

신기후체제에서의 원자력 연구개발의 전략적 추진 방안

A study on the nuclear R&D strategy in the new climate regime

김수은*, 정 익**, 양맹호***, 이영준****

목 차

- I. 서론
- II. 환경분석
- III. 신기후체제와 원자력 연구개발
- IV. 결론 및 시사점

논문 요약

‘신기후체제 대응’이라는 범국가적 미션 뿐 만 아니라 현재 국내에서의 원자력계 입지를 고려할 때 원자력계의 적극적인 대처와 전략이 필요한 상황이다. 본 연구는 기후기술과 기술협력의 중요성에 주목하여 연구기관 및 관련 기업이 현재 보유 혹은 개발 중이거나 향후 개발 가능한 온실가스 감축 및 기후변화 적응에 활용 가능한 기술과 연구분야를 발굴하기 위해 추진되었다. 이를 위해 한국원자력연구원 및 연구원 Family 기업을 대상으로 총 3회의 조사를 시행하였다. 이를 통해 원자력발전을 통한 온실가스 감축 기여 외에도 원자력계 내에 온실가스 감축과 기후변화 적응 기술을 다양하게 보유하고 있음을 증명하였고, 정책적 시사점을 도출하였다. 국가 주도의 기후기술 연구 전략이 성공적으로 수립·이행되기 위해서는 연구 및 정책 분야 전문가들의 기후기술에 대한 명확한 이해와 정부의 지원이 필요하다. 마지막으로 기술 활용 혹은 개도국으로의 이관 시 국가 NDC 달성에 얼마만큼 영향을 미치는지에 대한 성과 측정 기준이 확정 된다면 향후 고도화된 연구개발 전략 수립은 물론, 연구자들의 참여도를 이끌어 낼 수 있을 것이라 판단한다.

Keyword : 신기후체제, 연구개발전략, 원자력, 방사선, 기후기술

※ 본 연구는 과학기술정보통신부에서 주관하는 원자력정책연구사업의 일환으로 한국원자력연구원에서 진행된 ‘신기후변화체제에서의 원자력 R&D의 전략적 추진 방안’에 관한 연구’ 과제 결과임

* 한국원자력연구원 연구원, 042)866-6086, sekim@kaeri.re.kr

** 한국원자력연구원 책임연구원, 042)868-8699, ikjeong@kaeri.re.kr

*** 한국원자력연구원 책임연구원, 042)868-2150, mhyang@kaeri.re.kr

**** 한국원자력연구원 선임연구원, 042)868-8327, joon96@kaeri.re.kr

I. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

1) 연구의 배경

온실가스 배출량이 산업혁명 이후 큰 폭으로 증가하면서 각 국의 다양한 노력에도 불구하고, 폭염, 가뭄, 한파 등 기상 재해가 빈번하게 발생하고 있고 향후 전 지구적으로 재해의 강도가 더욱 가속화 될 것으로 보인다. 기후변화에 관한 정부 간 협의체(IPCC; Intergovernmental Panel on Climate Change)가 발표한 제5차 평가보고서(AR5)에 따르면 현재의 온실가스 배출량 추이대로라면 지구 온도는 2100년 기준 산업혁명 이전 대비 약 4℃ 이상 증가할 것으로 판단된다. 이러한 전 지구적 문제를 해결하기 위해 2015년 12월, 파리 기후변화협약 당사국총회(COP21)를 통해 신기후체제가 출범하였다. 예상보다 빠르게(2016년 11월 4일) 협정 발효 요건(55개국 이상, 전 세계 온실가스 배출량 55% 이상)이 모두 충족되는 등 에너지 이용에 관한 패러다임의 변화가 일어나고 있다. 특히 파리협정(Paris Agreement)에서는 기존에 주목 받던 온실가스 감축(Mitigation)분야 뿐만 아니라 기후변화 적응(Adaptation)분야에도 관심을 집중하였고, 기술 메커니즘(Technology Mechanism)의 중요성이 함께 대두되었다.

한국은 2030년 배출전망치(BAU; Business As Usual) 대비 37%(국내 감축 25.7%, 해외 감축 11.3%)를 감축하는 것으로 국가 기여방안(NDC; Nationally Determined Contributions)을 공표하였다. 하지만 기존의 배출전망치는 신규 원전 2기의 도입과, 현재 운전 중인 원전의 계속운전을 전부 가정한 상태에서 도출한 값으로, 기존 원전의 계속운전 불가능 물론, 신규 원전 2기 및 공정 중에 있는 신고리 5·6호기의 건설마저 중단될 가능성이 높은 현 상황을 고려할 때 훨씬 높은 감축률을 달성해야 한다. 또한 원전 추가 건설을 감축 목표 달성을 위한 주요 방안으로 삼았던 상황에서 현 정부의 탈원전 기조가 NDC 달성에 어떠한 영향을 미치게 될지 지켜봐야 할 문제이다.

2) 연구 목적

2015년 1월, 한국은 기후변화 관련 쟁점에 선제적으로 대응하기 위해 관계 부처 합동 국가전략을 마련, 온실가스 감축 및 신산업 창출을 위한 6개의 핵심 기술 개발 및 2개 신사업 모델을 발표하였다. 원자력분야는 해당 전략에서 제외되었다. 2016년 12월 발표한 ‘제1차 기후변화대응 기본계획’에서도 청정에너지 기술 중점투

자분야 6가지 중 원자력 분야는 원자력 해체 분야만 포함되는 등 국가 핵심 기후기술개발 전략 내 원자력 분야는 전부 제외된 상태이다. 또한, 현 정부의 원전 제로 정책에 의해 향후 발전 및 비발전 분야 산업은 물론 연구개발도 큰 타격을 받을 것으로 예상된다.

현재 정부는 국가 NDC 달성을 위해 이행 전략 및 계획 수립 등을 진행하고 있다. 특히 과학기술정보통신부의 경우 기후기술 개발 및 이전 등을 통한 글로벌 협력 방안을 마련하기 위해 다양한 전략 및 연구개발 사업을 이행 중이다. 뿐만 아니라 국내 출연연구기관 및 특성화 대학 내 기후변화 대응 담당자들을 대상으로 ‘글로벌기후기술협력협의회’를 결성하여 주기적인 회의 및 세미나, 기술조사 등을 통해 국가차우너에서 기술 매커니즘의 효과적인 대응을 꾀하고 있다.

‘신기후체제 대응’이라는 범국가적 미션 뿐 만 아니라 현재 국내 상황을 고려할 때 원자력계의 적극적인 대처와 전략이 필요하다. 그 동안 기후변화에서 원자력 역할에 대한 논의는 온실가스 감축 부문에 초점을 맞추어 진행되었다. 이러한 상황에서 본 연구는 기후기술과 기술협력의 중요성에 주목, 한국원자력연구원과 연구원 Family기업이 현재 보유, 개발 중이거나 향후 개발 가능한 온실가스 감축 및 기후변화 적용에 활용 가능한 기술과 연구분야를 발굴하기 위해 추진되었다. 해당 연구 결과를 통해 효과적인 연구개발 추진 방향을 제시하고, 국가 과학기술 정책 및 에너지 정책에서 활용할 수 있도록 하는 것이 목적이다.

2. 연구 내용 및 방법

본 연구는 기후기술에 대한 이해 및 국내 기술 정책 조사, 신기후체제에 대응할 수 있는 발전원 및 비발전원으로서의 원자력 역할에 대한 조사를 진행하였다. 그 후 원자력 연구개발 분야의 기후기술 조사를 위해 총 3차에 걸친 조사 진행, 결과 분석 후 시사점을 도출하였다.

〈표 1〉 조사 개요

진행 단계	추진 활동	추진내용 요약	조사 기간
1	1차 조사	·주관: 미래부/녹색기술센터 ·조사 제목: 해외 기술사업화 프로젝트 기술수요조사 ·조사 대상: 기후기술 관련 과제책임자 ·조사 방법: 1개 연구소, 11개 본부, 1개 단 소속 48명 부서장 대상 조사 요청 → 각 부서장이 관련 과제책임자에게 전달	2016.03.30.~ 04.04.
2	2차 조사	·주관: 미래부/국가과학기술연구회 ·조사 제목: 신기후체제 대응 출연연 R&D 방향 및 협력 전략 수립 조사	2016.07.11.~ 07.15.

		·조사 대상: 기후기술 관련 과제책임자 ·조사 방법: 1개 연구소, 11개 본부, 1개 단 소속 48명 부서장 대상 조사 요청 → 각 부서장이 관련 과제책임자에게 전달	
3	조사 전략 수립	·1,2차 조사 응답률이 저조한 이유 분석 → 연구진들의 기후기술에 대한 이해 부족 및 강제성 결여 ·응답의 효용성 및 응답률을 높이기 위해 조사 대상 다변화 및 집중화 필요 → 산업, 연구, 정책 부문으로 나누어 각각 KAERI Family 기업, 원자력연 내 관련 기술 과제책임자, 원자력연 정책연구센터로 조사 대상 다변화 → KAERI Family 기업 편람 전수조사, 원자력연 과거 3년 과제 주제(대과제 기준) 전수조사를 통해 기후기술 관련 담당자로 조사 대상자 한정	
4	3차 조사	·주관: 원자력연 원자력정책연구센터 ·조사 제목: 신기후체제 대응을 위한 원자력계 기후기술 조사 ·조사 대상: KAERI Family 기업, 원자력연 내 관련 기술 과제책임자, 원자력연 원자력정책연구센터원 ·조사 방법: KAERI Family 기업 멘토 연구원(원자력연) 전달 요청, 원자력연 내 과제책임자 및 원자력정책연구센터원 대상 직접 전달	2017.03.15.~ 04.10.
5	결과 분석	·조사 결과 분석 및 시사점 도출	

II. 환경분석

1. 신기후체제에 대한 이해 및 국내외 동향

1) 신기후체제 및 기후기술

(1) 신기후체제

1997년 열린 3번째 UN기후변화협약 당사국총회에서 채택된 교토의정서(Kyoto Protocol)에 이어 2015년 제 21차 당사국총회(COP21)에서 파리협정(Paris Agreement)이 채택되면서 신기후체제가 출범하였다. 신기후체제의 목표는 산업화 이전 대비 지구 평균기온 상승을 2℃ 보다 낮은 수준으로 유지하고, 1.5℃로 제한하기 위해 노력하는 것으로 모든 국가가 장기 저탄소 개발 전략을 마련하고, 이를 2020년까지 제출하도록 노력하는 것을 요구하고 있다. 5년 단위로 이행 전반에 대한 이행점검을 위해 종합이행점검(Global Stocktaking) 및 투명성 체계를 도입하여

국가별 온실가스 감축 행동 달성 여부를 점검할 계획이다. 또한 1,000억 달러에 달하는 기후 재원의 마련을 통해 개도국 지원이 이루어질 예정으로, 앞으로 에너지 및 환경 분야 뿐 만 아니라 산업·경제 분야에서도 새로운 패러다임의 전개가 예상된다.

<표 2> 교토의정서와 파리협약 비교

	교토의정서(Kyoto Protocol)	파리협약(Paris Agreement)
대상국	37개 선진국 및 EU (미국, 일본, 캐나다, 러시아, 뉴질랜드가 불참하면서 협약 의미가 퇴색)	당사국 전부 포함 (2017년 6월 1일 트럼프 정부가 파리협약 탈퇴를 선언, 미국은 제외)
감축목표 설정	하향식(top-down); 강제할당방식	상향식(bottom-up); 국가별로 감축목표와 공약을 자율적이고 독자적으로 결정
주요요소	감축의무, 재정 및 기술지원, 선진국 및 개도국 공동이행 사업 등	장기목표, 감축, 적응, 탄소시장, 이행점검, 자원, 기술 등

(2) 기후기술

기후변화에 대응하기 위한 두 가지 개념으로 온실가스 감축과 기후변화 적응이 있다. 온실가스 감축은 기후변화의 직접적인 원인 물질인 온실가스의 배출량을 줄이거나 흡수원을 증가시켜 기후변화 정도를 감소시키는 것을 말한다. 기후변화 적응은 급격히 변화하는 기후변화에 대처하는 역량을 기르고, 상황을 개선시키거나 효과적으로 통제하기 위한 활동(녹색기술센터, 2015)으로, 기후변화로 인한 생활 및 산업·경제 보호를 위해 적응을 도모하고 예측하는 것을 말한다.

기후기술은 ‘기후변화 대응기술’의 줄임말로 기후변화 및 기후안보에 적극적으로 대응하기 위한 정보와 지식 생산 활동을 일컫는다. 1992년 6월 브라질 리우데자네이루에서 개최된 유엔환경개발회의에서 채택된 아젠다21(Agenda21)에서 기후기술에 대해 최초로 명시되었다(녹색기술센터, 2016). 통상적으로 감축과 적응 두 분야로 분류하고 있고, 과학기술정보통신부에서는 탄소저감, 자원화, 적응으로 분류한다.

<표 3> 미래창조과학부 발표 기후기술로드맵(Climae Technology Roadmap)

분야	10대 기후기술	구분	50개 세부기술군
I. 탄소저감	1. 태양전지	실리콘 태양전지	1-1. 실리콘 사용량 축소
			1-2. 모듈 제조비용 절감
			1-3. 초박형 전지 효율 제고
		차세대 태양전지	1-4. CIGS 박막 태양전지
			1-5. 페로브스카이트 태양전지

II. 탄소 자원화	2. 연료전지	상용 연료전지	1-6. 유기 태양전지
			1-7. 염료감응 태양전지
			1-8. 비정질 실리콘 박막 태양전지
		차세대 연료전지	2-9. 고분자연료전지 스택 고성능화 및 저가화
			2-10. 발전용 용융탄산염/인산형 연료전지 출력·내구성 향상
			2-11. 수소 제조 및 저장 비용 절감
	2-12. 차세대 연료전지		
	3. 바이오연료	바이오연료 생산	2-13. 고체산화물 연료전지
			2-14. 연료전지 복합발전
		신규 바이오매스	3-15. 미세조류 바이오리파이너리
	4. 이차전지	중·소형 이차전지	3-16. 바이오연료 생산 플랜트
			3-17. 미활용 바이오매스 에너지화
		대용량 이차전지(ESS)	3-18. 신규 바이오매스 자원 대량 확보
			4-19. 리튬이온전지 성능 고도화
	5. 전력IT	EMS	4-20. 초고용량 커패시터 에너지밀도 향상
			4-21. 차세대 이차전지 에너지밀도 향상
			4-22. ESS 저가화·장수명화·고효율화
		신재생 에너지 하이브리드	4-23. 차세대 대용량 이차전지
5-24. 건물/가정용 EMS 에너지 절감률 향상			
5-25. 공장용 EMS 에너지 절감률 향상			
6. CCS	CCS 기술개발 및 상용화	5-26. EMS 도약기술 개발	
		5-27. 신재생에너지간 열원 통합 및 블록히팅 제어	
7. 부생가스 전환	청정 연료	5-28. ESS 활용 전기에너지 융복합 및 V2G 기술	
		플라스틱 원료	6-29. 세계적 수준의 CO ₂ 포집비용 달성
			6-30. CO ₂ 수송 및 저장기술
	유기성 폐기물 활용	7-31. 부생가스 자원화 청정 연료 생산	
		청정 연료	7-32. 부생가스 자원화 플라스틱 원료 생산
			7-33. 유기성폐기물 자원화 수송연료 및 화학제품 생산
	8. CO ₂ 전환	화학원료·소재	8-34. 수소이용 액체연료(경유, 메탄올) 생산
			8-35. 생물 기반 플라스틱 원료 생산
			8-36. CO ₂ 플라스틱 및 신소재 생산
8-37. 전기화학 기반 화학원료 생산			
9. CO ₂ 광물화	CO ₂ 및 산업·발전부산물 활용	8-38. 태양광 기반 고부가가치 화학원료 생산 (인공광합성)	
		9-39. 친환경 시멘트·콘크리트·폐지펄프 생산	
10. 기후변화	공통 플랫폼	CO ₂ 및 석회수 활용	
		9-40. 나노탄산칼슘·자동차용복합소재 생산	
III. 기후변화	기후변화 감시·전망	기후영향	
		10-41. 기상 및 기후 고해상도 관측·예측	
			10-42. 기후위험에 대한 건강영향 감시·예측

적용	기술	관측·예측	10-43. 기후위험에 대한 식량영향 감시·예측
		기후변화 취약성·리스크 평가	10-44. 기후 영향·취약성 분석 상세화
			10-45. 기후 리스크 통합관리 기반
		피해 저감 및 회복력 강화	10-46. 기후재해 선제적 예방
			10-47. 기후재해 피해 분석·산정
			10-48. 피해 저감·복구
		중장기 대응기반 구축	10-49. 기후 위기자원 관리
			10-50. 적응정책 통합 관리

파리협정에서는 기후기술에 대한 중요성이 강조되면서 개도국이 감축 의무에 동참하는 것에 필요한 기술의 지원을 전제로 하고 있다. 또한 기술의 개발 및 이전에 대한 국가 간의 협력이 확대될 수 있도록 규정하고 있다.

2) 국내 기술 정책

정부는 2009년, ‘녹색성장 국가전략’ 및 ‘제2차 녹색성장 5개년 계획’과 연계하여 ‘중점녹색기술개발 산업화 전략로드맵’을 수립, 27대 중점 기술(재생에너지기술, 미래형원자력기술 등)을 선정하였다. 이후 2015년 10월 관계 부처 합동으로 ‘기후변화 대응 글로벌 기술협력 전략’을 발표하면서 기술 분야에서 글로벌 협력을 통해 국가 온실가스 감축을 체계적으로 지원할 수 있는 토대를 마련하였다. 이후 COP21에서 시작된 미션이노베이션(Mission Innovation)¹⁾의 일환으로 2016년 6월, ‘신기후체제의 에너지 R&D 투자 포트폴리오-청정에너지기술 로드맵’을 수립하였다. 청정에너지 기술혁신을 통해 기후변화 대응, 에너지의 안정적 공급, 경제성장에 기여하는 것을 목표로 하고 있다(한국에너지기술평가원, 2016).

〈표 4〉 미션이노베이션 청정에너지기술

6대 분야	14개 기술 영역
신재생	태양광, 풍력, 수소 및 연료전지, 바이오 등
효율향상	산업, 수송, 건물
수요관리	ESS, e-프로슈머
원자력	원자력 안전 및 해체
화력·송배전	스마트그리드, 청정화력
CCUS	이산화탄소 포집, 전환, 저장

1) 미션이노베이션: 향후 5년 내 청정에너지 분야에 대한 공공 연구개발 투자를 확대 노력하는 것을 약속. 한국은 4.9억 달러 투자 예상

III. 신기후체제와 원자력 연구개발

1. 조사 분석

본 연구에서는 원자력계의 기술 대응 및 전략수립을 위해 총 3회에 걸친 조사를 진행하였다. 1, 2차 조사(해외 기술사업화 프로젝트 기술수요조사, 신기후체제 대응 출연연 R&D 방향 및 협력 전략 수립 조사)의 경우 연구원 내 연구진들의 기후기술에 대한 이해 부족 및 강제성 결여 등의 이슈로 인해 참여도가 저조하였다. 이에 따라 3차 조사(신기후체제 대응을 위한 원자력계 기후기술 조사)에서는 설문 응답률, 답변의 정확성 및 신뢰성을 높이기 위해 조사 대상을 선별하여 진행하였다.

1) 해외 기술사업화 프로젝트 기술수요조사

과학기술정보통신부와 녹색기술센터 주관으로 진행된 본 조사는 다자개발재원(Green Climate Fund, CTCN)을 활용한 개도국 기후기술 능력배양, 국내 공공기술 이전 및 상용화를 촉진하기 위해 글로벌기후기술협력협의회 소속 기관 해외 기술사업화 프로젝트의 수요를 조사하기 위해 진행되었다.

원자력연 내 1개 연구소, 11개 본부, 1개 단 소속 48명 부서장을 대상으로 조사 취지 설명 및 양식을 공지하여 각 부서별 관련 과제책임자에게 전달하였고, 총 2건의 관련 기술 과제책임자가 응답을 완료하였다.

연번	사업 구분		<input type="checkbox"/> 기존 사업 <input type="checkbox"/> 유망 사업 제안	
추진기관	기관명			
	부서명			
	담당자	이름	직위	
		전화번호	이메일주소	
	CTCN 가입 여부	<input type="checkbox"/> 가입	<input type="checkbox"/> 미가입	
	기술협력 프로젝트 경험	<input type="checkbox"/> 보유	<input type="checkbox"/> 경험 없음	
참여기관	기존 사업일 경우 공동 참여기관, 유망사업 제안일 경우 참여를 희망하거나 필요한 기관을 명시			
프로젝트	프로젝트명			
	개요	간략한 설명		
	진행 단계	기획, 수요발굴, 능력배양, Pre F/S, F/S, 설계, Pilot, 감리, 시공, 납품, 컨설팅, 시험, 평가, 인증 등으로 진행 중을 명시		
	성공/문제요인	사업 확산 등에 중요한 지표로 활용될 예정		

(그림 1) 해외 기술사업화 프로젝트 기술수요조사

2) 신기후체제 대응 출연연 R&D 방향 및 협력 전략 수립 조사

과학기술정보통신부와 국가과학기술연구회 주관으로 진행된 본 조사는 국가과학

기술연구회 소관 25개 출연연의 연구개발 방향 및 협력 전략 수립을 위해 진행되었다. 각 기관별 기후변화 대응 수행체계 및 활동 실태에 관한 조사를 진행하였고, 조사 양식과 구성은 아래 그림과 같다.

출연(연) 新기후체제 대응 현황 관련 연구책임자 설문 조사	
소속: _____ / 부서명: _____ 작성일자: 2016년 _____ 월 _____ 일 / 작성자: _____	
안녕하십니까? 국가과학기술연구회 미래전략부입니다. 우선, 연구책임자의 무궁한 발전을 기원합니다. 본 조사는 국가과학기술연구회에서 『신기후체제 대응 출연(연) R&D 방향 및 협력 전략 수립』을 위한 기관별 현황 조사 설문입니다. 동 조사를 통해 우리 소관기관 연구책임자들께서 생각하는 기후변화 대응 수행체계 및 활동 실태를 조사하여 향후 보다 효과적인 기후변화 대응 방향 수립 등에 활용하고자 합니다. 이에 귀하의 연구 방향과 인식에 대해 고견을 구하고자 합니다. 본 설문은 아래와 같습니다: <ul style="list-style-type: none"> ▪ [Section1] UNFCCC에 의한 기후기술의 정의 및 예시목록 (본 설문조사 양식 2-5쪽) ▪ [Section2~5] 기관 차원의 설문항목 (본 설문조사 양식 6~11쪽) ※ [Section1]을 참조하여 [Section2 ~ 5]의 설문항목을 작성해주시기 바랍니다.	

(그림 2) 신기후체제 대응 출연연 R&D 방향 및 협력 전략 수립 조사(1)

[Section1] UNFCCC에 의한 기후기술의 정의 및 예시목록
1-1. UNFCCC의 기후기술의 정의
<p>기후기술은 기후변화 대응 기술(climate technologies)의 줄임말로 기후변화 및 기후안보에 적극적으로 대응하기 위한 정보 및 지식 생산 활동으로 국가 및 국민을 보호하고 관련 기후 산업의 진흥에 기여하는 기본적 요소임</p> <p>기후 기술은 크게 다음의 두 가지로 구분됨:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 저감기술 (Mitigation Technologies): 온실가스(GHG)의 배출을 감축하거나 온실가스 흡수원(carbon sink)을 증가시킴으로써 미래의 기후 변화 정도를 감소시키는 기술 2. 적응기술 (Adaptation Technologies): 기후변화로 인한 피해를 줄이고 변화된 기후를 기회로 활용하여 가치를 창출하며 기후 변화 적응을 도모하는 기술 및 기후변화 예측 기술

(그림 3) 신기후체제 대응 출연연 R&D 방향 및 협력 전략 수립 조사(2)

1차 조사와 마찬가지로 총 48명의 부서장을 대상으로 조사 취지 설명 및 양식을 전달하여 각 부서별 관련 과제책임자에게 해당 조사가 전달되었고, 총 1건의 과제책임자가 응답을 완료 하였다.

3) 신기후체제 대응을 위한 원자력계 기후기술 조사

1, 2차 조사의 응답률이 저조한 이유를 분석해 본 결과 원자력연 내 연구진들의 기후기술에 대한 이해 부족 및 강제성이 결여되었기 때문으로 판단하였다. 응답의 효용성 및 응답률을 높이기 위해 조사 대상을 다변화하고 집중화하는 전략을 취하였다.

신기후체제 대응을 위한 원자력계 기후기술 조사

안녕하십니까, 한국원자력연구원 정책연구부입니다.

본 조사는 미래창조과학부 주관 원자력정책연구과제의 일환으로 진행되는 신기후체제에 대비한 원자력계의 연구개발 전략 수립을 위한 설문입니다. 본 설문의 응답 내용을 바탕으로 정부의 기후기술 연구개발 전략이 수립될 예정입니다.

정부는 올 해 부터 기후기술현지화 지원 사업 · 기후변화 대응기술 개발사업 등 기후 관련 연구개발 사업을 활발히 진행할 예정입니다. 성실한 응답 부탁드립니다.

신기후체제의 출범으로 원자력 발전 및 비발전 분야 기술의 역할이 커질 것으로 예상됩니다. 하지만 정부가 발표한 '제1차 기후변화대응 기본계획(2016.12)' 내 청정에너지 기술 중점투자분야에 원자력 분야는 '해체' 기술만 포함되어 있는 등 다양한 정책적, 정치적 이슈로 인해 원자력계의 적극적인 대응이 필요한 상황입니다.

이에 따라 온실가스 감축(mitigation) 및 기후변화 적응(adaptation)에 활용가능한 기술·연구 분야를 발굴하여 효과적인 연구개발 추진 방향을 제시하고, 국가 과학기술 정책 및 에너지 정책에서 활용할 수 있도록 하는 것이 이번 조사의 목적입니다.

(그림 4) 신기후체제 대응을 위한 원자력계 기후기술 조사(1)

[Part 3] 기후기술 관련 질의

하단에 제시된 기후기술의 정의와 예시를 참고하시어 기후기술 관련 질의에 응답하여 주십시오.

기후기술(Climate Technologies)

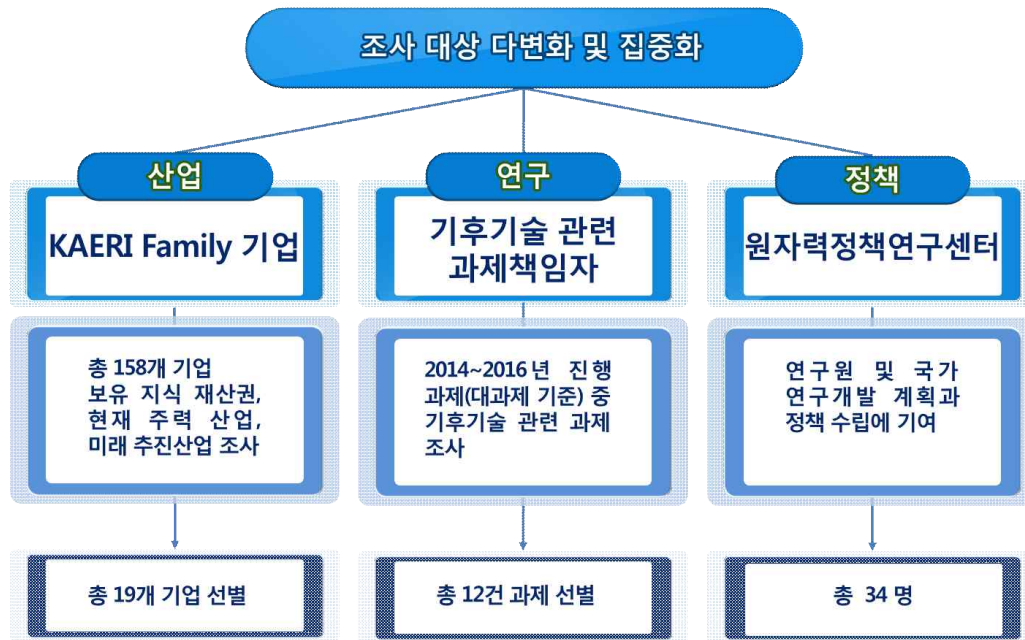
- 기후변화 대응기술의 줄임말
- 통상적으로 감축(mitigation)과 적응(adaptation) 두 분야로 분류
(미래창조과학부에서는 탄소저감(mitigation), 탄소자원화(utilization), 적응(adaptation) 으로 분류)

감축(mitigation) 기술

온실가스의 배출을 감축하거나 온실가스의 흡수원을 증가시켜 기후변화 정도를 감소시키는 기술

분야	기술 예시
에너지	전력생산·연료사용 등에서 발생하는 온실가스 관리·감축 기술 - 원자력 발전 - 태양열/태양광/태양 전지 - 풍력/수력 발전 - 열병합 발전 - 바이오매스 발전 및 활용 - 효율 증대 (예: 발전소 효율, 최종 소비자의 에너지 효율 증대)

(그림 5) 신기후체제 대응을 위한 원자력계 기후기술 조사(2)



(그림 6) 조사 대상 다변화 및 집중화

조사 대상을 산업, 연구, 정책으로 나누어 각각 KAERI Family 기업, 과제책임자, 원자력정책연구센터로 조사 대상을 다변화하였다. 효과적인 연구개발 추진 방향을 제시하고, 국가 과학기술 및 에너지 정책에서 활용할 수 있는 기후기술 및 연구분야를 발굴하는 것을 목표로 진행하였고, 기후기술 관련 인지조사 및 현재 보유하고 있거나 향후 개발 예정 혹은 제안할 수 있는 원자력 관련 기후기술 내용에 대해 조사하였다. 조사는 1)응답자 정보, 2)기후기술에 대한 인지조사, 3)기후기술의 정의 및 감축·적용 분야 예시, 4) 기술 조사로 이루어졌고, 원자력정책연구센터 대상 설문문의 경우 인지조사까지만 이루어졌다. KAERI Family 기업은 총 4건, 연구원 내 기후기술 과제는 총 7건, 원자력정책연구센터 인지조사는 총 34건의 응답을 수집하였다.

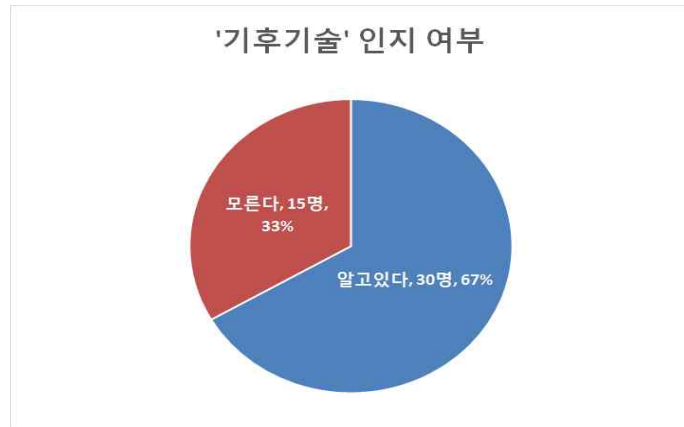
2. 결과 분석

1) 설문조사 결과²⁾

(1) 인지조사

응답자는 총 45명으로 KAERI Family 기업 4명(응답비율: 21%), 연구원 내 기후기술 과제책임자 7명(응답비율: 58%), 정책센터 총 34명(응답비율: 100%)으로 구성되어 있다.

2) 1, 2차 조사에서 취합된 내용의 경우 3차 조사 결과에 동일하게 포함되어 있는 관계로 1, 2차 조사 결과 내용을 따로 정리하지 않음



(그림 7) 기후기술 인지 여부 답변 비율

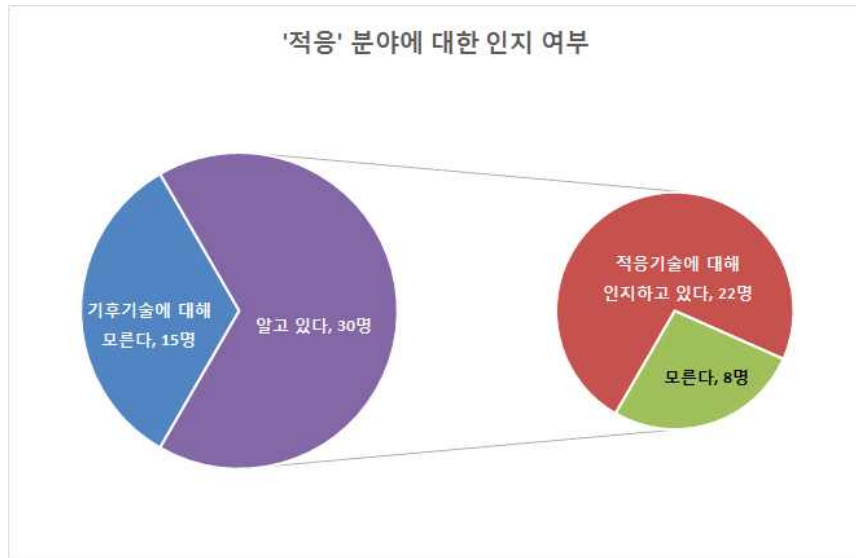
기후기술에 대해 인지하지 못하고 있는 15명 중 14명은 원자력정책연구센터 소속으로, 기후기술 관련 연구책임자나 관련 기업 담당자의 경우 기후기술의 정의에 대해 알고 있는 것으로 판단된다. 인지하지 못하고 있는 응답자를 대상으로 '녹색기술'이나 '기후변화 관련된 기술'에 대해 들어 본 적 있는지에 대해 추가 인터뷰한 결과 대부분 '녹색기술'에 대해서는 인지하고 있다.

'감축' 분야는 총 28명이 알고 있다고 응답하였고, 인지하지 못하고 있는 응답자 2인을 대상으로 추가 인터뷰한 결과 '저감'에 대해서는 알고 있었다. 저감과 감축 용어가 혼용되어 사용되어 온 것을 고려할 때 '감축' 분야에 대해서는 전부 인지하고 있는 것으로 판단된다.



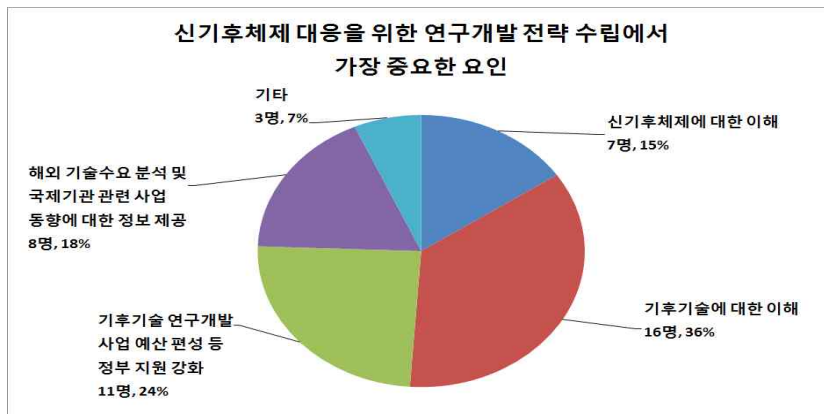
(그림 8) 감축분야 인지 여부 답변 비율

감축분야에 비해 적응분야는 인지하지 못하는 비율이 높다. 그러나 인지하지 못하는 응답자 8인 중 6인이 원자력정책연구센터 소속으로, 기후기술 관련 연구책임자는 적응분야에 대해 대부분 인지하고 있음을 알 수 있다.



(그림 9) 적응분야 인지 여부 답변 비율

마지막으로 신기후체제 대응을 위한 연구개발 전략 수립에 있어 가장 중요한 요인을 묻는 질문에서는 기후기술에 대한 이해가 가장 중요한 요인으로 꼽혔고, 예산 지원 등 정부의 역할이 중요한 것으로 인식하고 있다. 기후기술 관련 연구책임자 7명 중 4명은 정부 지원 강화, 2명은 기술수요 분석 및 관련 동향에 대한 정보제공을 꼽았다. 직접적으로 연구 과제를 담당하는 입장에서는 결국 정부의 역할이 가장 주용하다고 보고 있다.



(그림 10) 인지조사 4번 문항 답변

(2) 감축 기술 조사 결과

이번 조사에서 취합된 온실가스 감축 기술은 총 5건으로 KAERI Family 기업에서 2건, 원자력연에서 2건의 감축 관련 기술을 보유하고 있고 1건이 연구 진행 예정이다. 이 중 2건은 감축과 적응 기술에 모두 속한다.

〈표 5〉 온실가스 감축 관련 기술 조사 결과

소속	구분	기술/프로젝트 명	단계
KAERI Family 기업	보유	냉난방 수단을 이용한 개별 환기 사육 장치	연구개발
KAERI Family 기업	보유	실험동물의 오염감염 방지를 위한 자동관리 시스템	실증화
원자력연	보유	방사선융합 중전기기의 SF ₆ 가스 처리기술 개발	연구개발
원자력연	보유	수출입 농산물 검역의 MeBr 대체 친환경 기술 개발 및 적용 ³⁾	연구개발
원자력연	예정	전자빔기반 에너지회수형 수처리 시스템 개발 ⁴⁾	상용화

(3) 적응 기술 조사 결과

이번 조사에서 취합된 기후변화 적응 기술은 주로 방사선 기술을 활용한 농업 및 건강 관련 기술로 총 17 조사되었다. KAERI Family 기업에서 3건 보유 중이며 향후 1건 개발 진행 예정이고, 원자력연에서 5건의 기술을 보유하고 있고 2건이 진행 중, 1건이 진행 예정, 5건의 기술을 제안하였다. 이 중 2건은 감축과 적응 기술에 모두 속한다.

〈표 6〉 기후변화 적응 기술 조사 결과

소속	구분	기술/프로젝트 명	단계
KAERI Family 기업	보유	납면진반침의 고무 전단탄성계수 조정과 납코아 분리를 통한 면진장치 특성 개선	연구개발
KAERI Family 기업	보유	방사선융합 생물소재 기능개선 및 실용화 기술 개발	상용화
KAERI Family 기업	보유	고무블럭의 열화깊이 분석에 따른 면진장치 수명예측	연구개발
KAERI Family 기업	예정	실지진파를 통한 실규모 면진장치의 성능 확인	연구개발
원자력연	보유	방사선이용 친환경 산업소재 식물 자원 국산화, 생물자원 개발	실증화
원자력연	보유	방사선융합 농경지 토양지하수 유기오염물질 처리기술 개발	연구개발
원자력연	보유	방사선이용 식물유용물질 대량생산 기술 개발	연구개발
원자력연	보유	방사선융합 로열티 및 기후변화 대	연구개발

3) 감축 및 적응 분야에 모두 속함

4) 감축 및 적응 분야에 모두 속함

		응 화훼 유전자원 개발	
원자력연	보유	수출입 농산물 검역의 MeBr 대체 친환경 기술 개발 및 적용 ⁵⁾	상용화
원자력연	진행	방사선융합 농생물 유전자원 개발, 활용 및 국가 종합관리시스템 구축	연구개발
원자력연	진행	고기능성 식물자원 및 양성자빔 육종기술 개발	연구개발
원자력연	예정	전자빔기반 에너지회수형 수처리 시스템 개발 ⁶⁾	연구개발
원자력연	제안	방사선 식물 검역 공정 기술 개발	연구개발
원자력연	제안	방사선육종기술 활용 고온 스트레스 내성 화훼작물 개발	연구개발
원자력연	제안	간척지 및 유휴 경지를 이용한 케나프 대량생산 및 산업화	상용화
원자력연	제안	국가 동물 의약품 글로벌 복합단지	실증화
원자력연	제안	복합 환경스트레스 내성 작물 개발	연구개발

(4) 기타 건의 사항

각 연구분야 별 안정된 기초연구가 이루어질 수 있도록 주요사업의 균등한 배분 및 지원이 필요하다. 방사선 연구 분야의 경우 R&D 주요 사업이 일부 연구분야에만 편중되어 있다. 특히 환경분야는 공공기반의 성격을 가지고 있기 때문에, 평상시 주요사업을 통한 기초연구가 되어 있어야만 국가적 이슈나 사회문제가 발생했을 시 즉각적으로 현안 문제 해결형 실용화 연구를 시작할 수 있다. 또한 기후기술에 대한 정보 및 관련 기술정책에 대한 홍보가 필요할 것으로 판단한다.

IV. 결론 및 시사점

1. 결론

그 동안 기후변화에서의 원자력 역할에 대한 논의는 원자력발전 사업을 통한 온실가스 감축 부문에 초점을 맞추어 진행되었다. 이러한 상황에서 본 연구는 기후기술과 기술협력의 중요성에 주목, 연구기관 및 유관기업이 현재 보유 혹은 개발 중이거나 혹은 향후 개발 가능한 온실가스 감축 및 기후변화 적응에 활용가능한 기술과 연구분야를 발굴하기 위해 추진되었다.

총 3회의 조사를 통해 파악한 결과, 원자력발전을 통한 온실가스 감축 기여 외에도 원자력계 내에 온실가스 감축 및 기후변화 적응 기술을 다양하게 보유하고 있음

5) 감축 및 적응 분야에 모두 속함

6) 감축 및 적응 분야에 모두 속함

을 밝혔다. 산업계에서 활용 가능한 ‘SF6 온실가스 감축 기여 기술’처럼 직접적으로 온실가스 감축에 기여하는 기술을 포함, 직·간접적으로 온실가스 감축에 기여하는 기술 5건을 보유하고 있다. 기후변화 적응 기술의 경우 주로 방사선을 활용한 농업 및 건강 관련한 기술 17건을 보유하고 있는 것으로 파악되었다. 해당 결과는 현재 한국원자력연구원 및 KAERI Family 기업이 보유한 기후기술 전부를 의미하는 것은 아니며, 조사를 위한 사전 스크리닝 시 누락된 기술들도 다수 존재할 것으로 판단한다. 특히 KAERI Family 기업 대상 조사의 경우 개인정보 문제로 인해 기업 담당자에게 직접적으로 연락이 불가능하여 원자력연 내 멘토연구원을 거쳐 조사가 진행되었다. 이 과정에서 1)멘토연구원이 기후기술에 대한 인지가 없는 경우 2) 멘토연구원이 담당하고 있는 분야가 기후기술과 관계 없는 경우 3) 기업 내 연구자가 기업 내 타 기술 분야에 대한 인지가 없는 경우 등이 발생하여 응답률이 저조하였다. 하지만 이번 조사 결과를 통해 원자력계에서 발전 산업을 통한 감축 기여 외에도 감축 및 적응 분야 모두에서 다양한 기여를 할 수 있음을 증명하였다. 특히 비발전 분야의 활용을 통해 기후변화 적응 분야에 기여할 수 있는 기술이 매우 다양하다.

2. 시사점

향후 구체적이고 고도화된 연구를 진행하여 국가 기후기술 연구개발 전략 및 원자력연구개발 전략으로 직접 활용할 수 있을 것으로 보인다. 추후 연구 진행 시, 개도국 수요를 분야별로 정리하여 현재 보유 혹은 보유 할 수 있는 기술과의 직접적인 매칭이 가능한지 살펴보고, 향후 원자력계 연구 전략에 직접적인 도움이 될 수 있도록 하는 것이 필요하다. 다만 개도국 수요와 보유 기술 매칭 등의 연구는 한 기관에서 담당하여 진행하기 어려운 연구로, 연구회 혹은 재단 등의 차원에서 각 연구기관별로 협업하여 연구를 진행하는 것을 제안한다.

또한, 기후기술의 범주 특히 기후변화 적응 기술에 대한 기준이 필요하다. 과학기술정보통신부에서 발표한 로드맵 내 적응 기술과 UNFCCC가 발표한 적응 기술 간의 범주 차이가 매우 현저한 상태이고, 2017년 2월 녹색기술센터에서 발간한 녹색 기후기술백서도 적응 분야보다는 감축 기술에 초점을 맞추고 있다. 이번 연구에서도 적응 기술에 대한 개인별 이해도와 기술의 중요성에 대한 판단이 매우 다른 관계로 정확한 조사를 진행함에 있어 어려움이 있었다.

인지조사와 기타의견 결과를 통해 알 수 있듯이 향후 국가 주도의 기후기술 연구 전략이 성공적으로 수립 및 이행되기 위해서는 국내 연구 및 정책분야 전문가들의 기후기술에 대한 명확한 이해와 중요도에 대한 판단이 선행되어야 한다. 또한 정부의 명확한 지원이 필요하다. 일부 연구소 및 과제에만 연구개발 지원이 집중되는 것을 지양하고, 국가 차원에서 개도국의 수요 분석과 각 연구기관이 보유하고 있는 기술들에 대한 분석이 명확하게 이루어진 후에 연구개발 전략을 세우는 것이 필요

하다. 마지막으로 제대로 된 연구개발 전략을 수립하고 연구진들의 자발적인 참여를 이끌어 내기 위해서는, 기술 활용이나 개도국으로의 기술 이관 시 국가 NDC 달성에 얼마만큼의 영향을 미치는지에 대한 성과 측정 기준이 필요하다.

참 고 문 헌

- 이은영 외 3인 (2016), 「신기후체제 대응 출연연 R&D 방향 및 협력 전략 수립」, 세종: 국가과학기술연구회.
- 심우배 외 6인 (2012), 「기후변화에 따른 국토취약성 분석과 적응방안」, 세종: 국토연구원.
- 오채운 외 4인 (2016a), 「기후기술 개발 및 이전에 대한 국제협력 정책 동향」, 서울: 녹색기술센터.
- 오채운 외 3인 (2016b), 「신기후체제 하에서의 기술협력 제도적 방향」, 서울: 녹색기술센터.
- 외교부 (2015), 「기후변화 바로알기」, 서울: 외교부.
- 한국에너지기술평가원 (2016), 「신기후체제의 에너지 R&D 투자 포트폴리오 청정에너지기술 로드맵」, 서울: 산업통상자원부.
- 한국원자력연구원 (2016a), 「KAERI Family 기업」, 대전: 한국원자력연구원.
- IAEA (2014), Energy Electricity and Nuclear Power Estimates for the Period up to 2050, Vienna: IAEA.
- IPCC (2014), Climate Change 2014: Synthesis Report , Geneva: IPCC.