

# 가정용 에어컨 효율기준 강화에 따른 CO<sub>2</sub> 산정연구

(A Study on the Estimation of CO<sub>2</sub> Caused by Reinforcement of Efficiency Standard for Residential Air Conditioners)

백정명\* · 이병하 · 원종률 · 김정훈

(Jung-Myoung Baek · Byung-Ha Lee · Jong-Ryul Won · Jung-Hoon Kim)

## 요 약

빠른 경제 성장과 더불어 에어컨과 같은 냉방기기의 사용이 지난 십년간 급격히 점점 증가하고 있다. 이에 따른 에너지 소비가 증가하고 있다. 정부는 에너지 소비를 줄이기 위해 주요 가전기기에 최저효율제를 시행하고 있다. 최저효율제를 시행하고 있는 에어컨은 우리가 많이 사용하는 가전기기중 하나로 효율기준 강화를 통해 에너지 절약효과 뿐만 아니라 환경적인 효과도 기대할 수 있다. 본 논문에서는 여름철 전력사용의 가장 큰 부분을 차지하고 있는 냉장고의 효율향상에 따른 CO<sub>2</sub> 발생량을 계산하는 실질적인 분석절차를 제안하고자 한다.

## Abstract

Due to rapid economic growth, the usage of residential cooling electrical appliances such as air conditioners and refrigerators has increased dramatically for the last decades. In order to reduce its energy consumption, the authorities have applied energy efficiency standards for principal appliances, including air conditioners, and then it can anticipate environmental effects. In this paper, it presents the actual procedure to analyze the effects for the decline in the CO<sub>2</sub> emissions and its methodology for the efficiency improvement of the air conditioner that takes a great portion of the summer power uses.

Key Words : CO<sub>2</sub>, Air Conditioner, Efficiency Standard, Energy

## 1. 서 론

최근 가장 중요한 문제 중 하나로 '기후변화협약'을 들 수 있다. 석유석탄 등 주로 화석연료가 연소될 때 나오는 이산화탄소와 메탄 등의 기체는 대기로

방출되는 복사에너지를 흡수해 다시 지표면으로 방출시키는 온실효과를 갖고 있다. 이에 따라 20세기 후반 들어 지구전체의 기온이 점차 올라가 수면상승과 엘니뇨 등 이상기온 현상이 빈발하고 있다. 에너지정책 수립과정에서 환경과 조화되는 에너지정책의 수립이 중요해지고 있으며 이 중 기후변화협약은 지구온난화를 유발하는 온실가스의 배출을 억제하여 기후의 안정성을 확보하는 것을 목표로 하고 있으며, 이는 단순한 환경문제로서 그치는 것이

\* 주저자 : 인천대학교 전기공학과 석사과정  
Tel : 032-770-4325, Fax : 032-765-8118  
E-mail : baekguy96@nate.com  
접수일자 : 2008년 9월 30일  
1차심사 : 2008년 10월 22일  
심사완료 : 2008년 11월 24일

아니라 온실가스가 주로 에너지 사용에서 발생되기 때문에 각국의 경제 산업구조에 대한 수정을 요구하는 심각한 문제이다.

기후변화협약을 통해 선진국에서 온실가스 배출량에 대한 감축 및 규제가 실시되고 있으며, 우리나라도 예외 없이 교토의정서에 비준함으로써 온실가스 배출량 감축이행을 의무화 하였다. 따라서 우리나라에서도 이에 대한 대비를 하지 않을 경우, 특히 전력생산비용을 비롯한 각종 사회비용이 급격히 증가하게 되어 국가 전체적으로 산업생산에 막대한 손실을 가져올 것이 자명하다. 또한, 최근 1년 사이에 유가가 급등 하였고 이러한 추세가 지속될 것으로 예측하고 있다. 따라서 온실가스 배출을 감소시키고 전체적인 에너지의 사용량을 줄일 수 있는 고효율기기의 보급 및 사용은 필수적으로 우리나라에서도 이에 대한 기술개발 및 보급 확대가 필요하다. 한편, 한전에서는 금년 4월부터 전기 사용량에 대하여 [kWh]당 424[g]으로 이산화탄소 배출량을 산정하여 전기요금 고지서에 표기하기로 하였으며, 이 역시 기후변화협약을 대비하기 위한 하나의 방안이라 볼 수 있다. 기존 연구에서 고효율 기기 보급에 따른 전력 및 에너지 절감 잠재량을 모니터링할 수 있는 방법론을 개발하여 발전설비 회피 및 예비력 증대에 기여하는 정도를 규명하였고 [1], 최근에는 보급모형을 개량하여 고효율기기 지원금 산정개선 방안을 도출 연구가 수행되었대[2]. 이러한 연구결과는 온실가스 배출량 저감효과 산정을 위한 기초 자료로 활용될 수 있다.

본 논문에서는 에어컨의 효율기준 상향조정에 의한 기후변화 협약에 기여하는 방안을 연구하였다. 특히 처음으로 Bass 확산모형을 적용하여 보급대수를 산정하였다. 또한 에어컨의 효율기준 상향조정에 따른 CO<sub>2</sub> 배출량 감소에 중점을 두고 연구하였으며 또한 각 시간대별 발전원을 고려하여 CO<sub>2</sub> 배출량을 계산하여 보다 실질적인 계산을 하였다. 이것은 기존 CO<sub>2</sub> 절감량 산정에 있어서 대표적인 하나의 발전원만 고려하여 계산한 경우 실질 CO<sub>2</sub> 발생량과 차이가 있다. 그러나 본 논문에서 제시하는 각 시간대별 발전원을 선정하여 계산을 하면 더 정확한 결과를 얻을 수 있다. 이를 위하여 기존연구의 Bass 보급확

산모형을 활용하여 얻어진 에너지 절감량 산정결과와 발전원별 CO<sub>2</sub> 배출계수를 활용하였다.

## 2. 온실가스 산정 방법론

본 논문에서는 여름철 전력사용량의 큰 부분을 차지하고 있는 에어컨의 효율향상에 따른 이산화탄소를 비롯한 온실가스 배출량 저감에 미치는 영향을 분석하기 위한 절차와 실제 방법론을 제안한다. 분석 절차는 크게 두 가지의 흐름으로 구분된다. 하나는 에어컨의 효율 향상에 의한 에너지 절감량 분석이고 다른 하나는 에어컨 운전시간에 따른 회피 발전원 선정이다. 기존 연구에서는 기기 사용에 따른 온실가스 분석에 있어서 하나의 발전원만을 고려하여 분석을 하였다. 예를들어 첨두부하에 가동되는 LNG 발전원만을 고려하여 온실가스 발생량을 구한다면 정확한 발생량을 구할 수 없게 된다. 이렇듯 기존 방법대로 하나의 발전원만을 고려할 경우 정확한 온실가스 발생량을 산정했다고 볼 수 없다.

그리하여 본 논문에서는 에어컨의 운전시간특성을 분석하여 각 시간대별로 어떤 발전원을 회피하는지 선정하여 각 발전원에 해당하는 온실가스 발생량을 산정하였다. 이러한 절차를 아래 그림 1에 나타내었다.

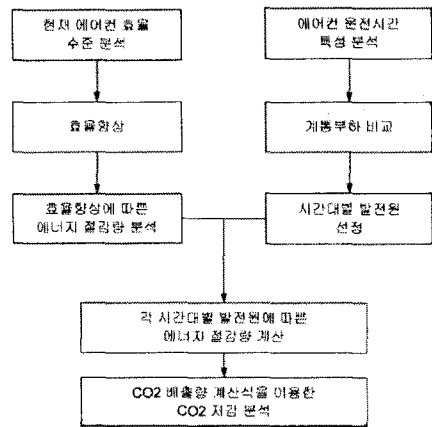


그림 1. 에어컨 효율향상에 따른 CO<sub>2</sub> 저감효과 분석 절차  
 Fig. 1. Analysis process of CO<sub>2</sub> reduction effects caused by reinforcement of efficiency standard for air conditioners

### 3. Bass 확산모형을 이용한 가정용 에어컨 보급추정 및 절감량 산정

우리나라 에어컨 에너지 효율기준 강화에 따른 에너지 및 비용 절감 잠재량을 예측하였다. 이것을 추정하는 새로운 적용 기법으로 에어컨의 보급 데이터를 이용한 Bass의 확산모형을 적용한다. Bass 확산모형은 제품의 자연적 보급 과정을 잘 나타내는 것으로 알려져 있으며, 기존의 보급데이터에 근거하여 앞으로 보급추이를 보다 정확히 예측하게 된다[3].

본 연구에서는 통계 및 경제성 분석을 통하여 에너지 및 비용 절감 분석 방안을 제안하였다. 먼저, 시계열 데이터를 기초로 하여 다음 식 (1)의 Bass의 확산모형식을 이용하여 에어컨의 누적보급대수를 추정하였다.

제안된 방법을 국내의 가정용 에어컨에 적용하며 다음의 테스트 시스템에 적용하여 보았다. 통계 데이터에 기초한 Bass의 확산모형으로 에어컨의 보급을 예측하였다. 확산모형의 혁신계수와 모방계수는 최소자승법과 시행착오학습을 통하여 산정하여  $p = 0.0019$ ,  $q = 0.14$ 를 구했으며 최대 인구수를 약 60,000,000으로 가정하였고 가구당 에어컨의 보급률은 1.02로 가정하였다. 여기서 한 가구당 구성인원은 3인으로 하였다. 그러므로 에어컨의 최대 잠재량은  $20,400,000 = (60,000,000 / 3 \times 1.02)$ 이다.

에어컨은 1970년부터 보급이 시작되었기 때문에 초기년을 1980년으로 하며 2040년까지 추정된 총 누적보급대수를 다음 그림 2에 보였다. 현재 보급량은 약 800만대 정도이다.

Bass 확산모형을 사용하기 위해서는  $m$ ,  $p$ ,  $q$  등 3개의 모수를 추정하여야 한다.

$$N(t) = m \frac{1 - e^{-(p+q)t}}{1 + \frac{q}{p} e^{-(p+q)t}} \quad (1)$$

- $N(t)$  :  $i$  년도 에어컨의 총 누적보급대수
- $m$  : 에어컨의 잠재량
- $p$  : 혁신계수
- $q$  : 모방계수

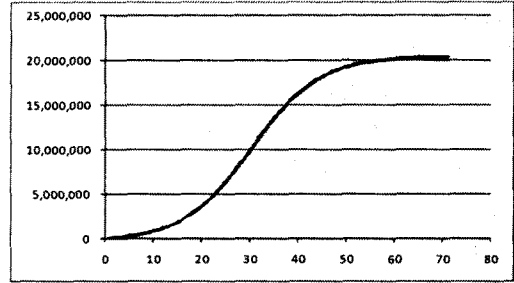


그림 2. Bass 모형에 의한 에어컨의 총 누적보급대수 추정

Fig. 2. Total accumulated distribution estimation of the air conditioners using Bass Diffusion Model

$i$  년도 에어컨의 신규보급대수는 다음 식 (2)과 같이 직전년도의 누적보급대수를 빼줌으로써 계산할 수 있다.

$$ND_i = N(t)_i - N(t)_{i-1} \quad (2)$$

$ND_i$  :  $i$  년도 에어컨의 신규 보급대수

그러나, 이 추정에서 에어컨의 수명이 고려되어야 하므로  $i$ 년도의 신규 및 교체 대수는 다음과 같다.

$$NR_i = ND_i + RD_i \quad (3)$$

$RD_i$  :  $i$ 년도 에어컨의 교체대수

$NR_i$  :  $i$ 년도 에어컨의 신규 및 교체 대수

위 식 (2), (3)을 이용하여 각 연도별 누적 보급량과 신규 및 교체대수를 표 1에 나타내었다. 교체대수는 에어컨 수명 7년으로 계산하여 추정하였다.

에어컨 효율기준을 강화했을 경우 제도시행 해에 생산된 제품은 효율이 높아진 제품이 출시됨으로 현재 설치되어 있는 에어컨은 고려하지 않고 신규 및 교체대수를 고려하여 에너지 절감량을 산정하는 것으로 하였다.

보급된 에어컨의 에너지 절감량(kWh)은 신규 및 교체대수, 평균 용량(W), 연간 사용시간, 절감율을 곱하여 계산할 수 있다. 연간 사용시간은 에어컨의 경우 연가 255시간을 사용하는 것으로 한다[1]. 절감

율은 현재 효율기준을 10[%] 증가하였다고 본 것이다. 그 식은 다음과 같다.

표 1. 계산된 분석 결과(보급대수)  
Table 1. Calculated analysis results

연도	N([t])	ND	RD	NR
2008	9,109,581	721,369	62,653	784,022
2009	9,840,422	730,841	71,727	802,567
2010	10,573,481	733,059	82,033	815,092
2011	11,301,416	727,935	93,714	821,649
2012	12,017,088	715,672	106,920	822,592
2013	12,713,837	696,749	121,809	818,557
2014	13,385,716	671,879	138,538	810,417
2015	14,027,673	641,957	157,264	799,221
2016	14,635,665	607,992	178,136	186,128
2017	15,206,708	571,043	201,284	772,327
2018	15,738,863	532,155	226,811	758,966
2019	16,231,170	492,307	254,781	747,088
2020	16,683,546	452,376	285,198	737,574

$$\text{에너지 절감량} = NR \times W \times T \times S \quad (4)$$

- NR : I년도 에어컨 신규 및 교체대수
- W : 평균용량
- T : 연간 사용 시간 (255h)
- S : 절감율 10[%]

에어컨의 평균용량은 1,725[W]로 추정되었고, 에어컨의 수명은 약 15년으로 하여 교체대수를 산정하여 절감량을 계산하였다. 계산된 분석 결과를 다음 표 2에 요약하였다.

#### 4. 에어컨 사용시간을 고려한 각 시간대별 발전원 선정

전력발전에 있어서 가장 먼저 가동되는 것은 기저 발전부터 비싼 발전원 별로 가동된다. 그러므로 에어컨의 일별 사용량에 따른 발전원을 결정하여 실질적인 연료에 의한 CO<sub>2</sub> 절감량을 산정한다. 결국 에어컨의 효율기준 상향조정에 의한 에너지 절감은 각

표 2. 효율기준 상향 조정시 에너지 절감량  
Table 2. Energy saving while reinforcing efficiency standards

연도	신규 및 교체대수	사용전력량 (MWh/year)	절감량 (MWh/year)
2008	784,022	344,871	34,487
2009	802,567	353,029	35,302
2010	815,092	358,538	35,853
2011	821,649	361,422	36,142
2012	822,592	361,837	36,183
2013	818,557	360,062	36,006
2014	810,417	356,481	35,648
2015	799,221	351,557	35,155
2016	186,128	345,798	34,579
2017	772,327	339,727	33,972
2018	758,966	333,850	33,385
2019	747,088	328,625	32,862
2020	737,574	324,440	32,444

시간대 별로 윗부분을 잘라낸다고 생각할 수 있으므로 각 시간대별 발전원을 선정하여 각 발전원 별로 CO<sub>2</sub> 절감량을 산정하여 더 실질적인 양을 구할 수 있다.

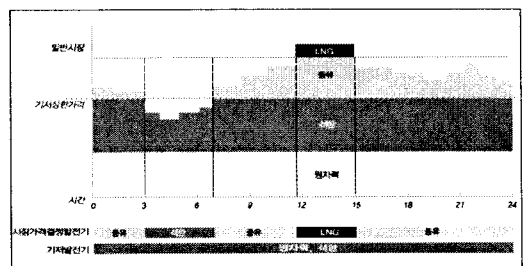


그림 3. 각 시간별 발전원 적용  
Fig. 3. Each generator every time

그림 3에서 알 수 있듯이 보통 6~9시는 석탄, 12~15시는 LNG 나머지는 중유가 첨두부하에 걸리는 것을 알 수 있다. 이러한 사용시간별 발전원 선정은 매일 바뀌며 고정된 것이 아니나 평균적인 사용으로 간주한다. 그리하여 본 논문에서는 그림 3의 사용패턴을 기준으로 분석을 하였다.

아래의 에어컨 1대의 일일 사용시간에 대한 그림

가정용 에어컨 효율기준 강화에 따른 CO<sub>2</sub> 산정연구

4의 그래프는 참고문헌 [1] 자료로서 에어컨 주 사용 기간인 7~8월의 평균을 나타내며, 에어컨 한 대의 평균용량을 1,725[W]로 하여 각시간대별 가중치를 적용하여 용량을 나타낸 것이다[4]. 그래프를 보면 낮 시간대(12시~1시) 거의 풀가동하기 때문에 1,600[W]에 피크를 보이고 새벽과 아침에는 사용용량이 많이 줄어들어 24시에는 160[W]정도로 낮아진다. 이러한 에어컨의 사용시간에 따른 패턴을 이용하여 전체 에어컨에 적용하여 시간대별 전체 에어컨의 사용량을 결정할 수 있다.

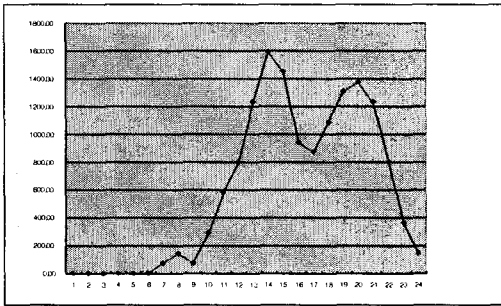


그림 4. 일일 에어컨 사용패턴  
Fig. 4. The air conditioner's using pattern

아래 표 3은 그림 4의 각 시간에 대한 값과 발전량을 나타낸 것이다.

표 3. 시간대별 에어컨 사용용량  
Table 3. The air conditioner's using capacity

시간	시간대별용량(W)	점유율(%)	시간대별 절감발전량 [kWh/year]
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	0	0	0
5	0	0	0
6	0	0	0
7	72.43	0.005	174,156
8	144.88	0.01	348,371
9	72.43	0.005	174,156
10	289.73	0.02	696,683
11	579.48	0.04	1,393,427

시간	시간대별용량(W)	점유율(%)	시간대별 절감발전량 [kWh/year]
12	796.78	0.056	1,915,954
13	1231.38	0.086	2,961,010
14	1593.56	0.111	3,831,909
15	1448.68	0.101	3,483,538
16	941.65	0.066	2,264,326
17	869.20	0.061	2,090,111
18	1086.53	0.076	2,612,698
19	1303.83	0.091	3,135,225
20	1376.25	0.096	3,309,382
21	1231.38	0.086	2,961,010
22	796.78	0.056	1,915,954
23	362.18	0.026	870,899
24	144.88	0.01	348,371
합계	5819.94	1	34,487,187

$$\text{시간대별 절감량 } Wh = \text{평균용량} \times \text{점유율} \times \text{절감량} \times \text{사용시간} \quad (5)$$

시간대별 절감량은 에어컨의 평균용량에 각 시간대별 에어컨 사용 점유율을 곱하고 절감량 (10%)와 사용시간 255[h]를 곱하여 구할수 있다.

표 4. 시간대별 해당 발전원(2008년)  
Table 4. Applied generator every time

발전원	절감 발전량 ([MWh/year])
석탄(6-9시)	523
LNG(12-15시)	8,709
중유(9-12시, 15-24시, 00-03시)	25,256
합 계	34,487

표 4는 에어컨 효율기준 10% 상향 조정시 절감되는 에너지를 각 발전원별 적용시간을 기준으로 하는 것이다.

그 결과 석탄은 52[MWh/year], LNG는 8,709[MWh/year], 중유는 25,256[MWh/year]의 에너지를 각각의 발전원에서 절감하는 것으로 나왔다.

## 5. CO<sub>2</sub> 배출량 계산 및 CO<sub>2</sub> 배출량 절감에 따른 경제성 분석

### 5.1 CO<sub>2</sub> 배출량 산정절차

CO<sub>2</sub> 배출량 계산 과정은 다음과 같이 4개 항목으로 나누어 생각할 수 있다.

#### 5.1.1 연료별 소비량 파악

▶ 연료소비량[t, kℓ] =

$$\frac{\text{발전량} [MWh] \times \text{Heat Rate} [btu/kWh]}{\text{발열량} [kcal/kg, l]} \times 0.252 [kcal/btu] \quad (6)$$

연료 소비량은 각 연료별 발전량에 Heat Rate를 곱하여 각 연료의 발열량으로 나누어 구할 수 있다. 0.252는 kcal 단위로 맞추기 위해 곱한 것이다. 아래의 표 5의 발전원별 Average Heat Rate를 이용하여 각각의 연료소비량을 구하였다[5].

표 5. 발전원별 Average Heat Rate  
Table 5. Each generator's Average Heat Rate

발전원	Heat Rate([Btu/kWh])
석탄	8,538
LNG	9,307
중유	9,383

i) 석탄 연료소비량 =

$$\frac{523 [MWh] \times 8,538 [btu/kWh]}{6,400 kcal} \times 0.252 [kcal/btu]$$

= 176 [ton]

ii) LNG 연료소비량 =

$$\frac{8,709 [MWh] \times 9,307 [btu/kWh]}{9,550 kcal} \times 0.252 [kcal/btu]$$

= 2,139 [kℓ]

iii) 중유 연료소비량 =

$$\frac{25,256 [MWh] \times 9,383 [btu/kWh]}{9,831 kcal} \times 0.252 [kcal/btu]$$

= 6,074 [kℓ]

#### 5.1.2 연료별 발열량 선정

고정연소 부문에서 연료원별 소비량을 공통단위(kcal)로 변환해 주기 위해 발열량을 사용하는데, 에너지기본법 시행규칙(제5조)에 반영되어 있는 저위 발열량을 사용하도록 한다.

만일 위의 발열량에 해당하지 않는 연료원의 경우, 표 6의 IPCC 가이드라인(Revised IPCC Guidelines 1996)의 저위발열량을 사용할 수 있다[6].

표 6. 국내 연료원별 저위 발열량  
Table 6. Fuel a low calorific value in domestic

에너지원	단위	순 발열량		석유환산계수
		[kcal]	MJ 환산	
원 유	[kg]	10,100	42.3	1.010
휘 발 유	[ℓ]	7,400	31.0	0.740
실 내 등 유	[ℓ]	8,200	34.3	0.820
보일러등유	[ℓ]	8,350	35.0	0.835
경 유	[ℓ]	8,450	35.4	0.845
B - A 유	[ℓ]	8,750	36.6	0.875
B - B 유	[ℓ]	9,100	38.1	0.910
B - C 유	[ℓ]	9,350	39.1	0.935
프 로 판	[kg]	11,050	46.3	1.105
부 탄	[kg]	10,900	45.7	1.090
나 프 타	[ℓ]	7,450	31.2	0.745
용 계	[ℓ]	7,350	30.8	0.735
항 공 유	[ℓ]	8,200	34.3	0.820
아 스팔트	[kg]	8,350	39.1	0.835
운 활 유	[ℓ]	8,650	36.2	0.865
석 유 코크	[kg]	7,850	32.9	0.785
부생연료1호	[ℓ]	8,350	35.0	0.835
부생연료2호	[ℓ]	9,200	38.5	0.920
천연가스(LNG)	[kg]	11,750	49.2	1.175
도시가스(LNG)	[Nm <sup>3</sup> ]	9,550	40.0	0.955
도시가스(LPG)	[Nm <sup>3</sup> ]	13,800	57.8	1.380
국내무연탄	[kg]	4,600	19.3	0.460
수입무연탄	[kg]	6,400	26.8	0.640
유연탄(연료용)	[kg]	5,950	24.9	0.595
유연탄(원료용)	[kg]	6,750	28.3	0.675
아 역 청 탄	[kg]	5,000	20.9	0.500
코 크 스	[kg]	7,000	29.3	0.700

가정용 에어컨 효율기준 강화에 따른 CO<sub>2</sub> 산정연구

에너지원	단위	순 발열량		석유환산계수
		[kcal]	MJ 환산	
전 력	[kWh]	2,150	9.0	0.215
신 탄	[kg]	-	-	-

5.1.3 탄소 배출계수의 선정

탄소 배출계수는 우리나라의 '국가 온실가스 배출량산정 방법'과의 일관성을 유지하기 위해 표 7의 IPCC의 연료원별 탄소배출계수를 사용하도록 한다.

표 7. IPCC의 연료원별 탄소 배출 계수  
Table 7. IPCC's Carbon Emission Factor

연료 구분		탄소배출계수	
		[t C/TJ]	[Ton C/TOE]
액체화석연료	1차연료	원유	20.00 0.829
		천연액화가스(NGL)	17.20 0.630
	2차연료	휘발유	18.90 0.783
		항공가솔린	18.90 0.783
		등유	19.60 0.812
		항공유	19.50 0.808
		경유	20.20 0.837
		중유	21.10 0.875
		LPG	17.20 0.713
		납사	20.00 0.829
		아스팔트(Bitumen)	22.00 0.912
		운활유	20.00 0.829
	Petroleum Coke	27.50 1.140	
	Refinery Feedstock	20.00 0.829	
고체화석연료	1차연료	무연탄	26.80 1.100
		원료탄	25.80 1.059
		연료탄	25.80 1.059
		갈탄	27.60 1.132
	Peat	28.90 1.186	
	2차연료	BKB & Patent Fuel	25.80 1.059
		Coke	29.50 1.210
기체화석연료	LNG	15.30 0.637	
바이오매스	고체	29.9 -	
	액체	20.0 -	
	기체*	30.6 -	

\* 바이오매스의 탄소 중 50[%]가 메탄으로 변환된다는 가정을 기초로 한 값이다.

5.1.4 산화율 선정

산화율은 연료내 함유되어 있는 탄소가 산화하는 비율을 말한다. 기업 고유의 연료별 탄소 산화율 자료를 이용할 수 없을 경우에는, 다음의 표 8에 제시된 연료의 형태별 산화율을 사용하도록 한다.

표 8. 연료 종류별 탄소 산화율  
Table 8. Oxidation Rate

연료 종류	산화율
석탄류	0.98
석유류	0.99
가스류	0.995

앞에서 언급한 4단계에 따라 석탄, 석유, 가스에 대하여 CO<sub>2</sub> 배출량을 결정할 수 있다.

5.2 효율향상에 따른 발전원별 CO<sub>2</sub> 배출 절감량

가정용 에어컨의 효율을 향상시켰을 경우 발생하는 에너지 절감량에 대하여 각 발전원별 즉 석탄, LNG, 중유에 대해 CO<sub>2</sub> 배출 절감량 산정을 수행하였다.

CO<sub>2</sub> 배출량 계산은 아래 표 9의 CO<sub>2</sub> 배출량 계산식을 이용하여 CO<sub>2</sub> 배출량을 계산할 수 있다. 표 9에서 유의해야 할 점은 단위를 잘 맞춰야 한다는 것이다. 고체, 액체, 기체의 단위는 다르므로 고체는 [t], 액체는 [kL], 기체는 [kNm<sup>3</sup>]으로 기준을 잡아야 하며 발열량은 [kcal] 단위로 맞춰서 계산하여야 한다.

표 9. 고정연소의 CO<sub>2</sub> 배출량 계산식  
Table 9. Stationary Combustion CO<sub>2</sub> Emission calculation method

CO <sub>2</sub> 배출량=Σ(연료별소비량×발열량×환산계수( $\frac{4.186 TJ \times 10^{-6}}{1kcal}$ ) ×	
탄소배출계수([tC/TJ]) ×산화율) × CO <sub>2</sub> 변환계수 (44/12)	
연료별 소비량	고체([t]), 액체([kℓ]), 기체([kNm <sup>3</sup> ])
발열량	고체([kcal/kg]), 액체([kcal/ℓ]), 기체([kcal/Nm <sup>3</sup> ])
	1[kcal] = 4.186[kJ]
환산계수	1[ton] = 1,000[kg] 1[TJ] = 106[kJ]
이산화탄소	C의 물질량 : 12
변환계수	CO <sub>2</sub> 의 물질량 44

### 5.2.1 석탄 발전원의 CO<sub>2</sub> 배출 절감량

연료 소비량	176[t]
발 열 량	6,400[kcal]
탄소 배출계수	26.80
산 화 율	0.98

연간 CO<sub>2</sub> 배출량 =  
 $176t \times 6400kcal \times \frac{4.186 TJ \times 10^{-6}}{1kcal} \times 26.80$   
 $\times 0.98 \times (44/12)$   
 = 453[ton]

CO<sub>2</sub> 배출량/kwh = 867 [g]

### 5.2.2 LNG 발전원의 CO<sub>2</sub> 배출 절감량

연료 소비량	2,139[k ℓ ]
발 열 량	9,550[kcal]
탄소 배출계수	15.30
산 화 율	0.995

연간 CO<sub>2</sub> 배출량 =  
 $2,139kℓ \times 9,550kcal \times \frac{4.186 TJ \times 10^{-6}}{1kcal} \times 15.3$   
 $\times 0.995 \times (44/12)$   
 = 4,773 [ton]

CO<sub>2</sub> 배출량/kWh = 548 [g]

### 5.2.3 중유 발전원의 CO<sub>2</sub> 배출 절감량

연료 소비량	6,074[k ℓ ]
발열량	9,831[kcal]
탄소 배출계수	21.10
산화율	0.99

연간 CO<sub>2</sub> 배출량 =  
 $6,074kℓ \times 9831kcal \times \frac{4.186 TJ \times 10^{-6}}{1kcal} \times 21.10$   
 $\times 0.99 \times (44/12)$   
 = 19,147 [ton]

CO<sub>2</sub> 배출량/kwh = 758 [g]

### 5.3 경제성 분석

배출권 선물거래가격 분석 산정은 수요관리 평가년도 이후 3년(2008~2010)까지 만기되는 배출권 선물거래 가격의 평균을 활용하여 CER 가격을 추정적용 하였으며 선물거래가격 평균계산 기간은 2006~2007년으로 하였다.

3년만기 배출권 선물가격 평균×CER환산계수(0.75)  
 = 19,116[원/tco2]

표 10은 배출권 선물거래가격에 CO<sub>2</sub>량을 곱하여 산정한 연간 회피환경비용이다.

표 10. 연간 회피환경비용  
 Table 10. Avoided environment costs for a year

연료	절감 CO <sub>2</sub> 배출량[ton]	회피환경비용[원]
석탄	453	8,663,524
LNG	4,773	91,233,535
중유	19,147	366,006,212
합계	24,372	465,903,271

### 6. 결 론

전 세계적으로 에너지 자원이 점점 감소하여 이에 대응하기 위해 정부는 주요기기에 최저효율제를 시행하고 있다. 최저효율제를 시행하고 있는 에어컨은 우리가 많이 사용하는 가전기기중 하나로서 그 사용량이 점점 늘어나고 있다. 에어컨의 효율기준강화를 통해 에너지 절약효과 뿐만 아니라 환경적인 효과도 기대할 수 있다. 효율기준 상향조정에 따른 에너지 절감 효과 및 경제성 분석을 하여 예상 이득을 분석한다.

본 논문에서는 에어컨을 대상으로 Bass 확산모형을 이용하여 보급량을 추정하고 에어컨 사용패턴을 분석하여 기존 방법들에 비해 보다 정확한 CO<sub>2</sub> 절감량 분석을 시행하였다. 에어컨의 효율기준 상향조정



## 가정용 에어컨 효율기준 강화에 따른 CO<sub>2</sub> 산정연구

에 의한 기후변화협약에 기여하는 방안을 연구하였으며 특히 에어컨의 효율기준 상향조정에 따른 CO<sub>2</sub> 배출량에 중점을 두고 연구하였다. 에어컨의 하루 사용패턴을 분석하여 각 시간에 적용되는 발전원을 분석하여 CO<sub>2</sub> 절감량을 산정하였다. 그 결과 에어컨 가동시 발생할 수 있는 CO<sub>2</sub> 발생량을 한 가지 발전원을 적용하였을 때 보다 더 실질적인 양을 산정함으로써 에어컨 효율기준 상향조정이 '기후변화협약'에 기여를 보다 정확히 산정하게 되었으며 앞으로 각 기기별 CO<sub>2</sub> 발생량 산정 시 기초자료로 이용할 수 있을 것으로 기대된다.

### 감사의 글

본 연구는 지식경제부의 지원에 의하여 기초전력연구원 (R-2005-7-150)주관으로 수행된 과제임.

## References

- [1] Ministry of Commerce, "A study on application and development of evaluation method of DSM potentials and monitoring system", 1998.
- [2] Ministry of Commerce, "Survey on High Efficient Appliances support and study on rational improvement plans" 2007.
- [3] Jong-Ryul Won, Jung-Hoon Kim "Basic research on the efficiency standards of national principal electrical equipments for UNFCCC and international standardization", 2007.
- [4] KPX, "Survey on Electricity Consumption Characters of

Home Appliances", 2006.

- [5] Sung-Min Woo, "The Analysis of Effect and Development of Methodology in order to consider Co-generation in the Basic Plan of Long Term Electricity Supply & Demand", 2006.
- [6] Greenhouse Gas Inventory Reference Manual, Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Vol 3, IPCC, 1996.

## ◆ 저자소개 ◆

### 백정명 (白正明)

1980년 5월 5일생. 2007년 인천대학교 전기공학과 졸업. 현재 동대학원 석사과정.

### 이병하 (李丙河)

1954년 7월 12일생. 1978년 서울대학교 전기공학과 졸업. 1980년 동대학원 전기공학과 졸업(석사). 1991년 The Pennsylvania State Univ. 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1979~1994년 한국전력공사 기술연구원 선임연구원. 1994~현재 인천대학교 전기공학과 교수.

### 원종률 (元鍾律)

1969년 7월 21일생. 1993년 서울대학교 전기공학과 졸업. 1995년 서울대학교 대학원 전기공학부 졸업(석사). 1998년 서울대학교 대학원 전기공학부 졸업(박사). 1998~2002년 한국전력공사 전력연구원 전력계통연구실 선임연구원. 2002년~현재 안양대학교 전기전자공학과 부교수.

### 김정훈 (金正勳)

1955년 9월 13일생. 1978년 서울대학교 전기공학과 졸업. 1985년 동대학원 전기공학과 졸업(박사). 1981년~현재 홍익대학교 전자전기공학부 교수.