

태양열난방시스템 도입에 따른 주거부문에서의 온실가스 감축 잠재량 분석

정영선*, 문선혜**, 유기형***

*한국건설기술연구원 수석연구원(sunj74@kict.re.kr),

한국건설기술연구원 연구원(saturnfly@kict.re.kr), *한국건설기술연구원 연구위원(raytrace@kict.re.kr)

The Greenhouse-Gas Mitigation Potential analysis by Distribution of Solar Thermal System in Housing Sector

Jeong, Young-Sun* Mun, Sun-Hye** Yu, Ki-Hyung***

*Korea Institute of Construction Technology(sunj74@kict.re.kr),

**Korea Institute of Construction Technology(saturnfly@kict.re.kr),

***Korea Institute of Construction Technology(raytrace@kict.re.kr)

Abstract

New and renewable energy systems(solar thermal system, photovoltaic system, geothermal system, wind power system) are environmentally friendly technologies and these in South Korea are very important measures to reduce greenhouse-gas(GHG) and to push ahead with Green Growth. The purpose of this paper is to analyze GHG mitigation potential by distribution of solar thermal system in housing sector with bottom-up model called 'Long-range Energy Alternative Planning system'. Business as usual(BAU) was based on energy consumption characteristic with the trend of social-economic prospects and the volume of housing. The total amount of GHG emission of BAU was expected to continuous increase from 66.0 million-ton CO_{2e} in 2007 to 73.1 million-ton CO_{2e} in 2030 because of the increase of energy consumption in housing. The alternative scenario, distribution of solar thermal system in housing sector had GHG mitigation potential 1.54 million-ton CO_{2e} in 2030. The results of this study showed that new and renewable energy systems made a contribution of reducing the use of fossil fuel and the emission of greenhouse-gas in building.

Keywords : 온실가스(Greenhouse-Gas), 이산화탄소 배출(CO₂ Emission), 상향식 모형(Bottom-up Model), 태양열시스템(Solar Thermal System)

1. 서 론

국제에너지기구(IEA)는 전세계의 CO₂ 농도를 450ppm(평균온도 2°C 상승)에서 안정화하기 위해 필요한 주요 감축수단으로 에너지 효율 개선, 신재생에너지 도입, 원자력 확대, CCS (Carbon Capture and Storage) 등을 제시하였다.

우리나라는 세계 11위의 에너지다소비국이며 총에너지의 96%를 해외수입에 의존하고 제조업 중심의 산업발전으로 과거 17년간(1990년~2007년) CO₂ 배출량이 103% 증가하여 OECD국가 중 그 증가율이 1위를 기록하고 있다. 2007년 우리나라 온실가스 총배출량은 620백만톤CO_{2e}로 전세계 온실가스 배출량인 290억톤CO_{2e}의 1.7%의 배출비중을 차지한다.¹⁾

정부는 2008년 8월 15일 중장기 국가발전 비전으로 온실가스 감축과 경제성장을 조화시키는 새로운 국가 성장 전략으로 '저탄소 녹색성장'을 제시하였다. 중기 감축 시나리오를 통해 2020년 온실가스 감축목표를 2020년 배출전망치(BAU: Business as Usual) 대비 30%로 2009년 11월에 확정하였다.²⁾ 최근(2011년 6월)에는 각 부문·업종별 온실가스 목표를 세분화하였고 건물부문은 2020년 BAU 대비 26.9%의 감축목표를 설정하였다. 특히 주거부문인 가정부문에 27.0%의 감축목표를 제시하였다.³⁾

제1차 국가에너지기본계획(2008~2030)에 따르면 신재생에너지의 비중은 총 1차에너지 수요 중 현재 2.5%수준에서 2030년에는 5.4%로 확대될 것으로 전망하고, '녹색성장'구현을 위한 10대 이행과제의 하나로 신재생에너지 개발·보급 확대 및 성장동력화를 선정하여 신재생에너지도입의 중요성을 강조하였다. 또한 정부는 녹색건축물 활성화 방안으로 신축 건축물에 대해 2025년까지 신재생에너지를 도입한 제로에너지 의무화를 선언하고 신재생설비 공공기관 설치의무화 시행, 주택분야의 에

너지공급을 신재생에너지로 대체하는 '그린홈 100만호 보급조성 사업'을 추진하고 있다.

본 연구는 주거부문에서 신재생에너지도입에 따른 온실가스 배출량의 감축 잠재량을 예측하고 단위감축비용을 산출하고자 한다. 주거분야에 도입 가능한 신재생에너지시스템으로는 태양광, 태양열, 지열, 소형풍력 등이 있으나 본 연구에서는 주택의 난방과 급탕에 소요되는 열에너지 공급을 목적으로 하는 태양열난방시스템의 보급 시나리오를 검토하였다.

연구수행을 위해 시나리오를 바탕으로 하는 상향식의 에너지-환경모형인 LEAP (Long-range Energy Alternative Planning)모형을 온실가스 분석 툴로 활용하였다.

2. 분석 방법

2.1 온실가스 감축 잠재량 산정 절차

유엔환경계획(UNEP, United Nations Environment Program)에서는 특정국가의 온실가스 감축량을 산정하기 위한 일반적인 가이드라인으로 다음의 4~5단계에 걸친 분석절차를 권고·제시하였다. 이는 거의 모든 국가에서 접근하고 있는 온실가스 저감과 관련된 의사결정 절차이다.

본 연구에서도 그림 1과 같은 절차에 따라 주거부문의 태양열시스템 보급 시나리오에 의한 온실가스 감축 잠재량을 도출하였다.

온실가스 배출량은 다양한 요인에 의해 결정되며 감축 잠재량 산정에서는 기준년도의 설정과 온실가스 배출 전망치인 BAU의 선정이 매우 중요하다. BAU는 기준년도 이후 현재의 사회·경제 성장 등의 추이가 미래에도 지속되고, 기술의 효율개선이 과거에서 현재까지의 추이대로 진행되는 것을 가정한 온실가스 배출 전망이 된다.

온실가스 저감노력(저감 시나리오)은 향후 도입될 수 있는 에너지기술 및 정책 등과 관련된 것으로서 이를 위해서는 비용과 시간이

요구되며 도입효과에 따라 BAU대비 감축량이 산정되게 된다.

본 연구의 온실가스 배출량 산정방법은 상향식 분석모형을 활용하여 주택수의 전망에 각 주택의 난방, 냉방, 취사, 조명, 가전기기부분의 에너지용도별로 에너지소비량을 산출하고 에너지원별 배출계수를 적용하여 온실가스 배출량을 산정하였다. 태양열시스템 보급에 관한 감축시나리오를 작성하고 분석모형에 반영하여 감축 잠재량을 도출하였다.

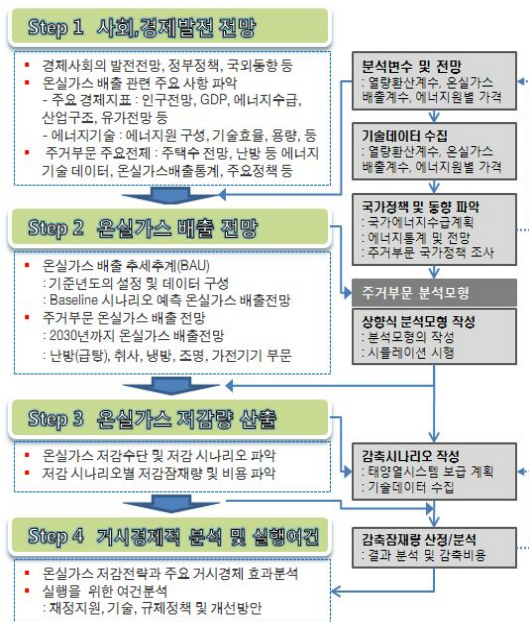


그림 1. 온실가스 감축 잠재량 산정 절차

2.2 온실가스 분석 모형

LEAP모형은 시나리오를 바탕으로 에너지정책, 에너지기술, 다른 에너지대안 등에 대한 물리적, 경제적, 환경적인 영향을 평가하기 위해 스톡홀름 환경 연구소(Stockholm Environment Institute)에서 개발하였다.

LEAP모형은 크게 에너지시나리오, 모형통합, 기술 및 환경 데이터베이스로 구성되며, 에너지수요분석, 에너지 전환 및 에너지원 평가, 온실가스 배출량 평가, 시나리오별 비용 및 물

리적 영향 평가가 가능한 상향식(Bottom-up) 분석 모형이다.^{4),5)}

LEAP모형은 2011년에 관계부처 합동으로 우리나라 부문별·업종별 온실가스 감축목표(안) 마련을 위한 감축잠재량 분석 모형 중 하나로 활용되었으며, 에너지 및 온실가스 분석·평가에 관한 국내외 연구와 지역 또는 국가차원의 온실가스 배출 저감량에 대한 평가와 지속가능한 에너지분석, 전문가훈련에 활용되고 있다.

2.3 주요변수 및 전망

한 국가의 온실가스 배출량은 경제성장, 인구, 에너지가격, 산업구조, 날씨 그리고 에너지절약 기술의 발전 및 보급 등 많은 요인에 의해 영향을 받는다. 온실가스 배출량 전망은 이러한 전제조건을 전망하고 그 결과를 모형에 반영하여 이루어진다. 때문에 온실가스 배출 전망은 변수 및 전제조건을 전망하는 것 자체에 많은 불확실성을 내포하고 있다고 할 수 있으며 이를 감안하여 전망결과를 해석하고 의사결정 및 정책 결정에 반영할 필요가 있다. 본 연구에 적용된 거시 사회경제학적 변수는 다음 표 1⁶⁾⁻⁹⁾과 같다.

표 1. 주요 사회경제학적 변수의 전망

년도	단위	2007	2010	2020	2030
경제성장률	%	5.1	4.75	3.66	2.24
유가	\$/bbl	98	84	70	82
인구	천명	48,456	48,874	49,326	48,635
가구수	천호	16,417	17,152	19,012	19,871
최종에너지 소비량	백만 TOE	177.5	190.1	225.4	-

주거부문의 온실가스 배출량 분석을 위해 가장 기본이 되는 활동변수는 주택수일 것이다. 본 연구에서 통계청이 발표한 인구증가와 가구수 추이 및 전망을 반영하여 표 2와 같이 주택수를 전망하였다.

주거부문의 에너지소비 용도의 구성 및 분석 분야는 급탕을 포함한 난방부문, 냉방부문, 취

사부문, 조명부문, 가전기기 부문으로 구성하였다. 또한 분야별 에너지기술은 에너지원별 보일러, 에어컨, 취사기기, 조명기기, 가전기기 등의 관련 데이터 조사·수집을 통해 구성하고 분석모형에 반영하였다. 주거부문의 소비 에너지원은 에너지통계연보에 나타난 석탄, 석유, 도시가스, 지역난방, 전력, 신재생에너지로 구분하였다.

온실가스 배출량을 산정하는데 필요한 중요한 분석변수는 에너지원별 온실가스 배출계수(Emission Factor)일 것이다. 동일한 에너지사용량이라도 에너지원별 배출계수에 따라 온실가스 배출량은 큰 차이를 보이기 때문이다. 본 연구에서는 화석연료의 온실가스 배출계수로 IPCC의 가이드라인¹⁰⁾에서 제공된 계수를 사용하고 전력은 전력거래소의 년도별 온실가스 배출계수를, 지역난방은 환경부 ‘온실가스·에너지목표관리제 운영 등에 관한 지침(환경부고시 제2011-29호)의 [별표 17]에 제시하는 값을 사용하였다.

표 2. 주택수 전망

년도	2007	2010	2015	2020	2025	2030
주택수 [천호]	12,980	13,603	14,427	15,078	15,539	15,759

2.4 주거부문 온실가스 배출 현황

우리나라 에너지통계에 나타나는 부문별 최종에너지 소비 추세를 그림 2와 같다.

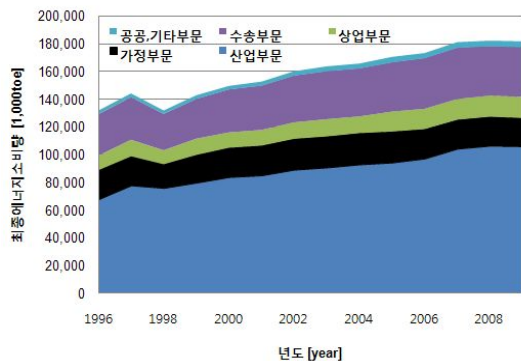


그림 2. 부문별 최종에너지 소비 추이

2008년 가정부문의 에너지소비는 우리나라 전체 에너지소비의 약 11.6%를 차지하며 1990년~2008년 동안 연평균 1.3%의 증가를 보이고 있다.

정부가 발표한 주거부문의 온실가스 배출 현황 및 추이는 표 3³⁾과 같으며 2007년 국가 전체의 온실가스 배출량은 610.5백만톤CO_{2e}이며 가정부문은 70.5백만톤CO_{2e}로 11.5%의 비중을 차지하는 것으로 보고되었다. 2020년 우리나라 온실가스 배출량은 총 813백만톤 CO_{2e}로 전망하고, 이 중 가정부문은 전체 배출량의 약 10.8%의 비율을 차지할 것으로 보고하였다. 그러나 가정부문의 온실가스 배출 특성은 구체적으로 제시되지 못하고 있고 이에 대한 연구도 미미하다.

표 3. 부문별 온실가스 배출 현황 및 전망

부문	2007년 배출량 [백만톤CO _{2e}]	2020년 BAU [백만톤CO _{2e}]
전환	190.7	255.4
산업	307.9	455.2
수송	87.7	107.3
가정	70.5	87.4
상업	67.6	91.5
공공기타	16.2	18.8
농림어업	30.0	29.1
폐기물	17.1	13.8
총계	610.5	813

Note: 배출량 총계는 부문별 합계에서 이중 계산된 전환의 발전 및 지역난방 배출량 제외

3. 주거부문 온실가스 배출 전망 결과

온실가스 배출량 전망을 위한 기준년도는 부문별 온실가스 배출량 통계가 보고되고 정부의 감축목표 분석년도인 2007년으로 하였다. 에너지 및 온실가스 배출량은 2030년까지 전망·분석하였다.

분석결과 2007년 주거부문 에너지소비량은 19,880천TOE로 나타났다. 에너지통계연보에 나타난 가정부문의 최종에너지소비량인 21,067천 TOE와 비교하여 5.6%의 오차를 가진다.

2020년에는 24,244천TOE, 2030년에는 26,443천TOE를 소비할 것으로 예측되었다. 2007년 기준으로 주거부문 에너지소비량 중 가장 큰 비중을 차지하는 것은 약 67.5%를 차지한 난방부분이고 가전기기에 의한 에너지사용이 16.6%, 취사 9%, 조명 5%, 냉방이 1.8% 수준으로 분석되었다. 분석결과를 그림 3에 나타내었다.

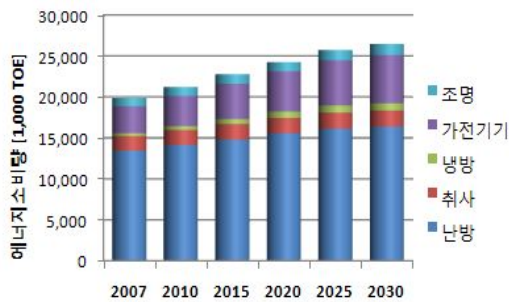


그림 3. 주거부문 용도별 에너지소비량 전망 결과

난방에너지는 그림 4에 나타낸 것과 같이 2007년에 13,427천TOE에서 2030년에 16,379천TOE로 약 22%정도 증가할 것으로 예상된다. 난방부문의 에너지원의 구성은 도시가스(54.8%), 석유(26.8%), 지역난방(9.6%), 무연탄(8.3%), 신재생에너지 및 기타(0.5%) 순으로 2030년에는 도시가스가 79.2%의 비중으로 크게 증가하고 무연탄과 석유류에 의한 난방은 2.3%로 감소하는 것으로 나타났다.

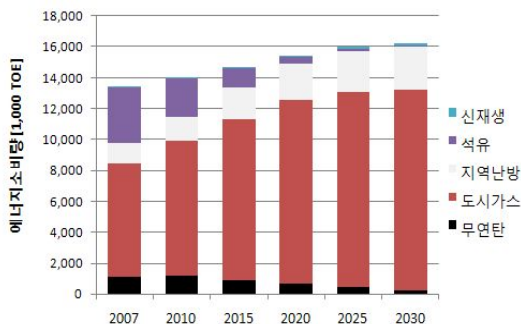


그림 4. 주거부문 난방 에너지원별 전망 결과

이러한 결과는 정부의 ‘제9차 장기 천연가스수급계획’의 반영 및 ‘에너지총조사보고서’의 보급전망에 따라 공동주택과 주택밀집지역에 도시가스 배관망 확대, 클린에너지 선호경향으로 가스난방 가구가 증가하고, 석유와 무연탄을 이용한 난방에서 도시가스 및 지역난방을 이용한 연료대체에 대한 추세가 반영된 결과라고 분석된다.

표 4. 주거부문 온실가스 배출량 전망 결과

단위	년도	2007	2010	2015	2020	2025	2030
천톤CO _{2e}		65,994	70,143	72,085	71,455	71,121	73,074

주거부문의 온실가스 배출량 전망 결과는 표 4와 같다. 기준년인 2007년은 65,994천톤CO_{2e}로 국가의 온실가스 배출 통계인 70,474천톤CO_{2e}와 비교하여 약 6.4% 작게 나타났다. 본 연구를 통해 수집된 전제조건 및 변수와 BAU시나리오의 구성을 통해 실제 국내 주거부문에서의 에너지소비량 및 온실가스 배출량을 실제에 가깝게 모사하여 모형화 한 결과라는 측면에서 의미가 있으며, 결과의 활용에 있어 의미있는 수준이라 사료된다.

2020년의 온실가스 배출량 전망 결과는 71,455천톤CO_{2e}로 나타났다. 정부가 발표한 가정부문 배출량인 87,444천톤CO_{2e}와 비교하여 약 18.3% 작게 산출되었다. 이는 중장기 미래에 대한 예측이라는 점과 전망을 위한 전제조건, 기술데이터, 변수, 발열량 기준, 배출계수 등 적용데이터의 차이에 의한 것으로 판단된다.

2030년의 결과는 73,074천톤CO_{2e}으로 나타나 주거부문의 온실가스 배출량은 지속적으로 증가할 것으로 보인다. 에너지소비량의 경우 기준년(2007년) 대비 2030년에 약 33% 증가한 반면 온실가스 배출량은 기준년 대비 약 10.7% 증가할 것으로 분석되었다. 이는 난방의 에너지소비량 전망에서 보듯이 전체 총에

너지사용량은 증가하나 온실가스 배출이 큰 화석연료가 감소하고 클린에너지인 도시가스, 지역난방이 보급되고 사용이 증가하는 등의 온실가스가 적게 발생하는 에너지원로의 전환이 그 이유 중 하나로 분석된다. 또한 보일러 등의 에너지기술의 지속적인 효율 개선이 중요한 요인일 것으로 사료된다.

4. 태양열난방시스템 보급에 의한 감축 잠재량 분석 결과

4.1 태양열시스템 보급 시나리오

본 연구에서는 난방 및 급탕 공급을 위한 태양열시스템의 보급에 따른 에너지 및 온실가스 감축 효과를 분석하고자 태양열난방시스템의 보급에 의한 주거부문의 온실가스 감축 시나리오를 설정하였다.

태양열시스템은 상대적으로 효율이 높고 경제성이 있기 때문에 보급 가능성이 큰 신재생에너지 이용 설비라고 할 수 있다.¹¹⁾ 또한 국제에너지기구(IEA)는 태양열기술이 건물분야의 지속가능한 에너지특성 마련을 위한 주요 방안으로 설정하고 온실가스 저감에도 효과적인 방안으로 제시하고 있다.¹²⁾

본 연구에 적용된 태양열시스템의 기술적 특성은 다음 표 5^{13),14)}와 같다.

표 5. 태양열시스템 기술 특성

항목	단위	데이터
주택당 태양열집열판 설치면적	m ² /호	24
집열판설치면적당 에너지생산량	TOE/m ² yr	0.0645
주택 당 열에너지 생산량	TOE/yr	1.548
주택 단위면적당 열에너지 생산량	TOE/m ²	0.0229
설치 비용	천원/호	19,200
유지관리 비용	천원/m ² yr	22.6

현재 태양열시스템은 열에너지를 효과적으로 생산하는 신재생에너지 설비이지만 필요한 열에너지 중 태양열시스템이 공급하는 의존율은 100%를 차지하지 못하기도 한다. 본

연구에서는 주택에서 난방 및 급탕을 위해 필요한 열에너지 중 태양열시스템이 공급하는 비율을 50%로 설정하여 분석하였다.

전체 주거부문에서 태양열시스템을 설치하는 보급 계획(전망)은 표 6과 같이 설정하였다. 이러한 보급률은 2020년까지 주거건물에 신재생에너지시스템을 보급하고자 하는 지식경제부의 ‘그린홈 100만호 보급조성 사업’ 및 그 추진실적의 추세를 반영하고 ‘국가에너지기본계획’ 및 ‘기후변화대응 종합기본계획’에 의한 2030년까지 신재생에너지보급 비율을 현재의 2.4%수준에서 11%로 높이는 정책추진 방향을 반영하였다. 에너지통계연보에 나타난 2007년 가정부문의 신재생에너지 소비비중은 0.33%이다.

표 6. 주거부문 태양열시스템 보급 전망

년도	2007	2010	2015	2020	2025	2030
보급률(%)	0.3	1.0	4.5	7.6	9.0	10.0
주택수(천호)	0	143	649	1,141	1,398	1,576

4.2 감축잠재량 결과

LEAP모형을 활용하여 주거부문 태양열시스템의 보급 시나리오에 따른 온실가스 감축 잠재량 분석 결과는 표 7과 같다.

표 7. 태양열시스템 보급에 의한 온실가스 감축 잠재량

단위	년도	2007	2010	2015	2020	2025	2030
천톤CO _{2e}		0	19.7	494	1,006	1,312	1,536

태양열시스템 보급 시나리오에 의한 감축 잠재량은 2020년에 1,006천톤CO_{2e}이고 2030년까지 1,536천톤CO_{2e}를 감축할 수 있을 것으로 나타났다. 2020년의 경우 BAU 대비 1.4%의 감축률을 보인다. 정부가 마련한 2020년 주거부문의 감축목표는 27.0%³⁾이고 본 연구의 결과를 반영할 경우 시나리오에 따라 2020년 7.6%의 태양열시스템 보급은 주거부문에 설정된 총 감축목표의 약 4.3% 비중을 차지

하게 된다.

4.3 단위감축비용 분석 결과

태양열시스템 보급에 의해 발생하는 온실가스 감축 비용을 산정하여 보았다. 온실가스 감축에 따른 부수적인 편익인 에너지 안보 증진, 물가에 미치는 영향 등의 편익은 계산에 포함하지 않고 태양열시스템 보급에 따른 비용과 에너지 절감 비용 등을 반영하여 식(1)을 적용하여 계산하였다.

$$\begin{aligned} \text{단위 감축비용} &= \frac{(\text{시나리오의 총비용}) - (\text{BAU 총비용})}{(\text{BAU 배출량}) - (\text{시나리오의 배출량})} \\ &= \frac{\text{시나리오에 따른 추가(저감) 비용}}{\text{온실가스 감축 잠재량}} \end{aligned} \quad (1)$$

단위 감축비용은 시나리오에 의해 요구되는 투자비용, 유지관리 등의 추가비용보다 에너지 절감 또는 운영비용의 절감 효과가 큰 경우 온실가스 단위 감축비용은 음(-)의 값을 가질 수 있게 되고 음의 비용은 투입비용 대비 편익이 크다는 것을 의미한다.

본 연구에서 검토한 태양열시스템의 보급은 설치비용과 유지비용이 매우 크므로 2030년의 단위 감축비용은 705천원/톤CO_{2e}로 나타났다.

5. 결 론

본 연구에서는 온실가스 저감을 위한 주요한 방안으로 검토되고 있는 신재생에너지의 도입에 의한 주거부문에 감축 가능한 잠재량을 산정하고자 하였다. 주택에 난방 및 급탕을 공급하기 위한 태양열시스템의 보급 시나리오를 구성하고 상향식 모형을 활용하여 연구를 수행하였으며 그 결과는 다음과 같다.

(1) 주거부문 에너지소비량 전망결과는 2007년 19,880천TOE, 2020년 24,244천TOE, 2030년 26,443천TOE로 나타났다. 인구와 주택수의 증가에 의해 지속적으로 에너

지소비가 증가한 것으로 보인다. 난방에 의한 에너지 소비량의 비중이 61.9~67.5%로 가장 크게 나타났으며 구축된 모형은 주택의 에너지소비 특성을 반영하고 있는 것으로 판단된다.

- (2) 주거부문의 온실가스 배출량은 2007년에 65,994천톤CO_{2e}에서 에너지소비량 증가에 의해 지속적으로 배출량도 증가하여 2020년 71,455천톤CO_{2e}, 2030년 73,074천톤CO_{2e}로 2007년 대비 10.7% 증가할 것으로 전망되었다.
- (3) 정부가 발표한 가정부문 온실가스 배출량 전망과 비교한 결과, 본 연구의 배출전망이 다소 작게 나타났으나 이는 미래에 대한 예측이고 분석을 위한 전제조건, 변수, 배출계수 등의 데이터에 의한 차이에 의한 것으로 시나리오 분석을 통한 온실가스 배출전망 및 감축잠재량 분석에 있어서는 선행연구로서 의미있는 결과로 활용될 수 있다고 판단된다.
- (4) 태양열시스템을 2030년까지 10% 보급하여 주거부문의 난방 및 급탕에너지를 공급하는 시나리오의 분석결과, 2030년에 1,536천톤CO_{2e}의 온실가스 감축 잠재량을 나타냈다. 이는 정부가 설정한 가정부문 온실가스 감축목표의 4.3%에 해당하는 수준이다.
- (5) 온실가스 단위 감축비용 분석결과, 태양열시스템 보급에 의해 감축되는 온실가스는 2030년에 단위 감축량 당 약 705천원/톤CO_{2e}의 비용이 소요되는 것으로 나타나 상당한 수준의 투자비용이 요구되는 것으로 나타났다.
- (6) 이상의 본 연구에서 살펴본 바와 같이 건축물에 신재생에너지의 보급은 화석연료의 사용을 줄이고 온실가스 배출량을 저감하는데 기여할 것으로 사료된다. 다만 투자비용이 매우 크므로 비용효과적인 온실가스 감축수단이 되기 위해서는 시스템

의 설치비용 등의 투자비용을 낮추고 정부의 재정지원 등의 지원방안이 뒷받침되어야 할 것으로 보인다.

후 기

이 논문은 2012년도 한국건설기술연구원 주요사업 지원을 받아 수행된 연구결과의 일부임(과제번호 : 2012-0131)

참 고 문 헌

1. 지식경제부, 2010년도 에너지·기후변화정책 종합설명회 자료, 에너지관리공단, 2010.
2. 김형국 편저, 녹색성장 바로알기, (주)나남출판사, 2011
3. 온실가스종합정보센터, 보도자료-국가 온실가스 감축을 위한 청사진 나온다-관계부처 합동, 부문별·업종별 온실가스 감축목표안 마련-, 정부부처공동, 2011.06.29일자, 2011
4. Charles Heaps, LEAP User Guide for version 2008, Stockholm Environment Institute, 2008
5. www.energycommunity.org
6. 에너지경제연구원, 국가온실가스감축잠재량분석 -종합보고서-, 2009
7. 에너지경제연구원, 에너지통계연보, 2010
8. 통계청, KOSIS 국가통계포털, 2011
9. Jun, S.Y., Lee, S.M., Park, J.W., Jeong, S.J. and Shin H.C., The assessment of renewable energy planning on CO2 abatement in South Korea, Renewable Energy, Vol.35, 2010, pp.471~477.
10. IPCC, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 2 Energy, 2006
11. 이동원, 태양열 시스템의 개용 및 현황, 설비저널 Vol.40 No. 5, 대한설비공학회, 2011
12. IEA, Energy Technology Perspectives 2010-Scenarios & Startegies to 2050, 2010
13. 에너지관리공단, 2007년 신재생에너지통계, 2008
14. 지식경제부, 그린홈100만호 보급사업 추진실적, 에너지관리공단, 2010