

원자력 안전연구의 역할과 향후 추진방안 Role of Nuclear Safety Research and Future Plan

김웅식, 이종인, 강석철, 박윤원, 이재훈, 김만웅, 이창주

한국원자력안전기술원
대전광역시 유성우체국 사서함 114

박영일

과학기술부
경기도 과천시 중앙동 1번지

요 약

본 보고에서는 원자력 안전분야 연구의 개선을 위하여, 안전연구의 범위와 원자력시설 안전관리에 있어서의 안전연구의 역할을 고찰하며, 산학연 역할 분담 최적화를 통한 연구결과 활용성 제고 방안을 제시한다. 개선방안으로서 공통의 연구영역에 대한 공동기획을 통한 역할분담, 연구수행 기관간 상호 연계성 제고, 연구결과의 활용성을 제고하기 위한 수요자의 의견 반영 등이 도출되었다. 도출된 방안들은 산학연 간 토의 및 의견수렴을 거쳐 안전연구 기획 및 연구 수행과정에 반영함으로써 안전연구의 활성화 및 효율화에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

Abstract

For promoting and improving nuclear safety research activities, this report gives an insight on the scope of safety research and its role in the safety management of nuclear installations, and suggests measures to adequately utilize the research results through taking an optimized role share among research organizations. Several measures such as cooperative planning of common research areas and proper role assignment, improvement of the interfaces among researchers, and reflection of end-users' opinion in the course of planning and conducting research to promote application of research results are identified. It is expected that the identified measures will contribute to enhancing the efficiency and effectiveness of nuclear safety research, if they are implemented after deliberating with the government and safety research organizations.

1. 서 론

국내 원자력안전분야 연구는 1997년에 수립된 원자력 중장기연구 10년 계획 (1997-2006) 에서부터 독립적인 분야로 자리를 잡기 시작하였다. 법적 근거에 의거하여 5년 단위로 수립 및 시행되는 안전분야 연구사업은 조만간 10년 단위 계획 중 제1단계 (1997-2001) 사업을 종료하고 제2단

계 (2002-2006) 사업에 진입하게 된다. 정부를 비롯한 연구사업의 주관업무를 맡고 있는 기관들은 제1단계 사업 성과들을 분석 평가하고 문제점들을 도출하는 등 제2단계 사업의 시행에 앞서 안전 분야 연구의 효율적 추진 방안을 모색하기 위하여 다양한 노력을 경주하고 있다. 지난해 발생한 월성원전 중수누출사고 이후 실시된 원전안전점검을 계기로 안전분야 연구투자비중의 확대, 안전 연구에 대한 종합적이고 체계적인 기획 및 관리의 필요성이 제기됨으로써 이러한 노력은 더욱 가속화하게 되었다.

이상의 긍정적 환경에도 불구하고 원자력 안전분야 연구는 원자로열수력 및 규제기술개발 등 특정분야에 치중하여 수행됨으로써 연구내용에 대한 공감대 형성이 미흡하고, 연구결과의 활용이 저조하다는 지적들이 있으므로 [1-2] 안전연구 범위에 대한 논의를 통해 보다 포괄적인 연구수행 방안을 모색하고, 활용성 강화를 위해 연구 수행기관간 역할 분담 및 연계체계 구축 등의 개선이 요구되고 있다.

한국원자력안전기술원에서는 안전연구의 효율적 추진을 위한 산학연 의견 수렴 방안의 하나로써 안전분야 R&D 워크숍과 전문가회의 및 현장 설명회를 개최하여 오고 있으며 [3-5], 연구투자 불균형, 연구과제간 연계성 부족, 연구결과의 활용성 및 실용성 미흡 등의 문제에 대한 해결방안과 안전연구 분야 산학연 협동방안을 제시한 바 있다 [6].

본 보고에서는 안전분야 연구 활성화를 위하여, 안전연구의 범위를 고찰해 보고, 원자력시설 안전관리에 있어서의 안전연구의 역할을 조명하며, 산학연 역할 분담 최적화 및 이를 통한 연구결과 활용성 제고 등을 포함하여 향후 2단계 연구사업을 효율적으로 추진하기 위한 대안들을 제시하고자 한다.

2. 안전연구의 분류와 안전관리에서의 역할

2.1 안전연구의 분류

IAEA의 원자력시설에 대한 안전 기본문서 [7] 및 자문그룹보고서 [8]에 기초하면 안전연구는 “원자력 이용시설의 건설 및 운영을 지원하거나, 규제할 목적으로 시설의 방사선 재해로부터 개인, 사회 및 환경을 보호하는 데 필요한 지식을 획득하고 이를 관련 활동에 적용하기 위하여 수행하는 제반 연구개발 활동”으로 정의할 수 있다. 즉, 정의로부터 안전연구는 안전규제를 위해 수행하는 연구(안전규제연구)와 시설의 건설 및 운영을 지원하기 위해 수행하는 연구(가칭 : 안전지원연구)로 분류할 수 있다. 한편, 정부의 역할과 관련된 문서 [9]에서는 원자력시설에 대한 안전연구개발의 수행, 총괄 및 조정을 위한 규제기관의 역할 중요성이 강조되고 있다. 그림 1에는 안전연구의 분류방안이 제시되어 있다. 타 연구분야와 동일하게 안전연구 분야에도 기초기반기술 및 응용기술이 존재하며, 연구주체의 특성을 고려하여 할당되는 기관고유사업을 뒷받침하는 기술로서 고유기술이 있다. 따라서, 현재의 연구범위를 방사선재해로부터 공공 및 환경을 보호하는 데 필요한 원자력이용시설의 규제 또는 안전성 향상을 위한 모든 연구 대상으로 확장해야 할 것으로 판단된다. 그림에서 보는 바와 같이 Region I은 원자력 시설의 안전규제를 위한 연구 영역이며, Region II는 시설의 설계/건설/운영 안전성 확보 및 향상을 위한 연구영역이다. 두 연구영역간에 공통영역 (Region X)이 존재하며, Region I 및 Region II 주관연구기관간에 중복연구 가능성이 있는 부분으로서, 효율적 연구추진을 위해 역할분담 중요성이 강조되는 영역이라 할 수 있다.

2.2 안전관리활동에서의 안전연구의 역할

그림 1에 분류되어 있는 안전규제연구 (Region I) 와 안전지원연구 (Region II) 는 연구대상, 연구 결과의 활용 및 수혜자 관점에서 구별되는 연구활동으로서 각각 원자력이용시설의 안전관리에 있어서 나름대로의 역할을 갖고 있다. 안전규제연구는 규제기준, 규제의사결정에 필요한 지식, 안전성 검증 및 평가기술 등을 연구대상으로 하여 원자력법령, 규제지침의 제·개정, 인허가심사/검사 시 안전성 검증 및 평가 등에 연구결과를 활용하는 활동이다. 반면에 안전지원연구는 안전관련 산업표준, 안전성 입증기술 및 원자력시설의 안전성 향상방안을 연구대상으로 하여, 시설의 설계 및 운영개선, 인허가 및 변경허가관련 안전성 입증 등에 연구결과를 활용한다. 표 1에 연구대상, 수행주체, 예산, 연구결과 및 결과활용 관점에서의 안전규제연구 및 안전지원연구의 차이를 제시하였다.

안전규제 분야의 안전관리 활동은 규제기준의 설정 및 적용, 인허가 심사 및 허가 발급, 안전성능의 검사/감시/평가, 안전정보의 검토 및 평가 등을 포함한다. 안전규제를 이행하는 과정에서 인허가 현안, 규제경험, 미래규제 예측 등으로부터 안전연구 수요를 도출하게 되며 이들을 해결하기 위한 안전연구를 수행하고, 그 결과들은 안전규제 이행에 활용하게 된다. 원자력시설의 설계/건설/운영을 담당하는 피규제분야에서는 규제기준의 준수, 사고예방 및 완화조치 이행, 방사선방호 운전경험의 반영 등과 같은 안전관리 활동을 수행하게 되며, 이 과정에서 경험하는 되는 인허가, 사건 및 사고 관련 현안으로부터 안전연구 수요를 찾게 되며 이의 해결을 위한 자체연구 또는 위탁 연구를 수행하고 연구결과를 안전성 향상을 위한 성능개선 및 운전편의성 개선에 활용하게 된다. 안전규제 및 원자력시설의 운영 주체 이외의 산학연에서도 자체연구, 공동 및 협동연구, 위탁연구의 형태로 안전연구를 수행할 수 있다. 이 안전연구에는 현상의 실험적 연구, 안전성 입증용 전산코드 및 모델 개발 등 기초기반 연구들이 포함되는데, 이들은 안전규제 및 운영관련 안전연구의 기반기술을 제공함으로써 안전관리에 기여하게 된다.

3. 안전연구 추진현황 및 현안

안전분야 연구과제간 연계성 및 연구결과 활용 효율성을 파악하기 위하여 현재 안전분야 연구를 주관하고 있는 기관들이 추진하고 있는 안전분야 연구과제들을 분석하였다 [10-11]. 규제분야의 안전연구 (안전규제연구) 는 규모에 비하여 상당히 포괄적으로 수행되고 있으며, 주로 규제 또는 검증체제, 평가 및 검증기술, 규제지침 개발, 현안평가 등에 초점을 두고 있다. 산업계의 안전지원연구는 안전현안 해결, 인허가 지원을 위한 분석 및 평가, 설비의 개선, 측정 및 관리 기술의 개선에 초점을 두고 있는 한편, 연구기관의 안전지원연구는 대형 실험연구, 코드개발 등을 수행하고 있으며 상당한 연구내용들이 규제기관이나 산업계가 안전성을 추구하는데 직접 필요로 하는 기술들을 개발하고 있어서 연구결과 활용 관점에 대한 고려가 필요하다. 전반적으로 연구수행기관과 수요기관간의 상호연계가 미흡함으로 인하여 연구결과 활용이 미진한 것으로 나타났다. 이는 연구기획 및 연구수행과정에서 결과를 활용하게 되는 수요자의 의견이 매우 중요하다는 것을 의미한다.

그림 2에서 보는 바와 같이 안전지원 연구의 결과는 안전규제 또는 원자력시설 현장에 적용된다. 기술기준의 개발과 같은 연구결과는 안전규제에의 적용성이 평가되고 법적인 체도를 통해 위

상이 부여됨으로써 규제에 활용할 수 있게 된다. 또한, 변경허가를 위한 안전성 입증 등의 연구 결과는 인허가 신청을 통해 직접 규제행위에 활용될 수도 있다. 한편, 안전지원연구 결과들은 안전성 향상 및 설비개선 등에 직접 활용하게 된다. 결국, 안전연구의 결과들이 적절히 활용되기 위해서는 연구결과를 활용하는 수요자와의 긴밀한 연계체계의 유지가 요구된다. 이를 위해 산학연 협동 및/또는 공동연구 체제가 적합한 방안일 수 있다. 그림 3은 산학연 협동/공동연구를 통하여 연구결과의 활용성을 효율적 연구수행 예를 보여주고 있다.

4. 안전규제연구의 개선

2단계 (2002-2006) 안전규제연구의 효율적 추진을 위하여 한국원자력안전기술원에서는 기획방향을 모색하고 이에 기초한 종합계획의 수립을 추진하고 있다. 종합계획 수립을 위한 추진체계가 그림 4에서 보여진다. 계획은 크게 현행과제에 대한 자체평가, 국내외 연구현황 평가를 통한 신규 연구수요 도출, 안전관리의 기준이 되는 원자력법령의 분석으로 통한 연구수요의 타당성 검증 등으로 구성되어 있으며, 이들의 결과를 종합함으로써 현행 안전규제 기술수목도 [12]를 개선한 2단계 안전규제연구 기술수목도가 완성되며, 기술별 상세 개발계획, 투자우선순위 등을 종합한 Master Plan를 완성하게 된다. 향후 안전규제연구는 원전 현장의 안전성 현안에 근거한 연구, 신규원전 안전성 향상 보다는 가동원전의 안전성 향상에 관한 연구에 초점을 두며, 신규규제요건의 경우에는 사전연구 수행과정의 공개를 통해 사업자가 규제를 예측할 수 있도록 할 예정이다.

5. 향후 개선방안 및 계획

이상에서 논의한 안전연구의 범위, 안전관리와 안전연구의 관계 및 연구결과의 활용방안 등을 토대로 향후 안전연구의 추진에 있어서 다음과 같은 개선 방안을 제안하고자 한다.

- (1) 안전분야 연구에 대한 기획의 경우 각 주관기관의 고유영역은 주관기관이 수행하고, 그림 1의 공통영역 (Region X) 에 대해서는 공동기획을 통한 역할분담을 모색하여, 연구수행 기관 간 상호 연계성 제고 및 연구수행의 효율성을 추구하여야 한다.
- (2) 각 주관기관의 고유 연구영역일지라도 연구결과의 활용성을 제고하기 위하여 수요자의 의견이 기획 및 연구수행 과정에 반영될 수 있는 제도적 장치의 마련이 필요하다.

상기 제안사항을 포함하는 안전연구분야 현안에 대한 논의 및 산학연 의견수렴을 위하여 제3회 안전분야 R&D 워크숍을 2000년 11월 개최할 예정이다.

안전규제연구 분야에 대해서는 다양한 환경변화를 고려한 신규의 연구수요 및 안전현안을 도출하는 등, 안전규제연구 기술수목도 개선을 포함하는 2단계 종합계획 (2002-2006) 의 수립을 위한 노력을 경주할 예정이다.

참고문헌

- [1] 방광현 등, 원자력안전 연구개발 방향 기획조사 연구, 2000. 3, 원자력안전연구기획위원회
- [2] 원자력안전연구 간담회자료, 2000. 7. 12, 한국과학기술평가원

- [3] 제1회 MOST-KINS 중·장기 R&D Workshop 자료집, 1998. 11, 과학기술부/한국원자력 안전기술원
- [4] KINS/AR-695, "제2회 원자력 안전분야 R&D 워크샵 결과보고서", 1999. 11, 한국원자력 안전기술원
- [5] KINS/PR-XXX (Draft), "원자력안전규제연구 현장설명회 및 토론회 개최 결과보고서", 2000. 10, 한국원자력안전기술원
- [6] 이종인 등, 원자력안전연구의 현황과 향후 방향, '99 추계학술발표회 논문집, 1999. 10, 한국원자력학회
- [7] IAEA SS No. 110, The Safety of Nuclear Installations, 1993, IAEA
- [8] IAEA INSAG-12, Basic Safety Principles of NPPs, 1999, IAEA
- [9] IAEA SS No. 50-C-G, Code on the Safety of Nuclear Power Plants : Governmental Organization, 1988, IAEA
- [10] 2000년도 원자력연구개발 중·장기계획사업 과제제안요구서, 2000. 1, 과학기술부/한국과학기술평가원
- [11] 전력연구원 1999년도 연차보고서, 2000. 2, 전력연구원
- [12] KINS/AR-448, "원자력 안전규제연구 중장기 계획", 1997. 3. 한국원자력안전기술원

표 1 안전규제연구와 안전지원연구의 차이

항 목	안전규제연구	안전지원연구
연구대상	<ul style="list-style-type: none"> • 규제기준 (지침 및 규제입장 포함) 근거 개발 • 규제의사 결정에 필요한 지식의 개발 • 사업자의 안전성 이행 검증/평가기술 개발 • 안전성 현안 해결방안 개발 (규제경험에 기초) • 안전성 향상을 위한 인허가 제도 개발/개선 	<ul style="list-style-type: none"> • 안전관련 산업표준 개발 • 안전성 입증기술 개발 • 안전성 현안 해결 연구 (시설의 설계/건설/운영경험에 기초) • 안전성 향상을 위한 원자력시설의 설계개발/운영개선 연구
수행주체	<ul style="list-style-type: none"> • 규제기관 	<ul style="list-style-type: none"> • 원자력사업자 • 연구기관
예 산	<ul style="list-style-type: none"> • 정부 (규제분야) 	<ul style="list-style-type: none"> • 원자력사업자 • 정부
연구결과	<ul style="list-style-type: none"> • 규제해석을 위한 검증용 전산코드 및 모델 • 규정, 규제지침, 규제입장 • 신규의 규제방법 • 안전현안 해결 및 규제 의사결정을 위한 기술배경 • 규제정책 및 제도 	<ul style="list-style-type: none"> • 원자력시설의 설계/운영 개선 (안) • 안전성 입증용 해석도구 • 안전성 입증용 해석/실험결과 • 인허가신청용 보고서 • 산업계 지침/표준 (안)
결과활용	<ul style="list-style-type: none"> • 원자력법령, 규제지침의 제·개정 • 인허가 심사 및 검사시 안전성 검증 및 평가 • 안전관련 현안에 대한 규제조치 	<ul style="list-style-type: none"> • 원자력시설의 설계 및 운영개선 등 안전성 향상 • 인허가 심사/검사 및 변경허가관련 안전성 입증 • 산업표준/지침 제·개정

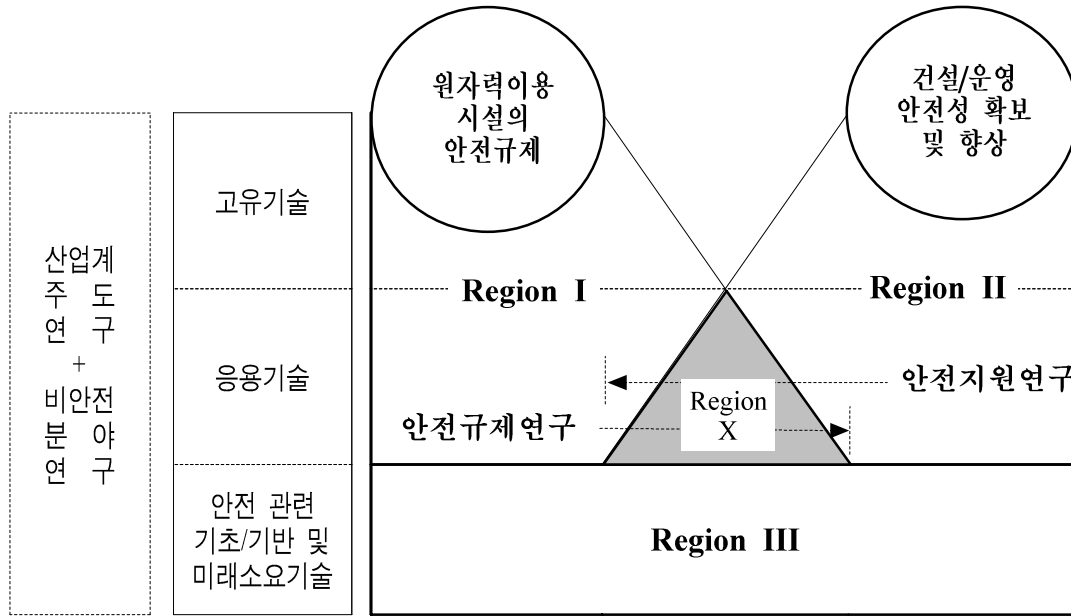


그림 1 안전연구의 범위와 분류

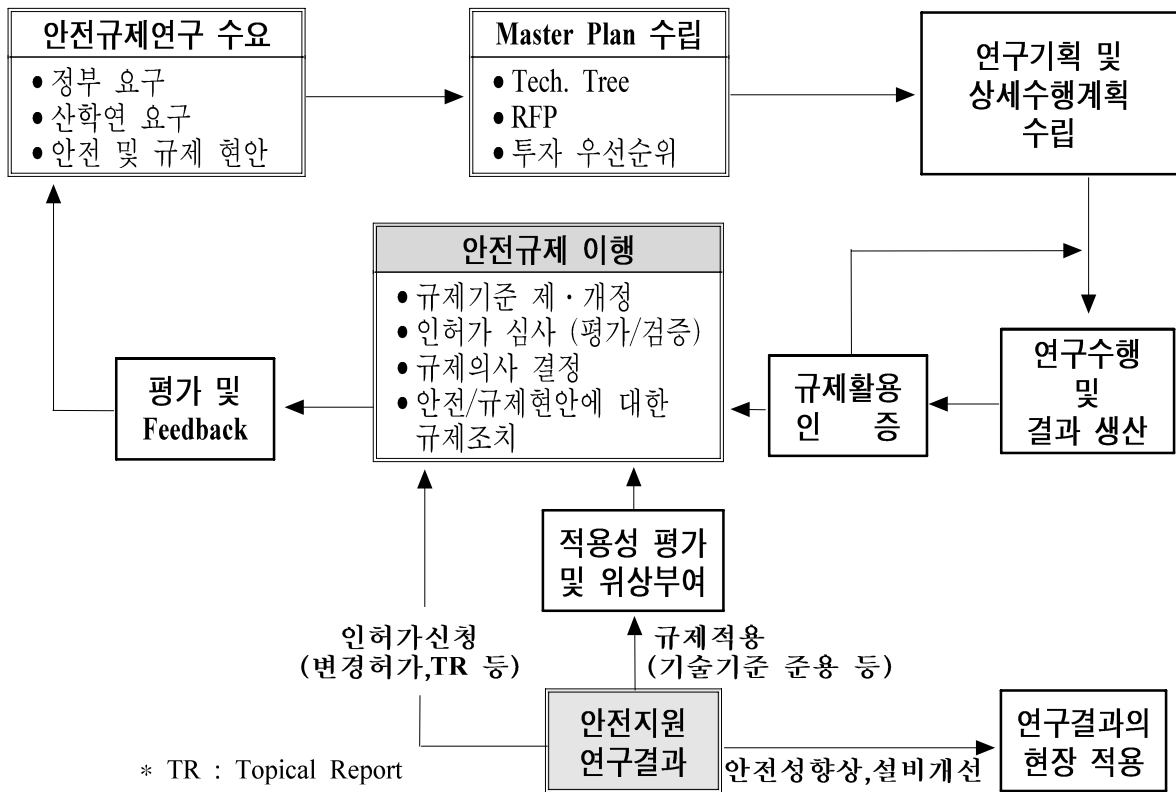
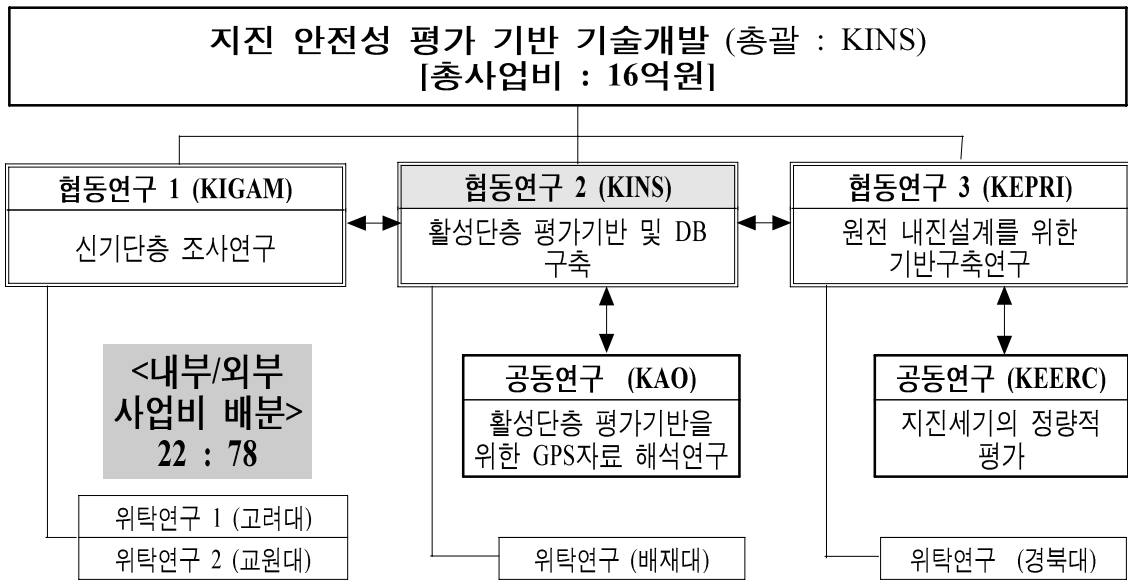


그림 2 안전연구 결과의 위상부여 및 활용



KIGAM : 한국자원연구소, KEPRI : 전력연구원, KAO : 한국천문연구원, KEERC : 한국지진공학센터

그림 3 지진 안전성 평가 기반 기술개발 (중과제) 추진체계

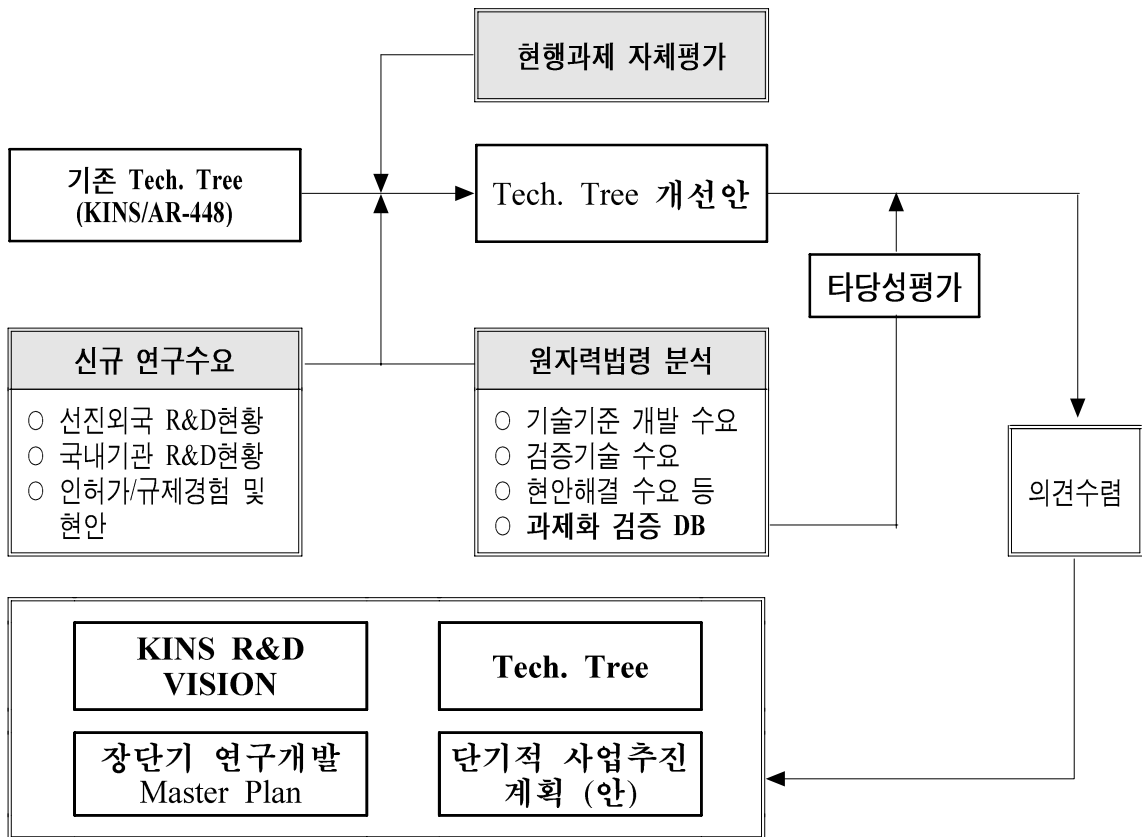


그림 4 안전규제연구 개선을 위한 추진 전략 및 체계