중장기 국가에너지 수급전략상의 에너지믹스 방향

- 에너지경제연구원 개원 26주년 세미나-

2012. 9. 12

윤 영 석

에너지경제연구원
KOREA ENERGY ECONOMICS INSTITUTE

목 차

I 에너지믹스 정책 재검토 배경

II 우리나라 에너지믹스 정책 현황

III 일본의 에너지 정책 변화

IV 신재생에너지 발전확대의 전기요금 영향 시나리오분석

V 시사점 및 향후 과제

Ⅰ 에너지 믹스정책 재검토 배경

1. 에너지 믹스정책 재검토 배경

가. 재검토의 배경 및 필요성

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
- 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

1. 에너지 믹스정책 재검토 배경

나. 분석의 필요성

분석 필요성

- 현재 에너지 믹스정책의 투자비용과 신규 원전건설 차질로 인한 대체비용을 비교하여 적정한 에너지 믹스 정책 검토
  - 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 비용 추산
  - 전기요금에 미치는 영향 분석

II 우리나라 에너지믹스 정책 현황

2. 우리나라 에너지믹스 정책 현황

가. 에너지 믹스 정책변화

연대	주요 에너지 믹스 변화
1950~1960년대	석유수입 및 국내무연탄 증산 주유종탄/ 주탄종유
1970~1980년대	원자력, 천연가스 및 유연탄 도입 1, 2차 석유위기로 탈석유 및 청정화/다변화 산업개발/경제성장으로 에너지 사용량 증대
1990년대	수요관리, 가격자율화 국내 석탄/전력/가스산업 구조조정 온실가스감축 / 에너지-환경-경제 연계모형
2000년대	재생에너지, 해외자원개발, 기술R&D 저탄소 녹색성장 선언과 저탄소형 에너지 증가 에너지 자립 / 자주개발 / 효율화

자료: 허은녕, 국내외 에너지환경 변화와 우리나라 에너지 믹스 전략 수립과정에의 시사점, 에너지경제연구 2011

2. 우리나라 에너지믹스 정책 현황

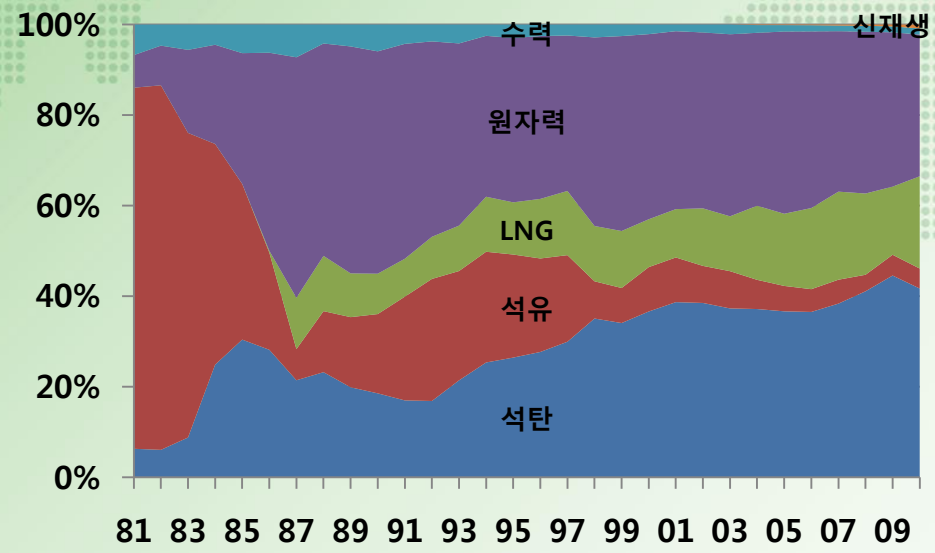
나. 에너지 공급현황 (전력)

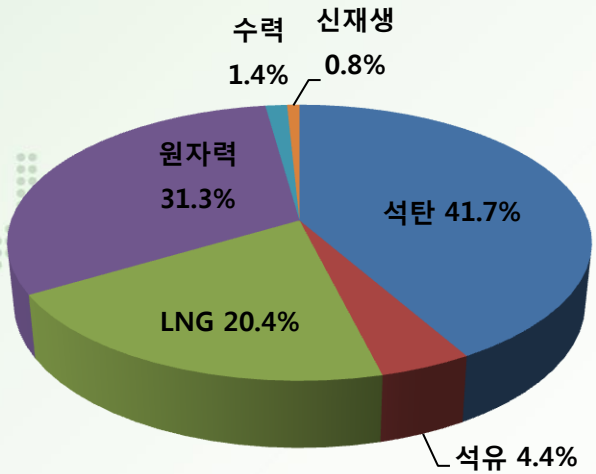
- 발전원별 전력생산 (1981 →1995→2010, %)

- 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)





2. 우리나라 에너지믹스 정책 현황

다. 주요국과 비교 (전력)

- 주요 OECD국가들의 유사성 : 80% 이상의 높은 석탄, LNG, 원자력 비중
- 우리나라의 주요 특징 :
  (1) 석탄과 원자력의 높은 비중, (2) 신재생 비중 미미
- OECD 국가별 발전구조의 차이 발생원인 :
  (1) 부존자원, (2) 산업구조, (3) 정치적 및 정서적 성향의 차이

단위: TWh

	석탄	석유	LNG	원자력	신재생 및 기타	합계
OECD	3578.0 (35.0%)	309.9 (3.0%)	2313.9 (22.6%)	2234.6 (21.8%)	1793.2 (17.5%)	10229.6 (100.0%)
미국	1899.5 (45.6%)	50.2 (1.2%)	948.6 (22.8%)	830.1 (19.9%)	432.8 (10.4%)	4161.2 (100.0%)
일본	295.1 (28.4%)	90.3 (8.7%)	273.7 (26.3%)	279.8 (26.9%)	100.8 (9.7%)	1039.7 (100.0%)
독일	264.5 (44.3%)	12.5 (2.1%)	77.0 (12.9%)	134.9 (22.6%)	107.8 (18.1%)	596.8 (100.0%)
프랑스	27.7 (5.1%)	5.9 (1.1%)	22.3 (4.1%)	409.7 (75.6%)	76.1 (14.0%)	541.7 (100.0%)
한국	207.7 (46.9%)	14.2 (3.2%)	68.4 (15.4%)	147.8 (33.3%)	5.1 (1.2%)	443.2 (100.0%)

자료: IEA, 'Energy Balances of OECD Countries 2010'

2. 우리나라 에너지믹스 정책 현황

라. 발전소 건설 계획

중기 원전건설 계획

- 2024년까지 원전 14기 건설 계획 (제5차 전력수급기본계획, 2010)

- 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

2. 우리나라 에너지 믹스정책 현황

라. 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

III 일본의 에너지 정책 변화

3. 일본의 에너지 정책 변화

가. 지진 피해로 인한 일본의 에너지정책 변화

'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

일본의 장기 에너지믹스 전망

- 신규 원전건설 없이 노후 원전을 순차 폐기할 경우 2020년 발전량 비중은 LNG(34.5%), 원자력(15.5%), 신재생(8.3%)으로 변화될 전망(AT 커니)

(1) 장기적으로 원자력비중이 상당 폭 감소하고 LNG 및 신재생 비중은 대폭 증가될 전망

(2) 하지만 당장의 전력수급난 해소를 위해 원전 재가동 결정을 내리고 장기적으로 원전 규모를 점진적으로 축소하는 방침 도출 예상

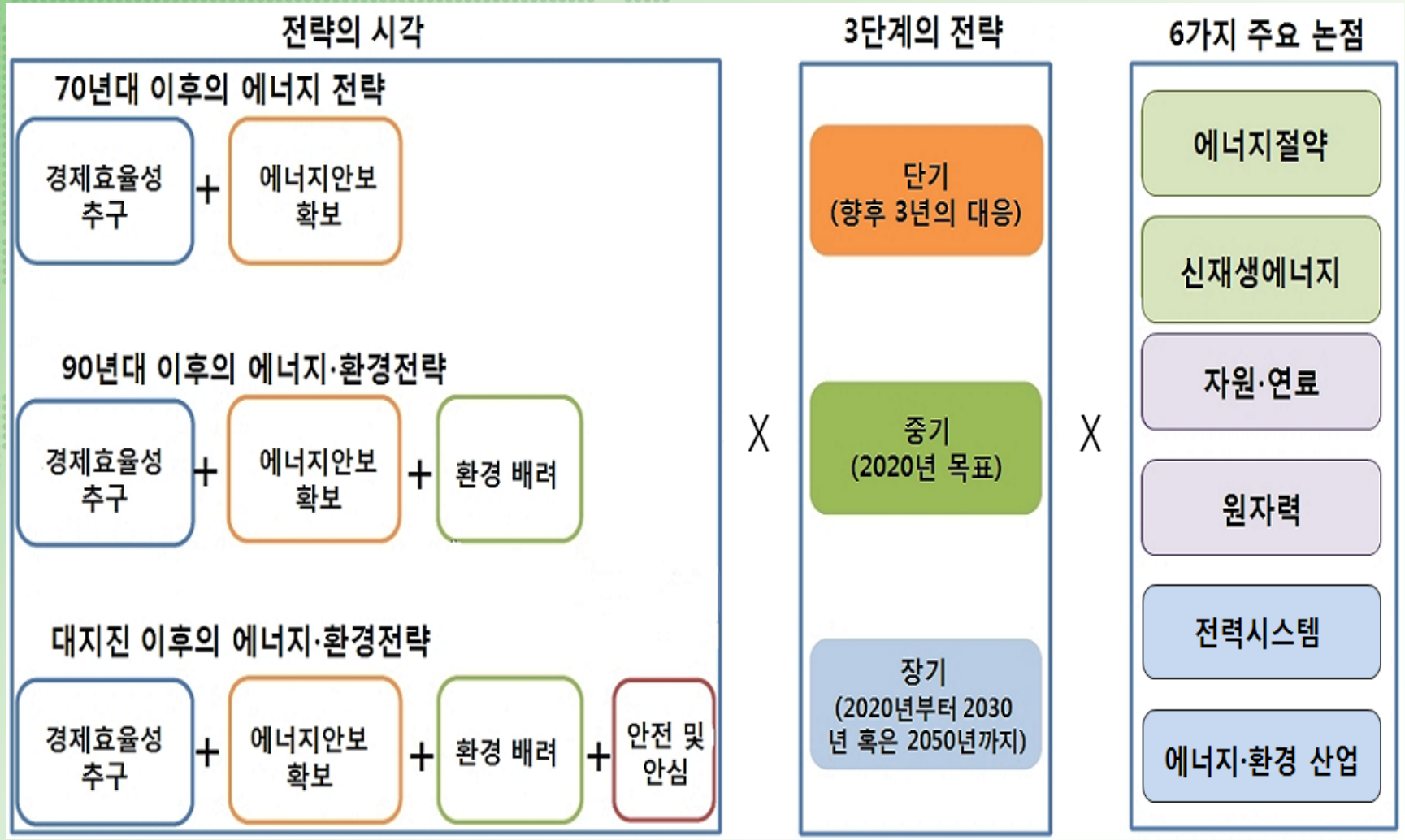
3. 일본의 에너지 정책 변화

다. ‘혁신적 에너지 · 환경 전략’ 수립의 기본원칙과 세부사항

3대 기본원칙	세부사항
최적 전원구성 실현	①원전의존도 축소 시나리오 상정, ②에너지부족 및 가격급등 방지를 위한 전략적 계획수립, ③원자력정책의 철저한 검증과 신체제하에 운영
새로운 에너지 시스템 실현	①분산형 에너지시스템 지향, ②선진 에너지시스템을 통해 국제사회에 공헌 ③분산형 시스템 실현을 위한 다각적 검토
국민적 합의 형성	①원전반대-원전추진 사이의 대립 극복을 위한 국민적 논의 ②‘비용 등 검증위원회’ 설치로 객관적 데이터에 근거한 전략 검토 ③국민 각 계층과의 지속적 대화

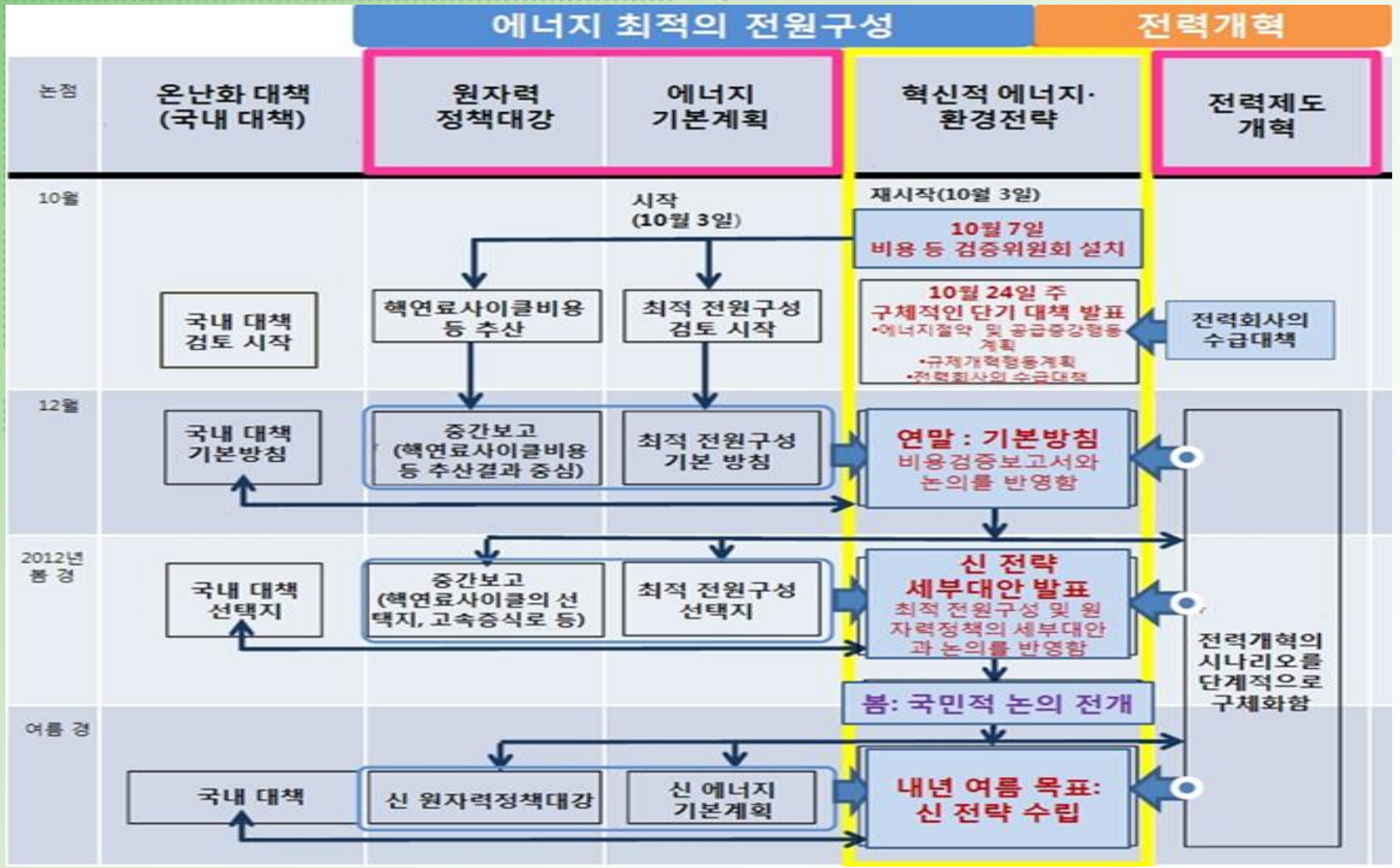
3. 일본의 에너지 정책 변화

라. '혁신적 에너지 · 환경 전략' 수립의 주요논점



3. 일본의 에너지 정책 변화

관련 계획 간 유기적 연계도 및 일정



3. 일본의 에너지정책 변화

마. 일본의 탈원전 시나리오

2030년 전원구성 선택안 (2012. 6.19)

정책변경 수준	원자력	신재생	화력	절약+열병합 (연료전지 포함)	발전단가 상승 (10년 대비)	CO2 배출량 증가 (90년 대비)
'10년 실적	26%	11%	60%	3%	–	6%
에너지기본계획 목표 (2010 수립)	45%	20%	27%	8%		−31%
선택안 1: 탈원전 2030	0%	35%	50%	15%	41.9~103.5%	−16%
선택안 2: 탈원전 2050	15%	30%	40%	15%	33.9~72.0%	−20%
선택안 3: 원전 20~25%	20~25%	25~30%	35%	15%	32.9~72.9%	−23%
참고안	35%	25%	25%	15%	29.8~62.2%	−28%

IV

신재생 에너지 발전확대의 전기요금 영향 시나리오 분석

4. 신재생 에너지발전 확대의 전기요금 영향 시나리오 분석

가. 현행 신재생에너지 공급 목표 및 발전계획

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: 1차에너지>

	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

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 설비이용율 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 추가도입량(단위: 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

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

4. 신재생 에너지발전 확대의 전기요금 영향 시나리오 분석

나. 원전 10GW의 신재생에너지 대체 시나리오

신재생 설비 추가 도입에 따른 비용 및 발전단가

- 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 발전단가의 변화

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

4. 신재생 에너지발전 확대의 전기요금 영향 시나리오 분석

다. 전원구성 변화 분석

신재생 확대시 전원구성의 비교

전원구성 비교 (2030년 기준)

		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

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 확대로 인한 누적비용 증가분(A)	65,984	83,548	110,814
원전축소로 인한 누적비용 감소분(B)	(16,217)	(21,572)	(32,435)
백업전원설비 추가로 인한 비용증가분(C)	3,037	4,074	6,074
신재생 추가확대로 인한 누적 총비용 변화 (A+B+C)	52,803	65,870	84,454
기존 정책 전기요금 상승율 (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	11.44P% ↑	13.87P% ↑	17.09%P ↑

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(학습률)를 절반수준으로 전제하면 기존계획의 전기요금 인상율이 22.2%p에서 29.6%p로 증가하고, 추가확대안은 17.1%p에서 31.4%p로 증가

Ⅴ 시사점 및 향후 과제

5. 시사점 및 향후 과제

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

• 82~'11년 기간동안 명목전기요금 인상률은 18.5%에 불과, 반면 물가상승율은 240%

- 태양광 등 고비용 신재생 전원의 확대는 급격한 기술혁신을 동반하지 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

5. 시사점 및 향후 과제

에너지믹스 정책변화시 고려사항

- 원전비중의 급격한 축소는 대체발전 설비확대 수반

· 유연탄 및 LNG 복합발전으로 대체시 발전원가 상승, 전력요금 인상요인 발생

· 화력발전량 증대 → CO2 배출량 증가 → 탄소배출권 수요증대 및 선확보 움직임
→ 국제배출권가격 상승 → 온실가스감축정책의 사회적 비용 증가

· 신재생으로 대체시는 온실가스배출량은 증가하지 않지만 전력요금 인상요인 발생

- 에너지믹스 및 전원구성 정책 재검토는 사회 · 경제적 효과를 종합적으로 고려해 결정해야 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

5. 시사점 및 향후 과제

사회적 논의

- 일본의 에너지믹스 재검토 진행과정을 참고하여 우리나라의 장기 에너지 믹스 논의 추진 필요
  - ✓ 제2차 에너지기본계획의 법적 수립연도는 '13년이므로 금년부터 수립 준비
  - ✓ 추진체계는 범정부적인 협의 및 조정과정을 포함하는 방식으로 추진
    - * 지경부, 환경부, 녹색위원회, 원자력안전위원회 등 관련조직간 유기적 협조체계 구축
  - ✓ 전원구성 변화의 경제파급효과 분석에 필요한 전제치를 도출할 협의체 구성 필요
    - * 일본의 '비용 등 검증위원회' 구성 참조
- 전원믹스 변화에 대한 복수의 시나리오(파급효과 분석 포함)를 국민에게 제시하고 장기에너지정책 방향에 대한 여론 수렴
  - ✓ 공론화 과정을 에너지수급 안정성, 수요관리, 신재생에너지 보급, 원전 안전성 확보에 대한 정책방향 확립의 계기로 활용

감사합니다.