에 압축 성형 또는 코팅을 통한 모듈화가 필수적임
 - 압축 성형은 촉매에 일정한 압력을 가하여, 펠렛 또는 허니콤(honeycomb) 형태로 성형화시키는 것을 말함
 - 하지만 이때 압축 성형에 소모되는 촉매의 양이 많아, 경제적으로 비효율적이기 때문에 상대적으로 적은 양이 소모되는 코팅 기술이 효과적임
- 최근 4차 산업혁명이 대두됨에 따라, 환경 소재 및 공정(ET)에 IT 기술들이 접목되는 경우도 많이 존재함
 - 사용되는 IT 기술로는 처리 공정 데이터를 축적한 데이터베이스와 모니터링 및 Smart RTU 등이 있음

- 또한 이러한 IT 기술들이 처리 공정에 적용되기 위해서 VOCs 농도 및 공정 온도 등의 측정을 위한 다양한 센서들이 필요하게 됨
 - 따라서 각종 센서 기술들도 함께 발전되는 형태로의 산업발전이 기대되며, 이를 처리할 수 있는 인공지능(AI) 기반 센서 진단 알고리즘 및 프로세스의 개발도 필요할 것으로 예측됨
- 바이오산업이 성장함으로써 생물학적 처리방법이 발달되었으며 이러한 미생물의 분해 작용을 이용하는 것이 또 하나의 저농도의 고유량 가스에 적합한 기술임
- 이와 같이 생물학적으로 가스 상 오염물질을 처리하는 대표적인 방법으로는 바이오필터, 바이오 스크러버, 바이오 트리클링 필터 및 토양탈취가 있음
 - (바이오필터) 토양탈취 적용 시 운전조건의 조절이 어렵고, 미생물의 활성이 떨어지는 문제점을 개선하기 위해 개발된 악취 및 휘발성 유기물질 처리방법
 - (바이오 스크러버) 운전원리는 폐가스를 세정탑으로 통과시켜 오염물질을 물에 흡수시킨 후 용해된 오염물질을 포함하는 물을 폭기조에서 미생물의 활동에 의해 제거하는 것
 - (바이오 트리클링 필터) 바이오 필터와 바이오 스크러버가 혼합된 형태이며 미생물이 고정화되어 있는 불활성 담체를 충전시키고, 여기에 물을 분무시키는 시스템으로 구성됨

2. 국내/외 기술 Trend

- 귀금속은 생산량이 적고 쉽게 산화되지 않기 때문에 장식품이나 금속으로서 가치가 높아 가격이 비싼 편이므로, 화학공업계에서는 귀금속을 효율적으로 이용하기 위하여 활성도를 높이는 방향으로 개발
- 이에 따라 폐촉매의 재생 및 자원화에 관한 연구도 활발히 이루어지고 있으며, 폐촉매 재활용 기술을 통해 전자제품 등에서 귀금속을 회수하여 처리가 가능
 - 폐촉매는 고온에서 탄화수소, 수소, 일산화탄소 등이 촉매에 흡착되거나 사용연한이 경과함에 따라 촉매로서 기능을 발휘하지 못할 때 폐기하여 만들어짐
 - 폐촉매의 주요 발생원은 석유정제산업, 석유화학공업, 유지가공, 식품 및 제약회사, 고분자중합, 자동차 촉매변환기, 무기화학, 환경산업 등 다양한 종류의 산업분야
 - 폐촉매에는 귀금속으로서 유기성의 희유금속 및 여러 종류의 금속들을 포함하고 있어서 재활용 가치가 매우 높음
 - 각종 폐전자 기기로부터 배출되는 폐전자 스크랩에는 Au, Ag, Pd 등의 귀금속이 700~1,100ppm 정도 함유되어 있으며, Cu(구리), Fe(철), Sn(주석), Ni(니켈), Zn(아연), Pb(납) 등 유가금속도 상당량 함유
- 귀금속 촉매인 백금족 금속은 주 산출국이 남아프리카 공화국, 러시아 등 특정 지역에 편재되어, 생산량이 한정되어 있어서 자원의 안정적 공급이 침해될 소지가 많음
 - 백금족 금속은 국가 간 전략자원이므로 선진국에서는 일찍부터 리사이클링 연구에 집중하여 미국과 일본에서는 자국 소비량의 30~40%를 재활용하여 사용
- 귀금속 폐촉매로부터 백금족 금속들을 회수하는 기술은 크게 건식 제련법과 습식제련법으로 구별
 - 건식법은 월 100톤 이상의 대용량 처리에 적합하고 습식법은 월 30톤 정도의 폐촉매를 처리하는데 적합

- VOC 제거는 주로 고온 소각 또는 촉매 소각을 이용한 분해기술이 사용되는데, 핵심요소기술의 대부분은 개발이 완료되어 성숙단계
 - 유용한 VOC 성분을 회수하여 사용하고자 하는 경우, VOC 종류 및 상태에 따라 적용기술이 크게 다름
 - 흡수, 흡착, 분리 등 다양한 기술들이 연구 개발되고 있으며 최근에는 분리막을 이용한 기술이 주요 연구대상임
 - VOC 농도가 낮은 경우 에너지 소비량을 줄이기 위해 휠타입의 농축기 및 고효율 흡착제 연구가 수행되었으나 국내 기술 수준이 낮아 사업화를 위한 추가 연구개발 필요
- 흡착에 의한 VOCs 제거에 있어서 사용되는 흡착제 및 흡착 공정은 경제성, 환경성, 효율성 측면에서 미래지향적인 기술로의 발전 가능성이 있어야 함
 - 이에 따라 흡착제를 적용하여 VOCs를 흡착시킨 후 고농도로 회수·재생하기 위하여 탈착 기술을 반복적으로 수행
 - 사용되는 흡착제는 흡착된 VOCs를 회수하여 흡착제를 재생시킴으로써 사용 가능한 횟수를 증가시켜 재사용이 수차례 가능함을 의미하며, 수명 연장이 가능한 정도가 중요한 관건이라 할 수 있음
- 상기 공정에서는 활성탄, 실리카겔, 알루미나 등 다양한 흡착제 중 제올라이트 기반 흡착제를 적용
 - 제올라이트는 기존에 주로 사용되는 활성탄보다 VOCs에 대하여 효율적으로 흡·탈착이 가능하며, 일정 농도 이상의 유기증기를 흡착했을 경우 폭발 가능성이 있는 활성탄을 대체할 수 있는 소재로써 최근 많은 개발이 시도됨

- 제올라이트 기반 흡착제의 흡·탈착 성능을 증진시키기 위해 흡착제의 화학적 제어와 같은 소수성 부여(Si-Al 비율 조절, dealumination 등) 및 기공 제어의 과정을 통해 흡착제를 개질함
 - 제조한 소수성 고실리카 제올라이트 흡착 소재는 VOCs 중 대표 물질인 벤젠, 톨루엔, 에틸벤젠, 자일렌을 대상으로 한 흡착 실험에서 우수한 흡착 성능을 나타냄
- 이러한 방식으로 제조한 흡착 소재는 수분 및 온도의 영향을 많이 받는 활성탄의 단점을 보완할 수 있고 다양한 형태로 적용이 용이하며, 내구성이 높다는 장점이 있음
 - 이를 통해 주요 현안인 VOCs 제어에 대한 문제점이 해결될 수 있으며, 다양한 VOCs 배출원에 개질한 제올라이트 기반 흡착제를 적용함으로써 안정성을 높이고 고효율로 VOCs를 저감하는 효과가 있을 것으로 기대

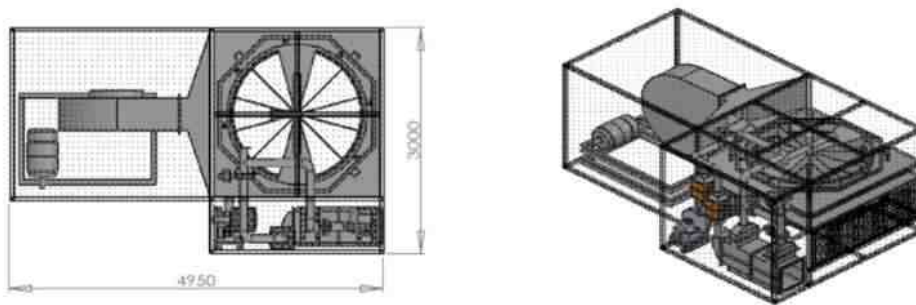


[그림] 소수성 고실리카 제올라이트 흡착제 개발을 통한 VOCs 흡착 증진

※ 출처 : 경기대학교

- VOCs를 처리하는 기존 처리 방식의 대안으로 마이크로웨이브 (microwave)에 의한 분리 탈착 기술이 대두되고 있음
 - VOCs를 처리하는 방법에는 흡착처리법, 촉매열산화법, 축열산화에 의한 방법이 있음
 - 최근 각각의 방법들의 단점을 보완한 하이브리드 시스템에 대하여 많은 연구가 수행되고 있음

- 마이크로웨이브를 이용한 방법은 유전가열(dielectric heating)에 의한 방법이기 때문에 오염물질을 직접 가열할 수 있으며, 흡착된 오염물질이 마이크로웨이브가 통과하는 비극성 성분일 경우 주변에 있는 수분을 가열하여 오염물질을 효과적으로 가열할 수 있다는 장점이 있음
 - 마이크로웨이브를 이용한 VOCs 저감 장치는 VOCs 흡착제의 주기적 재생이 가능하여 흡착제를 반영구적으로 사용할 수 있으며, 기존 열풍방식 대신 마이크로웨이브 가열방식을 적용하여 VOCs 농축기, RTO, RCO 등의 기존 설비 대비 30% 이상 높은 에너지 효율을 나타냄
- 상기 공정에서는 제올라이트, 알루미나, 활성탄, 산화 금속 등의 소재를 사용할 수 있으며, 허니컴 구조의 담체에 코팅함으로써 접촉 면적을 증가시키고 흡착 및 산화 효율의 향상을 극대화할 수 있게 됨
 - 또한, 유동에 따른 압력강하를 감소시킴으로써 제한된 구조 내에서 탈착과 산화가 효율적으로 이루어질 수 있다는 장점이 있음
 - 이러한 방식의 시스템은 VOCs 흡·탈착과 촉매 산화 기능을 겸비하여 비교적 장치 크기가 콤팩트하며 도장부스, 반도체/LCD 제조공정, 석유화학공정 등 VOCs 대량 발생 산업 현장에 효과적으로 적용 가능
 - 또한, 제습 및 Air dryer 설비로도 사용 가능



[그림] 마이크로웨이브 VOCs 정화시스템

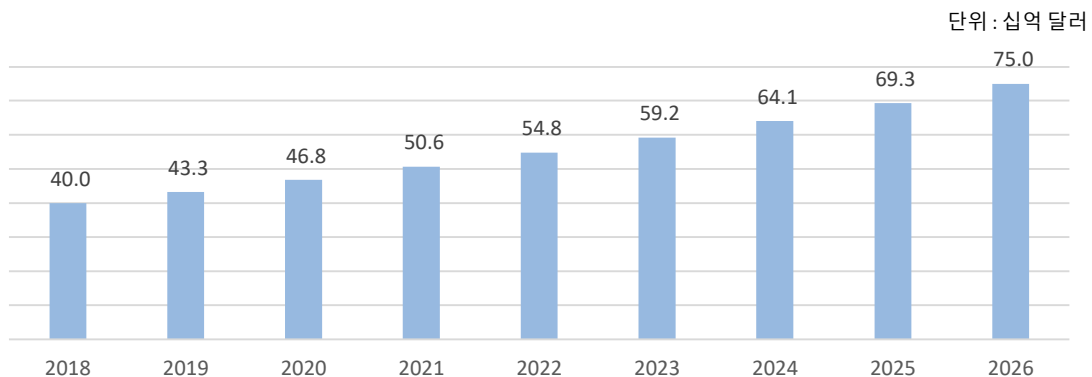
※ 출처 : 에코프로 '마이크로웨이브 VOCs 정화 시스템'

IV. 시장동향

1. 글로벌 시장

○ 글로벌 촉매 변환기 시장은 2018년 400억 달러에서 연평균 8.4% 성장하여 2026년에 750억 달러로 성장 전망

- 업계의 시장 성장을 견인하는 요인은 전 세계 자동차 시장의 급격한 성장, 자동차 OEM에서 저비용 및 저공해 촉매 변환기 생산에 대한 중요성 인식, 자동차 부품에 대한 애프터마켓의 성장, 연구 개발에 있어 공공뿐만 아니라 민간 자금이 증가하는 점, 유리한 규제 시나리오 등임
- 그러나 시장 성장에 큰 걸림돌이 되는 원자재의 높은 비용과 전기 자동차의 출현은 시장 성장에 큰 걸림돌



[그림] Global Catalytic Converter Market

※ 출처 : Global Catalytic Converter Market, 2021, globalbankingandfinance

○ 촉매 변환기 시장은 북미와 유럽에 이어 아시아 태평양에서 가장 높은 속도로 성장하고 중

- 전 세계 자동차에 대한 수요가 높고 배기가스 제어 제품의 요구 사항이 까다로워지기 때문에 시장 성장은 전 세계적인 트렌드
- 팔라듐과 로듐은 글로벌 시장에서 촉매 변환기 제조에 사용되는 재료의 선호 유형으로 카테고리 점유율의 80% 이상을 보유
- 원자재 비용의 상승으로 플래티넘은 과거에 비해 사용량이 크게 감소하였음

- 세계 VOCs 회수 및 저감기술 시장의 규모는 2018년에 5억 2,830만 달러였으며, 4.5%의 연평균 성장률로 2024년까지 약 6억 8,800만 달러에 이를 것으로 예상

[표] 세계 VOCs 회수 및 저감 시장규모 및 전망

(단위 : 백만 달러, %)

구분	'18	'19	'20	'21	'22	'23	'24	CAGR
세계시장	528.3	552.1	576.9	602.9	630.0	658.4	688.0	4.5

※ 출처 : BusinessWire. "VOC Recovery and Abatement Market size (2017-2025)" 기반 재가공

- 세계 VOCs 가스센서 시장규모는 2018년에 1억 4,170만 달러였으며, 4.0%의 연평균 성장률로 2024년까지 약 1억 7,930만 달러에 이를 것으로 예상

[표] 세계 VOCs 가스센서 시장규모 및 전망

(단위 : 백만 달러, %)

구분	'18	'19	'20	'21	'22	'23	'24	CAGR
세계시장	141.7	147.4	153.3	159.4	166.0	172.4	179.3	4.5

※ 출처 : Volatile Organic Compound Gas Sensor Market, 2019, GrandViewResearch

2. 국내 시장

- 국내 VOCs 회수 및 저감 기술시장의 규모는 2018년에 약 3조 7,600억 원이었으며, 12.3%의 연평균 성장률로 2024년까지 약 7조 5,400억 원에 이를 것으로 예상

[표] 국내 VOCs 회수 및 저감 시장규모 및 전망

(단위 : 억 원, %)

구분	'18	'19	'20	'21	'22	'23	'24	CAGR
세계시장	37,609	42,235	47,430	53,264	59,815	67,172	75,435	12.3

※ 출처 : 휘발성유기화합물(VOCs) 저감기술, TDB 시장보고서, 2018, 한국신용정보원

- 국내 배기관용 VOCs 촉매 컨버터 시장의 규모는 2018년에 약 1,379억 원이었으며, 2.1%의 연평균 성장률로 2024년까지 약 1,562억 원에 이를 것으로 예상

[표] 국내 배기관용 VOCs 촉매 컨버터 시장규모 및 전망

(단위 : 억 원, %)

구분	'18	'19	'20	'21	'22	'23	'24	CAGR
세계시장	1,379	1,408	1,438	1,468	1,499	1,530	1,562	2.1

※ 출처 : 'KMAPS' '배기관용 촉매 컨버터 부품시장'(2020) 기반 재가공

- 제올라이트 기반 VOCs 처리 흡착공정 방식이 증가함에 따라 국내 제올라이트 시장의 규모는 2018년에 약 453억 원이었으며, CAGR 7.8%로 2024년까지 약 711억 원에 이를 것으로 예상

[표] 국내 제올라이트 시장규모 및 전망

(단위 : 억 원, %)

구분	'18	'19	'20	'21	'22	'23	'24	CAGR
세계시장	453	488	526	568	612	659	711	2.1

※ 출처 : 'KMAPS' '배기관용 촉매 컨버터 부품시장'(2020) 기반 재가공

V. 산업동향

1. 글로벌 산업동향

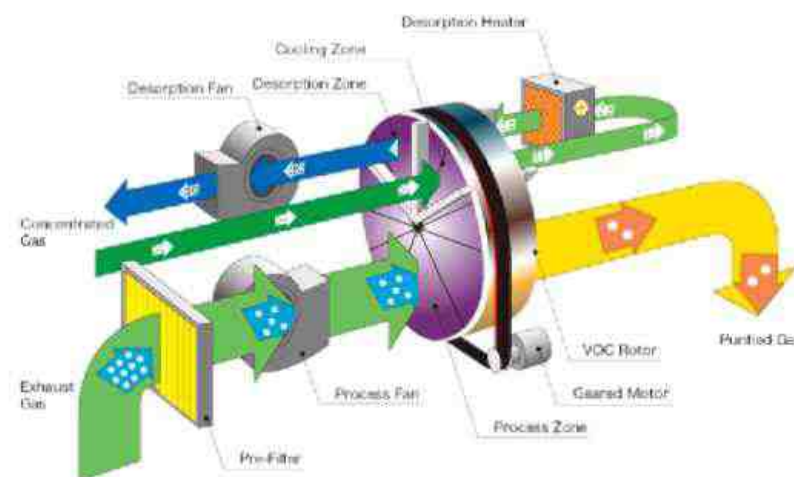
- 전 세계적으로 대기오염원의 일종인 VOCs 배출량에 대한 국제적인 환경규제가 진행 중이고 이러한 환경규제를 극복하기 위한 기술개발이 전 세계적으로 중요한 이슈로 대두되고 있음
 - VOCs 농도가 낮은 경우 에너지 소비량을 줄이기 위해 휠타입의 농축기 및 고효율 흡착제 연구가 수행되었으나 국내 기술 수준이 낮아 국내 상용화를 위한 추가 연구개발이 필요
 - 유용한 VOCs 성분을 회수하여 사용하고자 하는 경우, VOCs 종류 및 상태에 따라 적용기술이 크게 다름
 - 흡수, 흡착, 응축, 분리 등 다양한 기술들이 연구개발 되고 있으며, 최근에는 고농도 VOCs 회수를 위한 유증기 회수 시스템, VRU (Vapor Recovery Unit) 설치가 늘어나고 있음
- 기존의 전통적인 VOCs 제어 방식은 VOCs를 소각하기 위해 열에너지를 사용하는 에너지 소비 측면에서 최근에는 농축된 VOCs를 이용하여 내연기관 연료로 사용하거나 수증기 개질을 통하여 수소나 합성가스를 생성하고 연료 전지 및 가스터빈과 연계하고 열과 전력을 생산하는 VOCs 에너지화 연구가 활발히 진행 중

[표] VOCs 처리 기술 산업구조

제거방법	투자비	운영비	처리능력	제어특성
열 산화법	고	고	고	폭발 위험, 보조연료 필요
촉매 산화법	중	중	고	촉매독으로 인한 효율 저하
흡·탈착 촉매산화	중	저	고	저농도로 연속적 배출되는 공정에 유리
흡착법	고	중	고	선택적 회수 가능, 응축에 의한 유해성
흡수법	저	중	고	어느 공정이나 쉽게 적용
생물학적 처리법	중	중	고	폭발성 화합물 처리
막 분리법	고	고	고	다단 분리 system이 요구

※ 출처 : 중소기업 전략기술로드맵 2021-2023(환경), 2020, 중소벤처기업부

- 주요 VOCs 제거 설비 업체로는 Reeco, Salem, Smith, Monsanto Environ. Chem. Envirotec., Lensi., LTG 등이 있음
 - 주로 도장, 화학, 목공, 전자 산업 등의 분야에 수요가 있으며 이러한 업체들이 기반이 되어 미국과 유럽 국가들을 중심으로 VOCs 규제 강화에 따른 시장 형성이 이루어질 것으로 기대됨
- (Ford) 개발하고 있는 Fumes to Fuel Project는 VOCs를 에너지로 활용 해외 기술 중 대표적인 사례임
 - VOCs를 이용한 수소 생산과 더 나아가 연료전지와의 연계에 초점을 맞추어 개발 중
- (Seibu Giken) 제올라이트 농축 로터를 이용하여 VOCs 및 악취를 제거하는 기술을 개발
 - 소수성 제올라이트를 허니컴 형태의 매트릭스에 결합시킨 고성능 농축 로터를 연속적으로 회전시켜 저농도의 VOCs가 통과하면서 흡착될 수 있도록 구성
 - 회전식으로 구동하기 때문에 흡착과 탈착의 과정이 반복적으로 이루어져 효율적인 처리가 가능하며, 톨루엔 및 자일렌뿐만 아니라 스티렌 등의 열 중합성이 높은 VOCs 물질도 처리 가능한 것을 확인



[그림] 허니컴 형태의 로터 상세

※ 출처 : 'Seibu Giken' 홈페이지

2. 국내 산업동향

- 귀금속을 함유하고 있는 폐촉매는 정유공장에서 사용하는 석유화학 폐촉매와 자동차 배기가스 정화용 폐촉매 등이 있음
 - 석유화학 폐촉매는 백금 폐촉매와 팔라듐 폐촉매가 있는데 백금족 금속의 함유량과 배출량은 매우 다양함
- 자동차 배기가스 정화용 폐촉매 및 석유화학 산업에서 발생하는 폐촉매는 함량이 천연적으로 산출되는 광물보다 높은 것으로 알려져 매우 귀중한 백금족 금속의 자원
 - 선진국에서는 이미 기술을 개발하여 상업적으로 폐촉매로부터 Pt, Pd, Rh를 추출·회수하고 있지만, 우리나라의 경우 백금족을 추출·회수하는 기술이 미흡하여 고가의 귀금속을 함유된 폐촉매를 일본 등지에 헐값으로 수출하고 다시 고가의 고순도 백금족을 수입하는 악순환이 발생
- 국내에서 황화수소, 염화수소, 불화수소를 저감하기 위한 시설로는 흡수에 의한 시설, 흡착시설 등이 있음
 - 흡수에 의한 시설은 배출가스에 수용액을 분사하여 오염물질을 제거하는 기술로 폐수가 발생하여 부가적으로 폐수를 처리하는 설비, 비용 발생의 문제
 - 흡착시설은 활성탄 같은 흡착제의 반응을 이용하여 오염물질을 제거하는 기술로 제거 효율을 유지하기 위해서는 흡착제를 자주 교체해야 한다는 단점
- 휘발성유기화합물 및 중금속의 경우에 직접연소시설, 흡착시설, 흡수시설을 통하여 오염물질을 제거
 - 흡수시설, 흡착시설의 경우 위의 황산화물, 염화수소, 불화수소 등에서의 시설과 동일한 장단점

- 직접연소시설의 경우 가연성 배출가스를 연소분해하여 휘발성유기화합물을 제거하는 시설로 효율이 양호하고 관리가 편리하며 압력손실이 적다는 장점이 있지만, 불완전연소로 일산화탄소가 발생할 수 있고, 농도가 낮은 배출가스에는 적용이 어렵다는 단점

○ 배출가스에서 입자상 물질을 제거하기 위한 방지시설로는 전기집진시설, 여과집진시설, 세정집진시설 등으로 다양한 기술이 적용



[그림] 입자상 물질 방지시설

※ 출처 : 소규모 도장시설 배출 VOCs 관리방안, 서울기술연구원, 2020

○ 현재까지 흡착, 흡수, 촉매 등을 이용한 다양한 방지기술이 활용되었으나 대규모 배출원에 적용 가능하고 효율을 극대화한 기술이 대부분

- 지금까지 중앙정부 및 지자체의 R&D 사업으로 다양한 환경기술 및 방지기술이 상용화되었으나, 대부분이 대규모 배출원에 적용 가능한 최고 성능을 목적으로 개발되었음
- 또한 소규모 사업장을 대상으로 개발한 기술이 아닌 경우가 대부분 이기에 현실적으로 소규모 시설에 적용하기가 어렵고 유지관리도 쉽지 않은 실정

○ 서울시의 자동차 수리 도장업체의 방지시설은 대부분(92% 이상)이 활성탄 흡착방식에 의존하고 있는 실정이며, 장치가 단순한 이유로 교환형 흡착 방식으로 운영되고 있음

- 이러한 소규모 방지시설에서 활성탄 흡착 방식은 습도 및 고온에 취약하고 화재 등 다양한 안전 문제를 초래

- 활성탄은 상대 습도가 높은 경우(40% 이상) 흡착능이 현저히 감소하는 단점이 있으며 자동차 수리 도장과 같이 건조 공정이 포함되는 경우에는 오히려 고온 탈착 현상으로 유입보다 유출이 높은 문제도 발생
 - 또한 케톤류(MEK, MIBK, Aceton 등)의 흡착 시에는 흡착열의 축적과 입자 사이의 정전기로 발생하는 자연발화로 화재의 위험성을 내포하고 있어 운전 후에도 공회전을 통하여 흡착탑 내부 온도를 50℃ 이하로 환기한 다음 운전을 종료해야 하는 등 각별한 주의가 요구
- 따라서 도장시설 같은 소규모 VOCs 배출업의 방지시설에 적용 가능한 고효율 VOCs를 효과적으로 처리할 수 있는 최적 가용기술(BAT: Best Available Technology)이 필요한 실정
- VOCs 저감기술은 크게 4가지로 흡착, 연소, 세정, 생물 탈취가 있으며 비연속식 운전과 순간부하율이 높은 도장시설의 특성상 생물 탈취와 연소장치는 적용에 한계
 - 따라서 세정법과 흡착법을 혼합하는 방식을 활용하거나 주요 VOCs 물질에 특화된 무기성 흡착제를 활용(예: 제올라이트 흡착제)하고 반복적으로 재생하는 방식 등 기존 활성탄 흡착을 대체할 수 있는 기술의 개발이 시급한 실정
- (이지이엔엠) 러시아의 광촉매 산화시스템, 독일의 이산화염소 산화시스템 등의 해외 선진 특화기술을 보유하고 있는데, 특히 제올라이트 광물 흡착시스템을 보유함으로써 국내 아스콘 공장 대기 배출 규정에서 설비 허가 기준을 유일하게 통과하는 결과를 나타냄
- (KAIST) 200여 개의 다양한 구조를 가진 대표적인 다공성 물질인 제올라이트를 인공지능(AI: Artificial Intelligence)을 활용하여 원하는 물성으로 설계하여 제조하는 방법을 개발
- 4차 산업과 포스트 코로나 시대를 맞아 빠르게 발전하고 있는 인공지능 트렌드에 맞춰 발전 가능성을 보여주는 대표적인 사례

○ (에코프로) 2018년 상용화한 마이크로웨이브를 활용한 VOC 저감장치의 수요를 확대

- 발생되는 휘발성유기화합물의 특성에 최적화된 흡착제를 비롯하여 마이크로웨이브 효율개선, 시스템의 에너지효율 극대화 등 제품 경쟁력 강화를 위한 연구를 지속적으로 추진
- 독자기술로 정유공정 촉매를 개발하고 있는 한편, 정유공정에서 대량으로 발생하는 중유탈황 폐촉매로부터 몰리브덴, 바나듐, 니켈, 코발트, 알루미늄 등 유용금속 전체를 친환경적으로 회수하는 기술을 개발 중
- 수소제조용 천연가스 개질기, 차량용 세라믹필터, MLCC용 전자재료 등 다양한 중장기 신규아이템 개발을 통해 미래 성장 동력을 확보하기 위해 투자를 강화하고 있음

○ (한내포티) 2020년 한국환경산업기술원의 ‘탈질 폐촉매 재활용 기술’ 과제를 통해 탈질 촉매 기술을 개발하고 약 40억 원의 투자를 유치

- 사용 후 폐기되는 탈질 폐촉매에서 텅스텐 등 희소 금속을 분리 정제해 고순도 원료 소재를 제조하는 기술로 한국지질자원연구원과 (주)한내포티가 공동으로 개발
- 폐촉매에 함유된 희소금속을 재활용하는 기술이 개발됨에 따라 텅스텐, 바나듐, 타이타늄을 98~99% 순도로 90% 이상 회수 가능



[그림] 탈질 폐촉매 재활용 공장

※ 출처 : 전자신문

[참고문헌]

- 자동차 부품기업 미래차 전환 지원 전략, 2021, 관계부처 합동
- 국제사회의 탄소중립 정책 방향과 시사점, 2021, KIEP
- 소규모 도장시설 배출 VOCs 관리방안, 2020, 서울기술연구원
- 중소기업 기술국산화 전략품목 상세분석(환경), 2020, 중소벤처기업부
- E-Mobility 성장에 따른 석유·전력·신재생에너지 산업 대응 전략 연구(석유), 2019, 에너지경제연구원
- 선박 대기오염물질 배출저감 기술의 평가·인증체계 구축 및 활용방안 연구, 2019, 한국해양수산개발원
- 탄소 포집 활용 저장 기술 동향과 선도 기업들, 2019, 딜로이트
- 서울시 대기환경 개선을 위한 기술적 운영방안, 2019, 서울기술연구원