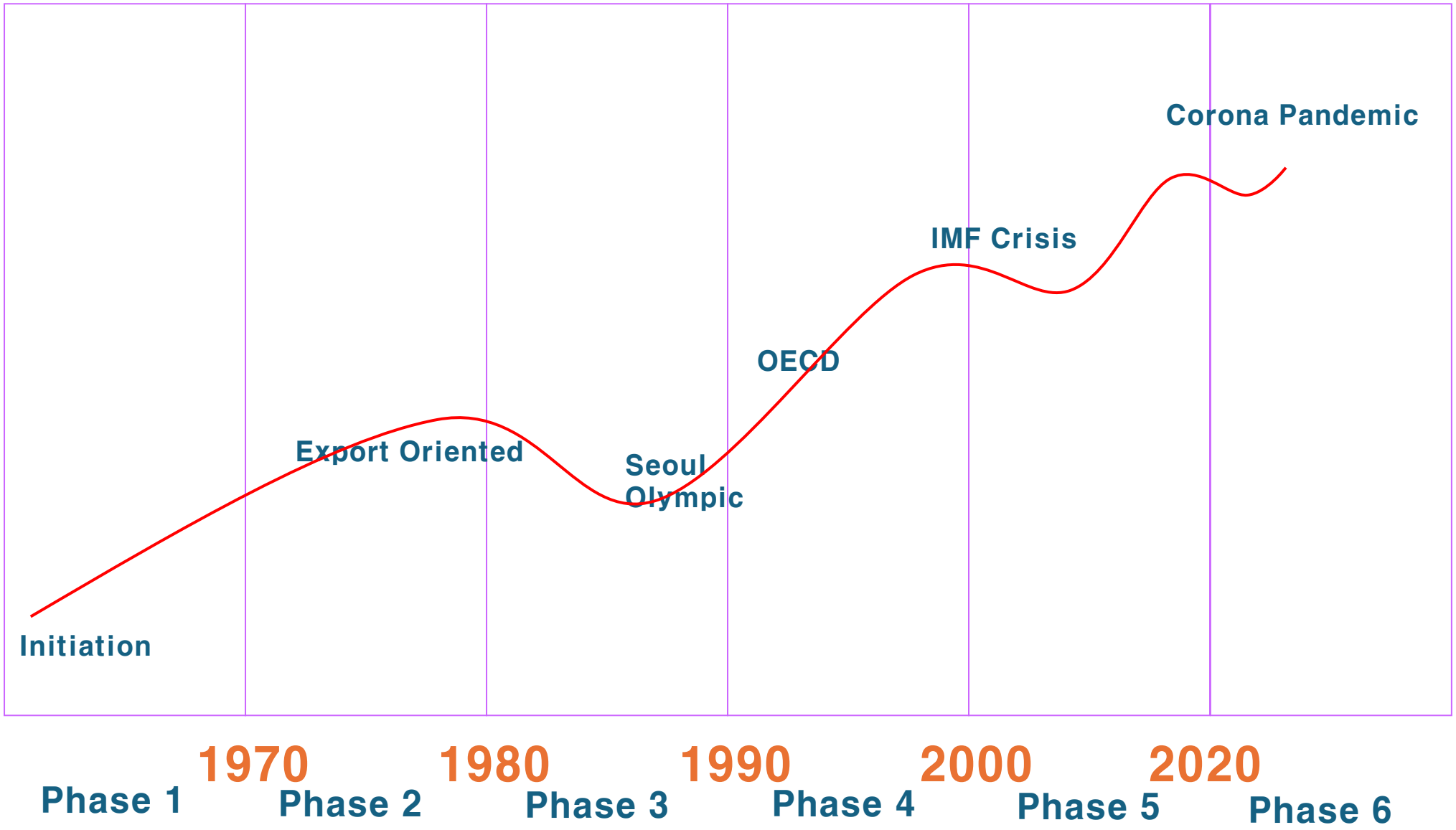
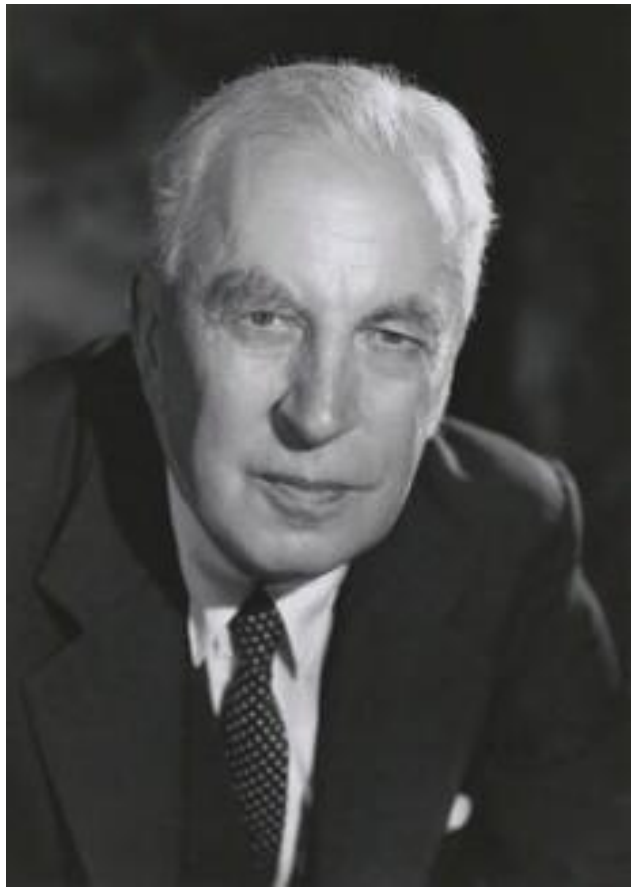
지역의 신성장동력:
탄소중립과 녹색혁신

2026 전북 탄소중립 지속성장 세미나
2026. 10. 21.

김 주태 (단국대학교)

Global leadership: Korean Economy





Arnold Joseph Toynbee (1889-1975)

“Challenge and Response”

도전과 응전

- 소니와 삼성전자
- 노키아, 애플 & 삼성전자
- 테슬라, BYD & 현대기아차
- *농업사회에서 산업사회 그리고 DX, AX, GX, EX’*





Innovation: 혁신

Differentiation: 차별화



디지털 혁신의 아이콘



Institutional Isomorphism (제도적 동질성)

- 강압적 동조화 (Coercive), 모방적 동조화 (Mimetic),
  규범적 동조화 (Normative) ; 제도화 이론

- 2020년 ; 전기차, 배터리
  2026년 ; 반도체
  EU-Taxonomy, K-taxonomy, J-taxonomy


Jthink Issue Briefing
농협중앙회 전북 이전,
농생명 혁신체계의 마지막 연결고리
배균기 책임연구위원
김시백 선임연구위원

전북 새만금, 신재생에너지로 만드는
RE100 산업단지

새만금에서 생산한 청정에너지가
RE100 산업단지의 지속가능한 경쟁력을 만듭니다.

RE100
Renewable Energy 100%



새만금
신재생에너지 생산
(풍력 · 태양광)

전력계통 연계
(송전망 · 변전소)

RE100 산업단지
청정에너지 사용

탄소중립 실현
지속가능한 미래

새만금의 바람과 햇살이
대한민국의 지속가능한
내일을 만듭니다.

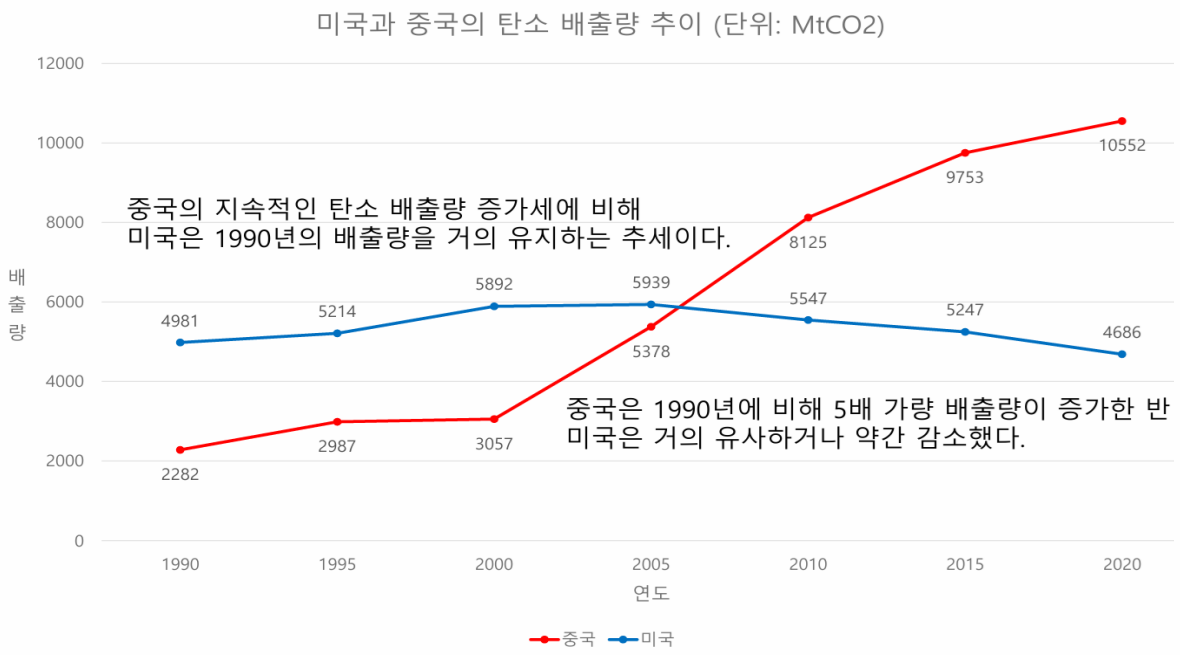
Carbon Zero를

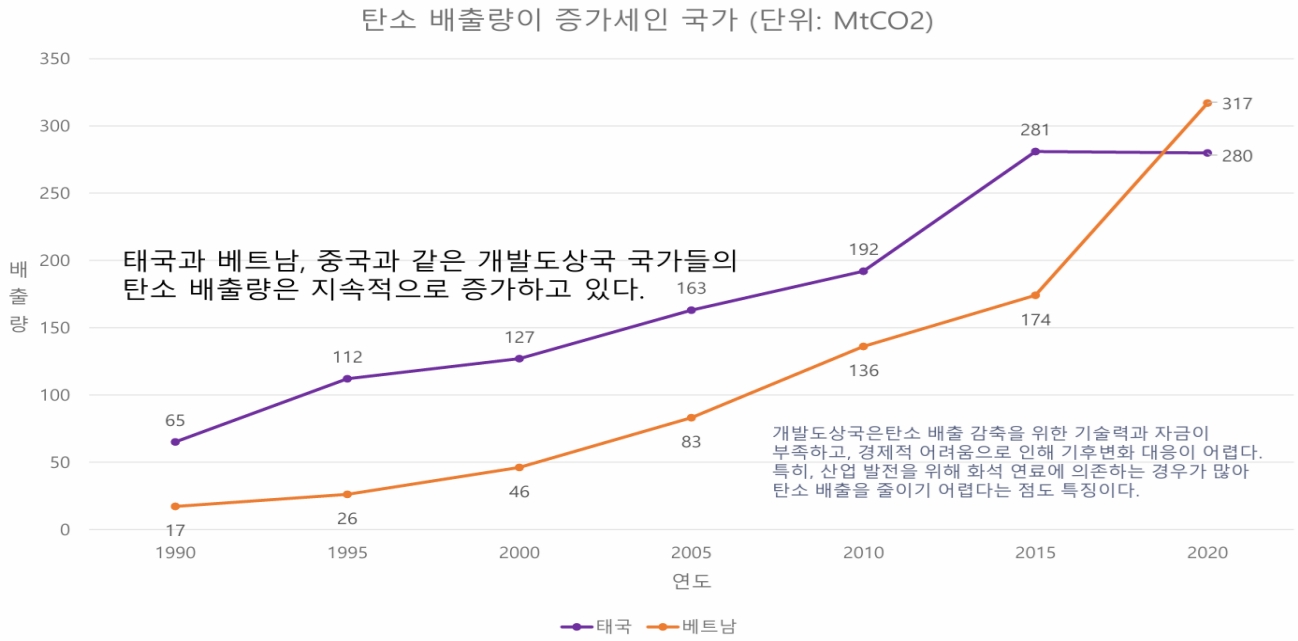
어떻게 달성할 것인가???

온실가스 배출액의 국제 비교

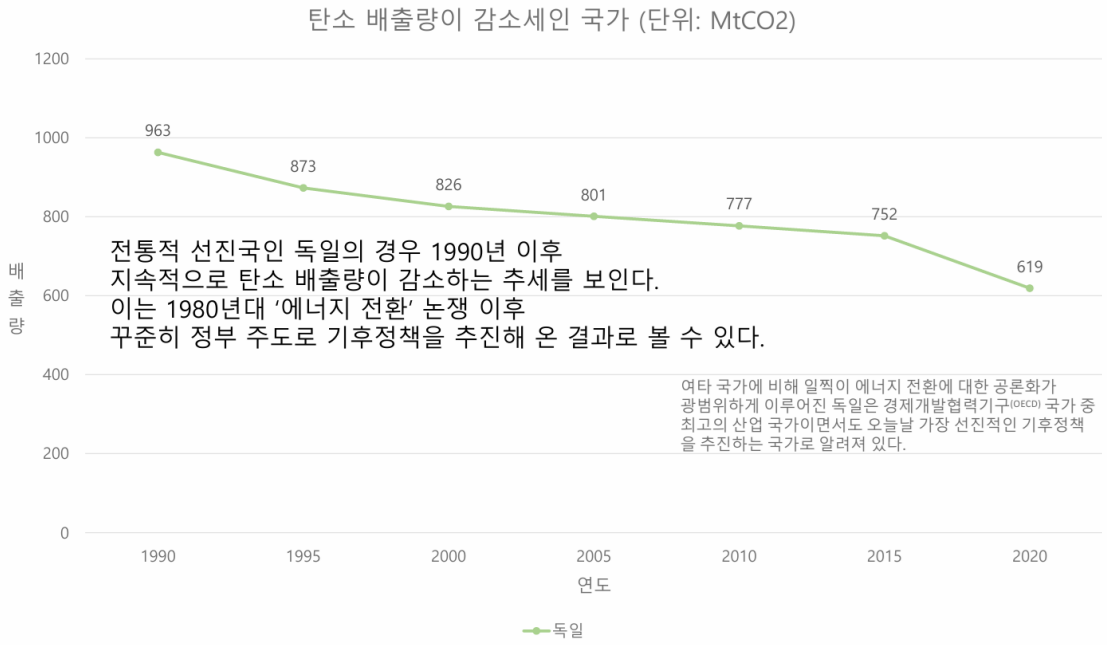
1	China	6,538,367 (thousand ton)	22.3 (percent)
2	United States	5,830,381	19.9
	EU	4,177,817	14.0
3	India	1,612,362	5.5
4	Russia	1,537,357	5.2
5	Japan	1,254,543	4.3
6	Germany	787,936	2.7
7	Canada	557.340	1.9
8	United Kingdom	539,617	1.8
9	South Korea	503,321	1.7
10	Iran	495,987	1.6

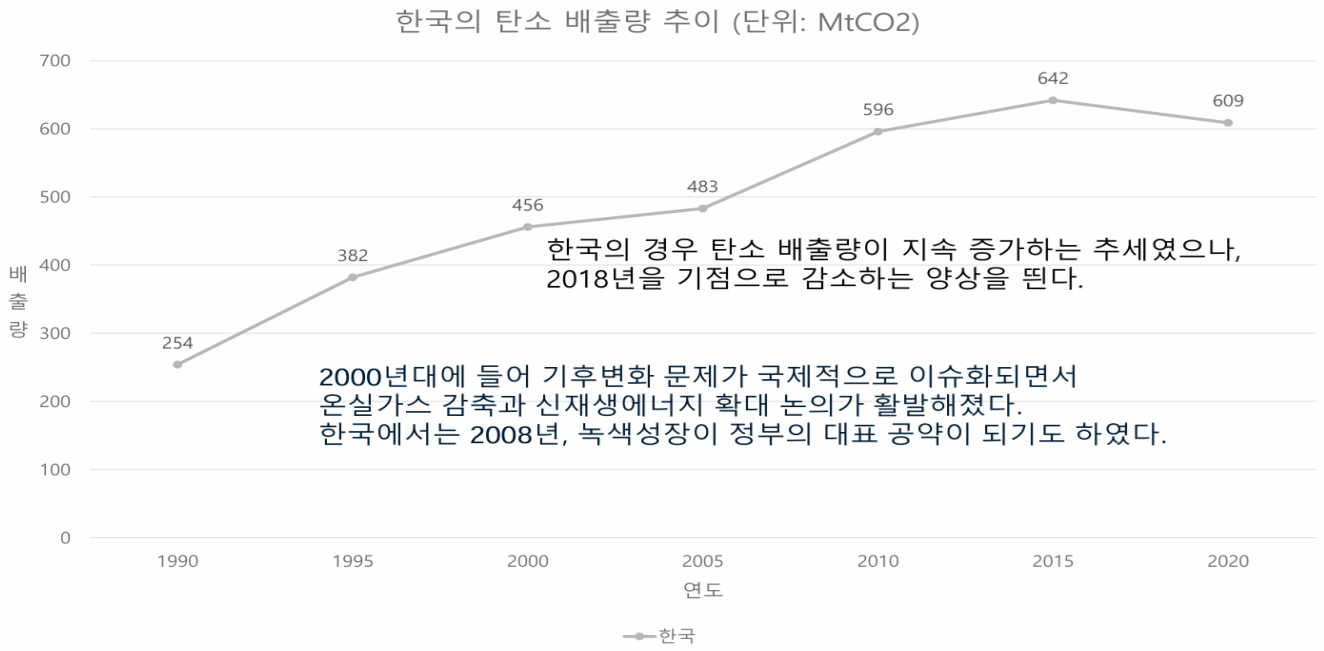
탄소배출량 추이


미국과 중국의 탄소 배출량 추이 (단위: MtCO2)
12000
10000
8000
6000
4000
2000
0
배출량
4981
5214
5892
5939
5547
5247
4686
2282
2987
3057
5378
8125
9753
10552
1990
1995
2000
2005
2010
2015
2020
연도
중국
미국
중국의 지속적인 탄소 배출량 증가세에 비해
미국은 1990년의 배출량을 거의 유지하는 추세이다.
중국은 1990년에 비해 5배 가량 배출량이 증가한 반
미국은 거의 유사하거나 약간 감소했다.

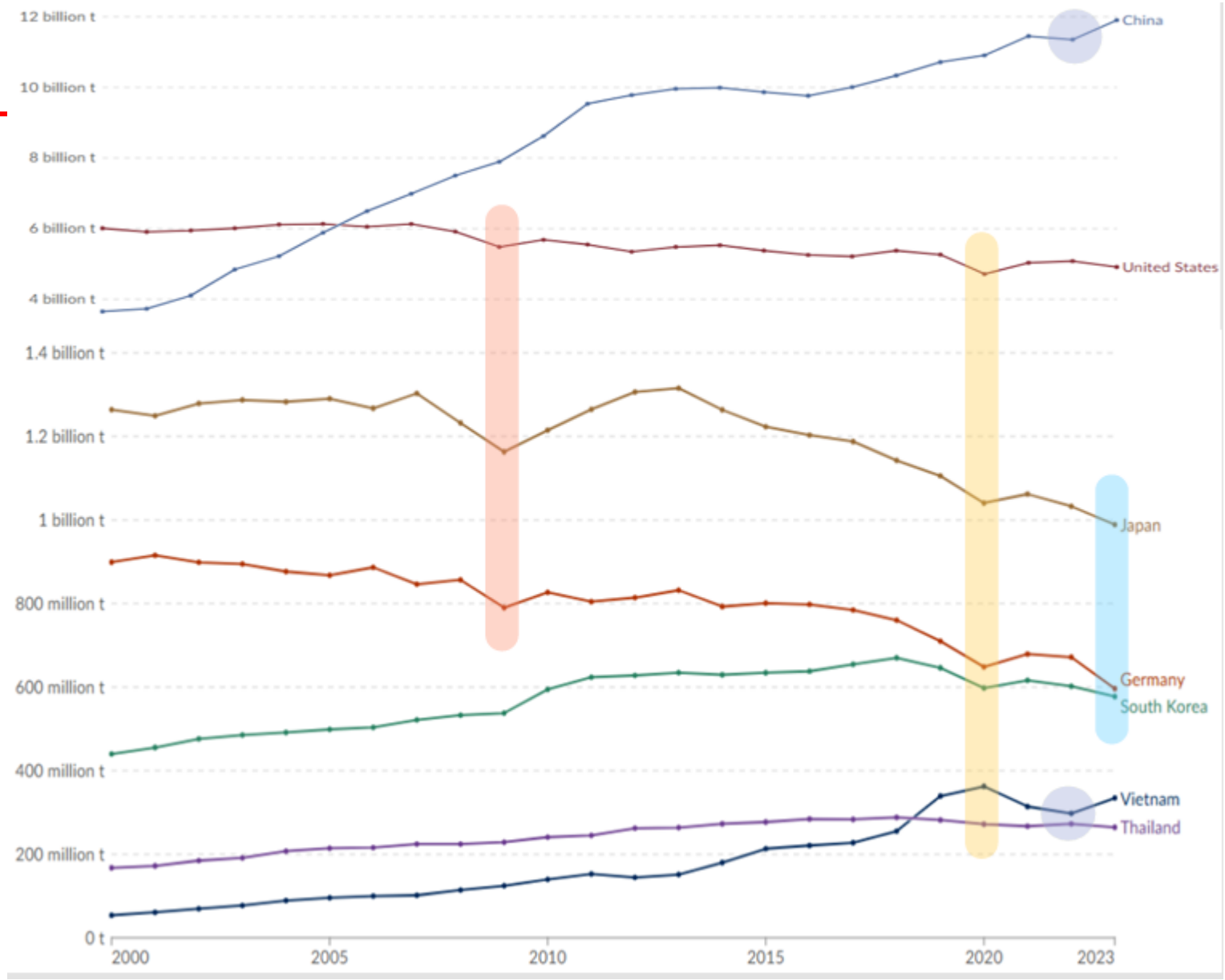

탄소 배출량이 증가세인 국가 (단위: MtCO2)
350
300
250
200
150
100
50
0
배출량
65
112
127
163
192
281
280
17
26
46
83
136
174
317
1990
1995
2000
2005
2010
2015
2020
연도
태국
베트남
태국과 베트남, 중국과 같은 개발도상국 국가들의
탄소 배출량은 지속적으로 증가하고 있다.
개발도상국은탄소 배출 감축을 위한 기술력과 자금이
부족하고, 경제적 어려움으로 인해 기후변화 대응이 어렵다.
특히, 산업 발전을 위해 화석 연료에 의존하는 경우가 많아
탄소 배출을 줄이기 어렵다는 점도 특징이다.

탄소배출량 추이


탄소 배출량이 감소세인 국가 (단위: MtCO2)
1200
1000
800
600
400
200
0
배출량
963
873
826
801
777
752
619
1990
1995
2000
2005
2010
2015
2020
연도
독일
전통적 선진국인 독일의 경우 1990년 이후
지속적으로 탄소 배출량이 감소하는 추세를 보인다.
이는 1980년대 '에너지 전환' 논쟁 이후
꾸준히 정부 주도로 기후정책을 추진해 온 결과로 볼 수 있다.
여타 국가에 비해 일찍이 에너지 전환에 대한 공론화가
광범위하게 이루어진 독일은 경제개발협력기구(OECD) 국가 중
최고의 산업 국가이면서도 오늘날 가장 선진적인 기후정책
을 추진하는 국가로 알려져 있다.


한국의 탄소 배출량 추이 (단위: MtCO2)
700
600
500
400
300
200
100
0
배출량
254
382
456
483
596
642
609
1990
1995
2000
2005
2010
2015
2020
연도
한국
한국의 경우 탄소 배출량이 지속 증가하는 추세였으나,
2018년을 기점으로 감소하는 양상을 띈다.
2000년대에 들어 기후변화 문제가 국제적으로 이슈화되면서
온실가스 감축과 신재생에너지 확대 논의가 활발해졌다.
한국에서는 2008년, 녹색성장이 정부의 대표 공약이 되기도 하였다.

탄소배출량 추이


12 billion t
10 billion t
8 billion t
6 billion t
4 billion t
1.4 billion t
1.2 billion t
1 billion t
800 million t
600 million t
400 million t
200 million t
0 t
2000
2005
2010
2015
2020
2023
China
United States
Japan
Germany
South Korea
Vietnam
Thailand

에너지 믹스 추이

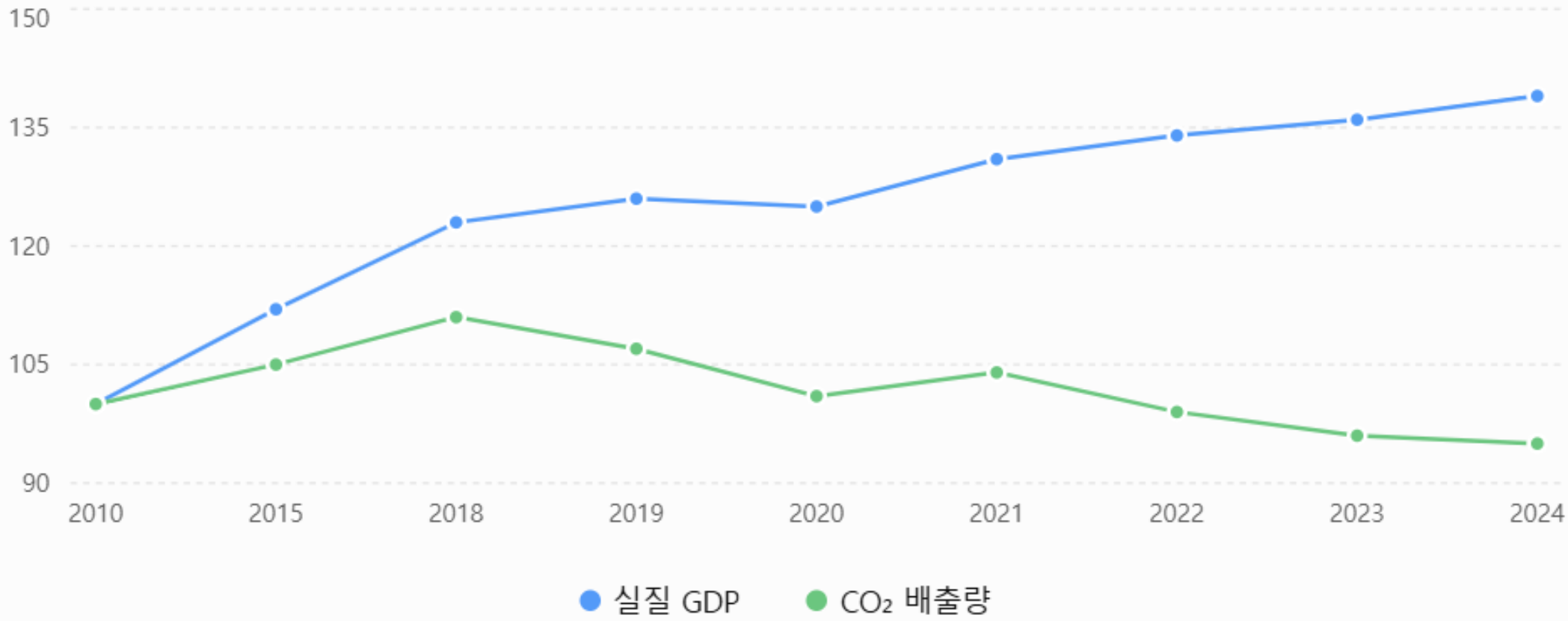
- 1990년 14.6%에 그쳤던 전 세계 재생에너지 발전 비중은 2000년대 초반까지 큰 변화가 없었으나 2000년대 후반부터 점차 높아지기 시작해 2022년 25.8%를 기록하며 천연가스의 발전 비중(24.3%)을 넘어섬.
- 원자력의 발전 비중은 1990년 16.9%에서 1996년 최대 17.6%까지 상승한 이후 감소세로 돌아서 2022년 9.2%까지 감소함.
- 각종 저탄소 발전원을 모두 합친 비중은 1990년 27%에서 2022년 33.7%로 꾸준히 높아짐.

에너지 믹스 추이

- 화석연료의 비중은 1990년 45.7%에서 2018년 최대 72.3%까지 지속적으로 커짐. 이후 비중은 점차 감소세로 돌아서며 2023년 60.5%를 기록함.
- 한국의 무탄소 발전원 대부분은 원자력이 차지함. 원자력의 발전 비중은 1990년 48.4%에서 2018년 최저 22.7%로 감소함. 이후 원자력 비중은 2023년 29.9%까지 회복함. 일본 후쿠시마 참사가 발생한 2013년과 경주지진(2016년) 및 한빛원전 공극 발견(2016~2019년), 월성원전 1호기 폐지(2018년) 여파로 원자력 발전량이 일시적으로 감소한 2017~2018년을 제외하곤 원자력 발전량은 꾸준히 증가함. 2017년, 정부의 탈원전 선언이 있었으나 이 선언이 실제 원전의 이용률에 미친 영향은 거의 없는 것으로 나타남. 선언 이후 원자력의 발전 비중은 2018년 22.7%에서 2023년 29.9%로 꾸준히 증가함.
- 무탄소 에너지의 비중은 2018년 15.2%에서 2023년 20.9%로 커짐.

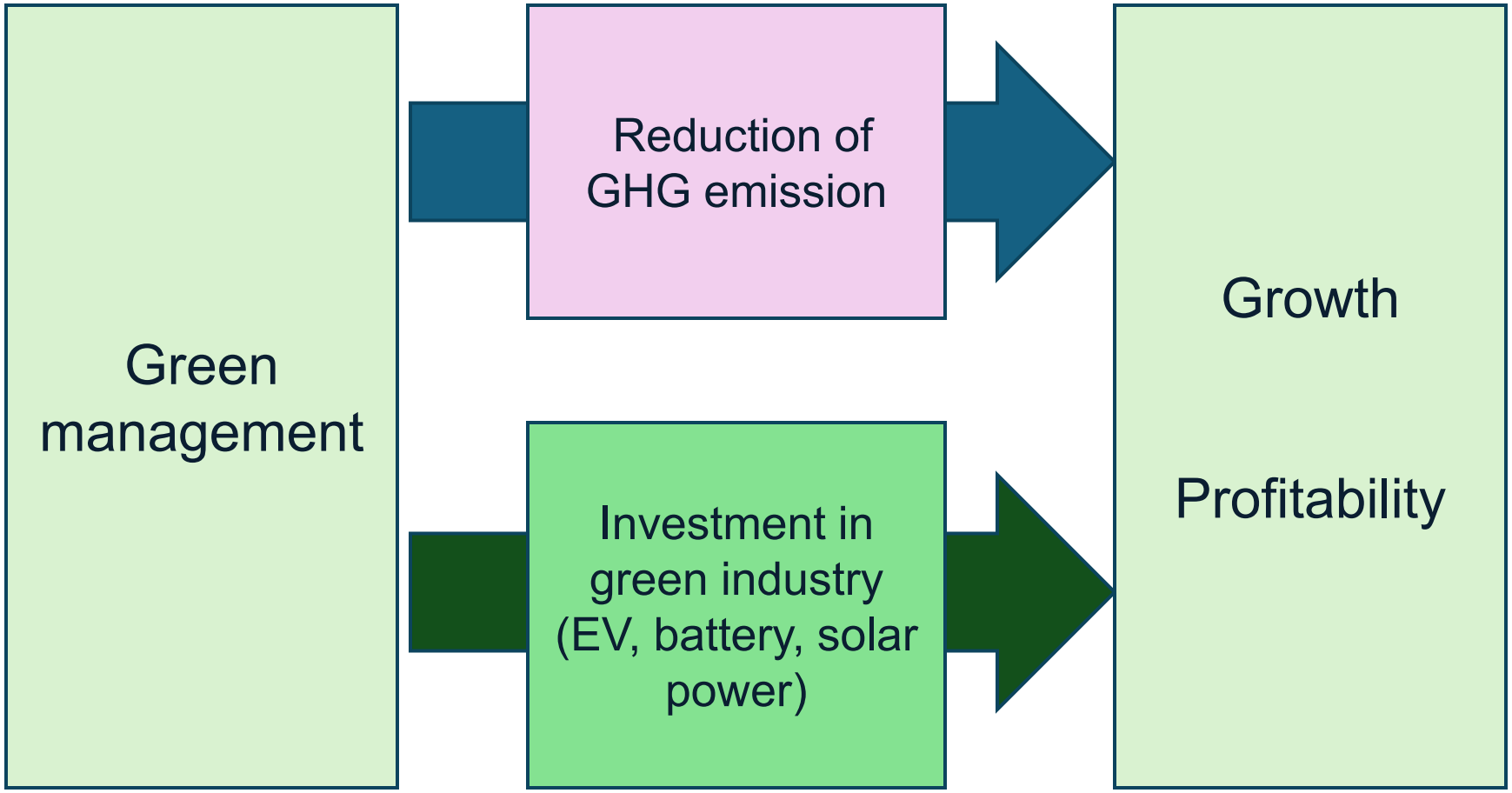
한국 경제성장과 CO_2 배출의 디커플링

2010년을 100으로 놓았을 때 실질 GDP는 증가하는 반면 CO_2 배출은 장기적으로 감소하는 방향을 보인다.

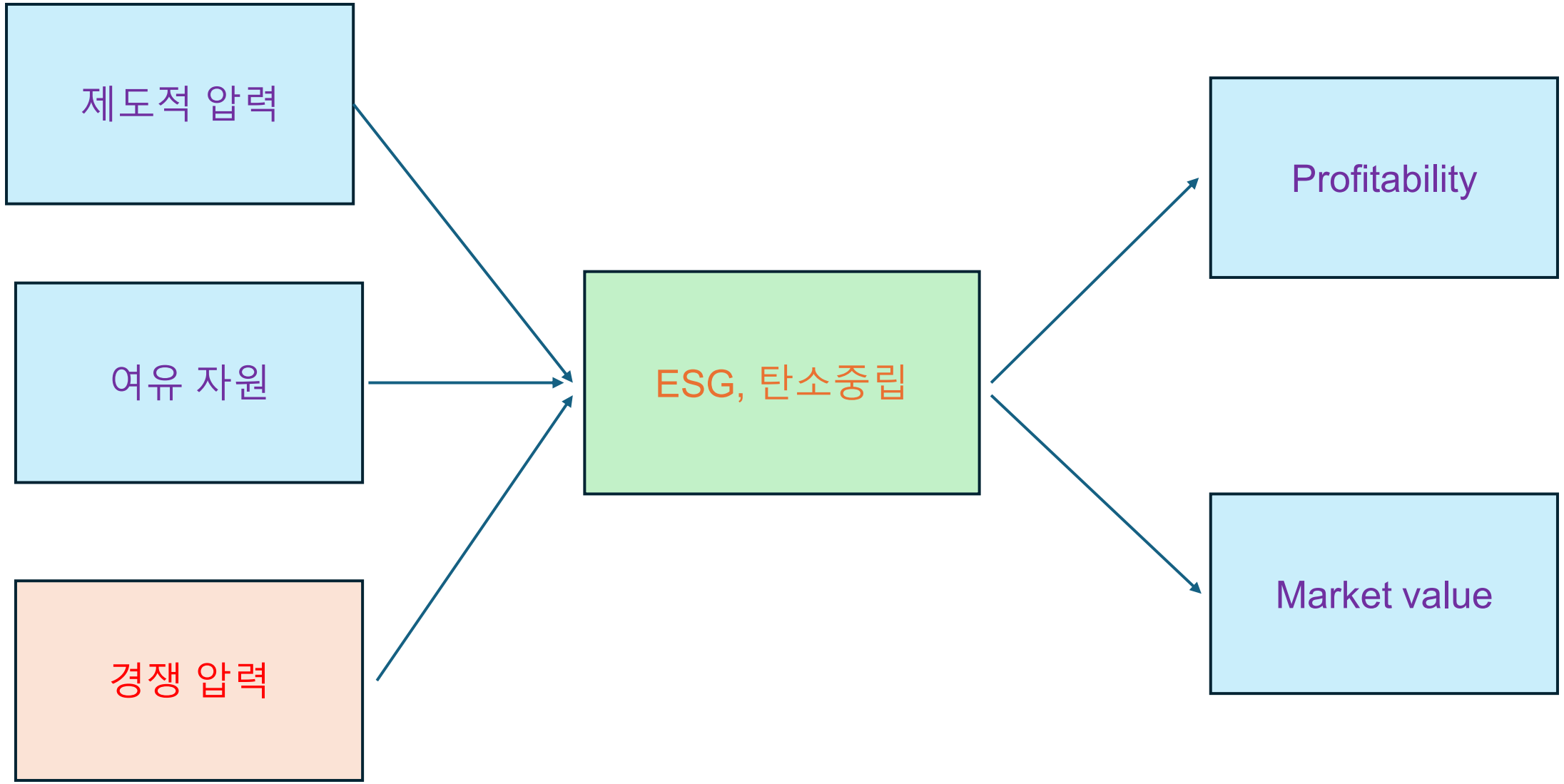


GDP: World Bank 실질 GDP(2015년 불변 US$). CO_2: Global Carbon Budget 2025, 화석연료·산업 CO_2.

Green innovation as a business oppotunity

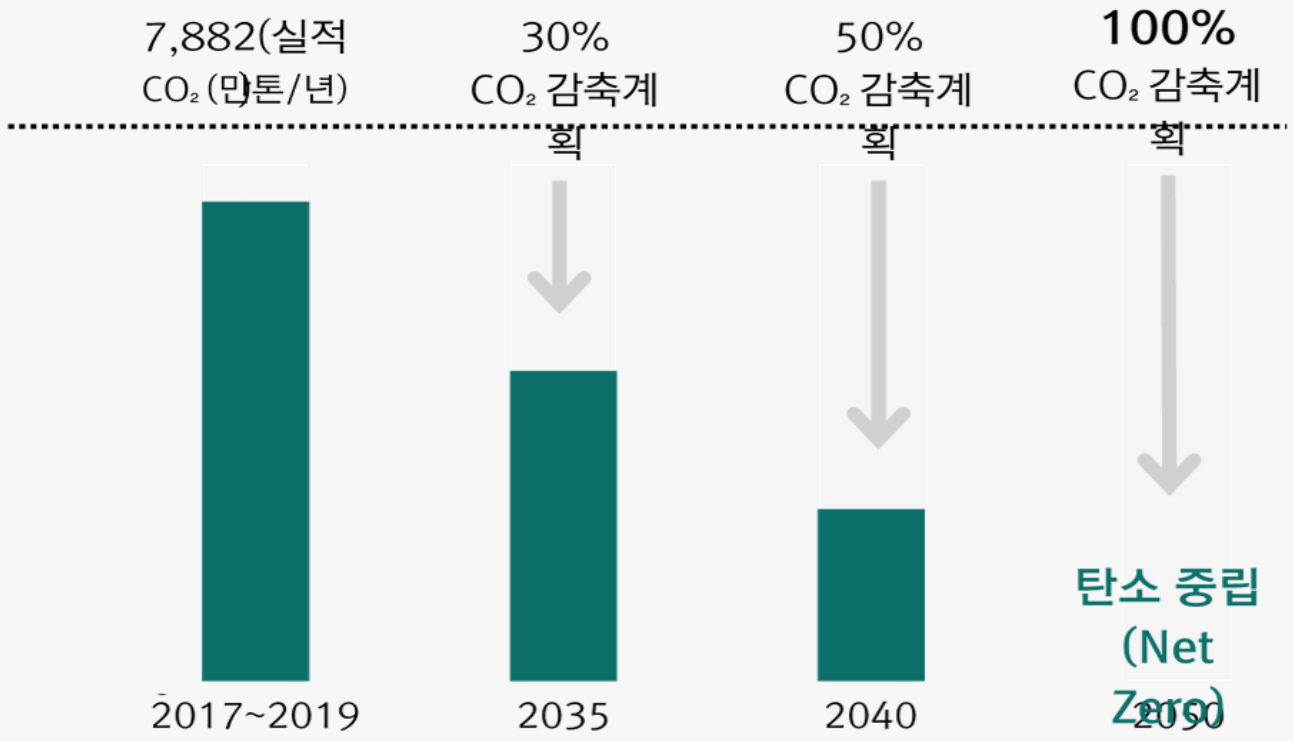


이론적 배경



포스코의 탄소중립 사례

1단계	2단계	3단계
에너지 효율 개선 저탄소 연,원료 대체	철스크랩 활용 고도화 CCUS기술 적용	FINEX기반 HYREX기술 개발



ESG as competitive dynamics

- ✓ Case of POSCO

  carbon neutrality will decide the corporate leadership in the future of global steel industry

- ✓ CBAM in EU market

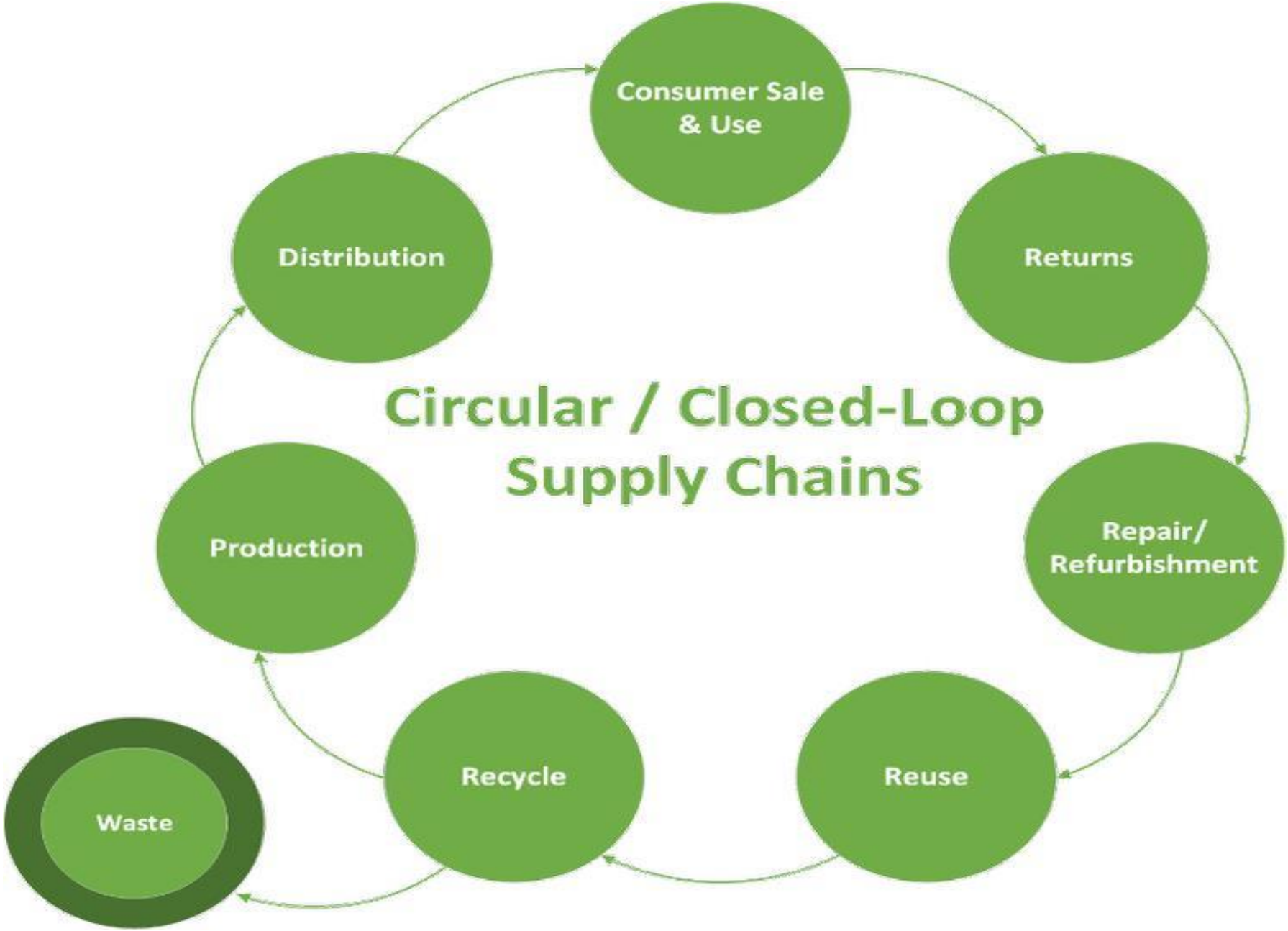
  Additional tax on the carbon intensive imported products

- ✓ ESG report and capital cost

- ✓ ESG is not only a social duty, but a critical factor for the survival in the market

플라스틱 제로를

어떻게 달성할 것인가???


Consumer Sale & Use
Returns
Repair/ Refurbishment
Reuse
Recycle
Waste
Production
Distribution
Circular / Closed-Loop Supply Chains

Reverse Supply Chain (역공급사슬)

- Collection & Returns: Gathering used, unwanted, defective, or end-of-life products from customers or distribution channels.
- Inspection & Sorting: Assessing whether returned items can be reused, refurbished, recycled, or must be discarded.
- Repair & Refurbishment: Fixing products so they can be resold or reused.
- Remanufacturing & Recycling: Recovering parts or materials to reintegrate into production or new products.
- Final Disposition: Properly disposing of products that cannot be reused or recycled.

Stage	Strategic Function	Cost Share	Carbon Impact	Value Creation
Collection	Volume acquisition	30–50%	Moderate	Indirect
Sorting & Transportation	Quality determination	20–35%	Moderate–High	Enabling
Recycling	Economic value recovery	25–40%	High (but net reduction vs virgin production)	Direct

RSC Efficiency = f(Collection Quality × Sorting Accuracy × Recycling Technology)

2040 **제주도 플라스틱 제로**

- 2040년까지 플라스틱 사용을 50% 감축하고, 재활용률을 100%까지 끌어올리는 동시에 소각·매립되는 처분율은 완전히 없애고자 함.
- 생산과 유통, 소비 단계부터 플라스틱 사용을 크게 줄이고, 폐플라스틱은 원료로 다시 쓰는 등 100% 재활용해 플라스틱 폐기물로 인한 환경영향을 '제로(0)화'하고자 함.
- 2040년까지 플라스틱 감량 및 선순환 체계를 완성해 부득이하게 발생하는 플라스틱 폐기물은 전량 재활용함으로써 폐기물 처분으로 인한 환경 위해를 제거하고자 함. 실질 감축량은 14만 5,056톤으로 추정되는데, 2040년 플라스틱 폐기물 발생 전망치 대비 81%를 감축하는 셈임.

예치금 반환제도 (Deposit Return System, DRS)

- DRS는 일회용 포장물의 재활용의 촉진을 위해 소비자가 사용한 포장물에 일정한 예치금을 지불하고 회수할 수 있는 제도. 소비자가 포장재를 상점 및 수집 장소로 다시 반환하도록 동기를 부여하여 적절한 재활용을 보장하고 재활용률을 높이는 것을 목적으로 소비자가 일회용 용기에 보증금을 지불하고, 용기 회수 시 보증금을 반환받는 시스템으로 일회용 용기의 재활용과 폐기물 감축을 촉진하기 위해 도입됨.

구 분	내 용
보증금 부과	일회용 용기에 보증금이 부과. 이 보증금은 용기의 가격에 포함되어 구매 시에 지불
용기 회수	소비자는 사용한 용기를 특정 장소에 반납. (예: 슈퍼마켓 또는 지정된 회수 센터)
보증금 반환	용기를 회수한 후, 소비자는 보증금을 반환받음. 이 보증금은 구매 시 지불한 금액으로 환급

DRS의 효과

- 폐기물 감소 효과: 유럽에서 도로변 수거 방식을 통한 평균 회수율은 47%이나, 보증금 반환 제도를 적용한 지역은 94%의 회수율을 보였으며, 미국에서는 보증금이 없는 알루미늄, 유리, 플라스틱 용기 회수율이 평균 27%인데 반해, 보증금이 있는 플라스틱 용기는 평균 72%로 상대적으로 높은 회수율을 나타나는 것으로 확인되었음

- 재활용 효과 증대: 노르웨이의 톰라(Tomra)가 뉴욕에서 빈용기 보증금 제도를 통해 처리하는 유리의 100%가 유리병 제조 공정까지 이어지는 사례를 통해 알 수 있듯이 DRS의 재활용 시스템의 소재 관리 분야에 있어 효과적임

DRS의 효과

- 새로운 시장수요와 일자리 창출 : 2017년 뉴욕에서 보증금 반환 제도의 도입으로 인해 직간접적으로 창출된 일자리는 5,700개 이상인 것으로 조사집계 되었으며, 이를 통해서 보증금 반환 제도는 수거, 선별, 집계, 처리, 재활용 서비스 분야에서 새로운 시장 수요를 창출하여 새로운 일자리를 만드는 효과가 있음.

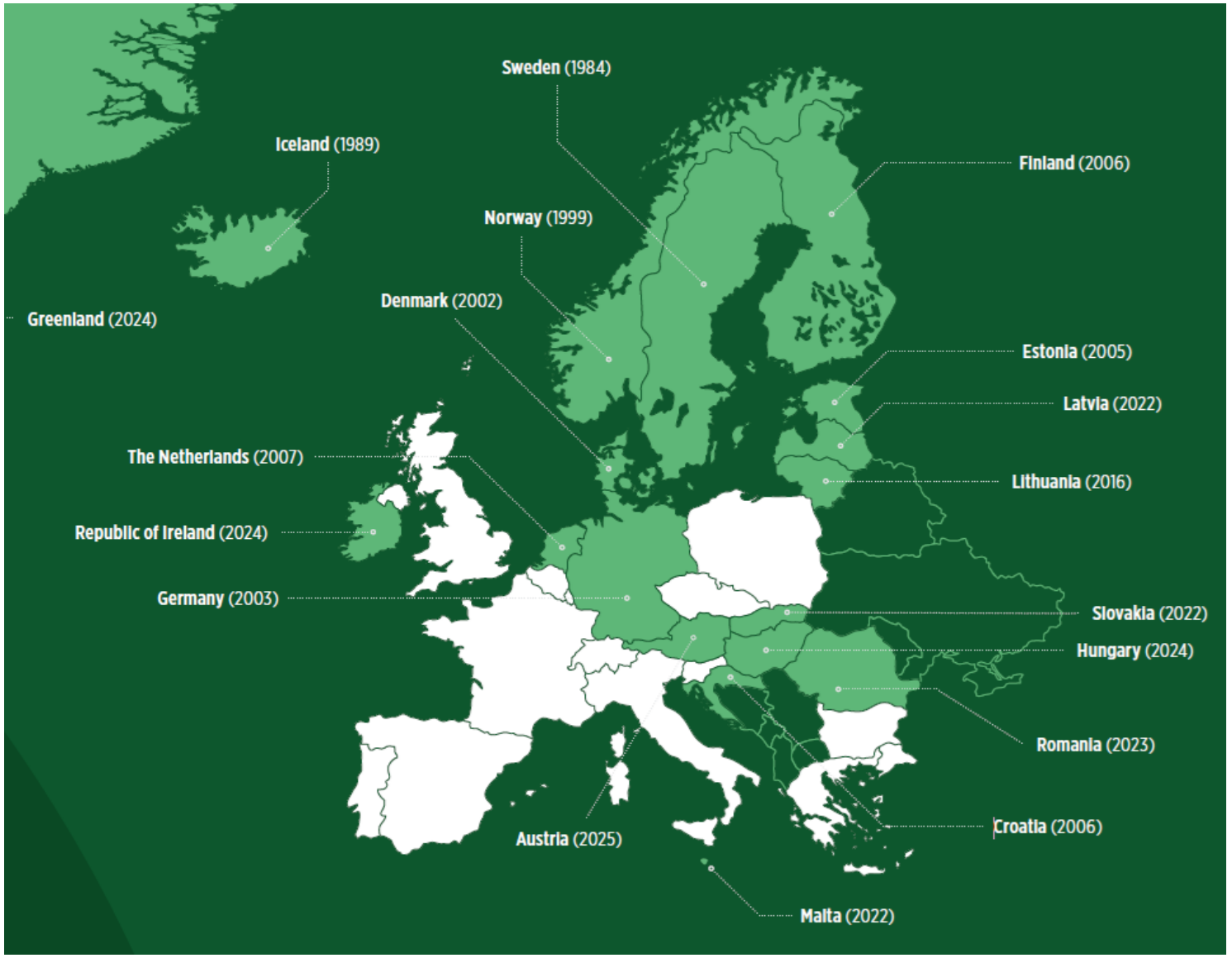
- 폐기물 처리 비용 절감을 통한 비용우위 효과

- 지역 환경 개선

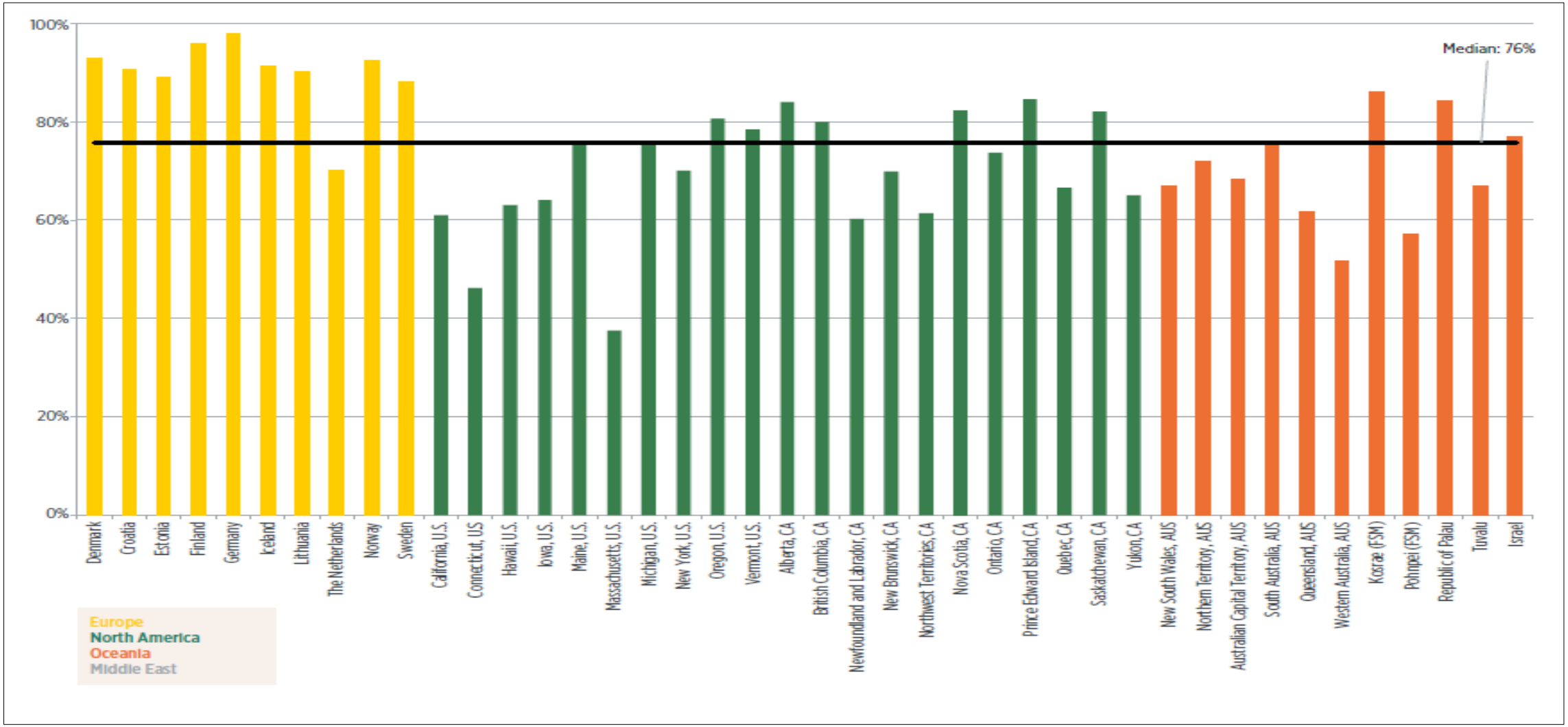
DRS의 현황

- 전 세계 40개 이상의 지역에서 빈용기 보증금 제도가 시행 중. 여기에는 노르웨이, 독일, 리투아니아, 호주의 여러 주, 미국의 10개 주, 캐나다의 거의 모든 주 등이 포함. 독일(98%)을 비롯하여 스웨덴, 핀란드, 노르웨이, 덴마크, 아일랜드, 크로아티아, 에스토니아(82%), 리투아니아는 이미 플라스틱·캔·병 보증금 제도를 시행하고 있고 높은 플라스틱병 회수율(82~98%)을 보임.
- DRS는 수거율 증대를 이끄는 요인임. 유럽에서는 EU의 일회용 플라스틱 지침(Single-Use Plastics Directive, SUPD)에 따라 2029년까지 플라스틱 음료병의 90% 분리수거 목표를 달성해야 함. DRS(Deposit return systems)를 도입한 대부분의 유럽 국가는 90% 이상의 반환율을 달성하고 있으며(독일은 최고 98%를 기록), 상당량의 음료용기를 매립지로부터 분리하여 경제 내에서 재활용되도록 유지하고 있음.

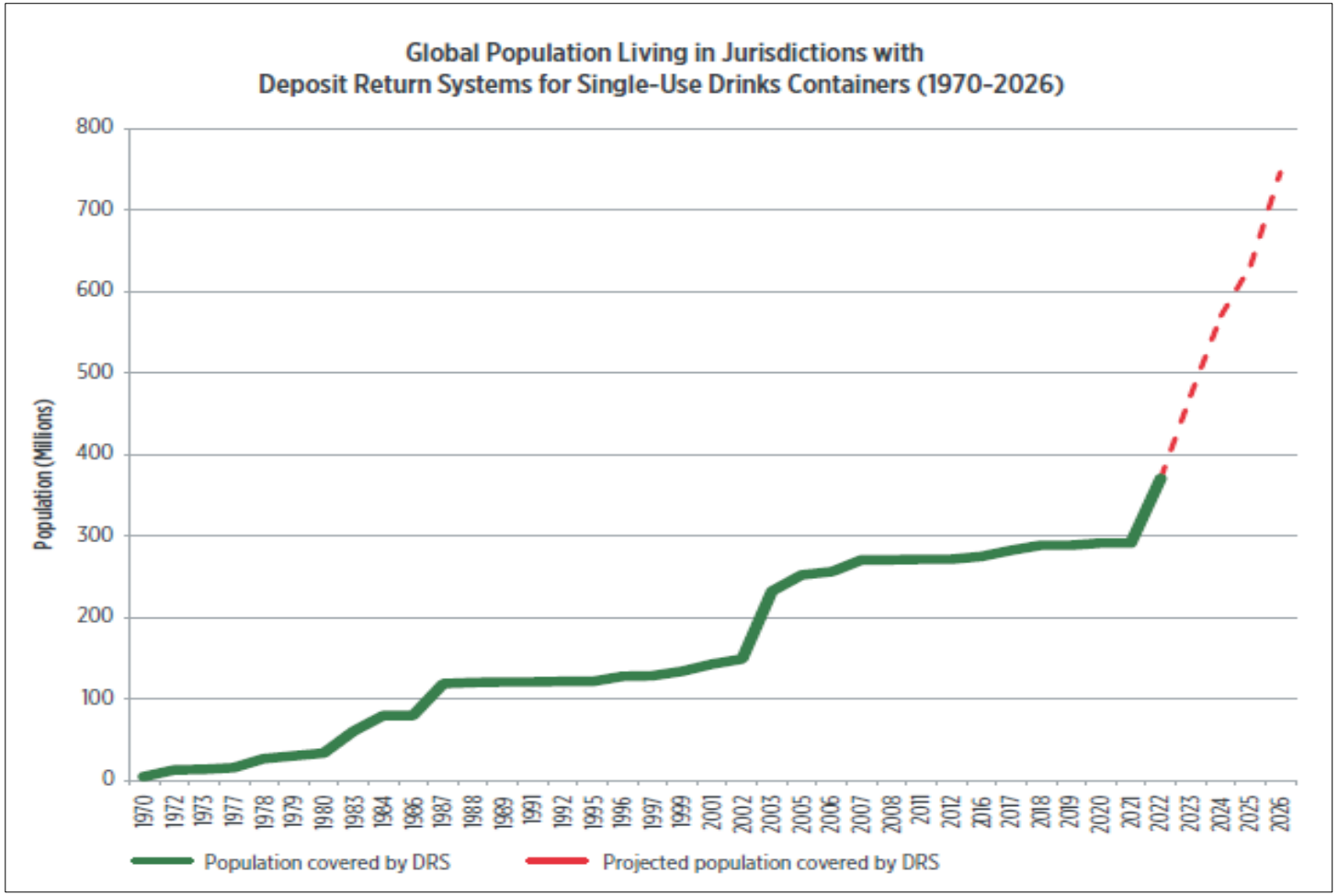
Deposit Return System



DRS의 현황


100%
80%
60%
40%
20%
0%
Median: 76%
Denmark
Croatia
Estonia
Finland
Germany
Iceland
Lithuania
The Netherlands
Norway
Sweden
California, U.S.
Connecticut, US
Hawaii, U.S.
Iowa, U.S.
Maine, U.S.
Massachusetts, U.S.
Michigan, U.S.
New York, U.S.
Oregon, U.S.
Vermont, U.S.
Alberta, CA
British Columbia, CA
Newfoundland and Labrador, CA
New Brunswick, CA
Northwest Territories, CA
Nova Scotia, CA
Ontario, CA
Prince Edward Island, CA
Quebec, CA
Saskatchewan, CA
Yukon, CA
New South Wales, AUS
Northern Territory, AUS
Australian Capital Territory, AUS
South Australia, AUS
Queensland, AUS
Western Australia, AUS
Kosrae (FSM)
Pohnpei (FSM)
Republic of Palau
Tuvalu
Israel
Europe
North America
Oceania
Middle East

DRS의 확산


Global Population Living in Jurisdictions with
Deposit Return Systems for Single-Use Drinks Containers (1970-2026)
Population (Millions)
800
700
600
500
400
300
200
100
0
1970
1972
1973
1977
1978
1979
1980
1983
1984
1986
1987
1988
1989
1991
1992
1995
1996
1997
1999
2001
2002
2003
2005
2006
2007
2008
2011
2012
2016
2017
2018
2019
2020
2021
2022
2023
2024
2025
2026
Population covered by DRS
Projected population covered by DRS

제주도내 DRS 시행

- 위탁 운영의 가능성 : DRS는 용기의 회수 (collection), 보증금의 산정/입금/환불, 분리 및 재활용 등의 여러 과정을 경험있는 위탁업자에게 운영을 맡기는 것이 합리적일 수 있음. 유럽을 비롯하여 미국, 호주 등에서 이미 시행중인 제도이므로 이들 지역에 대하여 시행 노우하우 및 여러 가지 가능한 문제점 등에 관하여 사전 연구가 필요하며, 경험이 많은 민간기업이나 지역정부와 제휴를 통하여 노우하우를 전수받을 수 있음.

- 유럽을 중심으로 많은 나라에서 DRS를 운영하여 플라스틱 수거 및 재활용 확대의 효과를 거두고 있으나, 그 운영체계에서는 국가마다 차이가 있음. 제주도에서도 이 제도를 시행하는 경우 여러 나라의 운영 사례 중 가장 적합한 모델을 벤치마킹할 수 있는데, 자체적인 연구를 수행할 수도 있으나, 여러 나라에서 경험이 있는 사업자와 공동 연구내지는 위탁 연구 및 운영을 생각해 볼 수 있음.

제주도내 DRS 시행

- DRS는 플라스틱을 줄이기 위한 실천적 방법으로 유용한 수단이 되는데, 이 제도의 도입 및 운영을 통하여 제주도의 이미지를 친환경 관광지로 홍보 가능함. 제주도는 관광객의 비중이 높으므로, 이들에게 이 제도를 홍보하고 운영방법을 교육함으로써 플라스틱 제로 지역으로 선도적인 위치를 가질 수 있음.

- 실제 이 제도의 도입에 따른 경제적 비용과 효익에 대하여는 자세히 따져 볼 필요가 있으나, 현재 매립되고 있는 플라스틱에 관련된 비용이 줄어들며, DRS의 도입은 새로운 녹색산업의 조성이 가능하고 이에 따라 소득 증가와 일자리 창출이 기대될 수 있음.

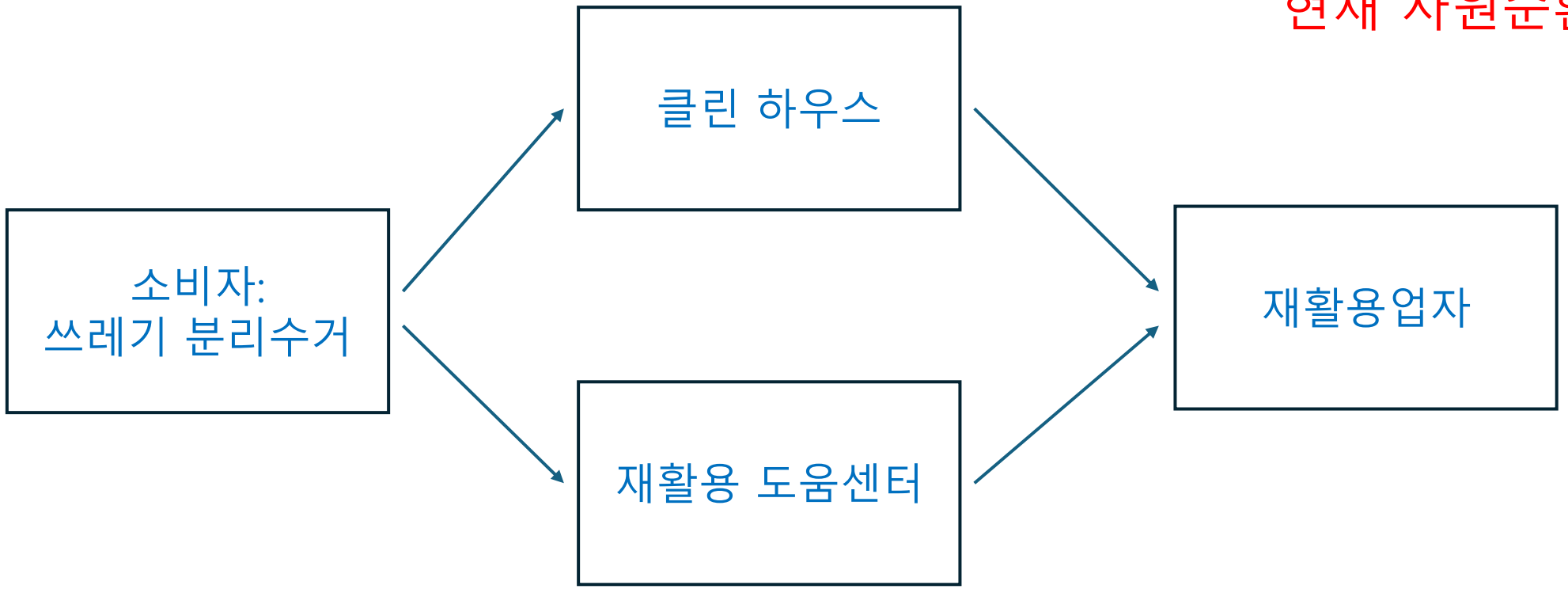
- INC 협약은 플라스틱 오염 종식을 목표로 법적 구속력을 갖춘 국제협약을 만드는 것을 목표로 함. 유엔환경계획(UNEP)과 175개국이 회의에 참여 중인데, 이 때문에 파리협정 이후 최대 규모의 다자간 환경협약이자, 가장 중요한 협약으로 여겨짐. 한국은 INC 5차 회의를 부산에서 개최하기도 함.

법적인 해결사안

- 보증금 제도를 시행할 수 있는 법률상 근거가 존재하지 않기 때문에, 이 사건 보증금 제도를 시행하기 위한 법률상 근거를 마련할 필요가 있음. 현재 보증금 제도에 대한 근거 법률은 자원재활용법인바, i) 자원재활용법에 이 사건 보증금 제도를 시행하기 위한 근거조항을 추가하거나, ii) 제주특별법에 이 사건 보증금 제도를 시행하기 위한 근거조항을 추가하여야 함.

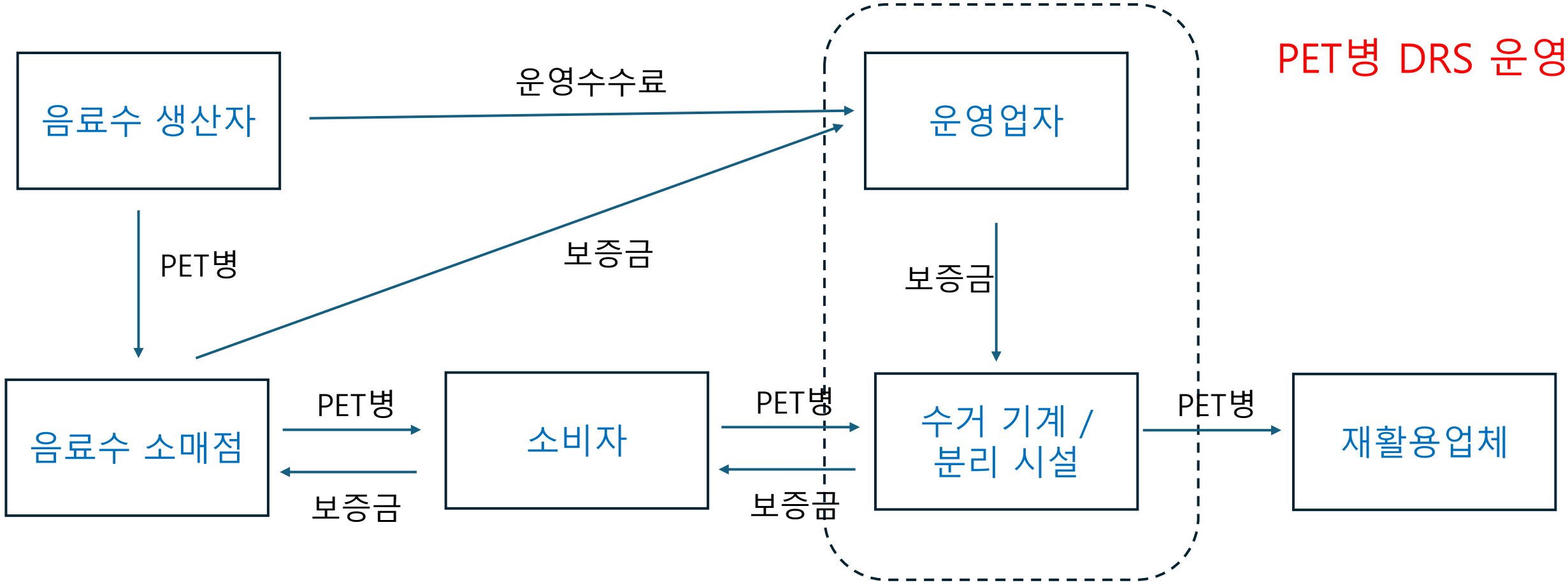
- 현재 보증금 제도는 자원재활용법에 근거하여 시행됨. 구체적으로 자원재활용법은 대통령령으로 정하는 반복 사용이 가능한 용기를 사용하여 제품을 제조 또는 수입하는 사업자에게 환경보증금을 부과하도록 정하고 있으며(자원재활용법 제15조의2 제1항 제1호), 자원재활용법 시행령에서는 자원순환보증금 부과대상 용기를 유리용기로 한정하고 있음(동법 시행령 제17조 제1항). 따라서 자원재활용법 제15조의2 제1항 제1호에 따라 보증금 제도를 시행할 수는 없음.

현재 자원순환 시스템



- 수거율/재활용률 = 약 35% (삼다수의 추정치), 매립율:50%
- 비용 : 인건비, 운반비, 운영비 (모든 쓰레기 처리비용)
- PET병 수거 : 약 1,000 톤/년

PET병 DRS 운영



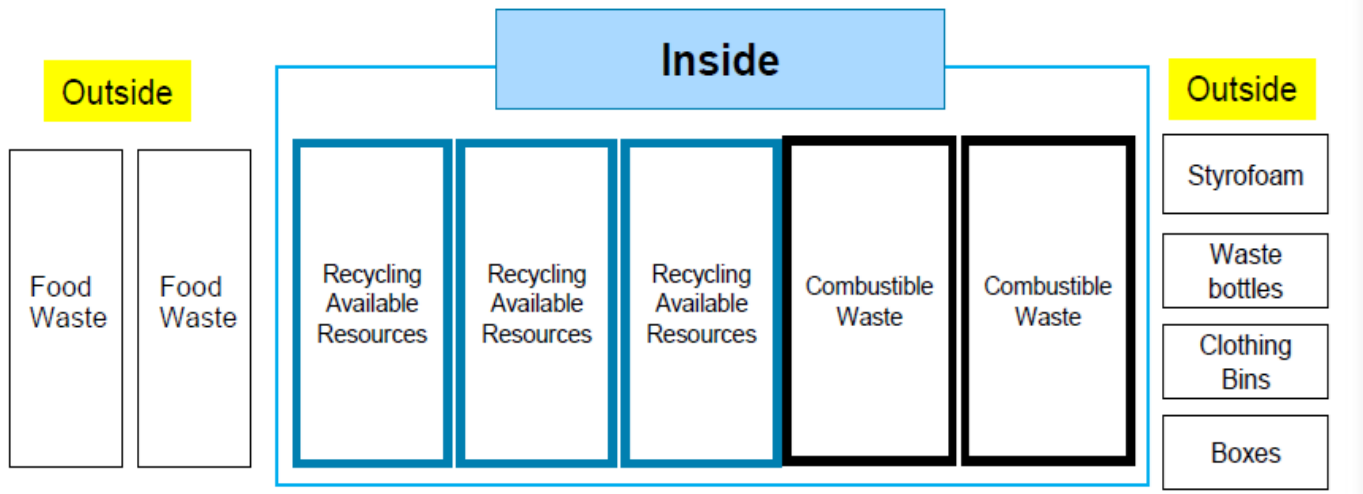
- 수거율/재활용률 = 90% 보장 (미달성시 보상)
- 비용 : 운영수수료
- PET병 수거 : 약 3,000 톤/년
- 기존의 수거/분리/재활용비용 절감 미비

	기존 순환경제 시스템	페트병 DRS 도입
대상	모든 폐기물	페트병
수거율/재활용률	저조 (35%)	90% 보장
비용	센터운영비, 운반비, 인건비	좌동 + 생산자 부담비용
페트병 수거 추정치	1000톤/년	3000톤/년
장애요인	저조한 수거/재활용	법적 제한, 생산자 저항
수거/재활용 개선 효과		환경, 경제


일반쓰레기
골 판 지

Clean House in Jeju

Clean House Floor Plan



▶ Inside(2 collection containers) : ① Combustible waste ② Recycling available resources

▶ Outside(5 collection containers) : ① Food waste weight scale(RFID) ② Styrofoam ③ Waste bottles ④ Clothing bins(privately owned and privately collected) ⑤Boxes

☞ Placement of dedicated collection containers according to waste generation area and amount

▣ Present state of Clean House

(As of Aug. 2024.)

Total	Jeju city	Seogwipo city
1,711	1,391	320

▣ Clean House

- Small-scale waste separation and discharge facility
- (Job creation) 680 senior helpers for recyclables disposal on each day of the week('24)

▣ Clean House disposal items : 11 types

- combustible waste, food waste, recyclables (plastic, transparent PET bottles, paper, vinyl, etc.)



Recycling Assistance Center in Jeju





▣ Present state of Recycling Assistance Center

(As of Aug. 2024.)

Total	Jeju city	Seogwipo city
164	86	78

▣ Recycling Assistance Center (since 2017)

- Waste separation and discharge facilities served as centralized hubs
  * Facility installation cost approximately KRW 200 million per location
- Dispose waste any time regardless of the day
- (Job creation) 578 senior helpers at the Recycling Assistance Center in operation('24)

▣ Recycling Assistance Center disposal items : 17 types

- Clean House discharge items (11 types)
+ paper cartons, small household appliances, used batteries, single-use deposit cups, used cooking oil, expired medicines (6 types)

→ **Direct sales** (transparent PET bottles, cans, scrap metal, waste paper, plastics)

: ('24 H1) KRW 704 million


CLEANAWAY
WELCOME to
TOMRA Cleanaway


EI LASIPULLOJA TÄHÄN
AUTOMAATTIIN, KIITOS
MUOVI
AUKI


return
AND earn
Return and Earn







지역혁신 사례

- ✓ 네덜란드의 화훼산업
- ✓ 미국의 town management: 반상회의 전략적 관리
- ✓ 공장만이 번영을 가져오지 않는다.

감사합니다!!