



중국의 원자력 정책 - 정상궤도로의 복귀? Nuclear in China - now back on track?

Steve Kidd



그동안 야심찬 원전 건설 정책을 추진해온 중국이 후쿠시마 원전 사고 이후 숨고르기를 하고 있는 상태이다. 중국의 정책 입안자들은 이러한 시간적 여유를 통해 원자력 정책을 보다 세밀하게 수립할 수 있게 되고, 그럴 경우 앞으로 중국에서 건설되는 원전의 안전성은 이전보다 훨씬 강화될 것이다.

2011년 3월에 발생한 일본 후쿠시마 원전 사고는 중국의 원자력 정책에도 많은 영향을 미쳤다. 후쿠시마 원전 사고가 나기 전 중국의 신규 원전 건설 계획은 말 그대로 야심찬 것이었다. 2011년 당시에만 무려 27기의 원전이 신규로 건설되고 있었고, 그것도 모자라 당시 10GWe에 불과한 원전의 설비 용량을 2020년까지 그 8배가 넘는 86GWe 규모까지 대폭 늘리는 야심찬 계획이 추진되고 있었다. 그러던 중 후쿠시마 원전 사고가 발생되었고, 그 사고에 충격을 받은 중국 정부는 대규모의 원전 건설 계획을 축소하는 정책을 펼쳐 나가고 있다.

후쿠시마 원전 사고 직후 중국 정부가 내놓은 원자력 정책은 크게 두 가지로 나눌 수 있다. 하나는 당시 운영중이거나 건설중인 원전에 대하여 안전성 점검을 위한 '스트레스 테스트'를 실시하도록 한 것이고, 다른 하나는 원전의 신규 건설 추가 승인을 일정 기간 보류하는 것이었다.

먼저, 원전의 안전성 점검을 위한 스트레스 테스트를 수행한 결과 당시 운영중이던 13기의 원전과 건설중이던 27기의 원전 모두 별다른 이상이 없는 것으로 나와 운영중이던 원전은 정상적으로 계속 운영이 되었고, 건설중이던 원전도 모두 계획된 대로 건설이 추진되었다. 그리고 당시 건설 중이던 원전 중 링아오(Ring Ao) 4호기, 진산(Qinshan) II-4호기, 그리고 닝드(Ningde) 1호기 등 3기의 원전은 그 이후 건설이 완료되어 현재 정상적으로 운영되고 있다. 이에 따라 현재 중국에서 운영되고 있는 원전은 총 16기로 늘어났고, 설비 용량도 13GWe로 늘어났다.

· Steve Kidd는 세계원자력협회(WNA)와 그 전신인 Uranium Institute에서 17년 동안 근무한 경험이 있으며, 현재는 원자력 컨설턴트이자 경제 전문가로서 활발하게 활동하고 있다.



중국의 주요 원전 분포 현황(2013.3.)

중국의 에너지 정책 배경

후쿠시마 원전 사고 직후 중국 정부가 원전 스트레스 테스트 실시에 이어 두 번째로 내놓은 것은 원전 신규 건설 추가 승인 보류 정책이었다. 사람들은 중국 정부가 후쿠시마 원전사고의 충격 때문에 그런 모라토리엄 정책을 발표하기를 했지만 그 유예 기간은 그리 오래 가지 않을 것으로 생각했다. 물론 모라토리엄은 철회되긴 했지만 그 유예 기간은 사람들이 예상했던 것보다 긴 2012년 11월까지 계속 이어졌다.

당시 중국 정부가 펼친 그러한 정책이 향후 중국의 원자력 정책에 어떤 영향을 미칠 것인가를 이해하기 위해서는 다음과 같은 중국의 에너지 정책과 관련된 과거의 배경과 중국의 행정 체제를 좀 더 이해하는 것이 필요하다.

먼저, 중국의 실질적인 내각인 국무원(State Council)으로 대표되는 베이징의 중앙 정부가 원자력 발전에

관심을 갖고 정책을 추진하기 시작한 것은 얼마 되지 않은 비교적 최근에 들어와서부터이다.

사실 중국 정부가 연차적으로 추진하고 있는 국가 에너지 기본 계획의 내용을 들여다보면 2005년까지는 원자력 발전이 아닌 수력과 화력 발전이 아주 큰 비중을 차지하고 있다는 사실을 알 수 있다. 그때까지만 해도 원자력 발전은 수력과 화력 발전의 틈새를 메우는 이른바 보조 발전원에 불과했다. 원자력 발전은 이미 경제 개발이 시작되어 보다 안정적인 전력 공급이 필요한 몇몇 해안 지역의 신흥 도시에 적합한 발전 방식 정도로만 인식되고 있었다.

중국의 경제 개발 대상 지역이 전국의 여러 빈곤 지역으로까지 확대되면서 오히려 수력 발전의 중요성이 더욱 커져갔다. 당시 중국의 지도자들 중에서 수력 분야의 기술자 출신이 유독 많았던 사실이 이를 잘 말해 준다. 발전 용량 18GW 규모의 산샤댐(Three Gorges dam) 건설과 같은 거대 프로젝트들이 추진된 것도 그때이다.

중국의 원자력 정책을 이해하기 위해 알아야 할 또 하나의 중요한 사실은 흔히 사람들이 생각하는 것과는 달리 중국의 정치적 힘이 그다지 중앙집권적이지는 못하다는 것이다. 물론 연방제 국가만큼은 아니지만 중국에서 지방 정부의 힘과 권한은 생각보다 강력하다. 중국의 지방 정부는 베이징의 중앙 정부와는 사실상 독립적 관계를 유지하면서 상당한 정도의 자치권을 갖고 있다.

그런데 2005년경부터 이들 지방 정부 중 상당수가 원자력 발전의 경제성이 매우 우수하다는 사실을 인식하기 시작했다. 뿐만 아니라 그들은 원자력 발전이 환경 측면에서도 매우 우수하다는 사실을 알게 되었다. 그리고 원자력 발전에 대한 지방 정부의 그러한 생각은 전국인민대표대회 등을 통해 베이징에 있는 중앙 정부에까지 알려지게 되었다.

마침 당시는 중앙 정부의 에너지 정책 입안자들이 범국가적 경제 개발 추진에 따른 도시의 심각한 공해 문제와 대형 수력 발전 건설 프로젝트 추진에 따른 여러 가지 문제점(예를 들어, 댐 건설에 따른 수몰 지역의 이주민 문제와 심각한 환경 파괴 문제 등)으로 골머리를 앓고 있던 때이기도 했다. 그런 이유로 원자력 발전

에 대한 중앙 정부의 호감도는 높을 수밖에 없었다.

거기에도 환경 문제의 주범인 화력 발전을 계속적으로 확대해 온 중앙 정부의 에너지 정책 입안자들은 화력 발전의 확대에 따라 불가피하게 발생하는 심각한 공해 문제 때문에 골머리를 앓고 있기도 했다. 그런 그들이 원자력 발전을 이해하기 시작하면서 그 해결 방안을 대규모의 원전 건설 추진과 신재생 에너지의 개발에서 찾기 시작했다.

중국이 경제 발전을 이루면서 생겨난 또 하나의 심각한 문제는 엄청나게 늘어난 차량의 운행과 그에 따른 도시의 공해 문제이다. 중국 중앙 정부의 에너지 정책 입안자들이 친환경력 및 신재생 에너지 개발 정책을 추진하는 이유 중의 하나는 현재 전 세계적인 관심사인 이산화탄소 발생량을 줄이려는 데 그 목적이 있는 것이 아니라 바로 도시의 경제 개발과 교통량 증가에 따른 공해 문제를 해결하려는 데 있다는 사실을 우

리는 주목할 필요가 있다. 중국은 온실가스 발생에 따른 전 세계적인 기후 변화 문제는 선진국들로 인해서 발생된 것이기 때문에 그 책임도 바로 그들이 져야 한다는 생각을 갖고 있다.

‘숨고르기(pause for breath)’ 전략

이러한 배경 하에서 시작된 중국의 원전 건설은 광둥 지역의 다야 베이(Daya Bay)와 저장성의 진산(Quinshan)에서 시작하여 중국의 여러 지역으로 확대되기 시작했다. 중국 최대의 원자력 사업자인 중국핵공업집단공사(CNNC)와 중국광동원자력그룹(CGN)은 해외의 원전 기술을 재빠르게 습득하면서 동시에 고유의 원자력 기술을 습득하기 위한 노력을 통해 원자력 발전 사업을 꾸준히 확대해 왔다.

CNNC와 CGN은 또한 중국의 국책 원자력 기업으로



두산중공업이 웨스팅하우스의 수주를 받아 제작한 신형 원자로(AP1000TM)가 중국 하이양 원자력발전소에 설치되기 위해 출하되고 있는 모습. (2011)



중국의 원전 건설 모습. 중국 정부가 신규 원전 건설 추가 승인 보류 정책을 철회한 이후 푸칭(Fuqing) 4호기, 시다오완(Shidaowan) 1호기, 티안완(Tianwan) 3호기, 그리고 양장(Yangjiang) 4호기 등 4기의 원전이 건설 승인을 받았다. 이에 따라 현재 중국에서 건설되고 있는 원전은 모두 29기에 이른다.

서 원자력 기술 개발, 설계, 건설 등 중국의 원자력 사업을 주도해 나가고 있는 중국원전기술공사(SNPTC)의 지분 획득을 통해 여러 분야의 원자력 사업에 적극적으로 참여하고 있다.

원래 SNPTC는 웨스팅하우스의 AP1000 원자로 기술 이전을 위한 목적으로 설립되었으나, 최근에는 혁신 원자로 모델을 독자적으로 개발하는 등 중국의 가장 중요한 원자로 개발 및 공급자(vender)로서 그 역할을 다하고 있다.

게다가, 다탕(Datang Co.)이나 화닝(Huaneng Group) 등과 같은 중국의 거대 전력회사들도 발전소 및 발전 설비 등에 대한 투자를 통해 중국 전력망 확충에 기여하고 있는 동시에 중국전력투자집단(CPI)에 대한 지분 참여 등을 통해 원전 건설 사업에도 참여하고 있다. 이들은 협력 관계 등을 통해 향후 신규 원

전 건설에 필요한 지역의 동의도 여러 곳에서 받아 놓은 것으로 알려지고 있다.

이처럼 후쿠시마 원전 사고가 발생되기 바로 전까지만 해도 중국의 원전 건설 사업은 매우 빠르고 야심차게 추진되고 있었다. 어떻게 보면 후쿠시마 원전 사고 당시 중국의 신규 원전 건설 계획은 지나칠 정도로 빠르게 확대되고 있었다고 해도 과언이 아니다.

이처럼 중국의 야심찬 원전 건설 계획이 과열 양상을 보임에 따라 많은 사람들이 그에 따른 부작용에 대해서 걱정하기 시작했다. 예를 들어, 급속한 원전 건설 및 운영에 따른 엄청난 양의 인허가 및 안전 규제 업무를 중국의 규제 기관이 제대로 다 처리할 수 있는 능력을 갖고 있는지, 그리고 지진 발생 가능성이 있다고 보고되고 있는 중국 내륙 일부 지역의 문제를 어떻게 처리할 것인지, 또 급속도로 늘어나고 있는 원전을 운영

관리하는 데 필요한 많은 수의 젊은 작업자들을 어떻게 훈련을 시킬 것인지 등과 같은 문제에 대하여 많은 사람들이 걱정하기 시작했다.

이런 와중에 2011년 3월에 일본에서 후쿠시마 원전 사고가 발생되었고, 중국은 이 사고를 계기로 급속한 원전 확대에 따라 발생된 여러 가지 문제점과 그 해결 방안을 고민하는 시간을 갖게 되었다.

무엇보다 일본과 같은 원자력 기술 선진 국가에서도 그와 같은 엄청난 사고와 피해가 발생할 수도 있다는 사실이 베이징의 중앙 정부 관료들로서는 충격적이지 않을 수가 없었다.

그리고 그러한 충격을 받은 중국의 원자력 정책 입안자들은 많은 생각 끝에 확대일로의 원전 건설 추진계획을 잠시 보류하고, 그 대신 적정선의 원전만을 건설하는 이른바 ‘숨고르기(pause for breath)’ 전략을 채택함으로써 급속한 원전 확대에 따른 여러 가지 잠재적 부작용을 해결할 수 있는 좋은 기회를 만들 수 있었다.

중국의 중앙 정부 관료들이 숨고르기 전략을 채택한 데에는 그러한 이유 외에도 하나가 더 있었다. 그것은 지역 경제 활성화를 염두에 두고 밀어붙이기 식으로 원전 건설 사업을 추진하고 있는 지방 정부 관료들을 통제하기 위한 수단인 하나로 그러한 전략을 채택한 것이었다.

결국 숨고르기 정책에 따라 중국은 제3세대 원자로의 기준(standards)을 충족시키는 안전한 원전에 대해서만 건설을 승인하고, 나머지 원전, 특히 지진의 위험성이 있는 것으로 평가되고 있는 중국 내륙 지역의 원전 건설 계획에 대해서는 승인을 보류했던 것이다.

원전 건설 승인이 해안 지역으로 한정될 경우 웨스팅하우스의 AP1000 원자로 건설 사업도 앞으로 큰 영향을 받을 수밖에 없게 된다. 왜냐하면 AP1000 원자로 건설 예정 지역은 중국 저장성 타이저우에 있는 썬먼(Sanmen) 지역과 산둥성 옌타이에 있는 하이양(Haiyang) 지역 외에는 모두 내륙에 위치해 있는데, 이들 대부분 지역은 원전 건설 준비를 위한 예비 작업까지 거의 다 마친 상태이기 때문이다.

그러나 이와 같은 상황이 궁극적으로 아주 큰 문제로까지 이어지지는 않을 것으로 보인다. 현재의 상황은 단지 건설 일정이 연기된 것에 불과하기 때문에 언젠

가는 공사가 재개될 것이 확실하기 때문이다.

건설중 원전 29기, 2020년까지 58GWe 규모 원전 건설 계획

한편, 현재 중국에서 건설되고 있는 원자로의 대부분은 CPR1000 모델로서, 이 모델은 지난 1970년대와 1980년대에 프랑스에서 도입한 제1세대 가압경수로(PWR)형 모델을 기반으로 하여 중국이 자체 개발한 것이다. 이 모델은 제2세대 원자로와 제3세대 원자로의 중간급이라고 할 수 있는 제2세대 플러스(Generation II+) 모델로 평가받고 있다.

중국은 최대 원자력 개발 사업자의 하나인 중국광동 원자력그룹(CGN)이 1,000MWe 용량의 신형 가압경수로인 ACPR1000 모델을 개발 중에 있고, 역시 중국 최대 원자력 사업자인 중국핵공업집단공사(CNNC)도 자체 개발한 ACP1000 모델을 보유하고 있다.

이들 모델들은 중국 규제 기관이 요구하는 기술기준 조건을 모두 만족하고 있다. 그렇기 때문에 중국은 프랑스가 개발한 제3세대 EPR 원전이나 웨스팅하우스가 개발한 AP1000 원자로, 또는 러시아가 개발한 VVER 등과 같은 외국의 원자로를 도입하는 일은 없을 것이다.

또한, 중국의 국책 원자력 기업으로서 원자력 기술 개발, 설계, 건설 등 중국의 원자력 사업을 주도해 나가고 있는 중국원전기술공사(SNPTC) 역시 웨스팅하우스의 AP1000에 기반을 둔 CAP1400 모델을 적극적으로 개발 중에 있다. SNPTC는 첫 번째 호기를 중국 내에 건설하기 위한 준비 작업을 이미 마친 상태에 있으며, 지금은 한 발 더 나아가 해외 수출을 모색하고 있는 단계에까지 있다.

신규 원전 건설 추가 승인 보류 정책에도 불구하고 현재 중국에서는 다수의 원전이 건설되고 있다. 물론 신규 원전 건설 추가 승인 보류로 인해 2020년까지 원전의 설비 용량을 86GWe 규모로까지 확대하겠다는 당초의 목표가 58GWe로 하향 조정된 상태이기는 하지만 하향 조정된 목표 자체도 그 규모가 엄청난 것이기 때문이다.

중국 정부가 신규 원전 건설 추가 승인 보류 정책을 철회한 이후 푸칭(Fuqing) 4호기, 시다오완



중국 동북지방의 첫 원전인 라오닝(遼寧)성 다롄(大連)시의 홍옌허(紅沿河) 원자력발전소 중앙제어실. (2013.2.) 현재 중국에서 건설되고 있는 원자로의 대부분은 CPR1000 모델로서, 이 모델은 지난 1970년대와 1980년대에 프랑스에서 도입한 제1세대 기압경수로(PWR)형 모델을 기반으로 하여 중국이 자체 개발한 것이다.

(Shidaowan) 1호기, 티안완(Tianwan) 3호기, 그리고 양장(Yangjiang) 4호기 등 4기의 원전이 건설 승인을 받았다. 이에 따라 현재 중국에서 건설되고 있는 원전은 모두 29기에 이른다.

2020년까지 58GWe 규모의 원전을 건설하겠다는 것은 적어도 2017년까지는 현재 건설되고 있는 29기 원전 모두가 운영에 들어가야 한다는 것을 의미하고 (설비 용량의 관점에서 볼 때는 현재의 13GWe에서 30GWe를 더 추가해야 한다는 의미), 거기에는 2015년 말까지 매년 평균 5기의 원전이 신규로 건설되어야 한다. 그리고 이들 원전은 모두 2020년까지 운영이 시작되어야 한다.

앞에서도 언급했지만, 이러한 중국의 원전 건설 목표는 축소된 것이기는 하지만 여전히 야심찬 목표로 볼 수도 있지만, 과거에 비하면 보다 합리적인(reasonable) 수준이라고 볼 수 있다. 광둥성 장먼시의 타이산(Taishan) 지역에서 추진되고 있는 최초의 AP1000 모델과 2기의 EPR 원전의 건설 일정이 당초

계획보다 다소 늦어질 것으로 보이지만 큰 문제가 될 것으로 보이지는 않는다.

우리늄, 사용후핵연료, 신형 원자로

한편 중국은 우라늄 자원의 개발을 위해 상당한 노력을 기울이고 있지만, 우라늄 부존량이 그다지 많지 않을 뿐만 아니라 품질도 그다지 좋지 않은 것으로 알려져 있다. 이런 상황을 고려할 때 중국 내에서의 우라늄 채굴량은 현재의 연간 약 1,300톤 수준에서 크게 벗어나지는 않을 것으로 보인다.

중국 국내 우라늄 부존량이 부족한 상황에서 중국에서 필요한 우라늄 수요량은 2020년까지 매년 10,000톤 이상이 될 것으로 예측되고 있다. 이러한 수급 불균형을 고려하여 중국은 상당한 양의 우라늄을 해외의 여러 국가와 장기계약을 통해 이미 확보해 놓은 상태이고, 최근에는 현물 시장을 통해서도 많은 양의 우라늄을 구입하고 있다.

뿐만 아니라, 중국은 해외의 우라늄광 개발 프로젝트에도 직접 참여하는 방법을 통하여 우라늄의 안정적 확보를 도모하고 있다. 예를 들어, 중국광동원자력그룹(CGN)은 Extract Resources의 지분 확보를 통하여 Extract Resources가 나미비아(Namibia)에서 추진하고 있는 Husab 프로젝트에 참여하고 있다.

우라늄 변환 및 농축과 관련된 중국의 계획에 대해서는 잘 알려져 있지 않다. 지금까지는 해외, 특히 러시아로부터 단기계약을 통해 우라늄 변환 및 농축 서비스를 받아왔다. 그러나 앞으로는 자체 확보 능력을 키워서 국내에서 필요한 우라늄 변환 및 농축 수요량을 점차적으로 국내에서 조달해 나갈 계획이다.

핵연료 제조 분야 역시 자체 생산 능력을 키워서 중국에서 필요로 하는 모든 종류의 핵연료를 충분히 조달할 수 있도록 현재 시설 확충 등을 추진하고 있다.

중국은 많은 양의 우라늄을 해외에서 수입하고 있는 만큼, 원전에서 발생하는 사용후핵연료를 일종의 자원으로 간주하여 재처리 및 재활용하기 위한 전략을 채택하고 있다. 이의 일환으로 중국은 간수성(Gansu Province)에서 조금 떨어진 곳에 중앙집중식의 사용후핵연료 중간 저장 시설을 건설 중에 있다. 또한 중국은 대용량의 사용후핵연료 재처리 시설을 건설하기 위하여 세계적인 재처리 기업인 프랑스의 아레바(Areva)와 협정을 체결한 상태에 있다. 그러나 여러 가지 상황을 고려할 때 2020년 중반 이전에는 시설 건설 착수는 어려울 것으로 보인다.

마지막으로 중국은 앞으로의 미래를 대비하여 신형 원자로 개발에도 많은 노력과 투자를 하고 있다. 이미 중국은 고온가스냉각로(HTGR)를 몇 년에 걸쳐 운전한 경험을 갖고 있다. 이러한 운전 경험을 바탕으로 중국은 국영 종합 에너지 기업인 후아닝그룹(Huaneng group)의 자금을 일부 지원받아 시다오완(Shidaowan) 지역에 210MWe 규모의 원형로를 건설 중에 있다.

한편, 남아프리카공화국에서 추진되던 제4세대 원자로 PBMR 건설 프로젝트가 백지화됨에 따라 중국이 이 분야의 세계적 리더로 떠오르고 있다. 중국은 또한 고속로 개발에도 적극적으로 참여하고 있다. 현재 열출력 65MWt규모의 고속로를 운영하고 있으며, 러시아

와의 기술 협력을 통해 좀 더 규모가 큰 고속로도 개발할 계획이다.

중국은 전 세계 원전 개발의 중심

결론적으로, 중국은 현재 원전 건설 계획의 관점에서 뿐만 아니라 원자력 분야에 대한 투자 규모나 기술 개발 측면에서 명실상부 전 세계 원전 개발의 완전한 중심에 있다고 말할 수 있다.

후쿠시마 원전 사고 이전에 수립된 중국의 원전 건설 계획은 사실 너무 낙관적인 관점에서 수립되었기 때문에 그 신뢰성에 대해서는 다소 의문스러운 점이 많았던 것이 사실이다. 그러나 이제 그런 다소 과장된 부분이 제거됨으로써 중국의 원전 건설 계획은 오히려 더 많은 신뢰성을 얻게 되었다.

앞에서 언급되었듯이 중국은 2020년까지 58GWe규모의 원전을 건설하겠다는 목표를 세우고 현재 순조롭게 계획을 추진하고 있다. 이러한 목표를 달성하기 위해서는 2015년 말까지 매년 평균 5기의 원전이 신규로 건설되어야 한다.

이에 비해 2020년 이후의 중국의 원전 건설 계획이 어떻게 될 것인가에 대해서는 여전히 말들이 많다. 그러나 만일 현재 계획된 2020년까지의 원전 건설 계획이 성공적으로 잘 추진된다면, 2020년 이후에는 지금과 같이 매년 평균 1년에 5기의 원전을 짓는 정도가 아니라 매년 10기 또는 그 이상을 건설해 나갈 수도 있다.

사실 중국은 원자력뿐만 아니라 대규모의 신재생 에너지 개발 계획도 갖고 있다. 그러나 단순히 신재생 에너지만을 갖고서는 급속한 경제 개발 추진에 따른 막대한 전력 수요를 감당할 수가 없다. 그리고 그런 경제 개발을 일선에서 추진하고 중국의 각 지방 정부 관리들도 이러한 사실을 잘 알고 있다.

중국의 국가 규모를 생각할 때, 특히 각 성(省)의 인구 수가 유럽에서 가장 인구가 많은 나라들보다도 더 많다는 점을 고려할 때 중국 정부가 수백 기의 원자로를 건설한다고 해서 문제를 삼을 수 있는 사람은 사실 아무도 없다. 