

동일본 대지진 이후 일본의 에너지 선택: 「발전단가 검증위원회」 결과분석 및 시사점

정성춘 국제경제실 일본팀 연구위원 (jung@kiep.go.kr, Tel: 3460-1202)

차 례 ● ● ●

1. 변혁기에 돌입한 일본의 에너지 전략
2. 에너지원별 발전단가의 비교
3. 발전단가 비교분석의 함의
4. 시사점

주요 내용 ● ● ●

- ▶ 동일본 대지진과 후쿠시마 원전사고 이후 일본의 에너지 전략은 변혁기에 돌입하였는데 이 과정에서 원자력 발전이 값싼 에너지원인가에 대해 정부 차원의 검증이 이루어졌음.
 - 후쿠시마 원전사고 이후 원전의 각종 사회적 비용이 드러나면서 원전이 정말 값싼 에너지원인가에 대한 의문이 제기되었는데 일본정부는 「발전단가 검증위원회」를 통해 이 의문에 대응하였음.
 - 「발전단가 검증위원회」는 원자력 이외에도 석탄·석유·LNG 등 화석연료, 풍력·지열·태양광 등 재생에너지, 가스 코제네레이션 등 분산형 전원, 에너지 절감 활동을 대상으로 발전단가를 추정하여 발표하였음.
- ▶ 검증 결과, 사회적 비용을 포함할 경우 원전의 발전단가는 석탄이나 LNG와 비슷한 수준까지 상승한 반면, 풍력·지열·태양광 등 재생에너지는 기술혁신과 양산효과로 향후 단가가 큰 폭으로 하락할 것으로 추정되었음.
 - 이와 같은 결과를 토대로, 검증위원회는 원전의준도를 저감시켜 나가는 반면 원전을 대체할 에너지원으로서 재생에너지, 분산형 전원, 에너지 절감을 중시해야 한다는 기본방향을 제시하였음.
 - 검증위원회는 발전단가의 계산방법과 결과를 모두 공개하였고 각계의 의견을 반영하여 이를 수정하겠다는 입장 이어서 과학적 방법과 객관적 데이터에 의거한 에너지 전략 수립에 크게 기여할 것으로 기대됨.
- ▶ 우리나라 에너지 전략의 중심축은 원전확대 전략인데 일본 원전사고의 실태, 사회적 비용을 고려한 원전의 발전단가 상승 등을 고려할 경우 이 전략이 과연 올바른 방향인지에 대한 논의가 필요함.
 - 또한 전력 수요관리 강화, 재생에너지 보급 확대, 전력망의 스마트화, 절전형 전력요금 도입 등 전력의 수요구조 및 공급구조를 개선하기 위해 우리나라 전력산업 구조가 안고 있는 과제에 대한 점검도 필요함.

1. 변혁기에 돌입한 일본의 에너지 전략

■ 동일본 대지진과 후쿠시마 원전사고 이후, 일본의 에너지 전략은 근본적인 변혁기에 돌입하였음.

- 동일본 대지진 이전 일본 에너지 전략의 핵심은 안정적인 에너지의 공급과 이를 위한 수단으로서의 원전확대 정책이었음.

- 2010년 6월에 채택된 일본의 「에너지 기본계획」에는 오는 2030년까지 발전총량에서 차지하는 원전발전량 비율을 현행 30%에서 50% 이상으로 확대한다는 전략이 제시되었음.
- 온실가스를 2020년까지 1990년 대비 20% 감축하겠다는 중기 감축목표를 제시할 수 있었던 것도 원전확대를 전제로 한 것이어서 원전확대 정책이 기후변화 전략에서도 가장 핵심을 이루고 있었음.

- 동일본 대지진 이후 원전의 안전 신화가 붕괴되었고 원전이 결코 값싼 에너지원이 아니라는 인식이 확산되면서 일본정부는 종래의 에너지·환경 전략을 근본적으로 재검토하기 시작하였음.

- 후쿠시마 원전사고 이후 일본 국민은 원전사고의 참담함을 목격하였고, 일본과 같이 자연재해가 많은 국가에서는 원전이 결코 안전한 에너지원이 아니라는 인식이 확산되었음.
- 원전사고로 인해 발생하는 각종 사회적 비용(인명과 재산피해 및 이에 대한 배상비용, 사고처리비용, 원전 건설을 위한 각종 정책비용 등)을 고려할 때 원자력은 값싼 에너지원이 아니라는 인식이 확산되었음.
- 이와 같은 인식전환을 배경으로 칸 나오토 총리(당시)는 2011년 5월 일본의 에너지·환경 전략을 백지상태에서 새로 짜도록 지시했는데, 이를 계기로 일본의 에너지 전략은 근본적인 전환기에 돌입하게 되었음.

■ 현재 일본정부는 범정부 차원에서 에너지 전략을 논의하고 있는데, 전략 책정은 다음과 같은 과정을 통해 이루어지고 있음.

- 먼저 「에너지·환경회의」¹⁾에서 에너지 정책의 핵심 안건(원자력, 재생에너지, 최적의 에너지 믹스, 전력자유화를 포함한 전력산업 구조 등)에 대한 문제제기와 더불어 개혁의 기본방침을 제시하였음(2011. 12).

- 이 기본방침을 바탕으로 정부의 각종 위원회²⁾에서 소관 분야의 에너지 전략을 논의하며 「에너지·환경회의」

1) 「에너지·환경회의」는 「국가전략회의」 산하에 설치된 분과회(의장: 국가전략 담당대신)로 2011년 6월에 설립되었고 경제산업성, 환경성 등 주요 각료로 구성되며 새로운 에너지 전략 책정을 총괄하는 기능을 수행함.

2) 「원자력위원회」, 「종합자원에너지조사회」, 「조달가격 등 산정위원회」, 「중앙환경심의회」 등 다수의 기구가 각각의 해당 분야의 에너지 전략을 논의하며 그 결과를 「에너지·환경회의」에 반영함. 각 기구의 역할은 다음과 같음.

① 「원자력위원회」: 내각부 산하에 설치. 원자력 연구, 개발, 이용의 기본 방침을 책정하는 등 원자력 정책의 방향을 논의·제안.

② 「종합자원에너지조사회」: 경제산업 장관의 지시를 받으며 산하에 전력산업의 구조개혁을 논의하는 「전력시스템개혁 전문위원회」, 에너지 효율성 제고를 논의하는 「에너지 절감 부회」, 최적의 에너지 구성(energy mix) 등 에너지 기본계획을 논의하는 「기본문제위원회」로 구성.

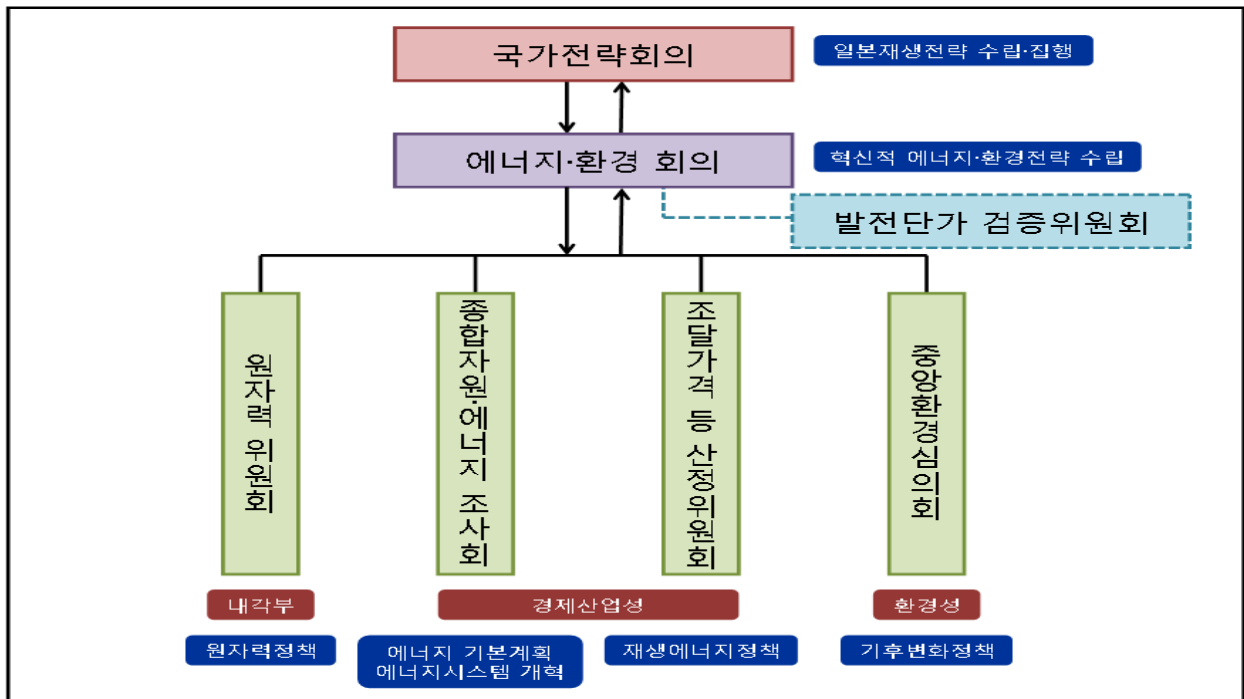
③ 「조달가격 등 산정위원회」: 경제산업 장관의 지시를 받으며 재생에너지 특별조치법(2012.7시행예정)에 의거하여 설립되었고 재생에너지의 매입가격 수준을 논의.

④ 「중앙환경심의회」: 환경 장관의 지시를 받으며 기후변화 전략을 논의.

는 이를 취합하여 복수의 에너지 전략 시나리오를 제시할 예정임(2012년 봄을 목표로 함).

- 국가전략회의³⁾에서는 제시된 에너지 전략 시나리오 중에서 무엇이 가장 적합한지에 대해 국민적 합의를 도출하고(2012년 여름) 이후 관련 법률을 제정하는 등의 조치를 취해 나간다는 방침임.

그림 1. 일본정부 전력구조 개편 점검체제



자료: 저자 작성

- 「에너지·환경회의」는 약 6개월에 걸친 논의 끝에 2011년 12월에 일본 에너지 전략의 「기본방침(안)」을 발표하였는데 여기에는 에너지 전략의 핵심적인 과제들이 제시되어 있음.

- 첫째, 원자력 의존도를 저감한다는 기본적인 방향에는 국민적 공감대가 형성되고 있음.
 - 다만, 원전의존도를 낮추면서 국민생활과 산업활동에 필요한 전력을 어떻게 안정적으로 공급하고, 에너지 안정정보장을 어떻게 확보하며, 어떻게 기후변화에 대처할 것인가가 커다란 과제로 남아 있음.
- 둘째, 원자력을 대체할 수 있는 유력한 에너지원은 무엇이며, 이러한 에너지원을 어떤 비율로 구성하는 것이 효과적인지에 대한 전략을 마련해야 함.
 - 일본정부는 ① 재생에너지, ② 청정 화석연료 사용, ③ 에너지 절감, ④ 분산형 에너지 시스템⁴⁾의 네 가지를

3) 「국가전략회의」는 총리를 의장으로 하며 중장기적인 국가 비전을 구상하는 최고 정책협의기관으로 2011년 10월 설립되었음. 재정, 세제, 사회보장, 통상, 기후변화, 에너지 등 국가의 중요 전략을 논의하는 장임.
4) 분산형 에너지 시스템이란 전력 소비자에게 근접한 장소에 소규모 발전소를 설치하여 전력을 공급하는 시스템을 의미하며 태양광, 풍력, 지열 등 재생에너지를 활용하는 에너지 시스템임.

주목하고 있으며, 이를 얼마나 빨리 그리고 어떤 구성 비율로 도입할지 고민하고 있음.

- 셋째, 일본은 원자력 의존도 저감으로 인해 종래의 온실가스 중기감축목표(2020년까지 20% 감축)도 포기하기로 하였는데, 향후 어떤 수준의 감축목표를 설정하고, 이를 어떻게 달성할 것인지 고민이 깊어지고 있음.
 - o 「양자간 오프셋 크레딧 제도」를 국제적으로 도입하여 일본이 개도국에서 달성한 온실가스 감축을 일본의 국내 감축으로 인정받아야 함을 강조하고 있다는 점도 주목됨.
- 넷째, 이상과 같은 비전을 실현하기 위해서는 새로운 에너지 시스템을 도입할 필요가 있는데, 이러한 에너지 시스템을 어떻게 설계하고 구체화할 것인가가 과제로 대두되었음.
 - o 대규모 전력회사에 의한 독점적 공급구조하에서는 재생에너지나 분산형 에너지 시스템의 도입이 어렵기 때문에 전력산업 구조를 혁신할 필요가 있는데, 일본정부가 이를 실현시킬 의지와 능력이 있는지 주목되고 있음.
- 마지막으로, 일본정부는 이 같은 새로운 에너지 전략을 통해 경제를 성장시킨다는 전략(일본재생전략)을 내세우고 있는데 성장, 고용, 이노베이션 분야에서 성과를 내기 위한 구체적인 정책을 마련해야 함.

■ 이 같은 논의과정에서 일본 국민의 가장 많은 관심을 끌었던 것이 실질적인 원자력 발전단가(發電單價)였는데, 이를 계기로 에너지원별 발전단가 비교 분석에 대한 국민적 요구가 크게 증가하였음.

- 원자력 발전을 추진해 온 다양한 논거 중 하나는 원자력이 가장 값싼 에너지원이라는 점이었는데 원전사고가 발생하면서 숨어 있던 각종 사회적 비용이 드러났고 원전의 발전단가에 대한 관심이 폭발적으로 증가하였음.
- 또한 발전단가가 높아서 도입이 어렵다고 여겨졌던 재생에너지에 대해서도 정말로 단가가 높은 것인지 의문이 제기되면서 원자력을 포함한 에너지원별 발전단가의 비교 분석이 필요하다는 주장이 제기됨.
- 이러한 요구를 반영하여 「에너지·환경회의」는 2011년 10월 「발전단가 검증위원회」(コスト等検証委員会)를 구성하여 에너지원별 발전단가를 검증하는 작업에 착수하였고 같은 해 12월에 「검증결과보고서」⁵⁾를 발표함.
- 「발전단가 검증위원회」에는 원자력 발전에 비판적이었던 학자도 포함되어 있어서 검증의 객관성을 확보하려는 일본정부의 의지가 나타남.

■ 이 글에서는 「발전단가 검증위원회」가 제시한 각 에너지원별 발전단가의 상세 내용을 소개하고, 이 계산 결과가 에너지 전략 수립에 어떤 함의를 가지는지에 대해 정리해 보고자 함.

5) 環境・エネルギー会議, 「コスト等検証委員会報告書」(http://www.npu.go.jp/policy/policy09/archive02_hokoku.html).

2. 에너지원별 발전단가의 비교

가. 발전단가 검증을 위한 접근법

■ 먼저 「발전단가 검증위원회」 보고서에서는 검증의 목적으로 다음의 세 가지를 들고 있음.

- 첫째, 후쿠시마 원전사고를 계기로 원자력 발전의 사회적 비용이 드러나게 되었는데, 이러한 사회적 비용을 고려한다 해도 원자력 발전의 발전단가가 저렴한 것인지에 대해 검증함.
- 둘째, 재생에너지를 포함한 원자력 이외 전원의 발전단가를 검증함으로써 이들 전원의 장래 도입 가능성을 검증함.
- 셋째, 객관적이고 투명한 발전단가 데이터를 제공함으로써 장래의 최적 에너지 구성을 찾기 위한 국민적 논의의 기초자료를 제공함.

■ 상기의 목적을 달성하기 위해 다음과 같은 검증방법을 사용하였음.

- 첫째, 전력생산 과정에서 발생하는 다양한 사회적 비용을 발전단가에 포함시켜 계산하였음.
 - 원자력의 경우, 사고위험 대책비용, 원전입지에 관한 교부금이나 연구개발비 같은 정책비용을 발전단가에 포함시켰음.
 - 화석연료의 경우, CO₂ 감축을 위한 대책비용을 발전단가에 포함시켰음.
- 둘째, 기술혁신, 양산효과, 화석연료 가격상승 등 장래의 발전단가 변동요인을 반영하기 위해 2020년과 2030년 시점에서 발전단가를 추정하였음.
 - 태양광이나 풍력 등 재생에너지에 대해서는 장래에 기술혁신이 발생하고 수요확대에 따른 양산효과로 비용이 하락한다는 전제하에 발전단가를 계산하였음.
 - 화력발전에 대해서는 장래의 연료비 상승을 가정하여 발전단가를 계산하였음.
- 셋째, 발전단가 계산방식으로는 모델 플랜트 방식을 사용하였고, 유가증권 보고서의 데이터를 활용한 계산방식을 보완적으로 사용하였음.
 - 모델 플랜트 방식이란 각 전원마다 모델 플랜트를 상정하고 일정 운전연수에 걸쳐 매년 발생하는 비용을 총발전량으로 나누어 계산하는 것임.

$$\text{발전단가} = \frac{\text{자본비} + \text{운전유지비} + \text{연료비} + \text{사회적비용 (환경대책비 + 사고위험대책비 + 정책경비)}}{\text{발전전력량}(kWh)}$$

- 유가증권 보고서의 데이터를 활용한 방식은 과거의 실적을 바탕으로 발전단가를 계산하는 것임.
- 넷째, 분산형 전원이나 에너지 절감 같이 전력 수요자가 참여하는 행동에 대해서도 발전단가를 계산하였음.
 - 코제네레이션이나 태양광 발전(주택용)과 같은 분산형 전원, LED와 같은 절전형 투자에 대해서도 1kWh를 생산하거나 절전하는 데 필요한 비용을 계산하여 다른 대규모 전원의 발전단가와 비교하였음.
 - 발전단가 계산의 가장 큰 목적은 향후 분산형 전원이나 에너지 절감이 일본 에너지 시스템의 일익을 담당할 잠재력이 있는지 평가하는 것임.
- 다섯째, 발전단가 계산방법, 계산을 위한 가정, 사용한 데이터를 모두 공개하고 국민적 논의를 통해 산정결과를 수정해 나가는 개방적 접근법을 채택하고 있음.⁶⁾
 - 발전단가 계산은 여러 가지 가정을 전제로 하고 있고, 또한 포함시켜야 할 비용의 범위에 대해서도 엇갈린 의견이 있을 수 있기 때문에 이와 같은 의견을 반영하여 계산결과를 다시 검증하는 방식임.
- 마지막으로, 이번 계산결과를 2004년 경제산업성의 「종합자원에너지조사회 전기사업 분과회 발전단가 검토 소위원회 보고」에서 제시된 계산결과(이하, 2004년 계산결과)와 비교하였음.

나. 발전단가 계산결과

■ 원자력 발전

- 발전단가는 8.9엔/kWh 이상(2004년 5.9엔/kWh)으로 석탄, LNG 등 화석연료와 비슷한 수준까지 상승하였으나 발전단가 측면에서는 다른 에너지원에 비해 여전히 우위에 있는 것으로 나타났음.
- 2004년 결과와 비교할 때, 1kWh 발전단가는 건설비 1.2엔 증가, 핵연료 사이클 비용 0.1엔 감소, 추가적 안전 대책비용 0.2엔 증가, 입지교부금과 연구개발비 등 정책비용 1.1엔 증가, 사고대책비용 0.5엔 증가로 나타났음.
- 발전단가 증가분의 상당부분은 정책비용이나 사고대책비용 등 사회적 비용이며, 안전대책 강화에 따른 건설비 증가 등 안전대책비용도 매우 큰 폭으로 증가한 것으로 나타났음.
- 다만, 이번 계산에는 후쿠시마 원전사고로 인한 손실을 약 6조 엔 정도로 추정하고, 이를 사고대책비용으로 반영하였으나 향후 피해규모가 더 늘어날 경우 발전단가도 증가할 수 있다는 점에 주의해야 함.

6) 일본정부의 국가전략실 웹사이트(<http://www.npu.go.jp/policy/policy09/archive02.html>)에는 「발전단가 검증위원회」의 보고서, 8회에 걸친 회의 의사록 및 제출자료, 그리고 발전단가를 계산한 엑셀(Excel) 파일이 모두 공개되어 있음.

표 1. 전원 종류별 발전단가

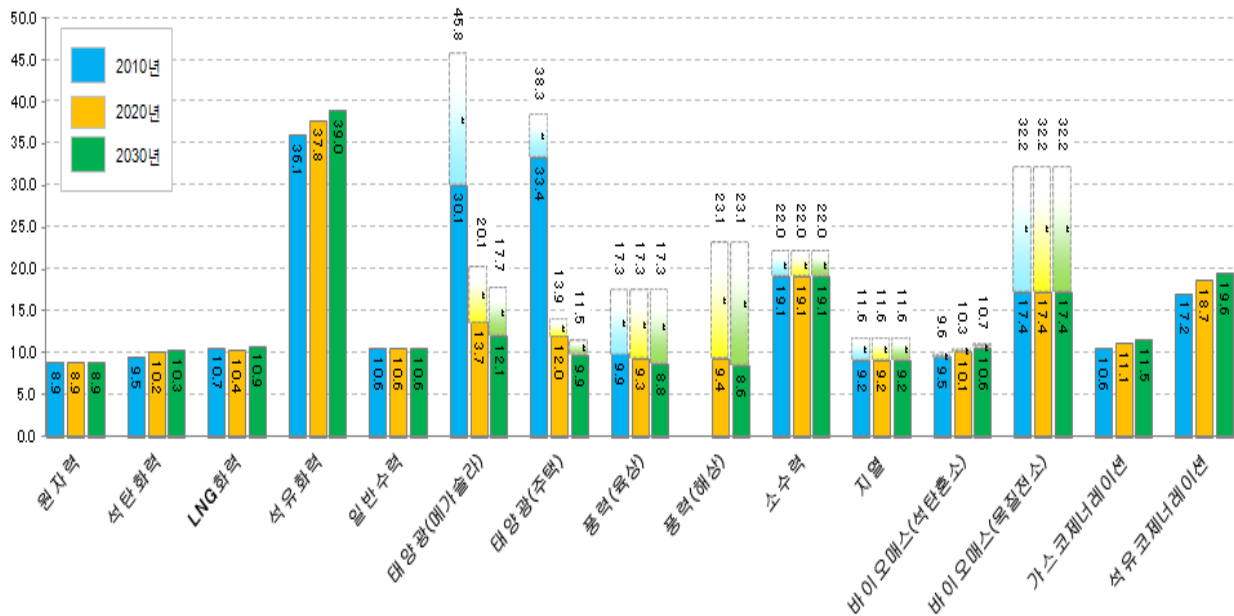
(단위: 엔)

전원종류	2010년						2020년						2030년					
	합계	자본비	운전 유지비	연료비	사회적 비용	폐열 가치	합계	자본비	운전 유지비	연료비	사회적 비용	폐열 가치	합계	자본비	운전 유지비	연료비	사회적 비용	폐열 가치
원자력	8.9	2.6	3.3	1.4	1.6	0.0	8.9	2.6	3.3	1.4	1.6	0.0	8.9	2.6	3.3	1.4	1.6	0.0
석탄화력	9.5	1.4	1.3	4.3	2.5	0.0	10.2	1.4	1.3	4.4	3.1	0.0	10.3	1.8	1.6	3.9	3.0	0.0
LNG화력	10.7	0.7	0.7	8.2	1.1	0.0	10.4	0.7	0.7	7.8	1.2	0.0	10.9	0.7	0.7	8.2	1.3	0.0
석유화력	36.1	9.4	8.0	16.6	2.1	0.0	37.8	9.4	8.0	17.9	2.5	0.0	39.0	9.4	8.0	18.7	2.9	0.0
일반수력	10.6	8.3	2.2	0.0	0.1	0.0	10.6	8.3	2.2	0.0	0.1	0.0	10.6	8.3	2.2	0.0	0.1	0.0
태양광(메가솔라) 상한	45.8	33.5	12.3	0.0	0.0	0.0	20.1	12.3	7.8	0.0	0.0	0.0	17.7	10.6	7.1	0.0	0.0	0.0
태양광(메가솔라) 하한	30.1	21.3	8.8	0.0	0.0	0.0	13.7	7.8	5.9	0.0	0.0	0.0	12.1	6.6	5.5	0.0	0.0	0.0
태양광(주택) 상한	38.3	30.5	7.8	0.0	0.0	0.0	13.9	10.1	3.8	0.0	0.0	0.0	11.5	8.3	3.1	0.0	0.0	0.0
태양광(주택) 하한	33.4	26.6	6.8	0.0	0.0	0.0	12.0	8.7	3.3	0.0	0.0	0.0	9.9	7.2	2.7	0.0	0.0	0.0
풍력(육상) 상한	17.3	12.8	4.6	0.0	0.0	0.0	17.3	12.8	4.6	0.0	0.0	0.0	17.3	12.8	4.6	0.0	0.0	0.0
풍력(육상) 하한	9.9	7.3	2.6	0.0	0.0	0.0	9.3	6.9	2.4	0.0	0.0	0.0	8.8	6.5	2.3	0.0	0.0	0.0
풍력(해상) 상한	-	-	-	-	-	-	23.1	17.1	6.1	0.0	0.0	0.0	23.1	17.1	6.1	0.0	0.0	0.0
풍력(해상) 하한	-	-	-	-	-	-	9.4	6.9	2.5	0.0	0.0	0.0	8.6	6.3	2.3	0.0	0.0	0.0
소수력 상한	22.0	7.9	14.1	0.0	0.0	0.0	22.0	7.9	14.1	0.0	0.0	0.0	22.0	7.9	14.1	0.0	0.0	0.0
소수력 하한	19.1	6.3	12.8	0.0	0.0	0.0	19.1	6.3	12.8	0.0	0.0	0.0	19.1	6.3	12.8	0.0	0.0	0.0
지열 상한	11.6	5.9	5.7	0.0	0.0	0.0	11.6	5.9	5.7	0.0	0.0	0.0	11.6	5.9	5.7	0.0	0.0	0.0
지열 하한	9.2	4.6	4.6	0.0	0.0	0.0	9.2	4.6	4.6	0.0	0.0	0.0	9.2	4.6	4.6	0.0	0.0	0.0
바이오매스(석탄혼소) 상한	9.6	1.5	1.3	4.5	2.4	0.0	10.3	1.5	1.3	4.6	3.0	0.0	10.7	1.5	1.3	4.6	3.4	0.0
바이오매스(석탄혼소) 하한	9.5	1.4	1.3	4.3	2.4	0.0	10.1	1.4	1.3	4.4	3.0	0.0	10.6	1.4	1.3	4.5	3.4	0.0
바이오매스(목질전소) 상한	32.2	2.7	5.2	24.3	0.0	0.0	32.2	2.7	5.2	24.3	0.0	0.0	32.2	2.7	5.2	24.3	0.0	0.0
바이오매스(목질전소) 하한	17.4	2.0	4.5	10.9	0.0	0.0	17.4	2.0	4.5	10.9	0.0	0.0	17.4	2.0	4.5	10.9	0.0	0.0
가스코제너레이션	10.6	1.0	1.6	15.2	1.9	-9.1	11.1	1.0	1.6	15.1	2.2	-8.7	11.5	1.0	1.6	15.1	2.4	-8.6
석유코제너레이션	17.2	1.5	1.9	17.2	2.2	-5.5	18.7	1.5	1.9	18.7	2.7	-6.1	19.6	1.5	1.9	19.5	3.2	-6.4
연료전지	101.9	78.5	18.5	11.3	1.1	-7.5	20.4	14.3	1.0	11.3	1.5	-7.7	11.5	6.2	0.6	10.3	1.6	-7.2

자료: 발전단가 검증위원회, 「발전비용 계산시트」 (<http://www.npu.go.jp/policy/policy09/archive02.html>).

그림 2. 전원 종류별 발전단가

(단위: 엔)



주: 태양광, 풍력, 소수력, 지열, 바이오매스에 대해서는 발전단가의 상한과 하한을 계산하였음.

자료: 발전단가 검증위원회, 「발전비용 계산시트」 (<http://www.npu.go.jp/policy/policy09/archive02.html>).

■ 화력 발전

- 화력 발전의 연료로는 석탄, 액화천연가스(LNG), 석유를 대상으로 하였으며, 석탄화력은 CO₂ 대책비용, LNG 및 석유화력은 장래 연료비 상승을 발전단가 계산에 포함시켰음.
- 화석연료 사용에 따른 사회적 비용을 포함시킨 결과 화력 발전단가가 크게 상승할 것으로 추정되었는데, 그럼에도 불구하고 여전히 원자력 발전과 함께 가장 경제적인 에너지원인 것으로 확인되었음.
 - 석탄화력(베이스 전원, 설비이용률 80%)의 발전단가는 6엔/kWh(2004년)에서 CO₂ 대책비를 포함할 경우 9.5엔(2010년), 10엔(2030년) 수준으로 증가함.
 - LNG(베이스 전원)의 발전단가는 6엔/kWh(2004년)에서 연료비 상승을 고려할 경우 11엔 전후(2010년, 2030년) 수준으로 증가함.
 - 석유화력의 발전단가는 피크 시 전원(설비이용률 10%)으로 사용하는 경우 16엔/kWh(2004년)에서 연료비 상승으로 39엔(2030년)까지 상승하며, 준기간 전원(설비이용률 50%)으로 사용하는 경우 25엔(2030년) 수준임.
- 다만, CO₂ 대책비용이나 장래의 화석 연료비 동향은 국제정세에 큰 영향을 받는 불확실한 변수라는 점에 주의해야 함.

■ 재생가능 에너지

- 육상풍력과 지열 발전은 원자력과 동등한 수준의 경제성을 가지고 있으며 태양광은 세계적인 양산효과를 고려할 경우 향후 발전단가가 절반 이하로 하락할 가능성이 있는 것으로 평가되었음.
 - 육상풍력과 지열의 발전단가는 9엔/kWh 전후에서 17엔/kWh(2010년, 2030년) 수준으로 입지조건이 좋을 경우 석탄이나 LNG, 원자력과 동등한 수준의 경제성을 가짐.
 - 태양광의 발전단가는 33~38엔/kWh(2010년)에서 9~20엔/kWh(2030년) 수준으로 하락할 전망이어서 피크 시 전원으로 사용할 경우 석유보다 경제성이 더 높아질 것으로 평가되었음.
- 단, 이번 발전단가 계산에는 재생에너지 도입 시 발생할 수 있는 송전선 건설이나 계통 안정화를 위한 비용은 고려되지 않았기 때문에 이러한 투자비용을 고려할 경우 발전단가가 상승할 가능성이 있음.

■ 분산형 전원, 에너지 절감

- 분산형 전원과 에너지 절감은 비용 측면에서 향후 대규모 전원의 일부를 대체할 수 있는 잠재력을 가지고 있는 것으로 평가되었음.
 - 가스 코제네레이션의 발전단가는 11엔/kWh 전후(2010년, 2030년) 수준이며 연료전지의 경우에도 2030년까지는 11.5엔/kWh 수준으로 단가가 크게 하락할 것으로 평가되었음.
 - 백열전구에서 LED 전구로의 교체, 에어컨이나 냉장고에서 고효율 제품으로의 전환은 전력 생산비용보다 더 높은 경제성이 있는 것으로 평가되었음.
 - 에너지 절감을 촉진하기 위해 전력소비 가시화 장치의 도입, 절전형 요금제도 도입, IT 기술과 접목한 스마트 하우스 건설 등 비교적 적은 비용으로 절전효과를 높일 수 있는 여지가 큰 것으로 평가되었음.

3. 발전단가 비교분석의 함의

■ 한 국가의 에너지 구조를 선택할 때에는 여러 가지 요소를 고려해야 하는데 일본정부가 명시적으로 제시한 기준은 경제성, 환경, 안전성, 에너지 안전보장의 네 가지임.

- 이번의 발전단가 계산에서는 경제성을 가장 중시하였고, 이와 더불어 환경(CO₂ 대책비용), 안전성(사고대책비용)도 일부 고려하였으나 에너지 안전보장이라는 측면은 전혀 고려하지 않고 있다는 점에 주의해야 함.

■ 발전단가 산정과 비교를 통해 일본의 에너지 전략에 대한 제안이 이루어졌는데, 이하에서는 그 내용을 간략히 정리하였음.

■ 원자력 발전

- 첫째, 원자력 발전의 사회적 비용을 고려할 때 원전은 결코 값싼 에너지원이 아니라는 사실을 확인하였음.

○ 원전의 발전단가를 상승시킨 요인인 입지지역 교부금은 입지지역 경제의 교부금 의존성을 높여서 자율적인 지역경제 운영을 어렵게 한다는 점이 일본의 사례에서도 확인되었음.

- 둘째, 이러한 인식을 바탕으로 일본은 향후 ‘원전 의존도 저감’ 쪽으로 에너지 전략의 방향을 틀 것으로 예상되며, 원자력을 대신할 새로운 에너지원을 확보하기 위해 정책 역량을 집중할 것으로 전망됨.

○ 일본정부는 원자로 신설은 하지 않을 것으로 보이며, 또한 기존의 원자로도 운전기간 40년이 지나면 폐기한다는 원칙을 발표한 바 있어서 원전은 자연 소멸될 것으로 전망되나 단중기적으로는 원전을 대체할 공급능력을 확보할 때까지 계속 활용할 가능성이 높음.

■ 최적의 에너지 믹스 구성

- 첫째, 온실가스 배출량을 감축하기 위해 원자력을 늘려야 한다는 종래의 주장은 발전단가 측면에서 볼 때 타당하지 않다는 결론이 도출되었음.

○ 석탄과 LNG 같은 화석연료를 사용한 화력 발전단가는 온실가스 감축비용을 포함하더라도 원자력과 비슷한 수준이기 때문임.

- 둘째, 석탄이나 LNG 같은 화석연료가 여전히 기간전원으로서 중요한 역할을 할 수 있으며, 특히 청정 화석연료 사용의 중요성을 더 부각시켰다고 볼 수 있음.

○ 따라서 석탄과 LNG는 향후에도 기간전원으로서 그 지위를 계속 유지해나갈 것으로 보임.

- 셋째, 풍력과 지열은 입지조건이 좋은 지역에서는 원자력, 석탄 등 기간전원과 경쟁할 수 있는 잠재력을 가지고 있음.

○ 다만, 계통 안정화 투자 및 소규모 전원의 자유로운 시장참여가 가능한 전력 시스템의 자유화가 필요함.

- 넷째, 태양광은 피크 시 전력수급을 보충할 수 있는 전원으로서는 석유화력보다도 효율적인 전원임.
 - o 다만, 계통 안정화 투자 및 소규모 전원의 자유로운 시장참여가 가능한 전력 시스템의 자유화가 필요함.
- 다섯째, 분산형 전원이거나 에너지 절감은 대규모 전원에 대항할 수 있을 정도로 비용 측면에서 경쟁력을 가지고 있는 것으로 평가됨.
 - o 다만, 이를 실현하기 위해서는 분산형 전원의 자유로운 시장참여가 가능하도록 전력산업의 자유화를 포함한 개혁조치가 필요함.
- 이상의 내용을 요약하면, 원자력과 석유 비중은 줄이고 석탄, LNG 등 화력 비중은 유지 혹은 증가시키면서 재생에너지 비율 및 에너지 절감 비율을 늘리는 것이 일본의 새로운 에너지 믹스의 핵심임.

■ 에너지 시스템

- 이 같은 에너지 믹스를 달성하기 위해서는 분산형 전원, 즉 소규모 발전소를 많이 세울 필요가 있는데, 이를 위해서는 에너지 시스템의 개혁이 필요하다는 점이 크게 강조되었음.
- o 현재의 에너지 시스템은 9개의 전력회사가 지역독점을 하고 있고, 각 전력회사는 발전소와 송전망을 모두 소유하고 있으며, 각 지역별로 전기 주파수가 서로 다르고 전력의 상호 유통을 위한 인프라가 거의 갖추어져 있지 못한 구조를 가지고 있음.

4. 시사점

- 우리나라는 일본과는 반대되는 에너지 전략, 즉 향후 원전을 더욱 확대해나가는 전략을 선택하였는데 사회적 비용을 모두 고려했을 경우에도 원자력 발전이 장기적으로 효율적인지에 대해 객관적 데이터에 근거한 국민적 논의가 필요할 것으로 평가됨.
 - 우리나라에서도 사회적 비용을 고려한 원자력 발전단가를 산정하고, 이를 다른 전원의 발전단가와 비교 분석할 필요가 있으며 이러한 객관적 데이터를 바탕으로 중장기 에너지 전략을 입안하는 것이 바람직함.
- 우리나라는 에너지 믹스 측면에서도 현재 일본이 고려하고 있는 것과는 반대되는 전략을 가지고 있어서 이 전략을 향후에도 유지하는 것이 좋은지 점검해 볼 필요가 있음.
 - 우리나라는 증가하는 전력수요를 억제하기 위한 에너지 수요관리 정책에서 아직 부족한 측면이 있고, 에너지 효율개선을 위한 투자가 비용 측면에서 발전소를 짓는 것보다 더 경제적일 수 있다는 점에 유의해야 함.
 - 우리나라는 재생가능 에너지의 잠재량이 어느 정도인지 파악할 필요가 있으며, 이의 보급을 확대하기 위해 획기적인 제도적 장치(예: 고정가격 매입제도(Feed in Tariff)) 도입을 검토할 필요가 있음.

- 우리나라는 아직 대규모 발전소를 중심으로 한 전력공급 구조를 가지고 있고, 분산형 전원을 적극적으로 확대한다는 전략을 가지고 있지 않으나 소비자 선택의 자유 확보, 분산형 전원 확대, 전력산업의 효율성 증대 등을 위해서는 중장기적으로 에너지 시스템을 개혁할 필요가 있음.
- 일본에서 논의되고 있는 에너지 시스템 개혁의 핵심사항은 ① 발전, 송전, 배전사업의 분리, ② 태양광, 풍력 등 분산형 전원의 송전망 접근성 제고 ③ 전력소매의 완전 자유화(소비자의 전력회사 선택의 자유화), ④ 전력회사의 경영효율 개선(전력요금 산정방식의 개선) 등임.
 - 송전사업의 분리: 전력회사가 소유한 송전망을 따로 떼서 국유화하고 송전망 접속은 공익적 차원에서 공평하게 허용함으로써 송전망을 독점적으로 사용하고, 신규 전력사업자의 시장진입을 배제해 온 기존의 폐해를 시정하자는 것이 개혁의 목표임.
 - 분산형 전원의 송전망 접근성 제고: 분산형 전원 설립이 어려웠던 근본적 원인은 바로 송전망 접속이었는데, 이를 해소함으로써 재생에너지 등 분산형 전원의 보급을 촉진하는 것이 개혁의 목표임.
 - 전력소매의 완전 자유화: 현재 전력소매는 공장, 백화점 등 대규모 사업자에 대해서는 자유화되어 있는데, 이를 일반 가정으로 확대하여 소규모 소비자가 전력회사를 선택할 수 있도록 하는 것이 개혁의 목표임.
 - 전력회사 경영효율 개선: 전력생산비용에 일정한 이윤을 부가하여 산정하는 전력요금 방식(일명 총괄원가 방식)을 개선함으로써 전력회사의 원가절감을 촉진하는 것이 개혁의 목표임. **KIEP**