

지속가능한 화학물질 안전사회를 향하여: 효용과 공포의 시대를넘어

Building a sustainable and safe society from
hazardous chemicals: through the balanced perspective of
utility and fear

2021. 3.

장리아
(박사후펠로우십)

제 출 문

재단법인 숲과나눔 이사장 귀 하

본 보고서를 “지속가능한 화학물질 안전사회를 향하여: 효용과 공포의 시대를 넘어”의 최종 연구 결과보고서로 제출합니다.

2021년 3월 31일

연 구 원 : 장리아(박사후펠로우십)

※ 본 보고서의 내용은 연구자의 의견이며, (재)숲과나눔의 공식적인 견해와는 다를 수 있습니다.

결과보고서 초록

연구원	장리아	구분	(<input type="checkbox"/>)박사후펠로우십 (<input type="checkbox"/>)특정주제연구자
연구제목	한글	지속가능한 화학물질 안전사회를 향하여: 효용과 공포의 시대를 넘어	
	영문	Building a sustainable and safe society from hazardous chemicals: through the balanced perspective of utility and fear	
연구기간	2019.10.01. ~ 2020.12.31.		
색인어	한글	화학물질, 안전, 효용, 위험, 공포	
	영문	chemical, safe, utility, risk, fear	

○ 결과보고서 요약

화학물질은 효용과 위험을 모두 가진다. 합성 비료와 농약은 전 인구의 식량 생산을 가능하게 하였고, 항생제는 수명을 연장했으며, 플라스틱은 일상생활을 혁신적으로 변화시켰다. 한편 화학물질의 독성에 의한 건강피해가 드러나면서 화학물질을 규제하는 여러 국제환경협력과 국가 내 입법이 이어지게 되었다. 국내에서 발생한 석면(학교 석면 해체·제거 작업장 주변의 노출 피해), 살생물제(가습기 살균제 참사), 휘발성 유기화합물(생리대 유해물질 검출 논란)과 관련된 사례들을 통해 사건의 위험 원인을 분류·종합하고, 지속 가능한 화학물질 안전사회를 위한 정부, 기업, 전문가, 언론, 시민사회 이해당사자들의 역할을 고찰하였다. 과도한 공포를 지양하고, 위험 발생을 원천 감소시키는 노력이 필요하며, 사회에서 왜곡되거나 간과된 인식의 개선이 필요함을 확인하였다. 특히 위험의 본질이 간과되거나 위험에 대한 과도한 대응으로 발생하는 위험에 대한 균형 잡힌 노력이 필요하다. 궁극적으로 사회 각 영역에서 사람 중심의 가치가 정착되어야 함을 확인하였다.

요약문

우리는 수없이 많은 화학물질에 둘러싸여 살아가고 있다. 20세기에 들어 화학물질의 인공적인 합성 기술은 비약적으로 발전하게 되었고, 현대에 많은 편리를 경험하게 되었다. 그러나 인간의 유익을 위해 의도된 목적을 가지고 사용된 화학물질들이 대량 생산되고 널리 사용되면서 독성도 드러나 새로운 위험과 피해도 직면하게 되었다. 인간은 화학물질의 위험에 대처하기 위한 다양한 노력을 해왔고, 최근 국가들의 화학물질 위험 대응은 그 어느 때보다 강화되고 있다. 덕분에 이전보다 많은 부분이 개선되었고 과거와 비교해 엄청난 화학물질의 편리를 누리며 살고 있지만 한편, 여전히 화학물질 사건 사고가 발생하며, 화학물질 위험의 일상화를 경험하고 있다. 사회 전반에 케모포비아(chemophobia)와 위험 불감증이 혼재하고 있으며, 위험을 막기 위한 수단들이 오히려 새로운 위험을 유발하는 일들까지 벌어지고 있다. 따라서 기존에 위험에 대응했던 방식으로는 불충분하며, 새로운 위험관리체계가 요구된다. 이 연구에서는 지금의 화학물질에 대한 높은 불안과 공포의 시대에서 한 발짝 떼어 화학물질의 효용과 위험에 대한 균형 있는 관점으로 화학물질의 역사적인 흐름을 통시적으로 고찰하고자 하였다. 그리고 더욱 지속 가능한 화학물질 안전사회를 만들기 위해 근본적인 위험을 제거하고 문제를 해결하기 위한 종합적인 대안을 제안하고자 하였다. 이를 위해 국내 화학물질 사례를 통해 위험의 원인을 분류·종합하고, 이에 따라 대안을 보다 체계화하여 정리하고자 하였다.

값싸고 효과적인 합성 비료와 농약류 화학물질은 78억 명의 인구의 식량 생산을 가능하게 하였으며, 진통제(아스피린)와 항생제(페니실린)는 질병을 치료하고 인류의 수명을 연장했다. 합성염료, 합성섬유, 합성수지의 고분자 화합물들을 비롯한 많은 화학물질은 일상생활을 혁신적으로 변화시켰다. 합성화학물질은 고갈되는 천연자원의 대체효과 역할을 하기도 하고 (예: 천연고무와 합성고무, 코끼리 상아와 베이클라이트), 인간과 생태계의 위해가 드러나면서 환경 중에서 분해가 잘되며 독성이 낮은 다른 화학물질로 대체되는 과정을 거치기도 하였다 (예: 잔류성 유기화합물, 프레온가스). 한편, 화학물질은 산업 및 기술과 밀접하게 연결되어 맞물려서 발전하였다. 19세기에 들어 화학을 이용한 공업화가 시작되었고, 이후 화학물질을 이용한 상업적 성공으로 거대 화학기업들이 등장하게 된다. 근현대에 들어 대중의 과학기술에 관해 관심과 신뢰가 높아지게 되었고, 20세기 중반부터 전쟁과 환경오염 피해로 화학물질에 대한 위험 인식이 높아지게 된다.

1962년 레이첼 카슨(Rachel Carson)의 <침묵의 봄(Silent Spring)>의 출판을 기점으로 환경의 새로운 위협에 대한 대중적 관심이 폭발적으로 늘어나게 된다. 1960년대 말에 주요 국가들에서 환경 문제를 다루는 대중적인 환경보호 운동이 나타나기 시작했다. 이러한 환경에 대한 폭발적인 관심은 관련 기관의 설치와 입법으로 이어지는 한편, 국제연합 및 경제협력개발기구(OECD)와 같은 국제기구를 중심으로 화학물질의 위협에 대한 국제적 대응 협력이 시작되었다. 이러한 노력으로 유해화학물질을 거래할 때 국가 간 물질에 대한 정보를 사전에 교환하는 로테르담협약, 잔류성 유기오염물질을 규제하기 위한 스톡홀름 협약 등 유해화학물질 관련 국제협약들이 이루어졌다. 2000년대 들어 유럽 등의 주요 국가들은 지속가능성과 사전예방적 관점을 중심으로 화학물질 관리체계를 바꾸려고 노력하였다. 세계 주요 국가들은 유럽연합의 REACH 도입을 시작으로 기존의 화학물질 관리제도를 전면적으로 개편하였다. REACH로 인한 가장 큰 전환은 기존 화학물질의 독성 및 용도 등의 주요 정보가 제대로 관리되지 못했던 것에서 예방원칙에 따라 기존과 신규화학물질 모두 등록된다는 것과 오염자부담원칙에 따라 화학물질 정보의 제출 의무를 정부가 아닌 사업자에게 부여한다는 점이다. 우리나라도 이러한 국제적인 화학물질 관리 흐름의 변화와 함께 국내 화학물질 관련 사고로 인한 안전관리에 대한 우려가 커지면서 화평법과 같은 화학물질관리 정책변화로 이어졌다.

화학물질의 이용과 화학물질의 위협에 대응하기 위한 규제의 흐름 속에서 앞으로 과연 지속 가능한 화학물질 안전사회를 위해 무엇을 해야 하는지 국내 화학물질 사례를 통해 성찰하고자 하였다. 해당 사례는 석면, 살생물제, 휘발성 유기화합물과 각각 관련된 국내에서 발생한 학교 석면 해체·제거 작업장 주변의 노출 피해, 가습기 살균제 참사, 생리대 유해물질 검출 논란으로 정하였다. 학교 석면 해체·제거 작업장 주변의 노출 피해의 경우, 석면에 대한 과도한 불안으로 석면을 안전하게 제거할 수 있는 인프라를 고려하지 않고 유해성 제거에 초점을 둔 속도전이 오히려 더 큰 위험을 초래한 사건이었다. 흡입에 의한 석면 노출을 중심으로 한 위해도관리가 필요하고, 그 근본에는 과도한 공포를 극복하는 것이 필요함을 확인하였다. 가습기 살균제 참사에서는 실내 습도 개선을 위해 가습기를 필수적으로 소비하고 균에 대한 공포가 합쳐져 가습기 살균제가 탄생하게 된 배경이 되었다. 복합적인 원인에 의해 만들어진 가습기 살균제 문제를 근본적인 습도 조절 문제에서 대안을 찾지 않고 사후 대처 방식으로 해결하고자 하였다. 또 생리대 유해물질 검출 파동은 그동안 여성건강문제를 비롯한 사람들의 건강에 대한 근본적인 물음에 답하지 않다가 미흡한 위해소통으로 불신을 자처한 정부와 언론의 선정적인 보도가 더해져 생

활 화학물질에 대한 불안을 증폭시켰다.

사례를 통해 드러난 위험 발생의 원인을 기술적, 인적, 법 제도적, 경제적, 사회문화적 기준에 따라 분류하고 위험의 인식(위험의 본질 간과, 위험의 과소, 위험의 과잉)과 종합하여 분류하였다. 제시된 대안들을 통해 정부, 기업, 전문가, 언론, 시민사회 영역에서 이해당사자들의 역할을 고찰하였다. 그동안 화학물질의 위험 정도를 과소평가하여 발생한 위험에는 상당히 집중하여 해결하려고 노력하였으나 상대적으로 위험의 본질이 간과되거나 위험에 대한 과도한 대응으로 인한 위험에 대해서는 간과된 측면이 드러났다. 하지만 위험의 본질이 간과되거나 과도하여 발생한 위험은 장기적으로 심각한 새로운 위험을 가져올 수 있는 사회문화적 원인에 기인한 부분이 크기 때문에 이를 간과해서는 안 되며, 앞으로 이에 대해 더욱 관심을 가지고 대응하는 균형 잡힌 노력이 필요하다는 것을 확인하였다. 대안 모색을 통해 사람·생태계 영향 중심의 통합화학물질 안전망 구축과 위해소통강화를 통한 신뢰회복, 문제 발생 시 피해자 중심의 해결 노력, 소비자의 안전을 생각하는 기업의 책임, 그리고 결국 가장 궁극한 나와 가족의 건강 문제에 대한 답을 제시할 수 연구가 주요하게 제안되었다. 궁극적으로 각 이해관계자의 영역에서 사람 중심의 가치가 정착되어야 함을 확인하였다.

이 연구를 바탕으로 더 나아가 향후 화학물질 문제에 내재한 복잡하고 심층적인 문제의 원인을 분석하고 보다 나은 사회로 변화시킬 수 있는 대안을 제시하는 연구의 토대로 활용될 수 있기를 기대한다.

목 차

I. 서론	1
II. 연구방법 및 절차	2
III. 연구결과	
1. 화학물질의 효용	3
1.1. 식량 생산	3
1.1.1. 합성 비료	4
1.1.2. 농약	6
1.2. 질병 예방	10
1.2.1. 진통제	11
1.2.2. 항생제	12
1.3. 생활환경 개선	15
1.3.1. 합성염료	15
1.3.2. 합성고무	17
1.3.3. 합성섬유	19
1.3.4. 합성수지	20
1.3.5. 냉각제	22
2. 화학물질의 위험	24
2.1. 화학물질의 규제	24
2.1.1. 국제협약	25
2.1.2. 주요 국가의 규제법	28
2.1.2.1. 유럽 REACH	29
2.1.2.2. 미국 TSCA	33
2.1.2.3. 한국 화평법	37
2.2. 화학물질의 사례	42
2.2.1. 석면	42
2.2.2. 살생물제	49
2.2.3. 휘발성 유기화합물	56

2.3 화학물질의 위험분류	62
2.3.1. 위험분류 기준 및 모형 설정	62
2.3.2. 위험유형 분류 및 분석	63
2.3.3. 위험유형의 종합	67
3. 화학물질 안전사회를 위한 제언	68
3.1. 정부	68
3.2. 기업	71
3.3. 전문가	72
3.4. 언론	73
3.5. 시민사회	73
IV. 결론	74
참고문헌	76
부 록	81

1. 서론

우리는 수없이 많은 화학물질에 둘러싸여 살아가고 있다. 20세기에 들어 화학물질의 인공적인 합성 기술은 비약적으로 발전하게 되었고, 현대에 많은 편리를 경험하게 되었다. 값싸고 효과적인 합성 비료와 농약류 화학물질은 78억 명의 인구의 식량 생산을 가능하게 하였으며, 항생제는 인류의 수명을 연장했고, 플라스틱은 일상 생활을 혁신적으로 변화시켰다. 그러나 인간의 편리를 위해 의도된 목적을 가지고 사용된 화학물질들이 대량 생산되고 널리 사용될수록 독성도 드러나 새로운 위험과 피해도 직면하게 되었다. 대표적인 고전적 사례인 DDT는 그 효용으로 노벨상까지 받았으나 1962년 레이첼 카슨의 저서 <침묵의 봄>을 통해 생태계에 미치는 악영향이 널리 알려지게 되어 결국 대부분 국가에서 사용이 금지되었다. 세계적으로는 1957년 일본 미나마타병, 1960년 독일 탈리도마이드 사건, 1983년 인도 보팔 사고 등의 환경 사건들이 있었고, 국내에서는 1988년 원진레이온 사건에서 2011년 가슴기 살균제 참사 등에 이르기까지 국내외에서 화학물질과 관련된 많은 사건 사고들이 있었다.

인간은 화학물질의 위험에 대처하기 위한 다양한 노력을 해왔고, 최근 국가들은 화학물질의 위험대응으로 그 어느 때보다 정책적으로 화학물질관리를 세분화하고 강화하는 추세이다. 덕분에 이전보다 많은 부분이 개선되었지만 안타깝게도 일상에서 크고 작은 화학물질 사건·사고는 여전히 일어나고 있다. 최근에는 일상에서 사용하는 최종 소비제품에 담긴 유해화학물질에 대한 염려도 늘어나면서 화학물질에 대한 불안은 오히려 더 높아졌으며, 화학물질에 대한 막연한 불안과 공포를 느끼는 케모포비아(chemophobia)가 사회 전반에 걸쳐 나타나고 있다. 그리고 위험을 막기 위한 수단들이 오히려 새로운 위험을 유발하는 일들까지도 벌어지고 있다. 화학물질의 위험은 복잡성과 불확실성을 특징으로 하므로 통제하거나 계산하기 어렵다. 지금 사람들은 어느 때보다도 화학물질의 편리를 누리며 살고 있음에도 불구하고 화학물질에 대한 불안은 더 커지고 위험의 일상화를 경험하고 있다.

효용과 위험을 모두 내포할 수밖에 없는 화학물질은 그 편익과 해악을 예측하기 쉽지 않고, 앞으로 우리가 풀어가야 할 중요한 과제 중에 하나라고 할 수 있다. 따라서 지금의 화학물질에 대한 높은 불안과 공포의 시대에서 한 발짝 떼어 화학물질의 효용과 위험을 균형 있게 바라보고 대비하는 노력이 필요하며, 한발 더 나아가 근본적인 위험을 제거하고 문제를 해결하기 위한 종합적인 접근이 필요할 것이다.

이 연구에서는 1) 주요 화학물질의 효용을 식량 생산, 질병 예방, 생활환경 개선의

영역에서 살펴보면, 2) 화학물질의 위험에 대응하고자 진행된 국제환경협력과 주요 국가의 화학물질 규제법을 통하여 조사한다. 그리고 3) 국내 주요 화학물질 사례를 통해 화학물질의 위험과 앞으로 나아가야 할 방향을 제언함으로써 지속 가능하고 건강한 화학물질 안전사회를 만드는 일에 조금이나마 기여하고자 한다.

II. 연구방법 및 절차

이 연구의 방법 및 절차는 다음과 같다.

첫째, 식량 생산, 질병 치료, 생활환경 개선에서 인류에 지대한 공헌을 한 대표적인 화학물질의 역사를 탐구하여 화학물질의 효용의 시대를 고찰하고자 한다. 식량 생산은 화학비료와 농약, 질병 치료는 진통제(아스피린)와 항생제(페니실린), 생활환경 개선은 합성염료, 합성고무, 합성섬유, 합성수지의 고분자 합성화합물, 염화 불화 탄소(이하 Chlorofluorocarbons, 이하 CFCs)를 그 내용으로 한다.

둘째, 화학물질과 관련한 주요 국제협약의 흐름을 조사하여 화학물질과 관련된 주요 레짐의 흐름을 파악한다. 그리고 유럽연합(European Union, 이하 EU) REACH (Registration, Evaluation, Authorization & Restriction of Chemicals), 미국 TSCA (Toxic Substance Control Act)의 규제법안과 국내 화평법을 분석하여 화학물질의 위해로부터의 대응과 관리 현황을 진단한다.

셋째, 국내 주요 화학물질별 사례를 통해 위험 원인을 분류하고 종합한다. 해당 사례는 석면, 살생물제, 휘발성 유기화합물 (Volatile organic compounds, 이하 VOCs)과 각각 관련되어 국내에서 발생한 학교 석면 해체·제거 작업장 주변의 노출 피해, 가슴기 살균제 참사, 생리대 유해물질 검출 논란 사건으로 정하였다. 각 사례에 대한 조사는 해당 사건의 키워드로 검색된 국내 주요 언론 보도자료와 문헌 자료를 수집하여 사용하였다. 위험 유형의 분류체계 설정은 위험의 성격(기술적, 인적, 법 제도적, 경제적, 사회문화적)과 위험에 대한 인식(위험의 본질 간과, 위험의 과소, 위험의 과잉) 정도에 따라 분류하였다. 이에 따라 최종적으로 연구자가 선행 연구 및 결과물을 종합하여 위험을 분류한다.

마지막으로 위험 원인에 따라 제시된 대안들을 정리하고, 이를 통해 지속 가능한 화학물질 안전사회를 위한 정부, 기업, 전문가, 언론, 시민사회 이해당사자들의 역할을 고찰하고자 한다.

연구를 본격적으로 시작하기에 앞서 화학물질이 무엇인가에 대한 명확한 개념규

정이 선행되어야 한다. 화학물질은 보통 좁은 의미로 의도적으로 합성되어 생산된 물질을 의미하지만, 이 연구에서는 포괄적인 의미에서 화학물질을 화학적 조성이 명확한 모든 물질로 정의하고자 한다(Hill et al., 2005). 그 이유는 화학물질의 개념을 합성된 물질로 정의할 경우 석면과 같이 자연 발생적으로 존재하는 물질이 초래하는 다양한 위험들을 포괄적으로 고려하고 분석하는 것이 제한이 있기 때문이다.

III. 연구결과

1. 화학물질의 효용

19세기 이후에 본격적으로 시작된 화학물질 합성 기술은 20세기 들어 비약적으로 발전하게 되었고, 많은 종류의 화학물질들이 사용되었다. 세계적으로 새로운 화학물질들이 1800년부터 2015년까지 매년 4.4%의 증가율을 가지고 지수함수적으로 증가하였고, 화학물질 중 합성된 화합물질의 비율은 20세기 초에 이미 90% 이상 차지했다 (<그림 1> 참조).

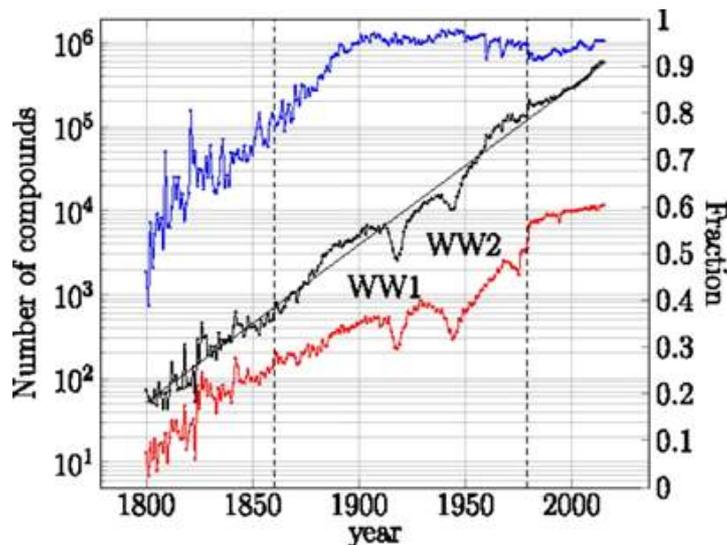
화학물질의 사용으로 생활의 편리가 확장되면서 현대에 우리가 누리는 많은 유익을 가능하게 만들었다. 화학비료와 농약의 사용으로 식량 생산의 대량화가 가능해지며 급격히 늘어나는 인구를 먹여 살리게 되었고, 페니실린을 필두로 한 항생제, 아스피린과 같은 의약품은 인간의 질병을 치료하고 수명을 연장했다. 또 고분자 화합물, CFCs와 같은 물질의 개발은 일상의 편리를 획기적으로 가져왔다.

1.1. 식량 생산

고대 인류는 채집과 사냥으로 식량을 얻었다. 대략 1만 년 전부터 농업혁명으로 정착 농업이 시작되었다. 경작을 시작하면서 영양분을 빼앗는 잡초를 제거하고, 해충을 없애며, 밭에 거름으로 퇴비를 주었다. 또 농지와 관개시설이 확장되고 각종 농기구가 개량되면서 농업생산이 증대되었다. 농업혁명으로 인구는 빠르게 증가했지만, 지금으로부터 약 200년 전까지도 고전적인 농업으로는 지구가 감당할 수 있는 인구가 제한적일 수밖에 없었다. 20세기 들어 인구가 폭발적으로 증가하면서 기하급수적으로 늘어나는 인류를 먹여 살리는 일은 당시 큰 고민거리였다. 인류는 맬서스의 인구론¹⁾에 대한 공포를

1) 영국의 경제학자 토머스 로버트 맬서스(Thomas Robert Malthus, 1766-1834)는 1798년 <인구론>을

극복하기 위해 애를 썼다. 1960년부터 현재까지 전 세계 인구는 두 배 이상 증가하여 78억 명 이상이 되었다. 여기에는 농업의 기계화와 작물의 품종 개량과 더불어 막대한 양의 비료와 농약을 사용하여 생산을 크게 늘린 현대 농업의 발전과 무관하지 않다.



〈그림 1〉 연간 새로운 화학물질의 수 (검은색 실선: 연간 신규화학물질 수, 빨간색 실선: 연간 신규합성화학물질 수, 파란색 실선: 신규 합성화학물질 중 새로운 합성화합물의 비율, WW1: 1차 세계대전, WW2: 2차 세계대전) (출처: Llanos et al., 2019).

1.1.1. 합성 비료

과거 19세기 당시 지력의 고갈은 농부들에게 심각한 고민거리였다. 유스투스 폰 리비히(Justus von Liebig, 1803-1873)는 당시 빈번했던 흉작의 원인이 토양에 무기물질이 부족하기 때문이며, 작물의 수확은 토양에 가장 적게 존재하는 양분의 양에 좌우된다는 최소량의 법칙(Law of the minimum)을 발표하였다. 이 식물의 성장에 필요한 무기물질은 필수 원소로써 1차 식물 영양분(primary plant nutrient)인 질소(N), 인(P), 칼륨(K)과 이에 더하여 식물 성장에 필요한 기타 원소로써 2차 식물 영양소(secondary plant nutrient)인 마그네슘(Mg), 칼슘(Ca), 황(S)과 여덟 가지의 미량영양소(micronutrient)인 붕소(B), 염소(Cl), 구리(Cu), 철(Fe), 망간(Mn), 몰리브덴(Mo), 니켈

출판했다. 맬서스에 따르면, 전 세계 인구는 기하급수적으로 증가하는 데 비해 식량 생산은 산술급수적으로 증가하면, 식량 생산이 인구증가를 따라가지 못하게 되어 빈곤과 질병, 폭동, 전쟁 등이 일어나 인구가 조절되는 재앙이 올 것이라고 주장했다 (Malthus, 1798).

(Ni), 아연(Zn)이다. 식물의 영양은 땅에서 무기물질에 의해 공급되며, 작물의 수확량은 비료로 투입된 무기물질에 의해 영향을 받게 된다.

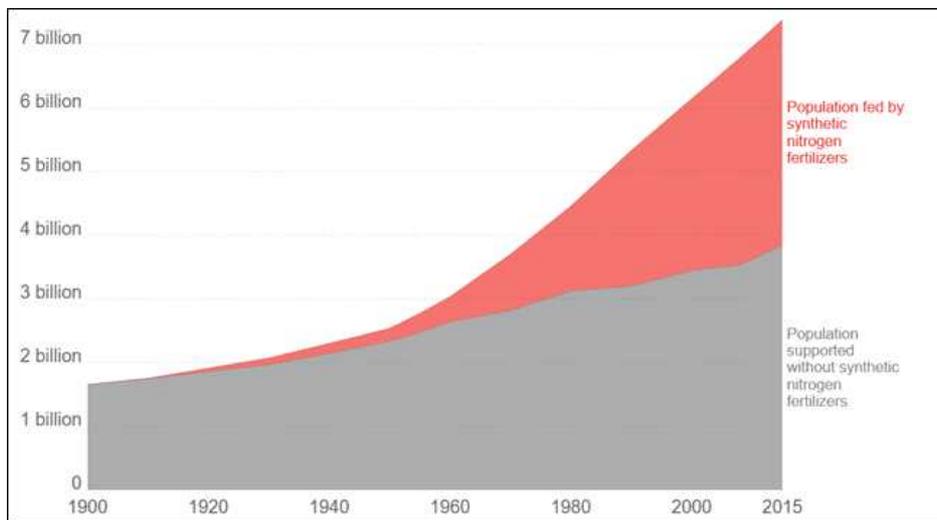
그리고 식물의 생존을 위해서는 탄소, 산소, 수소, 질소가 필요하다. 탄소와 산소, 수소는 대기 중 이산화탄소와 토양 속의 물을 통해 얻을 수 있다. 하지만 질소의 경우, 대기 중에 질소가 78%나 포함되어 있지만, 불활성이기 때문에 번개가 칠 때 반응해 생긴 질산이 비에 씻겨 땅에 공급되는 방법뿐이다. 그러나 번개는 무작위로 발생하고 자주 일어나지 않기 때문에 이에 의존할 수 없다. 따라서 식물은 공기 중 질소를 직접 흡수하지 못하고 흙을 통해 흡수한다. 이 질소고정화 반응은 질소 고정 효소(nitrogenase)를 가지고 콩과 식물 뿌리에 사는 일부 박테리아가 수행할 수 있다. 질소고정화를 통해 얻은 질소를 식물이 질산이온(NO_3^-)이나 암모늄 이온 형태(NH_4^+)로 흡수한다. 그래서 당시 농부들은 지력이 고갈된 땅을 되살리는 방법으로 콩과 식물을 이용한 돌려짓기를 하였고, 농업생산은 제한적일 수밖에 없었다. 농업생산을 증대하기 위해서는 질소의 확보가 관건이었고, 이 문제를 해결하는 방법이 바로 질소비료였다.

당시 질소비료는 칠레에서 나는 초석이 거의 유일하였기 때문에 인공적인 질소비료를 개발하기 위한 노력이 활발하였다. 그러던 중 독일 화학자 프리츠 하버(Fritz Harber, 1868-1934)가 인공 암모니아 합성법을 발견하게 되었다. 하버가 암모니아를 대량생산을 위해 사용한 방법은 물을 전기분해하는 것이었다. 물 전기분해로 얻은 수소와 공기 중 질소를 약 400~500도의 높은 압력과 온도에서 철 촉매를 이용해 반응시킴으로써 암모니아를 대량으로 얻을 수 있었다. 질소비료의 원료인 암모니아의 대량생산이 가능해지면서 기존에 퇴비와 천연 비료에 의존하던 농업에서 화학비료 제조로 식량의 대량생산이 가능해진 것이다. 그 공로로 하버는 1918년 노벨 화학상을 받았다.²⁾ 또한 보슈(Carl Bosh, 1874-1940)는 하버의 질소 고정법을 공업화하였다. 보슈는 하버가 개발한 공정을 촉매와 고압을 사용하여 큰 규모로 전환하고, 질소와 수소를 결합해 암모니아를 만드는 것을 가능하게 하였다. 그도 1931년에 고압 기술의 발전에 이바지한 공로로 노벨 화학상을 받았다. 오늘날까지도 암모니아 생산 때 하버-보슈법을 이용하고 있다.

비료의 투입과 작물 수확량은 일반적으로 강한 긍정적인 관계를 나타낸다. 그림 2에서 20세기 동안 질소비료가 전 세계 출생의 42%를 먹여 살린 것으로 추정된다. 즉 질

2) 암모니아는 비료뿐 아니라 화약류 제조에도 쓰였다. 제1차 세계대전(1914~1918년) 중 연합군이 칠레에서 독일로 가는 칠레 초석 공급선을 봉쇄하자 하버 공정(Haber process)은 독일 내의 여러 공장으로 급속히 퍼져나갔다. 하버는 제1차 세계 대전이 일어나자 독일의 승리를 위해 독가스를 개발하여 적극적으로 사용하기를 독려했다. 전쟁이 끝난 후 하버는 많은 사람의 비난을 받게 된다. 그러한 비난에도 그가 발견한 암모니아 합성법이 인류의 식량 공급에 끼친 업적이 너무 탁월했기 때문에 그는 노벨 화학상까지 받게 된 것이다.

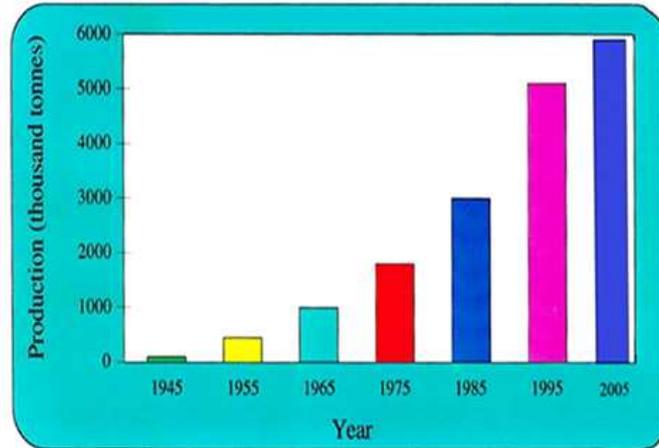
소비료가 30~35억 명의 사람들을 먹여 살리고 있음을 의미한다. 20세기와 21세기 동안 품종 개량, 관개시설 확충, 기계화 등 여러 농업 기술들이 농업의 생산성 향상에 이바지한 부분이 많으므로 이 추정치에서 질소비료의 개별적인 영향을 구분해 내기란 쉽지 않다. 그럼에도 불구하고 여러 주요한 연구의 추정치들은 인구의 40~50% 범위에 있는 수치 안에 수렴하는 경향이 있다 (Erisman et al., 2008; Smil, 2002; Stewart, 2005).



〈그림 2〉 합성 질소비료를 통해 섭취한 전 세계 인구수. (회색 음영: 합성 질소비료로 음식을 먹는 사람의 수, 빨간색 음영: 실제 인구에서 식량 생산에 의존하는 사람들의 수를 뺀 차이) (출처: Erisman et al., 2008; Smil, 2002; Stewart, 2005; Our World in Data 재구성).

1.1.2. 농약

농부들은 영양분을 빼앗아가는 잡초의 성장을 막고, 수확물을 해충이나 곰팡이로부터 보호하기 위해 농약을 사용한다. 농약은 작물 품질을 향상하고, 평균 30%까지 작물 수확량을 증가시킨다고 알려져 있다 (Bromilow, 2005). 유기합성농약은 1940년대부터 광범위하게 사용되었다. 전 세계 농약 생산량은 1950년대 0.2 백만 톤에서 2000년 5백만 톤 이상으로 매년 약 11%의 비율로 증가했다 (〈그림 3〉 참조).



〈그림 3〉 합성농약의 전 세계 생산량 (출처: Calvalho, 2017).

1.1.2.1. 살충제

곤충은 식물의 꽃가루반이로 열매의 생산을 돕고 배설물로 식물들이 자라는데 필요한 영양분을 공급하는 등 지구의 생태계 유지에 매우 중요한 역할을 한다. 그러나 인류는 해충 때문에 고통을 받아왔다. 14세기에 쥐가 옮기는 쥐벼룩에 의해 유럽 인구의 30~60%가 흑사병으로 죽은 것으로 추정된다 (Alchon, 2003). 모기나 이를 매개로 한 말라리아와 발진티푸스도 많은 사람의 생명을 앗아갔다. 따라서 작물을 파괴하고 인간에게 질병을 초래하는 곤충들을 조절하는 것이 필요하다.

어떤 식물들은 포식자로부터 먹히지 않기 위해 스스로 농약을 생산한다. 니코틴은 담배 식물을 보호하며, 제충국도 식물이 생산하는 농약이다. 과거에는 모기의 유충을 죽이기 위해 습지의 물을 빼거나 연못에 기름을 부었고, 비소 화합물을 사용해 쥐를 죽였다. 현대의 살충제는 곤충의 피부 보호막을 녹이거나 호흡 기능을 막는 것에서부터 신경계나 물질대사를 조작하는 것까지 여러 방법으로 해충에 작용한다. 합성농약으로는 유기염소계 농약인 DDT (dichloro-diphenyltrichloroethane)가 널리 사용되다가 DDT의 생태계에 대한 위험이 알려지면서 고전적인 유기염소계 살충제는 점차 줄어들고 다른 유형의 화학 구조를 가진 유기인 화합물이나 카바메이트로 바꾸어 사용이 증가하게 된다. 유기인제 살충제는 주로 곤충의 신경계를 교란하는 방법으로 작용하며, 1980년대에 널리 사용되었다. DDT처럼 잔류성이 높지 않은 유기인제는 작은 해충들에게는 치명적이지만, 소량으로는 사람에게 큰 피해를 주지 않는다. 카바메이트는 포유류에 독성이 낮은 특징이 있다 (Hill and McCreary, 2015).

합성 농약의 대표적인 고전적 사례인 DDT의 역사를 살펴보면, 1874년 오스트리아 화학자 오스마 차이들러(Othmar Zeidler, 1850~1911)가 처음으로 DDT를 합성했으나, 1939년 스위스 화학자 폴 헤르만 뮐러(Paul Hermann Müller, 1899~1965)가 염화탄화수소인 DDT가 강력한 살충제임을 발견했다. DDT는 해충에 대한 독성이 매우 강하지만, 인간을 비롯한 온혈 동물에게는 해가 적다. 또 DDT는 값싸고 쉽게 합성되는 물질이었다. 뮐러는 DDT를 발견한 공로로 1948년 노벨 생리학상을 받았다.

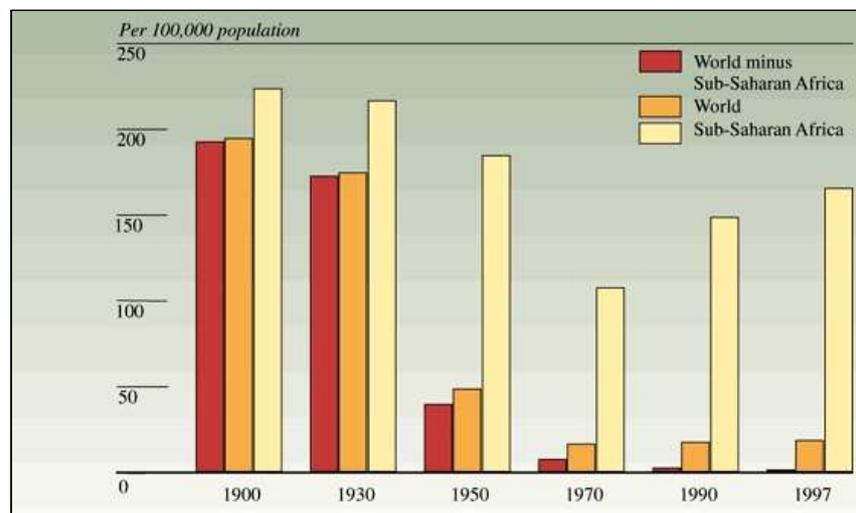
DDT는 농업뿐 아니라 공중위생에서 놀랄만한 결과를 가져왔다. DDT가 말라리아, 발진티푸스, 콜레라 등의 질병들을 전염시키는 모기, 이, 파리를 효과적으로 퇴치한 것이다. 제 2차 세계대전 당시 일본이 동남아시아와 네덜란드령 동인도제도를 점령하면서 그 당시에 주요 살충제로 사용되었던 제충국의 공급이 끊기게 되었다. 이에 대응하여 연합국은 매개감염병으로부터 병사들을 보호하기 위해 강력한 살충제로서 1942년에 DDT를 상업생산하기 시작하였다. 1945년 우리나라와 일본에서도 미군의 점령기간에 DDT가 전 국민에게 살포되었다. 전쟁이 끝난 뒤에는 값싸고 효과적인 살충제인 DDT는 농약으로 널리 사용되었고, 다른 염화탄화수소도 합성되어 살충제로 사용되었다.

한편, 주로 모기를 통해 옮겨지는 질병인 말라리아 퇴치에도 놀랄만한 성적을 거두었다. 세계보건기구(World Health Organization, 이하 WHO)는 1955년 선진국 외에 지역에서 말라리아를 퇴치하기 위해 DDT를 대대적으로 살포할 것을 결정했다. 예를 들어 스리랑카는 1945년 말라리아 발병 건수가 250만건에서 1963년에 100건 미만으로 줄어들었다. 그리스는 1947년 말라리아 환자 수가 약 200만 명이었으나 DDT를 사용한 뒤 1972년에는 7명으로 줄었다. 1975년 WHO는 유럽을 말라리아가 없는 지역으로 선포했다. 1940년대와 1950년대에 DDT가 사용되면서 말라리아의 사례는 급감했다 (<그림 4> 참조). WHO에 따르면, 2019년에 전 세계적으로 40.9만명이 말라리아로 목숨을 잃었고, 이중 94%가 아프리카에서 발생하고 있다 (WHO, 2020).

DDT는 1962년 레이첼 카슨의 <침묵의 봄>이 출판되면서 큰 전환점을 맞이하게 된다. 염화탄화수소는 일반적으로 매우 안정적인 특징을 갖는다. 이러한 특징은 DDT의 중요한 장점으로 작용하여, DDT를 작물에 뿌리면 잔류하면서 곤충을 수주일 동안 죽인다. 이런 농약의 지속효과는 또한 단점이 되어서, DDT는 환경 중에서 쉽게 분해되지 않고 살포된 뒤 최소 수십 년간 잔류하게 된다. DDT에 대한 내성을 갖는 해충이 생겨났다. DDT는 특정한 조류의 알 껍질을 얇게 만드는가 하면 쥐에

게 간암을 일으키고 온혈동물의 지방조직에 축적되는 것으로 보고되었다.³⁾ 1970년~1980년대에 대부분의 선진국에서 DDT 사용을 금지시켰고, 2004년 발효된 스톡홀름 협약으로 DDT사용을 제한하였다.

한편, 많은 개발도상국도 이러한 추세에 동참하여 DDT의 사용을 제한한 결과 말라리아 감염이 다시 급속도로 증가했다. 예를 들어 스리랑카가 1963년에는 말라리아 감염이 단지 100건 미만이 보고되었지만 1968년에는 250만 건으로 증가했다. WHO와 세계보건총회(World Health Assembly, 이하 WHA)는 말라리아 국제재단과 함께 전염병 퇴치를 위한 벡터제어에는 제한적으로 사용을 허용한다고 결정했다. DDT를 살포하지 말고, 실내 잔류분무의 형태(Indoor residual spraying, 이하 IRS)로 말라리아 모기 창궐 지역의 시설이나 건물 내벽에 약한 농도로 도포해두는 것을 권장한다 (WHO, 2020).



〈그림 4〉 1900년 이후 연간 말라리아 사망률 (출처: US Federal Government, 2000).

1.1.2.2. 제초제

화학물질을 이용한 제초제가 처음 나온 19세기 후반에는 구리염의 용액, 황산, 염화나트륨과 같은 무기질의 제초제를 사용하였다. 이것은 점점 유기 화합물로 대체

3) 1962년 레이첼 카슨의 <침묵의 봄>이 출판되기 전에도 DDT의 위험성에 대한 경고들이 있었다. 1946년 DDT에 내성을 갖는 파리에 대해 보고되었고, 1947년에는 물고기에 대한 독성이 보고되었다. 이러한 초기 경고는 대부분 무시되었고, 환경 중에서 DDT의 독성이 금방 사라지는 것으로 간주하였다.

되었다. 제초제는 고엽제의 등장으로 사용이 일반화되었다. 식물의 잎을 지게 만드는 고엽제 2,4,5-T (2,4,5-trichlorophenoxyacetic acid)는 제초제 2,4-D (2,4-dichlorophenoxyacetic acid)와 혼합되어 베트남에서 지상군의 은신처를 제거하기 위해 에이전트 오렌지로 사용되었다. 후에 이 혼합물은 다이옥신 오염에 대한 우려로 2,4,5-T의 사용이 금지 되었고, 아트라진과 글리포세이트, 패러콰트 등 다른 제초제들이 사용되게 된다 (Hill and McCreary, 2015). 제초제는 다양한 방법으로 식물의 성장 과정에 영향을 미친다. 광합성 작용을 억제하거나 단백질, 탄수화물, 지방의 분해를 막기도 하며, 세포분열을 방해함으로써 잡초의 성장을 억제하기도 한다.

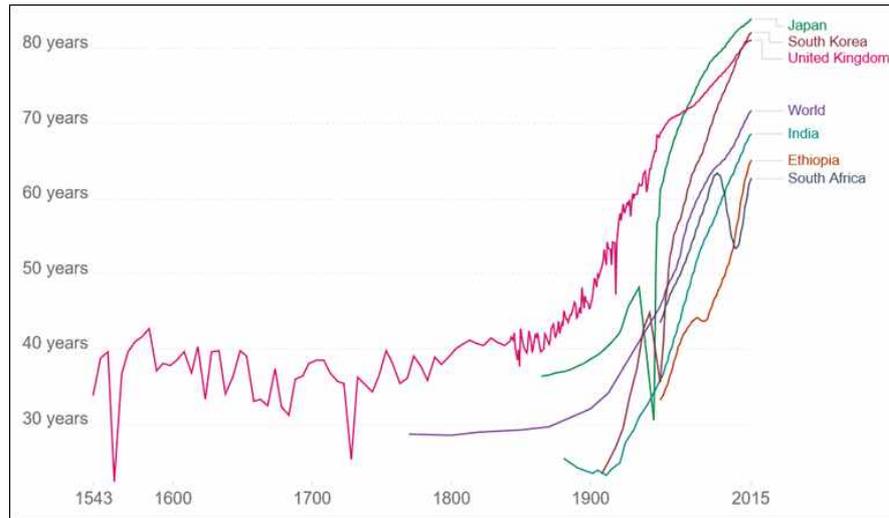
살충제나 제초제, 비료를 지나치게 많이 사용하면, 결국은 환경 중에 축적되므로 농약으로 인해 얻게 되는 이익보다 위험성이 더 커지지 않도록 권장량을 지키는 것이 중요하다.

1.2. 질병 예방

천연 의약으로 질병을 치료했던 과거에서 1880년대부터 합성 의약이 등장하고 의약품 산업이 탄생하면서 질병 치료에 큰 발전을 이루게 된다. 처음에 천연 의약의 대용품이나 개량품을 얻으려는 시도가 있었지만 1897년에 등장한 아스피린처럼 긴 생명을 가진 의약품은 거의 없었다. 이후 최초의 항생제인 페니실린이 1929년 영국의 알렉산더 플레밍(Sir. Alexander Fleming, 1881~1955)에 의해 발견되게 된다. 아스피린은 1971년에 이르러서야 작용기전이 밝혀졌고, 그 공로로 스웨덴 베르그스트롬(Sune Bergström, 1916~2004)과 사무엘슨(Bengt I. Samuelson, 1934~), 그리고 영국 베인(John R. Vane, 1927~2004)이 1982년에 노벨 생리의학상을 수상하게 된다. 플레밍도 페니실린에 대한 공을 인정받아 1945년 체인(Sir Emst Boris Chain, 1906~1979), 플로리(Howard Walter Florey, 1898~1968)와 함께 노벨 생리의학상을 수상하게 된다. 페니실린의 발견 이후, 항생제, 소아마비 백신, 결핵약, 합성호르몬제, 신경안정제 등 많은 우수 약품들의 개발이 촉진되었다.

우수한 합성의약품들이 개발되면서 수많은 생명을 구하게 되었고, 인간의 수명을 연장하는 결과를 낳았다. 그림 5은 지난 세기 동안 기대 수명이 급격히 증가한 것을 보여준다. 시계열이 가장 긴 영국의 경우 19세기 이전에는 기대 수명이 30~40년 사이에 있었다. 그러다 20세기 동안 기대 수명은 매우 증가하여 세계 평균 기대 수명은 2배 이상 증가하였다. 이장에서는 두 가지 유형의 의약품, 즉 진통제(아스피

린)과 항생제(페니실린)에 대해 살펴보고자 한다.



〈그림 5〉 1543년부터 2015년의 기대 수명 (출처: Riley, 2005; Clio Infra, 2015; UN Population Division, 2019).

1.2.1. 진통제

인간은 고대서부터 오랫동안 버드나무 껍질을 이용하여 발열과 통증을 치료해왔다. 1829년에 이 버드나무 안에서 약효를 가진 화학물질을 분리하였는데, 이 화학물질에 붙인 이름이 살리신(salicin)이었다. 이 살리신이란 물질에서 합성 약품의 시작과 더불어 의약품 산업이 탄생한다. 살리신은 포도당과 살리신 알코올(salicyl alcohol)로 이루어지고, 살리실 알코올은 산화되어 살리실산이 된다. 살리신의 활성 성분인 살리실산은 살리신보다 효능이 뛰어나지만 섭취 시 구토, 설사, 위출혈 등이 동반되었기 때문에 의약적 가치는 낮았다. 19세기에 과학자들은 살리실산을 이용해 살리신의 약효만을 살리고 부작용들을 제거하기 위해 노력했다. 그러던 중 1897년 독일의 화학자 펠릭스 호프만(Felix Hoffman, 1868~1946)이 살리실산의 OH기를 아세틸기(CH₃CO)와 에스테르화 반응을 시켜 아세틸살리실산(acetylsalicylic acid)을 만들었다. 아세틸살리실산은 부작용이 없거나 매우 경미한 반면 진통 효과는 컸다. 1899년에 호프만의 고용주였던 프리드리히 바이어(Friedrich Bayer, 1825-1880)는 이 약품을 판매하였고, 이 바이엘(Bayer)사의 상표명이 아스피린(Asprin)이었다. 이 화합물질은 최초의 실용적인 합성 약품이 되었다.

아스피린은 사람의 몸 안에서 일종의 억제제로 작용하여 해열진통제의 효과를 낸다.

아스피린이 혈액에 들어가면 사이클로옥시지나제(cyclooxygenase, 이하 COX)라는 효소에 붙어서 생리활성 호르몬인 프로스타글란딘(prostaglandin)을 생성 못 하게 한다. 프로스타글란딘은 뇌에 고통 반응을 보내는 화학물질로 손상된 조직에 염증반응과 붓기, 발열 조절, 혈소판 응집 촉진과 같은 기능을 한다. 그 결과 뇌는 고통을 느끼지 못하고, 붓기도 가라앉게 되면서 환자에게 진통 효과가 나타나는 것이다. 또 아스피린은 혈관 내 혈소판 부착을 억제하기 때문에 혈전 형성 예방에 도움을 주어 심혈관 질환이나 심장마비 예방약으로 장기간 먹기도 한다. 그러나 통증 억제를 위한 복용 시 과다 출혈과 같은 부작용을 일으킬 수 있으므로 적절한 의료 조치 내에서 복용해야 한다.

오늘날 아스피린은 매년 무게로는 약 40,000톤의 500~1200억 알약이 소비된다(Warner and Mitchell, 2002; Jones, 2015). 버드나무 껍질을 이용한 천연 의약에서 시작해 오늘날 전 세계적으로 가장 널리 사용되는 약품 중 하나가 된 아스피린의 역사를 보면, 자연에서 얻어지는 화학물질들이 어떻게 안정적인이고 효과적인 약품으로 시행착오를 겪으며 변형됐는지 볼 수 있다. 오늘날 현대에는 약의 부작용 사례로 인하여 신약 개발의 안정성 검증체계가 만들어졌다. 현대에서는 약품이 대중에게 판매되기까지 동물실험 및 임상 시험 등 엄격한 검증 과정을 거치게 된다.

1.2.2. 항생제

19세기까지도 인류는 많은 사람을 죽음에 이르게 했던 천연두, 홍역, 파상풍, 말라리아, 패혈증 같은 질병의 원인을 알지 못했다. 이러한 질병들의 원인이 대부분 미생물이란 것을 밝힌 사람은 프랑스의 미생물학자 루이 파스퇴르(Louis Pasteur, 1822~1895)였다. 그는 1855년 양조업자의 부탁을 받고 포도주가 상하는 원인을 찾던 중 세균의 존재를 처음으로 확인했고, 이를 계기로 세균이 질병을 일으킨다는 사실도 밝혀냈다. 이후 많은 의사와 과학자는 질병의 원인인 세균을 죽이는 방법을 연구했다.

에를리히(Paul Ehrlich, 1854-1915)는 1910년 흔히 606호라 불리는 살바르산(salvarsan)을 발견으로 화학요법을 창시한다. 그는 특정한 콜타르 염료가 특정 미생물이나 생체조직을 선택적으로 염색된다는 사실을 통해 숙주에는 피해를 주지 않으면서 감염균만 제거할 수 있을 거라는 ‘마법 탄환(magic bullet)’ 이론을 생각해낸다(Couteur and Burreson, 2004). 이는 화학요법제로서 항생제인 페니실린 발견의 시초가 된다. 에를리히는 1909년 605가지의 화학물질을 시험한 끝에 비소(As)를 함유한 방향족 화합물로 매독에 적당한 효능과 안정성을 지닌 ‘606호’ 화합물을 발견했다. 에를리히와 공동 연구한 회흐스트(Hoechst) 염색회사는 1910년 살바르산(salvarsan)이라는 이름으로 606호를 판매했다. 유독성의 부작용이 있어 지금은 사

용하지 않지만 당시에는 매독 발병이 워낙 크게 개선되었기 때문에 회히스트 염색 회사는 살바르산으로 많은 수익을 벌어들였고, 이 수익 덕분에 많은 의약품을 개발하여 거대 제약회사로 되었다.

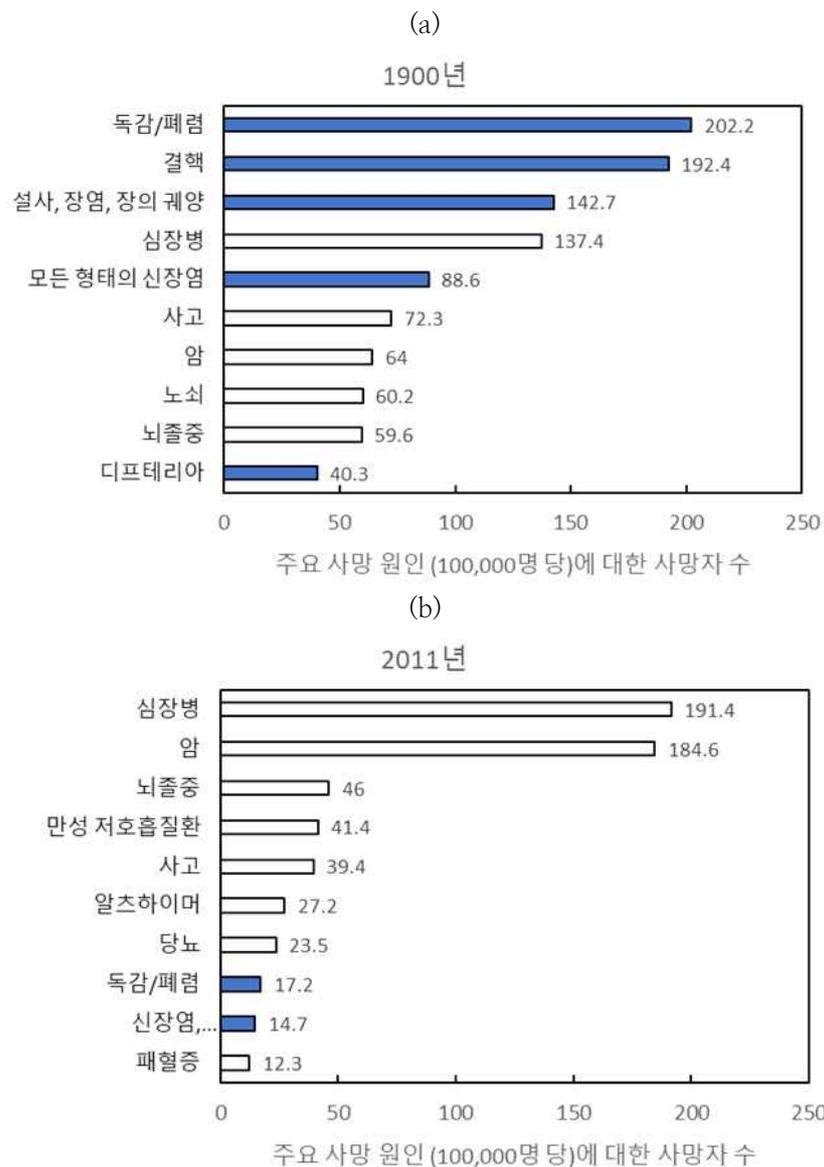
살바르산의 성공 이후 1930년대 도마크(Gerhard Domagk, 1895-1964)는 프론토실 레드(prontosil red)라는 염료에 있는 설파닐아마이드(sulfanilamide)가 패혈증을 일으키는 연쇄상구균(streptococcus)에 대해서 유효함을 발견하였다. 설파닐아마이드는 폐렴, 성홍열 같은 여러 질병에도 효능이 있었다. 이 공을 인정받아 도마크는 1947년 노벨 의학생리학상을 받는다. 설파닐아마이드의 발견은 여러 유사 화합물들의 합성을 촉진하였고, 이렇게 만들어진 화합물들은 설파제(sulfa drugs)라고 불리는 항생제 군을 이루었다. 설파제의 효능은 전쟁 기간 중 놀랍게 작용했는데, 제1차 세계대전 기간에는 상처의 감염으로 인한 사망이 전쟁터의 전사만큼이나 컸지만, 제2차 세계대전 기간 중 설파제의 사용으로 많은 부상 군인들이 절단 수술을 피할 수 있었다. 최근 설파제는 장기적인 부작용 우려, 내성 세균, 더 강력한 항생제의 개발 등으로 전 세계 사용량이 감소했다.

1930년대 설파제의 발견 이후 20세기를 대표하는 의약품이라 할 수 있는 항생제가 발견되었다. 1928년 영국의 플레밍은 영국 런던대학 세인트 메어리즈 병원(St. Mary's hospital)에서 최초의 항생제인 페니실린(penicillin)을 발견했다. 플레밍이 배양 용기의 포도상구균이 푸른곰팡이(Penicillium notatum)로 오염된 부분에만 살지 못한다는 것을 발견하게 된 것이다. 이후 영국 옥스퍼드대학의 플로리와 체인은 페니실린의 유효 물질을 안정하게 분리·정제하는 공정을 확립하면서 대량생산의 길이 열렸다. 1941년 페니실린의 임상실험은 성공하였고, 설파제를 사용했을 때 수반되는 신장 장애와 같은 심각한 부작용이 없음이 판명되었다. 1946년에는 페니실린의 화학적 구조가 밝혀졌고, 1957년 합성에 성공하여 널리 사용되었으나 점차 내성균주가 생겨 오늘날에는 페니실린 구조의 일부분을 화학 변화시킨 유사한 페니실린계 항생제들이 개발되어 사용되고 있다.

페니실린의 항생 작용은 페니실린 분자가 가진 4개 원자 고리의 불안정성 때문이다. 탄소-탄소 결합의 가장 안정한 각도는 109.5도인데, 페니실린 분자가 가진 90도의 사각 고리는 고리가 열리려는 경향을 보이기 때문에 불안정하다. 인간은 세포에 세포벽이 없지만, 세균은 세포벽을 갖고 있어 세포벽 형성에 필요한 효소를 생성한다. 이 효소와 페니실린 분자가 만나면 페니실린 분자의 불안정한 고리가 열려 효소와 결합하게 되어 세포벽 생성을 방해함으로써 세균을 죽인다. 그래서 페니실린이 인간을 포함한 고등동물에게는 해가 없지만, 세균은 죽이는 항생제가 되는 것

이다.

페니실린의 발견 이후 스트렙토마이신(streptomycin), 클로로마이세틴(chloromycetin), 오레오마이신(aureomycin), 테라마이신(terramycin) 등의 우수 항생제들이 생산되었다. 항생제가 등장한 후 인간의 수명은 늘어났다. 한 세기 전만 해도 감염병이 미국에서 주요 사망 원인이었지만 (<그림 6> 참조), 현재는 감염병이 주요 사망 원인 10개 중 아래 순위를 차지한다. 항균제(antibacterial drug)의 사용으로 많은 질병이 통제되었음을 확인할 수 있다.



<그림 6> 미국의 (a) 1900년과 (b) 2011년의 주요 10대 사망원인 (출처: Disease Control and Prevention).

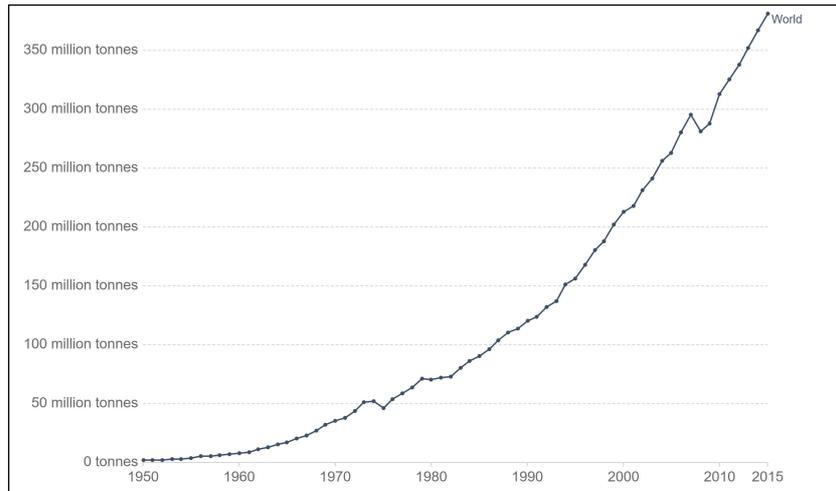
1.3. 생활환경 개선

산업혁명 시기인 19세기 중반 유기 화학 산업의 모태라 할 수 있는 모브를 시작으로 하는 화학 염료 공업이 시작되면서 19세기 후반에 중요한 많은 화합물들이 합성되었다 (Couteur and Burreson, 2004). 이러한 배경에서 단단하고 절연성이 있으며 부식되지 않는 최초의 합성수지인 베이클라이트가 개발되며 플라스틱 시대가 열리게 된다. 하지만 당시엔 플라스틱이 것처럼 뛰어난 특성을 가지는 이유에 대해서 알지 못했다. 그러다 독일의 화학자 슈타우딩거(Herman Staudinger, 1881~1965)는 1926년부터 시작된 그의 연구에서 플라스틱이 거대분자들로 이루어진 중합체라는 것을 밝혔다. 그의 거대분자론을 활용한 새로운 물질 합성 사례들이 나타나는데, 그 대표적인 것이 1935년 미국의 캐러더스(Wallace Hume Carothers, 1896~1937)가 만든 나일론이었다. 나일론은 최초의 완전한 합성섬유이며, 엄청난 상업적 성공을 거둔 물질이다. 또 한 가지 중요한 고분자 화학의 토대는 1953년 독일의 치글러(Karl Ziegler, 1898~1973)와 이탈리아의 나타(Giulio Natta, 1903~1979)가 치글러-나타 촉매를 발견한 것이다. 이 촉매의 발견으로 유기금속화합물을 이용해 가지가 붙지 않은 긴 사슬 형태의 화합물을 만들 수 있게 되었고, 플라스틱 합성법의 획기적인 개선으로 화학산업은 전기를 맞이하게 된다.

플라스틱의 개발은 천연 고분자 물질(예: 껌, 셀락)의 사용에서부터 화학적으로 수정된 천연물질(예: 천연고무, 나이트로셀룰로스), 완전한 합성 분자(예: 베이클라이트) 순으로 발전해오며, 합성수지, 합성섬유, 합성고무 등 합성 고분자 물질들은 이른바 재료혁명을 몰고 왔다. 그림 7에서 플라스틱 생산량은 20세기 내내 급속히 늘어나서 1950년(연간 2백만 톤) 대비 2015년(3억 8800만 톤)은 거의 200배 증가하였다 (<그림 7> 참조).

1.3.1. 합성염료

합성염료의 발견은 오늘날 전 세계 거대 화학기업의 등장과 관련되어 있다. 초기 염료는 주로 식물을 통해 노동집약적인 방식으로 얻었다. 천연염료는 대부분 색상이 진하지 않고, 쉽게 바래져 색상의 지속성이 좋지 못했다. 색상 수도 제한적이어서 빨간색을 내는 고대 염료인 알리자린(alizarin)과 코치닐(cochineal), 사람들이 많이 찾은 파란색 염료였던 인디고(indigo), 고대 염료 중 가장 비싼 자주색 염료였던 티리언 퍼플(Tyrian purple) 등을 꼽을 수 있다.



〈그림 7〉 1950년부터 2015년까지의 전 세계 연간 플라스틱(고분자 수지 및 섬유) 생산량 (출처: Geyer et al., 2017; Our World in Data 재구성).

18세기 말부터 합성염료가 생산되기 시작하면서 염색업은 전환을 맞는다. 최초의 인공 염료는 피크르산(picric acid)으로 울프(Peter Woulfe, 1727~1803)에 의해 1771년 처음 합성되었다. 피크르산은 진하고 강렬한 노란색을 가졌지만 나이트로 화합물이 갖고있는 폭발성을 가지고 있었다. 그러다가 1868년 독일 화학자 그레베(Carl Gräbe, 1841~1927)와 리베르만(Carl Theodore Liebermann, 1842~1914)에 의해 합성 알리자린이 상용화되었다. 1880년 독일 화학자 바이어(Johann Friedrich Wilhelm Adolf von Baeyer, 1835~1917)에 의해 합성 인디고의 제조방법이 발견되었고, 1897년에는 독일 화학 회사 바스프(Badische Anilin und Soda Fabrik, 이하 BASF)에서 새로운 합성법이 개발되면서 합성 인디고가 상업화되었다. 아돌프 폰 바이어는 1905년에 인디고를 합성하고 유기합성 화학에 많은 업적을 이룬 공로로 노벨 화학상을 받았다. 이들 합성염료 외에도 과거에는 볼 수 없었던 밝고 선명하면서도 색이 바래지 않고 일정한 품질을 제공하는 새로운 합성염료들이 세상에 나왔다.

1856년 영국의 퍼킨(William Henry Perkin, 1838~1907)은 최초의 유기 합성이라 할 수 있는 자주색 인공 염료인 모브를 합성해냈다. 모브의 합성 이후 합성염료의 대량생산이 가능해졌다. 이후 석탄 가스 산업의 부산물로 생성된 콜타르로부터 다양한 색상의 합성 염료가 만들어졌다.

유기 화학 산업이 본격적으로 발달한 곳은 모브의 탄생지인 영국이나 수 세기 동안

염료와 염색의 주요 산업 거점이었던 프랑스가 아닌 과학기술을 바탕으로 한 독일이었다. 독일 화학산업은 3개의 화학 회사가 주축이 되어 성장했고, 거대 유기화학 제국을 만들었다. 이 세 회사 모두 염료 산업과 함께 성장한 공통점이 있다 (<표 1> 참조). 퍼킨이 모브를 합성한 이후 거대 화학 기업들은 염료 산업과 함께 유기화학산업을 지배하게 된다. 여기서 얻은 자본과 화학적 지식으로 진통제, 항생제 등을 대량 생산하며 의약품 산업까지 영향을 미치게 되며, 그 외에도 페인트, 살충제, 플라스틱 등 유기화학 산업이 나날이 발전하게 된다.

<표 1> 독일의 주요 화학회사

회사명	회사로고	설립시기	내용
바스프 (BASF)		1865년	<ul style="list-style-type: none"> · 알리자린, 메틸렌 블루, 인디고 염료 개발 및 생산 · 1913년 세계 최초로 암모니아 합성공장을 운영해 질소 비료 생산 시작 · 1951년 개발한 스티로폴 (Styropol) 개발
바이엘 (Bayer)		1863년	<ul style="list-style-type: none"> · 트리페닐메탄과 아조 염료를 생산하는 염료제조회사를 설립 · 이 후 알리자린 염료를 생산하고, 의약품 사업에 진출 · 1899년 해열진통제 '아스피린' 처음 출시 · 아세테이트, 합성고무, 플라스틱, 섬유, 살충제 등 많은 화학제품을 최초로 개발
회흐스트 (Hoechst)		1863년	<ul style="list-style-type: none"> · 본래 염색재료 생산업체로 시작 · 1910년 화합물 606호인 살바르산 판매

1.3.2. 합성고무

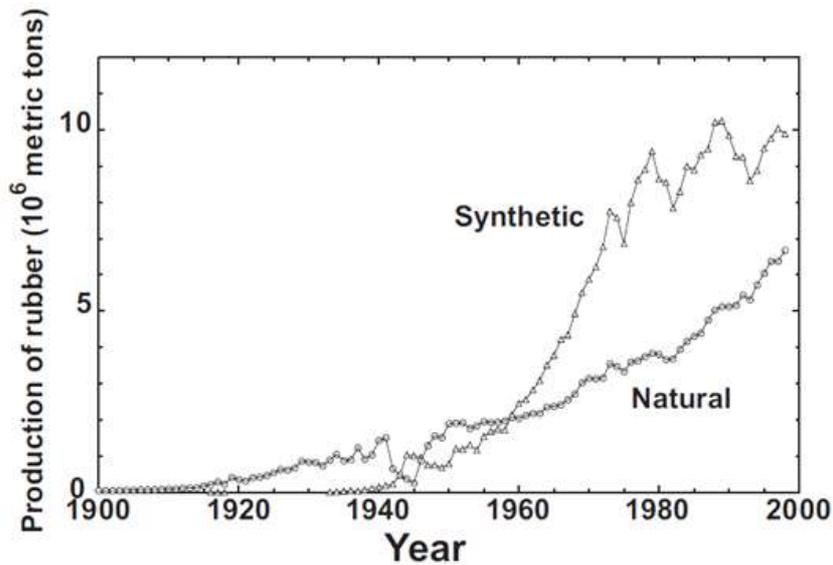
천연고무는 아이소프렌(isoprene)이라 불리는 간단한 탄화수소 분자가 결합해서 형성된 중합체이다. 아이소프렌은 천연 중합체(고무, 녹말, 단백질 등)를 구성하는 기본 단위들 가운데 크기가 가장 작으므로 아이소프렌으로 이루어진 고무는 천연 중합체 중에서 구조가 가장 단순하다. 천연 고분자인 고무의 합성 대체물질을 만들고자 하는 노력은 합성 고분자산업의 발전에 기초를 놓았다.

고무의 존재는 수천 년 전부터 알려졌지만, 고무가 문명의 필수품이 되기 시작한

것은 겨우 150여 년 전의 일이다. 고무는 오래전부터 남미 원주민들에게 알려져 사용되었다. 1495년 크리스토퍼 콜럼버스가 아메리카 항해에서 인디언들이 고무 수액으로 만든 공으로 놀고 있는 모습을 목격했다는 기록이 있다. 이후 아메리카 대륙을 다녀온 탐험가들이 유럽에 고무 수액을 가져왔다. 하지만 고무 수액은 여름에는 끈적거리고 고약한 냄새가 났으며 겨울에는 단단하게 굳어버렸다. 1844년 미국의 발명가이자 기업가인 굿이어(Charles Goodyear, 1800~1860)가 가황(vulcanization) 공정을 찾아내면서 고무는 비로서 사용 가치를 지니게 되었다. 천연고무를 황과 반응시킨 가황고무는 탄화수소 사슬 측면으로 황 원자가 교차 결합한 구조를 가지게 되면서 덥고 추운 날씨에도 변함없는 강도와 탄성을 지닌 고무가 되었기 때문이다. 가황고무의 전 세계수요가 본격적으로 일어나게 되자 천연고무 원료 채취 과정은 사회와 환경에 엄청난 영향을 미쳤다. 아마존강 유역에 고무나무의 벌목은 열대 우림 자원 남용과 환경파괴를 일으켰고, 원주민들은 고무 수액 채취에 착취당했다. 동남아시아와 중앙아프리카 콩고의 고무 농장에서도 고무에 대한 엄청난 수요를 충족하고자 하였다.

1909년 독일 화학자 호프만(Fritz Hofmann, 1866~1956)이 메틸 고무라는 최초의 합성고무를 발명했다. 한편, 1921년에 영국이 천연고무의 수출을 제한하면서 전 세계적으로 고무 가격이 폭등하자 합성고무에 관한 관심이 다시 높아지게 된다. 메틸 고무는 천연고무보다 품질은 낮을 뿐 아니라 가격도 높아 전쟁이 끝난 후에는 제조가 중단된다. 이후 독일의 이게 파를벤(IG Farber)사와 미국의 듀폰사에서 엄청난 연구비를 투자해 각각 1928년 부나 고무(Butadiene-Natrium)와 1931년 네오프렌 고무(Neoprene)를 합성하였다. 그러다가 제2차 세계대전으로 일본이 동남아시아를 점령하면서 연합국에 대한 천연고무 공급이 중단되자 미국은 합성고무를 생산하고자 하였다. 미국은 독일의 스타이렌 뷰타다이엔 고무(styrene butadiene rubber, 이하 SBR)의 특허권을 얻어낸 미국의 화학 산업계가 총동원되어 SBR 제조 공정을 급속도로 발전시켰다. 이후 뷰틸 고무(butyl rubber), 뷰나-N(Buna-N) 같은 합성고무들이 개발되었다. 1953년 치글러-나타 촉매의 발견은 합성고무를 더욱 정교하게 만들어 내는 데 성공했다.

고무 산업은 지속적인 성장을 기록했다 (<그림 8> 참조). 고무가 없었다면 제품의 기계화는 불가능했을 것이다. 기계화를 위해서는 타이어, 밸브, 개스킷, 연결 이음매, 유체가 새는 것을 막는 실(seal) 등 기계에 들어가는 천연 또는 인공 고무 부속품이 필요하다.



〈그림 8〉 세계 고무 생산량 (출처: Mooibroek, 2000).

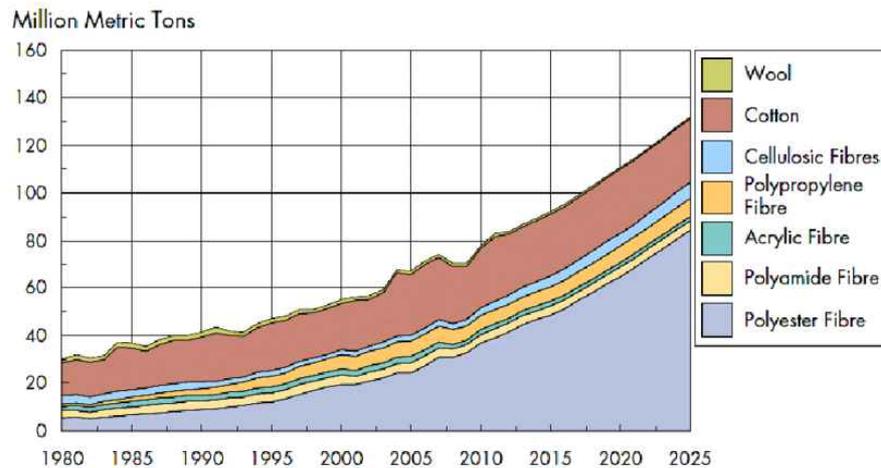
1.3.3. 합성섬유

섬유는 면, 아마 등 식물의 셀룰로오스(cellulose)를 주성분으로 하는 천연섬유와 모, 비단과 같은 동물섬유가 있다. 화학섬유에는 천연 셀룰로오스를 화학적으로 변형시킨 비스코스(viscose), 셀룰로오스아세테이트(cellulose acetate), 구리암모늄레이온(cuprammonium rayon)과 같은 섬유와 폴리에스터(polyester), 폴리아마이드(polyamide) 또는 나일론(nylon) 같은 완전 합성섬유가 있다.

19세기 후반부터 최고의 식물로 손꼽는 비단을 합성하려는 시도가 수없이 이루어졌다. 1880년대 후반 프랑스 백작인 샤르도네(Hilaire de Chardonnet, 1839~1924)는 셀룰로오스 기반의 인조 비단을 생산해냈다. 1901년 영국의 크로스(Charles Frederick Cross, 1855~1935)와 베번(Edward John Bevan, 1856~1921)은 비스코스(viscose)라는 인조 비단을 개발했다. 비스코스 공정은 레이온이라 불리는 인조 비단을 만드는 주요 방법으로 지금도 사용하고 있다. 비스코스처럼 셀룰로오스로 이루어진 레이온은 높은 광택을 띠며, 면처럼 임의의 색조와 농도로 염색할 수 있다. 하지만 레이온의 셀룰로오스는 수분을 흡수하면 느슨해지는 단점이 있어서 스타킹 제조에는 바람직하지 않았다. 레이온의 장점은 취하고 단점은 없애면서, 셀룰로오스를 기반으로 하지 않은 새로운 형태의 인조 비단인 나일론(nylon)이 1938년 시장에 등장한다. 나일론은 세계 최초의 합성섬유이며, 최초로 상업적 성공을 거둔 합성 고분자이기도 하다. 1935년 미국 듀폰사의 캐러더스

(Wallace Hume Carothers, 1896-1937)가 개발하였다. 캐로더스 연구팀은 최초의 폴리아미드(polyamide) 섬유 합성에 성공한다. 폴리아미드란 중합체 단위들이 아미드 결합을 한다는 점에서 비단과 화학적으로 유사하여, 천연섬유보다 강도나 탄성이 좋고 색깔이 고운 비단 같은 질감을 가진 섬유를 만들어낼 수 있었다. 1938년 나일론으로 만든 칫솔모가 처음 시장에 나와 상업적으로 이용되기 시작하였고, 여성용 스타킹으로 선풍적 인기를 끌며 엄청난 상업적 성공을 거두었다. 나일론은 뛰어난 신축성과 내구성, 가벼움 때문에 낙하산, 낚싯줄, 라켓 줄, 타이어, 의류, 전선의 피복 등 수많은 제품에 사용되었다. 우리나라에서는 1963년부터 나일론이 생산되었다.

나일론의 인기는 합성섬유 개발 경쟁을 불러와 지금까지 많은 합성 섬유들이 개발되었다. 세계 섬유 생산량은 계속 증가하고 있는데, 천연섬유가 약 35% 합성섬유가 약 65% 정도의 비율을 차지하고 있다 (<그림 9> 참조). 현재 가장 많이 사용되는 합성 섬유는 폴리에스터 섬유이다.



<그림 9> 세계 섬유 생산량 (출처: Yang et al., 2014).

1.3.4. 합성수지

천연 고분자를 개량하기 위해 시도한 가장 오랜 방법 중 하나는 자연적으로 존재하는 거대 분자를 화학적으로 변형하는 것이다. 반합성 고분자인 셀룰로이드(celluloid)는 천연 고분자인 셀룰로오스로부터 유도되었다. 셀룰로오스를 질산으로 처리하면 니트로셀룰로오스(nitrocellulose)라고 불리는 유도체가 생성된다. 독일의

쾨바인(Christian Friedrich Schönbein, 1799~1868)은 1846년 폭발성이 강하고 탄성이 큰 니트로셀룰로오스 합성에 성공한다. 1855년 영국의 파크스(Alexander Parkes, 1813-1890)는 이 니트로셀룰로오스를 에테르와 알코올에 용해시킨 뒤 틀에 넣어 건조시켜 파크신(Parkesine)라고 불리는 셀룰로이드를 만들었다. 파크신은 단단하고 탄성도 있어 성형하기 쉬웠지만 건조하면 줄어드는 단점이 있었다. 최초의 플라스틱은 주로 당구공의 재료로 사용되던 코끼리의 상아를 대체하는 물질을 찾으려는 노력에서 탄생되었다. 19세기 후반에 코끼리 상아는 당구공을 비롯하여 빗, 단추, 체스 말, 상자, 피아노 건반 등 다양한 용도로 사용면서 그 수요가 급증했고, 상아를 얻기 위한 사냥으로 코끼리 개체수가 점점 줄어들며 코끼리 상아는 더 비싸고 귀해졌다. 이에 코끼리 상아를 대신할 인조 물질을 만들고자 하는 노력 중에 1869년 미국 발명가인 하이엇(John Wesley Hyatt, 1837~1920)은 니트로셀룰로오스를 에틸 알코올과 장뇌(camphor)로 처리하여 셀룰로이드(celluloid)라는 물질을 만들었다. 셀룰로이드는 부드럽고 매끄럽고 단단한 공으로 성형되었지만 깨지기 쉬워 결국 당구공 재료로는 적합치 않았다. 대신 단추, 만년필, 악기 등의 용도로 사용되었다.

최초의 합성수지는 1907년 미국의 베이클랜드(Leo Hendrik Baekeland, 1863~1944)가 발명한 베이클라이트(Bakelite)다. 완전 합성 고분자인 베이클라이트는 지금의 플라스틱 발달의 도화선이 되었다. 그 당시까지 만들어진 수많은 중합체들은 적어도 부분적으로는 자연계에 존재하는 셀룰로오스로 이루어진 물질이었다면, 베이클라이트의 발명으로 베이클랜드는 진정한 플라스틱 시대를 열었다. 전기화학회사를 운영하던 베이클랜드는 기존에 절연체로 사용했던 천연 물질인 셸락(shellac)을 대체할 새로운 합성 물질을 개발하는 중에 온도와 압력을 조절하면서 페놀과 포름알데히드를 이용해 베이클라이트를 만들었다. 베이클라이트는 일단 성형되면 녹여서 재성형할 수 없는 열경화성 물질이었고 값싸고 내구성도 뛰어났다. 이런 특성 때문에 베이클라이트는 상아공은 물론이고 각종 제품에 널리 쓰이기 시작했다.

플라스틱은 우리 주변의 일상용품에서 공업용품에 이르기까지 여러 분야에서 셀수 없이 많이 사용되고 있다. 가볍고 강한 플라스틱은 우리들의 생활을 크게 변화시켰다. 플라스틱은 다양한 성질을 가진 많은 종류가 있고, 폴리에틸렌(polyethylene), 폴리프로필렌(polypropylene), 폴리염화비닐(Polyvinyl Chloride, 이하 PVC), 폴리스티렌(polystyrene), 폴리카보네이트(polycarbonate), 에폭시수지(epoxy resin) 등이 있다. 이러한 합성수지의 개발은 자연스레 석유화학산업의 발전으로 이어진다(〈표 2〉 참

조). 석유화학 대체물질들은 기존의 천연 물질을 대체하고, 우리 삶에 편의를 제공하고 소비자의 욕구를 충족시키는 다양한 제품을 만들어 내고 있다.

〈표 2〉 석유화학산업의 소재와 대체효과 (출처: 한국석유화학협회)

기존소재	석유화학 대체소재	적용분야	대체효과
철강	PVC, PP, PE 등	파이프, 자동차 등	· 가공성 제고로 다양한 형태의 제품생산
유리	PP, PS, ABS, PC 등	식기브라운관, 렌즈 등	· 내열성 향상으로 제품의 활용성 개선
목재	PVC, PU 등	창틀, 바닥재, 전자재 등	· 천연자원 대체로 환경보존
종이	PVC, PS, PE 등	포장재	· 천연자원 대체로 환경보존
고무	EPS, SBR, PU 등	타이어, 신발 등	· 마모성 강화로 제품의 수명 연장
시멘트	EPS, PU 등	건축용 단열재	· 우수한 시공성으로 건축분야 혁신 주도
비철금속	광섬유	전선	· 기능 개선으로 정보통신산업 발전 촉진
천연섬유	Polyster, Nylon 등	의류, 잡화 등	· 환경보존 및 제품의 다양화
천연염료	페인트, 합성염안료 등	도료, 염료, 안료 등	· 다양한 색 구현으로 소비자 욕구 충족

1.3.5. 냉각제

냉장이나 냉동을 위해서는 액체 증발과 기체 압축을 순환 반복하는 화합물인 냉각제가 필요하다. 냉각제의 발명으로 화물차나 선박 등의 수화물 보관에 냉각 능력이 추가되면서 새로운 교역 기회가 생기게 되었고, 냉장고가 보급되면서 음식을 안전하고 편리하게 보관할 수 있게 되었을 뿐 아니라 에어컨의 편리함을 누리게 되었다.

처음에 냉각제는 암모니아, 에테르, 염화메틸, 이산화황 같은 물질들이 사용되었다. 하지만 이 물질들은 유독하고 독한 냄새가 나거나 화재의 위험성을 가지고 있었다. 초기 냉각제가 안고 있는 문제점에도 불구하고 가정용 및 상업용의 냉장 수요는 점점 커졌다. 냉각제의 문제점을 해결할 방법을 찾고 있던 미드글리(Thomas Midgley, Jr., 1889~1944)와 헨(Albert Leon Henne, 1901~1967)은 1930년 불소화합물인 클로로플루오르카본류(chlorofluorocarbons, 이하 CFCs)를 만들었다. CFCs는 매우 안정적이면서 무독성, 불연성에 제조 원가가 저렴하고 냄새가 거의 없는 냉각제였다. 이후 수

많은 종류의 CFCs 분자들이 냉각제로 사용되며, 냉장 산업에 혁명을 일으켰다. 특히 전기가 각 가정에 보급되면서 CFCs으로 인해 가정용 냉장고 산업이 거대하게 성장하면서 1950년대 선진국에서 냉장고는 필수 가전 기기가 되었다. 냉동식품 산업이 발달하면서 과거에 없던 즉석식품 같은 새로운 식품들이 개발되어 나왔고, 온도에 민감한 항생제, 백신, 기타 의약품 등의 보관과 장거리 운송도 가능하게 만들었다. CFCs의 등장으로 에어컨 산업도 급속도로 팽창했다. 그 밖에 CFCs의 새로운 용도가 계속 발견되어 스프레이류 물질, 살충제, 발포제, 전자부품의 세척제, 소화기 등에 다양하게 쓰였다.

CFCs의 영광은 1974년 미국의 셔우드 롤런드(Sherry Rowland, 1927~2012)와 멕시코의 마리오 몰리나(Mario Molina, 1943~2020)가 CFCs의 뛰어난 특성인 안정성 때문에 전혀 예상치 못한 문제점이 야기된다는 사실을 발견하며 막을 내리게 된다. 매우 안정된 물질인 CFCs는 대류권으로 방출되면 몇 년 혹은 수십 년 정도를 대기 중에서 떠돌다가 결국 성층권으로 올라가 태양광선에 의해 분해된다. 그런데 롤런드와 몰리나의 연구 결과에 따르면 CFCs류와 관련 화합물에서 나온 염소들이 성층권에 도달하는 순간 오존층 분해를 시작할 것으로 예측했다. 성층권에서 CFCs의 분해된 염소 원자가 사라지지 않고 축대로 남아 계속해서 오존 분해를 반복적으로 일으키며, 오존 분자의 분해 속도를 가속한다는 것이다. CFCs에 대한 우려가 커졌지만 정작 CFCs의 사용을 금지하기로 시작한 것은 1987년 남극 상공의 오존층이 CFCs로 인해 점점 고갈되고 있음이 실제로 드러나면서부터이다. 롤런드와 몰리나는 1995년 CFCs가 성층권과 지구환경에 미치는 영향을 밝힌 공로를 인정받아 노벨 화학상을 공동 수상했다.

한편, 대기로 배출된 CFCs는 한 지역에 국한된 문제가 아니라 전 지구적 문제라는 것이 분명해졌다. 1987년 몬트리올 의정서를 체결하여, 의정서에 서명한 모든 국가는 CFCs 사용을 단계적 폐지하기로 하였다. 이에 따라 기존 냉각제의 문제점을 개선하는 대체물질들이 여러 세대별로 개발되고 있다. 프레온에서 염소 원자를 일부 수소로 대체한 수소염화불화탄소(hydrochlorofluorocarbon, 이하 HCFC)나 염소 원자를 모두 뺀 수소불화탄소(hydrofluorocarbon, 이하 HFC)를 사용하였고, 이 물질들도 지구온난화에 영향을 (CO₂의 100~10,000만 배) 미치는 것으로 나타나 현재 다른 제3세대 대체물질들이 개발되고 있다 (<표 3> 참조).

〈표 3〉 CFCs 대체물질

구분	물질	특징
제1세대	CFC-11, CFC-12, CFC-113, CFC-114, CFC-115 Halon-1211, Halon-1301, Halon-2402	· C, F, Cl, Br 등으로 구성된 할불소화합물로 매우 안정되어 분해되기 어려움. 성층권의 오존을 심하게 파괴함.
제2세대	HCFC-22, HCFC-123, HCFC-141b, HCFC-142b, HCFC-225ca, HCFC-225cb, HFC-134a, HFC-152a, HFC-143a, HFC-125, HFC-32	· 제1세대 CFC의 Cl을 H로 일부 대체함. 오존층파괴 효과는 적어졌으나 지구온난화에 영향을 미침.
제3세대	Fluorinated Ethers, Esters, Alcohols, Cyclics, Aromatics, Propanes, Butanes	· 오존층파괴와 지구온난화효과가 적고 CFC의 물성을 갖는 할불소화합물.

2. 화학물질의 위험

2.1. 화학물질의 규제

화학물질의 종류와 사용량이 늘어나면서 화학물질의 독성으로 인한 피해의 규모와 심각성도 커지게 되었다. 점차 사람과 생태계에 대한 악영향이 드러나는 사건들이 세계 각지에서 발생하고, 사건에 대한 과학적 이해도 높아짐에 따라 환경 위험이 널리 인식되고 확산하였다. 1962년 카슨(Rachel Carson)의 <침묵의 봄(Silent Spring)>의 출판을 기점으로 환경의 새로운 위협에 대한 대중적 관심이 폭발적으로 늘어나게 된다. 이를 기점으로 1960년대 말에 미국과 여러 선진국에서는 국내 환경 문제를 다루는 대중적인 환경보호 운동이 나타나기 시작했다. 이러한 환경에 대한 폭발적인 관심은 관련 기관의 설치와 입법으로 이어진다. 실제로 미국에서는 1969년 국가환경정책법(National Environmental Policy Act, 이하 NEPA), 1970년 대기 청정법(Clean Air Act)과 미국 환경청(United States Environmental Protection Agency, 이하 EPA)의 설치, 1972년의 연방수질오염방지법(Federal Water Pollution Control Act Amendment) 등의 법률과 조치들로 자연환경 매체들의 오염이 눈에 띄게 감소하였다. 한편, 월경성 대기오염 문제나 화학물질의 국가 간 거래 등 개별 국가로는 문제를 해결할 수 없는 환경 문제에 대해 국제연합 및 경제협력개발기구(Organisation for Economic

Co-operation and Development, 이하 OECD)와 같은 국제기구를 중심으로 하는 국제적 대응 협력이 시작되었다. 2000년대에 들어서면서 유럽 등 주요 국가들은 지속가능성과 사전예방적 관점을 중심으로 한 화학물질 관리체계를 갖추고자 하였다. 세계 주요 국가들은 유럽연합(European Union, 이하 EU)의 REACH 도입을 시작으로 기존의 화학물질 관리제도를 전면적으로 개편하였다. 우리나라도 이러한 국제적인 화학물질관리 흐름의 변화와 더불어 국내에서 화학물질 관련 사고로 인한 안전 관리에 대한 우려가 커지는 변화를 겪으며 화평법과 같은 화학물질관리 정책변화로 이어졌다.

2.1.1. 국제협약

산업사회에서 환경파괴의 규모가 점차 확대 또는 심화 되면서 환경 문제는 지역적 문제에서 국경을 넘어 전 지구적인 문제로 발전하였다. 1950~1960년대를 거치며 개별 국가의 노력만으로 더는 환경 난제들을 해결하기 어렵다는 사실을 깨닫게 되면서 국제 사회는 전 지구적으로 환경 문제에 대응하기에 이르렀다. 국제환경협약은 이처럼 국제적 공조를 통해 환경 문제를 해결하고자 한 국가 간 약속이자 규범이다 (나태준, 2013). 일반적으로 국제환경협약을 통해 국제사회의 환경 규범이 확산하고, 개별 국가들은 국제환경협약 참여를 통해 환경 인식뿐 아니라 정보와 기술을 교류 및 학습하고, 이를 바탕으로 국제 환경 규범을 국내법 속에 내재화했다 (Yang & Percival, 2009).

구체적으로 유엔은 국제적으로 환경 문제에 대한 협조를 강화하기 위한 국제회의 개최를 기획하고, OECD에서는 1970년에 환경 문제를 전담하는 상설위원회를 설치한다. 회원국 간 경제성장, 개발도상국 원조 및 무역 확대를 주목적으로 설립된 OECD가 환경 문제를 다루게 된 것은 환경 문제가 국제적인 경제에서도 큰 관심의 대상이 된 것으로 보인다(나태준, 2013). 또 1972년 로마클럽은 <성장의 한계 (Limits to Growth)> 보고서를 발간한다. 이 보고서에서는 지구라는 한정된 공간에서 기하급수적으로 인구가 계속 증가하면 자원고갈과 환경오염 악화로 인해 인류는 중대한 위기에 처할 것이라고 경고하며 국제적인 관심을 집중시켰다 (Meadows et al., 1972). 환경 문제에 대한 국제적 여론이 고조됨에 따라 1972년 스웨덴 스톡홀름에서 유엔인간환경회의(United Nations Conference on the Human Environment, 이하 UNCHE)가 개최된다. 이 회의에서 지구환경 문제가 본격적으로 거론되기 시작하면서 다양한 국제 환경 레짐(regime)들이 등장하고, 각 레짐을 운영하기 위한 국제 환경 기구와 국제환경협약이 등장하여 국제적인 환경정책발전의

출발점이 되었다 (김종찬, 2001). 그러나 1980년대 중반까지는 냉전체제로 인한 이데올로기 대립으로 환경 문제 해결을 위한 국제협력이 지지부진하다가 1990년대에 비로서 환경 문제가 국제정치에서 주요 쟁점으로 본격적으로 등장하게 된다. 한편, 1987년 발간된 브룬트란트 보고서 <우리 공동의 미래(Our Common Future)>를 이정표로 지속 가능한 발전이 대안적 패러다임의 슬로건으로 떠올랐다.⁴⁾ 1992년 브라질 리우데자네이로에서 열린 유엔환경개발회의(United Nations Conference on Environment and Development, 이하 UNCED)에서는 리우 선언(Rio Declaration)과 구체적 실천계획인 의제 21(Agenda 21)을 채택하였고, 기후변화협약과 생물다양성협약 서명이 있었다. 리우 선언에서 예방원칙의 패러다임과 “환경적으로 건전하고 지속 가능한 개발(Environmentally Sound and Sustainable Development, ESSD)”이라는 기본이념이 제창되었고, 지구환경보전을 위한 “공동의 차별적 책임(common but differentiated responsibility)”이 강조되었다. 리우회담은 국제 환경정치 및 조약의 레짐에 상당한 확장과 강화를 이루었다. 이후 2002년 남아프리카공화국 요하네스버그에서 환경정상회의(World Summit on Sustainable Development, 이하 WSSD)와 2012년 브라질 리우데자네이루에서 유엔지속가능개발회의(United Nations Conference on Sustainable Development, 이하 UNCSD)에서 두 차례 국제환경회의가 개최되었다.

이상과 같은 환경 문제에 대한 국제사회의 흐름 속에 유해화학물질에 대한 대응 노력도 나타났다. OECD, 유엔환경계획(United Nations Environment Program, 이하 UNEP), 화학물질안전에 관한 정부 간 협의기구(Intergovernmental Forum on Chemical Safety, 이하 IFCS), 국제 화학물질안전계획(International Programme on Chemical Safety, 이하 IPCS) 등 국제기구를 중심으로 화학물질 안전관리를 위한 제도적 장치를 만들기 위한 국제적 움직임이 다음과 같이 구체화 되었다.

화학물질규제와 관련된 첫 번째 국제협약으로 1985년에 「오존층 보호를 위한 비엔나 협약(Vienna Convention on the Law of Treaties)」이 채택된다. 1988년에는 세계기상기구(WMO)와 유엔환경계획(UNEP)이 공동으로 기후변화에 관한 정부 간 패널(IPCC)을 설립하였고, 「기후 변화에 관한 유엔 기본 협약(United Nations Framework Convention on Climate Change)」을 1992년 채택한다. 또 유해폐기물의 국제교역 문제가 부상함에 따라 1989년에 유해폐기물의 국가간 이동을 통제하

4) 브룬트란트 위원회는 지속가능한 발전을 “미래 세대가 그들의 필요를 충족시킬 수 있는 능력을 침해하지 않고 현재의 필요를 충족시키는 발전”이라고 정의했다. 지속가능발전 패러다임은 미래 세대로 지구의 자원을 이용할 수 있는 동등한 권리가 있는 “세대 간 형평성(intergenerational equality)”을 주장했다 (WCED, 1987).

는 「바젤협약(Basel Convention)」을 채택한다.

국제사회는 1970년대부터 유해화학물질을 거래할 때 물질에 대한 정보를 사전에 교환할 필요성을 느끼게 되었다. 이러한 배경에는 당시 선진국들이 자국 내에서 금지되거나 엄격히 제한되는 물질들을 개발도상국으로 수출하여 피해가 나타나면서 개발도상국과 갈등이 발생하였기 때문이다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 1989년 국제교역 시 사전통보승인절차(Prior Informed Consent, 이하 PIC) 절차를 도입한다.⁵⁾ 이와 같은 움직임 속에 1998년 9월 「특정유해물질 및 농약의 국제교역에 있어서 사전통보승인에 관한 로테르담 협약(Rotterdam Convention on the Prior Informed Consent Procedure for Certain Hazardous Chemical and Pesticides in International Trade: PIC)」이 채택되었으며 2004년 2월 24일 발효되었다.

유해화학물질을 규제하려는 움직임 중에서도 독성이 강하면서도 환경 중에서 쉽게 분해되지 않는 잔류성 유기오염물질이 주요 관심 대상이었다. 1990년 중반부터 IFCS를 중심으로 구체적인 논의가 시작되어 2001년 5월 「잔류성 유기오염물질 관리를 위한 스톡홀름협약(Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants)」이 채택되었고, 2004년 5월 17일 발효되었다. 이 협약은 잔류성 유기오염물질 중에서 가장 위해성이 강한 DDT, 다이옥신 등 12개 물질의 근절 또는 저감을 목표로 하고 있다.

이후 2002년 WSSD에서는 IFCS, UNEP 등 화학물질관련 국제기구가 협력하여 국제 화학물질전략(Strategic Approach to International Chemical Management, 이하 SAICMS)을 개발하였다. 유엔 등 국제사회의 차원에서 추진되었던 그동안의 화학물질 관리논의를 종합하여 향후 지역·국가·국제적으로 추진할 유엔 차원의 장기 전략과제를 수립하였다. 그 핵심내용은 1) 위해성 저감 2) 화학물질 관련 지식과 정보교류 3) 거버넌스 형성 4) 개발도상국의 역량 형성 및 선진국과 기술적 협력 5) 유해화학물질의 불법적 국제거래 방지이다 (한민지, 2017). 주요 화학물질과 관련된 국제협약은 <표 4>에 정리하였다.

5) 사전통보승인절차(PIC)는 유해화학물질을 수출하는 국가들이 해당 물질의 교역 절차가 개시되기 전에 미리 이와 관련된 정보를 수입국에 통보하고, 사전에 그에 관한 승인을 얻도록 함으로써 규제대상 화학물질의 수입 통제를 강화하기 위한 절차이다. 1992년 UNCED에서는 의제 12의 19장을 통해 유해화학물질의 PIC 절차를 법적 구속력이 있는 제도로 사용되어야 한다고 공식화한다.

〈표 4〉 화학물질관련 국제협약

명칭	연도	내용
비엔나협약	채택일: 1985. 3. 22 발효일: 1988. 9. 22 우리나라 가입일: 1992. 2. 27 우리나라 발효일: 1992. 5. 27	· CFC 등 오존층 파괴물질 규제 · 몬트리올의정서 (1989. 1. 1 발효)
기후변화협약	채택일: 1992. 5. 9 발효일: 1994. 3. 21 우리나라 가입일: 1993. 12. 14 우리나라 발효일: 1994. 3. 21	· 지구온난화 물질에 대한 규제 · 교토의정서 (2005. 2. 16 발효)
바젤협약	채택일: 1989. 3. 22 발효일: 1992. 5. 5 우리나라 가입일: 1994. 2. 28 우리나라 발효일: 1994. 5. 29	· 유해 폐기물 이동 시 발생 가능한 사고 예방을 위해 폐기물 이동절차를 통제
로테르담협약	채택일: 1998. 9. 10 발효일: 2004. 2. 24 우리나라 가입일: 2003. 8. 11 우리나라 발효일: 2004. 2. 24	· 유해화학물질과 농약이 인류의 건강과 환경에 미치는 나쁜 영향 방지
스톡홀름협약	채택일: 2001. 5. 22 발효일: 2004. 5. 17 우리나라 가입일: 2007. 1. 25 우리나라 발효일: 2007. 4. 25	· 사전예방의 원칙에 입각하여 POPs(잔류성유기오염물질)로부터 인간의 건강 및 환경보호
수은에 관한 미나마타 협약	채택일: 2013. 10. 10 발효일: 2017. 8. 16 우리나라 가입일: 2014. 10. 9 우리나라 발효일: 2020. 2. 20	· 수은의 제조·수출입·사용·폐기 전 과정 안전관리

2.1.2. 주요 국가의 규제법

2.1.2.1. 유럽 REACH

가. REACH의 성립배경

유럽에서는 2000년 이전까지 기존화학물질의 독성관리가 제대로 이루어지지 있었다. 유럽에서 신규화학물질에 대한 신고는 1981년부터 시작되었지만, 사람들에게 건강피해를 유발하는 물질들은 대부분 기존화학물질이었다. EU는 1990년대 말부터 비로소 본격적인 대책 수립에 나섰다, 2001년 2월 EU의 새로운 화학물질관리정책의 방침을 정리한 '미래전략 백서(White Paper, 이하 EU백서)'를 채택한다 (EC, 2001). 기존에

복잡한 구조로 분산되어 있던 법령을 통일화하고, 사전예방원칙을 기반으로 하는 화학물질관리제도의 변화를 꾀하였다. 이로써 유럽위원회(European Commission)는 EU백서를 기초로 하여 2003년 5월 7일 신화학물질관리제도인 REACH (Registration, Evaluation, Authorization & Restriction of Chemicals)안을 공표하였다. REACH는 2006년 12월18일 제정되며, 2007년6월1일 시행되었다. REACH의 목적은 화학물질로부터 시민의 건강 및 환경상의 위해를 예방하고 이를 위한 적절한 관리체계를 구축하며 아울러 화학산업의 경쟁력을 강화하는 것이다 (EC, 2006). REACH의 특징은 예방원칙에 따라 기존화학물질을 포함하는 모든 화학물질을 등록한다는 것과 오염자부담원칙에 따라 해당 화학물질에 대한 정보를 정부가 아닌 사업자에게 제출 의무를 부여한다는 점이다. 바로 화학물질 정보의 등록 없이 시장에서 사용할 수 없다는 ‘No data, No market’이 REACH의 핵심 원칙이다. REACH는 15개의 장, 141개의 조항, 17개의 부속서로 구성되며, 이행을 지원하기 위한 별도의 22개의 세부이행지침서(REACH implementation Projects: RIPs)가 있다. REACH를 담당하기 위하여 유럽화학물질청(European Chemicals Agency, 이하 ECHA)를 설치하였다. 세계 각국에서는 EU REACH의 도입을 시작으로 기존의 화학물질 관리제도를 전면적으로 개편하고 있다.

나. REACH의 내용

(1) 등록(Registration)

사업자는 연 1톤 이상 제조되거나 수입되는 화학물질을 ECHA에 등록해야 한다. 기존화학물질의 경우, 산업계의 부담과 현실 경제의 영향을 고려하여 물질의 제조·수입량에 따라 등록 유예기간을 두었다.⁶⁾

등록 대상 사업자는 물질의 물성, 용도 및 유해성을 포함한 기본적인 정보를 일정한 서식에 따라 당국에 제출한다. 또 혼합물이나 완제품에 함유된 화학물질에 대해서도 그 성분이 연간 제조·수입량이 1톤 이상이라면 등록해야 한다. 다만 폐기를 포함하여 합리적으로 예측이 가능한 사용조건에서 사람과 환경에 대한 노출을 차단할 수 있는 경우는 등록에서 예외를 인정한다. 한편, 고위험성 우려 물질 (Substance of very high concern, 이하 SHVC)⁷⁾이 제품의 중량 대비 0.1%를 초

6) 기존화학물질은 제조·수입량이 1000톤 이상인 경우 2010년 11월 30일까지, 100톤부터 1000톤까지는 2013년 5월 31일까지, 1톤부터 100톤까지는 2018년 5월 31일까지 각각 등록하도록 하였다. 2018년 화학물질의 등록 기간이 종료됨에 따라 ECHA에 이미 등록된 기존화학물질에 대해서는 계속 관리유지의 의무를 갖고, EU에 연 1톤 이상 제조·수입하는 신규화학물질의 경우 등록 의무가 계속 부과된다.

과하고 그 총량이 연간 1톤을 초과한 경우에는 SVHC의 정보를 등록신고 한다.

등록을 위한 제출 정보는 기술서류(technical dossier)가 요구되고, 그 내용은 물질의 확인, 제조·사용, 분류·표시, 안전사용 지침 등에 관한 정보를 포함한다. 특히 연간 제조·수입량이 10톤을 초과하는 화학물질의 경우는 화학물질안전성보고서(Cheical Safety Report, 이하 CSR)도 함께 제출해야 한다. CSR 제출을 위해서 해당 사업자는 유해성 평가를 실시해야 하며, 만약 발암성, 돌연변이성, 생식독성(carcinogenic, mutagenic or toxic to reproduction, 이하 CMR)물질, 잔류성, 생물농축성 및 독성 물질(Persistent, Bioaccumulation and Toxic, 이하 PBT)물질, 고잔류성, 고생물농축성(very persistent and very bioaccumulative, vPvB)물질에 해당하는 경우에는 추가로 노출평가와 위해성 평가를 해야한다.

ECHA는 제출된 등록서류를 평가하며, 등록서류가 확인되면 등록은 완료된다. 등록이 완료된 후에도 등록자는 새로운 정보가 생길 경우 ECHA에 이를 알려 정보를 갱신해야 한다.

(2) 평가(Evaluation)

평가는 문서평가(Dossier evaluation)와 물질평가(Substance evaluation)가 있다. 문서평가는 ECHA에 제출된 서류 중 톤수별 5%를 대상으로 유해성 자료 및 CSR에 대한 완전성 평가(completeness check)를 실시한다. 물질평가는 각 회원국의 행정청이 위해성이 우려되는 화학물질에 대하여 수행한다. ECHA가 생산량, 유해성 정보, 노출 정보 등을 고려하여 물질평가 대상 선정 기준을 정하고, 3년간의 공동체 연동실행계획(Community Rolling Action Plan, 이하 CoRAP)을 세운다. 물질의 우선순위를 세운 뒤, 각 회원국들에게 위해 우려 화학물질들의 물질평가를 분담시킨다. 각 회원국의 행정청은 해당 화학물질의 위해성 평가를 실시하여 허가물질의 후보물질이나 제한물질 여부를 검토한 후 ECHA에 보고한다. 이에 따라 ECHA는 위해가 우려되는 물질에 대한 조치인 허가 또는 제한을 취하게 된다.

(3) 허가(Authorization)

먼저 ECHA는 회원국이 물질평가를 실시하여 ECHA에 허가물질의 후보로 보고된 물질 중에서 SVHC를 선정한다. 후보물질 중에서 PBT물질이나 vPvB물질에 해당하거나 용도나 생산량이 많은 물질이 우선시 된다. ECHA는 ECHA 산하 회원국전문

7) 고위험성 우려 물질(SVHC)은 발암성, 돌연변이성 및 생식독성물질(CMR), 잔류성, 생물농축성 및 독성물질(PBT), 고잔류성 및 고생물농축성 물질(vPvB), 내분비계 장애 특성을 가지는 물질 등 사람의 건강이나 환경에 심각한 영향을 미칠 수 있는 물질이다.

위원회(Member State Committee)의 의견을 참고하여 허가물질 리스트(Authorisation List)를 작성, 심의한다.

허가물질로 지정되면, 허가물질을 사용하려는 자는 ECHA의 허가를 받아야 한다. 허가 발급 조건은 해당 물질이 사람의 건강과 환경에 대한 위해가 적절히 관리되는 경우이다. 다만 발암성 물질 중 한계기준(threshold)을 정할 수 없거나 PBT물질, vPvB물질 등을 사용했을 때 이 중에서 사람의 건강과 환경에 대한 위해보다 사회·경제적 이익이 더 크고, 적절한 대체물질이나 대체기술이 없는 경우에만 허가된다. ECHA에 설치된 리스크평가위원회(Committee for Risk Assessment)와 사회·경제성분석위원회(Committee for Socio-economic Analysis)가 협의하여 허가 여부에 관한 가의견(draft opinion)을 작성하면, 원하는 경우 신청자의 의견과 함께 유럽위원회에 송부되어 허가 여부의 최종 결정이 내려진다. 허가는 기한을 두고 설정되며 상황에 따라 재검토된다.

(4) 제한(Restriction)

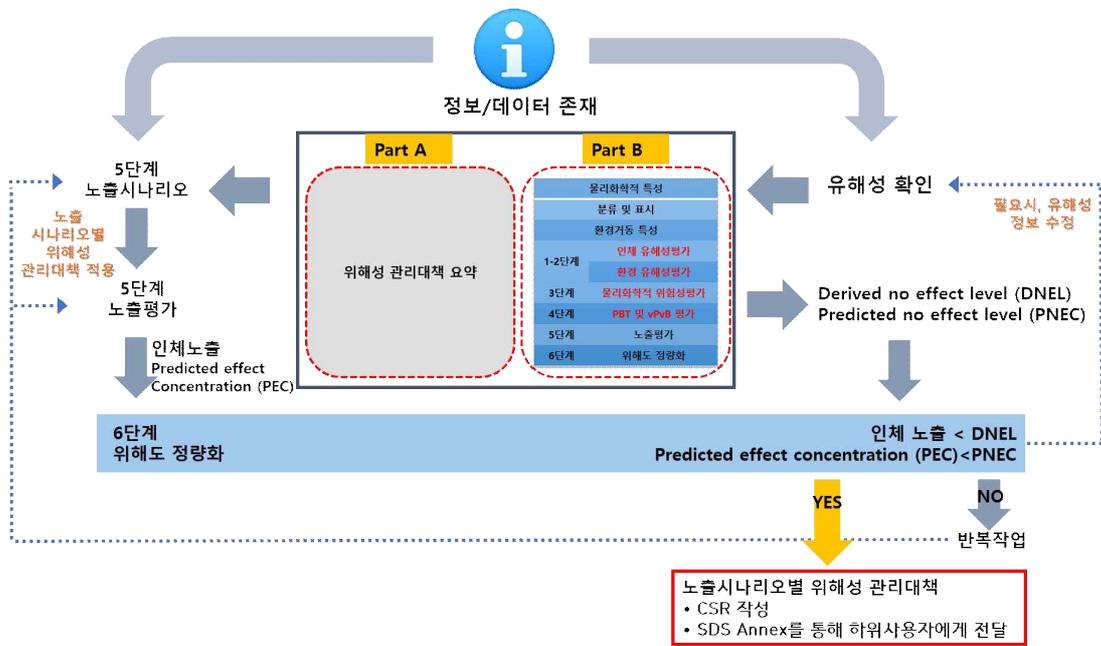
ECHA나 각 회원국으로부터 사람의 건강이나 환경에 허용될 수 없는 위해성을 가진 물질로 제안되는 경우, 리스크평가위원회 및 사회·경제성분석위원회를 거쳐 유럽위원회가 해당 물질의 제조, 출시, 사용을 제한을 결정하게 된다. 제한조치는 해당 물질의 용도나 용량 등의 조건에 해당하지 않는 경우에 금지하는 조치이므로 전면적인 금지는 아니다.

다. REACH의 위해성 평가체계

CSR은 REACH의 핵심 규정으로 연간 10톤을 초과하는 사업장은 반드시 CSR을 ECHA에 제출해야 한다. CSR작성을 위해 화학물질안전성평가(Chemical Safety Assessment, 이하 CSA)를 진행해야 한다.

CSA는 크게 정보 수집, 위해성 평가, 노출 평가, 위해도 확인의 절차로 구성된다 (<그림 10> 참조) (국립환경과학원, 2019). 정보 수집은 화학물질의 위해성 평가에 이용 가능한 자료들을 수집하고, 필요시 데이터를 생산하는 과정까지 포함한다. 등록자는 수집된 정보를 이용으로 인체 및 환경에 대한 위해성평가(1~2단계)와 물리화학적 위험성평가(3단계)를 실시한다. 위해성평가에서는 물질의 용량-반응 평가를 수행하여 환경에 대한 예측무영향농도(Predicted No Effect Concentration, 이하 PNEC)과 비발암물질에 대한 인체에 대한 도출무영향수준(Derived No Effect Level, 이하 DNEL) 또는 발암물질에 대한 도출최소영향수준(Derived Minimal

Effect Level, 이하 DMEL)을 산출한다. 그 다음 PBT평가(4단계)를 통해 해당 화학물질이 PBT물질이나 vPvB물질 등 유해물질로 분류되면, 노출시나리오를 작성하여 노출평가(5단계)를 실시한다. 노출 평가는 화학물질의 환경 중 배출량, 환경을 통해 일반인에게 간접적으로 노출되는 노출량, 화학물질이 함유된 제품을 사용하는 소비자에게 노출되는 노출량, 화학물질을 제조 또는 가공하는 작업자에게 노출되는 노출량 등을 정량적 또는 정성적으로 평가하는 단계이다. 위해도 확인은 일정한 사용 조건하에서 유해성평가에서 도출된 PNEC, DNEL 또는 DMEL과 노출 평가에서 산정된 노출량을 통해 이뤄진다. 최종적으로 노출시나리오별 화학물질의 노출량이 위해 수준보다 낮아 화학물질의 전과정을 통해 위해성이 적절히 통제될 수 있음이 입증되면 CSR 작성이 가능하다. 만약 위해성이 높다면, 노출시나리오별로 노출량 저감노력을 마련하고 유해성 관리대책을 수립하여 화학물질 사용에 대한 안전성을 확보해야 한다. 개발된 노출시나리오와 노출평가 결과는 SDS(Safety data sheet)에 첨부하여 하위사용자에게 제공할 수 있다.



〈그림 10〉 REACH의 화학물질 위해성평가 절차 (출처: 국립환경과학원, 2019).

라. REACH의 검토

REACH의 시행 후 유럽위원회에서 5년마다 검토보고서를 작성하여 그 결과를 공표하는데, 2018년에 두번째 검토 결과가 공개되었다 (EC, 2018). 보고서에 의하면

유럽위원회는 REACH가 EU 이외의 다른 국가의 화학물질관리에 영향을 미치는 등 커다란 성과가 있었고, REACH로 인해 발생하는 직접적인 비용보다 사람의 건강이나 환경의 잠재적 편익이 더 크다고 판단하였다. 한편, 등록문서 미비에의 대응, 허가절차의 간소화, 제한절차의 개선 등의 몇 가지 과제도 지적하고 있다. REACH는 향후 중소기업 지원, 대체물질 개발, 소비자제품에 포함된 유해물질 제한과 새롭게 우려를 낳고있는 내분비교란물질, 미세플라스틱, 나노물질 등에 대한 규제를 더욱 강화해 갈 것으로 예상된다 (조태제, 2019).

2.1.2.2. 미국 TSCA

가. TSCA의 성립배경

미국의 화학물질 관련 주요 법률은 독성물질규제법(Toxic Substance Control Act, 이하 TSCA)이다. TSCA는 연방환경법의 공백을 메우고 화학물질관리를 위한 포괄적이고 유연한 법체계를 마련하기 위해 입법되었다 (김성배, 2016). 1976년 TSCA가 제정될 당시 이미 시장에서 사용 중이던 화학물질의 독성까지 모두 파악하는 것은 불가능하다고 보고, 화학물질을 기존화학물질과 신규화학물질로 구분하였다. 미국환경보호청(United States Environmental Protection Agency, 이하 EPA)은 화학물질을 독성물질규제법 목록(이하 TSCA inventory)에서 평가·관리하고, 해당 목록에 있지 않는 화학물질은 제조, 수입, 유통을 금지하였다. 당시 기존화학물질은 기본적으로 위해성 평가 없이 목록에 포함되었고, 새로이 시장에 진입하는 신규화학물질은 비용편익분석에 따라 EPA의 권한이 제한될 수 있었기 때문에 상당수의 신규화학물질은 엄격한 위해성 평가없이 목록에 포함되어 시장에 진입할 수 있었다. TSCA는 2016년 21세기를 위한 화학물질안전법(the Frank R. Lautenberg Chemical Safety for the 21st Century Act)으로 40년만에 주요 개정이 이루어졌다.

나. TSCA의 주요내용

개정된 TSCA는 EPA의 권한을 확대하고 기존화학물질과 신규화학물질의 관리를 강화하였다. EPA는 기존화학물질에 대한 평가를 기한 내에 완료하도록 하고 실제 거래대상이 되는 화학물질에 대한 안전성 검사(safety review)를 의무화하였다. 신규화학물질은 사업자가 시장 거래 전 안전하다는 판단을 EPA로부터 받도록 하였다. 개정전 TSCA는 비용편익분석을 실시하여 산업체에 피해가 최대한 적게 하도록

했는데, 개정된 TSCA는 이러한 비위해요소를 고려하지 않도록 하였다.

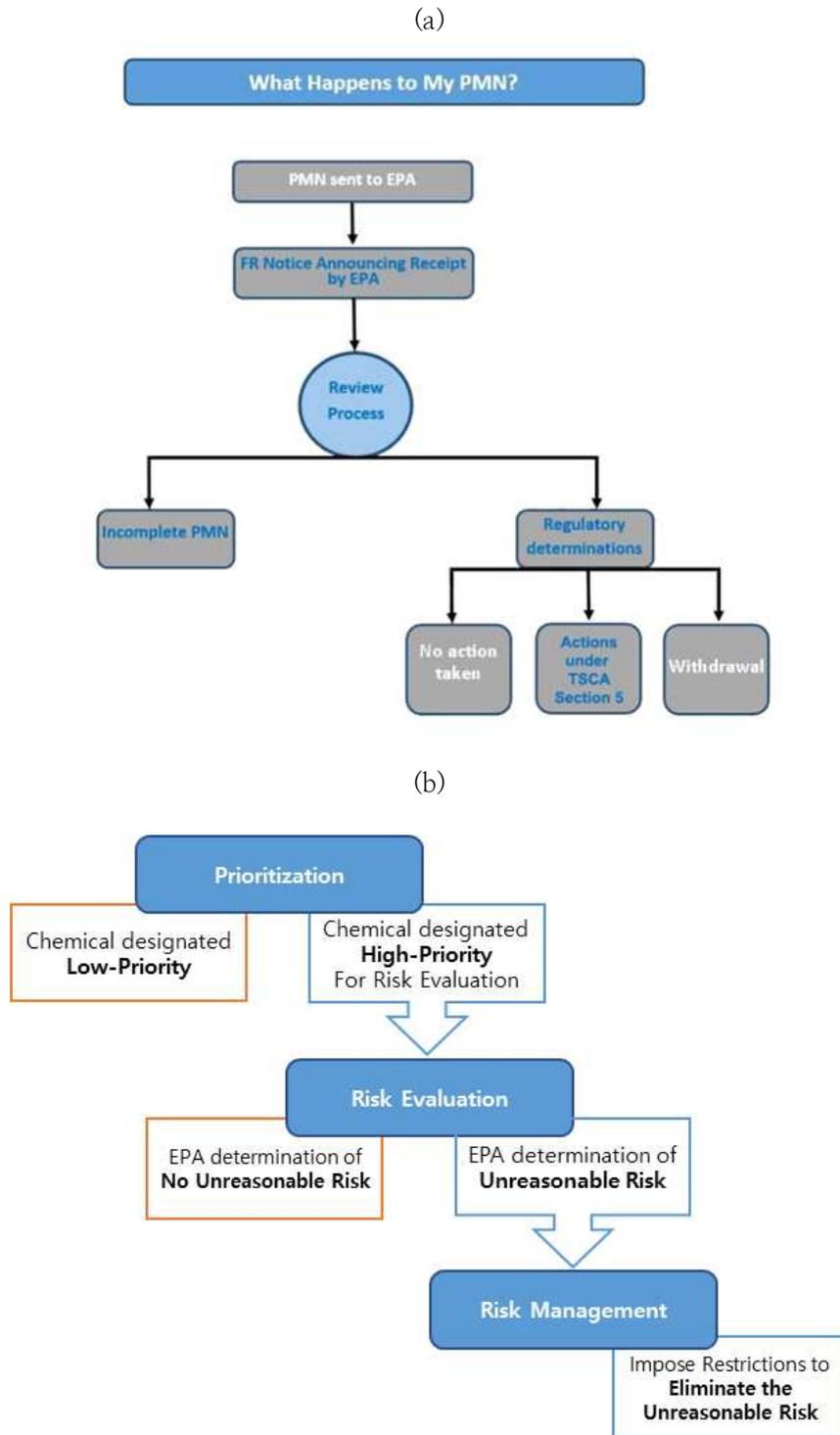
TSCA는 다음의 세가지 목표를 가진다. 첫째, 화학물질의 환경적 영향에 대한 정보의 기본적인 책임은 산업계가 부담한다. 둘째, 정부는 사람의 건강과 환경에 대한 부당한 피해 위협과 특히 긴급한 위협을 방지할 적절한 권한을 갖는다. 셋째, 정부는 불합리하거나 불필요하게 기술발전을 저해하지 않도록 그 권한을 행사하여야 한다.

TSCA는 미국 법률 분류에서 제15편 상업과 거래(Commerce and Trade) 중 제 53장인 유독물질장에 위치한다. 그 내용 구성은 제1절 유독물질의 통제(Subchapter I: Control of Toxic Substances), 제2절 석면위험긴급대응(Subchapter II: Asbestos Hazard Emergency Response), 제3절 실내 라돈저감(Subchapter III: Indoor Radon Abatement), 제4절 납노출저감 (Subchapter IV: Lead Exposure Reduction), 제5절 건강우수학교(Subchapter V: Healthy High-Performancs Schools), 제6절 혼합목제품 내 포름알데히드기준(Subchapter VI: Formaldehyde Standards for Composite Wood Products)이다.

화학물질의 제조자, 수입자, 가공자, 유통자는 화학물질의 사람과 환경에 대한 위해성 정보를 확보하였을 때 이를 30일 이내에 EPA에 통보해야하며, EPA는 이러한 화학물질의 자료보전과 정보 접근 권한을 갖는다. TSCA는 기존화학물질과 신규화학물질로 분류하여 TSCA inventory 등록절차를 거치며, 이에 따른 내용은 다음과 같다(<그림 11> 참조).

(1) 신규화학물질

TSCA는 신규화학물질을 제조하거나 수입하는 경우 톤수와 상관없이 EPA에 사전제조보고(pre-manufacture notice, 이하 PMN)를 해야하며, 중요 신규 용도사용 시에는 추가로 중요신규사용신고(Siginificant New Use Notification, 이하 SNUN)를 하도록 한다. PMN은 사업자가 신규화학물질을 제조하거나 수입하고자할 때 90일 전에 EPA에 사전신고를 하고, 해당 물질의 전 과정에 걸쳐 위해성 평가를 실시하는 것이다. PMN의 내용은 물질의 물리화학적 특성과 용도, 생산량, 부산물, 환경 배출, 인체 노출, 폐기 방법 등과 관련된 자료이다. 또한 화학물질을 중요한 용도로 새롭게 사용하고자 할 때에는 제조자 또는 가공자는 SNUN를 90일 전까지 EPA에 제출해야 한다.



〈그림 11〉 TSCA하에서 화학물질의 등록절차 (a) 신규화학물질 (b) 기존화학물질 (출처: US EPA, 2010).

(2) 기존화학물질

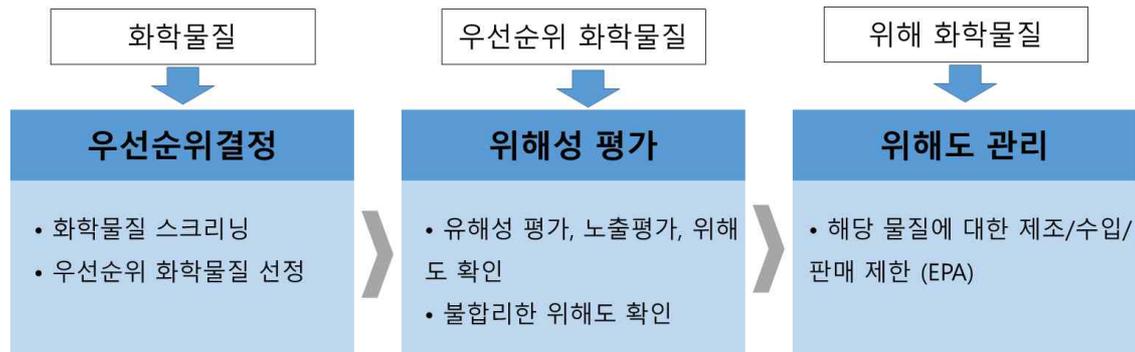
EPA는 기존화학물질을 대상으로 화학물질안전성평가(Evaluating the Safety of Existing chemicals)를 수행한다. 평가에서 불합리한(unreasonable) 위해가 발견된 경우, 해당 물질에 대한 위해 저감 방안을 수립한다. 기존화학물질이 새롭게 중요한 용도로 사용되는 경우에도 90일 전에 EPA에 SNUM을 제출하도록 한다.

다. TSCA의 위해성 평가체계

TSCA에 따라 EPA의 화학물질의 안전성 평가는 3단계로 이루어진다(〈그림 12〉 참조). 첫 번째는 화학물질의 우선순위결정(Prioritization) 단계이다. EPA는 TSCA Work Plan 수립을 통해 위해성 평가 물질을 선정한다. 우선순위결정은 비용편익과 같은 비위해요소를 배제하고 화학물질을 위해성기반의 스크리닝을 통해 위해성 평가 대상의 우선물질순위를 결정한다. 우선순위결정을 통해 화학물질은 고우선순위 물질(High-Priority Substances) 또는 저우선순위물질(Low-Priority Substances)로 분류되어 위해성평가 여부가 정해진다.

두 번째는 위해성 평가(Risk Evaluation) 단계이다. EPA는 유해성 평가, 노출평가, 위해도 확인 과정을 통해 화학물질이 일정한 사용조건에서 불합리한 위해도(Unreasonable risk)를 갖는지 확인한다. 노출 대상은 노출 가능성이 있는 일반인과 어린이, 근로자 등 노출 민감군을 포함하여 위해성 평가를 한다. 경우에 따라 제조업체는 특정 화학물질에 대한 위해성 평가를 요청할 수 있으며, 필요 시 EPA는 필요한 자료 등을 제조업체에 요구할 수 있다.

위해성 평가에 따라 화학물질이 불합리한 위해도를 갖게 된 경우, 세 번째로 위해도 관리(Risk Management) 단계를 실시한다. 특정 용도에 대하여 사람의 건강과 환경에 심각한 위해가 있는 것으로 확인되면 해당 용도로 쓰이는 화학물질에 대한 적절한 위해 저감 조치를 시행해야 한다. 물질은 발암성, 생식독성, 발달 독성, 잔류성, 생물 농축성, 잠재적 독성을 기준으로 선정한다. EPA는 기존화학물질의 위해도 관리를 위하여 관리가 시급한 중요 물질에 대하여 Chemical Action Plan을 수립하는데, 위해성 관련 정보 현황을 진단하고 위해성 평가결과를 토대로 위해 저감을 위한 정책방안을 마련하게 된다. EPA는 위해도 관리 단계에서 위해 물질의 제조, 수입, 판매, 폐기 등에 관한 규제를 실시하며, 라벨링, 문서 보존, 신고 등을 명령할 수 있다.



〈그림 12〉 TSCA하에서 EPA의 화학물질 안전성 평가 절차 (출처: US EPA, 2020, 국립환경과학원, 2019 재구성).

라. TSCA의 검토

미국 TSCA가 우리나라 법제 개선에 주는 시사점 중에 하나는 과도한 영업 비밀 보호를 막기 위한 사항이다. 과도하게 영업 비밀 보호를 위해 사업체가 비공개 신청을 할 경우, 이를 심의하는 과정에서 불필요한 행정적 비용을 증가시키고 화학물질정보 등록의 취지를 약화시킬 수 있기 때문이다. TSCA는 필요시에 정부의 정보 접근권을 인정하고 전문가의 경우 비밀유지서약 체결 후 영업비밀에 대한 접근권을 보장하고 있다 (김성배, 2016). 미국 TSCA에서는 화학물질관련 통계조사에 필요한 행정비용을 수수료로 부과하므로 이를 착안하여 비공개 정보 신청시 수수료를 부과하도록 하는 방안도 고려해 볼 수 있다 (소병천, 2019).

2.1.2.3. 한국 화평법

가. 화평법의 설립배경

우리나라는 1990년 「유해화학물질관리법」이 제정되었고, 1996년에 기존화학물질 목록을 고시하였다. 국내에서 유통된 기존화학물질이 약 4만4000종일 것으로 추정하고 있고, 매년 300~400종의 새로운 화학물질이 시장에 진입하는 것으로 추정된다. 당시 신규화학물질에 대해서는 제조·수입 기업에서 독성정보를 정부에 제출해야 했지만, 기존화학물질은 제출 의무가 없었다. 정부가 직접 기존화학물질에 대한 안전성 검사를 하다보니 정부 예산과 인력의 한계로 국내 유통 화학물질의 85% 이상은 안전성이 충분히 확인되지 않고 있었다. 게다가 국내 화학물질관리정책의 지속적인 변화에도 불구하고 (문성진, 2014), 최근 2011년 가슴기 살균제 참사, 2012

년 구미 휴브글로벌 불산가스 유출사고 등 국내의 크고 작은 화학물질 관련 사고로 인한 화학물질관리에 대한 우려가 높아졌다. 한편, 국제적인 화학물질 규제의 강화된 흐름 속에서 1996년 OECD 가입은 회원국으로서 요구되는 화학물질관리 규정의무를 이행해야 하는 부담을 갖게 되었고, 무엇보다 국제사회의 지속가능한 화학물질관리 움직임과 EU의 REACH도입에 따른 국제사회의 화학물질규제 레짐의 강화는 국내 화학물질관리 정책 전환에 중요한 영향을 끼쳤다. 그에 따라 국내 화학물질관리법으로 2013년 5월 22일 「화학물질의 등록 및 평가 등에 관한 법률」(이하 화평법) (2015년 1월 1일 시행)이 제정되었고, 이와 더불어 1990년 제정된 기존의 「유해화학물질관리법」을 2013년 6월 4일 「화학물질관리법」(이하 화관법)(2015년 1월 1일 시행)으로 전면 개정하여 이원적 체계로 전환하였다.

나. 화평법의 주요내용

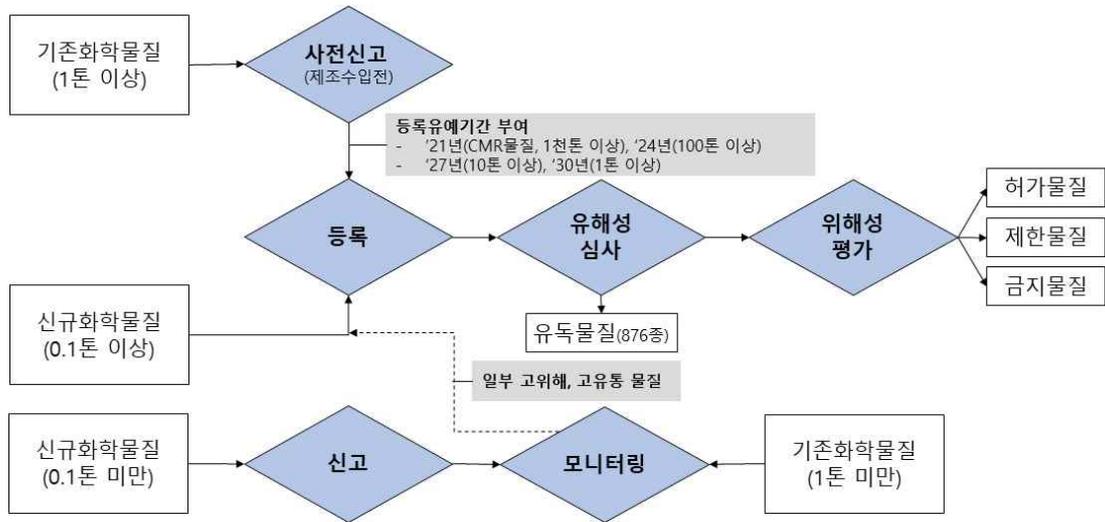
사업자는 화학물질을 제조하거나 수입하려고 할 때 등록 신청자료를 관리 당국에 제출하여 등록해야 한다. 신규화학물질은 연간 0.1톤 이상을 대상으로 하며, 기존화학물질은 연간 1톤 이상 제조·수입하려는 경우 유해성과 유통량에 따라 2030년까지 단계적으로 유해성 정보를 등록하도록 한다. 이를 통해 국내에서 유통되는 화학물질의 유해성 정보를 정부에서 집약하여 확보할 수 있게 되었다 (<그림 13> 참조). 화학물질을 사전 등록하기 위해서 제출해야 되는 정보는 등록 대상 화학물질의 물리화학적 특성, 용도, 화학물질의 분류 및 표시, 유해성 평가 및 위해성 평가, 안전 사용 등에 관한 내용이다. 등록된 화학물질은 유해성 심사 및 위해성 평가를 실시하고, 유해성 또는 위해성이 확인된 경우에는 유독물질⁸⁾, 허가물질⁹⁾, 제한물질¹⁰⁾, 금지물질¹¹⁾로 지정하도록 하고 있다. 매년마다 화학물질의 용도와 양을 관리 당국에 보고해야 하며, 유해화학물질을 포함한 제품은 신고하도록 하고 있다.

8) “유독물질”이란 유해성이 있는 화학물질이다 (화평법 제1장 제2조).

9) “허가물질”이란 위해성이 있다고 우려되는 화학물질로서 환경부에 허가를 받아 제조, 수입, 사용하도록 한다 (화평법 제1장 제2조).

10) “제한물질”이란 특정 용도로 사용될 경우 위해성이 크다고 인정되는 화학물질로서 해당 용도로 사용되는 경우 제조, 수입, 판매, 보관, 저장, 운반 또는 사용을 금지한다 (화평법 제1장 제2조).

11) “금지물질”이란 위해성이 크다고 인정되는 화학물질로서 모든 용도로의 제조, 수입, 판매, 보관, 저장, 운반 또는 사용을 금지한다 (화평법 제1장 제2조).



〈그림 13〉 화학물질의 등록 및 평가에 관한 법률 체계도 (출처: 환경백서, 2019).

다. 화평법의 위해성평가

화평법은 위해성평가에 대한 조항을 포함하고 있으며, 구체적 방법은 「화학물질 위해성 평가의 구체적 방법 등에 관한 규정」(국립환경과학원고시 제2014-48호)에 명시되어 있다. 위해성 자료는 화평법에 따른 등록 신청 시 제조·수입하려는 화학물질의 양이 연간 10톤 이상인 경우에 제출해야 하며, 기본정보 및 분류·표시 확인, 유해성 평가, 노출 평가, 안전성 확인으로 구성되어 있다(〈그림 14〉 참조).

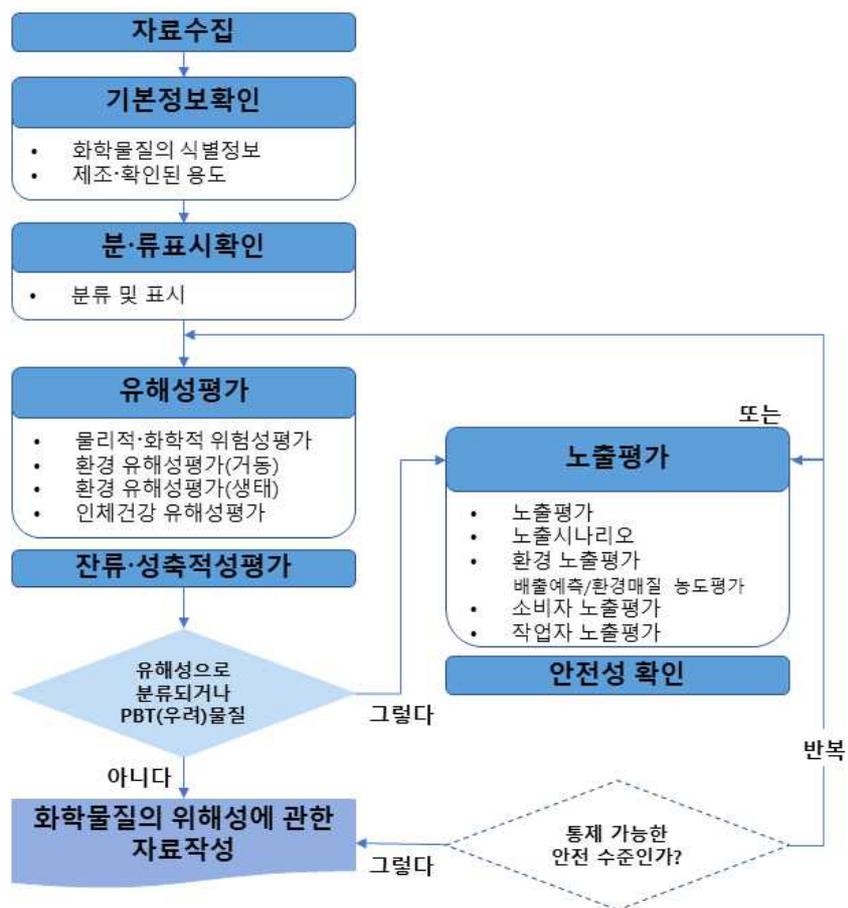
(1) 기본정보 및 분류·표시 확인

해당 화학물질의 식별 정보 및 물리화학적 특성, 제조 및 용도의 기본적인 정보를 확인한다. 분류·표시 확인은 대상 화학물질의 정보를 바탕으로 「화학물질의 분류 및 표시 등에 관한 규정」에 따라 분류 및 표시요소를 결정하는 단계이다.

(2) 유해성 평가

유해성평가는 물리화학적 위험성 평가, 인체 및 환경에 대한 유해성평가, 잔류성·축적성 평가 항목으로 구성된다. 대상 화학물질의 유해성 자료를 활용하여 인체 건강 및 환경에 대한 노출 수준을 판단하는 단계이다. 노출량-반응평가를 통해 화학물질의 노출수준과 이에 따른 사람 및 환경에 미치는 영향 관계를 규명한다. 인체 건강의 경우 동물 유해성 시험자료나 역학자료를 기반으로 위해도 산정에 활용되는 독성참고치 및 독성자료들을 산출한다. 산출되는 자료들은 흡입독성참고치

(reference concentration, 이하 RfC), 발암잠재력, 무영향관찰용량(no observed adverse effect level, 이하 NOAEL) 값 등이 있다. 환경은 생태독성자료를 토대로 PNEC를 산출하여 위해도 산정에 활용한다. 잔류성·축적성 평가는 3단계의 노출 평가 대상을 결정할 때 활용하는 항목이다.



〈그림 14〉 화학물질의 위해성 자료 작성 절차 (출처: 국립환경과학원, 2017).

(3) 노출평가

노출평가는 화학물질을 용도에 따라 제조하거나 사용할 때 화학물질의 전생애 단계에서 취급 방법, 인체 및 환경에 대한 노출 조건인 노출시나리오를 세부적으로 설정하는 단계이다. 환경 중 측정된 농도나 배출원 및 배출량 자료로부터 노출 경로를 고려하여 수용체의 노출 농도를 추정한다. 환경 중 노출 농도는 실측 농도, 환경거동모형 등의 시나리오, 노출과 관련된 생체지표를 이용하여 추정할 수 있다. 수용체에 노출되는 환경 중 농도는 PEC를 산출하여 활용한다.

(4) 안전성 확인

안전성 확인은 화학물질 노출에 따른 유해성 평가와 노출 평가를 바탕으로 위해도를 판단하고, 노출시나리오 따른 유해성 관리 대책이 이행된다는 가정 하에 모든 인구 집단 및 환경에 대한 안전성을 확인하는 단계이다. 안전성 확인을 통해 위해도가 통제되지 않는 경우, 노출 평가 및 안전성 확인을 통한 반복적인 위해도 결정 과정을 거친다.

라. 화평법의 검토

화평법에 대하여 기업의 과도한 부담을 초래한다는 산업계의 호소와 기업 영업비밀에 대한 우려가 있다. 하지만 화학물질 등록대상을 확대하여 화학물질의 안전관리의 기반이 되는 화학물질의 정보를 모으는 것은 중요하고, 집약된 화학물질 정보를 제대로 관리하고 활용하는 관건이다. 또 중소기업 지원을 강화하고, 제도의 일관성과 집행력을 강화함과 동시에 절차의 효율성 개선 등이 필요하다.

현재 생활화학제품은 「생활화학제품 및 살생물제의 안전관리에 관한 법률 (이하 화학제품안전법)」을 통해 물질과 제품을 모두 관리하고 있지만 화평법은 완제품내 의도적 배출물질에 대해선 REACH와 달리 제외되고 있다. 제품관리가 제품의 물리적 특성과 기능에 집중되면 인체 유해성에 대한 안전성 관리에는 문제가 생길 수 있으므로 이에 대한 개선이 필요할 것으로 보인다.

2.2. 화학물질사례

2.2.1. 석면

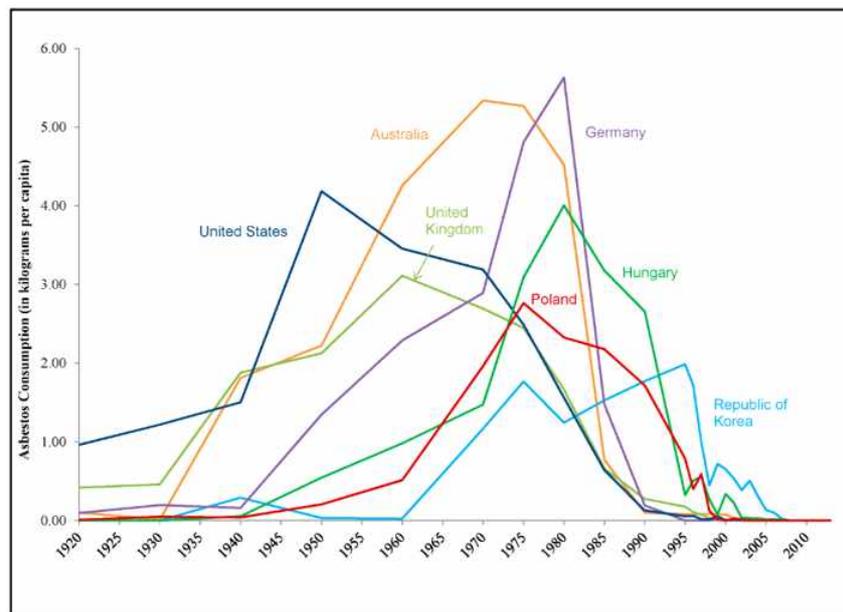
2.2.1.1. 석면의 효용

석면(Asbestos)은 화성암의 일종으로 자연계에 존재하는 규산염 광물종을 통틀어 부른다. 석면은 직경이 0.02~0.03 μm 정도로 머리카락의 5,000분의 1의 미세한 광물이면서, 섬유 모양의 결정을 가진다. 석면은 단열성, 내열성, 절연성, 내연성, 내구성, 흡음성, 내화성이 뛰어나다. 또 마찰에 잘 견디며, 화학약품에 대한 저항성도 강하다. 한마디로 석면은 부드럽고 질기면서 불에 타지 않는 강한 광물질이다. 석면의 종류는 사문석 계열의 백석면(cyrysotile)이 있으며, 각섬석계 석면으로는 청석면(crocidolite), 갈석면(amosite), 직섬석 (anthophyllite), 녹섬석(actinolite), 투섬석(tremolite)이 있다.

인류가 석면을 사용된 기원은 4000년 전으로 알려진다. 고대에서 석면은 불에 잘 타지 않는 특성을 이용한 섬유로 주로 사용되어 사원에서 불에 타지 않는 석면 섬유로 사용하거나 로마 사람들은 화상을 피하고자 왕의 옷으로 사용하기도 하였다. 석면은 섬유의 뛰어난 성질을 가졌지만 19세기 전까지는 석면을 얻기가 힘들 뿐 아니라 다른 천연섬유보다 방적이 어려웠던 이유로 중요한 상업적 제품이 되지는 못했다. 그러다가 산업혁명으로 스팀엔진이 개발되면서 열에 강한 석면의 수요가 크게 늘어나는 한편, 석면의 방적법이 개량되고 석면으로 만든 직물이나 석면지가 대량 생산되어 공급되게 된다. 또 1870년대 캐나다의 퀘벡에서 대광맥이 발견되어 대규모 산업용 석면 채굴이 시작되고 러시아, 이탈리아, 남아프리카에도 대규모 석면 광산이 생겨났다. 19세기 중반부터 시작된 대규모 석면 산업은 19세기에는 콘크리트, 벽돌, 단열재, 화재 방지제 등 석면의 용도가 다양화되면서 그 규모가 더 커지게 된다. 20세기에 들어 석면 산업은 호황을 이루게 되는데, 전쟁에서 전차, 군함, 군용기 등을 만들기 위해 두꺼운 단열재가 필요했기 때문이다. 공업이 발전함에 따라 석면의 새로운 용도도 많이 발견되면서 세계 석면 산업은 더욱 커지게 되었고, 1980년대 석면산업은 전성기를 누리게 된다. 석면은 20세기에 뛰어난 성질에 비교적 저렴한 경제성까지 더해지면서 건축내외장재, 시멘트, 자동차 브레이크 라이닝 등 약 3천여 종류 이상의 제품에 사용될 정도로 일상생활에 광범위하게 널리 이용되었다. 주요 국가들의 석면 소비가 꾸준히 증가하다 석면의 유해성이 알려지고 석

면 대체제품을 사용하게 되면서 정점을 찍은 후 감소하는 것을 보여준다 (<그림 15> 참조).

우리나라는 일제강점기에 제2차 세계 대전 중 군수물자 조달을 위해 석면광산이 있었다. 해방 전까지 전국 21개의 석면광산이 있었고, 충남 홍성군 광천읍에는 일제강점기 때 아시아 최대의 석면광산이 있었다. 석면광산은 해방 이후 채굴이 줄어들었다가 1960년대부터 석면 산업이 본격적으로 시작되면서 건축자재에서부터 자동차, 조선 산업에 이르기까지 광범위하게 확대된다. 1970년대 새마을운동으로 전국적인 석면 슬레이트 소비가 폭발적 증가하였고, 경제개발이 한창인 1970~1980년대에 석면이 많이 사용되었다. 1980년대 말 선진국에서 석면 규제로 소비가 급격히 줄고 석면값이 폭락하는 동안 우리나라는 오히려 석면을 본격적으로 수입하여 썼으며, 1992년에는 95,476톤으로 수입량이 최고치를 기록하였다. 1995년 이후 우리나라는 석면 수입이 지속적으로 감소하다가 현재는 사용금지 품목으로 수입되지 않고 있다. 수입된 석면은 1970년대에 약 96%가 슬레이트에 사용되었고 1990년대에는 슬레이트 외에도 건축내장재, 천장재, 칸막이 등 다양한 건축자재에 약 82%정도로 주로 사용되었다 (석면관리 종합정보망).



<그림 15> 1920년~2013년 동안의 주요 국가의 1인당 석면 소비 (출처: Allen, 2018).

2.2.1.2. 석면의 위험

석면은 발암물질로 알려져 있다. 국제암연구소(International Agency for Research on Cancer, 이하 IARC)에서는 석면을 1급 발암물질로 분류하고 있고, 미국 산업안전보건청(Occupational Safety and Health Administration, 이하 OSHA)도 석면을 인체에 암을 일으키는 것이 확실한 1급 발암물질 27종 중 하나로 규정하고 있다. 석면에 장기간 흡입 노출될 경우, 석면은 인체에서 15~40년의 잠복기를 거쳐 폐암(lung Cancer), 악성중피종(mesothelioma), 석면폐(asbestosis) 등의 치명적인 호흡기 질환을 유발할 수 있다. 석면은 손으로 만지면 부서질 정도로 분쇄나 마모 과정을 통해 매우 작게 분리될 수 있고 결정의 크기 자체도 다른 광물의 100만분의 1로 미세하므로 공기 중에 노출되면 호흡을 통해 폐로 깊숙이 들어갈 수 있다. 석면의 유해성은 석면의 길이, 직경과 매우 밀접한 관계가 있고, 체내 지속성과 양 등에 따라서도 차이가 있다. 청석면은 섬유 형태가 가늘고 날카롭고 뾰뻑해 체내 보존성이 높아 인체에 미치는 유해성이 가장 높은 것으로 알려져 있다. 일반적으로 청석면>갈석면>백석면 순으로 인체에 유해하다고 알려졌다.

석면이 건강에 악영향을 미칠 수 있다는 사실은 고대 그리스나 로마에서 석면 일을 하는 사람들의 건강이 좋지 않다고 알려져 있었다. 석면 문제가 심각해진 것은 산업화 시대로 접어들면서부터다. 20세기 초 석면공장의 노동자들과 석면광산 주변 주민들에게서 폐 기능 이상이나 조기 사망이 발견되기 시작하였고, 이 문제를 제기한 최초의 보고서가 1898년 영국에서 발간되기도 하였다. 그로부터 33년만인 1931년에 석면이 인체에 치명적 피해를 주는 물질로 공식화되면서 영국에서 최초의 석면 산업 규제책이 발표되기도 하였다. 하지만 이후에도 과학적 증거가 없다는 이유로 흐지부지되다 1964년에 어빙 셀리코프(Irving Selikoff)가 석면단열재 공장 노동자들의 폐암 사망률을 일반 노동자들과 비교한 결과 석면노동자들의 사망률이 매우 높다는 기념비적인 연구 결과를 발표하게 된다. 이후 1970년대부터 본격적으로 석면의 유해성이 알려지고, 북유럽 국가들을 중심으로 석면 사용을 금지하기 시작했다. 1972년에 덴마크가 석면의 단열재, 방음재, 방수제 사용을 금지하기 시작했고, 1983년 아이슬란드가 처음으로 석면을 전면 금지하였다. 지금까지 석면 사용 금지 국가는 55개이다 (IBAS, 2019).

2.2.1.3. 석면의 규제법

국내 석면 규제는 1990년대 말 일부 석면 원료의 제조와 수입, 사용 금지가 점차

확대되며 정부 차원의 조치가 이루어졌다. 2007년부터 건축자재용, 자동차용 석면 제품 등의 석면을 함유한 제품의 사용이나 수입을 단계적으로 금지하기 시작하여, 2009년에 국내에서 모든 석면 제품의 제조, 수입, 사용이 금지되었고, 2015년부터는 대체품이 개발되지 않아 적용이 일부 유예되었던 군수용 및 화학설비용 등 석면이 소량 포함된 제품까지도 사용이 금지되었다.

2000년대 들어 석면공장이나 석면광산 주변 주민들의 2차 석면 피해가 알려지고, 재건축 현장 주변, 개보수가 잦은 지하철, 노후된 건물 등에서 석면의 노출 위험이 드러났다. 이후 석면 피해에 대한 대응으로 2011년 「석면피해구제제도」가 시행되고 2012년 「석면관리제도」가 시행되면서 석면관리를 위한 사전·사후제도가 완비된다. 석면 작업장뿐 아니라 생활환경에서 일어나는 석면 노출 예방과 규제의 법적 근거가 구체적으로 마련된 것이다. 이후 정부는 제도가 현장성 측면에서 제대로 정착되도록 석면 조사와 석면 해체 제거 사업장의 안전관리 등을 강화하고 있다.

2011년 1월 1일부터 시행된 「석면피해구제법」은 석면공장이나 석면광산 주변에 살면서 석면으로 인해 건강상 피해를 입은 주민들에게 국가가 의료비와 생활비를 지급하도록 하였다. 이 법은 2009년 1월 충남 홍성과 보령의 석면광산 인근 주민들이 석면 질환을 앓고 있는 사실이 알려진 것이 계기가 되었다. 그간 석면 관련 직업 종사자들은 산업재해보상보험에 따라 산재 보상을 받을 수 있었지만, 석면공장이나 석면광산 주변에 사는 주민 등 환경성 석면 질환 피해자는 보상과 지원을 받을 길이 없었기 때문이다. 주요 시행 내용으로 석면 피해가 인정되면 질병의 종류 및 판정 결과에 따라 치료에 소요되는 비용과 치료 및 요양 생활에 필요한 경비를 지원받을 수 있다. 환경부에 따르면, 2011년 이후 총 4030명(사망자 829명)(2021년 2월 28일 기준)이 피해를 인정받았다(석면피해구제정보시스템). 또 석면 질병으로 인정되지는 않았으나 중장기적으로 석면 질환의 발병 가능성이 높은 위험군에 대해서 석면건강관리수첩을 발급하여 매년 전문병원에서 주기적으로 건강검진을 받을 수 있다.

한편 2012년 4월 29일부터 시행된 「석면안전관리법」은 석면을 안전하게 관리하여 석면으로 인한 국민의 건강 피해를 예방하고자 만들어졌다. 석면관리 기본계획 수립, 석면함유제품 및 석면함유물질의 관리, 자연발생석면의 관리, 건축물 석면의 관리, 석면해체 작업장의 주변환경 관리 등에 대하여 명시되어 있다. 이 법의 제정으로 공공건물 및 다중이용시설 등 건축물 소유자의 건축물 석면조사결과 및 석면지도 제출이 의무화되었다.

2.2.1.4. 학교 석면 해체·제거 작업장 주변의 노출피해

정부는 생활환경에서 시민들의 석면에 대한 불안감이 커짐에 따라 학교, 군부대, 슬레이트 지붕 건축물 등을 대상으로 대규모 석면 해체 제거 정책들을 내놓았다. 정부는 학교 석면 위험을 제거하기 위한 일환으로 학교 석면 제로화 사업을 실시하였는데, 이 과정 중에 부실한 학교 석면 해체 제거 작업으로 석면 비산문제가 최근 까지도 계속 불거지고 있다. 본 절에서는 학교 석면 해체 제거로 인한 석면 비산문제를 중심으로 발생한 위험 원인을 진단하였다.

학교 석면 제로화 사업은 2016년 교육부가 2033년까지 전국의 모든 초중등학교를 무석면 학교로 만든다는 정책을 수립한 것이다. 2015년에 석면안전관리법에 따라 실시된 학교 석면 실태 전수조사가 완료되어 그 결과가 공개되면서 학생들의 안전을 우려하는 목소리가 높아진 데 따른 조치였다.¹²⁾ 이 사업을 이어받은 문재인 정부는 완료 시한을 2027년으로 목표연도를 6년을 앞당겨 10년 안에 끝내기로 한다. 매년 학교에서 석면 공사가 동시다발로 이루어지는 탓에 학교 석면 해체 철거 현장에 가보면 석면 제거가 관련 규정과 메뉴얼이 제대로 지켜지지 않아 석면 잔재물이 검출되는 등 석면조사, 관리 감독, 철거 등 여러 곳에서 구멍이 발견되었다. 이로 인해 곳곳에서 개학 연기나 학생 등교 거부 사태¹³⁾가 벌어지기도 하였고, 부실한 제거 공사에 반발한 학부모들의 요구에 일정 단계까지 진행되었던 제거 공사가 중단되고 원상복구¹⁴⁾ 되는 사례까지 발생하게 되었다. 한마디로 석면 위험을 제거하기 위한 수단이 오히려 더 큰 위험을 유발하는 역효과를 초래한 것이다.

석면은 인체에 암을 일으키는 것이 확실한 1그룹 발암물질이므로 사용하지 않는 것이 타당하지만, 이미 석면이 사용된 곳은 비산되지 않도록 주의해 관리해야 해야 하며 이러한 조처의 효과가 불확실할 때는 적절히 대응하여 안전하게 제거해야 한다. 석면은 유해성이 큰 물질이지만 비산되지 않을 경우 건물 재료에 존재하는 것 자체로 위험하지 않고, 이들이 비산되도록 방치되거나 건물의 개보수 등으로 비산되어 흡입 노출될 가능성이 있을 때 위해성이 크게 증가하게 되기 때문이다 (윤충

12) 2015년 교육청 자료에 따르면, 전국 유치원(3곳 조사자료 없음), 초·중·고등학교, 특수학교 총 20,781곳 가운데 69.3%의 건물에서 석면 자재가 사용된 것으로 조사되었다 (KBS (2016. 1. 20) ‘초등학교 건물 84%가 석면 자재’...전국 학교 정밀 분석).

13) 서울 인현초등학교에서 겨울방학 기간에 실시한 석면 해체 제거 공사 뒤 분석 의뢰한 시료에서 석면이 검출되었다. 이로 인해 학교 개학이 미뤄지고, 학부모들은 추가 공사 기간과 필요한 예산 보장을 요구하였다 (경향신문 (2018. 2. 23) 석면제거 공사 뒤에도 또 검출...개학 미뤄진 서울 인현초등학교).

14) 서울 신정초등학교에서 여름방학 기간동안 실시한 석면 해체 제거 공사에서 제거 공사가 부실하게 이뤄져 학생 안전에 위협받을 수 있다고 판단한 학부모들의 요구로 공사가 중단되었다 (한겨레 (2018. 7. 22) 학교 석면제거 “빨리빨리보다 안전하게”).

식, 2009). 미국 환경청은 학교 건물의 석면 제거 과정에서 석면이 비산될 가능성이 크고 이로 인해 위해도가 오히려 증가한 점을 들어 부득이하게 건물을 해체하거나 개보수할 때는 먼저 철저한 계획을 세워 석면을 제거하고, 손상되지 않은 일반 건물은 그대로 유지관리하는 것이 바람직하다고 언급하였다 (EPA, 1996). 석면의 부적절한 제거는 석면 섬유에 대한 노출을 오히려 증가시킬 수 있으므로 손상되지 않은 고형화 상태 석면은 손상되지 않도록 잘 유지·관리하는 것이 석면관리의 원칙인 것이다. 즉 석면의 유해성과 위해성이 다르므로 노출 예방을 통해 위해도를 줄이는 방식으로 석면의 위험을 피해야 하며, 위해성에 등급¹⁵⁾에 따라 석면 관리가 이루어져야 한다. 하지만 유해성과 위해성을 동일시하여 석면에 대한 불안을 과도하게 키우고, 학교 건물의 석면 제거에 초점을 두면 더 큰 위험을 초래할 수 있는 것이다.

학교 석면 비산 문제의 직접적인 원인은 부실한 석면 해체 제거 작업 업체의 참여와 관리 감독이다. 학교 석면 해체 제거 작업이 무리하게 동시다발적으로 속도전을 펼치다보니 안전보다 예산과 공기를 우선으로 하게 되고 부실한 석면 해체 제거 및 감리 업체들이 석면 해체 제거작업에 다수 포함될 수밖에 없었다. 2020년 여름 방학 기간 진행된 학교 석면 해체 제거 작업의 30% 정도가 안전성 평가¹⁶⁾ C등급(미흡) 이하 업체를 통해 진행된 것으로 조사됐다 (국민일보, 2020). 계속 문제가 불거지자 최근 교육부와 환경부, 고용노동부는 학교 석면공사 과정에서 드러난 문제점을 근본적으로 해소하겠다고 더욱 강화된 작업 기준과 구체적인 가이드라인을 만들어 적용하고자 했다. 여기에는 석면 제거작업 전 사전 청소, 이중 비닐 보양 작업, 학부모, 시민단체까지 참여시킨 학교석면모니터단 구성과 모니터단 권한 강화 등이 새롭게 포함된다. 하지만 기준 강화가 무색하게 예산과 공기 부족을 이유로 계속 문제가 제대로 시정되지 않고 있는 것이다. 이러한 배경에는 석면 해체 제거 업체의 하도급 관행도 한 원인이다. 교육청이 공사계획 전반의 내용을 입찰에 특화

15) 「석면안전관리법」에 따라 건축물 소유자 등은 석면이 포함된 건축자재에 대하여 석면의 위해성 평가를 실시해야 한다. 석면건축자재의 위해성은 개별적인 석면건축자재별로 ① 물리적 평가, ② 진동, 기류, 누수에 의한 잠재적 손상 가능성 평가, ③ 건축물 유지 보수 활동으로 인한 손상 가능성 평가, ④ 인체 노출 가능성 평가의 총 4개 항목에 대하여 평가한다. 각 항목별 점수의 합계로 위해성 점수를 정한다. 위해성 점수는 총 1~27점의 범위를 가지며, 위해성 등급은 3단계의 낮음(11점 이하), 중간(12~19점), 높음(20점 이상)으로 구분된다. 다만, 손상이 있고 비산성이 높음으로 매겨진 경우 평가결과와 상관없이 최종 위해성 등급은 “높음”으로 평가하며, 손상이 없는 경우에는 평가점수가 중간 이상이 되더라도 최종 위해성 등급은 “낮음”으로 평가한다 (석면관리 종합정보망).

16) 산업안전보건법 제121조에 따라 고용노동부에 등록된 석면해체·제거 업체를 대상으로 석면해체·제거작업 안전성 평가를 하며, 평가대상 업체를 평가결과 점수를 기준으로 S(매우 우수), A(우수), B(보통), C(미흡), D(매우 미흡) 등급으로 구분하여 부여한다. 미평가 업체는 업체 등록이 1년 미만이거나 최근 1년간 실적이 없는 업체들이다 (「석면조사 및 안전성 평가 등에 관한 고시」 제41조).

된 설계업체에 맡기면 설계업체가 시공업체들에게 일감을 나눠주게 된다. 일은 많은데 시공업체는 얼마 되지 않아 등급이 낮은 업체가 여러 군데 공사에 참여하기도 하고, 입찰을 떠난 업체가 공사입찰만 따내고 하도급으로 부실업체나 신생업체으로 돌리는 경우가 있다. 학교에서 석면 철거가 방학이라는 짧은 기간에 집중되다 보니 인건비가 일시적으로 올라 수익성이 떨어지고, 국내 석면 단가도 현실적으로 적정하고 합리적인 기준으로 유지되지 못하는 이유도 있을 것이다 (변상훈, 2009). 또 교육청이 철거업체를 통해 조사 업체와 계약하거나 석면철거와 청소업체를 분리 발주하지 않아 철거업체가 청소업체 용역을 쓰는 경우가 있다. 이러한 구조이다보니 부실한 철거의 책임을 서로 미루기 쉽게 되고 공사부실로 이어질 수도 있는 것이다. 책임 떠넘기기는 정부 부처에서도 마찬가지이다. 학교 석면 관리의 경우, 석면 철거 공사를 발주하는 주체인 교육부, 석면 철거 업체 선정은 고용노동부, 석면 관리 총괄 부서는 환경부로 관련부처가 분절화되어 책임 기관이 모호하다보니 공사 및 사후 관리가 부실하게 이뤄진다.

그리고 석면에 대한 공포를 부추겨 과도한 속도전을 불러일으키게 한 배경도 주목할 필요가 있다. 언론은 석면에 대한 불안을 조장하는 역할을 하였다. 대부분 언론에서 제공하는 석면 관련 보도자료에서는 석면을 ‘1급 발암물질’로 소개하고 있다.¹⁷⁾ 국제암연구소의 구분¹⁸⁾에 따르자면 석면은 ‘발암물질’이나 ‘1군(그룹) 발암물질’로 표현하는 것이 맞음에도 가장 강력하다는 의미에 1급이라고 굳이 표현하는 것은 학부모들에게 석면에 대한 과도한 불안감을 조성하는 것일 수 밖에 없다. 또 언론에서는 석면이 포함되어 있으면 석면 위해성 평가에서 낮은 등급을 받은 건축물을 포함하여 석면고드름, 도로변 등 생활환경 곳곳에 석면 검출 소식들을 보도해 왔다.¹⁹⁾ 사실 자연계에 존재하는 천연광물인 석면은 오래전부터 어디든 존재할 수 있다. 석면이 존재하더라도 고형화되어 공기 중으로 비산되어 나올 가능성이 없으면 유해성은 있지만 노출이 없기에 위해도는 작다고 할 수 있다. 그런데 언론 보도를 보면 석면이 함유된 자재를 사용했지만 비산의 위험이 낮아 위해성이 낮은 건축

17) 동아일보 (2017. 9. 22). 정부, ‘1급 발암물질’ 석면 안전관리 강화...검출된 교실 모두 폐쇄.
동아일보 (2017. 9. 1). 전국 학교 곳곳서 1급발암물질 석면 검출...“중피종암 걸리면 치료 불가”.
한겨레 (2017. 4. 20) 서울 주택가에 1급 발암물질 석면 10년째 산더미.
18) 국제암연구소(IARC)는 1000여개의 물질을 대상으로 인간에 대한 발암성 여부를 조사해 발암물질(Carcinogenic to humans)을 ‘그룹 1’, 발암 가능성이 있는 물질(Probably carcinogenic to humans 및 Possibly carcinogenic to humans)을 ‘그룹 2A’와 ‘그룹 2B’, 발암성을 분류할 수 없는 물질(Not classifiable as to its carcinogenicity to humans)을 ‘그룹 3’, 발암 가능성이 없는 물질(Probably not carcinogenic to humans)을 ‘그룹 4’로 구분하고 있다 (IARC).
19) 경향신문 (2014. 4. 13). 서울 공공건물 1059곳 1급 발암물질 석면 검출.
경향신문 (2011. 10.25). 4대강 사업 현장 주변 농로에서도 석면 발견.
한겨레 (2011. 1. 24). 슬레이트 처마에 ‘석면 고드름’.
한겨레 (2010. 8. 30). ‘발암물질’ 석면자재 전국 하천에 깔려.

물에 대해조차 석면이 검출되었다하여 마치 석면의 존재만으로도 밖을 나가면 당장 발암물질이 공기 중에 떠다닐 거 같은 과도한 공포감을 안겨주게 된다. 결국 과도한 석면에 대한 불안 조장은 과학적 위해성 관리에 바탕을 둔 합리적인 학교 석면 대책을 어렵게 만드는 것이다.

결국 학교 석면 비산 문제는 학교 석면의 유해성 제거에 초점을 두고 석면을 안전하게 제거할 수 있는 인프라도 마련되지 않은 상태에서 석면에 대한 공포로 인한 속도전을 감행해 오히려 더 큰 위험에 노출되는 부작용이 나타난 것이다. 이미 석면의 위해성 평가에 따른 안전한 유지 관리 방법이 국내외에서 제시되고 권유되고 있음에도 현실에서 다르게 작동하고 있는 이유는 계속해서 석면에 대한 불안을 이용하여 이익을 누리는 이유도 있을 것이다. 사회의 석면에 대한 과도한 공포는 무조건 빨리 제거하는 것으로 석면에 대한 합리적인 대책을 방해하고 여건과 위해성 정도를 무시하게 되므로 더 큰 위험을 불러올 수 있으며, 그 피해는 고스란히 학교 해체 제거 작업장의 근로자들과 교직원, 학생들에게 전가된다.

2.2.2. 살생물제

2.2.2.1. 살생물제의 효용

인류는 해충이나 기타 해로운 유기체의 위협으로부터 음식, 건강과 환경을 보호하기 위해 노력해왔고, 이러한 방어수단의 하나로써 살생물제를 사용해왔다. 살생물제(biocide)의 현대적인 정의는 유해한 유기체를 파괴, 억제, 무해하게 만들거나 통제하는데 사용하는 화학물질 또는 미생물을 말한다. 살생물제의 분류체계는 나라마다 다양하며, 아직 통일화된 안은 없다. 비농업용으로 사용되는 살충제, 살균제, 소독제, 보존제, 방부제, 향균제 등이 살생물제에 속한다.

초기 살생물제는 제충국, 역청, 장뇌, 식초 등 천연물질들이 사용되었고, 지금은 훨씬 더 많은 종류의 살생물제가 다양한 용도로 광범위하게 사용되고 있다. 차아염소산나트륨의 형태로 투여되는 염소는 식수에 첨가되어 박테리아, 곰팡이 및 조류의 성장을 제어하는 살균제로 사용된다. 또 살생물제는 소독이나 해충 방제를 통해 해로운 유기체로부터 인간과 동물을 보호하고 다양한 제품을 오래 보존하여 사용할 수 있도록 도와주기도 한다 (<표 5> 참조). 살생물제는 일상생활 속에서 저농도로 다양하게 사용되지만 인간과 환경에 직접적으로 노출되고 그 빈도가 높은 특성이 있다.

〈표 5〉 살생물제의 효용 (cefic, 2009)

종류	내용
소독제	<ul style="list-style-type: none"> · 병원, 가정 내 감염 예방으로 면역취약계층 보호 · 제품의 생산 시 제품 오염 방지 (화장품 등) · 수질 유지 (식수, 수영장) · 식품 위생
방부제	<ul style="list-style-type: none"> · 제품의 장기간 보관 후 사용 가능 · 목재 제품의 수명 연장 · 섬유, 가죽, 고무 및 고분자 재료 수명 연장 · 건축자재 보존 · 물을 사용하는 산업 공정(펄프, 종이 등)에서 다량의 담수 절약
살서제/살충제	<ul style="list-style-type: none"> · 설치류 제어, 말라리아, 렙티열 등 곤충 매개 질병 예방
기타	<ul style="list-style-type: none"> · 방오제 1) 선박 연료 소비 효율 증가 2) 외래종의 유입 감소

2.2.2.2 살생물제의 위험

살생물제는 살충제인 DDT(Dichloro-Diphenyl-Trichloroethane), 실내 목재 방부제로 사용되는 PCP(Pentachlorophenol), 방오제인 TBT(Tributyltin) 등에서 인체와 환경의 위해성이 드러나며, 유럽, 미국 등 선진국을 중심으로 살생물제에 대한 관리의 인식 확산되기 시작했다. 예를 들어 선박의 해양생물의 부착을 막기 위한 방오도로 물질인 TBT와 같은 유기주석 방오제의 사용은 해양 생태계에 장기간에 걸쳐 심각한 영향을 미치는 것으로 나타나 현재 많은 국가에서 사업용 선박용에 사용이 금지되어 있다.

살생물제는 살아있는 유기체를 죽이는 것이기 때문에 살생물제를 취급할 때는 세심한 주의가 필요하며, 농약이나 산업용 화학물질과 다른 물질적 특성을 가지고 있어 별도의 법으로 엄격히 관리되고 있는 추세이다.

2.2.2.3. 살생물제의 규제법

국내에서는 2019년에 BPR을 기반으로 하는 「생활화학제품 및 살생물제 안전관리에 관한 법률 (이하 화학제품안전법)」이 시행되었다. 가습기살균제 참사를 계기로 화학제품안전법이 제정되어 2019년 1월 1일부터 시행되고 있다. 화학제품안전법은 생활화학제품 및 살생물제로 인한 독성 피해사고로부터 국민 건강과 환경 피해를 사전 예방하기 위해 제정되었으며, 모든 살생물제가 화학제품안전법 하에서 관리된다. 생활화학제품의 위해성 평가, 살생물물질 및 살생물제품의 승인제도, 살생물처리제품의 기준 등을 도입하여 살생물제에 대한 규제를 강화하였다. 화학제품

안전법은 EU의 BPR (Biocidal Products Regulation)과 유사한 점이 많다. 화학제품 안전법과 화평법을 비교한다면, 화평법은 등록을, 화학제품안전법은 허가가 관리의 핵심이라 볼 수 있다. 화학제품안전법은 화평법과 달리 톤수에 상관없이 살생물제 품에 포함되어 있는 모든 살생물물질을 평가하여 허가 여부를 결정하며, 허가목록에 있는 살생물물질 및 살생물제품에 한하여 시장 출시가 가능하도록 하였다.

2.2.2.4. 가슴기 살균제 참사

살생물제 사건 중 국내에서 일어난 가슴기 살균제 참사는 전세계적으로도 유례를 찾기 힘든 건강피해 사건으로, 본 절에서는 가슴기 살균제 참사의 위험 원인을 진단하고자 한다. 가슴기 살균제 참사는 가슴기 살균제로 인해 폐손상증후군(기도 손상, 호흡 곤란·기침, 폐섬유화 등)이 일어나 주로 영유아, 아동, 임신부, 노인 등이 사망한 사건이다. 가슴기 살균제는 1994년 유공(현 SK케미칼)에서 세계 최초로 ‘가슴기메이트’를 출시하였다. 이후 2011년까지 대기업부터 영세기업까지 제조 및 판매에 뛰어들어 20여종이 시장에서 판매되었으며 800만여 명이 사용한 것으로 추정된다 (가슴기살균제 건강피해 사건백서, 2014).

가슴기 살균제 참사가 세상에 드러난 계기는 2011년 4월 당시 서울아산병원에서 원인미상 중증폐질환환자가 잇달아 발생하면서 질병관리본부에 신고하였고, 이후 역학조사가 시작되면서 부터이다. 질병관리본부는 역학조사와 동물실험 결과 가슴기 살균제와의 인과성을 확인하였고, 2011년 8월 31일에 그 결과를 발표하였다. 그 해 11월 보건복지부는 추가적인 피해를 막기 위해 가슴기 살균제 강제수거 명령을 내렸으며, 이후에는 유사 질환자가 발생하지 않았다. 2012년 12월 질병관리본부는 폐손상조사위원회를 구성하였고, 2014년 4월 피해자 판정 기준과 절차를 확정 발표하였다. 당시 정부는 피해자 등급을 4단계로 나누고, 상위 두 단계 해당자에게 의료비 및 장례비를 지원하였다. 정부는 사건 발생 3년이 지난 2014년에 첫 공식 피해조사·판정과 구제를 하였고, 1차는 질병관리본부가, 2015년 2차 판정부터는 환경부가 맡아 2021년 3월 기준 5차 피해조사가 진행 중이다. 2021년 3월 12일 기준으로 총 4114명(999명 사망)이 구제급여 지급 결정이 되었다 (가슴기살균제피해지원종합포털).

이러한 과정에서 해당 업체들은 자신들의 책임을 인정하지 않고 반발하는 모습을 보였다. 가슴기 살균제 제조업체 옥시는 질병관리본부의 동물 실험기준과 실험데이터를 요구하며 실험 결과에 의문을 제기했으며, 서울대와 호서대의 모교수들의 증거 조작 의혹을 불러일으켰다. 이에 피해자들은 시민단체와 함께 시위와 기자회견

등을 이어갔고, 가해 기업을 대상으로 민형사 소송을 제기해 지금까지도 긴 싸움을 하고 있다. 2016년 본격적인 검찰수사와 언론보도가 이루어지고 난 후에야 가해 기업들은 낮은 사과와 보상을 하기 시작하였고, 아직까지도 사건은 진행 중이다.²⁰⁾ 가슴기 살균제 참사를 계기로 2017년 「가슴기살균제 피해구제를 위한 특별법」이 시행되었고, 2019년 1월에는 화학제품안전법이 시행되었다.

먼저 참사의 원인으로 부실했던 화학물질 관리체계를 들 수 있다. 살생물물질과 살생물제품 모두에서 관리가 미흡하였다. 당시 「유해화학물질관리법」에 따라 기존화학물질은 유해성 심사가 면제되었고, 용도변경 시 재심사제도도 부재하였다. 이러한 이유로 기존화학물질이었던 클로로메틸이소티아졸리논(CMIT)와 메틸이소티아졸리논(MIT) 물질이 면제되었다. 또 당시에 신규화학물질은 고분자화합물의 경우 독성시험자료 제출 면제 조치가 되었는데, 폴리헥사메틸렌구아니딘(PHMG)와 염화에톡시에틸구아니딘(PGH)물질은 이에 해당되어 독성자료의 일부 혹은 전부를 제출 생략할 수 있다. 하지만 미국 독성화학물질관리법(Toxic substances Control Act, 이하 TSCA)이나 호주의 산업용 화학물질등록 신고 및 평가법 (Industrial Chemicals (Notification and Assessment) Act, 이하 ICNA Act)은 해당 법의 신설 당시부터 생태계 위해를 이유로 양이원성 고분자화합물에 부과하는 예외 조항이 존재했다. 한편 살생물제품의 관리도 시장 출시 전에는 「품질경영 및 공산품 안전관리법(이하 품공법)」에서 공산품으로 관리되어 인체 유해성 규제가 이루어지지 않았고, 시장 출시 후에도 「제품안전기본법」에서 비관리품목에 해당하였다. 품공법에서의 안전성 검사라는 것은 제품 내 화학물질의 안전성이 아니라 제품의 구조, 재질이나 사용방법 등 제품의 물리적 안전성에 초점을 맞춘 것이었다 (김용화, 2016). 또한 지금은 화학제품안전법에 의해 ‘무독성’, ‘친환경’ 등 제품의 안전에 대해 소비자가 오해할 수 있는 일체의 표시나 광고문구가 금지되지만 당시 가슴기 살균제에는 ‘아이에게 안심’, ‘인체에 안전한 성분’과 같은 문구 사용이 가능하였다.

그뿐만 아니라 산업통상자원부, 환경부, 보건복지부, 식품의약품안전처 등 각 정부 부처가 관리 주체로서의 전문성 부족 및 책임을 회피하는 모습을 보여주었다. 당시 살생물제의 관리부처는 산업통상자원부였다. 가슴기살균제 참사가 벌어진 뒤에야 식약청을 거쳐 현재는 환경부로 살생물제 관리가 이관되었다. 살생물제는 소

20) 지난 2018년 대법원은 옥시레킷벤키저 등의 제조사와 홈플러스, 롯데마트의 대형마트 관계자들에 대해 유죄를 확정했다. 2019년 검찰 수사에서는 1차 수사 때 유해성이 인정되지 않았던 CMIT·MIT 성분의 인체 유해성이 뒤늦게 밝혀지며 수사가 재개됐다. 2021년 1월 12일 법원은 1심에서 CMIT/MIT와 사망/폐 손상 등에 미친 영향이 입증되지 않았다는 이유로 ‘가슴기메이트’를 제조·판매한 SK케미칼, 애경산업, 이마트의 전직 대표와 임직원들에게 무죄판결을 내렸고, 검찰은 이에 항소한 상태이다.

비자가 일상생활 속에서 쉽게 노출될 수 있기 때문에 보건과 독성 관점에서 관리되어야 했지만 산업통상자원부는 제품 자체의 물리적 특성이나 사용 시 안전사고가 주된 관심사였다. 산업통상자원부 산하 국가기술표준원은 7종의 가습기 살균제에 대해 국가 안전 인증 마크(KC마크)를 부여하였다.

그리고 사태가 장기화된 이유에는 초기 수습에 실패한 정부의 대응도 있다. 정부는 2011년 8월 가습기 살균제 피해가 처음 세상에 드러난 뒤 초기에 나서서 피해자들을 적극적으로 파악하고, 집단소송에 필요한 행정적 지원, 형사 고발 수사 등 시의적절하게 피해자들을 지원하는 역할을 해야했는데 그렇게 하지 못했다. 정부는 피해구제를 놓고 피해자 인정기준을 위해 가습기 살균제 피해를 폐질환, 천식, 태아피해 등 일부 질환에 국한하고 이마저도 1~4단계로 구분하여 등급화하고 상위 두 단계 피해자만 구제급여 대상자로 지원하였다.²¹⁾ 전문가들로 구성된 피해구제위원회는 가습기 살균제 노출 피해 인정에서 발병 기전과 임상적 특이성을 확인하고 구분해서 피해자를 가르고 골라내야 한다는 발상을 가진 것이다. 그리고 정부는 2012년 11월 가습기 살균제 참사를 “피해자와 제조사 사이 개별소송에 의한 배상”으로 정리하여 국가 책임을 면하고자 하였다. 정부는 결과적으로 구제의 범위를 가해 기업으로부터 인과 관계가 확실하여 확실하게 비용을 받아낼 수 있는 배상대상만으로 축소시켰다. 이로 인해 피해 가족들은 여러 갈래로 나뉘어 거대 가해 기업을 상대로 힘겹게 피해 보상 소송을 해야 했다.

이러한 정부 뒤로 정작 가해 기업들은 숨어버렸다. 가습기 살균제 제조업체들은 제품의 사용물질의 독성 확인 과정을 무시했으며, 제품의 위험성이나 사용시 주의사항을 소비자들에게 알려야 할 의무가 있음에도 하지 않았다.²²⁾ 오히려 기업은 가습기 살균제를 포함한 대부분의 생활화학제품에서 제품사용을 부추기는 공격적이고 세뇌적인 광고를 했다. 광고에서 세균의 공포와 위험을 극대화했고, 정작 제품의 안전성을 다룬 건 매우 적었다.²³⁾ 사건이 드러나고 2016년 검찰수사가 본격화되기까

21) 2017년 8월 9일 「가습기살균제 피해구제 특별법」이 시행되면서 가해 기업분담금과 정부 출연금으로 특별구제계정을 추가해 구제급여를 받지 못했던 피해자들도 치료비 등을 보상받을 수 있게 했다. 현재 가습기살균제 피해자 지원은 구제급여와 구제계정으로 이뤄진다. 구제급여는 정부 재정으로 피해자를 지원하며 폐질환(1·2단계)과 천식, 태아피해만 피해 질환으로 인정하고 있다. 구제계정은 기업분담금과 정부 출연금으로 피해자를 지원하며 폐질환(3단계)과 천식, 기관지확장증, 폐렴, 성인·아동 간질성폐질환만 대상 질환으로 인정하고 있다. 하지만 정작 가해 기업은 구제계정 대상자를 피해자로 인정하지 않는 논란이 있다.

22) 2016년 검찰 조사결과에서 드러난 사실에 의하면, “2005년 말 ‘아이에게 안심’과 ‘인체에 안전한 성분을 사용했다’는 문구가 과하니 ‘적정량을 사용하면 안전하다’는 방향으로 바뀌어야 한다”는 의견이 나왔지만 내부에서 묵살되었다고 밝혔다. 이어 검찰은 “2008년 1월 모 방송사 등이 옥시 측에 ‘가습기당면’ 인체안전성 자료를 요청했지만 묵살당했다”고도 밝혔다 (국민일보 (2016. 7. 4) 검찰 “옥시 ‘아이에게도 안심’문구 고쳤다면 사망자 95% 살렸을 것”).

23) 경향신문 취재팀이 2013년부터 현재까지 나와 있는 생활화학제품 TV 광고 125개를 전수 분석한 결과, “대부분의 광고는 세균의 공포와 위험을 극대화했고, 정작 제품의 안전성을 다룬 건 5개뿐

지 가해 기업들은 시간을 끌며 조작된 결과를 재판부에 제시를 하면서 잘못이 없다는 주장을 거듭 반복해왔다. 이런 가해 기업의 편에 서서 일부 전문가들은 보로펌 변호사를 사서 정부조사마저 부정하며 잘못됐다고 일관하다가 검찰과 언론에서 문제가 불거지면서 비로서 늦은 사과와 보상을 시작하였다.

가습기 살균제 참사의 직접적인 원인은 가습기와 가습기 살균제를 제조 혹은 판매한 기업들과 국가의 화학물질 관리 시스템의 문제라면, 가습기와 가습기 살균제가 보편화된 데에는 언론 매체와 전문가 집단의 역할이 크게 기여했다. 물론 전문가들과 언론들의 노력도 있었다. 정부의 피해조사가 제대로 이루어지지 않자 한국환경보건학회 소속 전문가들은 시민단체와 함께 피해가정을 방문하여 피해신고 사례 조사하고 학술보고를 통해 사건을 알렸다. 또 일부 언론에서는 끈질기게 피해를 조명하여 사건을 사회에 알리는 노력을 하였다. 하지만 한편 언론은 전문가들의 의견을 받아 실내 습도 조절을 위한 가습기 사용을 권장하고 가습기의 의학적 효과를 광고하거나 가습기판매현황 등을 보도하면서 가습기가 필수적인 전자제품이라는 인식을 확산시키는 역할을 하였다. 실내 습도 조절의 중요성을 강조하지만 가습기 사용을 권장하면서 결과적으로 가습기 사용을 부추기는 역할을 한 것이다. 여기에는 적정 습도에 대한 잘못된 개념, 세균에 대한 공포, 잘못된 위생 개념을 가진 전문가들의 책임도 무관하지 않다. 가벼운 호흡기 질환 등으로 병원을 방문한 환자들에게 가습기를 사용해 실내 습도를 조절하라는 의사들의 조언이 있었다. 게다가 오래 전부터 손과 휴대전화나 지폐, 마트 수레 손잡이, 화장실 등 대상을 바꿔가며 세균 공포를 부추겨왔다. 언론은 가습기에 세균이 다량 검출되었다는 뉴스를 보도하였고, 자연스레 가습기는 세균번식을 주의해야 한다는 인식이 강하게 자리잡을 수 밖에 없었다. 하지만 이러한 보도들은 가습기의 사용을 제한하는 것이 아닌 가습기 청소에 대한 권고 또는 경고로 대체되었다. 그리고 가습기 살균제에 대한 기사형 광고들을 통해 기업과 유착하였고, 안전성에 대한 의심없이 이를 보도했다.²⁴⁾ 그리고 가습기 살균제 참사가 세상에 알려지고, 검찰 수사가 본격화되자 언론은 검찰 수사 기록만을 뒤쫓는 등 퍼다나르기식 보도를 하는 관성적 태도를 보였다.²⁵⁾²⁶⁾ 마치

이었다. 정확한 용량이나 주의사항을 환기시킨 광고도 없었다“ 고 밝혔다 (경향신문 (2016. 8. 17) [독한사회-생활화학제품의 역습] ‘살균 찬양’ 독이 된 광고).

24) 2004년 겨울 한 신문기사에서는 "가습기 전용 살균제를 사용하는 것도 가습기를 더 안전하게 사용할 수 있는 한 방법이다. 시중에서 판매되는 것으로 애경 홈크리닉 가습기메이트(1,000ml/3,950원선)와 옥시썩썩 가습기당번(550ml/2,200원선)등이있다."와 같이 실렸다 (경향신문 (2004. 12. 1) 가습기 사흘에 한번 꼭 청소).

25) 2016년 가습기 살균제 참사에 대한 검찰 수사와 언론의 폭발적 보도 이후 정부의 책임과 관련하여 보도된 내용을 살펴보면 주로 환경부와 보건복지부에 초점이 맞추어져 있다. 당시 살생물제 관리부처는 산업자원부였음에도 불구하고 언론은 이를 제대로 조명하지 않았고, 오히려 사건의 원인을 밝혀낸 질병관리본부와 2차부터 현재까지 피해자 판정을 벌이고 있는 환경부가 비난의 주요 표

언론은 경마장에서 말이 달리고 있는 것을 고서를 조작하였다.²⁷⁾ 결국 가해 기업은 일부 피해자들이 제기한 소송에서 국내 대형 그냥 따라가며 중계 방송하는 것과 똑같은 방식으로 보도하는 이른바 경마 저널리즘을 보여주었다.

그리고 가습기 사용이 늘어나고 가습기 살균제가 개발된 사회·문화적 배경을 파악할 필요가 있다. 1960년대 생활환경 개선과 아파트 건축 붐으로 콘크리트로 지어진 거주공간이 크게 늘어나게 되었다. 아파트는 우리 사회의 주된 주거문화로 보편화하였다. 전통적 온돌문화가 단열효과를 극대화한 아파트 주택문화와 결합하면서 실내 거주공간은 더욱 건조한 특성을 가지게 되었다. 우리나라는 1970년대 후반부터 국내에 가습기가 보편화 되었는데, 우리나라의 건조한 겨울철 날씨와 난방으로 더욱 건조해진 실내환경에서 습도 조절 문제를 해결하기 위해 아파트 거주자들은 가습기를 사용하는 경우가 많아졌다. 더구나 1990년대에 들어 대기오염문제에 대한 우려가 높아지고, 2000년대 웰빙열풍과 함께 2002년 사스, 2009년 신종플루 등 호흡기 전염병이 유행할 때마다 가습기 시장의 규모는 더욱 커지게 된다. 하지만 물을 이용하는 가습기 사용의 특성상 세균 오염 문제가 떨레야 떨 수 없는 문제였다. 가습기 사용으로 실내 습도 조절 때문에 세균 걱정까지 감수해야하는 현상으로 가습기 살균제 제품의 사회적 필요성이 만들어지게 된다.

그리고 세균에 대한 공포를 부추기는 사회 문화도 원인으로 꼽을 수 있다. 사람들은 세균에 대한 막연한 공포심을 가지고 있다. 언론은 질병을 일으킬 위험성이 있는 유해 세균과 무해한 세균에 대한 정확한 구분 없이 대상을 바꾸어가며 세균 검출 보도를 하고, 생활화학용품 회사는 살균 광고를 하며 세균의 공포와 살균의 강박을 대중들에게 노출시켰다. 거기다가 감염병이 새로 등장하거나 유행할 때마다 언론들은 최악의 시나리오를 가정해 공포의 극대화 방식으로 관련 보도를 하는 행태를 보인다. 국내에서는 1990년대부터 살균의 상업화가 급속히 진행되면서 살균은 거의 모든 가전제품의 필수 기능이 됐다. 언론과 기업은 세균의 위험성을 적극적으로 전파했고, 소비자는 살균을 택할 수밖에 없었다. 신종 바이러스 유행병 탓에 손 씻기에서 나아가 알코올과 각종 화학 약품으로 손을 소독하는 습관이 익숙해지고,

적이 되었다.

26) 2016년 가습기 살균제 참사가 본격적인 검찰수사와 언론을 통해 보도되었을 때 옥시만을 두고 진행되었다. 대중의 시선은 옥시에게만 쏠리게 되었고, 옥시불매운동을 일으켰다. 당시 옥시에 이어 두 번째로 많은 피해자를 낸 가습기 메이트에 들어간 CMIT/MIT원료를 제조한 SK케미컬(당시 유공), SK케미컬이 제조 공급한 원료를 사용하여 판매한 애경(가습기 메이트), 이마트(이플러스)는 언론의 관심에서 멀어있었다.

27) 2017년 법원은 옥시 측에 유리하도록 실험보고서를 조작한 혐의로 기소됐던 서울대 모교수에게 1심에선 징역2년을 선고 했으나 항소심에서 '무죄'로 풀려났다. 검찰이 상고해 현재는 대법원에 계류 중이다. 또 대법원은 가습기 살균제 사건과 관련해 배임수재 등의 혐의로 기소된 호서대 모교수에 징역 1년4개월에 추징금 2400만원을 선고한 원심판결을 확정하였다.

한국에서는 세균 죽이는 것은 좋은 일이라는 인식이 널리 퍼졌다. 이는 한편으로 화학물질에 대한 우리 사회의 위험 의식을 느슨하게 만들기도 했을 것이다. 세균에 대한 지나친 불안은 우리나라에서 제2의 가슴기 살균제 재앙이 생겨나지 않으리라는 보장은 없다. 가슴기 살균제 비극은 세균을 올바르게 바라보는 문화가 필요하다는 교훈을 남겼고, 무엇이든지 지나치면 나중에 더 큰 위험으로 돌아온다는 것을 잊지 않아야 한다.

가슴기 살균제는 실내 습도 개선을 위해 가슴기를 필수적으로 소비하고 균에 대한 공포가 합쳐져 탄생하게 되었고, 소비자의 안전을 등한시한 기업과 정부의 부실한 살생물제 및 살생물제품 관리제도의 미비가 만들어낸 참사였다. 이렇게 복합적인 원인에 의해 만들어진 가슴기 살균제 문제를 근본적인 습도 조절 문제의 대안을 찾지 않고 사후식 방법으로 해결하는 방식이 결국 문제를 일으켰다.

2.2.3. 휘발성 유기화합물

2.2.3.1. 휘발성 유기화합물의 효용

유기화합물은 우리 일상에서 많은 제품에 사용하는 필수 물질이기 때문에 어느 생활환경에서나 존재한다. 유기화합물 중에서 끓는점이 낮아 상온에서 대기 중으로 쉽게 증발되는 특성을 가진 액체 또는 액체상 화합물을 휘발성 유기화합물(Volatile organic compounds, 이하 VOCs)이라고 한다.²⁸⁾ 실외에서 VOCs는 대부분 제품이나 재료를 제조 또는 사용하면서 대기 중으로 방출되며, 실내에서는 VOCs가 포함된 제품이나 재료를 사용하면서 대부분 방출된다.

VOCs는 산업공정이나 제품생산에서 용매 등으로 의도적으로 사용되기도 하며, 비의도적으로 환경 중에 노출되거나 제품에 혼입되기도 한다. 주요 인위적인 배출 원으로는 석유화학시설, 페인트공장 및 도장용 설비 등의 산업시설과 주유소, 세탁소, 저유소 및 각종 운송수단의 배기가스 등이 있다 (Mayer et al.,1999). 특히 VOCs는 유기용제(organic solvent) 사용이 가장 크다.²⁹⁾ 유기용제는 휘발성이 강

28) 국내에서는 휘발성 유기화합물을 대기환경보전법 제2조 제10호에 따라 탄화수소류 중 석유화학 제품, 유기용제와 그 밖의 물질로 고시되어 37종의 물질이 규제대상으로 목록화 되어 있다. 그 외 배출시설에서 배출되는 1기압 250℃ 이하에서 최소 비등점을 가지는 유기화합물로 정의하며, 다만 탄산 및 그 염류 등 국립환경과학원장이 정하여 공고하는 물질은 제외한다 (대기환경보전법 제2조 제10호). 미국 환경보호청(EPA)에서는 CO, CO₂, 탄산, 금속성 탄산염 및 탄산암모늄을 제외한 대기 중에서 광화학반응을 일으키는 모든 탄소화합물로 정의한다 (EPA, 2009). EU은 101.3kPa의 표준 대기압에서 측정된 초기 끓는점이 250℃ 이하인 유기화합물로 정의한다 (EU, 2007).

29) 2012년 기준 추정된 VOCs의 전체 배출량 911천톤 중 유기용제 사용 발생량이 62.1% 차지한다. 그다음으로 생산공정 18.3%, 도로이동오염원이 7.4%로 나타났다 (국립환경과학원, 2013; 봉춘근, 2015 재인용).

하고 지방질을 잘 녹이는 특성을 가지고 있으므로 사업장에서 페인트 같은 도료의 제조배합, 전자제품이나 금속제품 등 기계류의 세척, 합성수지 등의 제조, 인쇄, 물질 추출, 세척 및 청소용품 등 매우 다양하게 사용된다. 또 실내 건축자재나 벽지, 가구 등에 접착제 등의 용도로 VOCs가 사용되는 등 가정 및 건축물에 필수적으로 사용되는 자재들에도 포함되어 있다.

2.2.3.2. 휘발성 유기화합물의 위험

VOCs의 대표적인 화합물로 벤젠, 톨루엔, 에틸렌, 자일렌, 포름알데하이드 등이 있다. VOCs는 주로 중추신경계에 악영향을 주는 것으로 알려져 있다. VOCs는 피로, 불안, 무기력, 구토, 기억력 감퇴 등 여러 이상 증상을 일으키며, 화합물에 따라 발암성을 가지기도 한다. 고농도로 VOCs에 노출되면 급성으로 현기증, 도취감, 지남력상실, 마비, 경련, 의식상실 및 사망까지 이를 수 있다 (임재신, 2004).

VOCs는 실내외 모두에서 건강피해에 대한 우려가 있지만 주요 강조점이 다르다. 일반 대기 환경에서 VOCs는 자동차 등에 의한 질소산화물(NOx)와 함께 광화학반응으로 오존 등 광화학 산화제를 생성하여 광화학 스모그를 유발할 수 있다. 오존이 인체에 반복 노출되면 가슴 통증, 메스꺼움, 기침 등의 호흡기 질환이나 심장질환에 영향을 미칠 수 있어 VOCs의 배출원을 관리하는 것이다. VOCs는 보통 산업용 설비에서 고농도로 발생하나 밀폐되거나 신축 및 개축된 실내에서 건축자재 등에 함유된 유해한 VOCs가 방출되어 거주자들에게 건강피해를 일으킬 수 있다. 또 일반생활환경에서는 소비재제품 사용이나 기타 생활화학용품 사용시 VOCs에 노출될 수 있다.

2.2.3.3. 휘발성 유기화합물의 규제법

현재 VOCs는 오존과의 반응에 의한 광화학 스모그를 방지에 하기 위한 자동차, 사업장 등 배출원 관리를 통한 대기환경질 관리 중심으로 이루어지고 있다. 국내 VOCs의 관리는 대기환경보전법 아래 관리가 이루어지고 있으며, 아직까지 생활화학제품에서 검출되는 VOCs에 대한 관리는 미비한 실정이다. 국내 대기오염물질의 관리를 위해 대기환경보전법에서는 총 37종의 휘발성유기화합물을 고시하고 있으며, 휘발성 유기화합물의 배출시설 관리, 도료 관리에 대한 내용을 명시하였다. 고시된 휘발성 유기화합물의 일부는 대기 중 광화학 스모그를 유발하는 물질이며, 벤젠 (benzene), 아세트알데하이드(Acetaldehyde), 클로로포름(chloroform)과 같은 일부 VOCs 물질은 인체에 노출 시 발암 가능성을 가진 특정대기유해물질로 분류되어

중요 관리 대상으로 지정되어 있다.

최근 생활소비재의 VOCs 배출 관리에 대한 관심이 있지만 이것은 비점오염원인 화학물질 배출량 산정을 위한 배출원 관리로부터 기인한 측면이 크다. 인체에 가장 직접적으로 노출되어 피해를 줄 수 있는 경우는 일반생활환경 속에서 자주 쉽게 접하게 되는 생활소비재의 배출이다. CAPSS 2012년도 배출량 자료에 따르면 생활소비재 사용에 따른 VOCs 배출량은 유기용제 배출량 중 23.8%로 높은 비중 차지하고 있다 (국가미세먼지정보센터). 하지만 페인트, 가정용 농약(살충제, 제초제) 등 가정 및 생활 주변에서 일상용품으로 사용되는 생활소비재는 대규모로 동일 제품이 취급되는 사업장과 달리 별도의 오염방지시설 없이 비점오염원으로 환경 중으로 배출되므로 관리에 어려움이 있다 (전주현, 2015).

한편, 실내 VOCs는 새집증후군의 주요 원인물질이므로 「실내공기질 관리법」으로 관리되고 있다. 이 법은 다중이용시설이나 신축공동주택 및 등의 VOCs를 포함한 실내공기질 측정 및 고시에 관하여 규정하고, 실내 건축자재의 VOCs 방출량 기준 등을 정하게 되어 있다.

2.2.3.4. 생리대 유해물질 검출 논란

VOCs 노출로 인한 건강피해 사례로 반도체 공정 등 산업체에서 근로자에게 노출되어 피해가 발생한 사례가 있었는데 최근에 일상에서 사용되는 생활화학제품 중 생리대에서 유해우려물질인 VOCs가 검출되면서 큰 사회적 이슈가 되었다. 본 절에서는 2017년에 국내에서 논란이 된 생리대 유해물질 검출 사건을 중심으로 위험 원인을 서술하였다.

일회용 생리대는 화학물질 흡수가 쉬운 예민한 부위에 사용되는 제품이면서 여성들이 장기간 다빈도로 사용하기 때문에 안전성에 대한 우려가 컸던 제품이다.³⁰⁾ 일회용 생리대에는 고분자흡수체, 인공 향이나 색소 등에 화학물질들이 사용되는데 그동안 안전성 검사가 제대로 되거나 규제가 되고 있지 않아서 우려가 컸다. 이에 따라 피부 부작용이 없고 재활용이 가능한 면생리대와 같은 대안 생리대를 사용하는 운동이 2000년대 초반부터 있어왔다. 생리통 등으로 고생하다 대안 생리대로 바꾸면 증상이 개선되었다는 경험담이 공유되면서, 일회용 생리대의 안전성에 대한 소비자들의 의구심은 더욱 커졌다.

생리대 유해물질 검출 논란은 2017년 3월 생리대에서 VOCs가 검출되고 그 해 8월 소비자들의 부작용 집단 제보로 촉발되었다. 여성환경연대가 시중에서 매출량이

30) 식약처가 2017년 발표한 ‘생리용품 사용실태 및 인식도 조사’에 따르면 국내 여성 1028명 가운데 일회용 생리대를 사용하는 비율이 80.9%로 나타났다 (식약처, 2017).

가장 높은 생리대 제품 10종을 대상으로 강원대학교 김만구 교수팀에 조사를 의뢰하여 VOCs 등 발암물질을 포함한 22종의 유해물질이 검출된다는 사실을 확인했다. 여성환경연대는 아직까지 생리대 관리 항목에 이들 화학물질에 대한 규정이 없어 제도 개선을 촉구하는 것이 주목적이었기 때문에 3월 식약처와 해당기업들에게 결과 자료를 보냈다. 하지만 2017년 8월 특정 제품의 이름이 유출되고 온라인상에 특정제품의 생리대 부작용 제보가 올라오면서 사태가 커지기 시작했다. 논란이 커지자 식약처는 생리대 제조사의 품질관리 점검조사를 하게 되었고, 연구자의 생리대 측정법이 과학적으로 신뢰하기 어렵다던 식약처는 9월 4일 여성환경연대에서 받은 최초 자료의 제품명을 모두 공개했다. 이후 식약처는 자체 개발한 방법으로 제품 중 VOCs를 재측정하고 9월 28일 생리대안전검증위원회를 통해 10종의 VOCs 성분에 대한 1차 전수조사에서 생리대와 기저귀는 안전하다고 발표하였다. 사용자들이 호소한 생리대와 건강 이상의 원인을 밝히기 위한 역학조사를 환경부, 질병관리본부와 함께 추진하겠다고 밝혔다.³¹⁾ 생리대 유해물질 검출 논란은 가슴기 살균제 참사 이후 생활화학물질에 대한 위험 인식이 높아진 가운데 일어나면서 사람들의 불안을 더 증폭시켰다. 생활화학물질에 대한 공포와 함께 공적관리의 부실함과 이로 인한 불신, 그리고 언론의 선정적인 보도가 더해지면서 생리대 유해물질 검출 논란이 커지게 된다.

생리대 유해물질 검출 논란이 일어난 후 논란이 된 해당 생리대를 제조, 판매했던 기업의 공식 입장은 식약처 기준을 통과해 안전하다는 것이었다. 당시 생리대 품질관리기준으로 정해져 있던 것은 폼알데하이드, 색소, 형광물질, 산알칼리, 흡수량 등 9개 항목 뿐이었기 때문에 기준을 통과한 것은 사실이었다. 하지만 정부는 생리대의 품질을 중심으로 관리하고 있었지 정작 생리대의 유해성에 대한 안전성 관리는 제대로 하지 못했다. 더구나 당시 생리대와 팬티라이너, 기저귀는 그 인체 사용특성에 있어 유사한 생활화학제품임에도 불구하고 생리대는 식약처 소관이었고, 팬티라이너와 기저귀는 공산품으로 취급되어 국가기술표준원 기준에 따르는 등 생활화학제품 관리 및 대응부처가 제각각인 상황이었다. 현재 기저귀는 2018년부터 위생용품으로 분류돼 위생용품관리법에 따라 식약처가 관리하게 되었지만, 문제는 새로운 물질과 제품은 계속 나오는데 대응부처에 따라 관리기준도 다르고 허가기준도 이를 따라가지 못해 관리의 사각지대가 생기는 문제가 계속 발생한다는 것이다.

31) 1차 전수조사 이후 식약처는 2017년 12월 28일 VOCs 74종과 농약류 등 다른 화학물질에 대한 2차 생리대 전수조사의 결과에서도 안전하다고 발표하였다. 식약처는 국내 생리대 제조업체로부터 보고받은 자체 조사 결과와 더불어 매년 생리대 VOCs 검사를 실시하고 있으며, 추가적으로 2018년 프탈레이트류 및 비스페놀A, 2019년 다이옥신 및 퓨란류, 2020년 폴리염화바이페닐(PCBs)을 조사하였다. 2018년 환경부가 실시한 일회용 생리대의 건강 영향 예비조사가 나왔다.

이러한 정부의 관리부실은 실제 생리대에서 검출된 VOCs가 위험한지 아닌지 그동안 관심을 기울이지 않은 탓도 있다. 이미 여러 차례에 걸쳐 일회용 생리대의 위험성 경고가 있었다.³²⁾ 그럼에도 정부가 생리대 안전성에 대한 우려를 해결하려는 노력을 하지 않다보니 정작 사건이 불거졌을 때 논란을 잠재우는데에만 급급한 모양새를 보일 수 밖에 없고, 정작 소비자들의 근본적인 의구심은 해소되지 않는 것이다. 특히 정부의 미숙한 위해 소통방식은 국민의 불안을 가중시켰다. 정부는 의문을 제기한 시민단체의 조사결과를 못믿겠다고 대응하다 정작 제품명을 전부 공개하였고, 비전문적인 대응이나 자료를 수정하는 모습도 신뢰를 떨어뜨렸다.³³⁾ 특히 주목해서 살펴볼 부분은 9월 28일 식품의약품안전처는 VOCs 10종에 대한 한정된 발표를 하면서 “국내에서 판매되는 생리대와 기저귀는 인체에 유해하지 않다”고 1차 전수조사 결과를 발표했다. 생리대 속 VOCs의 위해성 평가는 기술적 한계를 가지고 있다. 해당 위해성 평가에서 일부 조사 대상 물질은 생식독성 참고치가 아닌 간 등의 다른 장기의 독성 참고치에 따라 위해성 평가를 했다. 생식독성은 주로 동물 실험에서 모체의 자손이 건강하게 태어나는지를 기준으로 삼은 것이기 때문에 생식독성 참고치가 있는 물질조차도 안전성 우려가 깨끗히 해소된 것은 아니다. 게다가 독성 참고치는 여성의 외음부와 질 조직이라는 특수한 노출 경로와 여성들의 생리대 착용 실태 등도 고려되지 않았다. 생리대에 VOCs뿐 아니라 다이옥신류 화합물, 프탈레이트, 향료 유해물질 등도 우려하고 있다. 물론 자료의 한계라는 불가피한 측면이 있지만, 문제는 식약처가 위해성 평가의 한계와 조사결과가 의미하는 바를 명확히 밝히지 않은 채 선부른 결론을 내리듯 안전하다고 발표한 것이다.

또 여기에는 전문가들의 책임도 있다. 일회용 생리대의 안전성에 대한 의구심에도 불구하고 기본적인 연구조차 부족하여 정작 필요한 순간 위해성을 평가하는게 쉽지 않았다. 아직 국제적으로 공인된 생리대의 VOCs 방출량 시험법도 없다. 화학물질이 실제로 인체에 유해한 영향을 미치는지 추가적인 조사를 진행해봐야만 알 수 있어 생리대 화학물질 규제안을 확립하기 어려운 것이다. 생리대의 화학물질 성분검출 시험방법, 여성 생식기나 질의 흡수율에 대한 자료 등 필요한 연구가 되어

32) 2005년에 국회에서 안명옥 의원이 일회용 생리대가 시판되기 시작한 1971년 이후 생리대에 대한 식약처 수거검사 기록이 단 한 건도 없었다는 문제가 제기됐지만 식약처는 별다른 조치를 취하지 않았다. 2004년 다이옥신 검출, 2006년 포름알데히드가 생리대에서 검출된 내용이 언론을 통해 보도되기도 하였다.

33) 식약처는 생리대 이상사례를 접수한다고 개설한 홈페이지에 무성의한 설문내용을 게재했다. 예를 들어 제품 사용량의 경우, 생리대 사용 숫자와 빈도 등을 무어야 하는, 선택항목은 1회 투여량, 투여 빈도 등이 제시되어 있었다. 또 2017년 10월 10일 식약처는 생리대의 VOCs 10종에 대한 전수조사 결과 중 잘못 입력된 4개 제품의 검출량을 수정해 재게재하였다고 밝혔다. 식약처는 수치를 입력하는 과정에서 실수로 일어난 일이라고 해명했지만, 식약처에 대한 불신을 키웠다 (장재연 (2017. 9. 4) 생리대 안전성과 여성건강 확보의 휘방꾼들. 허프포스트코리아).

있지 않으니 아직 국내외적 모두 규제안을 확립되기 어려운 것이다. 정작 중요한 연구가 부족한 현실은 그동안 생리대 문제를 포함한 여성건강 문제가 언던 사이언스(Undone Science)³⁴⁾의 대표적인 예임을 알 수 있다. 또 일부 전문가는 여성건강에 관심을 가져 규제를 위한 기준을 마련하자고 한 환경단체가 마치 무책임한 문제제기를 한 것 같은 분위기를 만들기도 하였다.

이에 기업은 식약처 관리기준을 통과했다며 안전관리 책임을 정부로 미루는 듯한 모습을 보였다. 설사 정부 규제 항목이 아니더라도 자사 제품에서 유해화학물질이 검출되었다면 자체 조사를 벌여 원인을 찾고 문제 원인을 제거하겠다고 소비자들에게 밝혀야 함에도 불구하고 수동적으로 대응하는 태도를 보였다. 게다가 기업은 생리대 유해물질 검출 논란이 일어나면서 소비자들의 일회용 생리대에 대한 불안이 치솟자 고급화란 이름으로 비싼 친환경 생리대를 내놓으며 불안마케팅을 펼쳤다.

여기에 더해 일부 언론들은 시민단체의 특정 기업연관 의혹과 업체 매수라는 본질을 벗어난 추측성 기사를 내보냈다.³⁵⁾ 또 특정 제품의 생리대만을 생리대 부작용의 주범인 양 퍼다 나르기식한 보도들을 이어가면서 생리대를 비롯한 생활화학물질에 대한 불안은 더 커졌다. 언론을 통해 생리대뿐 아니라 기저귀, 유럽산간염소시지, 환경호르몬요가매트 등 케모포비아가 더욱 확산되었다.

그리고 일회용 생리대 문제 해결이 지연되게 하는 사회문화적 원인도 살펴볼 필요가 있다. 남성중심문화 속에서 여성의 생리를 불결하거나 부정한 것으로 이미지화하면서 생리하는 여성의 몸을 냄새나는 몸으로 관리가 필요한 몸으로 여기게 되고, 일회용 생리대 뿐 아니라 여성청결제, 질세정제 사용 등 화학약품처리를 권하게 만들었다. 여기에 기업은 생리대 광고에서 20대의 젊은 남녀 연예인이나 여대생 모델을 앞세워 일회용 생리대의 깨끗함을 강조하는 마케팅을 통해 일회용 생리대의 깨끗함을 강조하고 은연중에 생리혈을 부정적인 것으로 여기게 만들었다.

34) 언던 사이언스(Undone Science)는 미국의 데이비드 헤스가 정의한 용어으로써, 체계적으로 무시되고 연구되지 않는 과학 연구 영역을 뜻한다. ‘체계적 무시’라는 뜻은 기업의 이해에 민감할 수 있는 주제를 꺼리거나 정부의 연구비 예산 배분 선정 과정에서 과학자들의 연구 선택에서 중요하지 않은 주제로 여겨져 외면당한다는 것을 말한다 (Hess, 2016).

35) 생리대 위해성 문제를 제기한 시민단체에 한 위생용품 업체 임원이 활동하고 있다는 사실이 한 언론을 통해서 보도되었다.(국민일보 (2018. 8. 25) 릴리안 생리대 ‘표적’이었다...유해성 제기 시민단체에 ‘경쟁업체’임원 활동). 이에 해당 시민단체는 “임원 중 1명이 2016년부터 운영위원으로 활동해온 것은 사실이나, 이 사실이 생리대 검출실험 공개 여부에 어떠한 영향도 미치지 않았음을 분명히 말씀드린다”고 반박했다 (한겨레 (2017. 8. 27) ‘생리대 업체 임원이 운영위원?’...여성환경연대, 의혹 반박).

2.3. 화학물질의 위험분류

화학물질의 위험에 적절히 대응하기 위해서는 먼저 화학물질이 초래하는 위험의 유형과 양태를 정확하게 이해하는 것이 필요하다. 본 연구에서는 복잡하고 다양한 화학물질의 위험을 보다 명확하게 이해하고, 각 위험 유형에 따른 대응방안을 제시하기 위하여 앞서 서술된 세 가지 국내 화학물질의 위험 유형을 분류하고자 한다. 화학물질 사례를 통해 나타난 위험을 일정한 기준에 따라 체계적으로 분류함으로써 위험에 대한 이해도를 높이고 각각의 위험에 대한 합리적인 대응방안 탐색도 가능할 것이다. 이를 위해 본절에서는 화학물질 사례의 위험 원인을 위험의 성격과 인식 기준에 따라서 종합적으로 분류하고, 각 유형별 특징을 파악한다.

2.3.1. 위험분류 기준 및 모형 설정

1980년대부터 위험사회에 관한 연구들에서 위험 유형 분류를 시도하였다. 다양한 연구들에서 일정한 기준에 따라서 위험을 분류하고 있는데, 위험이 발생하는 영역(Holzman, & Jorgensen, 2000; 이재열, 2005; 서울대사회발전연구소, 2005), 위험에 대한 인지 수준(WEF, 2006), 위험이 야기하는 피해의 규모나 심각성(조항민, 2010; 홍성태), 위험을 일으키는 원인(Jones, 1993; IRGC, 2008; 윤상오, 2013) 등으로 분류하기도 하였다.

본 연구에서는 화학물질로 인해 발생한 위험 원인에 따라 위험 유형을 분류하고자 한다. 위험의 원인에 대한 선행연구는 Jones(1993)가 자연적 기술적 사회적 위험의 3가지로 구분한 바 있다. 또 국제위험통제협회(International Risk Governance Council, 이하 IRGC)는 위험을 물리적 요인, 화학적 요인, 생물학적 요인, 자연적 요인, 사회적 요인, 복합적 요인 등 6가지 발생원인으로 분류하였다(IRGC, 2008). 앞선 선행연구들은 각 연구목적에 따른 사회전체적인 분류기준을 사용하고 있기 때문에 본 연구의 범위보다 거시적인 관점의 분류에 속한다고 할 수 있다. 그래서 본 연구에서 설정한 화학물질이라는 구체적 요소가 발생시키는 위험유형 분류에 직접적으로 적용하기에는 한계가 있었다. 아직 국내에서 화학물질의 위험을 체계화하여 분석한 연구는 국내에서 시도된 바가 없었다. 다만 화학물질과 같이 과학기술과 관련된 위험 영역에서 윤상오(2013)가 빅데이터로 파생되는 위험유형을 분류한 연구가 있었다. 따라서 본연구에서는 위험을 위험 원인에 따라 분류한 Jones(1993)와 IRGC(2008)의 기준과 윤상오(2013)의 위험유형 분류기준항목을 재구성하여 화학

물질 사례의 위험 유형을 분류하고자 하였다.

이에 따라 위험이 갖는 본질적 특성이라 할 수 있는 위험의 성격에 따라 위험을 분류하고, 그 분류기준항목을 기술적, 인적, 법제도적, 경제적, 사회문화적 위험으로 정하였다. 기술적 위험이란 화학물질이 초래하는 가장 직접적이고 객관적인 위험으로서 기술적 수단에 의해 발생하는 위험이다. 인적 위험은 화학물질과 관련된 일을 다루는 사람의 인식이나 능력의 부족으로 인해 초래되는 위험이다. 법제도적 위험은 화학물질과 관련된 법이나 제도가 미비하거나 허술함으로서 야기될 수 있는 위험이다. 단기적 직접적으로 해결이 어려우며 중장기적인 법과 제도의 개선을 통해 대응해야 하는 위험이다. 경제적 위험은 화학물질과 관련된 경제적 원인으로 인해 발생하는 위험이다. 사회문화적 위험은 화학물질이 초래하는 장기적인 위험으로 직접적이고 가시적인 위험이 아니라 장기간에 걸쳐서 서서히 나타나 사회 전반에 걸쳐서 영향을 미치는 위험이다. 사회문화적 위험은 장기적으로 대응해야 해결이 가능한 위험으로, 위험이 보다 증폭되면 심각한 사회문제가 될 가능성이 높다 (윤상오, 2013).

두 번째로 고려해야 할 분류기준은 위험의 인식이다. 위험의 수준을 과소 혹은 과대평가하면 실제 위험에 대한 과학적이고 합리적인 대응이 힘들어 질 수 있기 때문이다 (Slovic, 1992; 송해룡, 2012). 본문에서는 위험의 인식분류를 위험의 본질이 간과되거나 왜곡되어 문제가 발생하는 유형(위험의 본질 간과), 위험에 대한 과소한 인식으로 문제가 발생하는 유형(위험의 과소), 위험에 대한 과도한 인식으로 문제가 발생하는 유형으로 구분하였다.

2.3.2. 위험유형 분류 및 분석

국내 화학물질관련 사례인 학교 석면 해체·제거 작업장 주변의 노출피해, 가슴기 살균제 참사, 생리대 유해물질 검출 논란의 위험원인을 다음과 같이 종합하였다 (<표 6> 참조).

화학물질의 기술적 위험으로 위해성 평가의 제한점이 지적되었다. 모든 화학물질은 유해성을 가지나, 화학물질이 노출되지 않으면 유해성이 사람에게 미치지 못하므로 유해성이 필연적으로 위해성을 유발하지는 않는다. 학교 석면 비산 문제에서 살펴보았듯 무조건 유해성 제거에 초점을 두는 방식은 과도한 불안과 비용을 초래하며, 사람에게 얼마나 노출되는지 위해도를 낮추는 합리적인 정책 활용이 필요하다. 위해성 평가는 정부의 화학물질 안전관리를 위한 공식적인 방법론적 도구로 사용되고 있지만 한계 또한 내재하고 있다. 위해성 평가는 개별화학물질의 이미 알려

진 독성정보를 가지고 수행될 수밖에 없기 때문에 독성자료가 부족하면 위해성 평가만으로 화학물질의 안전성을 검증하기 어렵다. 또 개체간 화학물질에 대한 민감도가 다르기 때문에 동물실험에 기초한 독성정보는 사람과 유해화학물질과의 인과성을 명확히 밝히는 것이 쉽지 않다. 더구나 비용과 시간이 많이 드는 현행 독성평가 체계는 국민들의 핵심 관심사를 반영하여 신속히 답을 내기 어렵다. 그리고 동시에 노출되는 유해화학물질의 종류가 늘어나면 위험은 더 커질 수 있지만 개별화학물질별로 이미 알려진 독성 영향에 근거해 평가하는 현 위해성 평가 방식으로는 혼합물 독성관리 문제를 해결할 수 없다.

화학물질의 사례에서 인적 위험으로 공통적으로 나타난 것이 정부와 기업의 책임 회피와 무사안일주의였다. 정부와 전문가들의 화학물질에 대한 전문성과 통찰력이 미흡하였고, 특히 정부의 위해소통역량의 부족이 나타났다. 전문가들도 직접적으로 위험을 초래하는 청부 과학자의 모습에서부터 생리대의 경우와 같이 기본적인 연구를 하지 않는 언턴 사이언스의 문제가 있다. 또한 경마장에서 말이 달리고 있는 것을 그대로 따라가며 중계 방송하는 것과 방식으로 보도하는 이른바 언론의 경마 저널리즘과 같은 문제도 지적되었다. 인적 위험은 다른 분류기준항목보다 분류된 목록들이 모든 사례에서 골고루 지적되었다. 직간접적으로 위험을 일으키거나 해결을 지연시키는 것은 일차적으로 사람이나 집단의 행위에 비롯된 측면이 크더라도 이를 초래하게 하는 보다 다양하고 복합적인 원인들이 존재하고 있다. 자발적인 자정노력, 교육과 같은 직접적인 인적 해결 뿐 아니라 다른 성격의 측면에서도 다각적인 해결책이 필요할 것으로 보인다.

각 개별화학물질의 새로운 위험이 계속해서 등장할 때마다 부실했던 법제도적 원인은 가장 먼저 언급되는 이유 중 하나가 된다. 특히 가슴기 살균제 참사 이후 큰 댓가를 치루고 나서야 화평법과 화학제품안전법이라는 사전예방적 법제도가 만들어졌지만, 사후관리제도나 시스템의 미흡함으로 문제가 더 커지는 일이 되풀이되고 있다. 담당부처의 분절화도 이러한 문제 해결을 어렵게 만드는 원인이 되고 있다.

그리고 경제적 위험의 원인으로 안전보다 이윤을 우선시 하는 기업의 행태가 화학물질의 위험을 공고화시킨다고 할 수 있다. 기업은 화학물질에 대한 일차적인 책임 의무가 있음에도 위험관리를 하지 않았고, 한편 공격적이고 세뇌적인 광고로 상품의 소비를 부추겼다. 비단 이것은 기업만의 문제는 아니었다. 언론은 광고주와의 거래 관계에서 오는 기사형 광고나 청부 기사를 통하여 기업과 유착되었다. 언론뿐 아니라 화학물질과 관련된 이해당사자들이 경제적 이권을 공고화함으로써 위험의 해결을 지연시키거나 악화시켰다.

마지막으로 사회문화적 위협으로 생활의 불편함이나 위험을 제거 또는 완화하기 위해 소비를 통한 문제 해결 방식이 원인 중의 하나로 드러났다. 또 화학물질에 대한 공포와 세균에 대한 공포나 여성 생리의 부정적 이미지화 등 사회적 병리현상이 원인으로 지목되었다.

위험분류에 있어 상호배타적으로 정확히 나누어지지 않는 한계가 존재하였다. 예를 들어, 가습기 살균제 판매기업에서 ‘아이에게 안심’ ‘인체에 안전한 성분을 사용’ 문구를 사용한 것은 문구 사용을 제재할 법적인 안전장치가 없었던 것도 문제였고, 기업의 안전보다 이윤이 우선인 측면도 문제의 한 원인이었다. 이렇게 화학물질이 초래하는 위험이 단일차원의 단순한 위험이라기보다는 기술적 요인, 구조적 요인과 사회적 요인 등이 복잡하게 얽힌 복합위험이기 때문에 한계가 존재할 수 밖에 없었다. 하지만 일차적이고 직접적인 원인에 따라 우선 분류되도록 하고, 중복되는 내용은 소주제 안에서 모두 포함되도록 분류하고자 하였다.

〈표 6〉 국내 화학물질 사례의 위험원인 분류 종합

유형	내용
기술적	<ul style="list-style-type: none"> · 위해성평가의 제한점 (석면) 석면의 유해성과 위해성을 동일시 (살균제) 특정 화학물질(CMIT/MIT)의 건강 피해에 대한 인과성 규명의 어려움 (생리대) 일회용 생리대에서 방출되는 VOCs와 여성들의 생리관련 이상증상과의 연관성 규명의 어려움 (생리대) 생리대에서 방출되는 일부 개별화학물질의 흡입·간독성에 근거한 위해성평가
인적	<ul style="list-style-type: none"> · 책임회피와 무사안일주의 (석면) 석면 관리 담당 부처(환경부, 고용노동부, 교육부 등)의 책임회피 (석면) 석면 조사 및 현장 감독 부실 (살균제) 살생물제 관리 담당 부처(산업자원부, 환경부 등)의 책임회피 (살균제) 가습기 살균제 가해 기업의 낮은 사과와 인정 (생리대) 생리대 관리 담당부처(식약처)의 무사안일 (생리대) 생리대 안전 기준의 현행 규정을 근거로 기업의 책임회피 · 통찰력과 전문성 부족 (석면) 석면 관리 주체의 전문성 부족 (석면) 언론의 ‘1급’ 발암물질 용어 사용 (석면) 함유된 석면의 존재만으로도 불안을 조성하는 석면 검출 보도 (살균제) 기술표준원 등 가습기살균제 관리 주체의 전문성 부족 (살균제) 피해구제 문제 해결을 위해 의학적 확실성에 따라 피해자를 구분하는 전문

	<p>가의 발상 (살균제) 의료진을 포함한 전문가 집단이 가지고 있는 걱정 습도에 대한 잘못된 개념, 세균에 대한 공포, 잘못된 위생 개념 (살균제) 가습기의 세균 공포를 부추기는 기사 (살균제) 안정성에 대한 의심 없이 가습기 살균제 언론보도 (생리대) 환경단체가 마치 무책임한 문제제기를 한 듯한 전문가의 무책임한 문제제기 (생리대) 생리대 업체 매수 의혹 등 일부 언론의 본질을 벗어난 추측성·음모성 보도</p> <ul style="list-style-type: none"> · 미숙한 위해소통역량 <p>(생리대) 식약처의 미숙한 위해 소통 대응방식</p> <ul style="list-style-type: none"> · 전문인력의 부족 <p>(석면) 석면관리 전문인력의 부족</p> <ul style="list-style-type: none"> · 청부 과학자 <p>(살균제) 서울대 호서대 교수의 가습기 살균제 실험조작 의혹</p> <ul style="list-style-type: none"> · 언턴 사이언스 <p>(생리대) 여성건강에 대한 기본적인 연구의 부족</p> <ul style="list-style-type: none"> · 경마 저널리즘 <p>(살균제) 가습기 살균제의 검찰 수사 기록만을 뒤쫓는 등 퍼다나르기식 보도 (생리대) 특정 제품의 생리대만을 생리대 부작용의 주범인 듯 몰아가거나 유해물질 검출 소식에만 몰두하는 퍼다나르기식 보도</p>
<p>법제도적</p>	<ul style="list-style-type: none"> · 화학물질 및 화학제품 관리체계의 미흡 <p>(석면) 석면의 유해성 제거에 집중된 석면 해체 제거 정책 속도전</p> <p>(살균제) 살생물질 및 살생물제품 관리 미흡</p> <p>(살균제) 가습기 살균제에 ‘아이에게 안심’ ‘인체에 안전한 성분을 사용’ 문구 사용</p> <p>(생리대) 생리대 안전검사의 기준설정과 관리 미흡</p> <ul style="list-style-type: none"> · 사후관리부실 <p>(살균제) 가습기 살균제 피해자 인정기준을 위한 질환 등급화</p> <p>(살균제) 세균성 혹은 바이러스성 질환 대비 환경성 질환에 대해 부족한 국가 질병관리와 의료시스템</p> <ul style="list-style-type: none"> · 담당 부처의 분절화 <p>(석면) 석면 관리 담당부처의 분절화</p> <p>(살균제) 생활화학제품 담당부처의 분절화</p>
<p>경제적</p>	<ul style="list-style-type: none"> · 안전보다 이윤 우선인 기업 <p>(석면) 부실한 석면 해체 제거 업체 참여</p> <p>(석면) 석면 해체 제거 업체의 하도급 계약</p> <p>(석면) 낮은 석면 단가</p> <p>(살균제) 이윤만을 추구하는 가습기 살균제 가해 기업의 행태</p> <p>(생리대) 생리대 등 여성건강제품의 의학적 효능이나 기능에 대한 허위과대 광고</p>

	<p>(생리대) 고급화란 이름으로 비싼 친환경 일회용 생리대 출시</p> <ul style="list-style-type: none"> · 세뇌적인 기업광고 <p>(살균제) 살균제 사용을 부추기는 생활화학용품 회사들의 공격적이고 세뇌적인 광고</p> <p>(생리대) 일회용 생리대의 깨끗함을 강조하고 은연중에 생리혈을 부정적인 것으로 인식하게 하는 광고</p> <ul style="list-style-type: none"> · 언론과 기업의 유착 <p>(살균제) 언론의 가습기나 가습기 살균제 기사형 광고</p>
<p>사회문화적</p>	<ul style="list-style-type: none"> · 소비 문화 <p>(살균제) 아파트 주거문화로 실내 습도 조절을 위한 가습기 소비 증가</p> <p>(살균제) 상업화된 살균제품의 과잉소비</p> <ul style="list-style-type: none"> · 케모포비아 <p>(석면) 석면의 유해성에 집중된 높은 불안과 공포</p> <p>(생리대) 일회용생리대를 비롯한 생활화학제품에 대한 화학물질 피해 공포</p> <ul style="list-style-type: none"> · 사회적 병리현상 <p>(살균제) 세균의 공포</p> <p>(생리대) 남성중심문화 속에서 여성의 생리를 불결하거나 부정한 것으로 이미지화</p>

주) 석면: 학교 석면 해체·제거 작업장 주변의 노출피해, 살균제: 가습기 살균제 참사, 생리대: 생리대 유해물질 검출 논란

2.3.3. 위험유형의 종합

화학물질의 위험의 성격에 따라 분류하여 종합한 결과를 위험의 인식 (위험의 본질 간과, 위험의 과소, 위험의 과잉)과 함께 표 7에 2차원적인 분류 결과를 타냈다. 위험이 과소평가되어 위험이 발생한 경우에 위해성 평가의 제한점을 보완하고 전반적인 인적 능력과 인식 강화하는 것, 그리고 미흡한 화학물질관리 체계를 통합적으로 구축할 필요가 있음을 시사한다. 그리고 기업의 경제적 원인으로 인한 위험의 완화가 필요하다. 또 전체적으로 화학물질의 위험에 대한 과소평가로 발생된 위험에는 상당히 집중되었으나 상대적으로 위험의 본질이 간과되거나 위험에 대한 과도한 대응으로 인한 위험에 대해서는 간과된 측면이 있음을 보여준다. 하지만 사회문화적인 원인은 보다 근본적이고 장기적인 대응이 필요한 만큼 위험의 본질이 간과되거나 과도하여 발생할 수 있는 위험에 대해서도 면밀하게 검토하는 균형잡힌 노력이 필요함을 시사한다.

〈표 7〉 위험의 원인과 인식에 따른 종합적인 분류

		위험 원인				
		기술적	인적	법제도적	경제적	사회문화적
위험 인식	위험의 본질 간과		· 청부 과학자		· 언론과 기업 유착	· 사회적 병리현상
	위험의 과소	· 위해성평가의 제한점	· 책임회피와 무사안일주의 · 통찰력과 전문성 부족 · 미숙한 위해소통역량 · 전문인력의 부족 · 언던 사이언스 · 경마 저널리즘	· 화학물질 및 화학제품 관리체계의 미흡 · 사후관리부실 · 담당 부처의 분절화	· 안전보다 이윤 우선인 기업 · 세뇌적인 기업광고	
	위험의 과잉					· 소비 문화 · 케모포비아

3. 화학물질 안전사회를 위한 제언

앞서 서술한 화학물질 사례의 위험 원인에 따른 대안(부록 〈표 1〉 참조)을 토대로 각각의 이해관계자별로 대안을 고찰하였다.

3.1. 정부

지속가능한 화학물질 안전사회를 위해 먼저 통합적인 화학물질관리체계의 구축이 필요할 것으로 보인다. 화학물질의 독성 등록 및 평가, 제품 사용시 위험 정보 등록 및 평가, 화학물질의 피해 감시 및 활용, 건강피해에 대한 기업 책임 부과 등 여러 단계에 걸친 규제와 감시 안전망을 만들어야 한다 (박동욱, 2016). 이러한 법제도의 마련은 크게 사전예방 및 사후관리 제도로 구분될 수 있다. 사전예방제도는 EU REACH를 필두로 우리나라에서도 가습기 살균제 참사 이후 재발방지를 위해 사전예방의 원칙을 담은 화평법과 화학제품안전법이 제정되었다. 최근 국내에서 사전예방제도의 법제화가 이루어진 것은 다행스러운 일이나 사후 관리 시스템 개선도 시급하다.

사후관리제도로써 사후 피해구제와 사후 추적체계로 나눌수 있다. 사후 피해구제에 있어 적극적인 피해자 발굴과 역학조사의 선제적 대응이 필요하며, 질환등급화로 피해자 구분짓기가 아닌 종합적인 접근으로 피해자들의 고통과 이로인한 사회적 비용을 최소화해야 하는 것이 필요하다. 앞서 살펴보았던 가슴기 살균제 참사의 경우, 2011년 처음 사건이 알려졌을 때 정부가 적극적으로 가슴기 살균제 사용자들을 파악하고, 피해자들을 대상으로 질환별 등급화가 아닌 포괄적인 보상이 이루어지도록 했어야 했다. 또한 정부는 집단소송에 필요한 행정적 지원을 해 피해자들의 고통을 최소화했어야 했다. 피해 판정기준의 설정과 진행이 판정자 중심이 아니라 피해자 중심으로 바뀌어야 하며, 사후 원인 규명과 피해자들을 위한 치료 시스템이 구축되어야 한다. 그리고 기업의 책임성을 강화할 수 있는 법제도의 보완이 필요하다. 그 대표적인 예로 소비자 징벌적 손해배상제³⁶⁾와 집단소송제³⁷⁾ 확대가 꼽힌다. 또 지금은 피해자가 손해의 책임이 기업에 있다는 것을 입증해야 하지만 피해입증을 기업책임으로 전환하는 방식의 일부 도입을 검토해 볼 필요가 있다.

그리고 사후 추적체계로서 화학물질과 생활화학제품의 건강피해를 모니터링할 수 있는 장기적인 국가감시체계를 구축해야 한다. 위험이 발생하지 않도록 예방하는 것이 가장 중요하지만 피해가 발생하더라도 최대한 빨리 발견하고 신속하게 대응해 피해를 최소화해야 한다. 우리나라에는 소비자보호원이 있지만 제품의 하자에 대한 대응 정도의 소극적인 역할에 그치고 있고, 현재 국가의 질병 관리 시스템은 세균성 혹은 바이러스성 질환에 집중되어 있다. 국가 차원의 화학물질중독센터 운영 사례를 참고할 필요가 있다. 현재 우리나라를 제외한 모든 OECD 회원국에는 국민이 제품 사용과정에서 나타나는 위험을 관리하고 건강영향을 감시하는 국가중독센터가 있다. 소비자가 화학물질로 인한 피해를 입었을 때 바로 중독센터로 신고할 수 있도록 하고, 센터는 피해자에게 대처법을 알려주는 동시에 피해 사례를 수집한다. 사람에게 독성 시험을 할 수 없기 때문에 수집되어진 개인 피해 사례는 중요한 휴먼 데이터로도 활용될 수 있다.

또 정부부처 책임자들의 책임성, 전문성, 통찰력, 위해소통역량이 필요하다. 화학

36) 징벌적 손해배상제이란 기업의 과실이나 책임으로 소비자 등에게 손해가 발생했을 때 고의성이나 악의성이 입증될 경우 실제 발생한 손해액 외에 징벌적 성격의 배상금을 기업에 추가로 물리는 제도이다. 국내에서는 기업의 갑질과 관련된 하도급 거래와 기간제 근로자 파견, 그리고 금융기관 대량 개인정보 유출 사건 이후 신용 및 개인정보 이용 등 관련 피해에 한해 제한적으로 징벌적 손해배상제가 도입된 상태다. 2020년 법무부가 입법예고한 개정안은 분야의 구분 없이 모든 상행위 전반에 걸쳐 징벌적 손해배상제도를 도입하는 것을 내용으로 하며, 인명·신체에 중대 손해를 입힌 제조물 사업자에 대해 피해액의 최대 5배까지 손해배상액을 정할 수 있도록 했다.

37) 집단소송제는 피해자들 일부가 소송에서 이기면 다른 피해자들도 동일한 배상을 받는 제도이다. 현재 국내에서는 증권 분야에서만 소비자 집단소송을 인정하고 있는데, 정부는 현행 「증권관련집단소송법」적용범위를 소비자분야로 확대를 추진 중에 있다.

물질관련 책임주체의 자체적으로 인식과 능력을 강화하는 것과 함께 화학물질관리의 컨트롤타워와 부처와 법률별로 규제 수준의 통일성이 확보되어 화학물질관리의 권한과 책임이 정비되고 강화되어야 할 것으로 보인다. 유럽의 ECHA는 유해화학물질 등록부터 제품별 함량 기준 설정까지도 정비하고 있어 화학물질에 관련된 전반적인 관리를 맡고 있다. 단, 부처에 따라 산업진흥과 산업규제의 분리가 필요하다(이중환, 2013). 예를 들어 제품의 기능 관리로 산업진흥이 중요한 산업통상자원부와 건강과 환경을 보호하기 위한 관리와 규제 중심인 환경부의 역할은 구분되므로, 소비자제품의 안전과 관련된 기능을 산업진흥부서에서 맡는 것은 적절치 못하다고 할 수 있다. 더불어 화학물질관리 전문인력의 확충도 필요하다.

그리고 정부와 정책에 대한 신뢰 형성이 중요하다. 이를 위해 먼저 화학물질에 대한 소비자들의 완전한 알권리를 실현해야 한다. 기업에게서 제품에 포함된 화학물질의 정보가 제대로 생산되고 최종 소비자에게 화학물질의 위해성 정보가 충분히 제공되어야 한다. 그 예로 생활화학제품들의 전성분표시제가 확대될 필요가 있다.³⁸⁾ 또 주의 사항이나 제품 성분이 정확히 표기되어 있어야 하며, 생활화학제품에 오해를 불러일으킬 수 있는 문구나 광고 행위를 규제해 제품 오남용을 막아야 한다.³⁹⁾ 위험할 수 있는 제품에 위험한 물질이라고 써놓아서 소비자가 위험을 알고 선택한 것과 알지 못하고 선택해 위험을 감수해야 하는 건 엄연히 다른 문제이다.

신뢰형성을 위해서 국민간 부처간 위해소통역량도 강화해야 한다. 국민들의 화학물질에 대한 불안을 해결하기 위해서는 정부는 투명하고 정확하게 정보를 공개해야 하고, 국민의 눈높이에 맞춘 메시지를 내놓아야 한다. 논란을 잠재우기 위해 급하게 하는 ‘안전하다’는 선언보다 현재 불확실성과 통제현황을 투명하고 정확하게 공개하는 것이 가장 중요하며, 허위 정보 유포자에 대해선 강력한 조치를 취해야 한다.

신뢰형성을 위해 마지막으로 정부는 시민사회, 전문가와의 위험소통 및 협력을 이루어야 한다. 정부도 한정된 인력과 예산으로 화학물질에 관련된 모든 일을 맡아서 하는 것은 어려운 일이며, 시민사회와 전문가가 화학물질 감시 파트너가 될 수 있다. 미국과 유럽에서는 협회 및 시민단체 등이 화학물질 감시의 일부 역할을 담당함으로써 소비자의 신뢰를 높이는 작용을 하고 있다. 기업과도 건설적인 문제 제기과 토론의 장에서 투명하게 소통하는 것이 필요하다. 정부는 화학물질 정책의 현

38) 2017년부터 국내 17개 기업을 시작으로 생활화학제품에 포함된 화학물질 전성분을 공개를 시작하였다. 이는 환경부와 식품의약품안전처의 '생활화학제품 안전관리 자발적 협약'에 따라 이뤄지는 것이다. 기업의 자율적 참여와 의지에 따라 LG생활건강, 애경산업, 유한킴벌리, 다이소 등 17개 업체가 참여하고 세정제와 방향제 등 50종이 넘는 생활화학제품의 전성분이 단계적으로 공개한다.

39) 화학제품안전법 제34조 제1항에 따라 안전확인대상생활화학제품과 살생물제품에 “무독성”, “환경친화적” 등과 같이 사람이나 동물의 건강과 환경에 미치는 부정적 영향에 대한 오해를 일으킬 수 있는 문구의 표시·광고를 제한한다(화학제품안전법 제34조 제1항).

장 작동성과 효율성 측면에서 기업의 의견을 듣고, 합리적으로 검토하는 것이 필요하다. 신뢰는 오랜시간이 걸리는 일이고, 정부는 시민들이 정부와 정책에 대한 믿음이 형성될 수 있도록 꾸준히 노력해야 한다.

현재 정부의 화학물질 안전 관리를 위한 중요한 방법론적 도구는 위해성평가이며, 화평법 등 대부분의 법적 수단은 이에 기반하고 있다. 현행 위해성 평가체계가 가진 한계를 보완하기 위해 위해성 평가와 환경보건 역학조사를 병행하는 것이 필요하다. 사람들의 궁극적인 관심은 개별화학물질을 평가하는 차원이 아니라 결국 그래서 나에게 정말 안전한가이다. 유해화학물질의 최종 수용체인 사람과 생태계 중심의 통합 안전 관리체계가 필요하다 (최경호, 2017).

또한 기업이 대체물질과 대체제품을 개발하고 경제성을 가질수 있도록 지원하는 것이 필요하다. 석면의 경우, 합리적인 석면 제거 공사 단가 기준이 반영될 수 있도록 하고, 용역의 분리발주 등 구조적 개선 노력이 뒷받침되어야 한다 (변상훈, 2009). 또 언던 사이언스 문제를 개선하기 위해서 공공분야에서 필요하지만 면당안 분야의 연구를 적극적으로 찾고 지원해야 한다.

마지막으로 정부는 선제적으로 정책의제의 확장 노력이 필요하다. 예를 들어 생리대 유해물질 검출 논란에서 일회용 생리대 안전성뿐 아니라 여성용품 전반에 포함된 유해물질과 여성건강에 대한 관심을 가져야 한다. 지속가능한 여성건강정책을 위해서 현재 가임기 여성을 중심으로 한 건강 정책을 전반적인 여성 몸 의제로 확장하는 것이 필요하다 (이안소영, 2017).

3.2. 기업

화학물질안전관리에서 기업의 책임은 핵심 중 하나라고 할 수 있다. 정부가 기업이 생산해야 할 정보를 대신 생산해주고 모든 화학물질을 관리를 하기에는 예산과 인력이 부족해 구멍이 날 수 밖에 없다. 기업이 일차적으로 제품에 대한 안전성 평가 및 보고, 화학물질정보 생산 및 공개 의무를 가져야 한다. 업종별 공정별 사업장별 특성이 다르므로 이를 가장 잘 아는 기업이 스스로 안전을 그 특성에 맞게 관리할 수 있어야 한다. 화평법은 기업에게 화학물질 평가, 보고 및 등록 의무를 부여하는 대표적인 예라고 할 수 있다. 정부는 그다음으로 안전을 확인하고, 기업이 속일 시에는 법으로 충분한 대가를 치르게 하는 법적 근거가 마련되도록 해야 한다.

기업의 책임을 강화하는 제도의 개선과 함께 기업의 근본적인 태도 변화도 중요하다. 기업은 사회책임경영을 실천해야 하며, 사회적 윤리를 준수하는 안전제품을 생산해야 한다. 유해물질사용을 최소화할 수 있는 생산공정 및 제품설계, 사용과 폐

기과정에서 인체와 환경에 대한 위해를 최소화할 수 있는 친환경물질 및 제품을 개발해야 한다. 또 생활화학제품 사용 과정에서 나타날 수 있는 위험 정보를 소비자들에게 제공하며, 노출을 최소화할 수 있는 올바른 사용방법을 안내할 수 있어야 한다. 기업 스스로 과대, 왜곡 광고들을 자체검열할 수 있는 윤리성도 갖추어야 한다. 그리고 기업은 건강 피해 등 사고에 대한 책임을 제대로 지어야 한다. 즉 자사 제품에서 유해화학물질이 검출되었을 때에는 설사 정부의 규제 항목이 아니더라도 자체 조사를 통한 문제해결노력이 있어야 한다. 또 피해자 보상문제에 적극적으로 임해야한다. SK하이닉스 반도체의 포괄적인 지원보상이 그 예가 될 수 있다.⁴⁰⁾

사회적 책임을 다하는 기업들은 그만큼 인정을 받고 소비자에게도 홍보되도록 유도해야한다. 사회적 책임을 다하는 기업이 성공하는 사회를 만들려면 기업의 노력만으로는 불가능하다. 소비자도 사회적 책임을 다하는 기업들의 상품과 서비스를 구매하는 사회적 책임 소비를 적극적으로 실천해야 효과를 높일 수 있다.

3.3. 전문가

전문가는 공공성에 기반한 사람과 생태계 중심의 연구 노력이 필요하다. 실제 사람들이 우려하는 건강 피해 영향을 반영하고 답을 줄 수 있는 위해성 규명이 될 수 있도록 전문가들의 노력이 필요하다.

전문가는 사회적 책임 역할을 가져야 한다. 문제 제기만이 아니라 검증된 과학적 연구방법으로 이해 충돌을 중재하고 대안을 고민하는 단계까지 나아가는 것이 필요하다. 이를 위해 단순한 지식 보유 수준을 넘어 자기 분야에 대한 통찰력을 갖추도록 해야 한다. 전문가로서 정직하고 공정한 연구를 하는 책임성과 윤리성을 가져야 한다. 연구자들이 이윤추구를 위한 기업의 압력으로부터 양심을 가지고 독립성, 객관성과 공공성을 지켜낼 수 있도록 독립적인 감시제도 등의 이해상충을 막는 제도의 마련이 필요하다.

그리고 단기적인 성과로만 평가하는 대학의 체질 개선과 사회 전반의 문화가 개선되어야 할 필요가 있다 (우희중, 2016). 대학은 학문의 장기적 발전보다는 일 년 단위의 성과로 연구자들에게 단기적인 양적 평가를 요구하고 있다. 학문 주체인 연

40) SK하이닉스는 반도체 사업장에 종사하다 질병에 걸린 직원들을 대상으로 포괄적 지원보상을 지급하도록 했다. 반도체 사업장에 종사한 원인과 직업병 간의 인과 관계 파악은 매우 어렵기 때문에 대안으로 산업보건검증위원회는 “근로자의 심각한 질병들에 대해 ‘인과관계 확인’을 유보하고 건강 손상 근로자들의 치료와 일상유지에 필요한 기본수준을 지원하는 ‘포괄적 지원보상체계’를 제안한다”고 밝히고, 사측이 이 제안을 받아들였다 (경향신문 (2015. 11. 25) 하이닉스 “반도체 직업병 포괄적 지원·보상”).

구자가 배제되고 대학이라는 조직 평가가 우선시 되고 있지는 않은지, 성과와 연구비 확보에 정작 연구의 질은 문제가 없는지 점검하고, 장기적인 관점으로 연구를 기다려주는 것이 필요하다.

3.4. 언론

언론은 사회 감시 기능의 역할에 충실해야 한다. 화학물질과 제품의 안전성 평가가 제대로 이루어지 있는지 감시하고 제도적 사각지대를 없애기 위한 여론 형성에 기여해야 한다. 언론은 보도의 심층화를 위해 노력해야 하며 유해성 논란을 증폭하여 과도한 공포를 조장하는 피상적, 단편적이고 선정적인 보도 지양해야 한다. 언론은 스스로 성찰하고 내부 자정능력을 가져야 하며, 책임 있는 저널리즘이 실현되어야 한다 (김세은, 2018).

3.5. 시민사회

시민들이 할 수 있는 것은 소비 활동을 바꾸는 것이다. 개인적으로도 유해화학물질의 노출을 줄이도록 쓰지 않아도 되는 제품은 쓰고 않고, 써야되는 제품은 가능하면 사용 빈도와 사용량을 필요한 만큼만 줄여 소비하는 습관을 기른다. 화학물질은 노출 경로나 사용량에 따라 위험 정도가 달라질 수 있으므로 제품에서 정하는 용량과 용법을 지켜 사용하는 것이 중요하다. 또는 대체 및 대안 제품을 사용할 수도 있다. 예를 들어 생리대의 경우, 면생리대나 생리컵 등 대안생리대 활용할 수 있고 가습기 살균제의 경우에는 실내 습도 개선을 위해 가습기를 필수로 사용할 게 아니라 빨래 널기, 화초키우기, 실내온도 낮추기 등의 방법을 활용할 수 있다. 소비자도 사회적 책임 소비를 실천할 수 있다. 살균제 사용을 부추기는 생활화학용품 회사들의 공격적이고 세뇌적인 광고에 대해 문제 의식을 갖고 개선을 요구할 수도 있다. 또 피해 시 신고나 모니터링 등에 적극적 참여할 수도 있다. 소비자들의 목소리가 현장에서 보다 적극적으로 반영이 될 수 있도록 모이고 뭉쳐 힘을 합쳐야 한다. 소비자가 할 수 있는 가장 직접적이고 강력한 방법은 불매운동을 통해 압박하는 것이다. 소비자들이 조금 불편함을 참고 불매운동에 참여하여 기업에 강한 영향력을 행사한다면 기업은 소비자를 먼저 생각하는 제품을 만들고자 할 것이다.

그리고 화학물질 및 제품의 안전에 대한 교육과 인식개선 노력이 필요하다. 화학물질의 안전에 대한 교육, 정확한 환경보건 지식을 전달하여 불필요한 불안과 위험

한 맹신을 최소화시킬 수 있다. 예를 들어, 학생들에게 석면에 대한 위험을 알려 사전에 조심하도록 하고, 학교 내 방치된 천장 텍스 등 석면 자재를 보면 선생님에게 알리도록 하는 등 교육을 통해 위험성을 상당 부분 낮출 수 있다. 가습기 살균제 참사의 경우, 세균을 올바르게 바라보는 문화가 필요하다. 무조건 세균을 멀리하고 박멸하려 할 것이 아니라 무해한 세균에 대해서는 염려하지 않아도 된다. 생리대 유해물질 검출 논란의 경우, 면생리대와 생리컵 등 다양한 월경용품의 정보, 위생적인 생리대 사용법 등에 대한 교육과 홍보가 필요하다. 또 일회용 생리대의 제품안전 뿐 아니라 월경 문화에 대한 성찰을 통해 월경은 부끄럽고 숨겨야 하는 생리현상이 아니라, 자연스러운 여성의 경험으로 인지되도록 월경 인식개선 교육이 필요하다 (이안소영, 2017).

그리고 현대 과학기술 문명의 이기에 대한 지나친 맹신을 주의하고, 현대 과학기술에 대한 성찰적 반성이 필요하다. 건조한 겨울날에 번거로운 가습기 세척을 편리하게 하기 위해 가습기 살균제를 사용하지말고 젖은 수건이나 빨래를 널거나 실내 온도를 조금 낮추는 방법으로 실내 습도를 관리했다라면 좋았을 것이다. 상업화된 살균제품의 범람 속에서 과도한 소비와 사용을 주의하고 때론 불편함을 감수하는 사용자의 노력이 필요하다.

IV. 결론

우리는 수없이 많은 화학물질에 둘러 쌓여 살아가고 있다. 20세기에 들어 화학물질의 인공적인 합성 기술은 비약적으로 발전하게 되었고, 현대에 많은 편리를 경험하게 되었다. 값싸고 효과적인 합성비료와 농약류 화학물질은 78억명의 인구의 식량 생산을 가능하게 하였으며, 항생제는 인류의 수명을 연장시켰고, 플라스틱은 일상생활을 혁신적으로 변화시켰다. 인류의 필요에 의해 개발되고 발전되어 온 화학물질은 어떻게 사용되느냐에 따라 양면성을 나타낸다. 화학물질의 종류와 사용량이 커지면서 화학물질의 독성으로 인한 피해의 규모와 심각성도 커지게 되었다. 1960년대에 사람과 생태계에 대한 악영향이 드러나는 사건들이 세계 각지에서 발생되고, 사건에 대한 과학적 이해도 높아짐에 따라 환경 위험이 널리 인식되고 확산되었다. 환경에 대한 높은 관심은 기관의 설치와 입법으로 이어지게 되고, 국제연합 및 국제 기구를 중심으로 로테르담 협약, 스톡홀름 협약 등 유해화학물질관련 협약 체결 등의 국제적 대응 협력도 시작되었다. 2000년대 들어 EU의 REACH 도입을

시작으로 기존의 화학물질의 관리제도를 전면적으로 개편하였고, 국제 화학물질규제의 레짐도 강화되고 있는 추세이다. 우리나라도 이러한 국제적인 화학물질관리흐름의 변화와 함께 국내 화학물질 관련 사고로 인한 우려로 인해 화평법 제정과 같은 정책변화가 이어졌다.

국내 화학물질 사례 분석을 통해서 제2의 석면, 가슴기 살균제, 생리대 유해물질 검출 사건이 터지지 않기 위해서 1) 과도한 공포를 지양하고 2) 위험 발생을 원천 감소시키는 노력이 필요하며 3) 사회에서 왜곡되거나 간과된 인식의 개선이 필요함을 확인하였다. 특히 그동안 화학물질의 위험을 과소평가하여 발생한 위험에는 상당히 집중하여 해결하려고 노력하였으나 상대적으로 위험의 본질이 간과되거나 위험에 대한 과도한 대응으로 인한 위험에 대해서는 간과된 측면이 있었다. 하지만 사회문화적 원인으로 장기적으로 심각한 새로운 위험을 가져올 수 있기 때문에 이를 간과해서는 안되며, 앞으로 이에 대해 보다 관심을 가지고 대응하는 균형잡힌 노력이 필요하다는 것을 확인하였다. 그리고 대안 모색을 통해 사람·생태계 영향 중심의 통합화학물질 안전망 구축과 위해소통강화를 통한 신뢰회복, 문제 발생 시 피해자 중심의 해결노력, 소비자의 안전을 생각하는 기업의 책임, 그리고 궁극적인 우려인 나와 가족의 건강 문제에 대한 답을 제시할 수 연구 노력 등 각 이해관계자들의 영역에서 사람 중심의 가치가 정착되어야 함을 확인하였다.

이 연구는 화학물질의 효용과 위험 사이에서 화학물질의 역사를 균형있는 관점으로 고찰하고, 보다 지속가능한 화학물질 안전사회를 향한 대안들을 제언하고자 하였다. 화학물질 안전사회를 위하여 사회 각 영역의 대안 담론들이 정부뿐 아니라 기업, 전문가, 언론, 시민 사회에 대해서도 더 깊은 이해와 대안 발전이 필요할 것으로 보인다. 이 연구를 바탕으로 화학물질문제에 내재된 복잡하고 심층적인 문제의 원인을 보다 심도있게 살피는 연구의 기초자료로 활용될 수 있기를 기대한다.

참 고 문 헌

- 가습기살균제 건강피해 사건백서-사건 인지부터 피해 1차 판정까지 (2014.12). 보
건복지부 질병관리본부 폐손상조사위원회.
- 가습기살균제피해지원 종합포털, 한국환경산업기술원, <https://www.healthrelief.or.kr>
(2021-3-12).
- 국가미세먼지정보센터, 환경부, <https://www.air.go.kr>
- 국립환경과학원 (2013). 2012 대기오염물질배출량.연보.
- 국립환경과학원 (2017), 화학물질의 위해성에 관한 자료 작성지침
- 국립환경과학원 (2019), 화학물질 등록·평가를 위한 위해성에 관한 자료 검증 방안
연구 (I)
- 김성배 (2016), 최근 미국 TSCA의 개정과 그 시사점, 한국환경법학회, 38(3), pp.
65-107.
- 김세은, 심훈, 박영흠 (2018). 보도의 신뢰 하락 원인 분석과 책임 저널리즘을 통한
방송 보도의 신뢰성 확보 방안 연구, 방송기자연합회
- 김용화 (2016). 환경독성학적 관점에서 본 가습기살균제 사건과 국가의 책임-고분자
물질 등록 시험 자료 제출 면제 조항을 중심으로-. 환경법과 정책, 16, 83-99
- 김종찬, 김구환, 박익범 (2001). 지구환경문제와 국제환경협약의 동향 및 전망. 경기
도보건환경연구원.
- 나태준 외 (2013), 국제환경협약의 이해, 대영문화사.
- 문성진 외 (2014), 우리나라 유해화학물질관리정책 분석: 화학물질의 등록 및 평가
등에 관한 법」을 중심으로, 이화여자대학교 법학논집 9(2).
- 박동욱 (2016년 12월 19일) “[기고]생활화학용품 안전 관리 대책, 핵심이 빠져
있다”. 경향신문.
- 변상훈, 송태협, 피영규 (2009). 석면해체·제거 공사 단가 설정 및 합리적 적용 방안
연구. 한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원.
- 봉춘근 (2015). 생활주변 VOCs(휘발성유기화합물) 관리방안 마련 연구. (주)그린솔루
스, 환경부.
- 송해룡 (2012). 《위험 커뮤니케이션: 미디어와 공론장》. 서울: 성균관대학교 출판
부.
- 서울대사회발전연구소·한국안전학회(2005). “사회안전지수 개발을 위한 국민안전의
식 조사”.

- 석면관리 종합정보망. 환경부. <https://asbestos.me.go.kr>
- 석면피해구제시스템. 환경부. <https://www.adrc.or.kr> (2021-2-28).
- 우희중 (2016년 5월 13일) “[기고] 가슴기 살균제 참사로 본 연구 윤리: 서울대 교수는 왜 '살균제 교수'로 전락했나”. 프레시안.
- 윤상오 (2013). “빅데이터의 위험유형 분류에 관한 연구”. 한국지역정보학회지, 16(2), 93-122.
- 이안소영 (2017년 12월 20일). “‘사소하지 않은’ 그녀들의 월경, 정치가 되다“. 여성신문.
- 이재열 외(2005). 「한국사회의 위험구조변화」. 21세기 메가트렌드시리즈 III.
- 이종한 (2013). 진흥과 규제, 그리고 정부의 역할. 한국행정연구원.
- 임재신 (2004). VOCs의 특성과 그 관리현황. 쌍용건설 기술연구소, 30.
- 소병천 (2019). 미국 환경법 최근 입법 동향. 환경법연구, 41(3), 149-162.
- 식품의약품안전처 (2017.5.24). 여성 생리용품 현황조사 및 안전 정보 제공. 보도자료.
- 윤충식 (2009), 석면과 건강에 대한 이슈, 한국환경보건학회지, 35(5).
- 전주현 (2015.2). <생활소비재 VOCs 관리대책에 따른 우선관리대상(안) 도출 및 수도권 대기질 개선 효과 분석>. 건국대학교 대학원 석사학위 논문.
- 조태제 (2019), EU에서의 화학물질관리의 최근 동향과 시사점, 토지공법연구 87gh, 8, 2019.
- 조항민(2010). “디지털미디어 등장과 새로운 위험유형에 관한 연구”. 성균관대학교 대학원 신문방송학 전공 박사학위 논문.
- 최경호 (2017). 생활환경 화학물질 보건 문제와 정책 제언. The Korean Journal of Public Health, 54(2): 35-41.
- 한민지 외 (2017), 살생물제의 안전관리를 위한 EU 법제에 관한 연구, 환경법연구, 39(3), 405-438.
- 홍성태 (2012). “정보위험사회의 특성과 과제”. 한국연구재단 위험정보사회 연구 콜로키움 자료.
- 환경부 (2019), 환경백서.
- 한국석유화학회 www.kpia.or.kr
- 환경부 석면관리 종합정보망 (<https://asbestos.me.go.kr/user/main.do>)
- Allen et al. (2018), Trends and the Economic Effect of Asbestos Bans and Decline in Asbestos Consumption and Production Worldwide, International

- Journal of Environmental Research and Public Health, 2018, 15, 531.
- Alchon, S. A. (2003). A pest in the land: new world epidemics in a global perspective. University of New Mexico Press, p21.
- Bromilow R.H. (2005). In Encyclopedia of Soils in the Environment.
- Cefic (2009). Biocides. The European Chemical Industry Council.
- Chasek et al. (2010). Global Environmental Politics Philadelphia, PA: Westview Press.
- Couteur, P. L. and Burreson J. (2004). Napoleon's Buttons: How 17 Molecules Changed History. Jeremy P Tarcher.
- Environmental Protection Agency (EPA) (1996), How to manage asbestos in school buildings: The AHERA Designated Person's Self Study Guide, Cincinnati, 9-14.
- Environmental Protection Agency (EPA) (2007). "Directive 2004/42/CE of the European Parliament and the Council" EUR-Lex. European Union Publications Office. Retrieved on 2007-09-27.
- Environmental Protection Agency (EPA) (2009). Code of Federal Regulations, 40: Chapter 1, Subchapter C, Part 51, Subpart F, 51100. EXIT accessed 8 February 2009, and EPA's Terms of Environment Glossary, Abbreviations, and Acronyms.
- Erisman et al. (2008). How a century of ammonia synthesis changed the world. Nature Geoscience, 1(10), 636-639.
- European Commission (2001. 7. 25). European Governance: A White Paper. Brussels.
- European Commission (2006. 12. 18). Regulation (EC) No 1907/2006 of the European Parliament and of the Council of 18 December 2006 concerning the Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (REACH).
- European Commission (2018. 5. 3). Commission General Report on the operation of REACH and review of certain elements: Conclusions and Actions. Brussels.
- Exploration of the chemical space and its three historical regimes, Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 115

(26).

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2007). FAO Fertilizer Database.

Geyer et al. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made, *Science Advances*, 3(7).

Hess, D. J. (2020). *Undone Science*. 2020.3.16. 출간

Hill, J. W., McCreary T. W. (2015). *Chemistry for Changing Times* (14th Edition). Pearson.

Hill, J. W., Petrucci, R. H., McCreary, T. W., Perry, S. S. (2005). *General Chemistry* (4th ed.), p5, Upper Saddle River, NJ:Pearson Prentice Hall.

Holzmann, Robert, & Steen Jorgensen(2000). “Social Risk Management: A New Conceptual framework for Social Protection and Beyond”, World Bank, Retrieved on Nov 21, 2006.

International Agency for Research on Cancer (IARC). <https://www.iarc.who.int>

International Ban Asbestos Secretariat (IBAS) <https://ibasecretariat.org>

International Risk Governance Council(IRGC) (2008). *An Introduction to the IRGC Risk Governance Framework*.

Jones A. (2015). *Chemistry: An Introduction for Medical and Health Sciences*. John Wiley & Sons. pp. 5–6.

Johnes D. K. C. (1993). “Environmental Hazards in the 1960s”, *Geography*, 78(339), 161–165.

Llanos, E. J., Leal, W., Luu, D. H., Jost J., Stadler F., Restrepo G. (2019). The exploration of the chemical space and its three historical regimes. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 116(26), 12660–12665.

Malthus, T. R. (1798). *An Essay on the Principle of Population*. London: J. Johnson.

Mayer, H. (1999). Air pollution in cities. *Atmospheric Environment*, 33, 4029–4037.

Meadows, Donella H; Meadows, Dennis L; Randers, Jørgen; Behrens III, William W (1972). *The Limits to Growth; A Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind*. New York: Universe Books. ISBN 0876631650. Retrieved 26 November 2017.

- Mooibrok and Cornish (2000). Alternative sources of natural rubber, *Appl Microbiol Biotechnol* 53 355–365.
- Our World in Data <https://ourworldindata.org>
- Popp et al. (2013). Pesticide productivity and food security. A review, *Agron. Sustain. Dev.* 2013(33), 243–255.
- Riley J.C. (2005). Estimates of Regional and Global Life Expectancy, 1800–2001, *Population and Development Review*, 31(3), 537–543.
- Slovic, P. (1992). *Perception of risk: Reflection on the psychometric paradigm.* Westport, CT: Praeger.
- Stewart et al. (2005). The contribution of commercial fertilizer nutrients to food production. *Agronomy Journal*, 97(1), 1–6.
- US EPA <https://www.epa.gov/>
- US Federal Government (2000). Observed trends in malaria mortality. National Intelligence Council.
- Yang Qin, M. (2014). Global fibres overview. Tecon OrbiChem: Synthetic Fibres Raw Materials Committee Meeting at APIC 2014.
- Yang T. and Percival RV. (2009), The Emergency of Global Environmental Law, *Ecology Law Quarterly*, 36, 615–664.
- Warner T. D., Mitchell J. A. (2002). Cyclooxygenase–3 (COX–3): filling in the gaps toward a COX continuum?. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 99(21): 13371–13373.
- World Commission on Environment and Development (1987). *Our Common Future*. Oxford: Oxford University Press. p. 27. ISBN 019282080X.
- World Economic Forum (WEF) (2006). *Global risks 2006*.
- World Health Organization (2020). *World malaria report 2020: 2020 years of global progress and challenges*.

부 록

〈표 1〉 위험의 원인에 따른 대안 예시

유형	문제원인	내용
기술적	<ul style="list-style-type: none"> · 위해성평가의 제한점 (석면) 석면의 유해성과 위해성을 동일시 (살균제) 특정 화학물질(CMIT/MIT)의 건강 피해에 대한 인과성 규명의 어려움 (생리대) 일회용 생리대에서 방출되는 VOCs와 여성들의 생리관련 이상증상과의 연관성 규명의 어려움 (생리대) 생리대에서 방출되는 일부 개별화학물질의 흡입·간독성에 근거한 위해성평가 	<ul style="list-style-type: none"> (석면) 석면의 유해성 제거의 초점을 둔 방식이 아니라 석면의 흡입 노출에 따른 위해성을 최소화하는 관리 (생리대) 위해성 평가와 함께 일회용 생리대 사용과 여성의 생리통이나 생리불순 등 이상 증상과의 연관성에 대한 환경보건 역학조사 병행 (생리대) 여성 생식기의 흡수율, 흡합물 독성 등의 연구 노력
인적	<ul style="list-style-type: none"> · 책임회피와 무사안일주의 (석면) 석면 관리 담당 부처(환경부, 고용노동부, 교육부 등)의 책임회피 (석면) 석면 조사 및 현장 감독 부실 (살균제) 살생물제 관리 담당 부처(산업자원부, 환경부 등)의 책임회피 (살균제) 가습기 살균제 가해 기업의 늦은 사과와 인정 (생리대) 생리대 관리 담당부처(식약처)의 무사안일 (생리대) 생리대 안전 기준의 현행 규정을 근거로 기업의 책임회피 · 통찰력과 전문성 부족 (석면) 석면 관리 주체의 전문성 부족 (석면) 언론의 ‘1급’ 발암물질 용어 사용 (석면) 함유된 석면의 존재만으로도 불안을 조성하는 석면 검출 보도 (살균제) 기술표준원 등 가습기살균제 관리 주체의 전문성 부족 (살균제) 피해구제 문제 해결을 위해 의학적 확실성에 따라 피해자를 구분하는 전문가의 발상 (살균제) 의료진을 포함한 전문가 집단이 가지고 있는 걱정 습도에 대한 잘못된 개념, 세균에 대한 공포, 잘못된 위생 	<ul style="list-style-type: none"> (석면/살균제/생리대) 화학물질관리의 컨트롤타워 지정 (석면) 석면 작업 기준 강화와 가이드라인 개선 (석면) 학교석면모니터단의 구성과 권한 강화 (살균제) 징벌적 손해배상제 및 집단 소송제 확대, 기업의 입증책임전환 (석면/살균제/생리대) 정부부처 책임자의 책임성, 전문성, 통찰력, 위해소통역량 강화 (살균제/생리대) 전문가의 책임성과 윤리성, 통찰력 강화 및 대안고민 (석면) ·석면: ‘1급’ 발암물질 용어를 ‘1그룹’ 발암물질로 정정 (석면) 석면의 유해성 논란을 증폭하여 과도한 공포를 조장하는 보도 지양 (석면/살균제/생리대) 언론의 자정노력과 책임있는 저널리즘 실현 (살균제) 가습기가 필요시 올바른 사용방법과 세균에 대한 과도한 불안을 부추기는 보도 지양 (생리대) 투명하고 정확하게 정보를 공개 (석면/살균제/생리대) 정부와 학계, 시민사회와의 소통 (석면) 화학물질관리 전문인력의 확충 (살균제/생리대) 대학 내에서 독립적인

	<p>개념</p> <p>(살균제) 가습기의 세균 공포를 부추기는 기사</p> <p>(살균제) 안정성에 대한 의심 없이 가습기 살균제 언론보도</p> <p>(생리대) 환경단체가 마치 무책임한 문제제기를 한 듯한 전문가의 무책임한 문제제기</p> <p>(생리대) 생리대 업체 매수 의혹 등 일부 언론의 본질을 벗어난 추측성·음모성 보도</p> <ul style="list-style-type: none"> · 미숙한 위해소통역량 <p>(생리대) 식약처의 미숙한 위해 소통 대응방식</p> <ul style="list-style-type: none"> · 전문인력의 부족 <p>(석면) 석면관리 전문인력의 부족</p> <ul style="list-style-type: none"> · 청부 과학자 <p>(살균제) 서울대 호서대 교수의 가습기 살균제 실험조작 의혹</p> <ul style="list-style-type: none"> · 언턴 사이언스 <p>(생리대) 여성건강에 대한 기본적인 연구의 부족</p> <ul style="list-style-type: none"> · 경마 저널리즘 <p>(살균제) 가습기 살균제의 검찰 수사 기록만을 뒤쫓는 등 퍼다나르기식 보도</p> <p>(생리대) 특정 제품의 생리대만을 생리대 부작용의 주범인 듯 몰아가거나 유해물질 검출 소식에만 몰두하는 퍼다나르기식 보도</p>	<p>감시위원회나 모니터요원 등 감시시스템 구축</p> <p>(살균제/생리대) 단기적인 성과로만 평가하는 대학의 체질 개선 및 사회 전반의 문화 개선</p> <p>(생리대) 필요하지만 연구되지 않고 외면당한 분야에 대한 연구를 공공분야에서 적극적으로 발굴하고 지원</p> <p>(살균제/생리대) 피해자의 목소리와 기업의 문제점을 공개하여 사회에 전달되도록 보도</p> <p>(생리대) 일회용 생리대와 관련해서 여성들이 겪는 불편함과 부작용을 공론화</p> <p>(살균제/생리대) 언론의 보도 심층화 노력</p>
<p>법제도 적</p>	<ul style="list-style-type: none"> · 화학물질 및 화학제품 관리체계의 미흡 <p>(석면) 석면의 유해성 제거에 집중된 석면 해체 제거 정책 속도전</p> <p>(살균제) 살생물물질 및 살생물제품 관리 미흡</p> <p>(살균제) 가습기 살균제에 ‘아이에게 안심’ ‘인체에 안전한 성분을 사용’ 문구 사용</p> <p>(생리대) 생리대 안전검사의 기준설정과</p>	<p>(석면) 현재 석면 제거 인프라에 맞춰 2027년 무석면 제거 목표 수정</p> <p>(살균제) 화학제품안전법 제정</p> <p>(살균제/생리대) 화학물질관련 법률별 규제 수준 일원화</p> <p>(살균제) 화학제품안전법 제34조 제1항에 따라 생활화학제품 및 살생물제품에 “무독성”, “환경친화적” 등의 문구사용 금지</p> <p>(생리대) 소비자제품의 전성분표시제</p>

	<p>관리 미흡</p> <ul style="list-style-type: none"> · 사후관리부실 <p>(살균제) 가습기 살균제 피해자 인정기준을 위한 질환 등급화</p> <p>(살균제) 세균성 혹은 바이러스성 질환 대비 환경성 질환에 대해 부족한 국가 질병관리와 의료시스템</p> <ul style="list-style-type: none"> · 담당 부처의 분절화 <p>(석면) 석면 관리 담당부처의 분절화</p> <p>(살균제) 생활화학제품 담당부처의 분절화</p>	<p>(살균제) SK하이닉스 반도체의 포괄적 지원보상</p> <p>(살균제/생리대) 국가 차원의 화학물질 중독센터</p> <p>(석면/살균제/생리대) 유럽의 화학물질청(ECHA)와 같은 화학물질안전의 컨트롤타워 필요</p> <p>(살균제/생리대) 산업진흥과 산업규제의 부처 분리</p>
<p>경제적</p>	<ul style="list-style-type: none"> · 안전보다 이윤 우선인 기업 <p>(석면) 부실한 석면 해체 제거 업체 참여</p> <p>(석면) 석면 해체 제거 업체의 하도급 계약</p> <p>(석면) 낮은 석면 단가</p> <p>(살균제) 이윤만을 추구하는 가습기 살균제 가해 기업의 행태</p> <p>(생리대) 생리대 등 여성건강제품의 의학적 효능이나 기능에 대한 허위과대 광고</p> <p>(생리대) 고급화란 이름으로 비싼 친환경 일회용 생리대 출시</p> <ul style="list-style-type: none"> · 세뇌적인 기업광고 <p>(살균제) 살균제 사용을 부추기는 생활화학용품 회사들의 공격적이고 세뇌적인 광고</p> <p>(생리대) 일회용 생리대의 깨끗함을 강조하고 은연중에 생리혈을 부정적인 것으로 인식하게 하는 광고</p> <ul style="list-style-type: none"> · 언론과 기업의 유착 <p>(살균제) 언론의 가습기나 가습기 살균제 기사형 광고</p>	<p>(석면) 석면 인프라 구축</p> <p>(석면) 석면 해체 제거 공사의 합리적인 단가기준 설정</p> <p>(석면) 석면 해체 제거 공사 용역의 분리발주</p> <p>(석면) 석면 조사, 작업환경 측정, 청소 및 폐기물 처리비용의 별도 청구 유도</p> <p>(살균제/생리대) 기업의 화학물질/제품 안전 확인의 일차적 책임 의무</p> <p>(살균제/생리대) 기업의 과대, 왜곡 광고 자체검열</p> <p>(살균제/생리대) 사회적 윤리를 준수하는 안전제품생산</p> <p>(살균제/생리대) 기업의 사회적책임경영과 소비자들의 사회적책임소비</p>
<p>사회문화적</p>	<ul style="list-style-type: none"> · 소비 문화 <p>(살균제) 아파트 주거문화로 실내 습도 조절을 위한 가습기 소비 증가</p> <p>(살균제) 상업화된 살균제품의 과잉소비</p> <ul style="list-style-type: none"> · 케모포비아 <p>(석면) 석면의 유해성에 집중된 높은 불안과 공포</p>	<p>(살균제) 실내 습도 개선을 위해 가습기를 필수사용하는게 아니라 빨래 널기, 화초 키우기, 실내온도 낮추기 등의 대안적인 방법활용</p> <p>(살균제) 살균제품의 과잉소비를 하지않는 생활습관</p> <p>(석면) 흡입에 의한 석면 노출을 줄이는</p>

<p>(생리대) 일회용생리대를 비롯한 생활화학제품에 대한 화학물질 피해 공포 · 사회적 병리현상 (살균제) 세균의 공포 (생리대) 남성중심문화 속에서 여성의 생리를 불결하거나 부정한 것으로 이미지화</p>	<p>방식의 위해도 관리 (석면) 학생들에게 석면이 건강에 치명적이라는 사실을 충분히 교육. 학생들에게 학교 내 석면 자재가 쓰인 부근에서는 조심하도록 주의하고, 방치된 천장 텍스 등 석면 자재를 보면 선생님에게 즉시 알리도록 함. (살균제) 세균 공포와 살균에 대한 올바른 정보제공과 강박 완화노력 (생리대) 다양한 월경용품 정보획득, 위생적인 생리대 사용법, 월경 혐오 등 월경 문화 전반에 대한 교육과 인식개선</p>
--	--

주) 석면: 학교 석면 해체·제거 작업장 주변의 노출피해, 살균제: 가습기 살균제 참사, 생리대: 생리대 유해물질 검출 논란

안 내 문

본 보고서의 내용은 연구자의 의견이며,
(재)숲과나눔의 공식적인 견해와는 다를 수 있습니다.