

자원효율관리를 위한 물질흐름분석

2020. 12.10

한국생산기술연구원 자원순환기술정책실
윤 혜리

I 서론

.....●

II 물질흐름분석(MFA) 개념

.....●

III 기존 연구 현황과 문제점

.....●

IV 향후 방향

.....●

- ❑ **핵심자원에 대한 지속적 관리**를 통해 원자재 수급에 유연하게 대처 필요
 - COVID-19 이후 중국의 빠른 경제회복과 미·중 무역갈등으로 안전자산에 대한 수요가 확대되면서 금, 은 등의 귀금속 가격 상승
 - 전기자동차 공급 확대로 리튬, 코발트 등 핵심금속에 대한 수요 증가
 - 선진국은 **순환경제, 그린 딜의 탄소중립 정책 등으로 천연자원의 사용량 저감과 안정적 자원 확보를 위한 다양한 정책 추진중**
- ❑ 전 세계적으로 지속적인 **자원효율관리**를 위한 **다양한 정책이 추진중임.**
 - 국제수준, 국가수준, 지역수준을 범위로 추진되고 있음.
 - 특히, **자원효율성과 순환성을 중심으로** 정책 방향성을 제시하고 있음.
 - OECD에서는 매년 국가별 자원생산성을 선정하여 공표중
 - 중국, 덴마크, 핀란드, 프랑스 등은 국가단위에서 순환경제로의 전환을 위한 전략과 로드맵을 수립
- 국제수준의 OECD 환경장관회의 진행 현황

구분	2008	2013	2016
대상국	G8	G7	G20
주요 내용	· 고베 3R 행동 지침 서명 · 자원효율성 향상, 자원 사용에 대한 환경영향 제한	· 토야마 물질순환 프레임워크, 블로냐 5개년 로드맵 채택	· 이니셔티브 출범 - 자원생산성 - 지속가능한 자원관리 - 순환경제

□ 우리나라, 벨기에, 독일, 일본 등은 지역수준으로 자원효율성 전략을 제시하여 관리중

○ 지역수준의 자원효율관련 정책 관리 형태 및 사례

No.	지역수준의 관리 형태	관련 국가
①	· 지속가능한 실행 및 성과 모니터링 시스템을 통한 인센티브, 정량적 목표 설정	일본, 한국, 네덜란드
②	· 순환경제 전환을 위한 국가적 정책 프레임워크 수립 추진 중	콜롬비아, 이스라엘, 스위스
③	· 기존 법, 정책 프레임워크에 순환경제를 통합하고, 주요 사항으로 제시	노르웨이, EU

□ 자원의 효율적 관리는 생산계와 순환계의 자원 흐름을 파악하는 것이 중요하며, 자원의 흐름을 파악하는 기법으로 물질흐름분석(Material flow analysis, MFA)가 많이 사용됨.

- 우리나라도 MFA 기법을 적용하여 여러가지 분석을 시행하고 있으나 생산계와 순환계의 유기적인 분석 측면과 정부 정책과의 연계성 측면에서 한계가 지적됨

□ 따라서, 물질흐름분석 결과물의 활용도 제고를 위해 현재 수행된 물질흐름분석 결과를 살펴보고 현재 문제점을 분석하여 향후 방향성을 제시하고자 함.

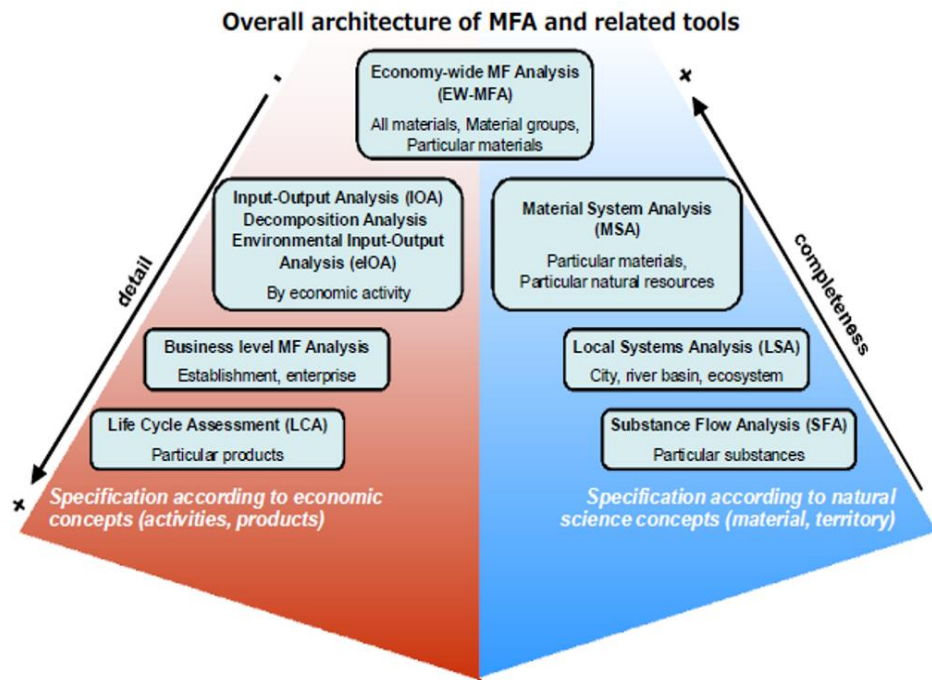
[참고] 국가별 물질흐름분석 관련 정책 현황 사례

국가	시행(발표)년도	정책명	주요내용
EU	2012	European Innovation Partnership on Raw Materials	- Scoreboard를 통해 모니터링 정보제공 - Scoreboard에서 “순환경제와 재활용” 분과 지표 중 가장 첫 번째가 “Material flows in the circular economy” 지표임
	2015	New Circular Economy Package	자원의 효율적 활용을 통한 제품의 생산과 소비, 폐기물 발생 저감 및 친환경적 처리, 발생 폐기물의 재활용 증대 및 2차 자원 활용 등에 대한 중장기 정책 목표 및 정책 대안 제시
	2020	European Green Deal (New Circular Economy Action Plan)	2050년까지 유럽연합(EU) 회원국들의 순 탄소 배출량을 Zero(0)로 만드는 탄소 중립 달성을 위한 정책
독일	2012, 2016	자원효율프로그램 (ProgRes)	효율적이고 친환경적인 방식의 재료 이용 및 천연자원추출에 대한 주요 조치가 포함
프랑스	2018	Roadmap for the Circular Economy	생산 개선, 소비 개선, 폐기물 관리 개선, 모든 이해관계자의 참여 등 4가지 영역으로 분류하여 50가지 조치사항으로 구성 (FREC 50가지 조치)
캐나다	2016	Resource Recovery and Circular Economy Act	효율적인 자원회수 시스템, 지속가능한 시장 지원을 위한 기반 조성
중국	2013	순환경제발전전략 및 단기행동계획	국가 순환형 경제발전 특별 계획으로 순환경제 촉진을 향한 구체적인 액션플랜을 제시
일본	2000	순환형사회형성추진 기본법	- 순환형사회에 관한 정의와 순환형사회를 구축하기 위한 기본원칙과 국가, 지방자치단체, 사업자, 국민의 의무를 제시 - 순환형사회의 형성에 대한 시책의 종합적이고 계획적인 추진을 위한 순환형 사회형성기본계획을 수립 요구
한국	2018	제1차 자원순환기본계획 (2018~2027)	- 국가 자원효율지표-관리 시스템 구축 : 자원 전과정 물질흐름분석 추진 - 업종별 자원생산성 향상 지원 : 지표개발, 자원생산성 산정, 자원효율관리시스템 보급확산
	2020	자원순환 정책 대전환 추진계획	주요 업종에 대한 전과정 물질흐름분석을 기반으로 자원효율관리 모니터링 체계 구축(산업부-환경부['21~])

□ 물질흐름분석의 유형

- 물질흐름분석은 6가지 유형으로 구분이 되며, 분류 기준에 따라 유형, 관심이슈, 대상 범위 등으로 연구가 가능

물질흐름분석 유형		개념
EW-MFA (Economy-wide material flow accounts)	범경제물질 흐름분석	· 경제활동과 물질측면에서 상위수준의 분석
IOA (Input-Output Analysis)	투입산출 분석	· 국민계정(투입산출표)의 편제 원리를 환경데이터에 적용 (물적투입산출표, NAMEA)
MSA (Material System Analysis)	물질시스템 분석	· 특정물질 흐름에 대한 분석을 의미 · 표준화된 방법은 미정립
LCA (Life-Cycle Assessment)	전과정 평가	· 전과정 목록에 기반하여 특정 제품에서 사용하는 물질 소비 및 환경부하를 분석 · 국제표준 : ISO 14040 시리즈
SFA (Substance Flow Analysis)	물질흐름 분석	· 환경, 건강 관점에서 중요한 개별 화학물질의 흐름을 분석 · 표준화된 방법은 미정립

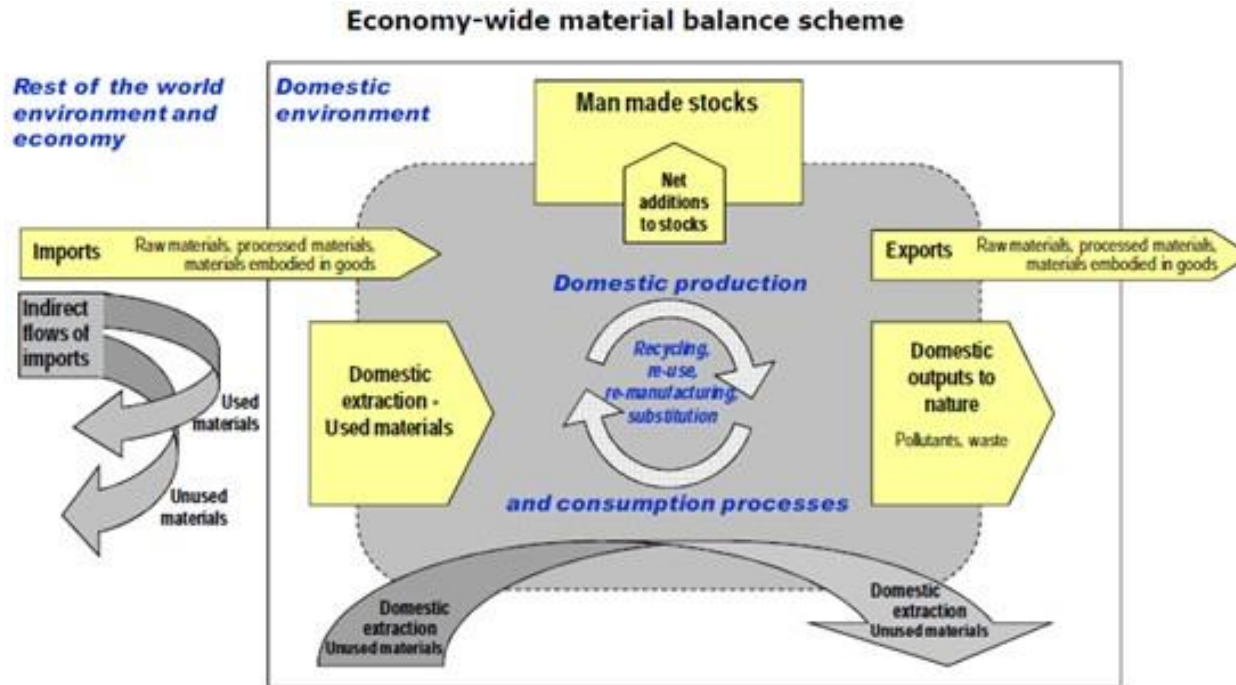


* 자료 : Measuring material flows and resource productivity(OECD)

[그림] 물질흐름분석의 유형

□ EW-MFA: 범경제물질흐름분석

- 세계자원연구소(World Resources Institute, WRI)에 의해 개발됨.
- Eurostat에서 EW-MFA 방법론적 가이드라인을 발간하였고, 현재 전세계적으로 가장 많이 사용되고 있는 방법론
 - 국가간 자원생산성을 비교할 수 있음



* 자료 : Measuring material flows and resource productivity(OECD)

[그림] EW-MFA의 기본구조

□ 물질흐름분석의 정책 활용

정책분야		MFA 관련 기능	활용현황	
			정책활용	기업지원
환경 정책	오염예방 & 관리	- 금속 추출 및 생산에 대한 환경영향 추정 - 간접적, 미사용된 물질 흐름의 모니터링 및 환경영향 분석	●	●
	폐기물	- 폐기물 발생 추이, 자원생산성, 물질 재생 및 재활용 등의 영향분석 - 폐기물의 최소화 및 물질사용 연장에 따른 경제성 분석 - 에너지 보존, 물질 재활용, 대체물질, 신기술에 대한 연구 분야 규명	●	●
	제품관련	- 원료절감, 대체물질 개발, 재활용 용이성 조사 - 제품 환경영향 조사 (독성물질) - 수명 연장을 위한 설계, 오염방지 규명, 그린 디자인 등	○	○
	기타	- 물질흐름, 공급에 대한 환경정책 영향 - 공공구매 정책 기대효과 - 환경성과 모니터링	○	○
천연자원 관리정책		- 국가차원의 천연자원 현황 파악 가능 - 물질순환을 기준으로 수요량, 부족량 측정 및 생산가격, 추세를 시계열 분석 가능 - 광물자원, 에너지 사용 자원의 추적 시스템 평가 가능 (광물: 원재료 사용량, 제품 내 물질간 흐름량, 사용 내 축적량 등)	○	○
경제/ 무역/ 기술 개발 정책	경제	- 경제적 계량지표로 측정 - 건설, 재건축, 구조물 철거 관련 물질분석 - 직간접적 환경영향과 경제성장 사이의 디커플링 정도	○	○
	무역	- 대내외 물질흐름분석 (국내 수입원료, 생산소비 패턴 등) - 환경적으로 중요한 물질흐름 파악 (유해물질, 2차 원료물질, 재활용물질 등) - 해외 물질흐름분석의 환경적 영향 파악 (무역에 따른 간접적 환경영향, 수입품의 환경적으로 중요한 물질 등)	○	○
	기술	- 신기술 개발에 따른 환경영향 - 신기술 개발에 따른 사용가능한 물질, 대체 물질 연구 가능성 제시 - 효율적 에너지 사용, 물질 저감, 국내 재사용 또는 재활용 물질 증가, 대체물질 사용	○	●

[● : 높음, ○ : 중간, ○ : 낮음]

* 자료 : Measuring material flows and resource productivity(OECD) 저자 가공

□ 우리나라는 산업통상자원부와 환경부를 중심으로 물질흐름분석이 이루어지고 있음

- 현재까지 추진된 우리나라 물질흐름분석 연구의 한계점을 정리하면 다음과 같음.
- 조사 대상의 제한
 - 기존 연구는 단일 금속, 단일 폐기물 등을 대상으로 한 물질흐름이 주로 이루어짐
 - 최근 제품과 특정 업종으로 물질흐름분석이 확대되었으나 구체적인 정책 제시에는 한계가 있음
 - 금속 자원의 범위를 확대하고, 업종별로 물질흐름분석을 도출하여 자원관리 업종을 선정하는 방안 고려 필요
- 자원의 수요 공급 예측 곤란: 실질적인 변화 추이 분석 곤란
- 전과정(생산계+순환계) 물질흐름분석 미흡
 - 각 부처별 생산계와 순환계를 중심으로 물질흐름분석에 대한 연구가 진행되었지만, 국내에서는 실제로 사용단계의 물질흐름분석에 대한 연구는 전무하여 소비자의 패턴을 고려한 사용단계의 연구도 필요
- 물질흐름분석의 대상 범주에 따른 수행 현황 비교

구분	금속	제품	업종
대상	63개 금속	특정제품	18개 업종 [多소비 多배출 업종]
분석범위	국가단위	-	조사 업종
	생산계 중심	생산계+순환계	순환계 중심
조시기간	단년도	다년도	단년도
정보제공	금속의 생산단계 중심의 물질량 파악	제품(부품 · 물질) 물량 파악	업종의 폐기단계 물질량 파악
	거시적 접근 물질흐름분석	미시적 접근 물질흐름분석	거시적 접근 물질흐름분석
사용자	정부, 기관	정부, 기관, 기업	정부

□ 자원의 범위 확대 및 조사 대상의 집중 필요

- 물질(금속), 제품, 업종 등의 조사 대상은 정책 추진 현황, 국내외 산업현황 등을 종합적으로 고려하여 설정하고 자원의 범위도 그에 맞게 결정할 필요

□ 물질흐름분석으로 변화 추이 예측

- 현재 63개 금속을 대상으로 분석되는 물질흐름분석을 산업적 중요도를 고려하여 30개 금속으로 변경하고, 기존의 조사 갱신기간을 줄여 데이터 연속성 확보 필요
- 천연자원 관리 정책 활용도 측면에서 제시한 물질흐름분석의 특징 도출 가능할 것으로 기대

□ 통합적 물질흐름분석 통계 구축

- 국가차원의 자원 투입부터 생산공정, 폐기 이후의 재활용까지 유기적으로 연계한 국가 자원 통계 관리시스템의 구축이 필요
 - 이를 위해 자원 다소비, 폐기물 다배출 업종을 중심으로 산업통상자원부와 환경부 간 협의를 통해 주요 업종을 선정하고 전과정 물질흐름분석 기반으로 한 자원효율 관리 모니터링 체계를 구축할 예정
- 원료의 투입은 우선 자원의 범위 설정이 우선 필요하며 기존에는 천연자원과 가공자원만을 고려하였지만再生资源까지 포함해야 한다는 요구가 많아지고 있어 이에 대한 적용 방안 고려할 필요
- 또한 각 부처별 협력을 통해 물질흐름분석에 필요한 관리 데이터 현황을 파악하고, 표준화된 방법론 개발 선행 필요

감사합니다.

