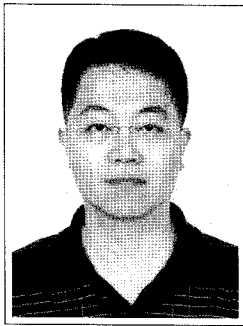


제4세대 원자력 시스템(Gen IV) 국제 공동 연구 추진 현황 및 전망

임 채 영

한국원자력연구원 정책연구부 원자력정책팀장

들어가는 말



흔히 Gen IV로 불리는 제4세대원자력시스템(Generation IV Nuclear Energy System)은 혁신적인 개념을 도입하여 현재의 제3세대 원전보다 훨씬 뛰어난 특성을 가지는 원자력시스템을 말한다.

미국, 일본, 프랑스와 같은 주요 원자력 선진국들뿐만 아니라 우리나라를 비롯하여 중국, 인도 등 원자력 이용을 적극적으로 추진하는 주요 국들은 모두 2030년대 이후 GEN IV 시스템의 상용화를 목표로 연구 개발을 진행중이다.

그러나 기본적으로 신뢰성이 확인되어야 하는 새로운 원자력 시스템의 개발에는 많은 예산과 인력이 투입되며 기술 개발 성공도 확신할 수 없는 것이 일반적이다. 따라서 기술 개발 투자의 위험을 줄이기 위해 국제 공동 연구를 추진하는 것은 당연한 선택이라 할 것이다.

이러한 국제적인 공동 연구 가운데 가장 활발하게 진행되고 있는 것이 제4세대원자력시스템국제포럼(Generation IV International Forum : GIF)을 통한 공동 연구라 할 수 있다. 본고에서는 먼저 그 동안의 GIF 추진 경과를 살펴보고, 2009년에 이루어진 일을 중심으로 GIF 추진 현황을 정리한 후 2010년을 전망하고자 한다.

서울대 원자핵공학과 졸업
KAIST 석사, 박사

한국원자력연구원 Post Doc., 선임,
책임연구원(1998~)

제4세대 원자력시스템국제포럼(GIF) 추진 경과

제4세대 원자력시스템국제포럼(GIF)은 새로운 개념의 차세대 원자력 시스템 개발을 위하여 조직된 국제 협력체로, 2000년 1월, 미국을 중심으로 원자력 활동이 활발한 주요 9개국이 제4세대 원자력 시스템

개발에 대한 공동 성명을 발표하고 결성하였다.

2001년 7월, 9개 회원국은 Gen IV 연구 개발을 위한 국제 협력체로서의 역할과 운영 규정을 담은 헌장(Charter)에 서명하여 GIF가 공식 발족되었다. 당초 한국, 미국, 프랑스, 일본, 영국, 캐나다, 아르헨티나, 브라질, 남아프리카공화국의 9개국으로 출발한 GIF는 2002년 스위스가, 2003년 유럽연합(EU)이 가입하였으며, 2006년 중국과 러시아가 참여하여 현재는 13개 회원국으로 구성되어 있다.

GIF는 2002년 7월, 전 세계적으로 공모한 100여 개의 미래형 원자로 후보 중에서 지속 가능한 자원의 활용성, 경제성, 안전성과 핵확산 저항성을 선정 기준으로 하여 소듐냉각고속로(SFR), 초고온가스로(VHTR), 초임계압수냉각로(SCWR), 가스냉각고속로(GFR), 납냉각고속로(LFR), 용융염로(MSR)의 6개의 가장 유망한 Gen IV 노형을 선정하였다.

이렇게 선정된 6개 노형에 대해 공동 연구를 추진하기 위해 GIF는 3단계의 연구 개발 협정 체제를 갖추고 있다. 3단계 협정은 정부가 서명 주체가 되는 기본협정(Framework Agreement), 6개의 유망 노형별로 기본협정의 이행 기관이 맺는 시스템 약정(System Arrangement), 그리고 실제적 연구 주관 기관이 맺는 각 노형별 프로젝트 약정(Project Arrangement)으로 구분된다.

GIF 공동 연구 체제의 프레임을 구성하는 최상위 협정인 기본 협정에는 2009년 현재 미국, 프랑스, 일본, 캐나다, 스위스, 한국, EU, 남아공, 러시아¹⁾의 9개국이 참여하고 있다.

시스템 약정은 Gen IV 시스템의 R&D를 계획하고 수행하는 데 있어 약정서명자들 간에 협력 체제를 구축하는 것을 목적으로 하고 있는데, 2006년 2월에 SFR 시스템 약정이 발효된 것으로 시작으로 같은 해 11월에 VHTR, SCWR, GFR 시스템 약정이 체결되었다. 아직 시스템 약정이 체결되지 않은 LFR 및 MSR에 대해서는 공동 연구의 활성화를 위해 MOU 체결에 대한 협의를 진행 중이다.

시스템 약정 하부의 프로젝트 약정은 시스템별로 개별 프로젝트로 체결하게 되며, 시스템을 구성하는 단위 프로젝트 수행을 위한 참여 기관 간 계약적인 성격이 포함되는 협력 약정이다. 2005년 말 협의에 착수하여 프로젝트 약정 내용과 문안에 대한 협의를 진행하였으며, 2007년에 SFR 시스템의 3개 프로젝트 약정이 발효되었다.

2008년에는 VHTR 시스템의 2개 프로젝트 약정이 발효되었으며 2009년에는 SFR의 SO(Safety & Operation) 프로젝트(2009년 6월), VHTR의 Materials 프로젝트(2009년 9월) 및 SCWR의 TH&S(Thermal Hydraulics & Safety) 프로젝트 약정이 발효되었다.

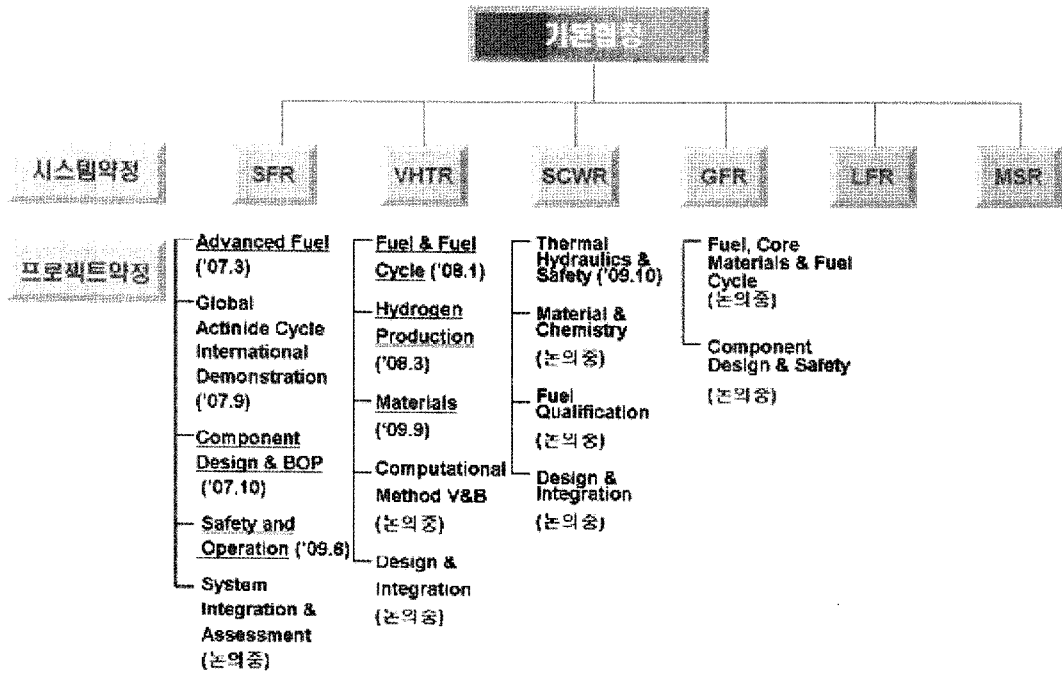
또한 GIF에는 앞에서 설명한 시스템별 프로젝트 단위의 공동 연구와 더불어 여러 가지 시스템들 공통으로 적용할 기술 목표에의 평가가 필요한 사항을 연구하는 3개의 평가방법론그룹(Methodology Working Group: MWG)이 구성되어 활동하고 있다. 3개 그룹의 명칭과 목표는 다음과 같다.

- 안전성 방법론 그룹(RSWG) : 제4세대 원자력 시스템의 안전성 평가에 공통으로 활용할 수 있는 통일된(Unified) 안전성 평가 방법론 확립
- 경제성 평가방법론 그룹(EMWG) : 경제성 평가 모형 및 지침서 개발을 통해 Gen IV 시스템이 GIF의 경제적 목표를 달성할 수 있도록 도움을 제공
- 핵확산 저항성 및 물리적 방호(PRPP) : Gen IV 원자력 에너지 시스템을 핵확산 저항성 및 물리적 방호 관점에서 체계적으로 평가하기 위한 정량적인 방법론 개발

2009년도 GIF 동향 및 향후 전망

2009년은 GIF 체제가 공식 출범한 지 9년, 프로젝트 약정 발효에 따른 본격적인 연구 개발 착수 3년이 되는 해로, 앞에서 언급한 3개 분야의 프로젝트 약정이 추가로 체결되어 GIF 국제 공동 연구가 궤도에 오른 한 해라고 평가할 수 있다.

1) 러시아는 기본협정에 서명하였으나 행정적인 절차의 착오로 인해 아직 발효되지 않았음



〈그림〉 GIF 공동 연구 체제 및 약정 체결 현황²⁾

올해 7월에 개최된 제26차 정책그룹(Policy Group) 회의에서는 공동 연구 개발이 부진한 LFR과 MSR의 경우 이를 활성화하기 위해 시스템 약정과는 별개로 법적 구속력이 없는 MOU 체결을 추진하기로 결정하였다.

또한 원자력의 도입을 원하는 개도국을 위한 분야(교육, 인프라 구축, 중소형로)에 대해 GIF가 기여할 수 있는 방안과 국제원자력기구(IAEA)와 공동으로 차세대 원자력과학자 교육에 대해 추진하는 방안을 논의하는 등 GIF가 제4세대 원자력 시스템의 국제 공동 연구라는 틀을 벗어나 보다 광범위한 주제를 다루는 장이 될 가능성이 엿보였다.

올해 9월에 개최된 제27차 정책그룹 회의에서는 정식 회원국이 된 러시아가 SFR 시스템에 참여를 밝히고, 남아공은 VHTR 시스템 약정에 서명할 것임을 밝히고 있어 GIF 공동 연구 참여가 확대될 것으로 전망된다.

또한 9월에 'GIF 10년의 성과 및 진로'라는 주제로 심포지엄이 개최되었는데, 심포지엄에서는 그 동

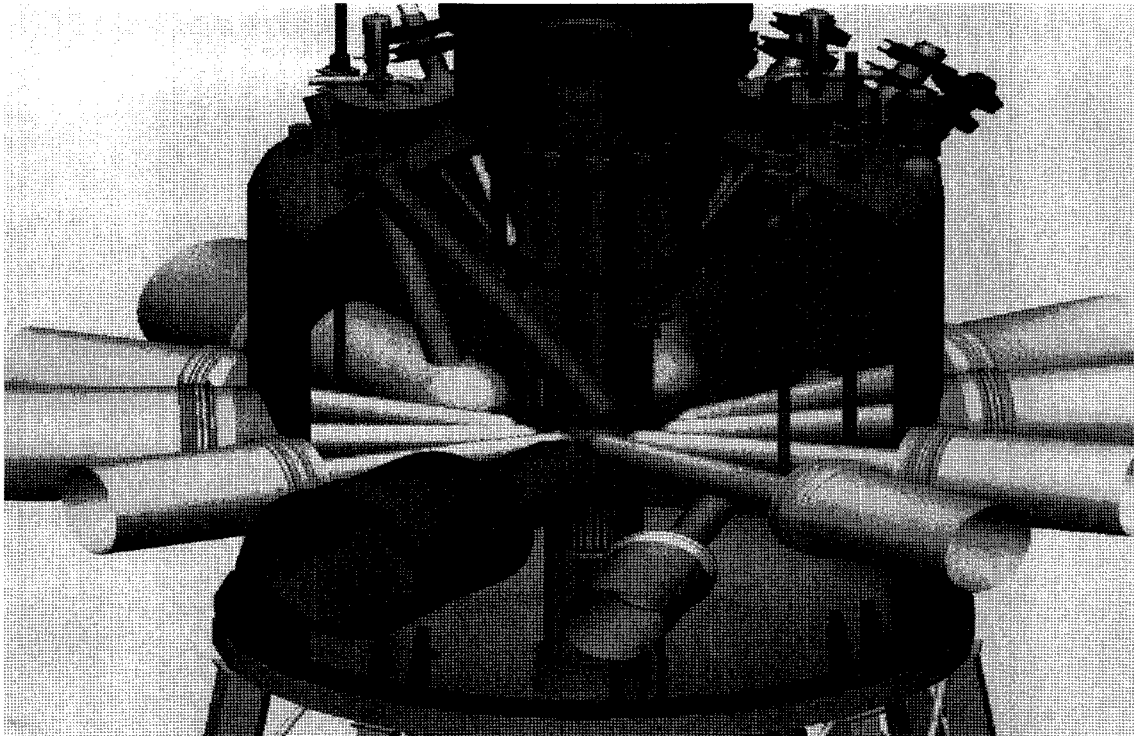
안의 GIF에서 진행된 시스템별 프로젝트와 방법론 그룹의 연구 개발 활동과 결과가 발표되고 향후 개발 계획 등이 논의되었다. 또한 시스템 간 연구 결과의 수준 차이, 산업적 활용을 염두에 둔 연구 개발, 핵연료주기와 연계된 시스템 개발 등을 심층적으로 검토할 필요가 있음이 제기되었다.

2010년에는 중국, 남아공, 러시아 등 후발 국가 참여가 본격화될 것으로 전망된다. 이에 따라 GIF 내의 R&D 주도권 등의 역학 관계에도 일부 변화가 예상된다. 또한 자국 내 프로그램 수행을 우선시 하는 중국과 러시아가 정보 공유를 꺼릴 경우 기존에 진행되어 오던 회원국 간의 정보 공유가 위축될 가능성도 배제할 수 없다.

시스템별로 전망해보면, SFR과 VHTR은 기존과 같이 2010년에도 활발한 활동이 이루어질 것으로 예상되며, SCWR은 프로젝트 약정 발효에 따라 참여국이 제한적이기는 하지만 본격적인 연구 활동이 시작될 것으로 전망된다.

GFR의 경우도 지속적으로 프로젝트 약정을 추진

2) 한국은 발효된 8개 프로젝트약정 중 6개 프로젝트(밀줄)에 참여중



세계 주요 선진국은 제4세대원자력시스템국제포럼(GIF)을 통해 첨단 기술의 연구 결과의 공유와 기술 개발의 위험 감소를 목적으로 공동 연구에 참여하고 있으며 우리나라도 소듐냉각고속로, 초고온가스로를 중심으로 연구 개발을 진행하고 있다.

하고 있고 LFR과 MSR의 경우에는 MOU 형식으로 연구 기관, 대학 등의 참여를 바탕으로 정보 공유와 공동의 기초 연구가 추진될 것으로 보인다.

요약하면, SFR과 VHTR의 활동을 주축으로 다른 시스템의 제한적인 연구 개발이 이루어질 것으로 전망되며 평가방법론그룹도 활발한 활동을 지속할 것으로 보인다.

맺음말

에너지 자원 확보 경쟁, 온실가스 감축 의무 이행을 위한 에너지 공급원의 다변화 및 에너지 안보 제고 등을 위해 세계 각국은 자국의 에너지 정책을 재검토하고 있으며, 원자력 선진국은 안정적이고 환경친화적인 원전의 이용 확대와 안전성, 폐기물 관리 및 핵확산 위험 등을 기술적으로 해결할 새로운 미래형 원자력 시스템 개발을 위한 연구 개발을 추진 중이다.

세계 주요 선진국은 제4세대원자력시스템국제포럼(GIF)을 통해 첨단 기술의 연구 결과의 공유와 기술 개발의 위험 감소를 목적으로 공동 연구에 참여하고 있으며 우리나라도 소듐냉각고속로, 초고온가스로를 중심으로 연구 개발을 진행하고 있다.

제4세대원자력시스템국제포럼(GIF)에서는 6개의 유망한 Gen IV 개념을 선정하여 공동 연구를 수행중으로 Gen IV 시스템은 중장기적으로 미래 원자력 시장의 기술 표준으로 자리잡을 전망이다.

기술 개발 후발국인 우리나라의 입장에서 GIF는 연구 개발의 불확실성을 줄이고 효율적인 연구 개발을 도모할 수 있는 도구가 될 수 있다.

GIF를 통한 국제 공동 연구가 본격화되고 있는 현 단계에서는 GIF를 통해 연구 개발 성과에 대한 실질적인 공유가 가능하도록 우리가 앞장서서 노력해야 하며 GIF와 국내 연구 개발의 연계성을 강화하는 노력을 기울여야 할 것이다. 