

국가미래전략원 연구 TF 한미원자력협력협정의 선진적 개정을 위한 기반 연구

연구책임자

박지영 (서울대학교 국가미래전략원 객원연구원)

공동연구원

최성열 (서울대학교 원자핵공학과 부교수)

이기범 (연세대학교 법학전문대학원 부교수)

장지향 (아산정책연구원 수석연구위원)



목차

요약	00
01. 서론	00
02. 한미원자력협력협정	00
I. 협정의 개요와 영향력	00
II. 미국 원자력협력협정 분석	00
03. 원자력산업과 개정방향	00
I. 원자력산업과 국내 현황	00
II. 협정의 활용과 개정	00
III. 핵연료 공급전략	00
04. 국제관계와 개정 기반구축	00
I. 국제관계 속 원자력	00
II. 국제정세 분석	00
05. 정책 제언	00
참고문헌	00

요약

본 보고서는 1956년 체결된 한미원자력협력협정의 역사적 변천과 주요 내용, 특히 2015년 개정 협정의 구조와 그 이행 과정을 종합적으로 분석하고, 2035년 예정된 협정 만료 시점을 전략적 기회로 활용하여 한국의 기술 자립성과 국제적 위상을 제고할 수 있는 선진적 개정 방향과 정책 전략을 제시하는 데 목적을 두고 있다. 특히, 한국의 원자력 기술이 세계적 수준에 도달하고 있음에도 불구하고, 사용후핵연료 재처리와 우라늄 농축 등 민감활동에 대해 미국의 사전 동의를 요하는 협정 구조가 유지되고 있다는 점에 주목하며, 이로 인해 발생하는 기술 주권의 제약과 에너지 안보 측면의 한계를 심층 분석하고 있다.

1. 123협정의 구조와 한계

123협정은 미국이 핵비확산 정책의 일환으로 우방국과 체결해 온 핵물질 및 기술의 평화적 이용에 관한 협정으로, 상대국의 민감활동에 대해 사전 동의 체계를 통해 통제권을 유지하고 있다. 한국은 1974년 개정 협정을 통해 상업용 원전의 도입을 본격화했으나, 동시에 농축 및 재처리 금지조항이 명문화되면서 원자력 기술의 자주적 활용에는 제약을 받게 되었다.

2015년 개정 협정은 일정 부분의 진전을 이뤘다. 파이로프로세싱과 농축 기술에 대한 연구개발(R&D) 목적의 장기동의를 도입하고, 고위급위원회를 설치하여 협정의 유연한 운용을 가능하게 하였으며, 사용후핵연료 관리 및 원전 수출과 관련된 협력 범위도 확대되었다. 그러나 농축 및 재처리의 상업적 이용에 대한 장기동의를 여전히 허용되지 않으며, 사전 서면 동의 원칙은 유지되고 있어 기술적 자율성과 협상의 대등성 측면에서 한계가 존재한다.

2. 국제정세 변화의 구조적 분석

보고서는 최근의 국제정세가 단순히 협정 운영의 외부 변수에 그치지 않고, 협정 개정의 당위성과 방향을 구조적으로 재설계하는 결정적 요소가 되고 있음을 강조한다. 주요 내용은 다음과 같다.

- (1) 기후변화 대응과 원자력 재조명: 탄소중립 목표에 따라 세계 각국이 원자력의 역할을 확대하고 있으며, 특히 소형모듈원자로(SMR) 등 차세대 원전 기술이 주목받고 있다. 이 과정에서 원자력 기술 보유국 간의 협력과 경쟁이 동시에 심화되고 있다.
- (2) 글로벌 공급망 재편과 에너지 지정학: 우크라이나 전쟁 이후 러시아의 농축 우라늄 공급에 대한 의존도가 리스크로 부상하면서, 미국 및 동맹국 중심의 핵연료 공급망 다변화 전략이 전개되고 있다. 이에 따라 한국도 독자적인 농축 역량 확보 및 연료자립을 위한 정책적 검토가 필요하다.
- (3) 미·중·러 간 기술 패권 경쟁: 중국과 러시아는 중동, 동남아, 아프리카 등 신흥국을 대상으로 공격적인 원전 수출 전략을 펼치고 있으며, 원자력 기술이 지정학적 영향력 확대 수단으로 활용되고 있다. 미국은 동맹국과의 기술협력을 강화하여 이에 대응해야 하며, 한국은 미국과의 전략적 원자력 파트너십을 통해 주도적 위치를 확보할 수 있는 여지가 커지고 있다.
- (3) 국제 핵비확산 기조의 변화: 기술적 신뢰성, 투명한 감시체계, 전략적 가치가 높은 국가에게는 민감기술에 대한 제한을 일부 완화하는 접근이 현실화될 가능성이 있으며, 한국은 이러한 변화에 선제적으로 대응할 필요가 있다.

3. 국내 기술 및 제도적 기반 진단

한국은 APR1400, SMART, SMR 등 세계적 수준의 원전 기술을 보유하고 있으며, 사용후핵연료 관리와 파이로프로세싱 R&D에 있어서도 상당한 성과를 축적하고 있다. 다만, 파이로 기술의 경우 전해환원 단계까지만 실증되어 있으며, 전해정련 및 제련 등 핵물질 분리 단계에 대한 기술적 실증은 아직 부족하다. 농축기술의 경우도 기술적 접근이 어려우나, 우리나라 원자력산업의 규모를 고려할 때 안정적 핵연료 수급방안 확보가 필수적이므로 농축능력 확보기반과 국제적 수용성을 동시에 고려한 전략 설계가 필요하다.

제도적으로는 원자력안전위원회 중심의 규제체계, 민감기술

의 연구목적 구분, IAEA와의 사찰 협력 등 기본적인 인프라는 구축되어 있으나, 국제사회가 요구하는 비확산 투명성 수준에는 여전히 기술적·법적 보완이 필요하다는 평가도 존재한다.

4. 정책 제언 및 향후 전략

본 보고서는 향후 한미 간 협정 개정 논의에서 한국이 기술 자율성과 대등한 협상력을 확보하기 위해 다음과 같은 정책 제언을 제시한다.

- (1) 민감기술의 실증 기반 구축: 파이로프로세싱 실증 연구와 우라늄 농축기반 확보를 위해, 기술적 타당성과 안전성, 비확산성을 입증해야 하며, 이를 기반으로 상업적 장기동의를 요구할 수 있는 근거를 마련해야 한다.
- (2) AI 기반 감시 및 비확산 기술 확보: 국제사회의 수용성을 높이기 위해 공정 모니터링, 자동계측 시스템, IAEA 공동사찰 체계 등 고도화된 감시기술을 병행 개발할 필요가 있다.
- (3) 한미 전략적 기술동맹 강화: 원전 수출, SMR 공동개발, 기술 특허 공유 등 한미 간 실질적 이해관계가 결합된 협력 모델을 기반으로 협정 개정 협상의 동력을 강화할 필요가 있다.
- (4) 국제정세 및 비확산 정책 변화의 상시 분석: 미국의 정권 변화, 국제기구의 비확산 기준, 신흥국의 원자력 도입 확대 등에 대응하기 위한 정책 분석 기능을 강화하고, 유연한 전략 조정이 가능한 체계를 갖추어야 한다.
- (5) 국내 법제 및 민관 협력체계 정비: 민감기술의 통합 관리체계 구축, 정책·기술·외교 부처 간 협력 강화, 민간 전문가와 산업계의 외교역량 활용 등을 통해 실행력 있는 협정 대응 거버넌스를 구축해야 한다.

결론적으로 본 보고서는 2035년 예정된 한미원자력협력협정 개정을 단순한 문서 갱신이 아닌, 한국의 원자력 기술 자립과 국제 전략 주도국으로의 도약을 위한 전환점으로 설정하고 이에 필요한 정책 기반을 제시하고자 하였다. 향후 협정 개정이 한국의 기술 주권 확보위상 제고, 에너지 공급망 안정, 글로벌 비확산 질서 내 책임국가로서의 위상 강화라는 세 가지 전략 목표를 동시에 달성할 수 있도록, 정부, 산업계, 학계의 통합적 대응이 요구된다.

서론

한미원자력협력협정은 1956년 최초 체결된 이후, 한국 원자력산업의 제도적 기반이자 양국 간 원자력 협력의 핵심 틀로 자리매김해 왔다. 특히 1974년 개정 협정은 한국이 상업용 원자력발전소를 본격적으로 도입할 수 있는 법적 토대를 제공함으로써 원자력 기술의 국내 도입과 산업 기반 구축에 중대한 전기를 마련하였다. 하지만 동시에 미국의 핵비확산 정책에 따라 우라늄 농축(enrichment)과 사용후핵연료 재처리(reprocessing) 등 민감 기술에 대해서는 엄격한 제한과 사전 동의 제도가 도입되어, 이후 수십 년 간 한국의 독자적 핵연료주기 기술 개발과 활용에 구조적인 제약으로 작용해 왔다.

2015년에 이뤄진 가장 최근의 협정 개정은 과거 협정에 비해 상당한 진전을 이뤘다. 고위급위원회(High-Level Bilateral Commission) 설치를 통해 양국 간 전략적 협의체계를 제도화하고, 파이로프로세싱과 농축 연구개발에 대한 장기동의 체계를 도입함으로써 일정 수준의 기술 자율성과 정책 유연성을 확보했다. 또한 원전 연료의 안정적 공급, 원전 수출 절차 간소화, 사용후핵연료 관리의 다각화 등에서 실질적인 제도 개선을 이뤄내며 협정의 실효성을 높였다.

그러나 2015년 개정 협정은 여전히 근본적인 한계를 지닌다. 가장 핵심적인 제한은, 민감 기술 분야에 대한 미국의 '서면 동의'(prior written consent) 조건이 유지된다는 점이다. 이는 한국이 향후 원자력 기술의 고도화와 핵연료주기 자립화를 추진하는 과정에서 지속적인 외교 협상과 미국 측의 정치적 판단에 의존해야 한다는 구조적 제약을 의미한다. 특히, 미국과 일본·유럽연합(EURATOM)·인도 간의 원자력협정에서 농축 및 재처리 활동에 대해 무조건적 장기동의를 부여한 사례와 비교할 때, 한국은 아직 그 수준에 미치지 못하는 기술적·정책적 제약 상태에 놓여 있다.

이러한 상황은 단순한 기술문제를 넘어, 한국의 에너지 안보와 기술 주권 확보라는 국가 전략적 과제와 직결된다. 더 나아가, 최근 국제정세의 급변은 한국이 현 협정 체제의 한계를 극복하고, 2035년 차기 협정 개정 시점을 전략적 기회로 전환해야 할 당위성을 더욱 분명히 하고 있다.

1. 국제정세 변화와 원자력 협력 환경의 재편

전 세계는 지금 에너지 안보, 기후위기 대응, 기술 패권 경쟁이라는 세 가지 중첩된 흐름 속에서 원자력의 역할을 재조명하고 있다. 탄소중립(Net Zero)을 위한 탈화석연료 전환의 흐름 속에서 원자력은 가장 유력한 기저 전원으로 주목받고 있으며, 미국, 유럽, 중국, 러시아, 인도 등 주요국은 자국의 원전 기술을 외교 및 전략적 영향력 확장의 수단으로 적극 활용하고 있다. 이러한 배경 아래 다음과 같은 국제정세 변화는 한미협정의 향후 개정 방향에도 직·간접적으로 영향을 미치고 있다.

(1) 우크라이나 전쟁과 러시아의 에너지 무기화: 러시아의 원전 기술 및 농축 우라늄 시장 지배력(전 세계 농축 우라늄 시장의 약 40%)은 미국과 유럽의 우려를 증폭시키고 있으며, 미국은 러시아산 농축우라늄 수입을 단계적으로 금지하는 조치를 추진하고 있다. 이로 인해 농축 서비스 시장이 지정학적 리스크에 크게 노출되었으며, 한국 역시 향후 안정적 연료 공급망 확보를 위해 독자적인 농축 역량 확보의 필요성이 대두되고 있다.

(2) 중국과 러시아의 원전 수출 전략 가속화: 두 국가는 개발도상국, 특히 중동, 동남아, 아프리카 지역을 대상으로 패키지형 원전 수출과 금융 지원을 결합한 전략을 구사하며 시장 장악력을 확대하고 있다. 이에 대응해 미국은 기술 파트너십을 통해 우방국과의 연대를 강화하려는 전략을 추진 중이며, 한국은 이 틈새에서 전략적 기술 파트너로서의 위상을 확보할 수 있는 기회를 맞고 있다.

(3) SMR(소형모듈원자로), 고온가스로형 선진원자로 등 차세대 기술 경쟁 심화: 차세대 원전 기술 개발이 주요 국가의 전략 산업으로 부상하면서, 협정상 기술 제한이 존재하는 한국의 경쟁력 확보에 불리하게 작용할 수 있다. 특히 미국의 민간기업들과의 공동개발, 기술 실증, 수출연계 협력에서 한미협정의 유연성 확보는 필수 과제가 되고 있다.

이와 같은 국제정세 변화는 한미원자력협정이 기존의 단순 비확산 제약 중심의 구조를 넘어, 에너지 동맹의 전략적 재구성 수단으로 확장되어야

함을 시사한다. 미국 역시 자국의 원전 산업 경쟁력 회복, 러시아의 시장 견제, 동맹국과의 전략 기술협력 심화라는 목표를 갖고 있어, 한국과의 상호이익 기반 변화는 실현 가능성이 있다.

2. 협정 개정에 대비한 한국의 과제와 전략

2035년은 현행 한미원자력협정이 만료되는 시점으로, 한국은 이를 상업적 민감기술 활용에 대한 장기동의 확보라는 목표를 향한 전환점으로 삼아야 한다. 산업적 측면에서는 안정적인 핵연료 확보를 위한 노력이 필요하다. 농축 분야는 아직 R&D 초기 단계이나, 국제시장 불안정에 대응하기 위해 선구매, 지분 투자, 공동 R&D 등을 통해 정책 기반과 기술적 타당성을 축적해 나가야 한다. 핵연료주기 기술 역량의 강화와 실증 기반을 마련하는 것도 필요하다. 파이로프로세싱 기술은 현재 전처리 및 전해환원 단계에 국한되어 있으므로 핵물질을 포함한 전해정련 및 제련 기술은 연구개발 및 실증단계 진입이 필요하다. 지속적인 연구개발은 책임있는 사용후핵연료 관리와 처분을 위해 지속되어야 한다.

인공지능 기반 공정 모니터링, IAEA 공동 검증체계 등 비확산 투명성을 강화할 수 있는 첨단 안전조치 기술의 확보도 필수적이다. 전략적 한미 파트너십의 심화와 협상 대등성을 확보하는 노력도 병행해야 한다. 원전 수출 확대, 공동 프로젝트 추진, 인프라 연계형 수출 등에서 미국과의 전략적 공조를 강화하는 방식으로 협상력의 대등성을 확보할 수 있을 것이다. 원자력 협력을 통해 미국의 대외 전략인 비확산 및 공급망 재편 등에 기여함으로써 미국으로 하여금 협정 개정에 긍정적인 자세로 임할수 있는 분위기를 조성할 수 있을 것이다.

한미원자력협력협정의 평화적 이용을 위한 개정을 위해서 무엇보다 중요한 것은 우리나라의 비확산의지를 공고히 하는 것이다. 국내외 비확산 신뢰성 제고와 국내 정책을 조율하여 신뢰기반을 확보하는 것이 필수적이다. 핵무장론 등 국내 일부 여론은 국제사회의 신뢰를 저해할 수 있으므로, 평화적 이용을 제도적으로 입증할 수 있는 안전조치 기술과 국제협력 기반을 갖추는 것이 중요하다. 미국과의 비확산 공동연구, IAEA와의 현장 검증, AI 감시 기술 실증 등을 통해 비확산성 내재화된 기술협력 모델을 제시해야 한다.

이처럼 한미원자력협력협정의 선진적 개정은 단순히 제도적 정비를 넘어, 국제질서의 구조적 변화에 대응하고, 한국의 에너지 안보, 기술 주권, 국제 위상 강화를 동시에 추구하기 위한 전략적 필요성에 기반한다. 본 연구는 이러한 배경 아래, 한미원자력협력협정의 역사적 경과와 산업정책적 의의, 국제정세 변화의 구조적 함의를 종합적으로 분석하고, 한국이 2035년 협정 개정이라는 전략적 기회를 활용해 에너지 안보, 기술 자립, 국제 핵비확산 기여의 균형적 목표를 달성할 수 있는 정책적·외교적 방향성을 제시하고 장기적인 전략개발의 기반을 제공하고자 한다.

한미 원자력협력협정

I 협정의 개요와 영향력

1. 123 협정의 역사

한미 원자력협력협정은 1956년 최초 체결 이후 여러 차례의 개정을 거치며 양국 간 원자력 협력의 기반을 마련해왔다. 1956년 2월 3일에 체결된 최초의 협정은 "원자력의 비군사적 사용에 관한 대한민국 정부와 미합중국 정부 간의 협력을 위한 협정"이라는 명칭으로, 한국의 평화적 원자력 이용을 위한 초석을 다졌다. 이 협정은 미국의 재정적, 기술적 지원을 바탕으로 한국이 최초의 연구용 원자로를 도입하고 운영할 수 있는 근거가 되었다. 1958년 3월 14일에는 연구용 원자로인 TRIGA MARK-II(100kW)의 도입을 위해 1차 개정이 이루어졌고, 1965년 7월 30일에는 2차 개정을 통해 TRIGA MARK-III(2MW)를 도입하게 되었다. 이러한 초기 협정들은 한국의 원자력 연구 및 기술 발전의 시작점이 되었다.

1972년 11월 24일, 한미 양국은 "원자력의 민간이용에 관한 대한민국 정부와 미합중국 정부간의 협력을 위한 협정"에 서명했다. 이 협정은 1973년 3월 19일에 발효되었으며, 한국의 원자력 산업 발전을 반영하여 더욱 구체적인 협력 방안을 담고 있었다. 특히 이 협정은 한국이 상업용 원자력 발전소를 도입하는 과정에서 필요한 법적 기반을 제공했다. 그러나 동시에 미국의 핵비확산 정책에 따라 한국의 핵연료 농축과 재처리에 대한 제한을 포함하고 있었다. 이는 당시 국제 사회의 핵확산 우려와 미국의 강화된 핵비확산 정책을 반영한 결과였다.

1974년 5월 15일에는 협정의 개정이 이루어졌고, 같은 해 6월 16

일에 개정안이 발효되었다. 이 개정은 발효일로부터 41년간 효력을 갖도록 규정되었다. 1974년 개정 협정의 주요 특징은 한국의 원자력 기술 발전과 산업 성장을 반영하면서도, 미국의 핵비확산 정책을 더욱 강화한 점이다. 특히 이 협정에서는 한국이 미국의 사전동의 없이는 핵연료의 농축과 재처리를 할 수 없도록 제한하였다. 이는 한국의 원자력 기술 자립에 대한 제약으로 작용했지만, 동시에 국제 핵비확산 체제의 강화라는 측면에서는 의미가 있었다.

1956년부터 2015년까지 한미 간 원자력 협력은 지속적으로 진화해왔다. 초기에는 미국의 일방적인 기술 지원과 통제에 기반한 협력이었다면, 점차 한국의 기술력 향상과 국제적 위상 변화에 따라 더욱 대등하고 호혜적인 관계로 발전해왔다. 1956년 협정이 한국의 원자력 연구 개발을 위한 기초적인 협력을 규정했다면, 1972년과 1974년의 협정들은 한국의 상업용 원자력 발전 도입과 관련된 더욱 구체적인 협력 체계를 마련했다. 이 과정에서 한국은 미국으로부터 원자력 기술과 물자를 전수받으며 원자력 산업의 기반을 다졌고, 미국은 이에 대한 비확산을 보장받는 구조가 형성되었다.

2015년 개정 협정에 이르기까지 한미 원자력 협력은 크게 세 가지 측면에서 진화해왔다. 첫째, 협력의 범위와 깊이가 확대되었다. 초기에는 단순한 기술 이전과 물자 공급에 초점이 맞춰져 있었다면, 점차 공동 연구개발, 원전 수출 협력, 핵안보 협력 등으로 협력 영역이 넓어졌다. 둘째, 한국의 자율성과 권한이 점진적으로 확대되었다. 1956년 협정에서는 미국의 일방적인 통제가 강했지만, 이후 협정들에서는 한국의 기술력 향상을 반영하여 더 많은 자율성을 부여하는 방향으로 변화했다. 셋째, 핵비확산에 대한 접근 방식이 변화했다. 초기에는 미국의 일방적인 통제를 통한 핵비확산이 강조되었다면, 점차 한국의 책임 있는 원자력 이용을 인정하면서도 국제 핵비확산 체제와의 조화를 추구하는 방향으로 발전했다.

2015년 개정 협정은 이러한 진화의 결과물로, 한국의 원자력 기술 수준과 국제적 위상 변화를 반영하면서도 국제 핵비확산 체제와의 조화를 추구하고 있다. 특히 사용후핵연료 관리, 원전연료의 안정적 공급, 원전수출 증진 등에서 한국의 권한과 자율성이 확대되었으며,

고위급위원회 신설을 통해 양국 간 전략적 협력 관계가 제도화되었다. 이는 한미 원자력 협력이 단순한 기술 이전의 차원을 넘어 전략적 파트너십으로 발전했음을 보여주는 것이다.

결론적으로, 1956년부터 2015년까지 한미 원자력 협력의 진화 과정은 한국의 원자력 기술 발전과 국제적 위상 변화, 그리고 국제 핵비확산 체제의 강화라는 복합적인 요인들이 상호작용한 결과라고 볼 수 있다. 이 과정에서 한미 양국은 원자력의 평화적 이용과 핵비확산이라는 두 가지 목표를 균형 있게 추구하며, 더욱 성숙하고 호혜적인 협력 관계를 구축해왔다. 앞으로도 이러한 협력 관계는 국제 정세의 변화와 기술 발전에 따라 계속해서 진화해 나갈 것으로 전망된다.

<표 1> 한미 원자력 협력 주요 약력

1956. 2	원자력의 비군사적 사용에 관한 대한민국 정부와 미합중국 정부 간 협력을 위한 협정 서명
1972. 11	원자력의 민간이용에 관한 한국 정부와 미국 정부 간 협력을 위한 협정 서명 (1973. 3 발효) 첫 상업용 원자로인 고리 1호기 도입 추진
1974. 5	협정 1차 개정 미국의 농축 우라늄 수입 조건 등 조정 협정 유효 기간 41년으로 연장
2010. 10	미국 워싱턴에서 제1차 협상 개최 사용후핵연료 처리 '파이로프로세싱' 공동연구 합의
2013. 4	협정 만기를 2016년 3월까지 2년 더 연장하고 추가 협상하기로 합의
2014. 3	협정 만기 2년 연장안 공식 발효
2015. 4	협상 타결. 신 한미 원자력협력협정 가서명
2015. 10	개정 협정 미 의회 검토 완료
2015. 11	개정 협정 공식 발효

2. 123 협정과 원자력산업

한미원자력협력협정은 한국 원자력산업의 기술 발전과 수출 확대에 기여했으나, 핵심 분야에서의 제약으로 인해 산업적·전략적 한계를

노출시켰다. 특히 우라늄 농축, 사용후핵연료 재처리를 중심으로 하는 핵연료 주기 측면에서 한국의 원자력산업은 불완전한 기술수준을 보유하고 있다.

<표 2> 개정 협정 비교

구분	1972년	1974년	2015년
핵연료 공급	연구용 원자로 및 상용 원자로(고리 1호기)에 필요한 핵연료(U-235) 12,900kg 공급	발전시설 용량 5,000MW를 초과하지 않는 원자로에 필요한 우라늄 공급	미국의 핵연료 공급지원 노력을 규정, 핵연료 시장 수급 불균형 발생시 비상공급 지원 협의
공급 방법	수시 계약	고정 계약	동일
농축 권한	우라늄-235의 농축은 20% 이내, 그 이상은 미측 승인 필요	동일	20% 미만 우라늄 농축은 한미고위급위원회 협의를 통해 추진 가능
재처리 권한	양국 공동 결정시 양 당사자가 수락하는 시설에서 가능	동일	파이로프로세싱은 미국의 서면합의시 가능
재이전 사전동의	미국 동의 필요	동일	미국과 협정 체결 국가는 대부분 가능
수출입 인허가	-	-	신속화 규정
안전 조치	IAEA에 이관	동일	동일
유효 기간	30년	41년	20년, 1년전 사전 통보로 협정 종료 가능

협정은 이론적으로는 미국산 우라늄의 20% 미만 저농축을 허용하지만, 상업적 규모의 농축이나 재처리 시 미국의 사전동의를 필수로

한다. 전세계 원자력산업이 활발해지고, 한국의 해외 원자력수출이 확대되고 있는 현 시점에서 핵연료 공급을 전적으로 해외기술과 산업체에 의존하게 됨으로써 수급 불안정이 문제가 될 수 있다. 우리나라는 원전 연료의 97%를 해외 수입에 의존하며, 향후 우리나라 시장의 공급 불안정성이나 가격 변동에 대응할 수 있는 자체적 역량이 부족하다.

연간 500톤 이상 추가 발생하고 있는 사용후핵연료의 누적 문제를 완화하기 위해서는 사용후핵연료 처리기술개발이 필요하다. 비확산 건식재처리기술인 파이로프로세싱 기술의 개발과 실용화는 한미 공동연구 결과와 고위급위원회 협의에 달려있어, 독자적 개발과 활용에 어려움이 있다. 원자력발전이 확대되는 것은 필연적으로 사용후핵연료 발생량을 증가시킨다. 장기적인 측면에서 사용후핵연료의 절대적 부피와 양을 저감시킬수 있는 기술개발이 필요한 시점이다.

협정은 원전 수출 시 미국의 장기동의를 확보해 절차를 간소화했으나, 핵연료주기 서비스를 포괄적으로 제공하지 못해 프랑스·러시아 등 경쟁국 대비 경쟁력 격차가 존재한다. 협정은 한국 원자력산업의 성장 토대를 마련했으나, 기술 주권과 에너지 안보 측면에서 취약성을 노출한다. 향후 한미 간 균형 잡힌 협력 강화와 동시에, 핵연료 자체 기술 확보 및 국제적 신뢰 강화가 필요하다.

3. 협정 개정 성과와 실패

한미원자력협력협정 개정 과정은 한국의 원자력 기술 발전과 미국의 핵비확산 정책 사이에서 균형점을 찾으려는 시도였다. 이 과정에서 양국은 여러 차례 성과와 한계를 경험하며 협정의 변화에 영향을 미쳤다. 1956년 첫 협정 체결 이후, 1972년의 개정은 한국이 상업용 원자력 발전소를 도입할 수 있는 법적 토대를 마련했다. 이를 통해 한국은 본격적인 원자력 에너지 시대에 진입했으나, 동시에 핵연료 농축과 재처리에 대한 제약이 포함되어 원자력산업의 자립에는 한계가 있었다. 이는 당시 국제 핵비확산 분위기와 미국의 정책을 반영한 조치였다.

1974년 개정에서는 기존의 기초를 유지하면서도 일부 조항이 보완되었고, 협정의 유효기간이 41년으로 설정되어 장기적 협력의 기반이

마련됐다. 하지만 핵연료주기 기술 개발에 대한 제한은 지속되어 한국의 기술 자립 요구는 충족되지 못했다.

1980~90년대에는 한국의 원자력 기술이 빠르게 발전하면서, 기존 협정의 제한 완화와 자율성 확보를 위한 개정 노력이 이어졌다. 사용후핵연료 재처리와 우라늄 농축 권한 확보가 주요 목표였으나, 미국의 강경한 핵비확산 정책과 한반도 안보 상황 등으로 큰 진전을 이루지 못했다. 2010년대 들어, 2014년 만료 예정이던 협정의 개정을 위한 본격 협상이 시작됐다. 한국은 일본과 유사한 수준의 기술 자율성, 특히 사용후핵연료 재처리와 우라늄 농축에 대한 포괄적 사전동의를 원했으나, 미국은 핵비확산 우려로 신중한 태도를 유지했다.

2015년 개정 협정의 주요 내용은 다음과 같다. 먼저, 사용후핵연료 관리에서 일부 진전이 있었다. 한국은 사용후핵연료의 조사후시험, 전해환원 등 연구를 할 수 있게 되었고, 파이로프로세싱 공동연구의 경로가 마련됐다. 또한 핵연료의 안정적 공급 방안이 포함되어, 미국이 한국에 대한 핵연료 공급을 지원하고 20% 미만 저농축 우라늄 생산도 한미 협의를 통해 추진할 수 있다는 문구가 포함되었다. 원전 수출 증진을 위한 조항도 포함되어, 제3국에 대한 핵물질·장비·부품 재이전의 장기동 의와 수출입 인허가 신속화가 명시됐다. 고위급위원회 신설로 양국 간 전략적 협력체제가 제도화되었으며, 4개 실무그룹(사용후핵연료, 원전연료, 원전수출, 핵안보)이 설치됐다. 협정 유효기간이 40년에서 20년으로 단축되어, 변화하는 국제 환경과 기술 발전에 유연하게 대응할 수 있게 되었다.

그러나 2015년 개정 협정에는 한계와 비판도 존재한다. 한국이 원하던 수준의 자율성, 특히 사용후핵연료 처리와 우라늄 농축에 대한 포괄적 사전동의를 얻지 못했다는 점이 지적된다. 협정문이 미시적 조항 중심으로 구성되어, 한미 원자력 협력의 전략적 의미와 장기적 비전을 명확히 보여주지 못한다는 비판도 있다. 재처리와 농축 등 주요 사안이 국내 충분한 논의 없이 협정에 명문화된 점, 미래활동에 대한 과도한 기대가 포함된 점 등도 문제로 지적되었다.

이러한 점을 종합하면, 2015년 개정 협정은 완전한 성공이라기보다는

현실적인 타협의 산물로 볼 수 있다. 한국은 일부 분야에서 진전을 이뤘으나, 핵심 자율성 확보에는 미치지 못했다. 미국은 핵비확산 원칙을 지키면서도 동맹국의 요구를 일부 수용하는 방식으로 절충했다.

결론적으로, 한미 원자력협력협정의 개정은 양국이 이해관계를 조율하고 국제 핵비확산 체제와 조화를 모색하며 점진적으로 발전해 온 과정이었다. 앞으로도 긴밀한 소통과 협력, 창의적 접근이 필요하며, 향후 협정 개정은 양국의 전략적 이익 증진과 동북아 안보 구도에도 중요한 영향을 미칠 것이다.

<표 3> 주요 개정 내용

분야	주요 내용
사용후 핵연료	- 중간저장, 재처리·재활용(파이로프로세싱), 영구처분, 해외위탁재처리 등 사용후핵연료 관리를 위한 구체적 협력 방식을 규정 - 한국이 보유한 시설에서 사용후핵연료에 대한 조사후 시험, 전해환원 등의 활동에 대한 동의 확보 - ‘파이로프로세싱’의 결과를 양국 간 협의를 통해 합의하여 추진할 수 있는 경로 규정
핵연료 공급	- 핵연료의 장기적 공급 안정성 확보를 위한 협력망 구축 - 20% 미만 우라늄 농축에 대해 양국이 합의해 추진할 수 있는 매커니즘 도입
원전 수출 증진	- 원전 수출 관련 포괄적인 미국의 동의 확보 - 수출입 인허가 신속화
원자력 이용	- 전량 수입에 의존해 온 방사성동위원소 생산과 수출을 위해 미국산 핵물질 자유롭게 사용할 수 있는 장기동의
협력 체제	- 상설 고위급위원회 신설
유효기간 단축	- 협정의 유효기간을 20년으로 단축, 일방 당사국이 1년 전에 사전 통보하면 협정을 종료시킬 수 있도록 규정

4. 개정 노력의 필요성

한미 원자력협력협정의 향후 개정 노력은 여러 가지 이유로 필요성이 제기되고 있다. 먼저, 급변하는 국제정세와 기술 발전 속도를 반영해야 할 필요성이다. 현재의 협정은 2015년에 개정되었지만, 그 이후 원자력

기술과 국제정세는 빠르게 변화하고 있다. 특히 소형모듈원자로(SMR)와 같은 새로운 기술의 등장, 기후변화 대응을 위한 원자력의 역할 재조명, 그리고 국제 핵비확산 체제의 변화 등을 고려할 때 협정의 재검토가 필요한 시점이다. 예를 들어, SMR 기술의 발전은 원자력발전의 경제성과 안전성을 크게 향상시킬 수 있으며, 이에 대한 한미 간 협력체계의 변화가 필요할 수 있다. 한국의 원자력 기술 수준은 협정 초기보다 획기적으로 향상되었으며 국제적 위상 변화 또한 반영해야 할 필요성이 있다. 한국은 이미 원전 수출국으로 자리매김했으며, 원자력 기술 분야에서 세계적인 경쟁력을 갖추고 있다. 이러한 한국의 발전된 위상을 협정에 적절히 반영하여 더욱 대등한 파트너십을 구축할 필요가 있다.

핵연료주기와 관련해서도 새로운 협력방안이 필요하다. 우라늄 농축에 대한 권한 확보는 한국의 원자력 에너지 안보와 직결되는 문제로, 장기적인 관점에서 접근해야 할 것이다. 저농축 우라늄(LEU) 생산에 대한 권한을 단계적으로 확대하는 방안을 모색하여 구체화하고, 이에 대한 조건과 절차를 계획할 필요가 있다. 한국의 사용후핵연료 저장 공간이 포화 상태에 이르고 있는 현실을 고려할 때, 사용후핵연료 관리 문제에 대한 구체적이고 실질적인 해결책을 마련해야 할 필요성도 있다. 파이로프로세싱 기술 개발과 같은 장기적인 해결책에 대한 지속적인 협력과 개발이 필요하다.

원자력 수출 경쟁력 강화를 위한 더욱 구체적인 협력 방안을 마련해야 할 필요성도 제기된다. 제3국 수출에 있어서 미국과의 협력을 강화하고, 불필요한 규제를 완화하는 노력이 필요하다. 수출 인허가 절차의 간소화 등을 명시하고 불필요한 분쟁의 소지를 방지해야 한다. 한국의 비핵확산 의지는 협정과 개정 과정에서 무엇보다 중요한 가치다. 국제사회의 신뢰를 유지하면서도 한국의 기술과 산업 발전을 추구할 수 있는 방안으로 협정개정에 대한 새로운 접근법을 모색해야 한다.

II 미국 원자력협력협정 분석

1. 미국의 핵비확산 체제와 123 협정

미국의 핵비확산 체제는 국제 평화와 안보를 유지하기 위한 핵심적인 전략으로 자리 잡고 있다. 이 체제는 핵무기의 확산을 방지하고 핵 기술의 평화적 이용을 촉진하는 것을 목표로 한다. 미국은 이러한 목표를 달성하기 위해 국내법과 국제조약, 양자 및 다자간 협정, 그리고 다양한 외교적·기술적 수단을 복합적으로 활용하고 있다.

미국 핵비확산 정책의 근간은 1968년에 체결된 핵확산금지조약(Nuclear Non-Proliferation Treaty, NPT)이다. 미국은 NPT의 설립과 발전에 주도적인 역할을 해왔으며, 핵무기 보유국의 수를 제한하고 비핵국가의 평화적 핵 이용을 보장하는 동시에, 궁극적으로는 핵군축을 지향하는 이 조약의 이행과 강화를 위해 지속적으로 노력하고 있다. 미국은 국제원자력기구(International Atomic Energy Agency, IAEA)와의 긴밀한 협력을 통해 전 세계적으로 핵물질과 관련 기술의 안전조치 및 투명성을 확보하고, 핵확산 위험을 줄이기 위한 국제적 규범 형성에 앞장서고 있다.

미국은 다자간 협력 메커니즘을 통해서도 핵비확산 체제를 강화하고 있다. 미국은 핵공급국그룹(Nuclear Suppliers Group, NSG) 등 국제 수출통제 체제의 창립 멤버로서, 핵 관련 물질과 기술의 국제 이전에 대한 엄격한 기준을 제시하고 있다. 또한 확산방지구상(Proliferation Security Initiative, PSI)과 같은 다양한 국제협력 이니셔티브를 주도하며, 대량살상무기 및 관련 물자의 불법 이동을 차단하는 데 앞장서고 있다. 핵테러 대응 역시 미국 핵비확산 체제의 중요한 축으로, 세계핵테러방지구상(Global Initiative to Combat Nuclear Terrorism, GICNT) 등 국제 파트너십을 통해 핵 및 방사성 물질의 안전한 관리와 테러 대응 능력 강화를 위해 노력하고 있다.

군축 노력 또한 미국 핵비확산 정책과 밀접하게 연계되어 있다. 미국은 러시아와의 전략무기감축협정(New START) 등 양자 군축 협상을 통해 핵무기 감축을 추진하고 있으며, 포괄적핵실험금지조약(Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty, CTBT)의 비준을 위해서도 지속적으로 노력하고

있다. 이러한 군축 활동은 핵무기의 위험성을 줄이고 국제 핵비확산 체제의 신뢰성을 높이는 데 기여하고 있다. 동시에 미국은 원자력의 평화적 이용을 촉진하기 위해 '골드 스탠다드'와 같은 높은 수준의 비확산 기준을 일부 양자협정에 도입하며, 민간 원자력 발전을 지원하는 정책도 병행하고 있다.

미국의 핵비확산 체제는 최근 들어 더욱 복잡한 도전에 직면하고 있다. 북한과 이란의 핵 프로그램, 핵기술의 불법 확산, 그리고 비국가 행위자에 의한 핵테러 위협 등은 미국 핵비확산 정책의 실효성을 시험하는 주요 과제이다. 일부 국가들은 미국의 비확산 정책이 평화적 핵 이용권을 과도하게 제한한다고 비판하기도 한다. 이에 대응하여 미국은 외교적 노력과 경제 제재를 통해 핵확산 국가들을 압박하는 한편, 국제협력을 강화하고, 핵 탐지 기술과 핵 포렌식, 사이버 보안 등 관련 기술의 발전을 통해 비확산 능력을 지속적으로 고도화하고 있다. 특히 최근에는 소형모듈원자로(SMR), 핵융합 등 신형 원자력 기술의 등장으로 인해 핵비확산 체제에 대한 새로운 도전과제가 부상하고 있다. 미국은 이러한 신기술이 가져올 수 있는 핵확산 위험을 최소화하면서도 그 이점을 안전하게 활용할 수 있는 정책적·기술적 방안을 모색하고 있다. 이와 더불어, 핵 시설에 대한 사이버 공격의 위험이 높아짐에 따라 미국은 국내외적으로 핵 관련 시설의 사이버 보안을 강화하는 데도 주력하고 있다.

결국 미국의 핵비확산 체제는 NPT를 중심으로 한 국제 규범의 강화, 엄격한 양자협정 관리, 다양한 국제협력 메커니즘의 운영, 군축과 평화적 이용 촉진 등 다층적이고 종합적인 접근을 통해 운영되고 있다. 미국은 이러한 체제를 통해 핵무기의 확산을 방지하고, 핵 기술의 평화적 이용을 촉진하며, 궁극적으로는 핵무기 없는 세계를 실현하고자 노력하고 있다. 그러나 기술 발전과 지정학적 환경 변화에 따라 새로운 도전이 지속적으로 등장하고 있어, 미국은 앞으로 핵비확산에 있어 국제 협력의 강화와 고도의 전략이 필요하다.

미국의 국내법 중, 1954년 제정된 원자력법(Atomic Energy Act)은 미국 핵비확산 정책의 법적 토대를 제공하며, 원자력법 제123조는 외국과의 원자력 협력에 관한 구체적인 조건을 규정하고 있으며, 이를 근거로 미국은 전 세계 여러 국가와 '123협정'이라 불리는 양자 원자력협력협정을 체결해왔다. 이러한 협정은 미국산 핵물질, 장비, 기술의 평화적 이용을

보장하는 한편, 사찰, 평화적 이용 보증, 재처리와 농축에 대한 사전동의 등 엄격한 비확산 요건을 포함하고 있다. 원자력법은 미국의 원자력 정책의 근간을 이루며, 군사적 이용과 민간 이용을 명확히 구분하고, 민간 부문에서의 원자력 이용을 촉진하면서도 엄격한 규제를 통해 안전성과 비확산을 도모하고자 한다. 또한 원자력 관련 정보의 기밀 유지와 공개에 관한 규정도 포함하고 있어, 국가 안보와 기술혁신 사이의 균형을 유지하는 역할을 한다. 특히, 미국이 다른 국가에 중요한 핵물질이나 장비를 이전하려면 반드시 양자 간 원자력협력협정을 체결해야 한다. 이 협정에는 핵비확산을 위한 9가지 주요 요구사항이 명시되어 있다. 이 중 일부는 법적으로 반드시 포함되어야 하는 필수 조항이고, 일부는 대통령의 판단에 따라 포함될 수 있는 선택 조항이다. 이러한 요구사항은 미국의 강력한 핵비확산 의지를 반영한다.

원자력법 외에도 1978년에 제정된 핵비확산법(Nuclear Non-Proliferation Act, NNPA)은 핵확산을 막는 중요한 법적 기반이 된다. 이 법은 원자력법을 보완하여 더욱 강화된 핵비확산 정책을 추진하기 위해 제정되었다. 핵비확산법은 원자력 수출통제와 포괄적 안전조치 적용을 의무화함으로써 미국의 비확산 기준을 한층 강화했다. 미국의 원자력 수출통제를 강화하고, 국제원자력기구(IAEA)의 안전조치 적용을 원칙적으로 의무화하는 등, 핵연료주기 기술의 확산을 방지하는 데 중점을 두고 있다. 또한 협력 대상국에 더 엄격한 비확산 의무를 부과하고, 미국이 국제 핵비확산 체제를 강화하는 데 주도적 역할을 할 법적 근거가 된다.

한편, 2000년대 중후반부터 미국은 핵 테러리즘에 대응하기 위한 법률과 정책을 지속적으로 강화해왔다. 2008년에 핵 테러리즘 방지법(Nuclear Terrorism Prevention Act)이라는 명칭의 연방법은 공식적으로 제정된 것은 아니지만, 이 시기 미국 의회와 행정부는 핵물질 및 관련 기술의 불법적인 이전을 방지하고, 핵 테러리즘에 대응하기 위한 국제협력, 비국가 행위자의 핵물질 획득 방지, 핵 안보 관련 기술 개발 및 정보 공유 촉진 등 다양한 정책과 입법을 추진하였다. 이러한 노력은 미국의 핵안보 역량 강화와 국제 핵안보 협력 증진에 중요한 역할을 하였다.

미국의 양자간 원자력협력협정인 123협정은 글로벌 핵비확산체제에서 핵심적인 역할을 수행한다. 이 협정은 미국이 원자력 기술, 장비, 핵물질 등을 타국에 이전하거나 협력하는 데 있어 반드시 전제되어야 하는 법적·제도적 틀을 제공한다. 미국 원자력법 제123조에 근거한 이 협정들은 단순히 기술이전의 허가를 넘어서, 비확산 원칙을 준수하도록 상대국에 강력한 조건을 부과한다. 123협정의 가장 중요한 기능은 미국이 제공하는 핵물질 및 기술이 군사적 목적으로 전용되거나, 제3국으로 무단 이전되는 것을 방지하는 데 있다. 이를 위해 협정 체결국은 미국산 핵물질과 장비에 대해 IAEA 안전조치 적용, 물리적 보호, 핵폭발 실험 금지, 군사적 이용 금지, 미국의 사전동의 없는 재처리·농축 금지, 제3국 이전 제한 등 아홉 가지 비확산 조건을 이행해야 한다. 이러한 조건들은 단순한 선언적 약속이 아니라, 법적 구속력을 갖는 조항으로 협정문에 명확히 규정된다.

미국은 123협정을 통해 상대국이 NPT 체제와 IAEA 안전조치 체제를 준수하도록 유도한다. 특히 비핵보유국의 경우, 미국산 핵물질과 장비는 반드시 IAEA의 감시와 사찰을 받도록 요구된다. 이를 통해 미국은 자국이 제공하는 원자력 기술이 군사적 전용으로 이어질 위험을 최소화하고, 국제 핵비확산 규범의 실효성을 높인다. 또한 123협정은 미국의 비확산 정책을 실질적으로 집행하는 수단이자, 파트너 국가에 대한 직접적 규제·감독 장치로 기능한다. 미국은 협정 체결 시 협상 상대국의 비확산 이력, 국내 제도, 지역 안보 환경 등을 종합적으로 고려해 협정 내용을 조정한다. 예컨대, 일부 협정에는 '골드 스탠다드'라 불리는 고도의 비확산 조항(재처리·농축 제약)이 포함되기도 한다. 이러한 접근은 미국이 자국의 비확산 기준을 국제적으로 확산시키는 데 기여한다.

미국의 양자간 원자력협력협정은 다자적 NPT 체제와 상호보완적으로 작동한다. NPT가 국제적 규범과 기본 원칙을 제공한다면, 123협정은 개별 국가와의 실질적 협력과 규제의 틀을 제공한다. 이를 통해 미국은 원자력 기술의 평화적 이용을 촉진하는 동시에, 민감 기술의 확산을 방지하고 전 세계 핵비확산 체제의 신뢰성과 실효성을 높이고 있다. 미국의 양자간 원자력협력협정은 단순한 기술협력 협정이 아니라, 미국의 비확산 원칙을 구체적으로 실현하고, 국제 핵비확산 체제의 핵심적 보완 장치로 기능한다. 이를 통해 미국은 자국의 영향력을 유지하는 동시에, 핵확산 위험을

억제하고 국제사회의 평화적 원자력 이용을 안전하게 관리하는 데 기여하고 있다.

2. 123 협정의 기본 내용

1954년 미국 의회는 군사적으로 또는 평화적으로 모두 활용될 수 있는 원자력의 연구, 개발, 이용이 통제되어야 한다는 전제에서 「ATOMIC ENERGY ACT OF 1954」를 제정했다. 특히 원자력법 중 'International Activities'를 다루고 있는 제11장 내 제123조는 '다른 국가들과의 협력'(Cooperation with Other Nations)이라는 제목하에 이 조문에 근거하여 미국이 다른 국가들과 체결하는 원자력 협력을 위한 법적 구속력 있는 '조약'을 다루고 있으므로 일반적으로 '123협정'(123 Agreement)이라고 부르고 있다. 원자력법 제123조 제a항은 소위 '123협정'에 포함되어야 하는 실체적 요건에 관한 규정이다. 원자력법 제123조 제a항 하에서 미국 정부는 원칙적으로 9가지 핵비확산 요건이 모두 포함된 123협정만을 체결할 수 있다. 따라서 미국과 일정한 규모 이상의 원자력 관련 협력을 원하는 국가는 기본적으로 9가지 요건을 받아들여야 한다.

원자력법 제123조 제a항 첫 번째 요건은 안전보장조치의 영구적인 적용 보증을 다루고 있는데, 해당 부분을 분석하면 두 가지를 발견할 수 있다. (i) 'all nuclear materials'와 'all special nuclear material'이라는 표현을 통해 제외되는 핵 물질이 존재하지 않는다는 점, 그리고 (ii) 이와 같은 보증은 관련 123협정이 종료한다 할지라도 계속된다는 점에 주목해야 한다. 결과적으로 123협정은 상대방 국가에게 영구적인 의를 부과하고 있다.

원자력법 제123조 제a항 두 번째 요건은 상대방 국가가 한국과 같은 비핵무기보유국(non-nuclear-weapon states)인 경우, IAEA 안전보장조치가 적용되어야 한다는 점을 언급하고 있다. 세 번째 요건은 상대방 국가가 어떤 핵 물질, 민감한 핵 기술 등을 군사적으로 사용하면 안 된다는 것을 보증하는 것을 다루고 있다. 네 번째 요건은 만약 상대방 국가가 어떤 핵 물질 등을 군사적으로 사용하거나 IAEA 안전보장조치를 종료 혹은 파기한다면, 미국이 핵 물질 등의 반환을 요구할 권리를 보유한다는 내용을 다루고 있다. 다섯 번째 요건은 123협정에 의해 이전된

물질 등이 미국의 동의 없이 제3자에게 재이전되어서는 안 된다는 것을 언급하고 있다. 이는 재이전 문제에 대하여도 여전히 미국의 동의가 유보되어 있다는 것을 의미한다. 그리고 다섯 번째' 요건의 경우 'any material'이라는 표현에서 알 수 있듯이 핵 물질이 아닌 물질의 경우에도 재이전에 대한 미국의 동의권이 존재함을 알 수 있다.

여섯 번째 요건은 상대방 국가가 123협정에 의해 이전된 핵 물질 등에 대한 물리적 방호(physical security)를 보증할 것을 언급하고 있으며 일곱 번째 요건은 상대방 국가가 123협정에 의해 이전된 어떤 물질 등에 대하여도 미국의 사전 승인 없이 재처리, 농축, 형상 및 내용이 변경될 수 없음을 보증할 것을 말하고 있는데, prior approval이라는 사전동의보다 강력한 사전 승인이라는 표현을 쓰고 있다. 여덟 번째 요건은 상대방 국가가 플루토늄, 고농축우라늄 등을 미국에 의해 사전 승인되지 않은 시설에 저장하지 않을 것을 보증하는 내용과 관련이 있으며, 미국은 저장시설과 관련하여서도 사전 승인권을 유보하고 있다. 아홉 번째 요건은 상대방 국가가 파생 물질 및 시설 등에 대하여도 핵비확산 요건 적용을 보증할 것을 말하고 있다.

원자력법 제123조 제a항의 후문은 크게 두 부분으로 나뉘는데, 전반부는 미국 대통령에게 9가지 핵비확산 요건 중 일부를 면제할 수 있는 권한(예외적인 협력협정(면제협정) 체결 권한)을 부여하고 있으며, 후반부는 미국 국무장관, 에너지장관 등의 역할에 대하여 언급하고 있다. 미국 대통령의 9가지 핵비확산 요건 중 일부를 면제할 수 있는 권한은 만약 9가지 요건 중 특정 요건의 포함이 미국의 핵비확산 목표의 달성에 심각하게 영향을 미치거나 공동 방위 및 안보를 위태롭게 하는 경우 행사될 수 있다고 보아야 한다. 그러나 이러한 권한은 미국 대통령의 동맹국 혹은 우방국을 대상으로 '재량'을 행사할 수 있는 권한'으로 정의될 수도 있다.

원자력법 제123조 제b항은 미국과 상대방 국가가 교섭을 통해 합의한 123협정(안)을 연방의회, 즉 상원 및 하원에 제출하는 것 등과 관련된 절차를 규정하고 있다. 이는 세 단계로 규정되어 있는데, (i) 미국 대통령은 상대방 국가와의 교섭을 통해 합의한 123협정(안)을 상원 외교위원회 및 하원 외교위원회에 제출해야 하고, (ii) 미국 대통령은 양 위원회와 협의해야 하며, (iii) 미국 대통령은 123협정(안)의 승인 및 허가 그리고 그러한

123협정(안)의 실행이 공동 방위 및 안보를 증진하고 비합리적인 위험을 구성하지 않을 것이라는 서면 결정을 해야 한다.

원자력법 제123조 제c항은 협력의 범위가 다소 제한적인 123협정(안)을 연방의회, 즉 상원과 하원에 제출하는 것 등과 관련된 절차를 규정하고 있다. 원자력법 제123조 제d항은 일반적인 협정, 즉 일정한 규모 이상의 123협정과 핵비확산 요건 중 일부가 면제된 예외적인 123협정에 대한 연방의회, 즉 상원과 하원에 제출하는 것 등과 관련된 절차를 규율하고 있다. 원자력법 제123조 제e항은 미국 정부가 새로운 123협정을 체결하거나 기존 123협정을 개정하기 위하여 교섭을 개시 또는 진행하는 과정에서 연방의회, 즉 상원과 하원 외교위원회에 교섭에 관한 정보를 제공할 의무를 대통령에게 부과하고 있다.

3. 사전동의 조항

원자력법 제123조 제a항 중 제5호, 제7호 및 제8호에서 언급하고 있는 '사전' 동의(승인)권은 123협정의 상대방 국가가 미국으로부터 이전받은 핵 물질 또는 그 파생 물질의 농축, 재처리, 형상 및 내용의 변경 등에 대하여 미국의 '사전' 동의(승인)를 받도록 규정하고 있는 미국이 보유하고 있는 통제수단이다. 그런데 다섯 번째 요건은 '동의', 일곱 번째 요건은 '사전 승인', 여덟 번째 요건은 '사전 승인'을 언급하고 있다는 점에서 미묘한 차이를 보이고 있다.

재이전에 대한 동의는 특히 원자력법 제123조 제a항 다섯 번째 요건과 관련이 있으며, 123협정에 의해 이전된 물질 등이 미국의 동의 없이 제3자에게 재이전되어서는 안 된다는 것을 언급하고 있다. 그리고 위에서 언급한 것처럼 다섯 번째 요건의 경우 any material이라는 표현을 통해 핵 물질이 아닌 물질의 경우에도 재이전에 대한 미국의 동의권이 존재함을 알 수 있다. 재이전에 대한 동의에 원자력법 제123조 제a항 다섯 번째 요건을 문언상으로만 검토하면 사후 동의도 포함될 수 있다는 해석이 가능하다. 그러나 123협정의 상대방 국가는 재이전과 관련하여 미국에게 사전에 동의를 요청하고 있고, 미국은 제3국으로 재이전되기 이전에 동의 여부를 결정하고 있다. 동의의 방식으로는 '개별수송건별' 동의 방식과 '사전 (일괄)' 동의 방식이 존재하는데, 개별수송건별 동의(Shipment-by-Shipment Retransfer Consent)는 개별 수송이 이루어질

때마다 일회성 동의를 부여하는 방식이며, 1970년대에 재처리를 위해 유라툼(EURATOM)에 사용후핵연료의 재이전을 요청한 일본, 스페인, 스웨덴, 스위스에게 이러한 동의가 부여되었다.

‘사전’ (일괄) 동의 방식은 일종의 포괄적 동의 방식으로 미국이 부여한 동의가 유효한 이상 재이전 횟수에 관계없이 재이전이 가능하며, 미국에 통보는 해야 한다. ‘사전 (일괄)’ 동의는 미국산 원자력 발전용 천연우라늄, 저농축우라늄 등을 미국과 123협정을 체결한 제3국에 재이전하는 경우 혹은 사용후핵연료의 재처리를 위해 유라툼에 재이전하는 경우에 부여되고 있다. 다만 미국이 UAE에게 재이전 사전 (일괄) 동의를 부여한 것은 다른 측면에서 바라보아야 하는데, UAE가 자국에서 스스로 사용후핵연료를 재처리하는 대안을 원천적으로 봉쇄하기 위해서는 제3국으로의 재이전에 대한 ‘사전 (일괄)’ 동의를 부여하는 것이 전략적이라 판단했기 때문에 그러한 동의가 부여되었다.

농축에 대한 동의(승인)는 특히 원자력법 제123조 제a항 일곱 번째 요건과 관련이 있다. 농축우라늄은 농축(enrichment) 과정을 통해 우라늄-238의 비율을 줄이고 우라늄-235의 비율을 높인 우라늄을 말하는데, 문제는 천연우라늄을 원자력발전용 연료급 물질(3~5% 우라늄-235)로 농축하는데 이용되는 기술과 동일한 기술을 사용하여 우라늄을 무기급 물질(90~95% 우라늄-235)로 농축할 수 있다는 것이다. 따라서 미국은 농축에 대하여 사전 (동의보다 강력한 표현인) ‘승인’을 요구하고 있는 것이다.

‘재처리’ 또는 ‘형상 및 내용 변경’에 대한 동의(승인)도 원자력법 제123조 제a항 일곱 번째 요건과 관련이 있다. 재처리(reprocessing)는 사용후핵연료를 물리적 또는 화학적 방법으로 처리하여 핵연료로 재활용이 가능한 우라늄과 플루토늄을 추출하는 것을 의미하는데, 사용후핵연료로부터 핵무기 개발에 직접 이용될 수 있는 플루토늄을 분리해 낸다는 점, 그리고 재처리 시설에 대한 안전보장조치의 적용이 기술적으로 어렵다는 점에서 난감한 문제다. 핵 물질의 ‘형상 및 내용 변경’이란 핵 물질의 물리적 또는 화학적 취급 혹은 처리 등을 의미하는데, 일반적으로 재처리를 통해 회수한 플루토늄이나 고농축우라늄을 핵연료로 재활용하는 것 등을 의미한다. 특히 ‘재처리’에 대한 동의(승인)는 원자력법 제131조와 함께 판단되어야 한다. ‘재처리’에 대한 동의(승인) 관련하여 원자력법

제131조의 핵심은 (i) 재처리가 “공동의 방위 및 안보에 영향을 미치지 않을 것”이라는 에너지장관의 판단과 (ii) 재처리 또는 재처리를 위한 재이전 동의(승인)가 “핵확산의 위험을 상당히 증가시키는 결과를 낳지 않을 것”이라는 에너지장관과 국무장관의 판단이다.

미국은 재처리 관련 사전 동의 또는 사전 승인 시 (i) 상대방 국가와의 안보관계, (ii) 상대방 국가의 민간 원자력프로그램 수준 및 현황, (iii) 상대방 국가의 핵비확산 의지에 대한 신뢰도, (iv) 상대방 국가가 위치하고 있는 지역에서의 핵확산 우려 등을 고려하여 사전 동의 또는 사전 승인의 방식을 달리하고 있다. 첫 번째 사전 동의 또는 승인의 방식은 ‘제한적 동의’(limited consent)인데, 예를 들어 1977년 미국은 일본을 상대로 ‘제한적인’ 양의 사용후핵연료를 일본 내 재처리 시설에서 2년 동안 재처리할 수 있도록 승인했으며, 이러한 승인은 이후 여러 차례 연장되었다. 두 번째 사전 동의 또는 승인의 방식은 위에서 언급한 UAE의 경우, 즉 UAE가 자국에서 스스로 사용후핵연료를 재처리하는 대안을 원천적으로 봉쇄하기 위해 제3국으로의 재이전에 대한 ‘사전’ 동의를 부여했는데, 이는 재처리를 방지하기 위한 재이전 사전 동의다. 세 번째 사전 동의 또는 승인의 방식은 ‘포괄적’ 사전 동의 또는 프로그램 동의(programmatic consent)인데, 이는 선진적인 원자력 프로그램과 높은 핵비확산 신뢰도를 구축한 소수의 상대방 국가에 한하여 ‘장기적인’ 포괄적 사전 동의를 부여하는 것을 의미하며, 미국은 인도에 대하여도 안전보장조치가 적용되는 시설을 건설 및 이용한다는 조건 하에 미국의 통제 하에 있는 사용후핵연료의 재처리 및 재처리 과정에서 회수한 플루토늄 및 우라늄의 이용에 대하여 프로그램 동의를 부여했다. 다만 미국은 프로그램 동의와 관련하여 핵비확산 또는 안보의 관점에서 예외적인 우려가 발생하여 프로그램 동의의 일시중지가 요구된다고 인정되는 경우에 미국이 행사할 수 있는 ‘일시적인 동의 중지권’(right to suspend its consent)을 유보하고 있다. 이러한 권리는 미국과 상대방 국가가 협의하여 행사된다.

‘저장’에 대한 동의(승인)는 원자력법 제123조 제a항 ‘여덟 번째’ 요건과 관련이 있다. 저장은 그 자체보다는 저장되는 ‘대상’으로 인해 문제가 될 수 있는데, 일반적으로 사용후핵연료의 재처리로부터 회수한 플루토늄 또는 고농축우라늄 등이 핵무기 개발에 직접 이용될 수 있다는 점에서 문제가 되고 있다.

4. 관련 기관

원자력법 제123조 내에서 가장 큰 역할을 부여받고 있는 미국 기관은 바로 미국 대통령이다. 특히 이는 원자력법 제123조 제a항 후문을 통해 두드러지게 알 수 있는데, 제a항 전반부는 미국 대통령에게 9가지 핵비확산 요건 중 일부를 면제할 수 있는 권한을 부여하고 있기 때문이다. 미국 대통령의 '예외적인' 123협정(즉, 면제협정) 체결 권한은 만약 9가지 요건 중 특정 요건의 포함이 미국의 핵비확산 목표의 달성에 심각하게 영향을 미치거나 공동 방위 및 안보를 위태롭게 하는 경우 행사될 수 있다고 보아야 하며, 이는 미국 대통령이 동맹국 혹은 우방국을 대상으로 '재량'을 행사할 수 있는 권한으로 정의될 수 있다.

조문 상으로는 미국 대통령의 정책적 입장에 따라 '예외적인' 123협정(즉, 면제협정)이 일관성을 결여한 채 사안에 따라 체결될 수 있으며, 따라서 상대방 국가에 대한 미국 대통령 혹은 백악관의 우호적 입장에 따라 '예외적인' 123협정(즉, 면제협정) 체결 여부가 달라질 수 있다. 특히 1980년대 레이건 대통령이 '신뢰할 수 있는 국가들'(reliable countries)에 대하여 재이전 등에 대한 '포괄적' 사전 동의 또는 프로그램 동의를 추진하자 이에 반대하는 입장을 가진 세력들이 소송을 제기한 *Cranston v. Reagan* 사건에서 미국 법원은 이 문제를 사법적 판단의 대상이 아니라고 결론지었다. 이를 통해 '예외적인' 123협정(즉, 면제협정) 체결 여부는 사법심사의 대상이 되지 못한다는 점을 추론할 수 있다. 따라서 미국 대통령은 '예외적인' 123협정(즉, 면제협정) 체결 여부는 물론이고, 9가지 요건 중 특정 요건을 면제시킬 수 있다는 점에서 123협정 체결에 있어 가장 핵심적인 행위자라 볼 수 있다.

또한 원자력법 제123조 제b항을 살펴보면 가장 큰 역할을 부여받고 있는 미국 기관은 미국 대통령이라는 것을 알 수 있다. 원자력법 제123조 제b항은 미국과 상대방 국가가 교섭을 통해 합의한 123협정(안)을 연방의회, 즉 상원 및 하원에 제출하는 것 등과 관련된 절차를 규정하고 있는데, 세 단계 모두 미국 대통령이 이를 주도해야 한다. 즉, (i) 미국 대통령은 상대방 국가와의 교섭을 통해 합의한 123협정(안)을 상원 외교위원회 및 하원 외교위원회에 제출해야 하고, (ii)

미국 대통령은 양 위원회와 협의해야 하며, (iii) 미국 대통령은 123협정(안)의 승인 및 허가 그리고 그러한 123협정(안)의 실행이 공동 방위 및 안보를 증진하고 비합리적인 위험을 구성하지 않을 것이라는 서면 결정을 해야 한다.

미국 상원 및 하원 외교위원회의 역할도 단순히 보조적이지는 않는 것을 알 수 있다. 원자력법 제123조 제d항은 일반적인 협정, 즉 '일정한 규모 이상'의 123협정(즉, '일반협정')과 핵비확산 요건 중 일부가 면제된 예외적인 123협정(즉, '면제협정')에 대한 연방의회, 즉 상원과 하원에 제출하는 것 등과 관련된 절차를 규율하고 있는데, '60일 동안' 미국 상원 및 하원 외교위원회가 123협정(안)을 검토하는 것을 보장하고 있다. 그렇다면 미국 상원 및 하원 외교위원회는 비록 미국 대통령의 제1차적 판단 하에 핵비확산 요건 중 일부가 면제된 예외적인 123협정(안)이 만들어졌다 하더라도 자신의 제2차적 판단을 통해 이러한 123협정 체결을 막을 수 있는 위치에 있다.

그러나 연방의회가 보유하고 있는 이러한 제2차적 판단 권한은 사실 123협정(안)을 제출한 미국 대통령 소속 정당이 상원 및 하원에서 다수당이라면 현실적으로 유의미하게 행사될 가능성이 거의 없다. 이에 반해, 123협정(안)을 제출한 미국 대통령 소속 정당이 상원 및 하원에서 소수당이라면 이러한 권한이 상대적으로 크게 돋보일 수 있다. 더구나 원자력법 제123조 제e항은 미국 정부가 새로운 123협정을 체결하거나 기존 123협정을 개정하기 위하여 교섭을 개시 또는 진행하는 과정에서 연방의회, 즉 상원 및 하원 외교위원회에 교섭에 관한 정보를 제공할 의무를 대통령에게 부과하고 있기 때문에, 대통령 입장에서 연방의회와 무관하게 교섭을 개시할 수도 없다.

미국에서는 연방위원회의 역할을 증대시키기 위한 원자력법 개정 논의가 있는데, 대통령에 비해 다소 소극적인 연방위원회의 역할을 증대해야 한다는 취지이다. 원자력법에 대한 이러한 개정 논의는 산발적으로 이루어지고 있다. 예를 들어, 농축 및 재처리 자체를 포기하는 'Gold Standard'가 포함된 123협정(안)의 경우 오히려 연방의회가 'fast track' 절차를 도입하거나 이와 반대로 핵확산의 우려가 상당한 정도로 존재한다면 그러한 123협정(안)에 대하여는 절차 자체를 엄격

하게 운용하는 것 등이다. 또한 123협정(안)에 상대방 국가에 대하여 (아직 123협정이 체결되지 않았음에도) 이미 미국 정부가 사전 승인 또는 사전 동의를 부여하는 것에 합의한 경우, 연방의회의 절차는 'fast track' 절차에 준할 수 있다.

이러한 법적 기반 위에서 실제 원자력협력협정의 체결 과정에는 여러 미국 정부 부처가 관여한다. 가장 중심적인 역할을 하는 부처는 국무부(Department of State)이다. 국무부는 협정 협상의 전반적인 과정을 주도하며, 외교적 측면에서 협정의 내용을 조율한다. 국무부 내에서는 군축 및 국제안보 담당 차관 산하의 국제안보 및 비확산국(Bureau of International Security and Nonproliferation)이 주로 이 업무를 담당한다. 국무부는 협정 체결 과정에서 상대국과의 외교 관계, 지역 안보 상황, 그리고 글로벌 핵비확산 체제에 미치는 영향 등을 종합적으로 고려하여 협상을 진행한다.

에너지부(Department of Energy)도 중요한 역할을 한다. 특히 국가 핵안보국(National Nuclear Security Administration, NNSA)이 핵심적인 역할을 수행한다. NNSA는 협정의 기술적 측면을 검토하고 핵비확산 정책의 이행을 감독한다. 또한 에너지부는 미국의 원자력 산업과 관련된 이익을 대변하는 역할도 수행한다. NNSA는 핵무기 비축량 관리, 핵안보, 핵비확산 등의 업무를 담당하는 준독립적 기관으로, 원자력협력협정의 기술적, 안보적 측면에서 중요한 조언을 제공한다.

원자력규제위원회(Nuclear Regulatory Commission, NRC)는 원자력 안전과 규제 측면에서 협정을 검토한다. NRC는 협정이 미국의 원자력 안전 기준을 충족하는지, 그리고 효과적인 규제가 가능한지를 평가한다. NRC는 특히 원자력 시설의 안전성, 핵물질 관리, 방사선 방호 등과 관련된 규제 사항들이 협정에 적절히 반영되었는지를 확인하는 역할을 한다.

직접적으로 협상을 주도하는 국무부와 원자력 관련 핵심부처인 에너지부와 원자력규제위원회 외에도 여러 부처의 참여가 있다. 국방부(Department of Defense)도 협정 체결 과정에 참여한다. 특히 협정이 미국의 국가 안보에 미치는 영향을 평가하고, 군사적 측면에서의 의

건을 제시한다. 국방부는 협정이 미국의 군사 전략이나 동맹 관계에 미칠 수 있는 영향을 분석하고, 필요한 경우 안보 관련 조항의 강화를 요구할 수 있다. 상무부(Department of Commerce)는 원자력 기술 및 장비의 수출과 관련된 경제적 측면을 검토한다. 특히 수출 통제와 관련된 사항에 대해 의견을 제시한다. 상무부는 협정이 미국 기업들의 해외 시장 진출에 미칠 영향을 평가하고, 불필요한 무역 장벽이 생기지 않도록 하는 역할을 한다.

협정 체결 과정에서 중요한 역할을 하는 또 다른 기관은 국가안보보장회의(National Security Council, NSC)이다. NSC는 여러 부처의 의견을 조율하고, 협정이 미국의 전반적인 국가 안보 전략과 일치하는지를 검토한다. NSC는 대통령에게 직접 보고하는 기관으로, 협정의 전략적 중요성과 잠재적 영향에 대해 종합적인 분석을 제공한다. 이러한 여러 부처의 의견을 종합하여 최종적으로 대통령이 협정안을 승인하게 된다. 대통령의 승인 후에는 의회 검토 과정이 시작된다. 의회는 90일의 연속회기 동안 협정을 검토할 수 있는데, 이 기간 동안 의회가 반대 결의안을 통과시키지 않으면 협정은 자동으로 발효된다.

의회 검토 과정에서는 주로 하원 외교위원회와 상원 외교관계위원회가 중심적인 역할을 한다. 이들 위원회는 협정의 내용을 상세히 검토하고, 필요한 경우 청문회를 개최하거나 추가 정보를 요청할 수 있다. 또한 에너지 관련 위원회들도 이 과정에 참여하여 의견을 제시한다. 의회는 협정이 미국의 국익에 부합하는지, 핵비확산 목표를 달성하는 데 도움이 되는지 등을 종합적으로 평가한다.

이러한 복잡한 과정을 거쳐 체결되는 원자력협력협정은 단순히 기술적인 협력을 넘어 미국의 외교 정책, 국가 안보 전략, 그리고 글로벌 핵비확산 체제의 중요한 부분을 차지한다. 미국은 이러한 협정들을 통해 전 세계적으로 핵비확산 체제를 강화하고, 동시에 자국의 원자력 산업을 지원하며, 국제 원자력 시장에서의 영향력을 유지하고자 한다.

결론적으로, 미국의 원자력협력협정 체결 과정은 원자력법을 비롯한 여러 법률을 기반으로 하여 국무부, 에너지부, 원자력규제위원회

등 다양한 정부 부처의 협력 하에 이루어지는 복잡한 외교적, 법적 과정이다. 이 과정에서 미국은 핵비확산이라는 대외 정책 목표와 자국 원자력산업의 이익, 그리고 동맹국과의 관계 등을 종합적으로 고려하여 협정을 체결한다. 이러한 협정들은 미국의 핵비확산 정책을 실현하는 동시에 원자력의 평화적 이용을 촉진하는 중요한 수단으로 작용하고 있으며, 앞으로도 국제 정세의 변화와 기술의 발전에 따라 계속해서 진화할 것으로 예상된다.

<표 4> 미국 협상 담당 부처

담당 부처	주요 역할	세부 내용
국무부	협상 주도 및 외교적 조율	- 협정 협상의 전반적인 과정 주도 - 상대국과의 외교 관계, 지역 안보 상황, 글로벌 핵비확산 체제 영향 등을 고려하여 내용 조율
에너지부	기술·정책 검토, 산업 이익 대변	- 협정의 기술적 측면 검토 - 핵비확산 정책 이행 감독 - 핵무기 비축량 관리, 핵 안보, 핵비확산 관련 조약 제공 - 미국 원자력 산업 이익 대변
원자력규제위원회	원자력 안전 및 규제 검토	- 협정이 미국 원자력 안전 기준 충족 여부 평가 - 효과적인 규제 가능성 평가 - 원자력 시설 안전성, 핵물질 관리, 방사선 방호 관련 규제 확인
국방부	국가 안보 영향 평가	- 협정이 미국 국가 안보에 미치는 영향 평가 - 군사적 측면 의견 제시 - 군사 전략, 동맹 관계 영향 분석 - 안보 관련 조항 강화 요구
상무부	수출 통제, 경제 영향 평가	- 원자력 기술 및 장비 수출 관련 경제적 측면 검토 - 수출 통제 관련 사항 의견 제시 - 미국 기업의 해외 시장 진출 영향 평가 - 불필요한 무역 장벽 방지
국가안전보장회의	전략적 조율, 대통령 자문	- 여러 부처 의견 조율 - 협정이 미국의 전반적인 국가 안보 전략과 일치하는지 검토 - 대통령에게 협정의 전략적 중요성 및 잠재적 영향 분석 제공

의회	협정 승인 및 감시	- 대통령이 제출한 협정 검토(90일) - 하원 외교위원회, 상원 외교관계위원회 중심 역할 - 청문회 개최, 추가 정보 요청 - 협정 승인/반대 결의안 채택
----	------------	--

5. 개정에 필요한 절차

미국과의 원자력협력협정 개정 절차는 복잡하고 시간이 많이 소요되는 과정이다. 이 절차는 크게 협상 준비 단계, 협상 단계, 국내 승인 단계, 그리고 발효 단계로 나눌 수 있다. 협상 준비 단계에서는 먼저 양국이 협정 개정의 필요성을 인식하고 이에 대한 공감대를 형성해야 한다. 한국의 경우, 외교부를 중심으로 과학기술정보통신부, 산업통상자원부 등 관련 부처들이 협력하여 개정의 필요성과 주요 쟁점들을 정리한다. 이 과정에서 국내 원자력 산업계와 학계의 의견도 수렴한다. 미국 측에서는 국무부가 주도적으로 에너지부, 원자력규제위원회 등과 협력하여 준비 작업을 진행한다.

협상 단계에서는 양국 대표단이 만나 구체적인 협정 내용을 논의한다. 이 단계는 수차례의 실무회의와 고위급 회의로 구성되며, 때로는 수년이 걸리기도 한다. 주요 쟁점으로는 사용후핵연료 관리, 우라늄 농축, 원자력 수출 등이 있다. 협상 과정에서 양국은 자국의 이익을 최대한 반영하려 노력하지만, 동시에 상호 수용 가능한 타협점을 찾아야 한다. 협상이 타결되면 양국은 협정문에 가서명을 하게 된다. 가서명은 협상 결과에 대한 양국의 잠정적 합의를 의미하지만, 아직 법적 구속력은 없다. 이후 양국은 각자의 국내 절차를 거쳐 협정을 승인해야 한다.

한국의 국내 승인 절차는 다음과 같다. 먼저 협정문은 법제처의 심사를 거친다. 이후 국무회의의 심의를 거쳐 대통령의 재가를 받는다. 협정의 성격에 따라 국회 비준동의가 필요할 수 있는데, 이는 헌법 제 60조에 근거한다. 국회 비준동의가 필요한 경우, 국회 본회의에서 재적의원 과반수의 출석과 출석의원 과반수의 찬성으로 의결된다.

미국의 국내 승인 절차는 더욱 복잡하다. 먼저 대통령은 서명된 협정을 의회에 제출해야 한다. 이때 비밀 및 비밀 해제된 핵확산평가서

(Nuclear Proliferation Assessment Statement, NPAS)를 함께 제출해야 한다. NPAS는 해당 협정이 미국의 핵비확산 요구사항들을 어떻게 충족시키는지 설명하는 문서이다. 미국 의회는 원자력법에 따라 협정을 검토할 기회를 갖는다. 의회는 연속회기 90일 동안 협정을 검토할 수 있는데, 이는 30일의 협의 기간과 60일의 검토 기간으로 나뉜다. 이 기간 동안 하원 외교위원회와 상원 외교관계위원회가 중심이 되어 협정을 검토한다.

6. 주요국과의 비교

한미 원자력협력협정과 미국이 다른 주요국과 체결한 원자력협력협정을 비교하면, 각국의 기술 수준, 비확산 신뢰도, 미국과의 전략적 관계 등 특수한 상황이 협정 내용에 반영되어 있음을 알 수 있다. 일본과 미국의 원자력협력협정은 1988년에 체결되어 30년 유효기간을 거쳐 2018년에 자동 연장되었다. 이 협정의 가장 큰 특징은 일본이 미국으로부터 포괄적 사전동의(advance consent)를 받아 재처리와 우라늄 농축을 수행할 수 있다는 점이다. 이는 일본이 로카쇼무라 재처리 시설 등에서 플루토늄을 추출해 MOX 연료로 활용할 수 있도록 허용하는 내용이다. 일본은 40톤이 넘는 플루토늄을 보유하고 있으며, 이 점은 국제사회에서 비확산 우려와 비판의 대상이 되고 있다. 협정은 30년 유효기간 후 자동 연장되며, 어느 한쪽이 6개월 전 사전 통보 시 종료가 가능하다. 일본 협정은 한국의 20년 유효기간과 대비된다. 일본은 우라늄 농축에 대해서도 상당한 자율성을 보유한다. 이러한 권한은 일본의 높은 원자력 기술력과 미일 동맹의 전략적 중요성을 반영한 결과이다.

인도와 미국의 원자력협력협정은 2008년 체결되어 40년 유효기간을 갖고, 10년 단위로 자동 연장된다. 인도는 NPT 미가입 핵보유국임에도 미국과의 전략적 이해관계에 따라 예외적으로 협정을 체결했다. 인도는 민간과 군사용 핵시설을 분리하고, 민간 시설만 IAEA 안전조치 하에 두기로 했다. 인도는 재처리와 농축 등 핵연료주기 활동에 대한 상당한 자율성을 확보했으나, 미국산 핵연료를 사용하는 경우에는 해당 시설과 물질이 IAEA의 감시를 받아야 한다. 인도는 미국, 일본, 유라툼(EURATOM)과 함께 미국으로부터 사전동의를 받은 소수 국가에 속한다. 이 협정은 국제 핵비확산 체제에 대한 예외적 사례로

평가된다.

호주와 미국의 원자력협력협정은 2022년 AUKUS(호주-영국-미국) 협정의 일환으로 개정되었다. 이 협정의 가장 큰 특징은 호주가 미국·영국과 함께 핵추진 잠수함을 도입할 수 있도록 군사적 목적의 원자력 기술이전이 허용된 점이다. 단, 민간 부문에서는 호주가 우라늄 농축과 사용후핵연료 재처리를 포기하는 '골드 스탠다드' 기준을 준수한다. 호주는 세계 3위 우라늄 생산국이지만 자국 내 농축재처리 시설은 운영하지 않는다. 협정의 유효기간은 30년이다. 군사적 기술이전 측면에서 매우 독특하지만, 민간 원자력 협력에서는 오히려 더 엄격한 제한이 적용된다.

유라툼(EURATOM)과 미국의 협정은 유럽연합 전체를 대상으로 하며, 1996년 체결되어 2026년까지 유효하고 5년마다 자동 연장된다. 유라툼은 회원국 전체에 대해 포괄적으로 적용되며, 재처리와 농축에 대한 권한을 보유한다. 프랑스, 영국(브렉시트 이전) 등은 이 협정을 바탕으로 상업적 재처리 시설을 운영해왔다. 협정은 핵물질의 이동과 저장에 대해 상당한 유연성을 제공하며, 유라툼의 자체 안전조치 시스템과 IAEA의 안전조치가 병행 적용된다. 다자 협정이라는 점에서 양자 협정인 한미 협정과 근본적으로 다르다.

이처럼 미국은 협력 상대국의 기술 보유 수준, 전략적 이해관계, 핵비확산 신뢰도, 협상력(대등성) 등 네 가지 요인을 종합적으로 고려해 차등적 협력 수준을 제공한다. 이미 농축재처리 기술을 보유한 국가, 미국과 전략적 이해관계가 깊은 국가, 핵비확산 의무를 성실히 이행한 국가, 미국과 대등한 협상력을 가진 국가는 더 높은 수준의 권한을 확보하는 경향이 있다. 일본, 유라툼, 인도 등은 이러한 요소들이 복합적으로 작용해 포괄적 사전동의 등 광범위한 권한을 확보했다. 반면, 한국은 기술 발전과 비확산 의지는 인정받았으나, 북한 핵 문제 등 지역 안보 상황과 미국의 비확산 정책 기조로 인해 재처리·농축 등에서 더 제한적인 협력만을 받고 있다.

이러한 차등적 접근은 미국의 비확산 정책 목표와 동맹국과의 협력 필요성 사이에서 균형을 맞추려는 전략적·외교적 판단의 결과이다.

향후 한국 등 국가가 미국과의 원자력협력 수준을 높이기 위해서는 기술력, 비확산 신뢰성, 전략적 이해관계, 협상력 등 다양한 요소를 종합적으로 강화할 필요가 있다.

<표 5> 주요국 원자력협력협정 비교

국가	체결/개정	유효기간	재처리·농축	주요 특징
한국	2015 (개정)	20년, 5년 연장 1회 가능	제한적(미국 사전동의 필요)	사용후핵연료 연구 일부 허용, 농축·재처리 제한, 고위급위원회 신설
일본	1988 (개정) 2018 (연장)	30년, 자동연장	포괄적 사전동의 (재처리·농축 모두)	로카쇼무라 재처리시설 운영, MOX 연료 사용, 플루토늄 대량 보유
인도	2008 (체결) 2016 (발효)	40년, 10년 단위 자동연장	상당한 자율성 (민간시설 한정, IAEA 감시)	NPT 미가입, 민군 분리, 미국산 핵연료 사용시 IAEA 감시
호주	2022 (개정)	30년	없음	AUKUS로 핵추진잠수함 도입, 민간 부문은 농축·재처리 포기
유라툼	1996 (체결)	30년, 5년마다 자동연장	포괄적 사전동의 (회원국 전체)	프랑스 등 상업적 재처리, 자체 안전조치+IAEA 병행 적용

원자력산업과 개정 방향

I 원자력산업과 국내 현황

1. 원자력산업 현황

전 세계적으로 기후위기와 에너지 안보 문제가 심화되면서, 원자력은 다시 주목받는 에너지원이 되고 있다. 한국은 세계 7위의 에너지 소비국으로 산업구조의 특성상 전력 수요가 지속적으로 증가하고 있다. 2024년 기준 연간 전력소비량은 549.4 TWh였으며 지속적인 증가가 예측되고 있다. 이러한 상황에서 정부는 에너지 안보와 탄소중립이라는 두 가지 목표를 동시에 달성하기 위해 원자력 발전의 역할을 대폭 확대하고 있다. 2023년 1월, 정부는 제10차 전력수급기본계획을 발표하며 2030년까지의 전원 구성 목표를 구체화했다. 이 계획에 따르면 2030년 발전원별 비중은 원자력 32.4%, 석탄 19.7%, LNG 22.5%, 신재생에너지 21.6%, 수소·암모니아 2.1%로 설정되었다. 2036년에는 원자력 비중이 34.6%까지 확대될 전망이다. 이는 2021년 27.4%와 비교해 상당한 증가이며, 탈원전 정책에서 완전히 선회한 결과다.

윤석열 정부는 원자력 발전 확대를 국가 에너지정책의 핵심으로 삼고 전력수급계획에 반영했다. 제11차 전력수급기본계획에서는 2038년까지 신규 대형원전 3기(4.2 GW)와 소형모듈원자로(SMR) 1기(0.7 GW) 건설이 포함되어 있다. 현재 건설 중인 새울 34호기, 신한울 34호기를 포함하면, 2038년까지 총 34기의 원전이 가동될 전망이다. 이와 함께 정부는 2030년까지 10기의 원전 수출을 목표로 하고 있다.

한국원자력연구원에서 계산한 2024년 기준 평준화 발전단가는 원자력이 kWh당 43.8원으로, 태양광(89.6원/kWh), LNG(122.1원/kWh) 등 다른 발전원에 비해 경제성이 매우 높다. 원자력 평준화 발전단가는 원전 건설비, 연료비, 운영비, 위험처리비용, 폐기물 관리비용 등을 모두 포함한 수치이다. 발전단가 중 연료비 비중이 낮으므로 연료공급에 대한 의존도가 낮고, 장기간의 안정적 발전이 가능하다. 따라서 원자력 발전 확대는 산업 경쟁력 강화, 수출 증대, 에너지 자립도 제고 등 다양한 경제적 효과를 창출한다. 특히, 해외 화석연료 의존도를 낮추고 국제 에너지 시장의 변동성에 대한 취약성을 줄여 에너지 안보를 강화하는 데 중요한 역할을 한다. 원자력발전은 발전단가, 연료비용, 온실가스 감축 비용 등의 측면에서 뛰어난 경제성과 효율성을 갖추고 있다.

기후위기 심화와 러시아-우크라이나 전쟁 등 지정학적 리스크로 인해 원자력은 다시금 글로벌 에너지 전략의 중심에 섰다. 2010년대 초반 후쿠시마 원전 사고 이후 많은 국가들이 탈원전 정책을 추진하거나 신규 원전 건설을 중단했으나, 최근 기후위기 대응과 에너지 안보 강화, 전력 수요 증가에 대한 대응책으로 원자력의 역할이 재조명되고 있다. 특히 2022년 러시아-우크라이나 전쟁 이후 에너지 공급망 불안정이 심화되면서, 에너지 자립과 안정적 전력 공급의 중요성이 부각되어 원자력에 대한 정책적 재평가가 빠르게 이뤄지고 있다. 2023년 UAE에서 열린 COP28에서는 미국, 영국, 프랑스, 일본 등 22개국이 '원전 3배 확대' 선언문에 합의했다.

유럽연합(EU)에서는 전통적으로 탈원전을 추진하던 국가들이 정책을 전환하고 있으며 이탈리아, 벨기에 등이 대표적이다. 프랑스는 25년 만에 신규 대형원전 EPR2 건설을 재개했으며 2050년까지 신규 원전 14기 건설을 발표했다. 영국 역시 2050년까지 원자력 발전 비중을 전체 전력의 25% 수준인 24GW까지 확대하는 계획을 확정했다. 독일은 2023년 마지막 원전을 폐쇄했으나, 에너지 위기와 탄소중립 목표 달성의 어려움으로 인해 원전 재가동 논의가 지속되고 있다. 이탈리아, 세르비아, 에스토니아 등 과거 원전 금지 혹은 폐쇄 정책을 펼쳤던 국가들도 정책을 재검토하거나 원전 도입을 공식 승인하는 등 변화의 조짐을 보이고 있다. 스페인, 벨기에, 스코틀랜드 등도 단계적 폐쇄 정책을 유보하거나 연장하는 방안을 논의 중이다. 유럽연합은 원자력을 '녹색 분류체계'에 포함시켜, 친환경 투자 대상으로 인정했다.

중국은 2023년 기준 55기의 원전을 운영 중이며 20기 이상의 신규 원전을 건설 중이며 세계 최대의 원전 건설국으로 부상하고 있다. 중국 정부는 2030년까지 원전 설비용량을 150GW까지 확대할 계획이며, 매년 6~8기의 신규 원전을 착공하고 있다. 인도 역시 에너지 수요 증가와 탄소중립 목표 달성을 위해 원전 확대 정책을 추진 중이다. 러시아는 중동, 동유럽, 아프리카 등을 대상으로 하는 원전 수출에 주력하고 있으며 SMR 개발에 적극적이다.

신흥국에서도 원자력 도입이 활발히 논의되고 있다. 이집트는 아프리카 최초로 대형 원전 건설을 진행 중이며, 가나, 케냐, 남아프리카공화국 등도 원전 도입을 위한 정책적·기술적 준비를 하는 등 원자력에 대한 관심을 표명하고 있다. 베트남은 한때 중단했던 원전 도입 계획을 2030년까지 재개할 방침이다. 중남미에서는 SMR을 중심으로 한 원전 확대 전략이 논의되고 있으며, 엘살바도르, 자메이카 등도 국제사회와 협력해 원자력 발전 도입을 추진하고 있다.

미국은 2024년 11월 백악관을 통해 '2050 원자력 에너지 확대 로드맵'을 발표했다. 주요 내용은 2050년까지 원자력 발전 용량을 2020년 대비 3배(200GW 추가)로 확대하는 것이다. 이를 위해 신규 대형원전 및 SMR 건설, 기존 원전 수명 연장, 인허가 절차 간소화, 인력 및 공급망 강화, 핵연료주기 자립, 사용후핵연료 관리 등 다각적 정책을 추진 중이다. 미국은 법률(NEICA, NEIMA, 에너지법, IRA, CHIPS 등)을 통해 SMR 실증과 상용화에 대규모 재정 지원을 하고 있으며, TerraPower, X-Energy 등 민간기업과의 협력도 강화하고 있다.

<표 6> 미국의 '2050 원자력 에너지 확대 로드맵'

주요 항목	조치 사항
신규 대형 원자로 건설	- 세액 공제를 통한 원자력 비용 절감 - 원활한 원자력 프로젝트 자금 지원 - 기존 부지에 신규 건설 검토 - 기존 대형 원전 인허가 활용 - 전력 고객 및 국제 파트너십 확대 지원 등
SMR 원자로(50 ~ 500 MW) 건설	- 3세대 이상 SMR 구축을 위한 자금 지원 - 첨단 원자로 실증 프로그램 지원 - 세액 공제를 통한 원자력 비용 절감 - 인허가 기준 수립(10CFR Part 53) - 전력 고객 및 국제 파트너십 확대 지원 등
소형 원자로(1 ~ 50MW) 건설	- 허가 및 규제 규정 수립·수행(NRC/DOE) - 주·지역사회 정부 협력 추진 등
기존 운영 원전 수명연장·확대·재가동	- 후속 허가 갱신의 효율적 처리 - 80년 이상, 최대 100년의 장기 운영 추진 - 전력 용량 증가 및 재가동 비용 세액 공제 - 폐로 원전 재가동 추진 - 주·지역사회 정부 협력 추진 등
허가 및 승인 절차 개선	- 간소화된 인허가 절차 추진 (동일 설계 반복 배치, 기존 부지 사용 등) - NRC 직원 역량 강화 및 채용 권한 활용 - 후속 허가 갱신의 효율적 처리 - 인공지능(머신러닝, 대규모 언어모델) 등을 활용한 원자로 시스템 모델링 개선
인력 개발	- 최대 1억 달러의 인력 교육 기금 배치 - 은퇴자 등 인력개발 프로그램 지원
공급망(Supply Chain) 개발	- 자금 지원 및 세액 공제 - 품질 공급업체 Pool 확대 - 원자로 구성설비 등급 요구사항 조사 - 부품 공급망에 대한 민간 부문 투자 촉진 - 북미 공급망 파트너십 지원
핵연료주기 공급망(Fuel Cycle Supply Chain) 개발	- 자국내 우라늄 변환 및 농축 확대 - 글로벌 연료 공급 파트너십 지원 - 핵연료 주기 공급망 자금 지원 확대 - 폐쇄된 우라늄 광산 정화 추진
사용후핵연료 관리	- 통합 중간저장 시설 추진 - 고준위폐기물 처분 부지확보를 위한 기관간 협력 - 사용후핵연료 처분시설 부지 우선순위 도출 - 지속가능한 첨단 핵연료주기 구축

최근 기후위기 대응과 에너지 안보, 전력 수요 증가에 따라 소형모듈원자로(SMR, Small Modular Reactor)가 차세대 원자력발전 기술로 주목받고 있다. SMR은 300MW 이하의 소형 원자로로 기존 대형원전에 비해 건설비와 운영비가 저렴하고 안전성이 높으며 산업열, 수소 생산, 해수 담수화 등 다양한 용도에 활용 가능하다. 공장에서 모듈화 생산이 가능해 건설 기간이 짧고, 분산형 전원으로도 적합하다. SMR은 기존 대형 원전의 한계를 극복하는 혁신적 기술로, 높은 안전성, 경제성, 다양한 활용성, 신속한 건설 등 여러 장점을 갖추고 있다. 현재 미국, 러시아, 중국, 한국 등 주요국을 중심으로 상용화가 본격화되고 있으며, 기술 표준화와 공급망 다각화가 향후 성공의 관건이 될 것이다. SMR은 미래 에너지 시장에서 중요한 역할을 차지할 것으로 기대된다.

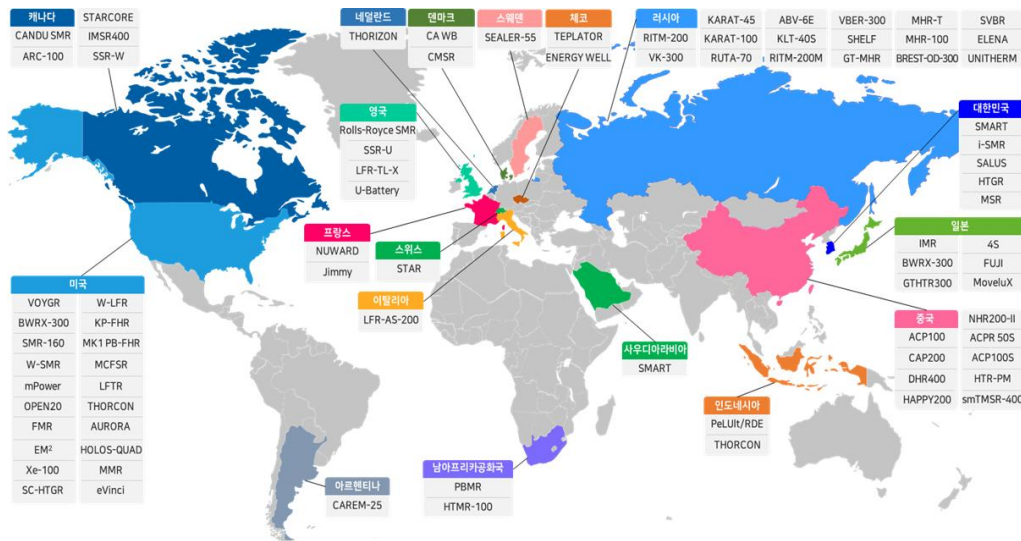
2023년 IAEA에 따르면 전 세계적으로 83개의 SMR 프로젝트가 진행 중이다. 미국은 SMR 상용화에 가장 적극적이며, TerraPower의 Natrium(소듐냉각고속로), NuScale의 VOYGR(경수로형 SMR) 등이 대표적이다. 중국, 러시아, 캐나다, 영국도 SMR 실증 및 상용화에 박차를 가하고 있다. 미국은 SMR을 가장 적극적으로 개발하는 나라 중 하나다. SMR 상용화를 지원하기 위한 제도적 기반을 마련하고 재정적 지원을 아끼지 않고 있다. 미국은 여러 가지 법을 제정하여, SMR 연구개발 예산을 확대 지원하고 민간 부문과 공동으로 실증 프로젝트를 추진하고 있다. 미국 정부는 「인프라 투자와 일자리 법(21.11)」, 「미국 반도체 지원법(CHIPS, '22.8)」, 「인플레이션 감축법(IRA, '22.8)」 등을 통해 SMR 실증 프로젝트에 대규모 예산을 안정적으로 지원하기 위한 법적 근거를 마련하였다. 또한 미국은 「선진원자로 실증사업(ARDP, Advanced Reactor Demonstrations Program)」을 추진하고 있다. 이러한 정부 지원을 바탕으로 테라파워(TerraPower)와 엑스에너지(X-Energy) 같은 민간 기업들이 다양한 SMR 설계를 실증하고 있다. 특히, 테라파워는 빌 게이츠가 창립한 회사로, 소듐 냉각을 사용하는 'NATRIUM 원자로'를 개발 중이며, 이 원자로를 향후 석탄 발전소를 대체할 것으로 기대되고 있다.

노후 화력발전소 대체, 산업용 열 공급, 수소 생산 및 해수 담수화 등 원자력을 다양한 분야에서 활용하기 위해, <그림 1>에서 보듯이, 전 세계적으로 SRM 개발이 활발히 이루어지고 있다. 2023년 기준 개발중인 83개의 SMR 중 30개는 경수형 원자로이며, 나머지는 비경

수로형이다. 경수로형 SMR의 경우 기존 대형원전 기술과 인허가 체계를 상당 부분 적용할 수 있지만, 비경수로형 SMR은 기술뿐 아니라 인허가 제도, 원자로 이용에 관한 법과 정책적 지원이 더 많이 요구된다.

<표 7> 미국 SMR 개발 및 배치 지원 주요 법안

연도	법안명	주요 내용
2018	원자력 혁신 역량 강화법 (NEICA)	SMR 연구개발(R&D) 지원 확대, 공공-민간 협력 체계 구축
2019	원자력 혁신 및 현대화법 (NEIMA)	원자력 규제위원회(NRC) 인허가 절차 간소화, 혁신적 원자로 상용화 촉진을 위한 규제 개선
2020	에너지법 (Energy Act)	SMR 실증 및 상용화 촉진을 위한 연구개발과 실증 프로젝트에 대한 예산 확충
2021	인프라 투자와 일자리 법 (Infrastructure Investment and Jobs Act)	선진원자로를 포함한 SMR 상용화를 위한 대규모 자금 지원, 에너지 인프라 강화 및 탈탄소화 지원
2022	반도체와 과학법 (CHIPS and Science Act)	원자력 대학 연구 인프라 확충을 지원, 선진 원자로의 연구, 개발 및 실증을 위한 연방 재정지원 프로그램을 만들고 이 프로그램에 8억 달러를 지원
2022	인플레이션 감축법 (Inflation Reduction Act (IRA))	선진원자로로 생산된 전력에 대한 세액 공제 확대, 신규 및 기존 원전을 활용한 청정수소 생산 세액 공제, 선진원자로 핵연료에 필요한 HALEU 공급망 개발을 지원
2024	ADVANCE(Accelerating Deployment of Versatile, Advanced Nuclear for Clean Energy Act)	SMR의 신속한 배치를 촉진, NRC의 인허가 절차 추가 간소화 및 시장 진입 장벽 완화, 안전한 핵연료 사용과 배치에 인센티브 제공



<그림 1> 세계 주요국의 SMR 개발 현황¹⁾

한국 정부는 2024년 '차세대 원자력 확보를 위한 기술개발 및 실증 추진방안'을 발표, 경수형과 비경수형 SMR 모두에 대한 연구개발과 실증을 강화하고 있다. 두산에너지빌리티, 삼성물산, 현대건설 등 민간기업도 SMR 부품 국산화와 해외시장 진출을 준비 중이다. 한편, 미국 등과의 기술협력 및 인허가 경험 공유도 병행하고 있다. 한국은 2009년 UAE 바라카 원전 수출 이후, 체코, 폴란드, 사우디아라비아 등 신규 원전 수주를 적극 추진 중이다. 2024년 7월에는 체코 신규 원전 사업의 우선협상대상자로 선정되었다. 그러나 미국 웨스팅하우스, 프랑스 EDF 등 글로벌 경쟁사들의 견제와 지재권, 수출통제 이슈로 인해 계약 체결까지는 다양한 난제를 풀어나야 했다.

가동 원전 수가 늘어남에 따라 우라늄 정광, 변환, 농축 서비스 수요도 증가하고 있다. 2024년 26기에서 2038년 34기로 확대될 경우, 연간 우라늄 수요는 6,020톤(U3O8 기준)까지 늘어난다. 세계 우라늄 시장의 공급 불안, 무기화 가능성, 농축 서비스 제한 등 리스크에 대비해, 국내 농축시설 확보, 해외 농축시설 투자, 안정적 핵연료 공급망 구축이 시급하다.

2023년 기준 국내 원전 부지별 임시 저장시설의 포화율은 70~90%에 달한다. 한빛, 한울, 고리 원전은 2030~2032년 임시 저장시설이 포화될

1) 출처: 이영준 등, "SMR의 신속 배치를 위해 필요한 준비 사항; R&D 외적 요인." 원자력전략.정책연구 4호.

전망이다. 정부는 건식저장시설 도입, 중간저장시설 및 최종처분장 건설, 해외 위탁 재처리 등 다양한 방안을 검토 중이나, 지역주민 반발과 사회적 합의 부재로 사업이 지연되고 있다. 정부는 '고준위 방사성폐기물 관리 기본계획'에 따라, 안전 최우선, 공론화위원회를 통한 사회적 수용성 확보, 중간저장시설·종합관리시설 건설, 고준위폐기물 연구개발(R&D) 강화 등을 추진하고 있다. 미국 등 선진국과의 협력, 한·미 원자력협정 개정, 해외 위탁 재처리 등도 검토 대상이다.

원자력안전위원회는 독립성과 전문성을 강화해, 비경수형 원자로, SMR 등 새로운 기술이 적용된 신규 원전과 기존 원전의 안전규제 체계 고도화에 집중하고 있다. 인공지능, 머신러닝 등 첨단기술을 활용한 안전성 평가, 인허가 절차 간소화, 인력양성, 규제 R&D 확대가 주요 과제다. 탈원전 정책으로 인해 위축됐던 원자력 산업 생태계 복원도 시급하다. 정부는 원전 기자재 산업 지원, 인력양성, 중소기업 지원, 연구개발 투자 확대 등을 추진 중이다. SMR, 방사성동위원소, 의료·우주·수소 등 원자력의 다양한 응용분야로 산업 저변을 확대하고 있다.

세계 원자력산업은 기후위기, 에너지 안보, 경제성, 기술혁신이라는 4대 축을 중심으로 빠르게 재편되고 있다. SMR 등 차세대 원전 기술이 시장의 판도를 바꿀 것으로 예상되며, 원전 수출과 글로벌 공급망 경쟁도 한층 치열해질 전망이다. 그러나 사용후핵연료 관리, 사회적 합의, 안전규제, 기술격차 해소 등 해결해야 할 과제도 많다. 한국은 원자력의 선도적 역할을 바탕으로, 경제성·환경성·에너지 안보를 동시에 추구하는 지속가능한 에너지 미래를 모색해야 한다. 이를 위해서는 기술혁신, 국제협력, 사회적 소통, 안전관리 등 다각도의 노력이 필요하다. 원자력은 한국의 에너지산업 경쟁력, 그리고 탄소중립 실현의 핵심 동력으로 자리매김할 것이다.

우리나라와 미국은 '2050 탄소중립' 달성을 위해 전기 생산 이외에 다른 분야에 활용이 가능한 다양한 SMR을 개발하고 있다. SMR이 본격적인 상용화 단계에 접어들지는 않지만, 미국이 우리나라보다 SMR 개발 단계 측면에서 앞서 있다. SMR도 원전이나, 대형원전과 크게 다른 설계특성을 가지고 있어서, 대형원전 인허가 요건을 그대로 적용하기가 어려운 측면이 있으며 비경수형 SMR은 차별적 특성으로 인해 신규 요건 개발이 필수적이다.

향후 우리나라가 2050 탄소중립을 달성하기 위해서는 전력 생산 이외에 노후 화력발전소 대체, 친환경 선박 건조, 공정열 및 수소 생산 등에도 SMR을 적극 활용해야 한다. 미국은 우리보다 앞서 SMR을 노후 화력발전소 대체, 공정열 및 수소 생산 등에 활용하는데 관심을 갖고 준비를 하고 있다. 특히, 미국 내 300여 기의 폐지되거나 운영 중인 석탄화력발전소 부지에 원전을 지을 수 있을 것이라 평가하고, 이를 실행으로 옮기는 프로그램을 진행하고 있다. 우리나라도 2022년 기준 58기의 화력발전소가 가동 중이다. 제10차 전력수급계획에 따르면, 2036년까지 58기 중 28기가 단계적으로 폐지될 예정이다. 이들 화력발전소를 원자력으로 대체하는 방안을 지금부터 수립할 필요가 있다.

이러한 국내 상황을 고려할 때, 경수형 및 비경수형 SMR 개발과 인허가 체계 수립을 하는데 미국과의 긴밀한 협력이 필요하다. 아울러 SMR을 전력 생산 이외 활용하는 것과 관련하여, 미국의 경험을 공유하는 것도 매우 중요하다. SMR 활용이 조만간 확대되면, 핵확산에 대한 우려가 커질 것이다. SMR이 전 세계에 배치될수록, 더 많은 나라들이 핵확산 유혹에 빠질 가능성도 커진다. 이러한 측면에서 SMR을 'Safeguards by Design'에 의해 원천적으로 핵확산을 어렵게 할 수 있는 기술적 방안을 만들 필요가 있다. 이러한 측면에서 한·미 양국의 협력이 필수적이다.

미국은 TMI-2 원전 사고 이후 수십 년간 원전 건설을 하지 않으면서 원전산업 생태계가 크게 훼손되었으며 신규원전 건설하는 데 어려움을 겪고 있다. 우리나라는 지난 정부 5년을 제외하고 원전을 꾸준히 건설하면서 시공력을 유지해 오고 있다. 반면 러시아, 중국 등은 자국에서만 아니라 외국에서 원전을 꾸준히 건설해 왔고 기술력과 경쟁력이 크게 향상되었다. 현재 세계 원전 시장에서 러시아와 중국, 두 나라의 시장 장악력은 압도적이다. 한국원전수출산업협회에 따르면, 2019~2023년간 전 세계에서 착공한 원전은 38기인데, 이 중 러시아와 중국이 관여하지 않은 원전은 1기뿐이다. 러시아는 자국에 건설한 6기에 더해, 튀르키예·인도·이집트·중국에 13기를 수출했다. 중국은 자국에서만 18기를 건설했다. 중국은 건설 경험의 누적을 통해

원전 건설기술을 향상시키고 자체 원전 공급망을 구축하여 우리나라에 필적할만한 기술과 가격 경쟁력을 갖춰가고 있다.

체코 원전건설 사업은 자국 안보를 이유로 처음부터 러시아와 중국을 배제하고 서방권 국가만을 대상으로 입찰했기 때문에 미국과 프랑스가 우리나라와 경쟁하게 되었다. 이런 특수 상황을 앞으로도 계속 기대할 수는 없다. 전력수요가 증가하고 원전 시장이 확대될수록 대부분 원전 건설사업이 다양한 경쟁력 요소를 바탕으로 추진될 것이기 때문이다. 세계 각국에서 미국이 러시아 또는 중국과 경쟁하게 될 가능성이 크다. 그러나 세계 최고의 기술력을 보유하고 있는 미국의 자체 경쟁력은 건설 경험 부족과 고비용으로 크지 않다. 러시아와 중국은 원전 자체 경쟁력도 있고, 자금력뿐만 아니라 국제정치력도 미국 못지않다. 따라서 한국과 미국이 협력 체계를 기반으로 세계 원자력시장을 일정 부분 점유하고, 이를 바탕으로 핵비확산에 대한 통제력을 유지하는 것은 미국과 한국 모두에게 이익이 된다.

2. 원전 수출과 제한사항

한국의 원전은 기술력, 시공 능력, 가격 경쟁력을 바탕으로 세계 시장에서 주목받고 있지만 실제로는 다양한 구조적·환경적 제약에 직면해 있다. 이러한 제한사항은 크게 내부 조직체계의 문제, 법적·규제적 제약, 글로벌 경쟁 환경의 변화, 자원 공급망의 불안정, 정책적 불확실성, 그리고 국제협력의 미비 등 여러 측면에서 나타난다.

2023년 원자력 산업 수출액은 32조 원으로 사상 최고치를 기록하며, 전년 대비 26%의 성장세를 보였다. 그동안 대표적인 원자력수출 성공 사례로는 UAE 바라카 원전(4기, 약 20조 원 규모), 체코 두코바니 신규 원전(2기, 약 24조 원 규모), 루마니아 체르나보다 원전 개보수 등이 있다. 이외에도 폴란드, 핀란드, 스웨덴, 가나 등 다양한 국가와 신규 원전 건설 및 개보수 협상이 진행 중이다. 한국은 원전 수출 시장에서 중국, 러시아 등 강력한 경쟁자들과 맞서고 있다. 중국은 저비용 전략, 러시아는 기술력과 정치적 영향력을 무기로 시장 점유율을 확대 중이다. 유럽 등 주요 시장에서도 프랑스 EDF, 미국 웨스팅하우스 등과의 치열한 경쟁이 불가피하다.

한국 원전수출 시스템 이원화는 대표적인 구조적 문제로 지적된다. 수출 시스템은 KEPCO(한국전력공사)와 KHNP(한국수력원자력)로 이원화되어 있다. 현재 KEPCO와 KHNP가 각각 해외사업과 기술개발을 분담하고 있으나, 역할과 책임이 명확히 구분되지 않아 대형 프로젝트에서 비용 초과, 책임 분쟁, 인력 분산 등의 문제가 반복되고 있다. UAE 바라카 원전 프로젝트 등에서 발생한 비용 초과와 책임 분담 문제로 두 기관 간 갈등이 심화되어 국제 중재로까지 비화된 바 있다. 이는 대형 국제 프로젝트에서 일관된 전략 수립과 효율적 대응을 어렵게 만들고 있다. 정부는 최근 수출 창구를 일원화하는 방안을 적극 검토하고 있다. KEPCO와 KHNP 간의 역할 분담을 명확히 하고, 정부 주도의 수출 창구 일원화로 일관된 전략과 효율적 의사결정 체계를 구축해야 한다. 이를 통해 국제 경쟁력과 프로젝트 관리 효율성을 높일 수 있다.

국내외 정치 상황 변화는 원전 수출에 직접적인 영향을 미친다. 국내 에너지 정책의 방향성이 정권 교체 등 정치적 변수에 따라 크게 변동해 왔으며, 이는 해외 발주처의 신뢰 저하로 이어지고 있다. 한국 내 에너지 정책의 변화, 주요 수출국의 정권 교체, 국제 제재 등은 수출 프로젝트의 중단·지연·조건 변경을 초래할 수 있다. 실제로 국내 정치적 혼란은 산업 생태계와 수출 전략의 일관성에 부정적 영향을 미쳤다. 또한, 원전수출 활성화를 위한 법제도적 지원이 미흡하고, 인력 양성·R&D 지원·규제 특례 등 체계적 인프라가 아직 충분히 마련되지 않았다.

법적·규제적 측면에서도 한국의 원전수출은 복잡한 통제 체계에 묶여 있다. 원자력 기술 및 설비는 「대외무역법」, 「원자력안전법」, 「전략물자수출입고시」 등 다중 규제의 적용을 받으며, 수출 시 국제원자력기구(IAEA) 안전조치협정 체결, 핵비확산 보증서 제출 등 엄격한 절차를 거쳐야 한다. 특히, 미국 웨스팅하우스의 원천기술을 기반으로 개발된 APR1400, APR1000 등의 모델은 수출 시마다 미국의 기술 이전 동의와 수출 승인을 받아야 하는 구조적 한계를 지니고 있다. 최근 웨스팅하우스와의 지적재산권 분쟁이 합의로 일단락되었으나, 향후 미국의 정책 변화나 추가 분쟁 가능성은 여전히 잠재적 리스크로 남아 있다. 이로 인해 한국은 독자적 원전 설계와 차세대 원전기술 개발에 대한 투자를 확대해야 하며, 미국 등 주요 기술 보유국과의 공동개발, 국제 표준화, 기술 내재화 전략이 병행되어야 한다. 미국,

유럽 등 주요 기술 보유국과의 외교적 협력, 공동 수주, 기술 로드맵 공유, 국제 규범 준수 등으로 수출 제한 요인을 최소화해야 한다.

글로벌 시장 환경 역시 한국의 원전수출에 불리하게 작용하고 있다. 최근 5년간 신규 원전 착공의 대부분을 러시아와 중국이 주도하고 있으며, 이들은 저비용 건설, 용자 지원, 정치적 영향력 등 다양한 수단을 활용해 시장 점유율을 확대하고 있다. 특히 중국은 반복 건설을 통한 원가 절감과 자체 공급망 구축으로 가격 경쟁력을 높이고 있으며, 러시아는 EPC 패키지와 금융 지원을 결합한 수출 전략을 펼치고 있다. 유럽 등 주요 시장에서는 프랑스 EDF, 미국 웨스팅하우스 등과의 경쟁도 심화되고 있으며, 현지화율 요구 등으로 인해 한국의 원가 경쟁력에 추가적 부담이 가해지고 있다.

공급망의 불안정성도 중요한 제한 요인이다. 원전 운영에 필수적인 우라늄 농축 서비스의 40%를 러시아가 공급하고 있으며, 최근 서방의 대러 제재와 러시아의 수출 제한 조치로 인해 글로벌 우라늄 가격이 급등하고 있다. 한국은 국내 농축시설 부재로 인해 해외 의존도가 높으며, 장기적으로 안정적인 핵연료 공급망 확보가 시급하다. 이에 따라 미국, 호주, 카자흐스탄 등과의 협력 확대, 해외 농축시설 지분 투자, 장기 공급계약 체결 등이 요구된다. 또한, 사용후핵연료의 안전한 관리와 재처리, 중간·영구 저장시설 확보 등도 원자력산업의 지속 가능성을 좌우하는 핵심 과제다.

후쿠시마 사고 이후 전 세계적으로 원전 안전성에 대한 우려가 커졌다. 방사성 폐기물 처리, 환경 영향, 지역사회 수용성 등은 신규 시장 진입과 수주 과정에서 중요한 평가 요소로 작용한다. 안전성 논란이나 사회적 반발이 발생할 경우, 프로젝트 지연 또는 취소 위험이 상존한다. 원전의 안전성, 방사성 폐기물 관리, 환경 영향 최소화 등 국제 기준을 지속적으로 충족시키고, 대중과의 소통을 강화해 사회적 신뢰를 확보할 필요도 있다.

한국의 원전 수출은 기술력, 가격 경쟁력, 사업수행 경험을 바탕으로 꾸준히 확대되고 있다. 그러나 지적 재산권, 내부 갈등, 글로벌 경쟁, 안전성, 정치적 불확실성 등 복합적 제한 요인에 직면해 있다. 향후 정부의 정책적 지원, 기술 독립, 수출 시스템 혁신, 국제협력 강화가 병행될 때, 한국 원전

산업의 글로벌 경쟁력은 한층 높아질 것이다.

한국 원자력 산업계가 오랫동안 갖고 있지만 독자적인 정책지원이나 노력으로 풀지 못하는 제한사항은 핵주기와 관련되어 있다. 원자력발전을 위한 핵연료 공급, 사용후핵연료의 처리를 통한 폐기물 감축 등에 있어 완결성을 갖추지 못한 원자력산업은 국내외적으로 많은 부담을 갖고 성장해가고 있다. 세계 곳곳에서 원자력 발전이 재조명받으면서 우라늄 수요가 치솟기 시작했지만 우라늄 공급은 이를 따라가지 못하면서 우라늄 공급 부족이 장기적으로 이어질 것으로 전망되고 있다. 여기에 서방 국가가 우크라이나 침공에 대한 제재로 러시아산 우라늄 수입을 금지하고, 러시아는 이에 대한 대응 조치를 취하면서 일시적으로 우라늄 공급 부족이 더욱 심화하고 있다. 미국은 2023년 5월 러시아산 우라늄의 미국 수입을 금지하는 법안을 제정했다. 러시아산 우라늄 수입 금지법 시행 이후 2024년 7월까지 미국의 러시아산 우라늄 수입량은 31만 3,050kg으로 전년보다 30% 줄었다. 이에 대한 맞대응으로, 러시아는 우라늄 등 전략 원자재 수출 제한을 검토할 것을 시사했으며, 2024년 11월에는 미국으로의 농축 우라늄 수출을 일시 제한하는 조치를 취하였다. 이 사례는 우라늄이 언제든 전략 무기화될 수 있음을 극명하게 보여줌으로써, 세계 우라늄 시장의 불안정성이 더욱 커지게 되었다. 세계적인 원자력 수요 증가와 우라늄의 전략 무기화 등으로 인해 우라늄 관련 가격이 대비 폭등 수준으로 상승하고 있다.

2015 협정 개정 당시 전세계 우라늄 공급은 원활했다. 따라서 우라늄 공급을 확보하기 위한 한국의 농축우라늄에 대한 자체 조달 필요성은 크게 공감받지 못했다. 그러나 지금의 국제 에너지 환경은 우리나라에 우호적이지 않다. 우크라이나-러시아 전쟁, 이스라엘-하마스 전쟁 등 국제 분쟁으로 인해 유가 상승은 물론 에너지 자원 공급이 중단되는 사태가 벌어지는 등, 에너지 자원 대부분을 수입하는 우리나라에 불리한 국제 정세가 이어지고 있다. 원자력 발전에 대한 수요가 증가하면서 우라늄 시장이 장기간 공급 부족 사태를 겪을 것으로 예상되고, 우크라이나와 전쟁을 일으킨 러시아에 대한 제재로 우라늄 농축 서비스 가격이 2018년 대비 5배나 급증하였다. 이처럼 세계 우라늄 시장이 불안정해지면서, 안정적 우라늄 수급 체계를 구축하는 것이 무엇보다 중요해졌다.

핵연료 제작을 위해서는 우라늄 정광을 비롯해 변환 및 농축 서비스 확보가 필수적이다. 우라늄 정광과 변환 서비스는 농축 서비스에 비해 상대적으로 확보가 쉽다. 그렇지만 우라늄 농축 서비스는 공급국이 한정돼 있고, 우라늄 농축 기술이 민감 기술이다 보니 신규 공급국의 시장 진입도 어려운 상황이다. 그간 글로벌 우라늄 농축 서비스의 40%가량을 러시아가 공급해 왔다. 러시아 제재로 우라늄 농축 서비스 공급이 차단될 경우, 러시아를 대체할 마땅한 공급국이 없다. 따라서 우리나라는 우라늄 농축 서비스 확보를 위한 대책이 필요하다.

우라늄 농축 관련 사업성은 국내 원전 수요만으로도 확보 가능하다. 전력수요 증가에 따라 현재 계획대로 2038년 국내에 34기의 원전이 가동될 경우, 국내에서 필요로 하는 농축 우라늄 수요로도 규모의 경제가 가능하기 때문이다. 이런 측면에서 우리나라에 비확산성을 전제로 우라늄 농축시설 건설이 추진되는 것이 장기적인 관점에서 바람직하다. 따라서 현재 미국과의 123 협정에서 제한되고 있는 우라늄 농축에 대한 협의가 필요하다. 협정개정이 단시간 내에 이루어지는 않을 것이므로 미국 내에서 건설 중인 우라늄 농축시설에 대한 지분 투자를 확대하여 우라늄 공급의 안정성을 확보할 필요도 있다. 우라늄 농축시설의 국내 건설은 미국과의 협상, 국내 안전 규제 절차 등으로 인해 단기간에 성사되기는 어렵다. 따라서 단기적으로 우라늄 농축 서비스를 확보하기 위한 수단으로 미국 내에서 건설 중이거나 건설 예정인 우라늄 농축시설에 대해 우리나라가 지분 투자를 하여, 우리가 언제든지 필요한 만큼 농축 서비스를 받을 수 있는 권리를 확보해 놓을 필요가 있다.

원자력의 지속 이용을 위해서는 원활한 핵연료 공급 이외에 사용후핵연료 문제 해결이 필요하다. 원자로에서 방출된 사용후핵연료는 '임시 저장(부지내 건식저장)-중간 저장(부피 저감 및 재활용)-영구처분' 단계를 거치며, 전 과정을 통해 안전하게 관리돼야 한다. 사용후핵연료의 경우 재처리를 통해 핵무기의 원료물질인 플루토늄 추출이 가능하기 때문이다. 현재 우리나라는 임시 저장 이후 단계의 관리를 위한 시설을 확보하는 데 어려움을 겪고 있다. 또한 앞서 기술한 대

로, 현재 개발 중인 신형 원자로 핵연료 공급을 위해 핵연료를 재처리해야 할 필요성도 커지고 있다. 물론 이때 비확산이 전제되어야 한다. 2015 개정 협정에 따라, 파이로프로세싱의 전해환원 단계 연구를 국내에서 자유롭게 할 수 있게 되었지만, 다양한 연구개발 활동을 위한 전 단계에 걸친 자율성은 확보하지 못한 상태이다. 개발 중인 신형 원자로에 대한 핵연료를 공급하기 위해서는 파이로프로세싱 전단계연구와 이를 위한 시설 건설이 필요하다.

원자력발전 기간이 장기화되고 가동율이 늘어나면서 사용후핵연료 저장에 대한 문제가 주요 이슈로 부각하고 있다. 원전 부지 내 사용후핵연료 건식 저장시설 확보가 계획대로 이루어지지 않을 경우, 복수의 원전을 동시에 가동 정지해야 하는 비상사태가 벌어질 수도 있다. 만약의 경우를 대비해, 한빛과 고리 원전 임시 저장시설에 보관 중인 일부 사용후핵연료를 해외 위탁 재처리하는 방안도 고려 중이며, 지난 개정 협정에서 해외 위탁 재처리를 위한 경로를 확보하였다. 사용후핵연료의 증가추세는 명확하므로 위탁 재처리를 비롯하여 폐기물 저감 및 처분에 관한 국내외적 논의와 동의가 필요한 단계이다.

양자간 원자력협력협정을 통해 확고한 비확산체제를 고수하고 있는 미국의 입장에서는 민감 시설인 우라늄 농축시설과 사용후핵연료 재활용시설의 국내 건설에 대해 쉽게 동의하기 어렵다. 이 경우, 우리나라에 직접 건설하지 않더라도, 우리나라 인접국에 민감 시설들을 공동 건설·운영하여 우리가 필요할 때 언제든지 서비스를 받을 수 있는 Multilateral Approach도 고려해 볼 수 있다.

미국과 우리나라는 각자 갖지 못한 장점을 갖고 있어서 두 나라가 긴밀한 협력체제를 발전시킨다면 세계 시장 및 국제 비확산체제에서의 시너지 효과가 매우 크다. 따라서 미국이 러시아·중국과 경쟁하며 원자력기술 및 비확산체제에서의 우위를 유지하기 위해서는 우리나라와의 협력이 중요하다. 이러한 측면에서 우리나라와 미국이 원전 기술과 공급망 등에 있어서 상호 이익을 취할 수 있는 협력 체계를 갖추는 필요가 있다.

이를 위해서 먼저 핵비확산 가치를 공유하여 원전 수출이 핵확산

경로가 되지 않도록 양국이 협력해야 한다. 원전이 핵확산의 도구가 된다면, 원전 수출에 대한 정당성을 확보하기 어렵게 되기 때문이다. 아울러 원전을 운영하는 모든 나라가 원전 안전을 확보할 수 있도록 지원해야 한다. 이를 위해 양국의 안전 규제 체계와 경험을 공유하여, 양국이 수출하는 원전이 최상의 안전을 유지할 수 있게 해야 한다. 아울러 원전 품질을 보증하고 사업 기간을 최소화하기 위해서는 두 나라가 상대국의 원전 공급망을 활용하는 데 장애가 없도록 만들 필요가 있다.

세계적으로 원전에 관한 관심과 수요가 늘어나고 있으나 실제 원전 건설사업으로 구체화 되는 데에는 장기간이 소요되며 불확실성이 매우 크다. 원전 건설은 그 규모로 인해 국가적으로 거대 프로젝트이며 매우 큰 사업비가 소요되는 장기 사업이기 때문이다. 원전 건설에 착수하기 위해서는 재원을 확보할 수 있어야 하며 원전 운영을 위한 인력과 규제제도 등 관련 인프라가 갖추어져야 한다. 세계 전력시장에서 원전 수요를 지속적으로 창출하고 유지하기 위해서는 원전 전 단계에 대한 확고한 인프라와 정책도 지원할 수 있어야 한다.

II 협정의 활용과 개정

1. 산업 측면

한미원자력협력협정은 한국 원자력산업의 성장과 국제 경쟁력 확보에 있어 핵심적인 제도적 기반이다. 2015년 개정된 한미협정은 원전 기술의 자율적 발전, 핵연료의 안정적 공급, 사용후핵연료 관리, 그리고 원전 수출 경쟁력 제고 등 산업 전반에 걸쳐 실질적 효과를 발휘하고 있다. 협정은 한국 원자력산업과 세계시장 진출에 미치는 영향이 매우 크기 때문에, 그 활용과 개정 여부에 대한 다각적인 분석이 필요하다.

123 협정은 총 21개 조항과 2개의 합의의사록(이행·고위급위원회)으로 구성되어 있다. 2015년 개정된 협정은 원자력산업의 자율성과 발전 가능성을 보장하는 방향으로 설계되었으며, 다음과 같은 산업적 효과를 갖는다. i) 핵연료의 안정적 공급: 협정 상으로는 미국산 우라늄의 20% 미만 저농축을 허용하며, 원전연료의 공급 지원, 비상시 상호공급 협의 등 우리나라 원전 운영의 연속성과 에너지 안보를 뒷받침한다. ii) 사용후핵연료 관리의 다각화: 중간저장, 파이로프로세싱, 영구처분, 해외 위탁처리 등 다양한 관리 옵션이 제도적으로 보장되어, 산업계의 기술개발과 정책 선택의 폭이 넓어진 것으로 평가되고 있다. iii) 원전 수출 경쟁력 강화: 핵물질·장비·부품의 제3국 재이전 장기동의, 수출입 인허가 신속화, 기술·정보 교류 촉진 등은 한국 원전산업의 글로벌 시장 진출에 실질적 기반을 제공하고 있다.

한국 원전산업은 수백 개의 협력업체와 지역경제를 포괄하는 대규모 산업생태계를 구축하고 있다. 원전 건설·운영·정비·연료·기자재·기술·서비스 등 전후방 연관효과가 크며, 한미협정은 이 가치사슬의 안정적인 운영을 제도적으로 뒷받침한다. 원전 수출은 중소·중견 협력업체의 동반 진출과 고용창출, 지역경제 활성화로 이어진다. 예를 들어, UAE 원전 수출 시 미국 웨스팅하우스와의 동반 진출을 통해 미국 내 고용창출 효과도 발생했다. 한미협정은 파이로프로세싱 등 첨단기술의 연구개발을 제도적으로 허용함으로써, 프랑스·일본 등 경쟁국 대비 기술적 약점을 보완하고 완성된 핵연료주기 제공이 가능한 것으로 보이기도 한다.

123 협정은 미국과의 협력을 통해 제3국 원전시장 진출 시 미국산 핵물질·부품·기술의 자유로운 재이전이 가능하도록 하여, 수출입 인허가 절차를 신속화하고, 국제 입찰에서 한국 원전의 경쟁력을 높이는 데 기여하는 등, 수출 경쟁력 제고에도 긍정적으로 작용할 것으로 보인다. 2025년 체결된 '한미 원자력 수출 및 협력 원칙에 관한 MOU'는 양국이 제3국 시장에서 공동 진출, 정보공유, 수출통제 협력, 신기술 대응 등 포괄적 협력 프레임워크를 제공하고 있다. 이는 글로벌 시장에서 한미 원전산업의 시너지를 극대화하는 기반이 된다.

미국은 원전 현대화, 신규 원전 및 SMR 건설을 추진 중이며, 한국의 원전 기술과 건설 능력은 미국 에너지산업의 경쟁력 강화와 제조업 부흥에도 기여할 수 있다. 미국과의 협력은 한국의 원전산업이 관세 등 무역장벽 없이 미국 시장에 진출할 수 있는 기회를 제공하며, 미국 내 고용창출 및 산업 생태계에도 긍정적 영향을 미친다.

123 협정은 한국 원자력산업의 자율성을 명시적으로 보장하고 있으며 농축, 재처리 등 핵심기술의 연구개발과 실증, 상업화까지 단계적으로 확대할 수 있는 제도적 틀이 마련되어 있다. 그러나 실질적으로는 우라늄 농축 및 사용후핵연료 재처리 등에 대해 미국의 사전동의를 받아야 하는 등의 조건이 있으며, 이를 위한 구체적 협의 방안이 없는 상태이다. 따라서 협정에 명시되어 있는 산업적 허용범위에 대한 적극적인 협정의 활용, 혹은 구체적 방안을 명시하는 협정의 개정을 통해 원자력산업의 활성화를 노력할 필요가 있다.

한미원자력협력협정은 한국 원자력산업의 안정적 성장, 기술혁신, 글로벌 시장 진출, 산업생태계 강화에 필수적인 제도적 기반이다. 협정에 따른 산업적 자율성, 수출 경쟁력, 기술혁신 역량을 극대화하고, 한미 공동전략을 바탕으로 글로벌 원전시장에서 선도적 위치를 확보해야 한다. 앞으로도 한미협정의 산업적 활용도를 높이고, 국내외 산업생태계와 긴밀히 연계함으로써 한국 원자력산업의 지속가능한 발전을 도모해야 한다.

2. 연구개발 측면

123 협정은 한국이 원자력 기술을 평화적으로 지속가능하게 이용하고 에너지 안보와 탄소중립이라는 국가적 목표를 달성하는 데 있어 핵심적인 제도적 기반이다. 특히 연구개발(R&D) 측면에서 한미협정의 활용은 한국 원자력 기술의 자율적 발전, 사용후핵연료 관리, 차세대 원전 개발, 그리고 원전 수출 경쟁력 확보에 결정적 역할을 한다.

2015년 개정된 한미협정은 한국의 원자력 연구개발 자율성을 대폭 확대했다. 과거에는 미국의 사전동의를 필요한 통제적 구조였으나, 개정 협정은 △원자력 연구개발의 자율성 확보 △의료용 방사성동위원소 생산 장기동의 △원자력 안전 및 환경보호 협력 강화 △핵안보 협력 및 비확산 원칙 확인 등 선진적이고 호혜적인 협력 체계를 도입했다. 특히, 사용후핵연료 관리와 파이로프로세싱(Pyroprocessing) 등 첨단 분야에서 한미 공동연구의 제도적 기반을 마련함으로써, 한국이 자체적으로 핵연료주기 기술을 실증·개발할 수 있는 길이 열린 것으로 평가되었다.

개정 협정은 상설 고위급위원회(High Level Bilateral Commission, HLBC)와 4개 실무그룹(△사용후핵연료 관리, △원전연료의 안정적 공급, △원전수출 증진, △핵안보)을 설치하여, 연구개발 현안과 정책 현안을 상시적으로 논의·조정할 수 있도록 했다. 이로써 연구개발 현장에서 발생하는 기술·제도적 장애를 신속히 해소할 수 있는 체계가 구축되었다. 그러나 협정이 개정된 이후 10년이 흐른 현 시점에서 고위급위원회가 실효성있게 운영되고 있지 않다.

기후위기 대응과 에너지 안보 강화를 위해, 한국은 대형 원전뿐 아니라 소형모듈원자로, 차세대 원자로 등 차세대 원전 기술개발에 집중하고 있다. 이 과정에서 안정적인 핵연료 공급망 구축이 필수적이며, 한미협정은 미국산 우라늄의 20% 미만 저농축 허용, 연료시장 수급 불균형시 비상공급 협의 등 다양한 안전장치를 제공한다. 이는 SMR 및 선진원자로의 실증·상용화, 그리고 글로벌 시장 진출을 위한 연구개발 인프라로 직결된다. 원전 이용 확대에 따라 사용후핵연료 발생량이 급증하고 있으며, 이를 안전하게 관리·처분하는 기술개발이 국가적 과제로 부상했다. 파이로프로세싱은 사용후핵연료의 부피를 획기적으로 줄이고, 플루토늄·초우라늄 원소를 회수하여 고속로 연료로 재활용할 수 있는 혁신적 기술이다. 한미협정은 파이로프로세싱의 전처리·전해환원 연구에

대해 장기동의를 부여하고, 한미 공동연구 결과를 바탕으로 실증단계로의 진입을 제도적으로 뒷받침하고 있다. 사용후핵연료 관리 실무그룹에서는 △고연소도 사용후핵연료의 건전성, △표준용기 개발, △심부처분 기술 등 다양한 공동연구가 진행 중이며, 2029년까지 선도국 수준의 핵심기술 40건 확보를 목표로 다부처 협력사업이 추진되고 있다. 동 연구를 통해 우리나라가 핵비확산 신뢰성을 바탕으로 앞으로 평화적 차원의 사용후핵연료 재처리 활동의 추진 타당성을 미국으로부터 얼마나 확보할 수 있는지가 관건이라고 볼 수 있다.

원전 이용 확대는 불가피하게 사용후핵연료 발생량의 증가로 이어지므로 지속가능한 에너지원으로 원전을 계속 이용하기 위해서는 사용후핵연료에 대한 처분 부담을 저감하기 위한 노력도 필요하다. 우리나라는 1997년부터 사용후핵연료의 직접처분 기술개발과 함께, 미래세대의 고준위 방사성폐기물의 처분 부담을 획기적으로 줄일 수 있는 사용후핵연료 건식처리 기술인 파이로 기술을 개발해왔다. 2008년 12월 제255차 원자력위원회는 파이로 기술의 국내 실증을 포함하는 중장기 로드맵을 담은 '미래 원자력시스템 개발 장기 추진계획'을 채택하고, 본격적인 파이로 연구개발에 착수하였다. 또한, 우리나라는 2011년부터 미국과 공동으로 파이로의 기술적 타당성, 경제적 실용성 및 핵비확산 수용성에 대한 타당성 검증을 목표로 '한미원자력연료주기공동연구'를 추진 중에 있다.

8차 전력수급계획에서는 2082년까지 경수로 사용후핵연료 26,700톤과 중수로 사용후핵연료 11,700톤을 합쳐 38,400톤이 발생될 것으로 전망한 바 있다. 따라서 10차 및 11차 전력수급 계획과 같이 원전 이용이 확대될 경우 사용후핵연료는 38,400톤 이상이 발생될 것으로 예상된다. 이러한 사용후핵연료의 양을 저감하고 자원을 재활용하고자 개발하고 있는 기술이 파이로프로세싱이다. 이 기술을 적용하여 고준위 방폐물의 부피를 줄임으로써 처분장 면적 등과 관련한 부담을 획기적으로 저감하겠다는 것이 기술개발 목표에 포함된다. 또한 파이로프로세싱을 통해 사용후핵연료로부터 회수된 초우라늄(Transuranic elements)과 우라늄은 고준위 방사성폐기물이 아닌 선진원자로의 연료로 이용될 수 있다. 이는 현재 전량 수입에 의존하는 농축우라늄을 대체할 수 있어, 국내에서 개발 중인 선진원자로인 고속로가 실현될 경우 연료 공급이 가능하

여 에너지 안보에도 기여할 수 있다.

핵주기는 통칭 원자력발전의 원료가 되는 우라늄 채굴부터 농축 가공하여 핵연료를 제작하는 선행핵주기와 발전소에서 핵연료를 사용한 이후의 폐기물인 사용후핵연료의 처리를 담당하는 후행핵주기로 나누어 부른다. 이 중 후행 핵주기에서 사용후핵연료의 처리 방법은 영구처분과 사용후핵연료 재처리로 구분된다. 사용후핵연료 재처리란 사용후핵연료에서 우라늄, 플루토늄 등 핵연료로 사용할 수 있는 물질들을 추출하여 재사용할 수 있게끔 하는 기술을 의미한다. 20세기 후반 각국은 냉전, 핵무기 개발 경쟁, 국제 정치경제 질서 변화, 석유 파동 및 에너지 안보, 반핵운동, 원전 사고 등 여러 요인들에 영향을 받으며 세부 정책을 결정하고 있다. 프랑스는 핵연료주기를 대규모 산업화하고 있으며 재처리 방식을 고수하고 있다. 영국은 핵연료주기를 대규모 산업화했으나 2000년대 이후 재처리를 축소하고 있다. 미국은 민간의 재처리 허용 및 금지를 반복했고, 현재는 민간에서 재처리가 이루어지지 않는다. 독일은 재처리 설비 마련을 포기하였고, 외국 위탁 재처리도 금지했다.

우리나라는 1950년대 중반 미국의 지원과 요청으로 원자력기술이 도입된 이후, 1970년대 주한미군 감축논의 등 한반도 안보 상황 변화로 박정희 대통령이 핵무기 개발을 결심하며 재처리기술 도입 논의가 전개되었으며 습식재처리방식이 고려되었다. 프랑스에서 재처리와 핵연료 성형가공 시설, 벨기에에서 MOX연료 가공 시험시설 도입을 추진하였다. 그러나 1974년 인도의 핵실험을 계기로 미국이 핵비확산 정책을 강력하게 전개하면서 한국 재처리시설 도입 취소를 요구하였고, 프랑스를 압박하여 프랑스와의 계약이 취소되기에 이르렀다. 해외 기술 원조를 받기 어려워지자 한국은 관련 기술을 자체적으로 개발하고자 했다.

이후 한국은 대체 기술 개발 추진을 통해 기술을 확보하고자 하였다. 원자력연구소는 캐나다와 협력하는 형태로 습식재처리 공정인 탠덤(Tandem) 주기를 제안하였으나 탠덤이 북한의 핵무기 개발을 자극할 수 있다는 이유로 미국이 반대하여 무산되었다. 이어 경수로 사용후핵연료의 핵분열생성물을 분리하지 않고 재가공하여 중수로에서

사용하는 건식재처리 방식인 듀픽(DUPIC) 핵연료주기가 제안되었으며 미국의 허가를 받아 미국, 캐나다 공동으로 기술개발을 진행하였다. 1992년 12월 한반도 비핵화 공동선언으로 핵포기가 공식화되며 핵무기 개발용뿐 아니라 상용 재처리시설도 설치할 수 없게 되었으며, 한국은 1997년부터 플루토늄을 단독으로 추출하지 못하는 파이로 공정 연구를 진행하며 건식재처리 기술개발을 지속하기에 이르렀다.

파이로프로세싱은 500~650°C의 고온 용융염에서 전기화학 반응을 통해 산화물 사용후핵연료를 금속으로 전환한 뒤, 우라늄을 분리하고 용융염에 남은 플루토늄 포함 초우라늄 원소들을 동시에 분리, 회수하는 기술이다. 국내에서 개발 중인 파이로프로세싱은 사용후핵연료 내 독성이 강하고 긴 반감기를 가지는 원소와 고방열성 원소들을 분리하여 처리하기 위한 목적으로 개발되고 있다. 파이로프로세싱이 소듐고속냉각로와 연계되면 고독성, 장반감기 원소들을 추가적으로 소각할 수 있어 처분장 부지 면적을 크게 저감하고 사용후핵연료의 독성을 크게 줄일 수 있을 것으로 기대된다.

파이로프로세싱의 특징으로는 환경친화성, 경제성, 핵확산 저항성 등을 들 수 있다. 일반적으로 사용후핵연료를 처리하는 기술은 재처리라고 불리는 습식재처리(PUREX) 방법으로, 사용후핵연료를 잘게 잘라 질산에 용해시킨 후, 유기용매 TBP (Tributyl Phosphate)를 첨가하여 플루토늄과 우라늄을 개별 분리·회수하는 기술이다. 그러나 순수한 플루토늄 추출이 가능한 습식재처리 방법은 핵무기 제조에 이용될 수 있어 핵무기를 보유한 국가들이 제한적으로 이용하고 있으며, 현재 우리나라는 국가 정책적으로 핵확산성이 높은 습식재처리는 고려하지 않고 있다. 반면, 파이로프로세싱은 순수한 플루토늄 분리 없이 플루토늄을 포함한 초우라늄 원소를 함께 회수하기 때문에 핵확산 저항성이 상대적으로 높다. 전기화학적 공정 특성상 플루토늄의 단독 회수가 거의 불가능하다. 즉, 습식재처리에 비해 상대적으로 핵확산 저항성이 높은 파이로프로세싱을 활용하여 사용후핵연료를 안전하고 효율적으로 관리하기 위한 목적으로 기술개발을 추진 중이다. 사용후핵연료 내에 존재하는 독성이 오래가는 초우라늄 원소들인 플루토늄, 아메리슘, 큐륨, 넵투늄 등을 회수하여 고속로에서 연소시키고, 고방열 물질인 세슘과 스트론튬 등의 방사성 물질을 분리 및 별

도로 관리함으로써, 환경친화성을 높일 수 있다. 경제적으로는 공정이 단순하고 시설이 소규모로, 기존 재처리(PUREX) 방식에 비해 동일 처리용량 대비 경제성이 우수하다고 알려져 있다.

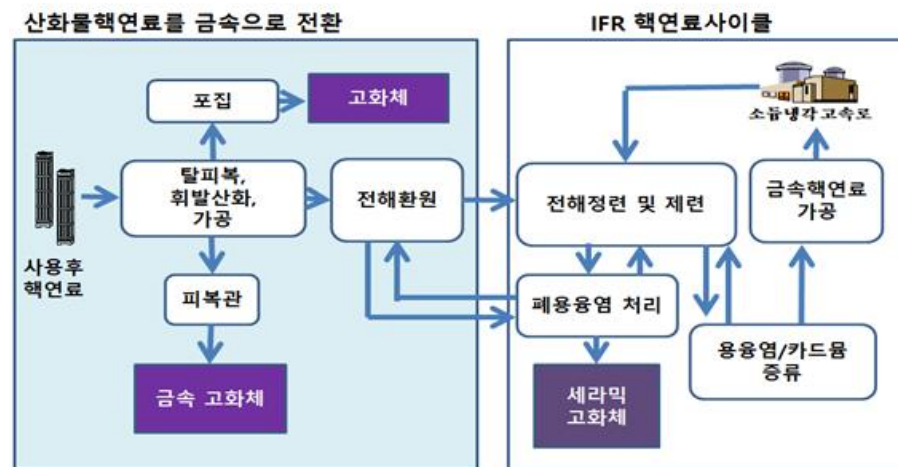
2015년 4월 22일 한미원자력협정이 개정되며 사용후핵연료 연구 활동에 대해 미국의 20년간 동의를 확보, 파이로공정은 2020년까지 진행할 JFCS 결과를 토대로 추후 추진 방향을 결정하기로 했다. 그러나 시민사회 및 원자력계에서도 경제성 및 안전성 측면에서 파이로 공정 추진에 대한 의문을 제기하였으며, 2017년 재검토 위원회를 구성하여 연구 추진의 타당성을 검토하여 연구가 중단된 바 있다. 2018년 3월 재검토 위원회는 기존의 계획대로 2020년까지 연구를 지원해야 한다는 결론을 내린 후 2020년 JFCS는 비공개 보고서를 제출하여 추가 연구의 필요성을 제안하였으며 2021년 사용후핵연료 연구개발 적절성 검토위원회도 연구개발을 지속해야 한다는 결론을 내렸으나 경제성에는 부정적인 견해를 보였다. 이후 파이로프로세싱을 위한 연구시설(KAERI PRIDE 등)은 남아 있으나 실증실험까지 진행되지 못하는 등 이전처럼 활발하게 연구가 진행되고 있지는 않은 상태다.

파이로프로세싱은 1960년대부터 제안되어 미국, 구소련 기술로부터 유래하였다. 기술을 개발하고 있는 연구진은 고속로와 연계하여 사용후핵연료의 부피를 1/20, 발열량을 1/100, 독성을 1/1,000로 줄여 고준위방폐물 처분장 규모를 1/100로 줄일 수 있다고 주장하고 있다. 파이로프로세싱의 공정순서는 다음과 같다.

- ① 기계적 전처리 공정: 집합체를 해체하고 연료봉을 절단, 피복관과 펠렛 분리
- ② voloxidation: UO_2 를 U_3O_8 으로 산화시켜 이후 공정에서 반응속도 및 전환율 증가 유도
- ③ 산화물 전해환원: 전기적 환원법으로 산화물을 금속 형태로 변환, LiCl 용융염 사용
- ④ 전해정련: 고온의 LiCl-KCl 공융염 전해조에서 전기분해를 통해 우라늄 금속 분리
- ⑤ 전해제련: 액체음극(카드뮴)을 사용하여 Pu를 포함한 TRU, RE를 한꺼번에 분리
- ⑥ 전착물 회수: 용융염 및 카드뮴을 증발시켜 회수

⑦ 우라늄 주조 및 폐기가스 처리, 열 재생, 폐기물 처리

파이로프로세싱의 장점으로는 사용후핵연료에 포함된 플루토늄만을 순수하게 분리할 수 없어 핵비확산 측면에서 유용하며, 고속로에서 독성이 높은 핵물질 및 장반감기 핵종과 함께 태우는 등의 연계가 가능하여 사용후핵연료 관리 측면에서 유리하다. 자원 측면에서는 우라늄의 사용 효율을 높인다는 장점이 있다. 또한 공정면에서도 대량의 방사능 오염이 발생하는 습식 재처리보다 간단한 것으로 알려져 있다. 그러나 파이로프로세싱 역시 공정에서 다양한 형태의 고준위, 중저준위 폐기물의 추가 발생 가능성이 있으며 경수로 사용후핵연료에만 적용 가능한 기술이라는 단점도 있다. 또한 (소듐)고속로와 연계하는 시나리오에서만 제시된 장점이 최대 활용 가능하다.

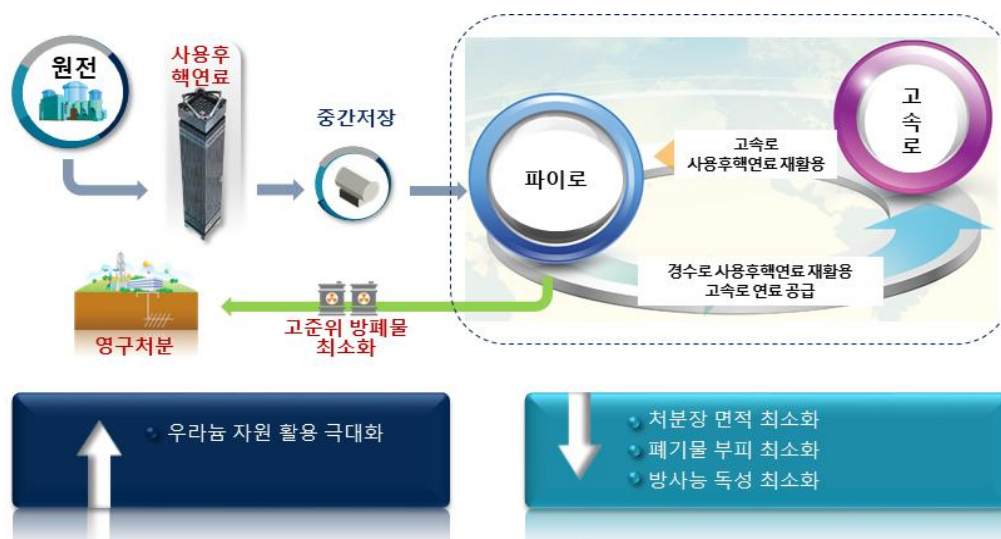


<그림 2>파이로프로세싱 공정도²⁾

물론 이러한 사용후핵연료 재활용의 연계는 핵무기용 플루토늄 추출이 없는 비확산 건식재처리기술개발의 성공과 경제성있는 활용, 안전한 고속증식로의 개발 성공과 경제성 확보 등 해결해야 할 많은 문제를 안고 있다. 그러나 우리나라가 원자력 활용과 기술 선진국으로써 원자력의 미래 지속가능성을 위한 연구개발에 참여하지 않는 것은 바람직하지 못하다. 따라서 원자력 발전의 수혜를 받은 우리나라의 입장에서는 사용후핵연료 처리에 대한 기술개발에 참여함으로써 원자력공급국의 책임을 다할 수 있는 자격을 갖추는 것도 중요하다.

2) 출처: 서울대학교 원자력위키

국내에서는 파이로프로세싱을 통해 고속로로 연료를 공급하는 방식이 기술성, 안전성 및 핵비확산성을 갖춘 사용후핵연료 관리 기술로서 가능성이 있다고 판단하였으며, 이에 따라 2022년부터 '사용후핵연료 처리기술 고도화 연구개발 사업'이 진행되고 있다. 이는 2021년 12월 개최된 제10차 원자력진흥위원회에서 '사용후핵연료 처리기술 적정성검토위원회'의 권고를 바탕으로 결정된 바 있다. 향후 파이로 기술이 실용화되기 위해서는 실제 사용후핵연료를 이용한 국내에서의 실증이 중요하다. 이러한 연구개발 차원의 국내 실증을 위해서도 현행 한미협정에 따라 핵물질 분리를 포함하는 미국의 장기동의를 필요한 상황이다.



<그림 3> 파이로-고속로 연계를 통한 사용후핵연료 관리 및 재활용

현행 한미원자력협정은 과거 건별 사전 승인 체계에서 벗어나, 장기동의 체제를 도입함으로써 협정의 선진화를 도모하였다. 그러나 그 진전에도 불구하고, 핵심 민감기 술인 농축과 사용후핵연료 재처리에 대해서는 미국의 서면 동의라는 조건이 여전히 남아 있다. 이는 장기적으로 한국이 독자적인 평화적 핵연료주기 기술을 확보하고 안정적인 핵연료 공급 체계를 구축하는 데 있어 장애 요인으로 작용할 수 있다.

일본, 유럽원자력공동체(EURATOM), 인도는 미국과의 원자력협정에서 농축 및 재처리 활동에 대해 무조건적 장기동의를 확보한 상태이다. 특히 일본은 1988년, 유라툼은 1996년, 인도는 2009년에 협정 개정을 통해 핵연료주기 전반에 걸친 자율적 기술 활용을 가능하게 했다. 이러한 협정의 성사 배경에는 이들 국가가 당시 이미 상용 또는 준상용급의 농축 및 재처리 기술 및 시설을 갖추고 있었던 점이 결정적으로 작용했다. 반면, 한국은 아직까지 상용 목적의 농축 및 파이로 기술을 보유하고 있지 않으며, 파이로프로세싱의 경우에도 전처리(pre-treatment) 및 전해환원(electro-reduction) 연구시설만을 보유하고 있는 상태이다. 핵물질을 분리하는 핵심 단계인 전해정련(electro-refining)과 전해제련(electro-winning)은 아직 실증 및 상용화 단계에 이르지 못하고 있다. 이로 인해, 미국과의 협상에서 장기동의 확보는 기술 기반 측면에서 현실적 제약을 안고 있다.

한국이 상업적 핵연료주기 활동에 대한 장기동의를 당장 확보하는 것은 미국의 기존 정책 기조를 고려할 때 어려운 과제이다. 미국은 민감기술 보유 여부, 전략적 이익, 핵비확산 신뢰도, 협상의 대등성 등을 종합적으로 고려하여 차등적으로 장기동의를 부여해왔으며, 아직 기술적 기반이 미흡한 한국에 대해 상업적 장기동의를 곧바로 허용할 가능성은 낮다. 따라서, 당면한 전략은 연구개발(R&D) 목적에 한한 농축 및 파이로 활동에 대한 장기동의를 확보하는 것이다. 이는 두 가지 측면에서 중요하다. 연구개발 목적의 장기동의를 확보하면, 한국은 파이로프로세싱의 핵심 공정에 대한 실증 실험 및 기술 완성도를 높일 수 있는 기반을 마련하게 된다. 현재의 전처리 및 전해환원 기술에서 한 걸음 더 나아가, 전해정련 및 전해제련 기술을 확보하고 이를 통해 사용후핵연료의 재활용 가능성을 실증할 수 있게 된다. 이는 향후 상업적 장기동의 확보를 위한 사전 준비 단계로 기능한다.

농축 기술 역시 미국과의 협의를 통해 연구 목적의 소규모 농축 실험에 대한 동의를 확보할 수 있다면, 국내 원자력 수요 증가에 따른 연료 공급 불안정성에 선제적으로 대비할 수 있다. 특히 러시아산 농축우라늄 수입 제한, 국제 농축 시장의 지정학적 불확실성 등을 고

려할 때, 자체적인 농축 기반 연구는 필수적인 국가 전략자산으로 자리잡을 수 있다.

<표 8> 주요국 장기 동의 비교

구분	일본	유라툼	인도	한국
협정 체결	1988	1996	2009	2015
장기동의 범위	농축/재처리	농축/재처리	농축/재처리	연구개발 목적 일부
민감기술 보유	있음	있음	있음	없음 (부분적 R&D 수준)
협상 기반	기술 역량 핵비확산 신뢰	동일	전략적 협력 NSG 예외 인정	제한적 기술 비확산 신뢰 구축 중
미국 신뢰 수준	높음	높음	정치적 예외 적용	제한적

한미원자력협정의 선진적 개정과 이를 토대로 한 실질적 협력 강화를 위해서는 다음 세 가지 전략적 노력이 요구된다.

(1) 평화적 핵연료주기 역량의 극대화

한국은 평화적 핵연료주기 추진의 당위성을 바탕으로, 관련 시설 및 기술 역량을 최대한 고도화해야 한다. 미국은 협력국의 민감 기술 보유 수준에 따라 협력 범위를 조정해온 전례가 있으므로, 장기동의 협상에 앞서 핵연료주기 기술력 확보가 필수적이다. 사용후핵연료의 효율적 처분과 재활용을 위한 파이로프로세싱 및 소듐냉각고속로(SFR) 기술 개발은 한미 원자력연료주기공동연구(JFCS)의 지속적 추진과 국내 R&D 투자 확대를 통해 기술적 완성도를 높여야 한다. 최근 러시아산 농축우라늄 수입 제한과 글로벌 공급망 불안정 등 외부 변수에 대응하기 위해, 국내외 원전 연료의 안정적 공급을 위한 선구매, 지분 투자, 궁극적으로는 연구개발과 시설 보유의 타당성 확보가 필요하다.

(2) 한미 원자력 파트너십의 전략적 강화

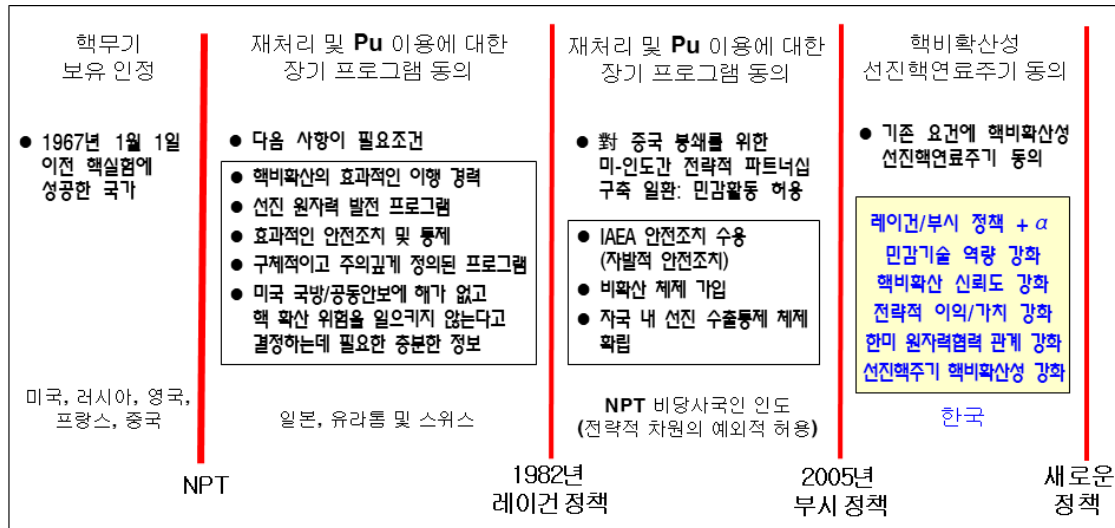
원전 수출은 단순한 경제적 이익을 넘어, 도입국과 60년 이상에 걸친

전략적 원자력 협력 관계를 형성한다. 이를 통해 핵비확산을 포함한 포괄적 파트너십을 구축할 수 있다. 미국은 대형 원전 시장에서 경쟁력이 약화되고 있는 상황에서, 한미 간 원전 수출 파트너십을 강화함으로써 양국이 경제적 이익과 핵비확산 정책 목표를 동시에 달성할 수 있다. 이러한 전략적 협력은 한미 간 협상 관계의 대등성을 확보하고, 핵연료주기 관련 협상에서 한국의 협상력을 실질적으로 제고하는 기반이 된다.

(3) 핵비확산 신뢰성 및 기술적 투명성 확보

국내 일각의 핵무장론은 미국의 대외정책 핵심인 비확산 정책과 상충하므로, 한국은 핵비확산 역량 강화와 평화적 이용에 대한 국제적 신뢰 확보에 주력해야 한다. 미국 및 국제원자력기구(IAEA)와의 협력을 통해, 인공지능 기반 공정 모니터링, 첨단 안전조치 기술, 현장 사찰실 운영 등 최고 수준의 핵비확산 기술을 개발·적용함으로써, 핵연료주기 활동의 투명성과 통제 가능성을 입증해야 한다. 북한 핵문제와는 명확히 구분되는 차별화 전략을 통해, 평화적 핵연료주기 활동이 군사적 이슈에 의해 저해되지 않도록 해야 한다. 이를 통해 미국이 일본, 유라툼, 인도 외에도 한국에 선진적 핵연료주기 활동을 허용하는 새로운 비확산 정책을 모색할 수 있도록 해야 한다.

이러한 세 가지 전략적 노력을 통해 한미원자력협정의 선진적 개정과 실질적 협력 심화가 가능하며, 한국의 원자력 기술 자립과 글로벌 경쟁력 강화, 그리고 국제 비확산 체제 내에서의 신뢰성 제고라는 목표를 동시에 달성할 수 있다.



<그림 4> 미국의 차등적 원자력 협력 요인³⁾

3) 류재수, "미국의 차등적 원자력 협력 요인 분석," 충남대학교 박사학위논문, 2024

Ⅲ 핵연료 공급전략

1. 핵연료 공급

국내에서 사용하는 원자로는 고리, 새울, 신월성, 한빛, 한울 등의 가압경수로(Pressurized Water Reactor, PWR)와 월성의 가압중수로(Pressurized Heavy Water Rreactor, PHWR) 두 가지이다. PWR은 4.5 wt% 정도로 농축한 저농축우라늄(LEU)을 사용하며 PHWR은 천연우라늄을 사용한다.

우라늄 매장량의 기준치를 제공하고 있는 IAEA와 OECD/NEA가 공동 발간한 Uranium 2005에 의하면 우라늄 자원은 세계 56개국에 분포하고 있는 것으로 알려져 있으며 생산 가능 추정량은 1,480만 톤으로, 2004년 세계 우라늄 수요량 6만 7천 톤 기준으로 170년 정도의 분량으로 추정되고 있다. 추정량 중 확인된 양은 추정량의 32%에 해당하는 474만 3천 톤으로 호주(24%), 카자흐스탄(17%), 캐나다(9%), 남아공(8.6%), 미국(7%)이 전체의 66%를 차지하고 있다.

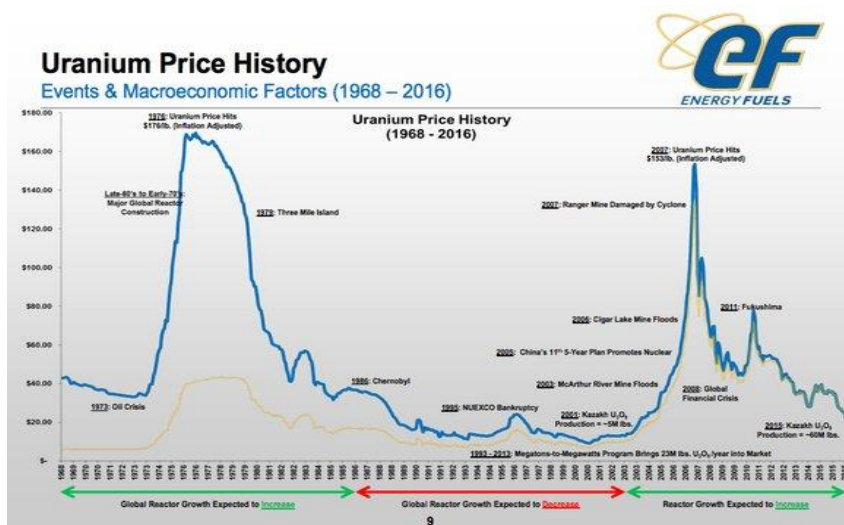


<그림 5> 세계 우라늄 매장량 (출처: Uranium 2022)

한국은 우라늄 광산 활동을 거의 하지 않으며 원료 대부분을 해외에서 수입하고 있다. 농축우라늄의 경우 러시아, 영국, 프랑스에서 33%씩 수입하고 있다. 우라늄 물질 자체는 전 세계에 골고루 분포하고 있으며 상당량이 호주와 캐나다 등 비교적 정세가 안정적인 국가들에 매장되어 있어 러시아-우크라이나 전쟁 등 특수 상황을 제외하

고는 안정적인 시장가격을 형성하고 있었다. 이후 원전의 수요가 늘어나며 국제 우라늄 가격도 증가하는 추세다. 한국은 한미원자력협정에 따라 미국의 승인 없이는 우라늄 농축을 할 수 없기 때문에 국내 우라늄 농축시설을 보유하고 있지 않으며, 이에 따라 우라늄 원광 및 농축우라늄을 100% 해외수입에 의존하고 있다.

우라늄 가격의 변동 추이는 에너지자원의 국제 변동성에 영향을 받는다. 1970년대 1차, 2차 석유 위기는 우라늄 가격이 급등하는 원인이 되었다. 1973년 10월 중동 전쟁에서 석유가 정치적 무기로 사용되며 원유 가격이 약 4배 급등하였고, 전 세계적인 경기 침체와 인플레이션을 초래했다. 또한 1978년 이란의 석유 생산 감소와 수출 중단으로 인해 2차 석유 위기가 발발하며 많은 국가가 에너지 안보를 위해 원자력발전을 확대하였고, 그 결과 우라늄 가격이 급격히 상승하게 되었다. 우라늄 공급 부족과 군사용 우라늄 수요 증가도 가격 변동의 원인이 된다.



<그림 6> 우라늄 가격 변동 (2016-2016)⁴⁾

1979년 TMI 원전 2호기의 사고는 우라늄 가격 급등의 종지부를 찍었다. 이 사고로 인해 원자력산업이 크게 위축되며 신규 원자력발전소 건설 계획이 취소되었고 일부 가동 중이던 원자로도 즉각 폐쇄되

4) Son, Hye-Jin & Kang, Su-Hyun & Jung, Jong-Pil & Kim, Chang-Lak. (2023). Long Term Trend of Uranium Production and Price. Journal of Nuclear Fuel Cycle and Waste Technology(JNFCWT). 21. 295-301. 10.7733/jnfcwt.2023.020.

었다. 이에 따라 우라늄 수요가 급감하였으며 1986년 체르노빌 사고 역시 이러한 우라늄 수요 하락 흐름에 이바지했다. 결과적으로 TMI 사고와 체르노빌 사고 이후 우라늄 가격은 파운드당 10달러 중반 수준으로까지 하락하였다. 1991년 구소련 체제가 붕괴하고 냉전이 종식되면서 러시아가 국제 시장에 고농축우라늄(HEU)을 공급하기 시작했다. 1993년 미국과 러시아는 핵무기 해체로 생산된 HEU를 민간 목적으로 활용하기 위해 공급하는 계약을 체결하였고 그 결과 수십 톤의 HEU가 저농축 우라늄 형태로 공급되었다. 이에 따라 1990년대 우라늄 가격은 파운드당 10달러로 떨어졌고, 공급과 수요의 균형으로 인해 이 수준이 유지되었다.

2000년대에는 호주와 캐나다의 여러 우라늄 광산이 자연재해로 피해를 보게 되었다. 캐나다의 맥아더 리버 광산과 새로 개발된 시가르레이크 광산은 각각 2003년, 2005년에 홍수 피해를 보았으며 2007년에는 호주의 레인저 광산이 기록적인 강우 피해를 입었다. 이러한 사고로 인해 우라늄 생산량이 급감하여 2007년 우라늄 가격이 140 US\$/lb U_3O_8 에 도달하였으며, 이 시기 투자 심리 및 원자력발전 확대 전망도 가격 급등에 영향을 주었다.

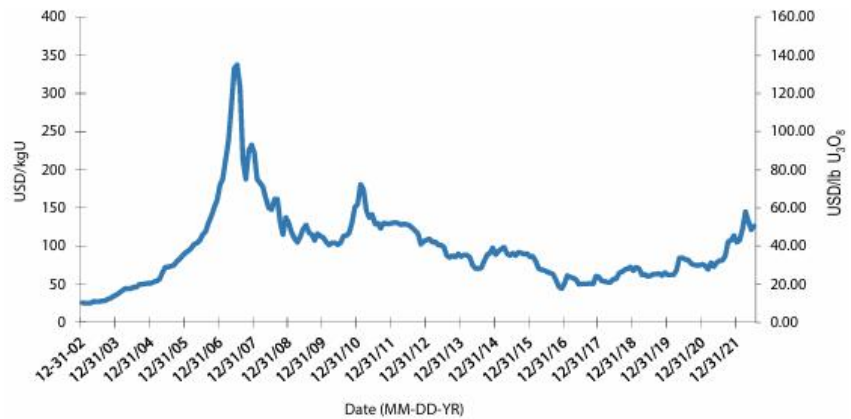
2008년 미국의 부동산 버블 붕괴와 서브프라임 모기지 위기로 시작된 글로벌 경제 불황은 우라늄 시장에도 큰 영향을 미쳤다. 이 사건으로 급등하던 우라늄 가격이 진정되었고, 투기성 자본이 시장을 떠나 결과적으로 우라늄 가격은 2000년대 후반 약 40 US\$/lb U_3O_8 에 이르게 되었다. 또한, 카자흐스탄이 우라늄 생산을 76% 증가시키며 가격 하락에 기여하였다. 2008년 금융위기 이후 기후 변화 문제로 발전소 수명 연장 및 신규 건설이 이어지며 우라늄 수요가 증가하였고, 우라늄 가격이 다시 상승하였다. 그러나 2011년 일본에서 발생한 대지진 및 쓰나미가 후쿠시마 원자력발전소 사고를 일으키며, 일본의 대부분의 원자로가 작동 중지되고 독일 정부는 탈원전 정책을 발표하는 등 원자력 업계가 크게 위축되었다. 이에 따라 우라늄 수요가 크게 감소하였고 우라늄 가격은 50 US\$/lb U_3O_8 로 하락하며, 이후에도 지속적인 하락세를 보였다.

<표 9> 우라늄 가격 추이의 주요 연도 및 원인

연도	가격대 (US\$/lb U ₃ O ₈)	주요 원인
1973, 1978	40	1, 2차 오일 쇼크
1976	170	70년대 오일쇼크 이후 원자력 발전 관심 급증
1979	120	미국 TMI 사고
1986	40	체르노빌 사고
1990	10	우라늄 덤핑 및 구소련 고농축우라늄(HEU)의 국제 우라늄 시장으로의 유입
2007	140	우라늄 광산 사고로 인한 생산량 감소, 원자력발전 증가 전망으로 인한 우라늄 투기
2008	60	국제 금융 위기
2011	50	후쿠시마 원전 사고
2022	80	러·우 전쟁

2022년 러시아가 우크라이나를 침공하면서 러·우 전쟁이 발발하였고, 러시아가 세계 우라늄 농축 용량의 약 50%를 보유하고 있는 만큼 해당 전쟁이 발생함에 따라 우라늄 공급망이 불안정해지면서 전쟁 이전에 비해 우라늄 가격이 상승하였다. 40 US\$/lb U₃O₈를 유지하고 있던 이전 시기에 비해 2024년 1월 9일 기준으로 92.5 US\$/lb U₃O₈로 2배가량 상승한 수치이다.⁵⁾

5) 세계 에너지시장 인사이트 제24-2호 2024.1.22.



<그림 7> 우라늄 가격 변동 추이 (2002-2022) (출처: Uranium 2022)

세계 우라늄 공급은 주요 우라늄 생산국인 카자흐스탄, 캐나다, 나미비아, 호주 등이 보유한 우라늄 자원량과 탐사·개발 수준에 의존하고 있다. 향후 우라늄 수요가 꾸준히 증가할 것으로 전망되고 있으며 러시아의 농축 우라늄 시장 독점에 대응하기 위해 서방 국가들은 제재를 강화하며 러시아의 핵연료 시장 지배력을 견제 중이다. 미국 상무부는 2020년 10월 Rosatom과 체결한 러시아산 우라늄 수입 상한제를 개정·연장했으며, 2028년까지 러시아산 우라늄 수입 비중을 15%로 줄이고 이후 2040년까지 수입을 전면 금지할 계획이다. 이를 통해 러시아 핵연료 의존도 탈피를 가속화하려는 움직임을 보이고 있다.

미국, 영국, 프랑스, 캐나다, 일본 등 5개국은 2023년 4월, 민간 원자력발전 부문의 역량을 활용해 기존 원자로와 선진원자로에 필요한 연료 공급을 보장하고 러시아의 시장 영향력을 약화시키기 위한 '삿포로 5(Sapporo 5)' 동맹을 결성하였다. 미국은 2023년 12월, 향후 3년 동안 우라늄 변환 및 농축 역량을 강화하기 위한 42억 달러 규모의 정부 주도 투자계획을 발표하며, 러시아 의존도를 줄이고 탄력적인 우라늄 공급망 구축을 목표로 하고 있다.

2. 글로벌 우라늄 농축시장

현재 전 세계 우라늄 농축 시장은 러시아-우크라이나 전쟁으로 인해 중대한 변화의 기로에 놓여 있다. 우라늄 농축은 원자력발전소 운영에 필요한 핵연료를 생산하는 핵심적인 단계인 동시에 핵무기 생산에 전용될 수 있어 일부 국가만이 보유한 민감한 기술이다. 1990년대 중반 이후

러시아는 세계 농축우라늄 시장에서 지배적 지위를 차지하고 있다. 한편 미국과 영국을 포함한 서방 국가들은 러시아의 시장 지배력을 줄이기 위해, 법적·정책적 기반을 마련하고 대규모 재원을 투입해 자국의 농축 역량을 강화하고 있다. 그럼에도 불구하고, 농축 설비의 구축과 운영에는 큰 초기 비용과 기술적 난이도가 수반되므로, 러시아의 시장 지배력을 단기간에 약화하는 것은 어려운 과제이다. 이러한 양측의 갈등은 글로벌 우라늄 농축시장의 구조적 불안정을 한층 심화시키고 있다.

미국 트럼프 대통령은 조속한 종전 추진을 공언하였으나 조기 종전은 난항을 겪고 있다. 종전 교섭 과정이 쉽지 않을 뿐만 아니라, 종전 이후에도 러시아의 반서방 노선과 전략적 도전이 지속될 가능성이 크다. 이에 따라 저농축 우라늄과 같은 전략적 분야에서 미국을 비롯한 서방 국가들의 러시아 의존 탈피 노력은 계속될 것으로 보인다.

우리나라는 전체 전력 생산의 약 30%를 원자력발전에 의존하고 있다. 농축우라늄의 안정적 확보는 우리 에너지 안보의 핵심 과제이다. 2021년 기준 국내 농축 수요의 약 1/3을 러시아에서 공급받고 있다. 미국도 2022년 기준 약 25%의 농축 우라늄을 러시아에 의존하고 있다. 최근 미국은 러시아산 저농축 우라늄의 수입을 2028년부터 금지하는 초당적 법안을 통과시켰다. 미국이 우리나라에도 유사한 조치를 취하도록 압박할 가능성이 크다. 이와 같은 상황에서 우리는 과연 어디에서 안정적으로 농축우라늄을 공급받을 수 있을지, 또한, 10년 앞으로 다가온 한미원자력협력협정 개정에서 어떤 협상 카드를 활용해 이 위기를 기회로 전환할 수 있을지 판단해 볼 필요가 있다.

미국은 한때 우라늄 농축 기술을 독점하며 세계시장을 지배했던 국가였다. 1985년까지만 해도 미국은 세계 우라늄 농축 시장의 60% 이상을 차지했으며, 러시아는 미국의 약 1/10에 불과한 점유율을 기록했을 뿐이다. 그러나 1980년대 후반에, 미·소 간 핵무기 감축 합의에 따라 파기된 핵탄두에서 나온 고농축 우라늄을 희석해 핵연료 물질로 공급하는 것을 허용하면서, 러시아(당시 소련)가 시장 점유율을 빠르게 확대할 수 있었다. 유럽은 이미 1970년대 프랑스,

영국, 독일, 네덜란드를 중심으로 미국에 대한 농축 의존을 줄이고 유럽의 에너지안보를 강화하기 위해 원심분리기술을 자립하였다. 이와 함께 미국은 신규 원전 건설이 둔화되던 시기에 농축 산업의 민영화를 무리하게 추진했으며, 기술적 난이도가 높은 '레이저 농축' 방식을 채택하면서 기술 상용화에 실패했다. 그 결과, 현재 미국은 농축 우라늄을 자체 조달하지 못하는 상황에까지 이르렀다.

현재 세계 농축시장은 러시아가 약 46%를 점유하고 있으며, 그 뒤를 영국-독일-네덜란드 합작회사인 Urenco(약 22%), 프랑스 Orano(약 12%), 중국 CNNC(약 10%)가 잇고 있다. 러시아-우크라이나 전쟁 이후, 미국과 유럽연합은 러시아산 에너지 의존도를 줄이고 에너지 안보를 강화하기 위해 총력을 기울이고 있다. 그 일환으로 러시아산 저농축 우라늄 수입을 줄이는 데 힘을 쏟고 있다. 미국은 이러한 목표를 달성하기 위해 자체 농축 역량을 강화하려하고 있다. 대표적으로, 인플레이션 감축법을 통해 농축 우라늄 공급망 구축에 약 7억 달러를 투자하고, 'Centrus Energy'사의 농축 기술 실증 및 새로운 농축시설 건설을 지원하며 공급망 안정화에 박차를 가하고 있다. 미국산 농축핵연료 구매용으로 27억불을 투자한다고도 발표했다. 또한, 미국, 영국, 프랑스, 캐나다, 일본은 러시아산 우라늄 의존을 줄이고 농축 역량을 강화하기 위해 총 42억 달러를 투자하겠다는 '삿포로 5(Sapporo 5)' 선언을 하였다.

2024년 11월 개최된 유엔기후변화협약 당사국총회(COP29) 회의에서 우리나라를 포함한 31개국은 2050년까지 세계 원자력 발전용량을 현재의 3배로 늘리겠다는 계획을 선언했다. 이는 기후변화 대응을 위한 탄소중립 목표를 달성하는 동시에, 러시아산 천연가스 의존도를 줄이려는 전략으로 해석할 수 있다. 한편, 이 계획은 전 세계가 러시아에 농축 서비스 등을 의존하지 않으면서 향후 25년간 원자력 발전용량을 3배까지 늘려야 하는 엄청난 도전이기도 한다.

이는 단순히 에너지 공급 문제에 그치지 않는다. 농축 우라늄 공급의 불안정은 국제 핵비확산 체제의 근간을 뒤흔들 수 있는 심각한 사건이다. 1970년 핵무기확산금지조약이 발효된 이후, 국제

핵비확산 체제는 비교적 안정적으로 작동해왔다. 비핵국가가 핵무기를 제조나 획득하지 않는 대신, 평화적 목적으로 원자력의 연구, 생산, 이용에 있어서 불가양의 권리를 갖고 있기에 가능한 일이었다. 그 중심에는 안정적인 농축우라늄 공급 시장이 있었다. 독자적으로 농축하지 않아도 시장에서 안정적으로 확보할 수 있었기 때문에 농축을 추구하는 나라를 제어할 수 있었다. 그러나, 시일이 경과함에 따라, 핵비확산 체제의 리더 역할을 맡아온 미국이 농축 역량을 상실한 것은 아이러니한 상황이다. 현재 미국은 원심분리 기반 농축 기술 실증에 나서고 있지만, 10여 년 전에도 유사한 시도가 실패로 끝난 전례가 있음을 감안하면, 이번에도 반드시 성공하리라는 보장은 없는 상황이다.

미국을 중심으로 한 서방 국가들의 러시아산 농축우라늄 제재는 예상치 못한 결과를 초래할 가능성이 있다. 우선, 약 50%에 가까운 러시아 시장 점유율을 완전히 대체하기에는 긴 시간과 막대한 노력이 필요하다. 특히, 최근 증가하는 원자력 수요를 현재의 공급량으로 감당하기 어려운 상황이다. 더불어 우라늄 농축시설을 보유한 국가들 역시 자국 원자력발전소에 우선적으로 농축우라늄을 공급할 가능성이 높아, 국제 시장에 공급할 물량이 제한될 수밖에 없다.

이 가운데 중국은 원자력발전을 빠르게 확충함과 동시에 우라늄 농축 역량을 확대하며 세계 농축시장의 새로운 강자로 부상하고 있다. 중국은 아프리카의 우라늄 광산을 매입하여 우라늄 자원의 안정적 확보에 성공했으며, 이를 바탕으로 농축우라늄 시장에서 영향력을 확대할 준비를 하고 있다. 현재 중국 CNNC는 약 6,300톤 SWU의 농축 역량을 보유하고 있으며, 2030년까지 이를 2배 이상 늘려 17,000톤 SWU를 확보할 계획이다. 이는 현재 Urenco의 농축 용량에 육박하는 규모이다. 중국의 이러한 행보는 과거 자국 내 우라늄 자원의 부족으로 1980년대에 원자력발전을 뒤늦게 도입하고 제한적으로 운영했던 모습과 크게 대조된다. 우라늄 자원의 제약은 과거 중국이 미소 핵무기 경쟁에 적극적으로 참여하지 않고 최소한의 핵억지력 유지 전략을 택한 주요 이유 중 하나였다.

러시아에 의존했던 국가들이 새로운 농축 파트너를 찾아야 하는 상황에서, 중국은 지리적·경제적 이점을 통해 아시아 농축 우라늄 시장을 빠르게 장악할 가능성이 있다. 특히, 아시아 국가들이 신규 원자력발전소 건설에 적극적이라는 점을 고려할 때, 중국은 지리적으로 가까운 위치에 있어 물류 비용 면에서 유리하다. 현재 농축 공장이 주로 북미와 서유럽에 집중되어 있어, 우라늄 광산에서 채광한 후 농축 공장으로 운송하고, 이를 다시 수요지로 이동시키는 번거로운 과정이 필요하다. 또한, 카자흐스탄, 아프리카, 호주 등 주요 우라늄 산지와도 지리적으로 가까워 원자재 확보 비용이 낮다. 게다가, 중국은 아프리카에 우라늄 광산과 농축시설을 같이 보유하고 있어 계약 과정이 단순하고, 가격 경쟁력도 우수하다. 또한, 중국은 미국과 경쟁 과정에서 자국의 영향권을 확장하려는 강한 지정학적, 지경학적 동기도 가지고 있다. 이에 중국이 정부의 강력한 지원을 바탕으로 농축 역량을 빠르게 확충할 수 있는 점은, 속도가 중요한 현재의 우라늄 농축 시장에서 중국이 강자로 부상할 수 있는 중요한 요인이 되고 있다.

<표 10> 전 세계 우라늄 농축 설비 용량⁶⁾

국가	운영회사	설비용량 (톤 SWU/년)		
		2022	2025	2030
러시아	Rosatom	27,100	27,100	27,100
영국-독일-네덜란드	Urenco	17,900	17,900	17,900
프랑스	Orano	7,500	7,500	7,500
중국	CNNC	8,900	10,000	17,000
기타	-	100	400	800
합계		61,500	62,900	70,300

3. 파트너십 전략

미국, 영국, 프랑스를 중심으로 한 서방 진영의 전통적 농축 시장 강자들은 설비 투자와 정책 지원을 통해 러시아의 공백을 메우려 하고 있다. 그러나

6) 출처: World Nuclear Association

농축 역량 확장은 기술적·재정적 제약과 시간이 요구되기에 단기적으로 이를 완전히 대체하기는 어렵다. 이 틈을 타 중국이 강력한 경쟁자로 부상할 위험이 현실화되고 있으며, 이는 서방 국가들에게 중요한 도전 과제가 되고 있다. 그러나 이 변화는 한국에게 국제 원자력 시장에서 새로운 역할을 맡을 수 있는 새로운 기회의 창이 될 수도 있다.

미국과 영국이 아시아 시장에서 중국의 부상을 견제하려면, 아시아 지역 내 수요지와 가까운 곳에 새로운 농축 허브를 구축하는 전략을 고려해야 한다. 이를 위한 유력한 파트너 국가로는 일본, 호주, 한국이 있다. 일본은 이미 농축 기술을 보유한 국가로 기술적 우위를 활용할 수 있다. 그러나 후쿠시마 원전 사고 이후 내수 시장이 크게 축소되면서 농축 시설 확장에는 높은 리스크가 따른다. 샤프로 5 선언에서도 농축 시설 확충 계획은 선언적 수준에 머물렀다. 호주는 세계 최대 우라늄 매장량을 보유하고 있어 원자재 측면에서 강점이 있다. 그러나 과거 남태평양에서 실시한 수많은 핵실험에 대한 좋지 않은 기억으로 반핵 정서가 강하고, 농축 시설을 유치하기에는 정책적·사회적 수용성이 낮다. 내수 시장이 없는 상황에서 대규모 설비 투자에 따른 리스크도 크다.

한국은 현재 26기의 원자력발전소를 운영하고 있으며, 제11차 전력수급기본계획 실무안에 따르면 2038년 34기까지 확충될 것이므로, 안정적인 내수 시장을 기반으로 우라늄 농축 허브로서 역할을 충실히 수행할 수 있는 가능성을 보여주고 있다. 비록 우라늄 광산이나 독자적 농축 기술은 없지만, 4,100톤 SWU 이상의 내수 시장을 통해 대규모 설비 투자에 따른 리스크를 흡수할 수 있다는 강점이 있다.

그동안 협정 개정 과정에서 우리는 원하는 것을 요청하는 수요자 입장에서 접근할 수밖에 없었다. 전통적인 한미 원자력 협력 관계를 보면, 한국은 미국이 공급 보장한 원자력 기술, 물질, 물자를 제공받는 일방적인 수혜자였다. 국내 원자력발전을 위한 핵연료 공급 보장을 확답 받는 것이 그 대표적인 예이다. 물론 이를 확보하는 것은 매우 중요하다. 그러나 미래 경쟁이 치열해지면서, 서방 진영은 농축우라늄 공급의 '탈러화'를 추진하고 있고, 러시아는 농축 공급을 무기로 수요국들을 압박하고 있다. 안정적인 핵연료 공급 보장이 문서상의 약속에 그치고, 실제 이행을 장담하기 어려운 상황이 되어 버린 것이다. 또한, 우리나라는 UAE에서의 성공과, 체코에서의

선전에 힘입어 원전 수출을 확대하려 하고 있다. 따라서 이제는 원자력 시장과 핵비확산 체제의 단순한 수요자가 아니라, 능동적인 파트너로서 협력에 임해야 한다.

우리의 에너지 안보 강화와 국제 핵비확산 체제 유지를 최우선 과제로 삼아, 우리나라에 영국이나 미국의 저농축 우라늄 농축 시설을 유치하고, 투자와 함께 지주회사 형식으로 경영에 참여하는 방안을 고려할 수 있다. Urenco를 보유한 영국은 브렉시트 이후 유럽을 대체할 국제적 파트너십 구축을 희망하고 있으며, 그 사례로 호주의 원자력 추진 잠수함 협정을 포함한 AUKUS를 들 수 있다. 미국은 현재 기술 실증의 리스크를 감수하며 고군분투하고 있으며, 그 어느 때보다 신뢰할 수 있는 파트너를 필요로 하고 있다. 한국 내에서 생산된 농축 우라늄은 국내 원전에 우선 공급하고, 잉여 물량은 국제 시장으로 수출하는 방식으로 운영할 수 있다. 이는 미국에 진출한 Urenco USA에서 이미 성공적으로 구현된 사례로, 한국에서도 유사한 모델을 적용할 가능성을 보여준다.

저농축 우라늄은 안전성과 안보 측면에서 리스크가 적지만, 농축 기술을 확보하는 것은 현재로서는 어려운 과제로 전망된다. 단기적으로 이를 해결하기 위해, 농축 시설을 기술 공유 없이 블랙박스 형태로 도입하고, 안전과 관련된 정보만 철저히 규제받는 방식이 빠르게 에너지 안보를 확보하는 현실적 대안 중의 하나가 될 수 있다. 경제적 관점에서도 국내의 4,100톤 SWU를 넘어서는 안정적 내수는 전 세계 농축 수요의 약 7~8%에 해당하는 규모로, 이를 국내 생산으로 전환한다면, 초기 투자비용을 비교적 짧은 기간 내에 회수할 수 있을 것으로 예상된다.

러시아의 농축 독점과 이를 대체하려는 서방 국가의 노력과 중국이라는 새로운 강자의 부상은 향후 세계 원자력 시장 패권의 향방을 가름하는 중요한 현상이므로 우리나라는 이들 동향을 면밀히 관측하고 적절히 대처해야 한다. 미·중 및 미·러 간 경쟁이 심화되면서, 우리나라는 러시아나 중국에서는 농축우라늄 확보가 어려워질 가능성이 높다. 국내 전력의 약 30%를 차지하는 원자력발전의 핵연료 공급을 이러한 국제정치적 불확실성에 맡길 수는 없다. 저농축 우라늄 농축 시설을 국내에 유치하고, 미국과 영국과 전략적 파트너십을 맺어 경제적 이익과 에너지 안보를 동시에 확보하는 것이 우리나라의 장기 전략이 되어야 한다. 이는 국내

원자력발전소의 수출 경쟁력을 강화하는 데도 크게 기여할 것이다. 이러한 노력이 결실을 맺었을 때 우리나라는 세계 원자력 시장에서 새로운 중심축으로 자리 잡게 될 것이다.

트럼프 대통령은 세계가 직면한 도전 과제들에 대해 미국 우선주의와 거래주의 방식으로 현안들을 해결하려는 의지를 보이고 있다. 원자력은 국가 안보의 핵심 요소로 보고 이를 적극 추진할 것으로 예상된다. 여전히, 외국과의 협력 수준과 범위 등 불확실한 내용이 많지만, 미국의 정책 동향을 면밀히 관찰하고 선제적인 대응책을 마련할 필요가 있다. 특히, 미국이 동맹국인 한국과 원자력 분야에서 긴밀히 협력할 경우 트럼프 행정부의 정책 목표 달성이 보다 용이해질 수 있음을 강조할 준비가 필요한 시점이다.

지난 2015년 개정된 한미원자력협력협정에서 합의의사록을 통해 미국산 우리늄을 20% 미만으로 저농축할 경우, 고위급위원회를 통해 규정된 절차와 기준에 따라 양국이 합의하여 추진하기로 합의한 바 있다. 그러나 이러한 절차와 기준을 논의하기 위한 국내적 합의와 구체적인 전략은 여전히 부재한 상황이다. 이러한 상황을 타개하기 위해 산업계와 과학계가 핵심적인 역할을 수행하여 지난 협정의 적극적이고 충실한 이행부터 노력해야 한다. 아울러 외교, 산업, 과학 관련 정부 부처 간의 긴밀한 협치를 통해 문제 해결에 대한 의지를 명확히 하고, 호혜적 협력의 틀을 구축하여 대미 설득에 적극 나서야 할 것이다.

국제관계와 개정 기반구축

I 국제관계 속 원자력

1. 핵비확산과 중동정세

전 세계적으로 혁신 기술 분야에서 미국과 중국의 전략 경쟁이 심화하는 가운데 중동지역에서도 중국의 활발한 진출과 영향력 부상이 예상되지 않다. 중동에서 중국은 새로운 행위자이지만 최근 적극적인 경제·외교 활동을 선보이며 존재감을 드러내고 있다. 2013년 중국이 일대일로(一帶一路, One Belt One Road) 전략을 발표해 중동이 핵심 교두보 지역으로 부상하고 비슷한 시기 미국이 '아시아 중시 정책'을 선언해 중동 내 미국 공백이 예상되면서 중동 내 여러 나라와 중국은 빠르게 협력을 다졌다. 중동의 주요국과 중국 간의 협력은 에너지 분야를 중심으로 한 경제 관계를 넘어 외교와 안보 관계로 확장하고 있다.

미국은 중국을 견제하려고 중동을 떠나 인도 태평양 지역으로 향한다지만 중국은 지난 10여 년간 일대일로 전략을 펼치려고 사우디 아라비아, 아랍에미리트, 이스라엘, 튀르키예, 이란, 카타르 등 중동 주요국과 전략적 동반자 관계를 맺었다. 특히 버락 오바마(Barack Obama) 정부와 도널드 트럼프(Donald Trump) 정부에 이어 조 바이든(Joe Biden) 정부 시기에 들어와 미국이 중동 내 역할 축소를 가속하자 중국은 중동지역 내 투자를 강화하고 첨단 과학기술, 5G 인프라, 원자력 기술 등 여러 분야에서 동반자 관계를 다졌으며 군사협력까지 시도하는 등 영향력을 확대했다. 미국의 탈(脫)중동 움직임에 중국이 빠르게 틈새를 노림에 따라 미국과 중국 간의 글로벌 경쟁이

중동에서도 심화하는 양상이다.

중동 국가의 입장에서 셰일 에너지 혁명 이후 최대 산유국으로 부상한 미국과 달리 중국은 중동 산유국에 중요한 에너지 수출국이며, 특히 아랍 걸프 산유국이 전례 없는 내용과 속도로 추진하는 최첨단 미래 기술과 디지털 전환, 신재생 에너지 혁신 등과 같은 탈석유 산업 다각화 개혁 정책의 핵심 협력국이다. 더불어 중동 국가들은 중국을 미국의 중동 이탈 이후를 대비할 외교 안보협력의 다변화 대상으로 여길 수도 있다.

미중 전략 경쟁 시대, 민주주의와 인권을 강조하는 미국과 달리 중국은 중동 내 권위주의 국가를 상대로 내정 불간섭과 탈정치 입장을 내세워 개발과 발전만을 강조하며 비정치적 차원의 윈-윈 모델을 주장해왔다. 또 디지털 민주주의 원칙을 내세우는 미국은 여러 중동 국가에 강압적 모습으로 비쳐 협력 관계를 약화하는 결과를 가져왔지만, 중국은 중동 국가에 반정부 인사의 일거수일투족을 감시할 수 있는 인터넷 통제 기술과 첨단 보안 감시 시스템을 제공했다. 이 과정에서 디지털 권위주의 국가인 중국은 자국의 표준에 따라 별다른 제한을 두지 않았고 화웨이는 주도적인 소임을 수행했다. 나아가 최근에는 중국과 중동 주요국 간에 무기 거래, 합동 군사 훈련 등과 같은 활발한 군사협력의 모습이 두드러진다. 특히 2023년 중국이 수니파 대표국 사우디아라비아와 시아파 종주국 이란 간 갈등을 해결하기 위한 외교 중재자로 나섬에 따라 에너지 안보 확보로 제한하던 기존의 소극적 역할을 넘어 역내 긴장 해소에 참여할 의지를 드러내며, 향후 역내 미국의 공백을 메울 적극적 활동을 예고했다.⁷⁾

최근 중국의 활발한 대중동 진출에 대해 중동 정부들뿐 아니라 시민들의 평가도 대체로 우호적이다. 2023년 '아스다 버슨-마스텔러(ASDA'A Burson-Marsteller)'에서 사우디아라비아, 아랍에미리트, 쿠웨이트, 이집트, 이라크, 리비아, 요르단, 레바논, 알제리, 모로코 등 아랍 18개국 청년들을 대상으로 진행한 우방국가 인식도 조사에 따르면, 중국(80%)은 2위를 기록한 반면, 미국(72%)은 7위에 그쳤다. 이러

7) 장지향, 2023, 최소한의 중동수업. 서울; 시공사; 장지향·신문경·김지연, 2024, 『미중 경쟁 시기 중동과 중국의 협력: 평가와 함의』. 아산정책연구원 리포트.

한 추세는 '아랍 바로미터(Arab Barometer)'에서 실시한 강대국 호감도 인식 분석에서도 뚜렷하게 나타났다. 2021~22년 이라크, 리비아, 요르단, 레바논, 알제리, 모로코, 튀니지, 팔레스타인 등 12개국을 대상으로 벌인 조사에서는 모로코를 제외한 11개국에서 중국 호감도가 미국과 같거나 높게 나타났다. 2020년 리비아, 요르단, 레바논, 알제리, 모로코, 튀니지 6개국 시민을 대상으로 조사한 결과, 응답자의 3분의 1 미만이 미국에 호의적이며 알제리, 모로코, 튀니지 3개국 응답자의 절반 이상이 중국에 호의적인 것으로 나타났다.⁸⁾

중동에서 나타난 낮은 대(對)미 호감도는 2차 세계대전 이래 미국이 지속해온 일관성과 원칙 없는 대(對)중동 정책 탓이 크며 트럼프 1기 행정부(2017~2021년)의 노골적인 미국 우선주의 정책도 한몫했다. 더불어, 중국은 미국에 비해 상대적으로 낮은 인지도 덕분에 패권주의와 관련된 부정 이미지에서 벗어날 수 있었고, 일대일로 전략의 경제적 접근에 집중했다. 중국 외교부 대변인의 논평 역시, 외교 안보가 아닌 경제 수치가 대부분이었다. 게다가 중국은 미국과 달리 중동에서 군사 정치적 개입의 역사가 없고 이 사실을 적극 활용해 자국이 이스라엘-팔레스타인 갈등을 비롯한 제 3세계 문제와 관련해 놀약자 편에 섰다고 주장한다. 2023년 10월 이슬람 급진주의 무장 조직 하마스가 이스라엘을 상대로 잔혹한 테러를 감행해 시작된 이스라엘-하마스 전쟁에서 미국이 이스라엘을 편파적으로 옹호한다는 국제 여론의 비난을 받자 중국과 러시아는 이 기회를 이용해 미국의 신뢰도 추락을 부추겼다. 전시 허위 정보가 플랫폼 알고리즘을 통해 빠르게 확산하면서 중국과 러시아발 SNS는 확인되지 않은 뉴스를 퍼뜨렸고 미국에 불리한 여론이 형성됐다. 중국은 미국을 역내 혼란을 부추기는 편파적 패권 세력으로 비난했고, 자신을 중립적이고 평화를 추구하는 중재자로 미화했다. 블라디미르 푸틴 러시아 대통령은 하마스 지지 의견을 적극적으로 밝혔고, 하마스 지도부는 이런 러시아에 감사를 표하기도 했다.⁹⁾

8) 장지향·신문경·김지연, 2024; Merissa Khurma, 2023, "China has a Growing Presence in Arab Hearts and Minds," *Middle East Institute Middle East-Asia Project*.

9) Steven Lee Myers and Sheera Frenkel, 2023, "In a Worldwide War of Words, Russia, China and Iran Back Hamas," *The New York Times*, November 3.

그러나 여러 나라에서 나타난 낮은 미국 호감도, 높은 중국 호감도에는 양가 감정이 존재한다. 2021~22년 '아랍 바로미터' 조사의 '경제 협력' 관련 질문에서 튀니지 응답자 60%는 미국과 더 긴밀한 경제 관계를 맺고 싶어 하며, 이는 중국과 더 밀접한 경제 관계를 원한다는 65%와 비슷했다. 마찬가지로 중국 기업은 비즈니스 파트너, 고용 주로서 낮은 평가를 받았다. 조사 대상 국가의 응답자 대다수는 미국 또는 독일 기업을 계약 파트너로 선호했다. 일반적으로 미국과 독일 기업이 뇌물을 줄 가능성이 가장 낮고, 중국 기업은 뒤쳐져 있다고 봤다. 마찬가지로 미국 및 독일 기업은 현지 직원에게 최고 급여를 지급할 가능성이 큰 것으로 여겼고, 중국 기업은 그 면에서 낮은 점수를 받았다.¹⁰⁾ 전반적으로 중국이 미국의 역내 공백이라는 틈새를 노려 존재감을 높이는 전략은 중동지역의 정부와 사회 전반에 효과적으로 작용하고 있다.

미국이 탈중동 정책을 선언한 이후 중동 내에는 미국 이탈에 따른 힘의 공백을 틈타 러시아, 이란, 튀르키예 등이 과거 제국의 영광을 소환해 팽창주의 행보를 가속하고 여기에 중국도 가세해 이들 국가의 반미연대가 강화됐다. 앞서 살펴봤듯이, 중국은 이들 반미연대 구성원 가운데 가장 눈에 띄는 행위자로 급부상했다. 중국은 최근 중동에서 경제 협력뿐만 아니라 원자력, 정보기술, 군사협력 분야를 넘어 분쟁 조정까지 등 전방위로 활약하고 있다. 과거 중동에 만연한 정치적 불안정이 자국의 공격적인 경제 발전 계획에 악영향으로 미칠 것을 우려해 전략적으로 우회하거나 개입을 자제했던 모습과는 사뭇 다르다. 또 2023년 3월 사우디아라비아와 이란의 갈등을 중재하고 양국의 관계 정상화를 이끌면서 미국과 유럽 국가를 놀라게 했다. 뒤이어 중국은 이스라엘과 팔레스타인 간 분쟁, 우크라이나 전쟁, 이란 핵협정 복원에 대한 평화적 해결을 제시하며 중재자로서의 면모를 보이고 있다.

전통적으로 러시아가 중동 내 영향력 확대를 추진해 왔으나, 막대한 자원과 경제력을 앞세워 존재감을 높이는 중국과 경쟁하는 데에는 한계를 보이고 있다. 또한 우크라이나 전쟁을 계기로 러시아산 무기 성능과 후속 군수지원 역량 등에 대한 의문이 커지면서 기존에 중동 여러 나라와 무기 거래를 통해 이뤄졌던 협력에도 차질이 불가

10) Michael Robbins, 2022, "Public Views of the U.S.-China Competition in MENA," *Arab Barometer*, "As great power competition in the Middle East heats up, polling data shows a complex picture of popular attitudes," *Middle East Institute*, February 23, 2023.

피할 것으로 예상된다. 이러한 상황에서 러시아의 역할은 제한적 수준에 그치는 반면, 중동 내 미국의 보완재로서 중국의 입지는 높아지고 있다.

더군다나 중국은 미국의 고강도 경제 제재를 받는 이란에게 원유 대금을 제공하는 생명줄과도 같은 존재다. 사우디아라비아는 중국의 최대 원유 공급처이며 중국은 이란의 핵심 고객이다. 중동은 중국 일대일로 전략의 교두보인 동시에 에너지의 안정적 수급을 위한 핵심 지역이고 동시에 중국은 걸프 산유국의 핵심 원유 수입국이자 이들 국가가 파격적으로 이끄는 경제 개혁의 파트너이기도 하다. 우크라이나 전쟁이 시작된 후 중국은 값싼 러시아산 원유 수입을 늘렸으나 여전히 중동에서 들어오는 원유가 전체 수입의 절반을 넘는다. 또 중국은 경제 재건을 위해 고군분투하는 이라크에도 위험 회피 전략으로 몸을 사리는 미국과 유럽 국가와 달리 적극적인 인프라 투자를 아끼지 않는다. 2021년 중국은 경제 침체에도 불구하고 일대일로 관련 및 에너지 프로젝트 명목으로 이라크에 막대한 투자를 단행했다.

물론 중국, 러시아, 이란 간의 신뢰가 깊지 않고, 각국의 비용 편익 계산에 따라 종종 이해관계가 충돌하기도 하지만, 이들이 구축한 지역 내 반미연대는 미국 주도의 자유주의 국제질서에 반대한다는 공통된 이유만으로도 효과적으로 작동하고 있다. 더욱이 트럼프 1기 행정부 시기, 대통령이 국내 정치적 이해관계와 지지 세력 결집을 위해 포퓰리즘 대외정책을 몰아붙이자 역내 미 동맹 우방국의 불안감이 높아지면서 눈치 보기와 이합집산이 시작됐다. 트럼프 정부는 동맹 우방국 튀르키예와 카타르의 친러, 친이란 밀착 행보를 방관했고 역내 동맹 체제는 느슨해졌다. 그 틈새를 공략한 러시아는 후원국 시리아의 정상 국가 복귀를 위해 종전 협상을 주도했고 외교력을 과시하며 역내 입지를 다졌다. 미국의 전통적 동맹 우방국인 이스라엘, 사우디아라비아, UAE 역시 미국의 중동 이탈에 대비해 중국과의 관계를 점진적으로 발전시켰다. 중국은 이에 더해 튀르키예, 이란과도 밀접한 관계를 심화했다.

2018년에는 트럼프 대통령이 주요 6개국과 이란이 어렵게 타결한 다자 간 이란 핵 합의(JCPOA·포괄적 공동행동계획)를 전격 파기하고

고강도 제재를 시행했다. 2015년 이란과 미국, 영국, 프랑스, 중국, 러시아 등 유엔 안전보장이사회 5개 상임이사국, 독일 및 유럽연합 대표는 핵 합의에 함께 서명했다. 그러나 트럼프 대통령은 국제원자력기구(IAEA)가 이란의 핵 합의 준수를 확인했음에도 오바마 대통령 시절에 맺어진 '나쁜' 합의라며 구체적 대안도 없이 독단적으로 탈퇴를 선언했다. 미국이 이란 핵 합의를 파기하자 2019년 이란은 미국과 유럽의 핵 합의 준수 여부에 맞춰 상응 조치를 하겠다고 밝혔고 첫 조치로서 핵 합의 이행 축소 1단계에 들어간 후 이후 60일마다 단계를 높여 갔다.

2020년 초 트럼프 1기 행정부는 이란 군부의 최고 실세이자 레바논·가자지구·시리아·이라크·예멘 등에서 친이란 프록시 무장조직 육성·에 매진해 온 가셈 솔레이마니 혁명수비대 사령관을 이라크에서 드론 공격으로 암살했다. 트럼프 대통령의 깜짝 결정으로 알려진 이 작전 이후 이란 내 온건 개혁파 입지가 극도로 축소하고 강경 보수파가 득세하면서 이란의 군사 팽창주의는 더욱 거세졌다. 결국 같은 해 이란 당국은 핵 합의 이행 축소 5단계 조치이자 마지막 단계 돌입을 발표해 이란도 핵 합의 파기를 선언했다. 이어 이란 의회는 20% 우라늄 농축 재개 법안을 압도적 찬성으로 통과시켰다.

이란 강경 보수파 지배 연합은 팽창주의의 목표 아래 가자 지구의 하마스, 레바논의 헤즈볼라, 이라크의 이슬람 저항군, 예멘의 후티 반군, 시리아의 군소 민병대 등 프록시 조직을 적극적으로 후원하며 역내 이슬람 혁명의 수출과 핵무기 개발도 꾸준히 추진해 왔다. 2021년 바이든 민주당 정부가 출범하면서 많은 정책 분야에서 '트럼프 뒤집기'가 진행됐고 트럼프 1기 행정부가 파기한 이란 핵 합의 복원 협상도 시작됐으나 결국 성공하지 못했다. 바이든 행정부는 이란 핵합의를 빨리 복원하고 역내 군 감축을 포함한 '중동 떠나기'를 가속해 중국 견제와 기후변화 정책에 집중하고자 했다. 바이든 정부를 발목 잡은 것은 2022년의 우크라이나 전쟁에 이어 2023년에 발발한 이스라엘-하마스 전쟁이었다. 이스라엘군의 공격이 가자 지구의 인도주의적 재앙을 심화시키면서, 미국의 도덕적 위상은 크게 추락했다. 이로 인해 미국 내 아랍계, 무슬림, 청년층 유권자, 정책 커뮤니티, 그리고 중동지역 여론의 반감이 커졌다. 이러한 상황 속에서 바이든 정부

는 이란 핵합의 복원 협상을 포함한 다른 대외 정책에 집중할 여력을 잃게 되었다.

현재 이란 강경파는 핵개발 전략을 가속화하고 있다. IAEA는 2023년 1월, 이란 포르도 지하 핵시설 조사에서 핵무기 제조 수준에 근접한 농도 83.7%의 우라늄 입자가 발견됐다고 보고했다. 이는 약간의 추가 공정만으로 무기급인 90% 이상의 농축이 가능한 수준이다.¹¹⁾ 이어 2023년 6월 보고서에서는 이란의 농축 우라늄 비축량을 4,744.5kg으로 추정했으며, 이는 2015년 이란 핵합의에서 규정한 최대치의 23배를 초과하는 양이다. IAEA의 2024년 5월 보고서에 따르면, 이란의 60% 농축 우라늄 비축량은 142kg으로, 이론적으로 핵무기 3개를 제조할 수 있는 수준이다. 또한, 이란은 포르도 지하 핵시설에 우라늄 농축을 위한 원심분리기 174개를 추가 설치했으며, 이중 일부는 이미 설치가 완료된 상태다.¹²⁾

2024년 9월 이스라엘이 하마스의 기습 공격에 속수무책으로 무너진 국가 안보의 평판 추락을 만회하고 대(對)이란 힘의 우위와 억지력을 회복하기 위해 '새로운 질서' 작전을 개시하면서 친이란 프록시 조직 수뇌부를 격멸하기 시작했다. 이란은 하마스의 궤멸과 함께 최대의 전략자산인 헤즈볼라 붕괴 앞에서 당분간 이스라엘과의 정면 대결을 피하고 한발 물러서 전략적 인내를 감내할 것이다. 대외적으로 이란은 온건 성향의 마수드 페제시키안(Masoud Pezeshkian) 신임 대통령을 앞세워 UN 총회에 참석해 이란 핵합의 복원 협상과 제재 해제를 위한 유화 제스처를 선보였다. 내부적으로 이란은 러시아와 중국과의 반미연대에 의존하는 한편 핵개발에 집중해 자국의 대(對)미 레버리지를 공고히 하고 있다. 2024년 10월부터 이란 당국은 IAEA의 투명한 검증 요구에 불응하고 있고 협력을 위한 실무 논의도 중단된 상태다.¹³⁾

11) Bethany Bell & David Gritten, 2023, "Iran nuclear: IAEA inspectors find uranium particles enriched to 83.7%," *BBC NEWS*, March 1.

12) "IAEA Report Shows Iran's Uranium Enrichment Progress." *AP News*, May 11, 2023; International Atomic Energy Agency, 2023, Verification and Monitoring in the Islamic Republic of Iran in Light of United Nations Security Council Resolution 2231 (2015), GOV/2023/43, May; Stephanie Liechtenstein, 2024, "Iran further increases its stockpile of uranium enriched to near weapons-grade levels, watchdog says," *AP News*, May 28.

13) "Iran Halts Cooperation with IAEA on Critical Nuclear Issues." *VOA*

2. 세계 원자력 시장 움직임

최근 세계 원자력 시장은 단순한 에너지 공급원을 넘어, 국제 정치경제 질서와 안보 구도의 핵심 축으로 부상하고 있다. 원자력 기술의 이전과 원전 건설은 장기적 경제적 이익뿐 아니라, 공급국과 수입국 간의 전략적 영향력과 종속 관계를 형성한다. 특히 미중러의 기술 패권 경쟁이 심화되는 가운데, 중동 지역은 에너지 전환과 경제 다각화, 지정학적 영향력 확대라는 다중적 동인에 의해 원자력 시장의 주요 격전지로 부상하고 있다. 따라서 국제 원자력 시장의 권력 재편 현상과 중동 지역의 전략적 변동을 글로벌 거버넌스 관점에서 분석하고 원자력 시장의 변동을 예측해야 한다.

러시아는 국영기업 로사토클을 앞세워 'Build-Own-Operate(BOO)' 모델을 적극적으로 확산시키고 있다. 이는 신규 원전 도입국에 대한 장기적 기술인력 통제와 경제적 종속을 유도하는 전략이다. 대표적으로 튀르키예 아쿠유 원전의 경우, 전체 건설비의 93%를 러시아가 투자하고, 60년간 운영권을 보유함으로써 해당 국가의 에너지 인프라를 사실상 장악하고 있다. 이러한 전략은 러시아의 유라시아 지역 블록화와 지정학적 영향력 확대에 기여하고 있다.

중국은 '일대일로' 전략의 일환으로 원자력 협력을 강화하고 있다. 2025년 4월 중국과 사우디아라비아가 체결한 원자력 안전 협력 MOU는 중동 내 중국의 입지 강화를 상징한다. 중국의 Hualong One 수출 모델은 연료 재공급 및 장기 운영 의존성을 통해 기술적 종속을 유도하며, 파키스탄 카라치 원전 등에서 대규모 금융 지원을 결합해 경제적 영향력도 확대하고 있다.

반면, 미국은 민간 주도의 원전 사업 구조와 재정·정책 지원의 한계로 인해, 2025년 기준 원전 수출 점유율이 15%에 불과하다. 이에 따라 미국은 최근 한미 원전 수출 협력 MOU를 체결하는 등, 동맹국과의 전략적 연대를 통한 제3국 시장 공동 진출을 모색하고 있다. 그러나 국가 주도의 중·러 모델에 비해 경쟁력 약화가 뚜렷하다는 평가가 지배적이다.

중동 국가들은 에너지 주권 강화와 경제 다각화, 그리고 포스트 탄소

시대의 주도권 확보를 위해 원자력 도입에 적극 나서고 있다. UAE의 바라카 원전은 총 5,600MW 규모로, 국가 전력 수요의 25%를 충당하며, AI 데이터센터 등 신산업 전력 공급의 핵심 기반으로 부상했다. 이집트의 엘다바아 원전은 해수담수화 시설과 연계되어, 에너지와 수자원 안보를 동시에 추구하는 전략적 프로젝트로 평가된다.

중동 국가들은 전통적 서방 동맹국 중심의 협력에서 벗어나, 중국·러시아 등과의 협력을 심화하는 다변화 전략을 택하고 있다. 사우디아라비아는 2025년 중국과 원자력 안전 협정 체결 직후에도 미국과의 원자력 협상을 병행하는 이중 전략을 구사하고 있다. 카타르와 쿠웨이트 역시 중국-걸프협력회의(GCC) 원자력 포럼에 참여하며 기술 이전과 협력 확대를 모색하고 있다. 특히 SMR 도입을 위한 타당성 조사를 2025년까지 완료하는 등, 원자력과 재생에너지의 시너지 전략을 적극적으로 추진 중이다.

이러한 변화는 기존의 비확산 체제와 글로벌 원자력 거버넌스에 새로운 도전을 제기한다. 원자력 기술의 이전은 이중용도(dual-use) 위험을 내포하고 있으며, 이란의 고농축 우라늄 사례는 중동 내 핵개발 도미노 가능성을 시사한다. 러시아와 중국은 각각 우라늄 농축, 연료봉 공급, 폐기물 처리에 이르는 전주기 통제를 통해 자국 중심의 공급망 블록을 구축하고 있다. 반면, 미국과 서방권은 연대를 통해 친서방 국가 그룹을 형성하고 있으나, 기술 표준 경쟁에서의 우위 확보는 여전히 과제로 남아 있다.

향후 2030년까지 국제 원자력 시장은 발전량 40% 증가와 함께, 에너지 안보와 기술 주권 확보를 둘러싼 국가 간 경쟁이 더욱 치열해질 전망이다. 중동 국가들은 원자력을 통해 석유 수출량 보존, 경제 구조 다각화, 지정학적 영향력 확대라는 세 가지 목표를 동시에 추구하고 있다. 그러나 이러한 움직임은 NPT 체제의 한계와 비확산 리스크를 증폭시키고 있으며, AI-블록체인 기반의 실시간 감시 등 새로운 기술적·제도적 대응이 요구된다.

한국은 한미원자력협정 개정을 기반으로, 미국과의 전략적 동반자 관계를 심화하는 한편, 중동 시장 진출을 위한 다각화 전략을 모색해야 한다. 특히 SMR 기술 협력과 안전조치 표준 개발에서 선도적 역할을 통해, 새로운 글로벌 원자력 질서에서 주도권을 확보할 필요가 있다.

II 국제정세 분석

1. 국제관계

2017년 사우디아라비아의 왕세자 자리에 올라 실세가 된 무함마드 빈 살만은 석유 의존 경제의 위기 도래와 보수적인 이슬람 체제에서 벗어나려는 청년 세대의 인식 변화에 맞춰 파격적인 개혁 프로그램 '비전 2030'을 과감하게 진두지휘해 왔다. 수니파 아랍 세계의 대표국인 사우디아라비아는 산업의 다각화와 개방 사회를 목표로 정권의 사활을 걸고 국가 개조 프로젝트를 결단했고 최대 우방국 미국의 탈중동 선언과 최대 라이벌 이란의 핵농축 활동 재개를 개혁 성공의 걸림돌이자 정권 생존의 방해물로 인식하고 있다. 특히 시아파 종주국이자 역내에서 군사 모험주의적 야심을 숨기지 않는 이란의 우라늄 농축 문제는 실존적 위협에 직결된다고 여긴다.

이에 사우디아라비아는 대미 안보협력 협상에서 자국의 레버리지 카드로서 중국과의 적극적인 핵기술 협력을 강조했다. 실제로 사우디아라비아는 산업 다각화 및 외교정책 다변화의 하나로 아시아 지향 정책인 '룩 이스트' 정책을 표방해 중국과 협력을 강화하고 있다. 중국은 사우디아라비아의 최대 석유 수입국이자 최대 무역 상대이기도 하다. 사우디아라비아는 2015년에 오바마 미국 정부의 주도로 타결된 이란 핵 합의에 항의하며 중국을 향후 핵기술 협력의 핵심 파트너로 고려한다고 선언했다. 2015년 오바마 정부는 탈중동 정책 준비의 하나로 이란 핵 합의를 추진했고 이 과정에서 동맹 우방국인 사우디아라비아, 아랍에미리트, 이스라엘을 배제해 이들의 반발을 불렀다. 또 오바마 정부가 핵 합의 성사를 강행하기 위해 합의안 내용에 탄도미사일 사안을 배제했을 때도 항의하는 사우디아라비아를 무임승차자라며 힐난하기도 했다. 사우디아라비아와 중국은 2017년 원자력기술 협력 양해각서를 체결한 이래 우라늄 탐사와 옐로케이크 우라늄 추출 사업 등을 함께 긴밀히 진행해 왔다.

사실 중국과 사우디아라비아 간의 핵기술 협력 역사는 오래됐다. 원자바오 전 중국 총리와 압둘라 빈 압둘아지즈 국왕은 2012년 사우디아라비아 핵 프로그램 개발을 위한 양자 협정을 체결했다. 2017년에는 중국국립원자력공사(China National Nuclear Corporation)와 양해각서를 체결해 우라늄 탐사 등 핵 프로그램 협력을 약속했다. 사우

디는 중국의 지원으로 리야드에서 북서쪽으로 30km 떨어진 곳에 엘 로케이크 우라늄 추출 시설을 건설해 운영한다고 알려졌다. 또 최근 중국 지질학자들은 사우디가 네옴 도시 건설을 계획하고 있는 알 울라 지역뿐 아니라 북서부 지역에서 우라늄 매장지를 찾아내는 데 적극적으로 지원해 왔다.¹⁴⁾

한편 러시아의 국영 원자력 기업인 로사톰(Rosatom)은 이란의 부셰르(Bushehr) 원자력 발전소에 원자로 두 개를 건설했으며 같은 부지에 새로운 원자로를 추가로 건설하기로 합의했다. 또 로사톰은 튀르키예에 아쿠유(Akkuyu) 원자력 발전소를 건설 중이며, 이는 튀르키예 최초의 원자력 발전소로서 4,800MW의 전력을 생산할 예정이다. 무엇보다 로사톰은 중동지역에 부유식 원자력 발전소를 공급하기 위해 여러 설비를 개발 중이다. 중국과 러시아는 풍부한 원자력 발전 경험과 미국에 비해 덜 까다로운 원자력 에너지 사용 원칙을 가지고 있어, 미국-사우디아라비아 관계가 냉각될 때 사우디아라비아에 매력적인 대안으로 부상하고 있다.¹⁵⁾ 미국에 경제, 외교, 안보 분야를 전적으로 의존하던 사우디아라비아는 미국의 탈중동 선언과 동시에 다변화 전략에 돌입했다. 2016년에 비(非)OPEC 산유국인 러시아와 함께 OPEC+ 구성을 결단했고 2022년 러시아가 우크라이나를 침공하자 사우디아라비아는 미국의 대(對)러 제재 참여와 원유 증산 요청을 거절했다. 아랍에미리트, 이스라엘, 튀르키예를 비롯한 미국의 역내 동맹 우방국 대다수는 미온적 태도를 보이며 제재 동참 대신 대화를 강조하기도 했다.

최근 혁신 기술 분야에서 미국과 중국의 경쟁이 치열하게 불붙는 시기에 사우디아라비아는 중국을 디지털 기술협력 파트너로 여긴다 고도 했다. 화웨이를 비롯한 중국 정보 통신 기업이 사우디아라비아의 통신회사와 함께 5G 네트워크를 구축하고 중국의 인공지능 첨단 기술과 보안 감시 시스템이 사회 안으로 파고들었다. 사우디아라비아

14) Muhammad Al-Madhaji, 2023, "Saudi Arabia's Nuclear Ambitions: US Apprehensions and China's Allure," *Wilson Center MENA360*, December 13; Seerat Sohal, 2023, "The US Position on Saudi Arabia's Civilian Nuclear Program," *Arab Center Washington DC*, August 16.

15) Anastasia Stognei, Benjamin Parkin, Jamie Smyth, and Malcolm Moore, 2024, "How Russia Is Using Nuclear Power to Win Global Influence," *Financial Times*, June 20; Can Sezer, 2024, "Turkey in Talks with U.S. on Nuclear Plant Projects," *Reuters*, July 2.

는 최근 중국이 주도하는 신흥 경제국 협의체 브릭스(BRICS)에 합류하기로 하는 등 중국에 바짝 밀착하는 행보를 보여왔다.

사우디아라비아는 미국을 상대로 이스라엘-사우디아라비아 국교 정상화 될 역시 적극 활용하고 있다. 미국의 '중동 떠나기' 움직임이 가시화하고 시아파 대표국인 이란의 팽창주의와 군사 모험주의 행보가 심화하자 2020년 수니파 아랍 국가와 유대 국가인 이스라엘이 아브라함 협정을 맺고 국교를 수립해 기념비적인 '아랍-이스라엘 데탕트'를 이뤘다. 한 달 후에는 바레인까지 참여해 백악관에서 아랍에미리트, 바레인, 이스라엘이 협정식을 하고 이 자리에서 국교 수립을 선언했다. 협정의 이름은 기독교, 유대교, 이슬람교의 한 뿌리 조상인 '아브라함'에서 났다. 아브라함 협정은 팔레스타인의 독립 국가 건설 없이 이스라엘과의 국교 수립은 없다는 아랍 세계의 오랜 금기를 깨뜨린 놀라운 사건이다.

아브라함 협정은 당시 트럼프 대통령의 사위이자 백악관 선임 고문이던 재러드 쿠슈너가 추진했다. 이어 10월에는 수단, 12월에는 모로코가 이스라엘과의 수교에 합의했다. 사우디아라비아는 이슬람 성지인 메카와 메디나의 수호국 위상을 고려해 전면에 나서지 않고 대신 아랍에미리트와 이스라엘이 첫 직항 노선을 운행했을 때 이스라엘 국적기의 사우디아라비아 영공 통과를 허락했다. 무함마드 빈 살만 사우디아라비아 왕세자는 2020년 11월 당시 베냐민 네타냐후 이스라엘 총리, 마이클 리처드 폼페이오 미국 국무부 장관과 자국 도시인 네움에서 비밀리에 회동한 것으로 알려졌다. 이어 이슬람 성지의 수호국인 사우디아라비아도 이스라엘과의 수교를 준비해 왔다. 미국의 공백에 대비하고 이란을 견제하는 안보 자구책일뿐더러 이스라엘의 첨단 기술은 첨단산업 육성과 청년 일자리 창출의 촉진제로 이바지할 수 있기 때문이었다. 최근 사우디아라비아는 첨단 기술을 보유한 이스라엘 스타트업의 지분을 공격적으로 사들였다.

비슷한 맥락에서 사우디아라비아의 원자력 에너지 추구 정책은 이란 강경파의 핵 개발 야심과 팽창주의 전략에 대한 견제뿐 아니라 최근 진행 중인 파격적이고 획기적인 개혁개방 프로젝트의 성공과도 밀접하게 관련돼 있다. 사우디아라비아의 개혁 정책에서 원자력 발전

은 화력 의존을 줄이고 탈탄소화 및 전력 수요 증가에 대비하기 위한 핵심 요소다. 2023년 9월 사우디아라비아는 IAEA의 사찰과 검증 부담을 덜어주는 소량의정서(SQP)를 철회하고, 모든 핵 활동에 대한 검증을 수용하는 전면안전조치협정을 채택하기로 결정했다.¹⁶⁾ 이는 핵 에너지의 평화적 이용을 증명해 원자력 발전소 건설을 본격적으로 추진하고 핵 프로그램 개발에 진지하게 임하겠다는 의지를 나타내는 선언이다. 2025년 1월에는 압둘아지즈 빈 살만 사우디아라비아 에너지 장관은 우라늄을 농축하고 판매할 계획을 발표하며, 원자력 프로그램 확장 계획을 강조했다. 이러한 움직임은 사우디아라비아가 국내 소비와 해외 수출을 위한 핵연료 생산국으로서 입지를 강화하겠다는 의도로 보인다.¹⁷⁾

한편 미국의 중재 하에 사우디아라비아와 이스라엘의 관계 정상화 움직임이 빠른 속도로 가시화하자 2023년 10월 하마스가 자신을 한 쪽 구석으로 몰아가는 데탕트 판을 뒤흔들기 위해 이스라엘을 상대로 기습 공격을 감행했고 결국 이스라엘-하마스 전쟁이 시작됐다. 이어 이스라엘-이란-이란 프록시 조직 간 전면전 위기가 급부상하면서 역내 정세는 극도로 불안정해졌다. 이에 바이든 정부가 이스라엘과 사우디아라비아의 관계 정상화 추진을 통해 중동 안정을 꾀하는 가운데 사우디아라비아는 그 대가로 미국에게 최첨단 기술 접근 허용 등을 포함한 북대서양조약기구나 한미동맹 수준의 상호방위조약 체결과 민간 핵 개발을 위한 우라늄 농축 허용 등을 강하게 요구해 왔다.

이 과정에서 사우디아라비아를 향한 중국의 적극적인 핵기술 협력 제안은 미국과 사우디아라비아의 원자력 협력 협상에서 사우디아라비아의 협상력을 높이는 역할을 한다. 미국은 미국의 핵기술에 접근하려는 사우디아라비아의 노력을 번번이 좌절시켰으나 중국은 사우디아라비아의 이러한 야망을 지원했다. 하지만 중국의 적극적인 태도에도 불구하고 사우디아라비아는 기술적으로 더 뛰어나고 안전한 미국을 선호한다. 중국의 활발한 중동 진출에도 불구하고 사우디아라비

16) Simon Henderson, 2023, "Saudi Arabia Signals It Will Accept Stricter Nuclear Inspections." *Washington Institute Policy Analysis*, September 2023.

17) "Saudi Arabia Plans to Enrich and Sell Uranium, Energy Minister Says." *Reuters*, January 13, 2025.

아를 비롯한 많은 아랍 걸프국이 미국의 안보 공백을 대신할 나라가 없다고 여기는 것과 비슷한 논리다.

2024년 미 대선 캠페인 기간 트럼프 대통령은 대중에게 피로도가 높은 중동 전쟁 대신 인플레이션과 불법 이민 등 조 바이든 정부의 실패를 부각할 수 있는 국내 문제에 집중했다. 미 유권자는 이스라엘-하마스 전쟁뿐 아니라 우크라이나 전쟁과 중국 견제 등 대외 이슈보다 국내 문제를 중요하게 봤다. 트럼프 대통령도 대선 캠페인에서 중동 이슈에 대해 별로 언급하지 않았다. 다만 자신이 대통령이었다면 중동에서 전쟁이 일어나지 않았을 것이고, 전화 한 통으로 전쟁을 당장 끝낼 수도 있다고 했다. 공화당 공식 선거 공약집도 '이스라엘과 함께할 것' '중동 평화를 가져올 것' 등 지극히 원론적 내용을 담았다. 그럼에도 트럼프만의 색깔이 분명했던 1기의 중동 정책을 통해 가늠해 보자면 집권 2기 역시 역대 동맹 우방국과 국제사회가 아닌 대통령 개인의 정치적 이해관계와 국내 지지층 결집을 목표로 '미국을 다시 위대하게' 만들기 위한 배타적이고 국수적인 민족주의를 선동할 것이다. 나아가 2기 행정부는 입법·사법·행정부까지 장악하고 당선인의 코드에 맞는 충성파로만 내각을 채울 것이라고 선언한 터라 더 강력해진 '트럼프즘'을 선보일 것이다. 폭탄선언에 가까운 충동적인 결정, 지불 능력을 중시하는 동맹관에 따른 이분법적 사고, 후속 방안 없는 기존 정책의 폐기가 이어질 것이며 이러한 좌충우돌 외교 기행으로 역대 질서는 요동칠 것이다.

트럼프 2기 행정부는 이란의 핵개발과 역대 대리 조직 재건에 대해 최대 압박 접근법을 시행할 것이다. 특히 이번 선거 캠페인 기간 트럼프 후보를 겨냥한 이란 혁명 수비대의 암살 모의가 발각되고 이란 해커들이 트럼프 후보의 자료를 민주당 선거 캠프 관계자에게 보낸 것으로 드러나면서 트럼프 당선인의 대이란 압박 수위는 더 높아질 것이다. 현재 이란은 그 어느 때보다 핵무기 능력에 가까워졌다고 알려진 만큼 트럼프 2기 행정부는 외교적 방법이 아닌 고강도 제재와 군사적 위협을 통해 이를 저지하고 역대 비확산체제에 대한 확고한 입장을 재강조할 것이다. 그래도 트럼프 후보는 대선 캠페인 기간 이란과 거래의 문은 언제나 활짝 열려 있다며 즉흥적인 협상 가능성을 암시하기도 했다.

사우디아라비아와 아랍에미리트 등 아랍 걸프 산유국과의 군사 안보 협력에 대한 트럼프 2기 행정부의 입장은 매우 우호적이다. 이들 산유국은 미국과의 무기 거래 및 방산 협력에서 지불 능력에 근거한 거래주의 방식에 큰 불편 없이 호응하며 트럼프 2기 행정부는 이들 국가에 인권과 민주주의 원칙을 압박하지 않을 것이다. 2017년 트럼프 전 대통령의 첫 해외 순방지가 사우디아라비아였을 만큼 양국 관계는 돈독하다. 2018년에는 사우디아라비아 정보국 요원들이 이스탄불 주재 자국 총영사관에서 반정부 언론인 자말 카슈끄지를 잔혹하게 살해했으나 트럼프 당시 대통령은 사우디아라비아와의 거래 관계가 매우 중요하며 미 의회의 사우디아라비아 무기 금수와 제재 요구를 거부했다. 그러나 트럼프 패밀리와 사우디아라비아 왕실의 친분에도 양국 사이가 늘 평탄하지만은 않았다. 2019년 이란 프록시인 예멘의 후티 반군이 사우디아라비아의 석유 시설을 미사일과 드론으로 대거 공격했을 때 트럼프 정부는 사우디아라비아를 위해 별다른 조치를 하지 않았다. 당시 후티 반군의 공격은 1991년 이라크의 사담 후세인 정권이 쿠웨이트의 정유 시설을 공격한 이래 국제 원유 시장을 마비시킨 가장 큰 도발이었다. 이후 사우디아라비아는 물론 아랍에미리트와 카타르 등 대표적인 걸프 산유국은 트럼프 정부를 전적으로 신뢰할 수 없다고 여기고 중국과 러시아를 향한 외교 다변화 정책을 적극 추진했다.

그럼에도 사우디아라비아에 트럼프의 재선은 우라늄 농축, 재처리 허용, 첨단 기술 획득 등 자국의 민간 핵 개발 프로그램을 획기적인 내용과 속도로 추진하고 이란의 핵 모험주의를 압박할 수 있는 절호의 기회로 읽힐 것이다. 이러한 기회를 최대한 활용하기 위해 사우디아라비아는 미국의 이스라엘-사우디아라비아 국교 수립 딜과 관련한 여러 경제, 산업, 군사, 안보 인센티브에 대해 적극적으로 대응하며 발 빠른 손익계산에 들어갈 것이다. 트럼프 2기 행정부는 민주당 정부와 달리 국제규범에 따른 원칙이 아닌 비용 지급 능력을 강조하는 만큼, 사우디아라비아 정부는 2025년 초부터 첨단 기술력을 보유한 이스라엘과의 협력, 이란 핵 개발 저지와 친이란 프록시 조직인 예멘 후티 반군 소탕, 수니파 대표국으로서 팔레스타인 대의 확보 등 국익과 밀접한 여러 협상을 먼저 제안하며 신속하고 강력하게 밀어붙일

것이다.

이스라엘-팔레스타인 분쟁을 둘러싸고 트럼프 2기 행정부는 강경 우파 베냐민 네타냐후 이스라엘 총리와 그의 안보 포퓰리즘 정책을 적극 지지할 것이다. 선거 캠페인 기간이던 2024년 7월 트럼프 후보는 네타냐후 총리와의 통화에서 “자신의 취임식이 될 2025년 1월 20일 전까지 전쟁을 끝내라”라고 주문했고 네타냐후 총리는 실제로 하마스와의 휴전 협상에 전례 없이 속도를 냈다. 이는 바이든 행정부가 제시한 여러 휴전안과 평화 구상을 네타냐후 총리가 패싱 했던 것과 극명한 대조를 이룬다. 2024년 3월 팔레스타인 자치정부의 개혁과 역량 강화를 위해 내각의 전격 교체를 이뤄낸 바이든 행정부는 가자 지구에 대한 인도적 지원을 방해하는 네타냐후 총리를 비난하면서 이스라엘에도 조기 총선을 통한 지도부 교체를 압박했다. 나아가 바이든 정부는 네타냐후 총리의 라이벌인 베니 간츠 국민통합당 대표를 백악관으로 불러 가자 지구에서 민간인 피해를 최소화하는 외과수술적 작전을 강력히 요구하고 가자 지구와 서안 지역의 재통합을 통한 팔레스타인 독립 국가 건설을 촉구했다. 그러나 강경 우파인 네타냐후 총리는 민주당 정부의 휴전과 전후 평화 구상안에 응하지 않았다.

하지만 2025년 1월 이스라엘-하마스 전쟁의 휴전 1단계 협상 타결로 이스라엘 인질과 팔레스타인 수감자의 맞교환이 성사된 이후 2단계와 3단계 협상 타결에 이르기까지는 시간이 더 걸릴 것이다. 무엇보다 트럼프 2기 행정부는 1단계 협상 성공만으로도 피스 메이커로서의 역할을 충분히 과시했다고 여길 것이고 이후 가자지구 재건과 이스라엘 군 주둔 관련 협상에서는 이스라엘 정부의 입장을 적극 반영하고 아랍 걸프 산유국에게 재정 지원을 전폭적으로 요구할 것이며 가자지구의 인도주의 지원이나 팔레스타인 자치 정부의 역량 강화에는 큰 관심을 두지 않을 것이기 때문이다. 트럼프 전 대통령은 2018년 예루살렘을 이스라엘 수도로 인정해 유엔 안보리 결의안 242호를 위반했고, 2019년에는 시리아의 골란고원을 이스라엘의 영토로 인정해 유엔 안보리 결의안 497호를 위반했다. 워싱턴 주재 팔레스타인 해방 기구 대표부와 팔레스타인 주재 미 영사관을 폐쇄했고 유엔 팔레스타인 난민 구호 기구 전체 기금의 30%에 달하던 지원금을 중

단한 바 있다.

트럼프 2기 행정부는 역내 안보 상황이나 동맹 우방국이 처한 위협 상황을 크게 고려하지 않고 탈중동 정책을 밀어붙일 것이다. 2025년에 이라크 주둔 2,500여 명, 시리아 주둔 900여 명의 미군의 철수가 신속히 이뤄질 것이고 철군 후 이라크와 시리아에서 이란 혁명수비대의 영향력이 빠르게 확대될 것이다. 2019년 트럼프 전 대통령은 돈이 많이 든다며 시리아 주둔 미군 병력을 대폭 줄이고 반(反)ISIS 국제 연합 전선에서 핵심 지상군으로 싸운 쿠르드계 시리아 민병대인 YPG 지원을 중단했다. 철군과 지원 중단이 이뤄진 지 사흘 만에 튀르키예군이 시리아 국경을 넘어 미국의 우방 YPG를 공격했으나 트럼프 정부는 방관했다. 2020년에는 우방 아프가니스탄 정부를 배제한 채 탈레반과 평화 협정을 맺고 철군을 준비했으며, 이는 탈레반이 이후 아프가니스탄을 재집권하는 데 결정적 기회로 작용했다.

트럼프 1기 행정부가 과거 중동에서 시행한 노골적이고 충동적인 미국 우선주의와 이에 따른 2기 중동 정책을 향한 우려에도 불구하고 분명한 성과를 남긴 부분이 있다. 바로 아브라함 협정 체결 과정에서 성공적인 중재 역할을 수행한 것으로, 이는 구시대적인 민족주의를 넘어 새로운 연대의 메커니즘으로 평가받고 있다. 2020년 수니파 아랍 국가인 아랍에미리트와 유대 국가인 이스라엘이 국교 정상화에 깜짝 합의한 데 이어 바레인까지 참여하면서 백악관에서 역사적인 협정식이 열렸다. 트럼프 2기 행정부는 이번에도 이스라엘-사우디아라비아 관계 정상화를 성사시키기 위해 적극적인 중재에 나설 것으로 보인다.

현재 미국의 중동 정책은 여러 딜레마에 빠져있다. 최고 우방국이자 유일한 민주주의 국가인 이스라엘을 군사적으로 지원하면서 이스라엘-이란의 전면전 가능성은 제거해야 하고, 가자지구와 레바논 남부에서 민간인을 보호하면서도 그곳에 깊숙이 뿌리내린 급진 이란 프록시 조직을 소탕해야 하며, 중국을 직접 견제하기 위해 중동을 빠져나와 인도 태평양 지역에 힘을 집중하면서도 실망한 중동 동맹 우방국이 중국의 편에 서지 않도록 힘 조절을 해야 한다. '트럼프즘'의 공고화에 몰두하고 있는 트럼프 당선인과 2기 엘리트는 이렇듯 복잡미

묘한 과제의 해결에 큰 관심이 없어 보인다.

대신 트럼프 2기 행정부는 이란의 핵개발과 팽창주의를 저지하기 위해 대(對)이란 초강경 압박 정책을 펼칠 것으로 보인다. 이러한 대이란 압박은 이스라엘 내 극우 및 강경 우파 엘리트의 입지를 더욱 강화할 가능성이 크다. 또한, 아랍 걸프 산유국과는 철저히 거래주의적 접근을 통해 메가 안보 딜을 추진하는 반면, 지불 능력이 낮은 이라크와 시리아에서는 신속한 철군을 강행해 트럼프식 미국 우선주의를 강력히 실현할 것으로 전망된다.

트럼프 2기 행정부는 중국-러시아가 공고히 다져놓은 반미연대에 기대어 핵개발 전략을 가속하는 이란에 최대 압박을 가하기 위해 역내 핵비확산 정책을 강력히 강조할 것으로 보인다. 이때 사우디아라비아는 미국-사우디아라비아 원자력 협력을 둘러싼 논의에서 자국의 레버리지를 극대화하기 위한 계산에 나설 것이다. 특히, 이스라엘 우파를 지원하고 아브라함 협정을 확대하려는 미국의 입장을 활용해 이스라엘-사우디아라비아 수교에 긍정적인 신호를 보내는 동시에, 중국의 끊임없는 원자력 협력 러브콜을 부각할 것이다. 이를 통해, 중동에서 급부상한 중국을 견제하려는 미국을 상대로 자국의 전략적 가치를 높이려 할 가능성이 크다.

사우디아라비아는 최대 라이벌 이란 강경파의 핵농축 활동 억제와 더불어 자국의 획기적인 '비전 2030' 개혁 성공을 위한 핵 개발 프로그램을 적극적으로 추진 중이다. 사우디아라비아의 실세인 무함마드 빈 살만 사우디아라비아 왕세자는 2023년 9월 폭스뉴스와의 인터뷰에서 "만일 이란이 핵무기를 갖는다면, 안보상 이유와 중동의 세력균형을 위해서 우리도 가져야 한다"라고 밝혔다.¹⁸⁾ 또한 사우디아라비아는 핵연료 생산국 클럽에 가입해 국내 소비는 물론 대외 수출을 위한 자립형 핵연료 생산 능력 구축 계획을 여러 차례 밝혀왔다.

중국이 최근 사우디아라비아에 핵기술 협력을 적극 제안하고 사우디아라비아 역시 중국을 핵심 파트너로 여기기 전 미국과 사우디아

18) Peter Aitken, 2023, "Bret Baier interviews Saudi Prince: Israel peace, 9/11 ties, Iran nuke fears: 'Cannot see another Hiroshima'," *Fox News*, September 20.

라비아는 양국 협력을 위해 여러 시도를 모색했다. 2008년 미국과 사우디아라비아는 의학, 산업, 전력 생산 분야의 핵 활동에 협력을 위한 양해각서를 체결했지만 실질적인 성과를 거두지 못하고 핵 협력 수준은 매우 미미한 상태에 머물렀다. 그러나 트럼프 1기 행정부 시절, 양국은 핵 협력 논의를 본격화했으며, 2019년 미국 에너지부는 사우디아라비아에 기밀 라이선스 6건(Part 810 Authorizations)을 승인하여, 사우디아라비아가 미국 기업의 첨단 원자력 기술을 확보할 수 있도록 허용했다.¹⁹⁾

이에 트럼프 정부는 의회로부터 강한 비난을 받았으며, 하원 감독위원회는 트럼프 정부가 법률을 무시하고 안보를 고려하지 않은 채 사우디아라비아에 첨단 핵기술을 허용했다고 지적하는 보고서를 발표했다. 또한, 사우디아라비아가 리야드 근처에서 우라늄과 플루토늄 농축이 가능한 핵 연구용 원자로를 2020년 4월 완공 목표로 비밀리에 건설하고 있다는 사실이 알려지자, 의회는 트럼프 정부와 사우디아라비아의 핵 협력에 대한 기밀 사항 공개를 요구하며 압박을 강화했다. 양국 간 긴밀한 핵기술 협력의 배경에는 이스라엘과 아랍 걸프 산유국 간의 데탕트를 추진한 재러드 쿠슈너 백악관 수석 고문의 역할이 있었다. 그러나 미 의회의 강한 반대가 알려지자, 당시 사우디아라비아 에너지 장관은 대안으로 중국, 러시아, 한국 등을 언급하며 협상 카드를 꺼내 들었다.²⁰⁾

현재 사우디아라비아는 미국과의 원자력협력 협상에서 123조에 따른 “골드 스탠다드” 수용에 저항하며 이란의 핵 개발 야심을 핵심 이유로 들고 있다. 이란이 달성한 60%가량의 우라늄 농축 수준과 이에 대해 미국과 국제사회가 아무런 제어 장치를 작동하지 못한 점을 들어 사우디아라비아에 부과하는 황금 표준이 지극히 부당하다는 것이다. 사우디아라비아는 시아파 종주국이자 역내 군사 팽창주의적 야심을 확산하는 라이벌 이란을 고려할 때 우라늄 농축 문제는 국가 안보와 직결된다고 여긴다. 더불어 2009년 체결된 미국과 아랍에미리트

19) U.S. Department of Energy, 2019, "Statement by DOE Press Secretary on Saudi Arabia."; U.S. Department of State, 2008, "United States and Saudi Arabia Sign Memorandum of Understanding on Nuclear Energy Cooperation." *U.S. Department of State Archive*, May 16.

20) Muhammad Al-Madhaji, 2023, "Saudi Arabia's Nuclear Ambitions: US Apprehensions and China's Allure," *Wilson Center MENA360*, December 13.

간의 원자력협력협정처럼 미국 기준에 따른 강력한 비확산 내용이 포함되면 사우디아라비아의 안정적인 핵연료주기를 박탈당하게 되는데 아랍 수니파의 대표국이자 중동지역의 핵심 헤게모니 국가인 사우디아라비아를 아랍에미리트와 동급으로 취급해 비교하는 것은 어불성설이라고 반박하고 있다.

중동지역 내 유일한 핵보유국으로서 다른 국가의 핵클럽 가입을 원치 않는 이스라엘도 사우디아라비아가 중국과 러시아의 도움으로 핵 프로그램을 개발하는 것보다는 차라리 미국이 직접 사우디아라비아에 프로그램을 제공하는 방안이 더 낫다고 본다.²¹⁾ 트럼프 2기 행정부가 출범하면서 이스라엘의 우파를 지원하고 이스라엘-사우디아라비아의 국교 수립 성사에 적극 나서면 미국-사우디아라비아의 핵기술 협력은 트럼프 1기 행정부 시기처럼 사우디아라비아에 우호적인 방향으로 진행될 수 있다. 이러한 상황에서 중국은 정체 상태로 보이는 사우디아라비아와 미국의 협상 과정을 자세히 지켜보며 경계심을 늦추지 않고 있다. 만일 사우디아라비아가 미국과의 원자력협력 협상에서 123조의 변형되고 완화된 형태의 조건을 우라늄 얻어낸다면 이는 한미 원자력협력협정 개정에도 우리에게 유리하게 작용할 수 있다.

2. 국제 정세 변화와 모니터링

2025년 1월, 한국과 미국 정부가 세계 원전 시장 공동 진출을 위한 원자력 수출 협력 약정에 서명하며 '팀 코러스(KORUS)'를 구성함에 따라, 한국의 중동 원전 사업 진출이 더욱 탄력을 받을 것으로 보인다. 한미 양국은 러시아와 중국이 세계 원전 시장 진출에 속도를 내는 상황에서, 이를 견제하고 시장 경쟁력을 강화하기 위해 빠르게 협력 체계를 구체화했다. 앞으로 이 파트너십을 통해 중동 시장에서는 한국이 '한국형 원전'으로 주도권을 확보하고, 유럽 시장에서는 미국이 중심 역할을 맡아 협력과 역할 분담을 추진할 것으로 보인다. 이러한 전략은 양국의 강점을 최대화하며, 세계 원전 시장에서의 영향력을 확대하기 위한 노력으로 평가된다. 한편 사우디아라비아는 대규모 신규 원전 건설 사업에서 원자로는 한국전력이 건설하고 운영은 미국의 전문 지식을 도입하는 방식을

21) Dion Nissenbaum and Dov Lieber, 2023, "Saudi Uranium Enrichment Floated Under Possible Israel Deal," *The Wall Street Journal*, September 21; Toi Staff, 2020, "Israel said to express concerns to US over Saudi nuclear program," *Times of Israel*, August 19.

선호한다고 밝히면서도, 미국이 일반적으로 요구하는 확산 통제에는 동의하지 않는 견해를 표명했다.²²⁾ 한국은 원자력 산업의 글로벌 공급망 유지와 전략적 중요성 강화를 목표로, 중동 원전 시장에서의 입지 확대를 위한 전략을 발전시켜왔다. 특히, 국제규범 준수와 비확산 체제 유지를 최우선 과제로 삼아, 이를 통해 글로벌 시장에서의 신뢰를 확보하고 지속 가능한 경쟁력을 확보하려는 노력을 이어가고 있다.

한미원자력협력협정의 유리한 개정을 위해 한국이 모니터링해야 할 국제정세 변화는 중동, 특히 사우디아라비아를 둘러싼 원자력 협상 구도와 미·중·러의 전략적 경쟁, 그리고 미국 내 대외정책 기조 변화에 밀접하게 연동되어 있다.

최근 사우디아라비아는 ‘비전 2030’ 개혁 프로그램을 통해 석유 의존 경제에서 벗어나 산업 다각화와 첨단 기술 도입을 적극적으로 추진하고 있다. 이 과정에서 사우디는 이란의 핵농축 활동을 실존적 위협으로 인식하며, 자국의 안보와 중동 내 세력균형 유지를 위해 민간 핵 개발 프로그램과 우라늄 농축 능력 확보를 강하게 요구하고 있다. 미국과의 협상에서 사우디는 중국과의 핵기술 협력 강화, 이스라엘과의 국교 정상화 카드, 그리고 이란의 핵 위협을 모두 레버리지로 활용하며, 미국의 ‘골드 스탠다드’ 조항 완화 또는 예외 적용을 강하게 압박하고 있다.

이러한 사우디의 전략은 중동지역 내 미·중·러의 영향력 경쟁과도 맞물린다. 중국은 사우디와의 핵기술 협력, 우라늄 탐사, 옐로케이크 생산 등에서 실질적 지원을 확대하고 있으며, 러시아 역시 튀르키예 등지에서 원전 BOO모형을 통해 장기적 영향력 확대를 꾀하고 있다. 미국이 중동에서 ‘탈중동’ 기조를 보이는 사이, 사우디는 중국·러시아와의 협력을 적극 활용해 미국과의 협상력 제고에 나서고 있다. 미국 역시 사우디가 중국·러시아와의 협력으로 완전히 기울지 않도록 일정 부분 기술 이전 및 농축 허용 가능성을 열어두는 등, 동맹국의 이탈을 막기 위한 전략적 고민에 직면해 있다.

또한, 이란의 핵무장 가능성, 이스라엘-사우디아라비아 국교 정상화 협상, 이스라엘-팔레스타인 분쟁 등 중동의 안보 환경 변화도 미국의 대외정책과

22) Victor Gilinsky and Henry Sokolski, 2019, "The Nonproliferation Gold Standard: The New Normal?" *Arms Control Today*, October.

원자력 협력 조건에 직접적인 영향을 미친다. 트럼프 2기 행정부 출범 시에는 이란에 대한 초강경 압박과 거래주의적 외교, 동맹국에 대한 비용 분담 요구 강화, 인권 및 민주주의 압박 완화 등 정책 변화가 예상된다. 이런 변화는 사우디 등 중동국가에 대한 미국의 원자력 협력 조건 완화, 첨단 기술 이전, 농축재처리 허용 등에서 보다 유연한 태도를 유도할 수 있다. 실제로 트럼프 1기 행정부 시절 사우디에 대한 기밀 라이선스 승인, 의회의 비판, 그리고 사우디의 중국·러시아 협력 카드 활용 등은 미국의 원자력 협력 정책이 국제정치 환경에 따라 얼마나 유동적인지를 보여준다.

이와 같은 국제정세 변화는 한미원자력협력협정 개정 협상에도 중대한 시사점을 제공한다. 만약 미국이 사우디와의 협상에서 ‘골드 스탠다드’의 변형 또는 예외 적용, 농축재처리 일부 허용 등 유연한 조건을 수용한다면, 이는 한국에도 유사한 협상 조건을 요구할 수 있는 선례가 된다. 또한, 미국이 동맹국의 이탈을 막기 위해 첨단 기술 이전, 원전 수출 규제 완화, SMR 공동 개발 등에서 보다 적극적인 협력 의지를 보인다면, 한국 역시 이러한 흐름을 활용해 협정 개정에서 유리한 조건을 확보할 수 있다.

따라서 한국은 다음과 같은 국제정세 변화를 지속적으로 모니터링해야 한다. 첫째, 사우디-미국 간 원자력 협상에서 농축재처리 허용 여부와 비확산 조건의 변화, 둘째, 중국·러시아의 중동 내 원자력 기술협력 확대와 미국의 대응, 셋째, 이란 핵 문제와 중동 안보 환경 변화, 넷째, 미국 내 행정부 교체와 대외정책 기조 변화, 다섯째, 미국 의회의 비확산 정책과 동맹국에 대한 기술 이전 규제의 완화 여부 등이다. 이와 함께, 한국은 자국의 원자력 기술 자립도, 투명한 비확산 이행, SMR 등 첨단기술 협력 역량을 적극 부각시켜 협상 테이블에서 전략적 가치를 높여야 한다.

결국, 한미원자력협력협정의 유리한 개정을 위해서는 중동을 둘러싼 미·중·러의 전략적 경쟁, 사우디아라비아의 핵정책 변화, 미국의 대외정책 기조와 비확산 정책, 그리고 글로벌 원자력 시장의 기술 및 공급망 경쟁 등 복합적 국제정세를 면밀히 분석·활용하는 것이 필수적이다.

정책 제언

한미원자력협력협정은 지난 수십 년간 한국 원자력 기술발전과 산업 성장의 제도적 기반이 되어왔으며, 국제 핵비확산 체제 내에서 모범적인 협력 모델로 기능해왔다. 2015년 개정 협정을 통해 사용후핵연료 재활용, 핵연료 안정공급, 수출경쟁력 강화 등 실질적 진전을 이뤘지만, 핵심 민감기술에 대한 제한은 여전히 기술 주권과 에너지 안보에 구조적인 제약으로 작용하고 있다.

특히 2035년 협정 만료를 앞두고, 국제정세는 과거보다 훨씬 더 역동적이고 불확실한 방향으로 전개되고 있다. 기후변화 대응을 위한 원자력의 재부상, 미국·중국·러시아 간 기술 패권 경쟁, 중동 및 신흥국의 원전 도입 확대, 핵연료 공급망의 지정학적 재편 등은 원자력산업의 기술 전략과 외교 전략 모두에 실질적 영향을 미친다.

따라서 향후 협정 개정은 단순한 문구 수정을 넘어, 한국이 기술 역량, 외교력, 규범 준수 능력 모두를 종합적으로 입증하고, 국제사회와의 신뢰 기반을 강화하는 총체적 대응의 결과물이어야 한다. 이를 위해서는 국내 기술력 제고, 제도 정비, 국제협력뿐 아니라 국제정세와 핵비확산 기조 변화에 대한 지속적 분석과 대응 전략 수립이 필수적이다.

(1) 기술 주권 확보를 위한 중장기 연구개발 역량 강화

파이로프로세싱 기술 실증 및 국제 기준 대응 병행으로 단순한 기술축적을 넘어, IAEA 기준과 국제적 수용 가능성까지 고려하여 기술개발을 추진해야 한다. 기술개발은 전 단계에 걸친 사전동의를 통해 사용후핵연료의 국내 외 문제 해결에 기여하도록 한다. 기술이 외교협상의 기반이 되는 시대적 흐름에 맞춰, 기술 외교 연계형 R&D를 설계하여 연구개발 결과가 향후 한미 협정 개정 또는 국제 협상에 활용 가능한 기술성과를 창출하도록 설계해야 한다.

(2) 외교적 대응전략의 정교화 및 다변화

미·중·러 전략경쟁, 중동의 원전 도입 러시, 미국 내 정권 교체에 따른 대외정책 기조 변화 등 핵심 국제 변수들을 정기적으로 분석하고, 협정 개정의 외교 전략에 반영할 수 있는 체계를 구축해야 한다. 국제정세 분석 기반의 외교전략 강화는 실질적 대안 개발로 이어질 수 있다. 미국과의 양자 협정 중심 사고에서 벗어나, IAEA, 유라툼, 아세안, MENA 국가들과의 협력 확대를 도모해야 한다. 동맹 기반을 넘는 다자적 외교 확대는 국제적 정당성과 다변화를 확보하게 함으로써 동맹과의 협상에도 유리하게 작용할 수 있다.

(3) 국제 신뢰 구축 및 핵비확산 기조 대응

국제사회가 요구하는 '책임 있는 민감기술 보유국'으로서의 이미지를 구축하기 위해, 핵비확산 규범의 적극적인 수용을 전략화하고 홍보해야 한다. 투명한 기술 공개, 핵물질 실시간 계량, IAEA 기반 검증 체계를 선제적으로 채택하고기술을 공여함으로써 핵비확산 체제의 주도극으로 인정받을 필요가 있다. 국제 핵비확산 정책 흐름을 상시 분석하고, IAEA, UN, 미국 의회, EU 등에서 변화하는 비확산 정책 트렌드를 모니터링하는 등, 국내 민감기술 연구 및 외교 전략에 적시 반영하는 전담 분석조직의 운영이 필요하다.

(4) 제도 정비 및 민관 협력 거버넌스 구축

과기정통부, 산업부, 원안위, 외교부 간 협업체계를 제도화하고, 민감기술 보유 및 활용에 대한 법적·제도적 정합성을 강화하는 원자력 민감기술 통합 관리체계를 구축해야 한다. 핵비확산에 관한 신뢰는 지속적인 원자력 활용과 우리나라 산업발전 및 핵주기 완성을 위해 반드시 필요하다. 미국 내 정책 커뮤니티와의 채널을 보유한 민간 싱크탱크, 원전 수출기업, 연구기관 등 민간 역량을 통합한 외교적 대응체계를 구축하여 협정 개정에 대한 국민적 공감대와 실질적 실천 기반을 동시에 확보해야 한다. 민간 싱크탱크 및 산업계의 역량을 통합하고 미국과의 지속적이고 견고한 신뢰기반을 구축해야 한다.

한미원자력협력협정의 선진적 개정을 위한 모든 전략은 단일 시점의 국제정세 해석에 기반해서는 안 된다. 국제정치 질서는 기술과 안보, 규범이

복합적으로 얽힌 동태적 체계이며, 원자력과 민감기술 분야는 그 중심에 있다. 특히, 미국의 비확산정책이 과거와 달리 기술적 통제에서 책임 기반의 제한적 허용으로 변화할 수 있는 현재, 한국은 변화 흐름을 정밀하게 포착하고 우리의 입장을 전략적으로 정비해야 한다.

이에 따라, 향후 협정 개정에 성공적으로 대응하기 위해서는 ① 국제정치 환경의 체계적 분석, ② 비확산 규범의 변화 흐름에 대한 상시 모니터링, ③ 외교전략과 기술정책의 통합 기획 기능을 갖춘 국가 차원의 전담 조직 또는 상설 협의체 설치가 필요하다. 이 조직은 단기 협상 지원을 넘어서, 2035년 이후를 대비한 장기적 기술주권 확보의 사령탑 역할을 수행할 수 있어야 한다.

2035년은 단순한 협정의 종료가 아니라, 한국이 원자력 기술 자율성과 국제 규범 리더십을 동시에 달성할 수 있는 결정적 전환점이 될 수 있다. 이를 위해 필요한 것은 '단기 협상력'이 아니라, 정치·기술·외교의 융합적 전략 역량이다. 본 연구가 제시한 정책 제언들은 이러한 전략 수립을 위한 출발점이자 실행의 기초로 기능할 수 있을 것이다.

참고문헌

산업통상자원부, 제10·11차 전력수급기본계획

한국수력원자력, 원자력백서

한국원자력학회, 원자력산업동향보고서

“원자력 선행핵주기 시장과 국제동향 분석, 국제 원자력 정책 브리핑 2024-05호

이종희, “국제 우라늄 수급전망과 우리의 대응 전략”, 원자력정책연구 Brief Report, 2007

문주현, “Overview of ROK's nuclear fuel cycle.” 한-영 공학한림원 공동포럼, 2024.7.15.

기후변화와 에너지정책, '22대 국회의 역할 세미나, 2024.4.19.

외교부, “한미 원자력협정 전면 개정,” 2015.4.22.

아산정책연구원, “한미원자력협력협정 개정의 쟁점과 목표”.

외교부, “한미 전략적 원자력 협력 구체 프로젝트 추진,” 2017.1.10.

연합뉴스, “한미, '파이로 프로세싱' 공동연구키로,” 2010.10.26.

KINAC, “한·미 원자력협정의 주요 내용과 의미,” 2015.10.

대한민국 정책브리핑, “한미 원자력협정 타결의 성과와 의미,” 2015.4.22.

NSSC, “2025년도 원자력안전 연구개발 사업계획(안),” 2025.1.9.

한국무역협회, “한미, '원자력 수출·협력 MOU' 정식 서명...,”

2025.1.9.

IAEA PRIS Database (<https://pris.iaea.org/pris/home.aspx>)

THE WHITE HOUSE, "Safely and Responsibly Expanding U.S. Nuclear Energy," 2024

IAEA & OECD/NEA, Uranium 2005: Resources, Production and Demand, 2005

IAEA & OECD/NEA, Uranium 2022: Resources, Production and Demand, 2023

Son, Hye-Jin & Kang, Su-Hyun & Jung, Jong-Pil & Kim, Chang-Lak. (2023). Long Term Trend of Uranium Production and Price. Journal of Nuclear Fuel Cycle and Waste Technology(JNFCWT). 21. 295-301. 10.7733/jnfcwt.2023.020.

https://npp.khnp.co.kr/index.khnp?menuCd=DOM_000000102002001001

<https://zdnet.co.kr/view/?no=20220725183129>

<https://www.electimes.com/news/articleView.html?idxno=313497>

<https://fred.stlouisfed.org/series/PURANUSDM#>