

이슈페이퍼

# KEEI ISSUE PAPER

정책 이슈페이퍼 19-17

주요 선진국의 에너지 소비  
구조변화 분석

김철현 · 박광수

KOREA  
ENERGY  
ECONOMICS  
INSTITUTE



정책 이슈페이퍼 19-17

## 주요 선진국의 에너지 소비 구조변화 분석

김철현, 박광수

### 목 차

- I. 연구배경 및 목적 / 1
- II. 주요국의 에너지 소비 특징 / 2
- III. 에너지 소비의 구조 변화 추정 / 5
- IV. 구조 변화 전후의 에너지 소비요인  
분해 분석 / 11
- V. 미국과 일본의 에너지 소비 변화 / 17
- VI. 요약 및 시사점 / 22
- 〈참고자료〉 / 23



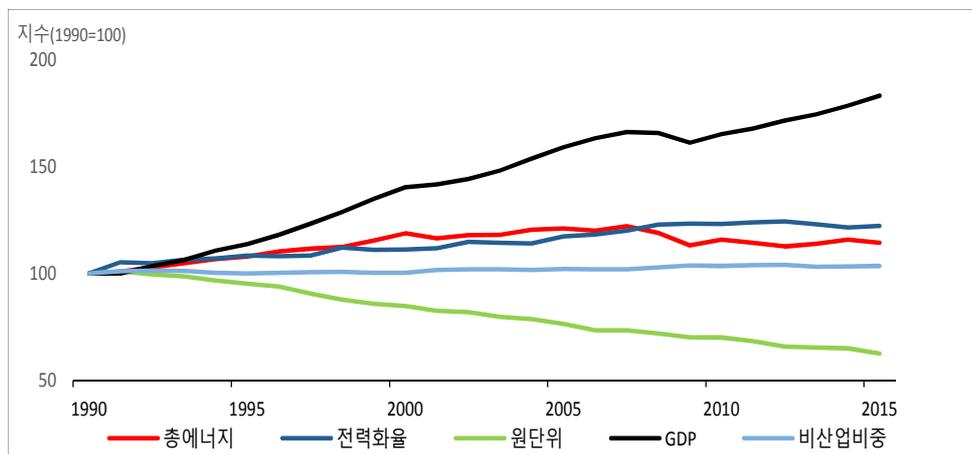
## I 연구 배경 및 목적

- 국내 에너지 소비 증가세는 시간이 지남에 따라 둔화되는 모습을 보이고 있는데 이러한 현상은 주요 선진국에서 이미 발생함
  - 많은 선진국에서 2000년대 중후반 이후 에너지 소비가 감소 또는 정체하고 있어 이에 대한 원인 파악이 필요함
  - 특히, 우리나라의 경제는 일본에 20년 정도의 시차를 두고 유사한 경로를 따라가고 있는데 에너지 소비 추이도 이러한 선진국을 따라 갈 것인지에 대한 분석이 요구됨
  
- 본 연구는 국내 에너지 소비의 장기 경로에 대한 시사점을 얻기 위해 주요 선진국의 에너지 소비 변화를 분석하는 것으로 목적으로 함
  - 구조변화 검정 방법론을 이용해 주요 6개 선진국(영국, 프랑스, 독일, 미국, 캐나다, 일본)의 에너지 소비 구조 변화 유무와 시기를 추정함
  - 요인분해 방법을 이용해 구조 변화 전과 후의 에너지 소비 요인 변화를 살펴봄으로써 주요국 에너지 소비 구조 변화의 원인을 분석함
  - 미국과 일본의 에너지 소비를 심층적으로 살펴보고 앞서의 구조 변화 검정과 요인 분해 결과를 종합하여 국내 에너지 소비에 대한 시사점을 도출함

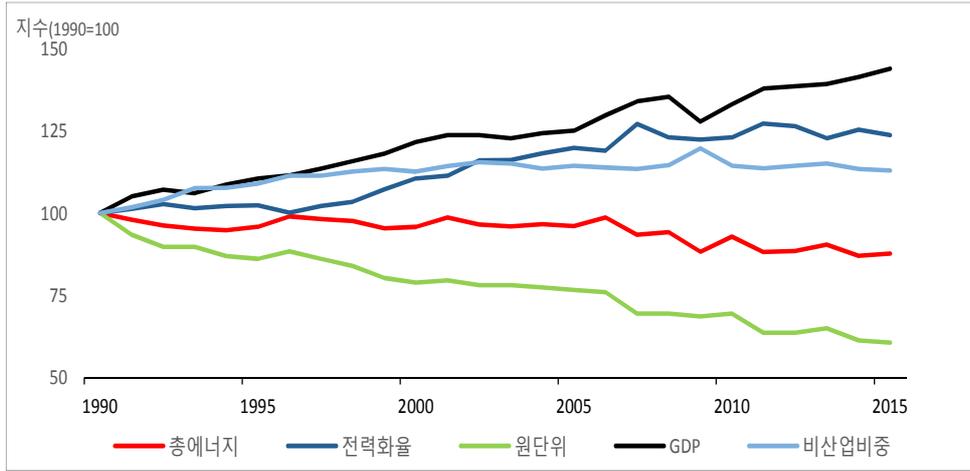
## II 주요국의 에너지 소비 특징

- 대부분의 선진국에서 원단위의 개선(하락)세는 큰 둔화 없이 유지되고 있음
  - 미국과 캐나다를 제외한 모든 국가에서 경제가 성장하고 있음에도 불구하고, 에너지 소비는 감소함
    - 국내총생산과 에너지 소비 사이의 탈동조화 현상이 심화되고 있음
- 전력화율도 대부분의 국가에서 2000년대 후반 이후 정체되고 있음
  - 미국, 일본, 독일, 영국의 경우 과거 빠르게 진행되어 온 전력화 현상이 2000대 후반에 들어서 정체되고 있음
    - 전력 소비의 비중이 정체한다는 것은 전환과정에서 손실되는 에너지 소비가 감소한다는 의미임으로 이는 총에너지 소비의 둔화요인으로 작용함

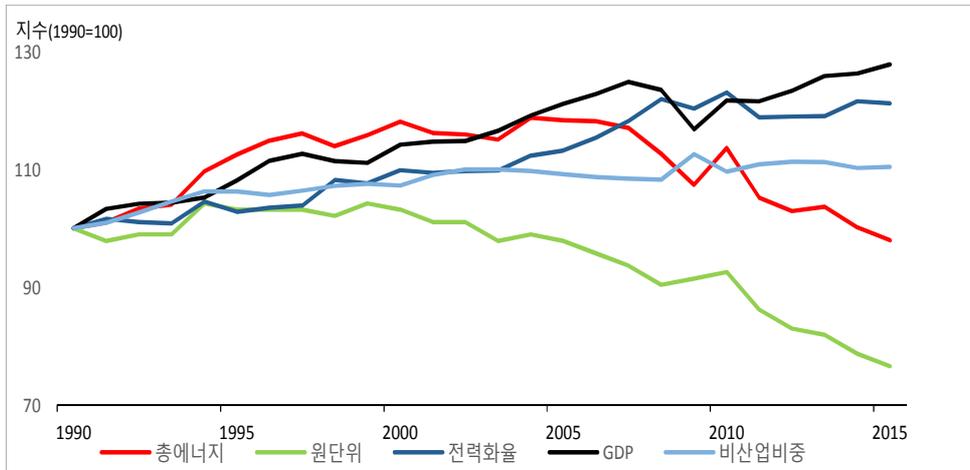
[그림 1] 주요 에너지 소비 지표(미국)



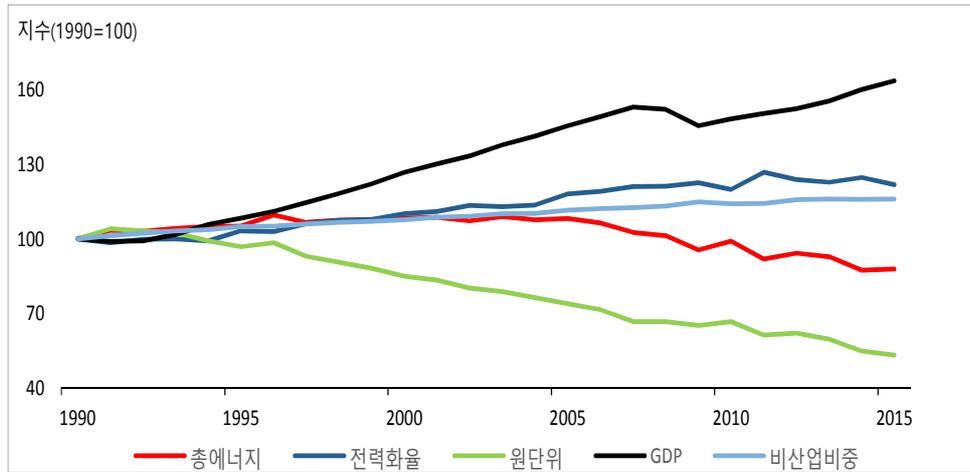
[그림 2] 주요 에너지 소비 지표(독일)



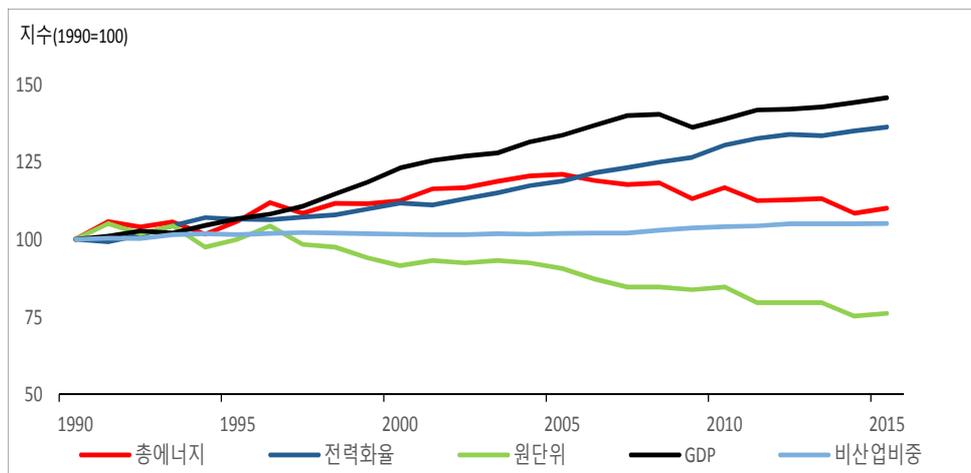
[그림 3] 주요 에너지 소비 지표(일본)



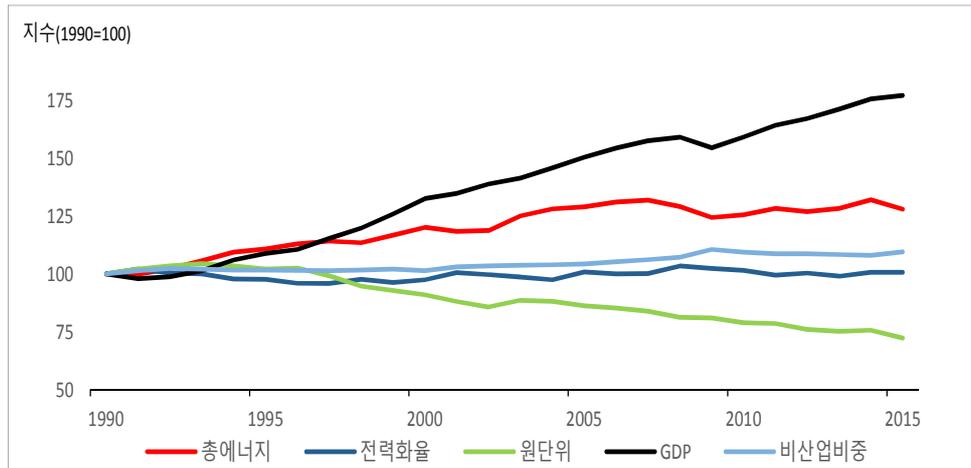
[그림 4] 주요 에너지 소비 지표(영국)



[그림 5] 주요 에너지 소비 지표(프랑스)



[그림 6] 주요 에너지 소비 지표(캐나다)

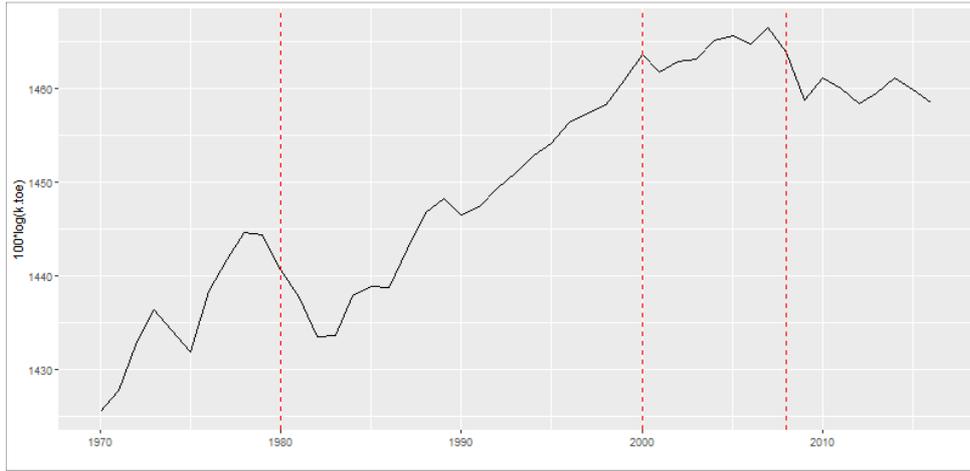


### III 에너지 소비의 구조 변화 추정

- 구조 변화 추정의 대표적인 방법론(Bai-Perron)를 이용하여 주요 선진국 에너지 소비에의 구조 변화 발생 여부와 시기를 추정함
  - Bai and Perron(1998, 2003) 방법론에서 구조 변화란 독립변수의 계수가 기간에 따라 통계적으로 유의한 차이가 발생한 경우를 말하는 것임
  - 본 장에서 이용한 독립변수는 경제(GDP)이므로 구조 변화 시점이 의미하는 바는 에너지와 GDP의 관계(계수)에 통계적으로 유의미한 변화가 발생한 시기를 말하는 것임

- 
- 구조 변화 검정 결과 주요 선진국에서 1980년경과 2000년대 후반(2008년 경)에 에너지 소비의 구조 변화가 공통적으로 발생한 것으로 추정됨
    - 이는 이 두 번의 구조 변화가 국별 요인에 의한 것이 아니라 글로벌한 공통 요인에 기인했음을 의미함
    - 1980년의 구조 변화는 제2차 석유파동(1978~1979)이 2000년대 후반의 구조 변화는 금융위기(2007~2008)에 기인했을 가능성이 큼
  
  - 주요국의 에너지 소비와 경제성장의 관계는 이미 탈동조화로 진입했거나 동조화 정도가 약해져 온 것으로 나타남
    - 본 연구에서는 경제성장과 에너지 소비가 음의 관계를 보이는 경우를 “탈동조화”로, 양의 관계를 보이는 경우를 “동조화”로 정의함
    - 독일은 1980년대 후반부터, 영국은 2000년대 들어, 프랑스는 2000년대 중반부터, 일본은 2000년대 후반부터 탈동조화 현상이 발생한 것으로 추정됨
    - 반면, 캐나다는 동조화를 유지하고 있으나, 동조화의 정도(경제성장과 에너지 소비의 양의 관계)는 과거보다 약해짐
    - 미국의 총에너지는 2000년대 후반 이후 탈동조화가 발생하는 것으로 추정되었으나, 최종에너지에서는 동조화 현상을 유지하고 있음
  
  - 탈동조화가 2008년경 공통적으로 발생한 주요 선진국 에너지 소비의 구조 변화의 직접적인 원인은 아님
    - 주요국에서 동조화의 정도가 과거부터 약해져 오다 탈동조화로 진입한 시기를 고려하면, 탈동조화가 2000년대 후반의 에너지 소비 구조 변화의 직접적인 원인은 아니며, 혹은 구조 변화로 탈동조화가 발생 것도 아닌 것으로 판단됨

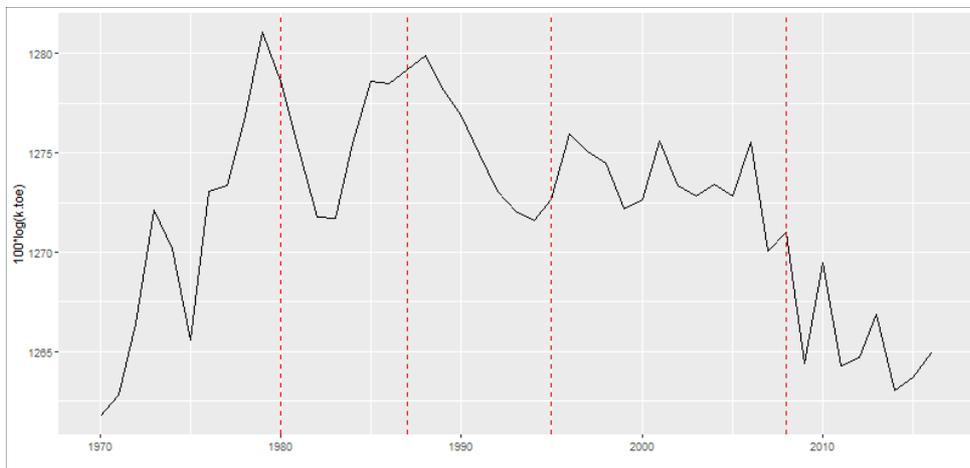
[그림 7] 총에너지 소비 구조 변화(미국)



<표 1> 총에너지 소비 구조 변화 추정 결과(미국)

	상수항	GDP	변화 시점	95% 신뢰구간
구간 1	944.401***	0.569***	1980	1979~1981
구간 2	1033.140***	0.455***	2000	1999~2001
구간 3	1277.310***	0.196**	2008	2007~2009
구간 4	1475.008***	-0.016		

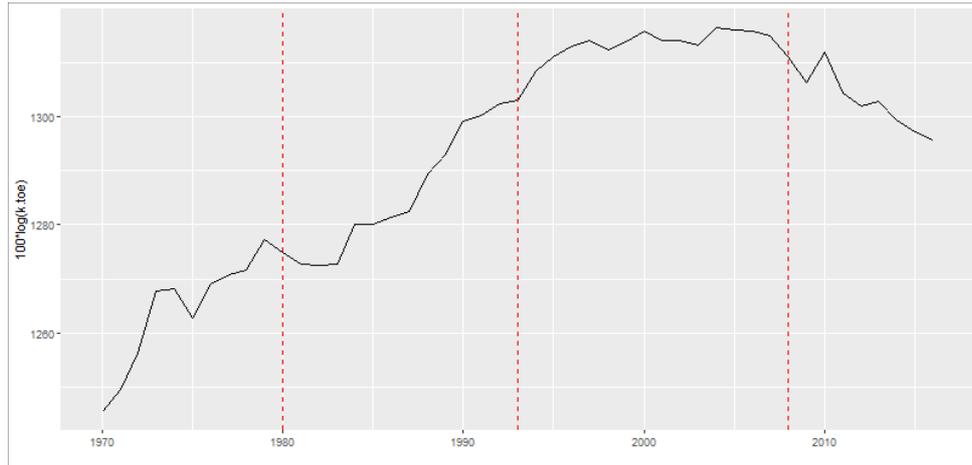
[그림 8] 총에너지 소비 구조 변화(독일)



〈표 2〉 총에너지 소비 구조 변화 추정 결과(독일)

	상수항	GDP	변화 시점	95% 신뢰구간
구간 1	780.635***	0.655***		
			1980	1979~1981
구간 2	752.440***	0.682***		
			1987	1986~1988
구간 3	1618.114***	-0.436**		
			1995	1994~1996
구간 4	1428.160***	-0.192**		
			2008	2006~2009
구간 5	1396.029***	-0.160		

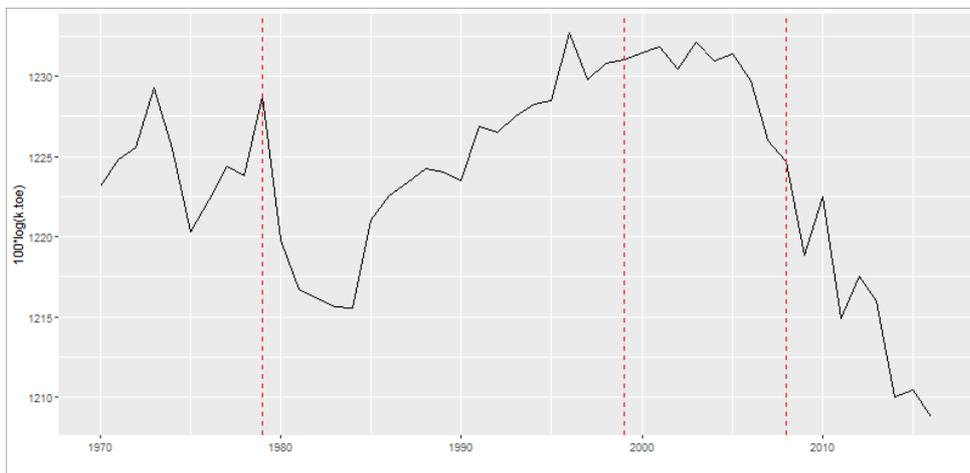
[그림 9] 총에너지 소비 구조 변화(일본)



〈표 3〉 총에너지 소비 구조 변화 추정 결과(일본)

	상수항	GDP	변화 시점	95% 신뢰구간
구간 1	722.551***	0.696***		
			1980	1979~1981
구간 2	720.806***	0.683***		
			1993	1992~1994
구간 3	1086.141***	0.265*		
			2008	2007~2009
구간 4	2382.082***	-1.246***		

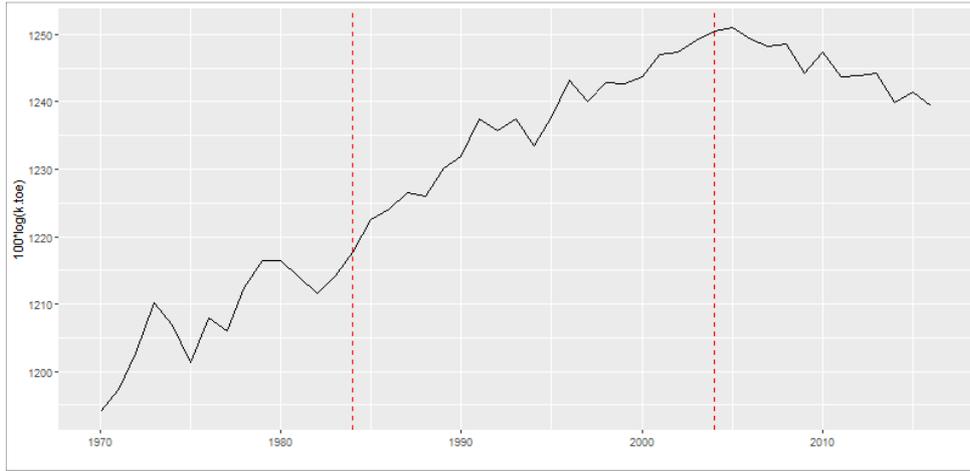
[그림 10] 총에너지 소비 구조 변화(영국)



〈표 4〉 총에너지 소비 구조 변화 추정 결과(영국)

	상수항	GDP	변화 시점	95% 신뢰구간
구간 1	1115.693***	0.155		
			1979	1978~1980
구간 2	983.898***	0.327***		
			1999	1998~2000
구간 3	1447.448***	-0.281**		
			2008	2007~2009
구간 4	1917.979***	-0.897***		

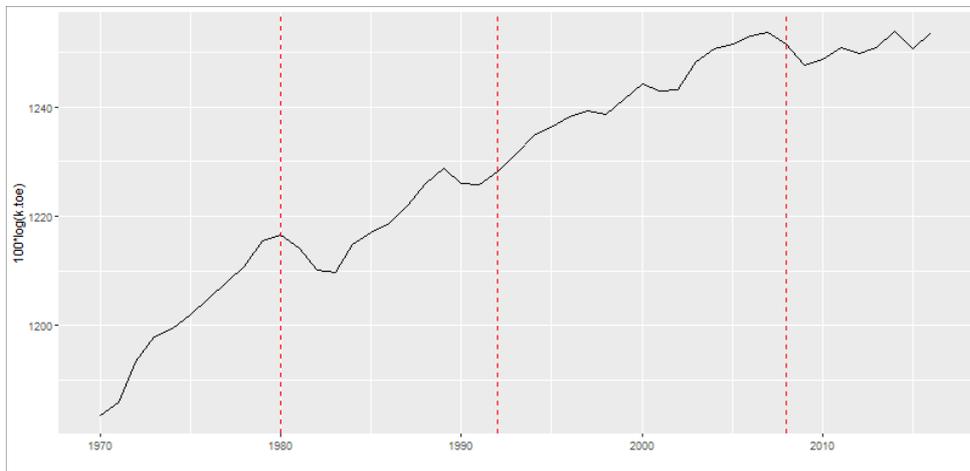
[그림 11] 총에너지 소비 구조 변화(프랑스)



<표 5> 총에너지 소비 구조 변화 추정 결과(프랑스)

	상수항	GDP	변화 시점	95% 신뢰구간
구간 1	852.076***	0.495***	1984	1983~1992
구간 2	763.403***	0.622***	2004	2003~2005
구간 3	2113.147***	-1.100***		

[그림 12] 총에너지 소비 구조 변화(캐나다)



〈표 6〉 총에너지 소비 구조 변화 추정 결과(캐나다)

	상수항	GDP	변화 시점	95% 신뢰구간
구간 1	670.537***	0.820***	1980	1979~1981
구간 2	746.162***	0.695***	1992	1990~1993
구간 3	914.668***	0.458***	2008	2007~2013
구간 4	999.754***	0.337***		

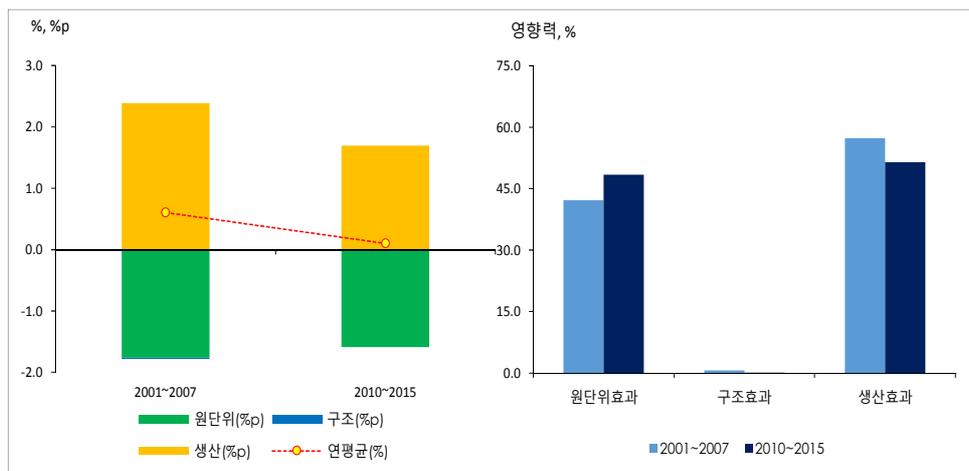
#### IV 구조 변화 전후의 에너지 소비 요인 분해 분석

- 디비지아 분석을 통해 에너지 소비 요인별 영향력이 2000년대 후반의 구조 변화 전후 기간에 대해 어떻게 변했는지 살펴봄
  - 디비지아 분석은 전통적인 3(원단위, 구조, 생산)요인 분해를 이용하였으며, 이를 통해 각 요인에 기인한 에너지 소비 변화량을 계산할 수 있음
  - 기간별 디비지아 분석 결과에 기여율과 기여도의 개념을 적용하여 요인별 상대적 영향력을 계산함
  - 기간별 분석 기간은 글로벌 금융위기로 인한 에너지 소비 변동이 분석의 결과에 미치는 영향을 제거하기 위해 2001~2007년과 2010~2015년으로 설정함

□ 분석 결과 에너지 소비의 상대적 영향력의 크기에 따라 두 개의 그룹으로 나누어 짐

- 첫 번째 그룹은 생산 효과에 의한 에너지 소비가 가장 크게 영향을 받는 그룹으로 이에는 미국과 캐나다가 포함됨
- 두 번째 그룹은 생산 효과 보다는 원단위 효과에 의해 에너지 소비가 더 영향을 받는 그룹으로 영국, 프랑스, 독일, 일본이 포함됨
- 요인분해 분석의 결과와 앞 장의 구조변화 검정 결과를 종합하면, 생산 효과가 에너지 소비에 가장 큰 영향을 미치는 국가에서는 아직까지 에너지 소비와 경제성장과의 동조화가 유지되었으나, 원단위 효과가 더 큰 영향을 미치는 국가는 이미 탈동조화로 진입함

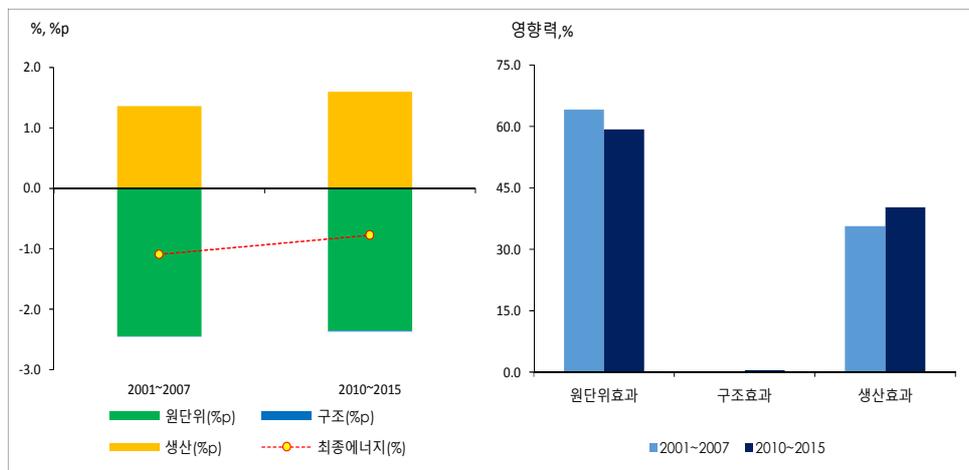
[그림 13] 기간별 요인별 기여도 및 상대적 영향력(미국)



〈표 7〉 기간별 최종에너지 요인별 기여율 및 기여도(미국)

		2001~2007	2010~2015
최종에너지 연평균 증가율(%)		0.61	0.10
기여율(%)	원단위 효과	-290.20	-1561.25
	구조 효과	-4.04	3.06
	생산 효과	394.24	1658.19
기여도(%p)	원단위 효과	-1.76	-1.59
	구조 효과	-0.02	0.00
	생산 효과	2.39	1.69

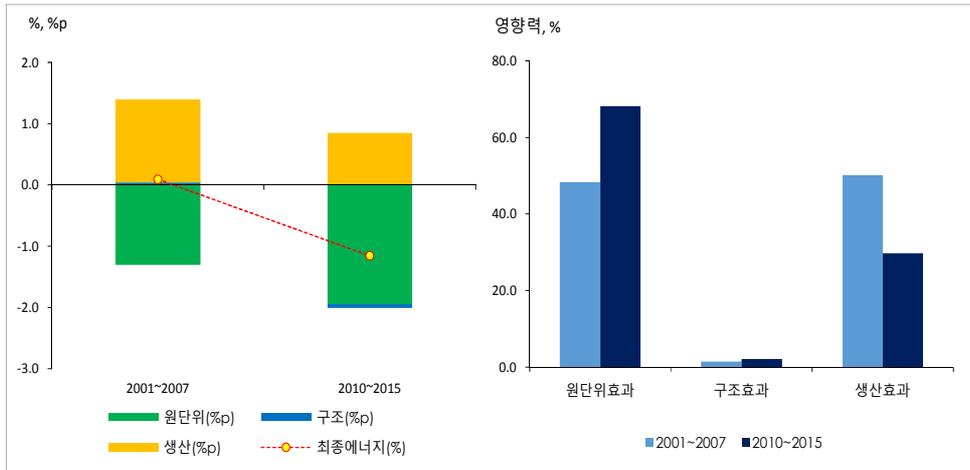
[그림 14] 기간별 요인별 기여도 및 상대적 영향력(독일)



〈표 8〉 기간별 최종에너지 요인별 기여율 및 기여도(독일)

		2001~2007	2010~2015
최종에너지 연평균 증가율(%)		-1.09	-0.77
기여율(%)	원단위 효과	223.38	303.79
	구조 효과	0.93	2.48
	생산 효과	-124.32	-206.27
기여도(%p)	원단위 효과	-2.44	-2.35
	구조 효과	-0.01	-0.02
	생산 효과	1.36	1.60

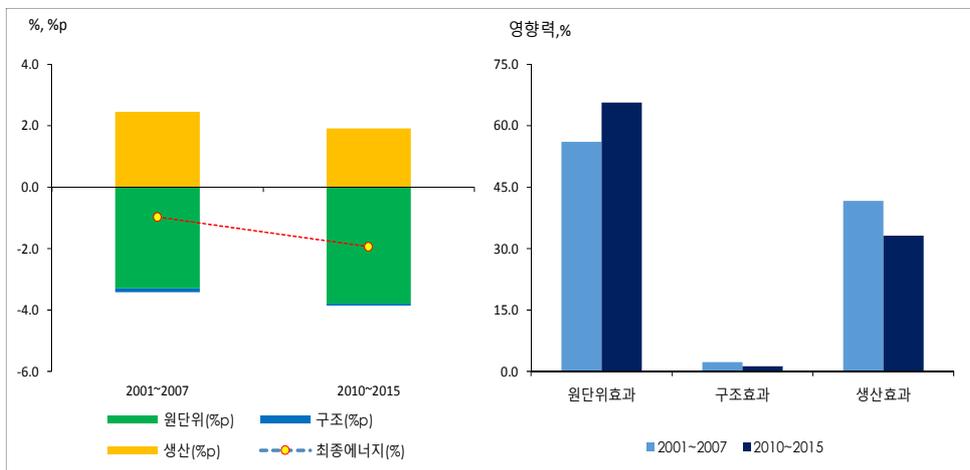
[그림 15] 기간별 요인별 기여도 및 상대적 영향력(일본)



<표 9> 기간별 최종에너지 요인별 기여율 및 기여도(일본)

		2001~2007	2010~2015
최종에너지 연평균 증가율(%)		0.09	-1.16
기여율(%)	원단위 효과	-1,472.30	168.27
	구조 효과	45.05	5.18
	생산 효과	1,527.24	-73.45
기여도(%p)	원단위 효과	-1.31	-1.95
	구조 효과	0.04	-0.06
	생산 효과	1.36	0.85

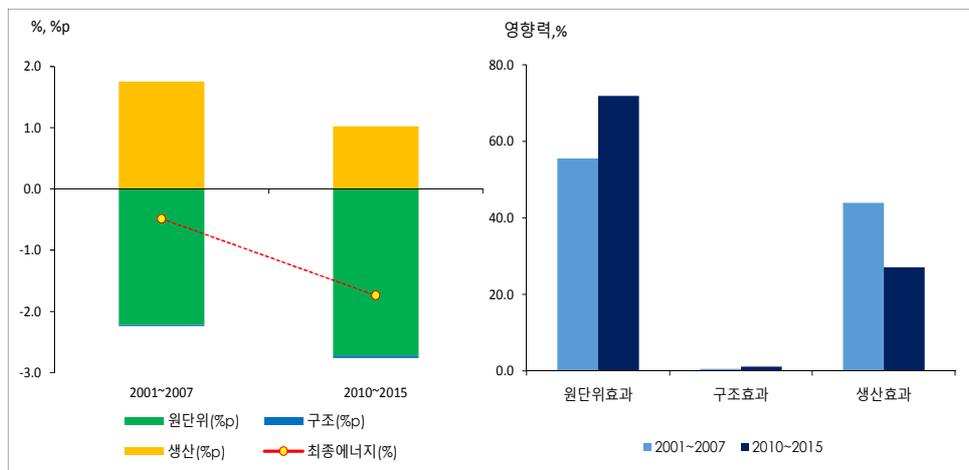
[그림 16] 기간별 요인별 기여도 및 상대적 영향력(영국)



〈표 10〉 기간별 최종에너지 요인별 기여율 및 기여도(영국)

		2001~2007	2010~2015
최종에너지 연평균 증가율(%)		-0.97	-1.94
기여율(%)	원단위 효과	337.87	194.90
	구조 효과	13.42	3.56
	생산 효과	-251.29	-98.46
기여도(%p)	원단위 효과	-3.29	-3.79
	구조 효과	-0.13	-0.07
	생산 효과	2.45	1.91

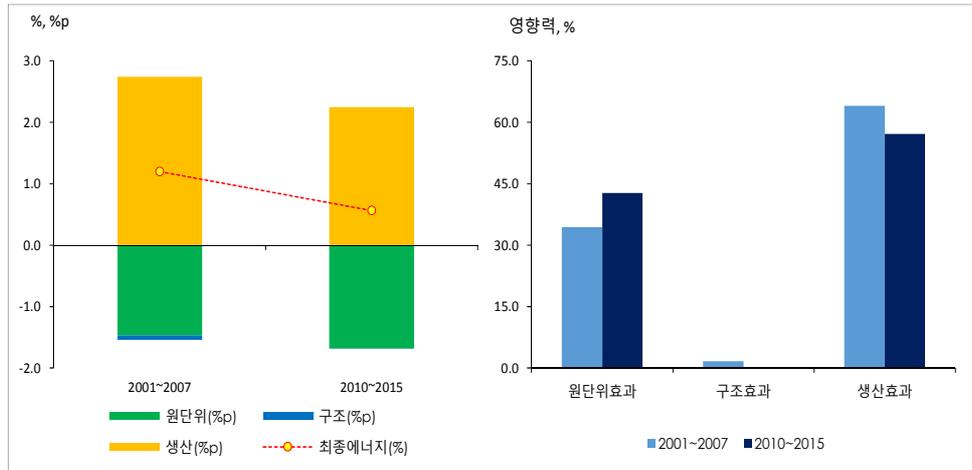
〈그림 17〉 기간별 요인별 기여도 및 상대적 영향력(프랑스)



〈표 11〉 기간별 최종에너지 요인별 기여율 및 기여도(프랑스)

		2001~2007	2010~2015
최종에너지 연평균 증가율(%)		-0.49	-1.74
기여율(%)	원단위 효과	455.44	156.41
	구조 효과	4.48	2.46
	생산 효과	-359.92	-58.87
기여도(%p)	원단위 효과	-2.22	-2.72
	구조 효과	-0.02	-0.04
	생산 효과	1.75	1.02

[그림 18] 기간별 요인별 기여도 및 상대적 영향력(캐나다)



<표 12> 기간별 최종에너지 요인별 기여율 및 기여도(캐나다)

		2001~2007	2010~2015
최종에너지 연평균 증가율(%)		-0.49	-1.74
기여율(%)	원단위 효과	455.44	156.41
	구조 효과	4.48	2.46
	생산 효과	-359.92	-58.87
기여도(%p)	원단위 효과	-2.22	-2.72
	구조 효과	-0.02	-0.04
	생산 효과	1.75	1.02

- 생산 효과의 영향력 축소와 원단위 효과의 영향력 상승은 첫 번째와 두 번째 그룹 모두에서 공통적으로 발생함
  - 독일의 경우 2007년의 에너지 소비 급락 효과로 상반된 결과가 도출된 것처럼 나타났으나, 2007년을 제외하도록 분석 기간을 조정했을 경우 다른 선진국과 동일한 결과를 얻음
  - 이러한 현상은 아직까지 동조화를 유지하고 있는 첫 번째 그룹의 국가도 장기적으로는 탈동조화로 진입할 가능성이 있음을 시사함

- 원단위 효과의 상대적 영향력 상승의 첫 번째 원인으로서는 금융위기 이후의 글로벌 교역량 감소 등에 따른 생산 활동 둔화를 들 수 있음
  - 두 번째 원인으로서는 지구 온난화 문제 해결을 위한 글로벌 협력체계로서 1997년 교토 의정서를 시작으로 2015년 12월의 파리기후협약 및 협약 이행 노력에 따른 에너지 효율 관련 정책 강화 때문으로 파악됨
  - 마지막으로 2005~2014년 기간의 높은 국제 에너지 가격 유지에 따른 에너지 절약과 효율 개선 유인 상승을 들 수 있음
- 2000년대 후반에 주요국에서 공통적으로 발생한 에너지 소비의 구조 변화에는 2000년대 중반부터 시작된 원단위 개선이 큰 역할을 함
- 구조 변화와 요인 분해 분석의 결과를 종합하면, 비록 글로벌 금융위기가 2000년대 후반의 에너지 소비 구조 변화를 촉발했지만, 에너지 원단위 개선이 뒷받침되지 않았더라면 구조 변화가 발생하지 않았거나, 변화 폭이 훨씬 작았을 것임을 의미함

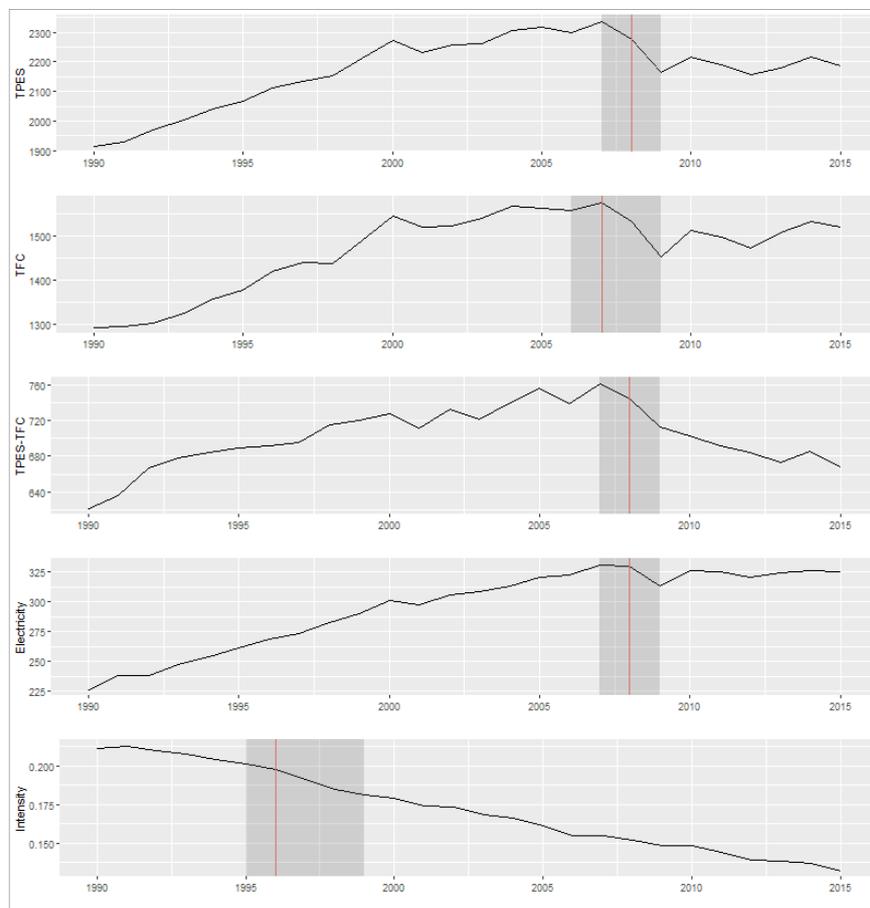
## V

### 미국과 일본의 에너지 소비 변화

- 미국은 원단위를 제외한 총 및 최종에너지, 전환손실, 전력 소비 모두 같은 시기에 구조 변화가 발생함
- 특히, 전력 소비 구조 변화 시기는 전력화(최종에너지에서의 전력 소비 비중) 속도가 급속하게 둔화된 시기와 일치함

- 즉, 2010년대의 전력 소비 정체가 미국 최종에너지의 추세 변화를 이끌었으며, 최종에너지와 전환손실의 구조 변화가 다시 총에너지의 추세 변화를 이끔
- 반면, 미국의 원단위 개선세 유지의 원인은 전력 소비 및 발전용 에너지 소비 변화에 국한된 것이 아님을 의미함

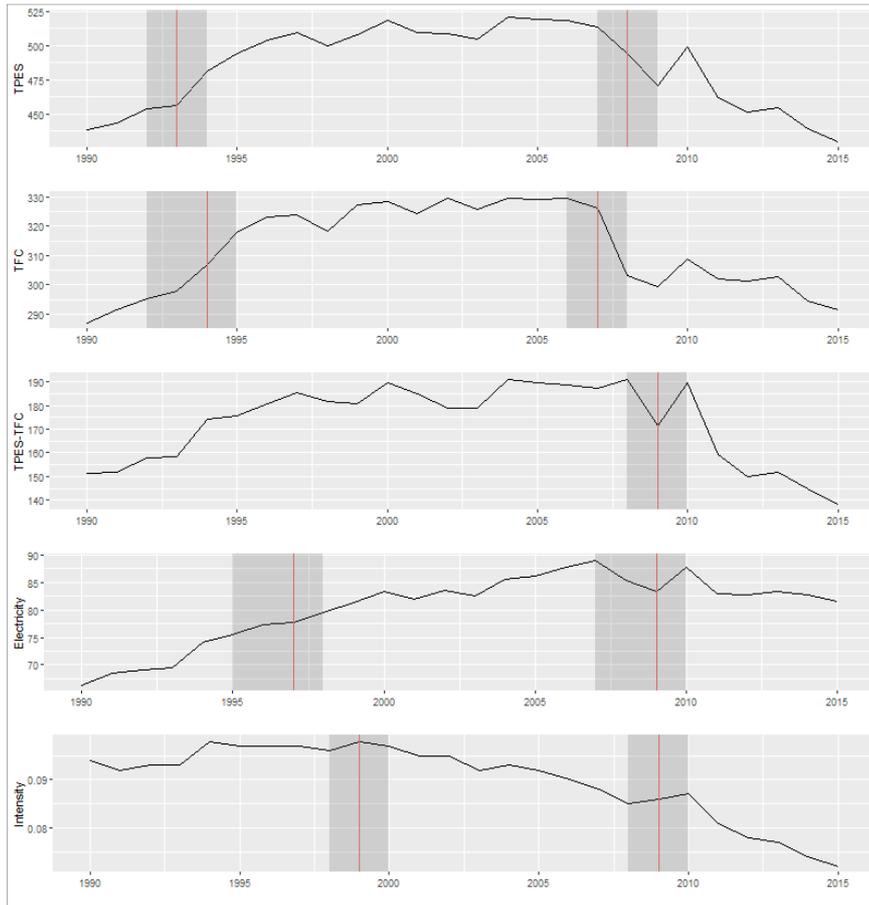
[그림 19] 미국의 주요 에너지 지표 구조 변화 종합



- 그림은 위로부터 총에너지(TPES), 최종에너지(TFC), 전환손실(TPES - TFC), 전력 소비(Electricity), 에너지원단위(Intensity)를 나타냄. 빨간색 실선은 추정된 구조 변화 시기, 회색 구간은 95% 신뢰구간임

- 일본은 원단위를 포함한 모든 에너지 지표에서 거의 같은 시기에 구조 변화가 발생함
  - 일본의 경우도 미국과 마찬가지로 전력 소비의 구조 변화 시기가 전력화의 둔화 시기와 일치함
  - 즉, 2010년대의 전력 소비의 정체 또는 감소세 전환이 최종에너지의 구조 변화로 연결되었고, 이는 다시 전환손실 및 총에너지의 추세 변화로 이어짐
  - 원단위의 경우 미국과 달리 전력과 동일한 시기에 구조 변화가 발생한 것으로 미루어, 원단위 개선세 유지에 전력 및 발전용 에너지 소비가 미국보다는 큰 역할을 함
    - 이는 최종에너지에서 전력 소비가 차지하는 비중이 미국보다 일본이 크기 때문임(2015년 기준 미국과 일본이 전력 소비 비중은 각각 21.4%, 28.0% 임)

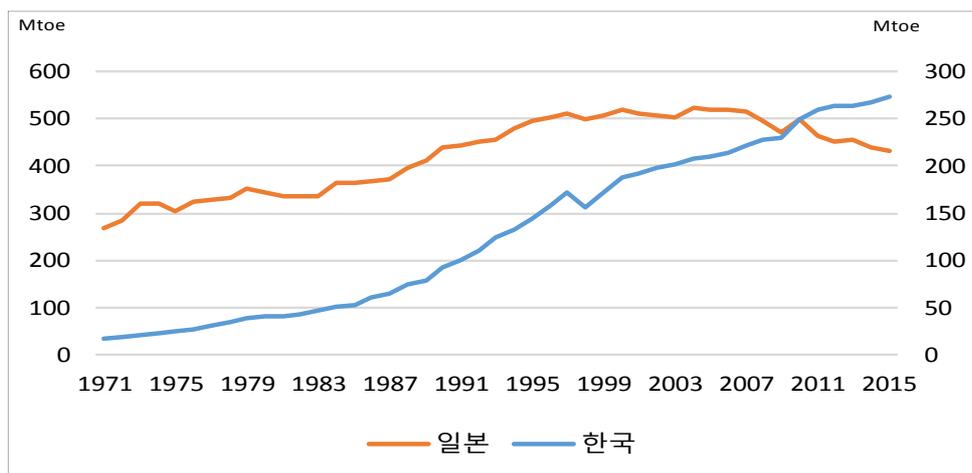
[그림 20] 일본 주요 에너지 지표 구조 변화 종합



- 우리나라의 경제 구조는 일본과 유사한 경로를 따라가고 있지만, 가까운 미래에 일본처럼 에너지 소비가 감소세로 돌아설 가능성은 낮음
  - 일본의 에너지 소비가 빠르게 감소한 것은 후쿠시마 원전 사고 이후 공급불안으로 전력 소비가 감소했기 때문임
  - 우리나라의 경우, 제조업에서 전력 소비가 가장 많은 조립금속업이 반도체 수출 증가 등으로 성장함으로써 생산 효과가 일본보다 상대적으로 에너지 소비에 미치는 영향이 큼

- 앞 장에서 살펴보았듯이 에너지 소비와 경제 성장이 탈동조화로 진입하지 않고 동조화를 유지하고 있는 나라의 공통점은 생산 효과가 에너지 소비의 가장 큰 요인이라는 것임
  - 김철현·강병욱(2017) 등의 연구에 따르면 우리나라의 산업, 서비스 부문 에너지 소비 및 전력 소비에서 가장 큰 영향을 미치는 요인은 생산 효과임
- 단, 우리나라도 주요 선진국처럼 동조화의 정도는 지속적으로 약해질 가능성이 큼
  - 이는 에너지전환 정책 등에 따른 에너지효율의 개선세 지속, 경제 성장에서 서비스업의 역할 상승, 제조업과 서비스업 내에서의 에너지 소비 집약도가 낮은 산업의 상대적 성장 등 때문임

[그림 21] 한국과 일본의 총에너지 소비 비교



- 주요 선진국(미국, 독일, 일본, 영국, 프랑스, 캐나다)의 에너지 소비 구조 변화 시점이 2008년경에서 거의 일치하는 것으로 추정됨
- 주요 선진국에서 에너지 소비와 경제성장과의 양의 관계(동조화)가 공통적으로 약화되고 있는 것으로 분석됨
- 2008년경 구조 변화를 거치며 원단위 효과의 영향력은 커지고 생산 효과의 영향력은 작아졌다는 점은 모든 국가에서 공통적임
- 요컨대, 2000년대 중반부터 원단위 개선세가 양호하게 지속되는 가운데, 금융위기(2008년)가 발발하면서 주요 선진국에서 공통적으로 에너지 소비의 구조 변화가 발생한 것으로 분석됨
- 우리나라도 주요 선진국과 마찬가지로 에너지 소비의 둔화세가 지속할 것으로 보이나, 가까운 미래에 감소세로 전환될 가능성은 크지 않을 것으로 보임
- 향후 에너지 계획 수립을 위한 전망 모형에서는 지속해서 약화되어오고 있는 경제성장과 에너지 수요의 관계가 고려되어야 함

## 〈 참고자료 〉

### 1. 참고문헌

김철현·강병욱(2017), 국내 에너지 소비 변화의 요인 분해 분석, 에너지경제연구원

Bai J., Perron P. (1998), “Estimating and Testing Linear Models With Multiple Structural Changes”, *Econometrica*, 66, 47-78.

Bai J., Perron P. (2003), “Computation and Analysis of Multiple Structural Change Models”, *Journal of Applied Econometrics*, 18, 1-22.



정책 이슈페이퍼 19-17

## 주요 선진국의 에너지 소비 구조변화 분석

---

2019년 6월 27일 인쇄

2019년 6월 28일 발행

저 자 김 철 현 · 박 광 수

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