

## Energy Balance Flow 구축에 의한 에너지효율향상 효과분석

김용하\*, **조현미\***, 신형철\*\*, 김형중\*\*\*, 우성민\*, 김영길\*\*\*\*  
 인천대학교\*, 인천국제공항공사\*\*, 에너지관리공단\*\*\*, 한진중공업\*\*\*\*

### Effect Analysis on Energy Efficiency Improvement for Establishing Energy Balance Flow

Yong-Ha Kim\*, Hyun-Mi Jo\*, Hyung-Chul Sin\*\*, Hyung-Jung Kim\*\*\*\*, Sung-Min Woo\*, Young-Gil Kim\*  
 University of Incheon\*, Incheon Airport\*\*, KEMCO\*\*\*, HANJINSC\*\*\*\*

**Abstract** - This paper is developed to Energy Balance Flow show the flow of total energy resource be used nationally. The Energy Balance Flow is applicable of demand management factor through the analysis of foreign energy model of supply and demand and energy statistic data in the country. This study is based on and developed to Energy system management model is able to appraisal efficient of energy cost cutting, CO2 emission reduction and Energy saving at the national level calculated effect reached amount of primary energy to change of energy flow followed application of demand side management factor is able to appraisal quantitatively at the total energy to model of demand and supply.

#### 1. 서 론

현재 우리나라는 주요 온실가스 배출국중 하나이며, 우리나라 경제에 미치는 영향이 클 것으로 예상되고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위한 방안으로 국가적으로는 에너지 사용량 절감을 위한 효과적인 대안이 제시 되어 오고 있으나, 각 에너지원에 대한 대책만 세워질 뿐 통합적인 에너지의 사용절감을 위한 수요관리에 대한 자세한 연구는 실행되어 오고 있지 않다. 그러므로 국내 실정에 맞는 수요관리를 효과적으로 수행하기 위해서는 통합 에너지 차원의 수요관리가 될 수 있도록 본 논문에서는 효과적이면서 통합적인 에너지관리를 위한 Energy Balance Flow를 구축하고 이를 기반으로 수요관리 요소의 적용에 따른 에너지 절감 효과, 에너지 비용 절감 효과를 산출할 수 있는 Energy System management 모형을 개발하였다

#### 2. Energy Balance Flow의 구성

Energy Balance Flow의 구성을 위해 국내에서 작성되고 있는 에너지 통계와 해외 에너지 수급 모형에서 사용되는 Energy Reference System을 분석하였으며, 분석내용을 바탕으로 국내 상황에 적합하며, 수요관리 요소의 투입을 통한 영향을 평가 할 수 있도록 Energy Balance Flow를 구성하였다.

##### 2.1 Energy Balance Flow 기본골격 구성

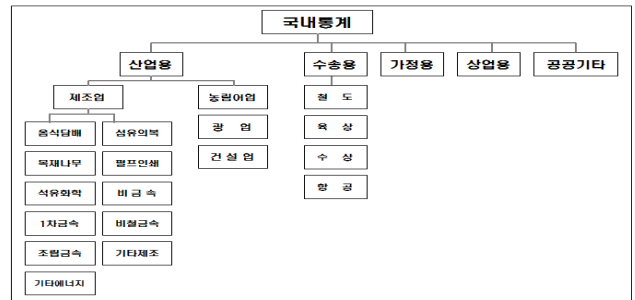
본 논문에서는 수요관리 효과를 분석할 수 있는 새로운 개념의 Energy Balance Flow를 구성하기 위해 기존에 작성되었던 Energy Balance Flow와 해외모형에서 사용되는 Energy Reference System을 분석한 결과를 바탕으로 본 논문에서는 공급, 정제, 변환, 분배, 소비로 구분되어 체계적이며, 세부적으로 구성하였다.

##### 2.2 Energy Balance Flow 부문별 세부 구성

Energy Balance Flow의 기본 구조는 수요관리 요소의 적용이 용이한 Reference Energy System의 공급, 정제, 변환, 분배, 소비로 구성하였고, 수요관리 효과를 평가하는 모형은 수요관리 요소의 투입에 의한 공급부문의 1차 에너지 사용량 변화를 통해 수요관리 효과를 산출하는 것이므로 에너지 흐름은 소비에서 공급으로 흐르도록 구성하였다.

##### 2.2.1 소비부문의 구성

국내의 통계자료에서만 작성되고 있는 최종에너지원별 구분은 수요관리 요소의 적용이 어렵기 때문에 소비부문의 구성은 국내에서 모두 사용하고 있는 에너지 사용 용도별 구분을 적용하였다. 그림 1은 Energy Balance Flow의 소부분 구성을 나타낸 것이다.



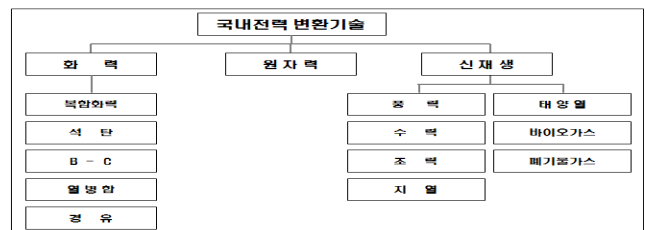
〈그림 1〉 Energy Balance Flow의 소비부분 구성

##### 2.2.2 분배부문의 구성

소비부문에서는 2차 에너지인 전력 및 열을 사용하고 있으며, 이를 공급하기 위해서는 발전 및 열 생산 설비에서 소비부문까지의 네트워크가 필요하다. 국내 통계자료 및 해외 모형의 분석 결과를 바탕으로 Energy Balance Flow의 분배부문 구성은 송전 네트워크, 배전 네트워크, 열 배관 네트워크로 하였다. 천연가스 공급의 경우 네트워크의 구성은 없으나 공급에 따른 손실은 적용되도록 하기 위해 분배부문에 포함될 수 있도록 구성하였다.

##### 2.2.3 변환부문의 구성

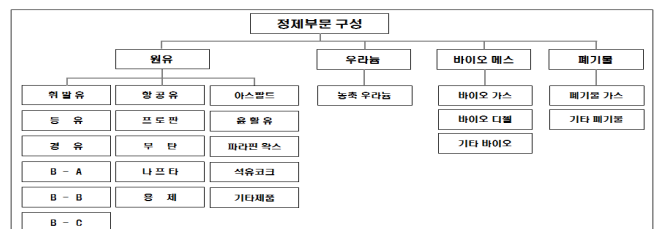
Energy Balance Flow의 변환부문 구성을 위해 해외 모형의 변환부문 구성 및 국내 통계 자료를 분석한 결과, 변환부문의 구성 내용은 그림 2와 같다.



〈그림 2〉 국내 전력변환부분 구성

##### 2.2.4 정제부문의 구성

정제 과정을 거치게 되는 에너지원은 원유, 우라늄, 바이오 메스, 폐기물로 동일하게 구성되어 있으나, 원유의 정제를 통해 생산되는 석유제품은 국내 통계자료의 현황에 맞도록 구분하였다. 그림 3은 정제부문의 세부 구성을 나타내었다.



〈그림 3〉 정제부문의 세부구성

### 2.2.5 공급부문의 구성

IEA(International Energy Agency)에서 국제 병커링은 에너지 통계에서 고려되어야 하는 중요한 사항임을 나타내고 있음에 따라 Energy Balance Flow의 공급부문 구성요소로 국제 병커링을 적용하였다.[8] 에너지 생산 및 수입의 특성, 국제 병커링 등 국내의 에너지 상황을 고려한 Energy Balance Flow의 공급부문 구성은 그림 4와 같다.



〈그림 4〉 공급부문 구성

### 2.3 Energy Balance Flow의 전체 구성

수요관리에 의한 통합 에너지 차원의 효과를 평가하기 위한 모형의 기반인 Energy Balance Flow의 기본 구조는 국내의 모형의 분석을 통하여 수요관리 요소의 적용이 용이한 해외 모형의 공급, 경제, 변환, 분배, 소비로 구분하였으며, 해외 모형과 국내 통계 자료의 분석을 통하여 국내 상황에 맞는 Energy Balance Flow의 각 부분별 세부 요소를 구성하였다.

## 3. 사례연구

Energy System Management 모형에 적용 가능한 수요관리 요소의 입력은 유연하게 변화시킬 수 있으며, 효과분석을 위한 효율향상 변화는 임의의 [%]를 적용하도록 시나리오를 구성하였다. 각각의 시나리오 구성요소를 Case로 구성하였으며, Case별 시나리오의 구성은 표 1과 같다.

〈표 1〉 열병합발전 전체의 회피비용 산정 결과

Case	시나리오 구성요소	시나리오 구성
1	소비부문 에너지 효율향상	• 소비부문 전체의 에너지 사용 효율 1[%] 향상
2	네트워크 효율향상	• 송전 및 배전효율 1[%] 증가 • 열배관 네트워크 효율 1[%] 증가
3	변환 효율향상	• 석탄화력 발전의 발전효율 1[%] 증가 • 열생산 시설인 PLB의 효율 2[%] 증가

### 3.1 소비부문 에너지 효율 향상

소비부문의 에너지 사용 효율이 전체적으로 1[%] 향상된 경우를 Case1로 구성하고, Energy System Management 모형에 적용하여 수요관리 효과를 산출하였다. Case1 시나리오 입력에 의한 수요관리 효과는 표 2와 같다.

〈표 2〉 Case1 시나리오 투입결과

구분	에너지 사용[천TOE]			에너지 비용[십억 원]		
	시나리오 투입 전	시나리오 투입 후	절감량	시나리오 투입 전	시나리오 투입 후	절감액
석탄	64,445	63,807	638	14,304	14,163	141
석유	106,842	105,861	981	83,919	83,121	797
천연가스	38,542	38,160	382	23,768	23,532	235
원자력	33,190	32,861	329	822	814	8
신재생	6,220	6,158	62	0	0	0
합계	249,237	246,847	2,391	122,814	121,631	1,183

### 3.2 네트워크 효율 향상

소비부문에서 사용되는 전력 및 열을 공급하는 네트워크의 효율이 1[%] 향상된 경우를 Case2로 구성하고, 수요관리 효과를 산출하였다. Case2 시나리오 입력에 의한 수요관리 효과는 표 3과 같다.

〈표 3〉 Case2 시나리오 투입결과

구분	에너지 사용[천TOE]			에너지 비용[십억 원]		
	시나리오 투입 전	시나리오 투입 후	절감량	시나리오 투입 전	시나리오 투입 후	절감액
석탄	64,445	63,692	753	14,304	14,137	167
석유	106,842	106,803	39	83,919	83,896	22
천연가스	38,542	38,197	344	23,768	23,555	212
원자력	33,190	32,536	654	822	806	16
신재생	6,220	6,193	26	0	0	0
합계	249,237	247,420	1,817	122,814	122,395	419

### 3.3 변환 효율 향상

전력 및 열을 생산하는 설비의 효율 향상 시나리오를 Case3으로 설정하였으며, 세부 구성은 석탄 화력 발전의 효율이 1[%] 향상하고, 열을 생산하는 PLB(Peak Load Boiler)의 효율이 2[%] 향상된다고 구성하였다. Case3 시나리오 입력에 의한 수요관리 효과는 표 4와 같다.

〈표 4〉 Case3 시나리오 투입결과

구분	에너지 사용[천TOE]			에너지 비용[십억 원]		
	시나리오 투입 전	시나리오 투입 후	절감량	시나리오 투입 전	시나리오 투입 후	절감액
석탄	64,445	64,066	378	14,304	14,220	84
석유	106,842	106,839	3	83,919	83,917	1
천연가스	38,542	38,530	11	23,768	23,761	7
원자력	33,190	33,190	0	822	822	0
신재생	6,220	6,220	0	0	0	0
합계	249,237	248,845	393	122,814	122,722	92

## 4. 결론

본 논문에서는 국내 실정에 맞는 Energy System Management 모형을 개발하고 본 틀을 이용하여 수요관리에 의한 국가적 차원의 에너지 절감, 에너지 비용 절감 효과를 정량적으로 평가하였다.

- (1) 본 연구에서는 국내 상황에 적합하고, 수요관리 요소의 적용이 용이한 Energy Balance Flow를 기반으로 에너지 사용 효율향상에 관한 모든 가능한 수요관리 시나리오를 구축하였다.
- (2) 수요관리 시나리오를 Energy Balance Flow를 기반으로 구성한 Energy System Management 모형에 적용하여 에너지원별이 아닌 국가적 관점에서의 에너지 절감 효과, 에너지 비용 절감 효과를 산출함으로써 수요관리 효과를 통합 에너지 차원에서 정량적으로 평가하였다.
- (3) 본 연구에서는 수요관리 시나리오 투입에 따른 에너지 절감 및 CO2 배출 저감, 에너지 비용 절감 효과를 산출함으로써 수요관리의 타당성과 유용성을 증명하였고, 국가적 차원의 에너지 절감을 위한 통합 에너지 차원의 수요관리의 필요성을 제시하였다.

본 연구에서의 수요관리 시나리오 투입에 의한 에너지 절감 효과 분석 결과는 단일년도를 대상으로 수행하였으나, 향후에는 수요관리의 효과가 미래년도에 미치는 영향까지 분석할 필요가 있으며, 에너지 정책 및 에너지 요금 제도의 변화가 국가적 차원의 에너지 사용에 미치는 영향을 정량적으로 평가하는 연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

### [참고 문헌]

- [1] 장기 에너지수요 전망 모형 개선 연구, 에너지경제연구원, 2008
- [2] "통합 수요관리 효과분석을 위한 한국형 Energy System Management 모형 개발에 관한 연구"
- [3] 에너지 통계 연보, 에너지 경제 연구원, 2009
- [4] 한국 전력 통계, 한국전력공사, 2008
- [5] 김용열, "지역냉난방/열병합발전이 갖는 국가적 수요관리 역할", 제 35권, 제7호, pp.16-20, 2006년, 7월, 대한설비공학회
- [6] 이우남, 박종배, 신중린, 조기선, 김형중, 채영석, "통합수요관리를 통한 난방에너지 이용 합리화 방안" 대한 전기학회 하계 학술대회 논문집2009. 7. 14 - 17