

우리나라에 적용되는 구역 안전조치

Zone Approach Safeguards Applied in Korea

나원우, 박완수, 안승호, 박승식, 정상태, 최영명
한국원자력연구소
대전광역시 유성구 덕진동 150

요 약

구역 안전조치는 물질수지구역 간의 핵물질 이동에 대한 검증을 최소화하기 위해 동일 형태의 핵물질 취급시설을 하나의 구역으로 정하여 구역 안전조치 기준으로 사찰하고 평가하는 개념이다. 우리나라에는 경수로 핵연료 가공공장과 모든 경수로 발전소를 포함하는 저농축 우라늄 구역과 중수로 핵연료 가공공장과 모든 중수로 발전소를 포함하는 천연 우라늄 구역이 있다. 2003년도에 구역 안전조치를 적용한 결과를 보면, 저농축 우라늄 구역의 경우 경수로 핵연료 가공공장의 중간검사를 연간 3회 줄이고 LWR Fresh Fuel Tracking System을 운영하여 경수로 발전소의 신연료 검증을 10회 줄였다. 또한 천연 우라늄 구역의 경우에는 중수로 핵연료 가공공장에서 1회의 중간검사를 줄여 연간 2회 실시하고 있다. 2004년에는 천연 우라늄 구역에 대해 동시 물자재고검사를 하기로 합의하였고, 이로 인해 중수로 발전소의 중간검사에서 신연료 검증을 생략하고 있다. 8월로 예정된 동시 물자재고검사는 이 기간에 사찰이 집중되는 단점이 있으나 중수로 발전소에 투입되는 검사량을 줄이고 검사일정을 효율적으로 관리할 수 있는 장점도 있다. 또한, 새로운 구역 안전조치 기준이 성공적으로 우리나라에 적용된다면 원자력산업 활동에 대한 국가의 신뢰성을 제고할 수 있는 좋은 계기가 된다.

Abstract

A Zone Approach was approved by DDG-SG of IAEA, with the intent of reducing the need for verifying inventory changes between zone facilities, and to provide assurance against borrowing within the zone. There are the low enriched uranium zone (LEU zone) including LWR fuel fabrication plant (KO1R) and LWRs, and the natural uranium zone (NU zone) including CANDU fuel fabrication plant (KO2R) and CANDUs in Korea. It was appeared that three interim inspections in KO1R and one interim inspection in KO2R were omitted a year through the LEU and NU Zone Approach, and ten times of fresh fuel receipt verifications at LWRs were decreased in 2003 by running the LWR Fresh Fuel Tracking System. Korea and IAEA agreed to perform the simultaneous PIV in NU zone in 2004 and so all fresh fuel verifications during the interim inspection in CANDUs are not taking place. It is expected that simultaneous PIV under NU zone makes the IAEA to reduce the inspection efforts for CANDUs and to get the better inspection schedule in Korea. Also, it is a good chance for Korea to raise the nuclear transparency.

1. 개요

우리나라는 2003년 기준으로 상업운전 중인 15기의 경수로와 4기의 중수로를 보유하고 있으며 이에 필요한 핵연료 가공공장과 기타 연구시설 등 총 33개 원자력 관련시설을 보유하고 있는 원자력산업 강국이다^[1]. 국내의 원자력산업 활동에 사용되고 있는 모든 핵물질은 우리나라의 소유지만 동시에 국제규제물자이므로 전면 안전조치협정에 의해 핵물질의 양과 사용용도 등에 대해 국제원자력기구에 보고하고 검증받아야 할 의무가 있다. 정부는 국내의 안전조치 대상 핵물질에 대해 국가 안전조치 검사를 수행하고 체계적으로 관리하기 위해 안전조치 관련업무를 원자력연구소 내의 전문기관인 원자력통제기술센터에 위임하여 원자력산업에 대한 국가의 핵 투명성과 신뢰성 확보를 위해 적극적으로 대처하고 있다. 안전조치란 평화적이용 목적의 핵물질의 유의량(Significant Quantity, SQ)이 핵폭발 장치로 전용되는 것을 적기에 방지하기 위한 검증체제를 의미한다. 국제원자력기구는 단일 물질수지구역(Material Balance Area) 별로 핵물질의 물자재고검증(Physical Inventory Verification)과 재고변동검증(Inventory Change Verification)을 수행하여 물질수지구역 내에 핵물질 전용이 없다는 것을 확인하기 위해 안전조치 기준(Safeguards Criteria)을 개발하고 이에 따라 사찰하고 있다.

핵연료 가공공장은 필요한 우라늄(UF₆, UO₂ powder)을 공급국으로부터 수입하여 경수로 핵연료집합체와 중수로 핵연료다발을 최종 생산하여 발전소 운영 계획에 맞추어 모든 발전소로 이를 수송한다. 단일 물질수지구역 개념에서 이런 빈번한 핵물질의 재고변동을 적기에 검증하고 사찰목표를 달성하기 위해서는 많은 사찰자원(Inspection Resources)을 적기에 투입해야 한다. 이 경우 동일한 형태의 핵물질을 취급하는 다수의 물질수지구역을 하나의 가상적인 초물질수지구역(Super MBA, 앞론 Zone으로 지칭)으로 간주한다면, 동 구역내부에 속하는 모든 물질수지구역 간의 핵물질 이동에 대한 검증을 최소한으로 줄일 수 있다. 국제원자력기구는 이런 경우에 사찰목표를 효과적이고 효율적으로 달성하기 위해 구역 안전조치(Zone Approach) 개념을 개발하였다. 구역에 적용되는 구역 안전조치 방법은 개별적으로 국제원자력기구의 안전조치 사무차장의 승인을 받아야 한다.

2. 시설 형태별 안전조치 기준

우리나라는 전면 안전조치협정 모델 INFCIRC/153에 따른 안전조치협정 INFCIRC/236^[2]과 보조약정(Subsidiary Agreements)^[3]을 국제원자력기구와 체결하고, 1976년부터 국가에서 사용·보유하고 있는 핵물질에 대해 국제원자력기구의 안전조치 검사(Safeguards Inspection)를 받기 시작하여 현재에 이르고 있다. 국내법에는 이 협정 모델과 보조약정 등에 언급된 내용들을 반영하여 국제규제물자를 정의하고 국제원자력기구에 보고해야 할 사항과 안전조치 검사를 받아야 할 사항 등에 대해 원자력법, 시행규칙 및 고시에서 자세히 언급하였다. 국제원자력기구는 전면 안전조치협정에 따라 시설 형태별 안전조치 기준을^[4] 마련하여 사찰하고 있으며, 시설과 국가별로 안전조치 결과를 평가(Safeguards Implementation Report)하는데도 이를 사용하고 있다.

안전조치 기준은 모든 원자력 시설 형태별로 구분되어 총 13개 Section과 12개 Annexes로 구성되었다. 이는 각각의 시설 형태별로 안전조치 검증 목적을 달성하는데 필요한 검증서류, 검증방법, 검증주기 등 총 17개 사항에 대해 자세히 기술하고 있다. 그리고 모든 시설에 공통적으로 적용되는 사항과 특별한 사항 등은 Annexes에 기술되었다. 안전조치 기준은 각 시설 형태별로 양적목표(Quantity Goal)와 시간적목표(Timeliness Goal)를 만족시키기 위해 사찰시 수행해야 하는 내용을 기술한 것이다. 양적목표는 시설내에 있는 핵물질을 검증하여 전용이 없음을 확인하기 위한 것으로 물자재고검증, 재고변동검증 및 전략지점검증(Strategic Point Verification) 등의 방법으로 달성된다. 시간적목표는 핵물질을 전용하더라도 핵폭발 장치로 전용되기 전에 이를 탐지하기 위한 것

으로 핵물질 형태별로 검증주기가 결정된다. 표 1, 2는 핵물질의 종류별로 안전조치의 양적목표와 시간적목표의 기준이 되는 핵물질 유의량과 전용시간을 정하고 있다.

표 1. 핵물질의 종류별 유의량(Significant Quantity)

| Classification | Material | Significant Quantity |
|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| Direct use material | Pu | 8 kg |
| | ²³³ U | 8 kg |
| | HEU (²³⁵ U ≥ 20%) | 25 kg |
| Indirect use nuclear material | U(²³⁵ U ≤ 20%) | 75 kg ²³⁵ U (LEU) |
| | | 10 t (NU) |
| | | 20 t (DU) |
| | Th | 20 t |

표 2. 핵물질의 종류별 전용시간(Conversion Time)

| Beginning material form | Conversion time |
|---|------------------------|
| Pu, HEU or ²³³ U metal | Order of days (7-10) |
| PuO ₂ , Pu(NO ₃) ₄ or other Pu compounds; HEU or ²³³ U oxide or other pure U compounds; MOX or other non-irradiated pure mixtures containing Pu, U(²³³ U+ ²³⁵ U ≥ 20%); Pu, HEU and/or ²³³ U in scrap or other miscellaneous impure compounds | Order of weeks (1-3) |
| Pu, HEU or ²³³ U in irradiated fuel | Order of months (1-3) |
| U containing <20% ²³⁵ U and ²³³ U ; Th | Order of months (3-12) |

2.1 핵연료 가공공장 안전조치 기준

한전연료(주)는 연간 400톤의 경수로용 핵연료집합체와 400톤의 중수로용 핵연료다발을 생산할 수 있는 생산설비를 갖추고 있으며, 국내의 모든 경수로와 중수로에 핵연료를 공급하는 구역 안전조치 대상시설이다. 시설에서 취급하는 저농축 우라늄 및 천연 우라늄의 적기탐지 기간이 12개월이므로 연 1회 실시되는 물자재고검증 기간에 집중적으로 핵물질 재고를 검증한다. 물자재고검증 내용은 국제원자력기구에 신고한 보고서와 시설의 장부 및 기록을 비교 검증하고, 각 주요측정지점(Key Measurement Point) 별로 핵물질의 수량을 확인하고 대량결손(Gross Defect), 부분결손(Partial Defect) 및 미량결손(Bias Defect)에 대해 중탐지확률로 검증한다. 이때, 핵물질 형태별로 미 검증된 핵물질의 양은 0.3 SQ를 초과해서는 안 된다. 핵연료 가공공장에서 물자재고검사만을 수행할 경우에 비파괴 검증만을 적용하는 핵연료봉과 핵연료집합체의 경우 검사의 정확도가 시료 분석(화학분석)에 비해 상대적으로 낮다는 문제점이 있다. 이를 보완하기 위해 안전조치 기준에 의해 전락지점(Rod Loading Station)에서 최소한 연 4회(구역 안전조치인 경우 2회) 이상 핵연료봉에 장입되는 소결체를 채취하여 화학분석을 수행하도록 요구한다. 이외에 물자재고검사에서 검증한 물자재고가 의미를 갖기 위해서는 물질수지기간 중 발생한 재고변동(반입량, 반출량, 소모량, 폐기물량 등) 보고가 정확해야 한다는 점이다. 이는 물질수지기간에 이런 재고변동이 발생했다고

보고하고 실제로는 핵물질을 전용하는 것이 가능하기 때문이다. 따라서 안전조치 기준에서는 시설 내외로의 핵물질 이동에 대한 검증(Transfer Verification)을 위하여 임의사찰(Random Inspection)을 실시토록 하고, 이의 실시가 불가능할 경우에 물자재고조사 이외에 5회의 중간사찰(Interim Inspection)을 수행하도록 하고 있다. 그리고 시설내부에서 발생하는 유보 폐기물(Retained Waste, TW), 손실(Measured Discard, LD) 등에 대해서는 이의 발생량을 연간 0.5 SQ 미만으로 제한하고 있다. 이외에 핵연료 가공공장에 대한 안전조치 가운데 중요한 요소는 선적/인수 차이(SRD)와 미계량물질(Material Unaccounted For, MUF)에 대한 검증으로 통계적인 방법을 이용하고 있다.

2.2 경수로 안전조치 기준

경수로의 사용후핵연료에 존재하는 플루토늄의 적기탐지 기간이 3개월이므로 연 1회 실시되는 물자재고조사를 포함하여 연간 4회의 정기사찰을 해야 한다. 그리고 핵연료 교체작업이 있을 경우 작업에 필요한 장비들이 원자로 건물 내외로 이송되어야 하므로 Canal Gate 및 Equipment Hatch에 설치된 봉인을 제거하거나 다시 부착하기 위한 검사활동이 추가된다. 국내의 모든 경수로는 저농축 우라늄 구역 안전조치 대상시설에 속한다. 그래서 가공공장의 물자재고검사 기간에 한전연료(주)를 포함한 모든 경수로 발전소 물질수지구역에 있는 신연료에 대해 동시검사를 수행한다. 그리고 국제원자력기구는 우리나라의 경수로 발전소에 전자봉인(VACOSS), 감시카메라(DCM-14) 및 Server로 구성된 원격감시장치(SDIS)를 설치 운영하면서 이를 이용한 한-IAEA 경수로 안전조치 협력강화 프로그램을 적용하고 있다. 이는 핵물질 재고변동이 없는 경수로에 대해 원격감시장치에서 전송된 감시자료를 이용하여 적기탐지 기간내의 감시 및 봉인의 연속성을 유지하고 관련 정기검사를 국가에 위임하여 필요시에 임의사찰을 수행한다. 따라서 재고변동이 없는 3회의 정기중간검사와 물자재고검사 전 검사(Pre-PIV) 등이 임의사찰 대상이 된다. 물자재고검증 내용은 국제원자력기구에 신고한 보고서와 시설의 장부 및 운영기록 간의 비교 검증, 노심연료 검증(수량 확인, 일련번호 확인) 및 사용후핵연료 검증(수량 확인, 비파괴검증) 그리고 원격감시결과 검증이다.

2.3 중수로 안전조치 기준

중수로의 사용후핵연료에 존재하는 플루토늄의 적기탐지 기간이 경수로와 같이 3개월이므로 연 1회 실시되는 물자재고조사를 포함하여 연간 4회의 정기사찰이 실시된다. 그러나 중수로 발전소는 정상운전 중에 핵연료 교체가 일어나고 장비들의 빈번한 이동이 일어나므로 발전소 정지 기간에 맞춰 물자재고검사를 수행하지는 않는다. 국제원자력기구는 이런 빈번한 활동을 적기에 검증하기 위해 다수의 봉인 및 감시장치와 비파괴 측정장치들을 물질수지구역내의 전략지점에 설치 운영하고 있다. 특히, 노심에서 수시로 방출되는 핵연료다발의 수량을 확인하고 방출연료의 진위를 검증할 수 있는 비파괴 측정장치(Core Discharge Monitor and Bundle Counter)를 주요측정지점에 설치하여 핵연료방출과 관련된 모든 자료를 수집하고 있다. 사찰관은 연 1회의 물자재고검사 기간에 모든 핵물질에 대해 안전조치 기준에 의해 다음과 같이 이를 검증한다. 신연료의 대량결손에 대해 중탐지확률로 비파괴 검증하고, 노심연료는 주요측정지점에 설치 운영되고 VIFM(CDM+ Bundle Counter)의 측정결과를 확인하여 운영자가 신고한 핵연료 장전 및 방출 목록과 일치하는지를 확인하여 검증한다. 사용후핵연료는 Reception Bay 및 Spent Fuel Bay에 설치 운영되는 감시장치(DMOS)의 감시결과를 확인하고, 이상이 없을 경우 사용후핵연료 수량을 확인하는 것으로 검증한다. 그러나 감시결과에 이상이 있을 경우 사용후핵연료의 대량결손에 대해

중탐지확률로 비파괴 검증한다. 그리고 3회의 정기 중간검사에서 새로이 반입된 신연료와 노심연료를 물자재고검사와 동일한 기준으로 검증하고, 사용후핵연료 검증은 감시결과에 이상이 없을 경우에 감시결과만으로 검증한다.

2.4 구역 안전조치 기준

핵연료 가공공장에 대한 안전조치 기준에 의하면 저농축 우라늄 가공공장에는 연간 5회의 중간검사를, 천연 우라늄 가공공장에서는 3회의 중간검사를 실시해야 한다. 그러나 구역 안전조치 기준을 적용받는 한전연료(주)에 대해 연간 2회의 중간검사를 실시하고 물질수지구역 간 핵물질 이동 검증을 최소화하여 사찰자원을 효율적으로 사용하고 있다. 이것은 핵물질 검증 시에 동일한 법주의 핵물질을 취급하는 다른 시설로부터 동일 형태의 핵물질을 차용하여 그 시설에서의 핵물질 전용을 은폐하는 것을 방지하기 위한 수단으로 개발된 구역 안전조치 방법이다. 한전연료(주)에 대해 다음의 구역 안전조치 기준을 적용하여 물자재고검사 등을 수행하고 있다.

Annex I (Zone Approach)

- ① 구역 안전조치의 목적은 구역내부의 차용을 방지하면서 구역내부의 시설 간의 재고변동 검증을 줄이기 위한 것으로 각 경우마다 안전조치 사무차장의 승인을 받아야 한다.
- ② 동시 물자재고조사(Simultaneous PIV, SIM-PIVs)와 필요시 적기탐지를 위한 동시 중간검사(Simultaneous Interim Inventory Verification, SIM-IIVs)는 구역내의 모든 시설에 대하여 검사일이 중첩되어야 한다. 그렇지 않을 경우 검증 시 동일 핵물질이 되풀이되어 검증되지 않음을 보충하기 위한 감시 및 봉인 장비가 적용되어야 한다.
- ③ SIM-PIV 시 구역내에서 검증되지 않은 핵물질 이동이 없어야 하며, 직접전용물질(Direct-use Material)에 대해서는 SIM-IIV 시에도 검증되지 않은 핵물질 이동이 없어야 한다.
- ④ 구역내부 또는 외부로 이동되는 핵물질 검증은 구역을 하나의 물질수지구역으로 취급하여 동일 형태의 시설에 요구되는 방법으로 검증하거나, 개개의 구역 안전조치에 달리 규정된 바에 의하여 검증한다.
- ⑤ 구역외부의 시설로부터 핵물질의 차용이 없음을 확인하는 방법은 IAEA 안전조치 기준 Annex H에 따른다.
- ⑥ 물질수지평가(Material Balance Evaluation)는 구역내의 시설에 대해 각각 수행한다.
- ⑦ 구역 안전조치에 규정되어 있지 않은 내용은 안전조치기준에 규정된 바에 따른다.
- ⑧ 구역 물자재고조사(Zone PIV) 시 구역내의 모든 시설에 대하여 동일한 장부종료일(Book Ending Date)을 사용하여야 하며, 구역 중간검사(Zone IIV) 시에도 가능할 경우 동일한 장부종료일을 사용한다.

3. 구역 안전조치 적용

국제원자력기구는 우리나라에서 동일한 법주의 핵물질을 취급하는 다수의 물질수지구역을 하나의 구역으로 설정하여 그림 1, 2와 같이 두개의 구역을 설정하였다. 우리나라는 경수로와 중수로 구역으로 분리된 핵연료 가공공장과 발전소가 한 회사의 자회사에 의해 운영되고 있고 원자력 산업 규모가 구역 안전조치를 적용하기에 적당하여 좋은 예가 되고 있다. 한전연료(주)는 원자력 연구소에서 인수한 중수로 가공공장 설비와 제2공장을 포함하는 설계정보서 변경을 국제원자력기구에 통보하고 2개의 물질수지구역(KO1R, KO2R)으로 나눈 시설부록에 의해 안전조치 검사를 받

고 있다^[5]. 저농축 우라늄 구역은 경수로 핵연료 가공공장(KO1R)과 모든 경수로 발전소를 포함하고 천연 우라늄 구역은 중수로 핵연료 가공공장(KO2R)과 모든 중수로 발전소를 포함한다. 한전연료(주)가 1989년에 경수로용 핵연료집합체를 첫 생산하여 발전소에 공급하기 시작하였다. 이때, 국제원자력기구는 우리나라의 저농축 우라늄 구역의 규모와 국가의 조건을 반영하여 구역 안전조치의 적용 타당성을 검토하고 안전조치 사무차장의 승인을 받고 적용하기 시작하였다. 그리고 한전연료(주)는 원자력연구소가 국산화한 중수로 핵연료 생산기술과 설비를 모두 인수하고 1998년부터 중수로 핵연료를 생산하기 시작하면서 천연 우라늄에 대한 구역 안전조치를 적용받기 시작하였다.

3.1 저농축 우라늄 구역

저농축 우라늄 구역에 대한 안전조치는 다음과 같이 이루어진다. 경수로 핵연료 가공공장의 물자재고검사 기간에 구역내에 존재하는 동일 형태의 핵물질에 대해 같은 장부일로 신고한다. 사찰관은 신고한 핵물질에 대해 동시검사를 원칙으로 하여 핵물질재고의 수량과 일련번호를 확인하고 핵물질의 대량결손 및 부분결손에 대해 중탐지확률로 비파괴 검증한다. 구역 안전조치 기준은 동일 구역내의 핵물질재고변동 검증을 최소화하기 위해 개발되었다. 그러나 그동안 가공공장에서 검증된 신연료가 각 발전소로 수송된 후에도 국제원자력기구는 반입된 신연료의 대량결손에 대해 중탐지확률로 비파괴 검증하였다. 우리 정부는 이에 대해 구역내의 동일 핵물질이 중복 검증되고 있음을 지적하고 안전조치 기준을 재검토하도록 제안하였다. 국제원자력기구는 이를 검토하고 국내의 모든 신연료에 대해 추적할 수 있는 정보를 제공해주는 것을 전제로 검증이 중복되지 않도록 하기로 합의하였다. 이는 핵연료 가공공장에서 검증된 신연료가 원자로에 장전된 후에도 경수로의 물자재고검사에서 모든 신연료의 일련번호를 확인할 수 있어서 구역내에서 검증의 연속성이 유지될 수 있는 것으로 판단하기 때문이다. 이에 따라 원자력통제기술센터는 LEU Fresh Fuel Tracking System을 운영하여 국내에서 생산되는 모든 저농축 우라늄의 신연료 정보를 관리하고 검증여부를 추적한다. 각 발전소로 수송된 신연료 정보를 확인하고 모든 신연료가 핵연료 가공공장 검사에서 100% 검증됐는지 여부를 확인하여 이를 통보한다. 국제원자력기구는 동일 구역내의 신연료 검증이 중복되지 않도록 신고한 정보를 확인하고 신연료 검증이 필요한 경우에 국가검사원과 경수로 발전소를 방문하여 이를 동시에 검증한다.

3.2 천연 우라늄 구역

천연 우라늄 구역에 대한 안전조치는 다음과 같이 이루어진다. 중수로 핵연료 가공공장의 물자재고검사 기간내에 구역내에 존재하는 동일 형태의 핵물질에 대해 같은 장부일로 신고한다. 사찰관은 신고한 핵물질에 대해 동시검사를 원칙으로 하여 핵물질재고의 수량과 일련번호를 확인하고 대량결손에 대해 중탐지확률로 비파괴 검증한다. 모든 중수로 발전소에는 5,000여 다발의 신연료가 항상 재고로 남아 있어서 동시 물자재고검사 시에 다섯 곳의 신연료 검증이 동시에 이루어지고 있다. 그리고 중수로 발전소의 중간검사 기간에는 가공공장에서 새로이 반입된 신연료에 대해 수량과 일련번호를 확인하고 대량결손에 대해 중탐지확률로 비파괴 검증한다. 그리고 중수로는 경수로와 달리 운전중에 핵연료교체가 이루어지므로 원자로 가동여부에 관계없이 물자재고검사 기준일을 임의로 정할 수 있다. 이로 인해 국제원자력기구는 캐나다에서 천연우라늄에 대해 구역 안전조치를 적용하여 중수로 발전소를 포함한 구역내의 모든 시설의 물자재고검사를 동시에 수행하는 방법에 대해 시험하고 평가하였다. 구역내의 모든 물자재고검사가 동시에 이루어질 수 있다면, 중수로 발전소의 중간검사에서 적기탐지 기간이 1년인 신연료의 검증은 물질수지기간 중 이송량의 20% 이상을 검증하는 것으로 충분하다고 국제원자력기구는 평가하였다. 또한, 우리나라의 경우 중수로 발전소 4기의 물자재고검사를 동시에 수행하면 사찰일정을 효율적으로 할 수 있어 사

찰자원을 줄일 수 있을 것으로 평가하였다. 정부는 이런 새로운 구역 안전조치 기준을 받아들이기
로 합의했고, 2004년부터 한전연료(주)의 물자재고검사 기간에 천연 우라늄 구역내의 모든 시설에
대해 물자재고검사를 하기로 하였다. 다만, 한전연료(주)의 물자재고검사 기간에 사찰량이 집중되
기 때문에 제한된 국가검사원 인력을 보다 효율적으로 활용할 수 있는 방법이 모색되어야 한다.

5. 결론

국제원자력기구는 우리나라의 원자력산업 규모와 여러 조건들이 구역 안전조치를 적용하기에
적합한 것으로 판단하여 사찰목표를 효율적이고 효과적으로 달성하기 위해 구역 안전조치를 적용
하고 있다. 이를 적용할 경우의 장점은 안전조치 방법이 강화되면서 사찰 횟수와 사찰량을 감소시
킨다는 점이다. 경수로 핵연료 가공공장에서는 5회의 중간검사 횟수를 연간 3회 줄임으로써 매년
25 PDI 정도의 사찰량이 절감되었다. 또한, 국내에서 생산된 신연료에 대해 LWR Fresh Fuel
Tracking System을 운영하여 신연료 정보를 적기에 제공함으로써 구역내의 신연료 검증이 중복
되지 않게 하고 있다. 2003년 한 해 동안 국내 15기 가동 경수로 가운데 13기에서 신연료를 반입
했는데 3기의 신연료는 가공공장에서 검증되지 않아 국가검사원과 사찰관이 참여하여 신연료의
대량결손에 대해 중탐지확률로 비파괴 검증하였다. 그러나 LWR Fresh Fuel Tracking System 운
영 결과에 따라 10기의 경수로의 신연료는 가공공장에서 100% 검증된 것으로 입증되어 발전소의
물자재고검사 시에 원자로에 장전된 신연료의 일련번호를 확인하여 검증의 연속성을 유지하였다.
따라서 경수로 핵연료 가공공장의 물자재고검사 시에 경수로 발전소의 신연료 재고를 동시에 검
사하는 대신 구역 안전조치 기준을 적용함으로써 연간 35 PDI의 사찰량을 줄이는 결과를 낳았다.

중수로 핵연료 가공공장에서는 구역 안전조치를 적용하여 1회의 중간검사를 줄이고 연 2회의
중간검사를 실시하고 있다. 국제원자력기구는 중수로 발전소와 핵연료 가공공장의 물자재고검사를
동시에 수행할 수 있다면, 그동안 있었던 중수로 발전소의 중간검사에서 신연료 검증을 생략하는
새로운 안전조치 기준을 적용하는 방법을 우리 정부에 제안하였다. 양측은 2004년부터 천연 우라
늄 구역에 대해 동시 물자재고검사를 실시하기로 합의하고 이를 준비하고 있다. 금년 8월로 예정
된 물자재고검사 기간에 사찰이 집중되어 있어서 제한된 검사인력을 효율적으로 이용하는 것은
모두에게 부담으로 작용할 수 있다. 하지만, 새로운 구역 안전조치 기준이 성공적으로 우리나라에
적용된다면 원자력산업 활동에 대한 국가의 신뢰성을 제고할 수 있는 좋은 계기가 될 것이다.

참고문헌

1. 최영명 외, 원자력통제기술센터 2003년도 운영보고서, KAERI/MR-410/2003.
2. 대한민국정부와 IAEA간의 핵무기의 비확산에 관한 조약에 관련된 안전조치의 적용을 위한 협
정(INFCIRC/236), 1975.
3. 전면 안전조치협정에 따른 보조약정, 1976.
4. IAEA, "Safeguards Criteria", 2000.
5. 박완수 외, "우리나라에 적용되는 저농축우라늄 구역 보장조치", 추계원자력학회 논문집, 1995.

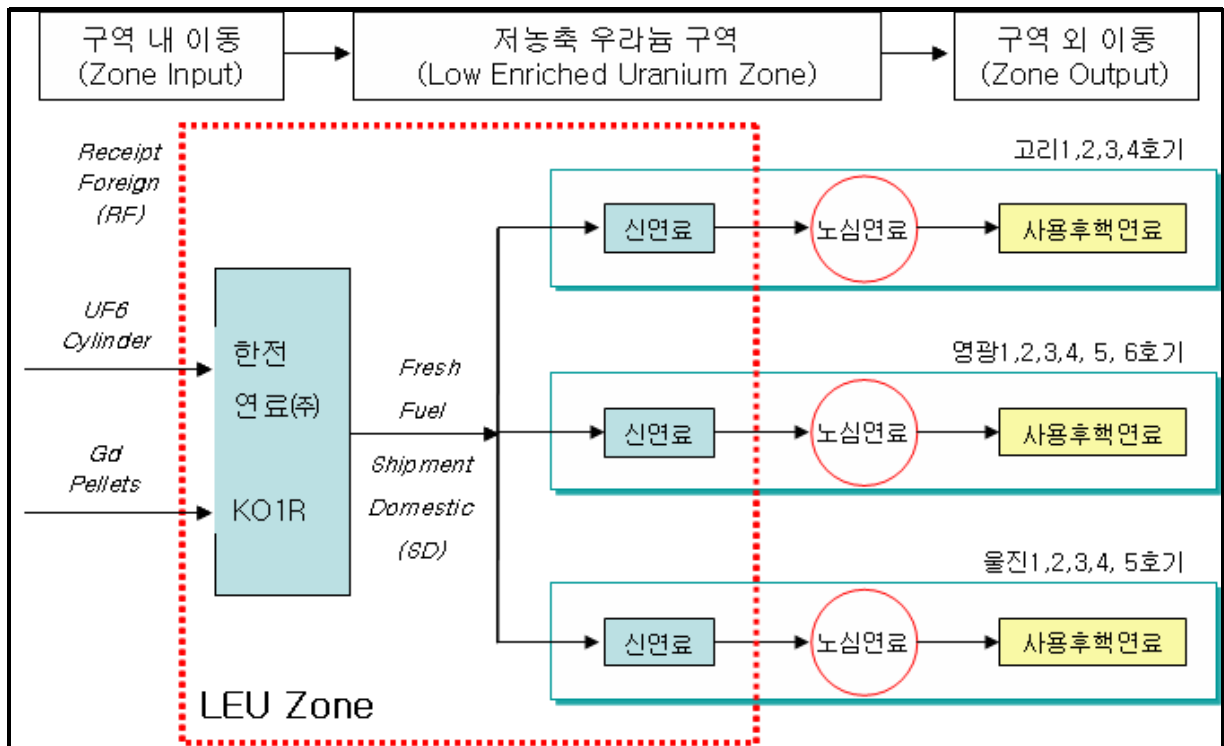


그림 1. 저농축 우라늄 구역

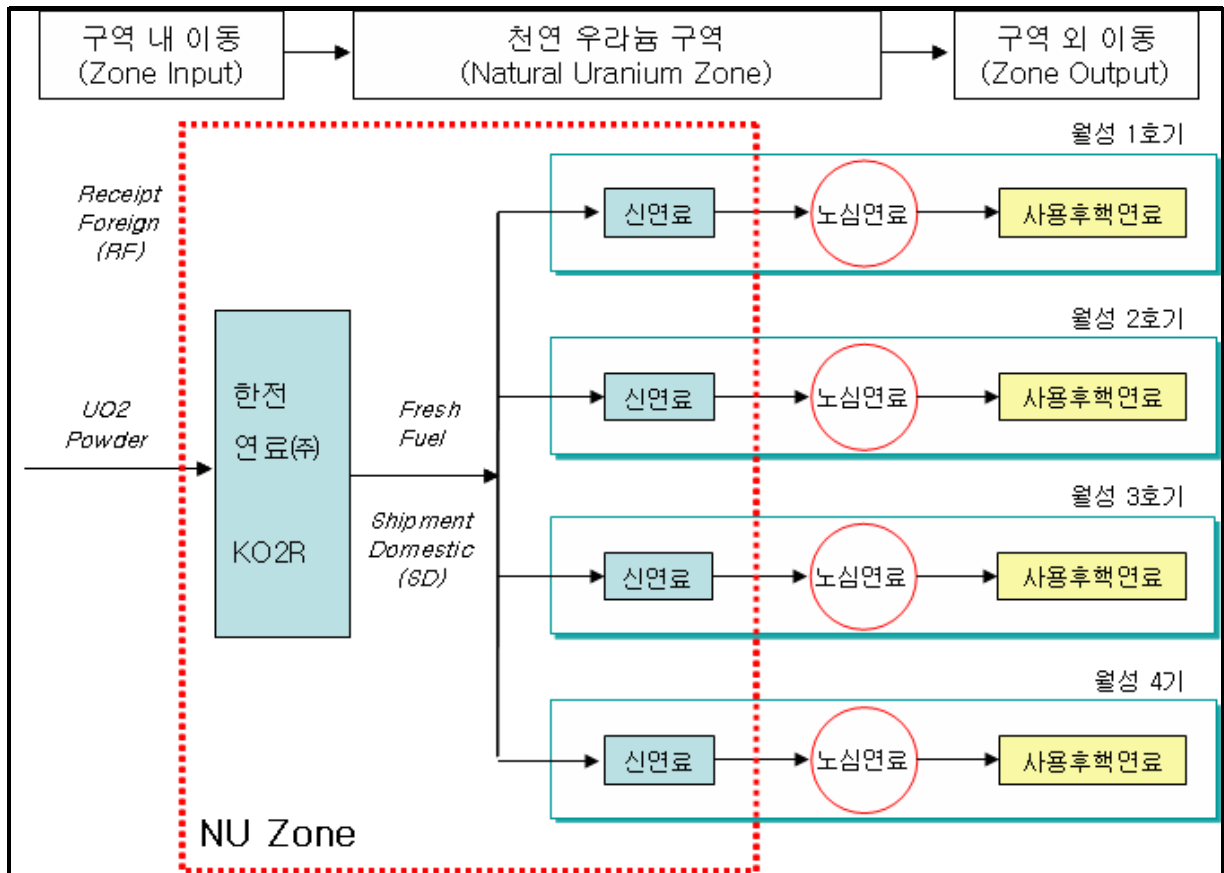


그림 2. 천연 우라늄 구역