

**산업계 온실가스 감축을 위한
미래전략
- 2050 저탄소발전전략의 관점에서 -**

2019. 11. 27.

안 영 환
숙명여자대학교

발표 내용

- 1 2050 LEDS 배경 및 접근 방법
- 2 해외 수립 동향과 사례
- 3 온실가스 감축의 경제학적 특성
- 4 국가의 방향 및 산업계 미래 전략

1

2050 LEDS 배경 및 접근 방법

2

해외 수립 동향과 사례

3

온실가스 감축의 경제학적 특성

4

국가의 방향 및 산업계 미래 전략



2050 Low Emission Development Strategies (LEDS)

❖ 파리협정의 글로벌 목표와 상향식 개별 목표의 논리적 非정합

- ◆ 전지구적 온도 목표: 2°C 보다 훨씬 아래(well below) 유지하고 1.5°C 추구 노력
 - Article 2.1 (a) Holding the increase in the global average temperature to well below 2°C above pre-industrial levels and pursuing efforts to limit the temperature increase to 1.5°C above pre-industrial levels,
- ◆ 개별 국가가 결정하는 기여 (Nationally Determined Contribution)
 - Article 3. As nationally determined contributions to the global response to climate change, all Parties are to undertake and communicate ambitious efforts

❖ 목표간 논리적 GAP을 보완하기 위한 장치

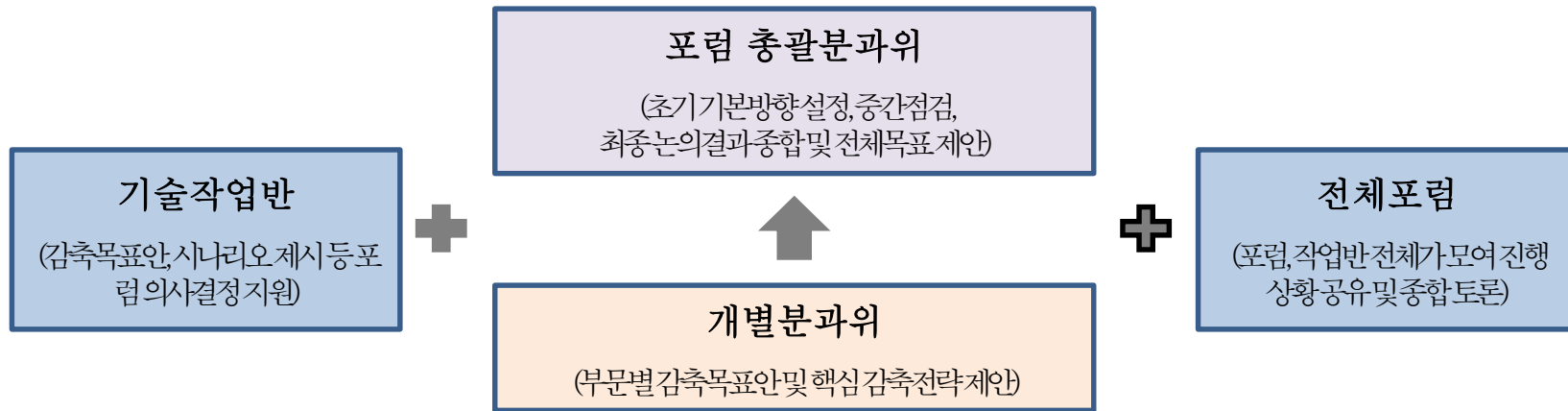
- ◆ 상향식 목표의 갱신: NDC 제출 및 이행 → Global Stocktaking → NDC 갱신
- ◆ 국가별 장기 전략 설정을 위해 2050 LEDS 수립 권고

2050 LEDS 국내 작성 개요

2020년 제출을 위해 환경부 주도로 2050 국가 장기 저탄소 발전전략" 수립 중

추진체계

- ◆ 포럼 및 기술작업반 운영: 2050 저탄소사회 비전 포럼 (70명), 2050 저탄소사회 기술작업반 (33명)



추진경과 및 향후 일정

- ◆ Kick-off 회의: 3/29(금) → 포럼 총괄분과 12차례 회의 → 기술작업반 분과별 수차례 회의
- ◆ 2050 LEDS 권고안 제출(2019년말) → 부처간 협의 및 공론화 (2020년 상반기) → LEDS 보완 및 제출 (2020 하반기)

2050 저탄소 목표 설정 방법

하향식(Top-down) 접근

- ◆ Global Carbon Budget → (Effort Sharing Rules) → National Carbon Budget → (Modeling) → National Emission Pathways
- ◆ 불확실성: Carbon Budget, Effort Sharing Rules

상향식(Bottom-up) 접근

- ◆ 국가 상황에 따른 감축잠재량 분석 → 비용 부담 고려한 감축목표 설정
- ◆ 문제점: 전지구적 목표의 달성 가능성

하향식 접근과 하향식 접근의 통합

- ◆ 전지구적 목표에 부합하는 국가 목표 설정
- ◆ 설정된 국가목표 달성시 까지 상향식 접근 반복 조정 수행

1 2050 LEDS 배경 및 접근 방법

2 해외 수립 동향과 사례

3 온실가스 감축의 경제학적 특성

4 국가의 방향 및 산업계 미래 전략



전지구적 온도 목표

파리협정의 목표

- ◆ 지구의 온도상승을 산업화 이전 수준에 비해 2°C보다 훨씬 아래(well below)로 유지하고 더 나아가 온도상승을 1.5°C까지 제한하도록 노력 (Article 2)

섬나라 국가 및 유럽 국가들은 1.5°C 목표 주장

- ◆ 2018년 11월 송도에서 개최된 제48차 IPCC 총회에서 1.5도 특별보고서 채택

우리나라의 온도 목표에 대한 입장 표명

- ◆ 2009년 7월 G8 확대정상 회담: 지구의 평균 기온이 산업화 이전에 비해 2°C 이상 상승은 방지해야 한다는 과학적 견해에 지지 표명
- ◆ 2016년 11월 파리협정 국회 비준

2050 전지구적 배출량 감축 목표 I

파리협정

- ◆ Global emission peaking은 가능한 빨리 하고, Net-Zero는 second half of this century (Article 4)

IPCC 제5차 평가보고서

- ◆ 450ppm/2°C 이하 목표 달성 위해서는 2010년 대비 40~70% 감축 필요

Table SPM.1 | Key characteristics of the scenarios collected and assessed for WGIII AR5. For all parameters, the 10th to 90th percentile of the scenarios is shown.^{1,2} [Table 6.3]

CO ₂ eq Concentrations in 2100 [ppm CO ₂ eq] Category label (concentration range) ⁹	Subcategories	Relative position of the RCPs ⁵	Cumulative CO ₂ emissions ³ [GtCO ₂]		Change in CO ₂ eq emissions compared to 2010 in [%] ⁴		Temperature change (relative to 1850–1900) ^{5, 6}					
			2011–2050	2011–2100	2050	2100	2100 Temperature change [°C] ⁷	Likelihood of staying below temperature level over the 21st century ⁸				
								1.5 °C	2.0 °C	3.0 °C	4.0 °C	
< 430	Only a limited number of individual model studies have explored levels below 430 ppm CO ₂ eq											
450 (430–480)	Total range ^{1, 10}	RCP2.6	550–1300	630–1180	–72 to –41	–118 to –78	1.5–1.7 (1.0–2.8)	More unlikely than likely	Likely	Likely	Likely	
500 (480–530)	No overshoot of 530 ppm CO ₂ eq		860–1180	960–1430	–57 to –42	–107 to –73	1.7–1.9 (1.2–2.9)		Unlikely			More likely than not
	Overshoot of 530 ppm CO ₂ eq		1130–1530	990–1550	–55 to –25	–114 to –90	1.8–2.0 (1.2–3.3)					About as likely as not
550 (530–580)	No overshoot of 580 ppm CO ₂ eq		1070–1460	1240–2240	–47 to –19	–81 to –59	2.0–2.2 (1.4–3.6)					More unlikely than likely ¹²
	Overshoot of 580 ppm CO ₂ eq		1420–1750	1170–2100	–16 to 7	–183 to –86	2.1–2.3 (1.4–3.6)					
(580–650)	Total range	RCP4.5	1260–1640	1870–2440	–38 to 24	–134 to –50	2.3–2.6 (1.5–4.2)	Unlikely	Unlikely	More likely than not	More unlikely than likely	
(650–720)	Total range		1310–1750	2570–3340	–11 to 17	–54 to –21	2.6–2.9 (1.8–4.5)					
(720–1000)	Total range	RCP6.0	1570–1940	3620–4990	18 to 54	–7 to 72	3.1–3.7 (2.1–5.8)	Unlikely ¹¹	Unlikely ¹¹	Unlikely	More unlikely than likely	
>1000	Total range	RCP8.5	1840–2310	5350–7010	52 to 95	74 to 178	4.1–4.8 (2.8–7.8)		Unlikely ¹¹	Unlikely	More unlikely than likely	

출처: IPCC AR5 (2014)

2050 전지구적 배출량 감축 목표 II

IPCC 제4차 평가보고서(2007)

- ◆ 2°C 이하 목표 달성 위해서는 2000년 대비 50~85% 감축 필요
- ◆ Annex I 은 1990년 대비 80~95% 감축 필요

Box 13.7 The range of the difference between emissions in 1990 and emission allowances in 2020/2050 for various GHG concentration levels for Annex I and non-Annex I countries as a group^a

Scenario category	Region	2020	2050
A-450 ppm CO ₂ -eq ^b	Annex I	-25% to -40%	-80% to -95%
	Non-Annex I	Substantial deviation from baseline in Latin America, Middle East, East Asia and Centrally-Planned Asia	Substantial deviation from baseline in all regions
B-550 ppm CO ₂ -eq	Annex I	-10% to -30%	-40% to -90%
	Non-Annex I	Deviation from baseline in Latin America and Middle East, East Asia	Deviation from baseline in most regions, especially in Latin America and Middle East
C-650 ppm CO ₂ -eq	Annex I	0% to -25%	-30% to -80%
	Non-Annex I	Baseline	Deviation from baseline in Latin America and Middle East, East Asia

출처: IPCC AR4(2007)

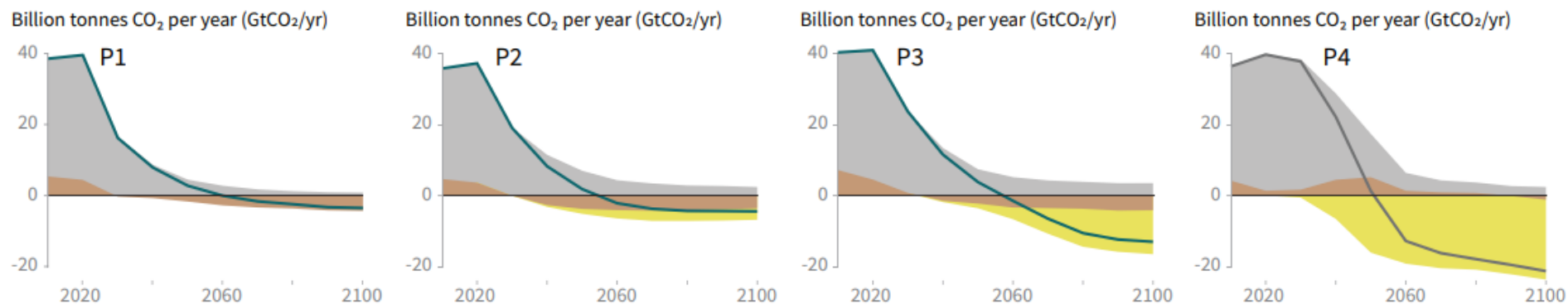
2050 전지구적 배출량 감축 목표 III

IPCC 1.5도 특별보고서 (2018)

- ◆ 1.5 °C 목표 달성을 위해서는 2050년 전세계 Net Zero 달성 필요

Breakdown of contributions to global net CO₂ emissions in four illustrative model pathways

● Fossil fuel and industry ● AFOLU ● BECCS



자료: IPCC 1.5도 특별보고서 Figure SPM.3b

2050 Net Zero 목표의 난제

- ◆ 실현 가능성: Negative emission technology에 크게 의존하거나, 에너지수요의 급격한 감소(P1)
- ◆ 국가간 공정성: 2050 전세계 Net Zero 달성을 위해서는 선진국 2040 근처 Net Zero 달성 필요

현재까지 수립된 주요국 2050 목표

구분	국가명	감축목표 형태	기준연도	감축목표(%)
섬나라 국가	피지	절대량	-	100%
	마셜아일랜드	절대량	-	100%
선진국	영국	절대량	1990	80% ➔ 100%
	포르투갈	절대량	1990	100%
	프랑스	절대량	1990	75%
	미국	절대량	2005	80%
	독일	절대량	1990	80-95%
	캐나다	절대량	2005	80%
	일본 ¹⁾	절대량	-	80%
중진국	멕시코	절대량	2000	50%
동구권	우크라이나	절대량	1990	31-34%
	체코	절대량	1990	80%
개도국	베닝	-	-	-

자료원: UNFCCC 웹사이트

1) <https://climateactiontracker.org/countries/japan/pledges-and-targets/#>

독일 Climate Action Plan 2050 수립 및 목표

독일 계획 수립 과정

- ◆ 독일 정부 2010년 처음 2050년 1990년 대비 80~95% 감축 제안
- ◆ 2013년 정치권 목표 합의 → 파리협정의 결과와 EU의 목표를 고려하여 80~95% 감축목표를 설정하되, 구체화하는 Climate Action Plan을 통해 추진
- ◆ 2015년 6월 ~ 2016년 3월: 다양한 이해관계자들로부터 2030년까지의 전략적 대응 수단 제안 → 2016년 3월까지 97개의 수단 제안
- ◆ 독일 정부가 Climate Action Plan 2050 작성하고 2016년 11월 독일 내각에서 채택

2050 Target and Goal

- ◆ 2050 Target: 1990년 수준에 비해 80~95% 감축
- ◆ 2050 Goal: extensive greenhouse gas neutrality in Germany by the middle of the century
- ◆ Guiding principles for 2050 and milestones for 2030

Climate Action Plan 2050의 주요 원칙

- 🌍 Energiewende에서처럼 산업경쟁력 훼손 없이 추진
- 🌍 Climate Action Plan 2050은 비경직적 목표 설정
- 🌍 Technology-neutral and innovation-friendly approach
- 🌍 2030년까지만 부문별 목표 및 수단 설정
- 🌍 사회, 정치, 경제, 환경적 변화를 반영하기 위해 주기적 수정

독일 2030 온실가스 감축 목표

- 2050은 Net-Zero라는 Guiding Principle과 1990년 대비 80~95% 감축 목표만 제시
 - 2050의 Goal 및 Target은 비전임을 강조
- 2030에 대해서는 구체적 목표와 수단 제시

Area of action	1990 (in million tonnes of CO ₂ equivalent)	2014 (in million tonnes of CO ₂ equivalent)	2030 (in million tonnes of CO ₂ equivalent)	2030 (reduction in % compared to 1990)
Energy sector	466	358	175 – 183	62 – 61 %
Buildings	209	119	70 – 72	67 – 66 %
Transport	163	160	95 – 98	42 – 40 %
Industry	283	181	140 – 143	51 – 49 %
Agriculture	88	72	58 – 61	34 – 31 %
Subtotal	1,209	890	538 – 557	56 – 54 %
Other	39	12	5	87 %
Total	1,248	902	543 – 562	56 – 55 %

자료원: 독일 Climate Action Plan 2050

Climate Action Plan 2050: 산업부문 방향

직접 배출 만을 다룸

- ◆ 1990년 대비 에너지 연소 직접배출 36%, 공정배출 27% 감소 (2014년)

에너지 효율 뿐만 아니라 자원 효율향상 매우 중요

- ◆ 특히 에너지다소비 소재에 대한 가치사슬 전체의 효율적인 사용(수명연장 포함) 및 재활용 중요
- ◆ Resource efficiency 또는 Circular economy의 중요성 강조
- ◆ Waste heat 활용 극대화

CO2-free or CO2-neutral fuels → 재생에너지 또는 CCU

공정 배출에 대한 대응

- ◆ 대체 신기술 또는 CCU (Carbon recycling) → 이를 위해서는 R&D 특별히 강화 필요

고효율 기술에 대한 지식 기반 지속 최적화

- ◆ 고효율 기술에 대한 사내 전파 및 회사간 전파 중요, 중소기업에 대한 교육 훈련 중요

에너지다소비산업의 자원 및 에너지 효율성 향상을 위한 신기술 채택 및 새로운 사업모형 개발을 위한 지원 → National Climate Initiative (NKI) funds 지원

일본 2050 장기 전략: 비전 및 원칙

비전 및 목표

- ◆ Ultimate Goal: "decarbonized society"
 - 금세기 하반기에 온실가스 배출과 흡수가 균형을 이루도록 함
- ◆ Long-term temperature goal
 - 2050년까지 온실가스 80% 감축

장기 비전을 위한 정책의 주요 원칙

- ◆ 급진적 혁신을 통해 성장과 환경의 선순환을 달성: 자원과 기술을 가진 민간부문 역량 최대 활용
 - 민간 주도(business-led) 급진적 혁신(disruptive innovation)
 - 녹색 금융(green finance) 활성화
 - 혁신 및 금융 솔루션의 민간 주도 국제적 적용 및 협력
- ◆ 기후 행동의 신속한 이행
 - 인프라 개발시 장기 환경영향 선제적으로 고려하여 Lock-in 방지
 - 저탄소 이행 과정에서 창출되는 시장을 잡기 위한 민간 주도 혁신의 적시성 확보
- ◆ 지구 환경에 기여
 - 민간 주도 환경과 성장의 선순환에 대한 모범 제시
 - 전세계 탈탄소화를 위한 비즈니스 기회를 확대하고 기술, 인력, 투자의 허브가 될 것임

일본 2050 장기전략: 산업부문 방향

- ❖ 산업의 열 사용과 관련해서는 대체 수단이 없다는 점에서 출발
 - 특히 철강, 화학, 시멘트 등의 공정에서는 수백도 ~수천도의 열이 필요하며, 이의 대체수단은 없음

Utilization of CO2-free hydrogen

- ◆ 1단계: COURSE 50(CO2 Ultimate Reduction System for cool Earth 50) → 효율 향상과 CO2 Capture
- ◆ 2단계: 철강업종 수소환원 기술 개발

Feedstock change with CCU and biomass

- ◆ 화학산업의 원료로 포집된 CO2나 바이오매스, 폐기물 등 활용
- ◆ 업종별 특성에 적합한 효율적 포집 및 활용 방법 개발

Achieving drastic improvement of energy efficiency

- ◆ 철강업종의 혁신적 환원제 개발, 화학산업의 Batch 공법(단계별 분리 및 정제 필요) 대신 연속 정밀 합성 공법 개발, 시멘트 클링커 비율 하향 등

Complete transition of fluorocarbons in the longer term

Driving decarbonization in corporate management

- ◆ 기술 뿐만 아니라 탈탄소화를 기업의 경영전략에 반영하도록 유도

1 2050 LEDS 배경 및 접근 방법

2 해외 수립 동향과 사례

3 온실가스 감축의 경제학적 특성

4 국가의 방향 및 산업계 미래 전략



전기구적 온실가스 감축: 공공재 문제

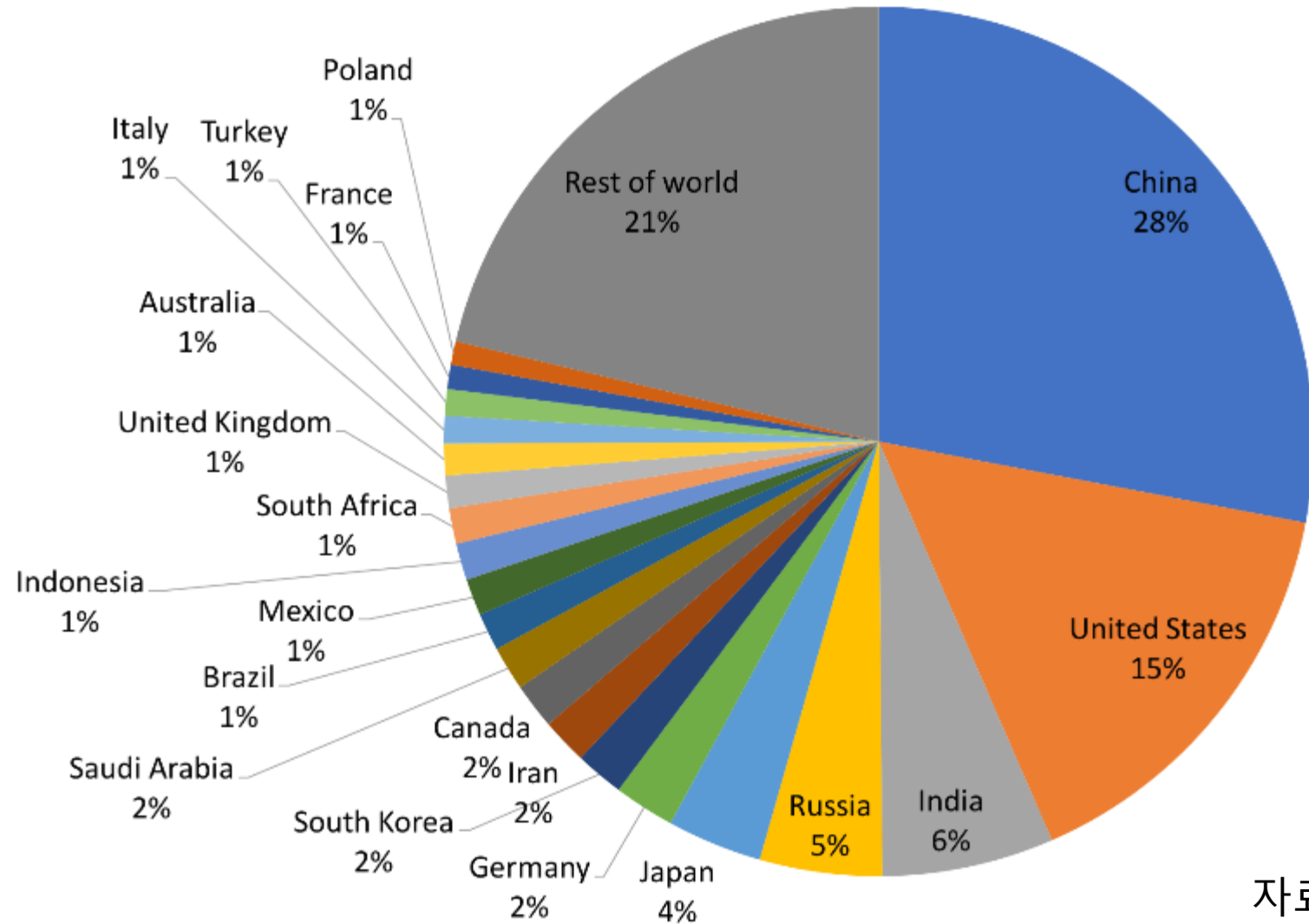
기후변화 대응 : 공공재(public good)의 공급



- ◆ 비경합성(non-rival)
- ◆ 비배제성(non-excludable)

→ 무임승차자(free-rider)의 문제 : 국제적 공동 노력이 필요

연료 연소로 인한 CO₂ 배출 비중 (2015)



자료원: IEA

Climate Club by Prof. William Nordhaus

UN 체제의 한계

- ◆ 만장일치제
- ◆ Penalty 부과에 한계

국제조약으로써의 Club

- ◆ Club은 규모의 경제나 공공재가 존재할 경우 유용
- ◆ Club의 참여자는 비용을 지불하고, 비참여자 배제 → 무임승차 방지
- ◆ Club의 성공적인 예
 - Multinational trade negotiations
 - NATO, European Union, OECD

Climate Club

- ◆ Club 참여자는 온실가스 감축이라는 회원의 비용 부담
- ◆ Club 비참여자에게는 온실가스 톤당 Border tax 부과

Prof. William Nordhaus의 결론

1. 지구온난화의 관성에 대해 이해 필수적

- 관련된 많은 연구가 필요하고, 이에 저항하는 잘못된 정보 및 편향된 태도에 대응

2. 국가들은 이산화탄소를 포함한 온실가스에 대한 탄소가격 상승 필요

3. 온실가스 감축정책은 국가 단위가 아니라 글로벌 단위에서 이행되어

야 하며, 이를 작동시킬 기제는 Climate Club 고려 가능

4. 에너지부문에서 급속한 저탄소기술로의 전환은 필수적

EU 새 대통령의 공약

여섯 가지 정책 방향

- ◆ **A European Green Deal**
- ◆ An economy that works for people
- ◆ A Europe fit for the digital age
- ◆ Protecting our European way of life
- ◆ A stronger Europe in the world
- ◆ A new push for European democracy

A European Green Deal의 주요 내용

- ◆ 2050년 탄소중립 목표 입법화
- ◆ EU ETS의 확대: 해운, 육상교통, 건설까지 포함 추진
- ◆ **Carbon leakage를 막기 위해 Carbon Border Tax 도입**
- ◆ Circular economy와 청정 기술의 세계 리더 지향
- ◆ Sustainable Investment
- ◆ 2030 목표 강화: 2021년까지 주요 배출국의 목표 상향을 위한 기후변화 국제 협상을 주도하고 EU 2030 목표 55%로 상향 조정
- ◆ Biodiversity strategy for 2030



Ursula von der Leyen

1 2050 LEDS 배경 및 접근 방법

2 해외 수립 동향과 사례

3 온실가스 감축의 경제학적 특성

4 국가의 방향 및 산업계 미래 전략



글로벌 목표에 부합하는 우리나라의 감축 목표

기후는 글로벌 공공재

- ◆ 안정된 기후의 편익은 함께 누리지만, 보존의 위한 비용 부담은 각자
- ◆ 온실가스 감축에 대한 무임승차 유인 존재 → Carbon Leakage는 문제 악화
- ◆ 모든 국가의 감축노력 보조를 맞추어야

대한민국은 기후변화협상에서 중간자적 위치

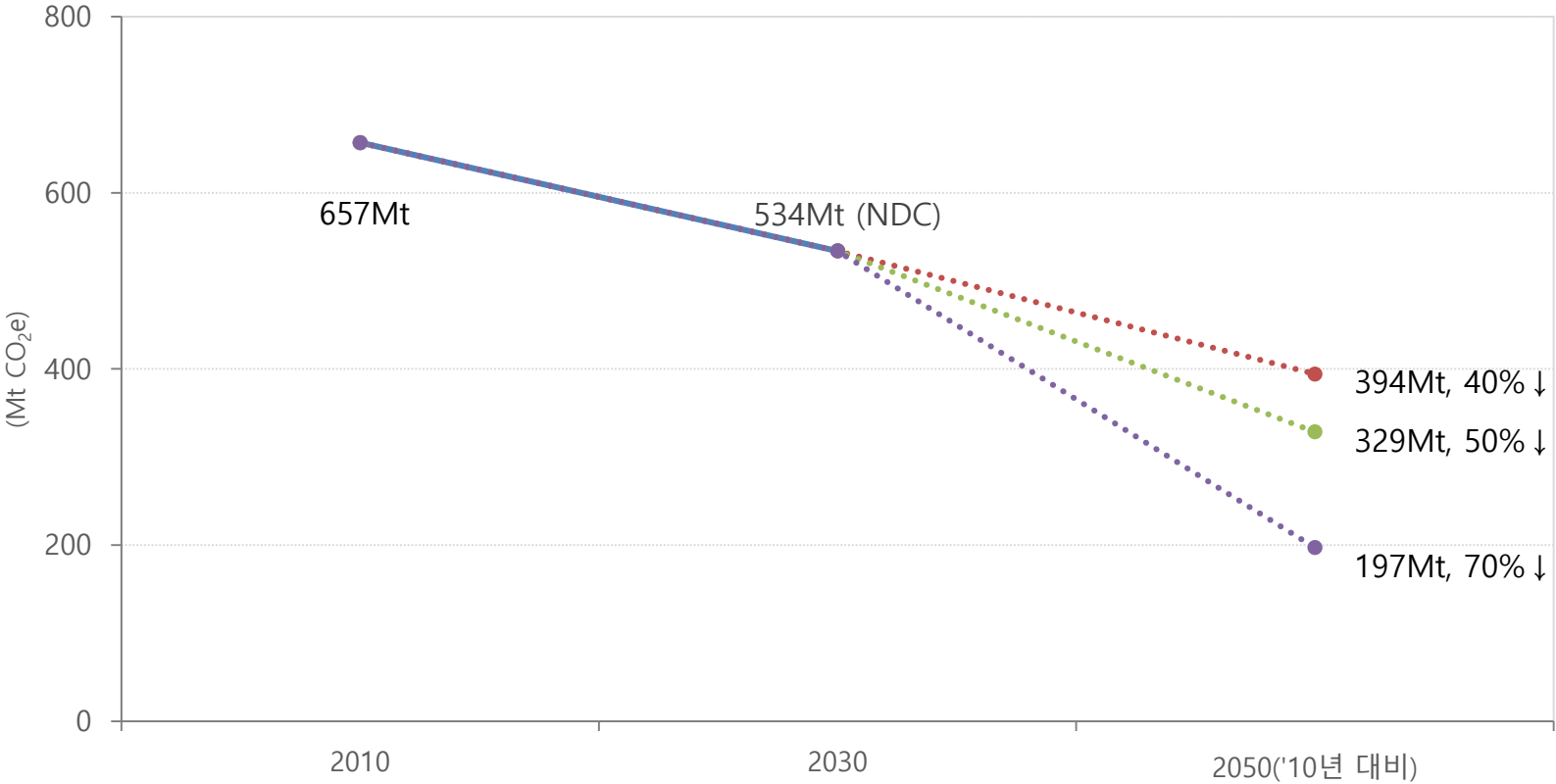
- ◆ 선진국과 개도국의 가교 역할

글로벌 목표에 부응하는 우리나라의 감축 목표

- ◆ 글로벌 감축의 평균: 2010년 대비 40~70% 감축
- ◆ 2010년 배출량 657백만톤 → 2050년 목표 배출량 약 2억톤~4억톤

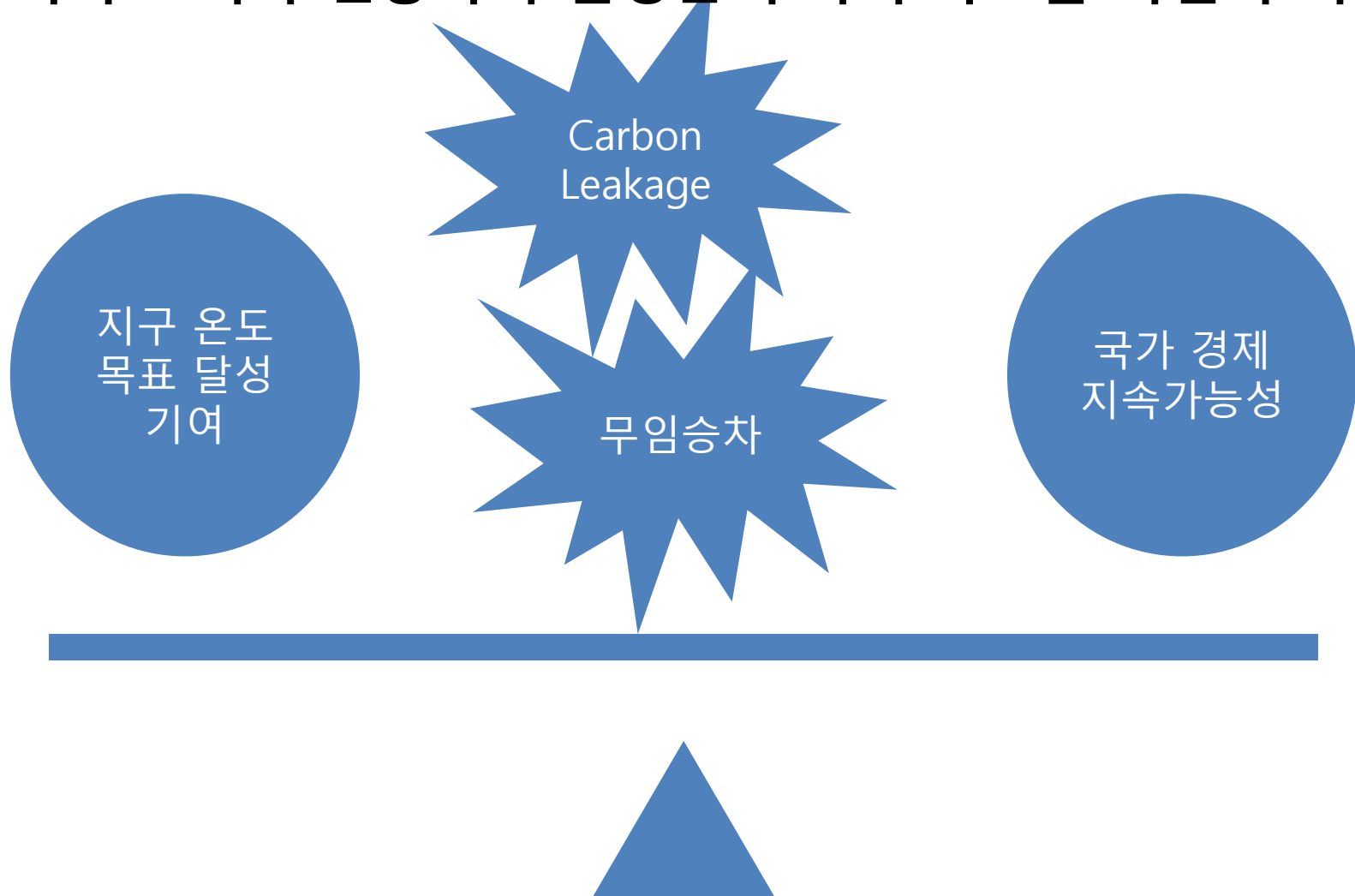
하향식 관점의 주요 대안

40~70%까지 검토 가능



국가의 방향

국제사회의 노력과 연동하여 설정한 우리의 목표를 확실히 이행



산업계의 미래 전략

기본 방향

- ◆ 국제적 수준의 탄소 경쟁력 확보 → 국내외적 온실가스 감축 압력에 대한 대응
- ◆ K-ETS의 성공적인 운영에 기여 → Carbon border tax 대응을 위한 근거 확보

장기적 감축 방안

- ◆ 기술 혁신: 미래 기술에 대한 R&D 강화
 - 수소환원기술, CCU, 석유화학 공정 혁신 등
- ◆ 재생에너지 및 수소 활용 증대
- ◆ 시스템 차원의 에너지 및 자원 효율성 향상
 - 공장내 → 산업단지내 → 경제 전체 내 자원효율성 향상 → 순환경제 실현
- ◆ Non-CO2 GHG에 대해서는 완전한 대체재 개발 및 적용
- ◆ 에너지효율 향상 지속 추진 및 지식 공유 강화
- ◆ 경영전략에서 저탄소전략의 위상 강화

감사합니다