

이슈페이퍼 24-02

산업부문 에너지효율 향상의 비용효과성 분석

김지효



QR 코드를 스캔하여
보고서 전문을
확인하실 수 있습니다.

이슈페이퍼 24-02

**산업부문 에너지효율 향상의
비용효과성 분석**

김지효

1 연구의 필요성 및 목적

□ 연구의 필요성

- 산업부문 에너지효율 개선은 국가 에너지원단위 개선, 국가 에너지수요 절감, 온실가스 감축목표 달성을 위해 중요
 - 2022년 기준 산업부문은 우리나라 최종에너지 소비의 약 67% 이상, 국가 온실가스 배출량의 54% 이상 차지
 - 온실가스 감축 과정에서 야기될 수 있는 에너지시스템 부담을 최소화하기 위해서는 산업부문의 에너지효율 향상이 중요
- 우리나라 산업부문 에너지원단위는 에너지다소비 산업에 대한 높은 의존도로 인해 주요국 대비 높은 편이며 에너지효율 투자 수준도 미흡
 - 2020년 산업부문 에너지원단위는 0.021(toe/thousand 2015 USD PPP)로 약 0.015 이하인 주요국 및 OECD 평균 대비 높은 수준 유지
 - 산업부문 에너지효율 향상 관련 2023년 정부 예산은 지원대상 조정 등 정책적 이유로 인해 2010년 대비 약 40% 감소

□ 연구의 목적

- 본 연구는 에너지진단 결과 구축된 미시자료를 분석하여 산업부문 에너지효율 향상의 비용효과성(cost-effectiveness)과 효율 투자 유인을 정량 분석
 - 산업부문 에너지소비 1toe 절감에 소요되는 에너지효율 투자비를 의미하는 에너지절감 비용(Cost of Saving Energy, CSE) 산출
 - 미시자료 대상 회귀 분석을 통해 사업장과 개선활동의 특징에 따라 CSE가 유의하게 달라지는지 분석하여 에너지효율 비용효과성과 관련 요인 도출

- 이항선택모형(binary choice model)을 이용하여 산업부문 에너지진단 이행 가능성에 유의한 영향을 미치는 요인 식별
- 본 연구는 산업부문 에너지효율 향상에 필요한 비용의 대푯값 수준 및 이 비용을 차별화하는 요인에 대한 정보를 제공하고 실제 효율투자 의사결정에 기여하는 요인을 분석하여 정책 개선방향 제시

2 연구내용 및 주요 분석 결과

□ 분석자료 및 기초통계

- 2007~2022년 수행된 에너지진단 DB를 기초로 산업부문 사업장·진단별 개선활동으로 구성된 미시자료(microdata) 구축
 - 연 2천 toe 이상 에너지를 사용하는 사업장은 에너지진단을 받도록 2007년부터 의무화되었으며, 에너지진단의 결과로 에너지효율 개선활동의 투자비와 기대효과에 대한 정보를 제공받음.
 - 3,466개 사업장 대상으로 수행된 7,340회 에너지진단에서 제안된 53,135건의 개선활동별 정보를 담은 미시자료 구축
 - 분석자료의 하위표본(sub sample)인 2011~2019년 에너지진단 개선활동 30,502건에 대해서는 개선활동별 이행 여부를 파악할 수 있는 자료 구축
- 산업부문 에너지진단 7,340건의 투자비 중앙값(median)은 1,062.3백만 원, 예상 에너지절감량과 에너지절감액 중앙값은 각각 1051.8toe/년, 578.3백만 원/년이며, 회수기간 중앙값은 2.2년으로 분석
 - 2007~2022년 기간 3,466개의 사업장이 1~5회의 에너지진단을 받았으며, 에너지진단에서 제안된 개선활동의 중앙값은 6건

- 사업장 업종은 금속(43.8%), 화공(21.8%), 식품(9.9%), 섬유(7.8%), 요업(6.5%), 제지목재(3.8%), 산업기타(6.5%)로 구성
- 사업장의 기업유형은 중소기업(57.1%), 대기업(10.6%), KEEP30 대상기업(1.9%), 공공기관(2.8%)으로 구성되며, 기업유형이 존재하지 않는 경우는 해당 없음(27.6%)으로 분류
- 사업장의 에너지사용량 중앙값은 2,877.7toe/년으로 최대 1,100만 toe/년을 사용하는 사업장도 존재하며, 연료비중과 전력비중의 중앙값은 각각 19.3%, 80.9%로 사업장 에너지사용량이 클수록 연료비중이 높은 편
- 산업부문 에너지진단 개선활동 53,135건의 투자비 중앙값(p50)은 146.8백만원, 예상되는 에너지절감량과 에너지절감액은 각각 145.3toe/년과 79.9백만원/년, 회수기간 중앙값은 2.2년으로 분석
 - 개선활동 대상설비 중 가장 높은 비중을 차지하는 설비는 동력설비(48.4%)로 그 뒤를 열발생설비(14.1%)가 따르며, 가장 낮은 비중을 차지하는 설비는 열수송설비(2.1%)
 - 에너지절감 방식에 따라 개선활동 유형을 분류한 결과, 유형2(전력절감) 개선활동이 전체의 72.0%, 유형3(연료절감) 개선활동이 23.3%로 대부분을 차지하였으며, 유형1(에너지절감X), 유형4(전력·연료절감), 유형5(연료→전력대체), 유형6(전력→연료대체)의 비중은 각각 2% 미만 수준

□ 산업부문 에너지효율 향상의 비용효과성 지표 분석

- LBNL, ACEEE 등에서 사용하는 첫해 에너지절감 비용(First-Year Cost of Saving Energy, FCSE)을 사용하여 에너지효율 향상의 비용효과성 지표 분석
 - LBNL(2014; 2018), ACEEE(2014; 2021)는 CSE를 나타내는 지표로 균등화

에너지절감 비용(Levelized CSE)과 첫째 에너지절감 비용(FCSE)을 제시

- 주로 권장되는 비용효과성 지표는 LCSE이나, 에너지진단 DB에서 LCSE 계산에 필요한 개선활동별 수명 정보가 제시되지 않아 대안으로 FCSE를 산출하여 대푯값과 분포를 분석
- 개선활동별 FCSE 중앙값은 유형2(전력절감) 78.2만 원/toe, 유형3(연료절감) 78.0만 원/toe, 유형4(전력·연료절감) 94.2만 원/toe로 분석
 - 유형3(연료절감)은 타 유형 대비 개선활동별 비용의 편차가 커 FCSE 평균은 유형2(전력절감) 145만 원/toe, 유형3(연료절감) 252만 원/toe, 유형4(전력·연료절감) 131만 원/toe로 분석
 - 2021년 산업용 에너지가격(전력: 105.48원/kWh, 도시가스: 14.3원/MJ)과 비교하여 개선활동별 절감효과가 2년 이상 지속된다면 전체 개선활동의 50% 이상의 에너지비용 절감을 통해 2년 내 투자비 회수 가능한 수준
- 사업장별 FCSE 중앙값은 에너지절감량 기준으로 99.7백만 원/toe, 평균은 139백만 원/toe로 분석
 - 사업장별 FCSE는 계산 시 투자비는 발생하지만 에너지절감량은 적은 유형1(에너지절감X), 유형5(연료→전력대체), 유형6(전력→연료대체) 개선활동이 모두 반영되었기 때문에 개선활동별 FCSE에 비해 높은 편

□ 산업부문 에너지효율 비용효과성의 차별화 요인

- 독립변수는 FCSE, 설명변수는 사업장과 개선활동의 특징으로 구성된 회귀모형을 추정하여 개선활동별 FCSE와 사업장별 FCSE를 차별화하는 요인 도출
- 에너지효율 개선활동의 FCSE는 사업장의 업종, 기업유형, 에너지사용량, 연료비중에 따라 유의한 차이를 보이며, 개선활동의 절감액, 회수기간, 유형, 진단범

위에 따라서도 유의하게 다른 것으로 분석됨.

- 업종별 FCSE 차이에 대한 특정한 경향성은 관찰되지 않았으나 대기업이나 KEEP30 기업 사업장 대상 개선활동의 FCSE가 높은 편이며, 에너지사용량이 적고 연료비중이 높은 사업장의 FCSE가 높은 편으로 분석
 - 설비유형별 FCSE 차이의 경향성은 관찰되지 않았으나 에너지절감액이 크고 회수기간이 긴 개선활동의 FCSE가 높으며, 전체진단 대비 부분진단에서 제안된 개선활동의 FCSE가 높은 편
 - 과거 대비 최근의 진단에서 제안된 개선활동의 FCSE가 높아 시간이 지남에 따라 에너지효율 향상에 소요되는 비용이 증가하는 것으로 판단되나, 연료효율 개선에 대해서는 반대되는 경향이 관찰됨.
- 사업장 FCSE는 업종, 기업유형, 에너지사용량, 연료비중에 따라 유의하게 달라지며, 에너지진단의 총절감액, 평균회수기간, 진단범위에 따라서도 유의한 차이 보임.
- 업종별 FCSE 차이의 경향성은 관찰되지 않았으나 대기업 사업장의 FCSE가 높은 편이며, 에너지사용량이 적고 연료비중이 높은 사업장 FCSE가 높은 편
 - 총에너지절감액이 크고 평균회수기간이 긴 에너지진단의 FCSE가 높으며, 전체진단 대비 부분진단의 FCSE가 높고, 과거 에너지진단의 FCSE 대비 최근 진단의 FCSE가 높은 편

□ 산업부문 에너지효율 투자를 유인하는 요인

- 에너지효율 투자를 유인하는 요인을 파악하기 위해 에너지진단의 개선활동별 이행 여부를 종속변수로 하고 사업장과 개선활동의 특성을 설명변수로 하는 이항선택모형 설정

- 2011~2019년 수행된 에너지진단에서 제안된 30,502건에 대해 이행 여부를 식별하였으며, 이행된 개선활동의 비중은 47.6%
- 이행가능성은 업종, 기업유형, 에너지사용량, 연료비중 등의 사업장 특성에 따라 유의하게 달라지며, 에너지진단의 절감액, 회수기간, 개선활동 유형, 진단범위 등 개선활동과 진단의 특성에 따라서도 유의한 차이 보임.
 - 화공, 요업, 금속 업종의 이행가능성은 타 업종 대비 낮고, KEEP30 대상기업의 이행가능성은 다른 기업유형 대비 낮으며, 사업장의 에너지사용량이 크고 연료비중이 높을수록 이행가능성이 낮음.
 - 개선활동의 절감액 규모가 작고 회수기간이 짧을수록 이행가능성이 커지며, 전열조명설비 및 수배전설비 대상 개선활동의 이행가능성이 높은 반면, 폐열회수설비와 열사용설비 대상 개선활동의 이행가능성이 낮음.
 - 유형3(연료절감) 개선활동의 이행가능성이 가장 높으며, 에너지원 대체와 관련된 유형5(전력→연료대체)와 유형6(연료→전력대체) 개선활동의 이행가능성이 낮음.
 - 전체진단 대비 부분진단 개선활동의 이행가능성이 낮으며, 과거 진단 대비 최근 진단에서 제안된 개선활동의 이행가능성이 높음.
- 우리나라 에너지 소비구조에서 중요한 역할을 차지하는 대기업과 다소비 업종의 에너지진단 이행가능성이 낮으며, 에너지진단이행 여부를 결정하는 데 있어 회수기간(회수기간 1% 단축 시 이행가능성 8.24%p 증가)이 중요

3 결론 및 정책 시사점

□ 결론

- 에너지진단 개선활동의 약 50%는 투자 첫해 1toe 절감에 소요되는 비용이 약 78.2~94.2만 원/toe 이하 수준으로, 2021년 산업용 에너지가격과 비교하면 전체 개선활동의 25%는 1년 내로, 50%는 2년 내로 회수 가능
 - 투자비와 에너지절감량, 에너지비용 절감액이 극단적으로 큰 개선활동도 존재하는 등 개선활동별로 비용과 성과의 편차가 큰 편
- 대기업이나 KEEP30 유형에 해당하고 연료비중이 높은 사업장의 FCSE가 상대적으로 높은 편
 - 연료비중이 높은 에너지다소비 대기업의 추가적인 에너지효율 향상에 소요되는 비용이 상대적으로 높은 편임을 방증하는 결과로, 산업부문 에너지효율 정책에 있어 에너지다소비 대기업과 나머지 기업에 대한 이원화된 접근 필요성을 보여줌.
- 에너지절감액이 크고 회수기간이 긴 개선활동의 FCSE가 높은 편이며 부분진단의 FCSE가 전체진단에 비해 큰 편
 - 부분진단이 연 20만 toe 이상 사용하는 사업장에 한해 추가적으로 시행되는 진단임을 감안한다면, FCSE 분석 결과는 부분진단이 제도 취지대로 전체진단에 서 미처 발굴되지 못하는 도전적 개선활동 발굴에 기여함을 시사
- 우리나라 에너지 소비구조에서 중요한 역할을 차지하는 대기업과 다소비 업종의 에너지진단 이행가능성이 낮으며, 에너지진단이행 여부를 결정하는 데 있어 회수기간(회수기간 1% 단축 시 이행가능성 8.24%p 증가)이 중요
 - 전열조명설비와 수배전설비 대상 이행가능성이 높아 상대적으로 생산공정에 영향을 덜 미치는 설비 대상 개선활동의 이행가능성이 높음을 시사

□ 정책 시사점

- 에너지다소비 기업의 에너지효율 투자를 유인하기 위한 규제와 인센티브 제도 개선 필요
 - 대기업과 KEEP30 유형에 속하는 사업장은 전반적으로 공공기관 및 중소기업 대비 에너지효율 향상의 비용이 높은 반면 에너지진단의 이행가능성은 낮아 추가적 효율 향상에 장애요인이 존재하는 것으로 판단
 - 배출권 거래제의 벤치마크 제도 강화, 회수기간이 길고 에너지절감률이 높은 효율 투자에 대해선 세금 감면·환급 등 직접적 인센티브를 제공하는 방향으로 현행 KEEP30 제도의 인센티브를 개선하는 등 제도 개선 검토 필요
- 산업부문 에너지효율 투자의 정부 재정 지원 시, 에너지절감률만 고려하는 현행 제도를 회수기간까지 포괄하여 고려하도록 개선하는 방향의 검토 필요
 - 회수기간이 짧은 효율 투자는 기업이 자체자금으로 수행하도록 장려하고, 회수기간이 길면서 에너지절감률이 높은 혁신적 개선활동에 대해서는 정부 재정을 지원하는 방향으로 제도 개선 검토 필요
 - 현재 ‘에너지이용합리화사업을 위한 자금지원 지침’의 자금지원 기준에서는 에너지절감률을 중점적으로 검토하도록 정해져 있으나, 회수기간과 에너지절감률을 모두 고려하여 자금지원 대상을 선정하는 방안을 고려해볼 필요
- 에너지가격 정상화는 기업의 자발적 효율투자를 유인하는 데 중요하므로 지속적인 가격 정상화 추진 필요
 - 에너지가격의 정상화(인상)는 에너지효율 투자의 비용절감 효과를 확대하여 회수기간 단축에 기여하기 때문에, 에너지효율 투자를 유인하는 데 효과적으로 작용할 수 있음.