

## 원자력 안전규제연구의 현황과 향후 방향 Status of Nuclear Regulatory Research and its Future Perspectives

이종인, 김용식, 김만용

한국원자력안전기술원  
대전광역시 유성우제국 사서함 114

### 요 약

안전규제연구의 수행체계, 연구분야 및 내용, 연구의 목표 및 연구비 투자규모를 분석하고, 이를 토대로 규제연구 수행상의 주요 현안들을 도출하였으며, 향후 안전규제연구의 추진방향과 전략도 제시하였다. 연구결과 안전규제연구를 포함한 안전연구분야에 대한 투자의 미흡, 과제간 연계성 부족, 연구성과의 확산 및 실용화 미진 등이 주요 문제점으로 나타났다. 이에 대한 해결방안으로 규제연구를 포함한 안전연구 전체를 종합적으로 조망할 수 있는 선도과제의 신설과 이를 기반으로 산·학·연 공동, 협동 및 위탁연구 체제의 구축, 과제간 연계성 증진을 위한 종합 조정기능을 강화하며, 연구성과의 질적 향상을 통하여 연구결과의 확산 및 실용화를 증진할 수 있도록 연구결과 인증제도를 수립, 시행하고, 국제공동연구 활성화를 위한 국제협력의 강화 등의 방안을 제시하였다. 또한 지식 및 정보기반 연구운영체제의 구현을 위하여 연구결과물 및 관련 기술정보에 대한 디지털화도 제시하였다. 제시된 방안들은 향후 정부 및 산·학·연 유관기관들과의 토의를 거쳐 확정, 시행함으로써 원자력 안전분야 연구의 효율성을 제고하는데 기여할 수 있을 것으로 전망한다.

### Abstract

A comprehensive investigation of the regulatory research comprising an examination of the research system, its areas and contents, and the goals and financial resources is undertaken. As a result of this study, the future direction of regulatory research and its implementation strategies are suggested to resolve the current issues emerging from this examination. The major issues identified in the study are; (a) an insufficient investment in nuclear regulatory and safety research, (b) an interfacial discrepancy between similar research areas, and (c) a limitation of utilizing research results. To resolve these issues, several measures are proposed: (1) developing a *lead project* to establish a comprehensive infrastructure for enhancing research cooperation between nuclear organizations including institutes, industry, and universities, with an aim to improve cooperation between projects and to strengthen overall coordination functions among research projects, (2) introducing a *certification system* on research outcome to promote the proliferation of both research results themselves and their application with a view to enhancing the research quality, (3) *strengthening the cooperative system* to promote the international cooperative research, and (4) *digitalizing* all documents and materials relevant to safety and regulatory research to establish *KIMS* (knowledge and information based management system). It is expected that the aforementioned measures suggested in this study will enhance the efficiency and effectiveness of both nuclear regulatory and safety research, if they are implemented after deliberating with the government and related nuclear industries in the near future.

## 1. 서 론

2000년초 원자력기술 선진국 수준 진입을 목표로 한 “원자력 연구개발 중·장기계획 (1992 - 2001)” 이 1992년 수립되어, 각 기관별 특성에 맞추어 다양한 연구과제를 수행하여 왔다. 원자력 연구개발 중·장기계획이 시행된지 5년이 지난 시점인 1997년에는 향후 10년간 (1997 - 2006) 계획을 재조정하는 과정에서 총 7 개 연구분야가 확정되었으며 “원자력안전” 분야가 독립적인 연구 분야로 자리를 잡게 되었다. 원자력안전분야 총 6개 대과제중 원자력안전규제기술개발, 방사선안전규제기술개발 및 원자력안전규제요건 설정 연구 등 3개 대과제를 한국원자력안전기술원 (이하 안전기술원) 이 수행하여 오고 있는데, 안전기술원은 원자력 연구개발 중·장기계획에 기초하여 1994년에 원자력안전연구 중장기 발전계획 (안) [1]을 수립하여 효율적 연구체제를 확립하였으며 이 계획(안)을 수정·보완하여 “원자력 안전규제연구 중장기 계획 (1997 - 2006) [2] 을 1997년 확정함으로써 안전규제연구가 본격적인 궤도에 진입하게 되었다.

1998년도 정부의 정부출연연구소에 대한 경영혁신, 민간기업 연구 공동화 현상 및 국가 전력산업의 구조개편, 국제 원자력동향의 변화 등 급변하는 국내·외적 연구개발 환경여건에 능동적으로 대응하기 위하여 중장기 연구계획 전반에 대한 수정 및 보완작업을 수행하였으며, 1999년도에 개차 개편작업이 이루어졌다. 한편, 안전기술원에서 수행중인 안전규제연구의 문제와 해법에 대해 그 동안 정부 등과 다양한 논의 [3]가 있어 왔으며, 이 과정에서 연구투자 미흡 및 불균형, 유사 연구분야간의 연계성 부족, 연구결과의 활용성 및 실용화 미흡 등이 지적되었다. 또한 신규과제를 도출하고, 개발이 필요한 기술 등을 분석·평가하여 세부과제에 반영하는 기능을 갖는 선도과제 (Lead Project) 의 설치가 필요하다는 의견도 제시됨으로써 향후 안전연구의 최적화 및 연구결과의 활용성 강화를 위한 방안이 시급히 마련되어 이행되어야 할 것으로 보인다.

본 기술보고는 안전기술원의 개원이래 안전규제연구를 포함한 안전연구의 변천을 살펴보고, 연구수행의 다양한 문제에 대한 분석과 문제에 대한 대책을 제시하며, 안전연구 분야의 산학연 협동방안을 포함하는 바람직한 향후 추진방향에 대해 제언하고자 한다.

## 2. 안전규제연구의 변천과 현안

### 가. 연구수행 체제

1981년말 한국에너지연구소 (현 한국원자력연구소) 내에 안전규제를 지원하기 위하여 발족된 안전기술원의 전신인 원자력안전센터는 독립하기 전까지 기본연구, 일부 특정연구사업 및 산업체로부터의 수탁연구 등에 의존한 소극적 안전규제연구를 수행하였었다. 1992년 원자력 중·장기 계획사업이 확정된 이후 체계적인 연구과제의 발굴과 더불어 연구개발 전담부서의 설치 필요성이 제기됨으로써 1995년 안전규제연구부가 신설되었고 그 산하에 과제책임자들이 구성원인 몇 개의 부서가 설치되면서 본격적인 안전규제연구 체제를 갖추게 되었다. 이와 함께 향후 개발해야 될 세부연구과제를 포함하는 기술수목도 (Tech Tree)도 개발되었다. 1997년 원자력안전규제연구 중장기계획을 수립하는 과정에서 안전규제기술개발, 원자력안전규제요건 설정 연구 및 방사선 안전규제기술 등 3개 대과제하에 13개 분야 62개 세부과제로 정비되었다. 1998년에는 국가 경제난에 능동적으로 대응하기 위하여 중장기 연구과제에 대한 보완기획 과정을 거치면서 원자력 안전규제 기술개발과 방사선 안전규제 기술개발 등 2개 대과제로 통합, 조정되었고, 세부과제는 단위 요소 기술중심으로부터 종합안전규제지원 체제로, 전문분야 중심에서 직무중심으로 재편되었다. 그러나, 다양한 전문 기술분야를 다루어야 하는 안전규제를 위한 연구수요를 충족하기에는 아직도 과제 수행체제에 미진한 부분이 존재하고 있다.

## 나. 연구목표

안전기술원 설립 초기의 안전규제연구는 산학연의 연구교류와 우리 실정에 맞는 고유기술을 개발하는 데 목표를 두고 수행되어왔다. 1992년 중장기계획 확립시점부터는 2001년까지 안전규제기술을 선진화하고 우리 기술에 의한 주요 안전문제에 대한 사전조치 및 적시에 규제판단을 내리기 위한 독립적 확인기술의 개발을 목표로 잡게 되었다. 최근에 와서 국제규범에 부합하는 안전규제제도 및 기술기준을 수립하고, 국제수준의 안전규제 기술력 배양을 통한 선진화를 이룩하며, 규제연구 결과를 실용화함으로써 대내외에 최상의 규제기술을 서비스하는 것을 종합목표로 설정하여 연구를 수행중에 있다.

## 다. 연구분야 및 연구비 규모

원자력중장기 계획사업이 확정된 이래 안전연구 분야의 연구비는 표 1에서 보는 바와 같이 초기의 30억 원대로부터 '98년에는 100억 원 이상으로 상당히 증가하게 되었는데 전체 연구비중 안전연구 투자비가 차지하는 비중은 초기 15% 대로부터 최근에는 10% 수준으로 감소되었다. 이중 안전규제연구가 차지하는 연구비는 13억 원 수준에서 40억 원 수준으로 상당한 향상을 보이고 있지만, 투자비중은 전체 중장기 계획사업 연구비의 3 ~ 4%에 머물고 있어서 안전성 확보를 위한 투자규모의 증대가 필요하다. 안전연구 분야에 있어서는 투자대비 안전성 향상 관점에서 가동원전의 증가 및 노령화에 따른 대책이 필요함에도 불구하고 신규원전에 대한 투자에 비해 가동원전에 대한 투자가 미흡한 것이 현실이다. 또한, 국제적인 연구동향에 의하면 설계안전성 보다는 운전 안전성 향상에 많은 노력을 기울이고 있으나, 국내 안전연구 투자는 설계 안전성 향상에 집중되고 있어서 투자 불균형 해소가 시급한 실정이다. 또한, 가압경수로에만 연구투자가 집중되고 있어서, 현재 4개 초기가 운영중인 CANDU 형 원자로와 관련된 연구에의 투자가 적극 고려되어야 한다. 한편, 안전기술원이 수행하는 원자력시설의 안전성 평가 및 안전규제 특성상 모든 분야의 기술을 필요로 하므로, 안전연구에 참여하는 기관의 연구과제간에 충분한 연계성을 유지하여 연구결과를 공동으로 활용하는 것이 바람직하다. 그러나, 현재의 안전연구 수행체제에서 이러한 연계성을 종합조정 및 관리하는 기능이 미흡함에 기인하여 연구결과 활용성을 저하시킬 뿐만 아니라 연구의 중복투자 가능성도 다분히 존재하고 있다.

표 1. 원자력 중장기계획사업의 안전연구 (안전규제연구) 투자현황 (단위 : 억원, %) [4-6]

구 분	1992		1993		1994		1995		1996		1997		1998	
	금액	비율	금액	비율	금액	비율	금액	비율	금액	비율	금액	비율	금액	비율
원자로(핵연료)	15.59	7.3	44.18	11.2	61.85	11.9	84.87	14.8	270.6	35.6	188.0	24.0	291.0	28.4
원자력안전 (안전규제기술)	<b>32.79</b> (13.40)	15.4 (6.3)	<b>59.28</b> (12.00)	15.0 (3.0)	<b>74.37</b> (15.00)	14.3 (2.9)	<b>72.64</b> (22.71)	12.7 (4.0)	<b>127.4</b> (47.54)	16.7 (6.2)	<b>68.49</b> (21.19)	8.8 (2.7)	<b>110.6</b> (40.07)	10.8 (3.9)
방사성폐기물	30.59	14.3	40.08	10.2	34.10	6.60	27.85	4.90	-	-	234.9	30.0	224.0	21.8
방사선이용(방호)	26.80	12.6	42.68	10.8	54.66	10.5	63.39	11.1	84.63	11.1	106.0	13.6	165.0	16.1
기반기술	107.4	50.4	207.8	52.8	294.2	56.7	324.9	56.4	278.5	36.6	184.6	23.6	233.4	22.9
계	213.18	100.0	394.08	100.0	519.16	100.0	573.61	100.0	761.17	100.0	781.99	100.0	1026.0	100.0

## 라. 연구결과의 평가 및 활용

연구결과를 적절히 평가하기 위해서는 명확한 평가기준의 수립이 필요하다. 원자력 중장기 연구과제의 평가시 신기술의 개발 및 산업에의 응용, 특허의 등록 또는 논문의 발표건수 등을 기

준으로 하고 있다. 그러나, 안전규제연구의 특성상 규제요건, 규제지침 및 기술기준의 개발과 이에 대한 기술적 근거의 마련 혹은 검증평가기술의 개발 등 직접 안전규제에 활용할 수 있는 결과물을 생산해야 하므로 기초, 응용 및 실험관련 타 연구분야와 동일한 평가기준을 적용하여서는 곤란하므로 이에 적합한 평가적도의 개발 및 적용이 필요하다. 현재 정부와 연구결과 평가기관이 안전규제연구의 특성을 고려한 성과중심의 과제도를 및 평가적도의 적용을 위하여 노력을 기울이고 있다.

안전연구의 결과 활용을 통한 안전성 향상은 안전규제에의 적용을 통해 그 가치를 극대화 할 수 있다. 국내 안전분야 연구는 전체적인 조화와 종합적 조정이 없는 상태로 연구를 진행하여 왔기 때문에 수요에 부응하는 과제 도출은 물론, 적시에 필요한 결과를 제공하지 못하고 있다. 안전규제연구의 경우 표 2에서 보는 바와 같이 안전규제지침 개발, 안전현안 해결 등에 있어서 많은 성과를 생산하고 있지만, 다양한 원자력관계시설에 대한 고유의 규제기술 및 기술기준을 확보하기에는 아직도 상당히 미흡한 상태이다. 이는, 연구성과를 안전규제 및 안전성 향상에 활용하기 위한 실용화 및 투자균형 유지 노력이 미흡하고 국내외 안전연구 결과의 활용을 위한 방안을 적절히 마련하지 못함에 기인하는 것으로 판단된다.

그동안 상당한 분량의 안전연구 결과가 생산되어 있으나, 유관기관간 정보를 공유할 수 있는 방안은 전혀 모색되고 있지 않다. 보고서의 형태로 정보공유 체계를 구축하는 것은 그 분량으로 볼 때 불가능한 일이므로 원자력 안전연구 데이터베이스 구축을 통한 공유체제를 갖추어서 활용성을 강화할 수도 있을 것이다.

표 2. 안전규제연구 개발 성과 (1997 - 1998)

구 분	완 료	개발중	합 계
• 규제지침개발	4	13	17
• 안전현안해결	4	15	19
• 검증기술개발	7	17	24
• 주제별보고서	15		15
계	30	45	75

### 3. 안전규제연구의 추진전략 및 방향

원자력에너지 이용의 불가피한 선택과 함께 전제되어야 하는 안전성 확보에 있어서 안전규제 활동은 안전성평가의 적도인 규제기준과 안전성을 확인할 수 있는 규제기술에 바탕을 두고 있는 것이다. 안전규제의 명확성, 효율성, 신뢰성 및 합리성 확보를 위하여 사전에 구체적인 안전요건, 기준 및 지침 등을 제시하여야 하며 이는 연구개발을 통해 제공될 수 있다. 또한, 인허가 및 안전성 관련 현안의 해결을 위한 적시의 규제판단 능력 및 기술 또한 연구개발을 통해서 확보될 수 있다. 이러한 안전규제연구의 기능 및 역할을 최적으로 수행하기 위해서는 앞에서 언급한 다양한 문제들을 해결하고 궁극적 고객인 국민의 체감 안전성을 증진시키기 위한 원자력 안전연구 전략 및 방향을 설정하여 추진하여야 할 것이다. 이를 위한 몇가지 방안을 다음에 제안하였다.

#### 가. 안전규제연구 중심 산·학·연 연계체제 강화

원자력 안전 연구분야 연구결과가 안전규제에 직접 활용될 수 있도록 산·학·연을 중심으로 한 공동, 협동 및 위탁연구 체제를 갖추는 방안이 강구되어야 한다. 국내·외 기존 연구결과를 안전규제에 최대한 활용할 수 있도록 기 연구결과 활용방안을 마련하는 등 안전연구로부터 생산되는 연구결과를 효율적으로 활용할 수 있도록 하여야 하며, 안전규제연구비의 50% 정도를

외부기관에서 소화함으로써 공동, 협동 및 위탁연구 결과를 안전성 증진 및 안전규제에 활용할 수 있어야 한다. 그림 1은 산·학·연 연계강화를 위한 연구수행 체계의 한 예를 보여주고 있다.

중요한 문제로서 지적된 과제간 연계, 종합조정 및 관리기능 부재에 대한 대처방안으로서 국가정책의 반영, 연구수요에 부응하는 과제도출, 안전연구 동향분석, 연구결과와 인증 및 활용 등의 기능을 가짐으로써 안전연구 전체를 포괄할 수 있는 선도과제 (Lead Project) 를 구성하여 추진할 필요가 있다.

#### 나. 연구성과 확산 및 실용의 극대화

안전규제연구의 결과물을 보다 구체화함으로써 성과확산 및 실용화 방안을 강구하여야 한다. 연구결과가 법령개정(안) 또는 고시(안) 개발에 직결되도록 하고, 안전현안 해결결과는 인허가 심사시 활용할 수 있도록 보고서 형태로서 인증하며, 검증기술 개발 결과는 심사 및 검사지침서 개선에 활용하는 등의 방안이 가능할 것으로 판단된다.

안전규제의 특성으로 인하여 안전규제연구의 결과물이 신기술의 개발 및 새로운 현상의 규명 등과 거리가 있으므로 주목을 받지 못하는 것이 현실이다. 따라서, 타 연구분야에 비해 상대적으로 연구성과를 전파하기가 어렵다. 원자력안전 분야 연구개발 관련 워크샵 및 기술개발 발표회 등을 주기적으로 개최하여 성과확산을 시도할 필요가 있다.

연구결과를 적기에 활용할 수 있도록 하기 위해서는 결과생산에 시간개념을 도입할 필요가 있다. 즉, 연구계획 수립 단계에서부터 시한성 및 시현성을 고려하여 연구목표를 수립하도록 하며, 연구과제에 대한 사전, 중간 및 최종평가 과정에서 연구결과를 실제 활용할 부서의 의견을 수렴하는 방안도 고려해 볼 만하다. 연구결과를 규제에 활용할 수 있도록 적절한 인증절차 및 제도를 개발하여 시행할 필요가 있다. 인증과정을 통해 연구결과와 위상과 가치를 극대화시킴으로써 활용성을 강화할 수 있는 절차적 예가 그림 2에 제시되어 있다.

#### 다. 연구 최적화를 위한 추진체제 구축

이상에서 논의된 안전규제연구의 문제와 개선방향을 토대로 원자력 안전분야 연구 최적화를 위한 추진체제를 구축하여야 한다. 연구과제의 도출로부터, 연구수행, 평가 및 연구결과와 활용, 그리고 연구성과의 확산 등 연구수행의 전 사이클을 포괄할 수 있는 체제를 수립하는 것은 투자의 효율성을 제고하는 관점에서 매우 중요하다. 안전연구의 결과를 안전성 향상에 활용하여 가치를 극대화하기 위해서는 안전규제에 적용하는 것이 필요하다. 그림 3은 안전연구 최적화를 위한 연구수행 사이클중 연구과제의 도출, 연구성과 확산 및 연구결과와 실용화와 관련된 추진체제의 예를 보여주고 있다.

#### 라. 국제협력체제 강화를 통한 국제공동연구 활성화

최근 우리나라가 국제적으로 원자력분야에서 위상이 높아지면서 국제협력이 매우 활성화되고 있으며, 연구분야에 있어서도 국제공동연구의 수행을 통해 기술교류가 점차 확대되고 있다. 과거에는 주로 선진국에서 개발한 다양한 연구결과를 활용하는 수혜성 기술교류가 대부분이었으나, 오늘날 점차 양국간 교류에 있어서 상호 동등한 위치에서 우리의 기술개발 결과를 상대국에 제공해야 하는 상황으로 바뀌고 있다. 연구개발 현황 및 과제별 주요 연구결과에 대한 대외 발표 기회가 증가하고 있으므로 영문 연차보고서 (Annual Report) 및 안내책자 (Brochure) 를 개발하고 원자력 안전연구를 수행하는 국가들에 제공하여야 한다. 이를 통해 공동연구 과제의 발굴 기회를

높일 수 있으며, 주요 양국간 협력회의에서 안전성 연구결과에 대한 공동발표회를 가짐으로써 연구결과물을 상호 공유하는 등의 활성화 대책을 강구할 필요가 있다.

#### 마. 지식 및 정보기반 운영체제 구축

인터넷을 통한 정보교환 및 취득이 용이해짐에 따라 유사한 기술분야간 기술교류 및 정보공유가 실시간 개념으로 이루어지고 있다. 원자력안전연구에 필요한 각종 자료 및 안전연구의 결과, 현황 등의 자료를 전산화하여 유관 기관간에 공유함은 연구 성과의 활용성을 극대화할 수 있을 뿐만 아니라, 연구성과 확산 측면에서도 필요하며, 유사분야에의 중복투자를 배제할 수 있는 장점을 가지므로 정보공유 체제 수립을 위한 데이터베이스 구축을 고려하여야 한다. 안전규제연구와 관련해서는 현재 연구일반, 차세대원자로 안전규제요건 개발 및 원전기기 견전성 평가코드 등과 관련된 웹사이트가 운영중 [7-9] 이며, 기타 다양한 지식기반 웹사이트를 구축중에 있다.

### 4. 결 론

안전기술원 설립이래 그 동안 수행되어온 안전규제연구의 수행체제, 연구분야/연구내용, 연구의 목표 및 투자규모를 분석하고, 이에 근거한 안전규제연구 수행상의 주요 현안들과 이의 해결을 위한 향후 안전연구의 방향과 전략을 제시하였다. 안전규제연구를 포함한 안전연구 분야의 투자 미흡, 연구과제간 연계성 부족, 연구성과의 확산 및 실용화 미진 등이 주요 문제점으로 나타났다. 이의 해결을 위하여 다음과 같은 방안을 제안하였다.

- 원자력 안전분야 연구결과가 안전규제에 직접 활용될 수 있도록 산·학·연 공동, 협동 및 위탁연구 체제의 구축과 연구수행의 전 사이클을 포괄할 수 있는 효율적 수행체제의 수립
- 과제간 연계성 강화, 국가정책의 반영 및 수요중심의 과제도출 등 전체과제를 종합조정할 수 있는 선도과제를 배치
- 연구성과 확산을 위한 주기적 성과발표회 개최 및 연구결과의 안전규제 활용을 위한 인증절차/제도의 수립 및 이행
- 국제협력의 강화를 통한 공동연구 활성화 및 연구정보 공유를 위한 데이터베이스 구축

이상의 방안들은 정부 및 산·학·연 간의 토의를 거쳐 연구 수행과정에 반영함으로써 원자력안전 분야 연구의 효율성을 증진시키는 데 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

#### 참고문헌

- [1] KINS/AR-300, "안전규제 기술개발 중장기 발전계획(안)", 1994. 12, 한국원자력안전기술원
- [2] KINS/AR-448, "원자력 안전규제연구 중장기 계획", 1997. 3, 한국원자력안전기술원
- [3] MOST-KINS 중장기 R&D Workshop 자료집, 1998. 11, 과학기술부/한국원자력안전기술원
- [4] 원자력연감 (1990 - 1998), 원자력산업회의
- [5] 원자력안전백서 (1993 - 1998), 과학기술부/한국원자력안전기술원
- [6] 한국원자력안전기술원 연보 (1994 - 1998), 한국원자력안전기술원
- [7] <http://www.kins.re.kr/kres/intro.htm>
- [8] <http://kngr.kins.re.kr>
- [9] [http://www.kins.re.kr/rpp/kins\\_safe.html](http://www.kins.re.kr/rpp/kins_safe.html)

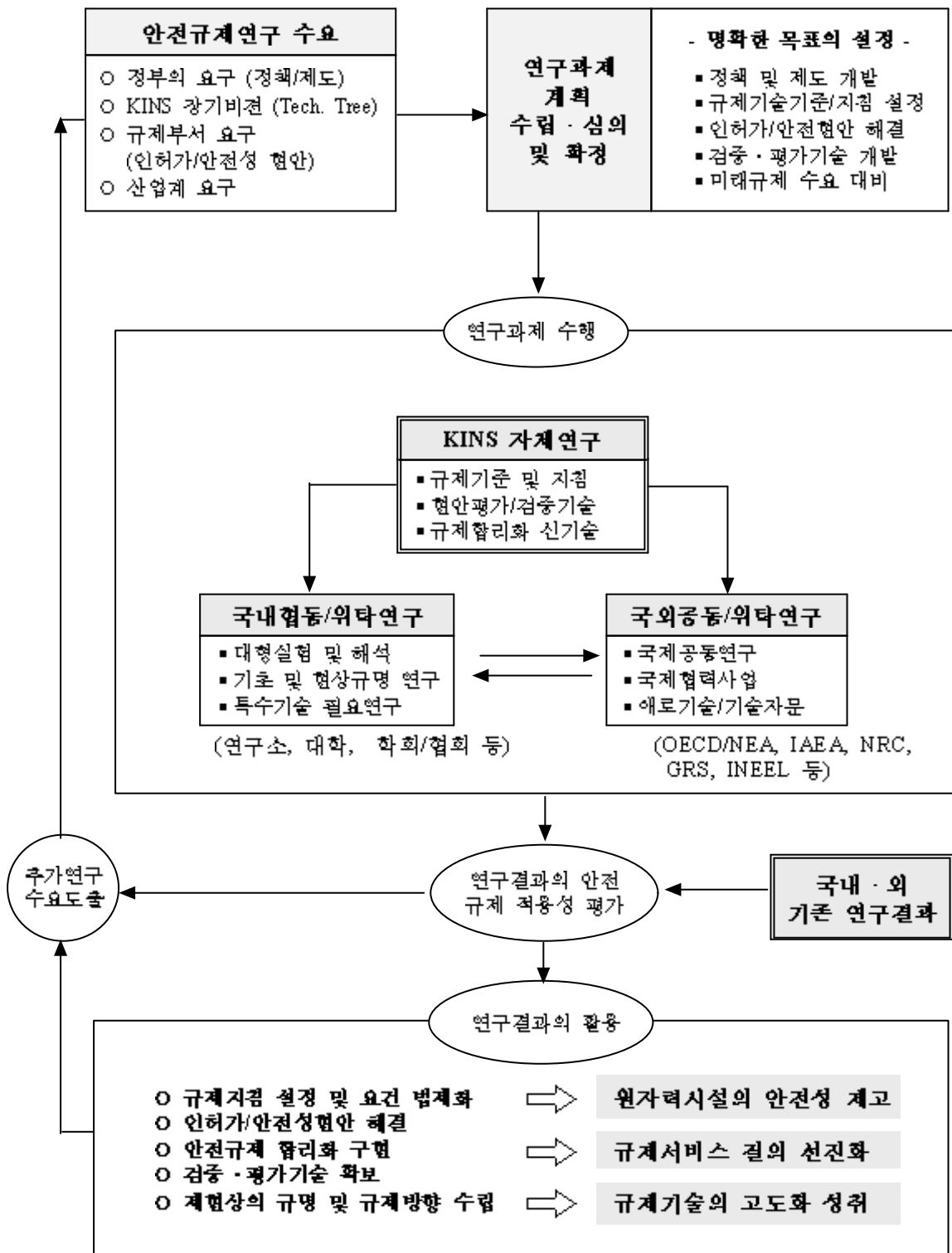


그림 1. 안전연구 수행체제 개선방안

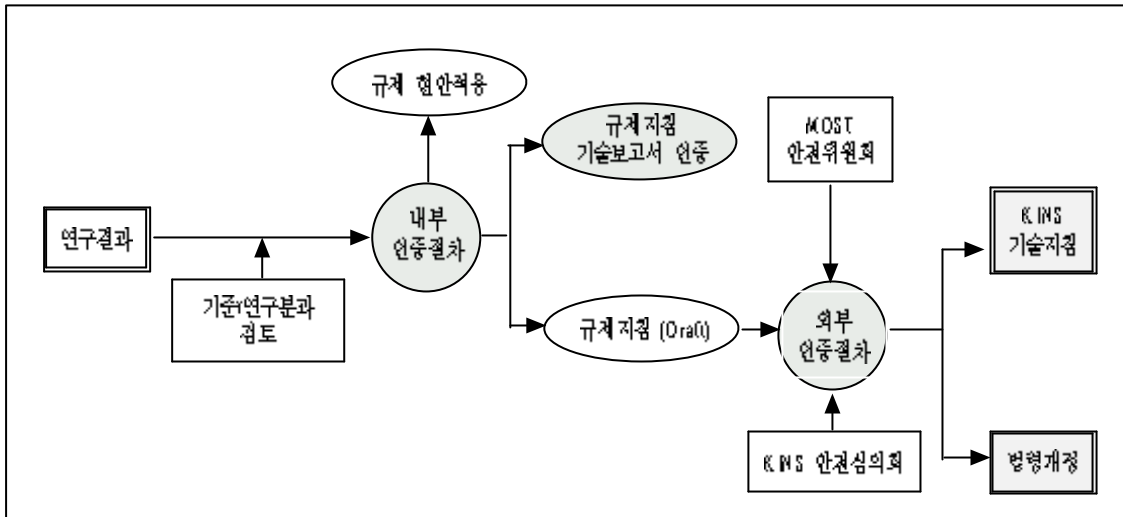


그림 2. 연구결과 실용화를 위한 인증 절차 예

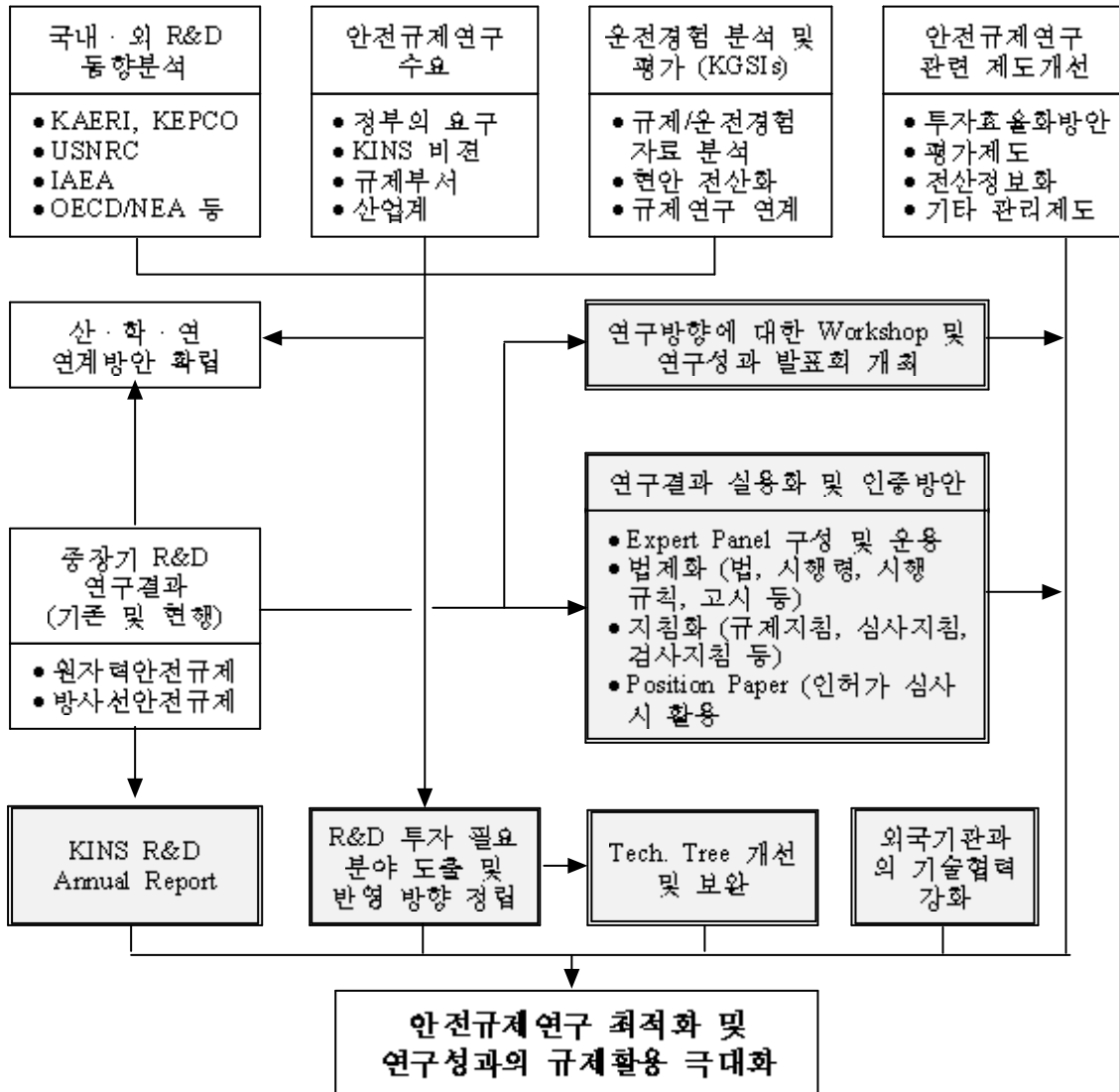


그림 3. 안전연구 최적화를 위한 연구추진 체계