

국내P 환경동향보고

국내외 플라스틱 폐기물 문제 현황 및 해결방안



환경부

KEITI 한국환경산업기술원



국내외 플라스틱 폐기물 문제 현황 및 해결방안

개 요

국내외 플라스틱 생산 및 폐기물 발생현황

국내외 해양 플라스틱 폐기물 문제

문제 해결방안





국내외 플라스틱 폐기물 문제현황 및 해결방안

자원순환사회경제연구소 홍수열

개요

플라스틱(plastic)이라는 말은 그리스어 "plastikos"라는 말에서 유래하였다. 이 말은 “성형이 가능한”이라는 뜻이다. 열을 가하면 쉽게 모양을 만들 수 있는 플라스틱의 성질 때문에 이 말이 붙은 것으로 보인다.

인류는 돌, 금속, 유리, 목재와 같은 자연에서 구할 수 있는 소재를 넘어서 인간에게 유익한 소재를 구하기 위해 끊임없이 노력하였다. 그러한 노력의 결과로 화석연료 등에서 추출한 물질을 합성하여 유기고분자화합물을 마침내 만들었다. 가볍고, 단단하고, 쉽게 변하지 않으면서 쉽게 원하는 모양대로 성형이 가능한 “꿈의 물질”을 만들어낸 것이다.

플라스틱은 인류가 원하는 물성을 모두 가지고 있고, 끊임없이 새로운 제품이 만들어지고 있기 때문에 조물주가 실수로 미처 만들지 못한 물질을 마침내 인간이 만들어 신의 실수를 만회한 물질이라는 찬사를 들었다. 2차 세계대전 이후에 플라스틱이 산업과 생활 각 분야로 스며들면서 우리는 플라스틱 왕국에서 플라스틱이 제공하는 편리함을 누리면서 살았다.

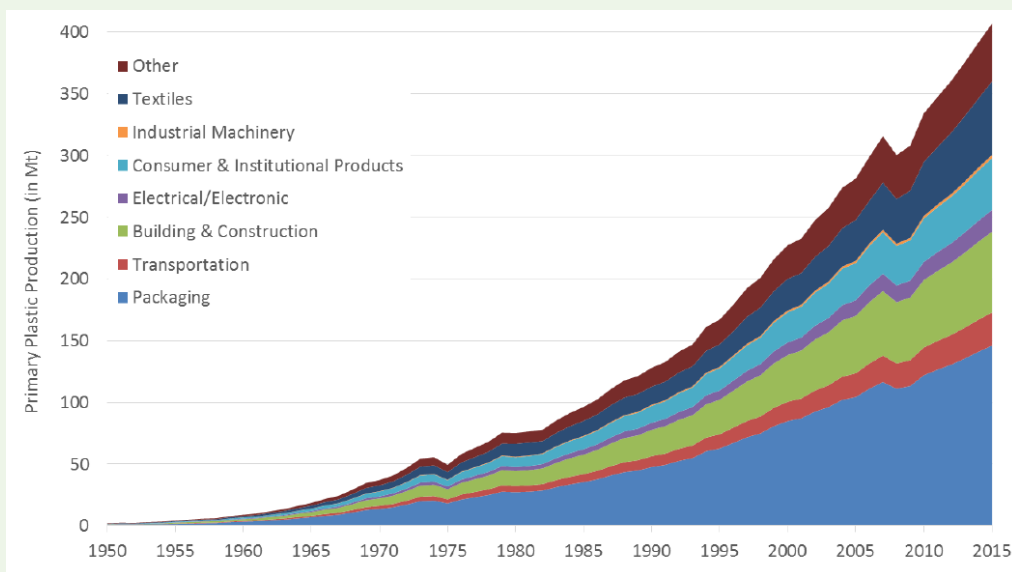
그렇지만 길게는 150년, 짧게는 60년의 플라스틱 소비의 결과 인류는 지금 플라스틱 폐기물이 야기하는 전 지구적 위협에 직면하고 있다. 제대로 관리되지 못한 플라스틱 폐기물이 환경에 방치되면서 작은 조각으로 파편화된 미세플라스틱이 생태계 곳곳을 떠돌면서 결국은 미세먼지, 식수, 식품을 통해서 인간의 몸속으로 들어오고 있다.

미세플라스틱에 대한 공포가 높아지고 있는 현 상황에서 플라스틱 문제를 정확하게 이해하고 해결방안을 모색할 필요가 있다. 본 보고서는 국내외 플라스틱 관련 현황 및 문제점을 정리하고 현 단계에서 필요한 해결방안을 제시하고자 한다.

❖ 국내외 플라스틱 생산 및 폐기물 발생현황

1. 세계 플라스틱 생산 및 폐기물 발생현황

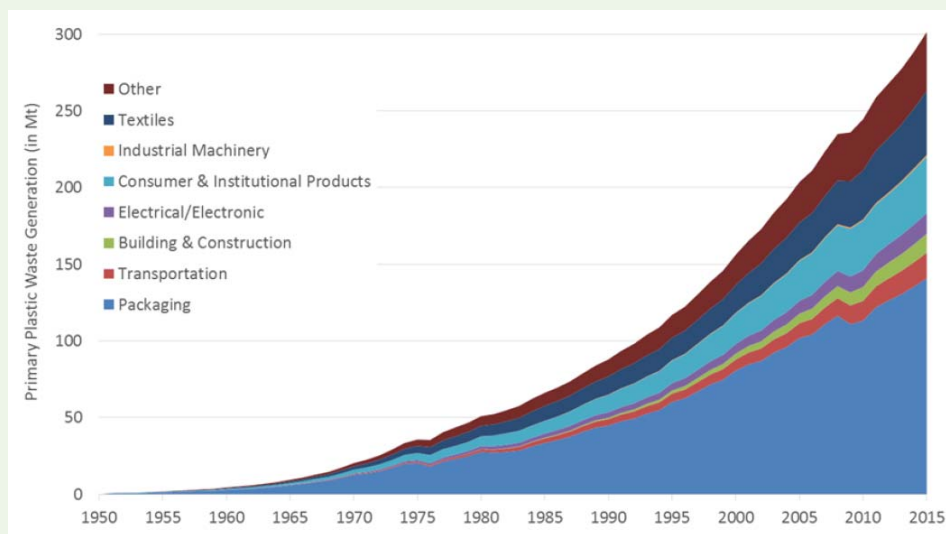
Geyer 등은 1950년 이후 2015년까지 전 세계 플라스틱 생산 및 폐기물 발생량을 추정하였다. 이들의 연구(Geyer, Jambeck, and Law, 2017)에 따르면, 1950년 전 세계 플라스틱 생산량은 2백만 톤이었으나, 2015년에는 407백만 톤으로 65년 동안 2백 배 이상 증가하였다. 용도별로는 포장재용으로 사용된 것이 약 절반 가까이 되고, 재질별로는 PE가 가장 많은 것으로 나타났다. 아시아 지역의 플라스틱 생산량은 전 세계 생산량의 50%를 차지하고 있으며, 중국이 29%로 전 세계에서 단일국가로 가장 많은 플라스틱을 생산하고 있다. (PlasticsEurope, 2017)



<그림 1> 1950~2015년 전 세계 용도별 플라스틱 생산량

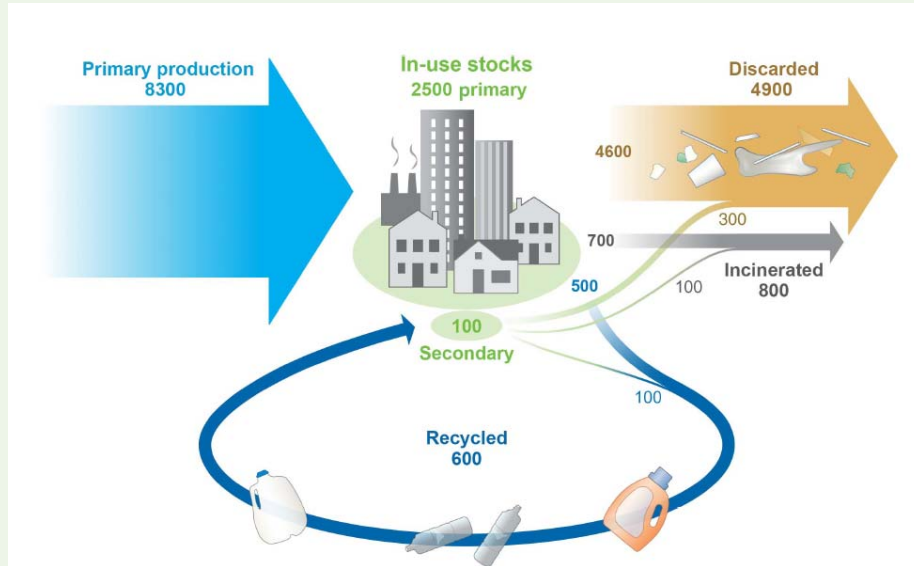
1950년부터 2015년까지 65년 동안 플라스틱 생산량은 8,300백만 톤이며, 플라스틱 폐기물 발생량은 6,300백만 톤으로 추정된다. 2015년 기준 한 해 동안 발생한 플라스틱 폐기물은 302백만 톤으로 추정된다. 플라스틱 폐기물은 포장재

폐기물이 압도적으로 가장 많고, 그 외 섬유폐기물과 건설계 폐기물이 높은 비율을 차지하고 있다. 6,300만 톤의 폐기물 중 800만 톤(13%)은 소각되었고, 600만 톤(10%)은 재활용되었고, 4,900만 톤(77%)은 매립되거나 버려진 것으로 추정된다. 현재의 추세가 지속될 경우 2050년까지 누적 쓰레기 발생량은 330억 톤이 될 것으로 추정되며, 90억 톤이 재활용, 120억 톤이 소각되고, 120억 톤이 매립되거나 버려질 것으로 추정된다. (Geyer, Jambeck, and Law, 2017)



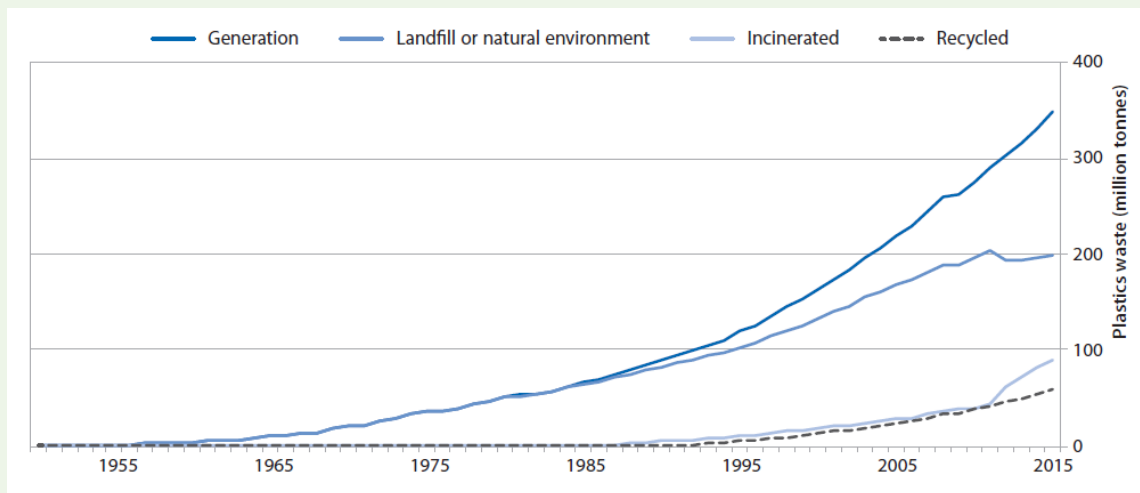
<그림 2> 1950~2015년 전 세계 플라스틱 폐기물 발생량





<그림 3> 1950~2015년 전 세계 플라스틱 폐기물 발생 및 처리흐름

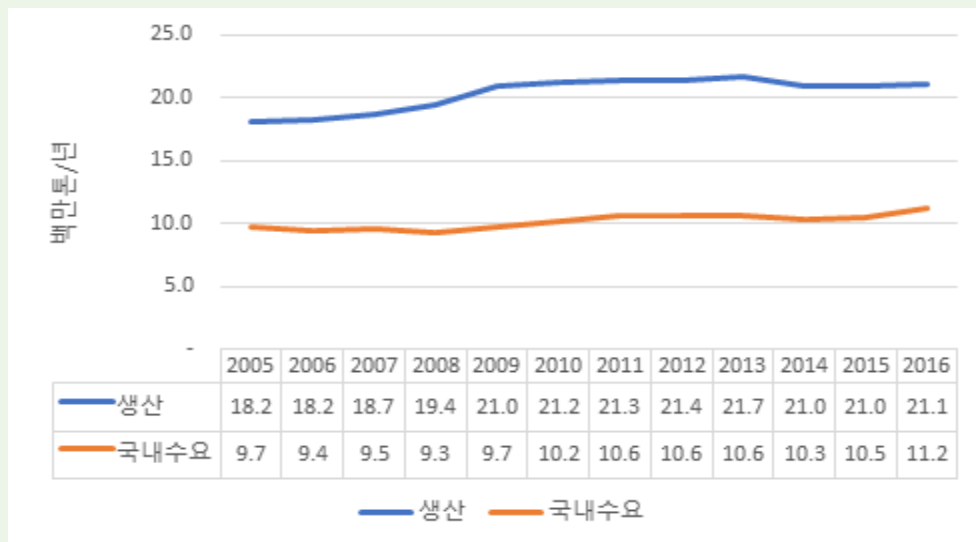
플라스틱 폐기물에 대한 재활용은 1990년 초에 시작되었고, 그 이후 매년 평균 0.7%씩 재활용률이 증가하였고, 현재는 약 20%의 재활용률을 보이고 있다. 선진국의 경우에는 폐기물 관리체계가 구축되어 있지만, 저소득 및 중위소득 국가의 경우에는 폐기물 관리체계가 구축되어 있지 않아 무단투기 및 소각되거나 바다로 투기되는 폐기물의 양이 상당하다. (OECD, 2018)



<그림 4> 1950~2015년 전 세계 플라스틱 폐기물 발생 및 처리량

2. 국내 플라스틱 생산 및 폐기물 발생현황

국내 플라스틱(합성고분자화합물인 합성수지, 합성섬유, 합성고무를 모두 플라스틱의 범위에 포함) 원료 생산량은 2016년 기준으로 21백만 톤이며, 이 중 수출량을 제외하고 수입량을 합한 국내 수요량은 11백만 톤이다. 협의의 개념인 플라스틱(합성수지) 국내 수요량은 2016년 기준으로 6백만 톤이다. (한국석유화학협회, 2017)



<그림 5> 국내 플라스틱(합성고분자화합물) 생산 및 사용현황

2016년 기준 플라스틱 폐기물 발생량은 약 10.1백만 톤이다. 생활폐기물 중 플라스틱 폐기물의 양이 5.2백만 톤으로 약 50%를 차지하며, 사업장폐기물 중 플라스틱 폐기물이 4.4백만 톤이고 건설폐기물 중 플라스틱 폐기물이 0.5백만 톤이다. 소각되는 양이 4백만 톤, 재활용되는 양이 5백만 톤, 매립되는 양이 1백만 톤이다. (환경부, 2017) 폐기물 통계에서 기타 폐기물 등으로 분류된 경우는 제외하였으며, 무자료로 거래되기 때문에 폐기물 통계에서 집계되지 않는 양도 포함되지 못하였기 때문에 실제 플라스틱 폐기물 양은 이것보다 훨씬 더 많을 것으로 추정된다.

<표 1> 국내 플라스틱(합성고분자화합물) 폐기물 발생 및 처리현황(2016년 기준)

단위 : 톤/년

구분	생활폐기물	사업장폐기물	건설폐기물	합계
매립	977,689	35,369	5,694	1,018,752
소각	2,464,590	1,355,026	246,813	4,066,429
재활용	소계	2,987,124	269,991	4,982,294
	종량제	-	-	-
	필름류			
	플라스틱			
합계	5,167,458	4,377,519	522,498	10,067,475

합성고분자화합물 중 합성수지에 한정하여 폐기물 발생량을 보면, 2016년 기준 연간 7.1백만 톤이 발생하고 있으며, 생활폐기물이 2.6백만 톤, 사업장폐기물이 4백만 톤, 건설폐기물이 0.5백만 톤이 발생하고 있다. 건설폐기물의 경우 혼합건설 폐기물로 배출되거나 폐기물 배출신고가 되지 않은 상태로 배출되는 폐합성수지 혹은 섬유가 많아서 실제 발생량 대비 과소 집계된 것으로 추정된다.

<표 2> 국내 플라스틱(합성수지) 폐기물 발생 및 처리현황(2016년 기준)

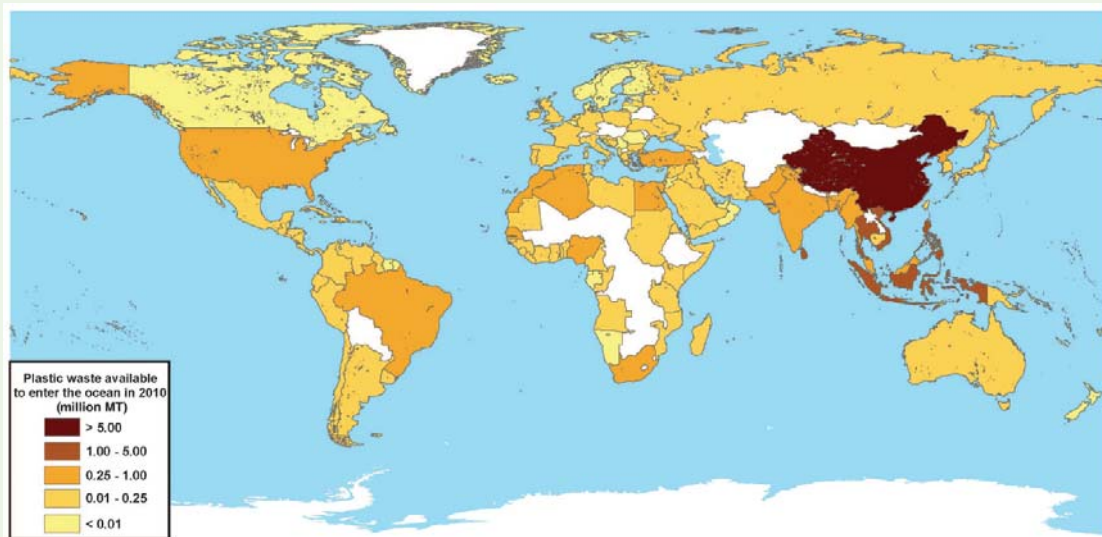
단위 : 톤/년

구분	생활폐기물	사업장폐기물	건설폐기물	합계
매립	329,084	31,354	4,490	364,928
소각	902,937	1,274,033	244,295	2,421,265
재활용	소계	2,669,501	269,589	4,318,681
	종량제	-	-	-
	필름류			
	플라스틱			
합계	2,611,612	3,974,887	518,374	7,104,874

❖ 국내외 해양 플라스틱 폐기물 문제

1. 해양으로 유입되는 플라스틱 폐기물의 양

Jambeck 등의 연구에 의하면 2010년 기준으로 해양으로 유입되는 플라스틱 폐기물의 양이 4.8백만 톤 ~ 12.7백만 톤에 달하는 것으로 추정하였다. 바다와 접하고 있는 192개 개의 해안가에서 50킬로미터 이내의 주거지역에서 발생하는 플라스틱 폐기물의 양이 99.5백만 톤이며, 이 중 31.9백만 톤이 폐기물 관리체계 외에서 버려지고 있는 폐기물 (mismanaged waste)이며, 이 중 4.8백만 톤에서 12.7백만 톤이 해양으로 유입되고 있다고 추정하였다. 연간 해양으로 유입되는 양은 192개 국가에서 발생하는 플라스틱 폐기물의 1.7% ~ 4.6%를 차지하는 양이다. 해양으로 유입되는 플라스틱 폐기물 상위 20개 국가를 보면, 중국이 압도적으로 많고, 중국을 비롯하여 인도네시아, 필리핀, 베트남, 스리랑카 등 동남아시아국가가 상위 5위까지 차지하고 있다. (Jambeck, J. et al., 2015)



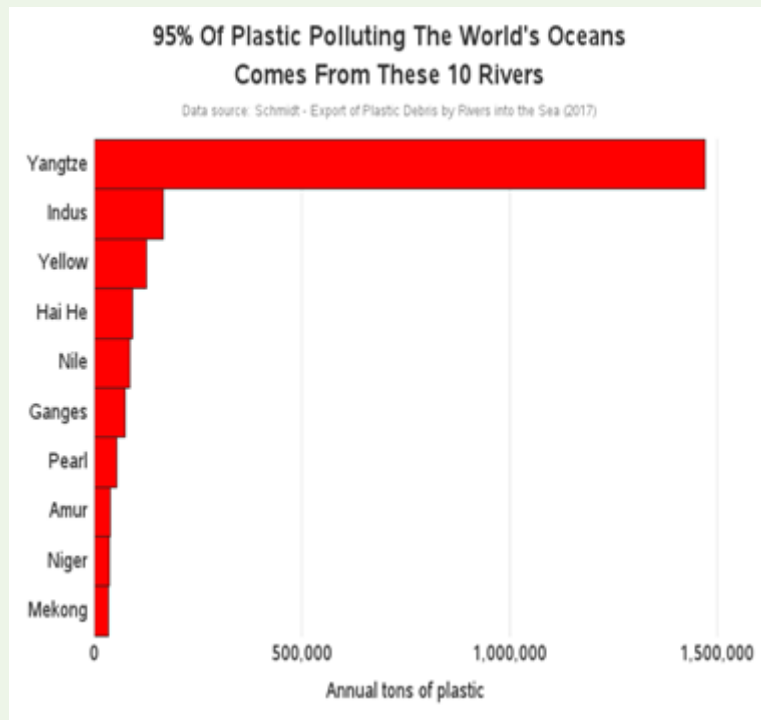
<그림 6> 2010년 기준 부적정 관리되는 플라스틱 폐기물의 발생량 지도

<표 3> 2010년 기준 플라스틱 폐기물 해양유입 상위 20개 국가

순위	국가	해안가 거주인구	폐기물 발생원단위 (kg/인·일)	플라스틱 폐기물 비율 (%)	관리 외 폐기물 비율 (%)	관리 외 플라스틱 폐기물 (백만 톤/년)	관리 외 폐기물 비율 (%)	해양유입 플라스틱 폐기물 (백만 톤/년)
1	중국	262.9	1.10	11	76	8.82	27.7	1.32-3.53
2	인도네시아	187.2	0.52	11	83	3.22	10.1	0.48-1.29
3	필리핀	83.4	0.5	15	83	1.88	5.9	0.28-0.75
4	베트남	55.9	0.79	13	88	1.83	5.8	0.28-0.73
5	스리랑카	14.6	5.1	7	84	1.59	5.0	0.24-0.64
6	태국	26.0	1.2	12	75	1.03	3.2	0.15-0.41
7	이집트	21.8	1.37	13	69	0.97	3.0	0.15-0.39
8	말레이시아	22.9	1.52	13	57	0.94	2.9	0.14-0.37
9	나이지리아	27.5	0.79	13	83	0.85	2.7	0.13-0.34
10	방글라데시	70.9	0.43	8	89	0.79	2.5	0.12-0.31
11	남아프리카	12.9	2.0	12	56	0.63	2.0	0.09-0.25
12	인도	187.5	0.34	3	87	0.60	1.9	0.09-0.24
13	알제리	16.6	1.2	12	60	0.52	1.6	0.08-0.21
14	터키	34.0	1.77	12	18	0.49	1.5	0.07-0.19
15	파키스탄	14.6	0.79	13	88	0.48	1.5	0.07-0.19
16	브라질	74.7	1.03	16	11	0.47	1.5	0.07-0.19
17	버마	19.0	0.44	17	89	0.46	1.4	0.07-0.19
18	모로코	17.3	1.46	5	68	0.31	1.0	0.05-0.12
19	북한	17.3	0.6	9	90	0.30	1.0	0.05-0.12
20	미국	112.9	2.58	13	2	0.28	0.9	0.04-0.11

Schmidt 등은 전 세계 10개의 큰 강을 대상으로 강에서 해양으로 유입되는 플라스틱 폐기물의 양을 추정하였는데, 중국의 양자강을 통해 해양으로 연간 유입되는 폐기물의 양이 약 1.5백만 톤으로 나머지 9개 강에서 유입되는 양보다 3배 이상 많은 것으로 나타났다. (Christian Schmidt, Tobias Krauth, Stephan Wagner.2017)



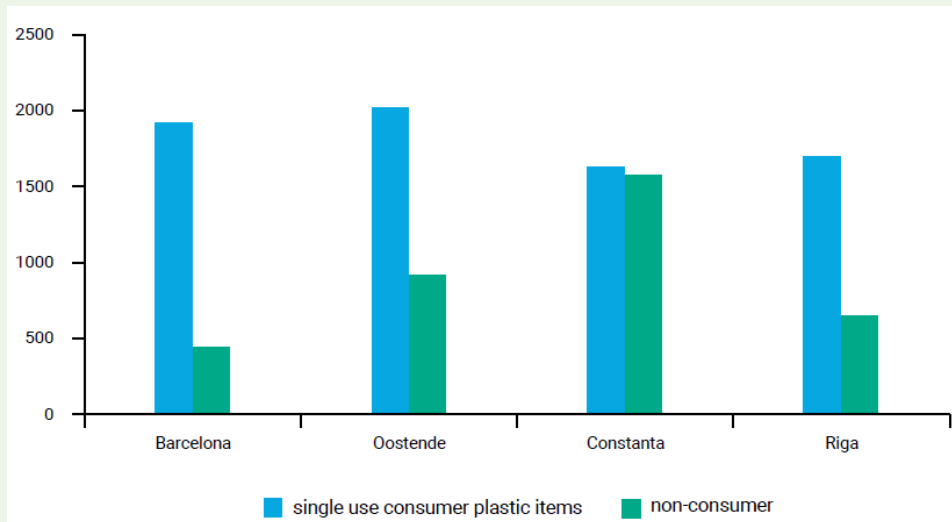


<그림 7> 전 세계 상위 10대 강에서 해양으로 연간 유입되는
폐기물의 양

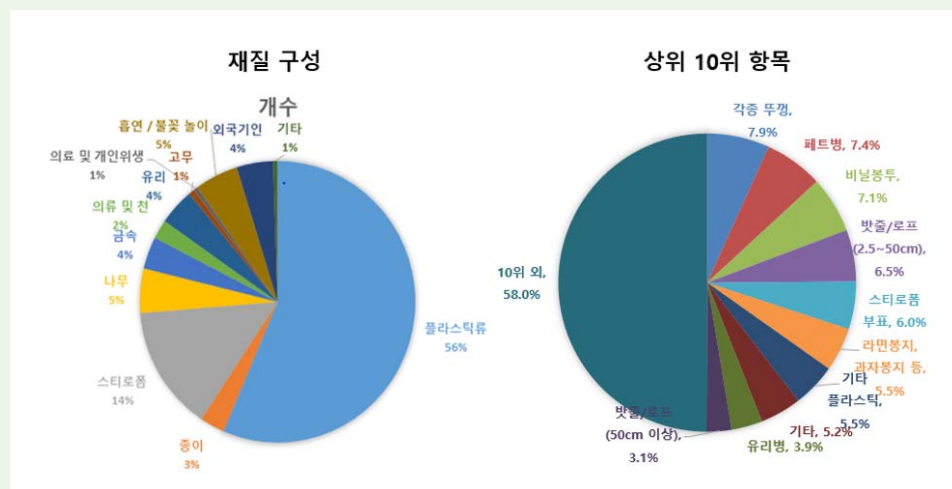
2. 플라스틱 폐기물로 인한 해양오염

플라스틱 폐기물로 인한 해양오염에 관한 자료는 시민모니터링 활동에서부터 과학적 조사에 이르기까지 다양하지만, 조사방법이 상이하기 때문에 결과비교 및 해석의 어려움이 있다. 이러한 한계를 고려하여, 유사한 모니터링 방법을 적용하여 조사한 4개 지점(바르셀로나 - 지중해, 콘스탄타 - 흑해, 리자 - 발틱해, 오스텐데 - 북해)의 결과를 보면 다음과 같다. 해변가의 경우 1회용 플라스틱 소비재 제품(플라스틱 포장재 등)의 비율이 54~59%에 달할 정도로 압도적으로 높다. 영국이나 중국 등의 조사결과에서도 플라스틱 폐기물의 비율이 매우 높는데, 중국의 경우에는 양식장에서 사용되는 스티로폼 부표의 비율이 매우 높게 나타나는 것이 특징이다. (UNEP, 2018) 우리나라의 해안폐기물 모니터링 결과에 따르면, 플라스틱류가 56%를 차지하고, 항목별로 보면 페트병과 비닐봉투, 마개, 밧

줄, 스티로폼 부표 등이 비율이 높은 것으로 나타났다. (이종명, 2018)



<그림 8> 4개 지점(지중해, 흑해, 발틱해, 북해) 해변 폐기물 모니터링 결과

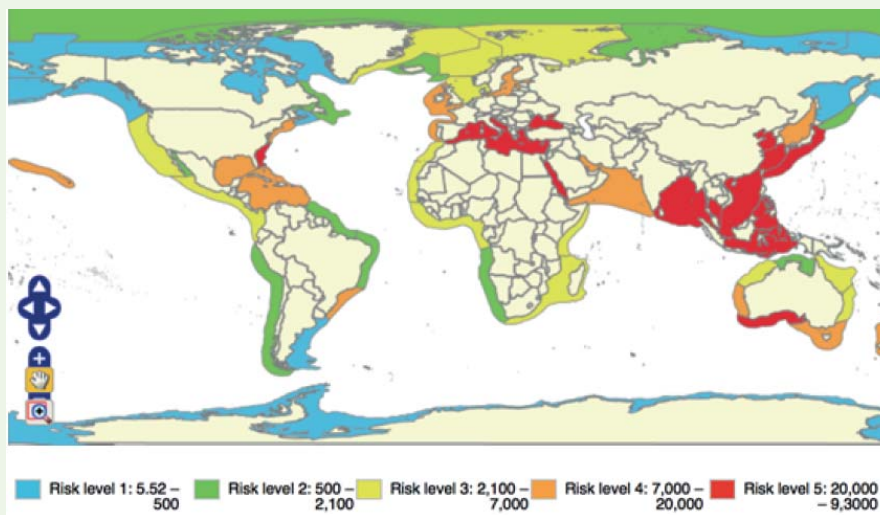


<그림 9> 2016년 국내 해안폐기물 모니터링 결과

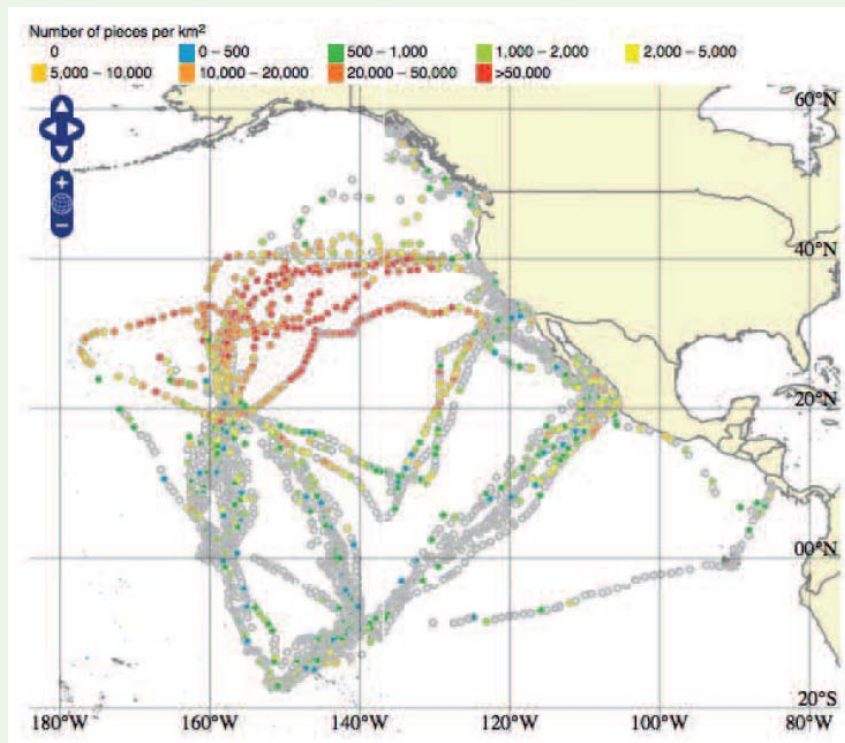
해양으로 유입된 폐기물은 연안지역의 플라스틱 폐기물 오염도를 높이지만, 해류를 따라 떠돌면서 전 세계 해양을 오염시키고 있다. 특히 비중이 가벼운 플라스틱 폐기물(비중 1미만의 PE, PP, EPS 등 채질의 플라스틱 폐기물)의 경우에는 바다표면을 떠다니면서 파편화되면서 미세플라스틱(크기가 5mm미만 크기의 플

라스틱을 미세플라스틱으로 정의하고 있다) 문제를 야기하고 있다.

해안가에서 해양으로 플라스틱 폐기물을 대량으로 배출하는 중국 및 동남아시아국가 연안의 경우에는 미세플라스틱의 농도가 가장 높은 고위험군에 속한다. 육상에서 배출된 플라스틱 폐기물은 해류를 따라 순환하면서 해양의 미세플라스틱의 농도를 높일 뿐만 아니라 확산시킨다.(GESAMP, 2015) 북태평양 지대에 형성되어 있는 거대한 폐기물 지대 (해양 내 플라스틱 폐기물 밀도가 높은 지대, Great Pacific Garbage Patch)는 면적이 160만 km²로 대한민국의 약 19배이며, 8만 톤의 플라스틱 폐기물이 있고, 1.8조개의 미세플라스틱이 떠돌고 있는 것으로 추정된다. (Lebreton L, Slat B, Ferrari F, et al. 2018)



<그림 9> 전 세계 해양 내 미세플라스틱 상대 분포 추정



<그림 9> 2001~2012년 미국 서부해안에서 배출된 플라스틱 폐기물로 인한 북태평양 미세플라스틱 분포

해양 내 미세플라스틱의 농도가 높아지면서, 미세플라스틱이 해양생태계 내 먹이사슬이나 소금 등을 통해 인체에 유입되고 있다. 우리나라의 경우 국내 시판 중인 굴과 바지락 등 4종류의 조개류에서 미세 플라스틱 검출 보고가 있었고 (한국해양기술원, 2017), 국내 시판 중인 소금에서도 미세플라스틱이 검출되었다는 보고도 있었다. (MBC 뉴스데스크 2018년 9월 3일 보도)

유럽인의 경우 홍합과 굴 섭취를 통해 연간 평균적으로 11,000개의 미세플라스틱을 섭취할 수 있다고 한다. 플라스틱이 생물에 들어올 경우 소화기관에 머물다 대부분 배설되기 때문에 내장을 제거하고 먹을 경우 문제가 없을 것으로 생각했으나, 나노미터 단위(10억분의 1미터)의 미세플라스틱은 세포벽을 통과해 내장 이외의 조직까지 침투할 수 있기 때문에 내장을 제거하더라도 미세플라스틱으로부터 안전하지 않다.(GESAMP, 2016) UNEP의 2016년 보고서에 따르면 나노 크기의 미세플라스틱은 태반과 뇌를 포함한 모든 기관 속으로 침투할 수도 있다는 연구

결과를 소개하고 있으며, 실제로 내장 이외에 체내 조직에 박혀있는 미세플라스틱이 관측되고 있다. (UNEP, 2016)

❖ 문제 해결방안

해양 플라스틱 폐기물 문제는 이미 해양으로 유입된 폐기물 관리, 해양으로 유입되는 폐기물의 차단, 플라스틱의 사용의 원천감량 및 재질전환의 문제로 구분하여 접근할 필요가 있다.

첫째, 이미 해양으로 유입되어 해양의 표면을 떠돌고 있거나 해저에 가라앉아 있는 폐기물 관리의 문제다. 각 국가별로 연근해의 폐기물에 대해서는 시간이 경과되어 미세플라스틱으로 진행되기 전에 최대한 수거하여 육상에서 처리할 필요가 있다. 공해상을 떠돌고 있는 폐기물의 경우에는 국제협력체계를 강화하여 해양 폐기물의 거동을 모니터링하고, 제거할 수 있는 방안에 대한 연구가 필요하다.

둘째, 해양으로 유입되는 폐기물을 차단해야 한다. 해양 폐기물은 어업활동으로 인한 양식장 부표, 그물 등이 버려지면서 발생하거나 육지에서 불법으로 버려진 폐기물이 해안가에서 바다로 바로 유입되거나 강을 통해서 바다로 유입되는 경로가 있다. 따라서 폐기물이 유입되는 경로별로 적합한 관리체계를 마련하여야 한다. 어민들 대상으로 어업활동에 따른 어구를 바다에 투기하지 않도록 규제 강화 및 인센티브 제공(어구폐기물 수매제도 등) 방안을 마련할 필요가 있다. 어구에 대한 생산자책임재활용제도를 강화하고, 어구폐기물을 대량으로 배출하는 배출자에 대해서는 배출자책임도 강화하는 등 제도정비가 필요하다. 육상에서 버려지는 폐기물의 경우에는 해수욕장 등 해변가 활동에서 폐기물이 불법으로 투기되지 않도록 관리를 강화할 필요가 있다. 해변가를 대상으로 일정지역은 특별관리구역을 지정하여 바다로 유입될 수 있는 폐기물의 발생을 엄격하게 규제할 수 있는 방안도 검토하여야 한다. 해양 폐기물의 대부분이 폐기물 관리체계가 제대로 구축되지 않은 저소득/중소득 국가에서 배출되기 때문에 이들 국가의 폐기물 관리체계 구축을 위해서 선진국에서 지원하는 국제협력도 필요하다.

셋째, 플라스틱 사용량을 줄여야 한다. 포장재와 1회용품 플라스틱 사용량에 대한 감량이 필요하다. 대체가 용이한 경우에는 사용금지와 같은 강력한 규제가 필요하며, 단기간에 대체가 어려운 경우에는 부담금 부과 등의 경제적 유인제도를 활용할 필요가 있다. 중장기적으로는 생산과 유통단계의 혁신을 통해 플라스틱 포장재의 사용을 줄일 수 있는 모델을 개발할 필요가 있다.

마지막으로 미세플라스틱의 인체유해성에 대해서는 연구가 초기단계이기 때문에 어느정도의 미세플라스틱이 인체에 유입될 경우에 문제가 될 것인지에 대한 자료가 너무 부족하다. 미세플라스틱의 인체 유입량이 증가할 것으로 예상되고, 유입경로도 다양화될 것이기 때문에 국민들의 미세플라스틱에 대한 공포가 매우 커질 수 있다. 따라서 미세플라스틱의 인체유해성과 유입경로, 오염현황 등에 대한 조사 및 연구가 강화될 필요가 있다.



〈참고문헌〉

- [1] 한국석유화학협회(2017), 2017 석유화학편람
- [2] 한국해양기술원(2017), 미세 플라스틱 식품안전관리방안 연구
- [3] 환경부, 2016 전국 폐기물 발생 및 처리현황, 2017
- [4] Christian Schmidt, Tobias Krauth, Stephan Wagner.(2017). Export of Plastic Debris by Rivers into the Sea. Environmental Science & Technology
- [5] GESAMP(2015), Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment : a global assessment
- [6] GESAMP(2016), Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment ; part two of a global assessment
- [7] Geyer R, Jambeck JR, Law KL(2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. Science Advance, Vol.3/7, p.e1700782
- [8] Jambeck, J. et al. (2015), Plastic waste inputs from land into the ocean, science, Vol347/6223
- [9] Lebreton L, Slat B, Ferrari F, et al.(2018), Evidence that the Great Pacific Garbage Patch is rapidly accumulating plastic. Sci Rep. 2018;8(1):1-15. doi:10.1038/s41598-018-22939-w
- [10] OECD(2018), Improving Markets for Recycled Plastics
- [11] PlasticsEurope(2017), Plastics-the facts 2017, An analysis of European plastics production, demand and waste data
- [12] UNEP(2016), Marine plastic debris and microplastics : Global lessons and research to inspire action and guide policy change
- [13] UNEP(2018), Exploring the potential for adopting alternative materials to reduce marine plastic litter

