

신재생에너지원별 특성의 수평적 비교분석을 통한 지원 우선순위 선정에 관한 연구

원종률* 황성욱** 김정훈**
 *안양대학교 **홍익대학교

A Study on the Support Priority Determination through Horizontal Comparison Analyses of NRE Technologies by Resource Types

Jongryul Won* Sungwook Hwang** Junghoon Kim**
 *Anyang University **Hongik University

Abstract - Nowadays the concern about development and diffusion strategies of new & renewable energy (NRE) and its technologies are getting higher globally as Kyoto Protocol has taken effect this year and oil has been rising in price tremendously. Developed countries have already commenced the study and research for this problem and are looking for various solutions. In this paper, the support priority of NRE technologies are determined by horizontal comparison analyses.

고 보나, 현실적으로는 화석연료(특히 LNG) 등에서 추출하는 방식이 많다. 만약 LNG의 보급량을 잠재량으로 환산하면 2005년 기준으로 보더라도 발전용으로만 약 8,800천톤으로, 이를 천TOE 단위로 환산하면 약 12,000,000(천TOE) 정도가 된다. LFG의 경우 쓰레기 매립장에서 발생하는 메탄가스로서 2000년 과학기술부 자료에 의하면 약 2,300(천TOE)정도로 예상된다.

<표 1> 원별 잠재량의 수평적 비교분석

| | 풍력 | 태양광 | 연료전지 |
|--------------|-------------------------|---------|------------------------|
| 잠재량 (천TOE/년) | 16,173 | 390,000 | 무한대 (LNG : 12,000,000) |
| 순위 | 4 | 3 | 1 |
| | 폐기물 | 소수력 | 바이오 (LFG) |
| 잠재량 (천TOE/년) | 4,800,000 (보일러/소각로 80%) | 1,314 | 2,300 |
| 순위 | 2 | 6 | 5 |

1. 서 론

현재 선진국에서는 신재생에너지원의 제도 및 보급에 대한 실천방안 및 대 국민에 대한 홍보의 성공으로 국민의 자발적 참여까지 유도하여 미국, 일본, 독일 등은 태양의 도시라는 것을 만들어내고 있다. 예를 들어 독일, 스페인, 덴마크 등에서는 풍력의 보급이 이미 상당히 이루어졌으며, 일본과 독일은 태양광의 보급과 기술 개발에 앞장서고 있다. 우리나라는 천연자원이 없는 나라임에도 이러한 것이 이루어지지 못한 것은 전체적으로 조화로운 보급정책 및 홍보의 부족이라고 할 수 있다. 따라서 후발국가인 우리나라에서는 이러한 신·재생에너지원별 시스템을 구성요소별로 분석하여 수평적 비교를 통하여 정리 및 표준화 가능성에 대한 타진이 필요하다. 이에 따라 본 논문에서는 잠재량, 발전효율, 설비 이용률, 가격 기술력, 국내 기술수준, 환경영향, 설치조건, 수명, 계통연계 용이성 등 9개의 선정된 비교항목에 대해 각 에너지원별로 참고자료를 분석하여 기술적인 분석을 실시하여 상대적인 우위를 지정하였다.

2. 본 론

2.1 잠재량

잠재량은 이론상의 가용한 잠재량이 있고 이중에서 실제 발전이 가능한 가용잠재량이 있어, 본 연구에서는 이론 잠재량이 아닌 가용잠재량으로 수록하였다. 잠재량분석은 우선 "2005년 신·재생에너지 백서"의 자료에 수록된 내용을 중심으로 수록하였다. 일반적으로 실제 이론 잠재량보다 가용잠재량은 10~20%선으로, 풍력의 경우는 일정풍속 이상만이 고려되고 있으나 실제로 20m/s 이상의 강풍에서는 운전이 불가능하므로 태풍이 많은 국내 특성상 이에 대한 자료도 보정되어야 한다고 본다. 실태 조사 결과 대관령 고개의 경우가 이에 해당되어 실제 운전수가 이론보다 미흡한 것으로 나타났다. 풍향을 재는 장소와 설치된 장소가 정확히 일치하지 않는 점도 잠재량 예측에 나쁜 영향을 미친 경우라 해석된다. 단, 폐기물은 소각로나 폐열이용 보일러만이 해당되므로 이들의 이용률이 약 80%로 통계에 있어 이를 이용하였다. 또한 연료전지는 수소연료를 이용하므로 이론적으로는 수소는 물에서 얻을 수 있어 원론적으로 가장 무한하다

2.2 발전효율

발전효율은 실제 에너지원의 에너지가 얼마나 전기에너지로 변환되는가를 나타내는 지표로서, 이는 각종 보고서 기술자료를 종합하여 분석한 것이다. 특히 에너지관리공단에서 발간된 보고서[1][2]의 내용을 중심으로 조사하였다. 풍력은 현재 대용량화로 인하여 조금씩 효율이 높아지고 있으며, 태양광은 원천기술의 개선이 필요한 시점에 있어 향후에나 20%이상을 기대하고 있으며 현재는 최대 14% 수준이다. 연료전지는 전해질의 종류에 따라 다양하며 소형일수록 효율은 높으나, 발전효율은 대략 70~80% 수준이다. 폐기물은 전체적으로 효율이 낮은 편이며, 소수력은 데이터가 없어 수차의 효율로 계산하였다. 바이오에너지의 대표적인 LFG발전은 주로 가스엔진, 가스연소터빈이 있으며, 대용량시에는 스팀터빈방식도 많이 보급되고 있다. 이의 효율은 평균적으로 발전만 할 경우 20~50%이며(에너지기술연구원 매립가스 활용기술 보고서, 김중남 저) 열병합시에는 더욱 증가되어 50~70% 이상이 된다.

<표 2> 원별 발전효율의 수평적 비교분석

| | 풍력 | 태양광 | 연료전지 |
|------------------|-----|---------------|---------------|
| 발전효율 (% , 현재 수준) | 35 | 14 | 70-80 (평균 75) |
| 순위 | 3 | 5 | 1 |
| | 폐기물 | 소수력 | 바이오 (LFG) |
| 발전효율 (% , 현재 수준) | 13 | 30-35 (수차 효율) | 50-70 (평균 60) |
| 순위 | 6 | 4 | 2 |

2.3 설비 이용률

설비이용률은 “신·재생에너지 발전차액지원제도 개선 및 RPS제도와 연계방안” 보고서에서 전문가가 분석한 수치할 그대로 이용하였다. 설비이용률은 실제 얼마나 운전되는가를 나타내므로 중요한 요소이다. 이는 이미 수치로서 정해진다.

<표 3> 원별 설비이용률의 수평적 비교분석

| | 풍력 | 태양광 | 연료전지 |
|-----------|-----|-----|-----------|
| 설비이용률 (%) | 23 | 15 | 90 |
| 순위 | 5 | 6 | 1 |
| | 폐기물 | 소수력 | 바이오 (LFG) |
| 설비이용률 (%) | 54 | 40 | 70~75 |
| 순위 | 3 | 4 | 2 |

2.4 가격 기술력

가격기술력은 기술이 발달하고 대량생산화가 되어 가격이 얼마나 저렴해지는가를 나타내는 중요한 요소이다. 가격은 국가마다 다르고, 기기마다 달라지기 때문에 수치적으로 제시하기에 어려움이 많다. 따라서 현실적이지 않은 것에 대한 수치가 정확한 기준이 모호하여 가장 타당한 방법으로 생각한 것이 발전차액지원제도 시의 기준가를 이용하는 방법이다. 연료전지는 바이오 연료와 기타연료가 달라 이의 평균값을 이용하였다. 이는 이미 수치로서 정해지는데 가격차가 큰 경우 평균값으로 순위를 매기고자 한다.

<표 4> 원별 가격기술력의 수평적 비교분석

| | 풍력 | 태양광 | 연료전지 |
|---------------------|-----------------|---------------------------|------------------|
| 가격기술력 (구매단가 :원/kWh) | 107.29 | 677.38 711.25 | 234.53 282.54 |
| 순위 | 4 | 6 | 5 |
| | 폐기물 | 소수력 | 바이오 (LFG) |
| 가격기술력 (구매단가 :원/kWh) | SMP +5 (약 68.7) | 86.04 94.64 (일반 기준) | 68.07 74.99 |
| 순위 | 1 | 3 | 2 |

2.5 국내 기술수준

국내기술수준을 보면 대부분이 대용량급이나 상용화 시설은 국산화 기술이 부족한 실정이다. 실제 국내 기술력이 부족하여 풍력발전기의 경우 일부가 고장이 나도 외국기술자의 지원이 없이는 수리가 불가능하여 가동이 중단되는 경우가 있다. 따라서 국산화 기술개발이 절대적으로 필요하다. 현재 풍력은 일부 대용량급 모델은 개발을 하고 있으며, 태양광은 아직 고효율급, 대량생산에 대한 기술은 선진국에 비해 부족한 편이다. 연료전지는 아직도 해결해야 할 기술이 많으며 소형 휴대용이나 수송용에 대한 연구는 시제품 개발단계로 활발한 편이다. 폐기물은 소용량급이나 기본적인 기술은 있으나 대형급 기술이나 고급기술은 부족한 편이다. 소수력은 초기에는 수입기술에 의존하였으나 현재는 모두 국산화 가능하다. LFG발전은 대부분 수입에 의존하고 있는 실정으로서 국산화 기술개발이 필요하다. 이는 정량적인 비교대상이 아니라 정성적인 수치로서 계량화하기가 어렵다. 우선 “2005년 신·재생에너지 백서”의 자료를 수록된 내용을 중심으로 수록하며, 없는 경우는 기타 자료를 종합하여 임의적으로 선정하였다. 이는 선진국 대비 기술수준 비교나 보급된 기기의 국산화율, 기술개발정도를 고려하여야 한다.

<표 5> 원별 국내기술수준의 수평적 비교분석

| | 풍력 | 태양광 | 연료전지 |
|---------|--------------------------------------|----------------------|----------------------|
| 국내 기술수준 | 국산화 개발중 /상용화 미비 (70%) | 고효율화 /양산 기술 부족 (65%) | 소형급 개발 휴대용 개발중 (60%) |
| 순위 | 2 | 3 | 4 |
| | 폐기물 | 소수력 | 바이오 (LFG) |
| 국내 기술수준 | 대형소각기술 미비 RDF발전기술 미비 정제, 분해 기술 (50%) | 100% 국산화 가능 (100%) | 대부분 외국기술에 의존 (30%) |
| 순위 | 5 | 1 | 6 |

2.6 환경영향

신·재생에너지의 기본 목표가 환경에 대한 오염을 줄이고자 하는 바가 크다. 따라서 이에 대한 분석도 실시되어야 한다. 기본적으로 환경에 대한 영향은 오염물질(온실가스, 유독가스)의 배출, 소음, 기타로 분류가능한다. 오염물질의 배출은 양은 적더라도 연료전지, 폐기물발전, LFG발전이 있다. 그러나 LFG는 이산화탄소보다 3배이상 온실효과를 일으키는 주범인 메탄가스를 감소시키므로 역효과만 있는 것은 아니다. 풍력은 최근 들어 소음문제가 외국에서도 중요한 이슈로 떠오르고 있으며, 소수력은 오염물질의 배출이나 소음의 우려는 적으나 하천의 개발에 따르는 환경파괴의 우려가 있다. 태양광이 가장 환경에 대한 영향이 적은 것으로 보인다. 이는 정량적인 비교대상이 아니라 정성적인 수치로서 계량화하기가 매우 어렵다. 순위를 정한다면 태양광 > 소수력 > 풍력 > 폐기물 > LFG > 연료전지로서 본다.

<표 6> 원별 환경영향의 수평적 비교분석

| | 풍력 | 태양광 | 연료전지 |
|------|----------------------|-------------|--------------------------|
| 환경영향 | 소음 | 거의 없음 | 이산화탄소 배출 |
| 순위 | 3 | 1 | 6 |
| | 폐기물 | 소수력 | 바이오 (LFG) |
| 환경영향 | 폐기물 활용은 긍정적 이산화탄소 배출 | 하천환경 예곡 가능성 | 온실가스(메탄)감소 효과, 이산화탄소는 배출 |
| 순위 | 4 | 2 | 5 |

2.7 설치조건

신·재생에너지원은 일반 발전기와 달리 발전이 가능한 입지가 비교적 정해져 있는 특성이 있다. 연료전지만이 수소연료가 공급만 되면 일반적으로 어디에서나 설치이용이 가능하나 일반적으로는 LNG를 이용하므로 이것이 공급가능한 지역이면 된다. 태양광은 비교적 건물 벽면에도 설치할 수 있을 만큼 일사량만 유지되면 설치가 자유로우나 용량이 적어 대용량화하기 위해서는 넓은 면적이 필요하다. 풍력은 풍속이 적어도 7 m/s 이상 20 m/s 이하인 지점이면 된다. 소수력도 정해진 수량 이상의 하천에만 설치가 가능하나, 최근에는 발전소 냉각수를 이용하는 방식이 개발되어 설치보급이 확산될 전망으로 현재 남동발전의 삼천포 화력본부내에 설치되었으며 서부발전의 태안화력본부도 9월중 준공예정이며 화력발전소 대부분에 설치될 전망이다. 폐기물 및 LFG발전은 소규모, 공장근처나 매립지 근처 등의 주변에만 설치가 가능하다. 이것도 정량적인 비교대상이 아니라 정성적인 수

치로서 계량화하기가 어려운 항목이다. 순서를 정하면 연료전지 > 태양광 > 폐기물 > LFG > 소수력 > 풍력 순이다.

<표 7> 원별 설치조건 수평적 비교분석

| | 풍력 | 태양광 | 연료전지 |
|------|--------------|-------------------|------------------|
| 설치조건 | 풍속일정 범위 | 일사량 유지 / 넓은 면적 필요 | LNG 배관 설치도달 가능장소 |
| 순위 | 6 | 2 | 1 |
| | 폐기물 | 소수력 | 바이오 (LFG) |
| 설치조건 | 소각로 부근 공장 부근 | 유량 유지 하천 | 쓰레기매립장 주변만 가능 |
| 순위 | 3 | 5 | 4 |

2.8 수명

일반적으로 발전기기는 시간이 지나면 그 수명이 다해 교체해야 한다. 대부분 회전기기가 정적인 기기보다 수명이 짧은 것이 일반적이다. 기기의 수명은 비용과도 직결되는 요소로서 반드시 고려되어야 한다. 물론 기술이 점차 개발되어 수명도 증가하는 추세에 있으므로 우선 현재의 수준에서 조사한 자료를 중심으로 하였다. 이는 각종 보고서 및 에너지관리공단 관계자와의 면담 등을 통해 얻은 자료를 통해 분석, 발췌하여 수록하였다. 그런데, 조사결과 풍력은 복잡한 회전기계로 인해 그 수명이 약 15년 정도이며, 태양광은 20년 이상도 사용 가능하다. 연료전지는 일반적으로 15년이라고 하나 스택은 7년 정도이다. 폐기물 발전기는 약 15년 이상이며, 소수력은 반영구적으로 40년 이상의 수명을 가진다. LFG 발전기는 종류가 다양한데 가스연소터빈의 경우 수명이 짧아 5년 정도이나 스택터빈의 경우는 20년 이상이다. 풍력과 폐기물은 수명이 비슷하여 동일순위로 처리하였다.

<표 8> 원별 수명의 수평적 비교분석

| | 풍력 | 태양광 | 연료전지 |
|----|--------|--------|----------------|
| 수명 | 15년 이상 | 20년 이상 | 15년 (스택은 7년수준) |
| 순위 | 5 | 2 | 3 |
| | 폐기물 | 소수력 | 바이오 (LFG) |
| 수명 | 15년 이상 | 40년 | 5~20년 |
| 순위 | 5 | 1 | 4 |

2.9 계통연계 용이성

전기는 그 특성상 수요-공급의 균형이 항상 일치하여야 하므로, 신·재생에너지를 통해 생산된 전기를 실제 용에 연계될 시, 출력의 변동이 잦고 조절이 불가능한 전원은 계통연계 조건이 좋은 것이 아니다. 따라서 사용자가 출력의 조절이 가능하며, 변동성이 적은 것이 계통연계 측면에서는 유리한 전원이다. 분석결과 연료전지, 폐기물, LFG는 조절이 가능하나, 폐기물이나 매립지 발전은 운영상의 제약으로 인해 아주 자유로운 것은 아니다. 그리고 자연조건 특성상, 풍력과 태양광은 바람과 햇빛이 있어야 가능한 것이며, 최근 들어 어느 정도의 예측은 가능하다고는 하나 사용자가 임의로 조절하는 것은 불가능하여 계통연계성이 좋은 것은 아니다. 소수력은 사용자가 임의로 유량을 조절하는 것이 불가능하지만 태양광이나 풍력에 비해 어느 정도의 유연성이 있다. 따라서 순위는 연료전지 > 폐기물=바이오 > 소수력 > 태양광 > 풍력의 순이다.

<표 9> 원별 계통연계 용이성의 수평적 비교분석

| | 풍력 | 태양광 | 연료전지 |
|----------|------------|--------|--------------------|
| 계통연계 용이성 | 풍속에 따른 변동성 | 야간 불가 | 변동성 적음 연료조절로 출력 가능 |
| 순위 | 6 | 5 | 1 |
| | 폐기물 | 소수력 | 바이오(LFG) |
| 계통연계 용이성 | 변동성 적음 | 변동성 중간 | 변동성 적음 |
| 순위 | 2 | 4 | 2 |

2.10 최고 기술 에너지원 선정에 관한 분석

앞에서 분석된 결과를 바탕으로 각 가중치를 순위별로 곱하여 최고 기술 신·재생에너지를 선정하고자 하였으나 가중치의 값을 정하는 것이 매우 임의적이 될 수 있어 본 연구에서는 가중치는 모두 일정하게 두었다. 순위별로 1위에는 6점, 2위는 5점, 3위는 4점, 4위는 3점, 5위는 2점, 6위는 1점을 주어 이를 모두 합산하였다. 한편 이를 합하여 전체적으로 상대적인 우위를 정하여 우선순위를 매기고자 한다. 다음은 그 결과이다. 실제로 1위와 6위를 제외하곤 2위와 5위가 합계가 비슷하여 그 순위가 실제로는 비슷한 결과로 볼 수도 있다.

<표 10> 각 요소별 신·재생에너지원 순위

| | 풍력 | 태양광 | 연료전지 | 폐기물 | 소수력 | 바이오 |
|----------|----|-----|------|-----|-----|-----|
| 잠재량 | 3 | 4 | 6 | 5 | 1 | 2 |
| 발전효율 | 4 | 2 | 6 | 1 | 3 | 5 |
| 설비비용률 | 2 | 1 | 6 | 4 | 3 | 5 |
| 가격기술력 | 3 | 1 | 2 | 6 | 4 | 5 |
| 국내기술수준 | 5 | 4 | 3 | 2 | 6 | 1 |
| 환경영향 | 4 | 6 | 1 | 3 | 5 | 2 |
| 설치조건 | 1 | 5 | 6 | 4 | 2 | 3 |
| 수명 | 2 | 5 | 4 | 2 | 6 | 3 |
| 계통연계 용이성 | 1 | 2 | 6 | 5 | 3 | 5 |
| 합계 | 25 | 30 | 40 | 32 | 33 | 31 |
| 종합 우선순위 | 6 | 5 | 1 | 3 | 2 | 4 |

3. 결 론

본 논문에서는 신·재생에너지원의 기술적 특성과 해외 기술현황, 국내기술현황 등의 조사를 통하여 수평적 비교 분석을 수행하였고, 각 원별로 정성적인 분석을 통해 순서로 나열하였는데 기존의 신·재생에너지에 대한 관심 순서를 바꿔놓았다. 국내 최고 기술우위 신·재생에너지원은 연료전지가 가장 높고, 소수력, 폐기물, 바이오, 태양광, 풍력 순으로 나타났다. 이상의 순서에 따라 향후에 기술개발 및 보급지원 정책의 개선 방향의 상세한 연구가 필요하다.

감사의 글

본 논문은 에너지관리공단의 에너지·자원기술개발사업으로 수행된 결과입니다.

[참 고 문 헌]

- [1] 산업자원부, 에너지관리공단, 신·재생에너지의 이해, 2006
- [2] 산업자원부, 에너지관리공단, 2005년 신·재생에너지백서, 2006
- [3] 산업자원부, 보급률 제고를 위한 기술개발사업과 보급사업 간의 연계방안 연구, 2007
- [4] 황성욱 외, "확산모형을 이용한 신재생에너지의 기술개발과 보급정책의 연계방안 연구", 대한전기학회 하계학술대회 논문집, 2007