

기후변화협약에 대비한 풍력발전 시나리오 분석

채윤근, 이승문, 장석홍, 신호철, 송호철, 박진원
연세대학교 화학공학과

Scenario analysis of wind power plant for Climate change agreement

Yoon-Keun Chae, Seung-Moon Lee, Suck-Heung Jang, Ho-Chul Shin, Ho-Chul Song,
Jin-Won Park
Department of Chemical Engineering
Yonsei University

I. 서론

현재 사용되고 있는 화석연료에 의한 이산화탄소 배출이 지구온난화의 주요인으로 밝혀졌으나 현실적으로 이를 완전히 제거하기는 어려운 실정이다. 1992년 리우에서 전세계 154개국이 세계기후변화협약(UNFCCC)에 서명하고 기후변화의 원인이 되는 온실가스의 감축을 위해 전지구적으로 협력할 것에 합의했다. 이후 1997년 제3차 당사국총회(COP-3)에서는 교토의정서가 채택되어 선진국들은 2008-2012년 안에 온실가스의 배출량을 1990년 수준 대비 평균 5%의 감축의무가 결정되었다. CO₂ 저감을 위한 에너지 절약, 에너지 효율화 및 청정·대체에너지 보급 확대 등의 정책만으로는 한계성이 있으므로 연소가스로부터 CO₂를 분리 재활용할 수 있는 기술개발과 함께 기존기술과의 비교를 위한 평가시스템 개발이 요구된다.

CO₂ 저감기술 개발은 계속적으로 시도되고 있으나 그 기술 등의 평가시스템 연구는 체계적으로 이루어지고 있지 않은 것이 현실이다. 특히 CO₂와 같은 기후 변화 원인물질 저감기술의 평가시스템 개발은 복합적인 연구분야로써 그 파급효과가 크고, CO₂ 저감기술개발의 올바른 방향을 제시할 수 있을 것으로 사료된다. 따라서 본 연구에서는 LEAP(Long-range Energy Alternatives Planning System)을 이용하여 우리나라의 전력 수요 및 공급에 대한 데이터베이스를 토대로 대체에너지분야인 풍력발전기술에 대해 평가를 하고자 한다. 연구의 내용은 기술성, 환경성 및 경제성의 기준으로 시나리오 설정을 한 후 각 대안시나리오별 결과를 통해 기존의 전력공급 및 수요에 미치는 영향을 분석·평가하고자 한다.

II. 이론

1. LEAP 모형

SEIB(Stockholm Environmental Institute Boston)에서 개발된 LEAP(Long-range Energy Alternatives Planning system)은 에너지정책과 온실가스 감축방안의 분석을 위해서 사용되었다. LEAP모형의 시스템은 크게 Energy scenario, Environmental data base,

Aggregation, Fuel chain의 4 모듈로 구성된다. 이들 모듈은 에너지부문을 구성하는 자연 자원, 변환과정, 최종에너지, 그리고 최종에너지수요 등을 묘사하여 기술변화나 정책의 파급효과를 분석을 가능하게 한다. 또한 시나리오 분석을 통해 수요, 변환, 자원 및 환경배출에 대한 분석을 할 수 있으며 이러한 분석은 사회적 비용 및 이익에 기초한 통합에너지 계획(Integrated Energy Planning, IEP)과 온난화가스 배출분석(greenhouse gas mitigation)으로 이루어진다. LEAP 과 같은 모형에서 나타나는 일반적인 분석과정을 Figure 1에서 나타내었다.

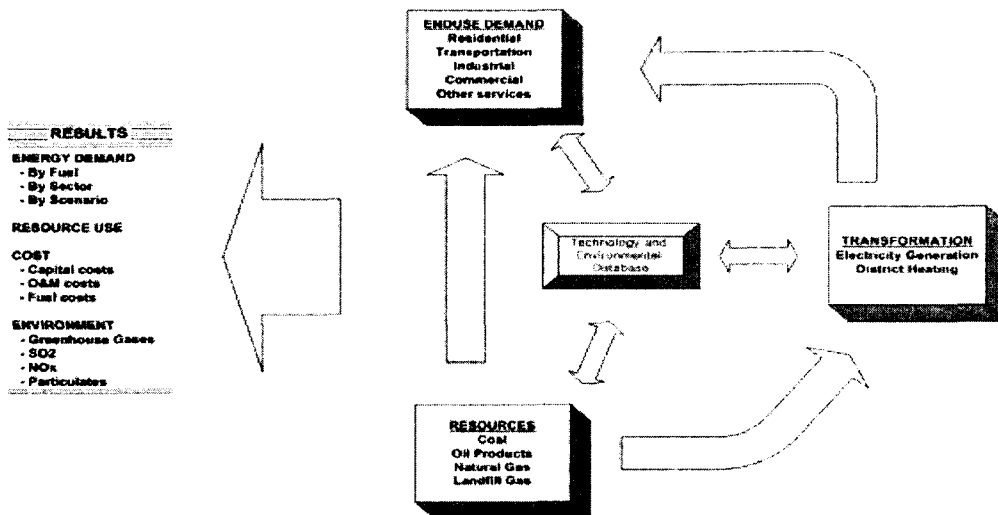


Figure 1. Structure of long-range energy alternative planning (LEAP) model (Shin and Kim, 2002)

III. 실험 및 결론

1. 시나리오 분석을 위한 기준 및 기본가정

(1) 시나리오 설정을 위한 풍력발전기술의 기본가정

저감기술분야인 풍력발전의 평가는 환경성, 기술성, 경제성 측면의 기준이 필요할 것이다. 환경성 측면에서는 CO₂의 배출을 줄임으로써 온실효과를 저감시킬 수 있으며 기술적 측면에서는 기술의 효율성, 안정성 및 내구성에 의해서 설정될 수 있으며 경제성 부분은 이용설비의 설치비 및 연간 운영비의 가격을 분석하는 비용 측면이 기준이 될 것이다.

- ▶ 에너지 수요 및 기존 한국의 전력설비에 대한 Current account(2000)와 2015년까지의 전망은 기초 자료조사에 의해 설정
- ▶ 이 가정은 실질적인 발전연료별 단가비교를 통해 만들어 진 것임
- ▶ Maximum Capacity Factor : 50-60%
- ▶ 평가시스템의 Time range : 2000-2015년
(에너지 관련 수요조사는 2000년을 기준으로 2015년까지 수요예측을 통해 산정)
- ▶ 발전방식의 Merit order : 5단계(Peak load)

(2) 시나리오 분석의 과정

- ▶ 기존 전력설비의 Current account와 BAU 시나리오를 기준으로 시나리오를 구성

- ▶ 시나리오 분석의 변수(연간 성장률)에 따른 대안 시나리오 작성
- ▶ 변수로 인한 시나리오의 각각의 결과값에 따른 전력생산량, 비용, CO₂ 저감량 비교

2. 풍력발전기술의 시나리오 분석 결과

기존의 우리나라 에너지 수요 및 전력설비에 대한 시나리오를 기초로 하여 풍력발전기술에 대한 시나리오 분석을 해 보았다. 기술성 및 연간 총 가능 전력생산량을 변수로 두어 시나리오를 설정하여 풍력발전기술이 미치는 영향을 배출오염가스의 저감에 따른 환경성 및 투자비에 따른 이익손실의 경제성을 기준으로 비교하여 보았다.

BAU 시나리오는 산업자원부의 정부 제 2차 종합대책에 근거하여 2002년 우리나라 총 전력생산량 중 1.4%를 대체에너지로 대체하고 그 중 0.1%를 풍력으로 대체하며 2006년에 총 전력생산량 중 3%, 2011년에 총 전력생산량 중 5%를 대체에너지로 생산한다는 정책을 근거로 시나리오를 설정해 주었다. BAU 시나리오를 통해 2015년에 풍력발전을 통해 생산되는 전력 생산량은 230GWh정도 되었으며 Coal steam으로 생산된 부문에 비해 2015년 CO₂ 저감잠재량은 약 138,000 ton정도이다. 이는 Actual capacity factor 50%정도의 연간성장률 10%의 전력생산량과 비슷한 전력을 생산하는 것을 나타내었으며 이를 Figure 2에 나타내었다.

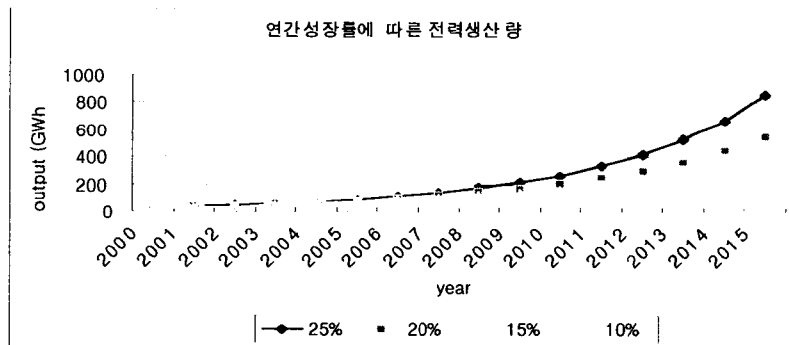


Figure 2. 연간성장률에 따른 전력생산량 비교

대안 시나리오 설정은 연간 성장률(25%, 20%, 15%, 10%)의 변화를 나타내었다. 기존의 2000년도에 설치된 풍력발전의 연간 성장률을 10%부터 25%까지 5%씩 증가하는 시나리오를 설정하였으며 이에 대한 대안 시나리오 분석을 하였다. 대안시나리오 분석결과, 풍력발전은 석탄 기력발전, 원자력 발전, 복합 화력, 오일 기력발전 LNG 기력발전 등을 대체하였으며 각 대안 시나리오의 결과값(전력생산량, 설비의 투자비 및 O&M, 온난화지수(Global warming potential)을 BAU 시나리오와 비교하여 각각 Figure 3, 4, 5에 나타내었다.

Figure 3에서는 연간성장률에 따른 BAU 시나리오와 대안 시나리오와의 전력생산량 차이를 분석하였다. Figure 3에서 보듯이 대안시나리오에서는 BAU 시나리오와 비교하여 예상 시나리오 2015년에 약 44-175GWh 정도의 전력이 생산된다. 2015년을 기준으로 연간성장률이 높을수록 BAU 시나리오와의 현저한 차이를 볼 수 있으며 2015년 연간성장률 25%의 풍력 전력생산량은 약 858.6GWh로써 이는 우리나라 전력수요량의 약 0.2%를 차지하는 발전량이다.

Figure 4에서는 연간성장률에 따른 BAU 시나리오와 대안 시나리오와의 투자비용(Capital cost)의 차이를 분석하였다. 대안시나리오에서는 BAU 시나리오와 비교하여 예상 시나리오 2015년에 약 24,000-93,000백만원 정도의 비용이 투자되어 지며 각 연장성장률에서의 투자

비용(Capital cost)의 값을 Figure 4에 나타내었다.

Figure 5에서는 연간성장률에 따른 BAU 시나리오와 대안시나리오와의 CO₂의 저감량의 차이를 나타내었다. 대안시나리오에서는 BAU 시나리오와 비교하여 예상 시나리오 2015년에 약 63,000-250,000 ton정도의 CO₂저감량을 나타내었으며 기존 BAU 시나리오에 대비하여 CO₂ 저감의 대체효과를 볼 수 있다.

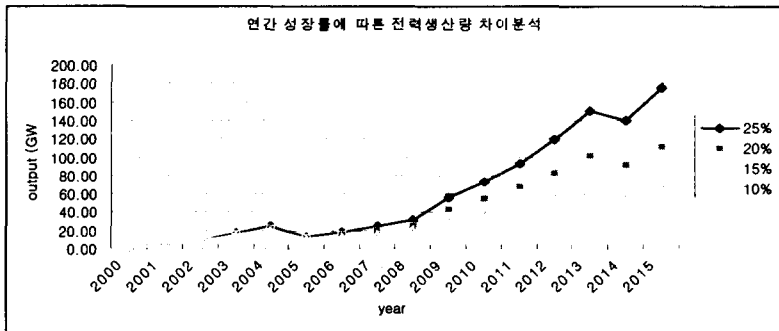


Figure 3. 연간 성장률에 따른 전력생산량 차이분석

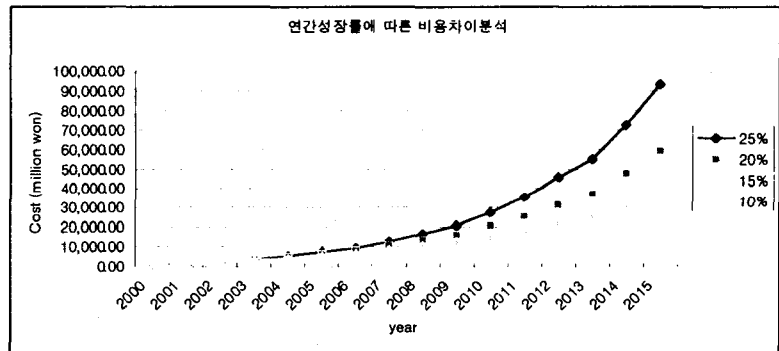


Figure 4. 연간성장률에 따른 비용차이 분석

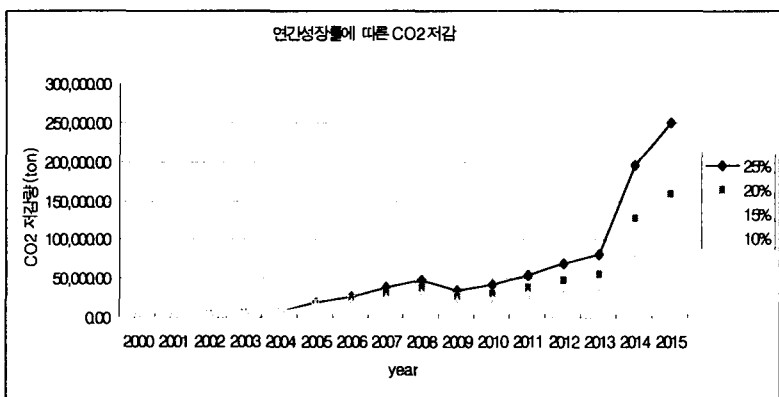


Figure 5. 연간성장률에 따른 CO₂ 저감량 차이분석

감사의 글

본 연구는 환경부에서 지원하는 차세대핵심 환경기술개발 사업으로 연구비 지원에 감사드립니다.

참고문헌

1. Thomas J. Crowley : Causes of climate change over the past 1000 yeats ,Science, vol 289 p270-277 (2000)
2. EUROPEAN WIND ENERGY ASSOCIATION : WIND FORCE 12
3. 산업자원부 : 제 1차 전력수급기본계획
4. 에너지관리공단 : 대체에너지 개발보급계획
5. Shin, E.S. and Kim, H.S., ROK LEAP dataset and BAU scenario, paper presented at the East Asia Energy Futures workshop, Nautilus Institute, Berkeley, California, USA (2002).