

제123회 한림원탁토론회

에너지전환정책, 과학기술자 입장에서 본 성공여건

2018년 2월 27일(화), 14:00
코엑스 컨퍼런스룸(남) 3층 317A





초대의 말씀

우리 한림원은 지난해 탈원전 논란에 대해 한림원탁토론회를 개최하여 집단지성 토론을 통한 문제해결 계기를 성공적으로 마련하였습니다. 그 후에도 과학기술적 논리에 의거한 에너지전환정책의 성공논리 개발을 자체 연구보고서 발간 등을 통해 꾸준히 노력하여 왔습니다. 과학기술자들의 사회적 책임구현의 일환이라고 생각합니다.

정부는 지난해 말 태양광, 풍력 중심의 신재생에너지3020 이행계획과 제8차 전력수급 기본계획을 발표한 바 있습니다. 2030년까지 신재생에너지 발전비중 20% 달성을 위한 에너지 전환정책입니다. 이의 성공을 위해서는 현재 신재생전력이 가지는 규모의 불경제, 생산의 편협성, 기술성숙도 미비 등 경제적-기술적 한계를 극복하는 동태적 기술평가 작업이 필요할 것입니다.

또한, 에너지시장과 산업 구조 전환 그리고 소비자 대응태세 변화를 촉진할 다양한 경제 사회전략은 사회적 합의를 기반으로 추진되어야 할 것입니다. 이에 우리 한림원은 복합 과학적 논리마련을 위한 작지만 알찬 계기를 마련하고자 합니다.

바쁘시더라도 ‘에너지 전환정책, 과학기술자 입장에서 본 성공여건’을 주제로 진행되는 제123회 한림원탁토론회에 많이 참석하시어 고견을 개진하여 주시기 바랍니다.

감사합니다.

2018년 2월
한국과학기술한림원 원장 이명철

한림원탁토론회는 국가 과학기술의 장기적인 비전과 발전전략을 마련하고 국가사회 현안문제에 대한 과학기술적 접근 및 해결방안을 도출하기 위해 개최되고 있습니다.

PROGRAM

제123회 한림원탁토론회 ‘에너지전환정책, 과학기술자 입장에서 본 성공여건’

사회: 한민구 한림원 공학부 정회원(서울대학교)

13:30~14:00 (30') 등록

14:00~14:15 (15') 개회사

이명철 한국과학기술한림원 원장

사진촬영

토론회 참여자, 한림원 임원 및 회원, 그 외 VIP

14:15~14:30 (15') 주제발표 1

‘에너지 전환정책, 성공을 위한 해결과제’

최기련 정책학부 종신회원(아주대학교)

14:30~14:45 (15') 주제발표 2

‘에너지 전환정책 성공을 위한 원전수출’

이은철 공학부 종신회원(서울대학교)

PROGRAM

제123회 한림원탁토론회 ‘에너지전환정책, 과학기술자 입장에서 본 성공여건’

14:45~15:30 (45') 지정토론

- 좌장: 한민구 공학부 정회원(서울대학교)
 - 토론자:
 - 김영창 국제원자력기구 컨설턴트
 - 노동석 에너지경제연구원 선임연구위원
 - 성창모 정책학부 정회원(고려대학교)

15:30~16:20 (50') 종합토론

16:20 폐회

CONTENTS

제123회 한림원탁토론회 ‘에너지전환정책, 과학기술자 입장에서 본 성공여건’

I. 주제발표 1 ‘에너지 전환정책, 성공을 위한 해결과제’	1
• 최기련 정책학부 종신회원(아주대학교)	
II. 주제발표 2 ‘에너지 전환정책 성공을 위한 원전수출’	33
• 이은철 공학부 종신회원(서울대학교)	
III. 지정토론 (좌장: 한민구 공학부 정회원(서울대학교))	47
• 김영창 국제원자력기구 컨설턴트	
• 노동석 에너지경제연구원 선임연구위원	
• 성창모 정책학부 정회원(고려대학교)	

I

에너지 전환정책, 성공을 위한 해결과제

발제자 약력

•••

성명	최기련	
소속	아주대학교 명예교수	
1. 학력		
기간	학교명	전공 및 학위
1966~1973 1979~1982	서울대학교 프랑스 Grenoble대학원	자원공학과 공학사 에너지경제학 박사
2. 주요 경력		
기간	기관명	직위, 직책
2014~현재	한국전력공사	사외이사
2006~현재	한국에너지포럼	회원 및 부회장
2006~현재	한국에너지기후변화학회	학회장, 명예회장(현)
2003~2003	한국에너지공학회	회장, 명예회장(현)
2002~2004	고등기술연구원	원장
1995~1996	과학기술정책관리연구소	단장
1989~1994	에너지자원기술개발지원센터	소장
1988~현재	아주대학교	교수/에너지연구소장/ 연구교수/명예교수
1987~1988	한국전력공사	사장 정책담당 특별보좌역
1978~1987	에너지경제연구원	에너지정책 연구부장
1974~1977	국무총리실	장기자원대책위원회 파견근무
1973~1978	한국외환은행	조사부 조사역

발제 1 에너지 전환정책, 성공을 위한 해결과제

•••

최기련

정책학부 종신회원(아주대학교)



목 차



제1장 문제의 제기

제2장 우리나라 전력수급 및 정책

제3장 한국과학기술한림원 정책연구 주요내용

“원자력발전과 산-재생발전의 공생 전략”

제4장 전력시스템 기술혁신

제5장 결론 및 건의

부 록

제1장

문제의 제기

제1장 문제의 제기



○ 학습문제의 개요

: 국민적 과제인 에너지전환 성공방안 도출에 대한
과학기술 접근 및 대안제시

- 에너지문제와 기후변화문제에 대응한 탈원전-탈석탄화력 전략의
논리적 한계 보완: 과학기술 집단지성의 문제해결 능력 제시 필요

* 특히, 작년 6월 정부의 탈-원전정책 공표 아래, 공론화 과정 등에
서; 관련 산업과학계가 보여준 비(非)과학적 논쟁의 재현을 방지하
기 위한 과학기술적 성찰을 통해 관련 정부정책의 논리적 기반 제공

* 더욱이 작년 말 정부의 “재생에너지 3020 이행계획”과
“제8차 전력수급 기본계획”의 확정에도 논쟁 지속

제1장 문제의 제기



○ 주된 현안 논쟁

- 1) 정부계획의 과학기술적 논리 존재여부
- 2) 장기 에너지안보 및 경제성 확보수준
- 3) 지속가능성과 환경성 제고의 거시효과
- 4) 정부계획의 사회적 합의 여부
- 5) 우리나라 신재생발전 기술혁신의 국제경쟁력

제1장 문제의 제기



6) WASP(Wien Automatic System Planning Package) 등
신뢰성 있는 의사결정도구 활용여부

7) 가격 등 시장논리 활용수준 등

☞ 이에 한국과학기술한림원은 글로벌 에너지-기후변화 여건변화에
대응하여 관련 정부정책 실패를 방지하기 위한 사전적이고 중립적인
의견제시를 결정

* 기술혁신형 에너지시대 초기 단계에는 일정 부문 정부주도
시장형성의 불가피성을 감안

제1장 문제의 제기



○ 한국과학기술한림원 정책연구보고서
“원자력발전과 산-재생발전의 공생전략”(‘17. 12. 8.)
연구결과의 정책기여도 확대 필요

* 작년 말 관련 정부대책 집중 발표로 본 연구과정에 반영 불가

- 연구의 기본 의도

: 2030년 신재생전력 20% 달성을 목표로 하는

관련 정부계획에 따른 에너지부문, 특히 전력부문에서의
복합과학적-계량적 파급효과 검증

* 효율적인 에너지전환(Transition) 정책 추진에 필요한
과학적 논리 분석의 계기 마련

제1장 문제의 제기



< 과학적 연구방법론 도입 시도>

- * WASP모형(국가 전력계획 수립기본모형) 운용방법론 제고
 - 신재생전력을 외부변수로 취급하여 온 기존 연구방법론의 한계 개선 : 국내 최초시도 → 신재생전력을 내부변수로 취급하는 포용적 방법론 개발 가능성 검증
- * 기존 WASP 4 모형에서 탈피하여 신재생전력을 감안할 수 있는 WASP 5 모형 운용개념 도입
 - 시나리오/대안별 수명기간 소요비용 검증
 - 연구과정에서 활용한 제7차 전력수급기본계획 수립 기초자료 등의 파급효과 검증: 부정적 영향 극소화 현상 발견

제2장

우리나라 전력수급 및 정책

제2장 우리나라 전력수급 및 정책



1. 제8차 전력수급기본계획(2017-2031)

- '17년부터 '31년까지 향후 15년간의 전력수급전망 및 전력설비 계획 등을 담은 '제8차 전력수급기본계획' 확정

- 특징: 수급안정과 경제성 위주로 수립된 기준 수급계획 대비 환경성·안전성을 대폭 보강.
- 설비믹스: 원전·석탄은 단계적 축소, 신재생에너지 등 친환경에너지 대폭 확대
- 원전: 신규 6기 건설 백지화, 노후 10기의 수명연장 중단, 월성 1호기의 공급제외
- 노후석탄발전소: 10기를 '22년까지 폐지, 당진에코파워 등 석탄 6기는 LNG로 연료 전환

참고: 피크 기여도



연도별 전원구성(피크기여도 기준) 전망 (단위 : GW) >

연도	구분	원자력	석탄	LNG	신재생	석유	양수	계
2017	용량	22.5	36.1	37.4	3.1	4.0	4.7	107.8
	비중	20.9%	33.5%	34.7%	2.8%	3.7%	4.4%	100%
2022	용량	27.5	41.0	42.0	4.8	2.7	4.7	122.6
	비중	22.4%	33.4%	34.3%	3.9%	2.2%	3.8%	100%
2026	용량	23.7	38.9	44.3	6.7	1.3	4.7	119.5
	비중	19.8%	32.5%	37.1%	5.6%	1.0%	3.9%	100%
2030	용량	20.4	38.9	47.5	8.8	1.3	6.1	122.8
	비중	16.6%	31.6%	38.6%	7.1%	1.0%	5.0%	100%
2031	용량	20.4	38.9	47.5	8.8	1.3	6.7	123.5
	비중	16.5%	31.5%	38.4%	7.1%	1.0%	5.4%	100%

제2장 우리나라 전력수급 및 정책



- 충분한 설비예비율과 단계적인 원전 감축으로
안정적인 전력수급 가능
 - '26년까지는 설비예비율 22%이상 유지
 - '27년 이후 신규설비 약 5GW 건설(LNG 3.2GW, 양수 2GW)을
통해 22% 설비예비율 달성
 - 미세먼지는 '22년 44%, '30년 62%씩 대폭 감축하고,
'30년 온실가스 배출량도 BAU 대비 26.4%를 감축한
2억 3,700만톤 수준으로 전망됨

제2장 우리나라 전력수급 및 정책



- 향후 추가대책
 - 1) 수요전망 모형 고도화
 - 2) 에너지이용 합리화 기본계획 수립
 - 3) 노후 화력설비 추가감축 방안 마련
 - 4) 재생에너지 계통 보강 집중 추진
 - 5) 전력시장 개편 및 분산형 전원 제도 개선
=> 설비건설/운용계획에서 시장/가격/소비자효용증대 계획으로

제2장 우리나라 전력수급 및 정책



3. 재생에너지 3020 이행 계획

- 목표 : '30년 재생에너지 발전량 비중 20%(132TWh*) 달성

* 재생에너지 사업용 발전량(115TWh) 및 자가용 발전량(17TWh)의 합계
(IGCC, 연료전지 등 신에너지는 제외한 목표)

- 전력계통의 안정성, 국내 보급여건, 재생에너지 잠재량 등을 고려하여 발전 비중 20%를 목표로 설정
 - * '30년까지 신규 재생에너지 설비용량은 48.7GW 전망
 - * 단기('18~'22) 12.4GW, 중장기('23~'30) 36.3GW
- 투자비: 정부재정 18조원을 포함하여 100조원 내외(R&D 제외)

제2장 우리나라 전력수급 및 정책



신재생설비 출력변동성 대책

- 출력변동성을 보완하는 백업설비를 최소 설비예비율에 반영(1/2)

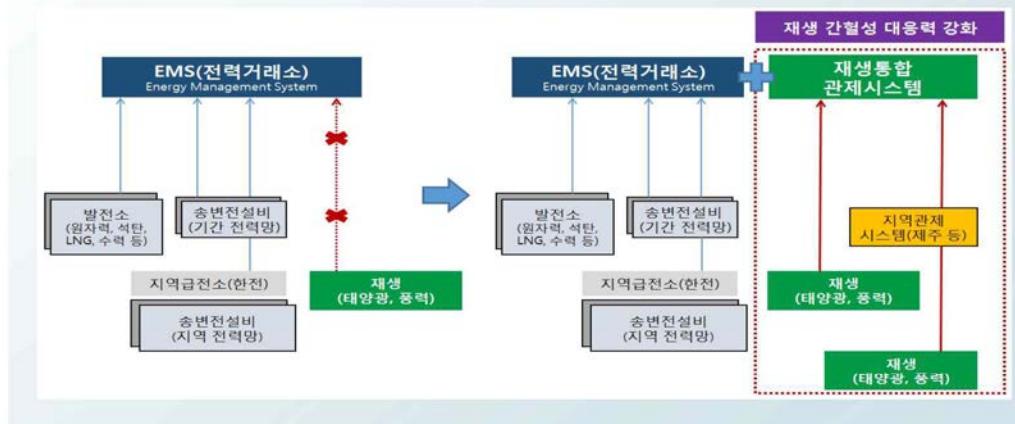
- 빠른 출력 조절이 가능한 ESS, 양수발전, 가스터빈 단독 운전이 가능한 LNG복합 등의 백업설비 확보
 - * 수분~수시간 단위로 발생하는 신재생 변동성에 대해 전력계통 주파수를 안정적으로 유지하기 위해 필요한 백업설비 요구량 검토
 - * 백업설비는 설비별 변동성 대응 소요시간, 경제성, 건설기간 등을 종합적으로 고려하여 LNG 3.2GW, 양수발전기 2GW 확충
 - * 양수와 별도로 ESS 0.7GW가 추가적으로 필요할 것으로 예상

제2장 우리나라 전력수급 및 정책



○ 재생에너지 종합 관제시스템 구축: 전력계통 안정성 보장

- ① 풍속, 일사량 등 기상 정보 → 발전단지별 발전량 예측
- ② 발전소별 정보를 토대로 전국·지역별 발전량 예측 및 분석
(시간 단위 / 일 단위 / 주간·월간 단위)
- ③ 재생에너지 출력에 대한 실시간 계측 및 분석
- ④ 전체 계통 안정을 위해 EMS와 연계하여 재생에너지 출력 제어



제3장 한림원 정책연구 주요내용 “원자력발전과 신재생발전의 공생 전략”

제3장 “원자력발전과 산·재생발전의 공생전략” 정책연구 주요내용



1. 주요 연구내용

- 2030년 신재생전력 발전량 20% 달성을 위한
기술적-경제적-정책적 해결논리 규명
- 신재생발전 특징고려: 급전불가능전원이며 변동비가 제로(0)임
 - 시스템부하곡선에서 신재생발전의 시간대별 변화를 미리 상정하여 부하곡선을 변경
 - 부하지속곡선에 의하여 발전기 건설계획을 수립하고 이에 따른 발전량 및 건설비 추정

제3장 “원자력발전과 산·재생발전의 공생전략” 정책연구 주요내용



○ 비용추정 과정

- 신재생발전비중 20% 수준에 도달하도록 연도별 발전량 비중증가
 - 미래 전력수요곡선의 변동가능성을 사전 시뮬레이션
 - WASP의 시뮬레이션 및 최적화기법에 의한 급전가능발전기의 건설 계획 수립
 - 백업 발전기(가스터빈 등)의 건설을 고려하여 비용변동 추정
- ☞ WASP모형 실행결과: 약 144 조 원 수준의 추가 투자부담 발생가능성

신재생전력 20% 달성을 고려한 연도별 발전계획(Gwh)



년도	기준	신재생에너지 발전 건설		
		발전량	중앙급전	신재생
2017	550302	549536	766	0.14%
2018	566552	560249	6,303	1.13%
2019	580331	565621	14,710	2.60%
2020	590417	563187	27,230	4.83%
2025	621870	540982	80,888	14.95%
2030	638549	532138	106,411	20.00%
2035	665888	548978	116,910	21.30%
합계 (`17~`35)	11,769,349	10,364,474	1,404,875	11.94%

신재생발전 20%를 고려한 비용 추정(백만원, `15년 현가)



년도	기준 시나리오	신재생			
		A (B=C+D+E)	계 (B=C+D+E)	급전가능 발전기(C)	신재생 투자비용(D)
2017	47,388,416	36,637,914	35374320	1,005,594	258,000
2018	34,297,264	42,104,526	33417424	6,889,946	1,797,156
2019	31,603,232	45,978,151	33474760	9,915,848	2,587,543
2020	30,440,208	49,635,303	31984696	13,997,184	3,653,423
2025	20,737,600	34,001,660	24429936	7,593,470	1,978,254
2030	15,580,608	19,410,363	16498048	2,311,051	601,264
2035	12,622,848	15,472,214	13500864	1,563,945	407,406
합계 (`17~`35)	432,703,776	577,200,769	440,708,736	108,255,699	28,236,334
차액(B-A)= 144,496,993					

참고: 신재생발전 20%를 고려한 연도별 설비계획(MW)

연도	중앙급전								신재생		총용량 (A+B)
	원자력	유연탄	무연탄	석유	LNG	지역난방	양수	총용량 (A)	신재생 (B)	백업 GT	
2017	22,529	32,500	1,126	3,850	28,540	7,664	4,700	100,909	437	430	101,346
2018	22,529	32,500	726	3,795	28,540	7,664	4,700	100,454	3,598	3,590	104,052
2019	22,529	32,500	726	3,795	32,140	7,664	4,700	104,054	8,396	8,390	112,450
2020	22,529	32,500	726	3,795	33,040	7,664	4,700	104,954	15,542	15,540	120,496
2021	22,529	32,500	726	2,595	36,640	7,664	4,700	107,354	22,600	22,590	129,954
2022	23,929	32,500	726	2,595	38,440	7,664	4,700	110,554	29,235	29,230	139,789
2023	25,329	32,500	726	2,595	41,140	7,664	4,700	114,654	36,149	36,140	150,803
2024	25,329	32,500	726	1,195	44,740	7,664	4,700	116,854	41,102	41,100	157,956
2025	25,329	32,500	726	1,195	46,540	7,664	4,700	118,654	46,169	46,160	164,823
2026	25,329	32,500	726	1,195	46,540	7,664	4,700	118,654	48,945	48,940	167,599
2027	25,329	32,500	726	1,195	48,340	7,664	4,700	120,454	54,254	54,250	174,708
2028	25,329	32,500	726	1,195	48,340	7,664	4,700	120,454	56,263	56,260	176,717
2029	25,329	32,500	726	1,195	48,340	7,664	4,700	120,454	58,721	58,720	179,175
2030	25,329	32,500	726	1,195	48,340	7,664	4,700	120,454	60,737	60,730	181,191
2031	25,329	32,500	726	1,195	48,340	7,664	4,700	120,454	61,622	61,620	182,076
2032	25,329	32,500	726	1,195	49,240	7,664	4,700	121,354	62,584	62,580	183,938
2033	25,329	32,500	726	1,195	49,240	7,664	4,700	121,354	63,839	63,830	185,193
2034	25,329	32,500	726	1,195	49,240	7,664	4,700	121,354	64,947	64,940	186,301
2035	25,329	32,500	726	1,195	49,240	7,664	4,700	121,354	66,729	66,720	188,083

참고: 기준 시나리오 연도별 전원설비계획(MW)

연도	원자력	유연탄	무연탄	석유	LNG	지역난방	양수	총용량
2017	25,329	37,500	1,126	3,850	33,490	5,164	4,700	111,159
2018	26,729	37,500	726	3,795	34,390	5,164	4,700	113,004
2019	26,729	38,500	726	3,795	35,290	5,164	4,700	114,904
2020	26,729	39,500	726	3,795	36,190	5,164	4,700	116,804
2021	28,129	45,000	726	2,595	36,190	5,164	4,700	122,504
2022	32,329	45,000	726	2,595	36,190	5,164	4,700	126,704
2023	35,129	45,000	726	2,595	34,390	5,164	4,700	127,704
2024	35,129	45,500	726	1,195	34,390	5,164	4,700	126,804
2025	35,129	45,500	726	1,195	34,390	5,164	4,700	126,804
2026	36,629	45,500	726	1,195	34,390	5,164	4,700	128,304
2027	38,129	45,500	726	1,195	34,390	5,164	4,700	129,804
2028	39,629	45,500	726	1,195	34,390	5,164	4,700	131,304
2029	41,129	45,500	726	1,195	34,390	5,164	4,700	132,804
2030	41,129	45,500	726	1,195	34,390	5,164	4,700	132,804
2031	41,129	45,500	726	1,195	34,390	5,164	4,700	132,804
2032	41,129	45,500	726	1,195	34,390	5,164	4,700	132,804
2033	41,129	45,500	726	1,195	34,390	5,164	4,700	132,804
2034	41,129	45,500	726	1,195	34,390	5,164	4,700	132,804
2035	41,129	45,500	726	1,195	34,390	5,164	4,700	132,804

제3장 “원자력발전과 산·재생발전의 공생전략” 정책연구 주요내용



○ 포함되지 않는 비용: 추후 반영 필요

- 송-변전 및 배전설비 보완비용
- 백업가스터빈의 무(無)부하 운전비용
- 배전설비의 무효전력공급설비 건설비용
- 시스템운용 시의 백업발전기의 무부하운전비용 등

○ 제한된 비용반영 만으로 추가된 144조원의 해석

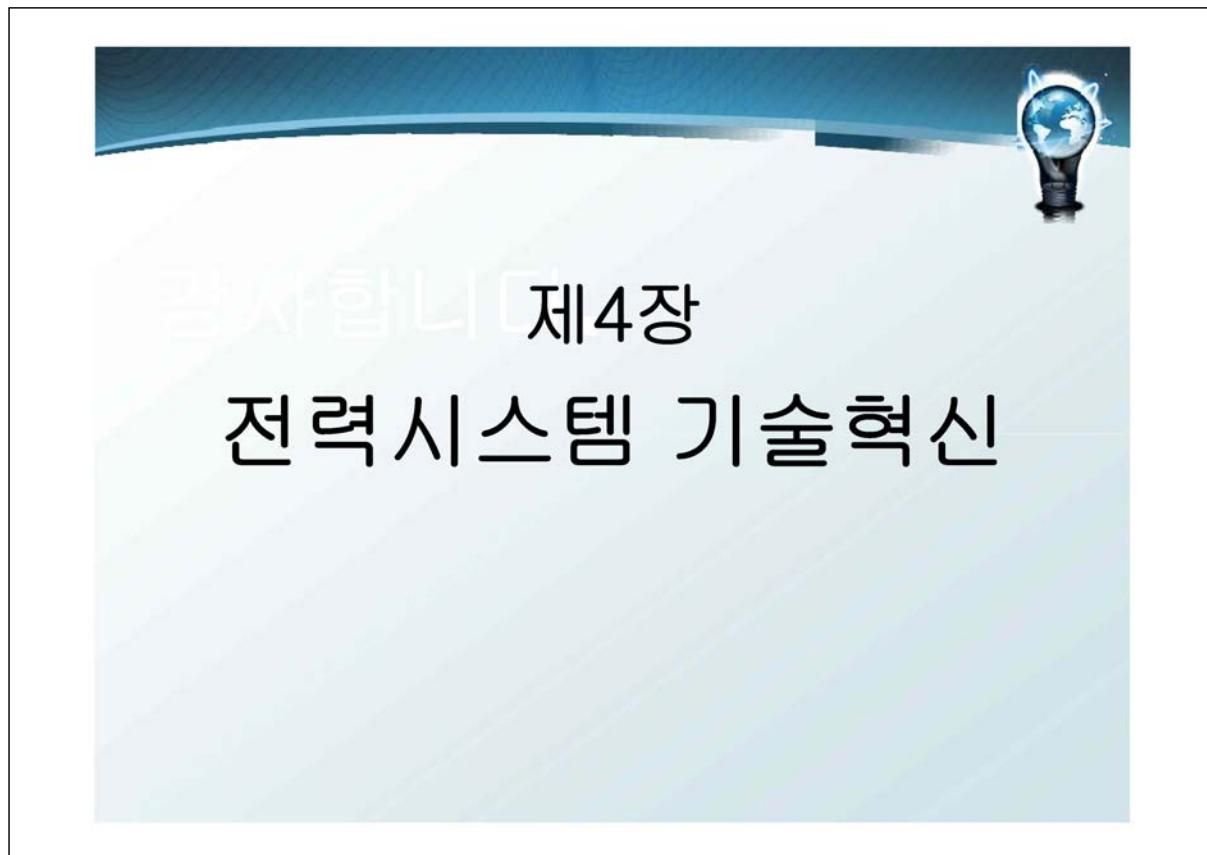
- 태양광과 풍력발전의 출력의 간헐성을 보완 비용
- 지역적으로 신재생 발전기 출력의 변화에 따른 전력시스템 불안정성에 기인한 비용이 주된 요인임

제3장 “원자력발전과 산·재생발전의 공생전략” 정책연구 주요내용



○ 본 연구에서의 추가비용 도출의 논리적 한계

- 제한된 시기(2030년)까지 불확실한 기술혁신 가능성과 소비자 선택의 변화를 고려하지 않은 정태적 분석
- 따라서 지속가능성장계획, 가격조종정책 등 각종 경제사회전략 변화를 통해 어느 정도 수정 내지 완화가 가능할 것으로 추정됨
- 이를 위해서는 강력한 사회적 합의를 기반으로 하는 다음과 같은 전력 부문 해결과제들의 완결을 통해 시장실패와 정부실패 방지가 요구됨



제4장 전력 시스템 기술혁신

1. 우리나라 전력부문 해결과제(과학기술적 논리 위주)

○ 신재생전력 증가에 따른 일반적인 대책은 다음 표와 같음

- 그러나 우리나라에서 대규모 신재생발전 도입정책의 영향으로
추가 전력시스템 안정화 대책이 요구될 것임

계통영향	일반적 대책
신재생 출력변동성에 따른 수급균형 유지문제로 인하여 계통 안정도 저하	<ul style="list-style-type: none">· 출력안정화용 기기설치 및 양수발전과 협조운용· 신재생 출력 및 운영예비력 예측기술 제고
신재생(변동성) 전원의 계통 수용 한계	<ul style="list-style-type: none">· 신재생 수용증대를 위한 계통인프라 적기 확충· 계통운용, 계획을 고려한 지역별 신재생 개발
특정 지역과 특정선로 집중연계로 선로 운전용량 초과	<ul style="list-style-type: none">· 피크저감용 기기 설치확대· 신재생과 망해석, 감시제어기능 구축으로 신재생 수용량 증대
전력품질저하 (고조파, 고장전류 증대, 보호협조 문제 등)	<ul style="list-style-type: none">· 고조파 필터, 한류리액터, NGR 설치 등· 신재생 역률제어장치, 양방향 보호기기 등 설치

제4장 전력시스템 기술혁신



○ 시스템운용상의 문제(1/2)

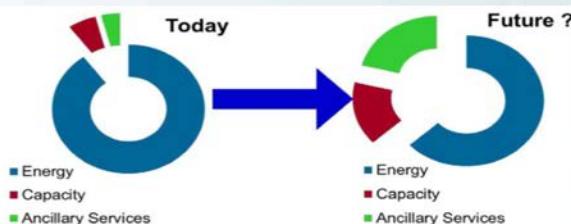
- 가스터빈 등 백업(Back-Up)발전설비 증대
 - : 신재생발전 용량 확대(예:이 6,000만 Kw이상)의 경우 전력시스템 전체의 간헐적이고 가변적인 특성 대응필요
 - : 응동이 빠른 가스터빈을 유사한 용량으로서 추가 건설할 필요 있음
- 특히, 신재생전력이 확대된 전력시장의 수요는 기상변화에 따른 변동성이 더욱 심화되고 이를 상쇄하기 위하여 응동력이 빠른 화력발전기의 발전량 증대로 발전구조 변화를 초래함

제4장 전력시스템 기술혁신



○ 시스템운용상의 문제(2/2)

- 이에 따라 원전, 석탄발전 등 기존 발전기(중앙급전발전)는 신재생전력 확대에도 그 역할이 대폭 축소되기보다 “용량 및 보조서비스 공급 주체”라는 새로운 역할이 더욱 강조될 전망



*출처: EPRI(미국전력연구소)

<기존발전기의 역할변화 개념도>

제4장 전력 시스템 기술혁신



○ 송배전문제

- 대규모 송전망 확장 필요

: 신재생발전 도입 이후 지역적으로 분산된 1,000 ~2,000만 kW의 신재생발전출력의 변화에 대응체제 도입, 실시간 전력조류의 이동대응 필요

- 배전전압수준에서 무효전력공급설비비용도 고려되어야 함

제4장 전력 시스템 기술혁신



○ 환경문제

- 신재생발전 대량(예 6,000~7,000만 Kw 수준)으로 개발될 경우 국토의 효율적 이용, 소음공해문제, 환경문제, 산림파괴, 동물서식지 문제 등에 대한 고려 필요

<신재생 3020계획 추진 태양광 및 풍력발전 설비건설 필요 면적(예시)>

구분	단위용량당 설치면적	설치용량(가정)	소요면적
태양광	26m ² /kW	40GW	1,040 km ²
풍력 발전	육상풍력	0.2km ² /MW(=5MW/km ²)	10GW
	해상풍력	0.1km ² /MW(=10MW/km ²)	10GW
계			4,040 km ²

*주: 각종 국내외 연구 자료에서 제시된 면적 수치의 중간 값을 인용

제4장 전력 시스템 기술혁신



전력시스템 기술혁신: 문제의 개요

- 혁신 자연현상

- 지금까지 전력 관련 기술혁신은 ICT 등 여타 부문에 비해 자연되어 왔음
- 그러나 최근 디지털화, 스마트화 등 제4차 산업혁명의 견인역할을 수행 불가피
- 전력부문 기술혁신의 전재조건
 - * 이에 전력산업구조의 근본적 변혁이 예상되어 충분한 기술혁신효과를 반영할 30년 정도 장기 비전 설정과 지속추진체제가 필요함
 - * 이런 차원에서 원전과 신재생의 환경저해 등 외부효과, 발전단가, 부지 소요 등은 가변적 요소가 많기 때문에 엄격한 기술평가와 정례적인 보완이 필요함

제4장 전력 시스템 기술혁신



- 한국과학기술한림원 평가 전력부문 기술개발과제(1/2)

- 장기기술개발과제 2개 + 중기기술개발과제 9개
 - * 기존 신재생기술개발계획과 별도 과제
- 장기기술개발과제: 우주태양광발전, 소형 모듈형 원전
 - * 핵융합은 진행 중인 과제이므로 건의과제로는 제외

제4장 전력시스템 기술혁신



○ 한국과학기술한림원 평가 전력부문 기술개발과제(2/2)

- 중기 기술개발과제

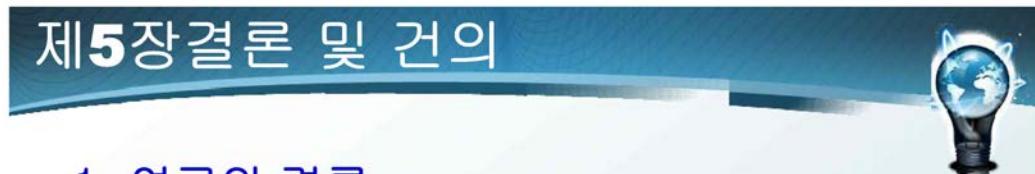
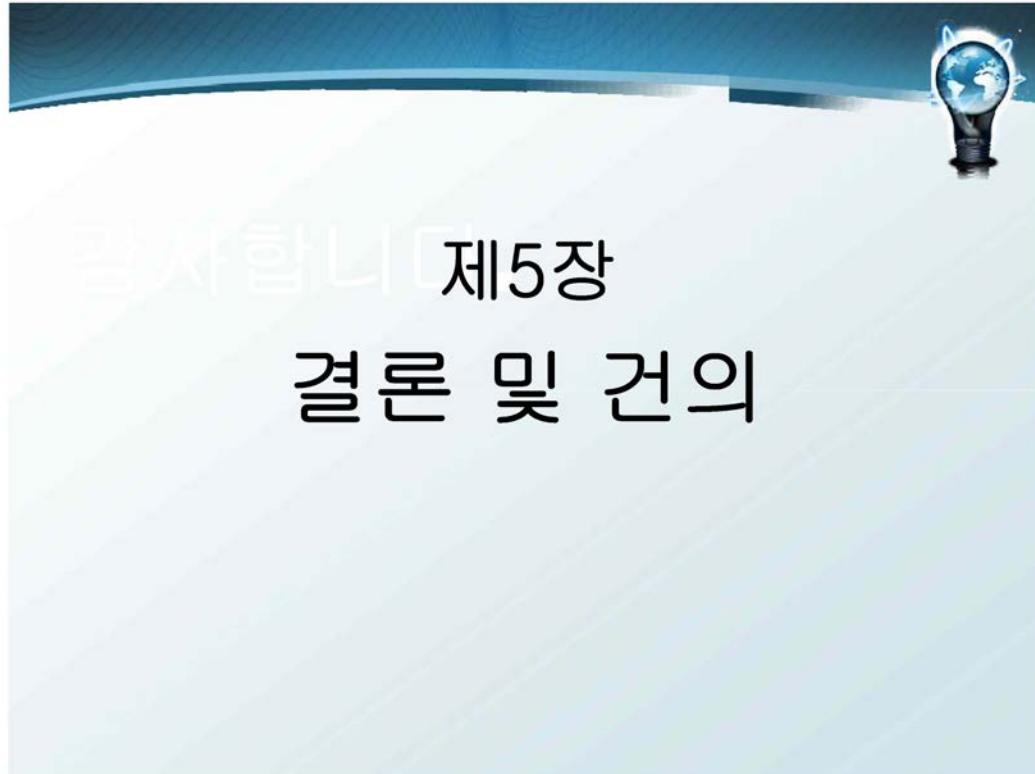
- 1) 신재생자원에 대한 국내잠재량 및 계통수용성 제고 기술 개발
- 2) 장단기 신재생 출력예측 및 변동성 완화 기술 개발
- 3) 신재생 특성을 고려한 적정 예비력 등 전력계통 해석기술 개발
- 4) 계층적 신재생 운용감시 제어 시스템 개발
- 5) 신재생전원별 장단기 투자타당성 평가시스템 개발
- 6) 신재생 전원 국제경쟁력 확보방안 수립
- 7) 백업발전기(현재로서는 가스터빈)의 구성 및 운영전략
- 8) 중간부하용 발전기의 탄력적 운용기술 개발
- 9) 신재생전력 증대에 부응하는 송전망 보강기술 개발

제4장 전력시스템 기술혁신



○ 특별 고려: 송-배전망 보강

- 신재생발전원의 증가에 따른 필수요소
이며 막대한 투자유발
- 추후 상세분석과 전력산업 구조개편의
주요 과제로 취급



1. 연구의 결론

○ 결론1: 2030년 신재생전력 20% 달성을 관련 정부정책은 현재의 전력산업여건 아래에서는 추가 국민 부담을 야기 할 가능성이 큼

- 본 연구과정에서 도출된 2030년까지 정부의 신재생전력 20% 달성목표 달성을 위해 송배전설비 및 백업 발전설비 보완비용 등을 제외하고도 약 144조원 수준의 추가부담이 발생할 가능성이 WASP모형 실행결과가 대표적인 검증사례임

제5장 결론 및 건의



○ 결론2: 2022년 이후 전력수급 안정화 조치에 대한 사전 대비 가 요구됨

- 원전 등 대용량 계통연계 발전설비의 건설지연
- 신재생설비 기술혁신 지연 및 사회적 수용도 변화 가능성
- 신재생 대량투입으로 간헐성 등 전력시스템 안정저해 요인
발생 가능
- 대규모 송배전투자, 전력가격체계 개편, 전력판매 민영화 등에
소요되는 시간과 절차, 그리고 사회적 합의 과정 감안 필요

제5장 결론 및 건의



○ 참고: 신재생전력 확대에 따른 새로운 미래 제약요소 고려(1/2)

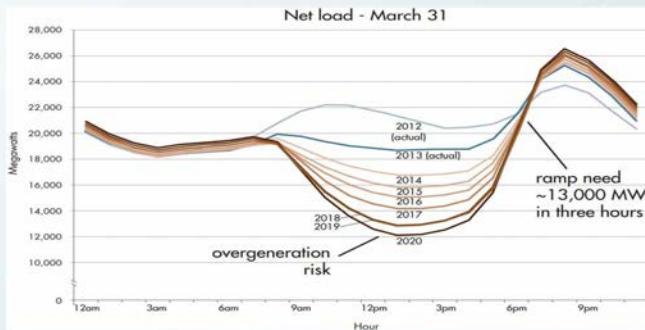
- 세계 각국에서는 자체 전력시스템 규모 및 특성, 신재생자원
잠재량 등을 기반으로 중장기적 문제점을 사전에 도출 및 분석
- 미국 캘리포니아에서는 태양광 발전증가에 따른 기존 전력 수요
(순부하, net load) 패턴변화를 다음 그림과 같이 예측
: 오리모양의 duck chart 발생
- duck chart 현상이 심화될수록 일몰 후 늦은 오후에 발생하는 피크
수요 충당을 위해 단시간(약 3시간)에 많은 전력을 급격히 공급할
필요

제5장 결론 및 건의



○ 참고: Duck Chart: 미국 캘리포니아 사례

- 이에 반해 12:00 경에 태양광발전 급증과 시스템부하 감소가 수반하는 경우 급전 가능발전기 출력 급감 불가피
: 이로 인하여 전력시스템의 안정운용 어려움 초래



<캘리포니아 duck chart(Source: CAISO 2013)>

제5장 결론 및 건의



○ 결론 3: 차선(次善, Second-Best)의 에너지전환정책 추진 검토 : 기술혁신효과와 시장적응도 변화, 그리고 사회적 합의 도출 가능성을 고려

- 2030년 신재생 20% 달성목표의 실질적 내용을 발전량 기준에서 설비용량 기준으로 바꾸어 최선의 단-중기 기술조합 구성을 검토할 필요가 있으며,
- 또한 에너지절약 + 순환형 재생에너지(VRE: Variable Renewable Energy)로만 20% 목표달성을 프로그램을 구성하는 대안검토도 가능할 것임
- 이러한 과정에서 30년 이상 기한을 가진 장기 전력수급기본계획을 수립하고 이를 국가 정책의 기본으로 활용하는 것이 권장됨

제5장 결론 및 건의



○ 결론4: 원전-신재생 상생방안 연구방법론의 한계:

- 본 연구에서는 2020에너지전환계획 관련 자료에 근거한 신재생-원전 상생구도의 설정 방법론 구축을 다각도로 추진하였으나, 기존 연구방법론을 활용하여서는 유효한 논리전개에 한계가 있음을 발견함
- 이를 타개하기 위해서는 우선 국제원자력기구(IAEA)와 WASP5 모형 조기개발을 위한 국제협력 강화
- 새로운 복합과학적 논리개발: 인문사회과학적 논리에 근거한 에너지시장, 산업구조 및 보다 광범한 경제사회 관련 정책의 효율적 추진을 통한 에너지전환정책 추진 동력 강화
→ 본 연구와 상생적인 역할

제5장 결론 및 건의



○ 결론5: 동태적 기술평가의 중요성

- 신재생 위주 에너지전환정책 장기추진을 위해서는 현재 신재생전력이 가지는 규모의 비경제, 생산이 편협성, 기술성숙도 미비 등 경제적-기술적 한계를 극복하는 동태적 기술혁신과 평가 작업이 필요함
- 따라서 정부는 에너지전환정책의 선행조건으로 전력기술전반에 걸친 기술기획-평가 작업을 수행해야 할 것임
- 이를 통해 신재생 전력의 그리드 패리티(Grid Fairness: 기존 전력 대비 경제성 확보)시기와 형식에 대한 세계 최고수준의 정보 확보
- 본 연구팀은 우리나라 최고의 과학기술 전문가 집단인 한국과학기술한림원이, 필요시 한국공학한림원 등 여타 전문가 집단과 협력을 통해, 신재생-전력기술 기획-평가 작업을 수행할 수 있음을 확인함

제5장 결론 및 건의



건의1

- 에너지전환정책 수립 초기 과정에 있는 우리나라는:
 - 에너지기술혁신체계 기획-평가- 실행역량의 중요성에 대한 강력한 인식 제고
 - 과학적 연구방법론에 준수 원칙 고수: 원전-신재생 상생전략 도출과 효율적인 에너지전환정책 추진기반
 - 특히, 국가에너지전환정책의 성공기반: 원전과 신재생 전력이 상생구도 확보라는 점을 강력히 권고함

제5장 결론 및 건의



건의 2

- 이와 함께 본 연구와 같은 과학기술적 논리에 근거하는 접근방법과 병행하여:
 - 에너지시장과 산업 구조 전환, 그리고 소비자 대응태세 변화를 촉진할 다양한 경제 사회전략을 병행 추진할 것을 건의함
 - 특별히 에너지관련 정책은 자연과학-사회과학-인문과학이 통합된 복합 과학적 논리를 가져야 장기 효율성이 입증된다는 점을 강조함

제5장결론 및 건의



건의 3

○ 따라서 본 연구팀은

- 우리나라가 활용 가능한 최고의 전문가 집단 (과학기술 한림원 등)을 활용한 기술기획 및 평가 사업단을 구성하고
- 최단 시일 내 세계 최고수준 연구결과 도출이 가능하도록 정부가 지원하는 것이 미래 에너지전환정책 효율적 추진의 체라는 점을 강력히 건의함

감사합니다.

부 록

참고자료 1



제8차 전력수급기본계획 세부내용

○ 목표수요(제8차 전력수급계획) 전망

연도	전력소비량(TWh)	최대전력(GW)	
		하계	동계
2017	507.0	84.6(실적)	85.2
2018	519.1	86.1	87.2
2019	530.4	87.1	88.5
2020	540.1	88.8	90.3
2021	548.9	90.4	92.1
2022	556.1	91.5	93.3
2023	561.7	92.6	94.5
2024	566.2	93.5	95.7
2025	569.8	94.4	96.7
2026	572.8	95.1	97.6
2027	575.2	95.8	98.4
2028	577.0	96.4	99.1
2029	578.5	97.0	99.8
2030	579.5	97.5	100.5
2031	580.4	98.0	101.1
계획기간 연평균 증가율	1.0%	0.9%	1.3%

참고자료 2



○ 적정 설비예비율 : '30년 22%

- 미래 특정 시점의 최대전력수요 대비 필요한 예비전력설비의 비율

- $22\% = ① \text{최소예비율 } 13\% + ② \text{불확실성 대응 예비율 } 9\%$

< 연도별 적정 설비예비율 >

구분	'18~'25년	'26~'31년
적정예비율	19%	22%

참고자료 3



○ 전원구성 결과

- '30년 정격용량 기준으로 신재생에너지(33.7%), LNG(27.3%), 석탄(23.0%), 원전(11.7%) 順

* 피크기여도 기준 LNG(38.6%), 석탄(31.6%), 원전(16.6%), 신재생(7.1%) 順

< 연도별 전원구성(정격기준) 전망 (단위 : GW) >

연도	구분	원자력	석탄	LNG	신재생	석유	양수	계
2017	용량	22.5	36.9	37.4	11.3	4.2	4.7	117.0
	비중	19.3%	31.6%	31.9%	9.7%	3.5%	4.0%	100%
2022	용량	27.5	42.0	42.0	23.3	2.8	4.7	142.4
	비중	19.3%	29.5%	29.5%	16.4%	2.0%	3.3%	100%
2026	용량	23.7	39.9	44.3	38.8	1.4	4.7	152.8
	비중	15.5%	26.1%	29.0%	25.4%	0.9%	3.1%	100%
2030	용량	20.4	39.9	47.5	58.5	1.4	6.1	173.7
	비중	11.7%	23.0%	27.3%	33.7%	0.8%	3.5%	100%
2031	용량	20.4	39.9	47.5	58.6	1.4	6.7	174.5
	비중	11.7%	22.9%	27.2%	33.6%	0.8%	3.8%	100%

감사합니다.



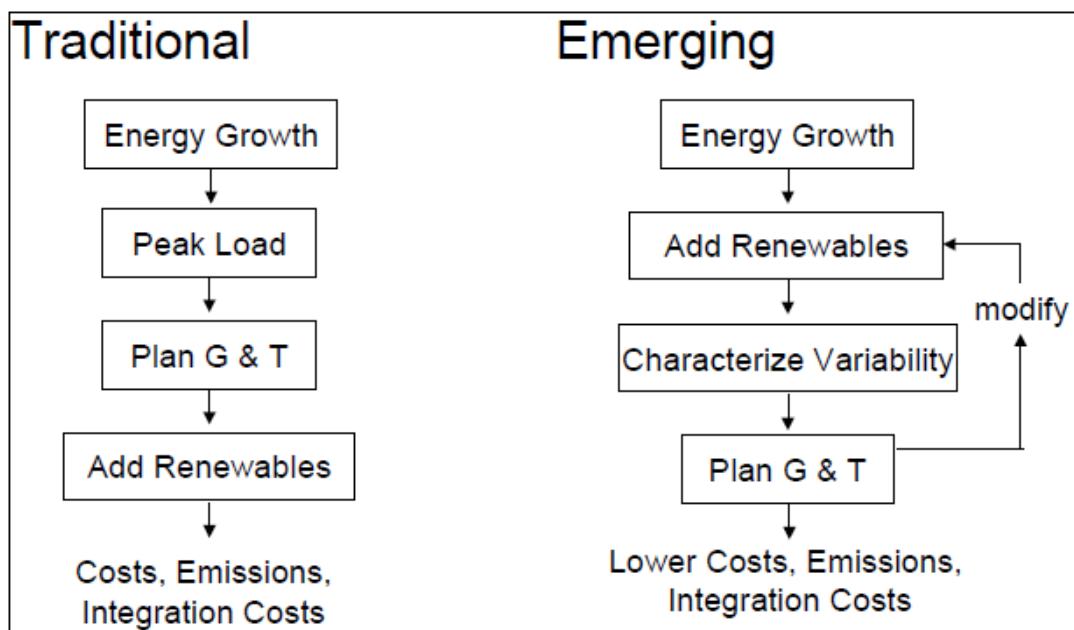
전통적인 설비용량 계획과 새로운 방법론과의 차이

〈전통적 방법〉

- 전통적인 절차에서는 일단 재생에너지를 고려하지 않고 피크부하를 중심으로 설비계획 수립하고 난후 출력변동이 존재하는 재생에너지를 추가 발전- 재생에너지 출력이 발전 및 송전 설비 계획 후 고려됨으로 인하여 기존 전원의 실제 출력은 감소: 준 최적(sub optimal)의 결과 도출
- 기존전원은 정격출력이하에서 운전됨으로 인하여 효율이 낮아지고 운전비용이 증가.

〈WASP 5 등 새로운 접근〉

- 초기단계에서 재생에너지 특성을 반영: 재생에너지를 하나의 부하(load)로 간주함.: 기존의 경우 재생에너지 부하를 차감한 부하(net load)에 대하여 설비계획을 수립
- 재생에너지 부하는 과거의 출력패턴 및 설치용량, 위치 등을 고려, 예측
- 재생에너지 비중에 따라 net load 변동성은 증가: 이에 대응 가능하도록 발전 및 송전선로 계획 수립.
- 재생에너지 출력을 감소시키거나 위치를 적절히 분산시킴으로써 net load 변동성 감축유도, 설비계획 시 반복적 반영.



II

에너지 전환정책 성공을 위한 원전수출

발제자 약력

•••

성명	이은철	
소속	서울대 명예교수	
1. 학력		
기간	학교명	전공 및 학위
1965~1969 1972~1976	서울대학교 Univ. of Maryland	원자력공학 학사 핵공학 박사
2. 주요 경력		
기간	기관명	직위, 직책
2013~2016 2003~2005 1997~2003 1997~1998 1978~2013	한국원자력안전위원회 한국원자력학회 KEDO 서울대학교 서울대학교	위원장 회장 NSAG 연구처장 교수

발제 2

에너지 전환정책 성공을 위한 원전수출

•••

이은철

공학부 종신회원(서울대학교)

원전 수출전략 검토

'18.02.27

이은철

서울대학교 명예교수

원전 수출 산업의 기본적 특성

❖ 국가간 경쟁 기반 전략산업

- 원전은 정치와 경제적으로 안정되어 있고, 기술적으로 성숙되어 있는 선진국 만이 수출할 수 있는 플랜트로, 수출입국간 전략적으로 접근하여야 하는 특징을 가지고 있음

❖ 사업 리스크 기반 대규모 프로젝트

- 원전 수출은 원전 자체의 기술적 안전성을 바탕으로 하는 플랜트이기 때문에 원전수입국의 여건에 따라 건설에서 가동까지 장기간을 요구하는 사업상 리스크를 동반하는 고유의 특징을 지니고 있음
- 선진국은 원전의 안전성 측면에서 건설을 신중하게 검토하고 있고, 원전의 안전성 확보를 위한 대규모 건설비는 자금조달 능력이 부족한 개발도상국에게 있어서 경제적인 부담으로 작용하여 건설을 주저하게 하는 중요한 요인임

원전 수출 산업의 기본적 특성

❖ 국가신인도 기반 원전의 건설 및 운용

- 원전 수출은 원전의 안정적인 건설 및 운영을 원전 도입국에게 보장하고 있으며, 특히 기 건설된 원전의 안전성은 원전 수출의 가장 중요한 기술적 신뢰성을 보장하는 요소라고 할 수 있음
- 원전수출시장은 향후 본격적인 확대로 원전공급국의 과점적 체제에서 경쟁체제로 전환하게 되기 때문에 원전의 안전성과 경제성을 모두 갖춘 원전건설이 수출국과 사업자 신인도의 중요한 기준이 될 것으로 예상되고 있음

원전 수출 효과



한국 원전 수출의 유불리점

❖ 한국 원전 수출의 유리한 점

- 첫째, 원전을 수출할 수 있는 경쟁력 있는 원전의 건설 및 운영기술 보유
- 둘째, 외국에 원전기술을 이전할 수 있는 표준원전기술 보유
- 셋째, 원전의 신규수입에서 기술자립까지 단계적인 경험 보유
- 넷째, 원전수출을 위한 전략적인 경제협력의 요소인 독보적인 경제개발경험 보유

❖ 한국 원전 수출의 불리한 점

- 첫째, 대형 재정 지원의 애로
- 둘째, 독자적으로 핵연료 공급 보장에 애로
- 셋째, 사용후핵연료 처리 방향의 미확정으로 제공 기술 부재
- 넷째, 원전 수출국 중 가장 국력이 작은 나라

원전 수출의 향후 전망(1)

- ❖ 원전에 대한 국제적 환경은 에너지 자원의 고갈과 기후변화로 인하여 원전건설을 지지하는 방향으로 변화되는 분위기
 - 화석연료의 고갈과 수급불균형으로 인한 가격 급등 등 향후 에너지 자원의 부족과 화석연료의 과다 사용으로 인한 기후변화에 따른 녹색산업의 부상 등 원전 증설에 대한 환경 조성됨
 - 세계 원전 시장은 앞서 언급한 것처럼 2050년 기준 중소형 원전 시장을 포함하여 현 시장보다 3배 정도 성장할 것으로 예상
 - 원전수출국은 향후 반세기 이상 경제성장의 기반을 보장할 수 있는 기회가 조성
 - 국내 원전 시장의 한계 극복을 위한 대안으로 원전 수출시장의 개척 필요
 - 국내전력시장의 전력수요 증가율 둔화로 인하여 신규원전건설 감소 예상
 - 원전산업의 지속적인 성장을 위한 신시장의 개척 필요

원전 수출의 향후 전망(2)

- ❖ 원전에 대한 국제적 환경은 에너지 자원의 고갈과 기후변화로 인하여 원전건설을 지지하는 방향으로 변화되는 분위기
 - 그동안 원전을 가동하면서 건설 및 운영 기술의 측면으로 인력양성관련 산업
~~육성~~ 지속적인 기술개발 등에서 세계적인 수준의 인프라를 구축
 - 이를 지속적으로 활용하여 해외 원전 시장에 원전 수출의 기회 확보
 - 현재 세계 원전건설의 환경을 반영하고 국내 원전 인프라에 따른 고유의 장점을 충분히 활용한 원전 기술과 경제협력의 결합된 전략으로 세계 원전시장에의 접근 필요
 - 경제협력은 산업협력을 중심으로 패키지 털을 추가하고, 풍적개발원조(ODA)와 경제개발경험사업(KSP)과 협력하는 방안으로 함
 - 국내외의 원전건설 환경을 반영한 원전 기술과 우리 만이 보유하고 있는 산업의 강점을 바탕으로 하는 경제협력 등과의 결합을 통해 세계 원전시장에서 일 등을 확보하는데 최선을 다하여야 함

새로운 원자력 플랜트 수출 전략(1)

❖ 전략 Key Word: 다변화와 연계

- 상용로 집중 전략에서 중소형로까지 포괄하는 종합 전략 추진
- 연구로와 중소형로, 상용로 수출을 상호 연계하여 토클패키지 제공

❖ 원자력산업에 대한 명확한 비전을 정책입안자가 제시하고 과감한 기술개발투자를 통해 틈새시장 공략

- 국내 원자력 산업은 핵연료 기술, APR-1400 신형 경수로, 그리고 연구로 기술로 구분됨
- 대형 상용로뿐만 아니라 SMART 테스트베드, GEN 4, 새로운 SMR 추진 등 다양한 원자력 플랜트 기술 개발에 과감하게 투자할 필요가 있음
- 안전성이 우수한 SMR 등에 대한 관심 증대를 계기로 틈새시장 모색

새로운 원자력 플랜트 수출 전략(2)

❖ 후쿠시마 사고 이후 위축된 분위기에서 과감한 기술 개발 등 발 빠르게 대응할 경우 원자력 플랜트 시장에서 한국의 극적 도약 가능

- 현재 원자력 산업계는 한국, 러시아 및 중국이 주도권을 다투고 있으며 프랑스와 일본, 미국은 원자력 산업 경쟁력에 대한 전망이 불투명한 상황임
- 원자력의 역할과 크기 별로 시장을 구분하면 대형 원자력 발전과 연구로는 성숙기에 있고, 중소형은 시장 형성기에 있음
- 대형 사고로 위축된 분위기에 휩쓸리지 않고 기술개발 투자를 확대하고, 원자력플랜트 수출을 주도할 정부 TF팀 조직하는 등 과감하게 대응함으로써 한국의 원자력 산업이 도약할 수 있는 계기 마련

새로운 원자력 플랜트 수출 전략(3)

❖ 대형 상용로 수출 전략

- 한국형 원전 건설비용의 가격 경쟁력 확보 지속
 - 한국 원자력 플랜트의 가격 경쟁력은 세계 최고 수준으로 향후에도 지속적으로 가격 경쟁력을 유지할 필요
- 원자력 안전성 입증(후쿠시마 후속조치 포함)
- 관련 기술의 이전 범위에 대한 유연성 확보
 - 과거 한국의 기술 자립 사례는 원전 수입국의 좋은 벤치마킹 사례
- 핵연료의 공급, 처리 문제에 대한 명확한 해법
 - 한국이 원자력 플랜트를 수출할 경우 안정적 핵연료 공급이 보장될 수 있음을 보증하는 체계 유지 – 국제적 협력 관계
 - 사용 후 핵연료 처리 방안에 대해서도 적절한 솔루션 제공 필요
- 금융 부담을 완화시킬 수 있는 특별 대책 마련

새로운 원자력 플랜트 수출 전략(4)

❖ 대형 상용로 수출 전략

- 핵연료의 공급, 처리 문제에 대한 명확한 해법
 - 한국이 원자력 플랜트를 수출할 경우 안정적 핵연료 공급이 보장될 수 있음을 보증하는 체계 유지 – 국제적 협력 관계
 - 사용 후 핵연료 처리 방안에 대해서도 적절한 솔루션 제공 필요
- 금융 부담을 완화시킬 수 있는 특별 대책 마련
- 원전 사업의 파이낸싱 특징은 크게 3가지로 분류
 - 첫 번째, 대규모의 재원이 소요된다는 점
 - 두 번째, 건설 기간이 길어 투자금 회수에 많은 시간이 소요
 - 세 번째, 원전 건설은 일반 발전소보다 훨씬 높은 재무적 리스크의 수반

새로운 원자력 플랜트 수출 전략(5)

❖ 대형 상용로 수출 전략

- 현재 해외 원전 사업 관련 파이낸싱 제약 사항
 - 첫 번째, 발주국의 재정 빈약성 문제
 - 두 번째, 국가 재정의 한계성 문제
 - 세 번째, 민간 금융의 한계
 - 네 번째, 여신한도 한계치와 같은 정부 규제로 인한 대규모 파이낸싱 조달 제약이 존재
 - 해결 방향
 - ✓ 원전 기업의 지속적인 신용 등급 관리
 - ✓ 정책 금융기관의 자금 확보력 강화
 - ✓ 민간 금융 및 해외 자본 참여의 촉진 방안 필요

새로운 원자력 플랜트 수출 전략(6)

❖ 대형 상용로 수출 전략

- 관련 인프라(운전, 운영, 관리, 보안, SOC)에 대한 파격적 혜택
 - 원자력 플랜트 건설을 위한 생산 설비 투자 지원: 송배전 설비, 도로, 항만 시설, 기자재 생산 공장 등
 - 운영 요원 및 기술개발 인력에 대한 교육·연수 서비스 제공
 - ✓ 장기적 기술협력 체제 구축과 폭넓은 원자력 기술을 대상으로 인력양성
- 정치적 협상력
 - 원자력은 국가 사이의 경쟁 성격(예컨대, AREVA와 경쟁하는 것이 아니라 프랑스와 경쟁하는 성격이 강함)을 갖고 있어 정부의 역할이 중요
 - 대통령 등 고위 관계자의 적극적 역할 필요
 - 프랑스 AREVA社, 러시아 Rosatom社 등 해외 유수 기업들은 정부와의 긴밀한 협력을 통해 다양한 원전 수출 사업을 추진

원전 기자재 시장 진출 전략(1)

❖ 원전 기자재 시장 수출 현황

- 원전설비기자재 업체 중 절반 이상이 수출을 목적

❖ 현재 국내 원전 기자재 산업의 주요 수출시장

- 원전설비기자재의 주요 수출선은 동남아와 중동이며, 미국과 일본 등 선진국도 우리나라 원전설비기자재의 주요한 수출선

❖ 수출 경쟁력 실태

- 경쟁력 수준

➤ 원전설비기자재 업체들은 비교적 높은 국제경쟁력 보유

- 경쟁력 확보 요소

➤ 원전설비기자재 산업에서는 경쟁력을 확보하기 위해 고급 기술 인력의 확보와 시장 선점이 가장 중요

➤ 지속적인 제품/기술의 혁신성과 기업 내부 역량을 강화하는 것도 중요한 것으로 분석

원전 기자재 시장 진출 전략(2)

❖ 수출 경쟁력 실태

- 공급 체인 별 경쟁력 실태

➤ 터빈, 발전기, 주 변압기, 주 제어반, 디젤발전기, 전력/전자 케이블, 냉각

수 취수 구조물 등은 가격 경쟁력이 상대적으로 열위에 있음

➤ 주 변압기, 복수/급수펌프, 해수순환펌프, 계장/계측 설비, 기타 펌프여과

기 등은 품질경쟁력이 상대적으로 낮은 부문으로 나타남

원전 기자재 시장 진출 전략(3)

❖ 수출 장애요인 분석 및 정책 수요 분석

- 수출 활성화의 장애요인

- 전주기적 측면에서의 애로 사항

- ✓ 수요 기업의 과도한 납품단가 인하 요구가 가장 큰 애로

- ✓ 연구개발인력의 부족, 전문기술인력의 부족, 개발 기술의 상용화/사업화 어려움 등이 큰 애로

- 원전설비기자재 생산 공급 애로사항

- ✓ 협소한 시장규모가 가장 큰 애로

- ✓ 개발 기술의 사업화 어려움과 실증/인증의 어려움 순으로 애로

- 수출 애로 사항

- ✓ 해외시장 정보 부족

- ✓ 인증 규격 획득 요구 등 수입국의 수입규제, 제조원가의 상승 등 도수출 애로 사항

원전 기자재 시장 진출 전략(4)

❖ 수출 장애요인 분석 및 정책 수요 분석

- 기존 지원 정책의 한계

- 판매 및 마케팅 지원(해외진출지원 등), 기술 개발 세제 지원, 기술정보제

- 공(특허, 표준화, 전문인력), 기술인력 양성 지원, 기업금융 지원(저리 자금 지원 등) 등이 산업 활동에 상대적으로 크게 중요

- 이에 반해 창업지원, 경영지원(재무, 세무, 인사, 조직, 노무 등), 유통 물류 지원 등은 상대적으로 원전설비기자재의 산업 활동에 덜 중요

- 정책 지원 요구 분석

- 전문 투자 펀드의 조성, 원천/핵심 기술 연구개발 지원, 종업원 교육, 전문인력 양성 시스템 구축, 기술 평가를 통한 금융 지원 확대가 크게 요구

III

지정토론

토론좌장 약력

•••

성명	한민구	
소속	서울대학교 공과대학 전기정보공학부	
1. 학력		
기간	학교명	전공 및 학위
1967~1971	서울대학교	전기공학 학사
1973~1975	University of Michigan	전기공학 석사
1975~1979	Johns Hopkins University	전기공학 박사
2. 주요 경력		
기간	기관명	직위, 직책
2010~현재	한국광기술원	이사장
2010	대한민국최고과학기술인상 수상	
2007	대한민국과학기술훈장창조장 수훈	
2007	한국공학상 수상	
2007~2007	대한전기학회	회장
2002~2005	서울대학교 공과대학	학장
1999~2001	한국학술진흥재단	사무총장
1997~1999	서울대학교 공과대학	교무부학장
1996~1999	서울대학교 기초전력공학연구소	원장
1984~2013	서울대학교 공과대학	전기정보공학부 교수
1979~1984	미국 뉴욕주립대학교	전기공학과 조교수

토론자 약력

성명	김영창	
소속	(전) 아주대학교 에너지학과	
1. 학력		
기간	학교명	전공 및 학위
1967~1971	서울대학교 공과대학 전기공학과	학사
1980~1982	서울대학교 공과대학 전기공학과	석사
1987~1993	한국과학원 경영과학과	박사
2. 주요 경력		
기간	기관명	직위, 직책
2006~현재	국제원자력기구	consultant
2005~2016	아주대학교 에너지학과	겸임교수
2001~2004	한국전력거래소	상임이사
1971~2001	한국전력(주)	

토론 요약문

신재생 발전특성을 반영한 장기전원 개발계획 방법론

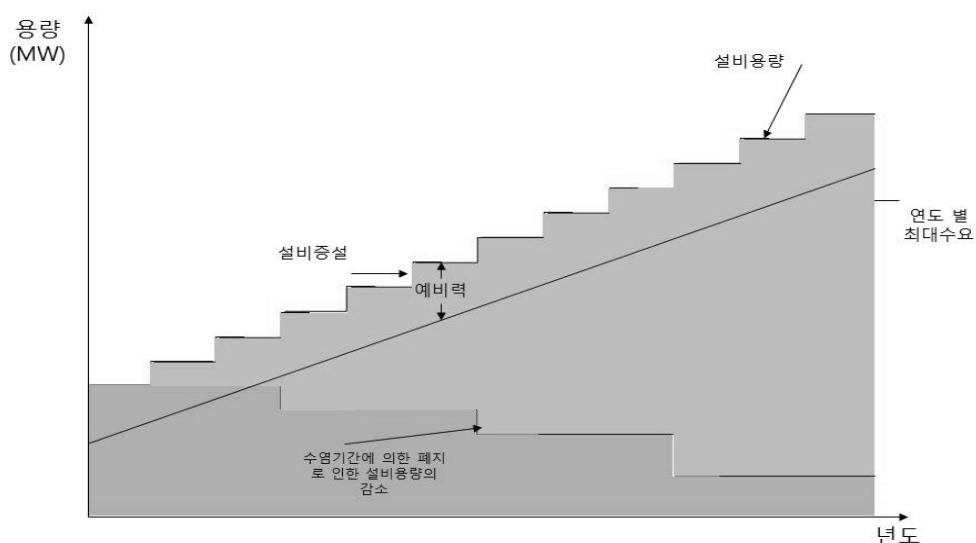
• • •

김영창

국제원자력기구 컨설턴트

1. 장기전력수급계획

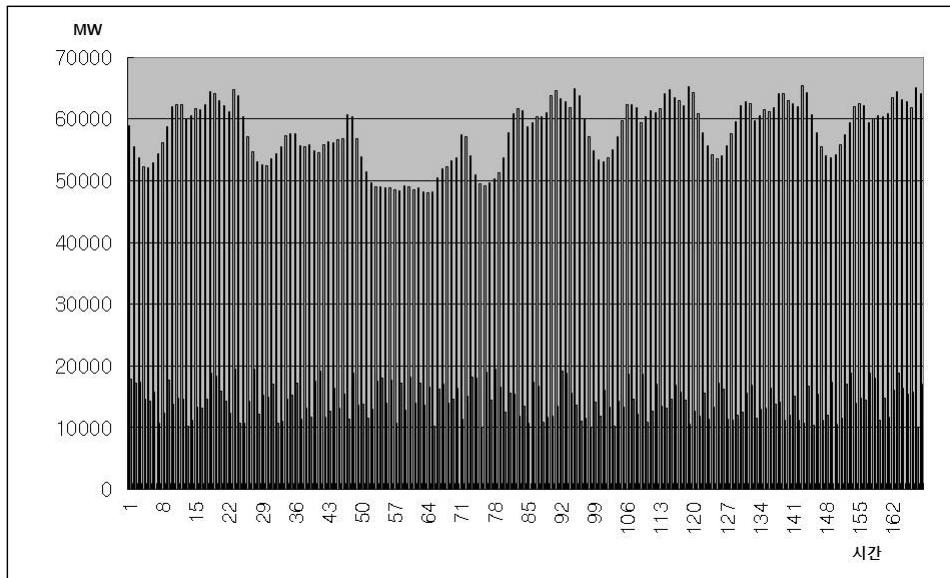
발전설비확장계획



- 장기전력수급계획은 미래의 수요를 충족시키기 위한 연도별 형식 별 발전기 건설계획을 수립하는 것임.
- 건설후보가 될 수 있는 발전기는 급전가능 발전기임

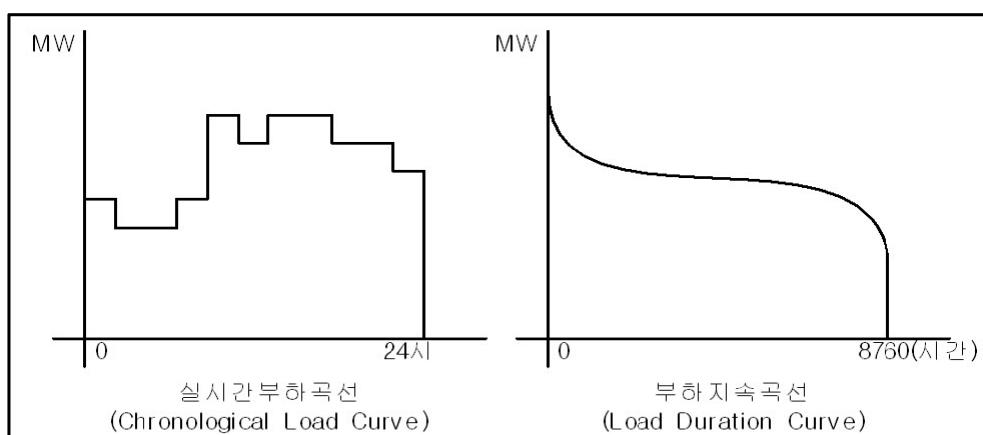
2. 시간대별 부하곡선(Chronological Load Curve)

시스템부하와 신재생에너지발전의 시간대별 부하곡선

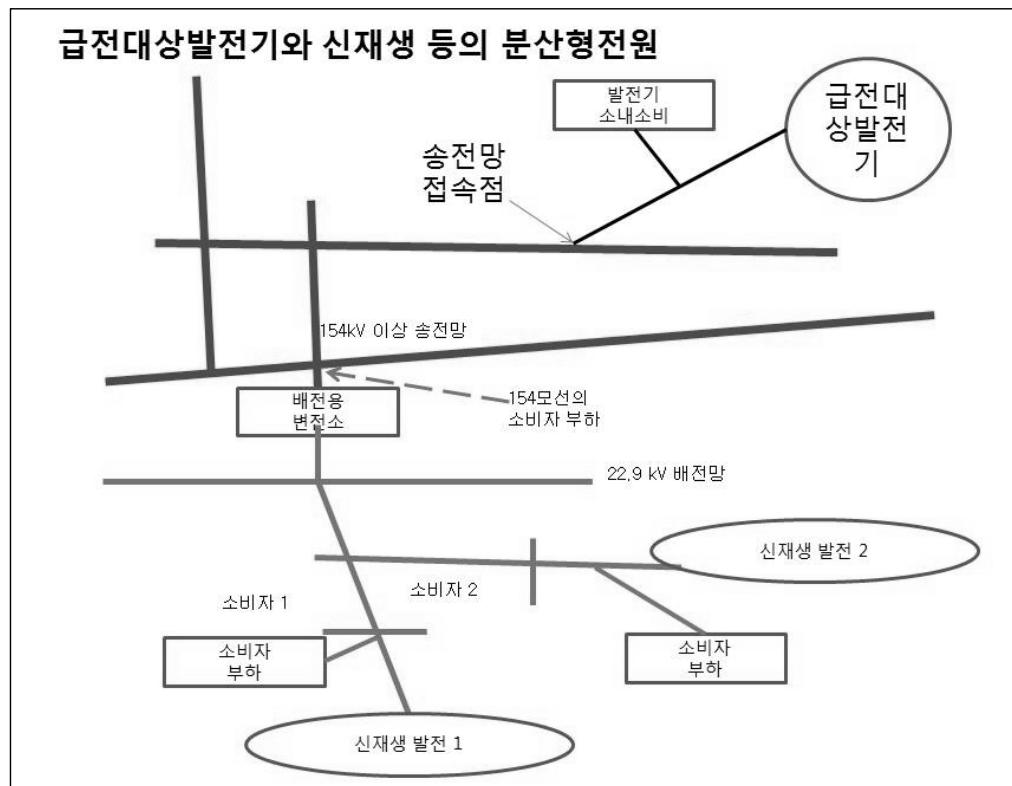


- 이번 과제에서는 시스템부하곡선에서 신재생에너지 발전의 시간대별 곡선을 pre-dispatch 한 것을 부하지속곡선으로 작성하여 시뮬레이션에 사용함.
- 수정한 WASP_V모형은 미래의 신재생에너지 발전의 scenario에 따라 신재생에너지발전의 시간대별 발전량을 입력하여 시뮬레이션 및 최적화를 수행함.
- 이미 존재하는 신재생발전은 기존 부하지속곡선을 pre-dispatch하면 되며 후보로 되는 신재생에너지발전원은 미래의 시스템부하곡선에서 pre-dispatch하면 됨.
- 시스템운용비계산에서는 pre-dispatch한 부하곡선을 부하지속곡선으로 변환하여 확률적 시뮬레이션을 하며 이때에는 급전가능한 후보발전기만을 이용함.
- 수정한 WASP모형은 년도 별로 신재생발전기(태양광, 풍력, 해상풍력의 unit)의 단지의 개수와 시간대별 발전출력을 이용하여 시스템부하곡선을 pre-dispatch함.

시간대별 부하곡선과 부하지속곡선



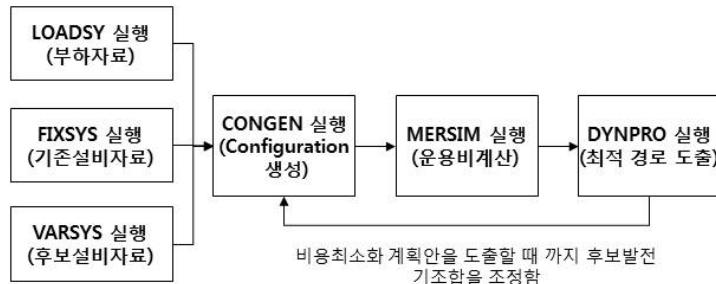
3. 실시간 시스템운용과 신재생발전기 취급



- 신재생에너지 발전은 대부분 소비자 계량기에서 소비자 측에 위치함.
- 대용량 태양광단지(solar pond) 또는 풍력단지(wind farm)의 경우는 집단으로 설치되어 220V보다 높은 배전시스템에 접속될 것임.
- 급전가능발전기는 소비자부하에서 신재생발전을 차감한 부하를 충족하기 위하여 운용됨.
- 신재생에너지발전은 자연력의 변화에 따라 출력이 변동하므로 급전불가능발전기라고 하며 시뮬레이션에서 급전가능발전기와 동일하게 취급하지 않으며 실시간운용에서도 신재생에너지발전의 출력이 급변하면 백업 발전기(주로 가스터빈발전기)가 항상 무부하운전을 하면서 출력을 보충해 주어야 함.
- 신재생에너지발전의 지역별 분포와 지역별 예측하기 어려운 출력변동은 송전망의 추가적 보강을 요구함.

4. 신재생에너지발전과 WASP의 사용

WASP 기능 및 구조



LOADSY : 연도 별 최대부하, 부하지속곡선 등의 정의

FIXSYS : 기존설비 용량과 특성을 정의

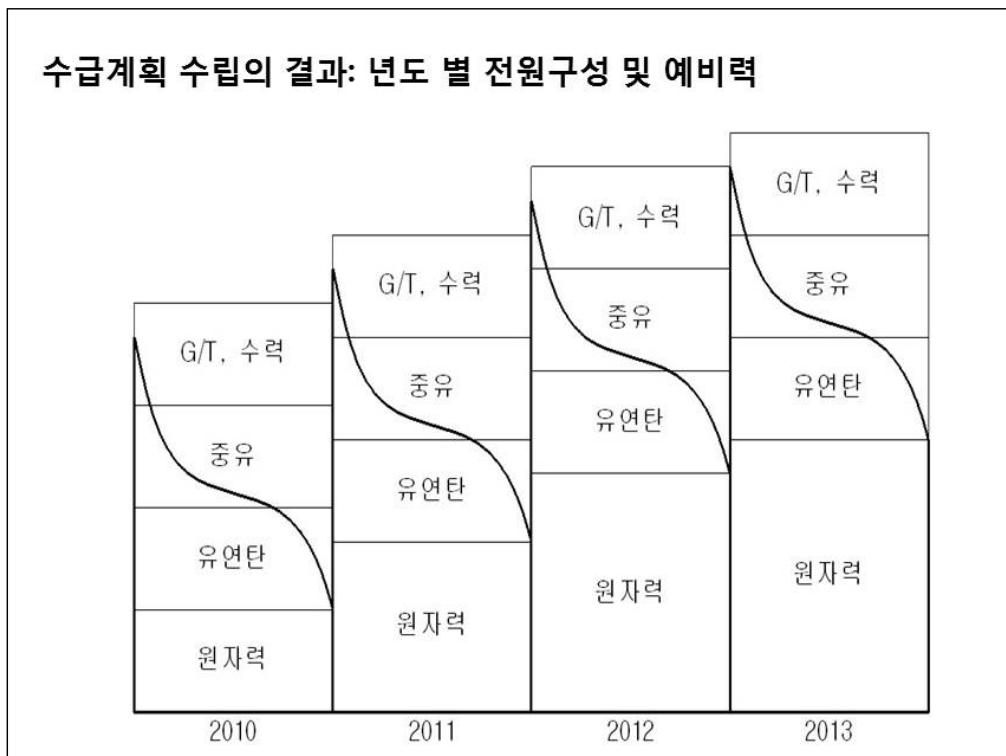
VARSYS : 후보발전기의 종류와 특성을 정의

CONGEN : 연도 별 Configuration을 생성

MERSIM : Configuration 별 LOLP 및 운용비 계산
(확률적 시뮬레이션)

DYNPRO : 목적함수(연도별 건설비와 운용비의 현가합)
가 최소로 되는 연도 별 optimal path를 찾아
냄 (동적 계획법)

5. 수급계획 수립의 결과



- 신재생에너지발전의 증가에 따라 부하지속곡선이 변화하며 이에 따라 화력발전기의 건설 계획 및 발전기 구성비도 변함.
- 신재생에너지발전은 시스템 부하율이 낮아지는 쪽으로 작용하여 미래의 발전기 구성이 변화함.
- 신재생에너지발전은 변동비가 0이지만 신재생에너지발전의 간헐성 때문에 가스터빈발전기가 거의 같은 용량만큼 건설되고 무부하운전하여야 하며 송전선로의 보강이 필요하고 무효 전력공급원이 보강되어야 함.

토론자 약력

• • •

성명	노동석	
소속	에너지경제연구원	
1. 학력		
기간	학교명	전공 및 학위
2010	아주대학교	경제학 박사
2. 주요 경력		
기간	기관명	직위, 직책
현재	에너지경제연구원	선임연구위원, 원자력정책연구실장
2018~현재	전력거래소 분쟁조정위원회	위원
2016~현재	원자력발전전문위원회	위원
2016~2017	전력수급기본계획 설비소위	위원장
2016~2017	방사성 폐기물 관리비용 평가위원회	위원
2015~2017	에너지경제연구원	전력정책연구본부장

토론 요약문

에너지전환정책 성공을 위한 해결과제

• • •

노동석

에너지경제연구원 선임연구위원

에너지전환정책 로드맵을 충실히 반영한 것이 지난 12월 29일 확정·공고된 제8차 전력수급기본계획이다. 로드맵의 주요 골자는 원자력·석탄 포기, 신재생·가스·수요관리 확대다. 이것이 이번 수급계획의 모든 내용 결정했다. 8차 계획은 수요예측결과에 맞추는 공급력 확보 차원의 타당성은 있어 보인다. 그러나 전원믹스에 있어서 신재생·가스의 확대가 가지는 의미와 파장에 대한 고려에 대해서는 충실하지 못한 듯하다. 여러 가지 점들을 지적할 수 있겠으나 신재생 확대에 대한 몇 가지 사항을 논하였다.

첫째, 재생에너지 확대에 따른 계통운영문제가 소홀히 다루어진 측면이 있다. 8차 계획에서 변동성 전원인 태양광, 풍력의 2030년 용량을 51GW로 계획했다. 발전량은 전체의 20%를 목표로 하지만, 설비용량은 최대전력 100.5GW의 50%가 넘는다. 원자력 용량이 2030년 20GW 이므로 경직성 전원과 비급전 전원의 용량이 최대전력의 70% 수준이 된다. 8차 계획에서 이에 대한 대비로 해석될 수 있는 내용은 “재생에너지 변동성 대응을 위한 설비 중심으로 신규 건설”로서 가스터빈 단독운전이 가능한 LNG 3.2GW, 양수 1.4GW, ESS 0.7GW를 고려했다. 세부 내용이 공개되지 않아 판단이 어려우나 계획에 제시된 대비책으로 과연 가능할 것인가 의문이다. 정격용량 174GW 중 순동예비력을 포함한 운전예비력과 GT, 양수 등 대기예비력 그리고 ESS가 결합된 계통운영 세부 분석이 필요하다.

둘째, 국회 에너지소위 보고자료를 통해 8차 계획에 의한 전기요금 인상률 예측치가 제시되었다. 추정 결과의 정확성을 논외로 하면 수급계획의 결과가 공급비용에 미치는 영향을 국민들에게 보여준다는 것은 일단 바람직한 변화로 평가된다. 목표 수요기준 2030년까지의 전기요금 예상 인상률은 10.9%이다. 여기에서 비용계산의 전제인 신재생의 2030년 비용하락 폭 35.5%는 과도하다는 평가를 받고 있다. 신재생의 발전비용 하락 추세를 감안하더라도 신재생 정책이 바이오·폐기물 중심에서 이보다 비싼 태양광·풍력(해상풍력 포함)으로 변화하고, 준공시점의 신재생 비용이 장기적으로도 영향을 미치기 때문에 신재생의 평균발전비용은 낮아지지 않기 때-

문이다. 여기에 신재생의 확대에 따른 전력계통 운영비(밸런싱), 백업설비 비용, 송·배전망 확충비용도 불포함하고 있다는 지적도 있다. 요금 인상폭 계산전제와 과정이 공개되어 적성성에 대한 활발한 논의가 필요하다.

셋째, 재생에너지 확대에 따른 전력시장 정산문제는 고려되지 않고 있다. 재생에너지는 변동비가 '0'이므로 발전비중이 증가하면 도매 전력가격은 폭락한다. 독일을 비롯하여 재생에너지가 많은 유럽, 미국 등에서 자주 경험하고 있는 현상이다. 재생에너지 발전이 증가하면 일반발전기들은 출력을 낮춰야 한다. 반대로 재생에너지 발전이 감소하면 출력을 높여야 한다. 그래야 전력수급을 맞출 수 있기 때문이다. 이렇게 되면 가스발전사업자들은 출력의 급변동에 대비해야 하는 한편 수익의 감소 역시 감수해야 한다. 재생에너지 발전이 더 늘어나면 석탄발전의 경우도 예외일 수 없다. 석탄발전으로 부하추종(load following) 운전을 하고 있는 독일이 그렇다. 독일의 발전사업자들이 적자에 허덕이는 이유다. 지금의 정산방식에 의존하여 원활한 전력시장 운영은 불가능하다. 이에 대한 대비책도 늦지 않게 마련되어야 한다.

결론적으로 재생에너지 확대 정책에 따른 파급영향은 계통운영, 전기요금, 전력시장의 운영 측면에서 막대하게 발생할 수 있다. 이에 대해 국민들에게 알리고 대비책이 마련되어야 한다.

토론자 약력

성명	성창모	
소속	고려대학교 그린스쿨 초빙교수	
1. 학력		
기간	학교명	전공 및 학위
1975~1979	서울대학교	금속공학 학사
1979~1981	서울대학교	금속공학 석사
1982~1984	The Ohio State University	재료공학 석사
1984~1988	Lehigh University	재료공학 박사
2. 주요 경력		
기간	기관명	직위, 직책
2016~현재	고려대 그린스쿨 대학원	초빙교수
2016~현재	TEC UNFCCC	Expert Member
2015~2017	국무총리실녹색성장위원회	정책분과 위원장
2014~현재	외교부 장관 정책자문위원회	경제외교분과 위원
2013~2016	녹색기술센터	소장
2006~2012	주)효성 기술원	기술원장, 사장
2004~현재	한국과학기술한림원	정책학부 정회원
2004~2006	부산, 인제대학교	총장
1992~2004	미국 매사추세츠 주립대학 화공핵공학과	교수(종신)
1989~1992	미국 Osram-Sylvania 중앙기술원	책임연구원

토론 요약문

• • •

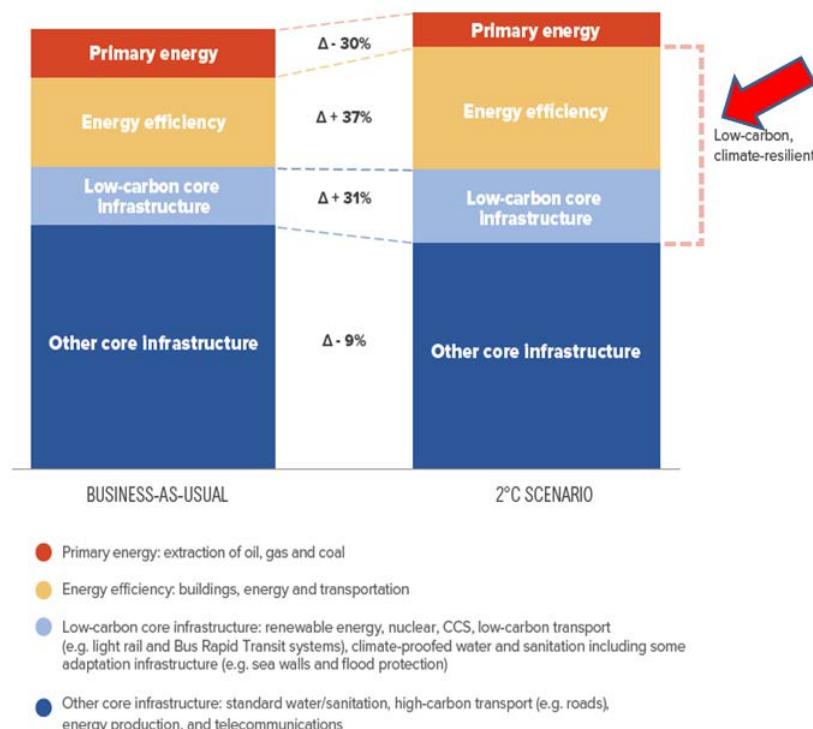
성창모

정책학부 정회원(고려대학교)

오늘 최기련교수님과 이은철교수님의 발제 발표에서 에너지전환 정책수립을 위한 근본적인 문제점 분석과 대안이 분명하게 제시되었다. 특히 최교수님의 전력수급 정책 리뷰, 원자력발전과 신재생발전의 에너지믹스 전략, 그리고 현재 ‘신재생3020’ 정책에 대한 제약요소와 차선대비책에 대하여 대부분 동의한다.

본인은 이 에너지전환정책을 UNFCCC 글로벌관점에서, 즉 파리협정에 근거한 온실가스감축과 에너지전환 그리고 과학기술 측면에서 다음의 그림을 인용하여 제안하고자 한다.

Change in infrastructure spending required for a 2°C scenario
(percentage change in expenditure over 2015-2030 compared to Business-as-Usual)



출처: Global Commission on the Economy and Climate, 2016

한림원탁토론회는...

•••

한림원탁토론회는 국가 과학기술의 장기적인 비전과 발전전략을 세우고, 동시에 과학기술 현안 문제에 대한 해결방안을 모색하기 위한 목적으로 개최되고 있는 한림원의 대표적인 정책토론회입니다.

지난 1996년 처음 개최된 이래 지금까지 100여회에 걸쳐 초중등 과학교육, 문·이과 통합문제, 국가발전에 미치는 기초과학 등 과학기술분야의 기본문제는 물론 정부출연연구소의 발전방안, 광우병의 진실, 방사능, 안전 방제 등 국민생활에 직접 영향을 미치는 문제에 이르기까지 광범위한 주제를 다루고 있습니다.

한림원은 과학기술 선진화에 걸림돌이 되는 각종 현안문제 중 중요도와 시급성에 따라 주제를 선정하고, 과학기술 유관기관의 최고책임자들을 발제자로 초빙하여, 한림원 석학들을 비롯해 산·학·연·정의 전문가들이 심도 깊게 토론을 진행하고 있습니다.

토론후에는 책자로 발간, 정부, 국회와 관련기관에 배포함으로써 정책 개선방안을 제시하고 정책 입안자료를 제공하여 여론 형성에 기여하도록 힘쓰고 있습니다.

■ 한림원탁토론회 개최실적 (1996년 ~ 2018년) ■

회수	일자	주제	발제자
1	1996. 2. 22.	초중등 과학교육의 문제점	박승재
2	1996. 3. 20.	과학기술분야 고급인력의 수급문제	서정현
3	1996. 4. 30.	산업계의 연구개발 걸림돌은 무엇인가?	임효빈
4	1996. 5. 28.	과학기술 행정과 제도, 무엇이 문제인가?	박우희
5	1996. 7. 9.	연구개발 평가제도, 무엇이 문제인가?	강계원

회수	일자	주제	발제자
6	1996. 10. 1.	정부출연연구소의 역할과 기능에 대하여	김훈철
7	1996. 11. 4.	21세기 과학기술비전의 실현과 정치권의 역할	김인수
8	1997. 2. 25.	Made in Korea, 무엇이 문제인가?	채영복
9	1997. 4. 2.	산업기술정책, 무엇이 문제인가?	이진주
10	1997. 6. 13.	대학교육, 무엇이 문제인가?	장수영
11	1997. 7. 22.	대학원 과학기술교육, 무엇이 문제인가?	김정욱
12	1997. 10. 7.	과학기술 행정체제, 무엇이 문제인가?	김광웅
13	1998. 1. 22.	IMF, 경제위기 과학기술로 극복한다.	채영복
14	1998. 3. 13.	벤처기업의 활성화 방안	김호기, 김영대, 이인규, 박금일
15	1998. 5. 29.	국민의 정부의 과학기술정책	강창희
16	1998. 6. 26.	정보화시대의 미래와 전망	배순훈
17	1998. 9. 25.	과학기술정책과 평가제도의 문제	박익수
18	1998. 10. 28.	경제발전 원동력으로서의 과학기술의 역할	김상하
19	1999. 2. 12.	21세기 농정개혁의 방향과 정책과제	김성훈
20	1999. 3. 26.	지식기반 경제로의 이행을 위한 경제정책 방향	이규성
21	1999. 5. 28.	과학기술의 새천년	서정욱
22	1999. 9. 10.	신 해양시대의 해양수산정책 발전방향	정상천
23	2000. 2. 10.	21세기 환경기술발전 정책방향	김명자
24	2000. 4. 14.	경제발전을 위한 대기업과 벤처기업의 역할	김각중

회수	일자	주제	발제자
25	2000. 6. 16.	과학·기술방전 장기 비전	임관
26	2000. 9. 15.	국가 표준제도의 확립	김재관
27	2000. 12. 1.	국가 정보경쟁력의 잣대: 전자정부	이상희
28	2001. 5. 4	환경위기 극복과 지속가능 경제발전을 위한 과학 기술개발전략	박원훈, 류순호, 문길주, 오종기, 한무영, 한정상
29	2001. 7. 18	국가 과학기술발전에 미치는 기초과학의 영향	임관, 명효철, 장수영
30	2001. 9. 21	산업계에서 원하는 인재상과 공학교육의 방향	임관, 한송엽
31	2001. 10. 31	적조의 현황과 앞으로의 대책	홍승룡, 김학균
32	2001. 12. 5	광우병과 대책	김용선, 한홍율
33	2002. 7. 19	첨단기술 (BT,ET,IT,NT)의 실현을 위한 산업화 대책	한문희, 이석한, 한송엽
34	2002. 9. 13	우리나라 쌀 산업의 위기와 대응	이정환, 김동철
35	2002. 11. 1	생명윤리 - 과학 그리고 법: 발전이냐 규제냐?	문신용, 이신영
36	2003. 3. 14	과학기술분야 졸업생의 전공과 직업의 연관성	조황희, 이만기
37	2003. 6. 18	국내 농축산물 검역현황과 발전방안	배상호
38	2003. 6. 27	대학과 출연연구소간 연구협력 및 분담	정명세
39	2003. 9. 26	그린에너지 기술과 발전 방향	손재익, 이재영, 홍성안
40	2004. 2. 20	미래 고령사회 대비 국가 과학기술 전략	오종남
41	2004. 10. 27	고유가시대의 원자력 이용	정근모
42	2004. 12. 7	농산물 개방화에 따른 국내 고추산업의 현황과 발전전략	박재복
43	2005. 9. 30	과학기술윤리	송상용, 황경식, 김환석

회수	일자	주제	발제자
44	2005. 11. 25	과학기술용어의 표준화 방안	지제근
45	2005. 12. 1	융합과학시대의 수학의 역할 및 수학교육의 방향	정근모, 최형인, 장준근
46	2005. 12. 15	해양바이오산업, 왜 중요한가?	김세권, 김동수
47	2006. 11. 7	첨단과학시대의 교과과정 개편방안	박승재
48	2006. 12. 22	과학기술인 복지 증진을 위한 종합 대책	설성수
49	2007. 6. 29	선진과학기술국가 가능한가? – Blue Ocean을 중심으로	김호기
50	2007. 11. 9	우리나라 수학 및 과학교육의 문제점과 개선방향	김도한, 이덕환
51	2008. 5. 9	태안반도 유류사고의 원인과 교훈	하재주
52	2008. 5. 8	광우병과 쇠고기의 안전성	이영순
53	2008. 6. 4	고병원성조류인플루엔자(AI)의 국내외 발생양상과 우리의 대응방안	김재홍
54	2008. 10. 8	High Risk, High Return R&D, 어떻게 해야 하는가?	김호기
55	2008. 11. 11	식량위기 무엇이 문제인가?	이정환
56	2008. 12. 11	초중고 수학 과학교육 개선방안	홍국선
57	2008. 12. 17	우리나라 지진재해 저감 및 관리대책의 현황과 개선방안	윤정방
58	2009. 2. 19	21세기 자식재산 비전과 실행 전략	김영민
59	2009. 3. 31	세계주요국의 나노관련 R&D 정책 및 전략분석과 우리의 대응전략	김대만
60	2009. 7. 20	국가 수자원 관리와 4대강	심명필
61	2009. 8. 28	사용후핵연료 처리 기술 및 정책 방향	송기찬, 전봉근
62	2009. 12. 16	세종시와 국제과학비즈니스밸트	이현구

회수	일자	주제	발제자
63	2010. 3. 18	과학도시와 기초과학 진흥	김중현
64	2010. 6. 11	지방과학기술진흥의 현황과 과제	정선양
65	2011. 2. 28	국제과학비지니스벨트와 기초과학진흥	민동필, 이충희
66	2011. 4. 1	방사능 공포, 오해와 진실	기자회견
67	2012. 11. 30	융합과학/융합기술의 본질 및 연구방향과 국가의 지원시스템	이은규, 여인국
68	2013. 4. 17	한미원자력협정 개정협상에 거는 기대와 희망	문정인
69	2013. 6. 11	통일을 대비한 우리의 식량정책 이대로 좋은가?	이철호
70	2013. 7. 9	과학기술중심사회를 위한 과학기술원로의 역할과 의무	이원근
71	2013. 7. 22	대학입시 문·이과 통합, 핵심쟁점과 향후 과제는?	박재현
72	2014. 1. 17	국가안보 현안과제와 첨단과학기술	송대성
73	2014. 3. 4	융합과학기술의 미래 – 인재교육이 시작이다	강남준, 이진수
74	2014. 5. 9	과학기술연구의 새 지평 젠더혁신	이혜숙, 조경숙, 이숙경
75	2014. 5. 14	남북한 산림협력을 통한 한반도 생태통일 방안은?	김호진, 이돈구
76	2014. 5. 22	창조경제와 과학기술	이공래, 정선양
77	2014. 5. 29	재해·재난의 예방과 극복을 위한 과학기술의 역할은?	이원호, 윤정방
78	2014. 6. 10	벼랑 끝에 선 과학·수학 교육	정진수, 배영찬
79	2014. 6. 14	문학과 과학, 그리고 창조경제	정종명, 최진호
80	2014. 6. 25	‘DMZ세계평화공원’과 남북과학기술협력	정선양, 이영순, 강동완
81	2014. 7. 24	국내 전통 발효식품산업 육성을 위한 정책 대안은?	신동화

회수	일자	주제	발제자
82	2014. 9. 17	'과학기술입국의 꿈'을 살리는 길은?	손경한, 안화용
83	2014. 9. 30	한국 산업의 위기와 혁신체제의 전환	이근
84	2014. 11. 14	경제, 사회, 문화, 산업 인프라로서의 사물인터넷(IoT): 그 생태계의 실현 및 보안방안은?	김대영, 김용대
85	2014. 11. 28	공유가치창출을 위한 과학기술의 나아갈 길은? 미래식품과 건강	권대영
86	2014. 12. 5	창발적 사고와 융합과학기술을 통한 글로벌 벤처 생태계 조성 방안	허석준, 이기원
87	2015. 2. 24	구제역·AI의 상재화: 정부는 이대로 방지할 것인가?	김재홍
88	2015. 4. 7	문·이과 통합 교육과정에 따른 과학·수학 수능개혁	이덕환, 권오현
89	2015. 6. 10	이공계 전문가 활용 및 제도의 현황과 문제점	이건우, 정영화
90	2015. 6. 25	남북 보건의료 협정과 통일 준비	신희영, 윤석준
91	2015. 7. 1	메르스 현황 및 종합대책	이종구
92	2015. 7. 3	'정부 R&D 혁신방안'의 현황과 과제	윤현주
93	2015. 9. 14	정부 R&D예산 감축과 과학기술계의 과제	문길주
94	2015. 10. 23	사회통합을 위한 과학기술 혁신	정선양, 송위진
95	2015. 11. 4	생명공학기술을 활용한 우리나라 농업 발전방안	이향기, 박수철, 곽상수
96	2015. 11. 9	유전자기위 기술의 명과 암	김진수
97	2015. 11. 27	고령화사회와 건강한 삶	박상철
98	2015. 12. 23	따뜻한 사회건설을 위한 과학기술의 역할: 국내외 적정기술을 중심으로	박원훈, 윤제용
99	2016. 2. 29	빅데이터를 활용한 의료산업 혁신방안은?	이동수, 송일열, 유희준
100	2016. 4. 18	대한민국 과학기술; 미래 50년의 도전과 대응	김도연

회수	일자	주제	발제자
101	2016. 5. 19	미세먼지 저감 및 피해방지를 위한 과학기술의 역할	김동술, 박기홍
102	2016. 6. 22	과학기술강국, 지역 혁신에서 답을 찾다	남경필, 송종국
103	2016. 7. 6	100세 건강과 장내 미생물 과학! 어디까지 왔나?	김건수, 배진우, 성문희
104	2016. 7. 22	로봇 기술과 미래	오준호
105	2016. 8. 29	융합, 융합교육 그리고 창의적 사고	김유신
106	2016. 9. 6	분노조절장애, 우리는 얼마나 제대로 알고 있나?	김재원, 허태균
107	2016. 10. 13	과학기술과 미래인류	이광형, 백종현, 전경수
108	2016. 10. 25	4차 산업혁명시대에서 젠더혁신의 역할	이우일, 이혜숙
109	2016. 11. 9	과학기술과 청년(부제: 청년 일자리의 현재와 미래)	이영무, 오세정
110	2017. 3. 8	반복되는 구제역과 고병원성 조류인플루엔자, 정부는 이대로 방치할 것인가?	류영수, 박최규
111	2017. 4. 26	지속가능한 과학기술 혁신체계	김승조, 민경찬
112	2017. 8. 3	유전자교정 기술도입 및 활용을 위한 법·제도 개선방향	김정훈
113	2017. 8. 8	탈원전 논란에 대한 과학자들의 토론	김경만, 이은철, 박홍준
114	2017. 8. 11	새롭게 도입되는 과학기술혁신본부에 바란다	정선양, 안준모
115	2017. 8. 18	ICT 패러다임을 바꿀 양자통신, 양자컴퓨터의 부상	허준, 최병수, 김태현, 문성욱
116	2017. 8. 22	4차 산업혁명을 다시 생각한다	홍성욱, 이태억
117	2017. 9. 8	살충제 계란 사태로 본 식품안전관리 진단 및 대책	이향기, 김병훈
118	2017. 11. 17	미래 과학기술을 위한 정책입법 및 교육, 어떻게 해야 하나?	박형욱, 양승우, 최윤희

■ ■ 제123회 한림원탁토론회 '에너지전환정책, 과학기술자 입장에서 본 성공여건'

회수	일자	주제	발제자
119	2017. 11. 28	여성과기인 정책 업그레이드	민경찬, 김소영
120	2017. 12. 8	치매국가책임제, 과학기술이 어떻게 기여할 것인가?	김기웅, 뮤인희
121	2018. 1. 23.	항생제내성 수퍼박테리아! 어떻게 잡을 것인가?	정석훈, 윤장원, 김홍빈
122	2018. 2. 6	신생아 중환자실 집단감염의 발생원인과 환자안전 확보방안	최병민, 이재갑, 임채만, 천병철, 박은철

MEMO

MEMO

MEMO

MEMO

www.kast.or.kr

본 사업은 과학기술진흥기금 및 복권기금의 지원으로 시행되고 있습니다.