

이슈페이퍼

KEEI ISSUE PAPER

정책 이슈페이퍼 19-08

우리나라 온실가스 배출 정점 도달 시점 분석

김동구 · 손인성

KOREA
ENERGY
ECONOMICS
INSTITUTE



정책 이슈페이퍼 19-08

우리나라 온실가스 배출 정점 도달 시점 분석

김동구·손인성

목 차

- I. 배경 및 문제점 / 1
- II. 조사 및 분석 결과 / 3
- III. 정책 제언 / 26
- 〈참고자료〉 / 29

I

배경 및 문제점

- 산업혁명 이후 근대적이고 지속적인 경제성장은 석탄, 석유 등 화석에너지를 그 근본 동력원으로 삼아왔고, 우리나라도 지난 반세기 동안의 경제성장 과정에서 화석에너지에 대한 의존도가 지속해서 높아짐
 - 우리나라는 고도의 압축적인 경제성장을 겪은 만큼 오히려 선진국들보다 화석에너지에 대한 의존도가 짧은 기간에 더욱 빠르게 높아짐
- 석탄, 석유 등 화석에너지에 의존한 경제성장은 이산화탄소 등 막대한 온실가스 배출을 동반하며, 이러한 온실가스의 무분별한 배출이 전 지구적인 기후변화를 초래한다는 사실이 속속 밝혀짐
 - 이처럼 과학적인 연구 결과가 축적되고 각종 기상이변이 점차 심해지게 되자, 국제 사회도 기후변화 문제의 심각성을 인식하고 이를 해결하기 위해 지속해서 노력 중
- 2015년 6월, 우리나라도 기후변화 대응을 위한 국제적 노력에 동참해 2030년 온실가스 배출전망치(BAU)에서 37%를 감축하겠다는 감축목표를 발표했으나, 이미 온실가스 배출 정점을 지나 배출량이 감소세인 주요 선진국과 달리, 한국에 37% 감축목표는 아직 가야 할 길이 먼 목표
 - 유엔기후변화협약(UNFCCC)에 따르면, 독일, 영국 등 다수의 EU 국가들은 1990년경부터 이미 국가 온실가스 총 배출량이 감소세를 지속
 - 미국은 2007년, 일본도 2013년에 배출 정점을 기록한 뒤 배출량 감소세
 - 반면, 우리나라의 온실가스 배출전망치(BAU)는 2030년까지 증가세를 지속해, 850.6백만 톤까지 증가하는 것으로 전망

- 한편, 2018 수정된 온실가스 감축 로드맵에서는 국내 감축이 32.5%로 6.8%p 증가해 국내 온실가스 감축 부담이 이전보다 더욱 증가
- 일각에서는 우리나라의 온실가스 총 배출량도 2013년 696.7백만CO₂eq.톤으로 최고치를 기록한 이후 2016년까지 아직 최고치 이하에서 맴돌고 있다는 점을 들어, 우리나라도 이미 온실가스 배출 정점을 기록하고 감소세로 진입한 것이 아니냐는 견해를 제기하고 있음
- 이 같은 상황에서 우리나라의 성공적이고 효과적인 온실가스 감축 목표 달성을 위해서는 온실가스 배출 정점 도달 여부 및 시점에 대한 연구가 필요
 - 2030년 BAU 대비 37% 감축이라는 온실가스 감축 목표 달성을 위해서는 우리나라의 온실가스 배출량이 690백만 톤을 소폭 상회하는 현재 수준보다도 대폭 줄어들어야 함
 - 이를 위해서는 상승세였던 우리나라의 온실가스 배출 추이가 2030년 이전에 배출 정점을 기록하고 지속적 감소세에 들어가는 것이 필수
 - 특히, 우리나라의 온실가스 배출량이 이미 정점에 도달했는지, 최근의 변화 추세는 여전히 상승세인지 아니면 하락세로 전환했는지, 상승세가 지속 중이라면 장래의 어느 시점에 배출량이 정점에 도달해 안정적인 감소세로 전환될 것인가에 대한 연구 필요
 - 온실가스 배출 정점은 현재의 高 탄소 경제가 低 탄소 경제로 전환되는 계기로 볼 수 있고, 이는 한국 경제 체질의 근본적인 대전환을 의미하는 것으로 해석될 수 있는 바, 배출 정점 도달 시점 분석은 매우 중요
- 본 연구의 목적은 우리나라의 연료연소부문 온실가스 배출량이 이미 정점에 도달했는지를 분석해보고, 아직 정점에 도달하지 못했다면 장래의 어느 시점에 배출 정점에 도달할 수 있을지를 분석

- 온실가스 인벤토리 산정 방법론을 이용하여 2018년 10월 말 현재 1990~2016년 기간까지만 제공되는 연료연소부문 온실가스 배출 실적을 2017년까지 연장해 추정하고, Vogelsang(1997) 등이 제시한 시계열 트렌드 구조변화 테스트를 이용해 1990~2017년 기간 온실가스 배출 정점 도달 여부와 배출량의 구조변화를 분석
 - 우리나라의 온실가스 배출량이 이미 배출 정점에 도달해서 하락세로 전환했는지, 아니면 여전히 상승세를 지속해서 아직 배출 정점에 도달하지 못 했는지를 점검
 - 공식 인벤토리 통계에서 배출량 최고치를 기록한 2013년 전후의 배출량 정체 현상이 의미하는 바가 배출 추이의 구조적 변화를 의미하는지 확인
- 카야 항등식(Kaya Identity)을 이용한 온실가스 배출 요인별 분석과 시나리오 분석, 에너지경제연구원이 자체 구축한 METER 모형 등을 활용해 연료연소부문 온실가스 배출량의 장래 추이를 분석하고 우리나라의 온실가스 배출 정점 도달 시점에 대해서도 살펴봄

II 조사 및 분석 결과

1. 2017년 온실가스 배출 실적 추정

- 가장 최근(2018년 9월) 발표된 국가 온실가스 인벤토리 자료(온실가스종합정보센터, 2018)에 따르면, 2016년 우리나라의 온실가스 총배출량은 전년 대비 0.2% 증가한 694.1백만CO₂eq.톤

- 2016년은 저유가 환경, 추운 겨울 날씨 등의 영향으로 배출량이 증가하였으며, 에너지 87.1%, 산업공정 7.4%, 농업 3.1%, 폐기물 2.4%로 구성
- 온실가스 총배출량의 변화 추이를 살펴보면, 696.7백만CO₂eq.톤을 기록한 2013년이 여전히 그 정점을 유지

〈표 1〉 연도별 온실가스 배출량

(단위: 백만CO₂eq.톤)

분야	'90	'00	'10	'14	'15	'16	'15~'16 증감률	'90~'16 증감률
총배출량	292.9	501.4	657.4	690.9	692.9	694.1 (100%)	0.2%	136.9%
순배출량	254.7	442.2	603.0	648.3	650.1	649.6 (93.6%)	-0.1%	155.1%
에너지	241.5	410.8	565.8	598.8	602.4	604.8 (87.1%)	0.4%	150.5%
산업공정	19.8	50.2	54.4	56.0	53.3	51.5 (7.4%)	-3.4%	160.2%
농업	21.3	21.6	22.2	20.8	20.9	21.2 (3.1%)	1.6%	-0.1%
LULUCF	-38.2	-59.3	-54.4	-42.7	-42.9	-44.5 (-6.4%)	3.7%	16.2%
폐기물	10.4	18.8	15.0	15.4	16.4	16.5 (2.4%)	1.0%	58.8%

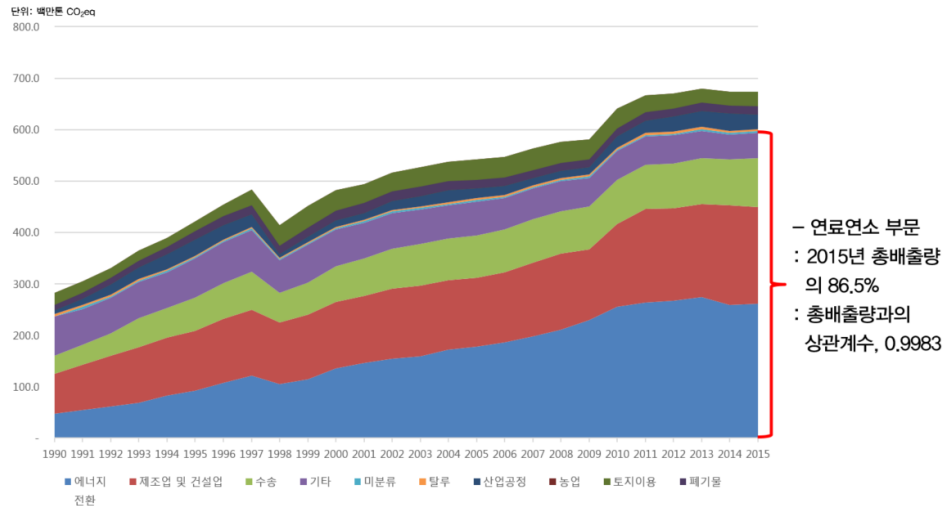
주: 2016년도 팔호 안 값은 총배출량 대비 구성비(%)

자료: 온실가스종합정보센터(2018), p.3.

□ 본 연구에서는 국가 온실가스 총배출량이 아니라, 연료연소부문의 온실가스 배출량을 중심으로 분석을 진행

- 연료연소부문의 추이는 총배출량의 그것과 거의 유사하고 연료연소부문이 총배출량에서 차지하는 비중이 매우 높기 때문에, 연료연소부문만을 살펴보더라도 국가 총배출량의 배출 정점을 분석하는 데에는 큰 무리가 없음
 - 1990~2015년 기간 연료연소부문 배출량과 국가 총배출량 간의 상관계수가 0.9983으로 매우 높음
 - 2015년 기준으로 연료연소부문 배출량이 국가 총배출량의 86.5%를 차지

[그림 1] 국가 온실가스 총배출량과 연료연소부문 배출량의 관계



자료: 온실가스종합정보센터(2017), p.365-390, 부록 6을 토대로 저자 작성

- 연료연소부문(1A)은 에너지산업(1A1), 제조업 및 건설업(1A2), 수송(1A3), 기타(가정, 상업, 공공)(1A4), 미분류(1A5)로 구분되며, 에너지산업은 발전 및 지역난방, 석유정제, 연료제조 및 기타 에너지 등으로 세분화됨

[그림 2] 연료연소부문의 구성

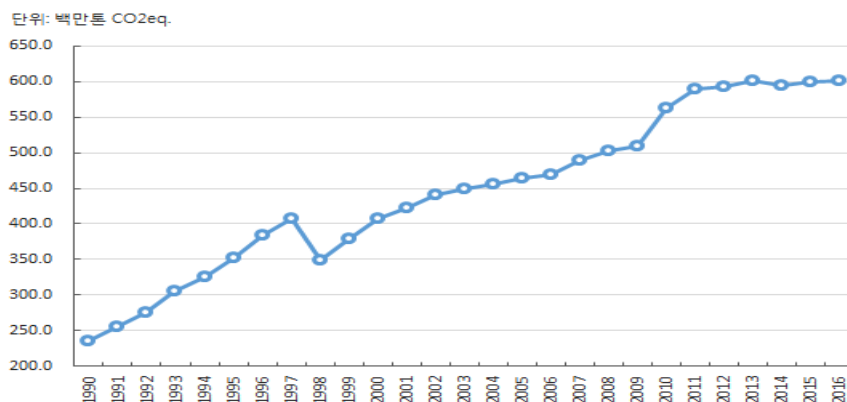
1. 에너지	1A. 연료연소	1A1. 에너지산업	발전 및 지역난방 석유정제 연료제조 및 기타에너지
		1A2. 제조업 및 건설업	
		1A3. 수송	
		1A4. 기타(가정, 상업, 공공)	
		1A5. 미분류	
	1B. 탈루		
2. 산업공정			
4. 농업			
5. 토지이용(LULUCF)			
6. 폐기물			

자료: 저자 작성

- 우리나라는 관련 기초자료 확보, 부문별 배출량 산정, 온실가스 종합정보센터의 취합 및 검증활동 등에 소요되는 시간·절차로 인해 배출통계가 산정 발표되는 연도(n연도)에 그보다 2년 전(n-2년)의 온실가스 통계가 공표됨

- 즉, 우리나라의 국가 온실가스 인벤토리는 2018년 9월 발표된 가장 최신 자료(온실가스 종합정보센터, 2018)에서 2년 전인 2016년 배출 실적까지 산정 발표됨
- 우리나라의 연료연소부문 온실가스 배출 추이는 2010년대 이전에 높은 증가세를 보이다, 2010년 이후에는 증가세가 둔화
 - 연료연소부문 온실가스 배출량은 1990년 236.4백만CO₂eq.톤에서부터 2013년에 601.7백만CO₂eq.톤을 기록하기까지 동아시아 외환위기의 영향을 받은 1998년을 제외하고는 연평균 4.1%의 증가율을 기록하며 지속 증가
 - 이후 2014년에는 전년 대비 -1.2% 감소하였으며, 2015~2016년에는 소폭 증가하며 2013년의 최대치 이하 수준을 유지

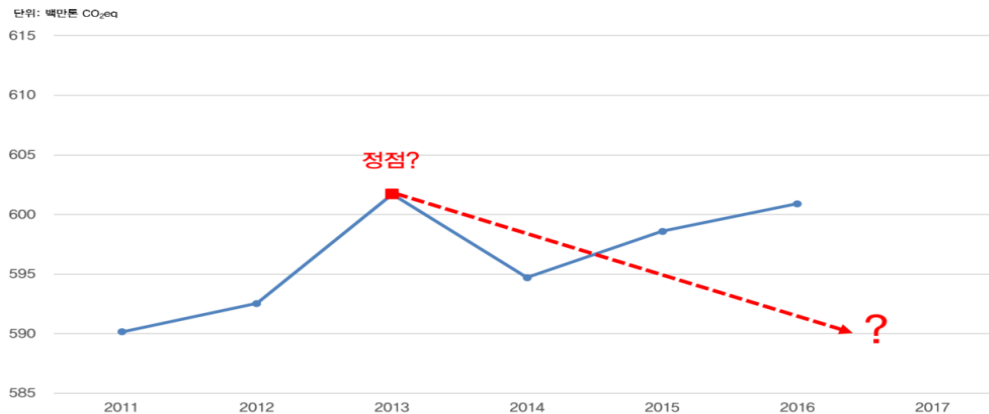
[그림 3] 연료연소부문 온실가스 배출 추이(1990년~2016년)



자료: 온실가스종합정보센터(2018) 작성을 위한 에너지경제연구원 내부자료

- 최근의 연료연소부문 온실가스 배출 추이를 상세히 살펴보면, 본 연구의 출발점을 확인 가능
 - 즉, 2013년을 정점으로 우리나라의 온실가스 배출량이 하락세로 접어드는 것이 아니냐는 의문이 제기됨
 - 일각에서 2017년 말 공표된 2015년까지의 배출통계를 토대로 우리나라도 온실가스 배출 정점을 지나 하락세로 진입한 것 아니냐는 견해도 제시됨

[그림 4] 연료연소부문 온실가스 배출 추이(2011년~2016년)



자료: 온실가스종합정보센터(2018) 작성을 위한 에너지경제연구원 내부자료

□ 2017년도에 대해서는 아직 공식적인 온실가스 인벤토리 자료가 없는 관계로 본 연구는 이를 추정하여 분석에 이용

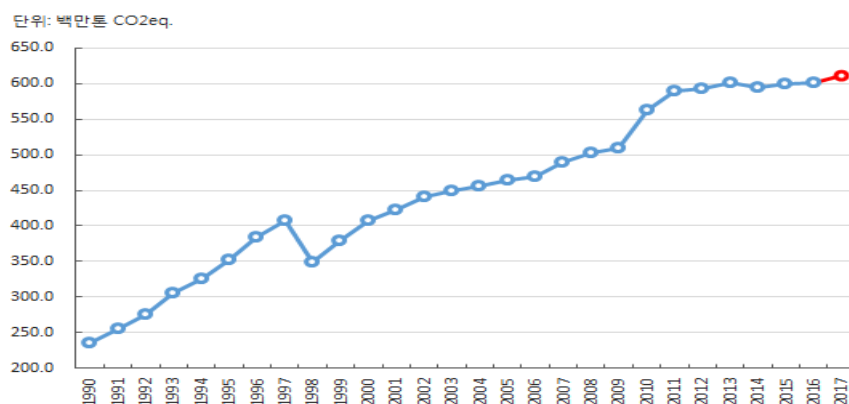
- 국가 온실가스 인벤토리 산정 방법론과 동일한 방법론을 적용하여, 2017년도 각 부문 및 에너지원별 연료 소비량을 활동자료로 삼고, 필요한 보정을 해준 뒤에 각각의 배출계수를 곱하는 방식으로 추정
 - 국가 온실가스 인벤토리의 산정과 차별을 두기 위해 추정이라 표현했으나, 수송 부문을 제외한 부문에 대해서는 사실상 가산정으로 표현해도 무방
 - 다만, 국가 고유 배출계수 등 일부 자료들은 아직 2017년도에 대한 자료가 공식 제공되지 않는 관계로 2016년도 자료를 그대로 사용
 - 온실가스 배출량 산정에 핵심 자료인 활동자료 즉, 2017년도 에너지 밸런스 자료는 에너지경제연구원 내부 자료를 이용

□ 국가 온실가스 인벤토리에서 연료연소부문 중 수송 부문의 하위 부문인 민간 항공 부문에서는 산정 방법론이 다른 연료연소부문과 다소 상이

- 즉, 에너지원별 연료 사용량과 배출계수를 적용하는 다른 부문과 달리, 이착륙(LTO; Landing and Take-Off) 횟수와 순항(Cruise)에 따른 연료 사용량 등을 구분해서 온실가스 배출량을 산정

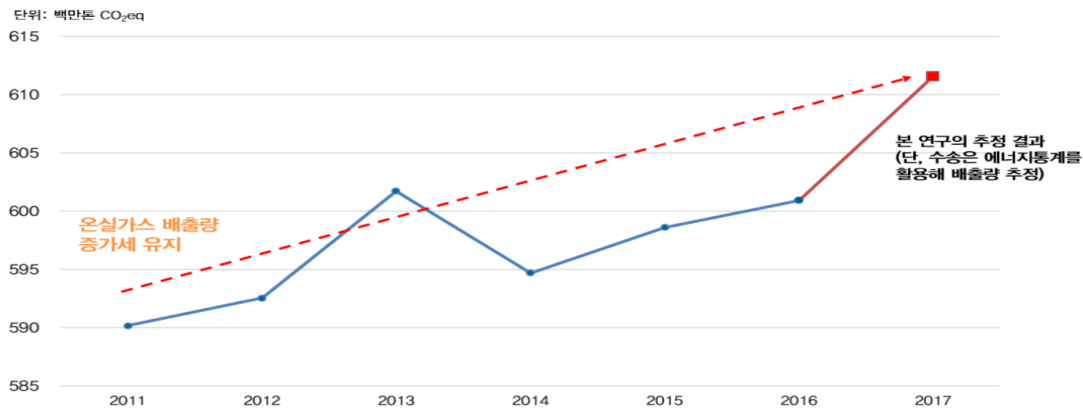
- 본 연구에서는 이러한 자료까지 추정해 배출량을 산정하기에는 한계가 있어, 수송 부문도 다른 연료연소부문과 마찬가지로 에너지 통계에서 확인되는 철도, 육상, 수상, 항공운수 부문의 연료 소비량과 각각의 배출 계수를 곱하는 방식으로 우선 배출량을 추정
- 이렇게 추정된 배출량을 토대로 수송 부문의 2016~2017년 증가율을 구한 뒤, 국가 인벤토리 상의 2016년도 수송 부문 배출량에 곱해주는 방식으로 2017년도 수송 부문 배출량을 추정
- 1990~2016년까지의 공식 연료연소부문 온실가스 배출량에 본 연구에서 추정한 2017년도 배출량(붉은색)을 추가한 것이 바로 [그림 5]이고, 2011~2017년 기간을 보다 상세히 표현한 것이 바로 [그림 6]임
- 2017년 연료연소부문 온실가스 배출량은 2016년 대비 1.8% 증가한 것으로 추정되며 공식 통계에서 배출 정점인 2013년의 배출량보다도 약 1.6% 더 많아, 최고 배출량 기록을 경신하는 것으로 분석
- 연료연소 부문 온실가스 배출량은 2014년 이후 3년 연속 증가세
- 2014년의 배출량 감소는 일시적인 현상일 뿐, 온실가스 배출량의 증가세는 여전히 현재 진행형이라는 점을 확인

[그림 5] 2017년까지의 연료연소부문 온실가스 배출 추이(1990년~2017년)



자료: 온실가스종합정보센터(2018) 작성을 위한 예경연 내부자료, 저자 작성자료

[그림 6] 2017년까지의 연료연소부문 온실가스 배출 추이(2011년~2017년)



자료: 온실가스종합정보센터(2018) 작성을 위한 예경연 내부자료, 저자 작성자료

- 본 연구의 배출량 추정을 통해 우리나라의 온실가스 배출 정점은 2017년까지는 아직 실현되지 않았다는 사실을 확인 가능
 - [그림 5]에서 1990년 이후의 전체 추이를 다시 살펴보면, 배출량은 -14.6%의 증감률을 기록한 1998년과 -1.2%를 기록한 2014년, 단 두 해를 제외하고는 2017년까지 상승세를 지속
- 2017년에 연료연소부문의 온실가스 배출량이 새로운 최고치를 기록했고, 2014년 이후 3년 연속 증가세를 보일 것이라는 본 연구의 분석은 2019년에 공식 인벤토리 자료가 공표되더라도 바뀌기 어려울 가능성이 큼
 - 2017년에 석탄, 석유, 천연가스 등 화석에너지의 공급량이 전년 대비 모두 증가했으며, 특히, 온실가스 배출량이 많은 석탄 공급량 증가가 두드러짐
 - <표 2>에서 확인되듯이, 2017년 석탄 사용량은 86,290천 toe로 전년 대비 5.4%나 증가
 - 온실가스 배출계수가 석탄보다는 낮지만 주요 온실가스 배출원인 석유와 천연가스의 사용량도 전년 대비 각각 1.2%, 3.6% 증가

- 이처럼 화석에너지 사용량이 증가한 상황에서는 2018년 에너지밸런스가 공표되어 부문별 에너지 사용량이 명확해지고, 2018년도 배출계수가 확정·공표되더라도 2017년도 연료연소에 따른 온실가스 배출량이 전년 대비 상당 폭으로 증가하리라는 점이 바뀌기가 어려울 것으로 판단됨

〈표 2〉 화석에너지 사용량 비교(2016년~2017년)

(단위: 천toe)

구분	'16	'17(잠정)	'16~'17 증가율
석탄	81,872	86,290	5.4%
석유	118,108	119,565	1.2%
천연가스	45,518	47,166	3.6%
계	245,498	253,021	3.1%

자료: 에너지경제연구원(2018). 2018년 9월 에너지통계월보.

2. 온실가스 배출 정점 도달 여부 분석

- 다음으로 1990~2017년까지의 배출 실적자료를 토대로 우리나라가 온실가스 배출 정점에 도달했는지 보다 객관적인 방법론으로 분석
- Vogelsang(1997)의 시계열 트렌드의 구조변화 분석방법은 동태적 단변수 시계열(Dynamic Univariate Times Series) 자료 트렌드에 어떤 구조변화가 있는지, 그 시점은 언제인지에 대한 검정 통계량(Test Statistics)을 제공
- Vogelsang(1997)의 시계열 트렌드의 구조변화 분석방법론에 대해 이론적으로 설명하면, 아래 식 (1)에서 계수 γ 에 대한 가설검정을 하는 것으로 표현

$$y_t = f(t)\theta + g(t, T_b^c)\gamma + \nu_t \quad (1)$$

$$A(L)\nu_t = e_t \quad (2)$$

- y_t 는 1기부터 T기까지의 단변수 시계열 자료로 분석의 대상이며, 알려지지 않은 시기인 T_b^c 기에 트렌드에 변화가 있는지를 검정

- 시간변수의 p 차 항까지 고려하는 경우, 전체 시간의 함수인 $f(t) = (1, t, \dots, t^p)$, 트렌드 변화가 발생한 T_b^c 기 이후에 시간의 함수인 $g(t, T_b^c) = 1(t > T_b^c)\{1, t - T_b^c, \dots, (t - T_b^c)^p\}$, f함수에 대한 계수 벡터인 $\theta = (\theta_0, \theta_1, \dots, \theta_p)'$, g함수에 대한 계수 벡터인 $\gamma = (\gamma_0, \gamma_1, \dots, \gamma_p)'$, 자기회귀 다항식(Autoregressive Polynomial)인 $A(L) = 1 - a_1L - \dots - a_{k+1}L^{k+1}$, 지시함수(Indicator Function) $1(\cdot)$, 오차과정(Error Process) e_t 로 식 (1)과 (2)는 구성
 - 식 (1)과 (2)를 만족할 때, 분석의 대상이 되는 단변수 시계열 자료 y_t 는 자기 회귀하며 안정적인(Autoregressive and Stationary) 시계열로 p 차 시간 트렌드의 어느 시점 T_b^c 기에 구조변화가 있는 형태
 - 이와 같은 상황에서 트렌드에 구조변화가 없이 안정적이라는 귀무가설(Null Hypothesis)에서는 $H_0 : \gamma = 0$ 을 만족시킬 것이나, 트렌드에 구조변화가 있다는 대립가설(Alternative Hypothesis)에서는 $i = 0, 1, \dots, p$ 중에서 적어도 하나에 대해서는 $H_1 : \gamma \neq 0$ 를 만족
 - Vogelsan(1997)에서는 다항식 $A(L)$ 을 augmented Dickey-Fuller (ADF) 절차에 따라 인수분해하는 방식을 적용해, 식 (1)과 (2)를 아래의 식 (3)으로 변환한 뒤에 트렌트의 구조변화를 테스트
- $$\Delta y_t = f(t)\beta + g(t, T_b^c)\delta + \pi y_{t-1} + \sum_{i=1}^k c_i \Delta y_{t-i} + e_t \quad (3)$$
- 트렌드에 구조변화가 없이 안정적이라는 귀무가설은 $\gamma = 0$ 을 만족시켜야 했는데, 이는 식 (3)에서는 $\delta = 0$ 을 만족시키는 것과 동일
 - 따라서 시계열 트렌드의 구조변화를 분석하기 위해서는 식 (3)과 같은 형태로 분석모형을 설정한 뒤, 계수 δ 가 0이 되는지 아닌지를 검증이 필요

- 1990년 이후 우리나라의 온실가스 배출량은 강한 증가세를 보여주었기 때문에, 온실가스 배출 정점을 달성했는지를 검증하기 위해서는 이후의 어느 시점에 구조변화가 발생해야 하며, 동시에 구조변화 이후 배출량이 하락세로 바뀌었다는 분석 결과가 통계적으로 유의미하게 제시되어야 함
- 다만, 구조변화 시점을 명확히 모르는 경우에 일반적으로 적용되어 구조변화 시점까지도 찾아낼 수 있는 Vogelsang(1997)의 방법론과는 다소 상이하게, 본 연구에서는 구조변화가 있었을 것으로 의심되는 시기를 특정하고서 그 시기에 구조변화가 실제로 있었는지를 검정하는 방식으로 진행
 - 구조변화가 있을 것으로 예상되는 시기를 의미하는 T_b 는 2009로 설정하는 것으로 기본으로 삼았는데, 이는 2010년부터 배출량의 구조변화가 있을 것으로 예상한다는 의미임
 - [그림 5]에서 육안으로 확인되듯이, 우리나라의 온실가스 배출량 추이가 2010년대에 들어 상당히 바뀐 것을 확인할 수 있음
 - 연료연소부문 온실가스 배출량은 1990~2010년 기간에는 연평균 4.4%씩 증가했으나, 2010~2017년 기간에는 연평균 증가율이 1.2%로 확연히 둔화
 - 식 (3)에서 시간변수의 차수를 의미하는 p 는 1로 설정
 - 본 연구는 온실가스 배출량이 구조변화 이후에도 여전히 상승세인지, 아니면 이미 정점을 기록한 뒤에 하락세로 돌아섰는지를 확인하기 위한 것이 주목적이므로 1차 항까지만 설정해 선형 트렌드만 살펴봄
- 우리나라 온실가스 배출 정점 도달 여부에 대한 트렌드 구조변화 테스트를 하게 되면, 도출된 계수 값에 따라 세 가지 경우로 구분해 결과 해석 가능

- 먼저 T_b^c 기 이후 시간의 함수인 $g(t, T_b^c)$ 의 계수 δ 가 0으로 검정되는 경우에는 T_b^c 기 이후에도 트렌드에 구조변화가 없는 것으로, 본 연구에서는 온실가스 배출량의 상승세가 구조적 변화 없이 지속된다는 의미로 해석 가능
- 다음으로 δ 가 0이 아니지만 전체 기간에 대한 시간의 함수인 $f(t)$ 의 계수 β 와 $g(t, T_b^c)$ 의 계수 δ 의 합이 0보다 큰 경우에는 T_b^c 기 이후에 트렌드에 구조변화가 발생하였으나 여전히 상승세가 유지된다는 것으로, 본 연구에서는 온실가스 배출량의 상승세가 T_b^c 기 이후 구조적으로 변화하였으나, 여전히 상승세가 유지된다는 의미
- 마지막으로 δ 가 0이 아니지만 β 와 δ 의 합이 0보다 작은 경우에는 T_b^c 기 이후에 트렌드에 구조변화가 발생하였고 하락세로 반전하였다는 것으로, 본 연구에서는 온실가스 배출량의 상승세가 T_b^c 기 이후 구조적으로 변화하여 하락세로 반전했다는 의미

〈표 3〉 구조변화 검정결과에 따른 해석

유형	δ 값	$\beta + \delta$ 값	결과 해석
(1)	$\delta = 0$		트렌드에 구조변화 없음
(2)	$\delta \neq 0$	$\beta + \delta > 0$	구조변화했으나, 여전히 상승세
(3)	$\delta \neq 0$	$\beta + \delta < 0$	구조변화 후, 하락세로 반전

자료: 저자 작성

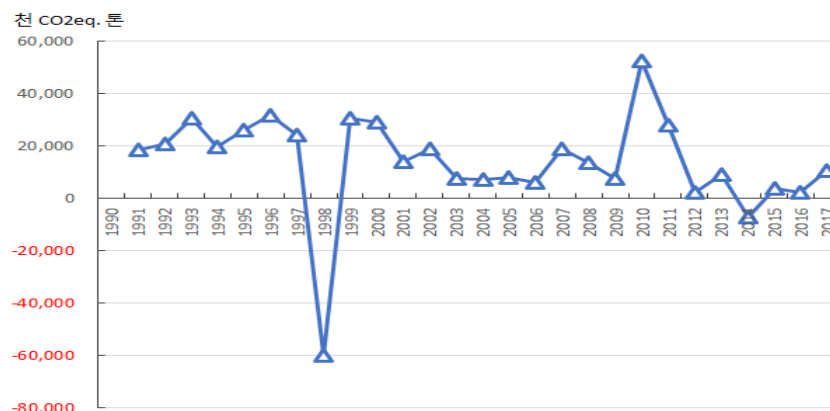
□ 본 연구에서는 식 (3)과 온실가스 배출 통계 자료의 특성을 고려해 기준 분석모형을 아래와 같이 설정

$$\Delta GHG_t = \beta_0 + \beta_1 t + \gamma IMF + [\delta_0 + \delta_1(t - T_0)]1(t > T_0) + \pi GHG_{t-1} + c_1 \Delta GHG_{t-1} + c_2 \Delta GHG_{t-2} + e_t \quad (4)$$

- GHG는 우리나라의 연료연소부문 온실가스 배출량, t 는 시간변수로서 연도(1990~2017년)를 나타냄

- T_0 는 구조변화가 발생하기 직전 연도를 의미하며, 앞에서 설명한 것과 같이 기준모형에서는 2009년으로 설정해 2010년부터 구조변화 상정
- 오차항(Error Term)의 자기상관성(Serial Correlation)을 제거하기 위해 모형에 시차차분변수(Lagged Differenced Variables) ΔGHG_{t-1} , ΔGHG_{t-2} 추가
- [그림 7]에서 1998년 동아시아 외환위기로 큰 충격(shock)을 받아 ΔGHG 의 값이 확연히 눈에 띄는 음(-)의 값을 기록함. 이에 1998년도에 1의 값을 부여한 더미변수(Dummy Variable) IMF를 모형에 추가

[그림 7] 온실가스 배출량의 차분값 추이(1990~2017년)



자료: 온실가스종합정보센터(2018) 작성을 위한 예경연 내부자료, 저자 작성자료

- 식 (4)와 같이 검정 모형을 설정한 후에 최소자승법(OLS; Ordinary Least Squares)을 이용해 추정
 - 기준 모형의 각 파라미터에 대한 OLS 추정치(Estimator)는 일치 추정량(Consistent Estimator)이나, 추정치에 대해 일반적인 t 테스트 등을 적용한 임계치(Critical Value) 및 p 값(p-value) 계산은 부적절함
 - 현재의 회귀식에서는 시계열이 불안정한(Non-stationary) 시계열 변수의 존재, 오차항의 분포 등으로 각 파라미터에 대한 통계량의 분포가 일반적인 t 테스트 등에 적합하지 않기 때문임

- 본 연구에서는 이 문제를 해결해주기 위해서, Vogelsang(1997)의 방법론에 따라 각 통계량의 귀무가설(H_0) 하 비표준 극한 분포(Non-Standard Limiting Distribution)를 도출하기 위해 i.i.d. 정규분포 $N(0,1)$ 을 이용하여 시뮬레이션($T=1,000$)을 5만 회 반복
- 이를 통해 특정 연도(예: 2010년)부터 구조변화가 있는 상태에서 각 파라미터에 대한 통계량의 분포를 도출해, OLS 추정치에 대한 Wald 통계량을 이용해 회귀계수에 대한 임계치 및 p 값을 계산하는 방식으로 검정
- <표 4>에 제시된 기준모형에 따른 분석결과를 살펴보면, 2010년부터 배출 추이에 구조변화가 발생하였음을 통계적으로 확인가능함
- 시간변수 t 에 대한 회귀계수 β_1 의 추정치 9653.191는 시뮬레이션 결과를 통해 얻어진 임계치와 p값을 기준으로 5% 유의수준에서 통계적으로 유의미
- 따라서 다른 조건이 동일할 경우, 전체 기간에 대해서 온실가스 배출량이 매년 9653.191천 톤(= 965만 3191 톤)씩 증가한다고 해석 가능

〈표 4〉 기준모형에 따른 트렌드 구조변화 분석결과

구조변화 시기	2010년		관측치		25	
변수	회귀계수	표준오차	Wald 통계량	p값	90% 신뢰구간	95% 신뢰구간
시간변수(t)	9653.191	2581.189	13.9863	0.0270	9.2459	11.8640
외환위기(IMF)	-32715.2	12537.59	6.8088	0.0864	6.3311	8.5450
구조변화후 상수항	42956.83	12739.45	11.3701	0.0154	5.6891	7.8370
구조변화후 시간변수	-9014.796	2483.05	13.1808	0.0241	7.9914	10.5186
GHG_{t-1}	-.6494552	.1983512	10.7208	0.3699	16.3410	18.8342
상수항	-1.90e+07	5094337	13.9102	0.0460	10.9469	13.6041

자료: 저자 작성

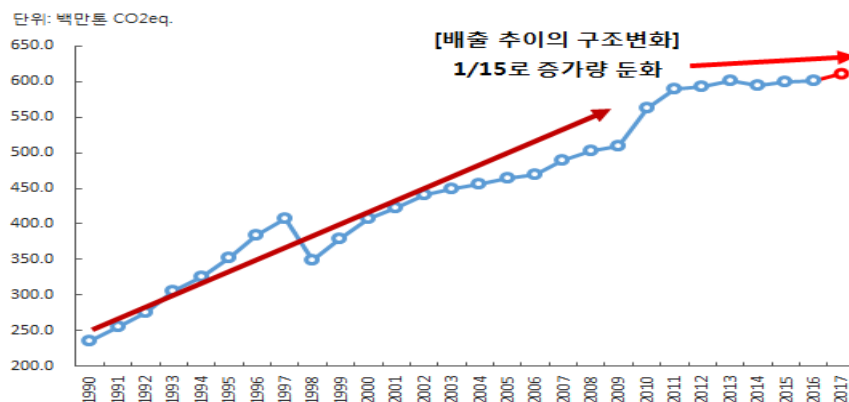
- 동일한 방식으로 구조변화 후 시간변수에 대해서도 살펴보면, 그 회귀계수 δ_1 의 추정치가 -9014.796는 시뮬레이션 결과 얻어진 임계치와 p값을 기준으로 5% 유의수준에서 통계적으로 유의미

- 따라서 다른 조건이 동일하고 기간을 2010년부터 한정했을 경우, 온실가스 배출량이 전체기간에 대한 분석결과에 비해 매년 9014.796천 톤 (= 901만 4796 톤)씩 감소한다고 해석이 가능
- δ_1 의 추정치가 통계적으로 0이 아니라는 결과를 통해, 2010년부터 연료 연소부문 온실가스 배출 추이에 구조적 변화 발생을 통계적으로 확인
- β_1 과 δ_1 에 대한 분석 결과를 토대로 2010년 이후의 시간 흐름에 따른 온실 가스 배출량 변화를 살펴보면, 식 (7)에서와 같이 매년 638.395천 톤(= 63만 8395 톤)씩 증가한다고 해석 가능

$$\begin{aligned}\hat{\beta}_1 + \hat{\delta}_1 &= 9653.191 - 9014.796 \\ &= 638.395 \\ &> 0\end{aligned}\quad (5)$$

- 따라서 기준모형 분석결과, 2010년부터 온실가스 배출 추이가 구조적으로 변화하여 배출량 증가량이 1/15로 대폭 둔화되었으나, 여전히 상승세가 유지되고 있다는 점이 확인됨
- 2010년 이전에는 시간의 흐름에 따라 우리나라의 연료연소부문 온실가스 배출량이 연간 965만 톤씩 증가하였으나, 2010년 이후에는 그 15분의 1 수준인 연간 64만 톤씩 증가하는 것으로 분석되어 증가 속도가 대폭 감소

[그림 8] 연료연소부문 온실가스 배출 추이의 구조변화



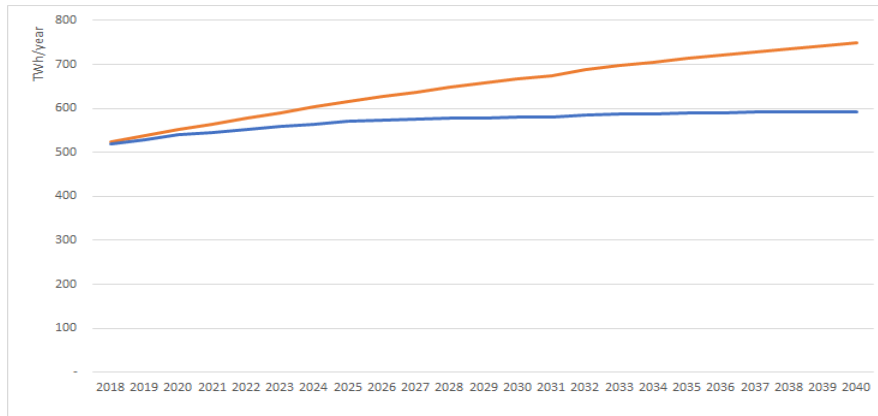
자료: 온실가스종합정보센터(2018) 작성을 위한 예경연 내부자료, 저자 작성자료

3. 온실가스 배출 정점 도달 시점 분석

- 본 절에서는 과거의 배출 추세가 유지된다고 할 때, 과연 우리나라의 온실가스 배출 정점 도달 시점은 언제가 될지를 확인하려고 함
 - 또한 만약 배출 추세를 완화시키기 위한 감축 노력이 추가되었을 때, 우리나라 온실가스 배출 정점 도달 시점이 얼마만큼 앞당겨질 수 있는지를 확인해보려고 함
- 분석의 편의를 위해 부문별 배출량과 경제적 비중을 고려하여 연료연소부문 온실가스 인벤토리를 재분류함
 - 인벤토리의 연료연소부문을 발전, 기타에너지전환, 철강, 석유화학, 비금속, 조립금속·기계장비, 기타제조업 및 건설업, 수송, 기타, 미분류로 재구성
- 연료연소부문의 하위 부문들을 재조정 한 후, 발전 부문은 METER 모형을 통해 온실가스 배출량 장래 추이를 추정하였고, 발전 부문을 제외한 그 외의 기타에너지전환, 철강, 석유화학, 비금속, 조립금속·기계장비, 기타 제조업 및 건설업, 수송, 기타, 미분류 부문의 온실가스 배출량 장래 추이는 카야 항등식과 추세분석을 통해 추정
 - 에너지경제연구원에서 개발한 METER(Model for Energy Transition and Emission Reduction) 모형의 발전 부문은 선형계획법에 기반하여 전력부하지속곡선을 반영한 비용 최소화 모형으로써 발전 부문의 구조, 수식 및 입력자료 등에 대해서는 안영환(2017)을 참조
 - 연료연소 부문에서 발전을 제외한 부문 중 온실가스 다배출 업종인 철강과 석유화학, 비금속 그리고 우리나라 제조업의 주력업종들이 포함된 조립금속·기계장비 부문은 카야 항등식을 기반으로 온실가스 배출량 장래 추이를 추정

-
- 카야 항등식에 따라 온실가스 배출량을 생산액과 에너지원단위, 에너지믹스, 배출계수로 분해한 후, 요인별 과거 추세를 바탕으로 장래 온실가스 배출량 추이를 추정
 - 이 부문들을 제외한 기타에너지전환, 기타제조업 및 건설업, 수송, 기타, 미분류 부문들은 각 부문의 온실가스 배출량 과거 추세를 바탕으로 온실가스 배출량 장래 추이를 추정
- 현재까지 공표된 1990~2016년까지의 국가 온실가스 인벤토리와 국가 온실가스 인벤토리 산정방식에 따라 자체 추정된 2017년 연료연소부문 온실가스 배출량을 통합하여 1990~2017년 각 부문의 온실가스 배출량 자료 사용
- 발전 부문 온실가스 배출량 장래 추이 추정을 위한 기준 및 감축 시나리오
- 두 시나리오는 전력수요와 신재생에너지 발전량 비중에서 다른 가정을 한 반면, 다른 발전원에 대해서는 같은 가정을 함
 - 기준 및 감축 시나리오의 전력수요는 2031년까지는 제8차 전력수급기본계획의 기준 및 목표수요를 각각 가정하였고, 그 이후 2040년까지는 METER 모형의 자체 결과를 변형하여 적용한 안영환(2017)의 가정을 활용
 - 전력거래소 통계에 의하면 2017년 전력수요는 약 508 TWh이며, 기준 시나리오 전력수요는 2020년 552 TWh, 2030년 667 TWh, 2040년 750 TWh를 가정하였고, 감축 시나리오는 2020년 540 TWh, 2030년 580 TWh, 2040년 591 TWh로 가정

[그림 9] 발전부문 기준 및 감축 시나리오의 전력 수요 가정

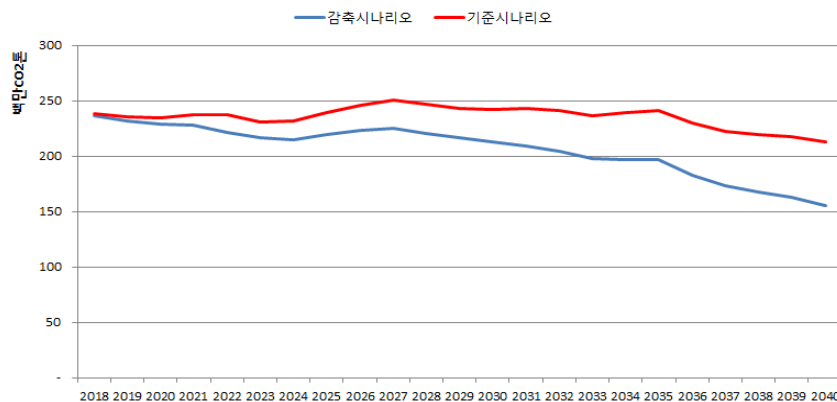


자료: 2031년까지는 제8차 전력수급계획, 2032~40년은 안영환(2017) 활용

- 발전원에 대한 가정은 원자력, 석탄에 대해서는 두 시나리오가 동일
 - 원자력은 정부의 에너지전환정책에 따라 원전의 추가 건설 및 수명 연장은 없는 것으로 가정
 - 석탄발전은 2031년까지는 제8차 전력수급계획을 반영하였고, 2032년 이후에는 대기 및 기후변화 문제로 인한 전 세계적인 탈석탄 추세를 반영하여 추가적인 신규 석탄발전소는 없는 것으로 가정
- 두 시나리오에서 가장 큰 차이는 신재생 발전 비중에 대한 가정임
 - 2030년까지는 제8차 전력수급기본계획의 목표 발전량 기준 20%를 반영
 - 기준 시나리오에서는 매우 보수적으로 접근하여 2040년 발전량 기준 25% 비중을 가정
 - 감축 시나리오에서는 재생에너지 3020의 추세를 반영하여 2040년 발전량 기준 30%를 적용
- 기준시나리오 배출량 경로는 2020년대 중후반에 약 2억5천만 톤으로 정점에 도달하고, 이후 완만하게 감소해 2040년 약 2억1천3백만 톤에 도달
- 2018~2022년에는 배출량이 크게 바뀌지 않고, 2023~2027년에는 원자력 발전소의 신규 도입 및 수명 도래 등에 따라 배출량에 증감이 발생

- 2020년대 중후반의 정점 도달 이후에는 신재생 비중의 증가와 석탄발전에 대한 봄철 물리적 제약 강화로 발전량의 증가에도 불구하고, 배출량은 감소
- 감축시나리오 배출량은 기준시나리오보다 전반적으로 낮은 수준을 보이며 2020년대 중후반 국지적(Local) 정점에 도달하나, 그 배출량은 약 2억2천 5백만 톤 정도로 2018년의 2억3천6백만 톤보다 낮음

[그림 10] 발전부문 기준 및 감축 시나리오의 배출량 경로(2018~2040)



- 발전 외 부문 온실가스 배출량 장래 추이 추정의 핵심 가정은 과거 추세를 유지한다는 것임
 - 즉, 온실가스 다배출업종 및 제조업 주력업종의 에너지원단위 개선 추세, 전력화 추세 및 현재의 에너지믹스가 유지되고, 기타에너지전환 등 그 외 부문들의 온실가스 배출량 추세도 유지된다는 가정임
 - 이를 위해 부문별 실적자료를 이용하여 다양한 과거 추세 식을 도출하였고, 이를 온실가스 배출량 장래 추이 추정에 활용함
 - 3개 온실가스 다배출 업종과 1개 제조업 주력업종에 대해 에너지원단위 장래 추이와 에너지믹스 장래 추이에 대하여 각각 3가지 경로를 사용하였기 때문에 업종별(총 4개 업종)로 총 9(=3×3)가지의 온실가스 배출량 장래 추이를 얻을 수 있었음

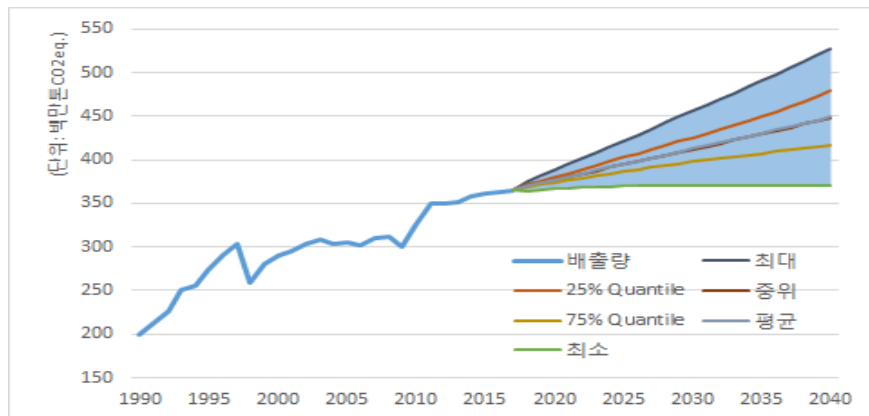
- 다배출업종과 제조업 주력업종을 제외한 그 외 부문들에 대해서는 6가지의 온실가스 배출량 장래 추이를 도출하였고, 이 결과들을 조합하여 총 $39,366 (= 9^4 \times 6)$ 가지의 온실가스 배출량 장래 추이 경로들을 도출

□ 분석 결과, 대부분의 발전 외 부문 온실가스 배출량 장래 추이 경로들은 배출 정점 도달 없이 2040년까지 꾸준히 증가하는 것으로 나타남

○ 그럼에도 2032~2039년 기간 배출 정점에 도달하는 극소수의 경로도 존재

- 다배출업종과 제조업 주력업종의 급격한 에너지 원단위 개선과 전력 비중 증대, 그리고 그 외 부문들의 매우 낮은 온실가스 배출 증가 등 온실가스 감축에 기여하는 모든 조건들이 전 부문에서 동시에 강하게 만족할 경우에만 2032~2039년 기간 배출 정점에 도달할 수 있는 것으로 나타남

[그림 11] 발전 외 부문 온실가스 배출량 장래 추이: 기준시나리오



자료: 실적은 온실가스종합정보센터(2018), 장래 추이 추정 결과는 저자 작성

□ 감축시나리오 설정을 통해 온실가스 감축을 위한 노력이 추가되었을 때, 발전 외 부문 온실가스 배출의 정점 도달 시점이 얼마나 앞당겨지는지 확인

○ 온실가스 다배출업종과 제조업 주력업종들의 온실가스 감축을 위한 추가적인 노력으로 추정된 2040년 에너지 원단위보다 10%의 추가개선을 가정

- 다음으로, 에너지믹스의 개선을 위해 석탄과 석유의 비중을 줄이고 가스로 전환이 이루어지도록 <표 5>과 같이 설정
 - 모든 업종에서 추정된 전력비중의 장래 추이는 그대로 유지하지만, 에너지믹스의 개선을 위해 석탄, 석유, 가스의 상대적 비율만 변화되도록 설정
 - 현재 제조업 주요 업종에서 신재생에너지를 연소용 연료로 사용하는 비중이 높지 않고, 신재생에너지의 에너지믹스에 대한 영향은 신재생 에너지 발전 확대와 제조업의 전력화를 통해 나타나는 것으로 가정

〈표 5〉 발전 외 부문 감축 시나리오

부문	내용	
	에너지원단위	에너지믹스 ^{주1)}
철강	추정된 2040년 에너지원단위 대비 10% 추가개선이 되도록 에너지원단위 개선 속도 증가	2017년 석탄, 석유, 가스의 상대적 비율에서 2040년 석탄 비율은 2017년 대비 1% 감소 ^{주2)} , 2040년 석유 비율은 0%로 감소, 석탄과 석유의 감소는 전량 가스에서 흡수
석유 화학		2017년 석탄, 석유, 가스의 상대적 비율에서 2040년 석탄 비율은 0%로 감소, 2040년 석유 비율은 2017년 대비 1% 감소 ^{주2)} , 석탄과 석유의 감소는 전량 가스에서 흡수
비금속		2017년 석탄, 석유, 가스의 상대적 비율에서 2040년 석탄과 석유의 비율은 2017년 대비 1% 감소 ^{주2)} , 석탄과 석유의 감소는 전량 가스에서 흡수
조립금속·기계장비		2017년 석유와 가스의 상대적 비율에서 2040년 석유의 비율은 2017년 대비 1% 감소 ^{주2)} , 석유의 감소는 전량 가스에서 흡수 ^{주3)}
그 외 부문들	추정된 2040년도 온실가스 배출량 대비 10% 감축이 되도록 온실가스 배출량 증가속도는 감소시키고 감소속도는 증대시킴	

주1: 추정된 전력비중의 장래 추이는 그대로 유지, 석탄, 석유, 가스, 신재생에너지 간의 상대적 비율만 변화하는 것으로 가정

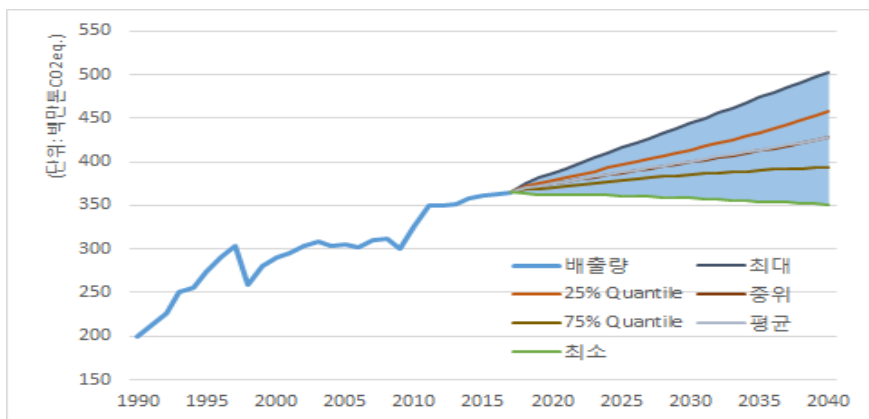
주2: 전체 에너지소비에서 석탄 또는 석유 비중의 감소는 전력비중 장래 추이에 따라 달라지고, 1%보다 큼

주3: 조립금속·기계장비 부문에서 현재 석탄 비중은 0%

- 마지막으로, 기타에너지전환 등 그 외 부문에 대해서는 추정된 2040년 온실가스 배출량 대비 10%의 감축 가정

- 감축시나리오 하에서 발전 외 부문 온실가스 배출정점은 2018년¹⁾ 2024~2033년, 2036~2039년에 나타나는데, 이는 기준시나리오에서 배출 정점이 2032~2039년에 나타난 것에 비해 앞당겨진 결과임
- 감축시나리오에서는 추가적 감축 노력으로 인해 기준시나리오보다 배출 정점에 도달하는 경로들이 늘었지만, 여전히 대부분의 경로는 정점 도달 없이 꾸준히 증가
- 기준시나리오 하에서 2032~2039년 기간 배출 정점에 도달한 소수의 경로들 중 대부분은 감축시나리오에서는 상대적으로 이른 시기(2018년 또는 2020년대 중후반)에 배출 정점에 도달하여 꾸준히 온실가스 배출량 감소
- 기준시나리오에서 정점에 도달하지 못하였던 경로들 중 상당수는 감축시나리오에서 2018년, 2024~2033년과 2036~2039년 기간에 배출 정점에 도달

[그림 12] 발전 외 부문 온실가스 배출량 장래 추이: 감축시나리오



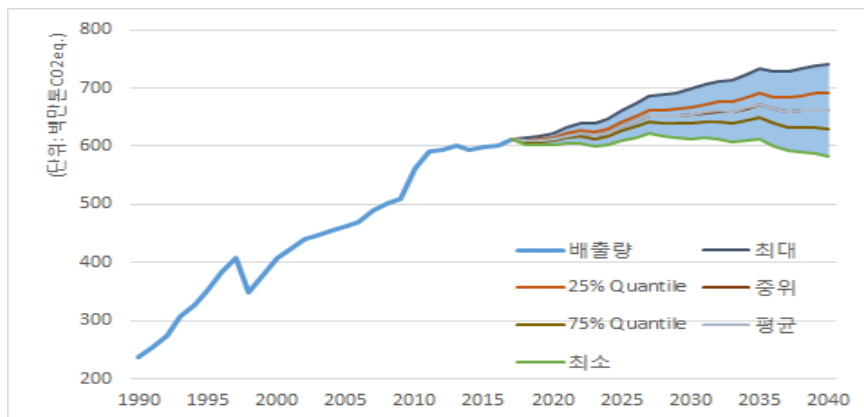
자료: 실적은 온실가스종합정보센터(2018), 장래 추이 추정 결과는 저자 작성

- 기준시나리오 하에서 발전부문과 발전 외 부문의 분석결과를 종합해보면, 연료연소부문의 온실가스 배출 정점은 소수의 시나리오에서만 2020년대 중후반 또는 2030년대 중반에 도달 가능한 것으로 나타남

1) 실제 이런 경로들이 실현될 가능성이 높지 않지만, 이러한 경로들이 발생한 이유들을 눈여겨 볼 필요가 있음.

- 기준시나리오에서 발전 외 부문의 온실가스 배출 정점 도달 시점이 2032~2039년 사이 분포되어 있던 것에 비해, 연료연소부문의 온실가스 배출 정점은 발전 부문 온실가스 장래 추이의 정점이 발생한 2020년대 중후반(전역적 정점)과 2030년대 중반(국지적 정점)으로 압축됨
- 연료연소부문 온실가스 배출량 장래 추이에서 발전 부문 온실가스 배출량 장래 추이가 차지하는 비중이 29~40%로 상당히 높았고, 발전 외 부문의 배출량 장래 추이가 대부분 증가하는 것으로 나온 반면, 발전 부문의 배출량 장래 추이는 완만히 감소하는 것으로 나왔기 때문임
- 발전 부문 온실가스 배출량의 완만한 감소에도 불구하고 다수의 온실가스 장래 추이 경로들이 2040년까지 정점에 도달하지 못하고 꾸준히 증가

[그림 13] 연료연소부문 온실가스 배출량 장래 추이: 기준시나리오



자료: 실적은 온실가스종합정보센터(2018), 장래 추이 추정 결과는 저자 작성

- 감축 시나리오 하에서 발전 부문과 발전 외 부문의 분석 결과를 더하여 종합해보면, 연료연소부문의 온실가스 배출은 2020년대 중후반 또는 2030년대 중반에 정점에 도달할 수 있는 것으로 나타남
- 기준시나리오 하에서는 온실가스 배출정점에 도달하는 여러 경로 중 대부분의 경로가 2030년대 중반에 정점에 도달했고 2020년대 중후반에 정점에 도달하는 경로는 많지 않았음

- 하지만 감축시나리오 하에서는 온실가스 배출 정점에 도달하는 여러 경로 중에서 2020년대 중후반에 배출 정점에 도달하는 경로가 2030년대 중반에 배출 정점에 도달하는 경로에 비하여 많아짐
- 한편, 기준시나리오 하에서 대부분의 경로가 정점 도달 없이 2040년까지 증가했었던 것에 비해, 감축시나리오 하에서는 2040년까지 온실가스 배출 정점 없이 증가하는 경로는 전혀 나타나지 않음
- 오히려 일부 경로에서 2017년 배출 정점에 도달한 이후 지속적으로 온실가스 배출이 감소하는 것으로 나타남
 - 이는 발전 외 부문의 모든 하위 부문에서 온실가스 감축에 기여하는 긍정적 현상들이 동시에 강하게 일어날 뿐만 아니라, 발전 부문의 강한 감축 결과도 결합했기 때문으로 판단됨
 - 실제로 이러한 경로들이 실현될 가능성이 크지 않을 수 있지만, 이러한 경로들이 발생한 이유에 대해서는 다시 한 번 눈여겨볼 필요가 있음
- 발전 부문과 발전 외 부문의 온실가스 배출량 장래 추이 분석 결과, 기준시나리오 하에서는 연료연소부문 온실가스 배출량이 극소수의 시나리오에서만 2020년대 중후반 또는 2030년대 중반에 정점에 도달할 가능성이 있었음
 - 또한 2020년대 중후반보다는 2030년대 중반에 온실가스 배출 정점에 도달하는 경로가 더 많이 도출됨
- 감축시나리오 하에서도 역시 2020년대 중후반과 2030년대 중반에 온실가스 배출 정점에 도달할 가능성이 있는 것으로 나타났지만, 더 이른 시기인 2020년대 중후반에 온실가스 배출 정점에 도달하는 경로가 2030년대 중반 정점에 도달하는 경로보다 더 많은 것으로 나타남

- 연료연소부문의 온실가스 배출 정점 도달을 위해서는 배출 비중이 높고 정책적 의지 반영이 용이한 발전 부문의 역할이 크다는 것을 확인
 - 발전 외 부문의 온실가스 배출량이 과거 추세를 유지하고 제조업의 실질 생산액이 꾸준히 증가한다는 가정 하에 배출량이 꾸준히 증가할 가능성이 높은 것으로 나타남
 - 반면, 발전 부문은 전력수급계획, 재생에너지 3020 이행계획 등을 통해 정책적 의지를 반영시키는 것이 상대적으로 용이함
- 하지만 정책적 의지와 각종 계획만으로 온실가스 감축이 달성되는 것은 아니기 때문에, 정책적 의지와 각종 계획이 실현될 수 있도록 여건을 마련하고 노력하는 것이 중요함
- 발전 외 부문의 온실가스 배출 정점을 앞당기기 위해서는 에너지 원단위의 개선 속도를 증가시켜 에너지 효율성을 높이는 것이 중요함
 - 실질 생산액이 꾸준히 증가한다면 현재의 에너지원단위 개선 속도에서는 연료연소부문 온실가스 배출 정점은 2030년대 중후반에 도달
 - 현재 우리나라에서는 에너지 원단위 즉, 에너지효율 개선을 위해 에너지이용합리화법 제14조 제1항2)에 따라 에너지 절감 및 온실가스 감축을 위한 에너지 절약시설 투자 사업비의 일부를 장기 저리로 지원하는 융자금 사업이 시행되고 있음

2) 국가법령정보센터(2018a) “에너지이용합리화법 제14조(금융·세제상의 지원) ① 정부는 에너지이용을 합리화하고 이를 통하여 온실가스의 배출을 줄이기 위하여 대통령령으로 정하는 에너지절약형 시설투자, 에너지절약형 기자재의 제조·설치·시공, 그 밖에 에너지이용 합리화와 이를 통한 온실가스배출의 감축에 관한 사업과 우수한 에너지절약 활동 및 성과에 대하여 금융상·세제상의 지원, 경제적 인센티브 제공 또는 보조금의 지급, 그 밖에 필요한 지원을 할 수 있다. <개정 2015.1.28.>”

- 또한, 조세특례제한법 제25조의2 제1항3)에 따라 법정 에너지 절약시설에 투자한 경우 투자 금액의 일정비율을 세액공제해 주는 제도가 있음
- 에너지 원단위(에너지 효율성) 개선을 위한 투자에 국가적 지원을 늘리고, 자금지원대상의 폭을 넓히는 것도 고려해볼 필요가 있음
 - 현재의 에너지이용합리화법에 따른 자금지원 대상자는 중소기업, 중견기업, 비영리법인 및 공공기관만을 대상으로 하나, 확대를 고려
- 에너지 원단위(에너지 효율성) 개선을 위해 에너지절약시설 투자에 대한 세액 공제를 늘리고, 일몰기한을 길게 설정하는 것도 에너지원단위의 개선 속도를 촉진하는 한 방법
 - 에너지 절약시설 투자에 대한 세액 공제는 공제율이 지속 축소되어왔고 일몰기한이 짧게 설정되어 에너지 절감을 위한 장기적 투자 유발에 한계
- 장기적인 안목에서의 새로운 기술개발을 위한 국가 R&D 투자를 증대할 필요가 있고, 조세특례제한법상의 연구 및 인력개발에 대한 조세특례를 확대하는 것도 검토해볼 필요가 있음
 - 에너지 원단위 개선과 관련해 현재의 기술패러다임 하에서 얼마까지의 에너지 원단위 개선이 가능할지도 고민해 봐야함
 - 본 연구의 분석은 현재의 기술패러다임 하에서 에너지원단위 개선에 있어 제약이 없는 것을 암묵적으로 가정하고 분석을 진행함
 - 하지만 현재의 생산기술 패러다임이 지속되는 한, 정작 가장 많은 에너지를 소비하며 온실가스를 배출하는 공정 자체는 대체되지 못하고, 에너지 원단위 개선은 그 한계에 부딪히게 될 가능성이 큼
 - 기존의 기술 패러다임을 변화시킬 수 있는 정도의 기술개발이 몇 번의 연구로 단기간에 이루어지지 않는 것임

3) 국가법령정보센터(2018b) “조세특례제한법 제25조의2(에너지절약시설 투자에 대한 세액공제) ① 내국인이 대통령령으로 정하는 에너지절약시설에 2018년 12월 31일까지 투자(중고품 및 대통령령으로 정하는 리스에 의한 투자는 제외한다)하는 경우에는 그 투자금액의 100분의 1(대통령령으로 정하는 중견기업의 경우에는 100분의 3, 중소기업의 경우에는 100분의 6)에 상당하는 금액을 소득세(사업소득에 대한 소득세만 해당한다) 또는 법인세에서 공제한다. <개정 2010. 12. 27., 2011. 12. 31., 2014. 1. 1., 2015. 12. 15., 2016. 12. 20.>”

-
- 한편, 우리나라의 온실가스 배출권거래제에서도 배출권 유상할당과 경매제를 시행하게 된바, 이에 따른 경매수익을 에너지 효율 향상, 감축 기술 R&D, 온실가스 감축 설비 도입 등 온실가스 감축 촉진을 위해 활용하는 방안도 마련 필요

〈 참고자료 〉

- 국내문헌

안영환 (2017). 석탄발전소의 좌초자산 조건 연구. 기본연구보고서 17-16. 에너지경제연구원.

에너지경제연구원 (2018). 2018년 9월 에너지통계월보.

온실가스종합정보센터 (2017). 2017 국가 온실가스 인벤토리 보고서.

온실가스종합정보센터 (2018). 2016년 온실가스 배출량 6억 9,410만톤, 전년 대비 0.2% 증가. 환경부 보도자료. 2018년 9월 21일 배포.

- 외국 문헌

Vogelsang, T. (1997). Wald-Type Tests for Detecting Breaks in The Trend Function of a Dynamic Time Series. *Econometric Theory*, 13, pp.818-849.

- 웹페이지

국가법령정보센터 (2018a). 에너지이용합리화법, 접속일: 2018년 10월 30일

<http://www.law.go.kr/%EB%B2%95%EB%A0%B9/%EC%97%90%EB%84%88%EC%A7%80%EC%9D%B4%EC%9A%A9%ED%95%A9%EB%A6%AC%ED%99%94%EB%B2%95>

국가법령정보센터 (2018b). 조세특례제한법, 접속일: 2018년 10월 30일

<http://www.law.go.kr/%EB%B2%95%EB%A0%B9/%EC%A1%B0%EC%84%B8%ED%8A%B9%EB%A1%80%EC%A0%9C%ED%95%9C%EB%B2%95>

정책 이슈페이퍼 19-08

우리나라 온실가스 배출 정점 도달 시점 분석

2019년 4월 29일 인쇄

2019년 4월 30일 발행

저 자 김 동 구 · 손 인 성

발행인 조 용 성

발행처 에너지경제연구원

44543 울산광역시 중가로 405-11

전화: (052)714-2114(대) 팩시밀리: (052)-714-2028

등 록 1992년 12월 7일 제7호

인 쇄 디자인 범신 (042)226-8737

KEEI ISSUE PAPER



에너지경제연구원
Korea Energy Economics Institute

울산광역시 중구 종가로 405-11 | TEL: 052) 714-2114 | <http://www.keei.re.kr>