

## 15.0 사고해석

### 15.1 개요

웨스팅하우스는 1970년부터 사건의 발생 빈도 및 잠재적 방사선 선량에 따라 발전소 상태를 분류하는 ANS 분류 체계에 따라 발전소 상태를 구분하고 있다. 발전소 상태는 다음과 같이 4가지로 분류된다.

1. 상태 I : 정상운전 및 운전과도
2. 상태 II : 보통 빈도 사건
3. 상태 III : 희귀 빈도 사건
4. 상태 IV : 제한 사고

상태에 대한 설계요건 설정에 적용되는 기본 원칙은 자주 일어나는 사건은 방사선 위험이 매우 적거나 없어야 하며, 방사선 위험이 큰 사고는 발생할 가능성이 적어야 한다는 것이다.

모든 핵연료가 원자로에서 제거되고 사용후연료저장조에 저장된 연료 영구 인출 상태(defueled condition)에서는 대부분의 15장 사고해석 항목이 적용되지 않는다. 이는 대부분의 사고해석에서 안전기준으로 적용하고 있는 최대피복재온도, 핵비등이탈률, 1차계통 최대압력, 2차계통 최대압력 등이 연료 영구 인출 상태에는 적용되지 않기 때문이다. 15장 사고해석 항목 중 연료 영구 인출 상태에서 적용되는 사고는 다음과 같다.

#### 상태 III

액체방사성물질 함유탱크 파손사고 (15.3.7)

사용후연료 캐스크 낙하사고 (15.3.8)

#### 상태 IV

핵연료 취급사고(15.4.5)

핵연료 취급사고에 사용된 핵분열 생성물 재고량은 15.4.5에 기술하였다.

표 15.1-1 ~ 15.1-8 삭제



그림 15.1-1 ~ 15.1-6 삭제



15.2 삭제

15.2.1 삭제

15.2.1.1 삭제

15.2.1.2 삭제

15.2.1.3 삭제

15.2.2 삭제

15.2.2.1 삭제

15.2.2.2 삭제

15.2.2.3 삭제

15.2.3 삭제

15.2.3.1 삭제

15.2.3.2 삭제

15.2.3.3 삭제

15.2.4 삭제

15.2.4.1 삭제

15.2.4.2 삭제

15.2.4.2.1 삭제

15.2.4.2.2 삭제

15.2.4.2.3 삭제

15.2.4.2.4 삭제

15.2.4.2.5 삭제

15.2.4.3 삭제

15.2.4.3.1 삭제

15.2.4.3.2 삭제

15.2.4.3.3 삭제

15.2.4.3.4 삭제

15.2.4.3.5 삭제

15.2.4.3.6 삭제

15.2.4.3.7 삭제

15.2.5 삭제

15.2.5.1 삭제

15.2.5.2 삭제

15.2.5.3 삭제

15.2.6 삭제

15.2.6.1 삭제

15.2.6.2 삭제

15.2.6.3 삭제

15.2.7 삭제

15.2.7.1 삭제



15.2.7.2 삭제  
15.2.7.3 삭제  
15.2.8 삭제  
15.2.8.1 삭제  
15.2.8.2 삭제  
15.2.8.3 삭제  
15.2.9 삭제  
15.2.9.1 삭제  
15.2.9.2 삭제  
15.2.9.3 삭제  
15.2.10 삭제  
15.2.10.1 삭제  
15.2.10.2 삭제  
15.2.10.3 삭제  
15.2.11 삭제  
15.2.11.1 삭제  
15.2.11.2 삭제  
15.2.11.3 삭제  
15.2.12 삭제  
15.2.12.1 삭제  
15.2.12.2 삭제  
15.2.12.3 삭제  
15.2.13 삭제  
15.2.13.1 삭제  
15.2.13.2 삭제  
15.2.13.3 삭제  
15.2.14 삭제  
15.2.14.1 삭제  
15.2.14.2 삭제  
15.2.14.3 삭제  
15.2.15 삭제  
15.2.15.1 삭제  
15.2.15.2 삭제  
15.2.15.3 삭제  
15.2.15.3.1 삭제  
15.2.15.3.1.1 삭제  
15.2.15.3.1.2 삭제  
15.2.15.3.1.3 삭제  
15.2.15.3.2 삭제



15.2.16 삭제

15.2.16.1 삭제

15.2.16.2 삭제

15.2.16.3 삭제

15.2.17 삭제



표 15.2-1 ~ 15.2-4 삭제



본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보 공개용으로 작성한 문서입니다.

KRN 1 FSAR

그림 15.2.2-1 ~ 15.2.16-4 삭제



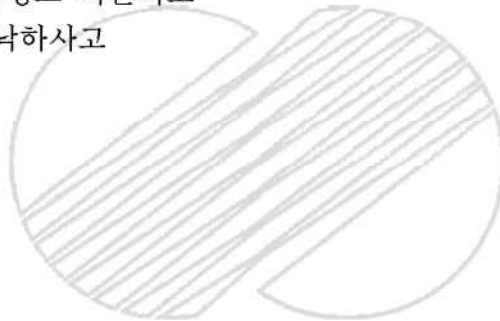


### 15.3 상태 III - 희귀빈도 사건

상태 III 사건은 발전소 수명기간 동안 매우 드물게 일어날 것으로 예상되는 사건이다. 이들 사건은 소량의 핵연료 손상만으로 종결될 수 있다. 하지만 복구를 위해 상당한 시간이 소요될 수 있다. 상태 III 사건에 의한 방사선 방출량은 제한구역 외부에는 일반인의 접근에 제한할 필요가 없는 수준이어야 한다. 상태 III 사건은 그 자체로는 상태 IV 사고로 발전하거나 원자로냉각재계통이나 격납건물의 기능 상실로 이어져서는 안된다. 연료 영구 인출 상태(defueled condition)에서 적용 가능한 상태 III 사건은 다음과 같다.

1. 삭제
2. 삭제
3. 삭제
4. 삭제
5. 삭제
6. 삭제
7. 액체방사성물질 함유탱크 파손사고
8. 사용후연료 캐스크 낙하사고

- 15.3.1 삭제
- 15.3.1.1 삭제
- 15.3.1.2 삭제
- 15.3.1.2.1 삭제
- 15.3.1.2.2 삭제
- 15.3.1.3 삭제
- 15.3.1.3.1 삭제
- 15.3.1.3.2 삭제
- 15.3.1.4 삭제
- 15.3.2 삭제
- 15.3.2.1 삭제
- 15.3.2.2 삭제
- 15.3.2.3 삭제
- 15.3.3 삭제
- 15.3.3.1 삭제
- 15.3.3.2 삭제
- 15.3.3.2.1 삭제
- 15.3.3.2.2 삭제
- 15.3.3.3 삭제
- 15.3.4 삭제
- 15.3.4.1 삭제



15.3.4.2 삭제

15.3.4.3 삭제

15.3.4.4 삭제

15.3.5 삭제

15.3.5.1 삭제

15.3.5.2 삭제

15.3.5.2.1 삭제

15.3.5.3 삭제

15.3.6 삭제

15.3.6.1 삭제

15.3.6.2 삭제

15.3.6.3 삭제

15.3.6.4 삭제

#### 15.3.7 액체방사성물질 함유탱크 파손사고

##### 15.3.7.1 사고 개요 및 원인

파손될 경우 액체방사성물질이 방출될 수 있는 탱크는 다음과 같다.

가. 격납건물내 탱크

나. 보조건물내 탱크

다. 재장전수탱크

라. 복수저장탱크



##### 15.3.7.2 방사능 영향 평가 및 결과

건물 밖으로 방출된 액체는 바다 방향의 내리막 경사로 인해 결국 동해로 흘러가며 발전소 부지에서 나온 물이 주변 식수와 섞이지 않는다. 발전소 부지는 수문학적으로 외부구역과 분리되어 있으며 우물은 부지에서 흘러나온 물의 영향을 받지 않는다(2.4.13.3 참고). 상기에 근거하여 사고시 액체방사성물질의 유출분석은 요구되지 않는다.

#### 15.3.8 사용후연료 캐스크 낙하사고

##### 15.3.8.1 사고 원인 및 개요

사용후연료 캐스크 낙하사고는 연료 취급 크레인으로 연료를 취급하는 중 일어날 수 있다. 모든 재장전 작업은 승인된 절차에 따라 수행된다. 사용후연료 캐스크 관련 이송작업은 캐스크 높이를 바닥에서 2ft 이하로 유지하여 수행한다

#### 15.3.8.2 영향 및 결과 분석

연료 취급 절차 및 핵연료 건물의 설계에 의해 높이가 제한되어 캐스크가 단단한 바닥에 떨어질 경우 그 높이는 매우 낮다. 핵연료 건물 설계와 연료 취급 절차에 대한 내용은 9.1.4에 기술되어 있다.

#### 15.3.8.3 방사능영향 평가

잠재적 캐스크 낙하의 높이가 매우 낮고 캐스크 이동 중 충격 제한 장비를 사용하므로 캐스크 낙하사고는 15.4.5 절의 핵연료취급사고보다 그 결과가 덜 제한적이다.

#### 15.3.8.4 결론

이 사고는 조건 IV 사고로 진전되지 않으며, 소외선량은 10CFR100 제한치를 충분히 만족한다.

#### 15.3.9 삭제



표 15.3.1-1 ~ 15.3.5-2 삭제



본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보 공개용으로 작성한 문서입니다.

KRN 1 FSAR

그림 15.3.1-1 ~ 15.3.4-2 삭제



#### 15.4 상태 IV - 제한 사고

상태 IV 사고는 실제 발생할 것으로 예상되지는 않지만, 만약 발생할 경우 다량의 방사선 물질의 방출이 예상되기 때문에 가정하는 사고이다. 상태 IV 사고는 설계기준사고 중 가장 제한적인 사고이다. 상태 IV 사고는 주민 및 환경에 10 CFR 100의 제한치를 초과하는 방사선 방출로 이어져서는 안된다. 연료 영구 인출 상태(defueled condition)에서 적용 가능한 상태 IV 사고는 다음과 같다.

1. 삭제
2. 삭제
3. 삭제
4. 삭제
5. 핵연료 취급 사고
6. 삭제

##### 15.4.1 삭제

##### 15.4.1.1 삭제

##### 15.4.1.1.1 삭제

##### 15.4.1.1.2 삭제

##### 15.4.1.1.3 삭제

##### 15.4.1.2 삭제

##### 15.4.1.2.1 삭제

##### 15.4.1.2.2 삭제

##### 15.4.1.2.3 삭제

##### 15.4.1.2.4 삭제

##### 15.4.1.2.5 삭제

##### 15.4.1.3 삭제

##### 15.4.1.4 삭제

##### 15.4.1.4.1 삭제

##### 15.4.1.4.2 삭제

##### 15.4.1.4.3 삭제

##### 15.4.1.4.4 삭제

##### 15.4.2 삭제

##### 15.4.2.1 삭제

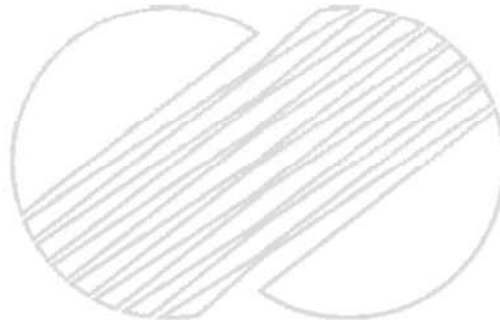
##### 15.4.2.1.1 삭제

##### 15.4.2.1.2 삭제

##### 15.4.2.1.3 삭제

##### 15.4.2.1.4 삭제

##### 15.4.2.1A 삭제



- 15.4.2.1A.1 삭제
- 15.4.2.1A.2 삭제
- 15.4.2.1A.3 삭제
- 15.4.2.2 삭제
- 15.4.2.2.1 삭제
- 15.4.2.2.2 삭제
- 15.4.2.2.2.1 삭제
- 15.4.2.2.2.2 삭제
- 15.4.2.2.2.3 삭제
- 15.4.3 삭제
- 15.4.3.1 삭제
- 15.4.3.2 삭제
- 15.4.3.3 삭제
- 15.4.3.4 삭제
- 15.4.3.5 삭제
- 15.4.3.6 삭제
- 15.4.4 삭제
- 15.4.4.1 삭제
- 15.4.4.2 삭제
- 15.4.4.2.1 삭제
- 15.4.4.2.2 삭제
- 15.4.4.3 삭제
- 15.4.4.4 삭제
- 15.4.4.5 삭제



#### 15.4.5 핵연료 취급사고

##### 15.4.5.1 사고 개요 및 원인

핵연료 취급사고는 핵연료건물내에서 사용후연료 취급도중 하나의 사용후연료 집합체가 낙하되는 사고에 대하여 분석한다.

##### 15.4.5.2 분석방법

핵연료건물내에서 발생한 사용후연료 취급사고시의 방사능영향을 평가하기 위하여 최대의 첨두계수를 갖는 사용후연료 집합체의 간극 내부에 들어있는 핵분열생성물이 모두 원자로 정지 100시간 후에 사용후연료저장조로 방출되며, 이는 다시 핵연료건물 대기로 방출되는

것으로 가정한다. 사용후연료저장조의 제염계수와 핵연료건물 비상배기계통 여과기의 효율 등에 대한 자료는 규제지침서 1.25의 값을 적용한다. 핵연료건물로 방출된 방사성 물질은 2시간 이내에 비상배기여과기를 통하여 전량 환경으로 방출됨을 가정한다. 또한 원자로정지 후 기간에 따른 선량 감소 효과를 보기위해 정지 후 30일 시점에 대해서도 분석을 수행하였다.

#### 15.4.5.3 분석 가정

아래 사항은 사용후연료 취급사고시 방사능 영향평가를 위해 사용된 가정들이다.

- 가. 사고는 원자로 정지 100시간 후에 발생한다. 이 시간은 원자로 정지 이후 사용후연료가 원자로용기에서 인출될 때까지의 최소 시간이다.
- 나. 사고로 인해 파손되는 핵연료집합체 내의 모든 연료봉은 모두 깨지는 것으로 가정한다. 노심에 장전될 수 있는 총 핵연료집합체의 개수는 121개이며, 핵연료 취급사고로 손상되는 핵연료집합체는 1개인 것을 가정한다.
- 다. 노심의 총재고량은 TID-14844에 기반한다. 낙하한 핵연료집합체는 출력첨두계수 1.70일 때 운영되는 것으로 가정한다.
- 라. 손상된 연료봉에서는 모든 갭방사능이 연료저장조로 나오는 것으로 가정되며, 불활성 기체는 10%, 그중 Kr-85는 30%, 요오드는 12%의 갭방사능을 가정한다.
- 마. 요오드의 갭방사능은 유기형은 0.25%정도인 것으로 가정되고, 비유기형은 99.75%로 가정한다.
- 바. 핵연료 저장조의 물은 비유기형 요오드의 제염계수는 133이고 유기형에 대해서는 1이지만, 요오드의 유효제염계수는 100이므로 100을 적용한다. 핵연료 재장전수를 통과하여 휘발된 요오드는 결과적으로 핵연료저장건물의 대기에서 비유기형 75%, 유기형 25%로 존재하게 된다.



사. 불활성기체는 제염계수를 고려하지 않는다.

아. 침적과 표면적 흡착등의 효과는 보수적으로 무시한다.

자. 핵연료 건물의 배기계통은 보수성을 주기위해서 비유기형 요오드에 대해서는 90%, 유기형 요오드에 대해서는 70%의 여과율을 가정한다.

차. 핵연료 저장조로부터 이탈된 방사성물질은 핵연료건물 대기로 나온 후 2시간 동안 누설되는 것으로 가정한다.

카. 2시간 동안의 대기확산인자는 Appendix의 값을 적용한다.

타. 호흡율은 사고기간 동안  $3.47 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{sec}$ 인 것으로 가정한다.

사용후연료취급사고를 평가하기 위해 사용된 가정 및 변수들은 표 15.4.5-1에 제시되어 있다. 손상된 핵연료집합체 1개의 재고량은 원자로정지 100시간 후에 가장 큰 방사능을 갖는 핵연료집합체로써, 노심의 총장전될 수 있는 가정된 핵연료집합체들의 총재고량에서 1/121을 곱하고, 여기서 반경방향 침투계수를 곱하면 가장 보수적인 1개의 손상된 핵연료집합체 재고량을 계산할 수 있다.

위와 같은 가정에 기초하여, 핵연료건물로의 핵분열생성물의 방출은 보수적으로 가장 과도한 상태의 핵연료집합체를 대상으로 평가된다. 상기의 분석 가정을 기초로하여 계산된 핵연료건물 대기의 총 방사능량은 표 15.4.5-2와 같다.

#### 15.4.5.4 결론

핵연료건물내에서 발생한 가상 사용후연료 취급사고시의 방사능 영향은 앞 절에 제시된 보수적인 가정과 모델을 사용하여 평가된다. 제한구역경계, 사고 전기간 동안의 저인구지역 외곽경계지점 및 주제어실에 위치한 개인에 대하여 전신선량과 갑상선선량을 평가하였으며 그 결과는 표 15.4.5-3과 같다. 전신선량과 갑상선선량이 모두 10 CFR 100의 제한치 내에 있음을 보여 준다. 원자로정지 후 기간에 따른 선량 감소 효과를 보기위해 정지 후 30일 시점에 대해서도 분석을 수행하였다. 원자로 정지 후 30일이 경과된 시점에서 핵연료취급사고가 발생할 경우, 제한구역경계, 사고 전기간 동안의 저인구지역 외곽경계지점 및 주제어실에 대한 개인 전신선량과 갑상선선량을 평가하였으며 결과는 표 15.4.5-4와

같다. 원자로정지 후 30일 경과된 시점에는 선량평가결과가 크게 감소됨을 확인할 수 있다.

15.4.6 삭제

15.4.6.1 삭제

15.4.6.1.1 삭제

15.4.6.1.1.1 삭제

15.4.6.1.1.2 삭제

15.4.6.1.1.3 삭제

15.4.6.1.1.4 삭제

15.4.6.1.1.5 삭제

15.4.6.1.1.6 삭제

15.4.6.1.1.7 삭제

15.4.6.1.1.8 삭제

15.4.6.1.2 삭제

15.4.6.2 삭제

15.4.6.2.1 삭제

15.4.6.2.2 삭제

15.4.6.2.3 삭제

15.4.6.2.3.1 삭제

15.4.6.2.3.2 삭제

15.4.6.2.3.3 삭제

15.4.6.3 삭제

15.4.6.4 삭제

15.4.6.4.1 삭제

15.4.6.4.2 삭제

15.4.6.4.3 삭제

15.4.6.4.3 삭제

15.4.7 삭제

15.4.7.1 삭제

15.4.7.2 삭제



15.4.7.2.1 삭제

15.4.7.2.1.1 삭제

15.4.7.2.1.2 삭제

15.4.7.2.1.3 삭제

15.4.7.2.1.4 삭제

15.4.7.2.1.5 삭제

15.4.7.2.2 삭제

15.4.8 참고문헌

1. Regulatory Guide 1.25, "Assumptions Used for Evaluating the Potential Radiological Consequences of a Fuel Handling Accident in the Fuel Handling and Storage Facility for Boiling and Pressurized Water Reactors." U.S. Atomic Energy Commission, May 1972

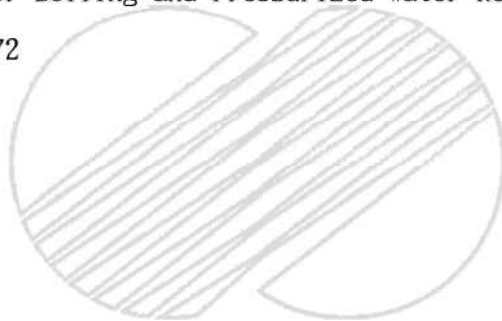


표 15.4.1.1-1 ~ 15.4.4-4 삭제



표 15.4.5-1

핵연료 취급사고의 방사능영향 평가에 사용되는 변수

변수	값
평가를 위한 방사선원 자료:	
- 반경방향 침투계수	1.31
- 붕괴시간, 시간	100
- 손상된 사용후연료 핵연료집합체 갯수	1
- 노심재고량에 대한 사용후연료봉 갭내 재고량 비, %	
• Kr-85	30
• Kr-85를 제외한 불활성기체	10
• 요오드 핵종	12
방사성핵종 누출율 자료:	
- 저장조로 누출된 연료봉 갭내 재고량의 비	100
- 불활성기체에 대한 사용후 연료 저장조 제염인자	1.0
- 핵연료건물 요오드제거 여과기 효율, %	
• 비유기형 요오드	90
• 유기형 요오드	70
- 핵연료건물로 누출된 요오드의 화학적 형태, %	
• 비유기형 요오드	75
• 유기형 요오드	25
- 핵연료집합체 1개의 재고량	
핵분열 생성물의 거동자료:	
- 연료저장조 대기 중 누설시간 (분)	30
- 대기확산인자	사고시 2시간 조건

표 15.4.5-2

핵연료건물내 사용후연료 취급사고시의 한 개의 핵연료집합체의 재고량

사용후 연료저장조 내 동위원소 재고량(Ci)

I-131	4.83 e5
I-132	7.33 e5
I-133	1.08 e6
I-134	1.27 e6
I-135	9.83 e5
Kr-85m	2.17 e5
Kr-85	5.34 e3
Kr-87	4.16 e5
Kr-88	5.92 e5
Xe-131m	3.66 e3
Xe-133	1.11 e6
Xe-133m	2.83 e4
Xe-135	3.05 e5
Xe-135m	2.99 e5
Xe-138	9.83 e5

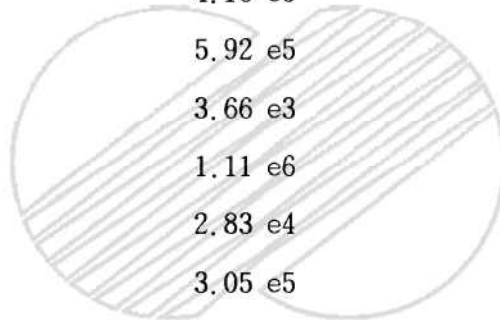


표 15.4.5-3

핵연료건물내 사용후연료 취급사고시의 방사능 영향평가 결과

위 치	선 량 (rem)
1. 제한구역경계 (0-2시간 선량)	
- 갑상선	27.2
- 전 신(감마)	1.3
- 전 신(베타)	1.8
2. 저인구지역 외곽경계 (0-8시간 선량)	
- 갑상선	1.8
- 전 신(감마)	0.088
- 전 신(베타)	0.12
3. 주제어실 (0-720시간 선량)	
- 갑상선	2.04
- 전 신(감마)	0.023
- 전 신(베타)	0.03

표 15.4.5-4

원자로정지 후 30일 시점의 사용후연료 취급사고시의 방사능 영향평가 결과

위 치	선 량 (rem)
1. 제한구역경계 (0-2시간 선량)	
- 갑상선	1.985 e0
- 전 신(감마)	0.25 e-1
- 전 신(베타)	0.11 e0
2. 저인구지역 외곽경계 (0-8시간 선량)	
- 갑상선	0.132 e0
- 전 신(감마)	0.17 e-2
- 전 신(베타)	0.735 e-2
3. 주제어실 (0-720시간 선량)	
- 갑상선	0.151 e0
- 전 신(감마)	3.53 e-4
- 전 신(베타)	4.02 e-4



본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보 공개용으로 작성한 문서입니다.

KRN 1 FSAR

표 15.4.6-1 ~ 15.4.7-2 삭제



본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보 공개용으로 작성한 문서입니다.

KRN 1 FSAR

그림 15.4.1.1-1 ~ 15.4.6-4 삭제



## 15.5 삭제

### 15.5.1 삭제

