

에너지효율향상에 영향을 미치는 요인에 대한
기업별 회귀분석과 정책적 시사점:
우리나라 제조업 통계조사

정 용 훈

2012년 12월 18일

에너지경제연구원(KEEI)

목차:

1. 연구 필요성 및 목적
2. 선행연구 현황 및 한계
3. 이론 및 실증분석 방법론
4. 실증분석
5. 결론 및 정책적 시사점

1. 연구 필요성 및 목적

연구 필요성 (1)

- 에너지가격의 지속적인 상승과 기업 및 국가간 경쟁심화의 환경하에서 지속가능한 경제성장을 위한 에너지 효율향상은 매우 중요함
 - 우리나라는 높은 에너지 해외의존도로 에너지안보 측면에서 에너지정책이 안정적 공급에서 효율향상을 통한 수요관리 중심으로 전환이 필수적임
- 에너지효율 향상을 통한 다양한 정책적 목표의 실현가능
 - 에너지소비의 감소는 국가 에너지 안보를 강화 (에너지 안보)
 - 에너지효율 향상은 고갈될 화석연료 등 에너지 자원보존에 기여하고 화석연료 사용의 감소는 환경파괴를 억제 (에너지 자원보존과 환경보호)
 - 에너지효율 향상은 기업생산성 증대 및 비용최소화 기여할 수 있음 (기업 경쟁력 강화)

연구 필요성 (2)

- 효과적인 에너지효율 향상을 위해서는 에너지효율의 정확한 측정과 영향요인에 대한 분석이 선행되어야 함
 - 현재까지 에너지효율 연구는 국가/산업과 같은 집계통계를 활용하여 국가/산업별 상대적 에너지효율을 비교하는데 그침
 - 국가 및 산업별 에너지효율 비교 및 분석은 국가 및 산업을 구성하는 기업의 이질성을 고려하지 않고 있으며, 에너지효율에 영향을 미칠 수 있는 다양한 요소들에 대한 고려가 부족하여 정확한 에너지효율 측정이라고 말하기 어려움
 - 또한, 전세계적으로 기업별 에너지효율 측정과 영향요인에 대한 연구가 매우 부족한 실정임.
- 따라서, 실질적인 에너지효율 향상과 가격체계 및 온실가스 감축을 위한 다양한 에너지정책 수립과 집행을 위한 사업체별 에너지효율 측정과 영향요인에 대한 분석은 매우 중요함

연구 목적

- 본 연구는 우리나라 제조업 Census Data를 활용하여 사업체별 에너지효율을 측정하고, 측정된 에너지효율을 사업체 특성에 따라 비교·분석 및 영향요인을 분석하고자 함
 - 1) 사업체 수준의 패널데이터와 SFA(Stochastic Frontier Approach) 방법론을 활용하여 사업체별 에너지효율을 측정
 - 2) 측정된 사업체별 에너지효율을 기업별 특성(지역, 산업 등)에 따라 분류하여 기존지표인 에너지원단위와 비교·분석
 - 3) 사업체별 에너지효율 측정과 사업체별 특성에 따른 비교·분석 후에 회귀분석을 통하여 사업체 에너지효율에 영향을 미칠 수 있는 요인분석

2. 선행연구 현황 및 한계

선행연구 현황

- 에너지효율 측정을 위한 에너지원단위를 제외한 대표적인 3가지 방법론과 이를 활용한 연구들
 - 자료 포락분석 (DEA, Data Envelopment Analysis)
 - 이재훈 외(2009)는 국내 도로·교통부문에서, 이성인·최도영(2010)는 2-digits 수준의 국내 제조업에서, 구자열·김수철(2011)은 한국과 일본의 17개 광역경제권별로 에너지효율을 분석하였음
 - Kankana Mukherjee (2008)는 1970년부터 2001년까지 미국제조업 전체와 2-digits 산업에 대하여 에너지효율을 측정하고 비교하였으며, Hu and Wang(2006, 2008)는 중국 26개 지역에 대한 에너지효율을 측정하고 지역별 총요소에너지효율 (TEEE) 지수를 제안함.
 - 지수요인분해분석 (IDA, Index Decomposition Analysis)
 - 김수아·김현석(2010)은 가법적 요인분해와 승법적 요인분해를 모두 이용하여 에너지 요인분해를 시도하였으며, 그밖에 박희천(2001), 나인강·이성근(2008), 이성인·최도영(2010)와 같은 다양한 연구가 존재함
 - He et al.(2007)는 중국의 에너지집중도 변화를 측정하여 산업집중도와 효율성의 기여분이 다르다는 것을 보여줬으며, Shau and Narayanan(2010)는 인도 제조업의 에너지집중도 변화를 요인분해 하였음.
 - 확률변경분석 (SFA, Stochastic Frontier Analysis)
 - Buck and Young(2005)는 캐나다 상업빌딩에 대하여 효율적 에너지사용에 미치는 요인에 대한 연구를 하였으며, Boyd(2008)는 1992년부터 1997년까지 미국 제조업 CES 통계를 가지고 옥수수 생산시설을 대상으로 사업체별 에너지효율을 측정함.

선행연구의 한계

- 다양한 국가/산업별 에너지효율에 관한 연구들이 존재하나 대부분의 연구들이 집계(Aggregate)통계를 활용하거나 DEA 방법론에 치중되어 있음
- 기존 에너지효율의 측정방법인 에너지원단위와 DEA를 통해 다양한 정책적 시사점 도출이 가능하나 사업체 수준의 이질성을 고려해야만 하는 에너지효율 측정에는 한계를 내포함.
 - 부가가치만을 활용하여 측정되는 에너지원단위는 에너지사용에 기여할 수 있는 다른 생산요소들을 고려하지 않기 때문에 정확한 에너지효율을 측정한다고 보기 어려움.
 - 다양한 생산요소를 고려하여 에너지효율을 측정할 수 있는 DEA 방법론은 에너지원단위가 내포하고 있는 한계를 극복할 수 있으나, 측정대상간의 이질성을 고려하기 어렵다는 한계를 가지고 있음.
 - 위와 같은 기존 에너지효율 측정방법의 한계로 인해 측정대상의 이질성(Heterogeneity)을 고려하고, 투입물과 산출물 간의 오차 내에 에너지 비효율성을 내포하고 있는 새로운 에너지효율 측정방법이 요구됨

2. 이론 및 실증분석 방법론

이론 및 실증분석 방법론 (1)

- 본 연구에서 사업체별 에너지효율 측정을 위한 SFA를 활용한 이론적 근거는 다음과 같음
- 우선, 아래의 사업체별 이윤극대화 함수로부터 1계도 함수를 활용하여 에너지수요함수를 도출할 수 있음

$$\text{Max } \pi = PY - C(W, Y)$$

$$\text{f.o.c: } X_E^* = X_E(P, W, Y)$$

- 사업체별 에너지수요함수 추정을 위한 기본 계량모형은 다음과 같음

$$e_i = \alpha + \beta_y y_i + x_i \beta_x + v_i - u_i(z_i; \delta), u_i(z_i; \delta) \geq 0$$

- e, y, x 는 각각 사업체별 에너지사용량, 산출량, 생산요소(노동, 자본) 벡터의 자연로그임.
- 오차항 u 는 기술적 비효율성을 나타내는 변수로 반정규분포를 가정함.

이론 및 실증분석 방법론 (2)

- SFA를 활용한 계량분석은 MLE(Maximum Likelihood Estimation)을 활용
- 회귀분석을 활용한 사업체별 에너지효율은 다음과 같이 측정됨.

$$\epsilon_i = v_i - u_i \quad u_i \sim N^+(\mu, \sigma_u^2) \quad v_i \sim N(0, \sigma_v^2)$$

$$e_i - (\alpha + \beta_y y_i + x_i \beta_x + v_i) = -u_i$$

- 측정된 사업체별 에너지효율은 기존 에너지효율 지표인 에너지원단위와 지역별, 산업별로 비교·분석됨
- 사업체별 에너지효율에 사업체별 특성을 고려한 정책변수들이 미치는 영향에 대해 분석함.
 - 사업체별 에너지효율 = G(정책변수들)
 - 정책변수들 : 사업체의 나이, 수출여부, 시장구조, 노동 및 자본 집약도, 총에너지 중 전력사용 비중 등

3. 실증분석

사업체 통계확보 및 기초통계량

확보된 사업체 통계 개요 (1)

- 본 연구를 위하여 확보한 통계는 우리나라 5인 이상 사업체를 모두 조사한 광공업통계로서 1990년부터 1999년까지의 기간을 확보함
 - 향후 기간의 확장 및 신뢰성이 높은 통계의 확보가 필요함
- 본 통계는 사업체별 산출물과 투입물에 대한 자세한 자료를 내포하고 있어 회귀방정식을 통한 사업체별 에너지효율 측정을 가능하게 해줌

확보된 사업체 통계 개요 (2)

- 본 연구에 활용될 주요 변수들(산출물과 투입물)
 - 부가가치 - 생산액에서 원재료비, 연료비, 전력비, 용수비, 외주가공비 및 수선비 등 주요 생산비를 공제한 것. 따라서 이 부가가치(센서스 부가가치)는 국민계정상의 부가가치와는 산출방법의 차이로 인해 일치하지 않음
 - 유형자산(자본) - 토지와 1년 이상의 내구성 있는 건물, 구축물, 기계장치, 기구, 비품, 차량, 운반구 및 선박 등을 의미함
 - 종사자수(노동) - 자영업주, 무급가족종사자, 피고용자(생산직, 사무직 등), 파견 받은 종사자를 종사상 지위별로 연말과 조업기간 중 월평균 기준으로 각각 해당 사업체의 종사자수를 조사
 - 전력비 - 1년간 생산을 위하여 사용한 구입전력의 요금 및 사무실용 전등요금과 2003년에 지출한 요금으로서 미지급된 것도 여기에 포함
 - 연료비 - 1년간 가열료(난방 포함), 동력 및 자가발전용으로 사용한 모든 연료의 구입가

사업체 통계의 실질화

- 1990년부터 1999년까지 5인 이상 사업체별 제조업 통계의 값들은 명목변수이기 때문에 적절한 물가지수를 활용하여 실질변수로 전환해야 함
 - 명목변수의 실질변수로의 전환에서 집계오류를 가능한 한 최소화 하기 위하여 2-digit의 산업분류에서 실행
- 활용된 물가지수 통계는 생산자물가지수(PPI), 총고정자본디플레이터, 에너지 및 전력 물가지수임
 - 명목변수를 실질변수로 전환하기 위해 사용될 물가지수들은 2-digits의 산업분류로 나누어지는 생산자물가지수, 사업체 자본의 실질화를 위한 총고정자본 Deflator, 마지막으로 연료와 전력비를 실질화하기 위한 에너지 및 전력 물가지수를 고려함
 - 연료비의 경우 실질화를 위하여 에너지가격지수를 그대로 활용하지만, 전력비의 경우 전력요금 상승을 억제하고 있는 우리나라 전력산업 구조를 고려하여 산업용전력에 대한 생산자물가지수를 별도로 고려함

기초통계량

- Data summary 기초통계량 (실질, 1990-1999)

		Log_total_energy	Log_p	Log_worker_total	Log_xka	Log_energy_p
		총에너지사용량에 로그를 취한 값	총생산량에 로그를 취한 값	총종사자수에 로그를 취한 값	연초와 연말 유형고정자산 평균값 에 로그를 취한 값	에너지원단위에 로그를 취한 값
year	Obs	Mean (Stv)	Mean (Stv)	Mean (Stv)	Mean (Stv)	Mean (Stv)
전기간	823074	2.097 (1.483)	6.321 (1.479)	2.677 (0.966)	5.121 (1.802)	-4.223 (1.114)
1990	65041	2.052 (1.478)	6.095 (1.506)	2.928 (1.026)	4.91 (1.742)	-4.043 (1.102)
1991	69262	2.085 (1.459)	6.175 (1.484)	2.856 (1.009)	5.022 (1.746)	-4.09 (1.097)
1992	72030	2.069 (1.463)	6.221 (1.473)	2.798 (0.995)	5.136 (1.728)	-4.151 (1.111)
1993	85804	1.971 (1.455)	6.193 (1.438)	2.696 (0.957)	4.993 (1.809)	-4.222 (1.100)
1994	88615	2.079 (1.443)	6.298 (1.437)	2.68 (0.953)	5.074 (1.803)	-4.219 (1.085)
1995	92773	2.072 (1.470)	6.344 (1.458)	2.625 (0.948)	5.111 (1.818)	-4.272 (1.111)
1996	94549	2.131 (1.468)	6.43 (1.442)	2.599 (0.936)	5.222 (1.788)	-4.299 (1.099)
1997	89635	2.181 (1.498)	6.478 (1.477)	2.56 (0.939)	5.288 (1.810)	-4.298 (1.120)
1998	77431	2.157 (1.537)	6.403 (1.518)	2.582 (0.932)	5.202 (1.861)	-4.246 (1.133)
1999	87934	2.155 (1.541)	6.454 (1.517)	2.57 (0.924)	5.174 (1.845)	-4.299 (1.149)

SFA 방법론을 활용한 에너지효율 측정

회귀분석

- SFA를 활용하여 에너지효율을 추정한 회귀분석 결과

	Coef (S.E)
Log(총 생산량)	0.365*** (0.001)
Log(총 종사자수)	0.230*** (0.002)
Log(총 자본)	0.203*** (0.0009)
연도	0.010*** (0.0003)
상수	-17.543 (27.209)
/mu	5.005 (27.201)
lnsigma2	-0.165*** (0.002)
/iltgamma	0.370*** (0.004)
sigma2	0.847 (0.001)
gamma	0.591 (0.001)
sigma_u2	0.501 (0.0019)
sigma_v2	0.346 (0.0006)

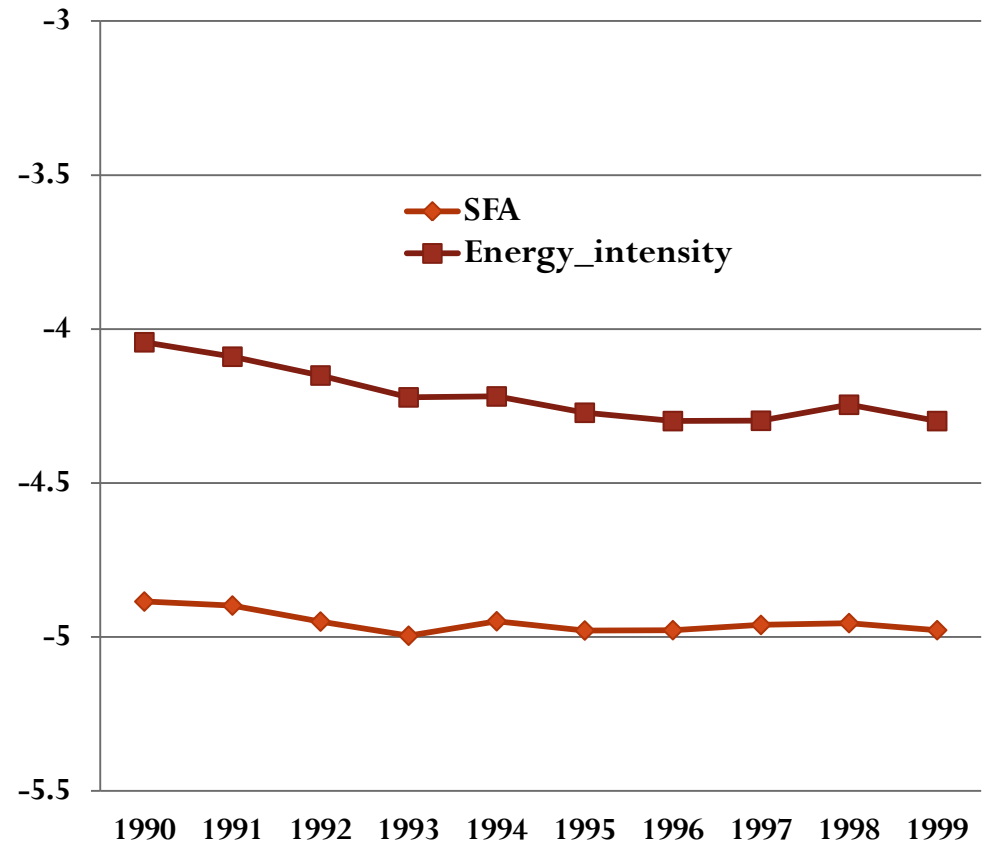
* : 10% ** : 5% ***: 1% significance level

에너지원단위와 SFA 에너지효율 비교

연도별 SFA 에너지효율과 에너지원단위 비교

- SFA의 에너지효율이 에너지원단위에 비해 높은 에너지효율을 보임
- SFA의 에너지효율의 추세는 에너지원단위의 추세와 다른 모습으로 에너지원단위에 비해 많이 개선되고 있지 않은 모습을 보임

		SFA	Energy_intensity
	Obs	Mean (Stv)	Mean (Stv)
전기간	823074	-4.956 (0.956)	-4.223 (1.114)
1990	65041	-4.885 (0.932)	-4.043 (1.102)
1991	69262	-4.898 (0.926)	-4.09 (1.097)
1992	72030	-4.95 (0.937)	-4.151 (1.110)
1993	85804	-4.996 (0.933)	-4.222 (1.101)
1994	88615	-4.949 (0.921)	-4.219 (1.085)
1995	92773	-4.979 (0.941)	-4.272 (1.112)
1996	94549	-4.978 (0.935)	-4.299 (1.099)
1997	89635	-4.961 (0.953)	-4.298 (1.120)
1998	77431	-4.955 (0.968)	-4.246 (1.133)
1999	87934	-4.978 (0.986)	-4.299 (1.149)



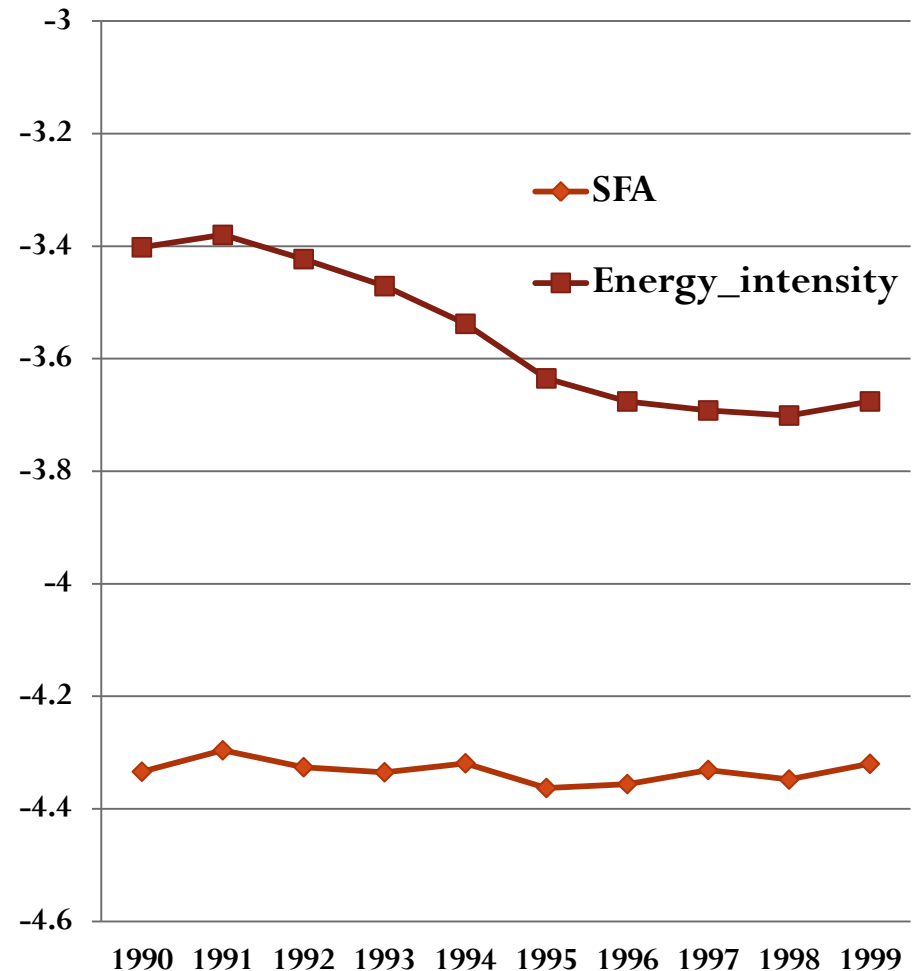
2-digits 산업별 에너지효율 비교

- 2-digits 산업별 에너지원단위와 SFA를 활용한 에너지효율의 비교·분석 결과는 다음과 같음
 - 담배제조업(16)을 제외하고 SFA를 활용하여 측정된 에너지효율이 에너지원단위에 비해 전반적으로 높은 에너지효율을 보이고 있음
 - 두 에너지효율이 비슷한 추이를 보이는 산업들 : 봉제의복 및 모피제품(18), 펄프, 종이 및 종이제품(21), 출판, 인쇄 및 기록매체 복제업(22), 코크스, 석유정제품 및 핵연료 제조업(23), 화합물 및 화학제품(24), 고무 및 플라스틱(25), 기타 전기기계 및 전기변환장치(31), 의료, 정밀, 광학기기 및 시계(33), 가구 및 기타제품(36)
 - 두 에너지효율이 다른 추이를 보이는 산업들 : 비금속광물제품(26), 제1차 금속(27), 조립금속제품(28), 기타 기계 및 장비(29), 컴퓨터 및 사무용 기기(30), 전자부품, 영상, 음향 및 통신장비(32), 자동차 및 트레일러(34)
- 활용되는 에너지효율 지표에 따라 에너지효율 정책 수립 및 집행의 방향이 많이 달라질 수 있음
 - 연도에 따른 두 에너지효율의 산업별 에너지효율 수준의 순위변동은 상당한 차이가 있음

2-digits 산업별 에너지효율 비교

- 비금속광물제품 제조업(26)

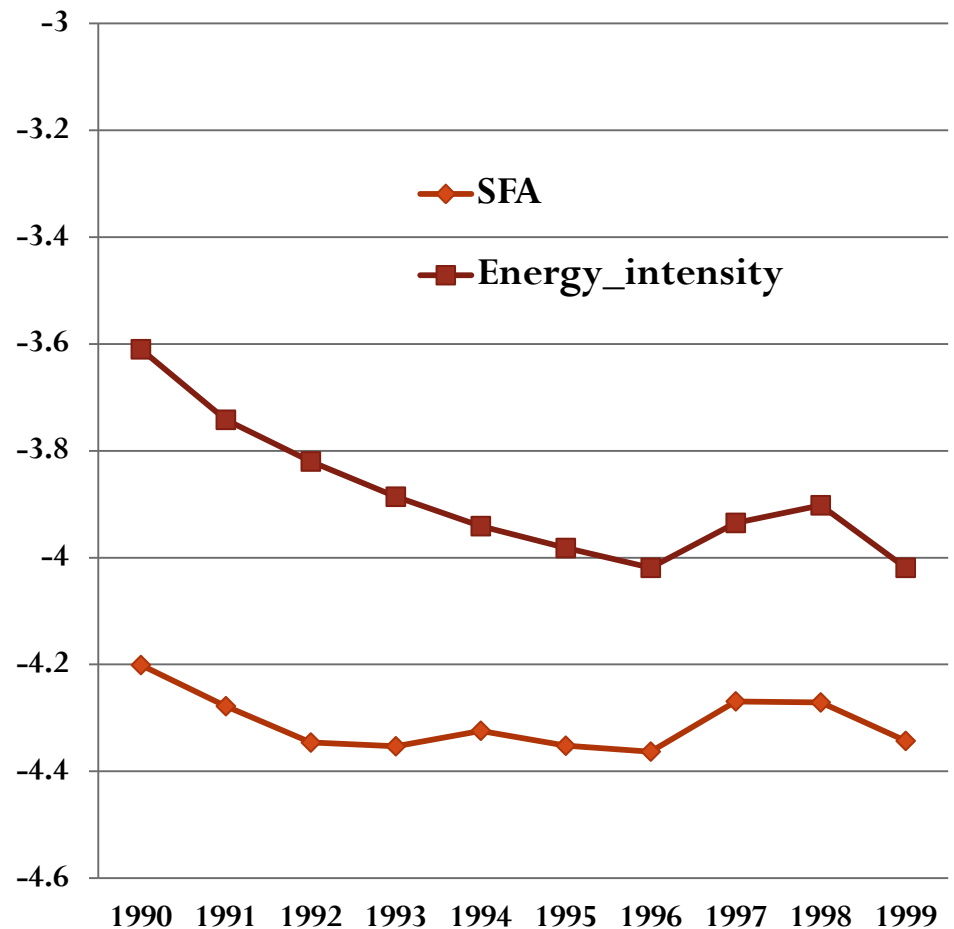
		26	26
		SFA	Energy_intensity
year	Obs	Mean	Mean
all	40960	-4.334	-3.558
1990	3578	-4.334	-3.402
1991	4026	-4.296	-3.38
1992	4247	-4.326	-3.423
1993	4565	-4.335	-3.471
1994	4560	-4.319	-3.538
1995	4579	-4.363	-3.635
1996	4484	-4.356	-3.676
1997	4102	-4.331	-3.692
1998	3318	-4.348	-3.701
1999	3501	-4.32	-3.676



2-digits 산업별 에너지효율 비교

- 제 1차 금속산업(27)

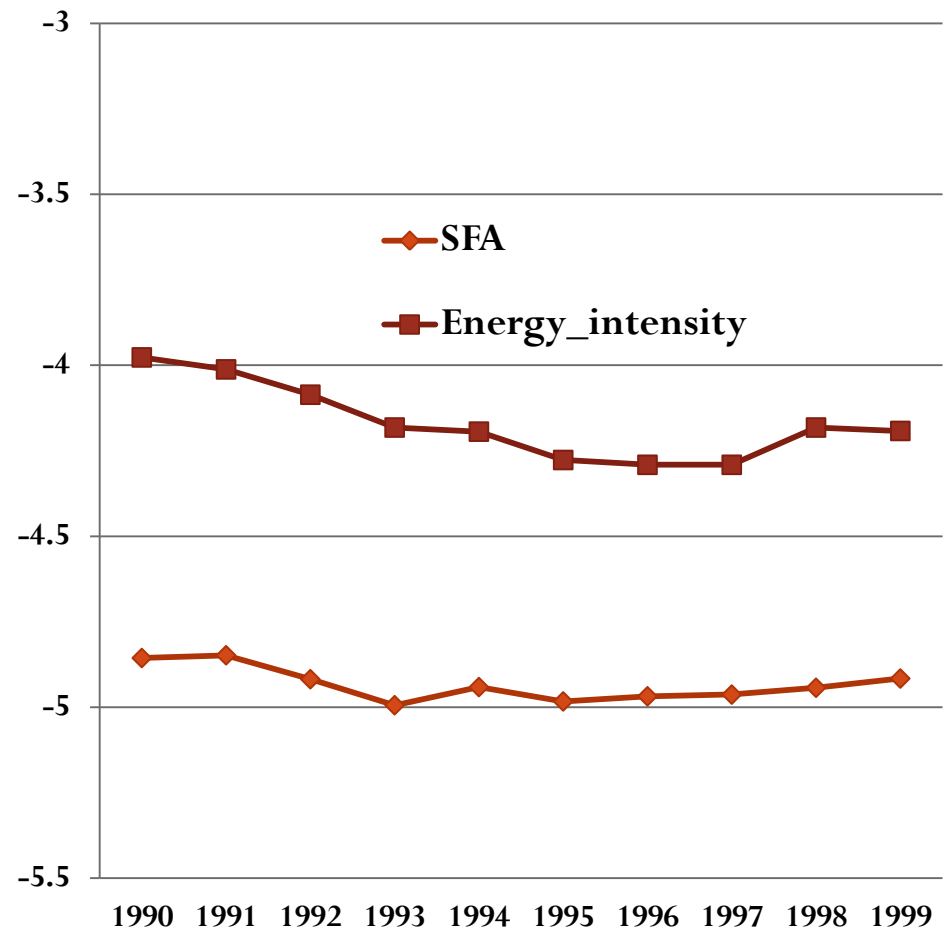
		27	27
		SFA	Energy_intensity
year	Obs	Mean	Mean
all	19158	-4.312	-3.892
1990	1779	-4.201	-3.61
1991	1768	-4.278	-3.742
1992	1807	-4.346	-3.82
1993	1936	-4.353	-3.886
1994	1879	-4.324	-3.941
1995	2021	-4.352	-3.982
1996	2032	-4.363	-4.019
1997	1950	-4.269	-3.935
1998	1864	-4.271	-3.902
1999	2122	-4.343	-4.019



2-digits 산업별 에너지효율 비교

- 조립금속제품 제조업; 기계 및 가구 제외(28)

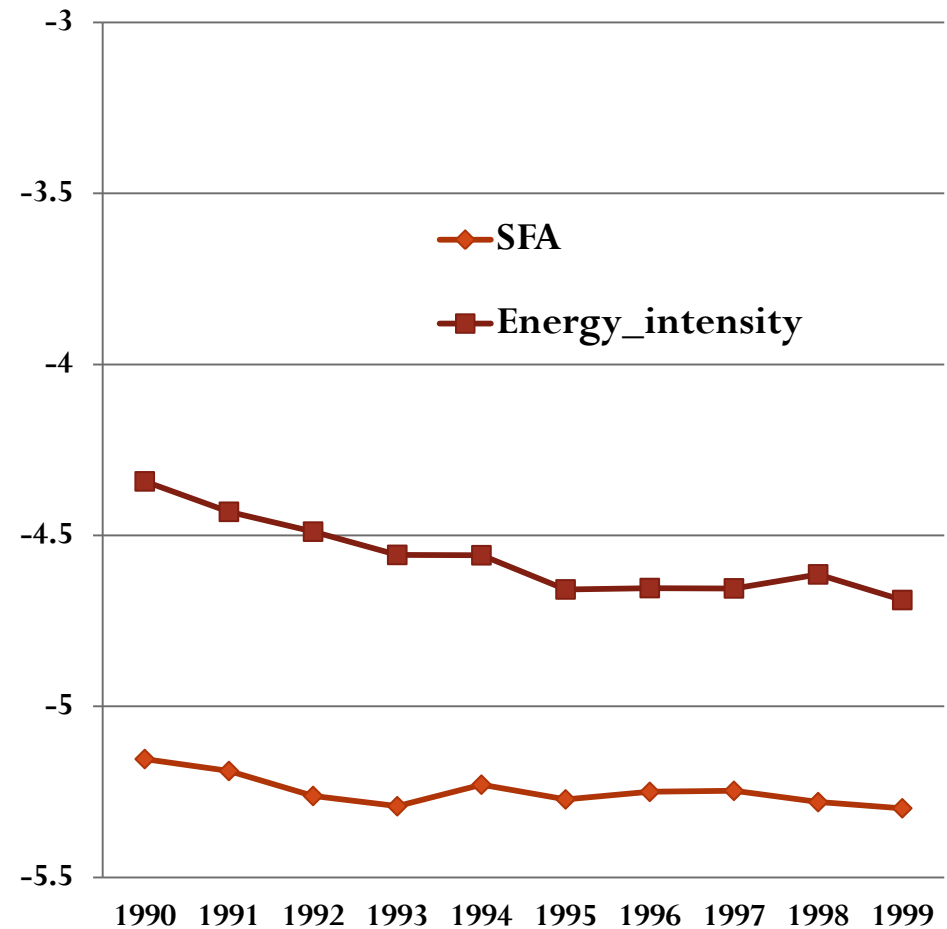
		28	28
		SFA	Energy_intensity
year	Obs	Mean	Mean
all	78105	-4.941	-4.191
1990	4790	-4.856	-3.977
1991	5479	-4.848	-4.012
1992	5964	-4.918	-4.086
1993	8002	-4.994	-4.182
1994	8477	-4.941	-4.194
1995	9238	-4.983	-4.277
1996	9773	-4.968	-4.291
1997	9580	-4.963	-4.291
1998	7721	-4.943	-4.182
1999	9081	-4.916	-4.192



2-digits 산업별 에너지효율 비교

- 기타 기계 및 장비 제조업(29)

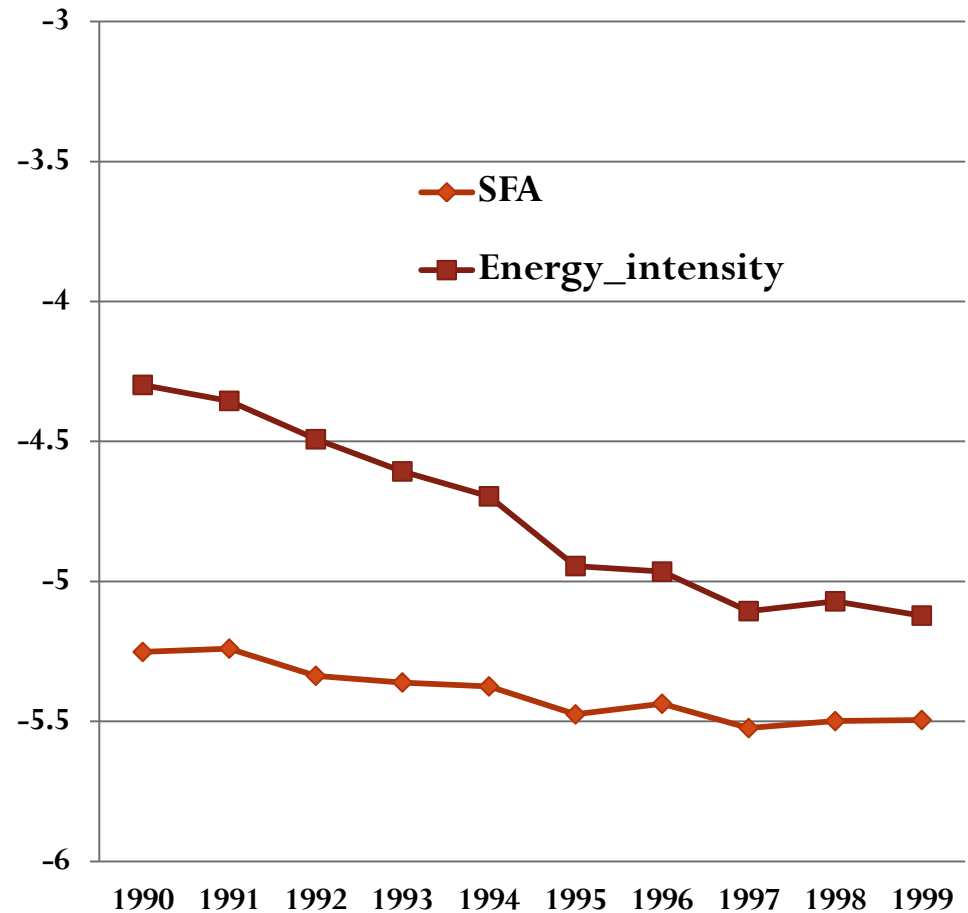
		29	29
		SFA	Energy_intensity
year	Obs	Mean	Mean
all	1E+05	-5.252	-4.580
1990	7569	-5.154	-4.342
1991	8498	-5.189	-4.431
1992	9046	-5.262	-4.489
1993	10961	-5.292	-4.557
1994	11310	-5.229	-4.558
1995	12028	-5.272	-4.658
1996	12628	-5.25	-4.654
1997	11924	-5.247	-4.655
1998	10061	-5.28	-4.614
1999	11401	-5.298	-4.689



2-digits 산업별 에너지효율 비교

- 컴퓨터 및 사무용 기기 제조업(30)

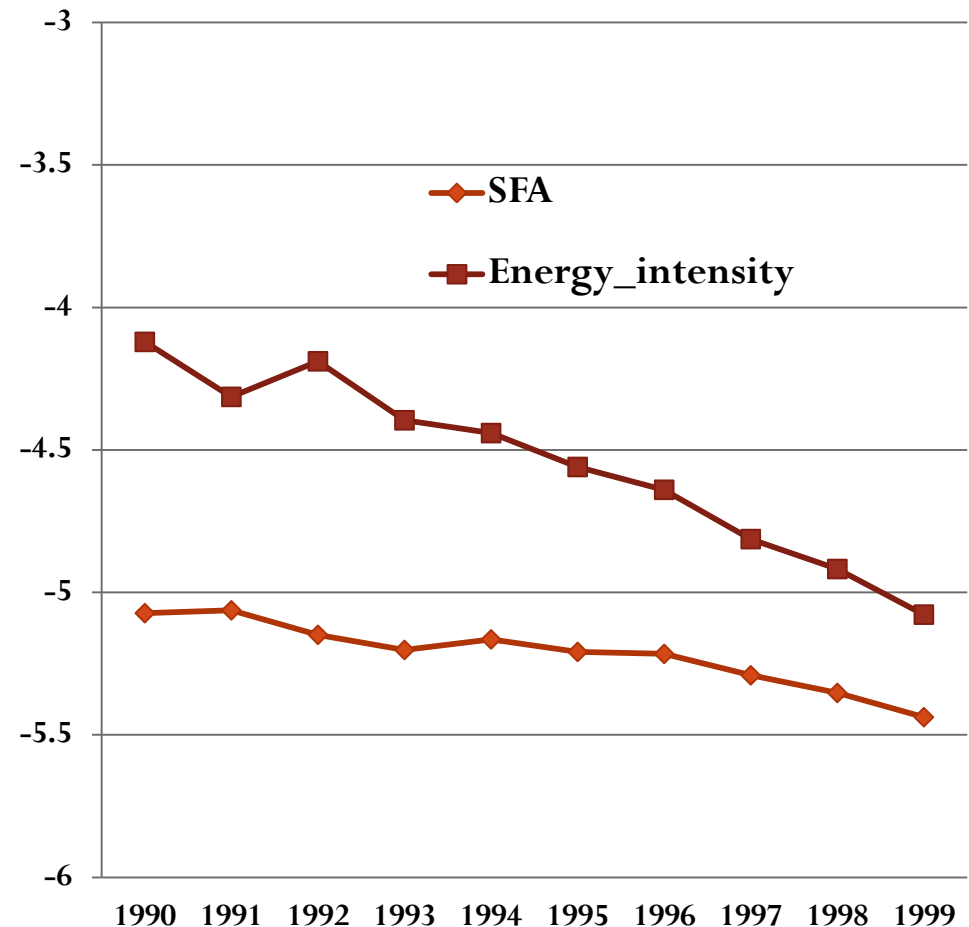
		30	30
		SFA	Energy_intensity
year	Obs	Mean	Mean
all	5162	-5.421	-4.832
1990	275	-5.252	-4.298
1991	366	-5.24	-4.355
1992	398	-5.337	-4.492
1993	494	-5.361	-4.607
1994	569	-5.375	-4.696
1995	634	-5.475	-4.945
1996	601	-5.437	-4.965
1997	589	-5.524	-5.106
1998	552	-5.499	-5.071
1999	684	-5.495	-5.122



2-digits 산업별 에너지효율 비교

- 전자부품, 영상, 음향 및 통신장비 제조업(32)

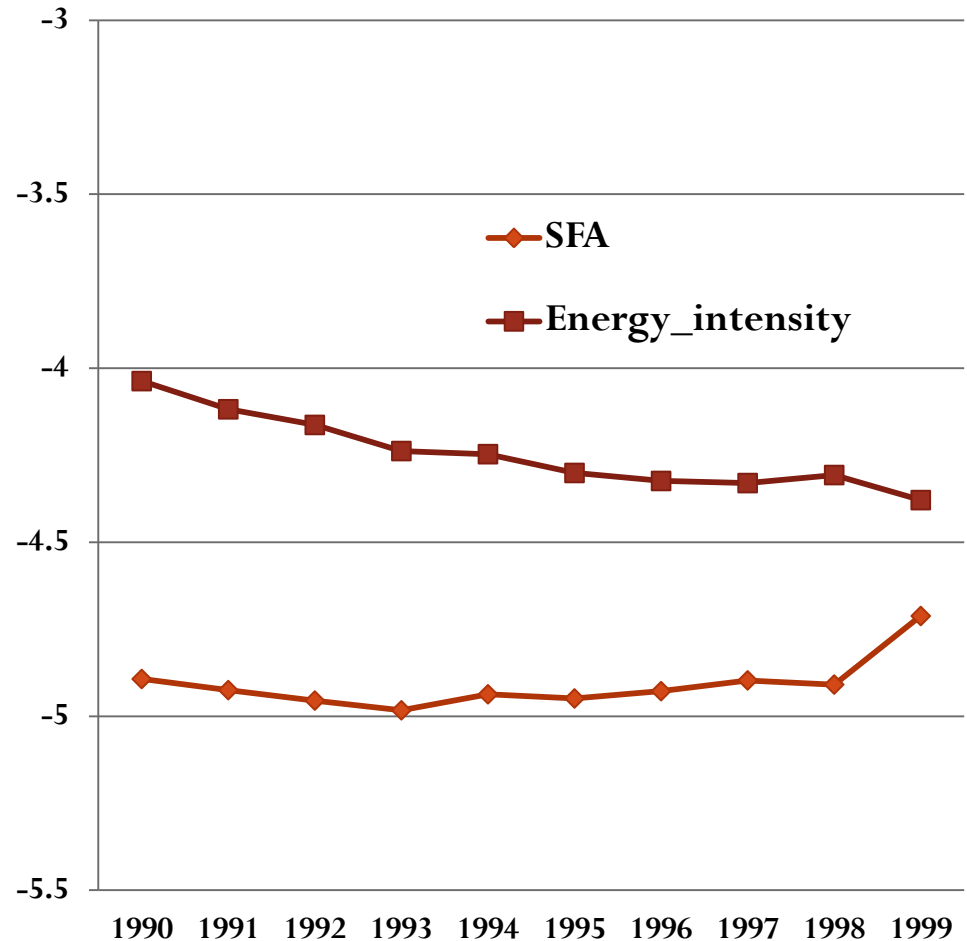
		32	32
		SFA	Energy_intensity
year	Obs	Mean	Mean
all	31861	-5.216	-4.548
1990	3015	-5.073	-4.121
1991	3065	-5.063	-4.314
1992	3039	-5.149	-4.189
1993	3294	-5.202	-4.396
1994	3346	-5.165	-4.441
1995	3438	-5.209	-4.56
1996	3485	-5.216	-4.64
1997	3163	-5.291	-4.813
1998	2750	-5.353	-4.918
1999	3266	-5.438	-5.078



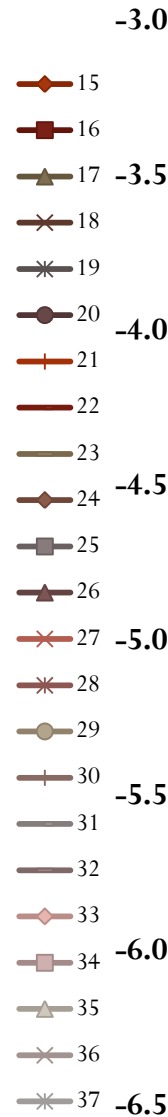
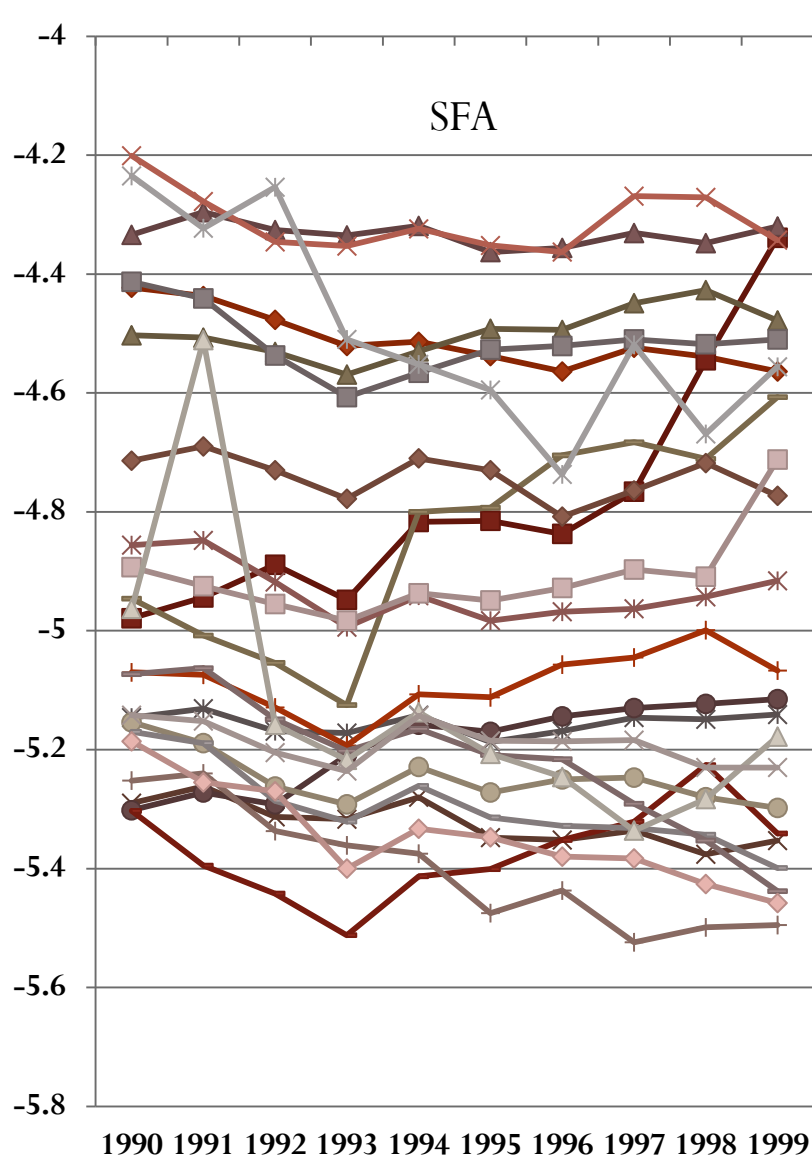
2-digits 산업별 에너지효율 비교

- 자동차 및 트레일러 제조업(34)

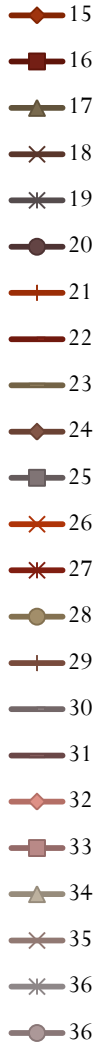
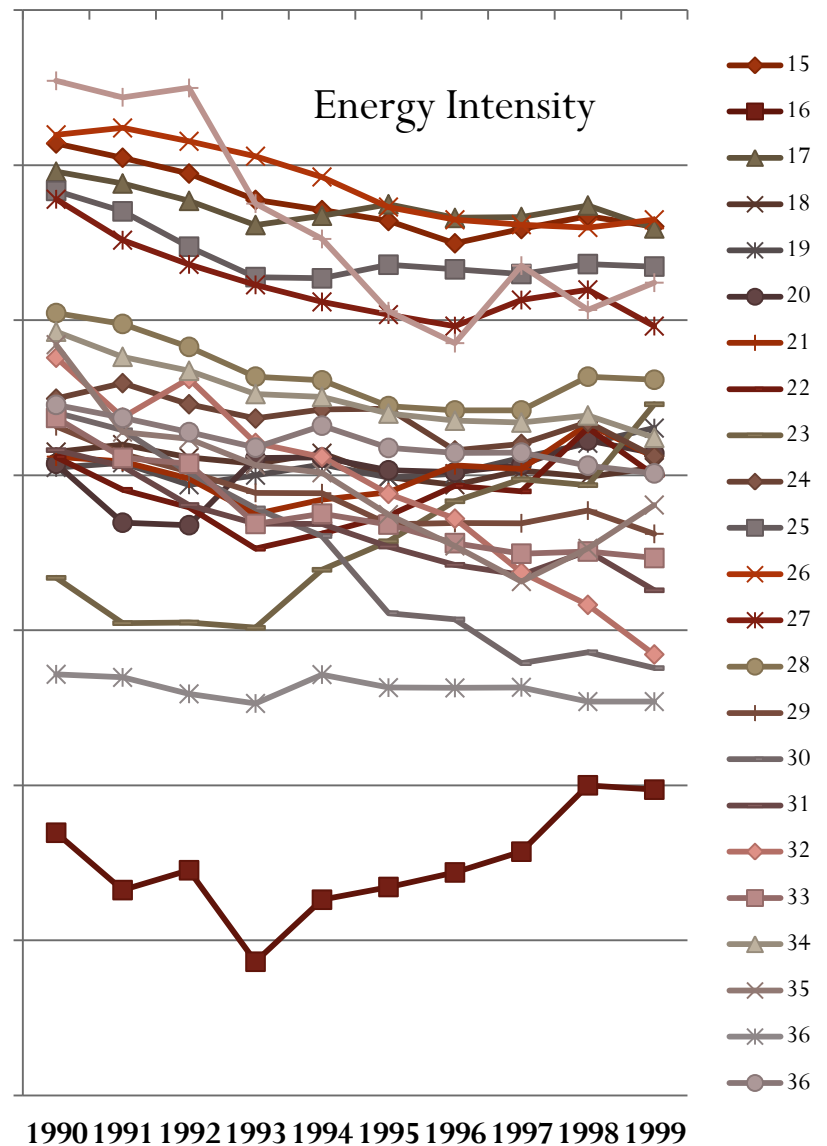
		34	34
		SFA	Energy_intensity
year	Obs	Mean	Mean
all	26719	-4.929	-4.257
1990	2084	-4.893	-4.037
1991	2243	-4.925	-4.118
1992	2357	-4.955	-4.163
1993	2595	-4.983	-4.238
1994	2728	-4.937	-4.247
1995	3001	-4.949	-4.301
1996	3265	-4.928	-4.324
1997	2997	-4.897	-4.33
1998	2545	-4.909	-4.307
1999	2904	-4.712	-4.379



2-digits 산업별 에너지효율 비교



-3.0



-6.5

지역별 에너지효율 비교

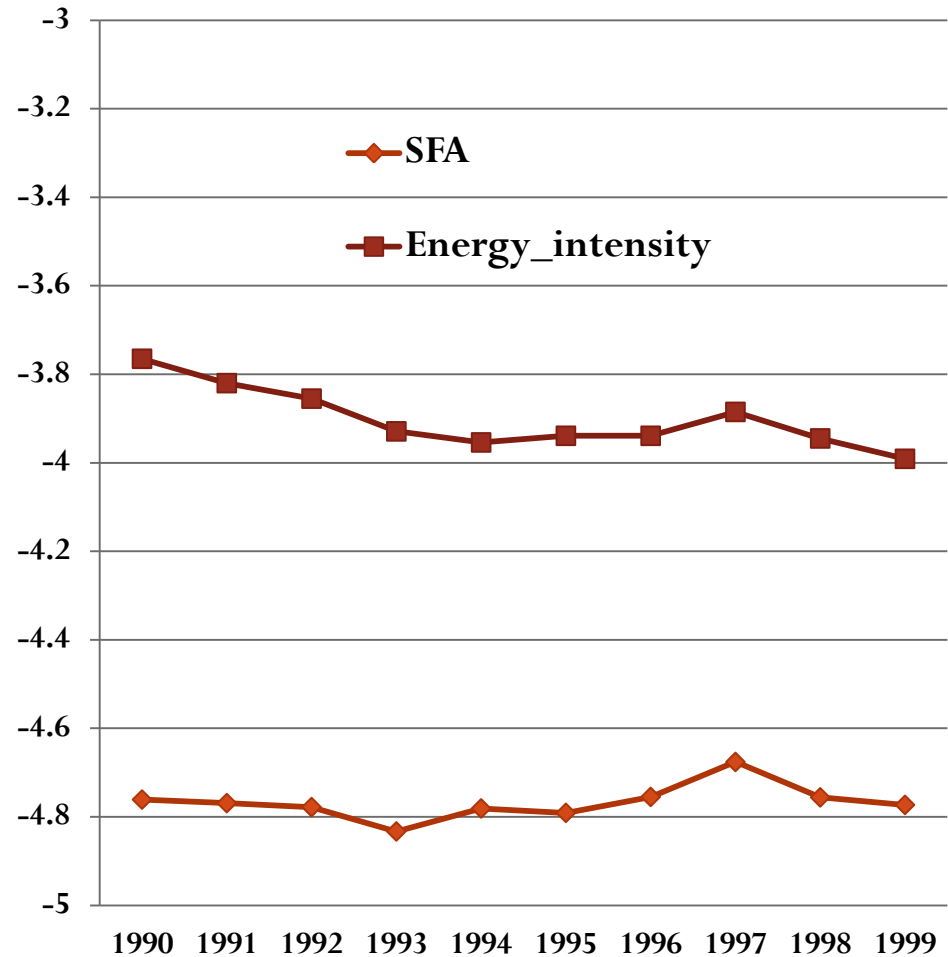
지역별 에너지효율 비교

- 지역별 에너지원단위와 SFA를 활용한 에너지효율의 비교·분석 결과는 다음과 같음
 - SFA를 활용하여 측정된 에너지효율과 에너지원단위의 추이가 같은 모습을 보이더라도 정도와 수준 측면에서 많은 차이를 보이고 있으며, 몇몇 지역의 경우는 완전히 반대의 모습을 나타냄
 - 두 에너지효율이 비슷한 추이를 보이는 지역들 : 서울특별시, 부산광역시, 대구광역시, 인천광역시, 경기도, 충청북도, 충청남도, 전라남도, 경상남도
 - 두 에너지효율이 다른 추이를 보이는 지역들 : 강원도, 전라북도, 경상북도, 제주도
- 활용되는 에너지효율 지표에 따라 에너지효율 정책 수립 및 집행의 방향이 많이 달라질 수 있음
 - 연도에 따른 두 에너지효율의 지역별 에너지효율 수준의 순위변동은 상당한 차이가 있음

지역별 에너지효율 비교

- 강원도(32)

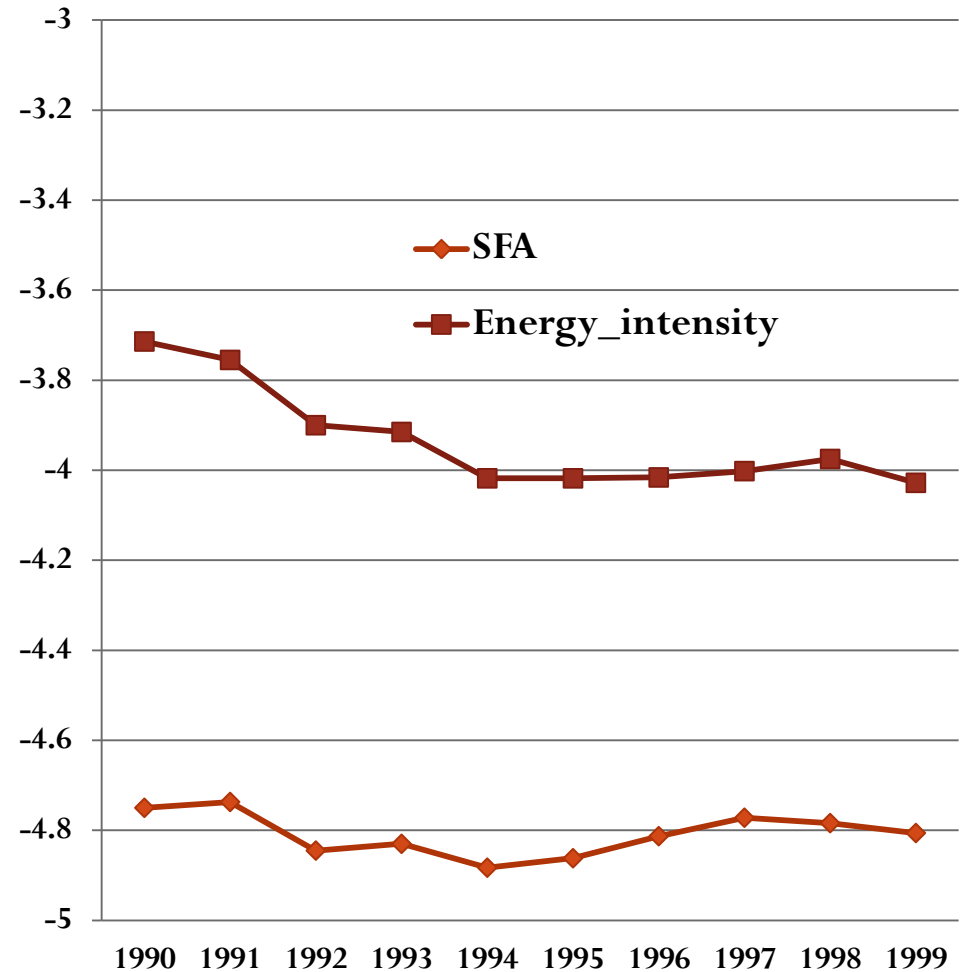
		32	32
		SFA	Energy_intensity
year	Obs	Mean	Mean
all	11347	-4.767	-3.908
1990	888	-4.761	-3.765
1991	1005	-4.769	-3.82
1992	1052	-4.778	-3.855
1993	1185	-4.833	-3.929
1994	1201	-4.781	-3.954
1995	1280	-4.791	-3.939
1996	1275	-4.755	-3.939
1997	1243	-4.676	-3.885
1998	1069	-4.756	-3.945
1999	1147	-4.773	-3.991



지역별 에너지효율 비교

- 전라북도(35)

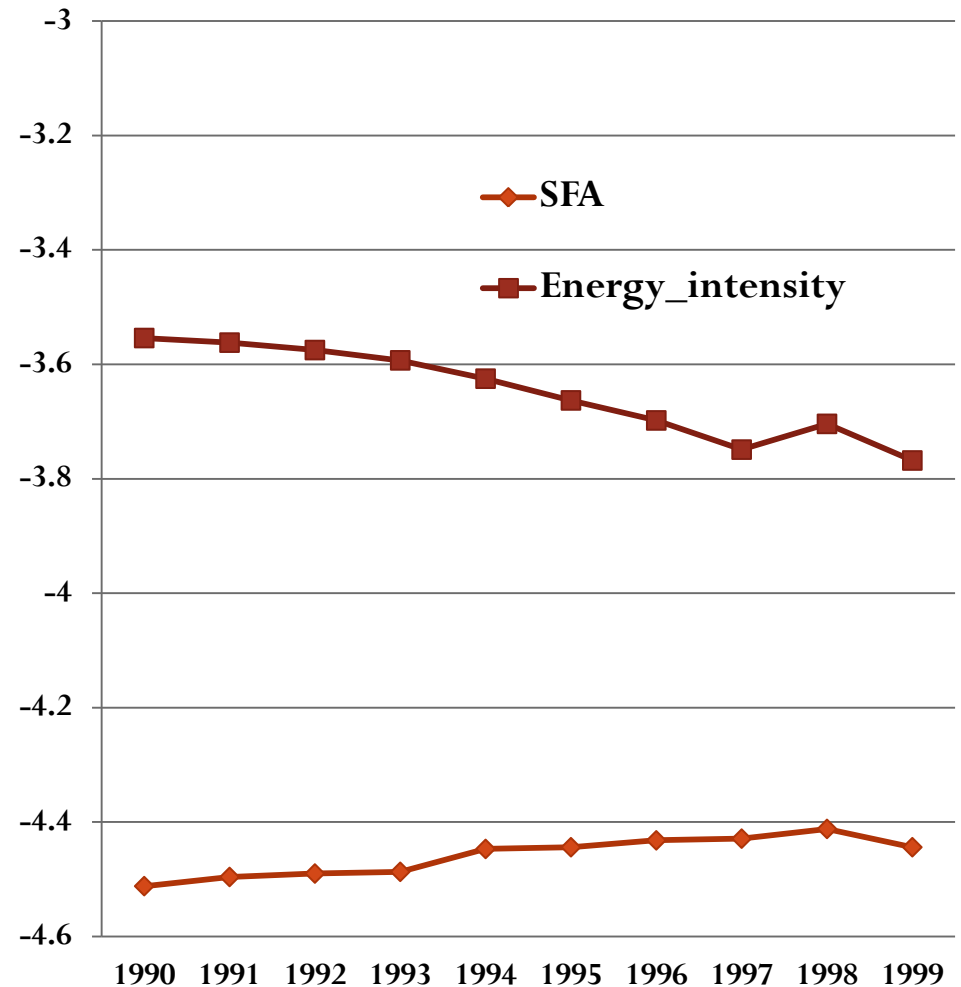
		35	35
		SFA	Energy_intensity
year	Obs	Mean	Mean
all	20449	-4.810	-3.940
1990	1818	-4.75	-3.714
1991	1971	-4.737	-3.755
1992	1892	-4.845	-3.9
1993	2073	-4.83	-3.915
1994	2084	-4.883	-4.018
1995	2248	-4.862	-4.018
1996	2274	-4.813	-4.016
1997	2172	-4.772	-4.002
1998	1898	-4.784	-3.975
1999	2019	-4.806	-4.028



지역별 에너지효율 비교

- 경상북도(37)

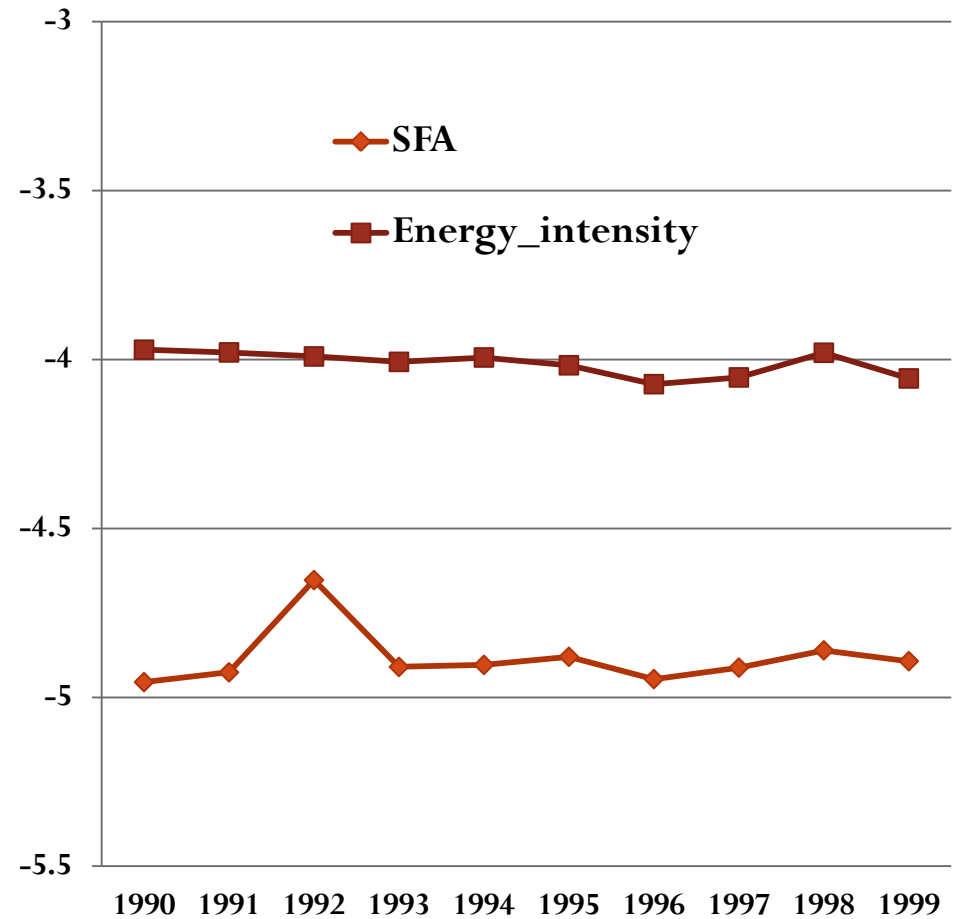
		37	37
		SFA	Energy_intensity
year	Obs	Mean	Mean
all	44215	-4.456	-3.657
1990	2983	-4.512	-3.554
1991	3554	-4.496	-3.562
1992	3950	-4.49	-3.575
1993	4583	-4.487	-3.593
1994	4975	-4.447	-3.625
1995	5196	-4.444	-3.663
1996	5108	-4.432	-3.698
1997	4778	-4.429	-3.749
1998	4368	-4.412	-3.704
1999	4720	-4.444	-3.768



지역별 에너지효율 비교

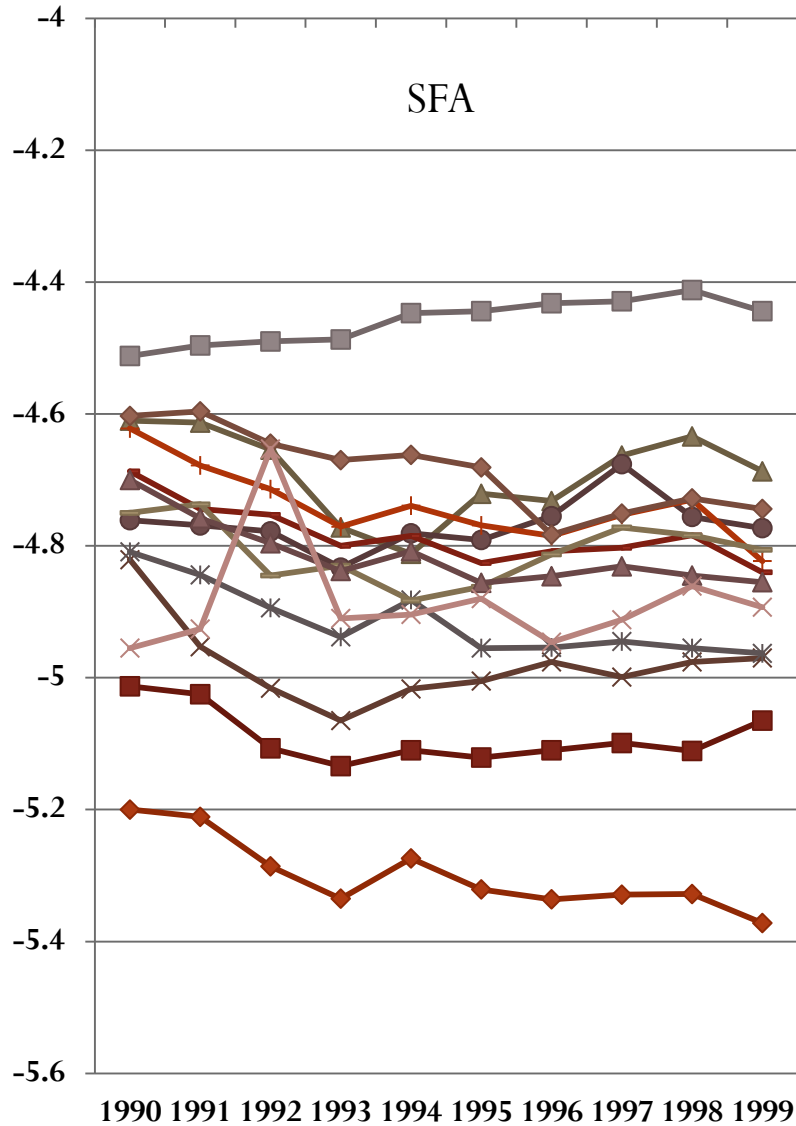
- 제주도(39)

		39	39
		SFA	Energy_intensity
year	Obs	Mean	Mean
all	2573	-4.913	-4.015
1990	214	-4.955	-3.971
1991	214	-4.926	-3.979
1992	240	-4.653	-3.991
1993	272	-4.91	-4.007
1994	274	-4.904	-3.994
1995	285	-4.88	-4.017
1996	290	-4.946	-4.073
1997	281	-4.912	-4.053
1998	247	-4.861	-3.98
1999	256	-4.893	-4.056

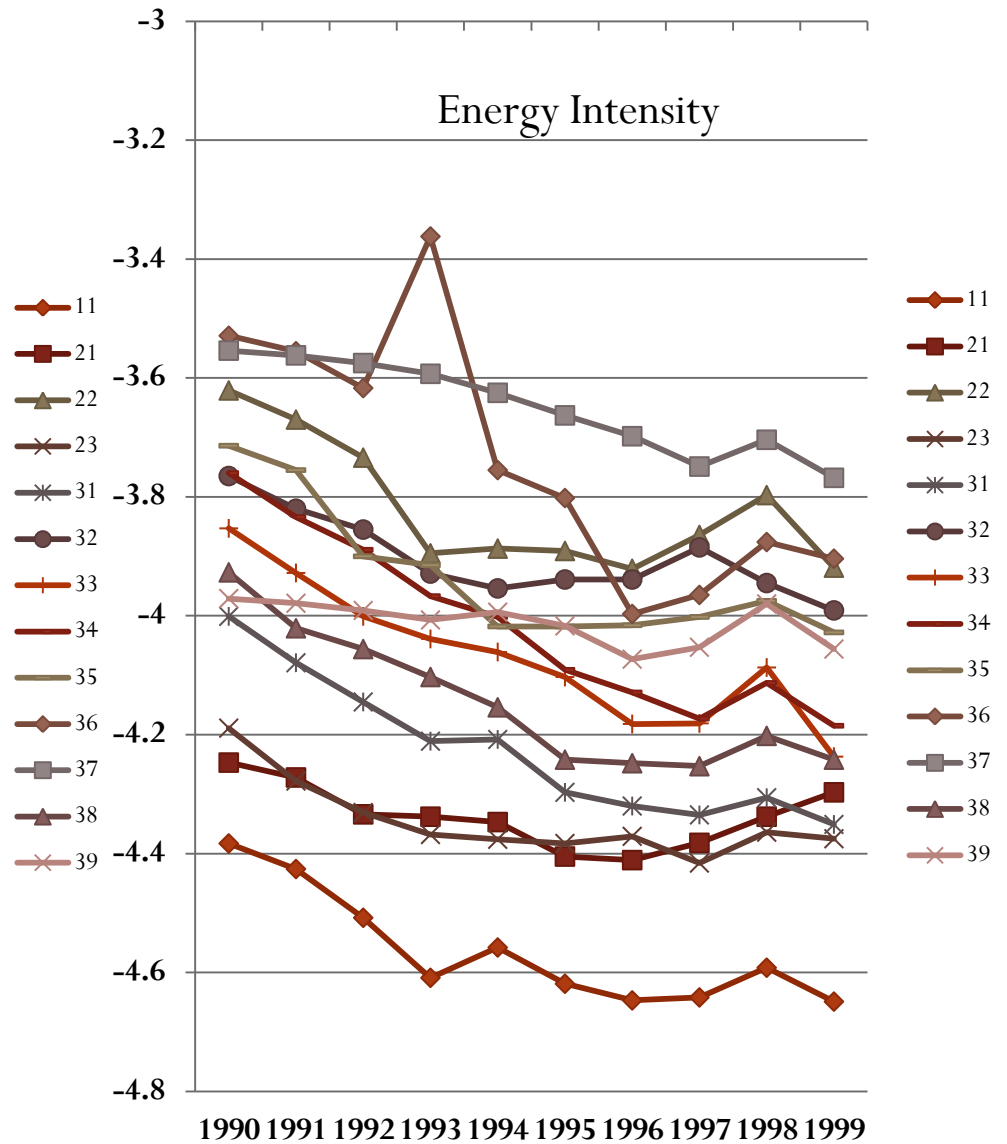


지역별 에너지효율 비교

SFA



Energy Intensity



사업체 특성에 따른 에너지효율 비교

사업체별 에너지효율 요인 회귀분석

	SFA	Energy_intensity
	OLS (1)	OLS (2)
사업체 나이	0.002*** (0.0001)	-0.002*** (0.0001)
수출여부	0.058*** (0.003)	-0.126*** (0.003)
HHI	0.304*** (0.012)	-0.488*** (0.013)
노동집약도	-0.054*** (0.001)	0.411*** (0.001)
자본집약도	0.127*** (0.001)	0.33*** (0.001)
전력비중	-1.107*** (0.008)	-1.089*** (0.0001)
Time*전력비중	0.049*** (0.001)	0.048*** (0.001)
연도	-0.043*** (0.001)	-0.021*** (0.0001)
상수	83.03*** (1.981)	40.45*** (1.981)
Observations	823069	823069
R-squared	0.088	0.345

* : 10% ** : 5% ***: 1% significance level

4. 결론 및 정책적 시사점

결론 및 정책적 시사점 (1)

- 다변수 및 측정대상의 이질성을 고려할 수 있는 SFA를 이용한 사업체별 에너지수요함수 추정을 통하여 사업체별 에너지효율을 추정함.
 - 사업체별 에너지효율 추정에서 SFA의 활용은 단일변수만을 고려한 에너지원단위와 측정대상의 이질성을 고려하지 않은 DEA의 한계를 극복함
- SFA에 의해 측정된 사업체별 에너지효율과 기존 효율지표인 에너지원단위는 전체적인 방향은 비슷하나 산업 및 지역별과 같이 세부적인 추세는 상당한 차이를 보임.
 - SFA에 의해 측정된 에너지효율이 에너지원단위에 비해 전반적으로 효율수준이 더 높은 것으로 추정되었으며, 연도별 추세를 산업 및 지역별로 나누어 보았을 때 다른 추세를 보임
- 사업체별 특성에 따른 정책변수들이 사업체별 에너지효율에 미치는 영향을 확인함
 - 정책변수로서 사업체별 나이, 수출여부, 노동 및 자본 집약도, 시장구조 등 고려함으로써 세부적이고 효율적인 맞춤형 에너지효율 정책 수립 및 집행의 기반을 마련함.

결론 및 정책적 시사점(2)

- 기존 에너지효율 지표인 에너지원단위에 대한 대안으로 SFA를 활용한 에너지효율 지표를 제시함으로써 효과적인 에너지효율정책의 수립 및 집행에 있어 정확한 에너지효율 측정의 중요성을 확인함
 - 제조업 뿐만 아니라 향후 가정, 수송 및 건물 등의 부문에서도 세부적인 정확한 에너지효율 측정을 통하여 효율적인 맞춤형 에너지효율 정책을 수립해야 할 것임
- 특히, 측정된 사업체별 에너지효율과 정책변수들을 활용하여 사업체 특성에 적합한 세부적인 에너지효율 정책을 수립 및 집행함으로써 자원의 효율적인 배분을 통해 정책효과를 극대화할 수 있음
- 사업체별 에너지효율과 생산성의 관계에 따라 에너지효율 정책은 타 경제정책과 연계하여 지속가능한 경제성장을 위한 중요한 정책이 될 수 있음
 - 에너지효율 수준과 생산성의 인과관계에 따라 에너지효율과 생산성 향상이라는 정부의 정책목표달성 방법은 달라질 것임

감사합니다.