

세션2

장기 에너지 믹스 전략

주제발표 1

국가에너지기본계획상의 에너지 믹스 정책 재검토

문 영 석

(에너지경제연구원 부원장)







목 차

에너지 가격과 수급 : 원칙과 현안
학술지 『에너지경제연구』 발간 10주년 기념 포럼

- I 에너지믹스 정책 재검토 배경
- II 우리나라 에너지믹스 정책 현황
- III 일본의 에너지 정책 변화 동향
- IV 신재생에너지 발전확대의 전기요금 영향
시나리오분석
- V 시사점 및 향후과제

3

에너지 가격과 수급 : 원칙과 현안
학술지 『에너지경제연구』 발간 10주년 기념 포럼

- I 에너지 믹스정책 재검토 배경

4



1. 에너지 믹스정책 재검토 배경

에너지 믹스 정책 재검토의 배경

- 후쿠시마 원전사고 이후 세계 각국은 여건에 따라 원전 정책을 유지 또는 재검토
 - 일본은 새로운 에너지 기본계획 수립을 위한 작업에 착수
 - 독일은 가동중인 17개 원전을 '22년까지 단계적으로 전량 폐지 계획
 - 원전 주요수출국인 미국, 프랑스는 기존의 원전정책 유지 방침
 - 기존의 원전 확대 계획을 신재생에너지 등으로 대체할 경우 전기요금의 상승과 산업구조의 변화가 예상됨
- 원전확대를 추진하는 우리 나라에서도 기존 원전정책에 대한 우려와 신재생 에너지 확대 요구 증가
 - 원전 건설 계획 축소와 타에너지원의 대체설비 증가를 고려한 분석이 필요
 - 신재생 에너지로 대체를 위해서 투자비와 기술수준 등에 대한 면밀한 분석 선행필요

5

1. 에너지 믹스정책 재검토 배경

분석 필요성

- 현재 에너지 믹스정책의 투자비용과 신규 원전건설 차질로 인한 대체비용을 비교하여 적절한 에너지 믹스 정책 검토
 - 원전확대에 대한 사회적 합의에 대한 요구 고려, 신재생에너지의 잠재력 및 소요 비용, 발전단가 변화 등의 분석
- 원전대체를 위한 신재생 발전의 투자비용을 추산, 기존계획 및 신재생전원의 특성을 고려하여 종합적으로 분석
 - 원전비중 축소를 신재생발전으로 대체시 투자비와 발전단가의 변화 분석
 - 원전 대체에 따른 전원구성의 변화, 백업전원 비용까지 포함한 종합적인 비용 추산
 - 전기요금에 미치는 영향 분석

6



II 우리나라 에너지믹스 정책 현황

7

2. 우리나라 에너지믹스 정책 현황

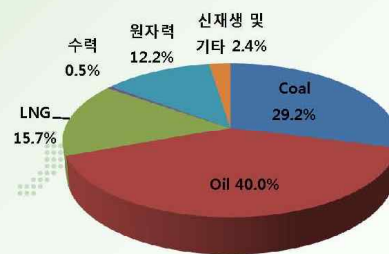
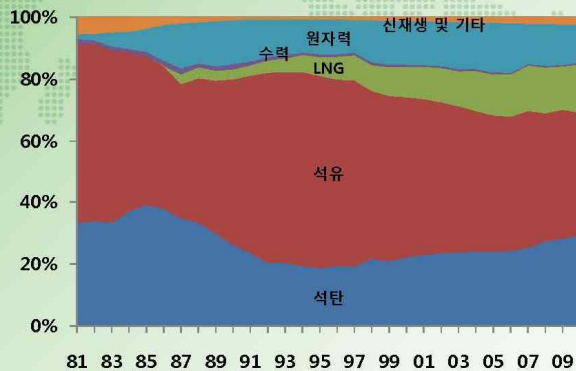
가. 에너지 공급현황 (1차 에너지)

- 1차 에너지 공급현황 (1981 → 1995 → 2010, %)

- 석유 ↓ : 58.1 → 62.5 → 40.0
- LNG ↑ : 0.0 → 6.1 → 15.7
- 석탄 ↓ : 33.3 → 18.7 → 29.2
- 원자력 ↑ : 1.6 → 11.1 → 12.2

- 주요 특징

- 석탄 및 석유 : 70% 수준
- 수력과 신재생 : 3% 미만
- 원자력비중 : 12~13%
- LNG 비중 증가 : 13.9% (2009) → 15.7% (2010)



(2010p, 260.6백만TOE)

자료: KEEI, 에너지 통계월보

8



에너지 가격과 수급 : 원칙과 현안
학술지 '에너지경제연구' 발간 10주년 기념 포럼

2. 우리나라 에너지믹스 정책 현황

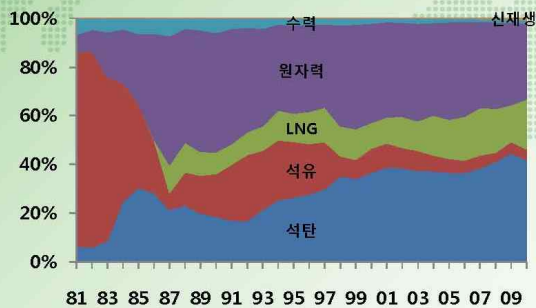
가. 에너지 공급현황 (전력)

- 발전원별 전력생산 (1981 → 1995 → 2010, %)

- 석유 ↓ : 79.8 → 22.8 → 4.4
- LNG ↑ : 0.0 → 11.5 → 20.4
- 석탄 ↑ : 6.3 → 26.4 → 41.7
- 원자력 ↑ : 7.2 → 36.3 → 31.3

- 주요 특징

- 석탄 및 원자력 발전 비중 유지 : 각각 40%, 30% 수준
- 석유발전 비중 지속 감소 : 5% 미만
- 신재생 비중 미미 : 1% 미만
- LNG발전 비중 증가 : 15.1% (2009) → 20.4% (2010)

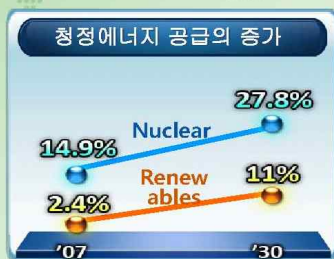


9

에너지 가격과 수급 : 원칙과 현안
학술지 '에너지경제연구' 발간 10주년 기념 포럼

2. 우리나라 에너지믹스 정책 현황

나. 국가에너지기본계획 (2008년)



자료: 국가에너지 기본계획('08)

10



2. 우리나라 에너지믹스 정책 현황

다. 발전소 건설 계획

중기 원전건설 계획

- 2024년까지 원전 14기 건설 계획 (제5차 전력수급기본계획)

- 7기(현재 건설 중) + 6기(2018~2024년간 건설예정)
 - 원자로 형태: OPR 1000(3기), APR 1400(8기), APR+ (2기)
- 2024까지 원자력 발전계획
 - 공급능력 31.9%, 전력발전 48.5%

〈원자력발전 확대 계획〉

연도	'10	'15	'24
원전 기수	21	27	34
설비용량(MW)	18,716	25,916	35,916
원자력 설비비중(%)	23.3	27.7	31.9
원자력 발전비중(%)	31.3	38.6	48.5

11

2. 우리나라 에너지 믹스정책 현황

다. 발전소 건설 계획

중기 석탄 및 LNG 발전소 건설 계획

- 2010~2024년 사이에 석탄발전 15기, LNG발전 19기 건설 예정

- 2024년 석탄발전 65기 (31.4GW) 운영 예정
- 2024년 LNG발전 59기 (23.5GW) 운영 예정

〈2024년까지 발전소 건설계획〉

단위: GW

	원자력	석탄	LNG	기타	합계
건설계획 ('10~'24)	18.2 (14)	12.1 (15)	12.2 (19)	0.8	43.3
총공급용량('24)	35.9 (34)	31.4 (65)	23.5 (59)	21.7	112.6

() : 발전기 수

12



III

일본의 에너지 정책 변화 동향

13

3. 일본의 에너지 정책 변화 동향

'에너지기본계획' 전면 재검토 표명

- 에너지기본계획 백지화와 재검토의 필요성 언급 (간 나오토 총리, 5.10일)
 - 기존 계획(2010. 6)은 2030년까지 원자력발전소를 14기 증설할 계획이었음
- 원전 중시에서 신재생과 에너지절약 중심으로 에너지정책 노선 변경 시사

'신재생에너지' 비중 확대 의지 표명

- (1) 신재생 발전 비율을 2020년 초에 20% 이상 수준으로 하고,
(2) 약 1,000만 가구에 태양광패널 설치목표제시 (간 나오토 총리, G8 정상회의, 5.26일)
 - 신재생 발전 비율을 2020년 초에 20% 이상으로 하겠다는 목표는 정책적 근거가 제시되지 않아 실현가능성은 미지수
 - 태양광 1,000만호 설치 목표 달성을 위한 지원제도 추진의지 표명

14



3. 일본의 에너지정책 변화 동향

신재생 에너지 발전 확대시 파급효과 (AT Kearney, 2011.5)

신재생 에너지 확대시 전기요금 영향(2020)

정책변경 수준	전원구성			발전단가 상승률	CO2 변화율
	원 자 력	신 재 생	L N G		
원자력발전 폐지전 (현행 계획)	29.2%	1.2%	29.3%	-	-
신규 원전 건설 및 수명 연장 없이 노후 원전 순차 폐기	15.5%	8.3%	34.5%	47.7%	5.2%
원전 완전 폐기, 신재생 최대한 확대 및 LNG 대체	0%	11.9%	46.4%	70.3%	19.3%
원전 완전 폐기, 신재생비중 목표 조기달성('20년 약20%)	0%	17.5%	40.8%	101.0%	13.0%
원전 완전 폐기, 원전 감소분 전량 신재생으로 대체	0%	28.0%	30.3%	176.6%	1.1%

- 신재생 에너지 확대시 기타 예상 효과

- 산업영향: 발전단가 47.7% 증가 시 철강업, 전자부품산업, 화학공업의 수익률은 각각 2.5%p, 2.3%p, 1.7%p 하락
- 고용문제: 원전분야의 경쟁력에 비해 신재생에너지의 경쟁력이 떨어지므로 신재생 에너지 중심의 전력 정책은 산업의 고용감소를 야기할 수 있음
- CO2 배출량: 현재보다 5~19% 증가할 것으로 예상 (원전 유지시 0~4% 증가 예상)

15

IV

신재생 에너지 발전확대의 전기요금 영향 시나리오 분석

16



4. 신재생 에너지발전 확대의 전기요금 영향 시나리오 분석

가. 기존 신재생에너지 공급 목표

신재생 에너지 공급 목표

- 신재생 에너지 공급 목표(제4차 신재생계획(안), 2010)
 - '30년 1차에너지 기준 신재생 에너지 공급비중 12%, 공급량 3,673만 TOE의 달성
 - 태양 에너지, 풍력, 바이오 에너지 등 핵심 분야로 공급다변화

〈신재생 에너지 공급목표〉

	2008	2010	2020	2030
공급량(천TOE)	5,854	7,087	18,262	36,731
공급비중(%)	2.4	2.8	5.9	12.0

- 신재생에너지 발전설비 건설 전망(2010~2024)
 - 피크 기여도 고려, 풍력 8,628MW, 태양에너지 3,813MW 포함 총 19,157MW 건설 전망

17

4. 신재생 에너지발전 확대의 전기요금 영향 시나리오 분석

나. 10GW의 신재생에너지 확대 시나리오

신재생확대 시나리오

- 신재생에너지 발전을 계획 대비 약 2배 확대(2020년까지 원전 5GW, 30년까지 원전 10GW 규모)
 - 원전 설비비용을 90%로 가정시, 발전량 기준으로 각각 39,420GWh, 78,840GWh 대체
- 20년까지 26.0GW, 30년까지 52GW 설비 추가도입
 - 기존 발전계획에 반영된 신재생설비는 계획대로 도입하고 이에 추가로 풍력(육상, 해상) 및 태양광 설비도입을 전제

〈신재생설비 추가도입량단위: MW, 누적치〉

	2020	2024	2030
풍력	4,140	5,553	8,280
태양광	21,882	29,350	43,765
합계	26,022	34,903	52,045

18



4. 신재생 에너지발전 확대의 전기요금 영향 시나리오 분석

나. 10GW의 신재생에너지 확대 시나리오

제 5차 전력수급기본계획의 신재생 에너지 도입 비용 및 발전원가

- 2010년~2024년 총 19.2GW 신재생 에너지설비 도입으로 총 도입비용은 49.4

조원으로 예상

- '30년까지 건설단가 및 운전유지비는 신재생에너지원별로 일정한 학습률(Learning rate)에 따라 감소하는 방식으로 전망

* 학습률은 누적생산량이 2배 늘어날 때의 단가 하락율로 육상풍력과 해상풍력은 각각 7%, 9%, 태양광은 17%로 설정(IEA, World Energy Outlook 2010)

설비 도입에 따른 시스템 단가 전망 (단위 :천원/kW)

		2010년	2020년	2024년	2030년
풍력	육상	2,000	1,699	1,699	1,699
	해상	4,000	2,036	1,799	1,715
태양광		5,820	3,825	3,267	2,140

- 신재생 에너지 발전원가는 1kWh 당 2010년 234원, 24년 129.7원, 30년 129.5원으로 전망됨

19

4. 신재생 에너지발전 확대의 전기요금 영향 시나리오 분석

나. 10GW의 신재생에너지 대체 시나리오

신재생 설비 추가 도입에 따른 비용 및 발전원가

- 신재생 에너지 추가도입에 따른 소요 비용

· 2024년까지 49.5조원, 30년까지 111.4조원에 달할 것으로 예상

〈추가 도입분의 시스템 단가 단위 :천원/kW〉

		2010년	2020년	2024년	2030년
	육상	2,000	1,600	1,579	1,554
	해상	4,000	1,878	1,709	1,629
태양광		5,820	2,251	2,055	1,686

- 신재생에너지 발전원가의 변화

· 1kW당 2024년에는 164원, 2030년에는 150원으로 전망

20



4. 신재생 에너지발전 확대의 전기요금 영향 시나리오 분석

나. 10GW의 신재생에너지 대체 시나리오

기존계획 대비 비용 및 발전원가 변화

〈제5차 전력수급기본계획과 신재생 확대시 발전단가 비교 단위: 원/kWh〉

	2010년	2020년	2024년	2030년
제5차 전력수급기본계획(A)	234.0	132.5	129.7	129.5
신재생 에너지 추가도입시(B)	234.0	150.8	144.5	134.8
- 신재생 추가도입분	-	172.1	163.9	150.3
신재생 발전단가 상승(B-A)	-	18.2	14.7	5.3

- 신재생 추가도입시 30년까지 총 209조원이 소요될 것으로 전망, 24년까지 소요비용은 97.3조원으로 5차 계획 대비 47.9조원 증가
- 신재생에너지 발전원가는 24년 기준 5차 계획 대비 1kWh당 14.7원 증가

21

4. 신재생 에너지발전 확대의 전기요금 영향 시나리오 분석

다. 전원구성 변화 분석

신재생 확대시 전원구성의 비교

		원자력	신재생	석탄	가스	기타	계
기존정책	설비용량(MW) 비중 (%)	53,916 (40.6)	10,428 (7.8)	31,445 (23.7)	23,464 (17.7)	13,605 (10.2)	132,858 (100.0)
신재생 확대	설비용량(MW) 비중(%)	43,916 (33.1)	20,428 (15.4)	31,445 (23.7)	23,464 (17.7)	13,605 (10.2)	132,858 (100.0)

- 기존 정책 유지시 2030년 원자력 및 신재생 전원 비중은 각각 40.6%와 7.8%
- 신재생 전원의 10GW 확대와 동일 규모의 원전 축소시 2030년 원전비중은 33.1%로 감소하고 신재생 비중은 15.4%로 증가

22



4. 신재생 에너지발전 확대의 전기요금 영향 시나리오 분석

다. 전원구성 변화 분석

신재생 백업전원 설비비용 추산

- 원전 발전단가는 kWh 당 41.14원, 원전 10GW 대체시 원전 축소로 인한 비용 감소분은 2030년까지 32.4 조원 예측
- 신재생 전원의 간헐성 고려, 전원공급 안정성 위해 백업 전원설비 필요
- 신재생 전원 10GW 확대에 대한 비용은 2030년까지 총 6.1조원 소요 추산
 - * 전원설비는 가스복합발전 기준(793천원/kW)이며, 백업용량은 신재생 전원별 신규 용량에 피크 기여도 감안하여 결정
 - * 대규모 전력저장장치(배터리)도 고려 가능하나 비용추정 불가

23

4. 신재생 에너지발전 확대의 전기요금 영향 시나리오 분석

라. 전기요금 영향 분석

신재생 발전확대로 인한 전기요금 변화

- '30년 기존계획의 신재생전원에 의한 전기요금 상승률은 '10년 대비 22.2%p, 신재생전원 10GW 추가확대 시 17.1%p 추가상승 전망

〈전기요금 변화 단위 : 십억원〉

	2020년	2024년	2030년
신재생추가 확대에 의한 연간 비용 증가분(A)	65,984	83,548	110,814
원전축소로 인한 연간비용 감소분(B)	(16,217)	(21,572)	(32,435)
백업전원설비 추가로 인한 비용증가분(C)	3,037	4,074	6,074
신재생 추가확대로 인한 연간 총비용 변화 (A+B+C)	52,803	65,870	84,454
기존 정책 전기요금 상승률 (2010년 기준)	10.33%P ↑	13.27%P ↑	22.16%P ↑
신재생 추가시 전기요금 상승률 (2010년 대비)	21.77%P ↑	27.13%P ↑	39.25%P ↑
전기요금 추가상승률	11.44%P ↑	13.87%P ↑	17.09%P ↑

24



V

시사점 및 향후과제

25

5. 시사점 및 향후과제

신재생 발전 비중 확대의 영향

- 신재생 발전 비중의 확대는 향후 전기요금의 인상요인 발생
 - 본 분석에서 추정된 실질전기요금 인상률 39.3%p는 물가상승을 고려하면 더욱 확대될 전망
 - (01~10년 기간동안 명목전기요금 인상률은 11.8%에 불과)
- 태양광 등 고비용 신재생 전원의 확대는 급격한 기술혁신을 전제하지 않는 한 국민경제의 상당한 부담 요구
 - 기존계획 대비 신재생발전 약 2배 확대 시 30년까지 총 209.0조원이 소요되며, 기존계획 대비 106.4조원 증가
 - 신재생 전원의 추가확대는 입지적합성, 토지이용 등을 고려한 종합적인 검토가 필요

26



5. 시사점 및 향후과제

에너지믹스 정책변화시 고려사항

- 원전비중의 급격한 축소는 화력발전 확대 수반
 - 유연탄 및 LNG 복합발전으로 대체시 발전원가 상승, 전력요금 인상요인 발생
 - 화력발전량 증대 → CO2 배출량 증가 → 탄소배출권 수요증대 및 선확보 움직임
→ 국제배출권 가격 상승 → 온실가스감축정책의 사회적 비용 증가
 - 에너지안보, 화석에너지공급안정성
- 에너지믹스 및 전원구성 정책 재검토는 사회·경제적 효과 분석에 근거해야 함
 - 전기요금 영향
 - 온실가스 배출 및 환경영향
 - 국내산업의 국제경쟁력 및 국가경제에 미치는 영향
 - 에너지 비용 증가에 대한 국민의 부담 수용 정도
 - 원전의 안전성 제고에 대한 사회적 공감대 정도

27

5. 시사점 및 향후과제

본 분석의 한계점

- 본 분석은 직접비용 만을 반영, 전원구성 변화의 간접효과는 반영치 못함
 - 전원 구성의 변화가 환경, 에너지 공급안정성, 미래 성장동력 등에 미치는 효과에 대한 종합적인 분석으로 확대 필요
- 신재생 전원 비용은 기술혁신 속도에 따라 크게 좌우됨
 - 본 연구에서는 기술혁신 속도에 대한 전제가 불확실함. 이에 대한 추가연구필요
 - 기술혁신 속도가 본 분석의 가정보다 완만해질 경우, 전기요금 인상폭은 본 분석 예측치 보다 증가할 가능성이 존재

* 신재생에너지 기술혁신속도(학습율)를 절반수준으로 전제하면 기존계획의 전기요금 인상율이 22.2%p에서 29.6%p로 증가하고, 추가확대안은 17.1%p에서 31.4%p로 증가

28



5. 시사점 및 향후과제

향후과제

향후 적정 신재생에너지 및 원전비중에 대한 종합적 분석과 사회적 논의를 통해 적정 에너지믹스 정책 도출 필요

- 이는 신중한 협의 및 조정을 요하는 과정으로서 단계적이고 전략적인 접근 필요
- 일본 및 주요국의 장기에너지정책 재검토 과정에 대한 지속적 모니터링 및 평가를 통해 우리나라 장기에너지정책 수립에 참고

29

감사합니다.

30



요 약

일본 원전사고 이후 국내외적으로 원자력 확대정책에 대한 우려가 제기되고, 이에 대한 대안으로서 신재생에너지 확대요구가 증가하고 있다. 하지만 아직은 신재생확대의 당위성이 주로 강조되고 있지, 신재생을 확대할 경우 발생하는 제반 비용에 대한 분석은 제시되고 있지 못하다. 본 연구는 신재생에너지가 기존 전원구성 정책에서 차지하는 위상 및 향후 이를 더욱 확대할 경우 발생하는 비용을 종합적으로 검토 평가해 보는 것이 목적이다.

비용추정 방식은 현행 전원구성 정책에 따른 투자비용과 신재생발전 추가확대, 설비 대체 및 백업설비 등 비용증감 요인을 종합적으로 고려하였고, 궁극적으로는 이로 인한 전기요금 영향을 추산하였다. 그 결과 기존계획(제5차 전력수급기본계획('10~'24), 제4차 신재생에너지 기술개발 및 이용·보급 기본계획안('10~'30)) 대비 신재생발전을 약 2배 확대 시 '30년까지 총 209.0조원이 소요되며, 기존계획 대비 106.4조원 증가하는 것으로 분석되었다. '30년도에 기존계획의 신재생전원에 의한 전기요금 상승률은 '10년 대비 22.2%p, 신재생전원 10GW 추가확대시 17.1%p 추가 상승하는 것으로 분석되었다.

분석의 시사점 및 한계점으로는 첫째, 기존 정부계획대로 신재생발전 비중이 확대되면 향후 상당한 전기요금 인상요인이 발생한다는 점이다. 둘째, 신재생의 추가 확대를 위해 태양광 등 고비용 신재생전원의 도입은 향후 급격한 기술혁신을 전제하지 않는 한 국민경제에 상당한 비용부담을 수반하게 된다. 신재생전원의 비용은 신재생발전의 기술혁신 속도에 크게 좌우되는 것으로 분석되었다. 하지만 아직 이 부문에 대한 국내 선행연구가 미흡하여 국제에너지기구(IEA)의 자료에서 기술혁신율을 인용하였다. 그리고 본 분석은 신재생확대로 인한 직접비용(투자비, 백업전원)만을 반영하였고, 전원구성 변화의 간접효과(환경효과 및 산업구조 변화 등)는 미반영하였다는 한계점도 갖는다. 향후 전원구성의 변화가 환경, 에너지 공급안정성, 미래 성장동력에 미치는 효과 등에 대한 분석으로 확대할 필요가 있다. 셋째, 우리나라도 향후 신재생에너지 및 원



전비중에 대한 종합적 분석과 사회적 논의를 통해 적정 에너지믹스 정책을 도출해야 한다. 이는 신중한 협의 및 조정을 요하는 과정으로서 단계적이고 전략적인 접근이 필요할 것이다. 그리고 이 과정에서 일본 및 주요국의 장기에너지정책 재검토 과정에 대한 지속적 모니터링 및 평가를 통해 우리나라 에너지믹스정책 수립에 참고하여야 한다.