

원자력발전소의 국민경제적 효과분석

-신고리 원자력발전소 56호기를 기준으로-

Analysis of National Economic Effects of Nuclear Power Plants

- Based on the unit No. 5.6 of Shin-Kori Nuclear Power Plant -

주 노 종*

논문초록

본 연구는 현재 국가적으로 논란이 되고 있는 신고리 5호기·6호기에 대한 건설정지 논란에 대해서 국민경제효과를 분석하였다. 원자력기술은 첨단기술로 분류하면서 어느 기업, 어느 국가에서도 함부로 가르쳐주지 않는다. 실례로, 우주항공·원자력·반도체산업은 국가 생존산업이다. 이들 분야는 학술적으로 논문도 잘 발표하지를 않고 있는 이유가 원천기술 유출 때문이다. 한국의 원자력과 반도체는 우리국민들이 공들여 쌓아올린 자립기반의 산업으로 자리잡고 있다. 반도체와 원자력은 세계최고 기술로서 국제시장에서 최고의 기술 가치를 인정받고 있다. 과거에 국력은 철강산업으로 분류하였으나, 현재 국력은 반도체, 우주생명공학, 원자력기술, ICT, 기술특허로 결정하고 있다. 따라서 원자력연구는 미래 먹거리로서 에너지, 건강, 환경문제해결, 수자원, 식품, 농업, 산업, 핵 과학 등을 수행하는데 필수불가결하다는 사실에 주목하여야 할 것이다.

핵심주제어: 원자력발전, 핵분열, 핵융합, 에너지, 핵연구

*사단법인 한국정부조달연구원 원장(E-mail: rojong55@hanmail.net)

I. 서론

원자력발전은 핵분열 연쇄반응을 통해서 발생한 에너지로 물을 끓여 발생시킨 수증기로 터빈발전기를 돌려 전기를 생산한다. 원자력발전은 2차 대전 후 미국에서 원자력을 원자탄이 아닌, 전기에너지생산에 이용하는 원자력평화이용(Atoms for Peace) 계획이 발표되었다. 이에 따라 미국, 영국은 상업용 원자력발전소가 건설되었다. 프랑스, 일본, 독일, 캐나다, 인도와 한국도 상업용 원자력발전소와 연구용원자로를 운용하고 있다. 원자력발전소는 핵분열시에 많은 양의 방사성물질이 생성되어 이 물질이 붕괴하면, 다량의 열이 발생하여 대형사고가 발생할 수 있다. 체르노빌원전사고(1986년)는 유럽 대부분 지역을 방사능으로 오염시켰으며, 서유럽 많은 나라는 원자력발전을 아예 전연 하지 않고 있거나, 줄여가는 정책을 수행하고 있다.

원자력발전은 보통 100개 이상의 개별기능을 통합 산업계통으로 구성된다. 즉, 원자로 중심으로 핵증기공급계통(NSSS, Nuclear Steam Supply System), 증기를 공급받아 발전기를 돌리는 터빈·발전기계통, 기타 부수설비계통으로 구분된다. 한국의 원자력발전은 주종이 가압 경수형발전소로 원자로를 중심으로 한 1차 계통, 증기발생기, 터빈, 발전기, 복수기를 포함 2차 계통, 사고를 대비한 공학적인 안전설비계통, 송배전계통, 계측제어계통, 기타 보조계통으로 구성된다. 원자력발전소의 발전량(2017.2.)은 30개국에서 449기를 운용하여 39만 2238MW(메가와트)를 생산한다. 건설 중이거나, 계획하는 것은 42개국에서 224기로 총용량은 23만 761MW가 된다. 원자력발전소를 운용하는 국가는 선진국이거나 개발도상국에서도 앞서가는 국가로서 과학과 경제에 기초하고 있다. 한국(2017.2.)은 25기(23,116MW)의 원전을 운전 중이고, 3기를 건설하고 있고, 2기가 건설 준비 중이다. 현재 원전에서 월성 원전 4기는 중수로이고, 신월성원전 2기는 경수로이다. 원자력발전 설비용량은 23,116MW로서 높은 이용률을 기초로 국내 전력생산량의 31.5%를 차지한다. 원전발전 정지 건수도 1기당 0.3건으로 세계 최고기술 수준이다.

II. 국제적으로 원자력발전소의 발전사 및 현황

원자력발전은 원자력을 동력으로 이용한 최초의 사례가 원자력잠수함이다. 원자력잠수함은 화석연료에 비해 아주 적은 양의 연료로도 많은 에너지를 얻을 수 있고 오래 잠수력이 있었다. 원자력발전은 1950년대 초에 군사기술 전용에서 시작하였다. 세계 최초로 소련은 오브닝스(OBNINSK) 원자력발전소를 개시(1954년)하였다. 다음으로, 영국은 콜더홀(CALDER HALL) 원자력발전소 계획(1953년)과 1956년에 운전하였다. 영국은 원자폭탄 플루토늄 생산과 발전 등 2가지 목적의 원자로이며, 세계 최초의 상업용 원전이다.

1950년대에 영국은 흑연감속로(GMR, graphite moderated reactor), 미국은 비등수로(BWR, boiling water reactor)와 가압경수로형(PWR, Pressurized Water Reactor)을 이용한 발전소가 건설되었다. 영국을 제외한 대부분 국가의 발전소는 비등수로나 가압경수로형의 원자로를 이용하고 있다.

원자력의 평화적 이용 계획이 발표되었을 때, 과학자들은 원자력의 이용이 매우 큰 위험을 수반하며, 따라서 많은 안전장치와 고도로 훈련받은 전문가의 통제가 필요하다는 사실을 알고 있었다. 특히, 원자력발전은 안전문제, 방사성폐기물처분, 사용후 원자로폐기 등에 들어가는 비용으로 인해서 원자력발전이 화력발전에 비교하여 경제적이 아니라는 의문도 제기되었다. 이와 같은 과학자들의 예측은 체르노빌에서 대규모 원전사고가 발생(1986.4)한 후에 미국뿐만 아니라 서유럽에서도 원자력발전이 쇠퇴기를 맞았다.

그러나 산업화와 자원부족 국가인 한국, 일본, 동아시아 국가는 원전을 확대와 안전성에 기초한 기술개발 정책을 추구하였다. 특히, 2000년대에 기후변화는 심각한 수준이라는 공감대에서 원자력발전에 우호적인 국가가 형성되면서 원자력 르네상스기가 도래하였다. 미국과 EU에서도 원자력발전소를 다시 확대하게 되었고, 가동 중인 원자로 수명이 끝난 후에도 폐쇄하지 않고 20년 정도 수명을 연장하였다. 그러나 후쿠시마 원전사고(2011년 3월)는 독일에서 2022년까지 원자력발전소를 완전히 폐쇄하기로 결정하면서 원자력 정책을 재검토하는 국가가 증가하였다.

원전 원자로로는 핵분열반응의 핵분열로 및 핵융합반응의 핵융합으로 나눈다. 현재 원자력발전은 핵분열로이며, 핵융합로는 꿈의 원자로로서 기초적 연구단계이다. 현재 원전¹⁾은 핵분열로 만든 열에너지로 전기를 생산한다.

〈표 1〉 원자력발전소 발전단계

원자력발전기기	원자력발전소에서의 역할
원자로건물 에어록(reactor building airlock)	원자로건물을 통해 장비와 인원이 안전하게 통과할 수 있는 안전 지역
사용연료폐기실(spent fuel discharge bay)	물이 가득 찬 저장고 수용기에서 나오는 사용된 연료를 받아들이는 장소로, 물은 연료에서 방출하는 방식능에 대한 보호벽의 역할
터빈건물(turbine building)	전기를 생산하는 장치(터빈과 발전기)가 있는 건물
발전기(generator)	터빈힘으로 회전하는 기계, 역학에너지를 전기에너지로 바꿔 송전망에 보냄
터빈(turbine)	두 부분으로 나뉘는 기계. 증기로 활성화되는 수차가 역학에너지를 발전기의 회전자 축으로 전달.
변압기(transformer)	전압을 바꾸는 장치. 전압은 전류가 발전소에서 나갈 때 높아져 그것이 멀리까지 운반가능
응축기/복수기(condenser)	지하수 물이 회로에 흘러 터빈에서 나오는 증기를 냉각시키고 물로 응축
저압증기흡입관(low-pressure steam inlet)	기열된 증기가 다시 터빈으로 주입되고, 남은 에너지를 거기에 방출.
응축기배수구(condenser water outlet)	응축기 속에 있는 물은 본래 왔던 곳으로 되돌아감
재가열기(reheater)	터빈 첫 부분에서 나오는 증기온도를 높이는 장치, 증기를 둘째 부분으로 다시 주입
터빈주밸브(turbine stop valve)	증기가 터빈으로 들어가는 것을 가로막는 장치
분리기(separator)	증기로부터 물기를 제거하여 터빈 수차의 손상을 방지하는 장치
고압증기흡입구(high-pressure steam inlet)	증기발생기에서 나오는 증기는 터빈의 첫째 부분으로 운반, 이때 증기는 냉각되어 에너지 일부상실
응축기냉각수배출구(condenser cooling water outlet)	응축기로부터 나온 물이 원래 왔던 수로로 돌아가는 통로
응축기역류구(condenser backwash inlet)	터빈 속 증기의 응축 회로에 필요한 물의 흡입구 통로
응축기역류배출구(condenser backwash outlet)	터빈 속에서 증기로부터 응축된 물이 지하수로 돌아가는 통로
응축기냉각수흡입구(condenser cooling water inlet)	수로에서 온 물을 펌프에 의해 응축기로 보내는 통로
주증기헤더(main steam header)	증기 발생기로부터 나오는 증기를 모으거나 흘려보내는 장치
주증기관(main steam pipes)	증기를 증기 발생기 배출구로 운반하는 모든 관
증기배출관(steam release pipes)	증기를 분리기 배출구로 운반하는 모든 관
제어실(control room)	발전소를 가동하고 감시하는 인원과 장비가 있는 구역
연료장전기(fueling machine)	원격으로 제어되는 실린더. 연료를 원자로에 내리거나 가두는 데 사용
방호벽(containment wall)	원자로를 나머지 건물과 분리하는 안전용 방호벽
원자로(reactor)	열 방출 위해 제어된 상태에서 연료핵분열이 일어나는 단단히 밀폐된 구역
공급헤더(feeder header)	원자로의 흡입구와 배출구에서 냉각액을 모으는 큰 지름의 파이프
열공급펌프(heat transport pump)	냉각액을 원자로와 증기발생기 사이에 순환시키는 장치
사용연료저장실(spent fuel storage bay)	물이 가득찬 저장고사용연료를 여러 해 여기에 저장했다가 안전히 폐기.
증기발생기실냉각기(steam generator room cooler)	증기발생기가 있는 방의 온도를 제어하는 냉각시스템.
원자로건물(reactor building)	원자로 용기를 에워싸는 콘크리트 구조물. 방사능에 대한 보호벽
중수처리설비(deuterium oxide upgrading)	중수가 감속제로 사용되는 발전소는 필터가 골뎡출구에서 증기(중수) 막음
용수저장탱크(dousing water tank)	사고가 일어날 경우 원자로의 방사성 증기를 냉각시킬 물이 들어 있는 커다란 용기. 이렇게 하여 압력의 상승을 방지
증기발생기(steam generator)	물을 증기로 바꾸는 장치로 증기는 터빈을 활성화함
물공급밸브(dousing water valve)	방사성 증기를 응결시키기 위해 원자로 건물에 있는 용수 저장 탱크로부터 물을 방출하는 장치

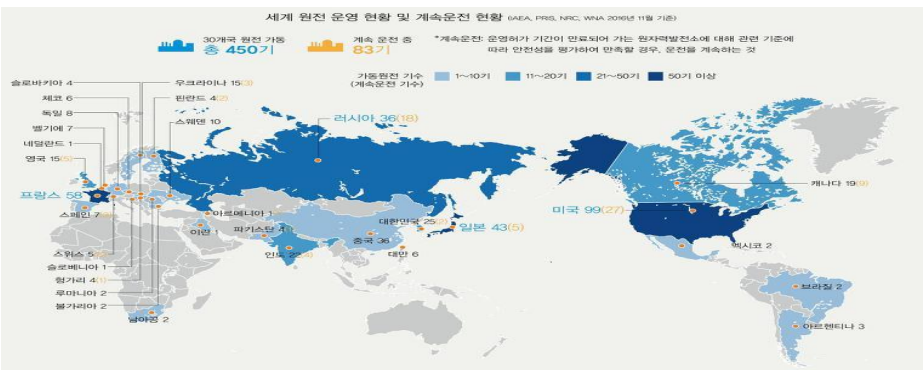
자료: Britannica Visual Dictionary © QA International 2012에서 저자정리

1) Britannica Visual Dictionary © QA International 2012.(www.ikonet.com)(2016)

세계 각국의 원전현황을 보면, 후쿠시마 원전사고(2011.3) 이후 원전과 사용후핵연료의 안전관리에 대한 재점검이 진행되고 있다. 독일과 스위스 등은 탈원전과 원전축소정책을 추진하고 있다. 그럼에도 불구하고, 각국은 온실가스 감축과 다양한 에너지원 확보를 위해 국가정책의 필요성과 에너지 수요 증가로 대규모 전기 생산이 필요에서 원전의 수요가 늘어나고 있다.

세계원자력협회(WNA, World Nuclear Association)와 국제원자력기구(IAEA) 발표(2016.12)²⁾를 보면, 30개국에서 가동원전은 450기로서 총 발전용량은 약 392GWe이며, 건설 중인 원전은 60기, 향후 건설계획원전은 167기이다.

〈그림 1〉 세계원전운영현황과 계속운전현황



자료: IAEA, PRIS, NRC, WNA. 2016.11

IAEA(2017.2.6.)·WNA(2017.1)자료를 보면, 세계원자력발전은 다음과 같다.

〈표 2〉 세계원자력발전현황

구분	기수	설비용량(MWe)	국가수
운전중	449	392,238	30개국
건설중	60	59,917	15개국
계획중	164	170,844	27개국
영구정지	160	62,800	19개국

2) 한국원자력산업회는 홈페이지에 세계원자력발전현황을 실시간 소개하고 있다. 건설 중인 원전 60기는 중국 20기, 한국 6기, 일본 2기로 삼국이 반을 차지한다.

Ⅲ. 한국의 원자력발전소의 발전사 및 현황

우선, 한국은 원자력관련 법규를 국제수준에서 「원자력안전법」, 「원자력진흥법」, 「방사성폐기물관리법」, 「원자력시설 등의 방호 및 방재 대책법」 및 「원자력안전법령정보시스템」 등 법을 운용한다.

「원자력안전법」 목적(제1조)은 원자력의 연구·개발·생산·이용 등에 따른 안전관리에 관한 사항을 규정하여 방사선에 의한 재해의 방지와 공공의 안전을 도모함을 목적으로 한다. 법적 용어(제2조)는 다음과 같다.

1. 원자력은 원자핵 변화의 과정에 있어서 원자핵으로부터 방출되는 모든 종류의 에너지를 말한다.
2. 핵물질은 핵연료물질 및 핵원료물질을 말한다.
3. 핵연료물질은 우라늄·토륨 등 원자력을 발생할 수 있는 물질로서 대통령령으로 정하는 것을 말한다.
4. 핵원료물질은 우라늄광·토륨광과 그 밖의 핵연료물질의 원료가 되는 물질로서 대통령령으로 정하는 것을 말한다.
5. 방사성물질은 핵연료물질·사용후핵연료·방사성동위원소 및 원자핵분열생성물을 말한다.
6. 방사성동위원소는 방사선을 방출하는 동위원소와 그 화합물 중 대통령령으로 정하는 것을 말한다.
7. 방사선은 전자파 또는 입자선 중 직접 또는 간접으로 공기를 전리(電離)하는 능력을 가진 것으로서 대통령령으로 정하는 것을 말한다.
8. 원자로는 핵연료물질을 연료로 사용하는 장치를 말한다. 다만, 대통령령으로 정하는 것은 제외한다.
9. 방사선발생장치는 하전입자(荷電粒子)를 가속시켜 방사선을 발생시키는 장치로서 대통령령으로 정하는 것을 말한다.
10. 관계시설은 원자로의 안전에 관계되는 시설로서 대통령령으로 정하는 것을 말한다.
11. 정련(精鍊)은 핵원료물질에 포함된 우라늄 또는 토륨의 비율을 높이기

위하여 물리적·화학적 방법으로 핵원료물질을 처리하는 것을 말한다.

12. 변환은 핵연료물질을 화학적 방법으로 처리하여 가공에 적합한 형태로 만드는 것을 말한다.

13. 가공은 핵연료물질을 물리적·화학적 방법으로 처리하여 원자로의 연료로서 사용할 수 있는 형태로 만드는 것을 말한다.

14. 사용후핵연료처리는 원자로의 연료로서 사용된 핵연료물질 또는 그 밖의 방법으로 원자핵분열을 시킨 핵연료물질을 연구 또는 시험을 목적으로 취급하거나, 물리적·화학적 방법으로 처리하여 핵연료물질과 그 밖의 물질로 분리하는 것을 말한다.

15. 핵연료주기사업은 정련·변환·가공 또는 사용후핵연료처리 사업을 말한다.

16. 방사선관리구역은 외부의 방사선량율(放射線量率), 공기 중의 방사성물질의 농도 또는 방사성물질에 따라 오염된 물질의 표면의 오염도가 원자력안전위원회규칙으로 정하는 값을 초과할 우려가 있는 곳으로서 방사선의 안전관리를 위하여 사람의 출입을 관리하고 출입자에 대하여 방사선의 장해를 방지하기 위한 조치가 필요한 구역을 말한다.

17. 국제규제물자는 원자력의 연구·개발 및 이용에 관한 조약과 그 밖의 국제약속에 따라 보장조치의 적용대상이 되는 물자로서 총리령으로 정하는 것을 말한다.

18. 방사성폐기물은 방사성물질 또는 그에 따라 오염된 물질(이하 방사성물질)로서 폐기의 대상이 되는 물질(제35조제4항에 따라 폐기하기로 결정한 사용후핵연료를 포함한다)을 말한다.

다음으로, 한국은 원자력발전에 관한 법규를 마련하면서 국내 원자력발전의 원년인 1978년에 2,324GWh를 발전하여 전체 발전량의 7.4%였으며, 2016년도에는 161,995GWh를 발전하여 전체 발전량의 30.64%를 차지하고 있다. 원자력발전량 분석에 앞서, 와트의 국제단위계를 소개하고, 다음에, 한국의 원자력발전소현황 및 원자력발전소 호기별 발전량을 소개하겠다.

〈표 3〉 와트의 국제단위계

배수	이름	기호
1	와트	W
10 ¹	데카와트	daW
10 ²	헥토와트	hW
10 ³	킬로와트	kW
10 ⁶	메가와트	MW
10 ⁹	기가와트	GW
10 ¹²	테라와트	TW
10 ¹⁵	페타와트	PW
10 ¹⁸	엑사와트	EW
10 ²¹	제타와트	ZW
10 ²⁴	요타와트	YW

자료: 위키백과, 2017.9

〈표 4〉 한국의 원자력발전소현황

발전소 명	위치	노형	설비용량(MW)	상업운전
고리	#2 #3 #4	부산시 기장군 장안읍	가압경수로	650 1983.07.25.
				950 1985.09.30.
				950 1986.04.29.
신고리	#1 #2 #3	울산시 울주군 서생면	가압경수로	1,000 2011.02.28.
				1,000 2012.07.20.
				1,400 2016.12.20.
월성	#1 #2 #3	경북 경주시 양남면	가압중수로	679 1983.04.22.
				700 1997.07.01.
				700 1998.07.01.
신월성	#1 #2	경북 경주시 양남면	가압중수로	700 1999.10.01.
				1,000 2012.07.31.
				1,000 2015.07.24.
한빛	#1 #2 #3 #4 #5 #6	전남 영광군 홍농읍	가압경수로	950 1986.08.25.
				950 1987.06.10.
				1,000 1995.03.31.
				1,000 1996.01.01.
				1,000 2002.05.21.
				1,000 2002.12.24.
한울	#1 #2 #3 #4 #5 #6	경북 울진군 북면	가압경수로	950 1988.09.10.
				950 1989.09.30.
				1,000 1998.08.11.
				1,000 1999.12.31.
				1,000 2004.07.29.
				1,000 2005.04.22.
합계	-	-	22,529	-

자료: 한국수력원자력(KHNP, Korea Hydro & Nuclear Power). 2017.8

한국 원자력발전소 이용률·가동률 및 각각 호기별 발전량은 다음과 같다.

〈표 5〉 원자력발전소 이용률 및 가동률현황

구분	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
이용률(%)	92.3	90.3	93.4	91.7	91.2	90.7	82.3	75.5	85.0	85.3	79.7
가동률(%)	92.8	90.9	93.6	90.4	89.5	90.3	82.3	75.7	85.4	85.9	79.9

자료: KHNP. 2017.8

〈표 6〉 2016년도 원자력발전소 호기별 발전량 실적

구분		발전량(MWh)	총누계발전량(MWh)
고리	#1	4,771,551	153,583,052
	#2	4,002,134	167,305,327
	#3	9,178,782	237,373,709
	#4	8,052,761	236,856,337
신고리	#1	9,163,286	44,186,626
	#2	6,975,411	32,920,737
	#3	3,047,246	3,047,246
월성	#1	3,208,962	146,060,384
	#2	4,382,519	111,644,084
	#3	4,204,362	107,442,873
	#4	4,491,633	101,812,488
신월성	#1	7,799,314	32,179,178
	#2	7,632,697	13,111,428
한빛	#1	6,671,963	230,430,772
	#2	3,072,311	215,723,118
	#3	7,334,828	170,890,179
	#4	8,942,197	170,976,691
	#5	9,187,364	119,212,773
	#6	8,013,130	116,125,883
한울	#1	7,192,555	211,515,318
	#2	7,710,086	208,078,748
	#3	4,858,507	147,577,318
	#4	5,612,396	131,585,158
	#5	7,246,178	105,467,379
	#6	9,243,256	99,877,093
합계		161,995,428	3,314,983,901

자료: KHNP. 2017.8

KHNP 자료에 의하면, 발전원별 발전설비 및 발전원별 발전량은 다음과 같다.

〈표 7〉 한국의 발전원별 발전설비 추이(MWe³⁾)

구분	원자력	수력	석탄	유류	가스	집단	대체	합계
2005	17,716	3,883	17,965	4,710	16,447	1,382	156	62,258
2006	17,716	5,485	18,465	4,790	17,436	1,382	240	65,514
2007	17,716	5,492	20,465	5,404	17,948	893	351	68,268
2008	17,716	5,505	23,705	5,407	17,969	1,460	728	72,491
2009	17,716	5,515	24,205	5,438	17,850	1,610	1,136	73,470
2010	17,716	5,525	24,205	5,400	19,417	2,067	1,749	76,078
2011	18,716	6,418	24,205	5,405	20,116	2,623	1,859	79,342
2012	20,716	6,446	24,534	876	23,790	3,106	2,338	81,806
2013	20,716	6,454	24,534	4,850	23,790	3,106	3,519	86,969
2014	20,716	6,467	27,036	4,255	30,269	-	4,474	93,216
2015	21,716	6,471	27,327	4,243	32,244	-	5,649	97,649
2016	23,116	6,485	32,035	4,129	32,624	-	7,477	105,866

자료: KHNP. 2017.8

〈표 8〉 한국의 발전원별 발전량 추이(GWh⁴⁾)

구분	원자력	수력	석탄	유류	가스	집단	대체	합계
2005	146,779	5,189	133,658	17,732	58,118	2,759	404	364,638
2006	148,749	5,219	139,205	16,598	68,302	2,597	511	381,181
2007	142,937	5,042	154,674	18,131	78,427	3,084	829	403,124
2008	150,958	5,561	173,508	10,094	75,809	5,336	1,090	422,355
2009	147,771	5,641	193,216	14,083	65,274	5,827	1,791	433,604
2010	148,596	6,472	197,916	12,878	96,734	8,080	3,984	474,660
2011	154,723	7,831	200,124	12,493	101,702	12,429	7,592	496,893
2012	150,327	7,651	198,831	15,156	113,984	13,061	10,563	509,574
2013	138,784	8,543	200,444	15,752	127,724	14,633	11,267	517,148
2014	156,406	7,820	203,446	24,950	114,654	-	14,695	521,971
2015	164,771	5,931	206,305	23,958	104,108	-	17,277	522,351
2016	161,995	6,634	213,803	14,221	120,852	-	22,936	540,441

자료: KHNP. 2017.8

3) MWe는 megawatts electric(전기설비용량)(위키백과참조). 따라서 전기와 열워트는 전기산업에서 쓰이는 전기출력단위로서는 메가와트 MWe, MWe이며, 열출력단위는 MWt, MWth 등을 사용하고 있다. 실례로, 화력발전소에서 2109MWt의 열로 증기를 만들어 터빈을 돌리게 해서 전기를 648MWe 생산했을 경우에, 에너지 효율은 $648/2109 = 0.307$ 로 약 30.7%가 된다.

4) 1GWh=1,000MWh=1,000,000KWh=백만 KWh

IV. 원자력발전의 문제점 및 정책동향

원자력발전의 문제점은 한번 사고가 발생하였을 경우에는 엄청난 재앙으로 온다는 것이다. 원자력발전 사고는 스리마일섬(1979.3.28), 체르노빌(1986.4.26.), 후쿠시마(2011.3.11.)에서 위험성을 잘 보여주고 있다. 따라서 원자력발전은 안전관리를 위한 기술개발이 절대필요하며, 발전 이후에도 핵폐기물을 안전하게 관리하고 처리·처분해야 한다. 때문에 원자력발전은 필수 안전장치 설치에 따르는 추가비용이 발생하며, 독성이 강하고 수명이 긴 고준위 방사성폐기물을 안전하게 관리해야 하는 기술적 측면이 필요하다.

원자력발전의 장단점을 보면, 원자력발전방식은 다른 발전방식에 비해 초기 건설비용이 높은 편이나, 연료비가 월등히 싸기 때문에 발전소의 긴 수명기간을 통해 볼 때 발전비용이 가장 적게 든다. 국내발전소의 1991~1993년까지 3년간 운용에 따르는 발전원별 발전원가 분석 실적에 따르면, 원자력 24.17원/kWH, 유연탄 29.47원/kWH, 석유 35.53원/kWH, LNG 35.93원/kWH 수준으로 나타났다. 원자력발전의 경우 건설비는 상대적으로 많이 들지만 연료비가 적게 든다. 고속증식로와 핵융합로의 기술이 발전하여 실용화되면 우라늄자원을 재활용 할 수 있기 때문에 우라늄 고갈문제도 염려할 필요가 없다. 원자력발전은 화석연료를 태울 때 이산화탄소·아황산가스·질소산화물 등 유해물질이 방출되지 않기 때문에 온실효과나 산성비로 인한 생태계 위협 요인들을 제거한다. 때문에 지구환경보존 측면에서도 효과적이며, 기술의 특성상 최첨단 기술이 종합되어야 하는 기술집약형 발전방식이므로 과학 및 관련산업의 발달을 크게 촉진시킬 수 있는 장점이 있다.

한국에서도 원자력발전을 반대하는 목소리가 존재하지만, 한편으로는 전기를 얻기 위해서는 원자력을 계속해서 확대해야 한다는 견해도 있다. 한국은 앞으로 사용후 핵연료를 재처리(재활용)하고 고속증식로(액체금속로)를 개발하는 계획을 추진하고 있다. 고속증식로가 개발되면 우라늄을 수입하지 않고 재처리로부터 얻어진 우라늄과 플루토늄만 가지고도 수백년 이상 원자력발전을 할 수 있기 때문이다. 원자력발전에서 중요한 경수로에 대해서

도 경수로의 안전성⁵⁾을 크게 향상시키기 위해 사고조건, 혁신적인 연료펠렛 및 클래딩(ATF)가 현재 개발되고 있다. 한국에서는, 마이크로 셀 UO₂ 개념과 높은 우라늄 밀도 복합체개념은 ATF 알약으로 간주된다. 따라서 펠렛구조에서의 방사능 및 연료감소 사고조건에서의 온도, 표면 질된 Zr합금 및 SiC 복합개념은 수소를 줄이기 위한 ATF 클래딩을 개발하고 있다.

〈표 9〉 세계원전해체(완료)현황

국가	발전소명	노형	Net출력(MWe)	상업운전	영구정지	해체
미국(15기)	BIG ROCK POINT	BWR	67	1965	1997	2007
	BONUS	BWR	17	1964	1968	1970
	CVTR	PHWR	17	1963	1967	2009
	ELK RIVER	BWR	22	1964	1968	1974
	FORT ST.VRAIN	HTGR	330	1979	1989	1996
	HADDAM NECK	PWR	560	1968	1996	2007
	MAINE YANKEE	PWR	860	1972	1996	2005
	PATHFINDER	BWR	59	1966	1967	2007
	Rancho Seco	PWR	913	1975	1989	2009
	PIQUA	기타	12	1963	1966	1969
	SAXTON	PWR	3	1967	1972	2005
	SHIPPINGPORT	PWR	60	1958	1982	1989
	SHOREHAM	BWR	820	1986	1989	1995
	TROJAN	PWR	1,095	1976	1992	2005
	YANKEE RO	PWR	167	1961	1991	2005
독일(3기)	GROSSWELZHEIM	BWR	25	1970	1971	1998
	NIEDERAICHBACH	HWGCR	100	1973	1974	1995
	YAK Kahi	BWR	15	1962	1985	2010
일본(1기)	JPDR*	BWR	12	1965	1976	1996

자료: IAEA(2016.12), WNA(2016.12)

〈표 10〉 국가별원자력정책동향

구분	국가명
원전확대유지국가	미국, 일본, 영국, 프랑스, 러시아, 캐나다, 중국, 인도, 핀란드, 체코
축소폐지국가	독일, 스위스, [결정보류국가 : 타이완]
도입유지국	터키, UAE, 베트남
신규도입국	폴란드, 사우디아라비아

자료: 한국원자력산업회의, 2017.8.25.

5) Hyun-Gil Kim, Jae-Ho Yang, Weon-Ju Kim, and Yang-Hyun Koo(2016)

현재 세계원전산업시장(2015)은 총 500억 달러 규모로 이중 러시아가 37%, 중국 28%, 한국 10%를 차지하고 있으며, 각국은 신규원전도입국을 대상으로 정상외교 및 국가차원에서 금융지원 등을 제공하며 시장개척에 박차를 가하고 있다. 원자력발전소의 많은 문제점에도 불구하고 국제적으로 각국에서는 원자력발전을 지속적으로 운전할 것으로 보인다. 국제에너지기구(IEA, International Energy Agency)의 「세계에너지전망」(World Energy Outlook 2014)에 의하면 2014년 기준 379GW인 원자력발전 용량은 2040년까지 60% 가량 증가해 624GW에 이를 전망이다. 세계원자력협회에 의하면 2030년까지 266기의 원전 건설과 1조 2,000억 달러의 투자가 전망되며, 이 중 아시아 투자가 절반가량인 7810억 달러를 차지할 것으로 보인다.

〈표 11〉 국가별원자력발전현황

번호	국가명	운전	정지	건설	계획
1	남아공화국	2	-	-	-
2	네덜란드	1	1	-	-
3	대만	6	-	2	-
4	대한민국	24	-	6	4
5	독일	8	28	-	-
6	러시아	36	5	7	25
7	루마니아	2	-	-	2
8	리투아니아	-	2	-	1
9	멕시코	2	-	-	-
10	미국	99	34	4	18
11	방글라데시	-	-	-	2
12	베트남	-	-	-	4
13	벨기에	7	1	-	-
14	벨라루스	-	-	2	-
15	불가리아	2	4	-	1
16	브라질	2	-	1	-
17	스웨덴	10	3	-	-
18	스위스	5	1	-	-
19	스페인	7	2	-	-
20	슬로바키아	4	3	2	-
21	슬로베니아	1	-	-	-
22	아랍에미리트연합국	-	-	4	-
23	아르메니아	1	1	-	1
24	아르헨티나	3	-	1	2
25	영국	15	30	-	4
26	요르단	-	-	-	2
27	우크라이나	15	4	2	2
28	이란	1	-	-	2

29	이집트	-	-	-	2
30	이탈리아	-	4	-	-
31	인도	22	-	5	20
32	인도네시아	-	-	-	1
33	일본	43	16	2	9
34	중국	36	-	20	41
35	체코	6	-	-	2
36	카자흐스탄	-	1	-	2
37	캐나다	19	6	-	2
38	터키	-	-	-	4
39	파키스탄	4	-	3	1
40	폴란드	-	-	-	6
41	프랑스	58	12	1	-
42	핀란드	4	-	1	1
43	헝가리	4	-	-	2
합계		450	158	60	167

자료: IAEA(2016.12), WNA(2016.12)

〈표 12〉 세계원전주요동향

구분	원전	발전량, 국가, 시작연도
승전시작	YANGJIANG-4	(1000 MW(e), PWR, CHINA) on 8 January, 2017
	CHANGJIANG-2	(610 MW(e), PWR, CHINA) on 20 June
	CHASNUPP-3	(315 MW(e), PWR, PAKISTAN) on 15 October
	FANGCHENGANG-2	(1000 MW(e), PWR, CHINA) on 15 July
	FUQING-3	(1000 MW(e), PWR, CHINA) on 7 September
	HONGYANHE-4	(1000 MW(e), PWR, CHINA) on 1 April
	KUDANKULAM-2	(917 MW(e), PWR, INDIA) on 29 August
	NINGDE-4	(1018 MW(e), PWR, CHINA) on 29 March
	NOVOVORONEZH 2-1	(1114 MW(e), PWR, RUSSIA) on 5 August
	SHIN-KORI-3	(1340 MW(e), PWR, KOREA, REP. OF) on 15 January
영구중단	WATTS BAR-2	(1165 MW(e), PWR, USA) on 3 June
	FORT CALHOUN-1	(482 MW(e), PWR, USA) on 24 October
	IKATA-1	(538 MW(e), PWR, JAPAN) on 10 May
	NOVOVORONEZH-3	(385 MW(e), PWR, RUSSIA) on 25 December
착공	FANGCHENGANG-4	(1000 MW(e), PWR, CHINA) on 23 December
	KANUPP-3	(1014 MW(e), PWR, PAKISTAN) on 31 May
	TIANWAN-6	(1000 MW(e), PWR, CHINA) on 7 September

자료: IAEA PRIS, 2017.2.6

V. 원자력발전의 시장전망과 발전대안

행분열의 원자력발전은 많은 양의 방사성 폐기물을 만든다. 이것은 방사능을 내뿜는 위험한 물질로 생태계로부터 격리해야 한다. 현재의 과학기술은

방사성 폐기물을 완벽하게 처분된 사례는 없다는 점이다. 그러나 핵융합의 원자력발전은 방사성 폐기물을 거의 내놓지 않고 무한정 에너지를 만들 수 있으나 아직 연구단계에 있다. 현재 핵융합은 한국, 미국, 일본, 중국, EU 등이 참여하는 ITER라는 국제공동연구프로젝트에서 세계 각국 출신의 과학자들이 투입된 에너지보다 산출된 에너지가 더 많은 핵융합로 개발을 수행하고 있다. 문제는 세계에서 가동 중인 원자력발전(2011.4)은 437기이고, 세계 전력소비의 13%를 공급하고 있다. 따라서 세계 각국은 자국의 전력소비가 증가하기 때문에 위험하지만 원자력발전을 선호하는 것이다.

우선, 각국 에너지정책은 어느 것을 담보로 하여 전력을 얻을 것인가에서 명확한 정답이 없으며, 원전은 악이고 신재생에너지는 선이란 도식도 없다.

〈그림 2〉 2014년 기준국가별 에너지자원비중

(단위: %)



자료: Worldbank (중앙일보, 2017.8)

하나, 핀란드에선 원자력, 수력·재생에너지가 공존한다. 핀란드는 지형이 평탄하니 수력발전비중은 19.7%이며, 화석연료도 부족하기 때문에 전기의 3분의 1이상 원전이 34.6%, 태양광·풍력 등 재생에너지 비율은 18.9%다.

둘, 수력발전은 물의 낙차를 이용하여 아이슬란드·뉴질랜드·스위스 등 산지가 많은 국가에서 주 에너지원으로 사용하고, 이들 국가의 전체 전기 공급에서 차지하는 비중이 50%이상이다. 지정학적으로 바다를 접하지 않는 내륙국가의 수력 의존도는 절대적으로 파라과이는 100%, 네팔은 99.8%다.

북한도 수력발전 비중이 72.6%이상을 차지하고 있다. 북한은 최근 백두산영웅청년발전소·금야강군민발전소 등의 수력발전소를 완공하였다.

셋, 재생에너지는 풍력발전에 천혜의 입지조건을 가진 덴마크가 55.8%를 생산한다. 덴마크는 화력발전이 높았으나 석유파동(1973년)으로 풍력으로 바꾸었다. 태양광발전은 포르투갈이 30.8%, 스페인 25.9%를 차지하고 있다.

넷, 원전은 에너지자원수입이 높은 국가로서 프랑스가 78.4%, 벨기에가 47.2%이다. 스웨덴은 원전 2.3%, 수력 41.5%, 재생에너지 14.3%를 차지한다.

〈그림 3〉 주요국가의 원자력발전량

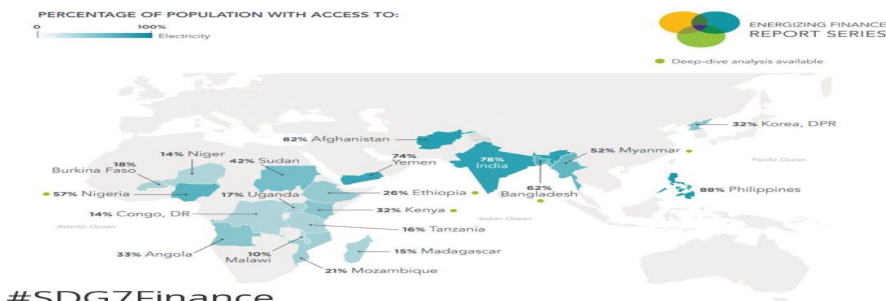
(단위: GHh, 2016년 기준)



자료: WNA 2017.9

다섯, 석탄발전은 인도는 75.1%, 중국은 72.6%로 원전을 확대하고 있다. 여섯, 전기가 절대 부족한 국가〈그림〉들도 원전에 애착을 갖는 것이다.

〈그림 4〉 전기생산이 절대적으로 부족한 국가



#SDG7Finance

자료: Worldbank 2017.9

세계원자력협회(WNA, 2017.8.10)에 따르면, 중국에서 현재 가동 중인 원전은 37기다. 추가로 20기를 짓고 있고, 40기는 계획 중이다. 전 세계에서 건설 중인 원전 58기 중 3분의 1 이상이 중국에 위치한 셈이다.

〈표 13〉 세계로 뻗어가는 중국 원전발전소 수출 현황

중국의 원전 주요 수출국	금액(US달러)	진행상황
파키스탄	23억7천만	3호기는 가동중
		4호기는 공사중
	96억	1,2호기 공사중
루마니아	77억	계획단계
아르헨티나	58억	계획단계
	70억	계획단계
이란	미정	건설합의
터어키	미정	건설합의
남아프리카공화국	미정	예비입찰
케냐	미정	양해각서체결
이집트	미정	양해각서체결
수단	미정	건설합의
아르메니아	미정	사전협의 중
카나스키탄	미정	건설합의

자료: IAEA(2016.12), WNA(2016.12)

중국은 프랑스·러시아 등에서 기술을 수입한 이후에, 2030년까지 100기 이상 자국 기술로 건설해 세계 최대 원전발전국으로 도약하고, 원전 비중을 계획대로 늘려 중국 전력수요의 5%를 점하겠다는 것이다. 중국의 원전정책은 2010년까지 소극적이었으나, 2011년 후쿠시마 원전사고 이후 자체 기술 확보에 매진했고, 2012년 개량형 경수로 <ACP1000>을 개발했다. 2015년엔 화룽 1호 개발에도 성공했다. 중국의 원전수출전략은 <표>처럼 해외로 돌리기 시작한 것은 시진핑의 일대일로(一帶一路, 육상과 해상을 아우르는 중국 정부의 실크로드) 전략과 맞물리면서 중국 특유의 저가·저리 전략으로 수출전략을 주도하고 있다. 원전⁶⁾은 사업 규모가 크고 건설 기간도 길다”며 “발전시설을 짓고 싶으나 돈이 부족한 개도국에 자기 돈으로 원전을 지어주고 이자도 적게 받으니 마다할 리가 없다”고 지적했다.

6) 정범진 경희대 원자력공학과 교수주장(2017.9)(중앙일보 2017.8.9월)

일본 원자력규제위원회에서는 일본 도쿄전력이 재가동 신청서를 낸 가시와자키카리와원전⁷⁾ 5·6·7호기 원전에 대해서 2017.9.13일 승인 방침을 표명하였다. 일본은 화력발전 연료비 연 2조원 절감 예상하고 있으나, 지역주민들은 “사고 일으킨 도쿄전력 자격 없다.” 반발하고 있다.

〈그림 5〉 일본 도쿄전력이 재가동 예정 가시와자키카리와 원전전경



자료: 가시와자키카리와원전(5·6·7호기), 2017.9

한국은 다양한 에너지생산정책을 하고 있다. 원전발전설비계획으로, 제7차 전력수급계획(2015.6)에서 전원구성(2029년)은 정격용량기준 석탄(26.7%), 원전(23.7%), LNG(20.5%), 신재생(20.0%)순이고, 피크기여도는 <표 14>처럼 석탄(32.2%), 원전(28.5%), LNG(24.7%) 순으로 전망된다. 6차 수급계획과 비교하면, 석탄비중은 2.5%p 감소하지만, 원전비중은 1.1%p, LNG비중은 0.4%p, 신재생비중은 0.1%p 증가를 전망했다. 한국⁸⁾은 4개의 원자력발전소 단지에서 23기의 원자로와 5기가 건설 중이며, 전력소비에서 원자력비중은 2010년은 35%, 2030년은 59%, 일차에너지에서 27.8%를 예상하고 있다. 한국 최초 상업용 원전 고리1호기는 2017년까지 운전하고 해체하기로 결정하였다.

-
- 7) 도쿄전력은 가시와자키카리와 원전 6,7호기가 조만간 재가동 심사통과를 예상했다. 6,7호기는 2011년 사고 후쿠시마 제1원전과 같은 비등수방식으로, 재가동이 확정되면 도쿄전력은 사고 후 최초로 원전을 운영하게 된다. 후쿠시마원전 사고로 일본정부는 폐로작업과 배상에 최소 21조엔이 투입되었다. 6,7호기가 재가동 되면 화력발전 연료비 부담이 줄어드는 만큼 연간최대 2200억엔이 절약된다는 것이다.
- 8) 원자력사전(원자력상식사전편찬위원회)은 원자력 에너지에 대한 객관적이고 과학적 정보전달과 미래세대를 위한 에너지교육을 위해 편찬된 원자력 사전이다.

〈표 14〉 전원구성비전망 (피크기여도기준) (전원구성비는 연말설비용량기준)

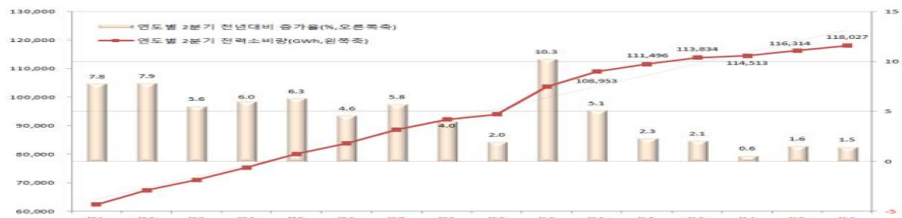
구분	원전	석탄	LNG	신재생	집단	석유·양수
6차(2027년)	27.4%	34.7%	24.3%	4.5%	4.6%	4.5%
7차(2029년)	28.5%	32.2%	24.7%	4.6%	5.8%	4.2%

〈표 6〉 한국의 GDP증가율 및 전력판매증가율 추이



자료: 한국은행, 한국전력공사 전력통계속보 (중앙일보, 2017.8)

〈표 7〉 한국의 연도별(2분기) 전력소비량 추이(2001-2016)



자료: 전력거래소 (2016.9.19)

GDP성장률(한국은행 발표 기준)과 전력판매량 증가율(한국전력 전력통계속보 기준)의 연간 증감 추이를 살펴보면, 2012년까지는 전력판매량 증가율이 GDP성장률보다 앞섰지만 2013년을 기점으로 두 지표가 역전됐다. GDP가 6.5% 성장할 때 전력판매(2010년)는 10.1% 증가했지만, GDP가 3.3%성장했음에도 전력판매량(2014년)은 0.6%증가하였다. 최근 5년간(2012~2016년) 평균을 보면, GDP는 연평균 2.8%씩 성장했고 전력판매량은 이보다 적은 연평균 1.8% 증가율을 보였다. 때문에 한국도 GDP 성장률을 토대로 전력수요를 예측하는 패러다임에서 벗어나 다양한 변수를 고려하는 식으로 전력수요 예측 모델을 다듬어 나가야 한다는 목소리가 나오고 있다.

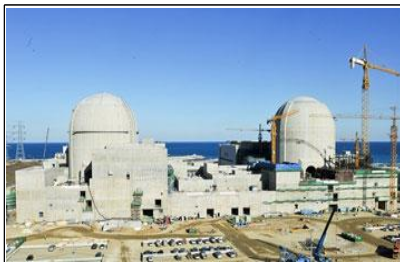
8차 전력수급기본계획(2017~2031년)에서 2030년 전력수요는 101.9GW로 2년 7차 수급계획의 113.2GW보다 11.3GW 감소했다. 7차에서는 GDP성장률 예상치를 연평균 3.4%로, 8차는 2.5%였다. 세계 각국의 에너지전문가들은 제4차 산업혁명시대에서 전력수요는 급격히 증가를 예상하고 있다. 현재 한국에서 진행 중인 원전발전소는 다음과 같다.

〈그림 8〉 신고리 원전 3,4호기 건설중



- 위치 : 울산시 울주군 서생면
- 시설용량 : 1,400MW × 2기
- 노형 : PWR(APR1400)
- 공사기간(부지정지~준공) : 2007.09. ~ 2018.09.
- 시공업체 : 현대건설/두산중공업/SK건설
- 주요공사현황 (공정률 : 99.55%)
- 3호기 상업운전
- 4호기 연료장전 준비 작업

〈그림 9〉 신고리 원전 1,2호기 건설중



- 위치 : 경북 울진군 북면
- 시설용량 : 1,400MW×2기
- 노형 : PWR(APR1400)
- 공사기간(부지정지~준공) : 2010.04.~ 2019.02.
- 시공업체 : 현대건설/SK건설/GS건설
- 주요공사현황(공정률 : 95.59%) 1호기 HFT 대비 잔여 작업중(계속)
- 2호기 터빈발전기 설치중

〈그림 10〉 신고리 원전 5,6호기 건설중



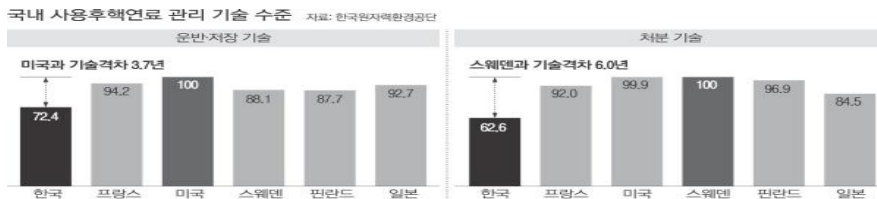
- 위치 : 울산시 울주군 서생면
- 시설용량 : 1,400MW×2기
- 노형 : PWR(APR1400)
- 준공일 : 2021.10.(5호기) / 2022.10.(6호기)
- 시공업체 : 삼성물산/두산중공업/한화건설
- 주요공사현황 (공정률 : 29.93%) 건설 2017년 9월 현재 일시중지 중

현재 한국의 원자력발전소 건설은 신고리원전 5,6호기를 중단하고 재논의하고 있는 상태로서, 중대한 귀로에 서서 있다.

세계원자력협회는 2030년 세계 원전 시장규모를 9088억 달러(약 1038조 원)로 추정한다. 현재 원전시장은 발전량기준 미국(33%)과 프랑스(16%)의 양강구도에 러시아·중국·한국이 뒤쫓는 형국이다. 러시아도 최근 국제 원전 시장에서 중국처럼, 차관을 통해 직접 원전을 지어주는 방식을 선택했다.

미국 포린어페이스는 미국웨스팅하우스파산(도시바가인수) 최대 수혜국으로 러시아를 꼽았다. 한국은 탈원전 정책에 따라 위축될 것으로 전망했다. 특히, 한국이 독자 개발한 3세대 원전 ‘APR-1400’은 미국 원자력규제위원회(NRC) 설계인증심사(2017.8)에서 3단계를 통과했다. 프랑스는 스스로 심사를 중단했고, 일본은 신청한 지 10년이 지났지만 1단계만 통과한 상태다. 한국원자력학회 관계자는 “APR-1400이 3세대 원전 중에서 세계 최초로 상업운전에 성공한 반면, 경쟁 유형인 프랑스 EPR과 미국 AP1000은 아직도 상업운전에 착수하지 못했다.”고 주장하고 있다.

〈그림 11〉 국내 사용후핵연료 관리기술국제수준비교현황



자료: 한국원자력환경공단, 2017.8

〈표 15〉 방사성폐기물 관리현황

구분	고리	새울	한빛	월성	한울
2017.8.실적	32	2	140	26	34
저장실적 ¹⁾	43,503	31	21,062	10,635	15,402
저장용량 ²⁾	61,592	378	26,412	23,603	24,091

자료: 한국수력원자력, 2017.8

* 총저장실적(2017.8) 90,633드럼(단위: 200리터 드럼)

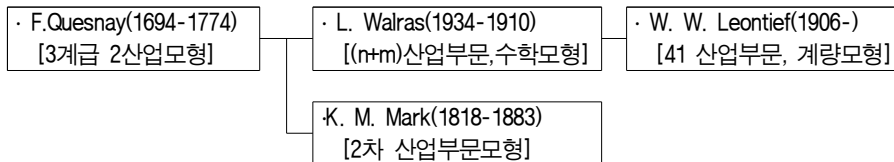
1) 처분인도드럼제외[월성(3,272드럼)·한울(4,000드럼)·한빛(3,000드럼)·고리(700드럼)]

2) 원전 임시저장고 용량+발전소내 임시저장지역 포함

V. 한국에서의 원자력발전 현황과 발전대안

산업연관분석⁹⁾은 각국에서 국민경제효과 분석기준으로 사용하고 있다.

〈그림 12〉 산업연관분석의 계보



〈그림 13〉 본 원자력발전소 사업에 대한 산업연관표를 통한 경제분석 틀



본 장에서는 신고리 5호기·6호기 원자력발전소 건설에 대한 한국은행 발표한 산업연관분석을 토대로 국민경제효과를 분석하여 보겠다.

〈표 16〉 신고리 5호기·6호기 건설개요

사업개요	사업내용
위치	- 울산광역시 울주군 서생면 신암리 일원
설비용량	- 1,400MW×2기(한국형 신형경수로 APR1400)
사업비	- 약8.6조원(사업종료 시점인 2022년기준)
건설기간	- 2016.7~2022.10(본관기초굴착~6호기 준공)
주요특성	- 최신 규제기준 및 후쿠시마 후속조치 반영하여 안전성 대폭향상 (지진해석, 항공기 충돌영향 평가, 대체교류 디젤발전기 추가 등)

자료: ICHNP, 2017.7

9) 주노종(2016), “TDD방식의 제4이동통신사 설립 및 국민경제 효과 분석” 참조.

〈표 17〉 신고리 5호기·6호기 추진현황

사업개요	사업진행내용
사업종합	- 사업종합공정율 29.5%(설계 80%, 구매 55%, 시공 11%)
공정률	- 사업수행구매(원자로설비 55%, 터빈발전기 46%, 보조기기 58%) - 보조기기 58% 구체계약완료현황(142개/184개 계약완료)
사업비	- 2017.6월 현재, 계약 4.9조원. 중에서
집행현황	- 2017.6월 현재, 집행현황 1.6조원(1.6/4.9조원=32.65% 집행)

자료: ICHNP, 2017.7

〈표 18〉 「신고리5호기·6호기」 건설 투자대비의 국민경제적 산업효과

(2014년 가격)

국민경제효과분류	경제적효과총액
▷ 국민경제효과	- 10.4146조원+2.7864조원=13.201조원
▷ 생산유발효과	- 8.6조원×1.211=10.4146조원
▷ 중간유도효과	- 8.6조원×1.348=11.5928조원
▷ 총영향력효과	- 8.6조원×0.766=6.5876조원
▷ 투자의 부가가치유발효과	- 8.6조원×0.324=2.7864조원
▷ 상품으로 본 취업계수	- 86,000억원×0.08명=6,880명
▷ 상품으로 본 고용계수:	- 86,000억원×0.07명=6,020명
▷ 산업으로 본 취업계수	- 86,000억원×0.07명=6,020명
▷ 산업으로 본 고용계수:	- 86,000억원×0.07명=6,020명
▷ 전력산업의 취업효과	- 86,000억원×0.23명=19,780명
▷ 평균산업의 취업효과	- 86,000억원×1.29명=110,940명
▷ 전력산업의 고용효과	- 86,000억원×0.20명=17,200명
▷ 평균산업의 고용효과	- 86,000억원×0.87명=74,820명
▷ 투자의 순생산물세효과	- 6,000억원×0.025=2,150억원
▷ 투자의 잔폐물발생효과	- 86,000억원×-0.001=-86억원
▷ 투자의 중간투입계효과	- 86,000억원×0.733=63,038억원
▷ 투자의 피용자보수효과	- 86,000억원×0.046=3,956억원
▷ 투자의 영업이익효과	- 86,000억원×0.095=8,170억원
▷ 투자의 고정자본소모효과	- 86,000억원×0.124=10,664억원
▷ 투자의 기타생산세(보조금공제)	- 86,000억원×0.002=172억원
▷ 투자의 부가가치계효과	- 86,000억원×0.267=22,962억원
▷ 투자의 총투입계효과	- 86,000억원×1=86,000억원
▷ 관련산업의 국산투입효과	- 86,000억원×0.170=14,620억원
▷ 중간수요의 국산투입효과	- 86,000억원×0.023=1,978억원
▷ 관련산업의 수입투입효과 ¹⁰⁾	- 86,000억원×(0.000)=거의없음
▷ 중간수요의 수입투입효과	- 86,000억원×(0.000)=거의없음
△ 투자의 적격성	■ 국책사업으로서 정량분석은 공익성투자적격
△ 국민경제 효과	■ 국민효과는 정의 경제적 효과발생으로 판단

자료: 한국은행(2016.4) 산업연관표(2014년기준)(투입산출표 생산유발계수표, 투입산출표 부가가치유발계수표, 부속표취업·고용계수, 부속표 취업·고용계수, 투입산출표 총투입계수표, 투입산출표 국산투입계수, 투입산출표 수입투입계수 기초가격 통합대분류)으로, 저자가 분석함

10) 기초가격 대분류·중분류(46/081)(:전력 및 신재생에너지 0.000)를 참고하였다.

VII. 결론 및 정책제언

석유 한 방울 나지 않는 한국이 에너지 자립을 이룬 출발점은 1957년 이승만 정부가 미국의 도움을 받아 연구용 원자로를 확보했을 때부터였다. 한국은 20년만에 고리1호기 원자로(1977.6)를 상용화하였다. 한국은 원자력기술 불모지이며, 자원빈국에서 에너지자립이 어렵게 시작되었다. 1970년대 2회의 오일쇼크는 에너지자립의 길로 원전 25기를 건설하였고 국내 전력공급의 30%를 책임지고 있다. 한국은 독자기술로 한국형 APR-1400을 개발하여 신고리3호기에서 운용하고 있다. APR-1400은 기술력과 안정성을 인정받아 2009년 아랍에미리트에 수출하였다. APR-1400은 중동 산유국이 선택한 최초의 원전이며, 산업혁명 발상지 영국에 수출도 가능할 것으로 보인다. 영국은 산유국이나 에너지믹스차원에서 전력공급의 19%를 원전에 의존하며, 노후 원전교체사업에 프랑스·중국·일본이 참여하여 왔다.

한국은 정부의 적극적인 지원과 과학자들의 노력으로 세계 최고의 원전기술을 보유했다는 사실이다. 그러나 한국은 2017년 현 정부의 탈원전선언으로 2014년 개발한 차세대 원전 APR+부터 갈 곳을 잃고 있다. APR+는 발전용량을 1500MW로 늘리고 안전성도 높인 APR-1400의 후속 모델이다. 경북 영덕 천지 1, 2호기에 도입예정이나 건설 계획이 잠정 중단되었고, 기타 기술개발사업도 백지화위기에 있다. 한국 정부는 소듐냉각고속로(SFR)와 사용후 핵연료처리기술인 파이로프로세싱 연구의 지속 여부도 공론화를 통해 결정하기로 했다. 백운규(산자부)장관은 “해외수출은 적극 지원하겠다.”는 입장을 표명하였고, 원전전문가인 서균렬(서울대 원자핵공학과)교수는 “안전이 걱정돼 안 짓겠다면서 기술을 사라고 하면 누가 그 말을 듣겠느냐.”고 주장하며, “중국의 중국 3세대 원자력발전기술 화룽1호는 한국의 APR-1400의 기술력을 상당 부분 흡수한 것으로, 스마트폰으로 치면 갤럭시S시리즈의 모조품과 같다.”며 “60년간 쌓아온 원전기술이 축적된 3세대 원전으로 시장을 리드할 기회를 잡았는데 국제경쟁력을 상실할 위기다.”라고 주장하였다.¹¹⁾

현재 국제적으로 국제핵융합실험로(ITER)¹²⁾를 통한 새로운 안전하고 공해 없는 원자력도 한국이 주도적으로 참여하고 있다는 사실이다. 이와 같은 사실은 한국이 그동안 원자력개발기술이 월등하다는 사실을 증명하고 있다.

무엇보다도, 우리는 현재 IAEA가 수행하고 있는 사업에 대해서 주목하여야 한다. 즉, IAEA에서는 “핵 분야에서 핵심 분야의 중요성이 커짐에 따라 다양한 전문프로그램을 개발하고 있다. 이들은 암치료, 원자력 안전 및 보안, 혁신적인 원자로 및 연료순환 등에 중점을 두고 있으며, 에너지, 건강, 자원, 농식품, 기타도 연구하고 있다.” 는 사실이다.

본 연구의 핵심인 「신고리5호기·6호기」 건설 투자대비의 국민경제적 산업효과에서도 대형 국책사업으로서 생산유발, 부가가치, 고용과 취업효과, 순생산물세효과, 잔폐물발생효과, 중간투입계효과, 피용자보수효과, 영업이익효과, 고정자본소모효과, 기타생산세(보조금공제), 부가가치계효과, 총투입계효과, 국산투입효과, 수입투자효과 등등에서 정의 경제적 효과가 발생하였다는 사실이다. 따라서 한국에서도 IAEA에서 연구하는 것처럼 “미래에 먹거리로서 핵기술응용분야에 매진하여야 하는 시기로서, 에너지, 건강, 환경문제해결, 수자원, 식품, 농업, 산업, 핵과학, 기타 등을 수행하는데 원자력을 연구하지 않으면 안 된다.” 고 하는 사실에 주목하여 탈원전 사업은 신중하게 고려하여야 할 것이다.

끝으로, 새로운 제4차 산업혁명의 시대에서 “모든 시민들은 ‘작은 정부’도 ‘큰 정부’도 아닌, ‘스마트한 정부’를 원하고 있다.” 는 사실에서 모든 국가 주요정책을 원초적으로 결정하여야 한다는 제언하고자 한다.

11) 중앙일보 2017.8.11

12) 국제핵융합실험로(ITER)는 프랑스 남부지방 소도시 카다라슈에 건설 중인이며, 축구장 60개 규모의 60만㎡ 부지에 짓고 있다. 현재 공정률은 45% 국제핵융합실험로(ITER)의 본부에는 EU와 미국·일본·중국·러시아·인도·한국 등 7개국 연구인력 800명이 상주하고 있으며, ITER 공사 현장의 인력을 포함하면 2000명에 달한다.

< 참 고 문 헌 >

- 경향신문, [‘탈원전’의 길 찾기](4)핵폐기물 해법 없이 ‘뒹어놓고’ 원전확대정책..후손들 안전까지 위협, 2017.08.24
- 리처드 로즈, 문신행 옮김, 『원자폭탄 이야기』, 사이언스 북스, 2003.
- 이필렬, 『에너지대안을 찾아서』, 1999.
- 원자력상식사전편찬위원회(박문각), 『2016 원자력 상식사전』, 2016.
- 한국원자력산업회의, 『2014 원자력연감』
- 주노중, 『공공정책체제-공공정책평가이론 분석』, 한국학술정보(주), 2009.1.12
- 주노중, “TDD방식의 제4이동통신사 설립 및 국민경제 효과 분석”, 한일경상학회 한일경상논집 제71권 2016.5.31.
- H. K. Joo, et al., “ystem description of PGSFR,” SFR-000-SP-403-001, KAERI, 2015.
- Hyun-Gil Kim, Jae-Ho Yang, Weon-Ju Kim, and Yang-Hyun Koo., “Development Status of Accident-tolerant Fuel for Light Water Reactors in Korea”, Nuclear Engineering and Technology 48 2016, 12-13.
- Li Yuquan, Hao Botao, Zhong Jia, and Wang Nan., “Comparative Experiments to Assess the Effects of Accumulator Nitrogen Injection on Passive Core Cooling During Small Break LOCA”, Nuclear Engineering and Technology 49, 2017, 68-69.
- Mycele Schneider, The World Nuclear Industry Status Report 2010-2011, Paris, Berlin, Washington, April 2011.
- Nuclear nonproliferation treaty(NPT, 核擴散禁止條約], 1969년 06월 12일.
- Shinkansen Fan, 2011, Public debt in percent of GDP (2010) based on CIA Factbook(accessed on 2011-09-22), 2014.
- Young-Sik Jang, Hyun-Kyu Lee, kag-Su Jang, Kil Jung Kim, “PGSFR BOP Design Features”, Transactions of the Korean Nuclear Society Spring Meeting Jeju, Korea, May 18-19, 2017.
- Seyed Abolfazl Hosseini., “Sensitivity Analysis of the Galerkin Finite Element Method Neutron Diffusion Solver to the Shape of the”, Nuclear Engineering and Technology, Vol. 49, No. 1, Page 29 (14 pgs.), Year 2017-02. 1-3.
- NRC(Fact Sheet, 2012), IAEA(PRIS), WNA, (미)에너지국, (독)환경부, 운영회사 홈페이지, 세계원자력협회, 포린어페어스, 한국수력원자력, 한국원자력학회, 한국원자력환경공단, 한국원자력협회, 핵확산금지조약, <http://blog.naver.com/hong>, <http://en.wikipedia.org>, <https://www.iaea.org>, <http://blog.naver.com>.

Analysis of National Economic Effects of Nuclear Power Plants

- Based on the unit No. 5.6 of Shin-Kori Nuclear Power Plant -

Joo, Ro-jong*

Abstract

This study analyzed the national economic effects on the controversy about the construction stoppage of Shingori 5Unit•6Unit Nuclear Power Plant. Nuclear technology is classified as high-tech and does not teach any company or country in any way. For example, the aerospace, nuclear, and semiconductor industries are national survival industries. The reason why these fields are not published well in academic papers is the leakage of source technology. Korea's nuclear power and semiconductors are becoming a self-reliant industry built up by our people. Semiconductor and nuclear power are the best technologies in the world and they are recognized as the best technology value in the international market. In the past, the national power was classified as the steel industry, but now the national power is determined by semiconductor, space biotechnology, nuclear technology, ICT, and technology patents. Therefore, it should be noted that nuclear energy research is indispensable for energy, health, environmental problem solving, water resources, food, agriculture, industry, and nuclear science as future food.

Key word: nuclear power generation, nuclear fission, nuclear fusion, energy, nuclear research

* President of Korea Institute of procurement, E-mail: rojong55@hanmail.net