



# 중국 원전산업의 기회요인과 도전과제<sup>1)</sup>

이 대 연 에너지경제연구원 부연구위원 (dylee@keei.re.kr)  
박 준 관 (ark0038@naver.com)

## 1. 서론

중국은 원전굴기를 표방하며 세계 최대 원전운영국으로 부상하고 있다. 이미 2018년에 일본을 제치고 원전설비용량 기준으로 세계 3위 규모로 도약하였다. 중국 정부의 원전 설비용량 목표는 2020년 58GW, 2035년 94GW, 2050년 120GW이다.<sup>2)</sup> 이대로라면 2030년대 후반에는 미국을 제치고 세계 최대 원전운영국이 될 것으로 전망된다. 풍부한 내수시장을 바탕으로 자국 내 원전건설이 활발히 진행되고 있고, 원전의 수출도 정부의 전폭적인 지원 아래 적극적으로 추진 중이다. 원자력 기술 개발에도 상당한 투자를 하고 있는 것으로 알려져 있다. 전 세계적으로 침체기를 맞이한 세계 원자력산업에서 중국은 그들의 표현대로 '굴기(崛起)'하고 있다.

그러나 중국의 원전산업에 장밋빛 미래만 기다리고 있지는 않다. 세계 최대 원전운영국으로 부상하기 위해 내부적으로 해결해야 하는 과제들이 있다. 본고에서는 중국 원전산업이 처한 기회요인과 도전과제에 대해 살펴보고

이를 통해 우리나라 원전산업에 주는 시사점을 고찰해보고자 한다.

## 2. 중국 원전산업 현황

2019년 3월 중국은 46기의 원전을 운영 중이며 설비용량은 약 43GW로, 설비용량 기준으로 미국(100GW), 프랑스(63GW)에 이어 세계 3위 규모이다.<sup>3)</sup> 2018년에는 8월까지 4기의 원전이 신규로 상업운전을 시작하였다. 원자력발전이 중국의 전체 발전량에서 차지하는 비중은 2017년 기준 3.94%를 차지했다.

2019년 3월 기준 11기(약 11GW)의 원전이 건설 중이며, 전 세계에서 건설 중인 원전 55기(57GW)의 1/5에 해당하는 수치이다. 인도 7기(4.8GW), 러시아 6기(4.6GW), 한국이 5기(6.7GW), 미국이 4기(5.4GW)의 원전을 건설 중인 상황을 고려할 때 중국이 전 세계 원전산업을 선도하고 있다고 볼 수 있다.

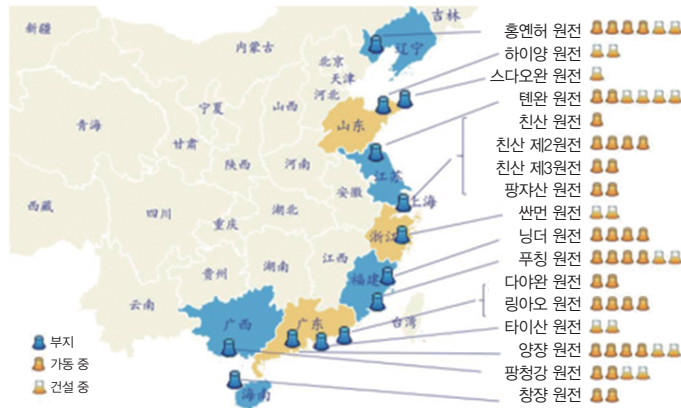
1) 본고는 이대연 외, “중국 원전산업의 기회와 도전과제,” 『세계원전시장인사이트』, 2018년 3월 24일자의 내용을 부분적으로 수정·보완한 것임.

2) CNREC(2018, 4, 4), The energy system for Beautiful China 2050

3) IAEA PRIS (<https://pris.iaea.org/PRIS/CountryStatistics/CountryDetails.aspx?current=CN>, 검색일 : 2019, 3, 12)



[그림 1] 중국 가동 및 건설 중인 원자로 분포도



자료: 北极星电力网(2018.4.2)

〈표 1〉 중국 원전 발전 단계

| 단계       | 시간         | 사건                                                                                                                                                              |
|----------|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 초기 단계    | 1970-1990년 | 원전 건설 준비 단계 진행                                                                                                                                                  |
| 계획 발전 단계 | 1990~2000년 | 1차 원전 발전계획 발표, 전국 범위로 원전 부지 선정 작업 실시                                                                                                                            |
| 쾌속 발전 단계 | 2000~2011년 | <ul style="list-style-type: none"> <li>총 12기의 원자로 계통연계, 총 설비용량 1034.8만kW</li> <li>총 6기 원자로 건설 착공, 총 설비용량850만kW</li> </ul>                                       |
| 건설 지연 단계 | 2011~2014년 | <ul style="list-style-type: none"> <li>2011년 후쿠시마 원전 사고 후, 원전프로젝트 승인 중단</li> <li>2012년 원자력안전계획 발표 후 승인 강화</li> <li>원전산업 하향세, 2011~2014에 3기의 원자로만 승인됨</li> </ul> |
| 건설 재개 단계 | 2015~현재    | <ul style="list-style-type: none"> <li>2015년 해빙기에 돌입하여 8기 원자로 승인</li> <li>2016, 2017년 원전발전 예상에 못 미침, 새로 승인된 프로젝트 없음</li> </ul>                                  |

자료: 北极星电力网(2018.4.2)

중국은 원전산업 발전단계를 구분하여 보면, 후쿠시마 원전사고 이후 원전 건설지연단계를 거쳐 현재는 건설을 재개하는 단계에 있다고 볼 수 있다.

### 3. 중국 원전산업의 기회요인

#### 가. 정부의 전폭적인 지원

중국 정부는 급증하는 전력수요에 대응하고 석탄발전으로 인한 미세먼지 문제 등 심각한 대기오염 문제를 해결하기 위한 방안으로 원자력발전을 적극적으로 추진하고 있다. 중국 정부는 2050년까지 120GW의 원전설비용



〈표 2〉 중국 원전 발전 단계 13.5 계획의 발전설비목표(GW)

|     | 2015년 | 2020년   | 연평균증가율 |
|-----|-------|---------|--------|
| 석탄  | 900   | 1100 이하 | 4.1%   |
| 가스  | 66    | 110     | 10.8%  |
| 수력  | 297   | 340     | 2.8%   |
| 양수  | 23    | 40      | 11.7%  |
| 풍력  | 131   | 210     | 9.9%   |
| 태양  | 42    | 110     | 21.2%  |
| 원자력 | 27    | 58      | 16.5%  |

자료: 중국에너지국(NEA), 김정인(2017.1.16) p.21 재인용

량을 갖추는 것을 목표로 하고 있으며, 세계 1위의 원전 강국으로 부상할 것으로 전망된다.

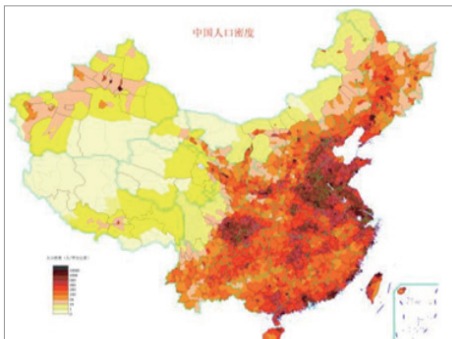
2016년 발표된 13.5 계획은 2020년 가동 중인 원전설비용량 58GW, 건설 중인 원전설비용량 30GW 이상의 목표를 설정하였는데, 이는 2020년 전체 전력설비용량 목표인 2,000GW 중 2.9%에 해당하는 수치이다. 정부의 원전설비용량 목표를 달성하기 위해서는 2016년부터 2020년까지 원자력 설비용량이 연평균 16.5%씩 성장해야 한다.

또한 중국 재생에너지센터의 발표에 따르면(2018.4.4) 중국의 원자력설비용량은 2020년 58GW, 2035년 94GW, 2050년 120GW로 증가할 것으로 전망되고 있다.

## 나. 전력 수요지 인근에 입지

중국에서 원전이 타에너지원에 비해 경쟁력을 갖는 요인 중 하나는 전력수요지 인근에 입지해 있다는 것이다. 중국의 인구와 전력수요는 대부분 동남부 해안지역에 집

[그림 2] 중국 인구밀도



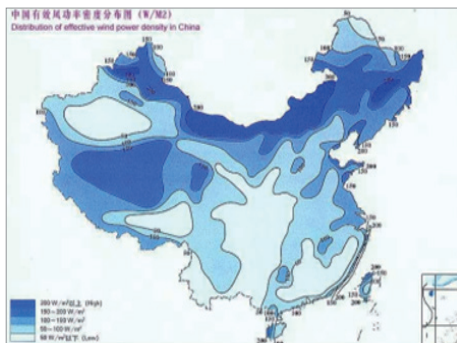
자료: 北极星电力网(2018.4.2)

[그림 3] 중국 대륙 원전 분포도



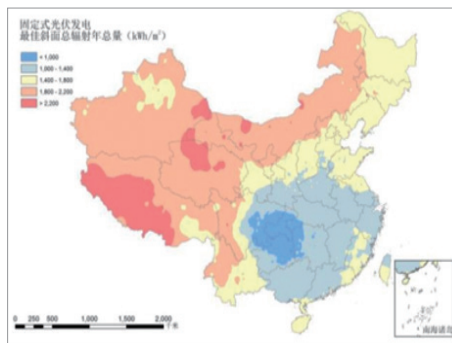


[그림 4] 중국 풍력자원 분포도



자료: 北极星电力网(2018, 4, 2)

[그림 5] 중국 태양에너지 자원 분포도



중해 있다. 그러나 풍력자원은 북부에, 태양에너지 자원은 서북부에, 수력자원은 서남부에 집중되어 있다. 장거리 송전은 전력손실이 많고 높은 비용을 필요로 한다. 반면, 중국의 해안지역 및 장강 중하류 지역은 수자원이 풍부하고 지질조건이 안정적인 곳으로 원전이 입지하기에

적합하여 대부분의 원전이 이 지역에 입지해 있다.

#### 다. 적극적인 원전수출 추진

중국은 원자로 설계부터 건설까지 전 영역에서 자체

[그림 6] 중국 원전 해외진출 현황



자료: 北极星电力网(2018, 4, 2)



기술을 보유하고 있으며, 특히 화룽일호(華龍一號)와 CAP1400 등 자국기술로 개발한 수출형 원자로 모형을 보유하고 있다. 화룽일호는 CNNC(China National Nuclear Corporation)와 CGN(China General Nuclear)이 공동으로 개발한 원자로이며, CAP1400은 Westinghouse의 AP1000을 토대로 SNPTC(State Power Investment Corporation)가 개발한 것이다. 독자적으로 개발한 3세대 원전 기술을 보유하고 있을 뿐 아니라 4세대 기술을 연구 개발 중이다.

중국은 원자력산업의 '저우추치(走出去, 해외진출)'를 추진하고 있는데, 특히 '일대일로'와 관련된 국가들과의 협력을 강화하고 있다. 현재까지 파키스탄에 4기의 원자로를 건설하였고, 2기가 건설 중에 있으며 이 중 1기는 화룽일호이다. 2017년 파키스탄에 원전 1기(화룽일호) 건설을 계약하였고, 영국에서도 원전수주 논의가 진행 중이다.

중국의 원전기업들은 '저우추치' 전략에 참여하여 적극적으로 해외시장을 개척하고 있다. CNNC는 아르헨티나, 영국, 이집트 등 약 20개 국가와 협력의향서를 체결했으며, 아르헨티나 원전기업과 Atucha 3, 4호기 원전건설 계약을 체결하였다. CGN은 체코 에너지기업과 원자력 협력 협정서를 체결하였고 루마니아 국영원전기업과 체르나보다 원전 3, 4호기 전주기 협정서를 체결하였다. 또한 EDF와 영국 Hinkley point C 원전 프로젝트를 공동 추진 중이다. 그 밖에도 CGN은 유럽, 중앙아시아, 동남아시아의 원자력 시장을 개척하고 있다.

'일대일로' 관련 국가들의 원전수요가 풍부한 점도 중국의 원전 해외진출 전망을 밝히는 요인이다. '일대일로' 인근 지역의 28개 국가가 원전건설을 계획하고 있다. 총 규모는 126기이며, 총 설비용량은 150GW이다.

3세대 원자로의 평균건설가격은 kW당 1.6만 위안(약 261만 원)으로 추산되며, 시장 총 규모는 약 2.4조 위안

(약 392조 원)에 달하는 것으로 추정되고 있다(北极星电力网, 2018.4.2).

## 라. 친환경에너지로서의 장점 부각

중국에서는 심각한 사회문제인 대기오염 문제와 탄소 배출 저감을 위한 INDC 목표 달성 등의 문제에 대응하기 위해 청정에너지 확대를 추진하고 있다. 미세먼지 농도를 줄이기 위해 주요 대도시 인근에 석탄발전소 신규 건설을 금지하였고, 13.5 계획에서도 2020년 석탄발전설비용량 목표를 1,100GW 이하로 제시하였다. 중국이 제출한 INDC에서는 GDP당 CO2 배출량을 2030년까지 2005년 수준 대비 60~65% 감축하는 것을 목표로 한다.

원자력은 발전과정에서 아황산가스, 질소산화물, 먼지 등 대기오염물질 뿐 아니라 이산화탄소도 배출하지 않기 때문에 중국에서는 청정에너지원으로 인식하고 적극적으로 추진하고 있다.

## 4. 중국 원전산업의 도전과제

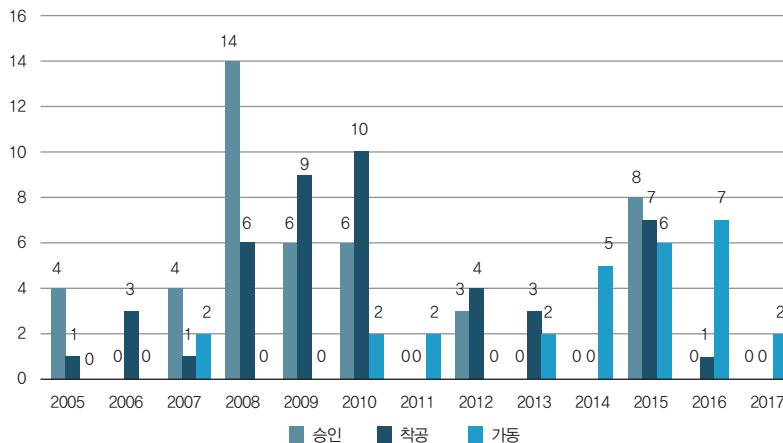
### 가. 정부의 목표달성 어려움

13.5 계획에서 2020년 가동 및 건설 중인 원전의 설비용량 목표는 총 58GW이지만, 이를 달성하기에 어려움이 많을 것으로 예상된다. 12.5 계획에서 설정되었던 2015년 원전설비용량 목표인 40GW도 달성에 실패한 바 있다.

13.5 계획에서의 목표를 달성하기 위해서는 13.5 계획 기간(2016~2020년) 매년 최소 6기의 원자로를 새로 착공해야 한다. 그러나 2015년에 총 8기의 원전건설이 승인된 이후 2016년부터 2019년 1월까지 승인된 원자로는 없으며, 착공된 원자로도 2016년 1건에 불과하다(北极星电



[그림 7] 중국의 원전건설 현황



자료: 北极星电力网(2018.4.2)

力网, 2018.4.2).

이러한 원전 승인 및 착공 실적의 부진은 자국내 발전 설비용량이 과잉 현상을 보이고 있으며, 3세대 기술인 AP 1000 원자로 건설이 지연되면서 3세대 기술에 대한 검증이 요구되었기 때문이다(北极星电力网, 2018.4.2).

2018년에는 AP 1000, EPR 등 3세대 원전이 상업가동을 시작하면서 향후 원자로의 건설은 촉진될 것으로 보인다. 중국은 현재 AP 1000 기술을 사용한 원자로 6기가 건설 대기 중이다.

## 나. 안전성 확보

중국에서 최초로 가동을 시작한 원자로 모델에 대한 경험이 부족하기 때문에 안전성 관리를 강화해야 한다. 3세대 모델인 EPR과 AP 1000은 중국에서 최초로 완공되어 상업운전을 시작하였다. Taishan 1호기의 경우 핀란드의 Olkiluoto 3호기(2005년), 프랑스의 Flamanville 3호기(2007년)보다 늦게 착공(2009년)하였음에도 가장 먼저 승

전망 연결에 성공하였다. Sanmen 1호는 2018년 6월 21일 최초임계에 성공하여 전 세계 최초로 가동단계에 돌입한 AP1000원전이 되었다. 또한 화룽일호와 곧 착공될 CAP1400은 중국 원전산업의 미래를 대표하는 모델들로 해당 프로젝트들은 첫 사업이기 때문에 축적된 노하우가 없는 상황이다.

## 다. 내륙원전의 원활한 건설

내륙원전이 추진되고 있지만 아직까지 승인을 얻지 못하고 있다. 현재 중국의 가동 및 건설 중인 모든 원전은 해안지역에 위치해 있다. 후쿠시마 원전사고 이후 현재까지 중국에서 내륙원전에 대한 승인은 전면 중단되어 있는 상태이다.

현재 내륙에서 원전사업에 대한 초기 타당성 검사를 마친 부지는 31개이다. 각 부지마다 1GW급 원자로를 2기씩 건설한다고 가정하면, 내륙 원전의 설비용량은 62GW가 된다.



〈표 3〉 중국 내륙 원전 부지

| 성(省) | 부지                               | 수량 |
|------|----------------------------------|----|
| 장시   | 펑저, 루이진, 잉탄, 옌자산, 닝두(소형), 형펑(소형) | 6  |
| 후난   | 타오화장, 샤오무산, 창더, 상탄               | 4  |
| 후베이  | 셴닝, 광수이, 중샹                      | 3  |
| 지린   | 징위, 량자산, 창춘                      | 3  |
| 쓰촨   | 난충, 이빈                           | 2  |
| 충칭   | 푸링, 스주                           | 2  |
| 허난   | 난양, 신양                           | 2  |
| 안후이  | 지양, 우후                           | 2  |
| 간쑤   | 란저우(소형)                          | 1  |
| 광둥   | 사오관                              | 1  |
| 광시   | 바이사                              | 1  |
| 구이저우 | 통런                               | 1  |
| 헤이룽장 | 자무쓰                              | 1  |
| 랴오닝  | 형런                               | 1  |
| 저장   | 룽유                               | 1  |
| 합계   |                                  | 31 |

자료: 北极星电力网(2018.4.2)

〈표 4〉 중국의 건설 준비 중인 내륙 원전

| 원전             | 지역  | 설비용량<br>(만kW) | 유닛    | 기술  | 원자로<br>유형 | 운영업체 |
|----------------|-----|---------------|-------|-----|-----------|------|
| 타오화장 원전 1~4 호기 | 후난  | 500           | 125*4 | 3세대 | AP1000    | CNNC |
| 펑저 원전 1~2호기    | 장시  | 250           | 125*2 | 3세대 | AP1000    | SPIC |
| 셴닝 원전 1~2호기    | 후베이 | 250           | 125*2 | 3세대 | AP1000    | CGN  |

자료: 北极星电力网(2018.4.2)

국가원자력기구(國家原子能機構)에 따르면, 중국의 첫 내륙 원전 후보로는 후난(湖南)성 타오화장(桃花江) 원전, 후베이(湖北)성 셴닝(咸寧) 원전, 장시(江西)성 펑저(彭澤) 원전이 있다. 그러나 해당 부지들은 모두 초기작업을 마

쳤으나 아직까지 승인을 얻지 못하고 있다.

내륙 원전 건설에는 신중한 접근이 필요하다. 중국 내륙은 수자원이 풍부한 편이 아니며, 가뭄이 심할 경우 냉각수가 끊어질 위험도 있다(한겨레, 2015.8.3).

## 라. 원자력발전에 대한 수용성 확보

후쿠시마 원전사고 이후 원전에 대한 수용성이 약화되었다. 후쿠시마 사고 이후 중국판 트위터인 웨이보 상에서 반원전 여론이 퍼지는 모습을 보였다.

중국에서도 원자력 관련 시설에 반대하는 대규모 시위가 발발하고 있다. 2013년 광둥성 장멘시에서는 우리나라 처리시설 건설에 반대하는 주민 수백 명이 시위를 벌였고, 그 결과 해당 계획은 취소되었다. 2016년 8월 동부 장쑤성 쉐위강시(江蘇省 連雲港市)에서 핵연료 재처리시설 건설을 반대하는 대규모 시위가 벌어졌다. 해당 지역의 주민 수천 명은 정부 청사 앞에서 시위를 벌이며 핵시설 반대 구호를 외치다가 경찰에 의해 강제 해산되었다.

원자력 등 위험·오염 유발시설 건립에 대한 주민의 반발이 거세지자, 중국 정부는 핵안전법에 '원전을 건설할 때 주민 동의를 구해야 한다'는 조항을 넣는 것을 추진하였다(한겨레, 2015.8.3). 이는 주민 반대가 심한 내륙 원

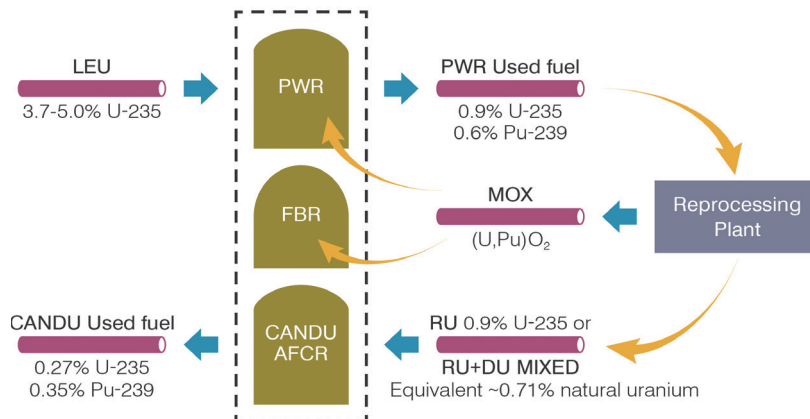
전 건설을 위한 명분 쌓기라는 비판을 받고 있다. 요식행위로 주민 의견수렴 절차를 거친 뒤 원전 건설을 강행할 것이라는 우려가 있는 것이다.

## 마. 사용후핵연료 처리 문제

중국에서 원자력이 활용되기 시작한 것은 1991년으로 다른 원전운영국들에 비해 원자력 활용기간이 짧아 사용후핵연료 문제는 상대적으로 심각하지 않은 편이다. 또한 발생한 사용후핵연료를 재처리하여 재활용하고 있고, 특히 경수로에서 발생한 사용후핵연료를 중수로의 연료로 활용하는 실증실험을 마쳤으며, 관련 연구가 진행 중이다.

원전별로 현재 수조 내에서만 사용후핵연료를 저장하기도 하고 수조 외에 건식저장시설을 보유하는 경우도 있다. 간쑤성 Jinquan 지역에 군사용 및 상업용 재처리공장이 있으며, 일부 원전에서 사용후핵연료를 이곳에서 집중 저장 및 재처리를 하고 있다.

[그림 8] 중국 핵연료 사이클



자료: China's Nuclear Fuel Cycle (<http://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-a-f/china-nuclear-fuel-cycle.aspx>)

재인용: World Nuclear Association



다만 친산원전, 다야만 원전 등 가동되지 오래된 원전들에서 사용후핵연료 저장공간이 포화되어 가는 문제가 있어 이에 대한 해결방안이 필요한 실정이다. 친산원전은 맥스터를 활용한 건식저장을 추진하고 있으며, 다야만 원전은 새로운 저장 풀을 새로 설치하였다.

아직까지 사용후핵연료 문제가 중국 원전산업의 걸림돌이 되고 있진 않지만, 전 세계적으로 사용후핵연료 처분 문제가 각국의 원전산업의 주요 현안인 것을 고려할 때, 중국에서도 장기적으로 이 문제가 원전산업의 걸림돌로 부상할 가능성이 있다.

## 5. 결론

중국 원전산업의 부상이 우리나라에 가장 큰 영향을 미치는 부문은 원전수출 분야라고 할 수 있다. 기존 세계 원전산업의 강자는 프랑스의 AREVA와 미국의 Westinghouse이었다. 그러나 양 기업이 세계 원전산업의 침체와 함께 무너져버렸다. 그리고 그 자리를 중국과 러시아가 차지하고 있는 모양새다. 중국은 일대일로와 관련하여 원전수출을 활발히 추진 중이고, 러시아의 ROSATOM은 정부의 풍부한 재정지원을 힘입어 세계 각지에서 원전을 수주하고 있다. AREVA와 Westinghouse의 몰락은 우리나라 원전수출에 호재로 작용하는 기회가 될 수 있으나, 중국과 러시아라는 강력한 경쟁자의 등장, 국내 에너지전환 정책에 따른 원자력 산업의 기반약화라는 위기요인도 상존하고 있다. 특히 중국은 저렴한 건설단가, 짧은 건설기간 등 수출 시 내세우는 장점이 우리나라와 유사하다. 향후 중국은 원전수출시장에서 우리나라의 강력한 경쟁자로 계속하여 남아 있을 것으로 전망된다.

중국의 원전은 중국의 동해안을 따라 주로 분포되어 있다. 이로 인해 중국의 원전이 우리나라에 잠재적인 위협

요인이라고 우려하는 목소리도 높은 편이다. 원전사고는 국경을 넘어 영향을 미치기 때문에 중국 원전의 안전한 운영에 대해서도 관심을 기울일 필요가 있다.

우리나라에서는 원자력 정책과 관련하여 논란이 지속되고 있다. 중국은 확고한 원전확대 정책을 추진하며 우리나라와 대비되는 모습을 보이고 있다. 중국 원전산업이 당면한 문제들을 극복하고 세계 최대 원전운영국으로 ‘굴기’하는데 성공할 수 있을지, 그리고 우리나라에 어떠한 영향을 줄 것인지 주목하여 지켜볼 필요가 있다.

## 참고문헌

### 〈국내 문헌〉

- 김정인, 중국의 전력부문 13.5계획(2016~2020년), 에너지시장인사이트, 2017.1.16
- 한겨레, 원전 건설 때 ‘주민동의’ 조항 추진에 중, ‘원전 명분 쌓기용’ 우려 목소리, 2015.8.9
- 북극성전력망(北极星电力网), 2018년 중국 원전 발전 현황 분석 및 미래 발전 전망 예측(2018年中国核电发展现状分析及未来发展前景预测), 2018.4.2
- 중국전력망(中国电力网), 13.5’ 중국 원전산업 발전 전망(“十三五”我国核电产业发展展望), 2016.11.11

### 〈해외문헌〉

- CNREC, The energy system for Beautiful China 2050, 2018.4.4

### 〈웹사이트〉

- <http://www.hani.co.kr/arti/PRINT/703722.html>



<http://news.bjx.com.cn/html/20180412/891379.shtml>

<http://np.chinapower.com.cn/201611/11/0054063.html>

<http://boostre.cnrec.org.cn/wp-content/uploads/2018/04/Beautiful-China-2050-EN.pdf>

<https://pris.iaea.org/PRIS/CountryStatistics/CountryDetails.aspx?current=CN> (검색일 : 2018.8.22)

<http://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-a-f/china-nuclear-power.aspx> (검색일 : 2018.8.22)

<http://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-a-f/china-nuclear-fuel-cycle.aspx> (검색일 : 2019.3.22)