

## WADE Economic Model에 의한 전력소매가격 산정

김용하\*, 최상규\*\*, 조성린\*\*\*, 정현성\*\*\*, 이용석\*\*\*, 손승기\*  
 인천대학교\*, 안양과학기술대학교\*\*, 한국전력공사\*\*\*

### Assessment of a Power Retail cost applying to WADE Economic Model

Yong-ha Kim\*, Sang-gyu Chang\*\*, Sung-lin Jo\*\*\*, Hyeon-sung Jung\*\*\*, Yong-suk Lee\*\*\*, Seung-kee Son\*  
 Incheon Univ.\*, Anyang Technical Collage\*\*, KEPCO\*\*\*

**Abstract** - This Paper calculated Retail costs as the economic and environmental impacts of supplying incremental electric load growth with varying mixes of DE(Decentralized Energy) and CG(Centralized Generation) applying to WADE Economic Model in 2020.

#### 1. 서 론

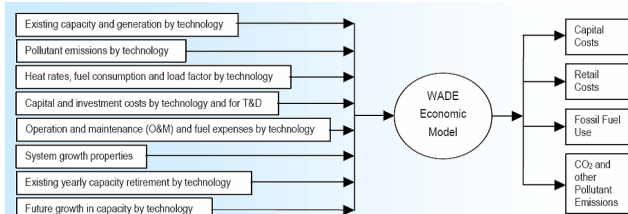
최근 에너지자원의 고갈과 지구온난화현상은 전세계가 주목하고 있는 이슈이다. 에너지원의 해외의존도가 높은 우리나라는 국제적 환경규제에 대응하기 위해서 전력수요관리를 강화하고, 친환경적 전력정책을 수립하는 방향으로 분산형전원의 도입의 필요성이 증대되고 있다. 이에 3차 전력수급기본계획에서는 분산형전원의 확대보급정책, 환경계약 등을 적극 고려하여 전력수급의 안정 및 적정 전원구성을 반영하고 있다. 그러나 전력수급기본계획에서는 분산형전원을 반영하기위한 타당성이 미흡한 실정이다. 이에 본 논문에서는 세계분산형전원연명의 WADE Economic Model을 이용하여 분산형전원의 타당성을 환경적 측면 및 경제적 측면에서 증명하였다. 즉, WADE Economic Model의 입력자료를 우리나라 실정에 적합한 자료로 구축하였으며, 증가하는 수요를 충족시키기 위한 신설설비에 대해서 CG(Centralized Generation)와 DE(Decentralized Energy)의 담당비율을 시나리오에 따라 변화함에 따라서 2020년 우리나라의 환경오염배출량 및 Retail Cost가 어떻게 변화할 것인가를 분석하였다.

#### 2. WADE Economic Model

WADE Economic Model은 미래의 20년 후까지 증가하는 전력수요에 대응하기 위하여 CG와 DE의 Mix를 변화시킬 때 이들의 변화에 따른 경제성과 환경적인 영향을 평가하기 위한 Tool이다. 즉, CG 또는 DE의 투입 시나리오에 따른 평가로써 미래의 Capital cost, Retail cost, Fossil Fuel trend, Pollution(CO<sub>2</sub>, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, PM10)을 산정할 수 있다. 본 논문에서는 전원구성 및 발전량전망에 대한 부분은 'WADE Economic Model에 의한 우리나라 전원구성' 논문의 결과를 적용하는 것으로 하였다.

##### 2.1 WADE Economic Model의 입력

WADE Economic Model의 구성은 그림 1과 같으며, 왼쪽 8가지 항목을 입력부분으로 하여 WADE Economic Model을 시뮬레이션 함으로써 오른쪽 4가지 항목이 출력된다.



〈그림 1〉 WADE Economic Model의 구성

WADE Economic Model의 입력항목은 Technology별로 입력할 수 있으며, 이 중에서 전원구성에 관련된 부분은 Existing capacity and generation, System growth properties, Existing yearly capacity retirement, Future growth in capacity 이며, 환경적 측면의 입력은 Pollutant emission, Heat rates, fuel consumption and load factor 이며, 경제적 측면의 입력은 Capital and investment costs and T&D costs, O&M costs, Fuel costs,

CO<sub>2</sub> Emission costs 이다.

본 논문에서는 우리나라의 자료를 조사하여 WADE Economic Model의 입력을 구축하였다.

##### 2.1.1 Capital and investment costs

Capital and investment costs는 발전소 건설비로써 현재 건설단가 [cent/kW], 연평균증감률[%], 용자상환기간[년], 이자율[%]로 구성되어 있다. CG부분의 자료는 제3차전력수급기본계획의 자료와 전원개발사업운영요령의 자료를 활용하였고, DE부분은 발전소 건설사업추진현황과 제2차 신재생에너지 기술개발 및 이용보급기본계획, 에너지이용합리화 및 신재생에너지보급사업을 위한 자금지원 등의 자료를 적용하였다.

##### 2.1.2 T&D costs

T&D costs는 송배전설비의 건설비로써 현재 건설단가[cent/kW], 연평균증감률[%], 용자상환기간[년], 이자율[%]로 구성되어 있다. 송배전망 건설비는 대부분 km당 단가를 적용하고 변전투자비는 개소당 단가를 적용하므로 본 연구에서는 송배전설비의 건설단가는 전체 송배전망 건설비에 대해서 전체 설비용량으로 나누어서 km당 건설비를 산정하였다.

##### 2.1.3 O&M costs

O&M costs는 O&M 비용[cent/kWh], 연평균증감율[%]로 구성하며, O&M 비용은 현재설비와 신설설비를 구분하여 적용한다. 제3차 전력수급기본계획의 자료를 참고하여 현재설비에 대해서는 발전기별 운전유지비 원가에 대한 평균치를 적용하였고, 신설설비에 대해서는 발전기별 가장 우수한 운전유지비를 적용하였다. O&M 비용 증감률은 기존설비에 대해서 신설설비의 증감비율을 적용하였다.

##### 2.1.4 Fuel costs

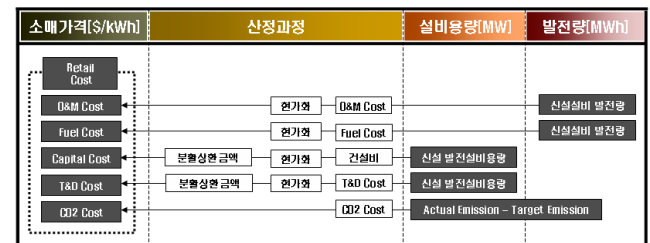
Fuel costs는 Fuel costs[cent/G]와 연평균증감율[%]로 구성된다. Fuel costs는 발전원별 건설공사비 산정 및 설비방식별 원가 구성 비교자료를 활용하였으며, 연료비 단가의 증감률은 제1차 전력수급기본계획과 제3차 전력수급기본계획의 연료비 증감률을 적용하였다.

##### 2.1.5 CO<sub>2</sub> Emission costs

CO<sub>2</sub> Emission costs는 CO<sub>2</sub> Emission costs[cent/CO<sub>2</sub>-ton]을 Period별 4단계로 설정하여 단계별 CO<sub>2</sub> 배출량 감축 목표를 설정한다. CO<sub>2</sub> Emission costs는 제3차 전력수급기본계획의 탄소배출비용인 13,000[원/CO<sub>2</sub>톤]을 적용하였다.

#### 2.2 WADE Economic Model의 전력소매가격 산정절차

WADE Economic Model의 전력소매가격을 산정하는 개념도는 그림 2와 같다.



〈그림 2〉 WADE Economic Model의 전력소매가격 산정 개념도

WADE Economic Model에서 전력소매가격은 Capital costs, O&M costs, T&D cost, Fuel cost, CO<sub>2</sub> cost로 식 (1.1)과 같이 구성하며, 각 항목의 산정방법은 다음과 같다. 각 항목의 단위는 모두 kWh당 cent로 산정된다.

$$\begin{aligned}
 \text{Retail costs [cent/kWh]} &= \text{Capital costs [cent/kWh]} \\
 &+ \text{O\&M costs [cent/kWh]} \\
 &+ \text{T\&D costs [cent/kWh]} \\
 &+ \text{Fuel costs [cent/kWh]} \\
 &+ \text{CO}_2 \text{ costs [cent/kWh]}
 \end{aligned}
 \quad (1.1)$$

Capital costs는 발전소 건설비로써 해당년도에 신설되는 발전설비용량 [MW]에 대해서 현재 건설비 단가[cent/kW], 건설비 증감률[%]을 적용하여 발전소건설투자비를 현재가치화한다. Capital costs가 Retail cost에 적용되기 위해서는 분할상환금액으로 환산해야되며, 이의 계산은 현재가치화된 건설비와 용자상환기간[년], 이자율[%]을 적용하여 산정한다. 산정된 발전소건설비의 분할상환금액은 해당년도 발전량[kWh]으로 나누어서 Capital costs를 산정한다.

T&D costs는 Capital costs와 비슷한 개념으로 산정된다. 해당년도 송배전설비 투자비[cent]는 해당년도에 투입되는 신설발전설비용량[MW]에 대해서 송배전설비 단가[cent/kW]와 연평균증감률[%]을 적용하여 송배전설비투자비를 현재가치화한다. 현재가치화된 금액은 용자상환기간[년]과 이자율[%]을 적용하여 송배전투자비 분할상환금액으로 산정한다. 산정된 송배전망건설비의 분할상환금액은 해당년도 발전량[kWh]으로 나누어서 T&D costs를 산정한다.

O&M costs는 해당년도 발전량[kWh]에 대해서 O&M 비용[cent/kWh]과 연평균증감률[%]을 적용하여 현재가치화하며 해당년도 발전량[kWh]으로 나누어서 산정한다.

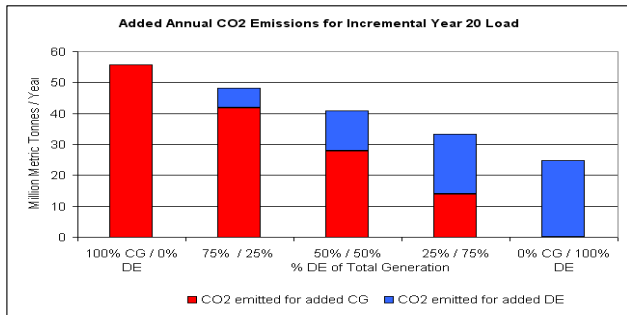
Fuel costs는 해당년도 발전량[kWh]에 대해서 연료비용[cent/kWh]과 연평균증감률[%]을 적용하여 현재가치화하며 해당년도 발전량[kWh]으로 나누어서 산정한다.

CO<sub>2</sub> costs는 Actual CO<sub>2</sub> Emission[CO<sub>2</sub>-ton]과 Target CO<sub>2</sub> Emission [CO<sub>2</sub>-ton]을 산정하여 이의 차이만큼 CO<sub>2</sub> cost [cent/CO<sub>2</sub>-ton]을 적용하여 산정된 탄소배출비용은 전력소매가격에 포함되기 위해서 해당년도 발전량[kWh]으로 나누어서 산정한다.

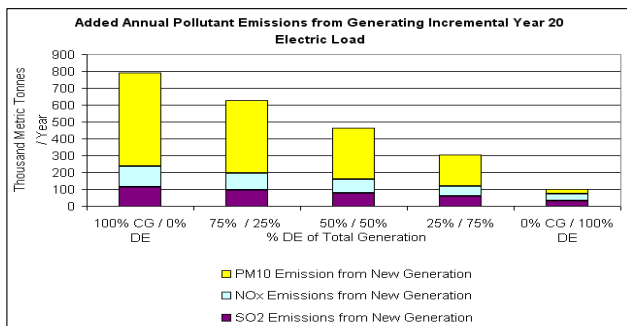
### 2.3 WADE Economic Model의 결과

#### 2.3.1 환경적 측면의 결과

WADE Economic Model을 적용하여 우리나라 2020년의 신설설비의 CO<sub>2</sub> 배출량은 그림 3과 같으며, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, PM10 배출량은 그림 4와 같다.



<그림 3> CO<sub>2</sub>배출량 산정결과



<그림 4> SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, PM10 배출량 산정결과

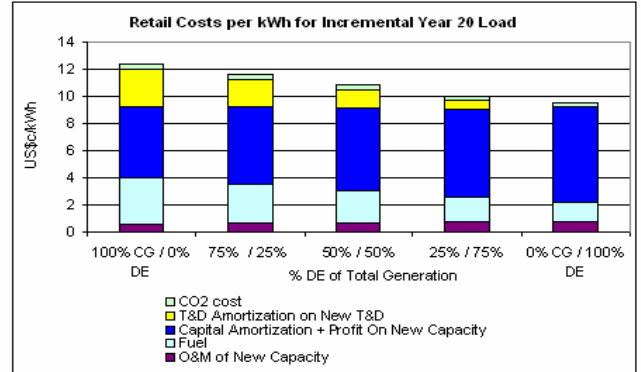
WADE Economic Model의 환경적 측면을 분석한 결과, 신규전원을 CG100[%]에서 DE100[%]로 구성하게 되면 CO<sub>2</sub>배출량 및 SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, PM10의 배출량이 많이 감소하는 것으로 도출되었다.

#### 2.3.2 경제적 측면의 결과

WADE Economic Model을 적용하여 우리나라 2020년의 전력소매가격을 산정한 결과는 표 2 및 그림 5와 같다.

<표 2> WADE Economic Model의 전력소매가격 산정결과

	100% CG 0% DE	0% CG 100% DE	DE Savings	% Change
Retail Cost[US¢/kWh]	12.405	9.559	2.85	22.9%
CO <sub>2</sub> Cost[US¢/kWh]	0.447	0.315	0.13	29.6%
T&D Cost[US¢/kWh]	2.705	0.002	2.70	99.9%
Capital Cost[US¢/kWh]	5.301	7.030	-1.73	-32.6%
Fuel Cost[US¢/kWh]	3.359	1.436	1.92	57.3%
O&M Cost[US¢/kWh]	0.594	0.777	-0.18	-30.7%



<그림 5> Retail costs 산정결과

WADE Economic Model을 적용하여 우리나라 전력소매가격은 2020년까지의 신설설비에 대해서 Retail Costs를 산정한 결과, CG 100% 담당시 12.405[cent/kWh], DE 100% 담당시 9.559[cent/kWh]로 산정되었으며, DE가 23% 감소하는 것으로 도출되었다.

### 3. 결 론

- 본 연구의 주요한 결과는 다음과 같다.
- 우리나라 2020년의 신설설비에 대해서 CG 100% 담당하는 경우보다 DE 100% 담당하는 경우
    - 환경적인 측면에서 CO<sub>2</sub>배출량은 50%이상, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, PM10배출량은 약 1/8 감소하는 것으로 도출되었다.
    - 경제적인 측면으로 Retail cost는 23% 감소하는 것으로 도출되었다.
    - Retail cost의 세부적인 항목으로는 CO<sub>2</sub> Cost 와 Fuel Cost 는 에너지효율이 높고, 신재생에너지를 사용하는 DE 전원의 담당비율이 높을수록 감소하는 것으로 분석되었다.
    - T&D Cost 는 송배전설비를 저감할 수 있는 DE의 담당비율이 높을수록 감소하는 것으로 분석되었다.
    - Capital Cost 는 DE설비가 많이 투입될수록 증가하는 추세로 도출되었다. 이는 우리나라의 DE설비 대부분이 수입에 의존하여 설비비 부분에서 단위 KW당 CG설비에 비하여 DE설비가 많이 들기 때문이다.
    - O&M Cost 는 DE 전원의 담당비율이 높을수록 감소하는 것으로 도출되었다. 이는 CG에 비해 DE의 기술은 초기단계에 있으므로 이로 인한 시스템의 취약성은 많은 O&M 비용을 필요하기 때문이다.
    - 따라서 환경적인 측면 및 경제적인 측면에서 종합적으로 판단해볼 때 DE는 CG보다 미래의 환경변화에 적합한 전원이라고 판단할 수 있다.

본 연구 수행시 WADE Economic Model은 입력형식의 제약으로 인하여 자료구축 시 어려운 점이 많으며, 이를 일반화하는 방향으로 개발된다면 더욱 효과적이고 효율적인 프로그램이 될 것으로 사료된다.

#### [참 고 문 헌]

- [1] Michael Brown, Thomas R.Casten, "The WADE Economic Model : China", WADE Publications, 2004
- [2] Greenpeace, "Decentralising UK energy : Cleaner, Cheaper, More Secure Energy for the 21ST century", WADE Publications, 2006
- [3] 제3차 전력수급기본계획, 산업자원부, 2006.
- [4] 제2차 전력수급기본계획, 산업자원부, 2004.
- [5] 제1차 전력수급기본계획, 산업자원부, 2002.
- [6] 전력거래소, "발전설비현황의 자료", 2006
- [7] 전력거래소, "발전소별 발전현황", 전력통계시스템, 2005
- [8] 제2차 신·재생에너지 기술개발 및 이용·보급 기본계획, 산업자원부, 2003
- [9] 전원개발사업운영요령, 산업자원부, 2003
- [10] 신재생에너지보급사업을 위한 자금지원지침, 에너지관리공단 신재생에너지센터, 2007