

에너지경제 - 에너지 동향과 주요 정책이슈

2017. 02. 06

김 진 우



순서

1. 에너지경제 소개
2. 국내외 에너지시장 동향과 전망
3. 주요 에너지정책 이슈
4. 맺음 말씀



1. 에너지경제 소개

산업혁명과 에너지·정보통신

□ 산업/경제 발전의 역사 = 에너지산업, 정보통신기술 발달의 역사

- 산업혁명은 산업기술 변화에 의해 주도
- 산업기술의 변화는 에너지·정보통신 발달에 의해 가속화

산업혁명	시기	주요 산업기술	주요 에너지	정보통신기술	산업경쟁력
1차	18C 후반 ~19C 중반	증기기관(1776)	석탄	출판	노동생산성
2차	19C 후반 ~20C 중반	전구(1876) 교류전동기 내연기관	전력 (석탄, 석유)	전화	자본생산성
3차	20C 후반	컴퓨터 석유화학	석유, 가스 원자력 (다변화)	인터넷 (PC통신)	자원생산성
4차	21C 초반~	인공지능(로봇), IoT, Big data	신재생	Mobile (무선통신)	지식생산성

에너지경제학 분석 영역 (응용경제학)

□ 자원/환경 경제학

- 자원 및 환경문제를 경제학적 시각에서 분석하는 경제학 응용 분야
- 자원 희소성, 생산 및 소비의 외부성 및 내부화, 정부개입의 문제 연구
 - 자원생산으로 얻는 생산자 이익, 자원소비로 얻는 소비자 효용을 동시에 극대화
 - 자원과 경제성장, 환경영향 평가, 비용/편익 분석 등을 연구

□ 산업조직론

- 기업간 경쟁관계로 야기되는 문제와 관련 정책을 연구하는 응용가격론
 - 순수경쟁, 독점적 경쟁, 독과점의 이론과 실제, 관련 정부정책 연구
- 시장구조, 시장행동, 시장성과를 연구
 - 시장점유율, 진입장벽, 가격변화, 유효경쟁 여건, 담합 등의 문제와 정책

□ 공공경제학

- 공공재의 공급, 비용배분 등 정부부문의 경제활동을 연구
 - 에너지 분야 공적 욕구: 모든 사람이 가격기구에 의한 적정 서비스 공급이 불가능
 - 에너지 관련 조세체계 분석, 공공지출 분석

□ 그외 경제학 활용

- 국제경제학: 에너지서비스, 자본, 노동 등의 국제적 이동
- 계량경제학, 통계학: 에너지 수급분석 및 전망, 통계처리 및 검증 등

5

공익재와 공공재

□ 공익재

- 정의 (역사적으로 분류, 구분은 다소 모호)
 - 공공의 이익과 관련, 서비스로서 필수재의 성격, 규제를 받는 재화 (미국 법원)
 - ※ (예): 전기, 가스, 수도, 정보통신 등
- 공공재와 구별
 - 에너지사용시 대가 지불(배제성), 다른 사람의 소비에 영향(경합성)
- 공익재 사용의 대가는 '요금': 공급원가의 보상 차원에서 배분
 - 경쟁에 의한 '가격'과 차이

□ 공공재

- 정의: 정부재정으로 공급, 모든 개인이 공동으로 이용할 수 있는 재화, 서비스
 - 시장가격이 없고, 수익자부담 원칙도 적용되지 않음(국방, 경찰, 소방, 공원, 도로)
 - ※ Free rider 문제 발생
 - 비경합성 : 어떤 사람의 소비가 다른 사람의 소비를 방해하지 않음
 - 비배제성 : 대가를 치르지 않은 사람이라도 소비에 배제할 수 없음

6

공익재 산업 (특성과 규제)

□ 공익재 산업의 특성

- 공익성 외에 자연독점성, 네트워크 외부성이 존재
- 자연독점성 (공급 측면)
 - 규모의 경제, 또는 범위의 경제, 막대한 초기투자 등으로 인해 사업의 독점성 유지
 - 선발사업자는 장기간 시장독점 (설비, 판매망, 자금력 등에서 강력한 경쟁우위 보유)
- 네트워크 외부성 (수요 측면)
 - 소비자 수가 증가할수록 소비자가 상품, 또는 서비스로부터 얻는 효용이 증가

□ 공익재 산업의 규제

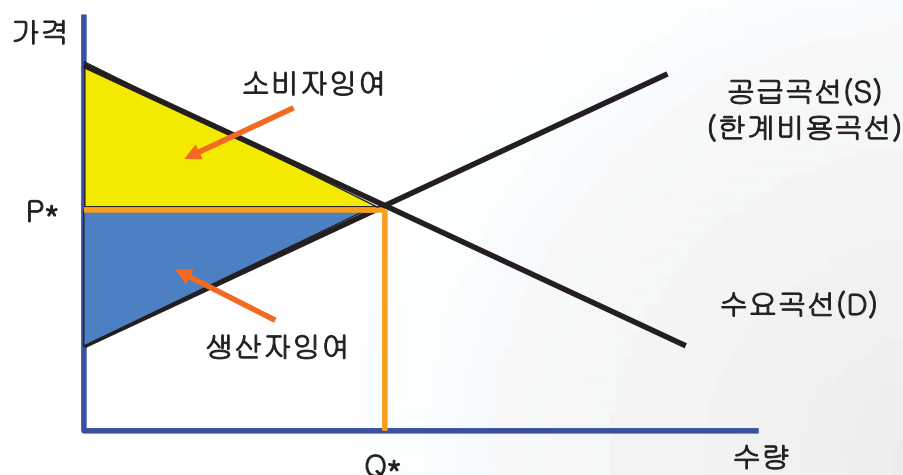
- 규제의 필요성 : 규제가 경쟁의 역할 대신
 - 효율성 제고: 불완전경쟁으로 인한 '시장실패'를 보완, 배분적 효율 달성 (R&D 확충 등)
 - 공정성 확보: 독점력의 부당한 행사 방지, 최소한의 경제적 권리, 사회의 보호자 역할 등
- 공익재 산업의 규제유형
 - 경제적 규제(economic regulation): 진입규제(중복투자 방지), 총괄원가 보상(적정 이윤)
 - 독과점 규제(antitrust regulation): 가격규제(시장지배력 행사 방지)
 - 사회적 규제(social regulation): 보편적 서비스 제공(할인 등), 품질규제, 환경·안전규제 등

7

경쟁시장 원리 (한계비용과 가격)

□ 한계비용가격 원리

- 한계비용(MC): 최종 1단위의 상품 생산에 소요되는 비용
- 완전경쟁시장의 균형 시장가격: $P = MC = AC$
 - 자원배분의 효율성 극대화(Pareto Optimum)
 - 사회적잉여(= 소비자잉여 + 생산자잉여)의 극대화



8

시장실패

□ 시장실패의 원인

- 불완전경쟁
 - $P(\text{가격}) > MC(\text{한계비용})$: 시장실패가 발생하고 사회후생 손실이 초래
- 불확실성
 - 정보의 비대칭성 존재: 도덕적 해이로 인한 자원배분의 비효율 초래
- 외부성(externality)
 - 시장기구에 의한 재화의 생산이 사회적 최적 수준과 괴리
- 공공재
 - 무임승차(free ride) 문제로 생산이 사회적 최적 수준과 괴리

□ 정부개입에 의한 보정

- 정부가 시장기구를 대신해서 자원배분에 개입
- 재정지원(보조금, 세제 지원 등), 직접규제, 피구세 부과 등을 통해 시장에 개입

□ 정부실패의 문제

- 시장실패를 교정하기 위한 정부개입이 효율적 자원배분을 더 저해하는 상황
- 정부실패의 원인
 - 규제자의 불완전한 지식, 정보, 규제수단의 불완전성
 - 규제의 경직성, 규제자의 편견이나 권한 남용, 정치적 제약 등

9

외부효과의 내재화

□ 외부효과 (Externality)

- 경제활동 과정에서 다른 사람에게 끼친 의도하지 않은 혜택이나 손해(미보상 상태)
 - 의사결정에 반영되지 않아 자원의 효율적 배분을 저해
- 에너지분야: 환경오염 문제(대표적 사례)

□ 내재화 (Internalization)

- 외부효과에 대해 가격(비용)을 지불함으로써 효율적 자원배분 달성
- 자율적 메커니즘 부족: 규제, 보조, 조세 정책 활용
 - 규제: 오염 유발에 대한 직접적 제재(정책순응 문제 발생)
 - 보조: 오염 감소에 대해 보조금 지급(기업은 보조금 포함 수익 극대화)
 - 조세: 오염 유발에 대한 세금 부과(한계저감비용 = 세금)
- 시장메커니즘 활용
 - 오염배출권 시장: 한계저감비용 = 배출권 가격 (정부는 저감목표량 설정)

□ 환경문제 접근

- 피구세: 에너지세, 탄소세(한계 외부비용에 대한 정보, 정책목표 설정 필요)
- 배출권거래: 초기 배출권 분량, 배분방법 등이 중요
 - 균형: 한계저감비용 = 탄소세 = 배출권가격 (최소비용원칙)

10

에너지경제 분석 주제

□ 에너지수급

- 에너지수급 추이·전망: 변화요인 분석
- 에너지수급 구조: 에너지믹스, 효율, 전망, 대응책

□ 에너지가격

- 가격규제, 체계개선: 원간 상대가격, 원별 가격체계
- 조세정책(피구세), 지원정책 등

□ 에너지산업

- 원별 산업구조와 개편방향
- 경영규제, 진입규제 등 규제환경과 육성방안

□ 에너지정책

- 수급, 가격, 산업구조, 규제, 지원 등 전반의 정책과 효과

□ 국민경제효과

- 특정 정책, 사건 등의 에너지 및 국민경제 효과

2. 국내외 에너지시장 동향과 전망

국내 에너지 개요 (소비추이, 구성)

최근 에너지 증가율 둔화

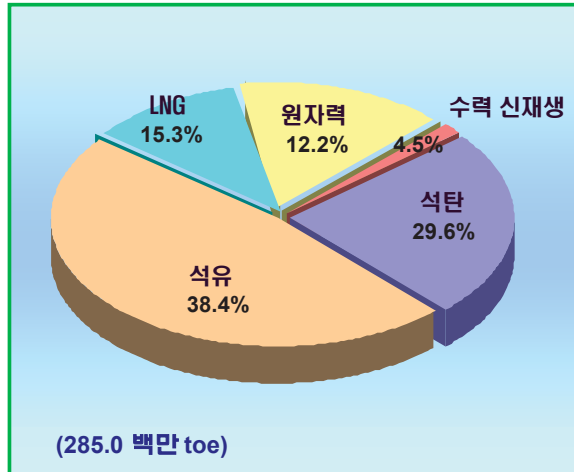
✓ '80년대(8.5%) → '90년대(6.7%) → '01~'13(2.9%) → '14(0.9%) → '15(0.7%)

최근 전력 증가율 둔화

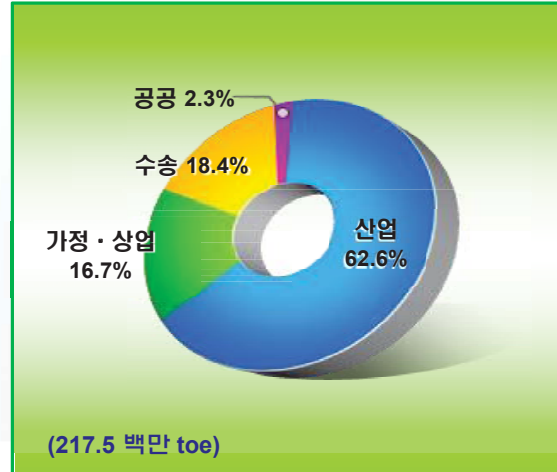
✓ '80년대(11.6%) → '90년대(9.2%) → '01~'13(5.0%) → '14(0.6%) → '15(1.3%)

추세적 변화? 일시적 현상?

1차에너지 (2015년)



최종에너지 (2015년)



13

제2차 에너지기본계획 (중장기 수요 전망)

핵심사항

에너지안보, 경제성, 환경을 고려한 최적 에너지믹스 도출

1차에너지 수요: '11년~ '35년간 37% 증가(연평균 1.3%)

✓ '35년 비중: 석유 26.9%, 석탄 29.7%, 가스 19.4%, 원자력 18.5%, 신재생 5.5%

✓ 원자력·신재생 높은 증가율 전망: 원자력 3.3%/년, 신재생 3.9%/년

* 원자력 비중: 11.7%('11) → 18.5%('35), 신재생 비중: 3.0%('11) → 5.5%('35)



최종에너지 수요: '11년~ '35년간 23% 증가(연평균 0.9%)

✓ 전력 비중: 19.0%('11년) → 27.6%('35), 연평균 2.5% 증가

✓ 도시가스 비중: 11.5%('11) → 13.9%('35)

✓ 석유류 비중: 49.5%('11) → 39.1%('35)

14

제7차 전력수급기본계획 (개관)

계획(안)의 핵심

- 기본방향: 안정적 전력수급, 수요관리 강화, 저탄소 전원믹스
 - ✓ 전력수요: 521 TWh('14년) → 657 TWh('29년), 연평균 2.2%
 - ✓ 최대전력: 80.2 GW('14년) → 111.9GW('29년), 연평균 2.2%
 - ✓ 신기후체제(Post-2020) 대응: 석탄화력 축소, 신규원전 건설, 신재생에너지 확대
 - * 원자력('14년 → '29년): 설비 비중(22.2% → 23.4%), 발전량 비중(29.9% → 39.7%)

- 수요증가율 연평균 2.2% ⇒ 과잉설비(?)
 - ✓ 2016~2020년간 연평균 증가율 3.75%로 가정
 - * 2025년 이후에는 연평균 1% 증가
 - ✓ 만약 수요가 연평균 1%로 증가할 경우 → 설비과잉 발생
 - * 수요 1%씩 증가시: 2030년 수요는 7차 계획의 2019년 수준

15

제7차 전력수급기본계획 (전원구성)

- 최대수요 높은 증가
 - ✓ 전력판매량: 최근 5년간 연평균 1.8% 증가 ('14년 이후 1% 내외)
 - ✓ 최대수요: 최근 5년간 연평균 3.1% 증가
 - * 부하율 하락(76% → 70% 수준): 산업용 수요 부진에 기인, 적정 예비율 증가 요인

<최대수요 변화>

(단위: 만 kW, %)

	하절기		동절기	
		(증가율)		(증가율)
'14년 8월~'15년 1월	7,605		8,015	
'15년 8월~'16년 1월	7,692	1.1	8,297	3.5
'16년 8월~'17년 1월	8,518	10.7	8,540~8,700	2.9~4.9

<전원구성 전망>

(단위: MW, %)

구분		원자력	유연탄	LNG	신재생	집단	계
2014	정격 용량	20,716	25,149	26,742	6,241	4,693	93,216
		22.2	27.0	28.7	6.7	5.0	100
	피크 기여도	20,716	25,149	26,742	1,846	4,137	88,155
		23.5	28.5	30.3	2.1	4.7	100
2029	정격 용량	38,329	43,293	33,767	32,890	8,969	163,868
		23.4	26.4	20.6	20.1	5.5	100
	피크 기여도	38,329	43,293	33,767	6,323	7,875	136,097
		28.2	31.8	24.8	4.6	5.8	100

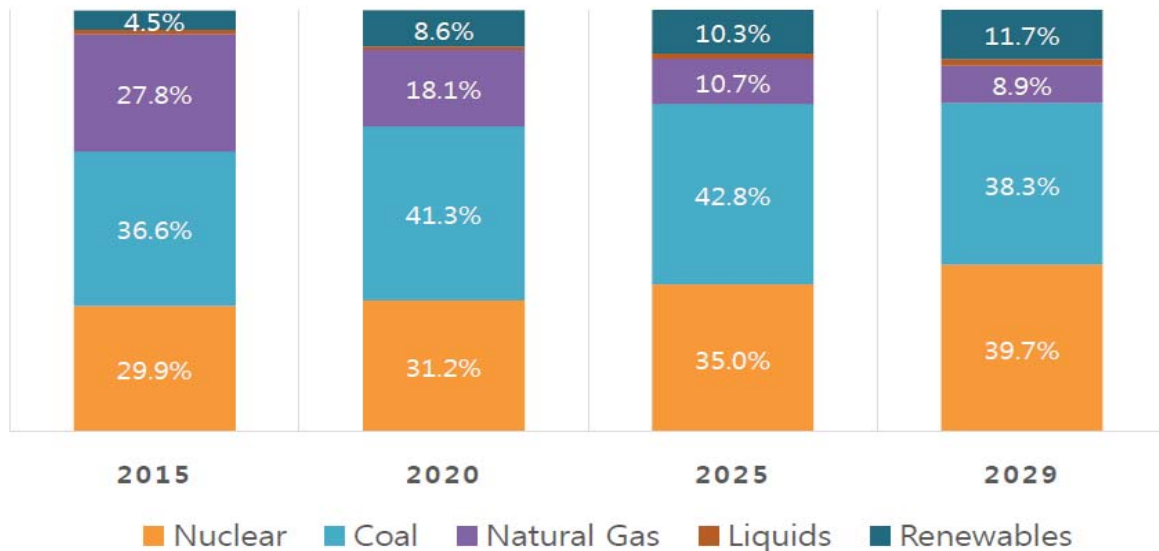
16

제7차 전력수급기본계획 (발전량 구성)

발전량 구성의 적절성, 현실성 검토 필요

- ✓ 석탄발전의 확대가 과연 바람직, 또는 지속가능한가?
- ✓ 원전의 대폭 확대가 과연 바람직, 또는 현실적인가?
- ✓ 가스발전의 대폭 축소가 과연 바람직, 적절한 방향인가?

* 가스발전: 2015년 148 TWh → 2029년 63 TWh (43% 수준으로 감소)



17

세계 1차에너지 수요 전망

New Policies Scenario (기준 시나리오)

- ✓ (전제): 현재 시행 중인 정책 + 신기후체제 NDC(각국의 감축목표 및 신재생 확대 계획) 반영
- * '40년 에너지수요: '15년 대비 30% 증가

- ✓ 에너지수요 및 탄소배출량은 GDP 대비 현저히 낮은 속도로 증가

* '15~'40년 연평균: 경제성장률 3.4%, 에너지수요 1.0%, 탄소배출량 0.5%('00~'15년: 2.4%)

- ✓ 신재생에너지: '40년까지 신규 발전설비의 60% 차지, 신재생 중 60%는 시장경쟁력 확보

석유, 석탄 축소 ⇒ 신재생, 천연가스 증가, 원자력 비중 소폭 증가

- ✓ 신재생 확대정책 및 기술발전, 중국·인도·러시아 등의 신규원전 확대
- ✓ 천연가스 수요는 산업 및 발전수요 증가로 '40년까지 50% 증가

<장기 에너지수요 전망, (New Policies Scenario, 백만 toe)>

	석유	석탄	가스	원자력	신재생	1차에너지
2012	4,194	3,879	2,844	642	1,802	13,361
2040	4,761	4,448	4,418	1,210	3,455	18,293
연평균 증가율(%)	0.5	0.5	1.6	2.3	2.4	1.1
소비비중(%) 변화	31 → 26	29 → 24	21 → 24	5 → 7	13 → 19	
cf. 한국(2035, %)	26.9	29.7	19.4	18.5	5.5	

* 자료: IEA, World Energy Outlook 2016

18

세계 석유/가스 수급전망

석유수급

- 중장기 수급 안정 (생산·소비 증가율 둔화, '40년까지 연평균 0.5% 증가)
 - ✓ 석유수요: '15년 9,250만 b/d → '40년 1억 350만 b/d 완만한 증가
 - * OECD 국가(1.3%/년 감소) vs. 비OECD국가(1.5%/년 증가)
 - ✓ OPEC 시장점유율 상승 전망
 - * '15년 42% → '40년 48%(적극적 시장관리, 이라크·이란 생산 증가에 기인)
 - ✓ 비전통석유 생산비중 증가
 - * '15년 9% → '40년 15%, 미국은 '30년대 초부터 수출국 전환 예상(tight oil)

가스수급

- 견조한 증가세 지속: '40년까지 연평균 1.5% 증가
 - ✓ 대부분 국가에서 수요 증가, 비OECD 국가 수요성장 견인(연평균 2.2%)
 - ✓ 특히 인도(5.2%), 중국(4.6%) 가스수요 증가로 아시아 지역 연평균 3.6% 증가
 - ✓ 산업 및 발전(석탄대체) 수요 증가에 기인
 - ✓ 비전통가스 생산 연평균 3.5% 증가('20년 이후 중국, 아르헨티나 생산 증가)

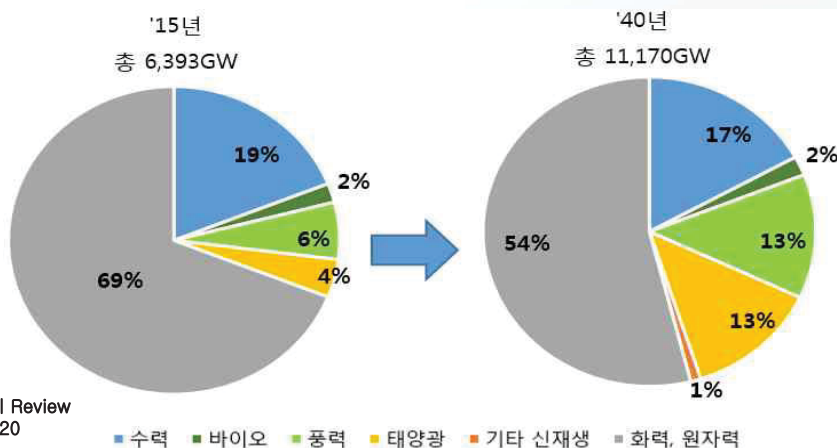
* 자료: IEA, World Energy Outlook 2016

19

세계 신재생에너지 전망

- '40년까지 80% 성장 (1차에너지의 20% 수준)
 - ✓ '40년 신재생발전 설비용량: '14년 대비 2.8배로 증가(신규 발전설비의 60% 차지)
 - * 중국, EU, 미국, 인도가 신규 신재생 발전설비의 2/3 건설
 - ✓ '40년 신재생발전 설비용량은 전체 설비의 46%
 - ✓ 신재생 발전량 비중: '14년 23% → '40년 37%(최대 발전원)
 - * '30년 기점으로 신재생발전량이 석탄발전량을 상회

<세계 발전설비 용량비중 변화 (2015 → 2040년)>



• 자료: 한전, 전력경제 Review (2017.1.9), p.20

20

세계 전력수급 전망

● 전력수요는 최종에너지 중 가장 빠르게 증가

✓ '40년 세계 발전설비: '15년 대비 약 75% 증가(연평균 2.3%)

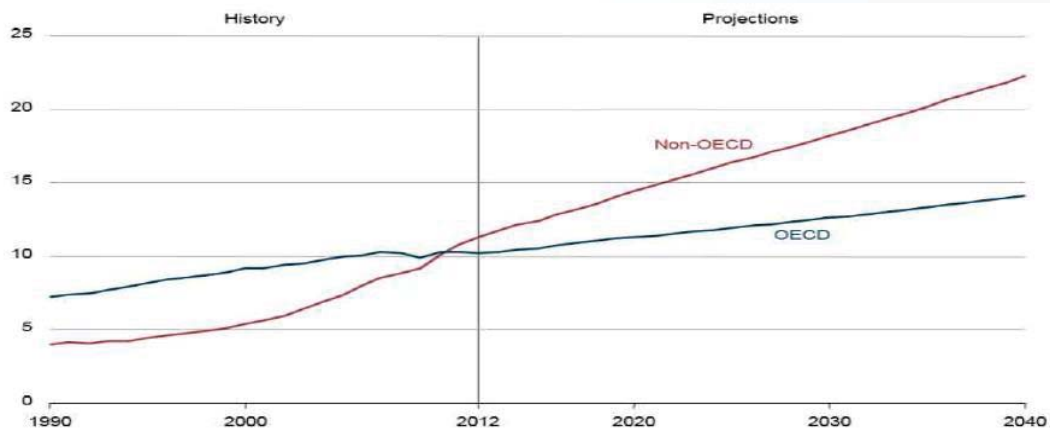
* 화력발전 지속 감소, 신재생 발전설비 급증

✓ '40년 세계 총발전량: '14년 대비 약 67% 증가(연평균 2.0%)

✓ 인도, 아프리카 등 非OECD 국가 전력수요 증가 주도

* 인도(연평균 5%), 아프리카(연평균 4%) 증가

<OECD 및 非OECD 발전량 전망, 조kWh>



* 자료: IEA, World Energy Outlook 2016

21

3. 주요 에너지정책 이슈

- 1) 저탄소형 전원구성
- 2) 전력시장 안정화
- 3) 에너지신산업 육성
- 4) 에너지가격체계 개편

1) 저탄소형 전원구성 (2030 온실가스 감축 목표)

2030년 배출전망치(8억 5,060만톤)

- (-) 총감축목표 37.0%(3억 1,460만톤)
- 국내 감축분 25.7%(2억 1,860만톤)
 - 해외 감축분 11.3%(9,600만톤)

2030년 목표배출량(5억 3,600만톤)

에너지부문 CO₂ 감축이 관건

- ✓ 에너지부문 배출 비중: 87%(2013년)
- ✓ 산업구조 및 발전원 구성의 획기적 변화 필요
 - * 산업부문: 전체의 50% 배출 (간접배출 포함), 연평균 4.9% 증가(1990~2013)
 - * 발전부문: 전체의 36% 배출 (석탄발전 3/4), 연평균 8.8% 증가(1990~2013)

<부문별 온실가스 배출전망(BAU)>

구 분 (백만톤)	2013년	2020년	2025년	2030년	연평균증가율(%)	
					'13~'20	'13~'30
에너지부문	592.2	677.5	700.5	738.9	1.94	1.32
(전환부문)	(233.4)	(295.5)	(303.9)	(333.1)	(3.43)	(2.11)
비에너지부문	87.7	104.9	109.1	111.7	2.59	1.43
합계	679.8	782.5	809.7	850.6	2.03	1.33

23

1) 저탄소형 전원구성 (온실가스 감축 기본로드맵)

- 전환부문: 6,450만톤 감축 (BAU 대비 19.4%)
 - ✓ 산업부문: 5,640만톤 감축 (BAU 대비 11.7%)
 - ✓ 건물, 수송부문: 각 BAU 대비 18.1%, 24.6% 감축
 - ✓ 기후변화대응: 감축 중심 → 시장, 기술 중심으로 전환
 - * 신산업 육성, 신재생 및 청정연료 확대, 효율 향상, 탄소시장 활용 등 경제적 수단 활용
 - ✓ 해외 감축은 국제사회 합의, 배출권시장, 자원조달 등 제반조건 고려 후 2020년 계획 수립
 - * 국제탄소시장 메커니즘(IMM: International Market Mechanism) 활용

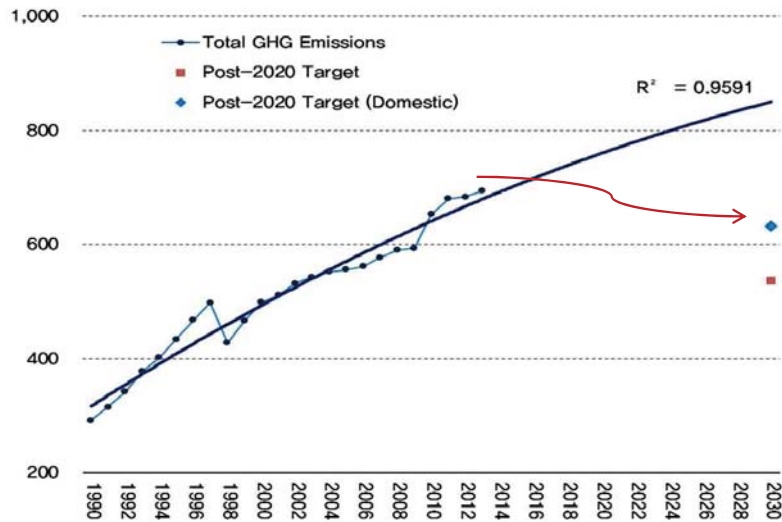
<부문별 온실가스 감축 목표>

부 문	BAU (백만톤)	감축량 (백만톤)	감축률(%)	
			부문 BAU 대비	국가 BAU 대비
전환	(333)*	64.5	(19.4)	7.6
산업	481	56.4	11.7	6.6
건물	197	35.8	18.1	4.2
수송	105	25.9	24.6	3.0
국내 감축	851*	219	25.7%	
해외 감축		96	11.3%	

24

1) 저탄소형 전원구성 (국내 온실가스 배출 추이)

- 최근 온실가스 배출 추이: 경제성장과 decoupling
 - ✓ '10년 이전: 온실가스 증가율 > 경제성장을
 - ✓ '12년 이후: 온실가스 증가율 < 경제성장을
 - ✓ '14년 처음 배출량 감소(소폭): 연료연소 CO₂ 배출량 세계 7위('90년 이후 연평균 5.3%)
 - ✓ '15년: 온실가스 배출량 7억톤 초과



* 자료: 임재규, 세미나 발표자료

25

1) 저탄소형 전원구성 (국내 신재생에너지 동향)

- 풍력, 태양광... 지자체를 에코산업으로 키운다('15.3.18)
 - ✓ 지자체를 신재생에너지산업 육성에 적극 참여
 - ✓ 인제군: 용대리 풍력, 원통 소수력발전 가동(연간 6.6억원 전력판매 수입)
 - ✓ 거창군: 감악산 풍력단지, 에너지자립마을 설치, 에코에너지파크 조성
- 영월의 변신: 탄광촌 벗고 태양광발전소 건립('16.6.6)
 - ✓ 아시아 최대 규모 영농복합형 태양광발전소 건설(영월 에너지스테이션)
 - * 110만 m², 발전용량 40MW(1만 2,000가구 공급), 1,400억원 투자, 연간 매출액 190억원
- 의령-제주-부안 풍력산업 '풍전등화'('15.3.30)
 - ✓ 산림훼손, 소음공해, 어족자원 피해, 산사태 우려 등으로 주민반대, 갈등 증폭
 - * 제주: 대정해상풍력(서귀포시), 한림해상풍력(제주시) 등 착공 지연
 - * 부안, 고창: 서남해 해상풍력도 주민갈등으로 설명회 무산, 해저지형조사 인가 반려
- 해상풍력 기업들 손털고 나간다('15.04.12), 투자원금 회수에만 55년('15.04.14)
 - ✓ 현 수준의 가중치로는 원금회수 7년 이상, 유지보수 등 운영비용 회수 불가
 - ✓ 최근 SMP 및 REC가격 하락 추세, 경제성은 정부판단의 절반 이하

26

1) 저탄소형 전원구성(석탄화력 환경규제 강화)

10기 폐지·연료전환

- 3,345MW, 단계적 폐지 또는 연료전환
 - ✓ 서천 1·2('18년), 삼천포 1·2('20년), 호남('21년), 보령 1·2('25년), 영동 1·2('17년)
 - ✓ 전력수급 상황, 송전선로 준공 등을 감안하여 시행

43기(23 GW) 성능개선

- 20년 이상 발전기(8기): 성능개선 조속 시행
 - ✓ 환경설비 전면교체(1기당 1,000억~2,500억원 소요)
- 20년 미만 발전기(35기): 2단계 효율개선 및 오염물질 감축 추진
 - ✓ 1단계: 2019년까지 탈황·탈질설비, 전기집진기 등 보강
 - ✓ 2단계: 20년 도래 발전기에 성능개선 실시
- 충남지역: 강화된 오염물질 저감 목표 제시
 - ✓ 2017~2018년 집중적 환경설비 보강

신규 20기 기준 강화

- 4~6차 기본계획 반영 20기(18.1GW) 예정대로 건설
 - ✓ 강화된 효율수준, 배출기준 적용, 오염물질 추가 감축 추진

27

1) 저탄소형 전원구성 (LNG발전 기저화 검토)

● 전원구성 방향

- ✓ 과거 경제성 위주 → 향후 환경성(CO₂, 미세먼지) 기준 대폭 강화
 - * 석탄 → 신재생, LNG복합
- ✓ 환경성 기준 강화 방안
 - * (방안 1): 각 발전원가에 사회적비용 합리적 반영(탄소배출비용, 대기오염비용, 사고위험비용 등)
 - * (방안 2): 석탄발전 가동 제약(배출량 감안 발전제약)
 - * (방안 3): 석탄발전 신규 제한, 연료전환, 성능개선, 환경기준 강화 등

● LNG발전 (일부) 기저화 방안

- ✓ 석탄 입찰제약: 석탄 입찰량 제한(연간 총량 규제)
- ✓ 석탄 계통제약: 거래소 급전지시에 의한 제약 운영
 - * 연료비 증가(대체발전량×연료비 단가 차이) 2~4조원/년, LNG 이용률 10%p 상승 예상
- ✓ LNG 연료비 조정: 가스 도입비용 절감, 발전용 가스요금 적정화

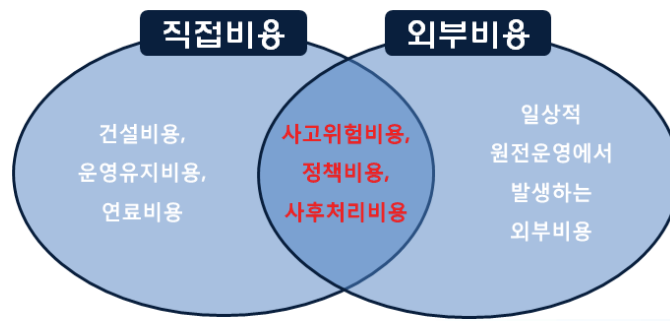
● 예상 문제점

- ✓ 급전순위 변경에 따른 석탄발전 수익 감소(손해배상청구 등 분쟁 가능성)
- ✓ 전기사업법 등 관련 법규정 개정 필요
 - * 온실가스감축을 경제급전의 예외사례로 명시(전기사업법)
 - * 급전순위 변경 이행절차 규정 마련(전력시장운영규칙)
 - * 연도별 배출총량 결정, 공표(전력수급기본계획 등 고시)
- ✓ 온실가스/환경오염 감축비용의 전기요금 반영에 대한 사회적 합의 필요

28

1) 저탄소형 전원구성 (원전의 외부비용)

<원자력 발전비용 구조>



● 원자력발전의 외부비용

✓ 핵연료주기비용, 폐로비용, 정책비용, 추가안전대책비용 등

* 발전비용에 폐기물처리비용, 폐로비용, 지역자원시설세, R&D 비용 등을 기 반영

✓ 외부비용으로 추가 고려할 외부비용

* 사고위험비용, 일상적 운영에 따른 건강 · 환경오염 비용, 사회갈등비용 등

● 우리나라 사고위험비용 추정치 비교

✓ 사고확률, 사고액, 이용율, 추정방법 등에 따라 편차가 매우 큼

* 김승래(7원/kWh), 예산정책처(0.08~59.8원/kWh), 에너지기본계획(1.80~5.75원/kWh),
김윤경 · 조성진(0.0025~26.42원/kWh), 에너지경제연구원(0.11~24.54원/kWh)

29

1) 저탄소형 전원구성 (전원별 경제성 논의)

<전원별 외부비용 포함 단가 비교(예시)>

단위: 원/kWh

발전원별	원자력 1500	석탄 1000	LNG복합 800
정산단가('15년)	41.5	62.0	117.9
사고위험, CO ₂ 대책비, 정책비용	13.1~37.5	30.4	13.2
합계	55~79	92	131

주) 원전사고위험비용은 에너지경제연구원 추정치 사용, CO₂ 대책비는 일본의 추정치 사용

<일본의 전원별 비용 추정(2014년, 모델플랜트) >

단위: 엔/kWh

	자본비용	운전유지비	연료비	CO ₂ 대책비	정책비용	사고위험비용	합계
원자력	3.1~	3.3	1.5		1.3	0.3~0.5	10.4~10.9
석탄	2.1	1.7	5.5	3.0	0.04	—	12.3
LNG	1.0	0.6	10.8	1.3	0.02	—	13.7
풍력(육상)	12.1	3.4	—	—	6.0	—	21.5
석유	3.8~11.4	2.6~7.7	21.7	2.5	0.01	—	30.6~43.4
태양광	17.9	3.0			3.3	—	24.2
가스열병합	1.1	1.7	9.3~10.5	1.6	0.03	—	13.8~15.0

자료: 일본 발전비용검증 워킹그룹(2015), 김윤경 세미나 발표자료에서 발췌 재계산

30

1) 저탄소형 전원구성 (전원계획 고려사항)

- 신규원전 건설 논란 대응
 - ✓ 신고리 #5,6 건설계획 승인 후 논란, 경주지진 등에 따른 불안심리 증가
 - ✓ 신규원전 건설 불가피한가? 건설을 위해 무엇을 해야 하나?
 - * 국민여론, 예비후보지 주민의견, 기후대응 및 전력공급 측면 등 고려
- 원전 수명연장에 대한 방향성과 원칙
 - ✓ 장기적인 원전정책 방향, CO₂, 전력공급, 발전원가 등에 대한 영향
 - ✓ 수명연장과 관련한 원칙, 기준 설정 및 국민적 이해 증진
- 기 확정 정책과의 조화
 - ✓ 신재생에너지 발전비중: 11.7%('30년 → '25년)
 - ✓ 미세먼지 대책(석탄화력 규제)
 - ✓ 에너지신산업 육성
 - ✓ 2030 국가온실가스감축 기본로드맵
- 전원간 상호보완 발전과 최적 전원구성 도출
 - ✓ 원전에 의한 발전단가 하락, CO₂ 감축 등 사회적 편익의 환류
 - 신재생 개발에 활용할 수 있는 합리적 방법 및 절차 등 상생구조 마련 필요
 - ✓ 석탄, LNG, 수력 등: 각 운전특성, 장점, 한계, 계통운영 및 수급안정 기여 등 재평가

31

2) 전력시장 안정화 (계통한계가격 추이와 요인)

<SMP 및 정산단가 추이 (원/kWh)>

구 분	'12년	'13년	'14년	'15년(전년비)	'16년 11월
SMP(평균)	160.8	152.1	142.3	101.8 (28.5%↓)	75.0
정산단가(평균)	90.2	87.8	90.5	84.1 (7.1%↓)	85.4

* 자료: 전력거래소, 전력시장운영실적

- 최근 예비력 증가, 연료가격 하락 등으로 SMP 하락
 - ✓ 월평균 SMP(2016년): 1월 90.8원 → 7월 67.1원 → 11월 75.0원(전년 동월 대비 21% 하락)
 - ✓ LNG 및 유류 열량단가 하락, 기저발전기 입찰량 증가
 - * 기저발전기 입찰량: ('14년) 3,495억kWh → ('15년) 3,624억kWh (+3.7%)

<LNG 및 유류 열량단가 추이 (원/Gcal)>

구 분	'14년	'15년 (전년비)	'16년 8월	'16년 10월
L N G	78,662	59,910 (23.8%↓)	40,586	42,178
유 류	83,828	60,267 (28.1%↓)	46,526	45,099

32

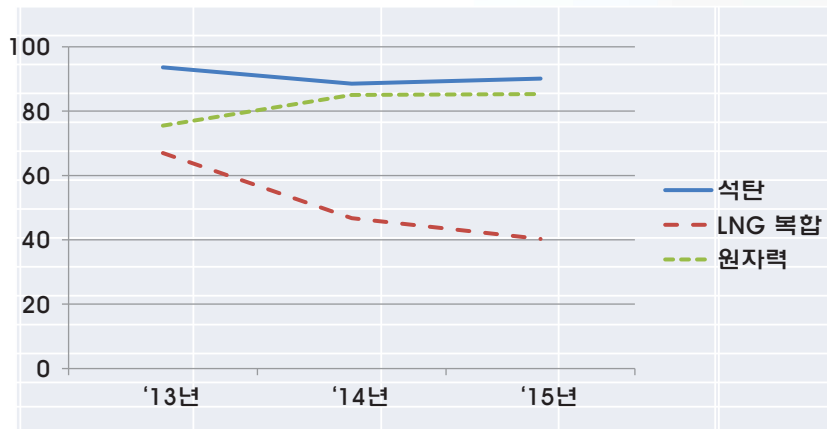
2) 전력시장 안정화 (LNG복합 이용률 하락)

● 이용률 하락 요인

- ✓ 예비율 증가(기저전원 및 신재생 증가), 전력수요 증가율 둔화, LNG발전 경쟁 심화

<주요 발전원 이용률 추이(%)>

발전원	'13년	'14년	'15년
석탄	93.6	88.5	90.1
LNG복합	67.0	46.7	40.3
원자력	75.5	85.0	85.3



33

2) 전력시장 안정화 (저탄소발전원 수익성 악화)

LNG 복합화력 수익성 악화

● LNG발전소 대부분 영업실적 악화

- ✓ 2014년 이후 이용률 하락 및 수익성 악화(일부 민간발전 적자 확대)
- ✓ 최신 고효율발전기도 자본비용 회수 등 수익 전망 불투명

● 경쟁적 전력시장의 과도기적 현상(?) vs. 중장기 수급안정의 위험요인(?)

- ✓ 용량요금 현실화 요구 증대: 운전유지비, 송전접속비 등의 불가상승을 반영
- ✓ 전기요금 인상요인 될 수 있으나, 합리적 대안 마련 필요(용량요금 인상, 2016.10월)

재생에너지 수익성 악화

● 최근 SMP 및 REC 가격하락으로 재생에너지 발전 수익성 악화

- ✓ 신재생에너지 전력판매 수익 = SMP + REC(공급인증서)*가중치
- ✓ 풍력발전, 특히 해상풍력 확대의 제약요인으로 작용

* 해상풍력 수입 200원/kWh: 영국 270원, 독일 268원, 일본 335원

● 예비력 증가, 연료가격 하락에 따른 일시적 현상(?) vs. 지속적 추세화(?)

- ✓ 기후변화대응, 분산전원 확대 등을 감안하여 대안 마련(장기 고정가격계약제도 도입)
- ✓ 신기술개발 촉진 및 경쟁력 향상을 위해 중장기 안정화 방안 필요

34

2) 전력시장 안정화 (송전설비 확충 및 갈등 문제)

○ 송전설비 확충 및 개보수 지연으로 계통환경 악화

- ✓ 원인: 송전탑 부지 문제(지역 민원), 자원조달 애로, 발전소 건설과의 연계 미흡

연도	전력거래량(억kWh)	설비용량(GW)	송전설비(c-km)
2000	2,395	53.7	7,876
2015	4,954	97.6	10,417
'00 → '15	2.07배	1.82배	1.32배

* 송전설비는 765kV, 345kV 회선공장 합계

○ 송변전설비 문제로 기존 계획 발전소 건설 지연, 좌초 위기

- ✓ 당진화력, 당진에코파워: 당진화력~북당진 345kV 건설문제로 제약발전, 건설지연 우려
- ✓ 신고리 7,8호기: 신고리~북경남 765kV 건설 4년 지연
- ✓ 신강원권 765kV 건설 필요: 삼척그린파워, 북평화력, 신울진 1,2호기 연계시 기존 765kV 포화
- * 신강원권 765kV(신울진~강원~신경기): 신울진 3,4호기, 강릉에코파워, 삼척화력 등 연계

○ 전력산업은 님비현상이 심한 부문 중 하나

- ✓ 국민·지역주민과의 소통부족, 불신이 갈등 유발
- ✓ 금전적 지원으로 해결하는 사례 일반화, 요구사항 증폭
- ✓ 환경가치 이념화, 정치 쟁점화: 과학적 검증 및 판단도 불신
- ✓ 환경규제, 지역주민과의 마찰로 신재생에너지 보급 애로: 주민공유형 사업개발 필요

35

3) 에너지신산업 육성 (기술환경 변화)

분산전원, 전력저장장치,
전기차 충전 등 관련사업 결합
[플랫폼 비즈니스]



- 분산발전, 프로슈머 생태계 조성(기술융합 종합시스템 개발)
- 전력신사업 촉진 및 진입장벽 완화(전기사업법 개정)
 - ✓ 전기차충전사업, 소규모전기공급사업, 소규모전력중개사업 신설

36

3) 에너지신산업 육성 (우리나라 신산업 정책)



37

3) 에너지신산업 육성 (스마트그리드 동향)

세계 SG 투자 동향

- 저유가 상황에도 안정적 성장(각국 수요관리정책 지속)
 - ✓ 세계 시장규모: '10년 \$106억 → '15년 \$194억
 - ✓ 중국(배전자동화), 일본(전기소매자유화): 세계 최대 스마트미터 시장으로 부상
 - ✓ EU(20-20-20) 목표: '20년까지 온실가스 20%↓, 재생에너지 비중 20%, 효율 20%↑
 - * 스마트그리드 적극 추진: '20년까지 \$95억/년 투자 예정
- 향후 시장자유화 시: 스마트 전력 및 가스 미터 활용
 - ✓ 미국, 캐나다 7,000만대 보급, 남미 국가 설치 증가 추세

<세계 분야별 스마트그리드 투자현황 (\$10억)>



* 자료: Bloomberg New Energy Finance(2016.2), 에너지경제연구원 자료에서 재인용

38

3) 에너지신산업 육성 (ESS)

● ESS 비즈니스

✓ 다양한 분야의 기술과 기업이 관련된 대표적 융합산업

* 배터리, 전력변환장치(PCS), 시스템통합(SI), 에너지관리시스템(EMS), 전력공급, 건축, 금융 등

<전력산업의 ESS 활용 분야와 효과>

단계	분야	효과
발전단계	에너지원	발전원으로 도매시장 입찰
	신재생 연계	신재생 출력 안정화, 이용률 제고
송배전단계	송배전용 ESS	부하평준화, 주파수 조정 등
	분산형 ESS	배전망 효율개선
소비단계	상업·산업 전력품질	비상용발전기, 효율향상 등
	가정용 전력관리	부하이등으로 요금 절감, 신재생과 결합

● 국내 현황 및 정책

✓ 리튬이온전지 원천기술 보유: 삼성SDI, LG화학, SK이노베이션, 코캠 등

✓ KEPCO 주파수 조정용 ESS 확대: '15년 184MW 설치

✓ ESS 전용요금제('16년 3월 도입) → 10년으로 기간 연장

✓ 민간중심 확산: 저장전력 민간판매 허용, 신재생 결합시 REC 가중치(5)

39

3) 에너지신산업 육성 (수요자원시장)

● 수요관리사업자의 전력시장 참여 확대

✓ 수요자원 거래시장 개설('14.11월)

* 수요자원 구성(부하감축 가능한 소비자, ESS, 자가발전기) → 거래시장 참여, 최대전력 감축

* '15년 3월 이후 낙찰량 증가, NBTP(순편익가격) 하락 추세 → 발전자원화

✓ 최근 대기업 등 사업자 급증

* '14년 11개사 → '15년 24개사: 삼천리ES, GS칼텍스, 벽산파워 등 대기업 참여

✓ 향후 수요자원 용량시장 개설 가능성: (예) 캐나다 온타리오주, 미국 캘리포니아주

<수요관리사업 업무 프로세스>



40

3) 에너지신산업 육성 (성공조건)

- 에너지 기업들의 적극적인 투자와 기술개발
 - ✓ 기업의 투자위험 완화를 위한 실효성 있는 법적, 제도적 지원방안 마련
 - * 「온실가스 감축을 위한 에너지신산업 육성 특별법(가칭)」 제정 등
 - ✓ 공공과 민간의 유기적 협업 생태계 조성: 공공부문(공기업)의 선도적 역할 필요
- 정부의 일관성 있는 정책추진
 - ✓ 막대한 장기투자의 경우 정책리스크가 큰 변수로 작용
 - ✓ 예측 가능, 일관성 있는 정책추진으로 투자 불확실성 해소가 중요
- 에너지시스템, 에너지산업구조 혁신 등 제도 정비
 - ✓ 에너지신산업은 시스템 및 구조 변화를 기반으로 하는 장기과제
 - ✓ 에너지부문간 장벽 완화, 경쟁시장 환경 조성 등 규제혁신이 4차 산업혁명 생존의 필수조건
- 에너지 가격기능 정상화 및 합리적 가격신호 제공
 - ✓ 경직적 전기요금 규제는 국내 신시장 창출의 장애요인
 - * 시간대별 차등요금제 강화, 수요관리형 선택요금제 확대 등 유연한 가격체계 구축
 - ✓ 기후변화대응 비용 등 환경비용의 적정 수준 가격반영 필요
 - * 가격기능 정상화 및 에너지체계의 지속가능성 확보,

41

4) 에너지가격체계 개편

문제점

- 현행 에너지 조세체계: 항목 복잡, 부과 수준의 불균형, 기준 불명확
 - ✓ 부과 수준의 편차가 커서 연료간 상대가격 왜곡
 - ✓ 전반적으로 환경비용 등 외부비용 반영 미약
 - ✓ 발전연료 세제: 환경오염, CO₂ 배출 등 외부비용 반영 미흡, 세금부과 기준 불명확
 - * 발전용 유연탄: 개별소비세(30원/kg) 부과
 - * 발전용 LNG: 개별소비세(60원/kg), 부가가치세(64.5원/kg) 등 110.4원/kg 부과
 - ✓ 서민 난방연료(등유)의 세금이 산업용 연료(중유)에 비해 2배 수준

<에너지 세제 및 가격 현황 ('16년 8월)>

구분	휘발유 (ℓ)	경유 (ℓ)	부탄 (kg)	프로판 (kg)	LNG (m ³)	등유 (ℓ)	중유 (ℓ)	유연탄 (kg)	전력 (kwh)	열 (Mcal)
세금계 (관세 제외)	878.4	642.9	472.2	66.1	110.4	137.8	76.0	30.0	15.3	6.6
가격 대비 점유율 (%)	68.8	59.8	48.2	12.6	15.6	25.6	17.3	—	12.0	10
가격 ('16.8월)	1,275.9	1,074.5	980.3	523.7	709.1	537.3	439.9	—	128.0	72.7

* 자료: 에너지경제연구원

42

4) 에너지가격체계 개편

- 수송용 유류의 조세부담 과다: 조세체계의 형평성 논란 지속
 - ✓ 공장도가격 대비 세금비율: 휘발유 약 70%, 경유 60%, LPG 48%로 매우 높은 수준
 - ✓ 최근 미세먼지 문제로 수송연료간 상대가격 조정 필요성 제기
- 전기요금체계: 원가와 괴리된 용도별 요금, 할인특례로 교차보조 지속
 - ✓ 타 연료 대비 상대가격이 낮음: 전기쏠림 현상 발생
 - ✓ 산업, 건물의 전기절약 유인이 부족

개편방향

- 에너지세제: 조세정의 실현, 부과 적정성, 형평성 확보
 - ✓ 조세체계 단순화, 환경비용에 기초하여 조세 개편
 - ✓ 전력과 비전력간 상대가격 조정(전력소비 및 온실가스 감축 유도)
 - ✓ 과도한 수송용 연료의 조세부담 완화(환경오염을 감안하여 차등 조정)
- 전기요금: 총괄원가보상, 연료비연동제 정착, 인센티브 규제
 - ✓ 전압별 요금제 도입, 할인특례 등 교차보조 해소
 - ✓ 실시간요금제(고압), 소비자 선택요금제(저압) 도입
- 발전연료 조세체계: CO₂, 미세먼지 등 환경비용을 기준으로 개편
 - ✓ 원전의 사고위험비용을 적정 수준 원가에 반영

4. 맺음 말씀

미래 에너지정책 기초

기후대응형 에너지정책 강화

- ✓ 수요측면: 산업구조 · 에너지 소비패턴 개선, 효율향상 등의 대책 강화 시급
- ✓ 공급측면: 저탄소형 에너지시스템 구축, 갈등관리의 합리화
- ✓ 정부의 일관성 있는 정책추진: 정책리스크 최소화, 민간의 장기투자 여건 조성
⇒ 저탄소 경제개발 5개년 계획 수립(?)

시장경쟁 촉진, 규제의 선진화

- ✓ 부문간, 부문내 진입장벽 완화: 소매경쟁 촉진 및 다양한 결합서비스 확대
- ✓ 가격규제, 시장개입, 경영규제 등의 규제개혁: 시장 및 경영의 자율성 제고
- ✓ 기술적, 제도적 세계시장 변화에 부응하는 규제환경의 선진화, 국제화
⇒ 에너지산업의 경쟁력 제고, 신산업 수출 활성화

에너지가격체계 개선

- ✓ 에너지 조세체계 전반의 검토 및 상대가격 조정
- ✓ 가격왜곡 해소, 가격기능에 의한 소비구조 합리화
- ✓ 외부비용의 적정 수준 가격 반영: 외부비용 인식 및 지불의사 필요
⇒ 지속가능한 에너지시스템 구축

