

# 전과정평가(LCA)의 가치와 필요성

강원대학교 춘천캠퍼스

건축토목환경공학부 환경공학전공

임 성 린

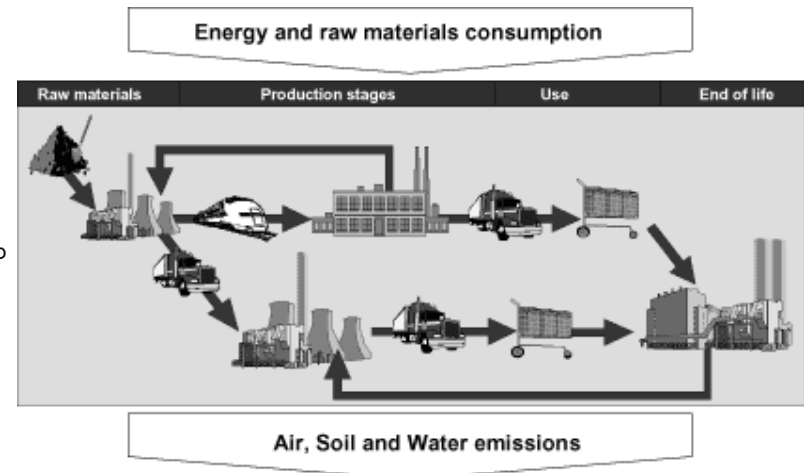
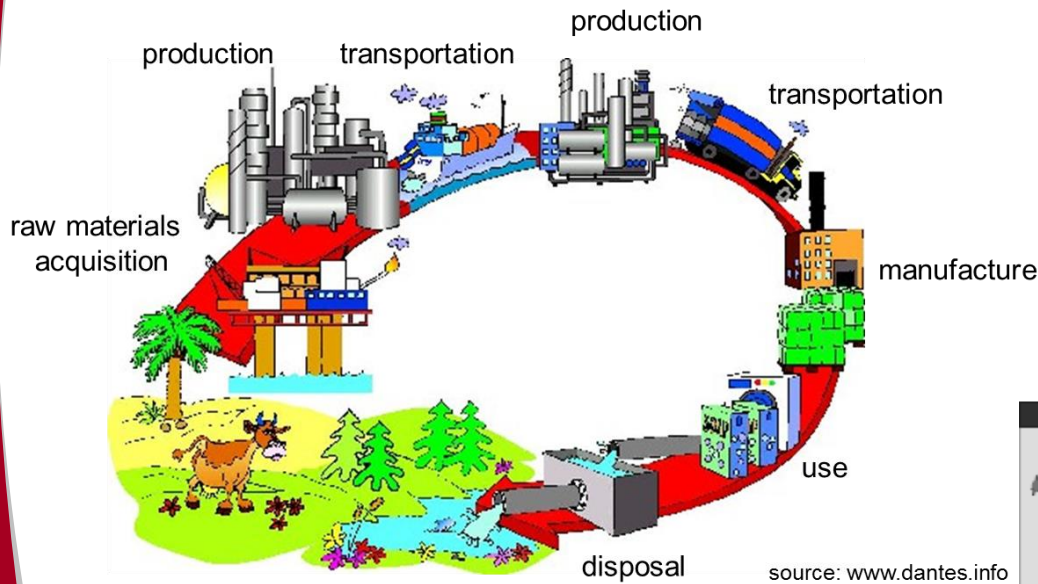
# 목 차

- 전과정평가(LCA) 개요
- 전과정평가의 환경적 가치
- 전과정 사고(Life Cycle Thinking)가 중요한 이유  
-산업생태학, 생물생태학, 사회학, 경제학 사례
- 전과정평가의 활용
- 전과정평가 관련 국내외 탄소중립 규제
- 전과정평가에 대한 오해와 진실
- 맺음말

# 전과정평가(Life Cycle Assessment, LCA) 개요

## ○ 정의

- 제품, 공정, 서비스의 생애 주기(전주기, Life Cycle)를 통하여 발생하는 다양한 환경영향의 잠재 가능성을 정량적으로 평가하는 방법

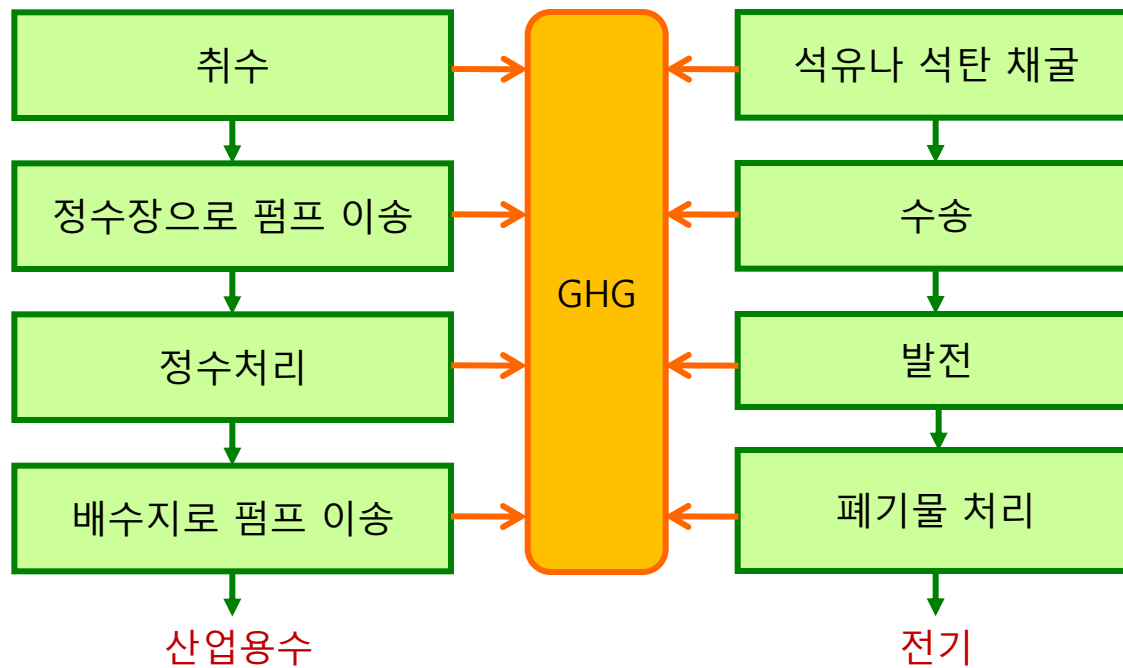


# 전과정평가(LCA) 개요

## ○ 기업 관점의 정의

-기업의 가치사슬(Value Chain) 및 공급사슬(Supply Chain)에서 발생하는 환경영향 잠재력을 평가

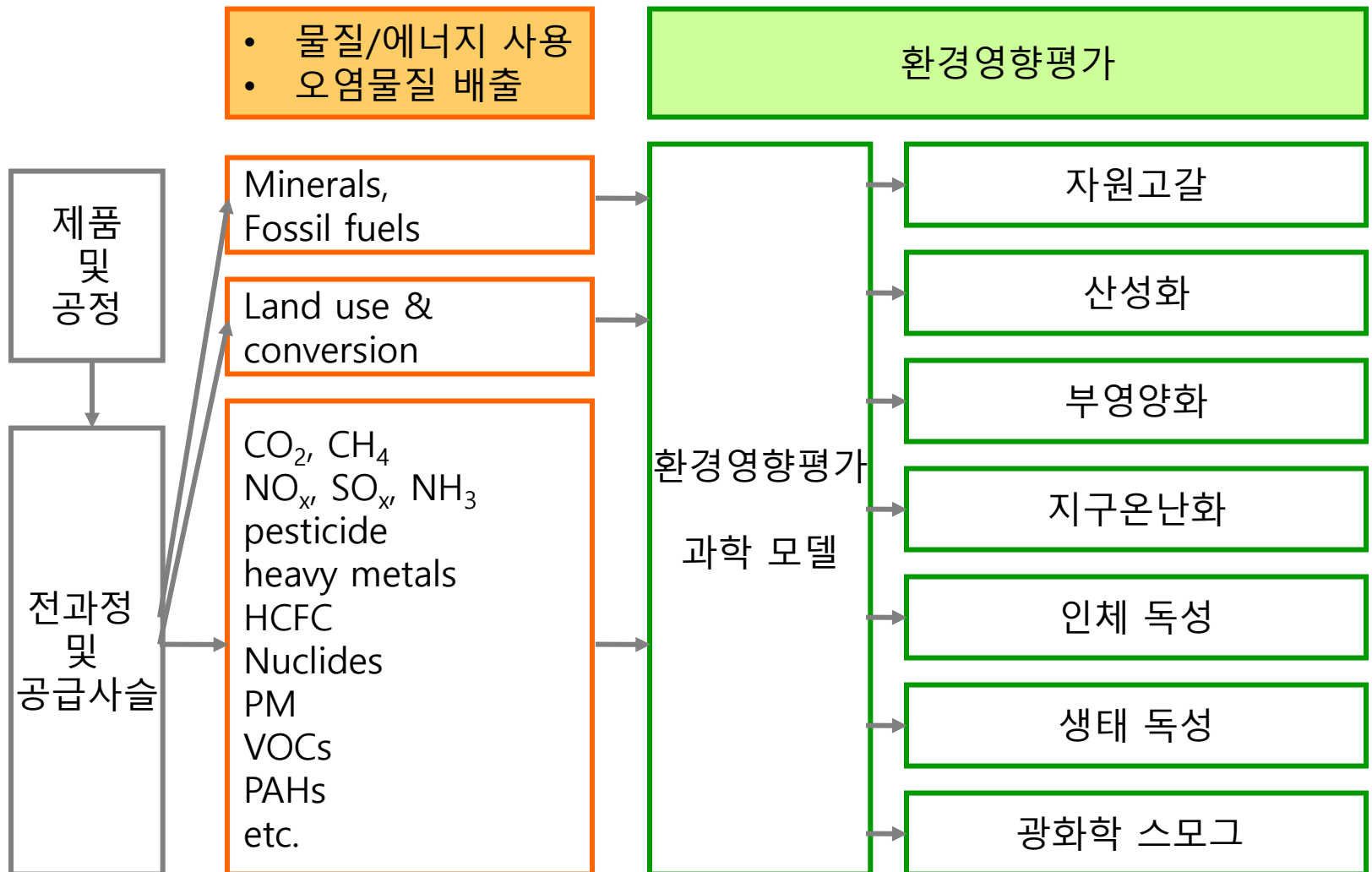
### • 공급사슬/공급망의 예



GHG: 온실가스 (Greenhouse Gases, ex. CO<sub>2</sub>)

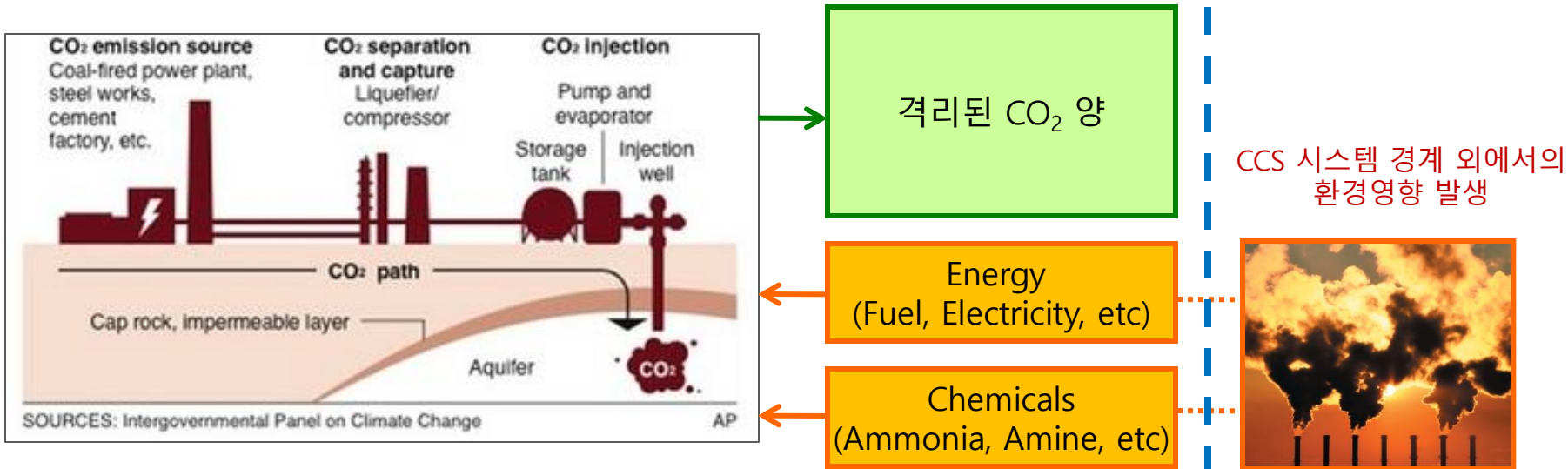
# 전과정평가(LCA) 개요

○ LCA 방법 및 평가 가능한 환경영향의 종류



# 전과정평가(LCA)의 환경적 가치

- 예시 1: 탄소 포집 및 저장 기술(Carbon Capture and Storage, CCS)
  - 키 포인트: 순(net) CO<sub>2</sub> 저감량은 얼마인가?



-CCS의 성능 기준: 순 CO<sub>2</sub> 저감량

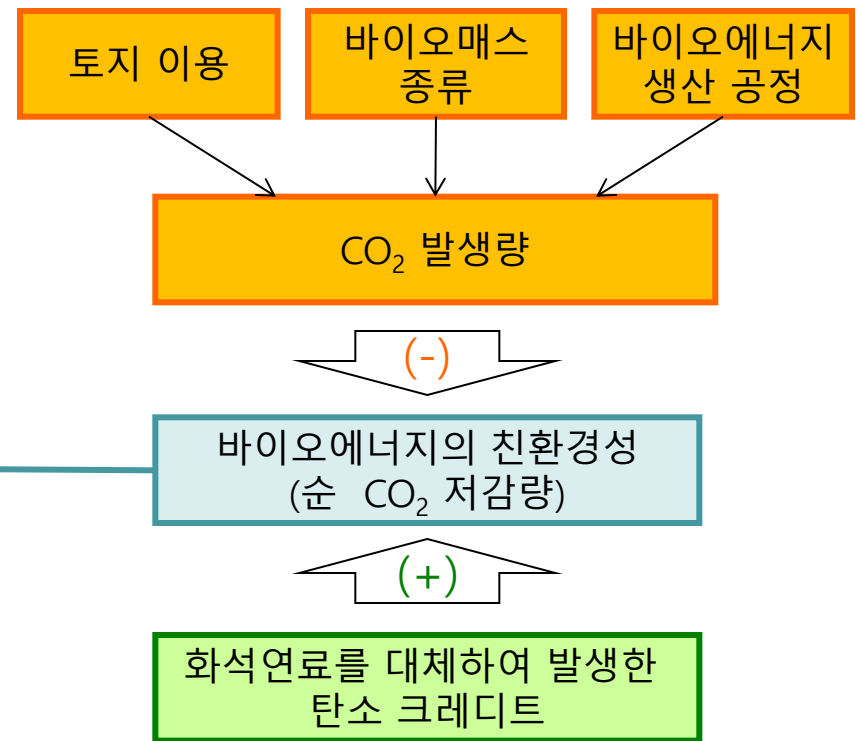
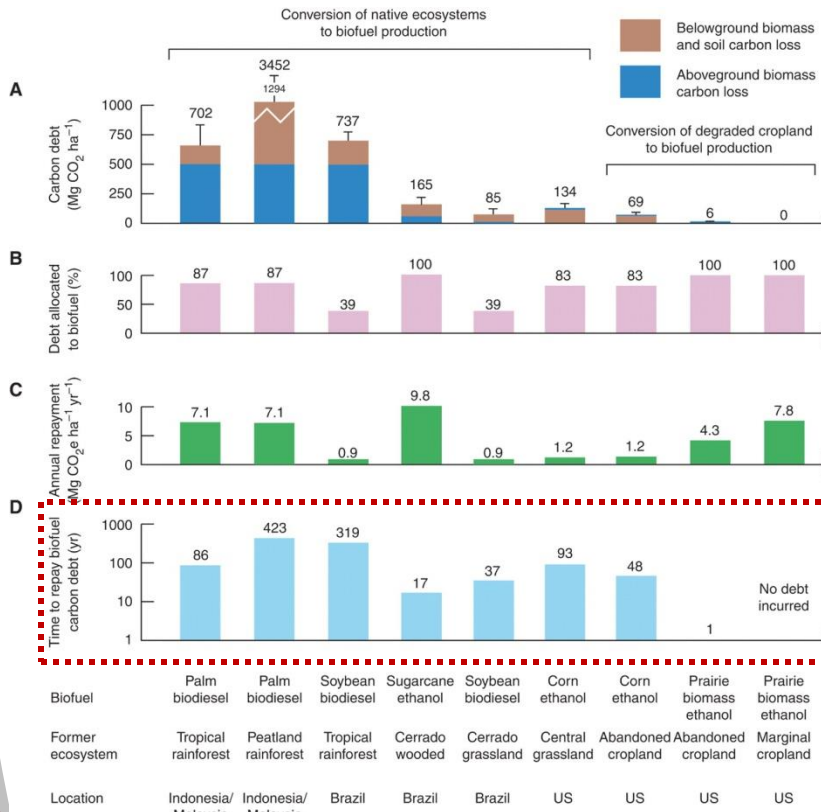
$$\text{격리된 CO}_2 \text{ 양} - \text{에너지와 화학약품 사용으로 인한 CO}_2 \text{ 발생량} = \text{순 CO}_2 \text{ 저감량}$$

• LCA는 직접적, 간접적 환경영향의 평가 가능(Scope 1, 2, 3)

# 전과정평가(LCA)의 환경적 가치

## ○ 예시 2: 바이오에너지

-키 포인트: 바이오에너지가 모두 친환경적이지는 않다!!

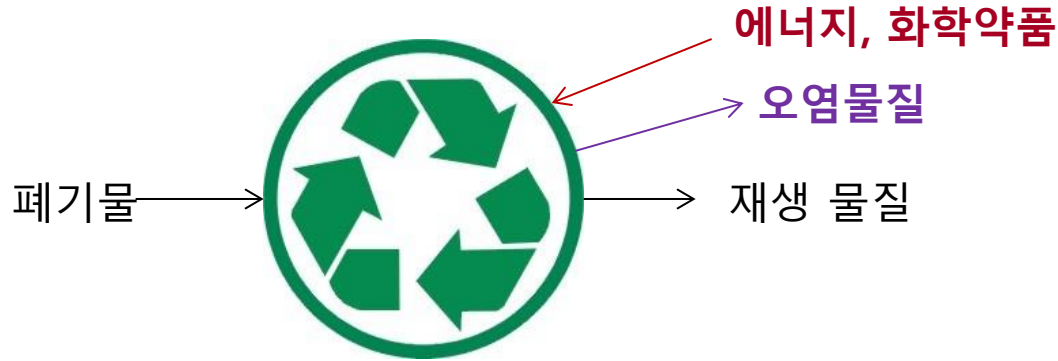


source: Fargione et al. Science (2008)

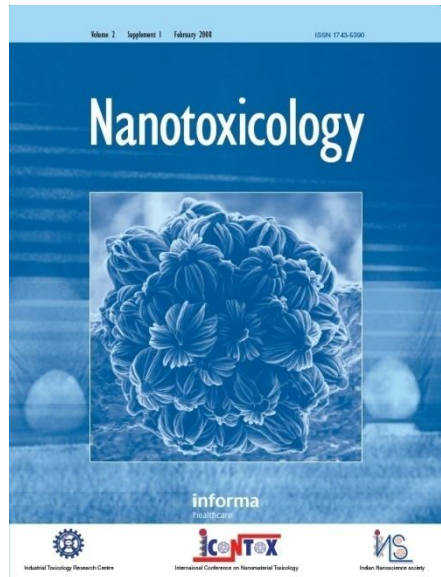
- LCA는 에너지나 기술의 친환경 성능에 대한 진정성을 평가하고 지속가능성을 향상시키기 위해 사용

# 전과정평가(LCA)의 환경적 가치

○ 예 3: 재활용 (에너지 소모와 오염물질 배출 발생)



○ 예 4: 나노물질 (인체와 생태계에 미치는 독성 영향)



source: *Occupational Hazards US* (2008)



## 전과정 사고(Life Cycle Thinking)가 중요한 이유 : 산업생태학

- 자동차와 관련된 대기환경 문제를 해결하기 위한 Systemic Thinking

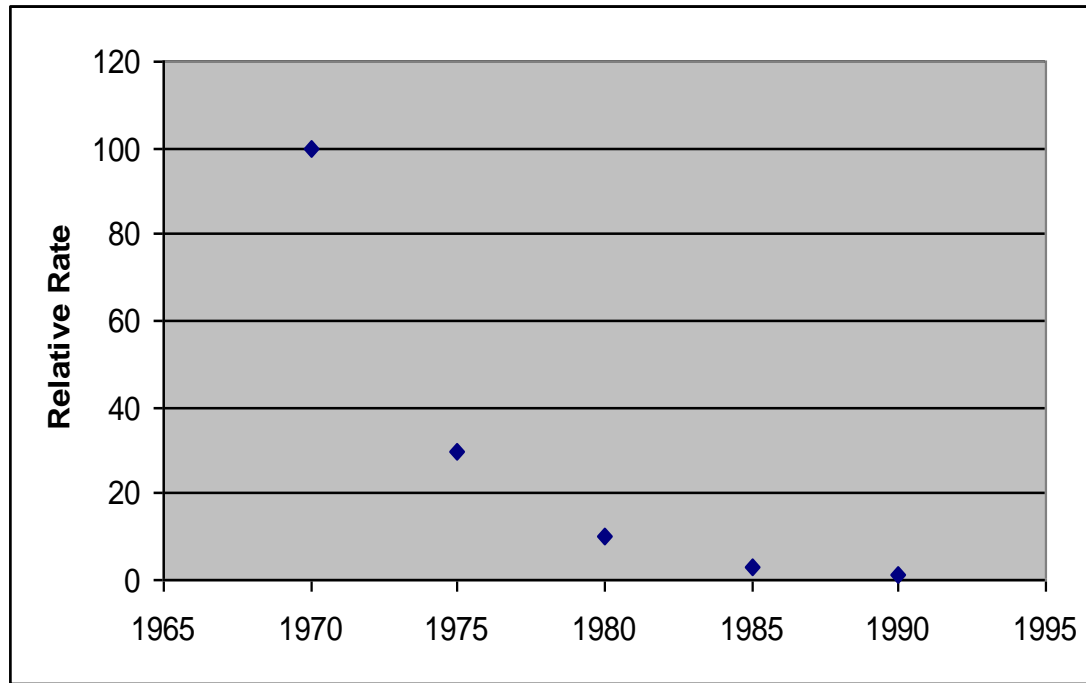


Source: [http://www.popularmechanics.com/automotive/reader\\_rides/1271751.html](http://www.popularmechanics.com/automotive/reader_rides/1271751.html)

- 60년대 자동차는 배기가스 제어 장치를 가지고 있지 않았음
- 스모그 발생의 주요 원인

## 전과정 사고(Life Cycle Thinking)가 중요한 이유 : 산업생태학

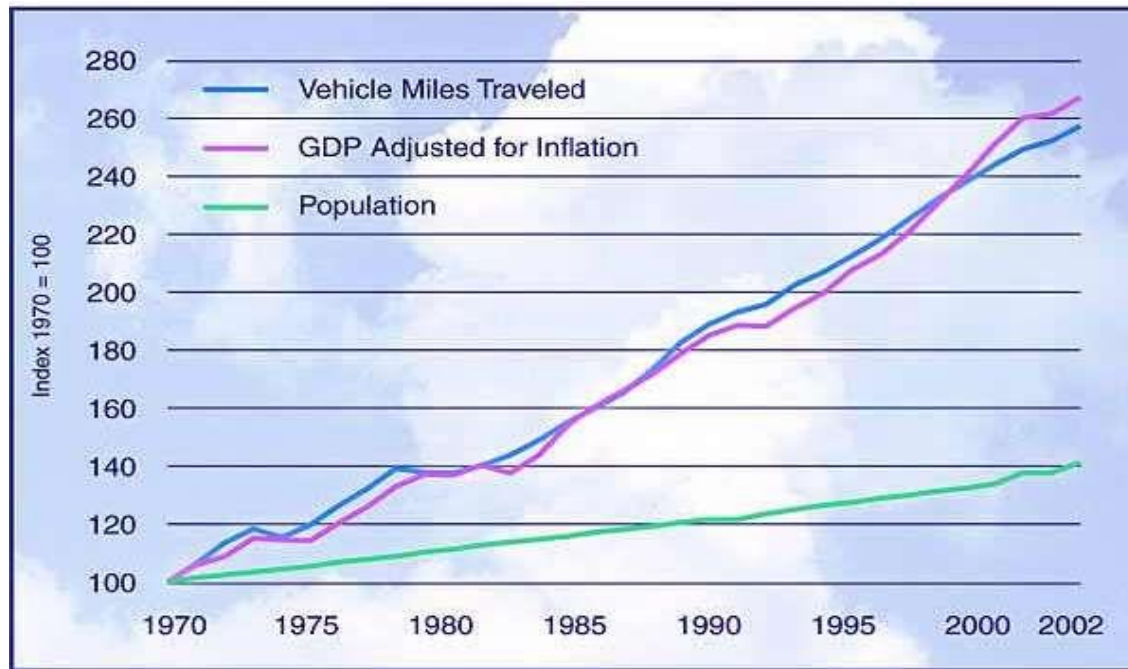
- 자동차와 관련된 대기오염 문제를 해결하기 위한 Systemic Thinking



- 1969년 미국의 Clean Air Act로 인해 탄화수소 배출을 저감시키기 위한 기술 노력 증가
- 이후 20년 동안, 자동차의 성능에는 영향을 주지 않으면서 배출량의 99% 감소

# 전과정 사고(Life Cycle Thinking)가 중요한 이유 : 산업생태학

- 자동차와 관련된 대기환경 문제를 해결하기 위한 Systemic Thinking

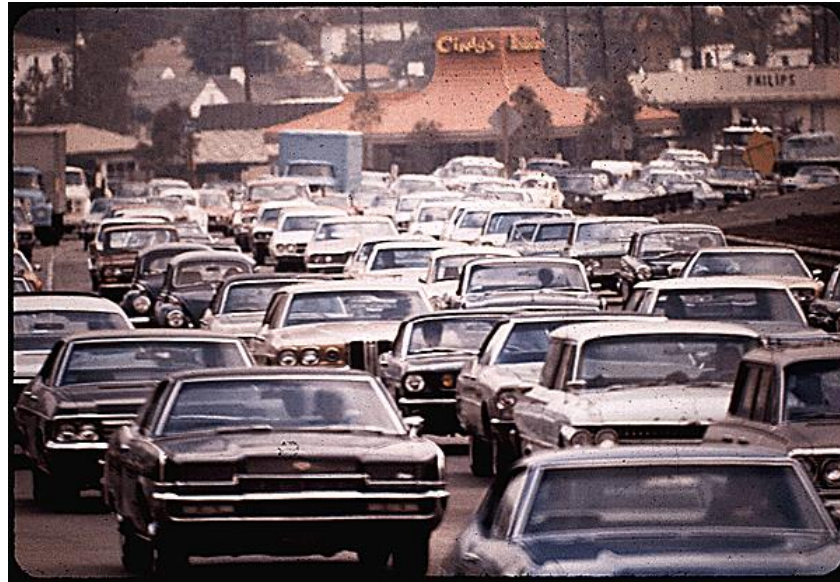


Source: <http://www.fhwa.dot.gov/environment/aqfactbk/page06.htm>

- 1970~2000 년 동안 평균 주행거리는 300% 증가
- 미국의 인구 및 1인당 자동차 수도 꾸준히 증가

## 전과정 사고(Life Cycle Thinking)가 중요한 이유 : 산업생태학

- 자동차와 관련된 대기환경 문제를 해결하기 위한 Systemic Thinking

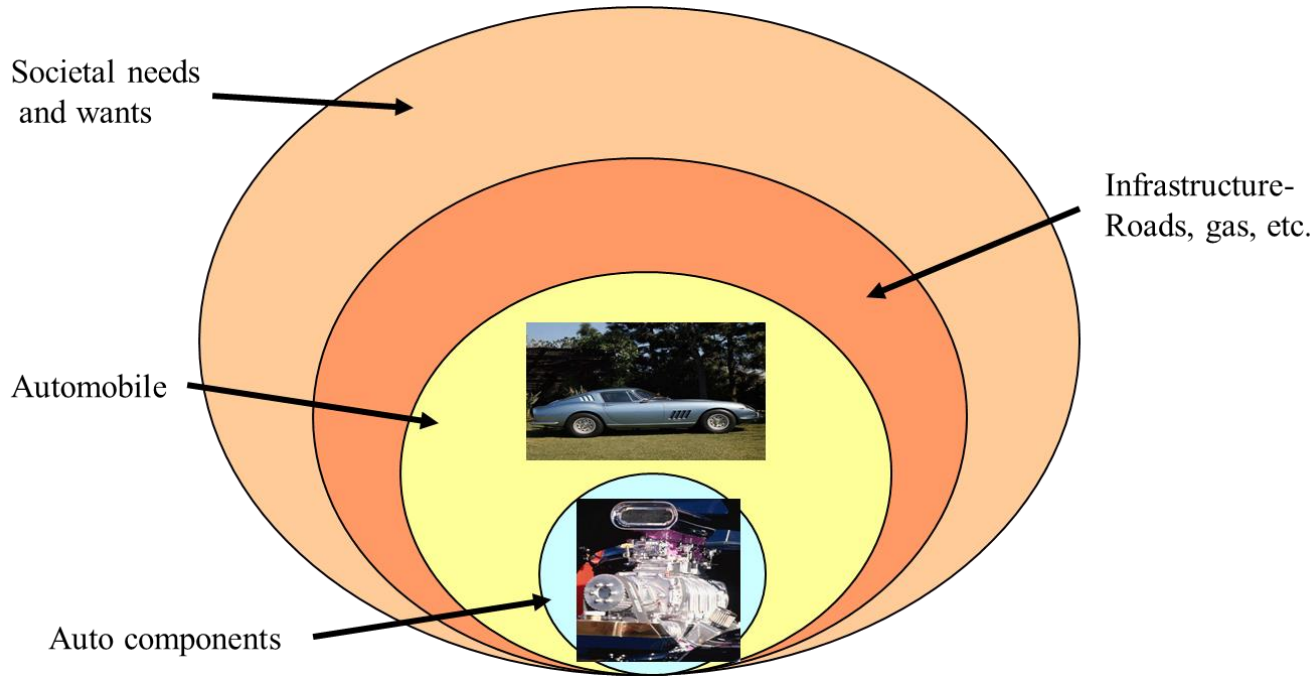


Source: <http://www.epa.gov/history/photos/p08.htm>

-1970년대 세계 대도시에서 교통 체증 현상 심화 : 대기오염 문제는 지금까지 심각

# 전과정 사고(Life Cycle Thinking)가 중요한 이유 : 산업생태학

- 자동차와 관련된 대기환경 문제를 해결하기 위한 Systemic Thinking



- 자동차 문제는 자동차 자체(기술의 종합 산물)만으로 발생한 것은 아니다
- 주요 문제는 자동차 인프라시설의 확보 수준
- 보다 근본적인 문제는 자동차 이용을 부추기도록 만든 도시 계획과 설계 (인간 문화)
- 자동차 시스템은 기술이 인간 사회 "안에서" 또는 "같이" 작동되어야 함



# 전과정 사고(Life Cycle Thinking)가 중요한 이유 : 생물생태학

- 단편적 사고 : 해충은 산림생태에 해로운가?



# 전과정 사고(Life Cycle Thinking)가 중요한 이유 : 산업생태학

- 전과정 사고 : 산불, 해충이 막는다?

IOP Publishing

Environ. Res. Lett. 11 (2016) 045008

doi:10.1088/1748-9326/11/4/045008

## Environmental Research Letters



### LETTER

## Do insect outbreaks reduce the severity of subsequent forest fires?

Garrett W Meigs<sup>1,2</sup>, Harold S J Zald<sup>1</sup>, John L Campbell<sup>1</sup>, William S Keeton<sup>2</sup> and Robert E Kennedy<sup>3</sup>

<sup>1</sup> College of Forestry, Oregon State University, Corvallis, OR 97331, USA

<sup>2</sup> Rubenstein School of Environment and Natural Resources, Gund Institute for Ecological Economics, University of Vermont, Burlington, VT 05405, USA

<sup>3</sup> College of Earth, Ocean, and Atmospheric Sciences, Oregon State University, Corvallis, OR 97331, USA

E-mail: [gmeigs@gmail.com](mailto:gmeigs@gmail.com)

**Keywords:** bark beetle, defoliator, disturbance interactions, fire ecology, forest health, regime change, remote sensing

Supplementary material for this article is available [online](#)

### OPEN ACCESS

RECEIVED  
19 August 2015

REVISED  
26 February 2016

ACCEPTED FOR PUBLICATION  
30 March 2016

PUBLISHED  
21 April 2016

Original content from this work may be used under the terms of the [Creative Commons Attribution 3.0 licence](#).

Any further distribution of this work must maintain attribution to the author(s) and the title of the work, journal citation and DOI.



### Abstract

Understanding the causes and consequences of rapid environmental change is an essential scientific frontier, particularly given the threat of climate- and land use-induced changes in disturbance regimes. In western North America, recent widespread insect outbreaks and wildfires have sparked acute concerns about potential insect–fire interactions. Although previous research shows that insect activity typically does not increase wildfire likelihood, key uncertainties remain regarding insect effects on wildfire severity (i.e., ecological impact). Recent assessments indicate that outbreak severity and burn severity are not strongly associated, but these studies have been limited to specific insect or fire events. Here, we present a regional census of large wildfire severity following outbreaks of two prevalent bark beetle and defoliator species, mountain pine beetle (*Dendroctonus ponderosae*) and western spruce budworm (*Choristoneura freemani*), across the US Pacific Northwest. We first quantify insect effects on burn severity with spatial modeling at the fire event scale and then evaluate how these effects vary across the full population of insect–fire events ( $n = 81$  spanning 1987–2011). In contrast to common assumptions of positive feedbacks, we find that insects generally reduce the severity of subsequent wildfires. Specific effects vary with insect type and timing, but both insects decrease the abundance of live vegetation susceptible to wildfire at multiple time lags. By dampening subsequent burn severity, native insects could buffer rather than exacerbate fire regime changes expected due to land use and climate change. In light of these findings, we recommend a precautionary approach when designing and implementing forest management policies intended to reduce wildfire hazard and increase resilience to global change.





# 전과정 사고(Life Cycle Thinking)가 중요한 이유 : 사회학

- 82년생 김지영 : 명절이 왜 싫을까?





# 전과정 사고(Life Cycle Thinking)가 중요한 이유 : 사회학

- 명절이 싫은 이유 : 사회학적 상상력(Sociological Imagination)

— 청원진행중 —

명절폐지를 청원합니다.

— 청원진행중 —

추석 연휴 폐지 요청.

— 청원진행중 —

필요성이 없는 추석폐지를 청원합니다.

— 청원진행중 —

누구를 위한 명절입니까?

— 청원진행중 —

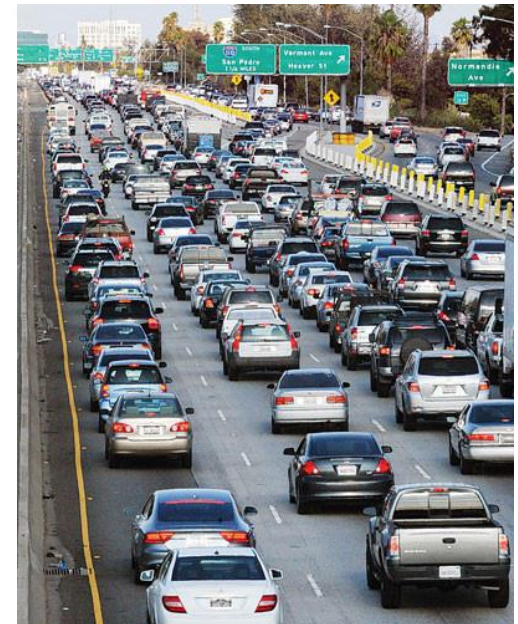
추석과 구정 명절을 나라에서 없애주세요.

— 청원진행중 —

추석과 같은 명절을 가족 or 가정친화의 날로 대체했으면 좋겠습니다...

— 청원진행중 —

추석명절 연휴 없애주세요



# 전과정 사고(Life Cycle Thinking)가 중요한 이유 : 경제학

- 우크라이나-러시아 전쟁이 경제에 미치는 영향은?



# 전과정 사고(Life Cycle Thinking)가 중요한 이유 : 경제학

- 우크라이나-러시아 전쟁의 글로벌 나비 효과

## “국가비상사태” 우크라, 경제적 나비효과는?

우크라이나가 오늘 국가비상사태를 선포했습니다. 앞서 러시아 정부는 우크라이나 반군 정부의 독립을 승인하고 해당 지역 내 평화유지군 진입을 명령했습니다. 전쟁 가능성 고조에 각국 증시는 급락하고, 원자재 가격은 급등하고 있습니다. 특히 우리나라는 반도체 특수가스 상당수를 두 나라에 절반가량 의존하고 있어 유사시 반도체 생산 차질 문제를 겪을 수 있습니다.

## 러시아제재에 대한 한국 수출 영향

대러시아 수출 비중 = 전체의 약 1.6% ※2021년 기준

### 1 자동차 및 부품 수출 타격



### 2 자동차 현지 생산 차질

자동차 부품업체들의 러시아 수출 90% 이상은 현대차기아 러시아 공장. 현대차기아 생산 차질 예상. 현대차 러시아 공장 생산 규모 약 23만대

### 3 반도체 제품 수출 타격

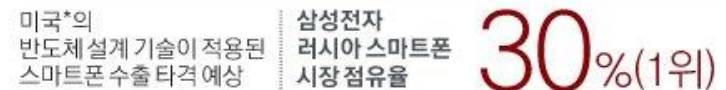
반도체 생산에는 미국\*의 소프트웨어 기술 대부분 적용. 삼성전자, SK하이닉스 등이 생산하는 반도체 제품 타격 예상

### 4 반도체 생산 차질

반도체 공정에 필수적인 희귀가스(네온-크립톤) 수입의 약 50% 러시아-우크라이나



### 5 스마트폰 수출 타격



\*반도체 등 하이테크 제품 러시아 수출 통제

자료: 한국무역협회, 한국자동차산업협회(KAMA) The JoongAng

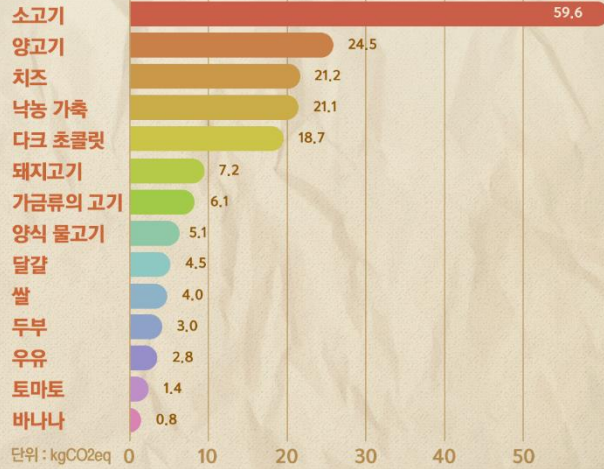
## 전과정평가(LCA)의 활용

- 친환경 제품과 생산공정의 설계 및 개발
- 친환경 제품 마케팅 및 홍보
- 투자나 구매 결정
- 정책 개발과 적용
- 환경성 개선을 위한 성능 평가지표로 사용



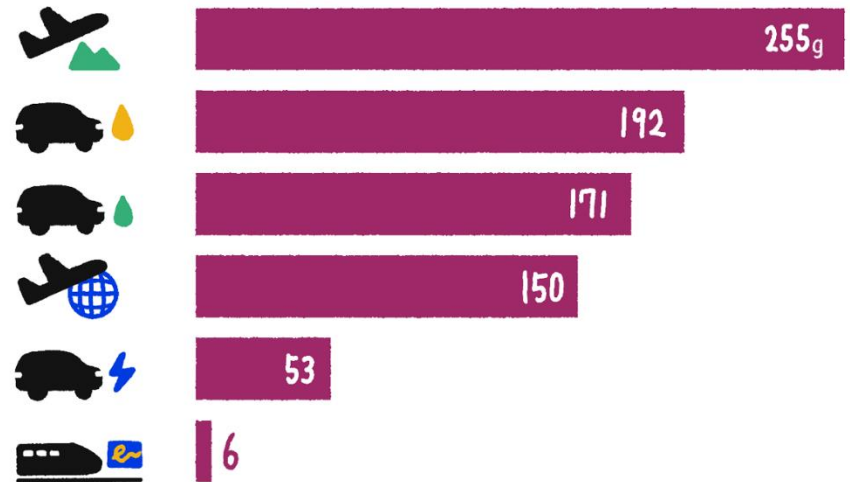
# 전과정평가(LCA)의 활용 : 예시

## 식품 1kg당 온실가스 배출량



출처 : Interactive: What is the climate impact of eating meat and dairy? (Daisy Dunne, Tom Prater, Joe Goodman)

## 수송 수단별 탄소배출량(1 km 기준)



탄소배출량 인증(1단계)

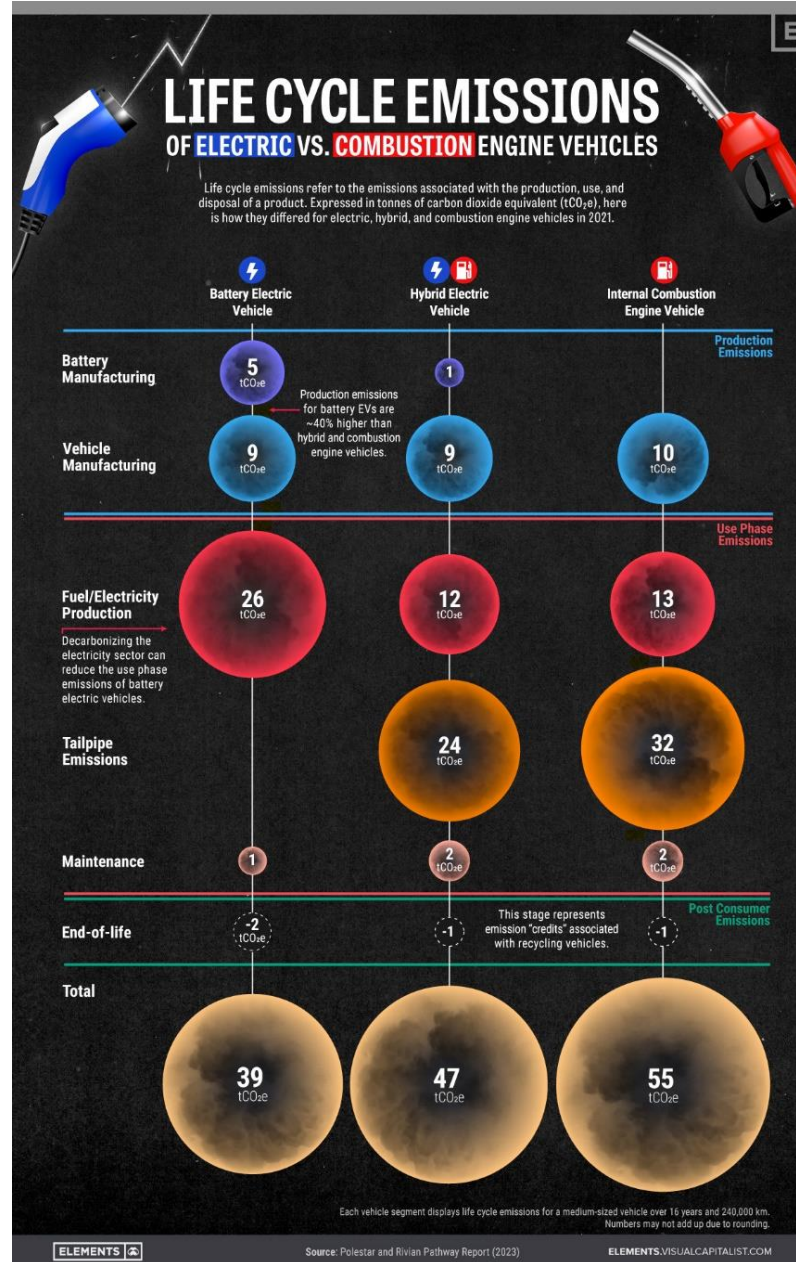


저탄소제품 인증(2단계)



탄소중립제품 인증(3단계)

# 전과정평가(LCA)의 활용 : 예시



# 전과정평가(LCA) 관련 국내외 탄소중립 규제



국내외  
탄소중립  
규제 동향  
주요 일정

자료: 녹색연합연구소

**2020년 3월** EU 신순환경제  
실행계획 채택  
**2022년 8월** 미국 인플레이션  
감축법(IRA) 발효

**2023년 7월** 일본 녹색전환(GX) 추진전략 발표  
**2023년 4분기** EU 탄소국경조정 메커니즘(CBAM)  
일부 적용  
**2024년 1분기** EU 지속 가능성 공시지침(CSRD)  
단계적 시행 실시

**2026년** EU CBAM 전면 시행  
**2027년** EU 기업의 지속 가능한  
공급망 실사지침(CSDDD)  
적용

# 전과정평가(LCA) 관련 국내외 탄소중립 규제

## EU 탄소국경조정제도(CBAM) 개요

유럽연합이 탄소중립을 위해 철강 등의 수입품에 일종의 관세를 부과



<b>대상품목</b>	철강, 알루미늄, 시멘트, 비료, 전력, 수소 등 6개
<b>전환기간</b>	2023년 10월 1일~ 2025년 12월 31일 6개 품목 생산 과정에서 발생하는 탄소 배출량 보고 의무
<b>시행</b>	2026년 1월 1일~ 2026~2034년 단계적 적용 수출품의 제조 과정에서 EU 기준을 초과하는 탄소 배출량에 대해 배출권(CBAM 인증서) 구매 의무 사실상 추가 관세인 '탄소세' 부과

### 대EU 수출액 CBAM 적용 품목 비중

2022년 기준



자료: 산업통상자원부, 한국무역협회



## EU 배터리법 주요 내용

6월 14일(현지시간) '지속가능한 배터리법' 유럽 의회 통과

목적 배터리 전 주기에 걸친 지속가능성과 순환성 강화

### 재생 원료 사용 제도

리튬·니켈 등 핵심광물 재활용 의무화  
· 법 발효 시점 기준 8년간 유예 (2031년 의무화)

### 재활용 비중 (8년 후 → 13년 후)

- 코발트 16 → 26%
- 리튬 6 → 12%
- 납 85 → 85%
- 니켈 6 → 15%

### 폐배터리 수거 강화

폐배터리 수거 의무 비중 단계적 확대

- 휴대용 배터리  
2023년 45%  
2027년 63%  
2030년 73%까지 수거
- LMT 배터리  
2028년 51%  
2031년 61%까지 수거



### 배터리 여권 제도

배터리 생산·사용 등 정보를 전자 형태로 기록  
· 대상 전기차-LMT 배터리 및 2kWh 이상 산업용 배터리

### 탄소발자국 제도

배터리 전 주기 탄소 배출량 측정  
· 생산·소비 전 과정에서 발생하는 온실가스 총량 신고 의무화  
· 대상 전기차(EV)·전기자전거 등 경량 운송수단(LMT) 및 2kWh 이상 산업용 배터리

### 핵심광물 수거

폐배터리 재활용 장려 수거 비중 (2027년 → 2031년)

- 리튬 50 → 80%
- 코발트·구리·납·니켈 90 → 95%



### 공급망 실사 규정 적용

중소기업 제외한 모든 역내 관련 업계 적용  
· 삼성SDI, LG에너지솔루션, SK온 등 영향 가능성

### 휴대용 배터리 디자인

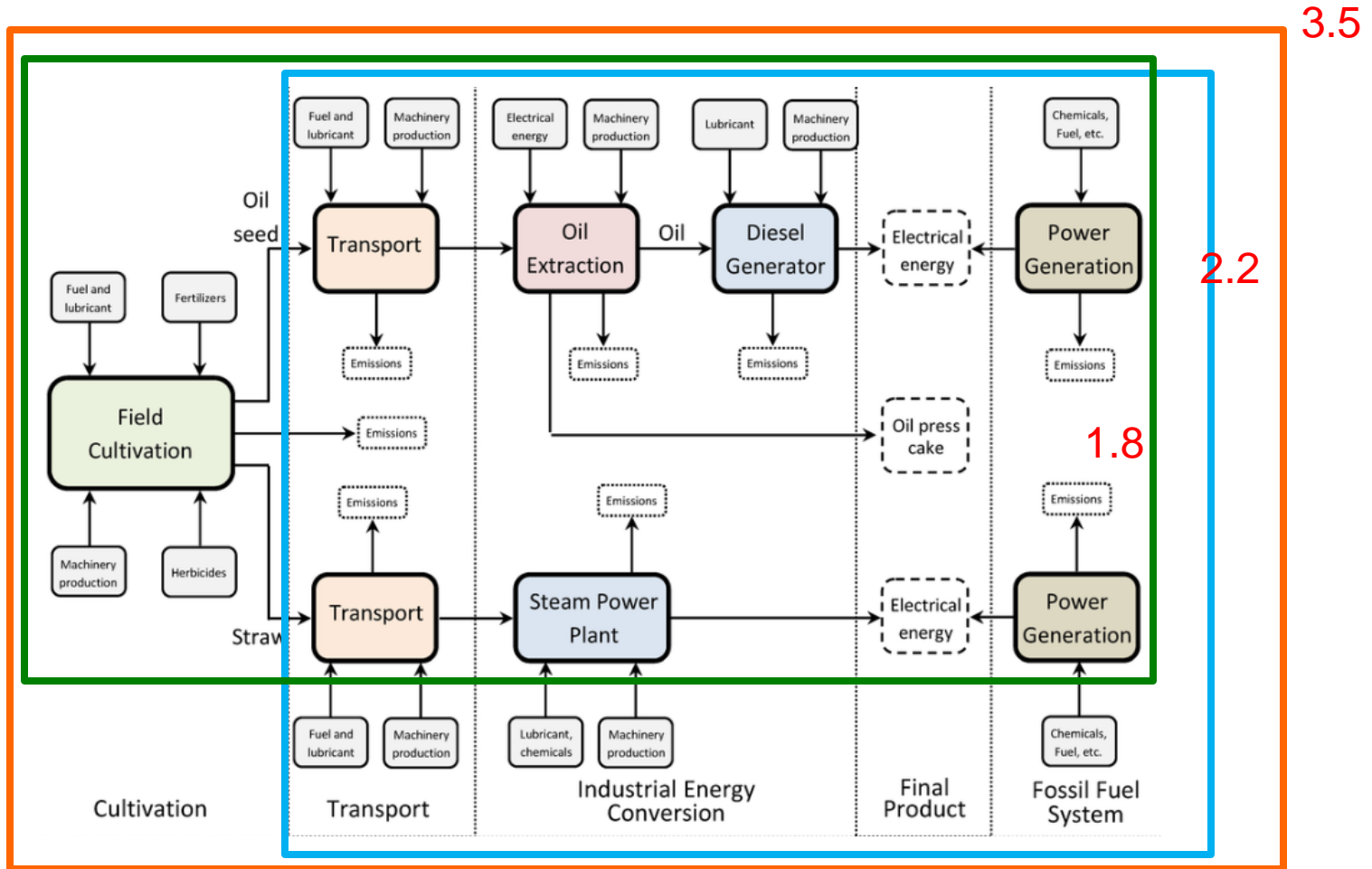
소비자들이 쉽게 분리하고 교체할 수 있는 디자인 설계  
· 대상 휴대전화 등 휴대용 배터리

자료: 유럽 의회



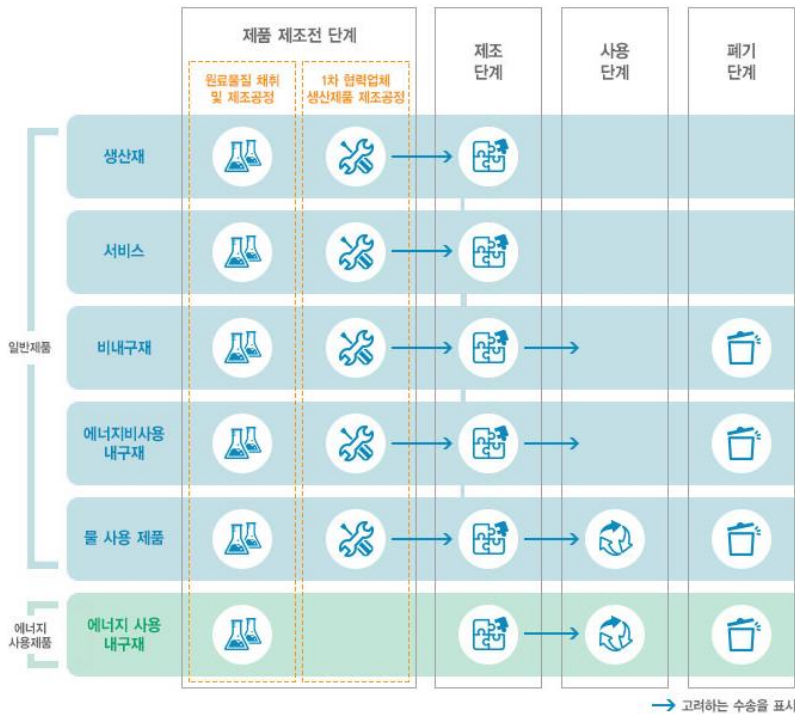
# 전과정평가(LCA)에 대한 오해와 진실

- 평가 범위의 주관적 변동성 발생 : 여러가지 LCA 결과값 도출 가능



# 전과정평가(LCA)에 대한 오해와 진실

- 진실
  - LCA는 공학과 더불어 사회과학 및 자연과학의 성격을 보유 : 평가 목적 고려
- 제품별 동등한 환경성의 비교 가능(한국환경산업기술원)



※ 제품군별 작성지침 대상제품의 경우 해당지침에서 정한 시스템경계를 따릅니다.

구분	일련번호	대상제품군	지침다운로드
공통지침	공통지침(일반제품)		<a href="#">다운로드</a>
	공통지침(에너지사용제품)		<a href="#">다운로드</a>
사용시나리오	EPD 001	전기 냉동·냉장고 [2013.09.23(00)]	<a href="#">다운로드</a>
	EPD 002	가정용 세탁기 [2013.09.23(01)]	<a href="#">다운로드</a>
	EPD 003	텔레비전 [2013.09.23(00)]	<a href="#">다운로드</a>
	EPD 004	모니터 [2013.09.23(00)]	<a href="#">다운로드</a>
	EPD 005	전기 손 건조기 [2015.10.19(00)]	<a href="#">다운로드</a>
개별지침	EPD PCR 001	양변기 [2017.01.09(00)]	<a href="#">다운로드</a>
	EPD PCR 002	솔리드 스테이트 드라이브(SSD) [2017.01.09(00)]	<a href="#">다운로드</a>
	EPD PCR 003	자동차용 타이어 [2017.01.09(00)]	<a href="#">다운로드</a>
	EPD PCR 004	세탁용 세제 [2017.01.09(00)]	<a href="#">다운로드</a>

<http://www.epd.or.kr/edp/guide01.asp>

## 맺음말

- 전과정평가(LCA)는 환경 문제에 대한 근본적인 원인 규명과 해결에 기여
  - 친환경 및 저탄소 제품과 생산공정의 개발에 활용
  - 지속가능한 정책 및 제도의 개발에 활용
- LCA의 가치를 활용해 환경오염 사전예방에 기여 가능
- LCA는 기업의 지속가능성 향상을 위한 ESG경영과 국내외 규제 대응에 필수
- LCA가 가지는 불확실성은 자연과학과 사회과학에서도 동일하게 발생

# 감사합니다

강원대학교 춘천캠퍼스

건축토목환경공학부 환경공학전공

임 성 린

[srlim@kangwon.ac.kr](mailto:srlim@kangwon.ac.kr)