



# 국내 원자력발전소의 가동중검사

손영호, 홍재근, 박지홍, 이병훈, 송상우 | 한국기계연구원

## 1. 서론

원자력 발전은 다른 발전방법에 비해 많은 장점이 있지만, 고도의 안전성과 신뢰성이 요구되는 산업이다. 또한 사용에 있어 세심한 주의를 기울이지 않으면 사업자의 경제적 손실뿐만 아니라 국가적인 위기를 초래할 만한 대형 사고의 가능성이 높은 위험요인을 안고 있다. 원자력발전소는 건설되는 순간부터 수명이 다하여 폐기되는 시점까지 적절한 기능이 원활히 수행되어야 하기 때문에, 원전에 설치되는 각종 기기와 구조물의 구조 건전성 확보는 가장 중요한 사항 중 하나이다. 따라서 이들 기기는 관련 법규이나 기술기준에 따라 설계, 제작 및 설치되어야 하고, 가동중에도 그들의 건전성이 계속적으로 확보되어야 한다.<sup>[1]</sup>

국내 가동중 원전의 경우, 규제요건인 과학기술부고시 제2004-13호에 따르면 상업운전 전에 가동전검사 (preservice inspection)를 실시하여 기초 데이터를 확보하고, 그 후 원전의 수명기간을 10년 주기 단위로 나누어 가동중검사 (inservice inspection)를 반복하여 실시하도록 규정하고 있다. 각 10년 동안 지정된 부위에 대하여 100% 검사를 수행하고 있으며, 실제로는 핵연료재장전 주기인 18개월 마다 가동중검사를 실시하고 있어, 각 10년 주기마다 약 7번의 가동중검사가 수행된다. 가동중검사에 적용되는 기술기준으로는 경수로 원전(PWR)에 대해서는 우리나라의 전력산업기술기준(Korea Electric Power Industry Code, KEPIC) MI 또는 이와 상응하는 미국의 ASME B&PV Code Sec.XI을 적용하고, 중수로 원전(PHWR)의 경우에는 캐나다의 CAN/CSA-N285.4 및 CAN/CSA-N285.5를 적용하여 가동중검사를 실시하도록 규정하고 있다.<sup>[2-5]</sup>

원전에 설치된 모든 기기 및 계통을 검사하는 것은 경제적 및 기술적 측면에 있어서 매우 어렵기 때문에, 상기 적용기술기준에서는 발전소의 안전성과 관련한 중요도에 따라 각 기기를 적절한 안전성 등급으로 구분하고, 각 등급별 검사대상, 검사범위 및 검사방법 등에 대한 요건을 제시하고 있다.<sup>[6]</sup> 검사대상은 용기, 배관, 밸브 및 펌프 등과 같은 압력유지 기기들이 대부분이며, 특히 원자로 용기 및 배관계통이 주 대상이 된다. 설치된 기기는 수명기간 동안 계속 사용되어야 하기 때문에 가동중검사에 파괴시험법을 적용할 수 없으므로 주로 비파괴검사 방법을 적용하여 구조 건전성을 확인한다. 검사부위는 기기의 용접부에 집중되어 있는데, 이는 열영향부(heat affected zone)를 포함한 용접부에 결함이 존재하기 쉽고 또한 용접 이음부위는 구조적으로 불연속부가 되기 때문에 가동중 높은 응력이 발생할 수 있고 균열 등의 결함 발생이 용이하기 때문이다.<sup>[7,8]</sup>

수명기간동안 주기적으로 수행되는 가동중검사의 결과는 원전의 가동으로 인한 결함의 발생이나 허용범위 이

내인 기준 결점의 성장여부를 확인하기 위하여 항상 이전에 실시된 가동중검사 결과와 비교 검토하여야 된다. 따라서 가동 전 기기의 최초 상태에 대한 건전성 확인뿐만 아니라 가동중검사 결과와의 비교를 위한 기준자료(baseline data)를 확보하여야 한다. 이를 위해 시공이 완료된 원전에 대해서는 상업운전에 들어가기 전까지 후후 가동중검사에 적용될 검사방법 및 절차 등을 포함한 동일한 검사조건으로 가동전검사(pre-service inspection)가 실시된다.

본고에서는 경수로 원전의 가동중검사에 적용되는 기술기준, 검사 계획 및 일정, 검사방법 및 최근 화제가 되고 있는 위험도 정보 활용 가동중검사(RI-ISI: Risk-Informed Inservice Inspection)에 대하여 간략히 소개하고자 한다.

## 2. 적용 기술기준

가동중검사에 적용할 기술기준의 선정은 발전사업자의 책임사항으로 국내의 경우에는 한국수력원자력(주)가 가동중검사에 사용할 기술기준의 적용판 및 추록을 결정하여 과학기술부의 승인을 받아야 한다. 최근까지 가동중검사에 대한 국내 고유의 기술기준이 없어 표 1과 같이 주로 미국의 기술기준인 ASME Sec. XI을 적용하여 왔다. 그러나 국가 기술자립 및 표준화 정책에 따라 선진외국의 기술기준을 참조하여 기술적 및 제도적 측면에서 우리의 관련규정과 기준에 상충되지 않고 우리 실정에 적합한 전력산업기술기준(KEPIC MI)이 개발되었고, 원전 가동중검사에 대한 규정인 과학기술부 고시 제2004-13호에 KEPIC MI 또는 이와 상응되는 기술기준(ASME Sec. XI)을 적용하도록 규정하여 국산 기술기준을 적용할 수 있는 토대가 마련되었다.

표 1. 국내 원전의 가동중검사에 대한 기술기준 및 적용판

호기	적용 기술기준	호기	적용 기술기준
고리 1	ASME Sec.XI 89년판	울진 1	ASME Sec.XI 89년판
고리 2	ASME Sec.XI 89년판	울진 2	ASME Sec.XI 89년판
고리 3	ASME Sec.XI 98년판+2000년 추록 (이와 상응되는 KEPIC)	울진 3	ASME Sec.XI 89년판
고리 4	ASME Sec.XI 89년판	울진 4	ASME Sec.XI 89년판
영광 1	ASME Sec.XI 89년판	울진 5	ASME Sec.XI 95년판+97년 추록
영광 2	ASME Sec.XI 89년판	울진 6	ASME Sec.XI 95년판+97년 추록
영광 3	ASME Sec.XI 95년판+96년 추록	월성 1	CSA 285.4-94
영광 4	ASME Sec.XI 95년판+96년 추록	월성 2	CSA 285.4-94
영광 5	ASME Sec.XI 95년판+96년 추록	월성 3	CSA 285.4-94
영광 6	ASME Sec.XI 95년판+96년 추록	월성 4	CSA 285.4-94

KEPIC의 경우, 5년마다 개정판이 발행되고 그 사이에 매년 추록이 발행되고 있으며, ASME의 경우 3년마다 개정판이 발행되고 그 사이에 매년 추록이 발행되고 있다. 개정판 및 추록에 따라 기술기준의 요건에 변화가 있기 때문에 적용판 및 추록을 결정하는 것은 가동중검사에 있어서 중요한 문제가 된다. 이에 대하여 규제기관은 KEPIC MI의 모든 개정사항을 주기적으로 검토하여, 과학기술부 고시로 추가적인 조건과 특정 조항에 대한 제한

사항을 포함하여 적용할 수 있는 발행판과 추록을 규정하고 있다. 현재 KEPIC 적용과 관련한 규정인 과학기술부 고시 제2005-4호 제3조 제3항에서 KEPIC 2000년판, 2001년 추록, 2002년 추록 및 2003년 추록의 사용을 승인하고 있으며, 별표 1에 이에 상응하는 참조 기술기준인 ASME Sec. XI의 발행판 및 추록(1995년판에서 2000년 추록)을 나타내고, 별표 2에는 상기 KEPIC 발행판 및 추록의 적용에 대한 제한사항을 규정하고 있다.<sup>[9]</sup>

상기 규정을 만족하도록 선정된 기술기준은 10년 단위인 한 번의 가동중검사 주기(interval) 동안에는 변경할 수 없으며, 가동중검사 주기가 바뀔 때에만 기술기준 적용판을 변경할 수 있다. 가압 경수로형의 경우, 새로운 주기에 적용되는 가동중검사 기술기준의 적용판은 과기부고시 제2004-13호에 따라 검사주기 시작 1년 전에 발행된 전력기준(KEPIC) MI의 유효년도 또는 이와 상응하는 기술기준(ASME Code Sec. XI)의 유효년도를 사용하여야 한다.

대부분의 국내 원전은 외국의 기술기준을 적용하여 건설되었기 때문에 상기에 서술한 바와 같이 가동중검사 또한 외국의 기술기준(특히 ASME Sec.XI)을 적용하여 수행되고 있는 실정이다. KEPIC MI의 경우 ASME Sec.XI을 참조하여 번안한 것으로 일부 제도적인 요건을 제외한 기술적 내용이 거의 동일하다. 가동중검사에는 안전성등급 기기의 시험 및 검사뿐만 아니라 보수/교체 활동도 포함되며, 특히 교체 품목의 구매와 관련하여 외국의 기술기준을 적용할 경우, 장시간 및 고비용 등의 문제점이 있으므로, 검사 주기가 변경되어 새로운 기술기준을 선정할 때, 기자재 국산화를 향상, 국내 기술자립, 기술기준 사용의 편리성 및 경제성 등을 감안한다면 KEPIC을 적용하는 것이 바람직 할 것으로 생각된다.

### 3. 검사 계획 및 일정

각 검사 주기의 시작 전에 발전사업자는 적용 기술기준에서 요구하는 시험 및 검사를 언제, 어떻게 수행할 것인가에 대한 검사계획서 및 일정을 준비하여야 한다. 원전 시공이 완료되고 건설 기술기준의 요건이 만족되면 상업 운전에 들어가기 전까지 가동전검사(Pre-service Inspection)를 실시한다. 가동전검사가 완료되면 장기가동중검사계획서(LTP: Long Term Plan)가 작성되며, 이 LTP에 따라 가동중검사가 수행된다.

이 검사계획서는 적용되어야 할 모든 요건을 만족하고 있음을 보증하기 위한 충분한 정보를 포함하고 있어야 하며, 포함되어야 할 정보에는 요구되는 시험 및 검사에 적용할 기술기준의 발행판 및 추록, 기기의 등급 분류, 계통 등급의 경계, 검사대상 기기의 식별, 수행되어야 할 검사방법, 적용하고자 하는 적용 사례(Code Case) 등이 있다. 각 검사주기의 시작 전에 LTP는 가동중공인검사원의 검토를 받아야 하며, 발전사업자는 과학기술부 고시 제 2004-13호에 따라 10년 동안의 LTP를 새로운 주기 개시 3개월 전까지 과기부 장관에게 제출하여 승인을 받아야 한다. 또한 이 LTP를 기초로 하여 각 차수별 검사계획서를 작성하여 규제기관에 제출하여야 하며, 검사 차수별 검사계획이 LTP를 따르지 않고 변경될 경우에는 그 사유도 제시하여야 한다.

국내 원전의 검사프로그램은 ASME Sec. XI IWA-2412 Inspection Program B(KEPIC MIA 2412 검사계획 B)에 따라 발전소 수명을 40년으로 보고 10년을 주기로 검사대상을 100% 검사한다. 그림 1에 나타낸 바와 같이 10년 단위의 장주기(interval)는 약 40개월 단위인 3번의 단주기(period)로 나누어지며, 각 단주기에는 핵연료 교체 시 실시하는 운전정비기간인 2 ~ 3번의 차수(outage)가 있다. 가동중검사 적용 기술기준에서는 각 단주기동안 검사되어야 할 검사량을 백분율로 규정하고 있다. ASME Sec. XI 89년판의 경우에는 첫 번째 단주기인 처음 3년

간 16 ~ 34%, 두 번째 단주기인 7년 이내에 50 ~ 67%, 세 번째 단주기인 7년 이후 10년 사이에 100%의 검사를 수행하도록 규정하고 있으나, 검사 일정의 유연성을 제공하고 많은 검사를 주기의 앞부분에 수행해서 정비 기간 단축을 촉진하기 위해 ASME Sec. XI 98년판(KEPIC MI 2001년 추록)에서는 첫 번째 단주기에 16 ~ 50%, 두 번째 단주기에 50 ~ 75% 그리고 세 번째 단주기에 100% 검사를 수행하는 것으로 개정되었다.<sup>[4]</sup>

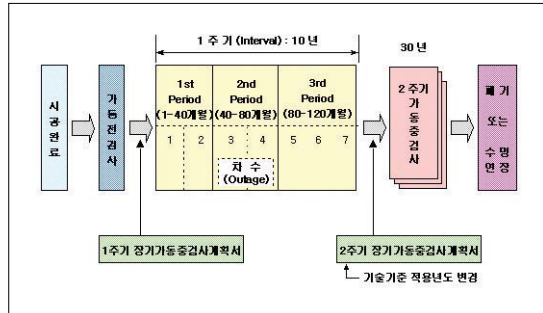


그림 1. 원전의 가동중검사 흐름도

#### 4. 검사방법

원전의 가동중검사는 비파괴검사 방법을 이용하여 기기의 건전성을 확인하며, 비파괴검사는 자격 인정된 검사원이 적용 기술기준의 요건을 만족하는 절차서 및 검사 장비를 이용하여 검사를 수행하여야 한다. 가동중검사에 사용되는 비파괴검사 방법은 육안검사, 표면검사 및 체적검사와 같이 3가지 형태로 구분되고, 각 형태별로 한 가지 이상의 검사방법이 있다. 일반적으로 이들 방법에 대한 기술적 요건은 KEPIC ME 또는 ASME Sec.V의 요건을 만족하여야 하나, 일부 방법들의 경우에는 가동중검사 기술기준인 KEPIC MI 또는 ASME Sec. XI에서 규정하고 있는 추가 요건도 만족하여야 한다.

##### 1) 육안검사

육안검사는 가장 기본이 되는 비파괴검사법으로서 재료, 기기 및 구조물을 직접(direct) 또는 원격(remote)으로 관찰하여, 검사대상의 개괄적인 상태를 파악하고 취약 부위를 선정하며, 비교적 큰 불연속을 탐지하는데 적용된다. 필요시 보조수단으로 확대경, 내시경 또는 거울 등을 이용하여 결함을 확대시키거나 접근이 용이하지 못한 부위를 관찰한다.

안전성 등급 기기 및 그들의 지지물에 대한 육안검사에는 VT-1, VT-2 및 VT-3의 세 가지 형태가 있다. VT-1 육안검사는 검사대상에 근접하여 기기 또는 용접 표면을 육안으로 관찰하는 방법으로, 균열, 마모, 부식 또는 침식과 같은 상태를 포함한 기기 표면의 불연속부와 불완전부를 검출하기 위해 수행한다. VT-2 육안검사는 요구되는 압력시험이 수행될 때 압력경계로부터의 누설 여부를 확인하는 방법이다. VT-3 육안검사는 VT-1 육안검사에서 요구하는 거리 보다는 다소 먼 거리에서 수행될 수 있으며, 틈새, 설정 값(settings) 및 물리적 변위와 같은 변수들을 확인하여 기기와 그 지지물의 일반적인 기계적, 구조적 상태를 판단하기 위해 수행한다.

접근의 제한 등으로 인하여 직접 육안검사를 수행할 수 없는 경우에는 망원경, 보어스코프 및 카메라 등과 같은 보조기구를 사용하여 검사를 수행할 수 있으며, 이를 원격 육안검사라 하고, 원격 육안검사는 직접 육안검사와 동등 이상의 해상력을 가져야 한다.

## 2) 표면검사

표면에 노출되어 있거나 표면 가까이 있는 균열 등의 불연속부를 검출하기 위해 수행되는 표면검사 방법에는 자분탐상검사(magnetic particle test), 액체침투탐상검사(liquid penetrant test) 및 와전류탐상검사(eddy current) 방법이 있다.

자분탐상검사는 강자성체의 대상에 존재하는 표면 및 표면직하의 불연속을 탐지하기 위한 기법으로, 탐상장치 및 탐상방법이 비교적 단순하고, 피검사체의 크기에 제한을 받지 않으며, 검사 시간이나 비용 면에서 경제적인 장점이 있으나, 오스테나이트 스테인리스강과 같은 비자성체에는 적용할 수 없는 단점이 있다.

액체침투탐상검사는 표면으로 열린 결함을 검출하는 방법이며, 피검사체의 표면개구부로 침투제가 모세관현상에 의하여 침투하도록 하여 현상함으로써 실제 육안으로 식별 가능하지 못한 불연속을 가시화하는 기법이다. 자분탐상검사 방법에 비해 비자성체에도 적용할 수 있는 장점이 있으나, 다공성 재료 및 흡수력이 큰 재질에는 사용할 수 없는 단점이 있다.

와전류탐상검사는 코일에 교류전류를 통전하면 코일 주위로 교류자장이 형성되고 이 교류자장이 도체 표면에 와전류를 형성하는 특성을 이용하여 주로 재료의 표면에 존재하는 결함의 탐상에 적용하는 방법으로 고속의 탐상이 가능하여 증기발생기의 전열관 검사에 이용되며, 부식으로 인한 벽두께 감소를 측정하는데 아주 효과적이다. 예전에는 체적검사 방법으로 분류되었으나, 현재에는 표면검사 및 체적검사 두 가지 방법 모두에 포함되나 와전류의 침투 깊이로 인해 두꺼운 재료에는 사용하기 어렵다.

## 3) 체적검사

피검사체의 재료 내부에 존재하는 불연속을 검출하기 위해 수행되는 체적검사 방법에는 방사선투과검사(radiographic test), 초음파탐상검사(ultrasonic test) 및 와전류탐상검사 방법이 있다.

방사선투과검사는 기기의 제작 및 원전의 시공에 주로 사용되며, X-선 및  $\gamma$ -선 등의 방사선을 피검사체에 투과시켜 필름에 영상을 기록하는 방법으로 표면결함 및 내부결함 모두를 검출할 수 있고, 영구적인 기록 수단이 되며, 슬래그(slag) 및 기공(porosity)과 같은 체적 결함(volumetric flaw)에 대해 가장 효과적인 방법이지만 균열 형상과 같은 평면 결함(planar flaw)의 경우, 균열의 방향이 방사선 빔의 방향과 평행하지 않은 경우에는 효과적이지 않다. 또한 검사 방법의 특성 상 피검사체의 내부 및 외부 표면에 접근이 가능해야 하고, 특히 가동중인 원전과 같이 방사선 레벨이 높은 장소에서 사용하기에는 적절하지 못하다.

원전 기기의 제작 및 시공 기술기준인 ASME Sec. III의 설계는 피로 파괴를 방지하는데 중점을 두고 있다. 따라서 검사 또한 가동중인 원전에서 시작되는 피로 균열의 검출에 중점을 두어야 한다. 피로 균열의 검출에 있어서는 초음파탐상검사 방법이 방사선투과검사 방법 보다 우월하며, 가동중 원전의 방사선 분위기에서 사용하기에도 더 적절하기 때문에 가동중검사의 체적검사 방법으로 주로 초음파탐상검사 방법이 사용된다.<sup>[6]</sup> 초음파탐상검사의 경우, 표면결함 및 내부결함의 검출에 적용할 수 있으며, 결함의 위치 측정 및 크기 판정도 가능하나, 결정이 조대한



재질의 경우에는 초음파 빔의 감쇠 및 산란으로 인해 검사하기 어려우며 탐상면의 상태 및 형상 등에 영향을 받기 쉽고 특히 다른 비파괴검사 방법에 비해 결함의 본질과 크기를 평가함에 있어서 각 검사원의 많은 경험과 기술적 판단이 요구된다. 이러한 초음파탐상검사의 정확성과 재현성에 대한 문제점을 해결하기 위해 검사 절차의 변수들을 엄격히 정의하여 검사원의 책임사항을 제한하는 기량검증제도(Performance Demonstration)가 도입되었다.

## 5. 위험도 정보 활용 가동중검사 (RI-ISI: Risk-Informed Inservice Inspection)

기존의 가동중검사 방법론은 발생할 것으로 예상되는 열화(degradation)를 고려하여 검사 위치를 지정하고, 열화 과정이 다소 일정하지 않다는 가정 하에 이들 위치를 샘플링하여 검사하는 결정론적(deterministic) 방법에 근거를 두고 있다. 그러나 오랜 경험을 통하여 검사가 전혀 수행되지 않은 위치에서 실제로 고장(failure)이 발생할 수 있다는 것을 알게 되었고, 고장 가능성과 안전성에 크게 영향을 미치지 않는 상황에 많은 노력을 소모하였음도 알게 되었다. 세계적으로 약 40여 년간의 원전 가동 경험을 통해 현재에는 이전에 예상되거나 인지되지 않은 다른 열화 기구(degradation mechanism)가 존재한다는 것이 밝혀졌으며, 또한 이들 열화기구에 대한 보다 넓은 지식과 열화기구가 활성화 될 위치를 보다 정확하게 예견할 수 있는 충분한 정보도 갖게 되었다.<sup>[10-12]</sup>

이에 따라, 기존의 결정론적 접근방식에서 벗어나 가동중검사 대상의 선정에 있어서 위험도 정보를 활용하는 방안이 제안되었다. 위험도 정보 활용 가동중검사는 원전 설비의 위험도 특성을 파악하여 원전의 안전성에 큰 영향을 미치지 않는 설비에 대하여는 안전성을 확실하게 확보하도록 검사를 수행하고, 안전성에 큰 영향을 미치지 않는 설비에 대해서는 불필요한 검사를 수행하지 않도록 검사를 합리화함으로써, 원전 안전성을 저하시키지 않으면서도 원전의 경제성을 확보할 수 있는 방안이다.<sup>[13]</sup>

미국의 경우, 1995년 원자력 규제기관인 NRC(Nuclear Regulatory Committee)에서는 원자력 규제활동에 확률론적 위험도 평가(PRA: Probabilistic risk assessment) 방법의 사용에 대한 정책 성명을 발표하였고, WOG(Westinghouse Owners Group) 및 EPRI(Electric Power Research Institute) 방법론이 미국 규제기관의 승인을 받아 발전소에 적용되고 있다. WOG 방법론은 발전소 배관계통을 그 손상이 노심손상빈도(CDF; Core Damage Frequency)에 의해 측정되는 것과 같은 결과를 가지는 배관 세그먼트(segment)로 나누는 확률론적 안전성 평가(PSA: Probabilistic Safety Assessment) 분석을 이용한다. 각 배관 세그먼트는 낮은 안전성 중요도에서 높은 안전성 중요도로 분류되며, 열화기구의 평가 및 고장 확률을 사용하여 각 세그먼트의 고장 중요도의 높고 낮음을 확인한다. 최종 안전성 중요도는 전문가 패널을 구성하여 확률론적 안전성 평가, 결정론적 고려사항, 운전, 정비 및 검사경험 등을 함께 고려하여 결정된다. EPRI 방법론은 ASME Sec. XI의 1, 2 및 3등급을 적용하고, 직접 및 간접 중요도 평가 그리고 가능한 열화기구와 이에 상응하는 고장 모드에 대한 기술자적 검토로 구성된 고장 모드 및 영향분석(FMEA: Failure modes and effects analysis)을 수행함으로써 시작한다. 이 FMEA 결과를 이용하여 배관 계통은 주어진 고장 모드에 대해 동일한 열화기구 및 동일한 결과를 가지는 배관 세그먼트로 구분하는 단계를 거치며, 세그먼트 설정이 끝나면 각 세그먼트는 고, 중, 저 세 가지의 위험도 등급 중 하나로 분류된다.<sup>[10, 12]</sup>

ASME Sec. XI 위원회는 가동중검사와 보수/교체 활동에 대한 위험도 정보를 이용한 가동중검사(Risk-Informed Inservice Inspection) 기술을 개발하고, 위험도 정보 활용을 배관에 적용하기 위한 Code Case N-560, N-577 및 N-578을 발행하였으며, 일부 발전소에 이들을 이용한 시범 프로그램을 가동하였다. 이 세 개의 Code

Case와 시범 프로그램으로부터 얻은 개선사항을 통합하여, 배관에 대한 위험도 평가결과를 이용한 가동중검사 요건을 ASME Sec.XI 2005년 추록에 임의요건 부록(non-mandatory appendix)으로 포함시켰다.

국내의 경우, 규제기관에서 RI-ISI 국내 적용의 타당성 검토 및 관련 규정의 정비를 위한 연구를 수행하였으며, 한전 전력연구원에서 RI-ISI 방법을 국내 원자력발전소에 적용할 목적으로 미국의 WOG 방법론을 도입하여 더욱 발전시킨 방법론을 개발하였고, 울진 4호기를 시범호기로 선정하고 이를 시범 적용하여 방법론의 적절성과 적용 결과의 우수성을 확인하였다.<sup>[14]</sup>

또한 2002년 제22차 원자력안전위원회의 동 제도 도입 권고에 따라 과학기술부는 영광 원전 6호기, 울진 3호기 및 울진 6호기에 시범적으로 위험도 정보를 활용한 정기검사를 실시하는 등 2007년 하반기부터는 국내 전 원전에 적용한다는 방침을 정하고, 위험도 정보를 활용한 정기검사를 통해 원자력발전소의 안전성을 제고시키고, 정기검사의 실효성이 대폭 개선될 것으로 기대하고 있다.

## 6. 맺음말

국내 원전의 가동중검사와 관련한 적용 기술기준, 검사 계획 및 일정, 검사방법 및 최근 화제가 되고 있는 위험도 정보 활용 가동중검사에 대해 간략히 살펴보았다. 기술기준의 경우에는 일부 제도적인 문제점을 보완하여야 할 필요가 있지만 사용의 편의성이나 원전 기자재의 국산화, 원전 유지/보수와 관련한 시간적 및 경제적 측면 등을 고려해 볼 때, ASME Sec. XI을 적용하기 보다는 KEPIC MI를 적용하는 것이 바람직할 것으로 생각된다. 세계적으로 오랜 기간 동안의 원전 가동 경험을 통해, 원전의 안전성 및 건전성과 관련하여 결정론적 평가방법론에 의한 초기의 가정들에 일부 모순이 있다는 것이 밝혀졌다. 이에 따라 원전 가동중검사와 관련하여 확률론적 위험도 평가 방법 및 위험도 정보 활용 가동중검사와 같은 새로운 방법론에 대한 연구가 활발히 수행되었고, 일부는 개발되어 원전에 적용되고 있다. 검사요건, 검사방법, 결과의 평가 방법 및 합격기준도 경험을 통해 알게 된 열화기구에 근거하여 결정되어야 하며, 이들에 대한 연구도 필요할 것으로 생각된다.

## ❁ 참고 문헌

- [1] 한국기계연구원, 원자력설비의 공인검사기술개발 최종보고서, 과기부, 2000
- [2] 과학기술부 고시 제2004-13호, 2004
- [3] 대한전기협회, KEPIC MI
- [4] ASME, ASME Boiler & Pressure Vessel Code Sec. XI
- [5] CSA, CAN/CSA-N285.4 & N285.5
- [6] K. R. Rao, Companion guide to the ASME B&PV Code, ASME, 2006
- [7] 박반욱 외, 원자력 공인검사 기술, 기계와재료, 제9권 3호, 1997, pp. 31-43, 1997
- [8] 송달호, 원자력발전소의 가동전검사와 가동중검사, 대한기계학회지, 제16권 제4호, 1976, pp. 309-315
- [9] 과학기술부 고시 제2005-4호, 2005
- [10] Syed Amjad Ali et.al., "Risk-informed inservice inspection", Nuclear Engineering and Design 181

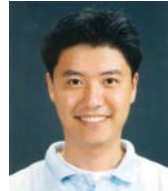
(1998) pp. 221-224

- [11] Michael E. Mayfield et.al., “Risk-informed inservice inspection program”, Nuclear Engineering and Design 195, 2000, pp. 211-215
- [12] Zrinka Corak, “Risk Informed In-service Inspection”, Proceedings of Nuclear Energy for New Europe, 2003, PP. 408.1-408.8
- [13] <http://www.kntc.re.kr/openlec/nuc/PSA/volume2/chapter1.htm>
- [14] 일렉타임즈, 2004. 1.12



손 영 호

- 한국기계연구원 공인시험평가부 선임연구원
- 관심분야 : 초음파, 용접/비파괴검사
- E-mail : yhson@kmail.kimm.re.kr



홍 재 근

- 한국기계연구원 공인시험평가부 선임연구원
- 관심분야 : 고에너지 빔 용접, 재료파괴인성
- E-mail : jkhong@kmail.kimm.re.kr



박 지 흥

- 한국기계연구원 공인시험평가부 선임연구원
- 관심분야 : 용접, 스포츠 재료
- E-mail : jhpark@kmail.kimm.re.kr



이 병 훈

- 한국기계연구원 공인시험평가부 선임연구원
- 관심분야 : 알루미늄 접합, 용접공정
- E-mail : bhlee@kmail.kimm.re.kr



송 상 우

- 한국기계연구원 공인시험평가부 선임연구원
- 관심분야 : 용접, 원전 보수/교체활동
- E-mail : swsong@kmail.kimm.re.kr