

한미 원자력협정 개정 논의와 방향

- 핵연료주기 관련 사전동의제도의 개선을 중심으로 -

국회입법조사처 입법조사관 정 민 정

*논문접수 : 2026. 7. 20. *심사개시 : 2026. 7. 22. *게재확정 : 2026. 8. 11.

〈목 차〉

I. 들어가며	4. 미국의 원자력협정 개관
II. 한미 양국의 원전 정책 현황	5. 한미/미일 원자력협정 비교·분석
1. 트럼프 2기 원전 정책	IV. 한미 원자력협정 개정 방향과 실현 방안
2. 한국 원전 현황	1. 개정 방향: 핵연료주기 관련 사전동의
3. 시사점	제도의 개선
III. 핵연료주기 정책과 한미 원자력협정의 관계	2. 실현 방안
1. 핵연료주기	V. 결론
2. 한미 원자력 협력의 한계	참고문헌
3. 한미 원자력협정 연혁	

I. 들어가며

2025. 8. 25. 한미 정상회담에서 한미 간 원자력 관련 협력 강화를 위한 기반 구축에 대한 논의가 진행되었다. 한미 정상회담 직후 대통령실 위성락 국가안보실장은 브리핑을 통해 원자력 협력(개정 의미)에 대해 의미 있는 논의를 하였다고 밝혔다.¹⁾

이재명 대통령의 방미를 계기로 열린 「한미 비즈니스 라운드테이블: ‘제조업 르네상스 파트너십’」²⁾에서 한국 기업들은 조선, 원자력, 항공, LNG, 핵심광물 등 5개 분야에서 약 1,500억 달러(약 200조) 규모의 투자를 약속했다.³⁾ 여기에서 체결된 양해각서(MOU) 11건

1) 대한민국 대통령실, “한미 정상회담 관련 3실장(안보실장, 정책실장, 비서실장) 브리핑” (2025. 8. 26).

2) 미 행정부 고위 관리, 한국과 미국 기업 CEO가 참석한 비즈니스 원탁회의이다.

가운데 4건이 원전에 관한 것이었다(<표 1> 참조).

<표 1> 계약 및 MOU 주요 내용

연번	분야	주요 내용	우리 측	미국 측
1	조선	• 공동 투자 프로그램 마련	HD현대, 산업은행	Cerberus Capital
2		• MRO 역량 강화, 조선소 현대화 및 선박 공동 건조 등 협력	삼성중공업	Vigor
3	원자력	• SMR 설계, 건설, 운영, 공급망 구축, 투자와 시장 확대 협력	한국수력원자력, 두산에너지빌리티	X-energy Amazon Web Services (AWS)
4		• 우리늄 농축공장 지분투자	한국수력원자력	Centrus
5		• 텍사스 SI 캠퍼스 원전·화력·태양광 통합 운영 협력	한국수력원자력, 삼성물산	Fermi
6		• 텍사스 SI 캠퍼스 대형원전 및 SMR 기자재 제작 협력	두산에너지빌리티	Fermi
7	항공	• 보잉 항공기 103대 도입	대한항공	Boeing
8		• GE Aerospace 엔진 구매, 정비 위탁		GE Aerospace
9	LNG	• 2028년부터 약 10년간 연 330만 톤 신규 도입	가스공사	Trafigura
10				Total Energies
11	핵심광물	• 2028년부터 게르마늄 장기 공급	고려아연	Lockheed Martin

※ 자료: 산업통상자원부 보도자료, “한미 제조업 르네상스 파트너십의 교두보 마련” (2025. 8. 26).

그러나 동시에 미국의 4세대 SMR 원전 건설의 주도권 확보 움직임에 따른 잠재적인 갈등 가능성, 웨스팅하우스와의 지식재산권을 둘러싼 논란,⁴⁾ 무엇보다도 한미 원자력협정에

- 3) 대통령실, “대통령의 말과 글: 한미동맹으로 평화의 시대를 함께 열어가겠습니다” (2025. 8. 26), <<https://www.president.go.kr/president/speeches/gu4F4zpA>> (최종 검색일: 2025. 8. 26); CNN, “Trump-Lee talks deliver multi billion dollar investment deals with South Korean heavyweight” (2025. 8. 26).
- 4) 웨스팅하우스는 1978년 한국의 고리1호기 원전 건설 당시 기술을 전수한 기업이다. 이후 한국수력원자력이 핵심 기술의 국산화에 성공하였지만, 웨스팅하우스는 우리 원전 기술의 독자성에 대해 지속적으로 이의를 제기하여 우리 원자력 산업의 해외 수출과 미국 시장 진출이 어려워 보였다. 하지만 2025. 1. 16. 한국수력원자력과 웨스팅하우스가 지식재산권 분쟁을 끝내고 글로벌 원전시장에서 협력을 강화하기로 합의함으로써 우리 원자력 산업의 미국 원전 시장 진입에 관한 법적 리스크는 어느 정도 해소되었다(한국수력원자력 보도자료, “한국수력원자력, 미국 웨스팅하우스와 글로벌 협력 강화” (2025. 1. 17)). 그런데 지식재산권 분쟁 종결 합의에 한국수력원자력 등이 원전을 수출할 때 1기당 6억5천만 달러(약 9천억 원) 규모의 물품·용역 구매 계약을 웨스팅하우스와 체결하고, 1기당 1억7,500만 달러(약 2천400억 원)의 기술 사용료를 내는 등 한국수력원자력에 불리한 내용이 포함되어 있어 논란이 되고 있다. 김동규, “한수원·웨스팅하우스 합의문에 ‘SMR 검증 뒤 수출·50년 로열티’”, 연합뉴스(2025. 8. 18); 박기용·기민도·고경주, “체코에 원전 팔려고…한수원, 웨스팅하우스와 ‘50년 노예계약’”, 한겨레 (2025. 8. 20); 차대운, “‘바라카 2배 단가’ 26조에 체코원전 수주 확정…수익성 확보 관건”, 연합뉴스 (2025. 6. 5).

따른 핵연료주기 관련 제약은 한국의 전략적 선택과 한미 간 원자력 협력을 어렵게 만드는 요인이다.⁵⁾ 미국과의 공동 개발, 기술 실증, 수출 연계 협력에서 한미 원자력협정의 유연성 확보는 필수 과제이다.

이에 2025. 9. 25. 제80차 유엔총회 계기 조현 외교부 장관과 크리스 라이트(Chris Wright) 美 에너지부 장관과의 면담에서, 조 장관은 원전 26기를 운영하고 있는 국가로서 우리 원전의 안정적 운용을 위한 에너지 안보 차원에서 농축⁶⁾과 재처리⁷⁾를 포함한 상업적 목적의 완전한 핵연료주기 확보 필요성을 적극 설명하였다.⁸⁾

2025. 10. 31. 개막하는 아시아·태평양경제협력체(APEC) 정상회의를 계기로 열린 한미 정상회담에서 이재명 대통령은 평화적인 목적의 우라늄 농축, 핵연료 재처리에 대해 트럼프 대통령의 관심을 요청하였으며, 특히 우리의 핵연료 중 상당 부분을 러시아로부터 수입하고 있고 원자력 발전소 폐기물 처리 문제가 시급한 상황에서 이러한 능력이 긴요하다고 하였다. 트럼프 대통령은 이에 공감하면서 한국의 진전된 역량을 토대로 원자력 등 핵심 전략 산업 분야에서 더 큰 협력의 기회들을 모색해 나가야 한다는 데 대해서 의견을 같이하였다.⁹⁾ 원전 수출, SMR 공동 개발, 기술 특허 공유 등 한미 간 실질적 이해관계가 결합된 협력 모델을 기반으로 협정 개정(한국의 사용후핵연료 재처리와 우라늄 농축 권한 확대)의 동력이 강화된 것으로 보인다. 2025. 8. 25. 제1차 한미 정상회담에서 트럼프 대통령의 핵심 공약인 미국 조선업 부흥(Make America Shipbuilding Great Again: MASGA)에 1,500억 달러를 배정하여, 이를 협상의 돌파구로 활용하였다면,¹⁰⁾ 2025. 10. 29. 제2차 정상회담에서는 소위 ‘미국 원전 부흥’(Make America Nuclear cooperation Great Again: MANUGA)이 협상을 타개하는 돌파구가 되었다고 볼 수 있다.

5) 임은정, “트럼프 2.0시대, 에너지 정책의 변화 및 전망”, 전기저널 (2025. 9. 24).

6) 원자력발전에 사용되는 우라늄은 천연우라늄을 2~5% 정도로 농축한 것이지만, 90% 정도로 농축하면 핵폭탄의 원료가 되기 때문에 우라늄 농축 기술은 규제의 대상이다.

7) 사용후핵연료의 재처리는 원자력발전에 사용한 핵연료 속에 남아 있는 핵분열성물질(우라늄 235 및 플루토늄 239, 241 등)을 분리, 추출하는 공정을 말한다. 재처리는 방사성폐기물의 부피를 줄이고 우라늄 자원의 이용효율을 높이는 효과가 있다. 하지만 재처리로 얻어지는 플루토늄은 핵무기의 원료가 될 수 있기 때문에 미국과 국제사회는 재처리기술의 확산을 엄격히 규제하고 있다.

8) 외교부 보도자료, “제80차 유엔총회 계기 미 에너지부 장관 면담(9.25.) 결과” (2025. 9. 26).

9) 대한민국 대통령실 브리핑, “한미 오찬 정상회담 관련 위성락 국가안보실장 브리핑” (2025. 10. 29).

10) Timothy W. Martin & Soobin Kim, “The New Acronym Driving South Korea’s Summit with Trump: MASGA”, WSJ (2025. 8. 24).

2025. 11. 14. 공개된 「이재명 대통령과 도널드 트럼프 대통령 간 회담 공동 설명자료」(이하 “한미 정상회담 공동 설명자료”)에 따르면, 미국은 한국의 평화적 이용을 위한 민간 우라늄 농축과 사용후핵연료 재처리로 귀결될 절차를 지지하기로 약속하였다.¹¹⁾ 국가 정상 의지가 담보된 상황에 해당하여 협상이 효과적으로 진행될 수 있는 여건이 조성되었다고 볼 수 있다.

이 글에서는 한미 원자력협정의 핵연료주기 관련 규정을 중심으로, 특히 우라늄 농축과 사용후재처리에 관한 사전동의제도의 법적 구조와 한계를 검토한다. 이를 위해 미국 원자력법 제123조와 미국이 주요국과 체결한 원자력협정의 사전동의 방식을 비교·분석하고, 이를 바탕으로 한미 원자력협정의 사전동의제도가 갖는 제도적 한계를 도출한 후, 한국의 원자력 산업 및 에너지 안보에 부합하는 협정의 개정 방향과 실현 방안을 제시하고자 한다.

II. 한미 양국의 원전 정책 현황

1. 트럼프 2기 원전 정책

트럼프 2기 행정부의 화석연료로의 회귀 속에서도 원자력은, 인공지능(AI) 기술개발과 산업적 이용을 위해 데이터 센터 건설이 급증하여 전력 부족 사태가 우려되는 가운데 미래 전력 수급 안정을 위한 중요한 대안으로 주목받고 있다.¹²⁾ 2025. 5. 23. 트럼프 대통령은 원자력 발전 용량을 현재 약 100GW에서 2050년까지 400GW로 네 배 확대하는 내용의 「원자력 산업 기반 재활성화」(Reinvigorating the Nuclear Industrial Base) 행정명령에 서명하였다.¹³⁾ 폐쇄된 원전의 재가동과 건설 중단 원전의 완공 지원도 지시하였다. 특히 주목할 점은 원자력과 국가안보, 인공지능(AI) 산업을 연결시키려는 시도이다. 트럼프 대통령은

11) 외교부, “한미 정상회담 공동 설명자료” (2025. 11. 14), <https://www.mofa.go.kr/www/brd/m_28650/view.do?seq=67&page=1> (최종 검색일: 2025. 12. 17).

12) Dan Connell, “Data Center and AI Power Demand – Will Nuclear Be the Answer?”, CF private equity (2025. 7. 31).

13) 한국원전수출산업협회, “트럼프 행정부의 원자력 산업 활성화 정책 동향” (2025. 5. 27); Jennifer Hiller & Scott Patterson, “‘It’s Time for Nuclear’ to Meet Growing U.S. Power Needs, Trump Declares”, WSJ (2024. 5. 23); Alex Hunt, “Trump sets out aim to quadruple US nuclear capacity”, World Nuclear News (2025. 5. 24).

군 기지에 SMR을 설치하도록 지시하였다. 또한 AI 데이터센터를 국방과 안보 임무를 지원하는 중대한 방어 시설(critical defense facilities)로 지정하여 안정적 원자력 전력이 공급될 수 있게 하려 한다.¹⁴⁾ 그러나 미국의 원자력 산업은 수십 년간 신속하고 효율적인 원전 시공 능력을 입증하지 못하였다.¹⁵⁾

2. 한국 원전 현황

1956년부터 시작된 한미 원자력 협력으로 한국은 미국의 일방적 기술지원과 통제를 받던 관계에서 상호보완적인 파트너 관계로 발전하였다. 2025년 10월 26일 기준으로 전 세계 31개 국가에서 416기의 원자로를 운영하고 있으며, 총 설비 용량은 376.2GW이다. 국가 별로는 미국이 94기(96.9GW)로 가장 많으며, 프랑스 57기(63.0GW), 중국 57기(55.3GW), 러시아 36기(26.8GW), 한국 26기(25.6GW) 순이다.¹⁶⁾ 한국은 이미 2009년 UAE 바라카 원전,¹⁷⁾ 2025년 체코 두코바니 원전 수출¹⁸⁾을 통해 세계적인 신뢰를 얻었다.¹⁹⁾

한국 원전의 강점으로는 크게 ① 가격 경쟁력, ② 적기 완공, ③ 운영의 효율성, ④ 기술력, ⑤ 유기적으로 연결된 국내 산업 생태계가 언급되고 있다.

3. 시사점

바로 지금 원자력 발전의 원천기술과 역량을 가지고 있는 미국의 소프트파워와 지속적

14) U.S. Dep't of Energy (DOE), "9 Key Takeaways from President Trump's Executive Orders on Nuclear Energy" (2025. 6. 10).

<<https://www.energy.gov/ne/articles/9-key-takeaways-president-trumps-executive-orders-nuclear-energy>> (최종 검색일: 2026. 6. 15).

15) 박지영 외 3인, 한미 원자력 협력 협정의 선진적 개정을 위한 기반 연구, 서울대학교 국가미래전략원 TF 보고서 (2025), 46면; 정용훈, "한국과 미국의 차이를 고려한 성공적 대미 진출 전략", 원자력산업, vol.473 (한국원자력산업협회, 2025), 37면.

16) IAEA, Power Reactor Information System (PRIS) (2025. 10. 26),

<<https://pris.iaea.org/PRIS/WorldStatistics/OperationalReactorsByCountry.aspx>> (최종 검색일: 2025. 10. 27).

17) 대한민국 정책브리핑, "한전, UAE 원전 운영 계약 ... 60년간 54조원 매출" (2016. 10. 21).

18) 한국수력원자력 보도자료, "한국수력원자력, 체코 신규원전 사업 계약 체결" (2025. 6. 5).

19) 우리나라는 바라카 원전 수출로 미국, 영국, 프랑스, 러시아, 캐나다에 이어 세계 6번째 원전 수출국이 되었다. 황해룡, "바라카 원전 상업운전의 의의와 시사점", 세계원전시장 인사이트 (에너지경제연구원, 2021. 4. 16), 3-11면.

인 원전 건설로 세계 수준의 원전 건설 능력을 입증한 한국의 하드파워를 결합하여 한미 양국이 윈-윈(win-win)할 수 있는 절호의 파트너십을 구축할 기회를 맞고 있다. 앞으로 SMR 분야 등에서 미국과 협력한다면 한국의 기술력과 경험이 빛을 발할 수 있다. 한국은 지난 40여 년간 꾸준히 원전을 건설하며 세계 최고 수준의 기술력과 숙련된 인력, 견고한 원전 기자재 공급망을 구축해 왔다.²⁰⁾

한미 간 원전 협력은 SMR 공동 개발과 핵연료 호환을 위한 공동 개발의 형태로 이루어질 수 있을 것이다.

가. SMR 공동 개발

세계 각국은 기후변화 위기 대응과 에너지 안보를 위해 원자력을 발전원으로 활용하는 정책을 추진하고 있으며, 특히 SMR 등 선진 원자로(Advanced Reactor)를 적극적으로 개발하고 있다. 2023년 12월 아랍에미리트 두바이에서 열린 COP 28에서는 2050년까지 온실가스 배출을 줄이기 위해 원전 설비 용량을 3배로 확대한다는 내용의 선언문을 채택하였고, 현재까지 총 31개국²¹⁾이 서명하였다. 이 선언문에서는 SMR과 같은 새로운 원자력 기술이 기존 대형 원전 대비 좁은 면적 활용과 설계 유연성을 바탕으로 전력 수요가 높은 지역과 원거리 지역에 보급할 수 있으며, 재생에너지와 상호보완적으로 운영할 수 있고, 탈탄소화 지원에 유연성을 제공할 수 있다고 강조하였다.²²⁾

2025. 11. 한국 정부는 한국형 SMR을 미래 에너지 핵심 산업으로 육성하기 위한 계획을 발표하였다. 한미 간에는 국내 원자로 제작용체와 미국 SMR 업체 간의 주기기 제작 협의와 같은 협력이 이루어지고 있다. 예를 들어, 2025. 8. 26. 한국수력원자력과 두산에너지

20) 이용성, “[Interview 야코포 본조르노 메사추세츠공대(MIT) 교수] ‘전 세계가 韓 원전 기술 주목, 체코 꽤 거 놀랄 것 없다’”, 월간통상, vol.148 (2024), 8-11면.

21) 미국, 캐나다, 한국, 일본, 영국, 프랑스, 불가리아, 체코, 핀란드, 헝가리, 네덜란드, 폴란드, 루마니아, 슬로바키아, 슬로베니아, 스웨덴, 우크라이나, 가나, 몰도바, 몽골리아, 모로코, 아랍에미리트, 아르메니아, 크로아티아, 자메이카, 엘살바도르, 카자흐스탄, 케냐, 코소보, 나이지리아, 튀르키예.

22) Natia Gamkrelidze & Andrei Covatariu, “Why COP-29 Proved Nuclear Energy is Essential for a Green Future” (Belfer Center, 2024. 11. 19), <<https://www.belfercenter.org/research-analysis/why-cop-29-proved-nuclear-energy-essential-green-future>> (최종 검색일: 2026. 6. 12); World Nuclear Association, “Six More Countries Endorse the Declaration to Triple Nuclear Energy by 2050 at COP29” (2024. 11. 13), <<https://world-nuclear.org/news-and-media/press-statements/six-more-countries-endorse-the-declaration-to-triple-nuclear-energy-by-2050-at-cop29>> (최종 검색일: 2026. 6. 12).

티는 미국 글로벌 데이터 및 클라우드 서비스의 선도 기업인 아마존 웹 서비스(AWS), 차세대 SMR 개발기업인 엑스에너지(X-energy)와의 업무협약을 통해 미국 SMR 개발 프로젝트에 협력하기로 약속하였다.

미국은 인공지능 데이터 센터 구축이 활발해지면서 전기를 공급할 발전시설이 필요하다. 이에 따라 청정에너지인 원자력의 수요가 증가하면서 국내 에너지 기업과 미국 에너지 기업 간의 교류가 활발해지고 있다.

미국의 원자력 개발을 위해서는 미국 내에서 부품 조달이 지속적으로 이루어져야 한다. 이에 국내 부품사의 미국 진출을 고려해볼 수 있다.

나. 핵연료 호환을 위한 공동 개발

미국은 원자력 분야에서의 선도적 우위를 유지하기 위한 국가 정책을 수립하여 시행하는 중이다. 미국의 원자력 개발 연구는 다양한 냉각재, 연료, 크기와 공급 방식을 갖춘 저탄소 에너지인 첨단 원자력 발전소 개발·시연 및 보급을 목적으로 한다.²³⁾

미국은 원전 연료인 농축 우라늄의 상당량을 러시아를 포함한 외국으로부터의 수입에 의존하고 있어 공급망 교란에 취약한 편이다(<표 2> 참조).

<표 2> 미국 원전에 이용되는 핵연료 공급 현황

핵연료 공급 단계	2022년 미국 생산량	2022년 러시아 생산량	미국의 수입 의존도	미국의 러시아에 대한 수입 의존도
채광 우라늄	75 메트릭 톤 (전 세계 생산량의 1% 미만)	2,508 메트릭 톤 (전 세계 생산량의 5%)	90%	0%
변환 우라늄	1,170 메트릭 톤 (전 세계 생산량의 1% 미만)	4,5400 메트릭 톤 (전 세계 생산량의 5%)	95%	12%
농축 우라늄	490만 SWU (전 세계 생산량의 7.5%)	2,710만 SWU (전 세계 생산량의 44%) ※ 중국은 1,100만 SWU(14.5%)	67%	35%
고순도 저농축 우라늄 (HALEU)	상업적 규모의 생산은 없음	100% (러시아는 상업적 규모로 생산하는 유일한 국가)	미정(TBD)	미정(TBD)

※ 자료: Gracelin Baskaran & Meredith Schwartz, "Fueling the Future: Recommendations for Strengthening U.S. Uranium Security" (CSIS, 2025), 4.

23) U.S. Dep't of Energy (DOE), "Nuclear Energy: Supply Chain Deep Dive Assessment" (2022. 2. 24), <https://www.energy.gov/sites/default/files/2024-12/Nuclear%2520Energy%2520Supply%2520Chain%2520Report%2520-%2520Final%5B1%5D.pdf> (최종 검색일: 2025. 12. 17).

미국 에너지부의 원자력 에너지 확장의 두 가지 주요 우선순위는 ① 고순도 저농축 우라늄(HALEU)을 국내에서 안정적으로 공급하고, ② 첨단 원자로 개발 지원 프로그램 (Gateway for Accelerated Innovation in Nuclear: GAIN)과 국립원자력혁신센터(National Reactor Innovation Center: NRIC)의 운용으로 미국 민간 기업과 국립연구소가 첨단 원자로 기술을 실증·테스트·상용화하도록 지원하는 것이다. 이에 따라 청정에너지인 원자력의 수요가 증가하면서 국내 에너지 기업과 미국 에너지 기업 간의 교류가 활발해지고 있다.

III. 핵연료주기 정책과 한미 원자력협정의 관계

트럼프 2기 한미 간 SMR 공동 개발, 핵연료 호환을 위한 공동 개발을 확대하기 위해서는 현행 한미 원자력협정의 관련 규정을 검토할 필요가 있다. 특히 농축과 재처리 등 핵연료주기 활동에 관한 사전동의 구조가 양국 간 원자력 협력에 어떠한 제약을 가하는지 살펴볼 필요가 있다. 이를 위해서는 먼저 핵연료주기의 구조와 관련 기술에 대한 이해가 필요하다([그림 1] 참조).

1. 핵연료주기

천연 우라늄을 채굴하여 정련 과정을 거쳐 옐로케이크(U_3O_8)라는 안정된 형태를 만든다. 이후 UF_6 (육불화우라늄)이라는 기체로 변환하여 농축을 한다. 농축하지 않은 천연 우라늄은 중수로(CANada Deuterium Urinium: CANDU)²⁴⁾에서 사용할 수 있는 형태로 연료봉으로 가공하여 전력을 생산한다. 우리나라에는 월성 원전에 CANDU형이 있다.

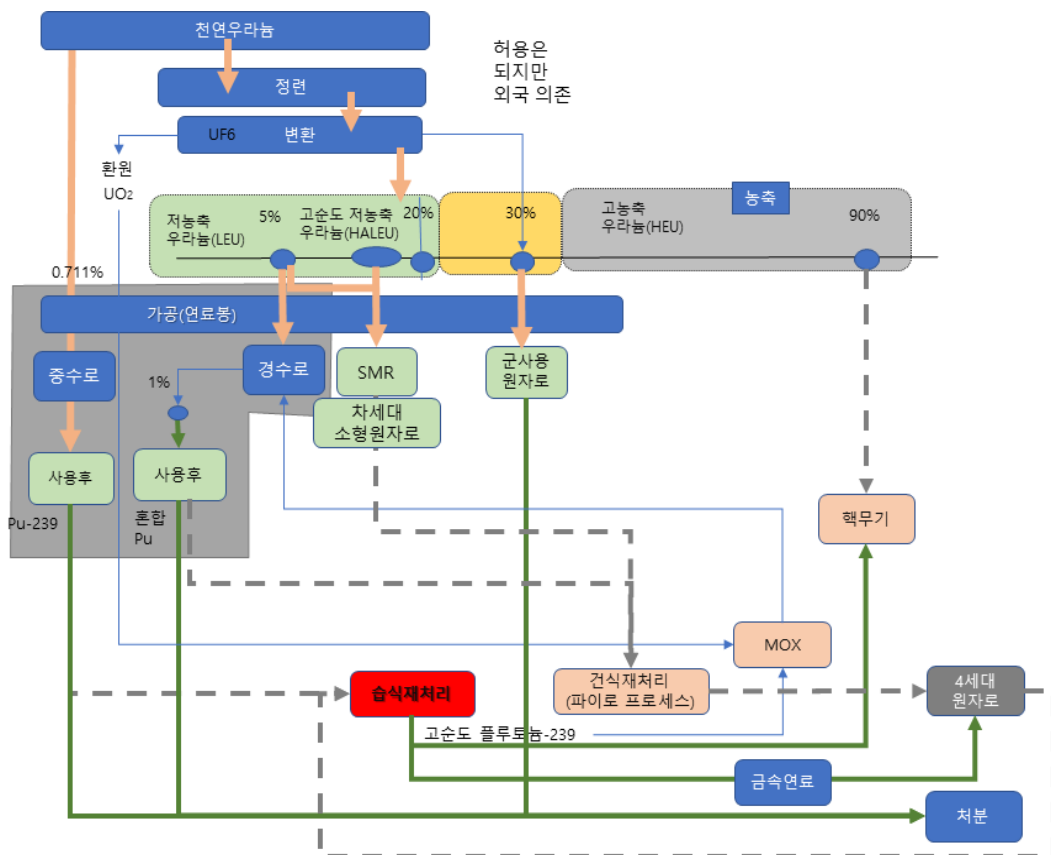
농축된 우라늄은 원자로의 형식에 맞게 가공된다.²⁵⁾ 농축된 우라늄은 UO_2 펠릿으로 만들어지고, 지르코늄 피복관 속에 들어가 연료봉으로 가공된다. 5% 이하의 저농축 우라늄(LEU)은 경수로(가압경수로[Pressured Water Reactor: PWR], 비등경수로[Boiling Water Reactor:

24) 캐나다가 독자적으로 개발한 가압 중수로.

25) 우라늄 농축은 우라늄-235의 동위원소의 비중을 증가시키는 작업이다. 우라늄-235의 농도가 5% 이하인 저농축 우라늄(low-enriched uranium: LEU)은 현재 대다수의 원전에서 사용되며, 농축도가 5~10%이며 경수기반의 3세대 원자로에 사용되는 연료는 LEU+, 5~19.75% 농축도이며 비경수형 선진 원자로에 사용되는 연료는 고순도 저농축우라늄(high-assay LEU: HALEU)이다. 김창훈·조주현, “핵연료 공급부문 시장현황 분석”, 세계원전시장 인사이트 (에너지경제연구원, 2024. 2. 23), 10면.

BWR])에 사용된다. 국내 원전 대부분이 경수로이다. 5~20%의 고순도 저농축 우라늄(HALEU)은 SMR이나 차세대소형원자로의 연료로 사용된다. 하지만 SMR은 아직 연구·개발 단계로 상용화 전이다. 20% 이상(무기급은 90% 이상)의 고농축 우라늄(HEU)은 연구용 원자로, 군사용 잠수함, 핵무기에 사용된다. 국내 원자로는 고농축 우라늄(HEU)를 사용하지 않고 있다. 연구로도 저농축 우라늄(LEU)만 사용한다.

[그림 1] 핵연료주기



연료봉의 집합체인 연료집합체가 원자로 속으로 들어가 핵분열을 통해 에너지를 생산하고, 이 에너지를 전환해서 전기를 공급한다. 연료가 소진되면(경수로는 5%에서 1%로) 사용후핵연료가 된다.

사용후핵연료 중 CANDU형이나 SMR 등(경수로 제외)에서 나온 연료는 다시 연료로 만들 수 있는데, 이를 재처리라고 한다. 우리나라는 한미 원자력협정에서 플루토늄 분리 재

처리를 금지하고 있어 플루토늄과 우라늄만 회수하는 습식 재처리(Plutonium-URanium EXtraction: PUREX)는 할 수 없다. 사용후핵연료의 건식처리(파이로 프로세스)²⁶⁾를 통해 다시 금속연료나 MOX 연료로 가공하여 4세대 원자로에서 사용할 수 있다. 현재 건식처리에 관한 연구는 이루어지고 있지만, 상업적 사용 단계는 아니다. 처분은 지하 처분장에 묻는 것을 말한다. 일부 고농축 우라늄(HEU)이나 무기급 플루토늄은 핵추진 잠수함이나 핵무기에 이용된다.

2. 한미 원자력 협력의 한계

가. SMR 공동 개발의 한계

한미 SMR 공동 개발에는 한계가 있다. 첫째, 한미 핵연료 공급망이 불안하기 때문이다. 대부분의 소형 SMR 노형들은 농축도 5~20%의 고순도 저농축우라늄(HALEU) 핵연료가 필요한데,²⁷⁾ 러시아는 전 세계에서 이를 상업적 규모로 제공할 수 있는 유일한 공급국이다(앞의 <표 2> 참조).²⁸⁾ 미국은 자체 공급망 구축에 나섰지만, 상당 기간 해외 수요까지 충족시키기는 한계가 있다. 원자력 선진국들이 SMR 시장을 선점하기 위해 경쟁 중인데, 그 핵연료의 안정적인 공급처를 확보하지 못한다면 경쟁에서 뒤쳐질 수밖에 없다.

둘째, 재처리 기술 도입에 필요한 R&D가 제약을 받고 있다. SMR과 같은 선진 원자로의 개발 중인 기술로, 가용한 자료가 부족하며, 기술에 대한 이해가 부족한 상태이므로, 선진 원자로의 후행 핵연료주기 관리방안에 대한 지속적인 관심이 필요하다.²⁹⁾ 비경수형 SMR의 핵연료로서 초우라늄(Transuranic: TRU) 핵연료를 만들기 위해서는 재처리 또는 파이로프로세싱이 필요한데, 비경수형 SMR의 도입과 가동을 촉진하기 위한 재처리 기술 도입에 필요한 연구·개발은 한미 원자력협정상 제약이 있다.

26) 파이로 프로세스(Pyroprocess)는 사용후핵연료에서 우라늄 등을 회수하여 고속증식로(고속로)의 핵연료로 사용할 수 있는 기술로서, 일반적인 재처리(습식)과 비교하여 건식 재처리로 불린다. 파이로프로세싱을 통해 우라늄의 활용도를 높이고, 사용후핵연료의 부피, 발열량 등을 낮추는 효과가 있다고 한다.

27) NEA, *The NEA Small Modular Reactor Dashboard: Third Edition* (OECD Publishing, 2025), 18.

28) Gracelin Baskaran & Meredith Schwartz, *Fueling the Future: Recommendations for Strengthening U.S. Uranium Security* (CSIS, 2025), 4-5.

29) 남효은, “선진원자로 방사성폐기물 특성 및 관리방안”, 세계원전시장 인사이트 (에너지경제연구원, 2023. 4. 14), 15면.

셋째, 사업 성공이 불확실하다. SMR은 현재 개발 중인 기술이며, 아직 육상에서 상업 운전을 한 사례가 없다. 그만큼 사업 성공의 불확실성이 높고, 경제성을 확보할 수 있을지도 미지수이다.

넷째, 국내 원자로 공급망의 리스크가 예상된다. 현재 원자로 압력용기 등 핵심 설비에 들어가는 대형 주조·단조가 가능한 업체로는 국내에는 두산 에너빌리티가 있고, 세계적으로도 일본제강(Japan Steel Works: JSW) 등 일부 회사만이 가능하다. 향후 미국에 원자로 공급 계약의 규모가 커질 경우 국내 공급 일정에 차질이 발생할 수 있다.³⁰⁾

마지막으로 국내 부품사가 대미 투자 형태로 미국에 직접 진출할 경우 국내 산업의 공동화가 우려된다.

나. 핵연료 호환을 위한 공동 개발의 한계

한미 핵연료 호환을 위한 공동 개발에도 한계가 있다. 첫째, 한국의 핵연료 공급망이 미완 상태이기 때문이다. 현재 한국은 옐로케이크(U_3O_8)를 수입하여, 국내에서 농축은 직접 하지 않고, 연료 펠릿(UO_2)을 제조 및 가공하는 정도이다. 농축은 미국, 프랑스 등 해외 업체에 위탁하고 있다. 만약 국내에서 직접 농축하려고 하면, 국내에 천연 우라늄 → 변환(UF_6) → 농축 → 펠릿 제작에 이르는 전주기 시설이 필요하다. Zircaloy(지르코늄 합금 핵연료 피복관) 자체 제작도 필요하다.

둘째, 국내 농축·재처리 시설 입지에 어려움이 있다. 농축시설은 원자력 발전시설만큼이나 국내 시설 입지가 어려울 수 있다. 「원자력안전법」은 원자력 발전소뿐 아니라 핵연료주기 시설(핵연료 물질의 정련·변환·가공 또는 사용후핵연료처리를 위한 시설)도 규제하고 있다(제2조제15호).³¹⁾ 농축이나 재처리시설도 「원자력안전법」의 엄격한 규제를 받는다(제4장[핵연료주기 시설의 건설·운영과 핵물질의 사용 등] 참조).

30) U.S. Dep't of Energy (DOE), 2021-2024 Four-Year Review of Supply Chains for the Energy Sector Industrial Base (2024. 12).

31) 「원자력안전법」

제2조(정의) 이 법에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다.

15. “핵연료주기시설”이란 정련·변환·가공 또는 사용후핵연료처리를 위한 시설을 말한다.

3. 한미 원자력협정 연혁

한미 원자력협정은 1956년 최초로 체결되었다. 1950년대와 1960년대에 체결 또는 개정된 한미 원자력협정은 원자력 연구 인력을 양성하고, 연구용 원자로를 도입하기 위한 원자력 연구개발 초기 단계의 협정이었다. 그러다가 1973년 협정이 1956년 협정을 대체한 후 거의 40년간 한미 간 원자력 협력의 근간이 되었다. 이 시기에는 상업용 원자로를 도입하여 한미 간 실질적인 원자력 협력이 시작되었다. 그리고 2015년 우리의 제고된 원자력 산업·기술에서의 위상을 반영하여 1973년 협정을 전면 개정하였다. 이로써 1973년 협정의 일방적 통제 체제에서 벗어나 선진적·호혜적 원자력 협력을 위한 새로운 발판이 마련되었다(<표 3> 참조).³²⁾

<표 3> 한미 원자력협정 연혁

연번	조약명	상태 (조약번호)	발효일	종료일
1	(원조약) 원자력의 비군사적 사용에 관한 대한민국 정부와 미합중국 정부 간의 협력을 위한 협정	종료 (조약 36호)	1956. 2. 3.	1973. 3. 19.
2	(개정) 원자력의 비군사적 사용에 관한 대한민국 정부와 미합중국 정부 간의 협력을 위한 협정 수정협정, 본문 별첨 및 동 협정의 효력 발생을 위한 한미간의 교환각서	종료 (조약 45호)	1958. 5. 22.	1973. 3. 19.
3	(연장 및 개정) 원자력의 비군사적 사용을 위한 대한민국 정부와 미합중국 정부 간의 협력에 관한 협정 수정	종료 (조약 184호)	1966. 1. 28.	1973. 3. 19.
4	(대체) 원자력의 민간 이용에 관한 대한민국 정부와 미합중국 정부 간의 협력을 위한 협정	종료 (조약 474호)	1973. 3. 19.	2015. 11. 25.
5	(연장) 원자력의 민간 이용에 관한 대한민국 정부와 미합중국 정부 간의 협력을 위한 협정의 연장을 위한 교환각서	종료 (조약 2180호)	2014. 3. 18.	2015. 11. 25.
6	(전면 개정) 대한민국 정부와 미합중국 정부 간의 원자력의 평화적 이용에 관한 협력 협정	발효 (조약 2262호)	2015. 11. 25.	

※ 자료: 외교부 조약정보시스템에서 검색하여 정리.

가. 1956년 한미 원자력협정

한국 원자력의 역사는 1956년 한미 간 「원자력의 비군사적 사용에 관한 대한민국 정부와 미합중국 정부 간의 협력을 위한 협정」을 체결하며 시작하였다. 한국의 실질적인 원자력 연구는 1962년 미국의 100kW급 연구로(TRIGA MARK-II)를 도입하여 가동하면서 시

32) 이상현, “한미 원자력 협력: 원자력 이용개발 협력 이슈와 쟁점”, 국가전략, 제25권 제4호 (2019), 83-84면.

작되었다. 연구용 원자로 착공이 임박한 가운데 연구용 원자로 및 향후에 도입될 동력으로 (상업용 원자로)에 사용될 농축우라늄 235 등 특수핵물질의 원활한 공급을 위해 특수핵물질의 대여와 양도를 규정하는 1958년 개정이 있었다. 1966년에는 유효기간이 1966년까지인 1958년 협정의 유효기간을 10년 더 연장하고, 미국이 대여하는 특수핵물질 등을 한국이 구매할 수 있게 개정하였다.³³⁾

나. 1973년 한미 원자력협정

1970년대 초까지 순조롭게 추진되던 한미 원자력 협력이 가장 큰 위협에 직면한 시기가 1970년대 중반이었다. 1974. 5. 인도의 핵실험 이후 미국과 국제사회는 국제적인 핵 비확산을 강하게 추진하였고, 미국은 과거에 체결한 원자력협정을 핵 비확산을 강화하는 방향으로 개정하려 하였다. 1970년대 박정희 대통령은 프랑스의 지원으로 국내에 시험용 재처리시설을 도입하려 하였고, 이러한 시도는 미국의 강력한 반대에 부딪혔다.³⁴⁾

1956년 협정을 대체한 후 거의 40년간 한미 간 원자력 협력의 근간이 되었던 1973년 한미 원자력협정은 핵 비확산이라는 국제환경과 한미 간 원자력 협력 정책 변화가 구체적으로 반영된 협상이었다. 이 협정에 따르면, 농축재처리에 대해 미국의 사전동의를 받아야 했는데, 사전동의란 사실상 금지를 완곡하게 표현한 것이었다.

1978년 미국 웨스팅하우스에서 도입한 고리 1호기³⁵⁾가 상업 운전을 개시하였는데, 이는 한국의 원자력 산업이 오늘날과 같은 세계적인 수준으로 성장하는 발판이 되었다.

다. 2015년 한미 원자력협정: 핵연료주기 협력 가능성 합의

1974년 「원자력의 민간 이용에 관한 협력을 위한 협정」이 2014. 3. 만료함에 따라, 한미 정부는 2010년에 신협정을 위한 협상을 개시하였다. 하지만 이명박 정부는 당면과제인 한미 FTA 체결과 미사일 사거리 연장에 외교력을 집중하느라 만료 시한이 4년 정도 남은 원자력 협력 협상에는 상대적으로 소홀하였다. 그 결과 2년간에 걸친 정부 간 협상에도

33) 전진호, “1970년대 한미 원자력협정”, 한국외교협상사례 총서, 제16권 (국립외교원, 2023), 27-38면.

34) *Ibid.*, 25면.

35) 고리 원전의 수명은 30~40년으로 해석되어 폐쇄 시점에 대한 논란이 있었지만 2008년 10년간의 재가동 이 승인되어 연장 운영하였다. 하지만 잦은 사고로 2017년 6월 영구 정지된 상태이다.

불구하고 핵연료주기 활동을 중심으로 하는 핵심 의제는 큰 진전을 이루지 못하였다.

2014. 4. 16. ~18. 워싱턴에서 한미 원자력협정 개정을 위한 제6차 수석대표 협상이 열렸다. 여기에서 2014. 3. 만료된 1974년 협정을 2년 연장하고, 추가 협상하기로 합의하였다. 당시 한국 정부는 “선진적이며 호혜적인 한미 원자력협정” 체결을 협상 목표로 하며, 파이로 프로세싱(Pyroprocessing) 기술 개발 등 사용후핵연료의 효과적 관리, 핵연료의 안정적인 공급 확보, 원전 수출 경쟁력 제고 등 3개 핵심 협상 분야에서 의미 있는 진전이 있었다고 평가하였다.

양국 정부는 2015. 4. 서울에서 4년 6개월에 걸친 개정 협상을 끝냈고, 42년 만에 협정이 개정되었다. 2015년 한미 원자력협정은 양자 차관급 협의체인 고위급 위원회(High-Level Bilateral Commission: HLBC) 등 재처리와 농축을 가능하게 하는 추진경로를 만들기는 하였지만, 사용후핵연료의 재처리와 농축 면에서 한계가 있다.³⁶⁾ 그동안 미국이 협력을 거부했던 사용후핵연료의 조사 후 시험과 전해환원 과정에 대해 장기 동의를 획득함으로써 국내 시설에서 연구 활동이 가능하게 되었다. 재처리의 한 종류인 파이로프로세싱에 대한 한미 공동연구를 개시한 것은 큰 진전이었지만, 미국은 여전히 민감한 연구는 미국 내에서만 가능하다고 못 박았다. 또한 미국은 한국에 핵연료 공급을 보장할 것을 약속하고, 장래에 미국산 우라늄을 이용한 20% 미만의 저농축이 필요하게 되면 한미 간 협의와 합의를 통해 추진할 수 있는 경로를 마련하였다. 협의를 통해 20% 이내 농축을 가능하게 했지만, 협의 조건이 여전히 한국의 농축 활동을 차단하는 역할을 하고 있다.³⁷⁾

4. 미국의 원자력협정 개관

미국의 「1954년 원자력법(Atomic Energy Act of 1954)」은 핵물질의 민간 이용과 군사적 이용을 모두 규율하는 원자력 분야의 일반법이다. 제1편 제11장의 표제는 “국제적 활동”이고, 그 세 번째 조항인 제123조는 “다른 국가들과의 협력”에 관한 사항을 규율하고 있다. 제123조에 따르면 미국은 다른 국가와 일정 규모 이상의 원자력 협력을 하고자 할 때

36) 전진호, “한미 (신)원자력협정의 비판적 재검토”, 한일군사문화연구, 제35집 (2022)(이하 “전진호(2022)”), 22-23면.

37) 이찬송, “한미 원자력협정 협상 전략: 선택지 개발 및 최적 차선택 모색”, 세종정책브리프, 제21호 (세종연구소, 2025), 12면.

반드시 해당 국가와 평화적 원자력협정을 체결해야 한다. 원자력협정의 법적 근거가 제 123조이기 때문에 “123 협정(123 agreement)”이라고 부르기도 한다.

이는 연방의회의 승인을 요하는 의회행정협정이다. 미 대통령은 미 하원 외교위원회와 상원 외교위원회에 30일간의 연속 회기 동안 심의를 받기 위해 협정을 제출하고, 의회에는 60일간의 연속 회기 동안 심의를 받기 위해 제출한다. 60일의 심의 기간은 국무장관이 작성한 핵확산 평가 보고서가 제출된 때로부터 시작된다. 미 하원 외교위원회와 상원 외교위원회는 60일 동안 제출된 협정에 대한 청문회를 개최하고, 해당 협정의 승인 또는 부결을 권고하는 보고서를 제출한다. 의회는 외교위 보고서의 권고에 기초하여 미 대통령이 제출한 협정을 검토한 후, 공동 결의안을 통해 이를 거부할 수 있다(42 U.S.C. § 2153(c)~(d)).³⁸⁾

가. 협정 체결 현황

미국은 2026년 2월 기준 총 50개국과 총 26개의 양자 간 원자력협정(123 협정)을 체결하였다.³⁹⁾ 구체적으로 23개국,⁴⁰⁾ 유럽원자력공동체(European Atomic Energy Community:

38) 42 U.S.C.A. §2153

§ 2153. Cooperation with other nations

No cooperation with any nation group of nations or regional defense organization pursuant to sections 2073, 2074^(a), 2077, 2094, 211, 2121, 2133, 2134, or 2164 of this shall be undertaken until--

(c) Submittal of proposed agreements for cooperation to Congressional committees

the proposed agreement for cooperation, together with the approval and determination of the President, has been submitted to the Committee on Foreign Affairs of the House of Representatives and the Committee on Foreign Relations of the Senate for a period of thirty days of continuous session: Provided, however, that these committees, after having received such agreement for cooperation, may by resolution in writing waive the conditional of all or any portion of such thirty-day period; and

(d) Congressional action

the proposed agreement for cooperation has been submitted to the Congress, together with the approval and determination of the President, for a period of thirty days of continuous session adnm referred to the Committee on Foreign Affairs of the House of Representatives and the Committee on Foreign Relations of the Senate, ..., but such proposed agreement for cooperation shall not become effective if during such sixty-day period the Congress adopts, and there is enacted, a joint resolution stating in substance that the Congress does not favor the proposed agreement for cooperation: Provided, That the sixty-day period shall not begin until a Nuclear Proliferation Assessment Statement prepared by the Secretary of State, and any annexes thereto, ..., have been submitted to the Congress: ... During the sixty-day period the Committee on Foreign Affairs of the House of Representatives and the Committee on Foreign Relations of the Senate hshall each hold hearing on the proposed agreement for cooperation and submit a report to their respective bodies recommending whether it should be approved or disapproved. ...

Euratom) (1995)와 국제원자력기구(International Atomic Energy Agency: IAEA) (1959)와 같은 2개의 국제기구, 대만(2013)과 원자력협정을 체결한 상태이다.

나. 협정상 사전동의의 내용

미국은 원자력협정에서 ① 재이전, 즉 제3국으로 핵물질과 장비를 이전하는 행위, ② 우라늄 농축, ③ 핵물질 또는 사용후핵연료의 재처리, ④ 핵물질 또는 사용후핵연료의 형상·내용 변경, ⑤ 플루토늄(이하 “Pu”), 우라늄 233, 고농축우라늄(Highly Enriched Uranium: 이하 “HEU”)⁴¹⁾의 저장에 대해 사전동의를 요구하고 있다. 미국의 사전동의가 요구되는 경우 상대국은 해당 동의가 이루어진 범위와 조건에 따라 재이전, 농축, 재처리, 형상·내용 변경 또는 저장을 수행할 수 있으므로, 사전동의의 범위와 방식은 협력국의 핵연료주기 활동에 중요한 법적·제도적 영향을 미친다.

미국의 사전동의 대상의 범위가 확대되는 경우 국제 핵 비확산 체제를 유지하고 강화하는 데에는 이바지하겠지만, 상대국 입장에서는 핵연료 공급을 미국 등 특정 국가에 의존하게 되어 에너지 안보를 확보하는 데 불확실성이 존재하게 되고, 사용후핵연료 처리 옵션과 기술 개발의 가능성을 제한받게 된다.

다만 미국의 사전동의제도는 핵연료주기 활동을 일률적으로 금지하는 제도가 아니라, 협력국과 협정의 내용에 따라 사전동의의 범위와 방식을 달리 설정하는 제도라는 점에 유의할 필요가 있다. 따라서 농축 및 재처리에 관한 사전동의 역시 미국의 비확산정책이라는 제약 아래에서도 협정 당사국 간의 합의에 따라 그 범위와 조건을 조정할 수 있는 협정상 제도로 이해할 필요가 있다.

39) Paul K. Kerr & Mary Beth D. Niktin, “Nuclear Cooperation with Other Countries: A Primer”, *CRS Report*, RS22937 (2026. 2. 10), pp. 10-12; U.S. Dep’t of Energy (DOE), “123 Agreements for Peaceful Cooperation” (2025. 7. 11), <<https://www.energy.gov/nnsa/123-agreements-peaceful-cooperation>> (최종 검색일: 2025. 10. 29); U.S. Dep’t of State, “123 Agreements”, <<https://www.state.gov/bureau-of-international-security-and-non-proliferation/releases/2025/01/123-agreements>> (최종 검색일: 2025. 10. 29).

40) 아르헨티나(1996), 호주(2010), 브라질(1997), 캐나다(1999), 중국(2015), 인도(2008), 인도네시아(1980), 일본(1987), 카자흐스탄(1997), 한국(2015), 멕시코(2018), 모로코(1980), 노르웨이(2016), 필리핀(2023), 러시아(2008), 싱가포르(2024), 스위스(1997), 태국(2025), 터키(2000), 우크라이나(1998), 아랍에미리트(2009), 영국(2018), 베트남(2014). 괄호 안은 가장 최근의 체결연도이다.

41) 20% 이상 농축된 우라늄 235.

다. 협정별 사전동의 방식의 비교

미국의 사전동의 방식은 시기별로, 사전동의권 대상이 되는 작업에 따라 달라지기도 하지만 전반적으로 상대국에 따라 달라지는 경향이 있다.⁴²⁾ 미국의 사전동의 방식은 상대국의 정치 안보 관계, 민간 원자력 프로그램의 수준, 국제 핵비확산화에 대한 의지와 상대국이 위치한 지역에서의 핵확산 우려를 종합적으로 고려하여 결정된다.⁴³⁾ 이는 미국의 123협정이 모든 협력국에 동일한 수준의 사전동의를 부여하는 일률적인 체계가 아니라, 협력국의 원자력 역량과 비확산 환경, 양국의 전략적 관계 등을 고려하여 사전동의의 범위와 조건을 차등적으로 설정하는 구조임을 의미한다.

미국과 동맹관계이고, 가치를 공유하고 있는 전면적 협력국(유럽원자력공동체, 일본, 스위스), 이미 농축과 재처리 등의 기술을 보유하고 있는 기득권 협력국(호주, 브라질, 아르헨티나), 핵무기를 보유하고 있어 국제 안보 차원에서 중요한 위상을 차지하고 있는 전략적 협력국(인도)은 재이전, 농축, 재처리 등 핵연료주기 기술 분야의 협력과 관련하여 대체로 다음과 같은 특징이 있다.

첫째, 재이전 시 포괄적 사전동의 방식을 채택하고 있다. 동의를 효력이 있는 기간 동안 횟수에 상관없이 재이전할 수 있으므로, 재이전할 때마다 미국 정부에 개별적으로 사전동의를 요청할 필요가 없다. 대신 재이전의 사실은 통지해야 한다.

둘째, 이전된 우라늄 235의 20% 미만은 농축할 수 있고, 20% 이상의 농축은 당사자 합의 시 가능하다고 규정하고 있다. 셋째, 재처리, 형상·내용 변경 또는 저장(미국의 통제하에 있는 사용후핵연료의 재처리와 재처리 과정에서 얻은 플루토늄의 저장·이용에 이르는 핵연료주기의 단계별 작업)에 대해 포괄적 사전동의 또는 프로그램 동의(Programmatic Consent) 방식을 채택하고 있다.

하지만 전면적 협력국 등에 대해 처음부터 미국의 사전동의 방식이 그러했던 것은 아니다. 시기별로 미국의 사전동의 방식이 달라져 왔다. 예를 들어, 1970년대 일본, 스페인, 스웨덴, 스위스가 유럽원자력공동체에 사용후핵연료를 이전하는 데 동의해달라고 요청하였

42) 윤혜선, “원자력의 평화적 이용을 위한 국제협력에 관한 미국 원자력법 제123조 고찰”, 법과 정책연구, 제15집 제1호 (2015), 210-218면; 윤혜선, “한미원자력협력협정 개정방향에 대한 소고 -1988년 미일원자력협정 사례를 중심으로”, 서울법학, 제23권 제1호 (2015), 335-351면 참조.

43) Fred McGoldrick, “Nuclear Trade Controls: Minding the Gaps”, CSIS Report (2013), 37.

을 때 미국은 일회적으로 동의하였다.⁴⁴⁾ 그러다가 1980년대 이후부터 기한을 정한 동의를 하기 시작했다.

그 밖의 제한적 협력국(한국, 터키, 아랍에미리트, 남아프리카공화국 등)은 정도의 차이는 있지만, 재이전, 농축, 재처리 등 핵연료주기 기술 분야의 협력이 위에서 열거한 국가 군들과 비교해볼 때 제한적이다. 첫째, 재이전 시 서면합의 방식을 채택하여 포괄적 사전 동의보다는 개별 수송건별 동의(Shipment-by-Shipment Retransfer Consent) 요소가 포함되어 있다. 둘째, 이전 또는 생산된 우라늄은 농축하기 위한 약정에 서면으로 합의해야 20% 미만의 우라늄 235 농축을 할 수 있다. 셋째, 재처리, 형상·내용 변경에 대해 서면합의 방식을 채택하여 포괄적 사전동의보다는 제한적 동의(limited consent) 요소가 포함되어 있다. 제한적인 양의 사용후핵연료를 재처리 등 할 수 있게 동의해주는 방식이다.

이러한 비교에서 알 수 있듯이 미국의 사전동의제도는 일률적인 형태로 운영되는 것이 아니라, 포괄적 사전동의, 프로그램 동의 및 개별적 서면합의 등 다양한 방식으로 구성될 수 있다. 따라서 한미 원자력협정의 개정 방향도 단순히 ‘사전동의의 폐지 또는 유지’라는 이분법으로 접근하기보다는, 한국의 원자력 역량과 비확산 의무, 한미 양국의 전략적 이해 관계를 고려하여 어떠한 범위와 조건의 사전동의를 설정할 것인지의 문제로 접근할 필요가 있다.

5. 한미/미일 원자력협정 비교·분석

가. 한미/미일 원자력협정 비교

앞서 살펴본 바와 같이 미국 원자력법 제123조는 모든 협력국에 동일한 내용의 원자력 협정을 요구하는 것은 아니다. 미국이 체결한 123 협정은 협력국의 원자력 역량, 비확산 의무, 양국의 정치·안보 관계 및 지역적 상황 등에 따라 농축·재처리 등에 관한 사전동의의 범위와 방식을 달리 규정하고 있다. 따라서 한미 원자력협정의 사전동의의 구조 역시 미국 국내법상 변경이 불가능한 절대적 기준이라기보다는, 123조가 정한 법적 요건과 양국 간 협상에 따라 구체화되는 협정상 권리·의무의 문제로 이해할 필요가 있다. 이하에서는 이러한 차이를 보다 구체적으로 확인하기 위하여 한미 원자력협정과 미일 원자력협정을

44) Ibid., 33.

비교한다. 특히 농축과 재처리에 관한 사전동의 방식의 차이를 중심으로 현행 원자력협정의 특징과 개선 가능성을 검토한다.

미일 원자력협정(1987)에서 일본은 한미 원자력협정(2015)에서 한국에게 허용되고 있는 권한보다 더 많은 권한을 확보하였다. 한국은 일본이 가지고 있는 정기적 포괄적 사전동의의 권한이 없다. 일본은 미국의 간섭을 최소화하면서 자국의 프로그램에 의한 플루토늄의 이용, 개발이 가능하다. 일본도 미일 원자력협정(1987) 이전에는 재처리 등에 대한 사전동의가 개별 심사 방식이었기 때문에 미국의 주관적 판단(미국 의회의 개입)에 의해 일본의 원자력 프로그램이 원활하게 운용되기 어려웠다. 하지만 미일 원자력협정(1987)에서 포괄적 동의 방식을 도입하면서 일본의 핵연료주기는 안정적으로 운용될 수 있게 되었다.⁴⁵⁾

한미 원자력협정(2015)을 미일 원자력협정(1987)의 원문과 비교하여 분석한 결과는 다음 <표 4>와 같다.

<표 4> 한미 원자력협정(2015)과 미일 원자력협정 비교

구분	한미 원자력협정(2015)	미일 원자력협정(1987)	비교
제3국 재이전	이전, 이용 또는 생산된 핵물질 또는 장비는 당사자 합의 시 영역관할권 밖으로 이전 가능 ※ 양국은 조사되지 아니한 핵물질 또는 장비를 재이전할 수 있는 제3의 국가 또는 목적지의 목록을 교환하고, 이 목록에 포함되지 아니한 제3의 국가 또는 목적지로의 재이전은 사례별로 고려될 수 있음	이전, 이용 또는 생산된 핵물질 또는 장비는 당사자 합의 시 영역관할권 밖으로 이전 가능 ※ 포괄적 사전동의	미일 원자력협정(1987)은 포괄적 사전동의 방식을 채택하고 있는데, 한미 원자력협정(2015)은 개별 수송건별 동의 요소도 가미되어 있음.
	(제10조제2항, 동조제3항과 합의의사록 제3항)	(제4조)	
농축(enrichment)	이전 또는 생산된 우라늄은 고위급위 원회 협의에 따라 농축을 하기 위한 약정에 서면으로 합의하면 20% 미만의 우라늄 235 농축을 부속서 3에 추가된 시설에서 할 수 있음	이전된 우라늄 235의 20% 미만 농축 가능. 20% 이상의 농축은 당사자 합의 시 가능	미일 원자력협정(1987)은 우라늄 235의 20% 미만 농축이 가능하고, 그 이상의 농축도 당사자의 합의가 있으면 가능한데, 한미 원자력협정(2015)은 20% 미만으로 농축하는 데에도 서면 합의를 요하고 있음.
	(제11조제2항과 합의의사록 제7항)	(제6조)	

45) 전진호(2022), *op. cit.*, 19-20면.

구분	한미 원자력협정(2015)	미일 원자력협정(1987)	비교
재처리 (reprocessing)	이전, 이용 또는 생산된 원료물질 및 특수핵분열성물질의 재처리는 당사자들이 서면합의하는 경우에만 가능	이전, 이용 또는 생산된 원료물질 및 특수핵분열성물질은 당사자들이 합의하면 재처리될 수 있음 ※ 포괄적 사전동의 또는 프로그램 동의	미일 원자력협정(1987)은 포괄적 사전 동의, 프로그램 동의 방식을 채택하고 있는데, 한미 원자력협정(2015)은 서면합의를 요하고 있음.
	(제11조제1항)	(제5조제1항)	
형태 또는 내용 변경 (alteration)	이전, 이용 또는 생산된 원료물질 및 특수핵분열성물질의 형태 또는 내용 변경은 당사자들이 서면합의하는 경우에만 가능 ※ 형태 또는 내용의 변경에 원자로 연료의 조사 또는 재조사, 또는 조사되지 아니한 원료물질이나 조사되지 아니한 저농축우라늄에 대한 변화, 재변환, 또는 성형가공은 포함되지 않음	이전, 이용 또는 생산된 Pu, 우라늄 233, HEU는 조사(irradiation)를 통해 형태 또는 내용을 변경할 수 있음. 특수핵분열성물질을 다른 방식으로 형태 또는 내용을 변경할 때는 당사자 합의 필요	미일 원자력협정(1987)에서는 특수핵분열성물질을 제외한 물질의 형태 또는 내용을 자유로이 변경할 수 있도록 허용하는데, 한미 원자력협정(2015)은 반드시 서면합의를 요하고 있음.
	(제11조제1항, 동조제3항과 합의의사록 제5항)	(제5조제2항)	
Pu/HEU 저장	이전, 이용 또는 생산된 Pu, 우라늄 233, HEU는 당사자가 합의하는 시설에만 저장		내용상 동일
	(제10조제1항)	(제3조)	

※ 자료: 협정문 원문을 비교·검토하여 작성.

한미 원자력협정과 미일 원자력협정의 사전동의제도가 다르다는 것은 미국이 동맹국에 대해 동일한 수준의 사전동의 구조를 적용하는 것은 아니라는 점을 보여준다. 특히 일본에 대해서는 포괄적 또는 프로그램적 사전동의를 인정한 반면, 한국에 대해서는 개별적인 서면합의를 요구하는 영역이 상대적으로 넓다. 한미 원자력협정 개정 논의에서는 미일 원자력협정의 내용을 동일하게 적용할 것을 요구하기보다, 양국의 비확산 의무와 원자력 역량을 고려하면서 한국에 적합한 사전동의의 범위와 조건을 설정하는 것이 중요하다.

나. 한일 간 차이의 원인

미국이 일본에 비해 한국의 농축·재처리에 보다 신중한 입장을 취해 온 배경에는 역사적 요인, 비확산 정책, 지역 안보, 동맹관계 및 미중 전략경쟁 등 여러 요인이 복합적으로 작용한 것으로 볼 수 있다. 미국은 일본의 농축재처리는 전략적으로 관리 가능하다고 보

지만, 한국의 농축재처리는 비확산 체제와 지역 안보를 불안정하게 만들 수 있다고 판단하여 반대해왔다.

첫째, 한국과 일본은 원자력 역사와 역량을 갖춘 시기에 차이가 있다. 일본은 1970년대 미국의 농축재처리 이전 금지 정책이 도입되기 전에 농축재처리 역량을 확보했지만, 한국은 원자력 후발주자로서 기회의 창이 닫히면서 농축재처리를 쉽게 획득할 수 있는 기회를 놓쳤다. 일본은 일찍이 1950년대 미국의 “평화를 위한 원자력(Atoms for Peace)” 프로그램을 통해 원자력 기술을 발전시켰으며, 1960년대 이미 농축재처리 기술을 확보하였다. 일찍 농축재처리 기술을 획득하였기 때문에 미국이 1974년 인도 핵실험 이후 도입한 농축재처리 확산 방지 정책을 피해 갈 수 있었다. 1987년 미일 원자력협정에서 일본은 미국산 핵물질·기술·시설을 이용한 농축재처리 활동에 대한 포괄적 사전동의를 받으면서 우라늄 농축과 사용후연료 재처리를 사전에 허가받은 범위 내에서 실행할 수 있게 되었다.

둘째, 미국은 한국과 일본이 핵비확산 신뢰성과 핵무장 가능성에 차이가 있다고 보고 있다. 한국은 안보 문제(북한의 핵 위협)⁴⁶⁾와 국민의 높은 핵무장 지지도로 인해 자체 핵무장 가능성이 높다는 의심을 받고 있다. 일본 국민의 핵무장 지지도는 일관되게 10~20% 이내인 점도 미국이 일본은 핵무기를 개발할 가능성이 매우 낮다고 평가하는 이유이다.⁴⁷⁾

셋째, 미국은 한국과 일본의 농축재처리가 동북아의 안정과 평화에 미치는 효과가 다르다고 보고 있다. 미국은 한국의 농축재처리 획득이 역내의 군사적 긴장을 높이고 안보 균형을 훼손할 것으로 보지만, 일본의 핵잠재력은 역내의 전략적 안정성에 도움이 된다고 보고 있다. 일본의 농축재처리 보유는 미국의 철저한 통제와 감시하에 관리되고 있으며, 미일 동맹을 강화하는 요소로 작용하고 있다. 중국이 일본의 농축재처리 보유를 반대하지

46) 핵무기 비확산 조약(NPT)은 유엔 안보리 상임이사국인 5개국(미국, 영국, 프랑스, 중국, 러시아)의 핵 보유만을 인정하고 있다. 하지만 스톡홀름국제평화연구소(SIPRI)에 따르면, 인도, 파키스탄, 이스라엘, 북한도 사실상 핵무장을 하고 있다(사실상 핵무기 보유국은 총 9개국). 2025년 1월 기준 미국, 러시아, 영국, 프랑스, 중국, 인도, 파키스탄, 이스라엘, 북한이 총 12,241기 핵무기를 보유하고 있으며, 국가별 보유 핵무기는 미국 5,177기, 러시아 5,459기, 영국 225기, 프랑스 290기, 중국 600기, 인도 180기, 파키스탄 170기, 이스라엘 90기, 북한 50기이다. 북한의 고농축 우라늄 보유량을 감안할 때 앞으로 약 40개의 핵탄두가 더 만들어질 것으로 예측하고 있다. SIPRI, “SIPRI Yearbook 2025: 군비, 군축, 국제안보” (2025), 9면.

47) 박한규, “일본의 핵선택: 관념, 제도, 그리고 안보정책”, 국가전략, 제8권 제4호 (2002), 116-118면; 원승종, “일본의 핵무장 제한 요인 연구”, 한일군사문화연구, 제24호 (2017), 140면; 조비연, “동아시아 비핵국가들의 Plan B: 핵잠재력 확보를 통한 잠재적·보험적 억제력 구축”, 국가전략, 제27권 제4호 (2021), 42-44면; 조양현, “일본 핵무장론의 동향 및 전망”, 주요국제문제분석, 제26호 (외교안보연구원, 2009), 11-12면.

만, 이는 이미 수십 년 동안 국제사회에서 인정된 사항이다. 한편 한국이 농축재처리를 획득할 경우 대만도 핵 프로그램을 추진할 가능성이 높아지고, 동아시아 전체가 핵무기 경쟁에 돌입할 가능성이 있다고 보고 있다.

마지막으로 미국은 한국과 일본이 미국과의 동맹과 미국의 핵우산에 대한 신뢰에 차이가 있다고 보고 있다. 일본은 미국의 핵우산을 신뢰하고 있지만, 한국은 미국의 확장억제 신뢰성에 대해 의구심을 보이고 자체 핵무장을 고려하고 있다고 보고 있다.⁴⁸⁾ 한국 핵무

48) 2017년 북한의 핵무장 완성 선언과 2022년 핵무력 법안 마련으로 북핵의 위협이 현실화되자, 한국에서 핵무장론이 본격적으로 점화되었다. 2022년 11월 당시 여당(국민의 힘) 북핵위기대응특위(위원장 한기호)는 “핵무장 잠재력 확보를 위한 비밀 프로젝트를 추진해야 한다”는 내용의 특위 활동 중간보고서를 여당 상층부에 제출하였다. 해당 보고서에서는 미국과의 정상회담, 한·미 안보협의회(SCM) 등을 통해 합의한 미국의 확장억제와 관련해 “아직은 강력한 확장억제 제공 의지 표명 이외에 확장억제 이행을 보장하는 실제적인 조치는 미흡한 것이 사실”이라고 평가하였다. 그러면서 “핵무장 잠재력을 확보하기 위한 비밀 프로젝트를 기획해야 한다”라며, “현 수준을 평가하고, 최적의 핵무장 경로를 검토하는 등 한·미 간 협정이나 NPT를 위배하지 않는 잠재력 증대 방안을 우선 추진해야 한다”라고 지적하였다. 그리고 ① 미국 핵 전력의 전진 배치 유도, ② 핵무장 잠재력 강화, ③ ‘한국형 3축 체계’의 4축 체계(한국형 3축 체계 + 정보 및 사이버·전자전 능력) 발전, ④ 핵 민방위 체계 구축, ⑤ 전략 핵추진 잠수함(SSBN)의 동해 배치 및 공개, ⑥ 핵미사일과 핵폭탄의 광 전진 배치, ⑦ 북한의 핵공격 임박 시 한국·일본으로의 전진 배치 추진을 주장하였다(김상진, “여당 북핵대응특위, ‘핵무장 비밀 프로젝트 추진해야’”, 중앙일보 (2022. 11. 23)).

2022년 8월 15일 당시 윤석열 대통령은 광복절 경축사에서 북한이 핵 개발을 중단하고 실질적인 비핵화를 단행하면 그 단계에 맞춰 북한의 경제와 민정을 획기적으로 개선하는 지원책을 취하겠다는 대담한 구상 정책을 발표했다. 그러나 나흘 뒤 김정운의 여동생인 김여정 노동당 부부장이 헛된 꿈을 꾸지 말라는 제목의 담화를 조선노동당 기관지 노동신문 지상에 발표하면서 남한의 제안을 일축했다. 한동안 윤석열 정권은 우리 국민을 납득시킬 수 있는 유효한 북핵 해법을 제시하지 못하고 있었다. 국민의 안보 불안이 커지면서 국민들 사이에서는 독자 핵무장론 지지층이 확대되는 상황이었다. 2023년 1월 11일 당시 윤석열 대통령이 한국의 핵무장 가능성에 대해 잠시 언급하기도 했다. 윤석열 대통령은 국방·외교부 업무보고 자리에서 “북핵 문제가 더 심각해지면 한국에 미 전술핵을 배치하거나 한국이 자체 핵을 보유할 수도 있다. 만약 그렇게 된다면 한국 과학기술로 더 빠른 시일 안에 가질 수 있다”라고 언급하였다. 윤석열 대통령의 1월 11일 발언은 박정희 대통령 이후 현직 대통령이 한국의 핵무장 가능성에 대해 언급한 것이어서 주목을 받았다.

물론, 곧 한국의 대통령실과 미국의 백악관에서 이를 수습하였다. 대통령실은 NPT 체제를 준수한다는 대원칙에는 변함이 없고, 최악의 상황에서도 국민을 지키겠다는 각오를 나타냈던 것이라고 해명했다(신동익, “한국의 핵 무장 추진 시 NPT 등 국제규범 위반과 국익손상 문제”, 외교, 제145호 (2023), 105면). 1월 12일 백악관에서 열린 정례브리핑에서 존 커비 백악관 국가안보회의(NSC) 전략소통조정관도 “한국은 그들이 핵무기를 추진하지 않는다는 것을 분명히 했다. 우리가 그들과 공동으로 추구할 것은 확장억제 능력의 향상이다. 그래서 우리는 그 방향으로 앞으로 나아갈 것이다”라고 밝혔다(White House, “Press Briefing by Press Secretary Karine Jean-Pierre and NSC Coordinator for Strategic Communications John Kirby” (2023. 1. 12)). 1월 20일 윤석열 대통령은 월스트리트저널(WSJ)과의 인터뷰에서 “NPT를 존중하는 것이 현재로서는 현실적이고 합리적이다. 나와 한국 국민은 북핵 위협에 대처하는 미국의 확장억제를 상당히 신뢰한다”라고 비핵화 원칙에 대해 지지를 재확인하면서 앞서 언급한 독자적 핵무장 발언의 수위를 낮추었다.

장론⁴⁹⁾은 실행뿐만 아니라 그러한 주장 자체도 한미 원자력협정 개정 과정에서 농축재처리 확보하려는 노력에 부정적 영향을 미칠 수 있음을 알 수 있다. 실제 한국이 핵무장을 하게 되면 한미 원자력협정 종료로⁵⁰⁾ 한국은 미국과 동맹국으로부터 핵연료(저농축 우라

- 49) 핵무기의 파괴력은 재래식 무기와는 차원이 다른 파괴력이기 때문에 재래식 억제력으로는 상대방에게 보복 공격의 위협을 주기 어렵고, 핵 무력을 갖추었을 때 비로소 제대로 된 억지력을 발휘할 수 있다. 한국 핵무장론은 북한의 핵 공격에 대해 북한이 전쟁을 일으킬 의의를 제거하는 정도의 최소한의 핵 능력을 보유함으로써 전쟁을 억제하자는 것이다. 핵무기가 존재한다는 사실을 활용하여 적의 위협에 대한 인식을 달리 조절하여 적이 핵무기를 사용하지 않도록 함으로써 우리 측의 핵무기도 동원할 필요가 없도록 하자는 것이다. 김익만, “한국의 ‘최소핵심억제’ 개념과 확보전략”, 군사논단, 제117호 (2024), 221면; 이수형, “한국형 핵공유체제 구축 모색: 이론과 실제”, 통일정책연구, 제32권 제1호 (2023), 112면; 김국현, “북핵 대응 패러다임 전환을 위한 전략적 대응 방안 검토”, 한국군사학논총, 제11집 제4권 (2022), 13-15면.
- 50) 한미 원자력협정은 한국이 미국에서 수입한 어떤 것도 핵폭발장치의 연구·개발에 이용하거나 군사적 목적으로 이용하여서는 안 된다고 규정하고 있다. 만약 한국이 군사적 목적으로 이용하는 경우 미국은 협정을 종료시킬 수 있다(한미 원자력협정 제13조와 제17조 참조).

「대한민국 정부와 미합중국 정부 간의 원자력의 평화적 이용에 관한 협력 협정」

제13조(폭발 또는 군사적 적용 금지) 이 협정에 따라 이전된 핵물질, 감속재 물질, 장비 및 구성품과 이 협정에 따라 이전된 핵물질, 감속재 물질, 장비 또는 구성품에 이용되었거나 이러한 핵물질, 감속재 물질, 장비 또는 구성품의 이용을 통하여 생산된 모든 핵물질, 감속재 물질, 또는 부산 물질은 핵무기 또는 어떠한 핵폭발 장치, 어떠한 핵폭발 장치의 연구 또는 개발이나 어떠한 군사적 목적을 위해서도 이용되지 아니한다.

제17조(협력의 중지 및 반환권)

- 이 협정의 발효 후 언제든지 어느 한 쪽 당사자가,
가. 이 협정 제10조, 제11조, 제12조, 제13조 또는 제14조의 규정을 준수하지 아니하는 경우, 또는,
나. IAEA와의 안전조치 협정을 종료 또는 폐기하거나 중대하게 위반하는 경우,
다른 쪽 당사자는 이 협정에 따른 더 이상의 협력을 중지하거나 이 협정을 종료할 권리를 가지며, 또한 이 중 어느 경우라도 이 협정에 따라 이전된 핵물질, 감속재 물질, 장비 또는 구성품(이 조의 목적상 총칭하여 “품목”이라 한다)과 그러한 품목의 이용을 통하여 생산된 모든 특수핵분열성물질의 반환을 요구할 권리를 가진다.
- 이 협정의 발효 후 언제든지 미합중국이 이 협정에 따라 이전된 핵물질, 감속재 물질, 장비 또는 구성품, 또는 그러한 품목에 이용되었거나, 그러한 품목의 이용을 통하여 생산된 핵물질을 이용하여, 핵폭발 장치를 폭발시키는 경우, 대한민국 정부는 이 조 제1항에 규정된 것과 동일한 권리를 가진다.
- 이 협정의 발효 후 언제든지 대한민국이 핵폭발 장치를 폭발시키는 경우, 미합중국 정부는 이 조 제1항에 규정된 것과 동일한 권리를 가진다.
- 어느 한 쪽 당사자가 이 조에 따라 어떠한 핵물질, 감속재 물질, 장비 또는 구성품의 반환을 요구하는 권리를 행사하는 경우, 그 당사자는 다른 쪽 당사자에게 그러한 품목의 공정한 시장가치로 보상한다.
- 어느 한 쪽 당사자가 이 협정에 따른 협력을 중지하거나, 이 협정을 종료하거나 또는 그러한 반환을 요구하기 위한 조치를 취하기 전에, 당사자들은 요구될 수 있는 다른 적절한 약정을 체결할 필요성을 감안하면서, 시정 조치를 하기 위하여 협의하고 그러한 조치의 경제적 영향을 신중히 고려한다.

늄)를 공급받을 수 없게 된다. 이는 한국 원전 운영에 심각한 차질을 가져올 것이고, 특히 미국 기술 기반 원자로를 운영 중인 발전소들은 각종 기술지원의 종료로 운영에 어려움을 겪게 될 것이다. 한미 간 원자력 연구개발 협력도 전면 중단될 것이다. 또한 원자력과 전략물자에 해당되는 물자와 기술을 적법하게 수출, 수입할 수 없다. 탄소중립과 에너지 안보 시대를 맞아 원자력의 역할이 증대하는 상황에서, 국제원자력 시장에서의 배제는 한국의 경제와 에너지 국익을 크게 훼손할 수 있다.⁵¹⁾

IV. 한미 원자력협정 개정 방향과 실현 방안

1. 개정 방향: 핵연료주기 관련 사전동의제도의 개선

우리 원자력 산업은 SMR 기술 발전을 위해 필요한 핵연료 공급, 사용후핵연료의 처리를 통한 폐기물 감축 등에 있어 완결성을 갖추지 못하고 있다. 핵연료주기 사업에서 상대적으로 취약한 한국 원자력계는 농축 등 핵심 핵연료 공급 사업 분야에서 우위를 점할 수 없을 뿐 아니라 사용후핵연료 관리 사업에서 실질적인 진전을 이루지 못하고 있다.⁵²⁾ 이에 한국은 차기 협정에서 농축과 재처리 역량을 획득하는 방안을 추진하고 있다. 선행 핵연료주기에서의 초기 우라늄 농축, 후행 핵연료주기에서의 사용후핵연료 처리 등 핵연료주기 전반에서 필요한 역량을 확보하기 위한 제도적 개선 방안을 모색할 필요가 있다.⁵³⁾

자체적인 우라늄 농축 능력 확보는 안정적인 핵연료 수급을 통해 에너지 안보를 강화하는 길이다. 사용후핵연료 재처리는 고준위 방사성폐기물의 부피를 줄이고, 유용한 자원을 회수하여 차세대 원전인 SMR의 원료로 재활용할 수 있다.⁵⁴⁾ 당장 미국으로부터 상업적 핵연료주기 활동에 대한 포괄적 동의를 당장 확보하기 어렵다면, 연구개발(R&D) 목적에 한해 농축 및 파이로 활동에 대해 포괄적 동의를 확보할 필요가 있다.⁵⁵⁾

51) 한국핵정책학회, “한국 자체 핵무장에 따른 NPT 탈퇴 시 예상 경제제재와 한국 경제에 미칠 영향 연구 최종보고서”, 국회 외교통일위원회 제출자료 (2025), 17면.

52) 황용수, “원자력 산업 현안과 미래 비전”, 세계원전시장 인사이트 (에너지경제연구원, 2016. 6. 17), 3면.

53) Kemal Pasamehmetoglu, “The United States’ Role in Managing the Nuclear Fuel Cycle”, *Issue Brief*, Atlantic Council (2025). 핵주기는 통칭 원자력발전의 원료가 되는 우라늄 채굴부터 농축 가공하여 핵연료를 제작하는 선행핵주기와 발전소에서 핵연료를 사용한 이후의 폐기물인 사용후핵연료의 처리를 담당하는 후행핵주기로 나누어 부른다.

54) 이새봄, “원전 살린다더니 ‘핵연료 재활용’ 무산위기”, 매일경제 (2022. 10. 27).

이를 위하여 이미 미국으로부터 포괄적인 농축·재처리 권한을 확보한 미일 원자력협정(1987)을 참고할 수 있다. 한미 원자력협정 제11조를 미일 원자력협정(1987) 제5조를 참고하여 개정할 수 있다(앞의 <표 4> 참조). 다만 한국의 협정 개정이 미일 원자력협정의 내용을 그대로 도입하는 것을 의미하는 것은 아니다. 미국의 123협정은 협력국별로 사전동의의 범위와 조건을 달리하고 있으므로, 한국의 경우에도 핵연료주기 활동의 필요성과 비확산 및 안전에 관한 우려를 함께 고려하여 단계적·조건부 방식의 사전동의를 확보하는 방안을 검토할 필요가 있다.

가. 협정 제11조제2항 개정을 통한 자체 농축 역량 확보

한국은 에너지 안보 차원에서 원자력 원료의 안정적 공급이 필요하다. 한국은 원전 운영에 필요한 저농축 우라늄(LEU) 97%를 수입에 의존하고 있다. 이는 국제정세 변화에 따른 공급망 불안에 그대로 노출된다는 구조적 취약점이 있다.⁵⁶⁾

원전에 이용되는 핵연료 공급은 채광(mining), 변환(conversion), 농축(enrichment), 성형가공(fuel fabrication) 등으로 이루어져 있다. 핵연료 공급은 극소수의 원자력 선진국과 핵보유국이 독점하고 있다. 소수 국가와 기업이 세계농축 시장을 지배할 때, 지정학적 경쟁이 치열한 지금, 이들이 농축 공급을 무기화할 가능성이 있다.

2022년 기준 우라늄 생산 상위 6개국은 카자흐스탄, 캐나다, 나미비아, 호주, 우크베키스탄, 러시아로 전 세계 우라늄 생산량의 약 90%를 차지한다. 상위 9개국에는 니제르, 중국, 인도가 추가되고, 전 세계 우라늄 생산량의 약 99%를 차지한다.⁵⁷⁾

농축 사전 단계인 육불화우라늄(UF₆)으로의 변환은 카자흐스탄(39%), 캐나다(20%), 나미비아(12%), 호주(9%), 우즈베키스탄(7%), 러시아(5%)가 독점하는데,⁵⁸⁾ 이는 우라늄 채광국 순위와 거의 흡사하다. 우라늄 농축은 러시아의 로사토프(40%), 중국의 CNNC(12%), 영국·독일·네덜란드의 유렐코(27%), 프랑스의 오라노(14%) 등 4개 기업이 독점하고 있다.⁵⁹⁾

55) 박지영 외 3인, *op. cit.*, 63면.

56) *Ibid.*, p. 16.

57) NEA & IAEA, *Uranium 2024: Resources, Production and Demand* (OECD Publishing, 2025), 83.

58) Baskaran & Schwartz, *op. cit.*, 3.

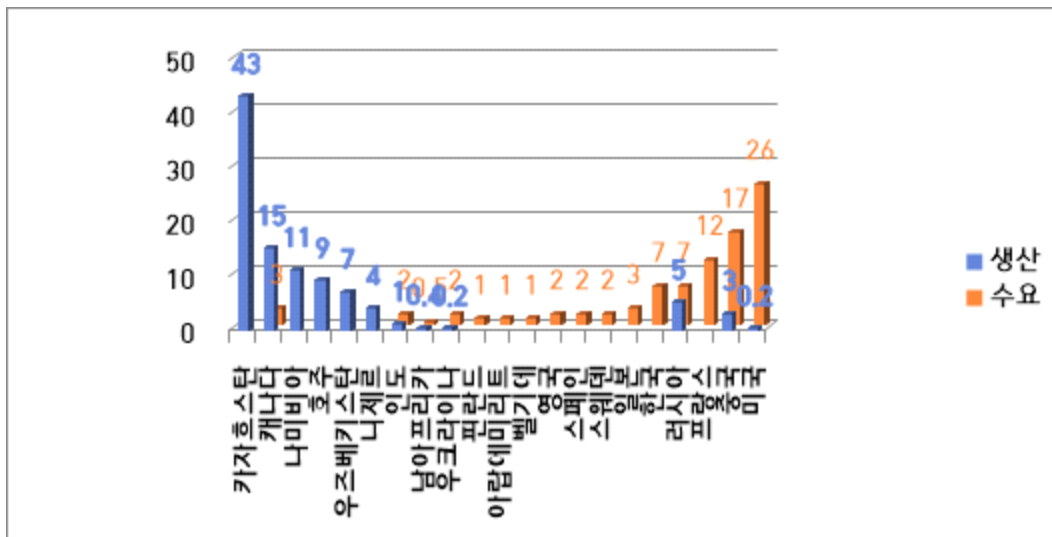
59) World Nuclear Association, *World Nuclear Fuel Report: Global Scenarios for Demand and Supply Availability*

한국은 에너지 안보의 취약성 문제를 해결하고, 원전의 지속적인 운전을 보장하기 위해 독립적인 농축 역량을 확보할 필요가 있다. 한국은 연간 농축우라늄 수입량의 약 30%를 러시아에 의존하고 있다. 미국이 주도하는 국제사회의 대러 경제제재가 강화되고 있고, 서방 진영의 이러한 조치에 대항하여 러시아도 핵연료 공급을 타국에 대한 압박 수단으로 활용할 가능성이 커졌다.

한국과 미국은 지금 거의 모든 자국 소비량을 수입에 의존하고 있다([그림 2] 참조). 따라서 저농축 우라늄(LEU)과 고순도 저농축 우라늄(HALEU) 공급 능력 확충이 한국과 미국 모두에게 안정적인 공급처 확보와 공급망 교란 대비라는 측면에서 중요한 과제이다. 2022년 한미 정상은 “농축 우라늄을 포함한 에너지 공급망 확보를 위해 공동 협력”하기로 합의했고, 2023년 캠프 데이비드 한미일 정상회의의 공동성명에서는 “러시아 에너지에 대한 의존도 경감을 가속화”해 나갈 것이라고 선언하였다. 2025년 제2차 한미 정상회담에서 미국은 한국의 평화적 이용을 위한 민간 우라늄 농축과 사용후핵연료 재처리로 귀결될 절차를 지지하기로 약속하였다. 다음 수순은 한미 원자력협정 제11조제2항 개정을 통한 한국의 자체 농축 역량 확보가 될 것으로 예상된다.

[그림 2] 주요 우라늄 생산국과 소비국의 생산량과 원자로 관련 수요량(전체 대비 비율 표시)

(단위: %)



※ 자료: NEA & IAEA, *Uranium 2024: Resources, Production and Demand* (OECD Publishing, 2025), 129.

단기적으로는 우리 기업들이 미국의 우라늄 농축시설에 대한 지분투자 등을 통해 부분적이거나 농축 우라늄 공급의 애로점을 해소할 수 있을 것이다. 예를 들어, 2025. 8. 26. 한국수력원자력은 미국의 핵연료 및 서비스 공급사인 센트루스와 우라늄 농축공장 확장을 위한 투자 MOU를 체결하였다.⁶⁰⁾ 한국은 러시아 중심의 기존 핵연료 시장에서 벗어나 동맹국 간 신뢰를 바탕으로 우호적인 공급망을 구축할 수 있을 것이다.

장기적으로는 우리나라에 우라늄 농축시설을 건설하고, 저농축 우라늄(LEU)과 고순도 저농축 우라늄(HALEU)을 미국 수요처에 안정적으로 공급하는 방안을 생각해 볼 수 있는데, 이런 식으로 미국의 농축 우라늄 공급 능력 확충을 돕기 위해서는 현행 한미 원자력협정의 개정이 필요하다.⁶¹⁾ 미국과의 협의를 통해 연구 목적의 소규모 농축 실험에 대한 동의를 확보할 수 있다면, 국내 원자력 수요 증가에 따른 공급 불안정에 선제적으로 대비할 수 있다.⁶²⁾ 이는 단번에 상업적 농축에 대한 포괄적 사전동의를 확보하기보다는, 연구개발 목적의 활동부터 단계적으로 사전동의를의 범위를 확대하는 방안으로 이해할 수 있다.

나. 협정 제11조제1항 개정을 통한 재처리 기술의 조기 도입

사용후핵연료는 처분할 폐기물 또는 재활용할 에너지 자원으로 분류된다. 사용후핵연료 관리 정책은 국가별로 주어진 상황에 따라 상이하다. 일부 국가는 사용후핵연료를 처분장에 묻어 버리는 직접 처분을 선택한다. 프랑스, 러시아, 일본, 인도, 중국과 같이 원자력에 대한 의존도가 높은 국가들은 재처리·재활용 정책을 채택한다. 한국을 비롯한 대다수 국가는 사용후핵연료를 원전 부지 내에 임시 저장하고 있다. 하지만 이는 잠정 조치로 궁극적으로는 재활용하기 위해 처리하거나 최종 처분되어야 한다.

한국은 저장조에 넘치는 사용후핵연료를 적기에 양과 독성을 줄이는 처리가 필요하다. 한국과 같이 영토가 좁아 인구 밀집 지역으로부터 격리된 처분장을 확보하기 어려운 경우에는 처분에 앞서 사용후핵연료의 재처리 또는 파이로프로세싱이 필요하다.

선진 원자로와 핵연료주기 기술의 개발은 장기적으로 우라늄 사용의 효율성을 크게 향

60) 한국수력원자력 보도자료, “한국수력원자력, 미 우라늄 농축 공급사 센트루스(Centrus)와 농축 투자 협력 확대” (2025. 8. 26).

61) 심상민, “한미 간 상호보완적 원자력 협정 개정 방안”, 이슈브리프, 제33호 (아산정책연구원, 2025), 11면.

62) 박지영 외 3인, *op. cit.*, 63면.

상시킬 수 있으며, 특히 선진 원자로와 연료 재활용이 포함된 폐쇄 연료 주기의 채택은 잠재적으로 원전의 가용성을 수천 년 동안 연장할 수 있다.⁶³⁾ 한국이 세계 원자력 발전 5위(소위 ‘원자력 G5’)임을 감안할 때 이에 걸맞는 사용후핵연료 관리 기술을 확보할 필요가 있으며, 이를 위해서는 저장·처리 분야의 R&D 비중을 강화할 필요가 있다.⁶⁴⁾ 이 역시 현행 한미 원자력협정의 개정이 필요한 부분이다.

재처리에 관한 협정 개정은 미국의 비확산 우려를 고려하여 단계적으로 접근할 필요가 있다. 우선 연구개발 및 기술실증 목적의 활동에 대한 프로그램적 동의를 확보하고, 향후 기술적·경제적 타당성과 안전조치 및 검증체계가 확보되는 경우 그 범위를 확대하는 방식이 현실적 대안이 될 수 있다.

2. 실현 방안

가. 협정 개정의 정당한 동기와 목적, 미국의 개정 이익에 대한 명확한 입장 견지

협정 개정의 구체적인 내용은 한국의 핵연료주기 자율성을 확대하면서도 미국의 비확산 및 안전에 관한 우려를 관리할 수 있는 방향으로 설정할 필요가 있다. 우리 정부는 한미 원자력협정을 개정하려는 정당한 동기와 목적에 대해 명확한 입장을 견지할 필요가 있다. 한미 원자력협정 개정은 한국에게 핵연료주기 안정성 확보, 원전 수출 경쟁력 강화, 미래 신성장 산업 양성, 자율적 협력 구조 강화와 같은 개정 이익이 있다. 동시에 미국에도 동맹국 내 공급망 강화, 대미 투자 촉진, 핵 비확산 체제 내 협력 모델, 한미동맹의 산업적 확장과 같은 협정의 개정 이익이 있으므로, 이를 내세워 미국을 설득해야 할 것이다(<표 5> 참조). 따라서 협상에서는 한국의 권한 확대 자체보다 한미 양국의 공급망 안정, 원자력 산업 협력 및 비확산 목표를 동시에 달성할 수 있는 사전동의 구조의 설계를 중심으로 접근할 필요가 있다.

63) NEA & IAEA, *op. cit.*, 17.

64) 김경수, “사용후핵연료 관리기술 개발현황과 전망”, 세계원전시장 인사이트 (에너지경제연구원, 2020. 4. 3), 20면.

<표 5> 한미 원자력협정의 개정에 따른 이익

한국 측 이익 (에너지 안보와 원전 수출 경쟁력 강화)	미국 측 이익 (에너지 안보와 전략적·경제적 이익)
(핵연료주기 안정성 확보) (선행 핵연료주기) 블록화된 세계에서 자체적인 농축설비 확보 시 농축 우라늄 수입에 따른 리스크 감소 (후행 핵연료주기) 차세대 원자로 개발에 필요한 핵연료 확보, 사용후핵연료 관리에 대한 자립성과 전략적·정책적 유연성 확보, 사용후핵연료에 대한 효율적이고 지속가능한 관리	(동맹국 내 공급망 강화) 러시아, 중국 주도의 독과점시장을 대체할 아시아 내 안정적 동맹국 생산기지 확보
(원전 수출 경쟁력 강화) 독자적 핵연료 공급과 사용후핵연료 관리 능력 보유 시 수출 시너지(농축 우라늄과 핵연료 공급 + 건설·운영 통합) 효과 발생	(대미 투자 촉진) 한국 기업의 미국 내 우라늄 농축공장 사업 투자 확대, 재처리 기술개발을 가속화하기 위한 자원 및 인프라 공유
(미래 신성장 산업 양성) 글로벌 독과점시장인 우라늄 농축 사업 진출, 사용후핵연료 연구·개발로 국내 차세대 먹거리 확보	(핵 비확산 체제 내 리더십 유지) 원자력의 평화적 이용, IAEA 안전조치를 준수하는 미국 주도의 NPT 체제 유지, 새로운 비확산 동맹 협력 모델 하에 책임 있는 허용을 통해 비확산 리더십 유지
(자율적 협력 구조 강화) 독립적 핵연료 공급의 운영 역량 확보로 동맹의 균형성과 신뢰성을 강화하는 파트너십 실현 가능	(한미동맹의 산업적 확장) 기존 군사·외교 중심의 한미동맹이 기술·금융·핵연료 협력체계로 진화. 에너지 동맹 실현

나. 우리 핵연료주기 정책 타이밍에 맞는 개정 협상 진행

신형 원자로 개발 등 신기술 개발 시점과 연료공급(LEU+/HALEU) 시점 및 사용후핵연료 관리 시설(중간 저장·최종 처분시설) 건설 가동이 현실화되는 시점을 고려하여(<표 6> 참조) 그 타이밍에 맞게 미국의 승인이 필요한 사항에 대해 개정 협상을 진행하고, 이에 대한 연구개발에 박차를 가해야 할 것이다.

경수로는 5% 이하의 저농축 우라늄(LEU)을 사용하고, 현재 국내에서 개발 중인 SMR인 iSMR도 5% 이하의 저농축 우라늄(LEU)을 사용하는 것으로 알려져 있다. 향후 고연소도·장주기 노형을 고려할 경우 고순도 저농축 우라늄(HALEU)을 생산하여 이를 안정적으로 공급하기 위해서는 농축능력 변환(UF6) 연료 제조가 가능해지는 등 연료공급 체계가 구축되어야 새로운 고순도 저농축 우라늄(HALEU) 기반의 SMR 시스템 구축이 가능하다. 사용후핵연료에 대한 저장 포화(부지 내 습식 저장 건식 전환, 중간 저장, 최종 처분) 일정이 SMR 도입보다 시간상으로 먼저일 것이므로 사용후핵연료 정책과 SMR 개발 정책은 기술 개발 정책과 원자력 환경·안전 정책으로 구분하여 양자를 분리한 정책 개발을 수행해야 한다.

이때 원자력 발전시설 운영, 처분시설 건설, 재처리, 신형 원자로 연구·개발은 상호 독립적인 영역임에 유의할 필요가 있다. 실제 이들 정책 간에는 직접적인 관련이 없다. 그런데도 상호의존적인 기술 관계로 설명되어 현실성과는 별개로 정책 추진의 필요성이 과대하게 평가되는 논리가 형성되어 왔다. 이러한 순환 고리를 차단해야 우리의 원자력 정책은 물론 한미 간 원자력 연구·개발 협력의 합리적인 정책적 토대를 마련할 수 있다. 세부적인 핵연료주기 정책의 현실화 시점을 정렬하여 시간적으로 현실화 시점이 불일치하는 원자력 정책을 굳이 동시에 하려 하여 발생할 수 있는 정책의 혼선을 예방할 필요가 있다. 실현 시점이 다른 원자력 정책을 달리 취급해야 미국과의 협상에서 보다 합리적인 대안을 도출할 수 있다.

<표 6> 핵연료주기 정책의 시간적 정렬

연대 핵연료주기 정책	현재	2030년	2035년	2040년	2050년
기존 원전 사용후핵연료 저장	포화 근접	포화 도달	위기 심화	임시적 완화	안정화 (처분시설 건설 전제)
부지 내 건식저장 확대 (상대적으로 단기간 건설 가능)	준비	확충 필요	필수 대응	필수 유지	필요성 감소
중간 저장시설	없음	입지 갈등	입지 갈등 지속	처분시설 전제로 건설	운영 유지
최종 처분장(심층)	없음	없음	후보지 선정 입지 갈등	건설	가동
SMR 실증·초기 상용	없음	실증	시험 가동 (사용후핵연료 증가)	상업 가동	상업 가동
고순도 저농축 우라늄 (HALEU)	없음	없음	국제공급망 논의	입지 갈등	입지 갈등

* : 해당 타임라인은 각 정책 수단이 작동 가능한 시점을 기준으로 정렬한 것으로, 특정 기술 또는 시설의 '필요성 주장'이 아니라 '정책적 유효 시점'을 기준으로 구성함.

V. 결론

아시아·태평양경제협력체(APEC) 정상회의(10. 31.) 계기로 열린 한미 정상회담(10. 29.)에서 한미 원자력협정 개정의 필요성에 대한 공감대가 형성되었다. 미국의 원천기술(소프트파워)과 한국의 세계적 수준의 원전건설 능력(하드파워)을 결합하여 한미 양국이 윈-윈(win-win)하는 파트너십을 구축할 수 있는 절호의 기회일 수 있다.

한미 간 원전 협력은 SMR 공동 개발과 핵연료주기 상호 보완의 형태로 이루어질 수 있지만, 한계가 있다. SMR 공동 개발에는 핵연료 공급망 불안, 재처리 기술 도입에 필요한 R&D 제약, 사업 성공의 불확실성, 국내 원자로 공급망 리스크, 국내 부품 산업의 공동화와 같은 한계가 있다. 핵연료주기 상호 보완에는 핵연료 공급망 미완성, 국내 농축·재처리 시설 입지의 어려움과 같은 한계가 존재한다. 이러한 제약 요인 가운데 핵연료 공급망 불안, 재처리 기술 도입에 필요한 R&D 제약, 핵연료 공급망 미완성 문제를 해결하기 위해서는 한미 원자력협정의 개정이 필요하다.

이 글에서는 한미 원자력협정의 핵연료주기 관련 규정을 중심으로 미국 원자력법 제123조와 주요 123협정의 사전동의 구조를 검토하고, 이를 토대로 현행 한미 원자력협정의 개정 방향과 실현 방안을 살펴보았다.

미국의 123 협정은 협력국의 원자력 역량, 비확산 의무, 정치·안보 관계 등에 따라 서로 다른 형태의 사전동의 방식을 채택하고 있다. 예를 들어, 미일 원자력협정은 재이전 시 포괄적 사전동의 방식을 채택하고 있으며, 우라늄 235의 20% 미만 농축은 동의 없이 가능하고, 재처리, 형상·내용 변경에 대해서는 포괄적 사전동의 또는 프로그램 동의 방식을 채택하고 있다. 즉 한미 원자력협정보다 상대적으로 넓은 사전동의 범위를 인정하고 있다. 한편 현행 한미 원자력협정은 재이전, 우라늄 235의 20% 미만 농축, 재처리 등 핵연료주기 기술 분야의 협력에서 건별(case-by-case) 서면합의를 요구하고 있어 에너지 안보 확보와 사용후핵연료 처리 옵션 및 기술개발에서 일본보다 더 엄격한 제한을 받고 있다. 이러한 차이는 미국의 사전동의제도가 고정된 하나의 형태로만 운영되는 것은 아니고, 한미 원자력협정의 사전동의제도에 개선의 여지가 있음을 보여준다.

한국은 우라늄 농축, 사용후핵연료 처리 등 핵연료주기 전반에서 상업적 목적의 역량을 강화하고, 유연성을 확보하면서도 미국의 비확산 및 안전에 관한 조건을 함께 반영하는 방향으로 협정 제11조 개정을 추진할 필요가 있다. 특히 농축과 재처리에 관한 연구개발 목적의 활동에서 시작하여 기술적·경제적 타당성과 비확산·안전 요건이 충족되는 경우 사전동의의 범위를 단계적으로 확대하는 방안을 고려할 수 있다.

아울러 협정 개정의 실현을 위해서는 협정 개정의 정당한 동기와 목적(핵연료주기 안정성 확보, 원전 수출 경쟁력 강화, 미래 신성장 산업 양성, 자율적 협력 구조 강화)에 대한

명확한 입장을 견지하고, 미국이 개정을 통해 얻을 수 있는 이익(동맹국 내 공급망 강화, 대미 투자 촉진, 핵 비확산 체제 내 협력 모델, 한미동맹의 산업적 확장)을 제시할 필요가 있다. 또한 SMR 개발, 핵연료 공급, 사용후핵연료 관리 등 관련 정책의 실현 시점을 고려하여 단계적으로 협상을 추진하는 것이 바람직하다. 즉 농축 및 재처리와 관련하여 일괄적인 권한 확대를 추진하기보다는 연구개발, 지정시설 및 프로그램 등 실현가능성이 높은 분야부터 단계적으로 사전동의의 범위를 확대하는 방안을 검토할 필요가 있다. 즉 우리 핵연료주기 정책이 실현가능한 타이밍에 맞는 개정 협상을 진행할 필요가 있다. SMR 연구개발 정책과 핵연료(HALEU) 공급 정책, 농축·상업용 재처리시설 설치 정책 등은 독립적인 영역으로 현실화 시점이 다르다. 다른 정책을 일괄적으로 협상할 것이 아니라 시기별로 정렬하여 다르게 취급해야 합리적인 협상 전략이 나올 수 있다.

결국 한미 원자력협정 개정의 핵심은 한국의 농축·재처리 권한을 확대하는 데 있는 것이 아니라, 양국의 비확산·안전의 이해관계를 고려하면서 한국의 핵연료주기 활동에 필요한 예측가능성과 유연성을 어떠한 조건 아래 사전에 확보할 것인가 하는 법적·제도적 구조의 문제이다.

참고문헌

- 김경수, “사용후핵연료 관리기술 개발현황과 전망”, 세계원전시장 인사이트 (에너지경제연구원, 2020. 4. 3).
- 김국현, “북핵 대응 패러다임 전환을 위한 전략적 대응 방안 검토”, 한국군사학논총, 제11집 제4권 (2022).
- 김익만, “한국의 ‘최소핵심억제’ 개념과 확보전략”, 군사논단, 제117호 (2024).
- 김창훈·조주현, “핵연료 공급부문 시장현황 분석”, 세계원전시장 인사이트 (에너지경제연구원, 2024. 2. 23).
- 남효은, “선진원자로 방사성폐기물 특성 및 관리방안”, 세계원전시장 인사이트 (에너지경제연구원, 2023. 4. 14).
- 대한민국 정책브리핑, “한전, UAE 원전 운영 계약…60년간 54조원 매출” (2016. 10. 21).
- 박지영 외 3인, 한미 원자력 협력 협정의 선진적 개정을 위한 기반 연구, 서울대학교 국가미래전략원 TF 보고서 (2025).
- 산업통상자원부 보도자료, “한미 제조업 르네상스 파트너십의 교두보 마련” (2025. 8. 26).
- 스톡홀름국제평화연구소(SIPRI), “SIPRI Yearbook 2025: 군비, 군축, 국제안보” (2025).
- 심상민, “한미 간 상호보완적 원자력 협정 개정 방안”, 이슈브리프, 제33호 (아산정책연구원, 2025)
- 외교부 보도자료, 「제80차 유엔총회 계기 미 에너지부 장관 면담(9.25.) 결과」, 2025.9.26.
- 윤혜선, “원자력의 평화적 이용을 위한 국제협력에 관한 미국 원자력법 제123조 고찰”, 법과 정책연구, 제15집 제1호 (2015)

- _____, “한미원자력협력협정 개정방향에 대한 소고 -1988년 미일원자력협정 사례를 중심으로”, 서울법학, 제23권 제1호 (2015)
- 이상현, “한미 원자력 협력: 원자력 이용개발 협력 이슈와 쟁점”, 국가전략, 제25권 제4호 (2019).
- 이수형, “한국형 핵공유체제 구축 모색: 이론과 실제”, 통일정책연구, 제32권 제1호 (2023)
- 이찬송, “한미 원자력협정 협상 전략: 선택지 개발 및 최적 차선택 모색”, 세종정책브리프, 제21호 (세종연구소, 2025).
- 임은정, “트럼프 2.0시대, 에너지 정책의 변화 및 전망”, 전기저널 (2025. 9. 24).
- 전진호, “1970년대 한미 원자력협정”, 한국외교협상사례 총서, 제16권 (국립외교원, 2023)
- _____, “한미 (신)원자력협정의 비판적 재검토”, 한일군사문화연구, 제35집 (2022)
- 정용훈, “한국과 미국의 차이를 고려한 성공적 대미 진출 전략”, 원자력산업, vol.473 (한국원자력산업협회, 2025)
- 한국수력원자력 보도자료, “한국수력원자력, 미국 웨스팅하우스와 글로벌 협력 강화” (2025. 1. 17).
- _____, “한국수력원자력, 미 우라늄 농축 공급사 센트루스(Centrus)와 농축 투자 협력 확대” (2025. 8. 26).
- 한국원전수출산업협회, “트럼프 행정부의 원자력 산업 활성화 정책 동향” (2025. 5. 27).
- 한국핵정책학회, “한국 자체 핵무장에 따른 NPT 탈퇴 시 예상 경제제재와 한국 경제에 미칠 영향 연구 최종보고서”, 국회 외교통일위원회 제출자료 (2025).
- 황용수, “원자력 산업 현안과 미래 비전”, 세계원전시장 인사이트 (에너지경제연구원, 2016. 6. 17).
- 황해룡, “바라카 원전 상업운전의 의의와 시사점”, 세계원전시장 인사이트 (에너지경제

연구원, 2021. 4. 16).

Gamkrelidze, Natia & Covatariu, Andrei, “Why COP-29 Proved Nuclear Energy is Essential for a Green Future” (Belfer Center, 2024. 11. 19), <<https://www.belfercenter.org/research-analysis/why-cop-29-proved-nuclear-energy-essential-green-future>> (최종 검색일: 2026. 6. 12).

Connell, Dan, “Data Center and AI Power Demand – Will Nuclear Be the Answer?”, CF private equity (2025. 7. 31).

IAEA, Power Reactor Information System (PRIS) (2025. 10. 26), <<https://pris.iaea.org/PRIS/WorldStatistics/OperationalReactorsByCountry.aspx>> (최종 검색일: 2025. 10. 27).

NEA, *The NEA Small Modular Reactor Dashboard: Third Edition* (OECD Publishing, 2025).

NEA & IAEA, *Uranium 2024: Resources, Production and Demand* (OECD Publishing, 2025).

Hiller, Jennifer & Patterson, Scott, “‘It’s Time for Nuclear’ to Meet Growing U.S. Power Needs, Trump Declares”, WSJ (2024. 5. 23).

Kerr, Paul K. & Mary Beth D. Niktin, “Nuclear Cooperation with Other Countries: A Primer”, *CRS Report*, RS22937 (2026. 2. 10), pp. 10-12; U.S. Dep’t of Energy (DOE), “123 Agreements for Peaceful Cooperation” (2025. 7. 11), <<https://www.energy.gov/nnsa/123-agreements-peaceful-cooperation>> (최종 검색일: 2025. 10. 29).

McGoldrick, Fred, “Nuclear Trade Controls: Minding the Gaps”, CSIS Report (2013),

Pasamehmetoglu, Kemal, “The United States’ Role in Managing the Nuclear Fuel Cycle”, *Issue Brief*, Atlantic Council (2025).

U.S. Dep't of Energy (DOE), "9 Key Takeaways from President Trump's Executive Orders on Nuclear Energy" (2025. 6. 10). <<https://www.energy.gov/ne/articles/9-key-takeaways-president-trumps-executive-orders-nuclear-energy>> (최종 검색일: 2026. 6. 15).

Martin, Timothy W. & Kim, Soobin, "The New Acronym Driving South Korea's Summit with Trump: MASGA", WSJ (2025. 8. 24).

World Nuclear Association, "Six More Countries Endorse the Declaration to Triple Nuclear Energy by 2050 at COP29" (2024. 11. 13),
<<https://world-nuclear.org/news-and-media/press-statements/six-more-countries-endorse-the-declaration-to-triple-nuclear-energy-by-2050-at-cop29>> (최종 검색일: 2026. 6. 12).

_____, *World Nuclear Fuel Report: Global Scenarios for Demand and Supply Availability 2025-2040* (2025).

Hunt, Alex, "Trump sets out aim to quadruple US nuclear capacity", World Nuclear News (2025. 5. 24).

[국문초록]

한미 원자력협정 개정 논의와 방향

- 핵연료주기 관련 사전동의제도의 개선을 중심으로 -

정민정

인공지능(AI)과 데이터센터의 확산, 에너지 공급망의 불확실성 증대 및 차세대 원자로의 개발에 따라 안정적인 핵연료 공급망과 사용후핵연료 관리의 중요성이 커지고 있다. 이러한 상황에서 한국의 원자력산업 및 에너지 안보를 위해서는 핵연료주기에 관한 제도적·정책적 유연성을 확보할 필요가 있다.

본 연구는 이러한 문제의식에 기초하여 한미 원자력협정 제11조가 규정하고 있는 농축 및 재처리에 관한 사전동의제도의 법적 구조와 한계를 검토하고, 미국 원자력법 제123조 및 주요 123협정과의 비교를 통해 협정의 개정 방향을 제시한다. 분석 결과, 현행 한미 원자력협정은 농축 및 재처리를 절대적으로 금지하는 것은 아니지만, 관련 활동에 대하여 미국의 사전동의 또는 양국 간 서면합의를 요구함으로써 한국의 핵연료주기 활동에 일정한 제약을 가하고 있다. 반면 미국의 123협정은 협력국에 따라 포괄적 사전동의, 조건부 동의 및 강력한 비확산 조건을 결합한 다양한 형태로 설계되어 있다.

이에 본 연구는 한미 원자력협정의 개정이 미국의 사전동의권을 배제하는 방향보다는 지정된 시설과 프로그램 및 검증·비확산 조건을 전제로 한 조건부·프로그램적 사전동의를 확대하는 방향으로 이루어질 필요가 있다고 제안한다. 이를 통해 한국은 핵연료 공급망의 안전성과 원자력산업의 경쟁력을 강화하고, 미국은 동맹국 중심의 공급망 확대와 비확산체제의 안정이라는 이익을 확보할 수 있다.

주제어: 한미 원자력협정, 미국 원자력법 제123조, 사전동의, 농축, 재처리, 핵연료주기, 원자력 에너지 안보

[Abstract]

Revisiting the U.S.—ROK Nuclear Cooperation Agreement

- Focusing on the Improvement of the Prior-Consent Regime for the
Nuclear Fuel Cycle -

Minjung Chung

The expansion of artificial intelligence (AI) and data centers, growing uncertainty in energy supply chains, and the development of advanced nuclear reactors have increased the importance of stable nuclear fuel supplies and spent fuel management. In this context, South Korea needs greater institutional and policy flexibility regarding the nuclear fuel cycle to strengthen its nuclear industry and energy security.

Against this backdrop, this study examines the legal structure, this study examines the legal structure and limitations of the prior-consent regime governing enrichment and reprocessing under Article XI of the U.S.-ROK Nuclear Cooperation Agreement and proposes directions for its revision through an analysis of Section 123 of the U.S. Atomic Energy Act and a comparison of major U.S. nuclear cooperation agreements. The analysis shows that the current U.S.-ROK Agreement does not categorically prohibit enrichment or reprocessing, but imposes certain constraints on South Korea's nuclear fuel-cycle activities by requiring case-by-case prior U.S. consent through separate written agreements. By contrast, U.S. nuclear cooperation agreements have adopted diverse forms of prior consent depending on the partner state, including comprehensive prior consent, conditional consent, and arrangements combining consent with stringent non-proliferation conditions.

Accordingly, this study argues that the U.S.-ROK Agreement should be revised not to eliminate U.S. prior-consent rights, but to expand conditional and programmatic prior consent subject to specified facilities, programs, and verification and nonproliferation requirements. Such an approach would enhance South Korea's nuclear fuel security and the competitiveness of its nuclear industry while advancing U.S. interests in strengthening allied supply chains and maintaining the

stability of the global nonproliferation regime.

Keywords: U.S.—ROK Nuclear Cooperation Agreement, Section 123 of the U.S. Atomic Energy Act, Prior Consent, Enrichment, Reprocessing, Nuclear Fuel Cycle, Nuclear Energy Security