

차세대원자로 ITAAC 적용에 대한 규제방향연구

A Study on Regulatory Direction for Applying ITAAC to the KNGR

정애주, 이재성, 김만용, 윤영길, 이재훈

한국원자력안전기술원
대전광역시 유성구 구성동 19번지

요 약

현재 개발중인 차세대원자로 (KNGR: Korean Next Generation Reactor)는 표준설계개념을 도입하고 있으므로, 표준설계에 입각한 인·허가 절차의 도입이 필요하다. 따라서, 건설될 원전이 표준설계를 준수하고 통합허가 및 관련 규제요건에 부합되게 운전될 것임을 입증하기 위한 시험, 검사, 해석 및 그에 따른 허용 기준을 다루는 ITAAC (Inspections, Tests, Analyses, and Acceptance Criteria)의 적용에 대한 규제방향을 설정하기 위한 연구를 수행하였다. 이를 위해 표준설계 인·허가 절차를 도입한 미국 NRC의 ITAAC에 대한 제반 요건 및 규정에 대한 조사와 더불어 그에 대한 분석을 수행하였으며, 표준설계에 대해 우리 나라에서 고려하고 있는 인·허가 방향과 우리나라 현행 법령하에서의 규제환경을 고려하여 ITAAC 적용에 대한 규제방향을 제안하였다. 본 연구에서 논의된 사항은 일종의 제안으로서 향후 정부, 산업계, 학계 등 각 계의 의견수렴과정을 거쳐서 최종 결정될 것이다.

Abstract

In order to prepare a new license procedure that will be applied to the KNGR (Korea Next Generation Reactor) which is being developed under the standard design concept, a study on the regulatory direction for applying ITAAC (Inspections, Tests, Analyses, and Acceptance Criteria) to the KNGR was performed. The purpose of the ITAAC is to provide a reasonable assurance that a plant which references the standard design will be constructed and operated in conformity with the combined license and regulations. In this paper, the requirements and regulations related to the ITAAC of the U.S. NRC, which introduced a new license procedure for the standard design, were investigated and analyzed, and then regulatory directions for applying the ITAAC to the KNGR were proposed based on a license procedure considered for the standard design and the regulatory environment under the current regulations in Korea. The regulatory directions discussed in this paper are an initial proposal to be finalized through the incorporation of comments from the government, industry, and academic institutions.

1. 서론

정부주도로 개발이 추진되고 있는 차세대원자로는 표준설계 개념을 채택하여 동일한 설계로 반복 건설이 가능하도록 설계되고 있다. 그러나, 우리 나라에서는 표준설계 원전에 대한 별도의 인·허가 절차를 허용하고 있지 않으므로 표준설계 원전을 다수기 건설할 경우 현재와 같은 건설허가 및 운영허가의 2단계 인·허가 절차 하에서는 동일 설계를 중복하여 심사하게 되는 비효율성이 발생한다. 따라서 이러한 중복심사를 방지하고 원전규제의 효율성을 제고하기 위해서는 미국과 같이 표준설계 원전에 대한 인·허가 절차를 도입해야 할 필요성이 있다.

미국에서는 표준설계 원전에 대해 기존의 건설허가 및 운영허가의 2단계 인허가 절차(10 CFR 50)와 병행하여 신규 인·허가 절차 (10 CFR 52)를 허용하고 있다. 이 신규 인·허가 절차는 '조기부지허가 (Early Site Permit)', '표준설계인증 (Standard Design Certification)', '통합허가 (Combined License)'로 구성되어 있다. 이 절차에 의하면 '조기부지허가'를 통하여 규제기관으로부터 표준원전을 건설하게 될 부지에 대한 허가를 받으며, '표준설계인증'를 통하여 부지 연계부분을 제외한 원전의 설계를 표준화하여 그 표준설계에 대한 인증을 받으며, '통합허가'를 통하여 발전소 건설 및 운영에 대한 허가를 통합하여 동시에 발급받게 된다.

상기의 신규 인허가 절차에 의하면 발전소 건설이 개시되기 이전에 표준설계인증 및 통합허가가 발급되어야 하므로, 표준설계인증 및 통합허가 심사단계에서는 (1) 인증된 표준설계와 발전소의 준공상태가 일치함을 확인할 수 없으며, (2) 준공상태의 발전소 성능이 통합허가 및 규제요건을 만족시킨다는 것을 확인할 수 없게 된다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 미국 NRC는 ITAAC을 도입하게 되었다.

이 연구에서는 차세대원자로에 표준설계 인·허가 절차가 도입될 경우를 대비하여 ITAAC 적용에 대한 규제방향 설정을 위한 연구를 수행하였다. 이를 위하여 미국 NRC의 ITAAC에 대한 제반 요건 및 규정을 조사하였고, 그에 대한 분석을 수행하였으며, 원전 표준설계에 대해 우리 나라에서 고려하고 있는 인·허가 방향과 사용전 검사 및 품질보증 등에 대한 우리나라의 현행 규제 제도를 고려하여 ITAAC 적용에 대한 규제방향을 제안하였다.

2. 미국의 ITAAC 제도

2.1 개요

ITAAC제도의 목적은 원전시설의 향후 준공상태와 성능이 인증된 설계내용과 일치하며 통합인허가 및 규제요건에 따라서 운전될 것임을 입증하기 위한 것이다. 이를 위하여 원전 건설단계에서 수행될 각종 설계 안전성 입증활동(시험, 검사 및 해석)과 그 허용기준을 수립하여 표준설계인증 및 통합인허가 신청문서로 제출하고, 원전 건설단계에서 이 입증활동을 이행하며, 그 결과가 관련 허용기준을 만족하는 지를 확인하는 것이다 [1]. 따라서 ITAAC제도는 이렇게 입증활동의 일환으로 수행되는 시험, 검사 및 해석과 그 허용기준을 의미하며, 건설단계에서 ITAAC에 대한 결과가 규제기관에 의하여 검토, 확인이 되면 핵연료 장전을 허용하도록 되어있다.

2.2 인·허가 단계별 ITAAC

미국 원자력규제위원회(USNRC)는 표준설계인증 및 통합인허가의 신청문서로서 10 CFR 52.47 및 10 CFR 52.79 규정에 따라 설계인증 ITAAC 및 통합인허가 ITAAC의 제출을 요구하고 있다 [1].

2].

표준설계인증 신청을 위하여 제출되는 “설계인증 ITAAC”은 설계에 대한 안전성을 입증하기 위하여 표준설계인증의 일환으로 심사가 수행된다. 여기에는 안전성 확인자료와 관련 입증활동 및 허용기준 등을 포함하고 있으며, 아래와 같이 5개의 항목으로 구성되어 있고, 각 항목들에는 관련된 다수의 절로 구성되어 있다 [3].

- 개요: ITAAC의 전체구성, 용어정의, 그리고 그림기호 및 약어목록 제시
- 계통 및 구조물 ITAAC: 원자력시설의 계통이나 구조물별 성능 제시
- 비계통 ITAAC: 주요 구조물, 계통 및 기기에서의 건설 및 입증활동에서의 일관성을 유지하기 위하여 원자력시설 중 하나 이상의 계통이나 구조물에 공통적으로 적용되는 활동에 대한 입증요건
- 연계요건: 설계와 부지간의 연계요건
- 부지변수: 포괄부지 변수의 범위 제시

한편, 통합허가 신청을 위하여 제출되는 “통합인허가 ITAAC”은 건설 및 운영에 대한 안전성을 입증하기 위하여 표준설계인증의 일환으로 심사가 수행되며, 다음과 같이 구성되어 있다 [2].

- 설계인증 ITACC: 설계인증단계에서 인증된 설계인증 ITAAC을 그대로 채택
- 절차 ITAAC: 교육훈련 및 품질보증 등에 대한 절차 ITAAC
- 연계요건: 최종 열제거원, 용수계통, 소외전력계통 등과 같은 부지관련 연계요건
- 비상계획 ITAAC: 비상계획과 관련된 ITAAC

2.3 문서체계

(1) 구성

표준설계인증 신청시 사업자가 제출하여야 하는 정보를 포함하고 있는 문서를 설계관리문서 (Design Control Document)라고 하며, 이는 크게 설계인증자료 (Certified Design Material)와 설계승인자료 (Approved Design Material)로 구별된다 [3].

표준설계에 대한 정보는 SECY-90-377 [4]에 따라 설계인증의 대상이 되는 Tier 1과, 설계인증의 대상은 아니지만 원자력규제위원회(USNRC)의 승인을 받아야 하는 Tier 2로 구분하여 기술된다. 이에 따라 ITAAC도 Tier 1 및 Tier 2로 구분되며, Tier 1 ITAAC은 설계관리문서 중 설계인증자료에 기술되고, Tier 2 ITAAC은 설계승인자료에 기술된다.

Tier 1 ITAAC은 입증요건 (Verification Requirements)이라고 불리우며, 검사, 시험, 또는 해석을 통하여 입증되어야 할 Tier 1 설계정보에 대한 입증방법 및 허용기준을 규정하고 있다 [2]. 이 Tier 1 입증요건은 Tier 1 설계정보에 상응하는 설계 상세도를 가지는데 일반적으로 계통의 성능 수준의 설계요건을 다루게 된다. 따라서, Tier 1 ITAAC은 검사, 시험 및 해석에 의하여 입증되어야 하는 주요 설계항목만을 다루게 된다. 정량적인 허용기준(예: 비상노심냉각계통의 최소 허용유량)은 관련 허용기준을 만족시키지 못하면 설계가 적절하게 이행될 수 없는 경우에만 사용된다. 그러나 Tier 1 ITAAC에서 모든 Tier 1 설계정보에 대응되는 입증요건이 제시되어야 하는 것은 아

니다. 다음과 같은 경우에는 Tier 1 설계정보에 대한 ITAAC이 요구되지 않는다:

- 설계정보가 단순히 내용구성의 목적을 가질 경우
- 다른 ITAAC을 통하여 해당항목의 입증 가능할 경우
- 단일 ITAAC이 여러 설계항목에 대한 입증을 할 수 있을 경우
- 해당항목에 대한 입증이 핵연료 장전 이후에 가능할 경우

한편, Tier 2 ITAAC은 입증요소(Validation Attributes)라고 불리우며 Tier 1 설계정보의 적합성을 판단하는데 요구되는 정보로서 물리적으로 측정가능한 건설, 설치 데이터로 구성된다.

(2) 내 용

ITAAC의 내용은 표1에 예시된 바와 같이 다음과 같은 3개 항목으로 작성된다.

- 설계이행사항 (Design Commitment)
- 검사, 시험 또는 해석
- 허용기준

“설계이행사항” 항목에는 입증되어야 할 Tier 1 설계정보 가운데, 입증되어야 할 내용들이 기술된다. 물론 Tier 1의 모든 설계정보가 기술되는 것은 아니다. ‘검사, 시험 또는 해석’항에는 준공된 시설이 ‘설계이행사항’을 만족시키고 있는지를 입증하기 수행되어야 할 검사, 시험 또는 해석 등의 입증활동이 기술되고, ‘허용기준’ 항목에는 입증활동의 결과가 설계이행사항을 만족시키는지의 여부를 판단하는데 사용될 세부 허용기준이 제시된다 [5]. ITAAC 작성에 대한 사례로서 ABB-CE의 System 80+ 안전주입계통에 대한 ITAAC을 표 1에 제시하였다 [3].

설계인증의 대상이 되는 ITAAC은 Tier 1으로 분류되어 설계관리문서의 설계인증자료에 기술되며 법제화의 대상이 된다. 따라서 원자력규제위원회(USNRC)가 이 Tier 1 ITAAC에 대한 변경, 폐지, 또는 추가가 필요하다고 판단할 경우에도 임의로 요구할 수 없으며, 10 CFR 52.63(a)에 따라서 Tier 1 ITAAC이 설계인증을 받을 당시의 규제요건을 만족시키지 못한다는 사실을 발견하였거나 또는 대중의 보건 및 안전에 위해를 줄 수 있다는 확신이 있을 경우에 한해서 법제화를 통하여 그 변경, 폐지, 또는 추가를 요구할 수 있다. 한편 통합인허가 신청자 또는 소지자가 설계인증을 받은 Tier 1 ITAAC의 일부에 대한 면제를 원할 경우 10 CFR 52.63(b)에 따라 면제신청을 하고, 원자력규제위원회(USNRC)는 10 CFR 50.12에 따라서 해당 부분이 면제되어도 대중의 건강 및 안전에 위해한 영향이 미치지 않는지를 평가하여 허용여부를 결정한다. 반면 상세설계와 관련된 ITAAC은 Tier 2로 구분되며 이것은 원자력규제위원회(USNRC)의 요구에 의해서 또는 사업자의 필요에 의해서 변경될 수 있다. 통합인허가 소지자가 변경을 원할 경우 10 CFR 52.63(b)에 따라서 10 CFR 50.59와 유사한 절차로 변경할 수 있다. 즉, 제안하는 설계변경이 인허가 사항인 기술지침서의 변경을 초래하거나 또는 검토되지 않은 안전현안을 야기시키지 않는다면 원자력규제위원회(USNRC)의 사전승인 없이 변경이 가능하며 그렇지 않은 경우라면 원자력규제위원회(USNRC)의 승인을 받아야 한다 [6].

(3) 설계 허용기준 (DAC)

설계허용기준 (DAC: Design Acceptance Criteria)은 ITAAC중 특별한 형식의 설계요건으로, 표준

설계 인증단계에서는 제출할 수 없는 특정분야에 대하여, 설계 안전성을 확인하기 위하여 적용하는 기준으로 설계자에 의하여 수립되는 것이다. 디지털 I&C 및 주제어실 상세설계 (인간공학 분야)와 같이 기술의 발전속도가 빨라서 실제 발전소 건설 전에 상세설계를 확정시키는 것이 적절하지 않은 분야와, 최종설계를 완결하기 위해서는 설치/준공 자료 또는 구매 자료가 요구되는 분야에 대하여, 통합인허가 소지자가 관련 ITAAC을 통하여 설계 허용기준이 만족됨을 입증한다는 전제하에서 표준설계를 인증해 주는 것이다. 이런 분야에 대해서는 명시적인 제한치 또는 매개변수에 대한 허용기준을 제시해야 하며, 측정 혹은 시험이 가능하거나 사전에 승인된 방법으로 해석될 수 있도록 실제적이어야 하고, 준공시설이 인증된 설계를 준수하고 있음을 ITAAC을 통하여 입증할 수 있어야 한다. 그리고, 이들 설계허용기준 (DAC)은 ITAAC의 일부이므로 통합인허가 소지자에 의하여 핵연료장전 전까지 만족되어야 한다. 또한, 상세설계 대신에 해석방법론, 성능시험 및 검사에 대한 상세한 내용을 명시해야 한다. [7]

설계허용기준 (DAC)은 설계인증자료에 기술되는 Tier 1 설계정보 및 ITAAC과, 설계승인자료인 표준안전성분석보고서에 기술되는 설계허용기준 (DAC)에 대한 보조정보로 구성된다.

한편, 신청자는 타계통과의 연계를 줄이기 위하여 설계허용기준 (DAC)의 사용을 최소화해야 하며, 설계허용기준 (DAC)의 사용으로 야기될 수 있는 타계통과의 연계성을 도출해야 한다. 설계허용기준 (DAC)이 만족되었다는 결정은 ITAAC의 일환으로서 설계 및 건설과정을 통하여 이루어진다 [7]. 미국 원자력규제위원회(USNRC)는 GE ABWR에 대한 설계심사 과정에서 설계허용기준 (DAC)을 사용해야 할 필요성이 인정되는 분야로서 다음과 같은 4개 분야를 도출하였다: (1) 배관설계, (2) 방사선 차폐 및 공기중 방사능 농도, (3) 주제어실 설계, (4) 디지털 I&C [5].

2.4 확인 및 평가

ITAAC에 명시된 입증활동은 표준설계를 참조하는 원전의 건설단계에서 수행될 것이다. 따라서 ITAAC 입증활동의 결과에 대한 확인은 통합인허가 발급 이후에 신청자에 의하여 이루어진다. ITAAC의 성공적인 수행과 통합인허가에 대한 허용기준의 만족은 10 CFR 52.103(c)에 따른 원전시설의 운전허용 결정에 대한 근거가 된다.

통합인허가 소지자는 원전의 건설이 진행됨에 따라 상업운전 개시전까지 ITAAC을 포함한 건설중 입증프로그램 (Construction Verification Program)을 수행하여야 하며, 프로그램의 일부가 완료되면 통합인허가 소지자는 해당 입증활동에 대한 결과를 문서화(결과보고서, Completion Report)하여 원자력규제위원회(USNRC)에 주기적으로 제출해야 한다. 결과보고서에는 통합인허가 소지자가 건설활동을 만족스럽게 수행하였음을 확신할 수 있는 근거가 문서화되어야 하며, 이를 위하여 ITAAC 요건에 대한 결과가 포함되어야 한다. 원자력규제위원회(USNRC)의 규제검사가 완료되고, 결과보고서에 대한 검토를 수행하여 그 결과의 타당성이 확인되면, 원자력규제위원회(USNRC)는 10 CFR 52.99에 따라서 최종적으로 연방관보 (Federal Register)에 ITAAC이 성공적으로 수행되었고 통합인허가에 대한 허용기준이 만족되었음을 공고하게 된다.

ITAAC의 일부 분야는 원전 건설기간에 수행되는 기존의 검사절차 및 이와 관련된 10 CFR 50 요건과 중복되나, ITAAC은 기존의 규제요건 및 검사에 대하여 우선하는 것은 아니며 또한 대체되는 것도 아니다. 대신에, 원전시설이 인증된 설계를 따르고 있음을 입증하는 보충절차를 제공하는 것이다. 따라서 10 CFR 50 App. B의 품질보증계획은 지속적으로 유효하다. ITAAC 입증활동은 건설 기간에 수행되는 반면, 기존의 검사프로그램은 건설기간 및 핵연료 장전후 전출력 운전개시

전까지의 전체활동을 포함하고 있다.

미국 원자력규제위원회(USNRC)는 통합인허가를 발급받은 시설에 대한 검사프로그램에 SAYGO (Sign-As-You-Go) 절차를 포함할 계획이다. SAYGO 절차는 Vogtle 발전소의 건설 후반기에 시험, 적용된 안전규제절차로서 통합인허가 ITAAC 확인절차의 근간이 될 것이다. 원자력규제위원회(USNRC)에서는 SECY-92-134를 통하여 SAYGO 절차 및 10 CFR 52 에서의 ITAAC 입증활동을 건설중 검사프로그램과 연계시키는 방안을 강구중에 있다 [8].

3. 차세대원전에 ITAAC 적용방안

3.1 제도화방안

미국의 경우 표준설계인증 절차를 살펴보면 원자로 공급자가 표준설계를 개발하고 이에 대한 설계인증 신청을 하면 원자력규제위원회(USNRC)가 표준설계 부분(설계인증자료) 및 비표준설계 부분(설계승인자료)에 대한 안전성을 평가한 후 최종설계승인을 하고 그후 설계인증자료에 대해서는 법제화를 통해서 표준설계로서 인증을 한다. 그러나 설계승인자료는 법제화를 통한 인증을 받지 않지만 인증된 표준설계를 보완해 주는 역할을 한다. 이렇게 인증된 표준설계는 설계인증을 받은 후 15년 동안 설계변경없이 사용, 가능하며, 인증된 설계를 사용하여 원전을 건설할 경우, 원자력규제위원회(USNRC)의 안전성 심사의 범위에서 배제되는 혜택이 주어진다.

우리 나라에서도 미국과 같이 표준설계 원전에 대한 규제의 효율성 증진 및 사업추진의 안정화를 위해서 표준설계 원전에 대한 신규 인·허가 절차를 도입할 경우, 미국과 같이 법제화를 통해서 표준설계를 법적으로 인증하는 절차는 우리 나라의 법제화 절차, 법령체계 및 규제환경 등을 고려할 때 도입, 적용하기에 어려움이 있다. 따라서 표준설계에 대한 인가제도를 신설하여, 인가받은 표준설계에 대해서 일정기간 동안 중복심사를 배제해 주며, 안전성에 심각한 문제점이 발견되기 전에는 추가적인 요건을 부가하지 않는 것이 바람직할 것으로 판단된다. 이 경우에 형식적으로는 미국의 설계인증 절차와 다르지만 내용적인 면에서는 미국의 인증된 표준설계 원자로에 주어지는 혜택과 동일한 혜택이 주어지는 것이다.

표준설계 인가제도를 국내 인허가제도에 신설, 도입할 경우, 표준설계 인가를 위한 신청문서로서는 표준설계 인가의 대상이 되는 정보를 규정하는 설계인가자료와, 설계 인가의 범위에는 포함되지 않지만 규제기관의 승인을 받아야 하는 설계승인자료로 구성될 수 있을 것이다. 즉, 미국 원자력규제위원회(USNRC)의 설계인증자료를 설계인가자료로 대체할 경우, 설계인가자료의 구성, 양식 및 내용은 설계인증자료와 동일하게 구성될 수 있다. 이 경우 ITAAC 관련사항에 대해서도 미국 원자력규제위원회(USNRC)의 ITAAC 구성, 양식 및 내용을 도입, 적용할 수 있을 것으로 판단된다.

3.2 이행방안

ITAAC을 통하여 준공상태의 원전시설이 인증된 표준설계와 일치하며 통합인허가 및 규제요건에 따라서 운전될 것임을 확인하기 위한 입증활동 분야에는 부지공사, 구조물 건설, 기기의 제작 및 설치, 기기 및 계통의 성능검사 등이 포함된다. 이는 핵연료 장전 이전의 전 원전 건설 공정이 포함된다고 할 수 있다. 그리고 인증설계자료에 명시된 설계이행사항에 대한 상호이해와 미해결 검

사결과에 대한 조기해결을 위해서는, 규제기관이 ITAAC 이행결과를 건설공정이 완료되어 모든 ITAAC의 수행이 완료된 후에 검토하는 것보다는 각 건설공정별로 단계적으로 확인하는 것이 보다 효율적이다. 특히, 건설공정의 완료 후에 ITAAC에 대한 이행결과를 확인할 경우, 만약의 경우에 발견될 수도 있는 설계이행사항에 대한 미비점을 해결하기 위해서 재시공 및 사업추진의 지연 등 사업자에게 큰 경제적인 부담을 초래할 수도 있다. 따라서 이러한 점을 고려할 때 ITAAC 이행결과의 확인은 건설공정별로 수행하는 것이 바람직한 방향일 것이다.

이를 위해서 부지공사, 구조물 건설, 기기의 제작 및 설치, 기기 및 계통의 성능검사 (상온 및 고온기능시험) 등의 각 건설공정별로 현행 규제제도를 최대한으로 활용하여 통합인허가 소지자에 의해 수행되는 ITAAC의 이행결과를 단계적으로 확인하는 것이 바람직할 것이다. 현행 원자력법시행령 제 27 조(사용전검사)에서는 원자로시설의 공사 및 성능에 대하여 공정별로 과학기술부장관의 검사를 받게 되어 있다. 이 규정에 의하면 다음의 경우에 사용전 검사를 받을 수 있게 되어 있다.

- (1) 원자로시설의 주요 구조물 공사 착공시점 및 주요 공정별 강도시험이 가능한 시점
- (2) 원자로시설의 공사가 완료되어 계통별 기능시험이 가능한 시점
- (3) 상온 및 고온 기능시험이 가능한 시점
- (4) 핵연료장전 및 시운전시험이 가능한 시점

이 규정을 적용할 경우 통합인허가 소지자의 ITAAC 이행결과에 대한 규제기관의 확인은 부지공사 및 구조물 건설과 관련된 ITAAC에 대해서는 (1)의 시점에, 기기의 설치와 관련된 ITAAC에 대한 이행결과에 대해서는 (2)의 시점에, 기기 및 계통의 성능검사와 관련된 ITAAC에 대해서는 (3)의 시점에 수행하는 것이 가능하다. 기기의 제작과 관련된 ITAAC에 대해서는 사용전검사의 규정을 적용할 수 없으므로 이에 대해서는 원자력법시행령 제 31 조(품질보증검사)의 규정을 적용할 수 있을 것이다. 상기의 각 단계마다 규제기관은 입회 검사 등을 시행하며 각 단계가 완료되면 통합인허가 소지자가 ITAAC 이행활동에 대한 결과를 토대로 ITAAC 평가보고서를 작성, 제출하고 규제기관은 이를 검토하는 방법이 고려될 수 있다. 또한 마지막 단계인 저온 및 고온 기능시험 후에는 이들 보고서를 ITAAC 최종보고서의 부록으로 제출하는 접근방법이 적절할 것이다.

통합인허가를 도입할 경우, 우리 나라에서는 상기의 ITAAC 최종보고서에 대한 평가결과에 근거하여 핵연료장전을 승인해 주는 절차의 도입을 고려해야 할 것이다. 이 방식은 기존의 건설 및 운영허가의 2단계 인·허가 방식을 통합인허가로 단순화하는 대신, 통합인허가 소지자가 ITAAC 최종보고서를 제출하고 그에 대한 규제기관의 검토결과에 근거하여 핵연료 장전을 승인해 주는 형태를 취하는 것이다. 이러한 핵연료장전 승인절차가 도입된다면, 이는 사용전 검사와 품질보증검사의 실효성 제고 및 ITAAC 이행의 철저한 점검에도 크게 기여할 것이라고 판단된다.

우리 나라에서의 ITAAC 변경절차는 기본적으로 인·허가 근거문서의 변경에 대한 현행 국내 원자력법, 원자력법시행령, 원자력법시행규칙을 따라야 할 것으로 판단된다. 우리나라의 경우 표준설계에 대해 인증절차가 아닌 인가절차를 채택하려 하지만 Tier 1 자료에 대한 변경절차에 있어서는 NRC의 접근방법과 유사한 절차를 따를 수 있을 것이다. 즉, 표준설계로서 인가를 받는 인가설계 자료의 경우, 규제기관에 의한 변경, 폐지, 또는 추가는 (1) 원전의 안전에 중요한 영향을 미치는 사항이 발생했을 때와, (2) 설계인가가 발급될 당시의 규제요건이 충족되지 못함이 발견되었을 때에 한하여 요구하도록 제한해야 할 것이다. 한편 사업자가 인가설계자료에 대한 면제 또는 변경을 원할 경우에는 건설허가 및 운영허가에 대한 현행 원자력법(제 11 조, 제 21 조)에 대비되는 표준

설계인가 변경절차를 거쳐야 할 것이다. Tier 2 자료인 승인설계자료에 대한 변경은 2가지 절차가 가능할 것이다. 원자력법시행규칙 제 19 조에서 정의하고 있는 경미한 사항(예: 안전성분석 보고서 상의 일반기재사항, 관리조직 등)에 대해서는 규제기관의 승인 없이 신고만으로 변경이 가능하며, 경미한 사항이 아닌 사항에 대해서는 현행 최종안전성분석보고서 또는 운영기술지침서의 개정에 대한 규정인 원자력법 제 21 조와 유사한 절차에 따라서 허가를 받아야 할 것이다. 따라서 경미한 사항이 아닌 Tier 2 자료는 Tier 1 자료의 변경절차와 동일한 절차를 따라야 할 것이다.

4. 토의 및 결론

표준설계인증 및 통합인허가의 도입에 의해, 건설될 원전이 인증된 설계를 준수하고 통합인허가 및 관련규제요건에 부합되게 운전될 것이라는 확신을 입증하기 위한 시험, 검사, 해석 및 그에 따른 허용 기준을 다루는 ITAAC제도에 대한 연구는, 원전의 안전성 및 신뢰도의 향상과 타 발전수단에 대한 경쟁력 확보를 위해 원전표준화 개념으로 추진되고 있는 차세대원자로의 인허가 절차의 개선을 위해 필수적인 요소이다.

이를 위해 미국의 ITAAC제도에 대한 요건 및 규정을 분석하여, ITAAC의 종류, 체계, 양식, 설계 허용기준과의 관계를 고찰해보았다. 그리고 통합인허가 후 건설단계에서의 ITAAC 이행결과를 확인하는 절차를 살펴보았다.

이러한 분석결과를 바탕으로, 우리나라 현행 법령하에서의 규제환경을 고려하여 차세대원자로에 ITAAC을 적용하기 위한 규제방향을 도출하였으며, ITAAC의 구성·양식·내용과, ITAAC 이행결과 확인방법을 제안하였다. 또한 ITAAC 이행결과에 대한 확인과 연계하여 초기 핵연료장전을 승인해 주는 절차도 제안하였다.

차세대원자로의 인·허가 절차와 관련하여 고려하고 있는 표준설계인가, 통합인허가 및 ITAAC은 사업자와 규제기관의 조기 접촉을 통하여 인허가 시현성을 높이고 원전의 안전성 및 경쟁력 향상에 기여할 것이다. 또한 한정된 규제 자원의 효율적 이용에도 기여할 것이라고 기대된다. 차세대 원전에 대한 ITAAC 적용 방안과 관련하여 본 논문에서 논의된 사항들은 추후 심도 깊게 재론되어야 할 것이며, 정부, 산업계, 연구기관, 학계 등 각계의 의견을 수렴하여 확정되어야 할 것이다.

참고문헌

1. Standard Review Plan for the Review of Safety Analysis Reports for Nuclear Power Plants (draft), 14.3 Inspections, Tests, Analyses, and Acceptance Criteria-Design Certification, Appendix A Information on Evolutionary Design Certification Reviews, NUREG-0800, USNRC, June 1996.
2. "Inspections, Tests, Analyses, and Acceptance Criteria (ITAAC) For Design Certifications and Combined Licenses", SECY-91-178, USNRC, June 12, 1991.
3. The System 80+ Standard Plant Design Control Document, ABB-CE, 1997.
4. "Requirements for Design Certification under 10 CFR Part 52", SECY-90-377, USNRC, November 8, 1990.
5. "Development of Inspections, Tests, Analyses and Acceptance Criteria (ITAAC) for Design

Certifications", SECY-92-214, USNRC, June 11, 1992.

6. "Form and Content for a Design Certification Rule", SECY-92-287, USNRC, August 18, 1992.
7. "Use of Design Acceptance Criteria During 10 CFR Part 52 Design Certification Reviews", SECY-92-053, USNRC, February 19, 1992.
8. "USNRC Construction Inspection Program for Evolutionary and Advanced Reactors under 10 CFR Part 52", SECY-92-134, USNRC, April 15, 1992.

표 1. ITAAC 작성양식의 사례: ABB-CE System 80+의 안전주입계통 ITAAC

Design Commitment	Inspections, Tests, Analyses	Acceptance Criteria
<p>1. The Basic Configuration of the safety injection system (SIS) is as shown on Figure 2.4.4-1.</p> <p>2. Two SIS pumps, in conjunction with the SITs, have the capacity to deliver coolant to the reactor vessel to cool the core during design basis events.</p>	<p>1. Inspection of the as-built SIS configuration will be conducted.</p> <p>2. a) Testing to determine SIS flow will be performed. Analysis will be performed to convert the test results from the test conditions to the design conditions.</p> <p>2. b) Testing will be performed using signals simulating a safety injection actuation signal (SIAS).</p> <p>2. c) Testing will be performed to open the SIT isolation valves with the SITs pressurized and the RCS depressurized. Analysis will be performed to convert the test results from the test conditions to the design conditions.</p>	<p>1. For the components and equipment shown on Figure 2.4.4-1, the as-built SIS conforms with the Basic Configuration.</p> <p>2. a) Each SIS pump has a pump-developed pressure differential of no less than 1600 psid and no more than 2040 psid at the vendor's specified minimum flow rate, and injects no less than 980 gpm and no more than 1232 gpm of borated water into the reactor vessel at atmospheric pressure.</p> <p>2. b) The SIS initiates and begins to deliver flow to the reactor vessel within 40 seconds following receipt of a signal simulating SIAS, including emergency diesel generator start time and load time.</p> <p>2. c) The pressurized SITs discharge water to the depressurized RCS.</p> <p>Resistance coefficient K of the discharge line from the SIT to the reactor vessel is equal to or between 4.5 to 30 (based on a cross-sectional area of 0.6827 ft²)</p>