

KIEP

지역경제포커스

대외경제정책연구원 www.kiep.go.kr 137-747 서울시 서초구 염곡동 300-4 2011년 4월 18일

ISSN 1976-0507 Vol. 5 No. 14

일본의 원전사고 발생 이후 주요국의 원전 정책
방향과 시사점

■ 현재 원자력은 세계 총 전력생산의 14%를 담당하는 가운데 29개국에서 총 443기의 원전이 운영되고 있으며, 신흥개도국을 중심으로 원전건설이 활발하게 이루어지고 있음.

- 원자력 발전은 대부분의 OECD 국가에서 전체 전력 생산의 20% 이상을 차지하고 있으며, 신흥개도국을 중심으로 전력수요가 급증함에 따라 과거 선진국 및 구소련지역 중심에서 신흥개도국 중심으로 원전건설이 활발하게 이루어지고 있음.

- 후쿠시마 원전사태는 안전관리가 우수한 것으로 평가되어온 일본 원전도 자연재해 앞에서는 취약했다는 점에서 전 세계적으로 추진되고 있는 원전 건설계획에 대해 우려를 불러일으키고 있음.

■ 전력의 대량공급원으로서 원자력의 비중은 매우 높으며, 경제적 효율성, 환경에 대한 안전성 등을 고려할 때 단기간에 대안에너지원을 발굴하는 것이 현실적으로 어렵기 때문에 대부분의 국가들은 원전확대 정책을 계속 추진할 예정임.

- 모든 국가들은 원전에 대한 관리·감독을 대폭 강화하고 신규건설 시 보다 강화된 안전기준을 도입하겠다는 입장이나 기존 원자력 정책에 대한 전면적인 재검토나 원전가동의 중단·폐쇄와 같은 조치를 계획하고 있지는 않음.

- 원전발전량이 많은 미국이나 프랑스 등은 원전건설을 계속 추진하겠다는 입장이며, 전력수요가 급증하고 있는 중국, 인도 등의 신흥국 또한 원전확대 정책을 계속 추진할 것으로 전망됨.

- 그러나 독일 등의 일부 유럽 국가들은 기존의 원전축소 방침을 보다 강력하게 추진하는 계기로 작용할 전망이다.

■ 우리 정부는 단기적으로는 주변국과의 공조를 통해 원전의 관리·감독을 강화할 필요가 있으며 장기적으로는 에너지 효율을 높이는 한편 신재생에너지 개발 노력을 강화할 필요가 있음.

1. 일본 원전사태에 대한 평가)

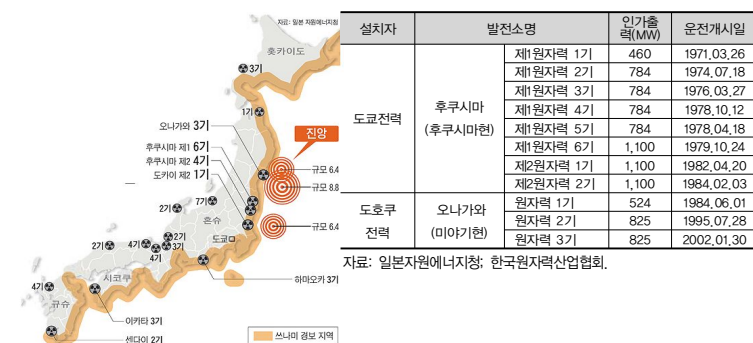
■ 진도 9.0에 이르는 강진으로 일본 후쿠시마 제1원전 1~4호기의 격납용기가 파손되고 노심용 해현상이 발생하여 방사능 유출 위험이 크게 부각하였음.

- 지진으로 인한 진동으로 인해 일본에서 가동 중인 총 55기의 원자로 중 일본 동북부에 위치한 원자로 11기가 가동 중단되었으며, 이 중 후쿠시마 제1원자력 발전소 1~4기 원자로는 냉각장치 고장, 원자로 손상 등으로 인해 방사능 물질이 유출되는 등 원전사고가 발생함.

- 사고 이후 한 달이 지난 시점에서 방사능 오염수에 대한 처리문제를 둘러싸고 난항이 계속되고 있으며, 후쿠시마 제1원전의 사고 등급이 7단계로 상향 조정되는 등 일본 전역에 강진으로 인한 원전 안전성 문제가 대두되고 있음.

그림 1. 일본 원자력 발전소 분포

표 1. 운전 정지된 11개 일본 동북부 원자력 발전소



■ 일본정부는 에너지 자급도를 높이기 위해 1973년부터 민관합동으로 원전개발을 적극적으로 추진해 왔으며 그 결과 일본 원전업체들은 현재 세계 원전시장을 주도하는 등 원전기술력과 관리능력의 안정성 면에서 높은 신뢰를 받아왔음.

- 1966년 상업원자력 발전을 시작한 일본은 1, 2차 석유파동을 거치면서 안정적인 에너지 공급을 위해 원자력 발전을 적극적으로 추진하였으며, 1980~2001년 기간 중 원자력을 통한 전력생산은 연평균 6.7%의 성장을 기록, 총 전력생산 중 원자력의 비중은 1980년 14.2%에서 2000년 33.8%로 성장함.

※ 1980~2001년 연평균 원별 전력생산 증가율: 원자력(6.7%), 화력(1.21%), 수력(0.25%), 지열(5.9%), 전체(2.3%)

1) 일본 대지진으로 인한 경제적 파급효과는 김규판 외(2011), 「일본 대지진의 경제적 영향과 시사점」, KIEP 오늘의 세계경제 제11-07호 참고.

- 일본정부는 2030년 전력발전량의 50%를 원자력으로 충당한다는 목표하에 선진국 중에서는 이례적으로 지속적인 원전건설을 추진하는 한편(표 3 참고), 친환경 원전건설 기술을 바탕으로 신흥국의 인프라 개발에 적극적으로 참여하고 있음.
 - 미국을 비롯해 일부 유럽 국가들이 원전사고에 대한 경각심과 국내 반대여론 등으로 인해 원전건설에 주춤하던 기간에 일본업체들은 적극적으로 원전개발에 참여하여 현재 세계 4대 원전그룹 중 3개 그룹이 일본기업과의 컨소시엄을 통해 이루어진 상태임.
 - 그동안 일본은 세계적 수준의 원자력 기술을 바탕으로 발전기술은 물론 내진설계, 안전관리 등 다양한 방면에서 높은 신뢰도를 쌓아왔음.
- 이번 일본 후쿠시마 원전사태는 과거 인제로 평가받던 체르노빌 원전사고와 달리 내진설계를 비롯한 원전관리 기술이 뛰어난 것으로 평가받았던 일본 원전마저도 자연재해에 취약했다는 점에서 각국의 원전관리에 경각심을 불러일으킴.
- 3·11 대지진과 쓰나미로 인해 도로, 항만, 주택 등 사회기반시설을 복구하는 데 최대 3,090억 달러(347조 원)가 소요될 것으로 집계됨(3.23 일본정부 발표).
 - ※ 피해복구 비용추정: 1,800억 달러, 일본 GDP 5%(미쓰비시 UFJ 증권, 3.14) → 2,350억 달러(세계은행, 3.21) → 3,090억 달러(일본정부, 3.21)
 - 단, 대부분의 비용추정은 원전사태로 인한 송전제한, 투자위축, 방사능 누출 등에 따른 비용을 포함하지 않아, 실제적인 파급효과는 이보다 더 클 수 있음.
 - 방사능 누출사고가 일어난 후쿠시마 원전 1~4호기는 일본 전체 전력생산에 대한 기여도가 1.4%에 채 미치지 못하나, 원자로의 안전성 위험이 부각되자 후쿠시마 원전 반경 20~30km 지역 주민들에게 피난을 권고하였으며, 일본 전역에 걸쳐 식품안전성에 대한 불신이 확산되는 등 그 파급효과가 매우 큰 상황임.
 - 후쿠시마 원전사고는 기존의 인제로 평가되는 원전사고(예: 체르노빌)와 달리 자연재해에 의한 사고로서 전 세계적으로 추진되고 있는 원전 건설계획이 일정 부분 연기될 가능성도 배제할 수 없는 상황임.
 - 본고에서는 일본 원전사태 이후 세계 에너지 시장에서 원자력의 위치를 재점검하고 주요국들의 원전 관련 대응조치를 분석함으로써 우리나라에 대한 정책적 시사점을 도출해 보고자 함.

2. 세계 원자력 발전 현황

가. 원자력 발전추이

- 1954년 최초의 상업용 원전 도입 이후 제1, 2차 석유파동을 거치면서 원자력은 화석연료에 대한 대안에너지로서 크게 부상하여 1980년대 중반까지 대폭적인 증설이 이루어져 왔음.
- 원자력은 초기 군사용에서 상업발전용으로 전환되어 선진국을 중심으로 1954~65년 기간 동안 연평균 7기의 원전이 착공되면서 확산되기 시작함.
- 제1, 2차 석유파동을 거친 1966~85년 기간에 연평균 21기의 원전이 착공되는 등 원전건설이 대폭 확대되면서 원전은 화력발전을 대체할 수 있는 대체에너지로 자리 잡았음.
- 그러나 1979년 미국 스리마일 섬 원전사고와 1986년 체르노빌 원전사고, 유가안정 등으로 인해 1986~2006년 기간 원전착공은 연평균 4기로 크게 둔화되었음.
 - 이 시기 미국, 스위스, 스페인, 벨기에 등은 신규 원전건설을 중단하였으며, 이탈리아, 영국, 독일, 스웨덴은 원전운영을 중단 또는 축소할 바 있음.²⁾

표 2. 세계 주요 원전사고 일지

원전사고	국가	일시	등급	원인	피해
키시탐 사고	구소련	1957.09.29	6	폐기물 저장시설의 냉각장치 이상으로 방사능 물질 방출	인근주민 1만여 명 대피. 주민 200명 이상 암으로 사망 추정
윈드스케일 원전사고	영국	1957.10.07	5	원자로에 화재발생, 방사능 물질 방출	직원 14명 피폭
스리마일 섬	미국	1979.03.28	5	냉각수 조절기능 고장으로 원자로 가열, 방사능 물질 방출	인근 주민 10만 명 대피 30년 동안 원전건설 계획 중단(2010년 2월 원전 신규 건설)
체르노빌 사고	구소련	1986.04.26	7	시험가동 중 발생한 강한 전력이 원자로를 파괴	사고 직후 56명 사망, 수천명 방사능 피폭
고이아이나 방사능 오염사고	브라질	1987.09.28	5	방사능 치료용 조사장치가 도난·해체되어 세슘 수납용기가 시내중심부로 누출	8개 지구 25가구 오염. 250명 피폭
도카이부라 원전사고	일본	1999.09.30	4	미숙련 근로자가 고농축 우라늄 초과투입, 방사능 물질 방출	기술자 2명 사망, 소방대원 439명 방사능에 피폭, 주민 31만 명에 대해 보호조치 적용
가리와 원전사고	일본	2007.07.18	1	사용 후 핵연료 저장고가 지진으로 흔들리면서 방사능 물질 방출	해당원전 2년 동안 가동중지

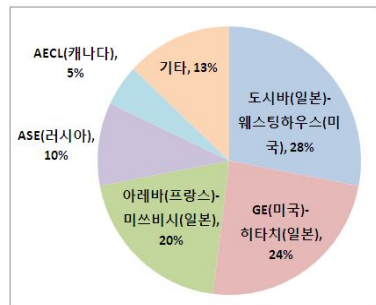
주: 국제원자력기구(IAEA)의 원자력사고 등급은 0~7등급으로 구성되며 각 등급별 특징은 다음과 같음. 0등급: 안전 이상 없음, 1등급: 이례적인 사건, 2등급: 이상, 3등급: 중대한 이상, 4등급: 시설 내부에 위험 발생, 5등급: 시설 밖까지 위험발생, 6등급: 심각한 사고, 7등급: 대형사고, 후쿠시마 원전사고는 4등급(3월 13일 일본 원자력연구개발기구 발표)에서 6등급으로 격상된 후(3월 말), 현재 체르노빌 사고와 같은 7등급으로 다시 격상된 상태임(2010. 4. 12).

자료: 각종 자료를 토대로 필자 작성.

2) 1979년 스리마일 섬 원전사고 이후 미국은 30년이 지난 2010년에야 신규 원전건설에 착수하였음.

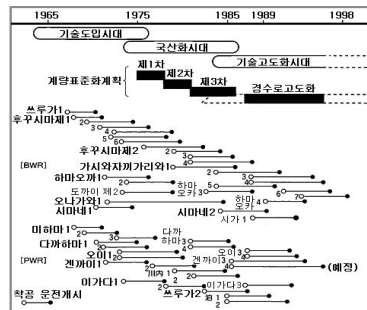
- 원전사고로 인해 미국과 상당수의 유럽 국가들이 원전에 대해 유보적인 입장을 취하던 1980년대 프랑스와 일본은 국가 주도의 강력한 원전개발을 지속하여 원전건설을 주도하는 국가가 되었으며 2009년 12월 우리나라도 원전수출에 성공함으로써 이에 가세하기 시작함.
- 1972년 프랑스는 자국기업인 프라마툼(Pramatom)을 통해 웨스팅하우스로부터 원전기술을 도입, 프랑스형 표준원자로를 개발한 바 있음.
- 향후 프라마툼 사는 웨스팅하우스로부터 원전기술 사용권을 취득(1981년)하였으며, 핵연료 제조기업인 코제마(Cogéma, 프랑스), 지멘스(Siemens, 독일)의 원전건설 부문을 합병하여 아레바(AREVA)로 재정비함.
- 일본은 1966년 7월 영국에서 도입한 도카이 발전소가 상업운전을 시작한 후 1970년대부터 국민일체형 경수로 개량표준화 사업을 실시하였으며, 1986년 3차에 걸친 개량표준화 사업을 완료한 바 있음.
- 세계 원전시장은 크게 도시바-웨스팅하우스(WEC), 아레바(AREVA)-미쓰비시, GE-히타치, 러시아 ASE(Atomstroyexport) 사 4개의 그룹이 전체의 80%를 점유하고 있으며, 이 중 ASE를 제외한 3개 그룹에 일본기업이 참여하고 있는 상태임.
- 2007년 10월 도시바는 자금난에 처한 웨스팅하우스를 인수하여, 이때부터 4대 원전그룹(도시바-웨스팅하우스, 아레바-미쓰비시, GE-히타치, 러시아 ASE) 중 3개 그룹에 일본업체가 참가함.

그림 2. 세계 주요 업체별 원전시장 점유율 현황



주: 4대 원전그룹은 세계 원전건설시장의 80% 이상을 차지함.
자료: World Nuclear Association.

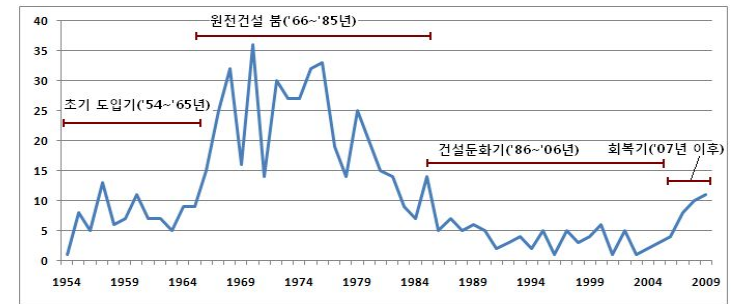
그림 3. 일본 원자력 발전 추이



자료: 일본 원자력자식정보관문국.

- 원전건설 시장은 높은 기술장벽으로 인해 신규 진입이 거의 불가능한 상황이며, 안정성 및 경제성이 우수한 경수로 기술을 보유하고 있는 도시바-WEC, 아레바-미쓰비시 그룹이 우위를 점하고 있는 상황임.
- 우리나라는 1978년 4월 고리 1호기를 시작으로 1980년대에 8기의 원자로를 건설했으며, 프랑스의 프라마툼 사와 미국의 컴버스컨 엔지니어링으로부터 기술이전을 통해 기술적 자립을 도모하였음.
- 2000년대 중반 이후 신흥국의 빠른 경제성장으로 전력수요가 증가하면서 원전수요도 늘어나기 시작하였으며, 향후에도 원전건설은 큰 폭으로 증가할 것으로 예상됨.
- 2007~09년 기간에는 연평균 10기의 원전이 착공되어 원전건설이 회복세를 나타내고 있으며, 2010~30년의 기간에는 연평균 23기의 원전건설이 예상됨.
- 2030년까지 490여기의 신규 원전건설이 추진되어 2,900조 원의 거대시장을 형성할 것으로 전망되며, 중국, 인도 등 아시아 국가들의 신규 원전건설이 60%를 차지할 것으로 예상됨.

그림 4. 연도별 원전 착공실적



주: IAEA, Nuclear Power Reactors in the World 2009.

나. 세계 원자력 운영현황

- 2011년 3월 현재 세계 29개국에서 총 443기의 원전이 운영되고 있으며, 원자력은 세계 총 발전의 14%를 담당함.
- [표 3]에 나타났듯이 원전이 전력발전에서 차지하는 비중은 국가별로 편차가 있으나, OECD 회원국의 경우 대부분 20% 이상을 차지함.
- 원전발전이 가장 높은 국가는 프랑스로 전체 발전량의 75.2%를 차지하며, 우리나라도 34.8%로 높은 편임.³⁾

표 3. 주요국의 원전 운용 및 건설계획 현황

	국가	2009년 발전량		가동 중		건설 중		계획 중		제안 중	
		10억 kWh	비중 (%)	기수	MWe net	기수	MWe gross	기수	MWe gross	기수	MWe gross
1	미국	798.7	20.2	104	101,229	1	1,218	9	11,662	23	34,000
2	프랑스	391.7	75.2	58	63,130	1	1,720	1	1,720	1	1,100
3	일본	263.1	28.9	55	47,348	2	2,756	12	16,538	1	1,300
4	러시아	152.8	17.8	32	23,084	10	8,960	14	16,000	30	28,000
5	독일	127.7	26.1	17	20,339	0	0	0	0	0	0
6	한국	141.1	34.8	21	18,675	5	5,800	6	8,400	0	0
7	우크라이나	77.9	48.6	15	13,168	0	0	2	1,900	20	27,000
8	캐나다	85.3	14.8	18	12,679	2	1,500	3	3,300	3	3,800
9	영국	62.9	17.9	19	10,962	0	0	4	6,680	9	12,000
10	중국	65.7	1.9	13	10,234	27	29,790	50	57,830	110	108,000
11	스웨덴	50.0	34.7	10	9,399	0	0	0	0	0	0
12	스페인	50.6	17.5	8	7,448	0	0	0	0	0	0
13	벨기에	45.0	51.7	7	5,943	0	0	0	0	0	0
14	인도	14.8	2.2	20	4,385	5	3,900	18	15,700	40	49,000
15	체코	25.7	33.8	6	3,722	0	0	2	2,400	1	1,200
	세계	2560	14.0	443	377,750	62	64,374	158	176,773	324	368,295

자료: World Nuclear Association.

■ 현재까지 원전시설은 선진국과 구소련지역에 집중되어 있었으나 신흥개도국을 중심으로 전력수요가 급증함에 따라 향후 원전건설은 신흥개도국을 중심으로 이루어질 예정임

- 선진국은 국내 에너지 효율화와 원전에 대한 반대여론 등으로 인해 원전비중을 축소하거나 원전신축을 보수적으로 계획하고 있음.

○ OECD 회원국의 경우 한국이 5기, 일본과 캐나다가 2기, 미국과 프랑스가 1기씩 건설 중이며, 독일, 스웨덴, 스페인 등 유럽 국가들은 국내 반대여론 등으로 인해 추가적인 원전 건설을 계획하고 있지 않은 상태임.

○ 전력수요 증가와 자원의 해외의존도 축소를 위해 이례적으로 일본과 미국만이 향후 12기와 9기의 원전 추가건설을 계획하고 있음.

- 보수적인 원전운용을 고수하고 있는 선진국에 비해 중국, 러시아, 인도를 비롯한 신흥국은 급증하는 전력수요와 경제개발을 위해 적극적인 원전신축을 시행하고 있음.

○ 현재 가동 중인 중국, 인도의 원전 수는 각각 13기와 20기로 세계 전체 원전 수의 7.4%에 불과하나 중국과 인도는 각각 원전 27기와 5기를 건설 중이어서 현재 건설 중인 세계 원전의 절반 이상을 차지하고 있으며, 러시아 또한 10기의 원전을 건설 중임.

3) 원전비중이 높은 국가: 프랑스(75.2), 슬로바키아(53.5), 벨기에(51.7), 우크라이나(48.6), 헝가리(43.0), 스위스(39.5), 불가리아(35.9), 한국(34.8), 체코(33.8), 핀란드(32.9), 일본(28.9). 원전비중이 낮은 국가: 중국(1.9), 인도(2.2), 브라질(3.0), 남아공(4.8).

- [그림 4]에 나타난 바와 같이 2000년대 중반 이후 원전건설은 증가추세에 있으며, 현재 전 세계에서 건설 중이거나 착공이 추진 중인 원전 수는 220여 개로 현재 가동 중인 원전 수의 절반에 달하는 수준임.

○ 고려단계에 있는 원전 수까지 포함할 경우 현재 원전 수(443개)보다 많은 544개의 신규 원전이 계획되고 있음(기존 원전을 대체하는 원전 건설계획 포함).

○ 현재 개발도상국(비OECD 회원국)의 원전 수는 전 세계 원전의 21% 수준이나 현재 건설 중이거나 착공계획 중인 원전 중 70%가 이들 개도국에 건설될 예정임.

- 중국, 인도를 비롯한 주요 개도국의 원자력 발전비중은 0~7%에 불과하여 20~35% 수준인 주요 선진국들과는 큰 격차를 보이고 있으며, 이들의 경제성장 추세와 이에 따른 막대한 전력수요, CO₂ 감축에 대한 국제사회의 압력을 고려할 경우 원전건설은 대폭 증가할 수밖에 없는 상황임.

표 4. 개발도상국의 원전 건설 현황

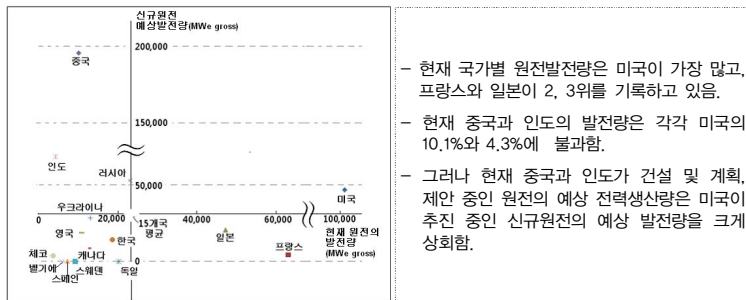
국가	전체 전력생산 중 원자력 비중 ¹⁾	원전 수				
		운영 중	건설 중	계획 중	제안 중	합계 ²⁾
중국	1.9	13	27	50	110	200
러시아	17.8	32	10	14	30	86
인도	2.2	20	5	18	40	83
우크라이나	48.6	15	0	2	20	37
아랍에미리트	0	0	0	4	10	14
베트남	0	0	0	2	12	14
남아공	4.8	2	0	0	6	8
브라질	3.0	2	1	0	4	7
파키스탄	2.7	2	1	2	2	7
아르헨티나	7.0	2	1	2	1	6
인도네시아	0	0	0	2	4	6
루마니아	20.6	2	0	2	1	5
기타 13개국		4	1	13	10	28
개도국 합계		94 (21%)	46 (74%)	111 (70%)	249 (77%)	500
선진국(OECD) 합계		349 (79%)	16 (26%)	47 (30%)	75 (23%)	487
전 세계 합계 ²⁾	14.0	443	62	158	324	987

주: 1) 2009년 기준.

2) 합계 수치에는 기존 원전의 수명이 다함에 따라 추진 중인 대체원전 건설이 포함되므로 '건설 중' 또는 '계획 중', '제안 중인' 원전의 수만큼 원전 수가 증가하는 것은 아님.

자료: World Nuclear Association.

그림 5. 주요국의 현재 원전발전량과 신규원전의 발전량 비교



3. 일본 원전사태 이후 주요국의 원전정책 방향

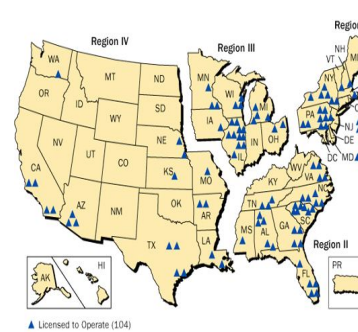
가. 미국

1) 미국의 원전가동 현황

- 미국에는 현재 31개 주(州)에 걸쳐 104기의 원전이 가동되고 있는 가운데 원자력이 전체 전력생산의 20.2%를 차지하며, 비화석연료 사용 전력생산 중에서는 70%를 차지하고 있음.
- 미국의 원자로 건설은 1979년 스리마일 섬 방사능 누출사고 이래 중단되었으나 2010년 2월 조지아 주 버크카운티 원자로 건설에 정부가 대출을 보증함으로써 재개됨.
- 미국의 원전 104기 중 1969년에 건설된 뉴저지 주 오이스터 크릭, 뉴욕 주 나인마일 원전을 포함한 23기가 후쿠시마 원전과 같은 모델임(GE의 마크1형 원자로).
- 2010년 11월 기준으로 총 135건의 원전출력 증강사업이 승인됨으로써 미국의 원자력 의존도는 꾸준한 상승세를 기록함.
- 미국 원자력규제위원회(NRC: Nuclear Regulatory Commission)는 최근 20여 건의 원전 신설계획을 검토하고 있음.⁴⁾

4) 1970년대에 설립된 NRC는 행정부의 영향에서 벗어나 독립적으로 원자력을 허가, 관리, 감독하는 규제기관임.

그림 6. 미국의 원전 분포

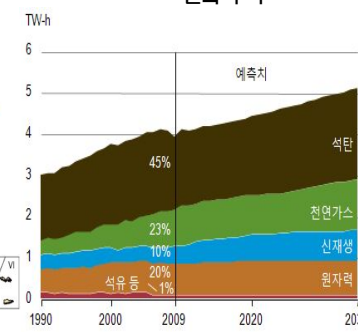


자료: 에너지정보국(EIA).

2) 일본 원전사태 이후 미국의 정책방향

- 미국은 스리마일 섬, 체르노빌 원전사고 이래 원전확대에 유보적인 입장을 고수해 왔으나, 기후변화와 브리티시 페트롤리움(BP) 사의 멕시코만 원유 유출사고(2010. 4. 20 발생)에 따른 석유 의존도 감축압력을 계기로 탄소배출이 적은 원자력에 대해 전반적으로 지지하는 분위기가 형성된 바 있음.
- 한편 오바마 대통령은 2011년 연두교서를 통해 2035년까지 미국의 풍력, 태양력, 원자력이 포함된 클린에너지 의존도를 80%로 확대하겠다는 목표를 설정한 바 있음.
- 2012년 회계연도 예산안에 원전신설 보조금으로 360억 달러가 책정됨.
- 전통적으로 원전건설에 찬성하는 입장인 공화당은 일본 원전사태에 대해 침묵하고 있으나 원전건설에 회의적인 입장인 민주당은 이를 계기로 원전 가동중단을 촉구하고 있음.
- 에드 마키(Ed Markey) 민주당 하원의원(매사추세츠 주)은 지진대에 자리 잡은 원전의 일시 가동중단을 촉구했으며, 존 케리(John Kerry) 민주당 상원의원(매사추세츠 주)은 원전 건설의 전면중단을 요구함.
- 오바마 행정부는 일본 원전사고에도 불구하고, 기존 원전확대 정책기조에는 변화가 없다는 입장이나 미국 내 원전시설에 대한 안전조치 점검을 대폭 강화하겠다는 입장임.
- 미국 NRC는 자국의 원전이 심각한 자연재해를 견딜 수 있도록 설계되어 있다며 원전의 안전성을 재차 강조하는 한편, 지난 3월 23일 향후 90일간 104기의 원전에 대한 안전점검을 실시할 것이라고 발표함.

그림 7. 미국의 전력생산 중 에너지원 변화 추이



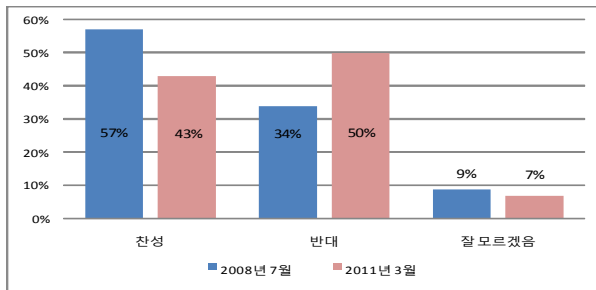
자료: 에너지정보국(EIA).

- 단적으로 지난 3월 26일 NRC는 조지아 주의 신규 원전 건설계획의 환경영향평가를 통과 시킴과 동시에 이 같은 의지를 표명함.

■ 그러나 미국인들의 자국 원전 안전성에 대한 우려의 목소리는 높아지고 있음.

- 미국 CBS 설문조사(3월 22일 발표)에 따르면 응답자의 43%만이 신규 원전건설을 지지한다고 답변바, 2008년 7월 실시된 설문조사(원전건설 찬성 57%, 반대 34%)보다 14% 포인트 하락함.
- 특히 민주당 지지자들이 공화당 지지자들에 비해 원전에 대해 부정적인 입장을 보여 향후 미국 대선에 영향을 미칠 수 있을지 귀추가 주목됨.

그림 8. 일본 원전사고 전후 원전건설에 대한 CBS 설문조사 결과



■ 미국 내 증가하는 전력수요, 신재생에너지의 한계, 에너지 안보문제를 고려했을 때 미국정부는 기존 원전 확대정책을 고수할 것이라고 발표하였으나, 국민의 부정적 여론 확산 가능성을 배제할 수 없어 향후 추이를 지켜봐야 할 것으로 판단됨.

- 하지만 일본 원전사고를 계기로 허가를 앞둔 신규·기존 원전 승인절차가 까다로워질 것으로 보이며, 연방정부의 정치적 지원도 줄어들 가능성이 있을 것으로 분석됨.
- 또한 NRC 안전기준이 엄격해짐에 따라 원전 건설비용이 상승할 것으로 예상되는데 경제적 차원에서 신규 원전건설에 어려움이 있을 것으로 예상됨.
- 아울러 미국 국민들의 원전 안전성에 대한 회의론이 높아짐에 따라 천연가스를 이용한 전력수요가 증가할 것으로 전망됨.
- 미 에너지정보국(Energy Information Administration)에 따르면 미국의 천연가스 생산은 2010년 5년 연속 증가해 1973년 이후 최대 수준인 21조 5,700억 입방피트(ft³)를 기록함.

- 이 사태 이후 우리나라 가격이 30% 급락한 반면 유럽과 미국의 천연가스 가격은 약 10% 상승함.

나. 캐나다

1) 캐나다의 원전가동 현황

- 캐나다 원전은 현재 18기(12,600MW)를 가동하고 있으며 캐나다 전체 소비전력의 약 16%를 공급하고 있음.
- 캐나다형 가압중수로(CANDU)⁵⁾로 건설된 총 18기의 원전 중 16기가 온타리오(Ontario)에 집중되어 있으며, 퀘벡(Quebec) 및 뉴브런즈윅(New Brunswick)에 각 1기를 가동 중임.
- 캐나다의 원자력 발전은 총발전량의 16%를 차지하며 수력발전(58%)이 전력생산의 주력을 이루고 있음.

표 5. 캐나다 원자력 발전 현황

발전소	지역	총 발전용량(MW)	폐쇄예정
Pickering A1	Ontario	515	2022
Pickering A4	Ontario	515	2018
Pickering A5	Ontario	516	2014
Pickering A6	Ontario	516	2015
Pickering A7	Ontario	516	2016
Pickering A8	Ontario	516	2017
Bruce A3	Ontario	750	2036
Bruce A3	Ontario	750	2036
Bruce A3	Ontario	822	2014
Bruce A3	Ontario	822	2014
Bruce A3	Ontario	822	2016
Bruce A3	Ontario	822	2017
Darlington1	Ontario	881	2020
Darlington1	Ontario	881	2020
Darlington1	Ontario	881	2022
Darlington1	Ontario	881	2023
Gentilly 2	Quebec	638	2011
Point Lepreau	New Brunswick	635	2034
총 운영 중 원자로(18기)		12,679	

자료: 세계원자력협회(World Nuclear Association).

5) CANDU(Canada Deuterium Uranium)는 캐나다가 독자적으로 개발한 가압 중수로임. CANDU는 캐나다형 중수로(Canada Deuterium Uranium)에서 유래되었으며 1950년대와 1960년대 중반에 캐나다 원자력 공사(Atomic Energy of Canada Limited, AECL), 온타리오 수력발전 위원회(Hydro-Electric Power Commission of Ontario)의 협력으로 개발되었음. 우리나라 경주시 월성 군에 있는 월성 원자력 발전소는 CANDU 원자로임.

그림 9. 가동 중인 원자로 위치

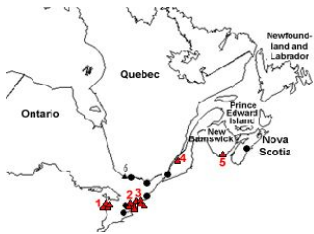


표 6. 캐나다 형태별 발전량 추이

(단위: TW·h)

	2005	2006	2007	2008	2009
수력	358.4	349.5	365.8	369.3	363.4
원자력	86.8	92.4	88.2	88.6	85.3
화력	157.3	147.7	149.6	139.1	124.7
풍력	1.6	2.5	2.9	3.6	6.1
총발전량	604.2	592	606.5	600.6	575.3

자료: Atomic Energy of Canada Limited (AECL).

클상자 1. 캐나다 원자력 발전과정

- ▶ 1944년 원자력 연구 착수
- ▶ 1962년 첫 CANDU 발전용 원자로 가동시작(고유원자로)
- ▶ 12기의 CANDU를 한국(4기), 루마니아(2기), 인도(2기), 파키스탄(1기), 아르헨티나(1기), 중국(2기)에 수출
- ▶ 2005년 온타리오 주정부는 새원전 건설 대신 4개의 원자로를 보수하여 재사용 개시
- ▶ 2007년 11월 세계원자력에너지파트너십(GNEP)에 18번째로 가입
- ▶ 2007년 뉴브런즈윅(New Brunswick)주정부는 신형 CANDU원자로인 ACR-1000건설 추진
- ▶ 2017년 가동을 목표로 앨버타 주에 4000 MWe급 원자로 발전소 건설 논의(2010)
- ▶ 2020년까지 8기이상의 CANDU 원자로 건설 계획(2010년 논의)

자료: CNSC, Atomic Energy of Canada Limited 자료 인용.

2) 캐나다의 원전정책

- 캐나다 연방정부의 원자력 관련 정책 및 운영은 캐나다원자력공사(AECL)의 CANDU 개발과 원자력관리위원회(AECB)의 규제에 바탕을 두고 있음.

- 캐나다는 화력발전용 화석연료 일부를 해외수입에 의존해야 하는 상황이므로, 1950년대 초반부터 범국가 차원에서 천연우라늄을 사용하는 원자로를 적극 개발해 왔음.

- 캐나다는 세계 우라늄 총 생산량의 1/3을 차지하는 최대 우라늄 생산국임.

- 화석연료의 가격변동성, 공급불안정, 온실가스 배출 감축압력 등에 따라 캐나다는 원자력에너지를 중요한 에너지 공급 대안으로 인식하여 2020년까지 신규 원전 8기 추가 건설을 계획하고 있음.

- 캐나다 인구의 40% 이상이 거주하고 전력수요가 가장 높은 온타리오 주에서는 기존 원전의 노후화 및 전력 에너지 공급부족 예상에 따라 신규 원전 4기를 건설할 예정임.

- 온타리오 주 정부는 2004년부터 청정, 대체 및 재생에너지를 이용한 전력생산을 장려하고 있으며 관련 세금우대프로그램(법인세 공제 및 판매세 환급)에 원자력(신규 또는 설비 개선) 시설도 포함하고 있음.

- 캐나다 연방정부의 2010/11년 예산안에 따르면 전체 친환경 부분투자액 중 70% 이상을 원자력 부분에 할당하고 있음.

- 캐나다 정부는 원자력 산업 보호를 목적으로 한 다양한 조정책을 실시하고 있으며 연방정부의 자금지원제도를 통해 원전산업을 활성화하고 있음.

3) 일본 원전사태 이후 캐나다의 정책방향

- 캐나다 정부는 일본 원전사고를 계기로 원전 안정성 논란이 일고 있는 가운데 전체 원자력 발전소에 대한 안전검사를 실시하고 있음.

- 일본 원전사고 약 1주일 후인 3월 17일 온타리오 피커링(Pickering) 핵발전소에서 수만 리터의 방사능 오염 냉각수가 온타리오 호로 유입하는 사고가 발생하여 원전 안전에 대한 경각심이 고조되었음.

- 안전검사의 주요 내용은 △ 일본진진에서의 교훈 검토 △방사능 누출을 차단하는 보호벽 확충을 통한 종합적 핵발전소 방어체계 수립 △ 안전에 대처할 장·단기 조치 및 계획수립과 실천임.

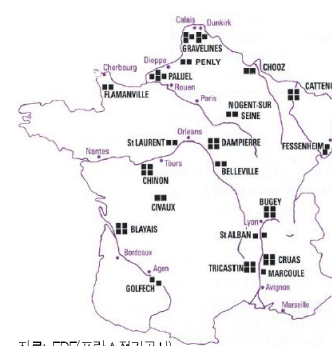
- 캐나다는 일본 원전사태를 계기로 다각적인 안전 점검을 추진하고 있으나 기존 원자력발전소 건설계획에는 변화가 없을 것으로 전망됨.

다. 프랑스

1) 프랑스의 원전가동 현황

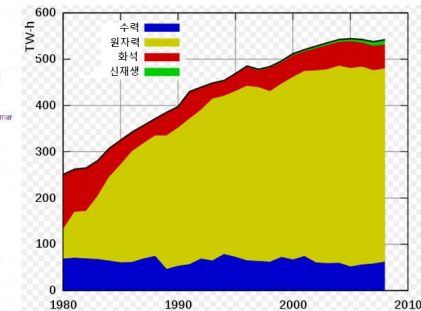
- 프랑스(58기, 6만 6,020MW)는 원자력 발전규모에서 미국(104기, 10만 6,060MW)에 이어 세계 2위를 차지하나 총발전량 중 원전이 차지하는 비중이 78%에 달해 세계에서 가장 높은 원자력 발전비율을 보임.

그림 10. 프랑스의 원전 분포



자료: EDF(프랑스전기공사).

그림 11. 프랑스의 전력생산 중 에너지원 변화 추이



자료: EDF(프랑스전기공사).

- 프랑스의 원자력 발전은 총 전력생산의 78%를 차지하며, 12%는 수력발전, 나머지는 신재생에너지, 석탄·가스화력 발전이 차지함.
- 1970년대 오일쇼크 이후 프랑스는 에너지 의존도를 줄이기 위해 원전개발을 국가 핵심사업으로 추진하였으며, 이로 인해 에너지 자립도는 1973년 23%에서 50%를 상회하는 수준으로 발전하였고 원자력 부문에서 세계 최고의 경쟁력을 확보한 것으로 평가됨.

글상자 2. 프랑스 원자력 발전과정

- ▶ 1973년 원자력 발전사업을 국책사업으로 채택
- ▶ 1974년 3월 90만kW 급 원전 16기 건설계획이 국회를 통과
- ▶ 1976년 130만kW 원전 20기 건설계획 확정
- ▶ 1977년 페세앵(Fessenheim) 원전 상업가동 시작
- ▶ 웨스팅하우스(WEC)로부터 기술도입. 1980년까지 6기의 동일 원전을 건설하여 기술 축적 및 표준화 달성
- ▶ 1980~87년 90만kW 20기 건설을 통해 2단계 표준화 완성
- ▶ 1985~91년 130만kW 원전 표준화 건설
- ▶ 1992년부터 독일과 공동으로 제3세대 원전 유럽 표준 가압경수로 건설을 추진
- ▶ 1996~2002년 4기의 140만kW 원전건설. 동 기간 중 완전한 기술자립 실현
- ▶ 2007년 노드망디에 160만kW 규모의 플랑빌 발전소 착공(2013년 가동예정). 디에프에도 2017년 가동을 목표로 추진
- ▶ 2020년까지 4세대 고속중성자로(FBR) 형식의 실험용 원자로 완성 목표
- ▶ 2040년 4세대 원자로 상업가동 목표

2) 프랑스의 원전정책

- 프랑스 정부는 증가하는 전력수요에 대비하기 위해 신규 원전건설 및 기존 원전의 수명연장을 추진하고 있으며, 가스화력 발전의 경우 피크 부하용 발전소로 설비용량의 확대를 추진하고 있음.
- 대부분의 원자로는 1977~2000년 기간에 완성되어 2020년부터는 운영가능기간(30년+10년)이 만료함에 따라 유럽 표준 가압경수로(EPR: European Pressurized Water Reactor)로 대체한다는 계획에 따라 160만kW의 원전을 매년 1기씩 건설할 예정임.
- 2005년 에너지 기본법을 제정, 3세대 원자로인 EPR을 착공하였으며, 이를 통해 대규모의 설비용량 감소를 막고 2035년 이후로 예정된 제4세대 원자로 상용화까지 공백을 메운다는 것이 프랑스 정부의 입장임.
- 2007년 말 노르망디에 1,650kW 규모의 플랑빌(Flamville) 발전소가 착공(2013년 가동예정)되었으며, 디에프(Dieppe)에도 2017년 가동을 목표로 건설이 추진 중임.
- 원자력이 기저부하용 발전으로 전력원의 근간을 이루는 가운데, 별도로 피크 부하용 발전

소를 건설할 필요가 있음에 따라 가스화력 발전 설비용량을 확대 장려함(2015년까지 모든 화력발전을 천연가스로 대체할 예정).

- 2020년까지 총 전력생산의 20%를 신재생에너지로 충당한다는 계획을 추진 중이나 원자력에 대한 높은 의존도를 고려할 때 전력원으로서 신재생에너지의 역할은 한정적임.

■ 프랑스의 원전정책은 원자력을 통해 에너지 자립도를 높이고, 대기오염 등의 환경피해를 줄인 대표적인 사례로 각광받아 왔음.

- 30년간의 전략적인 원자력 정책으로 인해 프랑스의 에너지 자립도는 1973년 23%에서 2007년 50%를 상회하는 수준으로 발전했으며, 지난 20년간 3,000만 톤의 CO₂를 감축하여 전력생산 당 CO₂ 발생 수준을 1/9 수준으로 감축하는 데 성공함.

- 프랑스의 전력생산 비용은 주변국 중 제일 저렴하여 영국, 독일, 이탈리아 등으로 연간 30억 유로의 전력을 수출함.

- 프랑스에서는 원자력을 청정기술의 일부로 인정하는 경향이 강하며, 환경단체들은 2007년 프랑스 정부가 환경정책(온실가스 감소, 신재생에너지 확대)을 정책 어젠다에 대폭 포함시키에 따라 원자력 정책을 수용하는 입장을 취함.

- 2008년 7월 Ifop의 여론조사에 따르면 67%의 프랑스인이 원전은 프랑스 에너지 정책에 꼭 필요하다고 응답했으며, 원전의 위험성(27%)보다 지구온난화를 우려하는 목소리(53%)가 더 높은 상황임.

3) 일본 원전사태 이후 프랑스의 정책방향

■ 일본 원전사고 이후 프랑스 내의 원전에 대한 안전관리와 원전정책 전반에 대한 재검토를 요구하는 목소리가 높아지고 있음.

- 프랑스 녹색당(Les Verts)은 프랑스 원전정책의 지속여부를 결정하기 위한 국민투표를 주장했으며, 프랑스 내 가장 오래된 원전인 페세앵(Fessenheim) 원전의 즉각적인 폐쇄를 요구함.

- 프랑스에서는 원전정책에 관해서는 좌·우파 대표정당인 대중운동연합(UMP, 우파)과 사회당(좌파)이 모두 우호적인 입장을 보이고 있으며, 녹색당 또한 적극적인 반대를 주장하지 않았다는 점에서 원전정책에 대한 패러다임의 변화가 일어나기 시작함.

- 스위스의 발-빌르(Bâle-Ville)와 발-캥파뉴(Bâle-Campagne) 주는 페세앵 원전에 대한

즉각적인 안전조사를 시행하고 결과가 나오기 전까지 원전가동을 중단할 것을 프랑스 정부에 요청했으며, 인근 독일 지방자치단체의 정보감시위원회도 동일한 요청을 한 상태임.

- 특히 페세앵 1호기 원전은 가동 후 30년이 지난 상태이며 핵안전기구(ASN: Autorité de Sûreté Nucléaire)가 향후 10년간 가동을 연장하는 결정을 4월 중 발표예정이라는 점에서 논란이 확산될 전망이다.

- 피용(Francois Fillon) 총리는 3월 25일 ASN에 프랑스 원전에 대한 전면적인 조사를 요청했으며, 사르코지(Nicolas Sarkozy) 대통령은 3월 24~25일 EU 정상회의 기간 중 EU 차원의 원전 스트레스 테스트를 실시할 것이며, 테스트를 통과하지 못하는 프랑스 원전은 가동을 즉각 중단할 것임을 발표함.

- 일본 원전사태 이후 프랑스인의 70%가 원전개발 축소 또는 원전철폐에 호의적인 반응을 보이고 있는 것으로 나타났으며, 대선을 1년 앞둔 시점이라는 점에서 원전축소에 대한 대선공약이 등장할 수 있음.

- 1986년 체르노빌 원전사고 이후 방사능 물질의 프랑스 유입에 대한 논란이 대두된 바 있으며 2002년 보고서에서는 체르노빌 원전사고에 의한 낙진이 프랑스 북부지방에 영향을 미쳤다고 발표됨. 체르노빌 사고와 프랑스 내 갑상선 암 증가의 상관관계에 대해 환자들 이 프랑스 정부를 대상으로 소송을 제기하여 10년 동안 소송이 진행된 바 있음(3월 31일 상관관계가 없다는 판결이 예정),

- 일본 원전사태 이후 프랑스 내의 원전 관리·감독은 대폭 강화될 것으로 보이나, 프랑스 정부가 기존의 원전정책을 선회할 것으로 예상되지는 않음.

- 현실적으로 원자력이 전력발전의 3/4을 차지하고 있는 상황에서 원전비중 축소는 가능한 선택이 아니며, 야당인 사회당마저 녹색당이 주장하는 원전유지에 대한 국민투표 제의에는 반대하고 있는 상황임.

- 사회당은 원전에 문제가 있을 것으로 확인될 경우 가동을 중단시킬 수 있는 체계를 강화해야 한다고 주장함.

- 프랑스 핵안전기구를 비롯하여 프랑스 전기공사(EDF), 에너지 장관 등은 프랑스 원전기술의 우수성과 안정성에 대해 적극 홍보하고 있으며, 사전안전조치를 강화하겠다는 입장을 발표. 앞으로 노후 원자로를 대체할 EPR은 안전성이 입증되어 있다는 점을 강조함.

- 프랑스 정부와 야권은 급증하는 에너지 수요와 기후변화 목표달성을 위해서 원전정책이 필요하다고 판단하고 있어 원전에 기초한 에너지 정책이 재검토될 것으로 예상되지는 않음.

라. 독일

1) 독일의 원전가동 현황

- 독일에는 2011년 현재 17기의 원자력발전소(순발전설비능력은 20,490MWe⁶⁾)가 운영되고 있으나 이 중 8기는 임시적으로 가동이 중단된 상태임.

- 임시적으로 가동 중단된 원전 중 7기⁷⁾는 지난 3월 15일에 가동 중단이 결정되었으며 1984년 가동 이래 300건의 문제가 발생한 솔레스비히-홀슈타인 주의 크뤼멜(Kruemmel) 원전은 2009년에 이미 임시 가동 중단된 상태임.

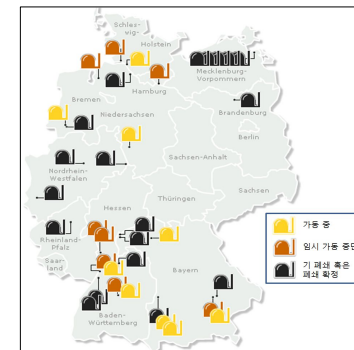
- 이미 폐쇄되었거나 폐쇄가 결정된 원전은 19기에 달하며 이 외에도 2009년에 중단된 원전 프로젝트 수가 6건에 이름.

- 독일 원전은 E.ON, RWE, EnBW(EnKK), Vattenfall의 4개 회사가 운영하고 있음.

- 독일의 에너지 생산에서 원자력 발전이 차지하는 비중은 비교적 높은 편임.

- 연방원자력안전청의 보고서에 따르면, 2009년 원자력으로 인한 전력생산은 134.9TWh로 전체의 22.6%를 차지하며 갈탄 다음으로 높은 전력생산 비중을 보이고 있음.

그림 12. 독일 원전의 분포 및 가동현황



자료: Spiegel Online, 독일연방방사능보호청 자료를 인용.

표 7. 독일의 전력 총생산에서 에너지원별 구성

	2007년		2008년		2009년	
	TWh	%	TWh	%	TWh	%
원자력	140.5	22.0	148.8	23.4	134.9	22.6
갈탄	155.1	24.3	150.6	23.6	146.5	24.5
석탄	142.0	22.3	124.6	19.5	109.0	18.3
석유	9.6	1.5	9.2	1.4	12.5	2.1
천연가스	75.9	11.9	86.7	13.6	77.0	12.9
수력	28.1	4.4	26.5	4.2	24.5	4.1
풍력	39.7	6.2	40.6	6.4	37.8	6.3
기타	46.4	7.3	50.3	7.9	54.6	9.1
총합	637.3	100.0	637.3	100.0	596.8	100.0

자료: Ines Bredberg et al.(2010, 9), "State and Development of Nuclear Energy Utilization in the Federal Republic of Germany 2009," Bundesamt fuer Strahlenschutz, p. 9.

6) European Nuclear Society 홈페이지 자료 참고.

7) 솔레스비히-홀슈타인 주의 브룬스뷔텔(Brunsbüttel) 기, 니더작센 주의 운터베저(Unterweser) 기, 헤센 주의 비블리스(Biblis) A와 B 기, 바덴-뷔르템베르크 주의 필립스부르크(Philippsburg) 1기와 네카르베스트하임(Neckarwestheim) 1기, 바이에른 주의 이자르(Isar) 1기임.

2) 독일정부의 원전정책

- 온실가스 감축 및 신재생에너지원을 통한 에너지 공급확대에 적극적인 독일정부는 원자력 발전의 단계적 폐쇄라는 기본원칙에 대해서 찬성하고 있음.
- 2009년에는 2050년까지 친환경적, 안정적이면서 조달 가능한 에너지 공급을 위한 독일의 장기적 에너지 전략인 '에너지 개념(Energiekonzept)'을 제시함.⁸⁾
- 신재생에너지가 미래 에너지 공급의 초석이 될 것임을 언급하면서도 원자력에너지가 부족한 에너지 공급을 원활하게 해줄 수 있는 과도기 기술임을 강조하고 있으나, 새로운 원전 건설에 대해서는 반대하는 입장을 고수하고 있음.
- 메르켈 총리 집권 이후 신재생에너지원으로 인한 에너지 공급확대의 목표 함께 원전 가동기간 연장에 대한 논의가 계속되었고, 지난 2010년 9월에 구체화됨.
- 원전 폐쇄는 슈뢰더 총리를 중심으로 한 사민당과 녹색당의 좌파연정 집권기인 2001년에 합의되어 2002년 4월에 원자력에너지법(Atomgesetz)을 개정하여 개별 원전의 가동시작 연도 기준으로 32년 내인 2021년까지 모든 원전을 폐쇄하도록 함.
- 그러나 2009년 기민/기사당과 자민당의 우파연정 형성 이후 원전 가동기간 연장에 대한 논의가 가속화됨.⁹⁾
- 2010년 9월 1980년 이전에 건설된 원전은 8년, 1980년 이후에 건설된 원전은 14년간 가동기간 연장이 결정되어 현재 관련 법적 절차를 진행 중임.
- 원전 가동기간 연장 사유는 2050년 독일 내 에너지 공급의 80%가 신재생에너지를 통해 이루어지기 전까지 원자력 발전이 그 가교 역할을 하도록 하여 독일 내 원활한 에너지 공급이 이루어지게 하기 위해서임.

3) 일본 원전사태 이후 독일의 정책방향

- 일본의 원전사태와 함께 독일 국내 반대여론이 거세지고 있고, 에너지 관련 기업들은 조심스럽게 대처하고 있음.
- 일본 원전사태 하루 뒤인 3월 12일 바덴-뷔르템베르크(Baden-Württemberg) 주에서는 6만 여명이 인간사슬을 이루며 반원전 시위를 벌였고, 독일의 주요 방송사인 ZDF는 "원자력의 시대는 지나갔다"¹⁰⁾라고 표현한 바 있음.

8) 독일연방 환경, 자연보호 및 원자력안전부(BMU) 홈페이지 참고.

9) 우파연정은 자유로운 이데올로기와 시장 기반의 에너지 정책을 지향하고 있으며, 이는 과학기술에도 적용됨.

- 3월 27일에는 베를린, 함부르크, 뮌헨, 쾰른의 독일 주요 도시에서 25만 명에 이르는 국민들이 반원자력 발전 시위에 가담하는 등 원전 반대여론이 거세지고 있음.
- E.on 등 원전을 운영하는 거대 에너지 기업들은 정부의 갑작스런 원전 가동중단 결정으로 큰 손실을 예상하면서도 "윤리적 양심"에 따라 정부의 방침에 따르는 등 여론에 대해 조심스러운 입장을 취하고 있음.
- 독일정부는 독일 원전의 안전성을 재차 강조하고 있으나 독일 남서부에서 가동 중인 8기의 원전이 지진대에 포함된 것으로 알려지면서 원전에 대한 두려움이 확산되고 있음.
- 독일정부는 독일에서 일본과 같은 자연재해가 발생할 가능성이 낮고, 또한 독일의 원전 기술에 대해 확신을 갖고 있다고 발표했으나 국민들의 동요를 안정시키고 반대여론을 무마시키고자 기존의 원전과 관련하여 정책적 변화를 시도함.
- 독일정부는 원전 가동연장에 대한 모라토리움을 실시하고 원전가동 중단을 가능한 한 앞당기는 방향으로 태도를 전환했으나 3월 27일 2건의 지방선거를 앞둔 정치적 행보라는 비난을 받고 있음.
- 원전 반대여론을 의식한 메르켈 총리와 베스터벨레 부총리는 가동 중인 17기 원전의 안전성에 대한 면밀한 검토를 지시함.
- 메르켈 총리는 지난 3월 14일, 원전 가동기간 연장법안 시행에 대해 3개월간 연기(모라토리움)를 결정한바, 보다 현실적인 단계적 원전폐쇄가 필요하다고 강조하면서도 모라토리움 이후 기존 정부의 원전 관련 입장에 대한 변화가 있을 것임을 시사함.
- 3월 15일에는 1980년 이전부터 가동한 총 7기의 원전에 대한 가동중단이 발표됨.
- 3월 27일 바덴-뷔르템베르크 주와 라인란트-팔츠(Rheinland-Pfalz) 주의 선거가 진행되나, 두 곳 모두에서 녹색당에 대한 지지율이 압도적으로 상승하며 원전반대에 대한 유권자들의 지지를 보여줌.¹¹⁾
- 원전 반대운동에 힘입은 녹색당은 양 지역 모두에서 선전하여 바덴-뷔르템베르크 주에서는 24.2%로 36석(2006년 대비 12.5%포인트 상승, 19석 증가)을 확보했으며, 라인란트-팔

10) ZDF의 Peter Frey 편집국장은 후쿠시마 사태로부터 "원전의 시대는 지나갔다(Das Atomzeitalter ist vorbei)"을 알 수 있다고 함.

11) 바덴-뷔르템베르크 주는 1953년 이후 기민당이 독재한 곳으로 비록 2006년 대비 5.2%포인트 하락한 39%의 지지율로 138석 중 60석을 확보했으나 자민당의 지지율 하락(7석 확보)으로 의석 과반수 확보에 실패함에 따라 메르켈 총리와 우파연정의 정치적 영향력에 타격이 예상되고 있음. 한편 라인란트-팔츠 주에서는 기존 지방의회 다수당인 사민당이 지지율 35.7%(42석)로 하락하고, 기민당은 오히려 35.2%(41석)로 다소 상승했으나 자민당의 의석확보 실패로 101개 의석 중 과반수를 넘기지 못함.

츠 주에서는 15.4%의 지지율로 18석(2006년에는 4.6%를 기록하여 지방의회 진출 실패)을 확보함.

- 특히 바덴-뷔르템베르크 주에서는 기민당과 자민당의 저조한 득표율로 의석 과반수 확보에 실패한바 녹색당 중심의 좌파연정이 구성될 가능성이 크고, 이 경우 주지사 또한 녹색당에서 선출될 전망이나 대패한 기민당과 자민당은 연방상원의 의석수마저 감소할 것으로 예상되고 있음.

- 원자력 발전에 대한 반대여론이 대세를 이루는 현 시점에서는 녹색당의 반원전 및 친환경적 정책이 힘을 얻을 것으로 예상되며, 기민당을 비롯한 다른 정당들도 원전폐쇄의 가속화에 동조할 것으로 보임.

■ 갑작스러운 원전가동 중단은 가동 가능한 원전을 보유한 지역의 지방경제에 영향을 미칠 것으로 보임.

- 원전가동 중단으로 에너지 기업들이 납부하는 핵연료봉세 등 지방정부의 세수감소가 발생하고, 이로 인해 CO₂ 배출을 최소화할 건물 건설에 차질이 예상되며, 원전 관련 실업 또한 나타날 것으로 보임.

■ 원자력 발전을 대신할 에너지원 모색이 시급해지면서 풍력발전을 중심으로 한 신재생에너지원과 석탄 및 천연가스가 과도기 기술로 주목받고 있음.

- 독일정부는 신재생에너지가 미래 에너지 공급의 초석이 될 것임을 강조하는바, 풍력발전에 대한 높은 기대를 하고 있어 이의 확대를 위한 정부 차원의 지원이 예상된다.

- 그러나 독일 북부 해안에서 주로 생산되는 전력을 독일 남부 내륙으로 수송하기 위한 그리드망 설비 확충이라는 현실적 문제가 있으며, 풍력은 에너지원 공급 측면에서 안정성이 떨어진다는 단점 또한 지적받고 있음.

- 신재생에너지원으로 인한 전력생산이 빠르게 발전하고 있지만, 신재생에너지원만으로는 모든 에너지 수요를 충당할 수 없기 때문에 일각에서는 석탄과 천연가스가 원자력을 대신할 과도기 기술로 다시 각광받을 것으로 예상하고 있음.

- 이 경우 독일정부는 석탄 및 천연가스로 인한 온실가스 배출과 원자력 발전으로 인한 방사능 오염 둘 중 택일해야 하는 딜레마에 직면할 수 있으며, 천연가스와 석탄 수요증가 시 독일 내 일시적인 에너지 가격상승을 가져올 수도 있음.

마. 영국

1) 영국의 원전가동 현황

■ 영국은 총 19기의 원전 중 가동 중인 10기의 원전으로부터 전력생산의 18%(전체 에너지원의 6%에 해당)을 공급함.

- Sizewell B는 가압 경수형 원자로로 2035년까지 운영될 예정이며, 나머지 원전들은 콜더홀(세계 최초 원자로로 마그네슘 합금 사용)형 원자로이거나 개량형 가스냉각로임.

■ 영국정부는 2008년 1월 에너지 백서를 발표하여 재생에너지 확대와 대대적인 원전 건설계획을 추진하여 에너지 시장 개혁을 계획함.¹²⁾

- 영국에서 생산되는 열에너지 중 95% 이상이 화석연료에 의존하고 있으며 북해유전으로부터 에너지 공급이 점차 감소함에 따라 저탄소 에너지에 대한 수요가 급증함.

- 영국정부는 원자력을 에너지 공급의 안정적 수단으로 인식하고 기후변화의 원인인 CO₂ 감축목표 달성을 위해 신규 원전건설의 필요성을 인정함.

그림 13. 영국의 원자력 발전소



주: () 안은 운영 기간을 나타냄.

자료: 무역투자청(OTI), 원자력의 미래(The future of nuclear power, 2011년 3월 8일 보고서).

표 8. 영국의 에너지원별 전력 생산

	TWh (%)					
	1980	1990	2000	2007	2008	2009
원자력	32.3 (12)	58.7 (19)	78.3 (21.1)	57.2 (15.1)	47.7 (12.6)	62.8 (17.6)
석탄	220.8 (83)	213.4 (69)	114.7 (30.9)	129.6 (34.2)	119 (31.5)	99.3 (27.8)
석유	8.1 (3)	20 (6.5)	5.9 (1.6)	3.9 (1)	5 (1.3)	3.8 (1.1)
천연가스	-	0.4 (0.1)	144.9 (39)	162.4 (42.8)	173 (45.8)	162.5 (45.5)
수력	3.9 (1)	5.2 (1.7)	4.2 (1.1)	3.8 (1)	3.8 (1)	4.1 (1.1)
풍력	-	-	0.9 (0.2)	5.3 (1.4)	7.1 (1.9)	9.3 (2.6)
기타	-	-	8.3 (2.2)	11.8 (3.1)	11.5 (3)	12.6 (3.5)
수입	-	11.9 (3.8)	14.2 (3.8)	5.2 (1.4)	11 (2.9)	2.9 (0.8)
총합	264.9 (100)	309.4 (100)	371.4 (100)	379.2 (100)	378.1 (100)	357.2 (100)

주: () 안은 구성비.

자료: 영국통계청, UK energy in brief 2010.

12) 이에 따라 2008년 6월 고든 브라운 총리 주도로 '그린 혁명 계획(Green Revolution)'을 발표하였는데, 이는 2050년까지 영국을 '탄소 제로' 국가로 개조하겠다는 계획으로 이를 위해 기후변화법을 제정하고 기후변화위원회를 발족함.

- 영국은 저탄소에너지원 생산을 목적으로 전력시장을 개혁할 예정이며, 향후 10년 동안 노후한 원전과 화력발전소가 폐쇄됨(Sizewell B 원전만 제외하고 2023년 이전에 모두 폐쇄될 예정)에 따라 에너지 생산량의 1/4 정도가 감소할 전망이어서 원전건설이 시급히 요청되었음.

- 영국은 상당히 높은 기후변화 목표치(2050년까지 온실가스를 1990년 기준, 80%까지 감소)¹³⁾를 공약한 상태로 탄소배출 삭감을 위해 대부분의 에너지원을 천연가스와 재생에너지로 대체하고, 원자력으로 화석연료 대체를 보완할 계획임.

■ 영국정부는 기존 원전 부지에 8기의 신규 원전 건설계획을 추진하고 있음.¹⁴⁾

- 프랑스의 EDF Energy가 80%, British Gas의 주주인 Centrica가 20%를 담당하여 2018년부터 서머셋(Somerset) 지역(Hinkley Point A, B원전)에 2기, 서퍽(Suffolk) 지역(Sizewell A원전)에 2기를 추가로 건설할 계획임.
- Horizon 사에 의해 앵글시섬(Anglesey island, 윌파 Wylfa 원전) 지역과 글로스터셔(Gloucestershire) 지역(Oldbury 원전)에 추가로 2기 또는 3기씩 원전 건설이 예상됨.

2) 일본 원전사태 이후 영국의 정책방향

■ 일본 원자력 사태 이후 영국정부는 안전성을 원전정책의 최우선 순위로 두고, 기존 원전과 신규 원전건설 프로그램을 재검토함.

- 영국정부는 보건안전부의 원자력규제국장 마이크 웨이트만(Mike Weightman)에게 영국 원전의 안전성에 관한 보고서를 의뢰(5월 잠정 보고서 발간 예정)하여 안정성을 재검토하고자 함.

- 크리스 훈(Chris Huhne) 에너지 장관에 따르면, 현재로서는 영국정부가 원자력을 에너지원의 하나로서 배제하지 않을 것이지만, 향후 보고서 결과를 신규 건설 프로그램에 적용함으로써 장기 에너지 정책이 변할 수 있다고 언급함.

- 2011년 6월에 신규 원전건설에 대한 사전 승인¹⁵⁾이 이루어질 예정이었으나, 일본 원자력

13) 2008년 11월 '2050 장기목표'를 수립하고 2050년까지 1990년 대비 온실가스 배출량 80% 감축(2020년까지 26% 감축)을 목표로 함.

14) 2008년 1월 원자력 백서에 따르면 2020년까지 최소 10GW를 신규 원전에서 공급해야 한다고 추정함. 이에 따라 2020년 이전에 첫 차세대 발전소를 가동하고 2020년대 중반까지 최소 8기의 원전을 지을 계획을 추진함.

15) 영국의 신규 원전에 대한 사전 인허가 제도는 일반 설계 평가(GDA: General Design Assessment)라

사태로 2011년 말까지 연기될 것으로 전망됨.

- 일부 운동가들은 그린피스(Greenpeace)¹⁶⁾의 보고서가 발간될 때까지 승인절차를 연기해야 한다고 주장하는 등 정부의 추가적인 조치를 요구함.

■ 일본 원전사태로 인해 신규 원전건설이 어려워질 것이라는 전망이 있는 한편, 신규 건설계획에 영향이 미치지 않을 것이라는 전망도 존재함.

- 3월 20일 크리스 훈 에너지 장관은 옵저버(The Observer) 지와의 인터뷰에서 신규 원전 건설을 위한 민간투자 자금이 감소할 것으로 전망함.

- 환경단체 '지구의 벗(Friends of the Earth)'에 따르면 일본사태 이후, 영국의 원자력 지지도가 12% 하락한 것으로 나타남.

- 영국의 원자력 지지도는 35%로 지난해보다 12% 감소했고 동 기술에 대한 반대는 9%에서 28%로 상승한 것으로 나타나 영국정부의 신규 원전건설 프로그램 추진이 어려울 것이라는 전망도 있음.

- 한편 프랑스의 대형 전력회사인 EDF의 회장은 영국의 원전방식이 일본과 달리 안전하므로 일본의 원자력 사태가 영국에 새로운 원자로를 건설하는 EDF의 계획에 영향을 미치지 않을 것으로 전망함.

- 카메론 총리는 원자력이 기존 계획대로 미래 혼합 에너지원의 일부이어야 한다고 언급함으로써, 원전건설 프로그램에 대한 축소 움직임은 보수당의 반대에 직면할 것으로 예상됨.

■ 저탄소 에너지에 대한 궁극적인 방안은 대체에너지에서 찾아야 하나 독일과 달리 영국에서 원자력은 다양한 에너지원의 일부로서 지위를 계속 유지할 것으로 전망됨.

- 영국은 현재 조력발전 및 탄소포집, 저장기술 등에서 지리적 위치가 유리하며, 에너지 프로세스 혁신에 선도적인 기술을 보유하고 있어 대체에너지 개발에 유리한 입지를 갖고 있으나 원자력은 주요 에너지원의 일부로서 그 지위를 계속 유지할 전망이다.

고 하는데, 이는 신규 원전을 건설하고자 할 때 사전 승인을 위한 설계를 허용하는 제도임. GDP 심사를 통해 규제기관은 신규 원전건설의 수용 여부에 대한 검증 결과를 통보함(원전 표준화에 대한 유럽의 동향 분석, 이익환 작성 참고).

16) 1971년 설립된 국제 환경보호 단체임.

바. 러시아

1) 러시아의 원전가동 현황

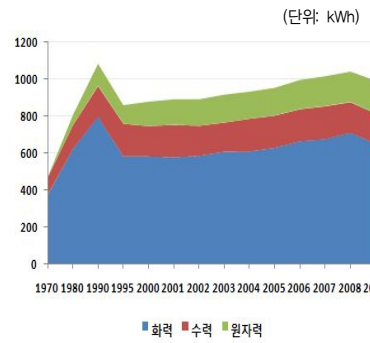
- 러시아는 10곳의 원자력 발전소 부지에 총 32기의 상업용 원자로를 운영하고 있으며(세계 4위), 현재 10기의 신규 원전이 건설 중임.
- 러시아 원자력 발전소의 2009년 총발전량은 1,528억kWh로 국내 전력생산의 17.8%를 차지함.
- 러시아는 향후 2020년까지 14건의 신규 원전건설을 계획하고 있으며, 30건의 원전 건설 사업 제안을 제출한 상황임.

그림 14. 러시아의 원자력 발전소 분포



자료: 원자력국제협력통합정보서비스.

그림 15. 러시아의 전력원 동향(1970~2009년)



자료: 러시아 통계청을 이용해 필자 작성.

- 2000년 이후 러시아 정부는 12기의 1세대 원전에 대해 15~25년간 수명연장을 추진해왔으며, 이중 VVER-440과 RBMK형 원자로에 대해서는 15년 연장, VVER-1000형 원자로에 대해서는 25년 연장을 목표로 작업이 이루어졌음.
- VVER-440형 원자로와 RBMK형 원자로의 운전 안전성 문제를 우려하여 유럽연합에서 폐쇄한 원자로 유형임.
- 러시아는 2010년 6월 세계 최초로 해상 부양형 원자력 발전소(FNPP: Floating Nuclear Power Stations)인 '아카데미 로모노소프'를 상트페테르부르크의 발틱 조선소(BZ)에서 완공하였음.

- 이번에 설립된 해상 부양형 원전은 전체 길이 144m, 폭 30m이며, 약 38년간 운영이 예상된다.¹⁷⁾
- 해상 부양형 원전은 송전선 설치나 재장전 연료 수송이 비경제적인 원거리 지역의 경우, 종래의 지상형 원전에 비해 훨씬 경제적이고 평가됨.¹⁸⁾
- 러시아는 2015년까지 자국 내에 캄차트카(Vilyuchinsk), 추코트카(Pevak) 등을 포함해 7~8개의 해상 부양형 원전 건설을 계획하고 있음.
- 러시아는 국제 원자력 발전시장의 6%, 국제 원전 건설시장의 16%, 국제 우라늄 농축시장의 40%를 차지하고 있음.¹⁹⁾

2) 러시아의 원전정책

- 원자력 발전 부문은 러시아의 차세대 성장동력 산업으로서 러시아 정부 차원에서 집중 육성하고 있음.
- 2009년 러시아 정부는 중장기적인 에너지산업 발전방향을 담은 「에너지전략 2030」을 통해 원자력 산업의 발전 및 개혁 방안을 제시하였음.
- 러시아는 취약한 원전 건설기술 수준을 제고시키는 한편, 기존 원전시설 현대화, 원자로 및 핵폐기물 처리기술 개발, 원전 발전 효율성 증대 등을 위해 직접적인 금융지원을 제공하고 있음.
- 2009년 메드베데프(Dmitry Medvedev) 대통령은 러시아 경제의 구조개혁을 위해 에너지 효율화, 원자력, 우주과학, 의료기술, IT 기술 등 5대 핵심 산업으로 지정하고, 러시아 원자력 산업의 국제적 위상을 제고시키기 위해 노력하고 있음.
- 러시아 정부는 신규 원전건설에 대해 2010년 한 해에만 530억 루블(약 17억 달러)의 연방 예산을 책정하였음.²⁰⁾

17) 세계원자력협회(World Nuclear Association) 자료. 총 3사이클(Cycle)로 운행되며, 1사이클 운행기간은 12년으로 각 사이클 중간에 1년간 휴식기간을 가짐.

18) 한국원자력산업회의.

19) 세계원자력협회 자료 및 FK-Novosti(2010년 3월 19일자).

20) GZT.RU(2010년 2월 24일자).

표 9. 2030년까지 러시아 원전 발전계획

	2008년 (실제치)	제1단계 (~2015년)	제2단계 (~2022년)	제3단계 (~2030년)
원전발전효율(%)	32	32 이상	34 이상	36 이상
전력생산(십억kWh)	163	194~220	247~282	356~437
전력생산비중(%)	15.7	17.6~18.3	18.2~18.3	19.7~19.8
설비용량(백만kW)	23.8	28~33	37~41	52~62
투자 전망(십억 달러, 2007년 가격기준)	-	29~30	13~28	58~81

자료: 에너지경제연구원(2009), 「러시아 정부의 에너지 전략 2030」에서 요약 정리함.

- 이에 따라 2009년 11월 러시아는 사상 처음으로 국제원자력기구(IAEA)의 핵안전 평가를 받았습니다.
- 러시아는 세계 원전 강국임에도 불구하고 체르노빌 원전 폭발사고(1986년), 핵폐기물 저장시설 방사능 누출사고(2005년) 등 여러 원전사고로 인해 국제적 이미지가 좋은 편이 아니었음.
- 이러한 가운데 2009년 IAEA의 안전성 평가는 러시아의 핵안전에 관한 국제적 신뢰도를 높이는 계기가 되었음.
- 러시아 정부는 국내 원자력 산업발전은 물론, 해외 원전수출에도 적극적인 입장임.
- 러시아는 국제 원전 건설시장에서 비중을 현재 16%에서 2030년에는 25%까지 확대할 목표를 갖고 있음.
- 러시아는 현재 이란, 인도, 중국, 불가리아, 베트남, 터키, 우크라이나 등 세계 여러 국가에서 원전을 건설 중이거나 건설 계약을 체결하였음.
- 현재 건설 중인 5기의 원전을 포함하여 해외로부터 총 30건의 원전건설 수주를 받은 상황임.
- 특히 러시아는 우크라이나에 원전건설 이외에도 핵연료 생산공장 설립계약을 체결하는 한편, 양국 원자력 기술 공동관리 센터 구축에 대해서도 관심을 보이고 있음.
- 우크라이나는 4곳의 원자력 발전소에 총 15기의 상업용 원자로를 운용하고 있으며(세계 6위), 우라늄 매장량은 10만 5,000톤으로 전 세계의 1.9%를 차지하고 있음.²¹⁾

21) 세계원자력협회 자료. 1위는 호주(31%)이며, 그 다음으로 카자흐스탄(12%), 캐나다(9%), 러시아(8.9%) 등의 순임. 그러나 유럽원자력협회(European Nuclear Society)의 자료에 따르면, 우크

- 또한 우크라이나의 2009년 총발전량은 779억kWh로 국내 전력생산의 48.6%를 차지할 만큼 원자력 비중이 높으며, 2030년까지 원전 비중을 70%까지 확대시킬 계획임.
- 일본 원전사태 이후 우크라이나 야당에서는 양국 원전건설에 대해 반대 입장을 보이고 있으나 우크라이나의 원전 의존도가 높아 신규 원전건설이 필요할 뿐만 아니라 이미 국회에서 통과되고 대통령 승인이 끝난 사업인 만큼 계약이 무산될 가능성은 희박함.

3) 일본 원전사태 이후 러시아의 정책방향

- 러시아는 최근 일본 원전상황에도 불구하고 원자력 산업발전 및 국내의 원전건설 확대계획을 계속 추진하겠다는 입장임.
- 일본 원전사고가 발생한 이후 지난 3월 15일 러시아는 벨라루스에 원전건설 계약을 체결하였음.
- 러시아와 미국은 사용 후 핵연료(SNF) 건식저장기술의 양국 공동연구를 위한 합작기업 설립 검토에 관해 협의 중임.
- 또한 3월 23일 러시아의 테넥스(TENEX)는 미국의 USEC 사²²⁾에 2013년부터 2022년까지 저농축 우라늄(LEU) 장기공급 계약을 체결하였음.
- 이와 동시에 원전 안정성에 대한 국제사회의 우려를 인식하여 자국 내 원전 안정성 검사 계획을 밝힘.
- 러시아 정부는 일본 원전사고 이후 자국 내 원전에 대해 일제히 안전검사를 실시하겠다고 밝힘.
- 지난 3월 24일 러시아는 미국과 함께 양국의 원자력 발전소에 대해 합동으로 스트레스 테스트를 실시하기로 합의하였음.
- 한편 메드베데프 대통령은 국내에서 8.0 강도의 지진 발생지대에는 원전건설이 금지되어 있음을 언급하며, 자국의 엄격한 안전 규정을 국제 표준화시킬 필요가 있음을 강조하였음.
- 푸틴 총리도 일본 원전사고 직후 40년이나 된 일본의 낡은 설비와 달리 러시아는 현대적 원전시설을 갖추고 있어 비상사태 시 외부 전력공급이 끊기더라도 원전이 가동될 수 있음

라이나의 우라늄 매장량은 13만 5,000톤으로 전 세계의 4.1%를 차지하고 있는 것으로 조사됨.
22) 미국 유일의 상업용 농축 우라늄 생산기업.

을 피력하였음.

- 그러나 원전에 대한 국제수요가 감소할 것을 대비하여 '사할린3 프로젝트'를 포함해 극동지역의 석유·가스 채굴사업에도 박차를 가할 것으로 전망됨.
- 사할린3 프로젝트는 원유 12억 배럴과 가스 2,580억㎥가 매장되어 있는 러시아 극동의 베닌스키(Veninsky) 광구 개발사업임. 러시아 측에서는 한국기업의 투자 유치도 기대하고 있음.
- 러시아의 원전 수출지역이 기존 유럽지역에서 아시아 지역까지 확대됨에 따라 원전수주를 둘러싸고 한국을 포함해 국가간 경쟁과 견제가 더욱 심화될 것으로 전망됨.
- 주요국들의 자국 원전 안전성 검사 및 원자력 산업 부문의 국제 협력체계가 확대되는 가운데 한국도 국내 원자력 안전성 강화, 원전기술 개발, 원전수출 등 여러 부문에서 국제간 협력을 증진할 필요가 있음.

사. 중국

1) 중국의 원전가동 현황

- 중국은 화력발전 의존도가 높아 원자력 발전건설에 소극적이었으나 1991년 천산(秦山) 원자력 발전소 건설을 시작으로 타이완(大亚湾) 1, 2호기 등 2011년 3월 1일 현재 13기의 원전을 가동하고 있음.
- 가동 중인 13기의 원전은 대부분 2세대로 광둥, 저장, 장쑤 등 전력 수요처가 가까운 연해지역에 집중됨.
- 건설 중인 원전은 27기, 건설 계획(확정)된 원전은 50기이며, 약 110기의 원전건설을 검토하고 있음.
- 건설 중인 원전의 대부분 역시 연해지역에 집중되어 있는데, 기존 광둥, 저장, 장쑤 지역은 물론 랴오닝, 광시, 푸젠, 산둥, 하이난 지역으로 확대됨.
- 또한 계획 중인 원전의 일부가 후베이, 안후이 등 내륙지역에도 건설될 예정임.

표 10. 중국 원자력 발전소 현황(2011년 3월 1일 기준)

원전 명칭	위치	노형	각기별 용량(MW)	상업운전
타이완(大亚湾) 1, 2호기	광둥	PWR ¹⁾	944	1994
천산(秦山) 1기	저장	PWR	279	1994, 4
천산(秦山) 2기 1, 2, 3호기	저장	PWR	610	2002, 2004, 2010
천산(秦山) 3기 1, 2호기	저장	PHWR ²⁾	665	2002, 2003
링아오(岭澳) 1기 1, 2호기	광둥	PWR	935	2002, 2003
링아오(岭澳) 2기 1호기	광둥	PWR	1,037	2010
텐안(田湾) 1, 2호기	장쑤	VVER ³⁾	1,000	2007
합계			10,234	

주: 1) 가압경수로, 2) 가압중수로, 3) 러시아형 가압경수로.
자료: 세계원자력협회(WNA).

그림 16. 중국의 원자력 발전소 분포



자료: Wikipedia.

2) 중국의 원전정책

- 중국은 풍부한 석탄매장량, 원자력 발전에 대한 부정적인 분위기에 따라 전체 발전량에서 주로 석탄을 이용하는 화력발전 의존도가 높은 반면, 원자력 발전비중은 매우 미미함.
- 중국 국가통계국에 따르면 2010년 기준 총발전량에서 차지하는 화력발전의 비중이 79%에 달하고 있으나, 원자력 발전비중은 1.8%에 불과함.

표 11. 중국의 명태별 발전량 추이

(단위: 억kWh)

	2000년	2005년	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년
총발전량	13,556.0	25,002.6	28,657.3	32,815.5	34,668.8	37,146.5	42,065.4
화력	11,141.9	20,473.4	23,696.0	27,229.3	27,900.8	29,827.8	33,301.3
수력	2,224.1	3,970.2	4,357.9	4,852.6	5,851.9	6,156.4	7,210.2
원자력	167.4	530.9	548.4	621.3	683.9	701.3	738.8

자료: 중국국가통계국.

■ 중국은 석탄 위주의 과도한 화력발전 의존도를 줄이고 환경오염 축소를 위해 신재생에너지와 함께 원자력 발전을 정책적으로 육성하기 위한 노력을 기울이고 있음.

■ 중국 국가발전계획위원회는 '원자력 발전 중장기 발전계획(2007. 10)'을 통해 2020년까지 발전용량을 4,000만kw로 확대하고 원자력 발전비중을 5%까지 확대한다는 목표를 발표함.

- 또한 제12차 5개년 계획(2011~15년)에서 연해지역은 물론 내륙의 중서부 일부를 원자력 발전의 중점지역으로 발전시킨다고 밝힘으로써 원자력 발전의 정책적 육성의지를 재확인함.

3) 일본 원전사태 이후 중국의 정책방향

■ 중국정부는 현재까지 중국 내 가동 중인 원자력 발전소는 모두 안전한 상태를 유지하고 있다고 평가하고 있으나 원자력 발전 안정성에 대한 중요성을 인식하고, 이에 대한 대응책을 마련하고 있음.

- 중국 국가핵안전국(NNSA)은 3월 12일부터 일본 원전사태에 따른 전국적인 방사능 오염상태를 점검하고 있으며, 중국 국무원 상무회의(3월 16일 원자바오 총리 주재)는 일본 후쿠시마 원전사태에 대해 다음과 같은 대응방안을 결정함.

- 중국의 원자력 시설에 대해 즉각 전면적인 안전검사 실시
- 운행 중인 원자력 시설에 대한 안전관리 강화: 원전설비 작업 규정 강화 및 원전기업에 대한 관리감독 강화
- 건설 중인 원전에 대한 전면적 안전심사 실시: 안전평가 실시 후 위험요인이 존재할 경우 이를 단호히 개선하고, 안전기준에 미달한 원전건설 중단
- 신규 원전 프로젝트 심사 강화: 원자력 안전계획을 서둘러 제정하고 원자력 발전 중장기 계획을 조정·완비하는 한편, 안전계획이 승인되기 전에는 신규 원전 프로젝트의 심사기준을 잠정 중지

아. 인도

1) 인도의 원전가동 현황

■ 2011년 3월 현재 인도에는 총 20개의 원자로(4,780MW)가 가동되고 있으며, 5개 원자로가 추가 건설 중임.

- 이 밖에 18개의 원자로 건설이 계획되고 있으며, 40개가 제안 단계에 있음.

표 12. 인도 원자력 발전 현황 및 계획

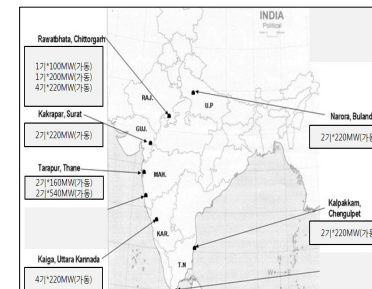
발전소	지역	원자로 수	총 발전용량(MW)
Kaiga	Karnataka	4	880
Kakrapar	Gujarat	2	440
Kalpakkam	Tamil Nadu	2	440
Narora	Uttar Pradesh	2	440
Rawatbhata	Rajasthan	6	1,180
Tarapur	Maharashtra	4	1,400
운영 중인 원자로		20	4,780
건설 중인 원자로		5	3,900
계획 중인 원자로		18	15,700
제안 중인 원자로		40	49,000

자료: 세계원자력협회(World Nuclear Association).

- 인도의 원자력 발전규모는 전체 전력공급의 3% 수준에 불과한 실정임.

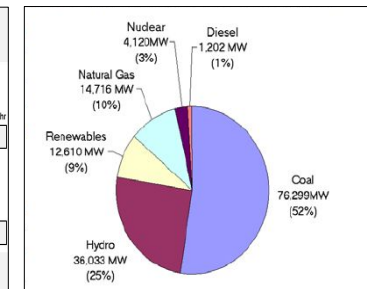
○ 2008년 기준 인도 에너지 공급은 화력(석탄)이 52%로 가장 높으며, 이 밖에 수력 25%, 신재생 9%, 천연가스 10%, 원자력 3%, 디젤 1% 순으로 이어짐.

그림 17. 가동 중인 원자로 위치



자료: 세계원자력협회 자료를 바탕으로 작성함.

그림 18. 인도 에너지 공급 구조



주: 2008년 기준임.
자료: centre for social markets.

2) 인도의 원전정책

- 최근 급속한 경제발전에 따른 전력수요 증대에 대한 대비와 에너지 안보 차원에서 인도정부는 원자력 발전소 건설에 적극적임.
- 인도는 2008년부터 미국을 비롯한 프랑스, 캐나다, 영국 등과 민간 핵협력을 체결하였으며, 이 밖에 러시아, 몽골, 카자흐스탄 등과 우라늄 공급협약을 맺음.
- 인도정부는 인도 원자력 발전 정책기관인 인도원자력에너지위원회(AEC: The Indian Atomic Energy Commission)를 중심으로 중장기 원자력 발전소 건설 프로그램을 추진하는 등 2008년 이후 인도 원자력 에너지 시장을 본격적으로 개방하면서 외국 민간사업자들의 참여를 확대하고 있음.
- 인도 원자력공사는 2009년 미국의 GE-히다치(GEH)사와 원전건설을 위한 양해각서(MOU)를 체결하였으며, 같은 해 프랑스의 AREVA와도 원전공사 계약을 체결한 바 있음.
- 인도정부는 2011년 현재 약 3%에 불과한 원자력 발전비중을 2050년까지 전체 전력공급의 25%로 끌어올린다는 계획임.

3) 일본 원전사태 이후 인도의 정책방향

- 일본발 지진 이후 원자력 발전소에 대한 안전점검 실시
- 만모한 싱 총리는 3월 18일 인도의 20개 원자로에 대한 안전점검(safety review)을 실시하고, 이에 대한 안전보고서를 2주 내로 제출할 것을 지시함.
- 이에 인도 원자력에너지부(department of atomic energy)와 원자력공사는 4개의 위원회를 구성, 지진 또는 쓰나미와 같은 자연재해 충격에 대한 인도 원자로의 안정성 점검을 시행함.
- 기존 원자력 발전소 건설계획은 변화 없을 것으로 전망
- 인도 환경부 장관은 인도 원자력 발전소 건설에 대한 세이프가드 조치 등이 강화될 전망이지만, 건설계획은 그대로 추진될 가능성이 높다고 언급함.
- 인도는 현재 4,7기가 와트 규모의 원자력 발전용량을 2012년까지 7,3기가 와트, 2020년까지 20기가 와트로 증대한다는 계획을 가지고 있음.

4. 평가와 시사점

- 원전을 많이 보유하고 있는 선진국들의 경우, 스트레스 테스트 등 원전에 대한 전면적인 감사와 관리·감독을 위한 후속조치들이 잇달아 발표되는 등 원전 안정성 확보에 총력을 기울이고 있음.
- 현재 원전을 보유하고 있는 대부분의 국가들은 일본의 원전사태를 계기로 관리·감독 강화를 위한 대비책을 마련할 예정이며, 일부 국가에서는 원자력 발전비중을 축소해야 한다는 목소리가 높아지고 있음.
- EU 회원국들은 원전에 대한 스트레스 테스트를 통해 기준미달 원전의 경우 가동을 중지하겠다는 입장을 밝히고 있으며, 독일의 경우 현재 추진 중인 원전의 점진적 폐쇄를 계속적으로 추진할 예정임.
- 일본의 원전사태로 인해 원자력에 대한 경각심이 전 세계적으로 높아지고 있으나 대부분의 국가에서는 기존의 원자력 정책을 계속적으로 추진할 것으로 예상됨.
- 모든 국가들은 원전에 대한 관리·감독을 대폭 강화하고 신규 건설 시 보다 강화된 안전기준을 도입하겠다는 입장이나 일부 국가를 제외하고는 기존의 원자력 정책에 대한 전면적인 재검토나 원전가동 중단·폐쇄 같은 조치를 계획하고 있지 않음.
- 독일이 예외적으로 원전가동 중단을 앞당기는 등 일본 원전사태로 인한 즉각적인 반응을 보이고 있음.
- 단, 독일의 경우 1990년대 이후 원전 신규 증설을 중단한 바 있으며, 2002년 시민당 연립정부 시절부터 단계적으로 원전을 폐쇄, 신재생에너지 우선적 확충 원칙 등 친환경정책을 선포해 왔음.
- 독일정부는 원전을 신재생에너지 시대로 전환하는 과도기 가교기술로 인식, 궁극적인 원전 폐쇄정책을 지향해온 바 있으므로 이번 일본 원전사태에 대한 독일정부의 강력한 대응방침은 그동안 추진해온 정책의 연장선상에 있다고 할 수 있음.
- 대부분의 원전보유국에서 전력의 대량공급원으로서 원자력의 비중이 매우 높으며, 경제적 효율성, 환경에 대한 안정성 등을 고려할 때 단기적으로 대안에너지원을 발굴하는 것이 현실적으로 어렵기 때문에 기존의 원전 확대정책을 계속 추진할 예정임.

표 13. 주요국의 원자력 정책 현황 및 향후 방향

(단위: %, 기)

국가	발전 비중	가동 중	건설 중	계획 중	제안 중	① 기존 원자력 정책 ② 향후 방향
미국	20.2	104	1	9	23	① 전력수요 및 환경문제에 대응하기 위해 원전 건설 확대를 추진 중 ② 기존 정책방향에 변화는 없으나 안전조치 점검을 대폭 강화
캐나다	14.8	18	2	3	3	① 온실가스 감축, 화석연료에 대한 의존축소를 위해 원전건설을 추진 ② 원전건설 계획에는 변화가 없으나 다각적인 안전 점검 실시
프랑스	75.2	58	1	9	23	① 3세대 원자로인 EPR 건설을 추진하는 동시에 2040년까지 4세대 원자로를 상용화 ② 기존 정책방향에는 변화가 없으나 원전에 대한 관리·감독 조치 강화와 스트레스 테스트 실시
독일	26.1	17	0	0	0	① 신재생에너지 공급확대를 통해 원전을 단계적으로 폐쇄 ② 원전에 대한 반대여론 강화로 인해 노후원전에 대한 가동중단을 발표
영국	17.9	19	0	4	9	① 온실가스 배출감소를 위해 원전신축을 추진 중 ② 신규 원전 건설계획을 계속 추진하나 이번 사태로 승인시점이 연기될 수 있음
러시아	17.8	32	10	14	30	① 원전개발을 차세대 성장동력 산업의 일부로 포함하여 적극적인 원전 확대정책을 시행 ② 기존정책에 변화는 없으나 원전 안정성 검사를 실시, 미국과 공동으로 스트레스 테스트 실시예정
중국	1.9	13	27	50	110	① 전력수요 증가에 대응하고 과도한 화력발전 의존도 축소, 환경오염 방지를 위해 대폭적인 원전 확대정책을 추진 ② 기존정책에 변화는 없으나, 원전에 대한 관리·감독 조치를 강화, 신규 원전 프로젝트에 대한 심사 강화
인도	2.2	20	5	18	40	① 전력수요 대응과 에너지 안보를 위해 적극적인 원전건설 추진 ② 원전에 대한 안전점검을 실시하고 원전건설에 대한 셰이프가드조치를 강화할 예정이나 기존의 원전건설 계획을 계속 추진할 예정

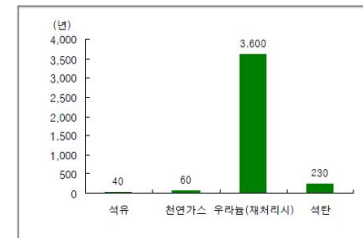
자료: World Nuclear Association 및 필자 작성.

■ 기후변화와 부존자원의 고갈로 인해 화석에너지에 대한 의존비율을 줄일 수밖에 없으나 현실적으로 원자력에 대한 의존도는 상당기간 계속 증가할 것으로 보임.

- 석유, 천연가스 등 주요 발전자원은 정정이 불안한 중동, 아프리카, 중남미 지역에 집중되어 있으며 매장량이 한정되어 있어 공급 안정성과 가격변동이 심하고 수력, 풍력, 태양광 등의 신재생에너지는 기후 의존적이며 대규모의 안정적인 공급이 어렵다는 단점이 있음.

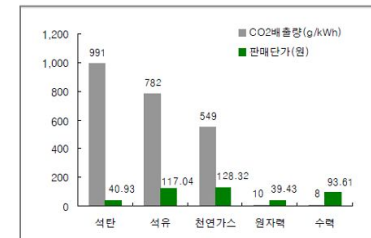
- 원자력의 경우 재료인 우라늄이 지구상에 골고루 분포되어 있어 안정적인 공급이 가능하며, 온실가스 배출량이 적고 발전원가가 낮아 안전성이 확보될 경우 가장 유력한 발전원임.

그림 19. 에너지 자원의 이용 예상기간



자료: 한국수력원자력.

그림 20. 발전원별 이산화탄소 배출량 및 발전단가



자료: 한국수력원자력.

표 14. 온실가스 감축강화에 따른 발전량 및 발전비중 전망

구분	1990년 발전량(TWh)	2007년 발전량(TWh)		2030년 발전량(TWh)	
		(비중, %)	(비중, %)	(비중, %)	(비중, %)
총발전량	11,814	19,756	100.0	29,939	100.0
원자력	2,013	2,719	13.8	5,470	18.3
신재생에너지	2,317	3,577	18.1	11,062	36.9
수력	2,144	3,078	15.6	5,659	18.9
풍력	4	173	0.9	2,779	9.3
기타 재생	169	326	1.6	2,624	8.7
화석연료	7,483	13,459	68.1	13,407	44.8
석탄	4,424	8,216	41.6	7,260	24.3
석유	1,332	1,117	5.6	459	1.5
천연가스	1,727	4,126	20.9	5,688	19.0

자료: 국제에너지기구(IEA), 세계에너지 전망 2009.

- 따라서 일본 원전사태에도 불구하고 원전비중은 당분간 계속 증가할 수밖에 없는 실정이며, 철저한 관리·감독을 통해 기존 원전에 대한 안정성을 확보하고, 안정성과 효율성을 대폭 향상시킨 차세대 원자로의 이행이 관건이라 할 수 있음.

- 특히 중국, 인도와 같은 신흥국은 경제성장을 위해 원자력이 불가피하다고 판단하고 있어 앞으로 핵심 원전보유국이 될 것으로 예상되는바, 신흥국의 원전 관리·감독 강화가 매우 중요함.

■ 원전사고는 그 여파가 해당 국가를 벗어나 주변국에 막대한 물리적, 심리적 피해를 끼칠 수 있다는 점에서 인접국 간의 적극적인 정책공조가 필요함.

- 일본 원전사태에서 극명하게 드러났듯 원전은 사고발생 시 해당 국가는 물론 주변국으로도 물리적, 심리적 피해가 크게 확산될 수밖에 없으므로 주변국과의 공조가 필수적임.

○ 현재 EU 회원국 간에 추진 중인 원전에 대한 공동 스트레스 테스트가 대표적인 예임.

- 프랑스의 노후원전인 패세앙 원전의 경우 프랑스 국내보다 인접국인 스위스와 독일에서

원전폐쇄를 더 적극적으로 주장하고 있어, 원전문제는 한 국가만의 문제가 아님을 알 수 있음.

－ 특히 우리와 인접한 중국은 전 세계에 건설 또는 계획 중인 원전의 1/3 이상을 차지하고 있어 원전이 가장 많은 국가 중 하나로 급부상할 것으로 예상되는데, 우리나라는 일본 사례를 예로 들어 중국 측에 동북아 차원의 원자력 정책공조 필요성을 강조하여야 할 것임.

○ 한·중·일 고위급이 참석하는 ‘동북아 원전안전대화’ (가칭)의 창설 등이 고려될 수 있을 것임.

■ 한편 장기적으로는 에너지 효율을 높여 부가가치 생산단위당 에너지 의존도를 줄여야 하며, 신재생에너지에 대한 투자가 필요함.

－ 우리나라는 주요 선진국에 비해 부가가치 생산단위당 에너지 소비가 높은 것으로 나타나고 있어 에너지 효율적인 산업을 육성하는 한편, 에너지 다소비 산업의 부가가치를 높여야 할 필요가 있음.

○ 우리나라 제조업의 1,000달러 생산당 에너지 소비량은 184TOE(석유환산 톤)로 일본(109TOE), 독일(101TOE)보다 높으며 에너지 다소비국인 미국(165TOE)보다도 높은 수준인바, 기존의 화석연료 의존형 경제 발전전략을 친환경적 발전전략으로 전환해야 할 필요가 있음.

－ 우리나라의 1차 에너지 대비 신재생에너지의 비중은 2.5%에 불과하여 덴마크(20.1%), 독일(10.0%), 스페인(9.5%), 프랑스(8.1%) 등의 선진국과 비교해 낮은 수준인바, 신재생에너지 비중을 늘리기 위한 노력이 필요함.

연구진(세계지역연구센터):

*국번: (02) 3460

총괄: 강유덕 부연구위원 (ydkang@kiep.go.kr, Tel: 1123)

미국: 이보람 연구원 (brlee@kiep.go.kr, Tel: 1193)

캐나다: 오민아 연구원 (moh@kiep.go.kr, Tel: 1190)

프랑스: 강유덕 부연구위원 (ydkang@kiep.go.kr, Tel: 1123)

독일: 이현진 전문연구원 (hjeanlee@kiep.go.kr, Tel: 1226)

영국: 오현정 연구원 (hjoh@kiep.go.kr, Tel: 1064)

러시아: 황지영 전문연구원 (hjdream@kiep.go.kr, Tel: 1095)

중국: 나수엽 전문연구원 (syna@kiep.go.kr, Tel: 1072)

인도: 송영철 연구원 (ycsong@kiep.go.kr, Tel: 1067)