

정밀화학 기능성 첨가제 산업 동향과 기술개발 방향

| 저자 | 한정우 PD / KEIT 화학공정 PD실
노승만 책임연구원 / KRICT
성기은 전임연구원 / KEIT 화학공정 PD실

SUMMARY

// 목적

- ★ 정밀화학분야인 기능성 고분자 첨가제의 글로벌 산업동향을 살펴보고 기술 개발 방향을 제시하고자 함

// 주요현황

- ★ 스페셜티 케미칼 중심의 고부가가치 소량 다품종 다운스트림 제품군인 정밀화학 고분자 첨가제는 플라스틱 소재와 도료/코팅소재, 접착소재, 고무소재 등 다양한 주력산업분야 용도로 사용량이 증가 추세임
- ★ 자동차와 항공기 등 수송기기 경량화 및 플라스틱 소재 사용량 증가와 리사이클링 기술 발전, 그리고 환경규제와 인체유해성분 대체기술로서의 새로운 시장 확보 등으로 고분자 플라스틱 첨가제 시장은 유럽과 미국을 중심으로 2014년 123억불에서 2021년 166억불로 연간 3.0%의 성장이 예상됨
- ★ 환경친화적인 하이솔리드 및 수계화로 고기능화된 코팅/도료분야 첨가제는 기존 기술에 비해 특수한 기능이 부가된 고도화된 기반기술을 통하여 2013년 60억\$에서 2018년 87억\$로 연간 6.4%의 성장의 기대됨
- ★ EU 및 유럽, 일본의 기술독점이 강한 정밀화학분야 첨가제 시장에서 우리나라는 점유율 2% 수준으로 국내산업 잠재수요에 비해 기술수준과 제조기반이 크게 부족하여 수요산업 발전을 위해서도 기술개발과 투자가 시급함

// 시사점 및 정책제안

- ★ 기능성 고분자 첨가제 분야는 기술 수준에 따른 범용제품과 스페셜티 제품 간 부가가치율 격차가 큰 산업으로 일정 수준의 기술확립을 위한 기초기술과 노하우 확보가 요구됨
- ★ 타 산업 다운스트림의 주요 원부자재로서 관련 산업 품질 고급화와 부가가치 제고를 위한 원천소재, 기초유도체 및 중간체 기술, 제품 적합 응용기술, 차별화 높은 기술집약적 고기능화 기술, 다양한 화학제품 필수원료로서의 테스트마케팅 기술 등의 확보 필요
- ★ 정밀화학소재산업인 기능성 고분자 첨가제분야의 성공적인 육성을 위해서는 단기 R&D 투자에서 벗어나 글로벌 경쟁에서 생존할 수 있는 중장기 기술역량 육성 프레임과 지원전략 수립, 핵심 히든챔피언 강소기업 집중육성, 성과중심 연구개발 투자전략 필요

1. 기능성 첨가제의 개요

기능성 첨가제란 고분자 소재의 특징과 장점을 손상하지 않고 제조 과정과 용도에 맞도록 가공성과 물성을 개량할 목적으로 열적, 기계적, 전기적, 광학적 특성을 보완하기 위해 사용하는 첨가제를 통칭

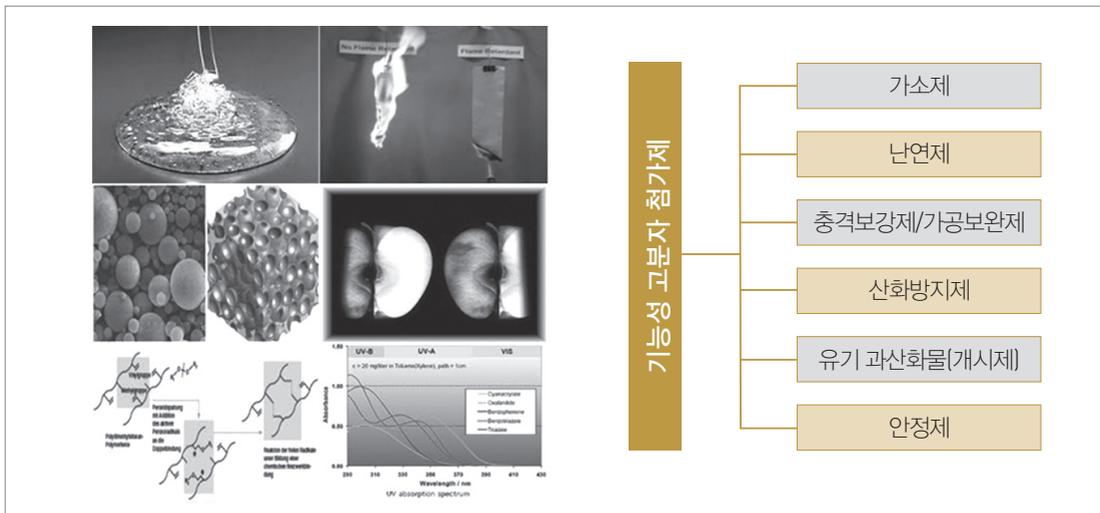


그림 1 기능성 플라스틱 고분자 첨가제의 주요 분류

고분자 응용 플라스틱, 고무소재, 필름, 코팅, 도료, 잉크, 점/접착제 등 국가 주력산업분야의 다양한 다운스트림 제품에 적용

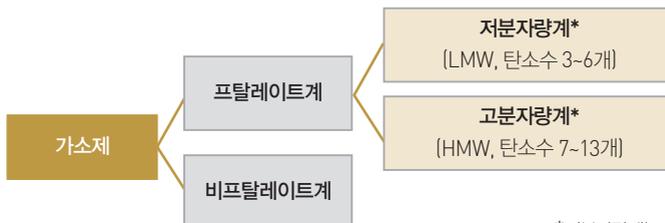
- ★ 강도, 탄성, 내충격성, 내마모성, 내열성, 내한성, 내약품성, 전기절연성이 높은 엔지니어링 플라스틱 소재의 산화방지, 난연성, 광안정성, 내충격성 등 기능성 부여
- ★ 코팅, 도료, 잉크, 점/접착제 등 고분자 가교화 개시 및 유연학적 거동 제어, 자외선 안정성, 흐름성 제어 기능 제공
- ★ 최근 들어 정밀화학기반 첨가제 시장의 고급화, 다기능화, 환경 및 보건안전에 적합한 기술개발 진전
- ★ 경량화와 에너지절감의 니즈, 세일가스 붐으로 인한 플라스틱, 고분자 소재 사용 증가에 따른 시장 경제차원의 확장



| 그림 2 기능성 플라스틱 고분자 첨가제의 산업별 응용 분야 |

// 본 리포트는 시장규모가 큰 반면 국내 기술개발의 취약분야인 가소제, 난연제, 충격보강제/가공보완제, 산화방지제, 개시제, 안정제 등 6대 첨가제 분야에 대하여 북미 및 유럽지역 시장을 중심으로 검토

★ 가소제란 고분자 플라스틱 제조 시 제품에 적합한 가소성을 부여하는 첨가제로서 85% 이상 PVC 생산에 적용되며 프탈레이트계와 비프탈레이트계로 구분



*저분자량계는 인체에 해로워 REACH 규제물질로 분류

| 그림 3 기능성 가소제의 대표적인 분류 |

★ 난연제란 불이 잘 붙지 않는 내염 특성을 갖는 첨가제로 화재 시 다른 곳으로 불이 번지는 것을 막아주는 역할을 하며 할로겐계와 비할로겐계로 구분



| 그림 4 가능성 난연제의 대표적인 분류 |

★ 충격보강제/가공보완제란 플라스틱 컴파운딩과 가공 시 단단함을 증가시켜 효과적으로 강도를 보강함으로써 창틀 프로파일, 파이프, 튜브, 의학도구 등에 적합한 특성을 제공하며 다양한 응용계로 나뉨



| 그림 5 충격보강제/가공보완제의 대표적인 분류 |

★ 산화방지제란 외부환경의 영향으로 고분자 소재가 산화할 수 있는 환경에서 산화를 억제해주는 기능성 첨가제로 자유 라디칼 생성을 막아주어 빛과 열에 대한 안정성 높여주는 기능 제공



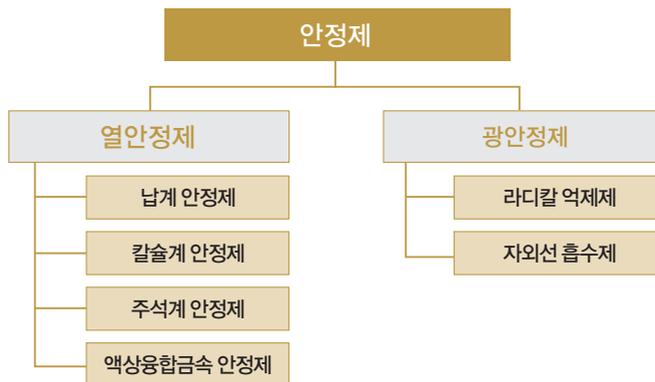
| 그림 6 산화방지제의 대표적인 분류 |

★ 유기과산화물 개시제란 고분자 광반응과 열반응 중합 가교화 사슬반응을 촉진시키는 반응성 촉매로서 반응속도의 인위적 제어를 통하여 새로운 화학적 구조를 얻을 수 있는 고부가가치 첨가제 기술



| 그림 7 유기 과산화물 개시제의 대표적인 분류 |

★ 안정제란 외부에서 고분자 소재에 전달되는 자외선을 차단해주는 동시에 내후성과 빛, 열에 대한 저항성을 제공하여 제품 수명주기를 높여주는 필수적인 기능성 첨가제



| 그림 8 안정제의 대표적인 분류 |

2. 기능성 첨가제의 특징

고분자 플라스틱 첨가제의 밸류체인은 기초원료 업스트림과 완제품 다운스트림 사이의 미드스트림 내에 위치하며 고부가가치 창출이 가능한 제품 분야임

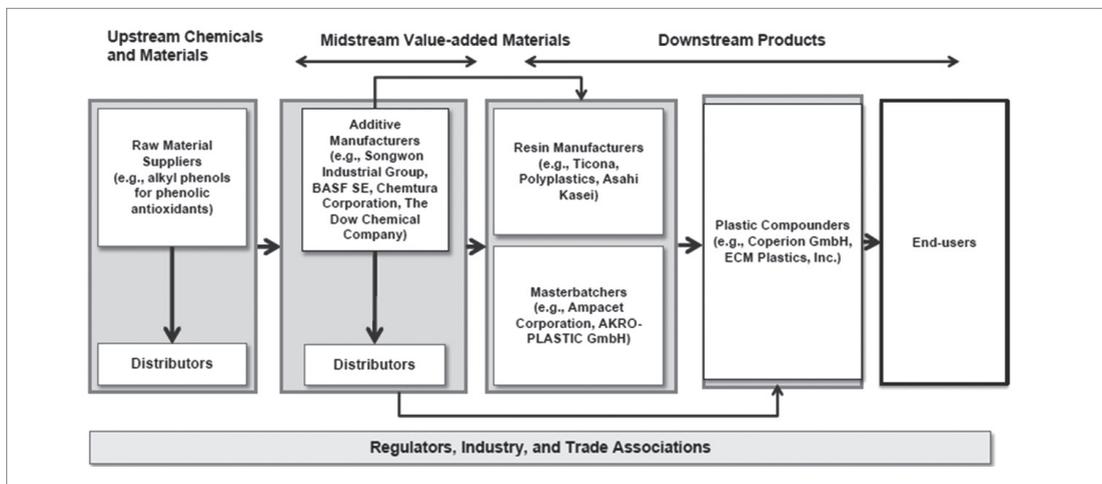


그림 9 전형적인 기능성 첨가제의 밸류체인 특징

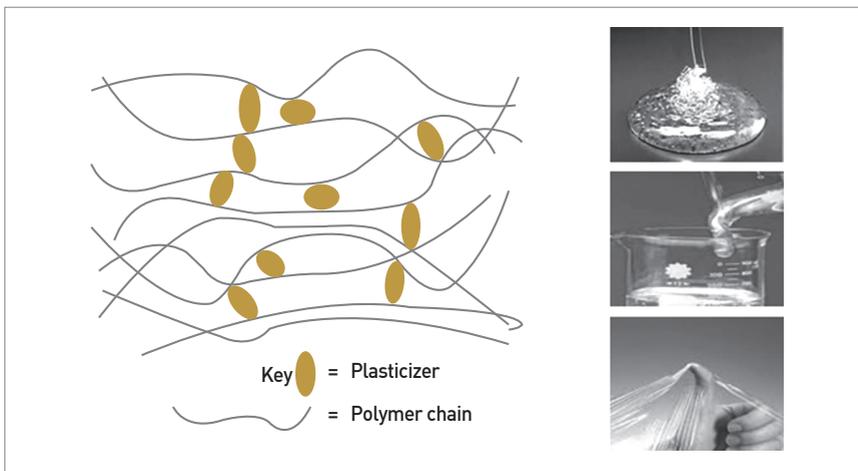
기능성 첨가제는 적용 배합물질과의 상용성, 외관, 가공성능이 우수해야 하며 분해 또는 휘발하지 않고 그 특성을 지속적으로 유지해야하는 기능 필요



그림 10 기능성 첨가제의 제품 응용 프로세스 및 구현 특징

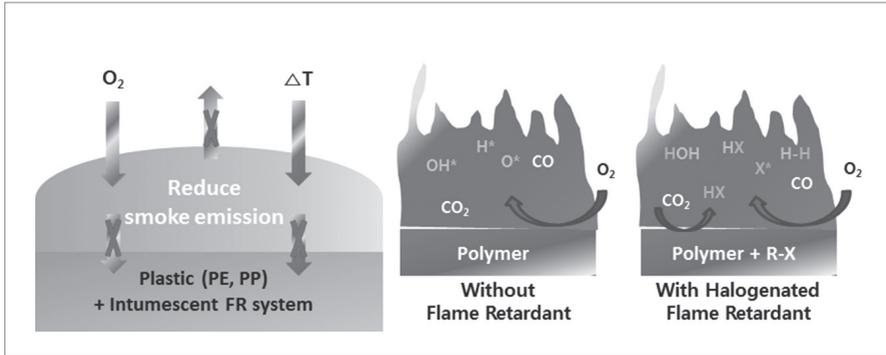
/// 고분자 소재 또는 합성수지 가공을 용이하게 하고 최종제품 성능을 개량하기 위해 가공이나 중합과정에 첨가되어 소재의 취약성을 보완하고 특성 보강

- ★ 기능성 첨가제 역할에 따라 개질제, 안정제로 분류하며 개질제는 고분자 플라스틱 물성을 개선하거나 새로운 특성을 부여하는 첨가제로 사용되며 안정제는 성형가공 시 열, 빛, 산소 등 외부 요인에 의해 물성이 저하되는 것을 막아주는 역할
- ★ 기능성 첨가제의 선택, 적용량 결정 시 가격, 성능비교, 고분자 상용성, 고분자 물성 영향 인자, 가공시 안정성, 화학적 활성, 인체 독성 여부 평가 필요
- ★ 기능성 첨가제 특성에 따라 중합반응 시 단량체에 적용, 중합반응 후 고분자계에 첨가, 컴파운딩 시 적용, 고분자 가공과정 중 첨가 등 다양한 방법에 의하여 기능성 첨가제 특징 발현 가능
 - 가소제는 고분자 사이에 침투하여 고분자 분자간 인력을 약하게 하여 분자 움직임을 용이하게 만들어 유리 전이온도를 낮추어 유연성을 부여하고 가공성을 높여주는 역할로 휘발성이 낮고 내열성이 우수해야 함



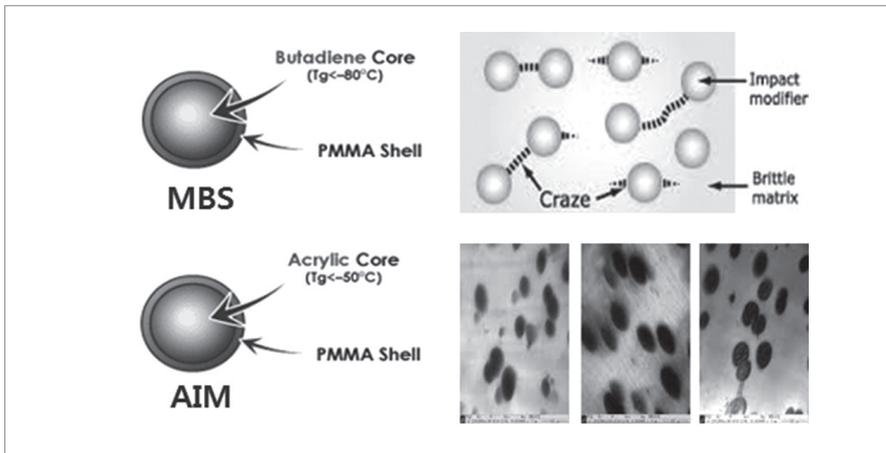
| 그림 11 가소제의 기능 |

- 난연제는 연소하기 쉬운 성질을 가진 플라스틱의 물리화학적 특성을 개선하여 잘 타지 않도록 첨가하는 물질로 첨가형과 반응형으로 구분되며 첨가형은 난연제 첨가로 난연성을 향상시키는 반면 반응형은 화학반응을 통해 난연성을 향상시킴



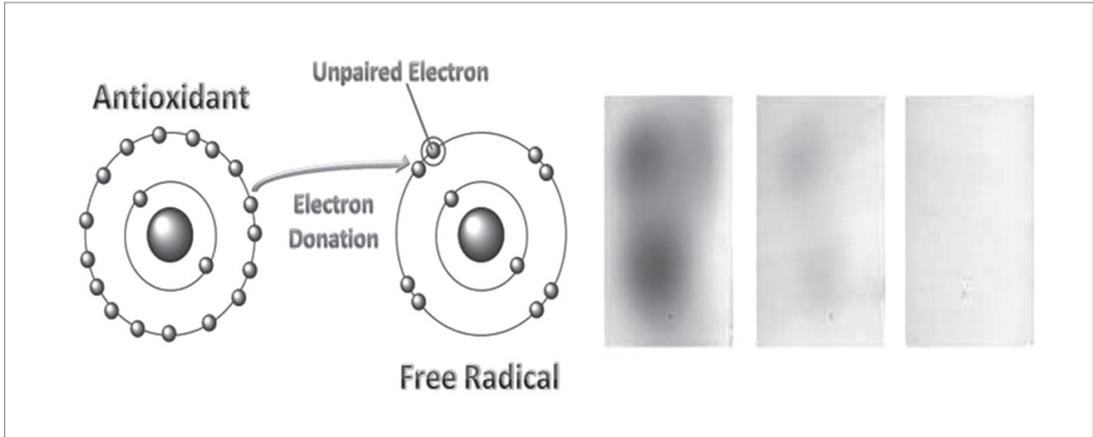
| 그림 12 난연제의 기능 |

- 충격보강제/가공보완제는 고분자 플라스틱 소재의 물리적 성질을 향상시켜 기계적 강도와 경도를 증진하여 외부에서 전달되는 충격을 분산함으로써 쉽게 깨지거나 휘어지지 않도록 기능 제공



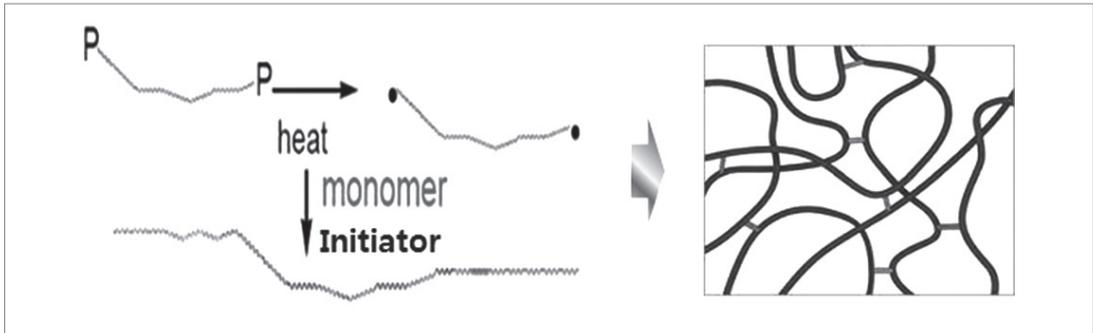
| 그림 13 충격보강제/가공보완제의 기능 |

- 산화방지제는 공기와 접촉하는 표면에서 발생하는 산화반응 제어로 압출 및 성형가공, 코팅 적용 시 열, 기계적 전단력, 빛 등에 의해 자유 라디칼 발생을 차단하여 고분자 플라스틱 열화 진행을 막아 본래 특성을 유지시켜 주는 기능을 함



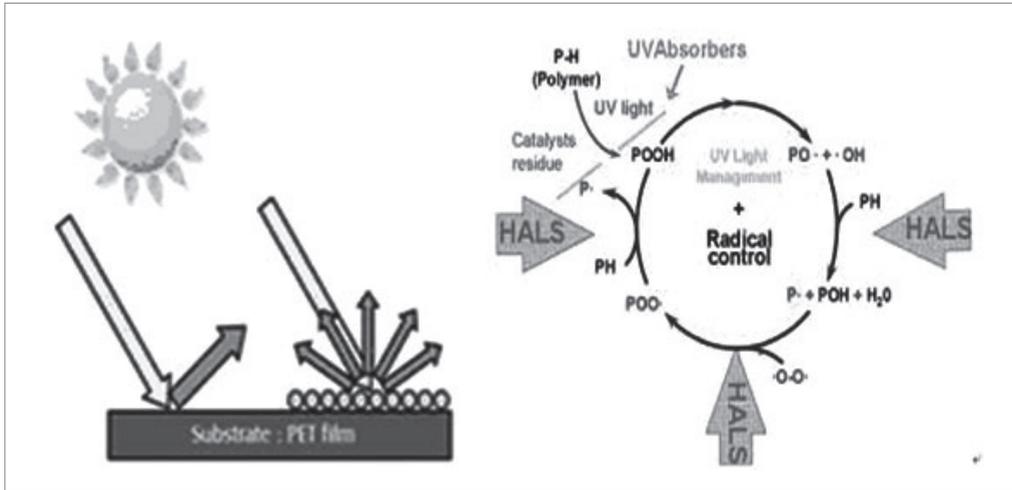
| 그림 14 산화방지제의 기능 |

- 유기과산화물 개시제는 고분자 가교화에 필요한 자유 라디칼을 만들 수 있는 개시 역할의 기능성 첨가제로 열경화성 소부, 엘라스토머 가교, 열가소성 플라스틱 등의 가교 개시제의 자체 반감기 특성을 활용



| 그림 15 유기과산화물 개시제의 기능 |

- 자외선 안정제는 빛, 열에 의한 화학반응 제어용 기능성 첨가제로 300~340nm 범위의 자외선을 연쇄적인 반응에 의해 스스로 흡수하여 차단하는 특징을 갖으며 범용 플라스틱을 가공 또는 사용할 때 열, 산소 등에 의해 탈염화수소반응에 의한 분해가 일어나는 것을 방해하여 분해요인을 저감시키는 기능 제공

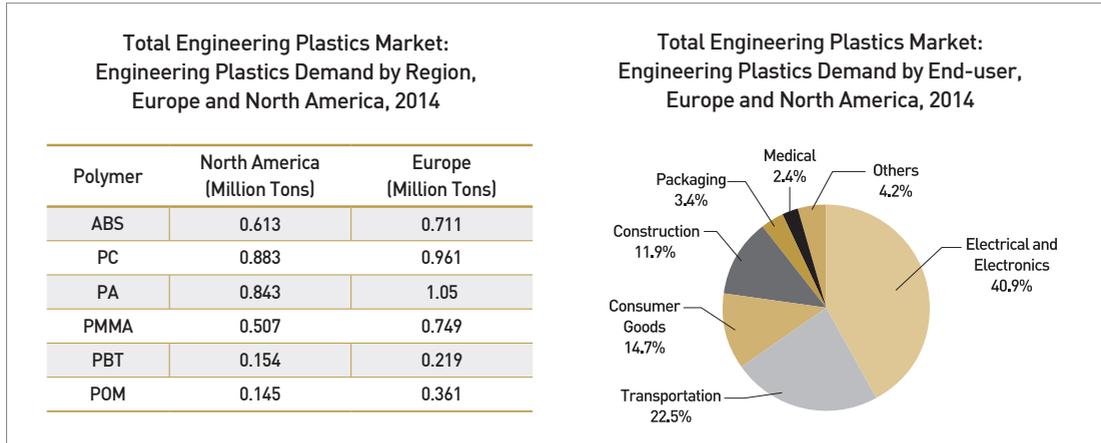


| 그림 16 자외선 안정제의 기능 |

- /// 기능성 첨가제 공급망은 수입 원재료를 최종 가공하여 판매하는 소량 다품종 제품군으로 다양한 산업현장 적용에 필요한 테스트 마케팅을 통한 설계, 보완, 최적화 배합, 물성 및 신뢰성 평가 필요
- /// 수요제품 특성, 공정, 원가, 품질안정성, 환경/보건 이슈 등을 고려하여 기능성 첨가제를 결정하며 이러한 과정은 첨가제 물성, 적용 소재제품 물성 해석, 제조공정 시뮬레이션, 장기 신뢰성 평가로 구성된 정밀화학소재와 엔지니어링 융합화 기술의 주요 모델임

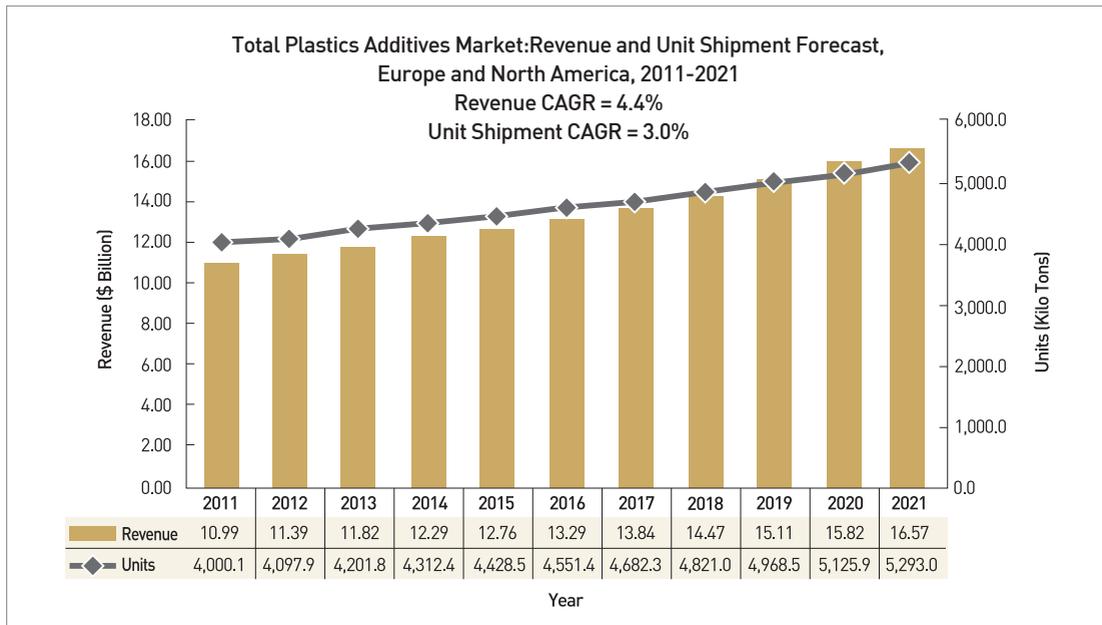
3. 기능성 첨가제의 글로벌 시장현황과 전망

- /// 고분자 엔지니어링 플라스틱 시장은 북미와 유럽을 기준으로 연평균 3.5% 성장이 예측되며 경량화 이슈로 인한 새로운 응용분야의 증가 예상



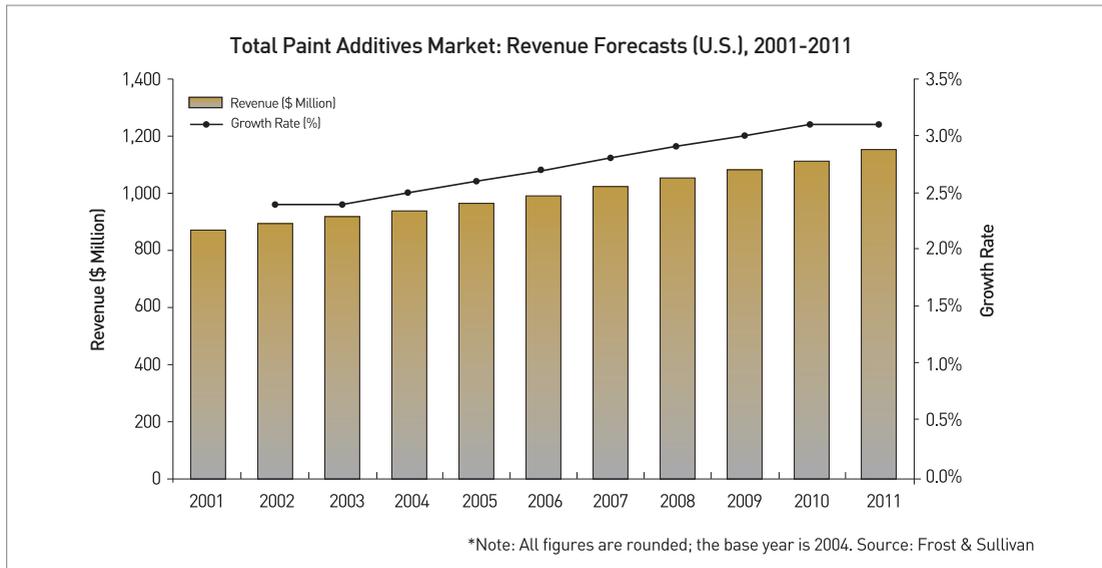
| 그림 17 유럽 및 미국의 고분자 엔지니어링 플라스틱 제품별 시장 및 응용분야 |

/// 고분자 플라스틱 첨가제 시장은 유럽과 미국을 중심으로 2014년 123억불에서 2021년 530만톤, 166억불로 연간 3.0% 성장이 예측됨



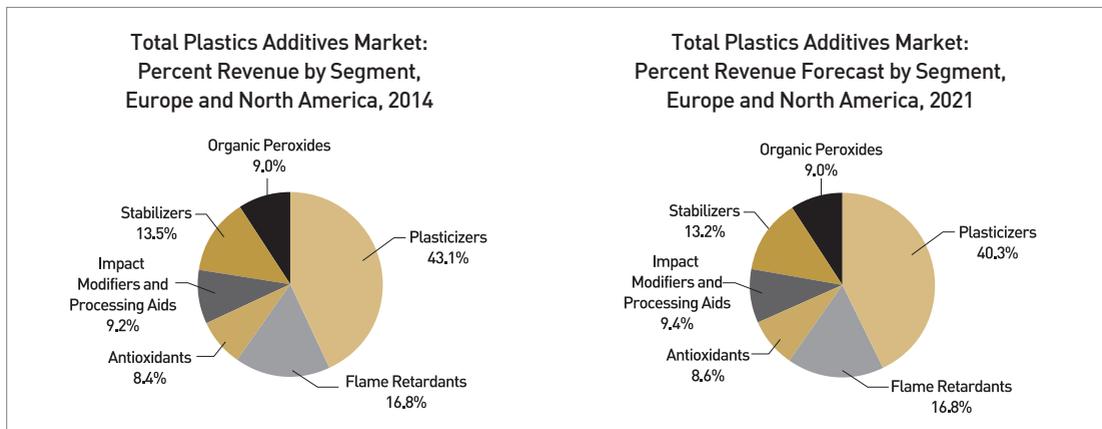
| 그림 18 유럽 및 미국의 고분자 플라스틱 첨가제 시장현황 |

/// 북미 코팅, 페인트 첨가제 시장은 2004년 9.4억불에서 2011년 11.48억불, 연평균 2.9% 성장을 보였으며 친환경적인 수계, 분체계 코팅기술을 응용한 첨가제 기술을 개발 중임



[그림 19 북미지역 고분자 코팅, 페인트 첨가제 시장현황]

/// 시장규모는 가소제가 43% 수준으로 가장 크며 산화방지제는 연평균 4.8% 이상 성장하는 추세를 보여 가장 급격한 성장세를 나타냄



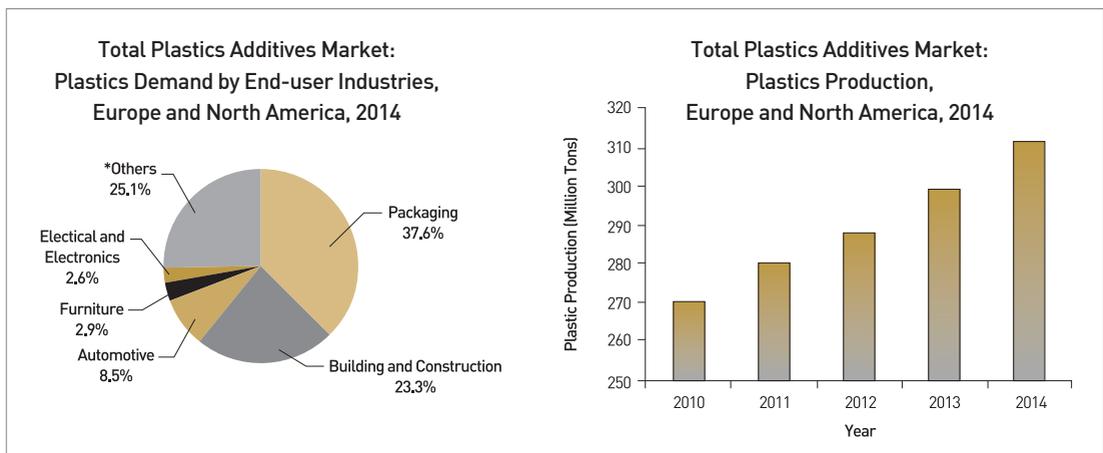
[그림 20 고분자 플라스틱 첨가제 분야의 시장 및 점유율 비교]

/// **글로벌 유해화학물질 규제 및 강화된 엔드-유저 기술지원의 고분자 플라스틱 첨가제 시장에 대한 영향성이 크며 새로운 핵심요소로 자리 잡음**

- ★ GHS(Global Harmonized System)과 라벨링시스템을 통한 첨가제 제조자 식별, 제품구분, 유독성 유무 정보 제시 필요
- ★ EU 중심의 REACH 대응과 제조기술에 대한 유해성 검증, 사전등록, 고지에 따른 시장 부담 가중
- ★ 특정화학구조의 프탈레이트계 가소제 사용을 규제하는 미국은 Section 108(CPSIA) 준수를 요구하고 있어 규제 대응 필요

/// **Market Drivers는 ① 엔드-유저 산업의 지속적인 성장, ② 고분자 플라스틱 사용량 증가, ③ 미국 중심의 셰일가스 붐, ④ 친환경 첨가제의 고수익율, ⑤ 플라스틱 리사이클링의 추가 시장 확대이며 기존시장 외 자동차, 항공기, 철도차량, 선박 등 수송기기 분야 경량화 플라스틱 소재 수요 증가 예상**

- ★ 패키징, 빌딩, 건설산업 성장세로 고분자 플라스틱 첨가제 시장에 긍정적인 영향을 주고 있고 특히 유럽과 미국에서 3.0% 및 4.6%의 패키징 시장 성장세는 플렉서블 플라스틱 패키징 제품에 필요한 산화방지제와 안정제, 가소제 성장 주도
- ★ 글로벌 기준 고분자 플라스틱 소재의 가파른 사용량 증가로 첨가제시장의 성장이 전망되며 에너지절감과 환경친화적인 경량화 소재로의 대체기술 니즈에 따른 자동차, 항공기, 선박, 철도차량 등 수송기기 분야의 사용량 확대 기대



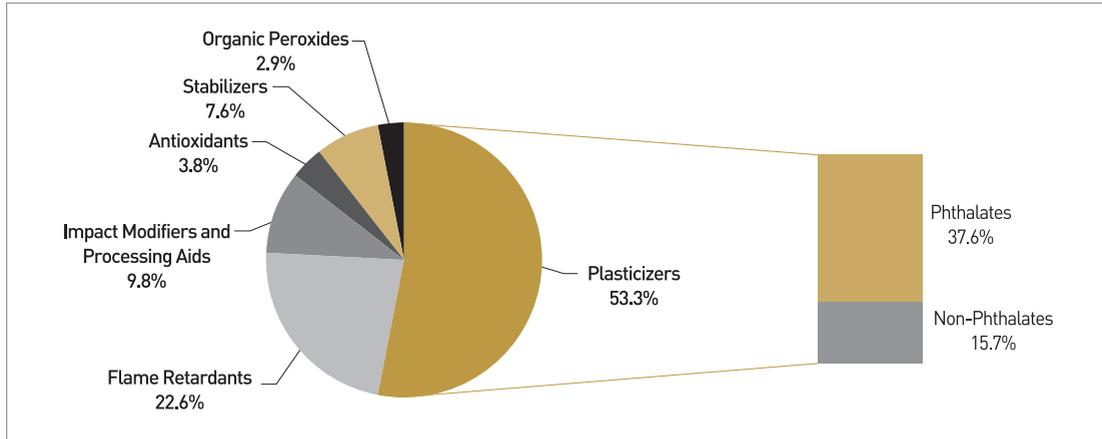
| 그림 21 다양한 플라스틱 소재별 첨가제 시장 현황과 성장규모 |

- ★ 북미 셰일가스 붐으로 플라스틱 소재의 새로운 기회가 기대되며 대략 1천억불 수준의 화학제품과 플라스틱 제조시설의 신규투자가 이루어질 전망
- ★ 환경/보건안전 인식 증가와 규제로 인한 친환경적인 첨가제 기술개발은 위기를 기회로 바꾸는 계기가 되어 고수익 비프탈레이트계 가소제 및 비할로겐계 난연제 시장 등 급성장 중
- ★ 유럽지역 26.3%의 플라스틱 재활용율은 저급 플라스틱 첨가제 사용량 증가를 주도하고 있고 특히 패키징 플라스틱 재활용율이 82% 육박하여 향후 첨가제 사용량 증대 기대

/// Market Restraint는 ① 화학물질 글로벌 규제, ② 높은가격으로 시장확장 저해, ③ 저가수입제품에 의한 경쟁심화, ④ 유럽지역 제조업 저속성장 등이며 이를 해결하기 위한 새로운 고부가 기술개발 및 환경친화적인 개발투자 필요

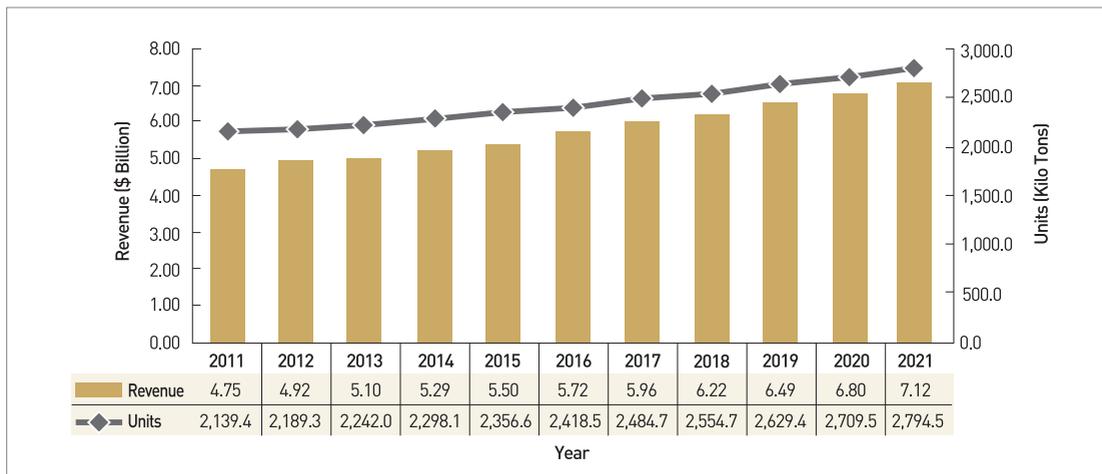
- ★ 신규 화학물질규제는 첨가제 시장성장 지체요인으로 과도한 승인 및 평가비용, 서류작업 등 새로운 고기능성 첨가제 시장진입 저해요소로 고가의 환경친화적인 첨가제로의 전환 불가피
 - 납계 안정제는 2015년 유럽지역 규제로 새로운 대체 안정제 수급이 필요하며 일부 응용처는 주석계 안정제도 규제대상으로 하여 새로운 안정제 개발 필요
- ★ 원부자재, 에너지가격 상승은 첨가제 제품원가의 동반상승을 유도하나 판매가 반영이 어려워 수익률 저하 추세
 - 가격상승은 첨가제 멀티기능 수렴으로 이어져 새로운 고기능 가소제의 경우 가공보완제로의 기능을 포함하고 산화방지제의 경우 난연 성능까지 갖춘 기술 니즈 발생
- ★ 아시아권 제조업체의 저가공세는 유럽시장에 영향을 미쳐 가격경쟁력 잃고 수익률이 현저히 떨어지는 추세이나 고급화 전략으로 시장 지탱 중
 - 일반 충격보강제 가격은 아시아 2.2\$/kg이나 유럽은 2.6\$/kg으로 경쟁력 열세
 - 고기능/다기능 프리미엄급 첨가제로서 가격경쟁력 손실 완화
- ★ 4.8% 고성장율의 미국에 비하여 유럽지역 제조업 저성장, 연평균 1.7% 수준의 낮은 건설경기 성장세는 고분자 플라스틱 첨가제 시장 저해

/// 가소제는 PVC 수요증가로 성장추세이며 연간 71.2억불 시장규모로 인체보건 규제대응, 고기능, 가격이 주요 시장니즈로 고급화 기술의 요청이 높음



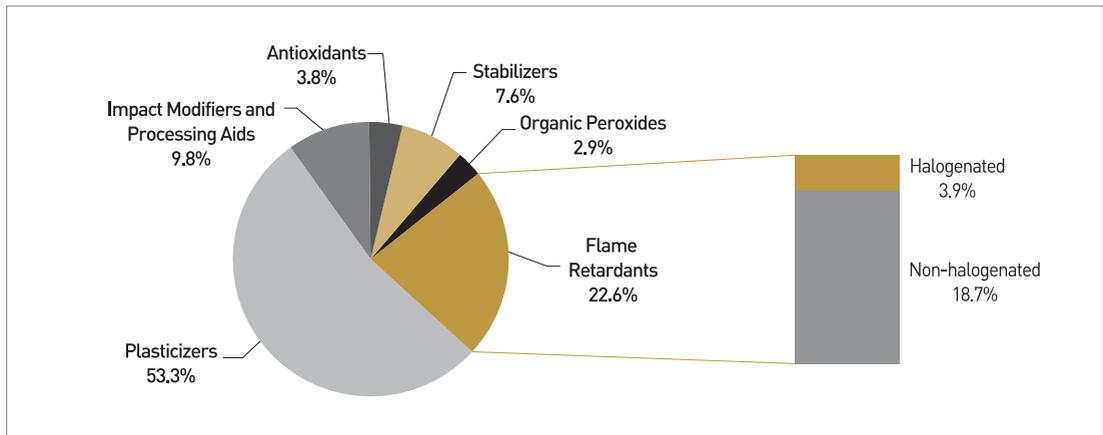
| 그림 22 2014년도 유럽, 북미지역 가소제 시장 |

★ 급격한 플렉서블 플라스틱 수요증가와 빌딩, 건설산업 성장으로 향후 가소제 시장은 지속적인 성장 가능하나 환경친화적인 고기능성 가소제 개발이 관건



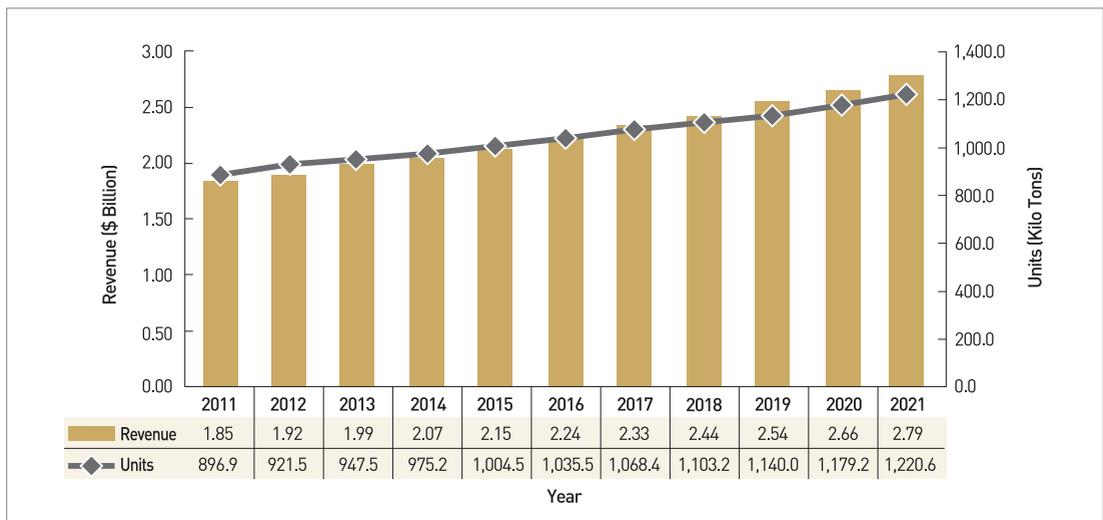
| 그림 23 2011~2021년도 유럽, 북미지역 가소제 시장규모 변화 예측 |

난연제는 화재안전성 이슈와 정보전자소재, 자동차소재 등 수요의 꾸준한 고급화와 증가추세로 연간 28억불 시장규모로 가격, 환경규제대응, 고성능이 주요 시장 니즈임



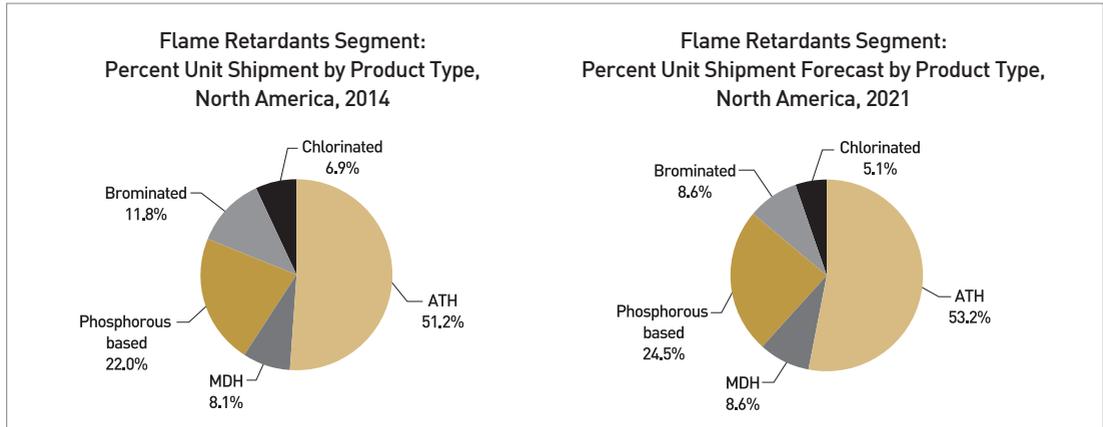
| 그림 24 2014년도 유럽, 북미지역 난연제 시장 |

★ 빌딩, 건설분야 화재안전 기준 법규 시행으로 높은 난연제 시장 성장세를 보이며 향후 인체무해한 친환경적인 비할로겐계 고기능성 난연제 기술 개발이 관건



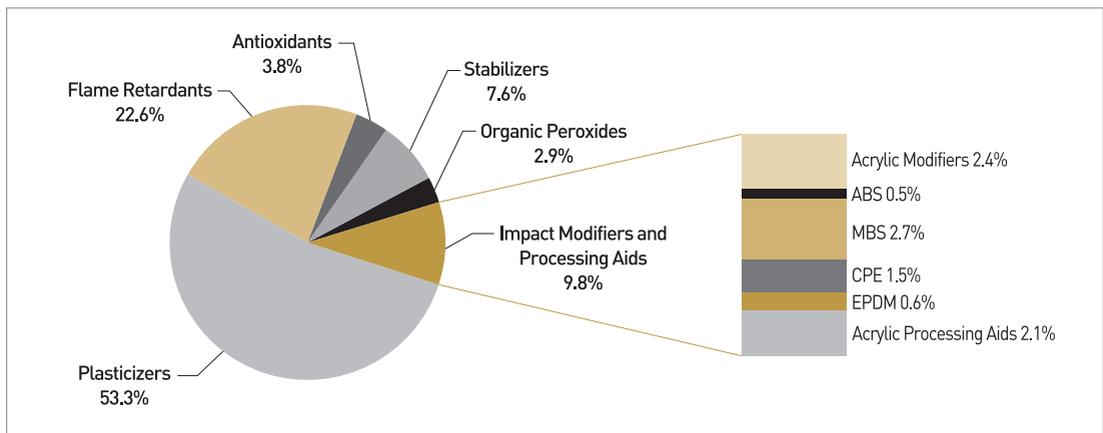
| 그림 25 2011~2021년도 유럽, 북미지역 난연제 시장규모 변화 예측 |

★ 환경과 인체건강 이슈 부각으로 할로겐계로부터 비할로겐계로의 기술 대체가 급격히 일어나며 고부가 난연제 시장이 커지는 경향



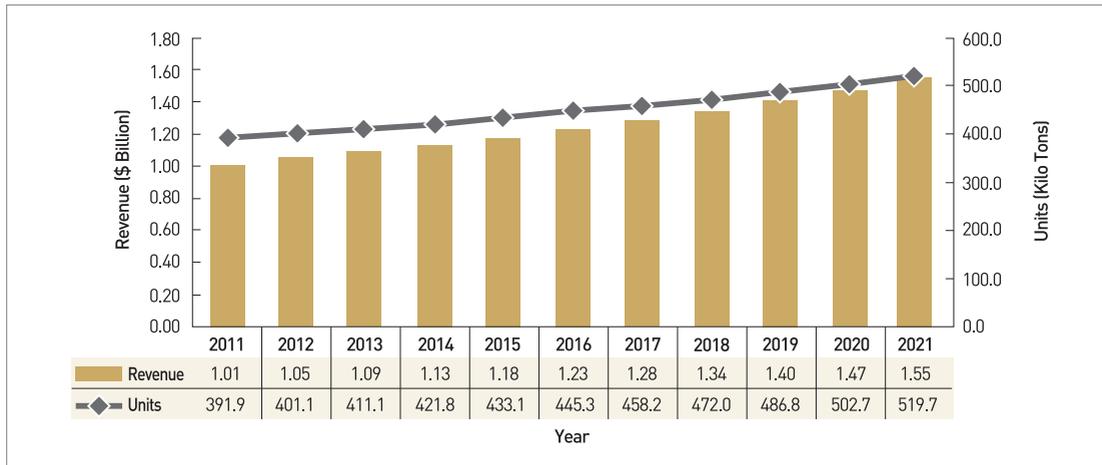
| 그림 26 2014과 2021년 난연제 기술별 시장 점유율 변화 예측 |

/// 충격보강제는 건설시장 성장에 의존하며 연간 약 10.6억불 시장규모로 가격-성능대비지표, 공급성능이 주요 시장니즈로서 고기능화 품질기술 요청 높음



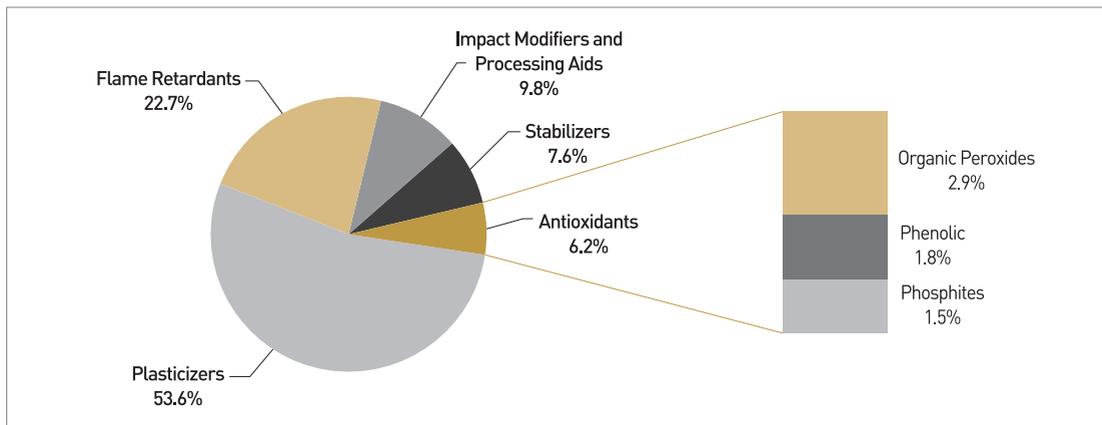
| 그림 27 2014년도 유럽, 북미지역 충격보강제 시장 |

★ 2012년 4.3백만톤에서 2014년 4.5백만톤으로의 PVC 수요증가는 빌딩, 건설분야 상승세와 패키징 산업 성장세에 기인



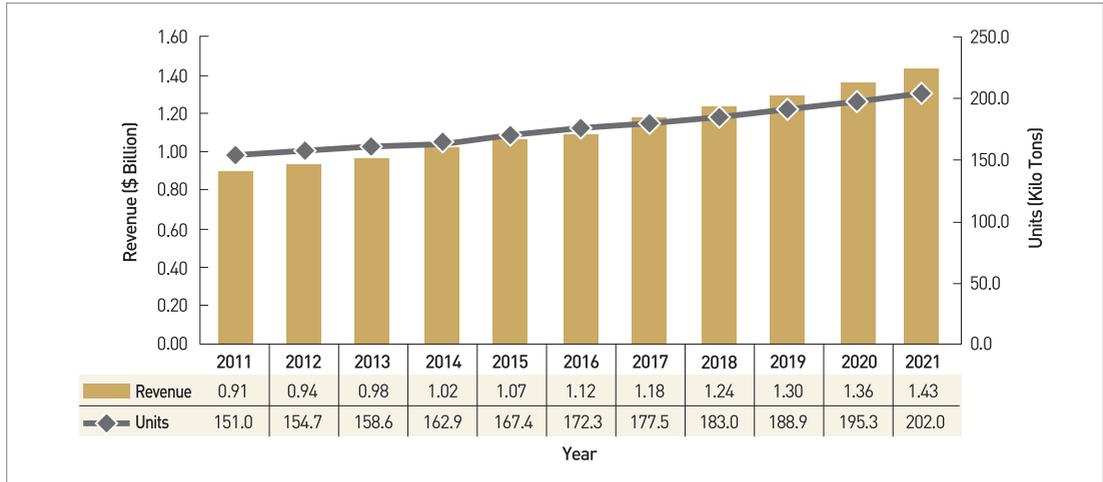
| 그림 28 2011~2021년도 유럽, 북미지역 충격보강제 시장규모 변화 예측 |

// 산화방지제는 플라스틱의 산화안정성을 높이는 기술니즈 증가에 의해 시장 성장 중으로 연간 10.4억불 시장규모로 이노베이션기술, 멀티기능성, 가격-성능대비지표가 주요 시장니즈로서 다기능성 기술의 개발이 요청되고 있음



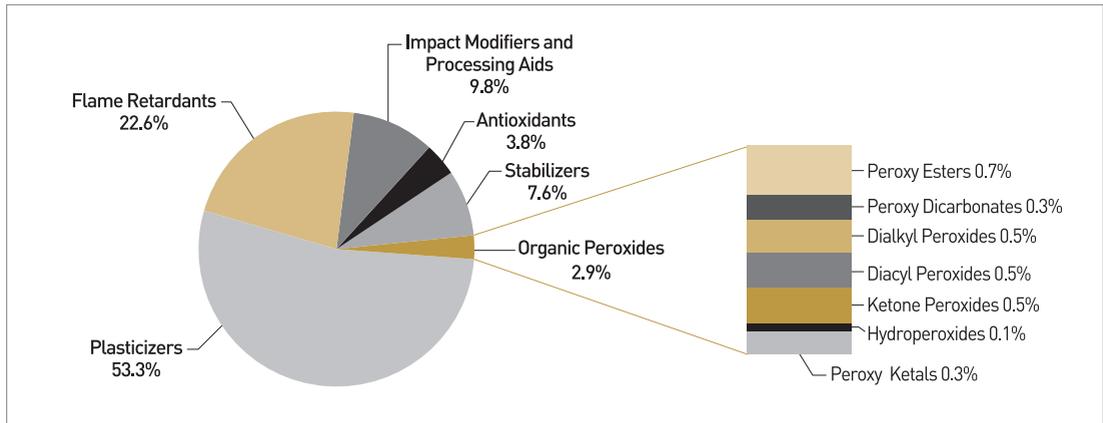
| 그림 29 2014년도 유럽, 북미지역 산화방지제 시장 |

★ 북미지역 자동차 플라스틱 시장이 2014년부터 2021년까지 연평균 5.5% 고성장 예측되며 패키징, 빌딩, 건설분야 역시 산화방지제 소비량이 크게 증가할 것으로 예상됨



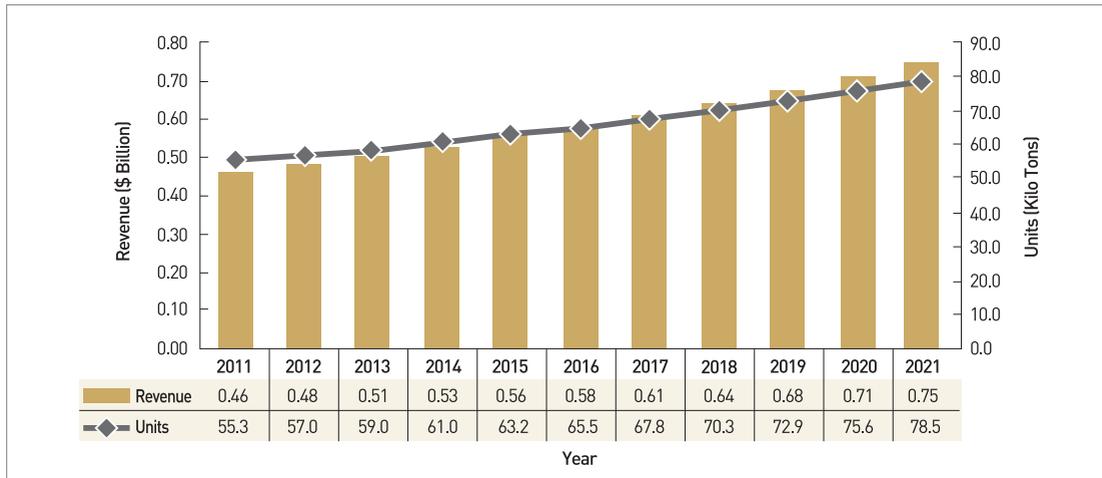
| 그림 30 2011~2021년도 유럽, 북미지역 산화방지제 시장규모 변화 예측 |

유기과산화물 개시제는 플라스틱 생산량 증가로 수요증대가 예상되며 연간 10.5억불 시장규모로 다양한 제품군, 품질, 화학물질규제대응이 주요 시장니즈로서 고기능성 기초정밀화학 유도체 기술개발이 필요



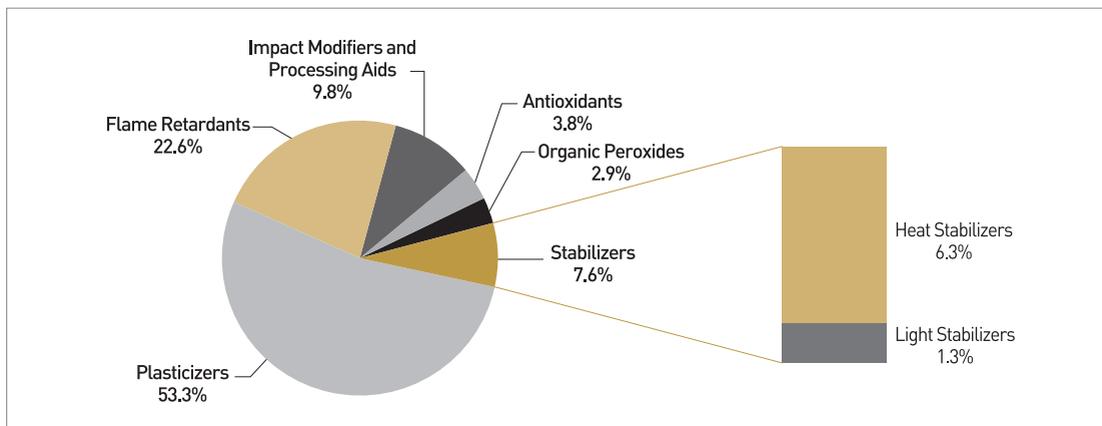
| 그림 31 2011~2021년도 유럽, 북미지역 유기과산화물 개시제 시장 |

★ 2014년도 북미지역 유기과산화물 개시제 수요량은 6.1만톤 규모로 플라스틱 생산량과 직결되는 시장특성을 갖고 있으며 개시특성에 47.5%, 경화특성에 22.8%, 가교특성에 29.7% 비율로 적용



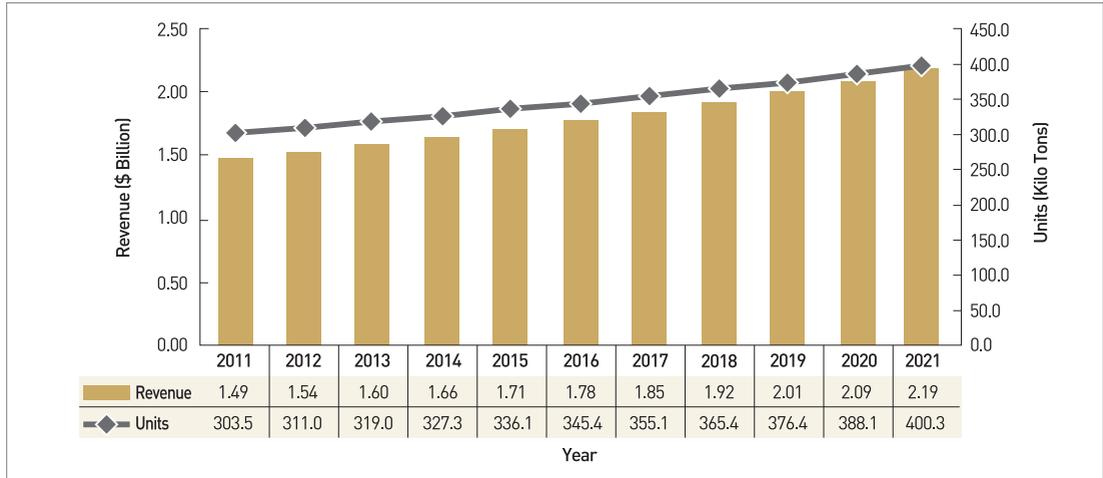
| 그림 32 2011~2021년도 유럽, 북미지역 유기과산화물 개시제 시장규모 변화 예측 |

안정제는 패키징, 자동차산업 플라스틱소재 수요증가로 지속적인 시장확대가 예상되며 연간 22억불 시장규모로 가격, 품질성능, 공급기일 등이 주요 시장니즈로서 친환경적인 고기능성 이노베이션 기술의 니즈가 증대됨



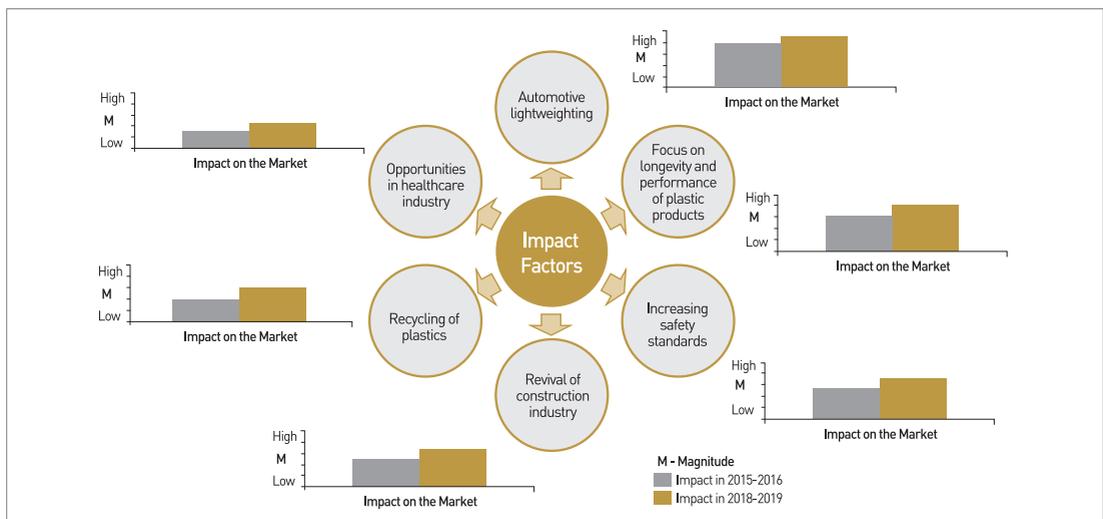
| 그림 33 2011~2021년도 유럽, 북미지역 안정제 시장 |

★ 북미지역 플라스틱 패키징 시장은 2021년까지 연간 4.8% 성장률이 예상되고 특히 패키징 특성상 장기보관에 필요한 열안정성 확보가 관건으로 수요성장이 기대됨



| 그림 34 2011~2021년도 유럽, 북미지역 안정제 시장규모 변화 예측 |

/// 첨가제 시장의 주요 임팩트 팩터는 자동차 경량화, 헬스케어산업 대두, 리사이클링, 건설분야 붐, 안전규제증가, 플라스틱 제품 고성능 니즈 등에 초점



| 그림 35 2015~2019년도 글로벌 첨가제 시장 임팩트팩터 예측 |

표 1 기능성 첨가제 글로벌 제조업체 및 수요처

구분	가스제	난연제	충격보강제	산화방지제	개시제	안정제
주요 제조업체	Exxon Mobil, Eastman, BASF, Evonik	Albermarle, Chemture, Israel Chem	Dow Chemical, Arkema, Kaneka	BASF SE, 송원산업, Addivant	AkzoNobel, Arkema, United Initiators, AKPA Kimya	BASF SE, Ferro, Baerlocher
기타 제조업체	Ferro, Adeka, Dow, LG, Lanxess, OXEA	BASF SE, Clariant, Lanxess, AkzoNobel, Italmatch, DuPont	LG, DuPont, Galata, Addivant, Polyram, Telko, Exxon Mobil	Adeka, SI Group, Clariant, Chemtura, Dow Chemical	NOF, Pergan, Akpa Kimya Ambalaj Sanayi Ticaret	Addivant, AkzoNobel, AM Stabilizer, Elementis, 송원산업, Norac, Adeka
수요처	PVC업체, 컴파운드업체	플라스틱 컴파운드업체, 마스타베처	빌딩, 건설분야업체, 패키징업체	플라스틱 컴파운드업체, 마스타베처	PVC, LPDE, XLPE, expandale PP, PU, PP	플라스틱 컴파운드업체, 마스타베처

4. 기능성 첨가제의 글로벌 기술동향

화학물질규제, 환경 및 인체보건 니즈에 대응할 수 있는 대체기술 위주의 개발

- ★ REACH 및 GHS 등 화학물질규제에서 벗어날 수 있는 환경과 인체보건건강의 안정성이 검증된 고분자 플라스틱 첨가제가 개발 중
- ★ 최근 헬스케어 및 건설산업 성장과 함께 인체유해한 화학성분이 포함된 첨가제 사용을 제한하는 사회적 분위기는 새로운 대체기술 개발을 요청하고 있음



| 그림 36 글로벌 유해화학물질 관련 각종 의무화 시행 규제 |

/// 저원가-고성능 기술과 2in1 멀티기능 구현 기술, 산업계 수요자 맞춤형 대응기술 개발

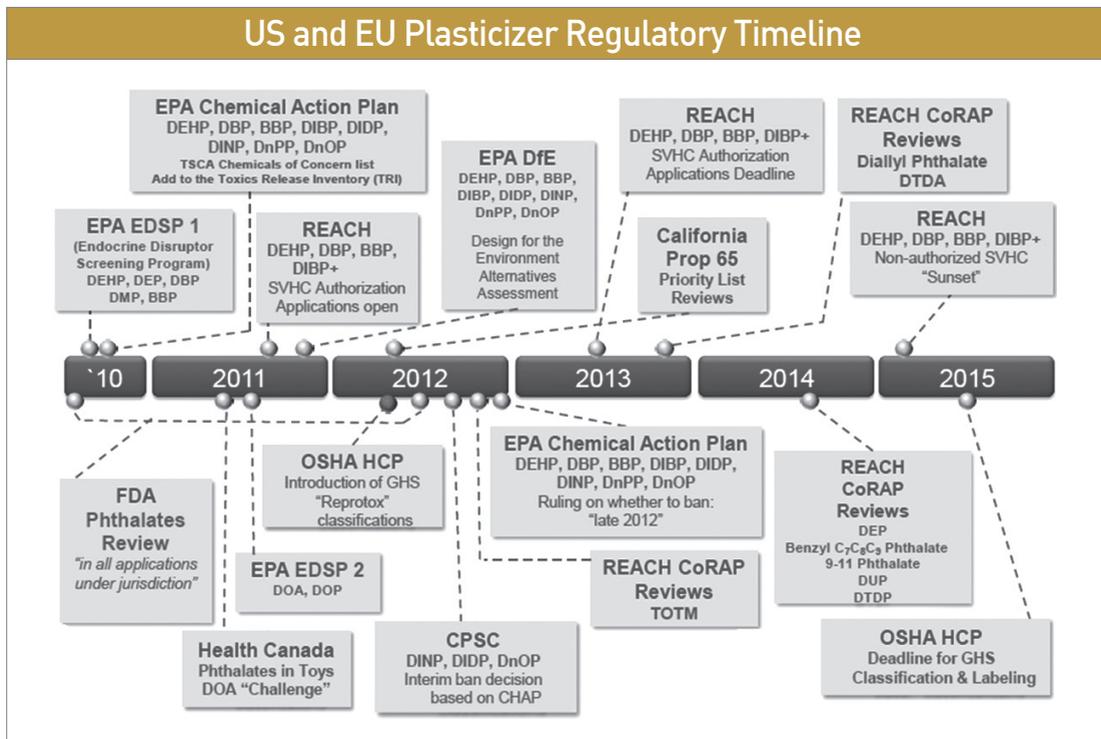
- ★ 원유 가격상승으로 인한 원자재공급 불안정성은 첨가제시장에 직격탄을 주어 원가상승 기폭제가 되었으나 엔드-유저에서는 원가-성능지표대비 동등수준을 요청하고 있어 하이-엔드 및 로우-엔드로 이원화된 전략적 제품 개발 필요
- ★ 다양한 요인에 의한 원가상승은 소비층 가격상승으로 이어져 기존 기능 외에 추가적인 멀티기능이 부가된 고품능성 첨가제 제품 선호

/// 강력한 규제대상인 DOP(DEHP), BBP, DBP 프탈레이트계 가소제의 생식독성 이슈로 대체기술 개발 니즈 발생

- ★ 유럽 REACH 고위험물질 16종에 포함된 DOP(DEHP)와 그 외 6종은 유전자 변형물질로 지정되어 2018년 사용 제한 예정임
- ★ 북미지역은 유럽에 비하여 강력하지는 않으나 캘리포니아주를 필두로 향후 PVC 제품에서의 프탈레이트계 가소제 사용이 점진적으로 제한될 예정임
- ★ 다양한 니즈로 LMW 프탈레이트계 가소제로부터 HMW 및 비프탈레이트 가소제로의 기술적 전환 진행 중
- ★ Benzonate, citrate, sulfonate, terephthalate, cyclohexanonate, trimellite, palm oil 등 다양한 비프탈레이트계 가소제 기술군이 있으나 아직까지 프탈레이트계를 완전 대체할 수 있는 성능, 안전성, 경제성을 갖추지 못하여 대체기술

개발이 시급

- ★ 헬스케어산업에 쓰이는 플렉서블 플라스틱은 가소제의 인체영향으로 대체기술 니즈 높고 특히 PVC 경우 폴리올레핀으로 빠른 대체 예상
- ★ 식품, 음료 패키징 시장성장은 낮은 전이특성을 갖는 고부가 비프탈레이트 가소제 기술개발 촉진
- ★ 바이오매스 유래 친환경 바이오기반 가소제 개발이 Dow Chemical, Lanxess, BASF SE 등을 중심으로 진행 중이고 Evonik은 알콜리간드계 가소제 개발로 시장 진입 예정
 - Lanxess는 비프탈레이트 가소제 생산량을 2010년 40% 증설
 - BASF는 2번째 10만톤 규모의 신규 비프탈레이트 가소제 생산공장을 2013년 건설
 - Georgia Gulf는 비프탈레이트 가소제인 바이오기반 Segetis 사용 공식 선언
 - Evonik은 4만톤 규모의 1,2-시클로헥사디카르복시산 디이소노닐에스테르 비프탈레이트 가소제 생산 중
 - Eastman은 2011년 말, 디에틸프탈레이트와 디부틸프탈레이트 가소제 생산 중단
 - Oxea는 2014년 독일에 디옥틸테레프탈염산 가소제 공장 건설 및 생산



| 그림 37 프탈레이트 가소제에 대한 유럽, 북미지역 사용 규제 타임 테이블 |

/// 브롬 및 염소유도체 할로겐계 난연제의 인체유해와 환경문제로 새로운 비할로겐계로의 대체기술 전환 중

- ★ 자동차, 항공기, 패키징 산업은 금속에서 엔지니어링 플라스틱으로의 대체가 가속화되어 난연제 수요제품 증가, 인체유해성 대응기술의 필요성 급증
- ★ 화재안전기준 강화로 빌딩, 건축물, 전기전자배선 분야의 수요 증가
- ★ 스톡홀름 조약회의에서 잔류성 유기오염물질(POPs)인 5가 및 6가, 8가 브롬계 디페닐에테르 사용을 금지하는 규약 제정으로 수산화마그네슘(MDH)으로의 대체기술 개발
- ★ ABS, PC에는 인산에스테르, PBT에는 유기인계가 적용되며 대부분의 플라스틱에는 수산화마그네슘, 수화물알루미늄계 난연제로 대체 사용
- ★ Chemtura는 P.B.T(생분해성·생체축적성·독성) 안정성 확보된 그린 난연제 출시로 기술적 차별화 시도
- ★ 인산에스테르계 대체기술로 레졸시놀비스디페닐인산염과 비스페놀비스디페닐인산염이 대두되고 있으나 기초원료 공급 문제로 공급 부족
- ★ 무기계 난연제인 삼산화안티몬, 수산화알루미늄, 수산화마그네슘을 사용 중이나 삼산화안티몬은 인체유해성으로 적용 제한
- ★ 미국 NIST는 새로운 그린 난연제로서 주석산계와 점토계 난연제 기술에 대한 연구 수행 중
- ★ 새로운 고분자기반 물질로 빌딩의 단열효과를 접목한 이노베이션 연구 진행 중
 - Albermarle은 2015년 가동 목표로 중국에 ATH 난연제 공장 설립
 - Albermarle 및 ICL 합작의 12,400톤 규모 공장을 2014년에 설립 및 HBCD 대체 제품 생산
 - ICL은 2014년부터 연간 1만톤 규모 고분자 난연제 제조 공장 가동 개시
 - Dow Chemical은 2014년 일본 내 스티로폼 압출 폴리스타이렌 공장 3곳의 신규 고분자 난연제로의 대체기술 적용 완료
 - Albermarle은 2015년 광물난연제 포트폴리오 정리하고 ATH계 생산 가동율 확대

halogen specification	PVC		Br, Cl and their compounds	
	OEM	specification	timeline	specification
Nokia	not intentionally added		Br < 900ppm, Cl < 900ppm	all products by 2008
Sony-Ericsson	banned	exclusion by end of 2006	Br < 900ppm, Cl < 900ppm, Br+Cl < 1500ppm	all new products by end of 2006
Lenovo	banned (>25g part)	new products from 2009		all products from 2009
Dell	not intentionally added (>25g part)		Br < 900ppm, Cl < 900ppm	all products from 2009
LG	< 100ppm,	begin phase out in 2008; exclusion from all products 2010	Br < 900ppm, total halogen < 1500ppm	all products from 2010
Sony	banned (FFC and package)			
Samsung	banned (package)			all mobile phone products from 2010
Toshiba	not intentionally added	begin phase out 2009		begin 2009
Wistron			Br < 900ppm, Cl < 900ppm, Br+Cl < 1500ppm	begin 2008 3Q
Apple	not intentionally added (> 25g part)		Br < 900ppm, Cl < 900ppm, Br+Cl < 1500ppm	all products by the end of 2008
HP	Cl < 900ppm	all new computing products from 2009	Br < 900ppm	all new computing products from 2009

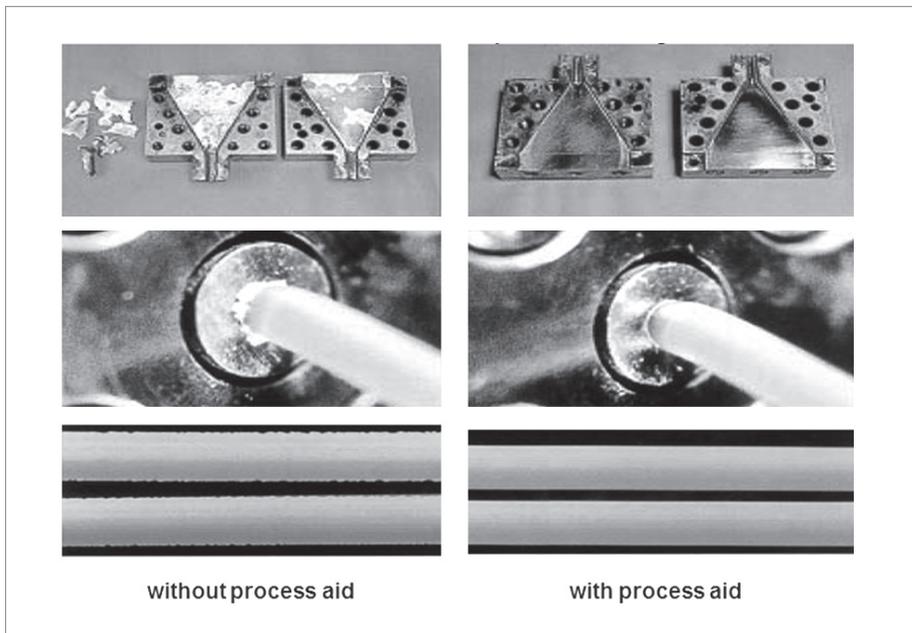
| 그림 38 정보전자제품에서의 할로겐계 난연제 대체 기술 적용을 위한 타임 테이블 |

/// 아크릴계, EPDM, 스티렌계는 주로 충격보강제로 사용되고 에스테르, 지방산아마이드, 금속스테아르산, 왁스는 주로 고분자 가공보완제 역할

- ★ 엔지니어링, 바이오 플라스틱 수요처와 최근 자동차 경량화 추세로 신규수요 증가
- ★ 자동차 범퍼, 데시보드용 ABS와 루프용 PMMA 사용량 증가로 충격보강제 수요 증대
- ★ 시장 니즈로 다양한 분야에 사용 가능한 열 및 광분해 저항성 높은 충격보강제 개발 요구됨
- ★ 후가공 후 잔류 가공 보완제에 의한 고분자 플라스틱 물성 저하를 막을 수 있는 새로운 비접착, 이형제 특성 다기능형 가공보완제 기술 니즈 급증

★ 고온에서 견딜 수 있고 다른 성분들과 잘 섞이는 새로운 형태의 가공보완제(윤활제) 개발 시도 중

- Dow Chemical은 2010년 바이오매스 유래 플라스틱 제품 기능 향상용 PLA 강도 보강 및 투명성 유지 위한 차세대 Pareloid BPM-515 아크릴계 충격보강제 출시



| 그림 3 기능성 고분자 가공보완제 적용 예 |

// 올레핀계 합성수지 열화방지용 산화방지제는 플라스틱 산업 필수요소로 페놀계와 인계, 유황계 병행 적용

- ★ 페놀계, 인계 산화방지제가 주요제품으로 티올에스테르계와 아민계는 자동차, 가전 등 고온조건의 특수시장에 적용
- ★ 1차 산화방지제인 페놀계와 2차 산화방지제인 인계가 탠덤형태로 적용되어 고분자 가공뿐만 아니라 제품소멸까지 역할 수행
- ★ 성형조건으로의 고내열성과 사용처 환경에서의 고내열성 특성을 만족시키기 위한 산화방지제 기술 개발 가속
- ★ BASF SE, Chemture, 송원산업, Adeka, 스미토모화학 등이 글로벌 산화방지제 공급과 개발 주도 중
- ★ Ciba Specialty 인수로 최대 산화방지제 제조업체로 올라선 BASF SE는 다양한 기술적 시도를 통해 자동차, 패키징, 일반 플라스틱시장 진출
- ★ 산화방지제 기초원료인 고순도 이소부틸렌을 자체 양산하는 송원산업은 제품 수직계열화를 통한 원가경쟁력과

기술력을 바탕으로 글로벌 업체와 경쟁 중

- ★ Adeka는 글로벌 첨가제 제조업체로 도약 위해 다국적 생산거점 확보 시도 중
- ★ 스미토모화학은 고성능 산화방지제로 분자에 인계와 페놀계를 통합한 Smilizer GP 공급 증으로 유럽 패키징 시장 진출 노력
- ★ 한 개 분자내 페놀계 산화방지제와 자외선흡수제인 벤조트리아졸 혼용한 다기능 산화방지제 JAST-500 개발
 - Chemtura는 2010년부터 아시아, 중동시장 겨냥 알킬페놀 설비 증설
 - Gulf Stabilizers Industries는 2010년 이후 NDB 플랜트 16,000톤 규모 가동
 - BASF SE는 2013년까지 싱가포르에 Irganox 1010 생산량 확대
 - Teijin은 새로운 카르보디이미드 가수분해 방지제 개발로 2013년부터 상용화
 - Chemtura는 2014년에 ADPA 액체 산화방지제 생산능력을 20% 이상 확대

// 높은 열민감성과 분해특성의 유기과산화물 개시제는 제품 개발보다는 안전문제로 패키징 방법 및 운송기술 보완 중

- ★ PVC, LDPE, XLPE, expandable PS, controlled rheology PP, PU 등 가교화 플라스틱 생산에 필수적인 기술로 90% 이상 합성수지 산업 적용
- ★ 주로 경화제 탱크, 내외장제, 인조대리석, 욕조 등 건설분야 용도로 MEP PO(methylethylketone peroxide) 적용
- ★ BPO(benzoyl peroxide)는 국내에서 1,200톤(2000년) 수준으로 생산되었고 일부 고성능제품 수입하여 주로 EPS(expandable polystyrene) 중합개시제로 활용
- ★ 페인트 아크릴 수지용 고분자 개시제로 활용되는 97% BPO는 폭발성 함유하여 제품 생산 및 유통 시 안전문제 제기되어 포장기술과 운송방법 지속적 연구 지속
- ★ 케이블용 PE, EVA 스펀지, 전선용 피복 케이블용으로 DCP(dicumyl peroxide)와 PE, SMC, BMC, EPS 중합 개시제용으로 TBPB(tert-butylperoxide benzoate) 기술 활용
- ★ 일본유지는 중합개시제를 나노 사이즈 무기 미립자에 결합시켜 유기/무기 나노 콤포지트 재료 및 아크릴계 입자 결합 재료로 활용
- ★ Cytec은 페노싸이아진계 개시제 플랜트 확장 통한 공급을 늘리는 투자 지속으로 생산능력 20% 확장

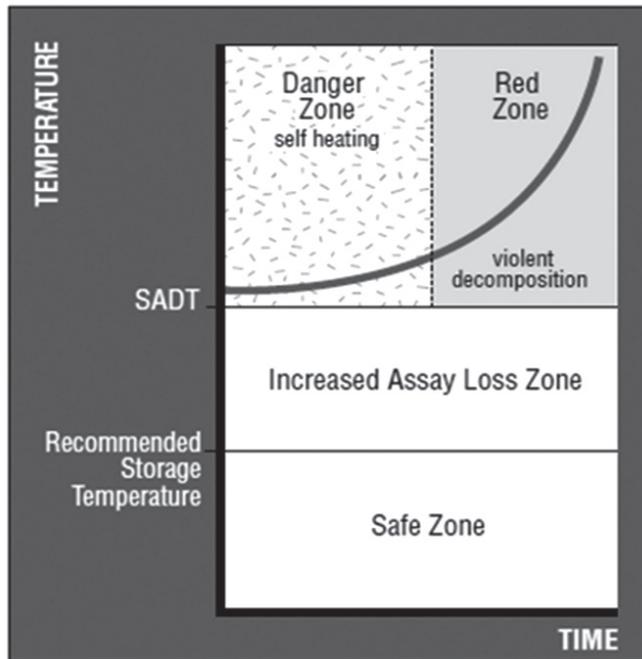
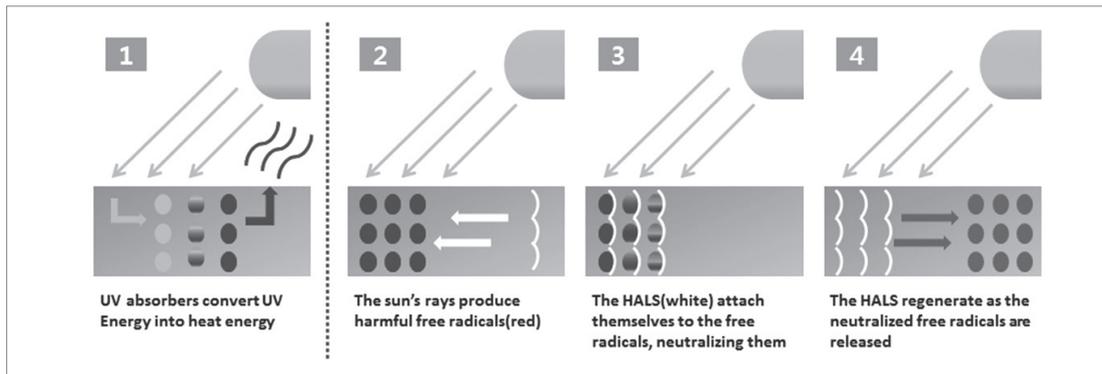


그림 40 전형적인 유기산화물 개시제의 자체 분해 가속화 온도 커브

/// 열안정제는 납계 대체기술로 칼슘계 및 주석계 열안정제 기술로의 전환 중이며 자외선 안정제는 UVA, HALS 중저가 기술 개발 박차

- ★ 친환경제품으로 각광 받는 주석계 열안정제의 높은 가격은 중요한 기술적 전환이 요구되는 부분으로 투명성과 원가절감을 위한 높은 필러 투입량과 가공 공정 개선 필요
- ★ 북미지역에서 주석계 열안정제는 대부분 PVC 분야에 적용 중이나 유럽에서는 투명성, 고강도 플라스틱 분야에만 적용
- ★ REACH 규제로 2015년까지 디부틸틴계 열안정제 사용이 제한되고 디옥틸틴계 역시 인체유해성으로 실내용 플라스틱 제품 사용 제한
- ★ 납계 열안정제는 파이프와 프로파일 등에 적용중이나 칼슘계와 액상혼용 금속계로 대체 중으로 대부분 다운스트림 수요자에 의하여 2015년까지 대체 예정
- ★ 아시아 시장 저가공세로 기술경쟁이 심화되고 있는 자외선 안정제는 가격하락에 의한 단기수익 저감 추세이나 북미 세일가스 붐 및 고부가 플라스틱소재 증가 따른 프리미엄급 기술 개발 니즈 동시 증가
- ★ 건축 및 빌딩 등 외부 응용분야 수요 증가 추세와 PC와의 반응형 HALS 적용으로 UVA 적용 문제점을 해결할 수 있는 기술 개발

- ★ 플라스틱 가공 조건과 고분자 특성에 적합한 다양한 물리적 구조를 갖는 광개시제 개발 니즈 대두
- ★ 산업계 수요자와 연계된 공동연구기반 제품특화형 신제품 개발 트렌드 각광



| 그림 41 UVA 및 HALS의 광안정화 메커니즘 |

5. 기능성 첨가제의 기술개발 방향

/// 기능성 고분자 첨가제 산업의 기술개발 방향은 ① 글로벌 유해화학물질규제 대응기술, ② 저원가-고성능 구현 기술, ③ 2in1 멀티기능화 기술, ④ 산업계 수요자 맞춤형 기술

- ★ 첨가제 선택 시 가격, 성능비교, 고분자 상용성, 고분자물성 영향인자, 안정성, 화학적활성, 인체/환경 독성 여부 결정
- ★ 다국적기업 고성능 수입품 대응 가능한 고부가가치 제품 기술 대응력 집중 필요

/// (임팩트팩터) 자동차 경량화, 헬스케어산업의 대두, 플라스틱 리사이클링 확대, 안전/보건/환경 인식 증대, 기반산업 경기 붐, 플라스틱 제품 성능 구현 등 영향

/// (신제품 개발 포커스) 환경친화적 및 고성능 제품 ; 저원가-고기능 포탈레이트계 가소제 및 할로겐계 난연제 대체기술과 고내열/광분해 저항성 고분자 산화방지제, 하이-엔드 열/광안정제 등

- ★ 자동차, 정보전자소재, 플라스틱 가공, 패키징, 헬스케어, 건설, 의류 등 수요산업과 연계
- ★ 소재기업, 가공 및 성형기업, 수유기업, 산업현장 테스트 마케팅, 인체/보건/환경 영향성 평가, 신뢰성 평가 기관과의 공동연구 개발

/// **기반기술 포커스] 정밀화학 기능성 첨가제별 소재물성 데이터베이스, 수요제품특성 및 공정안정성 시험평가, 장기신뢰성 해석, 인체/보건 안정성 검증 등**

/// **소량다품종 다운스트림 산업 중심으로 다양한 플라스틱 용도 확산에 의한 타 산업군으로의 시장성이 높으나 기술집약적인 동시에 장기적인 투자가 필요한 고부가가치 기술로서 산업생태계 구축 위한 제품개발 및 기반기술 확보에 필요한 정책적 지원이 필요**

- ★ 기능성 고분자 첨가제 기술은 해외선진국에 비해 매우 부족하여 스페셜티 고부가 제품은 대부분 해외수입에 의존하고 있어 향후 신제품 개발 및 품질의 차별화에 집중 필요
- ★ 한중 FTA 체결은 중국 진출 해외선진정밀화학사 고기능 첨가제의 즉시 관세 철폐로 이어져 국내 정밀화학시장에 큰 타격을 줄 것으로 예상되어 기술적 대응 필요

| 표 2 국내 주요 기술개발 현황 |

연구기관명	개발과제명	개요	연구기간
가스제			
성균관대학교	글리세롤 유도체를 이용한 PVC용 비프탈레이트계 가스제 개발 및 이의 응용연구	<ul style="list-style-type: none"> • 프탈레이트계 가스제 대체용으로 글리세롤 이용한 PVC용 비프탈 레이트계 가스제 개발 - 완구용 및 수액줄 - 환경호르몬 무검출 목표 	2013.11-2016.10
동남합성(주)	Isosorbide를 이용한 친환경 당류 가스제 제조기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> • Isosorbide를 이용한 고순도 친환경 당류 가스제 제조 및 피혁 적용공정 기술 개발 - Isosorbide 당류 가스제 - 코팅수지 피혁공정기술 	2014.06-2016.06
한국과학기술연구원	Crude glycerol 기반 친환경 가스제 원료 물질의 예코공정기술개발	<ul style="list-style-type: none"> • 고성능 글리시톨 가스제 제조 촉매성능 개선 기술 개발 - 글리시톨 촉매 성능 - 수율 70%, 열안정성 200°C 	2013.05-2016.03
(주)대림화학	나노원구조 기반 덴드리틱 대체가스제 및 하이퍼그래프트 연질 PVC 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 나노원기반 덴드리틱 PVC 친환경 가스제 기술 개발 - 연질 PVC 제조 - 독성/이행유출억제 인증 	2011.05-2014.03
동구산업(주)	프탈레이트 가스제 대체용 친환경 식물성 에스터가스제 대량생산 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 프탈레이트 대체 친환경 식물성 에스터 가스제 대량 생산 기술 개발 - 에폭시화 대두유 반응성 - 메틸에스테르가스제 추출 	2012.06-2013.05
(주)카에로켄	TAC 필름용 4-BDP계 가스제 개발	<ul style="list-style-type: none"> • POCI3 출발물질로 4-BDP 가스제 기술 개발 	2011.06-2012.05

목원대학교	페글리세롤을 이용한 PVC용 비프탈레이트계 친환경 대체 가소제 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 페글리세롤 이용한 친환경적인 비프탈레이트계 가소제 합성기술 및 파일럿 제작 	2010.10-2011.09
(주)코렉스	Low emission PVC plastisol 2차 가소제 개발	<ul style="list-style-type: none"> • PVC plastisol 점도 조절제 대체가능한 2차 가소제 개발 - 카르복실에스테르 합성 - PVC 벽지/상재 적용 	2005.06-2006.05
(주)에코테크	환경호르몬 전이 및 발생을 배제하는 PVC용도의 생체친화성 가소제 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 신개념 고차가지구조 가소제 파일럿 스케일 합성 및 특성화 분석 	2002.06-2003.05
난연제			
파미셀(주)	모바일기기 인쇄회로기판용 친환경 반응형 변성인계 난연제 및 난연에폭시 수지 개발	<ul style="list-style-type: none"> • PCB용 프리프로그 제조위한 에폭시 수지용 난연제 개발 - 변성인계 난연제 - 고내열성 에폭시 수지 	2012.06-2015.04
풍림유화공업(주)	ASTM D-3690(정글테스트) 시험 조건하에서 4주이상 내가수 분해성을 갖는 자동차 시트용 난연제 및 난연시트커버 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 알킬포스핀옥사이드계 난연제 개발 및 유효성 평가, 차량 탑재 시트용 신뢰성 평가 	2013.06-2016.05
아이씨아이우방	내일광성 및 color yield를 유지하는 염색용 비할로겐계 난연제 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 염색 욕에서 분산균염 가능하고 비할로겐계이면서 일광견뢰도 및 컬러일드에 영향이 없는 염색용 비할로겐계 난연제 개발 - 난연제 순도 95% - 일광견뢰도 3급 이상 	2014.07-2015.06
(주)나노미래생활	HBCD 대체용 신규 난연제의 합성 및 공정개발	<ul style="list-style-type: none"> • HBCD보다 우수한 난연제 개발 목표 - 섬유용, 천, 가구 코팅용 - MEK 용해도 12g 이상 	2013.11-2014.10
(주)디엔에프	실리콘계 표면개질을 통한 내습성이 우수한 인계 난연제 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 폴리인산암모늄 합성과 이를 이용한 새로운 난연시스템 개발 - 난연제 마이크로캡슐화 - 전기전자 응용분야 	2011.06-2013.05
(주)나노코	전기전자 플라스틱용 난연제/CNT 분산복합소재 개발	<ul style="list-style-type: none"> • PC/ABS 전기전자용 플라스틱 정전기방지, 정전분산성 부여 난연제/CNT 복합소재 마스터배치 개발 - MWCNT 적용 기술 	2010.06-2012.05
동아대학교	화학적 개질 폴리올과 비할로겐계 난연폴리우레탄 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 친환경 비할로겐계 난연 폴리우레탄 복합소재 개발 - 난연 PUD 폴리올 개발 - 연질 비할로겐 난연 PUD 	2009.05-2012.04

(주)나노텍세라믹스	친환경 무기계 난연제 제조 및 적용기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> 무기계 수산화물 이용 난연효과 및 난연제 첨가제 감소 기술 개발 - 500nm 무기/유기복합 난연액 개발 - 마스터칩 제조 기술 	2006.08-2009.07
산화방지제			
송원산업(주)	올리고머형 고내열성 phosphine계 산화방지제의 개발	<ul style="list-style-type: none"> 270°C 이상에서 안정한 고내열성 포스파인계 산화방지제 개발 - 올리고머 형태 기술 - 엔지니어링플라스틱 적용 	2009.10-1012.09
(주)지코	Acryl 관능기가 도입된 산화방지제 및 광안정제 제조법 개발	<ul style="list-style-type: none"> 아크릴 관능기 도입 산화방지제 및 광안정제 기술 개발 - TPBPA, PMPMA 	2009.06-2010.05
(주)위디어	폴리올레핀용 고분자 산화방지제 개발	<ul style="list-style-type: none"> 폴리올레핀 컴파운딩 공정에 고분자 산화방지제 적용하여 순화성과 열적안정성 높이는 기술 	2004.08-2005.05
유기과산화물 개시제			
(주)동성하이켐	초고압전선 가교제용 유기과산화물 국산화 개발	<ul style="list-style-type: none"> DCP 국산화 합성기술 개발 - 입자사이즈제어 - 저용점고상 안정성 연구 	2014.07-2015.06
[재]대전테크노파크	고기능성 및 고효율 광개시제 개발 및 장수명 고효율 OLED 개발	<ul style="list-style-type: none"> 광개시제와 OLED 소재개발을 통한 경제성 높은 제품 기술 개발 	2014.02-1015.01
타코마 테크놀로지(주)	고기능성 고감도 옥심에스테르계 광개시제 개발 및 양산화	<ul style="list-style-type: none"> 감도와 용해도가 뛰어난 옥심에스테르계 광개시제 기술 개발 - 순도 98% 이상- 파장 365 - 435nm 영역 	2014.09-2014.12
타코마 테크놀로지(주)	TFT LCD용 차세대 고감도 광개시제 개발 및 사업화	<ul style="list-style-type: none"> 4배이상 감도 빠른 TFT LCD용 광개시제 기술 개발 	2008.07-2011.06
(주)대림화학	가시광선 영역에서 감도 우수한 저가의 imidazole계 광개시제 개발	<ul style="list-style-type: none"> 가시광선에서 감도 우수한 이미다졸계 광개시제 개발 - \$100/kg 이하, 순도 99% - 파장 400-500nm 	2008.06-2010.05
포항공과대학교	브롬개시제를 사용하지 않는 신규 PTA 제조공정 개발	<ul style="list-style-type: none"> PX산화반응에서 용매로 사용되는 초산을 대체하고 반응 개시제인 브롬을 공정상에서 완전 제거하는 기술 	2005.03-2007.02
열/광안정제			
경일대학교	광흡수제 제조의 신공정 개발	<ul style="list-style-type: none"> BICM 제조시 암모니아수를 NH4Ac로 대체하는 공정기술 - BCIM 순도 98% 	2007.08-2008.02

신원화학(주)	무독성 Mg/Al계 이종층상구조금속수화물 적용 PVC용 중금속계 열안정제 대체기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> Mg/Al 기반 할로겐 무독성복합 열안정제 개발 <ul style="list-style-type: none"> - Ca, Zn계로 안정제 대체 - 층상복합수화물 구조 	2006.07-2008.06
조선대학교	반응형 광안정제를 이용한 전자선 경화형 초내후성 코팅제의 실용화 연구	<ul style="list-style-type: none"> 새로운 반응형 광안정제를 전자선 경화형 코팅제 적용 기술 	2006.04-2007.03
한국화학연구원	내장제 폴리비닐클로라이드 수지용 액상 열안정제의 제조 및 분석에 관한 기술지원	<ul style="list-style-type: none"> Cd(Ba-Cd), Pb계 대체용 PVC 열안정제 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - Cd, Pb 0.01 미만 - 액상 PVC 열안정제 	2005.12-2006.11
(주)큐시스	환경친화성 다관능성 광안정제 및 자외선 경화형 배합기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> 환경친화적인 수용성 다관능성 아크릴레이트기를 갖는 광안정제 합성 및 이의 자외선 경화형 코팅제 적용 기술 <ul style="list-style-type: none"> - HALS 규격 확립 - 500L 양산화 	2005.06-2006.05
(주)큐시스	환경친화성 다관능성 광안정제 및 자외선 경화형 배합 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> 반응형 광안정제 설계 및 합성, 합성조건 연구, 광경화형 조성물 배합 최적조건 정립 	2003.06-2004.05

[참고자료]

1. "Strategic analysis of the European and North American plastics additives markets", Frost & Sullivan, MABB-39, 2015. 2
2. "Opportunities for additives in the European and North American engineering plastics industry", Frost & Sullivan, 9AB5-39, 2015. 2
3. "2011 일본화학산업 동향 (플라스틱 첨가제)", 한국화학연구원, 2011
4. "PSR 분야 가소제 규제 동향 및 가소제별 특성평가", 한화케미칼, 플라스틱 뉴스, Vol. 181, 2012. 9
5. "Global plasticizer update (SPI flexible vinyl product conference)", Eastman Chemicals, 2012. 7
6. "Innovative and sustainable flame retardants in transportation", PINFA, 2010. 9
7. "Plasticstrength™ technical brochure", Arkema, 2004. 11
8. "Antioxidants - A way of life", M. Singh, B. R. Hirani, V. K. Koul, Nutracos, 2004. 1
9. "Plastics advisor alert", Frost & Sullivan, 2014. 11
10. "Light-weighting role of performance plastics in the European automotive market", Frost & Sullivan, M9B2-39, 2014. 1
11. "Analysis of the global antioxidants market", Frost & Sullivan, 9A75-88, 2013. 7
12. "Foxconn presentation and OEM announcements at Intel Halogen-free Symposium", Intel, 2008
13. 씨스켄닷컴 <http://www.cischem.com/>
14. 켈로커스 <http://www.chemlocus.co.kr/>