

## 원자력 시설의 사고해석 전산코드 검토지침 개발

### Development of Review Guideline on Safety Analysis Codes for Nuclear Power Facilities

신원기, 이종인, 이석호, 류용호, 김인구, 김근태, 조용진, 양채용, 김종갑

한국원자력안전기술원  
대전광역시 유성구 구성동 19

#### 요 약

원자력 시설의 사고해석에서 사용되는 열수력 코드는 적절한 현상 예측 능력을 가지고 보수적인 결과를 줄 수 있어야 하므로, 전산코드들은 사고해석에 사용되기 전에 앞서 신중하게 그 특성과 적용 타당성이 검토되어야 한다. 한국원자력안전기술원에서는 산학연 관련 전문가들의 의견을 수렴하여 "원자력 시설의 사고해석 전산코드 검토지침"을 개발하였고, 이를 한국전력중사가 특정기술주제보고서 승인절차에 따라 신청한 "비상노심 냉각계통 최적평가 방법론" 심사에 시범적으로 적용하고 있다.

#### Abstract

The thermal hydraulic code, which is to be used in the accident analysis in nuclear facilities including a nuclear power plant, shall have an appropriate capability to predict major phenomena and further to produce conservative results. The code shall be, therefore, reviewed prudently on its capability and feasibility before it is used for the accident analysis. The KINS developed "Review Guideline on Accident Analysis Codes for Nuclear Facilities" pondering on the expert's comments. The review guideline is applied for its trial use to the review of the topical report of B-E methodology for ECCS performance.

#### 1. 서 론

사고해석에서 사용되는 열수력 코드는 적절한 현상 예측 능력과 보수적인 결과 생산 능력을 가지고 있어야 한다. 따라서 이러한 코드들은 사고해석에 사용되기 전에 앞서 신중하게 그 능력과 타당성이 검토되어야 한다. 그간 다양한 종류의 원자로 도입에 따라 많은 사고해석 코드가 입수되었다. 그러나 이러한 코드들은 도입 국에서 이미 검토되었기 때문에 코드 사용에 대한 근원적인 검토가 국내에서 수행되지는 않았다. 국내에서 코드에 대한 검토가 전혀 없지는 않았지만 실제로 국내에서 행한 코드 검토의 주목적은 코드 사용의 승인 배경과 코드에 대한 기술적 내용을 심층 이해하기 위함이었다는 것이 사실이다.

그러나 올진 3,4 호기를 기점으로 국내 원전 사업이 기술 자립화해 나가는 현실에서 하드웨어분야의 자립뿐만 아니라 소프트웨어의 자립 노력도 병행되어 나가야 할 것은 자명하다. 이런 상황에서 특히 사고해석 분야의 코드 개발 노력이 예상되는데 그 이유로 우선 사고해석

에 사용되고 있는 기존 코드들의 사용권 문제가 있을 수 있고, 같은 맥락에서 사고해석 코드들이 국산화될 때 비로소 기술 자립이 가능한 면이 있기 때문이다. 또한 사고해석에 사용되고 있는 코드들이 비교적 오래되었기 때문에 현재의 기술수준을 반영하지 못하는 면이 있어 이를 대체하는 코드 개발의 필요성이 대두되고 있다. 실제로 과거에 비해 기술수준이 많이 향상된 지금 최적평가방법으로 사고해석을 시도하려는 노력은 이미 국제적인 추세가 되어 있다.

한편, 한국전력공사는 1998년 원전설계 전산코드 개발을 위한 전략연구를 수행하였다. 이 과제에서 원전설계 전산코드 개발전략을 검토한 배경으로 첫째 국내원전 산업의 국제적 위상의 향상, 둘째 원전건설기술 자립으로 Know-How에서 Know-Why로의 원전설계 기술 확보, 셋째는 일부 전산코드에 대한 권리제한을 들었다.

“원자력 시설의 사고해석 전산코드 검토지침”(이하 검토지침)은 이와 같이 예상되는 국내 규제에 대비하기 위해 개발되었고, 그 목적은 사업자가 사고해석 열수력 코드의 사용 승인을 요청해왔을 때 필요한 요건 및 검토내용을 정립하고 이를 철차화하는 것이다.

## 2. 검토지침의 개발 전략

검토지침을 개발하는데는 그간 국내에서 수행되었던 주제보고서(topical report) 및 동등 문서의 검토 경험을 기반으로 하였다. 여기에는 웨스팅하우스, 프라마툼, CE, AECL 그리고 한국원자력연구소 등이 보유하고 있는 많은 사고해석 코드들의 검토가 포함된다. 주안점은 비록 명문화되지는 않았지만 모든 검토에서 공통적으로 적용되었던 일관된 체계를 도출하는 것이었으며, 이를 명문화하는 것을 첫 번째 작업으로 하였다.

다음으로 중요하게 고려한 것은 사고해석 코드 및 방법론의 검토과정을 가능한 객관화하는 작업이었다. 코드 검토에는 생각보다 검토자의 주관이 많이 개입될 수 있다. 계산 과정과 결과에 대해 일반적이고 객관적인 평가기준을 설정하기 어렵기 때문에 그리고 다양한 사고해석 방법론과 연계되어 있기 때문에 객관적인 허용기준을 제시하는 것은 현실적으로 매우 어려운 일이다. 본 지침의 개발에서는 이런 면을 적극 고려해서 개별적 세부항목에 대해 일일이 평가기준을 제시하기보다는 많은 기술적 부분에 대한 판단은 검토자의 몫으로 하였다. 지침개발에 있어서는 우선 지침의 개발과정에서 산학연 전문가의 의견을 충분히 수렴함으로써 최소한의 객관성을 확보하도록 노력하였으며, 검토절차를 체계화하고 주요 검토항목들을 제시함으로써 검토결과와 수준을 유지하도록 하였다.

검토의 수준을 유지하기 위해 필요한 기본전제 조건으로 가장 중요하게 고려한 것은 코드가 표준화된 품질의 결과를 생산할 수 있도록 하는 품질보증과 사업자가 제출한 문서의 체계성과 완결성 등이었다.

세부적인 부분에서는 절차서의 활용 범위와 검토에 필요한 자원 등이 고려되었다. 검토지침은 가급적 일반적으로 광범위하게 적용될 수 있도록 하였다. 현재 국내외적으로 최적평가 방법이라든가 저출력 사고해석에 사용되는 코드의 검증 등 보다 구체적인 분야를 위한 코드 및 사고해석 방법론에 대해 활발한 논의가 진행되고 있지만 이런 부분들만을 대상으로 검토지침을 작성하지는 않았다. 다만, 코드 검증 부분을 상대적으로 상세히 다루으로써 현안이 되고 있는 최적평가방법 및 저출력 사고해석 방법론과 불확실성 정량화 부분을 검토할 수 있는 전반적인 절차가 마련될 수 있도록 노력하였다. 코드에 대한 검토는 1인 또는 다수의 검토자에 의해서 수행될 수도 있다. 더 나아가 제 3의 전문기관에 특정 내용의 검토를 위탁할 수도 있다. 이런 상황을 감안하여 검토 절차를 몇 가지로 크게 구분하였다. 절차에 따라 순차적으로 검토할 수도 있지만 내용적으로는 병행 검토가 가능하도록 하였다. 이는 검토 방법에 유연성을 주기 위해 필요하다고 판단되었다.

사고해석 전산코드의 승인신청은 1995년 1월 5일 신설된 원자력법 제 104조의 2(특정기술주제보고서)의 제도하에서 주로 이루어질 것으로 예상되어, 승인절차와의 연계도 함께 고려

하였다.

### 3. 검토지침의 구성 및 내용

개발된 검토지침은 검토분야, 검토요건, 검토절차 그리고 검토결과에의 순서를 가진다.(그림 1) 각 단계별로 다루는 내용은 다음과 같이 요약될 수 있다.

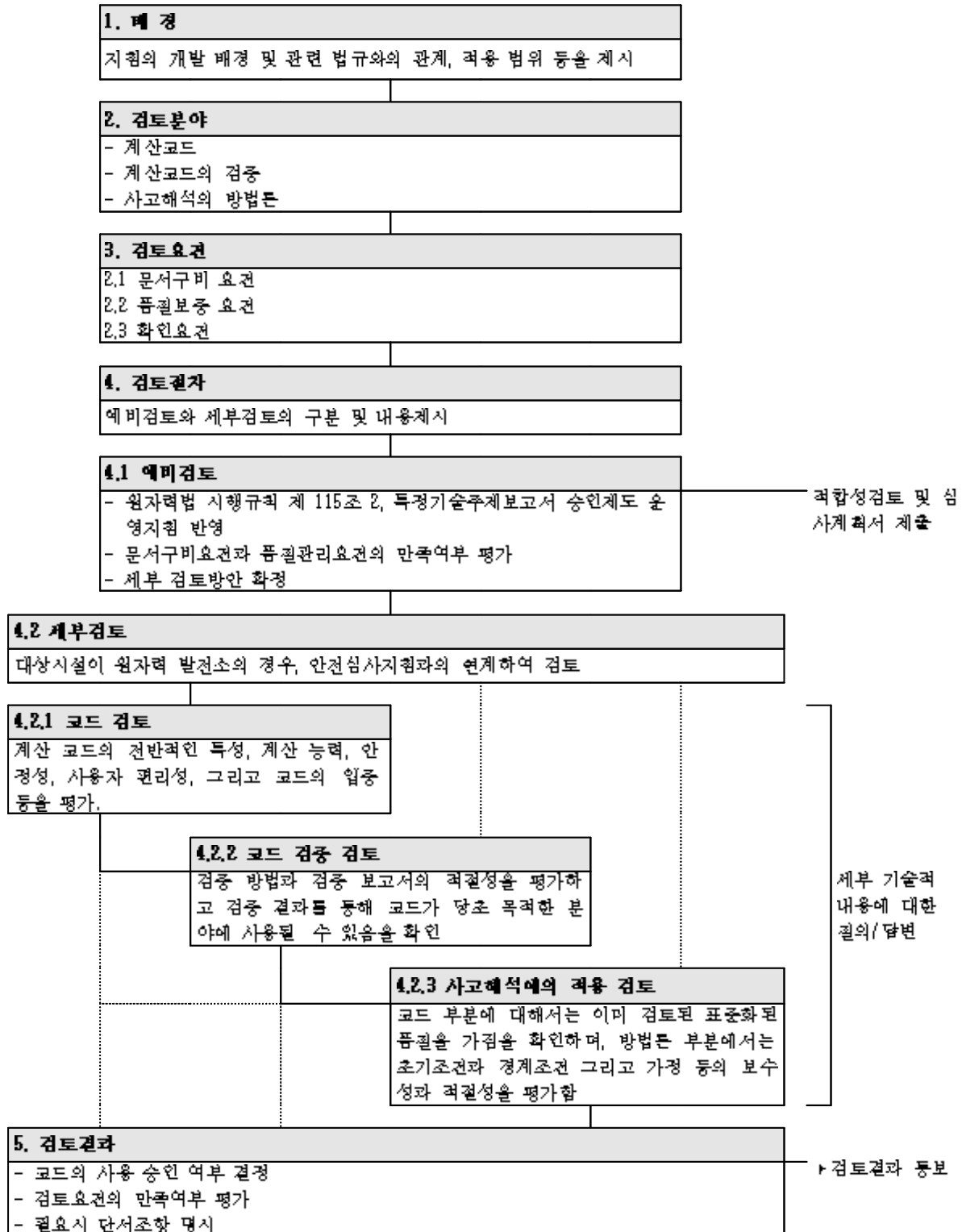


그림 1 검토지침의 구성 및 승인절차와의 연계성

검토분야는 품질보증과 제출 문서, 코드의 계산 능력 검증(verification), 코드 사용에 대한 확인(validation), 그리고 코드와 연계된 사고해석 방법론에 관한 일반적인 내용을 담고 있다. 현행 법규에는 코드 검토에 대한 구체적인 검토요건은 제시되어 있지 않다. 따라서 관련된 요건을 검토지침에 포함시킬 필요가 있다. 그렇지만 검토지침이 법적인 강제성을 가질 수 없고 일반적인 기술 요건을 제시하기 어렵기 때문에 검토요건으로는 사업자가 코드 승인을 받기 위해 기본적으로 취해야할 부분만을 다루었다. 따라서 검토지침에서 요구하는 검토요건은 코드의 사용 승인을 받기 위한 전제 조건으로 해석하면 될 것이다. 전제조건으로 문서구비, 품질보증, 그리고 코드의 예측능력 확인 등 세 가지를 명시하였다.

검토절차는 크게 예비검토와 세부검토로 나누었다. 예비검토는 사전 적합성 검토의 성격을 가지도록 하였다. 예비검토에서는 주로 검토요건의 충족여부를 평가하게 된다. 아울러 이 과정에서 코드의 사용 목적 및 범위 등에 대한 개략적인 검토가 진행될 것이며 검토방안이 고려될 수 있을 것으로 기대된다. 세부검토에서는 코드의 특징과 계산 능력 입증, 코드 사용에 대한 사업자의 검증 내용, 그리고 사고해석 방법론 등이 검토된다. 각각의 검토 단계에서 수행된 검토내용은 최종적으로 종합 평가하도록 하였다.

검토결과는 사업자가 신청한 바에 따라 코드의 사용을 승인할 것인가에 초점을 맞추어야 한다. 검토결과의 명확성이 요구되므로 검토결과와 그 배경은 비교적 형식에 따라 기술하도록 하였다.

#### 4. 산학연 전문가의 의견 수렴

##### 가. 배경 및 경위

검토지침의 개발에서 가장 중요한 부분은 산학연 전문가들의 의견을 수렴하는 것이었다. 이는 규제와 관련된 기술기준 및 지침의 개발에 있어서는 관련 분야 전문가의 의견수렴이 광범위하게 이루어져야 하며 그 개발 과정의 투명성이 요구된다고 보았기 때문이다. 요구되는 투명성은 요건과 지침이 확정된 후 시행의 엄격함을 뒷받침하며, 또한 시행과정에서 문제점이 발견되었을 때 요건과 지침을 개정하는데 많은 도움을 줄 것으로 믿는다.

검토지침이 작성되기까지의 기간은 크게는 4 단계로 구분할 수 있다. 첫 번째 단계는 한국원자력안전기술원 내의 과제 참여자들의 의견을 반영한 검토지침의 초안 작성기간이다. 두 번째 단계는 제 1 차 외부자문 및 자문내용을 반영한 검토지침의 초안개정 기간이다. 세 번째 단계는 제 2 차 외부자문 및 자문내용을 반영한 검토지침의 초안에 대한 재개정 기간이며, 네 번째 단계는 제 3 차 외부자문 및 자문내용을 반영하여 최종적으로 검토지침의 내용을 확정된 기간이다. 단계별 기간과 내용은 다음과 같다.

##### 1) 제 1단계 (1997. 3 ~ 1997. 10)

검토지침의 초안 작성을 위한 한국원자력안전기술원 내부 참여자들의 작업이 이루어졌다. 총 4 회의 내부회의를 열어 검토지침의 초안을 작성한 것과 제 1 차 외부자문을 의뢰할 총 10인의 관련 산학연 전문가를 선정 한 것이 주요 작업 내용이었다.

##### 2) 제 2단계 (1997. 10 ~ 1998. 7)

산학연 전문가 10인으로 구성된 자문그룹의 의견을 물어, 그 결과를 반영한 기간이다. 제 1차 외부자문 기간 중에 USNRC와 AECB의 전문가 의견도 들을 수 있었다. 제 1차 외부자문 결과와 내부 참여자들의 논의결과를 반영함으로써 검토지침의 초안에 많은 개정이 이루어졌다.

##### 3) 제 3단계 (1998. 8 ~ 1998. 9)

제 2단계를 통해 만들어진 검토지침의 초안을 제 1차 자문에 참여했던 자문그룹에 배포하여 다시 의견을 물었으며, 자문결과를 반영하여 검토지침의 초안을 다시 개정하였다. 제 3 단계를 통해 개정된 검토지침의 초안에 대해서는 이전의 자문그룹과는 별도의 자문그룹을 구성하였다. 별도의 자문그룹 구성은 보다 광범위한 의견수렴을 목적으로 하였으며, 관점의 다

각화를 위해 실무에 관여하는 전문가보다는 산업계 및 연구소에서 관리자 위치에 있는 전문가를 대상으로 하였다.

#### 4) 제 4단계 (1998. 10 ~ 1998. 12)

제 3단계에서 만들어진 검토지침 초안에 대한 제 3차 외부자문의 결과를 취합하여 반영하였다. 이 과정에서 한국원자력안전기술원 내부의 기술기준개발 절차 및 지침화에 대한 제도적 장치에 대한 논의가 있었다.

### 나. 주요 자문의견 및 반영 결과

#### 1) 검토지침의 활용 범위

이 검토지침의 적용 대상은 '배경'에서 최종적으로 다음과 같이 표현되었다.

"이 검토지침의 적용 대상은 설계 기준사고 뿐만 아니라 설계기준을 초과하는 사고를 포함한 원자력 시설의 사고해석에 사용되는 전산코드이며, 보수적이며 결정론적인 방법론 및 최적평가 방법론에 사용되는 모든 코드가 이에 해당된다."

최종적으로 위와 같이 정리되기까지 자문의견이 많이 반영되었다. 특히 설계기준사고를 초과하는 중대사고에 있어서는 보수성이 지나치게 요구될 필요가 없음을 인식하여, '보수적인 결과' 보다는 목적에 합당한 '타당한 결과'를 생산하는가를 검토의 초점으로 삼았다.

#### 2) 코드와 방법론의 분리 승인

이 사항은 국내 여건에 비추어 볼 때 상당히 민감한 사항이다. 미국과 같이 원자로 설계자 또는 운영자가 어떤 사용 목적을 가지고 자체적으로 코드를 개발하여 사고해석을 적용한다면 코드 및 해석 방법론의 분리가 크게 문제될 것은 없을 것이다. 그러나 국내의 환경은 자문의견에서도 지적된 바와 같이, 일부의 코드 개발과 방법론의 개발 및 적용이 별개의 기관에서 수행되고 있기 때문에 코드검토와 방법론 검토의 분리가 무리 있는 요구는 아니다. 그러나 KINS 실무자들의 입장은 코드검토와 방법론 검토는 분리되어 수행될 수 없다는 것이다. 검토지침에서도 코드검토와 코드의 예측능력, 사고해석 방법론의 검토가 서로 연계되어 있을 정도로 코드검토와 방법론의 검토는 기술적 연계성을 가지고 있다. 이외에도 적용대상과 방법론이 분명하게 설정되지 않은 상황에서 코드검토를 수행한다는 것은 검토의 주안점을 설정하는데 많은 어려움을 줄 것이다. 또 분리검토가 가능하다 하더라도 만약 방법론에 대한 승인신청 서류를 검토할 때 이미 승인된 코드라 해도 방법론과 연계된 부분에 대해서는 어쩔 수 없이 코드에 대한 검토가 수행되어야 하므로 검토가 중복되는 문제도 있다. 기술적인 면 외에 형식적 면에서도 코드와 방법론을 구분하여 신청하는 방법이 현재로는 가능하지 않다고 생각한다. 코드의 검토를 신청할 수 있는 방법은 건설, 운영허가 또는 운영변경허가의 일부로써 신청되는 경우와, 특정기술주제보고서로 신청하는 경우이다. 전자는 당연히 특정 시설과 사고를 고려해야 하므로 방법론 검토가 수반된다. 후자의 경우도 특정기술주제보고서 대상이 되려면 원자로 시설의 종류 및 적용대상이 구체적이어야 한다. 이는 "원자력법 시행규칙 제 115조의 2(특정 기술주제보고서의 승인신청 등)"에서 요구하는 사항이다. 따라서 코드만 검토하는 절차가 가능하려면 이 내용을 담은 별도의 규정이 마련되어야 한다.

#### 3) 검토요건의 구체성

동 사항은 검토지침의 초안 작성 과정에서도 KINS 실무자들 사이에서도 많은 논란이 있었으며, 내부 합의를 거쳐 검토요건은 선언적인 면을 강조하고 예비검토 부분에서 검토요건에 대한 KINS 실무자의 허용 정도를 구체적으로 제시하게 되었다. 이와 같이 합의된 내용은 외부자문 과정과 KINS 내부의 의견을 수렴하는 과정에서 특히 그 구체성 여부가 계속 논란의 소지가 되었다. KINS 실무자들은 요건이 구체화됨에 따른 장점과 단점에 대해 다음과 같이 생각하고 있다. 우선 장점은 신청자에게 허가 신청에 따라 달성해야 할 목표와 행위를 선명하게 제시한다는 점이다. 그러나 그 단점으로는 신청자에게 불필요할지도 모를 제약을 줄 수 있다는 점이다. 본 검토지침의 적용은 일반적 사고해석 전산코드의 검토를 위한 것이므로, 구체적인 사항을 제시하기가 현실적으로 매우 어려웠다. 많은 토의 끝에 당초 합의한 바와 같이 검토요건은 선언적 내용을 담고, 검토요건을 달성하기 위한 KINS 실무자들의 허용 정도

를 구체적으로 예비검토에서 밝힘으로써 신청자에게 간접적으로 검토요건을 달성하기 위해 전제되어야 할 내용들을 주지시키는 방법을 계속 유지하고자 한다. KINS 실무자들은 이러한 체계가 가장 좋은 방법이라고 생각하지는 않는다. 그러나 현재의 상황에는 적절한 방법이라고 본다. 그 이유는 법적 체계와 KINS 내부 검토지침의 체계가 전체적인 균형을 아직 충분히 갖추지 못하고 있기 때문이다. 예를 들어 검토요건을 구체적이고 명확히 제시하기 위해서는 본 검토지침에서 만족시켜야 할 상위의 규정과 요건이 마련되어야 하나 현재로는 없다. 이는 검토지침에서 검토요건을 요구한다해서 신청자가 반드시 따라야 할 의무규정이 될 수 없다는 의미가 된다. 따라서 아무리 검토지침에서 검토요건을 명확히 제시한다해도 실효성이 없다는 것이 현실이다. KINS 내부의 관련 지침과의 연계성도 중요하다. 본 검토지침 내용은 사고해석 전산코드의 검토에 초점을 맞추는 것이 당연하다. 품질보증요건이 중요하기는 하나 본 검토지침에서 상세한 내용까지를 다 다루는 것이 좋을 것인지, 별도의 관련 검토지침을 만들어 사용하는 것이 좋을 지 자체가 검토되어야 할 것이다. KINS 실무자는 검토요건의 구체성 문제는 법적 요건과 관련 분야 KINS 지침 체계의 변화에 따라 보완 또는 개선되어야 할 부분이라고 보고 있다.

#### 4) 코드의 품질보증

품질보증은 비단 사고해석 전산코드뿐만 아니라, 모든 인허가에 있어 기본 전제가 되어야 한다. 따라서 품질보증의 중요성에 대해서는 이견이 있을 수 없다. 원자로 도입국의 설계자 코드와 방법론을 검토했을 때는 품질보증이 큰 문제가 되지 않았다. 이는 원자로 도입국 설계자의 품질보증 프로그램이 체계화되어 있었기 때문이다. 현재 사고해석에 사용되는 코드들의 경우도 기술도입 과정에서 품질보증 또는 품질관리 프로그램이 함께 이식되었기 때문에 품질보증에 문제가 없다. 가장 문제가 되는 것은 개발되는 코드에 대한 품질보증요건을 어떻게 설정하는가이다. 실제 한국전력공사가 1997년 11월에 제출한 특정기술주제보고서 "비상노심 냉각계통 최적평가 방법론"의 사전적합성 검토에 이 검토지침을 적용한 결과, 품질보증에 대한 문제가 도출되었으며, 현재 동 특정기술주제보고서 관련된 코드의 품질보증에 대한 보완 작업이 진행 중에 있다. 이 과정에서 사고해석 전산코드의 품질보증요건이라는 실체가 보다 분명해질 수 있을 것이다. 사고해석 전산코드에 대한 품질보증요건을 설정하기 위해 KINS 내부의 의견을 종합한 결과는, 명확한 품질보증요건을 현 단계에서 제시하기 어려우며 산업체에서 자체 품질보증계획을 수립하여 이를 승인받는 형식을 따라야 한다는 것이었다.

#### 5) 예비검토와 세부검토의 단계별 성격과 규정

검토지침의 초안을 작성할 당시 예비검토와 세부검토에 대한 단계별 성격과 절차를 규정하는 것이 논의되었다. 처음에는 검토요건의 내용을 어떻게 할 것인가와 연계해서 예비검토가 거론되었었다. 그러나 검토지침의 초안에서는 특정기술주제보고서 승인제도의 운영지침과의 연계성을 명시적으로 반영하지 않았었다. 제 1차 외부자문을 통해 예비검토의 성격과 특정기술주제보고서 승인제도와 연계성을 명시적으로 반영하도록 검토지침을 수정하였다. 검토지침의 수정을 통해 반영된 사항은 다음과 같다.

- 사고해석 전산코드의 승인 신청은 일반 인허가 신청의 일부로, 또는 특정기술주제보고서 승인제도를 통해 진행될 수 있다. 이 두 가지 방향 모두에 대해 검토지침이 적용될 수 있도록 내용을 보완하였다.
- 예비검토의 성격을 "사전 적합성 검토"로 규정하였으며, 그 목적을 "검토요건의 형식상 충족여부 평가"에 두었다. 또한 세부검토에 들어가기에 앞서 이를 효과적으로 수행할 수 있는 검토방안의 마련도 세부검토에서 이루어지도록 하였다. 이는 심사 수행에 있어 당연한 내용일 수도 있으나, 특정기술주제보고서 승인제도의 운영지침에 따르면 "심사계획서"가 준비되어야 할 단계이므로 이런 상황을 반영한 것이다.
- 사고해석 전산코드의 승인신청은 대체로 특정기술주제보고서 승인제도를 통해 이루어질 것이므로, 특정기술주제보고서 승인제도와 관련된 내용은 검토자의 편의를 위해 부록에 실었다.

#### 6) 제출 문서의 형식 요건

USNRC도 그간의 코드검토에 있어 제출문서의 완결성, 코드 예측 능력 평가의 완결성, NRC 내부 코드검토에 있어서의 일관성 결여 등 세가지 문제점이 있음을 지적하고 있으며, 이를 보완하고자 코드검토지침을 마련하고 있다. 이것으로도 제출문서의 완결성은 공동적으로 매우 중요한 사항임을 알 수 있다.

KINS 실무자들은 “원자력법 시행규칙 제 115조의 2(특정기술주제보고서의 승인신청 등)”의 제 3항에 규정된 요구 내용만으로 이 검토지침에서 요구하는 문서구비 사항이 모두 충족될 수 있다고 판단하지 않는다. 따라서 이 부분도 법적으로 보완이 되어야 할 사항으로 보고 있다. 물론 검토자의 입장에서는 검토에 필요한 내용들이 제출된 문서에 없기 때문에 보완이 필요하다는 검토결론에 도달하게 되면, 어떤 식으로든 보완이 되겠지만 전체 검토의 효율성과 기간에 영향을 줄 수 있다. 이런 상황에서 검토지침에서는 제출문서가 어떤 형식 요건 아래서 제출되도록 하기보다는, 제출문서가 실제 필요한 요소들을 모두 갖추도록 요구하는 선에서 제출문서 형식상의 충족성을 판단하고자 한다. 이런 방법이 운영에 있어 혼란의 소지를 줄 가능성을 완전히 배제할 수는 없는 방법이지만, 검토지침이 가지는 ‘예고’적 성격을 신청자가 적절히 이해한다면, 또 사전적합성 검토를 통해 보완되는 단계가 있으므로 실행에 큰 어려움은 없을 것으로 판단한다.

#### 7) 코드 원본 프로그램, 실행 파일, 입력 파일 등의 제출

신청자가 코드의 전산 프로그램, 실행파일, 입력파일 등을 제출하는 것은 규제기관 입장에서 지적 재산권 보호를 위한 문서관리의 강화가 요구되므로 논란이 예상된다. 이는 검토지침의 초안을 작성하는 과정에서 이미 논의되었다. 그러나 미국이 Appendix K 요건에서도 밝힌 바 있듯이 심사의 일차 대상물은 제출되어 총체적 현황이 파악되고 추적되어야 한다는 차원에서 검토지침의 초안에서는 코드의 전산 프로그램도 제출되어야 할 항목으로 고려되었다.

자문결과에서도 특히 산업계 쪽에서는 지적 재산권은 보호되어야 한다는 의견이 강력히 제시되었다. 제 1차 외부자문 후 당시의 미국 NRC의 현황을 알아본 결과, NRC에서는 전산 프로그램의 원본까지를 제출 받아 심사하지는 않는 것으로 파악되었다. 따라서 제 1차 외부자문을 통해 검토지침을 수정할 때 코드의 원본 프로그램은 제출되어야 할 항목에서는 제외하였다. 그러나 검토자가 코드의 특성을 잘 이해하는 효과적인 방법은 대상 코드를 한 번 실행시켜 보는 것이 좋은 방법이므로, 이를 위해 실행파일과 입력파일은 검토자가 요구할 때 제출되어야 할 항목으로 계속 고려하였다.

현재 사고해석코드의 검토지침을 준비하고 있는 USNRC의 입장은 전산코드의 검토에 있어 전산코드의 원본 프로그램을 포함하여, 관련된 입력자료 등을 모두 제출할 것을 요구할 것으로 되어 있다. 또한 검토자가 신청자 코드를 직접 실행하는 것도 검토 절차의 일부로 고려하고 있다. 미국의 이러한 입장은 현재의 KINS 실무자들의 입장과 그 맥을 같이 하고 있다. 그러나 KINS 실무자들은 이러한 미국의 입장 변경에도 불구하고, 전산 프로그램의 원본을 제출하는 것은 검토의 실효성과 문서관리 측면에서 반드시 요구되어야 할 사항으로는 보지 않고 있다. 프로그램의 원본 부분은 품질보증 단계와 질의·응답 과정을 통해 그 타당성을 충분히 검토할 수 있을 것으로 예상하고 있다. 그러나 검토자가 코드를 직접 실행하는 것은 전산코드의 품질보증의 확인과 검토자가 대상 코드에 대해 친숙해져서 그 특성을 쉽게 이해할 수 있는 좋은 방법이기 때문에, 실행파일과 입력자료는 검토자의 요구에 따라 제출되어야 한다는 입장에는 변함이 없다.

신청자의 사유 재산권의 보호는 필요시 규제기관의 문서보완 체계를 보완 또는 개선하는 방향에서 해결될 수 있을 것이다. 참고로 현재 특정기술주제보고서 허가제도에 있어 제출자료의 공개 또는 비공개 분류가 되어 있으므로, 비공개로 제출된 문서의 처리지침이 문서보완 체계와 연결된다면 큰 무리가 없을 것으로 본다.

#### 8) 결정론적 평가방법과 최적 평가 방법의 구분

이 검토지침의 목적은 사고해석 전산코드의 검토에 필요한 전반적인 검토요건과 검토절차를 확립하기 위함이다. 즉, 최적평가 방법과 결정론적 방법 각각의 검토에 필요한 세부 검

토요건과 검토내용을 모두 이 검토지침에서 포괄할 생각은 처음부터 가지지 않았다.

사고해석에서 다루는 사고의 종류, 전산코드 및 방법론이 다양하기 때문에 이 검토지침에서는 이런 다양성을 반영할 필요가 있었다. 그러나 이런 다양성을 이 검토지침에서 언급하다 보니 세부적인 내용에서 다소 혼란을 유발시킬 수 있음은 인정한다. KINS 실무자들은 이 점이 이 검토지침의 불완전한 점이라 본다. 그러나 현 시점에서 이 문제를 이 검토지침의 내용을 보완함으로써 해결할 수 있다고 보지 않는다. 그 이유는 이 검토지침이 가지는 위상의 문제와 관련 규제지침의 부재에서 찾을 수 있다.

현재의 법적 체계로 볼 때, 이 검토지침의 갖는 위상 자체가 불분명한 것이 사실이다. 실제로 이 검토지침의 위상은 형식적인 면에서 찾을 수 있는 것이 아니라, KINS 실무자들이 이런 요건과 내용에 따라 검토를 하겠다는 '예고' 차원에서 찾을 수밖에 없다. 부연하자면 이 검토지침에서 요구하는 내용들을 신청자가 형식적으로 무조건 따를 필요는 없으나, 허가를 얻기 위해서는 결국 검토자의 허용기준을 만족시켜야 한다는 현실에 따라 신청자는 가급적이면 '예고'된 내용에 따라야 할 것이다.

사고유형 별, 방법론 별 세부 사항에 대한 규제지침이 마련되어 있다면, 이 검토지침에서는 관련 규제지침을 언급함으로써 원래의 목적을 달성할 수 있다. 그러나 현재 세부 규제지침이 마련되어 있지 않으며, 관련 규제지침을 만드는 것 자체가 이 검토지침을 만드는 것 이상의 영향과 노력이 투여될 수 있다. 비상노심 냉각계통의 성능 평가와 관련된 규제지침이 좋은 예가 될 것이다.

이상의 두 가지 문제가 해결되지 않고서는 이 검토지침이 가지고 있는 약점을 해소하기란 상당히 어려운 일이다. KINS 실무자들은 이런 약점을 충분히 이해하고 있으나, 이는 문서적 약점일 뿐 실제 상황에서 어떤 판단을 내려야 하는지도 충분히 이해하고 있다. 예를 들어 비상노심 냉각계통 성능평가에 있어 최적평가 방법론과 Appendix K와 같은 결정론적 방법론 각각에 대해 동일한 확인 매트릭스를 요구하는 일은 없을 것이다. 또한 결정론적 방법일 경우 최적평가 방법을 사용했을 때 요구하는 불확실성 정량화를 요구하는 일은 없을 것이다.

#### 9) 승인된 코드의 인허가

승인된 코드의 수정 또는 방법론 변경에 대한 제출 형식에 있어서, KINS 실무자들은, 외국의 예를 참고할 때, 기 승인된 특정기술주제보고서의 보충(Supplement)이나 증보(Addendum) 형태로 신청되는 것이 바람직하다는 생각을 가지고 있다. 승인된 코드의 인허가에 가장 문제가 되는 것은 사실상 이에 관한 법적 요건이 없다는 것이다. 예컨대 미국의 10CFR50.46에 제시된 정도의 요건만이라도 마련되는 것이 필요하다.

## 5. 맺음말

본 논문에서는 그간 2년에 걸친 작업을 통해 한국원자력안전기술원에서 개발된 "원자력 시설의 사고해석 전산코드 검토지침"의 개발 전략, 구성, 내용, 그리고 산학연 전문가들의 주요 관심사항들을 소개하였다. 이 검토지침은 시범적용 과정을 거쳐 실용적인 면들이 보완된 후에 KINS의 검토지침으로 확정될 예정이다.

끝으로, "원자력 시설의 사고해석 전산코드 검토지침" 개발 과정에 참여하여 많은 의견을 주신 전문가들에게 고마움을 전한다.

## 6. 참고문헌

1. 원자력법 제 104조의 2(특정기술주제보고서의 승인)
2. 원자력법 시행규칙 제 115조의 2(특정기술주제보고서의 승인신청 등)
3. 경수로형 원자력발전소 안전심사지침, KINS-G-001, 한국원자력안전기술원
4. 원자력시설 품질보증 지침집, KINS-G-002, KINS-G-003, 한국원자력안전기술원



5. ANSI/ANS-10.4-1987, "American National Standard Guidelines for the Verification and Validation of Scientific and Engineering Computer Programs for the Nuclear Industry," May 13, 1987.
6. CSNI Report 132/Revision 1, "CSNI Integral Test Facility Validation Matrix for the Assessment of Thermal-Hydraulic Codes for LWR LOCA and Transients," prepared by a Writing Group Committee of the PWG 2, NEA/OECD, July 1996.
7. S.N. Aksan, F. D'Auria, H. Stadtke, "User Effects on the Transient System Code Calculations," NEA/CSNI/R(94)35, January 1995.