

## 미국의 원자로조종 면허제도에 관한 연구

### Research for Reactor Operation Licensing System in America

감성천, 김인환, 권석근, 우성명, 남규진, 임현평, 장정환

한국원자력안전기술원  
대전광역시 유성구 구성동 19

#### 요 약

본 연구는 미국의 원자로조종 면허제도의 현황을 소개하고 이를 바탕으로 국내의 원자로조종감독자 및 원자로조종사 면허제도의 현실에 맞게 적용할 수 있는지의 여부 사항을 기초 연구하였다. 이 논문을 통하여 원자로조종감독자 및 원자로조종사 면허제도의 개선에 반영되어 양질의 면허자 선발에 도움이 되었으면 좋을 것으로 생각한다.

#### Abstract

This research introduces American reactor operation licensing system and tries to find the way that we can apply to ours. I hope that it could help us to develop our reactor operation licensing system for selecting excellent operator.

#### 1. 서 론

세계화, 정보화 시대의 도래로 지구촌 국가들은 국가 경쟁력을 갖춘 인력개발의 중요성을 크게 강조하고 있다. 특히 우리나라는 기술발전과 경제, 사회적 변화에 대응하기 위해서 경쟁력을 갖춘 질높은 인력을 양성, 관리하여야 한다는 전제하에 면허제도를 발전시키고 있다. 그중 원자력관계 면허는 원자력안전성 확보의 최일선 업무를 담당하고 있는 중요성을 감안할 때 그 어떤 면허보다 비중이 크다고 볼 수 있다. 국내의 원자력관계면허제도는 1958년 3월 11일에 제정된 원자력법(법률 제483호)에 의해 처음 도입된 이래로 40여년동안 우수한 인력을 배출함으로써 원자력이용시설의 안전운영과 방사선재해방지에 선도적인 역할을 해 왔다.

면허제도의 중요한 기능은 자격과 능력이 있는 자를 엄격히 선별하여 해당분야의 안전관리를 유도하고, 전문적인 능력을 소지한 개인의 인적자산에 관한 정보를 산업체에 제공함으로써 교육과 산업현장을 연계하는 것이다. 면허가 이러한 선도적 신호기제(Signal)의 역할을 수행할 수 있는가의 여부는 면허가 전달하는 개인의 전문적인 능력에 관한 공신력에 의해 결정된다.

본 논문에서는 미국의 원자로조종면허제도의 관하여 관련법규, 응시자격, 시험방법, 면허의 효력, 재자격프로그램등 전반적인 현황을 소개하였다.

## 2. 본 론

미국의 원자로조종 면허제도는 Atomic Energy Act of 1954 Section 107에서 원자력규제위원회(이하 “NRC”)가 원자로조종사 개인에 대한 규제요건, 원자로조종사의 자격 및 결정 요건 및 면허발급에 관한 요건들을 정하도록 요구하고 있으며, Nuclear Waste Policy Act of 1982 Section 306에서 NRC가 원자로조종사 면허 및 재자격인정훈련 프로그램의 응시자에 대한 모의제어반 훈련과 재자격 시험시행 및 모의제어반에서의 실기시험 관련 규제요건을 만들 것을 규정하고 있다.

원자로조종사 면허시험은 10 CFR Part 55 Operators' License에 규정되어 있다. 세부적인 내용은 NUREG 1021 Operator Licensing Examination Standards for Power Reactor에 기술되어 있으며, 현재 원자로조종 면허시험은 NRC에서 관리 운영하고 있다. 원자로조종에 관한 면허에는 Reactor Operator(RO), Senior Reactor Operator(SRO) 및 핵연료의 취급에만 제한되는 Limited Senior Reactor Operator(LSRO)가 있다.

### 가. 응시자격<sup>[1]</sup>

#### (1) 원자로조종사(RO)

- 경력 : 다음을 모두 만족시켜야 한다.
  - 최소한 3년의 발전소 경력 (면허 받을 발전소에서 적어도 1년간 근무)
  - 면허 받을 발전소에서 면허 미소지자로써 적어도 6개월의 조종업무수행
- 교육 : 다음을 모두 만족시켜야 한다.
  - 원자로조종사 위치에서 교대조에 extra person으로서 적어도 13주간 근무 (이 훈련은 면허자 감독 아래에서 시행되어야 하고 매일 작업의 모든 면이 포함)
  - 원자력발전소의 원리, 발전소계통, 노심 손상을 일으키는 사고를 조절하고 완화시키는 계통의 사용, 조종 실습에 의한 훈련
  - 원자로 운전이론, 해당발전소의 설계 형태 및 운전특성, 계측제어 계통, 안전 및 비상계통 표준 및 비상운전 절차서, 방사선 관리 및 안전절차서에 대해서 적어도 500시간의 강의
- 학력 : 고등학교 과정 이수와 이와 동등한 자격

#### (2) 원자로조종감독자(SRO)

- 경력 : 다음을 모두 만족시켜야 한다.
  - 최소한 4년의 발전소 책임 경력
  - 적어도 6주 동안 20% 이상의 출력으로 발전소 조종에 참여한 2년간의 원자력발전소 경력(면허받을 발전소 Site의 6개월 경력이 반드시 포함)
  - 면허 받을 발전소 또는 유사한 발전소에서 면허받은 원자로조종사로서 1년의 경력 또는 유사하지 않은 발전소에서 면허 받은 원자로조종사로 18개월 근무
- 교육 : 다음을 모두 만족시켜야 한다.
  - 원자로조종감독자 위치에서 교대조에 extra person으로서 적어도 13주간 근무 (이 훈련은 면허자 감독 아래에서 시행되어야 하고 매일 작업의 모든 면이 포함)
  - 원자력발전소의 원리, 발전소계통, 노심 손상을 일으키는 사고를 조절하고 완화시키는 계통의 사용 그리고 조종 실습에 의한 훈련
  - ANSI/ANS-3.1-1981의 5.2.1.6 절에 명기된 원자로조종감독자와 관련된 부수적인 교육

- 학력 : 고등학교 과정 이수와 이와 동등한 자격

(3) 제한 원자로조종감독자(LSRO)

- 경력 : 다음을 모두 만족시켜야 한다.
  - 면허 받을 발전소 또는 그와 유사한 발전소에서 3년의 원자력발전소 경력(면허받을 발전소 현장의 6개월 경력이 반드시 포함)
  - 한번이상의 연료재장전 보수정지(refueling outage)에 참여한 경력
- 교육 : 다음을 모두 만족시켜야 한다.
  - 연료 취급 작업을 감독할 자격을 부여하는 훈련용 프로그램
  - 연료 재장전 작업에 대해서 최소한 80시간의 현장실습 훈련
- 학력 : 고등학교 과정 이수와 이와 동등한 자격

나. 시험방법<sup>[2]</sup>

시험은 필기시험과 실기시험 두 가지로 나누어 실시하고 있으며, 필기시험은 GFE (Generic Fundamental Examination)와 Site-specific 필기시험으로 구분된다. 10 CFR 55.33에서 원자로조종사에 대해서는 설비를 유능하고 안전하게 조종할 수 있는지, 원자로조종감독자에 대해서는 면허 받은 조종사들의 허가된 행동을 유능하고 안전하게 감독할 수 있는지를 평가하는데 그 목적을 두고 있다.

응시자가 실기시험에 합격하고 필기시험에 불합격했다면, 그 다음에 실시되는 시험에 한하여 실기시험이 면제된다. 응시자가 필기시험에 합격하고 실기시험의 여러 분야 (category)들 중에서 다른 분야는 모두 합격하고 한 분야만 불합격했을 경우에, 그 다음에 실시되는 시험에 한하여 필기시험과 합격한 실기시험 분야들이 모두 면제되며, 응시자가 그 다음 시험에 1년 안에 다시 응시했을 경우에만 적용된다. 필기시험 또는 실기시험, 또는 둘 모두 불합격해서 면허 응시에 탈락한 응시자는 그 날짜로부터 두 달 뒤에 새로운 응시를 할 수 있다. 두 번째 응시에 탈락된 날로부터 6개월 뒤에 세 번째 응시를 할 수 있으며, 그 이후는 이전 응시에 탈락된 날로부터 2년 뒤에 그 다음 응시를 할 수 있다.

(1) GFE

GFE는 가압경수로와 비등경수로로 구분되며 각각의 노형에서 원자로조종사와 원자로조종감독자 모두에게 필요한 공통적이고 일반적인 지식과 능력을 평가하는 필기시험이다. 만약 가압경수로의 GFE를 통과했다면 그 결과는 가압경수로의 모든 노형의 발전소에 적용된다. 응시자는 원자로조종사와 원자로조종감독자 모두(LSRO는 제외) NRC의 GFE를 통과해야 하며, 이전에 원자로조종사와 원자로조종감독자 면허를 가지고 있었으면 GFE를 치루지 않는다. GFE는 NRC에서 주관하는 시험으로 일년에 세번<sup>[3]</sup> (2월, 6월, 10월) 정기적으로 실시하며 합격점수기준은 80%이다. GFE 시험내용은 밸브, 펌프, 열교환기 등의 구성요소와 원자로 및 열역학에 관한 이론으로 구분한다.

## (2) Site-specific 필기시험

Site-specific 필기시험은 사업자에 의해서 문제가 만들어지고, 사업자에 의해서 NRC의 감독하에 각각의 발전소에서 주관(출제, 시험시행, 채점)되며, 합격기준은 80%이다. 시험범위는 10 CFR 55.41, 55.43의 과목 내용 중에서 GFE에 시행된 내용을 제외한 부분이다.

## (3) 실기시험(Operating Test)

실기시험은 10 CFR 55.45에 명기되어 있으며, 크게 3개의 분야로 나누며, 실기시험의 합격기준은 모든 분야에서 만족을 받아야 한다. 분야 A와 B는 일대일로, walk-through 형식으로 시행된다. 분야 C는 원자로조종사, 원자로조종감독자, operator crew의 3명의 응시자(만약 인원이 안 맞으면 대리인이 참여)가 한 팀이 되어서 모의제어실에서 시행된다.

### 다. 면허의 효력

원자로조종사와 원자로조종감독자 면허에 응시한 자가 법과 그 규정에 적합하다고 판단하면, 적당하고 필요한 조건과 제약들을 포함해서 그 형태에 따라 면허를 교부하며, 면허의 유효기한은 6년이다. 면허와 면허 안의 권리는 남에게 양도되거나 대여될 수 없으며, 면허는 면허증에 기재된 형태에만 유효한다. 만약 면허자가 원자로조종사와 원자로조종감독자의 역할을 능동적으로 수행하지 않는다면, 면허에 의해 부여받은 활동을 박탈당할 수도 있다. 발전용 원자로에서 능동적인 상태를 유지하기 위해서, 분기(calendar quarter)마다 원자로조종사는 최소한 8시간을 7회, 원자로조종감독자는 최소한 12시간을 5회 교대로 각자의 역할을 능동적으로 수행해야만 한다. 실험용과 연구용 원자로의 경우 면허자는 분기마다 최소한 4시간 동안 원자로조종사와 원자로조종감독자의 역할을 능동적으로 수행해야 한다.

### 라. 재자격프로그램

면허자는 NRC에서 승인된 재자격 프로그램을 완수해야 하며, 재자격 프로그램은 2년을 주기로 하여서 계속 시행되며, 약 480 시간 정도이다. 재자격 프로그램은 교실(classroom) 훈련, 모의제어반 훈련, JPM (Job Performance Measure) 훈련, 개별 연구로 구성되어 있으며, 면허자는 2년에 한번의 필기시험과, 일년마다 시행되는 실기시험을 통과해야 한다. 만약 이 시험에서 불합격되면 면허자는 말은 업무에서 제거되고, 재훈련에 들어가야 한다. 그리고 재시험을 치뤄야 한다. 시험은 사업자 시행하는데, NRC에서 사업자가 이 시험을 수행할 능력이 없다고 판단했을 때는 NRC에서 재자격 시험을 시행할 수 있다.

### 마. 건강진단<sup>[4]</sup>

면허자는 2년에 한번씩 건강요건의 사항을 만족시키는지 의사에게 건강진단을 받아야하며, 면허자가 건강요건을 일시적으로 만족시키지 못하게 되면 “inactive” 상태로 분류되어 건강요건을 만족시킬 때까지 작업에서 제외되며, 만약 면허자가 영구적으로 건강요건을 만족시키지 못하게 되면 면허가 취소된다. 면허자는 발전용원자로의 보호구역, 또는 비발전용원자로의 통제구역 안에서 알콜성 음료를 마시거나 섭취해서는 안되며, 불법적인 마약을 사용, 소지, 또는 판매해서도 안된다.

다. 면허자는 처방전 없이 알코올이나 처방약, 또는 그가 면허된 작업을 안전하고 유능하게 수행하기 위한 능력에 불리한 영향을 끼칠 수 있는 불법적인 물질의 영향하에 있는 동안에는 면허상의 허가된 행위들이 금지되며, 약물, 알코올 테스트에 참여해야 한다.

#### 마. 면허증의 갱신

면허증 발행 후 6년이 지나서 면허증 갱신을 하여야 하며, 면허 만기일 30일전까지 면허증 갱신을 위한 응시원서를 제출해야 한다. 제출시 면허자의 경력사항과 면허자가 그 설비를 조종한 시간과 재자격프로그램의 이수증과 같은 업무를 유능하고 안전하게 수행했다는 증거를 제출해야 한다. 또한 의학적 건강상태와 일반적 건강상태가 적합하다는 인증을 받아야 한다.

### 3. 결 론

원자력발전소의 안전한 운전을 위해 중요한 역할을 하는 원자로조종면허에 대해 미국 제도를 분석하였다. 국내의 원자로조종분야의 면허제도에 비해 응시자격이 매우 구체적이다. 학력과 경력 및 교육훈련사항 3가지를 모두 만족하여야 응시할 수 있도록 되어있으며, 면허자가 일정기간동안 원자로운전업무에 종사하지 않으면 면허를 정지한다. 또한 면허의 유효기간이 6년으로 설정되어 만기가 되면 갱신을 하여야 하며, 면허증 갱신시 여러 가지 증빙서류를 제출하여야 하며, NRC는 제출된 자료로 면허자의 자질이 미달된 경우 면허를 취소한다. 이외에도 여러 가지 사항이 국내에 비해 면허증의 유지가 어렵게 되어 있다. 본 연구 결과를 통해 앞으로 원자력법령 개정시 국내 현실에 맞게 가능한 면허제도의 개선방안이 제시되어 우수한 면허자를 선별 함에 도움이 된다면 좋을 것으로 생각한다.

### 4. 참고자료

- [1] NUREG-1021, "Operator Licensing Examination Standards for Power Reactors", Rev. 8, April 1999
- [2] Code of Federal Regulations, Energy 10, PARTS 51 TO 199, " Part 55, Operators' licenses", Revised as of January 1, 1997
- [3] U.S.Nuclear Regulatory Commission, Generic Fundamentals Examination, htm. Jan. 01, 2001
- [4] Code of Federal Regulations, Energy 10, PARTS 1 TO 50, " Part 26, Fitness for Duty Programs", Revised as of January 1, 1997