

KRIC 기후 리더십 아카데미

전과정평가의 이해와 DB활용 및 산정실무

한국기후변화연구원 이종효 선임연구원 (ljh@kric.re.kr)



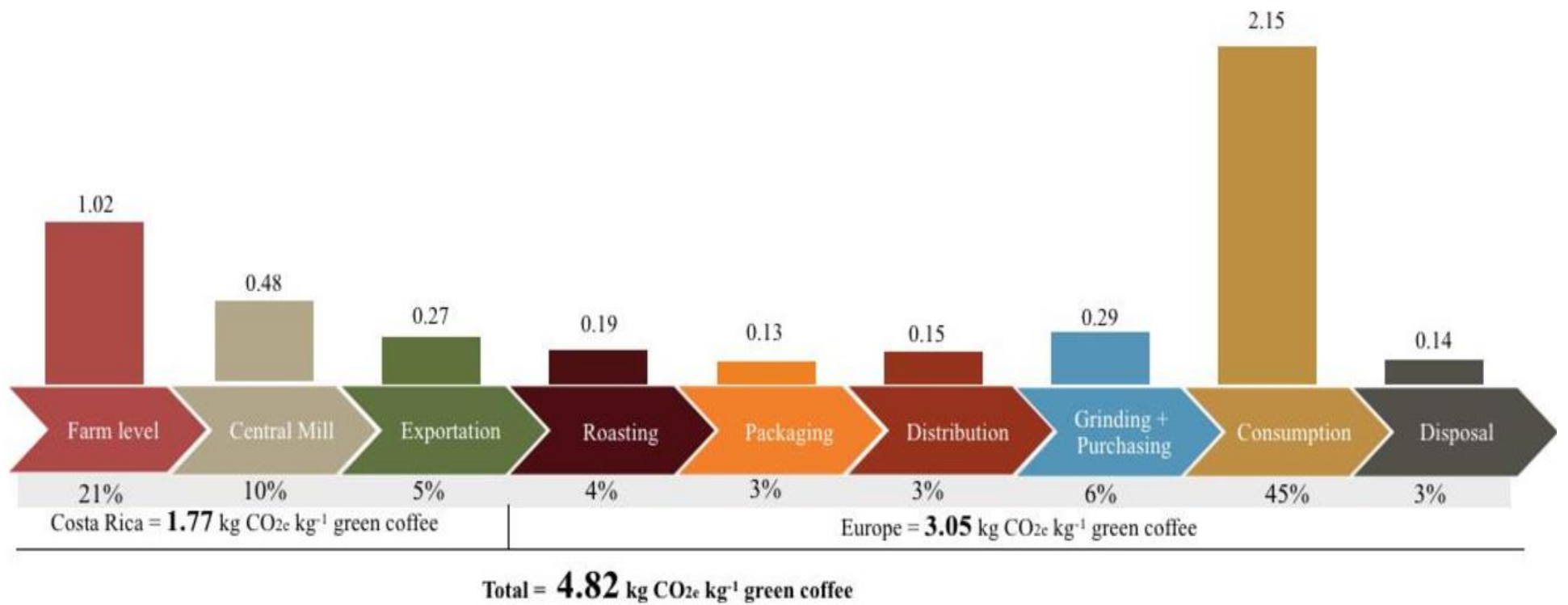
CONTENTS

1. 전과정평가(Life Cycle Assessment) 개요
2. 전과정평가 연구사례
3. LCA 실습

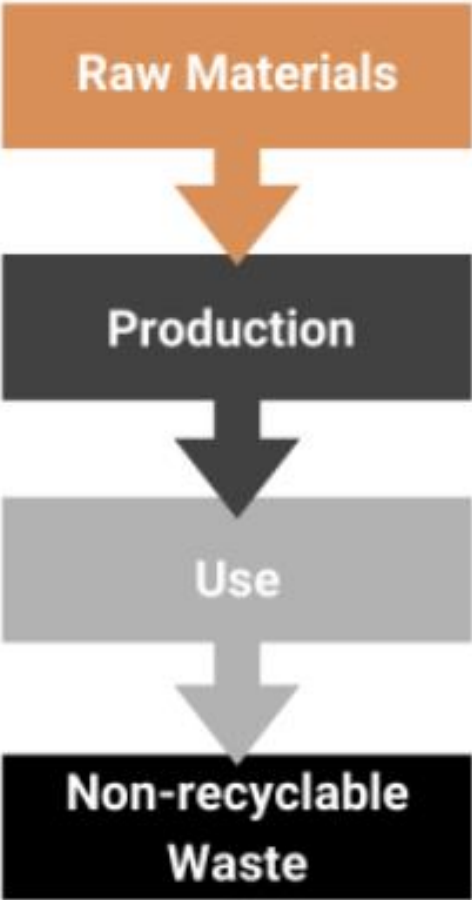


1. 전과정평가(Life Cycle Assessment) 개요

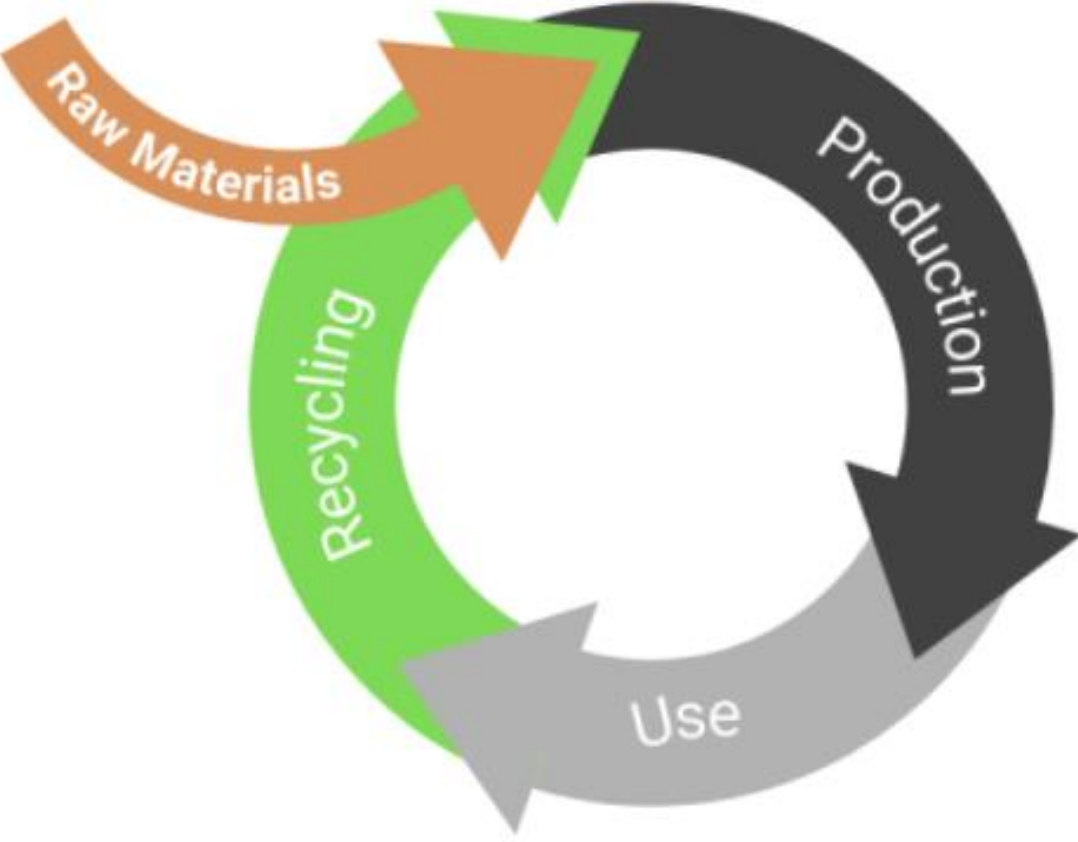


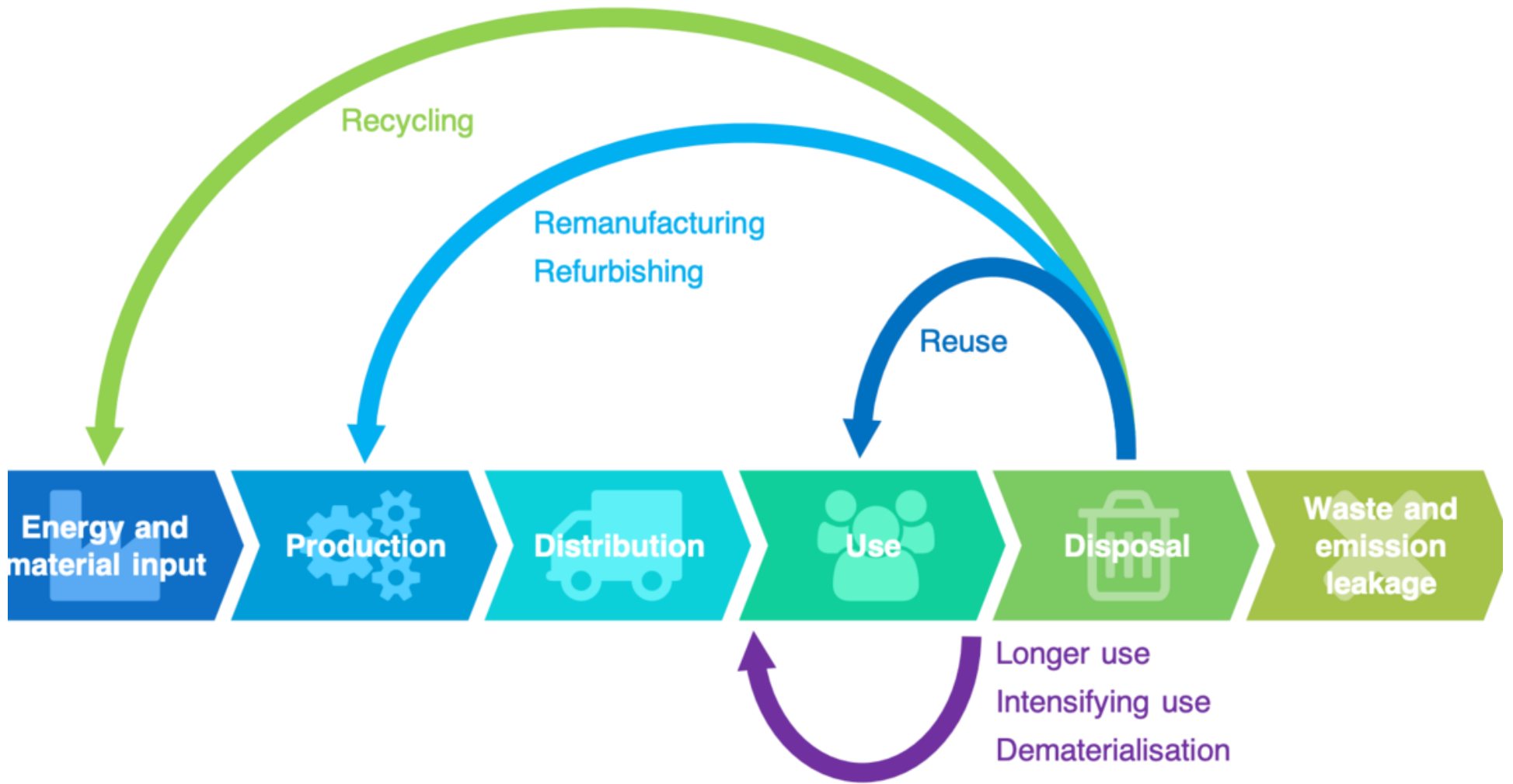


Linear Economy



Circular Economy

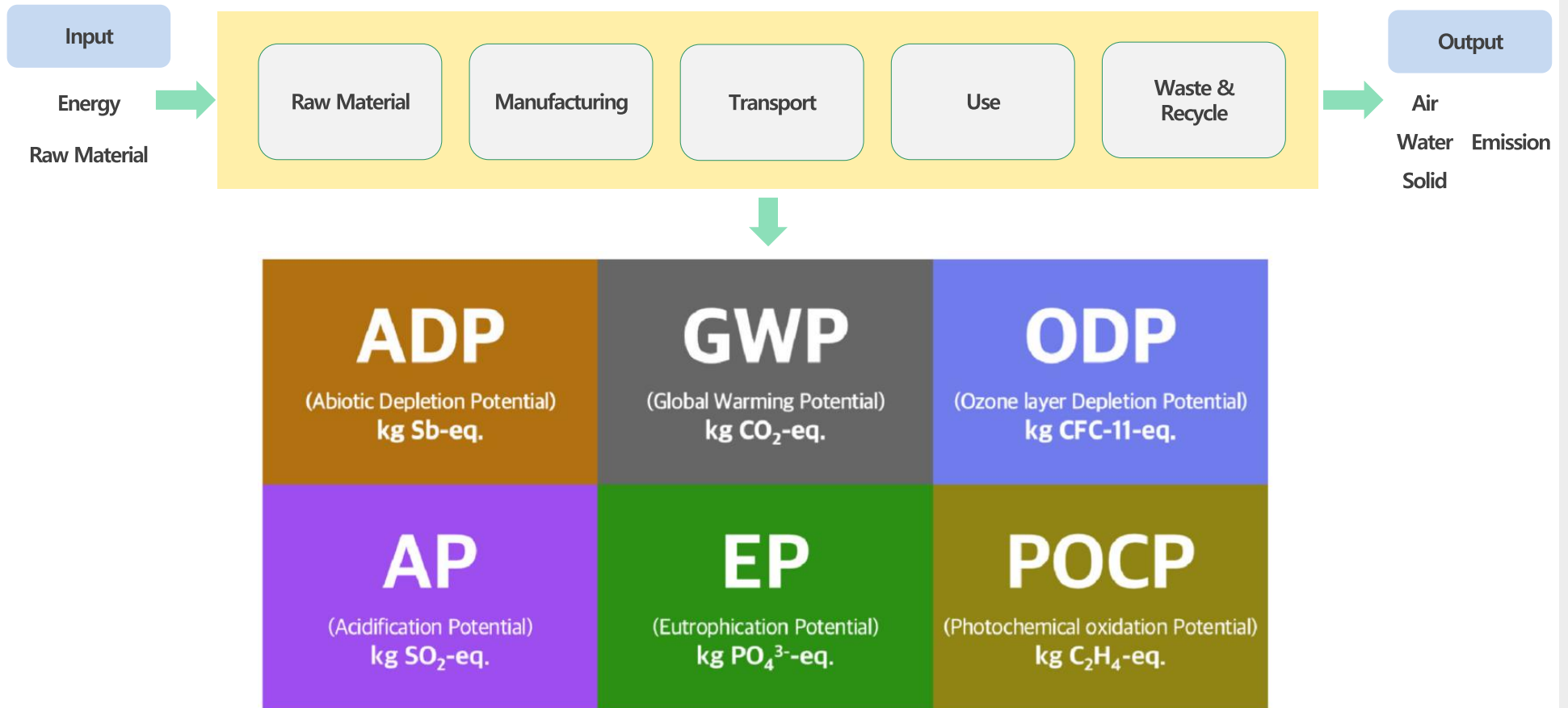




• LCA 개념

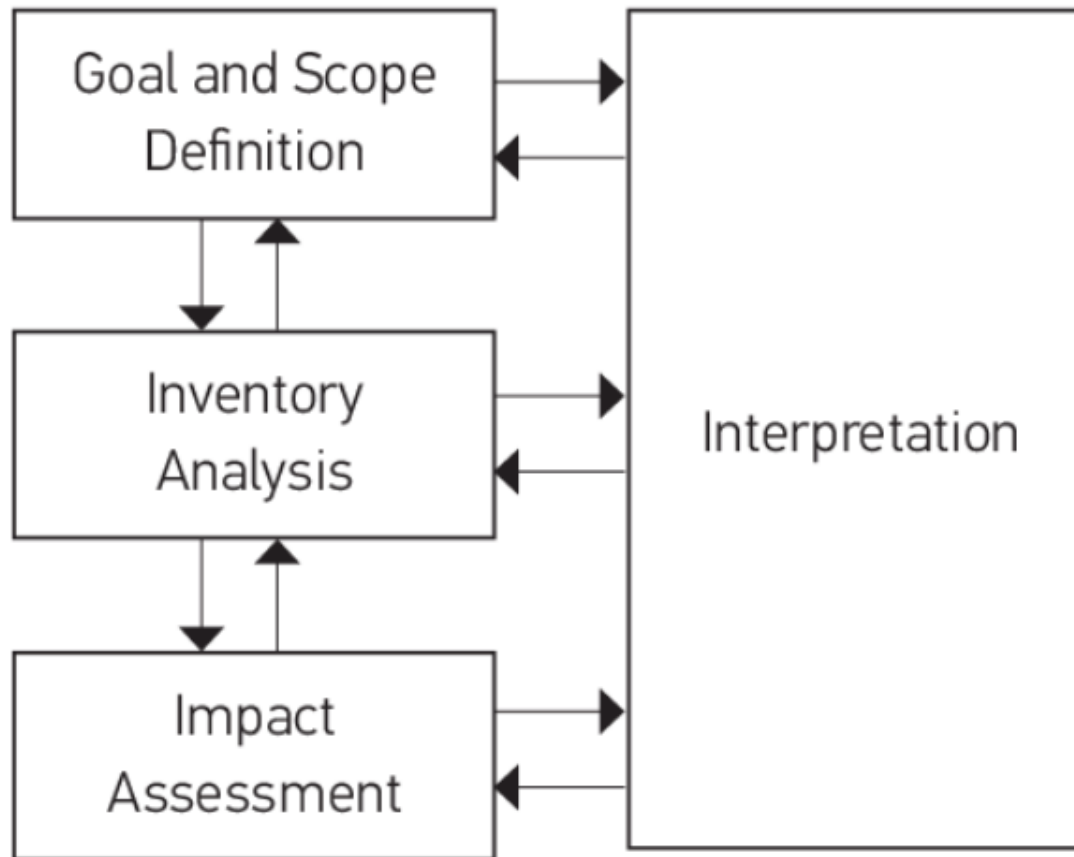
☑ LCA(Life Cycle Assessment), 전과정평가, 전생애주기평가

- 원료의 취득에서부터 제조, 사용 및 폐기에 이르기까지의 전과정 측면에서 직·간접적인 환경영향을 정량화하는 기법
- 대상: 제품, 서비스, 시스템

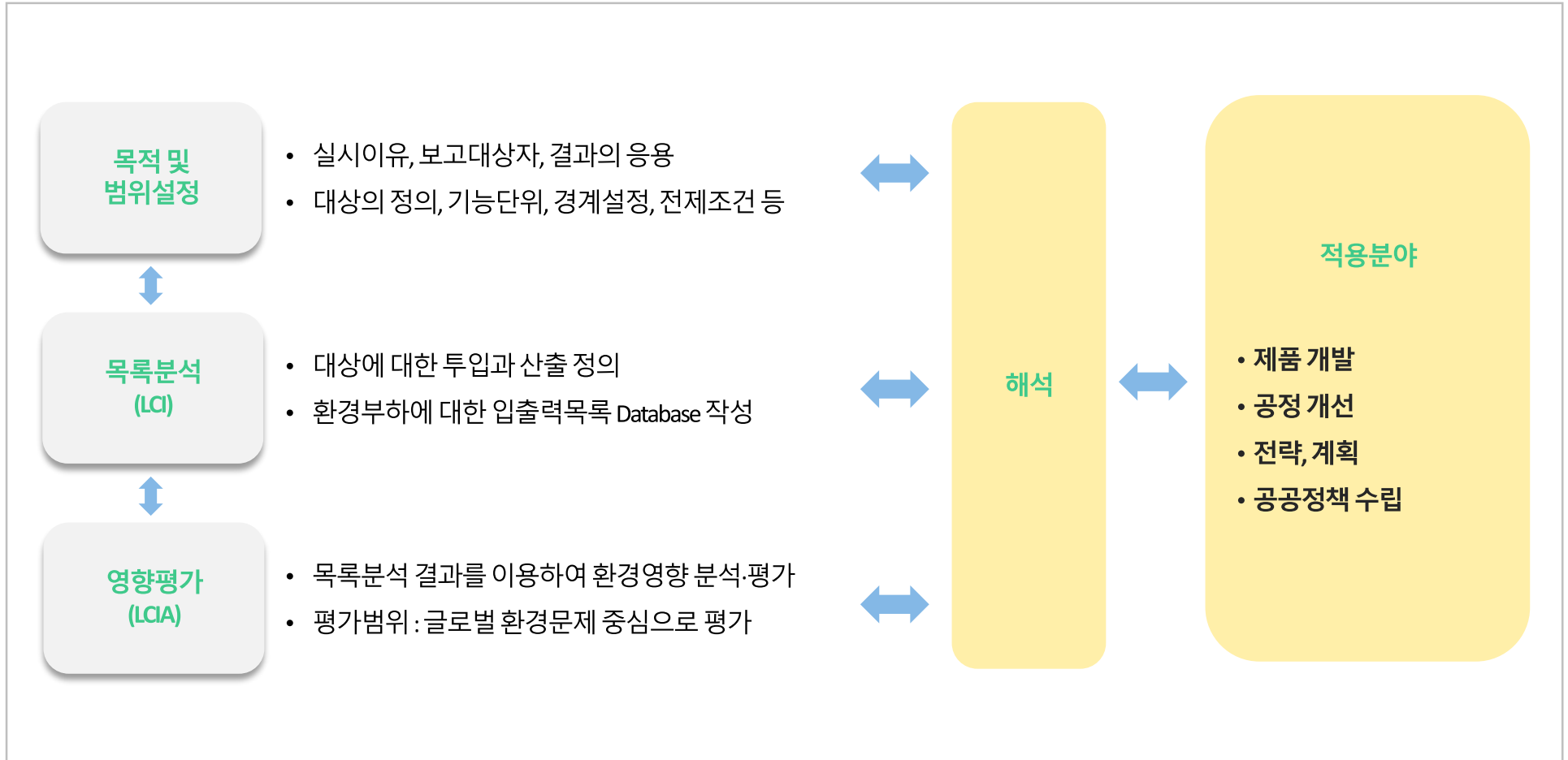


• LCA 분석체계

Life Cycle Assessment Framework

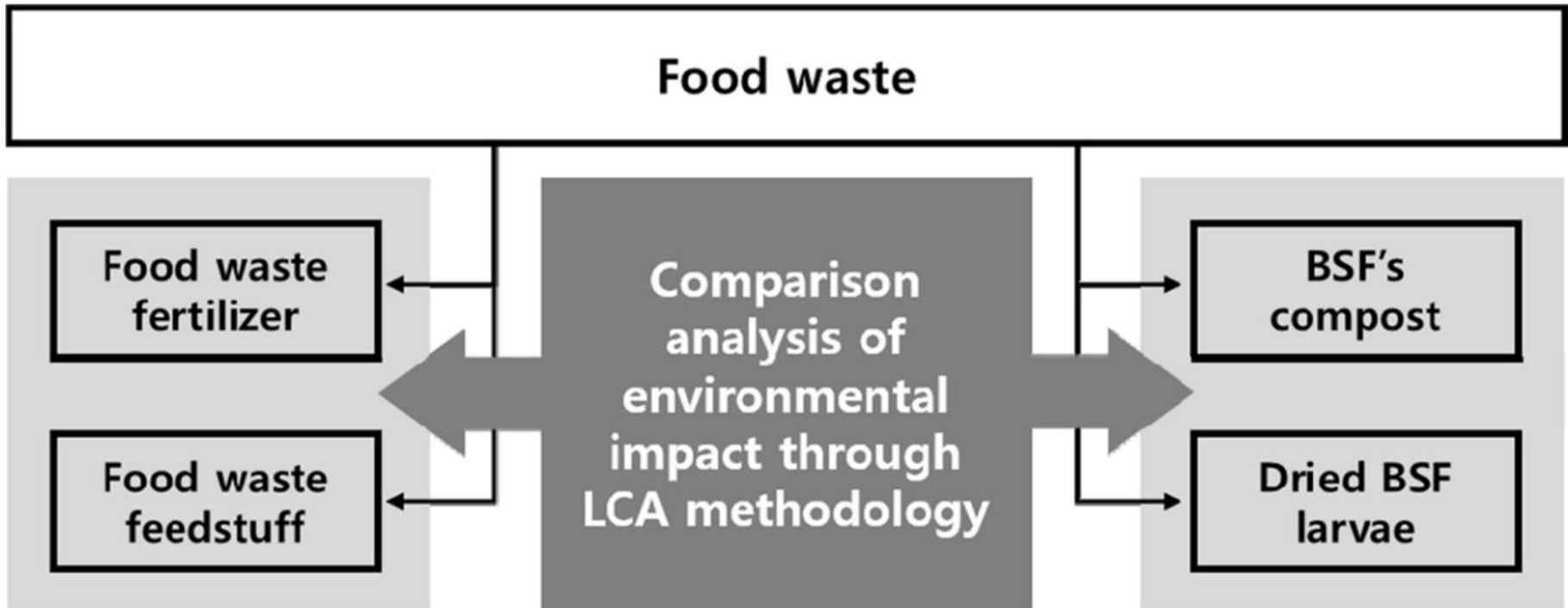


• LCA 분석체계

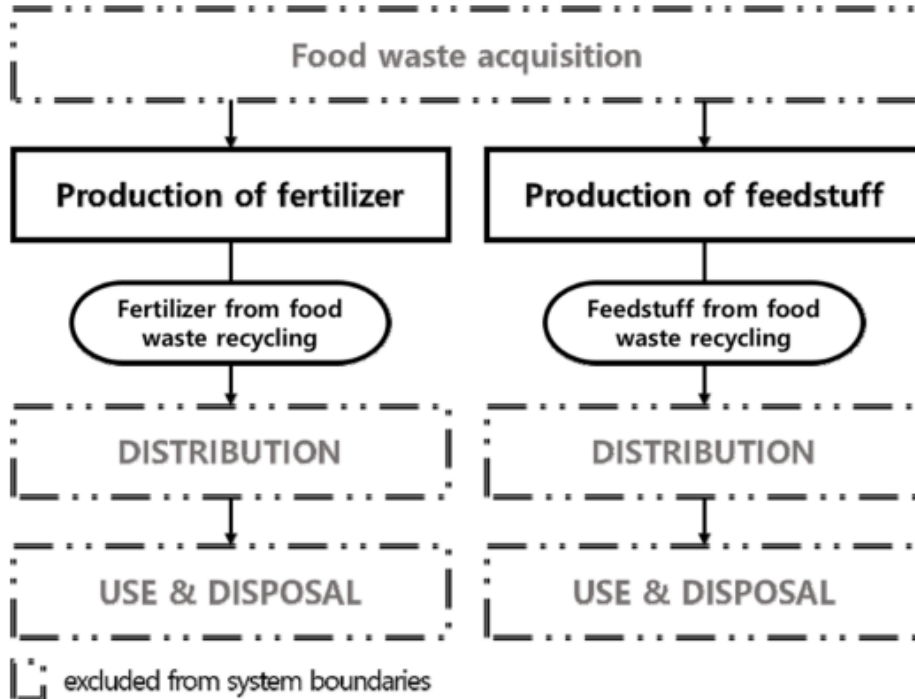


* Source : KS ISO 14040, 1996

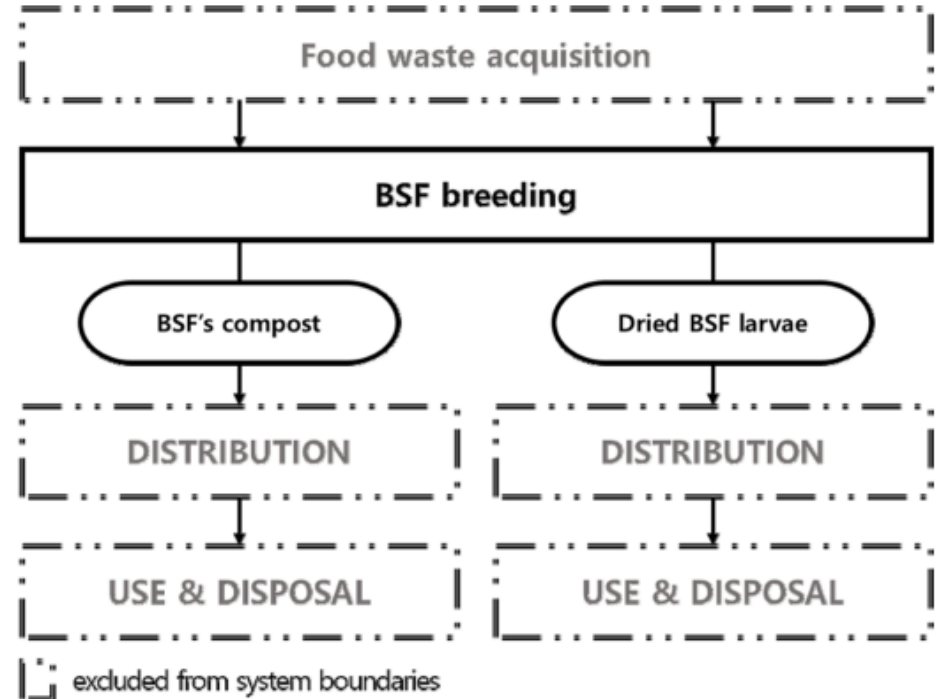
• 목적 및 범위 설정



• 목적 및 범위 설정

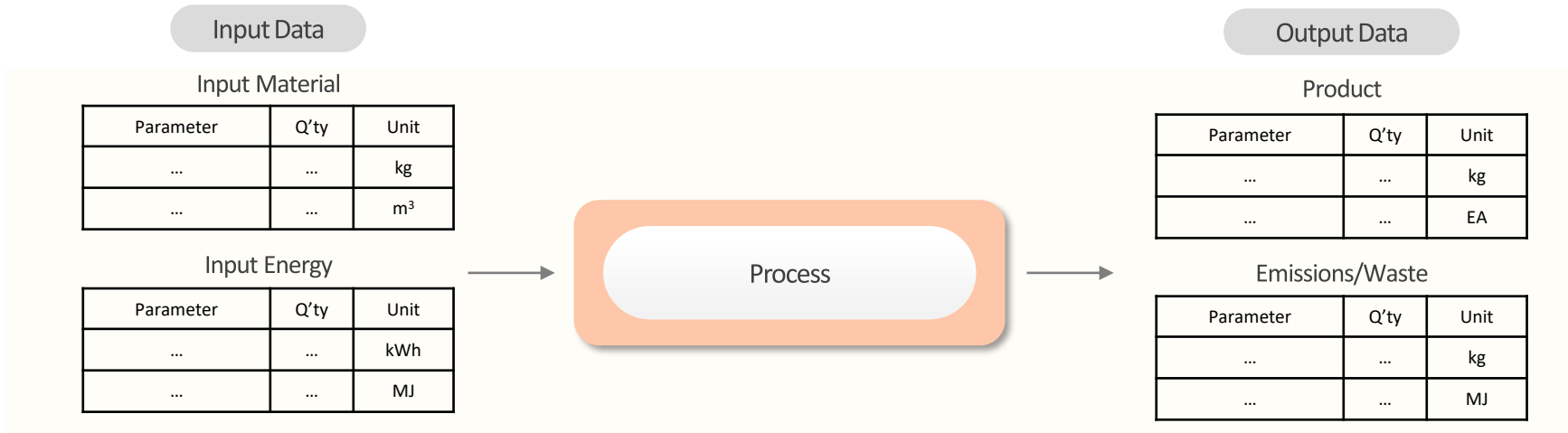
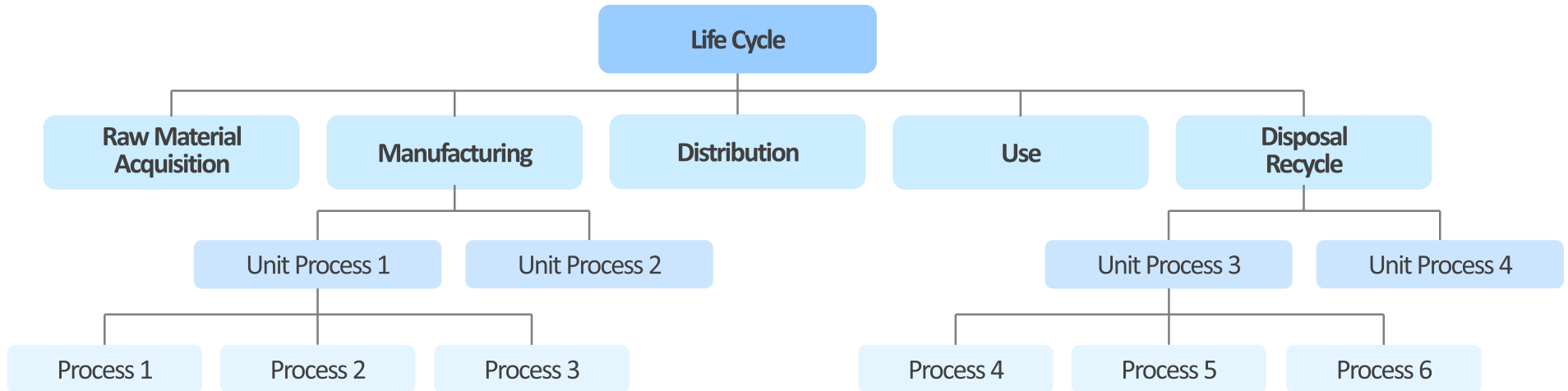


a) Common food waste recycling treatment (fertilizer & feedstuff)

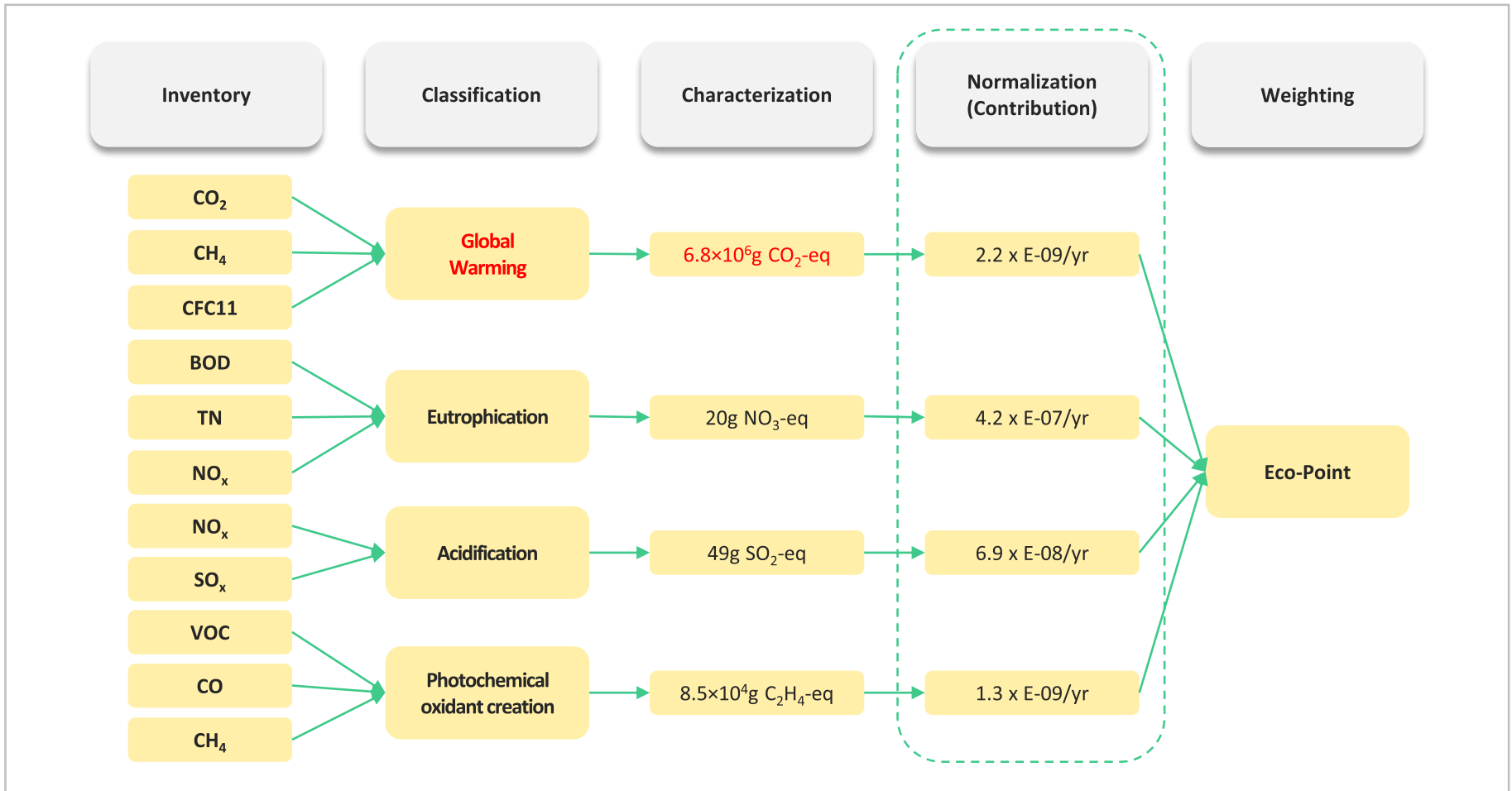


b) BSF treatment of food waste (BSF's compost & dried BSF larvae)

• 목 록 분 석

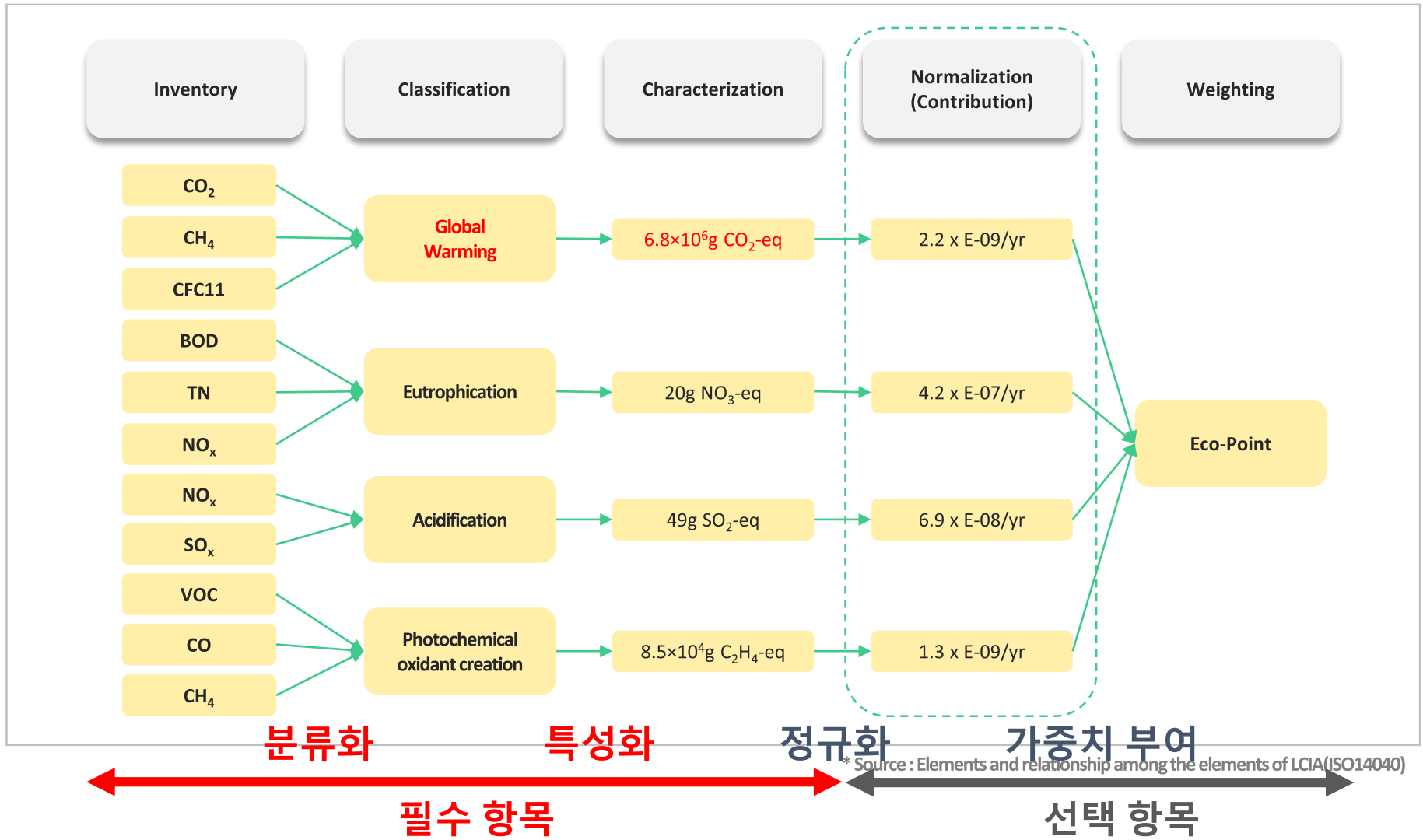


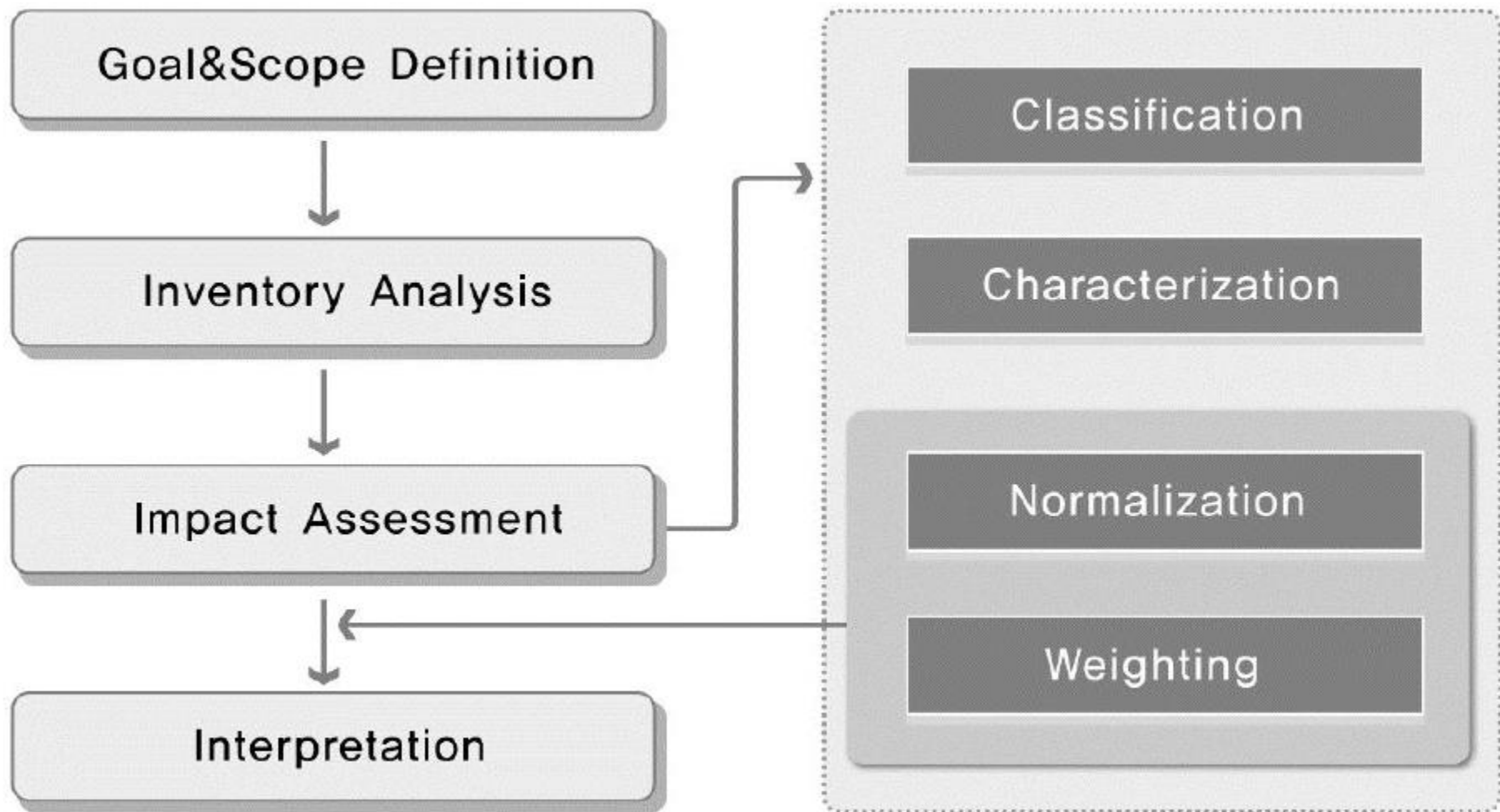
• 목록분석



* Source : Elements and relationship among the elements of LCIA(ISO14040)

• 목록분석





• 영향평가

☑ 분류화의 개념 및 예시

- LCI 결과인 각각의 목록 항목이 환경에 미치는 영향범주별로 배정하는 과정

목록분석 결과		영향범주				
		무생물 자원고갈	지구온난화	오존층파괴	산성화	부영양화
Input	Coal	○				
	Crude oil	○				
Output	CO ₂		○			
	CFC1		○	○		
	SO _x				○	
	NO _x				○	○

• 영향평가

☑ 특성화의 개념

- 영향범주내로 분류된 항목들이 각각의 영향범주에 미치는 영향을 정량화하는 과정
- 목록항목이 영향범주에 미치는 영향크기를 정량화
- 특정 영향범주에 속하는 모든 목록항목들의 영향을 합산하는 단계

$$C_{ij} = \text{Load}_j \cdot \text{eqv}_{ij}$$

C_{ij} = 목록항목 j 가 영향범주 i 에 미치는 영향의 크기

Load_j = 목록항목 j 의 환경부하량, $g/f.u$

eqv_{ij} = i 라는 영향범주에 속한 목록항목, j 의 특성화지수 값 (equivalency factor, $g\text{-eq./g}$)

• 영향평가

☑ 정규화의 개념

- 대상 기능단위가 하나의 영향범주에 미치는 환경영향을 일정지역, 일정기간 영향범주에 기여하는 총 환경영향으로 나누는 과정
- 정규화를 통해 제품 생산과 관련된 환경오염의 상대적인 기여도 파악 가능

$$N_i = \sum (\text{Load}_j \cdot \text{eqv}_{ij})$$

N_i = i번째 영향범주의 정규화기준값, g-eg/yr

Load_j = 해당지역에서 일정기간 배출되는 영향범주 i에 속한 목록항목 j의 환경부하량 (g/yr)

eqv_{ij} = 영향범주 i에 속한 목록항목 j의 특성화지수값 (g-eq/g)

• 영향평가

☑ 가중화의 개념

- 각각의 영향범주들이 환경전반에 미치는 영향을 고려하여 영향범주간의 중요도를 결정하는 과정
- 결과값은 단일 수치로 표시

$$W_i = \sum (N_j \cdot WF_{ij})$$

W_i = i번째 영향범주의 가중치기준값

N_j = 정규화된 결과값(yr/)

WF_{ij} = 영향범주별상대적가중치

2. 전과정평가 연구사례



Table 5. Purpose, scope and functional unit of this study

Purpose	- Analyzing the difference of environmental impact between BSF treatment of food waste and Common food waste recycling treatment (fertilizer & feedstock)
Scope	- Gate to gate (production stage)
Functional unit	1) <u>Fertilizer from food waste recycling (478.4 kg)</u> 2) <u>feedstock from food waste recycling (203.4 kg)</u>

- ✓ 동애등에를 이용한 음식폐기물 전문 처리 기업인 S사의 기초자료에 따르면 음식폐기물 약 1 ton을 분해하기 위한 BSF는 약 83만 마리이며 분해율은 12일간 약 70%이다.
- ✓ 이를 환산하면 투입되는 음식물의 총량은 약 1.43 ton 정도로 추정된다.
- ✓ 알에서 갓 부화한 BSF는 1령 기간(약 2.5일) 동안 목분을 섭식한다.
- ✓ 이 때 소모되는 목분의 양은 약 74.7 kg이며 1령 기간 동안 발생하는 분변토의 양은 약 33.6 kg이다.
- ✓ BSF는 2령부터 번데기 용화의 전 단계인 6령까지 약 12일 동안 본격적으로 음식폐기물을 섭식분해한다.
- ✓ 번데기 용화 전까지 BSF가 분해하는 음식폐기물은 약 1,010.9 ton이며, BSF 83만 마리의 무게는 약 203.4 kg, BSF가 음식폐기물을 분해 후 생산한 분변토의 양은 약 444.8 kg, 증발, 기타 다른 미생물의 분해활동에 의하여 자연감소하는 질량은 약 362.8 kg이다.
- ✓ 분해되지 않고 남은 잔여 음식폐기물의 양은 약 419.1 kg이며 이는 다시 분해를 위해 다른 음식폐기물들과 함께 BSF의 먹이로 투입된다.
- ✓ 따라서, 본 연구에서의 기능단위는 478.4 kg (목분 분변토 33.6 kg과 번데기 용화 전까지의 분변토 444.8 kg의 합)의 재활용 퇴비와 203.4 kg의 재활용 사료로 설정하였다.

Table 6. Input and Output of BSF and common treatment of food waste

		Unit	Amount	LCI DB	Source	Remark	
BSF	Input	Recycled wood powder	kg	74.70	Recycled wood product	Ministry of Environment	Estimated input amount from Company S's data
		Electricity	kW·h	112.83	Electricity	Ministry of Trade Industry and Energy	
	Output	BSF's compost	kg	478.43	BSF's compost	Registered new product	
		Dried BSF larvae	kg	203.35	Dried BSF larvae		
Common	Output	Aerobic compost (recycled ingredients)	kg	478.43	Aerobic compost (recycled ingredients)	Ministry of Environment	
		Dry single ingredient feedstock (recycled ingredients)	kg	203.35	Dry single ingredient feedstock (recycled ingredients)		

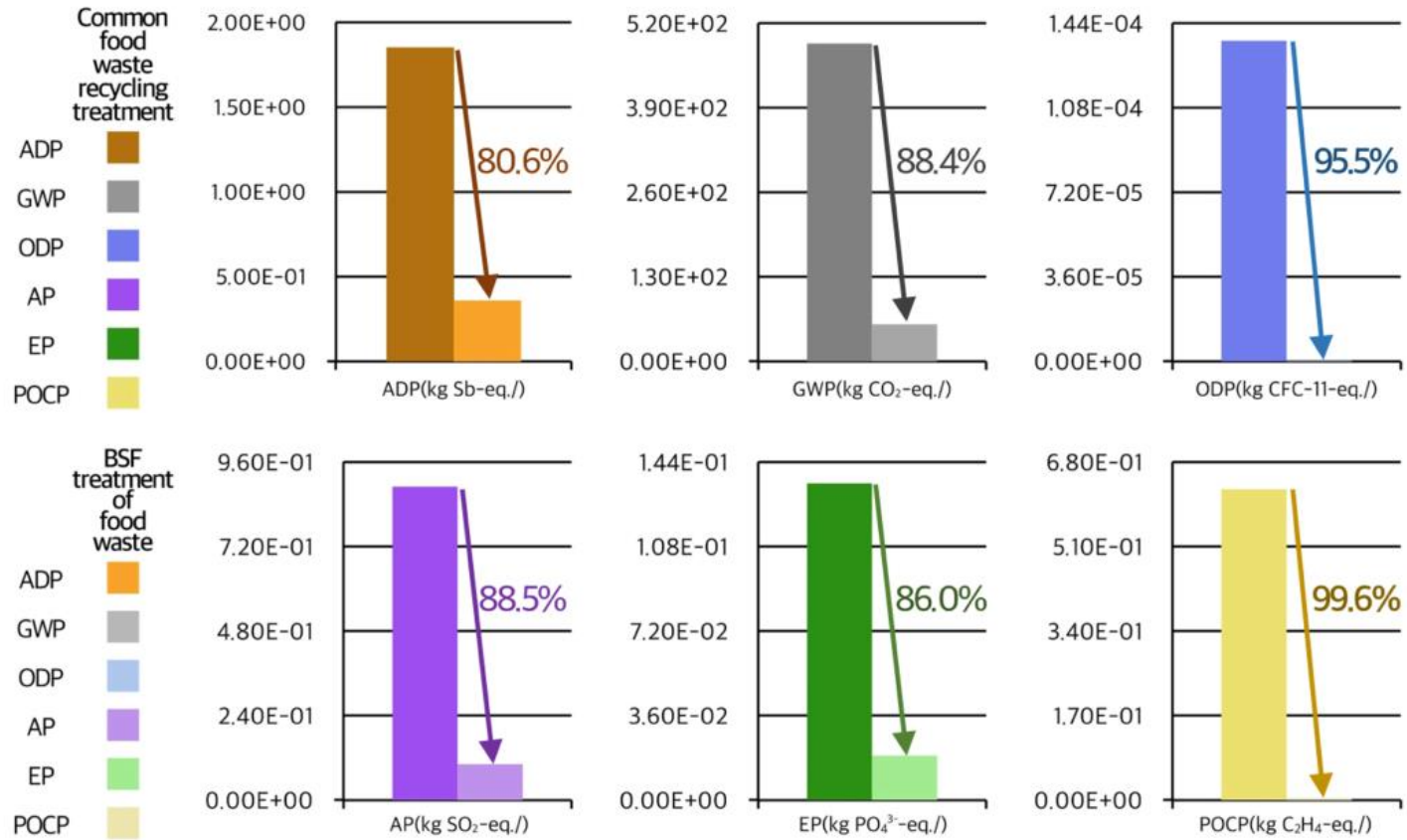


Fig. 5. Comparing environmental impact between common food waste recycling treatment and BSF treatment of food waste.

Table 6. Input and Output of BSF and common treatment of food waste

		Unit	Amount	LCI DB	Source	Remark	
BSF	Input	Recycled wood powder 1	kg	74.70	Recycled wood product	Ministry of Environment	Estimated input amount from Company S's data
		Electricity 2	kW·h	112.83	Electricity	Ministry of Trade Industry and Energy	
	Output	BSF's compost	kg	478.43	BSF's compost	Registered new product	Dummy data
		Dried BSF larvae	kg	203.35	Dried BSF larvae		
Common	Output	Aerobic compost (recycled ingredients) 3	kg	478.43	Aerobic compost (recycled ingredients)	Ministry of Environment	
		Dry single ingredient feedstock (recycled ingredients) 4	kg	203.35	Dry single ingredient feedstock (recycled ingredients)		

Table 2. Purpose, scope and functional unit of this study

Purpose	- Analyzing the difference of environmental impact between mycelium-based packaging and expanded polystyrene
Scope	- Cradle to grave
Functional unit	- <u>1 m³ of product</u>

Lee, J. H., Hwang, Y. W., Kang, H. Y. & Kim, G. Y. (2024). Analysis of the Environmental Impact Reduction Effect of Mycelium-based Disposable Packaging. *JOURNAL OF KOREA SOCIETY OF WASTE MANAGEMENT*, 41(1), 41-52.

- ✓ 완충재는 보호하려는 제품의 부피에 따라 사용량이 결정되므로, 부피 단위인 1 m³를 기능단위로 설정하였다.



Table 3. Input and Output of EPS production and disposal stage

			Unit	Amount	LCI DB	Source
Raw material acquisition & production stage	Input & Output	Expanded polystyrene	kg	50.00	EPS	Ministry of Trade Industry and Energy
		Expanded polystyrene recycling	kg	50.00	PS recycling	Ministry of Trade Industry and Energy

Table 4. Input and Output of MP production and disposal stage

			Unit	Amount	LCI DB	Source
Raw material acquisition & production stage	Input	Sawdust	kg	210.00	Woodchip	Ministry of Trade Industry and Energy
		Electricity	kWh	56.38	Electricity	Ministry of Trade Industry and Energy
		Water	kg	771.42	Industrial water (EDP 2013)	Ministry of Trade Industry and Energy
	Output	Mycelium packaging	kg	210	-	Dummy data
	Input	Mycelium packaging recycling	kg	210.00	-	Dummy data
Disposal stage	Output	Dry single ingredient feedstock	kg	89.73	Dry single ingredient feedstock	Ministry of Environment
		Moist single ingredient feedstock	kg	39.84	Moist single ingredient feedstock	Ministry of Environment
		Aerobic compost	kg	75.58	Aerobic compost	Ministry of Environment
		Organic waste incineration	kg	3.05	Organic waste incineration	Ministry of Environment
		Organic waste landfill	kg	1.80	Organic waste landfill	Ministry of Environment

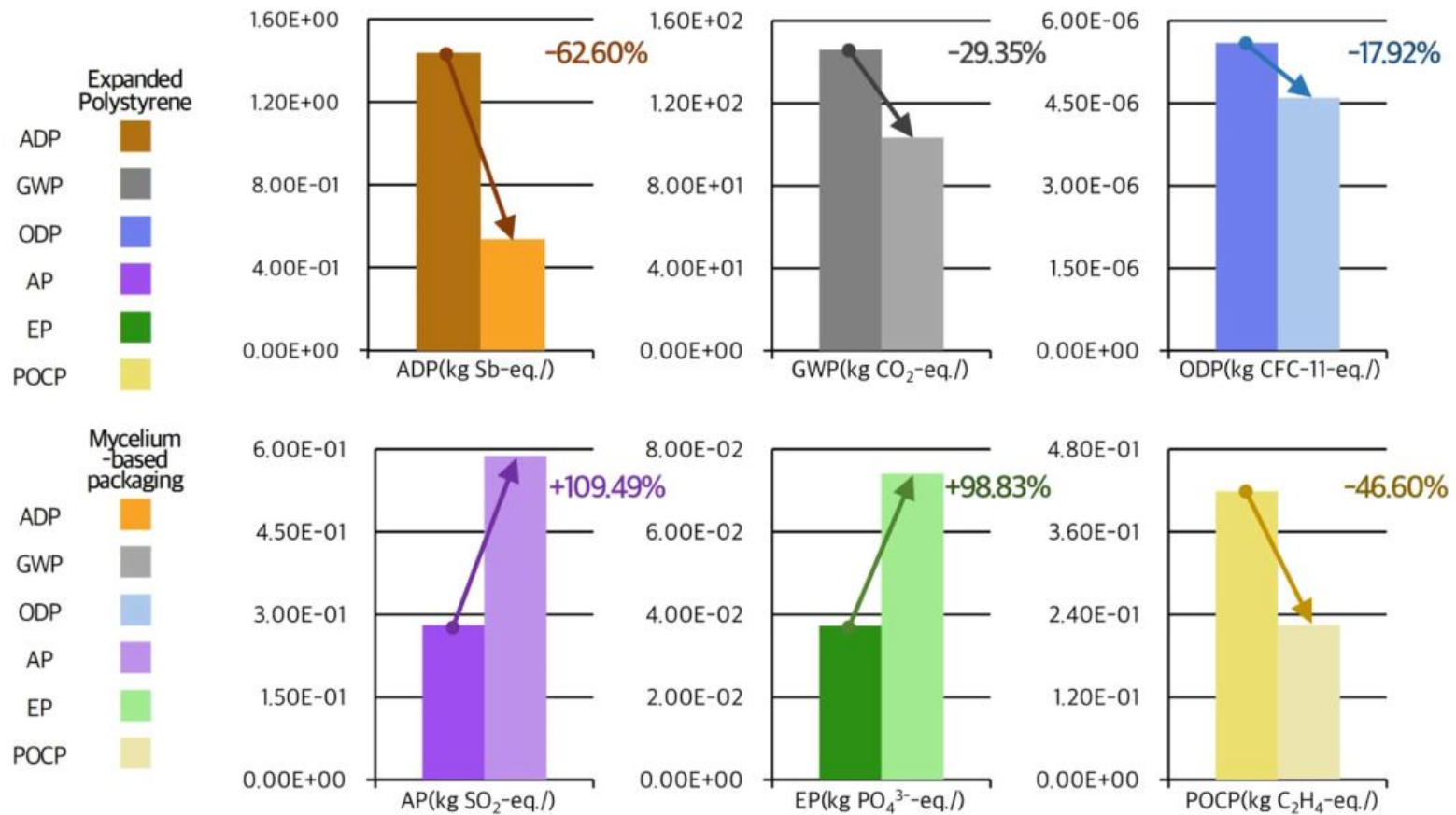


Fig. 8. Comparing environmental impact between expanded polystyrene and mycelium-based packaging in life-cycle of products.

3. LCA 실습



• LCA 실습

☑ PET병 벌크(500 ml * 30 EA)에 대한 LCA 수행

- 주어진 목록분석 결과를 바탕으로 환경성적표지(EDP2013) 6대 환경영향에 대한 영향평가 수행
- 원료수급은 [제조전단계], 전력&공업용수 사용은 [제조단계], 재활용, 하수처리는 [폐기단계]로 구분

INPUT	물질명(DB명)	투입량	단위
	PET원료(2018재개정)	3,168	g
	산화철(Ferric Oxide, 안료)	132	g
	전기(국내전력생산)	1	kWh
	공업용수(EDP2013)	300	g

INPUT	물질명(DB명)	투입량	단위
	PET recycling	300	g
	하수처리(2019재개정)	300	g
	PET병 벌크(500 ml * 300 EA)	3,000	g

• LCA 실습

☑ PET병 벌크(500 ml * 30 EA)에 대한 LCA 결과

환경영향범주	제조전단계	제조단계	폐기단계	합계
자원발자국 (kg Sb eq./)[PET병벌크(500ml*300EA) 3kg]	4.75E-01	3.13E-03	-5.60E-03	4.73E-01
탄소발자국 (kg CO2 eq./)[PET병벌크(500ml*300EA) 3kg]	1.64E+01	4.95E-01	1.35E-01	1.71E+01
오존층영향 (kg CFC11 eq./)[PET병벌크(500ml*300EA) 3kg]	2.40E-05	1.37E-11	5.13E-09	2.40E-05
산성비 (kg SO2 eq./)[PET병벌크(500ml*300EA) 3kg]	7.92E-02	8.37E-04	4.45E-03	8.45E-02
부영양화 (kg PO43- eq./)[PET병벌크(500ml*300EA) 3kg]	1.12E-02	1.56E-04	7.37E-04	1.21E-02
광화학스모그 (kg C2H4 eq./)[PET병벌크(500ml*300EA) 3kg]	1.57E-01	3.53E-06	1.16E-04	1.57E-01

감사합니다

Thank you

