

한국의 농축재처리를 위한 환경 분석과 대응 전략

최윤화 KAIST NEREC 연구원

전봉근 국립외교원 명예교수



1. 문제 제기

한국을 포함한 모든 국가는 전대미문(前代未聞)의 기후변화와 치열한 지정학적 경쟁 시대를 맞아 제각기 에너지 전환과 에너지 안보를 보장하기 위한 대응책을 찾고 있다. 그 배경에는 향후 한 세대 이내에 석유, 석탄, 가스 등 화석연료가 탄소중립을 위해 퇴출당할 때 무탄소 에너지를 제때 충분히 공급하지 못하면 국가 경제의 미래를 장담할 수 없다는 위기감이 있다. 또한 미·중 경쟁과 미·러 경쟁의 충격으로 세계적으로 경제 단절과 에너지 위기가 발생하면서, 에너지 안보가 경제 안보의 핵심 요소로 떠올랐다. 이때 최선의 대응책은 태양광, 풍력, 수력, 지열 등 무탄소 재생에너지를 최대한 공급하는 것이다. 그런데 화석연료가 국가별로 불균등하게 분포되었듯이, 재생에너지원도 마찬가지이다. 광활한 영토, 강하고 지속적인 바람, 긴 일조시간, 많은 수자원 등을 가진 나라들은 재생에너지를 풍부하게 생산할 수 있다. 선진국도 대체로 태양광·풍력을 중심으로 하는 재생에너지의 확장에 투자를 늘리고 있다.

한편, 기후적·지리적 제약으로 인해 재생에너지의 대량 공급이 불리하거나, 원자력의 국민적 수용성이 높은 한국, 프랑스, 미국 등은 원자력 에너지의 역할을 확대하는 방안을 모색 중이다. 한국은 일찍이 원자력의 평화적 이용 기술에 집중적으로 투자한 결과, 오늘 세계 5위 원자력발전 용량 보유국, 6번째 원전 수출국이 되었고, 국민의 원자력 수용성도 높은 편이다. 그런데 근래 원자력 에너지의 지속성과 공급 안정성을 보장하는 데 있어서 한국의 농축재처리 역량 부재가 치명적인 약점으로 지적된다.

2025년이면 일부 원전 저장조에서 사용후핵연료가 가득 차는데, 그 전에 이를 처리·처분하지 못한다면 원전 가동을 중단해야 하는 불상사가 발생한다. 또한 농축 서비스를 전부 해외에 의존함으로써 수천억 원 상당의 농축 비용을 지출하여 원자력발전의 경제성이 악화될 뿐 아니라 핵연료 공급 안정성과 에너지 안보가 취약해진다. 원전 수출 시에도 다른 원전 수출국에 비해 핵연료 공급보장과 재처리 서비스의 미비로 원전 수출경쟁력이 떨어진

본 글의 내용은 모두 개인의 의견으로, 소속기관이나 학회의 공식 의견이 아님

다. 향후 소형모듈원전(SMR) 시대가 열린다고 하는데, 설사 한국이 SMR을 조기에 도입하더라도 이를 위한 첨단 핵연료인 고순도 저농축우라늄(High-Assay Low-Enriched Uranium, HALEU)을 필요한 시기에 필요한 분량을 공급받지 못할 가능성이 크다. 예를 들면, 테라파워사는 미 와이오밍주에서 건설 중인 ‘나트륨(Natrium)’ SMR의 가동 시한을 2028년에서 2030년 이후로 연기했는데, 그 주요 이유로 당초 계획과 달리 러시아의 HALEU 공급이 불발된 것을 들었다.

따라서 한국은 기후변화와 지정학적 경쟁 시대에 원자력발전의 지속성을 보장하고 첨단 SMR 도입을 촉진하기 위해 농축재처리 역량의 확보가 절실히 필요하다는 주장이 국내에서 강력히 제기되었다. 그동안 한국은 농축재처리 없이도 세계 최고 수준의 원자력 기술을 발전시켜 왔다. 하지만 오늘 국제적 환경에서 농축재처리가 빠진 원자력 생태계를 지속하는 것은 한국의 경제발전과 에너지 안보에 대한 불확실성을 증폭시킬 것이므로 경계해야 한다는 목소리가 커지고 있다.

한국이 농축재처리 역량을 가지려면, 반드시 극복해야 할 정치적·외교적 제약요인이 있다. 한국의 에너지 전환과 에너지 안보를 보장하기 위해 이런 제약요인 또는 장애요인을 조기에 해소하지 않으면 안 된다. 따라서 이 글은 한국의 농축재처리 추진과 좌절의 역사, 세계적 농축재처리 동향, 한국의 새로운 농축재처리 필요성을 분석하고, 나아가 한국이 농축재처리를 본격적으로 추진하는 데 필수적인 준비 사항을 제시하고자 한다.

2. 한국의 농축재처리 추진 경과와 미국의 핵비확산 정책 변수

2.1. 한국의 농축재처리 포기 배경

한국의 농축재처리 언급은 국내외에서 곧잘 1970년대 전반기 한국의 핵개발 시도를 연상시켰다. 50년 전 발생했던 핵개발 시도는 이후에도 한국의 ‘원죄’로 비난받았고, 한국 원자력계에 좀처럼 지울 수 없는 ‘주홍글씨’의 낙인을 남겼다. 심지어 우리 스스로 “농축재처리=핵무장=국제규범 위반(불법)”을 연상하며, 원자력계는 농축재처리를 언급하는 것조차 쉬쉬했다. 과연 과거 한국의 핵개발 시도는 ‘원죄’이며, 한국은 계속 참회하며 살아야 하는가? 이 글은 이런 ‘원죄설’을 반박하고자 한다.

박정희 정부가 핵개발을 시도한 1970년대 전반기의 상황을 되돌아보자. 1970년 7월 1일 핵확산금지조약(NPT) 발효 당시, 미, 소, 영 등 3개 핵보유국을 포함하여 43개 국가가 NPT에 참여했다. 오늘 NPT는 북한 등 극소수의 국가를 제외하고 191개 회원국이 참여한 보편적인 국제법이지만, 1970년대에는 핵비확산이 국제사회의 보편적 규범으로 아직 자리 잡지 못했다. 안보가 취약한 대다수 국가는 NPT 기준을 70년대 후반까지 미루었고, 중국과 프랑스는 1992년에야 NPT에 가입했다.

한국은 1968년에 NPT에 서명했지만 1975년까지 기준을 미뤘다. 한국도 NPT 기준 전까지는 당시 핵개발을 모색했던 다른 10~20개국과 마찬가지로 합법적으로 핵개발 권리를 갖고 있었다. 더욱이 당시 한국이 농축재처리 도입을 추진한 것은 어떤 핵비확산, 원자력 국제규범도 저촉하지 않았다. NPT 4조는 모든 회원국에 “원자력의 평화적 이용에 대한 불가양의 권리”를 보장했고, 이 평화적 이용권리는 농축재처리를 포함했다.

당시 한국의 안보 환경을 볼 때, 정부가 핵개발을 고려하지 않았다면 오히려 안보를 경시했다고 비난 받았을 것이다. 1969년 리처드 닉슨 미국 대통령은 ‘닉슨독트린’에서 아시아에서 미국의 동맹국들이 자국 안보를 보장하는 데 더 많은 책임을 져야 한다고 주장하면서 주한미군 철수를 선언했다. 당시 막강한 군사력을 보유한 북한과 대치했던 한국으로서 미국의 안전보장 공백을 메꾸기 위해 핵무장을 고려할 수밖에 없는 상황에 빠졌다. 이후 미국의 추가적인 안전보장 제공과 외교적 압박에 따라, 한국은 핵개발을 포기하고 1975년 NPT를 비준했다. 강화된 한미동맹에 따라 한국은 핵개발 및 농축재처리 도입을 포기하고 원자력의 평화적 이용에 집중할 결과, 지금은 세계적인 원전 강국으로 거듭났다. 이런 과정에서 한국은 어떤 국제법을 위반한 적도 없었다.

농축재처리에 관한 국가정책이 처음 명시된 것은 1991년 11월 8일 노태우 대통령이 발표한 ‘한반도 비핵화와 평화구축을 위한 담화’이다. 동 발표문 2조에서 한국은 “핵연료 재처리 및 핵농축 시설을 보유하지 않는다”라고 공언하고, 북한에 상응조치를 촉구했다. 이후 남북 간 한반도 핵문제를 논의하기 위해 수차례 고위급회담이 진행되었고, 그 결과 도출된 합의문이 ‘한반도의 비핵화에 관한 공동선언’(1991.12.31.)이다. 동 선언 3조에서 남과 북은 “핵 재처리시설과 우라늄 농축시설을 보유하지 아니한다”고 합의했다. 동 선언에 따라, 한국의 농축재처리 포기정책이 널리 알려졌다. 이후 ‘한반도 비핵화 공동선언’이 ‘핵의 평화적 이용에 관한 4원칙’(2004.9.18.), ‘9.19 공동성명’(2005) 등에서 반복적으로 언급되면서, 한국의 농축재처리 포기정책을 재확인하는 결과를 초래했다.

‘한반도 비핵화 공동선언’에 농축재처리 금지를 명기한 것은 당시 한국 정부의 이유 있는 선택이었다. 당시 한국은 북한의 농축재처리 역량을 제거하는 목표를 달성하기 위해 자국의 농축재처리를 포기하는 방법을 선택했다. NPT는 농축재처리를 포함하는 원자력의 평화적 이용 권리를 보장하지만, 한국은 북한의 핵무기 개발을 저지하기 위해서 평화적인 목적의 농축재처리까지 포기하여 스스로 손발을 묶은 셈이다. 이후 북한은 농축재처리로 핵분열물질을 생산하고 핵실험을 반복했다. 결과적으로, 한국 정부가 북한의 핵개발을 저지하기 위해 스스로 농축재처리를 포기하는 자기희생적인 비핵화 전략을 선택했지만, 이는 결국 실패했다. 북한은 핵무장했고, 한국은 자신의 농축재처리만 포기하는 비용을 치렀다.

2.2. 미국의 농축재처리 협력 금지정책

한국이 오늘까지 농축재처리를 못 하게 된 최대 요인을 꼽자면 미국의 핵비확산 정책이라는데 이견이 없을 것이다. 미국은 1960년대 후반에 세계평화와 핵전쟁 방지를 목표로 내세우며 추가적인 핵무기 확산을 방지하기 위해 NPT 창설을 주도했다. 당시에만 해도 농축재처리가 국제협력 금지 품목은 아니었다. 그런데 미국은 1974년 인도가 원자력의 평화적 이용 프로그램을 이용하여 핵폭발 실험에 성공하자, 폭발용 핵물질을 획득하는 유일한 경로인 농축재처리의 기술이전을 금지하는 ‘핵비확산성’ 원자력협력 정책을 추진하기 시작했다. 마침 그 당시 핵개발을 모색했던 한국은 미국의 강화된 핵비확산 정책의 집중적인 견제와 압박을 받게 되었다. 그 결과, 박정희 정부는 프랑스로부터 도입하려던 재처리시설을 포기해야만 했다. 동 사건으로 형성된 한국 농축재처리에 대한 미국과 한국의 기본 입장은 50년 후인 오늘까지 지속되고 있다.

분류	대상 국가	기준
전면적 협력	· 유라툼, 일본, 스위스	· 서방 선진국 · 동맹국 (NATO, 일본) · 선진 원자력 프로그램 보유 · 높은 핵확산 신뢰도
전략적 협력	· 중국, 인도, 러시아	· 기성 핵무장국 · 강대국 · 전략적 파트너
기득권 협력	· 브라질, 아르헨티나, 남아공, 인도	· 60~70년대 핵연료주기 기술 확보 · 자율 외교 및 독자성이 높은 평화적 원자력 이용 프로그램 운영
제한적 협력	· 한국, 호주, 터키, UAE 등	· 농축재처리 기술 비보유 동맹국, 우호국 · 농축재처리 협력 금지

출처: 전봉근(2013), <표5>

표 1. 미국 원자력협력 대상국별 차등적 접근

미국은 1953년 아이젠하워 대통령의 “원자력의 평화적 이용(Atoms for Peace)” 유엔총회 연설을 계기로 종래의 폐쇄적인 원자력 활용에서 벗어나 원자력 국제협력을 적극적으로 추진했다. 동시에 원자력 기술, 장비, 물질이 군사적 목적으로 전용되는 것을 방지하기 위한 핵비확산 국제체제의 구축하기 시작했다. 미국 정부는 「1954년 원자력법(Atomic Energy Act of 1954)」에 따라 다른 국가와 원자력 협력을 추진할 때 반드시 원자력 협력 협정을 체결하는데, 이때 이전된 미국의 원자력 품목에 대한 통제권을 행사한다.³ 그런데 도입국에 대한 미국의 외교전략, 도입국의 국제적 지위와 원자력 역량 등에 따라, 그 통제 범위의 수준이 차등화되었다.

미국은 23개 국가 및 국제기구 등과 원자력협정을 체결하고 있는데, 대상국에 따라 원자력협력과 통제 수준이 다르다. 미국의 원자력협력국들을 농축재처리의 협력 수준에 따라 전면적 협력국, 전략적 협력국, 기득권 협력국, 제한적 협력국 등 네 가지

범주로 구분할 수 있다(전봉근 2013)⁴. ‘전면적 협력국’은 미국으로부터 민감기술 분야 협력에 관한 ‘포괄적 사전동의’를 부여받는 국가들로서, 유라툼(EURATOM) 국가, 일본 등이 있다. 중국, 러시아, 인도 등은 ‘전략적 협력국’으로 분류할 수 있는데, 이들은 강대국 또는 핵무장국이다. 인도의 경우, 핵확산금지조약(NPT) 체제 밖에서 핵무기를 개발, 보유한 ‘사실상(de facto) 핵보유국’으로서 핵비확산 국제레짐에 따르면 원자력협력이 불가능하다. 하지만 부시 행정부는 인도의 강대국 지위를 인정하는 동시에 중국 견제를 위해 예외적으로 원자력협력을 추진했다. 브라질, 아르헨티나, 남아공, 인도 등은 이미 농축재처리의 민감기술을 보유하고 있기 때문에 미국이 그런 현실을 수용한 사례이다. 마지막으로 한국을 포함하여 대다수 원자력협력 대상국은 ‘제한적 협력국’ 범주에 속한다. 미국은 이들과 민수용 원자력협력을 적극적으로 추진하면서도, 농축재처리의 추가 확산을 방지한다는 핵비확산 원칙에 따라 농축재처리 등 민감기술의 협력을 엄격하게 금지한다. 따라서 한국 농축재처리 정책의 과제는 한

미 원자력협력을 종래의 '제한적' 협력관계에서 '전면적' 또는 '전략적' 협력관계로 격상시키는 것이다.

3. 세계 농축 동향과 한국의 농축 필요성

아래에서는 한국이 필요로 하는 핵연료주기 역량 중에서도 우선 농축을 중심으로 세계적 동향과 한국의 수요를 분석하고 토론했다. 재처리외의 경우, 국내에서 전통적인 습식 재처리에 대한 요구가 아직 없고 건식 재처리인 파이로프로세싱(Pyroprocessing)의 경우는 이미 한미 정부 간 합의에 따라 공동연구가 진전되고 있어 여기서 토론을 생략했다.

3.1. 세계 우라늄 농축 추세와 최근 농축 수요 증가

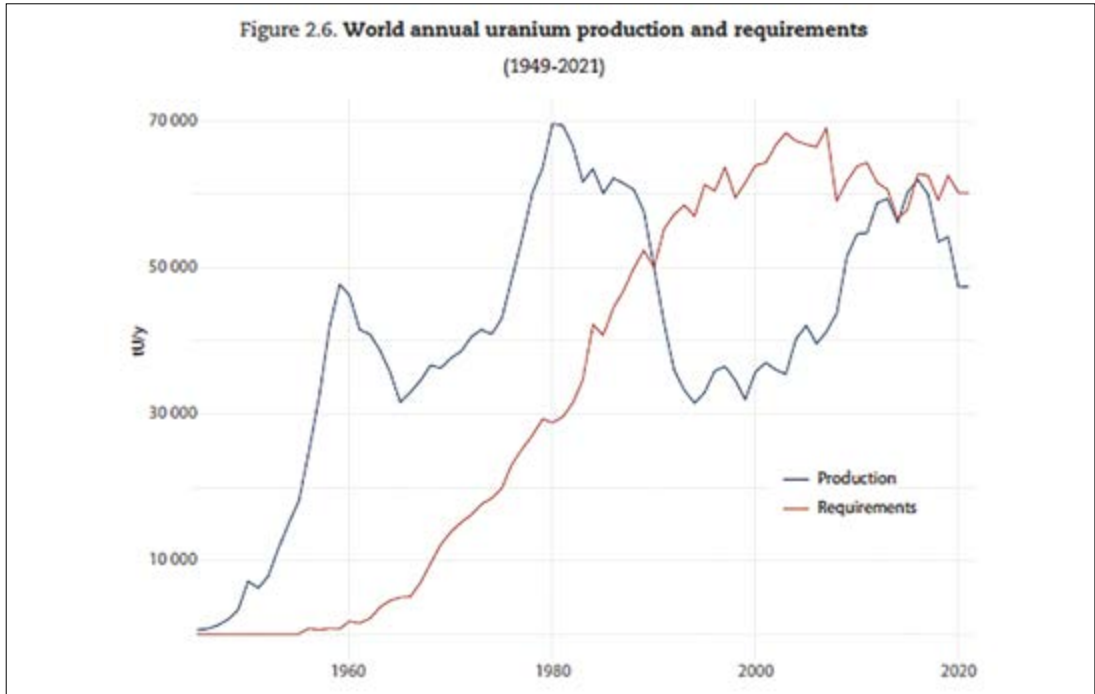
세계 핵연료 공급은 극소수의 원자력 선진국 및 핵보유국이 독점하고 있다. 우라늄 정광은 농축 이전에 육불화우라늄(UF₆)으로 변환과정을 거치는데, 미국 CoverDyn/Honeywell, 캐나다 Cameco, 프랑스 Orano, 러시아 로사토크, 중국 원자력공업집단공사(CNNC) 등 5대 기업이 UF₆를 생산하고, 이 변환 역량의 40%를 중국과 러시아가 차지한다.⁵ 우라늄 농축은 로사토크(40%), CNNC(12%)를 포함해 URENCO(27%), Orano(14%) 등 4개 기업이 독점하고 있다.⁶ 러시아와 중국이 전 세계 농축 서비스의 50% 이상을 차지하고 있는데, 향후 지정학적 경쟁이 더욱 악화되어 이들이 핵연료 공급을 무기화하거나 미국이 농축을 자립화한 이후 이들로부터 핵연료 수입을 금지할 가능성이 있다. 이런 상황에서는 대규모 원전을 가동하고 있는 데다 국내 농축 역량이 부재한 한국이 최대의 피해자가 될 가능성이 크다.

과거에 핵연료 시장이 혼란에 빠졌던 사례가 있다. 1954년에 아이젠하워 대통령의 “Atoms for

Peace” 선언 이후 미국은 핵연료 공급을 포함하여 전 세계 상용 원자력발전을 위한 국제협력을 주도해오다가, 돌연 1974년 미국 원자력위원회가 핵연료 공급계약을 일시 중단했다. 핵연료 공급 독점국의 급작스러운 ‘모라토리엄’ 선언으로 세계 원자력 시장은 혼란에 빠졌다. 당시 미국 내 15개 원전과 한국, 서독, 일본, 프랑스, 브라질 등 15개국 78개 원전의 주문이 체결되지 못한 것으로 알려졌다. 미체결 물량은 1978년에서 1982년 사이 상업 가동을 시작할 원전에 투입될 핵연료 주문이었기 때문에 당시 시장에 미친 파장은 막대했다. 안정적인 핵연료 공급에 대한 미국의 약속이 깨지면서 유럽과 소련이 새로운 공급국으로 떠올랐다.⁷

냉전이 종식될 때쯤 미국의 많은 원자력 인프라가 노후화되기 시작했는데, 미국은 원자력 인프라의 현대화를 위해 투자하는 대신 러시아의 풍부한 원자력 자원을 이용하고자 했다. 미국은 러시아의 폐기된 핵탄두에서 나온 500톤의 고농축우라늄(HEU)을 저농축우라늄으로 전환하여 원전 핵연료로 사용하는 “메가톤에서 메가와트로(Megatons to Megawatts)” 프로그램을 추진했다. 1993년 미국은 러시아와 협정을 체결하여 2013년 말까지 20년 동안 러시아의 TENEX로부터 매년 약 550만 SWU⁸ 상당의 저농축우라늄을 구매했다.⁹ 이 프로그램은 핵비확산 측면에서 큰 성공을 거두었고, 미국 원전은 풍부한 저농축우라늄 핵연료를 획득하는 일거양득의 효과가 있었다. 하지만, 이후 미국의 농축우라늄 공급역량은 크게 위축되었고, 러시아가 농축 시장에서 지배력을 확장하게 되었다.¹⁰

현재 러시아는 세계 최대의 농축 서비스 공급국이다. 미국도 2022년에 원전 가동에 필요한 농축우라늄의 24%를 러시아에서 수입할 만큼 대러 농



출처: OECD/NEA(2023), Figure 2.6 World annual uranium production and requirements

그림 1. 연간 세계 원자력 생산 및 수요(1949-2021)

축 의존도가 높다. 그런데 러시아의 우크라이나 침공 이후, 러시아산 농축우라늄에 대한 높은 의존도가 미국의 에너지 안보를 약화시켰다는 점을 인식하고 대러 의존을 종식해야 한다는 자성의 목소리들이 커졌다.¹¹ 2023년 2월 미 상원 공화당 의원이 러시아로부터 우라늄 수입을 제한하기 위한 법안(Prohibiting Russian Uranium Imports Act)을 발의했고, 같은 해 12월 동 법안은 하원을 통과했다.¹²

미국이 자국 내 핵연료 공급망을 강화하기 위한 노력은 미 정부가 대거 투자하고 있는 선진원자로에 투입될 핵연료인 HALEU의 확보와 관련하여 더욱 적극적으로 이루어지고 있다.¹³ 세계적으로 러시아의 TENEX 사만이 상업적 규모의 HALEU를 공급할 수 있어, 이대로라면 미국은 신형원자로를 개

발해도 가동할 연료가 없거나 러시아로부터 수입해야 하는 상황이기 때문이다. 따라서 미 에너지부는 HALEU를 적기에 생산, 공급하기 위해 「에너지법」(Energy Act of 2020)에 따라 “HALEU 가용성(Availability)” 프로그램에 착수했다. 2022년에는 “HALEU 컨소시엄”을 구성했고,¹⁴ 「인플레이션 감축법」(Inflation Reduction Act of 2022)에 따라 HALEU 공급망 개발에 2026년 9월까지 7억 달러를 투자할 계획이다.¹⁵

한편, 근래 세계적으로 우라늄 생산이 위축되었다. OECD/NEA의 최근 보고서에 따르면, 세계 우라늄 생산량은 2018년 53,501 tU에서 2020년 47,342 tU로 12%가량 감소했다.¹⁶ 지난 10~20년간 캐나다와 카자흐스탄 등 주요 우라늄 생산국들이

우라늄 시장 불황으로 총생산량을 제한했기 때문이다. 위에서 언급한 러시아의 고농축우라늄 대거 방출, 후쿠시마 원전 사고(2011)로 인한 원전 건설 위축 등이 그 원인을 제공했다. 게다가 2020년 코로나바이러스 감염증 사태로 인한 세계적 경기침체로 전력 수요가 감소하면서, 우라늄 수요와 생산도 감소하였다. 그런데 최근 세계적으로 에너지 수요가 증가하고 청정에너지로 전환 필요성이 증가하면서 원자력발전 수요가 대폭 증가할 전망이다. 원자력 발전을 위한 우라늄 수요는 지역별로 상당히 차이를 보이는데, 2040년까지 동아시아 지역에서 우라늄 수요량이 가장 클 것으로 예측된다.

전반적으로 우라늄 국제시장은 공급이 수요를 밀도는 불균형 상태에 있다. 코로나바이러스 감염증이 종식되면서 생산시설 가동 통제가 완화되고 최근 우라늄 현물가격이 급상승하여 우라늄 생산의 소폭 증가를 기대할 수 있다. 하지만 우크라이나 전쟁 등 핵물질의 글로벌 거래를 위협하는 지정학적 위기가 계속되고 있는 한 현재 우라늄 시장이 세계 핵연료 공급망에 적정량의 우라늄을 계속해서 공급할 수 있을지는 두고 볼 일이다. 또한 향후 수십 년에 걸쳐 예측되는 원자력의 급진적인 성장뿐 아니라, SMR과 같은 차세대 원자력 기술개발로 인해 발생할 추가적인 우라늄 수요 증가에 대한 고려도 필요하다.

3.2. 세계 핵연료 공급망 재편과 한국의 농축 필요성

현재 세계 핵연료 공급시장이 재편되고 있다. 미국을 중심으로 서방 국가들은 러시아산 농축우라늄 수입을 감소하거나 금지하는 정책을 모색 중이다. 우크라이나 전쟁 이후로 러시아에 대한 수입의 존도를 줄여 자국의 경제 안보와 에너지 안보를 강화하는 동시에 러시아의 외화 수입원을 차단하고

자 하는 지정학적 경쟁전략의 일환이다. 이에 따라 세계 핵연료 공급시장이 미국-유럽의 서방 진영 공급망과 러시아, 중국을 중심으로 하는 공급망으로 재편되고 있는 분위기이다. 최근 미 정부의 적극적인 농축시설 건설에 대한 투자 행보에는 러시아산 핵연료에 대한 의존을 탈피하고 자체 핵연료 공급망을 확보하여 원자력 발전을 안정적으로 지속하고자 하는 경제·산업적 동기가 일차적으로 작용하고 있다. 이에 더해 적대국이자 경쟁국인 러시아와 중국을 세계 핵연료 공급망에서 배제함으로써 에너지 안보의 취약점을 극복하고 미국 중심의 세계질서를 유지해 나가고자 하는 외교·안보적 동기 역시 작용한다고 볼 수 있다.

이렇듯 세계 핵연료 공급망이 급격하게 재편되고 있는 때에 한국의 농축 국익은 무엇인가? 한국은 상업용 원자력 발전에 필요한 농축우라늄 공급을 100% 해외시장에 의존하고 있다. 한미원자력협력 협정에 따라 미국과 사전 협의와 동의가 없이는 우라늄 농축을 할 수 없기 때문이다. 원전산업계는 핵연료 공급이 불안정하거나 차단될 때를 대비하여, 다양한 대비책을 강구 중이다. 통상적으로 원자력 발전소를 3년간 가동할 핵연료를 비축하고 있고, 핵연료 비용이 원자력 발전단가에서 차지하는 비중이 12~13% 정도로 낮아서 실제 공급 불안정에 따른 경제적인 영향은 제한적일 것으로 보인다.

하지만 문제는 중장기적인 우라늄 공급의 안정성 확보이다. 앞서 살펴본 것처럼 세계적으로 원자력 발전 수요는 증가할 것으로 예측되는데 우라늄 공급량은 줄어들고 있다. 수요 증대로 우라늄 가격이 계속 급상승하게 되면 우리 경제에 부담으로 작용할 수밖에 없다. 공급망이 불안한 가운데에 프랑스, 영국, 미국, 중국 등 주요 원자력발전 국가들은 발빠

르게 우라늄 자원 확보에 나서고 있다.¹⁷

이 와중에 미국은 대러 경제제재를 강화하며 러시아산 농축우라늄 수입을 금지하려고 한다. 한국도 서방진영의 대러 제재에 동참하고 있다. 2022년 한미 정상은 “농축우라늄을 포함한 에너지 공급망 확보를 위해 공동 협력”하기로 합의했고, 2023년 캠프데이비드 한미일 정상회의의 공동성명은 “러시아 에너지에 대한 의존도 경감을 가속화”해 나갈 것이라고 선언했다.¹⁸ 이러한 세계 핵연료 공급망의 재편은 한국의 원자력발전에 직접 영향을 미칠 전망이다. 한국이 연간 농축우라늄 수입량의 약 33%를 러시아에 의존하고 있기 때문이다(2021년 기준).¹⁹

자체 농축우라늄 공급역량이 전무한 상태에서 러시아산 핵연료의 사용이 어렵게 되면 과연 한국 원전의 안정적인 운전이 가능할까? 더욱 우려스러운 것은 선진원자로의 핵연료인 HALEU 공급 문제이다. 대부분의 신형 SMR 노형들은 농축도 5~20%의 HALEU 핵연료가 필요한데, 러시아를 제외하면 아직 공급국이 전무하다. 미국이 자체 공급망 구축에 나섰지만, 상당 기간 해외 수요까지 충족시키지는 못할 것이다. 차세대 원전시장을 선점하기 위해 주요 원자력 선진국들이 선진원자로 개발 경쟁 중인데, HALEU 공급이 확보되지 못한다면 이 경쟁에서 뒤떨어질 수밖에 없다. 바로 한국이 그런 상황에 빠져있다.

4. 농축재처리를 위한 사전 준비와 정책연구 과제

4.1. 농축재처리 국가정책 수립과 발표

지난 수십 년간 국내에서 농축재처리가 필요하다고 주장하는 사람들은 많았다. 하지만 아직 농축재처리에 대한 국가정책 또는 원자력정책이 정립되어

있다고 보기 어렵다. 사실 농축재처리에 대한 국가정책은 장기간 모호한 상태로 남아있다. 아마 ‘한반도 비핵화 공동선언(1991)’에서 농축재처리 시설을 보유하지 않는다고 합의한 것이 가장 명시적으로 농축재처리 (금지) 정책을 밝힌 사례일 것이다. 그 이후로는 한국 정부가 농축재처리에 대한 구체적인 정책을 수립한 적이 없는 것으로 알려져 있다. 여기서 농축재처리에 대한 국가정책이란 농축재처리를 국가 목표로 추진하겠다는 의지를 밝히고, 이를 정당화하기 위해 농축재처리가 왜 필요한지, 얼마나 필요한지에 대한 정부 입장을 정리하고 이를 국내 외적으로 천명하는 것이다. 따라서 한국이 농축재처리를 추진하려고 한다면, 무엇보다 이에 대한 국가정책을 정립하는 데서 시작해야 한다.

구체적으로 농축재처리에 대한 국가정책은 아래 질문에 대한 입장을 포함해야 한다. 한국은 농축재처리를 원자력정책의 명시적인 목표로 제시할 것인가? 이에 대한 국민적, 정치적, 원자력계의 합의가 있는가? 농축재처리가 언제, 어떤 규모로 필요한가? 미국을 포함한 주변국이 한국의 농축재처리 도입을 반대할 가능성이 있는데, 이 목표를 관철시키기 위해 예상되는 정치·외교·경제적 비용은 무엇이며, 이 비용을 지불할 준비가 되어있나? 한국의 농축재처리 요구는 미국의 강한 반대로 번번이 좌절되었는데, 이를 극복할 만큼 강력한 농축재처리에 대한 산업적·과학기술적 수요와 정치적 의지가 있는가? 한국의 농축재처리가 핵개발로 전용되지 않도록 어떻게 보장할 것인가? 핵연료주기를 완성하기 위해 필요한 역량 - 농축, 파이로, 재처리 등 - 중에서 한국이 도입하려는 기술의 우선순위는 무엇인가? 특히 국내 원자력계가 농축과 파이로를 요구하는데, 이 중에서도 우선 한 개만 선택해야 한다면 무엇을 선택할 것인가?



앞에서 거론했듯이 에너지자원 빈국(貧國)인 한국은 기후변화와 지정학적 경쟁 시대를 맞아 탄소 중립과 에너지 안보의 두 마리 토끼를 잡기 위해 원자력 에너지의 지속적인 활용과 확대가 필수적이다. 이때 농축재처리 역량을 제때 확보하지 못한다면, 한국 원자력의 확대는 차치하고 지속성조차 보장하기 어렵게 된다. 미·러, 미·중 경쟁이 더욱 악화될 경우, 농축우라늄의 공급이 축소되거나 중단될 수 있기 때문이다. 모두가 기대하는 SMR 시대가 도래하더라도 현재와 같은 상황에서는 한국이 SMR 상용화에 필요한 첨단 핵연료를 적기에 공급받을 가능성이 낮은 것도 문제이다. 농축재처리 정책 수립 시 한국 원전의 중장기적 확대 발전에 맞추어 농축재처리의 공급 필요성을 객관적으로 보여주는 로드맵을 제시함으로써 대외적 설득력을 제고할 수 있다.

4.2. ‘한반도 비핵화 공동선언’의 조용한 무효화

1991년 12월 남과 북은 ‘한반도 비핵화 공동선언’ 제3조에서 “핵 재처리시설과 우라늄 농축시설을 보유하지 아니한다”고 합의했다. 이후 한국이 농축재처리를 요구할 때마다 외국, 특히 미국과 일본 측이 보이는 즉각적인 반응은 한국이 한반도비핵화공동선언에서 농축재처리를 포기하기로 합의했기 때문에 농축재처리를 할 수 없다는 반론이었다. 동 선언이 북한의 핵개발로 무효화 되었다고 대응하면, 이들은 한국 정부가 공식적으로 한반도비핵화공동선언의 폐기를 선언했느냐고 반문했다. 이처럼 ‘한반도 비핵화 공동선언’은 한국이 농축재처리를 추진할 때 반드시 직면하게 될 주요한 외교적 장애요인이므로, 농축재처리 역량 확보를 추진하려면 동 선언의 폐기 여부에 관한 정부의 입장 정리가 선행되어야 한다.

국내에서는 90년대 이후 원자력 산업과 연구개발이 급팽창함에 따라 농축재처리의 필요성이 제기되고 있음에도 불구하고, 이 분야의 시설 보유는 막론하고 연구개발마저 일절 금지되었다. 미국은 한국의 농축재처리 요구를 거부하는 이유로 비핵화 공동선언을 강조했다. 하지만 한반도비핵화공동선언은 북한의 반복되는 위반으로 인해 사실상 사문화되었다고 해도 과언이 아니다. 동 공동선언이 채택되었을 때 북한이 이미 재처리시설을 보유하고 플루토늄도 추출하였기 때문에 공동선언 합의가 원인 무효가 될 수 있다. 이후 북한이 3차례 핵실험을 실시하여 동 공동선언의 핵심 합의를 중대하게 위반하고, 헌법에 “핵보유국”임을 선언하였기 때문에 우리가 일방적으로 동 선언을 폐지할 수 있는 국제법적 권한을 보유하고 있다. 그러나 우리 정부는 한·미 관계와 북핵 문제 등에 대한 정치·외교적 고려 때문에 신중한 태도를 보였다. 특히 한미동맹 지지자들은 미국의 반대를 감안하여, 북한 전문가들은 남북 합의의 중요성을 감안하여, 북핵 전문가는 비핵화 압박 수단으로 간주하여 비핵화 공동선언의 무효화를 꺼렸다.

우리 정부가 정치·외교적 고려 때문에 비핵화 공동선언의 존폐 문제에 신중한 자세를 보이는 동안, 미국과 주변국은 공동선언을 근거로 한국의 농축재처리를 부정했다. 따라서 우리 정부는 더 이상 미루지 말고 비핵화 공동선언을 어떻게 무효화 할 것인지에 대해 본격적으로 검토해야 한다. 공동선언이 과거에는 북한 비핵화를 압박하고 농축재처리시설을 폐기하기 위한 최고의 근거로 활용했지만, 지금은 더욱 강력한 유엔안보리결의가 준비하다.

만약 우리 정부가 비핵화 공동선언을 무효화하기로 결정한다면, 어떤 방식으로 할 수 있을까? 첫째,

정부가 공식적으로 공동선언의 무효화를 선언한다. 이것은 비핵화 공동선언에 대해 가장 분명하고 직접적인 의사 표현이 될 것이다. 그런데 이것은 미국과 일본의 반발을 초래할 가능성이 크다는 지적이 있다. 북미제네바기본합의(1994)의 경우, 미 정부가 2002년 10월 북한의 고농축 핵개발 의혹을 이유로 기본합의문이 “무효화(nullified)”되었다고 일방적으로 선언함으로써 폐기를 공식화했다. 이 사례를 원용한다면, 우리 정부도 북한의 핵위협 또는 핵실험을 계기로 비핵화 공동선언이 무효화되었다고 선언하는 방법이 있다. 둘째, 무효화 공식 발표를 삼간 채 비핵화 공동선언의 무효화를 기정사실화하고 그렇게 행동하는 방법이 있다. 이때 무효화 조치가 갖는 파장을 최소화하기 위해, 잠정적으로 공동선언의 무효화 여부를 긍정도 부정도 하지 않는(NCND) 입장을 견지하는 방안도 있다.

4.3. 국내 핵무장론 극복과 국내 정치적 기반 조성

우리 국민들의 핵무장에 대한 높은 선호는 어제 오늘의 일이 아니다. 심지어 ‘한반도 비핵화 공동선언’도 국내적으로 핵주권을 포기한 것으로 강하게 비판받았고, 그런 국민적 감정은 오늘까지 이어진다. 2000년대 후반 들어 북한이 핵실험을 실시하기 시작하자, 국내의 핵주권 주장은 노골적인 핵무장 주장으로 바뀌었다. 북한이 핵무기를 50개 이상 보유한 오늘 국민의 핵무장 지지도는 일관되게 70% 이상을 유지하고 있다. 사실 북한의 실제적인 핵위협을 한국이 핵무장으로 억제해야 한다는 주장은 이론적으로, 정서적으로 반박하기란 쉽지 않다. 하지만 과연 핵주권론과 핵무장론이 우리 안보와 국익을 보장하는 최선책인가에 대해서는 의문이 있다.

현재 NPT를 중심으로 하는 핵비확산 국제레짐 하에서 핵무장은 국제법상 불법이며, 유엔안보리결

의의 각종 비확산 의무에 정면으로 위반한다. NPT는 1967년까지 핵무기를 개발한 5개국만 합법적 핵보유국으로 인정하지만, 그 외 모든 회원국에게는 핵비확산 의무를 부과한다. 2004년에 국내에서 일부 원자력 연구자가 IAEA에 신고하지 않고 극소량의 핵물질을 분리한 소위 ‘미신고사건’이 발생했다. 당시 정부는 외교 총력전을 통해 동 사건이 안보리에 회부되는 것을 저지했는데, 이 사건은 국제핵비확산체제가 작동하는 엄중한 현실을 보여준다.

다음, 한국은 경제 대외의존도 85%, 에너지 대외의존도 97% 등 수치에서 보듯이 세계 최고 수준의 개방국가, 통상국가로서 국제사회와의 상호의존도가 매우 높기 때문에 국제제재를 무릅쓰고 핵개발을 하기는 어렵다. 한국이 핵무장을 하려면 북한이나 이란과 같이 국제통상을 거의 포기해야 하는데, 과연 식량, 석유, 가스, 핵연료의 수입 없이, 반도체, 자동차, 선박의 수출 없이 우리 경제가 얼마나 견딜 수 있을까? 더욱이 한국은 한미동맹을 통해 미국에게 안보를 크게 의존하는데, 과연 한미동맹의 손상을 감수하면서까지 핵무장을 할 수 있을까? 미국은 국제핵비확산체제의 지도국을 자처하고 있어, 이를 훼손하는 한국의 핵무장을 용인할 가능성은 거의 없다.

최근 북한이 핵무장에 성공하자, 미국은 한국의 핵무장 요구를 완화하기 위해 추가적인 안전보장장치를 제공했다. 미국은 한미 정상회담의 합의한 ‘워싱턴선언(23.4.26.)’에서 ‘핵협의그룹(NCG)’을 창설하고, “한반도에 대한 모든 가능한 핵무기 사용의 경우, 한국과 이를 협의하기 위한 모든 노력”을 다할 것을 약속했다. 한국 정부는 동 선언에서 “핵확산금지조약 상 의무에 대한 한국의 오랜 공약과 한미 원자력협력 협정 준수를 재확인”한다는 입장을 밝

혔는데, 이 구절은 핵비확산을 중시하는 미국의 입장을 반영한 것으로 보인다. 미국뿐만 아니라 중국은 동북아에서 핵 독점을 유지하기 위해, 일본은 전통적인 비핵정책에 따라 한국의 핵무장을 강하게 반대할 것으로 예상된다.

일부 전문가들은 즉각적인 핵무장이 어려운 현실을 고려하여, 무기용 핵물질을 확보하기 위해 우선 농축재처리 역량을 보유하여 ‘핵잠재력’을 확보하자고 주장한다. 소위 ‘핵주권론’이 이에 해당한다. 일견 신중하고 합리적으로 보이지만, 이 주장도 실현성이 낮다. 한국이 핵잠재력을 획득하기 위해 한미원자력협력협정에 따라 미국과 협상을 추진하면, 미 정부는 한국의 요구를 일거에 거부하고 국제사회도 한국을 비난할 것이다. 만약 미국의 동의 없이 일방적으로 농축재처리를 추진하면, 한국은 이란 수준의 제재압박을 받게 될 것이다. 이때 원자력의 평화적 이용을 위한 우리의 정당한 농축재처리에 대한 권리와 요구마저 거부될 것이다.

평화적 원자력 활동의 일부로서 한국의 농축재처리는 그 가능성이 전적으로 차단되지는 않았다. 하지만 핵잠재력을 위한 농축재처리를 모색한다면 봉쇄당할 가능성이 크다. 이때 한국 원자력이 필요한 과학기술적 연구, 국내 원전 가동을 위한 핵연료 수입, 원전 수출마저 제재를 받아 피해를 입을 가능성이 크다. 이런 부작용과 비용을 고려할 때, 과연 핵잠재력 확보를 공공연히 추진할 가치가 있는지 의문이다.

요약하면, 한국민의 높은 핵무장 열망에도 불구하고, 한국이 처한 객관적 현실은 핵개발을 쉽게 허용하지 않는다. 이렇게 정치·외교적으로 불가능한 구상을 하는 동안, 원자력 산업과 연구개발이 각종



직간접적인 피해를 입고 있는 현실이 안타까울 따름이다. 미국이 한국의 농축재처리 연구개발과 협력을 반대하고 금지하는 것이 대표적인 사례이다. 따라서 실용적인 원자력 국익을 위해 한국 정부가 핵비확산 정책을 재정립하고 이에 대한 국민적 공감대를 제고하는 데 앞장설 것을 제안한다. 한국의 핵비확산 정책을 천명하는 ‘비확산기본법’의 제정도 그 방안의 하나가 될 것이다.

4.4. 한미 농축재처리 협상전략 수립 및 미국내 협상 기반 조성

한국 원자력계는 지속가능한 원자력의 평화적 이용을 위해 농축재처리가 필요했다. 하지만 이런 농축재처리 획득 노력은 번번이 미국의 반대로 인해 좌절되었다. 따라서 향후 한국이 농축재처리를 추진하려면, 무엇보다 미국 반대의 벽을 넘어서지 않으면 안 된다. 더욱이 한국의 농축재처리에 대한 반

대는 미 행정부뿐만 아니라 핵비확산 성향의 의회와 싱크탱크에도 뿌리 깊어, 이를 극복하려면 체계적인 대미 설득 논리와 협상전략의 개발이 필요하다. 또한 대미협상의 성공 가능성을 높이기 위해서 실제 협상에 앞서서 정치·외교적 기반 조성 작업이 필수적이다. 앞에서 토론했듯이, 미국이 한국의 농축재처리를 반대하는 최고의 명분으로 이용하는 국내의 핵무장론과 핵잠재력 확보론 등에 대한 국내적 정비작업도 필요하다.

우선 미국이 한국을 원자력협력의 성숙한 파트너로 인정하도록 대미 설득 외교를 강화해야 한다. 미국은 1974년 인도의 핵실험 이후 농축재처리 기술의 추가적인 확산 반대를 핵비확산 정책의 핵심으로 삼았고, 한국을 그 대상으로 보았다. 미국 정부는 한국의 농축재처리 요구에 대해서, 한국만 예외적으로 특별 대우할 수 없다는 태도를 견지했다. 심

지어 미국은 한국이 동맹국으로서 핵비확산을 위해 농축재처리 기술의 확산 방지를 위해 같이 협력할 정치·외교적 책임이 있다며 되려 한국을 설득하려고 했다.

그런데 한국이 미국에 요구하는 것은 ‘특별 대우’가 아니라 한국의 국제적 지위와 원자력 역량에 부합하는 ‘공정 대우’이다. 한국은 2010년대 초부터 G20 정상회의와 세계 핵안보정상회의 개최를 통해 세계적인 중견국으로 부상했고, 세계질서 창출국 그룹에 참여하였다. 또한, 세계적인 원전 이용국이며 수출국인 원전 강국이다. 한국보다 크게 뒤떨어진 원자력의 평화적 이용 국가도 농축재처리 기술을 보유한 현실을 볼 때, 한국에게 농축재처리를 금지하는 것은 한국 원자력에 대한 차별적이고 부당한 대우가 아닐 수 없다.

대미 협상전략의 수립은 우선 미국이 한국의 농축재처리 획득을 반대하는 명분을 반박하는 합리적인 논리를 개발하는 데서 시작해야 한다. 미국이 내세우는 명분은 다음과 같다. 첫째, 한국은 ‘한반도 비핵화 공동선언’에서 자발적으로 농축재처리시설 보유를 포기했다. 한국은 아직 이 선언을 공식적으로 폐기하지 않았으므로 유효하다. 둘째, 한국에게 농축재처리를 허용하게 되면, 미국이 다른 나라의 농축재처리를 거부하는 명분이 없어진다. 셋째, 한국에 농축재처리의 객관적인 필요성과 경제성이 의문시된다. 넷째, 한국의 농축재처리 허용은 북한 비핵화 외교를 훼손한다. 다섯째, 한국은 과거 핵개발 이력과 높은 국민적 핵무장 지지율로 핵비확산 신뢰성이 낮다. 더욱이 남북대치와 열악한 동북아 안보 환경으로 핵무장 가능성이 크다. 이런 명분은 앞으로도 재론될 가능성에 커서, 이에 대해 객관적인 대응 논리를 철저히 준비해야 한다.

다음, 대미 설득과 협상을 효과적으로 추진할 수 있는 외교 체제를 구축해야 한다. 우리나라는 과거 핵개발 의혹, 북핵 문제, 한반도와 동북아의 불안정한 안보 환경 등으로 인해 핵확산 잠재국가로 통한다. 따라서 한국의 핵비확산 이미지와 신뢰도를 증진하려면, 국내 비확산 법규와 조직을 강화하는 추가 노력이 필요하다. 예를 들면, 1988년 미·일 원자력협정 개정 협상의 경우, 일본은 협정개정을 위해 국가적 차원에서 30년 가까이 협상 준비를 했다고 한다. 외무성에 국제안보·원자력 조직을 대폭 강화하고 지원을 아끼지 않았다. 또한 일본은 의회, 산업계, 학계, 국민 등 모두가 한목소리로 핵비확산 원칙을 강조하고, 농축재처리 필요성을 주장하며 총력 외교에 동참했다. 또한 당시 나카소네 총리가 직접 나서서 대미 외교를 지휘했고, 레이건 대통령과 개인적 친분 관계를 적극적으로 활용했다. 우리는 현행 한미 협정의 현상 변경을 요구하는 공격의 입장, 미국은 현상 유지하는 수비의 입장에 있다. 흔히 공격이 성공하려면 수비보다 3배의 세력을 동원해야 하듯이, 우리도 철저한 준비와 강력한 외교 공세가 필요하다는 점을 상기해야 한다.

마지막으로, 미국의 대선 결과를 염두에 둔 협상전략의 수립도 필요하다. 바이든 대통령이 재선될 경우, 민주당의 전통적인 농축재처리 확산 반대 정책을 극복할 수 있는 대응 전략을 수립해야 한다. 한편, 핵비확산 가치를 경시하는 트럼프 대통령이 재선되면 한국의 농축재처리 추진에 호의적인 “기회의 창”이 잠시나마 열릴 가능성이 있어, 이를 적시에 활용하기 위한 사전 준비가 필요하다.

Reference

- ¹ 에너지정보문화재단의 '2023년 에너지 국민인식조사'에 따르면, 원자력발전 필요성에 대해 매우 필요 36.7%, 어느 정도 필요한 편 38.9% 등 75.6% 국민이 긍정적으로 대답했다. 적절한 에너지 믹스에 대해서는 원자력과 신재생에너지의 균형 있는 확대 47%, 원자력발전 확대 10.5%, 신재생에너지 확대 40% 등으로 대답했다. 한편, 거주하는 지역에 원자력발전소를 건설해도 되느냐는 질문에 대해서는 반대 56.4%, 찬성 42%였다. (에너지플랫폼뉴스, "국민 4명 중 3명, 원자력 필요" 2023.11.6. <https://www.e-platform.net/news/articleView.html?idxno=81287>)
- ² 연합뉴스, "빌 게이츠의 테라파워, '차세대 원자로' 건설 2년 지연" 2022.12.17., <https://www.yna.co.kr/view/AKR20221217012400091>
- ³ 「원자력법」 제1편 제11장 원자력 관련 "국제적 활동"(International Activities)의 세 번째 조항인 제123조 "다른 국가들과의 협력(Cooperation with Other Nations)"에 근거해 협정이 체결되기 때문에 흔히 미국의 원자력협력 협정을 "123 협정(123 Agreement)"이라고 부르기도 하는데, 여기에는 「원자력법」 및 「1978년 핵비확산법」, 실정법상의 더 엄격한 핵비확산 정책과 관행이 포함되기 때문에 적절치 못한 명칭이라는 비판도 있다 (윤혜선, (2015). 한미원자력협력 협정 개정방향에 대한 소고: 1988년 미일원자력협력협정 사례를 중심으로. 서울법학, 23(1), 307-354.)
- ⁴ 전봉근. (2013). 세계 농축재처리 동향 연구. 외교안보연구원 정책연구과제. (미발간자료)
- ⁵ Finan, A., Foss, A., Goff, M., King, C., & Lohse, C. (2022). Nuclear Energy: Supply Chain Deep Dive Assessment. USDOE Office of Policy (PO), Washington DC (United States).
- ⁶ 지구와에너지, "경제안보 시대의 새로운 외관 '우라늄 농축' 시장에서 무슨 일 벌어지나" 2022.07.03., <https://www.earthenergy.co.kr/news/articleView.html?idxno=10292>
- ⁷ 이해정, & 양승범. (2016). 핵연료 모라토리엄의 정치경제: 포드 행정부의 핵연료 정책 재검토, 1974-75. 현대정치연구, 9(2), 129-156.
- ⁸ Separative Work Units: 분리작업량
- ⁹ OECD/NEA (2023). Uranium 2022: Resources, Production and Demand
- ¹⁰ 지구와에너지, "경제안보 시대의 새로운 외관 '우라늄 농축' 시장에서 무슨 일 벌어지나" 2022.07.03., <https://www.earthenergy.co.kr/news/articleView.html?idxno=10292>
- ¹¹ The Heritage Foundation, "House Making Important Effort To End America's Dependence on Russian Uranium" 2024.01.26., <https://www.heritage.org/energy/commentary/house-making-important-effort-end-americas-dependence-russian-uranium>
- ¹² 동 법안은 러시아가 생산한 미조사 저농축우라늄(irradiated LEU)의 수입을 금지하는데, 에너지부(DOE)가 미국 내 원자로 가동에 필요한 대체 LEU가 없다고 판단하는 경우 2028년 1월 1일까지 이 법안의 적용은 연제될 수 있다. <https://www.congress.gov/bills/118th-congress/house-bill/1042?q=%7B%22search%22%3A%22Prohibiting+Russian+Uranium+imports+Act.%22%7D&s=1&r=1> (검색일: 2024.04.06.)
- ¹³ 한국원자력연구원 (2024). 미국의 고순도 저농축우라늄(HALEU) 공급망 구축 현황
- ¹⁴ 현재 동 컨소시엄에는 2023년 말 HALEU 시범 생산에 성공한 센트러스(Centrus)사를 비롯하여 테라파워, 엑스에너지 등 약 35개 원자력 관계 기업 또는 기관들이 참여하고 있다. <https://www.energy.gov/ne/haleu-consortium-members> (검색일: 2024.04.06.)
- ¹⁵ <https://www.energy.gov/ne/haleu-availability-program> (검색일: 2024.04.06.)
- ¹⁶ OECD/NEA (2023). Uranium 2022: Resources, Production and Demand
- ¹⁷ https://home.kepco.co.kr/kepco/KR/ntcob/KR/ntcobView.do?boardSeq=21065382&boardCd=BRD_000516&menuCd= (검색일: 2024.04.06.)
- ¹⁸ 캠프 데이비드 정상: 한미일 정상회의 공동성명, <https://www.korea.kr/news/policyNewsView.do?newsId=148920085> (검색일: 2024.04.06.)
- ¹⁹ 글로벌이코노믹, "우라늄 생산, 수요의 75% 그칠 듯 '공급 확보 비상'" 2024.03.05., https://www.g-enews.com/article/Global-Biz/2024/03/20240304110729206037926aa152_1