세계원전시장 인사이트

Biweekly
| 격주간 |
2019.01.11

World Nuclear Power Market Insight

원전이슈_ 03

- 원전수출 특성과 경쟁력 제고 방안
  1. 해외 원전산업 현황
  2. 원전수출의 특성
  3. 원전수출 경쟁력 제고 방안

주요단신_ 14

- 북미
  - Santee Cooper, V.C. Summer 건설 파트너인 SCE&G에 민사소송 제기
  - Connecticut 州, 2기 원전을 포함한 전력구매계약 대상 발전원 발표
  - Bloomberg: 원자력은 기후변화 해결책의 일환이 될 수 있다
  - 캐나다 Pickering 원전, 운전수 조작 실수로 가동 정지
- 유럽
  - 독일, 2018년 처음으로 재생에너지 발전량이 석탄 발전량 추월
  - 영국, 2018년 재생에너지 발전량 약 33% 차지
  - 영국 지역사회, 정부로부터 심지층처분장(GDF) 유치 위한 기금 제안 받아
  - 스위스 제네바, 프랑스 Bugey 원전에 신규 법적 소송 제기
  - 러시아, Leningrad 원전 1호기 영구 폐쇄
- 아시아
  - 중국 연구진, 중국 원전 밀집 지역에 쓰나미 발생 증거 발견
  - 인도, 2031년까지 21기 원자로 가동 예정
  - JAEA, 79개 원자력 관련 시설 폐지 비용 1.9조 엔 전망
  - 일본 에히메(愛媛)현, 이카타원전 사용후핵연료에 과세
  - IEEJ, 2019년도 에너지수급전망 발표

에너지경제연구원
Korea Energy Economics Institute

세계 원전시장 인사이트

격주간 | 2019.01.11

World Nuclear
Power Market Insight

발행인 조용성

편집인

노동석	dsroh@keei.re.kr	052-714-2278	조성진 chosj0327@keei.re.kr	052-714-2224
박찬국	green@keei.re.kr	052-714-2236	박우영 parkw@keei.re.kr	052-714-0221
조주현	joohyun@keei.re.kr	052-714-2035	이대연 dylee@keei.re.kr	052-714-2215
한지혜	jhhan@keei.re.kr	052-714-2089	김유정 yjkim@keei.re.kr	052-714-2294
김우석	wskim@keei.re.kr	052-714-2074		

디자인·인쇄 (사)한국척수장애인협회 031-424-9347

본 간행물은 한국수력원자력(주) 정책과제의 일환으로 발행되었습니다.

원전수출 특성과 경쟁력 제고 방안

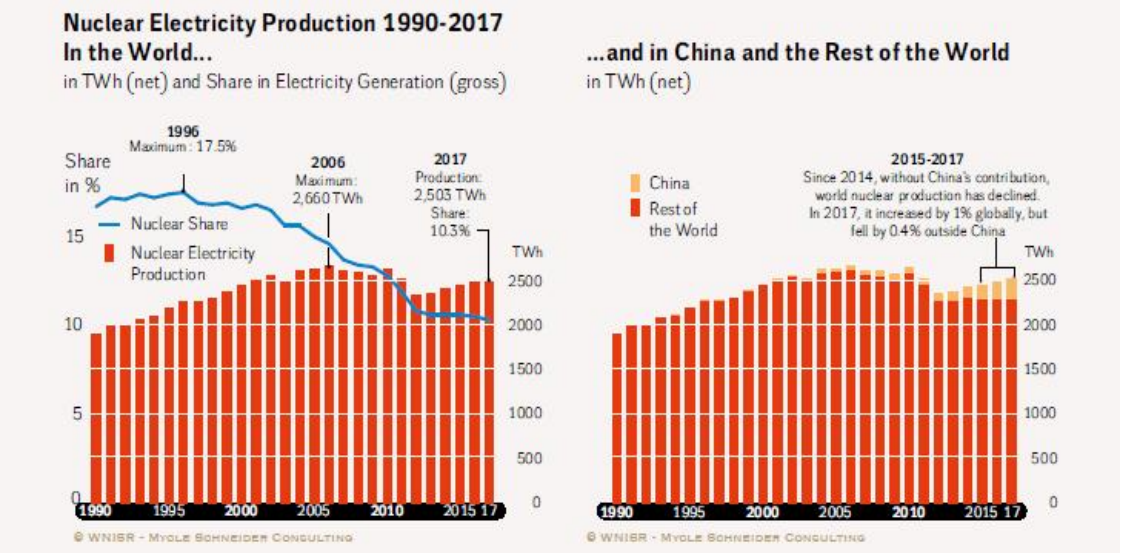
장희선 부연구위원(heesun.jang@keei.re.kr)

1. 해외 원전산업 현황

■ 2018년 7월 기준 31개 국가에서 413기의 원전이 가동 중이며, 총 설비용량은 363GW로 2017년 전체 발전량의 10.3%에 해당하는 2,503TWh를 생산하였음.

- [그림 1]을 보면 전체 발전량에서 원자력의 비중은 1996년 17.5% 이후 지속적으로 감소하고 있는 한편, 발전량은 후쿠시마 원전사고 직후인 2012년 최저점 이후 증가하는 추세임.
- 다만, 중국을 제외한 나머지 국가에서는 발전량도 감소하는 추세로, 2016년 대비 2017년 전체 원자력 발전량은 1% 증가하였으나 중국을 제외하면 0.4% 감소하였음.

[그림 1] 해외 원자력발전 현황

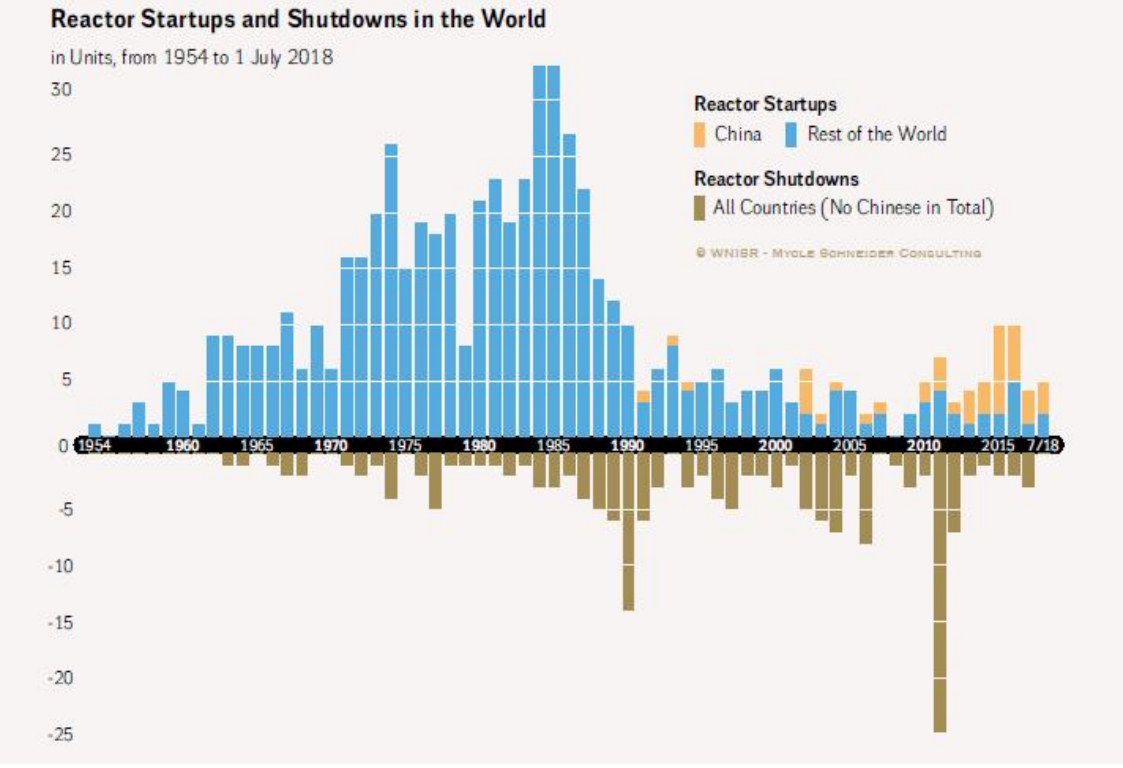


자료: The World Nuclear Industry Status Report 2018의 Figure 1

- 원전을 가동 중인 31개 국가 중 미국, 프랑스, 중국, 러시아, 한국 등 5개 국가의 비중이 전체 원자력 발전의 70%에 해당하며, 특히 중국은 원자력발전을 지속적으로 확대하여 2002년 15위에서 2016년 3위로 상승하였음.

■ [그림 2]를 보면 2011년부터 2018년 7월까지 신규원전 48기 중 29기가 중국의 원전이며, 동 기간 중 원전 42기가 폐지 결정되어 전체적으로는 6기가 증가하였음.

[그림 2] 해외 신규 및 폐기 원전 현황

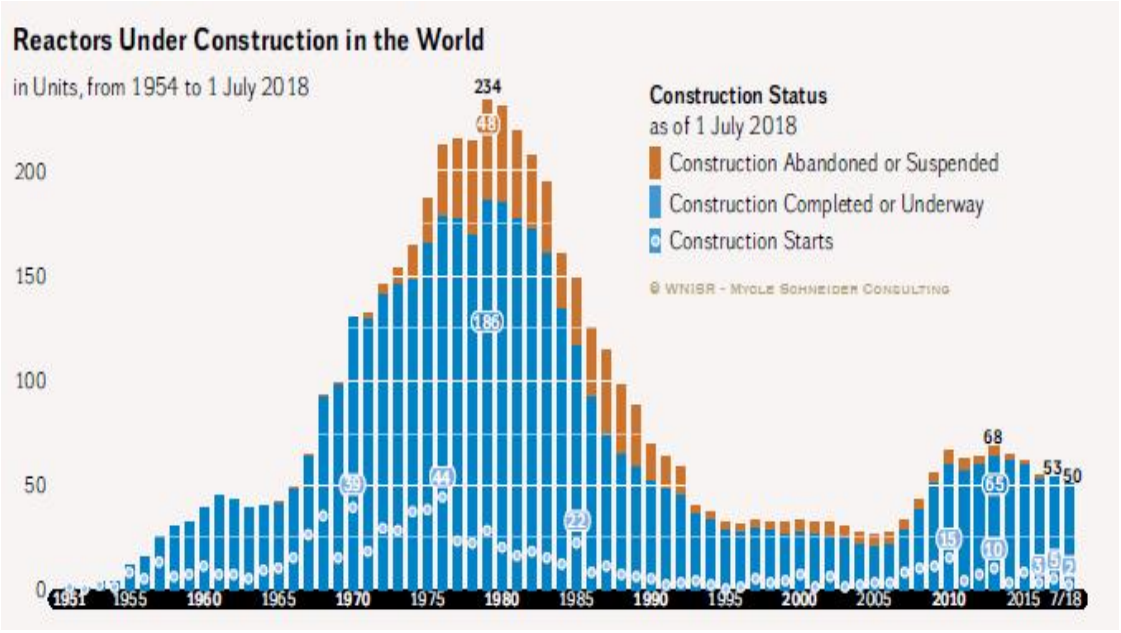


자료: The World Nuclear Industry Status Report 2018의 Figure 4

■ [그림 3]을 보면 2018년 7월 현재 15개국에서 원전 50기가 건설 중에 있으며, 중국 16기, 인도 7기, 러시아 5기 등 대부분이 아시아와 동유럽 국가들임.

- 2018년에는 러시아 1기, 터키 1기 등 총 2기가 건설을 시작하였는데, 2기 모두 러시아 기업이 건설 중임.
- 현재 건설 중인 50기는 지난 10여 년 동안 가장 낮은 수치인 것으로 나타남.

[그림 3] 해외 원전 건설 현황



자료: The World Nuclear Industry Status Report 2018의 Figure 6

■ 현재 건설 계획(planned) 중인 신규원전은 약 170기이며 건설 제안(proposed) 중인 신규원전은 약 370기로 파악됨.

- 건설 계획 중인 신규원전 중 중국이 41기로 가장 많으며, 러시아 26기, 인도 20기, 미국과 영국이 각각 16기임.
- 자체기술을 보유하거나 사업자가 선정되지 않은 국가들 중 신규원전 건설에 대해 사업자가 부분적으로 선정된 국가는 아르헨티나, 인도, 벨라루스 등이며, 신규원전 건설 계획은 있지만 사업자가 미선정되거나 계획이 구체화되지 않은 국가는 멕시코, 브라질, 인도네시아, 파키스탄, 베트남, 필리핀, 사우디아라비아, 남아공, 리투아니아, 불가리아, 아르메니아, 네덜란드, 슬로베니아, 체코, 폴란드, 슬로바키아, 우크라이나로 파악됨.

〈표 1〉 신규원전 건설 계획 현황

구분	북미	남미	아시아	중동	아프리카	유럽
자체기술 보유	캐나다 미국		중국 일본			러시아 프랑스
사업자 선정			방글라데시 아르메니아 카자흐스탄	이란 요르단 UAE	이집트	루마니아 헝가리 영국 핀란드
사업자 부분 선정		아르헨티나	인도			벨라루스
사업자 혹은 상세계획 미정	멕시코	브라질	인도네시아 파키스탄 베트남 필리핀	사우디 아라비아	남아공	리투아니아 불가리아 아르메니아 네덜란드 슬로베니아 체코 폴란드 슬로바키아 우크라이나

■ 이와 같은 상황을 종합하면, 향후 해외 원전산업은 시장자체가 확대될 것이라 보기는 어려우나 신규원전 건설 수요는 꾸준히 나타날 것으로 보여 원전수출에 대한 기회는 여전히 존재함.

■ 다만, 대부분의 원전 도입 희망국이 대부분 아시아나 동유럽 국가이고 중국, 러시아 등 주요 원전수출국들이 다양한 분야의 국력을 체계적으로 결집하여 해당 지역에서 경쟁력을 강화하고 있는 것을 볼 때, 우리나라도 원전을 계획 중인 나라들을 만족시킬 수 있는 전략에 대한 고민이 필요함.

- 특히, 다음에서 논의하는 바와 같이 신규원전 수요가 높은 아시아 및 동유럽 국가는 신규원전 건설에 대한 대규모 재원조달이나 자본투자를 요구하고 있으며, 또한 원전건설과 더불어 원전도입국에 필요한 인프라 구축 등 다양한 패키지딜 방식의 계약을 요구하고 있음.

2. 원전수출의 특성

1) 고위험 장기간 사업

■ 기술적으로 원전의 건설기간은 5년 내외로 알려져 있으나, 통계적으로 약 70%의 사업이 부지확보, 건설허가, 재원조달 등으로 인해 건설 지연경험이 있음.

■ 이에 따라 실제 신규원전의 건설기간은 평균 10년으로 보고되는데, 〈표 2〉를 보면 한국과 중국, 일본의 평균 건설기간은 5.1~6년인 반면 러시아, 아르헨티나, 이란, 미국 등은 24~43.5년으로 국가 간 편차가 큼.

〈표 2〉 국가별 신규 원전건설 기간

Construction Times of 53 Units Started-up 2008-7/2018				
Country	Units	Construction Time (in Years)		
		Mean Time	Minimum	Maximum
China	31	6.0	4.1	11.2
Russia	7	24.0	8.1	35.1
India	5	9.8	7.2	14.2
South Korea	5	5.3	4.1	7.2
Pakistan	3	5.4	5.2	5.6
Argentina	1	33.0	33.0	
Iran	1	36.3	36.3	
Japan	1	5.1	5.1	
USA	1	43.5	43.5	
World	53	10.1	4.1	43.5

자료: The World Nuclear Industry Status Report 2018의 Table 2

■ 신규원전의 건설비용도 점점 증가하는 추세임. 예를 들어, 핀란드 TVO의 Olkiluto 3호기 건설의 경우 2003년 계약가격은 48억 달러였지만 공기가 지연되면서 2012년 100억 달러로 증가하였음. 프랑스 Flamanville의 3호기 건설의 경우 2006년 계약가격 58억 달러에서 2015년 118억 달러로 증가하였음. 미국 VC Summer 2,3호기 건설도 2008년 계약가격 98억 달러에서 2015년 120억 달러로 상승함.

〈표 3〉 건설비용 증가 사례

프로젝트	노형	계약금 (십억$)	계약 년도	계약 내용	설명
TVO Olkiluoto 3	EPR	$4.80	2003	1 EPR all-inclusive + first core	Update Cost(2012): $10 billion
EDF Flamanville 3	EPR	$5.85	2006	1 EPR all-inclusive	Update Cost(2015): $11.8 billion
CGN Taishan 1&2	EPR	$10	2007	2 EPR nuclear islands and fuel supply	Update Cost(2014): $11.6 billion both units
SCE&G VC Summer 2&3	AP1000	$9.80	2008	2 AP1000s all-inclusive	Update Cost(2015): $12 billion
Turkey Akkuyu 1,2,3&4	VVER	$20	2010	4 VVER-1000 all-inclusive	Update Cost(2015): $20 billion
Hinkley Point C	EPR	$25	Pending	2 EPR all-inclusive	Update Cost(2015): $33 billion

출처: Nuclear Industry Value Chain, UxC Consulting Services, 2016

2) 대규모 재원조달 요구

■ 원전수출은 원전의 안정적인 건설과 운영을 수입국에 담보로 하고 있으며, 건설과 운영기간이 총 50~70년에 달하기 때문에 원전수출국과 사업자의 국제적인 신인도가 절대적인 영향을 주고 있음.

■ 또한 원전수입국의 여건에 따라 원전수출국 또는 사업자에게 재원조달 및 지속적인 기술지원과 투자를 요구하는 경우가 많으며, 원전건설과 더불어 국가차원에서의 패키지딜 구성이 원전수출의 중요한 요소가 되고 있음.

- 해외 원전사업은 단순 건설 후 인도하는 EPC(Engineering, Procurement, Construction) 방식에서 원전공급자가 대규모 재원조달과 자본투자도 책임져야 하는 복합적인 사업방식으로 변화하고 있으며, 러시아와 중국은 막강한 자금력을 바탕으로 세계 원전수출을 적극 공략하고 있음.

〈표 4〉 러시아 및 중국 재원조달 사례

국가	수주 대상국 (Project)	사업비 (USD)	재원조달 규모 (USD)
러시아	방글라데시 (Rooppur 1&2)	12.65 Bn	11.4 Bn 저금리 차관
	헝가리 (Paks 5&6)	12.5 Bn	10 Bn 저금리 차관
	이집트 (El-Dabaa 1~4)	29.4 Bn	25 Bn 저금리 차관
중국	파키스탄 (Chasma 3&4)	2.37 Bn	1.9 Bn
	아르헨티나 (Atucha 3)	5.99 Bn	5.1 Bn

출처: 한국전력

■ 신규원전 계약은 기업 간 계약에서 정부 간 협약으로 변화하고 있는 상황으로, 범정부 차원에서 패키지딜 구성이 원전수출의 중요한 요소가 되고 있음. 〈표 5〉와 같이 러시아와 중국은 정부의 강력한 지원을 바탕으로 원전수출 뿐만 아니라 원전도입국의 다양한 필요를 충족시킬 수 있는 패키지딜을 제시하여 수출 경쟁력을 높이고 있는 상황임.

〈표 5〉 러시아 및 중국 패키지딜 사례

국가	대상국	패키지 제안사례
러시아	베트남	원전건설, 국방(공군기지 조성, 전투기/헬기 판매), 농업, 금융, 천연자원개발 분야 협력강화
	인도	원전건설, 인도가스공사와 20년간 LNG 공급에 대한 계약체결, 러시아가 설계한 전투기/수송기 공동제작
	이란	철도, 화력발전 건설 및 50억 달러 규모 차관제공 발표
중국	이란	자유무역구 개설, 고속철도 및 원전프로젝트 협력논의
	사우디	3대 첨단 분야(원자력, 위성, 신에너지) 신성장동력으로 삼는 1+2+3 협력구도 가속화 협의
	영국	① 시진핑 주석 방문 시 원전건설/금융/부동산/최첨단 과학기술 등 20개 부문, 300억 파운드 규모 협력협정 체결 ② 동시에 양국간 통화스와프 규모 확대, 금융서비스 플랫폼 구축 등 협의

출처: 한국전력

3) 원전공급자간 전략적 제휴

■ 원전수출역량을 갖춘 국가들은 미국, 캐나다, 프랑스, 러시아, 일본 등 몇 개 국가에 한정되어 있는데, 이들 국가들은 서로 간의 전략적 제휴를 통해 대형화하여 경쟁력을 높이고 있음.

■ (Rosatom) 러시아는 440여개 원전기업 및 기관을 통합하여 원자력에 대한 정부 통제력을 확보하고 투자를 촉진하였음. 수주활동은 다음과 같음.

〈표 6〉 Rosatom 수주 사례

대상국가	수주활동	계약
터키 Akkuyu 1~4 (4기)	Akkuyu 신규원전 건설관련 양국 정상간 IGA 체결('10.5) VVER1200 4기 BOO(Build-Own-Operate), 자금/비용(220억 달러규모) 일체지원 연료/장비공급, 2년 품질보증 + 3년 관리감독	계약 ('10.5)
아르메니아 Metsamor 3 (1기)	최소 1기 신규원전 건설관련 양국 IGA 체결('10.8) VVER1000 최소 1기 사업비 50억 달러 중 일부(최소 35% 이상) 지원 연료공급 및 발전소 폐로지원	계약 ('10.8)
중국 Tianwan 3&4 (2기)	장수핵전공사-Atomstroyexport 간 건설계약 체결('10.9) 3호기('12.12 착공), 4호기('13.9 착공) VVER1200 2기 사업비 50억 달러 중 30%(약 16.5억 달러) 지원	계약 ('10.9)

대상국가	수주활동	계약
베트남 Ninh Thuan 1-1&2 (2기)	Ninh Thuan 1-1&2 건설을 위한 IGA 체결('10.10) VVER1200 2기 사업비 110억 달러 중 현물포함 최대 90억달러 지원 연료공급 및 사용후 핵연료 처리 무기판매를 비롯한 군사협력 제공	계약 ('10.10)
방글라데시 Rooppur 1&2 (2기)	Rosatom-방글라데시 원자력위원회(BAEC)간 원전건설 계약 체결('11.2) 원전건설 협력에 관한 정부간 IGA 체결('11.11) VVER1200 2기 사업비 127억 달러 중 90%(약 114억 달러) 규모 차관제공 연료공급 및 사용후핵연료 처리	계약 ('11.2)
벨라루스 Ostrovet 1&2 (2기)	원전건설관련 IGA 체결('11.3) AtomstroyExport-벨라루스 Nuclear Power plant construction direcarate 간 Priliminary 턴키 건설계약 체결('11.10) 1호기('13.11 착공), 4호기('14.5 착공) VVER1200 2기 사업비 127억 달러 중 90%(약 114억 달러) 규모 차관제공 연료공급 및 사용후핵연료 처리	계약 ('11.3)
핀란드 Hanhikivi 1 (1기)	Rosatom Overseas-Fennovoima 간 원전 공급계약 체결('13.12) VVER1200 1기 사업추진을 위한 JV인 Fennovoima 사 지분 참여(34%) 10년간 연료공급	계약 ('13.12)

출처: 한국전력

■ (SPIC-Westinghouse) 중국 SPIC는 AP1000 노형 건설 및 기술이전 협정 등에 기반한 Westinghouse와의 협력을 바탕으로 해외진출을 도모하였으며, 중국의 원전기술에 대한 불신을 희석시키고 해외시장에 공동 진출한 사례로 평가됨.

〈표 7〉 SPIC-Westinghouse 수주 사례

대상국가	수주활동	계약
터키 Igneada 1~4 (4기)	터키전력공사(EUAS)-SPIC-WEC 3자간 터키 제3원전(4기) 건설 관련 독점적 협상을 위한 협정체결. 이는 AP1000 2기+CAP1400 2기 운영, 정비, 폐로 등 모든 Lifecycle Activity 포함('14.11)	계약 ('14.11)

출처: 한국전력

■ (CNNC/CGN-CANDU) 중국의 CNNC와 CGN은 자국내 CANDU 노형 건설 경험을 기반으로 해외진출을 도모하였음. 자금과 기자재, 사업관리 등에 대해 중국이 주계약자로 역할을 하고 캐나다의 CANDU 노형을 사용함.

〈표 8〉 CNNC/CGN-CANDU 수주 사례

대상국가		수주활동	계약
CNNC	아르헨티나 Atucha 3* (1기)	Atucha 3 건설협력에 대한 정상간 체결('14.7) Commercial Framework 계약 체결('14.9) CNNC-NASA(아르헨티나 원자력공사) 간 Atucha 3 사업에 Comercial & Techical Contract 체결('15.11) CNNC(Main Contractor) : 기자재, 기술, 서비스 지원 중국측 20억달러 규모 재원조달 조건 CANDU(Subcontractor) : 자사 노형(Candu 6) 적용	계약 ('14.9)
	루마니아 Cernavoda 3&4* (2기)	루마니아원자력공사(Nuclearelectrica), CGN을 Selected Investor로 선정('14.10) CGN-Nuclearelectrica간 Cernavoda 3&4 건설, 운영, 페로를 위한 MOU 체결('15.11) 현재 양사간 JV설립을 위한 협상 진행중 CNPEC(CGN자회사)-Candu Energy간 MOU 기체결('14.7)	계약 ('15.11)

출처: 한국전력

■ (AREVA-Mitsubishi) 프랑스의 AREVA와 일본의 Mitsubishi는 Toshiba-Westinghouse AP1000 노형에 공동으로 대응하기 위해서 전략적으로 합작회사인 Atmea를 설립하여 터키 Sinop원전을 수주하였음.

〈표 9〉 AREVA-Mitsubishi 수주 사례

대상국가	수주활동	계약
터키 Sinop 1~4 (4기)	터키-일본 정부간 Sinop 부지에 Atmea1노형 4기 건설을 위한 IGA체결('13.5) Mitsubishi가 EPC 컨소시움을 리드할 예정 현재 세부사항들에 대한 협상 진행중	계약 ('13.5)

출처: 한국전력

3. 원전수출 경쟁력 제고 방안

1) 재원조달 기반 강화

■ 일반적으로 원전 2기 수출시 약 7조원의 차입이 필요한 것으로 알려져 있으나 현재 한국수출입은행의 대출 한도는 이에 비해 매우 낮은 상황임. 원전산업계는 원전수출에 대해 해외자원개발사업과 동등한 수준의 정부재정을 통한 금융지원을 요구하고 있음.

- 우리나라는 UAE 원전수출 이후 후속 수출이 부재한 상황이 지속되고 있는데, 가장 큰 약점으로 지적되는 부분은 높은 수준의 기술과 가격경쟁력에도 불구하고 협력패키지 및 금융역량이 경쟁국 대비 부족하다는 것임.

■ 여러 사례들을 통해 볼 때 원전기술력도 중요하지만 결국 금융조달능력에서 사업수주가 결정되는 경우가 많음.

- 우리나라는 2015년 이집트 원전사업 참여 당시 연 8% 이자율로 80억달러 조달을 제안한 반면, 러시아는 연 3% 이자율로 250억달러를 내세워 이집트 사업권을 수주하였음.
- 중국은 파키스탄 원전 수주 당시 총 사업비 23.7억달러 중 19억달러 금융을 제공하였으며, 아르헨티나 원전 수주 또한 사업비 59.9억달러 중 51억달러 금융을 제공하는 조건으로 수주에 성공함.
- 러시아는 2011년 Russian Direct Investment Fund를 조성하여 원전수출에서 강력한 경쟁력을 확보하고 있음. 핀란드 Hanhikivi 사업에 23억달러를 투자하였으며, 최근 향후 사우디아라비아에서 진행될 20개 원전건설 사업에 사우디아라비아의 Public Investment Fund와 공동으로 100억달러 투자를 계획하고 있음.

2) 수출 산업체계 정비

■ 현재 우리나라는 원전수주 활동의 중복 추진을 방지하기 위해 그간 원전수주 활동을 추진해 온 국가에 대해서는 연속성을 고려하여 한전이 주관하고, 기술적 요건이 원전수주의 중요 요소인 경우 한수원이 주관하는 것으로 수주 역할이 분장되어 있음.

- 2016년 기재부의 공공기관 기능조정 방안에 따라 원전수주 주체를 한전 단독 추진에서 한수원도 가능하도록 조정됨. 각 사업별로 한전 또는 한수원이 총괄할 수 있도록 하고, 정부·기관 간 긴밀한 협의를 통해 불필요한 경합을 방지하도록 함.

〈표 10〉 국가별 분장 현황

구분	한전	한수원
분장 완료	영국(Moorside), 이란, 베트남, 남아공, 브라질, 미국	체코, 슬로바키아, 폴란드, 우크라이나
미정	케냐, 말레이시아, 사우디 등	

■ 그러나 앞에서 살펴본 바와 같이 주요 원전수출국들은 정부 주도하에 원전기업들이 건설단계부터 공급, 운영에 이르기까지 함께 수행하는 통합형 구조를 형성하여 경쟁력을 강화하고 있으며, 일본은 3개의 민간 공급사가 각자 주축이 되어 원전수출을 수행하였으나 수주창구의 일원화를 위해 민관합동체계인 JINED를 설립하였음.

■ 원전수출은 기업-기업 간 경쟁이 아니라 국가-국가 간 경쟁구도임을 고려할 때, 내부적으로 한전과 한수원으로 이원화된 수출체계는 득보다는 실이 많다는 것이 원전산업 대부분의 의견임.

■ 이에 따라 국내 원자력 산업체계도 분장원칙을 명확히 하여 구조화하고, 우리나라의 원전산업 역량을 고려할 때 해외의 전략적 제휴 사례와 같이 향후 해외 기업과의 컨소시엄 구성 등을 통하여 국내 기업이 부족한 부분을 보강할 필요가 있음.

3) 정부지원 강화

■ 사업자 선정에 정부가 깊이 관여하고 대규모 자금이 필요하여 정보의 순환이 제한적인 원전산업의 특징을 고려할 때, 정부차원에서 수출후보국의 인적 · 물적 네트워크를 체계적으로 관리할 필요가 있음.

■ 장 · 단기 연수 프로그램을 통해 수출후보국 인력에 대한 교류를 확대하고, 특히 고위 정책결정그룹과 실무그룹으로 상대국 인사를 나누어 관리하며, 주재국 공관 및 현지법인 등과의 협조체계를 통해 현지 정보 수집 채널을 확대하여 체계적으로 관리하는 시스템 구축이 필요함.

참고문헌

- 에너지경제연구원, “원전 수출 추진체계 고도화 방안 연구”, 2018.4.
- 한국전력, “Kepco Annual Report”, 2017.
- A Mycle Schneider Consulting Project, “The World Nuclear Industry Status Report”, 2018.
- UxC Consulting Services, “Nuclear Industry Value Chain”, 2016.

북 미

■ Santee Cooper, V.C. Summer 건설 파트너인 SCE&G에 민사소송 제기

■ South Carolina 州 유틸리티 회사인 Santee Cooper는 V.C. Summer 원전 건설 파트너였던 SCE&G社에 대한 민사소송을 제기함.

- Santee Cooper社측은 SCE&G社의 의도적인 부당 행위로 V.C. Summer 원전 건설 실패 관련 수많은 소송*에 대응하기 위해 변호사를 고용하는 등 상당한 손해를 보았다고 주장.

※ 2018년 7월 기준 Santee Cooper와 SCE&G는 V.C.Summer 원전 건설과 관련된 15건 이상의 소송을 당한 바 있음.

■ 2011년 양사는 V.C.Summer 원전 건설의 관리감독 권한을 SCE&G社에 양도하기로 합의함.

- Santee Cooper는 이후 SCE&G社가 원전 건설 관리감독을 신의성실하게 수행하지 않았으며, 자사의 자금을 전용하였다고 주장함.

■ Santee Cooper社측은 2014년부터 SCE&G社측에 Westinghouse社에 대한 관리감독 강화를 요구하였으나, SCE&G社가 Westinghouse社가 공기 내 원전을 완공할 수 없다는 문제를 인지하고 있었음에도 곧바로 시정조치를 취하지 않았으며 원전 건설 현황 보고서를 은폐하여 이는 결과적으로 원전 건설 실패로 이어졌다고 주장함.

- 양사는 원전 건설 프로젝트 점검을 위해 Bechtel社와 계약을 체결하였고, 2016년 Bechtel社는 추가적으로 원전 건설 전문가를 고용할 것을 제안하였으나, Santee Cooper社측이 긍정적이었던 것에 반해 SCE&G측은 요청을 거부함.
- 또한, SCE&G社는 Becthel사의 V.C. Summer 건설 현황에 대한 최종 보고서 공개를 막으려 하였으며, 훗날 South Carolina州의 개입으로 2017년 9월 보고서를 공개하였지만, 이때는 이미 V.C. Summer 건설 포기를 선언한 이후임.
- 이러한 SCE&G社의 태만 및 과실로 인해 입은 피해에 대한 소송을 제기하게 되었다고 Santee Cooper는 발표함.

■ SCE&G社는 성명을 통해 Santee Cooper社는 V.C. Summer 건설 프로젝트의 공동 소유주로서 원전 건설에 관한 의사결정 과정 및 관리감독에 적극적으로 참여하였으며, Santee Cooper의 주장은 법적 근거가 부족하고 원전 건설 좌초로 양사가 겪은 심대한 손실에 대한 자사의 책임을 부인하는 것이라고 반박함.

- V.C. Summer 건설 프로젝트 지분의 55%는 SCE&G社, 45%는 Santee Cooper가 보유.

■ 한편, SCE&G의 73만 여명에 달하는 전력소비자들은 지난 10년간 V.C. Summer 건설비용 충당을 위해 20억 달러 이상을 지불함.

- Santee Cooper社의 2백만명 가량의 전력소비자들 역시 앞으로 40년간 1인당 6천 달러 이상을 지불해야 하는 상황임.

The State. 2018.12.28

■ Connecticut 州, 2기 원전을 포함한 전력구매계약 대상 발전원 발표

■ 2018년 12월 28일, Connecticut 州는 2기의 원전을 포함한 무탄소 전력구매계약 대상 발전원을 선정했음을 발표함.

- 총 계약 용량은 1,524 MWh로, 이 중 75%에 해당하는 1,170MWh를 Millstone 원전이 공급하게 됨.
- Connecticut 州 환경보호국 (Department of Energy and Environmental Protection, DEEP)은 보도자료를 통해 "Millstone 원전은 州에 경제적 혜택 및 기저부하 무탄소 전력을 공급하는 매우 중요한 발전원"이라고 평가함.

※ 2018년 11월 6일, Conneticut 州 공공 유틸리티 규제국 (Public utilities Regulatory Authoriy, PURA)은 Millstone 원전이 조기폐쇄 위기에 처한 폐쇄 위험 발전원으로 지정하는 것이 합당하다고 결론 내렸으며, DEEP 역시 PURA의 Millstone 원전 경제성 평가에 동의하였음.

■ Connecticut 州는 Millstone 원전의 소유주인 Dominion Energy社가 제출한 24개의 계약 조건 중 Millstone 원전 발전량의 절반을 10년간 구매하는 계약 조건을 선택함.

- Millstone 원전과의 전력구매계약은 Millstone 원전이 폐쇄위험 발전원으로 인정되지 않는 2019~2022년까지의 계약과 폐쇄위험 발전원으로 인정되는 2022년 6월부터 2029년까지의 2개의 개별 계약으로 나눠짐.
- 원전이 폐쇄위험 발전원으로 분류되는 2022년부터는 전력가격 외 원전의 환경 기여도, 폐쇄 위험 정도 등을 고려한 구매계약을 체결하게 됨.*

※ 원전 인사이트 2018년 8월 10일호 참조

■ 다만, Connecticut州는 Dominion Energy社가 제시한 전력 가격이 너무 높다고 지적하며, 州 유틸리티인 Eversource와 United Illuminating社에 전력소비자의 이익을 대변하여 3월 31일까지 Dominion Energy社와의 협상을 완료할 것을 명령함.

- Connecticut州는 미국 유틸리티의 발전자산에 대한 수익률은 보통 9% 내외이나, 장기 계약을 체결한 만큼 유틸리티의 수익률이 12%에서 15%사이가 되는 것이 적절하다고 봄.

■ Dominion Energy社는 전력구매계약 체결 이전에 입찰가를 공개할 경우 협상에서 우위를 점하지 못할 수 있다며 입찰가 공개를 거부함.

- 한편, Millstone 원전과 함께 선택된 Seabrook 원전의 입찰가는 전력시장의 가격 전망치보다 낮은 kWh당 3.3센트로, 8년간의 계약기간동안 州 전력 소비자들은 연간 1,800만 달러를 절약할 수 있을 것으로 전망됨.
- Millstone 원전과는 달리 Seabrook 원전은 폐쇄위험 발전원 지정 신청을 하지 않았으며, Seabrook 원전의 구매계약 기간은 2022년부터 2029년까지임.
- Connecticut 州는 2기 원전 외에도 9개의 태양광 발전시설에 대해 평균 가격 kWh당 4.9센트의 구매계약을 채택하였음.

Hartford Courant. 2018.12.28, CTmirror. 2018.12.28, Hartfordbusiness. 2018.12.28, Theday. 2018.12.28, RTO Insider. 2018.12.30

■ Bloomberg: 원자력은 기후변화 해결책의 일환이 될 수 있다

※ 본고는 2018년 12월 31일 Bloomberg 칼럼을 정리하였음.

■ 불과 21년 내로 1.5℃ 기후변화 억제선이 무너질 수 있다는 IPCC 보고서가 발표된 이후, 원자력이 뒤늦은 주목을 받고 있음.

- 오랫동안 원전에 침묵을 지켜온 국제자연보호협회 (The Nature Conservancy)는 2018년 10월에 발표한 "지속 가능성의 과학" (The Science of Sustainability) 라는 자료를 통해 2050년까지 전 세계 원전 발전용량을 늘려 전 세계 전력의 1/3을 원전을 통해 공급해야 한다고 주장하였으며,
- 참여과학자 연합(The Union of Concerned Scientists) 역시 2018년 11월 8일 '원자력의 딜레마' (The Nuclear Power Dilemma) 라는 보고서를 발표하며, 원전 폐쇄를 막기 위한 새로운 정책을 내놓지 못하면 미국 에너지 발전분야의 탄소 배출량이 증가하여 기후변화 대응이 어려워질 것이라고 발표함.

■ 미국 무탄소 전력의 60%를 발전하는 원전이 조기폐쇄될 경우 유틸리티는 조기폐쇄에 따른 발전용량 공백을 메우기 위해 화석 연료를 사용할 가능성이 높음.

- 미국 원전의 1/3 가량이 향후 10년 내 조기폐쇄될 예정이거나 조기폐쇄의 가능성이 높은 가운데, 이들 원전이 조기폐쇄될 경우 2035년까지 미국 에너지 발전분야의 탄소 배출량이 최대 6% 증가할 것으로 전망됨.

■ 분명 원전 건설비용은 높으며, 원자력은 재생에너지 하락 등 시장에서 압박을 받고 있음.

- 그러나 재생에너지가 미국 에너지 믹스에서 차지하는 비중은 8% 미만으로, 재생에너지는 당장 원자력의 공백을 메울 수 없음.
- 재생에너지가 대체하여야 하는 것은 탄소를 배출하는 석탄 및 천연가스로, 원자력이 아님.

■ 이론적으로 원전의 경쟁력을 유지하는 최선의 방법은 탄소세 도입이지만, Washington 州의 투표 결과에서 볼 수 있듯 탄소세는 지지받기 어려운 정책임.

- 2018년 11월, Washington 州는 탄소 1톤당 15달러의 세금을 부과하는 내용의 Initiative 1631에 대한 주민투표를 실시하였고, 투표 결과는 반대가 56.56%로 찬성 43.44%를 앞섬.

■ 다만, New York, Illinois, New Jersey 州처럼 원전에 ZEC를 발행하는 방식으로 원전의 환경 기여도를 보상할 수 있으며, 신재생에너지 공급의무화제도 (RPS)를 개편, 원자력을 포함시켜 유틸리티가 원자력을 화석연료 발전원으로 바꾸지 못하게 하는 방법도 있을 것임.

■ 원전에 대한 지원제도를 도입하거나 원전을 RPS에 포함시킨다면, 노후화된 원전은 차세대 원전이 준비될 때까지의 시간을 벌어줄 수 있을 것임.

■ 전 세계가 기후변화 대응에 대한 원자력의 역할을 인지한 지금, 원전 가동을 유지할 수 있는 다양한 선택지에 대한 논의가 필요함.

Secretary of State. Washington. 2018.11.27, Bloomberg. 2018.12.31

■ 캐나다 Pickering 원전, 운전수 조작 실수로 가동 정지

■ 2018년 6월 22일, Pickering 원전이 운전수의 조작 실수로 가동이 중단됨.

- 당시 Pickering 원전의 정기 유지보수가 진행 중이었으며, 시스템을 관리하는 2기의 컴퓨터 중 1기의 시스템만 가동 중이었으며, 원자로는 저출력으로 가동을 재개한 상황이었음.

- 원전 운전수는 조작 실수로 가동 중이던 컴퓨터 시스템의 전원을 꺼버렸고, 내부 직원들은 수동으로 원자로 가동을 중단시켜야만 하였음.
- 이번 사고로 방사능 누출, 직원의 부상 및 원전 설비에 어떠한 손실도 발생하지 않았으나, 한 번의 버튼 조작 실수로 5억 와트의 전력 발전이 가능한 장비가 멈추는 일이 발생함.

■ 본 사고를 보도한 캐나다 언론 Ottawa Citizen은 해당 사고를 다룬 2018년 11월 8일자 캐나다 원자력 안전위원회의 회의록의 대화 내용을 다음과 같이인용함.

- 캐나다 원안위 부위원장 Kathy Penney: 원전 내부의 컴퓨터에 대한 질문을 드리고자 함. 보통 컴퓨터에 있는 파일을 삭제하려고 하면 "정말 삭제하시겠습니까?" 라는 경고문이 뜨기 마련임. 마찬가지로, 원전 가동을 종료하는 데에도 확인 경고문이 필요하다고 생각하는데, 원전의 컴퓨터 종료 버튼을 누를 때 확인 메시지가 뜨지 않는지?
- Pickering 원전 운영 및 유지보수 담당자 Stephanie Smith: 확인 메시지가 뜨면 좋겠지만, 확인 메시지는 출력되지 않음. 원전에 쓰이는 컴퓨터는 1950년대 말에서 60년대 초에 설계된 컴퓨터로, 그러한 안내 문구를 미처 생각하지 못한 시기에 만들어진 것임. 원전에 쓰이는 컴퓨터는 컴퓨터라고는 해도 단순한 기계임. 원전에 쓰이는 컴퓨터에는 단 2개의 버튼만이 있음. 만일 잘못된 버튼을 누르게 되면 컴퓨터가 꺼지게 됨.
- 덧붙여, 저희의 원칙은 원전에 쓰이는 컴퓨터를 최대한 단순하게 만드는 것임. 소프트웨어에 여러 기능을 더하면 더할수록 소프트웨어 오작동 가능성이 높아지기 때문임.

■ Pickering 원전은 수 시간 뒤 정상적으로 재가동되었으며, Pickering 원전의 소유주인 Ontario Power Generation社는 해당 직원에 대한 교육 등 필요한 조치를 시행하였다고 발표함.

Ottawa Citizen. 2019.1.3, Durham Radio News. 2019.1.4

유 럽

■ 독일, 2018년 처음으로 재생에너지 발전량이 석탄 발전량 추월

■ 2019년 1월 1일 독일 프라운호퍼 연구소(Fraunhofer Institute)는 2018년 독일의 순 발전량 보고서를 발표해 2018년에 처음으로 재생에너지가 주요 전원으로써 전력 생산량의 40%(219 TWh) 이상을 차지해 석탄(38%)을 제쳤다고 분석함.

※ 프라운호퍼 연구소는 유럽 최대의 응용과학 연구기관이며, 독일 전역에 걸쳐 72개의 연구 기관을 두고 있음. 해당 연구소 운영을 위한 일부 기금은 정부가 제공하지만, 기금의 70% 이상이 정부 지원 프로젝트이거나 산업체로부터 도급을 받아 조달되고 있음.

– 독일은 2022년까지 단계적으로 원전을 폐쇄하고, 2030년까지 재생에너지를 통해 전력의 65%를 공급하는 것을 목표로 하고 있으며 장기적인 석탄 퇴출 계획을 수립하고 있음.

• 프라운호퍼 연구소에 따르면 재생에너지 비중이 2010년 19.1%, 2017년 38.2%로 증가했다고 밝힘.

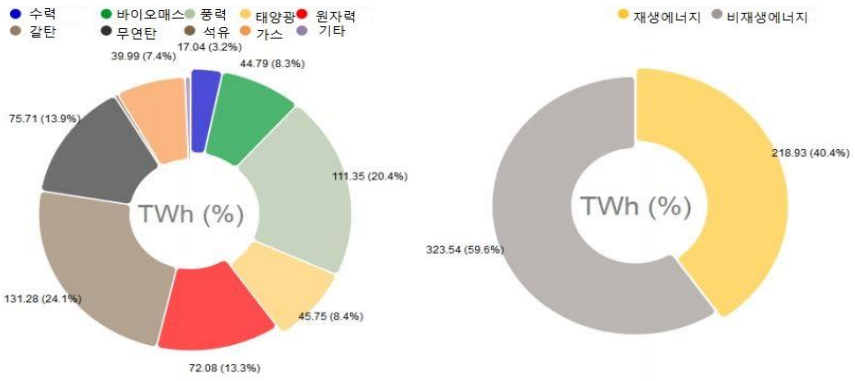
– 태양광은 45.7 TWh를 생산해 2017년 대비 16% 증가하였고, 설비용량도 3.2 GW에서 45.5 GW로 증가함. 풍력은 설비용량이 60 GW로 111 TWh를 생산해, 전체 발전량의 20.4%를 차지함.

– 수력은 가뭄으로 인한 발전량 감소로 17 TWh를 기록해 전체 발전량의 3.2%를 차지하였고, 바이오매스 8.3%, 원자력 13.3%, 가스 7.4%를 차지함.

■ 해당 보고서의 저자인 Bruno Burger는 올해 재생에너지 비중이 40% 이상 유지될 것이라고 예상하며, 재생에너지 발전소가 더 많이 건설되고 있고 기상 변화도 급격하게 변하지 않을 것이라는 점이 그 이유라고 설명함.

– 그러나 재생에너지 회의론자들은 2018년의 결과가 건조하고 더운 여름과 같이 유리한 기상 패턴으로 인한 것이며 재생에너지가 공급 안정성을 확보했다는 것을 증명하지 못했다고 지적함.

〈2018년 독일의 순 발전량(Net electricity generation for public electricity supply)〉

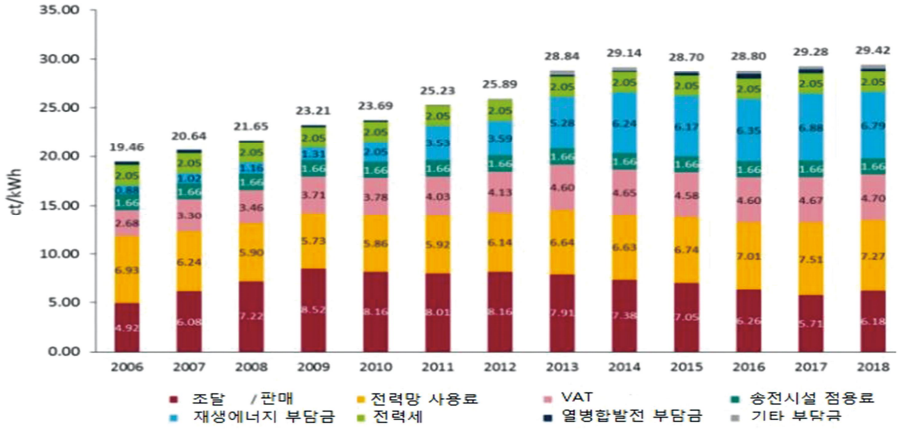


출처: Fraunhofer Institute (Öffentliche Nettostromerzeugung in Deutschland im Jahr 2018)

■ 한편, 독일 최대의 에너지 산업 협회인 BDEW은 2018년에 연간 3,500 kWh를 사용하는 평균 독일 가구(3인 기준)의 월간 전기요금이 85.8 유로(약 11만원)라고 밝힘.

- 해당 수치는 물가상승률을 감안하면 1998년 수준보다 약 32%, 명목상으로 72%가 증가한 것임. 공급, 배전, 및 전력망 사용료의 비중은 물가 상승률을 감안하면 21% 하락했지만 세금, 부담금(surcharge), 부과금(levy)의 비중은 202% 증가하였음.
- 이는 부분적으로 재생에너지 부담금이 큰 폭으로 증가한 것에 기인함. 2010년 kWh당 2.05 유로센트 수준(전력가격의 약 8.6%)이었던 재생에너지 부담금은 2017년 6.88 유로센트(전력가격의 약 23%)로 약 235% 증가하였음.

〈연간 3,500 kWh를 사용하는 독일 가구의 평균 전력가격(ct/kWh) 구성 2006~2018년〉



출처: Clean Energy Wire(https://www.cleanenergywire.org/)

Clean Energy Wire 2018.6.5, Reuters 2019.1.3, Clean Technica 2019.1.4

■ 영국, 2018년 재생에너지 발전량 약 33% 차지

■ 2019년 1월 3일 영국의 기후 과학 및 에너지 정책 전문 웹사이트인 Carbon Brief는 2018년 재생에너지가 영국 전체 발전량의 약 33%(2017년 29% 대비)를 차지했다고 분석함.

– Carbon Brief의 분석은 BM 보고서, Sheffield Solar(Grantham center for sustainable futures 소속), 영국 사업 · 에너지 · 산업전략부(BEIS)의 수치를 기반으로 함.

• Carbon Brief는 2018년 총 발전량은 335 TWh에 달해, 1994년 이후로 최저 수치를 기록하였다고 지적함.

– Carbon Brief의 정책 편집자인 Simon Evans는 발전량 감소가 에너지 효율적인 가전제품, 에너지 절약형 전구, LED, 에너지집약 산업에서 고부가가치 제조 및 서비스로의 전환 등 여러 요인에 기인한다고 분석함.

• 2018년 전력 믹스에서 풍력이 17%, 태양광이 4%, 바이오매스가 11%, 원자력이 19%를 차지하였으며, 저탄소 전원이 영국 발전량의 53%를 차지하고 있는 것으로 나타남.

※ 원자력 발전이 약세를 보인 것은 노후 원자로(스코틀랜드의 Hunterston B 원자로 포함)가 안전 점검을 위해 가동이 정지되었기 때문임.

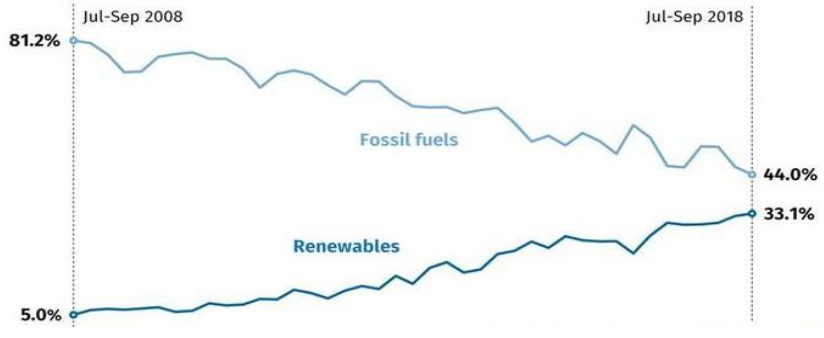
– 바이오매스 발전량의 증가는 前 Lynemouth 석탄발전소가 수입 우드 펠릿을 원료로 재가동하고, Drax 석탄발전소 4호기가 바이오매스로 전환한 것에 기인함.

– 한편, 높은 가스 도매가격으로 석탄 수요의 반등이 우려되었음에도 2018년 석탄 발전량은 5%에 그침.

■ RenewableUK의 Maf Smith 부회장은 비용이 급격히 감소하고 기술이 발전함에 따라 2018년에 풍력 발전량이 놀라울 정도로 증가했다고 밝힘. 또한 재생에너지가 영국 전력생산의 3분의 1을 충당하고, 화석연료가 지속적으로 감소하는 것은 영국이 기후 변화를 적극 대응하고 있다는 사례 중 하나라고 덧붙임.

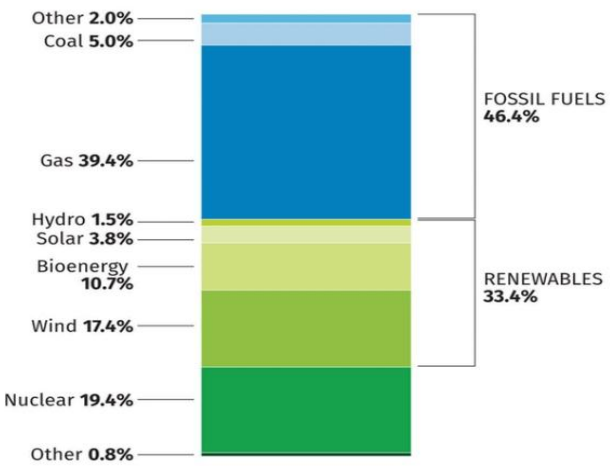
■ 에너지부 장관인 Claire Perry는 청정 녹색에너지로의 전환 결정이 실제 효과를 거두고 있다고 밝히며, 2021년까지 저탄소 혁신에 25억 파운드 이상을 투자하고 있어, 재생에너지 시장이 일자리 창출, 청정에너지 공급, 기후 변화 해결에 기여하도록 지원하고 있다고 밝힘.

〈2018년 영국의 화석연료 및 재생에너지 발전〉



출처: 영국 사업 · 에너지 · 산업전략부(BEIS)

〈2018년 영국의 에너지 믹스〉



출처: 영국 사업 · 에너지 · 산업전략부(BEIS)

Wirral Globe, ITV ,Shropshire Star News, The Guardian 2019.1.3

■ 영국 지역사회, 정부로부터 심지층처분장(GDF) 유치 위한 기금 제안 받아

■ 영국의 지역사회는 정부로부터 방사성폐기물을 처분하는 심지층처분장(Geological Disposal Facility, GDF) 유치를 장려하는 유인책으로 수백만 파운드의 기금을 제시받고 있음.

- GDF는 유해한 방사선이 지표면 환경에 도달하지 못하도록 일부 장벽 뒤로 방사성 폐기물을 격리하는 데 사용되는 200m~1000m 깊이의 공학적으로 설계된 구조물로, 75만 m^3의 방사성폐기물을 수용할 수 있음. GDF 건설에 약 80억 파운드의 비용이 소요될 것으로 추정됨.
- 현재 영국의 방사성폐기물은 Cumbria州의 Sellafield 주변의 30개 부지에 저장되어 있고, 독성이 강한 112톤의 플루토늄을 포함하고 있음.

• 영국 정부는 GDF 건설에 적합한 부지 선정의 초기 단계에서 해당 시설 유치에 관심을 표명한 지역사회에 연간 최대 100만 파운드 규모의 투자 기금을 제공하고, 부지의 지질학적 적합성을 평가하기 위해 심부 시추공(deep borehole) 조사가 시행되는 경우 투자 기금을 연간 최대 250만 파운드까지 증가시킬 계획임.

※ Cumbria州 Copeland와 Allerdale 지역 주민들은 처분시설을 유치하는 데에 관심을 보였으나, 2013년 州의회가 부지 선정에 반대하여 GDF 건설이 중단된 바 있음.

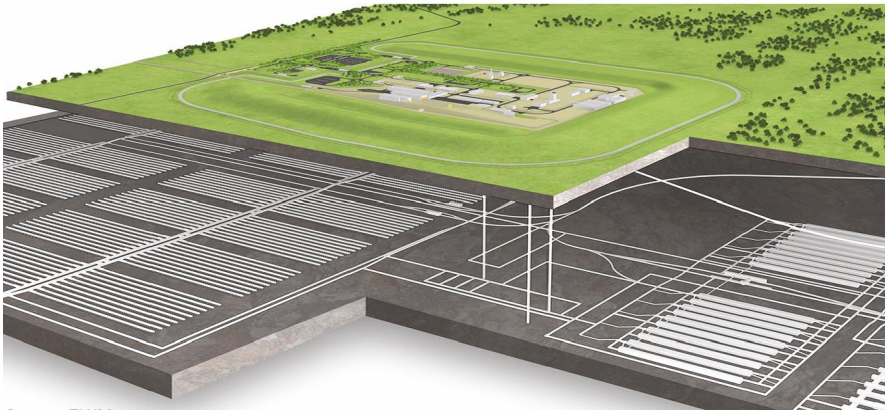
• GDF에 적합한 부지 확인 및 선정에 20년, GDF 건설에 10년이 소요될 것이며, 해당 부지는 이후 최대 20만년 동안 안전하게 유지될 것으로 예상됨.

• GDF 수용에 대한 최종 결정은 지역 협의회 결정보다는 지역 주민 투표에 달려있음.

■ Richard Harrington 에너지부 장관은 GDF 건설을 위한 부지 선정이 미래 세대에 대한 책임감 있는 공공 서비스라고 밝힘.

- 정부는 해당 부지 선정에 600명의 숙련된 직원이 필요하기 때문에 일자리 창출과 같은 지역 경제에 혜택이 있을 것으로 전망함.
- 그러나 영국의 환경전문기자이자 작가인 Fred Pearce는 방사성폐기물을 유치하려는 지역사회는 전 세계에서도 찾아볼 수 없다고 언급하며, 정부가 Bedfordshire州의 산업단지와 북서부 컴브리아州에 위치한 Lake District 국립공원 아래에 폐쇄된 Teesside 광산에 방사성폐기물 저장을 시도했다고 지적함.

〈영국 심지층 처분장(GDF) 개념도〉



출처: Radioactive Waste Management社

Mail online 2019.1.2

■ 스위스 제네바, 프랑스 Bugey 원전에 신규 법적 소송 제기

■ 2018년 12월 19일 스위스 제네바 칸톤(州)과 제네바市는 스위스 국경에서 80 km 떨어진 프랑스 Bugey 원전이 제네바 주민들에게 위협이 되고 있다고 주장하며, 파리 지방법원(Tribunal de Grande Instance de paris)에 해당 원전에 대한 신규 법적 소송을 제기하였다고 발표함.

※ Bugey 원전은 프랑스에서 가장 노후된 원전 가운데 하나로 1970년대에 상업운전을 개시하였음.

- 제네바 칸톤과 제네바市와 2016년 3월 Bugey 원전에 대해 법적 소송을 제기했지만 2017년 7월 파리 지방법원은 해당 사실이 충분히 구체화되지 못하다는 이유로 이를 기각하였음.
- 프랑스 환경법 전문가(前 프랑스 환경부 장관)인 Corinne Lepage가 제네바를 대표해서 담당하는 이번 소송은 Bugey 원전이 제네바 주민의 안전과 건강을 비롯해 환경에 중대한 위험을 초래한다고 주장함.

- 신규 소송은 Bugey 원전이 삼중수소 누출, 설계 결함, 해당 부지의 지진 및 홍수 위험 가능성을 강조하면서, 스위스 당국이 칸톤 및 인근 지역에서의 원자력 시설, 방사성폐기물 폐기장 및 처분 센터를 반대하는 스위스 헌법 169 조항을 적용함.
- 2012년 제네바는 Bugey 원전을 가동하는 EDF社가 해당 부지에 방사성폐기물 시설에 대한 건설 승인을 받은 것에 대해 항의 했으나 이는 프랑스 정부에 의해 거부되었음.

■ 제네바의 법적 소송은 마크롱 대통령이 프랑스 중장기에너지정책(PPE)을 발표한 11월에 제기되었음.

- 마크롱 대통령은 정부가 2035년까지 19개 원전에서 가동 중인 58기의 원자로 가운데 14기를 폐쇄할 예정이라고 밝히며, 전력 믹스에서 원전 의존도를 50%로 낮출 것이라고 언급함.
- 마크롱 대통령은 정부가 2035년까지 19개 원전에서 가동 중인 58기의 원자로 가운데 14기를 폐쇄할 예정이라고 밝히며, 전력 믹스에서 원전 의존도를 기존 75%에서 50%로 낮출 것이라고 언급함.

〈프랑스 Bugey 원전 운영 현황〉

발전소명	노형	위치	설비용량(MW)	상업운전
BUGEY-2,3	PWR	AIN	910	1979.3
BUGEY-4,5	PWR	AIN	880	1979.7/1980.1

출처 : World Nuclear Association

24heures.ch 2018.12.19, Swissinfo.ch 2018.12.20, Actuenvironment.com 2018.12.21

■ 러시아, Leningrad 원전 1호기 영구 폐쇄

■ 2018년 12월 21일 러시아 Leningrad 원전 1호기가 상업운전 개시 44년 만에 영구 폐쇄됨.

- 러시아 Rosatom社의 자회사이자 원전운영사인 Rosenergoatom社는 同 원자로(925MW, RBMK-1000)가 1974년 11월에 상업운전을 개시하였으며, 큰 사고 없이 264.9 TWh의 전력을 생산했다고 밝힘.
- Leningrad 원전(설비용량 4,200 MW)은 상트 페테르부르크(St Petersburg) 및 레닌그라드(Leningrad) 지역의 에너지 소비량의 50% 이상을 충당하고 있음.
  - 구소련이 설계한 RBMK 원자로는 감속재로써 흑연을 사용하는 개별 연료관이 갖춰진 가압수형 원자로임. Leningrad 원전은 RBMK-1000 원자로를 갖춘 최초 원전임.
- 同 원자로가 가동된 후 45년 동안 Leningrad 원전(3기), Kursk 원전(4기) 및 Smolensk 원전(3기)에서 10기 이상의 RBMK-1000 원자로가 가동되고 있으며, 러시아 원자력 발전의 대략 30%를 차지하고 있음.
- RBMK-1000의 설계수명은 30년이지만, 대규모의 현대화 프로그램을 통해 Leningrad 원자로 4기는 추가 15년의 계속 운전이 가능해졌음.

■ Leningrad 원전 측은 원자력 시설의 마지막 수명 주기 단계는 해체이므로, 폐쇄된 원자로를 안전하게 관리하고, 사용후핵연료를 제거해 해체 준비 단계에 진입할 것이라고 밝힘.

- Rosenergoatom社는 신규 원전인 Leningrad-II 원전 1호기(VVER-1200)가 Leningrad 원전 1호기(RMBK)의 영구 폐쇄에 앞서 가동되고 있다고 언급함.
  - 신규 원자로는 RBMK 원자로에 비해 최신식 안전 시스템을 갖추고 있으며, 주요 부품의 설계 수명도 60년으로 기존 원자로와 비교해 2배나 더 긴 특징이 있음.
- Leningrad-II 원전 2호기(3+세대 VVER-1200)는 현재 건설 중이며 2021년 초에 가동될 예정임. 이는 Leningrad 원전 2호기 폐쇄보다 앞서 시행될 예정임.

〈러시아 Leningrad 원전 현황〉

원자로	노형	용량 (MW)	상업 운전	인허가기간, 폐쇄 예정
Leningrad 1	RBMK	925	11/74	2018
Leningrad 2	RBMK	971	2/76	2021
Leningrad 3	RBMK	971	6/80	2025
Leningrad 4	RBMK	925	8/81	2026

출처 : World Nuclear Association

World Nuclear News 2018.12.27

아 시 아

■ 중국 연구진, 중국 원전 밀집 지역에 쓰나미 발생 증거 발견

■ 중국과학기술대학과 화동사범대학 연구진은 원전이 집중된 중국 남쪽 해안가에서 1076년에 대규모 쓰나미가 발생하여 "심대한 문화적 쇠락"을 야기하였다는 연구 결과를 Chinese Science Bulletin 1월호에 발표함.

■ 연구진은 마닐라 해구에서 약 천 년 전 발생한 지진이 현재 중국 광둥성 지역에 해당하는 곳에 대형 쓰나미를 야기한 증거를 발견하였고, 이번 연구를 통해 쓰나미가 발생한 년도가 정확히 1076년이라고 결론내림.

■ 연구진은 2013년 남중국해 중앙에 위치한 Dongdao 섬에서 대형 쓰나미가 발생한 증거를 발견하였음.

- 연구진은 Dongdao 섬의 해안선으로부터 200미터 이동한 바위와 산호초를 발견하였고 이 정도 규모의 이동은 쓰나미와 같은 대규모 물의 이동을 통해서만 가능하다고 결론지음.
- 연구진은 또한 홍콩 동해안에서 250km 떨어진 곳에 위치한 Nan' ao 섬에서 발견한 쓰나미 퇴적물에서 송나라 시대 (960~1279)의 공예품 조각과 쓰나미에 좌초된 것으로 보이는 선박의 잔해에서 송나라 시대에 사용된 2만개의 엽전을 발견함.

■ 연구진은 이번 연구를 통해 남중국해에 쓰나미가 발생할 수 있는 리스크가 발견된 만큼, 정부는 향후 원전, 항만 등을 건설할 때 쓰나미 리스크를 고려해야 한다고 덧붙임.

- 중국 정부는 2018년 2월 남중국해에 쓰나미 경보 센터를 설치함.
- 중국의 남쪽 해안에는 Fuqing, Daya Bay, Taishan 등의 원전이 밀집해 있으며, 중국에서 가장 인구 밀도가 높은 지역이기도 함.

Phys. 2019.1.3

■ 인도, 2031년까지 21기 원자로 가동 예정

■ 인도 원자력부 Jitendra Singh 장관은 인도 상원 (Rayja Sabha)에 1월 3일자로 제출한 서면 답변을 통해 인도는 현재 9기의 원전을 건설 중이며, 2017년 6월 인도 정부는 12기 원전 건설에 대한 행정 및 재정 승인을 완료, 2031년까지 총 21기의 신규 원전이 가동할 예정이라고 발표함.

- 현재 Gujarat, Rajasthan, Haryana 지역에 각각 2기, Tamil Nadu 지역에 3기의 원자로가 건설 중임.
- 한편, 동 서면 답변을 통해 인도 정부는 5개 부지에 총 28기의 원자로 건설 계획을 "원칙적으로" 승인하였다고 답변함.

Indian Express. 2019.1.3, World Nuclear News. 2019.1.4

■ JAEA, 79개 원자력 관련 시설 폐지 비용 1.9조 엔 전망

■ 12월 26일, 일본원자력연구개발기구(JAEA, Japan Atomic Energy Agency)는 고속증식로 등 원자력 관련 79개 시설 폐지 비용이 1조 9천억 엔에 달한다는 추산을 발표함.

※ 일본원자력연구개발기구는 원자력에 관해 종합적으로 연구, 개발하는 독립행정법인으로 원자력의 기초 · 응용연구, 핵연료 주기 확립을 위한 고속증식로 개발, 고준위 방폐물 처리에 관한 연구 등을 실시함.

- 시설 유지비와 핵물질 처리비는 포함되지 않아 실제 비용은 수천억 엔 정도 늘어날 전망임. JAEA의 예산 대부분은 정부 교부금에 의존하므로 장기간에 걸쳐 대규모 국비가 투입될 것이라 아사히신문은 지적함.

■ JAEA는 보유 중인 89개 시설 중 연구로와 시험동 등 79개 시설에 대해 약 60~70년간 순차적으로 폐지할 때 비용 중 주로 시설 해체비와 폐기물 처분 비용을 계상함.

- 추산에 따르면 도카이(東海)재처리 시설 폐지 비용은 7,700억 엔임. 원전 사용후핵연료에서 플루토늄을 추출할 시 발생하는 폐액 처리비를 포함하면 약 1조 엔임. 몬주의 경우 폐로에 약 30년 소요되는 유지비를 포함하면 추산금액이 1,500억 엔에서 3,750억 엔으로 불어남.
- JAEA는 2028년도까지 44개 시설의 폐지를 시작할 계획임. 보관 중인 플루토늄의 처리방법과 79개 시설에서 주로 발생하는 200ℓ 드럼통 56만 개 이상의 방사성폐기물 처분장은 미정임.

주요 원자력 시설 폐지 기간과 비용		
	폐지 기간	비용(억 엔)
도카이(東海)재처리시설	70년	7,700
몬주	30년	1,500
후겐	26년	747
조요	10~30년	430

※ 유지비와 방사성 폐액 처리비 등을 제외. 도카이(東海)재처리 시설은 폐액 처리비를 포함할 시 9,870억 엔, 몬주는 유지비를 포함하면 3,750억 엔임.

출처: 아사히신문, 2018.12.27.

아사히신문 2018.12.27

■ 일본 에히메(愛媛)현, 이카타원전 사용후핵연료에 과세

■ 12월 26일, 총무성은 에히메(愛媛)현이 시코쿠전력 이카타원전 사용후핵연료에 과세하는 데 동의했다고 발표함.

- 에히메현은 2019년 1월부터 '핵연료 물질 중량비율'에 따른 사용후핵연료세를 도입함. 사용후핵연료 1kg당 500엔을 과세하며, 5년간 약 18억 엔 세수를 전망함.
- 원자로 열 출력에 따른 '출력 비율'과 원자로에 연료 삽입 시 과세하는 '가격 비율'에 따른 기존 핵연료세에 추가로 부과하는 사용후핵연료세(핵연료 물질 중량비율)를 합한 세수는 79억 8,300만 엔이 될 것으로 전망됨. 세수는 원전사고 시 피난 도로 정비 등 안전대책비로 사용됨.
- 이카타원전에 대한 사용후핵연료세는 에히메현 이카타(伊方)정이 이미 2018년 4월 도입을 한 상태로 원전 입지 시정촌과 현 양쪽이 사용후핵연료에 대해 과세하는 것은 전국 최초임.

■ 한편, 총무성은 사가(佐賀)현이 2019년 4월부터 규슈전력 겐카이원전 사용후핵연료에 과세하는 사안도 동의함.

- 사가현 핵연료세 역시 가격 비율, 출력 비율, 핵연료 물질 중량비율로 구성됨. 핵연료 물질 중량비율의 경우 사용후핵연료세로 원자핵분열 전 핵연료 물질의 중량에 따라 세금을 부과하며, 1kg당 500엔을 부과함.

〈에히메현과 이카타정의 세목 및 내용〉

과세 단체	에히메현	에히메현 이카타정
세목 명	핵연료세(법정 외 보통세)	사용후핵연료세(법정 외 보통세)
과세객체	① 가격 비율: 발전용 원자로에 핵연료 삽입 ② 출력 비율: 발전용 원자로를 설치할 때 실시하는 운전 및 폐지에 따른 사업 ③ 핵연료 물질 중량비율: 발전용 원자로 시설의 사용후 핵연료 저장	사용후핵연료의 저장
과세표준	① 가격 비율: 발전용 원자로에 삽입된 핵연료의 가격 ② 출력 비율: 발전용 원자로의 열 출력 ③ 핵연료 물질 중량비율: 사용후핵연료가 핵분열하기 전 핵연료 물질의 중량	사용후핵연료가 핵분열하기 전 핵연료 물질의 중량 (사용후핵연료가 된 날부터 5년이 경과한 것에 한정함. 단, 발전용 원자로를 폐지한 것은 이 범위에 포함되지 않음.)
납세의무자	발전용 원자로 설치자	발전용 원자로 설치자
세율	① 가격 비율: 100분의 8.5 ② 출력 비율: 44,000엔/ 천kW/과세기간(3개월) (폐지조치계획 인가로 폐지조치 중인 것은 22,000엔/천kW/과세기간(3개월)) ③ 핵연료 물질 중량비율: 500엔/kg	500엔/kg
징수방법	신고납부	신고납부
과세기간	5년간 (2019.01.16.~2024. 1.15.)	5년간 (2018.04.01.~2022.03.31.)

출처: 총무성, 2018.12.26(에히메현), 2018.4.1(이카타정)

일본경제신문, 2018.12.27, 2018.9.5

■ IEEJ, 2019년도 에너지수급전망 발표

■ 12월 21일, 일본 에너지경제연구소(IEEJ)는 2019년도 에너지 수급 전망을 발표함.

- 국내외 경제 동향, 연료 가격, 환율 등을 바탕으로 추산함. 2018년도 제1차 에너지 국내 공급은 이전 해의 기록적 한파에 따른 소비 증가의 영향으로 감소하지만 2019년도에는 소재(素材) 산업 생산 확대와 기온 영향으로 0.2% 증가해 461.6Mtoe(석유환산)이 될 것으로 전망함.

※ '년도'는 회계연도 기준으로 일본은 4월 1일 기준으로 회계연도가 시작됨. 2019년도란 2019년 4월 1일~2020년 3월 31일까지를 말함.

- 원자력의 경우 2018년도 신규제 기준을 통과해 재가동한 9기가 평균 9개월 가동하여 총 발전 전력량이 이전 해의 약 2배인 612억 kWh가 될 것으로 전망함.
- 안전대책 기간이나 심사 중인 발전소의 향방이 불투명해 2019년도는 최대 11기가 평균 8개월 가동하여 총 발전 전력량을 전년(前年) 대비 7% 증가한 654억 kWh로 전망함.

■ 한편, IEEJ는 원자력발전량의 차이가 안정적 에너지공급(Energy Security), 경제적 효율 향상(Economic Efficiency)을 통한 저비용 에너지공급 실현, 친환경(Environment) 구축(이하, 3E)에 어떠한 영향을 미치는지 평가한 결과 원자력이 '3E' 달성에 크게 기여한다고 밝힘.

- 2018년 12월 말 기준 9기의 누계 재가동 수가 2019년도 말까지 11기로 증가한다고 예상한 기준시나리오에 대해 감도 분석으로 가동 원전을 5기 증감시킨 '최대 Case', '최소 Case'로 추산함.

  ※ 증감시킨 5기는 1기당 출력이 1GW, 설비이용률 80%로 가정함.

- '최적 전원 구성 Case'에서는 경제산업성 장기에너지수급전망 2030년 전원구성을 참고해 2019년도 총발전량에 대한 전원구성을 원자력 21%, 재생에너지 23%, 화력 56%로 설정함.

〈원자력발전량이 3E에 미치는 영향〉

원자력발전량이 미치는 영향 [2019년도]

		최소 Case	기준 시나리오	최대 Case	최적 전원 구성	기준 시나리오 대비 최소	기준 시나리오 대비 최대	기준 시나리오 대비 최적전원 구성
원자력 전제	연도 말 누계 재가동 수(기)	6	11	16	..	-5	+5	..
	발전량 (10억 kWh)	30.4	65.4	100.4	234.5	-35.0	+35.0	+169.0
	전원구성비 [1]	3%	6%	9%	21%	-3p	+3p	+15p
경제	전력 비용 단가 [2](¥/kWh)	6.7	6.5	6.3	7.2	+0.2	-0.2	+0.7
	연료비	4.8	4.6	4.3	3.9	+0.2	-0.2	-0.7
	FIT 매입비용	2.0	2.0	2.0	3.3	0.0	0.0	+1.4
	화석연료 수입총액(조 엔)	18.9	18.6	18.3	17.6	+0.3	-0.3	-1.0
	석유	11.0	11.0	10.9	10.8	+0.1	-0.0	-0.2
	LNG	5.2	4.9	4.7	4.1	+0.2	-0.2	-0.8
	무역수지(조 엔)	0.5	0.8	1.0	1.7	-0.3	+0.3	+0.9
	실질 GDP (2011년 가격 조 엔)	540.1	540.4	540.8	541.5	-0.3	+0.3	+1.1
에너지	1차 에너지 국내 공급							
	석유 (100만 kL)	194.6	193.5	192.6	190.3	+1.1	-0.9	-3.3
	천연가스 (LNG환산 100만t)	85.8	82.0	78.1	68.7	+3.8	-3.9	-13.3
	자급률	10.2%	12.3%	14.4%	22.9%	-2.1p	+2.1p	+10.5p
환경	CO_2 배출($MtCO_2$)	1,082	1,069	1,056	1,017	+13	-13	-52
	2013년도 대비	-12.4%	-13.5%	-14.6%	-17.7%	..	..	..

(注) 1.총 발전량 대비2. 연료비, FIT 매입비용, 계통안정화 비용을 총 발전량으로 나누어 산정

3 증감시킨 5기는 1기당 출력이 1GW, 설비 이용률을 80%로 가정.

4 온실가스를 2030년도에 2013년도 대비 26% 감소, 이 중 에너지기원 CO2가 25% 감소. 이는 여기에서 취급하는 발전 저탄소화 외 에너지 효율과 최종 소비 부문에서의 저탄소화도 총동원하여 달성할 것으로 봄.

출처: 일본에너지경제연구소(IEEJ), 2018.12.21.

- 경제효율성에서는 화석연료 수입 총액에서 '최대 Case'와 '최적 전원 구성 Case'에서 각각 기준 시나리오 대비 3,000억 엔, 1조 엔 절감됨. 전력비용 단가는 '최대 Case'에서 ¥0.2/kWh 떨어지는 반면 '최적 전원 구성 Case'에서는 ¥0.7/kWh 상승함. 이는 연료비가 절감되는 반면 재생에너지 보급에 따른 FIT 매입비용이 증가하기 때문임.
- 실질 GDP는 화석연료 수입액 절감을 통해 '최대 Case'에서 3,000억 엔, '최적 전원 구성 Case'에서 1조 1,000억 엔으로 증대함.
- 에너지 안정공급에서 에너지자급률은 '최대 Case'에서 2.1p 증가, '최적 전원 구성 Case'에서 10.5p 증가함.
- 친환경(Environment)구축 면에서 CO_2 배출은 '최대 Case'에서 13Mt 감소, '최적 전원 구성 Case'에서 52Mt 감소함. 파리협정에서 일본 목표의 기준 년도인 2013년도 대비로는 '최대 Case'에서 -14.6%, '최적 전원 구성 Case'에서 -17.7%로 나타남.

원자력산업신문 2018.12.26, IEEJ 2018.12.21

World Nuclear Power Market Insight

세계원전시장 인사이트

격주간 | BIWEEKLY

에너지경제연구원
Korea Energy Economics Institute

http://www.keei.re.kr
에너지경제연구원 에너지정책연구본부 / 원자력정책연구팀
울산광역시 중구 종가로 405-11 (우) 44543