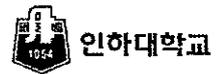


물질흐름분석(MFA)기법을 이용한 국내 플라스틱류 유통량 추정

2018.07

인하대학교

황 용우



목 차

1. 분석 배경
 - 1.1 플라스틱 개요
 - 1.2 국내 플라스틱 폐기물 관리 현황
 - 1.3 물질흐름분석(MFA) 개요 및 사례
2. 국내 플라스틱류 물질흐름분석
 - 2.1 분석조건
 - 2.2 물질흐름분석 결과
3. 결론 및 제언

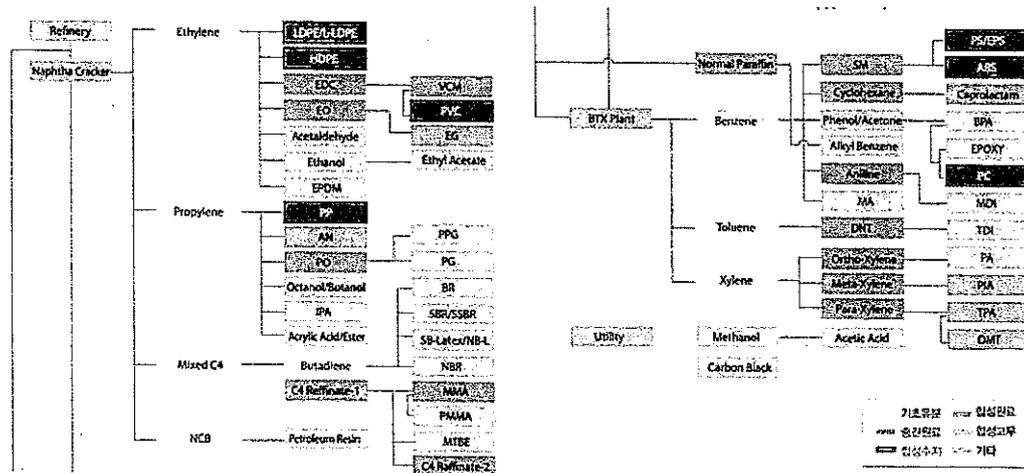
1. 분석 배경

1. 분석 배경

1.1 플라스틱 개요

① 플라스틱 계통도

- 플라스틱의 주된 원료는 석유로, 석유로부터 플라스틱 제조
 - 국내의 경우 납사를 분해설비에 투입하여 에틸렌, 프로필렌 등 기초 유분 생산
 - 에틸렌, 프로필렌 등의 기초 유분으로 중합반응 등의 제조 공정을 통해 플라스틱 제조



출처 : 한국석유화학협회, 2017

1. 분석 배경

1.1 플라스틱 개요

② 플라스틱 종류별 주요 용도

구분	용도
HDPE (고밀도 폴리에틸렌)	· 상자, 파렛트, 장난감, 주방용품, 필름, 상품 포장용, 쇼핑백, 파이프, 프로파일, 로프 등
LDPE (저밀도 폴리에틸렌)	· 정밀공업부품, 하우스용 필름, 전석피복, 일반포장필름, 파이프이음관, 병, 통 등
LLDPE (선형저밀도 폴리에틸렌)	· 식품용기, 전석피복, 파이프, 공업부품 등에 사용
PP (폴리프로필렌)	· 포장재, 증착필름, 가전부품, 자동차 내외장재, 1회용 주사기, 주방용품, 포대, 끈, 양념병, 배터리 케이스 등
PVC (폴리염화비닐)	· 포장용 필름, 농업용 필름, 기계부품, 이음관, 파이프, 전선용 튜브, 바닥재, 창틀, 용기, 가구 등
PS (폴리스티렌)	· 전기전자 부품, 문구, 완구, 건축재, 포장용기, 단열재
PET (폴리에틸렌 테레프탈레이트)	· 청량음료병, 생수병, 삼푸용기, 전기전자제품, 자동차 등
PC (폴리카보네이트)	· 전기전자제품(드라이어팬 등), 자동차부품, 우유병, 헬멧 등

1. 분석 배경

1.2 국내 플라스틱 폐기물 관리 현황

① EPR 제도(1/2)

- 생산(수입)자에게 특정 제품이나 포장재의 폐기물에 대하여 일정량의 재활용의무를 부여
- EPR제도의 재활용 의무대상 품목은 4개 포장재군, 7개 제품군

- ERP 대상 품목 중 플라스틱의 주요 재질인 제품의 경우 3개 제품군과 1개 포장재군

구분	용도	
제품	· 전자류	· 수은전지, 산화은전지, 니켈카드뮴전지, 리튬전지(1차전지), 망간전지, 알칼리망간전지 니켈수소전지
	· 타이어	· 자동차관리법, 군수품관리법, 건설기계관리법, 농업기계화촉진법 등의 기계 및 자동차에 사용되는 타이어
	· 윤활유	· 자동차, 건설기계, 농업기계, 선박, 어선 등의 사용되는 윤활유
	· 형광등	· 수은이 들어 있는 형광등 제조용 반제품인 램프 포함
포장재	· 양식용 부자	· 수산물 양식용 부자
	· 곤포 사일리지용 필름	· 곤포 사일리지용 필름 - 사료작물, 볏짚 등의 압축, 결속을 위해 사용하는 합성수지재질 비닐류
	· 합성수지 재질의 김발장	· 김의 건조를 위하여 사용하는 김발장
포장재	· 종이팩 (합성수지 또는 알루미늄박이 접합, 도포된 종이팩에 한함)	· 음식료품, 농수축산물, 세제류, 화장품, 의약품, 부탄가스제품, 살충살균제, 의복류, 종이제품, 고무장갑, 윤활유, 부동액 등의 포장재
	· 유리병	
포장재	· 금속캔	
	· 합성수지재질의 포장재	· 음식료품, 농수축산물, 세제류, 화장품, 의약품, 부탄가스제품, 살충살균제, 의복류, 종이제품, 고무장갑, 윤활유, 부동액 등의 포장재(용기류, 필름 시트형 포장재, 트레이 포함) · 상기 제품군 이외의 제품에 사용되는 경우에도 해당 (제외진단용 의료기기 및 폐기물부담금 부과대상 용기 제외(살충제) · 전기가기류 등의 포장재(필름, 시트형 포장재 및 발포합성수지 완충재) · 합성수지 재질의 1회용 봉투, 쇼핑백(폐기물 종량제 봉투 제외)

1. 분석 배경

1.2 국내 플라스틱 폐기물 관리 현황

① EPR 제도(2/2)

• EPR 제도에서 재활용 실적을 인정받기 위한 플라스틱 폐기물의 재활용 방법 및 기준 지정

구분	용도
• PET 병	<ul style="list-style-type: none"> • 페PET를 사용한 재생원료 제조(다만, 플러프, 플레이크는 세척한 것만 해당) • 페PET를 사용한 성형제품 제조 • 재활용을 목적으로 한 수출(총 재활용량의 20% 이하)
• 발포합성수지 재질의 제품 및 포장재	<ul style="list-style-type: none"> • 페발포합성수지를 사용한 재생원료 제조 • 페발포합성수지를 사용한 성형제품 제조 • 페발포합성수지를 사용한 내화제품 또는 섬유코팅제품 제조 • 재활용을 목적으로 한 수출
• 합성수지재질 제품 및 포장재	<ul style="list-style-type: none"> • 재생원료 제조 • 성형제품 제조 • 유류 제조 • 페플라스틱을 종량기준으로 60% 이상 사용한 일반 고허연료제품 중 성형제품의 제조 (저위 발열량 6 kcal 이상) • 에너지 회수(폐기물관리법 시행규칙 제3조) <ul style="list-style-type: none"> - 성형제품과 에너지 회수 합산 비율이 전체 재활용의 70% 이하 • 재활용을 목적으로 한 수출 • 옹광리 환원제, 코크스로 가스화원료, 가스 제조

1. 분석 배경

1.2 국내 플라스틱 폐기물 관리 현황

② 폐기물부담금 제도

• 특정 유해물질(특정대기 및 수질유해물질, 유독물)을 함유하고 있거나, 재활용이 어렵고 폐기물 관리상의 문제를 초래할 가능성이 있는 제품, 재료, 용기의 제조업자 또는 수입업자에게 폐기물 처리에 드는 비용을 매년 부과 및 징수
 - 플라스틱 제품 제조, 도소매업자 중 환경부와 재활용/회수에 대한 자발적 협약 체결 후 이행 시에 부담금 면제

구분	용도
부담금 부과대상 품목	<ul style="list-style-type: none"> • 유리병, 플라스틱 용기를 사용하는 살충제 및 금속캔, 유리병, 플라스틱용기를 사용하는 유독물 제품 • 부동액, 꿀 • 플라스틱을 재료로 사용한 제품으로 아래 업종의 제조업을 경영하는 자 또는 도소매업자가 제조하거나 수입한 제품(소비자에게 판매하기 위하여 시장에 유통되는 최종단계의 제품을 말한다), 다만, 합성수지 섬유제품은 제외
환경부장관과 회수 및 재활용에 관한 자발적 협약	<ul style="list-style-type: none"> • 부담금 면제 되는 <ul style="list-style-type: none"> - 건축용 플라스틱 제품 · 재료 · 용기: 연간 출고 · 수입량의 100분의 20 이상 • 회수 및 재활용 비율 <ul style="list-style-type: none"> - 그 밖의 플라스틱 제품 · 재료 · 용기: 연간 출고 · 수입량의 100분의 80 이상
(플라스틱 제품, 재료 및 용기의 폐기물부담금 면제 조건)	<ul style="list-style-type: none"> • 전자제품 <ul style="list-style-type: none"> - [전자제품전자순환법]의 시행규칙 제4조에 따른 제품별 재활용의 방법과 기준 • PET병, EPS 및 그 밖에 합성수지 재질 포장재 <ul style="list-style-type: none"> - [자원재활용법] 시행규칙 별표 6 (본 발표자료 8p) • 그 밖의 플라스틱 제품 재료 용기 <ul style="list-style-type: none"> - 재생원료, 성형제품, 고허연료제품 제조 또는 재활용 목적으로 한 수출

1. 분석 배경

1.2 국내 플라스틱 폐기물 관리 현황

③ 플라스틱 폐기물 수출입

• 현재 국내 플라스틱 폐기물 수출입 CODE는 제3915호로 부여되어 관리되고 있음

품목번호		품명	
3915			• 플라스틱의 웨이스트(waste), 페어링(pairing), 스크랩(scrap)
3915	10		• 에틸렌의 중합체로 만든 것
3915	10	1000	• 제조 당시 필름, 시트, 판, 박 상태의 것
3915	10	2000	• 제조 당시 파이프, 호스 상태의 것
3915	10	9000	• 기타
3915	20	0000	• 스티렌의 중합체로 만든 것
3915	30	0000	• 염화비닐의 중합체로 만든 것
3915	90		• 그 밖의 플라스틱으로 만든 것
3915	90	1000	• 프로필렌의 중합체로 만든 것
3915	90	2000	• 아크릴 중합체로 만든 것
3915	90	3000	• 폴리아세탈수지로 만든 것
3915	90	4000	• 폴리카보네이트로 만든 것
3915	90	5000	• 플러아미드로 만든 것
3915	90	9000	• 기타

1. 분석 배경

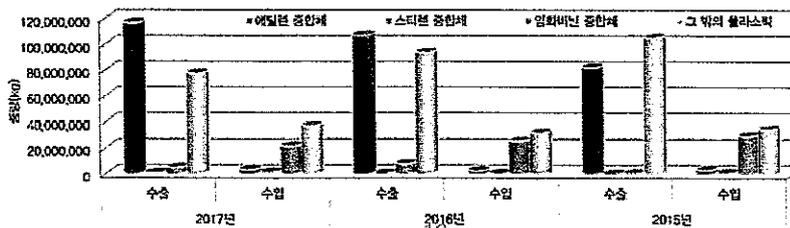
1.2 국내 플라스틱 폐기물 관리 현황

③ 플라스틱 폐기물 수출입

• 플라스틱 폐기물 수출입 현황

년도	3915.10(에틸렌 중합체로 만든 것)				3915.20(스티렌 중합체의 웨이스트, 페어링, 스크랩)			
	수출		수입		수출		수입	
	금액(천\$)	중량(kg)	금액(천\$)	중량(kg)	금액(천\$)	중량(kg)	금액(천\$)	중량(kg)
2017	26,601	116,529,581	1,310	3,218,872	146	572,044	764	1,183,507
2016	28,149	107,042,053	659	2,218,444	48	204,047	172	268,613
2015	20,311	81,967,022	745	3,136,738	0	113	553	898,077

년도	3915.30(염화비닐 중합체의 웨이스트, 페어링, 스크랩)				3915.90(그 밖의 플라스틱으로 만든 것)			
	수출		수입		수출		수입	
	금액(천\$)	중량(kg)	금액(천\$)	중량(kg)	금액(천\$)	중량(kg)	금액(천\$)	중량(kg)
2017	585	4,909,250	6,546	21,481,942	17,505	77,561,075	14,717	37,163,883
2016	1,526	7,751,254	7,402	25,410,309	27,481	93,828,593	9,760	31,703,448
2015	162	416,205	9,336	29,558,184	40,370	105,226,119	13,344	34,442,605

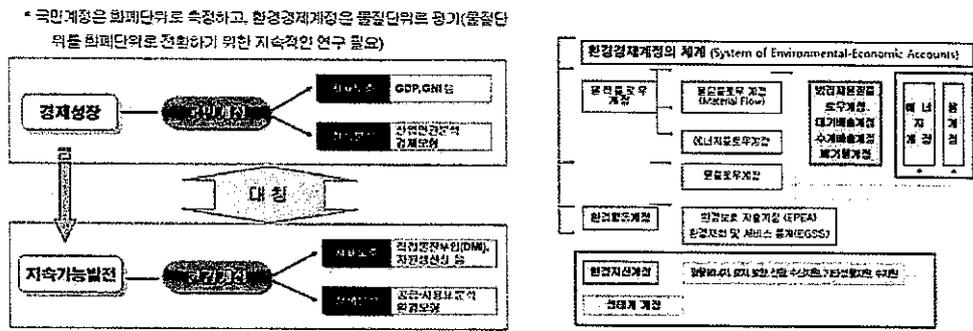


1. 분석 배경

1.3 물질흐름분석(MFA) 개요 및 사례

① 물질흐름분석 개요

- 국가, 지역, 산업, 기업, 사업장 단위 경제활동에 투입되는 물질의 전과정 흐름을 물질수지 원리에 근거하여 물리적 단위로 분석하는 기법
- 국민계정(System of National Accounts: SNA)의 대안인 환경경제계정(System of Environmental-Economic Accounting: SEEA)의 주요 구성요소로 물적플로우 계정이 활용 되고 있음
- 2018년 현재 통계청에서 환경경제계정 및 물흐름계정 통계 작업 진행 중



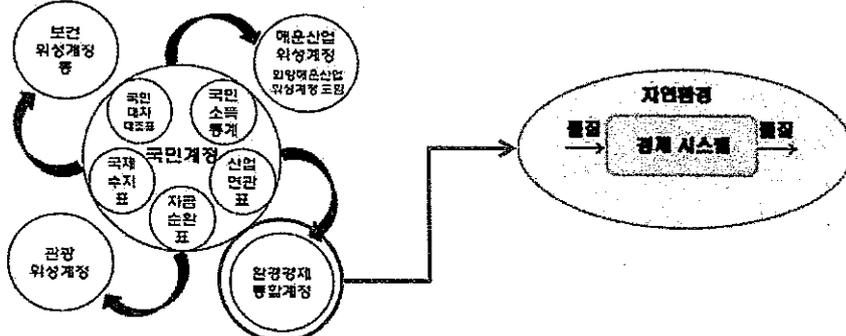
(환경경제계정과 국민계정과 관계, 출처: 환경경제계정 증장기 개발계획(안), 국가통계위원회, 2013)

1. 분석 배경

1.3 물질흐름분석(MFA) 개요 및 사례

② 국내 물질흐름분석 사례(1/4)

- 통계청 : 범경제물질흐름계정(EW-MFA)
 - 범경제물질흐름계정(EW-MFA, Economic-Wide Material Flow Account)이란 통상 1년 동안에 국민경제와 자연환경 및 해외국민경제 사이의 물질흐름을 물량단위(중량)로 측정하는 계정체계
 - 자연환경에서 경제로 유입 즉 물질투입(material input)되었다가 배출 즉, 물질산출(material output)되는 물질에 관한 정보를 포함
 - 물리적 측정단위를 이용하기 때문에 경제적 가치가 고려되지 않아 화폐적 계정의 단점을 보완할 수 있음



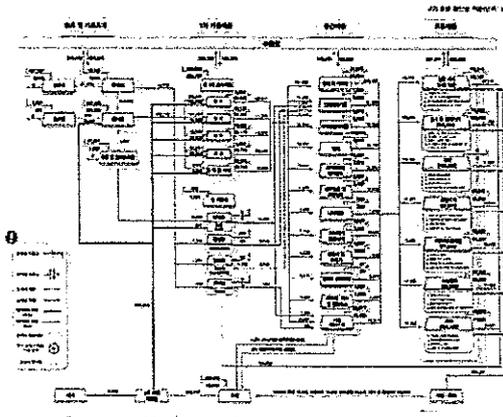
(출처: 범경제물질흐름계정의 Eurostat 매뉴얼에 따른 국내 통계현황 비교 연구, 통계청, 2017)

1. 분석 배경

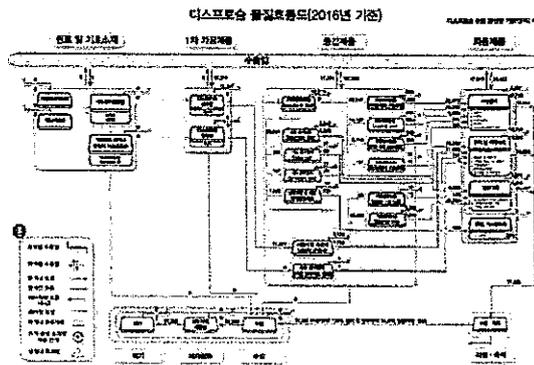
1.3 물질흐름분석(MFA) 개요 및 사례

② 국내 물질흐름분석 사례(2/4)

- 산업통상자원부 : 금속자원의 물질흐름분석
 - 원자재의 수급불안정에 대한 근본적 대안으로 순환자원의 활용이 활성화되는 자원순환형 산업구조 구축 요청
 - 국가적 자원관리체계 구축을 위한 산업별 자원사용 통계체계, 지속적인 자원수급 동향 모니터링 등의 기반 구축 필요
 - '10년~'15년까지 총 63개 광종(국가전략금속, 희소금속, 비철금속)에 대한 물질흐름통계 구축하였으며, '16년~ 현재까지 41개 광종에 대한 물질흐름통계 갱신



〈구리 물질흐름도, 2014〉



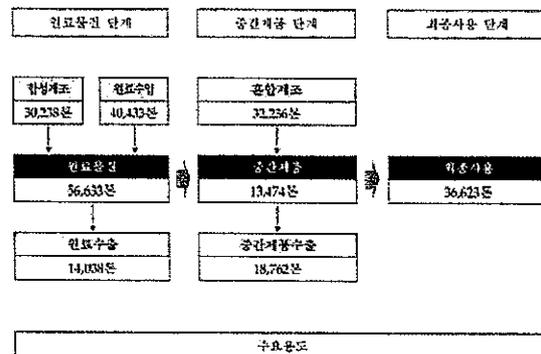
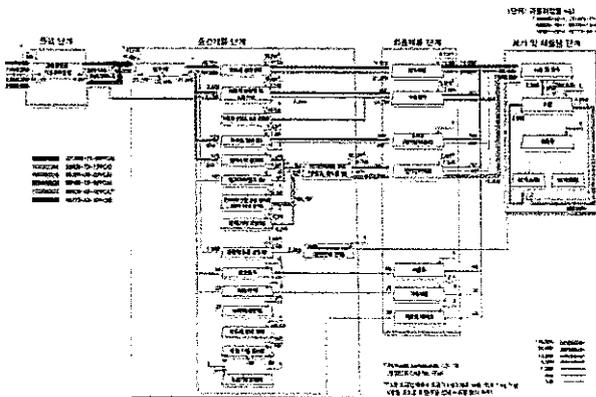
〈디스프로션 물질흐름도(2016년 기준)〉

1. 분석 배경

1.3 물질흐름분석(MFA) 개요 및 사례

② 국내 물질흐름분석 사례(3/4)

- ✓ 환경부 : 과불화화합물 물질흐름분석(2017)/브롬화난연제 물질흐름분석(2015)
 - 과불화화합물 및 브롬화난연제 전과정 물질흐름분석을 통해 사용량 및 제품 유통현황 등의 정량적 흐름 자료를 확보
 - 스톡홀름협약 이행과 잔류성유기오염물질 함유폐기물의 적정처리를 위한 물질과 제품의 관리체계를 마련
 - 과불화화합물 및 브롬화난연제 물질별, 용도별 물질흐름분석 수행



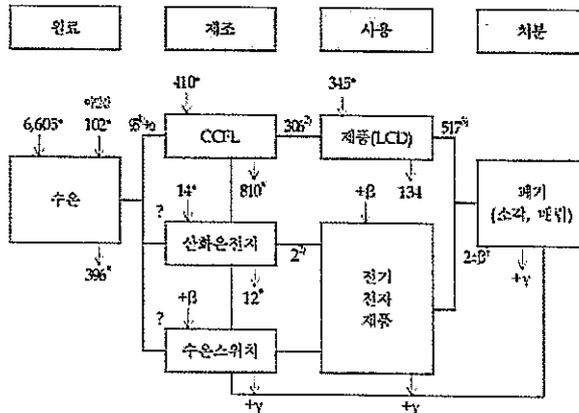
1. 분석 배경

1.3 물질흐름분석(MFA) 개요 및 사례

② 국내 물질흐름분석 사례(4/4)

환경부 : 수은함유 전기·전자제품의 물질흐름분석(2011)

- 국제 수은협약 체결에 따른 국내 수은관리체계 강화 및 관리 체계 구축을 위해 수은을 함유한 전기전자제품의 생산 공정별 물질 흐름의 종합적으로 해석



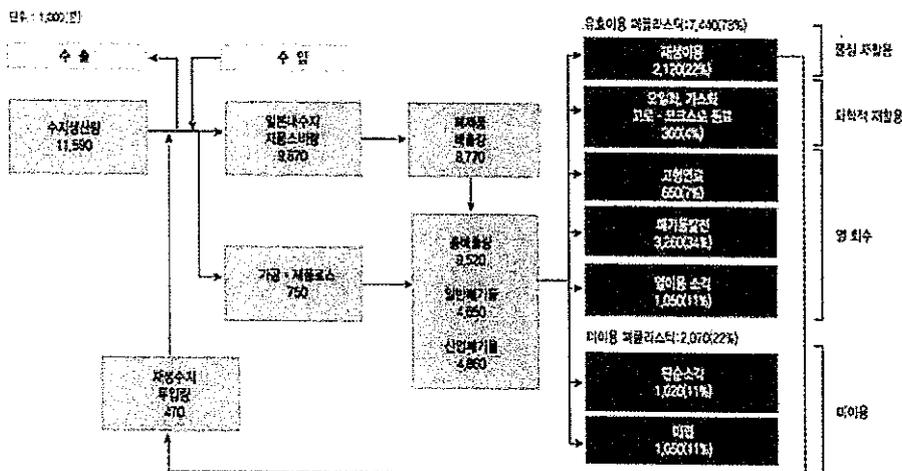
1) 일본(유리EIT)에서 제조된 수은량(2010), 2) 내수제품의 수은량, 3) 폐기제품의 수은량, a: 제조업체, β: 수일 규명량(수은), γ: 수은 규명량(수은), ?): 국내 생산여부 미확정, +: 수입량, #:수출량

1. 분석 배경

1.3 물질흐름분석(MFA) 개요 및 사례

③ 해외 주요 물질흐름 분석 결과(1/5)

일본 플라스틱 물질 흐름분석(2011년, (사)플라스틱처리촉진협회)



[출처: (사)플라스틱처리촉진협회 「플라스틱 재활용 기초 자료 2012, 플라스틱 물질 흐름도」]

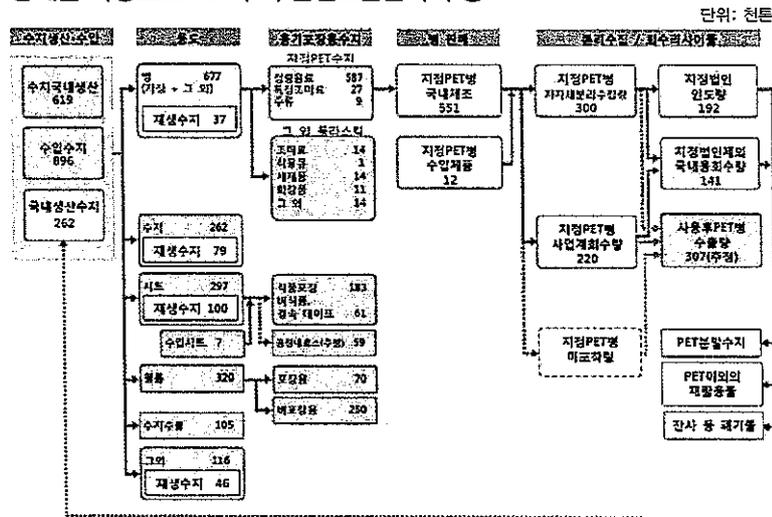
출처: (사)플라스틱처리촉진협회, [플라스틱 재활용 기초자료 2012]

1. 분석 배경

1.3 물질흐름분석(MFA) 개요 및 사례

③ 해외 주요 물질흐름 분석 결과(2/5)

- 일본 PET수지 물질 흐름분석(2015년)
 - 일본 PET병 협의회에서 병용 PET수지의 수요 실적 추이에 대한 통계 발행
 - 통계를 바탕으로 PET수지 물질흐름분석 수행



17

출처 : 일본 PET병 리사이클 연차보고서, 2016 번역본

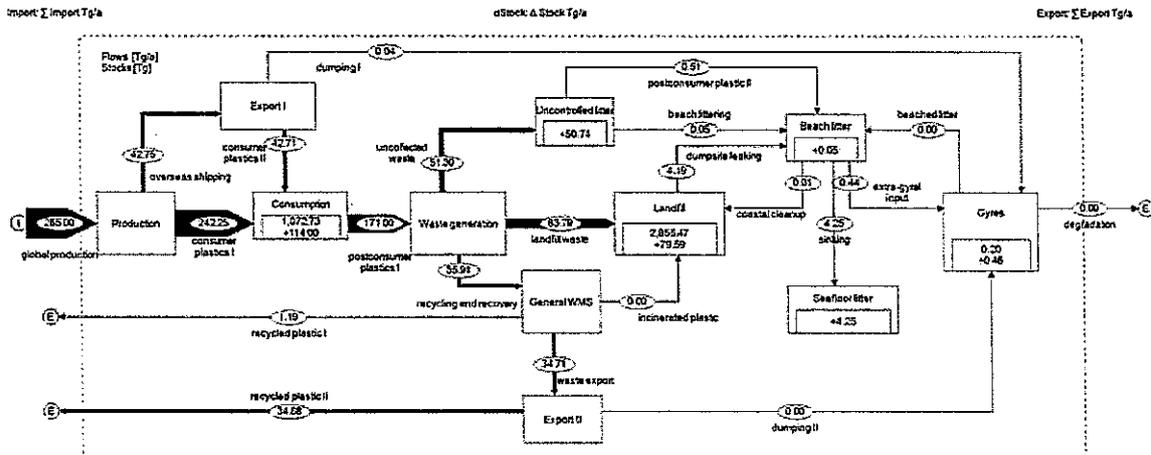
인하대학교

1. 분석 배경

1.3 물질흐름분석(MFA) 개요 및 사례

③ 해외 주요 물질흐름 분석 결과(3/5)

- EU: 플라스틱 생산에서부터 해양 배출까지의 물질흐름분석
 - 미세플라스틱 해양 오염에 대한 물질흐름 루트별 기여도 분석 및 결과해석을 위해 물질흐름분석 수행



(2014년 기준의 전세계의 플라스틱 물질흐름도(생산에서 폐기까지))

출처 : Unwanted Pathways: A Material Flow Analysis of Plastics from Production to the Ocean, Vera Kellen

18

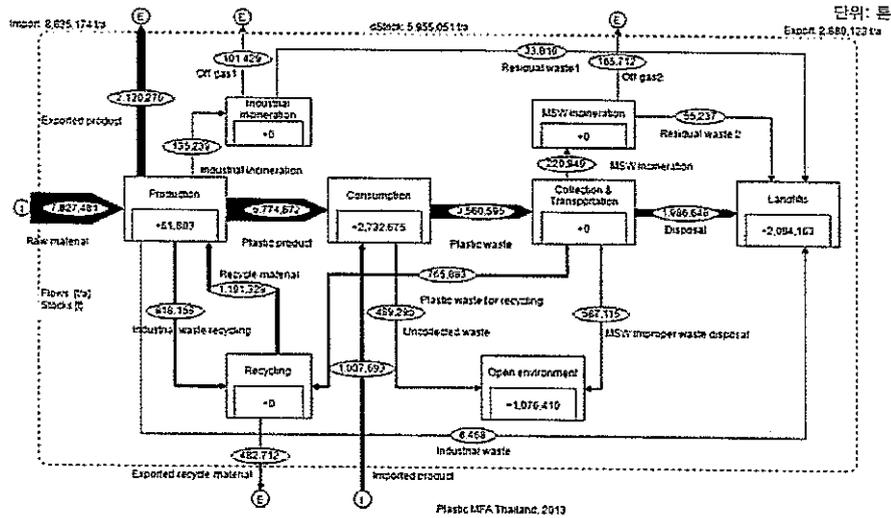
인하대학교

1. 분석 배경

1.3 물질흐름분석(MFA) 개요 및 사례

③ 해외 주요 물질흐름 분석 결과(4/5)

- 태국 : 플라스틱 자재 물질 흐름분석(2013년)
- 인구 증가와 소비 증가에 따른 플라스틱 폐기물 발생량 분석
- 통계를 바탕으로 플라스틱 물질흐름분석 수행



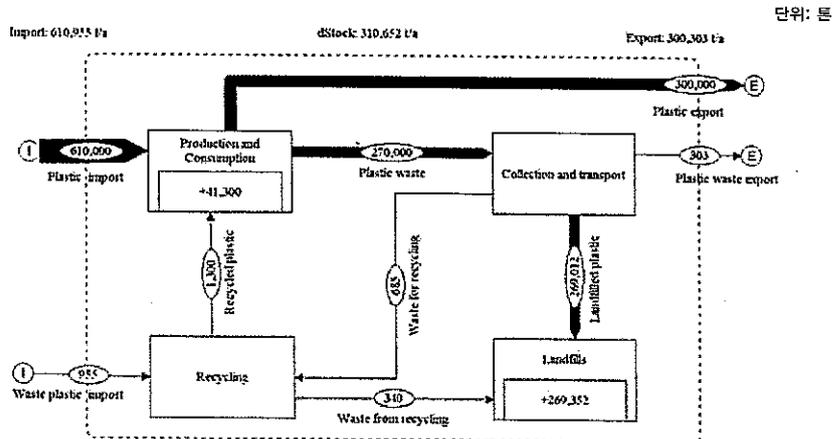
출처 : Sirindhorn International Institute of Technology 논문, 2017 번역본

1. 분석 배경

1.3 물질흐름분석(MFA) 개요 및 사례

③ 해외 주요 물질흐름 분석 결과(5/5)

- 세르비아: 플라스틱 물질 흐름분석(2008년)
- 매년 생산, 소비, 수입, 수출, 수집, 재활용 및 처분되는 플라스틱의 물질흐름 분석
- 플라스틱 자재 흐름 및 재고량 평가를 위해 물질흐름분석 수행



출처 : ASSESSMENT OF PLASTIC FLOWS AND STOCKS IN SERBIA USING MATERIAL FLOW ANALYSIS 논문, 2010 번역본

2. 국내 플라스틱류 물질흐름분석

21

인하대학교

2. 국내 플라스틱류 물질흐름분석

2.1 분석 조건

① 분석 범위 및 단계 설정

구분	용도
시간적 범위	<ul style="list-style-type: none"> • 2016년(1년) - 기반 통계자료의 최근 구축기준 년도
공간적 범위	<ul style="list-style-type: none"> • 대한민국(국가를 경계로 투입/산출되는 물질분석)
대상물질	<ul style="list-style-type: none"> • 주요 열가소성 플라스틱(PE, PVC, PET, PP, PS, PC)
물질흐름분석 사용통계	<ul style="list-style-type: none"> • 관련 통계자료 및 기수행 연구결과를 기반으로 하는 물질흐름분석 수행 <ul style="list-style-type: none"> - 2016년도 전국 폐기물 발생 및 처리현황, 환경부, 2017 - 제5차(2016~2017년) 전국폐기물통계조사, 환경부, 2017 - 2017 포장재 자원순환 연차보고서, (사)한국포장재재활용사업공제조합, 2018 - 2016 포장재 자원순환 연차보고서, (사)한국포장재재활용사업공제조합, 2017 - 한국석유화학협회 연간 수급 통계, KPIA - 품목별 수출입 통계, K-stat 관세청 - 2016년 폐차통계, 한국자동차해체재활용협회, 2017 - EPR 재활용의무이행 실적, 한국순환자원유통지원센터, 2016 - 자동차용 화학소재 적용 현황 및 전략, 현대자동차, 2013 등

22

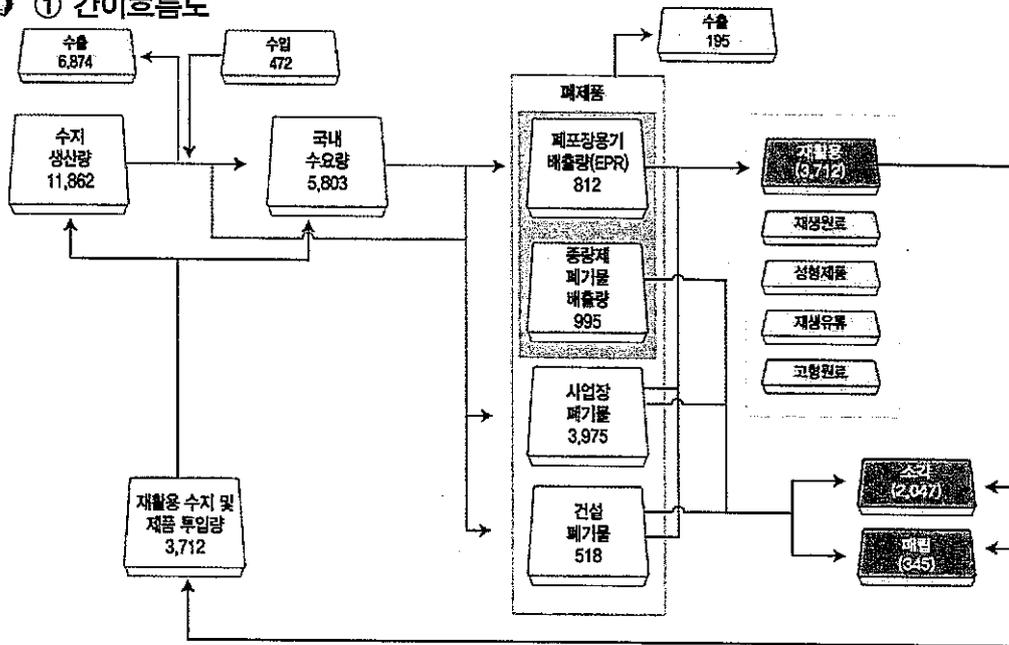
인하대학교

2. 국내 플라스틱류 물질흐름분석

2.2 물질흐름분석 결과

① 간이흐름도

(단위: 천톤)



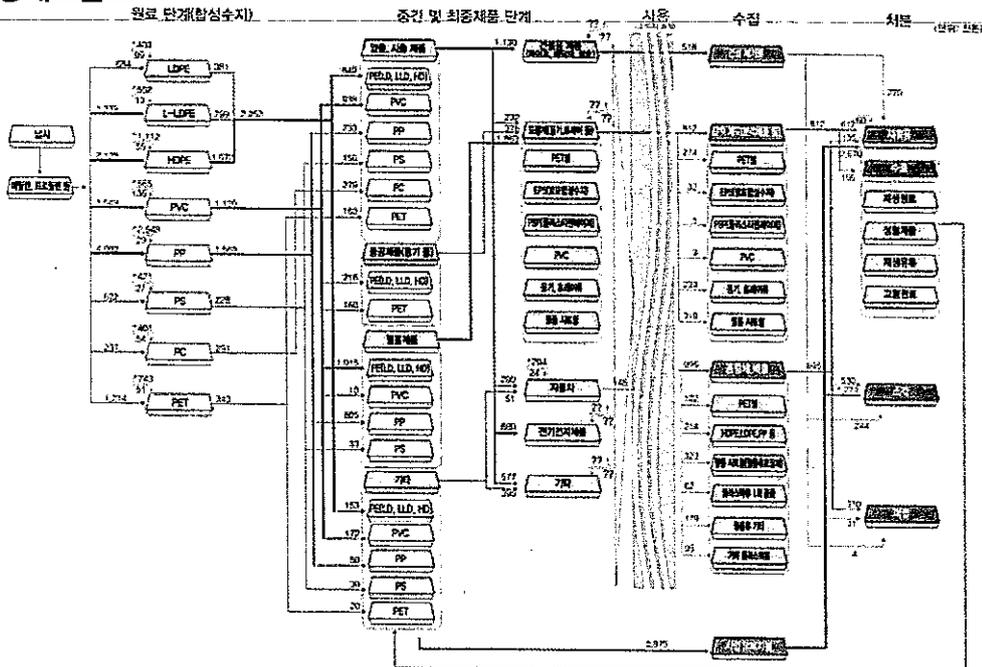
23

인하대학교

2. 국내 플라스틱류 물질흐름분석

2.2 물질흐름분석 결과

② 상세흐름도



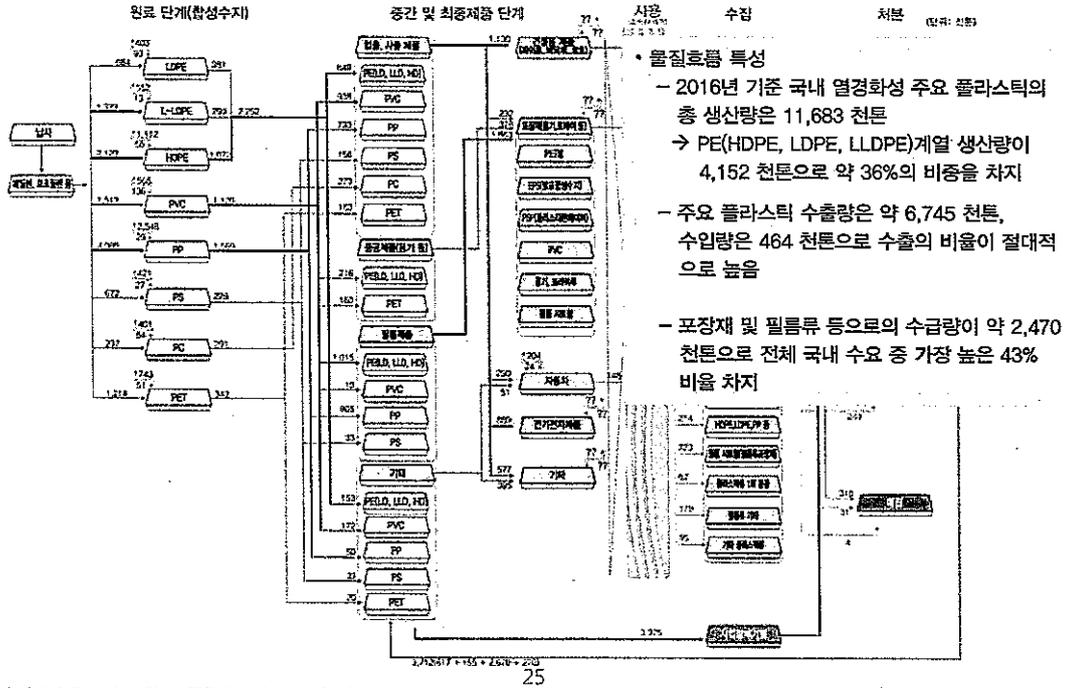
24

인하대학교

2. 국내 플라스틱류 물질흐름분석

2.2 물질흐름분석 결과

③ 원료 및 제품 단계



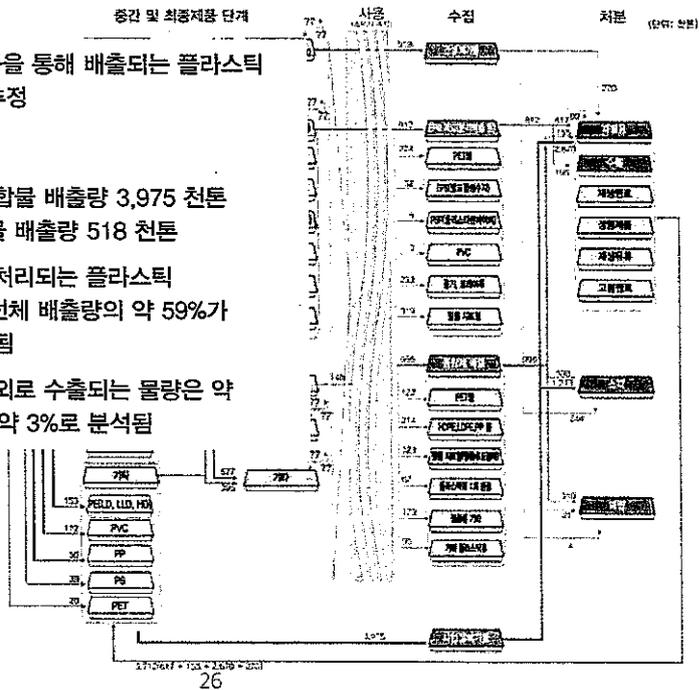
인하대학교

2. 국내 플라스틱류 물질흐름분석

2.2 물질흐름분석 결과

④ 수집 및 처분 단계

- EPR, 종량제, 사업장 폐기물 등을 통해 배출되는 플라스틱 폐기물은 약 6,300 천톤으로 추정
 - EPR 제도 약 812 천톤
 - 종량제 배출 995 천톤
 - 사업장 폐기물 중 고분자화합물 배출량 3,975 천톤
 - 건설폐기물 중 고분자화합물 배출량 518 천톤
- 수집된 폐기물 중 재활용으로 처리되는 플라스틱 폐기물은 약 3,712 천톤으로 전체 배출량의 약 59%가 재활용 되고 있는 것으로 파악됨
- 수집된 플라스틱 폐기물 중 해외로 수출되는 물량은 약 195 천톤으로 전체 배출량의 약 3%로 분석됨



인하대학교

3. 결론 및 제언

27

인하대학교

3. 결론 및 제언

3.1 결론 및 시사점

- ❑ 국내 플라스틱류 물질흐름분석결과 열경화성 플라스틱의 국내 총 생산량은 11,683 천톤으로 분석, PE(HDPE, LDPE, LLDPE)의 생산량이 4,152 천톤으로 전체 생산량 중 약 36% 비중
- ❑ EPR(분리배출), 종량제 배출, 사업장 폐기물, 건설 폐기물로 배출되는 플라스틱 폐기물의 총량은 약 6,300 천톤/년(2016년 기준)으로 추정
- ❑ 배출된 폐기물 중 수출 물량이 전체 플라스틱 폐기물 배출량 중 차지하는 비율이 낮아, 최근 사회적 이슈로 대두된 폐기물 대란의 근본적인 원인을 플라스틱 폐기물 수출로 해석하는 것에는 무리가 있는 것으로 판단됨
- ❑ 의사결정이 가능한 수준의 물질흐름분석 결과 도출을 위해서는 아래와 같은 플라스틱 폐기물 관련 통계의 개선이 필요할 것으로 판단됨
 - 플라스틱 재활용 방법별 재활용 실적 도출
 - 관련 통계별 품목분류 체계 통일

→ 예시 EPR : PET, EPS, PSP, PVC, 용기 트레이류, 필름 시트형,
전국 폐기물 발생 및 처리현황 : PET병, HDPE, LDPE, PP등, 필름류포장재, 플라스틱류 1회용품, 필름류기타, 기타플라스틱류
- ❑ 미세플라스틱 해양 오염에 대한 주요 발생원 및 물량 파악을 위해서는 미세플라스틱 물질흐름 분석 수행 필요

28

인하대학교